JNC TJ8400 99-035

地層処分システム性能評価のための生物圏評価モデルの高度化(Ⅱ)

(核燃料サイクル開発機構　研究委託内容報告書)

1999年2月

核燃料サイクル開発機構
技術情報室
1999. 7. -9

日揮株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184　茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部　技術協力課
電話：029-282-1122（代表）
ファックス：029-282-7980
電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構（Japan Nuclear Cycle Development Institute）

JNC TJ8400 99-035
1999年　2月

地層処分システム性能評価のための生物圏評価モデルの高度化（Ⅱ）

（核燃料サイクル開発機構　研究委託内容報告書）

池田　孝夫*
吉田　英爾*

要　旨

生物圏は、地層処分された高レベル放射性廃棄物を起源とする放射性物質が種々のプロセスを経て移行し、最終的に生物に対して影響を及ぼす場である。したがって、地層処分システムの安全性を評価するためには、生物圏における人間への影響を評価することが不可欠である。

本研究では、生物圏評価に関する国際協力研究であるBIOMOVS計画およびBIOMASS計画で検討ならびに整備された「レファレンスバイオスフィア手法」等の調査を行い、それにもとづいた種々の評価条件に適用可能な汎用的な生物圏評価モデル（コンパートメントモデル）の開発、生物圏データの収集そして計算コードの開発を行ってきている。

昨年度は、高レベル放射性廃棄物処分に係る第２次取りまとめの円滑な実施に資することを目的として、これまでの成果を踏まえ、地圏－生物圏インターフェイスを深井戸とした段階的なアプローチを用いてこれまで明らかとなっている第２次取りまとめの前提条件にしたがいレファレンスバイオスフィアを設定するとともに、モデルの開発およびデータの整備を行い、生物圏内での放射性核種の移行／蓄積ならびに人間への影響を解析し概括的評価を実施した。

本年度は同様の手法により河川および潮間帯を考慮した沿岸海洋放出についての評価を実施するとともに各評価結果について深井戸放出との比較検討を実施する。また近年、線量当量以外の評価指標の補完的な使用が要求されてきていることから、第２の指標、特に生物圏フラックスおよび生物圏での核種濃度等について諸外国における検討事例を調査するとともに、補完的な評価指標として用いることの可能性について検討を実施する。

本報告書は、日揮株式会社が核燃料サイクル開発機構の委託により実施した研究内容に関するものである。
機構担当部課室：環境保全・研究開発センター　処分研究部　システム解析グループ
＊ 日揮株式会社　第２事業本部　第４プロジェクト事業部

JNC TJ8400 99-035
FEBRUARY 1999

Improvement of Biosphere Model for Performance Assessment of Geological Disposal System (II)

Takao Ikeda*
Hideji Yoshida*

Abstract

In the safety assessment of the high level radioactive waste (HLW) disposal system, it is inevitable to evaluate the radiological effects to human in the biosphere. This is because the biosphere is a field through which repository-derived radionuclides would migrate by several processes and those radionuclides would finally have an effect to human.

The Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC) has so far developed the robust and comprehensive model / analytical code and surveyed the relevant data applicable to the assessment of several kinds of biosphere condition based on the survey and review of the " Reference Biosphere Methodology " developed and enhanced in the International Programme on Biosphere Model Validation Study (BIOMOVS) and the International Programme on Biosphere Modelling and Assessment Methods (BIOMASS).

In the study of the last year, the biosphere model developed so far has been revised and refined, and using this new model the migration and accumulation of radionuclides and those effects to human has been evaluated, in order to reflect the results to the H12 assessment for HLW disposal in Japan.

Thus this study, a specific reference biosphere has been developed using an approach, which is consistent with the above mentioned reference biosphere methodology.
For FY97 consideration was given to groundwater release to a deep well. For FY98 consideration is being given to groundwater releases to river and inter-tidal geosphere-biosphere interfaces .

The key sequential stages of the approach are listed below.
① Development of the assessment context. (river and inter-tidal zone)
② Description of the biosphere system.
③ Identification and initial screening of Features, Events and Processes (FEPs).
④ Identification of FEP relationships and development of conceptual model.
⑤ Specification of mathematical model and associated parameters values.
⑥ Implementation of analyses.

This work was performed by JGC CORPORATION under contract with Japan Nuclear Cycle Development Agency.
JNC Liaison: Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Waste Isolation Research Division, Repository System Analysis Group
* JGC CORPORATION Nuclear Environmental Project Department Nuclear & Advanced Technology Division

目　　次

1. はじめに ····· 1

2. レファレンスバイオスフィア評価手法の基本的考え方 ····· 3

2.1　生物圏評価に係る前提条件の設定とレファレンスバイオスフィアモデルの開発 ····· 3

2.1.1　レファレンスバイオスフィアの評価手法の概要 ····· 3

2.1.2　評価の前提条件の概要 ····· 4

2.1.3　評価の前提条件に係る要件 ····· 5

2.2　レファレンスバイオスフィアモデルの開発 ····· 14

2.2.1　評価の前提条件に基づく基本条件の設定 ····· 14

2.2.2　生物圏の経時変化に対する考え方 ····· 14

2.2.3　FEP リストの作成と一次スクリーニング ····· 15

2.2.4　FEP 間の相互関係の明確化と二次スクリーニング ····· 16

2.2.5　概念モデルの構築 ····· 18

2.3.　数学的定式化 ····· 22

2.4.　計算コード ····· 23

2.5.　我が国の諸条件を勘案した生物圏データの収集・整備 ····· 24

2.5.1　評価パラメータの概要 ····· 24

2.5.2　生物圏データの収集・設定に係る基本的考え方 ····· 24

2.6.　評価結果 ····· 24

2.6.1　被ばく線量の経時変化の解析 ····· 25

2.6.2　線量への換算係数 ····· 25

3. 河川堆積層放出ケース ····· 27

3.1　評価の前提条件に基づく基本条件の設定 ····· 27

3.2　FEP リストの作成と一次スクリーニング ····· 27

3.2.1　BIOMOVS Ⅱの成果に基づく FEP リストの作成と一次スクリーニング ····· 27

3.2.2　追加される FEP リストの作成とそれらの一次スクリーニング ····· 49

3.2.3　FEP 間の相互関係の明確化と二次スクリーニング ····· 70

3.2.4 概念モデルの構築 …… 112
3.3 数学的定式化 …… 119
3.3.1 コンパートメント間の移行プロセス …… 119
3.3.2 被ばく評価 …… 125
3.4 我が国の諸条件を勘案した生物圏データの収集・整備 …… 135
3.4.1 コンパートメントデータ …… 135
3.4.2 コンパートメント間の核種移行プロセスに関するデータ …… 147
3.4.3 被ばく経路に関するデータ …… 151
3.5. 評価結果 …… 204
3.5.1 被ばく線量の経時変化 …… 204
3.5.2 線量への換算係数 …… 204
4. 潮間帯堆積層放出ケース …… 223
4.1 評価の前提条件に基づく基本条件の設定 …… 223
4.2 FEPリストの作成と一次スクリーニング …… 223
4.2.1 BIOMOVS IIの成果に基づくFEPリストの作成と一次スクリーニング …… 223
4.2.2 追加されるFEPリストの作成とそれらの一次スクリーニング …… 245
4.2.3 FEP間の相互関係の明確化と二次スクリーニング …… 255
4.2.4 概念モデルの構築 …… 291
4.3 数学的定式化 …… 297
4.3.1 コンパートメント間の移行プロセス …… 297
4.3.2 被ばく評価 …… 303
4.4 我が国の諸条件を勘案した生物圏データの収集・整備 …… 310
4.4.1 コンパートメントデータ …… 310
4.4.2 コンパートメント間の核種移行プロセスに関するデータ …… 322
4.4.3 被ばく経路に関するデータ …… 327
4.5. 評価結果 …… 355
4.5.1 被ばく線量の経時変化 …… 355
4.5.2 線量への換算係数 …… 355

5. 評価結果の比較検討 ····· 369

5.1 深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースとの比較検討結果 ····· 369

5.2 深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースとの比較検討結果 ····· 373

6. 地層処分の評価指標に関する検討 ····· 378

6.1 評価指標に関する調査 ····· 378

6.1.1 将来の安全性のレベル ····· 378

6.1.2 長期的安全性の指標 ····· 381

6.1.3 安全評価の時間枠 ····· 394

6.2 補完的な安全指標に関する検討 ····· 396

6.2.1 毒性指数での評価 ····· 398

6.2.2 フラックス評価 ····· 407

6.2.3 濃度評価 ····· 415

参考文献 ····· 418

付録 1

付録 2

付録 3

付録 4

表 目 次

表 2.1 本研究における評価対象核種 …… 11

表 3.1 BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP リストの本ケースへの適用 …… 28～48
表 3.2 本ケースに適用する河川環境に係る FEP リスト …… 50～59
表 3.3 本ケースに適用する河口／海洋環境に係る FEP リスト …… 61～70
表 3.4 BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP リストの本ケースへの適用：見直し後 …… 79～95
表 3.5 本ケースに適用する河川環境に係る FEP リスト：見直し後 …… 96～103
表 3.6 本ケースに適用する河口／海洋環境に係る FEP リスト：見直し後 …… 104～111
表 3.7 各被ばくグループが消費する食物の種類（河川堆積層放出ケース） …… 118
表 3.8 表面土壌コンパートメントの諸量に関するデータ …… 135
表 3.9 Variably Saturated Zone コンパートメントの諸量に関するデータ …… 137
表 3.10 河川水域コンパートメントの諸量に関するデータ …… 139
表 3.11 河川堆積層コンパートメントの諸量に関するデータ …… 141
表 3.12 沿岸海水域コンパートメントの諸量に関するデータ …… 143
表 3.13 沿岸海域堆積層コンパートメントの諸量に関するデータ …… 145
表 3.14 生物圏コンパートメント間の核種移行プロセス（河川堆積層放出ケース） …… 147
表 3.15 コンパートメント間の移行プロセスに係るデータ …… 148
表 3.16 食物等摂取量 …… 151
表 3.17 人間の呼吸率、滞留時間、ダストレベル、エアロゾルレベル …… 154
表 3.18 家畜に関するデータ …… 157
表 3.19 農作物の栽培に関するデータ …… 160
表 3.20 生物圏評価における対象核種の半減期および崩壊定数 …… 163
表 3.21 線量当量換算係数 …… 165
表 3.22 生物圏における土壌等への分配係数 …… 167～169
表 3.23 淡水産物への核種の濃縮係数 …… 172
表 3.24 海産物への核種の濃縮係数 …… 175～176
表 3.25 土壌から農作物への核種の移行係数 …… 179～181
表 3.26 飼料から畜産物への核種の濃縮係数 …… 184～187
表 3.27 Weathering 率 …… 190～192

表 3.28　転流割合（Translocation Fraction） ····· 194～196
表 3.29　調理時ロス ····· 199～201
表 3.30　エアロゾルにおける濃縮係数 ····· 203
表 3.31　各被ばく経路における河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数 ··· 218～220
表 3.32　各被ばくグループおよび全被ばくグループの線量への換算係数 ····· 221

表 4.1　BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP リストの本ケースへの適用 ···· 224～244
表 4.2　本ケースに適用する潮間帯／海洋環境に係わる FEP リスト ····· 246～255
表 4.3　BIOMOVS I レファレンスバイオスフィア FEP リストの本ケースへの適用：見直し後
····· 264～280
表 4.4　本ケースに適用する潮間帯／海洋環境に係わる FEP リスト：見直し後 ····· 281～290
表 4.5　各被ばくグループが消費する食物の種類（潮間帯堆積層放出ケース） ····· 294
表 4.6　表面土壌コンパートメントの諸量に関するデータ ····· 310
表 4.7　Variably Saturated Zone コンパートメントの諸量に関するデータ ····· 312
表 4.8　潮間帯水域コンパートメントの諸量に関するデータ ····· 314
表 4.9　潮間帯堆積層コンパートメントの諸量に関するデータ ····· 316
表 4.10　沿岸海水域コンパートメントの諸量に関するデータ ····· 318
表 4.11　沿岸海域堆積層コンパートメントの諸量に関するデータ ····· 320
表 4.12　生物圏コンパートメント間の核種移行プロセス（潮間帯堆積層放出ケース） ····· 322
表 4.13　コンパートメント間の移行プロセスに係るデータ ····· 323
表 4.14　食物等摂取量 ····· 327
表 4.15　人間の呼吸率、滞留時間、ダストレベル、エアロゾルレベル ····· 329
表 4.16　家畜に関するデータ ····· 331
表 4.17　農作物の栽培に関するデータ ····· 333
表 4.18　生物圏評価における対象核種の半減期および崩壊定数 ····· 335
表 4.19　線量当量換算係数 ····· 337
表 4.20　生物圏における土壌等への分配係数 ····· 339～340
表 4.21　海産物への核種の濃縮係数 ····· 343～344
表 4.22　土壌から牧草への核種の移行係数 ····· 346
表 4.23　飼料から畜産物への核種の濃縮係数 ····· 348～349
表 4.24　Weathering 率 ····· 352
表 4.25　転流割合（Translocation Fraction） ····· 353

表 4.26　エアロゾルにおける濃縮係数 …… 354
表 4.27　各被ばく経路における潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数 … 365～366
表 4.28　各被ばくグループおよび全被ばくグループの線量への換算係数 …… 367

表 5.1　深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースとの被ばく経路の相違 …… 376
表 5.2　深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースとの移行プロセスの相違 …… 377

表 6.1　高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する安全原則（IAEA,1995） …… 380
表 6.2　IAEA-TECDOC-767 における安全指標の比較（IAEA,1994） …… 383～386
表 6.3　長寿命放射性廃棄物処分に関する各国および国際機関の基準と目的（OECD/NEA,1995b）
…… 390～393
表 6.4　元素毎の評価基準 …… 401
表 6.5　天然ウランの濃度 …… 407
表 6.6　ノルディックフラッグブック記載値 …… 410
表 6.7　建築材料中に存在する放射性物質の平均的濃度 …… 411
表 6.8　三瓶山付近における温泉水の分析結果 …… 416

図 目 次

図 2.1　日本の地質環境 …… 12
図 2.2　日本の地形環境 …… 13
図 2.3　「潮間帯堆積層放出ケース」の概念図 …… 13
図 2.4　相互作用マトリクスの例（2×2 マトリックス） …… 17
図 2.5　相互作用マトリクスの一例（昨年度研究：深井戸放出ケース） …… 21

図 3.1　相互作用マトリクス（河川堆積層放出ケース） …… 78
図 3.2　放射性核種の移行経路および移行プロセスを示す相互作用マトリクス
（河川堆積層放出ケース） …… 113
図 3.3　生物圏コンパートメントおよび核種移行プロセス（河川堆積層放出ケース） …… 114
図 3.4　各被ばくグループに対する被ばく経路および被ばくプロセスを示す相互作用マトリクス
（河川堆積層放出ケース） …… 116
図 3.5　各被ばくグループの被ばく経路（河川堆積層放出ケース） …… 117
図 3.6　被ばく線量の経時変化（農作業被ばくグループの合計被ばく線量） …… 205～206
図 3.7　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（河川水の飲用による被ばく） …… 207
図 3.8　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（河川水からの外部被ばく） …… 207
図 3.9　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（農産物の摂取による被ばく） …… 208
図 3.10　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（蓄産物の摂取による被ばく） …… 208
図 3.11　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（土壌の摂取による被ばく） …… 209
図 3.12　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（土壌からの外部被ばく） …… 209
図 3.13　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（ダストの吸入による被ばく） …… 210
図 3.14　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（河川水からの外部被ばく） …… 210

図 3.15　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（淡水産物の摂取による被ばく） ····· 211
図 3.16　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（河川堆積物の摂取による被ばく） ····· 211
図 3.17　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（河川堆積物からのダストの吸入による被ばく） ····· 212
図 3.18　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（河川堆積物からの外部被ばく） ····· 212
図 3.19　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（海産物の摂取による被ばく） ····· 213
図 3.20　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（沿岸海域堆積物の摂取による被ばく） ····· 213
図 3.21　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（沿岸海域堆積物からのダストの吸入による被ばく） ····· 214
図 3.22　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（沿岸海域堆積物からの外部被ばく） ····· 214
図 3.23　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（沿岸海域水からの外部被ばく） ····· 215
図 3.24　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（エアロゾルの吸入による被ばく） ····· 215
図 3.25　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（農作業による被ばくグループの合計） ····· 216
図 3.26　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（淡水漁業による被ばくグループの合計） ····· 216
図 3.27　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（海洋漁業による被ばくグループの合計） ····· 217
図 3.28　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（全被ばくグループの合計） ····· 217
図 3.29　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（被ばくグループごとの比較） ····· 222
図 3.30　河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（被ばくグループごとの比較：Th-232） ····· 222

図 4.1　相互作用マトリックス（潮間帯堆積層放出ケース） …… 263
図 4.2　放射性核種の移行経路および移行プロセスを示す相互作用マトリックス
（潮間帯堆積層放出ケース） …… 292
図 4.3　生物圏コンパートメントおよび核種移行プロセス（潮間帯堆積層放出ケース） …… 293
図 4.4　各被ばくグループに対する被ばく経路および被ばくプロセスを示す
相互作用マトリックス（潮間帯堆積層放出ケース） …… 295
図 4.5　各被ばくグループの被ばく経路（潮間帯堆積層放出ケース） …… 296
図 4.6　被ばく線量の経時変化（農作業被ばくグループの合計被ばく線量） …… 356～357
図 4.7　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（蓄産物の摂取による被ばく） …… 358
図 4.8　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（土壌からの外部被ばく） …… 358
図 4.9　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（ダストの吸入による被ばく） …… 359
図 4.10　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（エアロゾルの吸入による被ばく：農作業グループ） …… 359
図 4.11　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（軟体動物および海藻の摂取による被ばく） …… 360
図 4.12　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（潮間帯水域からの外部被ばく） …… 360
図 4.13　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（エアロゾルの吸入による被ばく：海洋漁業グループ） …… 361
図 4.14　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（潮間帯堆積層からの外部被ばく） …… 361
図 4.15　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（潮間帯堆積層の摂取による被ばく） …… 362
図 4.16　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（潮間帯堆積層からのダストの吸入による被ばく） …… 362
図 4.17　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（魚類および甲殻類の摂取による被ばく） …… 363
図 4.18　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（農作業による被ばくグループの合計） …… 363

図 4.19　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（海洋漁業による被ばくグループの合計）…… 364
図 4.20　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（全被ばくグループの合計）…… 364
図 4.21　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（被ばくグループごとの比較）…… 368
図 4.22　潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数
（被ばくグループごとの比較：Np-237）…… 368

図 5.1　深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較
（農作業による被ばくグループ）…… 371
図 5.2　深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較
（淡水漁業による被ばくグループ）…… 371
図 5.3　深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較
（海洋漁業による被ばくグループ）…… 372
図 5.4　深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較
（全被ばくグループの合計）…… 372
図 5.5　深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較
（農作業による被ばくグループ）…… 374
図 5.6　深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較
（海洋漁業による被ばくグループ）…… 375
図 5.7　深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較
（全被ばくグループの合計）…… 375

図 6.1　固化体の有する毒性度 …… 404
図 6.2　高レベル放射性廃棄物の毒性と天然ウランの毒性の比較 …… 405
図 6.3　処分場と同体積の天然ウランの毒性との比較 …… 405
図 6.4　ガラス固化体と同体積の重金属の毒性との比較 …… 406
図 6.5　ガラス固化体に含まれる元素の化学毒との比較 …… 406
図 6.6　処分場から放出される核種フラックスと天然フラックスとの比較 …… 409
図 6.7　処分場から放出される核種フラックスと原子力以外の人間活動でのフラックスの比較 409
図 6.8　処分場から放出される核種フラックスと天然フラックスの毒性度比較 …… 412
図 6.9　地下水移行時間をバリアとする場合の放出率比較 …… 414

図 6.10　地下水化学条件をバリアとする場合の放出率比較 ····· 414
図 6.11　処分場起因の帯水層での核種濃度と天然水中の濃度の比較 ····· 417

1. はじめに

生物圏は、地層処分された高レベル放射性廃棄物を起源とする放射性物質が種々のプロセスを通して移行し、最終的に人間に対して影響を及ぼす場である。したがって、地層処分システムの安全性を評価するためには、生物圏における人間への影響を評価することが必要不可欠である。生物圏の評価に関しては、国際協力研究 BIOMOVSⅡ計画（**BIO**sphere **MO**del **V**alidation **S**tudy Phase Ⅱ）において国際的な合意に基づく体系的評価手法（“ レファレンスバイオスフィア手法 ”： the “ Reference Biosphere Methodology ”）の検討・整備が行われ、同じく国際協力研究 BIOMASS 計画（International programme on **BIO**sphere **M**odelling and **ASS**essment mthods）において同手法の試験・改良が進められている。

本研究においても、上記 BIOMOVS 計画で検討・整備された “ レファレンスバイオスフィア手法 ” 等の調査を行い、それに基づいて種々の評価条件に適用可能な汎用的な生物圏評価モデルの開発、生物圏データの収集そして計算コードの開発を行ってきている。昨年度はこれらの知見をもとに生物圏モデルの高度化を行い、核種の放出経路を深井戸とした場合（以下「深井戸放出ケース」とする）の生物圏内での放射性核種の移行／蓄積ならびに人間への影響を解析・評価を行った。

本年度は、昨年度に引き続き、高レベル放射性廃棄物処分に係る第２次取りまとめの円滑な実施に資することを目的として、これまでの成果を踏まえたうえで生物圏モデルの高度化を行い、当該高度化モデルを用いて生物圏内での放射性核種の移行／蓄積ならびに人間への影響を解析・評価することとする。具体的には、第２次取りまとめに対する国の方針や第２次取りまとめの評価の全体像等を勘案して、環境条件が変動しないと仮定した場合の地下水シナリオのうち、河川放出シナリオおよび海岸の潮間帯を考慮した沿岸海域放出シナリオに対して生物圏評価のための前提条件をそれぞれ検討し、評価モデルを開発・整備するとともに、当該モデルを用いた評価のために必要なデータの整備を行い、さらにパラメータの設定根拠について調査を実施する。また、整備したモデルおよびデータに基づいて、計算コードを用いた人間への影響の概括的評価を行うとともに深井戸放出ケースとの比較検討を実施する。

また、第２次取りまとめの評価指標については原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書にしたがい、個人に対する年間の線量当量を用いることを基本とする一方、これ以外の評価指標についても第 2 の指標として補完的に使用することが要求されている。このため本研究では、特に生物圏に流入する核種フラックス、生物圏での核種濃度および個人のリスク等につい

て諸外国における検討事例を調査し、これらを日本に適用した場合、補完的な評価指標として用いることの可能性についての検討を行う。

本報告書の内容は以下のとおりである。

第 2 章では、BIOMOVS II 計画で整備された体系的評価手法に基づく生物圏評価（レファレンスバイオスフィア手法）および評価手順の概要を述べる。ここで、本研究の評価対象シナリオを河川堆積層放出および潮間帯（Inter-tidal zone）堆積層放出シナリオする。

第 3 章では、河川堆積層放出ケースについて第 2 章に示した手順にて生物圏評価を行う。

第 4 章では、潮間帯堆積層放出ケースについて第 2 章に示した手順にて生物圏評価を行う。

第 5 章では、深井戸放出ケースとの評価結果についての比較検討を行う。

第 6 章では、評価指標についての調査および検討結果を示す。

2. レファレンスバイオスフィア評価手法の基本的考え方

本章では、BIOMOVSⅡで開発され（BIOMOVSⅡ, 1996a)、現在 BIOMASS プロジェクト内で試験および改良されつつある（BIOMASS, 1996c)、レファレンスバイオスフィアの範囲、構成成分、定義の妥当性を確認しつつモデル化および評価を進めるための体系的評価手法（“ レファレンスバイオスフィア手法 ”）の基本的考え方および本研究における評価手法の概要を示す。

2.1 生物圏評価に係る前提条件の設定とレファレンスバイオスフィアモデルの開発

2.1.1 レファレンスバイオスフィアの評価手法の概要

レファレンスバイオスフィアは以下のように定義されている（IAEA, 1997a)。

“ 処分場起源の放射性核種の生物圏への長期間に亘る放出による放射線影響を算出する際の首尾一貫した論拠を提供するために必要な仮定および仮説の組み合わせ ”

そこでは、地層処分場のすべての性能評価において、1 つあるいは複数の国際的に定義・合意されたレファレンスバイオスフィアを利用することが可能かどうかの検討が進められている（IAEA, 1997a)。国際的に定義・合意されたレファレンスバイオスフィアがあれば、各国における評価を比較するための有用な“ 国際標準計器 ”として用いることが出来る。また、処分システムの代替概念（異なるバリアシステム）の安全性を評価するための（絶対的あるいは相対的）標準を供することも可能となる。したがって、許認可過程の一部として用いることも可能となり得る。ただし、そうした場合においても、個々の安全審査においては、国の規制基準や評価の前提条件（アセスメント・コンテクスト）に適合した各ケース固有のレファレンスバイオスフィアは必要であろうと思われる。

本研究では、上述した「レファレンスバイオスフィアの手法」と同じ評価手法、即ち、以下に示す段階的なアプローチを用いて、本研究に固有のレファレンスバイオスフィアを設定し、解析を行う。

① 評価のための前提条件の設定
② レファレンスバイオスフィアモデルの開発
  ②-1 評価の前提条件に基づく基本条件の設定
  ②-2 生物圏の経時変化に対する考え方の検討
  ②-3 FEP リストの作成と一次スクリーニング

②-4　FEP 間の相互関係の明確化と二次スクリーニング

②-5　概念モデルの構築

③　数学的定式化

④　データの整備

⑤　解析の実施

2.1.2　評価の前提条件の概要

HLW 処分場性能評価の内の生物圏評価に係る前提条件（アセスメントコンテクスト：Assessment Context）について述べる。ここでの議論は下記のドキュメントを参考として取りまとめる。

・原子力委員会レポート（原子力委員会, 1997）の記載内容

・ IAEA の BIOMASS プロジェクトのテーマ 1（放射性廃棄物処分）で現在進められている作業（BIOMASS, 1998c)

・その他諸外国の研究プログラム（例えば Smith et al.（1996）参照）

評価の前提条件を定義するためには、次の 2 つ問いに対して回答する必要がある。

a.　何を評価しようとしてのか？
b.　なぜそれを評価しようとしているのか？

定量的な性能評価では、上記の問いは次のように具体化する。

a.　何を計算しようとしているのか？
b.　なぜそれを計算しようとしているのか？

ここでの考察の対象は、レファレンス・ケースおよび当該ケースによる生物圏への核種放出に限定する。前提条件は性能評価の別の部分（生物圏以外）に対しても設定されるため、それら他の部分のアプローチとの一貫性についてのチェックが重要となる（例えば、不確実性の取り扱い、放射性核種の放出メカニズムおよび重要核種)。

評価の前提条件は、上記の「何を評価しようとしているのか？」と「なぜそれを評価しようとしているのか？」という問いに対する回答を与えるものである。

評価の前提条件の構成要素として、以下のものがある。

① 評価目的
② 評価指標
③ 想定する処分場
④ 地質・地形条件
⑤ 評価対象核種
⑥ 核種放出経路
⑦ 評価期間
⑧ 社会環境および人間活動

これらの要素の各々について、以下において、特に日本の HLW 深地層処分場概念を念頭に置いて議論を行う。関連情報が原子力委員会（1997）から得られた場合には、その旨記載し、得られなかった場合には、詳細は核燃料サイクル開発機構の HLW 処分性能評価で既知の事項および諸外国の状況に基づいて仮定する。なお、日本では、現在、HLW に関する規制規準が確立されておらず、規制基準が整備された際には、ここで述べる仮定を変更する必要が生じるかもしれない。

2.1.3 評価の前提条件に係る要件

本研究における「河川堆積層放出ケース」および「潮間帯堆積層放出ケース」に係る評価の前提条件を示す。なお、特に評価ケースを明記しない場合には両ケース共通の要件内容とする。

(1) 評価目的

原子力委員会（1997）によれば、核燃料サイクル開発機構の第２次取りまとめに向けた性能評価の目的は、日本の HLW 地層処分概念の技術的フィージビリティおよび信頼性を実証すること、および HLW 処分実施のための重要情報（key input）を提供することである。この観点から、生物圏評価の目的は、「処分システムの性能を地圏からのフラックスを生物圏での線量に変換して示すことから、処分概念の開発に役立てること」とする。

原子力委員会（1997）によれば、性能評価の前提条件を記した文書は主に日本の政府機関によって読まれことになろうが、それは一般公衆に対する情報としても適切なものでなければならないと考えられる。したがって、生物圏評価を含む性能評価書は処分場概念の開発に関する科学的

知見を有する人々に読まれることものと仮定する。

(2) 評価指標

原子力委員会（1997）によれば、最も基本的な（一次の）安全指標は個人線量である。本研究においては、ソースタームおよび社会環境の仮定にしたがい定義される仮想的決定グループの平均的構成員に対する年間個人実効線量当量（現行規制体系での定義）を採用する。

仮想的被ばくグループについてはある範囲の幅を考慮する必要があると考えられる。どのグループの被ばく線量が最大となるかは地圏の放出特性など様々な要因に依存するであろう。最終的には、線量当量の評価結果が最大となったグループが決定グループとなる。

原子力委員会（1997）は、その他の評価指標候補の可能性にも言及しているが、本研究の生物圏評価計算は上記の年間個人実効線量当量だけに焦点を当てることにする。必要に応じ種々の生物圏媒体（土壌、堆積物、家畜、農作物など）中の放射性物質濃度の計算が可能なように、AMBERコード（Brice, 1996）のケースファイルを設定する。

(3) 想定する処分場

想定処分場システムの人工バリアは、ガラス固化体、オーバーパック、およびそれを取り囲む圧密ベントナイト緩衝材とする（原子力委員会, 1997）。

処分場の深さは地下500m以深とする。周辺母岩は結晶質岩（hard rock）と仮定する。

(4) 地質・地形条件

地質環境については、現在5タイプが考えられている（図2.1）。サイトが特定あるいはある程度具体的に想定されていれば、それに即して地質・地形条件を設定することが可能であるが、現状ではサイトが未定であるため、本研究では我が国におけるに平均的な地質・地形条件を想定することとする。

「河川堆積層放出ケース」では、図2.1のうちの"陸水系モデル"を考えることとする。図から分かるように、このモデルでは上部土壌層が存在する（即ち、母岩の露出したサイトではなく、農業等の人間活動が可能である）。これは社会（仮想的被ばくグループ）に関する仮定を設定するうえで重要な意味を持つ。また、処分場の性能評価で考えられている地形を図2.2に示す。本研究においては、図の上段に描かれた平野部（the plain area）に位置する河川への核種放出を仮定する。なお、核種は河川域堆積層へ放出された後、河川水域へと移行するものとする。

「潮間帯堆積層放出ケース」では図 2.1 のうち“陸水系モデル”のバリアントを考えることとする（図 2.3)。図 2.3 から分かるように、処分場は内陸に位置しているが、放射性核種は潮間帯（Inter-tidal zone：内陸と海水域の間のインターフェイス）へ放出されるものとする。なお、核種はまず、潮間帯堆積層へ放出された後、潮間帯へと移行するものとする。

(5) 評価対象核種

生物圏に流入する核種およびその量（ソースターム）としては、性能評価の別分野（ファーフィールド評価）で得られた放射性核種放出の評価結果を用いるのが自然であるが、そのためにはニアフィールド／ファーフィールドを含めた地圏の評価結果が事前に得られている必要がある。地圏については現在種々の研究が行われており、多くの評価結果が得られているが、現状は地圏と生物圏を包含した総合的評価を行う一歩手前の段階にあると言える。そこで本研究では、後述する評価対象核種が各々単位量（1Bq/y）だけ定常的に生物圏に流入するとした場合の線量計算（即ち線量への換算係数の計算）を行うこととする。定常放出条件においては、地圏の評価結果としての生物圏への放出核種とその量が今後与えられた場合には、本研究で求める線量への換算係数に当該放出量を乗ずることによって、評価指標である年間個人実効線量当量を算出することが可能となる。

本研究における対象核種およびそれら崩壊系列の一覧を表 2.1 に示す。これらの選定理由は、これらの核種が HLW 処分場から長期間に亘って放出される（半減期が長い）ことである。ただし、これらの核種のすべてが重要なわけではないとの結果が得られるものと予想される。最終的な重要性は、主として地圏からの核種放出の相対的規模に依存するであろう。したがって、このリストは地圏のモデル化研究の結果次第で改訂されうるものである。

表 2.1 に示した評価核種リストは、比較的短寿命の娘核種も含んでいる。採用した選定基準は、半減期が 25 日以上の娘核種を explicit にモデル化するというものであるが、この基準は EPRI の 1996 Total System Performance Assessment of Yucca Mountain（Smith et al., 1996）の生物圏評価における基準と同様であり、これまでの評価（例えば Nagra の Project Gewaehr（Nagra, 1985））よりも多くの核種を含んでいる。生物圏のあらゆる場所において、半減期が 25 日以下の娘核種は親核種と放射平衡にあると仮定する。これらの放射線影響（例えば単位放射能の経口摂取当たりの被ばく線量当量）は親核種の影響に加算することで考慮する。

放射線生態学者からは、半減期 1 日程度の核種の移行や蓄積についても explicit にモデル化すべきであるとの主張がなされるかもしれない。しかしながら、本研究の対象となり得る半減期が

25 日未満の核種で、生物圏で放射平衡を仮定することが不適切かつ放射線影響上も重要な核種は存在しないと考えられることから、上述の 25 日という基準を採用する。半減期が 25 日未満の核種は、一般に、単位摂取当たりの線量が長寿命核種よりも小さく、また生物圏のどの部分においても親核種より著しく異なるレベルまで蓄積することはないと考えられる。この仮定の妥当性については、本研究およびそれ以降の研究（異なる地圏－生物圏インターフェイスの設定など）の成果を踏まえて見直すことができる。なお、25 日という裾切り値は、Np-233 の娘核種である Pa-233（半減期 27 日）を explicit にモデル化することを念頭に置いたものである。

半減期が 25 日未満の核種の中では、Rn-222（半減期 3.8 日）が、その移動性が非常に高いことから、ある条件下では親核種の Ra-226 と放射平衡にあるとして扱うことが困難になると考えられる。ただし、Rn-222 を扱うためには、ガス相の放出・移行を explicit にモデル化する必要がある。これは、本研究において、親核種である Ra-226 の線量への寄与が重要との結果が得られた場合にのみ検討すればよい。したがって、25 日基準を採用した今回の評価では、Rn-222 を explicit にモデル化することはしない。

生物圏において explicit にモデル化する比較的短寿命の核種の幾つかは、ニアフィールドなど他の部分の評価においては、放射平衡の仮定を正当化できることから、考慮する必要がないかもしれない。しかしながら、こうした核種を含めることによって、地圏－生物圏インターフェイスでの評価結果データの取り扱いを容易にするであろう。さらに、ニアフィールドからのフラックス等に対する関心が高まった場合には、おそらく、これら短寿命核種の評価は避けて通れないであろう。

(6) 核種放出経路

地圏から生物圏への核種の放出シナリオは幾つか考えられているが、本研究の評価対象は、“ 環境条件の変動を考慮しない場合の地下水シナリオ ” である。地下水シナリオとは、処分場から流出した放射性核種が地下水によって地圏に運ばれた後、そこから生物圏に放出され、各種の生物圏媒体中を移行していくというものである。

地圏から生物圏への主要な放出経路（地圏と生物圏のインターフェイス条件）として、深井戸への放出、河川への放出、湖沼への放出そして海洋への放出が考えられる。その他、浅帯水層内の井戸への放出や土壌への放出もあり得る。昨年度の研究では深井戸への放出（汚染された帯水層の深井戸から地表環境への地下水放出）ケースの評価を行っている。本研究ではこれらの実績（Little et al., 1998 および Little et al., 1999）を踏まえて、「河川への放出（河川堆積層から河川水

域への放出)」および「潮間帯への放出（潮間帯堆積層から潮間帯水域への放出)」を取り扱う。なお、河川を地圏と生物圏のインターフェイスとする概念は多くの国々の性能評価内容およびBIOMOVSⅡにおける行われた研究（BIOMOVSⅡ，1996b）と整合している（ただし、地表近傍の帯水層については昨年の研究と同様、地圏として取り扱うため本研究では考慮しない。また、固体および気体による放出ならびに気体による移行についても考慮せず、放射性核種の放出・移行は地下水（液相）によって生じるものとする。さらに各ケースに係る地圏からの地下水の放出流量は昨年度の深井戸放出ケースの場合と同様（2.0E+6 $m^3 \cdot y^{-1}$）と仮定する)。

生物圏の評価指標を計算するための入力情報は、河川域堆積層あるいは潮間帯堆積層への放出地点での地下水中のピークフラックスである。

(7) 評価期間

原子力委員会（1997）は、安全評価のためのタイムスケールについて議論してはいるが、生物圏評価指標の計算を行うべき「評価期間（タイムフレーム)」については、明確な議論を行っていない。本研究では、Maul et al.（1997）が提案しているように、個人の実効線量当量計算の評価期間に関する制限は特に設定しないものとする。

(8) 社会環境および人間活動

評価指標（個人線量当量）を計算するためには、社会の形態そして放射線に曝される可能性のある（仮想的）被ばくグループを定義する必要がある。被ばくグループの定義は、将来予測の困難さから、多くの国で、また国際的に議論がなされている問題である。国によって規制基準／指針、将来予測、処分場の場所と形態、評価アプローチ等が異なるため、国際的に統一された単一の定義は得られていない。

原子力委員会（1997）は被ばくグループを定義するためのアプローチを設定していない。実際問題として、通常は次に述べる2種類のアプローチのいずれかが採用される。第一のアプローチは、被ばくの可能性のある個々人の場所および特性を最初に定義し、被ばく経路についてそれと矛盾しない仮定を設けるというものである。こうして、汚染物質（放射性核種）移行の概念モデルが構築される前に被ばくグループとその特性（規模、年令および行動）が定義される。この場合の問題点は、最初の時点ではクリティカルとなる被ばく媒体が認識されず、したがってクリティカルとなる被ばくが見落とされる可能性があることである。第二のアプローチは、核種の地圏からの放出と生物圏媒体中での移行に関する仮定にしたがい被ばく経路を定義し、次いでそうした生物圏媒体と人間との相互作用を考慮して人間特性に関する仮定を設けるというものである。

昨年度の研究では後者（第二）のアプローチを採用している。なぜならば、被ばくグループについて先入観を持たずに、最初に重要な媒体を特定するのが論理的だからである。同様のアプローチを本研究においても使用する。

原子力委員会（1997）は被ばくグループを定義するためのアプローチは設定していないが、現在の人間のライフスタイルが継続すると仮定すべきであるとしている。このガイダンスに基づき、本研究では現在の環境および社会状態（気候、農業および漁業慣習など）が永続すると仮定する。被ばくグループは日本の現在のライフスタイルにしたがった資源の活用、生産および消費活動をすると仮定する。

表 2.1 本研究における評価対象核種(注)

親核種	娘核種
Se-79	
Zr-93	Nb-93m
Nb-93m	
Tc-99	
Pd-107	
Sn-126	
Cs-135	
Cm-244	Pu-240 → U-236 → Th-232 → Ra-228 → Th-228
Pu-240	U-236 → Th-232 → Ra-228 → Th-228
U-236	Th-232 → Ra-228 → Th-228
Th-232	Ra-228 → Th-228
Ra-228	Th-228
Th-228	
Cm-245	Pu-241 → Am-241 → Np-237 → Pa-233 → U-233 → Th-229
Pu-241	Am-241 → Np-237 → Pa-233 → U-233 → Th-229
Am-241	Np-237 → Pa-233 → U-233 → Th-229
Np-237	Pa-233 → U-233 → Th-229
Pa-233	U-233 → Th-229
U-233	Th-229
Th-229	
Cm-246	Pu-242 → U-238 → U-234 → Th-230 → Ra-226 → Pb-210 → Po-210
Pu-242	U-238 → U-234 → Th-230 → Ra-226 → Pb-210 → Po-210
U-238	U-234 → Th-230 → Ra-226 → Pb-210 → Po-210
U-234	Th-230 → Ra-226 → Pb-210 → Po-210
Th-230	Ra-226 → Pb-210 → Po-210
Ra-226	Pb-210 → Po-210
Pb-210	Po-210
Po-210	
Cm-247	Am-243 → Pu-239 → U-235 → Pa-231 → Ac-227
Am-243	Pu-239 → U-235 → Pa-231 → Ac-227
Pu-239	U-235 → Pa-231 → Ac-227
U-235	Pa-231 → Ac-227
Pa-231	Ac-227
Ac-227	

(注) 下記の娘核種(半減期:25 日以下)については、生物圏のあらゆる場所において親核種(Parent)と放射平衡であると仮定している。

親核種	娘核種
Sn-126	Sb-126m → Sb-126
Pb-210	Bi-210
Ra-226	Rn-222 → Po-218 → At-218 → Pb-214 → Bi-214 → Po-214
Ra-228	Ac-228
Ac-227	Th-227 → Fr-223 → Ra-223 → Rn-219 → Po-215 → Pb-211 → Bi-211 → Po-211 → Tl-207
Th-228	Ra-224 → Rn-220 → Po-216 → Pb-212 → Bi-212 → Tl-218
Th-229	Ra-225 → Ac-225 → Fr-221 → At-217 → Bi-213 → Po-213 → Tl-209 → Pb-209
U-235	Th-231
U-238	Th-234 → Pa-234m → Pa-234
Pu-241	U-237
Am-243	Np-239
Cm-247	Pu-243

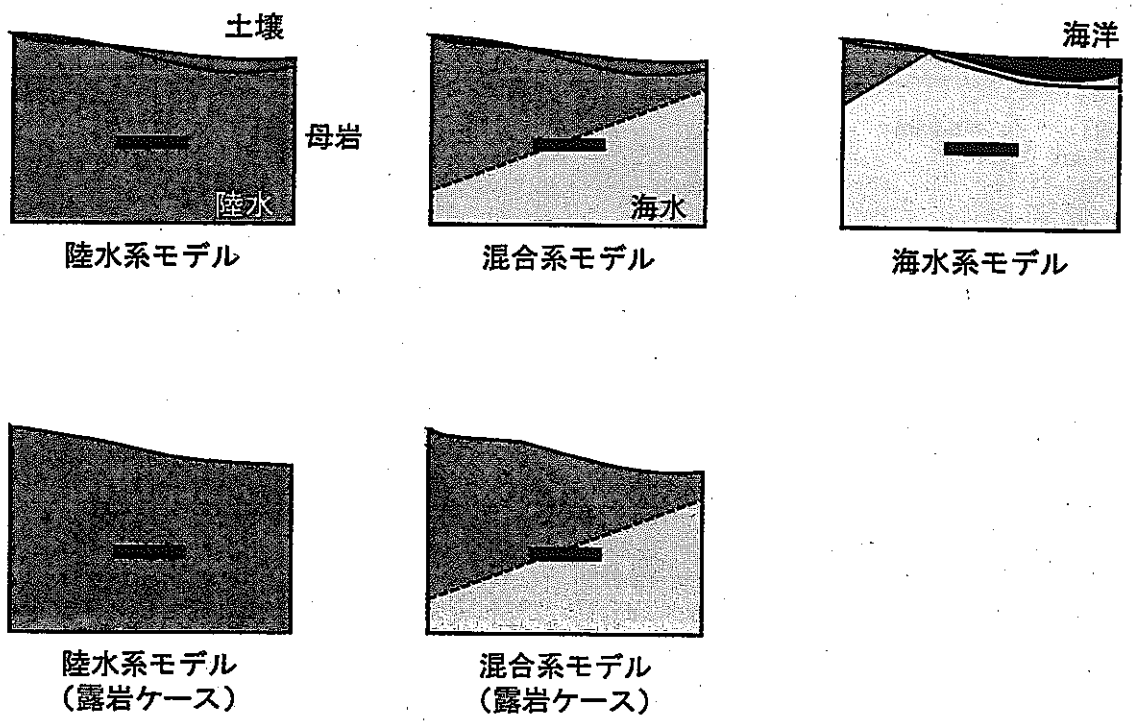


図 2.1 日本の地質環境(注)

（注）すべてのモデルについて断層活動、火山活動、地下資源はないものとする。また、各図における母岩は結晶質岩および(あるいは)軟堆積物と風化部分を有している堆積岩からなるものとする。
ただし、結晶質岩は以下の岩種で構成されているものとする。
(1) 花崗岩質岩 （granite, granodiorite, gneiss 等）
(2) ハンレイ岩質岩 （gabbro, diorite, amphibolite 等）
(3) 流紋岩質岩 （rhyolite, dacite 等）
(4) 玄武岩質岩 （basalt, andesite 等）
(5) 結晶質片岩 （greenschist, pelitic schist, phyllite 等）
また、堆積岩は以下の岩種で構成されているものとする。
(1) 第三期砂岩
(2) 第三期泥岩
(3) 第三期タフ
(4) 前第三期砂岩
(5) 前第三期泥岩
(6) 前第三期タフ
(7) 石灰岩

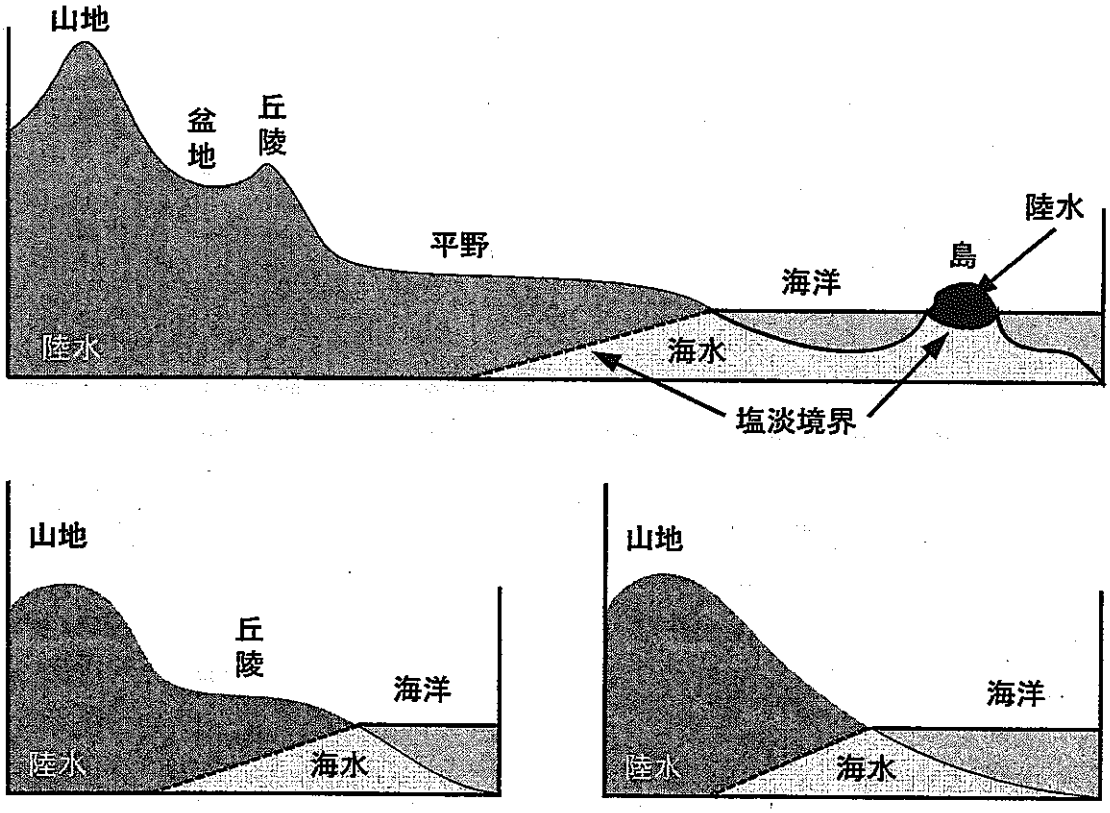


図 2.2 日本の地形環境

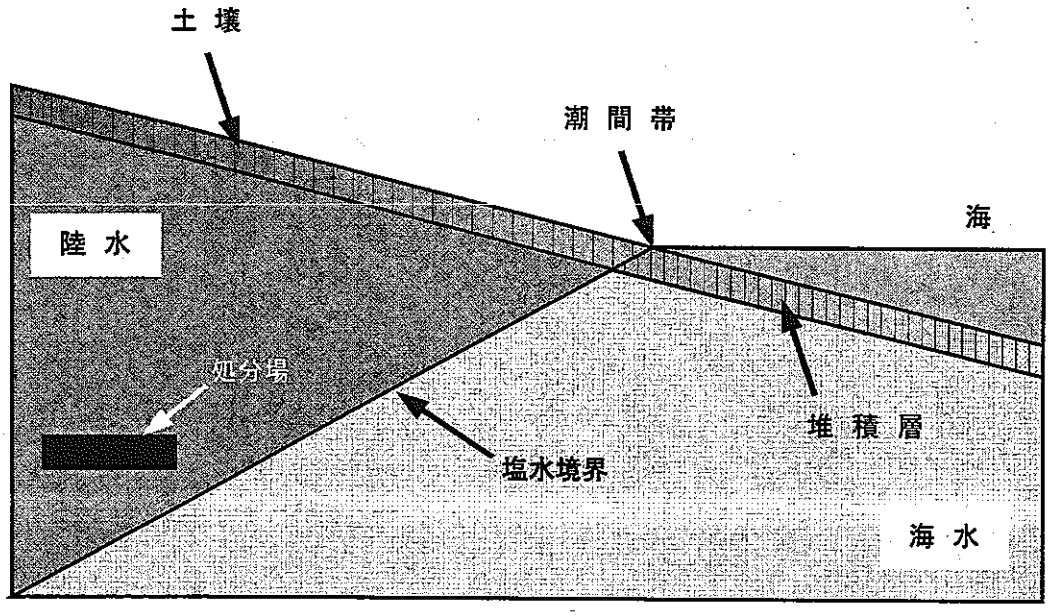


図 2.3 「潮間帯堆積層放出ケース」の概念図

2.2 レファレンスバイオスフィアモデルの開発

BIOMASS 研究のテーマ 1（放射性廃棄物処分）において、現在タスクグループ 4 が、生物圏システムを適切に取り扱うためのアプローチの開発および適用について検討を行っており（これはタスクグループ 5 に引き継がれる）、次に示す 3 段階アプローチが提案されている（BIOMASS, 1998c）。

① 評価の前提条件に係る情報を用いて、生物圏の基本条件を設定する。即ち、評価の前提条件の各構成要素を考慮して、生物圏システムの範囲設定および定義付けを行う。

② 評価の前提条件が要求するならば、ステップ 1 で設定した基本条件が、評価期間の間にどのように変化するかを検討する。

③ システム変化を考慮しなければならない場合には、ステップ 2 で検討した基本システムの変化を、システム設定にどのように取り込むかを明確にする。

このアプローチを、本研究のための適切な生物圏システムを構築するために使用する。

2.2.1 評価の前提条件に基づく基本条件の設定

第 2.1.3 項に示した評価の前提条件に係る要件について、各ケースごとに基本条件を設定する。

2.2.2 生物圏の経時変化に対する考え方

第 2.1.3 項で示したように、個人実効線量当量を計算する期間については制限を設けない。HLW 処分システムに係るこれまでの評価（例えば、NEA/IPAG, 1997）では、処分後数千年間はピーク線量とはならないであろうことが示されている。このようなタイムスケールでは、天然事象および人間活動によって生物圏システムが変化する可能性がある。主な天然事象としては、氷河サイクルによる気候の変化、地殻の変動による隆起、地震、火山活動があげられる。さらに、地形学的な変化があるが、これらは主として気候および地質学的要因の結果とみなすことができる。人間活動もまた、生物圏での変化の重要な原因のひとつとなり得る。それらの中には社会および産業の変化（例えば、食物生産方法の変化、未調理材料の利用の変化）や物理的な活動（例えば、農地の開墾）も含まれる。

天然事象は人間活動に影響を及ぼす可能性があるし、人間活動も天然事象に影響を及ぼす可能性がある。例えば、過去200年以上にわたって起こった社会／産業の変化の結果、温室効果ガスが生成し、その結果、気候の変化をもたらしつつあると考えられている。

設定した生物圏の基本条件は時間とともに変化していくと考えられる。BIOMASS（1998c）に述べられているように、生物圏条件の記述の中にシステム変化を組み入れるためのアプローチ法は様々である。

しかしながら、本研究においては、評価の前提条件の中で、今日の環境および社会条件がそのまま継続すると仮定しているので、すべての特性は時間変化しないとする単一の生物圏記述を採用すれば良い。将来的には、生物圏条件の変化による影響を研究するための検討が必要となるであろう。

2.2.3 FEPリストの作成と一次スクリーニング

BIOMOVSⅡのReference Biospheres Working Groupの作業の一環として、生物圏モデルの開発／評価のために有用なFEPリストが作成されている（BIOMOVSⅡ, 1996a）。そこではまた、概念モデルを定義するための第一ステップとして、評価の前提条件が与えられた場合に、このFEPリストからどのFEPを採用し、どのFEPを除外すべきかを決定するためのスクリーニング作業を行うべきであるとしている。FEPの採用あるいは除外についての決定を記録することによって、どのような仮定がなされたかを追跡することができる。

各評価ケースについて、BIOMOVSⅡ FEPリストから引用した各FEPに関する説明およびコメントのレビューを行い、幾つか修正／変更し、評価の前提条件における基本条件にしたがい個々のFEPについて検討し、各FEPの各評価ケースとの関連性を決定する。FEPの採用あるいは除外についてはFEPリストの中でYes(Y)またはNo(N)で示し、またその理由についてはコメント欄に記載する。

また、BIOMOVSⅡのオリジナルFEPリストは、主に地表環境に関してまとめられたものであり、本ケースのように河川環境および河口／海洋環境（「河川堆積層放出ケース」）あるいは潮間帯／海洋環境（「潮間帯堆積層放出ケース」）に係るすべてのFEPが含まれているわけではない。評価の前提条件に係る基本条件にしたがい、各ケースに関連する新しいFEPリストを作成する。これらのFEPの基本構成は昨年度の研究（深井戸放出ケース）で行った海洋／河口環境のFEP

と同様である。さらに昨年度の研究と同様に、これらの追加 FEP を直接 BIOMOVS II の FEP リストに付け加えることはせず、切り離して考えることが望ましいと判断した。また BIOMOVS II での FEP リストとは違って、主要な EPs を同定し、その定義付けを行うことを主目的としているため、この段階で FEP の明確な分割は行わない。

なお、スクリーニングしたすべての FEP リストは、後述するように、相互作用マトリックスを利用して見直しを行う。

2.2.4 FEP 間の相互関係の明確化と二次スクリーニング

(1) 相互作用（RES）マトリックスによる相互関係の明確化

性能評価における FEP 間の相互関係の明確化や概念モデルの開発とその妥当性確認は難しい問題と考えられ、種々の手段（ツール）が用いられてきたが、有用なツールとして元々は岩盤工学（ロック・エンジニアリング）に関連して開発された相互作用マトリックス（Hudson, 1992）がある。この手法の利点および限界については Andersson and King-Clayton（1996）に述べられている。この手法はシステムを幾つかの構成要素に分割するトップダウンアプローチから始まる。これは FEP リストを直接参照すること無しに行うことができる。なぜならば、評価の後半段階でマトリックスと FEP リストの内容のクロスチェックを行うからである。主要な構成要素を特定し、マトリックスの主対角線要素（Leading Diagonal Elements: LDE）に記載する。次いで、LDE 間の相互作用を非対角線要素（Off-Diagonal Elements: ODE）に記載する。図 2.4 に、2×2 マトリックスを対象とした相互作用／影響の時計回りの記載方法を示す。この方法では、放射性核種の移行方向に ODE を配分する。こうして、放射性核種の移行経路を追跡することができ、概念モデルに変換することができる。

マトリックスの LDE の数が多いほど、相互作用の数も多くなる。実際的には（即ち、A4 用紙への表示や情報管理の面で）、LDE の数は最大で 13 個程度が望ましい（BIOMOVS II, 1996a）。LDE を 13 とすると、可能性のある相互作用の数は 156 となる。ただし、ある 1 つの要素（LDE または ODE）のなかに 1 つ以上の FEP を含めることは可能であり、ある FEP に 1 つ以上の要素が存在することもできる。コンピュータ・ソフトを用いて 13 個以上の LDE の表示や情報の管理を行うことはもちろん可能であるが、数を限定することによって系の最も重要な部分に焦点を当てることが出来る。また、必要ならば、処分システムの各構成要素（例えば、ニアフィールド、ファーフィールド、生物圏）を表す相互作用マトリックス間のリンクを取ることによって、1 つの大

きなマトリックスとなるのを避けることも出来る。

相互作用を考える際には、それらが直接的な相互作用（direct interactions）であることを確認すること、そしてどの要素が原因であり、その効果（影響）は何かを明らかにすることが重要である。単一のプロセスを記述するのに2つ以上の対角線要素を用いることもできる。マトリックスにおける相互作用の連鎖を経路（pathway）という。経路は、例えばA→B→A....のようなループであることも可能だが、数回の反復で効果（影響）が減少するような安定なものであるべきである。

相互作用マトリックス開発を 2 回あるいはそれ以上反復して行うこともできる。この場合、1回目は、LDE 間で考えられるあらゆる相互作用を含める。2回目、必要ならばそれ以降では、ODE相互作用の見直／改訂を行い、最終的に概念モデルに含める重要なものだけを残すようにする。あるいは、反復なしで済ますことも可能である。この場合には、1 回だけで概念モデルを定義することを目指して相互作用マトリックスを開発する。これは、システムのモデル化に関する経験がある場合には、FEP のスクリーニングのための論理が既に存在すると思われるので、実際的と思われる。本研究では、BIOMOVS Ⅱの経験を最大限に活用することから、後者の立場を取ることとする。

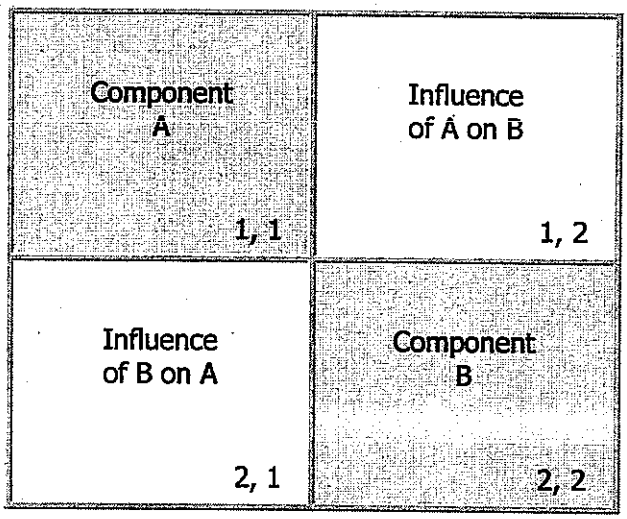


図 2.4 相互作用マトリックスの例（2×2 マトリックス）

(2) 相互作用マトリックスの作成

先に述べた各ケースの評価の前提条件および対応する評価体系を勘案し、系の特徴を表現するのに必要十分な要素を含んだ相互作用マトリックスを、BIOMOVS IIにおいて採用された相互作用マトリックス（1996a）および昨年度の研究を参考にして作成する。図2.5に一例として昨年度の深井戸ケースの相互作用マトリックスを示す。

(3) FEP リストの二次スクリーニング

(1)で整備した FEP と(2)で作成した相互作用マトリックスで特定した FEP とをクロスチェックすることによって、見直し（二次スクリーニング）を行う。なお、下記の観点から FEP のスクリーニングと相互作用マトリックスの作成を繰り返し行うことが重要である。

- FEP リストの整備に際して FEP の採用／除外（screen in/out）に誤りがないかどうかを確認する。
- FEP リストの整備の際に採用した FEP から不要な FEP を取り除く。
- 関連する FEP の特定が完了したことを確認する。
- 残った FEP が相互作用マトリックスに含まれていることを確認する。

FEP リスト整備の際に採用された特定の FEP が相互作用マトリックスにおいては除外されている（あるいはその逆の）場合には、マトリックスでの採用／除外の理由を記録に残すものとする。

2.2.5 概念モデルの構築

「河川堆積層放出ケース」および「潮間帯堆積層放出ケース」について評価指標（単位量の評価対象核種が生物圏に流入した場合の仮想的決定グループの代表個人に対する年間実効線量当量）を算出するため、生物圏における放射性核種の移行およびそれに伴う人間の被ばくに関する概念モデルを開発する。

(1) 核種移行モデル

概念モデルの作成として、第一に相互作用マトリックスに基づく生物圏における放射性核種の移行のモデル化を行う。具体的には核種移行に関連する FEP を特定し、それに関連する移行経路を設定する。ここでは、生物圏を幾つかのコンパートメントとして核種移行をコンパートメント間の核種の移動として表現する「コンパートメントモデル」の手法から概念モデルを作成する。

なお、コンパートメントモデルを作成するに当たっては、相互作用マトリックスの諸現象の中から「動的にモデル化」すべき成分だけを考慮に入れることとする。

なお、「動的モデル化」とは、他のコンポーネントに付随して平衡状態として簡易に評価することが不適切な項目について、核種の移行を explicit にモデル化することを意味する。昨年度の研究例で言えば、図 2.5 の「大気」、「植物群」および「動物群」中の放射性核種の濃度は、それらに放射性核種をもたらす環境（ドナー環境）中の（動的モデルから得られる）濃度と平衡であると仮定している。核種放出が長期に亘るため、大気、植物群および動物群中の濃度に影響を及ぼすプロセスは、ドナー環境中の濃度に影響を及ぼすプロセスよりも遥かに速やかに起こることから、上述したアプローチは妥当なものである。

なお、相互作用マトリックスの作成までの段階では、生物圏に流入してきた核種の移行と、それに起因する被ばくに関する事象や現象を対象に検討する。一方、核種移行の概念モデルおよび数学モデルの作成においては、生物圏内部の現象に加えて生物圏からの放射性核種の流出を適切に評価することが必要となる。したがって、ここでは相互作用マトリックスから導出されるコンパートメントに加えて、「最終シンク」コンパートメントを設けることで、生物圏からの核種の流出を最終シンクコンパートメントへの核種移行として表現する。これから、生物圏への過剰な核種の蓄積を回避し、一定時間が経過した後の、各ケースの核種ソースからの核種流入と最終シンクへの核種移行がバランスをとった、生物圏の「定常状態」を表現することが可能となる。最終シンクへの核種の移行経路については、保守性の観点から、核種移行評価上で最も下流と考えられるコンパートメントからの核種移行の設定を行う。

(2) 被ばくモデル

評価期間が長期に亘るため、生物圏に放出される放射性核種に曝される人間の習性を正確に予測することは不可能である。したがって、以下で論じる被ばくグループはあくまでも仮想的なものであり、考えられる影響を例証的に示す（illustrate）ためにのみ使用すべきである。

仮想的被ばくグループの定義に用いるべきアプローチは、まず、地圏からどのような放射性核種が放出され、種々の生物圏環境（土壌、堆積物、地表水、農作物、動物等）を移行するかに関する仮定にしたがい被ばく経路を特定すること、次いで、そうした生物圏媒体と人間との相互作用を表現するのに適した人間特性を選定することである。相互作用マトリックス（図 2.5）は、被ばく経路とそれに伴う被ばくグループの特定に利用することができる。相互作用マトリックス図を利用し、汚染媒体と係わる被ばくグループを特定する。なお、昨年度の深井戸放出ケースの

場合では以下の3つのグループであった。

- 農作業被ばくグループ
- 淡水漁業被ばくグループ
- 海洋漁業被ばくグループ

なお、第 2.1 節の議論の参考とした原子力委員会ガイドライン（原子力委員会, 1997）に照らして、仮想的被ばくグループは、現代日本におけるライフスタイルにしたがい、地元で生産される産物を消費するような行動パターンをとると仮定する。それ以外のガイドラインが存在しないことから、各ケースの概念モデルを開発するために、さらに次のような仮定を追加する。

- 被ばくグループの構成員の食生活およびライフスタイルはさほど異ならず、グループの構成員が受ける線量は関連するすべての被ばく経路に対して合計することができる。
- 被ばく経路は吸入（ダストおよびエアロゾル）、外部照射（汚染地表面から、および水中）、種々の食物摂取および土壌の不用意な摂取とする。
- 各被ばくグループの構成員は成人と仮定する。個々の構成員について同一の特性を仮定するのは適切でなく、年令、習慣、食餌等に相違があることは事実であるが、各ケースの評価の前提条件にしたがい、各被ばくグループの平均的成人に対する線量当量計算を行うものとする。
- 各被ばくグループの構成員の数を explicit に設定する必要はない。なぜならば、各被ばくグループの平均的構成員に対する年間個人実効線量当量は、その個人が食餌、呼吸率、汚染区域での滞留時間等に関して平均的なふるまいをすると仮定して計算されるからである。

なお、既述のように各ケースについて仮定した被ばくグループはあくまでも概念的なものであることから、本研究では、各ケースごとに各被ばくグループの線量当量を計算し、その後、それらを合計した値を我が国における平均的個人の年間実効線量当量（実際は線量への換算係数）とすることとしている。なお、1 人の平均的個人がすべての被ばくグループ（昨年度の深井戸放出ケースであれば農作業、淡水漁業、海洋漁業の3つの被ばくグループ）に同時に属しているという仮定は非論理的な考え方のように思われるかもしれないが、我が国の原子力施設の安全評価においてしばしば用いられており、保守性の観点から言えば、現段階の評価としては妥当なものと考えられる。

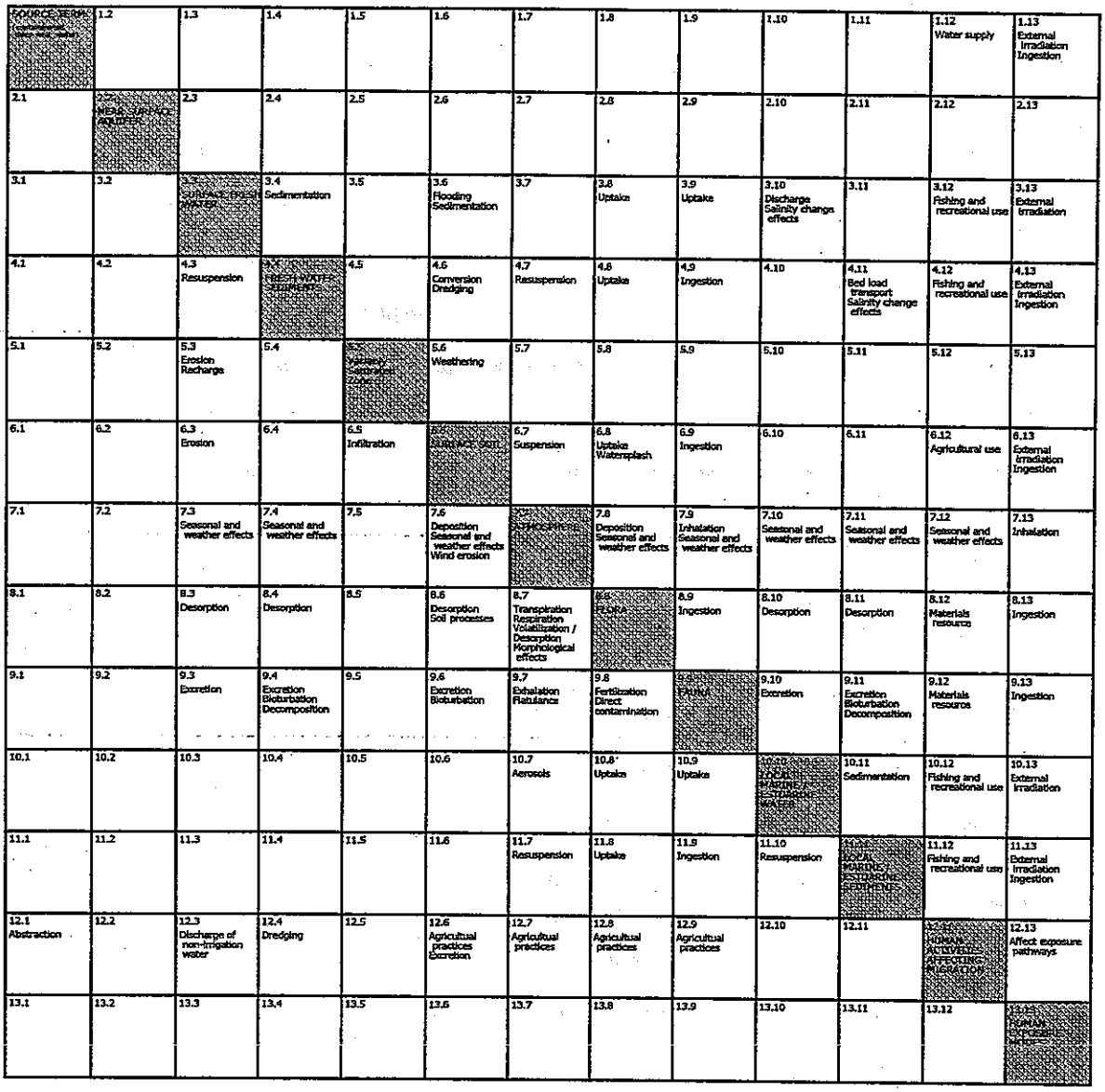


図 2.5 相互作用マトリックスの一例(昨年度研究:深井戸放出ケース)

2.3 数学的定式化

「河川堆積層放出ケース」および「潮間帯堆積層放出ケース」におけるコンパートメントアプローチ（compartmental approach）を用いて、第2.2節で述べた概念モデルを数学モデルで表現する。このアプローチは、地下水経路によって生物圏に放出される処分場起源の放射性核種に係る長期的影響の評価を行うのに適しており、放射性廃棄物処分の評価では現在一般的に使用されている（例：BIOMOVS II, 1996a）。このアプローチでは、生物圏領域を複数のコンパートメントで表現し、各コンパートメントの中における放射性核種は瞬時に均一に混合されると仮定する。放射性核種は、概念モデルに特定した種々の移行プロセスによってコンパートメント間を移行する。そうした移行プロセスは連立一次線形微分方程式（(1)式）によって表現される。i番目のコンパートメントのインベントリの時間変化率は次式で与えられる。なおここでは核種Nについて以下の物質収支が考慮されている。

① 生物圏コンパートメントi中における核種N量の増加

- コンパートメントjからiへの核種Nの流入
- コンパートメントi中における核種Mの崩壊による核種Nの生成
- その他のコンパートメントからの核種Nの経時的な流入

② 生物圏コンパートメントi中における核種N量の減少

- コンパートメントi中におけるの核種Nの崩壊
- コンパートメントiからjへの核種Nの流出

$$\frac{dN_i}{dt}=\left(\sum_{j\neq i}\lambda_{ji}\cdot N_j+\lambda_M\cdot M_i+S_i(t)\right)-\left(\sum_{j\neq i}\lambda_{ij}\cdot N_i+\lambda_N\cdot N_i\right) \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで、

N_i	：生物圏コンパートメントi中の核種N量	$[mol]$
N_j	：生物圏コンパートメントj中の核種N量	$[mol]$
M_i	：生物圏コンパートメントi中の核種M量（MはNの親核種）	$[mol]$
$S_i(t)$	：生物圏コンパートメントiに流入する外部ソースターム中の核種N量	$[mol\cdot y^{-1}]$
λ_M	：核種Mの崩壊定数	$[y^{-1}]$
λ_N	：核種Nの崩壊定数	$[y^{-1}]$
λ_{ij}	：コンパートメントiからコンパートメントj（$\neq i$）への移行係数	

（外部へのロスを含む）　　[y^{-1}]

λ_{ji}　　：コンパートメントj（$\neq i$）からコンパートメントiへの移行係数　　[y^{-1}]

ただし、コンパートメント間の移行係数（λ_{ji}）は、概念モデルで特定した移行プロセスを数学的に表現したものであり、コンパートメント内の核種インベントリおよび核種濃度（コンパートメントのインベントリをコンパートメントの体積で除して求める）は、概念モデルで特定された種々の被ばく経路を介して得られる人間の年間個人実効線量を算出するために使用されるものとし、第 2.2.5 項で設定する、各ケースにおけるコンパートメントモデルおよび各コンパート間の核種移行プロセスについて代数方程式を用いた数学的定式化を行う。

2.4　計算コード

モデルの数学的表現を計算可能な形に具現化できるツールとして、これまでの研究の中で AMBER コードの開発を進めてきている。

AMBER コードは、コンパートメントモデルに基づいたアプリケーションソフトウェアであり、ユーザは自らの手で、生物圏における放射性核種移行に関する任意の決定論的および確率論的なモデルを構築することが出来る。AMBER コードでは、任意の数の生物圏コンパートメントを設定し、それら各コンパートメント間の任意の種類の放射性核種移行を設定することが出来る。

本研究では、各ケースごとに設定した評価モデルを AMBER コードのケースファイルに設定・登録した後、当該ケースファイルを用いて目的とする計算を実施する。なお本研究の解析評価には、AMBER コード Ver. 4.01（Windows 95 版）を用いる。

2.5 我が国の諸条件を勘案した生物圏データの収集・整備

2.5.1 評価パラメータの概要

各ケースごとに、設定した核種移行および被ばく線量計算式に係る評価パラメータについてまとめる。大概するとこれらのパラメータは以下のように分類される。

- 生物圏コンパートメントに係るコンパートメントパラメータ
- 生物圏コンパートメント間の移行プロセスを対象とした核種移行パラメータ
- 被ばく線量計算に係る食物摂取パラメータ等の被ばく評価パラメータ

2.5.2 生物圏データの収集・設定に係る基本的考え方

生物圏評価に使用するデータについては、第2次取りまとめへの反映の観点から、基本的に既に公表されている、「地層処分研究開発　第2次取りまとめ　第1ドラフト（PNC TN1412 98-013)」および「同書　第2ドラフト（案）　分冊3」に記載されているデータを使用するものとする。ここでは、我が国固有の値を取ると考えられるパラメータ（食物の生産や消費、灌漑量、河川流量等）については可能なかぎり国内の文献や安全審査を参考とした設定を行い、それ以外のパラメータについては特にサイトを限定しない場合の一般的な条件下におけるデータ設定を行う観点から、国外の諸データを参考に設定を行っており、本研究においても同様の設定方法を取り入れるものとする。ただし、我が国固有の値を取ると考えられるパラメータについては新規の公開データを取り込むことを目的に見直しを実施する。また、昨年度の研究におけるパラメータの設定根拠について不明確な部分については調査を行う。

2.6 評価結果

「河川堆積層放出ケース」および「潮間帯堆積層放出ケース」について生物圏における核種移行計算を実施する。なお、解析手順は昨年度の「深井戸放出ケース」に準じて以下のように行う。

① 核種ごとの単位フラックスを用いた被ばく線量への応答の把握
② 得られた応答における定常値の算定（線量への換算係数の算出）

2.6.1 被ばく線量の経時変化の解析

放射性核種の入力値を単位フラックス（$1\ Bq \cdot y^{-1}$）とし、定常的に放出源（河川堆積層あるいは潮間帯堆積層）に放出された場合の被ばく線量（$Sv \cdot y^{-1}$）の経時変化を解析する。ここで、複数核種チェーンに対するケースファイルの場合は、系列内のその他のすべての核種のソースフラックスを0として計算を行う。なお、解析で設定した期間は1, 10, 100, 1,000, 10,000, 100,000, 1,000,000年後とする。この結果から被ばく線量の応答が定常状態となる期間を設定する。

2.6.2 線量への換算係数

第2.6.1項で得られた被ばく線量の応答が定常状態となる期間について、放射性核種の入力値を単位フラックス（$1\ Bq \cdot y^{-1}$）とし、定常的に放出源（河川堆積層あるいは潮間帯堆積層）に放出された場合の被ばく線量（$Sv \cdot y^{-1}$）を第2.2.5項で核種ごと、および設定した被ばく経路ならびに被ばくグループごとに算出する。これらの結果から、各ケースごとの線量への換算係数（$Sv \cdot Bq^{-1}$）を算定する。

核種ごとの線量への換算係数（$Sv \cdot Bq^{-1}$）は、天然バリアから各放出源への核種移行率（フラックス）に乗じることによって線量への換算を可能にする値である。なお、線量への換算係数（$Sv \cdot Bq^{-1}$）を用いて分析を行う場合には、以下の事項に注意する必要がある。

① 解析結果として得られた線量への換算係数は、本ケースで対象とするレファレンスバイオスフィア、被ばくグループおよび被ばく経路に対してのみ適用可能であること
② 解析結果として得られた線量への換算係数は、各ケースごとの放出源へ流入するピークフラックスが平衡（すなわち生物圏での放出／線量への応答が定常）状態となっているという仮定に基づいていること。
③ 本研究では、現在の自然環境および社会条件がそのまま持続すると仮定していること。
④ 幾つかの短寿命娘核種については、地圏における核種移行および蓄積評価には含まれていない可能性があること。生物圏評価における核種の選定では半減期だけでなく放射線影響に対する寄与も考慮するため、各ケースごとの放出源へのフラックスにそれら短寿命娘核種を含めている。ただし、地圏における収着係数が異なることから、放出源における地下水中で娘核種が親核種とともに永続平衡であるという放射化学的な仮定は問題とはならず、この様に娘核種が地圏の評価に含まれていない場合においても、短寿命娘核

種の放出地下水中のフラックスは地圏での親核種のフラックスに遅延係数の逆比を乗ずる（(2) 式）ことによって計算することは可能である。

$$F_d = F_p \cdot \frac{R_d}{R_p} \quad \cdots\cdots (2)$$

ここで、

F_d　：地下水中での娘核種のフラックス

F_p　：地下水中での親核種のフラックス

R_d　：地圏における娘核種の遅延係数

R_p　：地圏における親核種の遅延係数

3. 河川堆積層放出ケース

第2章に示したレファレンスバイオスフィア評価手法に基づき、河川堆積層放出ケースに係る生物圏評価を実施する。なお、第2章との重複を避けるため、本章は生物圏評価に係る前提条件の各要件の設定から本ケースに係る要件のみを記載する。

3.1 評価の前提条件に基づく基本条件の設定

第 2.1.3 項に示した評価の前提条件に係る要件に基づき、本ケースの生物圏システムについて以下のような概略設定を行う。

- **位置** ：日本（ただしサイトは特定せず）
- **地理** ：地下水放出による河川堆積層および河川水の汚染が考慮できる地形。同様に河川堆積層および河川水から沿岸海域環境への汚染も同様
- **地形** ：地表ー山と海との間の平野、海洋ー浅瀬および遠浅
- **気候** ：現在の日本の温暖気候（気候変動は考慮しない）
- **地形学的プロセス** ：現在の日本の環境で生じているプロセス
- **土地利用** ：土壌における農業、淡水漁業および沿岸漁業（なお、河川水は飲料水ならびに農業用水として使用）
- **社会** ：地域産物を生産および消費する現在の日本の社会条件
- **被ばくグループ** ：地域産物を消費する人

3.2 FEP リストの作成と一次スクリーニング

3.2.1 BIOMOVSⅡの成果に基づく FEP リストの作成と一次スクリーニング

BIOMOVSⅡ FEP リストから引用した各 FEP を表 3.1 に示す。なお、BIOMOVSⅡ（1996a）から引用した個々の FEP に関する説明およびコメントについては付録 1 の「① 本ケースに適用する BIOMOVSⅡ レファレンスバイオスフィア FEP リストの説明（河川堆積層放出ケース）」に示す。付録 1 では、FEP に関する説明およびコメントをレビューした結果、修正／変更すべき点がある場合には、イタリック体で示している。

表 3.1 では評価の前提条件における基本条件にしたがい個々の FEP について検討し、各 FEP

の本ケースとの関連性を決定する。FEP の採用あるいは除外については同表中で Yes(Y)または No(N)で示し、またその理由についてはコメント欄に記載する。

なお、スクリーニングした FEP リストは、後述するように、相互作用マトリックスを利用して見直しを行う。

表 3.1 BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP リスト(注) の本ケースへの適用

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1	特徴 (Features)	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
1.1	評価の前提条件	Y	評価の要件(何を, なぜ評価すべきか)を提供
1.1.1	評価目的	Y	モデル開発および評価計算を行う理由を提供
1.1.2	評価指標	Y	どのような放射線影響項目を計算すべきかに係わる情報を提供
1.1.2.1	年間個人線量	Y	原子力委員会(1997)が要求する一次の安全指標(現行規制体系での定義を使用)

(注) FEP List version dated September 1996

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.1.2.2	年間個人リスク	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.3	生涯個人線量	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.4	生涯個人リスク	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.5	集団線量	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.6	集団リスク	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.7	人間以外の生物への線量	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.8	環境中放射性核種濃度	N	本ケースに係る前提条件に含まれず。ただし、生物圏媒体中の濃度計算は可能

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.1.2.9	その他の評価指標	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.3	想定する処分場	Y	システム記述との整合が必要地圏－生物圏インターフェイスに影響
1.1.4	地質・地形条件	Y	被ばく経路および気候／生態系変動の考察に影響
1.2	ソースターム	Y	被ばく経路および放出メカニズムに影響
1.2.1	地圏－生物圏インターフェイス	Y	被ばく経路および放出メカニズムに影響
1.2.2	放出メカニズム	Y	放出媒体および被ばく経路に影響
1.2.2.1	地下水放出	Y	被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.2.2.1.1	地圏帯水層放出	Y	評価の前提条件では河川堆積層への放出および河川水域への移行に限定
1.2.2.1.2	地圏帯水層中の井戸からの揚水	N	評価の前提条件参照
1.2.2.2	気体放出	N	評価の前提条件参照
1.2.2.3	固体物質放出	N	評価の前提条件参照
1.2.3	ソースターム特性	Y	被ばく経路に影響
1.2.3.1	放射性核種	Y	放射性核種挙動および被ばくメカニズムに影響
1.2.3.2	地下水プルーム特性	Y	放射性核種の挙動および移行に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.2.3.3	その他の有害物質	N	評価の前提条件に含まれず
1.3	基本システム	Y	生物圏システム変化および放射性核種移行に影響
1.3.1	一般的気候	Y	生物圏プロセスに影響
1.3.1.1	気候カテゴリ区分	N	評価の前提条件では、今日(現代)の気候のみを考慮
1.3.1.2	気候変動	N	評価の前提条件に含まれず
1.3.2	一般的生物圏システム	Y	生態学的前提条件を設定
1.3.2.1	環境	Y	プロセス依存相互作用に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.3.2.1.1	自然および半自然	Y	海洋環境の考慮を要求
1.3.2.1.2	農業	Y	被ばく経路および決定グループの定義に影響
1.3.2.1.3	都市および産業	N	評価の前提条件に含まれず
1.3.2.2	物質交換基本システム	Y	汚染物質の移行プロセスに影響
1.3.2.3	環境構成要素	Y	汚染物質の挙動および移行経路に影響
1.3.3	一般的人間社会	Y	仮想被ばくグループの設定に影響
2	事象およびプロセス (Event and Processes)	Y	汚染物質の挙動および移行に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1	自然の事象およびプロセス	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
2.1.1	環境変動	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
2.1.1.1	環境ダイナミクス	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
2.1.1.1.1	季節変化	Y	媒体特性に影響
2.1.1.1.1.1	季節変化の食物連鎖に対する影響	Y	パラメータ値に implicit に含まれる
2.1.1.1.2	化学変化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡状態を仮定
2.1.1.1.2.1	アルカリ化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡状態を仮定

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.1.1.2.2	微生物による化学変化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.1.1.1.2.3	植物による化学変化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.1.1.1.3	物理的変化	Y	コンパートメント特性に影響
2.1.1.1.3.1	土壌の転換	Y	コンパートメント特性に影響
2.1.1.1.3.2	浸食(風, 水, 洪水)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.1.2	気候変動による変化	N	評価の前提条件では一定気候を仮定
2.1.2	放射性核種移行(輸送)	Y	汚染物質の挙動および被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.1	大気輸送プロセス	Y	汚染物質の挙動および被ばく経路に影響
2.1.2.1.1	気体輸送	N	本ケースでは考慮せず（評価の前提条件参照）
2.1.2.1.2	エアロゾル輸送	Y	汚染物質の移行に影響
2.1.2.1.3	燃焼	Y	エアロゾル生成に影響
2.1.2.2	地表水による輸送プロセス	Y	コンパートメント間の水の移動
2.1.2.2.1	地表水のランーオフによる輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.2.2	液相による輸送	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.3	多孔質媒体液相輸送プロセス	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.1	透過(percolation)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.2	毛管上昇	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.3	地下水輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.4	拡散／分散	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.5	浸透(infiltration)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.6	二相流およびマトリックス拡散	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.3.6.1	浮遊堆積物の輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.6.2	コロイドの輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.4	地表水－多孔質媒体間の輸送プロセス	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5	固相輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.1	再浮遊／沈着	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.2	地滑り	N	内陸平野部にとって重要ではない
2.1.2.5.3	落石	N	内陸平野部にとって重要ではない

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.5.4	水による固相輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.1	堆積物の再浮遊	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.2	沈殿	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.3	雨滴のはね (rain splash)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.4	ウォッシュアウト (washout)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.5	湿着	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.7	動植物を媒介とした輸送	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.7.1	吸収および脱着	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.7.2	生物擾乱	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.7.3	動物による摂取および排泄	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3	放射性核種濃度に影響するプロセス	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.1	化学反応	Y	汚染物質量に影響
2.1.3.1.1	溶解／沈殿	Y	汚染物質量に影響
2.1.3.1.2	吸着／脱着	Y	汚染物質量に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.3.2	物理的プロセス	Y	コンパートメント特性に影響
2.1.3.2.1	放水	Y	移行および蓄積ならびに地表水流れに影響
2.1.3.2.2	帯水層への涵養	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.2.3	降雨	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.2.4	蒸発	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.2.5	蒸散	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.2.6	降雪	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.3.2.7	風化	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4	放射性核種の代謝	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4.1	作物および野生／半野生植物	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4.1.1	転流	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4.2	家畜および野生／半野生動物	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4.2.1	動物体内移行	Y	移行および蓄積に影響
2.2	人間活動に係る事象およびプロセス	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.2.1	人間活動による化学的変化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡状態を仮定するため、飲用に供する河川水の化学物質による汚染は考慮せず
2.2.1.1	化学的汚染	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.2.1.1.1	酸性雨	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.2.2	人間活動による物理的変化	Y	移行および蓄積に影響
2.2.2.1	水に対する人間影響	Y	汚染物質の濃度に影響
2.2.2.2	ダム建設	Y	汚染物質の再分配に影響
2.2.2.3	開墾／干拓	Y	汚染物質の再分配に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.2.3	人間活動による再利用と混合	Y	汚染物質の再分配に影響
2.2.3.1	耕作	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.3.2	固体物質の再利用	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.3.3	施肥	Y	汚染物質の濃度、再配分および利用に影響
2.2.4	人間活動による放射性核種輸送	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.4.1	揚水	Y	評価の前提条件の主要部分。汚染物質の移動に影響
2.2.4.1.1	井戸水利用	N	評価の前提条件参照

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.2.4.1.2	灌漑	Y	評価の前提条件に含まれている
2.2.4.2	人間による涵養	Y	汚染物質の濃度に影響
2.2.4.3	湖沼の人為的混合	N	生物圏システム設定と不整合
2.2.4.4	固体物質輸送	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.4.4.1	堆積物の浚渫	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.4.4.2	土木工事	Y	汚染物質の再配分に影響
2.3	人間の被ばくに係る事象およびプロセス	Y	評価の前提条件参照

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.3.1	生活習慣	Y	評価の前提条件参照
2.3.1.1	資源利用	Y	被ばく経路のひとつ
2.3.1.2	生産物貯蔵	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム
2.3.1.3	空気、水および調理	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム
2.3.1.3.1	水の濾過	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム
2.3.1.3.2	空気の濾過	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム
2.3.1.3.3	調理	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.3.1.3.4	換気	Y	被ばくに影響
2.3.1.4	居住／遮蔽要因	Y	被ばくに影響
2.3.1.5	食餌	Y	仮想被ばくグループに影響
2.3.2	外部照射プロセス	Y	主要な被ばくモード
2.3.3	内部被ばくプロセス	Y	主要な被ばくモード
2.3.3.1	摂取	Y	主要な被ばくモード
2.3.3.1.1	吸入	Y	主要な被ばくモード

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.3.3.1.2	経口摂取	Y	被ばく経路
2.3.3.1.3	皮膚からの吸収	Y	被ばく経路

3.2.2 追加されるFEPリストの作成とそれらの一次スクリーニング

(1) 河川環境に関するFEPリスト

表3.1に示したBIOMOVSⅡのオリジナルFEPリストは、淡水環境のFEPもいくつか含まれているが、主に地表環境に関してまとめられたものであり、河川への放出に関連したすべてのFEPが含まれているわけではない。評価の前提条件における基本条件にしたがい、河川環境に関する新しいFEPリストを作成し、'F/'で示すこととする。なお、これらのFEPの基本構成は昨年度の研究で行った海洋／河口環境のFEP（Little et al., 1998a）と同様である。新たに作成およびスクリーニングしたFEPリストを表3.2に示す。

BIOMOVSⅡのFEPリストの1から1.3.2.1までのFEPはすべて河川環境にも関係すると考えられる。これらはすべて表3.1で詳述されており、評価の前提条件およびソースタームに関するFEPの追加は必要なかったので、表3.2はFEP 1.3.2.1.1（自然／半自然環境の基本システム記述）から開始する。河川環境に関する事象およびプロセス（Fluvial Events and Processes: F/EPs）は、自然環境に関わるEPsと人間の活動（F/HA）および被ばく（F/HE）に関するEPsとに分割するものとする。さらに昨年度の研究と同様に、BIOMOVSⅡのFEPリスト中に新たに付け加えた河川環境に関するFEPを直接付け加えることはせずに、切り離して考えることが望ましいと判断した。また、BIOMOVSⅡでのFEPリストとは違って、この段階では主要なEPsを同定し、その定義付けを行うことを主目的としているためにFEPの明確な分割は行われていない。なお、河川環境に係る追加FEPについての詳細な記述とコメントについては付録1の「② 本ケースに適用する河川環境に係るFEPリストの説明」に示す。

なお、スクリーニングしたFEPリストは、BIOMOVSⅡFEPリストの場合と同様、後述する相互作用マトリックスを利用して見直しを行う。

表 3.2 本ケースに適用する河川環境に係る FEP リスト

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/F 1	**基本システム: 自然および半自然**	Y	処分場サイトでのレファレンスバイオスフィア環境条件を提供汚染物質の挙動および移行に影響
F/F 1.1	河川	Y	放出の受容体(receptor)
F/EP 2	**事象およびプロセス: 自然**	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
F/EP 2.1	沈殿	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.2	再浮遊	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.3	蒸発	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
F/EP 2.4	揮発	N	本ケースでは考慮せず(評価の前提条件参照)

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/EP 2.5	エアロゾル輸送	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.6	浸食	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.6.1	垂直浸食	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.6.2	水平浸食	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.7	生物擾乱	Y	汚染物質の輸送および蓄積に影響
F/EP 2.8	水流	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
F/EP 2.8.1	地下水放出	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/EP 2.8.2	地表水のラン一オフ	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
F/EP 2.8.3	河川流	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.9	温度変化	Y	放射性核種の挙動に影響
F/EP 2.10	涵養	Y	濃度および輸送に影響
F/EP 2.11	ベッドロード輸送プロセス	Y	輸送および蓄積に影響
F/EP 2.12	洪水	Y	濃度、輸送および蓄積に影響
F/EP 2.13	動植物を媒介とした輸送	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/EP 2.13.1	植物による輸送	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.13.2	動物による輸送	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.14	植物による吸収／代謝	Y	生物による輸送および蓄積に影響
F/EP 2.15	動物による摂取／代謝	Y	生物による輸送および蓄積に影響
F/EP 2.16	河川水準変動	Y	沈殿物への被ばくによる影響
F/EP 2.16.1	長期間の変動	N	評価の前提条件参照
F/EP 2.16.2	短期間の変動	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/EP 2.17	拡散／分散	Y	移行および蓄積に影響
F/EP 2.18	吸着／脱着	Y	汚染物への影響の可能性あり
F/EP 2.19	溶解／沈殿	Y	汚染物への影響の可能性あり
F/EP 2.20	湖沼形成	N	評価の前提条件では定常的に平衡状態が永続すると仮定
F/EP 2.20.1	天然湖沼	N	評価の前提条件では定常的に平衡状態が永続すると仮定
F/EP 2.20.2	人造湖沼	N	評価の前提条件では定常的に平衡状態が永続すると仮定
F/HA 3	移行に影響する人間活動	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/HA 3.1	浚渫	Y	移行および蓄積に影響
F/HA 3.2	揚水／利用	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.2.1	飲用／家庭用水	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.2.2	灌漑用水	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.2.3	家畜用水	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.2.4	その他の利用	N	水は家庭飲用および農業用水としてのみ使用（評価の前提条件参照）
F/HA 3.3	水処理	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/HA 3.3.1	化学処理	N	評価の前提条件　参照
F/HA 3.3.2	物理処理	Y	移行および蓄積に影響
F/HA 3.4	河川環境の物理的変化	Y	移行および蓄積に影響
F/HA 3.4.1	干拓	Y	移行および蓄積に影響
F/HA 3.4.2	護岸工事(ダム)	Y	移行および蓄積に影響
F/HA 3.4.3	灌漑用水路／ダム建設	Y	移行、蓄積に影響
F/HA 3.5	貯水	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/HA 3.5.1	漁業／養殖	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.5.2	水浴／船遊び	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.5.3	灌漑用水	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.5.4	飲用／家庭用水	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.5.5	家畜用水	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.5.6	その他の利用	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
F/HA 3.6	汚染	Y	汚染物の挙動に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/HE 4	人間の被ばくモード	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.1	生活習慣	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.1.1	資源利用	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.2	食餌	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.3	外部照射	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.3.1	水域	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.3.2	堆積物	Y	被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
F/HE 4.4	内部被ばく	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.4.1	エアロゾル／堆積物の吸入	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.4.2	経口摂取	Y	被ばく経路に影響
F/HE 4.4.3	皮膚からの吸収	Y	被ばく経路に影響

(2) 河口／海洋環境に関する FEP リスト

地表および河川環境と同様、河口／海洋環境についても検討する必要がある。なお、河口／海洋環境については昨年度の研究で作成されたの追加の FEP リスト（Little et al., 1998a）を転載する。

河口／海洋環境に係る追加FEPの基本構成は河川環境の追加FEPと同様で、BIOMOVS IIのFEPリストの 1 から 1.3.2.1 までの FEP はすべて河口／海洋環境にも関係すると考えられるため、表 3.3 は FEP 1.3.2.1.1（自然／半自然環境の基本システム記述）から開始する。河口／海洋環境に関する事象およびプロセス（Estuarine and Marine Events and Processes: M/EPs）は、自然環境に関わる EPs と人間の活動（M/HA）および被ばく（M/HE）に関する EPs とに分割する。なお、河口／海洋環境に係る追加 FEP についての詳細な記述とコメントについては付録 1 の「③ 本ケースに適用する河口／海洋環境に係る FEP リストの説明」に示す。

なお、スクリーニングしたFEPリストは、BIOMOVSⅡFEPリストの場合と同様、後述する相互作用マトリックスを利用して見直しを行う。

表 3.3 本ケースに適用する河口／海洋環境に係る FEP リスト

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/F 1	**基本システム: 自然および半自然**	Y	処分場サイトでのレファレンスバイオスフィア環境条件を提供汚染物質の挙動および移行に影響
M/F 1.1	海洋	Y	放出の潜在的受容体(receptor)
M/F 1.2	河口	Y	放出の潜在的受容体(receptor)
M/EP 2	**事象およびプロセス: 自然**	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
M/EP 2.1	塩分濃度変化	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
M/EP 2.2	沈殿	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.3	再浮遊	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/EP 2.4	蒸発	Y	本ケースでは考慮せず（評価の前提条件参照）
M/EP 2.5	揮発	N	汚染物質の濃度および輸送に影響
M/EP 2.6	エアロゾル輸送	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.7	浸食	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.7.1	波による浸食	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.7.2	地滑りまたは落石による浸食	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.8	生物擾乱	Y	汚染物質の輸送および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/EP 2.9	水流	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
M/EP 2.9.1	地下水放出	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
M/EP 2.9.2	地表水のランーオフによる輸送	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
M/EP 2.9.3	潮流	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.9.4	海流	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.9.5	河川流	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.9.6	シースプレイ	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/EP 2.10	温度変化	Y	放射性核種の挙動に影響
M/EP 2.11	涵養	Y	濃度および輸送に影響
M/EP 2.12	ベッドロード輸送プロセス	Y	輸送および蓄積に影響
M/EP 2.13	洪水	Y	濃度、輸送および蓄積に影響
M/EP 2.14	大波	Y	濃度、輸送および蓄積に影響
M/EP 2.14.1	暴風	Y	濃度、輸送および蓄積に影響
M/EP 2.14.2	津波	Y	濃度、輸送および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/EP 2.15	動植物を媒介とした輸送	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.15.1	植物による輸送	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.15.2	動物による輸送	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.16	植物による吸収／代謝	Y	生物による輸送および蓄積に影響
M/EP 2.16.1	海洋に棲息する植物	Y	生物による輸送および蓄積に影響
M/EP 2.16.2	河口に棲息する植物	Y	生物による輸送および蓄積に影響
M/EP 2.17	動物による摂取／代謝	Y	生物による輸送および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/EP 2.17.1	海洋に棲息する動物	Y	生物による輸送および蓄積に影響
M/EP 2.17.2	河口に棲息する動物	Y	生物による輸送および蓄積に影響
M/EP 2.18	海水準変動	N	評価の前提条件参照
M/EP 2.18.1	隆起／沈降	N	評価の前提条件参照
M/EP 2.18.2	海水量の変動	N	評価の前提条件参照
M/EP 2.19	拡散／分散	Y	移行および蓄積に影響
M/EP 2.20	吸着／脱着	Y	汚染物への影響の可能性あり

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/EP 2.21	溶解／沈殿	Y	汚染物への影響の可能性あり
M/HA 3	移行に影響する人間活動	Y	移行および蓄積に影響
M/HA 3.1	浚渫	Y	移行および蓄積に影響
M/HA 3.2	脱塩	N	評価の前提条件参照
M/HA 3.3	沿岸部の物理的変化	Y	移行および蓄積に影響
M/HA 3.3.1	干拓／埋立	Y	移行および蓄積に影響
M/HA 3.3.2	護岸工事	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/HA 3.4	貯水	Y	移行および蓄積に影響
M/HA 3.4.1	漁業／養殖	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
M/HA 3.4.2	水浴	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
M/HA 3.4.3	製塩	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
M/HA 3.5	汚染	Y	汚染物の挙動に影響
M/HE 4	人間の被ばくモード	Y	被ばく経路に影響
M/HE 4.1	生活習慣	Y	被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/HE 4.1.1	資源利用	Y	被ばく経路に影響
M/HE 4.2	食餌	Y	被ばく経路に影響
M/HE 4.3	外部照射	Y	被ばく経路に影響
M/HE 4.3.1	水域	Y	被ばく経路に影響
M/HE 4.3.2	堆積物	Y	被ばく経路に影響
M/HE 4.4	内部被ばく	Y	被ばく経路に影響
M/HE 4.4.1	エアロゾル／堆積物の吸入	Y	被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
M/HE 4.4.2	経口摂取	Y	被ばく経路に影響
M/HE 4.4.3	皮膚からの吸収	Y	被ばく経路に影響

3.2.3　FEP 間の相互関係の明確化と二次スクリーニング

(1)　相互作用マトリックスの作成

河川堆積層放出ケースに係る評価の前提条件および対応する評価体系を勘案し、系の特徴を表現するのに必要十分な要素を含んだ相互作用マトリックスを、BIOMOVS IIにおいて採用された相互作用マトリックス（BIOMOVS II, 1996a）および昨年度の研究を参考にして作成する。

第一にマトリックスの主対角線要素（LDE）として必要な項目を検討する。その結果、BIOMOVS IIにおいて採用された相互作用マトリックスの11個のLDEはすべて、本評価においても必要である。より正確にいうと、河川堆積層放出シナリオを対象とする本ケースにおいては、LDEの一つである「地表近傍の帯水層」は不要であるが、昨年と同様、今後、別の地下水シナリオを評価する際には必要となる可能性があるため、そのまま残すこととする。また、本ケースでは、BIOMOVS IIの11個のLDEだけでは不十分であり、海洋／河口の水域と堆積物を表現する2つのLDEを追加している。したがって、LDEの数は13個となる。

次に、13個のLDEの各々の間に考えられる相互作用を、非対角線要素（ODE）に埋め込む。この際、並行して、表3.1～表3.3の各FEPと各ODESとの間の対応関係のクロスチェックを行う（(2)参照）。

このようにして最終的に得られた相互作用マトリックスを図3.1に示す。関連するLDEおよびODEの定義については以下で論じる。マトリックス中に含まれたFEPは、モデル化すべきシステ

ムのすべての部分を表している。

なお、図3.1の相互作用マトリックスはシステム内の要素のみを対象としており、システムからの（フィードバックのない）損失（ロス）は表現していない。相互作用マトリックス作成に続いて行われる概念モデルの構築や被ばく計算においては、システム外へのロスも当然考慮しなければならない。コンパートメントモデルの採用を前提として構築された後述する概念モデル（第3.2.4項参照）では、これを最終シンク（Final Sink）への移行という形で表現している。

（ｉ） LDEの定義

本ケースで設定した1.1から13.13までの13個のLDEに関する定義を以下に示す。

1.1 **ソースターム（汚染された地下水）**：生物圏への放射性核種フラックス。本ケースでは、河川堆積層および河川への汚染された地下水の放出による（第2.1.3項 参照）。

2.2 **地表近傍の帯水層**：下方の帯水層またはその他の飽和領域。現在の評価の前提条件では生物圏部分として考慮されていないが（第2.1.3項 参照）、将来的には考慮する可能性あり。

3.3 **地表の淡水**：地表の淡水とは、浮遊堆積物を含む河川水をいう。
現在の評価の前提条件（第 2.1.3 項 参照）における淡水水域の主たる重要性は、河川堆積層への汚染地下水の放出による放射性核種の受容媒体としての役割である。

4.4 **淡水堆積物**：地表水底部の淡水堆積物（間隙水を含む）。本ケースでは河床の堆積物。河川レベルの変化から断続的にむき出しとなる堆積物を含む。現在の評価の前提条件（第 2.1.3 項 参照）では、河川域堆積物の主たる重要性は、汚染地下水の放出の受容媒体としての役割である。

5.5 **VSZ**：表土の下方から完全飽和の地表近傍帯水層までの土壌層。本ケースでは河川近傍に位置していると仮定。

6.6 **表土**：重要な生物学的活動の場である土壌（作物の根が届く部分を含む）。固体土壌、土壌水およびガスを含む。なお、本ケースでは河川近傍に位置していると仮定。

7.7 **大気**：人間および動物が通常呼吸する空気。ダストおよびエアロゾルを含む。大気の特性に気象および季節変動の効果が含まれる。

8.8 **植物群**：水生（淡水および海水）および陸生植物、菌類（きのこ）および作物／作物加工品を含む天然および農業によらないものなどあらゆる植物。根から穀粒への転流など植物内／植物間での汚染物質の移行を含む。

9.9　**動物群**:自然、農業および養殖漁業における動物種、水生（淡水および海水）生物および陸生生物（微生物相および無脊椎動物を含む）。動物が動物を摂取するなど動物間での汚染物質の移行を含む。

10.10　**沿岸海域／河口水**:沿岸海域／河口環境の水（浮遊堆積物を含む）。この環境は各種食糧の重要な供給源である。

11.11　**沿岸海域／河口の堆積物**:沿岸海域／河口環境の堆積物（間隙水を含む）。潮の干満の影響を受ける場所の堆積物を含む。

12.12　**移行に影響する人間活動**:放射性核種の移行および蓄積に影響を及ぼす生物圏での人間活動。現在の評価の前提条件（第 2.1.3 項 参照）では、現在の環境および社会条件（気象と農業慣習を含む）を想定している。

13.13　**人間の被ばくモード**:仮想的被ばくグループ（第 2.1.3 項 参照）に対する被ばく経路にに係る人間の被ばくモード。

（ii）　ODE の定義

以下では、各 ODE とそれに関連する FEP について、行単位で簡単に記述する。各行については、下方の LDE に影響を及ぼす ODE を最初に定義し、次に上方の LDE に影響を及ぼす ODE を定義する。一部の FEP の削除に関する情報も記載する。

＜ソースターム＞行

(1.2-1.3)　相互作用なし。放出は河川堆積層へのみ生じる。

(1.4)　地下水は河川堆積層へ放出される（第 2.1.3 項 参照）。

(1.5-1.13)　相互作用なし。放出は河川堆積層へのみ生じる。

＜地表近傍の帯水層＞行

(2.3-2.13)　相互作用なし。地表近傍の帯水層は本研究では考慮しない（第 2.1.3 項 参照）。

(2.1)　地表近傍の帯水層は本研究では考慮しない（第 2.1.3 項 参照）。

＜地表の淡水＞行

(3.4)　主な相互作用は沈殿である。浸食の効果は(ODE 4.3)で考慮される。水の流れの方向は川からではなく川へであると仮定している(ODE 5.3 参照)ため、淡水堆積層への涵養（recharge）は除外する。拡散は、他の作用と比較して重要ではない。

(3.5) 相互作用なし。水の流れの方向は川からではなく川へであると仮定している(OED 5.3 参照)ため、VSZ への涵養（recharge）は除外する。拡散は、他の作用と比較して重要ではない。

(3.6) 洪水、沈殿および潅漑。拡散の効果は小さいので、除外する。

(3.7) 相互作用なし。沿岸平野の河川の場合、エアロゾルの生成、脱ガスおよび蒸発は重要でない。

(3.8) 淡水植物による直接的な吸水。洪水後の陸生植物による吸水は(ODE 3.6)および(ODE 6.8)で考慮する。作物の潅漑は(ODE 12.8)で考慮する。

(3.9) 水生動物による吸水。本ケースでは、農場動物の飲料水はすべて人間による河川水からの供給水とする(ODE 12.9 参照)。

(3.10) 河川水の沿岸海域／河口水への放出。塩分濃度の変化は放射性核種と浮遊堆積物との相互作用に影響を及ぼす。

(3.11) 相互作用なし。

(3.12) 資源利用。水の供給、漁業およびレクリエーションのための利用。家庭用および耕作のために使われる水。

(3.13) 河川水の摂取および外部照射による直接被ばく。

(3.2) 相互作用なし(ODE 2.3-2.13 参照)。

(3.1) 相互作用なし。河川水から地下水への汚染物の直接的な移動はないと想定している。

＜堆積物＞行

(4.5) 相互作用なし。

(4.6) 例えば河川の蛇行のような自然現象による堆積物の乾燥による表土への変化。人間による浚渫も考慮する。

(4.7) 再浮遊。堆積物は断続的に露出し、再浮遊すると仮定する。

(4.8) 淡水植物による直接的な吸水。

(4.9) 水生動物による摂取。経口摂取に較べると、外部汚染は重要でない。

(4.10) 相互作用なし。

(4.11) 水底堆積物の移流（ベッドロード）。塩分濃度の変化は放射性核種と浮遊堆積物との相互作用に影響を及ぼす。

(4.12) 資源利用。漁業およびレクリエーションのための利用。

(4.13) 外部照射および不用意な経口摂取。

(4.3) 再浮遊。拡散の効果は再浮遊と較べて重要でない。河川堆積層への地下水の放出は、河川水への流れと想定する（第 2.1.3 項 参照)。

(4.2) 相互作用なし(ODE 2.3-2.13 参照)。

(4.1) 相互作用なし。河川堆積層から地下水への汚染物の移動は、地下水から河川堆積層への移動と比べて重要ではないと想定している。

<VSZ>行

(5.6) 表土を形成する VSZ 中の物質の風化。本研究ではガス移行は考慮しない（第 2.1.3 項 参照)。潅漑は水を降下させるため、毛管作用による水の上昇は無視する。

(5.7) 相互作用なし。

(5.8) 相互作用なし。食用作物はそれほど深く根ざしてない（ODE 6.6.参照)。

(5.9-5.11) 相互作用なし。

(5.12, 5.13) 相互作用なし。農業慣習として VSZ の利用は考えない。

(5.4) 相互作用なし。土手の浸食は、地表淡水を介して起こる（ODE 5.3 参照)。

(5.3) 河川の土手の浸食。涵養は VSZ から起こると仮定する（保守的)。

(5.2) 相互作用なし。涵養は VSZ から河川水に対して起こると仮定する。

(5.1) 相互作用なし。

<表土>行

(6.7) 浮遊。対象とする気候条件に対しては、蒸発は重要ではない。ガス移行および揮発は本研究では考慮しない（第 2.1.3 項 参照)。

(6.8) 経根吸収およびウォータスプラッシュ（water splash)。

(6.9) 土壌の摂取。外部汚染は摂取と比較して重要でない。

(6.10) 相互作用なし。あらゆる土壌は分散性の小さい河川水へ流れると保守的に仮定する。

(6.11) 相互作用なし。

(6.12) 本ケースに係る生物圏システム（第 3.1 項 参照）で特定された作物および動物のための農業利用。

(6.13) 外部照射および一般家庭における経口摂取。

(6.5) 降水および過剰な潅漑による浸透。

(6.4) 相互作用なし。浸食された土壌はまず河川水に浸入し、その後、河川堆積層に堆積する（ODE 6.3 参照)。

(6.3) 浸食による物質移行。

(6.2, 6.1) 相互作用なし。

＜大気＞行

(7.8) 湿着、乾着および降水（降雪および降雨）。季節は農業生産性に影響する。本研究ではガス摂取は考慮しない（第 2.1.3 項 参照）。

(7.9) 吸入。季節および気象による効果。

(7.10, 7.11) 気象および季節による影響（例えば、降水、暴風、モンスーン、洪水など）。河川水および沿岸海域／河口水について湿着および乾着は起こり得るものの、河川堆積層放出ケースでは重要でない。

(7.12) 気象および季節は農業などの人間活動に影響を及ぼす。

(7.13) 吸入。外部照射は吸入に比して重要でない。

(7.6) 沈着、風食、浸食、降水などの季節および気象の影響。

(7.5) 相互作用なし。

(7.4, 7.3) 気象および季節による影響（例えば、降水、暴風、モンスーン、洪水など）。河川水および沿岸海域／河口水について湿着および乾着は起こり得るものの、河川堆積層放出ケースでは重要でない。

(7.2, 7.1) 相互作用なし。

＜植物群＞行

(8.9) 摂取。

(8.10, 8.11) 分解および風化を含む脱着。

(8.12) 植物物質が肥料および家畜の飼料として使用されると仮定する。

(8.13) 経口摂取。

(8.7) 蒸散、呼吸、脱着および植物形態が大気の流れに影響を及ぼす（例えば沈着の緩和）。

(8.6) 分解および風化等による脱着；土壌の特性およびプロセス（土壌の構成および構造、植物の分解による肥料化、土壌の含水量に対する影響など）。

(8.5) 相互作用なし（ODE 5.8 参照）。

(8.4, 8.3) 淡水水生植物に関して(ODE 8.10)および(ODE 8.11)と同様。

(8.2-8.1) 相互作用なし。

＜動物群＞行

(9.10) 排泄。

(9.11) 排泄、生物擾乱（bioturbation：ミミズ類など堆積物内で無脊椎動物が穴を掘るような活動から、堆積物が混合される現象）および分解。

(9.12)　動物性物質は肥料として利用できる。

(9.13)　経口摂取。

(9.8)　排泄による肥料化および汚染、土壌擾乱による直接的汚染。

(9.7)　発散、おくび（げっぷ）、おなら。

(9.6)　排泄、生物擾乱、分解。

(9.5)　相互作用なし（ODE 6.6 参照）。

(9.4)　淡水水生植物に関して(ODE 9.11)と同様。

(9.3)　淡水水生植物に関して(ODE 9.10)と同様。

(9.2, 9.1)　相互作用なし。

＜沿岸海域／河口水＞行

(10.11)　沈殿。移行プロセスとして、拡散は沈殿に比して重要でない。

(10.12)　資源利用。漁業およびレクリエーションに利用。

(10.13)　外部照射による直接被ばく。海洋／河口水の不意の摂取は、海洋／河口食物の摂取と比して重要でないと考えられる。

(10.9)　海洋および河口の動物群による摂取。

(10.8)　海洋および河口の植物群による摂取。

(10.7)　エアロゾルの生成。本研究では揮発は考慮しない（第 2.1.3 項 参照）。

(10.6)　相互作用なし。海洋環境から戻される物質による土壌汚染は、河川水による汚染に比して重要でない。

(10.5-10.1)　相互作用なし。

＜沿岸海域／河口堆積物＞行

(11.12)　資源利用。漁業およびレクリエーションに利用。

(11.13)　外部照射および堆積物の不用意な摂取。

(11.10)　再浮遊には物質的および生物学的なプロセスが含まれる。移行プロセスとして、拡散は再浮遊に比して重要でない。

(11.9)　沿岸海域／河口の動物群による摂取。外部汚染は摂取に比して重要でない。

(11.8)　沿岸海域／河口の植物群による吸収。

(11.7)　沿岸海域／河口の堆積物は周期的に漏出し、再浮遊する。

(11.6-11.1)　相互作用なし。

＜移行に影響する人間活動＞行

(12.13)　人間活動は被ばくモードおよび被ばく経路に影響を及ぼす。社会に関する仮定は評価の前提条件（第 2.1.3 項 参照）で論じている。

(12.11, 12.10)　相互作用なし。海洋および河口堆積物の浚渫、海洋および河口水の揚水や処理による影響は評価の前提条件（第 2.1.3 項 参照）では重要でないと考えられている。

(12.9)　農業慣習については本ケースに係る生物圏システム（第 3.1 項 参照）で論じている。畜産および家畜の飲料水として河川水の使用を含む。

(12.8)　穀物および牧草の生産に関しては(12.9)と同様。河川水による灌漑を含む。

(12.7)　農業慣習はダストの発生に影響を及ぼす。

(12.6)　あるゆる土壌プロセスに対する農業慣習の影響（河川水による灌漑を含む）。排泄。

(12.5)　相互作用なし。

(12.4)　河川堆積物の浚渫。

(12.3)　家庭用および家畜用以外の河川水の揚水。灌漑目的ではない水の放出。この水は、使用後に排水渠（ドレン）を介して河川に放出されると仮定する。

(12.2,12.1)　相互作用なし。水は河川から汲上げられる。

＜人間の被ばくモード＞行

(13.12-13.1)　相互作用なし。

1.1 SOURCE TERM (contaminated groundwater)	1.2	1.3	1.4 Groundwater discharge	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13
2.1	2.2 NEAR SURFACE AQUIFER	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13
3.1	3.2	3.3 SURFACE FRESH WATER (River Water)	3.4 Sedimentation	3.5	3.6 Flooding Sedimentation Irrigation	3.7	3.8 Uptake	3.9 Uptake	3.10 Discharge Salinity change effects	3.11	3.12 Water Supply Fishing Recreational use	3.13 External irradiation Ingestion
4.1	4.2	4.3 Resuspension Water flow	4.4 FRESHWATER BED SEDIMENT (River Bed Sediment)	4.5	4.6 Conversion Dredging	4.7 Resuspension	4.8 Uptake	4.9 Ingestion	4.10	4.11 Bed load transport Salinity change effects	4.12 Fishing and recreational use	4.13 External irradiation Ingestion
5.1	5.2	5.3 Erosion Recharge	5.4	5.5 VARIABLY SATURATED ZONE	5.6 Weathering	5.7	5.8	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13
6.1	6.2	6.3 Erosion	6.4	6.5 Infiltration	6.6 SURFACE SOIL	6.7 Suspension	6.8 Uptake Water splash		6.10	6.11	6.12 Agricultural use	6.13 External irradiation Ingestion
7.1	7.2	7.3 Seasonal and weather effects	7.4 Seasonal and weather effects	7.5	7.6 Deposition Seasonal and weather effects Erosion	7.7 ATMOSPHERE	7.8 Deposition Seasonal and weather effects	7.9 Inhalation Seasonal and weather effects	7.10 Seasonal and weather effects	7.11 Seasonal and weather effects	7.12 Seasonal and weather effects	7.13 Inhalation
8.1	8.2	8.3 Desorption	8.4 Desorption	8.5	8.6 Desorption Soil processes	8.7 Transpiration Respiration Desorption Morphological effects	8.8 FLORA	8.9 Ingestion	8.10 Desorption	8.11 Desorption	8.12 Materials resource	8.13 Ingestion
9.1	9.2	9.3 Excretion	9.4 Excretion Bioturbation Decomposition	9.5	9.6 Excretion Bioturbation Decomposition	9.7 Exhalation Flatulance	9.8 Fertilization Direct contamination	9.9 FAUNA	9.10 Excretion	9.11 Excretion Bioturbation Decomposition	9.12 Materials resource	9.13 Ingestion
10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7 Aerosols	10.8 Uptake	10.9 Uptake	10.10 LOCAL MARINE / ESTUARINE WATER	10.11 Sedimentation	10.12 Fishing and recreational use	10.13 External irradiation
11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7 Resuspension	11.8 Uptake	11.9 Ingestion	11.10 Resuspension	11.11 LOCAL MARINE / ESTUARINE BED SEDIMENT	11.12 Fishing and recreational use	11.13 External irradiation Ingestion
12.1	12.2	12.3 Abstraction Discharge of non-irrigation water	12.4 Dredging	12.5	12.6 Agricultural practices Excretion	12.7 Agricultural practices	12.8 Agricultural practices	12.9 Agricultural practices	12.10	12.11	12.12 HUMAN ACTIVITIES AFFECTING MIGRATION	12.13 Affect exposure modes and pathways
13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	13.10	13.11	13.12	13.13 HUMAN EXPOSURE MODES

図 3.1 相互作用マトリックス（河川堆積層放出ケース）

(2) FEP リストの二次スクリーニング

第 3.2.1 項で整備した FEP を相互作用マトリックスで特定した FEP とクロスチェックすることによって、見直し（二次スクリーニング）を行う。クロスチェックの結果を表 3.4～表 3.6 に示す。同表には、各 FEP について下記の事項を記載してある。

- 当該 FEP は、見直し前の FEP リストに含まれていたかどうか。
- 当該 FEP は、見直し後の FEP リストに含まれたかどうか（即ち、相互作用マトリックス（図 3.1）に含まれたかどうか）。
- 当該 FEP が見直し後において除外された場合はその理由。
- 当該 FEP が見直し後において採用された場合は、その相互作用マトリックス内での場所。

表 3.4 BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP リスト(注1)の本ケースへの適用：見直し後

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1	特徴 (Features)	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1	評価の前提条件	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1.1	評価目的	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1.2	評価指標	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1.2.1	年間個人線量	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響

(注1) FEP List version dated September 1996
(注2) IM：相互作用マトリックス（Interaction Matrix）

