



## 放射性廃棄物に含まれる有害物質等に関する検討

Study on Hazardous Substances Contained in Radioactive Waste

黒木 亮一郎 高橋 邦明

Ryoichiro KUROKI and Kuniaki TAKAHASHI

バックエンド推進部門

廃棄物処理技術開発グループ

Radioactive Waste Treatment Technology Development Group

Nuclear Cycle Backend Directorate

January 2008

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。

本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。

なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp/index.shtml>) より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター\*では実費による複写頒布を行っています。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4  
日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

\* 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4 日本原子力研究開発機構内

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920

## 放射性廃棄物に含まれる有害物質等に関する検討

日本原子力研究開発機構バックエンド推進部門

バックエンド技術開発ユニット

黒木 亮一郎，高橋 邦明

(2007 年 11 月 14 日受理)

日本原子力研究開発機構が保有する放射性廃棄物の処理処分方策を今後さらに合理的かつ具体的に進めるためには、廃棄体技術基準が制定される必要がある。そのため、現行の法規制で未整備である長半減期低発熱性放射性廃棄物（以下、「TRU 廃棄物」という。）を主とした廃棄体技術基準案を構築するにあたり、廃棄体中に含まれる可能性のある環境に影響を与える有害物質と TRU 廃棄物に含まれる核分裂性核種による臨界の影響について検討した。

今回の検討において得られた主要な成果は、以下に示すとおりである。

- ① TRU 廃棄物に含まれる有害物質について、廃棄物の処分に関する法令、規制基準などを整理した。
- ② わが国における各処分施設からの有害物質の移行評価検討に資する情報を把握することを目的として、イギリス、アメリカ及びフランスの 3 カ国における廃棄体に含まれる有害物質の影響に関する評価事例について調査し、その知見を整理した。
- ③ トレンチ処分、コンクリートピット処分及び余裕深度処分のそれぞれについて、TRU 廃棄物に含まれる有害物質の移行評価を実施するために評価モデルを検討し、評価パラメータを整備した。また、主要な有害物質について物質移行評価を実施し、各処分施設における有害物質の制限量を算出するとともに、環境基準を満足させるために必要な条件及び課題を抽出・整理した。
- ④ 臨界の可能性について、核種の濃集及び蓄積による核分裂性物質の濃度評価と臨界解析評価を実施した。長期的観点では極端な条件において臨界が生起する可能性はあるものの、処分の実態を考慮すれば、その可能性はほとんどないと考えられた。

## **Study on Hazardous Substances Contained in Radioactive Waste**

Ryoichiro KUROKI and Kuniaki TAKAHASHI

Nuclear Cycle Backend Technology Development Unit

Nuclear Cycle Backend Directorate

Japan Atomic Energy Agency

Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received November 14, 2007)

It is necessary that the technical criteria is established concerning waste package for disposal of the TRU waste generated in Japan Atomic Energy Agency. And it is important to consider the criteria not only in terms of radioactivity but also in terms of chemical hazard and criticality. Therefore the environmental impact of hazardous materials and possibility of criticality were investigated to decide on technical specification of radioactive waste packages. The contents and results are as following.

- (1) Concerning hazardous materials included in TRU waste, regulations on disposal of industrial wastes and on environmental preservation were investigated.
- (2) The assessment methods for environmental impact of hazardous materials included in radioactive waste in U.K, U.S.A. and France were investigated.
- (3) The parameters for mass transport assessment about migration of hazardous materials in waste packages around disposal facilities were compiled. And the upper limits of amounts of hazardous materials in waste packages to satisfy the environmental standard were calculated with mass transport assessment for some disposal concepts.
- (4) It was suggested from criticality analysis for waste packages in disposal facility that the occurrence of criticality was almost impossible under the realistic conditions.

Keywords: TRU waste, Hazardous Material, Waste Package, Criteria, Environmental Standard, Environmental Impact, Criticality

## 目 次

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 1. はじめに                          | 1   |
| 2. 作業内容                          | 2   |
| 3. 環境関連法令の調査整理                   | 4   |
| 3.1 廃掃法及び環境基準の対象有害物質及び基準値の整理     | 4   |
| 3.2 TRU 廃棄物等に含まれる有害物質の抽出         | 15  |
| 3.3 環境及び人の健康に与える影響及び問題点の整理       | 19  |
| 3.4 環境関連法令の処分規制の考え方の整理           | 61  |
| 4. 各処分施設からの有害物質の移行評価             | 70  |
| 4.1 諸外国における有害物質の影響評価事例の調査        | 70  |
| 4.1.1 イギリス                       | 70  |
| 4.1.2 アメリカ                       | 82  |
| 4.1.3 フランス                       | 94  |
| 4.2 有害物質の環境中における挙動に関する調査         | 98  |
| 4.2.1 有害物質全般に係る一般的な物性            | 98  |
| 4.2.2 物質毎の情報                     | 99  |
| 4.3 有害物質移行評価における評価モデル及びパラメータ等の設定 | 111 |
| 4.3.1 トレンチ処分及びコンクリートピット処分        | 111 |
| 4.3.2 余裕深度処分                     | 116 |
| 4.4 有害物質の移行評価及び有害物質の制限量の算出       | 122 |
| 4.4.1 トレンチ処分                     | 122 |
| 4.4.2 コンクリートピット処分                | 129 |
| 4.4.3 余裕深度処分                     | 135 |
| 4.4.4 まとめ                        | 158 |
| 5. TRU 廃棄物の臨界に関する検討              | 159 |
| 5.1 既往研究における臨界の取扱い               | 159 |
| 5.2 TRU 廃棄物による臨界可能性検討            | 161 |
| 5.2.1 地層処分                       | 161 |
| 5.2.2 余裕深度処分及びコンクリートピット処分        | 164 |
| 5.3 臨界評価                         | 166 |
| 5.3.1 評価条件                       | 166 |
| 5.3.2 評価結果                       | 169 |
| 5.4 まとめ                          | 177 |
| 6. おわりに                          | 178 |
| 参考文献                             | 179 |
| 付録 参考資料                          | 187 |

## CONTENTS

|       |                                                                               |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.    | Introduction .....                                                            | 1   |
| 2.    | Contents of work .....                                                        | 2   |
| 3.    | Investigation about a law related to environment .....                        | 4   |
| 3.1   | Hazardous substances and the criteria on the law .....                        | 4   |
| 3.2   | Hazardous substances contained in TRU waste .....                             | 15  |
| 3.3   | Influence on environment and human health .....                               | 19  |
| 3.4   | View of disposal regulation in a law related to environment .....             | 61  |
| 4.    | Migration assessment of hazardous substances from disposal facilities .....   | 70  |
| 4.1   | Investigation about migration assessment in foreign countries .....           | 70  |
| 4.1.1 | United Kingdom .....                                                          | 70  |
| 4.1.2 | United States of America .....                                                | 82  |
| 4.1.3 | France .....                                                                  | 94  |
| 4.2   | Investigation about behavior of hazardous substances in the environment ..... | 98  |
| 4.2.1 | General physical properties .....                                             | 98  |
| 4.2.2 | Information for every substance .....                                         | 99  |
| 4.3   | Parameter and model in the assessment .....                                   | 111 |
| 4.3.1 | Near-surface disposal .....                                                   | 111 |
| 4.3.2 | Sub-surface disposal .....                                                    | 116 |
| 4.4   | Assessment result .....                                                       | 122 |
| 4.4.1 | Near-surface disposal without engineered barriers .....                       | 122 |
| 4.4.2 | Near-surface disposal with engineered barriers .....                          | 129 |
| 4.4.3 | Sub-surface disposal .....                                                    | 135 |
| 4.4.4 | Conclusion .....                                                              | 158 |
| 5.    | Study on possibility of TRU waste criticality .....                           | 159 |
| 5.1   | Assessment of criticality in previous research .....                          | 159 |
| 5.2   | Study on possibility of TRU waste criticality .....                           | 161 |
| 5.2.1 | Geological disposal .....                                                     | 161 |
| 5.2.2 | Sub-surface and near-surface disposal .....                                   | 164 |
| 5.3   | Assessment of criticality .....                                               | 166 |
| 5.3.1 | Assessment condition .....                                                    | 166 |
| 5.3.2 | Assessment result .....                                                       | 169 |
| 5.4   | Conclusion .....                                                              | 177 |
| 6.    | Summary .....                                                                 | 178 |
|       | Reference .....                                                               | 179 |
|       | Appendix .....                                                                | 187 |

## 図リスト

|          |                                           |         |
|----------|-------------------------------------------|---------|
| 図4.1.1-1 | 化学毒性の観点で優先的に考慮すべき物質を抽出するための スクリーニング<br>手順 | 73      |
| 図4.1.2-1 | 処分場中に含まれる有害物質を対象とした影響評価の実施手順              | 88      |
| 図4.3.1-1 | トレンチ処分の濃度上限値導出シナリオ                        | 113     |
| 図4.3.1-2 | コンクリートピット処分の濃度上限値導出シナリオ                   | 114     |
| 図4.3.2-1 | 余裕深度処分の一次元物質移行モデル                         | 117     |
| 図4.3.2-2 | 余裕深度処分の二次元物質移行モデル体系                       | 118     |
| 図4.4.3-1 | 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：0ml/g）         | 147～148 |
| 図4.4.3-2 | 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：1ml/g）         | 149～150 |
| 図4.4.3-3 | 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：10ml/g）        | 151～152 |
| 図4.4.3-4 | 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：100ml/g）       | 153～154 |
| 図4.4.3-5 | 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：1000ml/g）      | 155～156 |
| 図5.2.1-1 | 濃集点に留まる核種の量の時間変化                          | 162     |
| 図5.3.1-1 | 計算体系の概念図                                  | 168     |
| 図5.3.2-1 | U+Puの体積割合と $k_{\text{eff}}$ の関係（純水系）      | 176     |

## 表リスト

|               |                                                                   |    |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 表3.1-1 (1/2)  | 廃掃法に基づく廃棄物の種類一覧                                                   | 5  |
| 表3.1-1 (2/2)  | 廃掃法に基づく廃棄物の種類一覧                                                   | 6  |
| 表3.1-2        | 特定有害産業廃棄物の判定基準                                                    | 7  |
| 表3.1-3        | 人の健康の保護に関する環境基準                                                   | 8  |
| 表3.1-4        | 「核燃料物質等の埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示」<br>(埋設告示) に規定する物質と消防法に規定する物質の対照表 | 10 |
| 表3.1-5        | PRTR法の対象物質区分                                                      | 11 |
| 表3.1-6        | 要監視項目及び指針値                                                        | 14 |
| 表3.2-1        | 「人の健康の保護に関する環境基準」及び「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に定められる物質の使用の有無               | 16 |
| 表3.2-2 (1/2)  | 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に定められる物質の使用の有無                         | 17 |
| 表3.2-2 (2/2)  | 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に定められる物質の使用の有無                         | 18 |
| 表3.3-1        | 調査項目及び内容の一覧                                                       | 21 |
| 表3.3-2        | 物質毎の調査項目の区分                                                       | 21 |
| 表3.3-3        | 環境基準項目（健康項目）の代表的な化合物                                              | 22 |
| 表3.3-4(1/2)   | 化学物質の物性情報、基準値、毒性に関する情報源                                           | 23 |
| 表3.3-4 (2/2)  | 化学物質の物性情報、基準値、毒性に関する情報源                                           | 24 |
| 表3.3-5        | 生態毒性（急性毒性）の意味                                                     | 25 |
| 表3.3-6        | 発ガン性のランク                                                          | 25 |
| 表3.3-7        | 化学物質の物性・毒性に関する情報：カドミウム                                            | 26 |
| 表3.3-8        | 化学物質の物性・毒性に関する情報：全シアン                                             | 27 |
| 表3.3-9        | 化学物質の物性・毒性に関する情報：鉛                                                | 28 |
| 表3.3-10       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：クロム                                              | 29 |
| 表3.3-11       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：砒素                                               | 30 |
| 表3.3-12 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：水銀・アルキル水銀                                        | 31 |
| 表3.3-12 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：水銀・アルキル水銀                                        | 32 |
| 表3.3-13 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：PCB                                              | 33 |
| 表3.3-13 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：PCB                                              | 34 |
| 表3.3-14 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：ジクロロメタン                                          | 35 |
| 表3.3-14 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：ジクロロメタン                                          | 36 |
| 表3.3-15 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：四塩化炭素                                            | 37 |
| 表3.3-15 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：四塩化炭素                                            | 38 |
| 表3.3-16 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,2-ジクロロエタン                                      | 39 |
| 表3.3-16 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,2-ジクロロエタン                                      | 40 |



|               |                                                                     |    |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 表3.3-17       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,1-ジクロロエチレン                                       | 41 |
| 表3.3-18       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：シス-1,2-ジクロロエチレン                                    | 42 |
| 表3.3-19       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,1,1-トリクロロエタン                                     | 43 |
| 表3.3-20       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,1,2-トリクロロエタン                                     | 44 |
| 表3.3-21 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：トリクロロエチレン                                          | 45 |
| 表3.3-21 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：トリクロロエチレン                                          | 46 |
| 表3.3-22       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：テトラクロロエチレン                                         | 47 |
| 表3.3-23 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,3-ジクロロプロペン                                       | 48 |
| 表3.3-23 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,3-ジクロロプロペン                                       | 49 |
| 表3.3-24       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：チウラム                                               | 50 |
| 表3.3-25 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：シマジン                                               | 51 |
| 表3.3-25 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：シマジン                                               | 52 |
| 表3.3-26       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：チオベンカルブ                                            | 53 |
| 表3.3-27 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：ベンゼン                                               | 54 |
| 表3.3-27 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：ベンゼン                                               | 55 |
| 表3.3-28       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：セレン                                                | 56 |
| 表3.3-29 (1/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素                                      | 57 |
| 表3.3-29 (2/2) | 化学物質の物性・毒性に関する情報：硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素                                      | 58 |
| 表3.3-30       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：フッ素                                                | 59 |
| 表3.3-31       | 化学物質の物性・毒性に関する情報：ほう素                                                | 60 |
| 表3.4-1 (1/3)  | 最終処分場の構造基準の概要                                                       | 61 |
| 表3.4-1 (2/3)  | 最終処分場の構造基準の概要                                                       | 62 |
| 表3.4-1 (3/3)  | 最終処分場の構造基準の概要                                                       | 63 |
| 表3.4-2 (1/3)  | 最終処分場の維持管理基準の概要                                                     | 64 |
| 表3.4-2 (2/3)  | 最終処分場の維持管理基準の概要                                                     | 65 |
| 表3.4-2 (3/3)  | 最終処分場の維持管理基準の概要                                                     | 66 |
| 表3.4-3        | 最終処分場の廃止基準の概要基準の内容                                                  | 67 |
| 表3.4-4        | 廃棄物埋立地の廃棄物による区分と土地利用別にみたモニタリングと環境<br>保全対策一覧                         | 69 |
| 表4.1.1-1      | 各物質の「スクリーニング濃度」                                                     | 72 |
| 表4.1.1-2      | 各物質のインベントリ                                                          | 75 |
| 表4.1.1-3      | 各物質の「インベントリ制限濃度」と「スクリーニング濃度」の比較                                     | 76 |
| 表4.1.1-4      | 各物質の「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」と「スクリーニング濃度」の比較                             | 78 |
| 表4.1.1-5      | 各物質の「ファーフィールドにおける溶解度制限濃度」と「スクリーニング濃度」の比較                            | 79 |
| 表4.1.1-6      | MASCOTによる物質移行解析により算出された最大物質濃度と「スクリーニング濃度」の比較 (Reference Case model) | 81 |

|                |                                                     |         |
|----------------|-----------------------------------------------------|---------|
| 表4.1.2-1       | 評価対象4物質のインベントリ                                      | 83      |
| 表4.1.2-2       | 人間侵入ありシナリオ1における評価対象4物質の地表への移行量                      | 86      |
| 表4.1.2-3       | 人間侵入ありシナリオ1において地表に移行した 評価対象4物質による人間への影響             | 86      |
| 表4.1.2-4       | Proposed Actionにおいて処分場内に存在する化学物質のインベントリ             | 89      |
| 表4.1.2-5       | 最大ソース濃度（溶解度）と各種指標との比較結果（Cu, Mn）                     | 91      |
| 表4.1.2-6       | 各物質の総放出率とその算出に関連する各パラメータ                            | 93      |
| 表4.1.2-7       | 各材料中における各元素の存在比                                     | 93      |
| 表4.1.2-8       | バウンディング解析結果と各種指標との比較結果                              | 93      |
| 表4.1.3-1       | 水移行シナリオの評価結果と各種指標との比較結果                             | 95      |
| 表4.1.3-2 (1/2) | 諸外国における廃棄体に含まれる有害物質の影響に関する評価の概要                     | 96      |
| 表4.1.3-2 (2/2) | 諸外国における廃棄体に含まれる有害物質の影響に関する評価の概要                     | 97      |
| 表4.2-1         | 化学物質の環境中での挙動に関する情報源                                 | 98      |
| 表4.2.2-1       | カドミウム化合物の溶解度                                        | 100     |
| 表4.3.1-1       | トレンチ処分及びコンクリートピット処分の物質移行解析に使用したパラメータ                | 115     |
| 表4.3.2-1       | 余裕深度処分の一次元物質移行解析に使用したパラメータ                          | 119     |
| 表4.3.2-2 (1/2) | 余裕深度処分の二次元物質移行解析に使用したパラメータ                          | 120     |
| 表4.3.2-2 (2/2) | 余裕深度処分の二次元物質移行解析に使用したパラメータ                          | 121     |
| 表4.4.1-1       | トレンチ処分評価結果（評価点の最大値）                                 | 122     |
| 表4.4.1-2       | トレンチ処分における有害物質の評価結果                                 | 127～128 |
| 表4.4.2-1       | コンクリートピット処分評価結果（評価点の最大値）                            | 129     |
| 表4.4.2-2       | コンクリートピット処分における有害物質の評価結果                            | 133～134 |
| 表4.4.3-1       | 余裕深度処分評価結果（評価点の最大値）                                 | 135     |
| 表4.4.3-2       | 余裕深度処分における有害物質の評価結果                                 | 139～140 |
| 表4.4.3-3       | 評価結果（各評価点の最大値及びピーク到達時間）                             | 141     |
| 表4.4.3-4       | 余裕深度処分における有害物質の二次元物質移行評価結果                          | 145～146 |
| 表4.4.3-5       | 一次元物質移行解析と二次元物質移行解析の比較結果                            | 157     |
| 表5.2.1-1       | 各レポートにおける核種インベントリ比較（Bq）                             | 163     |
| 表5.2.1-2       | 107年後におけるU-235への寄与量（Bq）                             | 163     |
| 表5.2.2-1       | TRU廃棄物中に含まれる放射性核種の処分区分別インベントリ（Bq）                   | 165     |
| 表5.2.2-2       | TRU廃棄物中のウラン重量と濃縮度                                   | 165     |
| 表5.2.2-3       | 水反射体付き均質UO <sub>2</sub> ・H <sub>2</sub> Oの最小推定臨界下限値 | 165     |
| 表5.2.2-4       | TRU廃棄物中の核分裂性物質の溶解度と推定臨界下限濃度                         | 166     |
| 表5.3.1-1       | 岩盤鉱物データ                                             | 167     |
| 表5.3.1-2       | 対象とした核種の放射エネルギー                                     | 168     |
| 表5.3.1-3       | 評価ケース                                               | 169     |
| 表5.3.2-1 (1/2) | 臨界計算結果（地下水組成：純水，空隙率：10%）                            | 171     |

|                |                                         |     |
|----------------|-----------------------------------------|-----|
| 表5.3.2-1 (2/2) | 臨界計算結果（地下水組成：純水，空隙率：20%、30%）            | 172 |
| 表5.3.2-2       | 臨界計算結果（地下水組成：降水系地下水）                    | 173 |
| 表5.3.2-3       | 臨界計算結果（地下水組成：海水系地下水）                    | 174 |
| 表5.3.2-4       | 地下水質と実効増倍率（ $k_{eff}$ ）                 | 175 |
| 表5.3.2-5       | 岩盤の空隙率及び核種濃度別の実効増倍率（ $k_{eff}$ ）：純水系地下水 | 175 |
| 表5.3.2-6       | 当該Gr廃棄体中の平均 $\alpha$ 放射能濃度              | 175 |

This is a blank page.

## 1. はじめに

日本原子力研究開発機構（以下、「機構」という。）では、核燃料サイクルの技術開発に伴い長半減期低発熱性放射性廃棄物（以下、「TRU 廃棄物」という。）が発生しており、今後それら廃棄物の処理処分方策の具体化を進める必要がある。TRU 廃棄物は主に使用済燃料の再処理に伴って発生することから、原子炉廃棄物に比べて、核分裂性核種を多く含む上、化学プロセスから発生する廃棄物を含むため、環境に影響を与える有害物質を含む恐れがあると考えられる。

ここで、環境に影響を与える有害物質とは、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（以下、「廃掃法」という。）及び「人の健康の保護に関する環境基準」（以下、「環境基準」という。）等における規制物質である。廃掃法が対象とする廃棄物は一般廃棄物と産業廃棄物であり、放射性廃棄物は除外されている。しかしながら放射性廃棄物の処理処分においても、放射線学的影響の観点のみならず、有害物質(人の健康又は生活環境に係る被害を生ずるおそれがあるもの)等による環境汚染の防止の観点からも、その適切な措置等について検討すべきものとする。

したがって、機構で発生する TRU 廃棄物等を処理した廃棄体中に含まれる可能性のある有害物質について、各種特徴や評価に必要となるパラメータ及び各種基準を整理するとともに、挙動及び移行モデルについて検討した上で、現在想定されている処分区分ごとの処分概念に基づいて設定した各処分施設の評価モデルでの移行評価を実施し、有害物質の基準値に相当する廃棄体含有量を算出することにより、措置の必要性の有無について考察する。

また、TRU 廃棄物の廃棄体に含有される核分裂性物質による処分施設における臨界を考慮する必要があるかどうかについて調査・検討し、廃棄体の核分裂性物質量の制限や臨界に対する考慮について検討する。

## 2. 作業内容

### (1) 環境関連法令の調査整理

一般廃棄物と産業廃棄物の処理処分及び環境基準等において、規制対象となる有害物質名及びその基準値について整理し、機構の TRU 廃棄物等処理した廃棄体に含まれる可能性のある有害物質を抽出するとともに、それら物質の各種パラメータ、毒性等について整理する。また、放射性廃棄物が一般廃棄物と産業廃棄物と同じく廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）及び環境基準の適用を受けた場合に、適用される基準等について整理する。

#### ① 廃掃法及び環境基準の対象有害物質及び基準値の整理

一般廃棄物及び産業廃棄物を対象とした廃掃法及び環境基準において規制対象となる有害物質を抽出し、その基準値を調査・整理する。また、廃掃法及び環境基準では規制対象となっていないが、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（以下、「PRTR 法」という。）で規制対象となっている有害物質についても併せて調査する。

#### ② TRU 廃棄物等の廃棄体に含まれる有害物質の抽出

機構において使用されている化学物質の調査結果に基づき、廃棄体に含まれる可能性のある物質を整理し、廃掃法及び環境基準等の適用を受ける有害物質を抽出する。

#### ③ 環境及び人の健康に与える影響及び問題点の整理

TRU 廃棄物等の廃棄体に含まれる有害物質について、その毒性（経口、吸入、経皮による毒性の情報等）及び物性に関する情報を整理し、環境や人の健康に与える影響及び取扱いについての問題点等を整理する。

#### ④ 環境関連法令における処分規制の考え方の整理

環境関連法令における一般・産業廃棄物の処分方法、処分場に係る技術基準等の規制内容を整理するとともに、TRU 廃棄物等に環境関連法令を適用した場合に該当する基準等について整理する。

### (2) 各処分施設からの有害物質の移行評価検討

上記(1)において抽出された TRU 廃棄物等の廃棄体に含まれる有害物質について、処分施設からの移行及び挙動について文献を調査・検討する。各処分区分(トレンチ、コンクリートピット、余裕深度)の処分概念に基づいた処分施設の評価モデル、評価パラメータ及び移行モデル等を設定して有害物質の移行評価を実施し、設定した条件での各処分施設における有害物質の制限量を算出する。また、環境基準を満足させるために必要な条件と課題について整理する。

#### ① 諸外国における有害物質の影響評価事例の調査

諸外国における廃棄体に含まれる有害物質の影響に関する評価事例について調査し、その知見を整理する。

#### ② 有害物質の環境中における挙動に関する調査

(1)項において抽出された TRU 廃棄物等の廃棄体に含まれる有害物質について、それらの土壌中での移行・拡散挙動や生物環境中での挙動に関する調査を実施し、その知見を整理する。

③ 有害物質移行評価における評価モデル及びパラメータ等の設定

トレンチ処分、コンクリートピット処分及び余裕深度処分のそれぞれについて、TRU 廃棄物等の廃棄体に含まれる有害物質の移行評価を実施するために、評価モデルを検討し、評価パラメータを整備する。

④ 有害物質の移行評価及び有害物質の制限量の算出

TRU 廃棄物等に含まれる有害物質について物質移行評価を実施し、各処分施設（トレンチ処分、コンクリートピット処分及び余裕深度処分）における有害物質の制限量を算出する。また、環境基準を満足させるために必要な条件及び課題を抽出・整理する。

(3) TRU 廃棄物の臨界に関する検討

TRU 廃棄物の廃棄体には、核分裂性物質のうち主にプルトニウム等が比較的高濃度で含有されるものがある。処分施設内での廃棄体配置や埋設後の核種移行に伴う核分裂性物質の偏在による臨界について考慮する必要性について検討する。まずは、高レベル廃棄物（以下、「HLW」という。）の処分の技術的信頼性についてとりまとめた、「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」（以下、「2000 年レポート」という。）のように臨界を考慮する必要があるかどうかについて検討する。臨界を考慮する必要がある場合については、核分裂性物質の制限量あるいは制限量を算出する方法について検討することとする。

① 臨界に関する検討ロジックの整理

HLW における臨界の取扱いについて、2000 年レポート等に基づき整理し、臨界に関するロジックを検討する。

② 核分裂性物質制限量及び制限量算出方法の検討

処分場閉鎖後に処分場内で核分裂性物質が施設内で均一に分散した場合や施設底面などに凝集するケースなどの評価モデル(シナリオ)を設定し、廃棄物中の核分裂性物質含有量と処分区分の濃度上限値及び非破壊測定などの検出下限値等と比較し、臨界が生起する可能性について評価する。

### 3. 環境関連法令の調査整理

一般廃棄物及び産業廃棄物の処理処分、並びに環境基準等において、規制対象となる有害物質及びその基準値を整理し、機構の TRU 廃棄物等を処理した廃棄体に含まれる可能性のある有害物質を抽出するとともに、それら物質の各種パラメータ、毒性等について整理した。また、放射性廃棄物が一般廃棄物及び産業廃棄物と同じく廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）及び環境基準の適用を受けた場合に、適用される基準等について整理した。

#### 3.1 廃掃法及び環境基準の対象有害物質及び基準値の整理

##### (1) 国内の規制基準等

一般廃棄物及び産業廃棄物を対象に規定されている廃掃法及び環境基準並びに原子炉等規制法（以下、「炉規法」という。）において規制対象となる有害物質を抽出し、基準値が設定されているものについてはその値を整理した。

また、これらの法令等のほかに、事業活動に際して使用する化学物質の環境への排出量・移動量を国に届け出ることを求める PRTR 法で規制対象となっている有害物質についても併せて調査した。

##### ① 廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）<sup>1),2),3),4)</sup>

廃掃法の対象となる廃棄物は、表 3.1-1 に示すように、ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物または不要物であって、固形状または液状のもの（放射性物質及びこれによって汚染された物を除く）である。これらの廃棄物は、一般廃棄物と産業廃棄物に区分されるとともに、産業廃棄物のうち、爆発性、毒性、感染性等の人の健康または生活環境に係る被害を生ずるおそれがある性状を有するものは「特別管理産業廃棄物」とされ、さらに表 3.1-2 に示す基準を超えるものは「特定有害産業廃棄物」とされる。

この特定有害産業廃棄物の判定は、産業廃棄物に含まれる有害物質のうち金属等については、「金属等を含む産業廃棄物の判定基準を定める省令（昭和 48 年 2 月 17 日総理府令第 5 号）」に、廃酸・廃アルカリに含まれる有害物質については、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則（昭和 46 年 9 月 23 日厚生省令第 35 号）」に定める基準により特別な基準による処分の要否を判定することとなる。



表 3.1-1 (1/2) 廃掃法に基づく廃棄物の種類一覧<sup>2)</sup>

| 定 義                                                                                                                                                | 分類    | 種 類                                         | 内 容                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 廃棄物とは<br>1 ごみ<br>2 粗大ごみ<br>3 燃え殻<br>4 汚泥<br>5 ふん尿<br>6 廃油<br>7 廃酸<br>8 廃アルカリ<br>9 動物の死体<br>10 その他の汚物又は不要物であって、固形状又は液状のもの（放射性物質及びこれによって汚染されたものを除く。） | 一般廃棄物 | 1 ごみ<br>2 粗大ごみ<br>3 し尿及びし尿浄化槽に係る汚泥<br>4 その他 | 産業廃棄物以外の廃棄物                                                                                                   |
|                                                                                                                                                    |       | P C Bを使用した部品                                | 一般廃棄物である廃エアコン・テレビ・電子レンジから取り出されたP C B使用部品                                                                      |
|                                                                                                                                                    |       | ばいじん                                        | 1 時間当たりの処理能力が 200kg 以上又は火格子面積が 2 m <sup>2</sup> 以上のごみ焼却施設のうち、焼却灰とばいじんが分離して排出されるものに設けられた集じん装置で捕集されたばいじん        |
|                                                                                                                                                    | 産業廃棄物 | 感染性一般廃棄物                                    | 医療機関等から排出される、血液の付着したガーゼなどの、感染性病原体を含む又はそのおそれのある一般廃棄物                                                           |
|                                                                                                                                                    |       | 1 燃え殻                                       | 石炭がら、焼却炉の残灰、炉清掃排出物、その他の焼却残渣                                                                                   |
|                                                                                                                                                    |       | 2 汚泥                                        | 活性汚泥法による余剰汚泥、パルプ廃液汚泥、動植物性原料使用工業の排水処理汚泥、ビルピット汚泥、カーバイトかす、赤泥、炭酸カルシウムかすなど工場排水などの処理後に残る泥状のもの及び各種製造業の製造工程で出る泥状のもの   |
|                                                                                                                                                    |       | 3 廃油                                        | 潤滑油系、絶縁油系、洗浄油系及び切削油系の廃油類、廃溶剤類及びタールピッチ類など、鉱物性油及び動植物性油脂に係るすべての廃油                                                |
|                                                                                                                                                    |       | 4 廃酸                                        | 廃硫酸、廃塩酸、各種の有機廃酸類など、すべての酸性廃液                                                                                   |
|                                                                                                                                                    |       | 5 廃アルカリ                                     | 廃ソーダ液、金属せっけん液など、すべてのアルカリ性廃液                                                                                   |
|                                                                                                                                                    |       | 6 廃プラスチック類                                  | 合成樹脂くず、合成繊維くず、合成ゴムくずなど、合成高分子系化合物に係る固形状液状のすべての廃プラスチック類                                                         |
|                                                                                                                                                    |       | 7 紙くず                                       | 建設業に係るもの（工作物の新築、改築又は除去に伴って生じたものに限る）、パルプ製造業、紙製造業、紙加工品製造業、新聞業、出版業、製本業、印刷物加工業から生ずる紙くず及びP C Bが塗布され、又は染み込んだ紙くず     |
|                                                                                                                                                    |       | 8 木くず                                       | 建設業に係るもの（工作物の新築、改築又は除去に伴って生じたものに限る）、木材又は木材木製品製造業（家具製造業を含む）、パルプ製造業、輸入木材卸売業から生ずる木材片、おがくず、パーク類など並びにP C Bが染み込んだもの |
|                                                                                                                                                    |       | 9 繊維くず                                      | 建設業に係るもの（工作物の新築、改築又は除去に伴って生じたものに限る）、衣服その他の繊維製品製造業以外の繊維工業から生ずる木綿くず、羊毛くず等の天然繊維くず及びP C Bが染み込んだ繊維くず               |
|                                                                                                                                                    |       | 10 動植物性残渣                                   | 食料品製造業、医薬品製造業、香料製造業から生ずる、あめかす、のりかす、醸造かす、発酵かす、魚及び獣のあらなど                                                        |
|                                                                                                                                                    |       | 11 ゴムくず                                     | 天然ゴムくず                                                                                                        |
|                                                                                                                                                    |       | 12 金属くず                                     | 鉄鋼、非鉄金属の研磨くず、切削くずなど                                                                                           |
|                                                                                                                                                    |       | 13 ガラスくず及び陶磁器くず                             | ガラスくず、耐火レンガくず、陶磁器くずなど                                                                                         |
|                                                                                                                                                    |       | 14 鉱さい                                      | 高炉・平炉・電気炉などの残さい、キューボラのノロ、ボタ、不良鉱石、不良石炭、粉炭かすなど                                                                  |

注：表は、参考文献 2) を基に作成した。

表 3.1-1 (2/2) 廃掃法に基づく廃棄物の種類一覧<sup>2)</sup>

| 定 義 | 分類                | 種 類                     | 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | 産 業 廃 棄 物         | 15 がれき類                 | 工作物の除去にともなって生ずるコンクリートの破片、レンガの破片その他これに類する不要物                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|     |                   | 16 動物のふん尿               | 畜産農業から排出される牛・馬・豚・めん羊・山羊・にわとりのふん尿                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|     |                   | 17 動物の死体                | 畜産農業から排出される牛・馬・豚・めん羊・山羊・にわとりの死体                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|     |                   | 18 ばいじん                 | 大気汚染防止法に定めるばい煙発生施設又は汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類、上記 1 に掲げるもので PCB が塗布され又は染み込んだ紙くず、上記 8 及び 9 に掲げるもので PCB が染み込んだ木くず及び繊維くず若しくは上記 6 に掲げるもので PCB が付着し又は封入された金属くずの焼却施設において発生するばいじんであって、集じん施設によって集められたもの                                                                                                                                                    |
|     |                   | 19 その他                  | 燃え殻、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類又は上記 1～18 に掲げられる産業廃棄物を処分するために処理したものであって、これらの産業廃棄物に該当しないもの                                                                                                                                                                                                                                                            |
|     |                   | 20 輸入された廃棄物             | 1～19 の廃棄物、航行廃棄物、携帯廃棄物を除く輸入された廃棄物                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|     | 特 別 管 理 産 業 廃 棄 物 | 廃油                      | 産業廃棄物である揮発油類、灯油類、軽油類                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|     |                   | 廃酸                      | 水素イオン濃度指数 (PH) が 2.0 以下の廃酸                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|     |                   | 廃アルカリ                   | 水素イオン濃度指数 (PH) が 12.5 以上の廃アルカリ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|     |                   | 感染性産業廃棄物                | 医療機関等から排出される、血液の付着した注射針などの、感染性病原体を含む又はそのおそれのある産業廃棄物                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|     |                   | 廃 PCB 等・PCB 汚染物・PCB 処理物 | 廃 PCB 及び PCB を含む廃油、PCB が塗布され若しくは染み込んだ紙くず、PCB が染み込んだ木くず若しくは繊維くず、PCB が付着し、若しくは封入された廃プラスチック類若しくは金属くず、これらを処分するために処理したものであって厚生省令で定める基準に適合しないもの                                                                                                                                                                                                       |
|     |                   | 廃石綿等                    | 建築物から除去した、飛散性の吹き付け石綿・石綿含有保温材及びその除去工事から排出されるプラスチックシートなど大気汚染防止法の特定ばいじん発生施設を有する事業場の集じん装置で集められた飛散製の石綿など輸入された廃石綿等                                                                                                                                                                                                                                    |
|     |                   | その他の有害産業廃棄物等            | 燃え殻、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、鉱さい、ばいじん又は上記 19 に掲げる産業廃棄物のうち、一定のものであって、有害物質（注）について、厚生省令で定める基準に適合しないもの<br>(注) アルキル水銀化合物、水銀又はその化合物、カドミウム又はその化合物、鉛又はその化合物、有機燐化合物、六価クロム化合物、砒素又はその化合物、シアン化合物、PCB、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、1,3-ジクロロプロペン、チウラム、シマジン、チオベンカルプ、ベンゼン、セレン又はその化合物、ダイオキシン類 |
|     |                   | ばいじん                    | 輸入された廃棄物に係る一定のもの及び輸入廃棄物であるもの                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

注：表は、参考文献 2)を基に作成した。

表 3.1-2 特定有害産業廃棄物の判定基準<sup>2)</sup>

|    |                    | 廃酸，廃アルカリ以外のもの<br>(溶出値) [mg/L] <sup>*1</sup> | 廃酸，廃アルカリ (含有量)<br>[mg/L] <sup>*2</sup> |
|----|--------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1  | アルキル水銀化合物          | 検出されないこと <sup>*3</sup>                      | 検出されないこと <sup>*3</sup>                 |
|    | 水銀またはその化合物         | < 0.005                                     | < 0.05                                 |
| 2  | カドミウムまたはその化合物      | < 0.3                                       | < 1                                    |
| 3  | 鉛またはその化合物          | < 0.3                                       | < 1                                    |
| 4  | 有機リン化合物            | < 1                                         | < 1                                    |
| 5  | 六価クロム化合物           | < 1.5                                       | < 5                                    |
| 6  | 砒素またはその化合物         | < 0.3                                       | < 1                                    |
| 7  | シアン化合物             | < 1                                         | < 1                                    |
| 8  | PCB                | < 0.003                                     | < 0.03                                 |
| 9  | トリクロロエチレン          | < 0.3                                       | < 3                                    |
| 10 | テトラクロロエチレン         | < 0.1                                       | < 1                                    |
| 11 | ジクロロメタン            | < 0.2                                       | < 2                                    |
| 12 | 四塩化炭素              | < 0.02                                      | < 0.2                                  |
| 13 | 1,2 ジクロロエタン        | < 0.4                                       | < 0.4                                  |
| 14 | 1,1-ジクロロエチレン       | < 0.2                                       | < 2                                    |
| 15 | シス-1,2-ジクロロエチレン    | < 0.4                                       | < 4                                    |
| 16 | 1,1,1-トリクロロエタン     | < 3                                         | < 30                                   |
| 17 | 1,1,2-トリクロロエタン     | < 0.06                                      | < 0.6                                  |
| 18 | 1,3-ジクロロプロペン (D-D) | < 0.02                                      | < 0.2                                  |
| 19 | チウラム               | < 0.06                                      | < 0.6                                  |
| 20 | シマジン (CAT)         | < 0.03                                      | < 0.3                                  |
| 21 | チオベンカルプ(ベンチオカーブ)   | < 0.2                                       | < 2                                    |
| 22 | ベンゼン               | < 0.1                                       | < 1                                    |
| 23 | セレンまたはその化合物        | < 0.3                                       | < 1                                    |
| 24 | ダイオキシン類            | < 3 ng/g                                    | < 100pg/L                              |

注：

- \*1：「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和 48 年 2 月 17 日 総理府令第 5 号）」の別表第 6 の基準を示す。
- \*2：「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則（昭和 46 年 9 月 23 日 厚生省令第 35 号）」の別表第 1 の基準を示す。
- \*3：アルキル水銀化合物の分析方法は、「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法（昭和 48 年 2 月 17 日 環境庁告示第 13 号）」により環境庁告示第 59 号（昭和 46 年 12 月）の付表 4（ガスクロマトグラフ法）及び環境庁告示第 64 号（昭和 49 年 9 月）の付表（薄層クロマトグラフ法）に定められている。これらの方法の検出下限値は 0.0005mg/L とされていることから、表中の「検出されないこと」とはこの定量下限値以下を意味する。

## ② 人の健康の保護に関する環境基準

人の健康の保護に関する環境基準において、規制対象となる有害物質（健康項目：人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準として環境基準が定められた環境項目）及びその基準を表 3.1-3 に示した。

表 3.1-3 人の健康の保護に関する環境基準<sup>2)</sup>

| 項 目                  | 基 準 値 [mg/L] |
|----------------------|--------------|
| カドミウム                | 0.01 以下      |
| 全シアン <sup>*1</sup>   | 検出されないこと。    |
| 鉛                    | 0.01 以下      |
| 六価クロム                | 0.05 以下      |
| 砒素                   | 0.01 以下      |
| 総水銀                  | 0.0005 以下    |
| アルキル水銀 <sup>*2</sup> | 検出されないこと。    |
| PCB <sup>*3</sup>    | 検出されないこと。    |
| ジクロロメタン              | 0.02 以下      |
| 四塩化炭素                | 0.002 以下     |
| 1, 2-ジクロロエタン         | 0.004 以下     |
| 1, 1-ジクロロエチレン        | 0.02 以下      |
| シス-1, 2-ジクロロエチレン     | 0.04 以下      |
| 1, 1, 1-トリクロロエタン     | 1 以下         |
| 1, 1, 2-トリクロロエタン     | 0.006 以下     |
| トリクロロエチレン            | 0.03 以下      |
| テトラクロロエチレン           | 0.01 以下      |
| 1, 3-ジクロロプロペン        | 0.002 以下     |
| チウラム                 | 0.006 以下     |
| シマジン                 | 0.003 以下     |
| チオベンカルブ              | 0.02 以下      |
| ベンゼン                 | 0.01 以下      |
| セレン                  | 0.01 以下      |
| 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素        | 10 以下        |
| ふっ素                  | 0.8 以下       |
| ほう素                  | 1 以下         |

注：

\*1：全シアンの分析方法は、「水質汚濁に係る環境基準について（昭和 46 年 12 月 28 日 環境庁告示第 59 号）」により日本工業規格 K 0102（以下、「規格」という）38.1.2 及び 38.2 に定める方法（ピリジン-ピラゾロン吸光光度法）、または規格 38.1.2 及び 38.3 に定める方法（4-ピリジンカルボン酸-ピラゾロン吸光光度法）に定められている。これらの方法の検出下限値はその定量範囲から 0.1mg/L と算定できることから、表中の「検出されないこと」とはこの定量下限値以下を意味する。<sup>5)</sup>

\*2：アルキル水銀の分析方法は、「水質汚濁に係る環境基準について（昭和 46 年 12 月 28 日 環境庁告示第 59 号）」の付表 2 に定められている。この方法の検出下限値は 0.0005mg/L とされていることから、表中の「検出されないこと」とはこの定量下限値以下を意味する。

\*3：PCB の分析方法は、「水質汚濁に係る環境基準について（昭和 46 年 12 月 28 日 環境庁告示第 59 号）」の付表 3 に定められている。この方法の検出下限値は 0.0005mg/L とされていることから、表中の「検出されないこと」とはこの定量下限値以下を意味する。

③ 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に関連し、核燃料物質等の埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示（以下、「埋設告示」）には廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質として、次のものが規定されている。<sup>6)</sup>

- ・爆発性の物質又は水と接触したときに爆発的に反応する物質
- ・揮発性の物質
- ・自然発火性の物質
- ・廃棄体を著しく腐食させる物質
- ・多量にガスを発生させる物質

これら物質に該当する具体的な物質名称は定められていないが、原子力発電所内において使用される物質のうち、健全性を損なう物質に該当するものを特定する拠所として、消防法に定められる危険物が定義されている<sup>7)</sup>。その対応表を表 3.1-4 に示す。

表 3.1-4 「核燃料物質等の埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示」  
(埋設告示) に規定する物質と消防法に規定する物質の対照表 <sup>7)</sup>

| 「埋設告示」で規定している物質               | 「消防法」において規定している物質                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 爆発性の物質又は水と接触したときに爆発的に反応する物質 | <b>第一類 酸化性固体</b><br>塩素酸塩類、過塩素酸塩類、無機過酸化物、亜塩素酸塩類、臭素酸塩類、硝酸塩類、ヨウ素酸塩類、過マンガン酸塩類、重クロム酸塩類、過ヨウ素酸塩類、クロム、鉛又はヨウ素の酸化物、亜硝酸塩類、次亜塩素酸塩類、塩素化イソシアヌル酸、ペルオキシニ硫酸塩類、ペルオキシホウ酸塩類、前記のいずれかを含有するもの                       |
| 2 揮発性の物質                      | <b>第二類 可燃性固体</b><br>硫化リン、赤リン、硫黄、鉄粉、金属粉、マグネシウム、前記のいずれかを含有するもの引火性固体                                                                                                                            |
| 3 自然発火性の物質                    | <b>第三類 自然発火性物質及び禁水性物質</b><br>カリウム、ナトリウム、アルキルアルミニウム、アルキルリチウム、黄リン、アルカリ金属（カリウム及びナトリウムを除く）及びアルカリ土類金属、有機金属化合物（アルキルアルミニウム及びアルキルリチウムを除く）、金属の水素化物、金属のリン化物、カルシウム又はアルミニウムの炭化物、塩素化ケイ素化合物、前記のいずれかを含有するもの |
| 4 廃棄体を著しく腐食させる物質              | <b>第四類 引火性液体</b><br>特殊引火物、第一石油類、アルコール類、第二石油類、第三石油類、第四石油類、動植物油類、有機過酸化物                                                                                                                        |
| 5 多量にガスを発生させる物質               | <b>第五類 自己反応性物質</b><br>有機過酸化物、硝酸エステル類、ニトロ化合物、ニトロソ化合物、アゾ化合物、ジアゾ化合物、ヒドラジンの誘導体、金属のアジ化物、硝酸グアニジン、前記のいずれかを含有するもの                                                                                    |
|                               | <b>第六類 酸化性液体</b><br>有機過酸化物、硝酸エステル類、ニトロ化合物、ニトロソ化合物、アゾ化合物、ジアゾ化合物、ヒドラジンの誘導体、金属のアジ化物、硝酸グアニジン、前記のいずれかを含有するもの                                                                                      |

注：表には、「埋設告示」（核燃料物質等の埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示）に規定されている「廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質」について、消防法に規定している化学物質との対応関係を示すとともに、その具体的な名称を示した。

## ④ PRTR 法

わが国では、平成 11（1999）年に「PRTR 法」により化学物質の移動登録が制度化され、特定の化学物質の環境への排出量等の把握に関する措置（以下、「PRTR」という。）並びに事業者による特定の化学物質の性状及び取り扱いに関する情報の提供に関する措置（以下、「MSDS」という。）等を講ずることにより、事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境の保全上の支障を未然に防止することが求められることとなった。  
8),9),10)

この法律では、人の健康や生態系に有害な影響を与えるおそれがあるなどの性状を有する化学物質を対象としており、有害物質の区分は表 3.1-5 に示すとおりである。また、有害性についての国際的な評価や物質の生産量等を踏まえ、環境中に広く存在すると認められる「第一種指定化学物質」、第一種ほどは存在していない「第二種指定化学物質」が指定されている。具体的な対象物質については、第一種指定化学物質を参考資料－1、第二種指定化学物質を参考資料－2 にそれぞれ示す。

表 3.1-5 PRTR 法の対象物質区分<sup>10)</sup>

| 区 分     | 対 象 物 質                                                           |
|---------|-------------------------------------------------------------------|
| 第 1 分類  | 無機化合物及び有機金属化合物                                                    |
| 第 2 分類  | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物                                            |
| 第 3 分類  | アミン系、ニトロ系、アルコール、エーテル、アルデヒド及びケトンの構造を有する鎖状炭化水素化合物                   |
| 第 4 分類  | カルボン酸及びその誘導体の構造を有する鎖状炭化水素化合物                                      |
| 第 5 分類  | その他の鎖状炭化水素化合物                                                     |
| 第 6 分類  | 単環炭化水素及びハロゲン化単環炭化水素化合物                                            |
| 第 7 分類  | アミン系、ニトロ系及びアゾ系の構造を有する単環炭化水素化合物                                    |
| 第 8 分類  | アルコール、エーテル、アルデヒド及びケトンの構造を有する単環炭化水素化合物                             |
| 第 9 分類  | カルボン酸系、硫黄酸系、窒素酸系、炭酸系、シアン酸系及びそれら誘導体の構造を有する単環炭化水素化合物並びに脂環式単環炭化水素化合物 |
| 第 10 分類 | その他の単環炭化水素化合物                                                     |
| 第 11 分類 | 多環炭化水素化合物                                                         |
| 第 12 分類 | 三から五原子環の複素環化合物                                                    |
| 第 13 分類 | その他の複素環化合物                                                        |

## (2) 海外の規制動向等

わが国において水質基準の見直し等が行われる場合には、中央環境審議会水環境専門部会環境基準健康項目専門委員会において、国内における水質の現状を十分に把握するとともに、海外における規制動向として WHO（世界保健機構）、米国 EPA（米国環境保護庁）、EU（欧州連合）の飲料水基準を参考にして決定される。そこで、これらの機関における規制動向を整理した。

① WHO<sup>11)</sup>

WHO 飲料水水質ガイドラインは、世界各国が水道整備を行う上で参考とするために設定されたものである。WHO では従来水質基準を定めていたが、1984 年に水道として望ましいレベルをガイドラインとして勧告するものとして、WHO 飲料水水質ガイドライン（第 1 版）を発行した。WHO では、このガイドラインを参考にして、各国で実行可能な適切な水質基準を定めることを勧告している。

その後もガイドラインの改訂作業が継続的に行われており、1993 年に第 2 版、1998 年にはガイドライン補遺がそれぞれ刊行された。さらに、2004 年に第 3 版が刊行されたところである。この第 3 版では、飲料水に含有される微生物、化学物質及び放射性物質の影響を考慮し、規制対象とする物質毎に物性及び毒性情報シート（ファクトシート）を作成し、そのガイドライン値を示している。

② 米国 EPA<sup>12)</sup>

米国では、EPA が National Primary Drinking Water Regulations（全国一次飲料水基準）に係る責任を持っており、安全飲料水法（Safe Drinking Water Act、1977 年制定）に基づいて、飲料水に含まれる規制物質について MCL（最大許容濃度）を定めている。この MCL は、水道水に含まれる汚染物質の最大許容濃度を示すものである。同時に、MCLG（最大許容濃度目標）を定めており、この濃度では人の健康に対する既知または予測される害作用が起きない、適当な安全域を認めるものである。

EPA の飲料水基準では、安全飲料水法の制定当初から飲料水に含まれる放射性核種の基準を定めているが、1996 年の同法の改正に伴い、飲料水中のウランについて基準を追加し、新たなモニタリングの要件としている。

③ EU/EC<sup>13)</sup>

水は、EU の環境関係法体系の中で最も包括的な規制が行なわれている分野の 1 つであり、飲料水についても指令によって加盟国における管理及び規制を促している。その基準の根拠となるものとしては 1998 年に公表された飲料水指令（Concil directive 98/83/EC に規定）があり、微生物及び化学物質の基準をとりまとめている。さらに、2000 年には「水質枠組指令」（2000/60/EC）を定め、域内の水資源を包括的に維持・管理し、2015 年までに水質・自然・環境の回復を進めるためのプログラムを実行している。



### (3) 今後の規制動向

水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準については、国外の規制状況及び国内の水質測定結果等から判断し、現時点では健康項目とはしないが、引き続き環境中での挙動や健康への影響についてデータ収集に努め、状況に応じて健康項目への移行等の検討が必要になるものがある。この項目を「要監視項目」として、その指針値が平成 5 年に設定された。

この要監視項目のうち硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、ふっ素、ほう素の 3 項目を平成 11 年 2 月の中央環境審議会答申「水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準の項目の追加等について（第 1 次答申）」を受けて、健康項目に移行した。また、平成 16 年 2 月の中央環境審議会答申「水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の見直しについて（第 1 次答申）」を受けて、新たに 5 項目（塩化ビニルモノマー、エピクロロヒドリン、1,4-ジオキサン、全マンガン、ウラン）が追加されたことから、現在 27 項目が要監視項目として設定されている。要監視項目の指針値を表 3.1-6 に示す。<sup>14),15)</sup>

これら 27 項目については、国及び地方公共団体において実施される監視結果によって、今後環境基準が設定される可能性がある。

表 3.1-6 要監視項目及び指針値 <sup>15)</sup>

| 項 目               | 指 針 値          |
|-------------------|----------------|
| クロロホルム            | 0.06 mg/L 以下   |
| トランス-1,2-ジクロロエチレン | 0.04 mg/L 以下   |
| 1,2-ジクロロプロパン      | 0.06 mg/L 以下   |
| P-ジクロロベンゼン        | 0.2 mg/L 以下    |
| イソキサチオン           | 0.008 mg/L 以下  |
| ダイアジノン            | 0.005 mg/L 以下  |
| フェニトロチオン (MEP)    | 0.003 mg/L 以下  |
| イソプロチオラン          | 0.04 mg/L 以下   |
| オキシ銅 (有機銅)        | 0.04 mg/L 以下   |
| クロロタロニル (TPN)     | 0.05 mg/L 以下   |
| プロピザミド            | 0.008 mg/L 以下  |
| EPN               | 0.006 mg/L 以下  |
| ジクロルボス (DDVP)     | 0.008 mg/L 以下  |
| フェノブカルブ (BPMC)    | 0.03 mg/L 以下   |
| イプロベンホス (IBP)     | 0.008 mg/L 以下  |
| クロルニトロフェン (CNP)   | —              |
| トルエン              | 0.6 mg/L 以下    |
| キシレン              | 0.4 mg/L 以下    |
| フタル酸ジエチルヘキシル      | 0.06 mg/L 以下   |
| ニッケル              | —              |
| モリブデン             | 0.07 mg/L 以下   |
| アンチモン             | 0.02 mg/L 以下   |
| 塩化ビニルモノマー         | 0.002 mg/L 以下  |
| エピクロロヒドリン         | 0.0004 mg/L 以下 |
| 1,4-ジオキサン         | 0.05 mg/L 以下   |
| 全マンガン             | 0.2 mg/L 以下    |
| ウラン               | 0.002 mg/L 以下  |

### 3.2 TRU 廃棄物等に含まれる有害物質の抽出

TRU 廃棄物が大量に発生する核燃料サイクル工学研究所を中心に、大洗研究開発センター、高速増殖炉研究開発センター、新型転換炉ふげん発電所、人形峠環境技術センター（以下それぞれ、「核サ研、大洗、もんじゅ、ふげん、人形」という。）において使用されている化学物質の調査結果に基づき、廃棄物に含まれる可能性のある物質で、3.1 で整理した法令及び規制において規定されている物質を抽出した。

整理した化学物質の一覧を表 3.2-1 及び 2 に示した。

表 3.2-1 「人の健康の保護に関する環境基準」及び「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に定められる物質の使用の有無

| 項 目             | 廃掃法 | 環境基準 | 使用の有無 |                    |
|-----------------|-----|------|-------|--------------------|
| カドミウム           | ○   | ○    | ○     | 人形、大洗、核サ研          |
| 全シアン            | ○   | ○    | ○     | 核サ研                |
| 鉛               | ○   | ○    | ○     | ふげん、人形、大洗、核サ研      |
| 有機リン化合物         | ○   |      | ×     |                    |
| 六価クロム           | ○   | ○    | ○     | ふげん、もんじゅ、人形、大洗、核サ研 |
| 砒素              | ○   | ○    | ○     | 人形、核サ研             |
| 水銀              | ○   | ○    | ○     | 大洗、核サ研             |
| アルキル水銀          | ○   | ○    | ×     |                    |
| PCB             | ○   | ○    | ×     |                    |
| ジクロロメタン         | ○   | ○    | ×     |                    |
| 四塩化炭素           | ○   | ○    | ○     | 人形、核サ研             |
| 1,2-ジクロロエタン     | ○   | ○    | ×     |                    |
| 1,1-ジクロロエチレン    | ○   | ○    | ×     |                    |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | ○   | ○    | ×     |                    |
| 1,1,1-トリクロロエタン  | ○   | ○    | ×     |                    |
| 1,1,2-トリクロロエタン  | ○   | ○    | ×     |                    |
| トリクロロエチレン       | ○   | ○    | ×     |                    |
| テトラクロロエチレン      | ○   | ○    | ×     |                    |
| 1,3-ジクロロプロペン    | ○   | ○    | ×     |                    |
| チウラム            | ○   | ○    | ×     |                    |
| シマジン            | ○   | ○    | ×     |                    |
| チオベンカルブ         | ○   | ○    | ×     |                    |
| ベンゼン            | ○   | ○    | ○     | 人形、核サ研             |
| セレン             | ○   | ○    | ○     | 核サ研                |
| 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素   |     | ○    | ○     | ふげん、もんじゅ、人形、大洗、核サ研 |
| フッ素             |     | ○    | ×     |                    |
| ほう素             |     | ○    | ×     |                    |
| 石綿              | ○   |      | ×     |                    |
| ダイオキシン類         | ○   |      | ×     |                    |

注 1：廃掃法及び環境基準（健康項目）の対象となっている物質には○印をつけた。

注 2：使用の有無について、使用されている物質には○印、全く使用されていない物質には×印をそれぞれ付けた。また、使用されている物質については、年間使用量が 1kg 以上の施設を有する事業所の名称を示した。

表 3.2-2 (1/2) 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」  
に定められる物質の使用の有無

| 項 目            |                      | 使用の有無 |                    |
|----------------|----------------------|-------|--------------------|
| 第一類<br>(酸化性固体) | 塩素酸塩類                | ○     | 人形、核サ研             |
|                | 過塩素酸塩類               | ○     | ふげん、大洗、核サ研         |
|                | 無機過酸化物               | ○     | 核サ研                |
|                | 亜塩素酸塩類               | ×     |                    |
|                | 臭素酸塩類                | ○     | 核サ研                |
|                | 硝酸塩類                 | ○     | ふげん、人形、大洗、核サ研      |
|                | ヨウ素酸塩類               | ○     | ふげん、核サ研            |
|                | 過マンガン酸塩類             | ○     | もんじゅ、ふげん、人形、核サ研    |
|                | 重クロム酸塩類              | ○     | もんじゅ、ふげん、人形、大洗、核サ研 |
|                | 過ヨウ素酸塩類              | ○     | 核サ研                |
|                | クロム、鉛またはヨウ素の酸化物      | ○     | ふげん、核サ研            |
|                | 亜硝酸塩類                | ○     | 核サ研                |
|                | 次亜塩素酸塩類              | ○     | ふげん、人形             |
|                | 塩素化イソシアヌル酸           | ×     |                    |
|                | ペルオキシ二硫酸塩類           | ○     | ふげん、核サ研            |
|                | ペルオキシホウ酸塩類           | ×     |                    |
|                | 前項に掲げるもののいずれかを含有するもの | ×     |                    |
| 第二類<br>(可燃性固体) | 硫化リン                 | ×     |                    |
|                | 赤リン                  | ×     |                    |
|                | 硫黄                   | ×     |                    |
|                | 鉄粉                   | ○     | 大洗、核サ研             |
|                | 金属粉                  | ○     | 大洗、核サ研             |
|                | マグネシウム               | ×     |                    |
|                | 前項に掲げるもののいずれかを含有するもの | ×     |                    |
|                | 引火性固体                | ×     |                    |

注：使用の有無について、使用されている物質には○印、全く使用されていない物質には×印をそれぞれ付けた。  
また、使用されている物質について、年間使用量が 1kg 以上の施設を有する事業所の名称を示した。

表 3.2-2 (2/2) 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」  
に定められる物質の使用の有無

| 項目                     |                                   | 使用の有無 |                |
|------------------------|-----------------------------------|-------|----------------|
| 第三類<br>(自然発火性物質／禁水性物質) | カリウム                              | ×     |                |
|                        | ナトリウム                             | ○     | 大洗、核サ研         |
|                        | アルキルアルミニウム                        | ×     |                |
|                        | アルキルリチウム                          | ×     |                |
|                        | 黄リン                               | ×     |                |
|                        | アルカリ金属(カリウム及びナトリウムを除く) 及びアルカリ土類金属 | ×     |                |
|                        | 有機金属化合物(アルキルアルミニウム及びアルキルリチウムを除く。) | ×     |                |
|                        | 金属の水素化物                           | ×     |                |
|                        | 金属のりん化物                           | ×     |                |
|                        | カルシウム又はアルミニウムの炭化物                 | ×     |                |
|                        | 塩素化ケイ素化合物                         | ×     |                |
|                        | 前項に掲げるもののいずれかを含有するもの              | ×     |                |
| 第四類<br>(引火性液体)         | 特殊引火物                             | ○     | 核サ研            |
|                        | 第一石油類                             | ○     | もんじゅ、人形、大洗、核サ研 |
|                        | アルコール類                            | ○     | もんじゅ、人形、大洗、核サ研 |
|                        | 第二石油類                             | ○     | もんじゅ、人形、核サ研    |
|                        | 第三石油類                             | ○     | ふげん、人形、核サ研     |
|                        | 第四石油類                             | ○     | もんじゅ、人形、大洗、核サ研 |
|                        | 動植物油類                             | ×     |                |

注: 使用の有無について、使用されている物質には○印、全く使用されていない物質には×印をそれぞれ付けた。  
また、使用されている物質について、年間使用量が 1kg 以上の施設を有する事業所の名称を示した。

### 3.3 環境及び人の健康に与える影響及び問題点の整理

機構の廃棄物に含まれる可能性のある有害物質について、その毒性（経口、吸入、経皮等による毒性の情報等）及び物性に関する情報を整理し、環境や人の健康に与える影響及び取扱いについての問題点等を整理した。

具体的には、まず、3.2 で抽出した有害物質を対象に、表 3.3-1 に示す調査項目及び内容について情報を整理した。なお、調査項目は、「核サ研、大洗、もんじゅ、ふげん、人形における使用状況」及び「規制基準の指定状況」に応じて、以下の①～④のように区分することとした（表 3.3-2）。

- ①「使用する物質」で「廃掃法及び環境基準等の規制対象物質」に該当するもの

表 3.3-1 に示す調査項目全てを整理する。

- ②「使用する物質」で「PRTR 法のための規制対象物質」に該当するもの

表 3.3-1 に示す調査項目全てを整理する。ただし、PRTR 法のための対象物質については、①の物質に比べて毒性及び物性に関する情報量が少ないことから、入手可能な範囲の情報を整理することとした。

- ③「使用しない物質」で「廃掃法及び環境基準等の規制対象物質」に該当するもの

表 3.3-1 に示す調査項目のうち、物質名、毒性に関する情報のみを整理する。

- ④「使用しない物質」で「PRTR 法のための規制対象物質」に該当するもの

今回調査では、情報の整理は行わない。

なお、「鉛及びその化合物」のように化学物質名が特定されない物質については、単体及びその代表的な化合物を対象に表 3.3-1 に示した調査項目を整理することとした。なお、ここでいう代表的な化合物とは、表 3.3-3 に示す環境省（2004）の環境基準項目等の設定根拠等に例示されている化合物とした。<sup>15)</sup>

続いて、選定した各化学物質について、表 3.3-4 に示す情報源を基に、以下のア．～キ．に示す調査項目を整理した。

#### ア．物質名、Cas No.

物質名には、調査対象とした化学物質の名称（または総称）を記載した。また、化学物質が特定されている場合には、「CAS No.」を記した。

#### イ．分類

表 3.1-5 に示した PRTR 法の対象物質区分を参考にして整理した。

#### ウ．物性値

各物質について、構造式、分子量、比重、融点、沸点に係る情報を整理した。また、対象とした物質を取り扱う際に留意事項として、引火性・爆発性、腐食性についても整理した。

#### エ．物質移行パラメータ

各物質について、溶解度（水）、オクタノール／水分分配係数（Kow）、土壌／水分分配係数

(Kd)に係る情報を整理した。

なお、土壌／水分配係数 (Kd) が報告されていない物質のうち、実験値として有機炭素／水分配係数 (Koc) が報告されている物質については、次式により土壌／水分配係数 (Kd) に換算して記載した。<sup>16)</sup>

$$Kd = Koc \times foc$$

foc : 土壌中有機炭素含有率 (2%)

※「環境無機化学」(Bowen, H.J.M.著, 浅見輝男・茅野充男訳, 1983)において国内外の情報から整理している土壌の元素組成表を基に、foc=0.02 とした。<sup>17)</sup>

#### オ. 国内外における環境基準

各物質について、国内の大気、水質等に関する環境基準の適用状況を整理した。

国内の基準については、大気、水質 (地下水)、土壌、水道水の基準及び PRTR 法の適用状況を整理した。国外 (大気・水質等) については、WHO 飲料水水質ガイドライン、米国 EPA (環境保護庁) 飲料水基準、EU 指令に定める基準を整理した。

#### カ. 毒性に関する情報

各物質について、化学物質の急性及び慢性毒性に係る情報を整理した。

急性毒性における生態毒性の指標 (LC<sub>50</sub>、LD<sub>50</sub>、EC<sub>50</sub>、ED<sub>50</sub>) については、表 3.3-5 に定義を示した。

#### キ. 毒性に関する情報

各物質について、国際がん研究機関 (IARC : International Agency for Research on Cancer) 及び日本産業衛生学会における発ガン性のランクを整理した。発がん性のランクの定義については表 3.3-6 に示した。

また、対象とした化学物質について、これらの情報を整理した結果を表 3.3-7~31 に示した。

また、このうち代表的な化合物について情報を整理した結果を参考資料-3 に示した。



表 3.3-1 調査項目及び内容の一覧

| 調査項目      | 内容                                                          |
|-----------|-------------------------------------------------------------|
| 区分        | 廃掃法、環境基準、PRTR 法による規定状況                                      |
| 物質名       | 抽出した有害物質の名称                                                 |
| 化学形       | 化学物質の形態                                                     |
| 物性情報      | 構造式、分子量、比重、融点、引火性・爆発性、腐食性、溶解度（水）、オクタノール／水分解係数（Kow）、土壌／水分配係数 |
| 国内外における基準 | 国内（大気、水質、土壌、産業衛生に係る基準）、国外（WHO、EPA、EU 指令における基準）              |
| 毒性に関する情報  | 急性、慢性、発がん性                                                  |

表 3.3-2 物質毎の調査項目の区分

| 使用状況<br>基準          | 使用する物質                                                                                                 | 使用しない物質                                               |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 廃掃法及び環境基準等の規制対象物質   | ① 詳細な情報の整理を行う。<br>・ 区分<br>・ 物質名<br>・ 化学形<br>・ 物性情報<br>・ 国内外における基準（PRTR 法の規定状況含む）<br>・ 毒性に関する情報<br>・ 備考 | ③ 簡易な情報の整理を行う。<br>・ 物質名<br>・ 国内外における基準（PRTR 法の規定状況含む） |
| PRTR 法のみ<br>の規制対象物質 | ② 規制対象物質の一覧のみを整理する。                                                                                    | ④ 情報の整理は行わない。                                         |

注：表中の太枠の①～③の物質について、毒性及び物性に関する情報を整理することとした。

表 3.3-3 環境基準項目（健康項目）の代表的な化合物<sup>15)</sup>

| 項目               | 代表的な化合物                                                                                                                                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| カドミウム            | 塩化カドミウム( $\text{CdCl}_2$ )、酸化カドミウム( $\text{CdO}$ )、硫酸カドミウム( $\text{CdSO}_4$ )                                                                                        |
| 全シアン             | シアン化ナトリウム( $\text{NaCN}$ )、シアン化カリウム( $\text{KCN}$ )、塩化シアン( $\text{ClCN}$ )、チオシアン酸ナトリウム( $\text{NaSCN}$ )                                                             |
| 鉛                | 硝酸鉛( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ )                                                                                                                                    |
| 六価クロム            | 酸化クロム(無水クロム酸)( $\text{CrO}_3$ )、ニクロム酸カリウム(重クロム酸カリウム)( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )、ニクロム酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) |
| 砒素               | 砒酸( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ )、五酸化二砒素( $\text{As}_2\text{O}_5$ )、亜砒酸( $\text{As}_2\text{O}_3$ )                                                                      |
| 総水銀              | 酸化水銀(Ⅱ)( $\text{HgCl}_2$ )、硝酸水銀(Ⅱ)( $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ )、酢酸フェニル水銀                                                                                            |
| アルキル水銀           | ( $\text{CH}_3\text{COOHgC}_6\text{H}_5$ )                                                                                                                           |
| PCB              | —                                                                                                                                                                    |
| ジクロロメタン          | —                                                                                                                                                                    |
| 四塩化炭素            | —                                                                                                                                                                    |
| 1, 2-ジクロロエタン     | —                                                                                                                                                                    |
| 1, 1-ジクロロエチレン    | —                                                                                                                                                                    |
| シス-1, 2-ジクロロエチレン | —                                                                                                                                                                    |
| 1, 1, 1-トリクロロエタン | —                                                                                                                                                                    |
| 1, 1, 2-トリクロロエタン | —                                                                                                                                                                    |
| トリクロロエチレン        | —                                                                                                                                                                    |
| テトラクロロエチレン       | —                                                                                                                                                                    |
| 1, 3-ジクロロプロペン    | —                                                                                                                                                                    |
| チウラム             | —                                                                                                                                                                    |
| シマジン             | —                                                                                                                                                                    |
| チオベンカルブ          | —                                                                                                                                                                    |
| ベンゼン             | —                                                                                                                                                                    |
| セレン              | オキシ塩化セレン( $\text{SeOCl}_2$ )、セレン化水素( $\text{H}_2\text{Se}$ )、亜セレン酸( $\text{H}_2\text{SeO}_3$ )                                                                       |
| 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素    | 硝酸( $\text{HNO}_3$ )、硝酸ナトリウム( $\text{NaNO}_3$ )、亜硝酸ナトリウム( $\text{NaNO}_2$ )                                                                                          |
| ふっ素              | フッ化ナトリウム( $\text{NaF}$ )、フッ化水素酸( $\text{HF}$ )                                                                                                                       |
| ほう素              | ほう砂( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )、ほう酸( $\text{H}_3\text{BO}_4$ )                                                                                              |

注 1：全シアンは単体の物質はないことから、環境省（2004）において単体の物質にかえて例示しているシアン化ナトリウムについて情報を整理し、その代表的な化合物（シアン化カリウム、塩化シアン、チオシアン酸ナトリウム）についても別途情報を整理した。

注 2：硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素については単体の物質はないことから、環境省（2004）において単体の物質にかえて例示している硝酸、硝酸ナトリウム、亜硝酸ナトリウムについて情報を整理した。

