



JAEA-Review

2017-017

DOI:10.11484/jaea-review-2017-017

## 廃棄体技術基準等検討作業会の活動

—平成 28 年度活動報告書—

Waste Technical Standards Working Group Annual Report 2016

廃棄体技術基準等検討作業会

Waste Technical Standards Working Group

バックエンド研究開発部門

埋設事業センター

Radioactive Wastes Disposal Project Center

Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

November 2017

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Institutional Repository Section,  
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,  
Japan Atomic Energy Agency.  
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2017

廃棄体技術基準等検討作業会の活動  
—平成 28 年度活動報告書—

日本原子力研究開発機構 バックエンド研究開発部門 埋設事業センター

廃棄体技術基準等検討作業会

(2017 年 8 月 18 日 受理)

日本原子力研究開発機構では、研究施設等廃棄物の浅地中処分に向けて、平成 27 年度から各拠点の廃棄物管理部署と廃棄物対策・埋設事業統括部（平成 28 年度当時）の人員により構成される廃棄体技術基準等検討作業会を設置している。本作業会では、廃棄体作製に関する品質保証体系の整備、廃棄体の放射能濃度評価方法の構築、原子力施設の廃止措置に伴い発生するコンクリート等廃棄物への対応等について検討を進めている。本報告書は平成 28 年度の検討結果を取りまとめたものである。

**Waste Technical Standards Working Group Annual Report 2016**

Waste Technical Standards Working Group

Radioactive Wastes Disposal Project Center  
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received August 18, 2017)

In Japan Atomic Energy Agency, JAEA, a Waste Technical Standards Working Group has established since FY2015. The Working Group is composed of the members from waste management sections in each site in JAEA and from Radioactive Waste Management and Disposal Project Department as of FY2016. In this Working Group, we discussed quality management on conditioning waste packages, methodologies to evaluate the radioactivity concentration, measures for dismantling waste, and technical issues on conditioning waste packages. This annual report summarizes the results of discussion in FY2016.

Keywords: Radioactive Waste Management, Waste Processing, Near Surface Disposal, Waste Technical Standards

目 次

1. はじめに	1
2. 検討事項	2
3. 検討結果	4
3.1 埋設処分に係る品質保証の検討	4
3.1.1 廃棄体作製に係るマニュアル類の整備に向けた検討	4
3.1.2 廃棄物埋設事業者が行う品質保証活動	6
3.2 原子力機構標準マニュアルの整備	6
3.2.1 放射能濃度評価方法構築ガイドライン	6
3.2.2 コンクリート等廃棄物の措置	7
3.3 廃棄体化処理技術に係る検討	7
3.3.1 漏えいが生じたアスファルト固化体の現状	7
3.3.2 漏えいが生じたアスファルト固化体の埋設処分に向けた対策案と課題	8
3.3.3 漏えいが生じたアスファルト固化体に関する検討のまとめ	9
4. おわりに	9
参考文献	10
付録1 廃棄体技術基準等検討作業会の委員の構成	15
付録2 原子力機構における放射能濃度評価方法構築ガイドライン	17
付録3 原子力機構における廃棄体作製に係る基本手順の原則	47

Contents

1. Introduction	1
2. Subjects of Discussion	2
3. Results of Discussion	4
3.1 Discussion on Quality Assurance for Burial Disposal	4
3.1.1 Discussion on Development of Manuals for Conditioning Waste Packages	4
3.1.2 Quality Assurance Activities of Burying Operator	6
3.2 Development of JAEA Standard Manuals	6
3.2.1 Guideline on Radioactivity Evaluation Procedures	6
3.2.2 Measures for Dismantling Waste	7
3.3 Discussion on Conditioning Techniques	7
3.3.1 Status of Degraded Bituminized Waste Packages	7
3.3.2 Measures and Challenges of Degraded Bituminized Waste Packages toward Burial Disposal	8
3.3.3 Summary of Discussion on Degraded Bituminized Waste Packages	9
4. Conclusions	9
References	10
Appendix 1 Members of Waste Technical Standards Working Group	15
Appendix 2 Guideline on Evaluation Methods for the Radioactivity Concentration at JAEA	17
Appendix 3 Operational Procedures Manual for Quality Control of Radioactive Waste Disposal	47

表リスト

表 3.1	固体廃棄物の廃棄体作製マニュアルの記載範囲 .....	11
表 3.2	液体廃棄物の廃棄体作製マニュアルの記載範囲 .....	12

図リスト

図 3.1	充填固化体作製の標準的なフロー .....	13
図 3.2	廃棄体作製マニュアル整備の標準工程 .....	13
図 3.3	廃棄物の発生から埋設処分に向けた原子力機構の標準マニュアルの体系 .....	14

This is a blank page.



## 1. はじめに

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）では、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法に基づき、原子力機構及び国内の研究施設等から発生する低レベル放射性廃棄物（以下、「研究施設等廃棄物」という。）の浅地中処分の実施に向けた技術的な検討を進めている。

平成 27 年度には、原子力機構における研究施設等廃棄物の処理処分等をより円滑に実施するため、廃棄物対策・埋設事業統括部に、廃棄体技術基準等検討作業会（以下、「作業会」という。）を設置した<sup>1)</sup>。作業会は、主に関連する廃棄物管理部署との情報交換を目的としており、原子力科学研究所（以下、「原科研」という。）、核燃料サイクル工学研究所（以下、「サイクル研」という。）、大洗研究開発センター（以下、「大洗センター」という。）、原子炉廃止措置研究開発センター（以下、「ふげん」という。）、人形峠環境技術センター及び青森研究開発センター（以下、これら 6 つの研究開発拠点をまとめて「拠点」という。）が検討に参画している。

作業会の検討対象は、主に浅地中処分（ピット処分、トレンチ処分）に係る施設設計に必要な埋設しようとする放射性廃棄物の物量及び核種毎の放射エネルギー等に関する事項、埋設しようとする放射性廃棄物の適切な処理方法、放射能濃度評価の方法、品質管理の方法等に関する事項である。

平成 27 年度に引き続き、上記の検討対象のうち、放射性廃棄物を適切に処理し、法令に定める埋設対象廃棄物の技術上の基準に適合した廃棄体の作製を早急に進めるために、当面の取り組むべき具体的な事項について、各拠点と確認し検討を進めてきている。以下に概略を述べる。

原子力機構は、処理した放射性廃棄物について、埋設対象廃棄物の技術上の基準に適合していることを客観的に証明するための品質管理データの体系的かつ効率的な収集と管理をしなければならない。このため必要な品質保証体系（以下、「廃棄体作製に関する QMS」という。）を構築し、運用していく必要がある。

廃棄体の放射能濃度評価方法については、原子力機構として標準的な「放射能濃度評価方法構築ガイドライン」を整備することが課題となっている。

また、各拠点では、種々の施設の廃止措置計画が検討されており、今後施設の解体に伴う解体廃棄物が大量に発生する見通しとなっている。これらの廃棄物を埋設処分するために必要な措置について検討する必要がある。さらに、平成 27 年度に、ふげん及び大洗センターで保管中のアスファルト固化体について、容器からの漏えい跡が発見された事象があったことから、漏えいが生じたアスファルト固化体について埋設処分に向けた課題や対応の考え方の検討を継続してきている。

本報告書は、平成 28 年度に作業会において検討を行った内容についてまとめたものである。平成 28 年度の作業会の委員の構成については付録 1 に示す。

## 2. 検討事項

平成 27 年度の作業会において、放射性廃棄物を適切に処理し、法令に定める埋設対象廃棄物の技術上の基準(以下、「廃棄体の技術上の基準」といい換える。)に適合した廃棄体の作製を早急に進めるために、当面の取り組むべき具体的な事項を、(1)廃棄体化処理への着手、(2)放射能濃度評価の推進、(3)解体廃棄物への対応及び(4)廃棄体化処理に係る技術上の課題に分類している<sup>1)</sup>。これらの事項に対し、平成 28 年度以降の課題として以下を挙げている。

### (1) 廃棄体化処理への着手

廃棄体の技術上の基準に適合するよう固体状の放射性廃棄物(以下、「固体廃棄物」という。)を処理するためには、固体廃棄物の発生施設、材質等に応じた適切な分別、所定の容器への収納、モルタル等の充填の処理が必要である。現状では、これらの処理に必要な設備が全て揃っている拠点はなく、また、新規処理設備を導入し早急な廃棄体化処理を実施することは困難である。

一方、現状では廃棄体作製に関する QMS を整備していないが、既に廃棄体化処理の一部とみなせる分別作業等を行っている廃棄物管理部署がある。今後、廃棄体作製に向けた処理を開始する廃棄物管理部署では、廃棄体の技術上の基準に適合することを目的とした分別方法等を、廃棄体作製に関する QMS の体系下にマニュアルとして整備することについて検討する必要がある。これに係る平成 28 年度の検討状況は 3.1.1 項に記載する。

また、埋設事業者側の品質保証体系の整備も進める必要があり、これに係る平成 28 年度の検討状況は 3.1.2 項に記載する。

### (2) 放射能濃度評価の推進

各廃棄物管理部署では、廃棄体の放射能濃度評価方法の確立に必要となる放射能濃度データの取得において、分析用試料の採取手順や分析作業手順等の品質保証マニュアル類を整備しなければならない。このため、これらのマニュアル類が各拠点で品質保証体系下に整備されているか整備状況について調査し、必要に応じてマニュアル類の整備を検討する。また、これまでの検討課題となってきた放射能濃度評価方法構築ガイドラインについても整備を進める必要がある。平成 28 年度は、上記のうち、放射能濃度評価方法構築ガイドラインについて検討を進めた。その検討状況は 3.2.1 項に記載する。

### (3) 解体廃棄物への対応

原子力機構においては種々の原子力施設の廃止措置が進めることにより、解体作業に伴ってコンクリート等廃棄物が大量に発生することが予想される。解体作業から発生する放射性廃棄物の品質管理については、解体作業において解体廃棄物が発生した時点から、分別、容器への収納、保管までの一連の過程において、必要な措置を行っていくことが合理的である。これに係る標準的なマニュアルを整備することは、これまでも検討課題とされていた。また、コンクリート等廃棄物の措置に関する廃棄物管理部署での検討状況も調査する必要がある。

平成 28 年度は、上記のうちコンクリート等廃棄物の措置に係る標準的なマニュアルの検討を進めた。その検討状況は 3.2.2 項に記載する。

(4) 廃棄体化処理に係る技術上の課題

平成 27 年度に引き続き、ふげん及び大洗センターのアスファルト固化体からのアスファルト漏えい事象に関する検討を行い、埋設処分の観点から課題や対応の考え方を取りまとめる。本年度の検討結果は 3.3 項に記載する。

### 3. 検討結果

#### 3.1 埋設処分に係る品質保証の検討

##### 3.1.1 廃棄体作製に係るマニュアル類の整備に向けた検討

###### (1) 廃棄体作製に関するマニュアルの現状

放射性廃棄物を廃棄物埋設施設で処分する際には、廃棄体の技術上の基準に適合していることを担保することが必要である。これは、国により廃棄物確認<sup>2)</sup>において確認される。この廃棄物確認に際しては、放射性廃棄物を適切に処理して廃棄体を作製するためのマニュアルや、廃棄体の技術上の基準に適合していることを証明するための各種記録類の管理を廃棄体作製に関する QMS に基づき実施し、備える必要がある。

現状では、原子力機構の各拠点でこのような廃棄体作製に関する QMS を整備し、具体の下部マニュアルを運用しているのは、固体廃棄物については原科研の  $\beta\gamma$  A 廃棄物<sup>\*1</sup> 及びサイクル研のウラン系廃棄物、液体状の放射性廃棄物（以下、「液体廃棄物」という。）については原科研のセメント固化体及びアスファルト固化体である。

固体廃棄物を廃棄体として処分する場合には、当該廃棄物からの処分不適物を除去、その他の分別や、容器に固体廃棄物を収納しその内部の空隙の低減のための固型化材の充填等の処理が必要であるが、これらの処理の実施にはモルタル充填設備等の専用の設備が必要である。しかし、現在のところ廃棄体を完成させるための設備が全て揃っている廃棄物管理部署はない。また、現在、主な廃棄物管理部署で運用しているマニュアルは、保安活動としての放射性廃棄物の減容処理、保管等に関する項目は規定しているが、廃棄体作製に関する項目を規定していない場合がある。

このため、原科研及びサイクル研のマニュアルが、廃棄体作製に関する項目を全て規定しているか把握するために、両拠点のマニュアルに規定されている項目と、原子力機構の標準的な廃棄体作製マニュアルとしてこれまでに整備してきた「原子力機構における廃棄体作製に係る基本手順の原則<sup>3)</sup>」に規定している項目を比較し、表 3.1 に整理した。

原科研においては、分別等の前処理、切断圧縮処理、容器への収納までの工程について、廃棄体作製に関する事項が定められていることを確認した。サイクル研ウラン系廃棄物のマニュアルは、トレンチ処分相当のコンクリートガラを対象としており、当該廃棄物の発生段階で処分不適物の除去に関する品質管理を行うためのものである。同廃棄物は、現行の法令ではコンクリート等廃棄物に該当すると想定され、コンクリート等廃棄物の技術上の基準では、固型化材の充填措置等は必要とされない。したがってコンクリート等廃棄物に関して必要な項目が定められていることを確認した。

固体廃棄物と同様に、原科研の液体廃棄物に関するマニュアルを表 3.2 に整理した。原科研においては、液体廃棄物の受入、処理、固型化、養生までの廃棄体化のための全工程について、廃棄体作製に関する事項が定めていることを確認した。

\*1 主に  $\beta$ 、 $\gamma$  線を放出する核種によって汚染されたもので、容器表面の線量当量率が 2.0 mSv/h 未満の固体廃棄物。

## (2) 今後整備していく廃棄体作製マニュアル

前述したように、現在のところ廃棄体を完成させるための設備が全て揃っている廃棄物管理部署はないため、廃棄体の作製は難しい状況にある。しかし、原科研を除く主な廃棄物管理部署では、固体廃棄物の分別・容器への収納等を保安活動の一環として既に実施しており、これらの処理は、新規設備を設置しなくとも実施可能である。また、これらの処理は、廃棄体を作製する前処理とみなすこともできる。

このため、現状では保安活動として実施しているこれらの処理について、今後は廃棄体の作製を目的とした分別方法、処理、容器への収納を規定したマニュアルに基づいて実施する必要があり、当該マニュアルの整備を早急に進めるべきである(図 3.1 参照)。廃棄物管理部署において廃棄体作製に関するマニュアル類の整備を促すために、現段階で実施可能な範囲について、当該マニュアルを整備していくための標準的な工程を検討した。図 3.2 に、廃棄体作製マニュアル整備の標準工程を示す。

廃棄体作製に関するマニュアルの整備は、前述したように、各拠点の中で原科研が先行している。サイクル研では、コンクリート等廃棄物の措置についてはマニュアルが整備されている。これらの他には、比較的多くの廃棄体の作製が見込まれるふげんや、液体廃棄物のセメント固化設備を有し、廃棄体化処理することが可能な大洗センターが、優先的にマニュアルを整備する必要があると考えられる。両拠点の状況を以下に述べる。

### ① ふげん

ふげんでは、固体廃棄物貯蔵庫の満杯回避のために、固体廃棄物の仕分け作業を行っているため、ドラム缶等の容器に出来るだけ多くの固体廃棄物を封入している。一方、廃棄体作製を目的とした分別では、固体廃棄物を材質、強度分類毎に分別し、更に固型化材料の充填性を考慮した収納を行う必要がある。これにより容器あたりの固体廃棄物の封入量が減少し、保管する固体廃棄物の総量が増加する可能性がある。すなわち、廃棄体搬出の時期が明確でない段階から、廃棄体作製を目的とした分別を実施すると、固体廃棄物貯蔵庫の十分な容量の確保が困難となる可能性もある。このため、保管容量の確保の観点からすると、廃棄体の埋設事業者への搬出が具体化してから、廃棄体作製を目的とした分別を実施することが適切であると考えられた。以上より、マニュアルの整備は、廃棄体の搬出時期を考慮しながら、廃棄体作製を目的とした分別方法や、廃棄体作製に関連した以下の事項を検討していくこととした。

- i) 固体廃棄物の内容物の調査・把握
- ii) 分別作業に係る教育訓練、力量設定を適切に行うための作業手順書の作成
- iii) 固型化処理工程の具体化、設備導入に関する検討

ただし、ふげんでは、廃棄体の作製のためには、現在、減容を目的として仕分けをし、容器に収納している固体廃棄物を、再度、廃棄体作製の前処理としての分別を行うことが必要となる可能性がある。このような状況を考慮すると、できるだけ早く、廃棄体の作製を目的とした分別方法、処理、容器への収納を規定したマニュアルの整備を検討することが望ましい。

## ② 大洗センター

大洗センターでは、液体廃棄物のセメント固化設備を平成 24 年度に更新したが、現状の同設備の運転マニュアルは、廃棄体の作製を目的とした項目が定められていない。そのため、作製したセメント固化体は、廃棄体の技術上の基準に適合していることを担保できない。今後、同設備の運転マニュアルを、液体廃棄物の廃棄体化の処理方法について共通的な事項を定めている「原子力機構における廃棄体作製に係る基本手順の原則<sup>3)</sup>」を参考として、見直しを行う必要がある。今後、図 3.2 の標準的な工程に基づいてドラフト版の作成に着手していくこととした。

### 3.1.2 廃棄物埋設事業者が行う品質保証活動

埋設事業を進めていく上で、事業許可申請に向けた環境調査、施設設計、安全評価の業務の品質保証がなされていることが必要と考えられる。このため、廃棄物対策・埋設事業統括部（平成 28 年度当時）において、事業許可申請に向けた業務に関する品質保証体系の整備の一環として、具体的な一次文書の検討が開始されている。

## 3.2 原子力機構標準マニュアルの整備

放射性廃棄物の埋設処分においては、廃棄体作製に関する QMS に基づき廃棄体作製や放射能濃度の測定を行うことが求められる。そこで原子力機構として統一的な考え方にに基づき、体系的かつ効率的に廃棄物確認<sup>2)</sup>に係る品質管理データの取得を行うことを目的とし、これまでに各拠点に共通的な事項を定めた原子力機構の標準マニュアルを整備する方針としている。

上記標準マニュアルのうち、廃棄体の放射能濃度の評価については、必要な放射能濃度データの取得に係る分析用試料の採取、分析・測定、データ管理等について定めた「原子力機構における放射能濃度データ取得に係る基本手順の原則」の他、「放射能濃度評価方法構築ガイドライン」及び「廃棄体の放射能濃度確認に係る基本手順の原則（仮称）」を整備するとしている<sup>1)</sup>。廃棄体の作製については、「原子力機構における廃棄体作製に係る基本手順の原則<sup>3)</sup>」を整備した。本年度の検討状況を以下に述べる。

### 3.2.1 放射能濃度評価方法構築ガイドライン

平成 28 年度は、「放射能濃度評価方法構築ガイドライン」をとりまとめた（付録 2）。同ガイドラインは、主に実用発電用原子炉施設から発生する廃棄体の放射能濃度評価方法として、実績のあるスケーリングファクタ法や平均放射能濃度法等の事例を参考として、研究施設等廃棄物の放射能濃度評価方法を適切に設定するための指針とした。なお、「廃棄体の放射能濃度確認に係る基本手順の原則（仮称）」については、今後検討する予定である。

現在、検討を進めている廃棄物の発生から埋設処分に向けた原子力機構の標準マニュアルの体系とその整備状況を図 3.3 に示す。

### 3.2.2 コンクリート等廃棄物の措置

原子力施設の解体作業に伴って発生するコンクリートガラは、現行の法令では、コンクリート等廃棄物に該当すると考えられる。コンクリート等廃棄物の浅地中処分にあたっては、「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設事業に関する規則（以下、「第二種廃棄物埋設規則」という。）」に規定される技術上の基準に適合する必要がある。

平成 27 年度までに、日本原子力学会の学会標準である「トレンチ処分対象廃棄物の埋設に向けた取扱い及び検査の方法：2010<sup>4)</sup>」等を参考に、同廃棄物の取扱い手順、取得する必要があるデータ等を検討してきた。

今後、原子力機構においては原子力施設の廃止措置により多量の解体廃棄物の発生が想定されており、これら解体廃棄物をコンクリート等廃棄物として処分することに備え、「原子力機構における廃棄物作製に係る基本手順の原則<sup>3)</sup>」にコンクリート等廃棄物の措置を追加した（付録 3）。