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1.1.2.2	年間個人リスク	N	N	
1.1.2.3	生涯個人線量	N	N	
1.1.2.4	生涯個人リスク	N	N	
1.1.2.5	集団線量	N	N	
1.1.2.6	集団リスク	N	N	
1.1.2.7	人間以外の生物への線量当量	N	N	
1.1.2.8	環境中放射性核種濃度	N	N	
1.1.2.9	その他の評価指標	N	N	
1.1.3	想定する処分場	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1.1.4	地質・地形条件	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
1.2	ソースターム	Y	Y 1.1, 1.4	
1.2.1	地圏ー生物圏インターフェイス	Y	Y 1.1	
1.2.2	放出メカニズム	Y	Y 1.4	
1.2.2.1	地下水放出	Y	Y 1.1,1.4	
1.2.2.1.1	地圏帯水層放出	Y	Y 1.4	
1.2.2.1.2	地圏帯水層中の井戸からの揚水	N	N	
1.2.2.2	気体放出	N	N	
1.2.2.3	固体物質放出	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1.2.3	ソースターム特性	Y	Y 1.1	
1.2.3.1	放射性核種	Y	Y 1.1	
1.2.3.2	地下水プルーム特性	Y	Y 1.1	
1.2.3.3	その他の有害物質	N	N	
1.3	基本システム	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.3.1	一般的気候	Y	Y 7.7	
1.3.1.1	気候カテゴリ区分	N	N	
1.3.1.2	気候変動	N	N	
1.3.2	一般的生物圏システム	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1.3.2.1	環境	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
1.3.2.1.1	自然および半自然	Y	Y 2.2, 3.3, 4.4, 5.5, 7.7, 8.8, 9.9, 10.10, 11.11	
1.3.2.1.2	農業	Y	Y 6.6, 7.7, 8.8, 9.9	
1.3.2.1.3	都市および産業	N	N	
1.3.2.2	物質交換基本システム	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
1.3.2.3	環境構成要素	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
1.3.3	一般的人間社会	Y	Y 12.12, 13.13	
2	事象およびプロセス (Event and Processes)	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
2.1	自然の事象およびプロセス	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.1	環境変動	Y	Y	今日の気候条件が永続するとの仮定の枠内での変化プロセスに限定(例えば、浸食)
2.1.1.1	環境ダイナミクス	Y	Y	今日の気候条件が永続するとの仮定の枠内での変化プロセスに限定(例えば、浸食)
2.1.1.1.1	季節変化	Y	Y 7.3, 7.4, 7.6 to 7.12	
2.1.1.1.1.1	季節変化の食物連鎖に対する影響	Y	Y 7.3, 7.8, 7.9, 7.10, 7.12	
2.1.1.1.2	化学変化	N	N	
2.1.1.1.2.1	アルカリ化	N	N	
2.1.1.1.2.2	微生物による化学変化	N	N	
2.1.1.1.2.3	植物による化学変化	N	N	
2.1.1.1.3	物理的変化	Y	Y 4.6, 5.3, 5.6, 6.3	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.1.1.3.1	土壌の転換	Y	Y 4.6, 5.6	
2.1.1.1.3.2	浸食(風、水、洪水)	Y	Y 5.3, 6.3	
2.1.1.2	気候変動による変化	N	N	
2.1.2	放射性核種移行 (輸送)	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
2.1.2.1	大気輸送プロセス	Y	Y 4.7, 6.7, 7.3, 7.4, 7.6, 7.7 to 7.11, 7.13, 10.7, 11.7	
2.1.2.1.1	気体輸送	N	N	
2.1.2.1.2	エアロゾル輸送	Y	Y 10.7	
2.1.2.1.3	燃焼	Y	N	その他の農業活動によるダストの発生と較べて、年間平均の重要度は低い
2.1.2.2	地表水液相輸送プロセス	Y	Y 3.3, 3.6, 3.10, 6.3, 6.8, 10.10	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.2.2.1	地表水のランーオフによる輸送	Y	Y 6.3	
2.1.2.2.2	液相中での輸送	Y	Y 3.3, 3.6, 3.10, 10.10	
2.1.2.3	多孔質媒体液相輸送プロセス	Y	Y 1.4, 4.3, 4.4, 5.3, 5.5, 6.5, 6.6	
2.1.2.3.1	透過(percolation)	Y	Y 5.5, 6.5, 6.6	
2.1.2.3.2	毛管上昇	Y	N	灌漑による下方流が支配的であり、毛管上昇は無視し得る
2.1.2.3.3	地下水輸送	Y	Y 1.4	
2.1.2.3.4	拡散／分散	Y	N	移流と較べて重要度は低い
2.1.2.3.5	浸透(infiltration)	Y	Y 5.5, 6.5, 6.6	
2.1.2.3.6	二相流およびマトリックス拡散	Y	N	重要度は低い

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.2.3.6.1	浮遊堆積物の輸送	Y	N	重要度は低い
2.1.2.3.6.2	コロイドの輸送	Y	N	重要度は低い
2.1.2.4	地表水－多孔質媒体間の輸送プロセス	Y	Y 3.6, 4.3, 5.3	FEP 2.1.3.2.2「帯水層への涵養」参照
2.1.2.5	固相輸送	Y	Y 3.3, 3.4, 3.10, 4.3, 4.7, 4.11, 6.7, 6.8, 7.6, 7.8, 10.10, 10.11,11.7, 11.10	
2.1.2.5.1	再浮遊／沈着	Y	Y 4.7, 6.7, 7.6, 7.8, 11.7	
2.1.2.5.2	地滑り	N	N	
2.1.2.5.3	落石	N	N	
2.1.2.5.4	水による固相輸送	Y	Y 3.3, 3.4, 3.10, 4.3, 4.11, 6.8, 7.6, 7.8, 10.10, 10.11, 11.10	
2.1.2.5.4.1	堆積物の再浮遊	Y	Y 4.3,11.10	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.2.5.4.2	沈殿	Y	Y 3.4, 10.11	
2.1.2.5.4.3	雨滴のはね (rain splash)	Y	Y 6.8	
2.1.2.5.4.4	ウォッシュアウト (washout)	Y	Y 7.6, 7.8	
2.1.2.5.4.5	湿着	Y	Y 7.6, 7.8	
2.1.2.7	動植物を媒介とした輸送	Y	Y 3.8, 3.9, 4.8, 4.9, 6.8, 6.9, 7.9, 8.3, 8.4, 8.6, 8.7, 8.9, 8.10, 8.11, 9.3, 9.4, 9.6, 9.7, 9.8, 9.10, 9.11, 10.8,10.9, 11.8, 11.9, 11.10	
2.1.2.7.1	吸収および脱着	Y	Y 3.8, 4.8, 6.8, 8.3, 8.4, 8.6, 8.7, 8.10, 8.11, 10.8, 11.8	
2.1.2.7.2	生物擾乱	Y	Y 9.4, 9.6, 9.11, 11.10	
2.1.2.7.3	動物による摂取および排泄	Y	Y 3.9, 4.9, 6.9, 7.9, 8.9, 9.3, 9.4, 9.6, 9.7, 9.8, 9.10, 9.11, 10.9, 11.9	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.3	放射性核種濃度に影響するプロセス	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
2.1.3.1	化学反応	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
2.1.3.1.1	溶解／沈殿	Y	Y	固相－液相間の相関は、平衡を仮定した経験データに基づく
2.1.3.1.2	吸着／脱着	Y	Y 3.3, 4.4, 5.5, 6.6, 10.10, 11.11	固相－液相間の相関は、平衡を仮定した経験データに基づく
2.1.3.2	物理的プロセス	Y	Y 1.4, 3.3, 3.6, 3.10, 4.3, 4.4, 6.6, 7.6, 7.7, 7.8, 8.6, 8.7, 10.10, 11.11	
2.1.3.2.1	放水	Y	Y 1.4, 3.3, 3.6, 3.10, 4.3, 10.10	
2.1.3.2.2	帯水層への涵養	Y	N	本 FEP の定義は“河川水への涵養”であり、本研究で仮定した“帯水層（保守側）”とは一致しない。このため、本ケースにおける「涵養」は FEP 2.1.2.4 に含まれるものとする。
2.1.3.2.3	降雨	Y	Y 7.6, 7.7, 7.8	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.3.2.4	蒸発	Y	Y 3.3, 4.4, 6.6, 10.10, 11.11	
2.1.3.2.5	蒸散	Y	Y 8.7	
2.1.3.2.6	降雪	Y	N	全降水量に占める降雪の割合は小さく、かつ主として生育期以外に発生。なお、土壌中の水バランスへの寄与は考慮。
2.1.3.2.7	風化	Y	Y 8.6	
2.1.4	放射性核種の代謝	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
2.1.4.1	作物および野生／半野生植物	Y	Y 8.8	
2.1.4.1.1	転流	Y	Y 8.8	
2.1.4.2	家畜および野生／半野生動物	Y	Y 9.9	
2.1.4.2.1	動物体内移行	Y	Y 9.9	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.2	人間活動に係る事象およびプロセス	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
2.2.1	人間活動による化学的変化	N	N	
2.2.1.1	化学的汚染	N	N	
2.2.1.1.1	酸性雨	N	N	
2.2.2	人間活動による物理的変化	Y	Y 12.3, 12.4, 12.6	
2.2.2.1	水に対する人間影響	Y	Y 12.3, 12.6	
2.2.2.2	ダム建設	Y	N	ダム貯水の影響は、その他の地表水利用に較べて小さいと仮定
2.2.2.3	開墾／干拓	Y	N	開墾／干拓の影響は灌漑土壌の直接利用に較べて小さいと仮定
2.2.3	人間活動による物質の再利用と混合	Y	Y 12.6, 12.7, 12.8, 12.9	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.2.3.1	耕作	Y	Y 12.6, 12.7	
2.2.3.2	固体物質の再利用	Y	N	現在の食品生産慣習では固体物質は再利用しないと仮定
2.2.3.3	施肥	Y	Y 12.6, 12.8, 12.9	
2.2.4	人間活動による放射性核種輸送	Y	Y 12.3, 12.4, 12.6, 12.8, 12.9	
2.2.4.1	揚水	Y	Y 12.3, 12.6, 12.8,12.9	
2.2.4.1.1	井戸水利用	N	N	
2.2.4.1.2	灌漑	Y	Y 12.6, 12.8	
2.2.4.2	人間による涵養	Y	N	考慮せず(保守側)
2.2.4.3	湖沼の人為的混合	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.2.4.4	固体物質輸送	Y	Y 12.4	
2.2.4.4.1	堆積物の浚渫	Y	Y 12.4	
2.2.4.4.2	土木工事	Y	N	土壌の農業利用に比べて影響は小さい
2.3	人間の被ばくに係る事象およびプロセス	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
2.3.1	生活習慣	Y	Y 3.12, 4.12, 6.12, 8.12, 9.12, 10.12, 11.12, 12.3, 12.6, 12.7, 12.8, 12.9, 12.12, 12.13	
2.3.1.1	資源利用	Y	Y 3.12, 4.12, 6.12, 8.12, 9.12, 10.12, 11.12	
2.3.1.2	生産物貯蔵	Y	Y 12.8, 12.9	
2.3.1.3	空気、水および調理	Y	Y 12.13	
2.3.1.3.1	水の濾過	Y	N	河川水の揚水については考慮せず(保守側)

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.3.1.3.2	空気の濾過	Y	N	考慮せず(保守側)
2.3.1.3.3	調理	Y	Y 12.13	
2.3.1.3.4	換気	Y	Y 12.13	
2.3.1.4	居住／遮蔽要因	Y	N	考慮せず(保守側)
2.3.1.5	食餌	Y	Y 12.13	
2.3.2	外部照射プロセス	Y	Y 3.13, 4.13, 6.13, 10.13, 11.13	
2.3.3	内部被ばくプロセス	Y	Y 3.13, 4.13, 6.13, 7.13, 8.13, 9.13, 11.13	
2.3.3.1	摂取	Y	Y 3.13, 4.13, 6.13, 7.13, 8.13, 9.13, 11.13	
2.3.3.1.1	吸入	Y	Y 7.13	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.3.3.1.2	経口摂取	Y	Y 3.13, 4.13, 6.13, 8.13, 9.13, 11.13	
2.3.3.1.3	皮膚からの吸収	Y	N	重要度は低いと仮定

表 3.5 本ケースに適用する河川域環境に係る FEP リスト:見直し後

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
F/F 1	基本システム: 自然および半自然	Y	Y	高位の FEP は IM(注1) 全体に影響
F/F 1.1	河川	Y	Y	高位の FEP は IM(注1) 全体に影響
F/EP 2	事象およびプロセス: 自然	Y	Y	高位の FEP は IM(注1) 全体に影響
F/EP 2.1	沈殿	Y	Y 3.4	
F/EP 2.2	再浮遊	Y	Y 4.3, 4.7	
F/EP 2.3	蒸発	Y	Y 3.3, 4.4	
F/EP 2.4	揮発	N	N	
F/EP 2.5	エアロゾル輸送	Y	N	河川環境では重要でないと考えられる
F/EP 2.6	浸食	Y	Y	

(注1) IM:相互作用マトリックス(Interaction Matrix)

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
F/EP 2.6.1	垂直浸食	Y	Y 4.3, 4.11	
F/EP 2.6.2	水平浸食	Y	Y 5.3, 6.3	
F/EP 2.7	生物擾乱	Y	Y 9.4	
F/EP 2.8	水流	Y	Y 1.4, 3.6, 3.10, 4.3, 4.6	
F/EP 2.8.1	地下水放出	Y	Y 1.4	
F/EP 2.8.2	地表水のラン一オフ	Y	Y 6.3	浸食に関する FEP に絶対的に含まれる
F/EP 2.8.3	河川流	Y	Y 3.6, 3.10	
F/EP 2.9	温度変化	Y	Y 7.3, 7.4	
F/EP 2.10	涵養	Y	Y 5.3, 7.3	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
F/EP 2.11	ベッドロード輸送プロセス	Y	Y 4.11	
F/EP 2.12	洪水	Y	Y 3.6	
F/EP 2.13	動植物を媒介とした輸送	Y	Y 3.8, 3.9, 4.8, 4.9, 8.3, 8.4, 8.9, 9.3, 9.4	
F/EP 2.13.1	植物による輸送	Y	Y 3.8, 4.8, 8.3, 8.4	
F/EP 2.13.2	動物による輸送	Y	Y 3.9, 4.9, 8.9, 9.3, 9.4	
F/EP 2.14	植物による吸収／代謝	Y	Y 3.8, 4.8, 8.8	
F/EP 2.15	動物による摂取／代謝	Y	Y 3.9, 4.9, 9.9	
F/EP 2.16	河川水準変動	Y	Y 3.3, 3.6, 3.10, 4.3, 4.4, 5.3, 7.3	
F/EP 2.16.1	長期間の変動	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
F/EP 2.16.2	季節による変動	Y	Y 3.3, 3.6, 3.10, 4.3, 4.4, 5.3, 7.3	
F/EP 2.17	拡散／分散	Y	N	移流プロセスと較べて重要度は低い
F/EP 2.18	吸着／脱着	Y	Y 3.3, 4.4	固相および液相間の関係は平衡状態を仮定した実験データに基づく
F/EP 2.19	溶解／沈殿	Y	Y 3.3, 4.4	パラメータ値で絶対的に考慮する
F/EP 2.20	湖沼形成	N	N	
F/EP 2.20.1	天然湖沼	N	N	
F/EP 2.20.2	人造湖沼	N	N	
F/HA 3	移行に影響する人間活動	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
F/HA 3.1	浚渫	Y	Y 12.4	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
F/HA 3.2	揚水／利用	Y	Y 12.3	
F/HA 3.2.1	飲用／家庭用水	Y	Y 12.3	
F/HA 3.2.2	灌漑用水	Y	Y 12.6, 12.7, 12.8	
F/HA 3.2.3	家畜用水	Y	Y 12.9	
F/HA 3.2.4	その他の利用	N	N	
F/HA 3.3	水処理	Y	N	保守的に水の浸透はないと仮定
F/HA 3.3.1	化学処理	N	N	
F/HA 3.3.2	物理処理	Y	N	保守的に水の浸透はないと仮定
F/HA 3.4	河川環境の物理的変化	Y	Y 12.3, 12.4	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
F/HA 3.4.1	干拓／埋立	Y	Y 12.4	
F/HA 3.4.2	護岸工事(ダム)	Y	N	干拓と較べて影響は小さい。護岸工事を行わないため洪水が生じるという仮定はさらに保守的である。
F/HA 3.4.3	灌漑用水路／ダム建設	Y	Y 12.3	
F/HA 3.5	貯水	Y	N	河川からの直接利用と較べて影響は小さいと仮定
F/HA 3.5.1	漁業／養殖	Y	N	河川からの直接利用と較べて影響は小さいと仮定
F/HA 3.5.2	水浴／船遊び	Y	N	河川からの直接利用と較べて影響は小さいと仮定
F/HA 3.5.3	灌漑用水	Y	N	河川からの直接利用と較べて影響は小さいと仮定
F/HA 3.5.4	飲用／家庭用水	Y	N	河川からの直接利用と較べて影響は小さいと仮定
F/HA 3.5.5	家畜用水	Y	N	河川からの直接利用と較べて影響は小さいと仮定

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
F/HA 3.5.6	その他の利用	Y	N	河川からの直接利用と較べて影響は小さいと仮定
F/HA 3.6	汚染	Y	N	重要ではない
F/HE 4	人間の被ばくモード	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
F/HE 4.1	生活習慣	Y	Y 3.12, 4.12, 8.12, 12.3, 12.4, 12.12, 12.13	
F/HE 4.1.1	資源利用	Y	Y 3.12, 4.12, 8.12, 9.12, 12.3, 12.4	
F/HE 4.2	食餌	Y	Y 12.13	
F/HE 4.3	外部照射	Y	Y 3.13, 4.13	
F/HE 4.3.1	水域	Y	Y 3.13	
F/HE 4.3.2	堆積物	Y	Y 4.13	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
F/HE 4.4	内部被ばく	Y	Y 3.13, 4.13, 7.13,8.13, 9.13	
F/HE 4.4.1	エアロゾル／堆積物の吸入	Y	Y 7.13	
F/HE 4.4.2	経口摂取	Y	Y 3.13, 4.13, 8.13, 9.13	
F/HE 4.4.3	皮膚からの吸収	Y	N	重要ではないと仮定

表 3.6 本ケースに適用する河口／海洋環境に係る FEP リスト：見直し後

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
M/F 1	**基本システム：自然および半自然**	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
M/F 1.1	海洋	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
M/F 1.2	河口	Y	N	本ケースでは海洋環境への河川水の直接放出のみを考慮。
M/EP 2	**事象およびプロセス：自然**	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
M/EP 2.1	塩分濃度変化	Y	Y 3.10, 4.11	
M/EP 2.2	沈殿	Y	Y 10.11	
M/EP 2.3	再浮遊	Y	Y 11.7, 11.10	
M/EP 2.4	蒸発	Y	Y 10.10, 11.11	
M/EP 2.5	揮発	N	N	

(注1) IM：相互作用マトリックス（Interaction Matrix）

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
M/EP 2.6	エアロゾル輸送	Y	Y 10.7	
M/EP 2.7	浸食	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.7.1	波による浸食	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.7.2	地滑りまたは落石による浸食	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.8	生物擾乱	Y	Y 9.11, 11.10	
M/EP 2.9	水流	Y	Y 3.10, 10.10	
M/EP 2.9.1	地下水放出	Y	N	本ケースでは、汚染地下水の放出は河川のみとしている(評価の前提条件参照)
M/EP 2.9.2	地表水のラン一オフ	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.9.3	潮流	Y	Y 10.10	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
M/EP 2.9.4	海流	Y	Y 10.10	
M/EP 2.9.5	河川流	Y	Y 3.10	
M/EP 2.9.6	シースプレイ	Y	Y 10.10	
M/EP 2.10	温度変化	Y	Y 7.10, 7.11	
M/EP 2.11	涵養	Y	Y 5.3	本 FEP の定義から本事象は地表淡水への涵養として扱われるために採用
M/EP 2.12	ベッドロード輸送プロセス	Y	Y 4.11	
M/EP 2.13	洪水	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.14	大波	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.14.1	暴風	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
M/EP 2.14.2	津波	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.15	動植物を媒介とした輸送	Y	Y 8.10, 8.11, 9.10, 9.11, 10.8, 10.9, 11.8, 11.9	
M/EP 2.15.1	植物による輸送	Y	Y 8.10, 8.11, 10.8, 11.8	
M/EP 2.15.2	動物による輸送	Y	Y 9.10, 9.11, 10.9, 11.9	
M/EP 2.16	植物による吸収／代謝	Y	Y 8.8, 10.8, 11.8	
M/EP 2.16.1	海洋に棲息する植物	Y	Y 8.8, 10.8, 11.8	
M/EP 2.16.2	河口に棲息する植物	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.17	動物による摂取／代謝	Y	Y 9.9, 10.9, 11.9	
M/EP 2.17.1	海洋に棲息する動物	Y	Y 9.9, 10.9, 11.9	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
M/EP 2.17.2	河口に棲息する動物	Y	N	本ケースでは、沿岸部陸地は汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/EP 2.18	海水準変動	N	N	
M/EP 2.18.1	隆起／沈降	N	N	
M/EP 2.18.2	海水量の変動	N	N	
M/EP 2.19	拡散／分散	Y	N	移流プロセスと較べて重要度は低い
M/EP 2.20	吸着／脱着	Y	Y 10.10, 11.11	固相および液相間の関係は平衡状態を仮定した実験データに基づく
M/EP 2.21	溶解／沈殿	Y	Y 3.10, 4.11, 10.10, 11.11	
M/HA 3	移行に影響する人間活動	Y	N	汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/HA 3.1	浚渫	Y	N	汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
M/HA 3.2	脱塩	N	N	
M/HA 3.3	沿岸部の物理的変化	Y	N	汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/HA 3.3.1	干拓／埋立	Y	N	汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/HA 3.3.2	護岸工事	Y	N	汚染地下水の河川環境への放出や汚染水の利用と較べて重要度が低い
M/HA 3.4	貯水	Y	N	その他の海水利用と較べて影響は小さいと仮定
M/HA 3.4.1	漁業／養殖	Y	N	その他の海水利用と較べて影響は小さいと仮定
M/HA 3.4.2	水浴	Y	N	その他の海水利用と較べて影響は小さいと仮定
M/HA 3.4.3	製塩	Y	N	本ケースでは重要でないと仮定
M/HA 3.5	汚染	Y	N	重要ではない

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
M/HE 4	人間の被ばくモード	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
M/HE 4.1	生活習慣	Y	Y 8.12, 9.12, 10.12, 11.12, 12.12, 12.13	
M/HE 4.1.1	資源利用	Y	Y 8.12, 9.12, 10.12, 11.12	
M/HE 4.2	食餌	Y	Y 12.13	
M/HE 4.3	外部照射	Y	Y 10.13, 11.13	
M/HE 4.3.1	水域	Y	Y 10.13	
M/HE 4.3.2	堆積物	Y	Y 11.13	
M/HE 4.4	内部被ばく	Y	Y 7.13,8.13, 9.13, 11.13	
M/HE 4.4.1	エアロゾル／堆積物の吸入	Y	Y 7.13	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
M/HE 4.4.2	経口摂取	Y	Y 8.13, 9.13, 11.13	
M/HE 4.4.3	皮膚からの吸収	Y	N	重要ではないと仮定

3.2.4 概念モデルの構築

本ケースにおける評価指標（単位量の評価対象核種が生物圏に流入した場合の仮想的決定グループの代表個人に対する年間実効線量当量）の算出のため、生物圏における放射性核種の移行およびそれに伴う人間の被ばくに関する概念モデルを開発する。

(1) 核種移行モデル

図 3.1 に示した相互作用マトリックスに基づき、放射性核種の移行経路および移行プロセスを示す（図 3.2)。また、図 3.2 に示す相互作用マトリックスの諸現象の中から「動的にモデル化」すべき成分だけを考慮に入れコンパートメントモデルを作成することとする。

なお、第 2.2.5 項に示したとおり、コンパートメントモデルを作成するに当たっては、相互作用マトリックスから導出されるコンパートメントに加えて、「最終シンク」コンパートメントを設けることから、生物圏からの核種の流出を最終シンクコンパートメントへの核種移行として表現することとする。本ケースにおいては、沿岸海水域コンパートメントからの核種移行（海洋拡散）プロセスと、沿岸海域堆積層における核種の不可逆的な閉じこめ（正味の沈殿）プロセスを設定することとする。

以上の考え方の基づき作成したコンパートメントモデルを図 3.3 に示す。最終シンクコンパートメント以外に図 3.2 と図 3.3 を比較すると幾つかの相違があるが、これらは、以下に示す考え方に基づいたモデル化の結果である。

- 図 3.2 は、現在の評価の前提条件では、地表近傍帯水層とその他の生物圏コンポーネントの間に相互作用がないことを示している。したがって、図 3.3 に地表近傍帯水層は示されていない。

- 図 3.3 では沿岸海水域／河口水域は沿岸海水域と仮定している。これは、本ケースが河川水流の作用による海洋環境への直接放出のみを考慮しているからである。また、多くの重要なプロセスや移行経路が河口と海洋環境で類似していることによる。

- 図 3.3 には（核種移行の結果生じる）被ばくに直接係るプロセスは示していない。

上述した相違を除けば、図 3.2 の放射性核種の移行に関連するすべてのコンポーネントは図 3.3 の中で表現されている。したがって、図 3.3 は本ケースに係る放射性核種移行の概念モデルと見なすことができる。

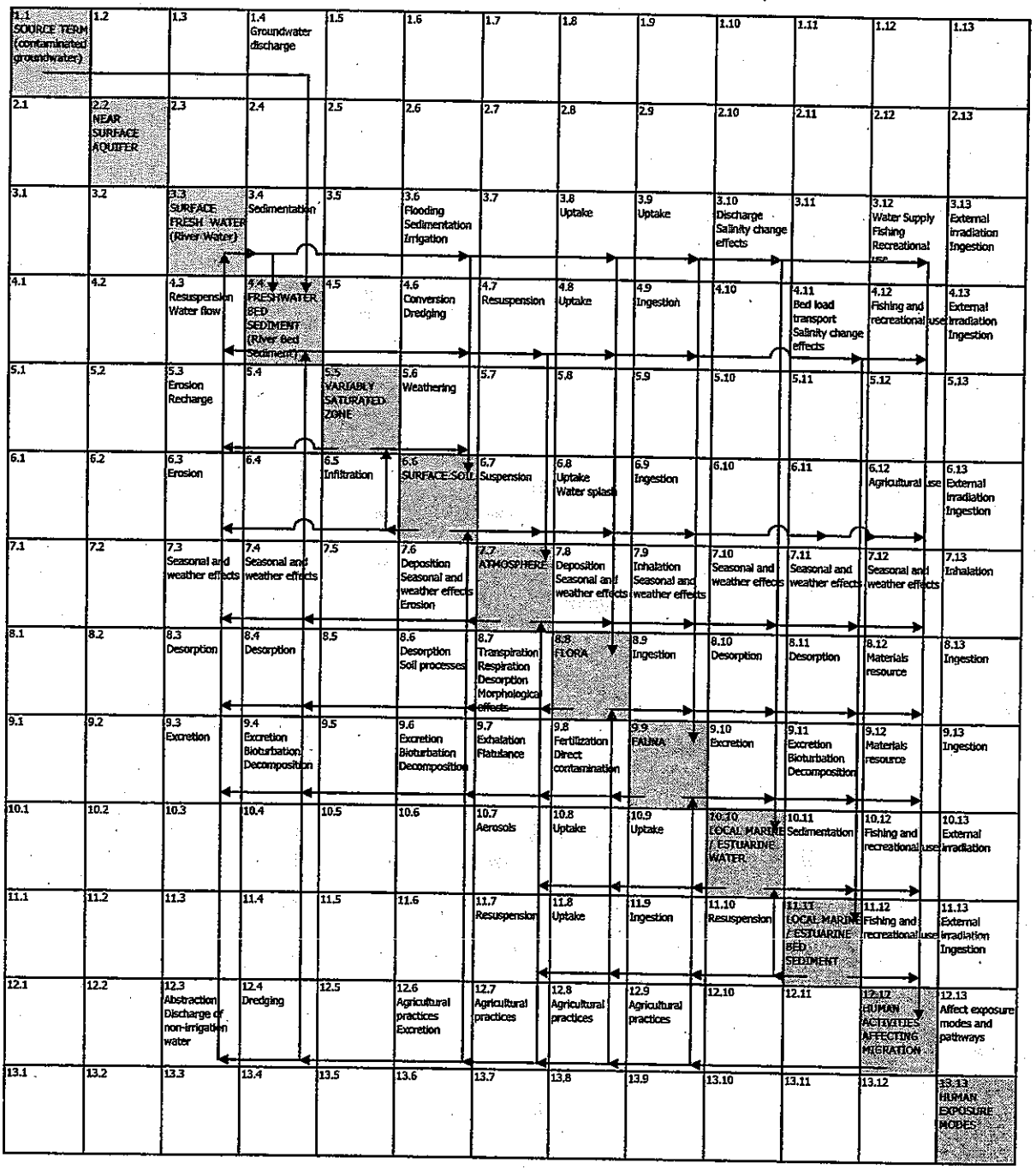


図 3.2 放射性核種の移行経路および移行プロセスを示す相互作用マトリックス（河川堆積層放出ケース）

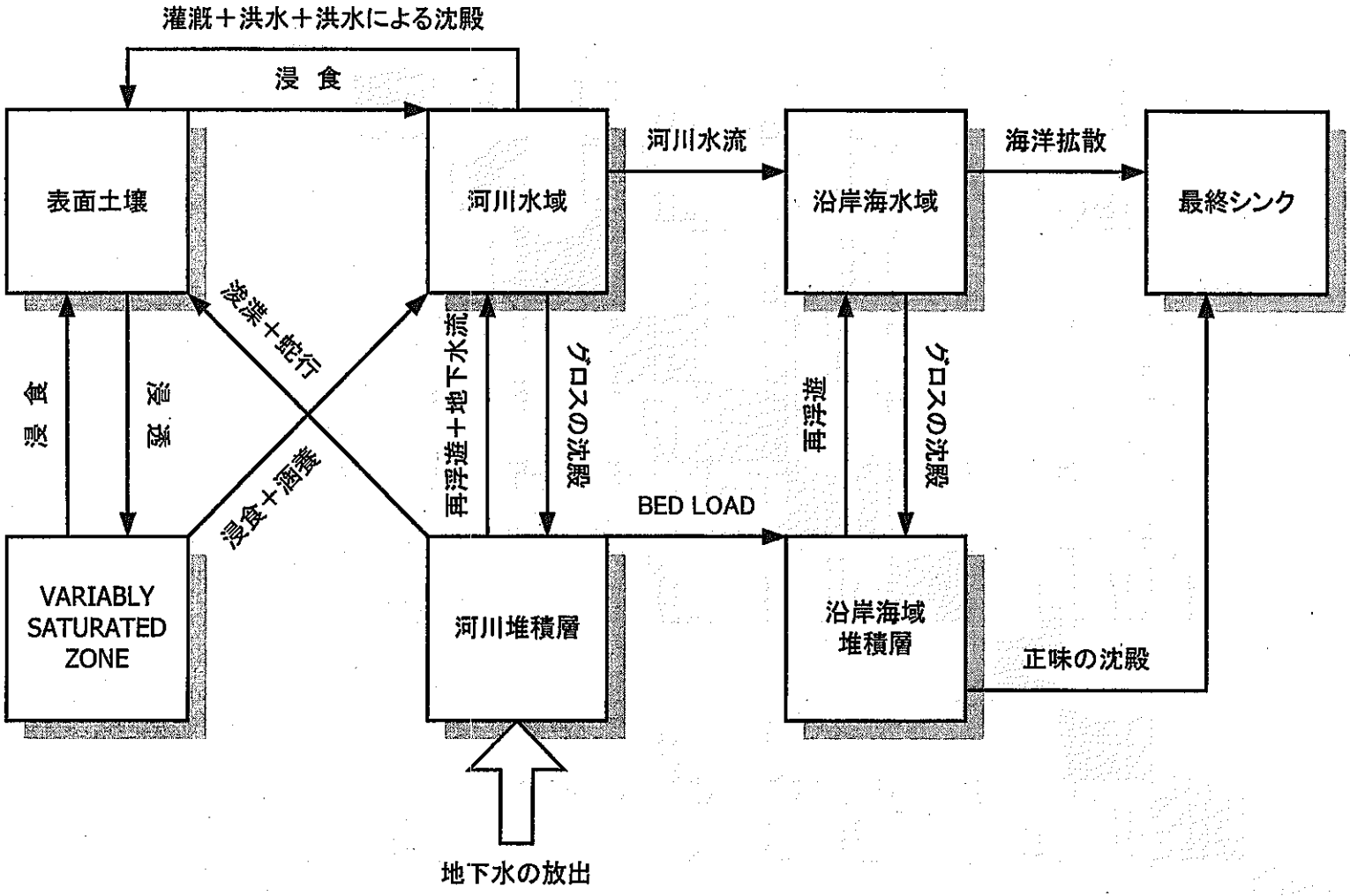


図 3.3 生物圏コンパートメント及び核種移行プロセス（河川堆積層放出ケース）

(2) 被ばくモデル

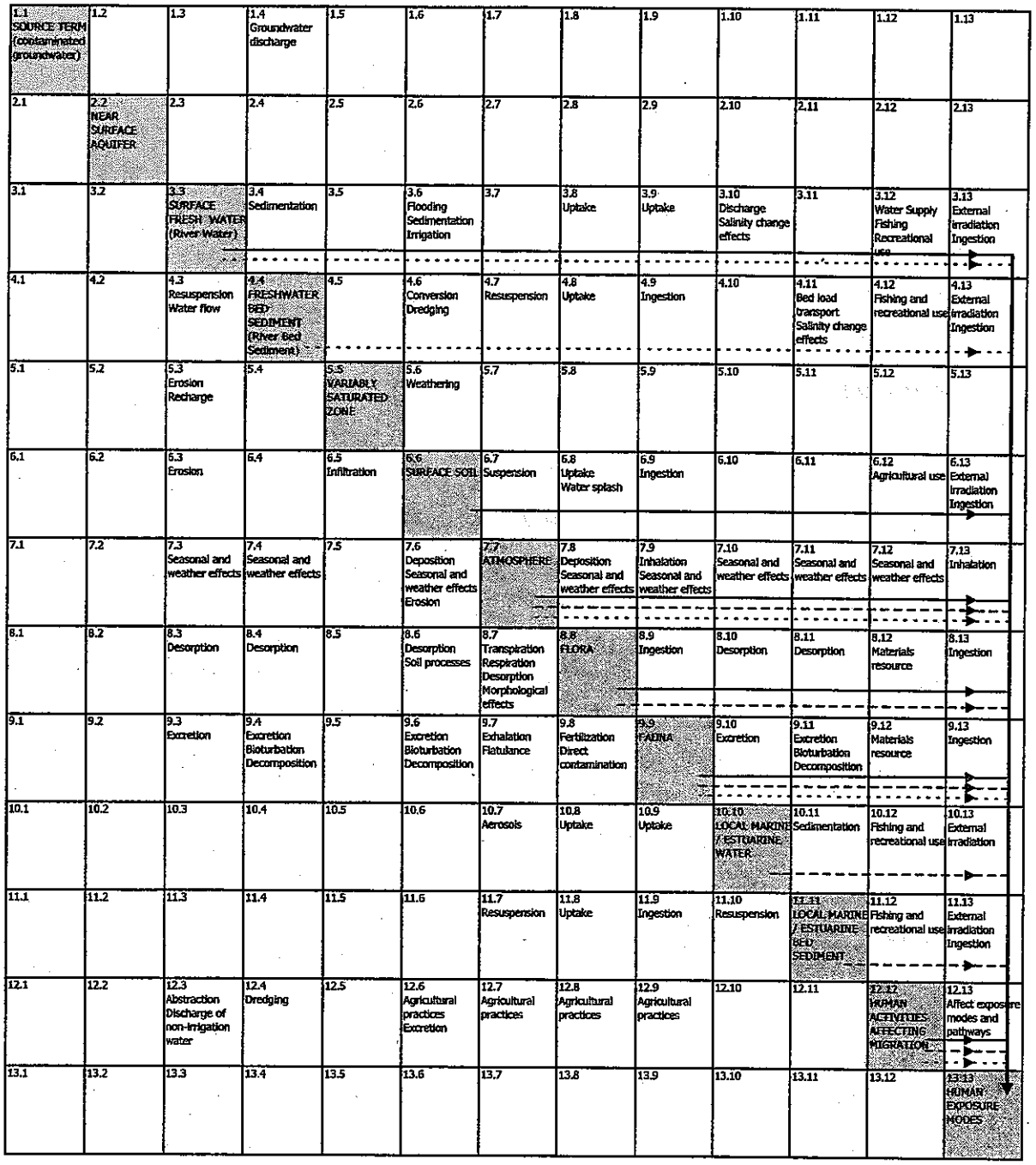
図 3.1 の相互作用マトリックスを利用した、被ばく経路とそれに伴う被ばくグループの特定を図 3.4 および図 3.5 に示す。

被ばく経路の考察（図 3.4）から、汚染媒体と係わる下記の被ばくグループを特定することができる（図 3.5)。

- 農作業被ばくグループ
- 淡水漁業被ばくグループ
- 海洋漁業被ばくグループ

なお、第 2.2.5 項のように上記の 3 つの被ばくグループはあくまでも概念的なものであることから、本ケースでは、各被ばくグループの線量当量を計算した後にそれらを合計し、その合計値を我が国における平均的個人の年間実効線量当量（実際は線量への換算係数）とする。なお、平均的個人が平均的農民、平均的淡水漁民、平均的海洋漁民といった異なる 3 種類の生活を同時に行うという仮定は非論理的な考え方のように思われるかもしれないが、我が国の原子力施設の安全評価においてしばしば用いられる考え方であり、保守性の観点から言えば、現段階の評価としては妥当なものと考えられる。

さらに、本ケースの概念モデルを開発するに当たり、第 2.2.5 項に示した被ばくグループについての仮定に加えて、各被ばくグループが生産・消費する食物の種類を設定した（表 3.7)。なお、表 3.7 に記載した消費される食品は、河川水を除いて、どれか一つのカテゴリーに含まれるように意図的に簡略化している。



→ 農作業被ばくグループ

- - - → 淡水漁業被ばくグループ

· · · · · → 海洋漁業被ばくグループ

図 3.4 各被ばくグループに対する被ばく経路および被ばくプロセスを示す相互作用マトリックス（河川堆積層放出ケース）

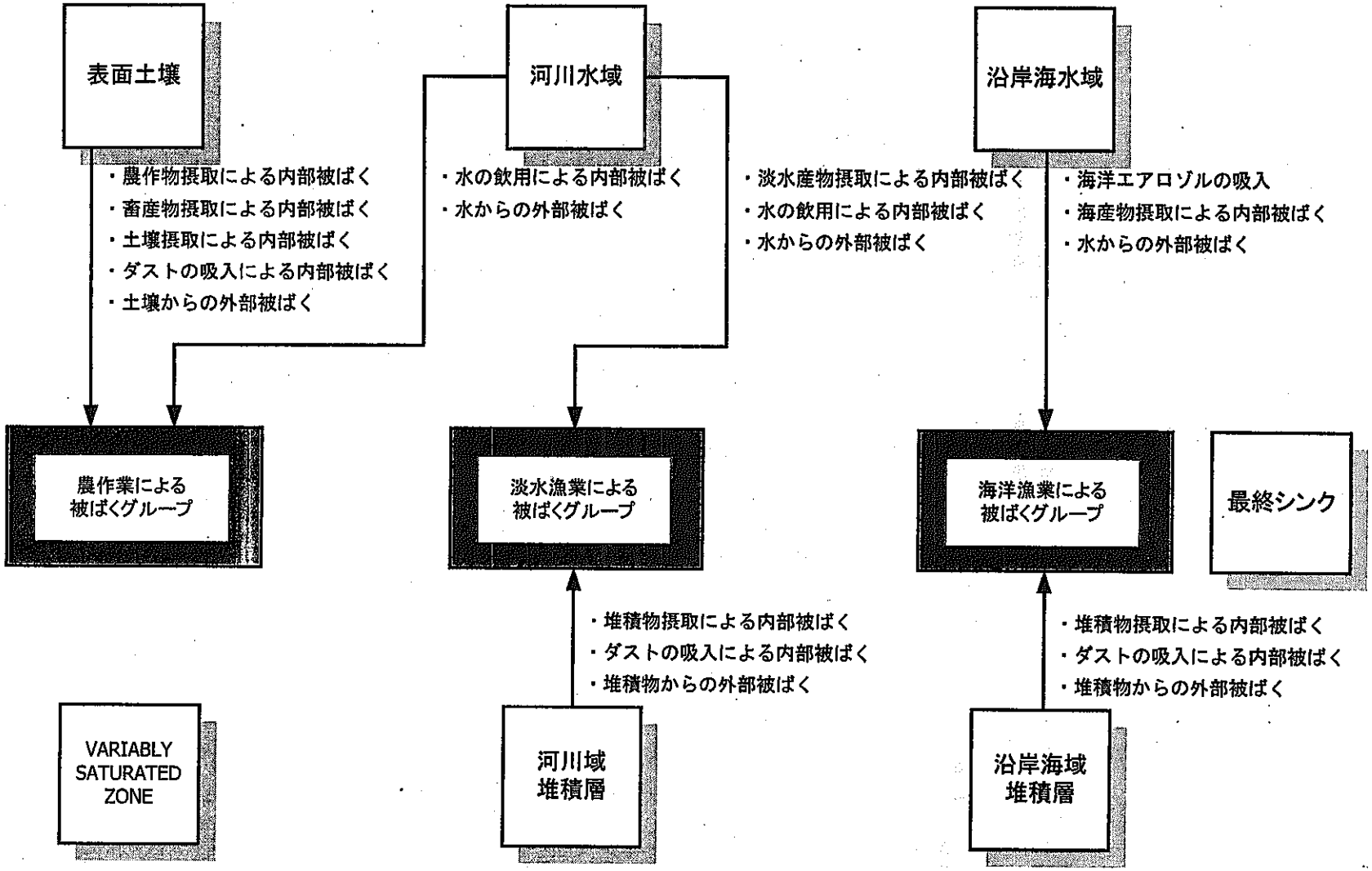


図 3.5 各被ばくグループの被ばく経路(河川堆積層放出ケース)

表 3.7 各被ばくグループが消費する食物の種類(河川堆積層放出ケース)

	被ばくグループ		
	農作業	淡水漁業	海洋漁業
植物	・葉菜 ・根菜 ・米 ・果物 ・穀物		・海藻
動物	・牛肉 ・牛レバー ・ミルク ・豚肉 ・羊肉 ・鶏肉 ・鶏レバー ・卵	・淡水魚 ・淡水甲殻類	・海水魚 ・海洋甲殻類 ・軟体動物
その他	河川水	河川水	

3.3 数学的定式化

3.3.1 コンパートメント間の移行プロセス

コンパートメント間の移行プロセスは、移行係数行列を用いて数学的に表現される。コンパートメントのインベントリは連立の一次線形微分方程式（(1) 式）で表現される。概念モデルの中の各移行プロセスに関する移行係数を計算するための代数方程式を以下に示す。

(1) 液相

（ i ） 地下水の移行

河川堆積層から河川水域への地下水による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{V_{wflow}}{V_{rsed} \cdot \theta_{rsedw} \cdot R_{rsed}} \quad \cdots\cdots (3)$$

ここで、

V_{wflow}	：河川域堆積層コンパートメントからの年間放出量	$[m^3 \cdot y^{-1}]$
V_{rsed}	：河川域堆積層コンパートメントの体積	$[m^3]$
R_{rsed}	：河川域堆積層コンパートメントの遅延係数	[－]
θ_{rsedw}	：河川域堆積層コンパートメントの体積含水率	[－]

上式は、河川域堆積層コンパートメントから河川水域コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（ ii ） 灌漑

灌漑による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{V_{irr}}{V_{rw}} \quad \cdots\cdots (4)$$

ここで、

V_{irr}	：表面土壌コンパートメントの年間灌漑量	$[m^3 \cdot y^{-1}]$
V_{rw}	：河川水域コンパートメントの体積	$[m^3]$

上式は、河川水域コンパートメントから表面土壌コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（iii） 浸透／涵養

浸透／涵養による核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{d_d}{R_{sed}\cdot\theta_{sedw}\cdot d_{sed}} \quad \cdots\cdots (5)$$

ここで、

d_d ：浸透／涵養プロセスの上流側コンパートメントにおける単位面積当たりの浸透／涵養量 $[m\cdot y^{-1}]$

R_{sed} ：浸透／涵養の上流側コンパートメントの遅延係数 [－]

θ_{sedw} ：浸透／涵養の上流側コンパートメントの体積含水率 [－]

d_{sed} ：浸透／涵養の上流側コンパートメントの深さ $[m]$

上式は、表面土壌コンパートメントから VSZ コンパートメントへ、および VSZ コンパートメントから河川水域コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。ただし、R_{sed} は次式で求められる。

$$R_{sed}=1+\frac{(1-\theta_{sed})\cdot\rho_{gsed}}{\theta_{sedw}}\cdot K_{dsed} \quad \cdots\cdots (6)$$

ここで、

θ_{sed} ：堆積層あるいは土壌コンパートメント(上流側コンパートメント)の空隙率 [－]

θ_{sedw} ：堆積層あるいは土壌コンパートメント(上流側コンパートメント)の体積含水率 [－]

ρ_{gsed} ：堆積層あるいは土壌コンパートメント(上流側コンパートメント)の真密度 $[kg\cdot m^{-3}]$

K_{dsed} ：堆積層あるいは土壌コンパートメント(上流側コンパートメント)の収着係数 $[m^3\cdot kg^{-1}]$

（iv） 洪水

洪水による河川水域コンパートメントから表面土壌コンパートメントへの放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{V_{fw}}{V_{rw}} \quad \cdots\cdots (7)$$

ここで、

V_{fw} ：表面土壌コンパートメントに浸透する年平均洪水量 $[m \cdot y^{-1}]$

V_{rw} ：河川水域コンパートメントの容積 $[m^3]$

上式は、河川水域コンパートメントから表面土壌コンパートメントの核種移行の評価に用いられる。

（ｖ） 河川水流および海洋拡散

河川水流および海洋拡散（海流による散逸）による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{Q_w}{V_w} \quad \cdots\cdots (8)$$

ここで、

Q_w ：水の年間流量 $[m^3 \cdot y^{-1}]$

V_w ：移行プロセス上流側コンパートメントの容積 $[m^3]$

上式は、河川水域コンパートメントから沿岸海水域コンパートメントへ、および沿岸海水域コンパートメントから最終シンクコンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

(2) 固相

（ｉ） 浸食

浸食による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{E_{sed}}{d_{sed}} \quad \cdots\cdots (9)$$

ここで、

E_{sed} ：堆積層または土壌コンパートメントの年浸食速度 $[m \cdot y^{-1}]$

d_{sed} ：堆積層または土壌コンパートメントの深さ $[m]$

上式は、表面土壌コンパートメントから河川水域コンパートメントへ、VSZ コンパート

メントから表面土壌コンパートメントへ、および VSZ コンパートメントから河川水域コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（ii） 洪水による沈殿

洪水による沈殿による放射性核種の移行係数は洪水による移行係数の式（(7) 式）に含まれる。

（iii） 浚渫／蛇行

浚渫／蛇行による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{V_{dm}}{V_{rsed}} \quad \cdots\cdots (10)$$

ここで、

V_{dm} ：浚渫／蛇行による表面土壌コンパートメントへの年間堆積量（体積） $[m \cdot y^{-1}]$

V_{rsed} ：河川水域堆積層コンパートメントの容積 $[m^3]$

上式は、河川水域堆積層コンパートメントから表面土壌コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（iv） 再浮遊

再浮遊による河川水域堆積層コンパートメントからの移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{r_{rsed}}{d_{rsed}} \quad \cdots\cdots (11)$$

ここで、

r_{rsed} ：河川水域堆積層コンパートメントからの単位面積当たりの年間再浮遊量 $[m \cdot y^{-1}]$

d_{rsed} ：河川水域堆積層コンパートメントの深さ $[m]$

再浮遊による沿岸海水域堆積層コンパートメントからの移行係数は次式で与えられる。次式は、沿岸海域堆積層コンパートメントからの生物撹乱によるものであり、これ以外の「拡散」および「暴風」による影響は重要でないと仮定している（Klos et al., 1989）。

$$\frac{(R_{msed}-1)\cdot B_{msed}}{R_{msed}\cdot d_{msed}^{2}} \quad \cdots\cdots (12)$$

ここで、

R_{msed} ：沿岸海水域堆積層コンパートメントの遅延係数 [－]

B_{msed} ：生物活動に伴う年当たりの拡散率 [$m^2\cdot y^{-1}$]

d_{msed} ：沿岸海域堆積層コンパートメントの深さ [m]

ただし、遅延係数 R_{msed} 項は次式で求められる。

$$R_{msed}=1+\frac{(1-\theta_{msed})\cdot\rho_{gmsed}}{\theta_{msedw}}\cdot K_{dmsed} \quad \cdots\cdots (13)$$

ここで、

θ_{msed} ：沿岸海水域堆積層コンパートメントの空隙率 [－]

ρ_{gmsed} ：沿岸海水域コンパートメントの真密度 [$kg\cdot m^{-3}$]

θ_{msedw} ：沿岸海水域堆積層コンパートメントの体積含水率 [－]

K_{dmsed} ：沿岸海水域堆積層コンパートメントの収着係数 [$m^3\cdot kg^{-1}$]

上２式は、河川水域堆積層コンパートメントから河川水域コンパートメントへの、また沿岸海水域堆積層コンパートメントから沿岸海水域コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（ｖ） 正味の沈殿

正味の沈殿による核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{(R_{msed}-1)}{R_{msed}}\cdot\frac{S_{nf}}{d_{msed}} \quad \cdots\cdots (14)$$

ここで、

R_{msed} ：沿岸海水域堆積層コンパートメントの遅延係数 [－]

S_{nf} ：最終シンクコンパートメントへの単位面積当たりの正味の年間沈殿量 [$m\cdot y^{-1}$]

d_{msed} ：沿岸海水域堆積層コンパートメントの深さ [m]

上式は、沿岸海水域堆積層コンパートメントから最終シンクコンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。ただし、遅延係数 R_{msed} 項は、(13) 式で計算される。

（vi） グロスの沈殿

グロスの沈殿による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{\alpha_w \cdot K_{dsed} \cdot S_g \cdot A_w}{(\theta_w + \alpha_w \cdot K_{dsed}) \cdot V_w} \quad \cdots\cdots (15)$$

ここで、

K_{dsed}	：水域コンパートメント中浮遊物の収着係数	$[m^3 \cdot kg^{-1}]$
S_g	：水域コンパートメントから対応する堆積層コンパートメントへの単位面積当たりのグロスの年間沈殿量	$[m \cdot y^{-1}]$
θ_w	：水域コンパートメントの空隙率	[—]
A_w	：水域コンパートメントの面積	$[m^2]$
α_w	：水域コンパートメント中の浮遊物の密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
V_w	：水域コンパートメントの容積	$[m^3]$

上式は、河川水域コンパートメントから河川堆積層コンパートメントへの、また沿岸海水域コンパートメントから沿岸海域堆積層コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（vii） ベッドロード

河川堆積物の移動（ベッドロード）による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{K_{drsed} \cdot B_l}{(\theta_{rsedw} + K_{drsed} \cdot (1-\theta_{rsed}) \cdot \rho_{grsed}) \cdot V_{rsed}} \quad \cdots\cdots (16)$$

K_{drsed}	：河川堆積層コンパートメントの収着係数	$[m^3 \cdot kg^{-1}]$
B_l	：河川堆積層の年間移動量	$[kg \cdot y^{-1}]$
θ_{rsedw}	：河川堆積層コンパートメントの体積含水率	[—]
θ_{rsed}	：河川堆積層コンパートメントの空隙率	[—]
ρ_{grsed}	：河川堆積層コンパートメントの真密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
V_{rsed}	：河川堆積層コンパートメントの容積	$[m^3]$

上式は、河川堆積層コンパートメントから沿岸海域堆積層コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

3.3.2 被ばく評価

各被ばく経路による年間個人実効線量は以下に示す式を用いて算出する。

(1) 飲料水の摂取

深井戸コンパートメントからの飲料水の摂取による農業被ばくグループおよび淡水漁業被ばくグループへの年間個人実効線量は次式によって評価する。

$$D_{fw} = ING_{fw} \cdot D_{ing} \cdot C_{rw} \quad \cdots\cdots (17)$$

ここで、

D_{fw}	：飲料水の摂取による年間個人実効線量	$[Sv \cdot y^{-1}]$
ING_{fw}	：淡水（飲料水）の摂取量	$[m^3 \cdot y^{-1}]$
D_{ing}	：経口摂取に対する線量当量換算係数	$[Sv \cdot Bq^{-1}]$
C_{rw}	：河川水域コンパートメント中の核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$

(2) 農作物の摂取

農作物の摂取による農業被ばくグループへの年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{crop} = ING_{crop} \cdot D_{ing} \cdot C_{crop} \quad \cdots\cdots (18)$$

ここで、

D_{crop}	：農作物の摂取による年間個人実効線量	$[Sv \cdot y^{-1}]$
ING_{crop}	：農作物の年摂取量	$[kg \cdot y^{-1}]$
D_{ing}	：経口摂取に対する線量当量換算係数	$[Sv \cdot Bq^{-1}]$
C_{crop}	：農作物中の核種濃度	$[Bq \cdot kg^{-1}(fresh\ weight\ of\ crop)]$

ただし、農作物中の核種濃度 C_{crop} は、土壌中核種の農作物への移行と土壌の付着および灌漑水中核種の農作物への移行から評価される。

このうち、土壌からの核種の移行は土壌の乾燥重量に対して核種濃度を求め、これに濃縮係数を乗じることによって次式から求める。

$$CF_{crop} \cdot \frac{C_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss}} \quad \cdots\cdots (19)$$

ここで、

CF_{crop} ：経根吸収による農作物への移行係数 $[\frac{Bq \cdot kg^{-1}(fresh\ weight\ of\ crop)}{Bq \cdot kg^{-1}(dry\ weight\ of\ soil)}]$

C_{ss} ：表面土壌コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

θ_{ss} ：表面土壌コンパートメントの空隙率 [－]

ρ_{gss} ：表面土壌コンパートメントの真密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

また、農作物への土壌の付着については、同じく土壌の乾燥重量に対する核種濃度に単位重量の農作物に対する土壌の付着量を乗じ、さらに調理時のロスを考慮することによって次式から求める。

$$(1 - F_{crop}) \cdot S_{crop} \cdot \frac{C_{ss}}{(1 - \theta_{ss})\rho_{gss}} \quad \cdots\cdots (20)$$

ここで、

F_{crop} ：農作物表面汚染の調理時ロス割合 [－]

S_{crop} ：農作物に対する土壌の付着量 $[\frac{kg(dry\ weight\ of\ soil)}{kg(fresh\ weight\ of\ crop)}]$

C_{ss} ：表面土壌コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

θ_{ss} ：表面土壌コンパートメントの空隙率 [－]

ρ_{gss} ：表面土壌コンパートメントの真密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

さらに、灌漑水からの移行については灌漑量、核種濃度、吸収率を乗じたものを基準に次式から求める。

$$\mu_{crop}\left(d_{icrop} \cdot C_{rw}\right) \cdot \left\{\frac{(1 - F_{crop}) + F_{trans}}{Y_{crop} \cdot W_{crop}}\right\} \quad \cdots\cdots (21)$$

ここで、

μ_{crop} ：農作物葉面による灌漑水中の核種の阻止率(interception fraction)

d_{icrop} ：農作物への年間灌漑水量 $[m \cdot y^{-1}]$

C_{rw} ：河川水域コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

F_{crop} ：農作物表面汚染の調理時ロス割合 [－]

F_{trans} ：灌漑水中の放射性核種の農作物表面から内部（可食部）への移行率（転流割合：translocation fraction） [－]

Y_{crop} ：農作物の栽培密度（1m^{2}当りの収穫量） $[kg \cdot m^{-2}]$

W_{crop}　　：風雨による作物葉面から系外への除去率（weathering 除去率）　　[y^{-1}]

上式から明らかなように、ここでは、農作物の表面から内部への核種移行と農作物からの核種の減少が考慮されている。また調理時のロスについても表現されている。

以上から、農作物中の核種濃度C_{crop}は次式から与えられる。

$$C_{crop} = \frac{\left(CF_{crop} + \left(1 - F_{crop}\right) \cdot S_{crop}\right) \cdot C_{ss}}{\left(1 - \theta_{ss}\right) \cdot \rho_{gss}} + \mu_{crop} \left(d_{icrop} \cdot C_{rw} \right) \cdot \left\{ \frac{\left(1 - F_{crop} \right) + F_{trans}}{Y_{crop} \cdot W_{crop}} \right\} \quad \cdots \quad (22)$$

以上から、農作物の摂取による農業被ばくグループへの年間個人実効線量に係る評価に際しての留意事項は以下のとおりである。

・　本評価では、穀物、米、根菜、葉菜および果物を考慮している。

・　本評価では、農作物の汚染プロセスを以下の様に仮定している。

①　表面土壌コンパートメントから農作物への汚染物質の経根吸収

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots CF_{crop} \cdot \frac{C_{ss}}{\left(1 - \theta_{ss} \right) \rho_{gss}}$$

②　表面土壌コンパートメントからの再浮遊物の農作物への付着による外部汚染

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots S_{crop} \cdot \frac{C_{ss}}{\left(1 - \theta_{ss} \right) \rho_{gss}}$$

③　灌漑 $\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \mu_{crop} \left(d_{icrop} \cdot C_{rw} \right)$

・　本評価では、農作物中の汚染物質の除去は以下のプロセスによると仮定している。

①　食物の調理によるロス $\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots F_{crop}$

②　Weathering による除去 $\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \frac{1}{Y_{crop} \cdot W_{crop}}$

(3)　畜産物の摂取

畜産物の摂取による農業被ばくグループへの年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{prod} = ING_{prod}\ D_{ing}\ C_{prod} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (23)$$

ここで、

D_{prod}　　：畜産物の摂取による年間個人実効線量　　[$Sv \cdot y^{-1}$]

ING_{prod} ：畜産物の年摂取量 $[kg \cdot y^{-1}]$

D_{ing} ：経口摂取に対する線量当量換算係数 $[Sv \cdot Bq^{-1}]$

C_{prod} ：畜産物中の核種濃度 $[Bq \cdot kg^{-1}]$

ここで、畜産物中の核種濃度C_{prod}は、家畜の飼料の摂取、水の摂取、土壌の摂取および呼吸に伴う核種の摂取によって家畜に取り込まれ核種の濃縮係数CF_{prod}から生体内あるいは畜産品（食品部位、牛乳あるいは鶏卵）に蓄積されると仮定しており、それぞれ以下の式で与えられる。

① 飼料の摂取

$$CF_{prod} \cdot C_{fodd} \cdot ING_{fodd} \quad \cdots\cdots (24)$$

ここで、

CF_{prod} ：畜産物中における核種の濃縮係数 $\left[\frac{d}{kg\,(fresh\ weight\ of\ product)}\right]$

C_{fodd} ：飼料中の核種濃度 $\left[\frac{Bq}{kg\,(fresh\,weight\,of\ fodder)}\right]$

ING_{fodd} ：家畜による飼料の摂取率 $\left[\frac{kg\,(fresh\,weight)}{d}\right]$

② 水の摂取

$$CF_{prod} \cdot C_{rw} \cdot ING_{fwa} \quad \cdots\cdots (25)$$

ここで、

CF_{prod} ：畜産物中における核種の濃縮係数 $\left[\frac{d}{kg\,(fresh\ weight\ of\ product)}\right]$

C_{rw} ：河川水域コンパートメントからの飲料水中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

ING_{fwa} ：家畜による水の摂取率 $[m^3 \cdot d^{-1}]$

③ 土壌の摂取

$$CF_{prod} \cdot \frac{C_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss} + \theta_{ssw} \cdot \rho_w} \cdot ING_{ssa} \quad \cdots\cdots (26)$$

ここで、

CF_{prod} ：畜産物中における核種の濃縮係数 $[\frac{d}{kg\,(fresh\ weight\ of\ product)}]$

C_{ss} ：表面土壌コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

ING_{ssa} ：家畜による表面土壌コンパートメントからの土壌の摂取率

$[\frac{kg\ (wet\ weight\ of\ soil)}{d}]$

θ_{ss} ：表面土壌コンパートメントの空隙率 [－]

θ_{ssw} ：表面土壌コンパートメントの体積含水比 [－]

ρ_{gss} ：表面土壌コンパートメントの真密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

ρ_w ：水の密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

④ 呼吸に伴う核種の摂取

$$CF_{prod} \cdot BR_a \cdot O_{an} \cdot C_{airss} \quad \cdots\cdots (27)$$

ここで、

CF_{prod} ：畜産物中における核種の濃縮係数 $[\frac{d}{kg\,(fresh\ weight\ of\ product)}]$

BR_a ：家畜の呼吸率 $[m^3 \cdot h^{-1}]$

O_{an} ：家畜の表面土壌コンパートメント滞留時間 $[h \cdot d^{-1}]$

C_{airss} ：表面土壌コンパートメント上方の大気中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

なお、土壌の摂取については湿潤（wet）した土壌の摂取を考えている。

以上から、畜産物中の核種濃度は次式で与えられる。

$$C_{prod} = CF_{prod}\left[C_{fodd} \cdot ING_{fodd} + C_{rw} \cdot ING_{fwa} + \frac{C_{ss} \cdot ING_{ssa}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss} + \theta_{ssw} \cdot \rho_w} \cdot (BR_a \cdot O_{an} \cdot C_{airss})\right] \quad \cdots\cdots (28)$$

なお、飼料中の核種濃度C_{fodd}については、それぞれ次の式から求めることとする。まず、豚については根菜を、鶏については穀物を飼料とすることとし、農作物中の核種濃度評価式から調理時のロスに関する項を除いた式（飼料は洗浄・調理しないと仮定する）から評価することとする。また、牛と羊については牧草を飼料とすることとし、農作物の汚染経路と同様に土壌から牧草への経根吸収による核種の移行、牧草への土壌の付着および灌漑水からの

核種の移行を考慮し、次式から評価する。

$$C_{fodd} = \frac{\left(CF_{past} + S_{past}\right)\cdot C_{ss}}{\left(1-\theta_{ss}\right)\rho_{gss}} + \frac{\mu_{past}\cdot d_{ipast}\cdot C_{rw}}{Y_{past}\cdot W_{past} + N\cdot ING_{past}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (29)$$

ここで、

CF_{past} ：土壌から牧草への経根吸収による移行係数 $\left[\frac{Bq\cdot kg(fresh\,weight\,of\,pasture)^{-1}}{Bq\cdot kg(dry\,weight\,of\,soil)^{-1}}\right]$

S_{past} ：牧草に対する土壌の付着量 $\left[\frac{kg(dry\,weight\,of\,soil)}{kg(fresh\,weight\,of\,pasture)}\right]$

C_{ss} ：表面土壌コンパートメント中の核種濃度 $[Bq\cdot m^{-3}]$

θ_{ss} ：表面土壌コンパートメントの空隙率 [－]

ρ_{gss} ：表面土壌コンパートメントの真密度 $[kg\cdot m^{-3}]$

μ_{past} ：灌漑水の牧草葉面による核種の阻止率（interception fraction） [－]

d_{ipast} ：牧草への年間灌漑量 $[m\cdot y^{-1}]$

C_{rw} ：河川水域コンパートメント中の核種濃度 $[Bq\cdot m^{-3}]$

Y_{past} ：牧草の単位当たりの生産量（栽培密度） $[kg\cdot m^{-3}]$

W_{past} ：風雨による牧草葉面から系外への除去率（weathering 除去率） $[y^{-1}]$

N ：家畜の stocking density $[m^{-2}]$

ING_{past} ：家畜による牧草の摂取率 $\left[\frac{kg(fresh\,weight\,of\,pasture)}{d}\right]$

また、表面土壌コンパートメント上方の大気中の核種濃度 C_{airss} については、湿潤した土壌の一部が乾燥してダストとなるものとし、乾燥した土壌の見かけの密度（かさ密度）が $(1-\theta_{ss})\rho_{gss}$、固相側における核種の存在割合が $(R_{ss}-1)/R_{ss}$ であることから次式から評価する。

$$C_{airss} = \frac{C_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss}}\frac{(R_{ss}-1)}{R_{ss}}dust_{ss} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (30)$$

ここで、

C_{ss} ：表面土壌コンパートメント中の核種濃度 $[Bq\cdot m^{-3}]$

θ_{ss}	：表面土壌コンパートメントの空隙率	[—]
ρ_{gss}	：表面土壌コンパートメントの真密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
R_{ss}	：表面土壌コンパートメントの遅延係数	[—]
$dust_{ss}$	：表面土壌コンパートメント上方の大気中のダストレベル	$[kg \cdot m^{-3}]$

以上から、畜産物の摂取による農業被ばくグループへの年間個人実効線量に係る評価に際しての留意事項は以下のとおりである。

本評価における家畜は以下の様なプロセスから汚染されると仮定している。

① 汚染された飼料の摂取 …… $C_{fodd} \cdot ING_{fodd}$

② 汚染された水の摂取 …… $C_{rw} \cdot ING_{fwa}$

③ 汚染された土壌の摂取 …… $\dfrac{C_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss} + \theta_{ssw} \cdot \rho_w} \cdot ING_{ssa}$

④ 汚染された土壌の吸入 …… $\dfrac{C_{ss} \cdot BR_a \cdot O_{am} \cdot dust_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss}}$

(4) 土壌／堆積物の摂取

人間の意図的あるいは偶発的な土壌／堆積物の摂取については、湿潤した土壌／堆積物の摂取を考慮することとし、その年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{sed} = ING_{sed} \cdot D_{ing} \cdot \frac{C_{sed}}{(1-\theta_{sed})\rho_{sed} + \theta_{sedw} \cdot \rho_w} \quad \cdots\cdots (31)$$

D_{sed}	：土壌／堆積物の摂取による年間個人実効線量	$[Sv \cdot y^{-1}]$
ING_{sed}	：土壌／堆積物の年摂取量	$[kg \cdot y^{-1}]$
D_{ing}	：経口摂取に対する線量当量換算係数	$[Sv \cdot Bq^{-1}]$
C_{sed}	：土壌／堆積物コンパートメント中の核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$
θ_{sed}	：土壌／堆積物コンパートメントの空隙率	[—]
ρ_{sed}	：土壌／堆積物コンパートメントの真密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
θ_{sedw}	：土壌／堆積物コンパートメントの体積含水率	[—]
ρ_w	：水の密度	$[kg \cdot m^{-3}]$

上式は、各被ばくグループ（農業、淡水漁業、海洋漁業）の年間個人実効線量の計算に用いる。

(5) 水産物の摂取

水産物の摂取による年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{aqfood} = ING_{aqfood} \cdot D_{ing} \cdot FF_w \cdot C_w \cdot CF_{aqfood} \cdot 10^{-3} \quad \cdots\cdots (32)$$

ここで、

D_{aqfood} ：水産物摂取による年間個人実効線量 $[Sv \cdot y^{-1}]$

ING_{aqfood} ：水産物の年摂取量 $[kg \cdot y^{-1}]$

D_{ing} ：経口摂取に対する線量当量換算係数 $[Sv \cdot Bq^{-1}]$

FF_w ：濾過された水における放射性核種の残存割合 [—]

C_w ：水域コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

CF_{aqfood} ：水産物の濃縮係数 $\left[\frac{Bq \cdot kg(fresh\,weight\,edible\,fraction\,of\,aquatic\,foodstuff)}{Bq \cdot \ell(of\,filtered\,water)}\right]$

ただし、濾過された水における放射性核種の残存割合 FF_w は次式で与える。

$$FF_w = \frac{1}{1 + K_{dw} \cdot \alpha_w} \quad \cdots\cdots (33)$$

K_{dw} ：水域コンパートメント中の浮遊物に対する収着係数 $[m^3 \cdot kg^{-1}]$

α_w ：水域コンパートメント中の浮遊物の量 $[kg \cdot m^{-3}]$

上式は、淡水漁業および海洋漁業被ばくグループの年間個人実効線量の計算に用いる。

(6) 土壌／堆積物からの外部被ばく

土壌／堆積物からの外部被ばくによる年間個人実効線量は以下の式で与えられる。

$$D_{exsed} = O_{sed} \cdot D_{exts} \cdot C_{sed} \quad \cdots\cdots (34)$$

ここで、

D_{exsed} ：土壌／堆積物からの外部被ばくによる年間個人実効線量 $[Sv \cdot y^{-1}]$

O_{sed} ：個人の土壌／堆積物コンパートメント中滞留時間 $[h \cdot y^{-1}]$

D_{exts} ：土壌／堆積物からの外部被ばくに対する線量当量換算係数 $\left[\frac{Sv \cdot y^{-1}}{Bq \cdot m^{-3}}\right]$

C_{sed} ：土壌／堆積物コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

上式は、各被ばくグループ（農作業、淡水漁業、海洋漁業）の年間個人実効線量の計算に

用いる。

(7) 水への浸漬による外部被ばく

水への浸漬による外部被ばくによる年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{exwat} = O_{wat} \cdot D_{extw} \cdot C_{wat} \quad \cdots\cdots (35)$$

ここで、

D_{exwat}	：水への浸漬による外部被ばくによる年間個人実効線量	$[Sv \cdot y^{-1}]$
O_{wat}	：個人の年間水中滞留時間	$[h \cdot y^{-1}]$
D_{extw}	：水への浸漬による外部被ばくに対する線量当量換算係数	$[\frac{Sv \cdot y^{-1}}{Bq \cdot m^{-3}}]$
C_{wat}	：水域コンパートメント中の核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$

上式は、各被ばくグループ（農作業、淡水漁業、海洋漁業）の年間個人実効線量の計算に用いる。

(8) ダストの吸入

ダストの吸入による年間個人実効線量は湿潤した土壌（あるいは堆積物）の一部が乾燥してダストとなることとし、次式から評価する。

$$D_{dust} = D_{inh} \cdot BR_{sed} \cdot O_{sed} \cdot C_{air} \quad \cdots\cdots (36)$$

ここで、

D_{dust}	：ダストの吸入による年間個人実効線量	$[Sv \cdot y^{-1}]$
D_{inh}	：吸入摂取に対する線量当量換算係数	$[Sv \cdot Bq^{-1}]$
BR_{sed}	：堆積層または土壌コンパートメント中での人間の呼吸率	$[m^3 \cdot h^{-1}]$
O_{sed}	：堆積層または土壌コンパートメント中滞留時間	$[h \cdot y^{-1}]$
C_{air}	：堆積層または土壌コンパートメント上方大気中の核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$

上式は、各被ばくグループ（農業、淡水漁業、海洋漁業）の年間個人実効線量の計算に用いる。ただし、堆積層または土壌コンパートメント上方大気中の核種濃度 C_{air} は次式を用いて計算される。

$$C_{air} = \frac{C_{sed}}{(1-\theta_{sed})\rho_{gsed}} \cdot \frac{(R_{sed}-1)}{R_{sed}} \cdot dust_{sed} \quad \cdots\cdots (37)$$

ここで、

C_{sed}	：堆積層または土壌コンパートメント中の核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$
θ_{sed}	：堆積層または土壌コンパートメント中の空隙率	[－]
ρ_{gsed}	：堆積層または土壌コンパートメント中の真密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
R_{sed}	：堆積層または土壌コンパートメントの遅延係数	[－]
$dust_{sed}$	：堆積層または土壌コンパートメント上方大気中のダストレベル	$[kg \cdot m^{-3}]$

(9) エアロゾルの吸入

水域からの飛散スプレイ中に含まれるエアロゾルの吸入による年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{aero} = D_{inh} \cdot BR_{aero} \cdot Air_{aero} \cdot O_{aero} \cdot C_{wat} \cdot T_{aero} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (38)$$

ここで、

D_{aero}	：エアロゾルの吸入による年間個人実効線量	$[Sv \cdot y^{-1}]$
D_{inh}	：吸入摂取に対する線量当量換算係数	$[Sv \cdot Bq^{-1}]$
BR_{aero}	：エアロゾルの飛散領域における人間の呼吸率	$[m^3 \cdot h^{-1}]$
Air_{aero}	：エアロゾルの飛散領域における大気中エアロゾルレベル	$[m^3 \cdot m^{-3}]$
O_{aero}	：エアロゾルの飛散領域における滞留時間	$[h \cdot y^{-1}]$
C_{wat}	：水域における核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$
T_{aero}	：エアロゾル濃縮係数	[－]

なお、シースプレイ中のエアロゾルの飛散領域である沿岸地帯ではエアロゾル濃縮係数T_{aero}はシースプレイ濃縮係数T_{ss}と同義である。上式は、海洋漁業被ばくグループの年間個人実効線量の計算に用いる。

3.4 我が国の諸条件を勘案した生物圏データの収集・整備

3.4.1 コンパートメントデータ

「河川堆積層放出ケース」に係る概念モデル（図 3.3）に基づき、各コンパートメントに係るサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度の設定を行う。これらの各設定については、生物圏での物理的・化学的ならびに生物学的プロセスを想定した場合の、汚染物質の速やかなかつ均質な混合を仮定することが可能な最小のサイズとなるように設定している。表 3.8～表 3.12 にコンパートメントの諸量に関するデータをまとめる。

(1) 表面土壌コンパートメント

表 3.8 に表面土壌コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 3.8 表面土壌コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	（単位）	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	3E-1	[1],[2],[3]	1E-1～5E-1	[1],[2][4],[5]
面積	(m^2)	2E+4 *1)	[6]	1E+3～1E+6 *1)	[6]
体積	(m^3)	6E+3 *2)	—	1E+2～5E+5 *2)	—
空隙率	(—)	4E-1	[1],[2],[5]	1E-1～7E-1	[5],[7],[8]
体積含水率	(—)	3E-1	[5]	6E-2～4E-1	[5],[7]
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	— *3)	—	— *3)	—
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[9]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *4)	[10]	2.6E+3～2.7E+3 *5)	[11]

【設定根拠】

*1) 文献［6］で引用されている日本の農耕地の大きさに関するデータに基づく値。

*2) 体積＝深度×面積。

*3) 本コンパートメントでは不要。

*4) 文献［10］に記載されている石英の真密度として設定。

*5) 文献［11］で引用されている鉱質土壌の値の範囲。

【参考文献】

[1] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989) : Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[2] NEA/OECD (1993) : PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[3] Charles D and Smith G M (1991) : Project-90 Conversion of Releases from the Geosphere to Estimates of Individual Doses to Man. SKI Technical Report 91:14.

[4] BIOMOVS (1989) : Scenario B2: Irrigation with Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 6, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[5] BIOMOVS (1990a) : Scenario B6: Transport of Radionuclides to Root-Zone Soil from Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 9, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[6] Witherick M E and Carr M (1993) : The Changing Face of Japan: A Geographical Perspective. Hodder and Stoughton, UK.

[7] Ashton J and Sumerling T J (1988) : Biosphere Database for Assessments of Radioactive Waste Disposals. UK Department of the Environment Report DoE/RW/88/083.

[8] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E (1993) : Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory, Report ANL/EA15-8.

[9] Weast R C (1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[10] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[11] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(2) Variably Saturated Zone コンパートメント

表 3.9 に Variably Saturated Zone（飽和度が可変となる表面下部の土壌層）コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 3.9　Variably Saturated Zone コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	（単位）	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	2E+0		1E+0～2E+1 *1)	
面積	(m^2)	2E+4 *2)		1E+3～1E+6 *2)	
体積	(m^3)	4E+4 *3)	—	1E+3～2E+7 *3)	—
空隙率	(—)	4E-1	[1]	1E-1～7E-1	[2],[3],[4]
体積含水率	(—)	3.5E-1	[2]	8E-2～4E-1	[2],[3]
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	— *4)	—	— *4)	—
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[5]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *5)	[6]	8E-2～4E-1	[7]

【設定根拠】

*1) 表面土壌と地下水面の間の領域を示す。本検討では深度 2m と設定。

*2) 表面土壌コンパートメントに対して設定した値と同様。

*3) 体積＝深度×面積。

*4) 本コンパートメントでは不要。

*5) 文献［6］に記載されている石英の真密度として設定。

【参考文献】

[1] NEA/OECD（1993）： PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[2] BIOMOVS（1990a）： Scenario B6: Transport of Radionuclides to Root-Zone Soil from Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 9, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[3] Ashton J and Sumerling T J（1988）： Biosphere Database for Assessments of Radioactive Waste Disposals. UK Department of the Environment Report DoE/RW/88/083.

[4] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E (1993) : Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory, Report ANL/EA15-8.

[5] Weast R C(1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[6] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[7] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(3) 河川水域コンパートメント

表 3.10 に河川水域コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 3.10 河川水域コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	(単位)	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	5E-1	[1]	5E-1～5E+0	[1],[2] [3],[4]
面積	(m^2)	1E+4	[2]	4E+3～1E+5	[2],[3]
体積	(m^3)	5E+3 *1)	—	2E+3～5E+5 *1)	—
空隙率	(—)	9.9998E-1 *2)	—	9.8867E-1～9.99997E-1 *2)	—
体積含水率	(—)	9.9998E-1 *3)		9.8867E-1～9.99997E-1 *3)	—
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	5E-2	[3],[4]	7E-3～3E+1	[2],[5], [6]
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[7]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *4)	[8]	— *5)	[9]

【設定根拠】

*1) 体積＝深度×面積。

*2) 浮遊物濃度と堆積物真密度から算出。

*3) コンパートメントは完全に飽和しているものとする。

*4) 文献［8］に記載されている石英の真密度として設定。

*5) 本コンパートメントでは不要。

【参考文献】

[1] Smith G M, Watkins B M, Little R H, Jones H M, Mortimer A A (1996) : Biosphere Modelling and Dose Assessment for Yucca Mountain. EPRI Report TR-107190. Electrical Power Research Institute, California.

[2] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989) : Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[3] BIOMOVS (1990b) : Scenario B7: Transport of Contaminated Groundwater to a River. BIOMOVS Technical Report 10, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[4] Lawson G and Smith G M (1985) : BIOS: A Model to Predict Radionuclide Transfer and

Doses to Man Following Releases from Geological Repositories. National Radiological Protection Board, NRPB-R169, HMSO, London.

[5] Milliman J D and Meade R H (1983) : World-wide Delivery of River Sediment to Oceans. Journal of Geology, Vol 91, pp. 1-21.

[6] Pitty A F (1971) : Introduction to Geomorphology. Methuen, London.

[7] Weast R C(1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[8] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[9] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(4) 河川堆積層コンパートメント

表 3.11 に河川堆積層コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 3.11 河川堆積層コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	（単位）	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	1E-1	[1]	1E-1～5E-1	[1],[2] [3],[4]
面積	(m^2)	1E+4 *1)	[2]	4E+3～1E+5 *1)	—
体積	(m^3)	1E+3 *2)	—	4E+2～5E+4 *2)	—
空隙率	(—)	5E-1	—	4E-1～6E-1	—
体積含水率	(—)	5E-1 *3)	—	4E-1～6E-1 *3)	—
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	— *4)	—	— *4)	—
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[5]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *5)	[6]	4E-1～6E-1 *3)	[7]

【設定根拠】

*1) 河川堆積層コンパートメントは河川域コンパートメントと同じ面積を有すると仮定する。ただし、堆積層は周期的に露出するものとする。

*2) 体積＝深度×面積。

*3) コンパートメントは完全に飽和しているとする。

*4) 本コンパートメントでは不要

*5) 文献［6］に記載されている石英の真密度として設定。

【参考文献】

[1] Smith G M, Watkins B M, Little R H, Jones H M, Mortimer A A (1996) : Biosphere Modelling and Dose Assessment for Yucca Mountain. EPRI Report TR-107190. Electrical Power Research Institute, California.

[2] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989) : Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[3] NEA/OECD (1993) : PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and

Development, Paris.

[4] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) : Assessment of the Radiological Impact of Disposal of Solid Radioactive Waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[5] Weast R C (1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[6] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[7] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(5) 沿岸海水域コンパートメント

表 3.12 に沿岸海水域コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 3.12 沿岸海水域コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	（単位）	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	5E+0 *1)	[1]	5E+0～2E+1	[2],[3]
面積	(m^2)	2E+6 *1)	—	—	—
体積	(m^3)	1E+7 *1)	—	—	—
空隙率	(—)	9.999996E-1 *2)	—	9.9996E-1～9.9999996E-1 *2)	—
体積含水率	(—)	9.999996E-1 *3)	—	9.9996E-1～9.9999996E-1 *3)	—
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E-3	[4]	1E-4～1E-2	[3],[5]
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[6]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *4)	[7]	— *5)	[8]

【設定根拠】

*1) 海岸線は 10km と仮定して文献［1］から算出。

*2) 浮遊物の濃度と堆積物の真密度から算出。

*3) コンパートメントは完全に飽和しているものとする。

*4) 文献［7］に記載されている石英の真密度として設定。

*5) 本コンパートメントでは不要。

【参考文献】

[1] 国立天文台編（1997）： 理科年表 平成 9 年, 丸善株式会社.

[2] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989)： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[3] Lawson G and Smith G M （1985）： BIOS: A Model to Predict Radionuclide Transfer and Doses to Man Following Releases from Geological Repositories. National Radiological Protection Board, NRPB-R169, HMSO, London.

[4] Bergström U and Puigdomenech I (1987)： Radiological Consequences to Man due to Leakage from a Final Repository for Reactor Waste（SFR）. SKB Report SFR 87-12.

[5] Camplin W C, Clark M J and Delow C E (1982) : The Radiation Exposure of the UK Population from Liquid Effluents Discharged from Civil Nuclear Installations in the UK in 1978. National Radiological Protection Board, NRPB R119, HMSO, London.

[6] Weast R C(1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[7] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[8] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(6) 沿岸海域堆積層コンパートメント

表 3.13 に沿岸海域堆積層コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 3.13 沿岸海域堆積層コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	(単位)	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	5E-1	[1]	1E-1～5E-1	[1]
面積	(m^2)	2E+6 *1)	—	—	—
体積	(m^3)	1E+6 *2)	—	—	—
空隙率	(—)	5E-1	—	4E-1～6E-1	—
体積含水率	(—)	5E-1 *3)	—	4E-1～6E-1 *3)	—
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	— *4)	—	— *4)	—
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[2]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *5)	[3]	4E-1～6E-1 *3)	[4]

【設定根拠】

*1) 沿岸海域堆積層コンパートメントは沿岸海水域コンパートメントと同じ面積を有すると仮定する。ただし、堆積層は周期的に露出するものとする。

*2) 体積＝深度×面積。

*3) コンパートメントは完全に飽和しているとする。

*4) 本コンパートメントでは不要

*5) 文献［4］に記載されている石英の真密度として設定。

【参考文献】

[1] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989) : Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[2] Weast R C(1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[3] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[4] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

3.4.2 コンパートメント間の核種移行プロセスに関するデータ

「河川堆積層放出ケース」に係る概念モデル（図 3.3）に基づき、コンパートメント間の移行係数を算出するパラメータのうち、固相および液相の移行に関わる諸量についてデータを設定する。表 3.14 にコンパートメント間の核種移行プロセスを、表 3.15 にコンパートメント間の核種移行プロセスに関するデータを示す。

表 3.14 生物圏コンパートメント間の核種移行プロセス（河川堆積層放出ケース）

液相による移行	固相による移行
・ 地下水の移行	・ 浸食
・ 灌漑	・ 洪水による沈殿
・ 浸透	・ 浚渫
・ 涵養	・ 蛇行
・ 洪水	・ 再浮遊
・ 河川水流	・ 正味の沈殿
・ 海洋拡散	・ グロスの沈殿
	・ ベッドロード

表 3.15 コンパートメント間の移行プロセスに係るデータ

移行プロセス	単位	標準値	Ref.	範囲	Ref.
液相による移行					
灌漑水量	($m^3 \cdot y^{-1}$)	1.5E+04 *1)	[13] [16]	—	—
地下水による移行量	($m^3 \cdot y^{-1}$)	2.0E+6 *2)	—	1.0E+5～1.0E+7 *6)	—
浸透／涵養率	($m \cdot y^{-1}$)	7E-1 *3)	—	4.5E-1～1.0E+0 *4)	—
年間洪水量	($m^3 \cdot y^{-1}$)	1.0E+2 *5)	—	1.0E+1～1.0E+3 *6)	—
河川水流量	($m^3 \cdot y^{-1}$)	1E+8 *1)	[2]	3E+5～3E+10	[3]
海の交換水量	($m^3 \cdot y^{-1}$)	1E10 *1)	[14]	4E+9～2E+11 *7)	—
固相による移行					
年間浸食量	($m \cdot y^{-1}$)	1E-4	[5]	6.4E-6～3.4E-3	[5]-[8]
浚渫／蛇行量	($m^3 \cdot y^{-1}$)	1.6E+0 *8)	—	5E-1～5E+0 *9)	[9],[10]
河川での堆積／再浮遊率	($m \cdot y^{-1}$)	3.2E-5	[6],[9]	3.2E-6～3.2E-4 *6)	—
河川でのグロスの沈殿率	($m \cdot y^{-1}$)	1.6E-5	[11]	1.6E-6～1.6E-4 *6)	—
ベッドロード量 *10)	($kg \cdot y^{-1}$)	1.6E+5	—	1.0E+5～2.2E+5	—
沿岸海域堆積層の再浮遊率	($m^2 \cdot y^{-1}$)	3.2E-5	[9]	3.2E-6～3.2E-4 *6)	—
沿岸海水域でのグロス沈殿率	($m \cdot y^{-1}$)	7.5E-5	[12]	3.8E-6～3.7E-4	[4]
正味の沈殿率	($m \cdot y^{-1}$)	5E-5 *11)	—	7.5E-6～3.7E-3	[4]

【設定根拠】

*1) 文献［15］の設定手法を用いる。なお、新規のデータ（文献［17］）を用いた見直し作業でも同様の値を得ている。

*2) 評価の前提条件より河川堆積層への地下水放出量と等しい値（2.0E+6 $m^3 \cdot y^{-1}$）とする。

*3) 全降水量（1,750 mm）の 40%が浸透あるいは涵養に、洪水水の 50%（100 $m^3 \cdot y^{-1}$）が表面土壌（面積：2E+4 m^3）へ浸透すると仮定して計算。

*4) 現在の降水量範囲（1,500～2,000 mm）の 30～50%が浸透／涵養すると仮定して計算。

*5) 年間平均で表面土壌（面積：2E+4m^3）の 10%が洪水にさらされ、洪水水の 50%（0.05 m）

が表面土壌へ浸透すると仮定して計算。

*6) 標準値の±1オーダーの範囲を仮定。

*7) コンパートメントの交換回数を年 20 回［4］とし、沿岸海水域コンパートメント体積を用いて計算。

*8) 範囲の幾何平均にて設定。

*9) 移行率を 5E-3～5E-2 y^{-1} ［9］と仮定し、沿岸海水域コンパートメント体積を用いて計算。

*10) 文献［1］によって、河川のベッドロード量は通常、全堆積物量の 5～10%。

*11) 沿岸海域でのグロスの沈殿率の 67%であると仮定。昨年度の値（1E-4 $m \cdot y^{-1}$）よりも現実的な値を設定。

【参考文献】

[1] Rice R J（1977）： Fundamentals of Geomorphology. Longman, London.

[2] 国土開発調査会刊（1996）： 河川便覧 平成 8 年

[3] Lawson G and Smith G M （1985）： BIOS: A Model to Predict Radionuclide Transfer and Doses to Man Following Releases from Geological Repositories. National Radiological Protection Board, NRPB-R169, HMSO, London.

[4] Charles D, Jones M and Cooper J R（1990）： Radiological Impact on EC Member States of Routine Discharges into North European Waters. Report of Working Group IV of CEC Project MARINA. National Radiological Protection Board, NRPB M172, Chilton, UK.

[5] Shimizu K, Ishimaru K, Furuya K and Yusa Y (1992)： Natural Processes and Events Relevant to Long Term Stability of Geological Environment in Japan. In: Waste Disposal and Geology; Scientific Perspectives. Proceedings of Workshop WC-1 of the 29th International Geological Congress, Tokyo, 381-394.

[6] NEA/OECD（1993）： PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[7] Jones C H（1987）： Data for Alternative Biosphere States Fisheries and Soil Erosion. ANS Technical Note 595-27.

[8] Holmes A（1978）： Principles of Physical Geology. 3rd Edition, Thomas Nelson. and Sons, UK.

[9] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1988)： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[10] BIOMOVS（1990）： Scenario B7: Transport of Contaminated Groundwater to a River. BIOMOVS Technical Report 10, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[11] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R（1988）： Assessment of the Radiological Impact of Disposal of Solid Radioactive Waste at Dirge. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[12] Bergström U and Puigdomenech I (1987)： Radiological Consequences to Man due to Leakage from a Final Repository for Reactor Waste（SFR）. SKB Report SFR 87-12.

[13] 総務庁統計局（1997）： 日本の統計 1997

[14] 国立天文台編（1997）： 理科年表 平成9年，丸善株式会社

[15] 動力炉・核燃料開発事業団 委託研究内容報告書（1998）： 地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化，PNC ZJ1281 98-001.

[16] 国土庁長官官房水資源部 監修（1996）： '96水資源便覧，財団法人 水資源協会（編集），株式会社 山海堂（発行）

[17] 総務庁統計局（1998）： 日本の統計 1998

3.4.3 被ばく経路に関するデータ

各パラメータについては諸外国の評価において用いられているデータセットを中心にデータの収集を行う。ただし、食物摂取量等わが国特有と考えられるパラメータについては、わが国における平均的な条件を反映したデータに基づいて設定を行う。表 3.16～表 3.30 に被ばく経路に関するデータを示す。

表 3.16 食物等摂取量

[$kg(fresh\ weight)\cdot y^{-1}$]

食物		標準値	Ref.	範囲 *1)	Ref.
農作物	米	5.98E+1	[1]	5.0E+0～1.5E+2	[6],[8],[10][12],[14]
	米以外の穀物	2.85E+1	[1]		
	根菜	4.72E+1	[1]	5.0E+0～4.0E+2	[8],[13]
	葉菜	2.67E+1	[1]	2.5E+1～8.0E+1	[10],[12],[14]
	果物	2.85E+1	[1]	0.0E+0～5.0E+1	[6]
畜産物	牛肉	8.8E+0	[1]	4.0E+0～1.0E+2	[8],[9],[10][11],[12],[13][15]
	羊肉	6.0E-1	[2]		
	豚肉	9.5E+0	[1]		
	鶏肉	7.4E+0	[1]		
	牛レバー	2.0E-1	[2]	0.0E+0～4.0E+1	[10],[13]
	鶏レバー	3.0E-1	[2]		
	鶏卵	1.54E+1	[1]	1.0E+1～2.0E+2	[9],[11],[12],[13],[14]
	牛乳	4.60E+1	[1]	2.0E+1～4.0E+2	[8],[9],[10][13],[15]
淡水産物	淡水魚 *3)	4.0E-1	[1],[3]	—	—
	淡水甲殻類 *3)	2.0E-1	[1],[3]		
海産物	海水魚	1.49E+1	[1]	—	—
	海洋甲殻類	2.9E+0	[4]		
	軟体動物	1.8E+0	[4]		
	海藻類	1.9E+0	[1]		
その他	水 *2)	6.1E-1	[5]	4.0E-1～7.5E-1	[8],[12]
	土壌	3.7E-2	[6],[7]	1.0E-3～1.0E-1	[8]

【設定根拠】

*1) 範囲は寒帯およびツンドラ気候の地域における食物の年摂取量を考慮し設定している。

ツンドラ気候特有の食物（アザラシ、鯨、カリブー等）については文献［13］を参照している。

*2) 単位は $m^3 \cdot y^{-1}$

*3) 本パラメータについては文献［17］を用いた見直し作業を実施したが、設定値に有意な影響はない。

【参考文献】

[1] 厚生省（1997）： 国民栄養の現状（平成7年国民栄養調査成績表），平成9年10月

[2] 中央畜産会（1996）： 農林水産省畜産局食肉鶏卵課編 食肉便覧（平成8年）

[3] 水産庁漁政部企画課（1996）： 水産統計指標（平成6年），1996年3月

[4] 農林水産省統計情報部（1996）： 第71次農林水産省統計表（平成6年～平成7年）

[5] ICRP（1975）： Report of the Task Group on Reference Man. ICRP Publication 23. Pergamon Press, Oxford.

[6] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E（1993）： Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory, Report ANL/EAIS-8.

[7] Linsley G S, Dionian J, Simmonds J R and Burgess J (1984)： An Assessment of the Radiation Exposure of Members of the Public in West Cumbria as a Result of Discharges from BNFL Sellafield. National Radiological Protection Board. NRPB-R170, Chilton, UK.

[8] Bergström U and Nordliner S（1991）： Uncertainties Related to Dose Assessments for High Level Waste Disposal. Nuclear Safety 32(3), pp. 391-402.

[9] Takase H（1992）： Personal Communication listing the Parameter Values for the PAR 1 Biosphere Assessment.

[10] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989)： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[11] Ashton J and Sumerling T J（1988）： Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[12] BIOMOVS II（1996）： Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories. Final Report of the Complementary Studies Working Group. BIOMOVS II Technical Report No 12 published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

[13] Watkins B M, Little R H and Cooper N S（1994）： Provision of Information on the Effects of Climate Change on the Biosphere Transport of Repository Derived Radionuclides. MAFF Food Sciences Division, Report IE3965-1, Version 2.0.

[14] Bergström U and Puigdomenech I (1987)： Radiological Consequences to Man due to Leakage

from a Final Repository for Reactor Waste（SFR）. SKB Report SFR 87-12.

[15] IAEA（1995）： Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Release Safety Series No 57（draft）. IAEA, Vienna.

[16] 動力炉・核燃料開発事業団　委託研究内容報告書（1998）： 地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化, PNC ZJ1281 98-001.

[17] 農林水産省統計情報部（1997）： 第 72 次農林水産省統計表（平成 7 年～平成 8 年）

表 3.17(1) 人間の呼吸率、滞留時間、ダストレベル、エアロゾルレベル

被ばくグループ	コンパートメント	呼吸率 ($m^3 \cdot h^{-1}$)				滞留時間 ($h \cdot y^{-1}$)			
		標準値	Ref.	範囲	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
農業	河川水(入浴)	4.5E-1 *1)	[1]	4E-1 ～ 5E-1	—	1.20E+2 *8)	—	3.7E+1 ～ 1.8E+2	—
	表面土壌	1.8E+0 *3)	[1]	1.2E+0 ～ 2.4E+0	[1]	1.3E+3 *9)	[9]	7.3E+2 ～ 4.4E+3	—
淡水漁業	河川水	1.2E+0 *4)	[1]	1.1E+0 ～ 1.3E+0	—	2.19E+3 *10)	—	7.3E+2 ～ 3.7E+3	—
	河川堆積層	1.2E+0 *4)	[1]	1.1E+0 ～ 1.3E+0	—	2.19E+3 *10)	—	7.3E+2 ～ 3.7E+3	—
海洋漁業	沿岸海水域	1.2E+0 *4)	[1]	1.1E+0 ～ 1.8E+0	—	2.19E+3 *10)	—	7.3E+2 ～ 3.7E+3	—
	沿岸海域堆積層	1.2E+0 *4)	[1]	1.1E+0 ～ 1.8E+0	—	2.19E+3 *10)	—	7.3E+2 ～ 3.7E+3	—

表 3.17(1) 人間の呼吸率、滞留時間、ダストレベル、エアロゾルレベル

被ばくグループ	コンパートメント	ダストレベル ($kg \cdot m^{-3}$)				エアロゾルレベル ($m^3 \cdot m^{-3}$)			
		標準値	Ref.	範囲 *5)	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
農業	河川水(入浴)	0E+0 *5)	—	—	—	0E+0 *6)	—	—	—
	表面土壌	2E-6	[3] [4] [5]	5E-9 ～ 5E-5		0E+0 *6)	—	—	—
淡水漁業	河川水	0E+0 *5)	—	—	—	0E+0 *6)	—	—	—
	河川堆積層	5E-8	[6]	5E-9 ～ 5E-7		0E+0 *6)	—	—	—
海洋漁業	沿岸海水域	0E+0 *5)	—	—	—	1E-11	[8]	1E-12 ～ 1E-10*7)	—
	沿岸海域堆積層	1E-7	[7]	5E-9 ～ 5E-6	—	0E+0 *6)	—	—	—

【設定根拠】

*1) 休息。

*2) 軽労働と重労働の中間の値。

*3) 軽労働。

*4) ダストレベルの上限値はリアリスティックではあるが非常に高く、滞留時間（作業時間）が少ない場合にのみ関係するであろう。

*5) 不適切。

*6) 考慮しない。

*7) 標準値の±1 オーダーの範囲と仮定。

*8) 入浴時間として設定

*9) 文献［10］の手法を用いて文献［9］を用いて設定。なお新規のデータ（文献［11］）を用いた見直し作業の結果でも同様の値を得ている。

*10) 1 日 6 時間作業に従事すると仮定

【参考文献】

[1] ICRP（1975）： Report of the Task Group on Reference Man. ICRP Publication 23. Pergamon Press, Oxford.

[2] Amiro B D and Davis P D（1991）： A Pathways Model to Assess Transport of Radionuclides from Terrestrial and Aquatic Surfaces to the Atmosphere. Waste Management, Vol. 11, pp. 41-57.

[3] NEA/OECD（1993）： PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[4] BIOMOVS（1989）： Scenario B2: Irrigation with Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 6, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[5] BIOMOVS（1990）： Scenario B6: Transport of Radionuclides to Root-Zone Soil from Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 9, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[6] BIOMOVS II（1996）： Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories. Final Report of the Complementary Studies Working Group. BIOMOVS II Technical Report No. 12 published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

[7] Haslam I K, Brennan S A, Green N, Hammond D J and Wilkins B T (1994): Assessment of Current Doses Arising from the Occupancy of Cumbrian Beaches and Preliminary Studies of the Radionuclide Behaviour in Beach Systems. National Radiological Protection Board, NRPB-M462, Chilton, UK.

[8] Lawson G and Smith G M (1985): BIOS: A Model to Predict Radionuclide Transfer and Doses to Man Following Releases from Geological Repositories. National Radiological Protection Board, NRPB-R169, HMSO, London.

[9] 総務庁統計局 (1997): 日本の統計 1997

[10] 動力炉・核燃料開発事業団 委託研究内容報告書 (1998): 地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化, PNC ZJ1281 98-001.

[11] 総務庁統計局 (1998): 日本の統計 1998

表 3.18(1) 家畜に関するデータ

家畜	飼料の摂取量（$kg(fresh\ weight)\cdot d^{-1}$）			
	標準値 *3)	Ref.	範囲	Ref.
牛	5E+1	[1],[2]	9.0E+0～3E+2	[1],[2],[3],[4],[5]
羊	7E+0	[1],[4]	3.5E+0～1.4E+1 *1)	—
豚	1E+1	[1]	5E+0～2E+1 *1)	—
鶏	3E-1	[1]	7.0E-2～6E-1 *2)	[5]

表 3.18(2) 家畜に関するデータ

家畜	土壌の摂取量（$kg(fresh\ weight)\cdot d^{-1}$）			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
牛	6E-1	[1]	1E-1～2.2E+0	[1],[3],[4],[10] [11]
羊	8E-2	[1]	8E-2～3E-1	[1],[4]
豚	2E-1	[1]	1E-1～4E-1 *1)	—
鶏	2E-2	[1]	1E-1～4E-1 *1)	—

表 3.18(3) 家畜に関するデータ

家畜	水の摂取量（$m^3\cdot d^{-1}$）			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
牛	7E-2	[5],[6]	2E-2～2E-1	[1],[2],[5],[6],[7],[8],[9],[10]
羊	4E-3	[7]	2E-3～8E-3 *1)	—
豚	5E-3	[1]	2.5E-3～1.0E-2 *1)	[1],[8]
鶏	5E-4	[1],[6]	2.0E-4～1.0E-3	[1],[5],[6],[8]

表 3.18(4) 家畜に関するデータ

家畜	呼吸率（$m^3\cdot h^{-1}$） *4)	放牧時間（$h\cdot d^{-1}$）*4)	飼育密度（m^{-2}） *4)
牛	5.4E+0	2.4E+1	4.3E-4
羊	3.6E-1	2.4E+1	4.8E-4
豚	5.0E-1	2.4E+1	4.3E-4
鶏	1.0E-2	2.4E+1	3.0E+0

【設定根拠】

*1) データがないため、標準値の 1/2 から 2 倍の範囲を仮定。

*2) 下限値は文献［5］から引用、上限値は標準値の 2 倍とする。

*3) 牛と羊は牧草、豚は根菜、鶏は飼料を摂取すると仮定。

*4) すべてのデータは文献［12］から引用。

【参考文献】

[1] Ashton J and Sumerling T J (1988) : Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[2] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E (1993) : Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory, Report ANL/EAIS-8.

[3] BIOMOVS (1989) : Scenario B2: Irrigation with Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 6, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[4] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) : Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[5] BIOMOVS II (1996) : Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories. Final Report of the Complementary Studies Working Group. BIOMOVS II Technical Report No. 12 published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

[6] Bergström U and Puigdomenech I (1987) : Radiological Consequences to Man due to Leakage from a Final Repository for Reactor Waste (SFR) . SKB Report SFR 87-12.

[7] Pincer A V and Hill M D (1982) : Radiological Protection Aspects of Shallow Land Burial of PWR Operating Wastes. National Radiological Protection Board, NRPB-R138, HMSO, London.

[8] Takase H (1992) : Personal Communication listing the Parameter Values for the PAR 1 Biosphere Assessment.

[9] Zach R, Amiro B D, Davis P A, Sheppard S C, Szekeley J G (1994) : Biosphere Model for Assessing Doses from Nuclear Waste Disposal. Science of the Total Environment, No. 156, pp 217-234.

[10] IAEA/IUR (1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. Technical Reports Series No 364. IAEA, Vienna.

[11] Zach R and Mayoh K R (1984) : Soil Ingestion by Cattle: A Neglected Pathway. Health Physics Vol 46, No 2, pp 431-434.

[12] Smith G M, Watkins B M, Little R H, Jones H M, Mortimer A A (1996) : Biosphere

Modelling and Dose Assessment for Yucca Mountain. EPRI Report TR-107190, Electrical Power Research Institute, California.

表 3.19(1) 農作物の栽培に関するデータ

農作物	農作物の土壌汚染 ($\frac{kg\ (dw\ soil)}{kg\ (fw\ crop)}$)				栽培密度(収穫量) ($kg\ (fw\ crop) \cdot m^{-2}$)			
	標準値 *5)	Ref.	範囲	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
根菜	1.5E-4	[1]	— *2)	—	2.4E+0 *5)	[6]	2.0E+0～5.0E+0	[1],[2]
葉菜	1.0E-4	[1]	— *2)	—	3.1E+0 *5)	[6]	8.0E-1～5.0E+1	[1],[2] [4]
穀物	9.0E-5	[1]	— *2)		4.0E-1 *5)	[6]	2.0E-1～6.0E-1	[2]
牧草	3.4E-3	[5]	— *2)	—	3.9E+0 *5)	[6]	—	—
米	9E-5 *1)	—	— *2)	—	5.0E-1 *5)	[6]	— *2)	—
果物	1.5E-4	[1]	— *2)	—	1.4E+0 *5)	[6]	— *2)	—

表 3.19(2) 農作物の栽培に関するデータ

農作物	農作物に使用する灌漑量 ($m \cdot y^{-1}$)				灌漑用水阻止率 (—)			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
根菜	7.0E-1 *6)	[7]	1E-1～5E-1	[2]	3.0E-1	[3]	2E-1～6E-1	[3]
葉菜	7.0E-1 *6)	[7]	1E-1～5E-1	[2]	3.0E-1	[3]	2E-1～6E-1	[3] [4]
穀物	7.0E-1 *6)	[7]	1E-1～5E-1	[2]	5.0E-2	[3] [5]	1E-2～6E-2	[3]
牧草	0.0E+0 *6)	[7]	1E-1～5E-1	—	0.0E+0 *3)	—	—	—
米	1.9E+0 *6)	[7]	7E-1～1.8E+0	[4]	5.0E-2 *4)	—	—	—
果物	7.0E-1 *6)	[7]	1E-1～5E-1	[2]	5.0E-1	[1]	— *2)	—

【パラメータについての概要(灌漑用水阻止率)】

灌漑用水阻止率 (interception fraction) は、灌漑による散布される灌漑用水が、土壌表面に生育する農作物の葉面によって土壌への散布が「阻止」されることを意味している。つまり、農作物葉面への灌漑用水の付着率を表している。なお、同様のパラメータとして葉面沈着率 (retention fraction) があるが、これは葉面に付着した後の要素 (食物内部への移行)

を含んでおり、厳密には同義ではない。

【設定根拠】

*1) データがないため、穀物に対する値と等しいと仮定。

*2) データなし。

*3) 雨水による牧草の灌漑はないと仮定。

*4) 米のスプレー灌漑は仮定しない。洪水に灌漑を代わりに使用すると仮定。

*5) 文献［1］および［5］では乾燥重量比 $\frac{kg\ (dw\ soil)}{kg\ (dw\ crop)}$ で記載されているため、文献［9］および［10］から農作物について湿重量に換算し設定。

*6) 文献［6］を用いて文献［8］の設定手法にしたがう。なお、新規のデータ（文献［11］）を用いた見直し作業でも有意な差はほとんど見られない（穀物：0.4 → 0.3、牧草：3.9 → 4.0、残りの作物は同値）ため、データの更新は行っていない。

【参考文献】

[1] Ashton J and Sumerling T J (1988): Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[2] BIOMOVS II (1996): Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories. Final Report of the Complementary Studies Working Group. BIOMOVS II Technical Report No. 12 published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

[3] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989): Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB－M150, Chilton, UK.

[4] Takase H (1992): Personal Communication listing the Parameter Values for the PAR 1 Biosphere Assessment.

[5] NEA/OECD (1993): PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[6] 総務庁統計局（1997）：日本の統計　1997.

[7] 国土庁長官官房水資源部　監修（1996）：'96 水資源便覧，財団法人　水資源協会（編集），発行　株式会社　山海堂.

[8] 動力炉・核燃料開発事業団　委託研究内容報告書（1998）：地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化，PNC ZJ1281 98-001.

[9] IAEA/IUR（1994）： Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. Technical Reports Series No 364. IAEA, Vienna.

[10] NRC（1983）： Radiological Assessment. A Textbook on Environmental Dose Analysis. Oak Ridge National Laboratory, NUREG/CR-3332（ORNL-5968）, Oak Ridge, Tenn., USA.

[11] 総務庁統計局（1998）： 日本の統計 1998

表 3.20 生物圏評価における対象核種の半減期および崩壊定数

核種	半減期（y） *1)	崩壊定数（y^{-1}） *2)
Se-79	6.50E+04	1.07E-05
Zr-93	1.53E+06	4.53E-07
Nb-93m	1.36E+01	5.09E-02
Tc-99	2.13E+05	3.25E-06
Pd-107	6.50E+06	1.07E-07
Sn-126	1.00E+05	6.93E-06
Cs-135	2.30E+06	3.01E-07
Pb-210	2.23E+01	3.11E-02
Po-210	3.79E-01	1.83E+00
Ra-226	1.60E+03	4.33E-04
Ra-228	6.70E+00	1.03E-01
Ac-227	2.18E+01	3.18E-02
Th-228	1.91E+00	3.62E-01
Th-229	7.34E+03	9.44E-05
Th-230	7.71E+04	8.99E-06
Th-232	1.41E+10	4.93E-11
Pa-231	3.28E+04	2.11E-05
Pa-233	7.40E-02	9.37E+00
U-233	1.59E+05	4.37E-06
U-234	2.45E+05	2.83E-06
U-235	7.04E+08	9.84E-10
U-236	2.34E+07	2.96E-08
U-238	4.47E+09	1.55E-10
Np-237	2.14E+06	3.24E-07
Pu-239	2.41E+04	2.88E-05
Pu-240	6.54E+03	1.06E-04
Pu-241	1.44E+01	4.81E-02
Pu-242	3.87E+05	1.79E-06
Am-241	4.33E+02	1.60E-03
Am-243	7.39E+03	9.38E-05
Cm-244	1.81E+01	3.82E-02
Cm-245	8.50E+03	8.15E-05
Cm-246	4.73E+03	1.46E-04
Cm-247	1.56E+07	4.44E-08

【設定根拠】

*1) 半減期のデータは文献［1］におけるライブラリデータを引用。

*2) 崩壊定数(= $\frac{ln\,2}{T_{1/2}}$)

【参考文献】

[1] Croff A G（1980）： A User's Manual for the ORIGEN2 Computer Code. ORNL/TM-7175.

表 3.21 線量当量換算係数

評価核種	線量当量換算係数 *1)			
	内部被ばく		外部被ばく*3)	
	経口摂取	呼吸摂取	土壌	水
	($Sv \cdot Bq^{-1}$) *2)	($Sv \cdot Bq^{-1}$) *2)	($Sv \cdot h^{-1}/Bq \cdot m^{-3}$)	($Sv \cdot h^{-1}/Bq \cdot m^{-3}$)
Se-79	2.4E-09	2.5E-09	3.6E-19	2.1E-18
Zr-93	4.5E-10	8.6E-08	0.0E+00	0.0E+00
Nb-93m	1.2E-10	7.8E-09	2.0E-18	3.7E-17
Tc-99	3.6E-10	2.0E-09	2.4E-18	1.1E-17
Pd-107	3.8E-11	3.6E-09	0.0E+00	0.0E+00
Sn-126	5.4E-09	2.4E-08	2.3E-13	7.6E-13
Cs-135	1.9E-09	1.3E-09	7.4E-19	4.0E-18
Pb-210	1.4E-06	3.6E-06	1.2E-16	7.0E-16
Po-210	4.5E-07	2.3E-06	1.0E-18	3.3E-18
Ra-226	3.1E-07	2.2E-06	2.2E-13	6.9E-13
Ra-228	3.3E-07	1.2E-06	1.2E-13	3.7E-13
Ac-227	4.0E-06	1.9E-03	3.9E-14	1.5E-13
Th-228	2.0E-07	8.4E-05	2.0E-13	6.3E-13
Th-229	1.1E-06	5.8E-04	3.1E-14	1.2E-13
Th-230	1.5E-07	8.6E-05	2.3E-17	1.4E-16
Th-232	7.5E-07	4.5E-04	1.0E-17	7.2E-17
Pa-231	2.9E-06	3.6E-04	3.7E-15	1.4E-14
Pa-233	9.1E-10	2.4E-09	2.0E-14	7.4E-14
U-233	7.2E-08	3.8E-05	2.7E-17	1.3E-16
U-234	7.1E-08	3.8E-05	7.7E-18	6.3E-17
U-235	6.9E-08	3.3E-05	1.5E-14	6.2E-14
U-236	6.8E-08	3.6E-05	4.1E-18	4.2E-17
U-238	6.7E-08	3.3E-05	2.9E-15	1.1E-14
Np-237	1.1E-06	1.3E-04	1.5E-15	8.4E-15
Pu-239	9.8E-07	1.2E-04	5.7E-18	3.5E-17
Pu-240	9.8E-07	1.2E-04	2.8E-18	4.0E-17
Pu-241	1.9E-08	2.4E-06	3.6E-19	1.8E-18
Pu-242	9.3E-07	1.1E-04	2.5E-18	3.4E-17
Am-241	1.0E-06	1.2E-04	8.4E-16	6.8E-15
Am-243	1.0E-06	1.2E-04	1.7E-14	7.9E-14
Cm-244	5.5E-07	6.7E-05	2.4E-18	4.1E-17
Cm-245	1.0E-06	1.3E-04	6.6E-15	3.2E-14
Cm-246	1.0E-06	1.3E-04	2.2E-18	3.8E-17
Cm-247	9.4E-07	1.1E-04	3.6E-14	1.3E-13

【設定根拠】

*1) 外部あるいは内部被ばく時での放射平衡を仮定することから、短半減期の娘核種の効果も考慮した値（第 2.1.3 項参照）。

*2) すべてのデータは文献［1］から引用。文献［3］に基づき設定。

*3) 土壌からの外部被ばくに係る実効線量当量換算係数は無限深さまで汚染された土壌への被ばくに対する値である。すべてのデータは文献［2］から引用。

【参考文献】

[1] 科学技術庁（1988）:「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規制等の規定に基づく線量当量限度等を定める件」，昭和 63 年科学技術庁告示第二十号，別表第一第六欄

[2] Eckerman K F and Ryman J C (1993): External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil. Exposure－to－Dose Coefficients for General Application, Based on the 1987 Federal Radiation Protection Guidance. Federal Guidance Report No 12. United States Environmental Protection Agency EPA402－R－93－081.

[3] 動力炉・核燃料開発事業団　委託研究内容報告書（1998）：地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化，PNC ZJ1281 98-001.

表 3.22(1) 生物圏における土壌等への分配係数 ($m^3 \cdot kg^{-1}$)

元素	表面土壌および VSZ			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.5E-1	[14],[15]	3E-4～3E+0	[2],[6],[12],[13]
Zr	6.0E-1	[14],[15]	3E-2～1E+1	[6],[12]
Nb	1.6E-1	[14],[15]	3E-2～6E+0	[3],[4]
Tc	1.4E-4	[14]	0E+0～4E-1	[4],[7],[12] [13],[15],[16]
Pd	5.5E-2	[14],[15]	0E+0～1E+0 *1)	[4],[7],[12]
Sn	1.3E-1	[14],[15]	1E-1～1E+3	[12],[16]
Cs	2.7E-1	[14],[15]	2E-3～5E+1	[1],[4],[12] [13],[14],[16]
Pb	2.7E-1	[14],[15]	3E-3～6E+1	[4],[12],[14],[16]
Po	1.5E-1	[14],[15]	6E-3～7E+0	[12],[14],[16]
Ra	4.9E-1	[14],[15]	7E-3～1E+3	[2],[4],[16]
Ac	4.5E-1	[14],[15]	8E-1～1E+1	[3],[6],[16]
Th	3.0E+0	[14],[15]	8E-3～5E+3	[6],[12],[14]
Pa	5.4E-1	[14],[15]	6E-1～6E+0	[4],[7],[16]
U	3.3E-2	[14],[15]	5E-2～2E+1 *2)	[4],[12],[14],[16]
Np	4.1E-3	[14]	1E-4～3E+0	[4],[12],[14] [15],[16]
Pu	5.4E-1	[14],[15]	1E-2～3E+2	[4],[13],[14],[16]
Am	2.0E+0	[14],[15]	1E-3～1E+3	[4],[6],[13]
Cm	4.0E+0	[14],[15]	1E-1～5E+1	[4]

表 3.22(2) 生物圏における土壌等への分配係数 ($m^3 \cdot kg^{-1}$)

元素	河川堆積層			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E-2	[4]	4E-3～5E+0	[4],[11]
Zr	1E+1	[5],[6]	5E-3～1E+1	[4],[6]
Nb	1E+1	[5],[6]	1E-2～1E+2	[4],[11]
Tc	1E-1	[9],[8],[11]	0E+0～2E-1	[4],[11]
Pd	2E+0	[3]	4E-3～1E+1 *8)	—
Sn	1E+1	[5],[6]	5E-3～5E+1	[4],[11]
Cs	2E+0	[4]	1E+0～3E+1	[5],[9]
Pb	1E+1	[5],[6]	1E-2～1E+1	[4],[5]
Po	1E+1 *3)	—	1E-2～1E+1 *3)	—
Ra	1E+0	[4]	5E-1～3E+1	[5],[9]
Ac	1E+2 *4)	—	1E-2～1E+3 *4)	—
Th	5E+3	[5],[9]	7E-1～5E+3	[4],[5]
Pa	5E+3	[9]	1E+0～5E+3	[4],[9]
U	5E-2	[5],[6]	5E-2～3E+0	[4],[5],[6]
Np	5E-1	[5]	1E-2～5E+1 *2)	[4],[9]
Pu	1E+2	[5],[6]	1E-2～1E+2	[4],[5]
Am	1E+2	[8]	1E-2～1E+3	[4],[6]
Cm	1E+2	[8]	1E+1～1E+2	[5],[8]

表 3.22(3) 生物圏における土壌等への分配係数 ($m^3 \cdot kg^{-1}$)

元素	沿岸海域堆積層			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[5]	0E+0～1E+1	[10]
Zr	1E+1	[6],[9]	1E-1～5E+3	[5],[10]
Nb	1E+1	[6]	1E+0～1E+3	[10]
Tc	1E-1	[5]	1E-2～1E+1 *2)	[5],[9]
Pd	5E+1	[5]	1E+1～5E+2 *9)	—
Sn	1E+1	[6]	2E-2～2E+2	[5],[11]
Cs	3E+0	[5]	1E-1～2E+1	[5]
Pb	2E+2	[5]	1E+1～1E+4	[10]
Po	2E+2 *3)	—	1E+1～1E+4 *3)	—
Ra	5E+0	[5]	5E-1～5E+2	[5],[10]
Ac	2E+3 *5)	—	1E+1～1E+4	[10]
Th	5E+3	[9],[6]	1E+2～1E+4	[10],[5]
Pa	5E+3	[9],[6]	1E+2～1E+4	[10],[9]
U	5E-1	[9],[6]	1E-1～5E+0 *2)	[10],[5]
Np	2E+0	[10]	2E-1～5E+1 *2)	[5],[9]
Pu	2E+3 *7)	—	1E+1～2E+4	[10],[5]
Am	2E+3	[5]	1E+2～2E+4	[10]
Cm	2E+3	[5]	1E-2～2E+4	[9],[5]

【設定根拠】

*1) 文献［14］には範囲が示されていないため、範囲データは土壌に対する Ag のデータを文献［4]，［7]，［12］から引用。

*2) K_d が高いのは、還元条件を反映したため。

*3) Pb データをアナログとして使用。

*4) Am データをアナログとして使用。

*5) Am データをアナログとして使用。

*6) Th データをアナログとして使用。

*7) K_d の推奨値は他のアクチニドと整合を取るため文献［10］に記載の範囲（1E+1～1E+3 $m^3 \cdot kg^{-1}$）の上限値に近い値。

*8) Ni データをアナログとして使用。Ni データは淡水については文献［4]、沿岸海水については文献［5］および［10］から引用。

【参考文献】

[1] Klos R A, Smith K R and Smith G M（1989）： Calculations of the radiological impact of unit releases of radionuclides to the biosphere from solid waste disposal facilities. U.K. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[2] Gilbert T L, Yu C, Yuan Y C, Zielen A J, Jusko M J and Wallo A III（1989）： A Manual for implementing residual radioactive material guidelines. Argonne National Laboratory Report ANL/ES-160.

[3] Ashton J, and Sumerling T J (1988)： Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals（edition 1） UK DoE Report DOE/RW/88.083, Department of the Environment, London, U.K.