表 3.3-4(1/2) 化学物質の物性情報、基準値、毒性に関する情報源

| 名 称                                  | 概 要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 国際化学物質安全性カード<br>(ICSC) 日本語版          | 管理主体：国立医薬品食品衛生研究所 (NIHS) 概要：国際化学物質安全性計画 (IPCS : The International Programme on Chemical Safety) が作成している国際化学物質安全性カード (ICSC : International Chemical Safety Cards) を国立医薬品食品衛生研究所(日本の IPCS 担当研究機関)が IPCS の許可を得て日本語に翻訳したデータベース。<br>アドレス： <a href="http://www.nihs.go.jp/ICSC/">http://www.nihs.go.jp/ICSC/</a>                                                 |
| PRTR 対象物質の毒性・物性・用途情報                 | 管理主体：エコケミストリー研究会（代表：浦野紘平横浜国立大学大学院環境情報研究院教授）概要：同研究会では、化学物質が製造、副生、輸送、貯蔵、使用、廃棄されるすべての段階で環境と調和するシステムを築くために、所属、立場、専門、地域などが異なる人が、下記の領域についての最新情報を共有し、意見を交換する場を提供することを目的として化学物質の情報基盤を整備している。<br>アドレス： <a href="http://env.safetyeng.bsk.ynu.ac.jp/ecochemi/">http://env.safetyeng.bsk.ynu.ac.jp/ecochemi/</a>                                                      |
| 環境省・PRTR インフォメーション広場                 | 管理主体：環境省環境保健部概要：PRTR 法指定化学物質について物性及び毒性情報等を取りまとめたデータベース。<br>アドレス： <a href="http://www.env.go.jp/chemi/prtr/db/db.php3">http://www.env.go.jp/chemi/prtr/db/db.php3</a>                                                                                                                                                                                       |
| Chemicals and Laws (化学物質と法規制)        | 管理主体：民間企業（ヨシオカ企画）概要：化学物質に係る法規、関連するデータを一覧表により取りまとめられたデータベース。<br>アドレス： <a href="http://www.chemlaw.co.jp/">http://www.chemlaw.co.jp/</a>                                                                                                                                                                                                                     |
| 有害物質小事典（研究社）                         | 著者：泉邦彦（元京都工芸繊維大学教授）<br>概要：化学物質の種別（元素と無機物質）及び化学商品の種別（農薬、プラスチック成分、溶剤等）毎に有害物質が選定され、その用途、毒性、汚染と規制の状況等が簡潔に整理されている。                                                                                                                                                                                                                                              |
| 安全衛生情報センター・化学物質情報データベース              | 管理主体：安全衛生情報センター（中央労働災害防止協会）概要：労働安全衛生法（安衛法）に基づいて公表された約 50,000 の化学物質や化学物質の危険有害性情報（MSDS）等を取りまとめている。<br>アドレス：<br><a href="http://www.jaish.gr.jp/anzen/html/select/ankg00.htm">http://www.jaish.gr.jp/anzen/html/select/ankg00.htm</a>                                                                                                                         |
| HSDB(Hazardous Substances Data Bank) | 管理主体：U.S. National Library of Medicine The Specialized Information Services (SIS) Division of the National Library of Medicine (NLM)概要：米国連邦政府機関が化学物質による毒性、環境及び健康被害に係る情報を取りまとめたデータベース（本検討では、主としてヒト以外の動物への毒性情報を検索するために活用した）。<br>アドレス：<br><a href="http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB">http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB</a> |

表 3.3-4 (2/2) 化学物質の物性情報、基準値、毒性に関する情報源

| 名 称                                                                                                                                             | 概 要                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chemical and Physical Properties Search Page                                                                                                    | 管 理 主 体 : Pennsylvania Department of Environmental Protection<br>概要 : 化学物質の物性情報をとりまとめたデータベース。(本検討では、主として「オクタノール／水分配係数 (Kow)」及び「有機炭素／水分配係数 (Koc)」の検索するために活用した。) アドレス : <a href="http://www.dep.state.pa.us/physicalproperties/PPP_Search.htm">http://www.dep.state.pa.us/physicalproperties/PPP_Search.htm</a> |
| IAEA Technical Reports Series No.364 (1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environment | 著 者 : IAEA<br>概要 : 農作物及び畜産物への元素の移行係数等のパラメーターが整理されている (本検討では、「土壌／水分配係数 (Kd)」を検索するために活用した)。                                                                                                                                                                                                                     |
| IAEA Technical Reports Series No.422 (2004) : Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment  | 著 者 : IAEA<br>概要 : 水産物への元素の濃縮係数等のパラメーターが整理されている (本検討では、「土壌／水分配係数 (Kd)」を検索するために活用した)。                                                                                                                                                                                                                          |
| Earth Reference Data and Models                                                                                                                 | 監修者 : サンディエゴ・スーパーコンピューターセンター、スクリップス海洋研究所 (SIO)、ウッズホール海洋研究所 (WHOI)、アメリカ地球物理学連合 (AGU) 他<br>概要 : 地球化学図 (Geochemical Earth Reference Model: GERM) の作成のための国際的取組として、地圏・水圏の各種パラメータの収集・整理を行っている (本検討では、「土壌／水分配係数 (Kd)」を検索するために活用した)。<br>アドレス : <a href="http://earthref.org/">http://earthref.org/</a>                |

表 3.3-5 生態毒性（急性毒性）の意味

| 名 称              | 概 要                                  |
|------------------|--------------------------------------|
| LC <sub>50</sub> | ある化学物質を投与したとき、半数が死亡すると推計される投与量       |
| LD <sub>50</sub> | ある濃度の化学物質の中においたとき、半数が死亡すると推計される濃度    |
| EC <sub>50</sub> | ある化学物質を水生生物に投与したとき、半数に影響が現れる濃度（水性毒性） |
| ED <sub>50</sub> | ある化学物質を投与したとき、試験動物の半数に影響が現われる投与量     |

表 3.3-6 発ガン性のランク

| 名 称                                                                    | 概 要                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| International Agency for<br>Research on Cancer (IARC :<br>国際がん研究機関) *1 | 1 : ヒトに対して発がん性がある<br>2 A : ヒトに対して恐らく発がん性がある<br>2 B : ヒトに対して発がん性があるかもしれない<br>3 : ヒトに対する発がん性については分類できない<br>4 : ヒトに対して恐らく発がん性がない |
| 日本産業衛生学会 *2                                                            | 1 : 人間に対して発がん性のある物質<br>2 A : 人間に対しておそらく発がん性があると考えられる物質<br>(証拠がより十分)<br>2 B : 人間に対しておそらく発がん性があると考えられる物質<br>(証拠が比較的十分でない)       |

\*1 : 国際的なヒトのがんの原因に関する研究及び方向性の提示並びにがんを科学的に制御するための方策を研究することを目的として、WHO により 1965 年に設立された機関である。

\*2 : 機関は、労働環境の改善と良好な環境の達成、維持に少しでも関心のある人々のための情報源として広く利用され、個別の勧告値の意味の理解に資するとともに、許容濃度や許容基準の一般的性格についての理解にも役立つことを目的として、毎年機関紙に「許容濃度等の勧告」を掲載している。

表 3.3-7 化学物質の物性・毒性に関する情報：カドミウム

| 物質名         | カドミウム        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |
|-------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Cas No.     | 7440-43-9    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |
| 分類          | 単体           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |
| 物性値         | 構造式          | Cd                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |
|             | 分子量          | 112.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |
|             | 比重           | 8.6g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |
|             | 融点           | 321℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |
|             | 沸点           | 765℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |
|             | 引火点・爆発性      | 粉末または、顆粒状で空気と混合すると粉塵爆発の可能性がある（発火温度：250℃（カドミウム金属粉塵））。                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |
|             | 腐食性          | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                     |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）       | 溶けない、1.0×10 <sup>3</sup> mg/L 以下（20℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                     |
|             | オクタノール／水分配係数 | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                     |
|             | 土壌／水分配係数     | 平均値：7.4×10 <sup>1</sup> 、最小・最大：3.7×10 <sup>0</sup> ～1.5×10 <sup>3</sup> （砂）<br>平均値：4.0×10 <sup>1</sup> 、最小・最大：1.6×10 <sup>0</sup> ～9.9×10 <sup>2</sup> （ローム）<br>平均値：5.4×10 <sup>2</sup> 、最小・最大：9.0×10 <sup>1</sup> ～3.3×10 <sup>3</sup> （粘土）<br>平均値：8.2×10 <sup>0</sup> 、最小・最大：8.2×10 <sup>0</sup> ～8.1×10 <sup>4</sup> （有機土壌） |                                     |
| 国内外における環境基準 | 国内           | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | －                                   |
|             |              | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 健康項目：0.01mg/L 以下<br>地下水：0.01mg/L 以下 |
|             |              | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 土壌溶出基準値：0.01mg/L 以下                 |
|             |              | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.01mg/L（水質基準）                      |
|             |              | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 第 1 種指定化学物質（政令番号 60）                |
|             | 国外           | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.003mg/L（第 3 版）                    |
|             |              | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.005mg/L（MCL：最大許容濃度）               |
|             |              | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.005mg/L                           |
| 毒性情報        | 急性毒性         | （ヒトへの影響）<br>かなり強い。ヒトでは、微粉末の吸入によって肺に炎症が生じ、呼吸困難を招く。また、化合物の摂取によっても頭痛や発熱を伴うインフルエンザ様の症状が現れ、嘔吐や腹部の痙攣も見られる。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：225 mg/kg<br>・ラット吸入 LC <sub>50</sub> ：25 mg/m <sup>3</sup> /30min<br>・マウス経口 LD <sub>50</sub> ：890 mg/kg<br>・マウス腹腔 LD <sub>50</sub> ：5700 μg/kg                               |                                     |
|             | 慢性毒性         | 体内では主に肝臓と腎臓に蓄積される。ヒトでも実験動物でも長期間の経口摂取によってまず腎臓障害（尿細管の機能低下）が生ずる。また、骨の発育不良、歯の変質、嗅覚の低下等も観察されている。一方、吸入曝露では細気管支炎や肺気腫が生ずる。                                                                                                                                                                                                             |                                     |
|             | 発がん性         | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 第 1 群                               |
|             |              | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 第 1 群                               |

表 3.3-8 化学物質の物性・毒性に関する情報：全シアン

| 物質名         | 全シアン（シアン化ナトリウム）     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
|-------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Cas No.     | 143-33-9（シアン化ナトリウム） |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
| 分類          | 無機化合物               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
| 物性値         | 構造式                 | NaCN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                               |
|             | 分子量                 | 49.01                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
|             | 比重                  | 1.6g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                               |
|             | 融点                  | 563℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                               |
|             | 沸点                  | 1496℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
|             | 引火点・爆発性             | 不燃性。硝酸塩、塩化物など強い酸化剤と接触すると爆発する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                               |
|             | 腐食性                 | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）              | 4.8×10 <sup>5</sup> mg/L（10℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                               |
|             | オクタノール／水分配係数        | 49.0L/kg（logKow=-1.69）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                               |
|             | 土壌／水分配係数            | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |
| 国内外における環境基準 | 国内                  | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | －                             |
|             |                     | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 健康項目：検出されないこと<br>地下水：検出されないこと |
|             |                     | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 土壌溶出基準値：検液中に検出されないこと          |
|             |                     | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.01mg/L（シアンの量にして）（水質基準）      |
|             |                     | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 第 1 種指定化学物質（政令番号 108）         |
|             | 国外                  | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.07mg/L（第 3 版）               |
|             |                     | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.2mg/L（MCL：最大許容濃度）           |
|             |                     | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.05mg/L                      |
| 毒性情報        | 急性毒性                | （ヒトへの影響）<br>眼、皮膚、気道を激しく刺激する。細胞呼吸に影響を与え、痙攣、意識喪失を生じることがある。死に至ることがある。<br>医学的な経過観察が必要である。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：6440 μg/kg<br>・ラット腹腔内注射 LD <sub>50</sub> ：4300 μg/kg<br>・マウス腹腔内注射 LD <sub>50</sub> ：5881 μg/kg<br>・マウス皮下投与 LD <sub>50</sub> ：3660 μg/kg<br>・ウサギ筋肉注射 LD <sub>50</sub> ：1666 μg/kg<br>・ウサギ点眼（ocular routes） LD <sub>50</sub> ：5048 μg/kg |                               |
|             | 慢性毒性                | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |
|             | 発がん性                | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | －                             |
|             |                     | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | －                             |

注：全シアンについては単体の物質が存在しないことから、環境省（2004）がシアン化合物の代表的な物質として例示しているシアン化ナトリウムについて情報を整理した。

表 3.3-9 化学物質の物性・毒性に関する情報：鉛

| 物質名         | 鉛 (LEAD)     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |
|-------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Cas No.     | 7439-92-1    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |
| 分類          | 単体           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |
| 物性値         | 構造式          | Pb                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |
|             | 分子量          | 207.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                  |
|             | 比重           | 11.34g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |
|             | 融点           | 327.5℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |
|             | 沸点           | 1740℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                  |
|             | 引火点・爆発性      | 化合物自体は火災・爆発の危険性はないが、火災時に分解して酸素を放出する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |
|             | 腐食性          | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）       | 溶けない、 $3.1 \times 10^{-1}$ mg/L (24℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                  |
|             | オクタノール／水分配係数 | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                  |
|             | 土壌／水分配係数     | 平均値： $2.7 \times 10^2$ 、最小・最大： $2.7 \times 10^0 \sim 2.7 \times 10^4$ （砂）<br>平均値： $1.6 \times 10^4$ 、最小・最大： $9.9 \times 10^2 \sim 2.7 \times 10^5$ （ローム）<br>平均値： $5.4 \times 10^2$ （粘土）<br>平均値： $2.2 \times 10^4$ 、最小・最大： $8.1 \times 10^3 \sim 6.0 \times 10^4$ （有機土壌）<br>平均値： $7.1 \times 10^{-1}$ 、最小・最大： $1.0 \times 10^{-4} \sim 7.5 \times 10^0$ |                                  |
| 国内外における環境基準 | 国内           | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | －                                |
|             |              | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 健康項目：0.01mg/L<br>地下水：0.01mg/L    |
|             |              | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 土壌溶出基準値：0.01mg/L 以下              |
|             |              | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.01mg/L（水質基準）                   |
|             |              | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 第 1 種指定化学物質（政令番号 230）            |
|             | 国外           | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.01mg/L（第 3 版）                  |
|             |              | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.015mg/L（MCL：最大許容濃度）            |
|             |              | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0.01mg/l（指令発行後 15 年目（2013 年）までに） |
| 毒性情報        | 急性毒性         | （ヒトへの影響）<br>かなり強い。ヒトでは、一般に胃腸障害（食欲低下、吐き気、腹痛等）、腎臓障害及び神経障害（頭痛、興奮状態、不眠、筋肉の痙攣等）が目立つ。重症では脳疾病が悪化して死亡する。また、金属鉛の微粉末を吸入すると、鼻や喉が強く刺激される。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>－                                                                                                                                                                                                    |                                  |
|             | 慢性毒性         | ヒトの場合に中枢神経障害（疲労感、うつ状態、集中力低下、記憶力低下等）と末梢神経障害（手足の脱力感等）が多くみられる。特に子供に対しては、血中濃度が $10 \sim 15 \mu\text{g/dL}$ の低いレベルで学習能力の低下、聴覚障害、行動異常等を引き起こす。貧血や血圧上昇もよく知られた慢性症状である。                                                                                                                                                                                          |                                  |
|             | 発がん性         | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 第 2B 群                           |
|             |              | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 第 2B 群                           |



表 3.3-10 化学物質の物性・毒性に関する情報：クロム

| 物質名         | クロム (CHROMIUM)  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |
|-------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Cas No.     | 7440-47-3 (クロム) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |
| 分類          | 単体              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                               |
| 物性値         | 構造式             | Cr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                               |
|             | 分子量             | 52.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                               |
|             | 比重              | 7.14g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                               |
|             | 融点              | 1900℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                               |
|             | 沸点              | 2642℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                               |
|             | 引火点・爆発性         | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                               |
|             | 腐食性             | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                               |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度 (水)         | 溶けない、 $5.0 \times 10^{-4}$ mg/l (25℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                               |
|             | オクタノール／水分配係数    | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                               |
|             | 土壌／水分配係数        | 平均値： $6.7 \times 10^1$ 、最大・最小： $1.0 \times 10^0 \sim 4.4 \times 10^3$ (砂)<br>平均値： $3.0 \times 10^1$ 、最大・最小： $9.1 \times 10^{-2} \sim 9.9 \times 10^3$ (ローム)<br>平均値： $1.5 \times 10^3$ (粘土)<br>平均値： $2.7 \times 10^2$ 、最大・最小： $1.2 \times 10^0 \sim 6.0 \times 10^4$ (有機土壌)<br>平均値： $2.5 \times 10^1$ 、最大・最小：0～ $7.8 \times 10^2$ |                                               |
| 国内外における環境基準 | 国内              | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | －                                             |
|             |                 | 水質 (地下水)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 健康項目：0.05mg/L (六価クロム)<br>地下水：0.05mg/L (六価クロム) |
|             |                 | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 土壌溶出基準値:0.05mg/L 以下(六価クロム)                    |
|             |                 | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.05mg/L (水質基準：六価クロム化合物)                      |
|             |                 | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 第 1 種指定化学物質 (政令番号 69)                         |
|             | 国外              | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.05mg/L (p) (第 3 版)                          |
|             |                 | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.1mg/L (MCL：最大許容濃度)                          |
|             |                 | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.05mg/L                                      |
| 毒性情報        | 急性毒性            | (ヒトへの影響)<br>6 価のクロム化合物 (クロム酸塩等) の毒性は、急性慢性ともかなり強いが、3 価の化合物 (硝酸クロム等) の場合はあまり強くない。ヒトが 6 価の化合物の微粉末を吸入すると、主に呼吸器系に影響が及び、咳や呼吸困難が生ずる。<br>(ヒト以外の動物への影響)<br>－                                                                                                                                                                              |                                               |
|             | 慢性毒性            | クロム酸の塩の製造工場等で労働者の皮膚の潰瘍や鼻中隔穿孔 (鼻の粘膜に穴が開く疾患) が多くみられ、6 価のクロム化合物の慢性的な吸入 (または接触) による障害とみなされている。ほかに、肺炎、気管支炎、ぜん息等も生ずる。経口摂取では、肝臓、腎臓、胃腸等の障害が目立つ。また動物実験でも類似の結果が観察されている。一方、3 価のクロムは生元素であり、その微量は動物にとって必要 (主に膵臓ホルモンインスリンの作用の補助) であるが、過剰に摂取すると腎臓障害等の有害な性質を示す。                                                                                  |                                               |
|             | 発がん性            | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 第 1 群 (六価クロム化合物として)                           |
|             |                 | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 第 1 群 (六価クロム化合物として)                           |

表 3.3-11 化学物質の物性・毒性に関する情報：砒素

| 物質名         | 砒素 (ARSENIC)      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                      |
|-------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cas No.     | 7440-38-2         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                      |
| 分類          | 単体、無機化合物及び有機金属化合物 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                      |
| 物性値         | 構造式               | As                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                      |
|             | 分子量               | 74.9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                      |
|             | 比重                | 5.7g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                      |
|             | 融点                | 817℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                      |
|             | 沸点                | (昇華点：613℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                      |
|             | 引火点・爆発性           | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                      |
|             | 腐食性               | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                      |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）            | 溶けない                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                      |
|             | オクタノール／水分配係数      | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                      |
|             | 土壌／水分配係数          | 平均値：1.1×10 <sup>2</sup> 、最小・最大：5.6×10 <sup>-2</sup> ～1.0×10 <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                      |
| 国内外における環境基準 | 国内                | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | －                                    |
|             |                   | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 健康項目：0.01mg/L<br>地下水：0.01mg/L        |
|             |                   | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 土壌溶出基準値：0.01mg/L 以下                  |
|             |                   | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.01mg/L（水質基準）                       |
|             |                   | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 第 1 種指定化学物質（政令番号 252）                |
|             | 国外                | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.01mg/L (p)（第 3 版）                  |
|             |                   | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.010mg/L（2006.1.23 までに）（MCL：最大許容濃度） |
|             |                   | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.01mg/L                             |
| 毒性情報        | 急性毒性              | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>きわめて強い。ヒトでは、経口摂取でも吸入曝露でも、頭痛、吐き気、発熱、食欲低下、肝臓、肥大、皮膚の黒変、不整脈、血圧低下、末梢神経障害、貧血、白血球減少等の症状を生み出す。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：763mg/kg</li> <li>・ラット腹腔 LD<sub>50</sub>：13390 μg/kg</li> <li>・マウス経口 LD<sub>50</sub>：145mg/kg</li> <li>・マウス腹腔 LD<sub>50</sub>：46200 μg/kg</li> </ul> |                                      |
|             | 慢性毒性              | ヒトへの吸入曝露や接触によって皮膚炎、結膜炎、咽頭炎、鼻炎（特に粘膜の潰瘍）等が生ずる。また経口摂取では、中枢及び末梢神経障害（手足の感覚異常・麻痺や脱力感）、循環器障害（末端の動脈の閉塞と壊死等）、皮膚障害（黒変や角化）、肝臓障害（黄疸や肝硬変）等が目立つ。                                                                                                                                                                                                                    |                                      |
|             | 発がん性              | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 第 1 群（砒素及びその化合物として）                  |
|             |                   | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 第 1 群（砒素及びその化合物として）                  |

表 3.3-12 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：水銀・アルキル水銀

| 物質名         | 水銀 (MERCURY)・アルキル水銀 (ALKYL MERCURY) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cas No.     | 7439-97-6                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 |
| 分類          | 単体、有機金属化合物                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 |
| 物性値         | 構造式                                 | Hg                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                 |
|             | 分子量                                 | 200.6                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                 |
|             | 比重                                  | 13.5g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                 |
|             | 融点                                  | -39℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                 |
|             | 沸点                                  | 357℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                 |
|             | 引火点・爆発性                             | ・水銀自体は爆発性がない。<br>・アセチレン・アンモニアと反応して、爆発性のある水銀アセチリドや水銀と窒素の化合物を生ずる。                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 |
|             | 腐食性                                 | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                 |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度 (水)                             | 5.6×10 <sup>-2</sup> mg/L (25℃)                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 |
|             | オクタノール／水分配係数                        | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                 |
|             | 土壌／水分配係数                            | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                 |
| 国内外における環境基準 | 国内                                  | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | —                                                                                               |
|             |                                     | 水質 (地下水)                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 健康項目：<br>0.0005mg/L (総水銀)<br>検出されないこと (アルキル水銀)<br>地下水：<br>0.0005mg/L (総水銀)<br>検出されないこと (アルキル水銀) |
|             |                                     | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 土壌溶出基準値：<br>0.0005mg/L 以下 (総水銀)<br>検出されないこと (アルキル水銀)                                            |
|             |                                     | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.0005mg/L (水質基準)                                                                               |
|             |                                     | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 第 1 種指定化学物質 (政令番号 175)                                                                          |
|             |                                     | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.001mg/L (総水銀として：無機水銀、有機水銀) (第 3 版)                                                            |
|             | 国外                                  | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.002mg/L (MCL：最大許容濃度)                                                                          |
|             |                                     | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.001mg/L                                                                                       |
| 毒性情報        | 急性毒性                                | (ヒトへの影響)<br>きわめて強い。化合物の経口摂取によって吐き気、嘔吐、激しい腹痛等が生じ、口中に金属味が持続する。一方、金属水銀蒸気のヒトによる吸入曝露では、幻覚、うわごとなどの症状を含む中枢神経系の障害が目立つ。他に呼吸器系への障害も見られ、咳、胸痛、肺炎、呼吸障害等の症状が観察される。<br>(ヒト以外の動物への影響)<br>・ナマズ LC <sub>50</sub> ：0.35 mg/L/96 hr<br>・ヒバリガイの仲間 ( <i>Modiolus carvalhoi</i> ) LC <sub>50</sub> ：0.5 ppm/48 hr、0.19 ppm/96 hr |                                                                                                 |
|             |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                 |

表 3.3-12 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：水銀・アルキル水銀

| 物質名  | 水銀 (MERCURY) ・ アルキル水銀 (ALKYL MERCURY) |                                                                                                                        |                      |
|------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 毒性情報 | 急性毒性                                  | ・ カカトヘリガエルのオタマジャクシ ( <i>Rana hexadactyla</i> )<br>LC <sub>50</sub> (tadpoles) 0.051 ppm/96 hr                          |                      |
|      | 慢性毒性                                  | 金属水銀蒸気の吸入によってヒトではやはり中枢神経障害が生じ、手足のふるえ、不眠症、記憶力と集中力の低下、不安感、唾液の分泌過剰等がみられる。他に腎臓障害も主要な症状である。なお、子供の水銀中毒は、特に足の痙攣、皮膚の変色と痛み等を伴う。 |                      |
|      | 発がん性                                  | 日本産業衛生学会                                                                                                               | 第 2B 群 (メチル水銀化合物として) |
|      |                                       | IARC                                                                                                                   | 第 2B 群 (メチル水銀化合物として) |

表 3.3-13 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：PCB

| 物質名         | PCB（ポリ塩化ビフェニル（アクロール 1254））（POLYCHLORINATED BIPHENYL 1254） |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                 |
|-------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Cas No.     | 11097-69-1, 1336-36-3                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                 |
| 分類          | 多環炭化水素化合物                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                 |
| 物性値         | 構造式                                                       | PCB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                 |
|             | 分子量                                                       | 327（平均値），291.98～360.86                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                 |
|             | 比重                                                        | 1.5g/cm <sup>3</sup> , 1.44g/cm <sup>3</sup> （30℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                 |
|             | 融点                                                        | 340～375℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                 |
|             | 沸点                                                        | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                 |
|             | 引火点・爆発性                                                   | なし                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                 |
|             | 腐食性                                                       | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                 |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                                                    | 溶けない、0.7mg/L（25℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                 |
|             | オクタノール／水分配係数                                              | 2.0×10 <sup>4</sup> ～2.0×10 <sup>7</sup> L/kg（logKow=4.3～7.3）<br>1.1×10 <sup>6</sup> ～3.2×10 <sup>6</sup> L/kg（logKow=6.04～6.5）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                 |
|             | 土壌／水分配係数                                                  | 6.18×10 <sup>3</sup> ～1.06×10 <sup>4</sup> L/kg（Koc から算出、Koc：3.09×10 <sup>5</sup> ～5.3×10 <sup>5</sup> L/kg）<br>4.0×10 <sup>3</sup> ～1.62×10 <sup>5</sup> L/kg（Koc から算出、Koc：2.0×10 <sup>5</sup> ～8.1×10 <sup>6</sup> L/kg）（11097-69-1）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                 |
| 国内外における環境基準 | 国内                                                        | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | —                                                               |
|             |                                                           | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 健康項目：検出されないこと（定量下限 0.0005mg/L）<br>地下水：検出されないこと（定量下限 0.0005mg/L） |
|             |                                                           | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 土壌溶出基準値：検出されないこと                                                |
|             |                                                           | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | —                                                               |
|             |                                                           | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 第 1 種指定化学物質（政令番号 306）                                           |
|             |                                                           | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 第 1 種指定化学物質（政令番号 306）                                           |
|             | 国外                                                        | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | —                                                               |
|             |                                                           | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.0005mg/L（MCL：最大許容濃度）                                          |
|             |                                                           | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | —                                                               |
| 毒性情報        | 急性毒性                                                      | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>あまり強くないが、ヒトが多量経口摂取すると、クロルアクネと呼ばれる特有の皮膚障害が生ずる（顔にニキビ様の吹き出物が生じ、皮膚や爪が黒変する）。また、頭痛、腹痛、疲労感、手足の痺れ、気管支炎、肝臓障害等が引き起こされる。</p> <p>なお、経口投与の動物実験でも肝臓、腎臓及び中枢神経への悪影響がみられる。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット（Sherman strain rat, 乳離れ後の幼体）経口 LD<sub>50</sub>：1.295 g/kg</li> <li>・ラット（Sherman strain rat, メス）静脈内注射 LD<sub>50</sub>：0.358 g/kg</li> <li>・ラット（Wistar, 生後 30 日）経口 LD<sub>50</sub>：1.3 g/kg</li> <li>・ラット（Wistar, 生後 60 日）経口 LD<sub>50</sub>：1.4 g/kg</li> <li>・ラット（Wistar, 生後 120 日）経口 LD<sub>50</sub>：2.0 g/kg</li> <li>・ラット（Wistar, 生後 120 日）経口 LD<sub>50</sub>：1010 mg/kg</li> </ul> |                                                                 |

表 3.3-13 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：PCB

| 物質名  | PCB（ポリ塩化ビフェニル（アクロール 1254））（POLYCHLORINATED BIPHENYL 1254） |                                                                                                           |        |
|------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 毒性情報 | 慢性毒性                                                      | 職業的に吸入曝露を受けた労働者に、呼吸器障害（咳、胸痛等）、消化器障害（食欲低下、吐き気、腹痛等）、クロルアクネ、体重減少等がみられる。経口投与の動物実験でも肝臓と胃腸の障害、貧血、皮膚障害等が観察されている。 |        |
|      | 発がん性                                                      | 日本産業衛生学会                                                                                                  | 第 2A 群 |
|      |                                                           | IARC                                                                                                      | 第 2A 群 |

表 3.3-14 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：ジクロロメタン

| 物質名         | ジクロロメタン（塩化エチレン）（DICHLOROMETHANE） |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
|-------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Cas No.     | 75-09-2                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
| 物性値         | 構造式                              | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\   \\ \text{Cl} \end{array}$ $\text{CH}_2\text{Cl}_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |
|             | 分子量                              | 84.9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
|             | 比重                               | 1.3g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
|             | 融点                               | -95.1℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |
|             | 沸点                               | 40℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                               |
|             | 引火点・爆発性                          | 空気中ではほとんど引火せず、金属とは 120℃までは反応しない。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                               |
|             | 腐食性                              | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                           | 1.3×10 <sup>4</sup> mg/L（20℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |
|             | オクタノール／水分配係数                     | 1.8×10 <sup>1</sup> ～2.0×10 <sup>1</sup> L/kg（logKow=1.25～1.3）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                               |
|             | 土壌／水分配係数                         | 1.76×10 <sup>1</sup> ～9.58×10 <sup>1</sup> L/kg（Koc から算出、Koc：8.8～47.9 L/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |
| 国内外における環境基準 | 国内                               | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | —                             |
|             |                                  | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 健康項目：0.02mg/L<br>地下水：0.02mg/L |
|             |                                  | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 土壌溶出基準値：0.02mg/L 以下           |
|             |                                  | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.02mg/L（水質基準）                |
|             |                                  | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 第 1 種指定化学物質（政令番号 145）         |
|             | 国外                               | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.02mg/L（第 3 版）               |
|             |                                  | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.005mg/L（MCL：最大許容濃度）         |
|             |                                  | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | —                             |
| 毒性情報        | 急性毒性                             | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>あまり強くないが、ヒトが高濃度の蒸気を吸入すると、中枢神経と心臓に障害を生じ、めまい、吐き気、手足のふるえと麻痺、疲労感、脈拍増加等の症状がみられる。重症では、幻覚が生じたり、意識を失って死にいたることもある。また皮膚や粘膜に接触するとそれらを刺激し、皮膚の発赤や角膜の障害が生ずる。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：2350mg/kg</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：oral 1600 mg/kg</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：3000 mg/kg（体重）</li> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub>：2,000,000 mg/m<sup>3</sup>/15 min</li> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub>：88,000 mg/m<sup>3</sup>/30 min</li> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub>：79,000 mg/m<sup>3</sup>/2 hr</li> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub>：52,000 mg/m<sup>3</sup>/6 hr</li> <li>・マウス吸入 LD<sub>50</sub>：16000 ppm/7 hr + 1 hr（観察時間）</li> </ul> |                               |

表 3.3-14 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：ジクロロメタン

| 物質名  | ジクロロメタン（塩化エチレン）(DICHLOROMETHANE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |
|------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 毒性情報 | 急性毒性                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ マウス吸入 LC<sub>50</sub> : 14,400 ppm/7 hr</li> <li>・ マウス吸入 LC<sub>50</sub> : 56,230 mg/m<sup>3</sup>/7 hr</li> <li>・ マウス吸入 LC<sub>50</sub> : 49,100 mg/m<sup>3</sup>/6 hr</li> <li>・ マウス吸入 LC<sub>50</sub> : 51,500 mg/m<sup>3</sup>/2 hr</li> <li>・ マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub> : 437 mg/kg</li> <li>・ マウス皮下投与 LD<sub>50</sub> : 6460 mg/kg</li> <li>・ モルモット吸入 LC<sub>50</sub> : 11600 ppm/6 hr + 18 hr （観察時間）</li> <li>・ モルモット吸入 LC<sub>50</sub> : 40,200 mg/m<sup>3</sup>/6 hr</li> </ul> |        |
|      | 慢性毒性                             | 低濃度の蒸気でもヒトが繰り返し吸入すると聴力や視力が低下する。動物実験でも、吸入または飲料水による反復投与で肝臓と腎臓に障害が生ずる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |
|      | 発がん性                             | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 第 2B 群 |
|      |                                  | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 第 2B 群 |



表 3.3-15 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：四塩化炭素

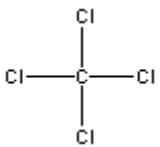
| 物質名         | 四塩化炭素 (CARBON TETRACHLORIDE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
|-------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Cas No.     | 56-23-5                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
| 物性値         | 構造式                          | <br>CCl <sub>4</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |
|             | 分子量                          | 153.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |
|             | 比重                           | 1.59g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |
|             | 融点                           | -23℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
|             | 沸点                           | 76.5℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |
|             | 引火点・爆発性                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・なし（不燃性）。</li> <li>・ナトリウム、カリウム、マグネシウム、バリウムなどの金属元素と接触すると、爆発的に反応する。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |
|             | 腐食性                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・常温の乾燥状態では、金属材料はほとんど腐食しない。</li> <li>・水分があると加水分解して塩酸を生じ、鉄・その他の金属材料を徐々に腐食する。</li> <li>・合成樹脂製品を溶解または膨潤させる。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                       | 溶けにくい、1.0×10 <sup>3</sup> mg/L (20℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
|             | オクタノール／水分配係数                 | 4.2×10 <sup>2</sup> ～9.1×10 <sup>2</sup> L/kg (logKow=2.62～2.96)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 |
|             | 土壌／水分配係数                     | 1.42～8.78 L/kg (Koc から算出、Koc : 71.0～439.0 L/kg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
| 国内外における環境基準 | 国内                           | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | —                               |
|             |                              | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 健康項目：0.002mg/L<br>地下水：0.002mg/L |
|             |                              | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 土壌溶出基準値：0.002mg/L 以下            |
|             |                              | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.002mg/L（水質基準）                 |
|             |                              | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 第 1 種指定化学物質（政令番号 112）           |
|             | 国外                           | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.004mg/L（第 3 版）                |
|             |                              | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.005mg/L（MCL：最大許容濃度）           |
|             |                              | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | —                               |
| 毒性情報        | 急性毒性                         | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>かなり強く、ヒトでは蒸気の吸入等によって中枢神経系の抑制（頭痛、めまい、吐き気、意識低下等）及び肝臓と腎臓の障害が生ずる。また接触すれば、皮膚や眼を強く刺激し、視角が失われるおそれもある。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：2920 mg/kg</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：2800 mg/kg</li> <li>・マウス経口 LD<sub>50</sub>：12,800 mg/kg</li> <li>・ウサギ経口 LD<sub>50</sub>：6380 mg/kg</li> <li>・ハムスター経口 LD<sub>50</sub>：3680 mg/kg</li> </ul> |                                 |

表 3.3-15 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：四塩化炭素

| 物質名  | 四塩化炭素 (CARBON TETRACHLORIDE) |                         |        |
|------|------------------------------|-------------------------|--------|
| 毒性情報 | 慢性毒性                         | ヒトでも動物実験でも肝臓と腎臓の障害が目立つ。 |        |
|      | 発がん性                         | 日本産業衛生学会                | 第 2B 群 |
|      |                              | IARC                    | 第 2B 群 |

表 3.3-16 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,2-ジクロロエタン

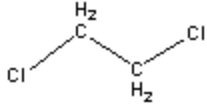
| 物質名         | 1,2-ジクロロエタン (1,2-DICHLOROETHANE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Cas No.     | 107-06-2                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 |
| 物性値         | 構造式                              | <br><chem>ClCH2CH2Cl/C2H4Cl2</chem>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |
|             | 分子量                              | 98.96                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |
|             | 比重                               | 1.235                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |
|             | 融点                               | -35.7℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
|             | 沸点                               | 83.5℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |
|             | 引火点・爆発性                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・揮発しやすく、室温で容易に引火する（引火点：13℃、発火温度：413℃）。</li> <li>・また、蒸気は空気より重く、低所に滞留して爆発性混合ガスをつくる。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |
|             | 腐食性                              | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                           | 8.6×10 <sup>3</sup> mg/L (25℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |
|             | オクタノール／水分配係数                     | 2.8×10 <sup>2</sup> ～3.0×10 <sup>2</sup> L/kg (logKow=1.45～1.48)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |
|             | 土壌／水分配係数                         | 2.8×10 <sup>-1</sup> ～7.6×10 <sup>-1</sup> L/kg (Koc から算出、Koc：14.0～38.0 L/kg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |
| 国内外における環境基準 | 国内                               | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | —                               |
|             |                                  | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 健康項目：0.004mg/L<br>地下水：0.004mg/L |
|             |                                  | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 土壌溶出基準値：0.004mg/L 以下            |
|             |                                  | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.004mg/L（水質管理目標設定項目）           |
|             |                                  | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 第 1 種指定化学物質（政令番号 116）           |
|             | 国外                               | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.03mg/L（第 3 版）                 |
|             |                                  | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.005mg/L（MCL：最大許容濃度）           |
|             |                                  | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0.003mg/L                       |
| 毒性情報        | 急性毒性                             | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>かなり強い。ヒトでは蒸気の吸入によって、頭痛、めまい、吐き気、不整脈、呼吸困難、意識の消失、肝臓と腎臓の障害等が生ずる。また接触によって眼を刺激し、角膜の混濁を招く。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・マウス経口 LD<sub>50</sub>：870-950 mg/kg</li> <li>・マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub>：370 mg/kg</li> <li>・マウス（メス）経口 LD<sub>50</sub>：413 mg/kg</li> <li>・マウス（オス）経口 LD<sub>50</sub>：489 mg/kg・ウサギ経口 LD<sub>50</sub>：860-970 mg/kg</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：670-890 mg/kg</li> <li>・ラット吸入 LD<sub>50</sub>：1000 ppm/ 7 hr</li> </ul> |                                 |

表 3.3-16 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,2-ジクロロエタン

| 物質名  | 1,2-ジクロロエタン (1,2-DICHLOROETHANE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |
|------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 毒性情報 | 急性毒性                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub>: 12000 ppm/31.8min, 3000 ppm/165 min, 1000 ppm/432 min</li> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub> : 6600 mg/m<sup>3</sup>/6 hr</li> <li>・ラット皮下投与 LD<sub>50</sub> : 700 mg/kg</li> <li>・ラット腹腔内注射 LD<sub>50</sub> : 807 mg/kg</li> <li>・ウサギ経皮注入 LD<sub>50</sub> : 3400-4460 mg/kg</li> <li>・イヌ経口 LD<sub>50</sub> : 5700 mg/kg</li> </ul> |        |
|      | 慢性毒性                             | 動物実験では、吸入曝露でも経口投与でも肝臓と腎臓の障害が目立つ。中枢神経系への影響や肺と気管支炎の障害も見られる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |
|      | 発がん性                             | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 第 2B 群 |
|      |                                  | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 第 2B 群 |

表 3.3-17 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,1-ジクロロエチレン

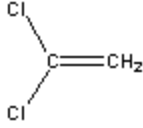
| 物質名         | 1,1-ジクロロエチレン（塩化ビニリデン）（1,1-DICHLOROETHYLENE） |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
|-------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Cas No.     | 75-35-4                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
| 物性値         | 構造式                                         | <br>$C_2H_2Cl_2/H_2C=CCl_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |
|             | 分子量                                         | 97                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                               |
|             | 比重                                          | 1.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |
|             | 融点                                          | -122℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
|             | 沸点                                          | 32℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |
|             | 引火点・爆発性                                     | 引火点：-15℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |
|             | 腐食性                                         | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                                      | 2.5×10 <sup>3</sup> mg/L（25℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                               |
|             | オクタノール／水分配係数                                | 2.1×10 <sup>1</sup> ～1.3×10 <sup>2</sup> L/kg（logKow=1.32～2.13）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                               |
|             | 土壌／水分配係数                                    | 1.16～6.86 L/kg（Koc から算出、Koc：58.9～343.0 L/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |
| 国内外における環境基準 | 国内                                          | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | －                             |
|             |                                             | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 健康項目：0.02mg/L<br>地下水：0.02mg/L |
|             |                                             | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 土壌溶出基準値：0.02mg/L 以下           |
|             |                                             | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.02mg/L（水質基準）                |
|             |                                             | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 第 1 種指定化学物質（政令番号 117）         |
|             | 国外                                          | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.03mg/L（第 3 版）               |
|             |                                             | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.007mg/L（MCL：最大許容濃度）         |
|             |                                             | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | －                             |
| 毒性情報        | 急性毒性                                        | （ヒトへの影響）<br>かなり強い。ヒトが蒸気を吸入すると、中枢神経が抑制されて意識の混乱、低下または消失を招き、痙攣が生ずる。また、鼻や喉が強く刺激されて咳や息切れが激しくなり、粘膜に炎症をもたらす。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>・マウス 経口 LD <sub>50</sub> ：約 200 mg/kg<br>・マウス 経口 LD <sub>50</sub> ：194 mg/kg<br>・ラット 経口 LD <sub>50</sub> ：1500 mg/kg<br>・ラット 経口 LD <sub>50</sub> ：200 mg/kg<br>・ラット 吸入 LC <sub>50</sub> ：6350 ppm/4 hr<br>・ラット（給餌なし） 吸入 LC <sub>50</sub> ：10000-15000 ppm/4 hr<br>・ラット（給餌あり） 吸入 LC <sub>50</sub> ：500-2500 ppm/4 hr<br>・ラット（副腎を検出） 経口 LD <sub>50</sub> ：80 mg/kg（体重） |                               |
|             | 慢性毒性                                        | ヒトでは肝臓障害が知られており、動物実験でも、経口投与等による肝臓、腎臓、中枢神経及び肺への悪影響が報告されている。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |
|             | 発がん性                                        | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | －                             |
|             |                                             | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | －                             |

表 3.3-18 化学物質の物性・毒性に関する情報：シス-1,2-ジクロロエチレン

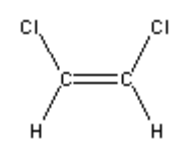
| 物質名         | シス-1,2-ジクロロエチレン (cis-1,2-DICHLOROETHYLENE) |                                                                                                                                                                                              |                               |
|-------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Cas No.     | 156-59-2                                   |                                                                                                                                                                                              |                               |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物                     |                                                                                                                                                                                              |                               |
| 物性値         | 構造式                                        | <br>$C_2H_2Cl_2$                                                                                            |                               |
|             | 分子量                                        | 96.9                                                                                                                                                                                         |                               |
|             | 比重                                         | 1.28 (20℃)                                                                                                                                                                                   |                               |
|             | 融点                                         | -81.5℃                                                                                                                                                                                       |                               |
|             | 沸点                                         | 60℃                                                                                                                                                                                          |                               |
|             | 引火点・爆発性                                    | 引火・爆発の危険性あり（引火点：2.2～3.9℃）。                                                                                                                                                                   |                               |
|             | 腐食性                                        | —                                                                                                                                                                                            |                               |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                                     | 8.0×10 <sup>2</sup> mg/L (20℃)                                                                                                                                                               |                               |
|             | オクタノール／水分配係数                               | 7.2×10 <sup>1</sup> ～1.6×10 <sup>2</sup> L/kg (logKow=1.86～2.2)                                                                                                                              |                               |
|             | 土壌／水分配係数                                   | 7.1×10 <sup>-1</sup> ～9.8×10 <sup>-1</sup> L/kg (Koc から算出、Koc : 35.5～49.0 L/kg)                                                                                                              |                               |
| 国内外における環境基準 | 国内                                         | 大気                                                                                                                                                                                           | —                             |
|             |                                            | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                      | 健康項目：0.04mg/L<br>地下水：0.04mg/L |
|             |                                            | 土壌                                                                                                                                                                                           | 土壌溶出基準値：0.04mg/L 以下           |
|             |                                            | 水道水                                                                                                                                                                                          | 0.04mg/L（水質基準）                |
|             |                                            | PRTR 法                                                                                                                                                                                       | 第 1 種指定化学物質（政令番号 118）         |
|             | 国外                                         | WHO                                                                                                                                                                                          | 0.05mg/L（シス、トランス）（第 3 版）      |
|             |                                            | EPA                                                                                                                                                                                          | 0.07mg/L（MCL：最大許容濃度）          |
|             |                                            | EU                                                                                                                                                                                           | —                             |
| 毒性情報        | 急性毒性                                       | （ヒトへの影響）<br>液体は、皮膚炎を引き起こす刺激物としてふる舞い、粘膜を刺激する。<br>（ヒト以外の動物への影響：生態影響）<br>・ マウス 経口 LD <sub>50</sub> ：約 200 mg/kg<br>・ ブルーギル ( <i>Lepomis machrochirus</i> ) LC <sub>50</sub> ：135,000 μg/l/96 hr |                               |
|             | 慢性毒性                                       | —                                                                                                                                                                                            |                               |
|             | 発がん性                                       | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                     | —                             |
|             |                                            | IARC                                                                                                                                                                                         | —                             |

表 3.3-19 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,1,1-トリクロロエタン

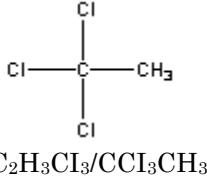
| 物質名         | 1,1,1-トリクロロエタン (1,1,1-TRICHLOROETHANE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |
|-------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Cas No.     | 71-55-6                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |
| 物性値         | 構造式                                    | <br>$C_2H_3Cl_3/CCl_3CH_3$                                                                                                                                                                                                                         |                         |
|             | 分子量                                    | 133.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |
|             | 比重                                     | 1.34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |
|             | 融点                                     | -30℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |
|             | 沸点                                     | 74℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |
|             | 引火点・爆発性                                | 空気との混合気体は着火しにくい、着火源のエネルギーが大きいなどの条件で着火し（発火温度：537℃）、塩化水素、ホスゲンなどの有害ガスを生じる。                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |
|             | 腐食性                                    | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                                 | 溶けない、 $1.3 \times 10^3$ mg/L (25℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |
|             | オクタノール／水分配係数                           | $1.5 \times 10^2 \sim 3.2 \times 10^2$ L/kg (logKow=2.17~2.51)                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |
|             | 土壌／水分配係数                               | $1.62 \sim 3.58$ L/kg (Koc から算出、Koc：81.0~179.0 L/kg)                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |
| 国内外における環境基準 | 国内                                     | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | —                       |
|             |                                        | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 健康項目：1mg/L<br>地下水：1mg/L |
|             |                                        | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 土壌溶出基準値：1mg/L 以下        |
|             |                                        | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.3mg/L（水質管理目標設定項目）     |
|             |                                        | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 第 1 種指定化学物質（政令番号 209）   |
|             | 国外                                     | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | —（第 3 版）                |
|             |                                        | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.2mg/L（MCL：最大許容濃度）     |
|             |                                        | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | —                       |
| 毒性情報        | 急性毒性                                   | （ヒトへの影響）<br>—<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>・ マウス経口 $LC_{50}$ ：13,500 ppm/10 hr<br>・ マウス（メス）経口 $LD_{50}$ ：11.24 g/kg<br>・ ラット経口 $LC_{50}$ ：24,000 ppm/1 hr, 18,000 ppm/3 hr; 14,000 ppm/7 hr<br>・ ウサギ（メス）経口 $LD_{50}$ ：5.66 g/kg<br>・ モルモット（オス）経口 $LD_{50}$ ：9.47 g/kg<br>・ モルモット（オス）腹腔内注射 $LD_{50}$ ：5080 mg/kg (95% 信頼区間：4,410~6,010 mg/kg) |                         |
|             | 慢性毒性                                   | ヒトへの発がん性については、十分な情報は得られていない。動物についても同様である。                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |
|             | 発がん性                                   | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | —                       |
|             |                                        | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | —                       |

表 3.3-20 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,1,2-トリクロロエタン

| 物質名         | 1,1,2-トリクロロエタン (1,1,2-TRICHLOROETHANE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |
|-------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Cas No.     | 79-00-5                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |
| 物性値         | 構造式                                    | <chem>ClC(Cl)CCl</chem><br>$C_2H_3Cl_3/CHCl_2CH_2Cl$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |
|             | 分子量                                    | 133.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |
|             | 比重                                     | 1.44                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |
|             | 融点                                     | -36℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |
|             | 沸点                                     | 114℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |
|             | 引火点・爆発性                                | 引火性なく不燃性である。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                     |
|             | 腐食性                                    | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                                 | 溶けない, $4.5 \times 10^3$ mg/L (20℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |
|             | オクタノール／水分配係数                           | $1.1 \times 10^2 \sim 2.4 \times 10^2$ L/kg (logKow=2.05~2.38)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                     |
|             | 土壌／水分配係数                               | 1.002~1.66 L/kg (Koc から算出、Koc : 50.1~83.0 L/kg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |
| 国内外における環境基準 | 国内                                     | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | —                                   |
|             |                                        | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 健康項目 : 0.006mg/L<br>地下水 : 0.006mg/L |
|             |                                        | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 土壌溶出基準値 : 0.006mg/L 以下              |
|             |                                        | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.006mg/l (水質管理目標設定項目)              |
|             |                                        | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 第 1 種指定化学物質 (政令番号 210)              |
|             | 国外                                     | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | — (第 3 版)                           |
|             |                                        | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.005mg/L (MCL : 最大許容濃度)            |
|             |                                        | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | —                                   |
| 毒性情報        | 急性毒性                                   | (ヒトへの影響)<br>中枢神経系、腎臓、肝臓に影響を与え、中枢神経抑制、肝臓障害、腎臓障害を生じることがある。高濃度暴露すると、意識を喪失することがある。<br>(ヒト以外の動物への影響)<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> : 0.1-0.2 g/kg<br>・ラット吸入 LD <sub>50</sub> : 2,000 ppm/4 hr<br>・ウサギ経皮 LD <sub>50</sub> : 3.73 ml/kg<br>・イヌ腹腔内注射 LD <sub>50</sub> : 0.4 ml/kg (腎臓の壊死)<br>・ラット吸入 ED <sub>50</sub> : 0.17 ml/kg (腎臓の壊死)<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> : 835 mg/kg<br>・マウス腹腔内注射 LD <sub>50</sub> : 378, 491 mg/kg |                                     |
|             | 慢性毒性                                   | この液体は皮膚の脱脂を起こす。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |
|             | 発がん性                                   | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | —                                   |
|             |                                        | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | —                                   |



表 3.3-21 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：トリクロロエチレン

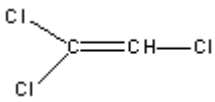
| 物質名         | トリクロロエチレン (TRICHLOROETHYLENE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                      |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Cas No.     | 79-01-6                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                      |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                      |
| 物性値         | 構造式                           | <br>$C_2HCl_3/CICH=CCl_2$                                                                                                                                                                                                    |                                      |
|             | 分子量                           | 131.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                      |
|             | 比重                            | 1.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                      |
|             | 融点                            | -73℃, -84.7℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                      |
|             | 沸点                            | 87℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                      |
|             | 引火点・爆発性                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空気中で、室温では引火しない（引火点：32℃、発火温度：410℃）。</li> <li>・ 温度が30℃以上で、蒸気濃度が比較的高く（約15%）、電弧など強い点火源がある時は、ゆるやかに燃える。</li> <li>・ 酸素濃度が25%以上の時は、室温でも引火する。</li> <li>・ 酸素中では爆発する。</li> <li>・ 水酸化ナトリウム、水酸化カリウムとともに加熱すると、爆発することがある。</li> </ul>                                                |                                      |
| 物質移行パラメータ   | 腐食性                           | 塩ビ、ポリエチレン、合成ゴムなどと接すると、溶解や膨潤させる。                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                      |
|             | 溶解度（水）                        | 1.0×10 <sup>3</sup> mg/L（20℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |
|             | オクタノール／水分配係数                  | 1.9×10 <sup>2</sup> ～5.1×10 <sup>2</sup> L/kg（logKow=2.29～2.71）                                                                                                                                                                                                                                               |                                      |
|             | 土壌／水分配係数                      | 1.86～5.1×3.32 L/kg（Koc から算出、Koc：93.0～166.0 L/kg）                                                                                                                                                                                                                                                              |                                      |
| 国内外における環境基準 | 国内                            | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1年平均値が0.2mg/m <sup>3</sup> 以下であること。  |
|             |                               | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 健康項目：0.03mg/L<br>地下水：0.03mg/L        |
|             |                               | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 土壌溶出基準値：0.03mg/L 以下                  |
|             |                               | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.03mg/L                             |
|             |                               | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 第1種指定化学物質（政令番号211）                   |
|             | 国外                            | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.07(P)mg/L（第3版）                     |
|             |                               | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.005mg/L（MCL：最大許容濃度）                |
|             |                               | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.01mg/L（トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンの和として） |
| 毒性情報        | 急性毒性                          | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>経口曝露では強くないが、吸入曝露ではやや強く、眼や肺を刺激するとともに、頭痛、めまい、嘔吐、集中力低下、運動失調、意識の低下等の症状を生み出す。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ラット吸入 LC<sub>50</sub>：26,000 ppm/1 hr</li> <li>・ ラット吸入 LC<sub>50</sub>：12,000 ppm/4 h</li> <li>・ マウス吸入 LC<sub>50</sub>：8450 ppm/4 hr</li> </ul> |                                      |

表 3.3-21 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：トリクロロエチレン

| 物質名  | トリクロロエチレン (TRICHLOROETHYLENE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |
|------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 毒性情報 | 急性毒性                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・マウス (CD-1) 強制経口 LD<sub>10</sub>: 29 g/kg. (メス), 1161 mg/kg (オス), 1347 mg/kg</li> <li>・マウス (CD-1) 強制経口 LD<sub>50</sub>: 2443 mg/kg (メス), 2402 mg/kg (オス)</li> <li>・マウス (CD-1) 強制経口 LD<sub>90</sub>: 2443 mg/kg (メス), 4253 mg/kg (オス)</li> <li>・マウス (CD-1) 強制経口 LD<sub>100</sub>: 5500 mg/kg (メス), 6000 mg/kg (オス)</li> <li>・マウス (メス) 経口 LD<sub>50</sub>: 2443 mg/kg</li> <li>・マウス (オス) 経口 LD<sub>50</sub>: 2402 mg/kg</li> <li>・マウス吸入 LD<sub>50</sub>: 49,000 ppm/30 min</li> <li>・マウス吸入 LD<sub>50</sub>: 5,500 ppm/10 hr</li> <li>・マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub>: 3222 mg/kg</li> <li>・ウサギ強制経口 LD<sub>50</sub>: 20 ml/kg</li> <li>・ウサギ経口 LD<sub>50</sub>: 4920 mg/kg</li> <li>・ウサギ経皮 LD<sub>50</sub>: 29 g/kg.</li> <li>・イヌ経口 LD<sub>50</sub>: 5680 mg/kg</li> <li>・イヌ腹腔内注射 LD<sub>50</sub>: 2,800 mg/kg</li> <li>・イヌ腹腔内注射 LD<sub>50</sub>: 2783 mg/kg</li> </ul> |        |
|      | 慢性毒性                          | <p>ヒトの場合に、吸入曝露による中枢神経系への悪影響（頭痛、めまい、視野の混濁、顔面麻痺、記憶障害、意識の低下、疲労感等）が目立つ。他に肝臓と腎臓の障害も生ずる。経口曝露による障害も吸入の場合とほぼ同じである。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |
|      | 発がん性                          | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 第 2B 群 |
|      |                               | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 第 2A 群 |

表 3.3-22 化学物質の物性・毒性に関する情報：テトラクロロエチレン

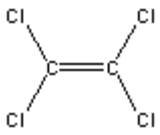
| 物質名         | テトラクロロエチレン (TETRACHLOROETHYLENE) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                       |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Cas No.     | 127-18-4                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                       |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                       |
| 物性値         | 構造式                              | <br>$C_2Cl_4/Cl_2C=CCl_2$                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                       |
|             | 分子量                              | 165.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                       |
|             | 比重                               | 1.6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                       |
|             | 融点                               | -22℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                       |
|             | 沸点                               | 121℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                       |
|             | 引火点・爆発性                          | 引火性はないが酸素中では、かなり広い爆発範囲をもつ。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                       |
|             | 腐食性                              | －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                           | 0.015g/100ml(20℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |
|             | オクタノール／水分配係数                     | $1.3 \times 10^2 \sim 2.5 \times 10^3$ L/kg (logKow=2.1～3.4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                       |
|             | 土壌／水分配係数                         | $3.1 \sim 2.5 \times 7.28$ L/kg (Koc から算出、Koc : 155.0～364.0 L/kg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |
| 国内外における環境基準 | 国内                               | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 年平均値が 0.2mg/m <sup>3</sup> 以下であること。 |
|             |                                  | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 健康項目：0.01mg/L<br>地下水：0.01mg/L         |
|             |                                  | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 土壌溶出基準値：0.01mg/L 以下                   |
|             |                                  | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.01mg/L                              |
|             |                                  | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 第 1 種指定化学物質（政令番号 200）                 |
|             | 国外                               | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | －（第 3 版）                              |
|             |                                  | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.005mg/L（MCL：最大許容濃度）                 |
|             |                                  | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.01mg/L（トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンの和として）  |
| 毒性情報        | 急性毒性                             | （ヒトへの影響）<br>経口曝露では強くないが、吸入曝露ではやや強く、眼や肺を刺激するとともに、頭痛、めまい、嘔吐、集中力低下、運動失調、意識の低下等の症状を生み出す。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：2400-13000 mg/kg（体重）<br>・ラット吸入 LC <sub>50</sub> ：5200 ppm/4 hr<br>・ラット吸入 LC <sub>50</sub> ：4100 ppm/6 hr<br>・ラット吸入 LC <sub>50</sub> ：5000 ppm/8 hr<br>・マウス経口 LD <sub>50</sub> ：6000-8571 mg/kg（体重）<br>・マウス吸入 LC <sub>50</sub> ：2978 ppm/6 hr |                                       |
|             | 慢性毒性                             | ヒトの場合に、吸入曝露による中枢神経系への悪影響（頭痛、めまい、視野の混濁、顔面麻痺、記憶障害、意識の低下、疲労感等）が目立つ。他に肝臓と腎臓の障害も生ずる。経口曝露による障害も吸入の場合とほぼ同じである。                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                       |
|             | 発がん性                             | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 第 2B 群                                |
|             |                                  | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 第 2A 群                                |

表 3.3-23 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,3-ジクロロプロペン

| 物質名         | 1,3-ジクロロプロペン           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |
|-------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Cas No.     | 542-75-6               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |
| 分類          | 鎖状炭化水素及びハロゲン化鎖状炭化水素化合物 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |
| 物性値         | 構造式                    | <br>C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |
|             | 分子量                    | 111                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |
|             | 比重                     | 1.21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
|             | 融点                     | <-50℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 |
|             | 沸点                     | 108℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
|             | 引火点・爆発性                | 発火点低く火災の危険がある。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |
|             | 腐食性                    | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                 | 2.0×10 <sup>3</sup> mg/L（20℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                 |
|             | オクタノール／水分配係数           | 2.3×10 <sup>1</sup> ～1.9×10 <sup>2</sup> L/kg（logKow=1.36～2.29）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |
|             | 土壌／水分配係数               | 5.4×10 <sup>-1</sup> ～1.32 L/kg（Koc から算出、Koc：27.0～66.0 L/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |
| 国内外における環境基準 | 国内                     | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | —                               |
|             |                        | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 健康項目：0.002mg/L<br>地下水：0.002mg/L |
|             |                        | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 土壌溶出基準値：0.002mg/L 以下            |
|             |                        | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.002mg/L（農薬）                   |
|             |                        | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 第 1 種指定化学物質（政令番号 137）           |
|             | 国外                     | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | —（第 3 版）                        |
|             |                        | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | —                               |
|             |                        | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | —                               |
| 毒性情報        | 急性毒性                   | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>かなり強い。ヒトでは蒸気の吸入曝露によって、粘膜の刺激、頭痛、吐き気、疲労感、胸痛、呼吸困難等が生ずる。ラットについては、吸入曝露で肺に障害（気腫と水腫）がみられ、経口投与で肝臓、小腸、肺等の充血や出血と神経障害（運動失調、）がみられる。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：140±25 mg/kg</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：300±27 mg/kg</li> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub>：2.7-3.07 mg/l air/4 hr</li> <li>・ラット経皮 LD<sub>50</sub>：1200 mg/kg</li> <li>・ラット（オス）経口 LD<sub>50</sub>：713 mg/kg /a 92% product</li> <li>・ラット（メス）経口 LD<sub>50</sub>：470 mg/kg /a 92% product</li> <li>・ラット皮膚 LD<sub>50</sub>：775 mg/kg</li> <li>・ラット腹腔内注射 LD<sub>50</sub>：175 mg/kg</li> <li>・ラット（Fischer 344）経口 LD<sub>50</sub>：94 mg/kg bw</li> <li>・ラット（CD）経口 LD<sub>50</sub>：127 mg/kg bw</li> </ul> |                                 |

表 3.3-23 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：1,3-ジクロロプロペン

| 物質名  | 1,3-ジクロロプロペン |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |
|------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 毒性情報 | 急性毒性         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット(Wistar, オス)経口 LD<sub>50</sub> : 560 mg/kg bw</li> <li>・ラット(Wistar, メス)経口 LD<sub>50</sub> : 510 mg/kg bw</li> <li>・ラット(Wistar)吸入 LC<sub>50</sub> : 3309.7 mg/m<sup>3</sup>/4 hr</li> <li>・ラット(Fischer 344, オス)吸入 LC<sub>50</sub> : 3041.8 mg/m<sup>3</sup>/4 hr</li> <li>・ラット(Fischer 344, メス)吸入 LC<sub>50</sub> : 3337.8 mg/m<sup>3</sup>/4 hr</li> <li>・ラット(Crb:CD(SD)Br,オス)吸入 LC<sub>50</sub> : 4880.5 mg/m<sup>3</sup>/4 hr</li> <li>・ラット(Crb:CD(SD)Br,メス)吸入 LC<sub>50</sub> : 5402.6 mg/m<sup>3</sup>/4 hr</li> <li>・マウス吸入 LC<sub>50</sub> : 4650 mg/m<sup>3</sup>/2 hr</li> <li>・マウス (CD-1) 経口 LD<sub>50</sub> : 215 mg/kg bw</li> <li>・マウス (JCL : ICR, オス) 経口 LD<sub>50</sub> : 640 mg/kg bw</li> <li>・マウス (JCL : ICR, メス) 経口 LD<sub>50</sub> : 640 mg/kg bw</li> <li>・マウス(JCL:ICR)経皮 LD<sub>50</sub> : &gt;1.211 g/kg bw</li> <li>・マウス(JCL:ICR, オス)皮下 LD<sub>50</sub> : 0.33 g/kg bw</li> <li>・マウス(JCL:ICR, メス)皮下 LD<sub>50</sub> : 0.345 g/kg bw</li> <li>・ウサギ経皮投与 LD<sub>50</sub> : 2100±260 mg/kg</li> <li>・ウサギ経皮投与 LD<sub>50</sub> : 504 mg/kg</li> </ul> |        |
|      | 慢性毒性         | ヒトでは皮膚への感作作用しか知られていないが、ラットとマウスの動物実験では、吸入曝露で鼻粘膜、上気道及び膀胱に障害が生じ、経口投与で前胃と腎臓に障害が生ずる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |
|      | 発がん性         | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 第 2B 群 |
|      |              | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 第 2A 群 |

表 3.3-24 化学物質の物性・毒性に関する情報：チウラム

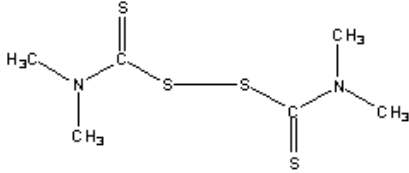
| 物質名         | チウラム（チラム）（テトラメチルチウラムジスフィド）（THIRAM） |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |
|-------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Cas No.     | 137-26-8                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |
| 分類          | その他の鎖状炭化水素化合物                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |
| 物性値         | 構造式                                | <br>$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S}_4/(\text{CH}_3)_2\text{N-CS-S-S-CS-N}(\text{CH}_3)_2$                                                                                                                                                                          |                                 |
|             | 分子量                                | 240.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
|             | 比重                                 | 1.29                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |
|             | 融点                                 | 155～156℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                 |
|             | 沸点                                 | 129℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |
|             | 引火点・爆発性                            | 引火点：89℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                 |
|             | 腐食性                                | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                             | 3.0×10 <sup>1</sup> mg/L（25℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                 |
|             | オクタノール／水分配係数                       | 3.9×10 <sup>1</sup> ～6.6×10 <sup>1</sup> L/kg（logKow=1.59～1.82）                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |
|             | 土壌／水分配係数                           | 9.38×10 <sup>-1</sup> ～20 L/kg（Koc から算出、Koc：46.9～1000.0L/kg）                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |
| 国内外における環境基準 | 国内                                 | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | —                               |
|             |                                    | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 健康項目：0.006mg/L<br>地下水：0.006mg/L |
|             |                                    | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 土壌溶出基準値：0.006mg/L 以下            |
|             |                                    | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.02mg/L（農薬）                    |
|             |                                    | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 第 1 種指定化学物質（政令番号 204）           |
|             | 国外                                 | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | —（第 3 版）                        |
|             |                                    | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | —                               |
|             |                                    | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | —                               |
| 毒性情報        | 急性毒性                               | （ヒトへの影響）<br>かなり強い。ヒトが曝露を受けると、頭痛、めまい、吐き気、疲労感、下痢等の症状が生じる。眼、皮膚及び呼吸器系に対する刺激作用（鼻炎、咳、喉の痛みや痒み、気管支炎等）も知られている。ウサギでは白血球と血小板の減少も観察されている。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>・ラット皮下 LD <sub>50</sub> ：> 1000 mg/kg<br>・ラット吸入 LC <sub>50</sub> ：> 0.3-1.0 mg/l/4 hr<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：640 mg/kg<br>・マウス経口 LD <sub>50</sub> ：1500-2000 mg/kg<br>・ウサギ経口 LD <sub>50</sub> ：210 mg/kg |                                 |
|             |                                    | ヒトでは、急性症状に加えて、意識低下、脱力感、運動失調、言語障害、錯乱状態等がみられる。また、ラットへの経口投与で運動失調、脱毛、後肢の麻痺と萎縮等が生ずる。                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |
|             | 発がん性                               | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | —                               |
|             |                                    | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | —                               |

表 3.3-25 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：シマジン

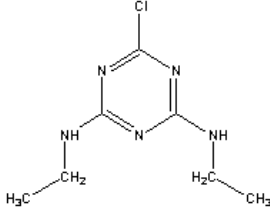
| 物質名         | シマジン（2-クロロ-4,6-ビス（エチルアミノ）-1,3,5-トリアジン）（SIMAZINE） |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                 |
|-------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Cas No.     | 122-34-9                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                 |
| 分類          | その他の複素環化合物                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                 |
| 物性値         | 構造式                                              | <br><chem>CCNc1nc(Cl)n(c1)NCC</chem><br>$C_7H_{12}ClN_5 / CH_3CH_2NH(C_3N_3Cl)NHCH_2CH_3$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |
|             | 分子量                                              | 201.7 (*1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |
|             | 比重                                               | 1.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |
|             | 融点                                               | 225～227℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
|             | 沸点                                               | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                 |
|             | 引火点・爆発性                                          | 引火点 >100℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 |
|             | 腐食性                                              | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                 |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                                           | 5.0 mg/L (20℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                 |
|             | オクタノール／水分配係数                                     | 8.7×10 <sup>1</sup> ～1.6×10 <sup>2</sup> L/kg (logKow=1.94～2.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                 |
|             | 土壌／水分配係数                                         | 2.2～2.91L/kg (Koc から算出、Koc : 110.0～145.5L/kg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                 |
| 国内外における環境基準 | 国内                                               | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | —                               |
|             |                                                  | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 健康項目：0.003mg/L<br>地下水：0.003mg/L |
|             |                                                  | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 土壌溶出基準値：0.003mg/L 以下            |
|             |                                                  | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0.003mg/L（農薬）                   |
|             |                                                  | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 第 1 種指定化学物質（政令番号 90）            |
|             | 国外                                               | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0.002mg/L（第 3 版）                |
|             |                                                  | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0.004mg/L（MCL：最大許容濃度）           |
|             |                                                  | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | —                               |
| 毒性情報        | 急性毒性                                             | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>あまり強くない。ヒトが多量の曝露を受けると、腹痛、下痢、瞳孔収縮、ふるえ、歩行困難、手足の麻痺、痙攣等が生ずる。皮膚に接触すると発疹や炎症を生み出す。また、ラットへの経口投与で肝臓と胆管に障害が生じ、ヒツジでは食欲低下、運動失調、後肢の脱力等の症状がみられる。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：971mg/kg</li> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub>：9800mg/m<sup>3</sup>/4hr</li> <li>・ラット皮膚 LD<sub>50</sub>：&gt;5 g/kg</li> <li>・マウス静注 LD<sub>50</sub>：100mg/kg</li> <li>・ウサギ経口 LD<sub>50</sub>：&gt;5 g/kg</li> <li>・ウサギ皮膚 LD<sub>50</sub>：&gt;10200mg/kg</li> </ul> |                                 |

表 3.3-25 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：シマジン

| 物質名  | シマジン（2-クロロ-4,6-ビス（エチルアミノ）-1,3,5-トリアジン）（SIMAZINE） |                                          |   |
|------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|---|
| 毒性情報 | 慢性毒性                                             | ラットへの亜慢性または慢性経口投与で赤血球とリンパ球の減少、腎臓障害等が生ずる。 |   |
|      | 発がん性                                             | 日本産業衛生学会                                 | — |
|      |                                                  | IARC                                     | — |



表 3.3-26 化学物質の物性・毒性に関する情報：チオベンカルブ

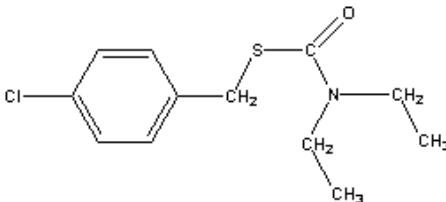
| 物質名         | チオベンカルブ (N,N ジエチルチオカルバミン酸 S-4 クロロベンジン)                            |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Cas No.     | 28249-77-6                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |
| 分類          | カルボン酸系、硫黄酸系、窒素酸系、炭酸系、シアン酸系及びそれら誘導体の構造を有する単環炭化水素化合物並びに脂環式単環炭化水素化合物 |                                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |
| 物性値         | 構造式                                                               | <br><chem>CCN(CC)C(=O)SCc1ccc(Cl)cc1</chem><br>$C_{12}H_{16}ClNOS$                                                                                                                       |                               |
|             | 分子量                                                               | 257.8                                                                                                                                                                                                                                                                      |                               |
|             | 比重                                                                | 1.15～1.18                                                                                                                                                                                                                                                                  |                               |
|             | 融点                                                                | 3.3℃                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |
|             | 沸点                                                                | 126～129℃                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |
|             | 引火点・爆発性                                                           | —                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
|             | 腐食性                                                               | —                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）                                                            | 3.0 mg/L (20℃) (*2)                                                                                                                                                                                                                                                        |                               |
|             | オクタノール／水分配係数                                                      | $2.5 \times 10^3 \sim 7.9 \times 10^3$ L/kg (logKow=3.4～3.9)                                                                                                                                                                                                               |                               |
|             | 土壌／水分配係数                                                          | $18 \sim 4.4 \times 10^{-1}$ L/kg (Koc から算出、Koc : 900.0～2200.29 L/kg)                                                                                                                                                                                                      |                               |
| 国内外における環境基準 | 国内                                                                | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                         | —                             |
|             |                                                                   | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                                                                                    | 健康項目：0.02mg/L<br>地下水：0.02mg/L |
|             |                                                                   | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                         | 土壌溶出基準値：0.02mg/L 以下           |
|             |                                                                   | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.02mg/L（農薬）                  |
|             |                                                                   | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                     | 第 1 種指定化学物質（政令番号 110）         |
|             | 国外                                                                | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                        | —（第 3 版）                      |
|             |                                                                   | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                        | —                             |
|             |                                                                   | EU                                                                                                                                                                                                                                                                         | —                             |
| 毒性情報        | 急性毒性                                                              | （ヒトへの影響）<br>—<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：920-1903 mg/kg<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：1300 mg/kg<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：1903 mg/kg<br>・ラット皮下 LD <sub>50</sub> ：2900 mg/kg<br>・マウス経口 LD <sub>50</sub> ：560 mg/kg<br>・マウス経口 LD <sub>50</sub> ：560 mg/kg |                               |
|             |                                                                   | —                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
|             | 慢性毒性                                                              | —                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |
|             | 発がん性                                                              | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                   | —                             |
|             |                                                                   | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                       | —                             |