## 3.3 廃棄物処理技術に係る検討

### 3.3.1 漏えいが生じたアスファルト固化体の現状

ふげん及び大洗センターにおけるアスファルト固化体の作製、保管及び漏えい事象の発生の概況とその原因の検討状況をまとめる。

#### (1) ふげんのアスファルト固化体<sup>5)</sup>

ふげんでは、液体廃棄物を蒸発処理することにより生じる濃縮廃液を、アスファルトによる固化処理を実施していたが<sup>6)</sup>、ドラム缶を縦置きにして保管していた固化体のうち数本について、ドラム缶底部からの結晶状物質の析出が認められた。この原因調査のため、当該アスファルト固化体の外面及び内部確認、腐食箇所断面観察、析出物及び固化体内部で確認した液体の成分分析、アスファルト固化装置の過去の運転記録等の確認を行ってきている。

#### (2) 大洗センターのアスファルト固化体<sup>7)</sup>

大洗センターに保管されているアスファルト固化体は、過去に材料試験炉（JMTR）及びその関連施設（ホットラボ等）から排出された液体廃棄物を化学処理または蒸発処理することにより生じる濃縮廃液やスラッジを、混和蒸発方式のアスファルト固化装置を用いて作製したものである<sup>8)</sup>。容器には、コンクリート内貼りドラム缶を用い、アスファルト固化後、その上部にコンクリートキャッピングを施していたが、俵積みで保管していた固化体のうち数本からアスファルト滲出跡が認められた。この原因調査のため、使用していたアスファルトの材料に関する情報や固化体製作時の記録について確認を行ってきている。

### 3.3.2 漏えいが生じたアスファルト固化体の埋設処分に向けた対策案と課題

漏えい跡が発見されたアスファルト固化体は、過去に液体廃棄物を蒸発処理し、その濃縮廃液をアスファルトにより固型化したものである。現行の法令に従って埋設処分をしようとする場合、均質・均一固化体に該当すると考えられる。

均質・均一固化体の廃棄体の技術上の基準には、廃棄体からの廃棄物の漏えい又は露出、表面の劣化、運搬上支障がある変形がないことを定めた、著しい破損がないことに関する基準がある。漏えい跡が発見されたアスファルト固化体は、この基準に抵触する。

また、当該廃棄体の技術上の基準には、アスファルト固化体の品質を保つために定めた廃液とアスファルトの配合比に関する基準と、廃液とアスファルトが偏在することなく一様に固化することを定めた廃液とアスファルトの均質な練り混ぜに関する基準がある。ふげんにおいてはアスファルト固化処理の過程で廃液の水分が蒸発しきれず固化体中に水分が残留したと推定されており<sup>5)</sup>、廃液とアスファルトの良好な練り混ぜによる廃棄体作製が行われていない可能性がある。このため、上記の配合比に関する基準及び均質な練り混ぜに関する基準に抵触するおそれがある。

以上のことから、大洗センター及びふげんにおいて、漏えい事象が確認されたアスファルト固化体は、廃棄物の漏えいがないよう容器の補修が必要となる。また、アスファルト固化体内に残留する水分の存在が、廃液とアスファルトの配合比及び均質な練り混ぜに関する基準に抵触する場合は、残留水分の除去や均質な練り混ぜをするための処置が必要となる可能性がある。

この対策案として、まず、廃棄物の漏えいがないよう容器の補修をするための措置としては、既存のアスファルト固化体をさらに別の容器に収納する方法(以下、「オーバーパック」という。)が考えられる。また、残留水分の除去、均質な練り混ぜを行うためには、既存のアスファルト固化体を加熱、溶融させ、均質に練り混ぜた後に再度固化する方法(以下、「リコンディショニング」という。)が考えられる。これらの2つの対策案の課題を検討した。

#### (1) オーバーパック

漏えいがあったアスファルト固化体に対し、オーバーパックをすることにより、廃棄物の漏えいがないようにすることができる。著しい破損がないことに関する基準への適合性を示すうえでは、比較的簡単な方法である。しかし、アスファルト固化体に残留する水分が、均質な練り混ぜに関する基準に適合しない場合は、現行の廃棄体の技術上の基準に従って埋設処分できないことが課題になると考えられる。

#### (2) リコンディショニング

これまでにふげんでは、アスファルト固化体に対し、リコンディショニングをすることを想定した予備的な試験を行ってきている<sup>9)</sup>。その試験結果によると、アスファルト固化体の加熱溶融による再固型化は、水分の除去や均質な練り混ぜに対して有効と考えられる。しかし、再固型化による廃棄体化の方法は、これまでに廃棄物確認の実績がなく、適切な確認方法の検討が課題になると考えられる。



なお、以上の検討は現行の廃棄体の技術上の基準へ適合させることを目標としている。一方で、原子力機構では、廃棄体の技術上の基準について、固化化材料、容器や廃棄体の作製方法等の具体の仕様を定めた仕様規定から、今後は性能規定とすることを国に要望している。性能規定化された場合は、上記の対策以外の方策を採用できる可能性がある。

### 3.3.3 漏えいが生じたアスファルト固化体に関する検討のまとめ

平成 27 年度に引き続き、ふげん及び大洗センターのアスファルト固化体からの漏えい事象に関する情報共有及び当該固化体の埋設処分のための検討を行い、平成 28 年度時点で、埋設処分の観点から課題や対応の考え方を取りまとめた。

当該固化体を現行の廃棄体の技術上の基準へ適合させるための対策として、オーバーパック及びリコンディショニングの 2 案の課題を検討した。一方で、原子力機構は、廃棄体の技術上の基準が仕様規定から性能規定とすることを規制側に要望している。このため、現状では、性能規定化の動向に留意し、より合理的に廃棄体とする検討を進めることが望ましい。

## 4. おわりに

平成 28 年度の廃棄体技術基準等検討作業会においては、以下の事項を検討した。

- 廃棄体作製に関する QMS の整備を進めるため、現在、廃棄物管理部署で整備、運用されているマニュアルに対して、廃棄体作製に必要な項目が規定されているか整理した。また、廃棄物管理部署における廃棄体作製に係るマニュアル整備を促すため、整備の標準的な工程を検討し、直近で実施していく事項をまとめた。
- 廃棄物確認で要求される項目のうち、廃棄体に含まれる核種毎の放射能濃度を評価するための方法について、具体的事例を盛り込んだ「放射能濃度評価方法構築ガイドライン」をまとめた。
- 今後廃止措置で発生する解体廃棄物を合理的に埋設処分できるように、その解体廃棄物の発生、分別、保管の過程で必要な措置、取得するデータを検討した。また、原子力機構で共通的に取り扱えるよう、「原子力機構における廃棄体作製に係る基本手順の原則」の中で、コンクリート等廃棄物の措置としてまとめた。
- 既に固化化したアスファルト固化体からの漏えい事象が発生した。これらの固化体は、現行の廃棄体の技術上の基準に適合していないことから、埋設処分の観点から対策案と課題を整理した。

今後、研究施設等廃棄物の埋設処分に向けて、これらの検討結果が活用されることを期待する。

参考文献

- 1) 廃棄体技術基準等検討作業会, 廃棄体技術基準等検討作業会の活動 –平成 27 年度活動報告書–, JAEA-Review 2016-020 (2016),61p.
- 2) 原子力規制庁, 廃棄物確認に関する運用要領 (2014).
- 3) 仲田久和 他, 研究施設等廃棄物浅地中処分施設における廃棄体の受入基準の設定 –有害な空げきが残らないこと及び一体となるような充填–,JAEA-Technology 2016-001 (2016),112p.
- 4) 日本原子力学会, トレンチ処分対象廃棄物の埋設に向けた取扱い及び検査の方法:2010 (AESJ-SC-F021:2010) (2012).
- 5) 原子力規制委員会ホームページ (会議・面談等, 被規制者等との面談記録, 廃止措置に関するもの) , available from <http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting/DEC/index.html> (accessed on 2017-01-24).
- 6) 塚本裕一 他, 新型転換炉ふげん発電所における放射性廃棄物処理技術, 動燃技報 77 (1991).
- 7) 原子力規制委員会ホームページ (会議・面談等, 被規制者等との面談記録, 廃棄事業に関するもの) , available from <http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting/WAS/index.html> (accessed on 2017-01-24).
- 8) 福田勝男 他, 化学処理スラッジおよび蒸発缶濃縮液のビチューメン固化, JAERI-M 7373 (1977),25p.
- 9) 手塚将志 他, 埋設技術基準への適合性に係る検討, 公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター研究年報 17 (2014),p.78.

表 3.1 固体廃棄物の廃棄体作製マニュアルの記載範囲

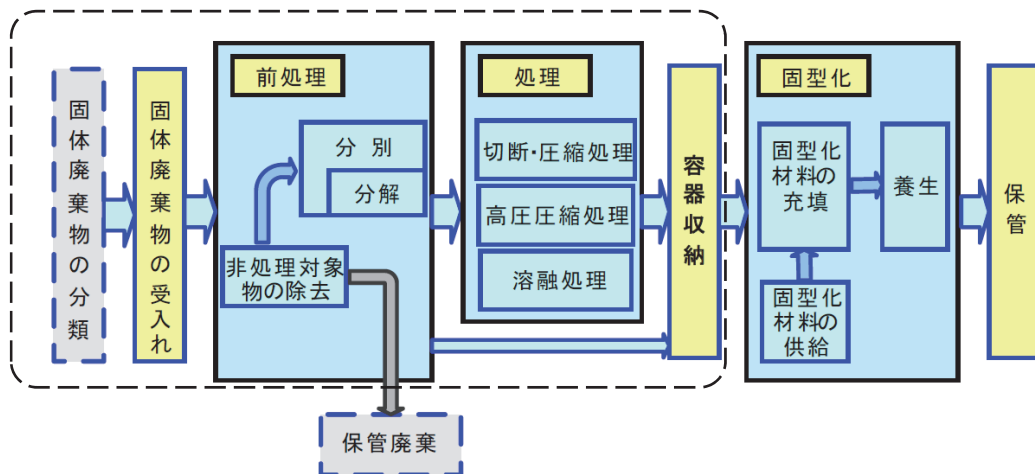
基本手順の原則	原科研 充填固化体作製 マニュアル	サイクル研 ウラン系固体廃 棄物の分別作業 に係るマニュアル
固体廃棄物の受入れ（貯蔵庫からの取り出し）	○	—
前処理（分別）		
非処理対象物の除去	○	○
分別（処理方法に応じて、強度分類など）	○	—
教育訓練	○	○
分別作業、責任者の指定	○	○
切断、圧縮処理	○	—
高圧圧縮処理	○	—
高周波誘導溶融処理	×	—
プラズマ溶融処理	×	—
容器収納		
容器の供給	○	—
容器収納区分（強度分類）	○	—
容器収納要領	○	—
固型化		
固型化材料の供給	×	—
固型化材料等の計量、混練	×	—
養生	×	—

※ ○：運用中の範囲、×：設備導入時、装置の本格運用時に整備、—：該当なし

表 3.2 液体廃棄物の廃棄体作製マニュアルの記載範囲

基本手順の原則	原科研 セメント固化廃棄体 の作製マニュアル	原科研 アスファルト固化廃棄 体の作製マニュアル
液体廃棄物の受入れ	○	○
処理		
蒸発濃縮 / 凝集沈澱	○	○
試料の採取	○	○
固型化処理		
容器の供給	○	○
固型化材料等の供給	○	○
固型化材料等の計量、混練	○	○
養生	○	—

※ ○：運用中の範囲、—：該当なし



※ 点線内は、原科研において廃棄体作製に係るマニュアルが整備されている工程を示す（ただし、溶融処理を除く。）。

図 3.1 充填固化体作製の標準的なフロー

項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
整備範囲の検討						
ドラフト作成						
事業所内関係部署調整						
仮運用						
問題点洗い出し						
改訂作業						
QMS手続き						
制定・運用						

図 3.2 廃棄体作製マニュアル整備の標準工程



付録 1

廃棄体技術基準等検討作業会の委員の構成

主査	坂本 義昭	廃棄物対策・埋設事業統括部 次長
委員	天澤 弘也	廃棄物対策・埋設事業統括部 設計技術課 課長
	佐々木 紀樹	廃棄物対策・埋設事業統括部 廃棄物処理計画課 課長
	坂井 章浩	廃棄物対策・埋設事業統括部 廃棄物処分計画課 課長
	亀尾 裕	原子力科学研究所 バックエンド技術部 放射性廃棄物管理技術課 課長
	小澤 一茂	原子力科学研究所 バックエンド技術部 高減容処理技術課 技術主席
	南川 卓也	原子力科学研究所 バックエンド技術部 放射性廃棄物管理第1課
	木下 淳一	原子力科学研究所 バックエンド技術部 放射性廃棄物管理第2課 課長代理
	佐藤 史紀	核燃料サイクル工学研究所 再処理技術開発センター 環境保全部 処理第2課 研究副主幹
	青山 佳男	核燃料サイクル工学研究所 環境技術開発センター 廃止措置技術部 廃止措置技術課 主査
	中西 良樹	核燃料サイクル工学研究所 環境技術開発センター 廃止措置技術部 環境保全課
	手塚 将志	原子炉廃止措置研究開発センター 技術開発部 開発実証課 技術副主幹
	工藤 健治	大洗研究開発センター 環境保全部 廃棄物管理課 課長
	大橋 裕介	人形峠環境技術センター 環境保全技術開発部 研究開発推進課 課長代理
	桑原 潤	青森研究開発センター 施設工務課 課長代理
事務局	辻 智之	事業計画統括部 技術副主幹
	満田 幹之	廃棄物対策・埋設事業統括部 廃棄物処理計画課 主査
	中川 明憲	廃棄物対策・埋設事業統括部 廃棄物処理計画課 主査
	村上 昌史	廃棄物対策・埋設事業統括部 廃棄物処理計画課
	乾 実紗希	廃棄物対策・埋設事業統括部 廃棄物処理計画課
	末金 百合花	廃棄物対策・埋設事業統括部 廃棄物処理計画課
	仲田 久和	廃棄物対策・埋設事業統括部 設計技術課 技術副主幹
	林 宏一	廃棄物対策・埋設事業統括部 設計技術課 主査
	岡田 翔太	原子炉廃止措置研究開発センター 技術開発部 開発実証課

(平成 29 年 3 月 31 日現在)

This is a blank page.



原子力機構における放射能濃度評価方法構築ガイドライン

平成 29 年 3 月

廃棄物対策・埋設事業統括部

廃棄体技術基準等検討作業会

## 改訂履歴

変更年月	変更内容	変更理由
平成 29 年 3 月	制 定	—

目 次

1. はじめに	20
2. 用語の定義及び解説	21
3. 放射能濃度評価方法の種類と選択	24
3.1 放射能濃度評価方法の種類	24
3.2 放射能濃度評価方法の選択	24
3.3 放射能濃度評価方法の選択の検討例	25
3.3.1 JPDR 保管廃棄物の例	25
3.3.2 研究施設等から発生する均質・均一固化体の例	25
3.3.3 照射後試験施設から発生する廃棄物の例	25
4. 放射能濃度評価方法の設定方法	26
4.1 理論計算法	26
4.1.1 放射能濃度の比の算出	26
4.1.2 放射能濃度の決定方法	26
4.2 スケーリングファクタ法	27
4.2.1 スケーリングファクタの設定方法	27
4.2.2 スケーリングファクタ法の適用の確認	30
4.2.3 スケーリングファクタの分類及び統合	33
4.2.4 放射能濃度の決定方法	35
4.3 平均放射能濃度法	35
4.3.1 平均放射能濃度の設定方法	35
4.3.2 放射能濃度の決定方法	35
5. 継続的な使用について	37
5.1 放射化学分析などにより確認する方法	37
5.2 影響因子を確認する方法	37
参考文献	38

## 1. はじめに

廃棄物埋設事業者は、放射性廃棄物の埋設処分にあたり処分対象となる廃棄体一体ごとに、法令に定められている技術上の基準に適合していることについて、規制当局による確認を受けなければならないことが「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(改正：平成 28 年 5 月 18 日法律第 42 号) 第 51 条の 6 第 2 項に規定されている。具体的には、「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」(以下、「第二種廃棄物埋設規則」という。)において、廃棄体に係る技術上の基準における廃棄体性能及び放射性物質の濃度(以下、「放射能濃度」という。)に係る項目の中に、表 1.1 に示すように最大放射能濃度と埋設総放射能に関する確認を行うことが定められている。このため、廃棄物確認の際には、埋設対象の廃棄体に含まれる放射性物質(核種)ごとの放射能濃度を評価する必要がある。この廃棄物確認では、廃棄体の外部からの測定が比較的容易な核種を非破壊外部測定するとともに、廃棄体の外部からの測定が困難な核種については、予め試料採取等により取得した放射能濃度データに基づき放射能濃度を評価することを検討している。

本ガイドラインでは、予め試料採取等により取得した放射能濃度データに基づき放射能濃度評価方法を構築するための指針を定めるものとする。なお、試料採取等による放射能濃度データの取得方法については、先行して整備した「原子力機構における放射能濃度データ取得に係る基本手順の原則」<sup>1)</sup>に定められている。また、廃棄体を直接測定して放射能濃度を評価する非破壊外部測定法、原廃棄物分析法及び廃棄体破壊分析法等については別途検討し、今後原子力機構として共通の「原子力機構における廃棄体の放射能濃度確認に係る基本手順の原則(仮称)」で規定することとする。

## 2. 用語の定義及び解説

本ガイドラインで用いる用語の定義及び解説を以下に示す。

### 【放射性廃棄物】

核燃料物質又は核燃料物質に汚染された物で廃棄しようとするもの又は放射性同位元素又は放射性同位元素に汚染された物で廃棄しようとするものをいう。

### 【廃棄体】

容器に封入し、又は容器に固型化した放射性廃棄物をいう。なお、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則」において規定される、容器に封入し、又は固型化処理設備においてコンクリートその他の固型化材料により容器に固型化した液体状又は固体状の放射性同位元素等についても廃棄体に含むものとする。

### 【均質固化体】

「核燃料物質等の第二種廃棄物埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示（以下、「埋設告示」という。）」において規定される固型化の方法のうち、固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と液体廃棄物又はイオン交換樹脂、焼却灰、フィルタスラッジその他の粉状若しくは粒状の放射性廃棄物若しくはこれらを成型した放射性廃棄物を均質に練り混ぜ容器に固型化した廃棄体をいう。均質固化体の種類は、その作製方法により、セメント固化体（インドラム又はアウトドラムミキシング方式）、アスファルト固化体、プラスチック固化体等がある。

### 【均一固化体】

埋設告示において規定される固型化の方法のうち、あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と液体廃棄物又はイオン交換樹脂、焼却灰、フィルタスラッジその他の粉状若しくは粒状の放射性廃棄物若しくはこれらを成型した放射性廃棄物を均一に混合させ容器に固型化した廃棄体をいう。均一固化体の種類は、その作製方法により、セメント固化体（真空注入方式）、プラスチック固化体等がある。

### 【均質・均一固化体】

均質固化体と均一固化体を総称して、均質・均一固化体という。

### 【充填固化体】

あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料を容器内の固体廃棄物と一体となるように充填し固型化した廃棄体をいう。

### 【コンクリート等廃棄物】

容器に封入しておらず、又は容器に固型化していない固体状の放射性廃棄物で次に掲げるものをいう。

- ① 核燃料物質によって汚染されたコンクリート
- ② 核燃料物質によって汚染された金属
- ③ その他①又は②に類するもの

#### 【原廃棄物】

廃棄物として処理する前の放射性廃棄物をいう。原子力機構から発生する固化体のうち均質・均一固化体となる液体廃棄物又はイオン交換樹脂、焼却灰、フィルタスラッジその他の粉状若しくは粒状の固体廃棄物又は充填固化体となる雑固体廃棄物が想定される。

#### 【浅池中埋設処分】

地上又は地表から深さ 50 メートル未満の地下に設置した廃棄物埋設地において、放射性廃棄物を最終的に処分することをいう。

#### 【ピット処分】

地上又は地表から深さ 50 メートル未満の地下に設置した廃棄物埋設地において、次のいずれかの埋設の方法により最終的に処分することをいう。

- ① 外周仕切設備を設置した廃棄物埋設地に放射性廃棄物を定置する方法
- ② 外周仕切設備を設置しない廃棄物埋設地に放射性廃棄物を一体的に固型化する方法

#### 【トレンチ処分】

地上又は地表から深さ 50 メートル未満の地下に設置した廃棄物埋設地において、「ピット処分」で定義した方法以外の埋設の方法により最終的に処分することをいう。

#### 【廃棄体確認】

埋設しようとする廃棄体及びこれに関する保安のための措置が技術上の基準に適合することについての規制当局による確認行為であり、廃棄体性能に係る項目と廃棄体の放射能濃度に係る項目に大別される。本ガイドラインにおいては、特に後者について放射能濃度確認という。