[4] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R（1988）： Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. U.K. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[5] IAEA（1985）： Sediment K_ds and concentration factors for radionuclides in the marine environment. IAEA Tech. Rep. Series No. 247. IAEA, Vienna.

[6] Kane P （1984）： ECOS: sorption, dose, consumption and miscellaneous data. U.K. Department of Environment Report DoE/RW/84.124.

[7] Pinner A V, Hemming C R and Hill M D (1984)： An assessment of the radiological protection aspects of shallow land burial of radioactive waste. U.K. National Radiological Protection Board, NRPB-M161, Chilton, UK.

[8] Vieno T and Suolanen V (1991) : Biosphere analysis for the VLJ repository (in Finnish) .Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies. Report YJT-91-11, Helsinki, Finland.

[9] Peltonen E (1985) : Safety analysis of disposal of spent nuclear fuel - normal and disturbed evolution scenarios. Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies. Report YJT-85-22, Helsinki, Finland.

[10] Higgo J J W (1988) : Radionuclide interactions with marine sediments. Nirex Safety Studies Series Report NSS/R142.

[11] Coughtrey P J, Jackson D and Thorne M C (1983-85) : Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems: A compendium of data. Vols. 1-6, A A Balkema, Rotterdam.

[12] Sheppard M I, Beals D I, Thibault D H and O'Connor P (1984) : Soil nuclide distribution coefficients and their statistical distributions. Atomic Energy of Canada Limited Report AECL-8364.

[13] Baes III C F and Sharp R D (1981) : Predicting radionuclide leaching from root zone soil for assessment applications. Oak Ridge National Laboratory Report CONF-810606-44.

[14] IAEA/IUR (1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. Technical Reports Series No 364. IAEA, Vienna.

[15] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E (1993) : Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory Report ANL/EAIS-8.

[16] BIOMOVS II (1996) : Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories. Final Report of the Complementary Studies Working Group. BIOMOVS II Technical Report No. 12 published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

表 3.23(1) 淡水産物への核種の濃縮係数:淡水魚 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	淡水魚			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	2E+2	[5],[12]	3E+1～3E+2	[5],[11]
Zr	3E+2	[5]	1E+0～4E+2	[5],[11]
Nb	3E+2 *1)	—	2E+1～3E+4	[5],[6],[11]
Tc	2E+1 *1)	—	2E+1～8E+1	[5],[9],[11],[12]
Pd	2E+1 *7)	—	2E+0～2E+2 *7)	—
Sn	1E+3	[1],[6]	1E+2～1E+4	[5],[9],[11],[12]
Cs	2E+3 *1)	—	3E+1～1E+4	[5],[9],[10],[11],[12]
Pb	3E+2	[5],[9],[12]	1E+2～3E+2	[5],[9],[11]
Po	5E+1	[5],[9]	1E+1～5E+2	[5],[9],[11],[12]
Ra	5E+1	[5],[9],[12]	1E+1～2E+2	[5],[9],[11]
Ac	8E+2 *8)	—	5E+2～1E+3 *6)	—
Th	3E+1	[5]	3E+1～1E+4	[5],[9],[11],[12]
Pa	1E+1	[5],[12]	2E+0～1E+2	[5]
U	1E+1 *1)	—	2E+0～5E+1	[9],[11]
Np	1E+1 *1)	—	1E+1～3E+3	[5],[9],[11],[12]
Pu	4E+0 *1)	—	4E-1～5E+2	[5],[9],[11],[12]
Am	8E+2	[6]	3E+1～1E+3	[6],[9],[11],[12]
Cm	3E+1	[11]	2E+1～3E+2	[11]

表 3.23(2) 淡水産物への核種の濃縮係数:淡水甲殻類 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	淡水甲殻類			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	2E+3	[2]	1E+2～1E+4	[2]
Zr	1E+2	[4]	1E+1～1E+3 *3)	—
Nb	1E+2 *2)	—	1E+1～5E+2	[6]
Tc	5E+0 *2)	—	5E-1～1E+2 *3)	—
Pd	5E+2 *7)	—	5E+1～5E+3 *3)	—
Sn	1E+3 *4)	—	1E+2～1E+4 *4)	—
Cs	1E+3 *2)	—	5E+1～1E+4 *4)	—
Pb	1E+2	[4]	1E+1～1E+3 *1)	—
Po	2E+4	[4]	2E+3～2E+5 *1)	—
Ra	3E+2	[4]	3E+1～3E+3 *1)	—
Ac	3E+3 *8)	—	3E+2～3E+4 *1)	—
Th	5E+2	[4]	5E+1～5E+3 *1)	—
Pa	1E+2	[4]	1E+1～1E+3 *1)	—
U	1E+2 *2)	—	1E+1～5E+3 *4)	—
Np	4E+2	[1],[4]	4E+1～4E+3 *6)	—
Pu	1E+2 *2)	—	1E+1～1E+3 *6)	—
Am	3E+3 *2)	—	3E+2～3E+4 *6)	—
Cm	1E+3	[11]	1E+2～1E+4 *3)	—

【パラメータの概要】

水棲生物が、放射性核種を取り込む経路には、餌料生物の消化管吸収によるものと、えらや体表を通じて水中から直接取り入れるものとがあり、文献［13］では、濃縮係数の定義を放射性核種濃度が一定の水域での水棲生物が水、餌料を通じて次第に放射性核種を取り入れ、最終的にこの系で放射性核種の分布が平衡に達したときの両者の比とし、一般的に水中の放射性核種濃度、水棲生物による放射性核種の摂取率および排泄率から表現することができるとしている。

【設定根拠】

*1) 文献［1］～［9］で一致が得られた値。

*2) 文献［1］,［2］,［4］,［8］で一致が得られた値。

*3) データがないため、標準値の±1オーダーの範囲を仮定。

*4) データがないため、淡水魚類に対する値と等しいと仮定。

*5) 設定根拠*3)と同様。ただし、値の範囲は文献［6］による。

*6) 文献［1］～［8］における値の範囲の平均。

*7) 文献［2］の値と文献［4］および［5］のNiおよびAgにたいする値の平均値に準拠。

*8) Amに対する値と同じと仮定。

【参考文献】

[1] Ashton J and Sumerling T J (1988): Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[2] Jackson D (1984): Derivation and ranges of aquatic organism and terrestrial plant data for use with the biosphere code ECOS. UKDoE Report No. DOE/RW/84.127.

[3] Miller C W (ed) (1984): Models and Parameters for Environmental Radiological Assessments. DOE/TIC-11468.

[4] IAEA (1982): Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases. Safety series No. 57.

[5] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988): Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[6] Coughtrey P J, Jackson D, Thorne M C (1983-85): Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Volumes 1-6. AA Balkema, Rotterdam.

[7] Klos R A, Smith K R, Smith G M (1989): Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[8] Leigh C D, Thompson B M, Campbell J E, Longsine D E, Kennedy R A and Napier B A (1993): User's guide for GENII-S: A code for statistical and deterministic simulations of radiation doses to humans from radionuclides in the environment. Sandia Report SAND91-0561.

[9] IAEA/IUR (1994): Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. Technical Reports Series No 364. IAEA, Vienna.

[10] Saiki M, Shimizu M and Watabe T (Eds) (1994): Concentration Factors of Radionuclides in Freshwater Organisms. Radioactive Waste Management Centre Environmental Parameters Series 3. Report No. RWMC-94-P-15, Tokyo, Japan.

[11] Wang Y-Y, Biwer B M and Yu C (1993): A Compilation of Radionuclide Transfer Factors for the Plant, Meat, Milk and Aquatic Food Pathways and the Suggested Default Values for the RESRAD Code. Argonne National Laboratory Report ANL/EAIS/TM-103.

[12] IAEA (1995): Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Release Safety Series No 57 (draft). IAEA, Vienna.

[13] 財団法人 原子力環境整備センター (1992): 環境パラメータ・シリーズ 3 淡水から生物への放射性物質の移行, 平成 4 年, RWMC-92-P-14.

表 3.24(1) 海産物への核種の濃縮係数:海水魚 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	海水魚			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	6E+3	[4]	1E+3～1E+4	[4],[10]
Zr	2E+1	[4]	1E+0～5E+1	[4]
Nb	1E+1 *1)	—	1E+0～5E+1	[5]
Tc	3E+1 *1)	—	1E+1～2E+2 *1)	—
Pd	3E+2	[4]	3E+1～3E+3 *4)	—
Sn	5E+4 *2)	—	1E+3～1E+5	[4]
Cs	1E+2 *2)	—	1E+1～3E+2 *2)	—
Pb	2E+2	[4]	1E+1～3E+2	[4],[10]
Po	2E+3	[4],[10]	1E+2～1E+4	[4]
Ra	5E+2	[4]	5E+1～1E+3	[4],[10]
Ac	5E+1	[4]	5E-1～2E+2 *3)	—
Th	6E+2	[4]	1E+2～1E+4	[5],[10]
Pa	5E+1	[4]	5E-1～2E+2 *3)	—
U	1E+0	[1],[4],[10]	1E-1～3E+4	[2]
Np	1E+1	[4],[10]	1E-1～5E+1	[4]
Pu	4E+1 *2)	—	5E-1～1E+2 *2)	—
Am	5E+1 *1)	—	5E-1～2E+2	[4]
Cm	5E+1	[4]	5E-1～2E+2	[4]

表 3.24(2) 海産物への核種の濃縮係数:海洋甲殻類 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	海洋甲殻類			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	5E+3	[4]	2E+3～1E+4	[4]
Zr	2E+2	[4]	5E+1～5E+2	[4]
Nb	2E+2	[4]	5E+1～5E+2	[4]
Tc	1E+3 *1)	—	5E+2～5E+4	[5]
Pd	3E+2	[4]	3E+1～3E+3 *4)	—
Sn	5E+4	[4]	1E+3～1E+5	[2],[4]
Cs	3E+1 *1)	—	5E+0～1E+2	[2],[4]
Pb	1E+3	[4]	4E+1～2E+5	[5]
Po	5E+4	[4]	4E+2～3E+6	[5]
Ra	1E+2	[4]	1E+2～1E+3	[5]
Ac	1E+3	[4]	1E+2～1E+4 *4)	—
Th	1E+3	[4]	1E+3～6E+3	[5]
Pa	1E+1	[4]	5E-1～2E+2 *5)	—
U	1E+1	[4]	2E-1～2E+5	[2]
Np	1E+2	[4]	1E+1～1E+3	[5]
Pu	2E+2 *1)	—	1E+1～1E+3	[2],[5]
Am	5E+2 *2)	—	1E+2～1E+3	[4]
Cm	5E+2	[4]	1E+2～1E+3	[4]

表 3.24(3) 海産物への核種の濃縮係数:軟体動物 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	軟体動物			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	6E+3	[4]	3E+3～1E+4	[4]
Zr	5E+3	[4]	1E+3～1E+5	[4]
Nb	1E+3	[4]	1E+3～1E+5	[5]
Tc	1E+3 *1)	—	1E+2～1E+4	[4],[5]
Pd	3E+2	[4]	3E+1～3E+3 *4)	—
Sn	5E+4	[4]	1E+3～1E+5	[2],[4]
Cs	2E+1 *1)	—	5E+0～5E+1	[2],[4]
Pb	1E+3	[4]	4E+1～2E+5	[5]
Po	1E+4	[4]	4E+2～3E+6	[5]
Ra	1E+3	[4]	1E+2～1E+3	[5]
Ac	1E+3	[4]	1E+2～1E+4 *4)	—
Th	1E+3	[4]	1E+3～6E+3	[5]
Pa	5E+2	[4]	1E+2～5E+3	[4]
U	3E+1	[4]	1E+1～6E+3	[2],[4]
Np	4E+2 *2)	—	1E+2～1E+3	[4]
Pu	3E+3	[4]	5E+2～5E+3	[4]
Am	2E+4	[4]	5E+3～5E+4	[4]
Cm	3E+4	[4]	5E+3～5E+4	[4]

表 3.24(4) 海産物への核種の濃縮係数:海藻 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	海藻			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+3	[4]	5E+2～5E+3	[4]
Zr	3E+3	[4]	5E+2～5E+3	[4]
Nb	3E+3	[4]	1E+2～5E+3	[2]
Tc	1E+3 *2)	—	5E+2～1E+5	[4]
Pd	1E+3	[4]	1E+2～1E+4 *4)	—
Sn	2E+4	[4]	5E+3～5E+4	[4]
Cs	1E+2 *1)	—	1E+1～1E+3	[2]
Pb	1E+3	[4]	1E+3～2E+4	[5]
Po	1E+3	[4]	1E+3～2E+4	[5]
Ra	1E+2	[4]	1E+1～1E+3 *4)	—
Ac	1E+3	[4]	1E+2～1E+4 *4)	—
Th	2E+2	[4]	1E+2～5E+2	[4]
Pa	1E+2	[4]	6E+0～1E+2	[5]
U	1E+2 *1)	—	5E+1～2E+2	[4]
Np	5E+1 *2)	—	1E+1～5E+2	[2]
Pu	2E+3	[4]	5E+2～1E+4	[2],[4]
Am	8E+3	[4]	5E+3～1E+4	[2]
Cm	8E+3	[4]	5E+3～1E+4	[4]

【パラメータの概要】

文献［11］では、海洋生物の濃縮係数は海産物の組織・器官の放射性核種濃度と、生物の棲息する環境海水の放射性核種濃度の比で与えられ、一般的に海洋生物の可食部を対象とするとしている。

【設定根拠】

*1) 文献［1］～［9］の値の平均値。

*2) 文献［1］～［9］でおよその一致が得られた値。

*3) Cmに対する値と同じ範囲。

*4) データがないため、標準値の±1オーダーの範囲を仮定。

*5) 海洋魚類に対する値と同じ範囲を仮定。

【参考文献】

[1] IAEA (1982) : Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases. IAEA Safety Series No. 57, Vienna.

[2] Coughtrey P J, Jackson D, Thorne M C (1983-85) : Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Volumes 1-6. AA Balkema, Rotterdam.

[3] Jackson D (1984) : Derivation and ranges of aquatic organism and terrestrial plant data for use with the biosphere code ECOS. UKDoE Report No. DOE/RW/84.127.

[4] IAEA (1985) : Sediment K_ds and concentration factors for radionuclides in the marine environment. IAEA Technical Reports Series no. 247, Vienna.

[5] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) : Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[6] Ashton J and Sumerling T J (1988) : Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[7] IAEA (1978) . The Radiological Basis of the IAEA Revised Definition and Recommendations Concerning High-Level Radioactive Waste Unsuitable for Dumping at Sea. IAEA-TECDOC-211, Vienna.

[8] Klos R A, Smith K R, Smith G M (1989) : Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[9] Leigh C D, Thompson B M, Campbell J E, Longsine D E, Kennedy R A and Napier B A (1993) : User's guide for GENII-S: A code for statistical and deterministic simulations of

radiation doses to humans from radionuclides in the environment. Sandia Report SAND91-0561.

[10] IAEA（1995）： Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Release Safety Series No 57（draft）. IAEA, Vienna.

[11] 財団法人　原子力環境整備センター（1996）： 環境パラメータ・シリーズ 6　海洋生物への放射性物質の移行，平成 8 年，RWMC-96-P-18.

表 3.25(1) 土壌から農作物への核種の移行係数:根菜 ($Bq \cdot kg(fw\ crop)^{-1} / Bq \cdot kg(dw\ soil)^{-1}$)

元素	根菜			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[1]	1E-2～1E+1	[1],[12]
Zr	5E-3	[1]	3E-6～2E-2	[1]
Nb	1E-2 *2)	—	3E-3～2E+0	[1]
Tc	1E+1 *5)	—	4E-1～5E+2 *5)	—
Pd	6E-2	[5]	6E-3～6E-1 *13)	—
Sn	1E-1 *4)	—	1E-3～5E+0	[1],[4],[12]
Cs	3E-2 *4)	—	1E-3～1E+0 *6)	—
Pb	1E-2	[1]	3E-4～7E-2	[1]
Po	2E-4	[1]	2E-6～7E-3	[1]
Ra	4E-2	[1]	5E-5～8E-1 *14)	[1],[12]
Ac	1E-3	[1]	2E-7～5E-3	[1]
Th	5E-4	[1]	4E-5～1E-3 *14)	[1],[12]
Pa	4E-2	[1]	4E-4～4E+0	[1]
U	1E-3 *4)	—	2E-5～2E-1	[1]
Np	1E-3 *5)	—	5E-5～4E-1	[1]
Pu	1E-3 *2)	—	4E-8～4E-2	[1]
Am	1E-3	—	2E-7～5E-3	[1]
Cm	1E-3 *15)	—	2E-7～5E-3 *15)	—

表 3.25(2) 土壌から農作物への核種の移行係数:葉菜 ($Bq \cdot kg(fw\ crop)^{-1} / Bq \cdot kg(dw\ soil)^{-1}$)

元素	葉菜			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[1]	1E-2～1E+1	[1],[12]
Zr	5E-3	[1]	3E-6～2E-2	[1]
Nb	1E-2 *2)	—	3E-3～2E+0	[1]
Tc	1E+1 *5)	—	4E-1～5E+2 *5)	—
Pd	2E-1	[5]	2E-2～2E+0 *13)	—
Sn	1E-1 *2)	—	2E-3～5E+0	[1],[4]
Cs	3E-2 *2)	—	1E-2～1E+0	[4]
Pb	1E-2	[1]	3E-4～7E-2	[1]
Po	2E-4	[1]	2E-6～7E-3	[1]
Ra	4E-2	[1]	7E-5～8E-1	[1]
Ac	1E-3	[1]	2E-7～5E-3	[1]
Th	5E-4	[1]	1E-4～1E-3	[1]
Pa	4E-2	[1]	4E-4～4E+0	[1]
U	1E-3 *4)	—	2E-5～2E-1	[1]
Np	1E-2 *5)	—	5E-4～4E+0	[1],[3],[4]
Pu	1E-4 *2)	—	4E-8～4E-2	[1]
Am	1E-3 *5)	—	2E-7～5E-3	[1]
Cm	1E-3 *15)	—	2E-7～5E-3 *15)	—

表 3.25(3) 土壌から農作物への核種の移行係数:穀物 ($Bq \cdot kg(fw\ crop)^{-1} / Bq \cdot kg(dw\ soil)^{-1}$)

元素	穀物			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[1]	1E-2～1E+1	[1]
Zr	5E-3	[1]	3E-6～2E-2	[1]
Nb	1E-2 *2)	—	3E-3～2E+0	[1]
Tc	1E+1 *5)	—	4E-1～5E+2 *5)	—
Pd	2E-1	[5]	2E-2～2E+0 *13)	—
Sn	2E-1	[1],[4]	2E-3～5E+0	[1],[4]
Cs	2E-2 *4)	—	1E-3～1E+0 *6)	—
Pb	1E-2	[1]	3E-4～7E-2	[1]
Po	2E-4	[1]	2E-6～7E-3	[1]
Ra	4E-2	[1]	7E-5～8E-1	[1]
Ac	1E-3	[1]	2E-7～5E-3	[1]
Th	5E-4	[1]	1E-4～1E-3	[1]
Pa	4E-2	[1]	4E-4～4E+0	[1]
U	1E-4 *4)	—	2E-6～2E-2 *1)	—
Np	3E-4	[2]	3E-5～4E-2	[3]
Pu	3E-5 *4)	—	4E-8～4E-2	[1]
Am	1E-5 *4)	—	2E-7～5E-3	[1]
Cm	1E-5 *15)	—	2E-7～5E-3 *15)	—

表 3.25(4) 土壌から農作物への核種の移行係数:牧草 ($Bq \cdot kg(fw\ crop)^{-1} / Bq \cdot kg(dw\ soil)^{-1}$)

元素	牧草			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[1]	1E-2～1E+1	[1]
Zr	5E-3	[1]	3E-6～2E-2	[1]
Nb	1E-2 *4)	—	3E-3～2E+0	[1]
Tc	1E+1 *5)	—	4E-1～5E+2 *5)	—
Pd	2E-1	[5]	2E-2～2E+0 *13)	—
Sn	2E-1 *2)	—	2E-3～5E+0	[1],[4]
Cs	3E-2 *2)	—	1E-2～1E+0	[3]
Pb	1E-2	[1]	3E-4～7E-2	[1]
Po	2E-4	[1]	2E-6～2E-2 *14)	[1],[12]
Ra	4E-2	[1]	7E-5～8E-1	[1]
Ac	1E-3	[1]	2E-7～2E-2 *14)	[1],[12]
Th	5E-4	[1]	1E-4～2E-3 *14)	[1],[12]
Pa	4E-2	[1]	4E-4～4E+0	[1]
U	1E-3 *5)	—	2E-5～2E-1	[1]
Np	5E-3 *4)	—	3E-4～3E-1	[3]
Pu	1E-3 *4)	—	4E-8～4E-2	[1]
Am	5E-3 *4)	—	1E-4～5E-2 *6)	—
Cm	5E-3 *15)	—	1E-4～5E-2 *15)	—

表 3.25(5) 土壌から農作物への核種の移行係数:米 ($Bq \cdot kg(fw\ crop)^{-1} / Bq \cdot kg(dw\ soil)^{-1}$)

元素	米			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0 *9)	—	1E-2～1E+1 *9)	—
Zr	5E-3 *9)	—	3E-6～2E-2 *9)	—
Nb	1E-2 *1)	—	3E-3～2E+0 *1)	—
Tc	1E+1 *1)	—	4E-1～5E+2 *1)	—
Pd	2E-1 *9)	—	2E-2～2E+0 *9)	—
Sn	2E-1 *1)	—	2E-3～5E+0 *1)	—
Cs	2E-2	[4]	1E-2～3E-1	[4]
Pb	1E-2 *9)	—	3E-4～7E-2 *9)	—
Po	2E-4 *9)	—	2E-6～7E-3 *9)	—
Ra	4E-2 *9)	—	7E-5～8E-1 *9)	—
Ac	1E-3 *9)	—	2E-7～5E-3 *9)	—
Th	5E-4 *9)	—	1E-4～1E-3 *9)	—
Pa	4E-2 *9)	—	4E-4～4E+0 *9)	—
U	1E-4 *7)	—	2E-6～2E-2 *7)	—
Np	3E-4 *8)	—	3E-5～4E-2 *7)	—
Pu	1E-3	[4]	4E-8～4E-2 *1)	—
Am	1E-3	[4]	2E-7～5E-3 *1)	—
Cm	1E-5 *9)	—	2E-7～5E-3 *9)	—

表 3.25(6) 土壌から農作物への核種の移行係数:果物 ($Bq \cdot kg(fw\ crop)^{-1} / Bq \cdot kg(dw\ soil)^{-1}$)

元素	果物			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	5E-1 *12)	—	5E-3～5E+0 *10)	—
Zr	5E-3 *12)	—	3E-6～2E-2 *11)	—
Nb	5E-3 *1)	—	3E-3～2E+0 *1)	—
Tc	2E+1	[2]	1E-1～2E+2 *1)	—
Pd	2E-1	[5]	2E-2～2E+0 *13)	—
Sn	1E-1 *3)	—	2E-3～5E+0 *1)	—
Cs	5E-2	[2]	1E-2～1E+0 *1)	—
Pb	1E-2 *12)	—	3E-4～7E-2 *11)	—
Po	2E-4 *11)	—	2E-6～7E-3 *11)	—
Ra	4E-2 *12)	—	7E-5～8E-1 *11)	—
Ac	5E-4 *12)	—	1E-7～3E-3 *10)	—
Th	5E-4 *12)	—	1E-4～1E-3 *11)	—
Pa	4E-2 *12)	—	4E-4～4E+0 *11)	—
U	1E-4	[2]	2E-6～2E-2 *1)	—
Np	3E-4	[2]	3E-5～3E-2 *1)	—
Pu	1E-4	[2]	1E-5～1E-3	[3]
Am	1E-3	[2]	2E-7～5E-3 *1)	—
Cm	1E-3 *15)	—	2E-7～5E-3 *15)	—

【パラメータの概要】

土壌から農作物への核種の移行係数とは農作物中に蓄積される放射性核種濃度と、土壌に含まれる放射性核種の濃度の比で定義される。一般的には、農作物中の放射性核種濃度は播種から収穫までの期間に蓄積された総量から求められ、土壌については栽培期間中の土壌中の放射性核種濃度の平均値を用いることが多い。また、多くの文献で農作物中の核種濃度は可食部中における量を使用しており、牧草については農作物とは別途記載されている場合もある（文献［7]）。さらに文献［13］では土壌から農作物への移行係数の変動要因として土壌の性質の相違（無機成分、水分、有機物量、粒径組成、ｐＨ、酸化還元電位）等をあげ、より現実的なデータ取得のためにはスクリーニングが重要であるとしている。

【設定根拠】

*1) データがないため、他の農作物に対する値と等しいと仮定。

*2) 文献［1］～［11］でおよその一致が得られた値。

*3) 文献［2］,［3］,［5］でおよその一致が得られた値。

*4) 文献［1］～［11］の平均値。

*5) 標準値については文献によって大きな差異がみられるため、ここでの値は文献［1］～［11］の平均値。

*6) 標準値に一般的な幅を設定。

*7) データがないため、穀物に対する値と等しいと仮定。

*8) 文献［4］では茎および葉部に対する値の範囲を 2E-2～1E-1 としている。ここでは文献［3］の葉への値に比べて 1～2 オーダー低い値を設定。

*9) 穀物に対する値と等しいと仮定。

*10) 他の農作物に対する値に基づいた範囲。

*11) 他の農作物に対する値に等しいと仮定。

*12) 文献［1］および［2］に準拠。

*13) データがないため、標準値の±1 オーダーの範囲を仮定。

*14) 文献［12］の農作物の値を湿重量データに変換した値。

*15) 文献［1］，［2］および［4］に準拠。

【参考文献】

[1] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) : Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[2] Mitchell N G and Jones B (1987) : A review of soil-plant concentration ratios for use in the biosphere models ECOS and SECOS. ANS Technical Note 595-26.

[3] Jackson D (1984) : Derivation and ranges of aquatic organism and terrestrial plant data for use with the biosphere code ECOS. UKDoE Report No. DOE/RW/84.127.

[4] Coughtrey P J, Jackson D, Thorne M C (1983-85) : Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Volumes 1-6. AA Balkema, Rotterdam.

[5] Ashton J and Sumerling T J (1988) : Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[6] Grogan H A (1985) : Concentration Ratios for BIOPATH: Selection of Soil-to-Plant Concentration Ratio Database, Nagra Technical Report 85-16.

[7] IAEA (1982) : Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases. IAEA Safety Series No. 57, Vienna.

[8] International Union of Radioecologists (1985), IVth Report of the Workgroup on Soil-to-Plant Transfer Factors, Appendix A. Report prepared by RIVM, Netherlands.

[9] Klos R A, Smith K R, Smith G M (1989) : Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[10] Leigh C D, Thompson B M, Campbell J E, Longsine D E, Kennedy R A and Napier B A (1993) : User's guide for GENII-S: A code for statistical and deterministic simulations of radiation doses to humans from radionuclides in the environment. Sandia Report SAND91-0561.

[11] Simmonds J R and Crick M J (1982) : Transfer parameters for use in terrestrial foodchain models. National Radiological Protection Board, NRPB-M63, Chilton, UK.

[12] Wang Y-Y, Biwer B M and Yu C (1993) : A Compilation of Radionuclide Transfer Factors for the Plant, Meat, Milk and Aquatic Food Pathways and the Suggested Default Values for the RESRAD Code. Argonne National Laboratory Report ANL/EAIS/TM-103.

[13] 財団法人 原子力環境整備センター (1988) : 環境パラメータ・シリーズ 1 土壌から農作物への放射性物質の移行係数，昭和 63 年，RWMC-88-P-11.

表 3.26(1) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数:牛肉 ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	牛肉			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	5.4E-1	[1]	2.0E-4～5.4E-1	[1],[2],[10]
Zr	3.1E-3	[1]	5.0E-4～2.0E-1	[2],[5],[4]
Nb	2.0E-4 *1)	[6]	1.7E-4～2.5E-1	[1],[2],[4],[5]
Tc	6.0E-3	[1]	1.3E-6～1.0E-2	[3],[5],[9],[10]
Pd	7.1E-5	[1]	7.1E-5～1.0E-3	[1],[10]
Sn	1.9E-3	[1]	2.0E-4～1.0E-2	[2],[3],[10]
Cs	5.0E-2 *1)	[6]	2.0E-3～9.2E-2	[2],[3],[4],[5],[9],[10]
Pb	1.0E-2	[1]	1.0E-4～1.0E-2	[1],[2],[4],[9],[10]
Po	4.0E-3	[2]	4.0E-4～4.0E-2	[2],[4],[9],[10]
Ra	1.3E-3 *6)	[4]	2.0E-5～1.9E-2	[1],[2],[4],[9],[10]
Ac	1.6E-4	[1]	2.0E-6～1.6E-4	[1],[2],[10]
Th	2.7E-3	[1]	1.0E-4～2.7E-3	[1],[2],[10]
Pa	5.0E-5 *7)	[8]	2.6E-5～5.0E-3	[1],[2],[10]
U	6.9E-4	[1]	2.0E-4～3.0E-2	[2],[5],[9],[10],[11]
Np	1.2E-4	[1]	7.8E-6～5.0E-3	[2],[3],[7],[9],[10]
Pu	2.0E-4 *1)	[6]	5.0E-9～2.0E-4	[2],[3],[6],[9],[10]
Am	4.0E-4 *1)	[6]	2.0E-6～4.0E-4	[2],[3],[6],[9],[10]
Cm	9.8E-5	[1]	3E-6～5E-3	[10]

表 3.26(2) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数:羊肉 ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	羊肉			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.4E+0	[1]	3.0E-2～1.4E+0	[1],[2]
Zr	1.0E-2	[1]	1.0E-2～3.0E-1	[1],[2]
Nb	2.0E-3	[6]	2.0E-4～2.0E-2 *4)	—
Tc	8.6E-2	[1]	1.0E-2～5.0E+0	[2],[3]
Pd	1.0E-4	[1]	1.0E-5～1.0E-3 *4)	—
Sn	1.3E-2	[1]	3.0E-3～3.0E-2	[2]
Cs	3.0E-1 *1)	[6]	3.0E-2～4.6E-1	[1],[2],[4],[9]
Pb	8.8E-2	[1]	3.0E-3～8.8E-2	[1],[2]
Po	5.0E-2	[2]	5.0E-3～5.0E-1 *4)	—
Ra	9.9E-2	[1]	6.0E-3～9.9E-2	[1],[2]
Ac	4.7E-4	[1]	3.0E-5～3.0E-3	[2]
Th	1.3E-2	[1]	1.0E-3～6.0E-2	[2]
Pa	3.4E-4	[1]	3.4E-4～6.0E-2	[1],[2]
U	7.4E-3	[1]	2.1E-3～4.0E-1	[2],[11]
Np	1.4E-4	[1]	1.1E-4～6.0E-2	[2],[3]
Pu	1.0E-3 *1)	[6]	6.0E-8～1.0E-3	[2],[6]
Am	2.0E-3 *1)	[6]	3.0E-5～2.0E-3	[2],[6]
Cm	3.0E-4	[1]	3.0E-5～3.0E-3 *4)	—

表 3.26(3) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数：豚肉（$d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$）

元素	豚肉			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	7.2E-1	[1]	3.2E-1～7.2E-1	[1],[4]
Zr	3.5E-3	[1]	3.5E-4～3.5E-2 *4)	—
Nb	1.0E-3 *1)	[6]	5.5E-4～1.0E-3	[1],[6]
Tc	1.0E-4 *8)	[7],[9]	1.0E-4～3.0E-2	[1],[7],[9]
Pd	3.6E-5	[1]	3.6E-6～3.6E-4 *4)	—
Sn	4.4E-3	[1]	4.4E-4～4.4E-2 *4)	—
Cs	2.4E-1 *1)	[6]	3.0E-2～1.1E-0	[1],[4],[6],[9]
Pb	3.1E-2	[1]	3.1E-3～3.1E-1 *4)	—
Po	3.1E-2 *5)	—	3.1E-3～3.1E-1 *5)	—
Ra	3.5E-2	[1]	3.5E-3～3.5E-1 *4)	—
Ac	1.7E-4	[1]	1.7E-5～1.7E-3 *4)	—
Th	4.6E-3	[1]	4.6E-4～4.6E-2 *4)	—
Pa	1.1E-4	[1]	1.1E-5～1.1E-3 *4)	—
U	2.6E-3	[1]	2.6E-3～6.2E-2	[1],[4],[9]
Np	4.5E-5	[1]	4.5E-6～4.5E-4 *4)	—
Pu	8.3E-5	[1],[9]	4.0E-6～8.3E-5	[9]
Am	1.0E-3 *1)	[6]	1.2E-5～1.0E-3	[1],[6],[9]
Cm	9.9E-5	[1]	9.9E-6～9.9E-4 *4)	—

表 3.26(4) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数：鶏肉（$d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$）

元素	鶏肉			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	8.3+0	[1]	8.3E+0～9.0E+0	[1],[4],[9]
Zr	1.4E-1	[1]	1.4E-2～1.4E+0 *4)	—
Nb	4.0E-2	[6]	2.0E-3～4.0E-2	[1],[6],[4]
Tc	1.2E+0	[1]	6.0E-2～1.2E+0 *2)	[1],[4],[7],[9]
Pd	1.4E-3	[1]	1.4E-4～1.4E-2 *4)	—
Sn	1.8E-1	[1]	1.8E-2～1.8E+0 *4)	—
Cs	1.2E+1	[6]	3.0E-1～1.8E+1	[1],[4],[9]
Pb	1.2E+0	[1]	1.2E-1～1.2E+1	—
Po	1.2E+0 *5)	—	1.2E-1～1.2E+1 *5)	—
Ra	4.8E-1	[1]	4.8E-2～4.8E+0 *4)	—
Ac	6.6E-3	[1]	6.6E-4～6.6E-2 *4)	—
Th	1.8E-1	[1]	1.8E-2～1.8E+0 *4)	—
Pa	4.1E-3	[1]	4.1E-4～4.1E-2 *4)	—
U	1.0E-1	[1]	1.0E-1～1.2E+0	[1],[4],[9]
Np	1.7E-3	[1]	1.7E-4～1.7E-2 *4)	—
Pu	1.0E-1 *1)	[6]	1.9E-5～1.0E-1 *3)	[1],[4],[6],[9]
Am	1.0E-1 *1)	[6]	2.0E-5～1.0E-1	[1],[4],[9]
Cm	4.0E-3	[1]	4.0E-4～4.0E-2 *4)	—

表 3.26(5) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数：牛レバー ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	牛レバー			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.0E+1	[1]	6.0E-3～1.0E+1 *10)	[1],[2],[3],[5]
Zr	3.1E-3	[1]	8.9E-5～3.1E-3	[1],[3],[5]
Nb	1.7E-4	[1]	1.7E-4～3.0E+0	[1],[2]
Tc	2.1E-2	[1],[3]	2.1E-3～2.1E-1 *4)	—
Pd	9.8E-3	[1]	9.8E-4～9.8E-2 *4)	—
Sn	2.2E-2	[1]	2.0E-4～2.2E-2	[2],[3]
Cs	3.1E-2	[1]	7.0E-3～9.0E-2	[2]
Pb	8.1E-1	[11]	2.0E-4～1.3E+0	[1],[11],[5]
Po	1.1E-1	[11]	4.0E-4～1.6E-1	[2],[11]
Ra	1.9E-2	[1]	2.0E-5～1.9E-2	[1],[2],[5]
Ac	1.4E-1	[1]	2.0E-3～2.0E-1	[1],[2],[3]
Th	6.3E-2	[1]	9.0E-5～6.3E-2	[1],[2],[11]
Pa	1.1E-3	[1],[11]	6.0E-5～6.0E-3	[1],[2]
U	6.9E-4	[1]	6.9E-4～3.0E+2 *9)	[2]
Np	1.5E-2	[1]	2.0E-4～1.5E-2 *9)	[1],[2]
Pu	6.8E-2	[1]	2.0E-3～1.0E+0 *11)	[2],[6]
Am	6.8E-2	[1]	2.0E-3～5.3E-1 *11)	[2],[6]
Cm	3.2E-2	[1]	3.2E-3～3.2E-1 *4)	—

表 3.26(6) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数：鶏レバー ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	鶏レバー			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	7.6E+1	[1]	7.6E+0～7.6E+2 *4)	—
Zr	1.4E-1	[1]	1.4E-2～1.4E+0 *4)	—
Nb	2.2E-2	[1]	2.2E-3～2.2E-1 *4)	—
Tc	1.2E+0	[1]	1.2E-1～1.2E+1 *4)	—
Pd	9.8E-1	[1]	9.8E-2～9.8E+0 *4)	—
Sn	1.0E+0	[1]	1.0E-1～1.0E+1 *4)	—
Cs	1.2E+1	[1]	1.2E+0～1.2E+2 *4)	—
Pb	7.7E+1	[1]	7.7E+0～7.7E+2 *4)	—
Po	7.7E+1 *10)	—	7.7E+0～7.7E+2 *4)	—
Ra	4.8E-1	[1]	4.8E-2～4.8E+0 *4)	—
Ac	2.7E+0	[1]	2.7E-1～2.8E+1 *4)	—
Th	2.1E+0	[1]	2.1E-1～2.1E+1 *4)	—
Pa	1.1E+0	[1]	1.1E-2～1.1E+0 *4)	—
U	1.0E-1	[1]	1.0E-2～1.0E+0 *4)	—
Np	1.3E-1	[1]	1.3E-2～1.3E+0 *4)	—
Pu	1.4E+0	[1]	1.4E+0～1.4E+1	[1],[6]
Am	1.4E+0	[1]	1.4E+0～1.4E+1	[1],[6]
Cm	6.3E-1	[1]	6.3E-2～6.3E+0 *4)	—

表 3.26(7) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数:ミルク ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	ミルク			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	4.0E-3	[2]	1.0E-3～6.0E-2	[1],[2],[10],[13]
Zr	3.0E-5	[2]	3.0E-6～5.0E-4	[1],[2],[13]
Nb	2.0E-2	[2]	0.0E+0～2E-1	[1],[2]
Tc	7.5E-3	[1]	2.3E-5～4.0E-1 *12)	[1],[3],[7],[9],[10]
Pd	2.5E-4	[1]	2.5E-4～5.0E-3	[2],[10]
Sn	1.0E-3	[1],[2]	1E-4～1E-2	[1],[3],[8],[10]
Cs	8.0E-3	[6],[9]	1.0E-3～2.7E-2	[1],[3],[10]
Pb	3.0E-4	[2]	2.0E-5～4.0E-4	[1],[2],[10]
Po	3.0E-4	[2],[9]	2.0E-5～4.0E-4 *5)	[1],[9],[10]
Ra	1.3E-3 *1)	[8],[9]	9.0E-5～1.0E-2	[1],[2],[9],[10]
Ac	4.0E-7	[2]	4.0E-8～2.0E-5 *13)	[1],[2],[10]
Th	5.0E-6	[2]	5.0E-7～5.0E-4	[1],[2],[10]
Pa	5.0E-6	[1],[2]	5.0E-7～5.0E-4	[1],[8],[10]
U	4.0E-4	[2],[9]	4E-5～6E-4	[1],[9],[10]
Np	5.0E-6	[2],[9],[12]	5E-7～1E-4	[1],[3],[10]
Pu	5.0E-6	[1]	2E-9～1E-5 *14)	[1],[3],[6],[9],[10]
Am	5.0E-6	[1]	4E-8～5E-5	[3],[9],[10]
Cm	9.0E-6	[1]	9.0E-6～1.1E-4	[3]

表 3.26(8) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数:鶏卵 ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	鶏卵			
	標準値 *15)	Ref.	範囲 *15)	Ref.
Se	8.3E+0	[1]	8.3E+0～9.3E+0	[1],[4],[9]
Zr	1.4E-1	[1]	1.4E-2～1.4E+0 *4)	—
Nb	2.2E-2	[1]	3.0E-3～2.2E-2	[1],[4]
Tc	1.2E+0	[1]	1.2E+0～3.0E+0	[4],[9]
Pd	1.4E-3	[1]	1.4E-4～1.4E-2 *4)	—
Sn	1.8E-1	[1]	1.8E-2～1.8E+0 *4)	—
Cs	4.0E-1	[9]	6.0E-2～1.2E+1	[1],[4],[9]
Pb	1.2E+0	[1]	1.2E-1～1.2E+1 *4)	—
Po	1.2E+0 *5)	—	1.2E-1～1.2E+1 *5)	—
Ra	2.5E-1	[1]	2.5E-2～2.5E+0 *4)	—
Ac	1.6E-2	[1]	1.6E-3～1.6E-1 *4)	—
Th	1.8E-1	[1]	1.8E-2～1.8E+0 *4)	—
Pa	4.1E-3	[1]	4.1E-4～4.1E-2 *4)	—
U	1.0E-1	[1]	1.0E-1～1.0E+0	[1],[4],[9]
Np	1.7E-2	[1]	1.7E-3～1.7E-1 *4)	—
Pu	8.0E-3	[1]	3.3E-5～8.0E-3	[1],[4]
Am	3.9E-3	[1]	1.0E-3～9.0E-3	[1],[4],[9]
Cm	4.0E-2	[1]	4.0E-3～4.0E-1 *4)	—

【設定根拠】

*1) 文献［6］から引用。連続放出条件に基づくデータ。

*2) 放射性同位体の移行形態（例えば、注射又は飼料）に依存した値。

*3) データの範囲は放射性核種の化学形態に依存。

*4) データが無いため、データ範囲は標準値の±1 オーダーとして設定。

*5) データが無いため、アナログである Pb のデータから引用。

*6) 最近の文献調査結果をまとめた文献［8］の推奨値。

*7) 比較的最近の調査である文献［8］でもほとんどデータが無いため、文献［8］で推奨されている 5.0E-05 を採用。

*8) Tc-95m に基づく値。文献［7］では文献調査から Tc-99 の値を推定するのは困難であることが指摘されている。

*9) 文献［2］では、レバーに対する値は蓄牛の筋肉に対する値をアナログとして設定。

*10) 文献［5］から値は化合物の化学特性に依存する。例えば Se の単体、酸化物および水酸化物に対する値は 6.0E-02、その他すべての Se 化合物に対する値は 1.0E+00 としている。データ範囲の推奨値はこれらのデータをすべて包有するように設定している。

*11) 子牛や子羊のレバーについては大きくなる可能性がある（文献［6］参照）。

*12) 同位体によってデータは異なる（Tc-99, Tc-99m, Tc-95m）。

*13) 文献［1］における Am のデータに準拠。

*14) データ範囲が広いのは、被ばく期間の異なる試験データに基づく変化による。

*15) 卵全体ではなく、中身に対する値。

【参考文献】

[1] Ashton J and Sumerling T J (1988): Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[2] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988): Assessment of the Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[3] Coughtrey P J, Jackson D, Thorne M C (1983-85): Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Volumes 1-6. AA Balkema, Rotterdam.

[4] Ng Y C, Colsher C S and Thompson S E (1982) : Transfer coefficients for assessing the dose from radionuclides in meat and eggs. NUREG/CR-2976.

[5] Simmonds J R and Crick M J (1982) : Transfer parameters for use in terrestrial foodchain models. National Radiological Protection Board, NRPB-M63, Chilton, UK.

[6] Coughtrey P J (1990) : Radioactivity transfer to animal products. Commission of the European Communities, EUR 12608, Luxembourg.

[7] Bishop G P, Beetham C J and Cuff Y S (1989) : Review of literature for chlorine, technetium, iodine and neptunium. Nirex Safety Studies Report NSS/R193.

[8] Morgan J E and Beetham C J (1990) : Review of literature for radium, protactinium, tin and carbon. Nirex Safety Studies Report NSS/R220.

[9] IAEA/IUR (1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. Technical Reports Series No 364. IAEA, Vienna.

[10] Wang Y-Y, Biwer B M and Yu C (1993) : A Compilation of Radionuclide Transfer Factors for the Plant, Meat, Milk and Aquatic Food Pathways and the Suggested Default Values for the RESRAD Code. Argonne National Laboratory Report ANL/EAIS/TM-103.

[11] ICRP (1979-81) : Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Parts 1-3. ICRP Publication 30, Pergamon Press.

[12] Ng Y C (1982) : A review of transfer factors for assessing the dose from radionuclides in agricultural products. Nuclear Safety, Vol 23, No 1, pp57.

[13] Coughtrey P J and Thorne M C (1983) : Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems, Vol.3. A A Balkema, Rotterdam.

表 3.27(1) Weathering 率:根菜 (y^{-1})

元素	根菜			
	標準値 *1),*2)	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Zr	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Nb	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Tc	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pd	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Sn	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Cs	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pb	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Po	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Ra	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Ac	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Th	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pa	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
U	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Np	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pu	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Am	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Cm	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]

表 3.27(2) Weathering 率:葉菜 (y^{-1})

元素	葉菜			
	標準値 *1)	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Zr	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Nb	1.8E+1 *2)	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Tc	1.8E+1 *2)	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pd	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Sn	1.8E+1 *2)	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Cs	1.8E+1 *2)	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pb	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Po	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Ra	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Ac	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Th	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pa	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
U	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Np	5.1E+1 *2)	[1],[2]	3.0E+1～8.0E+1	[1]
Pu	5.1E+1	[1],[2]	3.0E+1～8.0E+1	[1]
Am	5.1E+1	[1],[2]	3.0E+1～8.0E+1	[1]
Cm	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]

表 3.27(3) Weathering 率:穀物 (y^{-1})

元素	穀物			
	標準値 *1)	Ref.	範囲	Ref.
Se	8.4E+0	[1]	—	—
Zr	8.4E+0	[1]	—	—
Nb	8.4E+0	[1],[2]	—	—
Tc	8.4E+0	[1],[2]	—	—
Pd	8.4E+0	[1]	—	—
Sn	8.4E+0	[1],[2]	—	—
Cs	8.4E+0	[1],[2]	—	—
Pb	8.4E+0	[1]	—	—
Po	8.4E+0	[1]	—	—
Ra	8.4E+0	[1]	—	—
Ac	8.4E+0	[1]	—	—
Th	8.4E+0	[1]	—	—
Pa	8.4E+0	[1]	—	—
U	8.4E+0	[1],[2]	—	—
Np	5.1E+1	[1],[2]	3.0E+1～8.0E+1	[1]
Pu	5.1E+1	[1],[2]	3.0E+1～8.0E+1	[1]
Am	5.1E+1	[1],[2]	3.0E+1～8.0E+1	[1]
Cm	8.4E+0	[1]	—	—

表 3.27(4) Weathering 率:牧草 (y^{-1})

元素	牧草			
	標準値 *2)	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Zr	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Nb	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Tc	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pd	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Sn	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Cs	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pb	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Po	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Ra	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Ac	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Th	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pa	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
U	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Np	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pu	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Am	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Cm	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]

表 3.27(5) Weathering 率：牧草（y^{-1}）

元素	米			
	標準値 *3)	Ref.	範囲 *3)	Ref.
Se	8.4E+0	—	—	—
Zr	8.4E+0	—	—	—
Nb	8.4E+0	—	—	—
Tc	8.4E+0	—	—	—
Pd	8.4E+0	—	—	—
Sn	8.4E+0	—	—	—
Cs	8.4E+0	—	—	—
Pb	8.4E+0	—	—	—
Po	8.4E+0	—	—	—
Ra	8.4E+0	—	—	—
Ac	8.4E+0	—	—	—
Th	8.4E+0	—	—	—
Pa	8.4E+0	—	—	—
U	8.4E+0	—	—	—
Np	5.1E+1	—	3.0E+1～8.0E+1	—
Pu	5.1E+1	—	3.0E+1～8.0E+1	—
Am	5.1E+1	—	3.0E+1～8.0E+1	—
Cm	8.4E+0	—	—	—

表 3.27(6) Weathering 率：果物（y^{-1}）

元素	果物			
	標準値 *4)	Ref.	範囲 *4)	Ref.
Se	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Zr	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Nb	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Tc	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Pd	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Sn	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Cs	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Pb	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Po	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Ra	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Ac	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Th	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Pa	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
U	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—
Np	5.1E+1	—	3.0E+1～8.0E+1	—
Pu	5.1E+1	—	3.0E+1～8.0E+1	—
Am	5.1E+1	—	3.0E+1～8.0E+1	—
Cm	1.8E+1	—	9.0E+0～3.0E+1	—

【パラメータの概要】

Weathering rate は農作物表面に沈着／吸着した放射性核種が様々な要因（ここでは風雨）により時間とともに変化してゆき、初期濃度の 1/2 になるのに必要な時間（Weathering 半減期 $(T_{0.5w})$：ただし、物理的半減期を除く）を表している。このパラメータは農作物の葉面の物理・化学的特性や、環境条件に左右される（文献［3］，[4]）。なお、国内の指針では評価全核種について I-131 の値（14 日）で評価。

【設定根拠】

*1) 式 $a(t) = a_0 \exp\left(\frac{\ln 2t}{T_{0.5w}}\right)$ における Weathering 半減期 $(T_{0.5w})$から得られた値。

*2) 文献［2］では全評価核種および全農作物について 1.8E+01（y^{-1}）を推奨（I-131 の値）。より適切なデータが無いため、本評価ではこの値を採用。

*3) データが無いため、穀物データに準拠。

*4) 文献［1］および［2］では果物に対するデータは無いため、葉菜のデータに準拠。

【参考文献】

[1] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) : Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[2] Simmonds J R and Crick M J (1982) : Transfer parameters for use in terrestrial foodchain models. National Radiological Protection Board, NRPB-M63, Chilton, UK.

[3] Watkins B M (1990) : Interception, retention, absorption and translocation of radionuclides by vegetation following application in irrigation waters. Nirex Safety Studies Report NSS/R221.

[4] Yoichiro Ohmomo (1992) : Terrestrial Radioecology – Models and parameters on the transfer of radionuclides to crios, Radioisotopes, 41, 218-227.

表 3.28(1) 転流割合(Translocation Fraction):根菜

元素	根菜			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	6.8E-2	[1]	6.8E-2～1.0E-1	[1],[3]
Zr	5.3E-1	[1]	1.0E-2～5.3E-1	[1],[3]
Nb	5.3E-1	[1]	1.0E-2～5.3E-1	[1],[3]
Tc	1.1E-1	[1]	1.1E-2～1.1E+0 *1)	—
Pd	3.9E-2	[1]	3.9E-3～3.9E-1 *1)	—
Sn	2.2E-1	[1]	2.2E-2～2.2E+0 *1)	—
Cs	3.0E-1	[1]	1.0E-1～8.5E-1	[1],[2],[3]
Pb	2.2E-1	[1]	2.2E-2～2.2E+0 *1)	—
Po	2.2E-1 *8)	—	2.2E-2～2.2E+0 *8)	—
Ra	9.9E-2	[3]	1.0E-2～9.9E-2	[1],[3]
Ac	2.9E-1	[1]	2.9E-2～2.9E+0 *1)	—
Th	2.9E-1	[1]	2.9E-2～2.9E+0 *1)	—
Pa	2.9E-1	[1]	2.9E-2～2.9E+0 *1)	—
U	4.3E-2	[1]	4.3E-2～1.0E-1	[1],[3]
Np	2.9E-1	[1]	0.0E+0～2.9E-1 *4)	[1],[3]
Pu	4.3E-2	[1]	0.0E+0～4.3E-2 *4)	[1],[3]
Am	2.9E-1	[1]	0.0E+0～2.9E-1 *4)	[1],[3]
Cm	1.1E-1 *12)	[1]	0.0E+0～1.1E-1	[1],[3],[5]

表 3.28(2) 転流割合(Translocation Fraction):葉菜

元素	葉菜			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	3.0E-1 *6)	[1]	3.0E-1～8.0E-1	[1],[3]
Zr	1.3E-1 *11)	[1]	1.3E-2～1.E+0 *1)	—
Nb	5.2E-1 *2)	[1]	1.0E-2～5.2E-1	[1]
Tc	2.8E-1 *2)	[1]	1.0E-1～2.8E-1	[1]
Pd	3.7E-1	[1]	3.7E-2～3.7E+0 *1)	—
Sn	2.2E-1	[1]	2.2E-2～2.2E+0 *1)	—
Cs	1.9E-1	[1]	1.9E-2～1.9E+0 *1)	—
Pb	2.2E-1 *5)	[1]	2.2E-2～2.2E+0 *1)	—
Po	2.2E-1 *8)	—	2.2E-2～2.2E+0 *8)	—
Ra	1.8E-1 *5)	[1]	1.8E-2～1.8E+0 *1)	—
Ac	4.5E-1 *5)	[1]	4.5E-2～4.5E+0 *1)	—
Th	3.8E-2 *7)	[1]	3.8E-3～3.8E-1 *1)	—
Pa	4.5E-1 *5)	[1]	4.5E-2～4.5E+0 *1)	—
U	3.6E-1	[1]	3.6E-2～3.6E+0 *1)	—
Np	4.5E-1	[1]	4.5E-2～4.5E+0 *1)	—
Pu	3.6E-1	[1]	3.6E-2～3.6E+0 *1)	—
Am	2.8E-1	[1]	2.0E-2～2.8E-1	[2]
Cm	2.7E-1 *13)	[1]	2.7E-2～2.7E+0 *1)	—

表 3.28(3) 転流割合(Translocation Fraction):穀物

元素	穀物			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.3E-1	[1]	1.3E-1～7.0E-1	[1],[3]
Zr	5.6E-2	[1]	5.6E-3～5.6E-1 *1)	—
Nb	5.6E-2	[1]	5.6E-3～5.6E-1	—
Tc	1.2E-1	[1]	1.2E-2～1.2E+0 *1)	—
Pd	1.7E-1	[1]	1.7E-2～1.7E+0 *1)	—
Sn	1.0E-1	[1]	1.0E-2～1.0E+0 *1)	—
Cs	8.8E-2	[1]	0.0E+0～4.0E-1 *3)	[2],[4]
Pb	1.0E-1	[1]	1.0E-2～1.0E+0 *1)	—
Po	1.0E-1 *8)	—	1.0E-2～1.0E+0 *8)	—
Ra	8.0E-2	[1]	8.0E-3～8.0E-1 *1)	—
Ac	2.0E-1	[1]	2.0E-2～2.0E+0 *1)	—
Th	1.3E-1	[1]	1.3E-2～1.3E+0 *1)	—
Pa	2.0E-1	[1]	2.0E-2～2.0E+0 *1)	—
U	1.6E-1	[1]	1.6E-2～1.6E+0 *1)	—
Np	2.0E-1	[1]	2.0E-2～2.0E+0 *1)	—
Pu	1.6E-1	[1]	1.6E-2～1.6E+0 *1)	—
Am	1.3E-1	[1]	3.0E-2～1.3E-1	[2]
Cm	2.0E-1	[2]	2.0E-2～2.0E+0 *1)	—

表 3.28(4) 転流割合(Translocation Fraction):牧草

元素	牧草			
	標準値 *9)	Ref.	範囲 *9)	Ref.
Se	3.0E-1	—	3.0E-1～8.0E-1	—
Zr	1.3E-1	—	1.3E-2～1.3E+0	—
Nb	5.2E-1	—	1.0E-2～5.2E-1	—
Tc	2.8E-1	—	1.0E-1～2.8E-1	—
Pd	3.7E-1	—	3.7E-2～3.7E+0	—
Sn	2.2E-1	—	2.2E-2～2.2E+0	—
Cs	1.9E-1	—	1.9E-2～1.9E+0	—
Pb	2.2E-1	—	2.2E-2～2.2E+0	—
Po	2.2E-1	—	2.2E-2～2.2E+0	—
Ra	1.8E-1	—	1.8E-2～1.8E+0	—
Ac	4.5E-1	—	4.5E-2～4.5E+0	—
Th	3.8E-2	—	3.8E-3～3.8E-1	—
Pa	4.5E-1	—	4.5E-2～4.5E+0	—
U	3.6E-1	—	3.6E-2～3.6E+0	—
Np	4.5E-1	—	4.5E-2～4.5E+0	—
Pu	3.6E-1	—	3.6E-2～3.6E+0	—
Am	2.8E-1	—	2.0E-2～2.8E-1	—
Cm	2.7E-1	—	2.7E-2～2.7E+0	—

表 3.28(5) 転流割合(Translocation Fraction):米

元素	米			
	標準値 *10)	Ref.	範囲 *10)	Ref.
Se	1.3E-1	—	1.3E-1～7.0E-1	—
Zr	5.6E-2	—	5.6E-3～5.6E-1	—
Nb	5.6E-2	—	5.6E-3～5.6E-1	—
Tc	1.2E-1	—	1.2E-2～1.2E+0	—
Pd	1.7E-1	—	1.7E-2～1.7E+0	—
Sn	1.0E-1	—	1.0E-2～1.0E+0	—
Cs	8.8E-2	—	0.0E+0～4.0E-1	—
Pb	1.0E-1	—	1.0E-2～1.0E+0	—
Po	1.0E-1	—	1.0E-2～1.0E+0	—
Ra	8.0E-2	—	8.0E-3～8.0E-1	—
Ac	2.0E-1	—	2.0E-2～2.0E+0	—
Th	1.3E-1	—	1.3E-2～1.3E+0	—
Pa	2.0E-1	—	2.0E-2～2.0E+0	—
U	1.6E-1	—	1.6E-2～1.6E+0	—
Np	2.0E-1	—	2.0E-2～2.0E+0	—
Pu	1.6E-1	—	1.6E-2～1.6E+0	—
Am	1.3E-1	—	3.0E-2～1.3E-1	—
Cm	2.0E-1	—	2.0E-2～2.0E+0	—

表 3.28(6) 転流割合(Translocation Fraction):果物

元素	果物			
	標準値 *4)	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.2E-1	[1]	1.2E-2～1.2E+0 *1)	—
Zr	6.2E-2	[1]	6.2E-3～6.2E-1 *1)	—
Nb	6.2E-2	[1]	6.2E-3～6.2E-1 *1)	—
Tc	1.2E-1	[1]	1.2E-2～1.2E+0 *1)	—
Pd	1.6E-1	[1]	1.6E-2～1.6E+0 *1)	—
Sn	1.1E-1	[1]	1.1E-2～1.1E+0 *1)	—
Cs	9.8E-2	[1]	9.8E-3～9.8E-1 *1)	—
Pb	1.1E-1	[1]	1.1E-2～1.1E+0 *1)	—
Po	1.1E-1 *8)	—	1.1E-2～1.1E+0 *8)	—
Ra	7.3E-2	[1]	7.3E-3～7.3E-1 *1)	—
Ac	2.1E-1	[1]	2.1E-2～2.1E+0 *1)	—
Th	1.3E-1	[1]	1.3E-2～1.3E+0 *1)	—
Pa	2.1E-1	[1]	2.1E-2～2.1E+0 *1)	—
U	1.9E-1	[1]	1.9E-2～1.9E+0 *1)	—
Np	2.1E-1	[1]	2.1E-2～2.1E+0 *1)	—
Pu	1.9E-1	[1]	1.9E-2～1.9E+0 *1)	—
Am	1.3E-1	[1]	2.5E-2～1.3E-1	[2]
Cm	2.1E-1	[2]	2.1E-2～2.1E+0 *1)	—

【パラメータについての概要】

Translocation（転流）は、大気中あるいは灌漑による灌漑水中から農作物葉面に付着した放射性核種のうちの一部が農作物中の可食部に蓄積することで、地表単位面積当たりの作物葉面に付着する放射性核種の量は農作物が小さい生育段階では葉面積が小さいため少ないことが予測できるが、最繁期にはほとんど地表を葉で覆いつくす農作物もあり、農作物の生長にともなって葉面付着量は急激に増加する。海外において放射性核種の農作物葉面への付着量および葉面からの降雨等による除染率を試験的に求める試みは行われているが、実際の農作物において各種の作物に付着した放射性核種量と可食部に蓄積された放射性核種量を求めようとする試験は極めて少ない。なお、国内の軽水炉指針（文献［6］）あるいは米国の指針（文献［7］）では葉面に付着した放射性核種は全量が可食部に移行するという保守側の値を採用している。また、国内での数少ない試験結果では（文献［8］）、核種によってその割合は異なるものの、葉面に付着した核種は葉に最も高濃度、蓄積される可能性を示唆しており、このことから葉菜に比べると根菜あるいは果物について転流の割合は低くなると考えられる。

【設定根拠】

*1) データが無いため、範囲を標準値の±1 オーダーと仮定。

*2) 葉菜については文献［1］での豆科植物に対する値よりも保守的に設定。

*3) 小麦に対するデータ。ただし、当該値は収穫前の汚染時期および小麦の種類に依存。

*4) 文献［1］で草木果物に対して設定された値。

*5) 文献［1］での豆科植物に対する値を設定。

*6) 文献［1］で豆科植物に対して与えられている値は 7.4E-02。

*7) 文献［1］で豆科植物に対して与えられている値は 2.8E-01。

*8) アナログである Pb に準拠。

*9) データが無いため、葉菜に準拠して標準値を設定。データ範囲は、葉菜に関する範囲を採用。

*10) データが無いため、穀物データに準拠して設定。

*11) 文献［1］で豆科植物に対して与えられている値は 5.2E-01。

*12) 文献［1］で芋類に対して与えられている値は 2.9E-01。

【参考文献】

[1] Ashton J and Sumerling T J (1988) : Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[2] Coughtrey P J, Jackson D, Thorne M C (1983-85) : Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems: A Compendium of Data, Volumes 1-6. AA Balkema, Rotterdam.

[3] Simmonds J R and Crick M J (1982) : Transfer parameters for use in terrestrial foodchain models. National Radiological Protection Board, NRPB-M63, Chilton, UK.

[4] Simmonds J R, Brown J, Pröhl G, Müller H, Paretzke H G (1990) : The Use of Food-Chain Model Results in ACA Codes in Proc. Seminar on Methods of Codes for Assessing the Off-Site Consequences of Nuclear Accidents, Athens 7-11 May 1990, CEC Report EUR 13013, pp209-224.

[5] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) . Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[6] 原子力安全員会 (1975) :「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」, 昭和 50 年 5 月 13 日

[7] U.S.Nuclear Regulatory Commission (1977) : REGULATORY GUIDE 1.109, Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Eveluating Compliance with 10 CFR Part 50, Appendix I, (Rev.1) .

[8] 柳沢啓 : 放射性核種の葉面吸収と転流 (1987) : 放射性物質の農作物への移行－放医研環境セミナーシリーズ No.13－大桃洋一郎, 田中義一郎 (編), 実業公報社, 昭和 62 年 発行

表 3.29(1) 調理時ロス:根菜

元素	根菜			
	標準値 *1)	Ref.	範囲	Ref.
Se	0.0E+0	[1]	*8)	—
Zr	0.0E+0	[1]	*8)	—
Nb	0.0E+0	[1]	*8)	—
Tc	0.0E+0	[1]	*8)	—
Pd	0.0E+0	[2]	*8)	—
Sn	0.0E+0	[1]	*8)	—
Cs	0.0E+0	[1]	*8)	—
Pb	0.0E+0	[1]	*8)	—
Po	0.0E+0	[1]	*8)	—
Ra	0.0E+0	[1]	*8)	—
Ac	0.0E+0	[1]	*8)	—
Th	0.0E+0	[1]	*8)	—
Pa	0.0E+0	[1]	*8)	—
U	0.0E+0	[1]	*8)	—
Np	0.0E+0	[1]	*8)	—
Pu	0.0E+0	[1]	*8)	—
Am	0.0E+0	[1]	*8)	—
Cm	0.0E+0	[2]	*8)	—

表 3.29(2) 調理時ロス:葉菜

元素	葉菜			
	標準値 *2)	Ref.	範囲	Ref.
Se	9.0E-1	[1],[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Zr	9.0E-1	[1],[2]	— *9)	—
Nb	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Tc	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Pd	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Sn	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Cs	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1 *7)	[3]
Pb	9.0E-1	[1],[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Po	9.0E-1	[1],[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Ra	9.0E-1	[1],[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Ac	9.0E-1	[1],[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Th	9.0E-1	[1],[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Pa	9.0E-1	[1],[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
U	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Np	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Pu	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Am	9.0E-1	[2]	7.0E-1～9.5E-1	[3]
Cm	9.0E-1	[1],[2]	— *9)	—

表 3.29(3) 調理時ロス:穀物

元素	穀物			
	標準値 *3),*4)	Ref.	範囲	Ref.
Se	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Zr	8.5E-1	[1],[2]	— *10)	—
Nb	8.5E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Tc	5.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Pd	8.5E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Sn	8.5E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Cs	5.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Pb	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Po	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Ra	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Ac	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Th	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Pa	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
U	8.5E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Np	9.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Pu	9.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Am	9.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	[3]
Cm	8.5E-1	[1],[2]	— *10)	—

表 3.29(4) 調理時ロス:米

元素	米			
	標準値. *5)	Ref.	範囲 *5)	Ref.
Se	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Zr	8.5E-1	[1],[2]	— *10)	—
Nb	8.5E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Tc	5.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Pd	8.5E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Sn	8.5E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Cs	5.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Pb	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Po	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Ra	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Ac	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Th	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Pa	8.5E-1	[1],[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
U	8.5E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Np	9.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Pu	9.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Am	9.0E-1	[2]	5.0E-1～9.0E-1	—
Cm	8.5E-1	[1],[2]	— *10)	—

表 3.29(5) 調理時ロス：果物

元素	果物			
	標準値. *6)	Ref.	範囲 *6)	Ref.
Se	0.0E+0	—	—	—
Zr	0.0E+0	—	—	—
Nb	0.0E+0	—	—	—
Tc	0.0E+0	—	—	—
Pd	0.0E+0	—	—	—
Sn	0.0E+0	—	—	—
Cs	0.0E+0	—	—	—
Pb	0.0E+0	—	—	—
Po	0.0E+0	—	—	—
Ra	0.0E+0	—	—	—
Ac	0.0E+0	—	—	—
Th	0.0E+0	—	—	—
Pa	0.0E+0	—	—	—
U	0.0E+0	—	—	—
Np	0.0E+0	—	—	—
Pu	0.0E+0	—	—	—
Am	0.0E+0	—	—	—
Cm	0.0E+0	—	—	—

【設定根拠】

*1) 汚染物質の調理によるロスの割合は根菜の皮を除去しているか否か、あるいは熱を用いた料理であるか否かに依存するが、文献［1］では調理時ロスは保守的に無しと設定。

*2) 外側の葉を取り除くことで（例えば、キャベツ、サラダ用野菜）、汚染物質の残留割合はかなり低減する。

*3) すべての元素に関して、調理方法の相違が放射能のロス割合に影響する可能性がある（例えば、加熱・漂白・酢／塩漬け）。

*4) 外側の汚染は製粉・精白・精製から除去される。

*5) データが無いため、穀物に対する値と同じと仮定。

*6) データが無いため、保守的に調理時ロスは無しと仮定。

*7) ほうれん草およびエンドウ豆に関するデータのみに依拠。ただし、ほうれん草に比べエンドウ豆は汚染の除去率は低い。

*8)（例えば、皮むき・調理等による）汚染の除去割合を最大 20%と仮定して範囲を設定することが可能。

*9)（例えば、皮むき・調理等による）汚染の除去割合を最大 90%と仮定して範囲を設定することが可能。

*10)（例えば、皮むき・調理等による）汚染の除去割合を最大 85%と仮定して範囲を設定することが可能。

【参考文献】

[1] Simmonds J R and Crick M J (1982) : Transfer parameters for use in terrestrial foodchain models. National Radiological Protection Board, NRPB-M63, Chilton, UK.

[2] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) : Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[3] CEC (1990) : Proceedings of the Seminar on methods and codes for assessing the off-site consequences of nuclear accidents, Athens. EUR 13013, Luxembourg.

表 3.30 エアロゾルにおける濃縮係数

元素	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Zr	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Nb	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Tc	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Pd	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Sn	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Cs	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Pb	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Po	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Ra	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Ac	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Th	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Pa	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
U	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Np	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Pu	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Am	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Cm	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]

【参考文献】

[1] Eakins J D, Lally A E, Burton P J, Kilworth D R and Pratley F A (1982) : Studies in Environmental Radioactivity in Cumbria: Part 5, The Magnitude and Mechanism of Enrichment of Sea Spray with Actinides in West Cumbria. Harwell, UKAEA Report AERE-R10127.

3.5 評価結果

「河川堆積層放出ケース」についての解析結果を示す。

3.5.1 被ばく線量の経時変化

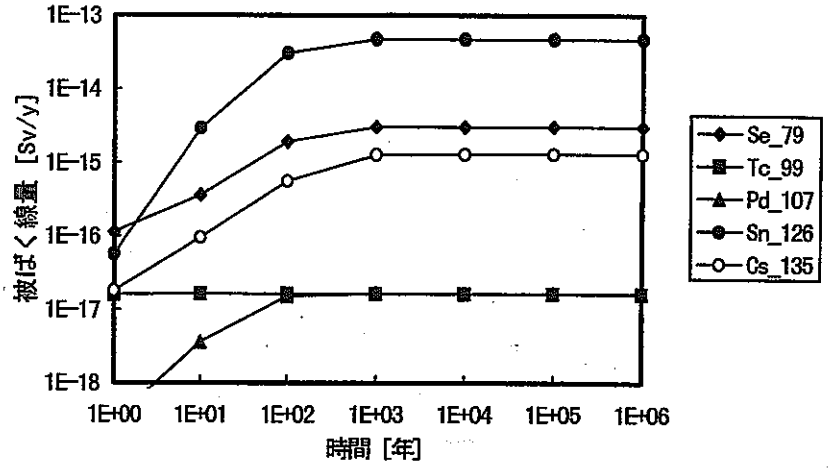
放射性核種が単位フラックス（$1\ Bq \cdot y^{-1}$）で定常的に河川堆積層に放出された場合の被ばく線量（$Sv \cdot y^{-1}$）の経時変化を解析する。

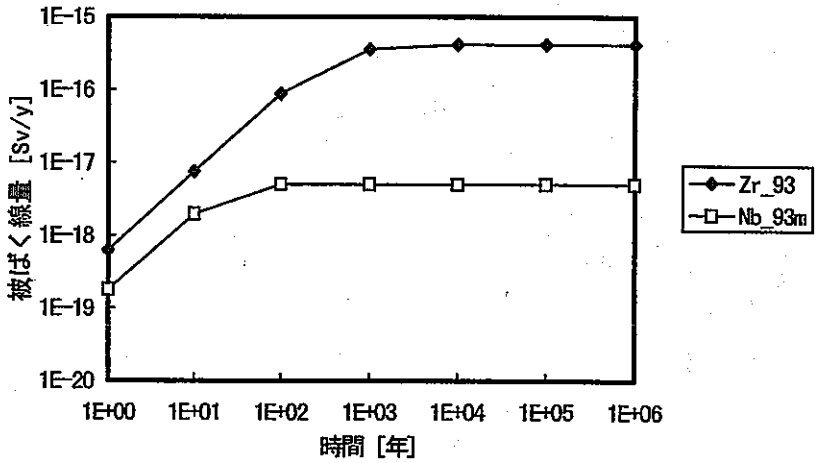
解析結果の一例として、河川堆積層放出ケースにおける農作業被ばくグループに係る全被ばく経路における被ばく線量の経時変化を図 3.6 に示す。図 3.6 から単位フラックスによる被ばく線量への応答は核種に応じて早いもので約 10 年後、また、ほとんどの核種が遅くとも約1×10^{6}年後には定常状態に達していることがわかる。この結果から河川堆積層放出ケースの場合、生物圏における被ばく線量が定常状態となる応答は1×10^{6}年後として、地圏から生物圏への被ばく線量への換算係数を算定するものとする。

3.5.2 線量への換算係数

第 3.5.1 項で設定した被ばく線量が定常状態となる応答（1×10^{6}年後）を用いて、河川堆積層への放出に関する線量への換算係数（$Sv \cdot Bq^{-1}$）を算出する。

図 3.7～図 3.28 ならびに表 3.31 および表 3.32 に河川堆積層放出ケースに係る各被ばく経路ごとの線量への換算係数、各被ばくグループでの線量への換算係数および全被ばくグループの線量への換算係数の合計値を示す。また、図 3.29 に各被ばくグループでの線量への換算係数の比較結果を示す。この結果、多くの核種について農作業による被ばくグループの寄与が高い。ただし、Ra-228、Th-228、Pa-233 等の一部の核種については淡水漁業による被ばくグループの寄与が高い結果となっている。これは、地圏から流入した核種の収着から河川堆積層中の核種濃度が高くなったことによると考えられる。また、農作業による被ばくグループの寄与が高い理由としては、河川堆積層へ核種が収着することで表面土壌への移行プロセス（浚渫＋蛇行）の影響が大きいことを示している。一例として本ケースにおける評価対象核種の中で線量への換算係数が高く（図 3.29）、また半減期も比較的長い（1.41×10^{10}［年］）Th-232 について線量への換算係数に対する各被ばくグループの寄与を図 3.30 に示す。





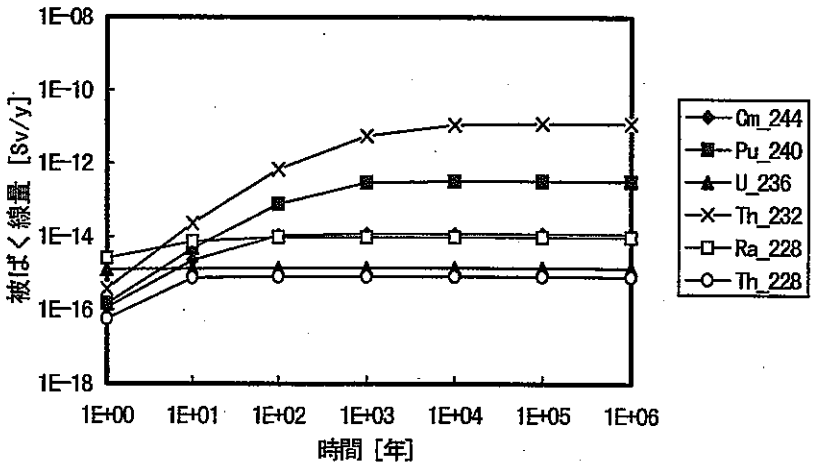
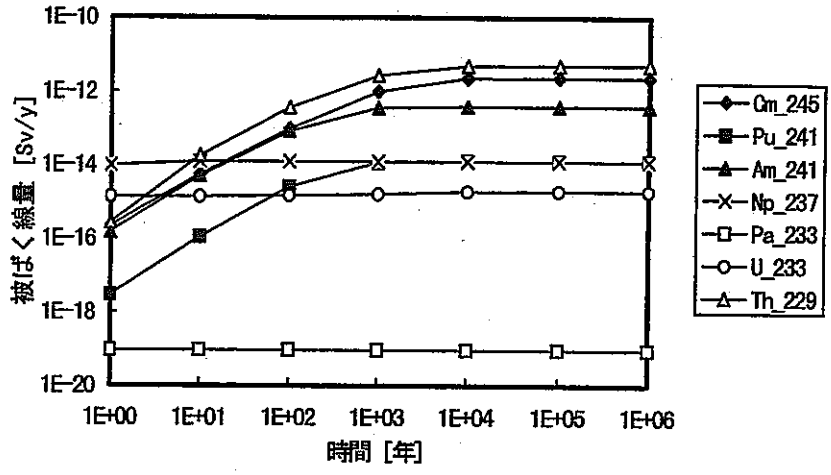
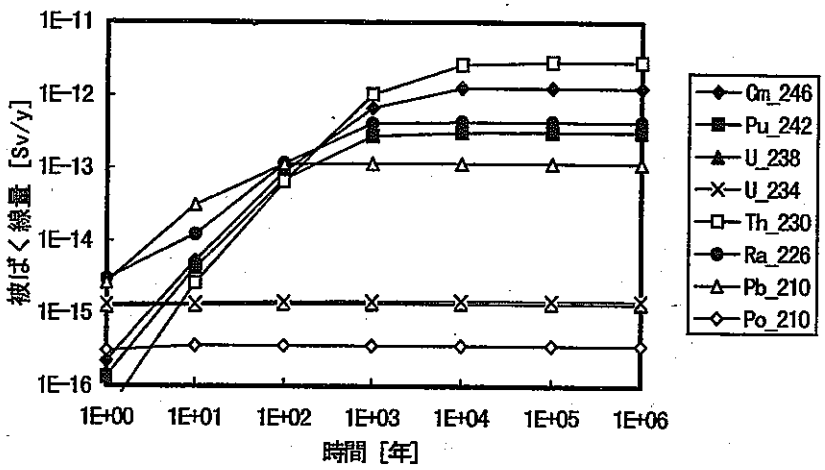


図 3.6 被ばく線量の経時変化(農作業被ばくグループの合計被ばく線量) (1/2)





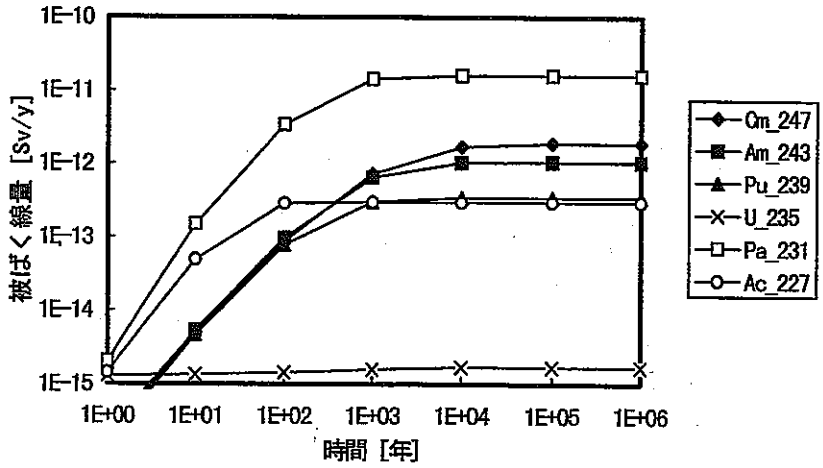


図 3.6 被ばく線量の経時変化(農作業被ばくグループの合計被ばく線量) (2/2)

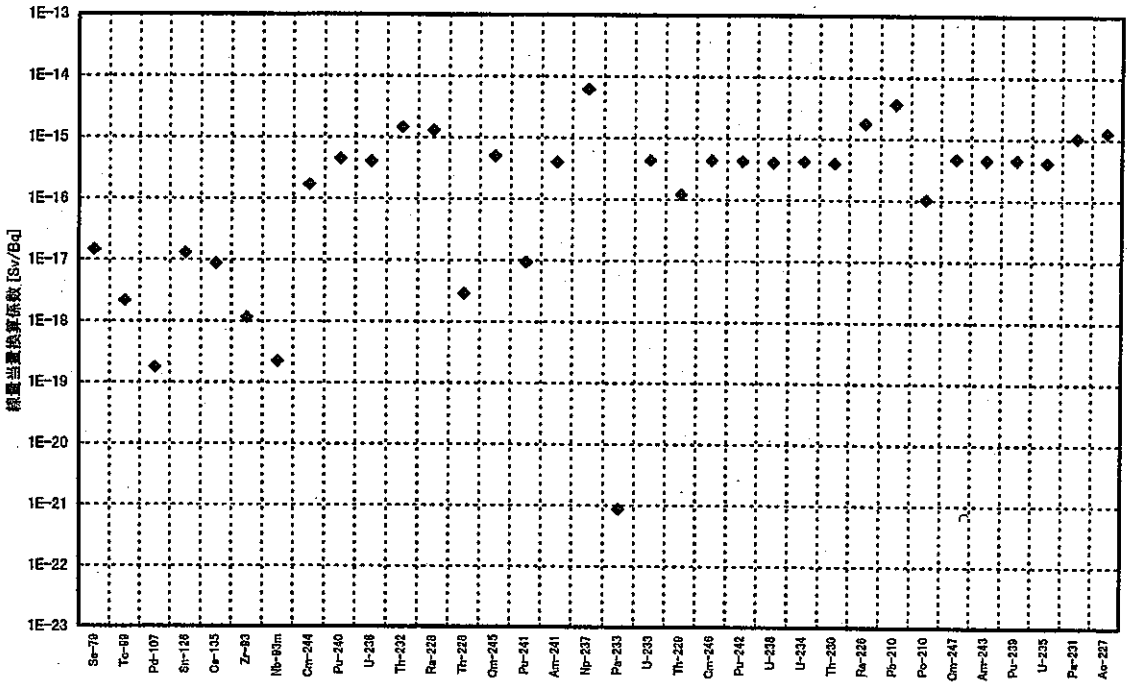


図 3.7 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(河川水の飲用による被ばく)

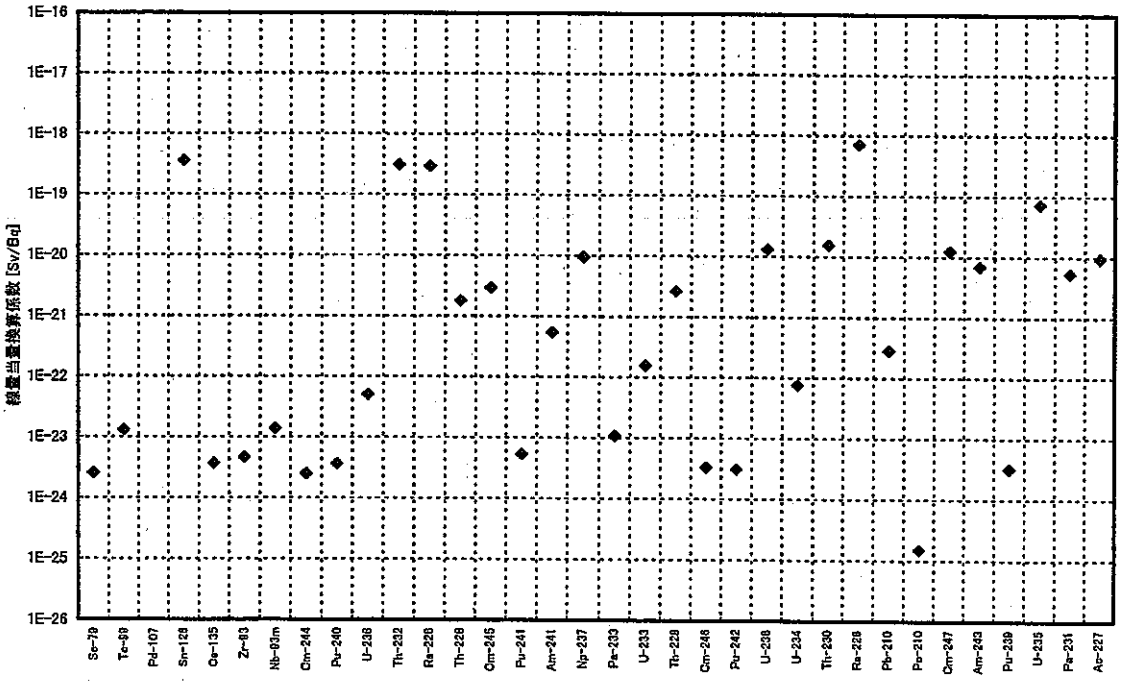


図 3.8 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(河川水からの外部被ばく)

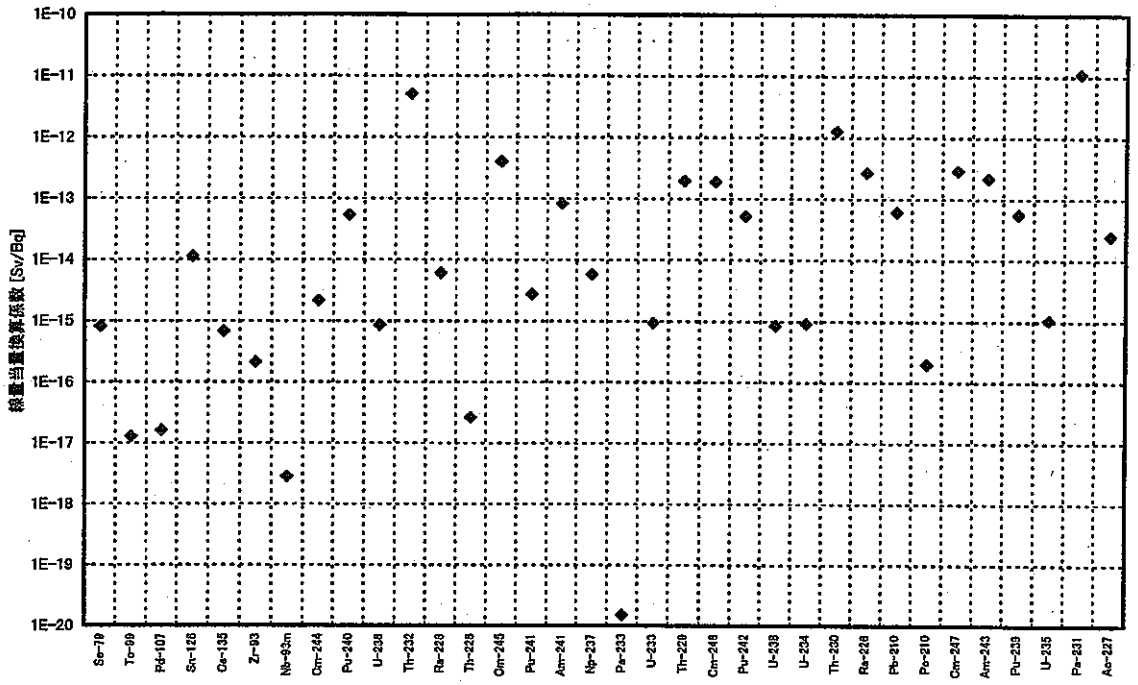


図 3.9 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(農産物の摂取による被ばく)

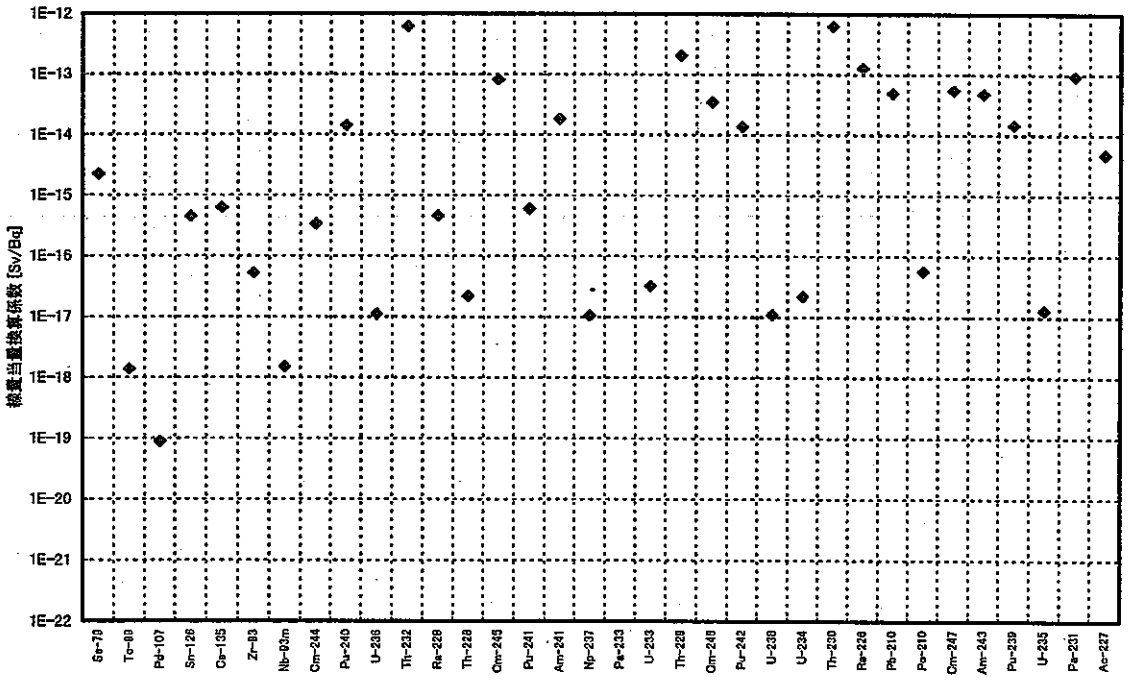


図 3.10 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(畜産物の摂取による被ばく)

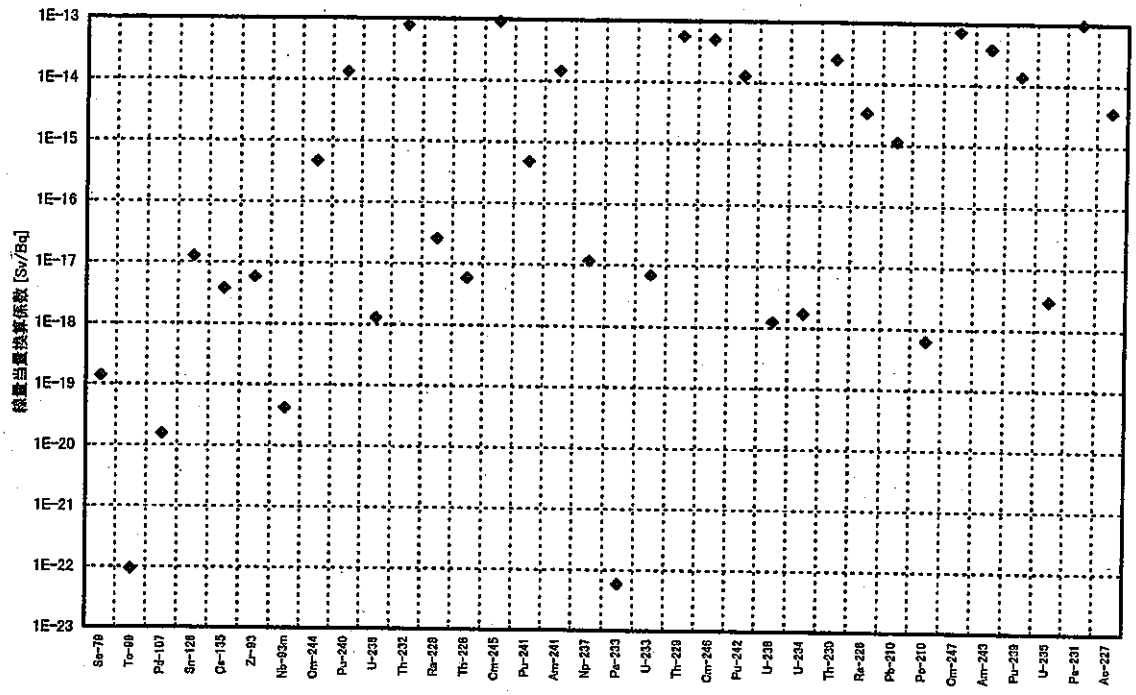


図 3.11 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(土壌の摂取による被ばく)

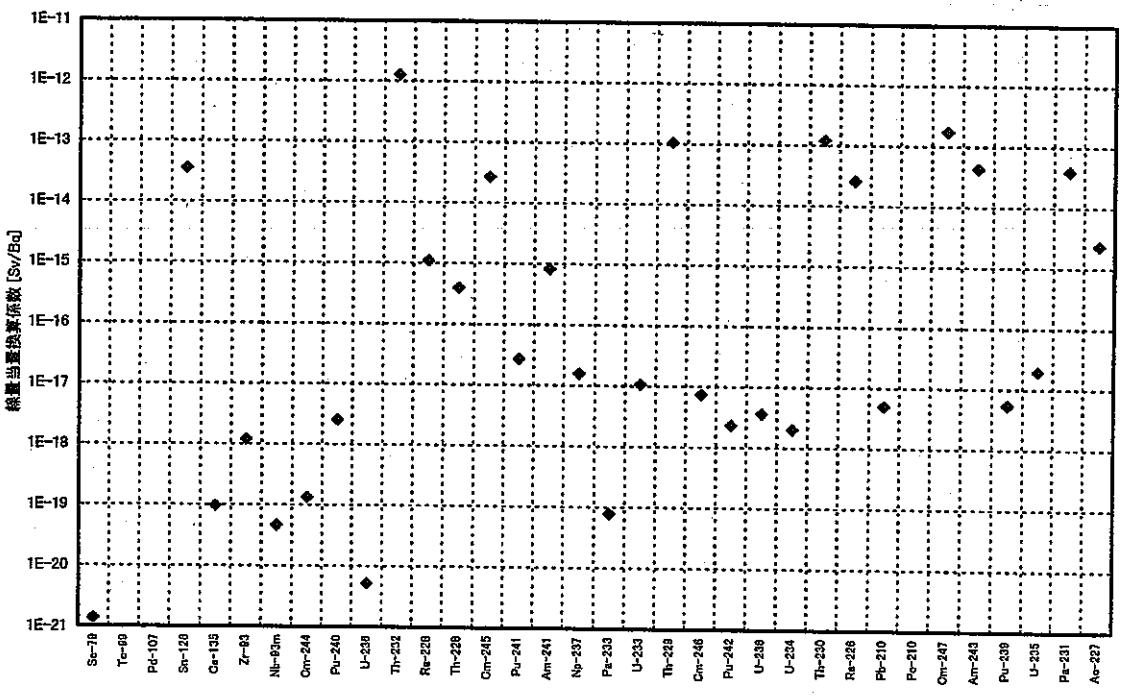


図 3.12 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(土壌からの外部被ばく)

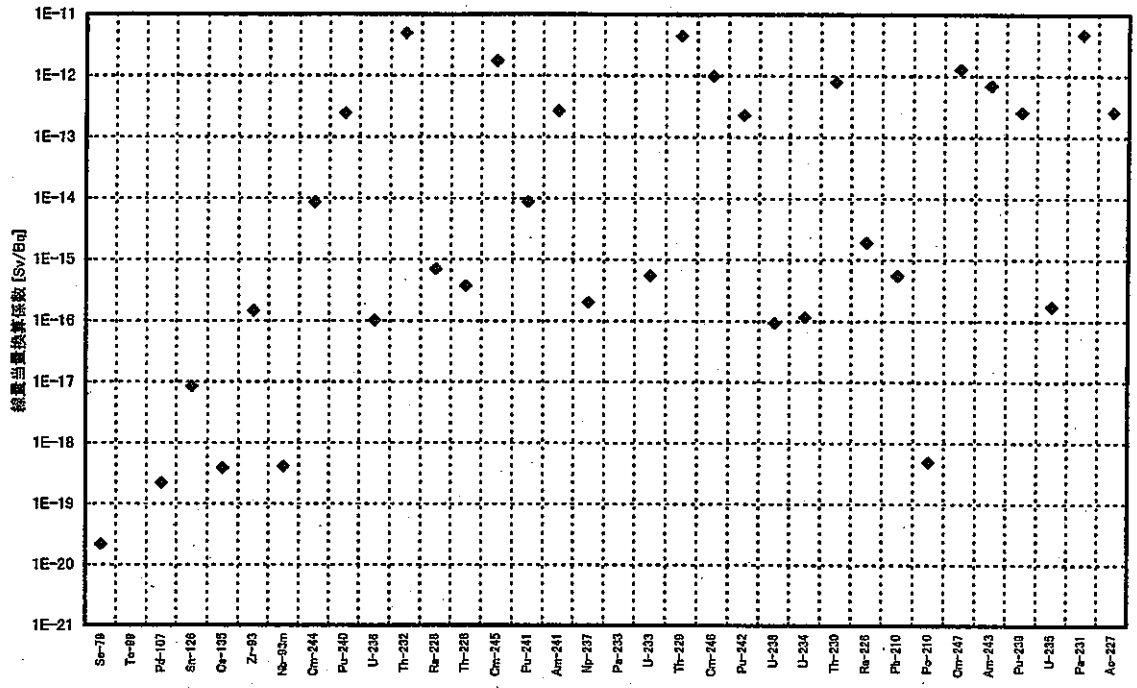


図 3.13 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(ダストの吸入による被ばく)

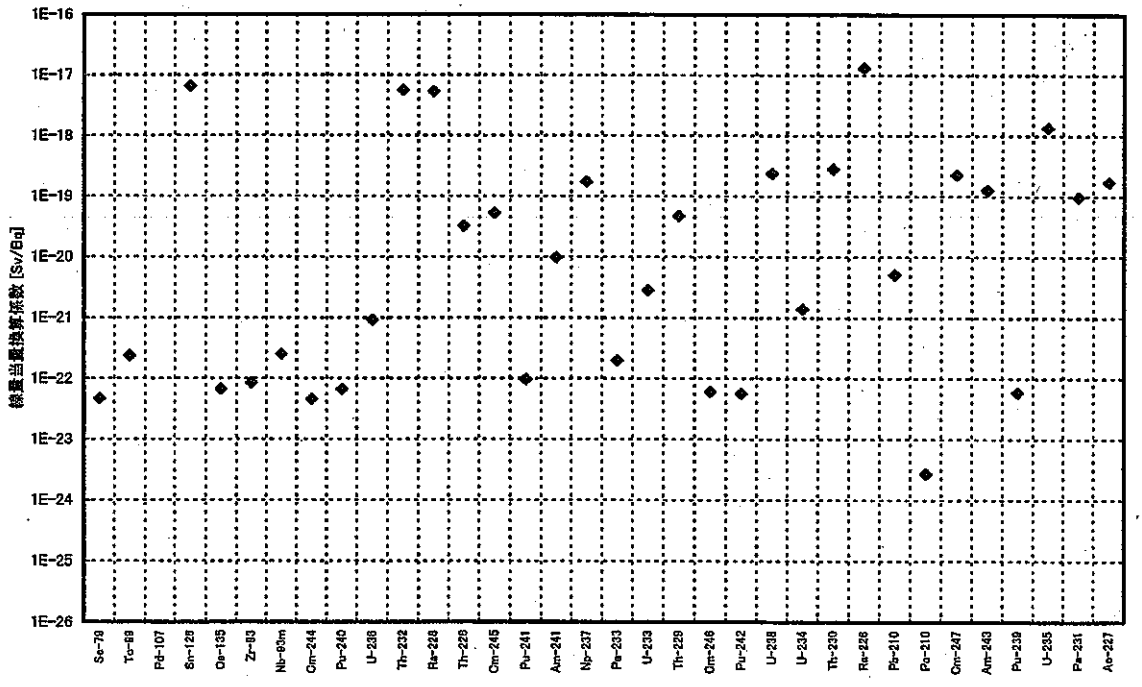


図 3.14 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(河川水からの外部被ばく)

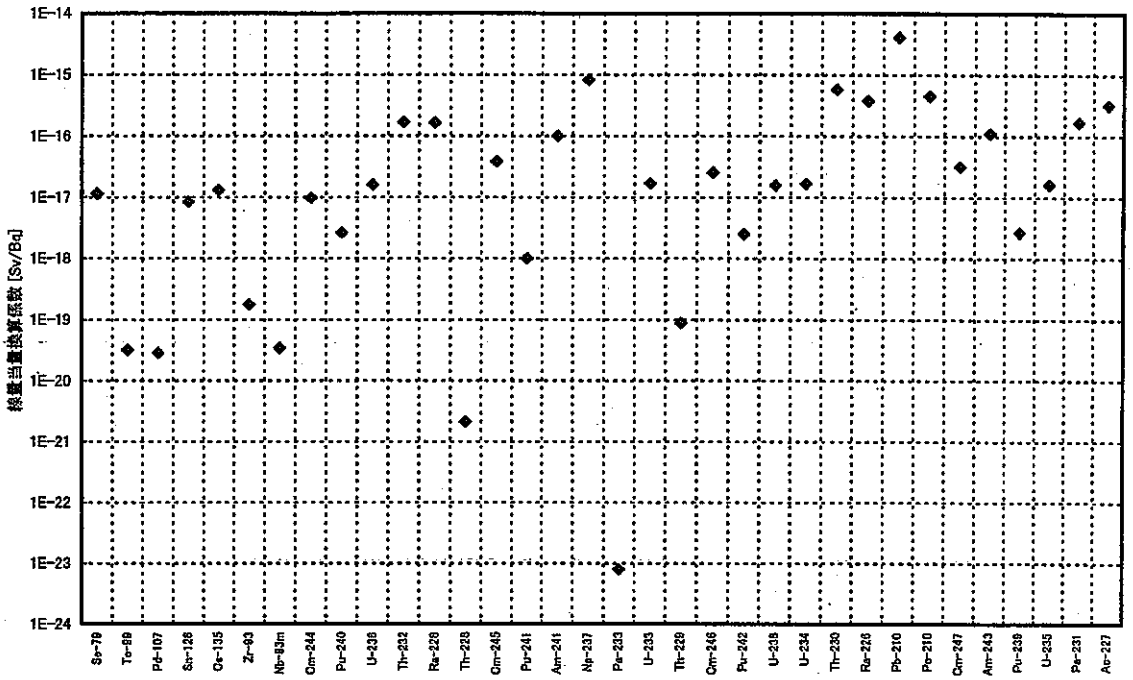


図 3.15 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(淡水産物の摂取による被ばく)

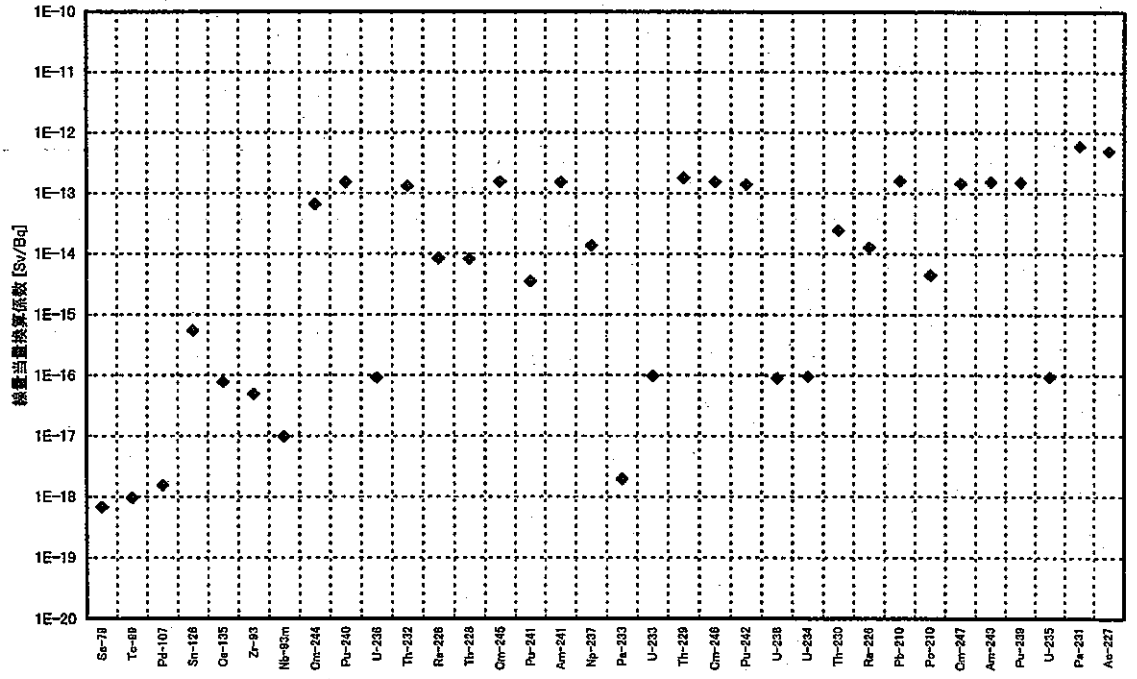


図 3.16 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(河川堆積物の摂取による被ばく)

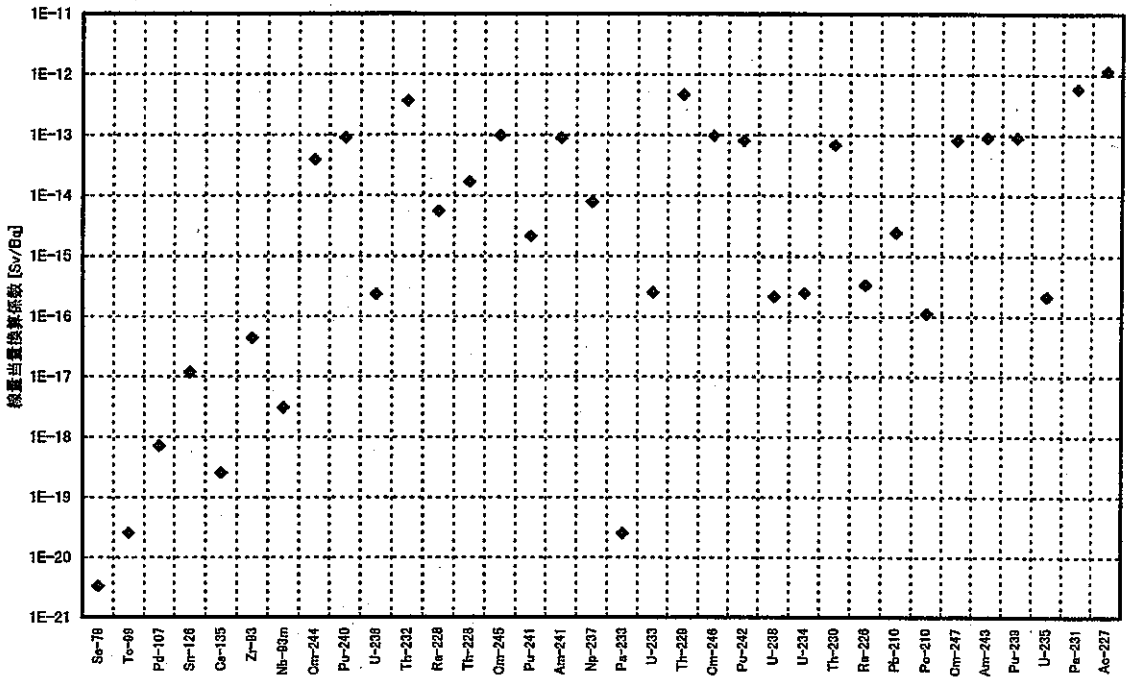


図 3.17 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数

（河川堆積物からのダストの吸入による被ばく）

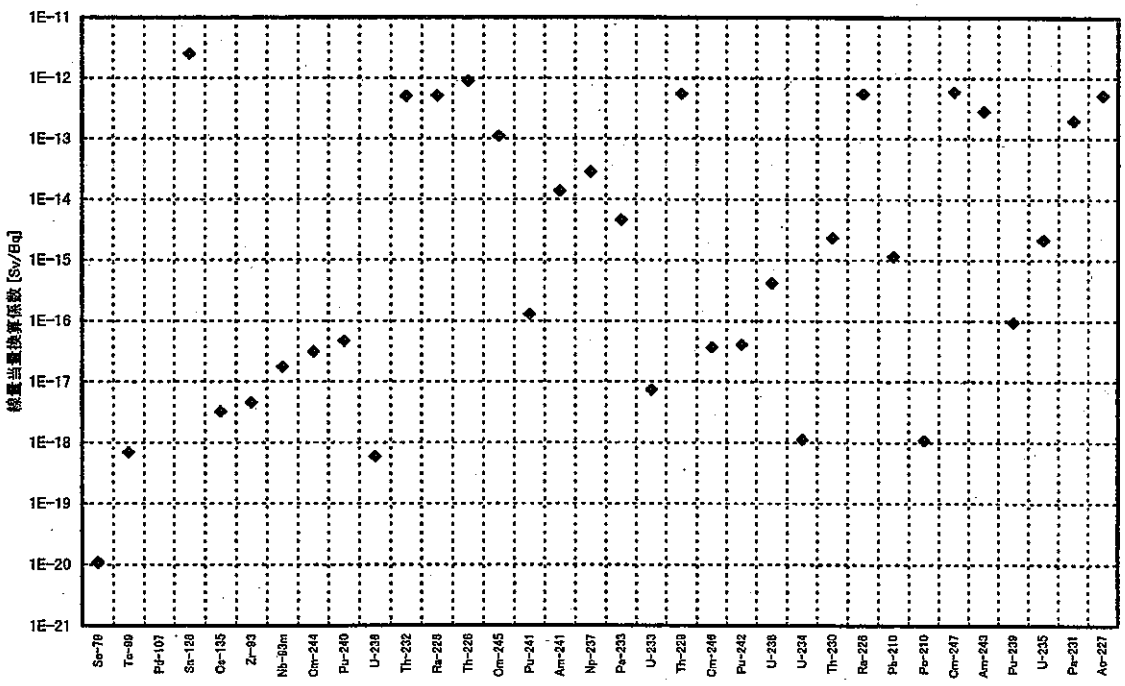


図 3.18 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数（河川堆積物からの外部被ばく）

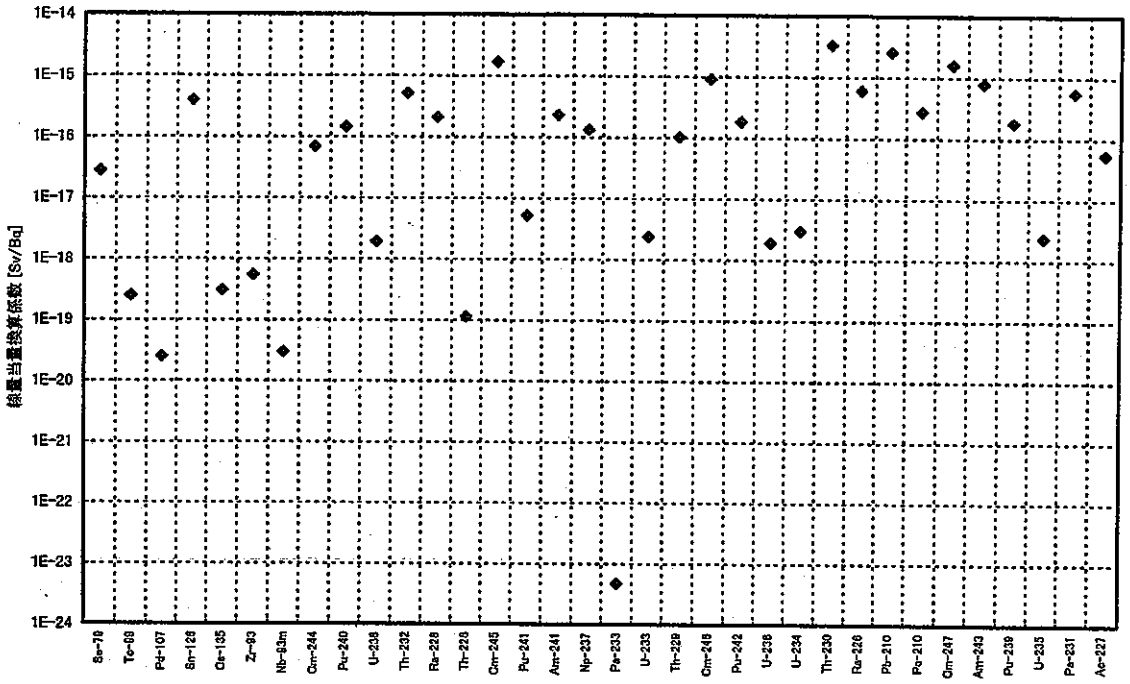


図 3.19 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(海産物の摂取による被ばく)

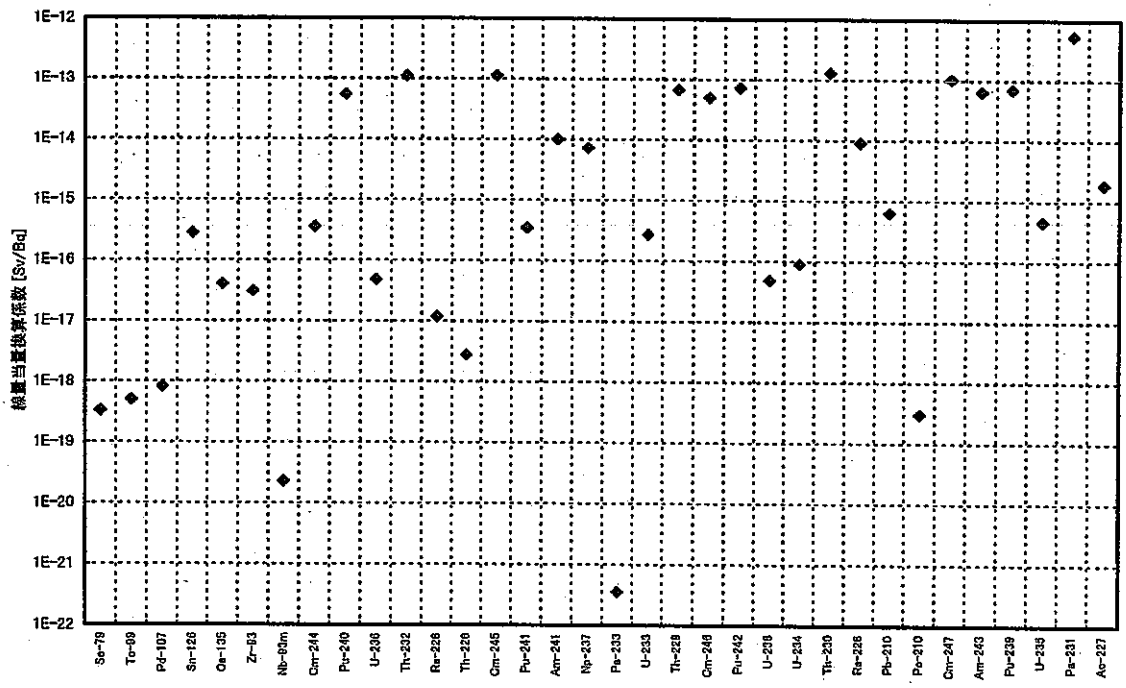


図 3.20 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(沿岸海域堆積物の摂取による被ばく)

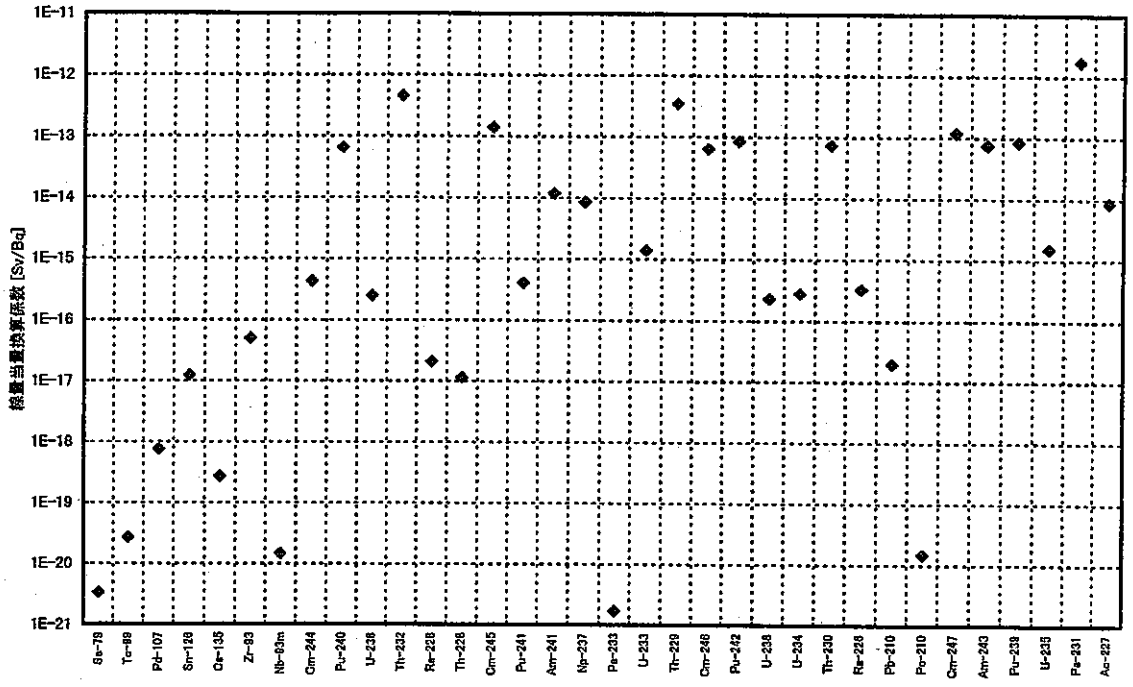


図 3.21 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数

（沿岸海域堆積物からのダストの吸入による被ばく）

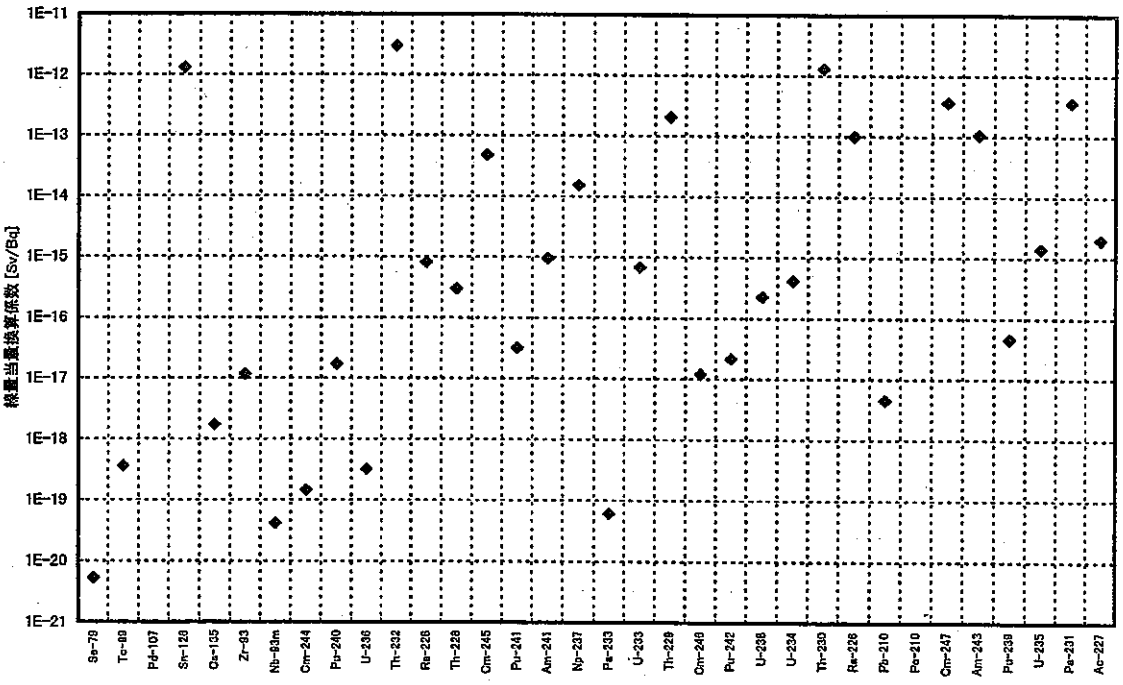


図 3.22 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数（沿岸海域堆積物からの外部被ばく）

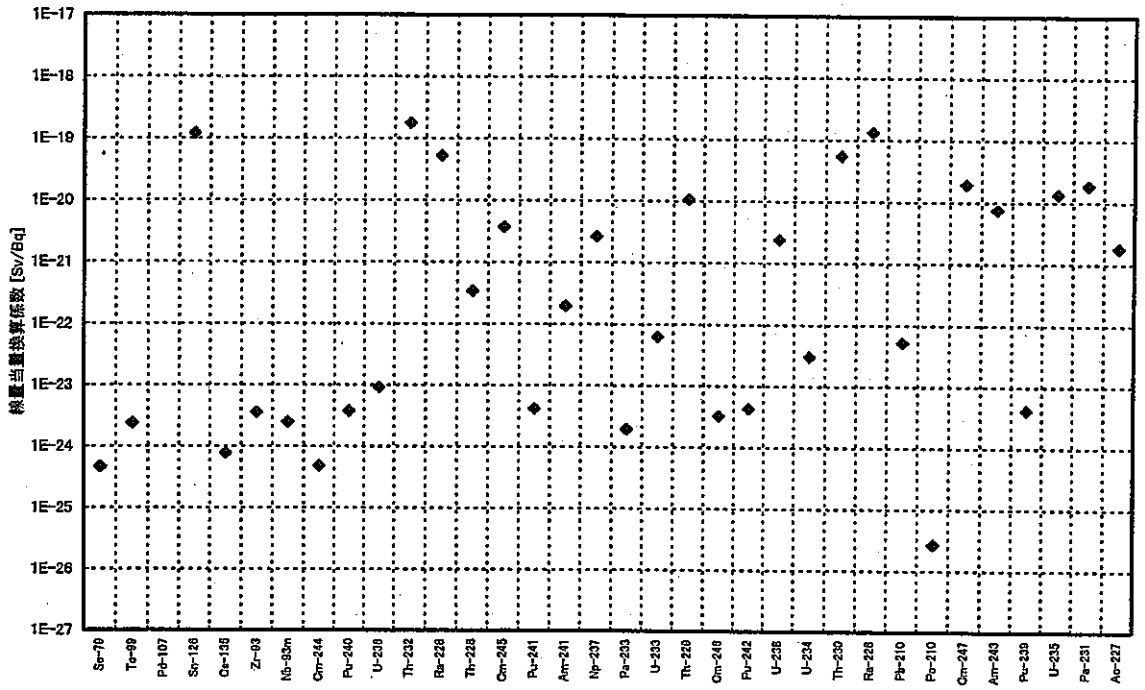


図 3.23 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(沿岸海水域からの外部被ばく)