表 3.3-27 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：ベンゼン

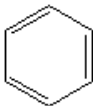
| 物質名         | ベンゼン (BENZENE)         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                         |
|-------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Cas No.     | 71-43-2                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                         |
| 分類          | 単環炭化水素及びハロゲン化単環炭化水素化合物 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                         |
| 物性値         | 構造式                    | <br>$C_6H_6$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                         |
|             | 分子量                    | 78.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                         |
|             | 比重                     | 0.88                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                         |
|             | 融点                     | 6℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                         |
|             | 沸点                     | 80℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                         |
|             | 引火点・爆発性                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・揮発性が大きく、極めて引火しやすい。</li> <li>・蒸気は空気より重く、低所に滞留して爆発性混合ガスをつくりやすい。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                         |
|             | 腐食性                    | —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                         |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度 (水)                | 1.8×10 <sup>3</sup> mg/L (25℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                         |
|             | オクタノール／水分配係数           | 9.8×10 <sup>1</sup> ～1.3×10 <sup>2</sup> L/kg (logKow=1.99～2.13)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                         |
|             | 土壌／水分配係数               | 6.2×10 <sup>-1</sup> ～1.96L/kg (Koc から算出、Koc : 31.0～98.0 L/kg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                         |
| 国内外における環境基準 | 国内                     | 大気                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1 年平均値が 0.003mg/m <sup>3</sup> 以下であること。 |
|             |                        | 水質 (地下水)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 健康項目 : 0.01mg/L<br>地下水 : 0.01mg/L       |
|             |                        | 土壌                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 土壌溶出基準値 : 0.01mg/L 以下                   |
|             |                        | 水道水                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.01mg/L (水質基準)                         |
|             |                        | PRTR 法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 第 1 種指定化学物質 (政令番号 299)                  |
|             | 国外                     | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.01mg/L (第 3 版)                        |
|             |                        | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.005mg/L (MCL : 最大許容濃度)                |
|             |                        | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.001mg/L                               |
| 毒性情報        | 急性毒性                   | <p>(ヒトへの影響)</p> <p>あまり強くないが、ヒトがやや多量の蒸気を吸入すると、鼻や喉の刺激とともに、頭痛、めまい、意識低下、疲労感等の神経障害の症状が生じ、重症では痙攣、脈拍異常、錯乱状態等を経て死亡することもある。また皮膚への接触によって発赤や水疱が生ずる。</p> <p>(ヒト以外の動物への影響)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub> : 0.34 ml/kg (95%信頼区間 : 0.28～0.42)</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub> : 3306 mg/kg</li> <li>・ラット吸入 LC<sub>50</sub> : 10,000 ppm/7 hr</li> <li>・ラット腹腔内注射 LD<sub>50</sub> : 2890 μg/kg</li> <li>・マウス経口 LD<sub>50</sub> : 4700 mg/kg</li> <li>・マウス吸入 LC<sub>50</sub> : 9980 ppm</li> </ul> |                                         |

表 3.3-27 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：ベンゼン

| 物質名  | ベンゼン (BENZENE) |                                                                                    |       |
|------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 毒性情報 | 急性毒性           | ・ マウス腹腔内注射 LD <sub>50</sub> : 340 mg/kg<br>・ マウス腹腔内注射 LD <sub>50</sub> : 340 mg/kg |       |
|      | 慢性毒性           | 低濃度の蒸気でも繰り返し吸入すると、骨髄の造血機能が障害を受けて再生不良性の貧血や著しい出血がみられる。これはヒトでも動物実験でも同様である。            |       |
|      | 発がん性           | 日本産業衛生学会                                                                           | 第 1 群 |
|      |                | IARC                                                                               | 第 1 群 |

表 3.3-28 化学物質の物性・毒性に関する情報：セレン

| 物質名         | セレン (SELENIUM) |                                                                                                                                                                                                        |                               |
|-------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Cas No.     | 7782-49-2      |                                                                                                                                                                                                        |                               |
| 分類          | 無機化合物及び有機金属化合物 |                                                                                                                                                                                                        |                               |
| 物性値         | 構造式            | Se                                                                                                                                                                                                     |                               |
|             | 分子量            | 79                                                                                                                                                                                                     |                               |
|             | 比重             | 4.8                                                                                                                                                                                                    |                               |
|             | 融点             | 170～217℃                                                                                                                                                                                               |                               |
|             | 沸点             | 685℃                                                                                                                                                                                                   |                               |
|             | 引火点・爆発性        | －                                                                                                                                                                                                      |                               |
|             | 腐食性            | －                                                                                                                                                                                                      |                               |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）         | 溶けない、 $<1.0 \times 10^3$ mg/L (20℃)                                                                                                                                                                    |                               |
|             | オクタノール／水分配係数   | －                                                                                                                                                                                                      |                               |
|             | 土壌／水分配係数       | $1.5 \times 10^2$ (砂)<br>$4.9 \times 10^2$ (ローム)<br>$7.4 \times 10^2$ (粘土)<br>$1.8 \times 10^3$ (有機土壌)                                                                                                 |                               |
| 国内外における環境基準 | 国内             | 大気                                                                                                                                                                                                     | －                             |
|             |                | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                                | 健康項目：0.01mg/L<br>地下水：0.01mg/L |
|             |                | 土壌                                                                                                                                                                                                     | 土壌溶出基準値：0.01mg/L 以下           |
|             |                | 水道水                                                                                                                                                                                                    | 0.01mg/L（水質基準）                |
|             |                | PRTR 法                                                                                                                                                                                                 | 第 1 種指定化学物質（政令番号 178）         |
|             | 国外             | WHO                                                                                                                                                                                                    | 0.01mg/L（第 3 版）               |
|             |                | EPA                                                                                                                                                                                                    | 0.05mg/L（MCL：最大許容濃度）          |
|             |                | EU                                                                                                                                                                                                     | 0.01mg/L                      |
| 毒性情報        | 急性毒性           | （ヒトへの影響）<br>元素状セレンの毒性はあまり強くないが、ヒトがその蒸気や微粉末を多量に吸入すると、鼻や喉の粘膜が刺激され、咳、鼻血、呼吸困難、気管支痙攣等が生ずる。一方、化合物は一般的に急性毒性が強く、吸入によっても経口摂取によっても、胃腸障害（吐き気、下痢等）、心血管系への影響（頻脈等）及び神経障害（頭痛、めまい、ふるえ、悪寒等）を生み出す。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>－ |                               |
|             | 慢性毒性           | セレンは生元素であり、その微量は動物にとっていくつかの酵素の成分として必要であるが、過剰に摂取すると、皮膚の変色、脱毛、爪の変形と脱落、胃腸障害、肝臓障害、感覚異常、注意力低下、うつ状態等の症状が現れる。これは、土壌や食品の汚染が特に著しい地域の住民について知られている。なお、家畜についても同様の症状を示す中毒例が報告されている（アルカリ病）。この場合には他に関節の爛れや貧血もみられる。    |                               |
|             | 発がん性           | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                               | －                             |
|             |                | IARC                                                                                                                                                                                                   | －                             |

表 3.3-29 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素

| 物質名                 | 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素<br>(①硝酸、②硝酸ナトリウム、③亜硝酸ナトリウム) |                                                                                                                        |                                                             |
|---------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Cas No.             | ①7637-67-2<br>②7631-99-4<br>③7632-00-0    |                                                                                                                        |                                                             |
| 分類                  | 無機化合物                                     |                                                                                                                        |                                                             |
| 物性値                 | 構造式                                       | ① $\text{HNO}_3$<br>② $\text{NaNO}_3$<br>③ $\text{NaNO}_2$                                                             |                                                             |
|                     | 分子量                                       | ① 63<br>② 85<br>③ 69.0                                                                                                 |                                                             |
|                     | 比重                                        | ① 1.4<br>② 2.3<br>③ 2.2                                                                                                |                                                             |
|                     | 融点                                        | ① $-41.6^\circ\text{C}$<br>② $308^\circ\text{C}$<br>③ $280^\circ\text{C}$                                              |                                                             |
|                     | 沸点                                        | ① $121^\circ\text{C}$<br>② $380^\circ\text{C}$<br>③ $320^\circ\text{C}$ (沸点以下で分解する)                                    |                                                             |
|                     | 引火点・爆発性                                   | ① —<br>② $1,000^\circ\text{C}$ 以上に加熱するか、シアン化合物を混合すると爆発する。また、炭素、硫黄、リン、砂糖などの可燃性粉末と混合すると、加熱または衝撃により爆発するおそれがある。<br>③ —     |                                                             |
|                     | 腐食性                                       | ①、②、③ —                                                                                                                |                                                             |
| 物質移行<br>パラメータ       | 溶解度（水）                                    | ① 水に混和する<br>② $92.1\text{g}/100\text{ml}$ ( $25^\circ\text{C}$ )<br>③ $82\text{g}/100\text{ml}$ ( $20^\circ\text{C}$ ) |                                                             |
|                     | オクタノール／<br>水分配係数                          | ①、②、③ —                                                                                                                |                                                             |
|                     | 土壌／水分配係<br>数                              | ①、②、③ —                                                                                                                |                                                             |
| 国内外に<br>おける環<br>境基準 | 国内                                        | 大気                                                                                                                     | —                                                           |
|                     |                                           | 水質（地下水）                                                                                                                | 健康項目： $10\text{mg}/\text{L}$<br>地下水： $10\text{mg}/\text{L}$ |
|                     |                                           | 土壌                                                                                                                     | 土壌溶出基準値：—                                                   |
|                     |                                           | 水道水                                                                                                                    | $10\text{mg}/\text{L}$ （水質基準）                               |
|                     |                                           | PRTR 法                                                                                                                 | —                                                           |

表 3.3-29 (2/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素

| 物質名         | 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素<br>(①硝酸、②硝酸ナトリウム、③亜硝酸ナトリウム) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                      |
|-------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 国内外における環境基準 | 国外                                        | WHO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 硝酸塩：50mg/L（急性）<br>亜硝酸塩：3mg/L（急性）、0.2mg/L(p)（慢性）（第3版） |
|             |                                           | EPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10mg/l（硝酸塩として）、1mg/l（亜硝酸塩として）（MCL：最大許容濃度）            |
|             |                                           | EU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 50mg/L（硝酸性窒素）、0.5mg/L（亜硝酸性窒素）                        |
| 毒性情報        | 急性毒性                                      | （ヒトへの影響）<br>①この物質は眼、皮膚、気道に対して非常に腐食性が強い。経口摂取すると腐食性を示す。蒸気を吸入すると肺水腫を起こすことがある。<br>②眼、皮膚、気道を刺激する。血液に影響を与え、メトヘモグロビンを生成することがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。<br>③眼を刺激する。心血管系、血液に影響を与え、血圧低下やメトヘモグロビンの生成を起こすことがある。死に至ることがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>①：<br>・マウス吸入（赤煙硝酸） LC <sub>50</sub> ：67ppm/4hr<br>・ラット吸入（白煙硝酸） LC <sub>50</sub> ：334ppm/30min<br>・ラット吸入（白煙硝酸，0.1-0.4%二酸化窒素） LC <sub>50</sub> ：244ppm/30min<br>・ラット吸入（赤煙硝酸，8-17%二酸化窒素） LC <sub>50</sub> ：138ppm/30min<br>・ラット吸入（赤煙硝酸） LC <sub>50</sub> ：65ppm/4hr<br>・マウス吸入（白煙硝酸） LC <sub>50</sub> ：244ppm/30min<br>②：<br>・牛 最小致死量（予測値）：0.65-0.75 g/kg<br>③：<br>— |                                                      |
|             | 慢性毒性                                      | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                      |
|             | 発がん性                                      | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ①、②、③ —                                              |
|             |                                           | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ①、②、③ —                                              |

表 3.3-30 化学物質の物性・毒性に関する情報：フッ素

| 物質名         | フッ素 (FLUORINE) |                                                                                                                                                                                                 |                                   |
|-------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Cas No.     | 7782-41-4      |                                                                                                                                                                                                 |                                   |
| 分類          | 無機化合物          |                                                                                                                                                                                                 |                                   |
| 物性値         | 構造式            | F <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                  |                                   |
|             | 分子量            | 38                                                                                                                                                                                              |                                   |
|             | 比重             | —                                                                                                                                                                                               |                                   |
|             | 融点             | -219℃                                                                                                                                                                                           |                                   |
|             | 沸点             | -188℃                                                                                                                                                                                           |                                   |
|             | 引火点・爆発性        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・非常に反応性が強く、常温でも酸化性物質と反応して発火する。</li> <li>・水と反応してフッ化水素ガスを発生する。</li> <li>・水素、無定形二酸化ケイ素と接触すれば爆発する。</li> <li>・腐食性が強い。</li> <li>・多くはフッ化水素と同様な毒性を示す。</li> </ul> |                                   |
|             | 腐食性            | —                                                                                                                                                                                               |                                   |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）         | 反応する、1.69mg/L（25℃）                                                                                                                                                                              |                                   |
|             | オクタノール／水分配係数   | —                                                                                                                                                                                               |                                   |
|             | 土壌／水分配係数       | 平均値：1.1×10 <sup>0</sup> 、最小・最大：1.5×10 <sup>-1</sup> ～2.0×10 <sup>0</sup>                                                                                                                        |                                   |
| 国内外における環境基準 | 国内             | 大気                                                                                                                                                                                              | —                                 |
|             |                | 水質（地下水）                                                                                                                                                                                         | 健康項目：0.8mg/L<br>地下水：0.8mg/L       |
|             |                | 土壌                                                                                                                                                                                              | 土壌溶出基準値：0.8mg/L 以下                |
|             |                | 水道水                                                                                                                                                                                             | 0.8mg/L（水質基準）                     |
|             |                | PRTR 法                                                                                                                                                                                          | 第1種指定化学物質（政令番号 283：フッ化水素及びその水溶性塩） |
|             | 国外             | WHO                                                                                                                                                                                             | 1.5mg/L（フッ化物）（第3版）                |
|             |                | EPA                                                                                                                                                                                             | 4.0mg/L（MCL：最大許容濃度）               |
|             |                | EU                                                                                                                                                                                              | 1.5mg/L                           |
| 毒性情報        | 急性毒性           | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>眼、皮膚、気道に対して強い腐食性を示す。吸入すると、肺水腫を起こすことがある。液体は凍傷を起こすことがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <p>—</p>                                                  |                                   |
|             | 慢性毒性           | —                                                                                                                                                                                               |                                   |
|             | 発がん性           | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                        | —                                 |
|             |                | IARC                                                                                                                                                                                            | —                                 |

表 3.3-31 化学物質の物性・毒性に関する情報：ほう素

| 物質名         | ほう素          |                                                                                                                                                 |                                            |
|-------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Cas No.     | 7440-42-8    |                                                                                                                                                 |                                            |
| 分類          | 無機化合物        |                                                                                                                                                 |                                            |
| 物性値         | 構造式          | B                                                                                                                                               |                                            |
|             | 分子量          | 10.8                                                                                                                                            |                                            |
|             | 比重           | —                                                                                                                                               |                                            |
|             | 融点           | 2080℃                                                                                                                                           |                                            |
|             | 沸点           | 2550℃                                                                                                                                           |                                            |
|             | 引火点・爆発性      | —                                                                                                                                               |                                            |
|             | 腐食性          | —                                                                                                                                               |                                            |
| 物質移行パラメータ   | 溶解度（水）       | 不溶                                                                                                                                              |                                            |
|             | オクタノール／水分配係数 | —                                                                                                                                               |                                            |
|             | 土壌／水分配係数     | $3.6 \times 10^{-2}$                                                                                                                            |                                            |
| 国内外における環境基準 | 国内           | 大気                                                                                                                                              | —                                          |
|             |              | 水質（地下水）                                                                                                                                         | 健康項目：1mg/L<br>地下水：1mg/L                    |
|             |              | 土壌                                                                                                                                              | 土壌溶出基準値：1mg/L 以下                           |
|             |              | 水道水                                                                                                                                             | 1mg/L（水質基準）                                |
|             |              | PRTR 法                                                                                                                                          | 第 1 種指定化学物質（政令番号 304）                      |
|             | 国外           | WHO                                                                                                                                             | 0.5mg/L (T)（第 3 版）                         |
|             |              | EPA                                                                                                                                             | 0.010mg/L（Bromate：臭素の化合物、臭素酸塩）（MCL：最大許容濃度） |
|             |              | EU                                                                                                                                              | 1.0mg/L                                    |
| 毒性情報        | 急性毒性         | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>やや強い。ヒトでは、経口摂取によって吐き気、嘔吐、下痢、腹痛、皮膚の発赤、脈拍増加、痙攣、昏睡等の症状が現れる。動物実験では、この他に多尿、黒色尿等の腎臓障害もみられる。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <p>—</p>      |                                            |
|             | 慢性毒性         | <p>ほう素は、植物について生元素であり、その微量が成長に必要なであるが、動物についてはこれは不明であり、過剰に摂取すると有害な作用を招く。ラットやマウスへのホウ酸の亜慢性経口投与で、眼、後肢、尾等に炎症が生じ、呼吸困難や興奮状態を伴う。また、肝臓、腎臓、肺等に充血が見られる。</p> |                                            |
|             | 発がん性         | 日本産業衛生学会                                                                                                                                        | —                                          |
|             |              | IARC                                                                                                                                            | —                                          |



### 3.4 環境関連法令の処分規制の考え方の整理

#### (1) 一般・産業廃棄物の処分規制及びその考え方

一般・産業廃棄物の処分規制については廃掃法等で規定されている。ここでは、その処分方法、処分場に係る技術基準等の規制内容を整理するとともに、TRU 廃棄物に環境関連法令を適用した場合に該当する基準等について整理した。

##### a. 処分場の分類

産業廃棄物最終処分場は、燃え殻、ばいじん、汚泥あるいは鉱さい等であって、有害物質を含むものを処分するために処理したものである有害型産業廃棄物を処分するための、人や自然から完全に隔離した構造が求められる遮断型産業廃棄物最終処分場、廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず、陶磁器くず、建設廃材等の安定型産業廃棄物を処分するための、基本的に遮水工、保有水等処理施設の必要はない安定型産業廃棄物最終処分場、そして、これら以外の産業廃棄物を処分するための、構造耐力上の安全に加えて、遮水工や保有水等処理施設等が求められる管理型産業廃棄物最終処分場の3種類に分類されている。

##### b. 処分場の構造基準及び維持管理基準

産業廃棄物最終処分場を適切に維持・管理していくために、上記の処分場の種類毎にその構造基準、維持管理基準及び廃止基準が表3.4-1、2及び3に示すように規定されている。

表 3.4-1 (1/3) 最終処分場の構造基準の概要<sup>17)</sup>

| 基準の内容 |                                                                                                                                           | 一廃 | 産 廃 |    |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|----|----|
|       |                                                                                                                                           |    | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 1)    | 埋立地の周囲には、みだりに人が立ち入るのを防止することができる囲いが設けられていること。                                                                                              | ○  | ○   | ○  | ○  |
|       | (閉鎖された埋立地を埋め立て処分以外の用に供する場合においては、埋立地の範囲を明らかにすることができる囲い、杭その他の設備を設ける)                                                                        | ○  | ○   | ○  | ×  |
| 2)    | 入口の見やすい箇所に、最終処分場(遮断型最終処分場については有害な特別管理産業廃棄物又は有害な産業廃棄物の最終処分場)であることを表示する立札その他の設備が設けられていること。                                                  | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 3)    | 地盤の滑りを防止し、又は最終処分場に設けられる設備の沈下を防止する必要がある場合は、適当な地滑り防止工又は沈下防止工が設けられていること。                                                                     | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 4)    | 廃棄物の流出防止のための擁壁、堰堤その他の設備であって、次の要件を備えたものが設けられていること。<br>イ.自重、土圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。<br>ロ.廃棄物、地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。 | ○  | ○   | ○  | ×  |

表 3.4-1 (2/3) 最終処分場の構造基準の概要<sup>17)</sup>

| 基準の内容 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 一廃 | 産 廃 |    |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|----|----|
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 5)    | <p>埋立地からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止するための次に掲げる措置が講じられていること。</p> <p>イ.廃棄物の保有水及び雨水等（保有水等）の埋立地からの浸出を防止することができる次の要件を備えた遮水工又はこれと同等以上の遮水効力を有する遮水工を設けること。</p> <p>（ただし埋立地の側面又は底面に、不透水性地層（厚さ 5 m 以上、透水係数が <math>100\text{nm}/\text{秒}(=1\times 10^{-5}\text{cm}/\text{秒})</math> 以下の地層若しくはルジオン値 1 以下の岩盤又はこれと同等以上の遮水の効力を有する地層）がある部分については、この限りでない。）</p> <p>(1) 次のいずれかの要件を備えた遮水層を有すること。</p> <p>（基礎地盤の勾配が 50% 以上であって、内部水位が達しない部分については、基礎地盤に吹き付けられたモルタルに遮水シート又はゴムアスファルトが敷設されていること。）</p> <p>（イ）厚さ 50cm 以上、透水係数が <math>10\text{nm}/\text{秒}(=1\times 10^{-6}\text{cm}/\text{秒})</math> 以下である粘土等の層に遮水シートが敷設されていること。</p> <p>（ロ）厚さ 5cm 以上、透水係数が <math>1\text{nm}/\text{秒}(=1\times 10^{-7}\text{cm}/\text{秒})</math> 以下であるアスファルト・コンクリートの層に遮水シートが敷設されていること。</p> <p>（ハ）不織布その他の物の表面に二重の遮水シート（二重の遮水シートの間に車両の走行等の衝撃により双方のシートが同時に損傷することを防止できる不織布その他の物が設けられているものに限る。）が敷設されていること。</p> <p>(2) 遮水層の下部に必要な強度を有し、平らな基礎地盤が設けられていること。</p> <p>(3) 遮水層の表面に遮光性を有する不織布その他の物が敷設されていること。</p> <p>ロ.埋立地地下全面に、不透水性地層がある場合は次のいずれかの要件を備えた遮水工を設けること。</p> <p>(1) 薬剤等の注入により、不透水性地層までの地盤のルジオン値が 1 以下となるまで固化されていること。</p> <p>(2) 厚さ 50cm 以上、透水係数が <math>10\text{nm}/\text{秒}(=1\times 10^{-6}\text{cm}/\text{秒})</math> 以下である連続壁が不透水性地層まで設けられていること。</p> <p>(3) 鋼矢板が不透水性地層まで設けられていること。</p> <p>(4) イ(1)から(3)に掲げる要件。</p> <p>ハ.地下水により遮水工が損傷するおそれがある場合には管渠(かんきょ)その他の地下水集排水設備を設けること。</p> | ○  | ×   | ○  | ×  |

表 3.4-1 (3/3) 最終処分場の構造基準の概要<sup>17)</sup>

| 基準の内容 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 一廃 | 産 廃 |    |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|----|----|
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 5)    | <p>ニ.保有水等を有効に集め速やかに排出することができる堅固で耐久力を有する構造の管渠(かんきょ)その他の保有水等集排水設備を設けること。</p> <p>(ただし、雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地であって、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる場合については、この限りでない。)</p> <p>ホ.保有水等の水量及び水質の変動を調整することができる耐水構造の調整池を設けること。</p> <p>ヘ.保有水等を次の排水基準等に適合させることができる浸出液処理設備を設けること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・総理府令排水基準(BOD,COD,SS については、それぞれ 60、90、60mg / L 以下と強化)</li> <li>・維持管理計画上の基準</li> </ul> | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 6)    | 埋立地の周囲には、地表水が埋立地の開口部から埋立地へ流入するのを防止することができる開渠その他の設備が設けられていること。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ○  | ×   | ○  | ○  |
| 7)    | <p>次の要件を満たす外周仕切設備が設けられていること。</p> <p>(1) 日本工業規格 A1108 (コンクリート圧縮強度試験方法) により測定した一軸圧縮強度が 25N/mm<sup>2</sup> 以上の水密性を有する鉄筋コンクリートで造られ、かつ、その厚さが 35 cm 以上であること又はこれと同等以上の遮断の効力を有すること。</p> <p>(2) 自重、土圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全な要件を備えていること。</p> <p>(3) 埋め立てた廃棄物と接する面が遮水の効力、腐食防止の効力を有する材料で十分に覆われていること。</p> <p>(4) 地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。</p> <p>(5) 目視等により点検できる構造であること。</p>             | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 8)    | 面積 50 m <sup>2</sup> 超又は容量 250m <sup>3</sup> 超の埋立地は、7)の(1)から(4)までの要件を備えた内部仕切設備により、一区画の面積が概ね 50 m <sup>2</sup> 超又は一区画の容量が 250m <sup>3</sup> 超とならないように区画すること。                                                                                                                                                                                                                                | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 9)    | 擁壁等の安定を保持するため必要と認められる場合には埋立地内の雨水等を排出する設備が設けられていること。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ×  | ○   | ×  | ×  |
| 10)   | 水質検査を行うための浸透水採取設備が設けられていること。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ×  | ○   | ×  | ×  |

表 3.4-2 (1/3) 最終処分場の維持管理基準の概要<sup>17)</sup>

| 基準の内容 |                                                                                                  | 一廃 | 産 廃 |    |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|----|----|
|       |                                                                                                  |    | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 1)    | 埋立地外に廃棄物が飛散し、及び流出しないように必要な措置を講ずること。                                                              | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 2)    | 最終処分場外に悪臭が発散しないように必要な措置を講ずること。                                                                   | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 3)    | 火災発生を防止するために必要な措置を講ずるとともに、消火器その他の消火設備を備えておくこと。                                                   | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 4)    | ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないように薬剤の散布その他必要な措置を講ずること。                                                | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 5)    | 囲いは、みだりに人が立ち入るのを防止することができるようにしておくこと。                                                             | ○  | ○   | ○  | ○  |
|       | 閉鎖された埋立地を埋め立て処分以外の用に供する場合においては、埋立地の範囲を明らかにしておくこと)                                                | ○  | ○   | ○  | ×  |
| 6)    | 立札その他の設備は、常に見やすい状態にしておくとともに、表示すべき事項に変更が生じた場合には、速やかに書換えその他必要な措置を講ずること。                            | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 7)    | 擁壁等を定期的に点検し、損壊するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを防止するために必要な措置を講ずること。                                      | ○  | ○   | ○  | ×  |
| 8)    | 廃棄物を埋め立てる前に遮水工を砂その他のものにより覆うこと。                                                                   | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 9)    | 遮水工を定期的に点検し、その遮水効果が低下するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを回復するために必要な措置を講ずること。                               | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 10)   | 最終処分場の周縁の2箇所以上の場所から採取した地下水又は地下水集排水設備より採取した水の水質検査を次により行うこと。                                       |    |     |    |    |
|       | イ.埋立開始前に地下水等検査項目、電気伝導率及び塩化物イオン濃度を測定・記録すること。                                                      | ○  | ○*  | ○  | ○  |
|       | ロ.埋立開始後、地下水等検査項目を1年に1回以上測定・記録すること。                                                               | ○  | ○   | ○  | ○  |
|       | ハ.埋立開始後、電気伝導率又は塩化物イオン濃度を1月に1回以上測定・記録すること。                                                        | ○  | ×   | ○  | ○  |
|       | ニ.電気伝導率又は塩化物イオン濃度に異状が認められた場合には、速やかに再度測定・記録するとともに地下水等検査項目についても測定・記録すること。                          | ○  | ×   | ○  | ○  |
| 11)   | 地下水等検査項目に係る水質検査の結果、水質の悪化（その原因が当該最終処分場以外にあることが明らかな場合を除く）が認められる場合は、その原因の調査その他の生活環境の保全上必要な措置を講ずること。 | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 12)   | 雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地については、埋立地に雨水が入らないよう必要な措置を講ずること。                                           | ○  | ×   | ○  | ○  |
| 13)   | 調整池を定期的に点検し、損壊するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを防止するために必要な措置を講ずること。                                      | ○  | ×   | ○  | ×  |

表 3.4-2 (2/3) 最終処分場の維持管理基準の概要<sup>17)</sup>

| 基準の内容 |                                                                                                                           | 一廃 | 産 廃 |    |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|----|----|
|       |                                                                                                                           |    | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 14)   | 浸出液処理設備の維持管理は次により行うこと。                                                                                                    |    |     |    |    |
|       | イ.放流水の水質が排水基準等に適合することとなるように維持管理すること。                                                                                      | ○  | ×   | ○  | ×  |
|       | ロ.浸出液処理設備の機能の状態を定期的に点検し、異状を認めた場合には速やかに必要な措置を講ずること。                                                                        | ○  | ×   | ○  | ×  |
|       | ハ.放流水の水質検査を次により行うこと。<br>(1)排水基準等に係る項目について1年に1回以上測定・記録すること。<br>(2)水素イオン濃度、BOD、COD、SS、窒素について1月に1回以上測定・記録すること。               | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 15)   | 開渠その他の設備の機能を維持するため、開渠に堆積した土砂等の速やかな除去その他の必要な措置を講ずること。                                                                      | ○  | ×   | ○  | ○  |
| 16)   | 通気装置を設けて埋立地から発生するガスを排除すること。<br>(ただし、ガスを発生するおそれのない廃棄物のみを埋め立てる場合を除く。)                                                       | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 17)   | 埋立処分が終了した埋立地は、厚さがおおむね 50cm 以上の土砂等の覆いにより開口部を閉鎖すること。<br>(ただし、雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地については、遮水工と同等以上の効力を有する覆いにより閉鎖すること。)      | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 18)   | 閉鎖した埋立地については、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                    | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 19)   | 埋め立てられた廃棄物の種類、数量及び最終処分場の維持管理に当たって行った点検、検査その他の措置の記録を作成し、廃止までの間保存すること。                                                      | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 20)   | 埋立地のたまり水は、埋立開始前に排除すること。                                                                                                   | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 21)   | 外周仕切設備及び内部仕切設備を定期的に点検し、これらの設備の損壊又は保有水の浸出のおそれがあると認められる場合には、速やかに新たな廃棄物の搬入及び埋立処分を中止させるとともに、設備の損壊又は保有水の浸出を防止するために必要な措置を講ずること。 | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 22)   | 埋立処分が終了した埋立地は、速やかに外周仕切設備と同等の覆いにより閉鎖すること。                                                                                  | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 23)   | 閉鎖した埋立地については、覆いを定期的に点検し、覆いの損壊又は保有水の浸出のおそれがある場合には、速やかに覆いの損壊又は保有水の浸出を防止するために必要な措置を講ずること。                                    | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 24)   | 廃棄物を埋め立てる前に、展開検査を行い、安定型産業廃棄物以外の廃棄物の付着又は混入が認められる場合には廃棄物を埋め立てないこと。                                                          | ×  | ○   | ×  | ×  |
| 25)   | 浸透水について地下水等検査項目を1年1回以上、BOD 又は COD を1月に1回（埋立終了後は3月に1回）以上、水質を測定・記録すること。                                                     | ×  | ○   | ×  | ×  |

表 3.4-2 (3/3) 最終処分場の維持管理基準の概要 <sup>17)</sup>

| 基準の内容 |                                                                                                                                                                     | 一廃 | 産 廃 |    |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|----|----|
|       |                                                                                                                                                                     |    | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 26)   | 次に掲げる場合には、速やかに、廃棄物の搬入及び埋立処分を中止するとともに、生活環境保全上必要な措置を講ずること。<br>(1)浸透水に係る地下水等検査項目の水質検査の結果基準に適合していない場合。<br>(2)BOD 又は COD の水質検査の結果、BOD が 20mg/l 又は COD が 40mg/l を超えている場合。 | ×  | ○   | ×  | ×  |
| 27)   | 埋立処分が終了した埋立地を、埋立処分以外の用に供する場合は、厚さがおおむね 50 cm以上の土砂等の覆いにより開口部を閉鎖すること。                                                                                                  | ×  | ○   | ×  | ×  |
| 28)   | 27) により閉鎖した埋立地については、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                                       | ×  | ○   | ×  | ×  |

表 3.4-3 最終処分場の廃止基準の概要基準の内容<sup>17)</sup>

| 基準の内容                                                                                                                          | 一廃 | 産 廃 |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|----|----|
|                                                                                                                                |    | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 1) 廃棄物最終処分場が囲い、立て札、調整池、浸出液処理設備を除き構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                        | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 2) 最終処分場の外に悪臭が発散しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                         | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 3) 火災の発生を防止するために必要な措置が講じられていること。                                                                                               | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 4) ネズミが生息し、ハエその他の害虫が発生しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                   | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 5) 地下水等の水質検査の結果、次のいずれにも該当していないこと。ただし、水質の悪化が認められない場合においてはこの限りでない。<br>イ 現に地下水質が基準に適合していないこと<br>ロ 検査結果の傾向に照らし、基準に適合しなくなるおそれがあること  | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 6) 保有水等集排水設備により集められた保有水等の水質が、次に掲げる項目・頻度 で2年以上にわたり行った水質検査の結果、排水基準等に適合していると認められること。<br>(1)排水基準等 6月に1回以上<br>(2)BOD、COD、SS 3月に1回以上 | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 7) 埋立地からガスの発生がほとんど認められない、又はガスの発生量の増加が 2年 以上にわたり認められないこと。                                                                       | ○  | ○   | ○  | ×  |
| 8) 埋立地の内部が周辺の地中温度に比して異常な高温になっていないこと。                                                                                           | ○  | ○   | ○  | ×  |
| 9) おおむね 50cm 以上の覆いにより開口部が閉鎖されていること。                                                                                            | ○  | ○   | ○  | ×  |
| 10) 雨水が入らず、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる処分場の覆い については、沈下、亀裂その他の変形が認められないこと。                                                           | ○  | ×   | ○  | ×  |
| 11) 現に生活環境保全上の支障が生じていないこと。                                                                                                     | ○  | ○   | ○  | ○  |
| 12) 地滑り、沈下防止工及び外周仕切設備が構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                                   | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 13) 外周仕切設備と同等の効力を有する覆いにより閉鎖されていること。                                                                                            | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 14) 埋め立てられた廃棄物又は外周仕切設備について、環境庁長官及び厚生大臣の定める措置が講じられていること。                                                                        | ×  | ×   | ×  | ○  |
| 15) 地滑り、沈下防止工、雨水等排出設備について、構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                               | ×  | ○   | ×  | ×  |
| 16) 浸透水の水質が次の要件を満たすこと。<br>・ 地下水等検査項目：基準に適合<br>・ BOD：20mg/l 以下                                                                  | ×  | ○   | ×  | ×  |

## (2) TRU 廃棄物等への廃掃法等の適用

3.2 で整理したように TRU 廃棄物等には、水銀、鉛、六価クロム、ヒ素、シアン化合物等の有害物質が含まれており、廃棄物を処分するために一定の処理を行ったとしてもこれらの有害物質が一定量残留する可能性がある。ただし、現時点では廃棄物に含まれるこれら有害物質が特定有害産業廃棄物の判定基準を超えるかどうかは判定できない。そのため、廃掃法に基づいて TRU 廃棄物等を処分する場合には、遮断型産業廃棄物処分場もしくは管理型産業廃棄物処理場の両者が対象となる可能性があると考えられる。

これら両者の処分場の場合、(1)で示した各種基準に適合する必要がある。

なお、土地の形質変更が行われる場合には地下の廃棄物が攪拌されたり、酸素が供給されたりすることにより、廃棄物の分解等が進行し、生活環境に支障を与えるおそれがあることから、廃棄物が地中にある土地で形質変更を行うことによって、生活環境保全上支障が生じるおそれがある区域を都道府県知事等が指定を行い、その区域内での形質変更は施工基準に従い実施すること及び知事への事前の届出が義務付けられている。この区域指定及び施工基準の具体的内容については、遮断型産業廃棄物最終処分場、安定型産業廃棄物最終処分場、管理型産業廃棄物最終処分場等を対象に、平成 17（2005）年に公表された「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」（廃棄物最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会，2005）に解説されており、例えば、土地形質変更後のモニタリング及び環境保全対策については、表 3.4-4 に示すように例示している。<sup>18)</sup>



注：

- \* 1：荷重増加に伴う法面の安定性が低下する場合に限る。
- \* 2：廃棄物の締め固めに伴うものに限る。
- \* 3：工事中的の影響を監視するため、浸透水が採取できる場合には、その水質を把握しておくことが望ましい。
- \* 4：荷重の増加に伴い、安定性が低下する場合に限る。
- \* 5：排水基準を超える場合に限る。

## 4. 各処分施設からの有害物質の移行評価

上記3においては、抽出された TRU 廃棄物等の廃棄体に含まれる有害物質を中心に、その物性と物質移行パラメータ、毒性係数等を整理した。本章ではそれら有害物質の処分施設からの移行及び挙動評価に関する文献を調査する。その上で、各処分区分(トレンチ、コンクリートピット、余裕深度)の処分概念に基づいた処分施設の評価モデル、評価パラメータ及び移行モデル等を設定して有害物質の移行評価を実施し、設定した条件での各処分施設における有害物質の制限量を算出する。また、環境基準を満足させるために必要な条件と課題について整理する。

### 4.1 諸外国における有害物質の影響評価事例の調査

ここでは、まず、わが国における各処分施設からの有害物質の移行評価検討に資する情報を把握することを目的として、諸外国における廃棄体に含まれる有害物質の影響に関する評価事例について調査し、その知見を整理した。調査対象国は以下の3カ国とした。なお他の国については別途同様の調査が実施されている<sup>19)</sup>。

- ・イギリス<sup>(1)</sup>
- ・アメリカ
- ・フランス

#### 4.1.1 イギリス

##### (1) 概要

イギリスでは、原子力放射性廃棄物会社(Nirex)により、浅地中処分が適さないと考えられる中レベル放射性廃棄物(ILW)と一部の低レベル放射性廃棄物(LLW)の長期管理手段の一つとして、段階的処分概念(Phased Disposal Concept)の研究が進められている<sup>20),21)</sup>。この研究は6項目の研究テーマで構成されており、そのうちの一つである閉鎖後の性能評価 Nirex (2001b)<sup>22)</sup> 及び Nirex (2003b)<sup>23)</sup>において、サイトを特定しないジェネリックな条件の下での、廃棄体に含まれる有害物質の影響に関する検討が実施されている。この検討は予備的なものであり、複数段階のスクリーニングプロセスにより、ILW と一部の LLW 中に含まれる物質の中から、今後の化学毒性の観点での検討において優先的に考慮すべき物質を抽出している。この検討における基準及び実施内容を以下に概略的に示す。なお、Nirex (2001b) と Nirex (2003b) のそれぞれにおける検討の位置付けは、後者が、前者における評価対象物質の一部を再評価したものであり、実施内容自体は両者とも同様である。

<sup>(1)</sup> 実際には、イギリスは、上述した既実施の調査(三木・池田、2003)において、調査対象国の一つとして挙げられているが、有害物質の影響に関する評価の具体的事例が記述されていないため、本調査においても再び調査対象国として設定することとした。

## (2) 基準

イギリスでは、有害物質に関するリスク目標（risk target）は現状設定されていない。このため、スクリーニングの際には、主に以下のような化学毒性情報に基づいて物質毎に設定した「スクリーニング濃度」を比較の基準として用いている。

- ✓ 飲料水中の許容濃度
- ✓ 参照分量（Reference Dose；生涯にわたって有害な影響が及ぶリスクがないものと考えられる一日あたりの推定曝露量）
- ✓ 発癌性分類
- ✓ 職業曝露限度（Occupational Exposure Limits；作業場の空気中における気体物質の最大濃度に関する規制における限度）
- ✓ 通常の食事による一日あたりの摂取量

なお、上述した化学毒性情報がほとんど入手できない物質については、以下のような情報も参考としている。

- ✓ TDLo（中毒症状が発現する最小量）
- ✓ LDLo（死に至る最小量）
- ✓ TD50（50%が中毒となる量）
- ✓ LD50（50%が死に至る量）
- ✓ 中毒情報
- ✓ 曝露症状

上述した種々の情報に基づいて設定した各物質の「スクリーニング濃度」を表 4.1.1-1 に示す。

表 4.1.1-1 各物質の「スクリーニング濃度」

| 物質               | スクリーニング濃度 (mg/l)      | 物質                      | スクリーニング濃度 (mg/l)      |
|------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Be               | $1.00 \times 10^{-4}$ | Tl <sup>*1</sup>        | $7.50 \times 10^{-4}$ |
| Mg               | $1.70 \times 10^2$    | フッ化物                    | 1.50                  |
| Al               | $2.25 \times 10^1$    | 硝酸塩                     | $1.00 \times 10^{-1}$ |
| Cr               | $5.00 \times 10^{-2}$ | 亜硝酸塩                    | $1.00 \times 10^{-1}$ |
| Mn               | 1.85                  | リン酸塩                    | $6.00 \times 10^{-1}$ |
| Fe               | 8.00                  | 硫酸塩                     | $4.25 \times 10^2$    |
| Ni               | $2.00 \times 10^{-2}$ | セレン酸塩 <sup>*2</sup>     | $1.00 \times 10^{-2}$ |
| Cu               | 1.75                  | ホウ酸塩                    | $1.16 \times 10^2$    |
| Zn               | 6.50                  | 硫化物 <sup>*3</sup>       | —                     |
| Zr               | 2.10                  | ヒ酸塩 <sup>*1, *2</sup>   | $5.00 \times 10^{-2}$ |
| Nb <sup>*1</sup> | $3.10 \times 10^{-1}$ | 酢酸                      | $1.75 \times 10^4$    |
| Mo               | $5.00 \times 10^{-3}$ | ISA <sup>*4</sup>       | $4.75 \times 10^4$    |
| Sn               | 2.00                  | ベンゼン <sup>*5</sup>      | $1.00 \times 10^{-2}$ |
| Cd               | $5.00 \times 10^{-3}$ | フェノール                   | $5.00 \times 10^{-4}$ |
| Hg               | $1.00 \times 10^{-3}$ | VCM <sup>*6</sup>       | $2.00 \times 10^{-3}$ |
| Pb               | $5.00 \times 10^{-2}$ | EDTA <sup>*1, *7</sup>  | $1.92 \times 10^2$    |
| Bi <sup>*1</sup> | $1.00 \times 10^{-2}$ | DTPA <sup>*1, *8</sup>  | $1.21 \times 10^5$    |
| Cs               | $5.00 \times 10^{-3}$ | HEDTA <sup>*1, *9</sup> | $1.90 \times 10^2$    |
| U                | $7.89 \times 10^{-1}$ | クエン酸 <sup>*1</sup>      | $1.25 \times 10^5$    |
| Co               | $1.50 \times 10^{-1}$ | シュウ酸 <sup>*1</sup>      | $1.25 \times 10^3$    |
| Y                | $8.00 \times 10^{-3}$ | 琥珀酸 <sup>*1</sup>       | $1.25 \times 10^3$    |
| Ru               | $1.15 \times 10^5$    | リン酸トリブチル <sup>*1</sup>  | $2.97 \times 10^4$    |
| Sb <sup>*1</sup> | $2.50 \times 10^{-2}$ | リン酸ジブチル <sup>*1</sup>   | $8.00 \times 10^4$    |
| Te <sup>*1</sup> | $3.00 \times 10^{-1}$ | リン酸ブチル <sup>*1</sup>    | $4.10 \times 10^4$    |

\*1 : Nirex (2001b) より。これ以外の物質のデータについては Nirex (2003b) より。

\*2 : Se(0)及び As を基準に設定

\*3 : 硫酸塩と併せてスクリーニングを実施するため、設定せず。

\*4 : イソサッカリン酸

\*5 : 遺伝毒性物質であるため、この濃度のベンゼンを消費することのリスクはゼロではない。

\*6 : 塩化ビニルモノマー

\*7 : エチレンジアミン 4 酢酸

\*8 : ジエチレントリアミン 5 酢酸

\*9 : 水酸化エチレンジアミン 3 酢酸

## (3) 評価方法

今後の化学毒性の観点での検討において優先的に考慮すべき物質を抽出するためのスクリーニングは図 4.1.1-1 に示す手順で実施している。以下に、スクリーニングの各段階における実施内容を概略的に示す。

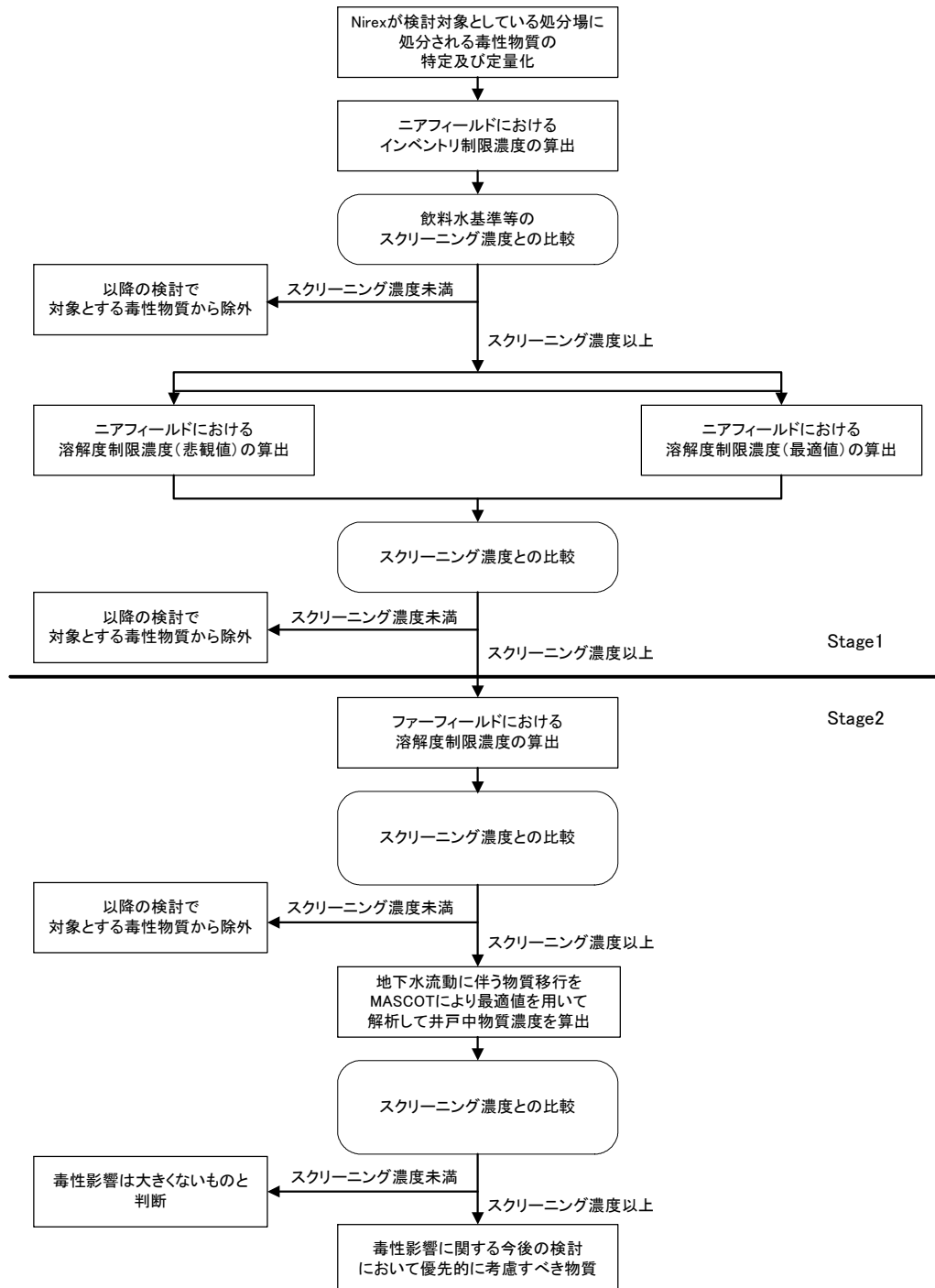


図 4.1.1-1 化学毒性の観点で優先的に考慮すべき物質を抽出するためのスクリーニング手順

## ① ステージ 1

ステージ 1 では、まず、Nirex の段階的処分概念 (Phased Disposal Concept) の研究において検討対象としている ILW と一部の LLW 中に含まれる各物質がすべて間隙水に溶解したと仮定した場合の濃度 (「インベントリ制限濃度」) を算出し、それを上述の(2)において示した「スクリーニング濃度」と比較する。次に、この比較において、「インベントリ制限濃度」が「スクリーニング濃度」を超過した各物質について、「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」を算出し、それを再び「スクリーニング濃度」と比較する。

## ア. インベントリ制限濃度による比較

スクリーニングに供する各物質のインベントリは表 4.1.1-2 の通りである。なお、Nirex の段階的処分概念 (Phased Disposal Concept) の研究では、検討対象としている ILW と一部の LLW 中に含まれる各物質のインベントリを随時見直してきている。このため、表 4.1.1-2 においては、全ての見直しのケースにおいて採用されているインベントリを示す。

「インベントリ制限濃度」は、この各物質のインベントリ全量が処分場の間隙水に完全に溶解した場合を単純に想定して算出している。算出された各物質の「インベントリ制限濃度」を「スクリーニング濃度」と併せて表 4.1.1-3 に示す。なお、Nirex (2003b) においてスクリーニングに供している物質については、Reference Case Volume<sup>(2)</sup>に対して算出された「インベントリ制限濃度」を表中に示した。両濃度の比較により、ここでは 17 物質が以降の検討から除外される結果となっている。なお、Variant Case Volume についても、以降の検討から除外される物質は、Reference Case Volume の場合と同様となっている。

<sup>(2)</sup> Nirex では検討対象としている ILW と一部の LLW に含まれる各物質のインベントリを随時見直している。この Reference Case Volume は ILW と一部の LLW の 2090 年までの発生量 (168,000m<sup>3</sup>) であり、Variant Case Volume とはそれに 2090 年以降に発生する廃炉に伴う廃棄物の量を加えたもの (256,000m<sup>3</sup>) である。

表 4.1.1-2 各物質のインベントリ

| 物質               | インベントリ (t)             |                       |                       | 物質                     | インベントリ (t)             |                       |                       |
|------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                  | 2001 <sup>*1</sup>     | RCV <sup>*2</sup>     | VCV <sup>*2</sup>     |                        | 2001 <sup>*1</sup>     | RCV <sup>*2</sup>     | VCV <sup>*2</sup>     |
| Be               | —                      | 3.89×10 <sup>1</sup>  | 3.89×10 <sup>1</sup>  | Tl                     | 3.92×10 <sup>-13</sup> | —                     | —                     |
| Mg <sup>*3</sup> | —                      | 7.05×10 <sup>3</sup>  | 7.08×10 <sup>3</sup>  | フッ化物                   | —                      | 7.95×10 <sup>1</sup>  | 7.95×10 <sup>1</sup>  |
| Al               | —                      | 1.21×10 <sup>3</sup>  | 1.21×10 <sup>3</sup>  | 硝酸塩                    | —                      | 1.41×10 <sup>3</sup>  | 1.44×10 <sup>3</sup>  |
| Cr               | —                      | 1.28×10 <sup>4</sup>  | 1.76×10 <sup>4</sup>  | 亜硝酸塩 <sup>*4</sup>     | —                      | 1.05×10 <sup>3</sup>  | 1.07×10 <sup>3</sup>  |
| Mn               | —                      | 1.43×10 <sup>3</sup>  | 1.95×10 <sup>3</sup>  | リン酸塩                   | —                      | 3.21×10 <sup>1</sup>  | 4.40×10 <sup>1</sup>  |
| Fe               | —                      | 6.62×10 <sup>4</sup>  | 9.91×10 <sup>4</sup>  | 硫酸塩                    | —                      | 2.66×10 <sup>2</sup>  | 2.74×10 <sup>2</sup>  |
| Ni               | —                      | 1.29×10 <sup>4</sup>  | 1.71×10 <sup>4</sup>  | セレン酸塩                  | —                      | 4.95                  | 6.00                  |
| Cu               | —                      | 3.79×10 <sup>2</sup>  | 3.80×10 <sup>2</sup>  | ホウ酸塩                   | —                      | 1.83×10 <sup>-3</sup> | 1.83×10 <sup>-3</sup> |
| Zn               | —                      | 4.74×10 <sup>1</sup>  | 4.74×10 <sup>1</sup>  | 硫化物                    | —                      | 8.87×10 <sup>1</sup>  | 9.13×10 <sup>1</sup>  |
| Zr               | —                      | 2.34×10 <sup>3</sup>  | 2.36×10 <sup>3</sup>  | ヒ酸塩                    | 8.56                   | —                     | —                     |
| Nb               | 4.64×10 <sup>2</sup>   | —                     | —                     | 酢酸 <sup>*5</sup>       | —                      | 2.38×10 <sup>2</sup>  | 2.40×10 <sup>2</sup>  |
| Mo               | —                      | 2.36×10 <sup>3</sup>  | 3.25×10 <sup>3</sup>  | ISA <sup>*6</sup>      | —                      | 1.74×10 <sup>3</sup>  | 1.81×10 <sup>3</sup>  |
| Sn               | —                      | 3.08×10 <sup>1</sup>  | 3.08×10 <sup>1</sup>  | ベンゼン <sup>*7</sup>     | —                      | 4.38                  | 4.38                  |
| Cd               | —                      | 7.86                  | 7.86                  | フェノール                  | —                      | 5.28                  | 5.28                  |
| Hg               | —                      | 1.96                  | 1.96                  | VCM <sup>*8</sup>      | —                      | 1.55                  | 1.57                  |
| Pb               | —                      | 7.73×10 <sup>2</sup>  | 7.73×10 <sup>2</sup>  | EDTA <sup>*9</sup>     | 4.00                   | —                     | —                     |
| Bi               | 1.00                   | —                     | —                     | DTPA <sup>*9</sup>     | 2.00                   | —                     | —                     |
| Cs               | —                      | 3.07×10 <sup>-1</sup> | 3.07×10 <sup>-1</sup> | HEDTA <sup>*10</sup>   | 3.81                   | —                     | —                     |
| U                | —                      | 1.72×10 <sup>3</sup>  | 1.72×10 <sup>3</sup>  | クエン酸                   | 1.90×10 <sup>1</sup>   | —                     | —                     |
| Co               | —                      | 2.51                  | 2.51                  | シュウ酸                   | 4.00                   | —                     | —                     |
| Y                | —                      | 8.33×10 <sup>-6</sup> | 8.33×10 <sup>-6</sup> | 琥珀酸                    | 2.00×10 <sup>-1</sup>  | —                     | —                     |
| Ru               | —                      | 6.04×10 <sup>-1</sup> | 6.04×10 <sup>-1</sup> | リン酸トリブチル               | 2.00                   | —                     | —                     |
| Sb               | 2.24×10 <sup>-10</sup> | —                     | —                     | リン酸ジブチル <sup>*11</sup> | 1.45                   | —                     | —                     |
| Te               | 4.91×10 <sup>-3</sup>  | —                     | —                     | リン酸ブチル <sup>*11</sup>  | 9.02×10 <sup>-1</sup>  | —                     | —                     |

\*1 : Nirex (2001b) より

\*2 : RCV : Reference Case Volume、VCV : Variant Case Volume。ともに Nirex (2003b) より。

\*3 : Magnox は 100%マグネシウムと仮定。

\*4 : 硝酸塩を基に設定。

\*5 : セルロース分解生成物の 2%+微生物媒介物

\*6 : ISA : イソサッカリン酸

\*7 : 0.014×有機イオン交換樹脂のインベントリ×0.5

\*8 : VCM : 塩化ビニルモノマー。ポリ塩化ビニル (PVC) は VCM を 492.5 ppm 含む可能性あり。

\*9 : EDTA : エチレンジアミン 4 酢酸、DTPA : ジエチレントリアミン 5 酢酸

\*10 : 水酸化エチレンジアミン 3 酢酸。EDTA を基に生成すると仮定。

\*11 : リン酸トリブチルの分解により生成すると仮定

表 4.1.1-3 各物質の「インベントリ制限濃度」と「スクリーニング濃度」の比較

| 物質               | スクリーニング濃度 (mg/l)      | インベントリ制限濃度 (mg/l)      | 物質                      | スクリーニング濃度 (mg/l)      | インベントリ制限濃度 (mg/l)      |
|------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Be               | $1.00 \times 10^{-4}$ | $2.57 \times 10^2$     | Tl <sup>*1</sup>        | $7.50 \times 10^{-4}$ | $1.53 \times 10^{-12}$ |
| Mg               | $1.70 \times 10^2$    | $4.66 \times 10^4$     | フッ化物                    | 1.50                  | $5.26 \times 10^2$     |
| Al               | $2.25 \times 10^1$    | $8.00 \times 10^3$     | 硝酸塩                     | $1.00 \times 10^{-1}$ | $9.34 \times 10^3$     |
| Cr               | $5.00 \times 10^{-2}$ | $8.49 \times 10^4$     | 亜硝酸塩                    | $1.00 \times 10^{-1}$ | $6.93 \times 10^3$     |
| Mn               | 1.85                  | $9.43 \times 10^3$     | リン酸塩                    | $6.00 \times 10^{-1}$ | $2.12 \times 10^2$     |
| Fe               | 8.00                  | $4.38 \times 10^5$     | 硫酸塩                     | $4.25 \times 10^2$    | $1.76 \times 10^3$     |
| Ni               | $2.00 \times 10^{-2}$ | $8.54 \times 10^4$     | セレン酸塩                   | $1.00 \times 10^{-2}$ | $3.28 \times 10^1$     |
| Cu               | 1.75                  | $2.51 \times 10^3$     | ホウ酸塩                    | $1.16 \times 10^2$    | $1.12 \times 10^{-2}$  |
| Zn               | 6.50                  | $3.13 \times 10^2$     | 硫化物 <sup>*2</sup>       | —                     | $5.87 \times 10^2$     |
| Zr               | 2.10                  | $1.55 \times 10^4$     | ヒ酸塩 <sup>*1</sup>       | $5.00 \times 10^{-2}$ | $1.80 \times 10^1$     |
| Nb <sup>*1</sup> | $3.10 \times 10^{-1}$ | $1.81 \times 10^3$     | 酢酸                      | $1.75 \times 10^4$    | $1.58 \times 10^3$     |
| Mo               | $5.00 \times 10^{-3}$ | $1.56 \times 10^4$     | ISA <sup>*3</sup>       | $4.75 \times 10^4$    | $1.15 \times 10^4$     |
| Sn               | 2.00                  | $2.04 \times 10^2$     | ベンゼン                    | $1.00 \times 10^{-2}$ | $2.90 \times 10^1$     |
| Cd               | $5.00 \times 10^{-3}$ | $5.21 \times 10^1$     | フェノール                   | $5.00 \times 10^{-4}$ | $3.49 \times 10^1$     |
| Hg               | $1.00 \times 10^{-3}$ | $1.30 \times 10^1$     | VCM <sup>*4</sup>       | $2.00 \times 10^{-3}$ | $1.03 \times 10^1$     |
| Pb               | $5.00 \times 10^{-2}$ | $5.12 \times 10^3$     | EDTA <sup>*1, *5</sup>  | $1.92 \times 10^2$    | $1.56 \times 10^1$     |
| Bi <sup>*1</sup> | $1.00 \times 10^{-2}$ | 3.95                   | DTPA <sup>*1, *6</sup>  | $1.21 \times 10^5$    | 7.78                   |
| Cs               | $5.00 \times 10^{-3}$ | 2.03                   | HEDTA <sup>*1, *7</sup> | $1.90 \times 10^2$    | $1.48 \times 10^1$     |
| U                | $7.89 \times 10^{-1}$ | $1.14 \times 10^4$     | クエン酸 <sup>*1</sup>      | $1.25 \times 10^5$    | $7.39 \times 10^1$     |
| Co               | $1.50 \times 10^{-1}$ | $1.66 \times 10^1$     | シュウ酸 <sup>*1</sup>      | $1.25 \times 10^3$    | $1.56 \times 10^1$     |
| Y                | $8.00 \times 10^{-3}$ | $5.51 \times 10^{-5}$  | 琥珀酸 <sup>*1</sup>       | $1.25 \times 10^3$    | $7.78 \times 10^{-1}$  |
| Ru               | $1.15 \times 10^5$    | 4.00                   | リン酸トリブチル <sup>*1</sup>  | $2.97 \times 10^4$    | 7.78                   |
| Sb <sup>*1</sup> | $2.50 \times 10^{-2}$ | $8.72 \times 10^{-10}$ | リン酸ジブチル <sup>*1</sup>   | $8.00 \times 10^4$    | 5.65                   |
| Te <sup>*1</sup> | $3.00 \times 10^{-1}$ | $1.91 \times 10^{-2}$  | リン酸ブチル <sup>*1</sup>    | $4.10 \times 10^4$    | 3.52                   |

■：以降の検討から除外される物質

\*1：Nirex（2001b）でのみ評価を実施している物質。これ以外の物質については Reference Case Volume（Nirex, 2003b）についての値を記載。

\*2：硫酸塩と併せてスクリーニングを実施

\*3：イソサッカリン酸

\*4：塩化ビニルモノマー

\*5：エチレンジアミン 4 酢酸

\*6：ジエチレントリアミン 5 酢酸

\*7：水酸化エチレンジアミン 3 酢酸



## イ．ニアフィールドにおける溶解度制限濃度による比較

次にア．において除外された 17 物質以外の物質について、「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」を算出し、スクリーニング濃度と比較している。なお、算出に際しては、セルロースの分解生成物などといった有機物との錯体形成を溶解度の増加要因として考慮しているとともに、算出している溶解度制限濃度は基本的に最適と考えられる設定値（best-estimate）であるが、信頼できる溶解度データや有機物との錯体形成による溶解度の増加の程度に関する情報などがほとんど存在していない物質については、悲観的な（pessimistic）溶解度制限濃度についても併せて設定している。

算出された各物質の「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」を「スクリーニング濃度」と併せて表 4.1.1-4 に示す。なお、Nirex（2003b）においてスクリーニングに供している物質については、Reference Case Volume に対して算出された「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」を表中に示した。両濃度の比較に際しては、悲観的な（pessimistic）溶解度制限濃度が設定されている物質についてはそれを、設定されていない物質については最適と考えられる設定値（best-estimate）を、それぞれ比較に供する「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」として用いることとしている。この規則に従って、両濃度を比較した結果、ここでは 2 物質（Zr とリン酸塩）が以降の検討から除外されることとなっている。なお、Mg に関しては、「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」が「スクリーニング濃度」を下回っているにもかかわらず、以降の検討から除外する物質とされていないが、これは、Variant Case Volume の場合には、Mg の「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」が「スクリーニング濃度」を超過するためであると考えられる。Mg 以外の物質に関しては、Reference Case Volume の場合と Variant Case Volume の場合の、「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」と「スクリーニング濃度」の比較結果は同様となっている。

表 4.1.1-4 各物質の「ニアフィールドにおける溶解度制限濃度」と  
「スクリーニング濃度」の比較

| 物質               | スクリー<br>ニング濃<br>度 (mg/l) | ニアフィールドにおけ<br>る溶解度制限濃度<br>(mg/l) |                    | 物質                      | スクリー<br>ニング濃<br>度 (mg/l) | ニアフィールドにおけ<br>る溶解度制限濃度<br>(mg/l) |                       |
|------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------|
|                  |                          | Best-<br>estimate                | Pessimistic        |                         |                          | Best-<br>estimate                | Pessimistic           |
| Be               | $1.00 \times 10^{-4}$    | $2.56 \times 10^2$               | —                  | Tl <sup>*1</sup>        | $7.50 \times 10^{-4}$    | —                                | —                     |
| Mg               | $1.70 \times 10^2$       | $2.84 \times 10^{-3}$            | $1.52 \times 10^2$ | フッ化物                    | 1.50                     | $3.61 \times 10^2$               | $5.26 \times 10^2$    |
| Al               | $2.25 \times 10^1$       | $6.29 \times 10^1$               | $8.00 \times 10^3$ | 硝酸塩                     | $1.00 \times 10^{-1}$    | $8.28 \times 10^3$               | $9.34 \times 10^3$    |
| Cr               | $5.00 \times 10^{-2}$    | $1.15 \times 10^4$               | $8.49 \times 10^4$ | 亜硝酸塩                    | $1.00 \times 10^{-1}$    | $6.15 \times 10^3$               | $6.93 \times 10^3$    |
| Mn               | 1.85                     | $3.05 \times 10^2$               | $9.43 \times 10^3$ | リン酸塩                    | $6.00 \times 10^{-1}$    | $2.27 \times 10^{-5}$            | $2.27 \times 10^{-5}$ |
| Fe               | 8.00                     | $2.28 \times 10^4$               | $4.38 \times 10^5$ | 硫酸塩                     | $4.25 \times 10^2$       | $1.56 \times 10^3$               | $1.76 \times 10^3$    |
| Ni               | $2.00 \times 10^{-2}$    | 9.91                             | —                  | セレン酸塩                   | $1.00 \times 10^{-2}$    | 4.57                             | —                     |
| Cu               | 1.75                     | $7.04 \times 10^{-1}$            | $2.68 \times 10^1$ | ホウ酸塩                    | $1.16 \times 10^2$       | —                                | —                     |
| Zn               | 6.50                     | $4.25 \times 10^1$               | $3.13 \times 10^2$ | 硫化物 <sup>*2</sup>       | —                        | —                                | —                     |
| Zr               | 2.10                     | $1.09 \times 10^{-1}$            | —                  | ヒ酸塩 <sup>*1</sup>       | $5.00 \times 10^{-2}$    | $3.68 \times 10^{-1}$            | $3.68 \times 10^{-1}$ |
| Nb <sup>*1</sup> | $3.10 \times 10^{-1}$    | $4.53 \times 10^{-1}$            | —                  | 酢酸                      | $1.75 \times 10^4$       | —                                | —                     |
| Mo               | $5.00 \times 10^{-3}$    | 2.40                             | —                  | ISA <sup>*3</sup>       | $4.75 \times 10^4$       | —                                | —                     |
| Sn               | 2.00                     | 5.84                             | —                  | ベンゼン                    | $1.00 \times 10^{-2}$    | $2.90 \times 10^1$               | $2.90 \times 10^1$    |
| Cd               | $5.00 \times 10^{-3}$    | $2.96 \times 10^{-2}$            | $5.20 \times 10^1$ | フェノール                   | $5.00 \times 10^{-4}$    | $3.49 \times 10^1$               | $3.49 \times 10^1$    |
| Hg               | $1.00 \times 10^{-3}$    | $4.21 \times 10^{-5}$            | 2.25               | VCM <sup>*4</sup>       | $2.00 \times 10^{-3}$    | $1.03 \times 10^1$               | $1.03 \times 10^1$    |
| Pb               | $5.00 \times 10^{-2}$    | $1.38 \times 10^2$               | —                  | EDTA <sup>*1, *5</sup>  | $1.92 \times 10^2$       | —                                | —                     |
| Bi <sup>*1</sup> | $1.00 \times 10^{-2}$    | $5.95 \times 10^{-2}$            | 3.95               | DTPA <sup>*1, *6</sup>  | $1.21 \times 10^5$       | —                                | —                     |
| Cs               | $5.00 \times 10^{-3}$    | $7.66 \times 10^{-1}$            | —                  | HEDTA <sup>*1, *7</sup> | $1.90 \times 10^2$       | —                                | —                     |
| U                | $7.89 \times 10^{-1}$    | $1.78 \times 10^1$               | —                  | クエン酸 <sup>*1</sup>      | $1.25 \times 10^5$       | —                                | —                     |
| Co               | $1.50 \times 10^{-1}$    | 2.25                             | $1.66 \times 10^1$ | シュウ酸 <sup>*1</sup>      | $1.25 \times 10^3$       | —                                | —                     |
| Y                | $8.00 \times 10^{-3}$    | —                                | —                  | 琥珀酸 <sup>*1</sup>       | $1.25 \times 10^3$       | —                                | —                     |
| Ru               | $1.15 \times 10^5$       | —                                | —                  | リン酸トリブチル <sup>*1</sup>  | $2.97 \times 10^4$       | —                                | —                     |
| Sb <sup>*1</sup> | $2.50 \times 10^{-2}$    | —                                | —                  | リン酸ジブチル <sup>*1</sup>   | $8.00 \times 10^4$       | —                                | —                     |
| Te <sup>*1</sup> | $3.00 \times 10^{-1}$    | —                                | —                  | リン酸ブチル <sup>*1</sup>    | $4.10 \times 10^4$       | —                                | —                     |

■ : 以降の検討から除外される物質

■ : 前段階までのスクリーニングにおいて既に除外されている物質

■ : Variant Case Volume の場合に除外対象とならないため除外しない物質

\*1 : Nirex (2001b) でのみ評価を実施している物質。これ以外の物質については Reference Case Volume (Nirex, 2003b) についての値を記載。

\*2 : 硫酸塩と併せてスクリーニングを実施

\*3 : イソサッカリン酸

\*4 : 塩化ビニルモノマー

\*5 : エチレンジアミン 4 酢酸

\*6 : ジエチレントリアミン 5 酢酸

\*7 : 水酸化エチレンジアミン 3 酢酸

## ② ステージ 2

ステージ 2 では、まず、ステージ 1 において除外されなかった物質のうち「ファーフールドにおける溶解度制限濃度」を設定することが適切と考えられる物質について、それを設定して「スクリーニング濃度」と比較している。次に、この比較において「ファーフールドにおける溶解度制限濃度」が「スクリーニング濃度」を超過した物質と、ステージ 1 において除外されなかった物質のうち「ファーフールドにおける溶解度制限濃度」を設定しない物質について、解析コードによる物質移行解析を実施し、その結果を「スクリーニング濃度」と比較している。

## ア. ファーフールドにおける溶解度制限濃度による比較

ステージ 1 において除外されなかった物質のうち、Fe、Mn および Al の 3 物質について、「ファーフールドにおける溶解度制限濃度」を算出している。算出の際の仮定は以下の通りである。

- ・ Fe : 腐植等の有機物の存在を考慮した Fe(III)の濃度
- ・ Mn : 有機物の影響を考慮しない Mn(IV)の濃度
- ・ Al : 有機物の影響を考慮しない濃度

算出された各物質の「ファーフールドにおける溶解度制限濃度」を「スクリーニング濃度」と併せて表 4.1.1-5 に示す。両濃度の比較により、ここでは Fe、Mn および Al のいずれも以降の検討から除外される結果となっている。

表 4.1.1-5 各物質の「ファーフールドにおける溶解度制限濃度」と  
「スクリーニング濃度」の比較<sup>24)</sup>

| 物質 | スクリーニング濃度<br>(mg/l) | ファーフールドにおける溶解度制限濃度<br>(mg/l) |
|----|---------------------|------------------------------|
| Al | $2.25 \times 10^1$  | $2.7 \times 10^{-3}$         |
| Mn | 1.85                | $5.5 \times 10^{-2}$         |
| Fe | 8.00                | 5.6                          |