#### 【代表試料】

放射能濃度評価の対象とする廃棄体の集団又は放射性廃棄物の集団から、これらの集団の放射能特性、放射能濃度範囲等の特徴を適切に代表する、廃棄体又は原廃棄物から採取した分析用試料をいう。

#### 【重要核種】

放射性廃棄物に含まれる放射性核種のうち、埋設施設の設計において安全評価上重要となる放射性核種をいう。これらは、廃棄体の放射能濃度確認の対象となる放射性核種である。

#### 【難測定核種】

廃棄体外部からの非破壊測定が困難な放射性核種をいう。一般的には放射化学分析により定量する。

**【スケーリングファクタ法】**

評価対象を代表できる適切な個数の試料をサンプリングし、この放射化学分析などの測定結果によって廃棄体中の放射能濃度を間接的に決定する方法をいう。これは廃棄体の外部から測定が困難な難測定核種の放射能濃度を決定する方法であり、廃棄体の外部から測定が可能な Key 核種と難測定核種との両者の放射能濃度の間に相関関係が成立する場合に適用できる。Key 核種の放射能濃度は廃棄体中からの透過  $\gamma$  線を廃棄体外部から計測することによって定量し、この定量した放射能濃度にスケーリングファクタを乗じて難測定核種の放射能濃度を決定する。ここで、スケーリングファクタとは、Key 核種と難測定核種の放射能濃度の比をいう。

**【Key 核種】**

廃棄体外部から非破壊測定可能な  $\gamma$  線を放出し、難測定核種と相関関係を有する放射性核種。特にスケーリングファクタ法においては、難測定核種と生成機構、放射性廃棄物への移行挙動等が類似し、相関関係が成立することが求められる。また、指標核種ということもある。

**【腐食生成物（CP 核種）】**

機器・配管等の材料や原子炉を構成する材料から化学的な作用によって生成された腐食物が、原子炉冷却材（水等）とともに循環している間に、炉心の中性子によって放射化された物質のことをいう。Corrosion Product を略して CP としている。

**【核分裂生成物（FP 核種）】**

核燃料中の  $^{235}\text{U}$  や  $^{239}\text{Pu}$  等が核分裂することによって生成した核種のことをいう。燃料破損のない原子炉施設では、燃料体表面に製造時に付着した  $\text{UO}_2$  粒子が炉心の中性子で照射され発生することもある。Fission Product を略して FP としている。

**【JPDR】**

我が国における原子力発電の早期実現を期して建設され、1963年に日本最初の原子力発電に成功した動力試験炉で、1976年に運転を終了した後、1986年から解体実施試験が行われ、1996年に廃止措置を完了した。Japan Power Demonstration Reactor を略して JPDR と呼ばれている。

### 3. 放射能濃度評価方法の種類と選択

#### 3.1 放射能濃度評価方法の種類

六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターに浅地中埋設処分を先行して実施している均質・均一固化体（平成2年度までに発生したもの）に対する廃棄体確認要領として、平成4年に「廃棄確認の実施について〔通達〕（科技庁通達 4安局第205号）」が通達された。これに先立ち原子力安全委員会において了承された「日本原燃産業株式会社六ヶ所事業所における廃棄物埋設の事業に係る重要事項（廃棄体中の放射性物質濃度の具体的決定手順について）に対する報告について」の中で、具体的な放射能濃度評価方法として、非破壊外部測定法、スケーリングファクタ法、平均放射能濃度法、原廃棄物分析法、廃棄体破壊分析法、理論計算法の6つの方法が示されている。

一方、充填固化体（平成9年度までに発生したもの）に対する廃棄体確認要領として、平成11年に「充填固化体の廃棄確認の実施について〔通知〕（科技庁通知11安（廃規）第43号）」が通知され、これに添付された「廃棄体（充填固化体）中の放射能濃度の決定手順について」において、均質・均一固化体と同じ6つの方法が放射能濃度評価方法として示されている。

これらの6つの方法は、分析結果等に基づく実証的な方法（非破壊外部測定法、スケーリングファクタ法等）と解析結果に基づく理論的な方法（理論計算法）に大別される。これらの放射能濃度評価方法の内容を表3.1にまとめる。

#### 3.2 放射能濃度評価方法の選択

放射能濃度評価方法は、評価対象の放射性廃棄物に含まれる放射性核種の種類及び特性（生成機構、移行挙動など）に基づき、表3.1に示す6つの方法の中から適切なものを選定して適用する。放射能濃度評価方法の選択に際しては、対象施設の放射性核種の種類及び特性に関するデータを収集して検討を行う。また、この検討にあたっては、代表試料から試料採取及び放射化学分析を行い、取得した放射化学分析データを用いて、放射能濃度の相関図などを作成し、データの分布状況から適用できる可能性のある放射能濃度評価方法の絞り込みを行うことで、追加で行う試料採取や分析の方針に反映していくことが重要となる。

評価対象核種のうち、廃棄体の外部から測定が可能な $^{60}\text{Co}$ や $^{137}\text{Cs}$ などの放射性核種は非破壊外部測定法を選択することが可能である。この $^{60}\text{Co}$ や $^{137}\text{Cs}$ は、スケーリングファクタ法や理論計算法において放射能濃度を決定する場合のKey核種となる。なお、 $^{60}\text{Co}$ や $^{137}\text{Cs}$ 以外の放射性核種でも、十分に低い検出限界値を得ることができれば、非破壊外部測定法を選択することが可能である。

次に、非破壊外部測定を適用することができない放射性核種は、理論計算法、スケーリングファクタ法、平均放射能濃度法を選択することを検討する。理論計算法は、放射化汚染のように中性子照射によって生成された放射性核種で、放射能の計算が可能な場合に選択することが可能である。また、このような放射化汚染が直接付着した二次的な汚染についても、放射化汚染の核種組成比と同様と見なせる場合に適用できる可能性がある。放射化汚染が直接付着した二次的な汚染以外であっても $^{59}\text{Ni}$ と $^{63}\text{Ni}$ のように生成機構及び物理化学的挙動が同一と説明できる場合にも選択することが可能である。スケーリングファクタ法は、相関関係が成立するKey核種が存在



する場合に選択することが可能である。ここで、相関関係が成立する Key 核種が存在せずスケーリングファクタ法が適用できない場合は、平均放射能濃度法を選択することを検討する。平均放射能濃度法は、放射能濃度が一定濃度範囲にある場合に選択することが可能である。

以上のいずれの方法も選択できない場合は、原廃棄物分析法または廃棄体破壊分析法を選択することとなる。放射能濃度評価方法の選択の基本的な考え方を図 3.1 に示す。

### 3.3 放射能濃度評価方法の選択の検討例

放射能濃度評価方法の選択の検討例として、JPDR 保管廃棄物、研究施設等から発生する均質・均一固化体、照射後試験施設から発生する廃棄物の例を以下に示す。

#### 3.3.1 JPDR 保管廃棄物の例<sup>2)</sup>

JPDR 保管廃棄物の例としては、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{94}\text{Nb}$  に対してスケーリングファクタ法、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{36}\text{Cl}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{93}\text{Mo}$ 、 $^{99}\text{Tc}$ 、 $^{152}\text{Eu}$ 、 $^{154}\text{Eu}$ 、 $^{166\text{m}}\text{Ho}$ 、全  $\alpha$  核種に対して平均放射能濃度法、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{108\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  に対して非破壊外部測定法の適用が検討されている。

#### 3.3.2 研究施設等から発生する均質・均一固化体の例<sup>3)</sup>

研究施設等から発生する均質・均一固化体の例としては、平成 15 年度から平成 19 年度に原子力科学研究所で製作されたアスファルト固化体の  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{129}\text{I}$ 、 $^{154}\text{Eu}$ 、 $^{238}\text{Pu}$ 、 $^{244}\text{Cm}$  に対して、平均放射能濃度法の適用が検討されている。

#### 3.3.3 照射後試験施設から発生する廃棄物の例<sup>4)</sup>

照射後試験施設から発生する廃棄物の例としては、FP 核種、アクチニド核種に対して、理論計算法の適用が検討されている。

#### 4. 放射能濃度評価方法の設定方法

放射能濃度評価方法の設定方法として、3章で述べた6つの方法のうち、廃棄物または廃棄体を直接分析して放射能濃度を評価する原廃棄物分析法及び廃棄体破壊分析法等以外の方法である理論計算法、スケーリングファクタ法及び平均放射能濃度法の設定方法、それらの評価方法を用いて放射能濃度を決定する方法を以下に示す。また、各放射能濃度評価方法の適用実績の例として、理論計算法の適用実績を表4.1、スケーリングファクタ法及び平均放射能濃度法の適用実績を表4.2に示す。

##### 4.1 理論計算法<sup>2)</sup>

理論計算法は、評価対象核種と生成機構が同一であるとみなせる同位体が存在し、その組成比率が普遍的に一定である場合に適用できる。軽水炉のピット処分の放射能濃度評価において実績のある<sup>59</sup>Niを例とした放射能濃度の求め方について以下に示す。

##### 4.1.1 放射能濃度の比の算出

<sup>59</sup>Niは、原子炉構成材料に使用されているステンレス鋼やインコネル等の中に存在する安定同位体<sup>58</sup>Niの熱中性子捕獲によって生成し、その生成機構及び廃棄物への移行挙動は<sup>63</sup>Niと同一である。このため、<sup>59</sup>Niと<sup>63</sup>Niの放射能濃度の比は、式(1)で算出できる。

$$R_{^{59}\text{Ni}/^{63}\text{Ni}} = \frac{A_{^{59}\text{Ni}}}{A_{^{63}\text{Ni}}} = \frac{N_{^{58}\text{Ni}} \times \sigma_{^{58}\text{Ni}} \times (\ln 2 / T_{^{59}\text{Ni}})}{N_{^{62}\text{Ni}} \times \sigma_{^{62}\text{Ni}} \times (\ln 2 / T_{^{63}\text{Ni}})} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、*R*：放射能濃度の比

*A*：比放射能

*N*：天然存在比 (%)

*σ*：熱中性子捕獲断面積 (b)

*T*：半減期 (年)

である。なお、この放射能濃度の比の適用にあたっては、妥当性について代表的な試料の放射化学分析の結果で確認することが必要である。

##### 4.1.2 放射能濃度の決定方法

理論計算法では、式(2)に示すようにスケーリングファクタ法等で決定した<sup>63</sup>Niの放射能濃度に、式(1)で求めた<sup>59</sup>Niと<sup>63</sup>Niの放射能濃度の比を乗じることにより、放射能濃度を決定する。

$$A_{^{59}\text{Ni}} = R_{^{59}\text{Ni}/^{63}\text{Ni}} \times A_{^{63}\text{Ni}} \dots \dots \dots (2)$$

## 4.2 スケーリングファクタ法

### 4.2.1 スケーリングファクタの設定方法

スケーリングファクタとは、複数個の試料の放射化学分析で得られた難測定核種と Key 核種の放射能濃度比の平均値である。この平均値の算出方法はデータの分布形態によって異なることから、データの分布形態を確認した後、データの分布形態に応じた平均値の算出方法にてスケーリングファクタを設定する。

#### (1) データの分布形態の確認方法

データの分布形態の確認方法としては、グラフなどを用いて視覚的に確認する方法及び統計的な検定を行い数値的に確認する方法がある。これらの代表的な方法を以下に示す。

##### ① 視覚的に確認する方法

データの分布形態を視覚的に確認する方法としては、データを正規確率紙及び対数正規確率紙にプロットして確認する方法がある。正規確率紙にプロットしたデータが直線的に並ぶときは、データの分布形態は正規分布に従うものと推定される。次に、対数正規確率紙にプロットしたデータが直線的に並ぶときは、データの分布形態は対数正規分布に従うものと推定される。

正規確率紙及び対数正規確率紙の例として、t 検定で相関性の確認ができていた JPDR 保管廃棄物の  $^{63}\text{Ni}/^{60}\text{Co}$  放射能濃度の正規確率紙を図 4.1、対数正規確率紙を図 4.2 に示す。また、参考として t 検定で相関性の確認ができなかった JPDR 保管廃棄物の  $^3\text{H}/^{60}\text{Co}$  放射能濃度の正規確率紙を図 4.3、対数正規確率紙を図 4.4 に示す。

##### ② 数値的に確認する方法

データの分布形態を数値的に確認する方法としては、Shapiro-Wilk の正規性検定がある。Shapiro-Wilk の正規性検定は、標本  $X_1, X_2, \dots, X_n$  が正規分布に従っている母集団からサンプリングされたものであるという帰無仮説を検定するものである。P 値  $> 0.05$  の場合は帰無仮説が採択され、データが正規分布に従っている母集団からサンプリングされたものと否定できないと判定される。一方、P 値  $< 0.05$  の場合は帰無仮説が棄却され、データが正規分布に従っている母集団からサンプリングされたものと否定できると判定される。

また、対数正規分布について検定を行う場合は、データの対数値を対象とすることで検定ができる。

#### (2) データの分布形態に応じた平均値の算出方法

データの分布形態に応じた平均値の算出方法として、データ分布形態が対数正規分布のときに用いられる幾何平均値を算出する方法と、この他の分布のときに用いられる算術平均値を算出する方法を以下に示す。なお、これらの方法は、データのバラツキを考慮しない方法である。

##### ① 幾何平均値を用いる方法<sup>2)</sup>

データ分布形態が対数正規分布の場合、スケーリングファクタは幾何平均値を用いること

ができる。幾何平均値の計算式を式(3)に示す。

$$SF = \sqrt[n]{y_1/x_1 \times y_2/x_2 \times \dots \times y_n/x_n} \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 $SF$  : スケーリングファクタ

$x_i$  : Key 核種の放射能濃度 ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) (Bq/t)

$y_i$  : 難測定核種の放射能濃度 ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) (Bq/t)

$n$  : 試料数

である。

② 算術平均値を用いる方法<sup>2)</sup>

データ分布形態が対数正規分布以外の場合、スケーリングファクタは算術平均値を用いることができる。算術平均値は、相加・相乗平均の法則により、必ず幾何平均値よりも大きくなることから、幾何平均値に比べて保守的なスケーリングファクタを設定することができる。算術平均値の計算式を式(4)に示す。

$$SF = \sum_{i=1}^n (y_i/x_i) / n \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここで、用いた記号の意味は式(3)と同じである。

(3) 区間推定による平均値 (信頼上限値) を用いる方法<sup>5)</sup>

データの分布形態に加えて、データのバラツキを考慮して平均値を算出する方法として、区間推定がある。区間推定では、信頼下限値から信頼上限値までの信頼区間に母平均が存在するものとして推定される。区間推定のイメージを図 4.5 に示す。

スケーリングファクタ法は、統計解析等が困難な場合であっても、十分な理論考察及び保守性への考慮がなされていれば、適用することが可能であるとされている。従って、母平均の信頼上限値をスケーリングファクタの設定に適用することで、データの分布形態を考慮したスケーリングファクタを設定することができる。ここで述べたスケーリングファクタは、過剰な放射能濃度を見積もる可能性が生じることから、適用する場合は埋設施設の受入れ時における最大放射能濃度及び総放射能量と比較して十分に低くなることを確認しておく必要がある。

① 区間推定による平均値 (信頼上限値  $UCL$ ) を用いる方法の選択

区間推定による平均値 (信頼上限値  $UCL$ ) を推定する方法は、データの分布形態やデータ数で異なる。区間推定による平均値 (信頼上限値  $UCL$ ) を推定する方法の選択フローを図 4.6 に示す。

② 区間推定による平均値 (信頼上限値  $UCL$ ) の計算方法

代表的な区間推定による平均値の計算方法として、Student's  $t$  の方法、Land の方法、Chebyshev の方法を以下に示す。

Student's  $t$  の方法により平均値 (信頼上限値  $UCL$ ) を推定する計算式を式(5)に示す。

$$UCL_{1-\alpha} = \bar{X} + t_{\alpha, n-1} s / \sqrt{n} \quad \dots \dots \dots (5)$$

ここで、 $\alpha$  : 信頼係数

$\bar{X}$  : サンプルデータの平均値

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$t_{\alpha, n-1}$  :  $t$  分布表で求まる信頼係数  $\alpha$ 、自由度  $n-1$  の  $t$  値

$s$  : サンプルデータの標準偏差

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$n$  : サンプルデータ点数

である。

Land の方法により平均値 (信頼上限値  $UCL$ ) を推定する計算式を式(6)に示す。

$$UCL_{1-\alpha} = \exp\left(\overline{\ln X} + s_{\ln X}^2 / 2 + H_{1-\alpha} s_{\ln X} / \sqrt{n-1}\right) \quad \dots \dots \dots (6)$$

ここで、 $\alpha$  : 信頼係数

$\overline{\ln X}$  : サンプルデータの対数値の平均値

$$\overline{\ln X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(X_i)$$

$s_{\ln X}$  : サンプルデータの対数値の標準偏差

$$s_{\ln X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(X_i) - \overline{\ln X})^2}$$

$H_{1-\alpha}$  :  $s_{\ln X}$  と  $n$  に依存する定数

$n$  : サンプルデータ点数

である。

Chebyshev の方法により平均値 (信頼上限値  $UCL$ ) を推定する計算式を式(7)に示す。

$$UCL_{1-\alpha} = \bar{X} + \sqrt{\frac{1}{\alpha} - 1} (s / \sqrt{n}) \quad \dots \dots \dots (7)$$

ここで、 $\alpha$  : 信頼係数

$\bar{X}$  : サンプルデータの平均値

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$s$  : サンプルデータの標準偏差

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$n$ : サンプルデータ点数

である。

#### 4.2.2 スケーリングファクタ法の適用の確認

スケーリングファクタ法を適用する条件として、難測定核種と Key 核種との間に相関関係がある、または、相関関係が推定できることが前提となる。このため、スケーリングファクタ法を適用する場合には、以下に示す理論考察や統計解析を用いた方法により相関関係を確認する。

##### (1) 理論考察

難測定核種及び Key 核種の生成機構、物理化学的挙動及び相関図に対する考察を行う。JPDR 施設の保管廃棄物のトレンチ処分及びピット処分の検討における生成機構及び物理化学的挙動の例<sup>2)</sup>を以下に示す。

##### ① 放射性核種の生成機構及び物理化学的挙動の例

JPDR 施設の保管廃棄物のトレンチ処分及びピット処分の検討における当面の重要核種として、<sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C、<sup>36</sup>Cl、<sup>41</sup>Ca、<sup>59</sup>Ni、<sup>60</sup>Co、<sup>63</sup>Ni、<sup>90</sup>Sr、<sup>93</sup>Mo、<sup>94</sup>Nb、<sup>99</sup>Tc、<sup>108m</sup>Ag、<sup>137</sup>Cs、<sup>152</sup>Eu、<sup>154</sup>Eu、<sup>166m</sup>Ho、<sup>234</sup>U、<sup>238</sup>U、<sup>239</sup>Pu、<sup>240</sup>Pu、<sup>241</sup>Am が選定されている。これらの重要核種の原子炉内での生成機構及び放射性廃棄物への移行挙動に着目すると、<sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C、<sup>36</sup>Cl、CP 核種、FP 核種、 $\alpha$ 線放出核種（以下、「 $\alpha$ 核種」という。）に大別することができる。ただし、<sup>41</sup>Ca はコンクリート中の <sup>40</sup>Ca の放射化によるもので移行挙動がないことから対象から除いている。以下に、これらの放射性核種の生成機構及び移行挙動についてまとめる。

##### a) <sup>3</sup>H

<sup>3</sup>H の主要な生成機構は原子炉燃料である U の三体核分裂及び原子炉冷却材中の重水素の放射化であり、重水素の放射化では、<sup>2</sup>H( $n, \gamma$ )<sup>3</sup>H 反応によって生成する。<sup>3</sup>H はトリチウム水として、系統流体の移行とともに固体廃棄物の表面に付着すると考えられるが、系統内においては水と同一の挙動を示し、脱塩器または濃縮器等で吸着・濃縮されることはなく、同様の移行挙動を示す他の重要核種は存在しない。

##### b) <sup>14</sup>C

<sup>14</sup>C の主要な生成機構は原子炉燃料、原子炉材料及び原子炉冷却材中の酸素、窒素、炭素の放射化であるが、原子炉燃料及び原子炉材料において生成した <sup>14</sup>C の原子炉冷却材への放出量は、原子炉冷却材中の酸素の放射化量に比較すれば無視し得る。また、原子炉冷却材中の窒素の量は微量である。このため、主に <sup>17</sup>O( $n, \alpha$ )<sup>14</sup>C 反応によって生成する。