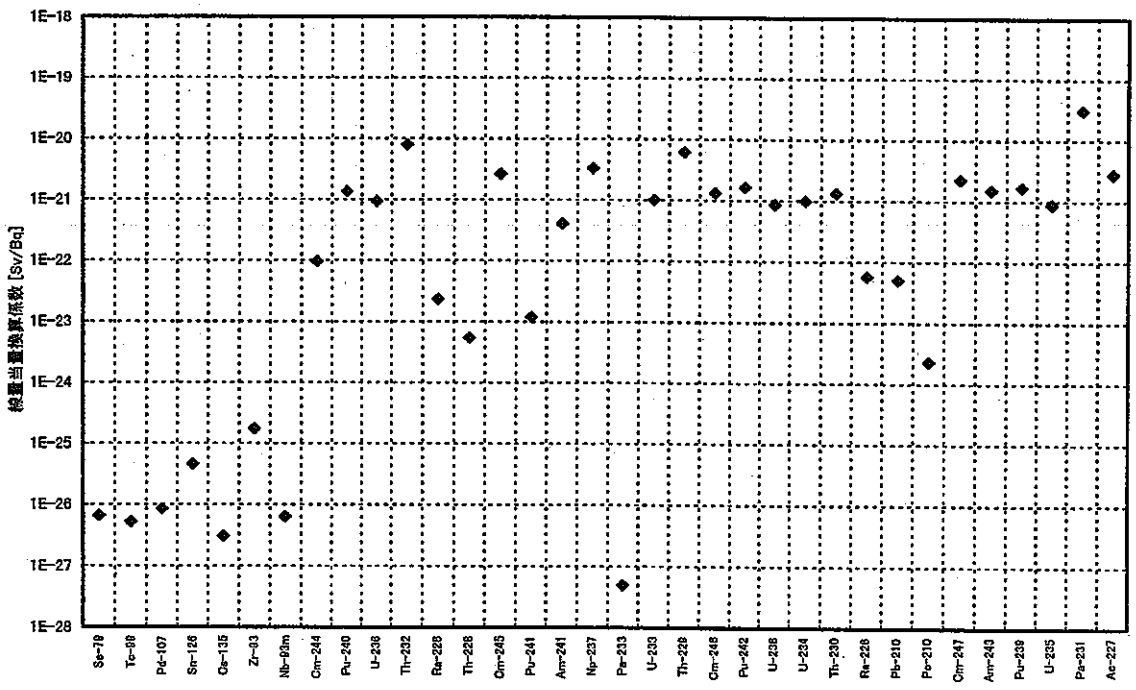


図 3.24 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(エアロゾルの吸入による被ばく)

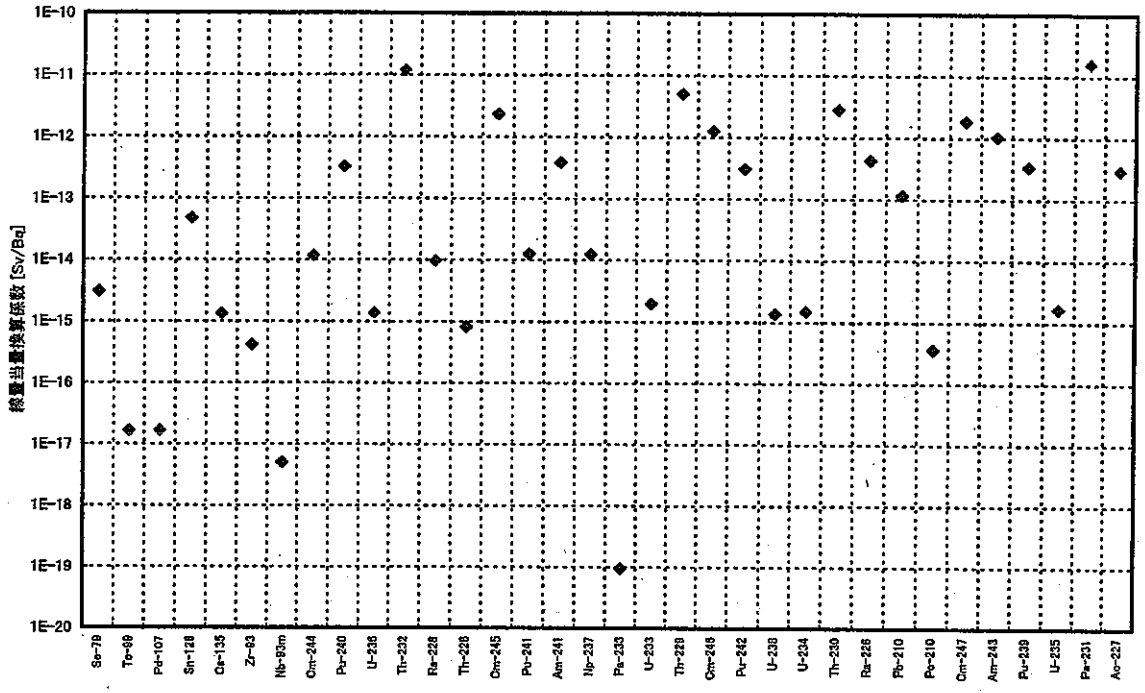


図 3.25 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(農作業による被ばくグループの合計)

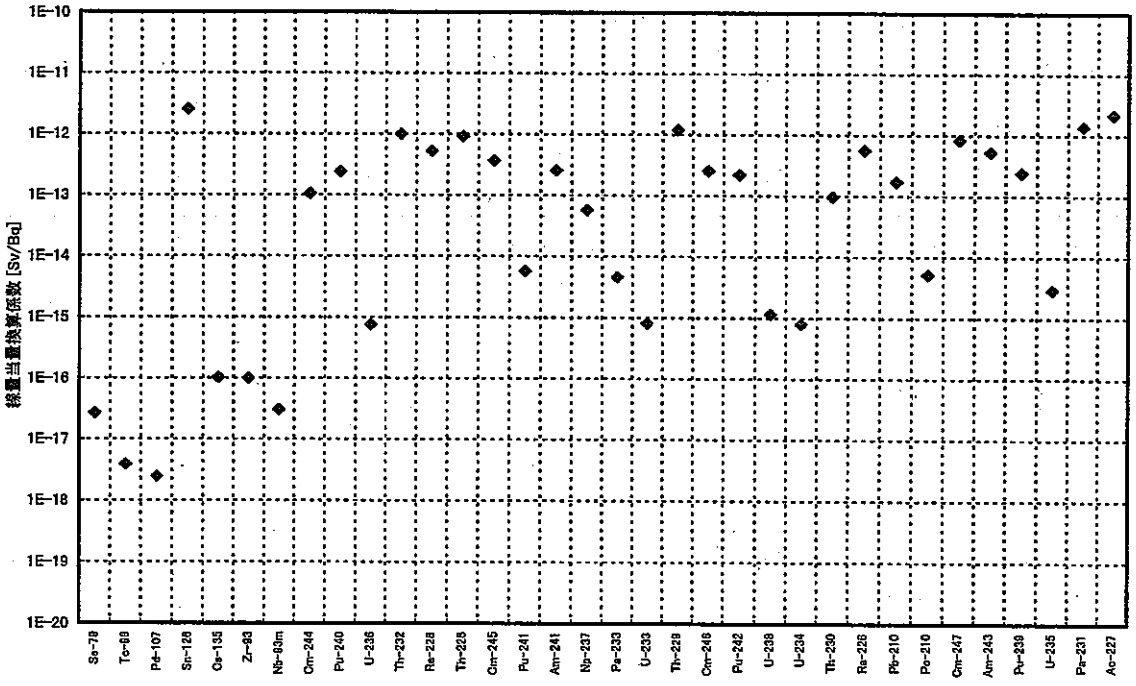


図 3.26 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(淡水漁業による被ばくグループの合計)

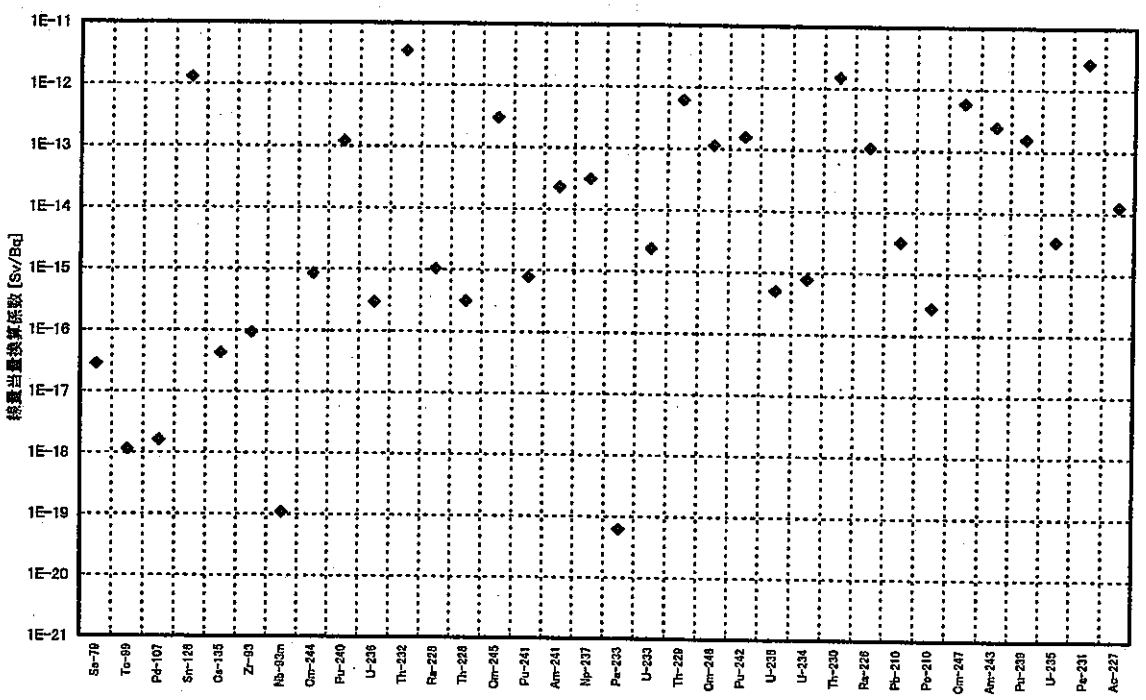


図 3.27 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(海洋漁業による被ばくグループの合計)

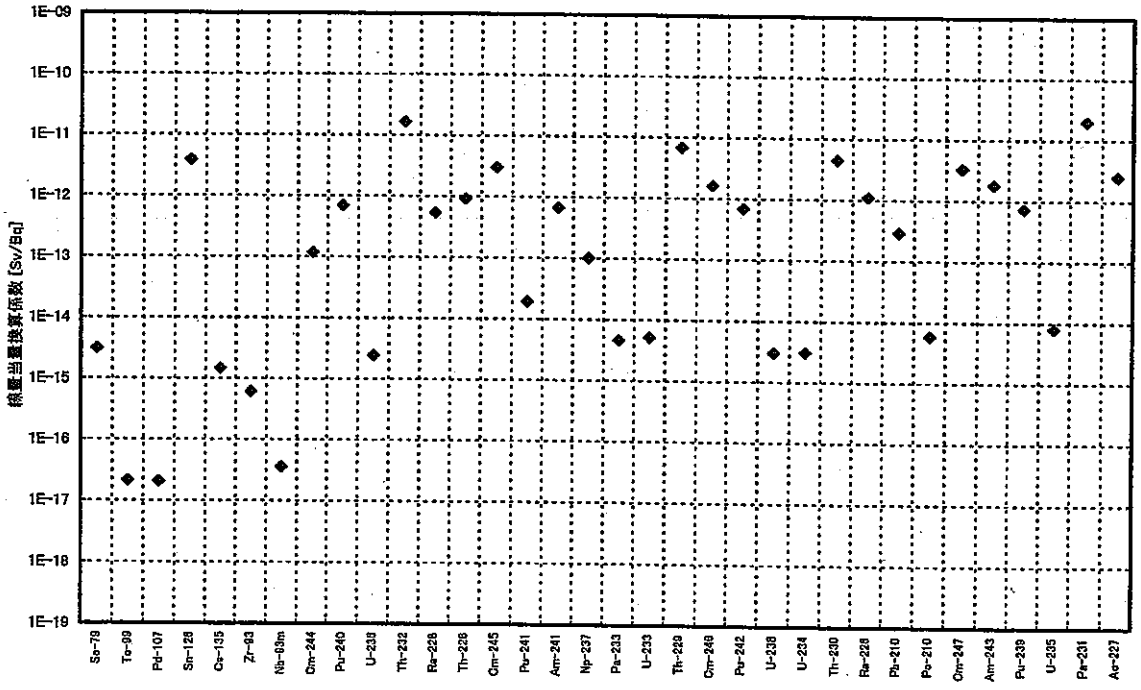


図 3.28 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(全被ばくグループの合計)

表 3.31 各被ばく経路における河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数 (1/3)

[Sv/Bq]

	河川水飲用	水からの外部被ばく（河川水）	農産物の摂取	畜産物の摂取	土壌の摂取	土壌からの外部被ばく（表面土壌）	ダストの吸入
Se-79	1.47E-17	2.54E-24	8.14E-16	2.24E-15	1.39E-19	1.38E-21	2.17E-20
Tc-99	2.16E-18	1.30E-23	1.28E-17	1.36E-18	9.40E-23	4.16E-23	3.34E-23
Pd-107	1.77E-19	0.00E+00	1.61E-17	8.82E-20	1.55E-20	0.00E+00	2.20E-19
Sn-126	1.29E-17	3.59E-19	1.14E-14	4.53E-16	1.26E-17	3.57E-14	8.43E-18
Cs-135	8.79E-18	3.65E-24	6.79E-16	6.29E-16	3.75E-18	9.70E-20	3.85E-19
Zr-93	1.16E-18	4.62E-24	2.11E-16	5.26E-17	5.82E-18	1.20E-18	1.47E-16
Nb-93m	2.24E-19	1.37E-23	2.82E-18	1.50E-18	4.19E-20	4.63E-20	4.08E-19
Cm-244	1.70E-16	2.50E-24	2.15E-15	3.39E-16	4.73E-16	1.33E-19	8.66E-15
Pu-240	4.49E-16	3.62E-24	5.43E-14	1.42E-14	1.33E-14	2.53E-18	2.45E-13
U-236	4.11E-16	5.02E-23	8.59E-16	1.11E-17	1.28E-18	5.22E-21	1.01E-16
Th-232	1.47E-15	3.10E-19	5.07E-12	6.16E-13	7.82E-14	1.27E-12	4.95E-12
Ra-228	1.33E-15	2.94E-19	6.11E-15	4.65E-16	2.62E-17	1.10E-15	7.04E-16
Th-228	2.88E-18	1.79E-21	2.62E-17	2.18E-17	5.90E-18	3.91E-16	3.72E-16
Cm-245	5.05E-16	2.91E-21	4.07E-13	8.19E-14	9.16E-14	2.67E-14	1.74E-12
Pu-241	9.43E-18	5.32E-24	2.74E-15	6.04E-16	4.90E-16	2.67E-17	8.84E-15
Am-241	4.04E-16	5.42E-22	8.39E-14	1.84E-14	1.49E-14	8.29E-16	2.68E-13
Np-237	6.22E-15	9.49E-21	5.91E-15	1.05E-17	1.18E-17	1.57E-17	2.00E-16
Pa-233	8.73E-22	1.08E-23	1.51E-20	5.01E-23	5.86E-23	7.79E-20	4.38E-22
U-233	4.36E-16	1.56E-22	9.30E-16	3.25E-17	7.00E-18	1.06E-17	5.54E-16
Th-229	1.21E-16	2.61E-21	1.96E-13	2.07E-13	5.63E-14	1.05E-13	4.46E-12
Cm-246	4.41E-16	3.31E-24	1.90E-13	3.48E-14	5.07E-14	7.40E-18	9.90E-13
Pu-242	4.26E-16	3.08E-24	5.26E-14	1.38E-14	1.29E-14	2.31E-18	2.30E-13
U-238	4.05E-16	1.31E-20	8.47E-16	1.09E-17	1.26E-18	3.63E-18	9.30E-17
U-234	4.29E-16	7.57E-23	9.18E-16	2.20E-17	1.71E-18	1.99E-18	1.16E-16
Th-230	4.00E-16	1.55E-20	1.28E-12	6.30E-13	2.48E-14	1.21E-13	7.91E-13
Ra-226	1.78E-15	7.16E-19	2.70E-13	1.28E-13	3.35E-15	2.58E-14	1.93E-15
Pb-210	3.68E-15	2.82E-22	6.12E-14	4.93E-14	1.15E-15	5.00E-18	5.54E-16
Po-210	1.04E-16	1.50E-25	1.99E-16	5.73E-17	6.35E-19	9.37E-23	4.87E-19
Cm-247	4.75E-16	1.26E-20	2.91E-13	5.51E-14	7.32E-14	1.74E-13	1.29E-12
Am-243	4.56E-16	7.00E-21	2.18E-13	4.79E-14	3.88E-14	4.32E-14	6.99E-13
Pu-239	4.59E-16	3.24E-24	5.63E-14	1.47E-14	1.38E-14	5.35E-18	2.55E-13
U-235	4.17E-16	7.40E-20	1.06E-15	1.28E-17	2.96E-18	1.94E-17	1.73E-16
Pa-231	1.06E-15	5.36E-21	1.10E-11	9.35E-14	9.88E-14	3.95E-14	4.76E-12
Ac-227	1.29E-15	9.52E-21	2.51E-14	4.76E-15	3.63E-15	2.35E-15	2.59E-13

表 3.31 各被ばく経路における河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数 (2/3)

[Sv/Bq]

	河川水飲用	水からの外部被ばく（河川水）	淡水産物の摂取	堆積物の摂取	ダストの吸入	堆積物からの外部被ばく
				（河川堆積物）		
Se-79	1.47E-17	4.61E-23	1.15E-17	6.71E-19	3.29E-21	1.09E-20
Tc-99	2.16E-18	2.37E-22	3.17E-20	9.54E-19	2.58E-20	6.87E-19
Pd-107	1.77E-19	0.00E+00	2.84E-20	1.55E-18	7.16E-19	0.00E+00
Sn-126	1.29E-17	6.53E-18	8.48E-18	5.51E-16	1.20E-17	2.53E-12
Cs-135	8.79E-18	6.64E-23	1.31E-17	7.69E-17	2.57E-19	3.24E-18
Zr-93	1.16E-18	8.39E-23	1.77E-19	4.85E-17	4.38E-17	4.50E-18
Nb-93m	2.24E-19	2.48E-22	3.43E-20	9.75E-18	3.10E-18	1.75E-17
Cm-244	1.70E-16	4.54E-23	9.83E-18	6.59E-14	3.93E-14	3.11E-17
Pu-240	4.49E-16	6.58E-23	2.65E-18	1.52E-13	9.10E-14	4.69E-17
U-236	4.11E-16	9.12E-22	1.61E-17	9.13E-17	2.35E-16	5.94E-19
Th-232	1.47E-15	5.64E-18	1.69E-16	1.31E-13	3.66E-13	5.00E-13
Ra-228	1.33E-15	5.35E-18	1.66E-16	8.47E-15	5.52E-15	5.14E-13
Th-228	2.88E-18	3.26E-20	2.11E-21	8.31E-15	1.71E-14	8.97E-13
Cm-245	5.05E-16	5.30E-20	3.88E-17	1.56E-13	9.92E-14	1.10E-13
Pu-241	9.43E-18	9.67E-23	1.01E-18	3.52E-15	2.13E-15	1.29E-16
Am-241	4.04E-16	9.86E-21	1.02E-16	1.53E-13	8.97E-14	1.39E-14
Np-237	6.22E-15	1.72E-19	8.36E-16	1.37E-14	7.91E-15	2.86E-14
Pa-233	8.73E-22	1.96E-22	7.97E-24	1.94E-18	2.52E-20	4.61E-15
U-233	4.36E-16	2.83E-21	1.71E-17	9.78E-17	2.51E-16	7.35E-18
Th-229	1.21E-16	4.75E-20	8.87E-20	1.80E-13	4.65E-13	5.49E-13
Cm-246	4.41E-16	6.01E-23	2.55E-17	1.54E-13	9.81E-14	3.67E-17
Pu-242	4.26E-16	5.60E-23	2.52E-18	1.40E-13	8.08E-14	4.06E-17
U-238	4.05E-16	2.39E-19	1.59E-17	8.99E-17	2.15E-16	4.20E-16
U-234	4.29E-16	1.38E-21	1.69E-17	9.52E-17	2.47E-16	1.12E-18
Th-230	4.00E-16	2.82E-19	5.81E-16	2.46E-14	6.89E-14	2.33E-15
Ra-226	1.78E-15	1.30E-17	3.82E-16	1.28E-14	3.35E-16	5.49E-13
Pb-210	3.68E-15	5.14E-21	4.07E-15	1.60E-13	2.45E-15	1.16E-15
Po-210	1.04E-16	2.73E-24	4.55E-16	4.51E-15	1.13E-16	1.08E-18
Cm-247	4.75E-16	2.28E-19	3.25E-17	1.46E-13	8.34E-14	6.02E-13
Am-243	4.56E-16	1.27E-19	1.13E-16	1.55E-13	9.08E-14	2.84E-13
Pu-239	4.59E-16	5.89E-23	2.71E-18	1.52E-13	9.09E-14	9.54E-17
U-235	4.17E-16	1.35E-18	1.64E-17	9.34E-17	2.16E-16	2.17E-15
Pa-231	1.06E-15	9.74E-20	1.70E-16	6.03E-13	5.86E-13	2.00E-13
Ac-227	1.29E-15	1.73E-19	3.23E-16	4.99E-13	1.16E-12	5.26E-13

表 3.31 各被ばく経路における河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数 (3/3)

[Sv/Bq]

	海産物の摂取	堆積物の摂取	ダストの吸入	堆積物からの外部被ばく	水からの外部被ばく（沿岸海水域）	エアロゾルの吸入
		（沿岸海域堆積物）				
Se-79	2.81E-17	3.27E-19	3.33E-21	5.30E-21	4.62E-25	6.60E-27
Tc-99	2.52E-19	4.98E-19	2.70E-20	3.59E-19	2.39E-24	5.21E-27
Pd-107	2.53E-20	8.18E-19	7.58E-19	0.00E+00	0.00E+00	8.50E-27
Sn-126	3.94E-16	2.83E-16	1.23E-17	1.30E-12	1.20E-19	4.56E-26
Cs-135	3.05E-19	4.07E-17	2.72E-19	1.71E-18	7.83E-25	3.05E-27
Zr-93	5.53E-19	3.08E-17	4.96E-17	1.16E-17	3.59E-24	1.75E-25
Nb-93m	3.01E-20	2.30E-20	1.46E-20	4.14E-20	2.49E-24	6.30E-27
Cm-244	6.96E-17	3.58E-16	4.28E-16	1.44E-19	4.84E-25	9.65E-23
Pu-240	1.45E-16	5.49E-14	6.58E-14	1.69E-17	3.76E-24	1.35E-21
U-236	1.95E-18	4.80E-17	2.48E-16	3.18E-19	9.16E-24	9.43E-22
Th-232	5.16E-16	1.11E-13	4.54E-13	2.99E-12	1.76E-19	8.01E-21
Ra-228	2.10E-16	1.18E-17	2.08E-17	8.09E-16	5.35E-20	2.33E-23
Th-228	1.14E-19	2.77E-18	1.14E-17	2.99E-16	3.38E-22	5.40E-24
Cm-245	1.69E-15	1.14E-13	1.40E-13	4.80E-14	3.71E-21	2.66E-21
Pu-241	5.26E-18	3.44E-16	4.04E-16	3.18E-17	4.20E-24	1.19E-23
Am-241	2.31E-16	1.01E-14	1.19E-14	9.49E-16	1.95E-22	4.10E-22
Np-237	1.33E-16	7.29E-15	8.62E-15	1.54E-14	2.62E-21	3.32E-21
Pa-233	4.75E-24	3.55E-22	1.70E-21	6.03E-20	1.95E-24	4.92E-28
U-233	2.40E-18	2.74E-16	1.41E-15	6.83E-16	6.22E-23	1.02E-21
Th-229	1.04E-16	6.76E-14	3.49E-13	2.06E-13	1.07E-20	6.19E-21
Cm-246	9.21E-16	5.02E-14	6.38E-14	1.19E-17	3.24E-24	1.33E-21
Pu-242	1.85E-16	7.34E-14	8.50E-14	2.13E-17	4.27E-24	1.66E-21
U-238	1.93E-18	4.84E-17	2.31E-16	2.26E-16	2.40E-21	8.64E-22
U-234	3.00E-18	9.07E-17	2.83E-16	4.13E-16	3.04E-23	9.95E-22
Th-230	3.37E-15	1.30E-13	7.46E-14	1.30E-12	5.51E-20	1.32E-21
Ra-226	6.02E-16	9.07E-15	3.33E-16	1.00E-13	1.34E-19	5.75E-23
Pb-210	2.59E-15	6.33E-16	1.98E-17	4.46E-18	5.17E-23	5.01E-23
Po-210	2.75E-16	2.97E-19	1.49E-20	7.14E-23	2.72E-26	2.28E-24
Cm-247	1.61E-15	1.04E-13	1.19E-13	3.63E-13	1.96E-20	2.27E-21
Am-243	7.97E-16	6.44E-14	7.58E-14	1.07E-13	7.61E-21	1.52E-21
Pu-239	1.82E-16	7.14E-14	8.55E-14	4.55E-17	4.15E-24	1.69E-21
U-235	2.38E-18	4.60E-16	1.54E-15	1.42E-15	1.35E-20	8.86E-22
Pa-231	5.63E-16	5.46E-13	1.75E-12	3.65E-13	1.89E-20	3.12E-20
Ac-227	5.45E-17	1.88E-15	8.74E-15	1.98E-15	1.83E-21	2.78E-21

表 3.32 各被ばくグループおよび全被ばくグループの線量への換算係数

[Sv/Bq]

	農作業による被ばくグループ	淡水漁業による被ばくグループ	海洋漁業による被ばくグループ	合計
Se-79	3.07E-15	2.69E-17	2.84E-17	3.13E-15
Tc-99	1.64E-17	3.86E-18	1.14E-18	2.14E-17
Pd-107	1.66E-17	2.47E-18	1.60E-18	2.06E-17
Sn-126	4.76E-14	2.53E-12	1.30E-12	3.88E-12
Cs-135	1.32E-15	1.02E-16	4.30E-17	1.47E-15
Zr-93	4.19E-16	9.82E-17	9.26E-17	6.09E-16
Nb-93m	5.05E-18	3.07E-17	1.09E-19	3.58E-17
Cm-244	1.18E-14	1.05E-13	8.56E-16	1.18E-13
Pu-240	3.28E-13	2.43E-13	1.21E-13	6.92E-13
U-236	1.38E-15	7.54E-16	2.99E-16	2.44E-15
Th-232	1.20E-11	9.98E-13	3.56E-12	1.65E-11
Ra-228	9.73E-15	5.29E-13	1.05E-15	5.40E-13
Th-228	8.20E-16	9.23E-13	3.13E-16	9.24E-13
Cm-245	2.35E-12	3.66E-13	3.04E-13	3.02E-12
Pu-241	1.27E-14	5.79E-15	7.86E-16	1.93E-14
Am-241	3.87E-13	2.57E-13	2.32E-14	6.67E-13
Np-237	1.24E-14	5.72E-14	3.14E-14	1.01E-13
Pa-233	9.44E-20	4.61E-15	6.23E-20	4.61E-15
U-233	1.97E-15	8.09E-16	2.37E-15	5.15E-15
Th-229	5.02E-12	1.19E-12	6.22E-13	6.84E-12
Cm-246	1.27E-12	2.53E-13	1.15E-13	1.63E-12
Pu-242	3.10E-13	2.21E-13	1.59E-13	6.89E-13
U-238	1.36E-15	1.15E-15	5.08E-16	3.02E-15
U-234	1.49E-15	7.90E-16	7.89E-16	3.07E-15
Th-230	2.85E-12	9.69E-14	1.51E-12	4.45E-12
Ra-226	4.30E-13	5.64E-13	1.10E-13	1.10E-12
Pb-210	1.16E-13	1.71E-13	3.25E-15	2.90E-13
Po-210	3.61E-16	5.18E-15	2.76E-16	5.82E-15
Cm-247	1.88E-12	8.32E-13	5.88E-13	3.30E-12
Am-243	1.05E-12	5.30E-13	2.47E-13	1.82E-12
Pu-239	3.40E-13	2.43E-13	1.57E-13	7.40E-13
U-235	1.68E-15	2.92E-15	3.42E-15	8.02E-15
Pa-231	1.60E-11	1.39E-12	2.66E-12	2.01E-11
Ac-227	2.96E-13	2.19E-12	1.27E-14	2.49E-12

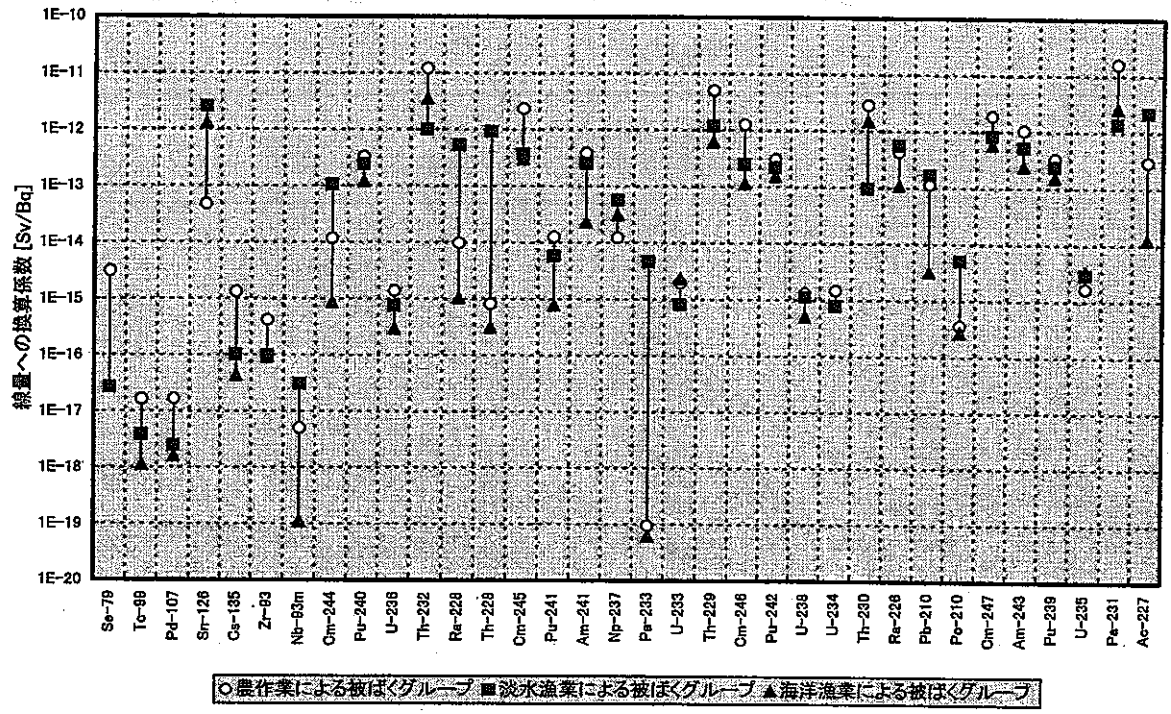


図 3.29 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(被ばくグループごとの比較)

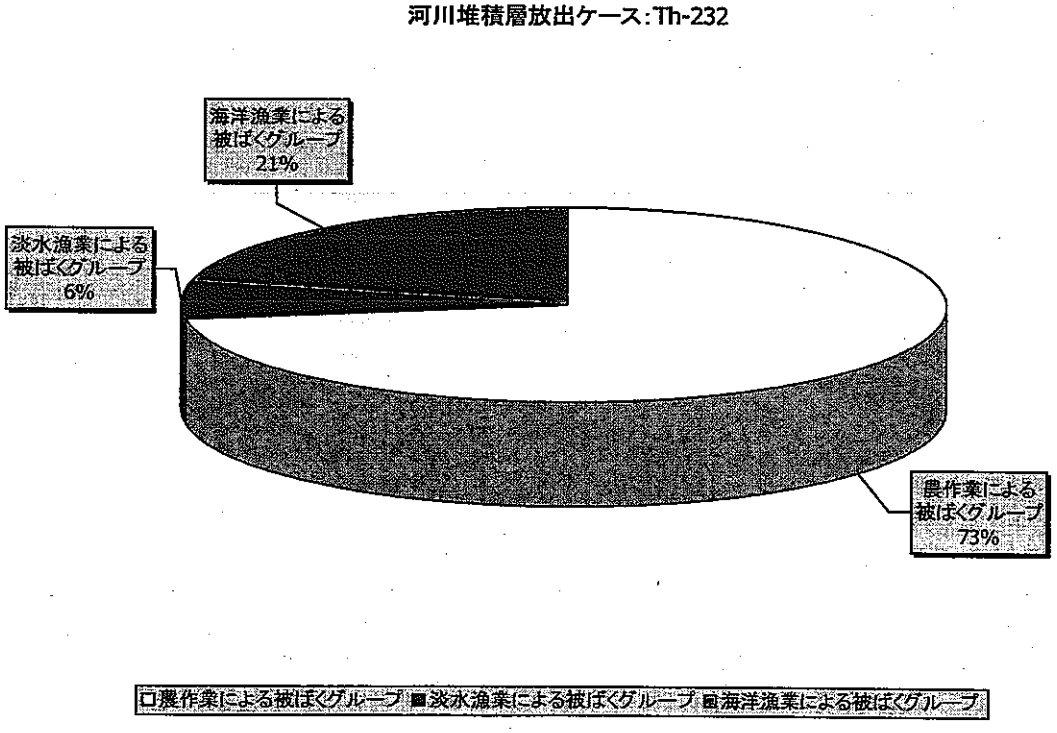


図 3.30 河川堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(被ばくグループごとの比較:Th-232)

4. 潮間帯堆積層放出ケース

第2章に示したレファレンスバイオスフィア評価手法に基づき、潮間帯堆積層放出ケースに係る生物圏評価を実施する。なお、第2章との重複を避けるため、本章は生物圏評価に係る前提条件の各要件の設定から本ケースに係る要件のみを記載する。

4.1 評価の前提条件に基づく基本条件の設定

第 2.1.3 項に示した評価の前提条件に係る要件に基づき、本ケースの生物圏システムについて以下のような概略設定を行う。

- **位置** ：日本（ただしサイトは特定せず）
- **地理** ：地下水放出による潮間帯の汚染が考慮できる地形。同様に潮間帯に近接した陸地・沿岸海洋環境への汚染も同様
- **地形** ：地表－山と海との間の平野、海洋－浅瀬および遠浅
- **気候** ：現在の日本の温暖気候（気候変動は考慮しない）
- **地形学的プロセス** ：現在の日本の環境で生じているプロセス
- **土地利用** ：潮間帯における漁業および海浜利用、潮間帯に近接した土地における農業、同じく近接した沿岸海洋における漁業
- **社会** ：地域産物を生産および消費する現在の日本の社会条件
- **被ばくグループ** ：地域産物を消費する人および潮間帯を利用する人（ただし、深井戸放出ケースおよび河川堆積層放出ケースと異なり海水の飲用に係る被ばく経路はない）

4.2 FEP リストの作成と一次スクリーニング

4.2.1 BIOMOVS II の成果に基づく FEP リストの作成と一次スクリーニング

BIOMOVS II FEP リストから引用した各 FEP を表 4.1 に示す。なお、BIOMOVS II (1996a) から引用した個々の FEP に関する説明およびコメントについては付録 2 の「① 本ケースに適用する BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP リストの説明（潮間帯堆積層放出ケース）」に示す。付録 2 では、FEP に関する説明およびコメントをレビューした結果、

修正／変更すべき点がある場合には、イタリック体で示している。

表 4.1 では評価の前提条件に係る基本条件にしたがい個々の FEP について検討し、各 FEP の本ケースとの関連性を決定する。FEP の採用あるいは除外については同表中で Yes(Y) または No(N) で示し、またその理由についてはコメント欄に記載する。

なお、スクリーニングした FEP リストは、後述するように、相互作用マトリックスを利用して見直しを行う。

表 4.1 BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP リスト(注) の本ケースへの適用

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1	特徴 (Features)	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
1.1	評価の前提条件	Y	評価の要件(何を, なぜ評価すべきか)を提供
1.1.1	評価目的	Y	モデル開発および評価計算を行う理由を提供
1.1.2	評価指標	Y	どのような放射線影響項目を計算すべきかに係わる情報を提供

(注) FEP List version dated September 1996

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.1.2.1	年間個人線量	Y	原子力委員会(1997)が要求する一次の安全指標(現行規制体系での定義を使用)
1.1.2.2	年間個人リスク	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.3	生涯個人線量	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.4	生涯個人リスク	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.5	集団線量	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.6	集団リスク	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.2.7	人間以外の生物への線量	N	本ケースに係る前提条件に含まれず

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.1.2.8	環境中放射性核種濃度	N	本ケースに係る前提条件に含まれず。ただし、生物圏媒体中の濃度計算は可能
1.1.2.9	その他の評価指標	N	本ケースに係る前提条件に含まれず
1.1.3	想定する処分場	Y	システム記述との整合が必要 地圏ー生物圏インターフェイスに影響
1.1.4	地質・地形条件	Y	被ばく経路および気候／生態系変動の考察に影響
1.2	ソースターム	Y	被ばく経路および放出メカニズムに影響
1.2.1	地圏ー生物圏インターフェイス	Y	被ばく経路および放出メカニズムに影響
1.2.2	放出メカニズム	Y	放出媒体および被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.2.2.1	地下水放出	Y	被ばく経路に影響
1.2.2.1.1	地圏帯水層放出	Y	評価の前提条件では、潮間帯堆積層への放出に限定
1.2.2.1.2	地圏帯水層中の井戸からの揚水	N	評価の前提条件参照
1.2.2.2	気体放出	N	評価の前提条件参照
1.2.2.3	固体物質放出	N	評価の前提条件参照
1.2.3	ソースターム特性	Y	被ばく経路に影響
1.2.3.1	放射性核種	Y	放射性核種挙動および被ばくメカニズムに影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.2.3.2	地下水プルーム特性	Y	放射性核種の挙動および移行に影響
1.2.3.3	その他の有害物質	N	評価の前提条件に含まれず
1.3	基本システム	Y	生物圏システム変化および放射性核種移行に影響
1.3.1	一般的気候	Y	生物圏プロセスに影響
1.3.1.1	気候カテゴリ区分	N	評価の前提条件では、今日(現代)の気候のみを考慮
1.3.1.2	気候変動	N	評価の前提条件に含まれず
1.3.2	一般的生物圏システム	Y	生態学的前提条件を設定

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
1.3.2.1	環境	Y	プロセス依存相互作用に影響
1.3.2.1.1	自然および半自然	Y	潮間帯および海洋環境の考慮を要求
1.3.2.1.2	農業	Y	被ばく経路および決定グループの定義に影響
1.3.2.1.3	都市および産業	N	評価の前提条件に含まれず
1.3.2.2	物質交換基本システム	Y	汚染物質の移行プロセスに影響
1.3.2.3	環境構成要素	Y	汚染物質の挙動および移行経路に影響
1.3.3	一般的人間社会	Y	仮想被ばくグループの設定に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2	事象およびプロセス (Event and Processes)	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
2.1	自然の事象およびプロセス	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
2.1.1	環境変動	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
2.1.1.1	環境ダイナミクス	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
2.1.1.1.1	季節変化	Y	媒体特性に影響
2.1.1.1.1.1	季節変化の食物連鎖に対する影響	Y	パラメータ値に implicit に含まれる
2.1.1.1.2	化学変化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.1.1.2.1	アルカリ化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.1.1.1.2.2	微生物による化学変化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.1.1.1.2.3	植物による化学変化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.1.1.1.3	物理的変化	Y	コンパートメント特性に影響
2.1.1.1.3.1	土壌の転換	Y	コンパートメント特性に影響
2.1.1.1.3.2	浸食(風, 水, 洪水)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.1.2	気候変動による変化	N	評価の前提条件では一定気候を仮定

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2	放射性核種移行（輸送）	Y	汚染物質の挙動および被ばく経路に影響
2.1.2.1	大気輸送プロセス	Y	汚染物質の挙動および被ばく経路に影響
2.1.2.1.1	気体輸送	N	本研究では考慮しない－評価の前提条件参照
2.1.2.1.2	エアロゾル輸送	Y	汚染物質の移行に影響
2.1.2.1.3	燃焼	Y	エアロゾル生成に影響
2.1.2.2	地表水液相輸送プロセス	Y	コンパートメント間の水の移動
2.1.2.2.1	地表水のランーオフによる輸送	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.2.2	液相中での輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3	多孔質媒体液相輸送プロセス	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.1	透過(percolation)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.2	毛管上昇	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.3	地下水輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.4	拡散／分散	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.5	浸透(infiltration)	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.3.6	二相流およびマトリックス拡散	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.6.1	浮遊堆積物の輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.3.6.2	コロイドの輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.4	地表水－多孔質媒体間の輸送プロセス	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5	固相輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.1	再浮遊／沈着	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.2	地滑り	N	内陸平野部にとっては重要でない

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.5.3	落石	N	内陸平野部にとっては重要でない
2.1.2.5.4	水による固相輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.1	堆積物の再浮遊	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.2	沈殿	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.3	雨滴のはね (rain splash)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.4	ウォッシュアウト (washout)	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.5.4.5	湿着	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.2.7	動植物を媒介とした輸送	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.7.1	吸収および脱着	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.7.2	生物擾乱	Y	移行および蓄積に影響
2.1.2.7.3	動物による摂取および排泄	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3	放射性核種濃度に影響するプロセス	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.1	化学反応	Y	汚染物質量に影響
2.1.3.1.1	溶解／沈殿	Y	汚染物質量に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.3.1.2	吸着／脱着	Y	汚染物質量に影響
2.1.3.2	物理的プロセス	Y	コンパートメント特性に影響
2.1.3.2.1	放水	Y	移行および蓄積ならびに地表水流れに影響
2.1.3.2.2	帯水層への涵養	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.2.3	降雨	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.2.4	蒸発	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.2.5	蒸散	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.1.3.2.6	降雪	Y	移行および蓄積に影響
2.1.3.2.7	風化	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4	放射性核種の代謝	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4.1	作物および野生／半野生植物	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4.1.1	転流	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4.2	家畜および野生／半野生動物	Y	移行および蓄積に影響
2.1.4.2.1	動物体内移行	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.2	人間活動に係る事象およびプロセス	Y	移行および蓄積に影響
2.2.1	人間活動による化学的変化	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.2.1.1	化学的汚染	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.2.1.1.1	酸性雨	N	評価の前提条件に整合した定常平衡を仮定
2.2.2	人間活動による物理的変化	N	直接的な関連性はみられない。また本ケースに係る評価の前提条件および生物圏システムにおいても考慮されない
2.2.2.1	水に対する人間影響	N	直接的な関連性はみられない。また本ケースに係る評価の前提条件および生物圏システムにおいても考慮されない
2.2.2.2	ダム建設	N	直接的な関連性はみられない。また本ケースに係る評価の前提条件および生物圏システムにおいても考慮されない

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.2.2.3	開墾／干拓	N	直接的な関連性はみられない。また本ケースに係る評価の前提条件および生物圏システムにおいても考慮されない
2.2.3	人間活動による物質の再利用と混合	Y	汚染物質の再分配に影響
2.2.3.1	耕作	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.3.2	固体物質の再利用	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.3.3	施肥	Y	汚染物質の濃度、再配分および利用に影響
2.2.4	人間活動による放射性核種輸送	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.4.1	揚水	N	評価の前提条件参照

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.2.4.1.1	井戸水利用	N	評価の前提条件参照
2.2.4.1.2	灌漑	N	評価の前提条件参照
2.2.4.2	人間による涵養	N	生物圏システム設定と不整合
2.2.4.3	湖沼の人為的混合	N	生物圏システム設定と不整合
2.2.4.4	固体物質輸送	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.4.4.1	堆積物の浚渫	Y	汚染物質の再配分に影響
2.2.4.4.2	土木工事	Y	汚染物質の再配分に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.3	人間の被ばくに係る事象およびプロセス	Y	評価の前提条件参照
2.3.1	生活習慣	Y	評価の前提条件参照
2.3.1.1	資源利用	Y	被ばく経路のひとつ
2.3.1.2	生産物貯蔵	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム
2.3.1.3	空気、水および調理	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム
2.3.1.3.1	水の濾過	N	汚染水の揚水はない(評価の前提条件参照)
2.3.1.3.2	空気の濾過	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.3.1.3.3	調理	Y	汚染物質濃度の変化メカニズム
2.3.1.3.4	換気	Y	被ばくに影響
2.3.1.4	居住／遮蔽要因	Y	被ばくに影響
2.3.1.5	食餌	Y	仮想被ばくグループに影響
2.3.2	外部照射プロセス	Y	主要な被ばくモード
2.3.3	内部被ばくプロセス	Y	主要な被ばくモード
2.3.3.1	摂取	Y	主要な被ばくモード

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
2.3.3.1.1	吸入	Y	主要な被ばくモード
2.3.3.1.2	経口摂取	Y	被ばく経路
2.3.3.1.3	皮膚からの吸収	Y	被ばく経路

4.2.2　追加される FEP リストの作成とそれらの一次スクリーニング

表 4.1 に示した BIOMOVSⅡのオリジナル FEP リストは、地表と淡水環境のみを対象としてまとめられたものであるため、本ケースでは評価対象である生物圏（第 4.1 項 参照）を考慮して、潮間帯／海洋環境に関する追加の FEP リストを新たに作成し‘I/’で示すこととする。これらの FEP の基本構成は本研究における「河川堆積層放出ケース」に係る海洋／河口環境の FEP と同様である。新たに作成およびスクリーニングした FEP リストを表 4.2 に示す。

BIOMOVSⅡの FEP リストの 1 から 1.3.2.1 までの FEP はすべて潮間帯／海洋環境にも関係すると考えられる。これらはすべて表 4.1 で詳述されており、評価の前提条件およびソースタームに関する FEP の追加は必要なかったので、表 4.2 は FEP 1.3.2.1.1（自然／半自然環境の基本システム記述）から開始する。潮間帯／海洋に関る事象およびプロセス（Inter-tidal and Marine Events and Processes: I/EPs）は自然環境に関わる EPs と人間の活動（I/HA）および被ばく（I/HE）に関する EPs とに分割するものとする。さらに昨年度の研究と同様に、BIOMOVSⅡの FEP リスト中に新たに付け加えた潮間帯／海洋環境に関する FEP を直接付け加えることはせずに、切り離して考えることが望ましいと判断した。また、BIOMOVSⅡでの FEP リストと異なり、この段階では主要な EPs を同定し、その定義付けを行うことを主目的としているために FEP の明確な分割は行われていない。なお、潮間帯／海洋環境に係る追加 FEP についての詳細な記述とコメントについては付録 2 の「② 本ケースに適用する潮間帯／海洋環境に係る FEP リストの説明」に示す。

なお、スクリーニングした FEP リストは、BIOMOVSⅡFEP リストの場合と同様、後述する相互作用マトリックスを利用して見直しを行う。

表 4.2 本ケースに適用する潮間帯／海洋環境に係る FEP リスト

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/F 1	**基本システム：自然および半自然**	Y	処分場サイトでのレファレンスバイオスフィア環境条件を提供。汚染物質の挙動および移行に影響
I/F 1.1	海洋	Y	汚染物質の潜在的受容体(receptor)
I/F 1.2	潮間帯	Y	汚染物質放出の受容体(receptor)
I/EP 2	**事象およびプロセス：自然**	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
I/EP 2.1	塩分濃度変化	Y	汚染物質の挙動および移行に影響
I/EP 2.2	沈殿	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.3	再浮遊	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/EP 2.4	蒸発	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
I/EP 2.5	揮発	N	本研究では考慮しない－評価の前提条件参照
I/EP 2.6	エアロゾルの生成および輸送	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.7	浸食	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.7.1	波による浸食	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.7.2	地滑りまたは落石による浸食	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.8	生物擾乱	Y	汚染物質の輸送および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/EP 2.9	水流	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
I/EP 2.9.1	地下水放出	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
I/EP 2.9.2	地表水のランーオフ	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響
I/EP 2.9.3	潮流	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.9.4	海流	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.9.5	河川流	N	本研究では考慮しない－評価の前提条件参照
I/EP 2.9.6	シースプレイ	Y	汚染物質の濃度および輸送に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/EP 2.10	温度変化	Y	放射性核種の挙動に影響
I/EP 2.11	涵養	N	本ケースに係る評価の前提条件では直接関連しない
I/EP 2.12	ベッドロード輸送プロセス	Y	輸送および蓄積に影響
I/EP 2.13	洪水	Y	濃度、輸送および蓄積に影響
I/EP 2.14	大波	Y	濃度、輸送および蓄積に影響
I/EP 2.14.1	暴風	Y	濃度、輸送および蓄積に影響
I/EP 2.14.2	津波	Y	濃度、輸送および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/EP 2.15	動植物を媒介とした輸送	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.15.1	植物による輸送	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.15.2	動物による輸送	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.16	植物による吸収／代謝	Y	生物による輸送および蓄積に影響
I/EP 2.16.1	海洋に棲息する植物	Y	生物による輸送および蓄積に影響
I/EP 2.16.2	潮間帯に棲息する植物	Y	生物による輸送および蓄積に影響
I/EP 2.17	動物による摂取／代謝	Y	生物による輸送および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/EP 2.17.1	海洋に棲息する動物	Y	生物による輸送および蓄積に影響
I/EP 2.17.2	潮間帯に棲息する動物	Y	生物による輸送および蓄積に影響
I/EP 2.18	海水準変動	N	評価の前提条件参照
I/EP 2.18.1	隆起／沈降	N	評価の前提条件参照
I/EP 2.18.2	海水量の増減	N	評価の前提条件参照
I/EP 2.19	拡散／分散	Y	移行および蓄積に影響
I/EP 2.20	吸着／脱着	Y	汚染物質の適用性に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/EP 2.21	溶解／沈殿	Y	汚染物質の適用性に影響
I/HA 3	移行に影響する人間活動	Y	移行および蓄積に影響
I/HA 3.1	浚渫	Y	移行および蓄積に影響
I/HA 3.2	脱塩	N	評価の前提条件参照
I/HA 3.3	沿岸部の物理的変化	N	生物圏の経時変化は考慮しない（生物圏システム参照）
I/HA 3.3.1	干拓／埋立	N	生物圏の経時変化は考慮しない（生物圏システム参照）
I/HA 3.3.2	護岸工事	Y	移行および蓄積に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/HA 3.4	貯水	Y	移行および蓄積に影響
I/HA 3.4.1	漁業／養殖	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
I/HA 3.4.2	水浴	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
I/HA 3.4.3	製塩	Y	移行、蓄積および被ばく経路に影響
I/HA 3.5	汚染	Y	汚染物の挙動に影響
I/HE 4	人間の被ばくモード	Y	被ばく経路に影響
I/HE 4.1	生活習慣	Y	被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/HE 4.1.1	資源利用	Y	被ばく経路に影響
I/HE 4.2	食餌	Y	被ばく経路に影響
I/HE 4.3	外部照射	Y	被ばく経路に影響
I/HE 4.3.1	水域	Y	被ばく経路に影響
I/HE 4.3.2	堆積物	Y	被ばく経路に影響
I/HE 4.4	内部被ばく	Y	被ばく経路に影響
I/HE 4.4.1	エアロゾル／堆積物の吸入	Y	被ばく経路に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無	コメント
I/HE 4.4.2	経口摂取	Y	被ばく経路に影響
I/HE 4.4.3	皮膚からの吸収	Y	被ばく経路に影響

4.2.3　FEP 間の相互関係の明確化と二次スクリーニング

(1)　相互作用マトリックスの作成

潮間帯堆積層放出ケースに係る評価の前提条件および対応する評価体系を勘案し、系の特徴を表現するのに必要十分な要素を含んだ相互作用マトリックスを、BIOMOVS IIにおいて採用された相互作用マトリックス（1996a）および昨年度の研究を参考にして作成する。

第一にマトリックスの主対角線要素（LDE）として必要な項目を検討する。その結果、BIOMOVS IIにおいて採用された相互作用マトリックスの11個のLDEのうち、潮間帯堆積層放出シナリオを対象とする本研究においては、LDEの一つである「地表近傍の帯水層」は不要であるが、昨年と同様、今後、別の地下水シナリオを評価する際には必要となる可能性があるため、そのまま残すこととする。また、本ケースに係る評価の前提条件および関連FEPの記述から、潮間帯堆積層に放出される地下水中の核種は潮間帯よりも上流側の河川水域には生じないと仮定し、河川水域および河川堆積層のLDEを削除し、潮間帯水域および潮間帯堆積層のLDE加え、さらに潮間帯以後の核種が移行を考慮した沿岸海水域と沿岸海域堆積物を表現する2つのLDEを追加している。したがって、LDEの数は13個となる。

次に、13個のLDEの各々の間に考えられる相互作用を、非対角線要素（ODE）に埋め込む。この際、並行して、表4.1および表4.2の各FEPと各ODESとの間の対応関係のクロスチェックを行う（(2)参照）。

このようにして最終的に得られた相互作用マトリックスを図4.1に示す。関連するLDEおよびODEの定義については以下で論じる。マトリックス中に含まれたFEPは、モデル化すべきシステムのすべての部分を表している。

なお、図4.1の相互作用マトリックスはシステム内の要素のみを対象としており、システムからの（フィードバックのない）損失（ロス）は表現していない。相互作用マトリックス作成に続いて行われる概念モデルの構築や被ばく計算においては、システム外へのロスも当然考慮しなければならない。コンパートメントモデルの採用を前提として構築された後述する概念モデルでは、これを最終シンク（Final Sink）への移行という形で表現している。

（ｉ） LDEの定義

本ケースで設定した1.1から13.13までの13個のLDEに関する定義を以下に示す。

1.1 **ソースターム(汚染された地下水)**:生物圏への放射性核種フラックス。本ケースでは、潮間帯堆積層から潮間帯水域への汚染された地下水の放出による（第2.1.3項参照)。

2.2 **地表近傍の帯水層**:地表下方近傍の帯水層またはその他の飽和領域。現在の評価の前提条件では生物圏部分として考慮されていないが（第2.1.3項参照)、将来的には考慮する可能性あり。

3.3 **潮間帯水域**:潮間帯水域とは潮間帯の（干満による）浮遊堆積物を含む領域である。評価の前提条件（第 2.1.3 項参照）における潮間帯水域の主たる重要性は堆積層への汚染地下水の放出による放射性核種の受容媒体としての役割である。

4.4 **潮間帯堆積物**:**干満による潮間帯の間隙水を含む潮間帯堆積物**。干満によるレベルの変化から断続的にむき出しとなる堆積物を含む。現在の評価の前提条件（第 2.1.3 項参照）では、潮間帯堆積物の主たる重要性は、汚染地下水の放出の受容媒体としての役割である。

5.5 **VSZ**:表土の下方から完全飽和の地表近傍帯水層までの土壌層。本ケースでは潮間帯に近接した VSZ を仮定。

6.6 **表土**:重要な農作物生育活動の場である土壌（作物の根が届く部分を含む)。固体土壌、土壌水およびガスを含む。本ケースにおける表土は潮間帯に近接していると仮定。

7.7 **大気**:人間および動物が通常呼吸する空気。ダストおよびエアロゾルを含む。大気の特性に気象および季節変動の効果が含まれる。

8.8 **植物群**:水生（海水）および陸生植物、菌類（きのこ）および作物／作物加工品を含む天然および農業によらないものなどあらゆる植物。根から穀粒への転流など植物内／植物間での汚染物質の移行を含む。

9.9 **動物群**:自然、農業および養殖漁業における動物種、水生（海水）生物および陸生生物（微生物相および無脊椎動物を含む）。動物が動物を摂取するなど動物間での汚染物質の移行を含む。

10.10 **沿岸海水域**:沿岸海水環境（浮遊堆積物を含む）。この環境は各種食糧の重要な供給源である。なお、潮間帯における水域は除外する。

11.11 **沿岸海域堆積物**:沿岸環境の堆積物（間隙水を含む）。なお、干満によるレベルの変化から断続的にむき出しとなる堆積物を除く。

12.12 **移行に影響する人間活動**:放射性核種の移行および蓄積に影響を及ぼす生物圏での人間活動。評価の前提条件（第 2.1.3 項参照）では、現在の環境および社会条件（気象と農業慣習を含む）を想定している。

13.13 **人間の被ばくモード**:仮想的被ばくグループに対する被ばく経路（評価の前提条件（第 2.1.3 項参照）に整合したもの）による人間の被ばくモード。

（ii） ODE の定義

以下では、各 ODE とそれに関連する FEP について、行単位で簡単に記述する。各行については、下方の LDE に影響を及ぼす ODE を最初に定義し、次に上方の LDE に影響を及ぼす ODE を定義する。一部の FEP の削除に関する情報も記載する。

＜ソースターム＞行

(1.2-1.3) 相互作用なし。放出は潮間帯堆積層へのみ生じる。

(1.4) 地下水は潮間帯堆積層へ放出される（評価の前提条件（第 2.1.3 項）参照）。潮間帯への淡水地下水の放出による塩水の変化は、放射性核種と堆積物および空隙水との相互作用に影響を及ぼす。

(1.5-1.13) 相互作用なし。放出は潮間帯堆積層へのみ生じる。

＜地表近傍の帯水層＞行

(2.3-2.13) 相互作用なし。地表近傍の帯水層は本研究では考慮しない（評価の前提条件（第 2.1.3 項）参照）。

(2.1) 相互作用なし。地表近傍の帯水層は本研究では考慮しない（評価の前提条

件（第 2.1.3 項）参照)。

＜潮間帯水域＞行

(3.4) 主な相互作用は沈殿である。浸食の効果は(ODE 4.3)で考慮される。地下水の放出から（ODE 1.4 および 4.3)、水の流れは潮間帯からではなく潮間帯へであると仮定している(ODE 5.3 参照)ため、潮間帯堆積層への涵養（recharge）は除外する。拡散は、他の作用と比較して重要ではない。

(3.5) 相互作用なし。水の流れは潮間帯からではなく潮間帯へであると仮定しているため、VSZ への涵養（recharge）は除外する。

(3.6) 洪水、潮の干満および波浪による潮間帯付近の沈殿。

(3.7) 風・波によるシースプレイおよびエアロゾルの生成

(3.8) 潮間帯に棲息する水性植物（海藻）による吸水。洪水後の陸生植物による吸水は（ODE 3.6）および（ODE 6.8）で考慮する。

(3.9) 潮間帯に棲息する水性動物（軟体動物）による吸水。

(3.10) 沿岸海水への潮の干満による流れ。

(3.11) 相互作用なし。

(3.12) 資源利用。レクリエーション（海水浴）のための利用。

(3.13) 潮間帯からの外部照射による直接線被ばく。潮間帯水域での不用意な飲用は潮間帯および海洋での食物摂取と比較して重要ではない。

(3.2) 相互作用なし（ODE 2.3-2.13 参照)。

(3.1) 相互作用なし。潮間帯水域から地下水への汚染物の直接的な移動はないと仮定。

＜潮間帯堆積物＞行

(4.5) 相互作用なし。

(4.6) 相互作用なし。潮間帯堆積層の浚渫および堆積物の表土への変化は仮定しない。生物圏の経時変化は仮定していない（評価の前提条件（第 2.1.3 項）参照)。。

(4.7) 再浮遊。堆積物は風による潮の動きによる再浮遊の結果暴露すると仮定する。

(4.8) 潮間帯に棲息する植物（海藻）による取込み。

(4.9) 潮間帯に棲息する動物（軟体動物）による摂取。

(4.10) 相互作用なし。

(4.11) 潮の干満による水底堆積物の移流（ベッドロード)。

(4.12) 資源利用。軟体動物採取のための掘返しおよびレクリエーション（海浜利用）のための利用。

(4.13) 外部照射および不用意な経口摂取。

(4.3) 再浮遊。拡散の効果は再浮遊と較べて重要でない。潮間帯堆積層への地下水の放出は、潮間帯水域への流れと想定する（評価の前提条件（第 2.1.3 項）参照）。

(4.2) 相互作用なし（ODE 2.3-2.13 参照）。

(4.1) 相互作用なし。潮間帯堆積層から地下水への汚染物質の移動は、地下水から潮間帯堆積層への移動と比べて重要ではないと仮定している。

<VSZ>行

(5.6) 表面土壌を形成する VSZ 中の物質の風化。本ケースではガス移行は考慮しない（評価の前提条件（第 2.1.3 項）参照）。水の正味の降下が仮定されており、毛管作用による水の上昇は無視する。

(5.7-5.11) 相互作用なし。

(5.12, 5.13) 相互作用なし。農業慣習としての利用は考えない。

(5.4) 涵養は VSZ から潮間帯堆積層へ生じると仮定している。

(5.3) 海食崖の浸食。

(5.2) 相互作用なし。涵養は VSZ から潮間帯堆積層に対して起こると仮定する。

(5.1) 相互作用なし。

<表面土壌>行

(6.7) 浮遊。蒸発は対象とする気候条件に対して重要ではない。ガス移行および揮発は本ケースでは考慮しない（評価の前提条件（第 2.1.3 項）参照）。

(6.8) 経根吸収およびウォータスプラッシュ（water splash）。

(6.9) 土壌の摂取。外部汚染は摂取と比較して重要でない。

(6.10) 相互作用なし。あらゆる土壌は潮間帯水域に移行する仮定する（ODE 6.3 参照）。

(6.11) 相互作用なし。

(6.12) 本ケースに係る生物圏システム（第 4.1 項参照）で定義された農業利用。海洋に近接していることによる、海水による洪水の発生（OED 3.6 参照）およびシースプレイの効果（OED 3.7 参照）のため、陸上は農業生産性は低く、牧草から生育する家畜のみを仮定（農作物の生育は考慮しない）。

(6.13) 外部照射。人間による不用意な表面土壌の摂取は、牧草から生育する家畜

のみをとするため除外する（ODE 6.12 参照）。

(6.5) 降水による浸透。

(6.4) 相互作用なし。浸食は潮間帯水域に作用し、潮間帯堆積層には直接作用しない（ODE 6.3 参照）。

(6.3) 浸食による物質移行。

(6.2, 6.1) 相互作用なし。

＜大気＞行

(7.8) 湿着、乾着および降水（降雪および降雨）。季節は農業生産性に影響する。本ケースではガス摂取を考慮しない（評価の前提条件（第 2.1.3 項）参照）。

(7.9) 吸入。季節および気象による効果。

(7.10, 7.11) 気象および季節による影響（例えば、降水、暴風、モンスーン、洪水など）。沿岸海水域について湿着および乾着は起こり得るものの、潮間帯堆積層への放出ケースでは重要でない。

(7.12) 気象および季節は農業などの人間活動に影響を及ぼす。

(7.13) 吸入。外部照射は吸入に比して重要でない。

(7.6) 沈着、風食、浸食、降水などの季節および気象の影響。

(7.5) 相互作用なし。

(7.4, 7.3) 気象および季節による影響（例えば、降水、暴風、モンスーン、洪水など）。潮間帯水域について湿着および乾着は起こり得るものの、潮間帯堆積層放出ケースでは重要でない。

(7.2, 7.1) 相互作用なし。

＜植物群＞行

(8.9) 摂取。

(8.10, 8.11) 分解および風化を含む脱着。

(8.12) 植物物質が肥料および家畜の飼料として使用されると仮定する。

(8.13) 海藻の摂取。陸上の作物の摂取については農業生産性の低い地域であることから（ODE 6.12 参照）、汚染による影響を受ける地域では生育しないため考慮しない。

(8.7) 蒸散、呼吸、脱着および植物形態が大気の動きに影響を及ぼす（例えば沈着および阻止の緩和）。

(8.6) 分解および風化等による脱着；土壌の特性およびプロセス（土壌の構成お

よび構造、植物の分解による肥料化、土壌の含水量に対する影響など)。

(8.5) 相互作用なし（ODE 5.8 参照)。

(8.4, 8.3) 海洋植物に関して(ODE 8.10)および(ODE 8.11)と同様。

(8.2-8.1) 相互作用なし。

＜動物群＞行

(9.10) 排泄。

(9.11) 排泄、生物擾乱（bioturbation：ミミズ類など堆積物内で無脊椎動物が穴を掘るような活動から堆積物が混合される現象）および分解。

(9.12) 動物性物質は肥料として利用できる。

(9.13) 経口摂取。

(9.8) 排泄による肥料化および汚染、土壌擾乱による直接的汚染。

(9.7) 発散、おくび（げっぷ)、おなら。

(9.6) 排泄、生物擾乱、分解。

(9.5) 相互作用なし（ODE 6.6 参照)。

(9.4) 潮間帯棲息動物に関して(ODE 9.11)と同様。

(9.3) 潮間帯棲息動物に関して(ODE 9.10)と同様。

(9.2, 9.1) 相互作用なし。

＜沿岸海域＞行

(10.11) 沈殿。移行プロセスとして拡散は沈殿と比べて重要でない。

(10.12) 資源利用。漁業に利用。

(10.13) 相互作用なし。潮間帯水域との相互作用を仮定（ODE 3.13 参照)。

(10.9) 沿岸海洋動物群による吸入。

(10.8) 沿岸海洋植物群による摂取。

(10.7) 相互作用なし。エアロゾルの生成は（ODE 3.7）で潮間帯に関して考慮。本ケースでは揮発は考慮しない（評価の前提条件（第 2.1.3 項）参照)。

(10.6-10.4) 相互作用なし。

(10.3) 潮間帯水域への干満の流れ

(10.2, 10.1) 相互作用なし。

＜沿岸海域堆積物＞行

(11.12) 資源利用。漁業に利用。

(11.13) 相互作用なし。潮間帯堆積物との相互作用を仮定（ODE 3.13 参照）。

(11.10) 再浮遊には物質的および生物学的なプロセスが含まれる。移行プロセスとして、拡散は再浮遊に比して重要でない。

(11.9) 沿岸海域の動物群による摂取。外部汚染は摂取に比して重要でない。

(11.8) 沿岸海域の植物群による吸収。

(11.7) 相互作用なし。本ケースにおいて、潮間帯堆積物は沿岸海域堆積物よりも大気中に漏出し、再浮遊されると仮定している（ODE 4.7 参照）。

(11.6, 11.5) 相互作用なし。

(11.4) 堆積物の移流（ベッドロード）は潮の干満から生じる。

(11.3-11.1) 相互作用なし。

＜移行に影響を与える人間活動＞行

(12.13) 人間活動は被ばくモードおよび被ばく経路に影響を及ぼす。社会に関する仮定は評価の前提条件（第 2.1.3 項参照）で論じている。

(12.11, 12.10) 相互作用なし。沿岸海域堆積層の浚渫はなく、家庭用水および農業用水目的の淡水は汚染されていない淡水源から使用されると仮定している。

(12.9) 農業慣習（畜産を含む）については本ケースに係る生物圏システム（第 4.1 項）で論じている。

(12.8) 牧草の生産に関しては（ODE 12.9）と同様。

(12.7) 農業慣習はダストの発生に影響を及ぼす。

(12.6) あるゆる土壌プロセスに対する農業慣習の影響。排泄。

(12.5) 相互作用なし。

(12.4) 相互作用なし。このような堆積物には高い塩濃度と有機物量が低いことから、潮間帯堆積物の表面土壌への浚渫はないと仮定している。

(12.3-12.1) 相互作用なし。家庭用および農業用水は汚染されていない淡水源を使用していると仮定する。

＜人間の被ばくモード＞行

(13.12-13.1) 相互作用なし。

1.1 SOURCE TERM (contaminated groundwater)	1.2	1.3	1.4 Groundwater discharge Salinity change effects	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13
2.1	2.2 NEAR SURFACE AQUIFER	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13
3.1	3.2	3.3 INTER-TIDAL WATER	3.4 Sedimentation	3.5	3.6 Flooding Sedimentation	3.7 Sea spray Aerosols	3.8 Uptake	3.9 Uptake	3.10 Tidal flow	3.11	3.12 Recreational use	3.13 External irradiation
4.1	4.2	4.3 Resuspension Water flow	4.4 INTER-TIDAL SEDIMENT	4.5	4.6	4.7 Resuspension	4.8 Uptake	4.9 Ingestion	4.10	4.11 Bed load transport	4.12 Mollusc digging and recreational use	4.13 External irradiation Ingestion
5.1	5.2	5.3 Erosion	5.4 Recharge	5.5 VARIABLY SATURATED ZONE	5.6 Weathering	5.7	5.8	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13
6.1	6.2	6.3 Erosion	6.4	6.5 Infiltration	6.6 SURFACE SOIL	6.7 Suspension	6.8 Uptake Water splash	6.9 Ingestion	6.10	6.11	6.12 Agricultural use	6.13 External irradiation
7.1	7.2	7.3 Seasonal and weather effects	7.4 Seasonal and weather effects	7.5	7.6 Deposition Seasonal and weather effects Erosion	7.7 ATMOSPHERE	7.8 Deposition Seasonal and weather effects	7.9 Inhalation Seasonal and weather effects	7.10 Seasonal and weather effects	7.11 Seasonal and weather effects	7.12 Seasonal and weather effects	7.13 Inhalation
8.1	8.2	8.3 Desorption	8.4 Desorption	8.5	8.6 Desorption Soil processes	8.7 Transpiration Respiration Desorption Morphological effects	8.8 FLORA	8.9 Ingestion	8.10 Desorption	8.11 Desorption	8.12 Materials resource	8.13 Ingestion
9.1	9.2	9.3 Excretion	9.4 Excretion Bioturbation Decomposition	9.5	9.6 Excretion Bioturbation Decomposition	9.7 Exhalation Flatulance	9.8 Fertilization Direct contamination	9.9 FAUNA	9.10 Excretion	9.11 Excretion Bioturbation Decomposition	9.12 Materials resource	9.13 Ingestion
10.1	10.2	10.3 Tidal Flow	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8 Uptake	10.9 Uptake	10.10 LOCAL MARINE WATER	10.11 Sedimentation	10.12 Fishing	10.13
11.1	11.2	11.3	11.4 Bed load transport	11.5	11.6	11.7	11.8 Uptake	11.9 Ingestion	11.10 Resuspension	11.11 LOCAL MARINE BED SEDIMENT	11.12 Fishing	11.13
12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6 Agricultural practices Excretion	12.7 Agricultural practices	12.8 Agricultural practices	12.9 Agricultural practices	12.10	12.11	12.12 HUMAN ACTIVITIES AFFECTING MIGRATION	12.13 Affect exposure modes and pathways
13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	13.10	13.11	13.12	13.13 HUMAN EXPOSURE MODES

図 4.1 相互作用マトリックス（潮間帯堆積層放出ケース）

(2) FEP リストの二次スクリーニング

第 4.2.1 項で整備した FEP を相互作用マトリックスで特定した FEP とクロスチェックすることによって、見直し（二次スクリーニング）を行う。クロスチェックの結果を表 4.3 および表 4.4 に示す。同表には、各 FEP について下記の事項を記載してある。

- 当該 FEP は、見直し前の FEP リストに含まれていたかどうか。
- 当該 FEP は、見直し後の FEP リストに含まれたかどうか（即ち、相互作用マトリックス（図 4.1）に含まれたかどうか)。
- 当該 FEP が見直し後において除外された場合はその理由。
- 当該 FEP が見直し後において採用された場合は、その相互作用マトリックス内での場所。

表 4.3 BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP リスト(注1)の本ケースへの適用：見直し後

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1	特徴 (Features)	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1	評価の前提条件	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1.1	評価目的	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1.2	評価指標	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響

(注1) FEP List version dated September 1996
(注2) IM：相互作用マトリックス(Interaction Matrix)

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1.1.2.1	年間個人線量	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1.2.2	年間個人リスク	N	N	
1.1.2.3	生涯個人線量	N	N	
1.1.2.4	生涯個人リスク	N	N	
1.1.2.5	集団線量	N	N	
1.1.2.6	集団リスク	N	N	
1.1.2.7	人間以外の生物への線量当量	N	N	
1.1.2.8	環境中放射性核種濃度	N	N	
1.1.2.9	その他の評価指標	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1.1.3	想定する処分場	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.1.4	地質・地形条件	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.2	ソースターム	Y	Y 1.1, 1.4	
1.2.1	地圏－生物圏インターフェイス	Y	Y 1.1	
1.2.2	放出メカニズム	Y	Y 1.4	
1.2.2.1	地下水放出	Y	Y 1.1,1.4	
1.2.2.1.1	地圏帯水層放出	Y	Y 1.4	
1.2.2.1.2	地圏帯水層中の井戸からの揚水	N	N	
1.2.2.2	気体放出	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1.2.2.3	固体物質放出	N	N	
1.2.3	ソースターム特性	Y	Y 1.1	
1.2.3.1	放射性核種	Y	Y 1.1	
1.2.3.2	地下水プルーム特性	Y	Y 1.1	
1.2.3.3	その他の有害物質	N	N	
1.3	基本システム	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.3.1	一般的気候	Y	Y 7.7	
1.3.1.1	気候カテゴリ区分	N	N	
1.3.1.2	気候変動	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
1.3.2	一般的生物圏システム	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.3.2.1	環境	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.3.2.1.1	自然および半自然	Y	Y 2.2, 3.3, 4.4, 5.5, 7.7, 8.8, 9.9, 10.10, 11.11	
1.3.2.1.2	農業	Y	Y 6.6, 7.7, 8.8, 9.9	
1.3.2.1.3	都市および産業	N	N	
1.3.2.2	物質交換基本システム	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.3.2.3	環境構成要素	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
1.3.3	一般的人間社会	Y	Y 12.12, 13.13	
2	事象およびプロセス (Event and Processes)	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1	自然の事象およびプロセス	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
2.1.1	環境変動	Y	Y	今日の気候条件が永続するとの仮定の枠内での変化プロセスに限定(例えば、浸食)
2.1.1.1	環境ダイナミクス	Y	Y	今日の気候条件が永続するとの仮定の枠内での変化プロセスに限定(例えば、浸食)
2.1.1.1.1	季節変化	Y	Y 7.3, 7.4, 7.6 to 7.12	
2.1.1.1.1.1	季節変化の食物連鎖に対する影響	Y	Y 7.3, 7.8, 7.9, 7.10, 7.12	
2.1.1.1.2	化学変化	N	N	
2.1.1.1.2.1	アルカリ化	N	N	
2.1.1.1.2.2	微生物による化学変化	N	N	
2.1.1.1.2.3	植物による化学変化	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.1.1.3	物理的変化	Y	Y 5.3, 5.6, 6.3	
2.1.1.1.3.1	土壌の転換	Y	Y 5.6	
2.1.1.1.3.2	浸食(風、水、洪水)	Y	Y 5.3, 6.3	
2.1.1.2	気候変動による変化	N	N	
2.1.2	放射性核種移行 (輸送)	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
2.1.2.1	大気輸送プロセス	Y	Y 4.7, 6.7, 7.3, 7.4, 7.6, 7.7 to 7.11, 7.13	
2.1.2.1.1	気体輸送	N	N	
2.1.2.1.2	エアロゾル輸送	Y	Y 10.7	
2.1.2.1.3	燃焼	Y	N	その他の農業活動によるダストの発生と較べて、年間平均の重要度は低い

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.2.2	地表水液相輸送プロセス	Y	Y 3.3, 3.6, 3.10, 6.3, 6.8, 10.3, 10.10	
2.1.2.2.1	地表水のランーオフによる輸送	Y	Y 6.3	
2.1.2.2.2	液相中での輸送	Y	Y 3.3, 3.6, 3.10, 10.3, 10.10	
2.1.2.3	多孔質媒体液相輸送プロセス	Y	Y 1.4, 4.3, 4.4, 5.4, 5.5, 6.5, 6.6	
2.1.2.3.1	透過(percolation)	Y	Y 5.5, 6.5, 6.6	
2.1.2.3.2	毛管上昇	Y	N	比較的高い沈降率により下方流が支配的であり、毛管上昇は無視し得る
2.1.2.3.3	地下水輸送	Y	Y 1.4	
2.1.2.3.4	拡散／分散	Y	N	移流と較べて重要度は低い
2.1.2.3.5	浸透(infiltration)	Y	Y 5.5, 6.5, 6.6	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.2.3.6	二相流およびマトリックス拡散	Y	N	重要度は低い
2.1.2.3.6.1	浮遊堆積物の輸送	Y	N	重要度は低い
2.1.2.3.6.2	コロイドの輸送	Y	N	重要度は低い
2.1.2.4	地表水－多孔質媒体間の輸送プロセス	Y	Y 3.6, 3.7, 4.3, 5.3	
2.1.2.5	固相輸送	Y	Y 3.3, 3.4, 3.10,4.3, 4.7, 4.11,6.7, 6.8, 7.6,7.8, 10.10, 10.11,11.4, 11.10	
2.1.2.5.1	再浮遊／沈着	Y	Y 4.7, 6.7, 7.6, 7.8,	
2.1.2.5.2	地滑り	N	N	
2.1.2.5.3	落石	N	N	
2.1.2.5.4	水による固相輸送	Y	Y 3.3, 3.4, 3.10, 4.3, 4.11, 6.8, 7.6, 7.8, 10.10, 10.11, 11.4, 11.10	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.2.5.4.1	堆積物の再浮遊	Y	Y 4.3, 11.10	
2.1.2.5.4.2	沈殿	Y	Y 3.4, 10.11	
2.1.2.5.4.3	雨滴のはね (rain splash)	Y	Y 6.8	
2.1.2.5.4.4	ウォッシュアウト (washout)	Y	Y 7.6, 7.8	
2.1.2.5.4.5	湿着	Y	Y 7.6, 7.8	
2.1.2.7	動植物を媒介とした輸送	Y	Y 3.8, 3.9, 4.3, 4.8, 4.9, 6.8, 6.9, 7.9, 8.3, 8.4, 8.6, 8.7, 8.9, 8.10, 8.11, 9.3, 9.4, 9.6, 9.7, 9.8, 9.10, 9.11, 10.8,10.9, 11.8, 11.9, 11.10	
2.1.2.7.1	吸収および脱着	Y	Y 3.8, 4.8, 6.8, 8.3, 8.4, 8.6, 8.7, 8.10, 8.11, 10.8, 11.8	
2.1.2.7.2	生物擾乱	Y	Y 4.3, 9.4, 9.6, 9.11, 11.10	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.2.7.3	動物による摂取および排泄	Y	Y 3.9, 4.9, 6.9, 7.9, 8.9, 9.3, 9.4, 9.6, 9.7, 9.8, 9.10, 9.11, 10.9, 11.9	
2.1.3	放射性核種濃度に影響するプロセス	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
2.1.3.1	化学反応	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
2.1.3.1.1	溶解／沈殿	Y	Y	固相－液相間の相関は、平衡を仮定した経験データに基づく
2.1.3.1.2	吸着／脱着	Y	Y 3.3, 4.4, 5.5, 6.6, 10.10, 11.11	固相－液相間の相関は、平衡を仮定した経験データに基づく
2.1.3.2	物理的プロセス	Y	Y 1.4, 3.3, 3.6, 3.7, 3.10, 4.3, 4.4, 6.6, 7.6, 7.7, 7.8, 8.6, 8.7, 10.3, 10.10	
2.1.3.2.1	放水	Y	Y 1.4, 3.6, 3.10, 4.3, 10.3, 10.10	
2.1.3.2.2	帯水層への涵養	Y	N	涵養は帯水層よりも潮間帯堆積物に生じると保守側に仮定している
2.1.3.2.3	降雨	Y	Y 7.6, 7.7, 7.8	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.1.3.2.4	蒸発	Y	Y 3.3, 4.4, 6.6, 10.10	
2.1.3.2.5	蒸散	Y	Y 8.7	
2.1.3.2.6	降雪	Y	N	全降水量に占める降雪の割合は小さく、かつ主として生育期以外に発生。なお、土壌中の水バランスへの寄与は考慮。
2.1.3.2.7	風化	Y	Y 8.6	
2.1.4	放射性核種の代謝	Y	Y	高位の FEP は IM(注2)全体に影響
2.1.4.1	作物および野生／半野生植物	Y	Y 8.8	
2.1.4.1.1	転流	Y	Y 8.8	
2.1.4.2	家畜および野生／半野生動物	Y	Y 9.9	
2.1.4.2.1	動物体内移行	Y	Y 9.9	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.2	人間活動に係る事象およびプロセス	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
2.2.1	人間活動による化学的変化	N	N	
2.2.1.1	化学的汚染	N	N	
2.2.1.1.1	酸性雨	N	N	
2.2.2	人間活動による物理的変化	N	N	
2.2.2.1	水に対する人間影響	N	N	
2.2.2.2	ダム建設	N	N	
2.2.2.3	開墾／干拓	N	N	
2.2.3	人間活動による物質の再利用と混合	Y	Y 12.6,12.8, 12.9	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.2.3.1	耕作	Y	N	海洋に隣接していることによる洪水の発生およびシースプレイ効果から農業生産性は低く、畜産のみに適合していると仮定
2.2.3.2	固体物質の再利用	Y	N	現在の食品生産慣習では固体物質は再利用しないと仮定
2.2.3.3	施肥	Y	Y 12.6, 12.8, 12.9	
2.2.4	人間活動による放射性核種輸送	Y	N	人間活動は、環境媒体間の汚染水／汚染物質の直接的な移行に寄与する
2.2.4.1	揚水	N	N	
2.2.4.1.1	井戸水利用	N	N	
2.2.4.1.2	灌漑	N	N	
2.2.4.2	人間による涵養	N	N	
2.2.4.3	湖沼の人為的混合	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.2.4.4	固体物質輸送	N	N	2.2.4.4.1 および 2.2.4.4.2 参照
2.2.4.4.1	堆積物の浚渫	Y	N	表面土壌への潮間帯堆積物の浚渫は、堆積物の高い塩濃度と有機物量が低いことから農業生産性が限定されることから行われないと仮定。
2.2.4.4.2	土木工事	Y	N	表面土壌に対する影響は農業利用に比べて低いと仮定している。海洋に隣接した内陸部分は洪水の発生を主要事象としており、潮間帯堆積物を利用した土木工事はないと仮定している。土木工事による影響が、潮間帯ですでに考慮されている他の被ばく経路よりも重要度が高いとは考えにくい。
2.3	人間の被ばくに係る事象およびプロセス	Y	Y	高位の FEP は IM(注2) 全体に影響
2.3.1	生活習慣	Y	Y 3.12, 4.12, 6.12, 8.12, 9.12, 10.12, 11.12, 12.6, 12.7, 12.8, 12.9, 12.12, 12.13	
2.3.1.1	資源利用	Y	Y 3.12, 4.12, 6.12, 8.12, 9.12, 10.12, 11.12	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.3.1.2	生産物貯蔵	Y	Y 12.8, 12.9	
2.3.1.3	空気、水および調理	N	N	考慮せず(保守側)
2.3.1.3.1	水の濾過	N	N	
2.3.1.3.2	空気の濾過	Y	N	考慮せず(保守側)
2.3.1.3.3	調理	Y	N	海洋に近接していることによる洪水の発生およびシースプレイ効果から内陸の農業生産性は低く、畜産のみに適合している。このように、農業が考慮されていないために調理によるロスは不適切
2.3.1.3.4	換気	Y	N	考慮せず(保守側)
2.3.1.4	居住／遮蔽要因	Y	N	考慮せず(保守側)
2.3.1.5	食餌	Y	Y 12.13	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注2)での位置	
2.3.2	外部照射プロセス	Y	Y 3.13, 4.13, 6.13	
2.3.3	内部被ばくプロセス	Y	Y 4.13, 7.13, 8.13, 9.13,	
2.3.3.1	摂取	Y	Y 4.13, 7.13, 8.13, 9.13,	
2.3.3.1.1	吸入	Y	Y 7.13	
2.3.3.1.2	経口摂取	Y	Y 4.13, 8.13, 9.13	
2.3.3.1.3	皮膚からの吸収	Y	N	重要度は低いと仮定

表 4.4 本ケースに適用する潮間帯／海洋環境に係る FEP リスト：見直し後

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/F 1	基本システム：自然および半自然	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
I/F 1.1	海洋	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
I/F 1.2	潮間帯	Y	Y	
I/EP 2	事象およびプロセス：自然	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響
I/EP 2.1	塩分濃度変化	Y	Y 1.4	
I/EP 2.2	沈殿	Y	Y 3.4, 3.6, 10.11	

(注1) IM：相互作用マトリックス（Interaction Matrix）

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/EP 2.3	再浮遊	Y	Y 4.3, 4.7, 11.10	
I/EP 2.4	蒸発	Y	Y 3.3, 4.4, 10.10, 11.11	
I/EP 2.5	揮発	N	N	
I/EP 2.6	エアロゾルの生成および輸送	Y	Y 3.7	
I/EP 2.7	浸食	Y	Y 5.3, 6.3	
I/EP 2.7.1	波による浸食	Y	Y 5.3, 6.3	
I/EP 2.7.2	地滑りまたは落石による浸食	Y	Y 5.3, 6.3	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/EP 2.8	生物擾乱	Y	Y 4.3, 9.4, 9.11, 11.10	
I/EP 2.9	水流	Y	Y 1.4, 3.3, 3.7, 3.10, 6.3, 10.10	
I/EP 2.9.1	地下水放出	Y	Y 1.4	
I/EP 2.9.2	地表水のラン一オフ	Y	Y 6.3	
I/EP 2.9.3	潮流	Y	Y 3.3, 3.10, 10.3, 10.10	
I/EP 2.9.4	海流	Y	Y 10.10	
I/EP 2.9.5	河川流	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/EP 2.9.6	シースプレイ	Y	Y 3.3, 3.7, 10.10	
I/EP 2.10	温度変化	Y	Y 7.3, 7.4, 7.10, 7.11	
I/EP 2.11	涵養	N	N	
I/EP 2.12	ベッドロード輸送プロセス	Y	Y 4.11, 11.4	
I/EP 2.13	洪水	Y	Y 3.6	
I/EP 2.14	大波	Y	Y 3.6	
I/EP 2.14.1	暴風	Y	Y 3.6	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/EP 2.14.2	津波	Y	Y 3.6	
I/EP 2.15	動植物を媒介とした輸送	Y	Y 3.8, 3.9, 4.8, 4.9, 8.3, 8.4, 8.10, 8.11, 9.3, 9.4, 9.10, 9.11, 10.8, 10.9, 11.8, 11.9	
I/EP 2.15.1	植物による輸送	Y	Y 3.8, 4.8, 8.3, 8.4,8.10, 8.11, 10.8, 11.8	
I/EP 2.15.2	動物による輸送	Y	Y 3.9, 4.9, 9.3, 9.4, 9.10, 9.11, 10.9, 11.9	
I/EP 2.16	植物による吸収／代謝	Y	Y 3.8, 4.8, 8.8, 10.8, 11.8	
I/EP 2.16.1	海洋に棲息する植物	Y	Y 8.8, 10.8, 11.8	
I/EP 2.16.2	潮間帯に棲息する植物	Y	Y 3.8, 4.8	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/EP 2.17	動物による摂取／代謝	Y	Y 3.9, 4.9, 9.9, 10.9, 11.9	
I/EP 2.17.1	海洋に棲息する動物	Y	Y 9.9, 10.9, 11.9	
I/EP 2.17.2	潮間帯に棲息する動物	Y	Y 3.9, 4.9, 9.9	
I/EP 2.18	海水準変動	N	N	
I/EP 2.18.1	隆起／沈降	N	N	
I/EP 2.18.2	海水量の変動	N	N	
I/EP 2.19	拡散／分散	Y	N	移流プロセスと較べて重要度は低い

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/EP 2.20	吸着／脱着	Y	Y 3.3, 4.4, 10.10, 11.11	固相および液相間の関係は平衡状態を仮定した実験データに基づく
I/EP 2.21	溶解／沈殿	Y	Y 1.4, 3.3, 4.4, 10.10, 11.11	
I/HA 3	移行に影響する人間活動	Y	N	以下の Sub-FEP のコメント参照
I/HA 3.1	浚渫	Y	N	潮間帯堆積層の高塩濃度および低有機物濃度による土壌の低生産性を促進するため、表面土壌への浚渫はないと仮定
I/HA 3.2	脱塩	N	N	
I/HA 3.3	沿岸部の物理的変化	N	N	
I/HA 3.3.1	干拓／埋立	N	N	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/HA 3.3.2	護岸工事	N	N	
I/HA 3.4	貯水	Y	N	その他の海水利用と較べて影響は小さいと仮定
I/HA 3.4.1	漁業／養殖	Y	N	その他の海水利用と較べて影響は小さいと仮定
I/HA 3.4.2	水浴	Y	N	その他の海水利用と較べて影響は小さいと仮定
I/HA 3.4.3	製塩	Y	N	本ケースでは重要でないと仮定
I/HA 3.5	汚染	Y	N	重要ではない
I/HE 4	人間の被ばくモード	Y	Y	高位の FEP は IM(注1)全体に影響

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/HE 4.1	生活習慣	Y	Y 3.12, 4.12, 8.12, 9.12, 10.12, 11.12, 12.12, 12.13	
I/HE 4.1.1	資源利用	Y	Y 4.12, 8.12, 9.12, 10.12, 11.12	
I/HE 4.2	食餌	Y	Y 12.13	
I/HE 4.3	外部照射	Y	Y 3.13, 4.13	
I/HE 4.3.1	水域	Y	Y 3.13	
I/HE 4.3.2	堆積物	Y	Y 4.13	
I/HE 4.4	内部被ばく	Y	Y 4.13, 7.13, 8.13, 9.13	

FEP-コード	FEP-名称	考慮の有無		コメント
		見直し前	見直し後 IM(注1)での位置	
I/HE 4.4.1	エアロゾル／堆積物の吸入	Y	Y 7.13	
I/HE 4.4.2	経口摂取	Y	Y 4.13, 8.13, 9.13	
I/HE 4.4.3	皮膚からの吸収	Y	N	重要ではないと仮定

4.2.4 概念モデルの構築

本ケースにおける評価指標（単位量の評価対象核種が生物圏に流入した場合の仮想的決定グループの代表個人に対する年間実効線量当量）の算出のため、生物圏における放射性核種の移行およびそれに伴う人間の被ばくに関する概念モデルを開発する。

(1) 核種移行モデル

図 4.1 に示した相互作用マトリックスに基づき、放射性核種の移行経路および移行プロセスを示す（図 4.2)。また、図 4.2 に記載の相互作用マトリックスの諸現象の中から「動的にモデル化」すべき成分だけを考慮に入れコンパートメントモデルを作成することとする。

なお、第 2.2.5 項に示したとおり、コンパートメントモデルを作成するに当たっては、相互作用マトリックスから導出されるコンパートメントに加えて、「最終シンク」コンパートメントを設けることから、生物圏からの核種の流出を最終シンクコンパートメントへの核種移行として表現することとする。本ケースにおいては、沿岸海水域コンパートメントからの核種移行（海洋拡散）プロセスと、沿岸海域堆積層における核種の不可逆的な閉じこめ（正味の沈殿）プロセスを設定することとする。

以上の考え方の基づき作成したコンパートメントモデルを図 4.3 に示す。最終シンクコンパートメントの設定以外に図 4.2 と図 4.3 を比較すると幾つかの相違があるが、これらは、以下に示す考え方に基づいたモデル化の結果である。

- 図 4.2 は、現在の評価の前提条件では、地表近傍帯水層とその他の生物圏コンポーネントの間に相互作用がないことを示している。したがって、図 4.3 に地表近傍帯水層は示されていない。

- 図 4.3 には（核種移行の結果生じる）被ばくに直接係るプロセスは示していない。

上述した相違を除けば、図 4.2 の放射性核種の移行に関連するすべてのコンポーネントは図 4.3 の中で表現されている。したがって、図 4.3 は本ケースに係る放射性核種移行の概念モデルと見なすことができる。

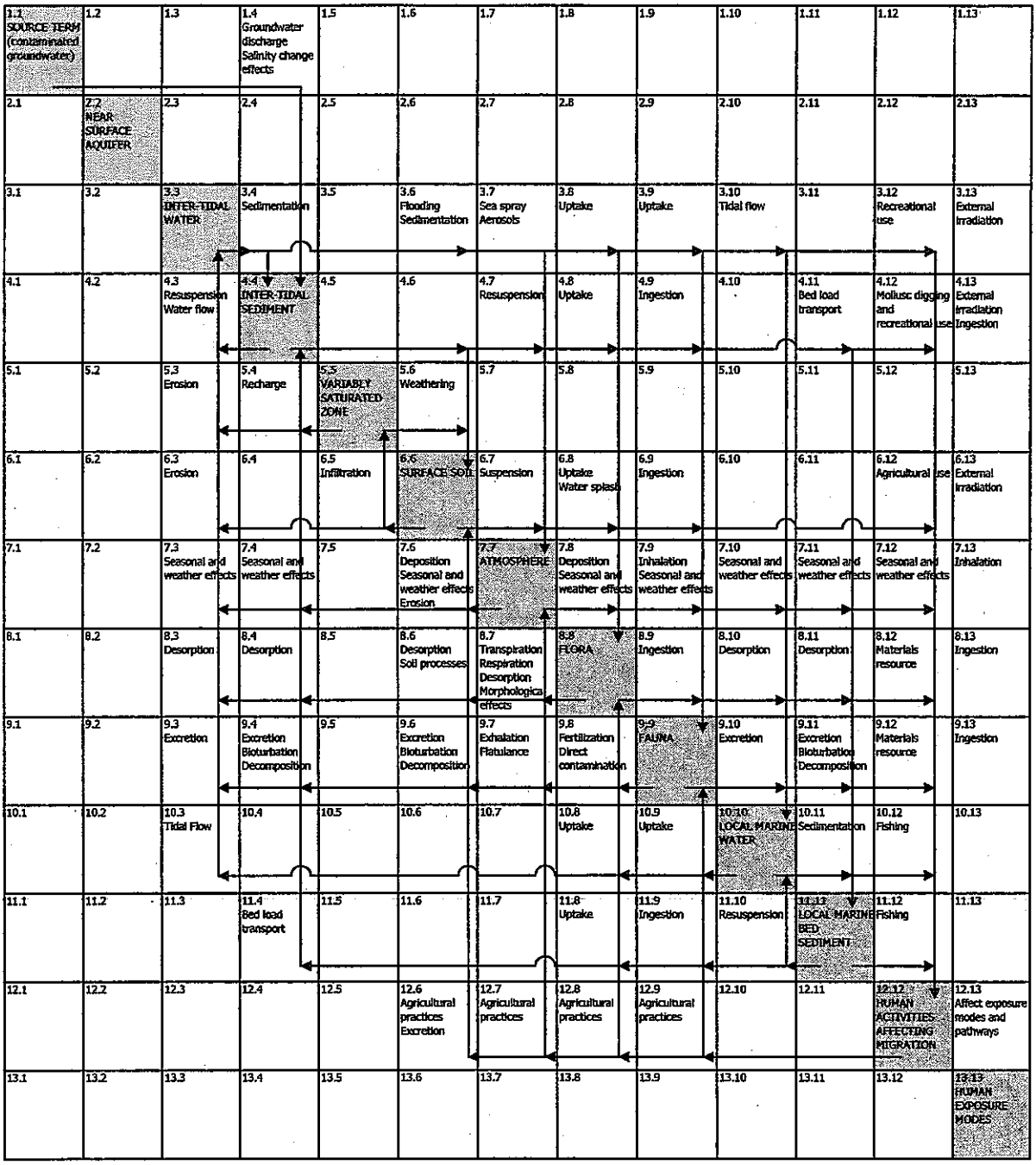


図 4.2 放射性核種の移行経路および移行プロセスを示す相互作用マトリックス

（潮間帯堆積層放出ケース）

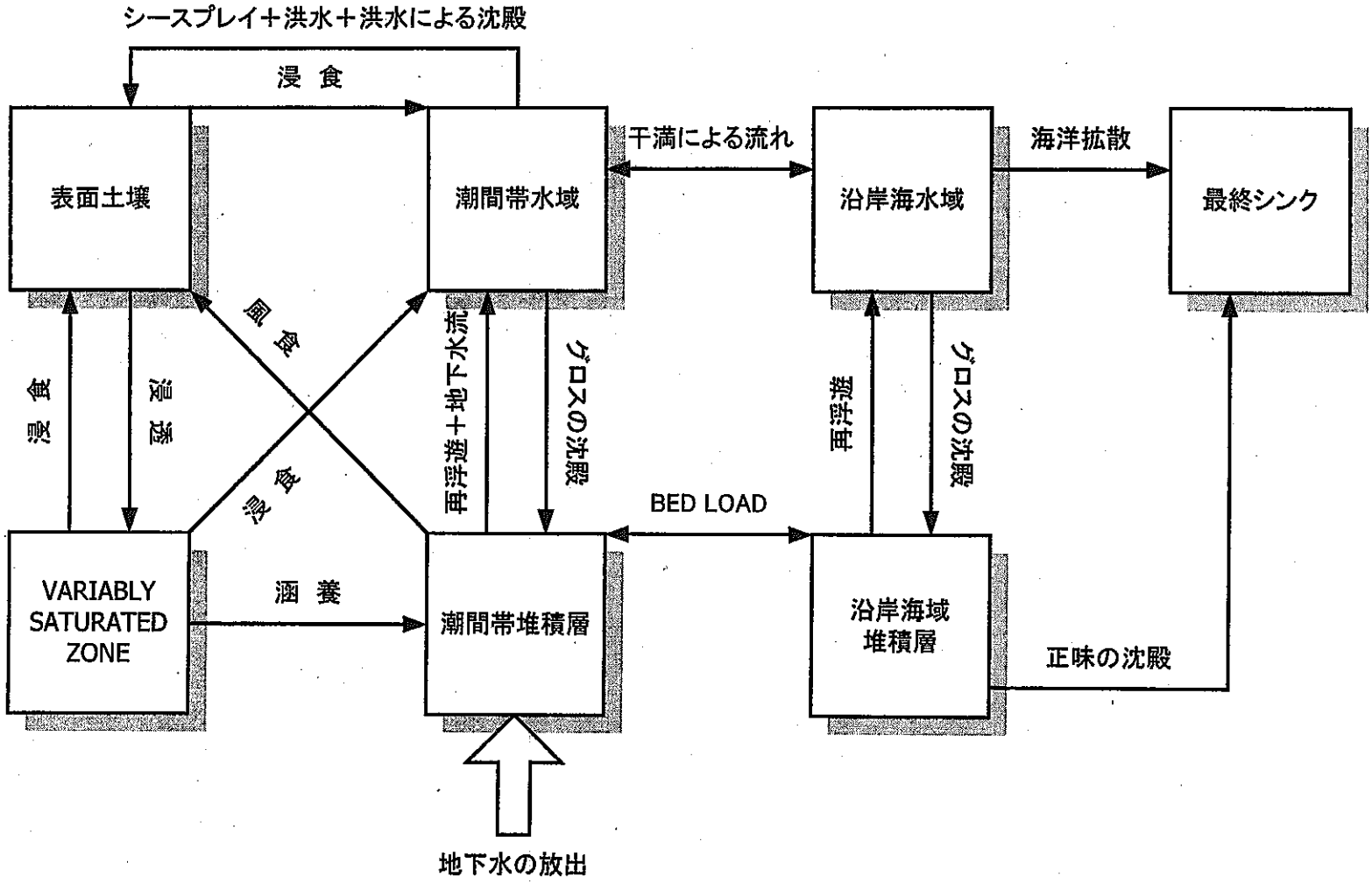


図 4.3 生物圏コンパートメント及び核種移行プロセス（潮間帯堆積層放出ケース）

(2) 被ばくモデル

図 4.1 の相互作用マトリックスを利用した、被ばく経路とそれに伴う被ばくグループの特定を図 4.4 および図 4.5 に示す。

被ばく経路の考察（図 4.4）から、汚染媒体と係わる下記の被ばくグループを特定することができる（図 4.5）。

- 農作業被ばくグループ
- 海洋漁業被ばくグループ

なお、第 2.2.5 項のように上記の 2 つの被ばくグループはあくまでも概念的なものであることから、本ケースでは、各被ばくグループの線量当量を計算した後にそれらを合計し、その合計値を我が国における平均的個人の年間実効線量当量（実際は線量への換算係数）とする。なお、平均的個人が平均的農民、平均的海洋漁民といった異なる 2 種類の生活を同時に行うという仮定は非論理的な考え方のように思われるかもしれないが、我が国の原子力施設の安全評価においてしばしば用いられる考え方であり、保守性の観点から言えば、現段階の評価としては妥当なものと考えられる。

さらに、本ケースの概念モデルを開発するに当たり、第 2.2.5 項に示した被ばくグループについての仮定に加えて、各被ばくグループが生産・消費する食物の種類を設定した（表 4.5）。なお、表 4.5 に記載した消費される食品は、どれか一つのカテゴリーに含まれるように意図的に簡略化している。

表 4.5 各被ばくグループが消費する食物の種類（潮間帯堆積層放出ケース）

	被ばくグループ	
	農作業	海洋漁業
植物		・海藻
動物	・牛肉 ・牛レバー ・羊肉 ・ミルク	・海水魚 ・海洋甲殻類 ・軟体動物

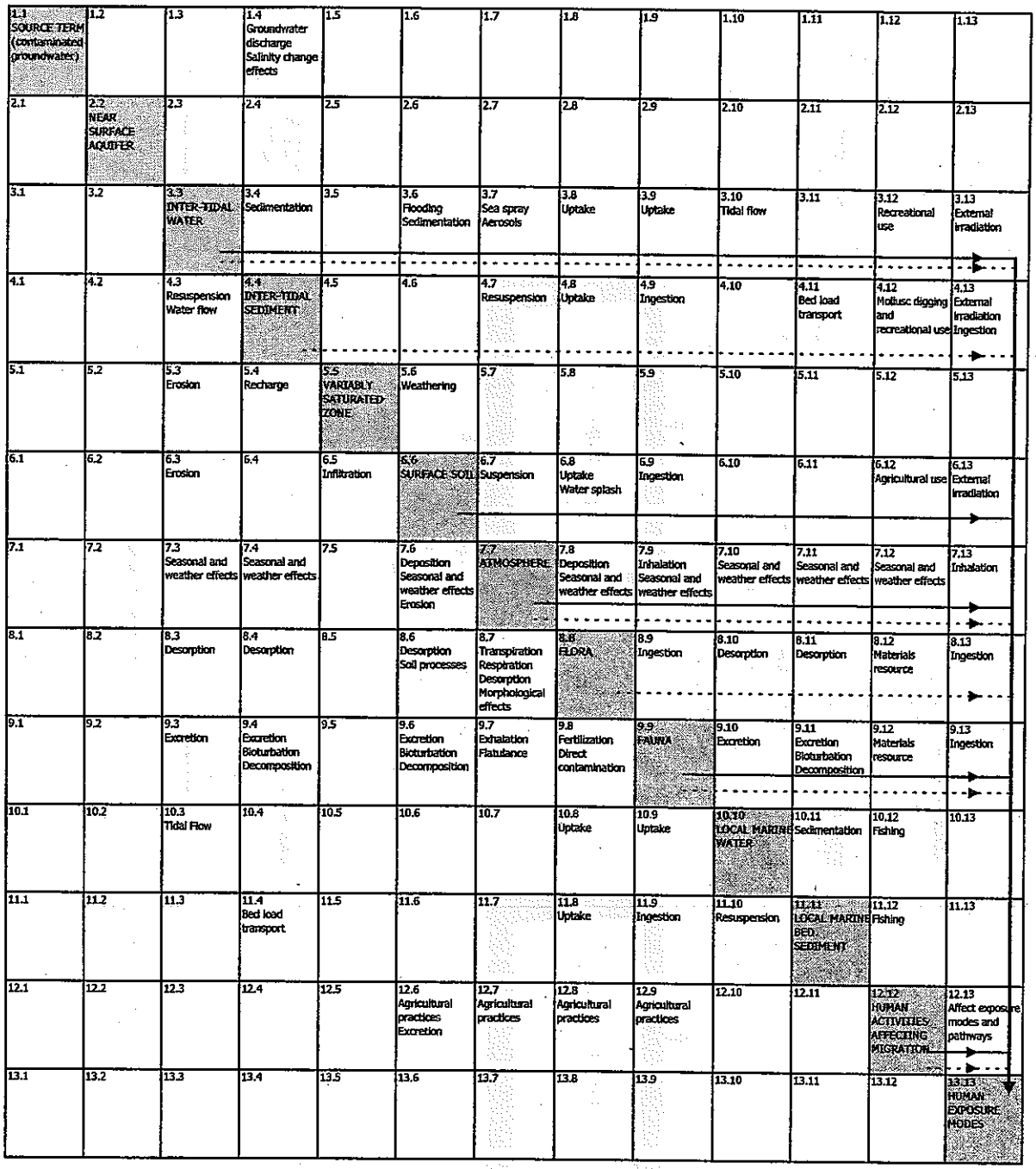


図 4.4 各被ばくグループに対する被ばく経路および被ばくプロセスを示す相互作用マトリックス（潮間帯堆積層放出ケース）

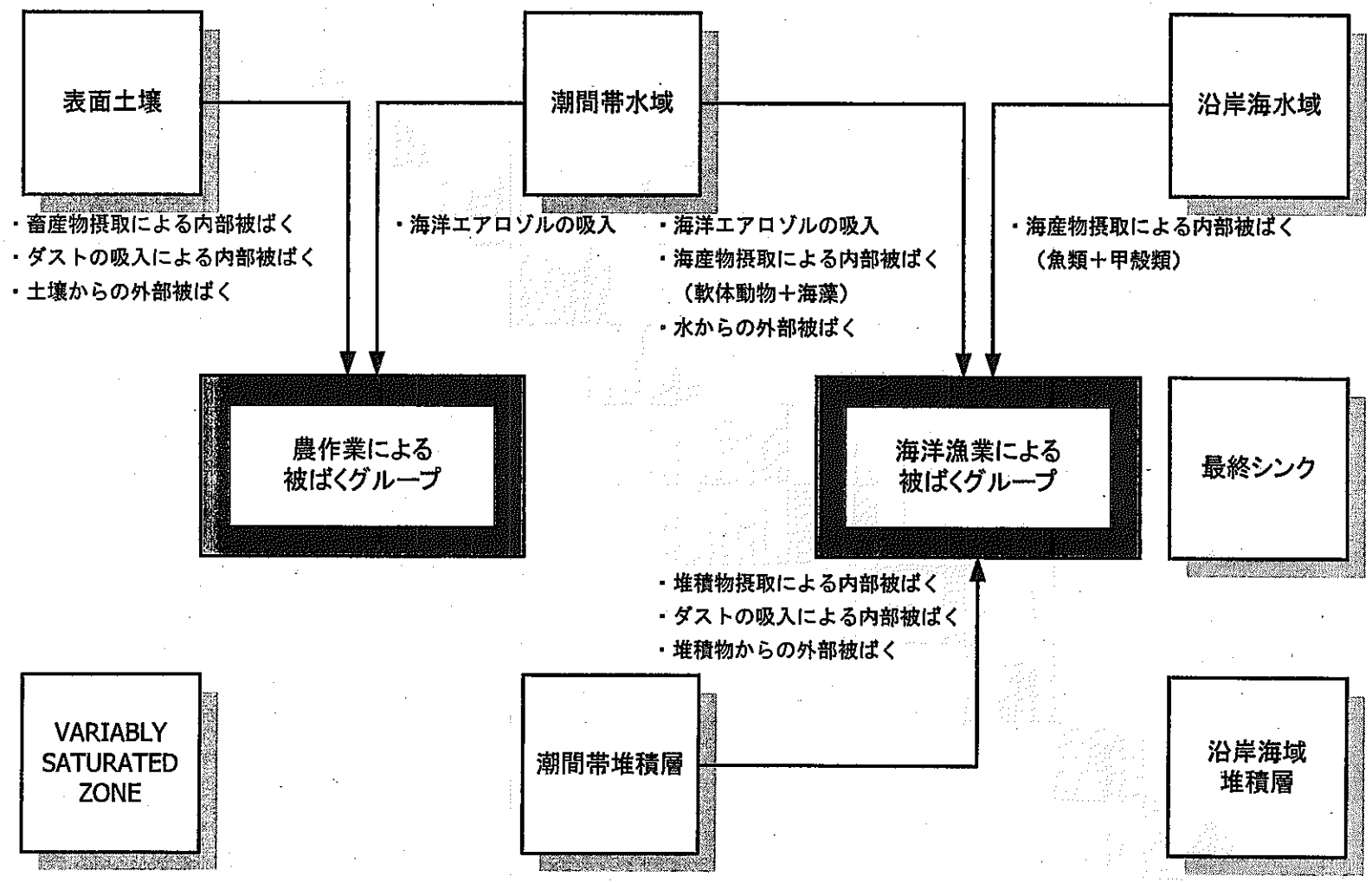


図 4.5 各被ばくグループの被ばく経路（潮間帯堆積層放出ケース）

4.3 数学的定式化

4.3.1 コンパートメント間の移行プロセス

コンパートメント間の移行プロセスは、移行係数行列を用いて数学的に表現される。コンパートメントのインベントリは連立の一次線形微分方程式（(1) 式）で表現される。概念モデルの中の各移行プロセスに関する移行係数を計算するための代数方程式を以下に示す。

(1) 液相

（ i ） 地下水の移行

潮間帯堆積層から潮間帯水域への地下水による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{V_{wflow}}{V_{ised} \cdot \theta_{isedw} \cdot R_{ised}} \quad \cdots\cdots (39)$$

ここで、

V_{wflow}	：潮間帯堆積層コンパートメントからの年間放出量	$[m^3 \cdot y^{-1}]$
V_{ised}	：潮間帯堆積層コンパートメントの体積	$[m^3]$
θ_{isedw}	：潮間帯堆積層コンパートメントの体積含水率	[—]
R_{ised}	：潮間帯堆積層コンパートメントの遅延係数	[—]

上式は、潮間帯堆積層コンパートメントから潮間帯水域コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。ただし、R_{ised} 項は次式で与えられる。

$$R_{ised} = 1 + \frac{(1-\theta_{ised}) \cdot \rho_{gised}}{\theta_{isedw}} \cdot K_{dised} \quad \cdots\cdots (40)$$

ここで、

θ_{ised}	：潮間帯堆積層コンパートメントの空隙率	[—]
ρ_{gised}	：潮間帯堆積層コンパートメントの真密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
θ_{isedw}	：潮間帯堆積層コンパートメントの体積含水率	[—]
K_{dised}	：潮間帯堆積層コンパートメントの収着係数	$[m^3 \cdot kg^{-1}]$

（ ii ） 浸透／涵養

浸透／涵養による核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{d_d}{R_{sed}\cdot\theta_{sedw}\cdot d_{sed}} \quad \cdots\cdots (41)$$

ここで、

d_d ：浸透／涵養プロセスの上流側コンパートメントにおける単位面積当たりの浸透／涵養量 $[m\cdot y^{-1}]$

R_{sed} ：浸透／涵養の上流側コンパートメントの遅延係数 [－]

θ_{sedw} ：浸透／涵養の上流側コンパートメントの体積含水率 [－]

d_{sed} ：浸透／涵養の上流側コンパートメントの深さ $[m]$

上式は、表面土壌コンパートメントから VSZ コンパートメントへ、および VSZ コンパートメントから潮間帯堆積層コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。ただし、遅延係数 R_{sed} 項は次式で求められる。

$$R_{sed}=1+\frac{(1-\theta_{sed})\cdot\rho_{gsed}}{\theta_{sedw}}\cdot K_{dsed} \quad \cdots\cdots (42)$$

ここで、

θ_{sed} ：堆積層あるいは土壌コンパートメント(上流側コンパートメント)の空隙率 [－]

θ_{sedw} ：堆積層あるいは土壌コンパートメント(上流側コンパートメント)の体積含水率 [－]

ρ_{gsed} ：堆積層あるいは土壌コンパートメント(上流側コンパートメント)の真密度 $[kg\cdot m^{-3}]$

K_{dsed} ：堆積層あるいは土壌コンパートメント(上流側コンパートメント)の収着係数 $[m^3\cdot kg^{-1}]$

(iii) 洪水

洪水による潮間帯水域コンパートメントから土壌コンパートメントへの放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{V_{fw}}{V_{tw}} \quad \cdots\cdots (43)$$

ここで、

V_{fw} ：年平均洪水量 $[m\cdot y^{-1}]$

V_{iw}　　：潮間帯水域コンパートメントの容積　　[m^3]

上式は、潮間帯水域コンパートメントから表面土壌コンパートメントの核種移行の評価に用いられる。

（ⅳ）潮の干満による流れおよび海洋拡散

潮の干満および海洋拡散（海流による散逸）による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{Q_w}{V_w} \quad \cdots\cdots (44)$$

ここで、

Q_w　　：水の年間流量　　[$m^3 \cdot y^{-1}$]

V_w　　：移行プロセス上流側コンパートメントの容積　　[m^3]

上式は、潮間帯水域コンパートメントから沿岸海水域コンパートメントへ、沿岸海水域コンパートメントから潮間帯水域コンパートメント、および沿岸海水域コンパートメントから最終シンクコンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（ⅴ）シースプレイ

シースプレイによる潮間帯水域コンパートメントから土壌への放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{T_{ss} \cdot V_{aero}}{V_{iw}} \quad \cdots\cdots (45)$$

ここで、

T_{ss}　　：シースプレイ濃縮係数　　[－]

V_{aero}　　：潮間帯水域コンパートメントから内陸へのシースプレイ移行量（体積）　　[$m^3 \cdot y^{-1}$]

V_{iw}　　：潮間帯水域コンパートメントの容積　　[m^3]

上式は、潮間帯水域コンパートメントから表面土壌コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

(2) 固相

（ｉ） 浸食／風食

浸食／風食による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{E_{sed}}{d_{sed}} \quad \cdots\cdots (46)$$

ここで、

E_{sed} ：堆積層または土壌コンパートメントの年浸食／風食速度 $[m \cdot y^{-1}]$

d_{sed} ：堆積層または土壌コンパートメントの深さ $[m]$

上式は、表面土壌コンパートメントから潮間帯水域コンパートメントへ、VSZ コンパートメントから表面土壌コンパートメントへ、VSZ コンパートメントから潮間帯水域コンパートメント、および潮間帯堆積層コンパートメントから表面土壌コンパートメント（風食）への核種移行の評価に用いられる。

（ii） 洪水による沈殿

洪水による沈殿による放射性核種の移行係数は洪水による移行係数の式に含まれる。

（iii） 再浮遊

再浮遊による潮間帯水域堆積層コンパートメントからの移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{r_{ised}}{d_{ised}} \quad \cdots\cdots (47)$$

ここで、

r_{ised} ：潮間帯水域堆積層コンパートメントからの単位面積当たりの年間再浮遊量 $[m \cdot y^{-1}]$

d_{ised} ：潮間帯水域堆積層コンパートメントの深さ $[m]$

再浮遊による沿岸海域堆積層コンパートメントからの移行係数は次式で与えられる。次式は、沿岸海域堆積層コンパートメントからの生物撹乱によるものであり、これ以外の「拡散」および「暴風」による影響は重要でないと仮定している（Klos et al., 1989）。

$$\frac{(R_{msed} - 1) \cdot B_{msed}}{R_{msed} \cdot d_{msed}^{2}} \quad \cdots\cdots (48)$$

ここで、

R_{msed}　：沿岸海水域堆積層コンパートメントの遅延係数　[－]

B_{msed}　：生物活動に伴う年当たりの拡散率　[$m^2 \cdot y^{-1}$]

d_{msed}　：沿岸海域堆積層コンパートメントの深さ　[m]

ただし、遅延係数 R_{msed} 項は次式で求められる。

$$R_{msed} = 1 + \frac{(1-\theta_{msed}) \cdot \rho_{gmsed}}{\theta_{msedw}} \cdot K_{dmsed} \quad \cdots\cdots (49)$$

ここで、

θ_{msed}　：沿岸海水域堆積層コンパートメントの空隙率　[－]

ρ_{gmsed}　：沿岸海水域コンパートメントの真密度　[$kg \cdot m^{-3}$]

θ_{msedw}　：沿岸海水域堆積層コンパートメントの体積含水率　[－]

K_{dmsed}　：沿岸海水域堆積層コンパートメントの収着係数　[$m^3 \cdot kg^{-1}$]

(47)式は、河川水域堆積層コンパートメントから河川水域コンパートメントへの、また沿岸海水域堆積層コンパートメントから沿岸海水域コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（ⅳ） 正味の沈殿

正味の沈殿による核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{(R_{msed}-1)}{R_{msed}} \cdot \frac{S_{nf}}{d_{msed}} \quad \cdots\cdots (50)$$

ここで、

R_{msed}　：沿岸海水域堆積層コンパートメントの遅延係数　[－]

S_{nf}　：最終シンクコンパートメントへの単位面積当たりの正味の年間沈殿量　[$m \cdot y^{-1}$]

d_{msed}　：沿岸海水域堆積層コンパートメントの深さ　[m]

上式は、沿岸海水域堆積層コンパートメントから最終シンクコンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。ただし、R_{msed} 項は（49）式を用いる。

（ｖ）グロスの沈殿

グロスの沈殿による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{\alpha_w \cdot K_{dsed} \cdot S_g \cdot A_w}{(\theta_w + \alpha_w \cdot K_{dsed}) \cdot V_w} \quad \cdots\cdots (51)$$