## イ. 移行解析による比較

ステージ 1 において除外されなかった物質のうち、前項アにおいて以降の検討から除外された Fe、Mn および Al の 3 物質以外の物質について、解析コード MASCOT<sup>24)</sup>を用いた物質移行解析を実施している。物質移行解析は、地下水流動による放射性核種の移行解析と同様のシナリオやモデルを用いて実施しており、Reference Case model では、処分場から移行距離にして 5,000 m 離れた地点に存在すると仮定した天然の地下水放出エリアに位置する井戸の底における物質濃度を算出している。データについては、基本的に最適値 (best-estimate) もしくは中央値を設定しており、これらを用いた決定論的

な物質移行解析を実施している。なお、物質移行解析の期間については 100 万年後までとしており、それ以降の物質濃度については算出していない。

Reference Case model についての MASCOT による物質移行解析により算出された最大物質濃度を「スクリーニング濃度」と併せて表 4.1.1-6 に示す。Reference Case model についての物質移行解析の結果、Be、亜硝酸塩およびフェノールの 3 物質の最大濃度が「スクリーニング濃度」を超過した。また、ベンゼンと塩化ビニルモノマー (VCM) の 2 物質については、その最大濃度が、「スクリーニング濃度」は下回っているものの、2 桁以上は下回らないという結果となっている。

また、物質移行解析では、Reference Case model についての解析に加えて、そのモデルやパラメータを一部変更した感度解析についても数ケース実施しているが、それらにおける最大物質濃度は、Be、亜硝酸塩およびフェノールの 3 物質かもしくは Be のみが「スクリーニング濃度」を超過するという結果となっている。

これらの結果から、以下の 3 物質が、今後の化学毒性の観点での検討において優先的に考慮すべき物質であると結論付けている。

- ・ Be
- ・ 亜硝酸塩
- ・ フェノール

表 4.1.1-6 MASCOT による物質移行解析により算出された最大物質濃度と  
「スクリーニング濃度」の比較 (Reference Case model)

| 物質 | スクリー<br>ニング濃<br>度 (mg/l) | MASCOT による<br>物質移行解析結果 |                        | 物質       | スクリー<br>ニング濃<br>度 (mg/l) | MASCOT による<br>物質移行解析結果 |                        |
|----|--------------------------|------------------------|------------------------|----------|--------------------------|------------------------|------------------------|
|    |                          | 最大濃度<br>(mg/l)         | 最大濃度<br>到達時期<br>(y) *1 |          |                          | 最大濃度<br>(mg/l)         | 最大濃度<br>到達時期<br>(y) *1 |
| Be | 1.00×10 <sup>-4</sup>    | 1.24×10 <sup>-3</sup>  | 1.00×10 <sup>5</sup>   | Tl       | 7.50×10 <sup>-4</sup>    | —                      | —                      |
| Mg | 1.70×10 <sup>2</sup>     | 0                      | —                      | フッ化物     | 1.50                     | 1.01×10 <sup>-2</sup>  | 1.00×10 <sup>5</sup>   |
| Al | 2.25×10 <sup>1</sup>     | —                      | —                      | 硝酸塩      | 1.00×10 <sup>1</sup>     | 5.94×10 <sup>-2</sup>  | 1.00×10 <sup>5</sup>   |
| Cr | 5.00×10 <sup>-2</sup>    | 0                      | —                      | 亜硝酸塩     | 1.00×10 <sup>-1</sup>    | 1.95×10 <sup>-1</sup>  | 1.00×10 <sup>5</sup>   |
| Mn | 1.85                     | —                      | —                      | リン酸塩     | 6.00×10 <sup>-1</sup>    | —                      | —                      |
| Fe | 8.00                     | —                      | —                      | 硫酸塩      | 4.25×10 <sup>2</sup>     | 2.75×10 <sup>-9</sup>  | 1.00×10 <sup>6</sup>   |
| Ni | 2.00×10 <sup>-2</sup>    | 0                      | —                      | セレン酸塩    | 1.00×10 <sup>-2</sup>    | 0                      | —                      |
| Cu | 1.75                     | 0                      | —                      | ホウ酸塩     | 1.16×10 <sup>2</sup>     | —                      | —                      |
| Zn | 6.50                     | 0                      | —                      | 硫化物 *2   | —                        | —                      | —                      |
| Zr | 2.10                     | —                      | —                      | ヒ酸塩      | 5.00×10 <sup>-2</sup>    | 0                      | —                      |
| Nb | 3.10×10 <sup>-1</sup>    | 0                      | —                      | 酢酸       | 1.75×10 <sup>4</sup>     | —                      | —                      |
| Mo | 5.00×10 <sup>-3</sup>    | 0                      | —                      | ISA *3   | 4.75×10 <sup>4</sup>     | —                      | —                      |
| Sn | 2.00                     | 0                      | —                      | ベンゼン     | 1.00×10 <sup>-2</sup>    | 8.32×10 <sup>-4</sup>  | 1.00×10 <sup>5</sup>   |
| Cd | 5.00×10 <sup>-3</sup>    | 0                      | —                      | フェノール    | 5.00×10 <sup>-4</sup>    | 1.00×10 <sup>-3</sup>  | 1.00×10 <sup>5</sup>   |
| Hg | 1.00×10 <sup>-3</sup>    | 0                      | —                      | VCM *4   | 2.00×10 <sup>-3</sup>    | 4.56×10 <sup>-4</sup>  | 1.00×10 <sup>5</sup>   |
| Pb | 5.00×10 <sup>-2</sup>    | 6.19×10 <sup>-20</sup> | 1.00×10 <sup>6</sup>   | EDTA *5  | 1.92×10 <sup>2</sup>     | —                      | —                      |
| Bi | 1.00×10 <sup>-2</sup>    | 0                      | —                      | DTPA *6  | 1.21×10 <sup>5</sup>     | —                      | —                      |
| Cs | 5.00×10 <sup>-3</sup>    | 0                      | —                      | HEDTA *7 | 1.90×10 <sup>2</sup>     | —                      | —                      |
| U  | 7.89×10 <sup>-1</sup>    | 0                      | —                      | クエン酸     | 1.25×10 <sup>5</sup>     | —                      | —                      |
| Co | 1.50×10 <sup>-1</sup>    | 0                      | —                      | シュウ酸     | 1.25×10 <sup>3</sup>     | —                      | —                      |
| Y  | 8.00×10 <sup>-3</sup>    | —                      | —                      | 琥珀酸      | 1.25×10 <sup>3</sup>     | —                      | —                      |
| Ru | 1.15×10 <sup>5</sup>     | —                      | —                      | リン酸トリブチル | 2.97×10 <sup>4</sup>     | —                      | —                      |
| Sb | 2.50×10 <sup>-2</sup>    | —                      | —                      | リン酸ジブチル  | 8.00×10 <sup>4</sup>     | —                      | —                      |
| Te | 3.00×10 <sup>-1</sup>    | —                      | —                      | リン酸ブチル   | 4.10×10 <sup>4</sup>     | —                      | —                      |

□ : 算出された最大濃度が「スクリーニング濃度」を超過する物質

■ : (「スクリーニング濃度」×0.01) < 算出された最大濃度 < 「スクリーニング濃度」である物質

■ : 前段階までのスクリーニングにおいて既に除外されている物質

\*1 : 本欄が「1.00×10<sup>6</sup>」となっている物質の当該時期における濃度は上昇途上である

\*2 : 硫酸塩と併せてスクリーニングを実施

\*3 : イソサッカリン酸

\*4 : 塩化ビニルモノマー

\*5 : エチレンジアミン 4 酢酸

\*6 : ジエチレントリアミン 5 酢酸

\*7 : 水酸化エチレンジアミン 3 酢酸

#### 4.1.2 アメリカ

アメリカにおいては、主に核兵器の研究や製造の過程において発生した TRU 廃棄物の処分が、廃棄物隔離パイロットプラント（Waste Isolation Pilot Plant : WIPP）において進められている。この WIPP の操業に際しては、その操業や閉鎖が環境に及ぼす影響を総合的に評価した環境影響文書（DOE, 1997）<sup>25)</sup>が作成されており、その中で、閉鎖後の性能評価の一環として、廃棄物中に含まれる有害物質を対象とした影響評価が実施されている。また、高レベル放射性廃棄物処分場予定地である Yucca Mountain についても、その操業や閉鎖が環境に及ぼす影響を総合的に評価した環境影響文書（DOE, 2002）<sup>26)</sup>を作成しており、WIPP の場合と同様に、閉鎖後の性能評価の中で、廃棄物中に含まれる有害物質を対象とした影響評価が実施されている。以下に、これらの実施内容を概略的に示す。

##### (1) WIPP

WIPP の操業や閉鎖に関する環境影響文書（DOE, 1997）では、1970 年から 2033 年までに国防活動により発生すると考えられる TRU 廃棄物（Basic Inventory）を WIPP に処分することを想定した場合（Proposed action）について、閉鎖後の性能評価が実施されており、その中で、廃棄物中に含まれる有害物質を対象とした影響評価が実施されている。また、国防活動以外により発生した DOE 所管の TRU 廃棄物（Additional Inventory）も Basic Inventory と併せて WIPP に処分することを想定した場合（Action alternative 1～3）についても、廃棄物中に含まれる有害物質を対象とした影響評価が実施されている。ただし、Proposed action と Action alternative 1～3 のそれぞれに対する影響評価の実施内容は全て同様であるため、以降では、Proposed action に対する、廃棄物中に含まれる有害物質の影響評価の実施内容を概略的に示すこととする。

##### ① 評価対象物質とインベントリ

評価対象物質は以下に示す 4 物質としている。その他の物質については、影響評価に必要なデータが不足しているため、評価対象物質とはしていない。

- ・ベリリウム
- ・カドミウム
- ・鉛
- ・水銀

これら 4 物質のインベントリを表 4.1.2-1 に示す。

表 4.1.2-1 評価対象 4 物質のインベントリ <sup>25)</sup>

| 物質名   | インベントリ (kg)        |                    |                    |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
|       | CH-TRU 廃棄物*1       | RH-TRU 廃棄物*2       | Total              |
| ベリリウム | $2.04 \times 10^4$ | $8.58 \times 10^2$ | $2.13 \times 10^4$ |
| カドミウム | $2.93 \times 10^2$ | $1.23 \times 10^1$ | $3.05 \times 10^2$ |
| 鉛     | $8.08 \times 10^5$ | $3.29 \times 10^6$ | $4.09 \times 10^6$ |
| 水銀    | $3.46 \times 10^5$ | $1.45 \times 10^4$ | $3.61 \times 10^5$ |

\*1：CH は Contact-Handled の略。廃棄体表面における線量率が 200mrem/hr 未満の TRU 廃棄物

\*2：RH は Remote-Handled の略。廃棄体表面における線量率が 200mrem/hr 以上の TRU 廃棄物

## ② 評価シナリオ

以下に示す 3 種類のシナリオに対して、上述した 4 種類の物質の影響評価を実施している。

### ア．人間侵入なし

評価期間（閉鎖後から 10,000 年）の全てにわたって人間侵入の発生を考慮しないシナリオ。

### イ．人間侵入あり 1

処分場まで掘削することにより、廃棄物が地表に移行するシナリオ。掘削作業の作業員が地表に移行した廃棄物を含むダストを一日あたり 100mg 吸入するものと仮定する。なお、掘削は評価期間（閉鎖後から 10,000 年）の中で一回のみ発生するものとしている。

### ウ．人間侵入あり 2

処分場下に存在している被圧の塩水層まで掘削することにより、塩水が地表方向へ流動し、それにより処分場中の廃棄物が移行するシナリオ。掘削された試錐孔には必ず低透水性のコンクリート製プラグが施され、それが 200 年後に劣化することを仮定する。影響評価は、透水性が大きい層（Culebra Dolomite 層）に到達した物質が層中を移行するものとして、試錐孔の下流側 3 km の地点にあると想定した井戸に対して実施する。その際には、塩水であるため、人間の直接使用は考えず、肉牛が一日あたり 50 リットルの井戸水を飲み、その肉牛の肉を牧場主が 70 年間の人生において年間 42 kg 食すると仮定する。

## ③ 評価方法

### ア．評価ケース

上述した 3 種類のシナリオのそれぞれに対して、以下に示す 2 種類の評価ケースを設定して評価を実施している。

- ・中央値ケース

・ 75 パーセンタイルケース

各評価ケースは、評価に用いる各種パラメータのうち、その設定値に対して統計分布が利用可能なものについて、その中央値と 75 パーセンタイル（値が小さい方が保守的になるパラメータについては 25 パーセンタイルを用いることとしている。）をそれぞれ適用したものである。

イ. 評価期間

全てのシナリオについて、評価期間は閉鎖後 10,000 年に設定している。なお、Proposed action の場合には、2043 年にサイトの閉鎖が完了する予定となっている。

ウ. 評価の進め方

人間侵入なしシナリオと人間侵入ありシナリオ 2 については、まず、有意な量の評価対象 4 物質が透水性の大きい Culebra Dolomite 層に到達するかどうかを評価する。この結果、有意な量が Culebra Dolomite 層に到達したケースについて、層中を評価対象 4 物質が移行することを想定して、人間への影響評価を実施する。

人間侵入ありシナリオ 1 については、まず、予備評価として、掘削時期が閉鎖後 100 年、200 年、300 年、400 年、500 年、800 年、1,200 年及び 2,000 年の場合について、それぞれ評価対象 4 物質の地表への移行量を評価する。この結果、移行量が大きくなるケースについて、地表に移行した評価対象 4 物質による人間への影響評価を実施する。

エ. 評価体系と評価コード

評価体系は 2 次元で、評価対象範囲は、横方向については処分場の端から 23.3 km まで、縦方向については地表から深度 1,039 m までとしている。以下に、使用される各評価コードについて概略的にまとめる。

(a) BRAGFLO

不均質多孔質媒体中のガス・塩水二相流評価コード。処分場内、立坑のシール及び周辺環境におけるガス・塩水の二相流を評価するために使用される。本コードは全てのシナリオにおいて使用される。

(b) SANTOS

岩塩の準静的応答、大規模変形、非弾性的応答を評価するコード。ガス発生量や時間の関数である廃棄体の間隙率を計算する際に使用される。本コードは全てのシナリオにおいて使用される。

(c) NUTS

処分場周辺における評価対象 4 物質の濃度を評価するために使用される。評価に際しては、BRAGFLO の評価結果が用いられる。本コードは人間侵入なしシナリオにおいて使用される。

(d) CUTTINGS\_S

掘削された試験孔を経由して地表方向へ移行する評価対象 4 物質の量を評価するコード。処分場から Culebra Dolomite 層までの評価対象 4 物質の移行量を評価するた



めに使用される。評価に際しては、BRAGFLO の評価結果が用いられる。本コードは人間侵入ありシナリオ 1 及び人間侵入ありシナリオ 2 において使用される。

#### (e) SECO

Culebra Dolomite 層中における地下水流動と、層中における評価対象 4 物質の移行量を評価するコード。地下水流動については SECOFL2D が、移行量については SECOTP2D が、それぞれ評価に際して用いられる。SECOFL2D では単一マトリクスの多孔質媒体が想定されている。また、SECOTP2D では、亀裂性媒体中の物質移行が単一空隙モデルもしくは二重空隙モデルとしてモデル化されており、マトリクス中及び亀裂表面における移行遅延が考慮できる。本コードは、人間侵入なしシナリオ及び人間侵入ありシナリオ 2 において、有意な量の評価対象 4 物質が Culebra Dolomite 層に到達したケースに対して使用される。

#### (f) MEPAS

評価対象 4 物質による人間への影響を評価するコード。全てのシナリオにおいて、人間への影響評価を実施するケースに対して使用される。

### ④ 評価結果

#### ア. 人間侵入なしシナリオ

本ケースの結果では、評価対象 4 物質の濃度の合計値が 1 ppb のラインは、処分場の下部 60 m、上部 40 m に達している。また、横方向については、処分場の南端から 1900 m に達している。この結果、本ケースについては、有意な量の評価対象 4 物質が地表付近まで到達することはないものと考えられ、評価対象 4 物質による人間への影響はないと結論付けている。

なお、中央値ケースの結果についても、75 パーセンタイルケースの結果とほぼ同様となっている。

#### イ. 人間侵入ありシナリオ 1

本シナリオにおける予備評価の結果、掘削時期が閉鎖後 300 年の場合の 75 パーセンタイルケースと、掘削時期が閉鎖後 400 年の場合の中央値ケースが、最も移行量が大きくなるという結果となった。両ケースにおける、評価対象 4 物質の地表への移行量及びそれらによる人間への影響をそれぞれ表 4.1.2-2、表 4.1.2-3 に示す。評価対象 4 物質の地表への移行量は鉛が最大で水銀がそれに続くという結果となり、その移行量は、掘削時期が閉鎖後 300 年の場合の 75 パーセンタイルケースで鉛と水銀がそれぞれ約 31 kg と約 3 kg、掘削時期が閉鎖後 400 年の場合の中央値ケースで鉛と水銀がそれぞれ約 24 kg と約 2 kg という結果となった。また、地表に移行した評価対象 4 物質による人間への影響については、両ケースとも癌発生率が  $2.2 \times 10^{-8}$  でかつ非発癌性影響はないものと結論付けている。

表 4.1.2-2 人間侵入ありシナリオ 1 における評価対象 4 物質の地表への移行量 <sup>25)</sup>

| 物質名   | 地表への移行量 (kg)                     |                           |
|-------|----------------------------------|---------------------------|
|       | 掘削時期：閉鎖後 300 年<br>ケース：75 パーセンタイル | 掘削時期：閉鎖後 400 年<br>ケース：中央値 |
| ベリリウム | $1.59 \times 10^{-1}$            | $1.30 \times 10^{-1}$     |
| カドミウム | $2.27 \times 10^{-3}$            | $1.80 \times 10^{-3}$     |
| 鉛     | $3.05 \times 10^1$               | $2.40 \times 10^1$        |
| 水銀    | 2.69                             | 2.10                      |
| 合計    | $3.33 \times 10^1$               | $2.60 \times 10^1$        |

表 4.1.2-3 人間侵入ありシナリオ 1 において地表に移行した  
評価対象 4 物質による人間への影響 <sup>25)</sup>

| 物質名   | 掘削時期：閉鎖後 300 年<br>ケース：75 パーセンタイル | 掘削時期：閉鎖後 400 年<br>ケース：中央値 |
|-------|----------------------------------|---------------------------|
|       | 癌発生率                             | 癌発生率                      |
| ベリリウム | $2.2 \times 10^{-8}$             | $2.2 \times 10^{-8}$      |
| カドミウム | $4.6 \times 10^{-10}$            | $4.6 \times 10^{-10}$     |
| 鉛     | —                                | —                         |
| 水銀    | —                                | —                         |

## ウ．人間侵入ありシナリオ 2

本ケースでは、有意な量の評価対象 4 物質が Culebra Dolomite 層にまで到達するという結果となり、その最大移行率は閉鎖後 1,600 年における  $23.1 \text{ kg/y}$  となっている。また、閉鎖後 700～2,200 年において Culebra Dolomite 層に移行する評価対象 4 物質の総量は  $20,960 \text{ kg}$  という結果となっている。この結果、本ケースについては、有意な量の評価対象 4 物質が Culebra Dolomite 層まで到達したため、上述したシナリオを用いた影響評価を実施している。影響評価の結果は、癌発生率については最大で  $3 \times 10^{-27}$  という非常に小さな値となり、また、非発癌性影響はないという結果となっている。

なお、中央値ケースについては、有意な量の評価対象 4 物質が Culebra Dolomite 層まで到達しないという結果となった。このため、中央値ケースについては影響評価を実施していない。

## (2) Yucca Mountain

Yucca Mountain の操業や閉鎖に関する環境影響文書 (DOE, 2002) では、放射性廃棄物政策法 (NHPA) で規定された上限値である  $70,000 \text{ MTHM}$  の放射性廃棄物を Yucca Mountain に処分することを想定した場合 (Proposed Action) について、閉鎖後の性能評価

が実施されており、その中で、処分場中に含まれる有害物質を対象とした影響評価が実施されている。またそれと併せて、発生すると考えられる全ての商業用原子力発電所からの使用済燃料及び DOE 保有の高レベル放射性廃棄物と使用済燃料を対象インベントリとしたものと、それに加えて放射能レベルが高い一部の低レベル放射性廃棄物を対象としたインベントリで評価が実施されている。これらの評価内容は **Proposed Action** と同じであるため、以降では、**Proposed Action** における影響評価の実施内容を概略的に示すこととする。

#### ① 評価方法

処分場中に含まれる有害物質を対象とした影響評価では、図 4.1.2-1 に示すように、まず、**Proposed Action** において処分場内に存在する化学物質のインベントリを整備して、それら化学物質に対する複数段階のスクリーニングを実施している。その後、スクリーニングにより最終的に抽出された化学物質に対して、バウンディング解析を実施し、その結果を **Oral Reference Dose** 等の指標と比較している。以下に、スクリーニングの各段階での実施内容とバウンディング解析の内容を概略的に示す。

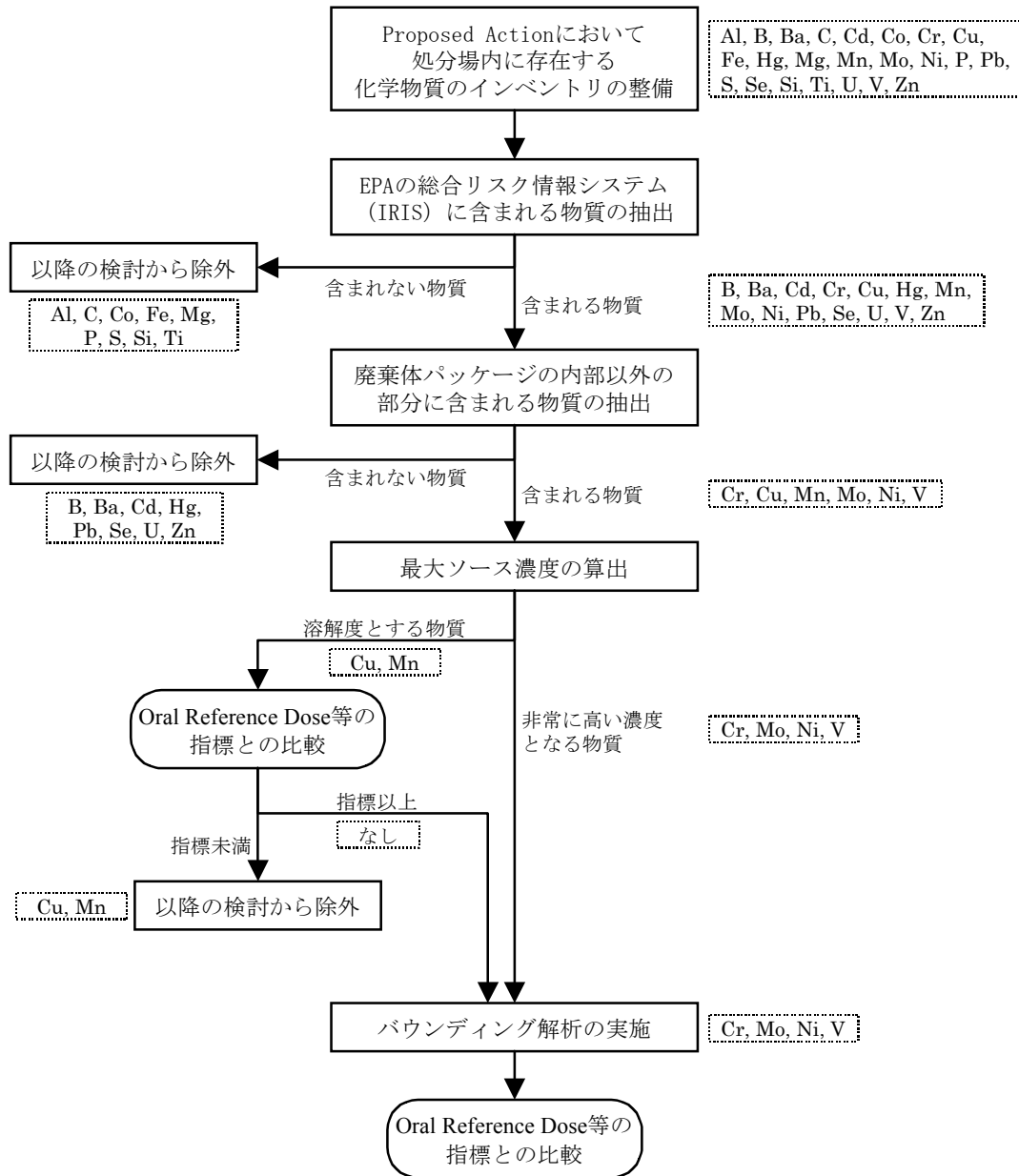


図 4.1.2-1 処分場中に含まれる有害物質を対象とした影響評価の実施手順

## ア．処分場内に存在する化学物質のインベントリ

Proposed Action において処分場内に存在する化学物質のインベントリの整備結果を表 4.1.2-4 に示す。化学物質インベントリは以下の 4 種類に分類して整備している。

- ・人工バリア以外の部位
- ・人工バリア構成要素
- ・廃棄体パッケージ内部
- ・高レベル放射性廃棄物

なお、プルトニウムについては、化学毒性よりも放射性毒性の方がかなり大きいと考えられるという理由から、ここではインベントリの数値が示されていない。

表 4.1.2-4 Proposed Action において処分場内に存在する化学物質のインベントリ <sup>26)</sup>

| 元素 | インベントリ (kg)    |               |                    |                |             |
|----|----------------|---------------|--------------------|----------------|-------------|
|    | 人工バリア<br>以外の部位 | 人工バリア<br>構成要素 | 廃棄体<br>パッケージ内<br>部 | 高レベル<br>放射性廃棄物 | 合計          |
| Al | 0              | 0             | 2,452,400          | 0              | 2,452,400   |
| B  | 0              | 0             | 197,400            | 0              | 197,400     |
| Ba | 0              | 0             | 50,000             | 74,000         | 124,000     |
| C  | 318,738        | 547           | 5,000              | 0              | 324,285     |
| Cd | 0              | 0             | 3,401              | 43,000         | 46,400      |
| Co | 0              | 0             | 27,000             | 0              | 27,000      |
| Cr | 0              | 23,735,000    | 26,414,000         | 0              | 50,149,000  |
| Cu | 243,800        | 0             | 3,000              | 0              | 246,800     |
| Fe | 111,916,880    | 1,190,000     | 161,695,000        | 0              | 274,801,880 |
| Hg | 0              | 0             | 0                  | 200            | 200         |
| Mg | 0              | 0             | 12,000             | 0              | 12,000      |
| Mn | 1,189,576      | 575,880       | 3,732,100          | 0              | 5,497,556   |
| Mo | 0              | 17,307,000    | 3,839,100          | 0              | 21,146,100  |
| Ni | 0              | 60,797,000    | 18,659,100         | 0              | 79,456,100  |
| P  | 39,842         | 820           | 91,200             | 0              | 131,862     |
| Pb | 0              | 0             | 0                  | 2,000          | 2,000       |
| S  | 39,842         | 547           | 68,200             | 0              | 108,589     |
| Se | 0              | 0             | 0                  | 300            | 300         |
| Si | 330,122        | 18,226        | 1,680,500          | 0              | 2,028,848   |
| Ti | 0              | 4,148,000     | 2,000              | 0              | 4,150,000   |
| U  | 0              | 0             | 70,000,000         | 0              | 70,000,000  |
| V  | 0              | 377,600       | 0                  | 0              | 377,600     |
| Zn | 0              | 0             | 3,000              | 0              | 3,000       |

## イ．総合リスク情報システムに含まれる物質の抽出

環境保護庁（EPA）により運用されている総合リスク情報システム（Integrated Risk Information System ; IRIS）には、様々な化学物質の毒性情報が示されている。ここでは、上記ア．において処分場内に存在するとしてインベントリを整備した 23 物質のうち、IRIS の物質リストに含まれる物質のみを以降の検討の対象物質とすることとしている。処分場内に存在する化学物質のうち、IRIS の物質リストに含まれるのは以下の 14

物質である。

- ・ホウ素
- ・バリウム
- ・カドミウム
- ・クロム
- ・銅
- ・水銀
- ・マンガン
- ・モリブデン
- ・ニッケル
- ・鉛
- ・セレン
- ・ウラン
- ・バナジウム
- ・亜鉛

#### ウ．廃棄体パッケージ内部以外に含まれる物質の抽出

Yucca Mountain の操業や閉鎖に関する環境影響文書（DOE, 2002）では、処分場閉鎖後の性能評価の実施対象期間を 10,000 年としており、その期間で破損する可能性がある廃棄体パッケージの数は最大で 3 個のみであるという解析結果が得られている。このため、有害物質の影響評価に際しては、廃棄体パッケージの内部以外の部分に含まれる物質のみを検討対象とすることとしている。上記イ．において抽出された処分場内に存在し、かつ IRIS の物質リストにも含まれる 14 物質のうち、廃棄体パッケージの内部以外の部分に含まれるのは、以下に示す 6 物質である。

- ・クロム
- ・銅
- ・マンガン
- ・モリブデン
- ・ニッケル
- ・バナジウム

#### エ．最大ソース濃度の算出

上記ウ．において抽出された 6 物質のそれぞれに対して、不飽和領域への侵入水における最大濃度として、「最大ソース濃度」を算出している。

これら 6 物質のうち、Alloy-22 の主成分以外の物質である銅及びマンガンについては、最大ソース濃度を処分場中の水への溶解度として設定している。両物質の溶解度は化学平衡計算コード EQ3<sup>27)</sup>を用いて計算している。算出された両物質の溶解度、すなわち最大ソース濃度はそれぞれ以下の通りである。

- ・銅：0.018 mg/l

- ・マンガン： $4.4 \times 10^{-10}$  mg/l

一方、Alloy-22 の主成分であるクロム、モリブデン、ニッケル及びバナジウムの 4 物質については、Alloy-22 の溶解水の pH が非常に低くなることを考慮し、非常に高い最大ソース濃度となるものと仮定している。このため、これら 4 物質については、以降に示すバウンディング解析に供することとしている。

#### オ．最大ソース濃度（溶解度）と各種指標との比較

上記エ．において、最大ソース濃度として溶解度を設定した 2 物質のうち、マンガンについては、最大ソース濃度（溶解度）の飲料水を体重 70 kg の大人が一日あたり 2 リットル飲むことを仮定して算出したマンガンの経口摂取量を、IRIS において示されているマンガンの Oral Reference Dose と比較している。

一方、銅については、Oral Reference Dose が設定されていないため、40 CFR 141.2 に示されている飲料水基準のための最大濃度限度を、最大ソース濃度（溶解度）との比較に用いている。

表 4.1.2-5 に示すように、銅とマンガンの双方とも、最大ソース濃度（溶解度）もしくはそれから算出された経口摂取量が、それぞれの比較対象とした指標を十分に下回っているため、両物質については以降の検討から除外することとしている。

表 4.1.2-5 最大ソース濃度（溶解度）と各種指標との比較結果（Cu, Mn）<sup>26)</sup>

| 物質名  | 最大ソース濃度（溶解度）       |                       | 指標                  |                               |
|------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|
|      | 最大ソース濃度（溶解度）[mg/l] | 経口摂取量 [mg/kg/y]       | 飲料水基準の最大濃度限度 [mg/l] | Oral Reference Dose [mg/kg/y] |
| 銅    | 0.018              | —                     | 1.3                 | —                             |
| マンガン | —                  | $2.2 \times 10^{-12}$ | —                   | 0.14                          |

#### カ．バウンディング解析

上記ア．～オ．に示した複数段階のスクリーニングにより最終的に抽出された以下の 4 物質についてバウンディング解析を実施している。

- ・クロム
- ・モリブデン
- ・ニッケル
- ・バナジウム

バウンディング解析では、まず、廃棄体パッケージ内部を除く処分場内構成部位の主材料である Alloy-22 と SUS316NG のそれぞれについて、各部位の表面積[m<sup>2</sup>]の合計値を算出し、それと各材料の腐食率[m/y]及び密度[g/m<sup>3</sup>]の積から、各材料の放出率[g/y]を算出している。続いて、算出した各材料の放出率に対して各材料における上記 4 物質の構成比から各物質の総放出率[g/y]を算出している。最後に、算出した各物質の総放出率

に対して評価地点における水量[m<sup>3</sup>/y]を考慮することにより、評価地点における各物質の濃度[g/m<sup>3</sup>]を算出している。以下に、本解析における前提条件を、また、表 4.1.2-6 に、算出された各物質の総放出率とその算出に関連する各パラメータの値を示す。

- (a) Alloy-22 の腐食率は多湿空気や水による腐食条件と等価
- (b) SUS316NG の腐食率も多湿空気や水による腐食条件と等価
- (c) 廃棄体パッケージの外側層や定置パレット中の Alloy-22 の腐食開始が、ドリップシールドにより遅延されることがないものと仮定
- (e) ドリップシールドのレール、廃棄体パッケージ、定置パレットのそれぞれに含まれる Alloy-22 とステンレススチール 316NG は全て同時に腐食
- (f) 全ての廃棄体パッケージは同時に腐食するものと仮定し、開始時期も同時
- (g) 腐食率は中央値 (median) を適用
- (h) 腐食が発生している全ての期間において、人工バリアシステムから不飽和層への移行経路が存在
- (i) 吸着などといった物質移行を遅延させる現象は考慮せず、放出された物質が瞬時に生物圏の評価地点に移行
- (j) 評価地点における水量は、40 CFR Part 197 に示されている代表値  $3.7 \times 10^6 \text{ m}^3$
- (k) 全てのクロム、モリブデン、ニッケル、バナジウムは、溶解度が最大で、毒性が最も強い状態で存在
- (l) クロム、モリブデン、ニッケル、バナジウムの放出率は、Alloy-22 や SUS316NG の放出率に、その材料中での各元素の存在比を乗じたものと等価。各材料中における各元素の存在比を表 4.1.2-7 に示す。
- (m) クロムは全て六価クロム



表 4.1.2-6 各物質の総放出率とその算出に関連する各パラメータ <sup>26)</sup>

| 材料名      | 総表面積<br>[m <sup>2</sup> ] | 腐食率<br>[m/y]         | 材料の<br>体積放出率<br>[m <sup>3</sup> /y] | 材料の密度<br>[g/m <sup>3</sup> ] | 放出率 [g/y] |        |        |         |     |
|----------|---------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------|--------|--------|---------|-----|
|          |                           |                      |                                     |                              | 材料        | Cr     | Mo     | Ni      | V   |
| Alloy-22 | 586,612                   | 4.5×10 <sup>-8</sup> | 0.0264                              | 8,690,000                    | 229,395   | 51,614 | 33,262 | 131,099 | 803 |
| 316NG    | 200,543                   | 1.0×10 <sup>-8</sup> | 0.00201                             | 7,980,000                    | 16,003    | 2,721  | 400    | 1,920   | 0   |
| 合計       |                           |                      |                                     |                              |           | 54,334 | 33,662 | 133,019 | 803 |

表 4.1.2-7 各材料中における各元素の存在比 <sup>26)</sup>

| 材料名      | 存在比 [%] |      |      |      |
|----------|---------|------|------|------|
|          | Cr      | Mo   | Ni   | V    |
| Alloy-22 | 22.5    | 14.5 | 57.2 | 0.35 |
| 316NG    | 17      | 2.5  | 12   | 0    |

算出された評価地点における濃度の飲料水を体重 70 kg の大人が一日あたり 2 リットル飲むことを仮定して算出した経口摂取量を、IRIS において示されている各物質の Oral Reference Dose と比較している。さらに、上記 4 物質のうちのクロムについては、算出された評価地点における濃度と、40 CFR 141.51 に示されている六価クロムの最大汚染レベル目標値の比較も実施している。

表 4.1.2-8 に示すように、上記 4 物質の全てにおいて、算出された評価地点における濃度もしくはそれから算出された経口摂取量が、それぞれの比較対象とした指標を十分に下回っている。このことから、吸着などといった物質移行を遅延させる現象等を考慮した物質移行解析を実施する必要がある物質はないものと結論付けている。

表 4.1.2-8 バウンディング解析結果と各種指標との比較結果 <sup>26)</sup>

| 物質名   | バウンディング解析結果 |                 | 指標                    |                                  |
|-------|-------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------|
|       | 濃度 [mg/l]   | 経口摂取量 [mg/kg/y] | 最大汚染レベル<br>目標値 [mg/l] | Oral Reference<br>Dose [mg/kg/y] |
| クロム   | 0.015       | 0.00042         | 0.1                   | 0.005                            |
| モリブデン | 0.009       | 0.00026         | —                     | 0.005                            |
| ニッケル  | 0.036       | 0.001           | —                     | 0.02                             |
| バナジウム | 0.00022     | 0.0000062       | —                     | 0.007                            |

### 4.1.3 フランス

IAEA では、加盟国における中低レベル放射性廃棄物の管理プログラムに資することを目的として、化学毒性の観点による中低レベル放射性廃棄物の管理について取りまとめている<sup>28)</sup>。この報告書には、フランスにおける中低レベル放射性廃棄物処分場に関する化学毒性物質の影響評価について、その内容が簡略的に記述されている。以降にその内容を示す。

#### (1) 評価方法

適用された方法論は、放射線影響評価において用いられているものと類似したものである。すなわち、様々なシナリオの基で、廃棄体パッケージから環境への元素の移行量、及び人間への曝露レベルとそれに関連するリスクを特定するというものであり、単位リスクや最小リスクレベルなどといった指標が用いられている。これら指標のレベルは ATSDR（米国有害物質・疾病登録局）や US-EPA、WHO などといった国際的な機関のデータベースにおいて定義されている値となっている。

インベントリの見積りは事後研究ベースで実施されている。評価する化学毒性物質の選択は、固有の毒性と処分場閉鎖時における推定存在量を考慮して実施している。

化学毒性物質に関する安全評価の背景を定義するために用いられる安全シナリオは放射線影響評価の際に用いるシナリオと同様であり、大気移行シナリオと水移行シナリオが検討されている。

#### (2) 評価結果

ここでは、調査対象文献に記述が存在している、水移行シナリオに関する結論のみを以下に示すとともに表 4.1.3-1 にまとめる。

存在量と摂取毒性に基づく第一弾のスクリーニングによる毒性物質の分類は以下の結果となっている。なお、廃棄物に存在する鉛のほとんどは作業者の遮蔽スクリーンに由来し、金属の形態である。

・  $Pb > Cr(VI) > B > Cd > Sb > Ni > Be$

利用可能な移行データの制限により、下流側の河川と生物圏の様々なコンパートメント内の元素の詳細な濃度計算は鉛とニッケルに対してのみ実施されており、その結果は、水及び土壌中の濃度という形と、人間による摂取量もしくは吸入量という形で表現されている。以下に、上記 2 元素に対する評価結果を示す。なお、その他の元素については、処分場から生物圏への移行を計算するためのデータを取得中である。

##### ① 水移行シナリオにおける鉛の結果

算出された、河川中における鉛の最大平均濃度は、飲料水基準の  $10 \text{ mg/m}^3$  を大きく下回っている。耕土中における鉛濃度についてもオランダで適用されている指針の値  $85 \text{ mg/kg}$  を超過していない。なお、このような指標を使用したのは、評価の時点において、フランスにこのような基準が存在していないためである。長期曝露による一日あたりの摂取量は暫定許容週摂取量（PTWI；1993 年の WHO の基準によると体重  $1 \text{ kg}$  あたり

25  $\mu$  g/week、70 kg の体重の人間で 90 mg/y) を大きく下回っている。

## ② 水移行シナリオにおけるニッケルの結果

算出された、河川中におけるニッケルの最大平均濃度は 0.01 mg/m<sup>3</sup> であり、飲料水基準の 20 mg/m<sup>3</sup> を大きく下回っている。耕土中におけるニッケル濃度 (0.4 mg/kg) についてもオランダで適用されている指針の値 35 mg/kg を超過していない。長期曝露によるニッケルの平均摂取量は約 4 mg/y である。比較指標としては、IRIS による可溶性ニッケル塩の Oral Reference Dose を用いている。この値は体重 1 kg あたり 0.02 mg/day、体重 70 kg の人間で 510 mg/y であり、算出された平均摂取量はこの値を大きく下回っている。

表 4.1.3-1 水移行シナリオの評価結果と各種指標との比較結果 <sup>28)</sup>

| 物質名  | 評価項目                         | 評価結果                  | 指標  |                                                      |
|------|------------------------------|-----------------------|-----|------------------------------------------------------|
|      |                              |                       | 数値  | 出典                                                   |
| 鉛    | 河川中最大濃度 [mg/m <sup>3</sup> ] | 右記数値を大きく下回る (数値の記載なし) | 10  | 飲料水基準                                                |
|      | 耕土中最大濃度 [mg/kg]              | 右記数値を超過しない (数値の記載なし)  | 85  | オランダにおける耕土中濃度指針                                      |
|      | 摂取率 [mg/y]                   | 右記数値を大きく下回る (数値の記載なし) | 90  | 1993 年の WHO 基準による暫定許容週摂取量 (PTWI ; 体重 70 kg の場合)      |
| ニッケル | 河川中最大濃度 [mg/m <sup>3</sup> ] | 0.01                  | 20  | 飲料水基準                                                |
|      | 耕土中最大濃度 [mg/kg]              | 0.4                   | 35  | オランダにおける耕土中濃度指針                                      |
|      | 摂取率 [mg/y]                   | 4                     | 510 | IRIS による可溶性 Ni 塩の Oral Reference Dose (体重 70 kg の場合) |

## (3) まとめ

上述したイギリス、アメリカ及びフランスにおける、廃棄体に含まれる有害物質の影響に関する評価の概要を表 4.1.3-2 にまとめる。なお、同表には、三木・池田 (2003) において調査を実施した各国における評価の概要も併せて示すこととする。

表 4.1.3-2 (1/2) 諸外国における廃棄物に含まれる有害物質の影響に関する評価の概要

| 国名          | イギリス                                                                                                                                                                                                                          | アメリカ                                                                                                                           |                                                                                                                                           | フランス                                                                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                                                                                                                                                                                                                               | WIPP                                                                                                                           | Yucca Mountain                                                                                                                            |                                                                                                                                                      |
| ソース         | 中レベル放射性廃棄物、一部の低レベル放射性廃棄物                                                                                                                                                                                                      | 1970 年から 2033 年までに国防活動により発生すると考えられる TRU 廃棄物                                                                                    | 使用済燃料 (商用由来、国防用由来)、高レベル放射性廃棄物 (国防用由来)                                                                                                     | 中低レベル放射性廃棄物                                                                                                                                          |
| 比較する基準等     | 飲料水中の許容濃度、Reference Dose、発癌性分類等の化学毒性情報に基づいて物質毎に設定した「スクリーニング濃度」                                                                                                                                                                | 特になし                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oral Reference Dose (IRIS)</li> <li>• 最大汚染レベル目標値 (40 CFR 141.51)</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 飲料水基準</li> <li>• オランダにおける耕土中濃度指標</li> <li>• 暫定許容摂取量 (PTWI)</li> <li>• Oral Reference Dose (IRIS)</li> </ul> |
| スクリーニング     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• NF におけるインベントリ制限濃度</li> <li>• NF における溶解度制限濃度</li> <li>• FF における溶解度制限濃度</li> <li>• MASCOT による物質移行解析結果</li> </ul>                                                                       | 特にスクリーニングによる除外は行っていない                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• IRIS の物質リストに含まれる物質</li> <li>• 廃棄体パッケージ内部以外の部分に含まれる物質</li> <li>• 最大ソース濃度 (溶解度) が上記基準未満</li> </ul> | 固有の毒性と処分場閉鎖時における推定存在量                                                                                                                                |
| 評価対象元素 (物質) | Be, Mg, Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Zr, Nb, Mo, Sn, Cd, Hg, Pb, Bi, Cs, U, Co, Y, Ru, Sb, Te, Tl, フッ化物、硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩、硫酸塩、セレン酸塩、ホウ酸塩、硫化物、ヒ酸塩、酢酸、ISA、ベンゼン、フェノール、塩化ビニルモノマー、EDTA、DTPA、HEDTA、クエン酸、シュウ酸、琥珀酸、リン酸トリブチル、リン酸ジブチル、リン酸ブチル | Be, Cd, Pb, Hg                                                                                                                 | Cr, Mo, Ni, V                                                                                                                             | Pb, Cr(VI), B, Cd, Sb, Ni, Be                                                                                                                        |
| 評価手法        | 上述した複数段階のスクリーニングにより、今後の化学毒性の観点での検討において優先的に考慮すべき物質を抽出。<br>移行解析は放射性物質と同様の手法を適用。                                                                                                                                                 | <p>移行解析</p> <p>シナリオ 1: 人間侵入なし<br/>シナリオ 2: 人間侵入あり 1<br/>シナリオ 3: 人間侵入あり 2<br/>パラメータ: 中央値と 75 パーセントイル</p> <p>→癌発生率及び非発癌性影響を評価</p> | <p>バウンディング解析</p> <p>上記 4 物質を主成分とする金属材料からの各物質の放出率を、金属材料の表面積、腐食率、密度、物質存在比を基に算出し、得られた放出率と 40 CFR Part 197 に示されている代表水量を基に、各物質の濃度と経口摂取量を算出</p> | <p>移行解析</p> <p>大気移行シナリオと水移行シナリオを検討<br/>→水移行シナリオでは、河川中及び耕土中濃度と摂取量を算出 (利用可能データの制限により Pb と Ni のみ評価)</p>                                                 |
| 評価結果        | Be, 亜硝酸塩、フェノールの 3 物質が、今後の化学毒性の観点での検討において優先的に考慮すべき物質であると結論                                                                                                                                                                     | 癌発生率は非常に小さく、非発癌性影響はない                                                                                                          | <p>上記 4 物質の全てにおいて、算出された濃度もしくは経口摂取量が比較指標を十分に下回っており、物質移行解析を実施する必要がある物質はないものと結論</p>                                                          | Pb, Ni とともに、それぞれの比較指標を十分に下回っている                                                                                                                      |

表 4.1.3-2 (2/2) 諸外国における廃棄物に含まれる有害物質の影響に関する評価の概要

| 国名         | カナダ                                                              | ベルギー                                                                                       | フィンランド                              | スウェーデン                                                                              | スイス                                    | ドイツ                                                                                          |
|------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| ソース        | 使用済燃料                                                            | 使用済燃料集合体、廃棄体容器、オーバーパック（ステンレス鋼、チタン、Hastelloy C-4 合金）、中レベル廃棄物・解体廃棄物                          | 使用済燃料、キャニスタ材                        | 処分場建設時使用材（オイル残渣等）、使用済燃料キャニスタ、長寿命低・中レベル廃棄物                                           | 低／中レベル廃棄物処分場で発生する重金属                   | 低／中レベル廃棄物                                                                                    |
| 比較する基準等    | 水中、土壌中での規制や指針。規制等のない元素についてはバックグラウンド濃度等を利用。                       | 飲料水の水質基準。基準のない元素については化学類似元素の基準を採用。                                                         | 飲料水の濃度限度                            | 飲料水の基準                                                                              | 化学毒性物質に対する最大許容濃度及び農耕土壌における重金属含有量に関する基準 | ・放射性毒性との比較<br>・処分場採掘物や処分場表土の化学毒性との比較                                                         |
| スクリーニング    | 水中および土壌中での最大濃度の推定値を用いている（水中濃度は井戸からの飲料水採取、土壌は井戸からの灌漑→1個人）         | ・化学毒性と放射性毒性の比較<br>・ランタニドまたは希土類元素を Sm で代表<br>・溶解度を閾値とした比較                                   | スクリーニングせずに、全元素（物質）を考慮               | スクリーニングせずに、全元素（物質）を考慮                                                               | 有害となる可能性のある物質のインベントリ                   | 特にスクリーニングによる除外は行っていない                                                                        |
| 評価対象元素（物質） | Br, Cd, Cr, Cs, Mo, Sb, Se, Sm, Tc                               | As, B, Ba, Br, Cd, Co, Cr, Cs, Ge, Hg, In, Mn, Mo, Ni, Pb, Rh, Sb, Sm, Sr, Tc, U, W, Y, Zn | キャニスタ材と使用済燃料中に含まれる全化学元素             | 考えられる全ての元素                                                                          | Ni, Cd, Cu, Cr（特に Cd に着目）              | Ag, As, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Pu, Sb, Se, Te, Th, Tl, U, V, Zn, 石綿         |
| 評価手法       | 放射性物質と同様の移行解析<br>→水中、土壌中、および大気中での最大濃度の推定値で比較                     | 移行解析<br>ステップ 1：溶解度制限なし<br>ステップ 2：溶解度制限あり<br>→帯水層中の最大濃度で比較                                  | 溶解度による計算、移行解析                       | ・廃棄物中に存在する元素が基準値以下になるのに必要な水量で重要性を比較<br>・安全評価で用いられる放出シナリオに準拠（化学毒性に対して同様の移行遅延プロセスを適用） | 移行解析<br>→生物圏における最大濃度                   | ・廃棄体の化学毒性と放射性毒性の比較<br>・廃棄体の化学毒性と処分場採掘物や処分場表土の化学毒性との比較                                        |
| 評価結果       | 農地土壌、井戸水、屋内大気中の濃度は、いずれも規制値より低い<br>→処分場からの化学物質によって化学毒性影響が生ずることはない | いずれの元素も帯水層中の最大濃度は最大許容濃度よりも低い<br>→処分場の安全を危うくするものではない                                        | 使用済燃料の最終処分の安全性に関して、化学毒性は有意な要因とはならない | 多数のバリアは、放射性核種だけでなく、人間を化学毒性からも保護する。使用済燃料キャニスタ中にある化学毒性元素の量は天然の堆積物と比べて遜色ない             | 生態へのリスクは無視得る                           | 廃棄物の化学毒性は、元来母岩に存在した化学毒性を増加させるものではない。希釈のみを考慮した簡単な移行解析では、溶解度制限を考慮する元素の濃度が、飲料水の最大許容濃度に近くなることの結論 |

## 4.2 有害物質の環境中における挙動に関する調査

3.2 で抽出された TRU 廃棄物の廃棄体に含まれる有害物質のうち、環境法令において規制対象となっている有害物質について、土壌中での移行・拡散挙動や生物環境中での挙動に関する知見を表 4.2-1 に示す情報を基に整理した。対象とした化学物質について、これらの情報を整理した結果を以下に示す。

なお、物質移行パラメータ（溶解度、分配係数）については、表 3.3-7～31 に示した。また、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、ほう素については、「浅地中処分想定廃棄体の処分適合性に関する検討 JNC TJ8400 2002-056」（2002）において情報を整理していることから、今回調査では対象外とした。

表 4.2-1 化学物質の環境中での挙動に関する情報源

| 名 称                                                                           | 概 要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 環境省（2004）中央環境審議会水環境部会環境基準健康項目専門委員会（第7回）議事次第（平成16年1月21日）資料4 別紙2 環境基準項目等の設定根拠等. | 情報源：環境省<br>概要：環境基準項目等の設定根拠、物性情報等が整理されている。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 有害物質小事典（研究社）                                                                  | 著者：泉邦彦（元京都工芸繊維大学教授）<br>概要：化学物質の種別（元素と無機物質）及び化学商品の種別（農薬、プラスチック成分、溶剤等）毎に有害物質が選定され、その用途、毒性、汚染と規制の状況等が簡潔に整理されている。                                                                                                                                                                                                                                            |
| 微量元素 ー環境科学特論ー                                                                 | 著者：山県登<br>概要：微量元素の生物及び環境中での挙動に関する情報を整理している。                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| HSDB (Hazardous Substances Data Bank)                                         | 管理主体：U.S. National Library of Medicine The Specialized Information Services (SIS) Division of the National Library of Medicine (NLM) 概要：米国連邦政府機関が化学物質による毒性、環境及び健康被害に係る情報をとりまとめたデータベース（本検討では、主としてヒト以外の動物への毒性情報を検索するために活用した）。<br>アドレス： <a href="http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB">http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB</a> |

### 4.2.1 有害物質全般に係る一般的な物性

#### (1) 重金属

土壌中での重金属の溶解性は土壌条件あるいは他の共存元素の濃度等によって著しく異なる。主な土壌の環境条件（土壌の pH、酸化還元電位、沈殿の形成）による重金属の特性を整理すると次のように整理できる。<sup>29)</sup>

##### ① 土壌の pH と溶解度

土壌での重金属の溶解度は土壌の pH によって異なる。例えば、土壌が酸性化すると

Mo は溶解度が減少し、中性からアルカリ化すると、Cu、Zn、Cd、Mn、Fe 等の溶解度は減少する（なお、Mo、Cu、Zn、Mn、Fe は環境基準が設定されていない）。

## ② 土壌の酸化・還元と重金属の形態

重金属の中には、酸性的条件下で不溶化するものと、還元的条件下で不溶化するものがある。例えば、Fe、Mn 等は前者の例で、Cd、Cu、Zn、Cr 等が後者の例である。また、Cr のように酸化と還元の状態によって毒性が異なる元素もある。Cr は酸化状態では六価クロムとなり、還元状態の二価及び三価より毒性が強い。As の場合、酸化状態の砒素よりも還元状態の亜ヒ酸の方が高い毒性を示す。

## ③ 沈殿による不溶化

重金属は土壌中で他の成分と結合して難溶性の化合物をつくる場合がある。例えば、 $\text{PO}_4^{3-}$  は Cd、Zn、Pb と、 $\text{SO}_4^{2-}$  は Pb、Ti と、 $\text{H}_2\text{S}$  は Cd、Zn、Pb、Ni、Fe と反応して沈殿する。

# (2) 有機化合物

## ① 揮発性有機化合物

汚染源から流出して土壌中に浸透した揮発性有機化合物は、その一部が土壌間隙中に保持され土壌汚染を引き起こし、表層土壌では空気中に揮発する傾向にある。また、粘度が低く、比重が水よりも大きいため、透水性の高い地層中から地下深部に浸透しやすい。不飽和帯を降下した原液は、地下水面に到達した後、一時的に地下水面付近に滞留することもあるが、地層の間隙が大きい場合は帯水層中を降下して、粘土層等の不透水層の直上に停滞して地下水中に溶出し、地下水汚染を引き起こす。

揮発性有機化合物は水に対して難溶ではあるが、トリクロロエチレンのように溶解しやすいものもある。溶出は極めて緩慢に進行するため、原液を除去しない限り汚染は長期的に継続するが、地下の環境下では徐々に生物学的あるいは化学的に分解される。<sup>30)</sup>

## ② 農薬

農薬の化学的な構造と反応性には密接な関係があり、水に対する溶解度が農薬の移動度に強く影響を与える。農薬の土壌中での移動と分解は農薬の性質によって著しく異なるが、その多くが完全に分解されず、土壌中に残留し、複合汚染の可能性を残している。<sup>31)</sup>

## 4.2.2 物質毎の情報

### (1) カドミウム

リン鉱石から生産される化学肥料中の不純物としてカドミウムは土壌に拡散する。水への溶解度は pH の影響を受けやすく、懸濁状態または沈殿状態であっても酸性になると溶解しやすくなる。環境水では主に底質や懸濁物質として存在する。<sup>15)</sup>

## ① 化学形等

鉱物中に含まれるカドミウムは、風化の過程において、亜鉛とともに容易に硫酸塩や塩化物として溶液になり、表流水や地下水中に運ばれるが、硫黄に対する親和性がより強いカドミウムは、硫カドミウム鉱として沈殿し還元帯に多く存在する。また、両元素とも沈殿して加水分解生成物、特に硫黄分を含む泥の中に多く留まる。

カドミウムは水溶液中で、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{CN}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ と錯体を形成し、多量の  $\text{Cl}^-$  が存在する場合には全ての化合物が水溶性となる。

自然条件におけるカドミウム化合物の溶解度は表 4.2.2-1 に示すとおりである。その主な原子価状態は+2 で、その自然水中における溶解度を決定する因子は pH と酸化還元電位であり、 $\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cd}$  の反応では  $E_0 = -0.4020\text{V}$ 、 $\text{Cd}^{2+} + \text{S} + 2\text{e}^- = \text{CdS}$  の反応では  $E_0 = 0.31\text{V}$  である。

表 4.2.2-1 カドミウム化合物の溶解度

| 化合物                      | 溶解度                        |
|--------------------------|----------------------------|
| $\text{Cd}(\text{OH})_2$ | 0.26mg/100ml 冷水            |
| $\text{CdS}$             | 0.13mg/100ml 冷水            |
|                          | 溶解度積 $3.6 \times 10^{-29}$ |

## ② pH、共存イオン等

植物への移行に関する最も重要な土壌の要素は、pH とカドミウムの濃度である。土壌中のカドミウムは土壌の間隙水中に存在しており、植物により直接摂取されていると考えられる。土壌の pH は、土壌溶液中のカドミウム濃度を調整する基本要素となっている。また、カドミウムは、酸性土壌よりも中性土壌もしくはアルカリ土壌の粒子に吸着する傾向が強く、後者の方が土壌中のカドミウム濃度も高くなっている。この結果、土壌 pH の増加に伴って植物によるカドミウムの摂取量は減少することとなる。<sup>34)</sup> 例えば、英国のカドミウム汚染地域（非鉄金属の鉱山地域）では、土壌中に 0.04% の可溶性のカドミウムが、日本の水田土壌には 4% の可溶性のカドミウムがそれぞれ含まれていた。それぞれの土壌をみると、英国の汚染地域では土壌 pH が 7.5 と高く、水酸化物と炭酸カルシウムの含有量が多くなっている一方で、日本の水田では土壌 pH が 5.1 と低く、水酸化物と炭酸カルシウムの含有量が少なかった。<sup>32), 33)</sup>

22 種類の土壌について実験した結果、土壌の特性がカドミウムの吸着を複雑にすることが確認されている。土壌の CEC（陽イオン交換容量）はカドミウムの吸着に影響を与える要因であり、カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) が吸着プロセスを指示する重要な陽イオンとなっている。土壌 pH は、(水素イオン濃度の) 狭い範囲ではカドミウムの吸着とは有意な相関はない。一方、酸性土壌では有機物質が増加することにより、カドミウムがより多く保持されることが示されている。<sup>34)</sup>



### ③ 土壌の特性

カドミウムの吸着に影響を与える、最も重要な土壌の特性は、**pH** と土壌中の有機物含有量である。15種類の土壌についてカドミウムの吸着を実施した結果、土壌へのカドミウムの吸着は、**pH** が一定という条件下で有機物量と相関があることが確認されている。<sup>35)</sup> このことから、土壌粒子の吸着サイトが有機物により形成されていると推測している。38種類の土壌について低濃度のカドミウムの吸着を試験した結果、分配係数の対数は **pH** の 0.64 倍に比例することが確認されている。<sup>36)</sup> 1 モルのカドミウムが土壌に吸着される際には、平均的に 0.64 モルのプロトンが放出される。**pH**6.0 の条件下における、カドミウムの壤土砂質 (loamy sand) と砂質壤土 (sandy loam) への分配係数は、約 200～250 であった。<sup>37)</sup>

63 種類の農業用土壌についてカドミウムの分配係数 (**Kd**) を調査した例では、分配係数は 15～2,450L/kg までの値を示すことが確認している、また、分配係数は **pH** が 0.5 増加、あるいは土壌中の有機物量が 2%増加するにしたがって、倍の値を示すと報告している。<sup>38)</sup>

### ④ 生物環境中での挙動

植物は、非鉄金属の採掘によって汚染された土壌や下水汚泥の処理によって汚染されたカドミウムを吸収することが明らかにされている。<sup>39)</sup> 植物によるカドミウムの摂取に影響を与える、その他の重要な要因としては、土壌の **pH** が上げられる。植物によって摂取されるカドミウムは、リン酸肥料が使用されている場所や石灰を含まない場所で多くなっている。<sup>40)</sup>

## (2) 全シアン (シアン化ナトリウム)

シアン化水素は非常に弱い酸で、揮発性。アルカリ金属、アルカリ土類金属などの塩は水に可溶である。銅、亜鉛、カドミウム、鉛(II)等の塩は難溶性の結晶である。<sup>15)</sup>

### ① 化学形等

アルカリ金属の塩は水に溶解しやすく、水中では陽イオンと陰イオンに解離している。**CN<sup>-</sup>**はシアン化水素となったり、天然水中で様々な金属と反応する。シアン化イオンが過剰に存在している場合には、金属錯体を形成するが、金属が多く存在する場合には単純な構造の錯体を形成する。<sup>41)</sup>

## (3) 鉛

### ① 化学形等

還元状態で極めて不溶性の硫化物を形成し、通常の酸化状態ではやや酸性の状況で水溶状となるが、硫酸鉛の溶解度は小さい。中性から弱塩基性では鉛は加水分解して水酸化物とともに沈殿するか、あるいは粘土鉱物に吸着される。このような性質と生物作用によって沈殿することから、海水中における鉛濃度は極めて低い。

## ② pH、共存イオン等

鉛は、環境中では浸出の影響がなく大部分の土壌としっかりと結合している。<sup>42)</sup> 土壌溶液からの鉛の除去能力は、土壌 pH、陽イオン交換容量 (CEC)、有機物量、可給態リンの含有量の関数となっている。1g のモンモリロナイトは、pH8、pH7、pH4 の条件化でそれぞれ 24、35、3mgPb/g (土壌) を吸着する一方、pH8、pH4 のカオリナイトにはそれぞれ 8、2mgPb/g (土壌)、pH8、pH4 のフミン物質にはそれぞれ 116、12 mgPb/g (土壌) を吸着することが確認されている。<sup>43)</sup>

泥中の有機炭素量は吸着特性に影響を与える重要な要素である。<sup>44)</sup> 天然水に溶存する有機物質には幾つかの吸着部位が存在しており、鉛と結合する陽イオンの量はこれと競合する陽イオンの存在及び特性に依存することが確認されている。<sup>45)</sup> 一方、3 価の陽イオンは鉛の吸着を阻害するが、2 価のカルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) では吸着をほとんど妨げない。

鉛の土壌中での移動や水中の粒子状物質への吸着については、鉄、マンガン及びアルミニウムの水酸化物による影響を受ける。<sup>45)</sup> 水中で pH を 3 から 10 に増加させると、鉛の水酸化鉄への吸着は 0 から 100% に増加し、pH=4.7 で水酸化鉄に 50% 吸着する。水酸化鉄を 21 週以上エージングさせた場合には、鉛の吸着には変化はみられない。鉛の脱着に影響を及ぼすヒステリシスは確認されていないことから、鉛は水酸化鉄とは結合せず、その表面で吸着されていると推察される。pH6 以上では、鉛イオンは水酸化アルミニウムに多く取り込まれることが確認されている。しかし、吸着された鉛の大部分は塩水、マグネシウム塩、アルミニウム塩あるいは洗剤によって再度脱着し、移動できるようになる。<sup>46)</sup>

鉛は土壌中のフミン酸及びフルボ酸に強く吸着され、実験では pH4.7 及び 5.8 において  $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  を最も強く保持することが報告されている。<sup>47)</sup>

## ③ 土壌の特性

土壌中の鉛は比較的移動性が小さく、ハロゲン化合物、水酸化物、炭酸塩、硫化物 (自動車のガソリンの燃焼あるいは工場の由来)、ヒ酸鉛、殺虫剤、農薬の不純物、廃棄物汚水の構成物として土壌に付加されるか否かによって長期間保持される場合がある。<sup>48)</sup>

鉛の酸化物や硫化物の錯体はすぐに不溶化するために、自動車から排出された無機態の鉛は道路の 1~2m の範囲内で沈降し、土壌表層に残される。鉛は、可溶性の有機錯体の場合や土壌の元素の交換能が限界に達していない限り、土壌中での移動は制限される。<sup>48)</sup>

土壌中での鉛の挙動には、鉱物への吸着、安定な有機錯体の形成、可溶性鉛の沈殿形成 (硫酸塩、リン酸塩、炭酸塩) の 3 つのプロセスがあり、これらによって植物による鉛の吸収が制限される。鉛は、吸着される物質の少ない、酸性の砂質土壌において植物等による吸収が大きくなる。<sup>49)</sup>

鉛のフミン物質への吸着容量は、ムル (mull) 型の堆積物、モーダー (moder) 型の堆積物、モル (mor) 型の堆積物、土壌の順に、土壌中の有機物含有量の増加に伴って減少する。土壌溶液の鉛濃度が  $1 \mu\text{gPb/ml}$  のモル型及びモーダー型の土壌に 10mgPb/g (土壌)

を添加した実験において、土壌呼吸が抑制された。土壌への鉛の吸着は、土壌呼吸、土壌中の脱水素酵素、フォスファターゼ (phosphatase)、アリルサルファターゼ (arylsulphase) の活性の減少と正の相関があることが確認されている。また、200mgPb/g (土壌) を添加した実験では、フミン物質における生物活性が土壌溶液の酸性度の増加による影響を受けることが確認されている。

11 種類の土壌について鉛イオンの  $K_d$  を測定した結果、9 種の土壌では  $1.72 \times 10^2 \sim 4.32 \times 10^7$  (平均  $3.37 \times 10^3$ ) であり、残りの土壌では鉛を完全に吸着しなかった。<sup>50)</sup>

#### ④ 生物環境中での挙動

植物は、土壌から鉛をイオンの形態で摂取する。土壌から吸収された鉛は、植物によって濃縮されることはない。鉛に十分汚染された場所で成長したとしても、植物が (代謝において) 鉛を利用することではなく、根に少量固定されるのみである。これは、土壌への鉛の溶解度だけでなく、植物中における鉛の移動を調整する何らかの要因があるためと考えられる。植物による鉛の摂取は、植物の成長段階、種、土壌中のリン酸塩、有機物質、pH、土性 (soil texture)、天候、地勢、土壌の汚染状況や地質形成史によって変動する。鉛の摂取量は、土壌の pH、CEC (陽イオン交換容量)、可給態のリン酸塩の減少に伴って増加する。また、植物は土壌に含まれる鉛の 0.003~0.005% しか摂取できない。<sup>48)</sup>

また、植物は栄養塩 (栄養分) から可給態の鉛を吸収・分配するが、土壌からは直接取り込むことはない。吸収した鉛のほとんどは根に移動するが、晩夏や秋に成長が止まる時には、植物の根から先端に移動した鉛が移動することとなる。廃坑となった鉛鉱山 (土壌中の pH が 4、鉛の濃度が 3,600ppm) で成長した牧草は、葉部に鉛を 74ppm (乾重量) を取り込む。また、トウモロコシは 3,200kgPb/ha の土壌から 37.8ppm の鉛を取り込むが、その穀粒には対照地 (非汚染地: 0.3~0.5ppm、水分含有量 15.5%) に比べて鉛を有意に取り込むことはないとの報告がある。レタスとハツカダイコンも土壌から鉛を摂取する。植物は鉛のキレートと鉛イオン ( $Pb^{2+}$ ) よりも容易に取り込み、植物体の上部に鉛を分配する。<sup>49)</sup>

#### (4) 六価クロム

環境中では、ほぼ  $CrO_4^{2-}$  や  $HCrO_4^-$  として存在している。土壌中では Cr(VI) は有機物によって容易に還元されて Cr(III) になる。土壌中に Cr(VI) が存在するのは、多くの場合人間活動の結果である。一般にクロム塩(VI)は、クロム塩(III)よりも溶解性が高く、移動性も高い。<sup>15)</sup>

##### ① 化学形等

Cr(III) と Cr(VI) の吸着は、土壌環境で起こる酸化還元反応であるために複雑である。<sup>51)</sup> 土壌中の有機物質は、塩基性の条件下において Cr(VI) を Cr(III) に還元する。<sup>52)</sup> 土壌中の酸化マンガンは Cr(III) を Cr(VI) に酸化する。<sup>53)</sup>  $Cr^{3+}$  と  $Cr^{6+}$  は多くの可溶性の塩を形成し、土壌中で移動し、潜在的に毒性のある形態をとる。<sup>54)</sup> 嫌気的環境下では、すぐに Cr(III) に還元され、水酸化物や酸化物として沈殿する。<sup>55)</sup> 土壌条件が中性になるにしたがって、

重クロム酸塩の形成は最小となる。Cr(VI)は粘土や金属の水酸化物にはほとんど吸着することはなくなる。しかし、活性炭には強く吸着することから、環境中の有機物には親和性があると考えられる。<sup>54)</sup>

## ② pH、共存イオン等

金属水酸化物や土壌への Cr(VI)の吸着は pH の増加に伴って減少する。酸化マンガンや酸化鉄には吸着される場合もある。他の陰イオン（例えば、硫酸イオン、リン酸イオン）の存在は、吸着部位（adsorption site）が競合するために、吸着に作用する。可溶性のクロム酸カルシウム（ $\text{CaCrO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）のように、イオン対の形成によって、吸着が低減する場合もある。<sup>55)</sup>

Cr(III)の吸着量は、Cr(VI)とは対照的に、pH の増加に伴って増加する。粘土鉱物への Cr の吸着に関する室内実験によれば、Cr(VI)よりも Cr(III)の方が 30 から 300 倍吸着される。<sup>55)</sup> 例えば、モンモリロナイトには Cr(III)が pH2.45 で  $345 \mu\text{mol/g}$ 、3.0 で  $649 \mu\text{mol/g}$ 、4.0 で  $2,689 \mu\text{mol/g}$  が吸着され、Cr(VI)が pH3.0 で  $12.8 \mu\text{mol/g}$ 、4.0 で  $10.3 \mu\text{mol/g}$ 、5.0 で  $8.03 \mu\text{mol/g}$ 、7.0 で  $8.03 \mu\text{mol/g}$  が吸着されることが確認されている。

吸着される Cr(III)の量は、加水分解した Cr(III)の化学種の陽イオン交換部位への吸着量に相当する。<sup>56)</sup> 堆積物への Cr(III)の吸着は、重要な除去機構である。低濃度及び低 pH においては、Cr(III)の溶解度が高くなるが鉄酸化物とマンガンの酸化物への強力な吸着が起こる。<sup>55)</sup> 溶解性の有機物錯体の形成は吸着の度合を低減する。有機物はまた、土壌中で重要な吸着剤となる。堆積物中のフミン酸の画分において多少の濃縮が起こる。<sup>57)</sup>

## ③ 土壌の特性

土壌中のクロムは可溶性の Cr(III)の酸化物、 $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{H}_2$ として主に存在しており、ほとんど移動しない。<sup>58)</sup> 異なる pH では、複雑な吸着過程が観察されており、土壌中ではクロムはほとんど移動しない。土壌ではクロムと有機物質とが錯体を形成するために、クロムが浸出することはない。<sup>59)</sup> このことは、砂質壤土（Sandy loam）において4年間浸出の実験を行った結果からも支持される。<sup>60)</sup> 土壌中でのクロムの鉛直的な移動パターンから、クロムは土壌中での初期の移動後に不溶性の錯体を形成し、土壌からほとんど浸出しないことが確認されている。<sup>60)</sup>

土壌の氾濫及びその後続く植物のデトリタス（生物の死骸や排出物、それらを分解した有機物）によって、可溶性の錯体が形成されるため、土壌中の Cr(III)が移動しやすくなる。この錯体は低い pH ほど形成されやすい。土壌中を移動しやすい Cr(VI)及び Cr(III)については、土壌中の全クロム量に占める割合は非常に小さい。<sup>61)</sup> 土壌へのクロムの吸着は主に土壌中の粘土含有量に依存し、土壌中の鉄酸化物（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）や有機物への吸着は小さい。<sup>62)</sup>