<sup>14</sup>C は生成時点において <sup>60</sup>Co との存在比率はほぼ一定であると考えられるが、沸騰水型原子炉（以下、「BWR」という。）では酸化性雰囲気であるため、<sup>14</sup>C の化学形態が CO<sub>2</sub>、

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>などの無機形態であるとされており、原子炉水から主蒸気への移行の際に、原子炉系統とタービン系統の間で<sup>60</sup>Coとの存在比率に差異が生じると考えられる。また、廃棄物処理系から発生した放射性廃棄物は、原子炉系統及びタービン系統を包含する核種組成を示し、相関関係が成立しない。このため、既存のBWRの充填固化体の放射能濃度評価においては、核種組成比が最も保守的になるタービン系統で全体を代表させるスケーリングファクタ法を適用している。

一方、加圧水型原子炉（以下、「PWR」という。）の<sup>14</sup>Cの生成機構はBWRと同様であり、系統間の組成変動は単一液相であることから差異がない。

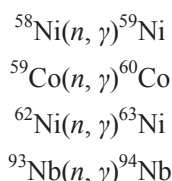
c) <sup>36</sup>Cl

<sup>36</sup>Clの主要な生成機構は原子炉冷却材中の不純物として存在する<sup>35</sup>Clの放射化であり、<sup>35</sup>Cl(*n*,  $\gamma$ )<sup>36</sup>Cl反応によって生成する。<sup>36</sup>Clは生成時点において<sup>60</sup>Coとの存在比率はほぼ一定であり、原子炉の運転条件下において系統流体の移行とともに固体廃棄物の表面に付着すると考えられるが、Clは揮発性/溶解性を示し、<sup>14</sup>Cと同様にBWRにおいては、原子炉水から主蒸気への移行の際に、原子炉系統とタービン系統の間で<sup>60</sup>Coとの存在比率に差異が生じると考えられる。

一方、PWRは、原子炉冷却材中の不純物として存在する<sup>35</sup>Cl量がケミカルシム制御を行う関係からBWRと異なるものの<sup>36</sup>Clの生成機構は同様であり、系統間の組成変動は単一液相であることから差異がない。

d) CP核種 (<sup>59</sup>Ni、<sup>60</sup>Co、<sup>63</sup>Ni、<sup>93</sup>Mo、<sup>94</sup>Nb、<sup>99</sup>Tc、<sup>108m</sup>Ag、<sup>152</sup>Eu、<sup>154</sup>Eu、<sup>166m</sup>Ho)

CP核種の主要な生成機構は原子炉材料中の安定同位体の放射化である。以下に代表的なCP核種の生成反応を示す。



これらのCP核種は不揮発性/不溶解性を示し、原子炉の運転条件下において系統流体の移行とともに固体廃棄物の表面に付着する。

e) FP核種 (<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Cs)

FP核種の主要な生成機構は原子炉燃料であるUの核分裂である。これらの放射性核種は原子炉の運転条件下において不揮発性/不溶解性を示し、系統流体の移行とともに固体廃棄物の表面に付着する。

f)  $\alpha$ 核種 (<sup>234</sup>U、<sup>238</sup>U、<sup>239</sup>Pu、<sup>240</sup>Pu、<sup>241</sup>Am)

$\alpha$ 核種の主な生成機構は原子炉燃料であるUの熱中性子捕獲及びその壊変等である。これらの放射性核種は原子炉の運転条件下において不揮発性/不溶解性を示し、系統流体の移行とともに固体廃棄物の表面に付着する。

② 相関図及びヒストグラムの例

JPDR 保管廃棄物に対する放射能濃度評価方法の検討において、評価している相関図の例を図 4.7 に示す。また、ヒストグラムの例を図 4.8 に示す。

(1) 統計解析

統計解析を用いて、難測定核種と Key 核種との相関関係を確認する方法として、相関係数の確認及び t 検定を用いた確認の方法を以下に示す。

① 相関係数の確認<sup>6,7)</sup>

相関係数は、2 つの確率変数の間にある線形な関係の強弱を測る指標で、-1 以上 1 以下の実数の値をとる。相関係数が正の場合は確率変数に正の相関があるといい、負の場合は確率変数に負の相関があるという。また、相関係数が 0 の場合には確率変数は無相関であるという。この相関係数  $r$  は式(8)で算出する。

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad \dots \dots \dots (8)$$

ここで、 $x_i$  : 難測定核種の放射能濃度の対数値

$\bar{x}$  : 難測定核種の放射能濃度の対数値の算術平均値

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$y_i$  : Key 核種の放射能濃度の対数値

$\bar{y}$  : Key 核種の放射能濃度の対数値の算術平均値

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

である。

② t 検定を用いた確認<sup>7,8)</sup>

難測定核種と Key 核種との間に相関関係が成立することを確認するため、t 検定を用いて相関関係の検定を行い、信頼度 99%以上で難測定核種と Key 核種との間に相関関係が成立することを確認する。

t 検定では、対象物母集団の難測定核種と Key 核種との間に相関関係がない（対象物母集団の相関係数  $\rho = 0$ ）という帰無仮説を、式(9)で定義される統計量  $t_s$  が  $n - 2$  の t 分布に従うことを利用して検定する。

$$t_s = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2} \quad \dots \dots \dots (9)$$

ここで、 $n$  : データ数

$r$  : データの相関係数 (式(8)参照)



である。

ここで、危険率を  $\alpha$  とし、この統計量  $t_s$  が、 $t_s \geq t(n-2, \alpha)$  ならば、「対象物母集団の相関係数  $\rho = 0$ 」という帰無仮説が棄却され、「対象物母集団の相関係数  $\rho > 0$ 」という対立仮説が採択される。ここで、 $t(n-2, \alpha)$  は、 $t$  分布表より求まる自由度  $n-2$ 、危険率  $\alpha$  での  $t$  値を示す。この結果、危険率  $\alpha$  で対象物母集団の難測定核種と Key 核種は相関関係を有することを否定できないと判定できる。

## (2) 外れ値が見られた場合の処置

スケーリングファクタ法の適用の確認の中で外れ値が見られた場合、原因の検討を行い、外れ値の取り扱いについて検討を行う。外れ値の主な原因としては、分析操作や値の誤り、試料の発生元特有等の原因が疑われる。分析操作や値の誤りについては、再分析等により原因を検討する。試料の発生元特有の原因については、試料の発生元の理論的考察や同一発生元の試料採取等を行うことで原因を検討する。

### 4.2.3 スケーリングファクタの分類及び統合

#### (1) CP 核種

CP 核種は原子炉において原子炉構成材料の腐食物が放射化されて生成されることから、難測定核種と Key 核種との相関は原子炉構成材料に大きく依存する。このため、CP 核種は一般的に、原子炉型式（BWR または PWR）が異なる場合はグループ分類を行い、同一の炉型式でも原子炉構成材料に大きな差異があるプラント間では、各々のプラントグループでスケーリングファクタを決定する必要がある。

一方、CP 核種の移行挙動に関しては、多くの CP 核種は共通的な挙動を示す。このため、廃棄物の種類及び発生系統などの観点からのグループ分類は必ずしも必要とは限らない。

#### (2) FP 核種及び $\alpha$ 核種

FP 核種は、燃料である U 及び Pu の核分裂、またはそのような核分裂片の放射壊変によって、また、 $\alpha$  核種は主に U の熱中性子捕獲及びその壊変等によって生成する。このため、FP 核種及び  $\alpha$  核種と Key 核種との相関関係は、燃料被覆管の状況（損傷の有無や損傷の程度）などに依存して変化する。したがって、FP 核種及び  $\alpha$  核種は、燃料被覆管の状況などに大きな差異があるプラント間では、各々のグループ分類でスケーリングファクタを決定する必要がある。ここで、FP 核種及び  $\alpha$  核種と Key 核種との間で溶解性に大きな差異がある場合は、プラント内の移行経路によっては、廃棄物の種類及び発生系統などの観点からのグループ分類が必要となる。

#### (3) グループ分類の検定の方法<sup>7,8)</sup>

スケーリングファクタは、難測定核種と Key 核種の放射能濃度の比の平均であり、この放射能濃度の比は対数正規分布を示すことから、ここでは、グループ分類が想定されるような母集団の母平均の差を検定することで、グループ分類の必要性を評価する。この評価方法は、平成 4 年 4 月 2 日付の原子力安全委員会です承された「廃棄体中の放射能濃度の具体的決定手順について」の中で、スケーリングファクタを設定すべきグループ分類の確認に適用された統計的

検討の「分散分析検定」である。この「分散分析検定」は、複数（2 つ以上）の母集団の差の有意性を同時に検定する方法として、一般的に用いられている統計方法である。なお、2 つの母集団間の検定であれば、日本工業規格、「二つの平均値の差の検定、標準偏差未知、両側（JIS Z 9049）、平成 11 年 5 月 20 日廃止」、「データの統計的な解釈方法-第 2 部：平均と分散に関する検定方法と推定（JIS Z 9041-2：1999）」に示される検定方法もある。以下、この分散分析検定（F 検定）について示す。

分散分析検定は変数の分散（バラツキ）を種々の要因に分解して、変化の原因を探るための方法である。分析データの難測定核種と Key 核種の放射能濃度の比の値（ここでは「分析値」とする。） $x_{ij}$  と大きさ  $N = \sum n_i$  と考えると、母分散の不変推定量は式(10)で求められる。

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2}{(N - 1)} \dots \dots \dots (10)$$

ここで、 $\sigma^2$  : 母分散の不変推定量

$x_{ij}$  : 分析値

(難測定核種の放射能濃度  $i=1, 2, \dots, k$ , Key 核種の放射能濃度  $j=1, 2, \dots, n$ )

$N$  : 分析値の数

$\bar{x}$  : 全分析値の平均値

である。

式(10)の分子は、式(11)に書き改めることができる。

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 + \sum_i n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \dots \dots \dots (11)$$

式(11)の左辺を  $V$ 、右辺の 2 項をそれぞれ、 $V_1$ 、 $V_2$  とすると、

$$V = V_1 + V_2 \dots \dots \dots (12)$$

となる。式(12)の  $V$  は分析値総平均からのバラツキの全体（全変化）であり、 $V_1$  は同一分類内の分析値のバラツキ（分類内変化）を示し、 $V_2$  は分類平均値間の分析値のバラツキ（分類間変化）を示している。すなわち、分析値の全変化はこのような 2 つの変化に分解される。このうち  $V_1$  である分類内変化は、偶然のバラツキを示すと考えられ、 $V_2$  である分類間変化は、分類ごとに母集団が違うのであれば、バラツキの大部分は各分類の母集団の差と考えられる。したがって、分類間変化が分類内変化に比べて偶然と説明できる以上に大きければ、分類間変化は有意であり、分類必要と評価される。この考え方により、式(13)で示される F 検定による分散分析検定で分類の必要性を評価することができる。

$$F_s = \frac{V_2 / (k - 1)}{V_1 / (N - k)} \dots \dots \dots (13)$$

[判定基準 ;  $F_s < F(k-1, N-k, \alpha)$ ]

ここで、 $V_1$  : 分類内平方和

$$V_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$$

$V_2$  : 分類間平方和

$$V_2 = \sum_i^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$

$\alpha$  : 危険率

である。

#### 4.2.4 放射能濃度の決定方法<sup>2)</sup>

スケーリングファクタ法では、式(14)に示すように非破壊外部測定などで決定した Key 核種の放射能濃度にスケーリングファクタを乗じることにより、放射能濃度を決定する。

$$A_{DTM} = SF \times A_{KN} \dots \dots \dots (14)$$

ここで、 $A_{DTM}$  : 難測定核種の放射能濃度 (Bq/t)

$SF$  : スケーリングファクタ

$A_{KN}$  : Key 核種の放射能濃度 (Bq/t)

である。

#### 4.3 平均放射能濃度法

平均放射能濃度法は、Key 核種の放射能濃度に依存せず、放射性核種の放射能濃度が一定の範囲にある場合に適用ができる。この方法では廃棄体個々の放射能濃度を測定しないため、放射性核種の放射能濃度は規制の対象となる放射能濃度（埋設施設の最大放射能濃度など）に対して適切な裕度がある場合に適用できる。

##### 4.3.1 平均放射能濃度の設定方法<sup>2)</sup>

平均放射能濃度は、代表サンプルの分析値から式(15)を用いて算出する。

$$C_{av} = \sum_{i=1}^n y_i / n \dots \dots \dots (15)$$

ここで、 $C_{av}$  : 平均放射能濃度 (Bq/t)

$y_i$  : 評価対象核種の放射能濃度データ ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) (Bq/t)

$n$  : データ数

である。

##### 4.3.2 放射能濃度の決定方法<sup>8)</sup>

平均放射能濃度法では、代表サンプルがセメント固化体、プラスチック固化体、アスファルト固化体のような均質・均一固化体から試料採取し、これらの均質・均一固化体の放射能濃度を決定する場合（①の場合とする。）と、固型化処理前の原廃棄物から試料採取し、これらの原廃棄物の充填固化体の放射能濃度を決定する場合（②の場合とする。）で、放射能濃度の決定方法が異なる。

る。それぞれの場合の放射能濃度の決定方法を以下に示す。

①の場合は、式(15)で設定した平均放射能濃度が、均質・均一固化体の平均放射能濃度となる。  
次に、②の場合は、式(15)で設定した平均放射能濃度を用いて、式(16)で放射能濃度を決定する。

$$C_{wp} = C_{av} \times W_{rw} / W_{wf} \dots \dots \dots (16)$$

- ここで、 $C_{wp}$  : 廃棄体の放射能濃度 (Bq/t)
- $C_{av}$  : 原廃棄物サンプルに基づく平均放射能濃度 (Bq/t)
- $W_{rw}$  : 廃棄体中の原廃棄物の重量 (t)
- $W_{wf}$  : 廃棄体の重量 (t)

である。

## 5. 継続的な使用について<sup>9)</sup>

既に設定されているスケーリングファクタ及び平均放射能濃度が継続的に使用できることは、以下に示すいずれかの方法によって確認する。なお、ここで示す確認方法は主に運転中の原子炉施設を想定しているが、廃止措置中や長期停止中の施設においても、下記の場合には必要に応じて確認を実施する。

- 核種組成比の変動が生じるような施設の特性や履歴等がある場合（廃棄物の処理方法の変更等）
- 平均放射能濃度法の選択により継続的に妥当性の確認が必要な場合

### 5.1 放射化学分析などにより確認する方法

代表試料のサンプリング、放射化学分析などを実施し、スケーリングファクタ及び平均放射能濃度の継続使用ができることを確認する。このため、適切な代表試料のサンプリング方法及び放射化学分析などの測定結果が、既に設定されているスケーリングファクタ及び平均放射能濃度を算定した時のサンプリング方法及び測定結果と有意な差異がないことを確認する。

### 5.2 影響因子を確認する方法<sup>9)</sup>

スケーリングファクタ及び平均放射能濃度に影響を及ぼす可能性がある因子について、変更がなかったこと、または変更があってもスケーリングファクタ及び平均放射能濃度に与える影響が小さいことを確認する（AESJ-SC-F022:2011 の附属書 K 参照）。なお、スケーリングファクタ及び平均放射能濃度に影響を及ぼす因子には、以下の 3 項目がある。

- 大規模な原子炉構成材料の交換
- 燃料損傷
- 固化処理装置の変更

参考文献

- 1) 廃棄体技術基準等検討作業会, 廃棄体技術基準等検討作業会の活動－平成 27 年度活動報告書－, JAEA-Review 2016-020, (2016), 61p.
- 2) 辻 智之 他, JPDR 保管廃棄物に対する放射能濃度評価方法の検討 (2), JAEA-Technology 2015-009, (2015), 46p.
- 3) 辻 智之 他, 研究施設等から発生する均質・均一固化体に対する放射能濃度評価方法の検討, JAEA-Technology 2011-028, (2011), 66p.
- 4) 星野 譲 他, 照射後試験施設から発生する廃棄物の放射能評価方法の検討, JAEA-Technology 2015-015, (2015), 96p.
- 5) U.S. Environmental Protection Agency, “Calculating upper confidence limits for exposure point concentrations at hazardous waste sites”, OSWRR9285.6-10 (2002).
- 6) 独立行政法人原子力安全基盤機構, 平成 16 年度クリアランス検認制度の整備に係る調査に関する報告書, 基廃報-0001, 平成 17 年 9 月.
- 7) 日本原子力学会, 日本原子力学会標準 クリアランスの判断方法 : 2005, AESJ-SC-F005:2005, (2005).
- 8) 財団法人原子力安全技術センター, 平成 8 年度放射性廃棄物処理処分対策調査研究 調査報告書 雑固体廃棄物の確認方法に関する調査研究 (資料編), 平成 9 年 3 月.
- 9) 日本原子力学会, 日本原子力学会標準 ピット処分及びトレンチ処分対象廃棄物の放射能濃度決定に関する基本手順 : 2011, AESJ-SC-F022:2011, (2012).

表 1.1 第二種廃棄物埋設規則の放射能濃度等に係る基準<sup>9)</sup>

基準項目	埋設しようとする放射性廃棄物等の技術上の基準	廃棄物埋設施設等の技術上の基準
埋設規則条項	第八条第二項第二号	第六条第一項第一号
記載内容	放射能濃度が申請書等に記載した最大放射能濃度を超えないこと。	埋設を行うことによつて、廃棄物埋設施設を設置した事業所に埋設された放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの放射能の総量が、申請書等に記載した放射性物質の種類ごとの総放射能を越えないこと。
濃度変動(バラツキ)に対する解釈	廃棄体単位の濃度変動(バラツキ)を考慮しても最大放射能濃度を基本的に超えないこと。	

表 3.1 放射能濃度評価方法の内容

放射能濃度評価方法		内容
分析結果に基づく実証的な方法	非破壊外部測定法	廃棄体の外部から非破壊測定する方法
	スケーリングファクタ法	代表試料の放射化学分析等の測定結果から得られる難測定核種と Key 核種との相関関係と個々の廃棄体外部からの非破壊測定結果とを組み合わせる方法
	平均放射能濃度法	代表試料の放射化学分析等の結果から得られる平均的な放射能濃度を用いる方法
	原廃棄物分析法	固化処理前の廃棄物より試料を採取し、放射化学分析等を行う方法
	廃棄体破壊分析法	廃棄体より試料を採取し、放射化学分析等を行う方法
解析結果に基づく理論的な方法	理論計算法	原子炉燃焼計算などによって理論的に得られる放射性核種の濃度比及び他の方法で求めた放射能濃度を用いる方法、または原廃棄物の発生元位置における計算条件を設定して放射化量の計算を行い、原廃棄物ごとの放射能濃度を決定する方法

表 4.1 理論計算法の適用実績

適用実績の例	内容	処分方式
商業用原子力発電所の $^{59}\text{Ni}$	生成機構及び物理化学的挙動が同一となる核種（二次的な汚染）	ピット処分
廃棄物埋設実地試験施設の埋設対象物のうち JPDR の放射化コンクリート（放射線遮蔽コンクリート）の $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{36}\text{Cl}$ 、 $^{41}\text{Ca}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{152}\text{Eu}$ 、 $^{154}\text{Eu}$ 、全 $\alpha$ 核種	中性子照射により生じた放射性核種で、放射能の計算が可能な核種（放射化汚染）	トレンチ処分

表 4.2 スケーリングファクタ法及び平均放射能濃度法の適用実績

適用実績の例 <sup>*1</sup>	平均値の算出方法 <sup>*2</sup>	処分方式	
スケーリングファクタ法（核種組成比を用いる方法）	商業用原子力発電所の $^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$ 、 $^{63}\text{Ni}/^{60}\text{Co}$ 、 $^{90}\text{Sr}/^{60}\text{Co}$ 、 $^{94}\text{Nb}/^{60}\text{Co}$ 、 $^{99}\text{Tc}/^{60}\text{Co}$ 、 $^{129}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 、全 $\alpha$ 核種/ $^{137}\text{Cs}$	算術平均	ピット処分
	「ふげん」タービン設備の金属類の $^{54}\text{Mn}/^{60}\text{Co}$	Land の方法	クリアランス
平均放射能濃度法（平均放射能濃度を用いる方法）	商業用原子力発電所の $^3\text{H}$	算術平均	ピット処分
	「ふげん」タービン設備の金属類の $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{152}\text{Eu}$ 、 $^{154}\text{Eu}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Am}$	Chebyshev の方法	クリアランス