ここで、

K_{dsed}	：水域コンパートメント中浮遊物の収着係数	$[m^3 \cdot kg^{-1}]$
S_g	：水域コンパートメントから対応する堆積層コンパートメントへの単位面積当たりのグロスの年間沈殿量	$[m \cdot y^{-1}]$
θ_w	：水域コンパートメントの空隙率	[－]
A_w	：水域コンパートメントの面積	$[m^2]$
α_w	：水域コンパートメント中の浮遊物の密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
V_w	：水域コンパートメントの容積	$[m^3]$

上式は、潮間帯水域コンパートメントから潮間帯堆積層コンパートメントへの、また沿岸海水域コンパートメントから沿岸海域堆積層コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

（ｖｉ）ベッドロード

堆積物の移動（ベッドロード）による放射性核種の移行係数は次式で与えられる。

$$\frac{K_{dsed} \cdot B_l}{(\theta_{sedw} + K_{dsed} \cdot (1 - \theta_{sed}) \cdot \rho_{gsed}) \cdot V_{sed}} \quad \cdots\cdots (52)$$

K_{dsed}	：堆積層コンパートメントの収着係数	$[m^3 \cdot kg^{-1}]$
B_l	：堆積層の年間移動量	$[kg \cdot y^{-1}]$
θ_{sedw}	：堆積層コンパートメントの体積含水率	[－]
θ_{sed}	：堆積層コンパートメントの空隙率	[－]
ρ_{gsed}	：堆積層コンパートメントの真密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
V_{sed}	：堆積層コンパートメントの容積	$[m^3]$

上式は、潮間帯堆積層コンパートメントから沿岸海域堆積層コンパートメントおよび沿岸海域堆積層コンパートメントから潮間帯堆積層コンパートメントへの核種移行の評価に用いられる。

4.3.2 被ばく評価

各被ばく経路による年間個人実効線量は以下に示す式を用いて算出する。

(1) 畜産物の摂取

畜産物の摂取による農業被ばくグループへの年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{prod} = ING_{prod}\ D_{ing}\ C_{prod} \quad \cdots\cdots (53)$$

ここで、

D_{prod}	：畜産物の摂取による年間個人実効線量	$[Sv \cdot y^{-1}]$
ING_{prod}	：畜産物の年摂取量	$[kg \cdot y^{-1}]$
D_{ing}	：経口摂取に対する線量当量換算係数	$[Sv \cdot Bq^{-1}]$
C_{prod}	：畜産物中の核種濃度	$[Bq \cdot kg^{-1}]$

ここで、畜産物中の核種濃度 C_{prod} は、家畜の飼料の摂取、水の摂取、土壌の摂取および呼吸に伴う核種の摂取から家畜に取り込まれ核種の濃縮係数 CF_{prod} から生体内あるいは畜産品（食品部位、牛乳あるいは鶏卵）に蓄積されると仮定しており、それぞれ以下の式で与えられる。

① 飼料の摂取

$$CF_{prod} \cdot C_{fodd} \cdot ING_{fodd} \quad \cdots\cdots (54)$$

ここで、

CF_{prod}	：畜産物中における核種の濃縮係数	$[\frac{d}{kg\,(fresh\ weight\ of\ product)}]$
C_{fodd}	：飼料中の核種濃度	$[\frac{Bq}{kg\,(fresh\ weight\ of\ fodder)}]$
ING_{fodd}	：家畜による飼料の摂取率	$[\frac{kg\,(fresh\ weight)}{d}]$

② 土壌の摂取

$$CF_{prod} \cdot \frac{C_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss} + \theta_{ssw} \cdot \rho_w} \cdot ING_{ssa} \quad \cdots\cdots (55)$$

ここで、

CF_{prod} ：畜産物中における核種の濃縮係数 $\left[\frac{d}{kg\,(fresh\ weight\ of\ product)}\right]$

C_{ss} ：表面土壌コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

ING_{ssa} ：家畜による表面土壌コンパートメントからの土壌の摂取率 $\left[\frac{kg\ (wet\ weight\ of\ soil)}{d}\right]$

θ_{ss} ：表面土壌コンパートメントの空隙率 [—]

θ_{ssw} ：表面土壌コンパートメントの体積含水比 [—]

ρ_{gss} ：表面土壌コンパートメントの真密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

ρ_w ：水の密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

③ 呼吸に伴う核種の摂取

$$CF_{prod} \cdot BR_a \cdot O_{an} \cdot C_{airss} \quad \cdots\cdots (56)$$

ここで、

CF_{prod} ：畜産物中における核種の濃縮係数 $\left[\frac{d}{kg\,(fresh\ weight\ of\ product)}\right]$

BR_a ：家畜の呼吸率 $[m^3 \cdot h^{-1}]$

O_{an} ：家畜の表面土壌コンパートメント滞留時間 $[h \cdot d^{-1}]$

C_{airss} ：表面土壌コンパートメント上方の大気中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

なお、土壌の摂取については湿潤（wet）した土壌の摂取を考えている。

以上から、畜産物中の核種濃度は次式で与えられる。

$$C_{prod} = CF_{prod}\left[C_{fodd} \cdot ING_{fodd} + \frac{C_{ss} \cdot ING_{ssa}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss} + \theta_{ssw} \cdot \rho_w} \cdot (BR_a \cdot O_{an} \cdot C_{airss})\right] \quad \cdots\cdots (57)$$

なお、飼料中の核種濃度 C_{fodd} については、それぞれ次の式から求めることとする。牛と

羊について牧草を飼料とすることとし、農作物の汚染経路と同様に土壌から牧草への経根吸収による核種の移行、牧草への土壌の付着および灌漑水からの核種の移行を考慮し、次式から評価する。

$$C_{fodd} = \frac{(CF_{past} + S_{past}) \cdot C_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss}} + \frac{\mu_{past} \cdot d_{spast} \cdot C_{rw}}{Y_{past} \cdot W_{past} + N \cdot ING_{past}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (58)$$

ここで、

CF_{past} ：土壌から牧草への経根吸収による移行係数 $\left[\frac{Bq \cdot kg(fresh\ weight\ of\ pasture)^{-1}}{Bq \cdot kg(dry\ weight\ of\ soil)^{-1}}\right]$

S_{past} ：牧草に対する土壌の付着量 $\left[\frac{kg(dry\ weight\ of\ soil)}{kg(fresh\ weight\ of\ pasture)}\right]$

C_{ss} ：表面土壌コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

θ_{ss} ：表面土壌コンパートメントの空隙率 [－]

ρ_{gss} ：表面土壌コンパートメントの真密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

μ_{past} ：牧草葉面によるシースプレイ中の核種の阻止率 (interception fraction) [－]

d_{spast} ：シースプレイの牧草地への年間浸透量 $[m \cdot y^{-1}]$

C_{rw} ：河川水域コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

Y_{past} ：牧草の単位当たりの生産量（栽培密度） $[kg \cdot m^{-3}]$

W_{past} ：風雨による牧草葉面から系外への除去率（weathering 除去率） $[y^{-1}]$

N ：家畜の stocking density $[m^{-2}]$

ING_{past} ：家畜による牧草の摂取率 $\left[\frac{kg(fresh\ weight\ of\ pasture)}{d}\right]$

また、表面土壌コンパートメント上方の大気中の核種濃度 C_{airss} については、湿潤した土壌の一部が乾燥してダストとなり家畜が吸入する経路と、海洋エアロゾルの飛散から一部が内陸に移行し家畜に吸入される経路を仮定している。表面土壌起源のダストについては乾燥した土壌の見かけの密度（かさ密度）が $(1-\theta_{ss})\rho_{gss}$、固相側における核種の存在割合が $(R_{ss}-1)/R_{ss}$ であることを考慮し、海洋起源のエアロゾルについては大気中のエアロゾルレベルの変化とシースプレイ濃縮係数を考慮し次式から評価する。

$$C_{airss} = \frac{C_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss}} \frac{(R_{ss}-1)}{R_{ss}} dust_{ss} + Air_{aero} \cdot C_{iw} \cdot T_{ss} \quad \cdots\cdots (59)$$

ここで、

C_{ss}	：表面土壌コンパートメント中の核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$
θ_{ss}	：表面土壌コンパートメントの空隙率	[－]
ρ_{gss}	：表面土壌コンパートメントの真密度	$[kg \cdot m^{-3}]$
R_{ss}	：表面土壌コンパートメントの遅延係数	[－]
$dust_{ss}$	：表面土壌コンパートメント上方の大気中のダストレベル	$[kg \cdot m^{-3}]$
Air_{aero}	：海洋エアロゾルの飛散による大気中のエアロゾルレベル	$[m^3 \cdot m^{-3}]$
C_{iw}	：潮間帯水域コンパートメント中の核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$
T_{ss}	：シースプレイ濃縮係数	[－]

以上から、畜産物の摂取による農業被ばくグループへの年間個人実効線量に係る評価に際しての留意事項は以下のとおりである。

・ 本評価における家畜は以下の様なプロセスから汚染されると仮定している。

① 汚染された飼料の摂取 …… $C_{fodd} \cdot ING_{fodd}$

② 汚染された土壌の摂取 …… $\frac{C_{ss}}{(1-\theta_{ss})\rho_{gss} + \theta_{ssw} \cdot \rho_w} \cdot ING_{ssa}$

③ 汚染された土壌および海洋起源の大気中エアロゾルの吸入 … $BR_a \cdot O_{an} \cdot C_{airss}$

(2) 堆積物の摂取

人間の意図的あるいは偶発的な堆積物の摂取については、湿潤した堆積物の摂取を考慮することとし、その年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{sed} = ING_{sed} \cdot D_{ing} \cdot \frac{C_{sed}}{(1-\theta_{sed})\rho_{sed} + \theta_{sedw} \cdot \rho_w} \quad \cdots\cdots (60)$$

D_{sed}	：堆積物の摂取による年間個人実効線量	$[Sv \cdot y^{-1}]$
ING_{sed}	：堆積物の年摂取量	$[kg \cdot y^{-1}]$
D_{ing}	：経口摂取に対する線量当量換算係数	$[Sv \cdot Bq^{-1}]$
C_{sed}	：堆積物コンパートメント中の核種濃度	$[Bq \cdot m^{-3}]$
θ_{sed}	：堆積物コンパートメントの空隙率	[－]

ρ_{sed} ：堆積物コンパートメントの真密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

θ_{sedw} ：堆積物コンパートメントの体積含水率 [－]

ρ_w ：水の密度 $[kg \cdot m^{-3}]$

(3) 海産物の摂取

海産物の摂取による年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{aqfood} = ING_{aqfood} \cdot D_{ing} \cdot FF_w \cdot C_w \cdot CF_{aqfood} \cdot 10^{-3} \quad \cdots\cdots (61)$$

ここで、

D_{aqfood} ：海産物摂取による年間個人実効線量 $[Sv \cdot y^{-1}]$

ING_{aqfood} ：海産物の年摂取量 $[kg \cdot y^{-1}]$

D_{ing} ：経口摂取に対する線量当量換算係数 $[Sv \cdot Bq^{-1}]$

FF_w ：濾過された水における放射性核種の残存割合 [－]

C_w ：水域コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

CF_{aqfood} ：海産物の濃縮係数 $\left[\frac{Bq \cdot kg\,(fresh\ weight\ edible\ fraction\ of aquatic\ foodstuff)}{Bq \cdot \ell\,(of\ filtered\ water)}\right]$

ただし、濾過された水における放射性核種の残存割合 FF_w は次式で与える。

$$FF_w = \frac{1}{1 + K_{dw} \cdot \alpha_w} \quad \cdots\cdots (62)$$

K_{dw} ：水域コンパートメント中の浮遊物に対する収着係数 $[m^3 \cdot kg^{-1}]$

α_w ：水域コンパートメント中の浮遊物の量 $[kg \cdot m^{-3}]$

上式は、海洋漁業被ばくグループの年間個人実効線量の計算に用いる。

(4) 土壌／堆積物からの外部被ばく

土壌／堆積物からの外部被ばくによる年間個人実効線量は以下の式で与えられる。

$$D_{exsed} = O_{sed} \cdot D_{exts} \cdot C_{sed} \quad \cdots\cdots (63)$$

ここで、

D_{exsed} ：土壌／堆積物からの外部被ばくによる年間個人実効線量 $[Sv \cdot y^{-1}]$

O_{sed} ：個人の土壌／堆積物コンパートメント中滞留時間 $[h \cdot y^{-1}]$

D_{exts} ：土壌／堆積物からの外部被ばくに対する線量当量換算係数 $[\frac{Sv \cdot y^{-1}}{Bq \cdot m^{-3}}]$

C_{sed} ：土壌／堆積物コンパートメント中の核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

上式は、各被ばくグループ（農作業、淡水漁業、海洋漁業）の年間個人実効線量の計算に用いる。

(5) 水への浸漬による外部被ばく

潮間帯水（海浜利用等）の浸漬による外部被ばくによる年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{exiwat} = O_{iwat} \cdot D_{extw} \cdot C_{iw} \quad \cdots\cdots (64)$$

ここで、

D_{exiwat} ：潮間帯水域コンパートメントでの浸漬による外部被ばくによる年間個人実効線量 $[Sv \cdot y^{-1}]$

O_{iwat} ：個人の年間潮間帯水域コンパートメント滞留時間 $[h \cdot y^{-1}]$

D_{extw} ：潮間帯水域コンパートメントの浸漬による外部被ばくに対する線量当量換算係数 $[\frac{Sv \cdot y^{-1}}{Bq \cdot m^{-3}}]$

C_{iw} ：潮間帯水域コンパートメントの核種濃度 $[Bq \cdot m^{-3}]$

上式は、海洋漁業被ばくグループの年間個人実効線量の計算に用いる。

(6) ダストの吸入

ダストの吸入による年間個人実効線量は湿潤した土壌（あるいは堆積物）の一部が乾燥してダストとなることとし、次式から評価する。

$$D_{dust} = D_{inh} \cdot BR_{sed} \cdot O_{sed} \cdot C_{air} \quad \cdots\cdots (65)$$

ここで、

D_{dust} ：ダストの吸入による年間個人実効線量 $[Sv \cdot y^{-1}]$

D_{inh} ：吸入摂取に対する線量当量換算係数 $[Sv \cdot Bq^{-1}]$

BR_{sed} ：堆積層または土壌コンパートメント中での人間の呼吸率 $[m^3 \cdot h^{-1}]$

O_{sed} ：堆積層または土壌コンパートメント中滞留時間 $[h \cdot y^{-1}]$

C_{air} ：堆積層または土壌コンパートメント上方大気中の核種濃度

（ただし、海洋エアロゾルによる寄与を除く）　　$[Bq \cdot m^{-3}]$

上式は、各被ばくグループ（農業、淡水漁業、海洋漁業）の年間個人実効線量の計算に用いる。ただし、堆積層または土壌コンパートメント上方大気中の核種濃度C_{air}は次式を用いて計算される。

$$C_{air} = \frac{C_{sed}}{(1-\theta_{sed})\rho_{gsed}} \cdot \frac{(R_{sed}-1)}{R_{sed}} \cdot dust_{sed} \quad \cdots\cdots (66)$$

ここで、

C_{sed}　：堆積層または土壌コンパートメント中の核種濃度　$[Bq \cdot m^{-3}]$

θ_{sed}　：堆積層または土壌コンパートメント中の空隙率　$[-]$

ρ_{gsed}　：堆積層または土壌コンパートメント中の真密度　$[kg \cdot m^{-3}]$

R_{sed}　：堆積層または土壌コンパートメントの遅延係数　$[-]$

$dust_{sed}$　：堆積層または土壌コンパートメント上方大気中のダストレベル　$[kg \cdot m^{-3}]$

(7)　海洋エアロゾルの吸入

シースプレイ中に含まれるエアロゾルの吸入による年間個人実効線量は次式から評価する。

$$D_{aero} = D_{inh} \cdot BR_{aero} \cdot Air_{aero} \cdot O_{aero} \cdot C_{iw} \cdot T_{ss} \quad \cdots\cdots (67)$$

ここで、

D_{aero}　：エアロゾルの吸入による年間個人実効線量　$[Sv \cdot y^{-1}]$

D_{inh}　：吸入摂取に対する線量当量換算係数　$[Sv \cdot Bq^{-1}]$

BR_{aero}　：海洋エアロゾルの飛散領域における人間の呼吸率　$[m^3 \cdot h^{-1}]$

Air_{aero}　：海洋エアロゾルの飛散領域における大気中エアロゾルレベル　$[m^3 \cdot m^{-3}]$

O_{aero}　：海洋エアロゾルの飛散領域における滞留時間　$[h \cdot y^{-1}]$

C_{iw}　：潮間帯水域における核種濃度　$[Bq \cdot m^{-3}]$

T_{ss}　：シースプレイ濃縮係数　$[-]$

上式は、農業被ばくグループおよび海洋漁業被ばくグループの年間個人実効線量の計算に用いる。

4.4 我が国の諸条件を勘案した生物圏データの収集・整備

4.4.1 コンパートメントデータ

「潮間帯堆積層放出ケース」に係る概念モデル（図 4.3）に基づき、各コンパートメントに係るサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度の設定を行う。これらの各設定については、生物圏での物理的・化学的ならびに生物学的プロセスを想定した場合の、汚染物質の速やかなかつ均質な混合を仮定することが可能な最小のサイズとなるように設定している。表 4.6～表 4.11 にコンパートメントの諸量に関するデータをまとめる。

(1) 表面土壌コンパートメント

表 4.6 に表面土壌コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 4.6 表面土壌コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	（単位）	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	3E-1	[1],[2],[3]	1E-1～5E-1	[1],[2] [4],[5]
面積	(m^2)	5E+5 *1)	—	5E+3～5E+6 *2)	—
体積	(m^3)	1.5E+5 *3)	—	5E+2～2.5E+6 *3)	—
空隙率	(—)	4E-1	[1],[2],[5]	1E-1～7E-1	[5],[6],[7]
体積含水率	(—)	3E-1	[5]	6E-2～4E-1	[5],[6]
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	— *4)	—	— *4)	—
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[7]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *5)	[8]	2.6E+3～2.7E+3 *6)	[9]

【設定根拠】

*1) 1,000m の海岸線を想定し、かつシースプレイが海岸から 500m 内陸に移行すると仮定した場合の計算値（潮間帯水域コンパートメントサイズと一致）。

*2) 100～5,000m の海岸線と海岸から内陸へのシースプレイ移行距離を 50～100m と仮定した場合の計算値（潮間帯水域コンパートメントサイズと一致）。

*3) 体積＝深度×面積。

*4) 本コンパートメントでは不要。

*5) 文献［8］に記載されている石英の真密度として設定。

*6) 文献［9］で引用されている鉱質土壌の値の範囲。

【参考文献】

[1] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989) : Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[2] NEA/OECD (1993) : PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[3] Charles D and Smith G M (1991) : Project-90 Conversion of Releases from the Geosphere to Estimates of Individual Doses to Man. SKI Technical Report 91:14.

[4] BIOMOVS (1989) : Scenario B2: Irrigation with Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 6, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[5] BIOMOVS (1990a) : Scenario B6: Transport of Radionuclides to Root-Zone Soil from Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 9, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[6] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E (1993) : Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory, Report ANL/EA15-8.

[7] Weast R C (1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[8] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[9] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(2) Variably Saturated Zone コンパートメント

表 4.7 に Variably Saturated Zone（飽和度が可変となる表面下部の土壌層）コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 4.7　Variably Saturated Zone コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	（単位）	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	2E+0 *1)		1E+0～2E+1 *1)	
面積	(m^2)	5E+5 *2)		5E+3～5E+6 *2)	
体積	(m^3)	1E+6 *3)	—	5E+3～1E+8 *3)	—
空隙率	(—)	4E-1	[1]	1E-1～7E-1	[2],[3], [4]
体積含水率	(—)	3.5E-1	[2]	8E-2～4E-1	[2],[3]
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	— *4)	—	— *4)	—
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[5]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *5)	[6]	8E-2～4E-1	[7]

【設定根拠】

*1) 表面土壌と地下水面の間の領域を示す。本検討では深度 2m と設定。

*2) 表面土壌コンパートメントに対して設定した値と同様。

*3) 体積＝深度×面積。

*4) 本コンパートメントでは不要。

*5) 文献［6］に記載されている石英の真密度として設定。

【参考文献】

[1] NEA/OECD（1993）： PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[2] BIOMOVS（1990a）： Scenario B6: Transport of Radionuclides to Root-Zone Soil from Contaminated Groundwater. BIOMOVS Technical Report 9, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[3] Ashton J and Sumerling T J（1988）： Biosphere Database for Assessments of Radioactive Waste Disposals. UK Department of the Environment Report DoE/RW/88/083.

[4] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E (1993) : Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory, Report ANL/EA15-8.

[5] Weast R C(1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[6] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[7] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(3) 潮間帯水域コンパートメント

表 4.8 に潮間帯水域コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 4.8 潮間帯水域コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	（単位）	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	2.5E+0 *1)	—	1E+0～4E+2 *1)	—
面積	(m^2)	5E+4 *2)	—	1E+3～2.5E+6 *2)	—
体積	(m^3)	1.25E+5 *3)	—	1E+3～1E+8 *3)	—
空隙率	(—)	9.9623E-1 *4)	—	9.9245E-1～9.9962E-1 *4)	—
体積含水率	(—)	9.9623E-1 *5)	—	9.9245E-1～9.9962E-1 *5)	—
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+1 *6)	—	1E+0～2E+1	[1]
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[2]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *7)	[3]	— *8)	[4]

【設定根拠】

*1) 干満の深さ幅が 1～40m である場合の最適値は 5m であると仮定。潮間帯水域コンパートメントの深さは平均値である 2.5m に設定。

*2) 干満の水平距離幅が 20～1,000m、海岸線の距離幅が 100～5,000m である場合、それぞれの最適値は 100m および 1,000m であると仮定。これらの最適値を乗じ 50%を標準値として設定（潮の満引きを考慮）。

*3) 体積＝深度×面積。

*4) 浮遊物濃度と堆積物真密度から算出。

*5) コンパートメントは完全に飽和しているものとする。

*6) 浮遊物濃度を 10 $kg \cdot m^{-3}$ と仮定

*7) 文献［3］に記載されている石英の真密度として設定。

*8) 本コンパートメントでは不要。

【参考文献】

[1] Rice R J (1977) : Fundamentals of Geomorphology. Longman, London.

[2] Weast R C (1987): Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[3] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[4] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(4) 潮間帯堆積層コンパートメント

表 4.9 に潮間帯堆積層コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 4.9 潮間帯堆積層コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	(単位)	標準値		Ref.	範囲		Ref.
深さ	(m)	1E-1	*1)	—	4E-2～2E-1		[1]
面積	(m^2)	1E+5	*2)	—	2E+3～5E+6	*2)	—
体積	(m^3)	1E+4	*3)	—	8E+1～1E+6	*3)	—
空隙率	(—)	5E-1		—	4E-1～6E-1		—
体積含水率	(—)	5E-1	*4)	—	4E-1～6E-1	*4)	—
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	—	*5)	—	—	*5)	—
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3		[2]	—		—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3	*6)	[3]	4E-1～6E-1	*4)	[4]

【設定根拠】

*1) 波の作用によって混合される堆積物の深さは 0.1m であると仮定。

*2) 干満の水平距離幅が 20～1,000m、海岸線の距離幅が 100～5,000m である場合、それぞれの最適値は 100m および 1,000m であると仮定。これらの最適値を乗じて設定。

*3) 体積＝深度×面積。

*4) コンパートメントは完全に飽和しているとする。

*5) 本コンパートメントでは不要

*6) 文献［3］に記載されている石英の真密度として設定。

【参考文献】

[1] Rice R J (1977) : Fundamentals of Geomorphology. Longman, London.

[2] Weast R C(1987) : Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[3] Freeze R A and Cherry J A (1979) : Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[4] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

(5) 沿岸海水域コンパートメント

表 4.10 に沿岸海水域コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 4.10 沿岸海水域コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	（単位）	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	5E+0 *1)	[1]	5E+0～2E+1	[2],[3]
面積	(m^2)	2E+6 *1)	—	—	—
体積	(m^3)	1E+7 *1)	—	—	—
空隙率	(—)	9.999996E-1 *2)	—	9.9996E-1～9.9999996E-1 *2)	—
体積含水率	(—)	9.999996E-1 *3)	—	9.9996E-1～9.9999996E-1 *3)	—
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E-3	[4]	1E-4～1E-2	[3],[5]
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[6]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *4)	[7]	— *5)	[8]

【設定根拠】

*1) 海岸線は 10km と仮定して文献［1］に示された、国内主要地点の平均大潮期における潮流の最小値（0.5 ノット；0.255 $m \cdot sec^{-1}$)を用いて、文献［9］から設定。

*2) 浮遊物の濃度と堆積物の真密度から算出。

*3) コンパートメントは完全に飽和しているものとする。

*4) 文献［7］に記載されている石英の真密度として設定。

*5) 本コンパートメントでは不要。

【参考文献】

[1] 国立天文台編（1997）： 理科年表 平成 9 年，丸善株式会社

[2] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989)： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[3] Lawson G and Smith G M （1985）： BIOS: A Model to Predict Radionuclide Transfer and Doses to Man Following Releases from Geological Repositories. National Radiological Protection Board, NRPB-R169, HMSO, London.

[4] Bergström U and Puigdomenech I (1987): Radiological Consequences to Man due to Leakage from a Final Repository for Reactor Waste (SFR). SKB Report SFR 87-12.

[5] Camplin W C, Clark M J and Delow C E (1982): The Radiation Exposure of the UK Population from Liquid Effluents Discharged from Civil Nuclear Installations in the UK in 1978. National Radiological Protection Board, NRPB R119, HMSO, London.

[6] Weast R C (1987): Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[7] Freeze R A and Cherry J A (1979): Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[8] Hillel D (1980): Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

[9] 動力炉・核燃料開発事業団 委託研究内容報告書 (1998): 地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化, PNC ZJ1281 98-001.

(6) 沿岸海域堆積層コンパートメント

表 4.11 に沿岸海域堆積層コンパートメントのサイズ、空隙率、浮遊物濃度および密度を示す。

表 4.11 沿岸海域堆積層コンパートメントの諸量に関するデータ

パラメータ	(単位)	標準値	Ref.	範囲	Ref.
深さ	(m)	5E-1	[1]	1E-1～5E-1	[1]
面積	(m^2)	2E+6 *1)	—	—	—
体積	(m^3)	1E+6 *2)	—	—	—
空隙率	(—)	5E-1	—	4E-1～6E-1	—
体積含水率	(—)	5E-1 *3)	—	4E-1～6E-1 *3)	—
浮遊物濃度	($kg \cdot m^{-3}$)	— *4)	—	— *4)	—
水の密度	($kg \cdot m^{-3}$)	1E+3	[2]	—	—
堆積層真密度	($kg \cdot m^{-3}$)	2.65E+3 *5)	[3]	4E-1～6E-1 *3)	[4]

【設定根拠】

*1) 沿岸海域堆積層コンパートメントは沿岸海水域コンパートメントと同じ面積を有すると仮定する。

*2) 体積＝深度×面積。

*3) コンパートメントは完全に飽和しているとする。

*4) 本コンパートメントでは不要

*5) 文献［3］に記載されている石英の真密度として設定。

【参考文献】

[1] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989)： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[2] Weast R C(1987)： Handbook of Chemistry and Physics. First Student Edition. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.

[3] Freeze R A and Cherry J A (1979)： Groundwater. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

[4] Hillel D (1980) : Fundamental of Soil Physics. Academic Press Inc, New York.

4.4.2　コンパートメント間の核種移行プロセスに関するデータ

「潮間帯堆積層放出ケース」に係る概念モデル（図 4.3）に基づき、コンパートメント間の移行係数を算出するパラメータのうち、固相および液相の移行に関わる諸量についてデータを設定する。表 4.12 にコンパートメント間の核種移行プロセスを、表 4.13 にコンパートメント間の核種移行プロセスに関するデータを示す。

表 4.12　生物圏コンパートメント間の核種移行プロセス（潮間帯堆積層放出ケース）

液相による移行	固相による移行
・ 地下水の移行	・ 浸食
・ 浸透	・ 洪水による沈殿
・ 涵養	・ 再浮遊
・ 洪水	・ 正味の沈殿
・ 干満による流れ	・ グロスの沈殿
・ 海洋拡散	・ ベッドロード
・ シースプレイ	

表 4.13 コンパートメント間の移行プロセスに係るデータ

移行プロセス	単位	標準値	Ref.	範囲	Ref.
液相による移行					
地下水による移行量	$(m^3 \cdot y^{-1})$	2.0E+6 *2)	—	1.0E+5～1.0E+7 *6)	—
浸透／涵養率	$(m \cdot y^{-1})$	9.3E-1 *3)	—	4.75E-1～1.5E+0 *4)	—
年間洪水量	$(m^3 \cdot y^{-1})$	1.25E+5 *5)	—	1.25E+4～2.5E+5 *5)	—
干満による移行量	$(m^3 \cdot y^{-1})$	9.1E+7 *7)	—	7.3E+4～1.5E+11 *7)	—
海の交換水量	$(m^3 \cdot y^{-1})$	1E+10 *1)	[1]	4E+9～2E+11 *9)	—
シースプレイによる移行量	$(m^3 \cdot y^{-1})$	1E+3 *10)	—	1E+1～5E+4 *11)	—
固相による移行					
年間浸食量	$(m \cdot y^{-1})$	1E-4	[5]	6.4E-6～3.4E-3	[5]-[8]
年間風食量	$(m \cdot y^{-1})$	2E-5 *19)	—	2E-6～2E-4 *17)	—
潮間帯での堆積／再浮遊率 *10)	$(m \cdot y^{-1})$	3.65E+1*12)	—	2.1E+0～1.5E+2 *13)	—
潮間帯でのグロスの沈殿率	$(m \cdot y^{-1})$	3.65E+1*14)	—	2.1E+0～1.5E+2 *14)	—
ベッドロード量	$(kg \cdot y^{-1})$	1.3E+5 *15)	—	1.1E+2～1.3E+8 *16)	—
沿岸海域堆積層での生物擾乱による拡散率	$(m^2 \cdot y^{-1})$	3.2E-5	[9]	3.2E-6～3.2E-4 *17)	—
沿岸海水域でのグロス沈殿率	$(m \cdot y^{-1})$	7.5E-5	[10]	3.8E-6～3.7E-4	[4]
正味の沈殿率	$(m \cdot y^{-1})$	5E-5 *18)	—	7.5E-6～3.7E-3	[4]

【設定根拠】

*1) 海岸線は 10km と仮定して文献［1］に示された、国内主要地点の平均大潮期における潮流の最小値（0.5 ノット；0.255 $m \cdot sec^{-1}$)を用いて、文献［2］から設定。

*2) 評価の前提条件から潮間帯堆積層への地下水放出流量（2.0E+6 $m^3 \cdot y^{-1}$）と等しいとする。

*3) 全降水量（1,750mm）の 40%が浸透あるいは涵養に、年間洪水水の 50%（1.25E+5 $m^3 \cdot y^{-1}$）が表面土壌へ浸透すると仮定して計算。

*4) 現在の降水量範囲（1,500～2,000mm）の 30～50%が浸透／涵養し、年間洪水水量の（1.25E+4 ～ 2.5E+5 $m^3 \cdot y^{-1}$）の 100%が表面土壌へ浸透すると仮定して計算。

*5) 表面土壌は年に一回の割合で潮間帯水域コンパートメント体積（2.5E+5 m^3）と等しい水量の洪水を受けると仮定して計算。

*6) 年間に 0.1～2 回、潮間帯水域コンパートメント体積は標準値（2.5E+5 m^3）となると仮定して計算。

*7) 1 日 2 回の交換で潮間帯水域コンパートメント体積は標準値（2.5E+5 m^3）となると仮定して計算。

*8) 1 日 2 回の交換の間で潮間帯水域コンパートメント体積の変化は（1E+3 ～1E+8 m^3）であると仮定して計算。

*9) コンパートメント中の水の交換回数を年 20 回［4］とし、沿岸海水域コンパートメント体積を用いて計算。

*10) 文献［3］からの海岸線 1m 当りのシースプレイの移行量（1E-1～1E+1 $m^3 \cdot y^{-1}$）を考慮して 1m 当り 1E+0 $m^3 \cdot y^{-1}$ と仮定。海岸線の距離を 1,000m と仮定して算出。

*11) 文献［3］からの海岸線 1m 当りのシースプレイの移行量（1E-1～1E+1 $m^3 \cdot y^{-1}$）を考慮して 1m 当り。海岸線の距離を 100～5,000m と仮定して算出。

*12) 1 日一回交換すると仮定した場合の潮間帯堆積物コンパートメントの深さ。

*13) 1 週間で 1 回～1 日に 2 回の交換が起こると仮定した場合の潮間帯堆積物コンパートメントの深さ。

*14) 再浮遊率と等しいと仮定

*15) ベッドロードによって交換される堆積物量は潮間帯堆積物コンパートメントの 1%と仮定。

*16) ベッドロードによって交換される堆積物量は潮間帯堆積物コンパートメントの 0.1%～10%と仮定

*17) 標準値の±1 オーダーの範囲を仮定。

*18) 沿岸海域でのグロス沈殿率の67%であると仮定。

*19) 単位幅当りの空気の移行量（3.15E+8 $m^3 \cdot y^{-1}/m$）は、地表から2mまでの平均風速を5 $m \cdot sec^{-1}$と仮定して計算。単位幅当りの空気中の堆積物年間浮遊量（3.15 $kg \cdot y^{-1}/m$）は単位体積当りの空気中のダスト量を1E-8 $kg \cdot m^{-3}$と仮定して計算。単位幅当りの土壌の移行量（2.38E-3 $m^3 \cdot y^{-1}/m$）は、土壌のバルク密度（1,325 $kg \cdot m^{-3}$）と等しいと仮定して計算。潮間帯堆積層コンパートメントから表面土壌コンパートメントへの移行量（2.38E+0 $m^3 \cdot y^{-1}$）は、海岸線を1,000（m）として計算。よって、潮間帯堆積層コンパートメントの面積（1E+5 m^2）から、年間風食量は2E-5 $m \cdot y^{-1}$と設定。

【参考文献】

[1] 国立天文台編（1997）：理科年表　平成9年，丸善株式会社.

[2] 動力炉・核燃料開発事業団　委託研究内容報告書（1998）：地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化，PNC ZJ1281 98-001.

[3] Lawson G and Smith G M （1985）： BIOS: A Model to Predict Radionuclide Transfer and Doses to Man Following Releases from Geological Repositories. National Radiological Protection Board, NRPB-R169, HMSO, London.

[4] Charles D, Jones M and Cooper J R （1990）： Radiological Impact on EC Member States of Routine Discharges into North European Waters. Report of Working Group IV of CEC Project MARINA. National Radiological Protection Board, NRPB M172, Chilton, UK.

[5] Shimizu K, Ishimaru K, Furuya K and Yusa Y (1992)： Natural Processes and Events Relevant to Long Term Stability of Geological Environment in Japan. In: Waste Disposal and Geology; Scientific Perspectives. Proceedings of Workshop WC-1 of the 29th International Geological Congress, Tokyo, 381-394.

[6] NEA/OECD （1993）： PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[7] Jones C H （1987）： Data for Alternative Biosphere States Fisheries and Soil Erosion. ANS Technical Note 595-27.

[8] Holmes A （1978）： Principles of Physical Geology. 3rd Edition, Thomas Nelson. and Sons, UK.

[9] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1988)： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[10] Bergström U and Puigdomenech I (1987)： Radiological Consequences to Man due to Leakage from a Final Repository for Reactor Waste （SFR）. SKB Report SFR 87-12.

[11] Little R H and Watkins B M （1998）： Assessment Context and Biosphere System Description

for a River Geosphere-Biosphere Interface. QuantiSci Technical Note IE5058C-Note 1 v1.0, QuantiSci, Henley-on-Thames.

4.4.3 被ばく経路に関するデータ

各パラメータについては諸外国の評価において用いられているデータセットを中心にデータの収集を行う。ただし、食物摂取量等わが国特有と考えられるパラメータについては、わが国における平均的な条件を反映したデータに基づいて設定を行う。表 4.14～表 4.26 に被ばく経路に関するデータを示す。

表 4.14 食物等摂取量

[$kg(fresh\ weight)\cdot y^{-1}$]

食 物		標準値	Ref.	範囲 *1)	Ref.
畜産物	牛肉	8.8E+0	[1]	4.0E+0～1.0E+2	[3],[5],[8],[9],[10] [11],[12]
	羊肉	6.0E-1	[2]		
	牛レバー	2.0E-1	[2]	0.0E+0～4.0E+1	[5],[10]
	牛乳	4.60E+1	[1]	2.0E+1～4.0E+2	[3],[5],[8],[9],[10]
海産物	海水魚	1.49E+1	[1]	—	—
	海洋甲殻類	2.9E+0	[4]		
	軟体動物	1.8E+0	[4]		
	海藻類	1.9E+0	[1]		
その他	土壌	3.7E-2	[6],[7]	1.0E-3～1.0E-1	[8]

【設定根拠】

*1) 範囲は寒帯およびツンドラ気候の地域における食物の年摂取量を考慮し設定している。ツンドラ気候特有の食物（アザラシ、鯨、カリブー等）については文献［5］を参照している。

【参考文献】

[1] 厚生省（1997）：国民栄養の現状（平成 7 年国民栄養調査成績表），平成 9 年 10 月

[2] 中央畜産会（1996）： 農林水産省畜産局食肉鶏卵課編 食肉便覧（平成 8 年）

[3] IAEA（1995）： Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Release Safety Series No 57（draft）. IAEA, Vienna.

[4] 農林水産省統計情報部（1996）： 第71次農林水産省統計表（平成6年～平成7年）

[5] Watkins B M, Little R H and Cooper N S（1994）： Provision of Information on the Effects of Climate Change on the Biosphere Transport of Repository Derived Radionuclides. MAFF Food Sciences Division, Report IE3965-1, Version 2.0.

[6] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E（1993）： Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory, Report ANL/EAIS-8.

[7] Linsley G S, Dionian J, Simmonds J R and Burgess J (1984)： An Assessment of the Radiation Exposure of Members of the Public in West Cumbria as a Result of Discharges from BNFL Sellafield. National Radiological Protection Board. NRPB-R170, Chilton, UK.

[9] Takase H（1992）： Personal Communication listing the Parameter Values for the PAR 1 Biosphere Assessment.

[10] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989)： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[11] Ashton J and Sumerling T J（1988）： Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[12] BIOMOVS II（1996）： Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories. Final Report of the Complementary Studies Working Group. BIOMOVS II Technical Report No 12 published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

表 4.15 (1) 人間の呼吸率、滞留時間、ダストレベル、エアロゾルレベル

被ばくグループ	コンパートメント	呼吸率（$m^3 \cdot h^{-1}$）				滞留時間（$h \cdot y^{-1}$）			
		標準値	Ref.	範囲	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
農業	表面土壌	1.8E+0 *1)	[1]	1.2E+0 ～ 2.4E+0	[1]	1.3E+3 *3)	[2]	7.3E+2 ～ 4.4E+3	—
海洋漁業	潮間帯水域	1.2E+0 *2)	[1]	1.1E+0 ～ 1.8E+0	—	2.19E+3 *4)	—	7.3E+2 ～ 3.7E+3	—
	潮間帯堆積層	1.2E+0 *2)	[1]	1.1E+0 ～ 1.8E+0	—	2.19E+3 *4)	—	7.3E+2 ～ 3.7E+3	—

表 4.15 (2) 人間の呼吸率、滞留時間、ダストレベル、エアロゾルレベル

被ばくグループ	コンパートメント	ダストレベル（$kg \cdot m^{-3}$）				エアロゾルレベル（$m^3 \cdot m^{-3}$）			
		標準値	Ref.	範囲 *5)	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
農業	表面土壌	1E-7	[3]	5E-9 ～ 5E-6		1E-11	[4]	1E-12 ～ 1E-10*7)	—
海洋漁業	潮間帯水域	0E+0 *6)	—	—	—	1E-11	[4]	1E-12 ～ 1E-10*7)	—
	潮間帯堆積層	1E-7	[3]	5E-9 ～ 5E-6	—	0E+0 *6)	—	—	—

【設定根拠】

*1) 軽労働。

*2) ダストレベルの上限値はリアリスティックではあるが非常に高く、滞留時間（作業時間）が少ない場合にのみ関係するであろう

*3) 文献［5］の手法を用いて文献［2］を用いて設定。なお新規のデータ（文献［6］）を用いた見直し作業の結果でも同様の値を得ている。

*4) 1日6時間作業に従事すると仮定

*5) 考慮しない。

*6) 不適切。

*7) 標準値の±1オーダーの範囲と仮定。

【参考文献】

[1] ICRP（1975）. Report of the Task Group on Reference Man. ICRP Publication 23. Pergamon Press, Oxford.

[2] 総務庁統計局（1997）： 日本の統計 1997

[3] Haslam I K, Brennan S A, Green N, Hammond D J and Wilkins B T（1994）： Assessment of Current Doses Arising from the Occupancy of Cumbrian Beaches and Preliminary Studies of the Radionuclide Behaviour in Beach Systems. National Radiological Protection Board, NRPB-M462, Chilton, UK.

[4] Lawson G and Smith G M （1985）： BIOS: A Model to Predict Radionuclide Transfer and Doses to Man Following Releases from Geological Repositories. National Radiological Protection Board, NRPB-R169, HMSO, London.

[5] 動力炉・核燃料開発事業団 委託研究内容報告書（1998）： 地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化，PNC ZJ1281 98-001.

[6] 総務庁統計局（1998）： 日本の統計 1998

表 4.16 (1) 家畜に関するデータ

家畜	飼料の摂取量（$kg(fresh\ weight)\cdot d^{-1}$）			
	標準値 *1)	Ref.	範囲	Ref.
牛	5E+1	[1],[2]	9.0E+0～3E+2	[1],[2],[3],[4],[5]
羊	7E+0	[1],[4]	3.5E+0～1.4E+1 *2)	—

表 4.16 (2) 家畜に関するデータ

家畜	土壌の摂取量（$kg(fresh\ weight)\cdot d^{-1}$）			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
牛	6E-1	[1]	1E-1～2.2E+0	[1],[3],[4],[6] [7]
羊	8E-2	[1]	8E-2～3E-1	[1],[4]

表 4.16 (3) 家畜に関するデータ

家畜	呼吸率（$m^3\cdot h^{-1}$） *3)	放牧時間（$h\cdot d^{-1}$）*3)	飼育密度（m^{-2}） *3)
牛	5.4E+0	2.4E+1	4.3E-4
羊	3.6E-1	2.4E+1	4.8E-4

【設定根拠】

*1) 牛と羊は牧草、豚は根菜、鶏は飼料を摂取すると仮定。

*2) データがないため、標準値の 1/2 から 2 倍の範囲を仮定。

*3) すべてのデータは文献［8］から引用。

【参考文献】

[1] Ashton J and Sumerling T J（1988）. Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[2] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E（1993）. Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory, Report ANL/EAIS-8.

[3] BIOMOVS（1989）: Scenario B2: Irrigation with Contaminated Groundwater. BIOMOVS

Technical Report 6, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm.

[4] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) : Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[5] BIOMOVS II (1996) : Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories. Final Report of the Complementary Studies Working Group. BIOMOVS II Technical Report No. 12 published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

[6] IAEA/IUR (1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. Technical Reports Series No 364. IAEA, Vienna.

[7] Zach R and Mayoh K R (1984) : Soil Ingestion by Cattle: A Neglected Pathway. Health Physics Vol 46, No 2, pp 431-434.

[8] Smith G M, Watkins B M, Little R H, Jones H M, Mortimer A A (1996) : Biosphere Modelling and Dose Assessment for Yucca Mountain. EPRI Report TR-107190, Electrical Power Research Institute, California.

表 4.17 (1) 農作物の栽培に関するデータ

農作物	農作物の土壌汚染 ($\frac{kg\ (dw\ soil)}{kg\ (fw\ crop)}$)				栽培密度(収穫量) ($kg\ (fw\ crop) \cdot m^{-2}$)			
	標準値 *1)	Ref.	範囲	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
牧草	3.4E-3	[1]	— *2)	—	3.9E+0 *2)	[2] [3]	—	—

表 4.17 (2) 農作物の栽培に関するデータ

農作物	牧草のシースプレイ量 ($m \cdot y^{-1}$)				シースプレイ阻止率 (—)			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.	標準値	Ref.	範囲	Ref.
牧草	2E-3 *3)	—	2E-4～2E-2	—	2.5E-1	[1] [4]	2E-1～6E-1	[1]

【設定根拠】

*1) 文献［1］では乾燥重量比 $\frac{kg\ (dw\ soil)}{kg\ (dw\ crop)}$ で記載されているため、文献［4］あるいは［5］から農作物について湿重量に換算し設定。

*2) 文献［2］を用いて文献［5］の設定手法にしたがう。なお、新規のデータ（文献［6］）を用いた見直し作業でも有意な差はほとんど見られない（牧草：3.9 → 4.0）ため、データの更新は行っていない。

*3) 表面土壌コンパートメントに移行するシースプレイの体積を表面土壌コンパートメントの面積で除して計算。

【参考文献】

[1] NEA/OECD（1993）： PSACOIN Level 1B Intercomparison. NEA Probabilistic System Assessment Group, Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

[2] 総務庁統計局（1997）： 日本の統計 1997.

[3] 国土庁長官官房水資源部 監修（1996）： '96 水資源便覧，財団法人 水資源協会（編集），発行 株式会社 山海堂.

[4] Klos R A, Smith K R and Smith G M (1989)： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB－M150, Chilton, UK.

[5] 動力炉・核燃料開発事業団　委託研究内容報告書（1998）：地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化，PNC ZJ1281 98-001.

[6] 総務庁統計局（1998）：日本の統計　1998.

表 4.18 生物圏評価における対象核種の半減期および崩壊定数

核種	半減期（y） *1)	崩壊定数（y^{-1}） *2)
Se-79	6.50E+04	1.07E-05
Zr-93	1.53E+06	4.53E-07
Nb-93m	1.36E+01	5.09E-02
Tc-99	2.13E+05	3.25E-06
Pd-107	6.50E+06	1.07E-07
Sn-126	1.00E+05	6.93E-06
Cs-135	2.30E+06	3.01E-07
Pb-210	2.23E+01	3.11E-02
Po-210	3.79E-01	1.83E+00
Ra-226	1.60E+03	4.33E-04
Ra-228	6.70E+00	1.03E-01
Ac-227	2.18E+01	3.18E-02
Th-228	1.91E+00	3.62E-01
Th-229	7.34E+03	9.44E-05
Th-230	7.71E+04	8.99E-06
Th-232	1.41E+10	4.93E-11
Pa-231	3.28E+04	2.11E-05
Pa-233	7.40E-02	9.37E+00
U-233	1.59E+05	4.37E-06
U-234	2.45E+05	2.83E-06
U-235	7.04E+08	9.84E-10
U-236	2.34E+07	2.96E-08
U-238	4.47E+09	1.55E-10
Np-237	2.14E+06	3.24E-07
Pu-239	2.41E+04	2.88E-05
Pu-240	6.54E+03	1.06E-04
Pu-241	1.44E+01	4.81E-02
Pu-242	3.87E+05	1.79E-06
Am-241	4.33E+02	1.60E-03
Am-243	7.39E+03	9.38E-05
Cm-244	1.81E+01	3.82E-02
Cm-245	8.50E+03	8.15E-05
Cm-246	4.73E+03	1.46E-04
Cm-247	1.56E+07	4.44E-08

【設定根拠】

*1) 半減期のデータは文献［1］におけるライブラリデータを引用。

*2) 崩壊定数(= $\frac{ln2}{T_{1/2}}$)

【参考文献】

[1] Croff A G（1980）： A User's Manual for the ORIGEN2 Computer Code. ORNL/TM-7175.

表 4.19 線量当量換算係数

評価核種	線量当量換算係数 *1)			
	内部被ばく		外部被ばく*3)	
	経口摂取	呼吸摂取	土壌	水
	($Sv \cdot Bq^{-1}$) *2)	($Sv \cdot Bq^{-1}$) *2)	($Sv \cdot h^{-1}/Bq \cdot m^{-3}$)	($Sv \cdot h^{-1}/Bq \cdot m^{-3}$)
Se-79	2.4E-09	2.5E-09	3.6E-19	2.1E-18
Zr-93	4.5E-10	8.6E-08	0.0E+00	0.0E+00
Nb-93m	1.2E-10	7.8E-09	2.0E-18	3.7E-17
Tc-99	3.6E-10	2.0E-09	2.4E-18	1.1E-17
Pd-107	3.8E-11	3.6E-09	0.0E+00	0.0E+00
Sn-126	5.4E-09	2.4E-08	2.3E-13	7.6E-13
Cs-135	1.9E-09	1.3E-09	7.4E-19	4.0E-18
Pb-210	1.4E-06	3.6E-06	1.2E-16	7.0E-16
Po-210	4.5E-07	2.3E-06	1.0E-18	3.3E-18
Ra-226	3.1E-07	2.2E-06	2.2E-13	6.9E-13
Ra-228	3.3E-07	1.2E-06	1.2E-13	3.7E-13
Ac-227	4.0E-06	1.9E-03	3.9E-14	1.5E-13
Th-228	2.0E-07	8.4E-05	2.0E-13	6.3E-13
Th-229	1.1E-06	5.8E-04	3.1E-14	1.2E-13
Th-230	1.5E-07	8.6E-05	2.3E-17	1.4E-16
Th-232	7.5E-07	4.5E-04	1.0E-17	7.2E-17
Pa-231	2.9E-06	3.6E-04	3.7E-15	1.4E-14
Pa-233	9.1E-10	2.4E-09	2.0E-14	7.4E-14
U-233	7.2E-08	3.8E-05	2.7E-17	1.3E-16
U-234	7.1E-08	3.8E-05	7.7E-18	6.3E-17
U-235	6.9E-08	3.3E-05	1.5E-14	6.2E-14
U-236	6.8E-08	3.6E-05	4.1E-18	4.2E-17
U-238	6.7E-08	3.3E-05	2.9E-15	1.1E-14
Np-237	1.1E-06	1.3E-04	1.5E-15	8.4E-15
Pu-239	9.8E-07	1.2E-04	5.7E-18	3.5E-17
Pu-240	9.8E-07	1.2E-04	2.8E-18	4.0E-17
Pu-241	1.9E-08	2.4E-06	3.6E-19	1.8E-18
Pu-242	9.3E-07	1.1E-04	2.5E-18	3.4E-17
Am-241	1.0E-06	1.2E-04	8.4E-16	6.8E-15
Am-243	1.0E-06	1.2E-04	1.7E-14	7.9E-14
Cm-244	5.5E-07	6.7E-05	2.4E-18	4.1E-17
Cm-245	1.0E-06	1.3E-04	6.6E-15	3.2E-14
Cm-246	1.0E-06	1.3E-04	2.2E-18	3.8E-17
Cm-247	9.4E-07	1.1E-04	3.6E-14	1.3E-13

【設定根拠】

*1) 外部あるいは内部被ばく時での放射平衡を仮定することから、短半減期の娘核種の効果も考慮した値（第 2.1.3 項参照）。

*2) すべてのデータは文献［1］から引用。文献［3］に基づき設定。

*3) 土壌からの外部被ばくに係る実効線量当量換算係数は無限深さまで汚染された土壌への被ばくに対する値である。すべてのデータは文献［2］から引用。

【参考文献】

[1] 科学技術庁（1988）：「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規制等の規定に基づく線量当量限度等を定める件」，昭和 63 年科学技術庁告示第二十号，別表第一第六欄

[2] Eckerman K F and Ryman J C（1993）：External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil. Exposure－to－Dose .Coefficients for General Application, Based on the 1987 Federal Radiation Protection Guidance. Federal Guidance Report No 12. United States Environmental Protection Agency EPA402－R－93－081.

[3] 動力炉・核燃料開発事業団　委託研究内容報告書（1998）：地層処分システム性能評価のための生物圏モデルの高度化，PNC ZJ1281 98-001.

表 4.20 (1) 生物圏における土壌等への分配係数（$m^3 \cdot kg^{-1}$）

元素	砂質土壌			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.5E-1	[14],[15]	3E-4～3E+0	[2],[6],[12],[13]
Zr	6.0E-1	[14],[15]	3E-2～1E+1	[6],[12]
Nb	1.6E-1	[14],[15]	3E-2～6E+0	[3],[4]
Tc	1.4E-4	[14]	0E+0～4E-1	[4],[7],[12] [13],[15],[8]
Pd	5.5E-2	[14],[15]	0E+0～1E+0 *1)	[4],[7],[12]
Sn	1.3E-1	[14],[15]	1E-1～1E+3	[12],[8]
Cs	2.7E-1	[14],[15]	2E-3～5E+1	[1],[4],[12] [13],[14],[8]
Pb	2.7E-1	[14],[15]	3E-3～6E+1	[4],[12],[14],[8]
Po	1.5E-1	[14],[15]	6E-3～7E+0	[12],[14],[8]
Ra	4.9E-1	[14],[15]	7E-3～1E+3	[2],[4],[8]
Ac	4.5E-1	[14],[15]	8E-1～1E+1	[3],[6],[8]
Th	3.0E+0	[14],[15]	8E-3～5E+3	[6],[12],[14]
Pa	5.4E-1	[14],[15]	6E-1～6E+0	[4],[7],[8]
U	3.3E-2	[14],[15]	5E-2～2E+1 *2)	[4],[12],[14],[8]
Np	4.1E-3	[14]	1E-4～3E+0	[4],[12],[14] [15],[8]
Pu	5.4E-1	[14],[15]	1E-2～3E+2	[4],[13],[14],[8]
Am	2.0E+0	[14],[15]	1E-3～1E+3	[4],[6],[13]
Cm	4.0E+0	[14],[15]	1E-1～5E+1	[4]

表 4.20 (2) 生物圏における土壌等への分配係数 ($m^3 \cdot kg^{-1}$)

元素	沿岸海域堆積層			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[5]	0E+0～1E+1	[10]
Zr	1E+1	[6],[9]	1E-1～5E+3	[5],[10]
Nb	1E+1	[6]	1E+0～1E+3	[10]
Tc	1E-1	[5]	1E-2～1E+1 *2)	[5],[9]
Pd	5E+1	[5]	1E+1～5E+2 *4)	—
Sn	1E+1	[6]	2E-2～2E+2	[5],[11]
Cs	3E+0	[5]	1E-1～2E+1	[5]
Pb	2E+2	[5]	1E+1～1E+4	[10]
Po	2E+2 *3)	—	1E+1～1E+4 *3)	—
Ra	5E+0	[5]	5E-1～5E+2	[5],[10]
Ac	2E+3 *5)	—	1E+1～1E+4	[10]
Th	5E+3	[9],[6]	1E+2～1E+4	[10],[5]
Pa	5E+3	[9],[6]	1E+2～1E+4	[10],[9]
U	5E-1	[9],[6]	1E-1～5E+0 *2)	[10],[5]
Np	2E+0	[10]	2E-1～5E+1 *2)	[5],[9]
Pu	2E+3 *6)	—	1E+1～2E+4	[10],[5]
Am	2E+3	[5]	1E+2～2E+4	[10]
Cm	2E+3	[5]	1E-2～2E+4	[9],[5]

【設定根拠】

*1) 文献［14］には範囲が示されていないため、範囲データは土壌に対する Ag のデータを文献［12］,［7］,［4］から引用。

*2) K_d が高いのは、還元条件を反映したため。

*3) Pb データをアナログとして使用。

*4) Ni データをアナログとして使用。Ni データは淡水については文献［4］、沿岸海水については文献［5］および［10］から引用。

*5) Am データをアナログとして使用。

*6) K_d の推奨値は他のアクチニドと整合を取るため文献［10］に記載の範囲（1E+1～1E+3 $m^3 \cdot kg^{-1}$）の上限値に近い値とする。

【参考文献】

[1] Klos R A, Smith K R and Smith G M（1989）： Calculations of the radiological impact of unit releases of radionuclides to the biosphere from solid waste disposal facilities. U.K. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[2] Gilbert T L, Yu C, Yuan Y C, Zielen A J, Jusko M J and Wallo A III（1989）： A Manual for implementing residual radioactive material guidelines. Argonne National Laboratory Report ANL/ES-160.

[3] Ashton J, and Sumerling T J (1988)： Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals（edition 1） UK DoE Report DOE/RW/88.083, Department of the Environment, London, U.K.

[4] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R（1988）： Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. U.K. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[5] IAEA（1985）： Sediment K_ds and concentration factors for radionuclides in the marine environment. IAEA Tech. Rep. Series No. 247. IAEA, Vienna.

[6] Kane P.（1984）： ECOS: sorption, dose, consumption and miscellaneous data. U.K. Department of Environment Report DoE/RW/84.124.

[7] Pinner A V, Hemming C R and Hill M D (1984)： An assessment of the radiological protection aspects of shallow land burial of radioactive waste. U.K. National Radiological Protection Board, NRPB-M161, Chilton, UK.

[8] BIOMOVS II（1996）： Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories. Final Report of the Complementary Studies Working Group. BIOMOVS II Technical Report No. 12 published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by

Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

[9] Peltonen E (1985) : Safety analysis of disposal of spent nuclear fuel - normal and disturbed evolution scenarios. Nuclear Waste Commission of Finnish Power Companies. Report YJT-85-22, Helsinki, Finland.

[10] Higgo J J W (1988) : Radionuclide interactions with marine sediments. Nirex Safety Studies Series Report NSS/R142.

[11] Coughtrey P J, Jackson D and Thorne M C (1983-85) : Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems: A compendium of data. Vols. 1-6, A A Balkema, Rotterdam.

[12] Sheppard M I, Beals D I, Thibault D H and O'Connor P (1984) : Soil nuclide distribution coefficients and their statistical distributions. Atomic Energy of Canada Limited Report AECL-8364.

[13] Baes III C F and Sharp R D (1981) : Predicting radionuclide leaching from root zone soil for assessment applications. Oak Ridge National Laboratory Report CONF-810606-44.

[14] IAEA/IUR (1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. Technical Reports Series No 364. IAEA, Vienna.

[15] Yu C, Loureiro C, Cheng J-J, Jones L G, Wang Y Y, Chia Y P and Faillace E (1993) : Data Collection Handbook to Support Modelling the Impacts of Radioactive Material in Soil. Argonne National Laboratory Report ANL/EAIS-8.

表 4.21 (1) 海産物への核種の濃縮係数:海水魚 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	海水魚			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	6E+3	[4]	1E+3～1E+4	[4],[10]
Zr	2E+1	[4]	1E+0～5E+1	[4]
Nb	1E+1 *1)	—	1E+0～5E+1	[5]
Tc	3E+1 *1)	—	1E+1～2E+2 *1)	—
Pd	3E+2	[4]	3E+1～3E+3 *4)	—
Sn	5E+4 *2)	—	1E+3～1E+5	[4]
Cs	1E+2 *2)	—	1E+1～3E+2 *2)	—
Pb	2E+2	[4]	1E+1～3E+2	[4],[10]
Po	2E+3	[4],[10]	1E+2～1E+4	[4]
Ra	5E+2	[4]	5E+1～1E+3	[4],[10]
Ac	5E+1	[4]	5E-1～2E+2 *3)	—
Th	6E+2	[4]	1E+2～1E+4	[5],[10]
Pa	5E+1	[4]	5E-1～2E+2 *3)	—
U	1E+0	[1],[4],[10]	1E-1～3E+4	[2]
Np	1E+1	[4],[10]	1E-1～5E+1	[4]
Pu	4E+1 *2)	—	5E-1～1E+2 *2)	—
Am	5E+1 *1)	—	5E-1～2E+2	[4]
Cm	5E+1	[4]	5E-1～2E+2	[4]

表 4.21 (2) 海産物への核種の濃縮係数:海洋甲殻類 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	海洋甲殻類			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	5E+3	[4]	2E+3～1E+4	[4]
Zr	2E+2	[4]	5E+1～5E+2	[4]
Nb	2E+2	[4]	5E+1～5E+2	[4]
Tc	1E+3 *1)	—	5E+2～5E+4	[5]
Pd	3E+2	[4]	3E+1～3E+3 *4)	—
Sn	5E+4	[4]	1E+3～1E+5	[2],[4]
Cs	3E+1 *1)	—	5E+0～1E+2	[2],[4]
Pb	1E+3	[4]	4E+1～2E+5	[5]
Po	5E+4	[4]	4E+2～3E+6	[5]
Ra	1E+2	[4]	1E+2～1E+3	[5]
Ac	1E+3	[4]	1E+2～1E+4 *4)	—
Th	1E+3	[4]	1E+3～6E+3	[5]
Pa	1E+1	[4]	5E-1～2E+2 *5)	—
U	1E+1	[4]	2E-1～2E+5	[2]
Np	1E+2	[4]	1E+1～1E+3	[5]
Pu	2E+2 *1)	—	1E+1～1E+3	[2],[5]
Am	5E+2 *2)	—	1E+2～1E+3	[4]
Cm	5E+2	[4]	1E+2～1E+3	[4]

表 4.21 (3) 海産物への核種の濃縮係数:軟体動物 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	軟体動物			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	6E+3	[4]	3E+3～1E+4	[4]
Zr	5E+3	[4]	1E+3～1E+5	[4]
Nb	1E+3	[4]	1E+3～1E+5	[5]
Tc	1E+3 *1)	—	1E+2～1E+4	[4],[5]
Pd	3E+2	[4]	3E+1～3E+3 *4)	—
Sn	5E+4	[4]	1E+3～1E+5	[2],[4]
Cs	2E+1 *1)	—	5E+0～5E+1	[2],[4]
Pb	1E+3	[4]	4E+1～2E+5	[5]
Po	1E+4	[4]	4E+2～3E+6	[5]
Ra	1E+3	[4]	1E+2～1E+3	[5]
Ac	1E+3	[4]	1E+2～1E+4 *4)	—
Th	1E+3	[4]	1E+3～6E+3	[5]
Pa	5E+2	[4]	1E+2～5E+3	[4]
U	3E+1	[4]	1E+1～6E+3	[2],[4]
Np	4E+2 *2)	—	1E+2～1E+3	[4]
Pu	3E+3	[4]	5E+2～5E+3	[4]
Am	2E+4	[4]	5E+3～5E+4	[4]
Cm	3E+4	[4]	5E+3～5E+4	[4]

表 4.21 (4) 海産物への核種の濃縮係数:海藻 ($\ell \cdot kg^{-1}$)

元素	海藻			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+3	[4]	5E+2～5E+3	[4]
Zr	3E+3	[4]	5E+2～5E+3	[4]
Nb	3E+3	[4]	1E+2～5E+3	[2]
Tc	1E+3 *2)	—	5E+2～1E+5	[4]
Pd	1E+3	[4]	1E+2～1E+4 *4)	—
Sn	2E+4	[4]	5E+3～5E+4	[4]
Cs	1E+2 *1)	—	1E+1～1E+3	[2]
Pb	1E+3	[4]	1E+3～2E+4	[5]
Po	1E+3	[4]	1E+3～2E+4	[5]
Ra	1E+2	[4]	1E+1～1E+3 *4)	—
Ac	1E+3	[4]	1E+2～1E+4 *4)	—
Th	2E+2	[4]	1E+2～5E+2	[4]
Pa	1E+2	[4]	6E+0～1E+2	[5]
U	1E+2 *1)	—	5E+1～2E+2	[4]
Np	5E+1 *2)	—	1E+1～5E+2	[2]
Pu	2E+3	[4]	5E+2～1E+4	[2],[4]
Am	8E+3	[4]	5E+3～1E+4	[2]
Cm	8E+3	[4]	5E+3～1E+4	[4]

【設定根拠】

*1) 文献［1］～［9］の値の平均値。

*2) 文献［1］～［9］でおよその一致が得られた値。

*3) Cm に対する値と同じ範囲。

*4) データがないため、標準値の±1 オーダーの範囲を仮定。

*5) 海洋魚類に対する値と同じ範囲を仮定。

【参考文献】

[1] IAEA（1982）： Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases. IAEA Safety Series No. 57, Vienna.

[2] Coughtrey P J, Jackson D, Thorne M C（1983-85）： Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Volumes 1-6. AA Balkema, Rotterdam.

[3] Jackson D (1984)： Derivation and ranges of aquatic organism and terrestrial plant data for use with the biosphere code ECOS. UKDoE Report No. DOE/RW/84.127.

[4] IAEA（1985）： Sediment K_ds and concentration factors for radionuclides in the marine environment. IAEA Technical Reports Series no. 247, Vienna.

[5] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R（1988）： Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[6] Ashton J and Sumerling T J（1988）： Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[7] IAEA（1978）. The Radiological Basis of the IAEA Revised Definition and Recommendations Concerning High-Level Radioactive Waste Unsuitable for Dumping at Sea. IAEA-TECDOC-211, Vienna.

[8] Klos R A, Smith K R, Smith G M（1989）： Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

[9] Leigh C D, Thompson B M, Campbell J E, Longsine D E, Kennedy R A and Napier B A（1993）： User's guide for GENII-S: A code for statistical and deterministic simulations of radiation doses to humans from radionuclides in the environment. Sandia Report SAND91-0561.

[10] IAEA（1995）： Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Release Safety Series No 57（draft）. IAEA, Vienna.

表 4.22 土壌から牧草への核種の移行係数 ($Bq \cdot kg(fw\ crop)^{-1} / Bq \cdot kg(dw\ soil)^{-1}$)

元素	牧草			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[1]	1E-2～1E+1	[1]
Zr	5E-3	[1]	3E-6～2E-2	[1]
Nb	1E-2 *4)	—	3E-3～2E+0	[1]
Tc	1E+1 *5)	—	4E-1～5E+2 *5)	—
Pd	2E-1	[5]	2E-2～2E+0 *7)	—
Sn	2E-1 *2)	—	2E-3～5E+0	[1],[4]
Cs	3E-2 *2)	—	1E-2～1E+0	[3]
Pb	1E-2	[1]	3E-4～7E-2	[1]
Po	2E-4	[1]	2E-6～2E-2 *8)	[1],[12]
Ra	4E-2	[1]	7E-5～8E-1	[1]
Ac	1E-3	[1]	2E-7～2E-2 *8)	[1],[12]
Th	5E-4	[1]	1E-4～2E-3 *8)	[1],[12]
Pa	4E-2	[1]	4E-4～4E+0	[1]
U	1E-3 *5)	—	2E-5～2E-1	[1]
Np	5E-3 *4)	—	3E-4～3E-1	[3]
Pu	1E-3 *4)	—	4E-8～4E-2	[1]
Am	5E-3 *4)	—	1E-4～5E-2 *6)	—
Cm	5E-3 *1)	—	1E-4～5E-2 *1)	—

【設定根拠】

*1) 文献［1］,［2］および［4］に準拠。

*2) 文献［1］～［11］でおよその一致が得られた値。

*3) 文献［2］,［3］,［5］でおよその一致が得られた値。

*4) 文献［1］～［11］の平均値。

*5) 標準値については文献によって大きな差異がみられるため、ここでの値は文献［1］～［11］の平均値。

*6) 標準値に一般的な幅を設定。

*7) データがないため、標準値の±1オーダーの範囲を仮定。

*8) 文献［12］の農作物の値を湿重量データに変換した値。

【参考文献】

[1] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988) : Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[2] Mitchell N G and Jones B (1987) : A review of soil-plant concentration ratios for use in the biosphere models ECOS and SECOS. ANS Technical Note 595-26.

[3] Jackson D (1984) : Derivation and ranges of aquatic organism and terrestrial plant data for use with the biosphere code ECOS. UKDoE Report No. DOE/RW/84.127.

[4] Coughtrey P J, Jackson D, Thorne M C (1983-85) : Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Volumes 1-6. AA Balkema, Rotterdam.

[5] Ashton J and Sumerling T J (1988) : Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[12] Wang Y-Y, Biwer B M and Yu C (1993) : A Compilation of Radionuclide Transfer Factors for the Plant, Meat, Milk and Aquatic Food Pathways and the Suggested Default Values for the RESRAD Code. Argonne National Laboratory Report ANL/EAIS/TM-103.

表 4.23 (1) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数:牛肉 ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	牛肉			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	5.4E-1	[1]	2.0E-4～5.4E-1	[1],[2],[10]
Zr	3.1E-3	[1]	5.0E-4～2.0E-1	[2],[5],[4]
Nb	2.0E-4 *1)	[6]	1.7E-4～2.5E-1	[1],[2],[4],[5]
Tc	6.0E-3	[1]	1.3E-6～1.0E-2	[3],[5],[9],[10]
Pd	7.1E-5	[1]	7.1E-5～1.0E-3	[1],[10]
Sn	1.9E-3	[1]	2.0E-4～1.0E-2	[2],[3],[10]
Cs	5.0E-2 *1)	[6]	2.0E-3～9.2E-2	[2],[3],[4],[5],[9],[10]
Pb	1.0E-2	[1]	1.0E-4～1.0E-2	[1],[2],[4],[9],[10]
Po	4.0E-3	[2]	4.0E-4～4.0E-2	[2],[4],[9],[10]
Ra	1.3E-3 *6)	[4]	2.0E-5～1.9E-2	[1],[2],[4],[9],[10]
Ac	1.6E-4	[1]	2.0E-6～1.6E-4	[1],[2],[10]
Th	2.7E-3	[1]	1.0E-4～2.7E-3	[1],[2],[10]
Pa	5.0E-5 *7)	[8]	2.6E-5～5.0E-3	[1],[2],[10]
U	6.9E-4	[1]	2.0E-4～3.0E-2	[2],[5],[9],[10],[11]
Np	1.2E-4	[1]	7.8E-6～5.0E-3	[2],[3],[7],[9],[10]
Pu	2.0E-4 *1)	[6]	5.0E-9～2.0E-4	[2],[3],[6],[9],[10]
Am	4.0E-4 *1)	[6]	2.0E-6～4.0E-4	[2],[3],[6],[9],[10]
Cm	9.8E-5	[1]	3E-6～5E-3	[10]

表 4.23 (2) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数:羊肉 ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	羊肉			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.4E+0	[1]	3.0E-2～1.4E+0	[1],[2]
Zr	1.0E-2	[1]	1.0E-2～3.0E-1	[1],[2]
Nb	2.0E-3	[6]	2.0E-4～2.0E-2 *4)	—
Tc	8.6E-2	[1]	1.0E-2～5.0E+0	[2],[3]
Pd	1.0E-4	[1]	1.0E-5～1.0E-3 *4)	—
Sn	1.3E-2	[1]	3.0E-3～3.0E-2	[2]
Cs	3.0E-1 *1)	[6]	3.0E-2～4.6E-1	[1],[2],[4],[9]
Pb	8.8E-2	[1]	3.0E-3～8.8E-2	[1],[2]
Po	5.0E-2	[2]	5.0E-3～5.0E-1 *4)	—
Ra	9.9E-2	[1]	6.0E-3～9.9E-2	[1],[2]
Ac	4.7E-4	[1]	3.0E-5～3.0E-3	[2]
Th	1.3E-2	[1]	1.0E-3～6.0E-2	[2]
Pa	3.4E-4	[1]	3.4E-4～6.0E-2	[1],[2]
U	7.4E-3	[1]	2.1E-3～4.0E-1	[2],[11]
Np	1.4E-4	[1]	1.1E-4～6.0E-2	[2],[3]
Pu	1.0E-3 *1)	[6]	6.0E-8～1.0E-3	[2],[6]
Am	2.0E-3 *1)	[6]	3.0E-5～2.0E-3	[2],[6]
Cm	3.0E-4	[1]	3.0E-5～3.0E-3 *4)	—

表 4.23 (3) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数:牛レバー ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	牛レバー			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.0E+1	[1]	6.0E-3～1.0E+1 *10)	[1],[2],[3],[5]
Zr	3.1E-3	[1]	8.9E-5～3.1E-3	[1],[3],[5]
Nb	1.7E-4	[1]	1.7E-4～3.0E+0	[1],[2]
Tc	2.1E-2	[1],[3]	2.1E-3～2.1E-1 *4)	—
Pd	9.8E-3	[1]	9.8E-4～9.8E-2 *4)	—
Sn	2.2E-2	[1]	2.0E-4～2.2E-2	[2],[3]
Cs	3.1E-2	[1]	7.0E-3～9.0E-2	[2]
Pb	8.1E-1	[11]	2.0E-4～1.3E+0	[1],[11],[5]
Po	1.1E-1	[11]	4.0E-4～1.6E-1	[2],[11]
Ra	1.9E-2	[1]	2.0E-5～1.9E-2	[1],[2],[5]
Ac	1.4E-1	[1]	2.0E-3～2.0E-1	[1],[2],[3]
Th	6.3E-2	[1]	9.0E-5～6.3E-2	[1],[2],[11]
Pa	1.1E-3	[1],[11]	6.0E-5～6.0E-3	[1],[2]
U	6.9E-4	[1]	6.9E-4～3.0E+2 *9)	[2]
Np	1.5E-2	[1]	2.0E-4～1.5E-2 *9)	[1],[2]
Pu	6.8E-2	[1]	2.0E-3～1.0E+0 *11)	[2],[6]
Am	6.8E-2	[1]	2.0E-3～5.3E-1 *11)	[2],[6]
Cm	3.2E-2	[1]	3.2E-3～3.2E-1 *4)	—

表 4.23 (4) 飼料から畜産物への核種の濃縮係数:ミルク ($d \cdot kg(fresh\ weight)^{-1}$)

元素	ミルク			
	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	4.0E-3	[2]	1.0E-3～6.0E-2	[1],[2],[10],[13]
Zr	3.0E-5	[2]	3.0E-6～5.0E-4	[1],[2],[13]
Nb	2.0E-2	[2]	0.0E+0～2E-1	[1],[2]
Tc	7.5E-3	[1]	2.3E-5～4.0E-1 *8)	[1],[3],[7],[9],[10]
Pd	2.5E-4	[1]	2.5E-4～5.0E-3	[2],[10]
Sn	1.0E-3	[1],[2]	1E-4～1E-2	[1],[3],[8],[10]
Cs	8.0E-3	[6],[9]	1.0E-3～2.7E-2	[1],[3],[10]
Pb	3.0E-4	[2]	2.0E-5～4.0E-4	[1],[2],[10]
Po	3.0E-4	[2],[9]	2.0E-5～4.0E-4 *5)	[1],[9],[10]
Ra	1.3E-3 *1)	[8],[9]	9.0E-5～1.0E-2	[1],[2],[9],[10]
Ac	4.0E-7	[2]	4.0E-8～2.0E-5 *2)	[1],[2],[10]
Th	5.0E-6	[2]	5.0E-7～5.0E-4	[1],[2],[10]
Pa	5.0E-6	[1],[2]	5.0E-7～5.0E-4	[1],[8],[10]
U	4.0E-4	[2],[9]	4E-5～6E-4	[1],[9],[10]
Np	5.0E-6	[2],[9],[12]	5E-7～1E-4	[1],[3],[10]
Pu	5.0E-6	[1]	2E-9～1E-5 *3)	[1],[3],[6],[9],[10]
Am	5.0E-6	[1]	4E-8～5E-5	[3],[9],[10]
Cm	9.0E-6	[1]	9.0E-6～1.1E-4	[3]

【設定根拠】

*1) 文献［6］から引用。連続放出条件に基づくデータ。

*2) 文献［1］における Am のデータに準拠。

*3) データ範囲が広いのは、被ばく期間の異なる試験データに基づく変化による。

*4) データが無いため、データ範囲は標準値の±1 オーダーとして設定。

*5) 文献［2］における Pb のデータに準拠。

*6) 最近の文献調査結果をまとめた文献［8］の推奨値。

*7) 比較的最近の調査である文献［8］でもほとんどデータが無いため、文献［8］で推奨されている 5.0E-05 を採用。

*8) 同位体によってデータは異なる（Tc-99, Tc-99m, Tc-95m)。

*9) 文献［2］では、レバーに対する値は蓄牛の筋肉に対する値をアナログとして設定。

*10) 文献［5］から値は化合物の化学特性に依存する。例えば Se の単体、酸化物および水酸化物に対する値は 6.0E-02、その他すべての Se 化合物に対する値は 1.0E+00 としている。データ範囲の推奨値はこれらのデータをすべて包有するように設定している。

*11) 子牛や子羊のレバーについてはより大きくなる可能性がある（文献［6］参照)。

【参考文献】

[1] Ashton J and Sumerling T J (1988): Biosphere database for assessments of radioactive waste disposals. UKDoE Report No. DoE/RW/88.083.

[2] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988): Assessment of the Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[3] Coughtrey P J, Jackson D, Thorne M C (1983-85): Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Volumes 1-6. AA Balkema, Rotterdam.

[4] Ng Y C, Colsher C S and Thompson S E (1982): Transfer coefficients for assessing the dose from radionuclides in meat and eggs. NUREG/CR-2976.

[5] Simmonds J R and Crick M J (1982): Transfer parameters for use in terrestrial foodchain models. National Radiological Protection Board, NRPB-M63, Chilton, UK.

[6] Coughtrey P J (1990): Radioactivity transfer to animal products. Commission of the European Communities, EUR 12608, Luxembourg.

[7] Bishop G P, Beetham C J and Cuff Y S (1989). Review of literature for chlorine, technetium,

iodine and neptunium. Nirex Safety Studies Report NSS/R193.

[8] Morgan J E and Beetham C J (1990) : Review of literature for radium, protactinium, tin and carbon. Nirex Safety Studies Report NSS/R220.

[9] IAEA/IUR (1994) : Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments. Technical Reports Series No 364. IAEA, Vienna.

[10] Wang Y-Y, Biwer B M and Yu C (1993) : A Compilation of Radionuclide Transfer Factors for the Plant, Meat, Milk and Aquatic Food Pathways and the Suggested Default Values for the RESRAD Code. Argonne National Laboratory Report ANL/EAIS/TM-103.

[11] ICRP (1979-81) . Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Parts 1-3. ICRP Publication 30, Pergamon Press.

[12] Ng Y C (1982) : A review of transfer factors for assessing the dose from radionuclides in agricultural products. Nuclear Safety, Vol 23, No 1, pp57.

[13] Coughtrey P J and Thorne M C (1983c) : Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems, Vol.3. A A Balkema, Rotterdam.

表 4.24 Weathering 率:牧草 (y^{-1})

元素	牧草			
	標準値 *1)	Ref.	範囲	Ref.
Se	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Zr	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Nb	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Tc	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pd	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Sn	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Cs	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pb	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Po	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Ra	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Ac	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Th	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pa	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
U	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Np	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Pu	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Am	1.8E+1	[1],[2]	9.0E+0～3.0E+1	[1]
Cm	1.8E+1	[1]	9.0E+0～3.0E+1	[1]

【設定根拠】

*1) 文献［2］では全評価核種および全農作物について 1.8E+01 (y^{-1}) を推奨（I-131 の値）。より適切なデータが無いため、本評価ではこの値を採用。

【参考文献】

[1] Smith G M, Fearn H S, Smith K R, Davis J P and Klos R (1988). Assessment of the radiological impact of disposal of solid radioactive waste at Drigg. National Radiological Protection Board, NRPB-M148, Chilton, UK.

[2] Simmonds J R and Crick M J (1982). Transfer parameters for use in terrestrial foodchain models. National Radiological Protection Board, NRPB-M63, Chilton, UK.

表 4.25 転流割合(Translocation Fraction):牧草

元素	牧草			
	標準値 *1)	Ref.	範囲 *1)	Ref.
Se	3.0E-1	—	3.0E-1～8.0E-1	—
Zr	1.3E-1	—	1.3E-2～1.3E+0	—
Nb	5.2E-1	—	1.0E-2～5.2E-1	—
Tc	2.8E-1	—	1.0E-1～2.8E-1	—
Pd	3.7E-1	—	3.7E-2～3.7E+0	—
Sn	2.2E-1	—	2.2E-2～2.2E+0	—
Cs	1.9E-1	—	1.9E-2～1.9E+0	—
Pb	2.2E-1	—	2.2E-2～2.2E+0	—
Po	2.2E-1	—	2.2E-2～2.2E+0	—
Ra	1.8E-1	—	1.8E-2～1.8E+0	—
Ac	4.5E-1	—	4.5E-2～4.5E+0	—
Th	3.8E-2	—	3.8E-3～3.8E-1	—
Pa	4.5E-1	—	4.5E-2～4.5E+0	—
U	3.6E-1	—	3.6E-2～3.6E+0	—
Np	4.5E-1	—	4.5E-2～4.5E+0	—
Pu	3.6E-1	—	3.6E-2～3.6E+0	—
Am	2.8E-1	—	2.0E-2～2.8E-1	—
Cm	2.7E-1	—	2.7E-2～2.7E+0	—

【設定根拠】

*1) データが無いため葉菜に準拠して設定。葉菜については文献［1］に基づき設定。

【参考文献】

[1] Little R H, Watkins B M and Venter A (1999): The Identification and Justification of a Reference Biosphere for a River Geosphere-Biosphere Interface for Use during Financial Year 1998 for the H12 Assessment. QuantiSci ReportIE5058C-1 v1.0, QuantiSci Henley-on-Thames, United Kingdom.

表 4.26 エアロゾルにおける濃縮係数

元素	標準値	Ref.	範囲	Ref.
Se	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Zr	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Nb	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Tc	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Pd	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Sn	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Cs	1E+0	[1]	1E+0～3E+0	[1]
Pb	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Po	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Ra	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Ac	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Th	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Pa	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
U	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Np	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Pu	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Am	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]
Cm	1E+1	[1]	3E+0～5E+1	[1]

【参考文献】

[1] Eakins J D, Lally A E, Burton P J, Kilworth D R and Pratley F A (1982) : Studies in Environmental Radioactivity in Cumbria: Part 5, The Magnitude and Mechanism of Enrichment of Sea Spray with Actinides in West Cumbria. Harwell, UKAEA Report AERE-R10127.

4.5 評価結果

「潮間帯堆積層放出ケース」についての解析結果を示す。

4.5.1 被ばく線量の経時変化

放射性核種が単位フラックス（$1\ Bq \cdot y^{-1}$）で定常的に潮間帯堆積層に放出された場合の被ばく線量（$Sv \cdot y^{-1}$）の経時変化を解析する。

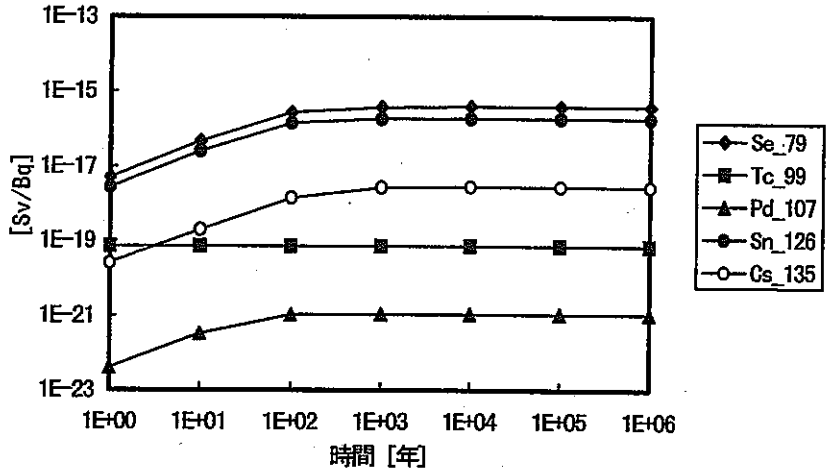
解析結果の一例として、潮間帯堆積層放出ケースにおける農作業被ばくグループに係る全被ばく経路における被ばく線量の経時変化を図 4.6 に示す。図 4.6 から単位フラックスによる被ばく線量への応答は核種に応じて早いもので約 10 年後、また、ほとんどの核種が遅くとも約 1×10^{6} 年後には定常状態に達していることがわかる。この結果から潮間帯堆積層放出ケースの場合、生物圏における被ばく線量が定常状態となる応答は 1×10^{6} 年後として、地圏から生物圏への被ばく線量への換算係数を算定するものとする。

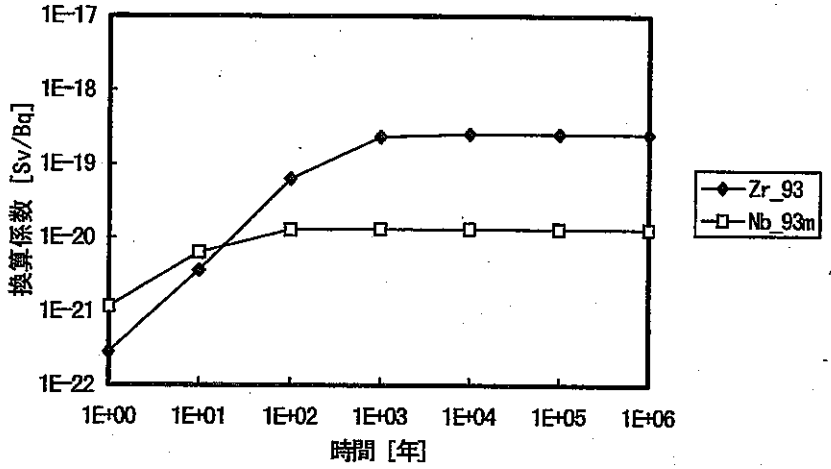
4.5.2 線量への換算係数

第 4.5.1 項で設定した被ばく線量が定常状態となる応答（1×10^{6} 年後）を用いて、潮間帯堆積層への放出に関する線量への換算係数（$Sv \cdot Bq^{-1}$）を算出する。

図 4.7～図 4.20 ならびに表 4.27 および表 4.28 に潮間帯堆積層放出ケースに係る各被ばく経路ごとの線量への換算係数、各被ばくグループでの線量への換算係数および全被ばくグループの線量への換算係数の合計値を示す。

図 4.21 に各被ばくグループでの線量への換算係数の比較結果を示す。この結果、ほとんどの核種について海洋漁業による被ばくグループの寄与が高い。これは、海洋漁業による被ばくグループに係る被ばく経路が農作業被ばくグループに比べて多いこと、地圏から流入した核種の収着から潮間帯堆積層中の核種濃度が高くなったことによると考えられる。一例として本ケースにおける評価対象核種の中で線量への換算係数が高く（図 4.21）、比較的半減期も長い（2.14×10^{6} 年）、Np-237 について線量への換算係数に対する各被ばくグループの寄与を図 4.22 に示す。





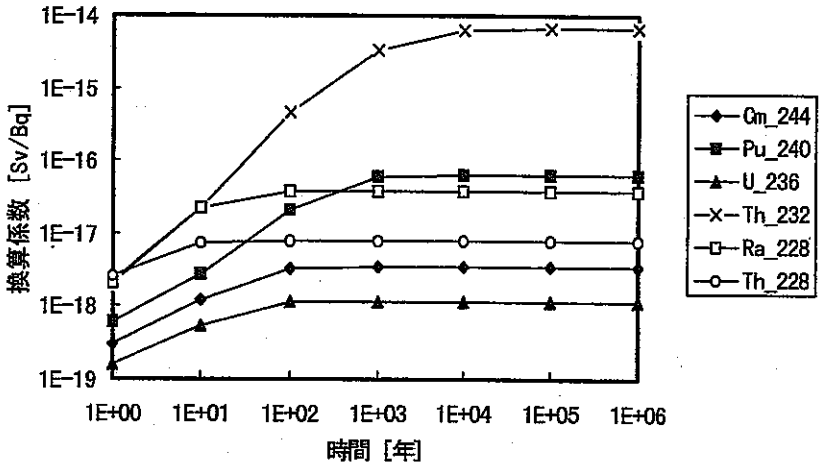
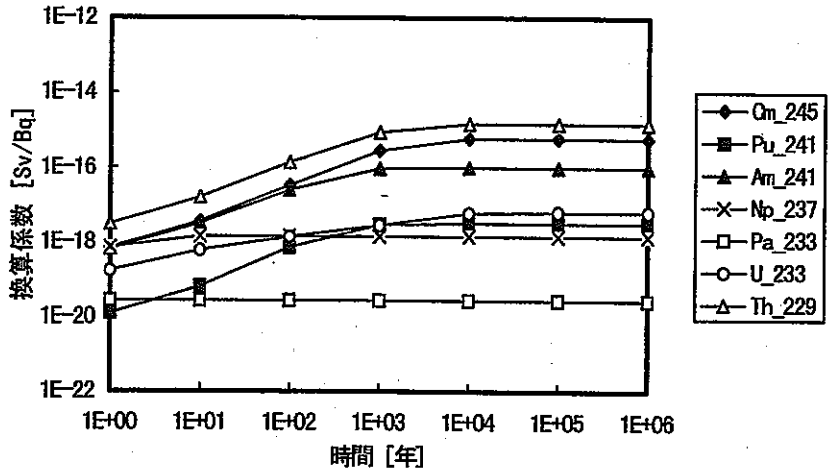
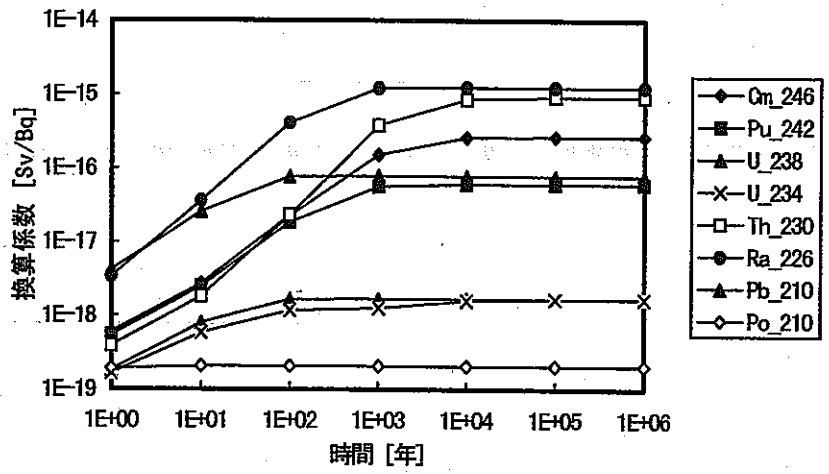


図 4.6 被ばく線量の経時変化(農作業被ばくグループの合計被ばく線量) (1/2)





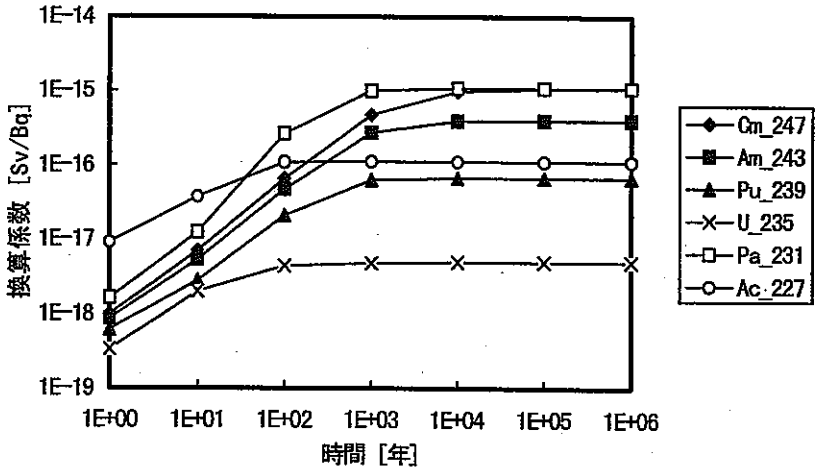


図 4.6 被ばく線量の経時変化(農作業被ばくグループの合計被ばく線量) (2/2)

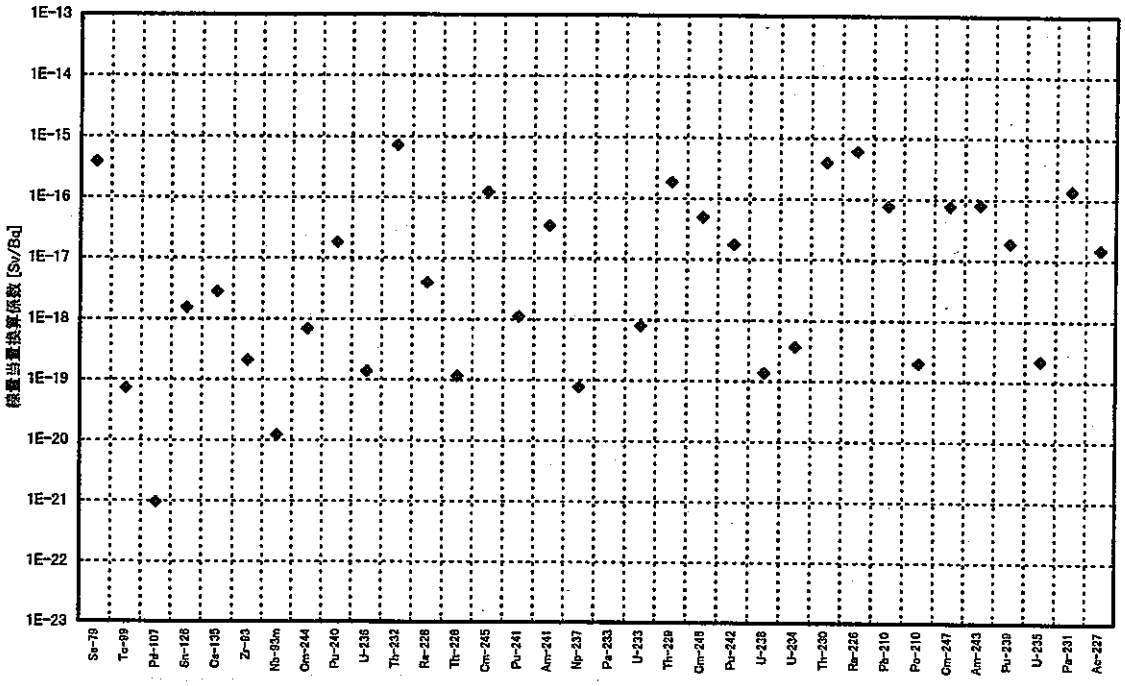


図 4.7 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(蓄産物の摂取による被ばく)

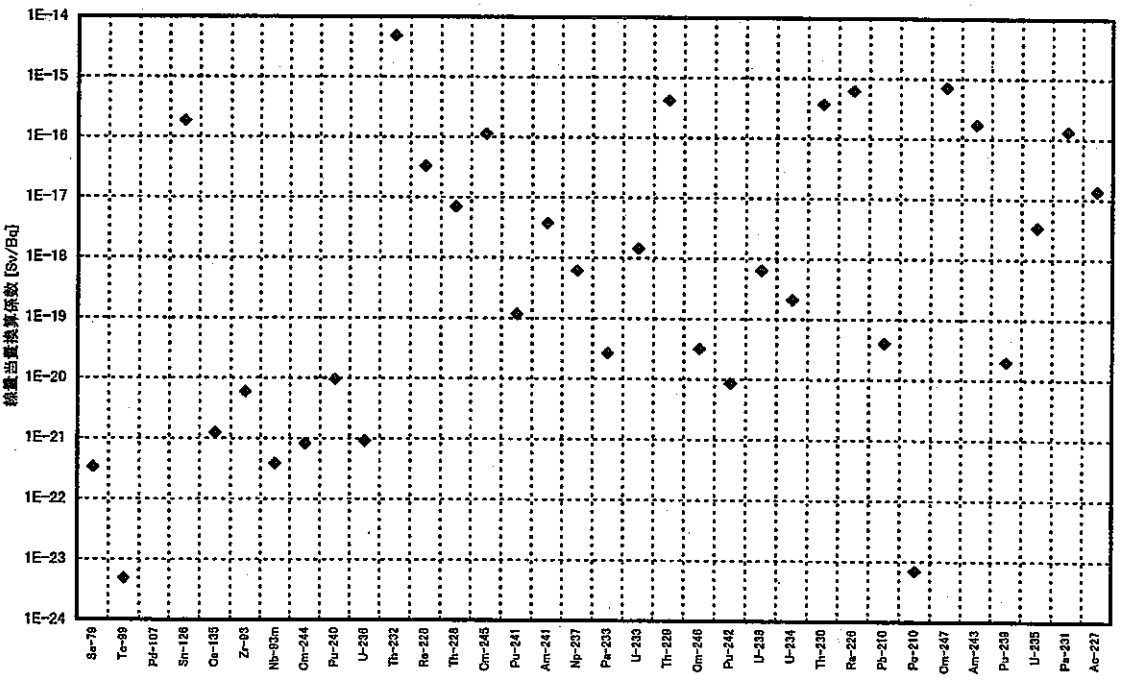


図 4.8 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(土壌からの外部被ばく)

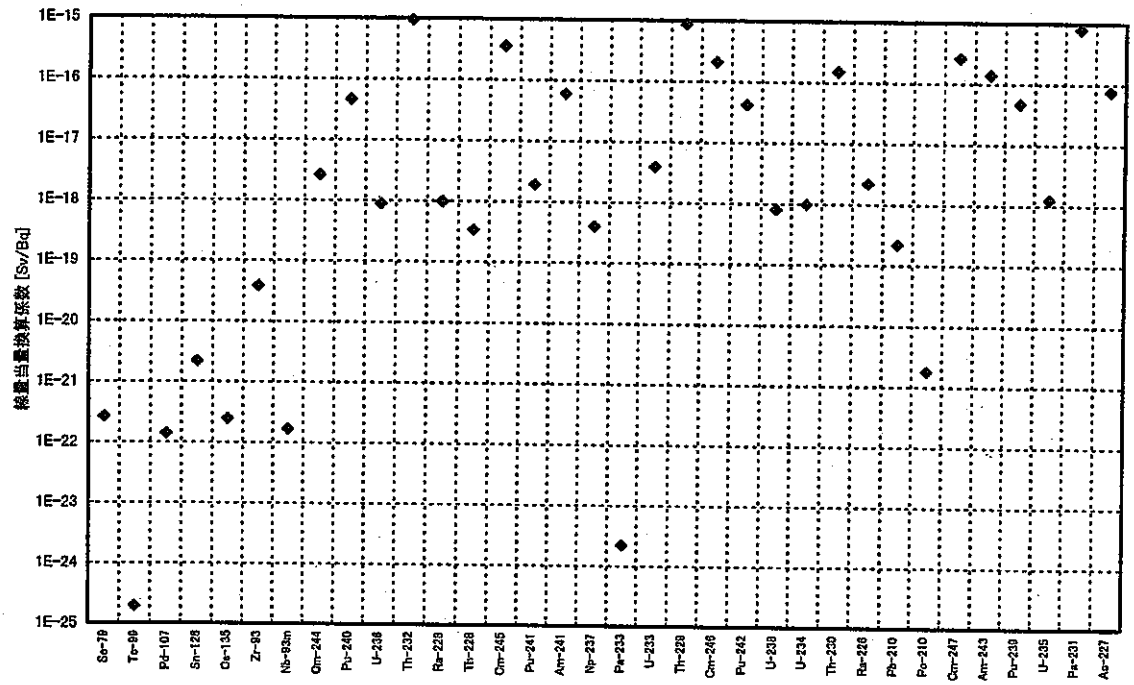


図 4.9 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(ダストの吸入による被ばく)

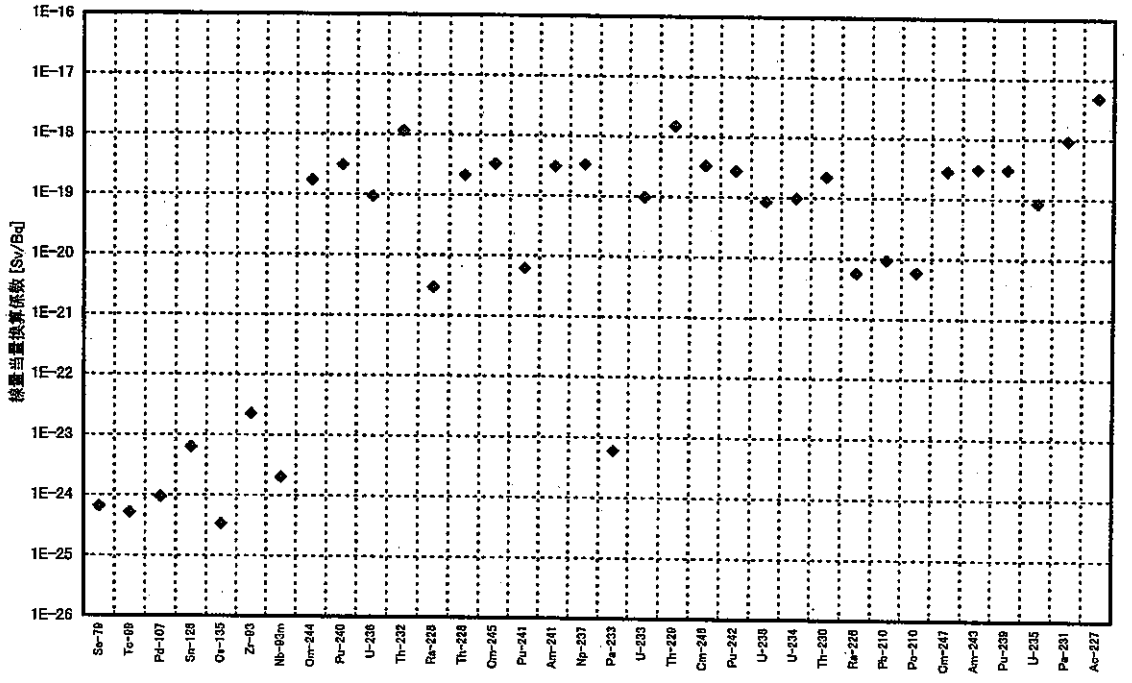


図 4.10 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数

(エアロゾルの吸入による被ばく:農作業グループ)

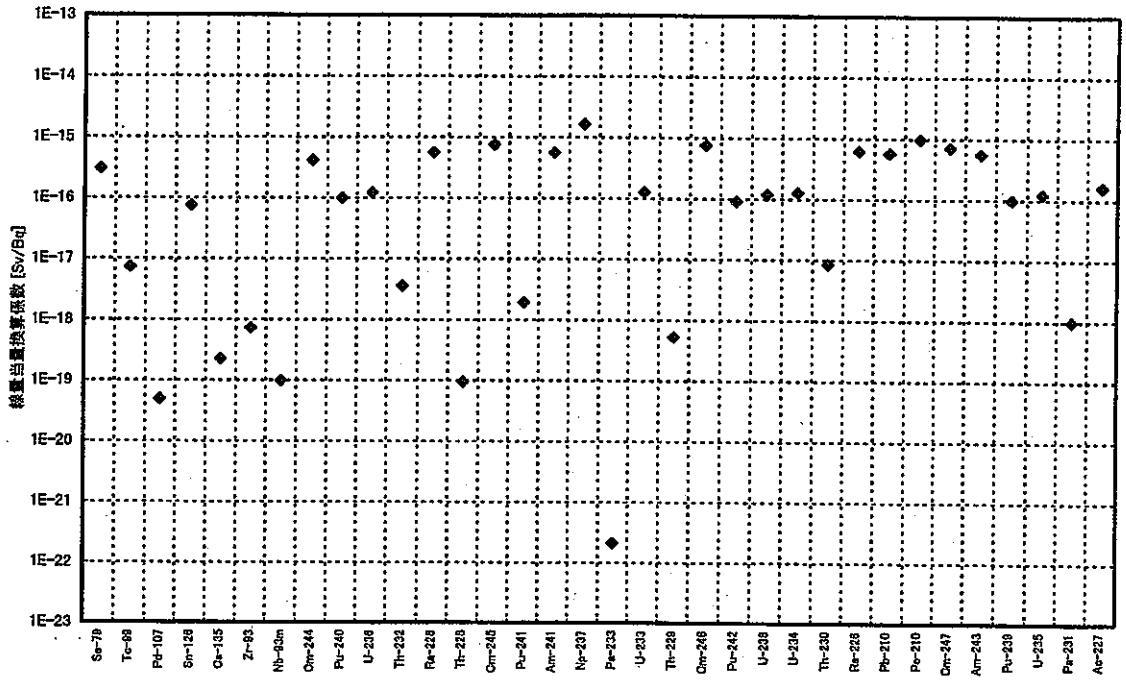


図 4.11 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数

（軟体動物および海藻の摂取による被ばく）

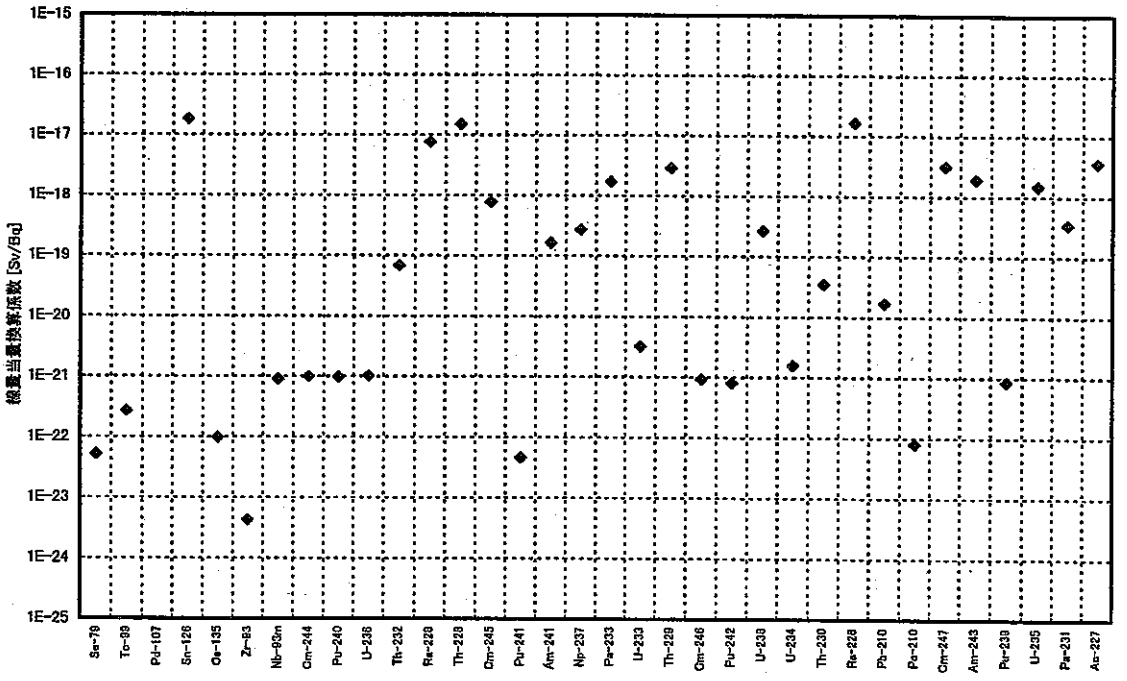


図 4.12 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数（潮間帯水域からの外部被ばく）

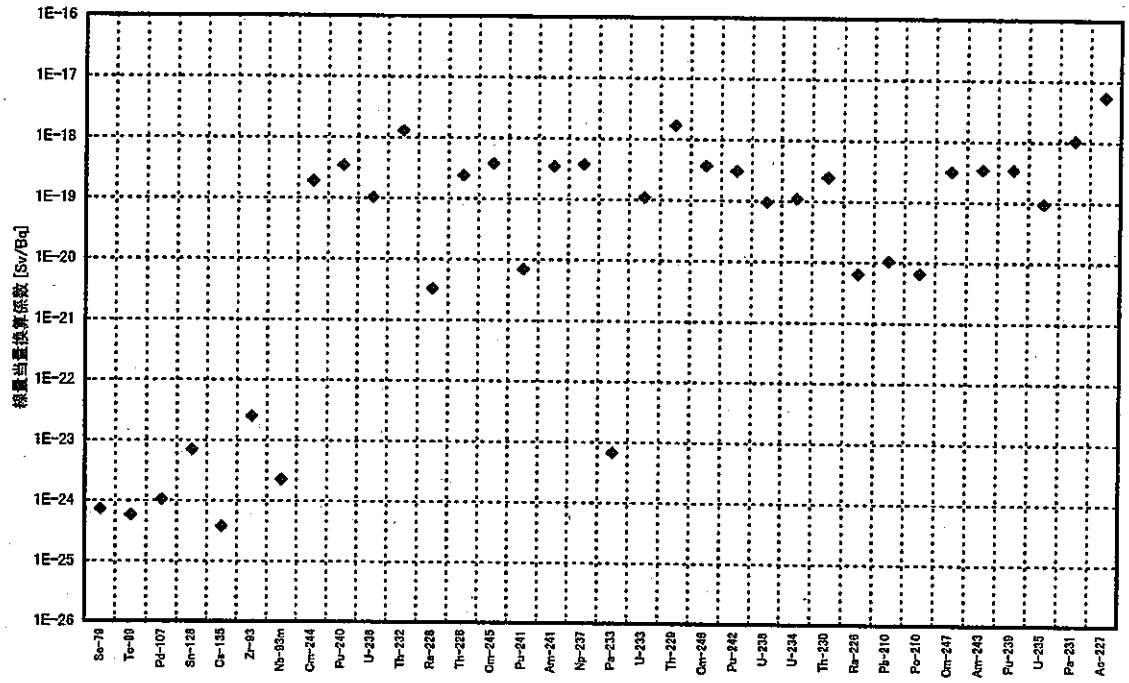


図 4.13 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数

（エアロゾルの吸入による被ばく:海洋漁業グループ）

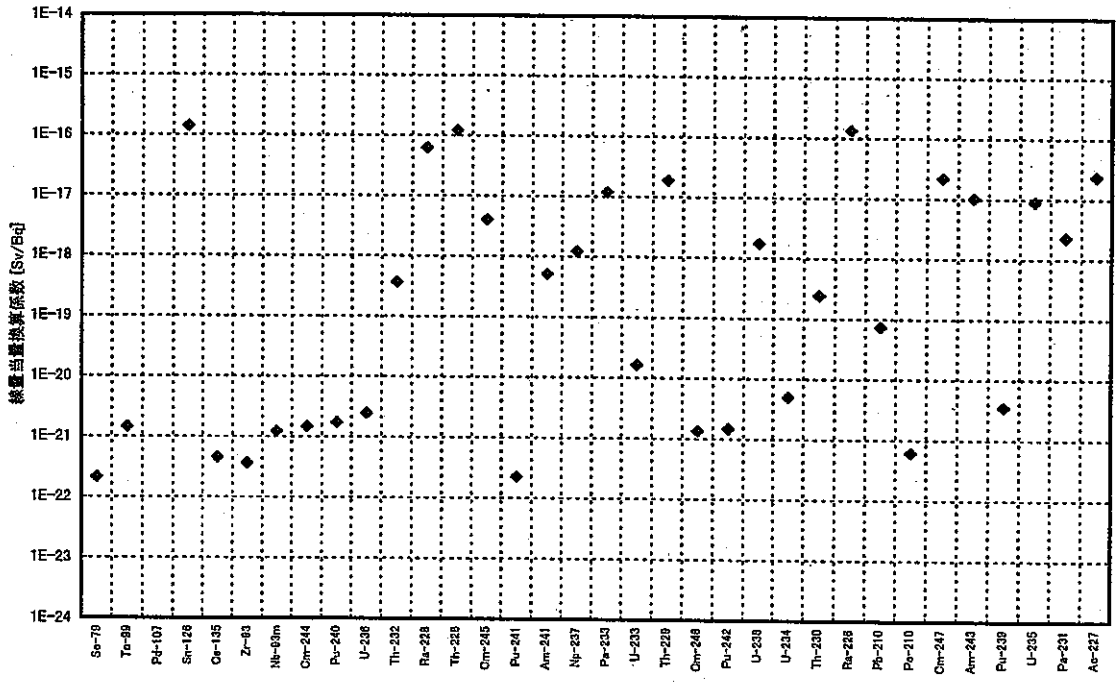


図 4.14 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数（潮間帯堆積層からの外部被ばく）

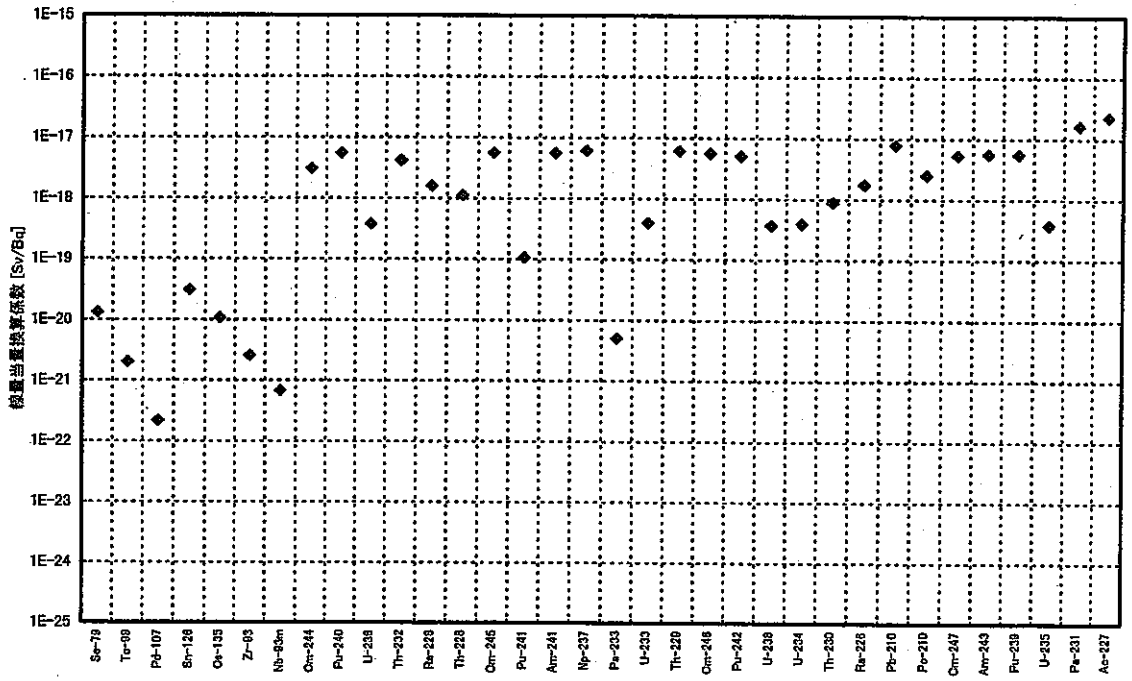


図 4.15 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数（潮間帯堆積層の摂取による被ばく）

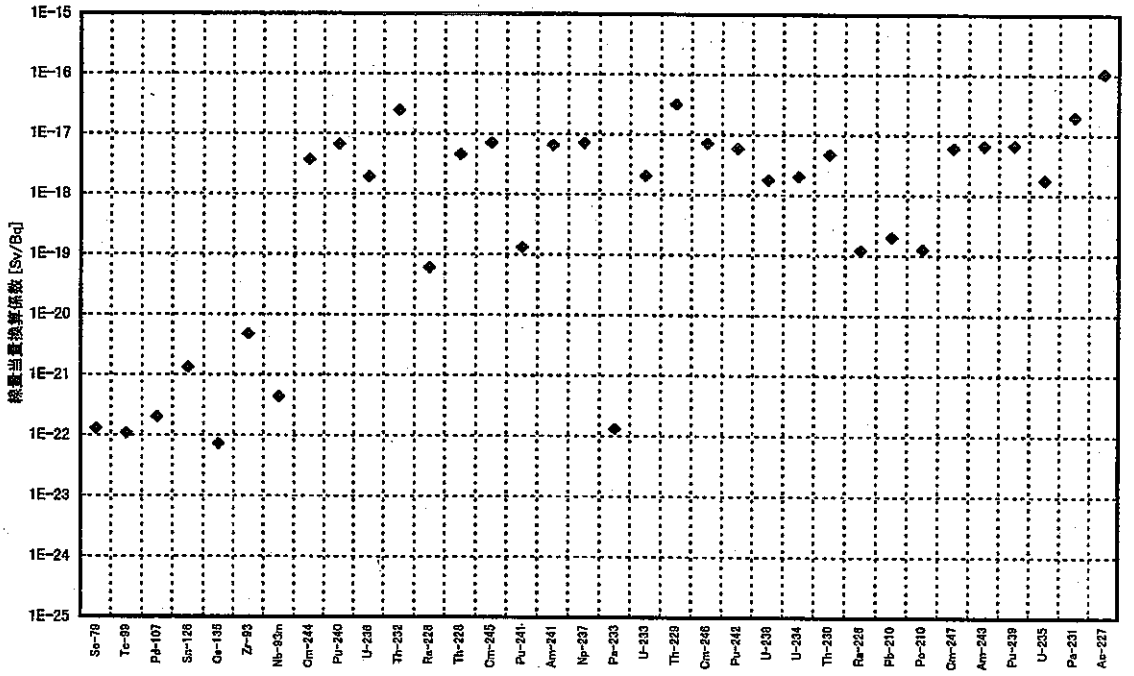


図 4.16 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数

（潮間帯堆積層からのダストの吸入による被ばく）

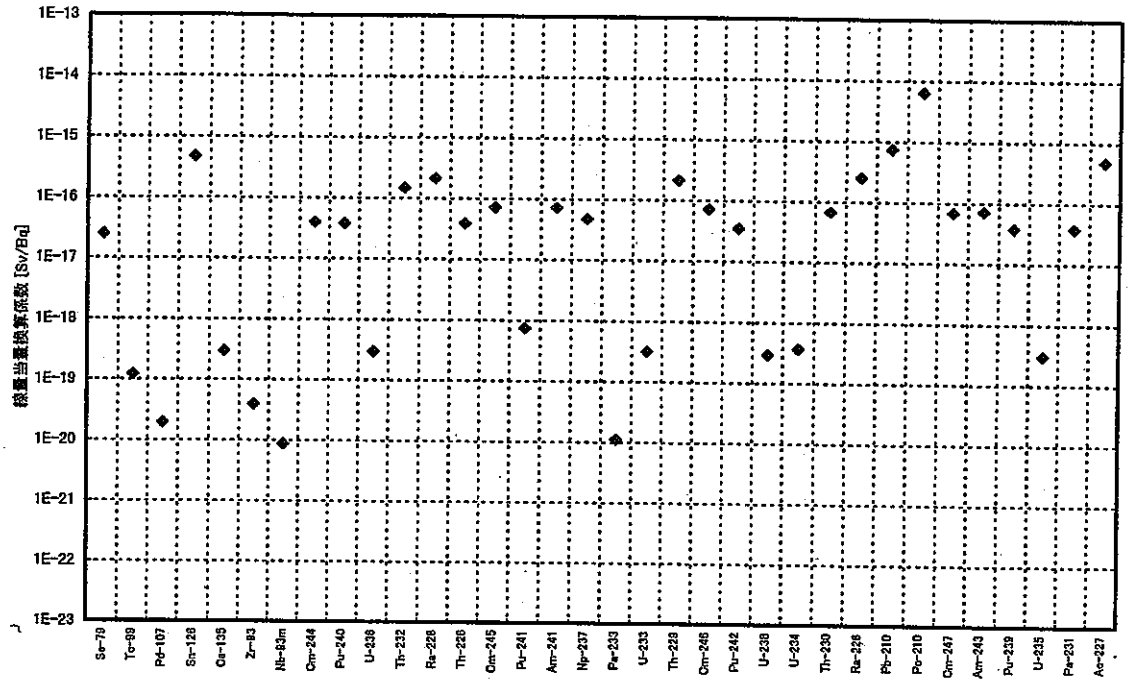


図 4.17 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数

（魚類および甲殻類の摂取による被ばく）

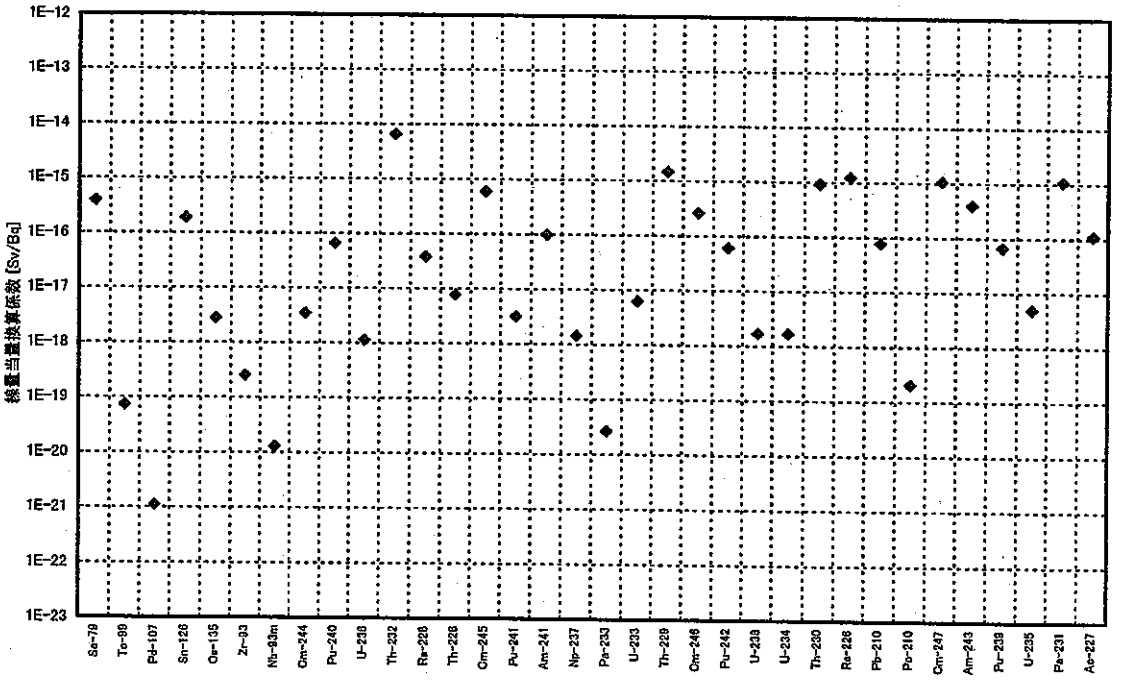


図 4.18 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数（農作業による被ばくグループの合計）

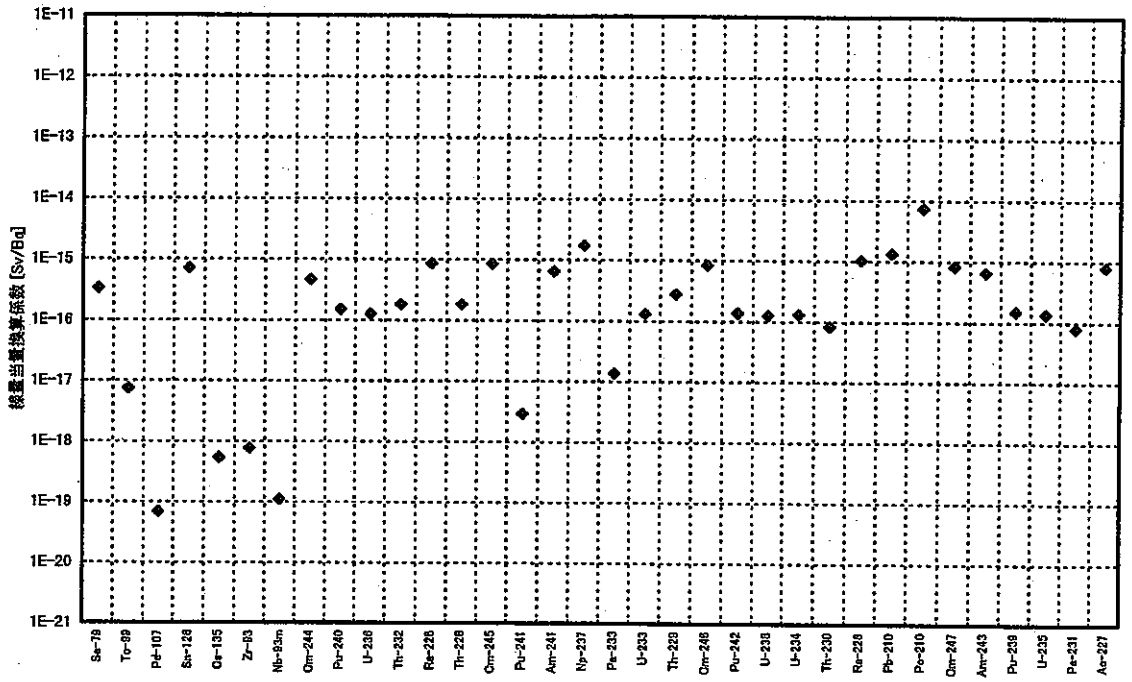


図 4.19 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数

（海洋漁業による被ばくグループの合計）

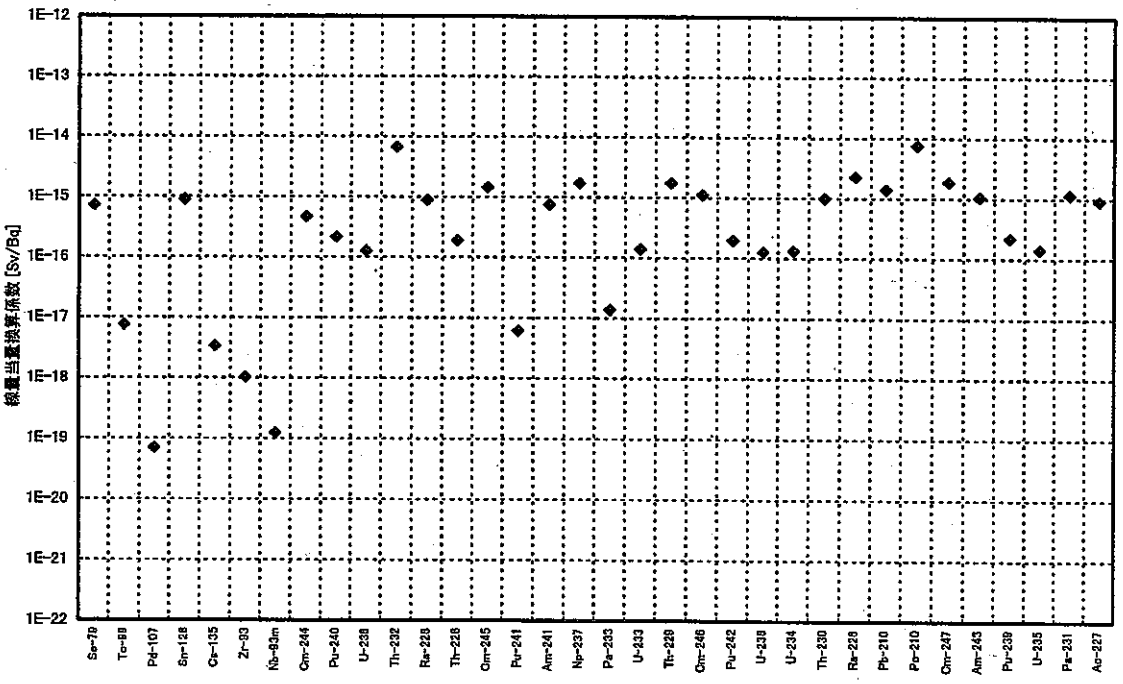


図 4.20 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数（全被ばくグループの合計）

表 4.27 各被ばく経路における潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数 (1/2)