## ④ 生物環境中での挙動

クロムは土壌に不可逆的に吸着されるが、植物や動物に利用されることはない。<sup>62)</sup> 土壌中のクロムはエアロゾルとして大気中に運ばれる。土壌からの表流水には、可溶性で粒

径の大きい沈殿物として運ばれる。そして、可溶で吸着されないCr(VI)とCr(III)の錯体は、地下水に浸出する。また、pHの低い酸性雨は、酸可溶性のCr(III)とCr(VI)の錯体の浸出を促進する。<sup>63)</sup>

## (5) 砒素

砒素は、鉱物や鉱石の溶解、産業排水由来または大気中からの降下により水に溶け込む。一般に十分に酸化された表流水中では、五価の状態で存在している。深い湖の堆積物や地下水など還元条件の下では主として三価の状態で存在している。pHの上昇により、水中における溶存砒素の濃度は増大すると思われる。<sup>15)</sup>

### ① 化学形等

砒素酸化物は水によく溶けるが硫化物は極めて溶けにくく、As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>は0.05mg/100g(18℃)、As<sub>2</sub>S<sub>5</sub>は0.3mg/100g(40℃)を示す。また、As<sup>3+</sup>及びAs<sup>5+</sup>は水酸化鉄の沈殿に極めてよく吸着され共沈するので、酸化鉄の堆積鉱床中に高い濃度の砒素が見出されることがある。<sup>64)</sup> 水溶液における砒素化合物の酸化還元電位は次のとおりである。

|     |                                                                                            |        |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 酸性  | $\text{HAsO}_2(\text{aq}) + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{As} + 2\text{H}_2\text{O}$   | 0.247V |
|     | $\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 0.559V |
| 塩基性 | $\text{AsO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- = \text{As} + 4\text{OH}^-$            | 0.68 V |
|     | $\text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{AsO}_2^- + 4\text{OH}^-$    | 0.67 V |

## (6) 総水銀、アルキル水銀

水に対する水銀の溶解度は様々である。水銀の蒸気は不溶である。塩化第二水銀の溶解度は高く、塩化第一水銀はそれほど溶けない。硫化水銀は難溶である。無機水銀のメチル化は淡水と海水の境界付近でおこり、魚の表面の粘液や土壌中から分離されたバクテリアが好気的条件下で水銀をメチル化する。<sup>15)</sup>

### ① 化学形等

水銀は化学的性質がカドミウムと酷似している親銅元素であるが、酸化還元電位が高く金属状態をとりやすいこと(Au 9.20eV、Ag 7.53eVに対しHg10.39eV)、金属が極めて揮発性であること、さらにCl-Hg-Hg-Clの形(1価、Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)がとりうる点でカドミウムと異なる。

極めて揮発性であることから、他のあらゆる金属と異なる移動性を持ち、単体あるいは水溶性のHgCl<sub>2</sub>の形で移動する。

化学形の違いにより気化しやすさが異なるが、気化しやすいものから順にあげるとHg > Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> > HgCl<sub>2</sub> > HgS > HgOとなる。酸化的環境では辰砂(水銀の硫化鉱物)は硫酸塩となり、水酸化物や酸化物沈殿に強く吸着される。

### ② pH、共存イオン等

水銀の化合物が湿潤な土壌環境に放出されると、溶解度に応じて解離する可能性がある。

水銀は、陰イオンやフミン物質と結合して溶解することが実験により確認されている。<sup>65)</sup> 一度堆積した水銀の化合物は、土壌に吸着し、溶解しない<sup>66),55)</sup> 硫化水銀(Ⅱ)は土壌に強く吸着し、風化によって遊離した硫酸水銀(Ⅱ)でさえ土壌に再び吸着する。硫化水銀(Ⅱ)は非常に溶解しにくく、土壌中での移動も制限される。<sup>66)</sup>

土壌中の水銀の一般的な鉛直分布は水銀と強く結合する有機物質、特に硫化物、の分布と密接に関係している。他の多くの金属と比較して、土壌の酸性化によって水銀化合物の溶解度が増加することはない。フミン物質への吸着も低い pH で増加する傾向にある。<sup>65)</sup>

### ③ 土壌の特性

土壌中の水銀濃度が増加すると、植物中の水銀濃度が上昇するという報告がある。土壌の種類は、その違いによって水銀の摂取を減少させる有機物質質量が異なるなど、水銀の取り込みプロセスに大きく影響を与える。<sup>67)</sup>

### ④ 生物環境中での挙動

土壌中の水銀の植物への利用度、濃縮は低く、水銀の取り込みについて何らかの阻害要因があると考えられる。<sup>68)</sup>

一般に、植物には根で高濃度の水銀が確認されているが、他の器官(例えば、葉)には分配されない。8種類の作物について 4、20mg/kg の塩化水銀を負荷した土壌で生育させた実験によれば、根において高濃度になることが確認されている。根で高濃度の水銀が確認された植物では、水銀の含有量がレタスの 0.387mg/kg からカリフラワーの 2.447mg/kg であった。また、ハウレンソウ及びハツカダイコン(塊茎)では、それぞれ 0.695、0.663mg/kg であった。一方、木本や草本の植物とは異なり、苔は空気を介して水銀を取り込む。<sup>67)</sup>

## (7) PCB

科学的に極めて安定である。土壌及び底質中の PCB は移動しにくく、分解されにくい。<sup>15)</sup>

## (8) ジクロロメタン

製造過程及び溶剤として使用される過程で環境中に放出される。揮発性のために多くが大気中に移行して、光化学反応で生成されたヒドロキシラジカルと反応して分解する。地表水を汚染したジクロロメタンは、主として大気に揮発して消失する。土壌に浸透すると吸着されにくく、生物分解されにくい為、地下水を汚染する可能性がある。<sup>15)</sup>

## (9) 四塩化炭素

主として使用過程での大気中への揮散により、環境中へ放出される。地表水を汚染した四塩化炭素は比較的容易に大気中に揮散し、数分から数時間の半減期で水中から消失する。しかし、土壌を浸透した四塩化炭素が地下水に浸透すると、地下に安定な形で閉じ込められるため、長期間にわたり汚染が継続する。<sup>15)</sup>

(10) 1, 2-ジクロロエタン

主な放出経路は大気であり、地表水や地下水への混入は比較的少ない。大気中に放出されたものは数ヵ月以上かかって緩やかに分解される。地表水を汚染したものは揮散により短期間で消失するが、土壤に浸透すると吸着されにくく、生物分解も受けにくい為、地下水を汚染する可能性がある。<sup>15)</sup>

(11) 1, 1-ジクロロエチレン

揮発性の為にほとんどが大気中に移行する。地表水を汚染した 1,1-ジクロロエチレンは速やかに揮散する。土壤吸着性は低く、地下に浸透すると地下水を汚染する。<sup>15)</sup>

(12) シス-1, 2-ジクロロエチレン

製造過程及び溶剤として使用される過程で環境中に放出されると、その揮発性のために多くが大気中に移行する。地表水を汚染したものは速やかに大気中に揮散する。土壤吸着性は低く、地下に浸透する。地下水中では多くの場合、トリクロロエチレンと共存している。<sup>15)</sup>

(13) 1, 1, 1-トリクロロエタン

主として製造過程及び溶剤として使用される過程で、環境中へ放出される。揮発性が強い為、大気中へ容易に揮散する。大気中では、光化学反応で生成されたヒドロキシラジカルと反応して緩やかに分解する。土壤に浸透したものは吸着されずに、地下水に侵入してゆっくり加水分解される。<sup>15)</sup>

(14) 1, 1, 2-トリクロロエタン

主として製造過程及び溶剤として使用される過程で環境中に放出される。大気中に放出されたものは、光化学的反応で生成されたヒドロキシラジカルにより分解される。地表水を汚染したものは比較的容易に大気中に揮散する。しかし、土壤を浸透して地下水に浸透すると、地下に比較的安定な形で閉じ込められる為、長期にわたり汚染が継続する。<sup>15)</sup>

(15) トリクロロエチレン

主として使用過程で環境中に放出。地表水を汚染したものは比較的容易に大気中に揮散し、数分～数時間の半減期で水中から消失する。しかし、土壤を侵透したものが地下水に侵入すると、地下に安定な形で閉じ込められる為、長期間にわたり汚染が継続する。<sup>15)</sup>

(16) テトラクロロエチレン

主として使用過程での大気中への揮散により環境中へ放出される。地表水を汚染したテトラクロロエチレンは、その揮発性のために比較的短期間に消失する。大気中では、光化学反応で生成されたヒドロキシラジカルにより分解される。土壤への吸着性は一般的に弱い為、地下に浸透し、長期間地下水に滞留する。<sup>15)</sup>

## (17) 1, 3-ジクロロプロペン

使用した 1, 3-ジクロロプロペンの 15~80%は分解するものの、分解しなかった分は何ヶ月も環境中に残留することになる。<sup>69)</sup> 環境中に放出された 1, 3-ジクロロプロペンは土壌中において液体で存在し、土壌断面に沿って拡散するが、一部は大気中に放出される。深さ 30.5cm の砂質壤土 (sandy loam) において 1, 3-ジクロロプロペンの挙動を調査した結果によれば、土壌中の約 5~10%が大気中に放出されることが確認されている。<sup>69)</sup>

## (18) チウラム

チウラムは土壌中での移動性は小さい物質である。また、湿った土壌では、その揮発は無視できる程度である (ヘンリー定数 =  $1.82 \times 10^{-7} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ )。<sup>70)</sup>

酸性環境下では、チウラムは化学反応によってジメチルジチオカルバミン酸に分解され、さらに微生物による分解を受ける。微生物による分解は様々な土壌において顕著であり、消毒を行った土壌よりも消毒を行わない土壌においてよりこの物質が早く分解される。<sup>71)</sup>

## (19) シマジン

シマジンは、環境条件によって土壌中での移動性が大きい場合とわずかな場合がある。土壌への吸着は pH の増加に伴って増加する。また、湿った土壌では、その揮発は無視できる程度である (ヘンリー定数 =  $3.4 \times 10^{-9} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ )。また、乾燥土壌においてもシマジンの揮発はほとんどないと考えられる。

pH4.8 の Hatzenbuhl 土壌及び pH6.5 の Neuhausen 土壌におけるシマジンの分解に係る半減期は、それぞれ 45 日、100 日であった。シマジンの加水分解の支持物質として腐食酸及びフミン酸が観察される。<sup>72)</sup> 土壌中の微生物によるシマジンの分解速度は、土壌の温度や水分量の影響を受けており、その半減期は 27 日から 102 日 (平均 49 日) までにわたっている。<sup>73)</sup>

## (20) チオベンカルブ

チオベンカルブは土壌中での移動性が小さい物質である。湿った土壌では、その揮発は無視できる程度である (ヘンリー定数 =  $2.7 \times 10^{-7} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ )。また、乾燥土壌においてもチオベンカルブの揮発はほとんどないと考えられる。

土壌中では、チオベンカルブは主に生物分解の影響を受ける。また、チオベンカルブに馴致された土壌中では、生物分解の速度が速いことが確認されている。土壌中でのチオベンカルブの半減期は、好気的な環境下で 2~3 週間、嫌気的な環境下で 6~8 ヶ月である。土壌表層では、太陽光による分解も起こる。

## (21) ベンゼン

ベンゼン及び化学工業製品の使用される過程と、ガソリンの輸送、貯蔵、燃焼に伴って環境中に放出される。大気中への放出がほとんどである。大気に比較すると、水系や土壌への放出量はわずか。地表水を汚染したベンゼンは、その多くが大気中に揮散して消失すると推



定されている。水中に一部残存したベンゼンも生物によって緩やかに分解される。土壤に浸透したベンゼンが地下水を汚染した場合も、微生物により緩やかに分解される。<sup>15)</sup>

## (22) セレン

天然には硫化物あるいは硫黄鉱床にかなりの量のセレンが含有されている。自然水中に含まれることがあるが、その多くは鉱山廃水、工場排水等の混入による。セレンは、一般に食品から暴露され、その量は野菜や果物では極くわずかであるが、穀物、肉、海産物にはかなりの量を含んでいる。<sup>15)</sup>

### ① 化学形等

セレンは金属の水酸化物、粘土及び有機物との親和性が高く、吸着しやすい。<sup>51)</sup> 亜セレン酸塩 ( $\text{Se(IV)}$ ) は溶解するが、土壤中の無機物や有機物に強く吸着されやすい。<sup>74)</sup> 鉄とマンガンの酸化物は  $\text{Se(VI)}$  を吸着し、鉄酸化物の方がマンガン酸化物よりも多く吸着する。<sup>75)</sup> 好気条件下の沖積土へのセレンの吸着は限られており、亜セレン酸塩はアルカリ性の土壤条件下においてセレン酸塩よりも多く吸着される。<sup>76)</sup>

### ② pH、共存イオン等

$\text{Se(IV)}$  の吸着は、土壤中の pH (4 から 9 の範囲で) の上昇に伴って減少し、このような条件下で  $\text{Se(VI)}$  の吸着が最小になることが確認されている。<sup>77)</sup>

### ③ 土壤の特性

堆積物中では、化学的あるいは生物学的に堆積物が酸化されるまで、Se は比較的不動のままである。<sup>78)</sup> 0.4M の硫酸ナトリウムを溶かした熱湯へのセレンの溶解量を実験した結果から、黒ボク土 (非火山性の土壤) では 2.1ppb、沖積土 (水田土壤) では 19.1ppb、洪積土 (茶畑) で 45.6 であった。この結果、セレンは有機物態で吸収されることが多く、無機態ではほとんど吸収されないことが示されている。

### ④ 生物環境中での挙動

セレンは、温度、湿度、季節、年、可溶性セレンの濃度、微生物活性によって調整される速度によって土壤から揮発する。<sup>79)</sup> また、硫化セレンは水にほとんど溶けないため、環境中での移動性は比較的小さい。<sup>75)</sup>

## (23) ふっ素

種々の鉱物中にフッ化物として存在している。地殻中に 0.3g/kg 含まれる。ガス状、粒子状のフッ化物は、火山噴火や土壤の運搬によって地殻から大気へ移動する。地表水と大気への分配に関係する最も重要な過程は、揮発やエアロゾル形成である。大気中のフッ化物は析出によって土壤や地表水に運ばれる。その後の挙動は、反応相手の存在と物理的性状 (水溶性・揮発性等) によって決定し、地表水中の揮発しないフッ化物は土壤又は生物相へ分配され、不溶性フッ化物はカルシウムの存在によって錯体を作り沈殿物となる。地表水中のフッ化物の由来は、フッ化物を含む粒子の水への人為的添加と、地中で粒子に結合したフッ化物

の浸出によるものである。<sup>15)</sup>

① 化学形等

$F^-$ はイオン半径 (1.33 Å) は、 $O^{2-}$  (1.32 Å) 及び  $OH^-$  (1.33 Å) のそれとほぼ等しいため、 $OH^-$ を含むケイ酸塩鉱物に同形置換によって入りやすい。<sup>64)</sup>

中性溶液中では水溶性フッ化物は通常  $F^-$ イオンとして存在する。 $pH$  が低くなると  $F^-$ イオンの割合も低くなり、 $HF_2^-$ と不溶性フッ化水素の割合は高くなる。海水中ではフッ化物は炭酸カルシウムと平衡状態にあり、水溶性フッ化物の除去を左右している。また、リン酸カルシウムが取り込むことより海水から除かれる。非水溶性フッ化物は通常析出によって除かれる。海洋堆積物のフッ化物の保持期間は 200～300 万年と計算されている。<sup>15)</sup>

### 4.3 有害物質移行評価における評価モデル及びパラメータ等の設定

4.1 項で海外における有害物質に関する評価事例を調査したが、調査した国のほとんどで有害物質による影響評価は有害物質の移行評価により実施している。また移行評価により評価している指標としては、発ガン等のリスク値、環境中における規制濃度、摂取限度が採用されている。またこれら評価では、実際に処分する対象廃棄物を規定し、それらのインベントリをベースとして影響の評価を実施している。

現在我が国では、発電所廃棄物以外の処分については、その具現化が検討されている段階であり、どの処分場にどの廃棄物が埋設処分されるかなどの具体的展望は示されていないため、埋設処分する有害物質のインベントリや、それらを処分する処分場の仕様や地質環境条件などは設定することが困難である。このため本項においては有害物質の移行評価に採用する評価モデル及びパラメータを、現在定められている放射性物質の濃度上限値を算出するために採用された核種移行評価の評価モデル及びパラメータ等を参考に整備することとする。

#### 4.3.1 トレンチ処分及びコンクリートピット処分

トレンチ処分及びコンクリートピット処分における有害物質移行評価の評価モデル及びパラメータ等の設定については、平成4年の原子力安全委員会報告書<sup>80)</sup>に記載されているシナリオのうち、「(3)放射性廃棄物が地下水とともに河川に移行し、その水を介して受ける被ばく」(地下水移行シナリオ)に基づき設定した。濃度上限値導出シナリオの概念図を図4.3.1-1及び図4.3.1-2に示す。

##### (1) 評価モデル

処分場跡地に降った雨が地下水に浸透し、これにより有害物質の一部が地下水とともに河川水に移行する。採用する評価式は以下の通りである。

##### ① 処分場からの有害物質の漏出量評価式

処分場からの放射性物質の漏出は、処分場内で廃棄物と平衡になった浸出水が漏出する放出係数モデルを用いると次式で与えられる。このモデルで仮定している条件は、処分場内の浸出水中の濃度が一様であること及び廃棄物と浸出水の間に瞬時平衡が成り立っていることである。

上記の考え方は、有害物質についても共通して適用することができると考えられることから、次式核種*i*を有害物質*i*と置き換えて使用する。

$$R_{Pi} = C_{Wi} \cdot R_{Ci} \cdot Q_P \cdot \exp\left(-\frac{R_{Ci} \cdot Q_P \cdot t}{V_W}\right)$$

ここで、

- $R_{Pi}$  : 核種 i の漏洩量 ( $Bq/y$ )  
 $C_{Wi}$  : 廃棄物中の核種 i の放射能濃度 ( $Bq/m^3$ )  
 $R_{Ci}$  : 核種 i の放出係数 (—)  
 $Q_P$  : 施設を通過する水量 ( $m^3/y$ )  
 $t$  : 漏洩開始後の経過時間 (y)  
 $V_W$  : 施設内の廃棄物体積 ( $m^3$ )

## ② 地下水中での有害物質の移行速度式：

地下水中における放射性核種の移行については、移行中での放射性壊変に伴う核種の崩壊及び生成（崩壊連鎖）を考慮すると、次式で与えられる。

有害物質の物質移行においては、放射性壊変に伴う崩壊及び生成（崩壊連鎖）は考慮する必要はなく、それ以外は次式を共通して適用することができると考えられる。このため次式核種 i を有害物質 i と置き換えて使用する。

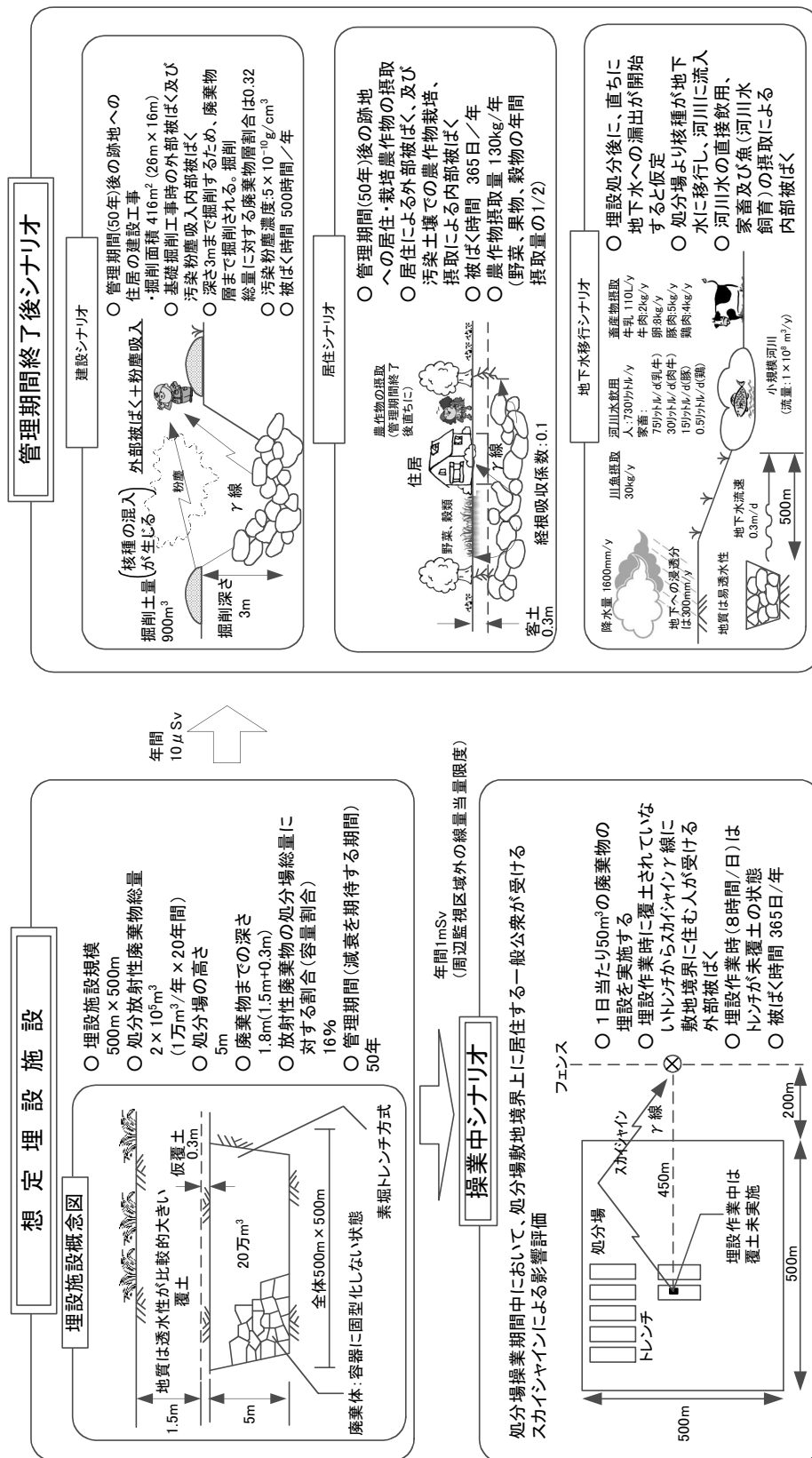
$$\begin{aligned} \varepsilon Rf_i \frac{\partial C_i}{\partial t} &= D \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - U \frac{\partial C_i}{\partial x} - \lambda_i \cdot \varepsilon \cdot Rf_i \cdot C_i + \lambda_i \cdot \varepsilon \cdot Rf_{i-1} \cdot C_{i-1} \\ Rf_i &= 1 + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \rho \cdot Kd_i \\ Rf_{i-1} &= 1 + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \rho \cdot Kd_{i-1} \end{aligned}$$

ここで、

- $D$  : 分散係数 ( $m^2/y$ )  
 $U$  : 地下水流速 ( $m/y$ )  
 $C_i$  : 地下水中の核種 i の濃度 ( $Bq/m^3$ )  
 $\varepsilon$  : 土壌の間隙率 (—)  
 $\lambda_i$  : 核種 i の崩壊定数 ( $h^{-1}$ )  
 $\rho$  : 土壌の密度 ( $g/cm^3$ )  
 $Kd_i$  : 核種 i の分配係数 ( $ml/g$ )  
 $i-1$  : 核種 i の親核種

## b. 使用パラメータ

トレンチ処分及びコンクリートピット処分の物質移行解析に使用したパラメータを表 4.3.1-1 にまとめた。



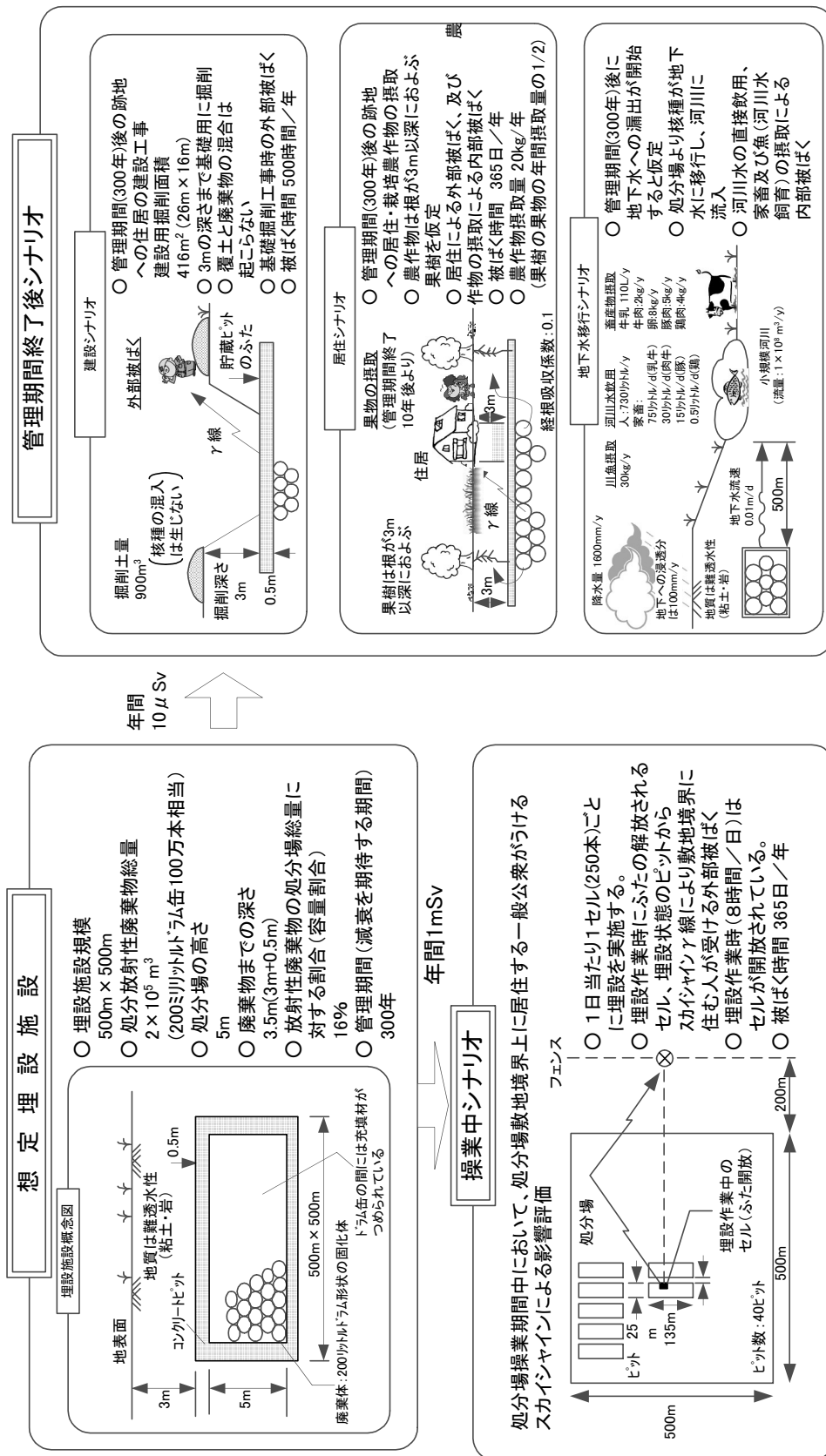


図 4.3.1-2 コンクリートピット処分の濃度上限値導出シナリオ 82)

表 4.3.1-1 トレンチ処分及びコンクリートピット処分の物質移行解析に使用したパラメータ  
埋設処分場及び処分条件

| パラメータ            | 単 位            | コンクリート<br>ピット処分 | トレンチ処分             | 備 考                           |
|------------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|
| 処分場規模            | m              | 500×500         |                    | [1]                           |
| 処分された放射性廃棄物総量    | m <sup>3</sup> | 2.0E+5*         |                    | [1] * 200Lドラム：100万本相当         |
| 処分された放射性廃棄物の厚さ   | m              | 5*              |                    | [1] * 200Lドラム：8段俵積み相当         |
| 地表面から廃棄物最上面までの深さ | m              | 3.5*            | 1.8<br>(1.5m+0.3m) | [1] * 覆土（3m）+コンクリートピット蓋（0.5m） |
| 廃棄物の処分場容量に対する割合  | %              | 16*             |                    | [1] * 2.0E+5/(500×500×5)=0.16 |
| 処分施設内の空隙率        | —              | 0.35            |                    | [2]                           |

地下水移行シナリオ

| パラメータ   | 単 位               | コンクリート<br>ピット処分 | トレンチ処分 | 備 考 |
|---------|-------------------|-----------------|--------|-----|
| 土壌密度    | g/cm <sup>3</sup> | 2               |        | [1] |
| 土壌空隙率   | %                 | 20              | 30     | [1] |
| 標準拡散係数  | m                 | 1               |        | [1] |
| 地下水流速   | m/d               | 0.01            | 0.3    | [1] |
| 河川までの距離 | m                 | 500             |        | [1] |
| 河川流量    | m <sup>3</sup> /y | 1E+8            |        | [1] |
| 浸透水量    | mm/y              | 100             | 300    | [1] |

[1] 「低レベル放射性廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について」（第2次中間報告）<sup>80)</sup>

[2] 六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター 廃棄物埋設事業変更許可申請書<sup>81)</sup>

### 4.3.2 余裕深度処分

#### (1) 評価モデル

余裕深度処分については、下記に示す二つのモデルについて評価した。

##### ① 一次元物質移行モデル

本モデルは、平成 12 年の原子力安全委員会報告書<sup>82)</sup>に記載されている核種移行モデルである。対象廃棄物の埋設施設の環境条件と核種移行評価式は、図 4.3.2-1 に示すとおりである。本評価式のうち、放射性壊変に伴う崩壊及び生成（崩壊連鎖）は考慮する必要はなく、それ以外は本評価式を共通して適用することができると考えられる。このため式中核種  $i$  を有害物質  $i$  と置き換えて使用することとする。

##### ア．廃棄物埋設施設からの放射性核種の移行モデル（ソースタームモデル）

廃棄物埋設施設からの放射性核種の移行モデルとして、現行の政令濃度上限値の算出では放出係数モデルを使用しているが、本計算においてはこれと同等の分配平衡モデルを使用している。なお、廃棄物埋設施設から周辺媒体（天然バリア）への核種移行は、単位時間当たりのフラックスとして放射性核種が移行するモデルとしている。

##### イ．地下水を介した放射性核種の移行モデル

天然バリアにおける放射性核種移行の評価モデルは、現行の政令濃度上限値検討でも検討した多孔質媒体を対象に、一次元遅延移行モデル（移流・分散（拡散）、放射性核種の崩壊を考慮している。）としている。

なお、想定した廃棄物埋設施設の環境条件を踏まえて、天然バリアを廃棄物埋設施設領域及びその近傍と中間的な領域の 2 つに分け、それぞれの地下水の流速に応じた放射性核種の移行解析を実施し、これらの領域間の放射性核種の移行は単位時間当たりのフラックスとしている。

##### ② 二次元物質移行モデル

本モデルは既往研究「浅地中処分想定廃棄体の処分適合性に関する検討（平成 13 年度）」において使用されているモデルである。原子力安全委員会における評価モデルとの相違による評価結果への影響の有無について確認するため一次元物質移行評価に併せて実施する。本モデルにおいては坑道型の処分施設を想定し、処分施設は地下水流れ方向と垂直に交差するように配置されたとする。施設は、廃棄体・充填材領域及び緩衝材から構成されるものとする。解析には二次元物質移行解析コード「AZURE」を使用した。本評価モデルの解析体系を図 4.3.2-2 に示す。

#### (2) 使用パラメータ

余裕深度処分の一次元物質移行解析と二次元物質移行解析に使用したパラメータを表 4.3.2-1 及び表 4.3.2-2 にそれぞれまとめた。なお、二次元物質移行解析で使用した処分施設体積及び処分施設内の廃棄体本数は、既往研究「浅地中処分想定廃棄体の処分適合性に関する検討（平成 13 年度）」と同じく、それぞれ  $20,000\text{m}^3$  ( $=200 \times 10 \times 10$ ) 及び 3 万本とした。また、二次元物質移行解析では分配係数の感度解析のため複数のパラメータを設定した。



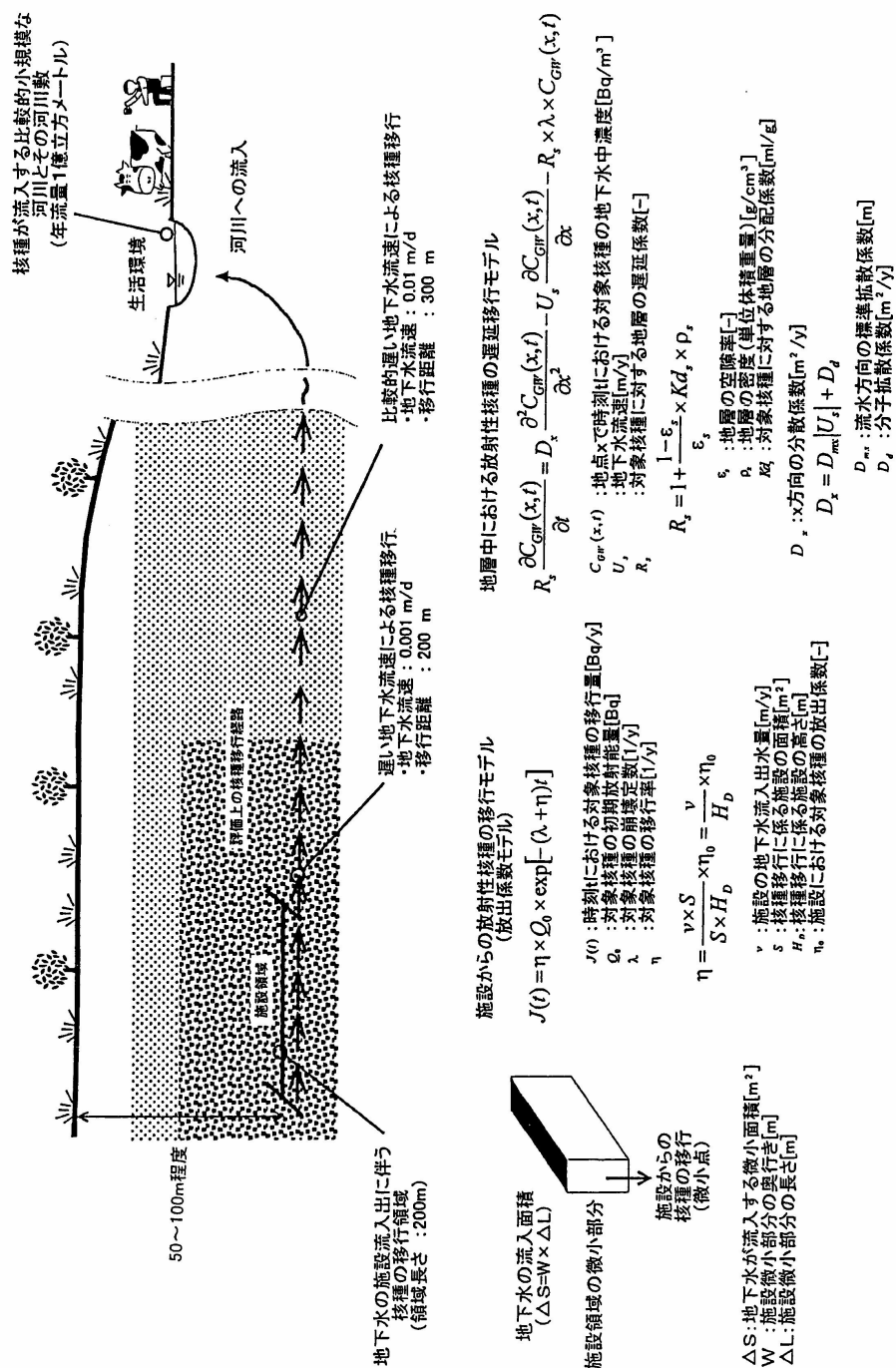


図 4.3.2-1 余裕深度処分の一次元物質移行モデル<sup>82)</sup>

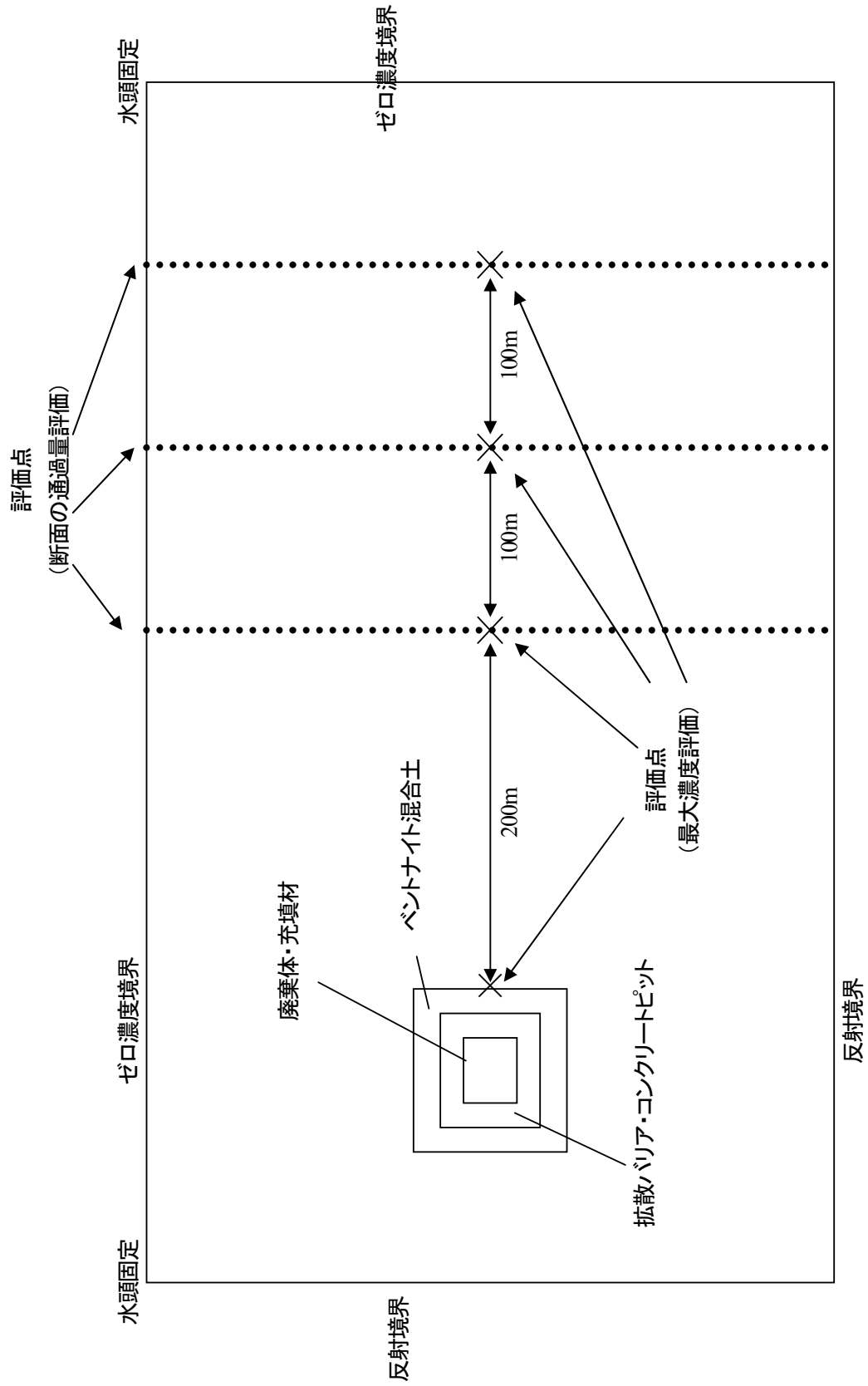


図 4.3.2-2 余裕深度処分の二次元物質移行モデル体系

表 4.3.2-1 余裕深度処分の一次元物質移行解析に使用したパラメータ

|          | パラメータ名                   | 単位                                | 設定値                       | 備考                 |
|----------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 全シナリオ共通  | 処分施設容積                   | m <sup>3</sup>                    | 40,000                    | [1] 200Lドラム：20万本相当 |
|          | 施設形状                     | m                                 | 200*200*5                 | [1]                |
|          | 施設浸入水量                   | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /y | 0.073                     | [1]                |
|          | 廃棄体見かけ密度（施設見かけ密度）        | g/cm <sup>3</sup>                 | 2.5                       | [1]                |
|          | 処分施設内の空隙率                | —                                 | 0.35                      | [2]                |
|          | 地下水流速（実流速）               | m/d                               | 0.001(200m)<br>0.01(300m) | [1]                |
|          | 土壌空隙率                    | —                                 | 0.2(200m)<br>0.3(300m)    | [1]                |
|          | 土壌密度                     | g/cm <sup>3</sup>                 | 2.6                       | [1]                |
|          | 地下水流方向の分散長               | m                                 | 1                         | [1]                |
|          | 漏出開始年                    | y                                 | 300                       | [1]                |
| 河川シナリオ共通 | 河川水流量                    | m <sup>3</sup> /y                 | 1E+8                      | [1]                |
|          | 河川までの距離                  | m                                 | 500                       | [1]                |
|          | 河川への地下水流入地点から着目地点までの移行時間 | d                                 | 0                         | [1]                |

[1] 「低レベル放射性廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について」（第3次中間報告）<sup>82)</sup>[2] 六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター 廃棄物埋設事業変更許可申請書<sup>81)</sup>

表 4.3.2-2 (1/2) 余裕深度処分の二次元物質移行解析に使用したパラメータ

| パラメータ   | 設定値          | 単位                     | 備考                |
|---------|--------------|------------------------|-------------------|
| 廃棄体・充填材 | 透水係数         | m/s                    | [1] の保守的設定を参考にした。 |
|         | 粒子密度         | kg/m <sup>3</sup>      | [1]               |
|         | 間隙率          | —                      | [1] の保守的設定を参考にした。 |
|         | 影響物質の施設内初期濃度 | mol/L                  | 単位濃度に規格化。         |
|         | 影響物質の分配係数    | 0, 0.001, 0.01, 0.1, 1 |                   |
|         | 影響物質の実効拡散係数  | 1.4E-09                | [1]               |
|         | 分散長          | 1                      | 最も短い辺の長さの1/10。    |
|         | 透水係数         | 1E-5                   | 保守的に砂並みを想定。       |
|         | 粒子密度         | kg/m <sup>3</sup>      | [1]               |
|         | 間隙率          | 0.35                   | [1] の保守的設定を参考にした。 |
| 拡散バリア   | 影響物質の分配係数    | 0, 0.001, 0.01, 0.1, 1 |                   |
|         | 影響物質の実効拡散係数  | 1.4E-09                | [1]               |
|         | 分散長          | 0.1                    | 厚さの1/10。          |
|         |              |                        |                   |

[1] 核燃料サイクル開発機構 電気事業連合会 共同作業チーム：TRU 廃棄物処分概念検討書(2000) JNC TY1400 200-001 <sup>83)</sup>

表 4.3.2-2 (2/2) 余裕深度処分の二次元物質移行解析に使用したパラメータ

| パラメータ  |             | 設定値                        | 単位                 | 備考                       |
|--------|-------------|----------------------------|--------------------|--------------------------|
| ベントナイト | 透水係数        | 1E-11                      | m/s                | [1] の保守的設定をまるめた。         |
|        | 粒子密度        | 2680                       | kg/m <sup>3</sup>  | [1]                      |
|        | 間隙率         | 0.4                        | —                  | [1]                      |
|        | 影響物質の分配係数   | 0                          | m <sup>3</sup> /kg | 保守的設定。                   |
|        | 影響物質の実効拡散係数 | 1E-10                      | m <sup>2</sup> /s  | [1] の設定値をまるめた。           |
|        | 分散長         | 0.1                        | m                  | 厚さの1/10。                 |
|        | 動水勾配        | 0.05                       | —                  | 一般的な値である0.1～1.0のおよその中間値。 |
| 天然バリア  | 透水係数        | 1E-8                       | m/s                | [1] での変動幅のうち、保守側の設定。     |
|        | 粒子密度        | 2700                       | kg/m <sup>3</sup>  | [1]                      |
|        | 間隙率         | 0.2                        | —                  | [1]                      |
|        | 影響物質の分配係数   | 0.0.001, 0.01, 0.1, 1      | m <sup>3</sup> /kg |                          |
|        | 影響物質の実効拡散係数 | 1E-9                       | m <sup>2</sup> /s  | [1] の設定値をまるめた。           |
|        | 分散長（縦方向）    | 10                         | m                  | 代表長さ300mとしてその1/10をまるめた。  |
|        | 分散長（横方向）    | <sup>3</sup><br>(縦方向の0.3倍) | m                  | [2] を参考に、縦方向分散長の0.3と設定。  |

[1] 核燃料サイクル開発機構 電気事業連合会 共同作業チーム：TRU 廃棄物処分概念検討書(2000) JNC TY1400 200-001 <sup>83)</sup>

[2] 日本原子力研究所：低レベル放射性廃棄物 陸地処分安全性実証試験（総合安全性実証試験）報告書，昭和 63 年 <sup>84)</sup>

#### 4.4 有害物質の移行評価及び有害物質の制限量の算出

4.3 で整備した評価モデル及びパラメータ等に基づき、環境基準に定められる有害物質について物質移行評価を実施し、評価地点における地下水中の有害物質濃度の最大値を算出する。この濃度が環境基準値を満たすための各処分施設（トレンチ処分、コンクリートピット処分及び余裕深度処分）における有害物質の制限量を算出する。また、環境基準を満足させるために必要な条件及び課題を摘出・整理する。

なお、現在の法体系においては、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下、「炉規法」という。）の範囲で規制される放射性物質等については、環境基本法をはじめとする環境関連法令の規制体系外とされている。放射性廃棄物に係るこれら法令上の取り扱いに関して、特に地下領域における炉規法もしくは環境関連法令の対象となる範囲についての明確な規定がないこと、また、処分施設の管理期間が終了し事業の廃止が許可された後には、環境関連法令の体系下におかれることとなるが、その際の処分施設範囲内における地下水流等を公共水域として取り扱うのか不明であることなどから、本検討で評価点とすべき公共水域境界を明確に定義することは困難である。このため、4.3 で示した各処分施設の既往の検討事例等でのパラメータをもとに、トレンチ処分、ピット処分及び余裕深度処分の一次元物質移行解析では評価点を処分場から 500m 離れた地点とし、余裕深度処分の二次元物質移行解析では評価点を既往研究での評価点をそのまま使用することとする。

##### 4.4.1 トレンチ処分

処分場から 500m 離れた評価点における有害物質の濃度を評価し、これと基準値を比較することにより、各有害物質について処分施設内及び廃棄体中の許容含有量がどの程度になるかについて評価した。各有害物質の移行挙動はそれらの分配係数以外は物質によらず一定であるため、分配係数の感度解析（0, 0.001, 0.01, 0.1 及び 1ml/g の 5 ケース）を実施した。

評価結果（各評価点における最大値）は、表 4.4.1-1 に示すとおりである。表中の数値は、施設内間隙水中の濃度を 1 とした場合の相対濃度である。分配係数が大きくなるにつれて、各評価点におけるピーク値は小さくなるとともに出現時期も遅くなっている。

表 4.4.1-1 トレンチ処分評価結果（評価点の最大値）

| 分配係数 $K_d$ (ml/g) | 0      | 1      | 10     | 100    | 1000   |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 相対濃度 $R$ (—)      | 5.2E-1 | 8.1E-2 | 9.3E-3 | 9.5E-4 | 9.5E-5 |
| ピーク出現時期 (年)       | 9      | 68     | 580    | 5,800  | 58,000 |

上記の評価結果に基づき、各有害物質が評価点において環境基準値を満足するための施設内許容濃度を評価し、廃棄体の許容含有量を算出した結果を表 4.4.1-2 に示す。

施設内許容濃度  $C_R$  は、環境基準値  $C_{EQS}$  を上表の相対濃度  $R$  で除することにより算出できる。

$$C_R = C_{EQS} / R \cdots \cdots (4.4.1-1 \text{ 式})$$

$C_R$  : 施設内許容濃度 (ppm)

$C_{EQS}$  : 環境基準値 (ppm)

$R$  : 相対濃度 (－) (評価点と施設内における濃度の相対値)

また、廃棄体の許容含有量  $C_{WP}$  は次式により算出できる。

$$C_{WP} = C_R \times V_R \times \varepsilon_R / N_{WP} \cdots \cdots (4.4.1-2 \text{ 式})$$

$C_{WP}$  : 廃棄体許容含有量 (g)

$V_R$  : 処分施設体積 ( $m^3$ )

$\varepsilon_R$  : 処分施設内の空隙率 (－)

$N_{WP}$  : 処分施設内の廃棄体本数 (－)

以下に、3.2 で抽出した TRU 廃棄物中に含まれる可能性のある物質を対象に言及する。

#### (1) 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素

「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」は表 3.3-29 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらない。また、TRU 廃棄物のうち主に硝酸性窒素を含む廃棄物であるアスファルト固化体中の  $NaNO_3$  の人工バリア及び天然バリアに対する分配係数データは存在しない。しかしながら、 $NO_3^-$  の分配係数は 0～1ml/g 程度であると予想されることから、評価点における地下水が環境基準を満足するためには廃棄体一体当りの許容含有量は 10～60g となる。

ここで、評価点における地下水流量はトレンチ処分場に侵入する地下水量  $75,000 m^3/y$  ( $= 0.3 m/y \times 500 m \times 500 m$ ) と同量であると仮定した。地下水流速 (ダルシー流速) は  $32.85 m/y$  ( $= 0.3 m/d \times 365 d/y \times 0.3$ ) であることから、評価点における断面積は約  $2,300 m^2$  に相当する。本評価モデルで、処分する廃棄体 100 万本全てがアスファルト固化体の場合、そこに含まれる  $NaNO_3$  含有量 (約 100kg/本、硝酸性窒素量は約 17.0 kg/本) でも環境基準を満足する希釈水量  $V_{DW}$  は次式により算出でき、地下水流量の 300～2,000 倍 ( $2.3 \times 10^7 \sim 1.5 \times 10^8 m^3/y$ ) 必要であることがわかる。なお、第 2 次中間報告における河川流量は  $1 \times 10^8 (m^3/y)$  であることから、この希釈量があれば、河川における環境基準はほぼ満足すると予想される。

$$V_{DW} = (Q_{WPR} / Q_{WPS}) \times V_{GW} \cdots \cdots (4.4.1-3 \text{ 式})$$

$V_{DW}$  : 希釈水量 ( $m^3/y$ )

$Q_{WPR}$  : 廃棄体に含有される有害物質質量 (kg)

$Q_{WPS}$  : 廃棄体一体当たりの許容含有量 (kg)

$V_{GW}$  : 地下水流量 ( $m^3/y$ )

#### (2) カドミウム

「カドミウム」は表 3.3-7 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 10～500ml/g であることから、表 4.4.1-2 より、評価点における地下水が環境基準を満足するための廃棄体の許容含有量は 0.5～50g/本に相当する。

なお、第 2 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 (m^3/y)$ ) の条件下では、分配係数が 10ml/g

のケースで、廃棄体許容含有量は 600g/本となる。

### (3) 全シアン

「全シアン」は表 3.3-8 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらないため、廃棄体の許容含有量を算出することはできない。このため、廃棄体許容含有量の分配係数に対する感度解析（表 4.4.1-2 参照）のみを実施した。廃棄体の許容含有量は分配係数の上昇とともに増加していることがわかる。

なお、環境基準値は「検出されないこと」になっているが、全シアンの分析方法として定められている JIS 規格より算定した定量下限値 0.1mg/L を環境基準として評価した（表 3.1-3 参照）。

### (4) 鉛

「鉛」は表 3.3-9 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 300～20,000ml/g と高い。このため、廃棄体の許容含有量は 5～500g/本に相当すると予想される。なお、分配係数 20,000ml/g に相当する評価値はないが、線形性が成立すると仮定した。

なお、第 2 次中間報告における河川流量（ $1 \times 10^8$  (m<sup>3</sup>/y)）の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 6,000g/本となる。

### (5) クロム

「クロム」は表 3.3-10 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 30～1,000ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 2～200g/本に相当する。

なお、第 2 次中間報告における河川流量（ $1 \times 10^8$  (m<sup>3</sup>/y)）の条件下では、分配係数が 10ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 3,000g/本となる。

### (6) ヒ素

「ヒ素」は表 3.3-11 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 100ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 5g/本に相当する。

なお、第 2 次中間報告における河川流量（ $1 \times 10^8$  (m<sup>3</sup>/y)）の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 6,000g/本となる。

### (7) 水銀

「水銀」は表 3.3-12 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらないため、廃棄体の許容含有量を算出することはできない。このため、廃棄体許容含有量の分配係数に対する感度解析（表 4.4.1-2 参照）のみを実施した。廃棄体の許容含有量は分配係数の上昇とともに増加していることがわかる。

なお、アルキル水銀の環境基準値は「検出されないこと」になっているが、環境庁告示に定められるアルキル水銀の分析方法の検出下限値 0.0005mg/L を環境基準として評価した（表 3.1-3 参照）。



(8) セレン

「セレン」は表 3.3-28 に示すとおり、土壌に対する分配係数が 100～2,000ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 5～50g/本に相当する。

なお、第 2 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 (\text{m}^3/\text{y})$ ) の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 6,000g となる。

This is a blank page.

表 4.4.1-2 トレンチ処分における有害物質の評価結果

| 項目              | 環境基準 | 廃掃法 | 環境基準値                    | 施設内許容濃度[ppm] |            |             |              |               | 廃棄体許含有量[g/本] |            |             |              |               |
|-----------------|------|-----|--------------------------|--------------|------------|-------------|--------------|---------------|--------------|------------|-------------|--------------|---------------|
|                 |      |     |                          | kd : 0mL/g   | kd : 1mL/g | kd : 10mL/g | kd : 100mL/g | kd : 1000mL/g | kd : 0mL/g   | kd : 1mL/g | kd : 10mL/g | kd : 100mL/g | kd : 1000mL/g |
| カドミウム           | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 1.9E-2       | 1.2E-1     | 1.1E+0      | 1.1E+1       | 1.0E+2        | 8.5E-3       | 5.4E-2     | 4.7E-1      | 4.6E+0       | 4.6E+1        |
| 全シアン            | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.1mg/L)    | 1.9E-1       | 1.2E+0     | 1.1E+1      | 1.1E+2       | 1.0E+3        | 8.5E-2       | 5.4E-1     | 4.7E+0      | 4.6E+1       | 4.6E+2        |
| 鉛               | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 1.9E-2       | 1.2E-1     | 1.1E+0      | 1.1E+1       | 1.0E+2        | 8.5E-3       | 5.4E-2     | 4.7E-1      | 4.6E+0       | 4.6E+1        |
| 有機リン化合物         |      | ○   |                          |              |            |             |              |               |              |            |             |              |               |
| 六価クロム           | ○    | ○   | 0.05mg/L 以下              | 9.7E-2       | 6.2E-1     | 5.4E+0      | 5.3E+1       | 5.2E+2        | 4.2E-2       | 2.7E-1     | 2.3E+0      | 2.3E+1       | 2.3E+2        |
| ヒ素              | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 1.9E-2       | 1.2E-1     | 1.1E+0      | 1.1E+1       | 1.0E+2        | 8.5E-3       | 5.4E-2     | 4.7E-1      | 4.6E+0       | 4.6E+1        |
| 水銀              | ○    | ○   | 0.0005mg/L 以下            | 9.7E-4       | 6.2E-3     | 5.4E-2      | 5.3E-1       | 5.2E+0        | 4.2E-4       | 2.7E-3     | 2.3E-2      | 2.3E-1       | 2.3E+0        |
| アルキル水銀          | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.0005mg/L) | 9.7E-4       | 6.2E-3     | 5.4E-2      | 5.3E-1       | 5.2E+0        | 4.2E-4       | 2.7E-3     | 2.3E-2      | 2.3E-1       | 2.3E+0        |
| PCB             | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.0005mg/L) | 9.7E-4       | 6.2E-3     | 5.4E-2      | 5.3E-1       | 5.2E+0        | 4.2E-4       | 2.7E-3     | 2.3E-2      | 2.3E-1       | 2.3E+0        |
| ジクロロメタン         | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 3.9E-2       | 2.5E-1     | 2.1E+0      | 2.1E+1       | 2.1E+2        | 1.7E-2       | 1.1E-1     | 9.4E-1      | 9.2E+0       | 9.2E+1        |
| 四塩化炭素           | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 3.9E-2       | 2.5E-1     | 2.1E+0      | 2.1E+1       | 2.1E+2        | 1.7E-2       | 1.1E-1     | 9.4E-1      | 9.2E+0       | 9.2E+1        |
| 1,2-ジクロロエタン     | ○    | ○   | 0.004mg/L 以下             | 7.7E-3       | 5.0E-2     | 4.3E-1      | 4.2E+0       | 4.2E+1        | 3.4E-3       | 2.2E-2     | 1.9E-1      | 1.8E+0       | 1.8E+1        |
| 1,1-ジクロロエチレン    | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 3.9E-2       | 2.5E-1     | 2.1E+0      | 2.1E+1       | 2.1E+2        | 1.7E-2       | 1.1E-1     | 9.4E-1      | 9.2E+0       | 9.2E+1        |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | ○    | ○   | 0.04mg/L 以下              | 7.7E-2       | 5.0E-1     | 4.3E+0      | 4.2E+1       | 4.2E+2        | 3.4E-2       | 2.2E-1     | 1.9E+0      | 1.8E+1       | 1.8E+2        |
| 1,1,1-トリクロロエタン  | ○    | ○   | 1mg/L 以下                 | 1.9E+0       | 1.2E+1     | 1.1E+2      | 1.1E+3       | 1.0E+4        | 8.5E-1       | 5.4E+0     | 4.7E+1      | 4.6E+2       | 4.6E+3        |
| 1,1,2-トリクロロエタン  | ○    | ○   | 0.006mg/L 以下             | 1.2E-2       | 7.4E-2     | 6.4E-1      | 6.3E+0       | 6.3E+1        | 5.1E-3       | 3.3E-2     | 2.8E-1      | 2.8E+0       | 2.8E+1        |
| トリクロロエチレン       | ○    | ○   | 0.03mg/L 以下              | 5.8E-2       | 3.7E-1     | 3.2E+0      | 3.2E+1       | 3.1E+2        | 2.5E-2       | 1.6E-1     | 1.4E+0      | 1.4E+1       | 1.4E+2        |
| テトラクロロエチレン      | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 1.9E-2       | 1.2E-1     | 1.1E+0      | 1.1E+1       | 1.0E+2        | 8.5E-3       | 5.4E-2     | 4.7E-1      | 4.6E+0       | 4.6E+1        |
| 1,3-ジクロロプロペン    | ○    | ○   | 0.002mg/L 以下             | 3.9E-3       | 2.5E-2     | 2.1E-1      | 2.1E+0       | 2.1E+1        | 1.7E-3       | 1.1E-2     | 9.4E-2      | 9.2E-1       | 9.2E+0        |
| チウラム            | ○    | ○   | 0.006mg/L 以下             | 1.2E-2       | 7.4E-2     | 6.4E-1      | 6.3E+0       | 6.3E+1        | 5.1E-3       | 3.3E-2     | 2.8E-1      | 2.8E+0       | 2.8E+1        |
| シマジン            | ○    | ○   | 0.003mg/L 以下             | 5.8E-3       | 3.7E-2     | 3.2E-1      | 3.2E+0       | 3.1E+1        | 2.5E-3       | 1.6E-2     | 1.4E-1      | 1.4E+0       | 1.4E+1        |
| チオベンカルブ         | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 3.9E-2       | 2.5E-1     | 2.1E+0      | 2.1E+1       | 2.1E+2        | 1.7E-2       | 1.1E-1     | 9.4E-1      | 9.2E+0       | 9.2E+1        |
| ベンゼン            | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 1.9E-2       | 1.2E-1     | 1.1E+0      | 1.1E+1       | 1.0E+2        | 8.5E-3       | 5.4E-2     | 4.7E-1      | 4.6E+0       | 4.6E+1        |
| セレン             | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 1.9E-2       | 1.2E-1     | 1.1E+0      | 1.1E+1       | 1.0E+2        | 8.5E-3       | 5.4E-2     | 4.7E-1      | 4.6E+0       | 4.6E+1        |
| 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素   | ○    |     | 10mg/L 以下                | 1.9E+1       | 1.2E+2     | 1.1E+3      | 1.1E+4       | 1.0E+5        | 8.5E+0       | 5.4E+1     | 4.7E+2      | 4.3E+3       | 4.6E+4        |
| フッ素             | ○    |     | 0.8mg/L 以下               | 1.5E+0       | 9.9E+0     | 8.6E+1      | 8.4E+2       | 8.4E+3        | 6.8E-1       | 4.3E+0     | 3.8E+1      | 3.7E+2       | 3.7E+3        |
| ホウ素             | ○    |     | 1mg/L 以下                 | 1.9E+0       | 1.2E+1     | 1.1E+2      | 1.1E+3       | 1.0E+4        | 8.5E-1       | 5.4E+0     | 4.7E+1      | 4.6E+2       | 4.6E+3        |
| 石綿              |      | ○   |                          |              |            |             |              |               |              |            |             |              |               |

#### 4.4.2 コンクリートピット処分

コンクリートピット処分についても、トレンチ処分と同様に処分場から 500m 離れた評価点における有害物質の濃度を評価し、これと基準値を比較することにより、各有害物質について廃棄体中の許容含有量がどの程度になるかについて、分配係数を変数とした感度解析を実施した。

評価結果（各評価点における最大値）は、表 4.4.2-1 に示すとおりである。表中の数値は、施設内間隙水中の濃度を 1 とした場合の相対濃度である。トレンチ処分と同様、分配係数が大きくなるにつれて、各評価点におけるピーク値は小さくなるとともに、出現時期も遅くなっている。

表 4.4.2-1 コンクリートピット処分評価結果（評価点の最大値）

| 分配係数 $K_d$ (ml/g) | 0      | 1      | 10     | 100     | 1000   |
|-------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| 相対濃度 $R$ (—)      | 1.0E-1 | 9.7E-3 | 1.1E-3 | 1.1E-4  | 1.1E-5 |
| ピーク出現時期 (年)       | 220    | 2,300  | 22,000 | 220,000 | 2.2E+6 |

上記の評価結果に基づき、各有害物質が評価点において環境基準値を満足するための施設内許容濃度を評価し、廃棄体の許容含有量を算出した結果を表 4.4.2-2 に示す。

施設内許容濃度及び廃棄体の許容含有量は、4.4.1-1 式及び 4.4.1-2 式を用いて算出した。

以下に、3.2 で抽出した TRU 廃棄物中に含まれる可能性のある物質を対象に言及する。

##### (1) 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素

「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」は表 3.3-29 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらない。また、TRU 廃棄物のうち、主に硝酸性窒素を含む廃棄物であるアスファルト固化体中の  $\text{NaNO}_3$  の人工バリア及び天然バリアに対する分配係数データは存在しない。しかしながら、 $\text{NO}_3^-$  の分配係数は 0～1ml/g 程度であると予想されることから、評価点における環境基準を満足するための廃棄体一体当りの許容含有量は 40～450g となる。

ここで、評価点における地下水流量はコンクリートピット処分場に侵入する地下水量  $25,000\text{m}^3/\text{y}$  ( $=0.1\text{m}/\text{y} \times 500\text{m} \times 500\text{m}$ ) と同量であると仮定した。地下水流速（ダルシー流速）は  $1.095\text{m}/\text{y}$  ( $=0.01\text{m}/\text{d} \times 365\text{d}/\text{y} \times 0.3$ ) であることから、評価点における断面積は約  $23,000\text{m}^2$  に相当する。今回設定した評価モデルで、処分する廃棄体 100 万本全てがアスファルト固化体とした場合、そこに含まれる  $\text{NaNO}_3$  含有量（約 100kg/本、硝酸性窒素量は 17.0 kg/本）でも環境基準を満足する希釈水量は、4.4.1-3 式により算出でき、地下水流量の 40～400 倍 ( $1.0 \times 10^6 \sim 1.0 \times 10^7\text{m}^3/\text{y}$ ) 必要であることがわかる。なお、第 2 次中間報告における河川流量は  $1 \times 10^8$  ( $\text{m}^3/\text{y}$ ) であることから、この希釈量があれば、河川における環境基準は満足すると予想される。

## (2) カドミウム

「カドミウム」は表 3.3-7 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 10～500ml/g であることから、表 4.4.2-2 より、評価点における地下水が環境基準を満足するための廃棄体の許容含有量は 4～40g/本に相当する。

なお、第 2 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 (\text{m}^3/\text{y})$ ) の条件下では、分配係数が 10ml/g のケースで、廃棄体許容含有量は 17,000g/本となる。

## (3) 全シアン

「全シアン」は表 3.3-8 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらないため、廃棄体の許容含有量を算出することはできない。このため、廃棄体許容含有量の分配係数に対する感度解析 (表 4.4.2-2 参照) のみを実施した。廃棄体の許容含有量は分配係数の上昇とともに増加していることがわかる。

なお、環境基準値は「検出されないこと」になっているが、全シアンの分析方法として定められている JIS 規格より算定した定量下限値 0.1mg/L を環境基準として評価した (表 3.1-3 参照)。

## (4) 鉛

「鉛」は表 3.3-9 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 300～20,000ml/g と高い。このため、廃棄体の許容含有量は 40～4,000g/本に相当すると予想される。なお、分配係数 20,000ml/g に相当する評価値はないが、線形性が成立すると仮定した。

なお、第 2 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 (\text{m}^3/\text{y})$ ) の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 160,000g/本となる。

## (5) クロム

「クロム」は表 3.3-10 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 30～1,000ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 20～2,000g/本に相当する。

なお、第 2 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 (\text{m}^3/\text{y})$ ) の条件下では、分配係数が 10ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 80,000g/本となる。

## (6) ヒ素

「ヒ素」は表 3.3-11 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 100ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 40g/本に相当する。

なお、第 2 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 (\text{m}^3/\text{y})$ ) の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 160,000g/本となる。

## (7) 水銀

「水銀」は表 3.3-12 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらないため、廃棄体の許容含有量を算出することはできない。このため、廃棄体許容含有量の分配係数に対

する感度解析（表 4.4.2-2 参照）のみを実施した。廃棄体の許容含有量は分配係数の上昇とともに増加していることがわかる。

なお、アルキル水銀の環境基準値は「検出されないこと」になっているが、環境庁告示に定められるアルキル水銀の分析方法の検出下限値 0.0005mg/L を環境基準として評価した（表 3.1-3 参照）。

(8) セレン

「セレン」は表 3.3-28 に示すとおり、土壌に対する分配係数が 100～2,000ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 40～400g/本に相当する。

なお、第2次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 (\text{m}^3/\text{y})$ ) の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 160,000g/本となる。

This is a blank page.