\*1 平成 28 年度末現在、認可を受けていない実績を含む。

\*2 幾何平均、Student's t の方法は実績なし。



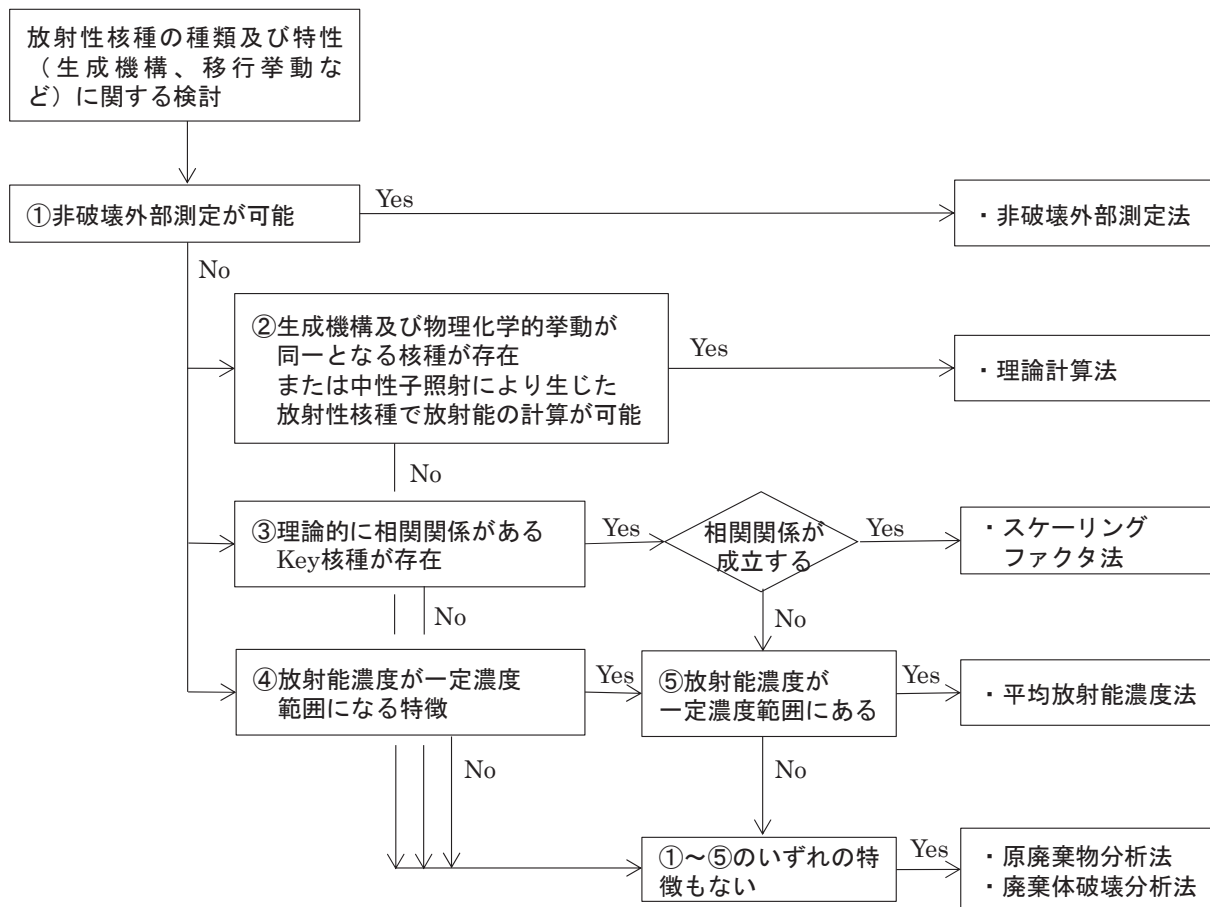


図 3.1 放射能濃度評価方法の選択の基本的な考え方

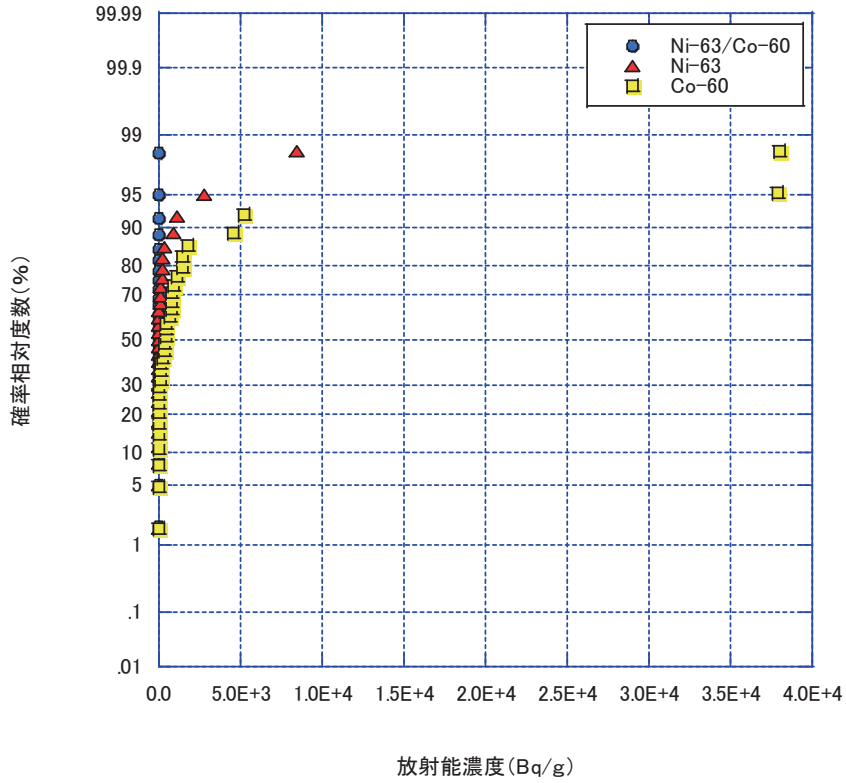


図 4.1 JPDR 保管廃棄物の  $^{63}\text{Ni}/^{60}\text{Co}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{60}\text{Co}$  放射能濃度の正規確率紙の例

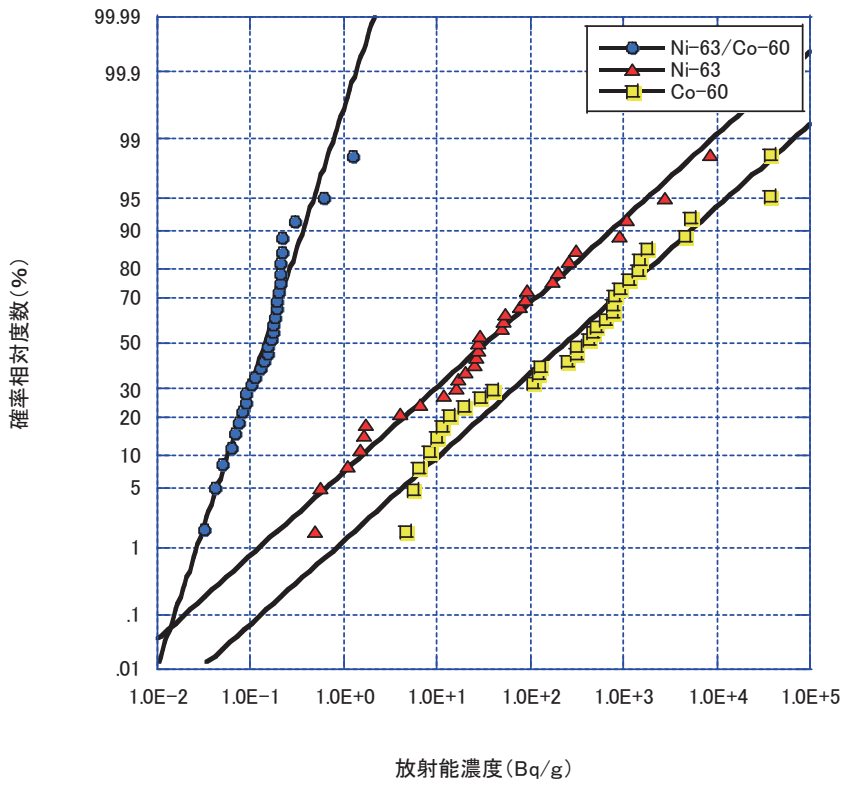


図 4.2 JPDR 保管廃棄物の  $^{63}\text{Ni}/^{60}\text{Co}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{60}\text{Co}$  放射能濃度の対数正規確率紙の例

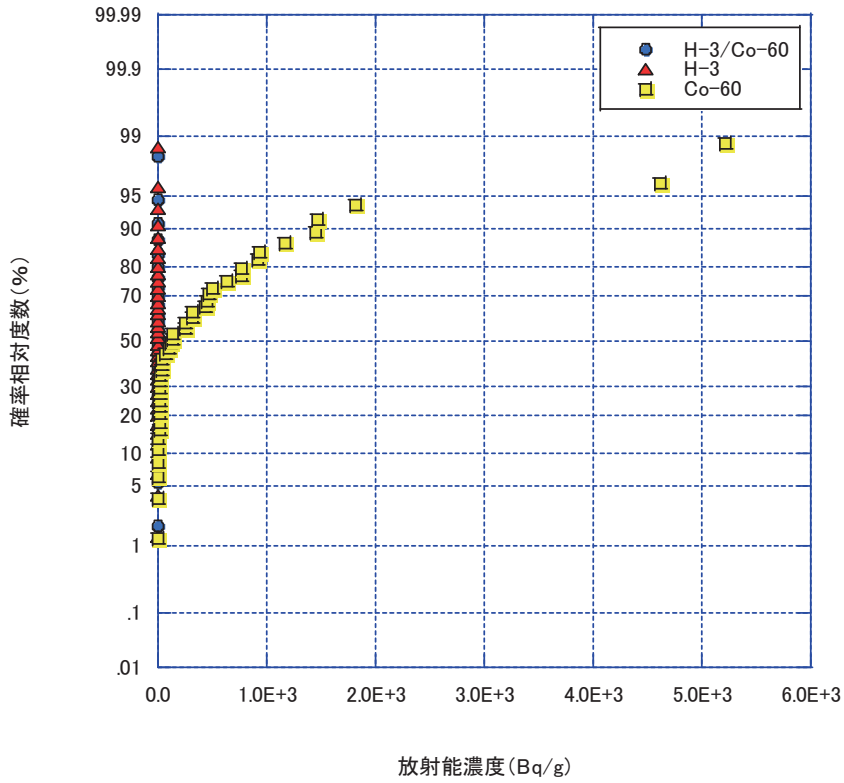


図 4.3 JPDR 保管廃棄物の  $^3\text{H}/^{60}\text{Co}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{60}\text{Co}$  放射能濃度の正規確率紙の例

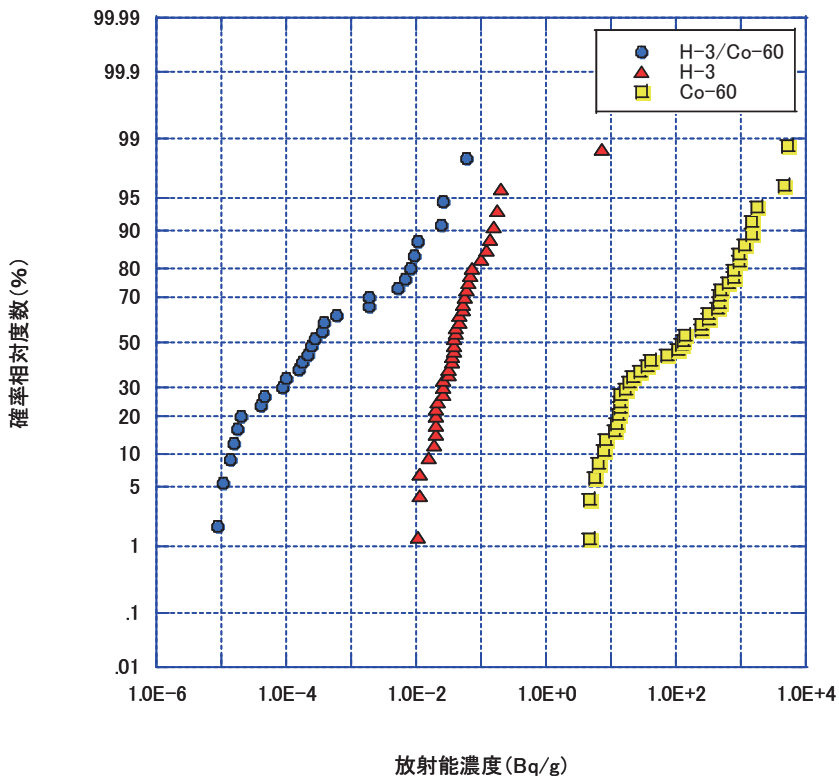


図 4.4 JPDR 保管廃棄物の  $^3\text{H}/^{60}\text{Co}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{60}\text{Co}$  放射能濃度の対数正規確率紙の例

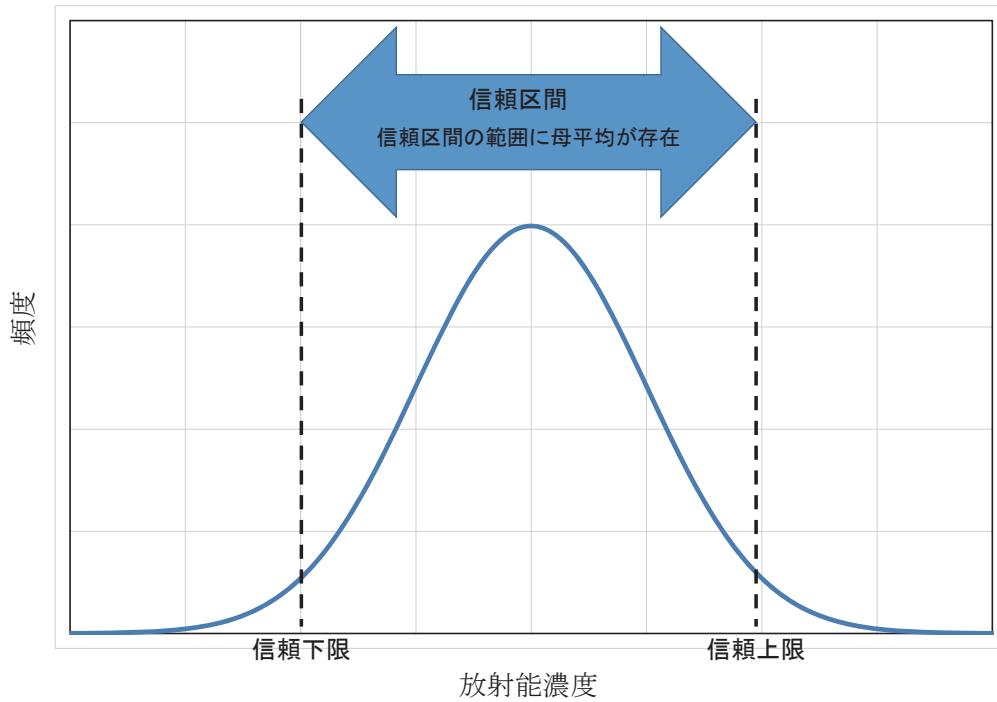


図 4.5 区間推定のイメージ

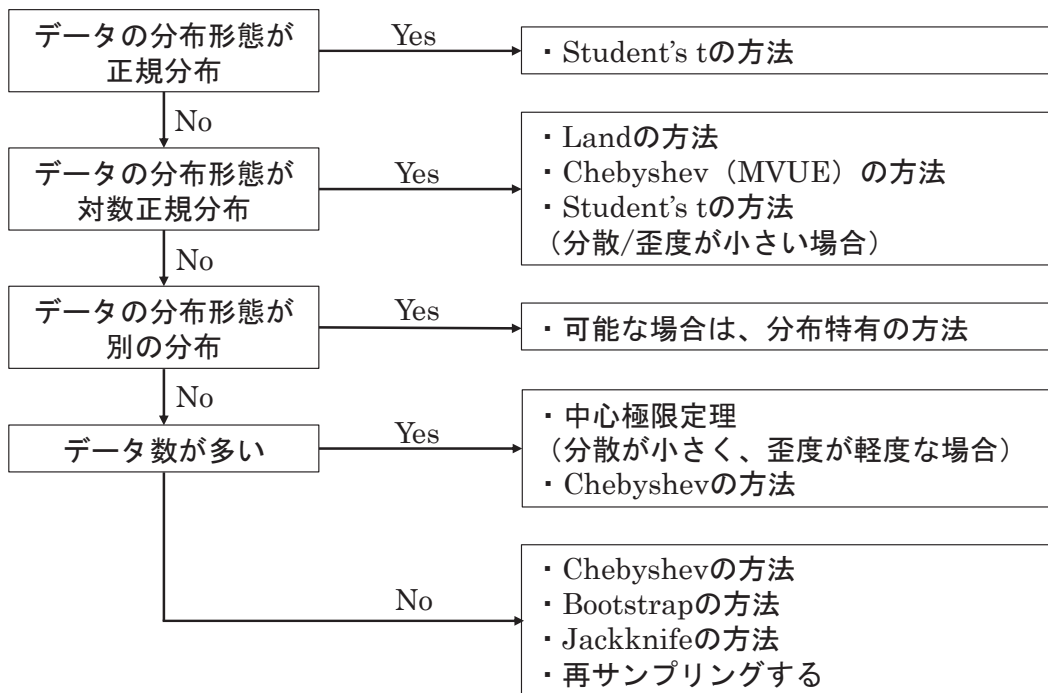


図 4.6 区間推定による平均値（信頼上限値 UCL）を推定する方法の選択フロー<sup>5)</sup>

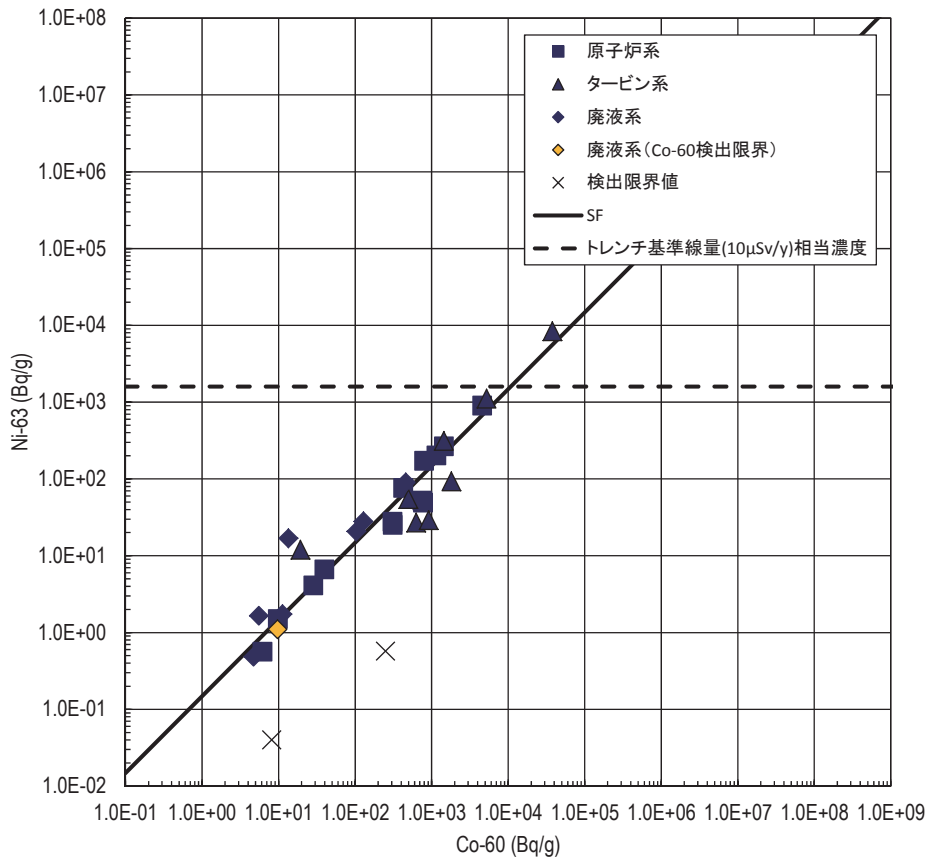


図 4.7  $^{63}\text{Ni}$  と  $^{60}\text{Co}$  の放射能濃度の相関図の例<sup>2)</sup>  
 (図の放射能濃度データは JPDR の運転停止時である  
 1976 年 3 月 18 日に減衰補正している。)