[Sv/Bq]

	土壌からの外部被ばく	ダストの吸入	畜産物の摂取	軟体動物 海藻	海水魚 海洋甲殻類	エアロゾルの吸入
	表面土壌			海産物の摂取		
Se-79	3.37E-22	2.64E-22	3.88E-16	3.09E-16	2.50E-17	7.32E-25
Tc-99	4.89E-24	1.97E-25	7.33E-20	7.37E-18	1.20E-19	5.82E-25
Pd-107	0.00E+00	1.40E-22	9.54E-22	4.92E-20	1.94E-20	1.05E-24
Sn-126	1.86E-16	2.19E-21	1.54E-18	7.59E-17	4.76E-16	6.99E-24
Cs-135	1.24E-21	2.46E-22	2.81E-18	2.27E-19	2.99E-19	3.79E-25
Zr-93	5.93E-21	3.84E-20	2.09E-19	7.29E-19	3.93E-20	2.51E-23
Nb-93m	3.82E-22	1.68E-22	1.24E-20	9.87E-20	8.65E-21	2.27E-24
Cm-244	8.21E-22	2.64E-18	6.93E-19	4.20E-16	4.01E-17	1.95E-19
Pu-240	9.55E-21	4.63E-17	1.84E-17	1.00E-16	3.85E-17	3.50E-19
U-236	9.16E-22	8.95E-19	1.39E-19	1.23E-16	2.98E-19	1.05E-19
Th-232	4.86E-15	9.51E-16	7.30E-16	3.61E-18	1.49E-16	1.31E-18
Ra-228	3.30E-17	9.93E-19	4.02E-18	5.65E-16	2.17E-16	3.30E-21
Th-228	7.09E-18	3.37E-19	1.17E-19	9.59E-20	3.91E-17	2.43E-19
Cm-245	1.13E-16	3.59E-16	1.26E-16	7.67E-16	7.32E-17	3.79E-19
Pu-241	1.17E-19	1.95E-18	1.11E-18	1.94E-18	7.45E-19	6.99E-21
Am-241	3.77E-18	6.10E-17	3.53E-17	5.66E-16	7.30E-17	3.49E-19
Np-237	6.15E-19	4.02E-19	7.74E-20	1.66E-15	4.83E-17	3.79E-19
Pa-233	2.66E-20	2.21E-24	4.66E-24	2.14E-22	1.12E-20	6.72E-24
U-233	1.44E-18	3.98E-18	7.95E-19	1.30E-16	3.20E-19	1.11E-19
Th-229	4.16E-16	8.81E-16	1.88E-16	5.31E-19	2.17E-16	1.69E-18
Cm-246	3.20E-20	2.14E-16	5.01E-17	7.64E-16	7.29E-17	3.78E-19
Pu-242	8.59E-21	4.28E-17	1.76E-17	9.19E-17	3.54E-17	3.11E-19
U-238	6.40E-19	8.20E-19	1.37E-19	1.21E-16	2.94E-19	9.61E-20
U-234	2.09E-19	1.00E-18	3.71E-19	1.28E-16	3.68E-19	1.11E-19
Th-230	3.70E-16	1.52E-16	4.00E-16	8.55E-18	6.87E-17	2.50E-19
Ra-226	6.25E-16	2.24E-18	6.16E-16	6.25E-16	2.56E-16	6.44E-21
Pb-210	4.07E-20	2.24E-19	7.76E-17	5.77E-16	7.49E-16	1.06E-20
Po-210	6.99E-24	1.82E-21	1.98E-19	9.76E-16	6.50E-15	6.66E-21
Cm-247	7.21E-16	2.65E-16	7.78E-17	7.21E-16	6.88E-17	3.21E-19
Am-243	1.75E-16	1.41E-16	8.13E-17	5.66E-16	7.31E-17	3.49E-19
Pu-239	2.00E-20	4.76E-17	1.89E-17	9.99E-17	3.84E-17	3.50E-19
U-235	3.38E-18	1.27E-18	2.19E-19	1.24E-16	3.05E-19	9.61E-20
Pa-231	1.33E-16	8.07E-16	1.40E-16	9.95E-19	3.82E-17	1.06E-18
Ac-227	1.39E-17	7.65E-17	1.51E-17	1.64E-16	4.86E-16	5.53E-18

表 4.27 各被ばく経路における潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数 (2/2)

[Sv/Bq]

	水からの外部被ばく（潮間帯水域）	堆積物からの外部被ばく	堆積物の摂取	ダストの吸入	エアロゾルの吸入
		（潮間帯堆積物）			
Se-79	5.12E-23	2.13E-22	1.32E-20	1.29E-22	6.51E-25
Tc-99	2.67E-22	1.45E-21	2.02E-21	1.09E-22	5.18E-25
Pd-107	0.00E+00	0.00E+00	2.16E-22	2.01E-22	9.38E-25
Sn-126	1.85E-17	1.41E-16	3.06E-20	1.33E-21	6.22E-24
Cs-135	9.71E-23	4.53E-22	1.08E-20	7.20E-23	3.37E-25
Zr-93	4.23E-24	3.67E-22	2.56E-21	4.79E-21	2.24E-23
Nb-93m	8.98E-22	1.22E-21	6.80E-22	4.32E-22	2.02E-24
Cm-244	9.93E-22	1.47E-21	3.11E-18	3.71E-18	1.73E-19
Pu-240	9.72E-22	1.72E-21	5.57E-18	6.67E-18	3.12E-19
U-236	1.02E-21	2.47E-21	3.79E-19	1.95E-18	9.33E-20
Th-232	6.86E-20	3.68E-19	4.25E-18	2.49E-17	1.16E-18
Ra-228	7.69E-18	6.28E-17	1.60E-18	6.08E-20	2.94E-21
Th-228	1.52E-17	1.22E-16	1.13E-18	4.63E-18	2.16E-19
Cm-245	7.77E-19	4.04E-18	5.67E-18	7.21E-18	3.37E-19
Pu-241	4.60E-23	2.24E-22	1.08E-19	1.33E-19	6.22E-21
Am-241	1.65E-19	5.13E-19	5.66E-18	6.64E-18	3.10E-19
Np-237	2.73E-19	1.23E-18	6.23E-18	7.20E-18	3.38E-19
Pa-233	1.73E-18	1.19E-17	5.02E-21	1.30E-22	5.98E-24
U-233	3.20E-21	1.64E-20	4.02E-19	2.06E-18	9.86E-20
Th-229	2.91E-18	1.90E-17	6.23E-18	3.22E-17	1.50E-18
Cm-246	9.20E-22	1.34E-21	5.65E-18	7.19E-18	3.36E-19
Pu-242	8.01E-22	1.49E-21	5.12E-18	5.92E-18	2.77E-19
U-238	2.67E-19	1.75E-18	3.74E-19	1.79E-18	8.56E-20
U-234	1.58E-21	4.98E-21	3.96E-19	2.06E-18	9.85E-20
Th-230	3.54E-20	2.44E-19	8.90E-19	4.76E-18	2.23E-19
Ra-226	1.67E-17	1.34E-16	1.77E-18	1.22E-19	5.73E-21
Pb-210	1.70E-20	7.37E-20	7.97E-18	2.01E-19	9.40E-21
Po-210	7.96E-23	6.10E-22	2.54E-18	1.27E-19	5.92E-21
Cm-247	3.16E-18	2.20E-17	5.33E-18	6.10E-18	2.85E-19
Am-243	1.92E-18	1.04E-17	5.66E-18	6.65E-18	3.11E-19
Pu-239	8.50E-22	3.49E-21	5.56E-18	6.66E-18	3.11E-19
U-235	1.50E-18	9.03E-18	3.85E-19	1.79E-18	8.55E-20
Pa-231	3.46E-19	2.30E-18	1.65E-17	2.01E-17	9.41E-19
Ac-227	3.64E-18	2.39E-17	2.27E-17	1.05E-16	4.93E-18

表 4.28 各被ばくグループおよび全被ばくグループの線量への換算係数

[Sv/Bq]

	農作業による被ばくグループ	海洋漁業による被ばくグループ	合計
Se-79	3.88E-16	3.34E-16	7.22E-16
Tc-99	7.33E-20	7.50E-18	7.57E-18
Pd-107	1.10E-21	6.90E-20	7.01E-20
Sn-126	1.87E-16	7.11E-16	8.98E-16
Cs-135	2.81E-18	5.37E-19	3.35E-18
Zr-93	2.53E-19	7.76E-19	1.03E-18
Nb-93m	1.29E-20	1.11E-19	1.24E-19
Cm-244	3.51E-18	4.68E-16	4.71E-16
Pu-240	6.51E-17	1.51E-16	2.16E-16
U-236	1.13E-18	1.25E-16	1.26E-16
Th-232	6.54E-15	1.83E-16	6.72E-15
Ra-228	3.80E-17	8.54E-16	8.92E-16
Th-228	7.76E-18	1.82E-16	1.90E-16
Cm-245	5.99E-16	8.58E-16	1.46E-15
Pu-241	3.19E-18	2.94E-18	6.12E-18
Am-241	1.00E-16	6.52E-16	7.52E-16
Np-237	1.43E-18	1.72E-15	1.72E-15
Pa-233	2.66E-20	1.37E-17	1.37E-17
U-233	6.31E-18	1.33E-16	1.39E-16
Th-229	1.49E-15	2.79E-16	1.77E-15
Cm-246	2.64E-16	8.50E-16	1.11E-15
Pu-242	6.07E-17	1.39E-16	1.99E-16
U-238	1.68E-18	1.25E-16	1.27E-16
U-234	1.68E-18	1.31E-16	1.33E-16
Th-230	9.23E-16	8.35E-17	1.01E-15
Ra-226	1.24E-15	1.03E-15	2.28E-15
Pb-210	7.79E-17	1.33E-15	1.41E-15
Po-210	2.06E-19	7.48E-15	7.48E-15
Cm-247	1.06E-15	8.27E-16	1.89E-15
Am-243	3.98E-16	6.64E-16	1.06E-15
Pu-239	6.69E-17	1.51E-16	2.18E-16
U-235	4.96E-18	1.37E-16	1.42E-16
Pa-231	1.08E-15	7.95E-17	1.16E-15
Ac-227	1.10E-16	8.11E-16	9.21E-16

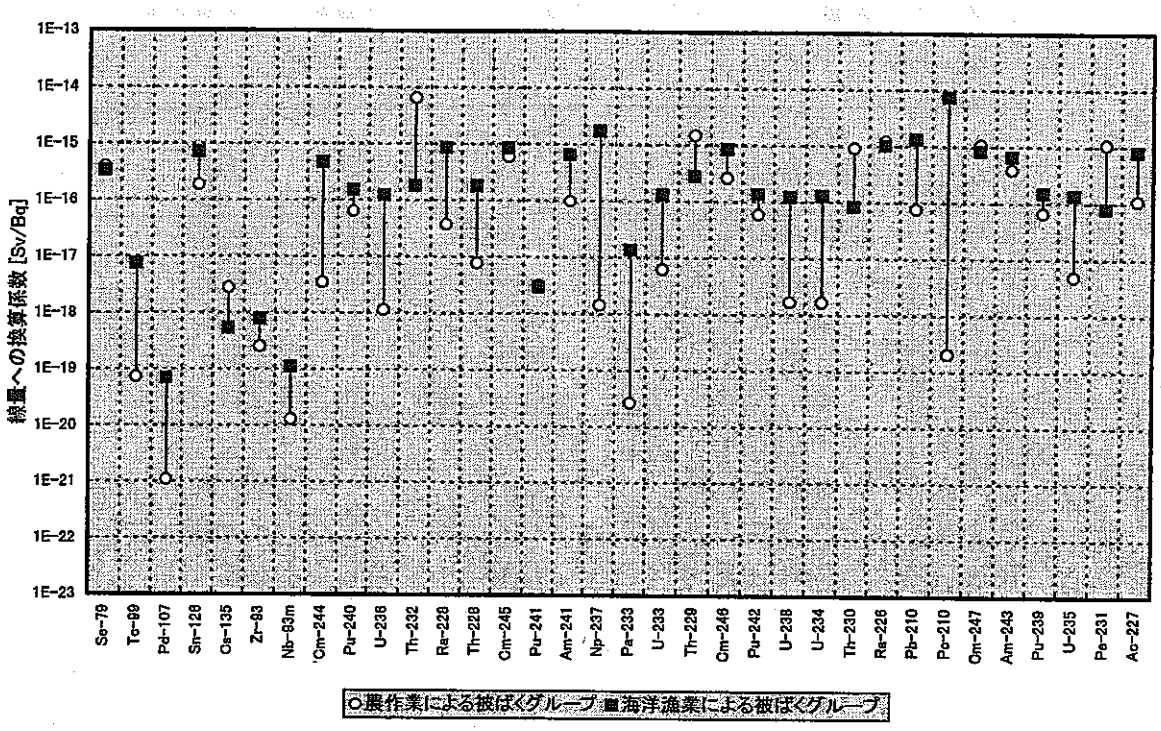


図 4.21 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(被ばくグループごとの比較)

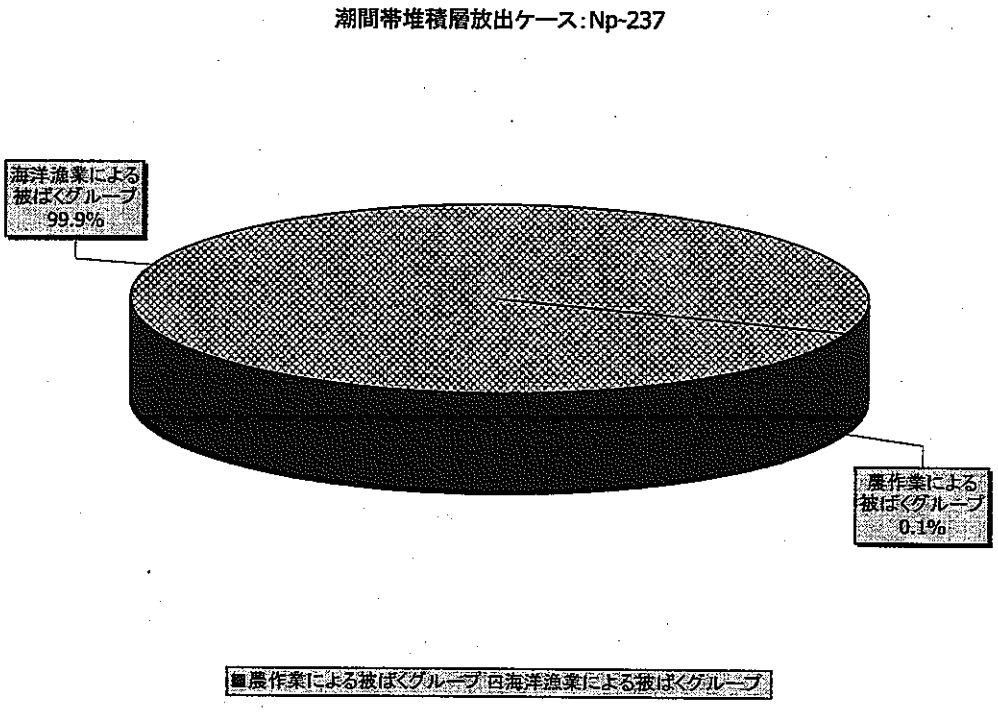


図 4.22 潮間帯堆積層への核種放出に関する線量への換算係数(被ばくグループごとの比較:Np-237)

5. 評価結果の比較検討

5.1 深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースとの比較検討結果

昨年度の深井戸放出ケースと第3節で示した河川堆積層放出ケースとの比較を行う。なお、深井戸放出ケースに係る解析結果については付録3に添付する。

まず、農作業による被ばくグループ、淡水漁業による被ばくグループおよび海洋漁業による被ばくグループに対する線量への換算係数の比較を行う。図 5.1～5.4 に各被ばくグループに対する線量への換算係数、および全被ばくグループに対する線量への換算係数の合計値についての比較結果を示す。

図 5.1 から農作業による被ばくグループに対する線量への換算係数は深井戸放出ケースと比べて変化がほとんどないか、あるいは河川堆積層放出ケースの方が低い。具体的には、Sn-126, Th-232, Cm-245, Pu-241, Th-229, Cm-246, Th-230, Cm-247, Am-243, Pa-231 といった核種は両ケースでの線量への換算係数にほとんど差がなく、Th-228, Pa-233, Po-210 などの核種は、2～3 桁程度、河川堆積層放出ケースの方が線量への換算係数が低くなっている。この理由としては評価対象核種の半減期による影響があげられる。これら 3 核種（Th-228, Pa-233, Po-210）の半減期は 10 年以下とその他の核種と比べて非常に短い。そのため、これらの核種は地下水が放出される河川堆積層コンパートメントでほとんど崩壊してしまい下流側のコンパートメントである表面土壌コンパートメントや河川水域コンパートメントへの核種の流入量が少なく、最終的な被ばく結果に影響を及ぼす。さらに、そのために農作業による被ばくグループに対する線量への換算係数算出の際に必要となる表面土壌コンパートメントや河川水域コンパートメント中の核種濃度に差が現れたためであると考えられる。

図 5.2 から淡水漁業による被ばくグループに対する線量への換算係数は、Se-79、Cs-135、Po-210 を除いて、河川堆積層放出ケースが深井戸放出ケースよりも 2～5 桁程度高くなっている。深井戸から直接表面土壌に移行する深井戸放出ケースと異なり、河川堆積層放出ケースの場合は、地圏からの核種がいったん、河川堆積層に流入し核種が収着することから河川堆積層コンパートメント中の核種濃度が高くなる。このため、河川堆積層からの被ばく経路を考慮している淡水漁業による被ばくグループに対する線量への換算係数が高くなると考えられる。さらに、河川堆積層放出ケースでは、深井戸放出ケースでは設定していなかった被ばく経路として河川水の飲用による被ばく経路が付加されている。核種によっては水の飲用

による被ばくは淡水漁業被ばくグループに対する線量において主要経路である場合もあり、このため、線量への影響が顕著となっていることが考えられる。

図 5.3 に示したように、海洋漁業による被ばくグループに対する線量への換算係数では、Se-79, Nb-93m, Cm-244 および Pb-210 を除く核種において、深井戸放出ケースに比べて河川堆積層放出ケースに対する線量への換算係数が 2～4 桁程度高くなっている。これは河川堆積層放出ケースにおける地圏とのインターフェイスが河川堆積層であり、深井戸への放出ケースよりも比較的早期に海洋漁業被ばくグループへ影響を及ぼす沿岸海域堆積層に核種が流入するためと考えられる。一部の核種についてほとんど変化がみられなかったのは、海洋漁業による被ばくグループにおける被ばく経路への寄与が異なるためであると考えられる。

図 5.4 に全被ばくグループに対する線量への換算係数の合計値の比較結果を示す。この結果、全被ばくグループに対する線量への換算係数の合計値はほとんどの核種であまり差は見られない。これは、深井戸放出ケースおよび河川堆積層放出ケースのどちらのケースについても、農作業による被ばくグループに対する線量への換算係数が他の被ばくグループと比べて線量への換算係数が大きく、前述のように、農作業による被ばくグループに対する両ケースでの線量への換算係数の差がほとんどないためであると考えられる。ただし、淡水漁業および海洋漁業における被ばくグループにおける比較で深井戸放出ケースとの差が他の核種と比べて顕著に大きい Sn-126 や Pa-233（ただし半減期は短い）のような核種は河川堆積層放出ケースの結果が深井戸放出ケースよりも大きい。

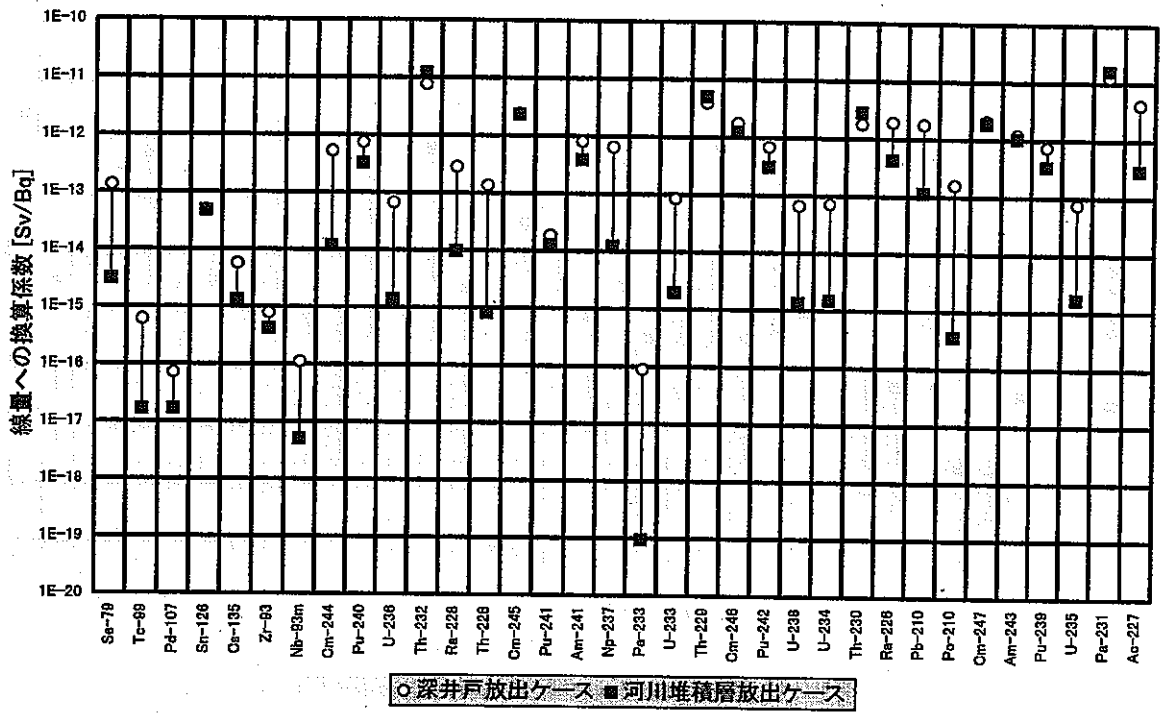


図 5.1 深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較

（農作業による被ばくグループ）

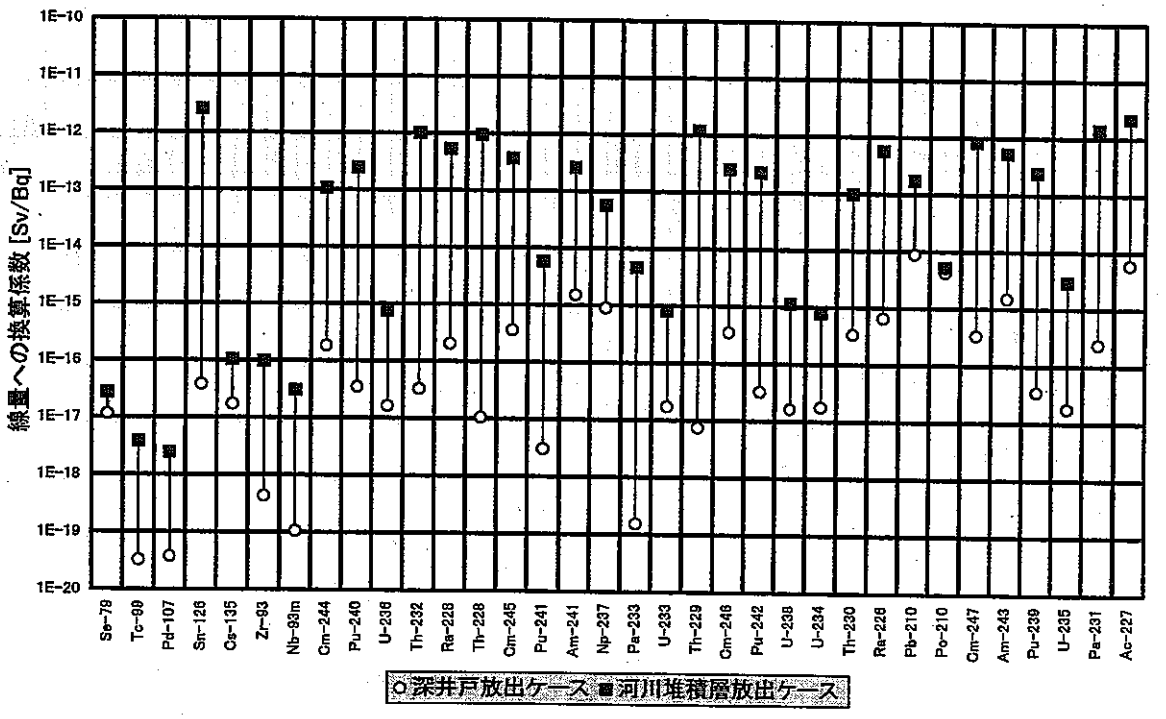


図 5.2 深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較

（淡水漁業による被ばくグループ）

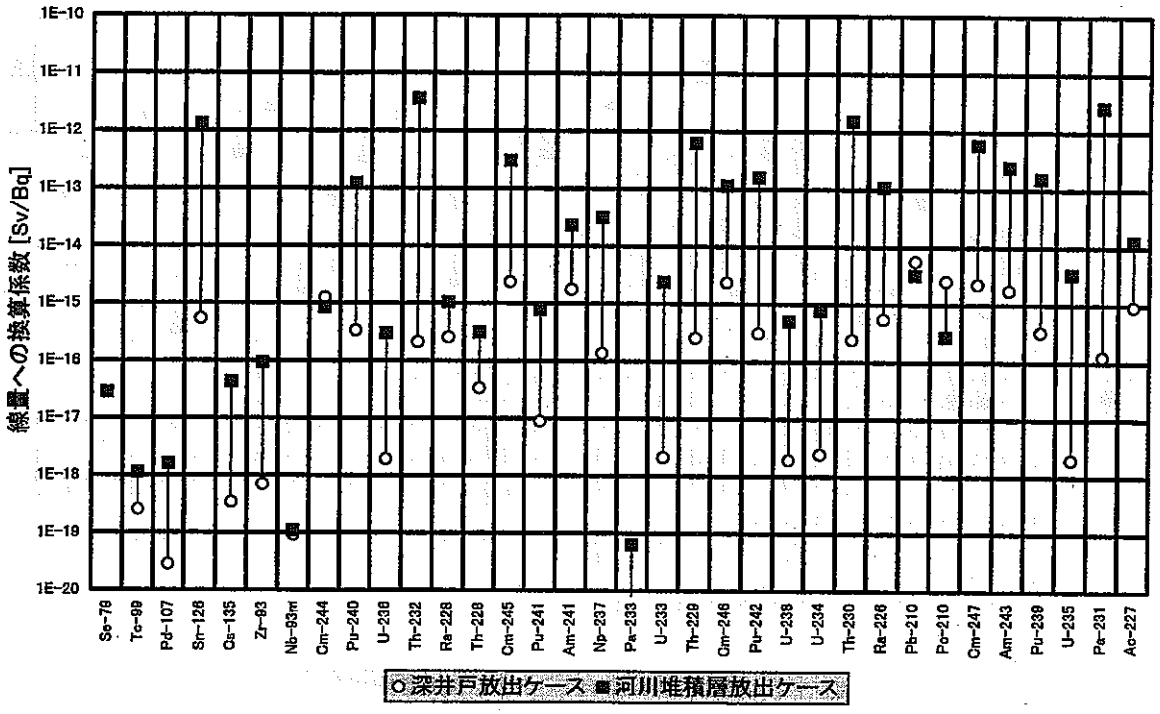


図 5.3 深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較

（海洋漁業による被ばくグループ）

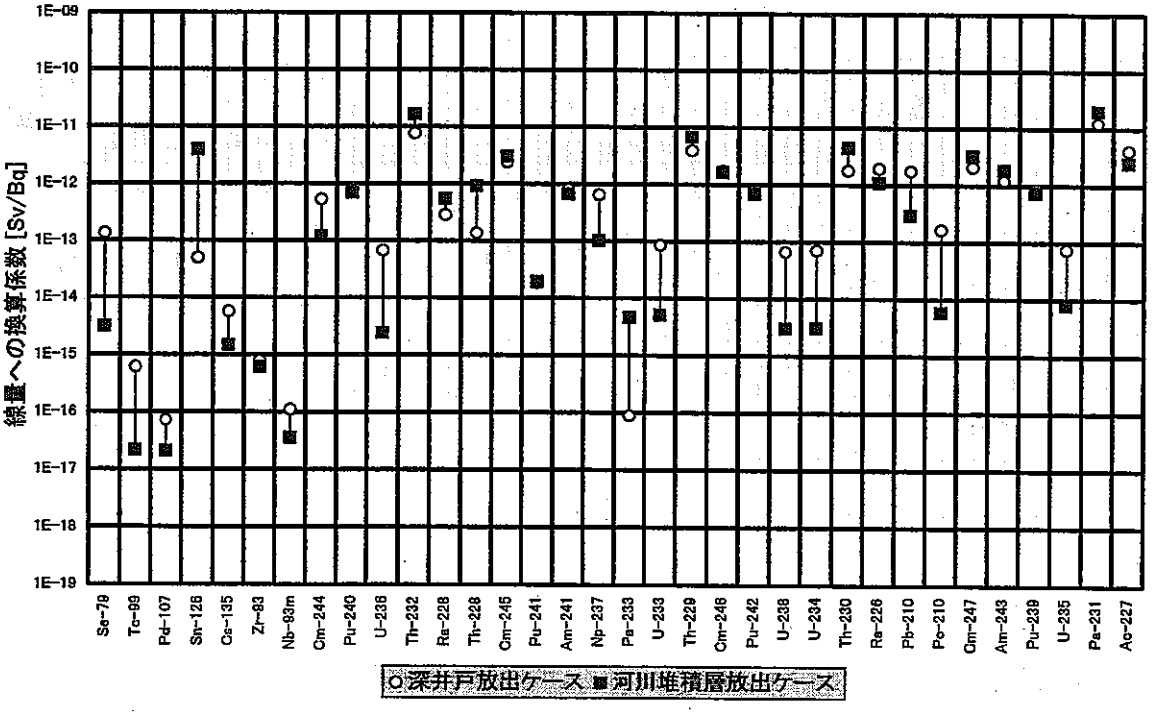


図 5.4 深井戸放出ケースと河川堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較

（全被ばくグループの合計）

5.2 深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースとの比較検討結果

昨年度の深井戸放出ケースと第4節で示した潮間帯堆積層放出ケースとの比較を行う。なお、深井戸放出ケースに係る解析結果については付録3に添付する。

まず、農作業による被ばくグループおよび海洋漁業による被ばくグループ対する線量への換算係数の比較を行う。図 5.5～5.7 に各被ばくグループに対する線量への換算係数、および全被ばくグループに対する線量への換算係数の合計値についての比較結果を示す。また、深井戸放出ケースおよび潮間帯堆積層放出ケースでは、各被ばくグループに対して設定する被ばく経路および考慮する移行プロセスが異なっており、線量への換算係数結果に影響を与えると考えられる。よって、これらの相違を明確にする目的として両ケースで考慮している各被ばくグループの被ばく経路および移行プロセスの相違を表 5.1～5.2 にまとめる。

図 5.5 から農作業による被ばくグループに対する線量への換算係数は深井戸放出ケースに比べて 2～7 桁程度、潮間帯堆積層放出ケースの線量への換算係数が低い。ただし、表 5.1 に示したように、潮間帯堆積層放出ケースは農作業による被ばくグループに対して設定した被ばく経路が深井戸放出ケースと比較して少なく、さらに深井戸放出ケースにおける農作業による被ばくグループでの主要な被ばく経路であった、「井戸水の飲用による被ばく」および「農産物の摂取による被ばく」を考慮していない。また、潮間帯堆積層放出ケースでは、地圏から潮間帯堆積層へと流入した核種が潮間帯堆積層コンパートメント中で収着するため、表面土壌コンパートメントへ移行する核種量が少なくなっていると考えられる。そのため、表面土壌からの被ばく経路を設定している農作業による被ばくグループに対する線量への換算係数が低下していると考えられる。

図 5.6 から海洋漁業による被ばくグループに対する線量への換算係数については、Sn-126、Cs-135、Zr-93、Nb-93m、Th-232、Th-229、Pa-231、Ac-227 は両ケースでの差はほとんどみられない。また、その他の核種については、最大3桁程度、両ケースで線量への換算係数に差がみられ、線量への換算係数への影響は異なる。潮間帯放出ケースにおける、海洋漁業による被ばくグループで考慮している被ばく経路は、深井戸放出ケースの場合と比較して移行プロセスおよび被ばく経路ともに大きく異なっており（表 5.2）、潮間帯堆積層および潮間帯水域コンパートメント中の核種濃度の影響を受けている。具体的には、地圏から流入した核種は潮間帯堆積層で収着するために、潮間帯堆積層コンパートメント中の核種濃度が高くなること、さらに、潮間帯水域コンパートメントが、深井戸放出ケースにおける深井戸コン

パートメントと沿岸海水域コンパートメント（海洋漁業による被ばくグループの主要被ばく経路源）と比較して、潮間帯堆積層コンパートメントに近接していることがあげられる。

図 5.7 に全被ばくグループの線量への換算係数の合計値の比較結果を示す。各被ばくグループでの結果（すなわち、農作業による被ばくグループに対する線量への換算係数については、深井戸放出ケースに比べて潮間帯堆積層放出ケースは全体的に低く、海洋漁業による被ばくグループでの線量への換算係数は、深井戸放出ケースに比べて潮間帯堆積層放出ケースは核種によってバラツキがみられる）を反映している。例えば Pa-233 では、農作業による被ばくグループでの線量への換算係数は潮間帯堆積層放出ケースの方が低く、海洋漁業による被ばくグループでの線量への換算係数は潮間帯堆積層放出ケースの方が高くなる。よって、全体被ばくグループの合計値の差はほとんどみられない。潮間帯堆積層放出ケースでは海洋漁業による被ばくグループでの線量への換算係数の値がより高く、その変化の程度によって、全被ばくグループでの線量への換算係数が影響を受けていると考えられる。

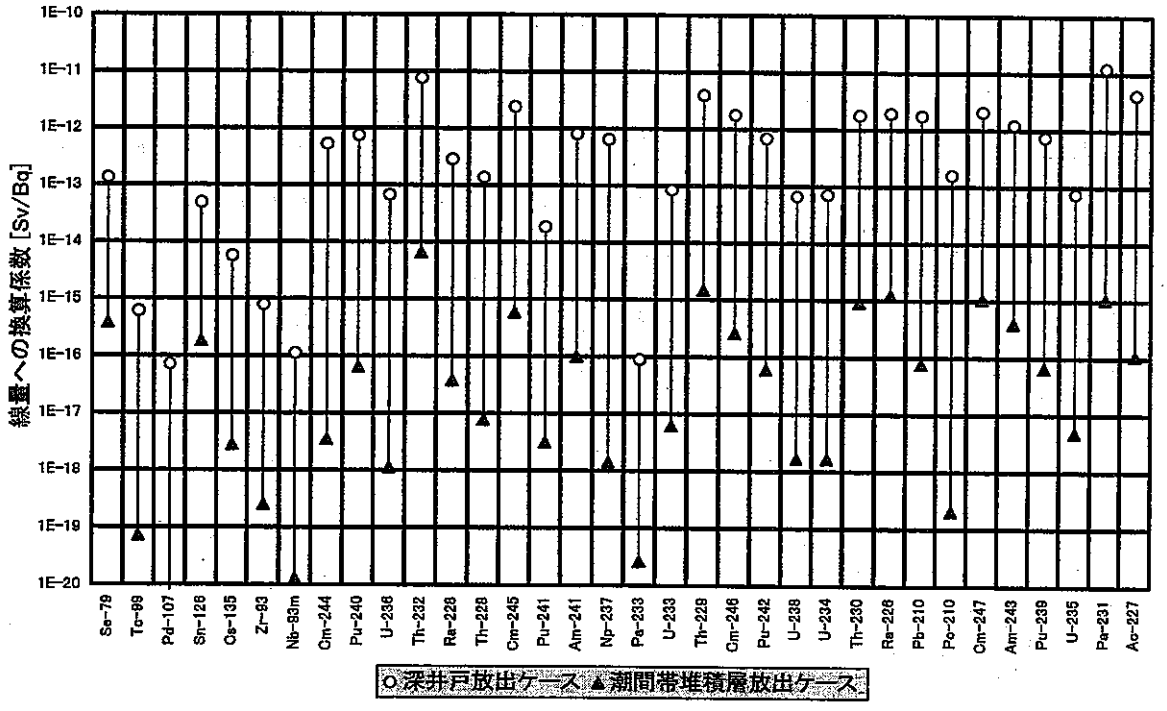


図 5.5 深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較
（農作業による被ばくグループ）

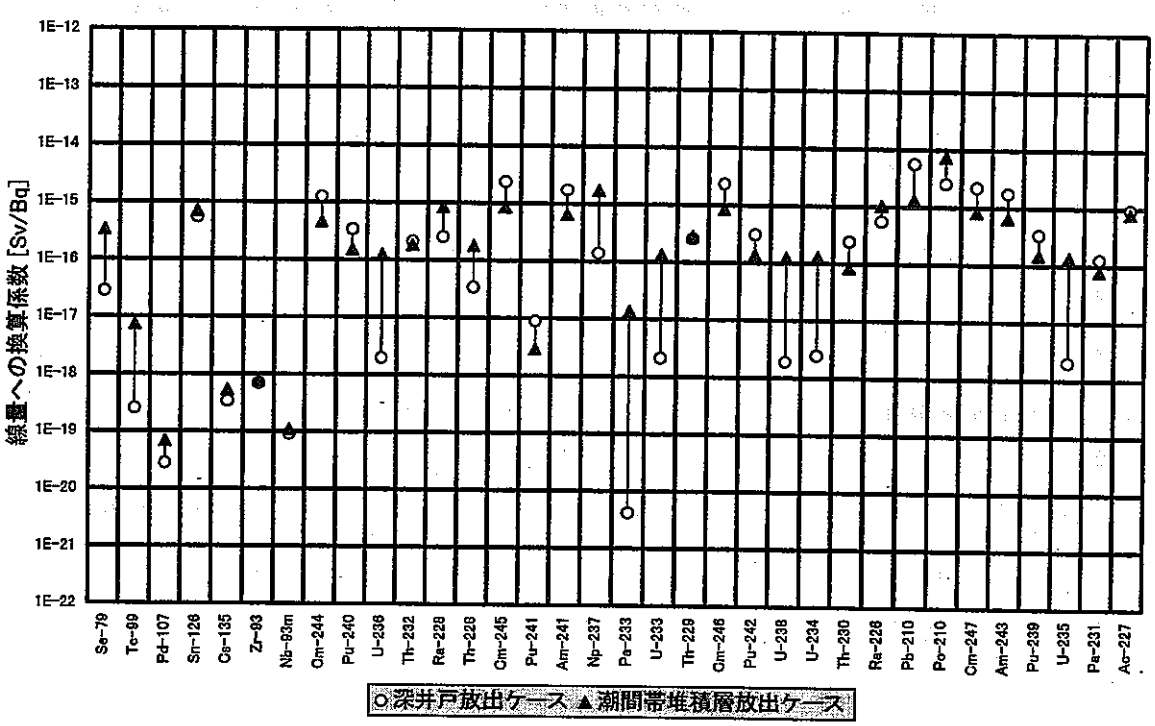


図 5.6 深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較

（海洋漁業による被ばくグループ）

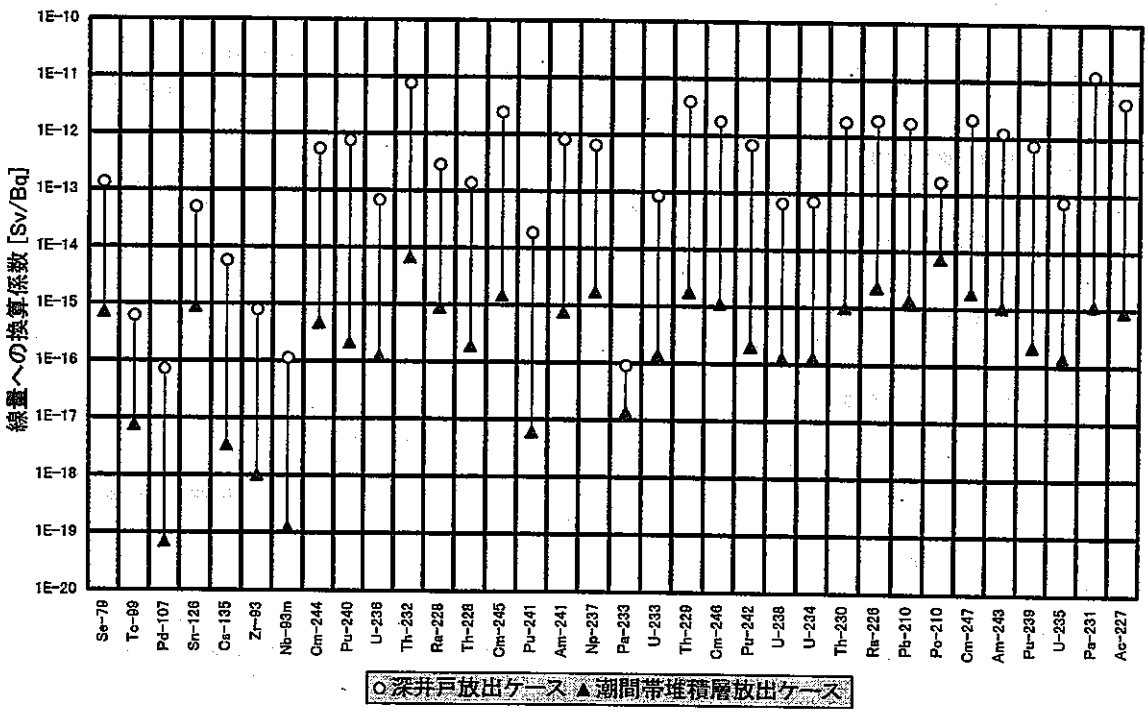


図 5.7 深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースの線量への換算係数の比較

（全被ばくグループの合計）

表 5.1 深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースとの被ばく経路の相違

被ばく経路		深井戸放出ケース	潮間帯堆積層放出ケース
農作業による被ばくグループ	井戸水の飲用	○	×
	水からの外部被ばく	○	×
	エアロゾルの吸入	×	○
	農産物の摂取	○	×
	畜産物の摂取	○	○ （ただし、牛、羊のみ）
	ダストの吸入	○	○
	土壌の摂取	○	×
	土壌からの外部被ばく	○	○
淡水漁業による被ばくグループ	淡水産物摂取	○	淡水漁業による被ばくグループの設定はなし
	水からの外部被ばく	○	
	ダストの吸入	○	
	堆積物の摂取	○	
	堆積物からの外部被ばく	○	
海洋漁業による被ばくグループ	海産物の摂取	○	○(注)
	水からの外部被ばく	○	○ （潮間帯水域）
	エアロゾルの吸入	○	○ （潮間帯水域）
	ダストの吸入	○	○ （潮間帯堆積層）
	堆積物の摂取	○	○ （潮間帯堆積層）
	堆積物からの外部被ばく	○	○ （潮間帯堆積層）

(注) ただし、潮間帯水域から軟体動物と海藻、沿岸海域から魚類と甲殻類を摂取する

表 5.2 深井戸放出ケースと潮間帯堆積層放出ケースとの移行プロセスの相違(注)

コンパートメント	深井戸放出ケース	潮間帯堆積層放出ケース
深井戸(DW)	灌漑以外の水の供給 (→RW) 灌漑 (→SS)	コンパートメント無し
表面土壌(SS)	浸食 (→RW) 浸透 (→VSZ)	浸食 (→IW) 浸透 (→VSZ)
Variably Saturated Zone (VSZ)	浸食 (→SS) 浸食+涵養 (→RW)	浸食 (→SS) 浸食 (→IW)
河川水(RW)	洪水+沈殿 (→SS) グロスの沈殿 (→RS) 河川水流 (→LMS)	コンパートメント無し
河川堆積層(RS)	浚渫+蛇行 (→SS) 再浮遊 (→RW) ベッドロード (→LMS)	
潮間帯水域(IW)	コンパートメント無し	シースプレイ+洪水+沈殿 (→SS) グロスの沈殿 (→IS) 干満による流れ (→LMS)
潮間帯堆積層(IS)		風食 (→SS) 再浮遊＋地下水流 (→IW) ベッドロード (→LMS)
沿岸海域(LMS)	グロスの沈殿 (→LMS) 海洋拡散 (→最終シンク)	グロスの沈殿 (→LMS) 海洋拡散 (→最終シンク) 潮間による流れ (→IW)
沿岸海域堆積層(LMS)	再浮遊 (→LMS) 正味の沈殿 (→最終シンク)	再浮遊 (→LMS) 正味の沈殿 (→最終シンク) ベッドロード (→IS)

(注) 表中「太字」は深井戸放出ケースでは考慮していない移行プロセス

6. 地層処分の評価指標に関する検討

6.1 評価指標に関する調査

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、現在の世代から遠い将来の世代までを含む非常に長期間の安全性が問われることになる。このような超長期の安全性を議論するためには、その前提として、将来の安全性のレベルはどの程度であればよいのか、安全性の指標として何を用いるべきなのか、また、どれくらいの期間を対象として検討すればよいのか、について考えておかなければならない。

6.1.1 将来の安全性のレベル

将来世代の安全性のレベルはどの程度であればよいのか、あるいはどの程度にすべきなのかは、処分場の長期的安全対策を考える際の根本に関わる問題である。

IAEA は「放射性廃棄物管理の基本原則」(IAEA, 1995) において、将来世代の防護と将来世代への負担に関する原則を挙げている。

原則 4:将来世代の防護

「放射性廃棄物は、将来世代の健康に対して予想される影響が、現在受け入れられている影響のレベルよりも大きくならないような方法で管理されなければならない」

原則 5:将来世代への負担

「放射性廃棄物は、将来世代に対して過度の負担を強いないような方法で管理されなければならない」

IAEA はまた、「高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する安全原則と技術規準」(IAEA, 1989) において、地層処分の安全目標として「将来世代への責任」と「放射線学的安全性」を挙げている (表 6.1 参照)。「将来世代への責任」については、「処分システムの健全性を維持する責任を将来世代に依存することなく、あるいは処分場の存在による顕著な束縛を彼等に与えることなく、高レベル放射性廃棄物を長期間生態圏から隔離すること」とし、この目標達成のため 4 項目の安全原則を決めている。また「放射線学的安全性」については、「現在国際的に合意されている放射線防護の原則から、人類および環境の長期にわたる放射線防護を達成する」とし、この目標達成のため 3 項目の安全原則を定めている。

ICRP（ICRP, 1985）は、「放射性廃棄物処分を長期的観点で取り扱うさい、将来の個人に付与されるべき防護のレベルについて決定がなされなければならない。委員会は、将来の個人に対するリスクを、現在生きている個人のリスクと同じ根拠に基づいて制限されるべきであると勧告する」としている。

その他、OECD/NEA がまとめた「地層処分の環境上および倫理的原則」（OECD/NEA, 1995a）では、倫理的観点から、「廃棄物を発生させる現在の世代が将来の世代に課する財源とリスクの負担を最小にするような科学技術と戦略を選択することによって“世代間の公平性を”達成すること」としている。

表 6.1 高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する安全原則 (IAEA, 1995)

将来世代への責任	原則 No.1 将来世代に対する負担	将来の世代に対する負担は、技術的、社会的、経済的な要因を考慮にいれた適切な時期に高レベル放射性廃棄物を安全に処分することによって最小限としなければならない。
	原則 No.2 制度的な管理によらない安全性の確保	封鎖後の高レベル放射性廃棄物の安全性は、処分場の管理が放棄された後、モニタリング、監視あるいはその他の制度的な管理や修復活動の必要性に頼るものであってはならない。
	原則 No.3 将来への影響	高レベル放射性廃棄物の隔離の程度は、人間の影響への予測可能な将来のリスクあるいは環境に対する影響が、現在許容できないようなものであってはならない。
	原則 No.4 国境外への考慮	基本原則として、国境外にすむ人々の放射性物質の放出に対する放射線防護の考え方と基準は、国内の人々に対するそれらよりもその厳重さで劣ってはならない。
放射線学的安全性	原則 No.5 線量上限値	「漸進的な」プロセスによる処分場からの放出に対してクリティカル・グループに属する個人の予想される年間線量は、長期被曝に着目して定めた 1mSv の年平均線量に対応した個人の線量限度から国家機関が割り当てた線量限度値以下にしなければならない。
	原則 No.6 リスク上限値	高レベル放射性廃棄物処分の安全レベルは、原則 No.5 に該当しない事象によってクリティカル・グループ内の個人に対して 1 年間に予測される健康に対するリスクが、10 万分の 1 というリスク限度から国家機関が割り当てた個人リスク上限値を下回るものでなければならない。
	原則 No.7 付随的な放射線学的安全性	高レベル放射性廃棄物の処分によって発生する可能性のあるすべての放射線被曝は、社会的、経済的要因を考慮して合理的に可能な限り低くしなければならない。原則 No.5 および No.6 で定義された線量およびリスク上限値を優先的な制約としなければならない。

6.1.2 長期的安全性の指標

(1) 指標候補とその得失

高レベル放射性廃棄物処分のような超長期にわたる安全問題については、何を指標として評価検討したらよいかという議論がある。

ICRP（ICRP, 1985）は、固体放射性廃棄物処分に関する放射線防護の基本原則として、行為の正当化、防護の最適化および個人の線量限度からなる現在の線量制限体系（ICRP, 1977）を地層処分を含む放射線被ばくを伴うあらゆる行為に適用すべきであるとしている。ただし、個人の線量限度は“通常”のシナリオに適用するものとし、その他に、確率的事象を含むすべてのシナリオに対してリスク限度を適用するとしている。

上記の考えに基づいて、個人の線量および／又はリスクを基本的な指標とすることについては国際的な合意が得られているといえる。しかしながら、遠い将来の個人の線量あるいはリスクに計算には大きな不確実性が伴うのは避けられない。例えばOECD/NEA（OECD/NEA, 1991）は、「線量計算は仮想的な個々人を対象とする。線量は通常、現在の生活習慣に基づいて計算される。したがって、このような計算は、遠い将来の人間に対する実際の線量を予測するというよりはむしろ、仮に放出が今日生じたと仮定した場合にどのような線量となるであろうかを例証するものと見なすべきである」としている。したがって、線量あるいはリスクを補完するような別の指標についても検討しておく必要がある。IAEA（IAEA, 1994）は、線量／リスクを含む数種類の安全指標候補を摘出し、検討を加えている。

IAEA（IAEA, 1994）の評価概要を表6.2に示す。IAEAは「指標の中には、短期的な時間スケールに適したものもあれば、長期的な時間スケールに適したものもある。意志決定のためには、ほとんどの場合、一つ以上の指標が必要であろう」とし、指標候補として以下のものを取り上げている。

- リスク
- 線量
- 環境濃度
- 生物圏におけるフラックス
- バリアを通過するフラックス
- 時間
- 放射性毒性指数

なお、各指標の質を判断するための基準として、信頼性、関連性、単純性、直接性、理解可能性、実用性を挙げ、「これらの望ましい特性をすべて満たすような単一の指標が存在しないが、上記の観点から見て問題の多い指標は避けるべきである。また、システムに関する合理的な範囲での完全な理解が必要な場合には、幾つかの独立した、しかし補完的な指標が必要となるかもしれない。ただし、指標の全体系が過度に複雑とならないよう、完全性と単純性のバランスを取る必要がある」としている。

表 6.2 IAEA-TECDOC-767 における安全指標の比較(IAEA, 1994)

対象	指標	長所	短所	備考
人間	(1)リスク	・人間への影響の直接的指標 ・すべての被ばく経路を統合 ・被ばくの起こり易さを考慮可能 ・他のハザードとの直接的比較が可能	・意志疎通上に問題 ・確率評価に問題 ・遠い将来への適用性に問題 ・計算が複雑	・幾つかの国では、処分場性能の主要な指標として健康影響(主として放射線による癌の誘発)による個人リスクを用いることを決定している。リスクの典型的な適用方法は、将来のある時期における個人に対して適用可能な数値的リスク限度を設定することである。 ・(致死癌の)リスク R は次のように定義される。 $R = \gamma \sum_i P_i \cdot E_i$ ここで、γ は単位線量当たりのリスク係数(5E-2)、Pi はシナリオ i の確率、Ei はシナリオ i における実効線量である。ただし、Ei は約 0.5Sv より小さな値、R は同一の個人に対するものと仮定する。
	(2)線量	・十分に確立され理解されている ・人間への影響の直接的指標 ・すべての被ばく経路を統合	・被ばくの起こり易さを考慮しない ・遠い将来への適用性に問題	・線量は放射線によって与えられるエネルギーの尺度であり、放射線のタイプや人間の組織の感受性によって適切に重み付け(実効線量)られるならば、傷害が引き起こされる確率と直接的に関連付けることが出来る。 ・線量は放射線影響を表現するための共通の基盤であり、重要な参照量ー自然のバックグラウンド放射線ーの尺度として用いられる。 ・ほとんどの国では、主要な指標として集団線量より個人線量が用いられている。これは、処分場近傍における将来の人口の規模や分布を知ることが出来ないことによる。ただし、被ばく集団の規模は、ある事象の重大さを評価するうえで考慮すべき因子である。 ・線量を確率的あるいは破壊的なシナリオに対する指標として適用しようとすると問題が生ずる。幾つかの国では、ある種の判断によって無視し得るシナリオを識別し、残ったシナリオについて、あたかもその発生確率が 1 であるかのように保守的に扱うような対応がなされている。

対象	指標	長所	短所	備考
				・その他考えられるのは、確率論的なシナリオの評価には上述したリスク指標を適用し、通常の緩慢な放出シナリオには線量指標を適用する(線量／リスクのハイブリッド方式)、あるいはすべてのシナリオに対してリスク指標を用いることである。
環境	(3)環境濃度	・概念的に単純 ・人間の状態と無関係 ・局所的な環境影響の尺度	・人工放射性核種の直接的比較対象が天然には存在しない ・一般的参照レベルの定義に問題	・特定の時刻および位置における汚染物質の濃度は、人間およびその環境に対する潜在的な影響を間接的に示すことが出来る。 ・地表水圏、被ばく経路および人間集団の慣習について幾つかの仮定を設けることによって、濃度に基づいて線量あるいはリスクを推定することは可能だが、不確実性が大きい。それを避けるために、濃度自体を安全指標として用いることが考えられる。 ・比較対象(基準)としては天然放射性核種の濃度が考えられる。天然には存在しない人工放射性核種については、天然のアルファ放射体と同等な放射性毒性を有すると見なして天然のアルファ放射能濃度と比較する、後述する放射性毒性に基づく比較を行う等が挙げられる。
	(4)生物圏におけるフラックス	・局所的な生物圏や人間の変化に比較的無関係 ・広域および地球規模での環境影響の尺度	・概念的に難しい ・一般的参照レベルの定義に問題 ・人工放射性核種の直接的比較対象が天然には存在しない ・局所的な安全指標とはならない	・放射線影響は、環境汚染の程度と環境中での人間の被ばくの可能性に依存するが、これらの因子の超長期間に亘る評価には大きな不確実性が伴う。放射性核種の流量あるいはフラックスを用い、生物圏への、あるいは生物圏内での天然放射性核種のそれと比較すれば、そうした不確実性をある程度回避できるかもしれない。 ・処分場からの放射性核種の流量を、広域かつ長い時間スケールに亘って平均化した天然の放射性核種の流量と比較することによって、その放射線学的重要度の相対的尺度が得られる可能性がある。 ・海や大洋といった大きなレセプターに対するフラックスを用いれば、環境、移行経路、摂取および放射線感受性に関する仮定への依存性が少ない計算が可能となるため、大集団へのあるいは地球規模での影響に対する指標としてより適切なものとなる。

対象	指標	長所	短所	備考
				・逆に、この指標は局所的な規模での(処分場の近傍に住む)個人の安全の尺度とはならず、別の局所的な安全指標と併用する必要がある。 ・測定に基づいて求められる天然フラックスは、計算によって得られる処分場からのフラックスと同じ基準で評価、記述されなければならない。 ・生物圏へのフラックスは、安全評価におけるファーフィールドに対する輸送計算の出力として直接与えられるといった利点はあるが、そのフラックスが与えられる位置については注意が必要である。 ・今の所、生物圏フラックスの指標としての適用には問題が多く、その検討も極限られている。
	(5)バリアを通過するフラックス	・バリア性能の直接的指標	・安全性とは直接関係しない ・全体的な安全目標から注意をそらす	・処分場の多重バリアシステム内のフラックスは、バリア性能の指標の確立や対応する基準を設定するために用いられてきた。 ・フラックスは全放射能あるいは主要な核種に基づいて表現することが出来る。また、処分場内に閉じ込められた量に対する放出率として与えることも出来る(この場合、評価期間の設定が必要)。
	(6)時間	・理解が容易 ・バリア性能の直接的指標	・安全性とは直接関係しない	・時間は以下の事項に関する直接的な指標として用いることが出来る。 ー人工バリアや天然バリアの性能(ある核種の通過時間、一定量の通過に要する時間)の記述 ー異なる元素の相対的移動速度すなわちバリアが有する移動遅延能力(地下水流れとの比較)の記述 ー天然システムの隔離能力／深部地下水と地表水の混合の度合(深部地下水の年齢)の記述 ー天然システムの主要パラメータ(pH、Eh、動水勾配等)の変化速度や処分場内の鉱物の自然変化(ベントナイトのイライト化)の記述

対象	指標	長所	短所	備考
廃棄物	(7)放射性毒性指数	・概念的に単純 ・重要となる期間を示す指標	・不完全であり仮定に影響を受けやすい	・これまで、全放射能、比放射能、単位体積当たりの放射能、摂取や吸入による年摂取限度(ALI)といった種々の放射線学的パラメータに基づいて、放射性毒性に関する幾つかの異なる指標が用いられてきた。 ・多くの場合、参照物質との直接的な比較により無次元化され、比較の方法も多様である。 －ある量の廃棄物に含まれる放射能とその廃棄物を産み出すのに使われるウラン鉱石に含まれる放射能との比較 －単位体積の鉱石および廃棄物に含まれる放射能との比較 －単位体積の鉱石に含まれる放射能と処分場の単位体積当たりに含まれる平均放射能との比較 －ある量の廃棄物に含まれる放射能とそれを産み出すために核分裂を起こしたウランの放射能との比較 －放射性廃棄物の毒性と石炭の固体燃焼残滓の毒性との比較およびその他非放射線学的ハザードとの比較 ・上記のすべての比較において、放射性廃棄物の毒性が天然物質毒性と等しくなる時間(the crossover time)を調べることは興味深い。 ・放射性毒性指数は安全解析の対象とすべき時間枠を示す定性的な指標とはなるが、潜在的なハザードを示すだけで実際のハザードを示すものではなく、その有効性には限界がある。

(2) 各国の評価基準

高レベル放射性廃棄物の安全規準については、現在多くの国々や国際機関で検討が進められており、既に規制として定めている国もある。OECD/NEA のレポート（OECD/NEA, 1995b）には、現在の各国の基準がまとめられている。それらを表 6.3 に示す。

表 6.3 の全ケースにおいて、個人の線量またはリスク、あるいは線量とリスクの組合せが基準として採用されている。

線量あるいはリスクを補完するものとしては、北欧諸国および米国の放射性核種放出制限がある。

北欧諸国による地層処分の安全基準に関する勧告（The Radiation Protection and Nuclear Safety authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 1993）では、個人の線量およびリスクを補完する長期環境防護の原則として、生物圏に流入するフラックスの制限を挙げ、次のように論じている。

適用原則2:個人の防護

「合理的に予測できる期間までは、処分システムの将来挙動によって個人が受ける放射線量は年間 0.1mSv 以下でなければならない。さらに、発生の可能性の低い突発的事象の確率とその影響については定性的に検討されていることが示される必要がある。可能な場合には、年間 0.1mSv の線量に対応する死亡リスクに関して定量的な評価が行われなければならない。」

適用原則3:長期の環境防護

「処分場から放出された放射性核種によって、放射線環境に著しい変化がもたらされてはならない。このことは、処分された放射性核種の生物圏への流入が、長期間にわたって平均すると、天然のα放射体の流入に比較して小さくなければならないことを意味している。」

「非常に長期間にわたる主要な放射線防護目標の一つは、処分による全体の放射線学的影響を限定することである。処分サイト周辺の人と環境に対する適切な防護を保証するために、処分場に起因する被ばくと放射能濃度は、そこでのそれぞれの自然レベルを超えないようにすべきである。全体の放射線学的影響に関する実際的な尺度は、処分された放射性核種による地圏から生物圏への放射能流入である。この尺度を用いれば人間の行動に関する不確実さ、人または生物の進化に関する不確実性を避けることができる。放出やそれらの最大値が、い

つ生じるかを正確に決定することは出来ないので、放射能の流入は1万年あるいはそれ以上の長期間にわたり平均化されるべきである。

放射能流入の拘束値は以下のようにすべきである：

・結果として生ずる最大の個人線量は一般に線量限度を越えず、最も極端な場合でも決定論的に健康影響が生じる線量レベルより十分低いこと。

・処分場サイトでの主要な受容体において結果的に生ずる放射能濃度は、同じような環境における長半減期の天然アルファ放射体の典型的な濃度範囲に入ること。

・地球規模で処分されるすべての高レベル廃棄物からの放射能流入は、長半減期の天然アルファ放射体の個々の流入に比較して非常に小さなものであること。

広範囲にわたる生物圏の分析がないので、放射能流入拘束値として数値を割り当てることは現在はできない。しかし、試計算によれば、適切な拘束値はおそらく次に示すような範囲にあると考えられる。

① 長半減期アルファ放射体については、10～100 kBq/年
② 他の長半減期核種については、天然ウラン1トンが原子燃料へ変換され、原子炉で使われた場合に生成される廃棄物量当たり、100～1000 kBq/年」

一方、米国40 CFR Part 191（EPA, 1993）では、次のように論じている。

191.13 封じ込め要件

「 (a) 使用済核燃料あるいは高レベル／TRU廃棄物の処分システムは、性能評価に基づき、処分システムに影響を及ぼす可能性のあらゆる重要なプロセスおよび事象による接近可能環境への放射性核種の処分後10,000年間の累積放出量が、

・ 付表にしたがって計算される量を超える可能性が1/10以下であること
・ 付表にしたがって計算される量の10倍を超える可能性が1/1000以下であることが合理的に期待（reasonable expectation）できるように設計しなければならない。

(b) 性能評価は、191.13(a)要件に適合することの完全な保証を与える必要はない。長い時間枠および対象とする事象／プロセスの性格から、処分システム性能の予測にかなりの不

確実性が含まれることになるのは避けられない。処分システムの将来性能の証明は、これよりはるかに短い時間枠を扱う場合と同じ意味合いである必要はない。代わりに要求されるのは、191.13(a)の遵守が達成されることが合理的に期待できることある。」

表 6.3 長寿命放射性廃棄物処分に関する各国および国際機関の基準と目的(OECD/NEA, 1995b)

機関／国／参考文献	主目的／目的／基準	その他主要特徴	人間侵入シナリオ判断基準	コメント
NEA(1984)	HLW について: 最大個人リスク<10^{-5}/y(全線源)		個人リスク/線量ー長期的受容可能性判断のための最善の基準	ALARA/最適化に関するコンセンサスなし
ICRP (Pub. 46,1985)	HLW、個人について(全線源): 1mSv/y(通常変動シナリオ); 10^{-5}/y(確率的シナリオ)	ALARA において確率と線量を考慮しなければならない	将来の人間活動は確率論的に取り扱わなければならない	ALARA は代替案の比較には特に有効だが、最も重要な立地要因ではないかもしれない
IAEA (Safety Series 99, 1989)	ICRP Publication 46 と同じ		将来の人間活動は通常、確率論的に取り扱われるランダムな破壊的事象である	処分システムの特性および安全解析・品質保証に関する定性的な技術基準も含む
カナダ (Reg.Document R-104, 1987)	HLW について: 最大個人リスク目標<10^{-6}/y	遵守実証期間:10^{4}y >10^{4}y については、突発的・劇的な増加なし	主基準はすべての被ばくシナリオに適用可能;人間侵入シナリオに関する固有の基準はなし	規制文書に追加の定性的かつ法規によらない要件・ガイドラインあり
フィンランド (Decision of the Council of State, 1991)	LLW・ILW について: 最大個人線量<0.1mSv/y、ただし、考えられる天然事象又は人間活動による事故条件からの最大個人線量<5mSv/y		考えられる人間活動からの最大個人線量<5mSv/y	使用済燃料又は HLW については、最大個人線量<0.1mSv/y が提案されている

機関／国／参考文献	主目的／目的／基準	その他主要特徴	人間侵入シナリオ判断基準	コメント
フランス (Basic Safety Rule, RFS III.2.f, 1991)	ILW・HLW について: 通常変動シナリオについて、最大個人線量<0.25mSv/y; 代替変動シナリオについて、リスク考慮の可能性(シナリオ確率×被ばく影響)	10^4y 以降は、線量限度は"レファレンス"レベルと考える	仮定(フランス基本安全規則、附則 2): 人間侵入発生時期>500y 処分場の存在および場所を忘却 技術レベルは現在と同じ	立地の技術基準を 1987 年に設定
ドイツ (Sec.45, para.1 of Radiation Protection Ordinance, 1989)	全廃棄物タイプについて: 合理的シナリオすべてについて、最大個人線量<0.3mSv/y	個人線量の計算は 10^4y まで、ただし 10^4y 以降も隔離可能性の評価が行われるかもしれない		ガイドラインおよび規制文書の中に追加の定性的な技術基準あり
ノルディック諸国 (Basic Criteria Document,1993)	全廃棄物タイプについて: 最大個人線量<0.1mSv/y(通常シナリオ); 最大個人リスク<10^{-6}/y(破壊的事象)	HLW について、"全放射能流入量"に関する追加基準が、天然アルファ核種の流入量に基づいて生物圏への放出を制限		他の定性的な基準を含む
スイス (Reg.Document R-21, 1993)	全廃棄物タイプについて: 合理的に起こり得るシナリオについて、如何なる時点でも、最大個人線量<0.1mSv/y; 起こりそうもないシナリオについて、最大個人リスク<10^{-6}/y	処分場は、如何なる時点でも制度的管理を必要とすることなく数年以内に密封できるように設計されなければならない	人間侵入シナリオについては、高影響事象にについて確率を考慮できることを除いて、特に基準なし	

機関／国／参考文献	主目的／目的／基準	その他主要特徴	人間侵入シナリオ判断基準	コメント
英国	L/ILW について: 単一施設からの個人リスク目標<10^{-6}/y HLW について: 特別の基準はないが、L/ILW に関する既存の目標と同様の原則が適用される見込み	定量評価に関する時間枠なし	人間侵入シナリオに関する主基準は今の所、個人リスク	実際的かつ合理的な範囲で ALARA を用いなければならない
米国 (EPA 40 CFR Part 191, 1985;1993)	HLW、使用済燃料、TRU 廃棄物について、処分から最初の 10^4 年間の厳しい健康影響を制限するとの目標に基づいて、10^4 年間の接近可能環境への放射性核種放出予測値を制限	10^4 年にわたり、預託個人実効線量 <0.15mSv/y 飲料水汚染に関する他の要件あり	主基準が適用可能; 追加ガイダンスに以下のものあり:実行可能な限り能動的な制度的管理に依存すべきだが、性能評価のクレジットは処分場閉鎖後 100 年までに限定;受動的な制度的管理(記録、標識)にクレジットを取ることはできるが、これが偶然の侵入の可能性を排除できると仮定することは不可;偶然の侵入の最大数は 10^4 年で 30 boreholes/km^2	1985 EPA 基準は棚上げされ、その後改訂された:また、米国議会は最近、特にネバダ州ユッカマウンテンサイトを対象として、基準の改定を命令した

機関／国／参考文献	主目的／目的／基準	その他主要特徴	人間侵入シナリオ判断基準	コメント
(NRC 10 CFR Part 60, 1983)	HLW について、性能の最小レベルを以下のように設定: 廃棄物パッケージ(300-1000 年間"実質的に完全な"封じ込め) 人工バリアシステム(処分場閉鎖後 1000 年間の放出<インベントリの $10^{-5}y^{-1}$) 廃棄物定置前の"掘削影響領域"と"接近可能環境"との間の地下水移行時間>1000y		予測可能な人間活動を回避するための立地基準;予測される(天然の)プロセスおよび事象と予期しない(天然の、および人間による)プロセスおよび事象を分離して考える	NRC のサブシステム要件は EPA 基準遵守支援のためのものである;ユッカマウンテンサイトに関して EPA が公布する基準に整合するよう、要件の改訂が行われる

6.1.3 安全評価の時間枠

安全評価の時間枠をどうすべきかという議論の背景には、評価の不確実性が時間とともに増大する、廃棄物の放射能が時間とともに減少する、という2つの基本的事実がある。これによって、定量評価の意義および必要性が時間とともに減じることになる。地圏と生物圏では変化の時間枠が非常に異なる。地圏は数百万年にわたって安定であるが、生物圏と人間の生活習慣は数百年以内に劇的に変化する可能性がある（OECD/NEA, 1991）。

諸外国の安全基準や指針の中には、安全評価の時間枠について規定しているものがある（表6.3参照）が、これらは、次の3つに分類することができる。

- 安全評価を必要とする期間を限定するという考え方（例えば米国）
- 処分後の一定期間は線量を評価し、その後は別の方法または別の解釈で評価するという考え方（例えばドイツ、カナダ、フランス）
- 特に期限を限定せず、少なくとも線量のピークが現れるまで評価するという考え方（例えばスイス）

IAEA（IAEA, 1994）は、安全指標と時間スケールとの関連について、以下のような考えを表明している。

- 処分場の閉鎖から 10^4 年程度までの期間に対する安全評価は、他の安全指標を含んだ計算によって支援された、線量／リスク計算による定量的な安全評価に基づいたものとすべきである。
- 処分場閉鎖後 10^4 年程度から約 10^6 年までの期間に対する安全評価は、安全指標の組合せによる定量的安全評価あるいは定性的安全評価に基づいたものとすべきである。評価の重点は、10^6 年に近づくにつれて、ますます定性的評価の方にシフトしていくことが考えられる。
- 約 10^6 年以降に対する総合的安全評価については、ほとんど信頼を置くことはできない。

Nagra は Kristallin-I 評価（Nagra, 1994）において、時間スケールに応じて、以下に示すように評価結果の解釈を変えている。

・気候変動の時間スケール

地表環境（そして特に人間活動）の変化は比較的短い時間スケールで起こり、本質的に予測不能である。Kristallin-I で用いているレファレンス生物圏モデルは、現在の条件に基づいたものである。こうしたモデルの不確実性は時間とともに増大する。このことは特に、大きな気候変動が不可避となる時間スケール（約 10^4 年‥氷河サイクルの時間スケール‥）以降についていえる。10^4 年以降については、生物圏モデルを用いた線量計算は特に不確実になると考えなければならない。

・地質学的変動の時間スケール

安全バリアの主要要素である人工バリアと母岩の低透水域は、深部にあるため、地表の変化にそれほど影響されない。しかし、緩やかな地質学的変動による不確実性の増大によって、モデルの性能予測能力は時間とともに低下する。約 10^6 年までは、ニアフィールドと地圏のモデルは受容可能と考えられる。10^6 年以降は、評価結果はその傾向を定性的に示すだけのものと考えなければならない。

6.2 補完的な安全指標に関する検討

専門部会報告書では、高レベル放射性廃棄物の安全性評価においては、人間への放射線影響を直接表す指数である「線量」や「リスク」での評価を基本とするものの、天然の放射線レベルに有意な影響を及ぼさないことの確認のための「補完的な安全指標」の必要性が述べられている。これは、高レベル放射性廃棄物の影響が予想される期間が長期にわたることから、評価期間が長くなるに従い評価の不確実性が増大することや将来の人間の生活様式と生存環境に関する予測が難しいことため、線量やリスクの評価値が大きな不確実性を有すると予想されることに起因する。

IAEA-TECDOC-767 では安全指標の候補として、

① フラックス

② 時間

③ 環境濃度

④ 放射性毒性指数

の４つを挙げている。ただし、これらの安全指標は確立された指標ではなく、今後の経験／検討を必要としている。これらの指標において比較対照と考えられるものは天然起源のウラン濃度やウランのフラックスであり、これを［$\mu g \cdot m^{-3}$，$\mu g \cdot m^{-2}/y$，$Bq \cdot y^{-1}$］として処分場起源の放射性核種の移行率と比較することを意味する。これにより生物圏での不確実性は排除可能となるが、超ウラン元素や Tc のように元来存在しない核種については影響度に関しての比較が成り立たない。そのため、比較のための「放射線学的に等価な枠組み」が必要となる。

また、フラックスでの比較のためには、処分場起源の人工バリアおよび天然バリアからの核種の放出率を評価する事が必要条件となるが、生物圏の状況変化と同様に、核種の移行率を決定する天然バリア条件や人工バリア条件に関しても、地質変動を主とする不確実性を避けることは難しく、人工バリアまたは天然バリアからの核種フラックスのモデルおよび設定パラメータには堅牢な条件が望まれる。

上記に推奨される補完的指標候補を評価する上で、生物圏の変動での不確実性を除き、長期的な解析評価に関しての不確実性の順位付けをするなら、以下の順序で不確実性が増加するものと予想される。

① 放射性毒性度指数

処分される放射能量そのものの変化に関しては不確実性がなく、将来的な変化を容易に推測可能である。問題点としては、処分された放射性核種が生物圏に移行しない限り毒性度と危険性に関連はなく（潜在的な毒性を示すのみ）、安全性を示す直接の指標とはならない。潜在的な毒性度の低下は、将来的ないかなる変化においても、対応できることから（潜在的な毒性度が無ければどの様なシナリオ／たとえば露出／でも問題とならない）直感的に理解しやすい指標となる。

② フラックス、時間

人工バリアからの、または天然バリアからの、生物圏での核種の移行率評価は各々のバリア条件や処分システムそのものを表現するためには、適切な指標となる。その最終的な形態は被ばく評価であり生物圏の将来的な不確実性から長期的な指標としては不完全であることが認められている。生物圏での被ばく評価を除く場合には、フラックスは処分場そのものの性能を示す指数となり、生物圏で許容せざるを得ない天然のフラックスと比較することは、放射線影響の度合いの相対的な尺度とすることができる。

フラックス評価においては、 10 万年を超える時間スケールでの地層の安定性や人工バリアでのシナリオ評価が重要となり、地質条件変化と同等の不確実性を有することとなる。

また、時間を指標とする場合には、人工バリアや天然バリアでの核種の移行に必要となる時間を表すことにより、バリア能力を示すこととなり、深層地下水の年代等を考慮し、フラックス評価等を行うことに他ならない。

③ 環境中濃度

処分場からの核種放出を原因とする環境中の放射性核種の変化と天然起源の放射性核種を原因とする環境中の濃度の比較は、生物学的な影響度を判断するためには、最も適切な比較となるものと予想される。しかしながら、処分を原因とする濃度変化の導出は、②のフラックス評価の不確実性に加え、地層中の地下水の流向や流速等に関して、離散的な情報からの推測による不確実性も加わることとなる。そのため、評価モデルや評価シナリオの吟味が重要となり結果の導出の過程が重要となる。

本検討では、これらの事情を踏まえ、毒性度指数、フラックスの比較、濃度の比較を核燃料

サイクル開発機構の「地層処分研究開発　第2次取りまとめ　第1ドラフト」に示された条件や解析結果に基づき検討するものとする。

6.2.1　毒性指数での評価

廃棄物量を放射線学上の毒性に変換し、天然の物質と比較することは、その毒性が潜在的なものであるものの、核種移行や地質の変動に依存しないことから、廃棄体に対する評価そのものは、不確実性が小さく超長期における評価にも耐えうるものである。ただし、比較対照とする量や毒性に関しては、その決定方法が放射性毒性と同様でないことや、潜在的毒性の持つ意味合いが不明確であることのために、比較の結果の提示の方法に何らかのアイデアが必要であることが示唆されている。

(1)　毒性度の定義

現行の法規では放射性同位元素の濃度限度に関して、放射性同位元素毎にそれらの摂取経路と摂取限度が規制されている「放射線を放出する数量等を定める件(昭和63年科技庁告示　第15号)」。この現行法令は、ICRP の 1977 年勧告（Pub.26）に基づいて定められている。しかしながら、ICRP では、その後の研究に基づき、線量当量評価に関する考え方の進展や変更を含め、1990 年勧告（Pub.60）にまとめている。現在、新勧告の法令への取り込みのための検討が進められている。

本検討では、高レベル放射性廃棄物と天然ウラン鉱石の比較をするにあたり現行法に基づく評価を行うものとする。現行法令では、吸入摂取および経口摂取における核種毎の年摂取限度（ALI）が示されているが、この値より、排水中の核種濃度限度（第7欄）が定められている。排水中の濃度限度は管理された条件下での上限値であり、核種移行を伴う状況下において、この濃度限度以下であれば許容できるとの合意は得られていないものの、天然に存在する放射性核種と廃棄物中に含まれる放射性核種の相対的な比較においては適切な基準となるものと考える。また、この値は、放射性核種以外の重金属や化学物質との比較を実施する場合においても、重金属等の排水中または飲料水中の基準が存在すれは、同等の比較が可能となる。

非放射性物質との比較は、環境基本法に基づく環境基準、水質汚濁防止法に基づく排水基準、

水道法に基づく水質基準、または WHO の飲料水ガイドラインを基本として評価するものの、必ずしも放射性毒性に基づくリスク評価を基底するものではないため、厳密に危険度の比較ではないことに留意すべきである。

毒性度の定義は以下の通りとする。

① 放射性物質の場合

$$HI = \sum_i \frac{I_i}{MPC_i} \quad \cdots\cdots (68)$$

② 非放射性物質の場合

$$HI = \sum_i \frac{M_i}{DWS_i} \quad \cdots\cdots (69)$$

ここで、

HI	: 対象物の毒性度	$[m^3]$
I_i	: 放射性核種 i のインベントリー	$[Bq]$
MPC_i	: 放射性核種 i の排水限度	$[Bq \cdot m^{-3}]$
M_i	: 非放射性物質 i の量	$[g]$
DWS_i	: 非放射性物質 i の濃度限度	$[g \cdot m^{-3}]$

(2) 毒性度基準

評価の基準とする毒性度は、前述のように放射性物質に関しては、

昭和 63 年科技庁告示　第 15 号、放射線を放出する同位元素の数量等を定める件

別表第 1／第 4 欄：経口摂取した場合における年摂取限度

別表第 1／第 7 欄：廃液中又は排水中の濃度限度

を使用する。毒性度の比較では主に第 7 欄の値を先述の MPC として設定する（値は省略）。

非放射性物質の場合、無機物元素に関する基準が少ないことから、評価対象元素を増やす目的のために、以下の基準から基準が定義されている元素で網羅的に収集し、元素ごとの比較を行い、最小値を DWS として設定する。設定値を表 6.4 に示す。

- 環境基本法の「人の健康の保護に関する環境基準」「生活環境の保全に関する環境基準」（付録 4 参照）
- 水質汚濁防止法の排水基準
- 水道法の水質基準
- WHO 飲料水ガイドライン（1993 年 5 月勧告）

表 6.4 元素毎の評価基準

	①	検出濃度 $mg \cdot \ell^{-1}$	土壌濃度 $mg \cdot kg^{-1}$	②		③				④
				$mg \cdot \ell^{-1}$		$mg \cdot \ell^{-1}$				$mg \cdot \ell^{-1}$
Cd		0.01		0.01	A	0.1	A			0.003
Pb		0.01		0.05	A	0.1	A			0.01
Cr	六価クロム	0.05		0.05	A	0.5	A			0.05
As		0.01		0.01	A	0.1	A	2	B	0.01
Hg	アルキル水銀を除く	0.0005		0.0005	A	0.005	A			0.001
Cu		—		1	B	3	B			1.5
Se		0.01		0.01	A	0.1	A			0.01
F		—		0.8	A	15	B			1.5
Zn		—		1	B	5	B			—
Fe		—		0.3	B	10	B			—
Na		—		200	B	—				—
Cl		—		200	B	—				0.5
Mn		—		0.05	B	10	B			0.005
Ba		—		—		—				0.7
B		—		—		—				0.3
Mo		—		—		—				0.07
Ni		—		—		—				0.02

① 土壌の汚染に係る環境基準について(平成 3 年 8 月 23 日環境庁告示第 46 号)

② 水道水基準法　水道法
A :健康に関連する項目
B :水道水が有すべき性状に関連する項目

③ 排水基準　水質汚濁防止法
A :健康に関連する項目
B :生活環境項目

④ WHO 飲料水ガイドライン(1993 年 5 月)

(3) 高レベル放射性廃棄物のインベントリ

高レベルガラス固化体のインベントリは、核燃料サイクル開発機構の「地層処分開発研究 第2次取りまとめ 第2ドラフト（案）」での安全評価で使用された値を使用する。核種量の推算はORIGEN2.1により、放射化生成物の評価も行っている。計算条件を以下に示す。

- 再処理燃料仕様

炉系	:PWR
初期濃縮度	:4.5 wt.%
比出力	:38.0 MW/MTU
燃焼度	:45,000 MWD/MTU
冷却期間／再処理時期	:炉取り出し後4年

- ガラス固化体への核種移行率

U	:0.422%
Pu	:0.548%
I, H, C, Cl	:0%
その他	:100%
構造材起源移行率	:全核種の1/264.5

- ガラス固化体発生量 :1.25本／MTU

- 貯蔵期間 :50年

(4) 比較結果

高レベル放射性廃棄物のガラス固化体と比較するものとして以下の量を選択する。

① ガラス固化体の元となる天然ウラン量
② 処分場と同体積の天然ウラン鉱石
③ ガラス固化体と同体積の重金属
④ ガラス固化体に含まれる重金属の化学的毒性との比較

図6.1にガラス固化体の有する潜在的な毒性度の経時変化を示す。処分後から2,000年程度までの期間はSr-90, Cs-137の核分裂生成核種とAm-241, Cm-244の毒性度が全体を支配し、それ以後10万年まではAm-243, Pu239の系列核種が支配的となる。それ以後は1,000万年の長い期

間 Np-237 の系列に毒性度は支配される。また、処分初期から 1,000 万年経過した後においても毒性度は高々 3 桁程度の低下に止まる。

図 6.2 に天然ウランとの比較を示す。ガラス固化体の 1 本の製造に係る天然ウラン量の比較では、ガラス固化体の毒性度は数万年間で製造に必要とした天然ウランの放射性毒性を下回るものの、ガラス固化体 1 本分（0.8 MTU）の燃料を製造するためには、8 トン程度の天然の金属ウランが必要であり、わが国に産出するウラン鉱石（0.07 wt.%k の鉱石）では 10,000 万トンを超える鉱石（4,000 m^3 以上）が必要であることと、燃料製造工程での劣化ウランやウラン廃棄物の考慮がされていないことには留意する必要がある。

図 6.3 は処分場と同体積の領域をガラス固化体数で除した体積を天然ウラン鉱石で満たした場合の比較である。このケースで 10～100 万年で天然に存在するウラン鉱石と同程度の毒性度に低下することがわかる。

図 6.4 は、重金属との比較である。数千年の経過によりガラス固化体と同体積の水銀に、数万年の経過でカドミウム、数百万年の経過で鉛と同等の毒性度に低下する。

図 6.5 は、ガラス固化体に含まれる金属元素の化学毒性との比較であり、ガラス固化体の毒性度はほとんどの期間化学毒性を上回る。ただし、ここでは水道水基準等に記載される元素のみを対象としている。放射性核種と同一元素で化学毒性が定義されている Se 元素においては、10 万年程度で化学毒性が放射性毒性を上回る結果となっている。

換算は「放射線を放出する同位元素の数量を定める件、
別表第１、第７欄（昭和６３年科技庁告示第１５号)」

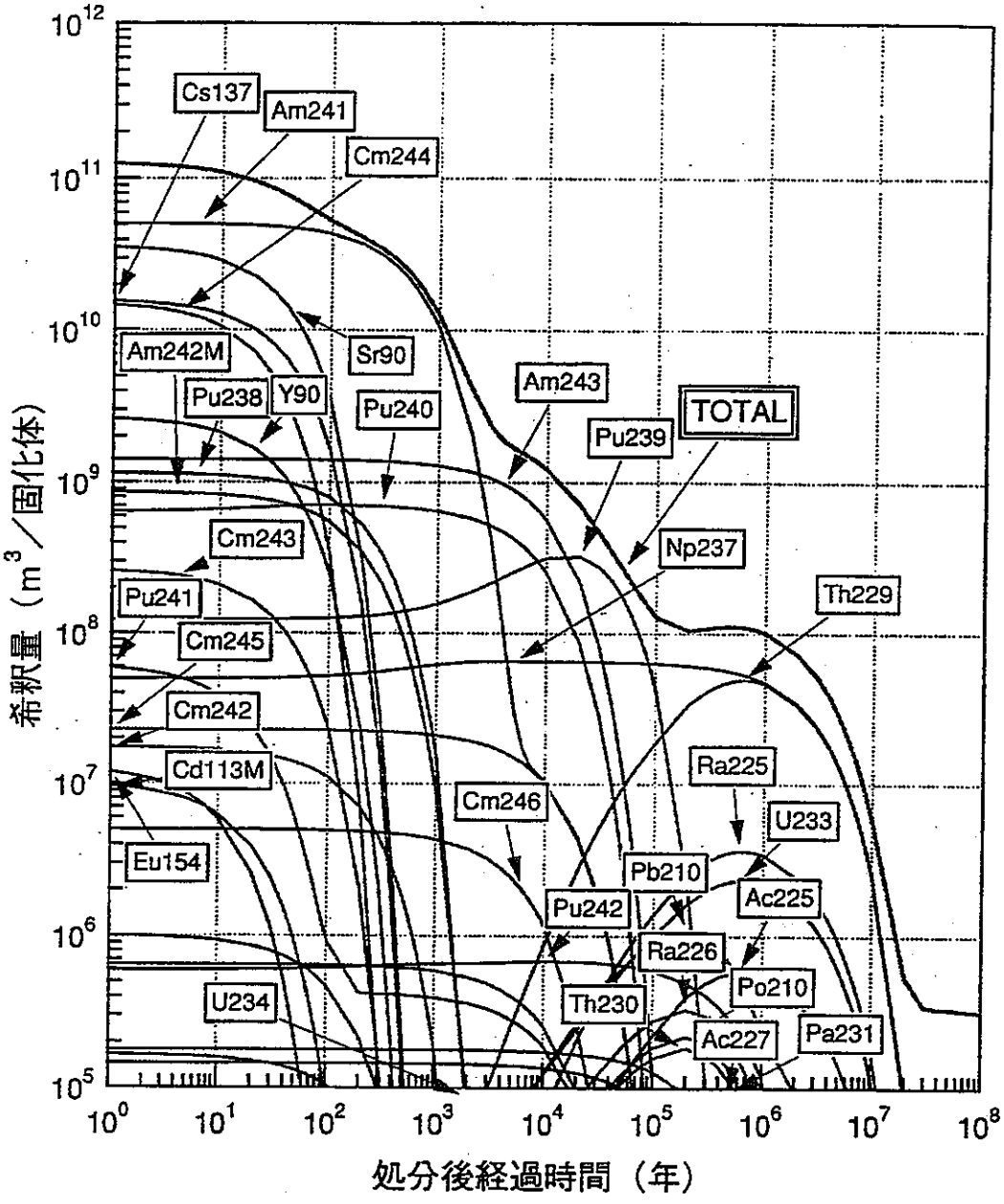


図 6.1 固化体の有する毒性度

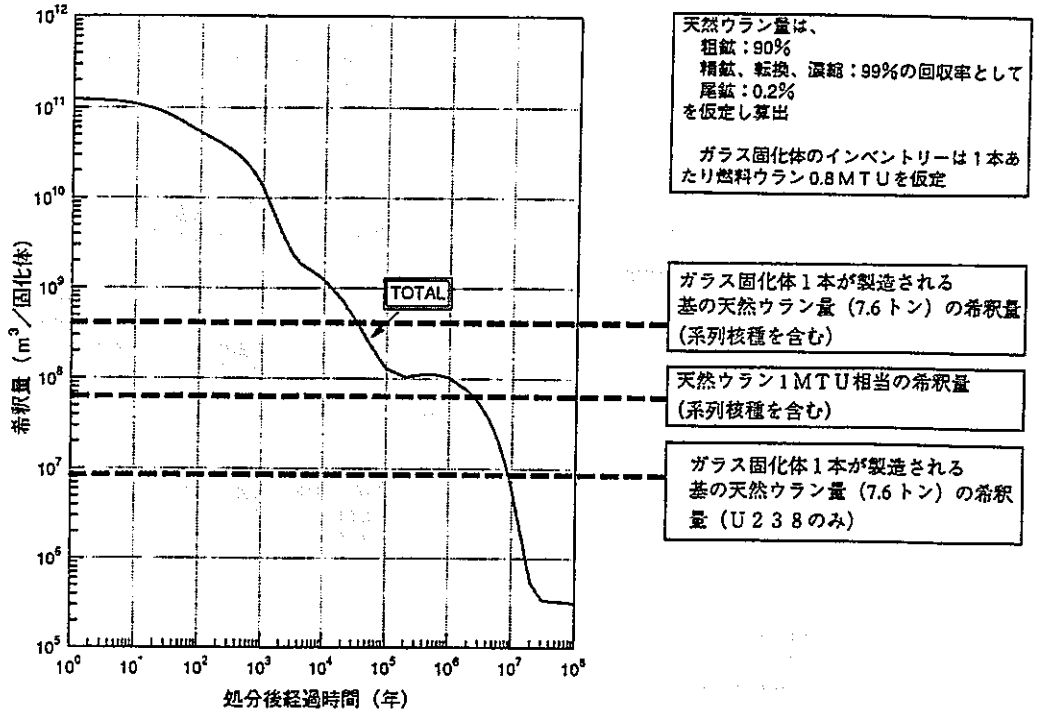


図 6.2 高レベル放射性廃棄物の毒性と天然ウランの毒性との比較

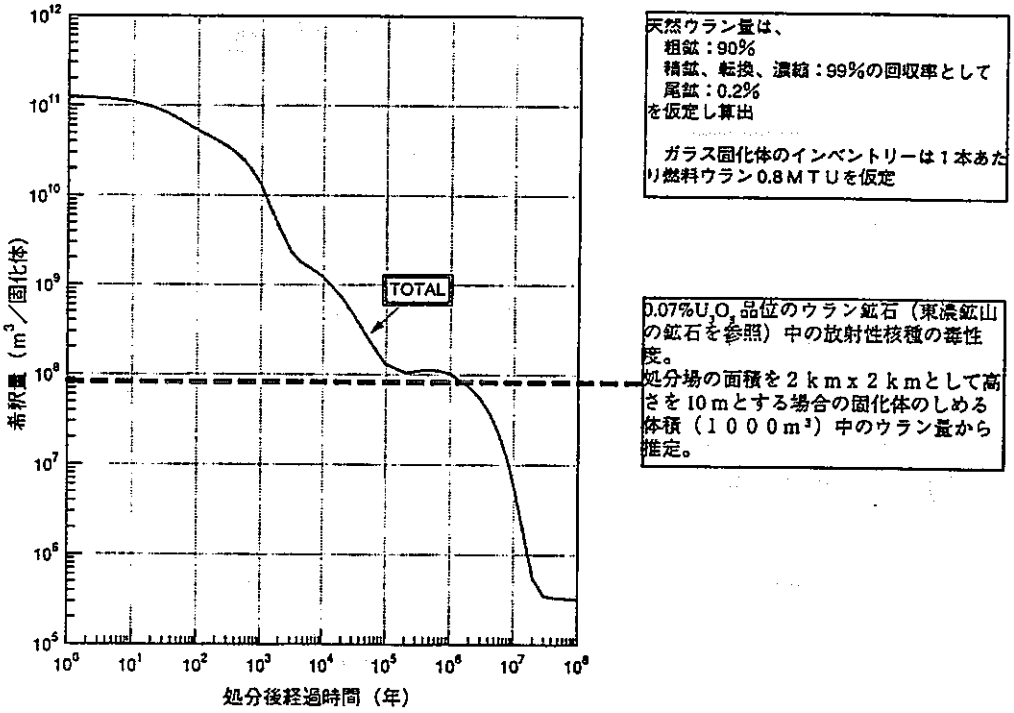


図 6.3 処分場と同体積の天然ウランの毒性との比較

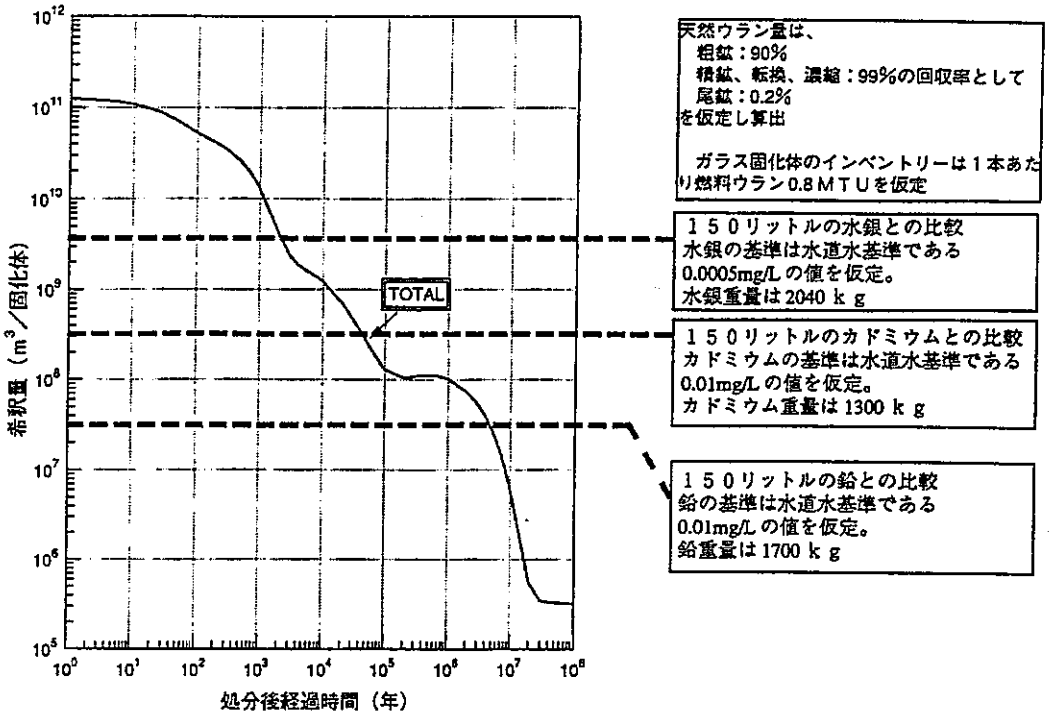


図 6.4 ガラス固化体と同体積の重金属の毒性との比較

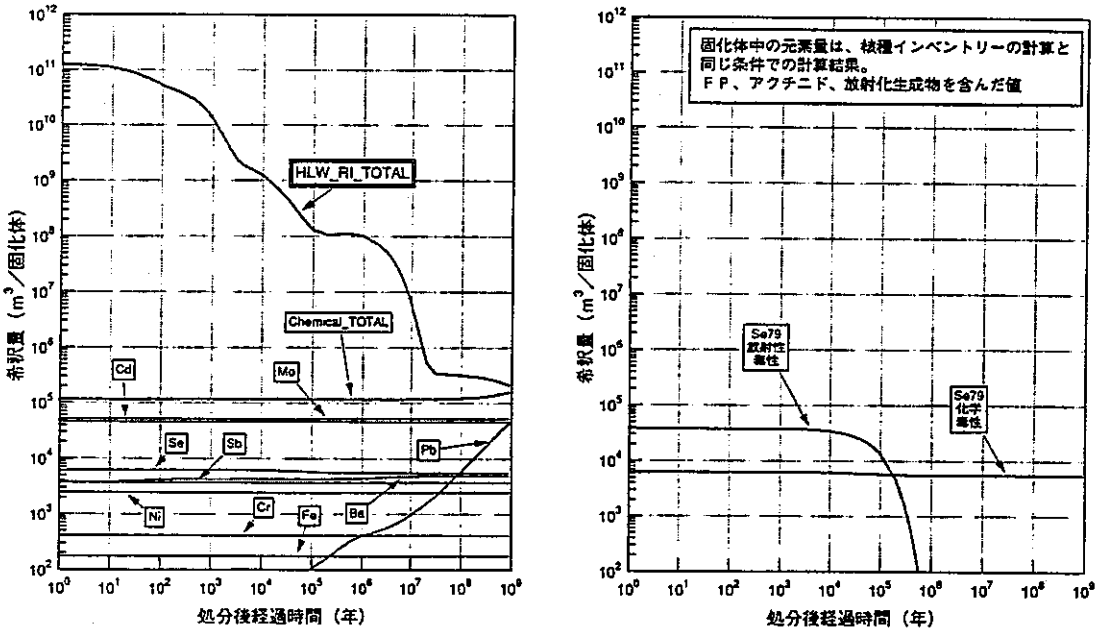


図 6.5 ガラス固化体に含まれる元素の化学毒との比較

6.2.2 フラックス評価

(1) 天然起源のフラックスとの比較

Bill Miller らは、スウェーデンのエスポ島近傍の天然の放射性核種の地圏へのフラックスを、比較対照する岩盤の氷河による侵食量や風化による侵食量、および、地表に放出される地下水の放出量から、天然放射性核種のフラックスを算推し、SKB-3 タイプの処分における、放射性廃棄物からの放出フラックスとの比較を実施する。このような手法を我が国の処分概念への適用を考える場合、わが国での過去の気候変動の履歴から推測するならば、氷河による侵食（評価によれば、最も大きな影響を与える）の可能性が少ないことや、一般的地質条件における侵食速度の同定が簡単ではないことにより、天然核種の放出フラックスの算推をするためのモデルそのものに不確実性が伴うこととなる。

地圏から生物圏に放出されるウラン核種は、大気下条件では比較的溶存し易く、地表水に運ばれ、最終的には海に至る比率が大きいものと予想される。そのため、侵食に伴い放出された天然核種が、移動経路としての河川に流入すると考えることは合理的であり、河川水中の濃度と河川の流量が決定されれば、溶存形態として移動する核種量の大まかな推定が可能となる。

表 6.5 に地殻中、河川水中、海水中でのウラン核種の濃度の文献値を示す。

表 6.5 天然ウランの濃度

地殻中濃度 (ppm)	河川水中濃度 ($\mu g \cdot \ell^{-1}$)	海水中濃度 ($\mu g \cdot \ell^{-1}$)	推定溶存種
3	4×10^{-2}	3.3	$UO_2(CO_3)_3^{4-}$

西村雅吉編 海洋科学(1994)より

河川水中のウランの濃度を $4\times10^{-2}[\mu g \cdot \ell^{-1}]$ と想定する場合、一般的な河川流量として $1\times10^{8}[m^3 \cdot y^{-1}]$ の仮定が可能であれば、河川水により移動する核種フラックスは、

$$1\times10^{8}[m^3 \cdot y^{-1}]\times4\times10^{-2}[\mu g \cdot \ell^{-1}]\times10^{-6}[g \cdot \mu g^{-1}]\times10^{-3}[\ell \cdot m^{-3}] \Rightarrow 4\times10^{3}[g \cdot y^{-1}]$$

となり、全量が U-238 として簡略評価すると、$5\times10^{7}[Bq \cdot y^{-1}]$ の割合で河川水中を天然ウランが移動していることになる。

図 6.6 に侵食作用を評価した例と河川を移行するフラックスを表示した結果を示す。高レベル

放射性廃棄物処分場からの核種放出率は、「地層処分開発研究　第２次とりまとめ　第１次ドラフト」に示される、レファレンスケースでの核種移行率を、人工バリアと天然バリアを結び表記する。

環境中の U-238 は、放射性壊変を伴うことから、実際には、U-234 → Po-210 の平衡核種が存在する。そのため、実際に河川水中の毒性度は、この値より上昇する。しかしながら、娘核種の地圏での挙動は、吸着機構や溶解性が異なることから、単純に放射平衡による算定は難しく、ここでは、比較する対象として U-238 のみを選択するものとする。

生物圏への核種放出を比較する限りにおいては、処分場から放出される核種量が比較値を超えるものは、氷河作用や河川水中の移行率を対象とする場合には Cs-135 のみであり、またこの核種がβ崩壊核種であることから直接の比較とはならない。また人工バリアからの放出率を対象としてもα核種の放出率が河川水中を移行する核種量を超えるものは Pb-210 と Th-229 のみである。

これに比較し、風化や化学的侵食作用により地層から放出されるα核種量は、上記の比較対照より２桁程度低く処分場からの放出率が上回る結果となる。

また、河川中の移行量と比較する場合には以下のことに留意する必要がある。我が国における河川水中のウラン量の調査結果では、U-238 の濃度で 0.1～0.7 Bq/m^3 程度の範囲に分布しており、核種の濃度は、対照とする河川の流域面積にほぼ比例することが示唆されている。また、U-234／U-238 の比が１以上であることが観測されていることから、ウランの供給源が表層の河川による侵食のみではなく深部地下水が河川に流入しているものと考えられている。調査は流域面積 1,000～ 6,000km^2 の河川水による調査であることから、処分場と同等の面積（2×2 km^2）からの供給量は極めて小さいものとなり、供給面積のスケールが大きく異なる。

図 6.7 は、図 6.6 での結果を、「放射線学的に等価な状況」すなわち ALI ベースの換算係数で変換した結果である（換算係数は H3 レポート生物圏換算係数を使用）。この結果によれば、Pb-210、Th-229 に加え Np-237、Pu-239、U-233 が比較値を上回る。これは、天然起源のα核種の半減期が極めて長く、かつ、毒性度が低い核種が多いことに由来する。毒性度のフラックスでの比較か、または、放射能量（Bq）での比較かは議論の分かれるところではあるが、留意事項の一つとして提示する。

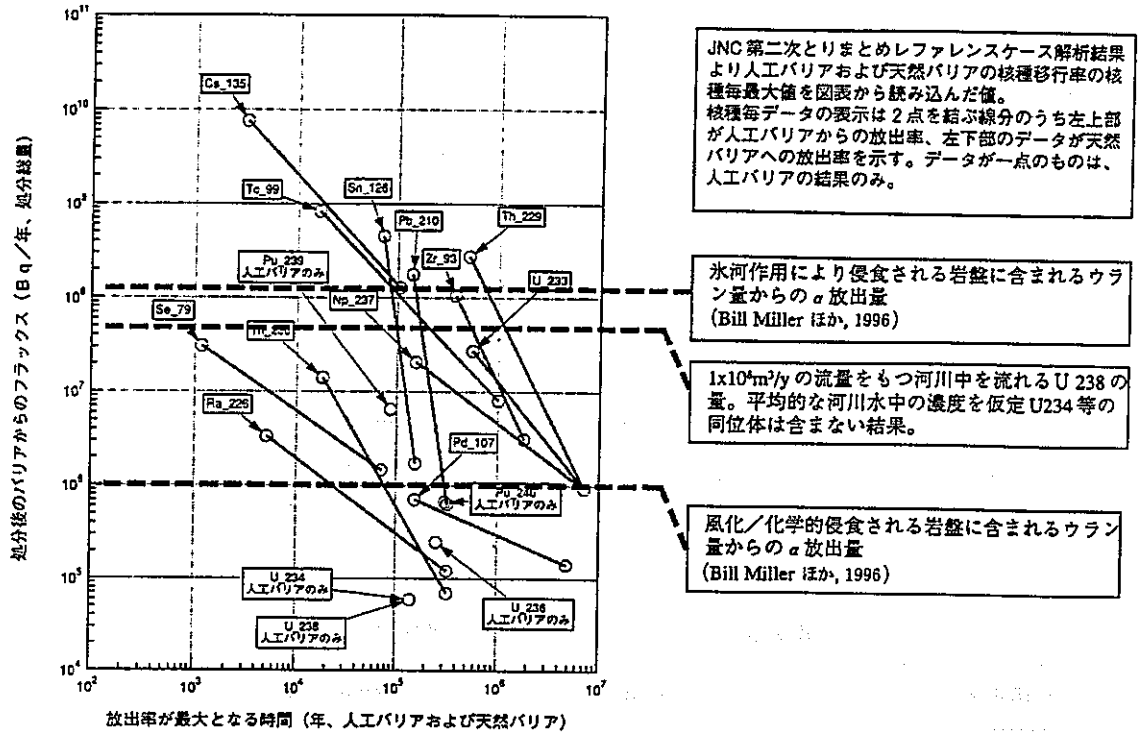


図 6.6. 処分場から放出される核種フラックスと天然フラックスとの比較

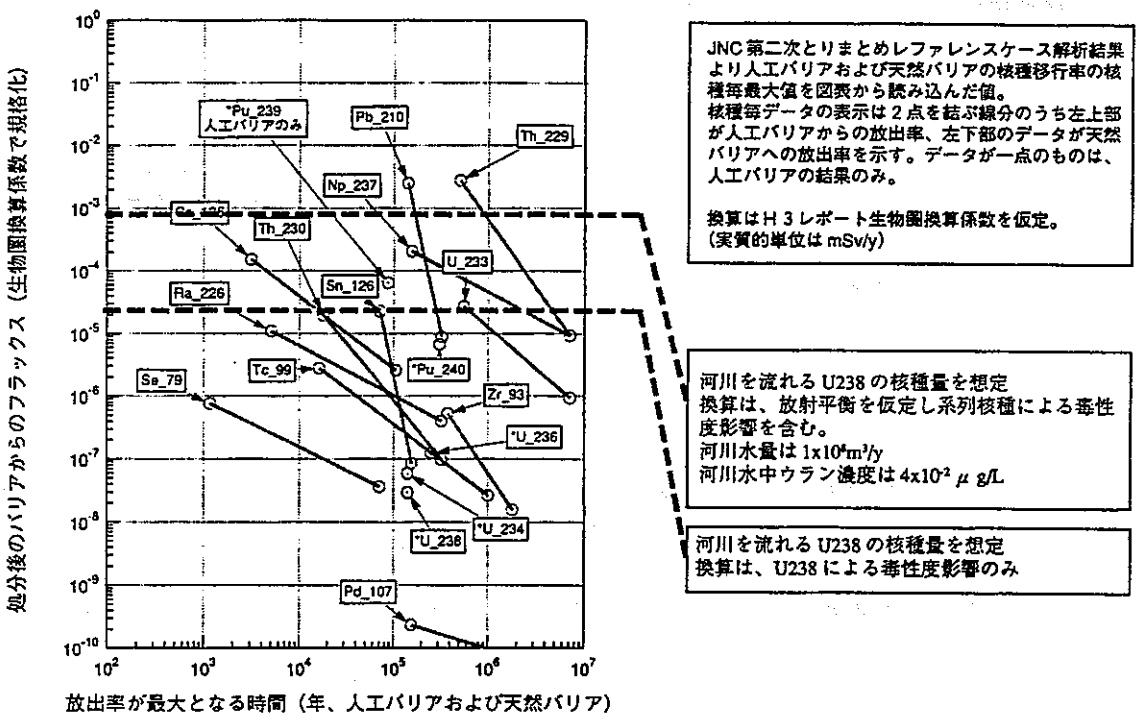


図 6.7 処分場から放出される核種フラックスと天然フラックスの毒性度比較

(2) 人間活動に由来するα核種放出率との比較

天然起源のα核種は、隆起侵食等の自然現象以外の影響によっても、生物圏へ持ち込まれる。例えば、鉱山での地層の掘削や石炭利用によっても鉱石に微量に存在する Th や、石炭に含まれる Th が放出されることになる。比較対照が人間活動に由来することから超長期の不確実性を回避するための比較としては、適切な比較であるとは言い難いものの、受動的ではあるが人類が許容している範囲であることから、比較の対照として選択する。

表 6.6 にノルディックフラッグブックに記載されている、α核種の放出率に関するまとめを転記する。この結果はスウェーデンでの鉱物等の利用を想定したものであり、わが国の処分場との比較として適当ではないものの、概略検討には役立つものと考える。

表 6.6 ノルディックフラッグブック記載値

利用形態	核種	年間放出率(GBq/y)
鉱山廃棄物	Th-232	700
石炭灰	Th-232	60
煙感知器	Am-241	20
肥料	Th-232	10
泥炭利用	Th-232	6

スウェーデンでの利用率

図 6.8 に処分場からの核種移行率との比較を示す。スウェーデンの人口はわが国の 7%程度であり、一人あたりの利用率が同程度であれば、この結果の 10 倍程度のラインが比較検討値となる。

この結果によれば、人間活動により生物圏（社会圏）に持ち込まれるα核種量は、高レベル放射性廃棄物処分場からの放出率に比較して遙かに多いことが判る。この結果は、前述のように人間活動に由来する放出率を前提としているため、超長期の比較のためのデータとしては適切でないものの、地球上の生物が上記の放出率の負荷に十分に耐えうるものと仮定すれば、将来の生命体に関しても極端な負荷を与えるものとは考えがたいとの示唆を与えるものとなる。

その他、人間活動に由来する核種の放出はα核種に限らず多数みうけられる。ここでは利用率等の具体的なデータに入手できなかったために、処分場との比較は実施しなかったが、そのデー

タを表 6.7 に示す。

表 6.7 建築材料中に存在する放射性物質の平均的濃度

建材の種類	国名(資料数)	平均濃度(Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-232
天然起源				
花崗岩	旧西ドイツ(34)	1200	100	80
花崗岩レンガ	イギリス(7)	1000	90	85
花崗岩	旧ソ連(2)	1500	110	170
石状の凝灰岩	イタリア(-)	1500	130	120
軽石	旧西ドイツ(20)	1100	130	130
明ばん頁岩を含むｺﾝｸﾘｰﾄ	スウェーデン(83)	850	500	70
産業起源				
リン灰土からのリン石こう	旧西ドイツ(34)	110	600	<5
リン石こう	イギリス(6)	70	800	20
リン石こうケイ酸	アメリカ(-)		1500	7
カルシウムスラグ	カナダ(-)		2150	
カルシウムスラグ	アメリカ(-)		1300～1500	
赤い泥のレンガ	旧西ドイツ(23)	330	280	230
フライアッシュ	旧西ドイツ(28)	700	210	130
フライアッシュ タイプ 1	イギリス(1)	550	7	40
フライアッシュ タイプ 2	イギリス(1)	550	14	30
フライアッシュ タイプ 3	イギリス(1)	220	50	44
溶鉱炉のスラッグ	旧ソ連(29)	240	70	20
スラッグ骨材	フィンランド(3)	190	100	70

国連科学委員会報告(1982)

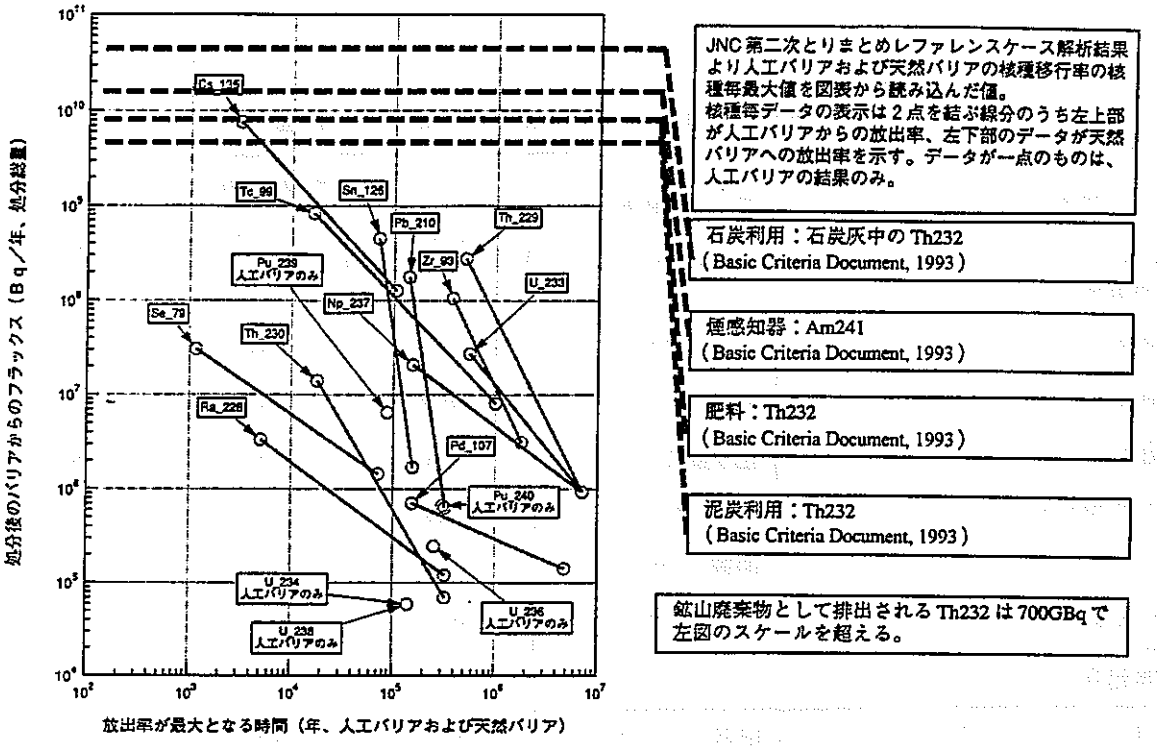


図 6.8 処分場から放出される核種フラックスと原子力以外の人間活動でのフラックスの比較

(3) 処分場からの核種移行率の評価例

処分場からの核種移行率の解析には、地質条件や人工バリアの超長期的な変遷を的確に表現できない場合においては、生物圏での評価と同様に不確実性を伴うことになる。そのため、安全評価を実施するためには、評価シナリオに関して十分な検討が科せられる。しかしながら、わが国の地質環境においては 10 万年を超える時間スケールを考慮しながら、地質条件や人工バリア条件を設定することは現状においては難しく、そのため、堅牢な評価のための体系が必要となる。

例えば、他の条件の変動を無視しても、核種の移行距離やその移行経路での分配係数の最小値が保証されるならば、その条件のみでの核種の移行率が推算可能となり、その結果が十分に天然起源の核種移行率に比較して小さければ、地層処分そのものの堅牢さの証明となり、容認されやすい提案となる。

そのためには、推定可能な地質条件の時間枠を超える範囲において、何らかの核種移行条件の制限を与える必要がある。その候補としては、

・ 天然バリアの核種移行時間（地下水の移行時間と分配係数）

・　人工バリアでの核種放出率（溶解度と人工バリア通過のフラックス）

が考えられ、この２つの条件を適当に組み合わせることにより、安全評価のアプローチである「保守的な推測」をさらに堅牢なものとすることが望ましいと考える。

図 6.9 は生物圏までの地下水移行時間をパラメータとして、以下の条件を設定し解析した結果である（分配係数の適用等、モデルの相違に関しては、ここでは取り扱わない）。なお、この評価においては崩壊系列の評価は行っていない。また、処分された核種は速やかに溶解するものと仮定している。

地下水流速(線流速)	:1	$[m \cdot y^{-1}]$
空隙率	:0.01	
分散長	:10	$[m]$
分配係数	:核燃料サイクル開発機構「地層処分研究開発　第２次　取りまとめ」参照	
核種インベントリー	:核燃料サイクル開発機構「地層処分研究開発　第２次　取りまとめ」参照	

結果によれば、分配係数および 1,000 年の地下水移行時間が将来的にも保証できる限り、核種の放出率（移行率）は、岩盤の風化／化学的な侵食のレベルに止まることが判る。

図 6.10 は、人工バリア部分の核種の溶解度と人工バリア通過流量のみを仮定した結果である。人工バリアを通過する流量が第二次とりまとめレファレンスケース程度以下の範囲においては、主要な核種の人工バリアからの移行率は低いものとなっている。大きく比較値を超える核種は Am-241、Am-243、Pu-239、Pu-241 等の親核種ではあるが、半減期が地層が安定とされる期間（10 万年程度）より短く、また、地層への収着量が期待できる核種である。また、Pb-210 や Th-229 等の系列核種は親核種の放射平衡に達しているものと考えられ、実際に溶解度の限度まで濃度が上昇する可能性は小さい。このようなことから、ある程度の溶解度と人工バリアでの通過流量を仮定できれば、その条件のみで天然フラックスと比較できる可能性がある。

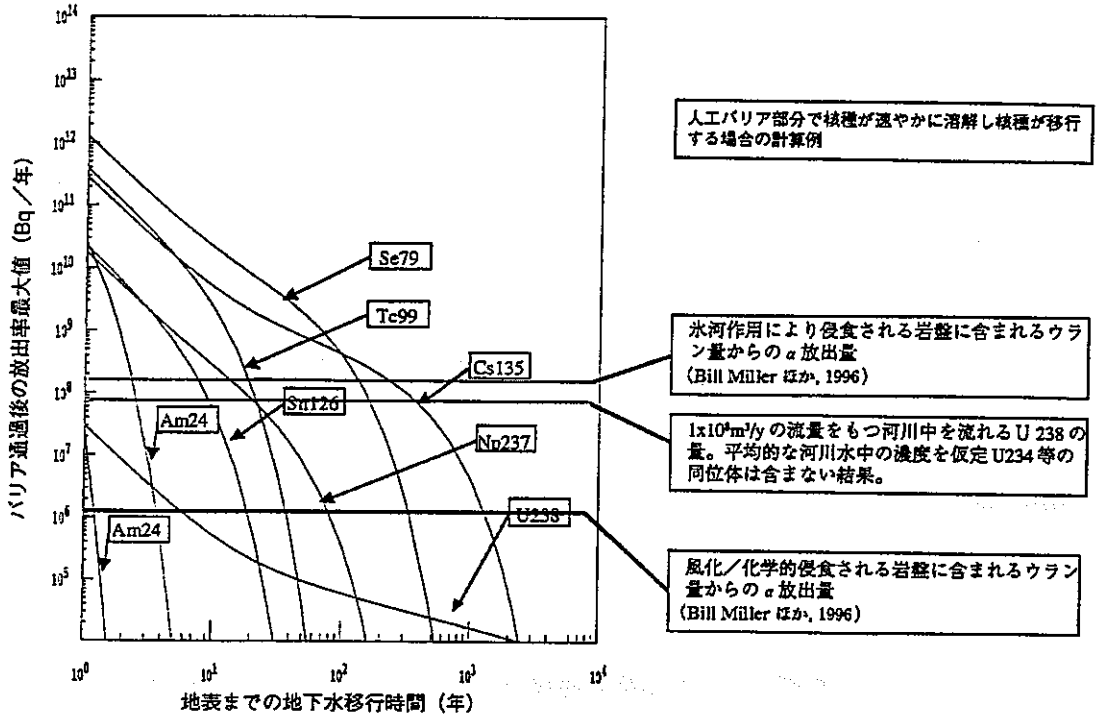


図 6.9 地下水移行時間をバリアとする場合の放出率比較

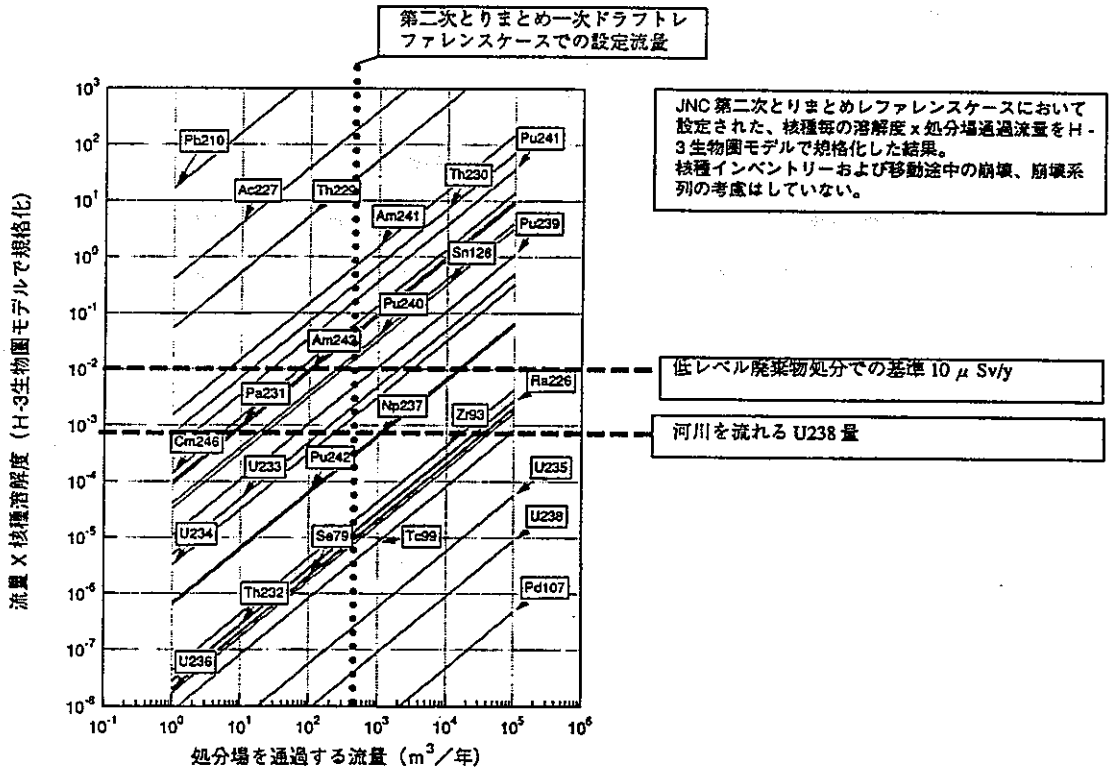


図 6.10 地下水化学条件をバリアとする場合の放出率比較

6.2.3 濃度評価

自然環境中の地下水や表層水中に含まれる天然放射性核種は、これまでの生物が進化してきた環境条件の前提となっているものである。そのため、処分場起源の核種による環境濃度の変化が特定できれば、核種の移行率（フラックス）比較よりも、更に説得力のあるものとなる。しかしながら、濃度評価を実施するためには、フラックス評価に更に多くの条件を付加することになり、評価の信頼性は低下することは避けられない。

最も保守的な評価は、元素の溶解度の限度が危険なレベルに達しないことを示すことであるが、溶解度そのものは能動的に設定できるものではなく、処分環境に付随して決定される値であるため、溶解度の限度が安全であることを示すことはできない。

ここでは、フラックス評価と同様に人工バリアおよび天然バリアからの核種移行率の解析結果に基づき、放出された核種が一定の帯水層に流入し帯水層中の核種の濃度を決定するものと仮定し比較を行う。帯水層中の流量は以下の値を設定する。なお、この値は核燃料サイクル開発機構「地層処分研究開発　第２次　取りまとめ」井戸水シナリオの帯水層流量の想定値である。

帯水層の流量　　：$2\times10^{6}\,[m^{3}\cdot y^{-1}]$

比較対照としては、すでに述べた地表水（淡水、海水）でのウラン濃度に加え、われわれが接する身近な例として、温泉水中のウラン濃度との比較を行う。表 6.8 に亀谷・松村（1983）により調査された温泉水中の核種濃度を示す。

表 6.8 三瓶山付近における温泉水の分析結果

サンプル場所	U-238 ($pCi \cdot \ell^{-1}$)	U-234 ($pCi \cdot \ell^{-1}$)	Ra-226 ($pCi \cdot \ell^{-1}$)	Ra-228 ($pCi \cdot \ell^{-1}$)
Matsugadaira	0.06	0.07	2.3	1.8
Shigaku	0.02	0.03	N.D.	N.D.
Koyabara	0.16	0.25	7.2	1.8
Kobayashi	6.25	10.45	N.D.	N.D.
Yogakae I	1.89	3.23	34.5	20.4
Yogakae II	0.30	0.45	5.6	N.D.
Ikeda I	3.55	7.11	8.5	N.D.
Ikeda II	10.00	23.69	52.6	16.9
Ikeda III	11.81	24.76	31.5	16.3
Kawai	0.10	0.22	N.D.	N.D.