表 4.4.2-2 コンクリートピット処分における有害物質の評価結果

| 項目              | 環境基準 | 廃掃法 | 環境基準値                    | 施設内許容濃度[ppm] |            |             |              |               | 廃棄体許含有量[g/本] |            |             |              |               |
|-----------------|------|-----|--------------------------|--------------|------------|-------------|--------------|---------------|--------------|------------|-------------|--------------|---------------|
|                 |      |     |                          | kd : 0mL/g   | kd : 1mL/g | kd : 10mL/g | kd : 100mL/g | kd : 1000mL/g | kd : 0mL/g   | kd : 1mL/g | kd : 10mL/g | kd : 100mL/g | kd : 1000mL/g |
| カドミウム           | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 9.6E-2       | 1.0E+0     | 9.5E+0      | 9.4E+1       | 9.4E+2        | 4.2E-2       | 4.5E-1     | 4.2E+0      | 4.1E+1       | 4.1E+2        |
| 全シアン            | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.1mg/L)    | 9.6E-1       | 1.0E+1     | 9.5E+1      | 9.4E+2       | 9.4E+3        | 4.2E-1       | 4.5E+0     | 4.2E+1      | 4.1E+2       | 4.1E+3        |
| 鉛               | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 9.6E-2       | 1.0E+0     | 9.5E+0      | 9.4E+1       | 9.4E+2        | 4.2E-2       | 4.5E-1     | 4.2E+0      | 4.1E+1       | 4.3E+2        |
| 有機リン化合物         |      | ○   |                          |              |            |             |              |               |              |            |             |              |               |
| 六価クロム           | ○    | ○   | 0.05mg/L 以下              | 4.8E-1       | 5.2E+0     | 4.7E+1      | 4.7E+2       | 4.7E+3        | 2.1E-1       | 2.3E+0     | 2.1E+1      | 2.1E+2       | 2.1E+3        |
| ヒ素              | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 9.6E-2       | 1.0E+0     | 9.5E+0      | 9.4E+1       | 9.4E+2        | 4.2E-2       | 4.5E-1     | 4.2E+0      | 4.1E+1       | 4.1E+2        |
| 水銀              | ○    | ○   | 0.0005mg/L 以下            | 4.8E-3       | 5.2E-2     | 4.7E-1      | 4.7E+0       | 4.7E+1        | 2.1E-3       | 2.3E-2     | 2.1E-1      | 2.1E+0       | 2.1E+1        |
| アルキル水銀          | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.0005mg/L) | 4.8E-3       | 5.2E-2     | 4.7E-1      | 4.7E+0       | 4.7E+1        | 2.1E-3       | 2.3E-2     | 2.1E-1      | 2.1E+0       | 2.1E+1        |
| PCB             | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.0005mg/L) | 4.8E-3       | 5.2E-2     | 4.7E-1      | 4.7E+0       | 4.7E+1        | 2.1E-3       | 2.3E-2     | 2.1E-1      | 2.1E+0       | 2.1E+1        |
| ジクロロメタン         | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 1.9E-1       | 2.1E+0     | 1.9E+1      | 1.9E+2       | 1.9E+3        | 8.4E-2       | 9.0E-1     | 8.3E+0      | 8.2E+1       | 8.2E+2        |
| 四塩化炭素           | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 1.9E-1       | 2.1E+0     | 1.9E+1      | 1.9E+2       | 1.9E+3        | 8.4E-2       | 9.0E-1     | 8.3E+0      | 8.2E+1       | 8.2E+2        |
| 1,2-ジクロロエタン     | ○    | ○   | 0.004mg/L 以下             | 3.8E-2       | 4.1E-1     | 3.8E+0      | 3.8E+1       | 3.8E+2        | 1.7E-2       | 1.8E-1     | 1.7E+0      | 1.6E+1       | 1.6E+2        |
| 1,1-ジクロロエチレン    | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 1.9E-1       | 2.1E+0     | 1.9E+1      | 1.9E+2       | 1.9E+3        | 8.4E-2       | 9.0E-1     | 8.3E+0      | 8.2E+1       | 8.2E+2        |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | ○    | ○   | 0.04mg/L 以下              | 3.8E-1       | 4.1E+0     | 3.8E+1      | 3.8E+2       | 3.8E+3        | 1.7E-1       | 1.8E+0     | 1.7E+1      | 1.6E+2       | 1.6E+3        |
| 1,1,1-トリクロロエタン  | ○    | ○   | 1mg/L 以下                 | 9.6E+0       | 1.0E+2     | 9.5E+2      | 9.4E+3       | 9.4E+4        | 4.2E+0       | 4.5E+1     | 4.2E+2      | 4.1E+3       | 4.1E+4        |
| 1,1,2-トリクロロエタン  | ○    | ○   | 0.006mg/L 以下             | 5.7E-2       | 6.2E-1     | 5.7E+0      | 5.6E+1       | 5.7E+2        | 2.5E-2       | 2.7E-1     | 2.5E+0      | 2.5E+1       | 2.5E+2        |
| トリクロロエチレン       | ○    | ○   | 0.03mg/L 以下              | 2.9E-1       | 3.1E+0     | 2.8E+1      | 2.8E+2       | 2.8E+3        | 1.3E-1       | 1.4E+0     | 1.2E+1      | 1.2E+2       | 1.2E+3        |
| テトラクロロエチレン      | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 9.6E-2       | 1.0E+0     | 9.5E+0      | 9.4E+1       | 9.4E+2        | 4.2E-2       | 4.5E-1     | 4.2E+0      | 4.1E+1       | 4.1E+2        |
| 1,3-ジクロロプロペン    | ○    | ○   | 0.002mg/L 以下             | 1.9E-2       | 2.1E-1     | 1.9E+0      | 1.9E+1       | 1.9E+2        | 8.4E-3       | 9.0E-2     | 8.3E-1      | 8.2E+0       | 8.2E+1        |
| チウラム            | ○    | ○   | 0.006mg/L 以下             | 5.7E-2       | 6.2E-1     | 5.7E+0      | 5.6E+1       | 5.7E+2        | 2.5E-2       | 2.7E-1     | 2.5E+0      | 2.5E+1       | 2.5E+2        |
| シマジン            | ○    | ○   | 0.003mg/L 以下             | 2.9E-2       | 3.1E-1     | 2.8E+0      | 2.8E+1       | 2.8E+2        | 1.3E-2       | 1.4E-1     | 1.2E+0      | 1.2E+1       | 1.2E+2        |
| チオベンカルプ         | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 1.9E-1       | 2.1E+0     | 1.9E+1      | 1.9E+2       | 1.9E+3        | 8.4E-2       | 9.0E-1     | 8.3E+0      | 8.2E+1       | 8.2E+2        |
| ベンゼン            | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 9.6E-2       | 1.0E+0     | 9.5E+0      | 9.4E+1       | 9.4E+2        | 4.2E-2       | 4.5E-1     | 4.2E+0      | 4.1E+1       | 4.1E+2        |
| セレン             | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 9.6E-2       | 1.0E+0     | 9.5E+0      | 9.4E+1       | 9.4E+2        | 4.2E-2       | 4.5E-1     | 4.2E+0      | 4.1E+1       | 4.1E+2        |
| 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素   | ○    |     | 10mg/L 以下                | 9.6E+1       | 1.0E+3     | 9.5E+3      | 9.4E+4       | 9.4E+5        | 4.2E+1       | 4.5E+2     | 4.2E+3      | 4.1E+4       | 4.1E+5        |
| フッ素             | ○    |     | 0.8mg/L 以下               | 7.7E+0       | 8.3E+1     | 7.6E+2      | 7.5E+3       | 7.5E+4        | 3.4E+0       | 3.6E+1     | 3.3E+2      | 3.3E+3       | 3.3E+4        |
| ホウ素             | ○    |     | 1mg/L 以下                 | 9.6E+0       | 1.0E+2     | 9.5E+2      | 9.4E+3       | 9.4E+4        | 4.2E+0       | 4.5E+1     | 4.2E+2      | 4.1E+3       | 4.1E+4        |
| 石綿              |      | ○   |                          |              |            |             |              |               |              |            |             |              |               |



#### 4.4.3 余裕深度処分

##### (1) 一次元物質移行解析

余裕深度処分についても、トレンチ処分及びコンクリートピット処分と同様に処分場から 500m 離れた評価点における有害物質の濃度を評価し、これと基準値を比較することにより、各有害物質について廃棄体中の許容含有量がどの程度になるかについて、分配係数を変数とした感度解析を実施した。

評価結果（各評価点における最大値）は、表 4.4.3-1 に示すとおりである。表中の数値は、施設内間隙水中の濃度を 1 とした場合の相対濃度である。トレンチ処分及びコンクリートピット処分同様、分配係数が大きくなるにつれて、各評価点におけるピーク値は小さくなるとともに、出現時期も遅くなっている。

表 4.4.3-1 余裕深度処分評価結果（評価点の最大値）

| 分配係数 $K_d$ (ml/g) | 0      | 1      | 10     | 100     | 1000   |
|-------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| 相対濃度 $R$ (—)      | 3.5E-2 | 3.1E-3 | 3.3E-4 | 3.4E-5  | 3.3E-6 |
| ピーク出現時期 (年)       | 1,100  | 10,000 | 92,000 | 860,000 | 8.6E+6 |

上記の評価結果に基づき、各有害物質が評価点において環境基準値を満足するための施設内許容濃度を評価し、廃棄体の許容含有量を算出した結果を表 4.4.3-2 に示す。

施設内許容濃度及び廃棄体の許容含有量は、4.4.1-1 式及び 4.4.1-2 式を用いて算出した。  
以下に、3.2 で抽出した TRU 廃棄物中に含まれる可能性のある物質を対象に言及する。

##### ① 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素

「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」は表 3.3-29 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらない。また、TRU 廃棄物のうち、主に硝酸性窒素を含む廃棄物であるアスファルト固化体中の  $\text{NaNO}_3$  の、人工バリア及び天然バリアに対する分配係数データは存在しない。しかしながら、 $\text{NO}_3^-$  の分配係数は 0～1ml/g 程度であると予想されることから、評価点における環境基準を満足するための廃棄体一体当りの許容含有量は 100～1,100g となる。

ここで、評価点における地下水流量は余裕深度処分場に侵入する地下水量  $2,920 \text{ m}^3/\text{y}$  ( $= 0.0731 \text{ m}/\text{y} \times 200 \text{ m} \times 200 \text{ m}$ ) と同量であると仮定した。地下水流速（ダルシー流速）は第 3 次中間報告における一次元物質移行モデル及び使用パラメータ（図 4.3.2-1 参照）に基づけば、200m 地点までは  $0.073 \text{ m}/\text{y}$  ( $= 0.001 \text{ m}/\text{d} \times 365 \text{ d}/\text{y} \times 0.2$ ) であり、200m 地点以降は  $1.095 \text{ m}/\text{y}$  ( $= 0.01 \text{ m}/\text{d} \times 365 \text{ d}/\text{y} \times 0.3$ ：第 3 次中間報告) であることから、評価点における断面積は約  $2,700 \text{ m}^2$  に相当する。今回設定した評価モデルで、処分する廃棄体 20 万本全てがアスファルト固化体とした場合、そこに含まれる  $\text{NaNO}_3$  含有量（約 100kg/本、硝酸性窒素量は 17.0 kg/本）でも環境基準を満足する希釈水量は、4.4.1-3 式により算出でき、

地下水流量の 15～170 倍 ( $4.4 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{y}$ ) 必要であることがわかる。なお、第 3 次中間報告における河川流量は  $1 \times 10^8 \text{ (m}^3/\text{y)}$  であることから、この希釈量があれば、河川における環境基準は十分満足すると予想される。

## ② カドミウム

「カドミウム」は表 3.3-7 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 10～500ml/g であることから、表 4.4.3-2 より、評価点における地下水が環境基準を満足するための廃棄体の許容含有量は 10～100g/本に相当する。

なお、第 3 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 \text{ (m}^3/\text{y)}$ ) の条件下では、分配係数が 10ml/g のケースで、廃棄体許容含有量は 380,000g/本となる。

## ③ 全シアン

「全シアン」は表 3.3-8 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらないため、廃棄体の許容含有量を算出することはできない。このため、廃棄体許容含有量の分配係数に対する感度解析 (表 4.4.3-2 参照) のみを実施した。廃棄体の許容含有量は分配係数の上昇とともに増加していることがわかる。

なお、環境基準値は「検出されないこと」になっているが、全シアンの分析方法として定められている JIS 規格より算定した定量下限値 0.1mg/L を環境基準として評価した (表 3.1-3 参照)。

## ④ 鉛

「鉛」は表 3.3-9 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 300～20,000ml/g と高い。このため、廃棄体の許容含有量は 100～10,000g/本に相当すると予想される。なお、分配係数 20,000ml/g に相当する評価値はないが、線形性が成立すると仮定した。

なお、第 3 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 \text{ (m}^3/\text{y)}$ ) の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 3,400,000g/本となる。

## ⑤ クロム

「クロム」は表 3.3-10 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 30～1,000ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 50～5,000g/本に相当する。

なお、第 3 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 \text{ (m}^3/\text{y)}$ ) の条件下では、分配係数が 10ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 1,800,000g/本となる。

## ⑥ ヒ素

「ヒ素」は表 3.3-11 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 100ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 100g/本に相当する。

なお、第 3 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 \text{ (m}^3/\text{y)}$ ) の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 3,400,000g/本となる。

## ⑦ 水銀

「水銀」は表 3.3-12 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらないため、廃棄体の許容含有量を算出することはできない。このため、廃棄体許容含有量の分配係数に対する感度解析（表 4.4.3-2 参照）のみを実施した。廃棄体の許容含有量は分配係数の上昇とともに増加していることがわかる。

なお、アルキル水銀の環境基準値は「検出されないこと」になっているが、環境庁告示に定められるアルキル水銀の分析方法の検出下限値 0.0005mg/L を環境基準として評価した（表 3.1-3 参照）。

## ⑧ セレン

「セレン」は表 3.3-28 に示すとおり、土壌に対する分配係数が 100～2,000ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 100～1000g/本に相当する。

なお、第 3 次中間報告における河川流量（ $1 \times 10^8$  (m<sup>3</sup>/y)）の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は 3,400,000g/本となる。

This is a blank page.

表 4.4.3-2 余裕深度処分における有害物質の評価結果

| 項目              | 環境基準 | 廃掃法 | 環境基準値                    | 施設内許容濃度[ppm] |            |             |              |               | 廃棄体許含有量[g/本] |            |             |              |               |
|-----------------|------|-----|--------------------------|--------------|------------|-------------|--------------|---------------|--------------|------------|-------------|--------------|---------------|
|                 |      |     |                          | kd : 0mL/g   | kd : 1mL/g | kd : 10mL/g | kd : 100mL/g | kd : 1000mL/g | kd : 0mL/g   | kd : 1mL/g | kd : 10mL/g | kd : 100mL/g | kd : 1000mL/g |
| カドミウム           | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 2.9E-1       | 3.3E+0     | 3.0E+1      | 3.0E+2       | 3.0E+3        | 1.0E-1       | 1.1E+0     | 1.1E+1      | 1.0E+2       | 1.0E+3        |
| 全シアン            | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.1mg/L)    | 2.9E+0       | 3.3E+1     | 3.0E+2      | 3.0E+3       | 3.0E+4        | 1.0E+0       | 1.1E+1     | 1.1E+2      | 1.0E+3       | 1.0E+4        |
| 鉛               | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 2.9E-1       | 3.3E+0     | 3.0E+1      | 3.0E+2       | 3.0E+3        | 1.0E-1       | 1.1E+0     | 1.1E+1      | 1.0E+2       | 1.0E+3        |
| 有機リン化合物         |      | ○   |                          |              |            |             |              |               |              |            |             |              |               |
| 六価クロム           | ○    | ○   | 0.05mg/L 以下              | 1.4E+0       | 1.6E+1     | 1.5E+2      | 1.5E+3       | 1.5E+4        | 5.0E-1       | 5.7E+0     | 5.3E+1      | 5.2E+2       | 5.2E+3        |
| ヒ素              | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 2.9E-1       | 3.3E+0     | 3.0E+1      | 3.0E+2       | 3.0E+3        | 1.0E-1       | 1.1E+0     | 1.1E+1      | 1.0E+2       | 1.0E+3        |
| 水銀              | ○    | ○   | 0.0005mg/L 以下            | 1.4E-2       | 1.6E-1     | 1.5E+0      | 1.5E+1       | 1.5E+2        | 5.0E-3       | 5.7E-2     | 5.3E-1      | 5.2E+0       | 5.2E+1        |
| アルキル水銀          | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.0005mg/L) | 1.4E-2       | 1.6E-1     | 1.5E+0      | 1.5E+1       | 1.5E+2        | 5.0E-3       | 5.7E-2     | 5.3E-1      | 5.2E+0       | 5.2E+1        |
| PCB             | ○    | ○   | 検出されないこと<br>(0.0005mg/L) | 1.4E-2       | 1.6E-1     | 1.5E+0      | 1.5E+1       | 1.5E+2        | 5.0E-3       | 5.7E-2     | 5.3E-1      | 5.2E+0       | 5.2E+1        |
| ジクロロメタン         | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 5.7E-1       | 6.5E+0     | 6.0E+1      | 6.0E+2       | 6.0E+3        | 2.0E-1       | 2.3E+0     | 2.1E+1      | 2.1E+2       | 2.1E+3        |
| 四塩化炭素           | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 5.7E-1       | 6.5E+0     | 6.0E+1      | 6.0E+2       | 6.0E+3        | 2.0E-1       | 2.3E+0     | 2.1E+1      | 2.1E+2       | 2.1E+3        |
| 1,2-ジクロロエタン     | ○    | ○   | 0.004mg/L 以下             | 1.1E-1       | 1.3E+0     | 1.2E+1      | 1.2E+2       | 1.2E+3        | 4.0E-2       | 4.6E-1     | 4.2E+0      | 4.2E+1       | 4.2E+2        |
| 1,1-ジクロロエチレン    | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 5.7E-1       | 6.5E+0     | 6.0E+1      | 6.0E+2       | 6.0E+3        | 2.0E-1       | 2.3E+0     | 2.1E+1      | 2.1E+2       | 2.1E+3        |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | ○    | ○   | 0.04mg/L 以下              | 1.1E+0       | 1.3E+1     | 1.2E+2      | 1.2E+3       | 1.2E+4        | 4.0E-1       | 4.6E+0     | 4.2E+1      | 4.2E+2       | 4.2E+3        |
| 1,1,1-トリクロロエタン  | ○    | ○   | 1mg/L 以下                 | 2.9E+1       | 3.3E+2     | 3.0E+3      | 3.0E+4       | 3.0E+5        | 1.0E-1       | 1.1E+2     | 1.1E+3      | 1.0E+4       | 1.0E+5        |
| 1,1,2-トリクロロエタン  | ○    | ○   | 0.006mg/L 以下             | 1.7E-1       | 2.0E+0     | 1.8E+1      | 1.8E+2       | 1.8E+3        | 6.0E-2       | 6.8E-1     | 6.3E+0      | 6.3E+1       | 6.3E+2        |
| トリクロロエチレン       | ○    | ○   | 0.03mg/L 以下              | 8.6E-1       | 9.8E+0     | 9.0E+1      | 8.9E+2       | 9.0E+3        | 3.0E-1       | 3.4E+0     | 3.2E+1      | 3.1E+2       | 3.1E+3        |
| テトラクロロエチレン      | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 2.9E-1       | 3.3E+0     | 3.0E+1      | 3.0E+2       | 3.0E+3        | 1.0E-1       | 1.1E+0     | 1.1E+1      | 1.0E+2       | 1.0E+3        |
| 1,3-ジクロロプロペン    | ○    | ○   | 0.002mg/L 以下             | 5.7E-2       | 6.5E-1     | 6.0E+0      | 6.0E+1       | 6.0E+2        | 2.0E-2       | 2.3E-1     | 2.1E+0      | 2.1E+1       | 2.1E+2        |
| チウラム            | ○    | ○   | 0.006mg/L 以下             | 1.7E-1       | 2.0E+0     | 1.8E+1      | 1.8E+2       | 1.8E+3        | 6.0E-2       | 6.8E-1     | 6.3E+0      | 6.3E+1       | 6.3E+2        |
| シマジン            | ○    | ○   | 0.003mg/L 以下             | 8.6E-2       | 9.8E-1     | 9.0E+0      | 8.9E+1       | 9.0E+2        | 3.0E-2       | 3.4E-1     | 3.2E+0      | 3.1E+1       | 3.1E+2        |
| チオベンカルプ         | ○    | ○   | 0.02mg/L 以下              | 5.7E-1       | 6.5E+0     | 6.0E+1      | 6.0E+2       | 6.0E+3        | 2.0E-1       | 2.3E+0     | 2.1E+1      | 2.1E+2       | 2.1E+3        |
| ベンゼン            | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 2.9E-1       | 3.3E+0     | 3.0E+1      | 3.0E+2       | 3.0E+3        | 1.0E-1       | 1.1E+0     | 1.1E+1      | 1.0E+2       | 1.0E+3        |
| セレン             | ○    | ○   | 0.01mg/L 以下              | 2.9E-1       | 3.3E+0     | 3.0E+1      | 3.0E+2       | 3.0E+3        | 1.0E-1       | 1.1E+0     | 1.1E+1      | 1.0E+2       | 1.0E+3        |
| 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素   | ○    |     | 10mg/L 以下                | 2.9E+2       | 3.3E+3     | 3.0E+4      | 3.0E+5       | 3.0E+6        | 1.0E+2       | 1.1E+3     | 1.1E+4      | 1.0E+5       | 1.0E+6        |
| フッ素             | ○    |     | 0.8mg/L 以下               | 2.3E+1       | 2.6E+2     | 2.4E+3      | 2.4E+4       | 2.4E+5        | 8.0E+0       | 9.1E+1     | 8.4E+2      | 8.3E+3       | 8.4E+4        |
| ホウ素             | ○    |     | 1mg/L 以下                 | 2.9E+1       | 3.3E+2     | 3.0E+3      | 3.0E+4       | 3.0E+5        | 1.0E+1       | 1.1E+2     | 1.1E+3      | 1.0E+4       | 1.0E+5        |
| 石綿              |      | ○   |                          |              |            |             |              |               |              |            |             |              |               |

## (2) 二次元物質移行解析

二次元物質移行解析では、複数の評価点における有害物質の濃度を算出し、これと基準値を比較することにより、各有害物質について廃棄体中の許容含有量がどの程度になるかについて評価した。各有害物質の移行挙動は、それらの分配係数以外は物質によらず一定であるため、分配係数の感度解析（0, 0.001, 0.01, 0.1 及び 1ml/g の 5 ケース）を実施した。評価点は、既往研究と同じく、処分施設境界、処分施設下流地点（200, 300 及び 400m の 3 点）とした。

二次元物質移行解析結果を図 4.4.3-1～図 4.4.3-5 に示すとともに、施設内濃度を 1 とした場合の各評価点における相対濃度の最大値を表 4.4.3-3 に示す。分配係数が大きくなるにつれて、一次元物質移行解析と同じく、各評価点におけるピーク値は小さくなるとともに、出現時期も遅くなっている。

なお、一次元物質移行解析においては評価点を 500m としているが、表 4.4.3-3 から判断して、二次元物質移行解析による相対濃度は各評価点 200m、300m 及び 400m で同じであることから、500m についても同等の数値になると予想される。

表 4.4.3-3 評価結果（各評価点の最大値及びピーク到達時間）

| kd[ml/g]         |                 | 0                 | 1                   | 10                    | 100                      | 1000                       |
|------------------|-----------------|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|
| 相対<br>濃度<br>R[-] | 施設境界            | 0.3<br>(100 年後)   | 0.05<br>(500 年後)    | 0.005<br>(3,000 年後)   | 0.0005<br>(30,000 年後)    | 0.00005<br>(300,000 年後)    |
|                  | 評価点 1<br>(200m) | 0.1<br>(3,000 年後) | 0.01<br>(30,000 年後) | 0.001<br>(300,000 年後) | 0.0001<br>(3,000,000 年後) | 0.00001<br>(30,000,000 年後) |
|                  | 評価点 2<br>(300m) | 0.1<br>(5,000 年後) | 0.01<br>(50,000 年後) | 0.001<br>(500,000 年後) | 0.0001<br>(5,000,000 年後) | 0.00001<br>(50,000,000 年後) |
|                  | 評価点 3<br>(400m) | 0.1<br>(5,000 年後) | 0.01<br>(60,000 年後) | 0.001<br>(500,000 年後) | 0.0001<br>(5,000,000 年後) | 0.00001<br>(60,000,000 年後) |

上記の評価結果に基づき、各有害物質が評価点において環境基準値を満足するための施設内許容濃度を評価し、廃棄体の許容含有量を算出した結果を表 4.4.3-4 に示す。

施設内許容濃度及び廃棄体の許容含有量は、4.4.1-1 式及び 4.4.1-2 式を用いて算出した。

以下に、3.2 で抽出した TRU 廃棄物中に含まれる可能性のある物質を対象に言及する。

## ① 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素

「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」は表 3.3-29 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらない。また、TRU 廃棄物のうち、主に硝酸性窒素を含む廃棄物であるアスファルト固化体中の  $\text{NaNO}_3$  の人工バリア及び天然バリアに対する分配係数データは存在し

ない。しかしながら、 $\text{NO}_3^-$ の分配係数は  $0\sim 1\text{ml/g}$  程度であると予想されることから、評価点における環境基準を満足するための廃棄体一体当たりの許容含有量は  $20\sim 200\text{g/本}$  となる。

ここで、二次元物質移行解析条件（天然バリアの透水係数： $1\times 10^{-8}\text{m/s}$ 、動水勾配： $0.05$ 、間隙率： $0.2$ ）から、地下水流速は約  $0.0032\text{m/y}$  で、施設投影面積（ $10\text{m}\times 200\text{m}$ ）に相当する地下水流量は約  $6\text{m}^3/\text{y}$  であり、アスファルト固化体に含まれる硝酸性窒素量は前述の通り  $17.0\text{kg/本}$  であることから、評価点において環境基準を満足するためには、この地下水流量の  $85\sim 850$  倍（ $5.1\times 10^2\sim 5.1\times 10^3\text{m}^3/\text{y}$ ）の希釈量が必要になる。これに対し、第3次中間報告における河川流量は  $1\times 10^8$ （ $\text{m}^3/\text{y}$ ）であることから、この希釈量があれば、河川における環境基準は十分満足すると予想される。

## ② カドミウム

「カドミウム」は表 3.3-7 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で  $10\sim 500\text{ml/g}$  であることから、表 4.4.3-4 より、評価点における地下水が環境基準を満足するための廃棄体の許容含有量は  $2\sim 20\text{g/本}$  に相当する。

なお、第3次中間報告における河川流量（ $1\times 10^8$ （ $\text{m}^3/\text{y}$ ））の条件下では、分配係数が  $10\text{ml/g}$  のケースで、廃棄体許容含有量は  $3\times 10^7\text{g/本}$  となる。

## ③ 全シアン

「全シアン」は表 3.3-8 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらないため、廃棄体の許容含有量を算出することはできない。このため、廃棄体許容含有量の分配係数に対する感度解析（4.4.3-4 参照）のみを実施した。廃棄体の許容含有量は分配係数の上昇とともに増加していることがわかる。

なお、環境基準値は「検出されないこと」になっているが、全シアンの分析方法として定められている JIS 規格より算定した定量下限値  $0.1\text{mg/L}$  を環境基準として評価した（表 3.1-3 参照）。

## ④ 鉛

「鉛」は表 3.3-9 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で  $300\sim 20,000\text{ml/g}$  と高い。このため、廃棄体の許容含有量は  $20\sim 2,000\text{g/本}$  に相当すると予想される。なお、分配係数  $20,000\text{ml/g}$  に相当する評価値はないが、線形性が成立すると仮定した。

なお、第3次中間報告における河川流量（ $1\times 10^8$ （ $\text{m}^3/\text{y}$ ））の条件下では、分配係数が  $100\text{ml/g}$  程度のケースで、廃棄体許容含有量は  $3\times 10^8\text{g/本}$  となる。

## ⑤ クロム

「クロム」は表 3.3-10 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で  $30\sim 1,000\text{ml/g}$  である。このため、廃棄体の許容含有量は  $10\sim 1,000\text{g/本}$  に相当する。

なお、第3次中間報告における河川流量（ $1\times 10^8$ （ $\text{m}^3/\text{y}$ ））の条件下では、分配係数が

100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は  $2 \times 10^8 \text{g/本}$  となる。

#### ⑥ ヒ素

「ヒ素」は表 3.3-11 に示すとおり、土壌に対する分配係数が平均で 100ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 20g/本に相当する。

なお、第 3 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 \text{ (m}^3\text{/y)}$ ) の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は  $3 \times 10^8 \text{g/本}$  となる。

#### ⑦ 水銀

「水銀」は表 3.3-12 に示すとおり、土壌に対する分配係数データが見当たらないため、廃棄体の許容含有量を算出することはできない。このため、廃棄体許容含有量の分配係数に対する感度解析（表 4.4.3-4 参照）のみを実施した。廃棄体の許容含有量は分配係数の上昇とともに増加していることがわかる。

なお、アルキル水銀の環境基準値は「検出されないこと」になっているが、環境庁告示に定められるアルキル水銀の分析方法の検出下限値 0.0005mg/L を環境基準として評価した（表 3.1-3 参照）。

#### ⑧ セレン

「セレン」は表 3.3-28 に示すとおり、土壌に対する分配係数が 100～2,000ml/g である。このため、廃棄体の許容含有量は 20～200g/本に相当する。

なお、第 3 次中間報告における河川流量 ( $1 \times 10^8 \text{ (m}^3\text{/y)}$ ) の条件下では、分配係数が 100ml/g 程度のケースで、廃棄体許容含有量は  $3 \times 10^8 \text{g/本}$  となる。



This is a blank page.

表 4.4.3-4 余裕深度処分における有害物質の二次元物質移行評価結果

| 項目              | 環境基準値                    | 施設内許容濃度[ppm] |            |            |            |             |            |              |            |               |            | 廃棄体許含有量[g/本] |            |            |            |             |            |              |            |               |            |
|-----------------|--------------------------|--------------|------------|------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|--------------|------------|------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|---------------|------------|
|                 |                          | kd : 0mL/g   |            | kd : 1mL/g |            | kd : 10mL/g |            | kd : 100mL/g |            | kd : 1000mL/g |            | kd : 0mL/g   |            | kd : 1mL/g |            | kd : 10mL/g |            | kd : 100mL/g |            | kd : 1000mL/g |            |
|                 |                          | 施設境界         | 評価点<br>1～3 | 施設境界       | 評価点<br>1～3 | 施設境界        | 評価点<br>1～3 | 施設境界         | 評価点<br>1～3 | 施設境界          | 評価点<br>1～3 | 施設境界         | 評価点<br>1～3 | 施設境界       | 評価点<br>1～3 | 施設境界        | 評価点<br>1～3 | 施設境界         | 評価点<br>1～3 | 施設境界          | 評価点<br>1～3 |
| カドミウム           | 0.01mg/L 以下              | 0.03         | 0.1        | 0.2        | 1          | 2           | 10         | 20           | 100        | 200           | 1000       | 0.008        | 0.02       | 0.05       | 0.2        | 0.5         | 2          | 5            | 20         | 50            | 200        |
| 全シアン            | 検出されないこと<br>(0.1mg/L)    | 0.3          | 1          | 2          | 10         | 20          | 100        | 200          | 1000       | 2000          | 10000      | 0.08         | 0.2        | 0.5        | 2          | 5           | 20         | 50           | 200        | 500           | 2000       |
| 鉛               | 0.01mg/L 以下              | 0.03         | 0.1        | 0.2        | 1          | 2           | 10         | 20           | 100        | 200           | 1000       | 0.008        | 0.02       | 0.05       | 0.2        | 0.5         | 2          | 5            | 20         | 50            | 200        |
| 有機リン化合物         |                          |              |            |            |            |             |            |              |            |               |            |              |            |            |            |             |            |              |            |               |            |
| 六価クロム           | 0.05mg/L 以下              | 0.2          | 0.5        | 1          | 5          | 10          | 50         | 100          | 500        | 1000          | 5000       | 0.04         | 0.1        | 0.2        | 1          | 2           | 10         | 20           | 100        | 200           | 1000       |
| ヒ素              | 0.01mg/L 以下              | 0.03         | 0.1        | 0.2        | 1          | 2           | 10         | 20           | 100        | 200           | 1000       | 0.008        | 0.02       | 0.05       | 0.2        | 0.5         | 2          | 5            | 20         | 50            | 200        |
| 水銀              | 0.0005mg/L 以下            | 0.002        | 0.005      | 0.01       | 0.05       | 0.1         | 0.5        | 1            | 5          | 10            | 50         | 0.0004       | 0.001      | 0.002      | 0.01       | 0.02        | 0.1        | 0.2          | 1          | 2             | 10         |
| アルキル水銀          | 検出されないこと<br>(0.0005mg/L) | 0.002        | 0.005      | 0.01       | 0.05       | 0.1         | 0.5        | 1            | 5          | 10            | 50         | 0.0004       | 0.001      | 0.002      | 0.01       | 0.02        | 0.1        | 0.2          | 1          | 2             | 10         |
| PCB             | 検出されないこと<br>(0.0005mg/L) | 0.002        | 0.005      | 0.01       | 0.05       | 0.1         | 0.5        | 1            | 5          | 10            | 50         | 0.0004       | 0.001      | 0.002      | 0.01       | 0.02        | 0.1        | 0.2          | 1          | 2             | 10         |
| ジクロロメタン         | 0.02mg/L 以下              | 0.07         | 0.2        | 0.4        | 2          | 4           | 20         | 40           | 200        | 400           | 2000       | 0.02         | 0.05       | 0.09       | 0.5        | 0.9         | 5          | 9            | 50         | 90            | 500        |
| 四塩化炭素           | 0.02mg/L 以下              | 0.07         | 0.2        | 0.4        | 2          | 4           | 20         | 40           | 200        | 400           | 2000       | 0.02         | 0.05       | 0.09       | 0.5        | 0.9         | 5          | 9            | 50         | 90            | 500        |
| 1,2-ジクロロエタン     | 0.004mg/L 以下             | 0.01         | 0.04       | 0.08       | 0.4        | 0.8         | 4          | 8            | 40         | 80            | 400        | 0.003        | 0.009      | 0.02       | 0.09       | 0.2         | 0.9        | 2            | 9          | 20            | 90         |
| 1,1-ジクロロエチレン    | 0.02mg/L 以下              | 0.07         | 0.2        | 0.4        | 2          | 4           | 20         | 40           | 200        | 400           | 2000       | 0.02         | 0.05       | 0.09       | 0.5        | 0.9         | 5          | 9            | 50         | 90            | 500        |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | 0.04mg/L 以下              | 0.1          | 0.4        | 0.8        | 4          | 8           | 40         | 80           | 400        | 800           | 4000       | 0.03         | 0.09       | 0.2        | 0.9        | 2           | 9          | 20           | 90         | 200           | 900        |
| 1,1,1-トリクロロエタン  | 1mg/L 以下                 | 3            | 10         | 20         | 100        | 200         | 1000       | 2000         | 10000      | 20000         | 100000     | 0.8          | 2          | 5          | 20         | 50          | 200        | 500          | 2000       | 5000          | 20000      |
| 1,1,2-トリクロロエタン  | 0.006mg/L 以下             | 0.02         | 0.06       | 0.1        | 0.6        | 1           | 6          | 10           | 60         | 100           | 600        | 0.005        | 0.01       | 0.03       | 0.1        | 0.3         | 1          | 3            | 10         | 30            | 100        |
| トリクロロエチレン       | 0.03mg/L 以下              | 0.1          | 0.3        | 0.6        | 3          | 6           | 30         | 60           | 300        | 600           | 3000       | 0.02         | 0.07       | 0.1        | 0.7        | 1           | 7          | 10           | 70         | 100           | 700        |
| テトラクロロエチレン      | 0.01mg/L 以下              | 0.03         | 0.1        | 0.2        | 1          | 2           | 10         | 20           | 100        | 200           | 1000       | 0.008        | 0.02       | 0.05       | 0.2        | 0.5         | 2          | 5            | 20         | 50            | 200        |
| 1,3-ジクロロプロペン    | 0.002mg/L 以下             | 0.007        | 0.02       | 0.04       | 0.2        | 0.4         | 2          | 4            | 20         | 40            | 200        | 0.002        | 0.005      | 0.009      | 0.05       | 0.09        | 0.5        | 0.9          | 5          | 9             | 50         |
| チウラム            | 0.006mg/L 以下             | 0.02         | 0.06       | 0.1        | 0.6        | 1           | 6          | 10           | 60         | 100           | 600        | 0.005        | 0.01       | 0.03       | 0.1        | 0.3         | 1          | 3            | 10         | 30            | 100        |
| シマジン            | 0.003mg/L 以下             | 0.01         | 0.03       | 0.06       | 0.3        | 0.6         | 3          | 6            | 30         | 60            | 300        | 0.002        | 0.007      | 0.01       | 0.07       | 0.1         | 0.7        | 1            | 7          | 10            | 70         |
| チオベンカルブ         | 0.02mg/L 以下              | 0.07         | 0.2        | 0.4        | 2          | 4           | 20         | 40           | 200        | 400           | 2000       | 0.02         | 0.05       | 0.09       | 0.5        | 0.9         | 5          | 9            | 50         | 90            | 500        |
| ベンゼン            | 0.01mg/L 以下              | 0.03         | 0.1        | 0.2        | 1          | 2           | 10         | 20           | 100        | 200           | 1000       | 0.008        | 0.02       | 0.05       | 0.2        | 0.5         | 2          | 5            | 20         | 50            | 200        |
| セレン             | 0.01mg/L 以下              | 0.03         | 0.1        | 0.2        | 1          | 2           | 10         | 20           | 100        | 200           | 1000       | 0.008        | 0.02       | 0.05       | 0.2        | 0.5         | 2          | 5            | 20         | 50            | 200        |
| 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素   | 10mg/L 以下                | 30           | 100        | 200        | 1000       | 2000        | 10000      | 20000        | 100000     | 200000        | 1000000    | 8            | 20         | 50         | 200        | 500         | 2000       | 5000         | 20000      | 50000         | 200000     |
| フッ素             | 0.8mg/L 以下               | 3            | 8          | 120        | 80         | 200         | 800        | 2000         | 8000       | 20000         | 80000      | 0.6          | 2          | 4          | 20         | 40          | 200        | 400          | 2000       | 4000          | 20000      |
| ホウ素             | 1mg/L 以下                 | 3            | 10         | 20         | 100        | 200         | 1000       | 2000         | 10000      | 20000         | 100000     | 0.8          | 2          | 5          | 20         | 50          | 200        | 500          | 2000       | 5000          | 20000      |
| 石綿              |                          |              |            |            |            |             |            |              |            |               |            |              |            |            |            |             |            |              |            |               |            |

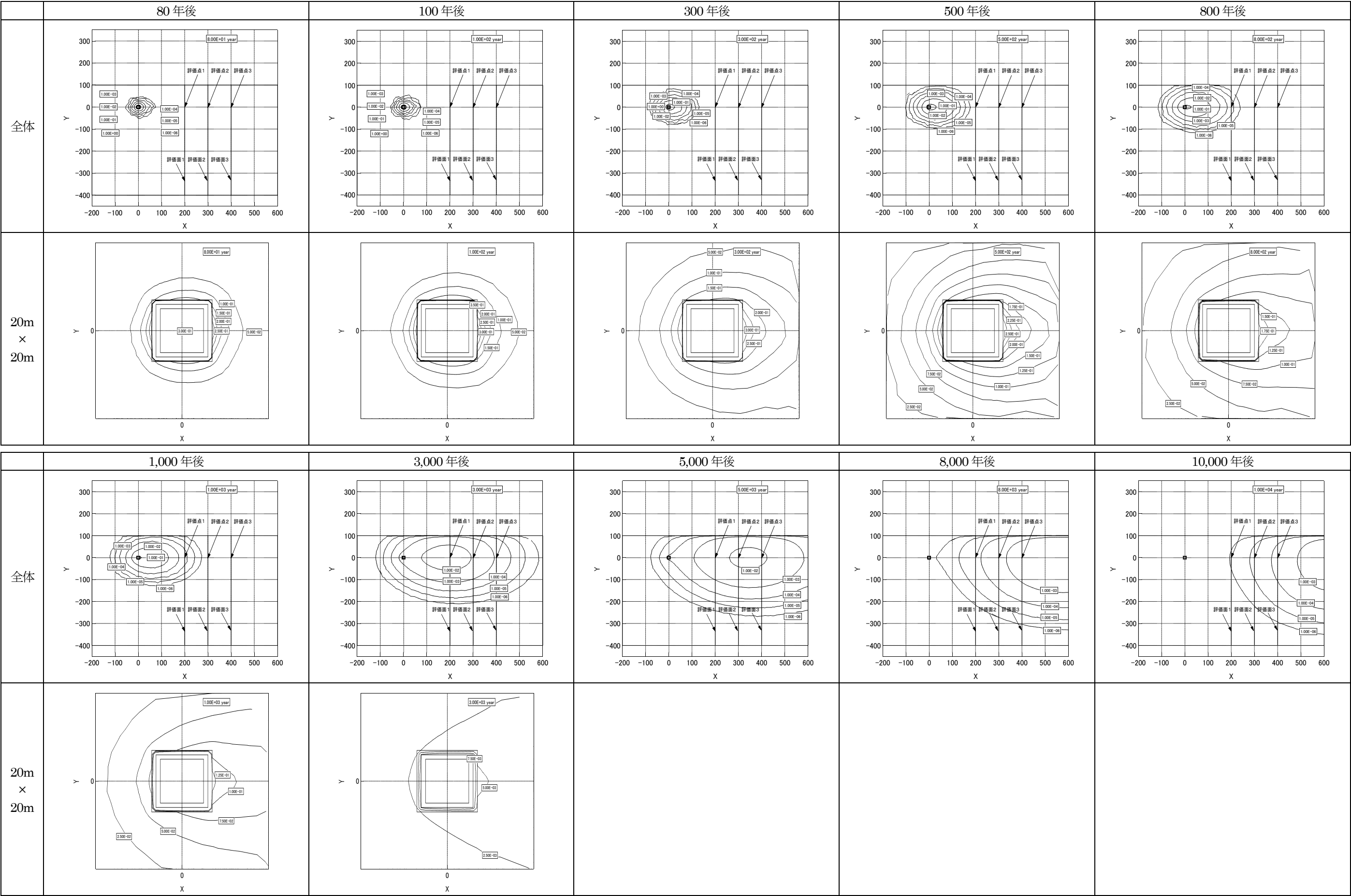


図 4.4.3-1 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：0ml/g）

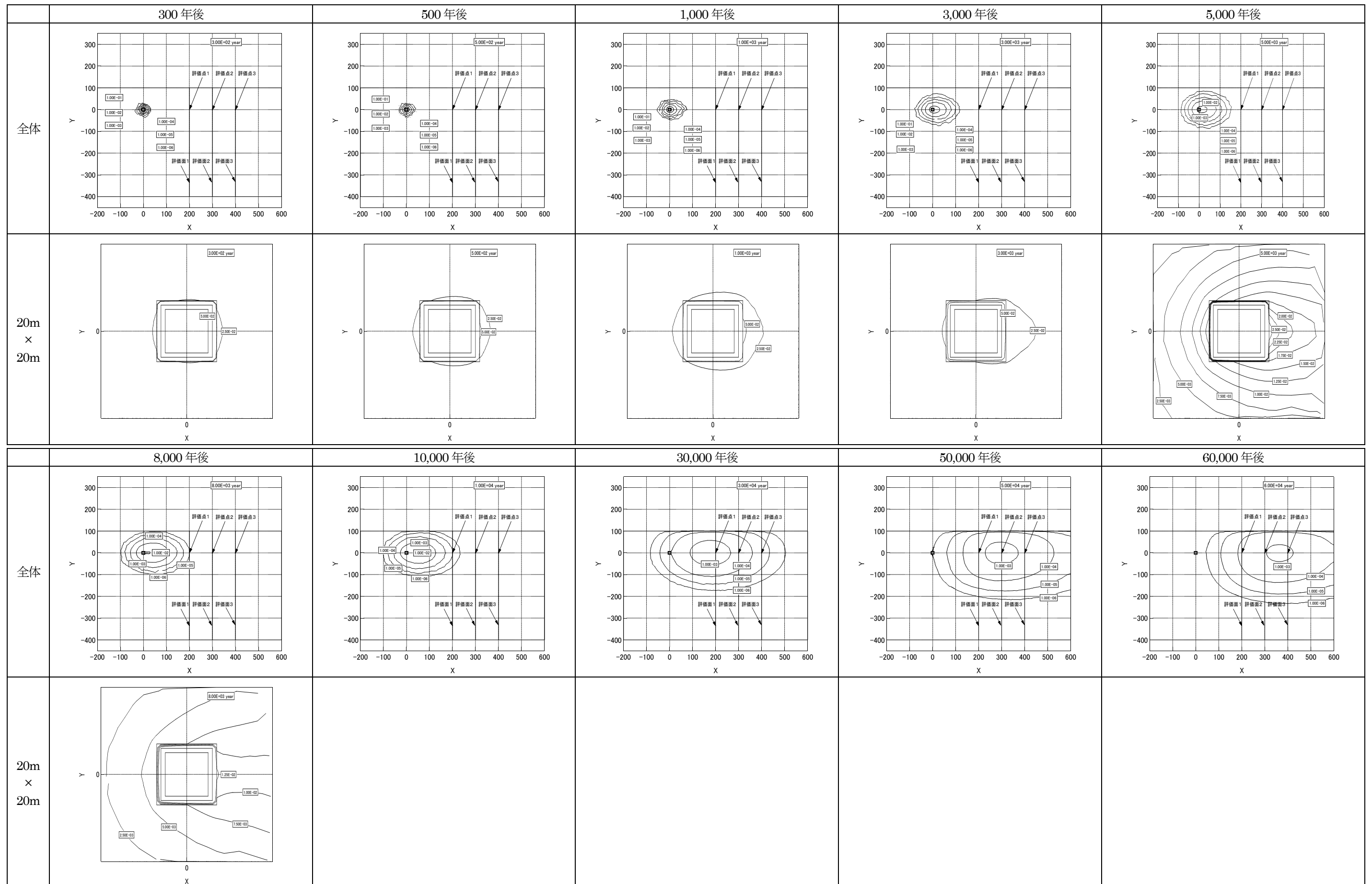


図 4.4.3-2 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：1ml/g）

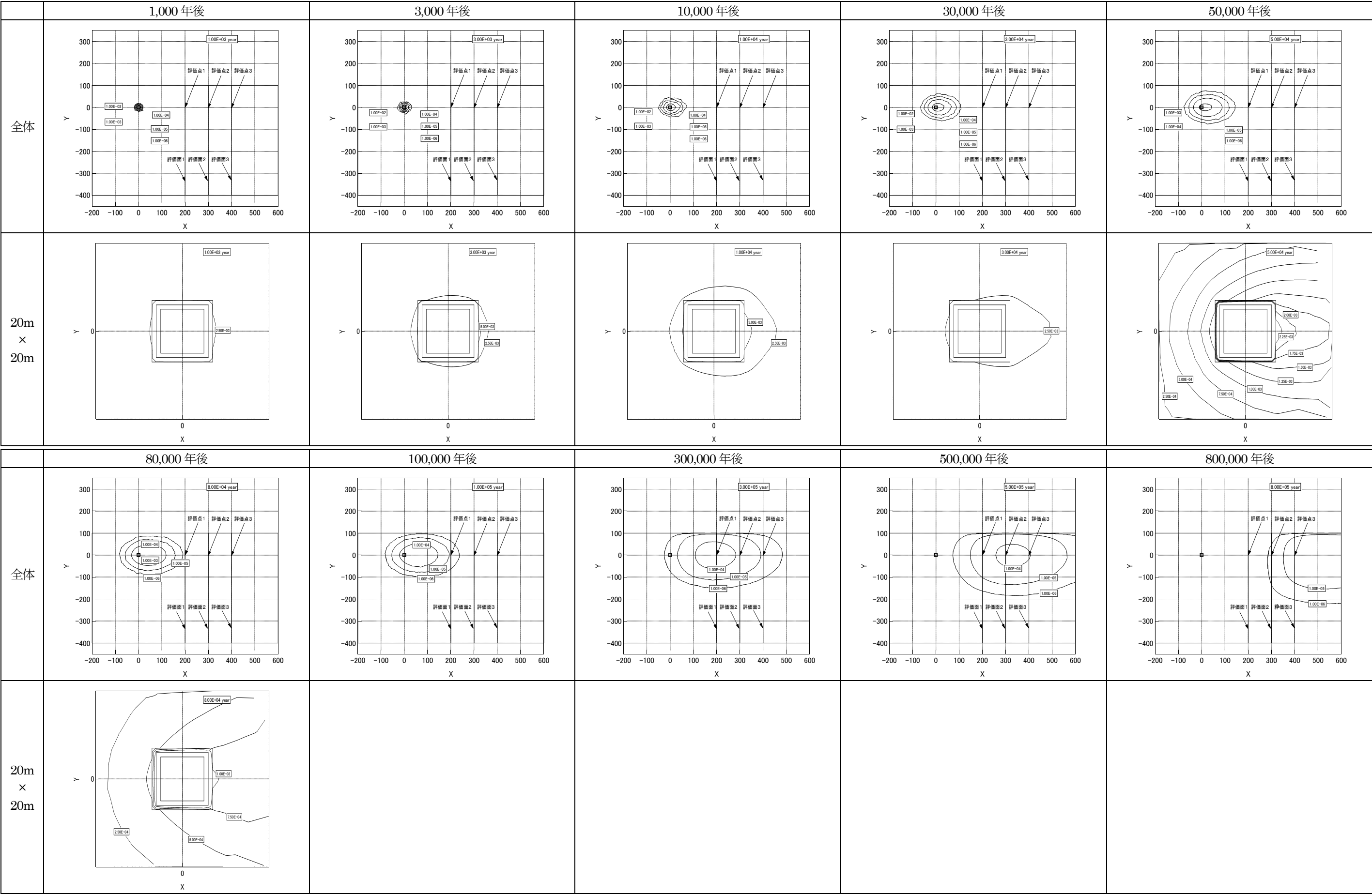


図 4.4.3-3 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：10ml/g）

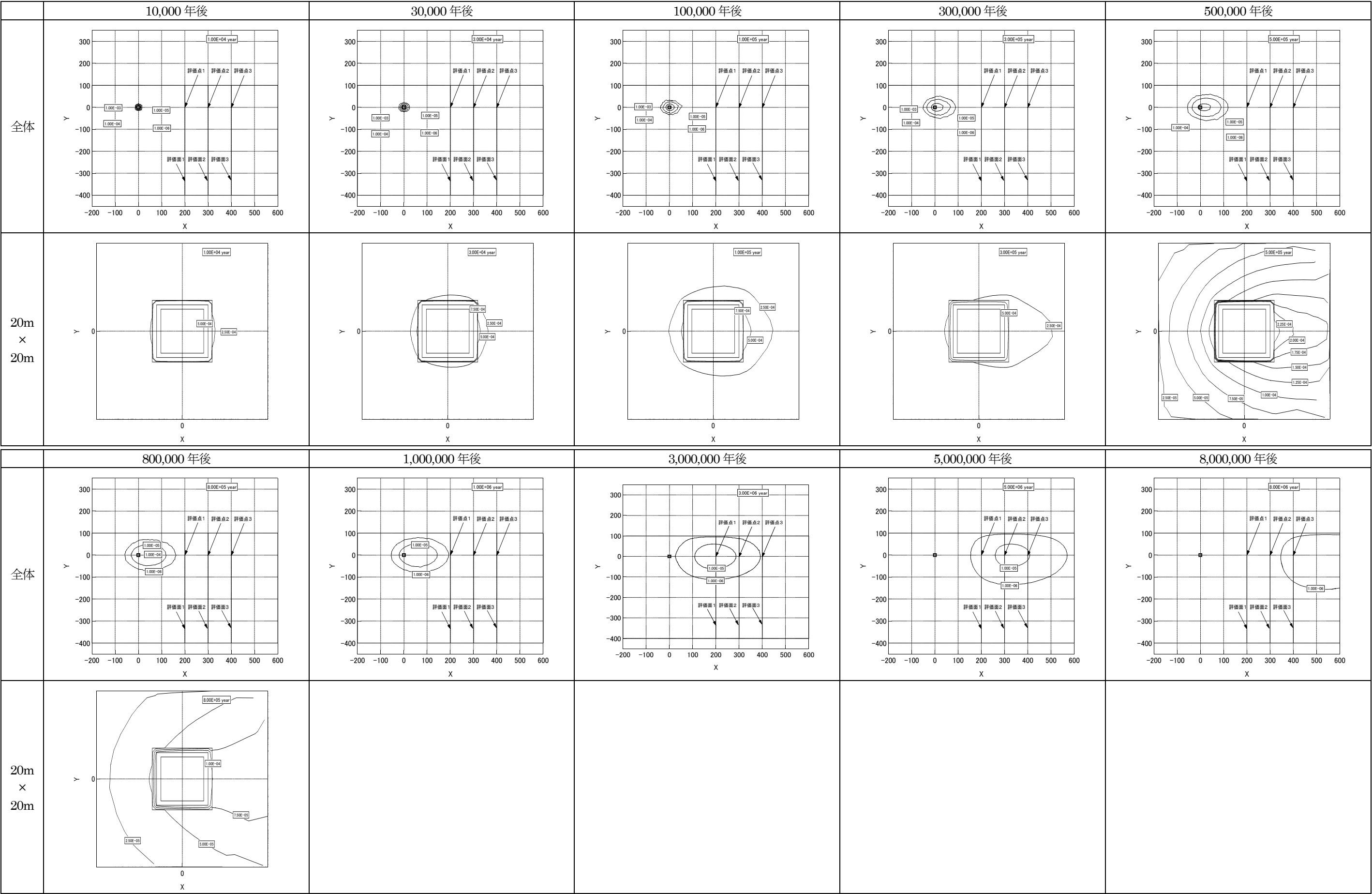


図 4.4.3-4 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果 (分配係数 : 100ml/g)



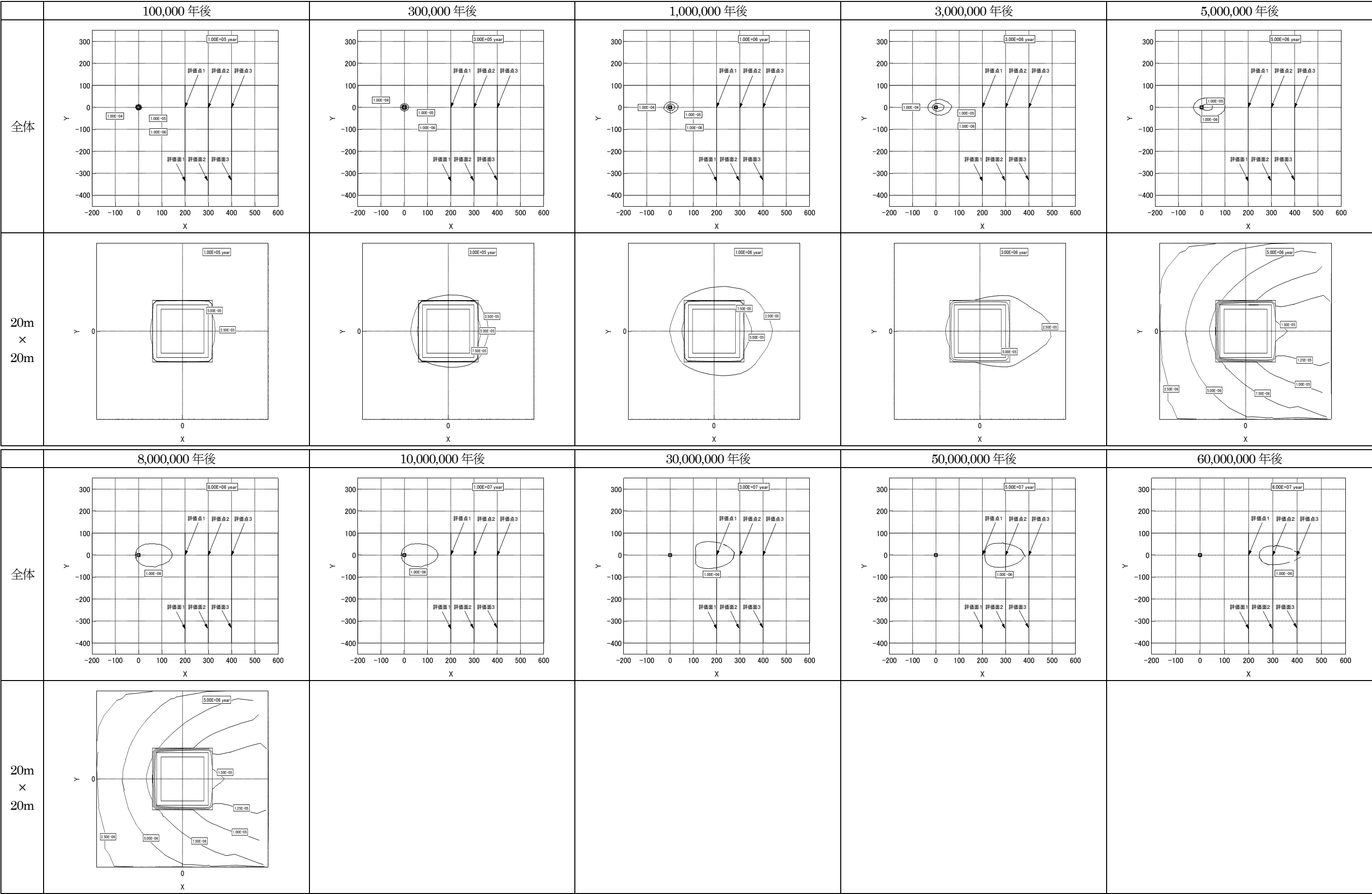


図 4.4.3-5 余裕深度処分における二次元物質移行解析結果（分配係数：1000ml/g）

## (3) 一次元物質移行解析と二次元物質移行解析との比較

余裕深度処分については、トレンチ処分及びコンクリートピット処分と同じく、濃度上限値を導出した際に使用した一次元物質移行解析と既往研究で評価されている二次元物質移行解析の2通りの方法により、廃棄体の許容含有量を評価した。

各化学物質の廃棄体許容含有量の比較結果は表 4.4.3-5 に示すとおりであり、二次元物質移行解析から算出した廃棄体許容含有量は一次元物質移行解析のそれよりも約 1/5 小さい。

なお、二次元物質移行解析結果から算出した廃棄体許容含有量が一次元物質移行解析結果のそれより小さくなる理由は、一次元物質移行解析では評価点における最大値を解析結果そのもので正確に評価しているのに対し、二次元物質移行解析では、プルームの解析結果（図 4.4.3-1～4.4.3-5 参照）に基づき、各評価点における最大値（表 4.4.3-3 参照）を 1 桁単位で評価しているため、少し保守的になると考えられる。

表 4.4.3-5 一次元物質移行解析と二次元物質移行解析の比較結果

| 化学物質              | 分配係数<br>(ml/g) | 廃棄体許容含有量 (g/本) |          |
|-------------------|----------------|----------------|----------|
|                   |                | 一次元物質移行        | 二次元物質移行  |
| 硝酸性窒素及び<br>亜硝酸性窒素 | 0～1            | 100～1,100      | 20～200   |
| カドミウム             | 10～500         | 10～100         | 2～20     |
| 全シアン              | データなし          | ——             | ——       |
| 鉛                 | 300～20,000     | 100～10,000     | 20～2,000 |
| 六価クロム             | 30～1,000       | 50～5,000       | 10～1,000 |
| ヒ素                | 100            | 100            | 20       |
| 水銀                | データなし          | ——             | ——       |
| セレン               | 100～2,000      | 100～1,000      | 20～200   |



#### 4.4.4 まとめ

今回は、処分施設から一定距離はなれた地点での地下水中の有害物質濃度を評価したうえで、当該評価地点において河川に地下水が流れ込むことを想定し、その際に水に係る環境基準を河川において満たすための水量を、処分する廃棄物に含まれる物量がある程度明確となっているアスファルト固化体を対象に算出するとともに、原子力安全委員会報告書による河川水量を前提とした各有害物質の許容含有量について処分区別に評価した。

現時点においては、今回評価した有害物質がどの処分区分にどれだけ処分されるかは未定であるが、硝酸性窒素に関しては、仮に各処分施設に処分する廃棄物を全数アスファルト固化体とした場合でも、今回設定した水理パラメータ及び一般的な河川水量が期待できれば、河川における環境基準は満足することになる。また、原子力安全委員会報告書による河川水量が存在すれば、故意に高濃度の物質を廃棄物中に混在しない限り、河川における環境基準を満足することが可能と考えられる。しかしながら、水理パラメータ等についてはサイト依存性が高く、かつ、環境影響評価における評価ポイントについては統一見解がないこと、評価対象とする範囲（地下水及び土壌の範囲）や管理期間後の処分施設内に残留する有害物質の法的取り扱いなどが整理されていないことなどから、今後はこれらに関する規制動向を踏まえつつ、処分サイトの選定段階に合わせてより詳細な検討が必要であると考えられる。

また、3.1 で示したとおり、現時点では環境基準として定められていないが、状況に応じて健康項目への移行等の検討が必要とされる「要監視項目」に規定されている物質が 27 物質あるほか、PRTR 法に定められる化学物質などもある。放射性廃棄物の処分は他に類を見ない超長期の事業であることを考え、今後これら物質に関する動向を注視する必要があると考えられる。

また、各化学物質が本評価の廃棄体許容含有量以下になることの確認方法については、廃棄物管理及び処理側からの検討が今後必要であると考えられる。

## 5. TRU 廃棄物の臨界に関する検討

TRU 廃棄物の廃棄体には、プルトニウムが比較的高濃度で含有されるものがある。このため、処分施設内での廃棄体配置や、埋設後の核種移行に伴う濃集などによる臨界の可能性について検討する。具体的には、既往の処分研究における臨界の取り扱いについて調査・整理するとともに、その結果などから、TRU 廃棄物の各処分区分別の臨界可能性について検討する。また、想定される処分場の条件などを基に臨界評価を実施し、臨界の可能性について検討する。

### 5.1 既往研究における臨界の取扱い

本項では、既往研究における臨界の取り扱いについて、高レベル廃棄物の地層処分の技術的検討結果を取り纏めた、「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 ―地層処分研究開発第 2 次とりまとめ―」（以下、「HLW 二次とりまとめ」という）<sup>85)</sup>及び、TRU 廃棄物の処分技術に係る検討結果を取り纏めた「TRU 廃棄物処分技術検討書 ―第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ―」（以下、「TRU 二次レポート」という）<sup>83)</sup>を中心に調査・整理した。

HLW 二次取りまとめ及び TRU 二次レポートでは、それまでの研究成果等を基に、以下に示す理由により臨界を安全評価の対象から除外している。

「臨界の可能性については、兵器級プルトニウムを地層処分することによる自己触媒的な臨界到達の可能性が指摘された (Bowman and Venneri, 1995)。しかし、このような臨界が生じるうえで必要となる種々のプロセスに対する発生確率は無視できる程小さく、このような臨界が発生しても放出エネルギーがきわめて小さく、地層処分システムの性能に影響を与えることはないと判断されている (Parks et al., 1995; Konynenburg, 1995)。また、安ほか (1998) は、ガラス固化体を地層処分する場合について、臨界が生じる可能性を論じている。その結果として、処分場に埋設された 40,000 本のガラス固化体から放出された核種が 1 点に濃集すると仮定しても、ウランが媒体中で動きにくい場合、ウランの濃集量はたかだか数モル程度と無視できるくらいに小さいことを示し、仮に濃集が起きた場合でも、母岩である花崗岩の間隙率が 30%を越えない場合、臨界事象の可能性は否定できるとした。」

上文の中で、臨界現象を安全評価の対象から外す理由の中心となっているものが、安ほか (1998) <sup>86)</sup>の文献である。この文献では、HLW (ガラス固化体) を対象とした地層処分における臨界到達の可能性の有無について、以下の通り解析的に検討されている。

まず埋設された廃棄体から漏出した核分裂性物質が、地層中に濃集され得る濃集量について解析を実施している。本解析に使用されたガラス固化体のインベントリは、HLW 二次とりまとめのそれと比較しても大差はなく、核種移行モデルについても HLW 二次とりまとめと同等のモデルが採用されている。

解析に先立って、

- ✓ ガラス固化体のインベントリから、1 本あたりに含まれる熱核分裂性物質の量はそれ

のみでは臨界に達しないこと

- ✓ ガラス固化体中の TRU 核種の半減期はガラスの溶解／変質に要する時間 (HLW 二次取りまとめにおける人工バリア中核種移行解析で使用するガラス溶解速度では、約 65,000 年) と同程度かそれよりも短いとともに、岩盤中の濃集点までの到達時間を考慮すれば、アクチニド核種は崩壊によりウランとなっている可能性が高いことから、本解析ではウランを対象とした臨界評価とする

との前提条件を整理するとともに、仮定条件を以下の通り整理している。

- ✓ 固化体から放出された核種は分散などにより途中で散逸することなく、すべて地下水流の下流に仮定された 1 点の濃集点まで運ばれる。ただし、輸送途中の放射性崩壊による損失は考慮する
- ✓ 仮定された濃集点まで生き残った核種は、そこですべて濃集する。さらに下流には運ばれないものとする
- ✓ 処分場の固化体から放出された物質は、すべて 1 点の濃集点に向けて運ばれる
- ✓ 隣接する固化体が当該固化体からの核種の放出に影響せず、それぞれを独立に取り扱えると仮定する

これら前提条件等のもと、ウランの親核種であるアクチニド核種の崩壊の影響を調べるため 3 ケースを設定して解析を実施し、ウランを最も動き易く、ウラン以外のアクチニド核種は最も動き難く設定したケースにおいてのみ、ウランの濃縮度は約 12% で、濃集可能なウランの質量は最大 40,000 mol となり、臨界の可能性が否定できないとしている。

これを受けて、12%濃縮ウランが水で飽和した岩と均質に混合して「炉心」を形成した場合、臨界に達する最小ウラン質量を評価し、以下の結果を得ている。

- ✓ 空隙率が 10%の花崗岩の場合、自己触媒的臨界は発生しない
- ✓ 空隙率が 30%の花崗岩の場合、12%濃縮ウランで 280kg が濃集すると、自己触媒的臨界が生じる

以上の展開に対して、HLW 二次取りまとめにおいては、

- ✓ 地質環境の不均質性から考えて、4 万本のガラス固化体から放出された核種が全て 1 点に濃集するとの仮定は現実的ではないこと
- ✓ 仮に 4 万本から放出された核種が 1 点に集まったとしても、可逆的な化学反応を考えればそこで全量とどまるとの仮定は現実的ではないこと
- ✓ 仮に全量とどまったとしても、HLW 二次取りまとめで設定している周辺岩盤におけるウランの分配係数は、安ほか (1998) が設定した核種が動きにくい場合に当てはまること

から、臨界の可能性を除外している。

また、TRU 二次レポートにおいては、これらの検討結果をそのまま受けて、適切なサイト選定、工学的対策、発生確率などの観点から除外可能としている。

## 5.2 TRU 廃棄物による臨界可能性検討

今回我々が対象とする TRU 廃棄物は、5.1 で評価対象とした地層処分対象の廃棄物以外に、余裕深度処分や浅地中処分対象の廃棄物が存在する。これら廃棄物は HLW と比較して核種組成及び処分の具体的方法が異なる。このため、全ての TRU 廃棄物に対し、処分区分別に臨界事象の除外可能性について検討する。

なお、処分における臨界可能性検討に当たっては、短期的観点（ハンドリング期間における単一ユニット及び複数ユニットにおける臨界可能性）と長期的観点（処分施設閉止後の核種移行に伴う臨界可能性）の 2 点から考察する必要があるが、短期的観点では、各処分方法において臨界にならないように設定される受入れ条件等に沿った工学的対応でその可能性を排除可能であるため、ここでは長期的観点における臨界可能性についてのみ検討することとする。

### 5.2.1 地層処分

5.1 に示したとおり、TRU 二次レポートでは HLW 二次取りまとめにおける臨界可能性の検討結果をそのまま受けて、適切なサイト選定、工学的対策、発生確率などの観点から除外しているが、TRU 廃棄物の地層処分対象の廃棄体はガラス固化体ではなく、主にセメント等による固化体が想定されていることから、安ほか（1998）の検討の前提条件である、「ガラス固化体の溶解／変質に要する時間が TRU 核種の半減期より長いこと」が満たされない可能性があるとともに、高レベル廃棄物と TRU 廃棄物に含まれる核種インベントリの相違による影響についての比較検討についての記述がなく、単純に高レベル廃棄物の検討結果をそのまま適用できない可能性がある。そのため、まず両者の相違を考慮する必要性の有無について検討し、その結果を受けて、臨界可能性について検討することとする。

高レベル廃棄物及び TRU 廃棄物両者の相違点のうち、前者の廃棄体性状の相違については、安ほか（1998）の、1 本の固化体から放出され、濃集点に留まる核種の量の時間変化の解析結果（図 5.2.1-1 参照）から、臨界の可能性が否定できないとされたケース（同図(b)）においても、そのような濃集が起こる時間が 100 万年以降であることが示されている。これは HLW 二次取りまとめにおいて、ガラス固化体の溶解／変質に要する時間とされている 6 万 5 千年と比較しても、超長期における事象であることがわかる。このことから、固化体性状の相違に関係なく、濃集点における濃集までの経過時間がアクチノイド核種の半減期と比較して十分長いことから、それらの濃集点までの輸送段階で崩壊し、ウランの同位体となっているという前提条件は TRU 廃棄物においても成立するものと考えられる。

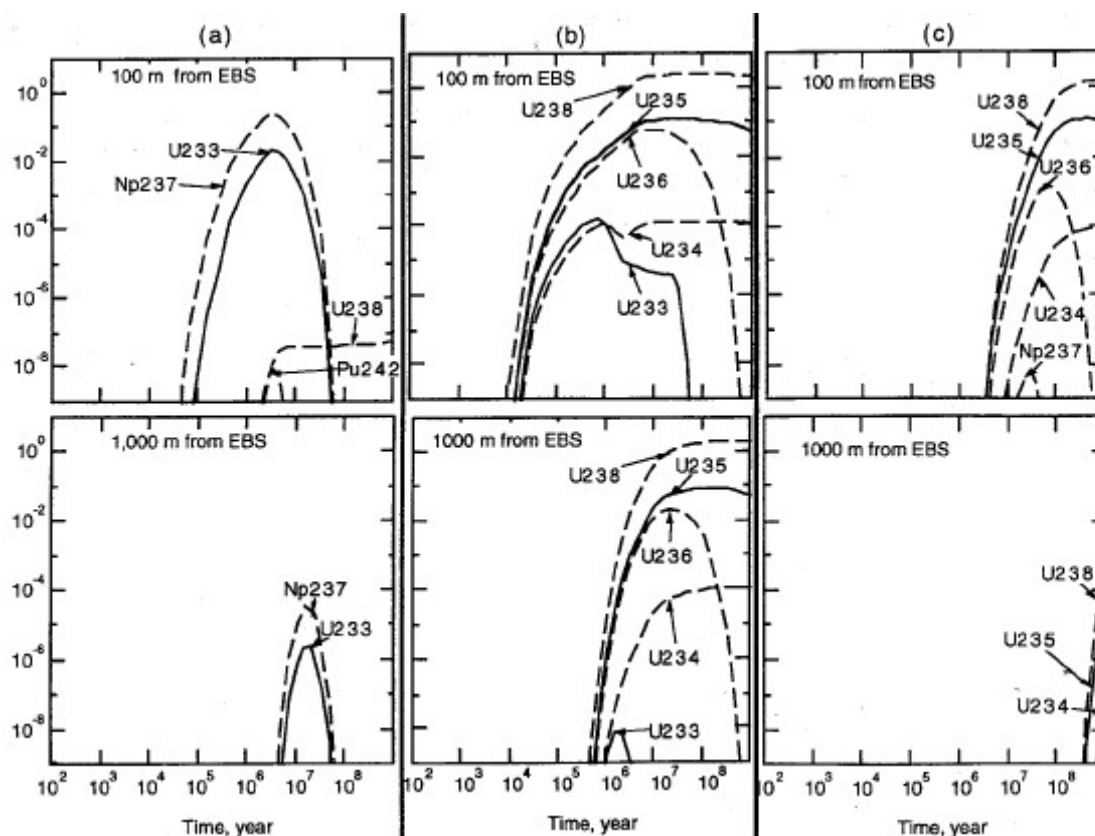


図 5.2.1-1 濃集点に留まる核種の量の時間変化（安ほか（1998））

次に後者の核種インベントリの相違について考察する。安ほか（1998）及び HLW 二次取りまとめにおけるアクチノイド核種のインベントリ、並びに TRU 二次レポートの地層処分相当の廃棄物に含まれるアクチノイド核種のインベントリ一覧を表 5.2.1-1 に示す。なお、本表中、安ほか（1998）の数値については、同文献中に示されている表の値から、埋設本数 4 万本相当を考慮したものを示している。また放射能への換算の際に使用した半減期は、「Table of Isotopes 8th Ed 1998 Update」のものを使用（以下、評価に使用した半減期は全て同じものを使用）した。

本表から、HLW 二次とりまとめ及び TRU 二次レポートで使用されたインベントリは、ウランについては安ほか（1998）よりも多くなっているが、アクチノイド核種では逆に少なくなっていることがわかる。ここで最大の濃集を示す初期段階である約  $10^7$  年後における、初期の U-235 及び Pu-239 が寄与する U-235 の量について表 5.2.1-2 に示す。なお、U-235 への崩壊系列は他にも存在するが、ここでは Pu-239 の  $\alpha$  崩壊による系列が支配的であることから、Pu-239 のみを評価の対象とすると共に、 $\alpha$  崩壊率は 100% とした。さらに、Pu-239 から生成した U-235 の崩壊については無視する。

本表からわかるとおり、臨界に最も寄与する U-235 について考えてみると、初期の組成で  $10 \sim 11$  乗オーダーであった U-235 の放射エネルギーは、 $10^7$  年後でもほぼ同量存在している一方、Pu-239 が崩壊して生成した U-235 の放射エネルギーは、初期の U-235 の量とほぼ同じ若しくは 2 倍程度大きく  $11$  乗オーダーとなっていることがわかる。また、 $10^7$  年後における全ウラン量につ

いては、全てのレポートにおいてほぼ同じ値を示している。

これらのことから、高レベル廃棄物と TRU 廃棄物に含まれる核種インベントリの相違による影響は無視できる。

以上のことから、5.1 に示した HLW 二次取りまとめにおける検討結果をそのまま TRU 廃棄物の地層処分についても適用することは可能であることから、TRU 二次レポートにおける、適切なサイト選定（処分場周辺の地層における空隙率等条件）、工学的対策（評価上採用した人工バリアの設置）、発生確率などの観点から臨界可能性は除外可能との判断は妥当と考えられる。

表 5.2.1-1 各レポートにおける核種インベントリ比較 (Bq)

| 核種     | 安ほか (1998) | HLW 二次   | TRU 二次  |
|--------|------------|----------|---------|
| U-233  | 4.14E+12   | 3.90E+12 | 4.7E+09 |
| U-234  | 2.39E+13   | 3.26E+13 | 1.7E+12 |
| U-235  | 5.12E+10   | 1.10E+11 | 1.1E+11 |
| U-236  | 1.24E+12   | 2.38E+12 | 1.2E+12 |
| U-238  | 6.97E+11   | 1.56E+14 | 1.1E+12 |
| Np-237 | 9.89E+14   | 9.24E+14 | 2.4E+12 |
| Pu-239 | 5.60E+15   | 3.52E+15 | 2.4E+15 |
| Pu-240 | 1.61E+16   | 1.44E+16 | 3.2E+15 |
| Pu-242 | 2.58E+13   | 1.53E+13 | 1.1E+13 |
| Am-241 | 3.45E+17   | 2.30E+17 | 6.1E+15 |
| Am-243 | 3.55E+16   | 2.87E+14 | 2.1E+14 |
| Cm-245 | 4.57E+14   | 4.52E+14 | 9.8E+11 |