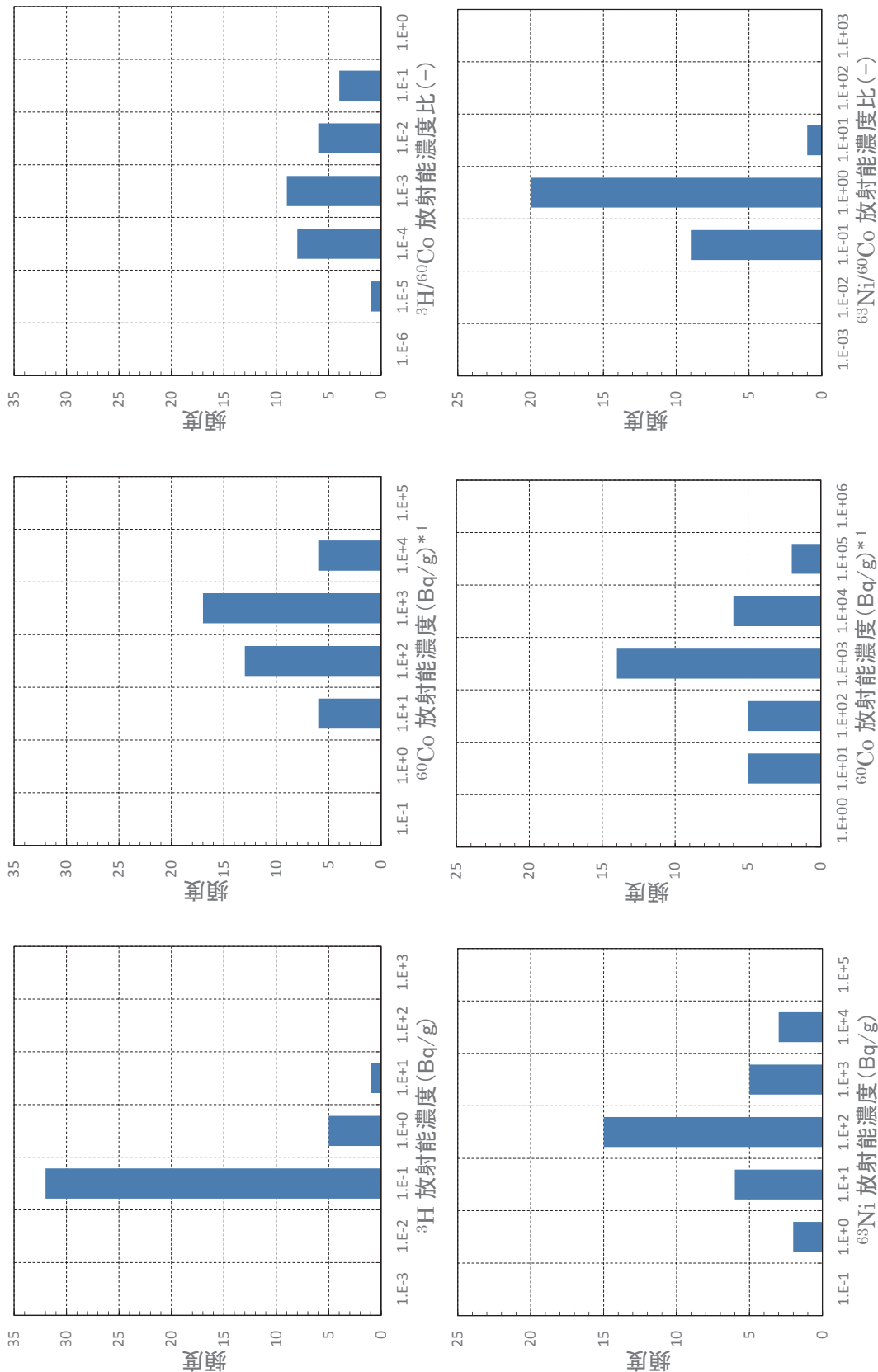


図 4.8 ヒストグラムの例 (文献<sup>2)</sup>の放射能濃度データに基づき作成)

\*1 スケーリングファクタ設定検討時のデータセットのためデータ数が異なる。

付録 3

原子力機構における廃棄体作製に係る基本手順の原則

平成 29 年 3 月

廃棄物対策・埋設事業統括部  
廃棄体技術基準等検討作業会

まえがき

原子力機構における廃棄体作製に係る基本手順の原則（以下、「本基本原則」という。）は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下、「原子炉等規制法」という。）及び「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」（以下、「RI 法」という。）における埋設処分時の廃棄体確認に備え、品質管理データの体系的且つ効率的な収集等を実施するための責任と権限が体系化且つ明確化された廃棄体作製に係る品質保証計画に基づき規定するものとする。また、本基本原則は、廃棄体の作製及び品質管理データ収集に係る原子力機構での共通の基本手順の原則とし、これに基づきその下部規定として、各拠点に特有な事項を含めた廃棄体作製に係る具体的な要領を策定するものとする。

なお、廃棄体作製に係る品質保証体系は、当面拠点毎の廃棄体作製部署の長をトップマネジメントとして品質保証計画を策定することとし、品質保証活動の運用の状況に応じて理事長をトップマネジメントとする品質保証体系に移行することとする。本基本原則についても、それに基づき措置することとする。

改訂履歴

変更年月	変更内容	変更理由
平成 28 年 3 月	制 定	—
平成 29 年 3 月	コンクリート等廃棄物の措置、品質マネジメントシステムに係る記載の追加、記載の適正化	左記内容を公開するため。



目 次

1. はじめに	50
2. 対象廃棄体の種類	51
3. 対象廃棄体作製の基本的な考え方	52
3.1 廃棄体作製に要求される技術基準等	52
3.2 技術基準等への基本的な対応方法	53
4. 均質・均一固化廃棄体の作製	60
4.1 基本作製工程	60
4.2 均質・均一固化廃棄体の作製要領	60
4.2.1 液体状廃棄物の受入れ	61
4.2.2 凝集沈殿処理、蒸発濃縮処理及び試料の採取	62
4.2.3 セメントによるアウトドラムミキシング方式での固型化処理	66
4.2.4 セメントによる真空注入方式での固型化処理	70
4.2.5 アスファルトによる混和蒸発方式での固型化処理	74
5. 充填固化廃棄体の作製	79
5.1 基本作製工程	79
5.2 固体廃棄物の種類	79
5.2.1 性状による固体廃棄物の種類	79
5.2.2 規制区分による固体廃棄物の種類	80
5.3 充填固化廃棄体の作製要領	80
5.3.1 固体廃棄物の受入れ	80
5.3.2 前処理	82
5.3.2.1 高圧圧縮処理及び溶融処理を行わない場合	82
5.3.2.2 高圧圧縮処理を行う場合	85
5.3.2.3 高周波誘導溶融処理を行う場合	87
5.3.2.4 プラズマ溶融処理を行う場合	88
5.3.3 処理	89
5.3.3.1 切断、圧縮処理	89
5.3.3.2 高圧圧縮処理	91
5.3.4 容器収納	92
5.3.5 固型化	94
5.4 参考文献	98
6. コンクリート等廃棄物の措置	99
6.1 基本措置工程	99
6.2 事前調査	100
6.3 測定・評価	100
6.3.1 測定・評価のための対象核種の選定方法	102
6.3.2 汚染物の放射能濃度の評価方法	103
6.3.3 放射化物の放射能濃度の評価方法	105
6.3.4 汚染物及び放射化物が混在する場合の放射能濃度の評価方法	106
6.4 コンクリート等廃棄物の取り扱い要領	106
6.4.1 廃止措置（解体）によるコンクリート等廃棄物の発生	106
6.4.2 分別・除去	107
6.4.3 一時保管	107
6.4.4 梱包措置（飛散防止措置）	108
6.5 参考資料	110
6.5.1 廃棄物管理番号の関係	110
7. 品質マネジメントシステム	112

## 1. はじめに

本基本原則は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）が発生・保管する放射性廃棄物を、浅地中埋設処分の観点から、「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則（以下、「第二種廃棄物埋設規則」という。）」及び「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則（以下、「RI法施行規則」という。）」に定める技術基準及び埋設施設の処分条件に適合するとともに、原子力機構内で統一的な廃棄体とすることを目的として、廃棄体の作製に関する基本的な事項について、廃棄体確認への対応も踏まえて、その手順の原則を取り纏めたものである。また、廃棄体作製者としての自主的な見地から、全般的な廃棄体の性能を可能な限り良好なものとするにも配慮している。原子力機構の各拠点においては、浅地中埋設処分対象廃棄物の分類、廃棄体化処理工程の細部等が異なることから、各拠点の状況に応じて本基本原則の具体化を図り、これに沿って拠点毎に廃棄体を作製していくこととする。

本基本原則で対象とする廃棄体（以下、「対象廃棄体」という。）の種類は、現在作製されている廃棄体、及び今後作製することが具体化している廃棄体とするが、廃棄体化処理施設の整備の状況等に応じて、その種類を拡大していくものとする。なお、本基本原則は現時点までの知見と経験に基づき、実際的な利用を考慮して定めたものであり、今後の経験等により有益な知見等が得られた場合には、その都度改訂が行われるものである。本基本原則で定めた以外の方法を用いる場合があっても、本基本原則の目的に適合し且つ十分な根拠をもつものであれば、それは適用可能である。

## 2. 対象廃棄体の種類

本基本原則における対象廃棄体は、浅地中埋設処分施設(コンクリートピット型及び簡易型)に処分するものでその種類は次のとおりとする。

**【均質・均一固化廃棄体】**

- 1) 液体状の放射性廃棄物を容器に固型化したセメント固化廃棄体
- 2) 液体状の放射性廃棄物を容器に固型化したアスファルト固化廃棄体

**【充填固化廃棄体】**

- 3) 固体状の放射性廃棄物を容器に固型化した充填固化廃棄体

**【コンクリート等廃棄物】**

- 4) 固体状の放射性廃棄物を容器に固型化又は封入していないコンクリート等廃棄物

なお、均質・均一固化廃棄体及び充填固化廃棄体は、現行の第二種廃棄物埋設規則に基づき区分しているが、RI 法施行規則においては、「容器に固型化したもの」としてこれらの廃棄体に包含される。

**【参考】 廃棄体及びコンクリート等廃棄物の説明**

- ・均質固化廃棄体：固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と放射性廃棄物を、均質に練り混ぜ固型化した廃棄体のこと。
- ・均一固化廃棄体：あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と、放射性廃棄物を均一に混合させ固型化した廃棄体のこと。
- ・充填固化廃棄体：あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料を、容器内の固体状の放射性廃棄物と一体となるよう充填し固型化した廃棄体のこと。
- ・廃棄体：上記の総称を言う。なお、容器とは廃棄体を作製する際に供給する材料の一つをいう。
- ・コンクリート等廃棄物：核燃料物質によって汚染されたコンクリート及び金属又はこれに類するもので、容器に封入しておらず又は容器に固型化していない固体状の放射性廃棄物

**【参考】 容器に封入する方法で製作する廃棄体について**

平成 20 年 4 月 1 日の第二種廃棄物埋設規則及び同告示の改正により、固体廃棄物について容器に充填固化する方法に加え容器に封入することが規定されたが、現在のところはこれを対象とせず、その実施が具体化した段階で対象廃棄体として検討することとする。

### 3. 対象廃棄体作製の基本的な考え方

#### 3.1 廃棄体作製に要求される技術基準等

現行の原子炉等規制法及び RI 法においては、廃棄体等の浅地中埋設処分にあたり、処分対象の廃棄体一体毎に技術基準に適合していることについて、規制当局の確認を受けなければならないことが規定されている（原子炉等規制法第 51 条の 6 及び RI 法第 19 条の 2 第 2 項）。これらの技術基準は、第二種廃棄物埋設規則第 8 条及び核燃料物質等の第二種廃棄物埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示（以下、「埋設告示」という。）第 4 条で、原子炉施設を設置した工場又は事業所から発生する廃棄体等を対象に、また、RI 法施行規則第 19 条第 1 項第 17 号イ及びロで、容器に固型化したもの及び容器に固型化していない埋設廃棄物を対象に、具体的に定められている。

第二種廃棄物埋設規則における廃棄体に係る技術基準は次のとおりである。

##### 1) 均質・均一固化廃棄体（セメント及びアスファルト固化廃棄体）

- ① 次に定める方法により容器に固型化すること。
  - ・ 埋設告示に定められた仕様の固型化材料（セメント、アスファルト）及び混和材料であること。
  - ・ 埋設告示に定められた仕様の金属製容器（ドラム缶等）であること。
  - ・ セメント固化廃棄体の場合においては、一軸圧縮強度が 1,470 kPa（15 kg/cm<sup>2</sup>）以上であること。
  - ・ アスファルト固化廃棄体の場合においては、廃棄体中の固型化材料の割合が 50%以上であること。
  - ・ 均質固化廃棄体の場合においては、固型化材料及び混和材料と放射性廃棄物を均質に練り混ぜること。
  - ・ 均一固化廃棄体の場合においては、あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料等と放射性廃棄物を均一に混合させること。
  - ・ 容器内に有害な空げきが残らないこと。
- ② 放射能濃度が廃棄物埋設事業許可申請書に記載した最大放射能濃度を超えないこと。
- ③ 容器表面の密度が、表面密度限度の 1/10 を超えないこと。
- ④ 廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質を含まないこと。
- ⑤ 埋設した場合において受けるおそれのある荷重に耐える強度を有すること。
- ⑥ 著しい破損がないこと。
- ⑦ 「放射性廃棄物」を示す標識及び廃棄物確認申請書に記載された事項と照合できる整理番号が表示されていること。
- ⑧ その他許可申請書等の記載事項に関する事項。

##### 2) 充填固化廃棄体

- ① 次に定める方法により容器に固型化すること。
  - ・ 埋設告示に定められた仕様の固型化材料（セメント）及び混和材料であること。
  - ・ 埋設告示に定められた仕様の金属製容器（ドラム缶等）であること。
  - ・ あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料等と容器内の放射性廃棄物とを一体となるように充填すること。
  - ・ 有害な空げきが残らないこと。
- ② 放射能濃度が廃棄物埋設事業許可申請書に記載した最大放射能濃度を超えないこと。
- ③ 上記均質・均一固化廃棄体の場合の③～⑧と同様。

RI 法施行規則における廃棄体等に係る技術基準は次のとおりである。

- ① 放射能濃度が廃棄の業の許可に係る申請書に記載した最大放射能濃度を超えないこと。

- ② 埋設廃棄物の強度、密封性その他の性状が廃棄の業の許可に係る申請書に記載された事項に適合していること。
- ③ 線量当量率に応じた標識が付されていること。
- ④ 容器に固型化したものにあつては、「放射性廃棄物」を示す標識を付されていること。
- ⑤ 廃棄物確認申請書に記載された事項と照合できる整理番号が表示されていること。
- ⑥ 容器に固型化されていないものにあつては、放射性物質の飛散防止のための措置が講じられていること。

以上の技術基準は、次のとおりで大別できる。

- 1) 廃棄体に含まれる主要な放射性核種の種類ごとの放射能濃度に係る項目  
第二種廃棄物埋設規則における均質・均一固化廃棄体及び充填固化廃棄体に係る②並びに RI 法施行規則における廃棄体に係る①の項目
- 2) 廃棄体の種類、固型化の方法、容器及び固型化材料の仕様等の廃棄体性能に係る項目  
1)以外の項目

本基本原則は、廃棄確認における技術基準のうち 2)の廃棄体性能に係る項目を対象として定めるものである。

### 3.2 技術基準等への基本的な対応方法

今後原子力機構で作製する均質固化廃棄体、均一固化廃棄体及び充填固化廃棄体並びにコンクリート等廃棄物について、廃棄体性能に係る技術基準への基本的な対応方法は、それぞれ次頁表のとおりとする。対応方法のうち、廃棄体の性状等により関連するデータ等の取得が不可能な場合は、別途関連データ等の取得方法を検討し対応することとする。また、提示した対応方法以外の方法によっても、廃棄体性能に係る技術基準へ適合することが十分な根拠をもつものであれば、基本的な対応方法の一つとして追加するものとする。

なお、現状においては、RI 法施行規則において一部技術基準が未整備となっているため、その整備状況に応じた対応方法を検討することとする。

廃棄体性能に係る技術基準への基本的な対応方法

【均質固化廃棄体】

技術基準	種類	対応方法の概要	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設告示に定められた仕様の固型化材料であること。</li> <li>埋設告示に定められた仕様の金属製容器（ドラム缶等）であること。</li> <li>一軸圧縮強度が 1,470 kPa (15 kg/cm<sup>2</sup>) 以上であること。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>固型化材料の納品時に、必要記載事項を充足する納品書又は試験成績書等を入力することにより対応する。</li> <li>金属製容器（ドラム缶等）の納品時に、必要記載事項を充足する納品書又は試験成績書を入力することにより対応する。</li> <li>均質固化廃棄体の超音波伝播速度を測定し、あらかじめ求められた超音波伝播速度と一軸圧縮強度の相関式から当該廃棄体の一軸圧縮強度を計算することにより対応する。</li> </ul>	<p>あらかじめ試験等により相関式を取得しておくことが必要。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体中の固型化材料の割合が 50%以上であること。</li> </ul>	セメント 固化廃棄体	<ul style="list-style-type: none"> <li>あらかじめ十分な測定性能を有することが確認された計量装置等を使用して、アスファルトの投入量と放射性廃棄物の投入量、放射性廃棄物中の固型分濃度から固型化材料の割合を算出することにより対応する。</li> </ul>	<p>固型化処理装置毎に、均質に練り混ぜる性能に係るデータ等を取得しておくことが必要。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>固型化材料及び混和材料と放射性廃棄物を均質に練り混ぜること。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>あらかじめ均質に練り混ぜることの性能を充分に有することが確認された混練機等を使用して、固型化材料（及び混和材料）と放射性廃棄物を練り混ぜることにより対応する。</li> </ul>	<p>固型化処理装置毎に、均質に練り混ぜる性能に係るデータ等を取得しておくことが必要。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>容器内に有害な空隙が残らないこと。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体の内部の空隙については、固型化処理設備の構造、作製工程等により均質固型化内部に空隙が残ることはないことについて、廃棄体の作製方法を示すことにより対応する。</li> <li>廃棄体上部の空隙（30%以下）については、             <ol style="list-style-type: none"> <li>① 廃棄体の重量の測定</li> <li>② 透過γ線法による測定</li> <li>③ 超音波レベル計による測定</li> </ol>             から選択して対応する。           </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>容器表面の密度が、表面密度限度の 1/10 を超えないこと。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設時における廃棄体確認時対応項目であり、測定記録の確認により対応する。</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質を含まないこと。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物の受入基準、廃液処理工程、固型化処理設備の構造、作業員の入室及び物品の持込管理等により、健全性を損なう物質が廃棄体に混入することはないことについて、廃棄体の作製方法を示すことにより対応する。</li> </ul>	<p>健全性を損なう物質：「消防法」及び「危険物の規制に関する政令」で定められる危険物</p>

技術基準	種類	対応方法の概要	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設した場合において受けるおそれのある荷重に耐える強度を有すること。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設施設において、廃棄体の定置完了後における最下段の廃棄体が受けるおそれのある最大荷重に対して、金属製容器（ドラム缶等）及びコンクリート内張り容器の内張り材による強度と所定の固型化の方法により対応する。</li> </ul>	<p>最下段の廃棄体の受ける荷重を約 10t と想定。現行作製方法により耐埋設荷重 10t 未満であるものは別途検討する。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>著しい破損がないこと。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体から廃棄物が漏洩又は露出、表面の劣化、運搬上支障のある変形が生じないよう、廃棄体の取扱い、運搬、貯蔵管理を行うこととし、目視により             <ol style="list-style-type: none"> <li>① 廃棄体から廃棄物が漏洩又は露出していないこと</li> <li>② 廃棄体の表面の劣化が認められないこと</li> <li>③ 廃棄体の運搬上の支障がある変形等がないことを確認することにより対応する。</li> </ol> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>「放射性廃棄物」を示す標識及び廃棄物確認申請書に記載された事項と照合できる整理番号が表示されていること。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>容器に容易に消えない方法により整理番号を表示し、確認申請書との照合は、表示された整理番号及び記録を示すことにより対応する。</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>許可申請書等に記載された事項に適合していること。</li> </ul>	—	<p><b>【許可申請書の記載の状況に応じて対応方法を今後検討】</b></p>	