亀谷勝昭、松村年郎(1983)

図 6.11 に比較結果を示す。比較対照となる地表水中の放射線濃度は 4 桁程度の差があり、生物圏における環境の多様性を示す結果となっている。処分場を起因とする核種の濃度は、この 4 桁の範囲にほぼ入ることから、比較対照の選択の重要性を示す結果となっている。

核種濃度評価のための解析モデルの検討に加え、生物圏そのものが放射線学的にも多様な環境下にあることを明らかにすることにより、濃度評価の不確実性が十分に内包できる評価方法の設定が課題となる。

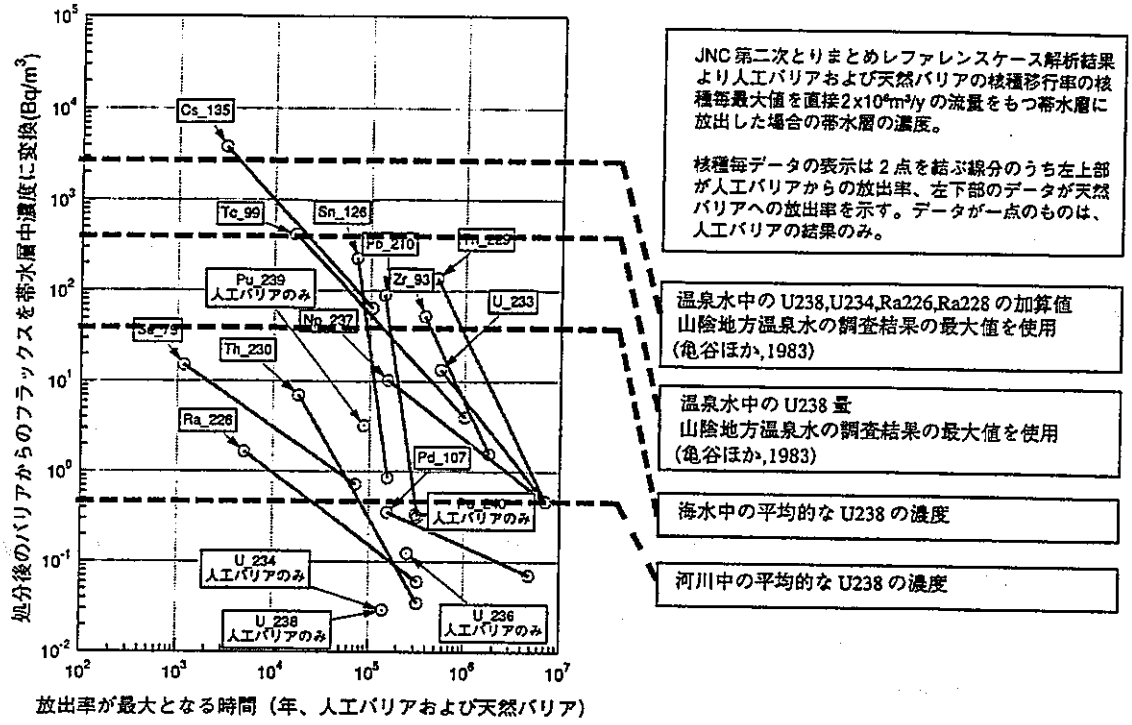


図 6.11 処分場起因の帯水層での核種濃度と天然水中の濃度の比較

参考文献

核燃料サイクル開発機構(1999)：地層処分研究開発　第２次取りまとめ　第２ドラフト(案)　平成 11 年 1 月 25 日，分冊 3　地層処分システムの安全評価（仮称）

科学技術庁告示１５号（昭和 63 年）：放射線を放出する同位元素の数量を定める件、別表第１および第７欄

亀谷勝昭，松村年郎（1983）：山陰地方の温泉水中の ^{238}U，^{234}U，^{226}Ra および ^{228}Ra 含有量について，Radioisotopes, 32, 18-21.

亀谷勝昭，松村年郎，浅田誠（1991）：ウラン分析法と河川水中 ^{238}U および ^{234}U 濃度調査，Radioisotopes, 40, 122-125.

原子力委員会　原子力バックエンド対策専門部会（1997）：日本における高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について，原子力バックエンド対策専門部会，原子力委員会　1997 年 4 月 15 日.

動力炉・核燃料開発事業団（1998）：地層処分研究開発　第２次取りまとめ　第１ドラフト　平成 10 年 9 月 2 日，PNC TN1412 98-013.

西村雅吉　編（1994）：海洋化学，産業図書.

放射性廃棄物処分に対する原則と基準に関する INWAC サブグループの第 1 回報告書（1994）

Andersson J and King-Clayton L M（1996）：Evaluation of the Practical Applicability of PID and RES Scenario Approaches for Peformance Assessments in the Finnish Nuclear Spent Fuel Disposal Programme. Work Report TURVA-96-02 prepared by QuantiSci for POSIVA-O, Finland.

BIOMASS（1996）：International Programme on Biosphere Modelling and Assessment Methods（BIOMASS）. Themes for a New Co-ordinated Research Programme on Environmental Model Testing and Improvement. Theme 1: Radioactive Waste Disposal, Theme 2: Environmental Releases, Theme 3: Biospheric Processes. 1996-08-30, International Atomic Energy Agency, Vienna.

BIOMASS（1998a）：Long-term Releases from Solid Waste Disposal Facilities: The Reference Biosphere Concept. BIOMASS Theme 1 Working Document 1. International Atomic Energy Agency, Vienna.

BIOMASS（1998b）：Alternative Assessment Contexts: Implications for Development of Reference Biospheres and Biosphere Modelling. BIOMASS Theme 1 Working Document 2. International Atomic Energy Agency, Vienna.

BIOMASS（1998c）：Biosphere System Identification and Justification. BIOMASS Theme 1 Task Group 4 Draft Report for Comment, Version 4.0, July 1998. International Atomic Energy Agency, Vienna.

BIOMOVS II（1996a）：Development of a Reference Biospheres Methodology for Radioactive Waste Disposal. BIOMOVS II Technical Report No. 6, published on behalf of the BIOMOVS II Steering

Committee by the Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

BIOMOVS II (1996b) : Biosphere Modelling for Dose Assessments of Radioactive Waste Repositories: Final Report of the Complementary Studies Group. BIOMOVS II Technical Report No. 12, published on behalf of the BIOMOVS II Steering Committee by the Swedish Radiation Protection Institute, Sweden.

EPA (1993) : Environmental Radiation Protection Standards for Management and Disposal of Spent Nuclear Fuel, High-Level and Transuranic Radioactive Waste, Final Ruling, 40 CFR Part 191.

Hudson J (1992) : Rock Engineering Systems: Theory and Practice. Ellis Horwood, Chichester.

IAEA (1989) : Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Wastes, IAEA Safety Series No.99.

IAEA (1994) : Safety Indicators in Different Time Frames for the Safety Assessment of Underground Radioactive Waste Repositories, IAEA-TECDOC-767.

IAEA (1995) : The Principles of Radioactive Waste Management, IAEA Safety Series No.111-F.

ICRP (1977) : Recommendations of the International Commission on Radiological Protection , ICRP Pub. 26.

ICRP (1985) : Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste, Annals of the ICRP, ICRP Pub. 46.

Klos R A, Smith K R and Smith G M (1988) : Calculations of the Radiological Impact of Unit Releases of Radionuclides to the Biosphere from Solid Waste Disposal Facilities. National Radiological Protection Board, NRPB-M150, Chilton, UK.

Little R H and Mortimer A A (1998) : Implementation in AMBER of a Biosphere Mathematical Model for a River Geosphere-Biosphere Interface. QuantiSci Technical Note IE5058C-Note 5 v1.0, QuantiSci, Henley-on-Thames.

Little R H and Watkins B M (1998a) : Assessment Context and Biosphere System Description for a River Geosphere-Biosphere Interface. QuantiSci Technical Note IE5058C-Note 1 v1.0, QuantiSci, Henley-on-Thames.

Little R H and Watkins B M (1998b) : Specification of a Biosphere Model and Associated Parameters for a River Geosphere-Biosphere Interface. QuantiSci Technical Note IE5058C-Note 4 v1.0, QuantiSci, Henley-on-Thames, United Kingdom.

Little R H, Watkins B M, Smith G M, Maul P R, Mortimer A M and Clark K J (1998a) : The Identification and Justification of a Reference Biosphere for Use during Financial Year 1997 for the H12 Assessment. QuantiSci Report IE5058B-1 v2.0, QuantiSci, Henley-on-Thames, UK.

Little R H, Watkins B M and Venter A (1998b) : Identification of Feature, Event and Process Relationships and Conceptual Model Development for a River Geosphere-Biosphere Interface. QuantiSci

Technical Note IE5058C-Note 3 v1.0, QuantiSci, Henley-on-Thames, United Kingdom.

Maul P R, Watkins B M, Little R H and Smith G M (1997) : The Biosphere Assessment Context for the H12 Performance Assessment: Initial Suggestions. Report for JGC in Support of the PNC HLW Performance Assessment Project, IE5058-4 Version 2.0, QuantiSci, Henley-on-Thames, United Kingdom (internal) .

Miller Bill, Smith Graham et al. (1996) : Natural Radionuclide Fluxes and their Contribution to Defining Licensing Criteria for Deep Geological Repositories for Radioactive Waste,Radiochimica Acta 74.289-295.

Nagra (1985) : Project Gewaehr 1985: Nuclear Waste Management in Switzerland: Feasibility Studies and Safety Analyses. Project Report NGB 85-09, Nagra, Baden.

Nagra (1994) : Kristallin-I, Safety Assessment Report, NTB 93-22.

NEA/IPAG (1997) : Nuclear Energy Agency Working Party on the Integrated Performance Assessment of Deep Repositories, Lessons Learnt from Phase- I Activities (1995-1996) . Final Report NEA/IPAG/DOC (97) 1. Restricted document available from OECD.

NEA (1997) : Lessons Learnt from Ten Performance Assessment Studies. Report from the Working Group on Integrated Performance Assessments of Deep Repositories. Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

OECD/NEA (1991) : Review of Safety Assessment Methods, Disposal Radioactive Waste, A Report of the Performance Assessment Advisory Group of the Radioactive Waste Management Committee.

OECD/NEA (1995a) : The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-lived Radioactive Wastes, A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency.

OECD/NEA (1995b) : Future Human Actions at Disposal Sites, A Report of the NEA Working Group on Assessment of Future Human Actions at Radioactive Waste Disposal Sites.

QuantiSci (1998) : AMBER 4.0 Reference Guide. QuantiSci, Henley-on-Thames, United Kingdom.

Smith G M, Watkins B M, Little R H, Jones H M, Mortimer A A (1996) .: Biosphere Modelling and Dose Assessment for Yucca Mountain. EPRI Report TR-107190, Electrical Power Research Institute, California.

The Radiation Protection and Nuclear Safety authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden (1993) : Disposal of High Level Radioactive Waste Consideration of Some Basic Criteria.

UNSCEAR (1982) : 1982 Report to the General Assembly,with Scientific Annexes.

Watkins B M and Little R H (1995) : An Updated Collation and Review of Reference Biosphere Parameters (1994) . A Report for the JGC Corporation in Support of the PNC HLW Performance Assessment Project, IE3250-8, v2.0, Intera Information Technologies, Henley-on-Thames, United

Kingdom.

Watkins B M and Little R H (1998) : Identification and Initial Screening of Features, Events and Processes for a River Geosphere-Biosphere Interface. QuantiSci Technical Note IE5058C-Note 2 v1.0, QuantiSci, Henley-on-Thames.

付　録　1

付録１「河川堆積層放出ケースに係るFEPの説明」

付録１では、本ケースで適用した以下の３つのFEPリストについての記述を示す。

① 本ケースに適用するBIOMOVSⅡ　レファレンスバイオスフィアFEP(注1)の説明

BIOMOVSⅡに記載されているFEPの説明およびコメントの修正／変更箇所についてはイタリック体で示す。

② 本ケースに適用する河川環境に係るFEP(注2)の説明（追加FEP）

③ 本ケースに適用する河口／海洋環境に係るFEP(注3)の説明（追加FEP）

(注1) FEP List version dated September 1996
(注2) 河川環境のために新規に作成されたFEPリスト（詳細は本文参照）
(注3) 河口／海洋環境のために新規に作成されたFEPリスト（詳細は本文参照）

① 本ケースに適用するBIOMOVSⅡ レファレンスバイオスフィアFEPの説明

1 特徴(Features)

説明　:Features of the biosphere and matters related to the assessment context that together define the domain and principal constituents of the process system to be modelled.

コメント　:In order to conduct a biosphere assessment for a given site, it is necessary to take into account a variety of factors that have a bearing on the manner in which the system is modelled and the assessment is conducted. These include, but are not necessarily limited to:

- the context of the assessment（purpose, endpoints to be addressed etc)
- characteristics of the release（boundary considerations, radionuclides, etc)
- assumptions regarding the composition and future evolution of the environment.

1.1 評価の前提条件(Assessment Context)

説明　:The circumstances in which a biosphere model is to be developed and used.

コメント　:The requirements of an assessment can have an important bearing on how the range of different environmental features, events and processes that are of potential importance are dealt with in a specific assessment.

1.1.1 評価目的(Assessment Purpose)

説明　:The underlying purpose for developing a biosphere model and/or carrying out a biosphere assessment.

コメント　:Biosphere models are typically used as tools to determine the significance of potential future discharges from waste disposal facilities. However, in any specific case, the purpose of developing and/or applying a model may vary from a simple calculation to support concept development to a detailed site-specific performance assessment in support of a disposal licence application. The level of complexity and comprehensiveness required of a model will vary according to the use to which it is put.

1.1.2 評価指標(Assessment Endpoints)

説明　:The results of the assessment, expressed as a calculated radiological impact or in other terms.

コメント　:The structure of a model will tend to reflect the results that it is designed to evaluate. These, in turn, will largely depend on the criteria (regulatory or otherwise) that are adopted to judge the overall performance of the disposal system for a particular site, of which the biosphere is a part.

1.1.2.1 年間個人線量(Annual Individual Dose)

説明　:The radiation dose to a person, incurred over a year.

コメント　:The exposed individual must be defined. Inevitably, in waste disposal assessments, calculations of radiological exposure need to be based on the adoption of a hypothetical "representative" individual (typically considered to be a member of a critical group), designed to demonstrate that adequate radiation protection is afforded to future populations. ~~*A discussion of the considerations involved in the identification and definition of critical groups is presented in Appendix A3 of the report.*~~

The "annual" dose must also be clearly defined as that due to exposure in a 12-month period or (as is more usually the case) the committed dose from exposure in the same period. Is the annual dose intended to be representative of the lifetime average exposure for a particular individual or the maximum dose in any single year? Apart from considerations of the age at exposure, this choice also affects how the effects on exposure of "once in a lifetime" events (eg, floods, major earthworks etc) are addressed in the overall process system model. For example, it could be considered inconsistent to evaluate exposures for different age groups (ie, implicit maximum annual dose) if parameter values in the system model are selected so as to represent the long-term cumulative effects on radionuclide transport and accumulation in environmental media.

1.1.2.2 年間個人リスク(Annual Individual Risk)

説明　:The radiological risk to a person, averaged over a year.

コメント　:Annual risk should be defined with respect to the consequence of interest (risk of fatality, risk of cancer, risk of health "detriment" (cf. ICRP60) etc) and is normally taken to correspond to the committed risk from a given annual dose (ie, rather than the actual

risk of death in a particular year). Some considerations associated with the definition of annual individual dose are discussed under the comments for that FEP. Risk considerations also raise the more general question of the treatment of uncertainty in biosphere assessment calculations. For example, to what extent should uncertainty in the definition of the individual "at risk" from exposure (due to their location, habits etc) be reflected in the calculation of risk, given that the definition of the critical group itself is necessarily based on hypothesis? The aggregation of potential contributions to risk at any given time from different potential exposure scenarios (e. g. human intrusion, use of wells, etc) also presents potential difficulties in terms of the intention to calculate individual risk; it is unlikely that a particular individual in the future would actually be exposed to risks from a variety of different exposure sources. Again, the desire to evaluate a particular endpoint can have a significant impact on the overall format of the assessment calculation.

1.1.2.3 生涯個人線量(Lifetime Individual Dose)

説明　:The radiation dose to a person, accumulated over their lifetime.

コメント　:This endpoint potentially presents fewer difficulties than the evaluation of an annual dose, since it inevitably involves averaging over the year-on-year variability in factors controlling environmental concentrations of radionuclides. There may, however, be modelling problems associated with identifying appropriate parameter values to characterize the long-term average effects of processes occurring at variable rates. Furthermore, the prospect of permanent inhabitation of a small area (the region most contaminated by the release from the repository) by a single group of individuals for their whole lifetime might, by comparison with present-day behaviour, be considered extreme.

1.1.2.4 生涯個人リスク(Lifetime Individual Risk)

説明　:The radiological risk to a person, accumulated over their lifetime.

コメント　:Calculation of lifetime individual risk is not necessarily as simple as multiplying the lifetime annual dose by the standard dose-to-risk conversion factor. A given exposure incurred in the early years of life may be the same (in terms of equivalent dose) as one

incurred much later, but the associated risk may be very different both as a result of the latency of cancer induction risk and the importance of relative risk factors. Risk criteria are typically expressed in terms of annualized rather than lifetime risk for ease of comparison with other risks from human activity and hence to establish levels of tolerability.

1.1.2.5 集団線量(Collective Dose)

説明　:The radiation dose integrated over an exposed population.

コメント　:The calculation of collective dose is critically related to the assumed size of the exposed population and the timescale over which integration is carried out, which should be defined as part of the basis of the calculation. ICRP recognize the "truncation" of collective dose calculations to address defined integration times, which can be very important for the very long timescales associated with, say, the deep disposal of long-lived radioactive waste. The population size of interest may vary from the critical group (a few to a few tens of people) to the world population (for globally dispersed radionuclides such as C-14, I-129). Models geared towards the evaluation of collective dose for large populations will typically be very different from those aimed at determining the impact of releases on critical groups.

1.1.2.6 集団リスク(Collective Risk)

説明　:The radiological risk integrated over an exposed population.

コメント　:Collective doses (expressed in person-Sv) are sometimes multiplied by a dose-to-risk factor in order to determine the expected number of health effects (depending on which risk factor is used) in the exposed population. Because radiation doses to the most exposed group will typically be very low for an acceptable disposal facility (<1 mSv per year), the calculation of collective dose to a large population will generally involve integration over much smaller individual dose levels. The validity of inferences drawn from applying linear dose-to-risk factors to populations incurring very low levels of exposure is questionable.

1.1.2.7 人間以外の生物への線量(Dose to Biota Other Than Man)

説明 : The radiation dose to non-human biota.

コメント : It is sometimes relevant in a radiological assessment to consider the potential impact of releases of radionuclides on biota other than humans. There is a limited amount of data on radiosensitivity of different plants and animals, which has in the past been taken to support the paradigm that adequate radiological protection of man will also provide adequate protection for the wider environment. Nevertheless, the calculation of doses to other non-human biota can provide reassurance that the development of a waste repository will have no adverse effect on other species. A model geared towards the evaluation of doses to non-human biota will not necessarily look the same as one intended to evaluate doses to humans: for example, consideration needs to be given to the identification of relevant species population groups and their relationship to the environment, which may result in attention being focused within the model on different groups of events and processes. Similarly, an assessment tool originally developed to calculate human exposures will be limited in its potential for providing anything other than illustrative exposure calculations for non-human biota.

1.1.2.8 環境中放射性核種濃度(Radionuclide Concentration in the Environment)

説明 : The concentration of radionuclides (typically expressed as Bq/kg or Bq/m^3) in environmental media.

コメント : For assessment calculations extending over very long timescales, it may be considered inappropriate to suggest that radiological exposure calculations have any specific justification. An alternative assessment endpoint may therefore be the calculated concentrations in environmental media of radionuclides released from the repository, which can be compared with naturally-occurring levels. This may be particulary relevant on assessment timescales where the principal contributors to repository system discharge in the future are themselves naturally occurring radionuclides (eg, U-238 decay series), allowing a shift of emphasis from the direct comparison against radiological criteria to more qualitative indicators of repository performance. If a model has been configured to evaluate radiation exposures, for which a certain amount of

spatial averaging is usually appropriate, it may not necessarily be directly applicable to the determination of environmental concentrations, unless a similar degree of averaging is also acceptable. The calculation of radionuclide concentrations would be particularly relevant to the validation of a model against natural analogue data.

1.1.2.9 その他の評価指標(Other Assessment Endpoints)

説明　:Results of a biosphere assessment, expressed in terms other than those already listed under this heading.

コメント　:Biosphere assessments for waste disposal may not only need to address radiological endpoints but also, for example, the dispersion and consequences of the release of other pollutants from the repository.

1.1.3 想定する処分場(Repository Type)

説明　:The type of radioactive waste repository to be addressed in the assessment calculation.

コメント　:The description of the process system to be represented in a biosphere assessment model must be consistent with the known details of the disposal facility being considered, including the type of repository under consideration. For example, the type of repository (depth, host rock etc), in conjunction with other considerations regarding future evolution of the site (marine erosion, glaciation, etc), will determine whether or not there is a natural cut-off to the assessment timescale, and affect the geosphere-biosphere interface.

1.1.4 地質・地形条件(Site Context)

説明　:A broad-brush description of the site location.

コメント　:The general location of a repository may have an important influence on the likely pathways for radionuclides to the biosphere and the extent to which factors such as climate and ecological change may have an influence on the impact of such releases. For example, an under-sea location may effectively provide a permanent marine receptor for radionuclides released from the repository, whereas the assessment for an inland mountain location may never need to address marine FEPs. The site location addressed

by a model will therefore tend to influence the degree of detail used in representing particular elements of the process system.

1.2 ソースターム(Source Term)

説明　:The release of contamination into the biosphere from the repository system.

コメント　:Biosphere models are typically substantially decoupled from those models that are used to evaluate the release of radionuclides from the waste repository. The link to the biosphere in such a decoupled system is described as the "source term". A full description of the source term involves giving consideration to the boundary interface across which the link is established, which in turn is partially dependent on the release mechanism, and characteristics of the release itself, expressed in terms of its content and properties. Here, as elsewhere in the FEP List, attention is focused on groundwater releases to the terrestrial environment.

1.2.1 地圏ー生物圏インターフェイス(Geosphere/Biosphere Interface)

説明　:The interface between biosphere and geosphere domains in a decoupled system model.

コメント　:The geosphere/biosphere interface defines the border of the biosphere domain at its boundary with the geosphere. Definition of the interface is an intrinsic part of conceptual modelling for the biosphere, because the division of the repository environment into biosphere and geosphere domains is itself part of the conceptual approach. The interface should properly be located where decoupling of the models is possible, which is effectively to say that it should be positioned where recirculation of radionuclides (or other contaminants) across the boundary is insignificant in terms of the overall contamination of the environment. Ideally, the domain of a biosphere model should be such that it can address various potential release mechanisms. In practice, an internally consistent identification of the interface will be obtained if both the biosphere and geosphere assessment models are informed by the same regional hydrological model. If the regional water table lies below the bedrock, or exhibits seasonal fluctuations that take it beneath this level, then the boundary region must be extended in depth to incorporate the upper bedrock. It is not, however, usually appropriate to consider the bulk flow of the regional aquifer as part of a decoupled biosphere model.

1.2.2 放出メカニズム(Release Mechanism)

説明　　:The mechanism for transferring radionuclides (and other contaminants) from the geosphere to the biosphere.

コメント　:Consideration of the different potential mechanisms for releasing radionuclides to the biosphere is an intrinsic part of the process of model definition, contributing to consideration of the geosphere/biosphere interface, the physical and chemical form of the release and the temporal and spatial distribution of the release. Although this FEP List has been developed in the context of groundwater releases, we consider here for completeness other potential release mechanisms.

1.2.2.1 地下水放出(Groundwater Release)

説明　　:The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere in connection with the discharge or abstraction of groundwater.

コメント　:Groundwater flow is one of the most important pathways for transporting radionuclides away from the repository containment and is therefore usually considered as one of the principal mechanisms for release of contaminants to the biosphere.

1.2.2.1.1 地圏帯水層放出(Geosphere Aquifer Discharge)

説明　　:The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere in connection with natural groundwater flow.

コメント　:Groundwater may naturally flow from the geosphere to the biosphere, taking with it any contamination. In addition, molecular and turbulent diffusion in groundwater will naturally disperse contaminants in the water, causing them to spread gradually from the base of the water table to higher levels and potentially across the biosphere/geosphere interface.

1.2.2.1.2 地圏帯水層中の井戸からの揚水(Extraction Via Well into Geosphere Aquifer)

説明　　:The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere via a well sunk into a geosphere aquifer.

コメント　：Water abstraction from wells will draw radionuclides directly from the geosphere to the biosphere. The principal entry point for contaminants into the biosphere will tend to be via direct consumption of the abstracted water or via contamination of the surface (irrigation). This implies that there is an effective biosphere/geosphere interface around the well head rather than where the well excavation enters the aquifer.

1.2.2.2 気体放出(Gaseous Release)

説明　：The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere in a gaseous medium or gaseous form.

コメント　：Contaminated gases (eg, methane, hydrogen) move under pressure and/or diffuse through the geosphere and may emerge into the biosphere as diffuse sources through porous media or as more discrete sources along connected pathways.

1.2.2.3 固体物質放出(Solid Material Release)

説明　：The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere in a solid material.

コメント　：Exploration, mining and quarrying activities may cause minerals and other rocks (together with entrained minerals and gases) to be extracted from the geosphere to the biosphere. In addition to such human intrusion activity, natural erosion of the biosphere by glacial, fluvial or other processes may, over long periods of time, lead to downward movement of the geosphere/biosphere interface and thereby cause contaminated rock (or even the repository itself) to enter the biosphere.

1.2.3 ソースターム特性(Source Term Characteristics)

説明　：Basic attributes of the source term from the geosphere to the biosphere.

コメント　：Adequate characterization of the source term is a fundamental step in biosphere assessment modelling. The principal characteristics of the source term are expressed in terms of its contents and physical and chemical properties. Here, as elsewhere in the FEP List, attention is focused on groundwater releases to the terrestrial environment.

1.2.3.1 放射性核種(Source Term Radionuclide Content)

説明　　: Identification of radionuclides released to the biosphere.

コメント　: Radiological assessment depends on the identification of radionuclides that are assumed to be released into the biosphere, together with their radiological and radiochemical properties.

1.2.3.2 地下水プルーム特性(Properties of the Groundwater Plume)

説明　　: Characterization of the physical and chemical properties of the groundwater release.

コメント　: This covers a wide range of factors that are of potential importance to modelling the influence of the source term on biosphere transport. It includes the spatial and temporal distribution of the influx to the biosphere, both of which may be either smooth or discontinuous, depending on the mechanism of release and on specific features of the geosphere/biosphere interface. It also includes chemical properties of the groundwater: eg, Eh and pH will influence the chemical form and thereby the transport of contaminants such as iodine and technetium, whereas the presence of other dissolved species in the plume (such as iron) may cause co-precipitation and adsorption of contaminants on their release to the oxidizing environment of the biosphere.

1.2.3.3 その他の有害物質(Source Term Content of Other Hazardous Materials)

説明　　: Identification of other hazardous materials released to the biosphere.

コメント　: The environmental impact of possible future releases from a radioactive waste repository may not be restricted to a consideration of radiological consequences. A complete environmental assessment therefore depends on the identification of other potential contaminants in the groundwater plume, together with their chemical and hazardous properties.

1.3 基本システム(Basic System Description)

説明　　: A description of the biosphere systems representative of the future environmental conditions at the repository site.

コメント　:Given a knowledge of the repository type under consideration and its overall site context, it is necessary to consider the main features of the biosphere system and the way in which they can be modelled. This means giving attention to the definition of future biospheres in terms of ecological systems and human communities consistent with possible climatological changes and landform developments that may be relevant over the timescale of the assessment.

1.3.1 一般的気候(General Climate Description)

説明　:A general description of the climatological context for the biosphere assessment.

コメント　: Simulations of landform and ecological change may be based on speculative assumptions. Nevertheless, it is necessary to adopt a self-consistent approach to considering the influence of one of the major influences on such evolution: climate. The treatment of climate may range from the simple assumption of constant present-day conditions to a full representation of continuously varying climate successions. The choices made in respect of modelling climate (and its effects on the environment) may have a strong influence on the overall composition of the biosphere model.

1.3.1.1 気候カテゴリ区分(Differentiation of Climate Categories)

説明　:The identification and general description of characteristic climate states relevant to the assessment.

コメント　:If climate change (rather than a constant present-day climate) is addressed as part of the overall assessment basis, the assumption is often made that the range of future climates relevant to the site of interest can be broadly characterized in terms of a small number of climate states. The definition of such states should be based on a internally consistent scheme that does not exceed the limits of scientific understanding; the main features of individual climate states would therefore be expected to be based predominantly on accepted classification schemes (eg, Trewartha, An Introduction to Climate, 4th Edition, McGraw Hill(1968) or Rudloff, World Climates, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart (1981)).

1.3.1.2 気候変動(Description of Climate Change)

説明　　:The approach taken to considering the potential impact of changing climate.

コメント　:There are a range of different possible approaches to representing the effects of climate change within a biosphere assessment. At a relatively simple level, there is the option of modelling the release into any one of a variety of time-invariant biospheres, each of which is consistent with the chosen set of representative climate states. Time sequences of transitions between climate states may be considered to represent a more realistic approach, but there is substantial scientific uncertainty concerning the future sequence of climate development, specially when the possible long-term effects of anthropogenic "greenhouse-gas" emissions are taken into account. Moreover, the treatment of time lags and leads in addressing the relationship between climate and landform or ecological transitions is also subject to considerable scientific uncertainty.

1.3.2 一般的生物圏システム(General Biosphere System Description)

説明　　:A general description of the ecological context for the biosphere assessment.

コメント　:Landform and ecological change over the timescale addressed within a biosphere assessment are determined to a large extent by the influence of climate and climate change. Details of primary productivity etc will vary according to the specific climate conditions assumed and the influences of human activity. As with climate state definitions, however, the broad-brush descriptions of environmental systems should be based on an internally consistent scheme that does not exceed the limits of scientific understanding. Hence it is appropriate to consider a general description of the ecological context based on a relatively small number of relevant environment types drawn from present-day and historical experience. In common with other aspects of this FEP List, consideration is restricted here to the terrestrial environment.

1.3.2.1 環境(Environments)

説明　　:Identification and description of the features of the landscape to be considered in the biosphere assessment.

コメント　:In order to construct a model of the biosphere, these systems must be broken down into

descriptions of their important components, their composition and organization in the biosphere. This will be based on consideration of the site context, taking account of the available knowledge of process-dependent interactions between these components. Details of biosphere processes relevant to the identification of primary environmental features are addressed in the FEP List under processes.

1.3.2.1.1 自然および半自然(Natural and Semi-Natural)

説明 :Environments that are not significantly, or are only partially, influenced by human activities.

コメント :If a "natural" environment is a true wilderness area then the absence of people means that any evaluation of radiological impact for humans is largely meaningless. However, it is possible to identify areas to which humans have access but within which the natural biogeochemical cycles are largely unaltered. Such environments might include, for example, undeveloped marshland, natural forest, heather moorland and alpine meadows. In the context of biosphere assessment, the primary distinctions between these and other classes of environment are therefore: (i) human influences are small; and (ii) exposure pathways for humans will tend to be based on hunter-gatherer type activity. Radioecological data for natural ecosystems tend to be less readily available than for more intensively cultivated agricultural systems. It is necessary to consider the extent to which possible enhanced accumulation mechanisms for radionuclides in natural and semi-natural systems may outweigh the effective dilution associated with their sparse exploitation.

1.3.2.1.2 農業(Agricultural)

説明 :Terrestrial regions intensively exploited for food as pasture and arable land.

コメント :The intensity of land use will vary according to primary productivity and the introduction of cultivation methods and nutrients that alter the natural from contemporary agricultural practice in different climate conditions around the world; these will typically form the basis for assumptions regarding the definition of an agricultural environment appropriate to the site under consideration.

1.3.2.1.3 都市および産業(Urban and Industrial)

説明　:Environments exploited by humans in which habits, diet and exposure pathways are significantly different from the agricultural environment.

コメント　:The degree of industrialization in a society affects the extent to which humans will have an influence on the environment, rather than allowing natural processes to determine the dynamic evolution of the biosphere. There may be a limited measure of self-sufficiency in urban environments (gardens, etc), but a major element of such "ecosystems" is the extent to which foodstuffs and other materials are transported from distant regions. In addition, human activity in such environments may lead to major earth-moving and underground activities such as mines and quarries, deep drilling and water abstraction, dam-building etc.

1.3.2.2 物質交換基本システム(Principal Systems of Exchange)

説明　:Identification of the main environmental sub-systems and their organization in the landscape.

コメント　:In order to develop a conceptual model of the biosphere process system it is first necessary to identify ecosystem types relevant to the assessment endpoints of interest. These will typically consist of groups of components or different types of environmental media, whose organization within a defined topographical region will serve to provide a description of the landscape under consideration. The identification of these sub-systems should be internally consistent and correspond to the assumed hydrological regime, taking account of climate and human influence. Hence a natural/semi-natural landscape may consist of a variety of subsystem elements, such a forest, heather, alpine meadows, natural grassland, wetland, rivers etc. In the same way, an agricultural landscape might include, for example, pasture and arable land, fish ponds, hedges, orchards, planted forest, rivers, agricultural wells, etc. It may also be necessary to define the size and location of the principal systems of exchange.

1.3.2.3 環境構成要素(Environmental Components)

説明　:Descriptions of systems of exchange in terms of their environmental components.

コメント　:Having identified and described the biosphere domain in terms of its principal systems of exchange and the interface with the geosphere, the next level of detail in identifying the main features of the environment in relation to biosphere assessment modelling is a description of the system components. The extent to which ecosystems can be broken down into components depends on the available scientific knowledge, but also needs to be governed by the perceived sensitivity of the assessment endpoints of interest to the level of detail assumed. Details of biosphere processes relevant to the identification of environmental components are addressed in the FEP List under PROCESSES. Examples of environmental constituents that may be relevant to a detailed description of the biosphere process system include: components of the soil and sediment system (eg, litter layer, top soils and deep soils), waters flowing through a channel network, above and below canopy atmospheres, flora and fauna, etc. Each of these will include, in varying proportions, solid material of mineral origin, organic matter, water and gas. Particular environmental components will be of direct relevance to the biosphere assessment because of the way in which they are used by humans or otherwise contribute to evaluation of the assessment endpoints. These include: different types of food, whether plants (agricultural crops and/or wild sources), or animals and birds (domestic and/or hunted); materials used for building (aggregate, stone, wood etc), furniture or clothing; energy source

1.3.3 一般的人間社会(General Human Society Description)

説明　:A general description of the human societal context for the biosphere assessment.

コメント　:A self-consistent description of human society should be adopted in relation to climate, landscape, ecology, the degree of development, etc. An appropriate means for doing this is the identification of reference community structures in analogue environments. The principal features of human society in relation to biosphere assessment concern the assumptions made regarding human influence on the environment and human habits leading to exposure, that are considered under events and processes.

2 事象およびプロセス(Events and Processes)

説明　：Any phenomenon, natural or artificial, that influences or may influence the environment and the behaviour of the contaminants in the biosphere.

コメント　：A primary classification of processes is established in terms of natural or human origin. The distinction between events and processes is difficult. Generally events are regarded as short-term and processes as continuous.

2.1 自然の事象およびプロセス(Natural Events and Processes)

説明　：Natural phenomena that could be involved in the dynamics of the environmental system or in the contaminant's behaviour in the biosphere system.

コメント　：Scientific knowledge and the purpose of the assessment will establish the degree of detail for representing the real natural world in the assessment model.

2.1.1 環境変動(Environmental Evolution)

説明　：Natural processes causing a change in the biosphere properties in the short or long term, modifying the conditions under which the assessment is performed.

コメント　：These include biotic and abiotic changes of the environment and the effects or consequences of such changes. Climate changes are considered separately as a macro change that produces an alteration of the whole biosphere system under consideration.

2.1.1.1 環境ダイナミクス(Environmental Dynamics)

説明　：Temporal variation of systems of exchange within the biosphere, under constant climatological conditions.

コメント　：A potentially important feature of the biosphere description is that it may vary with time as a result of natural variations. For example, there will be seasonality in the hydrological cycle, affecting river levels and the need for irrigation, as well as seasonality in food chains. This demands that care is adopted in the selection of relevant biosphere parameters to represent particular transfer processes within the biosphere. In the longer term, there may be natural changes, such as those caused by river meander,

causing a redefinition of the components of the system (eg, from sediment to soil). A self-consistent description of the biosphere is therefore required, in which potential changes associated with environmental dynamics are addressed in a manner that takes account of the requirement for mass conservation.

2.1.1.1.1 季節変化(Seasonality)

説明　:Properties of some environmental media will vary between seasons.

コメント　:For the performance assessment of radioactive waste repositories these variations in properties are usually taken into account in an average annual parametric value. Effects of seasonality on food production, modification of the water table or surface water fluxes are some examples of the factors to be considered.

2.1.1.1.1.1 季節変化の食物連鎖に対する影響(Effects of Seasonality on Food Chain)

説明　:The effect of seasonal variation on food chain processes and parameters.

コメント　:~~*It is included in SEASONALITY Feature (PR002)*~~

2.1.1.1.2 化学変化(Chemical Changes)

説明　:Changes in the chemical properties of environmental media.

コメント　:This FEP includes a number of lower level FEPs. This excludes changes caused by human actions which are dealt with elsewhere.

2.1.1.1.2.1 アルカリ化(Alkalinization)

説明　:If the rate of evapotranspiration exceeds infiltration, the salt or alkali content in soil can increase leading to changes in flora and other environmental properties.

2.1.1.1.2.2 微生物による化学変化(Chemical Changes Caused by Micro-Organisms)

説明　:Chemical changes caused by micro-organisms.

2.1.1.1.2.3 植物による化学変化(Chemical Changes Caused by Plants)

説明　　:Chemical changes caused by plants, eg, the effects of root secretions, proliferation of algae in lakes etc.

2.1.1.1.3 物理的変化(Physical Changes)

説明　　:Physical changes in environmental media eg, changes in dimensions or physical properties.

コメント　:This FEP includes a number of lower level FEPs.

2.1.1.1.3.1 土壌の転換(Soil Conversion)

説明　　:Natural evolution of some environmental media could result in formation ~~or loss~~ of soil.

コメント　:Natural processes like ageing of lakes or changes of river courses may lead to lake or river sediments becoming land, a lowering of the water level can have the same effect.

2.1.1.1.3.2 浸食:風、水、洪水(Erosion:Wind, Water, Floods)

説明　　:Relatively continuous change in the landform due to the action of wind or water.

コメント　:Water erosion produced by rainfall, surface run-off, river water and occasional floods that remove surface soil material or plants.

2.1.1.2 気候変動による変化(Climate-Driven Changes)

説明　　:Climate change resulting in alteration of properties of environmental media.

コメント　:Changes in climate result in alterations to the biotic and abiotic composition of the environment, and modifications to the rates of processes operating.

2.1.2 放射性核種移行(輸送)(Radionuclide Transport)

説明　　:Natural processes that cause or modify radionuclide transport.

2.1.2.1 大気輸送プロセス(Atmospheric Transport Processes)

説明　　:Radionuclide transport processes that occur in the atmosphere.

2.1.2.1.1 気体輸送(Gas Transport)

説明　　:Transport of gases *and* volatile material ~~*and aerosols*~~ in the atmosphere.

コメント　:Gas transport produced by diffusion or convection processes.

2.1.2.1.2 エアロゾル輸送(Aerosol Transport)

説明　　:Transport of solids or liquids as aerosols.

コメント　:Processes like resuspension and deposition govern aerosol transport.

2.1.2.1.3 燃焼(Burning)

説明　　:The release of material into the atmosphere as a result of burning.

コメント　:Only fires caused by natural phenomena eg lightning, are considered here. Fires deliberately caused by human action are considered under 2.2.

2.1.2.2 地表水による輸送プロセス(Surface Water Aqueous Transport Processes)

説明　　:Transport of contaminated water or contaminated soil by aqueous transport processes between environmental surface media.

2.1.2.2.1 地表水のラン一オフによる輸送(Transport by Surface Run-Off)

説明　　:Transport of contaminated surface soil by run off.

コメント　:Part of rainfall water is transferred directly to surface waters without entry to the soil by overland flow. This includes the direct run off of precipitation and run off following delay eg, snow melt. The specific topography, infiltration capacity of the soil and the rain rate of the moment will determine the run-off process.

2.1.2.2.2 液相による輸送(Transport in Water Bodies)

説明　　:Movement in natural water bodies causing radionuclide transport.

コメント　：Includes processes such as advection/convection and dispersion and diffusion resulting in movement of the contaminated water in streams or lakes.

2.1.2.3 多孔質媒体液相輸送プロセス(Porous Media Aqueous Transport Processes)

説明　：Transport of contaminated water in porous media.

コメント　：Advective/convective radionuclide transport

2.1.2.3.1 透過(Percolation)

説明　：Movement of contaminated water through the soil layers into the water table.

コメント　：Water reaching the saturated zone through the unsaturated zone.

2.1.2.3.2 毛管上昇(Capillary Rise)

説明　：Upwards transfer of water through soil layers above the water table due to capillary forces caused by evapotranspiration.

2.1.2.3.3 地下水輸送(Groundwater Transport)

説明　：Transport of contaminated groundwater in saturated porous media.

コメント　：Processes such as advection/convection result in a movement of the contaminated water. Water discharge results in a contamination of surface saturated environmental media.

2.1.2.3.4 拡散／分散(Diffusion/Dispersion)

説明　：Diffusion and dispersion of contaminants in aqueous media.

コメント　：Need not involve water transport.

2.1.2.3.5 浸透(Infiltration)

説明　：The flow of contaminated water from the surface to soil layers.

コメント　：The infiltration is commonly modelled as a rate depending on several factors like: soil

properties, landform, rainfall rate.

2.1.2.3.6 二相流およびマトリクス拡散(Dual Flow Systems and Matrix Diffusion)

説明　　:Combined flow of different fluids and/or gases.

コメント　　:Important when gas and water fluxes in porous media do influence each other.

2.1.2.3.6.1 浮遊堆積物の輸送(Transport of Suspended Sediments)

説明　　:Transport of suspended sediments with flowing water.

2.1.2.3.6.2 コロイドの輸送(Transport of Colloids)

説明　　:Transport of colloids in flowing water.

2.1.2.4 地表水ー多孔質媒体間の輸送プロセス

(Transport Processes Between Surface Waters and Porous Media)

説明　　:Natural processes leading to transport of contaminated water to the porous media or vice versa.

2.1.2.5 固相輸送(Solid Phase Transport)

説明　　:Transport of contaminated solid materials between environmental media.

2.1.2.5.1 再浮遊／沈着(Resuspension/Deposition)

説明　　:The resuspension of material into the atmosphere and subsequent deposition.

コメント　　:The deposition of resuspended material as a result of DRY DEPOSITION.

2.1.2.5.2 地滑り(Land Slides)

説明　　:Transport of solid material by land slides.

2.1.2.5.3 落石(Rock Falls)

説明　　:Transport of solid material by rock falls.

2.1.2.5.4 水による固相輸送(Solid Phase Transport by Water)

説明　　:The transport of solid material within flows of water.

コメント　:This FEP includes a number of lower level FEPs.

2.1.2.5.4.1 堆積物の再浮遊(Sediment Resuspension)

説明　　:Resuspension of sediments due to flowing water.

2.1.2.5.4.2 沈殿(Sedimentation)

説明　　:The gravitational settling and deposition of suspended particles within water bodies to form sediments.

2.1.2.5.4.3 雨滴のはね(Rain Splash)

説明　　:The transport of contaminated substances from soils to plants because of rain splash.

コメント　:This is one of the possible sources of plant contamination.

2.1.2.5.4.4 ウォッシュアウト(Washout)

説明　　:The removal of gaseous or particulate material from the atmosphere by precipitation

コメント　:See Wet Deposition.

2.1.2.5.4.5 湿着(Wet Deposition)

説明　　:Deposition of material on a surface as a result of washout.

コメント　:See Washout.

2.1.2.7 動植物を媒介とした輸送(Transport Mediated by Flora and Fauna)

説明　　:Transport of contaminated materials or water caused by flora and/or fauna activity.

2.1.2.7.1 吸収および脱着(~~*Root*~~ *Plant* Uptake *and Loss*)

説明　:Uptake *and loss* of radionuclides by absorption*/desorption* and biological processes ~~*of*~~ *via* plant roots *and leaves. or other plant parts.* ~~*from soil solution and soil particles.*~~

2.1.2.7.2 生物擾乱(Bioturbation)

説明　:The redistribution and mixing of soil or sediments by the activities of plants and burrowing animals.

2.1.2.7.3 動物による摂取および排泄(Intake *and Emission* by Animals)

説明　:Consumption, ~~*and*~~ inhalation*, excretion, exhalation and flatulance* by animals.

コメント　:It is a group of FEPs

2.1.3 放射性核種濃度に影響するプロセス (Processes Affecting Radionuclide Concentrations)

説明　: Natural processes that modify concentrations or produce a redistribution of radionuclides in the media.

2.1.3.1 化学反応(Chemical Reactions)

説明　:Chemical reactions.

コメント　:It is a group of FEPs

2.1.3.1.1 溶解／沈殿(Dissolution/Precipitation)

説明　:Processes by which material in the solid phase is incorporated into the liquid phase and vice versa.

コメント　:These processes are affected by parameters such as Eh, pH, solubility limits and the presence of other chemical species.

2.1.3.1.2 吸着／脱着(Adsorption/Desorption)

説明　　:Sorption or adhesion onto the solid surface of a layer of ions from an aqueous solution and the reverse process.

コメント　:Parameters like chemical form, Eh, pH and the presence of other chemical species influence the retardation processes, including ion exchange and complexation processes.

2.1.3.2 物理的プロセス(Physical Processes)

説明　　:Physical changes in environmental media, eg, in the dimensions or physical properties.

コメント　:It represents a group of FEPs

2.1.3.2.1 放水(Water Discharge)

説明　　:Movement of water between streams, aquifers or surface water bodies.

コメント　:This results in dilution of radionuclide concentrations.

2.1.3.2.2 帯水層の涵養(*Aquifer ~~Water~~* Recharge)

説明　　:The addition of water to the aquifer either directly from surface waters or via another formation.

2.1.3.2.3 降雨(Rainfall)

説明　　:Precipitation as rain from the atmosphere to the surface.

2.1.3.2.4 蒸発(Evaporation)

説明　　:Emission of water vapour from a free surface at a temperature below the boiling point.

2.1.3.2.5 蒸散(Evapotranspiration)

説明　　:Transfer of water from the soil to the atmosphere by evaporation from the soil and transpiration in plants.

2.1.3.2.6 降雪(Snowfall)

説明　　:Snowfall

2.1.3.2.7 風化(Weathering)

説明　　:The loss of contamination from crops. ~~and soils.~~

コメント　:Weathering is usually modelled through a contamination loss rate and is caused by different processes, eg, wind, rain, volatilization, etc.

2.1.4 放射性核種の代謝(Radionuclide Metabolism)

説明　　:The processes occurring within an organism by which radionuclides are transported and accumulated through different organs or transported and liberated from the organism.

コメント　:The internal processes in the organism will depend upon the organism and the radionuclide compounds considered.

2.1.4.1 作物および野生／半野生植物(Crops and Natural/Seminatural Flora)

説明　　:Crops and other vegetation present in the environment.

2.1.4.1.1 転流(Translocation)

説明　　:The internal movement of material from one part of a plant to another.

コメント　:This process is dependent upon the nature of the plant and the chemical properties and form of the material.

2.1.4.2 家畜および野生／半野生動物(Livestock and Natural/Seminatural Fauna)

2.1.4.2.1 動物体内移行(Internal Transfer within Animals)

説明　　:The transfer of material from animal feed to tissues which may be consumed by other biota and humans.

2.2 人間活動に係る事象およびプロセス(Events and Processes Related to Human Activity)

説明　:Human activities that could result in: an alteration of the environmental media properties with effects in the natural transport processes; and radionuclide transport or intake processes.

コメント　:Human impact on the environment is an important feature of the overall environmental system description. This may vary from major industrial development of an area to basic changes to natural physical and biogeochemical cycles brought about by human activity. It is relevant to note that most radioecological data, which form the basis for parameter selection in biosphere assessments, are based on systems influenced by human activity.

2.2.1 人間活動による化学的変化(Chemical Changes by Human Action)

説明　:Human activities causing chemical changes.

2.2.1.1 化学的汚染(Chemical Pollution)

説明　:Human activities causing chemical changes such as chemical pollution.

コメント　:A consequence of human activity. Could be treated as a Feature. It depends on the level of the development of the society. Level of development can be , for example, high, medium or low.

2.2.1.1.1 酸性雨(Acid Rain)

説明　:Acid precipitation or acid deposition will produce acidification complex processes in soil or water bodies.

コメント　:Emissions of sulphur dioxide and nitrogen oxides from man-made sources are the precursors of the effect.

2.2.2 人間活動による物理的変化(Physical Changes by Human Action)

説明　:Human actions causing physical changes. eg, recycling, dredging, changes in land use, dam building, excavations.

2.2.2.1 水に対する人間影響(Human Effects on Water Potentials)

説明　　:Human activities with effect on water.

コメント　:It is a consequence of human activity

2.2.2.2 ダム建設(Dam Building)

説明　　:Construction of structures to retain surface waters.

コメント　:Dam construction may cause significant movements of solid material, and modify the structure of the system being modelled.

2.2.2.3 開墾／干拓(Land Reclamation)

説明　　:Land reclamation eg, from rivers, lakes or sea.

2.2.3 人間活動による再利用と混合 (Recycling of Materials and Mixing by Human Action)

説明　　:A variety of activities consistent with the assumed *present day food production.* ~~*subsistence agriculture.*~~

2.2.3.1 耕作(Ploughing)

説明　　:Ploughing is an agricultural practice, which turns over the soil.

2.2.3.2 固体物質の再利用(Recycling of Solid Materials)

説明　　:Recycling of solid materials.

2.2.3.3 施肥(Soil Fertilization)

説明　　:Fertilization with contaminated crop residues, ashes, green manure or cattle manure could add activity to the soil.

2.2.4 人間活動による放射性核種輸送 (Radionuclide Transport Mediated by Human Action)

説明　　:Human actions can result in direct transport of contaminated water or materials from one environmental medium to another.

2.2.4.1 揚水(Water Extraction)

説明　　:Extraction of water from surface water or wells used for ~~*drinking*~~ *use* by humans and/or animals. In some cases processes of removal of contaminants by water treatment could be considered.

2.2.4.1.1 井戸水利用(Well Supply)

説明　　:Extraction of water from an aquifer *for human and /or animal use.*

2.2.4.1.2 灌漑(Irrigation)

説明　　:The use of contaminated water from surface water bodies or a well to irrigate crops.

2.2.4.2 人間による涵養(Water Recharge by Humans)

説明　　:Recharge of non contaminated water to the water bodies of the system. This would dilute contaminants.

2.2.4.3 湖沼の人為的混合(Artificial Mixing of Lakes)

説明　　:Artificial mixing of lakes.

2.2.4.4 固体物質輸送(Solid Material Transport)

説明　　:The transport of solid material between environmental media and environments.

コメント　　:It is a group of FEPs

2.2.4.4.1 堆積物の浚渫(Dredging of Sediments for Soil)

説明　　:Human actions may cause significant movements of solid materials: dredging of sediments from lakes, rivers and placement on soil.

2.2.4.4.2 土木工事(Earth Works)

説明　:Human actions may cause significant movement of solid materials. These actions are exclusively building activities.

2.3 人間の被ばくに係る事象およびプロセス（Events and Processes Related to Human Exposure)

説明　:Human habits or activities related to contaminated materials or substances leading to an external or internal exposure.

コメント　:For calculation of radiation doses the critical group definition should be coherent with these events and processes.

2.3.1 生活習慣(Human Habits)

説明　:A general description of the influences of human society on radiological exposure.

コメント　:A key feature of the assumptions associated with behaviour of the local community in a contaminated environment is the description of those habits and activities that may lead to radiation exposure. In practice, the definition of behaviour leading to exposure is the main component of definition of the critical group. The assumed habits of the critical group should be consistent with wider assumptions adopted concerning the inter-relationships in the local community and other aspects of the assumed societal context. More details of the biosphere processes associated with human exposure are addressed in the FEP List under PROCESSES.

2.3.1.1 資源利用(Resource Usage)

説明　:~~*Human habits*~~ *Use of contaminated resources* in ~~*the*~~ natural and agricultural *environments* ~~*contaminated resources usage*~~ could ~~*lead in a source for*~~ *result in* human exposure.

コメント　:Natural/seminatural and agricultural resources as well as water resources are related to the environment system description.

2.3.1.2 生産物貯蔵(Storage of Products)

説明　　: Storage of products resulting in decay of radioactivity.

コメント　: Some agricultural products are usually stored for a certain periods of time depending on specific human habits and purposes.

2.3.1.3 空気、水および調理(Air, Water and Food Processing)

説明　　: Processing causing decontamination or concentration of contamination.

2.3.1.3.1 水の濾過(Water Filtration)

説明　　: Filtration of water for drinking purposes, or for other purposes.

2.3.1.3.2 空気の濾過(Air Filtration)

説明　　: Filtration of air by natural or artificial mechanisms.

2.3.1.3.3 調理(Food Processing)

説明　　: Preparation of food which may modify contaminant concentrations in the final material consumed.

2.3.1.3.4 換気(Ventilation)

説明　　: Active ventilation of houses or rooms within houses.

コメント　: Taken to mean ventilation beyond simple effects of doors and windows.

2.3.1.4 居住／遮蔽要因(Location/Shielding Factors)

説明　　: Shielding and other reduction factors for calculation of external radiation doses.

2.3.1.5 食餌(Diet)

説明　　: Consumption rates of different products.

コメント　：Specific habits of the population resulting in a site specific diet.

2.3.2 外部照射プロセス(External Irradiation Processes)

説明　：Potential exposures to contaminated sources resulting in an external irradiation of the human critical group considered in the assessment.

コメント　：Taking into account underground repositories, soils, sediments or water could result in more important sources of external exposure than other sources such as atmosphere, fauna and flora or other contaminated materials.

2.3.3 内部被ばくプロセス(Internal Exposure Processes)

説明　：Potential intake of contamination resulting in internal irradiation.

2.3.3.1 摂取(Intake)

説明　：Incorporation of radionuclides into the body.

コメント　：Applies both to animals intended for human consumption as well as to humans. This FEP includes a number of lower level FEPs.

2.3.3.1.1 吸入(Inhalation)

説明　：Incorporation of radioactivity into the body due to breathing air, including aerosols of resuspended dust and gases.

2.3.3.1.2 経口摂取(Ingestion)

説明　：Incorporation of radioactivity in water or contaminated substances via ingestion.

コメント　：Diet and specific consumption habits will determine the ingestion rates of liquids and food for the critical group.

2.3.3.1.3 皮膚からの吸収(Dermal Absorption)

説明　：Absorption of contaminated substances through the skin.

② 本ケースに適用する河川環境に係る FEP の説明

F/F 1 基本システム:自然および半自然(Basic System Description:Natural and Semi-Natural)

説明 :A general description of the ecological context for the fluvial assessment. The fluvial environments are not significantly, or only partially, influenced by human activities.

コメント :See FEP 1.3.2 and 1.3.2.1.1 in FEP List

F/F 1.1 河川(Fluvial)

説明 :Environments associated with rivers.

コメント :Humans can exploit the fluvial environments as sources of water and food.

F/EP 2 事象およびプロセス:自然(Fluvial Events and Processes:Natural)

F/EP 2.1 沈殿(Sedimentation)

説明 :The gravitational settling and deposition of suspended particles within river waters to form sediments, includes biotic and abiotic materials.

コメント :One of the main processes affecting radionuclide transport in river waters.

F/EP 2.2 再浮遊(Resuspension)

説明 :Resuspension of sediment particles due to river water movements and bioturbation, and/or resuspension of dried out sediment to atmosphere.

コメント :An important process affecting radionuclide re-mobilisation from river sediments.

F/EP 2.3 蒸発(Evaporation)

説明 :The emission of water vapour from free surfaces of river waters and exposed sediments at a temperature below the boiling point.

F/EP 2.4 揮発(Volatilisation)

説明　　:Transport of volatile material into the atmosphere from river waters.

コメント　　:This process can affect radionuclide mobility, transport and accumulation.

F/EP 2.5 エアロゾル輸送(Aerosol Formation and Transport)

説明　　:A colloidal system in which the dispersion medium is a gas or liquid.

コメント　　:Affects transport of contaminants in solid or liquid form due to resuspension/deposition processes which can be caused by wave or wind action.

F/EP 2.6 浸食(Erosion)

説明　　:Changes to river environment landforms or exposed sediments.

F/EP 2.6.1 垂直浸食(Vertical Erosion)

説明　　:Incision of river bottom caused by moving river water currents acting upon the river bed or sediments and resulting in solids being dislodged and moved to another location.

F/EP 2.6.2 水平浸食(Lateral Erosion)

説明　　:Changes to land bordering sides of river produced by rainfall, surface run-off, river water or occasional floods that removes surface soil, plants or rock material. Includes river braiding which results from a combination of lateral erosion and sedimentation processes.

F/EP 2.7 生物擾乱(Bioturbation)

説明　　:Changes to sediments through re-distribution and mixing of sediment particles by the action of freshwater plants or animals.

F/EP 2.8 水流(Water Flows)

説明　　:The movement of river waters.

F/EP 2.8.1 地下水放出(Ground water Discharge)

説明 :The release of groundwaters into river waters and sediments.

F/EP 2.8.2 地表水のラン一オフ(Surface Run-off)

説明 :The transferral of water directly into river waters without percolation/infiltration into terrestrial soils.

コメント :Includes run-off of precipitation as rain or from snowmelt.

F/EP 2.8.3 河川流(River Flow)

説明 :Movement of freshwater rivers. The movement may be into other freshwater bodies or into marine/estuarine waters.

F/EP 2.9 温度変化(Temperature Changes)

説明 :Changes in solar radiation (eg diurnal changes).

コメント :Temperature changes can affect behaviour of biota inhabiting riverbanks and living in the water column.

F/EP 2.10 涵養(Recharge)

説明 :The addition of water to the aquifer and/or surface freshwaters; such recharge could affect also discharges to the marine/estuarine environments.

F/EP 2.11 ベッドロード輸送プロセス(Bed-load Transport Processes)

説明 :Processes acting on the river bed modifying contaminant distribution.

コメント :These processes could affect contaminant (eg adsorbed to river bed material) re-distribution (eg by wave action and water currents).

F/EP 2.12 洪水(Flooding)

説明　　: Water flows which cause rivers to breach their normal confines and result in water and sediments to be deposited on land adjacent to rivers.

F/EP 2.13 動植物を媒介とした輸送(Transport Mediated by Freshwater Flora and Fauna)

説明　　: Transport of contaminated materials or water caused by freshwater biota.

F/EP 2.13.1 植物による輸送(Transport Mediated by Freshwater by Flora)

説明　　: Transport of contaminated materials by freshwater plants.

コメント　: Contaminants may be transported due to surface contamination of plant material which is freely moving in moving waters.

F/EP 2.13.2 動物による輸送(Transport Mediated by Freshwater Fauna)

説明　　: Transport of contaminated materials by freshwater animals.

コメント　: Contaminants may be transported due to surface contamination of animals moving within the river waters.

F/EP 2.14 植物による吸収／代謝(Freshwater Plant Uptake/Metabolism)

説明　　: The uptake and metabolism of radionuclide activity by plants which can affect contaminant transport and bioavailability.

F/EP 2.15 動物による吸収／代謝(Freshwater Animal Uptake/Metabolism)

説明　　: The uptake and metabolism of radionuclide activity by animals which can affect contaminant transport and bioavailability.

F/EP 2.16 河川水準変動(River-Level Changes)

説明　　: Changes in the level of the river due to long-term or short-term (for example seasonal) processes.

F/EP 2.16.1 長期間の変動(Long-term Changes)

説明 :Changes in river-level caused by long-term changes in climate.

F/EP 2.16.2 短期間の変動(Short-term Changes)

説明 :Changes in river levels, and flows, due to seasonal climate changes.

F/EP 2.17 拡散／分散(Diffusion/Dispersion)

説明 :Diffusion and dispersion of contaminant in aqueous media.

コメント :Need not involve water transport.

F/EP 2.18 吸着／脱着(Adsorption/Desorption)

説明 :Chemical processes which lead to the sorption or adhesion onto solid surfaces (eg sediments) of a layer of ions from an aqueous solution and the reverse process.

コメント :Various parameters such as chemical form, Eh, pH, or other chemical species which are present may affect adsorption/desorption, including ion exchange and complexation processes.

F/EP 2.19 溶解／沈殿(Dissolution/Precipitation)

説明 :Chemical processes which result in material in the solid phase being incorporated into the liquid phase and vice versa.

コメント :These processes are affected by parameters such as Eh, pH, solubility limits and the presence of other chemical species.

F/EP 2.20 湖沼形成(Lake Formation)

説明 :The formation of lakes due to various natural and artificial processes.

F/EP 2.20.1 天然湖沼(Natural)

説明　　:The formation of lakes due to natural processes (eg river meandering to form ox-bow lakes, glacial movement and erosion of bedrock).

F/EP 2.20.2 人造湖沼(Artificial)

説明　　:The formation of lakes due to human actions (eg daming a river, mechanical excavation).

コメント　:See also 2.2.2.2 and F/HA 3.4; F/HA 3.5.

F/HA 3 移行に影響する人間活動(Human Activities Affecting Migration)

説明　　:Events and processes related to human actions (as opposed to natural actions) which influence radionuclide contaminant behaviour, transport and availability in various fluvial media.

F/HA 3.1 浚渫(Dredging Sediments)

説明　　:Removal of river sediments.

コメント　:Movement of solid materials causes re-distribution of contaminants. Materials may be removed and deposited on land adjacent to river or may be removed to a more distant location.

F/HA 3.2 揚水／利用(River Water Extraction and Use)

説明　　:Extraction of river water used by humans and/or animals.

F/HA 3.2.1 飲用／家庭用水(Drinking Water and Domestic Use)

説明　　:Extraction (or direct use) of water from river and subsequent use by humans as drinking water supply and/or other domestic uses (eg bathing/showering, washing). In some cases processes of removal of contaminants by water treatment (chemical or physical) could be considered.

F/HA 3.2.2 灌漑用水(Irrigation)

説明　　:The use of contaminated river water to irrigate crops.

コメント　　:See also F/HA 3.4.3.

F/HA 3.2.3 家畜用水(Use for Animals)

説明　　:Extraction of water from river to provide drinking water for domestic or farm animals.

コメント　　:Direct use of river water by animals can be considered.

F/HA 3.2.4 その他の利用(Other Uses)

説明　　:Use directly or of stored/empounded river water for other purposes (for eg industrial processes, generation of electricity, sewage treatment).

F/HA 3.3 水処理(Water Treatment)

説明　　:Treatment of river water in order to provide drinking water (animals or human) or water for irrigation of plants/crops.

F/HA 3.3.1 化学処理(Chemical Treatment)

説明　　:The use of chemicals or chemical processes to change the chemical or microbial composition of river water in order to make it suitable for human or animal consumption or for irrigation of crops.

F/HA 3.3.2 物理処理(Physical Treatment)

説明　　:The use of physical processes (eg filtration) to provide river water fit for use by humans or in agriculture.

F/HA 3.4 河川環境の物理的変化(River Environment Changes:Physical Changes)

説明　　:Human actions which cause changes to the environment in the vicinity of rivers.

F/HA 3.4.1 干拓／埋立(Land Reclamation/Extension)

説明　　:Pumping of river water or movement of solid materials to increase land surface area.

F/HA 3.4.2 護岸工事(River Defences:Barrages, Engineered Barriers)

説明　　:Changes to river environment topography by erection of barriers or removal of materials to protect the river bank from floods or other water movements.

F/HA 3.4.3 灌漑用水路／ダム建設(Making Irrigation Channels/Dam Building)

説明　　:Construction of structures to direct and retain surface waters.

コメント　:Dam construction may cause significant movements of solid material, and modify the structure of the system being modelled.

F/HA 3.5 貯水(Impoundment of Water)

説明　　:Erection of barriers or dams to retain river water for human use.

F/HA 3.5.1 漁業／養殖(Fishing/Fish Farming)

説明　　:Use of river water empoundment to catch or raise fish.

F/HA 3.5.2 水浴／船遊び(Bathing and Boating)

説明　　:Use of river water empoundment for bathing or boating facilities.

コメント　:See also F/HE 4.1.

F/HA 3.5.3 灌漑用水(Irrigation)

説明　　:Use of river water empoundment in order to provide a source of water for irrigating crops.

F/HA 3.5.4 飲用／家庭用水(Drinking Water and Domestic Use)

説明　　:Use of river water empoundment by humans as drinking water and/or for other domestic purposes (eg bathing/showering, washing).

F/HA 3.5.5 家畜用水(Use for Animals)

説明　:Use of river water empoundment for provision of drinking water for domestic or farm animals

F/HA 3.5.6 その他の利用(Other Uses)

説明　:Use of river water empoundment for other purposes (eg industrial processes).

F/HA 3.6 汚染(Pollution)

説明　:Human activities causing chemical changes to fluvial media.

F/HE 4 人間の被ばくモード(Human Exposure Modes)

説明　:Human habits or activities leading to external or internal exposure from fluvial media/materials.

F/HE 4.1 生活習慣(Human Habits)

説明　:Habits which affect exposure due to occupations and occupancy times in fluvial locations. Such habits include occupancy in river environments, bathing, boating, fishing, walking on exposed sediments.

F/HE 4.1.1 資源利用(Resource Usage)

説明　:Habits in the river environments which lead to exposure through use of fluvial materials (eg fishing, freshwater plant gathering, collection of solid materials such as sediment, sand, gravel).

F/HE 4.2 食餌(Human Diet)

説明　:Ingestion of river plants or animals.

F/HE 4.3 外部照射(External Irradiation)

説明 :Potential exposure to contaminated fluvial sources resulting in an external irradiation of hypothetical exposure groups members.

F/HE 4.3.1 水域(Water)

説明 :Exposures from river water due to bathing or water splash.

F/HE 4.3.2 堆積物(Sediments)

説明 :Exposures from river sediments due to any human or natural activity.

F/HE 4.4 内部被ばく(Internal Exposure)

説明 :Incorporation of radionuclides from contaminated fluvial sources into human body.

F/HE 4.4.1 エアロゾル／堆積物の吸入(Inhalation of Aerosols/Sediments)

説明 :Incorporation of radionuclides into the body by breathing river aerosols, sediments or volatilised gases.

F/HE 4.4.2 経口摂取(Ingestion of Water/Foodstuffs/Sediments)

説明 :Incorporation of radioactivity in water, contaminated foodstuffs and/or sediment via ingestion.

F/HE 4.4.3 皮膚からの吸収(Dermal Absorption)

説明 :Absorption of contaminated fluvial substances through the skin.

③ 本ケースに適用する河口／海洋環境に係る FEP の説明

M/F 1 基本システム：自然および半自然（Basic System Description:Natural and Semi-Natural）

説明　：A general description of the ecological context for the marine/estuarine assessment. The marine environments are not significantly, or only partially, influenced by human activities.

コメント　：See FEP 1.3.2 and 1.3.2.1.1

M/F 1.1 海洋（Marine）

説明　：Environments associated with the seas and oceans.

コメント　：Humans can exploit the marine environments as sources of food but humans have little influence on the environment other than at littoral zone or through pollution.

M/F 1.2 河口（Estuarine）

説明　：Environments associated with the mixing of freshwater and marine aquatic systems through outflows of rivers into the sea.

コメント　：Man can exploit estuarine environments as sources of food but humans do not have major influences on the natural processes which create the freshwater/marine aquatic mixing.

M/EP 2 事象およびプロセス：自然（Marine/Estuarine Events and Processes:Natural）

M/EP 2.1 塩分濃度変化（Salinity Changes）

説明　：Changes to the salt content of the water arising through fresh-water input changes.

コメント　：Changes to the salt content of marine or estuarine waters through natural influences can cause changes in the ecosystem flora and fauna and the behaviour of contaminants in the ecosystem.

M/EP 2.2 堆積（Sedimentation）

説明　:The gravitational settling and deposition of suspended particles within marine or estuarine waters to form sediments, includes biotic and abiotic materials.

コメント　:One of the main processes affecting radionuclide transport in marine/estuarine waters.

M/EP 2.3 再浮遊(Resuspension)

説明　:Resuspension of sediment particles due to marine/estuarine water movements and bioturbation, and/or resuspension of dried out sediment to atmosphere.

コメント　:An important process affecting radionuclide re-mobilisation from marine/estuarine sediments.

M/EP 2.4 蒸発(Evaporation)

説明　:The emission of water vapour from free surfaces of marine/ estuarine waters at a temperature

M/EP 2.5 揮発(Volatilisation)

説明　:Transport of volatile material into the atmosphere from the marine/estuarine waters.

コメント　:This process can affect radionuclide mobility, transport and accumulation.

M/EP 2.6 エアロゾル輸送(Aerosol Transport)

説明　:A colloidal system in which the dispersion medium is a gas or liquid.

コメント　:Affects transport of contaminants in solid or liquid form due to resuspension/deposition processes.

M/EP 2.6.1 波によるエアロゾル輸送(Aerosol Transport due to Waves)

説明　:The formation and transport of solid or liquid contaminants as aerosols carried by wave action.

M/EP 2.6.2 風によるエアロゾル輸送(Aerosol Transport due to Wind)

説明　　:The movement of solid or liquid contaminants as aerosols carried by atmospheric wind.

M/EP 2.7 侵食(Erosion)

説明　　:Changes to coastal landforms or exposed sediments.

M/EP 2.7.1 波による浸食(Erosion by Wave Action)

説明　　:Changes caused by moving marine/estuarine water in the form of waves acting upon landforms or sediments and resulting in solids being dislodged and moved to another location.

M/EP 2.7.2 地滑り又は落石による侵食(Erosion by Landslides or Rock Falls)

説明　　:Changes to landforms produced by rainfall, surface run-off, river water or occasional floods that removes surface soil, plants or rock material.

M/EP 2.8 生物擾乱(Bioturbation)

説明　　:Changes to sediments through re-distribution and mixing of sediment particles by the action of marine/estuarine plants or animals.

M/EP 2.9 水流(Water Flows)

説明　　:The movement of terrestrial and marine/estuarine waters.

M/EP 2.9.1 地下水放出(Groundwater Discharge)

説明　　: The release of groundwaters directly into marine waters.

M/EP 2.9.2 地表水のラン一オフ(Surface Run-off)

説明　　:The transferral of water directly into marine/estuarine waters without percolation /infiltration into terrestrial soils.

コメント　:Includes run-off of precipitation as rain or from snowmelt.

M/EP 2.9.3 潮流(Tidal Currents)

説明 :Movement of marine water by the gravitational pull of the moon causing ebb and flow of water in coastal locations.

M/EP 2.9.4 海流(Marine Currents)

説明 :Movement of deep marine waters.

M/EP 2.9.5 河川流(River Flow)

説明 :Movement of freshwater rivers into marine/estuarine locations.

M/EP 2.9.6 シースプレイ(Sea Spray)

説明 :Movement of marine water onto land or into atmosphere by wave action causing small water droplet formation.

M/EP 2.10 温度変化(Temperature Changes)

説明 :Changes in solar radiation (eg diurnal changes).

コメント :Temperature changes can affect behaviour of biota on seashores and in the water column.

M/EP 2.11 涵養(Recharge)

説明 :The addition of water to the aquifer and/or surface freshwaters which as a consequence could affect discharges to the marine/estuarine environments.

M/EP 2.12 ベッドロード輸送プロセス(Bed-load Transport Processes)

説明 :Processes acting on the sea-bed/bed of estuary modifying contaminant distribution.

コメント :These processes could affect contaminant (eg adsorbed to sea-bed material) re-distribution (eg by wave action and water currents).

M/EP 2.13 洪水(Flooding)

説明 : Abnormal water flows which cause rivers to breach their normal confines and result in water and sediments to be deposited on land or into marine/estuarine environments.

M/EP 2.14 大波(Sea Surges)

説明 : Abnormal water flows which cause seas to exceed their normal confines.

M/EP 2.14.1 暴風(Storms)

説明 : Abnormal meteorological conditions which, through wave and wind action, cause marine or estuarine waters to exceed normal activity.

コメント : Storms can cause transport and re-distribution of contaminants.

M/EP 2.14.2 津波(Tsunami)

説明 : Very quickly travelling sea waves that attain great height.

コメント : A potential cause for erosion and flooding that as a consequence affects contaminant concentrations, transport and re-distribution.

M/EP 2.15 動植物を媒介とした輸送(Transport Mediated by Flora and Fauna)

説明 : Transport of contaminated materials or water caused by marine/estuarine biota.

M/EP 2.15.1 植物による輸送(Transport Mediated by Flora)

説明 : Transport of contaminated materials by marine/estuarine plants.

コメント : Contaminants may be transported due to surface contamination of plant material which is freely moving in moving waters.

M/EP 2.15.2 動物による輸送(Transport Mediated by Fauna)

説明 : Transport of contaminated materials by marine/estuarine animals.

コメント　：Contaminants may be transported due to surface contamination of animals moving within the marine/estuarine waters.

M/EP 2.16 植物による吸収／代謝(Plant Uptake/Metabolism)

説明　：The uptake and metabolism of radionuclide activity by plants which can affect contaminant transport and bioavailability.

M/EP 2.16.1 海洋に棲息する植物(Marine)

説明　：Uptake and metabolism of radionuclide activity by marine plants.

M/EP 2.16.2 河口に棲息する植物(Estuarine)

説明　：Uptake and metabolism of radionuclide activity by estuarine plants.

M/EP 2.17 動物による摂取／代謝(Animal Uptake/Metabolism)

説明　：The uptake and metabolism of radionuclide activity by animals which can affect contaminant transport and bioavailability.

M/EP 2.17.1 海洋に棲息する動物(Marine)

説明　：Uptake and metabolism of radionuclide activity by marine animals.

M/EP 2.17.2 河口に棲息する動物(Estuarine)

説明　：Uptake and metabolism of radionuclide activity by estuarine animals.

M/EP 2.18 海水準変動(Sea-Level Changes)

説明　：Relatively long-term alterations in the level of the sea.

コメント　：Not short-term changes (eg due to tidal, flood actions)

M/EP 2.18.1 隆起／沈降(Isostatic Changes)

説明　　:Changes in sea-level caused by subsidence or elevation of land.

M/EP 2.18.2 海水量の変動(Eustatic Changes)

説明　　:Changes in shore-line sea-levels due to a rise or fall in water amounts (as opposed to changes in land levels).

M/EP 2.19 拡散／分散(Diffusion/Dispersion)

説明　　:Diffusion and dispersion of contaminant in aqueous media.

コメント　:Need not involve water transport.

M/HA 3 移行に影響する人間活動(Human Activities Affecting Migration)

説明　　:Events and processes related to human actions (as opposed to natural actions) which influence radionuclide contaminant behaviour, transport and availability in various marine/estuarine media.

M/HA 3.1 浚渫(Dredging Sediments)

説明　　:Removal of marine or estuarine sediments.

コメント　:Movement of solid materials causes re-distribution of contaminants. Materials may be removed to terrestrial or other marine/estuarine locations.

M/HA 3.2 脱塩(De-salination of Water)

説明　　:Removal of salt content of sea water in order to provide drinking water (animals or human) or water for irrigation of plants/crops.

M/HA 3.3 沿岸部の物理的変化(Coastal Changes (Physical Changes))

説明　　:Human actions which cause changes to coastal landforms.

M/HA 3.3.1 干拓／埋立(Land Reclamation/Extension)

説明　　:Pumping of water or movement of solid materials to increase land surface area.

M/HA 3.3.2 護岸工事(Coastal Defences)

説明　　:Changes to coastal topography by erection of barriers or removal of materials to protect the shore-line from wave action.

M/HA 3.4 貯水(Impoundment of Water)

説明　　:Erection of barriers or dams to retain marine/estuarine water for human use.

M/HA 3.4.1 漁業／養殖(Fishing/Fish Farming)

説明　　:Use of marine/estuarine water empoundment to catch or raise fish.

M/HA 3.4.2 水浴(Bathing)

説明　　:Use of marine/estuarine water empoundment to create bathing facilities.

M/HA 3.4.3 製塩(Salt Production)

説明　　:Use of marine/estuarine water empoundment in order to encourage evaporation of water to leave salts for use in culinary purposes/food preservation.

M/HA 3.5 汚染(Pollution)

説明　　:Human activities causing chemical changes to marine/estuarine media.

M/HE 4 人間の被ばく(Human Exposure)

説明　　: Human habits or activities leading to external or internal exposure from marine/estuarine media/materials.

M/HE 4.1 生活習慣(Human Habits)

説明　　: Habits which affect exposure due to occupations and occupancy times in marine/estuarine locations.

M/HE 4.1.2 資源利用(Resource Usage)

説明　　:Habits in the marine/estuarine environments which lead to exposure through use of marine/estuarine materials (eg fishing, seaweed gathering, collection of solid materials such as larva, sand, gravel).

M/HE 4.2 食餌(Human Diet)

説明　　:Ingestion of marine/estuarine plants or animals.

M/HE 4.3 外部照射(External Irradiation)

説明　　:Potential exposure to contaminated marine/estuarine sources resulting in an external irradiation of hypothetical exposure groups members.

M/HE 4.3.1 水域(Water)

説明　　:Exposures from marine/estuarine water due to bathing or water splash or sea spray.

M/HE 4.3.2 堆積物(Sediments)

説明　　:Exposures from marine/estuarine sediments due to any human or natural activity.

M/HE 4.4 内部被ばく(Internal Exposure)

説明　　:Incorporation of radionuclides from contaminated marine/estuarine sources into human body.

M/HE 4.4.1 エアロゾル／堆積物の吸入(Inhalation of Aerosols/Sediments)

説明　　:Incorporation of radionuclides into the body by breathing marine/estuarine aerosols, sediments or volatilised gases.

M/HE 4.4.2 経口摂取(Ingestion of Water/Foodstuffs/Sediments)

説明　　:Incorporation of radioactivity in water, contaminated foodstuffs and/or sediment via ingestion.

M/HE 4.4.3 皮膚からの吸収(Dermal Absorption)

説明　　:Absorption of contaminated marine/estuarine substances through the skin.

付　録　2

付録２「潮間帯堆積層放出ケースに係るFEPの説明」

付録２では、本ケースで適用した以下の２つのFEPの説明を示す。

① 本ケースに適用するBIOMOVSⅡ レファレンスバイオスフィアFEP(注1)の説明

BIOMOVSⅡに記載されているFEPの説明およびコメントの修正／変更箇所についてはイタリック体で示す。

② 本ケースに適用する潮間帯／海洋環境に係るFEP(注2)の説明（追加FEP）

(注1) FEP List version dated September 1996
(注2) 潮間帯環境のために新規に作成されたFEPリスト(詳細は本文参照)

① 本ケースに適用する BIOMOVS II レファレンスバイオスフィア FEP の説明

1 特徴(Features)

説明 :Features of the biosphere and matters related to the assessment context that together define the domain and principal constituents of the process system to be modelled.

コメント :In order to conduct a biosphere assessment for a given site, it is necessary to take into account a variety of factors that have a bearing on the manner in which the system is modelled and the assessment is conducted. These include, but are not necessarily limited to:

- the context of the assessment (purpose, endpoints to be addressed etc)
- characteristics of the release (boundary considerations, radionuclides, etc)
- assumptions regarding the composition and future evolution of the environment.

1.1 評価の前提条件(Assessment Context)

説明 :The circumstances in which a biosphere model is to be developed and used.

コメント :The requirements of an assessment can have an important bearing on how the range of different environmental features, events and processes that are of potential importance are dealt with in a specific assessment.

1.1.1 評価目的(Assessment Purpose)

説明 :The underlying purpose for developing a biosphere model and/or carrying out a biosphere assessment.

コメント :Biosphere models are typically used as tools to determine the significance of potential future discharges from waste disposal facilities. However, in any specific case, the purpose of developing and/or applying a model may vary from a simple calculation to support concept development to a detailed site-specific performance assessment in support of a disposal licence application. The level of complexity and comprehensiveness required of a model will vary according to the use to which it is put.

1.1.2 評価指標(Assessment Endpoints)

説明　　:The results of the assessment, expressed as a calculated radiological impact or in other terms.

コメント　　:The structure of a model will tend to reflect the results that it is designed to evaluate. These, in turn, will largely depend on the criteria (regulatory or otherwise) that are adopted to judge the overall performance of the disposal system for a particular site, of which the biosphere is a part.

1.1.2.1 年間個人線量(Annual Individual Dose)

説明　　:The radiation dose to a person, incurred over a year.

コメント　　:The exposed individual must be defined. Inevitably, in waste disposal assessments, calculations of radiological exposure need to be based on the adoption of a hypothetical "representative" individual (typically considered to be a member of a critical group), designed to demonstrate that adequate radiation protection is afforded to future populations. ~~*A discussion of the considerations involved in the identification and definition of critical groups is presented in Appendix A3 of the report.*~~

The "annual" dose must also be clearly defined as that due to exposure in a 12-month period or (as is more usually the case) the committed dose from exposure in the same period. Is the annual dose intended to be representative of the lifetime average exposure for a particular individual or the maximum dose in any single year? Apart from considerations of the age at exposure, this choice also affects how the effects on exposure of "once in a lifetime" events (eg, floods, major earthworks etc) are addressed in the overall process system model. For example, it could be considered inconsistent to evaluate exposures for different age groups (ie, implicit maximum annual dose) if parameter values in the system model are selected so as to represent the long-term cumulative effects on radionuclide transport and accumulation in environmental media.

1.1.2.2 年間個人リスク(Annual Individual Risk)

説明　　:The radiological risk to a person, averaged over a year.

コメント　　:Annual risk should be defined with respect to the consequence of interest (risk of fatality, risk of cancer, risk of health "detriment" (cf. ICRP60) etc) and is normally taken to correspond to the committed risk from a given annual dose (ie, rather than the actual

risk of death in a particular year). Some considerations associated with the definition of annual individual dose are discussed under the comments for that FEP. Risk considerations also raise the more general question of the treatment of uncertainty in biosphere assessment calculations. For example, to what extent should uncertainty in the definition of the individual "at risk" from exposure (due to their location, habits etc) be reflected in the calculation of risk, given that the definition of the critical group itself is necessarily based on hypothesis? The aggregation of potential contributions to risk at any given time from different potential exposure scenarios (e. g. human intrusion, use of wells, etc) also presents potential difficulties in terms of the intention to calculate individual risk; it is unlikely that a particular individual in the future would actually be exposed to risks from a variety of different exposure sources. Again, the desire to evaluate a particular endpoint can have a significant impact on the overall format of the assessment calculation.

1.1.2.3 生涯個人線量(Lifetime Individual Dose)

説明　:The radiation dose to a person, accumulated over their lifetime.

コメント　:This endpoint potentially presents fewer difficulties than the evaluation of an annual dose, since it inevitably involves averaging over the year-on-year variability in factors controlling environmental concentrations of radionuclides. There may, however, be modelling problems associated with identifying appropriate parameter values to characterize the long-term average effects of processes occurring at variable rates. Furthermore, the prospect of permanent inhabitation of a small area (the region most contaminated by the release from the repository) by a single group of individuals for their whole lifetime might, by comparison with present-day behaviour, be considered extreme.

1.1.2.4 生涯個人リスク(Lifetime Individual Risk)

説明　:The radiological risk to a person, accumulated over their lifetime.

コメント　:Calculation of lifetime individual risk is not necessarily as simple as multiplying the lifetime annual dose by the standard dose-to-risk conversion factor. A given exposure incurred in the early years of life may be the same (in terms of equivalent dose) as one

incurred much later, but the associated risk may be very different both as a result of the latency of cancer induction risk and the importance of relative risk factors. Risk criteria are typically expressed in terms of annualized rather than lifetime risk for ease of comparison with other risks from human activity and hence to establish levels of tolerability.

1.1.2.5 集団線量(Collective Dose)

説明　　:The radiation dose integrated over an exposed population.

コメント　:The calculation of collective dose is critically related to the assumed size of the exposed population and the timescale over which integration is carried out, which should be defined as part of the basis of the calculation. ICRP recognize the "truncation" of collective dose calculations to address defined integration times, which can be very important for the very long timescales associated with, say, the deep disposal of long-lived radioactive waste. The population size of interest may vary from the critical group (a few to a few tens of people) to the world population (for globally dispersed radionuclides such as C-14, I-129). Models geared towards the evaluation of collective dose for large populations will typically be very different from those aimed at determining the impact of releases on critical groups.

1.1.2.6 集団リスク(Collective Risk)

説明　　:The radiological risk integrated over an exposed population.

コメント　:Collective doses (expressed in person-Sv) are sometimes multiplied by a dose-to-risk factor in order to determine the expected number of health effects (depending on which risk factor is used) in the exposed population. Because radiation doses to the most exposed group will typically be very low for an acceptable disposal facility (<1 mSv per year), the calculation of collective dose to a large population will generally involve integration over much smaller individual dose levels. The validity of inferences drawn from applying linear dose-to-risk factors to populations incurring very low levels of exposure is questionable.

1.1.2.7 人間以外の生物への線量(Dose to Biota Other Than Man)

説明　　:The radiation dose to non-human biota.

コメント　:It is sometimes relevant in a radiological assessment to consider the potential impact of releases of radionuclides on biota other than humans. There is a limited amount of data on radiosensitivity of different plants and animals, which has in the past been taken to support the paradigm that adequate radiological protection of man will also provide adequate protection for the wider environment. Nevertheless, the calculation of doses to other non-human biota can provide reassurance that the development of a waste repository will have no adverse effect on other species. A model geared towards the evaluation of doses to non-human biota will not necessarily look the same as one intended to evaluate doses to humans: for example, consideration needs to be given to the identification of relevant species population groups and their relationship to the environment, which may result in attention being focused within the model on different groups of events and processes. Similarly, an assessment tool originally developed to calculate human exposures will be limited in its potential for providing anything other than illustrative exposure calculations for non-human biota.

1.1.2.8 環境中放射性核種濃度(Radionuclide Concentration in the Environment)

説明　　:The concentration of radionuclides (typically expressed as Bq/kg or Bq/m^3) in environmental media.

コメント　:For assessment calculations extending over very long timescales, it may be considered inappropriate to suggest that radiological exposure calculations have any specific justification. An alternative assessment endpoint may therefore be the calculated concentrations in environmental media of radionuclides released from the repository, which can be compared with naturally-occurring levels. This may be particulary relevant on assessment timescales where the principal contributors to repository system discharge in the future are themselves naturally occurring radionuclides (eg, U-238 decay series), allowing a shift of emphasis from the direct comparison against radiological criteria to more qualitative indicators of repository performance. If a model has been configured to evaluate radiation exposures, for which a certain amount of

spatial averaging is usually appropriate, it may not necessarily be directly applicable to the determination of environmental concentrations, unless a similar degree of averaging is also acceptable. The calculation of radionuclide concentrations would be particularly relevant to the validation of a model against natural analogue data.

1.1.2.9 その他の評価指標(Other Assessment Endpoints)

説明　:Results of a biosphere assessment, expressed in terms other than those already listed under this heading.

コメント　:Biosphere assessments for waste disposal may not only need to address radiological endpoints but also, for example, the dispersion and consequences of the release of other pollutants from the repository.

1.1.3 想定する処分場(Repository Type)

説明　:The type of radioactive waste repository to be addressed in the assessment calculation.

コメント　:The description of the process system to be represented in a biosphere assessment model must be consistent with the known details of the disposal facility being considered, including the type of repository under consideration. For example, the type of repository (depth, host rock etc), in conjunction with other considerations regarding future evolution of the site (marine erosion, glaciation, etc), will determine whether or not there is a natural cut-off to the assessment timescale, and affect the geosphere-biosphere interface.

1.1.4 地質・地形条件(Site Context)

説明　:A broad-brush description of the site location.

コメント　:The general location of a repository may have an important influence on the likely pathways for radionuclides to the biosphere and the extent to which factors such as climate and ecological change may have an influence on the impact of such releases. For example, an under-sea location may effectively provide a permanent marine receptor for radionuclides released from the repository, whereas the assessment for an inland mountain location may never need to address marine FEPs. The site location addressed

by a model will therefore tend to influence the degree of detail used in representing particular elements of the process system.

1.2 ソースターム(Source Term)

説明　:The release of contamination into the biosphere from the repository system.

コメント　:Biosphere models are typically substantially decoupled from those models that are used to evaluate the release of radionuclides from the waste repository. The link to the biosphere in such a decoupled system is described as the "source term". A full description of the source term involves giving consideration to the boundary interface across which the link is established, which in turn is partially dependent on the release mechanism, and characteristics of the release itself, expressed in terms of its content and properties. Here, as elsewhere in the FEP List, attention is focused on groundwater releases to the terrestrial environment.

1.2.1 地圏ー生物圏インターフェイス(Geosphere/Biosphere Interface)

説明　:The interface between biosphere and geosphere domains in a decoupled system model.

コメント　:The geosphere/biosphere interface defines the border of the biosphere domain at its boundary with the geosphere. Definition of the interface is an intrinsic part of conceptual modelling for the biosphere, because the division of the repository environment into biosphere and geosphere domains is itself part of the conceptual approach. The interface should properly be located where decoupling of the models is possible, which is effectively to say that it should be positioned where recirculation of radionuclides (or other contaminants) across the boundary is insignificant in terms of the overall contamination of the environment. Ideally, the domain of a biosphere model should be such that it can address various potential release mechanisms. In practice, an internally consistent identification of the interface will be obtained if both the biosphere and geosphere assessment models are informed by the same regional hydrological model. If the regional water table lies below the bedrock, or exhibits seasonal fluctuations that take it beneath this level, then the boundary region must be extended in depth to incorporate the upper bedrock. It is not, however, usually appropriate to consider the bulk flow of the regional aquifer as part of a decoupled biosphere model.

1.2.2 放出メカニズム(Release Mechanism)

説明　　: The mechanism for transferring radionuclides (and other contaminants) from the geosphere to the biosphere.

コメント　: Consideration of the different potential mechanisms for releasing radionuclides to the biosphere is an intrinsic part of the process of model definition, contributing to consideration of the geosphere/biosphere interface, the physical and chemical form of the release and the temporal and spatial distribution of the release. Although this FEP List has been developed in the context of groundwater releases, we consider here for completeness other potential release mechanisms.

1.2.2.1 地下水放出(Groundwater Release)

説明　　: The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere in connection with the discharge or abstraction of groundwater.

コメント　: Groundwater flow is one of the most important pathways for transporting radionuclides away from the repository containment and is therefore usually considered as one of the principal mechanisms for release of contaminants to the biosphere.

1.2.2.1.1 地圏帯水層放出(Geosphere Aquifer Discharge)

説明　　: The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere in connection with natural groundwater flow.

コメント　: Groundwater may naturally flow from the geosphere to the biosphere, taking with it any contamination. In addition, molecular and turbulent diffusion in groundwater will naturally disperse contaminants in the water, causing them to spread gradually from the base of the water table to higher levels and potentially across the biosphere/geosphere interface.

1.2.2.1.2 地圏帯水層中の井戸からの揚水(Extraction Via Well into Geosphere Aquifer)

説明　　: The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere via a well sunk into a geosphere aquifer.

コメント　：Water abstraction from wells will draw radionuclides directly from the geosphere to the biosphere. The principal entry point for contaminants into the biosphere will tend to be via direct consumption of the abstracted water or via contamination of the surface (irrigation). This implies that there is an effective biosphere/geosphere interface around the well head rather than where the well excavation enters the aquifer.

1.2.2.2 気体放出(Gaseous Release)

説明　：The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere in a gaseous medium or gaseous form.

コメント　：Contaminated gases (eg, methane, hydrogen) move under pressure and/or diffuse through the geosphere and may emerge into the biosphere as diffuse sources through porous media or as more discrete sources along connected pathways.

1.2.2.3 固体物質放出(Solid Material Release)

説明　：The release of radionuclides (or other contaminants) from the geosphere to the biosphere in a solid material.

コメント　：Exploration, mining and quarrying activities may cause minerals and other rocks (together with entrained minerals and gases) to be extracted from the geosphere to the biosphere. In addition to such human intrusion activity, natural erosion of the biosphere by glacial, fluvial or other processes may, over long periods of time, lead to downward movement of the geosphere/biosphere interface and thereby cause contaminated rock (or even the repository itself) to enter the biosphere.

1.2.3 ソースターム特性(Source Term Characteristics)

説明　：Basic attributes of the source term from the geosphere to the biosphere.

コメント　：Adequate characterization of the source term is a fundamental step in biosphere assessment modelling. The principal characteristics of the source term are expressed in terms of its contents and physical and chemical properties. Here, as elsewhere in the FEP List, attention is focused on groundwater releases to the terrestrial environment.

1.2.3.1 放射性核種(Source Term Radionuclide Content)

説明　　: Identification of radionuclides released to the biosphere.

コメント　: Radiological assessment depends on the identification of radionuclides that are assumed to be released into the biosphere, together with their radiological and radiochemical properties.

1.2.3.2 地下水プルーム特性(Properties of the Groundwater Plume)

説明　　: Characterization of the physical and chemical properties of the groundwater release.

コメント　: This covers a wide range of factors that are of potential importance to modelling the influence of the source term on biosphere transport. It includes the spatial and temporal distribution of the influx to the biosphere, both of which may be either smooth or discontinuous, depending on the mechanism of release and on specific features of the geosphere/biosphere interface. It also includes chemical properties of the groundwater: eg, Eh and pH will influence the chemical form and thereby the transport of contaminants such as iodine and technetium, whereas the presence of other dissolved species in the plume (such as iron) may cause co-precipitation and adsorption of contaminants on their release to the oxidizing environment of the biosphere.

1.2.3.3 その他の有害物質(Source Term Content of Other Hazardous Materials)

説明　　: Identification of other hazardous materials released to the biosphere.

コメント　: The environmental impact of possible future releases from a radioactive waste repository may not be restricted to a consideration of radiological consequences. A complete environmental assessment therefore depends on the identification of other potential contaminants in the groundwater plume, together with their chemical and hazardous properties.

1.3 基本システム(Basic System Description)

説明　　: A description of the biosphere systems representative of the future environmental conditions at the repository site.

コメント　:Given a knowledge of the repository type under consideration and its overall site context, it is necessary to consider the main features of the biosphere system and the way in which they can be modelled. This means giving attention to the definition of future biospheres in terms of ecological systems and human communities consistent with possible climatological changes and landform developments that may be relevant over the timescale of the assessment.

1.3.1 一般的気候(General Climate Description)

説明　:A general description of the climatological context for the biosphere assessment.

コメント　: Simulations of landform and ecological change may be based on speculative assumptions. Nevertheless, it is necessary to adopt a self-consistent approach to considering the influence of one of the major influences on such evolution: climate. The treatment of climate may range from the simple assumption of constant present-day conditions to a full representation of continuously varying climate successions. The choices made in respect of modelling climate (and its effects on the environment) may have a strong influence on the overall composition of the biosphere model.

1.3.1.1 気候カテゴリ区分(Differentiation of Climate Categories)

説明　:The identification and general description of characteristic climate states relevant to the assessment.

コメント　:If climate change (rather than a constant present-day climate) is addressed as part of the overall assessment basis, the assumption is often made that the range of future climates relevant to the site of interest can be broadly characterized in terms of a small number of climate states. The definition of such states should be based on a internally consistent scheme that does not exceed the limits of scientific understanding; the main features of individual climate states would therefore be expected to be based predominantly on accepted classification schemes (eg, Trewartha, An Introduction to Climate, 4th Edition, McGraw Hill(1968) or Rudloff, World Climates, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart (1981)).

1.3.1.2 気候変動(Description of Climate Change)

説明　　:The approach taken to considering the potential impact of changing climate.

コメント　:There are a range of different possible approaches to representing the effects of climate change within a biosphere assessment. At a relatively simple level, there is the option of modelling the release into any one of a variety of time-invariant biospheres, each of which is consistent with the chosen set of representative climate states. Time sequences of transitions between climate states may be considered to represent a more realistic approach, but there is substantial scientific uncertainty concerning the future sequence of climate development, specially when the possible long-term effects of anthropogenic "greenhouse-gas" emissions are taken into account. Moreover, the treatment of time lags and leads in addressing the relationship between climate and landform or ecological transitions is also subject to considerable scientific uncertainty.

1.3.2 一般的生物圏システム(General Biosphere System Description)

説明　　:A general description of the ecological context for the biosphere assessment.

コメント　:Landform and ecological change over the timescale addressed within a biosphere assessment are determined to a large extent by the influence of climate and climate change. Details of primary productivity etc will vary according to the specific climate conditions assumed and the influences of human activity. As with climate state definitions, however, the broad-brush descriptions of environmental systems should be based on an internally consistent scheme that does not exceed the limits of scientific understanding. Hence it is appropriate to consider a general description of the ecological context based on a relatively small number of relevant environment types drawn from present-day and historical experience. In common with other aspects of this FEP List, consideration is restricted here to the terrestrial environment.

1.3.2.1 環境(Environments)

説明　　:Identification and description of the features of the landscape to be considered in the biosphere assessment.

コメント　:In order to construct a model of the biosphere, these systems must be broken down into

descriptions of their important components, their composition and organization in the biosphere. This will be based on consideration of the site context, taking account of the available knowledge of process-dependent interactions between these components. Details of biosphere processes relevant to the identification of primary environmental features are addressed in the FEP List under processes.

1.3.2.1.1 自然および半自然(Natural and Semi-Natural)

説明 :Environments that are not significantly, or are only partially, influenced by human activities.

コメント :If a "natural" environment is a true wilderness area then the absence of people means that any evaluation of radiological impact for humans is largely meaningless. However, it is possible to identify areas to which humans have access but within which the natural biogeochemical cycles are largely unaltered. Such environments might include, for example, undeveloped marshland, natural forest, heather moorland and alpine meadows. In the context of biosphere assessment, the primary distinctions between these and other classes of environment are therefore: (i) human influences are small; and (ii) exposure pathways for humans will tend to be based on hunter-gatherer type activity. Radioecological data for natural ecosystems tend to be less readily available than for more intensively cultivated agricultural systems. It is necessary to consider the extent to which possible enhanced accumulation mechanisms for radionuclides in natural and semi-natural systems may outweigh the effective dilution associated with their sparse exploitation.

1.3.2.1.2 農業(Agricultural)

説明 :Terrestrial regions intensively exploited for food as pasture and arable land.

コメント :The intensity of land use will vary according to primary productivity and the introduction of cultivation methods and nutrients that alter the natural from contemporary agricultural practice in different climate conditions around the world; these will typically form the basis for assumptions regarding the definition of an agricultural environment appropriate to the site under consideration.

1.3.2.1.3 都市および産業(Urban and Industrial)

説明　　:Environments exploited by humans in which habits, diet and exposure pathways are significantly different from the agricultural environment.

コメント　:The degree of industrialization in a society affects the extent to which humans will have an influence on the environment, rather than allowing natural processes to determine the dynamic evolution of the biosphere. There may be a limited measure of self-sufficiency in urban environments (gardens, etc), but a major element of such "ecosystems" is the extent to which foodstuffs and other materials are transported from distant regions. In addition, human activity in such environments may lead to major earth-moving and underground activities such as mines and quarries, deep drilling and water abstraction, dam-building etc.

1.3.2.2 物質交換基本システム(Principal Systems of Exchange)

説明　　:Identification of the main environmental sub-systems and their organization in the landscape.

コメント　:In order to develop a conceptual model of the biosphere process system it is first necessary to identify ecosystem types relevant to the assessment endpoints of interest. These will typically consist of groups of components or different types of environmental media, whose organization within a defined topographical region will serve to provide a description of the landscape under consideration. The identification of these sub-systems should be internally consistent and correspond to the assumed hydrological regime, taking account of climate and human influence. Hence a natural/semi-natural landscape may consist of a variety of subsystem elements, such a forest, heather, alpine meadows, natural grassland, wetland, rivers etc. In the same way, an agricultural landscape might include, for example, pasture and arable land, fish ponds, hedges, orchards, planted forest, rivers, agricultural wells, etc. It may also be necessary to define the size and location of the principal systems of exchange.

1.3.2.3 環境構成要素(Environmental Components)

説明　　:Descriptions of systems of exchange in terms of their environmental components.

コメント　:Having identified and described the biosphere domain in terms of its principal systems of exchange and the interface with the geosphere, the next level of detail in identifying the main features of the environment in relation to biosphere assessment modelling is a description of the system components. The extent to which ecosystems can be broken down into components depends on the available scientific knowledge, but also needs to be governed by the perceived sensitivity of the assessment endpoints of interest to the level of detail assumed. Details of biosphere processes relevant to the identification of environmental components are addressed in the FEP List under PROCESSES. Examples of environmental constituents that may be relevant to a detailed description of the biosphere process system include: components of the soil and sediment system (eg, litter layer, top soils and deep soils), waters flowing through a channel network, above and below canopy atmospheres, flora and fauna, etc. Each of these will include, in varying proportions, solid material of mineral origin, organic matter, water and gas. Particular environmental components will be of direct relevance to the biosphere assessment because of the way in which they are used by humans or otherwise contribute to evaluation of the assessment endpoints. These include: different types of food, whether plants (agricultural crops and/or wild sources), or animals and birds (domestic and/or hunted); materials used for building (aggregate, stone, wood etc), furniture or clothing; energy source

1.3.3 一般的人間社会(General Human Society Description)

説明　:A general description of the human societal context for the biosphere assessment.

コメント　:A self-consistent description of human society should be adopted in relation to climate, landscape, ecology, the degree of development, etc. An appropriate means for doing this is the identification of reference community structures in analogue environments. The principal features of human society in relation to biosphere assessment concern the assumptions made regarding human influence on the environment and human habits leading to exposure, that are considered under events and processes.

2 事象およびプロセス(Events and Processes)

説明　：Any phenomenon, natural or artificial, that influences or may influence the environment and the behaviour of the contaminants in the biosphere.

コメント　：A primary classification of processes is established in terms of natural or human origin. The distinction between events and processes is difficult. Generally events are regarded as short-term and processes as continuous.

2.1 自然の事象およびプロセス(Natural Events and Processes)

説明　：Natural phenomena that could be involved in the dynamics of the environmental system or in the contaminant's behaviour in the biosphere system.

コメント　：Scientific knowledge and the purpose of the assessment will establish the degree of detail for representing the real natural world in the assessment model.

2.1.1 環境変動(Environmental Evolution)

説明　：Natural processes causing a change in the biosphere properties in the short or long term, modifying the conditions under which the assessment is performed.

コメント　：These include biotic and abiotic changes of the environment and the effects or consequences of such changes. Climate changes are considered separately as a macro change that produces an alteration of the whole biosphere system under consideration.

2.1.1.1 環境ダイナミクス(Environmental Dynamics)

説明　：Temporal variation of systems of exchange within the biosphere, under constant climatological conditions.

コメント　：A potentially important feature of the biosphere description is that it may vary with time as a result of natural variations. For example, there will be seasonality in the hydrological cycle, affecting river levels and the need for irrigation, as well as seasonality in food chains. This demands that care is adopted in the selection of relevant biosphere parameters to represent particular transfer processes within the biosphere. In the longer term, there may be natural changes, such as those caused by river meander,

causing a redefinition of the components of the system (eg, from sediment to soil). A self-consistent description of the biosphere is therefore required, in which potential changes associated with environmental dynamics are addressed in a manner that takes account of the requirement for mass conservation.

2.1.1.1.1 季節変化(Seasonality)

説明 :Properties of some environmental media will vary between seasons.

コメント :For the performance assessment of radioactive waste repositories these variations in properties are usually taken into account in an average annual parametric value. Effects of seasonality on food production, modification of the water table or surface water fluxes are some examples of the factors to be considered.

2.1.1.1.1.1 季節変化の食物連鎖に対する影響(Effects of Seasonality on Food Chain)

説明 :The effect of seasonal variation on food chain processes and parameters.

コメント :~~*It is included in SEASONALITY Feature (PR002)*~~

2.1.1.1.2 化学変化(Chemical Changes)

説明 :Changes in the chemical properties of environmental media.

コメント :This FEP includes a number of lower level FEPs. This excludes changes caused by human actions which are dealt with elsewhere.

2.1.1.1.2.1 アルカリ化(Alkalinization)

説明 :If the rate of evapotranspiration exceeds infiltration, the salt or alkali content in soil can increase leading to changes in flora and other environmental properties.

2.1.1.1.2.2 微生物による化学変化(Chemical Changes Caused by Micro-Organisms)

説明 :Chemical changes caused by micro-organisms.

2.1.1.1.2.3 植物による化学変化(Chemical Changes Caused by Plants)

説明　　:Chemical changes caused by plants, eg, the effects of root secretions, proliferation of algae in lakes etc.

2.1.1.1.3 物理的変化(Physical Changes)

説明　　:Physical changes in environmental media eg, changes in dimensions or physical properties.

コメント　:This FEP includes a number of lower level FEPs.

2.1.1.1.3.1 土壌の転換(Soil Conversion)

説明　　:Natural evolution of some environmental media could result in formation ~~or loss~~ of soil.

コメント　:Natural processes like ageing of lakes or changes of river courses may lead to lake or river sediments becoming land, a lowering of the water level can have the same effect.

2.1.1.1.3.2 浸食:風、水、洪水(Erosion:Wind, Water, Floods)

説明　　:Relatively continuous change in the landform due to the action of wind or water.

コメント　:Water erosion produced by rainfall, surface run-off, river water and occasional floods that remove surface soil material or plants.

2.1.1.2 気候変動による変化(Climate-Driven Changes)

説明　　:Climate change resulting in alteration of properties of environmental media.

コメント　:Changes in climate result in alterations to the biotic and abiotic composition of the environment, and modifications to the rates of processes operating.

2.1.2　放射性核種移行(輸送)(Radionuclide Transport)

説明　　:Natural processes that cause or modify radionuclide transport.

2.1.2.1 大気輸送プロセス(Atmospheric Transport Processes)

説明　　:Radionuclide transport processes that occur in the atmosphere.