表 5.2.1-2 10<sup>7</sup>年後における U-235 への寄与量 (Bq)

| 核種     | 安ほか (1998) |                    | HLW 二次    |                    | TRU 二次   |                    |
|--------|------------|--------------------|-----------|--------------------|----------|--------------------|
|        | 初期         | 10 <sup>7</sup> 年後 | 初期        | 10 <sup>7</sup> 年後 | 初期       | 10 <sup>7</sup> 年後 |
| U-235  | 5.12E+10   | 5.07E+10           | 1.10E+11  | 1.09E+11           | 1.1E+11  | 1.1E+11            |
| Pu-239 | 5.60E+15*  | 1.92E+11           | 3.52E+15* | 1.21E+11           | 2.4E+15* | 8.2E+10            |
| 合計     |            | 2.43E+11           |           | 2.30E+11           |          | 1.9E+11            |

\*Pu-239 の初期量の値のみ Pu-239 の放射エネルギーを示す。

### 5.2.2 余裕深度処分及びコンクリートピット処分

余裕深度処分及びコンクリートピット処分に関しては、その概念及び安全評価手法並びにそれに使用するパラメータについては原子力安全委員会において示されているところである。<sup>80),82)</sup> これらによれば、地層処分と異なり、核種を長期的に保持若しくはその拡散を遅延させるような人工バリア機能が設置されることは想定されていないこと、また、想定している地下水の流速については、地層処分では  $0.05 \sim 50 \text{ m/y}$  が与えられている<sup>85)</sup> 一方で、余裕深度処分では施設近傍 (200m) 以外では帯水層中の地下水流速が 1 日当たり数 cm から数百 m との情報から  $0.01 \text{ m/d}$  と設定されている<sup>82)</sup>。これらのことから、HLW 二次取りまとめで考えられていた、ウランの濃集の可能性は、余裕深度処分及びコンクリートピット処分では極めて低いと考えられる。

余裕深度処分及びコンクリートピット処分は隔離型処分の地層処分とは異なり管理型処分の概念を適用した処分方法である。管理型処分とは、比較的半減期の短い放射性物質の減衰効果を考慮した処分方法であり、放射性物質が減衰するまでの数百年間、人間による管理を行った後、無拘束段階とするものである。この処分概念では管理段階の初期においては、核種の閉じ込め若しくはバリア性能を要求されるものの、それ以降ではバリア性能等は一切考慮されていない。このため、アクチノイド核種については減衰・濃集することなく移動し、ある任意の地質中に初期のインベントリがそのまま蓄積されることが想定される。

TRU 廃棄物中に含まれる処分区別の核種インベントリについては、TRU 二次レポートで表 5.2.2-1 の値が示されている。万一、蓄積点でウランのみが蓄積されると仮定した場合、表 5.2.2-2 からわかるとおり、その濃縮度は最も濃縮度の高い地層処分相当のものでも  $1.56 \text{ wt\%}$  である。これに対して表 5.2.2-3 に示す濃縮度  $3 \text{ wt\%}$  の水反射体付き均質  $\text{UO}_2\text{-H}_2\text{O}$  の最小推定臨界下限値<sup>87)</sup> と比較しても、余裕深度処分相当の総ウラン重量は下回っている。このため、ウランの蓄積による臨界の恐れは無いと考えられる。なお、最新の濃度上限値<sup>88)</sup> については、TRU 二次レポートの際に使用した濃度上限値より 1 桁程度大きい値が示されている。しかしながら、余裕深度処分に区分される廃棄物の濃縮度は、TRU 二次レポートの地層処分相当の濃縮度  $1.56 \text{ wt\%}$  を下回るとともに、埋設処分された TRU 廃棄物中のウランが、地中で完全水反射環境を模擬可能な一箇所に蓄積される可能性は非常に低いと考えられる。

また、蓄積点にウラン及びプルトニウムが蓄積するケースについては、ウランのような最小推定臨界下限値が定められていないため、モデル等を作成し臨界評価を実施する必要がある。本評価については後述することとする。

次に、プルトニウム及びウランが溶解飽和状態となった地下水が、地中に滞留した場合の臨界の可能性について議論する。評価対象として考える核種は Pu-239 及び U-235 とする。

これら核種の溶解度及び無限体系における推定臨界下限濃度を表 5.2.2-4 に示す<sup>87)</sup>。なお、元素の溶解度については、三原 (2006)<sup>89)</sup> の酸化性条件でのデータセットのうち、最大の溶解度を示す領域の値を採用した。

本表からわかるとおり、最大溶解度は U-235 のみが選択的に溶解した場合は推定臨界下限濃度を上回るものの、ウラン及びプルトニウム元素としてみた場合、両者とも推定臨界下限濃度

を下回ることから、当該ケースでの臨界の可能性は否定できる。

表 5.2.2-1 TRU 廃棄物中に含まれる放射性核種の処分区分別インベントリ (Bq)

| 核種     | コンクリートビッド処分 | 余裕深度処分  | 地層処分    |
|--------|-------------|---------|---------|
| U-233  | 2.6E+04     | 5.0E+09 | 4.7E+09 |
| U-234  | 4.9E+08     | 1.7E+09 | 1.7E+12 |
| U-235  | 4.3E+07     | 6.9E+07 | 1.1E+11 |
| U-236  | 7.5E+08     | 1.0E+09 | 1.2E+12 |
| U-238  | 6.2E+08     | 9.2E+08 | 1.1E+12 |
| Pu-238 | 7.1E+12     | 1.1E+13 | 1.7E+16 |
| Pu-239 | 6.3E+11     | 1.1E+12 | 2.4E+15 |
| Pu-240 | 9.9E+11     | 1.7E+12 | 3.2E+15 |
| Pu-242 | 4.1E+09     | 6.6E+09 | 1.1E+13 |

表 5.2.2-2 TRU 廃棄物中のウラン重量と濃縮度

| 事項       |       | コンクリートビッド処分 | 余裕深度処分  | 地層処分    |
|----------|-------|-------------|---------|---------|
| 重量(g)    | U-233 | 7.3E-05     | 1.4E+01 | 1.3E+01 |
|          | U-234 | 2.1E+00     | 7.4E+00 | 7.4E+03 |
|          | U-235 | 5.4E+02     | 8.6E+02 | 1.4E+06 |
|          | U-236 | 3.1E+02     | 4.2E+02 | 5.0E+05 |
|          | U-238 | 5.0E+04     | 7.4E+04 | 8.8E+07 |
|          | 合計    | 5.1E+04     | 7.5E+04 | 9.0E+07 |
| 濃縮度(wt%) |       | 1.08        | 1.17    | 1.56    |

表 5.2.2-3 水反射体付き均質  $\text{UO}_2\text{-H}_2\text{O}$  の最小推定臨界下限値 <sup>87)</sup>

| 濃縮度(wt%) | 最小推定臨界下限値(kgU) |
|----------|----------------|
| 3        | 84.2           |
| 4        | 50.1           |
| 5        | 34.1           |



表 5.2.2-4 TRU 廃棄物中の核分裂性物質の溶解度と推定臨界下限濃度

| 最大溶解度<br>(mol/L) | 推定臨界下限濃度                     |                                    |                   |
|------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------|
|                  | 核種質量濃度 <sup>87)</sup>        | 核種 mol 濃度                          | 元素 mol 濃度         |
| 5E-01(U)mol/L    | 11.5 ( <sup>235</sup> U)g /L | 4.9E-02 ( <sup>235</sup> U) mol/L  | 3.1E+00 (U)mol/L  |
| 5E-05(Pu)mol/L   | 7.0 ( <sup>239</sup> Pu) g/L | 2.9E-02 ( <sup>239</sup> Pu) mol/L | 4.2E-02 (Pu)mol/L |

### 5.3 臨界評価

5.2 で考察した通り、余裕深度処分及びコンクリートピット処分に対する長期的観点からの臨界可能性については、処分場以外の任意の地中のある一点に TRU 廃棄物に含まれるウラン及びプルトニウムが選択的に蓄積した際の臨界可能性について、モデル化した臨界評価を実施する。

#### 5.3.1 評価条件

##### (1) 評価の仮定条件

安ほか（1998）で評価した際の仮定条件と同様の条件を下記の通り設定する。

- ✓ 固化体から放出された核種は分散などにより途中で散逸することなく、すべて地下水流の下流に仮定された 1 点の濃集点（蓄積点）まで運ばれる。ただし、輸送途中の放射性崩壊による損失は考慮する
- ✓ 仮定された濃集点まで生き残った核種は、そこですべて濃集（蓄積）する。さらに下流には運ばれないものとする
- ✓ 処分上の固化体から放出された物質は、すべて 1 点の濃集点（蓄積点）に向けて運ばれる

このほかの条件としては以下の通り。

- ✓ 蓄積等の挙動は元素により同じであることから、対象とする元素は、TRU 廃棄物中のウラン及びプルトニウムのみとする
- ✓ 解析の体系は、安ほか（1998）の文献のモデルを参照する
- ✓ 解析コードは連続エネルギーモンテカルロ計算コード（MCNP）を使用する
- ✓ 温度による効果は考慮しないこととする

##### (2) 評価モデル

臨界管理上は、表面積／体積の比率が最も小さくなる、球体が最も厳しい形状であるため、計算体系は 2 層の球形状とし、内側の球を核種蓄積領域、外側の球を核種非蓄積領域とした。

「核種非蓄積領域」は、岩盤及び地下水の均質分布（水飽和率 100%）、「核種蓄積領域」は、岩盤、地下水及びウラン及びプルトニウムが均質に分布していると仮定する。なお、「核種

非蓄積領域」については無限体系とみなせる十分大きな有限領域を設定した。

ここで、蓄積領域とは、天然バリア（岩盤）の空隙中に地下水と共に廃棄物中の全てのウラン及びプルトニウムが存在する領域を言う。

対象とするウラン及びプルトニウムは、保守的に全ての処分区分の TRU 廃棄物のうち、現在法令が整備されつつある特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（以下、「特廃法」という。）において、明らかに地層処分となる廃棄物である、ハル・エンドピース及びヨウ素フィルタ（TRU 二次レポートにおける Gr.1 及び Gr.2）以外の TRU 廃棄物（Gr.3 及び Gr.4）全量に含まれるウラン及びプルトニウムとする。また、ウラン及びプルトニウムが占める体積は、それらを金属と想定し、それぞれの元素の金属の密度（U：19.04g/cm<sup>3</sup>、Pu：19.80g/cm<sup>3</sup>）を使用し算出した。

計算体系の概念図、岩盤鉱物のデータ、対象としたウラン及びプルトニウムの量を、それぞれ図 5.3.1-1、表 5.3.1-1、表 5.3.1-2 に示す。

表 5.3.1-1 岩盤鉱物データ

| 鉱物     | 設定含有量<br>[wt%] | 設定乾燥密度<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | 分子量<br>[g/mol] | 設定鉱物濃度<br>[mol/m <sup>3</sup> cell] | 化学組成                                                             |
|--------|----------------|--------------------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 曹長石    | 14.2857        | 314.28571                      | 262.272        | 1.198×10 <sup>3</sup>               | NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>                               |
| 玉髄     | 〃              | 〃                              | 60.100         | 5.229×10 <sup>3</sup>               | SiO <sub>2</sub>                                                 |
| 方解石    | 〃              | 〃                              | 100.091        | 3.140×10 <sup>3</sup>               | CaCO <sub>3</sub>                                                |
| 黄鉄鉱    | 〃              | 〃                              | 120.028        | 2.618×10 <sup>3</sup>               | FeS <sub>2</sub>                                                 |
| カオリナイト | 〃              | 〃                              | 258.196        | 1.217×10 <sup>3</sup>               | Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> |
| 微斜長石   | 〃              | 〃                              | 278.384        | 1.129×10 <sup>3</sup>               | KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>                                |
| 磁鉄鉱    | 〃              | 〃                              | 231.700        | 1.356×10 <sup>3</sup>               | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>                                   |
| 合計     | 100wt%         | 2200                           | —              | —                                   |                                                                  |

※ 岩盤中では、上記 7 種類の鉱物が均等に含有していると仮定する。

表 5.3.1-2 対象とした核種の放射エネルギー

| 核種     | 放射エネルギー (Bq) |
|--------|--------------|
| U-233  | 1.6E+08      |
| U-234  | 4.8E+12      |
| U-235  | 5.5E+10      |
| U-236  | 2.4E+11      |
| U-238  | 2.9E+11      |
| Pu-239 | 1.4E+15      |
| Pu-240 | 1.7E+15      |
| Pu-241 | 7.5E+17      |
| Pu-242 | 4.1E+12      |

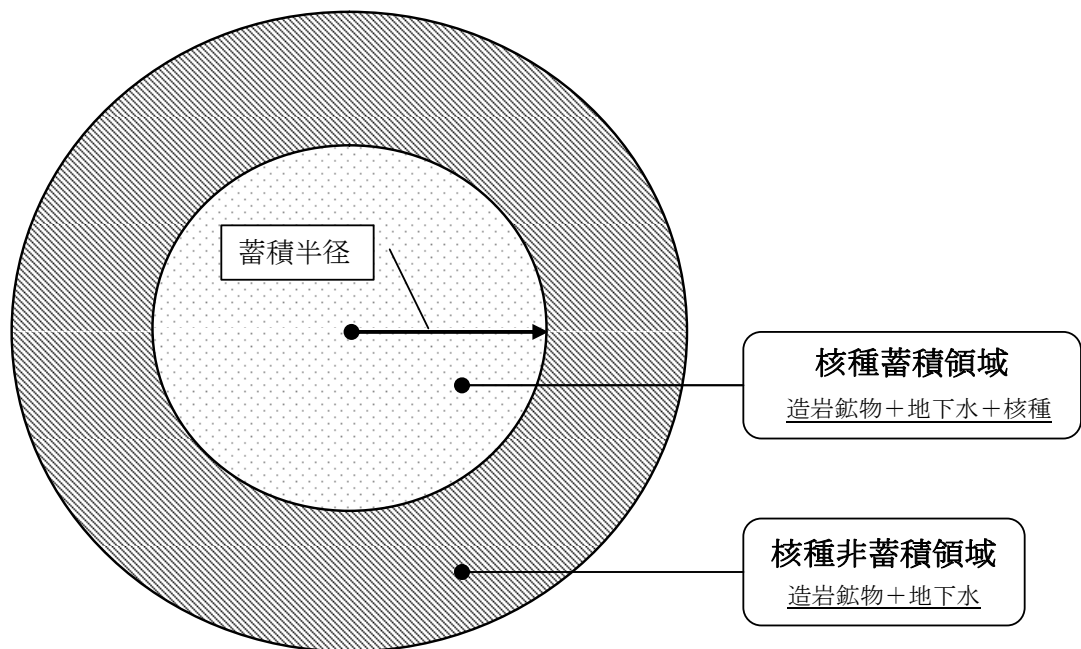


図 5.3.1-1 計算体系の概念図

### (3) 評価パラメータ及び評価ケース

今回評価に使用したパラメータは以下の通り。また、評価ケースは表 5.3.1-3 に示すとおり、純水系地下水をレファレンスケースとし、他のケースについては評価パラメータを絞り込んで実施した。

## ① 岩盤空隙率

堆積岩系岩盤の平均的な空隙率に基づき、岩盤の空隙率は 10 vol%、20 vol%、30 vol% の 3 ケースを設定。

## ② 地下水質

地下水質は純水、降水、海水の 3 ケースを設定。

## ③ 地下水中の U+Pu の体積割合

地下水と U+Pu 全体の占める体積のうち、U+Pu が占める体積の割合として、1 vol%、3 vol%、5 vol%、10 vol%、20 vol%、40 vol%、60 vol%、80 vol%、100 vol% の 9 ケースを設定。

表 5.3.1-3 評価ケース

| 地下水質 | 空隙率     | 核種濃度 (vol%) |   |   |    |    |    |    |    |     |
|------|---------|-------------|---|---|----|----|----|----|----|-----|
|      |         | 1           | 3 | 5 | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 純水系  | 10 vol% | ○           | ○ | ○ | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   |
|      | 20 vol% |             |   |   |    | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   |
|      | 30 vol% |             |   |   |    | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   |
| 降水系  | 20 vol% |             |   |   |    | ○  | ○  |    |    |     |
|      | 30 vol% |             |   |   |    | ○  | ○  |    |    |     |
| 海水系  | 20 vol% |             |   |   |    | ○  | ○  |    |    |     |
|      | 30 vol% |             |   |   |    | ○  | ○  |    |    |     |

## 5.3.2 評価結果

表 5.3.1-3 に示した各評価ケースの臨界計算の結果（実効増倍率（ $k_{\text{eff}}$ ））の結果を、純水系、降水系、海水系地下水別に、それぞれ表 5.3.2-1、表 5.3.2-2、表 5.3.2-3 に、核種の地下水中の濃度及び核種蓄積領域の体積をパラメータとして示す。なお同表には、併せて核種蓄積領域の半径を示す。

まず、地下水質の影響を考察するため、これら結果のうち、岩盤中の空隙率が 20 vol%及び 30 vol%の際の核種濃度 20 vol%及び 40 vol%別の実効増倍率（ $k_{\text{eff}}$ ）を表 5.3.2-4 に示す。これら数値からわかるとおり、 $k_{\text{eff}}$  は純水及び降水系地下水の違いによる影響はほとんどないが、海水系地下水では、海水中に含まれる塩素による中性子捕獲による影響により、小さな値を示していることがわかる。このことから、今回の臨界評価にあたっては、保守側の値で議論すべきであることから、海水系地下水での評価は適していないことがわかる。

次に岩盤の空隙率による影響の傾向は表 5.3.2-5 に示すとおり、今回評価した空隙率の範囲では、空隙率が大きくなるほど  $k_{\text{eff}}$  は大きくなっている。これにより、今回の臨界評価にあたっては、保守側の値で議論すべきであることから、10vol%未満の空隙率における臨界事象は解

析の対象としないことは妥当と判断できる。なお、本事象は、主として中性子の減速効果が高い水の割合が増えるに伴い臨界になりやすくなることを示していると考えられるとともに、補足的に岩盤の中性子吸収効果が少なくなるにより臨界になりやすくなることをも示していると考えられる。今回設定した岩盤の組成では、一般的な岩石の組成に比べ中性子吸収断面積が大きい鉄の割合が比較的多く設定されている。岩石の組成は処分場の立地地点や深度により大きく異なることから、今後パラメータサーベイにより岩種による臨界への影響について検討する必要があると考えられる。

図 5.3.2-1 からわかるとおり、今回、評価ケースとして対象とした範囲で、空隙率が 20%以上で U+Pu の割合が 40%以下の場合には  $k_{\text{eff}}$  が 1 を超え、臨界になる可能性が示唆された。この場合、蓄積半径は概ね 1.3m～2m（体積：約  $9\text{m}^3$ ～ $34\text{m}^3$ ）であり、当該廃棄物中の全インベントリがこの蓄積領域に集まることとなる。その一方で、当該廃棄物の廃棄体自体の容積は約  $20,000\text{m}^3$  であり、そこにはほぼ均一的に核種が分布していることを考えれば、人為的な操作あるいは設備による対応なしに、自然に 1.3m～2m の球体（体積：約  $9\text{m}^3$ ～ $34\text{m}^3$ ）になることは想定しがたい。また、本来天然バリア中で核種が移動する際には拡散効果が想定されることから、ある一点のみに核種が移動することは考えにくい。

さらに、今回評価の対象とした Gr.3 及び Gr.4 の廃棄物は、現在、原子力安全委員会で検討されている濃度上限値を超える廃棄物も相当量含まれているため、これら全てが余裕深度処分されるものではない。仮に当該 Gr の廃棄体の密度を、セメント等により固形化されることを想定して  $2.5\text{g}/\text{cm}^3$  とした場合の当該 Gr の廃棄体中の平均  $\alpha$  放射能濃度は、表 5.3.2-6 に示すとおり約  $240\text{GBq}/\text{ton}$  となる。これは余裕深度処分の  $\alpha$  濃度上限値： $100\text{GBq}/\text{ton}$ <sup>89)</sup>を上回るとともに、特廃法の対象となる廃棄物の  $\alpha$  濃度基準値： $8.3\text{GBq}/\text{ton}$  も上回るものとなっている。

以上のことから、余裕震度処分及びコンクリートピット処分における臨界の可能性は、ほぼ除外できるものと考ええる。

表 5.3.2-1 (1/2) 臨界計算結果（地下水組成：純水，空隙率：10%）

空隙率：10 [vol%]

| 地下水中の U+Pu 濃度<br>[vol%] | 全体積に対する U、Pu の<br>占有体積割合 [vol%] | $K_{\text{eff}}$ | Standard Deviation | 濃集領域半径<br>[cm] |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| 1                       | 0.1                             | 0.26             | 0.00014            | 6.79E+02       |
| 3                       | 0.3                             | 0.57             | 0.00027            | 4.71E+02       |
| 5                       | 0.5                             | 0.73             | 0.00034            | 3.97E+02       |
| 10                      | 1                               | 0.90             | 0.00043            | 3.15E+02       |
| 20                      | 2                               | 0.97             | 0.00047            | 2.50E+02       |
| 40                      | 4                               | 0.91             | 0.00047            | 1.98E+02       |
| 60                      | 6                               | 0.86             | 0.00047            | 1.73E+02       |
| 80                      | 8                               | 0.83             | 0.00044            | 1.58E+02       |
| 100                     | 10                              | 0.82             | 0.00040            | 1.46E+02       |

表 5.3.2-1 (2/2) 臨界計算結果（地下水組成：純水，空隙率：20%、30%）

## 空隙率：20 [vol%]

| 地下水中の U+Pu 濃度<br>[vol%] | 全体積に対する U、Pu の<br>占有体積割合 [vol%] | $K_{\text{eff}}$ | Standard Deviation | 濃集領域半径<br>[cm] |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| 20                      | 4                               | 1.06             | 0.00044            | 1.98E+02       |
| 40                      | 8                               | 0.97             | 0.00045            | 1.58E+02       |
| 60                      | 12                              | 0.92             | 0.00042            | 1.38E+02       |
| 80                      | 16                              | 0.90             | 0.00039            | 1.25E+02       |
| 100                     | 20                              | 0.88             | 0.00039            | 1.16E+02       |

## 空隙率：30 [vol%]

| 地下水中の U+Pu 濃度<br>[vol%] | 全体積に対する U、Pu の<br>占有体積割合 [vol%] | $K_{\text{eff}}$ | Standard Deviation | 濃集領域半径<br>[cm] |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| 20                      | 6                               | 1.10             | 0.00046            | 1.73E+02       |
| 40                      | 12                              | 1.00             | 0.00043            | 1.38E+02       |
| 60                      | 18                              | 0.95             | 0.00040            | 1.20E+02       |
| 80                      | 24                              | 0.94             | 0.00039            | 1.09E+02       |
| 100                     | 30                              | 0.92             | 0.00046            | 1.01E+02       |

表 5.3.2-2 臨界計算結果（地下水組成：降水系地下水）

## 空隙率：20 [vol%]

| 地下水中の U+Pu 濃度<br>[vol%] | 全体積に対する U、Pu の<br>占有体積割合 [vol%] | $K_{\text{eff}}$ | Standard Deviation | 濃集領域半径<br>[cm] |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| 20                      | 4                               | 1.06             | 0.00043            | 1.98E+02       |
| 40                      | 8                               | 0.97             | 0.00041            | 1.58E+02       |

## 空隙率：30 [vol%]

| 地下水中の U+Pu 濃度<br>[vol%] | 全体積に対する U、Pu の<br>占有体積割合 [vol%] | $K_{\text{eff}}$ | Standard Deviation | 濃集領域半径<br>[cm] |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| 20                      | 6                               | 1.10             | 0.00038            | 1.73E+02       |
| 40                      | 12                              | 1.00             | 0.00036            | 1.38E+02       |



表 5.3.2-3 臨界計算結果（地下水組成：海水系地下水）

## 空隙率：20 [vol%]

| 地下水中の U+Pu 濃度<br>[vol%] | 全体積に対する U、Pu の<br>占有体積割合 [vol%] | $K_{\text{eff}}$ | Standard Deviation | 濃集領域半径<br>[cm] |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| 20                      | 4                               | 1.05             | 0.00047            | 1.98E+02       |
| 40                      | 8                               | 0.96             | 0.00061            | 1.58E+02       |

## 空隙率：30 [vol%]

| 地下水中の U+Pu 濃度<br>[vol%] | 全体積に対する U、Pu の<br>占有体積割合 [vol%] | $K_{\text{eff}}$ | Standard Deviation | 濃集領域半径<br>[cm] |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| 20                      | 6                               | 1.09             | 0.00044            | 1.73E+02       |
| 40                      | 12                              | 0.99             | 0.00044            | 1.38E+02       |

表 5.3.2-4 地下水質と実効増倍率 ( $k_{\text{eff}}$ )

| 岩盤空隙率   | 地下水質 | $k_{\text{eff}}$ |                |
|---------|------|------------------|----------------|
|         |      | 20 (U+Pu) vol%   | 40 (U+Pu) vol% |
| 20 vol% | 純水系  | 1.06             | 0.97           |
|         | 降水系  | 1.06             | 0.97           |
|         | 海水系  | 1.05             | 0.96           |
| 30 vol% | 純水系  | 1.10             | 1.00           |
|         | 降水系  | 1.10             | 1.00           |
|         | 海水系  | 1.09             | 0.99           |

表 5.3.2-5 岩盤の空隙率及び核種濃度別の実効増倍率 ( $k_{\text{eff}}$ ) : 純水系地下水

| 空隙率<br>(vol%) | 核種濃度 (vol%) |      |      |
|---------------|-------------|------|------|
|               | 20          | 60   | 100  |
| 10            | 0.97        | 0.86 | 0.82 |
| 20            | 1.06        | 0.92 | 0.88 |
| 30            | 1.10        | 0.95 | 0.92 |

表 5.3.2-6 当該 Gr 廃棄体中の平均  $\alpha$  放射能濃度

| 全 $\alpha$ 放射エネルギー<br>(Bq) | 廃棄体体積<br>(m <sup>3</sup> ) | 廃棄体密度 | 平均 $\alpha$ 放射能濃度<br>(Bq/ton) |
|----------------------------|----------------------------|-------|-------------------------------|
| 1.2E+16                    | 19,591                     | 2.5   | 2.4E+11                       |
| 原子力安全委員会推奨値                |                            |       | 1E+11                         |

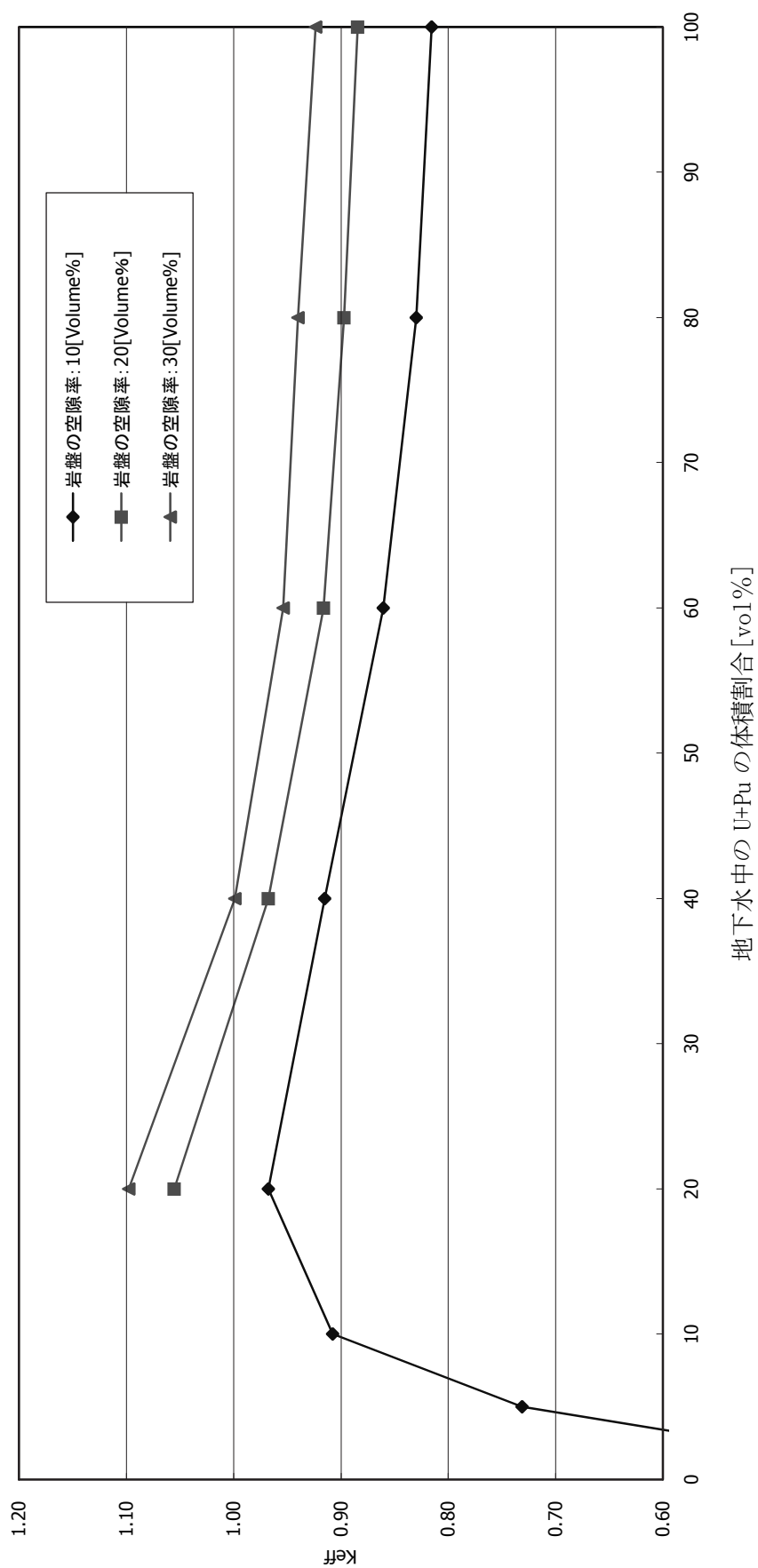


図 5.3.2-1 U+Pu の体積割合と  $k_{eff}$  の関係 (純水系)

#### 5.4 まとめ

以上の検討結果から、処分の長期的観点では地層処分、余裕深度処分、コンクリートピット処分とも臨界の可能性はほぼ除外できることがわかった。

但し、短期的観点においては、廃棄体の定置方法や廃棄体に含まれる核分裂性核種等のインベントリや局所的な核種の偏在により、臨界の可能性は否定できない。このため、今後処分場の具体化等の進捗に合わせて、短期的観点の臨界評価を実施し、臨界防止の観点からの受入基準を評価する必要があると考えられる。

## 6. おわりに

日本原子力研究開発機構が保有する放射性廃棄物の処理処分方策を今後さらに合理的かつ具体的に進めるためには、廃棄体技術基準が制定される必要がある。そのため、現行の法規制で未整備である TRU 廃棄物の廃棄体技術基準案を構築するにあたり、廃棄体中に含まれる可能性のある環境に影響を与える有害物質と TRU 廃棄物に含まれる核分裂性核種による臨界の影響について検討した。

今回の検討において得られた主要な成果は、以下に示すとおりである。

- ① TRU 廃棄物に含まれる有害物質について、廃棄物の処分に関する法令、規制基準などを整理した。
- ② わが国における各処分施設からの有害物質の移行評価検討に資する情報を把握することを目的として、イギリス、アメリカ及びフランスの 3 カ国における廃棄体に含まれる有害物質の影響に関する評価事例について調査し、その知見を整理した。
- ③ トレンチ処分、コンクリートピット処分及び余裕深度処分のそれぞれについて、TRU 廃棄物に含まれる有害物質の移行評価を実施するために評価モデルを検討し、評価パラメータを整備した。また、主要な有害物質について物質移行評価を実施し、各処分施設における有害物質の制限量を算出するとともに、環境基準を満足させるために必要な条件及び課題を摘出・整理した。
- ④ 臨界の可能性について、核種の濃集及び蓄積による核分裂性物質の濃度評価と臨界解析評価を実施した。長期的観点では全インベントリが球体に蓄積するモデルで臨界の可能性を評価した結果、臨界が生起する可能性を完全には否定できないものの、処分の実態を考慮すれば、その可能性はほぼないと考えられた。

## 【参考文献】

- 1) 環境庁水質保全局海洋汚染・廃棄物対策室監修（1996）：産業廃棄物分析マニュアル、(社)日本環境測定分析協会、407pp.
- 2) 厚生省生活衛生局水道環境部産業廃棄物対策室編（1998）：産業廃棄物処理ハンドブックー平成10年度ー、ぎょうせい、1043pp.
- 3) (財)日本産業廃棄物処理振興センター（2005）：廃棄物・リサイクル関係法令集Iー平成17年度版ー 廃棄物の処理及び清掃に関する法律 法令・通知、ぎょうせい、1019pp.
- 4) (社)全国都市清掃会議（2001）：廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領、485pp.
- 5) 日本工業規格（1998）：JIS K 0102 工場排水試験方法、328pp.
- 6) 核燃料物質等の埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示（昭和 63 年科学技術庁告示第 2 号、最終改訂平成 12 年科学技術庁告示第 20 号）
- 7) (独)原子力安全基盤機構（2006）：廃棄事業許可等における計算解析等に関する報告書（添付資料-1「均質・均一固化体の廃棄のための確認方法」）
- 8) 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（平成 11 年 7 月 13 日法律第 86 号、最終改正：平成 14 年 12 月 13 日法律第 152 号）
- 9) 経済産業省・環境省（2005）：化学物質の管理と環境保全のための PRTR について、12pp.
- 10) 特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律施行規則（平成 13 年 3 月 30 日内閣府・財務省・文部科学省・厚生労働省・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省令第 1 号、最終改正：平成 17 年 3 月 22 日内閣府・財務省・文部科学省・厚生労働省・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省令第 1 号）
- 11) World Health Organization(2004) : Guidelines for Drinking-water Quality THIRD EDITION -Volume 1 Recommendations, 515pp.
- 12) USEPA Ground Water & Drinking Water / Current Drinking Water Standards  
<http://www.epa.gov/safewater/mcl.html>
- 13) COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption
- 14) 水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準の項目追加等に係る中央環境審議会答申について（環境省報道発表資料、平成 11 年 2 月 2 日）

- 15) 環境省（2004）：中央環境審議会水環境部会環境基準健康項目専門委員会（第7回）議事次第（平成16年1月21日） 資料4 別紙2 環境基準項目等の設定根拠等.
- 16) (独)産業技術総合研究所・化学物質リスク管理研究センター・リスク評価支援ツール  
<http://unit.aist.go.jp/crm/mainmenu/3-1.html>
- 17) 「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」（昭和52年3月14日総理府・厚生省令第1号 最終改正：平成16年10月27日環境省令第24号）
- 18) 廃棄物最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会（2005）：最終処分場跡地形質変更に係るガイドライン.
- 19) 三木崇史・池田孝夫（2003）：地層処分安全評価における生物圏評価手法の高度化に関する検討(Ⅲ)、核燃料サイクル開発機構業務委託報告書（日揮株式会社），JNC TJ8400 2003-017
- 20) Nirex（2001a）：The Nirex Phased Disposal Concept, Nirex Report N/025.
- 21) Nirex（2003a）：The Nirex Phased Disposal Concept, Nirex Report N/074.
- 22) Nirex（2001b）：Generic post-closure Performance Assessment, Nirex Report N/031.
- 23) Nirex（2003b）：Generic post-closure Performance Assessment, Nirex Report N/080.
- 24) Nirex（1995）：MASCOT and MOP Programs for Probabilistic Safety Assessment Part A: Overview (MASCOT Version 3C and MOP Version 3A), Nirex Report NSS/R336, Part A, Version 3C/3A, Issue 2.
- 25) DOE（1997）：Waste Isolation Pilot Plant Disposal Phase Final Supplemental Environmental Impact Statement, Department of Energy, Carlsbad Area Office, Carlsbad, New Mexico, DOE/EIS-0026-S-2.
- 26) DOE（2002）：Final Environmental Impact Statement for a Geologic Repository for the Disposal of Spent Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste at Yucca Mountain, Nye County, Nevada, U.S. Department of Energy, Office of Civilian Radioactive Waste Management, DOE/EIS-0250.
- 27) Wolery, T.J.（1992）：EQ3NR, A Computer Program for Geochemical Aqueous Speciation-Solubility Calculations: Theoretical Manual, User's Guide, and Related Documentation (Version 7.0). UCRL-MA-110662 PT III. Livermore, California: Lawrence Livermore National Laboratory. TIC: 205154
- 28) IAEA（2002）：Management of low and intermediate level radioactive wastes with regard

to their chemical toxicity, IAEA, VIENNA, 2002, IAEA-TECDOC-1325, ISBN 92-0-119802-7, ISSN 1011-4289.

- 29) 那須淑子・佐久間敏雄(1997):土と環境. 地球環境サイエンスシリーズ5. 三共出版、106pp.
- 30) 日本地盤環境浄化推進協議会監修 (2000): 土壌・地下水汚染の実態とその対策. オーム社出版局、158pp.
- 31) 松井健・岡崎正規 (1993): 環境土壌学ー人間の環境としての土壌学ー. 朝倉書店、257pp.
- 32) World Health Organization(1992): Environmental Health Criteria 134. Cadmium. Geneva, Switzerland. [HSDB]
- 33) Alloway, B.J., Thorton, I., Smart, G.A., Sherlock, J.C. and M.J. Quinn.(1988): Metal availability. *Sci Tot Environ*, 75, p.41-69. [HSDB]
- 34) Elliott, H. A., M. R. Liberati, and C. P. Huang.(1986): Competitive adsorption of heavy metals by soils. *Journal of Environmental Quality*, 1986,15(3), p.215-219. [HSDB]
- 35) Lee, S.Z., H.E. Allen, C.P. Huang, D.L. Sparks, P.F. Sanders, and W.J.G.M. Peijnenburg(1996): Predicting soil-water partition coefficients for cadmium. *Environ. Sci. Technol.*, 30, p.3418-3424. [HSDB]
- 36) Anderson, P.R. and T.H. Christensen. (1988): Distribution coefficients of Cd, Co, Ni y Zn in soils. *J. Soil Sci.*, 39, p.15-22. [HSDB]
- 37) Christensen, T.H.(1984): Cadmium Soil Sorption at Low Concentrations: II. Reversibility, Effect of Changes in Solute Composition, and Effect of Soil Ageing, *Wat. Air Soil Pollut.*, 21, p.115-125. [HSDB]
- 38) Christensen, T.H.(1989): Cadmium Soil Sorption at Low Concentrations: VIII Correlation with soil parameters. *Water, Air, and Soil Pollution*, 44, p.71-82. [HSDB]
- 39) Thornton, I.(1992): Sources and Pathways of Cadmium in the Environment, IARC Scientific Publications, 118, p.149-162. [HSDB]
- 40) Jones, K. C. and Johnston, A. E. (1989): Cadmium in cereal grain and herbage from long-term experimental plots at Rothamsted. *Environ. Pollut.*, 57, p.199-216. [HSDB]
- 41) DHHS/ATSDR(2004): Toxicological Profile for Cyanide(Draft). [HSDB]
- 42) Zimdahl, R. L. and J. J. Hassett(1977): "Lead in Soil." In *Lead in the Environment*. W. R. Boggess and B. G. Wixson (eds.), p.93-98. NSF/RA-770214. [HSDB]
- 43) International Register of Potentially Toxic Chemicals(IRPTC)(1979): United Nations



- Environment Program, Geneva Switzerland, p171-177. [HSDB]
- 44) Tada, F. and S. Suzuki(1982) : Adsorption and Desorption of Heavy Metals in Bottom Mud of Urban Rivers, Water Research 16, p.1489-1494. [HSDB]
  - 45) Alberts, J.J and J.P. Giesy.(1983) : Chapter 16. Conditional stability constants of trace metals and naturally occurring humic materials: application in equilibrium models and verification with field data. In Aquatic and Terrestrial Humic Materials, edited by R.F. Christman and E.T. Gjessing, p.333-348. Ann Arbor Science Publications. Ann Arbor, MI. [HSDB]
  - 46) Slavek J, Pickering WF(1988) : Water Air Soil Pollut 39: 201-16 (1988) (2) Ainsworth CC et al; Soil Sci Soc Amer 58: p.1615-1623. [HSDB]
  - 47) Evans, L.J.(1989) : The chemistry of metal retention by soils. Environ. Sci. Technol, 23, p.1046-1056. [HSDB]
  - 48) USEPA(1979) : The Health and Environmental Impact of Lead, EPA 560/2/79-001, 168pp. [HSDB]
  - 49) Nat'l Research Council Canada(1978) : Effects of Lead in the Canadian Environment, NRCC No.16736. [HSDB]
  - 50) Buchter, B., Davidoff, B., Amacher, M.C., Hinz, C., Iskandar, I.K and H.M. Selim. (1989): Correlation of Freundlich K<sub>d</sub> and n retention parameters with soils and elements. Soil Science, 148, p.370-379. [HSDB]
  - 51) Bodek, I., Lyman, W.J., Reehl, W.F. and D.H. Rosenblatt.(1988) : Environmental Inorganic Chemistry. NY Pergamon Press. [HSDB]
  - 52) Callahan, M.A., Slimak, M.W., Gabel, N.W., et al.(1979) : Water-Related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants. Volume I. EPA-440/4 79-029a. Washington, DC: U.S.Environmental Protection Agency. [HSDB]
  - 53) Bartlett, R. and B. James. (1979) : Behavior of chromium in soils. (III). Oxidation. J. Environ. Qual., 8, p.31-35. [HSDB]
  - 54) Bartlett, R. J. and J. M. Kimble.(1976) : Behavior of chromium in soils: II. hexavalent forms. J. Environ. Qual., 5, p.383-386. [HSDB]
  - 55) Bodek I et al, eds (1988) : Environmental Inorganic Chemistry. NY, NY: Pergamon Press, p. 7.6-1 to 7.6-12 . [HSDB]
  - 56) Schmidt, J. A. and A. W. Andren.(1984) : Deposition of airborne metals into the Great

- Lakes: an evaluation of past and present estimates, *Adv. Environ. Sci. Technol.*, 14, p.81-103. [HSDB]
- 57) Nriagu J.O. and R.D. Coker.(1980) : Trace metals in humic and fulvic acids from Lake Ontario sediments., 14, p.443-446. [HSDB]
- 58) USEPA.(1984) : Health Assessment Document: Chromium ,p.2-6. [HSDB]
- 59) Lin K.Y., Chang B.V. and Wang Y.S.(1996) : Mobility of copper, zinc and chromium with municipal solid waste leachate in soils. *Proceedings of the National Science Council. Part b: Life Sciences*, 20(1), p.19-25. [HSDB]
- 60) Sheppard M.I. and D.H. Thibault.(1991) : A four-year mobility study of selected trace elements and heavy metals. *Journal of Environmental Quality*, 20, p.101-114. [HSDB]
- 61) Stackhouse R.A. and W.H. Benson.(1989) : The effect of humic acid on the toxicity and bioavailability of trivalent chromium , *Ecotoxicol.Environ.Safety* 17, p.105-111. [HSDB]
- 62) King, L.D.(1988) : Retention of Metal by Several Soils of the Southeastern United States. *J. Environ Qual.*, 17(2), p.239-246. [HSDB]
- 63) Cary, E.E.(1988) : Chromium in air, soil, and natural waters. In: Langard S. editor. *Topics in environmental health, 5. Biological and Environmental Aspects of Chromium*. New York: Elsevier Science Publishers, p.49-64. [HSDB]
- 64) 山県登 (1977) : 微量元素－環境科学特論－. 産業図書、286pp.
- 65) Lindquist, O. (1991) : Mercury in the Swedish environment. Recent research on causes,consequences and corrective measures. *Water Air Soil Pollut.* 55, p.1-261. [HSDB]
- 66) ATSDR(1998) : Toxicological profile for lead. Prepared for Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Research Triangle Park, North Carolina: Research Triangle Institute. Contract No. 205-93-0606. [HSDB]
- 67) World Health Organization(1989) : Mercury — Environmental Aspects.International Programme on Chemical Safety (IPCS). Geneva, Switzerland. 115pp. [HSDB]
- 68) Steward JWB et al(1979) : Joint FAO/IAGA Meetings: Publ IAGA Vienna p.23-4 (1975) as cited in Nat'l Research Council Canada; *Effects of Mercury in the Canadian Environment* , 101pp. [HSDB]
- 69) USEPA(1980) : Ambient Water Quality Criteria Doc: Dichloropropanes / Dichloropropenes (Draft) p.C-6. [HSDB]

- 70) Yalkowsky, S.H. and R.M. Dannenfelser(1992) : Aquasol Database of Aqueous Solubility. Version 5. College of Pharmacy, Univ of Ariz - Tucson, AZ. PC Version. [HSDB]
- 71) Rajagopal, B. S., BrahmaPrakash, G. P., Reddy, B. R., Singh, U. D. and N. Sethunathan.(1984) : Effect and persistence of selected carbamate pesticides in soil. Residue Rev. 93, p.1-199.
- 72) Burkhard, N. and Guth, J.A.(1981) : Chemical hydrolysis of 2-chloro-4,6-bis-(alkylamino)-1,3,5-triazine herbicides and their breakdown in soil under the influence of adsorption: Pest. Sci., 12(1), p.45-52. [HSDB]
- 73) Tomlin, C.(1997) : The Pesticide Manual: Eleventh Edition. Crop Protection Publications, British Crop Protection Council and the Royal Society of Chemistry. United Kingdom. [HSDB]
- 74) Tokunaga, T. K., Brown, G. E., Jr., Pickering, I. J., Sutton, S. R. and S. Bajt.(1997) : Selenium redox reactions and transport between ponded waters and sediments. Environ. Sci. Technol., 31, p.1419-1425. [HSDB]
- 75) ATSDR(1996) : Toxicological Profile for Selenium, US Department of Health and Human Services. [HSDB]
- 76) Neal, R.H. and Sposito, G. (1991): Selenium mobility in irrigated soil columns as affected by organic carbon amendment. Journal of Environmental Quality, 20, p.808-814. [HSDB]
- 77) Masscheleyn, P. H., R. D. DeLaune, and W. H. Patrick, Jr.(1991) : Arsenic and selenium chemistry as affected by sediment redox potential and pH. J. Env. Qual., 20(3), p.522-527. [HSDB]
- 78) Alemi, M. H., D. A. Goldhamer, M. E. Grismer, and D. R. Nielson.(1988) : Selenate transport in steady-state, water-saturated soil columns. J. Environ. Qual., 17, p.608-613. [HSDB]
- 79) US Dept of Interior / Fish & Wildlife Service Contaminant Reviews(1985) : Selenium Hazards to Fish, Wildlife and Invertebrates : A Synoptic Review Biol. Rept., (85)1.5,p4. [HSDB]
- 80) 原子力安全委員会 放射性廃棄物安全基準専門部会:「低レベル放射性廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について」(第2次中間報告), 平成4年2月
- 81) 日本原燃株式会社:六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター廃棄物埋設事業変更許可申請書

- 82) 原子力安全委員会 放射性廃棄物安全基準専門部会：「低レベル放射性廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について」（第3次中間報告），平成12年6月
- 83) 核燃料サイクル開発機構 電気事業連合会 共同作業チーム：TRU 廃棄物処分概念検討書（2000）JNC TY1400 200-001
- 84) 日本原子力研究所：低レベル放射性廃棄物 陸地処分安全性実証試験（総合安全性実証試験）報告書，昭和63年
- 85) 核燃料サイクル開発機構：「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ— 分冊3 地層処分システムの安全評価」，平成11年11月 JNC TN1400 99-023
- 86) 安ほか：「地層処分された高レベル廃棄物による臨界現象発生メカニズムとその可能性」，原子力バックエンド研究 Vol.4 No.2
- 87) 科学技術庁原子力安全局 核燃料規制課編：「臨界安全ハンドブック」
- 88) 原子力安全委員会 放射性廃棄物・廃止措置専門部会：「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」，平成19年4月
- 89) 三原（2006）：「TRU 廃棄物処分システムの安全評価における核種移行データセット」，JAEA-Review 2006-011

This is a blank page.

付 録  
参 考 資 料

This is a blank page.

## 参考資料－１ PRTR 法の対象化学物質一覧：第一種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                                                    | 別名                   |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1    | 亜鉛の水溶性化合物                                                                              |                      |
| 2    | アクリルアミド                                                                                |                      |
| 3    | アクリル酸                                                                                  |                      |
| 4    | アクリル酸エチル                                                                               |                      |
| 5    | アクリル酸 2- (ジメチルアミノ) エチル                                                                 |                      |
| 6    | アクリル酸メチル                                                                               |                      |
| 7    | アクリロニトリル                                                                               |                      |
| 8    | アクロレイン                                                                                 |                      |
| 9    | アジピン酸ビス (2-エチルヘキシル)                                                                    |                      |
| 10   | アジポニトリル                                                                                |                      |
| 11   | アセトアルデヒド                                                                               |                      |
| 12   | アセトニトリル                                                                                |                      |
| 13   | 2,2'-アゾビスイソブチロニトリル                                                                     |                      |
| 14   | o-アニシジン                                                                                |                      |
| 15   | アニリン                                                                                   |                      |
| 16   | 2-アミノエタノール                                                                             |                      |
| 17   | N- (2-アミノエチル) -1,2-エタンジアミン                                                             | ジエチレントリアミン           |
| 18   | 5-アミノ-1- [2,6-ジクロロ-4- (トリフルオロメチル) フェニル]<br>-3-シアノ-4- [(トリフルオロメチル) スルフィニル] ピラゾール        | フィプロニル               |
| 19   | 3-アミノ-1H-1,2,4-トリアゾール                                                                  | アミトロール               |
| 20   | 2-アミノ-4- [ヒドロキシ (メチル) ホスフィノイル] 酪酸                                                      | グルホシネート              |
| 21   | m-アミノフェノール                                                                             |                      |
| 22   | アリルアルコール                                                                               |                      |
| 23   | 1-アリルオキシ-2,3-エポキシプロパン                                                                  |                      |
| 24   | 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩 (アルキル基の炭素<br>数が 10 から 14 までのもの及びその混合物に限る。)                        |                      |
| 25   | アンチモン及びその化合物                                                                           |                      |
| 26   | 石綿                                                                                     |                      |
| 27   | 3-イソシアナトメチル-3,5,5-トリメチルシクロヘキシル=イソシ<br>アネート                                             |                      |
| 28   | イソプレン                                                                                  |                      |
| 29   | 4,4'-イソプロピリデンジフェノール                                                                    | ビスフェノール A            |
| 30   | 4,4'-イソプロピリデンジフェノールと 1-クロロ-2,3-エポキシブ<br>ロパンの重縮合物 (別名ビスフェノール A 型エポキシ樹脂) (液<br>状のものに限る。) |                      |
| 31   | 2,2'-[イソプロピリデンビス[(2,6-ジブromo-4,1-フェニレン) オキ<br>シ] }ジエタノール                               |                      |
| 32   | 2-イミダゾリジンチオン                                                                           |                      |
| 33   | 1,1'- [イミノジ (オクタメチレン)] ジグアニジン                                                          | イミノクタジン              |
| 34   | エチル=2- [4- (6-クロロ-2-キノキサリニルオキシ) フェノキシ]<br>プロピオナート                                      | キザロホップエチル            |
| 35   | S-エチル=2-(4-クロロ-2-メチルフェノキシ) チオアセタート                                                     | フェノチオール又は MCPA チオエチル |
| 36   | O-エチル=O-(6-ニトロ-m-トリル)=sec-ブチルホスホルアミド<br>チオアート                                          | ブタミホス                |
| 37   | O-エチル=O-4-ニトロフェニル=フェニルホスホノチオアート                                                        | EPN                  |
| 38   | N-(1-エチルプロピル)-2,6-ジニトロ-3,4-キシリジン                                                       | ペンディメタリン             |
| 39   | S-エチル=ヘキサヒドロ-1H-アゼピン-1-カルボチオアート                                                        | モリネート                |
| 40   | エチルベンゼン                                                                                |                      |
| 41   | エチレンイミン                                                                                |                      |
| 42   | エチレンオキシド                                                                               |                      |
| 43   | エチレングリコール                                                                              |                      |
| 44   | エチレングリコールモノエチルエーテル                                                                     |                      |
| 45   | エチレングリコールモノメチルエーテル                                                                     |                      |
| 46   | エチレンジアミン                                                                               |                      |
| 47   | エチレンジアミン四酢酸                                                                            |                      |



## 参考資料－１ PRTR 法の対象化学物質一覧：第一種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                                                 | 別名               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 48   | N,N'-エチレンビス（ジチオカルバミン酸）亜鉛                                                            | ジネブ              |
| 49   | N,N'-エチレンビス（ジチオカルバミン酸）マンガン                                                          | マンネブ             |
| 50   | N,N'-エチレンビス(ジチオカルバミン酸) マンガンと N,N'-エチレンビス(ジチオカルバミン酸) 亜鉛の錯化合物                         | マンコゼブ又はマンゼブ      |
| 51   | 1,1'-エチレン-2,2'-ビビリジニウム=ジプロミド                                                        | ジクアトジプロミド又はジクワット |
| 52   | 4'-エトキシアセトアニリド                                                                      | フェナセチン           |
| 53   | 5'-エトキシ-3'-トリクロロメチル-1,2,4'-チアジアゾール                                                  | エクロメゾール          |
| 54   | エビクロロヒドリン                                                                           |                  |
| 55   | 2,3'-エポキシ-1'-プロパノール                                                                 |                  |
| 56   | 1,2'-エポキシプロパン                                                                       | 酸化プロピレン          |
| 57   | 2,3'-エポキシプロピル=フェニルエーテル                                                              |                  |
| 58   | 1'-オクタノール                                                                           |                  |
| 59   | p'-オクチルフェノール                                                                        |                  |
| 60   | カドミウム及びその化合物                                                                        |                  |
| 61   | e'-カプロラクタム                                                                          |                  |
| 62   | 2,6'-キシレノール                                                                         |                  |
| 63   | キシレン                                                                                |                  |
| 64   | 銀及びその水溶性化合物                                                                         |                  |
| 65   | グリオキサール                                                                             |                  |
| 66   | グルタルアルデヒド                                                                           |                  |
| 67   | クレゾール                                                                               |                  |
| 68   | クロム及び 3 価クロム化合物                                                                     |                  |
| 69   | 6 価クロム化合物                                                                           |                  |
| 70   | クロロアセチル=クロリド                                                                        |                  |
| 71   | o'-クロロアニリン                                                                          |                  |
| 72   | p'-クロロアニリン                                                                          |                  |
| 73   | m'-クロロアニリン                                                                          |                  |
| 74   | クロロエタン                                                                              |                  |
| 75   | 2'-クロロ-4'-エチルアミノ-6'-イソプロピルアミノ-1,3,5'-トリアジン                                          | アトラジン            |
| 76   | 2'-クロロ-2'-エチル-N-（2'-メトキシ-1'-メチルエチル）-6'-メチルアセトアニリド                                   | メトラクロール          |
| 77   | クロロエチレン                                                                             | 塩化ビニル            |
| 78   | 3'-クロロ-N-(3'-クロロ-5'-トリフルオロメチル-2'-ピリジル)-α,α,α'-トリフルオロ-2,6'-ジニトロ-p'-トルイジン             | フルアジナム           |
| 79   | 1-([2'-[2'-クロロ-4'-（4'-クロロフェノキシ）フェニル]-4'-メチル-1,3'-ジオキソラン-2'-イル]メチル)-1H-1,2,4'-トリアゾール | ジフェノコナゾール        |
| 80   | クロロ酢酸                                                                               |                  |
| 81   | 2'-クロロ-2',6'-ジエチル-N-（2'-プロポキシエチル）アセトアニリド                                            | プレチラクロール         |
| 82   | 2'-クロロ-2',6'-ジエチル-N-（メトキシメチル）アセトアニリド                                                | アラクロール           |
| 83   | 1'-クロロ-2,4'-ジニトロベンゼン                                                                |                  |
| 84   | 1'-クロロ-1,1'-ジフルオロエタン                                                                | H C F C-142 b    |
| 85   | クロロジフルオロメタン                                                                         | H C F C-22       |
| 86   | 2'-クロロ-1,1,1,2'-テトラフルオロエタン                                                          | H C F C-124      |
| 87   | クロロトリフルオロエタン                                                                        | H C F C-133      |
| 88   | クロロトリフルオロメタン                                                                        | C F C-13         |
| 89   | o'-クロロトルエン                                                                          |                  |
| 90   | 2'-クロロ-4,6'-ビス（エチルアミノ）-1,3,5'-トリアジン                                                 | シマジン又は C A T     |
| 91   | 3'-クロロプロペン                                                                          | 塩化アリル            |
| 92   | 4'-クロロベンジル=N-（2,4'-ジクロロフェニル）-2-(1H-1,2,4'-トリアゾール-1'-イル)チオアセトイミダート                   | イミベンコナゾール        |
| 93   | クロロベンゼン                                                                             |                  |
| 94   | クロロペンタフルオロエタン                                                                       | C F C-115        |
| 95   | クロロホルム                                                                              |                  |

## 参考資料－１ PRTR 法の対象化学物質一覧：第一種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                                               | 別名                      |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 96   | クロロメタン                                                                            | 塩化メチル                   |
| 97   | (4-クロロ-2-メチルフェノキシ) 酢酸                                                             | MCP又はMCPA               |
| 98   | 2-クロロ-N-(3-メトキシ-2-チエニル)-2',6'-ジメチルアセトアニリド                                         | テニルクロール                 |
| 99   | 五酸化バナジウム                                                                          |                         |
| 100  | コバルト及びその化合物                                                                       |                         |
| 101  | 酢酸 2-エトキシエチル                                                                      | エチレングリコールモノエチルエーテルアセテート |
| 102  | 酢酸ビニル                                                                             |                         |
| 103  | 酢酸 2-メトキシエチル                                                                      | エチレングリコールモノメチルエーテルアセテート |
| 104  | サリチルアルデヒド                                                                         |                         |
| 105  | $\alpha$ -シアノ-3-フェノキシベンジル=N-(2-クロロ- $\alpha,\alpha,\alpha$ -トリフルオロ-p-トリル)-D-バリナート | フルバリネート                 |
| 106  | $\alpha$ -シアノ-3-フェノキシベンジル=2-(4-クロロフェニル)-3-メチルブチラート                                | フェンバレレート                |
| 107  | $\alpha$ -シアノ-3-フェノキシベンジル=3-(2,2-ジクロロビニル)-2,2-ジメチルシクロプロパンカルボキシラート                 | シベルメトリン                 |
| 108  | 無機シアン化合物（錯塩及びシアン酸塩を除く。）                                                           |                         |
| 109  | 2-（ジエチルアミノ）エタノール                                                                  |                         |
| 110  | N,N-ジエチルチオカルバミン酸S-4-クロロベンジル                                                       | チオベンカルブ又はベンチオカーブ        |
| 111  | N,N-ジエチル-3-（2,4,6-トリメチルフェニルスルホニル）-1H-1,2,4-トリアゾール-1-カルボキサミド                       | カフェンストロール               |
| 112  | 四塩化炭素                                                                             |                         |
| 113  | 1,4-ジオキサン                                                                         |                         |
| 114  | シクロヘキシルアミン                                                                        |                         |
| 115  | N-シクロヘキシル-2-ベンゾチアゾールスルフェンアミド                                                      |                         |
| 116  | 1,2-ジクロロエタン                                                                       |                         |
| 117  | 1,1-ジクロロエチレン                                                                      | 塩化ビニリデン                 |
| 118  | cis-1,2-ジクロロエチレン                                                                  |                         |
| 119  | trans-1,2-ジクロロエチレン                                                                |                         |
| 120  | 3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン                                                       |                         |
| 121  | ジクロロジフルオロメタン                                                                      | CFC-12                  |
| 122  | 3,5-ジクロロ-N-(1,1-ジメチル-2-プロピニル)ベンズアミド                                               | プロビザミド                  |
| 123  | ジクロロテトラフルオロエタン                                                                    | CFC-114                 |
| 124  | 2,2-ジクロロ-1,1,1-トリフルオロエタン                                                          | HFC-123                 |
| 125  | 2',4'-ジクロロ- $\alpha,\alpha,\alpha$ -トリフルオロ-4'-ニトロ-m-トルエンスルホンアニリド                  | フルスルファミド                |
| 126  | 2-[4-(2,4-ジクロロ-m-トルオイル)-1,3-ジメチル-5-ピラゾリルオキシ]-4-メチルアセトフェノン                         | ベンゾフェナップ                |
| 127  | 1,2-ジクロロ-3-ニトロベンゼン                                                                |                         |
| 128  | 1,4-ジクロロ-2-ニトロベンゼン                                                                |                         |
| 129  | 3-(3,4-ジクロロフェニル)-1,1-ジメチル尿素                                                       | ジウロン又はDCMU              |
| 130  | 3-(3,4-ジクロロフェニル)-1-メトキシ-1-メチル尿素                                                   | リニュロン                   |
| 131  | 2,4-ジクロロフェノキシ酢酸                                                                   | 2,4-D又は2,4-PA           |
| 132  | 1,1-ジクロロ-1-フルオロエタン                                                                | HFC-141b                |
| 133  | ジクロロフルオロメタン                                                                       | HFC-21                  |
| 134  | 1,3-ジクロロ-2-プロパノール                                                                 |                         |
| 135  | 1,2-ジクロロプロパン                                                                      |                         |
| 136  | 3',4'-ジクロロプロピオンアニリド                                                               | プロパニル又はDCPA             |
| 137  | 1,3-ジクロロプロペン                                                                      | D-D                     |
| 138  | 3,3'-ジクロロベンジジン                                                                    |                         |
| 139  | o-ジクロロベンゼン                                                                        |                         |
| 140  | p-ジクロロベンゼン                                                                        |                         |

## 参考資料－１ PRTR 法の対象化学物質一覧：第一種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                                | 別名                |
|------|--------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 141  | 2-[4-(2,4-ジクロロベンゾイル)-1,3-ジメチル-5-ピラゾリルオキシ]アセトフェノン                   | ピラゾキシフェン          |
| 142  | 4-(2,4-ジクロロベンゾイル)-1,3-ジメチル-5-ピラゾリル=4-トル<br>エンシルホナート                | ピラゾレート            |
| 143  | 2,6-ジクロロベンゾニトリル                                                    | ジクロベニル又はDBN       |
| 144  | ジクロロペンタフルオロプロパン                                                    | H C F C -225      |
| 145  | ジクロロメタン                                                            | 塩化メチレン            |
| 146  | 2,3-ジシアノ-1,4-ジチアアントラキノ                                             | ジチアノン             |
| 147  | 1,3-ジチオラン-2-イリデンマロン酸ジイソプロピル                                        | イソプロチオラン          |
| 148  | ジチオリン酸O-エチル-S,S-ジフェニル                                              | エディフェンホス又はEDDP    |
| 149  | ジチオリン酸S-2-(エチルチオ)エチル-O,O-ジメチル                                      | チオメトン             |
| 150  | ジチオリン酸O-エチル-O-(4-メチルチオフェニル)-S-n-プロ<br>ピル                           | スルプロホス            |
| 151  | ジチオリン酸O,O-ジエチル-S-(2-エチルチオエチル)                                      | エチルチオメトン又はジスルホトン  |
| 152  | ジチオリン酸O,O-ジエチル-S-[(6-クロロ-2,3-ジヒドロ-2-オキ<br>ソベンゾオキサゾリニル)メチル]         | ホサロン              |
| 153  | ジチオリン酸O-2,4-ジクロロフェニル-O-エチル-S-プロピル                                  | プロチオホス            |
| 154  | ジチオリン酸S-(2,3-ジヒドロ-5-メトキシ-2-オキソ-1,3,4-チア<br>ジアゾール-3-イル)メチル-O,O-ジメチル | メチダチオン又はDMTP      |
| 155  | ジチオリン酸O,O-ジメチル-S-1,2-ビス(エトキシカルボニル)<br>エチル                          | マラソン又はマラチオン       |
| 156  | ジチオリン酸O,O-ジメチル-S-[(N-メチルカルバモイル)メチ<br>ル]                            | ジメトエート            |
| 157  | ジニトロトルエン                                                           |                   |
| 158  | 2,4-ジニトロフェノール                                                      |                   |
| 159  | ジフェニルアミン                                                           |                   |
| 160  | 2-(ジ-n-ブチルアミノ)エタノール                                                |                   |
| 161  | N-ジブチルアミノチオ-N-メチルカルバミン酸 2,3-ジヒドロ<br>-2,2-ジメチル-7-ベンゾ [b] フラニル       | カルボスルファン          |
| 162  | ジブロモテトラフルオロエタン                                                     | ハロン-2402          |
| 163  | 2,6-ジメチルアニリン                                                       |                   |
| 164  | 3,4-ジメチルアニリン                                                       |                   |
| 165  | N,N-ジメチルチオカルバミン酸S-4-フェノキシブチル                                       | フェノチオカルブ          |
| 166  | N,N-ジメチルドデシルアミン=N-オキシド                                             |                   |
| 167  | ジメチル=2,2,2-トリクロロ-1-ヒドロキシエチルホスホナート                                  | トリクロロホン又はDEP      |
| 168  | 1,1'-ジメチル-4,4'-ビピリジニウム塩(次号に掲げるものを除<br>く。)                          |                   |
| 169  | 1,1'-ジメチル-4,4'-ビピリジニウム=ジクロリド                                       | パラコート又はパラコートジクロリド |
| 170  | N-(1,2-ジメチルプロピル)-N-エチルチオカルバミン酸S-ベン<br>ジル                           | エスプロカルブ           |
| 171  | 3,3'-ジメチルベンジジン                                                     | o-トリジン            |
| 172  | N,N-ジメチルホルムアミド                                                     |                   |
| 173  | 2-[(ジメトキシホスフィノチオイル)チオ]-2-フェニル酢酸エ<br>チル                             | フェントエート又はPAP      |
| 174  | 3,5-ジヨード-4-オクタノイルオキシベンゾニトリル                                        | アイオキシニル           |
| 175  | 水銀及びその化合物                                                          |                   |
| 176  | 有機スズ化合物                                                            |                   |
| 177  | スチレン                                                               |                   |
| 178  | セレン及びその化合物                                                         |                   |
| 179  | ダイオキシン類                                                            |                   |
| 180  | 2-チオキソ-3,5-ジメチルテトラヒドロ-2H-1,3,5-チアジジン                               | ダゾメット             |
| 181  | チオ尿素                                                               |                   |
| 182  | チオフェノール                                                            |                   |
| 183  | チオリン酸O-1-(4-クロロフェニル)-4-ピラゾリル-O-エチル<br>S-プロピル                       | ピラクロホス            |

## 参考資料－１ PRTR 法の対象化学物質一覧：第一種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                      | 別名             |
|------|----------------------------------------------------------|----------------|
| 184  | チオりん酸O-4-シアノフェニル-O,O-ジメチル                                | シアノホス又はCYAP    |
| 185  | チオりん酸O,O-ジエチル-O-(2-イソプロピル-6-メチル-4-ピリミジニル)                | ダイアジノン         |
| 186  | チオりん酸O,O-ジエチル-O-(6-オキソ-1-フェニル-1,6-ジヒドロ-3-ピリダジニル)         | ピリダフェンチオン      |
| 187  | チオりん酸O,O-ジエチル-O-2-キノキサリニル                                | キナルホス          |
| 188  | チオりん酸O,O-ジエチル-O-(3,5,6-トリクロロ-2-ピリジル)                     | クロルピリホス        |
| 189  | チオりん酸O,O-ジエチル-O-(5-フェニル-3-イソキサゾリル)                       | イソキサチオン        |
| 190  | チオりん酸O-2,4-ジクロロフェニル-O,O-ジエチル                             | ジクロフェンチオン又はECP |
| 191  | チオりん酸O,O-ジメチル-S-[2-[1-(N-メチルカルバモイル)エチルチオ]エチル]            | バミドチオン         |
| 192  | チオりん酸O,O-ジメチル-O-(3-メチル-4-ニトロフェニル)                        | フェニトロチオン又はMEP  |
| 193  | チオりん酸O,O-ジメチル-O-(3-メチル-4-メチルチオフェニル)                      | フェンチオン又はMPP    |
| 194  | チオりん酸O-3,5,6-トリクロロ-2-ピリジル-O,O-ジメチル                       | クロルピリホスメチル     |
| 195  | チオりん酸O-4-ブロモ-2-クロロフェニル-O-エチル-S-プロピル                      | プロフェノホス        |
| 196  | チオりん酸S-ベンジル-O,O-ジイソプロピル                                  | イプロベンホス又はIBP   |
| 197  | デカブロモジフェニルエーテル                                           |                |
| 198  | 1,3,5,7-テトラアザトリシクロ[3.3.1.1 <sup>3,7</sup> .7]デカン         | ヘキサメチレンテトラミン   |
| 199  | テトラクロロイソフタロニトリル                                          | クロロタロニル又はTPN   |
| 200  | テトラクロロエチレン                                               |                |
| 201  | テトラクロロジフルオロエタン                                           | CFC-112        |
| 202  | テトラヒドロメチル無水フタル酸                                          |                |
| 203  | テトラフルオロエチレン                                              |                |
| 204  | テトラメチルチウラムジスルフィド                                         | チウラム又はチラム      |
| 205  | テレフタル酸                                                   |                |
| 206  | テレフタル酸ジメチル                                               |                |
| 207  | 銅水溶性塩（錯塩を除く。）                                            |                |
| 208  | トリクロロアセトアルデヒド                                            |                |
| 209  | 1,1,1-トリクロロエタン                                           |                |
| 210  | 1,1,2-トリクロロエタン                                           |                |
| 211  | トリクロロエチレン                                                |                |
| 212  | 2,4,6-トリクロロ-1,3,5-トリアジン                                  |                |
| 213  | トリクロロトリフルオロエタン                                           | CFC-113        |
| 214  | トリクロロニトロメタン                                              | クロロピクリン        |
| 215  | 2,2,2-トリクロロ-1,1-ビス(4-クロロフェニル)エタノール                       | ケルセン又はジコホル     |
| 216  | (3,5,6-トリクロロ-2-ピリジル)オキシ酢酸                                | トリクロビル         |
| 217  | トリクロロフルオロメタン（別名CFC-11）                                   |                |
| 218  | 1,3,5-トリス(2,3-エポキシプロピル)-1,3,5-トリアジン-2,4,6(1H,3H,5H)-トリオン |                |
| 219  | 2,4,6-トリニトロトルエン                                          |                |
| 220  | α,α,α-トリフルオロ-2,6-ジニトロ-N,N-ジプロピル-p-トルイジン                  | トリフルラリン        |
| 221  | 2,4,6-トリブロモフェノール                                         |                |
| 222  | トリブロモメタン                                                 | ブロモホルム         |
| 223  | 3,5,5-トリメチル-1-ヘキサノール                                     |                |
| 224  | 1,3,5-トリメチルベンゼン                                          |                |
| 225  | o-トルイジン                                                  |                |
| 226  | p-トルイジン                                                  |                |
| 227  | トルエン                                                     |                |
| 228  | 2,4-トルエンジアミン                                             |                |
| 229  | 2-(2-ナフチルオキシ)プロピオンアニリド                                   | ナブロアニリド        |
| 230  | 鉛及びその化合物                                                 |                |
| 231  | ニッケル                                                     |                |
| 232  | ニッケル化合物                                                  |                |
| 233  | ニトリロ三酢酸                                                  |                |