【均一固化廃棄体】

技術基準	種類	対応方法の概要	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設告示に定められた仕様の固型化材料であること。</li> <li>埋設告示に定められた仕様の金属製容器（ドラム缶等）であること。</li> <li>一軸圧縮強度が 1,470 kPa (15 kg/cm<sup>2</sup>) 以上であること。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>固型化材料の納品時に、必要記載事項を充足する納品書又は試験成績書等を入力することにより対応する。</li> <li>金属製容器（ドラム缶等）の納品時に、必要記載事項を充足する納品書又は試験成績書等を入力することにより対応する。</li> </ul>	対応方法の概要は、均質固化廃棄体に同じ。
<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体中の固型化材料の割合が 50%以上であること。</li> </ul>	セメント 固化廃棄体	<ul style="list-style-type: none"> <li>均一固化廃棄体の超音波伝播速度を測定し、あらかじめ求められた超音波伝播速度と一軸圧縮強度の相関式から当該廃棄体の一軸圧縮強度を計算することにより対応する。</li> </ul>	対応方法の概要及び備考は、均質固化廃棄体に同じ。
<ul style="list-style-type: none"> <li>あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料等と放射性廃棄物を均一に混合させること。</li> <li>容器内に有害な空隙が残らないこと。</li> </ul>	アスファルト 固化廃棄体	<ul style="list-style-type: none"> <li>あらかじめ充分な測定性能を有することが確認された計量装置等を使用して、アスファルトの投入量と放射性廃棄物の投入量、放射性廃棄物中の固型化材料の割合を算出することにより対応する。</li> </ul>	対応方法の概要及び備考は、均質固化廃棄体に同じ。
<ul style="list-style-type: none"> <li>容器内に有害な空隙が残らないこと。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体の内部の空隙については、固型化処理設備の構造、作製工程等により均一固化体内部に空隙が残ることはないことについて、廃棄体の作製方法を示すことにより対応する。</li> <li>廃棄体上部の空隙 (30%以下) については、             <ol style="list-style-type: none"> <li>① 廃棄体の重量の測定</li> <li>② 透過 <math>\gamma</math> 線法による測定</li> <li>③ 超音波レベル計による測定</li> </ol>             から選択して対応する。           </li> </ul>	対応方法の概要は、均質固化廃棄体に同じ。
<ul style="list-style-type: none"> <li>容器表面の密度が、表面密度限度の 1/10 を超えないこと。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設時における廃棄体確認時対応項目であり、測定記録の確認により対応する。</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質を含まないこと。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物の受入基準、廃液処理工程、固型化処理設備の構造、作業員の入室及び物品の持込管理等により健全性を損なう物質が廃棄体に混入することはないことについて、廃棄体の作製方法を示すことにより対応する。</li> </ul>	対応方法の概要は、均質固化廃棄体に同じ。



技術基準	種類	対応方法の概要	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設した場合において受けるおそれのある荷重に耐える強度を有すること。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設施設において、廃棄体の定置完了後における最下段の廃棄体（ドラム缶等）及びコンクリート内張り容器の内張り材による強度と所定の固型化の方法により対応する。</li> </ul>	<p>対応方法の概要は、均質固化廃棄体に同じ。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>著しい破損がないこと。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体から廃棄物が漏洩又は露出、表面の劣化、運搬上支障のある変形が生じないよう、廃棄体の取扱い、運搬、貯蔵管理を行うこととし、目視により             <ol style="list-style-type: none"> <li>① 廃棄体から廃棄物が漏洩又は露出していないこと</li> <li>② 廃棄体の表面の劣化が認められないこと</li> <li>③ 廃棄体の運搬上の支障がある変形等がないことを確認することにより対応する。</li> </ol> </li> </ul>	<p>対応方法の概要は、均質固化廃棄体に同じ。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>「放射性廃棄物」を示す標識及び廃棄物確認申請書に記載された事項と照合できる整理番号が表示されていること。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>容器に容易に消えない方法により整理番号を表示し、確認申請書との照合は、表示された整理番号及び記録を示すことにより対応する。</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>許可申請書等に記載された事項に適合していること。</li> </ul>	—	<p><b>【許可申請書の記載の状況に応じて対応方法を今後検討】</b></p>	

【充填固化廃棄体】

技 術 基 準	対応方法の概要	備 考
<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設告示に定められた仕様の固型化材料であること。</li> <li>埋設告示に定められた仕様の金属製容器（ドラム缶等）であること。</li> <li>あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料等と容器内の放射線性廃棄物とを一体となるように充填すること。</li> </ul>	<p>対応方法の納品時に、必要記載事項を充足する納品書又は試験成績書等を入力することにより対応する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>金属製容器（ドラム缶等）の納品時に、必要記載事項を充足する納品書又は試験成績書等を入力することにより対応する。</li> <li>あらかじめ均質に練り混ぜることの性能を充分に有することが確認された混練機等を使用して、固型化材料を練り混ぜることにより対応する。</li> <li>廃棄物を適切に分別、処理し、容器等に収納した固型化対象廃棄物と、あらかじめ、固型化材料と固型化対象廃棄物が一体となることが確認された所定の流動性及び注入速度による固型化材料で固型化することにより対応する。</li> </ul>	<p>対応方法の概要は、均質・均一固化廃棄体に同じ。</p> <p>廃棄物が偏在することなく一様に固型化されることが対象となり、混練機等毎に、均質に練り混ぜる性能に係るデータ等を取得しておくことが必要。</p> <p>対応方法の概要は、均質・均一固化廃棄体に同じ。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>容器内に有害な空隙が残らないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体の内部の空隙については、固型化処理設備の構造、作製工程等により充填固化体内部に有害な空隙が残ることはないことを、廃棄体の作製方法を示すことにより対応する。</li> <li>廃棄体上部の空隙（10%以下）については、 ①廃棄体の重量の測定 ②透過γ線法による測定 ③超音波レベル計による測定から選択して対応する。</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>容器表面の密度が、表面密度限度の1/10を超えないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設時における廃棄体確認時対応項目であり、測定記録の確認により対応する。</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質を含まないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設施設の健全性に影響を与える量の物質の除去又は処理を行うことにより対応する。</li> </ul>	<p>対応方法の概要は、均質・均一固化廃棄体に同じ。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設した場合において受けるおそれのある荷重に耐える強度を有すること。</li> <li>著しい破損がないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄体から廃棄物が漏洩又は露出、表面の劣化、運搬上支障のある変形が生じないよう、廃棄体の取扱い、運搬、貯蔵管理を行うこととし、目視により ① 廃棄体から廃棄物が漏洩又は露出していないこと ② 廃棄体の表面の劣化が認められないこと ③ 廃棄体の運搬上の支障がある変形等がないことを確認することにより対応する。</li> </ul>	<p>対応方法の概要は、均質・均一固化廃棄体に同じ。</p>

技術基準	対応方法の概要	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>「放射性廃棄物」を示す標識及び廃棄物確認申請書に記載された事項と照合できる整理番号が表示されていること。</li> <li>許可申請書等に記載された事項に適合していること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>容器に容易に消えない方法により整理番号を表示し、確認申請書との照合は、表示された整理番号及び記録を示すことにより対応する。</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>許可申請書等に記載された事項に適合していること。</li> </ul>	<p>【許可申請書の記載の状況に応じて対応方法を今後検討】</p>	

**【コンクリート等廃棄物】**

技術基準	対応方法の概要	備考
<ul style="list-style-type: none"> <li>爆発性の物質、他の物質を著しく腐食させる物質その他の危険物を含まないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋設用トレンチ内に埋設するもので爆発性の物質を含まないことの記録を示すことにより対応する。</li> <li>埋設用トレンチ内に埋設するもので他の物質を著しく腐食させる物質その他の危険物を含まないこと、又は除去したことの記録を示すことにより対応する。</li> </ul>	<p>廃棄物埋設地に係る廃棄物埋設確認として実施。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物埋設地の外に放射性物質の飛散の防止のための措置が講じられていること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>JIS に定めるフレキシブルコンテナ又はビニルシートで梱包されていることを目視により確認する。</li> <li>JIS に定めるフレキシブルコンテナであることを記録を示すことにより対応する。</li> </ul>	<p>同上。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>確認申請書に記載された事項と照合できる措置が講じられていること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フレキシブルコンテナ又はビニルシートに容易に消えない方法により整理番号、重量等を表示し、確認申請書との照合は、表示された整理番号及び記録を示すことにより対応する。</li> </ul>	

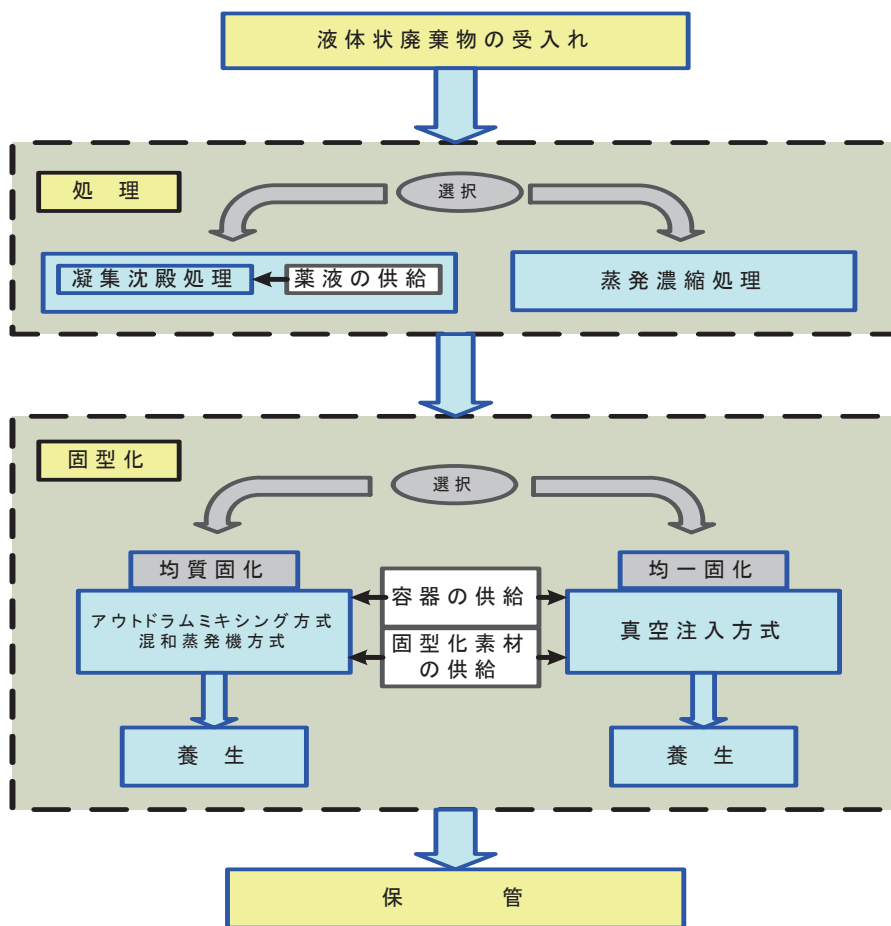
#### 4. 均質・均一固化廃棄体の作製

##### 4.1 基本作製工程

原子力機構で今後作製する液体状の放射性廃棄物に係る均質・均一固化廃棄体のうち、現状の廃棄物処理工程において廃棄体化処理が行われている均質固化廃棄体及び均一固化廃棄体の作製工程を、原則として次のとおり分類する。

- ① 液体状廃棄物の受入れ
- ② 凝集沈殿処理及び蒸発濃縮処理
- ③ 固型化素材等との固型化
- ④ 保管

作製工程のフローは、原則として以下のとおりとする。



##### 4.2 均質・均一固化廃棄体の作製要領

原子力機構で今後作製する液体状の放射性廃棄物に係る均質固化廃棄体及び均一固化廃棄体のうち、現状の廃棄物処理工程において廃棄体化処理が行われている均質固化廃棄体及び均一固化廃棄体の具体的な作製要領は、以下のとおりとする。

#### 4.2.1 液体状廃棄物の受入れ

##### (1) 作業要領

液体状の放射性廃棄物は、保安規定等に基づく液体廃棄物中の放射性物質の濃度等による区分に従い、専用の管又は車両等の輸送設備により輸送し、それぞれ専用の貯槽等に受け入れ、凝集沈殿処理又は蒸発濃縮処理までの間保管、貯蔵するものとする。液体状の放射性廃棄物の受け入れに際しては、次の項目について確認を行うこと。

- ① 液体廃棄物中の主な放射性核種の種類
- ② 放射性物質の濃度及び量
- ③ 液体廃棄物の容量
- ④ 液体廃棄物の性状等により廃棄体作製上支障がないものであり、以下の参考に示す廃棄体の健全性を損なう物質等が混入していないこと

##### 【参考】

- I 消防法（昭和 23 年 7 月 24 日、法律第 186 号）及び危険物の規制に関する政令（昭和 34 年 9 月 26 日、政令第 306 号）で定められる危険物となる廃棄体の健全性を損なう物質
  1. 爆発性の物質  
第五類に区分された「自己反応性物質」で爆発性物質に該当するもの。  
【物質例：過酸化ベンズイル、ニトロセルロース、ピクリン酸】
  2. 水と接触したときに爆発的に反応する物質  
第三類に区分された「自然発火性物質又は禁水性物質」で水と接触したときに爆発的に反応する物質に該当するもの。  
【物質例：金属ナトリウム、金属カリウム、炭化カリウム、トリクロロシラン】
  3. 揮発性の物質  
第四類に区分された「引火性液体」で揮発性物質に該当するもの。  
【物質例：ガソリン、エチルアルコール、軽油、灯油、重油】
  4. 自然発火性の物質  
第二類若しくは第三類に区分された「可燃性固体」又は「自然発火性物質又は禁水性物質」で自然発火性物質に該当するもの。  
【物質例（可燃性固体）：マグネシウム、赤燐、固型アルコール】
  5. 廃棄体を著しく腐食させる物質  
第一類、第三類若しくは第六類に区分された「酸化性固体」、「自然発火性物質又は禁水性物質」又は「酸化性液体」で廃棄体を著しく腐食させる物質に該当するもの。ただし、中和等の措置がなされているものを除く。  
【物質例：（酸化性固体）；塩素酸ナトリウム、過酸化バリウム、三酸化クロム、（酸化性液体）；硝酸、過酸化水素、過塩素酸（廃棄体を著しく腐食させる物質）；塩酸、硫酸等の強酸】
  6. 多量にガスを発生させる物質  
第二類若しくは第三類に区分された「酸化性固体」又は「自然発火性物質又は禁水性物質」で多量にガスを発生させる物質に該当するもの。  
【物質例：（多量にガスを発生させる物質）；金属アルミニウム（セメントに起因してアルカリ水と反応し水素ガスを発生させるため）】
- II 生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質
  1. 水銀、2. 鉛、3. カドミウム、4. 砒素、5. 六価クロム、6. セレン、
  7. ダイオキシン類

(2) 記録要領

① 記録管理項目

貯槽等への受入れ、処理装置への移送の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、受入れ作業毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
受入れ	受入れ No.	受入対象毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	受入れ元	発生課室、発生場所、タンク名称等
	廃棄物の区分	保安規定に基づく廃棄物分類の区分
	主な放射性核種の種類、濃度及び量	$^3\text{H}$ 、 $^3\text{H}$ 以外の $\beta$ 、 $\gamma$ 放射性物質及び $\alpha$ 放射性物質に区分して、その区分ごとの放射性核種の種類、濃度及び量
	受入れ年月日	当該液体廃棄物を受け入れた年月日
	受入れ容量	受け入れた実容量 (m <sup>3</sup> )
	受入れ設備	受入れ設備、貯槽 No.等
	性状等の確認結果	消防法及び危険物の規制に関する政令で定められる危険物、有機溶液、爆発性の物質、引火性の物質、発泡性の物質、有毒性の物質、金属の切粉等を含まず、強酸性又はアルカリ性でないこと等廃棄体作製上支障が無いことの確認結果

② 記録の保存期間

記録は、当該廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

4.2.2 凝集沈殿処理、蒸発濃縮処理及び試料の採取

(1) 処理作業要領

液体状の放射性廃棄物は、凝集沈殿剤により沈殿物（スラリーまたはスラッジ）と処理済廃液とに分離し、放射性物質を沈殿物に捕集する凝集沈殿処理、または、加熱用蒸気等により加熱し、放射性物質が濃縮した濃縮液と蒸発した蒸気とに分離する蒸発濃縮処理により、以下の要領で処理を行うこと。

① 液体状廃棄物の種類

凝集沈殿処理を行う場合の液体状の廃棄物の種類は、原子炉施設の一次冷却水等で物理的及び化学的な性質が安定したものとする。

② 凝集沈殿処理の要領

凝集沈殿処理は、以下の要領で実施する。

- i) 凝集沈殿処理を実施する場合には、処理対象廃棄物から所定の量をサンプリングし、放射性物質濃度、電気伝導度、pH 等の測定、ジャーテストを実施して、凝集沈殿材の種類、添加量等の薬注条件を設定する。なお、定常的な液体廃棄物で薬注条件が確立しているものは、これを省略することができる。
- ii) 処理対象廃棄物は、4.2.1 により受け入れた貯槽から専用の系統により凝集沈殿槽に移送し、供給する。
- iii) 凝集沈殿処理においては、設定した薬注条件により薬液の調整を行い、処理対象廃

棄物について流量計等により計量給液し、その給液量に応じ薬注して処理する。なお、計量に使用する計量器は、所定の性能に保たれるよう1回/年以上の頻度で検査、校正等を実施し、その結果を記録として保管する。

iv) 凝集沈殿処理により分離された沈殿物（スラリー又はスラッジ）及び処理廃液は、専用の系統により所定の貯槽、タンク等に移送し、貯留する。

③ 蒸発濃縮処理の要領

蒸発沈殿処理は、以下の要領で実施する。

i) 処理対象廃棄物は、4.2.1により受け入れた貯槽から専用の系統により蒸発缶等の系内に移送し、供給する。

ii) 蒸発濃縮処理においては、処理前の対象廃棄物のpHが5～9の範囲になるよう薬液等により調整してから処理する。

iii) 蒸発濃縮処理により分離された濃縮液及び凝縮器等により復水処理した凝縮水は、専用の系統により所定の貯槽、タンク等に移送、貯留する。

(2) 処理作業記録要領

① 処理作業記録管理項目

処理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、凝集沈殿処理作業及び蒸発濃縮処理作業毎に記録する。

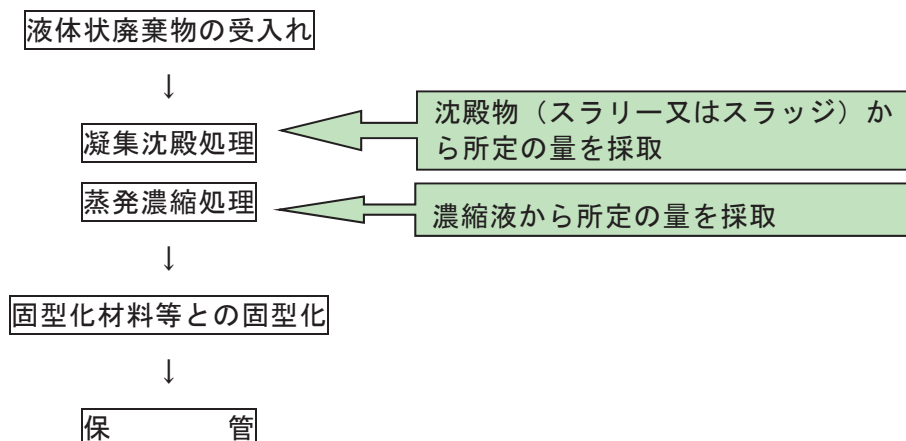
区分	記載管理項目	記載内容
凝集沈殿処理	凝集沈殿処理 No.	凝集沈殿処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	処理担当者名	凝集沈殿処理を実施した担当者名
	処理年月日	凝集沈殿処理を実施した年月日
	供給元	処理対象廃棄物の供給元となる貯槽、タンク等
	薬液の種類及び量	凝集沈殿処理に用いた薬液の種類及び薬液毎の数量
	沈殿物の量	凝集沈殿処理により分離された沈殿物の数量
	沈殿物の移送、貯留先	凝集沈殿処理により分離された沈殿物の移送、貯留先の貯槽、タンク等
蒸発濃縮処理	蒸発濃縮処理 No.	蒸発濃縮処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	処理担当者名	蒸発濃縮処理を実施した担当者名
	処理年月日	蒸発濃縮処理を実施した年月日
	供給元	処理対象廃棄物の供給元の貯槽、タンク等
	薬液の種類及び量	蒸発濃縮処理に用いた薬液の種類及び薬液毎の量
	濃縮液の量	蒸発濃縮処理により分離された濃縮液の量
	濃縮液の移送、貯留先	蒸発濃縮処理により分離された濃縮液の移送、貯留先の貯槽、タンク等