2.1.2.1.1 気体輸送(Gas Transport)

説明　　:Transport of gases *and* volatile material ~~*and aerosols*~~ in the atmosphere.

コメント　:Gas transport produced by diffusion or convection processes.

2.1.2.1.2 エアロゾル輸送(Aerosol Transport)

説明　　:Transport of solids or liquids as aerosols.

コメント　:Processes like resuspension and deposition govern aerosol transport.

2.1.2.1.3 燃焼(Burning)

説明　　:The release of material into the atmosphere as a result of burning.

コメント　:Only fires caused by natural phenomena eg lightning, are considered here. Fires deliberately caused by human action are considered under 2.2.

2.1.2.2 地表水による輸送プロセス(Surface Water Aqueous Transport Processes)

説明　　:Transport of contaminated water or contaminated soil by aqueous transport processes between environmental surface media.

2.1.2.2.1 地表水のラン一オフによる輸送(Transport by Surface Run-Off)

説明　　:Transport of contaminated surface soil by run off.

コメント　:Part of rainfall water is transferred directly to surface waters without entry to the soil by overland flow. This includes the direct run off of precipitation and run off following delay eg, snow melt. The specific topography, infiltration capacity of the soil and the rain rate of the moment will determine the run-off process.

2.1.2.2.2 液相による輸送(Transport in Water Bodies)

説明　　:Movement in natural water bodies causing radionuclide transport.

コメント　:Includes processes such as advection/convection and dispersion and diffusion resulting in movement of the contaminated water in streams or lakes.

2.1.2.3 多孔質媒体液相輸送プロセス(Porous Media Aqueous Transport Processes)

説明　:Transport of contaminated water in porous media.

コメント　:Advective/convective radionuclide transport

2.1.2.3.1 透過(Percolation)

説明　:Movement of contaminated water through the soil layers into the water table.

コメント　:Water reaching the saturated zone through the unsaturated zone.

2.1.2.3.2 毛管上昇(Capillary Rise)

説明　:Upwards transfer of water through soil layers above the water table due to capillary forces caused by evapotranspiration.

2.1.2.3.3 地下水輸送(Groundwater Transport)

説明　:Transport of contaminated groundwater in saturated porous media.

コメント　:Processes such as advection/convection result in a movement of the contaminated water. Water discharge results in a contamination of surface saturated environmental media.

2.1.2.3.4 拡散／分散(Diffusion/Dispersion)

説明　:Diffusion and dispersion of contaminants in aqueous media.

コメント　:Need not involve water transport.

2.1.2.3.5 浸透(Infiltration)

説明　:The flow of contaminated water from the surface to soil layers.

コメント　:The infiltration is commonly modelled as a rate depending on several factors like: soil

properties, landform, rainfall rate.

2.1.2.3.6 二相流およびマトリクス拡散(Dual Flow Systems and Matrix Diffusion)

説明　　:Combined flow of different fluids and/or gases.

コメント　　:Important when gas and water fluxes in porous media do influence each other.

2.1.2.3.6.1 浮遊堆積物の輸送(Transport of Suspended Sediments)

説明　　:Transport of suspended sediments with flowing water.

2.1.2.3.6.2 コロイドの輸送(Transport of Colloids)

説明　　:Transport of colloids in flowing water.

2.1.2.4 地表水ー多孔質媒体間の輸送プロセス

(Transport Processes Between Surface Waters and Porous Media)

説明　　:Natural processes leading to transport of contaminated water to the porous media or vice versa.

2.1.2.5 固相輸送(Solid Phase Transport)

説明　　:Transport of contaminated solid materials between environmental media.

2.1.2.5.1 再浮遊／沈着(Resuspension/Deposition)

説明　　:The resuspension of material into the atmosphere and subsequent deposition.

コメント　　:The deposition of resuspended material as a result of DRY DEPOSITION.

2.1.2.5.2 地滑り(Land Slides)

説明　　:Transport of solid material by land slides.

2.1.2.5.3 落石(Rock Falls)

説明　　: Transport of solid material by rock falls.

2.1.2.5.4 水による固相輸送(Solid Phase Transport by Water)

説明　　: The transport of solid material within flows of water.

コメント　: This FEP includes a number of lower level FEPs.

2.1.2.5.4.1 堆積物の再浮遊(Sediment Resuspension)

説明　　: Resuspension of sediments due to flowing water.

2.1.2.5.4.2 沈殿(Sedimentation)

説明　　: The gravitational settling and deposition of suspended particles within water bodies to form sediments.

2.1.2.5.4.3 雨滴のはね(Rain Splash)

説明　　: The transport of contaminated substances from soils to plants because of rain splash.

コメント　: This is one of the possible sources of plant contamination.

2.1.2.5.4.4 ウォッシュアウト(Washout)

説明　　: The removal of gaseous or particulate material from the atmosphere by precipitation

コメント　: See Wet Deposition.

2.1.2.5.4.5 湿着(Wet Deposition)

説明　　: Deposition of material on a surface as a result of washout.

コメント　: See Washout.

2.1.2.7 動植物を媒介とした輸送(Transport Mediated by Flora and Fauna)

説明　　: Transport of contaminated materials or water caused by flora and/or fauna activity.

2.1.2.7.1 吸収および脱着(~~*Root*~~ *Plant* Uptake *and Loss*)

説明　:Uptake *and loss* of radionuclides by absorption*/desorption* and biological processes ~~*of*~~ *via* plant roots *and leaves. or other plant parts.* ~~*from soil solution and soil particles.*~~

2.1.2.7.2 生物擾乱(Bioturbation)

説明　:The redistribution and mixing of soil or sediments by the activities of plants and burrowing animals.

2.1.2.7.3 動物による摂取および排泄(Intake *and Emission* by Animals)

説明　:Consumption, ~~*and*~~ inhalation*, excretion, exhalation and flatulance* by animals.

コメント　:It is a group of FEPs

2.1.3 放射性核種濃度に影響するプロセス (Processes Affecting Radionuclide Concentrations)

説明　: Natural processes that modify concentrations or produce a redistribution of radionuclides in the media.

2.1.3.1 化学反応(Chemical Reactions)

説明　:Chemical reactions.

コメント　:It is a group of FEPs

2.1.3.1.1 溶解／沈殿(Dissolution/Precipitation)

説明　:Processes by which material in the solid phase is incorporated into the liquid phase and vice versa.

コメント　:These processes are affected by parameters such as Eh, pH, solubility limits and the presence of other chemical species.

2.1.3.1.2 吸着／脱着(Adsorption/Desorption)

説明　　:Sorption or adhesion onto the solid surface of a layer of ions from an aqueous solution and the reverse process.

コメント　:Parameters like chemical form, Eh, pH and the presence of other chemical species influence the retardation processes, including ion exchange and complexation processes.

2.1.3.2 物理的プロセス(Physical Processes)

説明　　:Physical changes in environmental media, eg, in the dimensions or physical properties.

コメント　:It represents a group of FEPs

2.1.3.2.1 放水(Water Discharge)

説明　　:Movement of water between streams, aquifers or surface water bodies.

コメント　:This results in dilution of radionuclide concentrations.

2.1.3.2.2 帯水層の涵養(*Aquifer ~~Water~~* Recharge)

説明　　:The addition of water to the aquifer either directly from surface waters or via another formation.

2.1.3.2.3 降雨(Rainfall)

説明　　:Precipitation as rain from the atmosphere to the surface.

2.1.3.2.4 蒸発(Evaporation)

説明　　:Emission of water vapour from a free surface at a temperature below the boiling point.

2.1.3.2.5 蒸散(Evapotranspiration)

説明　　:Transfer of water from the soil to the atmosphere by evaporation from the soil and transpiration in plants.

2.1.3.2.6 降雪(Snowfall)

説明　　:Snowfall

2.1.3.2.7 風化(Weathering)

説明　　:The loss of contamination from crops.~~and soils.~~

コメント　:Weathering is usually modelled through a contamination loss rate and is caused by different processes, eg, wind, rain, volatilization, etc.

2.1.4 放射性核種の代謝(Radionuclide Metabolism)

説明　　:The processes occurring within an organism by which radionuclides are transported and accumulated through different organs or transported and liberated from the organism.

コメント　:The internal processes in the organism will depend upon the organism and the radionuclide compounds considered.

2.1.4.1 作物および野生/半野生植物(Crops and Natural/Seminatural Flora)

説明　　:Crops and other vegetation present in the environment.

2.1.4.1.1 転流(Translocation)

説明　　:The internal movement of material from one part of a plant to another.

コメント　:This process is dependent upon the nature of the plant and the chemical properties and form of the material.

2.1.4.2 家畜および野生/半野生動物(Livestock and Natural/Seminatural Fauna)

2.1.4.2.1 動物体内移行(Internal Transfer within Animals)

説明　　:The transfer of material from animal feed to tissues which may be consumed by other biota and humans.

2.2 人間活動に係る事象およびプロセス(Events and Processes Related to Human Activity)

説明　　:Human activities that could result in: an alteration of the environmental media properties with effects in the natural transport processes; and radionuclide transport or intake processes.

コメント　:Human impact on the environment is an important feature of the overall environmental system description. This may vary from major industrial development of an area to basic changes to natural physical and biogeochemical cycles brought about by human activity. It is relevant to note that most radioecological data, which form the basis for parameter selection in biosphere assessments, are based on systems influenced by human activity.

2.2.1 人間活動による化学的変化(Chemical Changes by Human Action)

説明　　:Human activities causing chemical changes.

2.2.1.1 化学的汚染(Chemical Pollution)

説明　　:Human activities causing chemical changes such as chemical pollution.

コメント　:A consequence of human activity. Could be treated as a Feature. It depends on the level of the development of the society. Level of development can be , for example, high, medium or low.

2.2.1.1.1 酸性雨(Acid Rain)

説明　　:Acid precipitation or acid deposition will produce acidification complex processes in soil or water bodies.

コメント　:Emissions of sulphur dioxide and nitrogen oxides from man-made sources are the precursors of the effect.

2.2.2 人間活動による物理的変化(Physical Changes by Human Action)

説明　　:Human actions causing physical changes. eg, recycling, dredging, changes in land use, dam building, excavations.

2.2.2.1 水に対する人間影響(Human Effects on Water Potentials)

説明　　:Human activities with effect on water.

コメント　:It is a consequence of human activity

2.2.2.2 ダム建設(Dam Building)

説明　　:Construction of structures to retain surface waters.

コメント　:Dam construction may cause significant movements of solid material, and modify the structure of the system being modelled.

2.2.2.3 開墾／干拓(Land Reclamation)

説明　　:Land reclamation eg, from rivers, lakes or sea.

2.2.3 人間活動による再利用と混合 (Recycling of Materials and Mixing by Human Action)

説明　　:A variety of activities consistent with the assumed *present day food production.* ~~*subsistence agriculture.*~~

2.2.3.1 耕作(Ploughing)

説明　　:Ploughing is an agricultural practice, which turns over the soil.

2.2.3.2 固体物質の再利用(Recycling of Solid Materials)

説明　　:Recycling of solid materials.

2.2.3.3 施肥(Soil Fertilization)

説明　　:Fertilization with contaminated crop residues, ashes, green manure or cattle manure could add activity to the soil.

2.2.4 人間活動による放射性核種輸送 (Radionuclide Transport Mediated by Human Action)

説明　　:Human actions can result in direct transport of contaminated water or materials from one environmental medium to another.

2.2.4.1 揚水(Water Extraction)

説明　　:Extraction of water from surface water or wells used for ~~*drinking*~~ *use* by humans and/or animals. In some cases processes of removal of contaminants by water treatment could be considered.

2.2.4.1.1 井戸水利用(Well Supply)

説明　　:Extraction of water from an aquifer *for human and /or animal use.*

2.2.4.1.2 灌漑(Irrigation)

説明　　:The use of contaminated water from surface water bodies or a well to irrigate crops.

2.2.4.2 人間による涵養(Water Recharge by Humans)

説明　　:Recharge of non contaminated water to the water bodies of the system. This would dilute contaminants.

2.2.4.3 湖沼の人為的混合(Artificial Mixing of Lakes)

説明　　:Artificial mixing of lakes.

2.2.4.4 固体物質輸送(Solid Material Transport)

説明　　:The transport of solid material between environmental media and environments.

コメント　　:It is a group of FEPs

2.2.4.4.1 堆積物の浚渫(Dredging of Sediments for Soil)

説明　　:Human actions may cause significant movements of solid materials: dredging of sediments from lakes, rivers and placement on soil.

2.2.4.4.2 土木工事(Earth Works)

説明　:Human actions may cause significant movement of solid materials. These actions are exclusively building activities.

2.3 人間の被ばくに係る事象およびプロセス（Events and Processes Related to Human Exposure)

説明　:Human habits or activities related to contaminated materials or substances leading to an external or internal exposure.

コメント　:For calculation of radiation doses the critical group definition should be coherent with these events and processes.

2.3.1 生活習慣(Human Habits)

説明　:A general description of the influences of human society on radiological exposure.

コメント　:A key feature of the assumptions associated with behaviour of the local community in a contaminated environment is the description of those habits and activities that may lead to radiation exposure. In practice, the definition of behaviour leading to exposure is the main component of definition of the critical group. The assumed habits of the critical group should be consistent with wider assumptions adopted concerning the inter-relationships in the local community and other aspects of the assumed societal context. More details of the biosphere processes associated with human exposure are addressed in the FEP List under PROCESSES.

2.3.1.1 資源利用(Resource Usage)

説明　:~~*Human habits*~~ *Use of contaminated resources* in ~~*the*~~ natural and agricultural *environments* ~~*contaminated resources usage*~~ could ~~*lead in a source for*~~ *result in* human exposure.

コメント　:Natural/seminatural and agricultural resources as well as water resources are related to the environment system description.

2.3.1.2 生産物貯蔵(Storage of Products)

説明　:Storage of products resulting in decay of radioactivity.

コメント　:Some agricultural products are usually stored for a certain periods of time depending on specific human habits and purposes.

2.3.1.3 空気、水および調理(Air, Water and Food Processing)

説明　:Processing causing decontamination or concentration of contamination.

2.3.1.3.1 水の濾過(Water Filtration)

説明　:Filtration of water for drinking purposes, or for other purposes.

2.3.1.3.2 空気の濾過(Air Filtration)

説明　:Filtration of air by natural or artificial mechanisms.

2.3.1.3.3 調理(Food Processing)

説明　:Preparation of food which may modify contaminant concentrations in the final material consumed.

2.3.1.3.4 換気(Ventilation)

説明　:Active ventilation of houses or rooms within houses.

コメント　:Taken to mean ventilation beyond simple effects of doors and windows.

2.3.1.4 居住／遮蔽要因(Location/Shielding Factors)

説明　:Shielding and other reduction factors for calculation of external radiation doses.

2.3.1.5 食餌(Diet)

説明　:Consumption rates of different products.

コメント　：Specific habits of the population resulting in a site specific diet.

2.3.2 外部照射プロセス(External Irradiation Processes)

説明　：Potential exposures to contaminated sources resulting in an external irradiation of the human critical group considered in the assessment.

コメント　：Taking into account underground repositories, soils, sediments or water could result in more important sources of external exposure than other sources such as atmosphere, fauna and flora or other contaminated materials.

2.3.3 内部被ばくプロセス(Internal Exposure Processes)

説明　：Potential intake of contamination resulting in internal irradiation.

2.3.3.1 摂取(Intake)

説明　：Incorporation of radionuclides into the body.

コメント　：Applies both to animals intended for human consumption as well as to humans. This FEP includes a number of lower level FEPs.

2.3.3.1.1 吸入(Inhalation)

説明　：Incorporation of radioactivity into the body due to breathing air, including aerosols of resuspended dust and gases.

2.3.3.1.2 経口摂取(Ingestion)

説明　：Incorporation of radioactivity in water or contaminated substances via ingestion.

コメント　：Diet and specific consumption habits will determine the ingestion rates of liquids and food for the critical group.

2.3.3.1.3 皮膚からの吸収(Dermal Absorption)

説明　：Absorption of contaminated substances through the skin.

② 本ケースに適用する潮間帯／海洋環境に係る FEP の説明

I/F 1 基本システム：自然および半自然（Basic System Description:Natural and Semi-Natural）

説明　：A general description of the ecological context for the marine/ inter-tidal assessment. The marine environments are not significantly, or only partially, influenced by human activities.

コメント　：See FEP 1.3.2 and 1.3.2.1.1

I/F 1.1 海洋（Marine）

説明　：Environments associated with the seas and oceans.

コメント　：Humans can exploit the marine environments as sources of food but humans have little influence on the environment other than at littoral zone or through pollution.

I/F 1.2 潮間帯（Inter-tidal zone）

説明　：Environments associated with the mixing of freshwater and marine aquatic systems through outflows of rivers into the sea.

コメント　：Man can exploit inter-tidal environments as sources of food but humans do not have major influences on the natural processes which create the freshwater/marine aquatic mixing.

I/EP 2 事象およびプロセス：自然（Marine/Inter-tidal Events and Processes：Natural）

I/EP 2.1 塩分濃度変化（Salinity Changes）

説明　：Changes to the salt content of the water arising through fresh-water input changes.

コメント　：Changes to the salt content of marine or inter-tidal waters through natural influences can cause changes in the ecosystem flora and fauna and the behaviour of contaminants in the ecosystem.

I/EP 2.2 堆積（Sedimentation）

説明　:The gravitational settling and deposition of suspended particles within marine or inter-tidal waters to form sediments, includes biotic and abiotic materials.

コメント　:One of the main processes affecting radionuclide transport in marine/inter-tidal waters.

I/EP 2.3 再浮遊(Resuspension)

説明　:Resuspension of sediment particles due to marine/inter-tidal water movements and bioturbation, and/or resuspension of dried out sediment to atmosphere.

コメント　:An important process affecting radionuclide re-mobilisation from marine/inter-tidal bed sediments.

I/EP 2.4 蒸発(Evaporation)

説明　:The emission of water vapour from free surfaces of marine/ inter-tidal waters at a temperature

I/EP 2.5 揮発(Volatilisation)

説明　:Transport of volatile material into the atmosphere from the marine/inter-tidal waters.

コメント　:This process can affect radionuclide mobility, transport and accumulation.

I/EP 2.6 エアロゾル輸送(Aerosol Transport)

説明　:A colloidal system in which the dispersion medium is a gas or liquid.

コメント　:Affects transport of contaminants in solid or liquid form due to resuspension/deposition processes.

I/EP 2.6.1 波によるエアロゾル輸送(Aerosol Transport due to Waves)

説明　:The formation and transport of solid or liquid contaminants as aerosols carried by wave action.

I/EP 2.6.2 風によるエアロゾル輸送(Aerosol Transport due to Wind)

説明　　:The movement of solid or liquid contaminants as aerosols carried by atmospheric wind.

I/EP 2.7 侵食(Erosion)

説明　　:Changes to coastal landforms or exposed bed sediments.

I/EP 2.7.1 波による浸食(Erosion by Wave Action)

説明　　:Changes caused by moving marine/inter-tidal water in the form of waves acting upon landforms or sediments and resulting in solids being dislodged and moved to another location.

I/EP 2.7.2 地滑り又は落石による侵食(Erosion by Landslides or Rock Falls)

説明　　:Changes to landforms produced by rainfall, surface run-off, river water or occasional floods that removes surface soil, plants or rock material.

I/EP 2.8 生物擾乱(Bioturbation)

説明　　:Changes to sediments through re-distribution and mixing of sediment particles by the action of marine/inter-tidal plants or animals.

I/EP 2.9 水流(Water Flows)

説明　　:The movement of terrestrial and marine/inter-tidal waters.

I/EP 2.9.1 地下水放出(Groundwater Discharge)

説明　　: The release of groundwaters directly into marine waters.

I/EP 2.9.2 地表水のラン一オフ(Surface Run-off)

説明　　:The transferral of water directly into marine/inter-tidal waters without percolation /infiltration into terrestrial soils.

コメント　:Includes run-off of precipitation as rain or from snowmelt.

I/EP 2.9.3 潮流(Tidal Currents)

説明　:Movement of marine water by the gravitational pull of the moon causing ebb and flow of water in coastal locations.

I/EP 2.9.4 海流(Marine Currents)

説明　:Movement of deep marine waters.

I/EP 2.9.5 河川流(River Flow)

説明　:Movement of freshwater rivers into marine/inter-tidal locations.

I/EP 2.9.6 シースプレイ(Sea Spray)

説明　:Movement of marine water onto land or into atmosphere by wave action causing small water droplet formation.

I/EP 2.10 温度変化(Temperature Changes)

説明　:Changes in solar radiation (eg diurnal changes).

コメント　:Temperature changes can affect behaviour of biota on seashores and in the water column.

I/EP 2.11 涵養(Recharge)

説明　:The addition of water to the aquifer and/or surface freshwaters which as a consequence could affect discharges to the marine/inter-tidal environments.

I/EP 2.12 ベッドロード輸送プロセス(Bed-load Transport Processes)

説明　:Processes acting on the sea-bed/bed of estuary modifying contaminant distribution.

コメント　:These processes could affect contaminant (eg adsorbed to sea-bed material) re-distribution (eg by wave action and water currents).

I/EP 2.13 洪水(Flooding)

説明 : Water flows which cause tidal rivers to breach their normal confines and result in water and sediments to be deposited on land adjacent to marine/inter-tidal environments. Low lying coastal environments could also be inundated by marine/inter-tidal waters due to high tide events.

I/EP 2.14 大波(Sea Surges)

説明 : Abnormal water flows which cause seas to exceed their normal confines.

I/EP 2.14.1 暴風(Storms)

説明 : Abnormal meteorological conditions which, through wave and wind action, cause marine or inter-tidal waters to exceed normal activity.

コメント : Storms can cause transport and re-distribution of contaminants.

I/EP 2.14.2 津波(Tsunami)

説明 : Very quickly travelling sea waves that attain great height.

コメント : A potential cause for erosion and flooding that as a consequence affects contaminant concentrations, transport and re-distribution.

I/EP 2.15 動植物を媒介とした輸送(Transport Mediated by Flora and Fauna)

説明 : Transport of contaminated materials or water caused by marine/inter-tidal biota.

I/EP 2.15.1 植物による輸送(Transport Mediated by Flora)

説明 : Transport of contaminated materials by marine/inter-tidal plants.

コメント : Contaminants may be transported due to surface contamination of plant material which is freely moving in moving waters.

I/EP 2.15.2 動物による輸送(Transport Mediated by Fauna)

説明　　: Transport of contaminated materials by marine/inter-tidal animals.

コメント　: Contaminants may be transported due to surface contamination of animals moving within the marine/inter-tidal waters.

I/EP 2.16 植物による吸収／代謝(Plant Uptake/Metabolism)

説明　　: The uptake and metabolism of radionuclide activity by plants which can affect contaminant transport and bioavailability.

I/EP 2.16.1 海洋に棲息する植物(Marine)

説明　　: Uptake and metabolism of radionuclide activity by marine plants.

I/EP 2.16.2 潮間帯に棲息する植物(Estuarine)

説明　　: Uptake and metabolism of radionuclide activity by inter-tidal plants.

I/EP 2.17 動物による摂取／代謝(Animal Uptake/Metabolism)

説明　　: The uptake and metabolism of radionuclide activity by animals which can affect contaminant transport and bioavailability.

I/EP 2.17.1 海洋に棲息する動物(Marine)

説明　　: Uptake and metabolism of radionuclide activity by marine animals.

I/EP 2.17.2 潮間帯に棲息する動物(Estuarine)

説明　　: Uptake and metabolism of radionuclide activity by inter-tidal animals.

I/EP 2.18 海水準変動(Sea-Level Changes)

説明　　: Relatively long-term alterations in the level of the sea.

コメント　: Not short-term changes (eg due to tidal, flood actions)

I/EP 2.18.1 隆起／沈降(Isostatic Changes)

説明　:Changes in sea-level caused by subsidence or elevation of land.

I/EP 2.18.2 海水量の変動(Eustatic Changes)

説明　:Changes in shore-line sea-levels due to a rise or fall in water amounts (as opposed to changes in land levels).

I/EP 2.19 拡散／分散(Diffusion/Dispersion)

説明　:Diffusion and dispersion of contaminant in aqueous media.

コメント　:Need not involve water transport.

I/HA 3 移行に影響する人間活動(Human Activities Affecting Migration)

説明　:Events and processes related to human actions (as opposed to natural actions) which influence radionuclide contaminant behaviour, transport and availability in various marine/inter-tidal media.

I/HA 3.1 浚渫(Dredging Sediments)

説明　:Removal of marine or inter-tidal bed sediments.

コメント　:Movement of solid materials causes re-distribution of contaminants. Materials may be removed to terrestrial or other marine/inter-tidal locations.

I/HA 3.2 脱塩(De-salination of Water)

説明　:Removal of salt content of sea water in order to provide drinking water (animals or human) or water for irrigation of plants/crops.

I/HA 3.3 沿岸部の物理的変化(Coastal Changes (Physical Changes))

説明　:Human actions which cause changes to coastal landforms.

I/HA 3.3.1 干拓／埋立(Land Reclamation/Extension)

説明　:Pumping of water or movement of solid materials to increase land surface area.

I/HA 3.3.2 護岸工事(Coastal Defences)

説明　:Changes to coastal topography by erection of barriers or removal of materials to protect the shore-line from wave action.

I/HA 3.4 貯水(Impoundment of Water)

説明　:Erection of barriers or dams to retain marine/inter-tidal water for human use.

I/HA 3.4.1 漁業／養殖(Fishing/Fish Farming)

説明　:Use of marine/inter-tidal water empoundment to catch or raise fish.

I/HA 3.4.2 水浴(Bathing)

説明　:Use of marine/inter-tidal water empoundment to create bathing facilities.

I/HA 3.4.3 製塩(Salt Production)

説明　:Use of marine/inter-tidal water empoundment in order to encourage evaporation of water to leave salts for use in culinary purposes/food preservation.

I/HA 3.5 汚染(Pollution)

説明　:Human activities causing chemical changes to marine/inter-tidal media.

I/HE 4 人間の被ばく(Human Exposure)

説明　:Human habits or activities leading to external or internal exposure from marine/inter-tidal media/materials.

I/HE 4.1 生活習慣(Human Habits)

説明　　:Habits which affect exposure due to occupations and occupancy times in marine/inter-tidal locations.

I/HE 4.1.2 資源利用(Resource Usage)

説明　　:Habits in the marine/inter-tidal environments which lead to exposure through use of marine/inter-tidal materials (eg fishing, seaweed gathering, collection of solid materials such as larva, sand, gravel).

I/HE 4.2 食餌(Human Diet)

説明　　:Ingestion of marine/inter-tidal plants or animals.

I/HE 4.3 外部照射(External Irradiation)

説明　　:Potential exposure to contaminated marine/inter-tidal sources resulting in an external irradiation of hypothetical exposure groups members.

I/HE 4.3.1 水域(Water)

説明　　:Exposures from marine/inter-tidal water due to bathing or water splash or sea spray.

I/HE 4.3.2 堆積物(Sediments)

説明　　:Exposures from marine/inter-tidal bed sediments due to any human or natural activity.

I/HE 4.4 内部被ばく(Internal Exposure)

説明　　:Incorporation of radionuclides from contaminated marine/inter-tidal sources into human body.

I/HE 4.4.1 エアロゾル／堆積物の吸入(Inhalation of Aerosols/Sediments)

説明　　:Incorporation of radionuclides into the body by breathing marine/inter-tidal aerosols, sediments or volatilised gases.

I/HE 4.4.2 経口摂取(Ingestion of Water/Foodstuffs/Sediments)

説明　　:Incorporation of radioactivity in water, contaminated foodstuffs and/or sediment via ingestion.

I/HE 4.4.3 皮膚からの吸収(Dermal Absorption)

説明　　:Absorption of contaminated marine/inter-tidal substances through the skin.

付　録　3

付録 3　深井戸放出ケースの評価結果

昨年度の研究で行った深井戸放出ケースについて、パラメータ等の変更を勘案して再度、核種移行解析計算を行う。解析手法は昨年の研究と同様に、放射性核種が単位フラックス（$1\ Bq \cdot y^{-1}$）で定常的に深井戸に放出された場合の、各被ばく集団に対するすべてのチェーン核種および被ばく経路についての合計年間実効線量（$Sv \cdot y^{-1}$）を算出し、深井戸への放出に関する線量への換算係数（$Sv \cdot Bq^{-1}$）を求めるものとする。なお、この換算係数（$Sv \cdot Bq^{-1}$）は、天然バリアからの核種移行率に乗じることにより線量に換算することを可能にする値である。

各被ばく経路ごとの線量への換算係数、各被ばくグループごとの線量への換算係数、全被ばくグループの線量への換算係数の合計値を図 1～22 および表 1～2 に示す。なお、各線量への換算係数結果は、昨年度の研究同様、線量への応答が定常に達したとみなせる 1×10^6 年後の値とする。

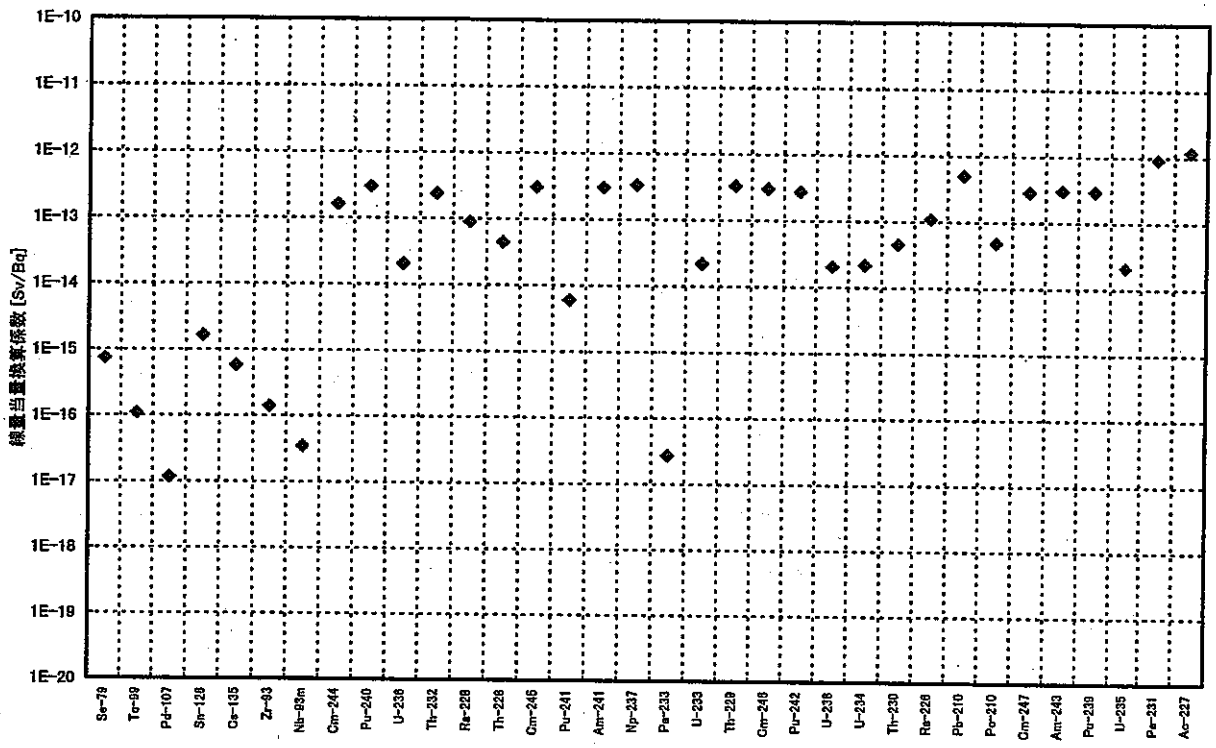


図1　井戸への核種放出に関する線量への換算係数（井戸水の飲用による被ばく）

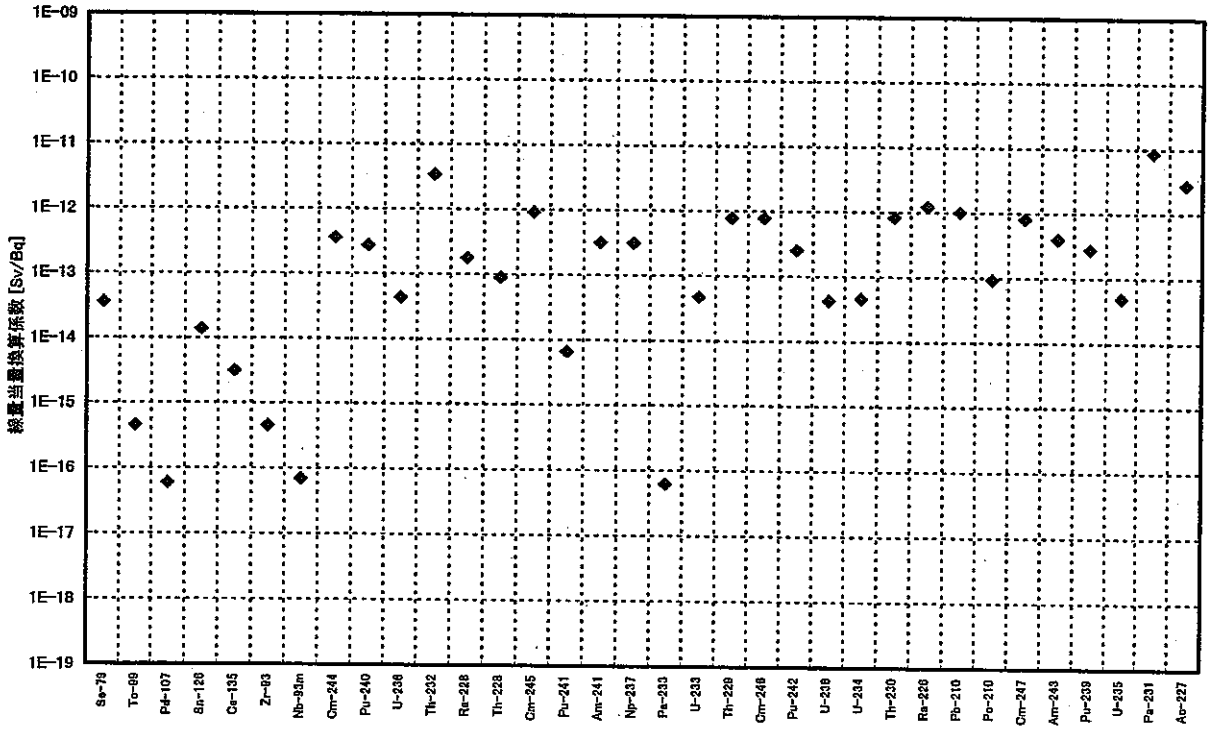


図2　井戸への核種放出に関する線量への換算係数（深井戸水の外部被ばく）

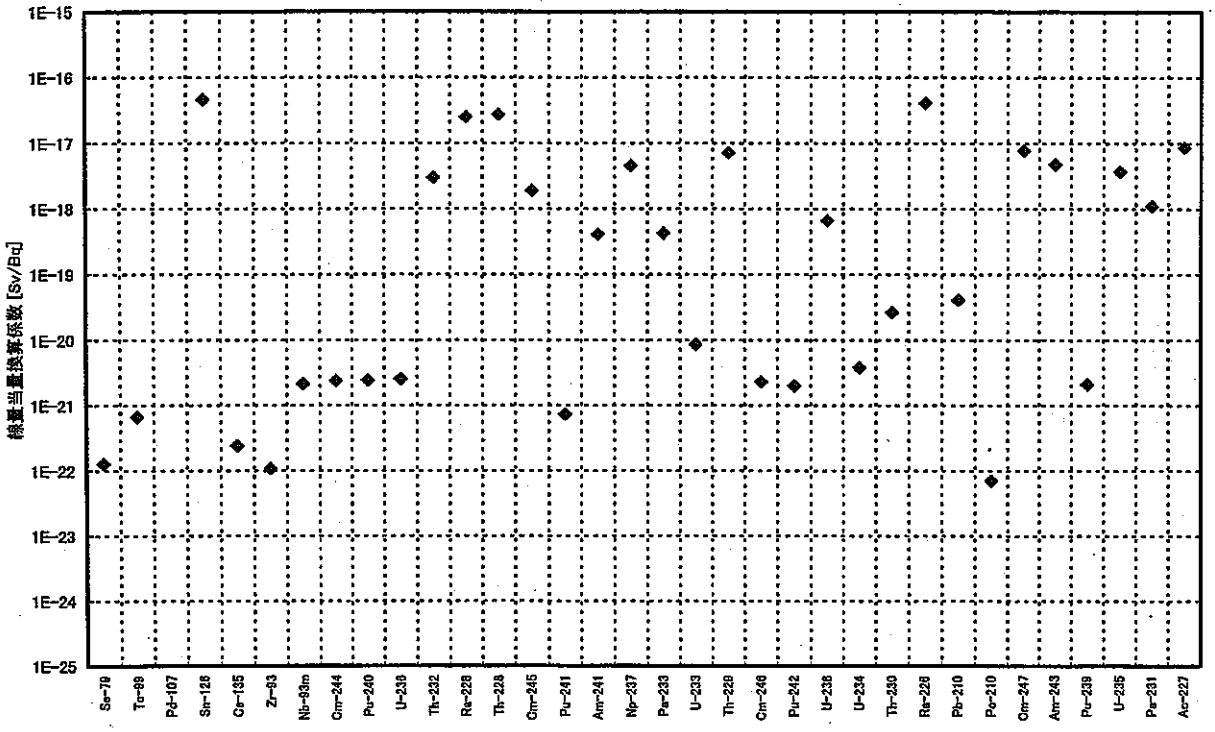


図3 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(農産物の摂取による被ばく)

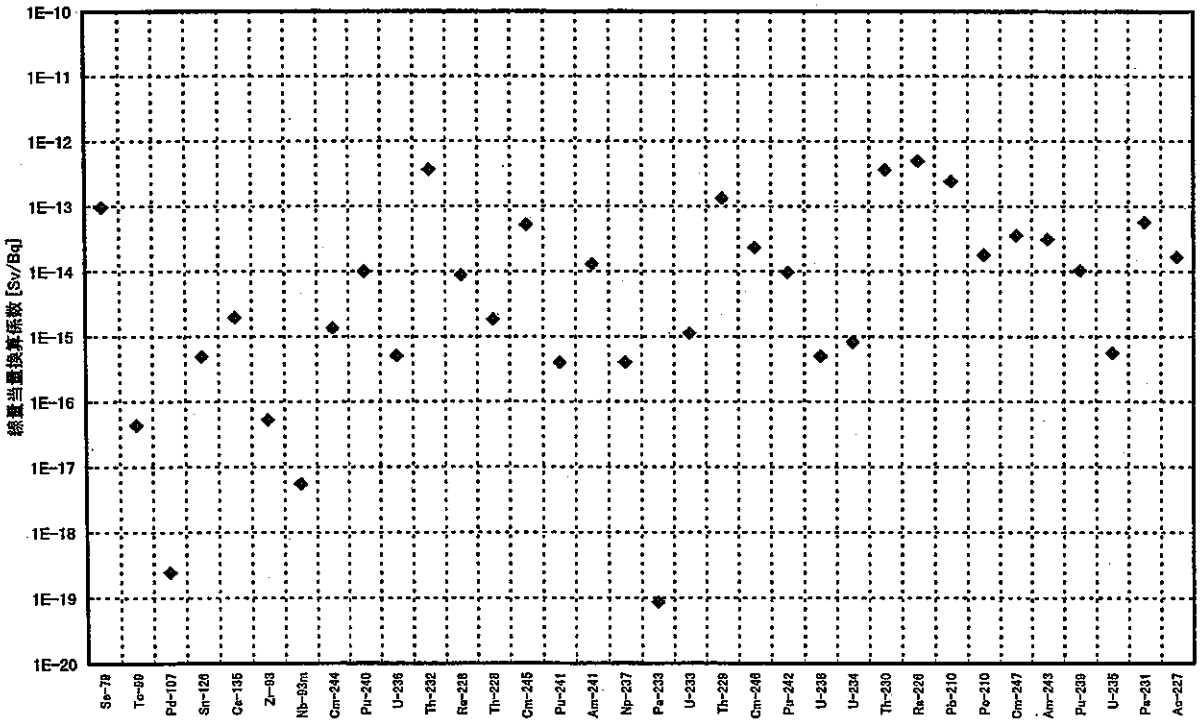


図4 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(蓄産物の摂取による被ばく)

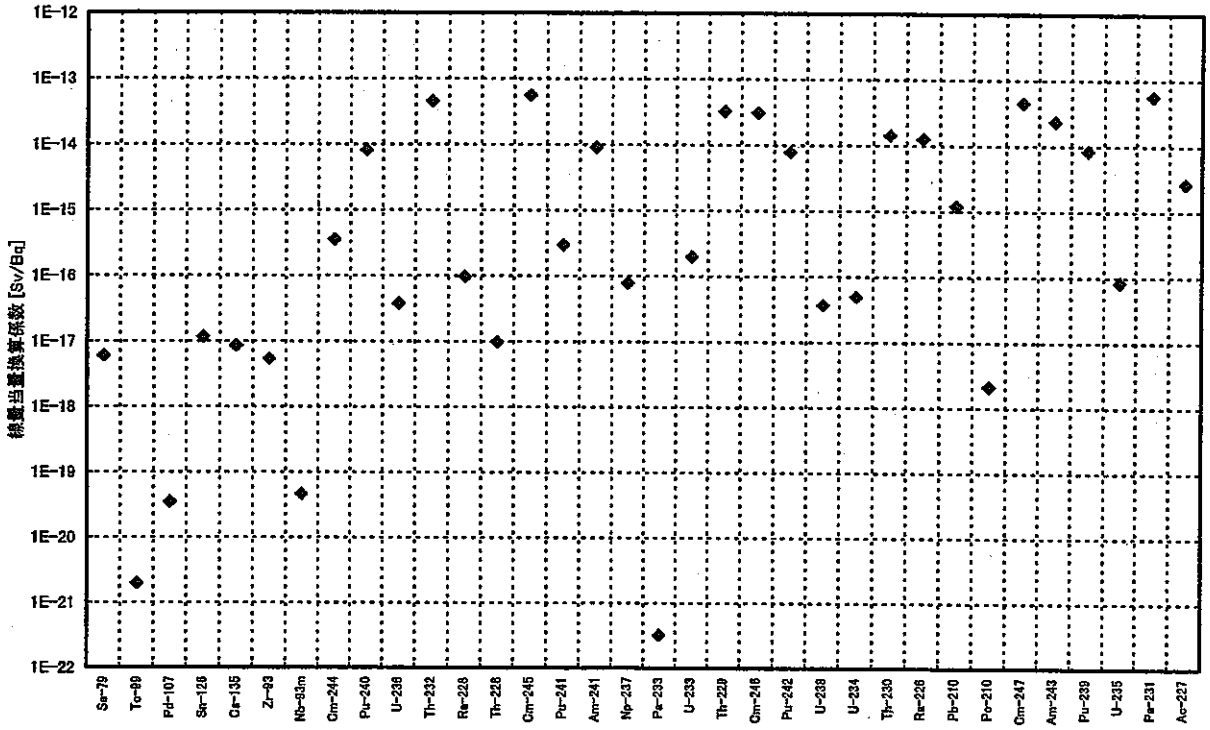


図5 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(表面土壌の摂取による被ばく)

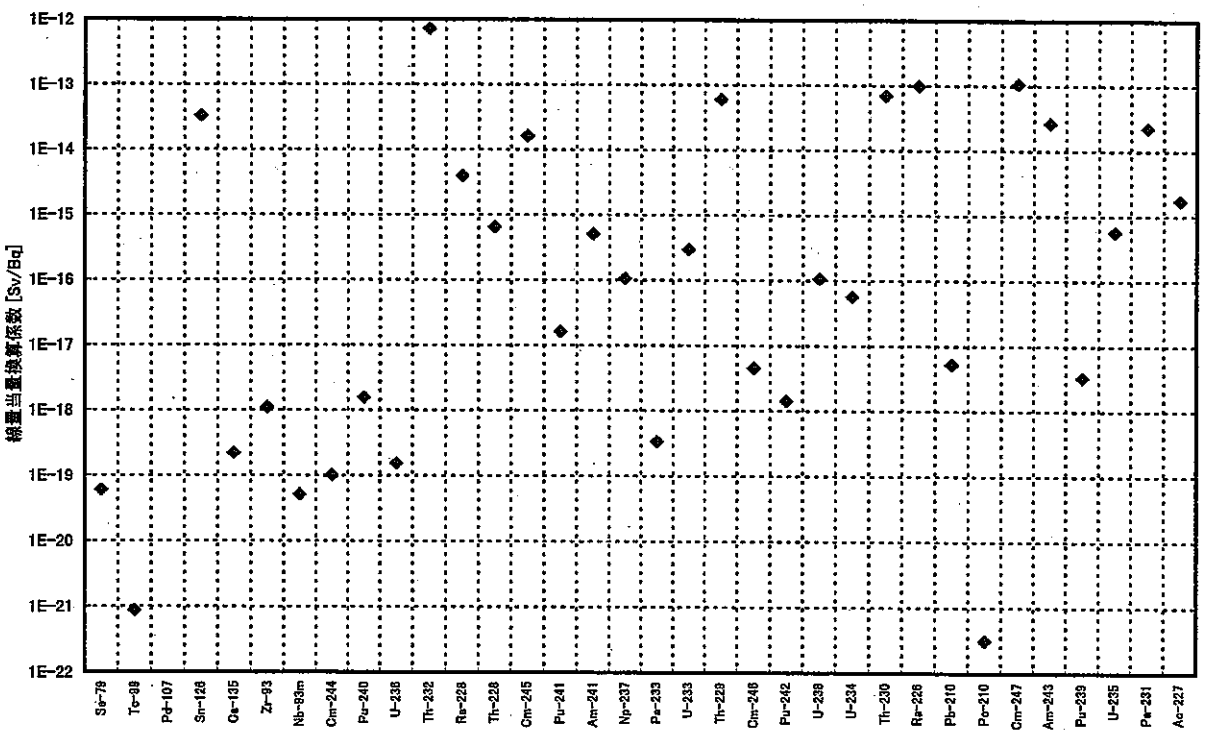


図6 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(表面土壌からの外部被ばく)

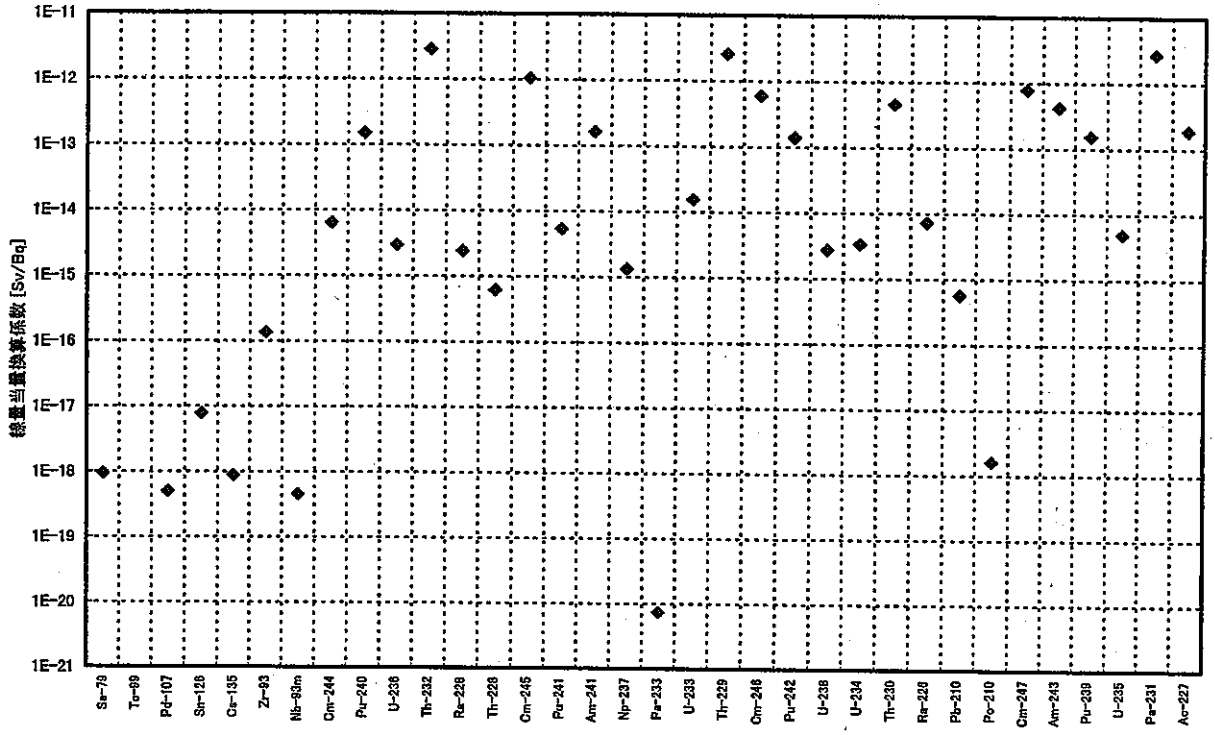


図7 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(表面土壌からのダストの吸入による被ばく)

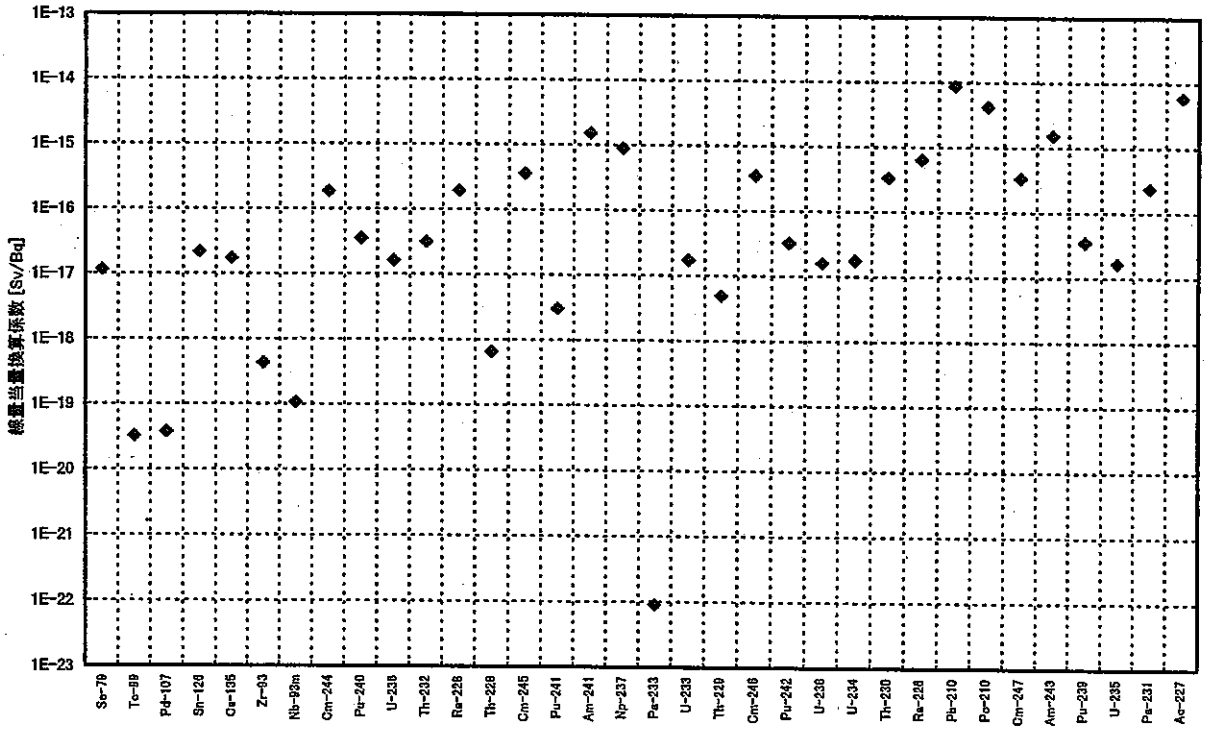


図8 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(淡水産物の摂取による被ばく)

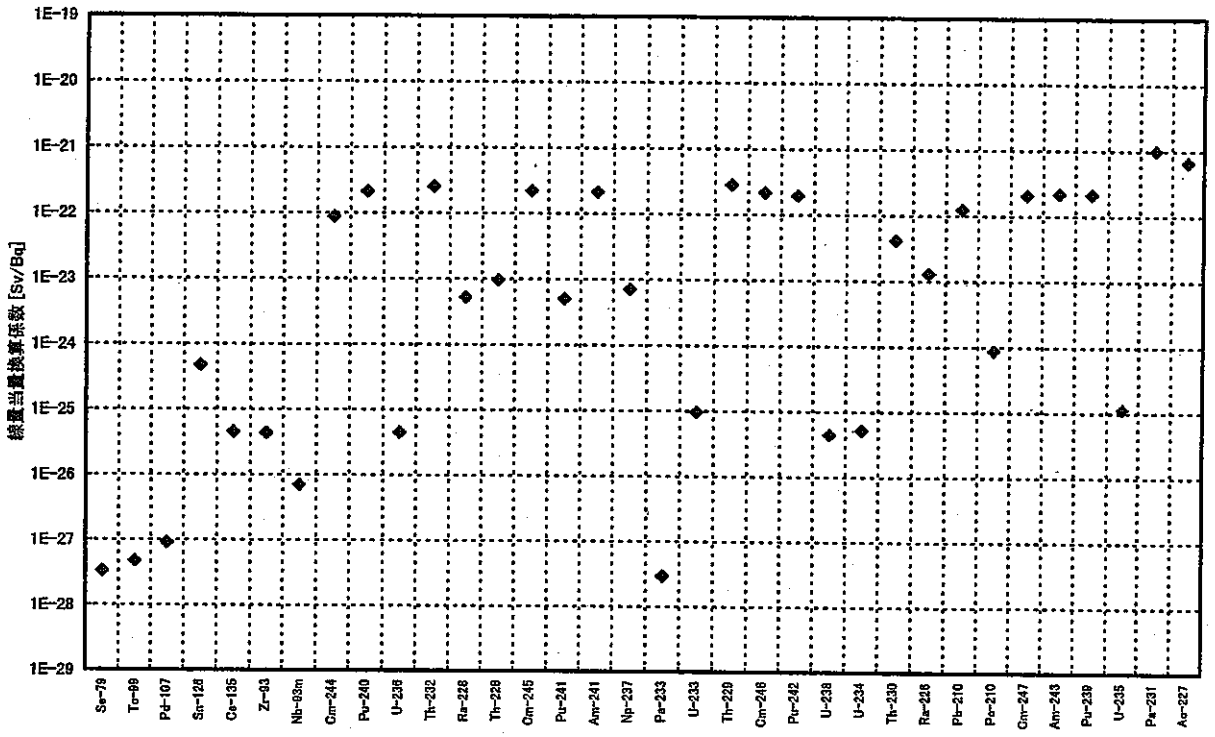


図9 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(河川堆積物の摂取による被ばく)

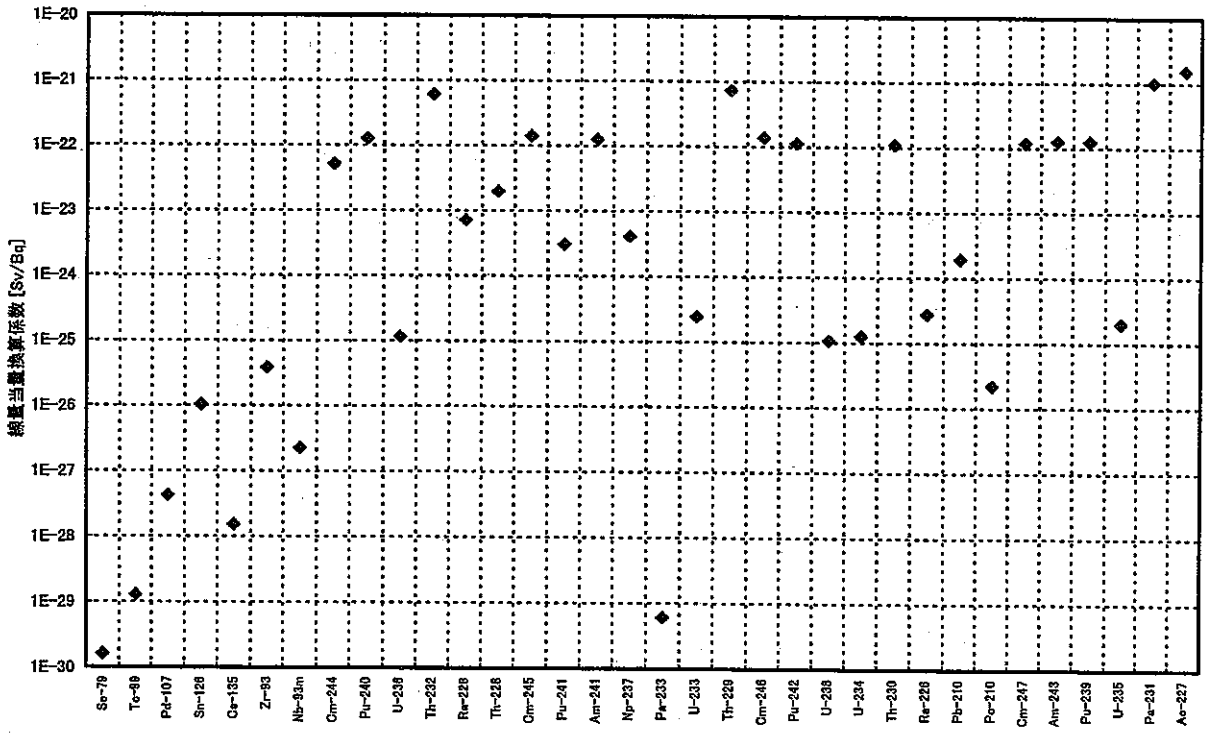


図10 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(河川堆積物からのダストの吸入による被ばく)

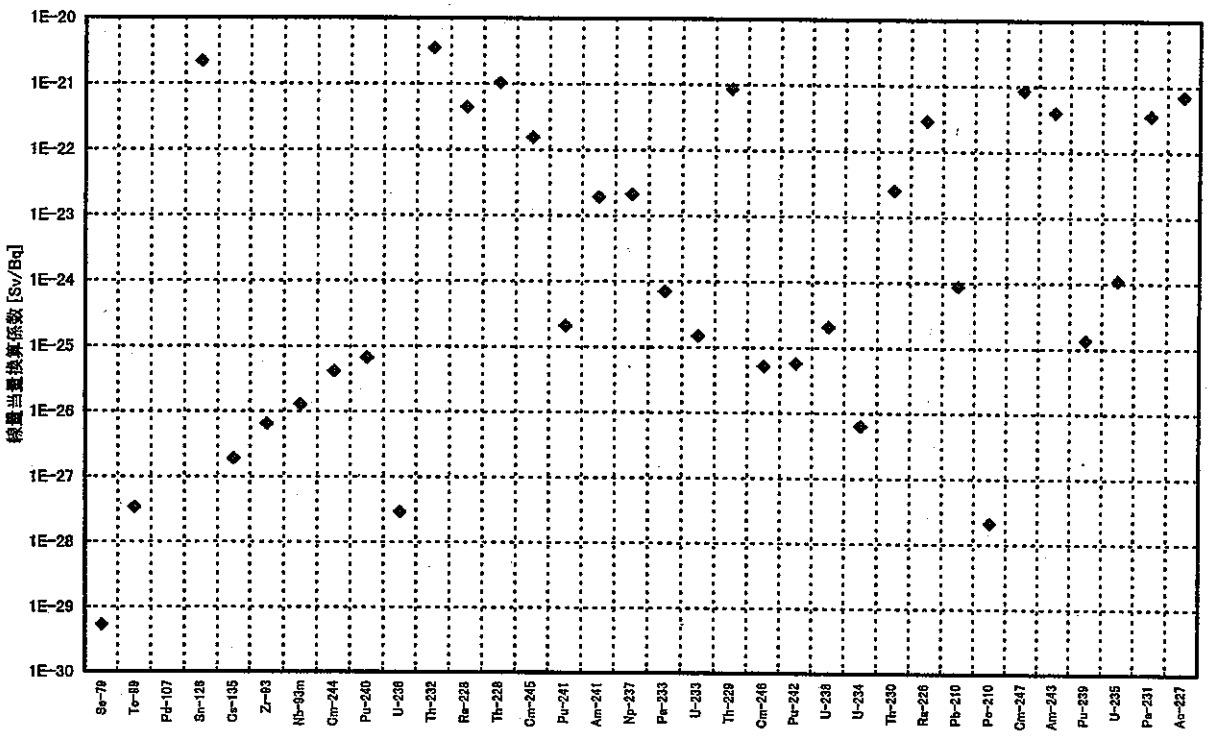


図11　井戸への核種放出に関する線量への換算係数（河川堆積物からの外部被ばく）

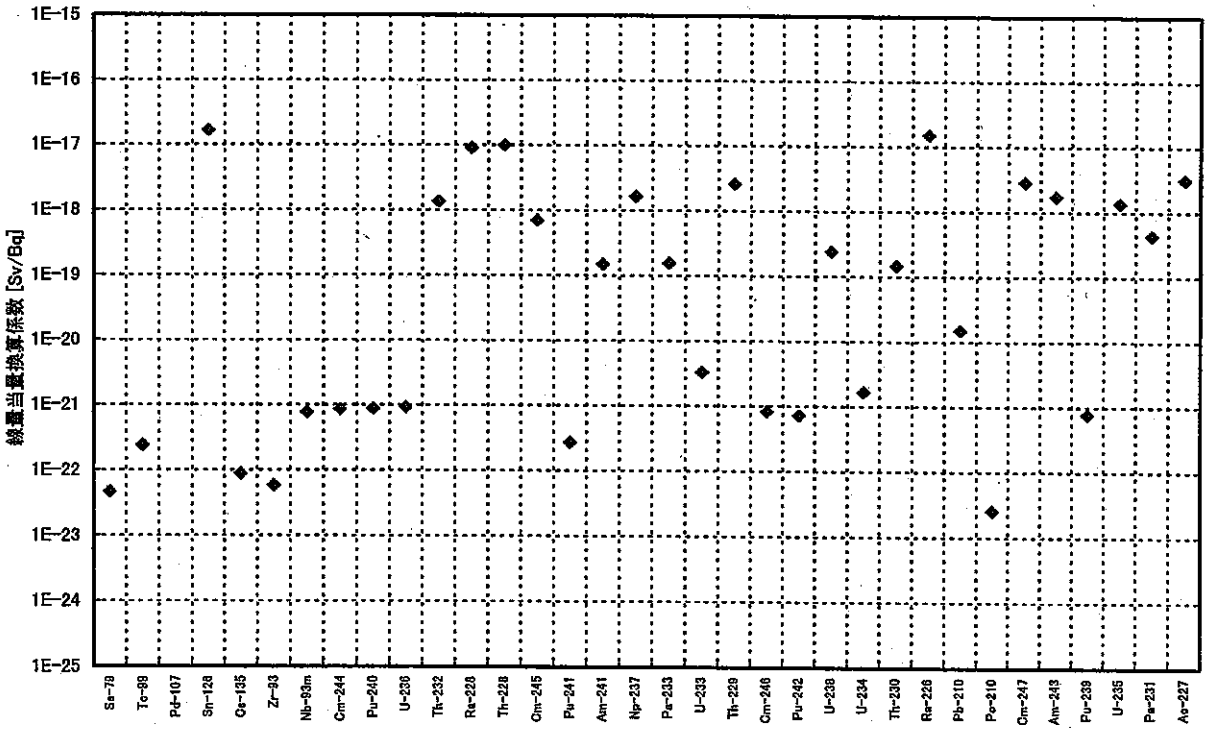


図12　井戸への核種放出に関する線量への換算係数（河川水からの外部被ばく）

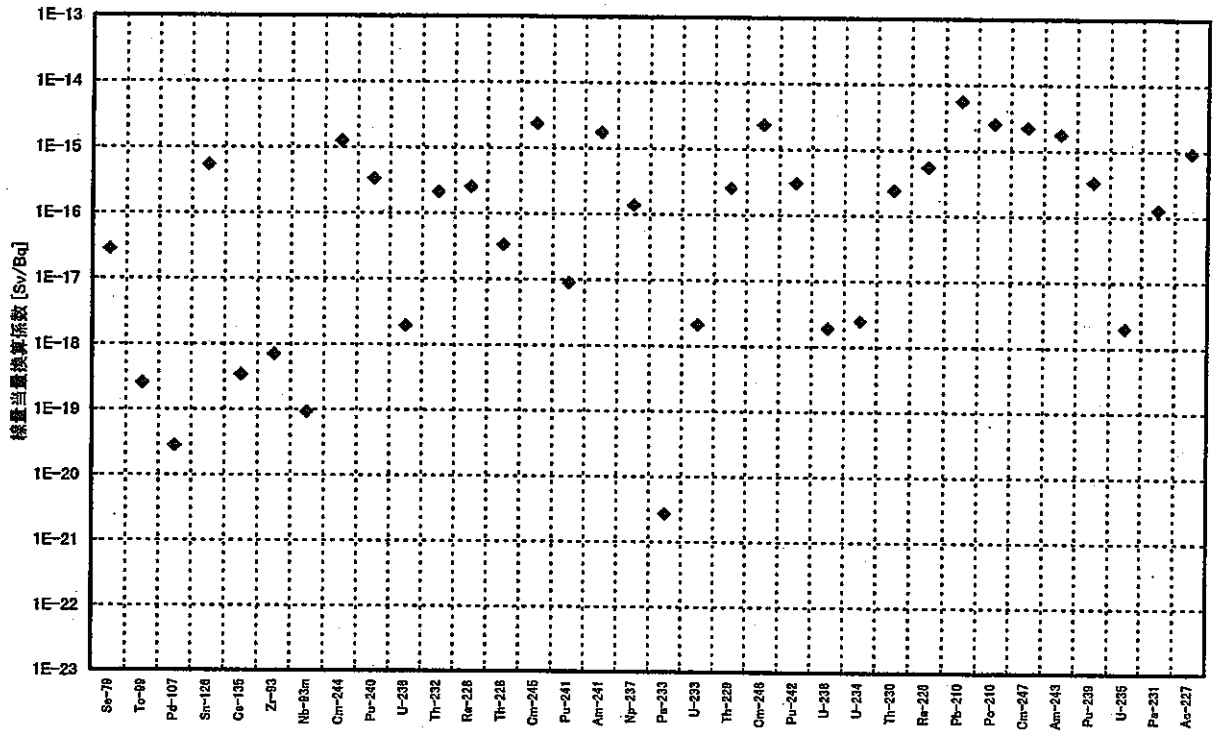


図13 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(海産物の摂取による被ばく)

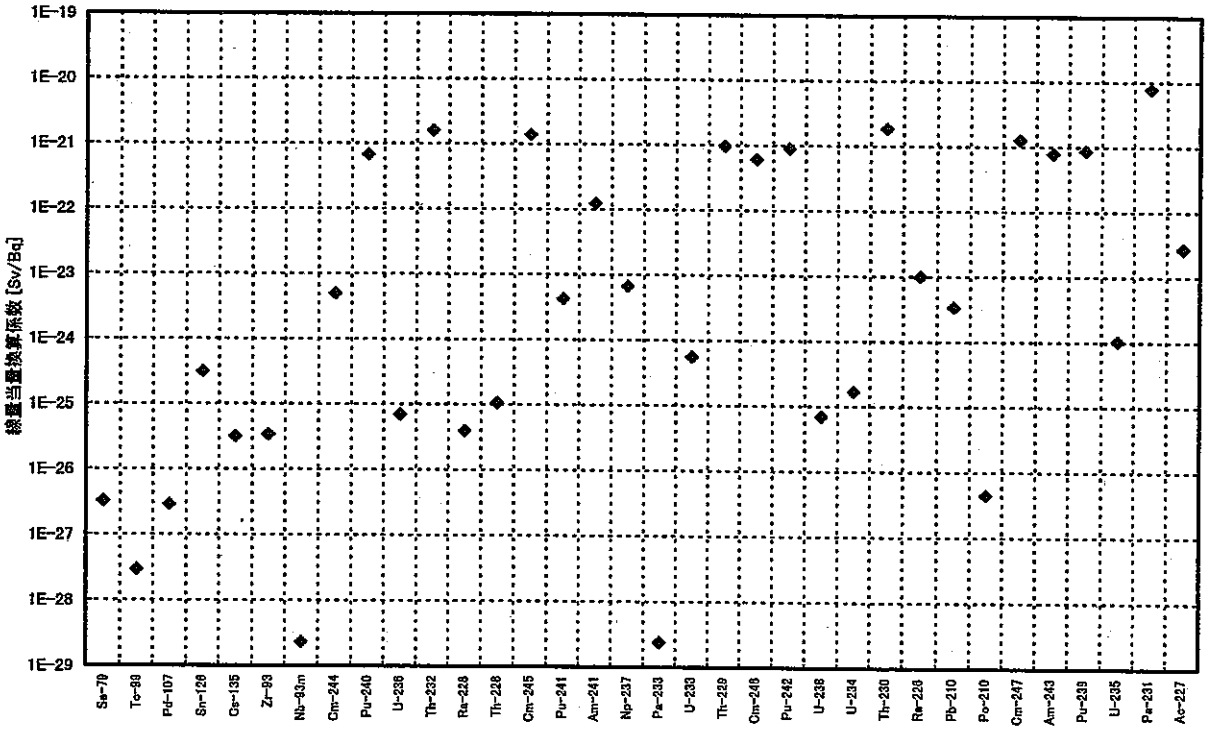


図14 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(沿岸海域堆積物の摂取による被ばく)

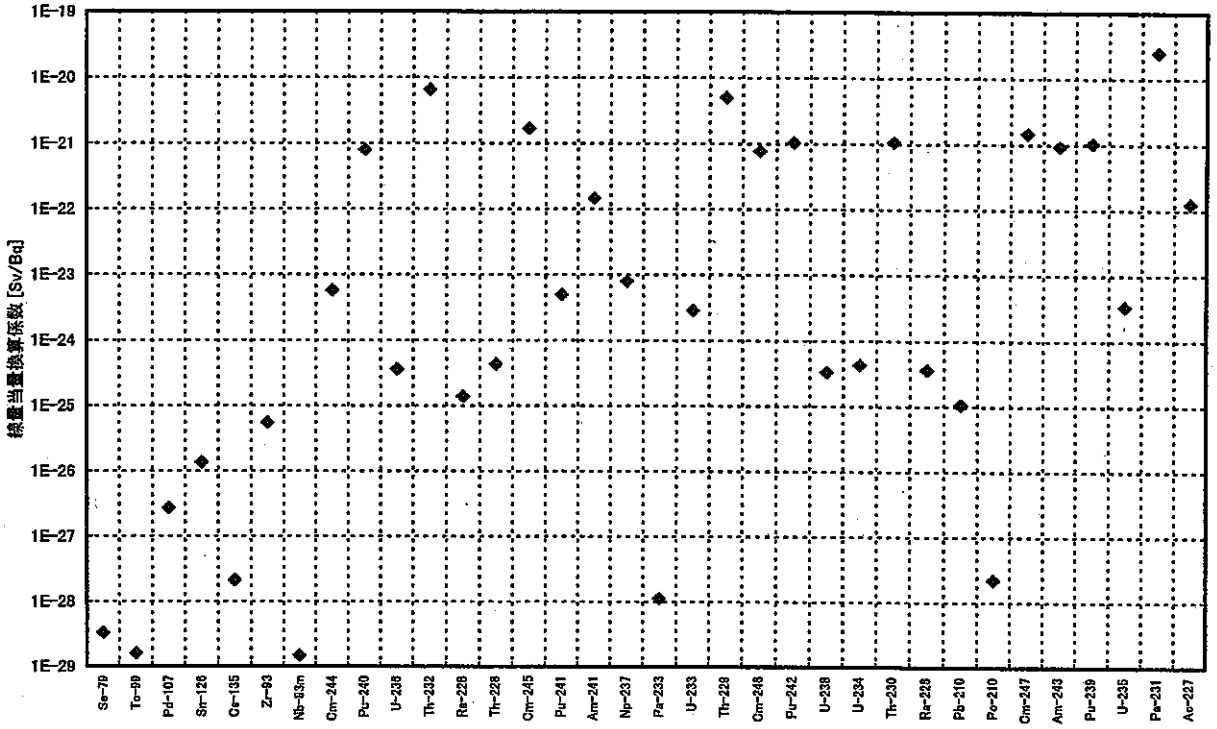


図15 井戸への核種放出に関する線量への換算係数

（沿岸海域堆積物からのダストの吸入による被ばく）

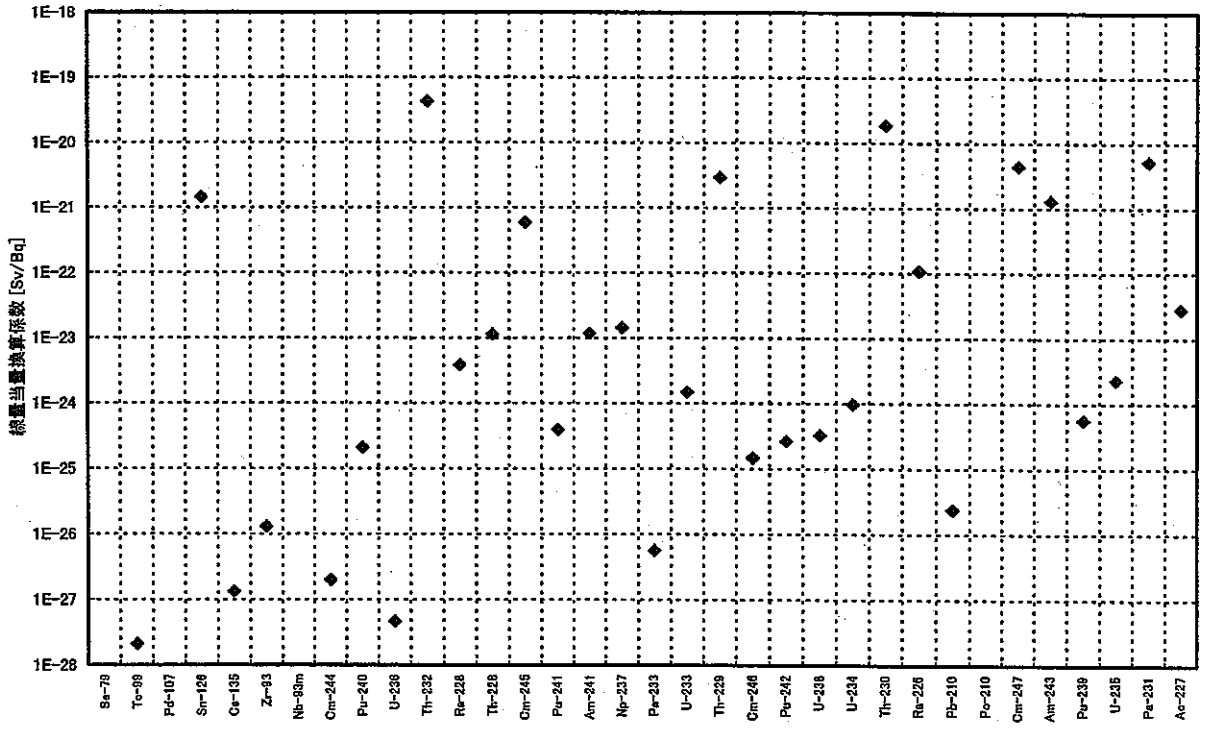


図16 井戸への核種放出に関する線量への換算係数（沿岸海域堆積物からの外部被ばく）

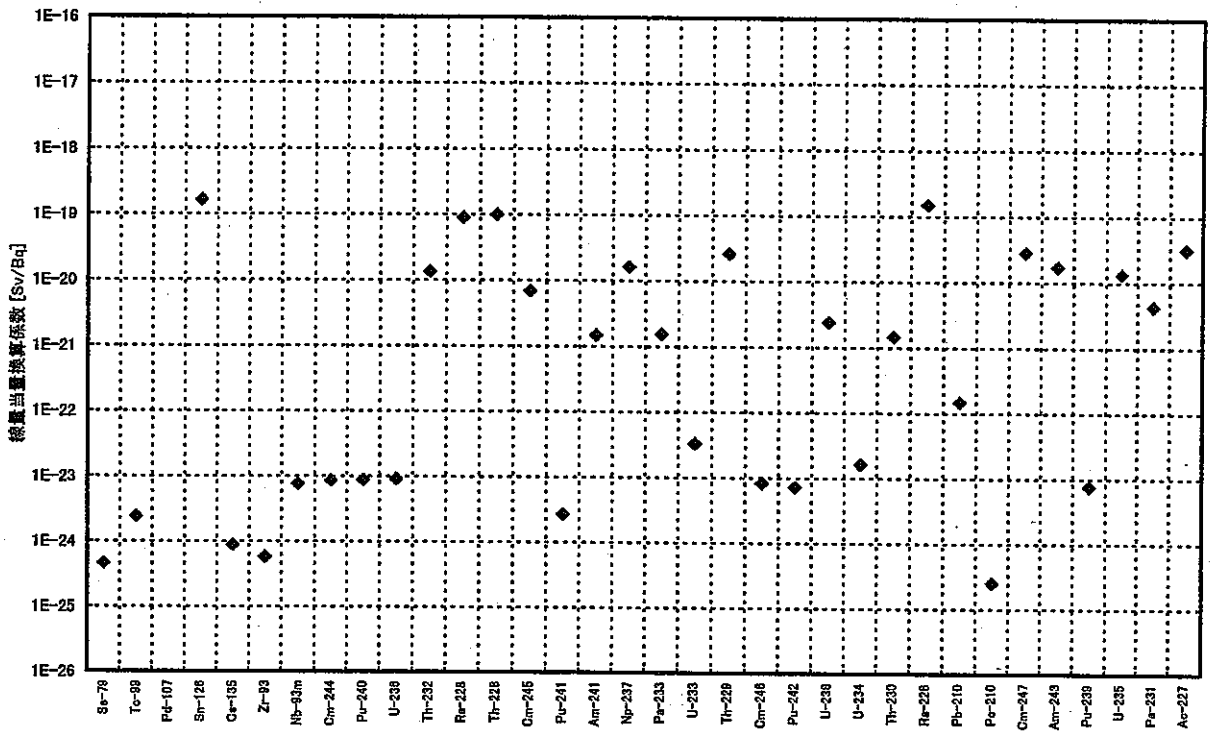


図17 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(沿岸海域水からの外部被ばく)

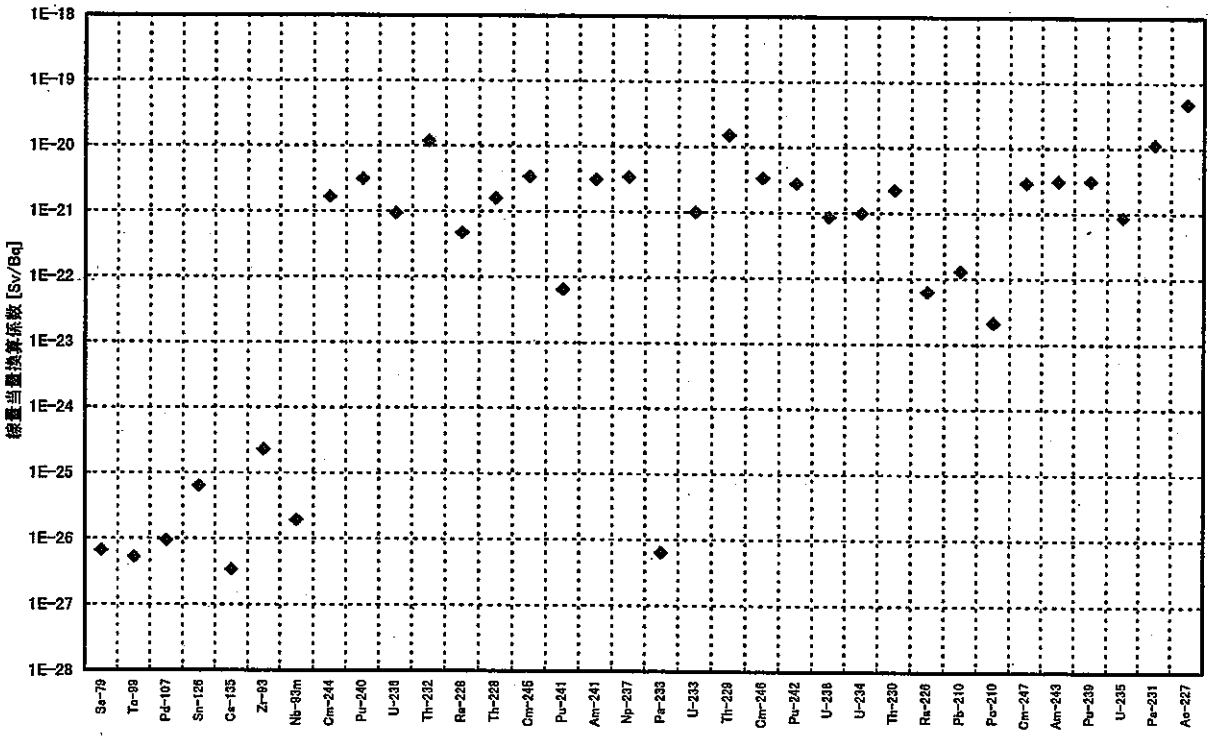


図18 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(エアロゾルの吸入による被ばく)

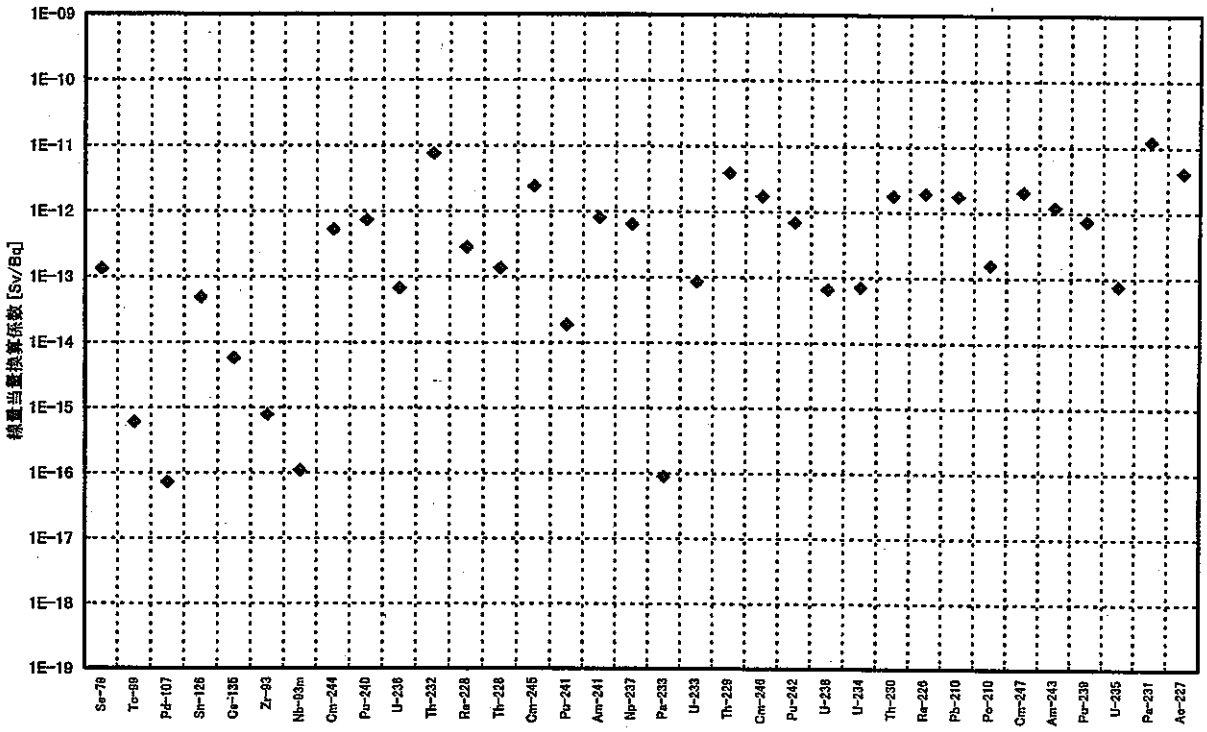


図19 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(農作業による被ばくグループの合計)

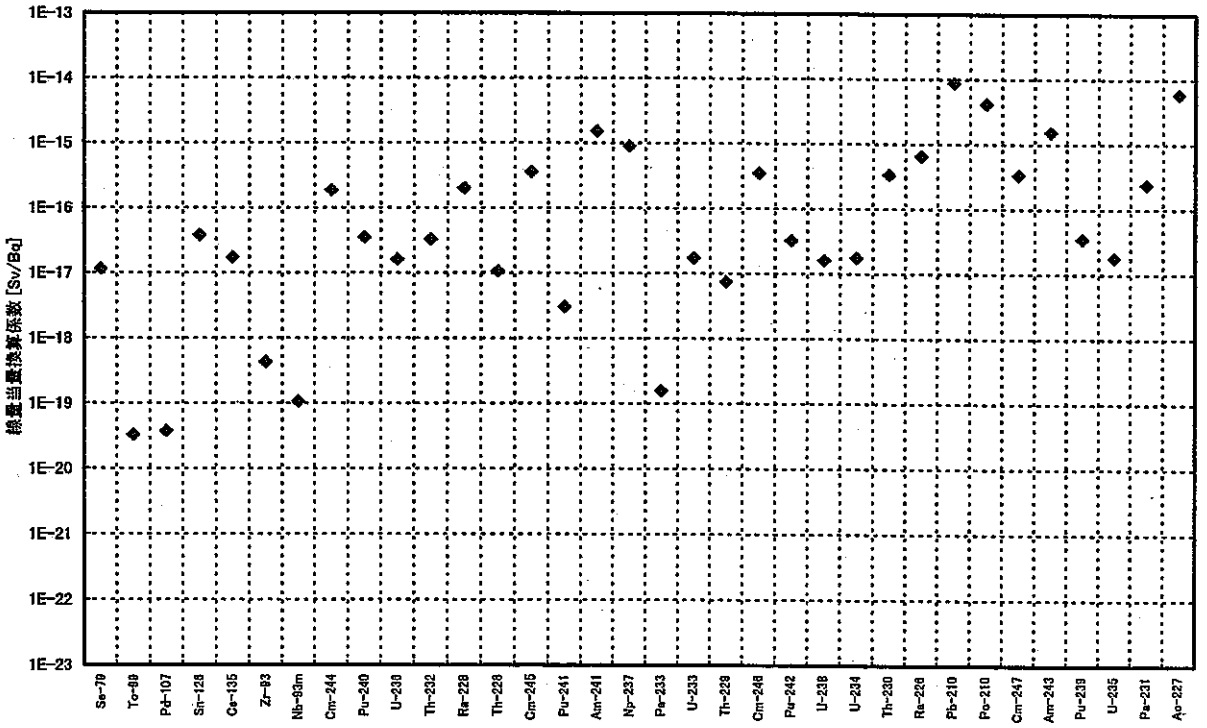


図20 井戸への核種放出に関する線量への換算係数(淡水漁業による被ばくグループの合計)

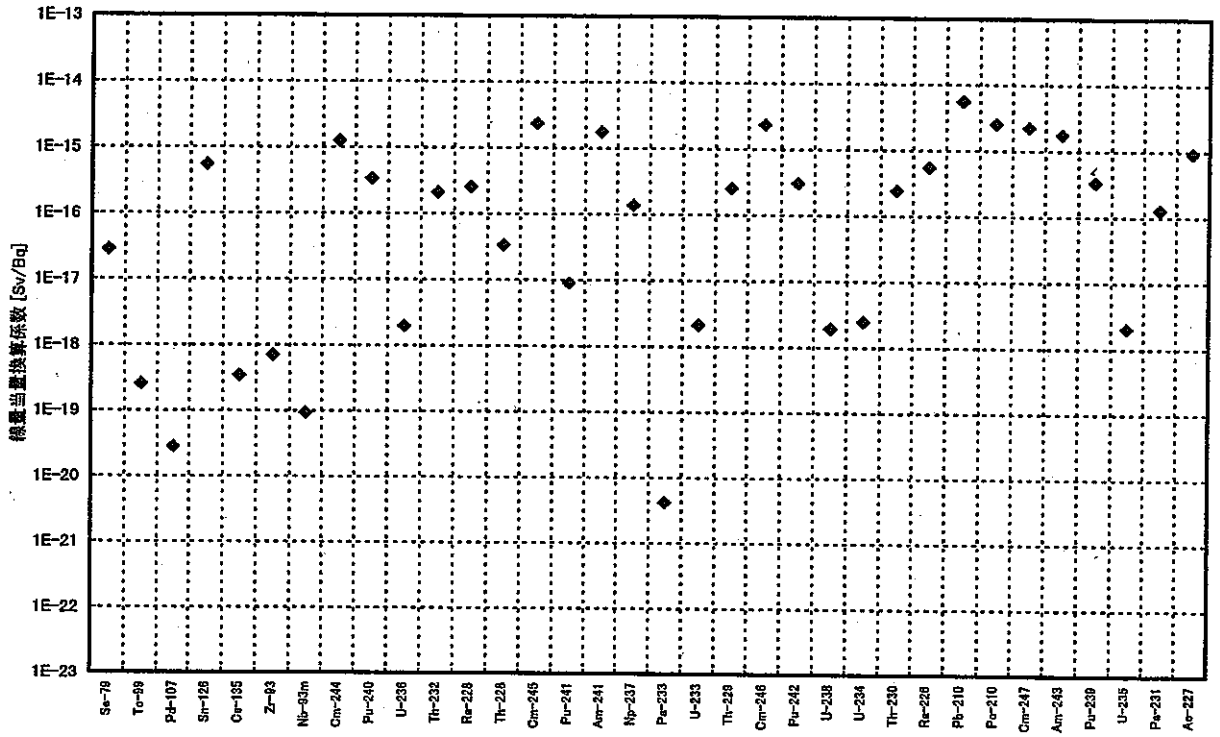


図21　井戸への核種放出に関する線量への換算係数（海洋漁業による被ばくグループの合計）

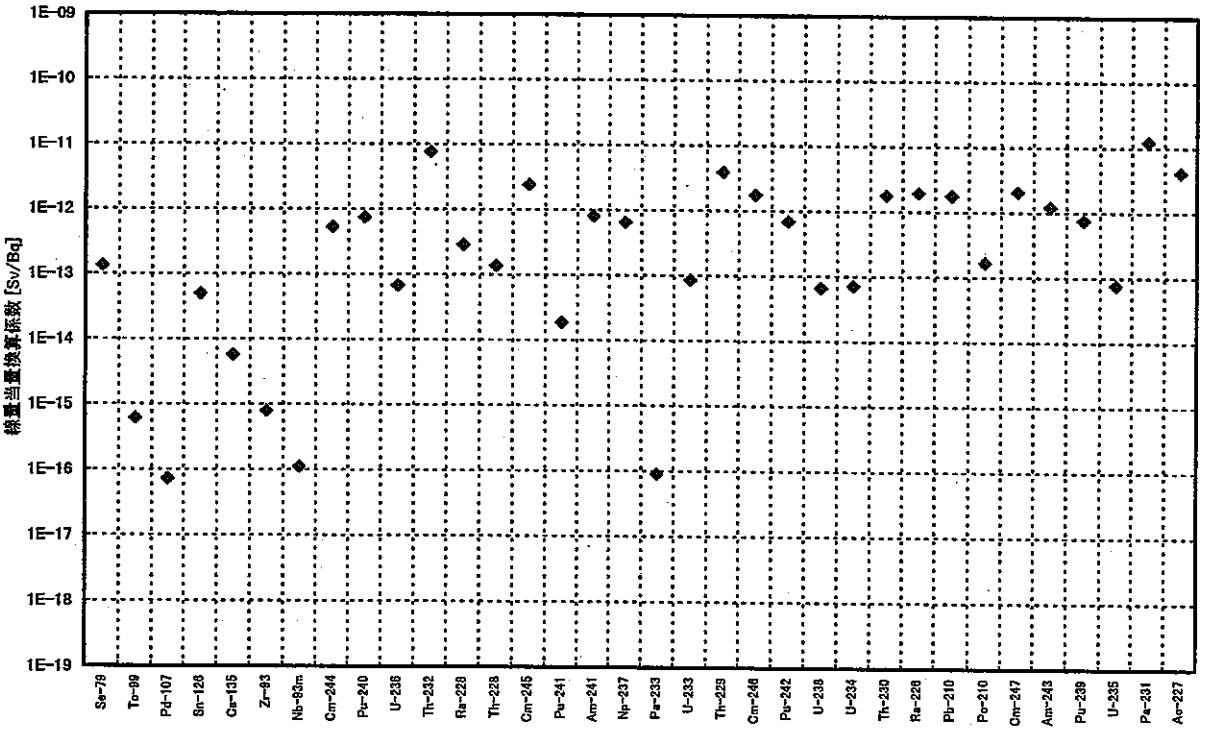


図22　井戸への核種放出に関する線量への換算係数（各被ばく経路の合計）

表 1 各被ばく経路における井戸への核種放出に関する線量への換算係数 (1/3)

[Sv/Bq]

	井戸水飲用	水からの外部被ばく（深井戸）	農産物の摂取	畜産物の摂取	土壌の摂取	土壌からの外部被ばく	ダストの吸入
					（表面土壌）		
Se-79	7.35E-16	1.27E-22	3.56E-14	9.76E-14	6.02E-18	5.99E-20	9.41E-19
Tc-99	1.10E-16	6.61E-22	4.55E-16	4.33E-17	1.97E-21	8.72E-22	7.01E-22
Pd-107	1.16E-17	0.00E+00	5.99E-17	2.43E-19	3.51E-20	0.00E+00	4.98E-19
Sn-126	1.65E-15	4.58E-17	1.36E-14	4.86E-16	1.17E-17	3.31E-14	7.80E-18
Cs-135	5.79E-16	2.41E-22	3.13E-15	1.97E-15	8.50E-18	2.20E-19	8.73E-19
Zr-93	1.39E-16	1.08E-22	4.52E-16	5.24E-17	5.38E-18	1.10E-18	1.36E-16
Nb-93m	3.48E-17	2.12E-21	6.97E-17	5.50E-18	4.63E-20	5.12E-20	4.52E-19
Cm-244	1.61E-13	2.38E-21	3.58E-13	1.35E-15	3.55E-16	1.01E-19	6.50E-15
Pu-240	2.99E-13	2.41E-21	2.75E-13	9.96E-15	8.18E-15	1.55E-18	1.51E-13
U-236	2.07E-14	2.53E-21	4.32E-14	5.04E-16	3.76E-17	1.53E-19	2.98E-15
Th-232	2.39E-13	3.02E-18	3.41E-12	3.67E-13	4.53E-14	7.38E-13	2.87E-12
Ra-228	9.06E-14	2.51E-17	1.78E-13	8.77E-15	9.73E-17	3.97E-15	2.45E-15
Th-228	4.46E-14	2.77E-17	8.91E-14	1.84E-15	9.85E-18	6.54E-16	6.22E-16
Cm-245	3.05E-13	1.93E-18	9.23E-13	5.22E-14	5.61E-14	1.64E-14	1.06E-12
Pu-241	6.00E-15	7.28E-22	6.54E-15	3.94E-16	2.99E-16	1.62E-17	5.41E-15
Am-241	3.04E-13	4.08E-19	3.16E-13	1.30E-14	9.22E-15	5.14E-16	1.66E-13
Np-237	3.36E-13	4.54E-18	3.13E-13	3.99E-16	7.89E-17	1.05E-16	1.34E-15
Pa-233	2.68E-17	4.30E-19	6.18E-17	8.54E-20	3.21E-22	3.34E-19	7.38E-21
U-233	2.20E-14	8.52E-21	4.64E-14	1.12E-15	1.98E-16	2.97E-16	1.57E-14
Th-229	3.35E-13	7.22E-18	7.84E-13	1.33E-13	3.26E-14	6.10E-14	2.58E-12
Cm-246	3.04E-13	2.28E-21	7.88E-13	2.34E-14	3.11E-14	4.54E-18	6.08E-13
Pu-242	2.75E-13	1.99E-21	2.54E-13	9.59E-15	7.93E-15	1.41E-18	1.41E-13
U-238	2.04E-14	6.62E-19	4.26E-14	4.97E-16	3.71E-17	1.07E-16	2.73E-15
U-234	2.16E-14	3.79E-21	4.57E-14	8.23E-16	4.98E-17	5.67E-17	3.41E-15
Th-230	4.57E-14	2.64E-20	8.31E-13	3.66E-13	1.43E-14	6.99E-14	4.58E-13
Ra-226	1.10E-13	4.15E-17	1.22E-12	4.99E-13	1.28E-14	9.90E-14	7.34E-15
Pb-210	5.02E-13	4.11E-20	1.01E-12	2.42E-13	1.20E-15	5.19E-18	5.74E-16
Po-210	4.86E-14	7.04E-23	9.27E-14	1.78E-14	2.12E-18	3.13E-22	1.63E-18
Cm-247	2.87E-13	7.83E-18	8.11E-13	3.57E-14	4.49E-14	1.06E-13	7.92E-13
Am-243	3.05E-13	4.75E-18	3.98E-13	3.09E-14	2.38E-14	2.65E-14	4.29E-13
Pu-239	2.99E-13	2.11E-21	2.76E-13	1.03E-14	8.49E-15	3.28E-18	1.56E-13
U-235	2.10E-14	3.73E-18	4.89E-14	5.55E-16	8.40E-17	5.69E-16	4.94E-15
Pa-231	9.21E-13	1.12E-18	8.50E-12	5.67E-14	5.67E-14	2.25E-14	2.72E-12
Ac-227	1.18E-12	8.77E-18	2.75E-12	1.68E-14	2.68E-15	1.74E-15	1.92E-13

表 1 各被ばく経路における井戸への核種放出に関する線量への換算係数 (2/3)

[Sv/Bq]

	淡水産物の摂取	堆積物の摂取	ダストの吸入	堆積物からの外部被ばく	水からの外部被ばく（河川水）
		（河川堆積物）			
Se-79	1.16E-17	3.29E-28	1.61E-30	5.32E-30	4.62E-23
Tc-99	3.22E-20	4.72E-28	1.28E-29	3.40E-28	2.41E-22
Pd-107	3.75E-20	9.13E-28	4.23E-28	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	2.16E-17	4.73E-25	1.03E-26	2.18E-21	1.66E-17
Cs-135	1.73E-17	4.54E-26	1.52E-28	1.91E-27	8.76E-23
Zr-93	4.29E-19	4.32E-26	3.81E-26	6.50E-27	5.78E-23
Nb-93m	1.06E-19	7.04E-27	2.24E-27	1.27E-26	7.66E-22
Cm-244	1.86E-16	8.80E-23	5.25E-23	4.15E-26	8.57E-22
Pu-240	3.53E-17	2.15E-22	1.28E-22	6.62E-26	8.76E-22
U-236	1.63E-17	4.49E-26	1.15E-25	2.93E-28	9.20E-22
Th-232	3.14E-17	2.54E-22	6.13E-22	3.52E-21	1.35E-18
Ra-228	1.94E-16	5.24E-24	7.23E-24	4.47E-22	9.06E-18
Th-228	6.47E-19	9.65E-24	1.98E-23	1.04E-21	1.00E-17
Cm-245	3.60E-16	2.22E-22	1.41E-22	1.56E-22	7.00E-19
Pu-241	3.02E-18	5.09E-24	3.07E-24	2.10E-25	2.68E-22
Am-241	1.52E-15	2.14E-22	1.26E-22	1.94E-23	1.48E-19
Np-237	9.03E-16	7.08E-24	4.09E-24	2.14E-23	1.64E-18
Pa-233	9.05E-23	2.97E-28	6.09E-30	7.03E-25	1.55E-19
U-233	1.72E-17	9.62E-26	2.47E-25	1.50E-25	3.29E-21
Th-229	4.90E-18	2.87E-22	7.40E-22	8.74E-22	2.62E-18
Cm-246	3.51E-16	2.18E-22	1.38E-22	5.17E-26	8.27E-22
Pu-242	3.25E-17	1.98E-22	1.14E-22	5.74E-26	7.22E-22
U-238	1.60E-17	4.43E-26	1.06E-25	2.07E-25	2.41E-19
U-234	1.77E-17	5.18E-26	1.24E-25	6.35E-27	1.65E-21
Th-230	3.36E-16	4.19E-23	1.10E-22	2.52E-23	1.47E-19
Ra-226	6.41E-16	1.31E-23	2.77E-25	2.95E-22	1.50E-17
Pb-210	8.79E-15	1.25E-22	1.94E-24	8.83E-25	1.48E-20
Po-210	4.24E-15	8.76E-25	2.19E-26	2.10E-28	2.54E-23
Cm-247	3.36E-16	2.07E-22	1.18E-22	8.53E-22	2.85E-18
Am-243	1.53E-15	2.18E-22	1.28E-22	4.01E-22	1.72E-18
Pu-239	3.53E-17	2.15E-22	1.29E-22	1.35E-25	7.66E-22
U-235	1.67E-17	1.13E-25	2.01E-25	1.11E-24	1.36E-18
Pa-231	2.40E-16	9.99E-22	1.02E-21	3.59E-22	4.33E-19
Ac-227	5.91E-15	6.71E-22	1.56E-21	7.07E-22	3.16E-18

表 1 各被ばく経路における井戸への核種放出に関する線量への換算係数 (3/3)

[Sv/Bq]

	海産物の摂取	堆積物の摂取	ダストの吸入	堆積物からの外部被ばく	水からの外部被ばく（沿岸海域水）	エアロゾルの吸入
		（沿岸海域堆積物）				
Se-79	2.81E-17	3.23E-27	3.29E-29	5.23E-29	4.62E-25	6.60E-27
Tc-99	2.53E-19	2.94E-28	1.59E-29	2.12E-28	2.41E-24	5.25E-27
Pd-107	2.83E-20	2.91E-27	2.69E-27	0.00E+00	0.00E+00	9.50E-27
Sn-126	5.44E-16	3.12E-25	1.36E-26	1.44E-21	1.66E-19	6.31E-26
Cs-135	3.41E-19	3.16E-26	2.11E-28	1.33E-27	8.76E-25	3.41E-27
Zr-93	7.03E-19	3.40E-26	5.47E-26	1.29E-26	5.78E-25	2.28E-25
Nb-93m	9.24E-20	2.33E-29	1.48E-29	4.19E-29	7.66E-24	1.94E-26
Cm-244	1.25E-15	4.90E-24	5.85E-24	2.01E-27	8.57E-24	1.68E-21
Pu-240	3.39E-16	6.72E-22	8.05E-22	2.08E-25	8.76E-24	3.15E-21
U-236	1.96E-18	6.90E-26	3.57E-25	4.62E-28	9.20E-24	9.46E-22
Th-232	2.12E-16	1.59E-21	6.53E-21	4.30E-20	1.35E-20	1.19E-20
Ra-228	2.55E-16	3.90E-26	1.37E-25	3.82E-24	9.06E-20	4.76E-22
Th-228	3.39E-17	1.05E-25	4.30E-25	1.13E-23	1.00E-19	1.60E-21
Cm-245	2.38E-15	1.40E-21	1.71E-21	5.87E-22	7.00E-21	3.43E-21
Pu-241	8.99E-18	4.22E-24	4.95E-24	3.88E-25	2.68E-24	6.46E-23
Am-241	1.76E-15	1.24E-22	1.46E-22	1.17E-23	1.48E-21	3.12E-21
Np-237	1.38E-16	6.72E-24	7.94E-24	1.42E-23	1.64E-20	3.42E-21
Pa-233	2.68E-21	2.40E-29	1.12E-28	5.60E-27	1.54E-21	6.40E-27
U-233	2.12E-18	5.55E-25	2.86E-24	1.47E-24	3.29E-23	1.00E-21
Th-229	2.56E-16	9.70E-22	5.00E-21	2.95E-21	2.62E-20	1.52E-20
Cm-246	2.37E-15	6.14E-22	7.80E-22	1.46E-25	8.27E-24	3.40E-21
Pu-242	3.12E-16	9.00E-22	1.04E-21	2.62E-25	7.22E-24	2.80E-21
U-238	1.93E-18	6.96E-26	3.32E-25	3.25E-25	2.41E-21	8.67E-22
U-234	2.46E-18	1.68E-25	4.27E-25	9.66E-25	1.65E-23	9.98E-22
Th-230	2.44E-16	1.87E-21	1.07E-21	1.87E-20	1.47E-21	2.26E-21
Ra-226	5.56E-16	9.91E-24	3.63E-25	1.08E-22	1.50E-19	6.28E-23
Pb-210	5.64E-15	3.38E-24	1.06E-25	2.38E-26	1.48E-22	1.29E-22
Po-210	2.56E-15	4.43E-27	2.21E-28	1.06E-30	2.54E-25	2.12E-23
Cm-247	2.24E-15	1.27E-21	1.47E-21	4.45E-21	2.85E-20	2.90E-21
Am-243	1.77E-15	7.88E-22	9.27E-22	1.30E-21	1.72E-20	3.14E-21
Pu-239	3.39E-16	8.74E-22	1.05E-21	5.57E-25	7.66E-24	3.15E-21
U-235	2.02E-18	1.03E-24	3.40E-24	2.28E-24	1.36E-20	8.68E-22
Pa-231	1.28E-16	7.85E-21	2.51E-20	5.24E-21	4.33E-21	1.14E-20
Ac-227	9.43E-16	2.69E-23	1.25E-22	2.84E-23	3.16E-20	4.81E-20

表 2 各被ばくグループおよび全被ばくグループの合計線量への換算係数

[Sv/Bq]

	農作業による被ばくグループ	淡水漁業による被ばくグループ	海洋漁業による被ばくグループ	合計
Se-79	1.34E-13	1.16E-17	2.81E-17	1.34E-13
Tc-99	6.08E-16	3.24E-20	2.53E-19	6.08E-16
Pd-107	7.23E-17	3.75E-20	2.83E-20	7.24E-17
Sn-126	4.89E-14	3.82E-17	5.44E-16	4.95E-14
Cs-135	5.69E-15	1.73E-17	3.41E-19	5.70E-15
Zr-93	7.86E-16	4.29E-19	7.03E-19	7.87E-16
Nb-93m	1.11E-16	1.07E-19	9.24E-20	1.11E-16
Cm-244	5.28E-13	1.86E-16	1.25E-15	5.29E-13
Pu-240	7.43E-13	3.53E-17	3.39E-16	7.43E-13
U-236	6.75E-14	1.63E-17	1.96E-18	6.75E-14
Th-232	7.66E-12	3.28E-17	2.12E-16	7.66E-12
Ra-228	2.84E-13	2.03E-16	2.55E-16	2.85E-13
Th-228	1.37E-13	1.06E-17	3.40E-17	1.37E-13
Cm-245	2.42E-12	3.61E-16	2.38E-15	2.42E-12
Pu-241	1.87E-14	3.03E-18	8.99E-18	1.87E-14
Am-241	8.09E-13	1.52E-15	1.76E-15	8.12E-13
Np-237	6.52E-13	9.05E-16	1.38E-16	6.53E-13
Pa-233	8.94E-17	1.55E-19	4.21E-21	8.96E-17
U-233	8.57E-14	1.73E-17	2.12E-18	8.57E-14
Th-229	3.93E-12	7.52E-18	2.56E-16	3.93E-12
Cm-246	1.75E-12	3.51E-16	2.37E-15	1.76E-12
Pu-242	6.88E-13	3.25E-17	3.12E-16	6.88E-13
U-238	6.64E-14	1.63E-17	1.93E-18	6.64E-14
U-234	7.17E-14	1.77E-17	2.46E-18	7.17E-14
Th-230	1.79E-12	3.36E-16	2.44E-16	1.79E-12
Ra-226	1.94E-12	6.56E-16	5.56E-16	1.95E-12
Pb-210	1.76E-12	8.79E-15	5.64E-15	1.77E-12
Po-210	1.59E-13	4.24E-15	2.56E-15	1.66E-13
Cm-247	2.08E-12	3.39E-16	2.24E-15	2.08E-12
Am-243	1.21E-12	1.53E-15	1.77E-15	1.22E-12
Pu-239	7.50E-13	3.53E-17	3.39E-16	7.50E-13
U-235	7.61E-14	1.80E-17	2.03E-18	7.62E-14
Pa-231	1.23E-11	2.41E-16	1.28E-16	1.23E-11
Ac-227	4.14E-12	5.91E-15	9.43E-16	4.15E-12

付　録　4

付録４「土壌の汚染に係る環境基準について(平成３年８月23日　環境庁告示第46号)」

改正　平成５環告19, 平成６環告５, 平成６環告25, 平成７環告19

公害対策基本法（昭和42年法律　第132号）第９条の規定に基づく土壌の汚染に係る環境基準について次のとおり告示する。

環境基本法（平成５年法律　第91号）第16条　第１項による土壌の汚染に係る環境上の条件につき、人の健康を保護し、及び生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準（以下「環境基準」という。）並びにその達成期間等は、次のとおりとする。

第１　環境基準

1. 環境基準は、別表の項目の欄に掲げる項目ごとに、同表の環境上の条件の欄に掲げるとおりとする。

2. 1.の環境基準は、別表の項目の欄に掲げる項目ごとに、当該項目に係る土壌の汚染の状況を的確に把握することができると認められる場所において、同表の測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合における測定値によるものとする。

3. 1.の環境基準は、汚染がもっぱら自然的原因によることが明らかであると認められる場所及び原材料の堆積場、廃棄物の埋立地その他の別表の項目の欄に掲げる項目に係る物質の利用又は処分を目的として現にこれらを集積している施設に係る土壌については、適用しない。

第２　環境基準の達成期間等

1. 環境基準に適合しない土壌については、汚染の程度や広がり、影響の態様等に応じて可及的速やかにその達成維持に努めるものとする。

2. なお、環境基準を早期に達成することが見込まれない場合にあっては、土壌の汚染に起因する環境影響を防止するために必要な措置を講ずるものとする。

表－別表

項目	環境上の条件	測定方法
カドミウム	検液 1L につき 0.01mg 以下であり、かつ、農用地においては、米 1kg につき 1mg 未満であること。	環境上の条件のうち、検液中濃度に係るものにあっては、日本工業規格 K0102（以下「規格」という。）55 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 1 に掲げる方法、農用地に係るものにあっては、昭和 46 年 6 月農林省令第 47 号に定める方法
全シアン	検液中に検出されないこと。	規格 38 に定める方法（規格 38.1.1 に定める方法を除く。）
有機燐	検液中に検出されないこと。	昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号付表 1 に掲げる方法又は規格 31.1 に定める方法のうちガスクロマトグラフ法以外のもの（メチルジメトンにあっては、昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号付表 2 に掲げる方法）
鉛	検液 1L につき 0.01mg 以下であること。	規格 54 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 1 に掲げる方法
六価クロム	検液 1L につき 0.05mg 以下であること。	規格 65.2 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 1 に掲げる方法
砒素	検液 1L につき 0.01mg 以下であり、かつ、農用地（田に限る。）においては、土壌 1Kg につき 15mg 未満であること。	環境上の条件のうち、検液中濃度に係るものにあっては、規格 61 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 2 に掲げる方法、農用地に係るものにあっては、昭和 50 年 4 月総理府令第 31 号に定める方法
総水銀	検液 1L につき 0.0005mg 以下であること。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 3 に掲げる方法
アルキル水銀	検液中に検出されないこと。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 4 及び昭和 49 年 9 月環境庁告示第 64 号付表 4 に掲げる方法
PCB	検液中に検出されないこと。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 5 に掲げる方法
銅	農用地（田に限る。）において、土壌 1Kg につき 125mg 未満であること。	昭和 47 年 10 月総理府令第 66 号に定める方法
ジクロロメタン	検液 1L につき 0.02mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.2 に定める方法
四塩化炭素	検液 1L につき 0.002mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法

項目	環境上の条件	測定方法
1,2-ジクロロエタン	検液 1L につき 0.004mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1 又は 5.3.2 に定める方法
1,1-ジクロロエチレン	検液 1L につき 0.02mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.2 に定める方法
シス-1,2-ジクロロエチレン	検液 1L につき 0.04mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.2 に定める方法
1,1,1-トリクロロエタン	検液 1L につき 1mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
1,1,2-トリクロロエタン	検液 1L につき 0.006mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
トリクロロエチレン	検液 1L につき 0.03mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
テトラクロロエチレン	検液 1L につき 0.01mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
1,3-ジクロロプロペン	検液 1L につき 0.002mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.1 に定める方法
チウラム	検液 1L につき 0.006mg 以下であること。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 6 に掲げる方法
シマジン	検液 1L につき 0.003mg 以下であること。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 7 の第 1 又は第 2 に掲げる方法
チオベンカルブ	検液 1L につき 0.02mg 以下であること。	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 7 の第 1 又は第 2 に掲げる方法
ベンゼン	検液 1L につき 0.01mg 以下であること。	日本工業規格 K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.2 に定める方法
セレン	検液 1L につき 0.01mg 以下であること。	規格 67.2 に定める方法又は昭和 46 年 12 月環境庁告示第 59 号付表 2 に掲げる方法

備　考

1. 環境上の条件のうち検液中濃度に係るものにあっては付表に定める方法により検液を作成し、これを用いて測定を行うものとする。

2. カドミウム，鉛，六価クロム，砒素，総水銀及びセレンに係る環境上の条件のうち検液中濃度に係る値にあっては、汚染土壌が地下水面から離れており、かつ、原状において当該地下

水中のこれらの物質の濃度がそれぞれ地下水 1L につき 0.01mg，0.01mg，0.05mg，0.01mg，0.0005mg 及び 0.01mg を超えていない場合には、それぞれ検液 1L につき 0.03mg，0.03mg，0.15mg，0.03mg，0.0015g 及び 0.03mg とする。

3. 「検液中に検出されないこと」とは、測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。

4. 有機燐とは、パラチオン，メチルパラチオン，メチルジメトン及び EPN をいう。

付 表

検液は、次の方法により作成するものとする。

1. カドミウム，全シアン，鉛，六価クロム，砒素，総水銀，アルキル水銀，PCB 及びセレンについては、次の方法による。

(1) 採取した土壌の取扱い

採取した土壌はガラス製容器又は測定の対象とする物質が吸着しない容器に収める。試験は土壌採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、暗所に保存し、できるだけ速やかに試験を行う。

(2) 試料の作成

採取した土壌を風乾し、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕した後、非金属製の 2mm の目のふるいを通過させて得た土壌を十分混合する。

(3) 試料液の調製

試料（単位 g）と溶媒（純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が 5.8 以上 6.3 以下となるようにしたもの）（単位 mL）とを重量体積比 10％の割合で混合し、かつ、その混合液が 500mL 以上となるようにする。

(4) 溶出

調製した試料液を常温（おおむね 20℃）常圧（おおむね 1 気圧）で振とう機（あらかじめ振とう回数を毎分約 200 回に、振とう幅を 4cm 以上 5cm 以下に調整したもの）を用いて、6 時間連続して振とうする。

(5) 検液の作成

(1)から(4)の操作を行って得られた試料液を 10 分から 30 分程度静置後、毎分約 3,000 回転で 20 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45μm のメンブランフィルターでろ過して、ろ液を取り、定量に必要な量を正確に計り取って、これを検液とする。

2. 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-ジクロロプロペン及びベンゼンについては、次の方法による。

(1) 採取した土壌の取扱い

これらの物質は揮発性が高いので、採取した土壌は密封できるガラス製容器又は測定の対象とする物質が吸着しない容器に空げきが残らないように収める。試験は土壌採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、4℃以下の冷暗所に保存し、できるだけ速やかに試験を行う。ただし、1,3-ジクロロプロペンに係る土壌にあっては、凍結保存するものとする。

(2) 試料の作成

採取した土壌からおおむね粒径 5mm を超える中小礫、木片等を除く。

(3) 試料液の調製

あらかじめかくはん子を入れたねじ口付三角フラスコに試料（単位 g）と溶媒（純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が 5.8 以上 6.3 以下となるようにしたもの）（単位 mL）とを重量体積比 10%の割合となるようにとり（注 1）（注 2）、速やかに密栓する。このとき、混合液が 500mL 以上となるようにし、かつ、混合液に対するねじ口付三角フラスコのヘッドスペースができるだけ少なくなるようにする。

(4) 溶出

調製した試料液を常温（おおむね 20℃）常圧（おおむね 1 気圧）に保ちマグネチックスターラーで 4 時間連続してかくはんする（注 3）。

(5) 検液の作成

(1)から(4)の操作を行って得られた試料液を 10 分から 30 分程度静置後、ガラス製注射筒に静かに吸い取り、孔径 0.45μm のメンブランフィルターを装着したろ紙ホルダー（用いるメンブランフィルターの直径に適合するものであってステンレス製又はこれと同等以上の材質によるもの）を接続して注射筒の内筒を押し、空気及び始めの数 mL を排出し、次に共栓付

試験管にろ液を分取し、定量に必要な量を正確に計り取って、これを検液とする（注 4）。

（注 1）　使用するねじ口付三角フラスコに使用するかくはん子を入れ質量を測定する。これに水を満たして密栓し、その質量を測定する。前後の質量の差からねじ口付三角フラスコの空げき容量（単位 mL）を求める。一度空げき容量を測定しておけば、同一容器及び同一かくはん子を用いることとすれば毎回測定する必要はなく、2 回目以降はその空げき容量を用いてよい。

（注 2）　試料 1g 当たりの体積（mL）を測定し、（注 1）により求めた空げき容量からヘッドスペースを残さないように加える水の量を調整してもよい。

（注 3）　試料と水が均一に混じってかくはんされるようマグネチックスターラーを調整すること。また、試料液が発熱しないようにすること。

（注 4）　ろ液の分取後測定までの操作中、測定の対象とする物質が損失しないように注意すること。

3　有機燐，チウラム，シマジン及びチオベンカルブについては、次の方法による。

(1)　採取した土壌の取扱い

採取した土壌はガラス製容器又は測定の対象とする物質が吸着しない容器に収める。試験は土壌採取後直ちに行う。試験を直ちに行えない場合には、凍結保存し、できるだけ速やかに試験を行う。

(2)試料の作成

採取した土壌を風乾し、中小礫、木片等を除き、土塊、団粒を粗砕した後、非金属製の 2mm の目のふるいを通過させて得た土壌を十分混合する。

(3)　試料液の調製

試料（単位 g）と溶媒（純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が 5.8 以上 6.3 以下となるようにしたもの）（単位 mL）とを重量体積比 10％の割合で混合し、かつ、その混合液が 1,000mL 以上となるようにする。

(4)　溶出

調製した試料液を常温（おおむね 20℃）常圧（おおむね 1 気圧）で振とう機（あらかじめ振とう回数を毎分約 200 回に、振とう幅を 4cm 以上 5cm 以下に調整したもの）を用いて、6 時間連続して振とうする。

(5)　検液の作成

(1)から(4)の操作を行って得られた試料液を 10 分から 30 分程度静置後、毎分約 3,000 回転で 20 分間遠心分離した後の上澄み液を孔径 0.45 μm のメンブランフィルターでろ過してろ液を取り、定量に必要な量を正確に計り取って、これを検液とする。