## 参考資料－１ PRTR 法の対象化学物質一覧：第一種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                            | 別名            |
|------|----------------------------------------------------------------|---------------|
| 234  | p-ニトロアニリン                                                      |               |
| 235  | ニトログリコール                                                       |               |
| 236  | ニトログリセリン                                                       |               |
| 237  | p-ニトロクロロベンゼン                                                   |               |
| 238  | N-ニトロソジフェニルアミン                                                 |               |
| 239  | p-ニトロフェノール                                                     |               |
| 240  | ニトロベンゼン                                                        |               |
| 241  | 二硫化炭素                                                          |               |
| 242  | ノニルフェノール                                                       |               |
| 243  | バリウム及びその水溶性化合物                                                 |               |
| 244  | ピクリン酸                                                          |               |
| 245  | 2,4-ビス(エチルアミノ)-6-メチルチオ-1,3,5-トリアジン                             | シメトリン         |
| 246  | ビス(8-キノリノラト)銅                                                  | オキシ銅又は有機銅     |
| 247  | 3,6-ビス(2-クロロフェニル)-1,2,4,5-テトラジン                                | クロフェンチジン      |
| 248  | ビス(ジチオリン酸) S,S'-メチレン-O,O',O',O'-テトラエチル                         | エチオン          |
| 249  | ビス(N,N'-ジメチルジチオカルバミン酸) 亜鉛                                      | ジラム           |
| 250  | ビス(N,N'-ジメチルジチオカルバミン酸) N,N'-エチレンビス(チオカルバモイルチオ亜鉛)               | ポリカーバメート      |
| 251  | ビス(水素化牛脂) ジメチルアンモニウム=クロリド                                      |               |
| 252  | 砒素及びその無機化合物                                                    |               |
| 253  | ヒドラジン                                                          |               |
| 254  | ヒドロキノン                                                         |               |
| 255  | 4-ビニル-1-シクロヘキセン                                                |               |
| 256  | 2-ビニルピリジン                                                      |               |
| 257  | 1-(4-ビフェニルオキシ)-3,3'-ジメチル-1'-(1H-1,2,4-トリアゾール-1-イル)-2-ブタノール     | ビテルタノール       |
| 258  | ピペラジン                                                          |               |
| 259  | ピリジン                                                           |               |
| 260  | ピロカテコール                                                        | カテコール         |
| 261  | フェニルオキシラン                                                      |               |
| 262  | o-フェニレンジアミン                                                    |               |
| 263  | p-フェニレンジアミン                                                    |               |
| 264  | m-フェニレンジアミン                                                    |               |
| 265  | p-フェネチジン                                                       |               |
| 266  | フェノール                                                          |               |
| 267  | 3-フェノキシベンジル=3-(2,2-ジクロロビニル)-2,2'-ジメチルシクロプロパンカルボキシラート           | ペルメトリン        |
| 268  | 1,3-ブタジエン                                                      |               |
| 269  | フタル酸ジ-n-オクチル                                                   |               |
| 270  | フタル酸ジ-n-ブチル                                                    |               |
| 271  | フタル酸ジ-n-ヘプチル                                                   |               |
| 272  | フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)                                              |               |
| 273  | フタル酸 n-ブチル=ベンジル                                                |               |
| 274  | 2-tert-ブチルイミノ-3-イソプロピル-5-フェニルテトラヒドロ-4H-1,3,5-チアジアジン-4-オン       | ブプロフェジン       |
| 275  | N-tert-ブチル-N'-(4-エチルベンゾイル)-3,5-ジメチルベンゾヒドラジド                    | テブフェノジド       |
| 276  | N-[1-(N-n-ブチルカルバモイル)-1H-2-ベンゾイミダゾリル]カルバミン酸メチル                  | (別名ペノミル)      |
| 277  | ブチル=(R)-2-[4-(4-シアノ-2-フルオロフェノキシ)フェノキシ]プロピオナート                  | シハロホップブチル     |
| 278  | tert-ブチル=4-([(1,3-ジメチル-5-フェノキシ-4-ピラゾリル)メチリデン]アミノオキシ)メチル)ベンゾアート | フェンピロキシメート    |
| 279  | 2-(4-tert-ブチルフェノキシ)シクロヘキシル=2-プロピニル=スルフィット                      | プロパルギット又はBPPS |

## 参考資料－１ PRTR 法の対象化学物質一覧：第一種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                                        | 別名               |
|------|----------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 280  | 2-tert-ブチル-5-(4-tert-ブチルベンジルチオ)-4-クロロ-3(2H)-ピリダジノン                         | ピリダベン            |
| 281  | N-(4-tert-ブチルベンジル)-4-クロロ-3-エチル-1-メチルピラゾール-5-カルボキサミド                        | テブフェンピラド         |
| 282  | N-(tert-ブチル)-2-ベンゾチアゾールスルフェンアミド                                            |                  |
| 283  | フッ化水素及びその水溶性塩                                                              |                  |
| 284  | N,N'-プロピレンビス（ジチオカルバミン酸）と亜鉛の重合体                                             | プロピネブ            |
| 285  | ブロモクロロジフルオロメタン                                                             | ハロン-1211         |
| 286  | ブロモトリフルオロメタン                                                               | ハロン-1301         |
| 287  | 2-ブロモプロパン                                                                  |                  |
| 288  | ブロモメタン                                                                     | 臭化メチル            |
| 289  | ヘキサキス(2-メチル-2-フェニルプロピル)ジスタノキサン                                             | 酸化フェンブタスズ        |
| 290  | 1,4,5,6,7,7-ヘキサクロロビシクロ[2.2.1]-5-ヘプテン-2,3-ジカルボン酸                            | クロレンド酸           |
| 291  | 6,7,8,9,10,10-ヘキサクロロ-1,5,5a,6,9,9a-ヘキサヒドロ-6,9-メタノ-2,4,3-ベンゾジオキサチエピン=3-オキシド | エンドスルファン又はベンゾエピン |
| 292  | ヘキサメチレンジアミン                                                                |                  |
| 293  | ヘキサメチレン=ジイソシアネート                                                           |                  |
| 294  | ベリリウム及びその化合物                                                               |                  |
| 295  | ベンジリジン=トリクロリド                                                              |                  |
| 296  | ベンジリデン=ジクロリド                                                               |                  |
| 297  | ベンジル=クロリド                                                                  | 塩化ベンジル           |
| 298  | ベンズアルデヒド                                                                   |                  |
| 299  | ベンゼン                                                                       |                  |
| 300  | 1,2,4-ベンゼントリカルボン酸 1,2-無水物                                                  |                  |
| 301  | 2-(2-ベンゾチアゾリルオキシ)-N-メチルアセトアニリド                                             | メフェナセツト          |
| 302  | ペンタクロロニトロベンゼン                                                              | キントゼン又はPCNB      |
| 303  | ペンタクロロフェノール                                                                |                  |
| 304  | ほう素及びその化合物                                                                 |                  |
| 305  | ホスゲン                                                                       |                  |
| 306  | ポリ塩化ビフェニル                                                                  | PCB              |
| 307  | ポリ(オキシエチレン)=アルキルエーテル(アルキル基の炭素数が12から15までのもの及びその混合物に限る。)                     |                  |
| 308  | ポリ(オキシエチレン)=オクチルフェニルエーテル                                                   |                  |
| 309  | ポリ(オキシエチレン)=ノニルフェニルエーテル                                                    |                  |
| 310  | ホルムアルデヒド                                                                   |                  |
| 311  | マンガン及びその化合物                                                                |                  |
| 312  | 無水フタル酸                                                                     |                  |
| 313  | 無水マレイン酸                                                                    |                  |
| 314  | メタクリル酸                                                                     |                  |
| 315  | メタクリル酸 2-エチルヘキシル                                                           |                  |
| 316  | メタクリル酸 2,3-エポキシプロピル                                                        |                  |
| 317  | メタクリル酸 2-(ジエチルアミノ)エチル                                                      |                  |
| 318  | メタクリル酸 2-(ジメチルアミノ)エチル                                                      |                  |
| 319  | メタクリル酸 n-ブチル                                                               |                  |
| 320  | メタクリル酸メチル                                                                  |                  |
| 321  | メタクリロニトリル                                                                  |                  |
| 322  | (Z)-2'-メチルアセトフェノン=4,6-ジメチル-2-ピリミジニルヒドラゾン                                   | フェリムゾン           |
| 323  | N-メチルアニリン                                                                  |                  |
| 324  | メチル=イソチオシアネート                                                              |                  |
| 325  | N-メチルカルバミン酸 2-イソプロピルフェニル                                                   | イソプロカルブ又はMIPC    |
| 326  | N-メチルカルバミン酸 2-イソプロポキシフェニル                                                  | プロボキスル又はPHC      |
| 327  | N-メチルカルバミン酸 2,3-ジヒドロ-2,2-ジメチル-7-ベンゾ[b]フラニル                                 | カルボフラン           |

## 参考資料－１ PRTR 法の対象化学物質一覧：第一種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                                 | 別名              |
|------|---------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 328  | N-メチルカルバミン酸 3,5-ジメチルフェニル                                            | XMC             |
| 329  | N-メチルカルバミン酸 1-ナフチル                                                  | カルバリル又はNAC      |
| 330  | N-メチルカルバミン酸 2-sec-ブチルフェニル                                           | フェノブカルブ又はBPMC   |
| 331  | メチル=3-クロロ-5-(4,6-ジメトキシ-2-ピリミジニルカルバモイルスルファモイル)-1-メチルピラゾール-4-カルボキシラート | ハロスルフロンメチル      |
| 332  | 3-メチル-1,5-ジ(2,4-キシリル)-1,3,5-トリアザペンタ-1,4-ジエン                         | アミトラズ           |
| 333  | N-メチルジチオカルバミン酸                                                      | カーバム            |
| 334  | 6-メチル-1,3-ジチオロ[4,5-b]キノキサリン-2-オン                                    |                 |
| 335  | $\alpha$ -メチルスチレン                                                   |                 |
| 336  | 3-メチルピリジン                                                           |                 |
| 337  | S-1-メチル-1-フェニルエチル=ピペリジン-1-カルボチオアート                                  | ジメビペレート         |
| 338  | メチル-1,3-フェニレン=ジイソシアネート                                              | m-トリレンジイソシアネート  |
| 339  | 2-(1-メチルプロピル)-4,6-ジニトロフェノール                                         |                 |
| 340  | 4,4'-メチレンジアニリン                                                      |                 |
| 341  | メチレンビス(4,1-シクロヘキシレン)=ジイソシアネート                                       |                 |
| 342  | N-(6-メトキシ-2-ピリジル)-N-メチルチオカルバミン酸O-3-tert-ブチルフェニル                     | ピリブチカルブ         |
| 343  | 9-メトキシ-7H-フロ[3,2-g][1]ベンゾピラン-7-オン                                   | メトキサレン          |
| 344  | 2-メトキシ-5-メチルアニリン                                                    |                 |
| 345  | メルカプト酢酸                                                             |                 |
| 346  | モリブデン及びその化合物                                                        |                 |
| 347  | りん酸 2-クロロ-1-(2,4-ジクロロフェニル)ビニル=ジエチル                                  | クロルフェンビンホス又はCVP |
| 348  | りん酸 2-クロロ-1-(2,4-ジクロロフェニル)ビニル=ジメチル                                  | ジメチルビンホス        |
| 349  | りん酸 1,2-ジブromo-2,2-ジクロロエチル=ジメチル                                     | ナレド又はBRP        |
| 350  | りん酸ジメチル=2,2-ジクロロビニル                                                 | ジクロロボス又はDDVP    |
| 351  | りん酸ジメチル=(E)-1-メチル-2-(N-メチルカルバモイル)ビニル                                | モノクロトホス         |
| 352  | りん酸トリス(2-クロロエチル)                                                    |                 |
| 353  | りん酸トリス(ジメチルフェニル)                                                    |                 |
| 354  | りん酸トリ-n-ブチル                                                         |                 |

## 参考資料－２ PRTR 法の対象化学物質一覧：第二種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                                                                                  | 別名                |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1    | アセトアミド                                                                                                               |                   |
| 2    | p-アニシジン                                                                                                              |                   |
| 3    | 2-アミノ-5-ニトロベンゾニトリル                                                                                                   |                   |
| 4    | 2-アミノピリジン                                                                                                            |                   |
| 5    | 4-[(4-アミノフェニル)(4-イミノ-2,5-シクロヘキサジエン-1-イリデン)メチル]-2-メチルベンゼンアミン塩酸塩                                                       | マゼンタ              |
| 6    | p-アミノフェノール                                                                                                           |                   |
| 7    | 3'-アミノ-4'-メトキシアセトアニリド                                                                                                |                   |
| 8    | 4-アリル-1,2-ジメトキシベンゼン                                                                                                  |                   |
| 9    | インジウム及びその化合物                                                                                                         |                   |
| 10   | N-エチルアニリン                                                                                                            |                   |
| 11   | 2-エチルアミノ-4-イソプロピルアミノ-6-メチルチオ-1,3,5-トリアジン                                                                             | アメトリン             |
| 12   | O-エチル=O-2-(イソプロポキシカルボニル)フェニル=N-イソプロピルホスホルアミドチオアート                                                                    | イソフェンホス           |
| 13   | 5-エチル-5-フェニル-2,4,6 (1H,3H,5H) -ピリミジントリオン                                                                             | フェノバルビタール         |
| 14   | 1,2-エポキシブタン                                                                                                          |                   |
| 15   | 4-オキシラニル-1,2-エポキシシクロヘキサン                                                                                             |                   |
| 16   | オルトケイ酸テトラメチル                                                                                                         | テトラメトキシシラン        |
| 17   | 2,4-キシレノール                                                                                                           |                   |
| 18   | 2-(4-クロロ-6-エチルアミノ-1,3,5-トリアジン-2-イル) アミノ-2-メチルプロピオニトリル                                                                | シアナジン             |
| 19   | 5-クロロ-N-[2-[4-(2-エトキシエチル)-2,3-ジメチルフェノキシ]エチル]-6-エチルピリミジン-4-アミン                                                        | ピリミジフェン           |
| 20   | 1-クロロナフタレン                                                                                                           |                   |
| 21   | O-6-クロロ-3-フェニル-4-ピリダジニル=S-n-オクチル=チオカルボナート                                                                            | ピリデート             |
| 22   | p-クロロフェノール                                                                                                           |                   |
| 23   | 2-クロロプロピオン酸                                                                                                          |                   |
| 24   | $\alpha$ -シアノ-3-フェノキシベンジル=2,2-ジクロロ-1-(4-エトキシフェニル)シクロプロパンカルボキシラート                                                     | シクロプロトリン          |
| 25   | (S)- $\alpha$ -シアノ-3-フェノキシベンジル=3-(2,2-ジクロロビニル)-2,2-ジメチル-cis-シクロプロパンカルボキシラート                                          | $\alpha$ -シベルメトリン |
| 26   | 1-(3,5-ジクロロ-2,4-ジフルオロフェニル)-3-(2,6-ジフルオロベンゾイル)尿素                                                                      | テフルベンズロン          |
| 27   | 2,2-ジクロロ-N-[2-ヒドロキシ-1-(ヒドロキシメチル)-2-(4-ニトロフェニル)エチル]アセトアミド                                                             | クロラムフェニコール        |
| 28   | 2,4'-ジクロロ- $\alpha$ -(5-ピリミジニル)ベンズヒドリル=アルコール                                                                         | フェナリモル            |
| 29   | 2-(2,4-ジクロロフェニル)-1-(1H-1,2,4-トリアゾール-1-イル)-2-ヘキサノール                                                                   | ヘキサコナゾール          |
| 30   | ジナトリウム=4-アミノ-3-[4'-(2,4-ジアミノフェニルアゾ)-1,1'-ビフェニル-4-イルアゾ]-5-ヒドロキシ-6-フェニルアゾ-2,7-ナフタレンジスルホナート                             | C I ダイレクトブラック 38  |
| 31   | ジナトリウム=8-(3,3'-ジメチル-4'-[4-(p-トリル)スルホニルオキシ]フェニルアゾ]-1,1'-ビフェニル-4-イルアゾ)-7-ヒドロキシ-1,3-ナフタレンジスルホナー                         | トC I アシッドレッド 114  |
| 32   | ジナトリウム=2,2'-ビニレンビス[5-(4-モルホリノ-6-アニリノ-1,3,5-トリアジン-2-イルアミノ)ベンゼンスルホナート]                                                 | C I フルオレスセント 260  |
| 33   | 2,4-ジニトロ-6-オクチルフェニル=クロトナート及び 2,6-ジニトロ-4-オクチルフェニル=クロトナートの混合物（オクチル基が 1-メチルヘプチル基、1-エチルヘキシル基又は 1-プロピルベンチル基であるものの混合物に限る。） | ジノカップ又はD P C      |
| 34   | 4,6-ジニトロ-o-クレゾール                                                                                                     |                   |
| 35   | m-ジニトロベンゼン                                                                                                           |                   |
| 36   | 2,3-ジヒドロ-6-プロピル-2-チオキソ-4(1H)-ピリミジノン                                                                                  | プロピルチオウラシル        |
| 37   | ジビニルベンゼン                                                                                                             |                   |
| 38   | 5,5-ジフェニル-2,4-イミダゾリジンジオン                                                                                             |                   |



## 参考資料－２ PRTR 法の対象化学物質一覧：第二種指定化学物質

| 政令番号 | 物質名                                                                                                                    | 別名                 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 39   | 1,4-ジブロモブタン                                                                                                            |                    |
| 40   | 1,3-ジブロモプロパン                                                                                                           |                    |
| 41   | ジベンジルエーテル                                                                                                              |                    |
| 42   | 2,3-ジメチルアニリン                                                                                                           |                    |
| 43   | 1,1-ジメチルヒドラジン                                                                                                          |                    |
| 44   | タリウム及びその水溶性化合物                                                                                                         |                    |
| 45   | チオアセトアミド                                                                                                               |                    |
| 46   | 鉄カルボニル                                                                                                                 |                    |
| 47   | 1,1,2,2-テトラクロロエタン                                                                                                      |                    |
| 48   | テトラナトリウム=3,3'-[(3,3'-ジメトキシ-4,4'-ビフェニレン)ビス(アゾ)]ビス (5'-アミノ-4'-ヒドロキシ-2,7-ナフタレンジルスホナート)                                    | C I ダイレクトブルー15     |
| 49   | 2,3,5,6-テトラフルオロ-4-メチルベンジル=(Z)-3-(2-クロロ-3,3,3-トリフルオロ-1-プロペニル)-2,2-ジメチルシクロプロパンカルボキシラート                                   | テフルトリン             |
| 50   | テルル及びその化合物(水素化テルルを除く)                                                                                                  |                    |
| 51   | トリクロロアセトニトリル                                                                                                           |                    |
| 52   | ナトリウム=3-(N-{4-[(4-{ジメチルアミノ}フェニル)(4-{N-エチル[ (3-スルホナトフェニル)メチル]アミノ}フェニル)メチレン]-2,5-シクロヘキサジエン-1-イリデン}-N-エチルアンモニオ)ベンゼンスルホナート | C I アシッドバイオレット 49  |
| 53   | ナトリウム=1,1'-ビフェニル-2-オラート                                                                                                |                    |
| 54   | 二硝酸プロピレン                                                                                                               |                    |
| 55   | m-ニトロアニリン                                                                                                              |                    |
| 56   | 5'-[N,N'-ビス(2'-アセチルオキシエチル)アミノ]-2'-(2'-ブロモ-4,6'-ジニトロフェニルアゾ)-4'-メトキシアセトアニリド                                              |                    |
| 57   | ビフェニル                                                                                                                  |                    |
| 58   | フェナントレン                                                                                                                |                    |
| 59   | p-(フェニルアゾ)アニリン                                                                                                         |                    |
| 60   | フタル酸ジイソブチル                                                                                                             |                    |
| 61   | 1-tert-ブチル-3-(2,6-ジイソプロピル-4-フェノキシフェニル)チオ尿素                                                                             | ジアフェンチウロン          |
| 62   | tert-ブチル=ヒドロペルオキシド                                                                                                     |                    |
| 63   | 1,3-プロパンスルホン                                                                                                           |                    |
| 64   | N-プロピル-N-[2-(2,4,6-トリクロロフェノキシ)エチル]イミダゾール-1-カルボキサミド                                                                     | プロクロラズ             |
| 65   | 2-プロピン-1-オール                                                                                                           |                    |
| 66   | 2-(4-ブロモジフルオロメトキシフェニル)-2-メチルプロピル=3-フェノキシベンジルエーテル                                                                       | ハルフェンブロックス         |
| 67   | p-ブロモフェノール                                                                                                             |                    |
| 68   | 3-ブロモ-1-プロペン                                                                                                           | 臭化アリル              |
| 69   | ヘキサデシルトリメチルアンモニウム=ブロミド                                                                                                 |                    |
| 70   | ヘキサヒドロ-1,3,5-トリニトロ-1,3,5-トリアジン                                                                                         | シクロナイト             |
| 71   | ベンゾチアゾール                                                                                                               |                    |
| 72   | ペンタデカフルオロオクタン酸アンモニウム                                                                                                   |                    |
| 73   | メチル=2-(4,6-ジメトキシ-2-ピリミジニルオキシ)-6-[1-(メトキシイミノ)エチル]ベンゾアート                                                                 | ピリミノバックメチル         |
| 74   | メチルヒドラジン                                                                                                               |                    |
| 75   | 2-メチル-1,1'-ビフェニル-3-イルメチル=(Z)-3-(2-クロロ-3,3,3-トリフルオロ-1-プロペニル)-2,2-ジメチルシクロプロパンカルボキシラート                                    | ビフェントリン            |
| 76   | メチル=3-(4-メトキシ-6-メチル-1,3,5-トリアジン-2-イルカルバモイルスルファモイル)-2-テノアート                                                             | チフェンスルフロメチル        |
| 77   | 4,4'-メチレンビス(N,N'-ジメチルアニリン)                                                                                             |                    |
| 78   | メチレンビス(4,1-フェニレン)=ジイソシアネート                                                                                             |                    |
| 79   | 4,4'-メチレンビス(2-メチルシクロヘキサミン)                                                                                             |                    |
| 80   | りん酸(Z)-2-クロロ-1-(2,4,5-トリクロロフェニル)ビニル=ジメチル                                                                               | テトラクロロビンホス又はC V MP |
| 81   | りん酸トリス(2-エチルヘキシル)                                                                                                      |                    |

参考資料－３：表１（１/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：カドミウム（化合物）

|           |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質名       | ① 塩化カドミウム<br>② 酸化カドミウム<br>③ 硫酸カドミウム         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Cas No.   | ① 10108-64-2<br>② 1306-19-0<br>③ 10124-36-4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 分類        | 無機化合物                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 物性値       | 構造式                                         | ① $\text{CdCl}_2$<br>② $\text{CdO}$<br>③ $\text{CdSO}_4$                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|           | 分子量                                         | ① 183.3<br>② 128.4<br>③ 208.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|           | 比重                                          | ① $4.1\text{g/cm}^3$<br>② $6.95\text{g/cm}^3$ （非結晶）、 $8.15\text{g/cm}^3$ （結晶）<br>③ $4.7\text{g/cm}^3$                                                                                                                                                                                                                                         |
|           | 融点                                          | ① $568^\circ\text{C}$<br>② $900\sim 1000^\circ\text{C}$<br>③ $1000^\circ\text{C}$                                                                                                                                                                                                                                                             |
|           | 沸点                                          | ① $960^\circ\text{C}$<br>② $1559^\circ\text{C}$ （昇華点）<br>③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|           | 引火点・爆発性                                     | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|           | 腐食性                                         | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 物質移行パラメータ | 溶解度（水）                                      | ① $1.4 \times 10^6\text{mg/L}$ ( $20^\circ\text{C}$ )<br>② $<1.0 \times 10^3\text{mg/L}$ ( $20^\circ\text{C}$ )<br>③ $7.6 \times 10^5\text{mg/L}$ , $75.5\text{g/100ml}$ ( $0^\circ\text{C}$ )                                                                                                                                                |
|           | オクタノール／水分配係数                                | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|           | 土壌／水分配係数                                    | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 毒性情報      | 急性毒性                                        | （ヒトへの影響）<br>①消化管、気道を著しく刺激する。エアロゾルを吸入すると肺水腫を起こすことがある。許容濃度をはるかに超えると死に至ることがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。<br>②眼、気道を刺激する。エアロゾルを吸入すると肺水腫を起こすことがある。許容濃度をはるかに超えると死に至ることがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。<br>③気道を刺激する。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>①：<br>・ラット経口 $\text{LD}_{50}$ ：88 mg/kg<br>・ラット腹腔内注射 $\text{LD}_{50}$ ：1800 $\mu\text{g/kg}$ |

参考資料－３：表１（２/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：カドミウム（化合物）

| 物質名  |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |
|------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 毒性情報 | 急性毒性 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ マウス経口 LD<sub>50</sub> : 60 mg/kg</li> <li>・ マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub> : 9300 μg/kg</li> <li>・ マウス皮下投与 LD<sub>50</sub> : 3200 μg/kg</li> <li>・ マウス静脈内投与 LD<sub>50</sub> : 3500 μg/kg</li> <li>・ 検定菌 (<i>Salmonella typhimurium</i>) EC<sub>50</sub> : 10,400 μg/L/8hr in water (CaCO<sub>3</sub> 50 mg/L)</li> </ul> <p>② :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 検定菌 (<i>Salmonella typhimurium</i>) EC<sub>50</sub> : 10,400 μg/L/8hr in water (CaCO<sub>3</sub> 50 mg/L)</li> <li>・ ラット経口 LD<sub>50</sub> : 72mg/kg</li> <li>・ ラット吸入 LC<sub>50</sub> : 780mg/m<sup>3</sup>/10min</li> <li>・ ラット腹腔内注射 LD<sub>50</sub> : 12mg/kg</li> <li>・ ラット経口 LD<sub>50</sub> : 72mg/kg</li> <li>・ ラット吸入 LC<sub>50</sub> : 340mg/m<sup>3</sup>/10min</li> <li>・ モルモット吸入 LC<sub>50</sub> : 3g/m<sup>3</sup>/15min</li> <li>・ ウサギ吸入 LC<sub>50</sub> : 3g/m<sup>3</sup>/15min</li> <li>・ イヌ吸入 LC<sub>50</sub> : 400mg/m<sup>3</sup>/10min</li> <li>・ サル吸入 LC<sub>50</sub> : 15g/m<sup>3</sup>/10min</li> </ul> <p>③ :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ラット経口 LD<sub>50</sub> : 280 mg/kg</li> <li>・ マウス経口 LD<sub>50</sub> : 88 mg/kg</li> <li>・ マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub> : 12,760 μg/kg</li> </ul> |         |
|      | 慢性毒性 | <p>①腎臓、肺に影響を与え、腎障害、組織病変を生じることがある。また、人で発がん性を示す。動物試験はこの物質が人の生殖に毒性影響を及ぼす可能性があることを示している。</p> <p>②反復してあるいは長期にわたり暴露すると、肺が冒されることがある。腎臓、肺に影響を与え、腎障害、組織病変を生じることがある。また、人でおそらく発がん性を示す。動物試験はこの物質が人の生殖に毒性影響を及ぼす可能性があることを示している。</p> <p>③肺、腎臓に影響を与え、機能障害、組織損傷を生じることがある。人でおそらく発がん性を示す。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |
|      | 発がん性 | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ①、②、③ ー |
|      |      | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ①、②、③ ー |

参考資料－３：表２（1/2） 化学物質の物性・毒性に関する情報：全シアン（化合物）

|           |                                        |                                                                                                 |
|-----------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質名       | ① シアン化カリウム<br>② 塩化シアン<br>③ チオシアン酸ナトリウム |                                                                                                 |
| Cas No.   | ① 151-50-8<br>② 506-77-4<br>③ 540-72-7 |                                                                                                 |
| 分類        | 無機化合物                                  |                                                                                                 |
| 物性値       | 構造式                                    | ① KCN<br>② ClCN<br>③ NaSCN                                                                      |
|           | 分子量                                    | ① 65.1<br>② 61.5<br>③ 81.1                                                                      |
|           | 比重                                     | ① 1.52g/cm <sup>3</sup><br>② 1.186g/cm <sup>3</sup><br>③ 1.7g/cm <sup>3</sup>                   |
|           | 融点                                     | ① 634℃<br>② -6℃<br>③ 約 300℃                                                                     |
|           | 沸点                                     | ① 1625℃<br>② 13.8℃<br>③ 368℃                                                                    |
|           | 引火点・爆発性                                | ①不燃性。硝酸塩・塩化物等強い酸化剤と接触すると爆発する。<br>②、③ －                                                          |
|           | 腐食性                                    | ①－<br>②、③ －                                                                                     |
| 物質移行パラメータ | 溶解度（水）                                 | ① 71.6g/100ml、 $7.2 \times 10^5$ mg/L<br>② $6 \times 10^4$ mg/L (0℃)<br>③ 139g/100ml (21℃)      |
|           | オクタノール／水分配係数                           | ① 49.0L/kg (logKow=-1.69)<br>② 1.6～4.4L/kg (logKow=0.2～0.64)<br>③ －                             |
|           | 土壌／水分配係数                               | ① －<br>② $3.4 \times 10^{-2}$ L/kg (Koc : 1.72L/kg)<br>③ －                                      |
| 毒性情報      | 急性毒性                                   | （ヒトへの影響）<br>①眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。経口摂取すると、腐食性を示す。中枢神経系に影響を与えることがある。暴露すると、死に至ることがある。医学的な経過観察が必要である。 |

参考資料－３：表２（２/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：全シアン（化合物）

| 物質名  |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |
|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 毒性情報 | 急性毒性 | <p>②催涙性。眼、皮膚、気道を激しく刺激する。細胞呼吸に影響を与え、痙攣、意識喪失を起こすことがある。死に至ることがある。医学的な経過観察が必要である。吸入すると肺水腫を起こすことがある。これらの影響は遅れて現われることがある。この液体が急速に気化すると、凍傷を起こすことがある。医学的な経過観察が必要である。</p> <p>③中枢神経系に影響を与え、興奮、痙攣を生じることがある。（ヒト以外の動物への影響）</p> <p>①：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：5mg/kg</li> <li>・ラット腹腔内注射 LD<sub>50</sub>：4mg/kg</li> <li>・ラット皮下投与 LD<sub>50</sub>：9mg/kg</li> <li>・ラット静脈内投与 LD<sub>50</sub>：3600mg/kg</li> <li>・マウス経口 LD<sub>50</sub>：8500 μg/kg</li> <li>・マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub>：5991 μg/kg</li> <li>・マウス皮下投与 LD<sub>50</sub>：6500 μg/kg</li> <li>・マウス静脈内投与 LD<sub>50</sub>：2600 μg/kg</li> <li>・イヌ静脈内投与 LD<sub>50</sub>：6mg/kg</li> <li>・イヌ皮下投与 LD<sub>50</sub>：5mg/kg</li> <li>・ウサギ経口 LD<sub>50</sub>：5mg/kg</li> <li>・ウサギ皮下投与 LD<sub>50</sub>：4mg/kg</li> <li>・ウサギ筋肉内投与 LD<sub>50</sub>：3256 μg/kg</li> <li>・ウサギ経口（oc） LD<sub>50</sub>：7870 μg/kg</li> <li>・モルモット筋肉内投与 LD<sub>50</sub>：4mg/kg</li> </ul> <p>②：</p> <p>—</p> <p>③：</p> <p>—</p> |         |
|      | 慢性毒性 | <p>①、② —</p> <p>③中枢神経系、甲状腺に影響を与え、機能障害、甲状腺機能低下を生じることがある。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |
|      | 発がん性 | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ①、②、③ — |
|      |      | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ①、②、③ — |

参考資料－３：表３ 化学物質の物性・毒性に関する情報：鉛（化合物）

| 物質名       | 硝酸鉛           |                                                                                                                          |   |
|-----------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Cas No.   | 10099-74-8    |                                                                                                                          |   |
| 分類        | 無機化合物         |                                                                                                                          |   |
| 物性値       | 構造式           | $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$                                                                                               |   |
|           | 分子量           | 331.2                                                                                                                    |   |
|           | 比重            | 4.6                                                                                                                      |   |
|           | 融点            | 290℃                                                                                                                     |   |
|           | 沸点            | －                                                                                                                        |   |
|           | 引火点・爆発性       | 化合物白体は火災・爆発の危険性はないが、火災時に分解して酸素を放出する。                                                                                     |   |
|           | 腐食性           | －                                                                                                                        |   |
| 物質移行パラメータ | 溶解度（水）        | 52g/100ml（20℃）<br>5.6×10 <sup>5</sup> mg/l（20℃）                                                                          |   |
|           | オクタノール／水分分配係数 | －                                                                                                                        |   |
|           | 土壌／水分分配係数     | －                                                                                                                        |   |
| 毒性情報      | 急性毒性          | （ヒトへの影響）<br>眼、皮膚、気道を刺激する。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>・ラット静脈内投与 LD <sub>50</sub> ：93mg/kg<br>・マウス腹腔内注射 LD <sub>50</sub> ：74mg/kg |   |
|           | 慢性毒性          | 血液、胃腸管、腎臓、肝臓、神経系に影響を与え、貧血、高血圧、腎臓障害、肝臓障害、痙攣、麻痺を起こすことがある。人で発がん性を示す可能性がある。人で重大な生殖毒性を引き起こす。                                  |   |
|           | 発がん性          | 日本産業衛生学会                                                                                                                 | － |
|           |               | IARC                                                                                                                     | － |

参考資料－３：表４（１／２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：クロム（化合物）

|           |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質名       | ① 酸化クロム（無水クロム酸）<br>② ニクロム酸カリウム（重クロム酸カリウム）<br>③ ニクロム酸ナトリウム |                                                                                                                                                                                                                                |
| Gas No.   | ① 1333-82-0<br>② 7778-50-9<br>③ 10588-01-9                |                                                                                                                                                                                                                                |
| 分類        | 無機化合物                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |
| 物性値       | 構造式                                                       | ① $\text{CrO}_3$<br>② $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$<br>③ $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$                                                                                                                                |
|           | 分子量                                                       | ① 100.0<br>② 294.2<br>③ 262                                                                                                                                                                                                    |
|           | 比重                                                        | ① $2.7\text{g}/\text{cm}^3$<br>② $2.7\text{g}/\text{cm}^3$<br>③ $2.5\text{g}/\text{cm}^3$                                                                                                                                      |
|           | 融点                                                        | ① $197^\circ\text{C}$<br>② $398^\circ\text{C}$<br>③ $357^\circ\text{C}$                                                                                                                                                        |
|           | 沸点                                                        | ① $250^\circ\text{C}$ （沸点以下で分解する）<br>② $500^\circ\text{C}$ （沸点以下で分解する）<br>③ $400^\circ\text{C}$                                                                                                                                |
|           | 引火点・爆発性                                                   | ①－<br>②、③強酸化剤であるので、各種の有機物と接触させたり、還元剤と一緒にすると激しく反応し、発火または爆発を起こすことがある。                                                                                                                                                            |
|           | 腐食性                                                       | ① 酸化性、腐食性が高い。強酸性である。潮解性。<br>②、③－                                                                                                                                                                                               |
| 物質移行パラメータ | 溶解度（水）                                                    | ① $6.2 \times 10^4\text{mg}/\text{L}$ ( $0^\circ\text{C}$ )、 $167.37\text{g}/100\text{ml}$ ( $20^\circ\text{C}$ )<br>② $12\text{g}/100\text{ml}$ ( $20^\circ\text{C}$ )<br>③ $236\text{g}/100\text{ml}$ ( $20^\circ\text{C}$ ) |
|           | オクタノール／水分配係数                                              | ①、②、③－                                                                                                                                                                                                                         |
|           | 土壌／水分配係数                                                  | ①、②、③－                                                                                                                                                                                                                         |
| 毒性情報      | 急性毒性                                                      | （ヒトへの影響）<br>①眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。経口摂取すると、腐食性を示す。<br>②皮膚、気道を刺激する。眼に対して腐食性を示す。腎臓、肝臓に影響を与え、機能障害を生じることがある。<br>③皮膚、気道を刺激する。眼に対して腐食性を示す。腎臓、肝臓に影響を与え、機能障害を生じることがある。                                                                     |

参考資料－３：表４（２/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：クロム（化合物）

| 物質名  |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |
|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 毒性情報 | 急性毒性 | <p>(ヒト以外の動物への影響)</p> <p>①：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：135-177mg/kg</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：80-114mg/kg</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：80mg/kg</li> <li>・ラット（Fischer 344）吸入 LC<sub>50</sub>：137mg/m<sup>3</sup>/4hr（オス），87mg/m<sup>3</sup>/4hr（メス）</li> <li>・ラット（Fischer 344）経口 LD<sub>50</sub>：29mg/kg（オス），25mg/kg（メス）</li> <li>・マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub>：14mg/kg</li> <li>・ウサギ（Fischer 344）経皮 LD<sub>50</sub>：30mg/kg/24hr</li> </ul> <p>②：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・マウス経口 LD<sub>50</sub>：190mg/kg</li> <li>・マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub>：37mg/kg</li> <li>・ラット（Fischer 344）吸入 LC<sub>50</sub>：35mg/m<sup>3</sup>/4hr（オス），29mg/m<sup>3</sup>/4hr（メス）</li> <li>・ラット（Fischer 344）経口 LD<sub>50</sub>：26mg/kg（オス），17mg/kg（メス）</li> <li>・ウサギ経皮 LD<sub>50</sub>：403mg/kg, 490mg/kg</li> </ul> <p>③：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・マウス経口 LD<sub>50</sub>：190mg/kg</li> <li>・ラット（F344）吸入 LC<sub>50</sub>：124.42mg/m<sup>3</sup>/4hr（エアロゾル）</li> <li>・ラット（F344）経口 LD<sub>50</sub>：51.10mg/kg</li> <li>・ウサギ経皮 LD<sub>50</sub>：1000mg/kg</li> </ul> |   |
|      | 慢性毒性 | <p>①反復または長期の接触により、皮膚が感作されることがある。反復または長期の吸入により、喘息を起こすことがある。気道、腎臓に影響を与え、鼻中隔穿孔、腎臓障害を生じることがある。人で発がん性を示す。人の生殖細胞で遺伝性の遺伝子損傷を引き起こすことがある。動物試験では人で生殖・発生毒性を引き起こす可能性があることが示されている。</p> <p>②反復または長期の接触により、皮膚が感作されることがある。反復または長期の吸入により、喘息を起こすことがある。気道、腎臓に影響を与え、鼻中隔穿孔、腎臓障害を生じることがある。人で発がん性を示す。</p> <p>③反復または長期の接触により、皮膚が感作されることがある。反復または長期の吸入により、喘息を起こすことがある。気道、腎臓に影響を与え、鼻中隔穿孔、腎臓障害を生じることがある。人で発がん性を示す。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |
|      | 発がん性 | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | － |
|      |      | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | － |



参考資料－３：表５（１/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：砒素（化合物）

| 物質名       | ① 砒酸<br>② 五酸化二砒素<br>③ 亜砒酸（三酸化砒素）          |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cas No.   | ① 7774-41-6<br>② 1303-28-2<br>③ 1327-53-3 |                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 分類        | 無機化合物                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 物性値       | 構造式                                       | ① $\text{H}_3\text{AsO}_4$<br>② $\text{As}_2\text{O}_5$<br>③ $\text{As}_2\text{O}_3$                                                                                                                                                                           |
|           | 分子量                                       | ① 141.94<br>② 229.8<br>③ 197.8                                                                                                                                                                                                                                 |
|           | 比重                                        | ① －<br>② 4.3 g/cm <sup>3</sup><br>③ 3.7～4.2                                                                                                                                                                                                                    |
|           | 融点                                        | ① －<br>② 315℃<br>③ 275～313℃（昇華点：193℃）                                                                                                                                                                                                                          |
|           | 沸点                                        | ①、② －<br>③ 457～465℃                                                                                                                                                                                                                                            |
|           | 引火点・爆発性                                   | ①、② －<br>③加熱したり、酸と反応すると砒素の有害なヒュームを出す。<br>代表的毒物で致死量は0.1～0.3 gである。                                                                                                                                                                                               |
|           | 腐食性                                       | ①、②、③ －                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 物質移行パラメータ | 溶解度（水）                                    | ① －<br>② 65.8g/100ml (20℃)、 $6.6 \times 10^4$ mg/L<br>③ 1.2～3.7g/100 ml (20℃)                                                                                                                                                                                  |
|           | オクタノール／水分配係数                              | ①、②、③ －                                                                                                                                                                                                                                                        |
|           | 土壌／水分配係数                                  | ①、②、③ －                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 毒性情報      | 急性毒性                                      | （ヒトへの影響）<br>①－<br>②眼、皮膚、気道を刺激する。血液、心血管系、末梢神経系、肝臓に影響を与えることがある。許容濃度を超えて暴露すると、死に至ることがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。<br>③この物質は眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。血液、心血管系、神経系、肝臓に影響を与えることがある。暴露すると、死に至ることがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>①：<br>－ |

参考資料－３：表５（２/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：砒素（化合物）

| 物質名  | ① 砒酸<br>② 五酸化二砒素<br>③ 亜砒酸（三酸化砒素） |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |
|------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 毒性情報 | 急性毒性                             | ②：<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：8mg/kg<br>・マウス経口 LD <sub>50</sub> ：55mg/kg<br>③：<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：8mg/kg<br>・マウス経口強制投与 LD <sub>50</sub> ：26-47mg/kg<br>・ラット経口強制投与 LD <sub>50</sub> ：15mg/kg<br>・ラット経口（食物経由） LD <sub>50</sub> ：145mg/kg<br>・ラット腹腔内注射 LD <sub>50</sub> ：871 mg/kg<br>・マウス経口 LD <sub>50</sub> ：31,500 μg/kg<br>・マウス皮下投与 LD <sub>50</sub> ：9,800 μg/kg<br>・マウス静脈内投与 LD <sub>50</sub> ：10,700 μg/kg<br>・マウス（swiss mice, メス：20-25g）経口 LD <sub>50</sub> ：42.9 ± 2.1mg/kg (97.8%溶液)<br>・マウス（swiss mice, オス：20-25g）経口 LD <sub>50</sub> ：39.4 ± 4.7mg/kg (99.999%溶液)<br>・マウス（swiss mice, オス：35-40g）経口 LD <sub>50</sub> ：47.6 ± 3.3mg/kg (99.999%溶液)<br>・マウス（C57H16, オス）経口 LD <sub>50</sub> ：25.8 ± 1.8mg/kg (99.999%溶液)<br>・マウス（Dbal, オス）経口 LD <sub>50</sub> ：32.4 ± 2.3mg/kg (99.999%溶液)<br>・マウス（C3H, オス）経口 LD <sub>50</sub> ：25.8 ± 1.8mg/kg (99.999%溶液)<br>・ラット（Sprague-Dawley, オス 1：25-200g）経口 LD <sub>50</sub> ：23.6 ± 1.4mg/kg (97.8%溶液)<br>・ラット（Sprague-Dawley, オス 1：125-200 g）経口 LD <sub>50</sub> ：15.1 ± 1.8mg/kg (99.999%溶液)<br>・ラット（Sprague-Dawley, オス 1：125-200 g）経口 LD <sub>50</sub> ：214.0 ± 8.4mg/kg (97.8%dry)<br>・ラット（Sprague-Dawley, オス 1：125-200 g）経口 LD <sub>50</sub> ：145.2 ± 8.7mg/kg (99.999% dry) |         |
|      | 慢性毒性                             | ①－<br>②皮膚(角化症)、心血管系、末梢神経系、骨髓(造血障害)、肝臓、肺に影響を与えることがある。人で発がん性を示す。<br>③反復または長期の皮膚への接触により、皮膚炎を起こすことがある。気道、皮膚(角化症)、骨髓(造血障害)、心血管系、神経系、肝臓に対してに影響を与え、貧血、機能障害を生じることがある。人で発がん性を示す。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |
|      | 発がん性                             | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ①、②、③ － |
|      |                                  | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ①、②、③ － |

参考資料－３：表６（１/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：

## 総水銀・アルキル水銀（化合物）

| 物質名       | ① 酸化水銀（Ⅱ）<br>② 硝酸水銀（Ⅱ）<br>③ 酢酸フェニル水銀      |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cas No.   | ① 21908-53-2<br>② 10045-94-0<br>③ 62-38-4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 分類        | 無機化合物及び有機金属化合物                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 物性値       | 構造式                                       | ① HgO<br>② Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub><br>③ CH <sub>3</sub> COOHgC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>                                                                                                                                                                                        |
|           | 分子量                                       | ① 216.6<br>② 324.6<br>③ 336.7                                                                                                                                                                                                                                                               |
|           | 比重                                        | ① 11.1 g/cm <sup>3</sup><br>② 4.4 g/cm <sup>3</sup><br>③                                                                                                                                                                                                                                    |
|           | 融点                                        | ① 500℃<br>② 79℃<br>③ 148～153℃                                                                                                                                                                                                                                                               |
|           | 沸点                                        | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|           | 引火点・爆発性                                   | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|           | 腐食性                                       | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 物質移行パラメータ | 溶解度（水）                                    | ① 5.3×10mg/l（25℃）<br>② 1×10 <sup>5</sup> ～1×10 <sup>6</sup> mg/l（20℃）<br>③ 0.44 g/100 ml（20℃）、0.17 g/100ml（25℃）                                                                                                                                                                             |
|           | オクタノール／水分分配係数                             | ①、② —<br>③ 5.1～1.7×10 <sup>2</sup> L/kg（logKow=0.71～2.23）                                                                                                                                                                                                                                   |
|           | 土壌／水分分配係数                                 | ①、② —<br>③ 3.1L/kg（Koc：155.7L/kg）                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 毒性情報      | 急性毒性                                      | （ヒトへの影響）<br>①眼、皮膚、気道を刺激する。<br>②眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。経口摂取すると、腐食性を示す。腎臓に影響を与えることがある。<br>③眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。経口摂取すると、腐食性を示す。腎臓に影響を与え、腎不全を生じることがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。<br>（ヒト以外の動物への影響）<br>①、②：<br>—<br>③：<br>・ラット経口 LD <sub>50</sub> ：22mg/kg<br>・ヒヨコ経口 LD <sub>50</sub> ：100mg/kg |

## 参考資料－３：表６（２／２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：

## 総水銀・アルキル水銀（化合物）

| 物質名  |      |                                                                                                                                                                                            |         |
|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 毒性情報 | 慢性毒性 | ①腎臓に影響を与え、腎臓障害を生じることがある。<br>②反復または長期の接触により、皮膚が感作されることがある。<br>中枢神経系、腎臓、末梢神経系に影響を与え、運動失調、感覚や記憶障害、疲労、筋力低下、腎臓障害を起こすことがある。<br>③反復または長期の接触により、皮膚が感作されることがある。<br>神経系、腎臓に影響を与え、神経障害、腎臓障害を生じることがある。 |         |
|      | 発がん性 | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                   | ①、②、③ － |
|      |      | IARC                                                                                                                                                                                       | ①、②、③ － |

参考資料－３：表 7 (1/2) 化学物質の物性・毒性に関する情報：セレン（化合物）

|           |                                           |                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質名       | ① オキシ塩化セレン<br>② セレン化水素<br>③ 亜セレン酸         |                                                                                                                                                                                                                               |
| Cas No.   | ① 7791-23-3<br>② 7783-07-5<br>③ 7783-00-8 |                                                                                                                                                                                                                               |
| 分類        | 無機化合物及び有機金属化合物                            |                                                                                                                                                                                                                               |
| 物性値       | 構造式                                       | ① $\text{SeOCl}_2$<br>② $\text{H}_2\text{Se}$<br>③ $\text{H}_2\text{SeO}_3$                                                                                                                                                   |
|           | 分子量                                       | ① 165.9<br>② 81.0<br>③ 129.0                                                                                                                                                                                                  |
|           | 比重                                        | ① 2.42<br>② 2.1<br>③ 3.0                                                                                                                                                                                                      |
|           | 融点                                        | ① 8.5℃<br>② -66℃<br>③ 70℃                                                                                                                                                                                                     |
|           | 沸点                                        | ① 176.4℃<br>② -41℃<br>③ —                                                                                                                                                                                                     |
|           | 引火点・爆発性                                   | ① —<br>② 引火・爆発の危険性あり。空気と爆発性混合ガスをつくる。<br>③ —                                                                                                                                                                                   |
|           | 腐食性                                       | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                       |
| 物質移行パラメータ | 溶解度（水）                                    | ① —<br>② 270ml/100ml (22.5℃)、 $9.0 \times 10^3 \text{mg/L}$ (23℃)<br>③ 167g/100ml (20℃)、 $1.7 \times 10^6 \text{mg/L}$ (23℃)                                                                                                  |
|           | オクタノール／水分配係数                              | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                       |
|           | 土壌／水分配係数                                  | ①、②、③ —                                                                                                                                                                                                                       |
| 毒性情報      | 急性毒性                                      | （ヒトへの影響）<br>① 眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。蒸気を吸入すると、肺水腫を起こすことがある。医学的な経過観察が必要である。<br>② 眼、気道を刺激する。この気体を吸入すると肺臓炎を起こすことがある。高濃度で暴露すると死に至ることがある。<br>③ 眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。吸入すると、肺水腫を起こすことがある。眼に影響を与え、まぶたのアレルギー反応（ローズアイ）を生じることがある。医学的な経過観察が必要である。 |

参考資料－３：表 7（2/2） 化学物質の物性・毒性に関する情報：セレン（化合物）

| 物質名  | ① オキシ塩化セレン<br>② セレン化水素<br>③ 亜セレン酸 |                                                                                                                                                                                                                       |         |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 毒性情報 | 急性毒性                              | （ヒト以外の動物への影響）<br>①、②、③：<br>－                                                                                                                                                                                          |         |
|      | 慢性毒性                              | ①反復または長期の接触により、皮膚が感作されることがある。<br>気道、胃腸管、中枢神経系、肝臓に影響を与え、鼻刺激症、持続性ののにく臭、胃痛、神経過敏症、肝臓障害を生じることがある。<br>②肝臓に影響を与えることがある。<br>③反復または長期の接触により、皮膚が感作されることがある。<br>気道、胃腸管、中枢神経系、肝臓に影響を与え、鼻過敏症、持続性ののにく臭、胃痛、神経過敏症、組織損傷、肝臓障害を生じることがある。 |         |
|      | 発がん性                              | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                              | ①、②、③ － |
|      |                                   | IARC                                                                                                                                                                                                                  | ①、②、③ － |

参考資料－３：表８（１/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：ふっ素（化合物）

|           |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質名       | ① フッ化ナトリウム<br>② フッ化水素酸     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Cas No.   | ① 7681-49-4<br>② 7664-39-3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 分類        | 単体、無機化合物及び有機金属化合物          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 物性値       | 構造式                        | ① NaF<br>② FH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|           | 分子量                        | ① 42.0<br>② 20.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|           | 比重                         | ① 2.8<br>② 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|           | 融点                         | ① 993℃<br>② -83℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|           | 沸点                         | ① 1700℃<br>② 20℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|           | 引火点・爆発性                    | ① －<br>②なし。ただし腐食により発生した水素が、爆発することがある。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|           | 腐食性                        | ① －<br>②強い腐食性があり、白金・金以外の金属はすべて侵され、その際に水素を発生する。また、ガラスをよく腐食する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 物質移行パラメータ | 溶解度（水）                     | ① 4.0g/100ml（20℃）、 $4.3 \times 10^4$ mg/L<br>② $2.0 \times 10^5$ mg/L（25℃）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|           | オクタノール／水分配係数               | ①、② －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|           | 土壌／水分配係数                   | ①、② －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 毒性情報      | 急性毒性                       | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>①眼、皮膚、気道を刺激する。経口摂取すると低カルシウム血、低カリウム血を起こし、中枢神経系および心臓の障害を生じることがある。</p> <p>②眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。この気体や蒸気を吸入すると、肺水腫を起こすことがある。低カルシウム血症を引き起こすことがある。許容濃度を超えると、死に至ることがある。これらの影響は遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <p>①：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：51.6mg/kg</li> <li>・ラット経口 LD<sub>50</sub>：32.0mg/kg</li> <li>・ラット静脈内注射 LD<sub>50</sub>：11.8mg/kg</li> <li>・ラット腹腔内注射 LD<sub>50</sub>：24mg/kg</li> <li>・マウス経口 LD<sub>50</sub>：44.3mg/kg</li> <li>・マウス腹腔内注射 LD<sub>50</sub>：17.2mg/kg</li> </ul> |

参考資料－３：表８（２/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：ふっ素（化合物）

| 物質名  | ① フッ化ナトリウム |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |
|------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|      | ② フッ化水素酸   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |         |
| 毒性情報 | 急性毒性       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ マウス経口 LD<sub>50</sub> : 46.0mg/kg</li> <li>・ マウス静脈内投与 LD<sub>50</sub> : 23.0mg/kg</li> </ul> ② : <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ラット吸入 LC<sub>50</sub> : 1278ppm/1hr</li> <li>・ マウス吸入 LC<sub>50</sub> : 500ppm/1hr</li> <li>・ サル吸入 LC<sub>50</sub> : 1780ppm/1hr</li> <li>・ モルモット吸入 LC<sub>50</sub> : 3,540mg/m<sup>3</sup>/15min</li> </ul> |         |
|      | 慢性毒性       | ①骨や歯に影響を与えることがある（ふっ素症）。<br>②ふっ素沈着症を引き起こすことがある。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |
|      | 発がん性       | 日本産業衛生学会                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ①、②、③ － |
|      |            | IARC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ①、②、③ － |



参考資料－３：表９（１/２） 化学物質の物性・毒性に関する情報：ほう素（化合物）

|               |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物質名           | ① ほう砂（四ほう酸ナトリウム）<br>② ほう酸   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Cas No.       | ① 1330-43-4<br>② 10043-35-3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 分類            | 単体、無機化合物及び有機金属化合物           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 物性値           | 構造式                         | ① $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$<br>② $\text{H}_3\text{BO}_3$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|               | 分子量                         | ① 201.3<br>② 61.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|               | 比重                          | ① 2.367<br>② 1.44                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|               | 融点                          | ① 741℃<br>② 169℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|               | 沸点                          | ① 1575℃<br>② 300℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|               | 引火点・爆発性                     | ①、② －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|               | 腐食性                         | ①、② －                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 物質移行<br>パラメータ | 溶解度（水）                      | ① 2.56g/100ml (20℃)<br>② 5.6g/100ml、 $5.0 \times 10^4 \text{mg/L}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               | オクタノール／<br>水分配係数            | ①、②                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|               | 土壌／水分配係<br>数                | ①、②                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 毒性情報          | 急性毒性                        | <p>（ヒトへの影響）</p> <p>①眼、皮膚、気道を刺激する。高用量の経口摂取あるいは損傷した皮膚を介した摂取により、中枢神経系、腎臓、胃腸管に影響を与えることがある。</p> <p>②眼、皮膚、気道を刺激する。消化管、肝臓、腎臓に影響を与えることがある。</p> <p>（ヒト以外の動物への影響）</p> <p>①：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ウサギ経皮投与 <math>\text{LD}_{50}</math>：&gt;1,055mg/kg</li> <li>・ラット経口 <math>\text{LD}_{50}</math>：2,660mg/kg bw</li> <li>・ラット吸入 <math>\text{LC}_{50}</math>：&gt;2mg/m<sup>3</sup>/4hr</li> </ul> <p>②：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラット経口 <math>\text{LD}_{50}</math>：2,660mg/kg</li> <li>・ラット経皮投与 <math>\text{LD}_{50}</math>：1,400mg/kg</li> <li>・ラット静脈内注射 <math>\text{LD}_{50}</math>：1,330mg/kg</li> <li>・ラット吸入 <math>\text{LC}_{50}</math>：&gt;2mg/m<sup>3</sup>/4hr</li> <li>・マウス経口 <math>\text{LD}_{50}</math>：3,450mg/kg</li> <li>・マウス皮下投与 <math>\text{LD}_{50}</math>：1,740mg/kg</li> <li>・マウス静脈内注射 <math>\text{LD}_{50}</math>：1,240mg/kg</li> <li>・モルモット皮下投与 <math>\text{LD}_{50}</math>：1,200mg/kg bw</li> </ul> |

参考資料－３：表 9（2/2） 化学物質の物性・毒性に関する情報：ほう素（化合物）

| 物質名  | ① フッ化ナトリウム |                                                                                                                        |         |
|------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|      | ② フッ化水素酸   |                                                                                                                        |         |
| 毒性情報 | 急性毒性       | ・ウサギ経皮投与 LD <sub>50</sub> ：>2,000mg/kg bw<br>・イヌ経口 LD <sub>50</sub> ：2000mg/kg                                         |         |
|      | 慢性毒性       | ①反復または長期の皮膚への接触により、皮膚炎を起こすことがある。気道に影響を与えることがある。<br>②反復または長期の皮膚への接触により、皮膚炎を起こすことがある。動物試験では人の生殖に毒性影響を及ぼす可能性があることが示されている。 |         |
|      | 発がん性       | 日本産業衛生学会                                                                                                               | ①、②、③ － |
|      |            | IARC                                                                                                                   | ①、②、③ － |

This is a blank page.

# 国際単位系（SI）

表 1. SI 基本単位

| 基本量   | SI 基本単位 |     |
|-------|---------|-----|
|       | 名称      | 記号  |
| 長さ    | メートル    | m   |
| 質量    | キログラム   | kg  |
| 時間    | 秒       | s   |
| 電流    | アンペア    | A   |
| 熱力学温度 | ケルビン    | K   |
| 物質の量  | モル      | mol |
| 光度    | カンデラ    | cd  |

表 2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

| 組立量           | SI 基本単位         |                        |
|---------------|-----------------|------------------------|
|               | 名称              | 記号                     |
| 面積            | 平方メートル          | m <sup>2</sup>         |
| 体積            | 立方メートル          | m <sup>3</sup>         |
| 速度            | メートル毎秒          | m/s                    |
| 加速度           | メートル毎秒毎秒        | m/s <sup>2</sup>       |
| 波数            | 毎メートル           | m <sup>-1</sup>        |
| 密度（質量密度）      | キログラム毎立方メートル    | kg/m <sup>3</sup>      |
| 質量体積（比体積）     | 立方メートル毎キログラム    | m <sup>3</sup> /kg     |
| 電流密度          | アンペア毎平方メートル     | A/m <sup>2</sup>       |
| 磁界の強さ（物質量の）濃度 | アンペア毎メートル       | A/m                    |
| 輝度            | モル毎立方メートル       | mol/m <sup>3</sup>     |
| 屈折率           | カンデラ毎平方メートル（数の） | cd/m <sup>2</sup><br>1 |

表 5. SI 接頭語

| 乗数               | 接頭語 | 記号 | 乗数                | 接頭語  | 記号 |
|------------------|-----|----|-------------------|------|----|
| 10 <sup>24</sup> | ヨタ  | Y  | 10 <sup>-1</sup>  | デシ   | d  |
| 10 <sup>21</sup> | ゼタ  | Z  | 10 <sup>-2</sup>  | センチ  | c  |
| 10 <sup>18</sup> | エクサ | E  | 10 <sup>-3</sup>  | ミリ   | m  |
| 10 <sup>15</sup> | ペタ  | P  | 10 <sup>-6</sup>  | マイクロ | μ  |
| 10 <sup>12</sup> | テラ  | T  | 10 <sup>-9</sup>  | ナノ   | n  |
| 10 <sup>9</sup>  | ギガ  | G  | 10 <sup>-12</sup> | ピコ   | p  |
| 10 <sup>6</sup>  | メガ  | M  | 10 <sup>-15</sup> | フェムト | f  |
| 10 <sup>3</sup>  | キロ  | k  | 10 <sup>-18</sup> | アト   | a  |
| 10 <sup>2</sup>  | ヘクト | h  | 10 <sup>-21</sup> | ゼプト  | z  |
| 10 <sup>1</sup>  | デカ  | da | 10 <sup>-24</sup> | ヨクト  | y  |

表 3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

| 組立量                               | SI 組立単位               |                   |                      |                                                                   |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                   | 名称                    | 記号                | 他のSI単位による表し方         | SI基本単位による表し方                                                      |
| 平面角                               | ラジアン <sup>(a)</sup>   | rad               |                      | m・m <sup>-1</sup> =1 <sup>(b)</sup>                               |
| 立体角                               | ステラジアン <sup>(a)</sup> | sr <sup>(c)</sup> |                      | m <sup>2</sup> ・m <sup>-2</sup> =1 <sup>(b)</sup>                 |
| 周波数                               | ヘルツ                   | Hz                |                      | s <sup>-1</sup>                                                   |
| 力                                 | ニュートン                 | N                 |                      | m・kg・s <sup>-2</sup>                                              |
| 圧力，応力                             | パスカル                  | Pa                | N/m <sup>2</sup>     | m <sup>-1</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>                               |
| エネルギー，仕事，熱量                       | ジュール                  | J                 | N・m                  | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>                                |
| 工率，放射束                            | ワット                   | W                 | J/s                  | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-3</sup>                                |
| 電荷，電気量                            | クーロン                  | C                 |                      | s・A                                                               |
| 電位差（電圧），起電力                       | ボルト                   | V                 | W/A                  | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-3</sup> ・A <sup>-1</sup>               |
| 静電容量                              | ファラド                  | F                 | C/V                  | m <sup>-2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>4</sup> ・A <sup>2</sup> |
| 電気抵抗                              | オーム                   | Ω                 | V/A                  | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-3</sup> ・A <sup>-2</sup>               |
| コンダクタンス                           | ジーメン                  | S                 | A/V                  | m <sup>-2</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>3</sup> ・A <sup>2</sup> |
| 磁束                                | ウェーバ                  | Wb                | V・s                  | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-1</sup>               |
| 磁束密度                              | テスラ                   | T                 | Wb/m <sup>2</sup>    | kg・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-1</sup>                               |
| インダクタンス                           | ヘンリー                  | H                 | Wb/A                 | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-2</sup>               |
| セルシウス温度 <sup>(d)</sup>            | セルシウス度                | °C                |                      | K                                                                 |
| 光強度                               | ルーメン                  | lm                | cd・sr <sup>(c)</sup> | m <sup>2</sup> ・m <sup>-2</sup> ・cd=cd                            |
| 照射度                               | ルクス                   | lx                | lm/m <sup>2</sup>    | m <sup>2</sup> ・m <sup>-4</sup> ・cd=m <sup>-2</sup> ・cd           |
| （放射性核種の）放射能                       | ベクレル                  | Bq                |                      | s <sup>-1</sup>                                                   |
| 吸収線量，質量エネルギー分与，カーマ                | グレイ                   | Gy                | J/kg                 | m <sup>2</sup> ・s <sup>-2</sup>                                   |
| 線量当量，周辺線量当量，方向性線量当量，個人線量当量，組織線量当量 | シーベルト                 | Sv                | J/kg                 | m <sup>2</sup> ・s <sup>-2</sup>                                   |

- (a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときいくつかの用例は表 4 に示されている。
- (b) 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号“1”は明示されない。
- (c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。
- (d) この単位は、例としてミリセルシウス度m°CのようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表 4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

| 組立量                  | SI 組立単位           |                        |                                                                                         |
|----------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | 名称                | 記号                     | SI 基本単位による表し方                                                                           |
| 粘着力のモーメント            | パスカル秒             | Pa・s                   | m <sup>-1</sup> ・kg・s <sup>-1</sup>                                                     |
| 表面張力                 | ニュートンメートル         | N・m                    | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>                                                      |
| 角速度                  | ニュートン毎メートル        | N/m                    | kg・s <sup>-2</sup>                                                                      |
| 角加速度                 | ラジアン毎秒            | rad/s                  | m・m <sup>-1</sup> ・s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>                                     |
| 熱流密度，放射照度            | ラジアン毎平方メートル       | rad/s <sup>2</sup>     | m <sup>2</sup> ・m <sup>-1</sup> ・s <sup>-2</sup> =s <sup>-2</sup>                       |
| 熱容量，エン트로ピー           | ワット毎平方メートル        | W/m <sup>2</sup>       | kg・s <sup>-3</sup>                                                                      |
| 質量熱容量（比熱容量），質量エン트로ピー | ジュール毎ケルビン         | J/K                    | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup> ・K <sup>-1</sup>                                     |
| 質量エネルギー（比エネルギー）      | ジュール毎キログラム        | J/(kg・K)               | m <sup>2</sup> ・s <sup>-2</sup> ・K <sup>-1</sup>                                        |
| 熱伝導率                 | ジュール毎メートル毎ケルビン    | J/kg                   | m <sup>2</sup> ・s <sup>-2</sup> ・K <sup>-1</sup>                                        |
| 体積エネルギー              | ワット毎メートル毎ケルビン     | W/(m・K)                | m・kg・s <sup>-3</sup> ・K <sup>-1</sup>                                                   |
| 電界の強さ                | ジュール毎立方メートル       | J/m <sup>3</sup>       | m <sup>-1</sup> ・kg・s <sup>-2</sup>                                                     |
| 体積電荷                 | ボルト毎メートル          | V/m                    | m・kg・s <sup>-3</sup> ・A <sup>-1</sup>                                                   |
| 電気変位                 | クーロン毎立方メートル       | C/m <sup>3</sup>       | m <sup>-3</sup> ・s・A                                                                    |
| 誘電率                  | クーロン毎平方メートル       | C/m <sup>2</sup>       | m <sup>-2</sup> ・s・A                                                                    |
| 透磁率                  | ファラド毎メートル         | F/m                    | m <sup>-3</sup> ・kg <sup>-1</sup> ・s <sup>4</sup> ・A <sup>2</sup>                       |
| モルエネルギー              | ヘンリー毎メートル         | H/m                    | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup> ・A <sup>-2</sup>                                     |
| モルエン트로ピー             | ジュール毎モル           | J/mol                  | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup> ・mol <sup>-1</sup>                                   |
| モル熱容量                | ジュール毎モル毎ケルビン      | J/(mol・K)              | m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-2</sup> ・K <sup>-1</sup> ・mol <sup>-1</sup>                  |
| 照射線量（X線及びγ線）         | クーロン毎キログラム        | C/kg                   | kg <sup>-1</sup> ・s・A                                                                   |
| 吸収線量率                | グレイ毎秒             | Gy/s                   | m <sup>2</sup> ・s <sup>-3</sup>                                                         |
| 放射強度                 | ワット毎ステラジアン        | W/sr                   | m <sup>4</sup> ・m <sup>-2</sup> ・kg・s <sup>-3</sup> =m <sup>2</sup> ・kg・s <sup>-3</sup> |
| 放射輝度                 | ワット毎平方メートル毎ステラジアン | W/(m <sup>2</sup> ・sr) | m <sup>2</sup> ・m <sup>-2</sup> ・kg・s <sup>-3</sup> =kg・s <sup>-3</sup>                 |

表 6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

| 名称   | 記号   | SI 単位による値                                              |
|------|------|--------------------------------------------------------|
| 分    | min  | 1 min=60s                                              |
| 時    | h    | 1 h=60 min=3600 s                                      |
| 日    | d    | 1 d=24 h=86400 s                                       |
| 度    | °    | 1°=(π/180) rad                                         |
| 分    | ′    | 1′=(1/60)°=(π/10800) rad                               |
| 秒    | ″    | 1″=(1/60)′=(π/648000) rad                              |
| リットル | l, L | 1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> |
| トン   | t    | 1 t=10 <sup>3</sup> kg                                 |
| ネーパ  | Np   | 1 Np=1                                                 |
| ベル   | B    | 1 B=(1/2) ln10 (Np)                                    |

表 7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位で SI 単位で表される数値が実験的に得られるもの

| 名称       | 記号 | SI 単位であらわされる数値                               |
|----------|----|----------------------------------------------|
| 電子ボルト    | eV | 1 eV=1.60217733 (49) × 10 <sup>-19</sup> J   |
| 統一原子質量単位 | u  | 1 u=1.6605402 (10) × 10 <sup>-27</sup> kg    |
| 天文単位     | ua | 1 ua=1.49597870691 (30) × 10 <sup>11</sup> m |

表 8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

| 名称       | 記号  | SI 単位であらわされる数値                                           |
|----------|-----|----------------------------------------------------------|
| 海里       |     | 1 海里=1852m                                               |
| ノット      |     | 1 ノット=1 海里毎時=(1852/3600) m/s                             |
| アール      | a   | 1 a=1 dam <sup>2</sup> =10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>   |
| ヘクタール    | ha  | 1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>   |
| バール      | bar | 1 bar=0.1 MPa=100kPa=1000hPa=10 <sup>5</sup> Pa          |
| オングストローム | Å   | 1 Å=0.1 nm=10 <sup>-10</sup> m                           |
| バール      | b   | 1 b=100fm <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup> |

表 9. 固有の名称を含むCGS組立単位

| 名称     | 記号  | SI 単位であらわされる数値                                              |
|--------|-----|-------------------------------------------------------------|
| エルグ    | erg | 1 erg=10 <sup>-7</sup> J                                    |
| ダイン    | dyn | 1 dyn=10 <sup>-5</sup> N                                    |
| ポアズ    | P   | 1 P=1 dyn・s/cm <sup>2</sup> =0.1 Pa・s                       |
| ストークス  | St  | 1 St=1cm <sup>2</sup> /s=10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s |
| ガウス    | G   | 1 G=10 <sup>-4</sup> T                                      |
| エルステッド | Oe  | 1 Oe=10 <sup>-3</sup> A/m                                   |
| マクスウェル | Mx  | 1 Mx=10 <sup>-8</sup> Wb                                    |
| スチル    | sb  | 1 sb=1cd/cm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> cd/m <sup>2</sup> |
| ホト     | ph  | 1 ph=10 <sup>4</sup> lx                                     |
| ガリ     | Gal | 1 Gal=1cm/s <sup>2</sup> =10 <sup>-2</sup> m/s <sup>2</sup> |

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

| 名称        | 記号   | SI 単位であらわされる数値                                             |
|-----------|------|------------------------------------------------------------|
| キュリー      | Ci   | 1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq                               |
| レントゲン     | R    | 1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg                             |
| ラド        | rad  | 1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy                             |
| レム        | rem  | 1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv                            |
| X線単位      |      | 1 X unit=1.002×10 <sup>-4</sup> nm                         |
| ガンマ       | γ    | 1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T                                |
| ジャンスキー    | Jy   | 1 Jy=10 <sup>-26</sup> W・m <sup>-2</sup> ・Hz <sup>-1</sup> |
| フェルミ      |      | 1 fermi=1 fm=10 <sup>-15</sup> m                           |
| メートル系カラット |      | 1 metric carat=200 mg=2×10 <sup>-4</sup> kg                |
| トル        | Torr | 1 Torr=(101 325/760) Pa                                    |
| 標準大気圧     | atm  | 1 atm=101 325 Pa                                           |
| カロリ       | cal  |                                                            |
| マイクロン     | μ    | 1 μ=1μm=10 <sup>-6</sup> m                                 |