② 処理作業記録の保存期間

記録は、当該廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

(3) 試料の採取要領

廃棄体確認における均質・均一固化廃棄体に含まれる主要な放射性核種の種類ごとの放射能濃度に係る項目については、別途その決定方法について検討することとし、具体的な試料の採取、取扱方法は、処理装置毎の要領において規定する。試料採取の例を以下に示す。



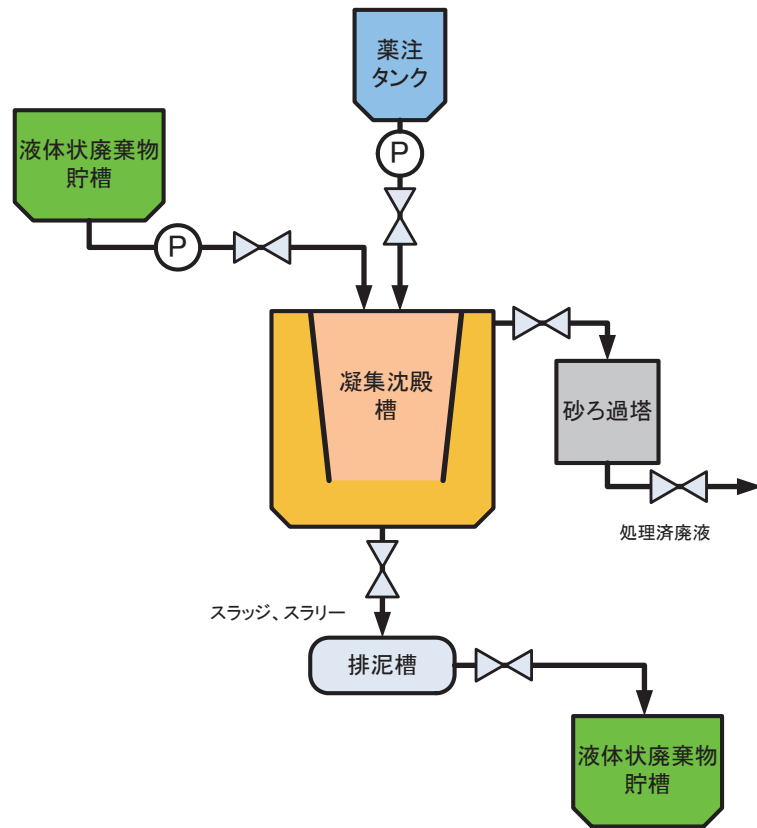
(4) 試料の採取記録要領

① 試料の採取記録管理項目

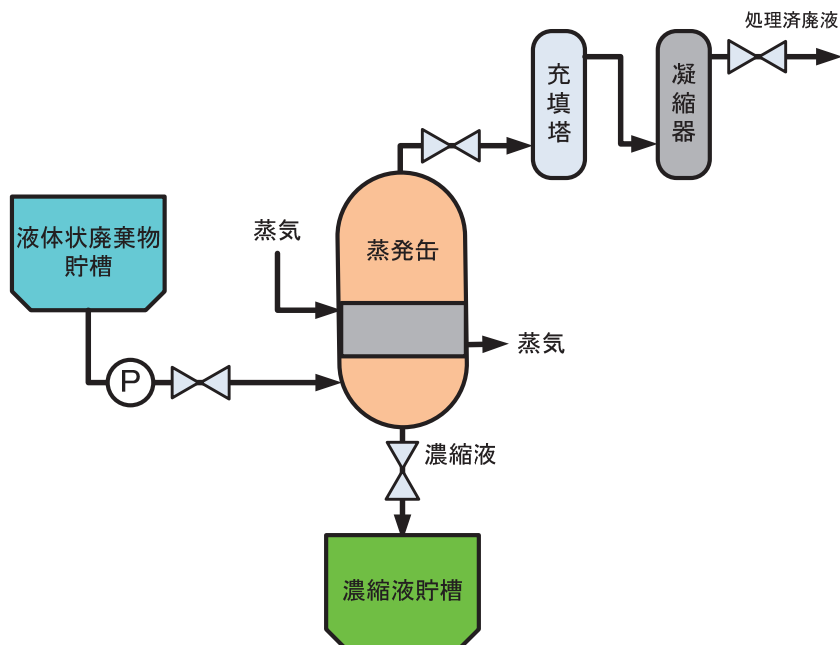
試料採取の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について試料採取作業毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
試料採取	採取試料 No.	試料採取毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	処理 No.	試料を採取した凝集沈殿処理 No.又は蒸発濃縮処理 No.
	採取担当者名	試料を採取した担当者名
	採取年月日	試料を採取した年月日
	試料種類	採取した試料の種類
	採取場所	試料を採取した場所、貯槽、タンク等
	採取方法	試料の採取方法
	採取量	採取した試料の容量





凝集沈殿処理における設備のプロセス(例)



蒸発濃縮処理における設備のプロセス(参考例)

#### 4.2.3 セメントによるアウトドラムミキシング方式での固型化処理

##### (1) 作業要領

##### 1) 容器の供給

凝集沈殿処理及び蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物の、セメントによるアウトドラムミキシング方式での固型化に用いる容器の仕様は以下のとおりとする。

##### ① オープンドラム缶

固型化対象廃棄物の固型化に用いるオープンドラム缶は、JIS Z 1600:1993 に定める鋼製オープンヘッドドラムで 1 種 H 級又は M 級の容器、若しくはこれと同等以上の品質（強度及び密封性）を有するものとする。なお、同等以上の品質を有するものには以下のものがある。

- ・ JIS Z 1600: (1974), (1977) に定める H 級
- ・ JIS Z 1600: (1988) に定める 1 種 H 級
- ・ JIS Z 1600: (2006) に定める H 級又は M 級
- ・ JIS Z 1601: (1967), (1976), (1986), (1994) に定める 1 種 H 級
- ・ JIS Z 1601: (2006) に定める H 級

##### ② コンクリート内張りドラム缶

固型化対象廃棄物の固型化に用いるコンクリート内張りドラム缶は、上記①オープンドラム缶に、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢 28 日における一軸圧縮強度が 29.5 MPa (300 kg/cm<sup>2</sup>) 以上のコンクリート又はモルタルを周囲厚さ 20 mm 以上となるように内張りしたものとする。

##### 2) 固型化材料等の供給

セメント、骨材、混和材料又はこれらのうち 2 種類以上をあらかじめ混ぜ合わせたもの及び水を固型化材料等の原材料として供給する。供給する原材料の仕様、固型化材料等の配合基準、固型化材料等の管理要領は以下のとおりとする。

##### ① 原材料の仕様

固型化材料等に用いる原材料の仕様は以下のとおりとする。なお、あらかじめ混ぜ合わせた原材料を使用する場合は、個々の原材料の仕様が本仕様を満足するものとする。

##### i) セメント

容器に固型化するためのセメントは、JIS R 5210:1992 ポルトランドセメントに定められる以下のものとする。

- ・ 普通ポルトランドセメント
- ・ 早強ポルトランドセメント
- ・ 超早強ポルトランドセメント
- ・ 中庸熱ポルトランドセメント
- ・ 耐硫酸塩ポルトランドセメント

また、JIS R 5211:1992 高炉セメントに定められる以下のものもある。

- ・ A 種
- ・ B 種
- ・ C 種

若しくはこれと同等以上の品質（JIS R 5201:1997 セメントの物理試験方法に基づく安定性試験及び強さ試験）を有するものとする。

なお、同等以上の品質を有するセメントには以下のものがある。

JIS R 5120: (1969), (1973), (1977), (1979), (1986),  
(1997), (2003), (2009)に定める普通ポルトランドセメント  
JIS R 5211: (1969), (1973), (1977), (1979), (1997),  
(2003), (2009)に定める B 種又は C 種高炉セメント

ii) 水

固型化に使用する練り混ぜ水は、上水道水又はろ過水とする。

iii) 骨材

骨材を使用する場合は、骨材の粒径が 2.5 mm 以下のものとする。

iv) 混和材料

混和材料を使用する場合は、固型化された放射性廃棄物について JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢 28 日における一軸圧縮強度が、1,470 kPa (15 kg/cm<sup>2</sup>) 以上になるような品質を有する配合比率に基づく混和材料とする。

② 固型化材料等の配合

固型化材料等の性能として、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢 28 日における一軸圧縮強度が 1,470 kPa (15 kg/cm<sup>2</sup>) 以上となることを満足するよう、固型化材料等の配合設計を行う。

③ 原材料の保管方法

セメント、骨材は、湿気を受けないよう保管する。混和材料は、不純物の混入、分離、変質、凍結等により品質の低下が生じないように保管する。

④ 原材料の管理要領

セメント、骨材、混和材料は、納入業者等の納品書又は試験検査成績書等により、原材料の仕様を満足することを購入の都度確認、管理する。

3) 固型化材料等の計量、混練

① 所定のホッパ、槽、系統等から、セメント、骨材、混和材料又はこれらのうち 2 種類以上をあらかじめ練り混ぜたもの、水、及び凝集沈殿処理又は蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物（濃縮液等）について、流量計、重量計等の計量器又は計量方法により所定の配合比となるよう計量し、固型化材料等を十分な練り混ぜ性能を有する混練機に注入し、均質に混練する。

所定の混練が終了した固型化材料等は、所定の系統を介して容器へ排出、充填する。容器へ搬出、充填する際にあたっては、容器の天蓋を締めた状態で、天蓋の下面から混練された固型化材料等の上面に出来ると想定される空隙が、容器内容積（コンクリート内張りドラム缶の場合は、コンクリート内張り部の容積を含む。）に対して 30% 以下となることを目標に排出、充填する。

なお、計量に使用する計量器は、所定の性能に保たれるよう 1 回/年以上の頻度で検査、校正等を実施し、その結果を記録として保管する。

② 固型化材料等の混練においては、所定の練り混ぜ回転数、練り混ぜ時間、混練機への固型化材料等の投入量の管理を行う。

4) 養生

混練された固型化材料等の充填を行った容器は、所定の養生室又は区画等において養生

し、ブリーディング\*<sup>1</sup>水の無いことを確認のうえ天蓋の蓋締めを行う。養生期間は、固型化材料の容器への排出、充填後 24 時間以上を目安とし、固型化材料等の配合、養生時における室温等に応じて所定の必要最低養生期間を設定しておく。

(2) 記録要領

① 記録管理項目

セメントによるアウトドラムミキシング方式での固型化処理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、固型化処理作業毎に記録する。ただし、容器及び原材料については、当該品の購入又は納入の都度記録する。

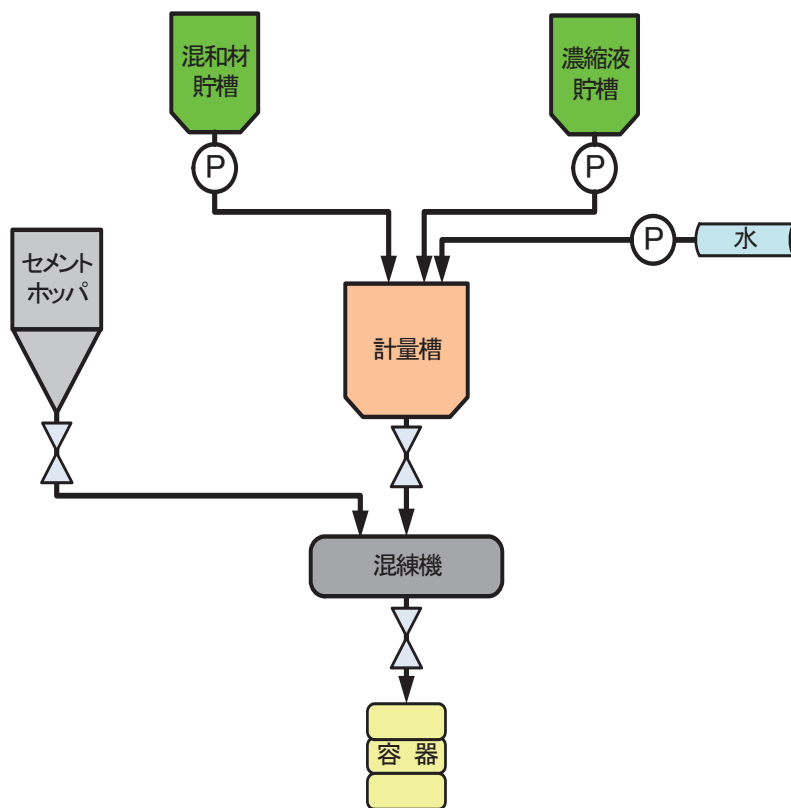
区分	記載管理項目	記載内容
容器	受入担当者名	容器を受領した担当者名
	納入業者	納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領
	納入先	
	納入年月日	
	製造業者	
	数量	
	容器の JIS (年号入) 又は試験結果	
	コンクリート内張り部の圧縮強度試験結果	
コンクリート内張り部の寸法		
原材料	受入担当者名	原材料を受領した者の担当
	納入業者	セメント、骨材、混和材料の納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領
	納入先	
	納入年月日	
	製造業者	
	種類及び数量	
	セメントの JIS (年号入) 又は試験結果	
計量・混練	処理担当者名	
	固化処理 No.	固型化処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	固型化年月日	固型化処理を実施した年月日
	固型化対象廃棄物の供給元	固型化対象廃棄物の供給元となる貯槽、タンク等
	各固型化材料等の種類及び投入量	容器毎における固型化材料等の種類及び種類毎の投入量
	練り混ぜ回転数	固化処理 No.毎の固型化処理作業時の混練機の回転数
	練り混ぜ時間	固化処理 No.毎の固型化処理作業時の混練機の稼動時間
	容器 No.	固型化した容器を識別可能なよう適宜設定した No.
	作業内容	所定の手順により計量、混練、作業が実施されていることの確認

\*<sup>1</sup> フレッシュコンクリート及びフレッシュモルタルにおいて、固体材料の沈降又は分離によって、練混ぜ水の一部分が遊離して上昇する現象をいう。

養生	養生処理	養生処理担当者名	固型化処理後の容器の養生を実施した担当者名
		容器 No.	養生を実施した容器の No.
		養生期間 (年月日)	養生を実施した期間 (年月日)
		ブリーディング水の有無	ブリーディング水の有無の状況
		空容器重量	オープンドラム缶又はコンクリート内張りドラム缶の空重量
		空容器内径及び内高	オープンドラム缶の内径及び内高寸法
	重量測定	測定担当者名	廃棄体の重量測定を実施した担当者名
		廃棄体重量測定年月日	廃棄体の重量測定を実施した年月日
		廃棄体重量	天蓋の蓋締め後の廃棄体全体の重量
	圧縮強度測定	測定担当者名	超音波伝播速度測定を実施した担当者名
		超音波伝播速度測定年月日	容器の超音波伝播速度の測定を実施した年月日
		超音波伝播速度	廃棄体の 3 点以上の超音波伝播速度測定結果

② 記録の保存期間

記録は、当該廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。



アウトドラムミキシング方式における固型化処理設備のプロセス(例)

#### 4.2.4 セメントによる真空注入方式での固型化処理

##### (1) 作業要領

###### 1) 容器の供給

凝集沈殿処理及び蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物のセメントによる真空注入方式での固型化に用いる容器の仕様は以下のとおりとする。

###### ① コンクリート内張りドラム缶

固型化対象廃棄物の固型化に用いるコンクリート内張りドラム缶は、JIS Z 1600:1993 に定める鋼製オープンヘッドドラムで 1 種 H 級又は M 級の容器、若しくはこれと同等以上の品質（強度及び密封性）を有するものとする。

なお、同等以上の品質を有するものには以下のものがある。

- ・ JIS Z 1600: (1974), (1977) に定める H 級
- ・ JIS Z 1600: (1988) に定める 1 種 H 級
- ・ JIS Z 1600: (2006) に定める H 級
- ・ JIS Z 1601: (1967), (1976), (1986), (1994) に定める 1 種 H 級
- ・ JIS Z 1601: (2006) に定める H 級

また、上記鋼製オープンヘッドドラムに、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢 28 日における一軸圧縮強度が 29.5 MPa (300 kg/cm<sup>2</sup>) 以上のコンクリート又はモルタルを周囲厚さ 20 mm 以上となるように内張りしたものとする。

###### ② 補充遮へい体

凝集沈殿処理又は蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物（濃縮液等）の放射性物質の濃度により、必要に応じて上記①コンクリート内張りドラム缶に補充遮へい体を装填する。補充遮へい体は、JIS G 5501:1995 ねずみ鋳鉄品に定める FC250 又はこれと同等以上の品質を有するものとする。

###### 2) 固型化材料等の供給

セメント及び必要に応じ水を固型化材料等の原材料として供給するものとする。供給する原材料の仕様、固型化材料等の配合基準、固型化材料等の管理要領は以下のとおりとする。

###### ① 原材料の仕様

固型化材料等に用いる原材料の仕様は以下とする。なお、あらかじめ混合された原材料を使用する場合は、個々の原材料の仕様が本仕様を満足するものとする。

###### i) セメント

容器に固型化するためのセメントは、JIS R 5210:1992 ポルトランドセメントに定められる以下のものとする。

- ・ 普通ポルトランドセメント
- ・ 早強ポルトランドセメント
- ・ 超早強ポルトランドセメント
- ・ 中庸熱ポルトランドセメント
- ・ 耐硫酸塩ポルトランドセメント

また、JIS R 5211:1992 高炉セメントに定められる以下のものもある。

- ・ A 種
- ・ B 種
- ・ C 種

若しくはこれと同等以上の品質（JIS R 5201:1997 セメントの物理試験方法に基づく安定性試験及び強さ試験）を有するものとする。

なお、同等以上の品質を有するセメントには以下のものがある。

JIS R 5120: (1969), (1973), (1977), (1979), (1986),  
(1997), (2003), (2009)に定める普通ポルトランドセメント

JIS R 5211: (1969), (1973), (1977), (1979), (1997),  
(2003), (2009)に定める B 種又は C 種高炉セメント

ii) 水

固型化に使用する練り混ぜ水は、上水道水又はろ過水とする。

② 固型化材料等の配合

固型化材料等の性能として、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢 28 日における一軸圧縮強度が 1,470 kPa (15 kg/cm<sup>2</sup>) 以上となることを満足するよう、固型化材料等の配合設計を行う。

③ 原材料の保管方法

セメントは、湿気を受けないよう保管する。

④ 原材料の管理要領

セメントは、納入業者等の納品書又は試験検査成績書等により、原材料の仕様を満足することを購入の都度確認、管理する。

3) 固型化材料等の計量、注入

① セメントの供給

セメントを計量器により所定の配合比となるよう計量し容器に充填する。

なお、計量器は、所定の性能に保たれるよう 1 回/年以上の頻度で検査、校正等を実施し、その検査、校正結果を記録として保管する。

② 固型化対象廃棄物の注入

容器を所定の圧力まで減圧し、所定の槽等から凝集沈殿処理又は蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物（濃縮液等）について、流量計、重量計等の計量器又は計量方法により所定の配合比となるよう容器内に均一に注入する。容器へ注入するにあたっては、容器の天蓋を締めた状態で、天蓋の下面から固型化材料の上面に出来ると想定される空隙が、コンクリート内張りドラム缶のコンクリート内張り部の容積を除いたドラム缶の容積に対して 30%以下となることを目標とする。

なお、凝集沈殿処理又は蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物（濃縮液等）の放射性物質の濃度に応じて補充遮へい体を使用した場合は、コンクリート内張りドラム缶のコンクリート内張り部の容積と補充遮蔽体の容積を除いたドラム缶の容積に対して 30%以下となることを目標とする。

また、計量に使用する計量器は、所定の性能に保たれるよう 1 回/年以上の頻度で検査、校正等を実施し、その結果を記録として保管する。

③ 固型化対象廃棄物の注入時における固型化処理装置の運転要領は以下のとおりにする。

- ・ 容器内の真空度  
-0.09 MPa (-70 cmHg) 以下

4) 養生

固型化材料の充填及び注入を行った容器は、所定の養生室又は区画等において養生し、ブリーディング\*<sup>1</sup>水の無いことを確認のうえ天蓋の蓋締めを行う。養生期間は、固型化材料の容器への排出、充填後 24 時間以上を目安とし、固型化材料等の配合、養生時における室温等に応じて所定の必要最低養生期間を設定しておく。

(2) 記録要領

① 記録管理項目

セメントによる真空注入方式での固型化处理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、固型化处理作業毎に記録する。ただし、容器及び原材料は、当該品の購入又は納入の都度記録する。

---

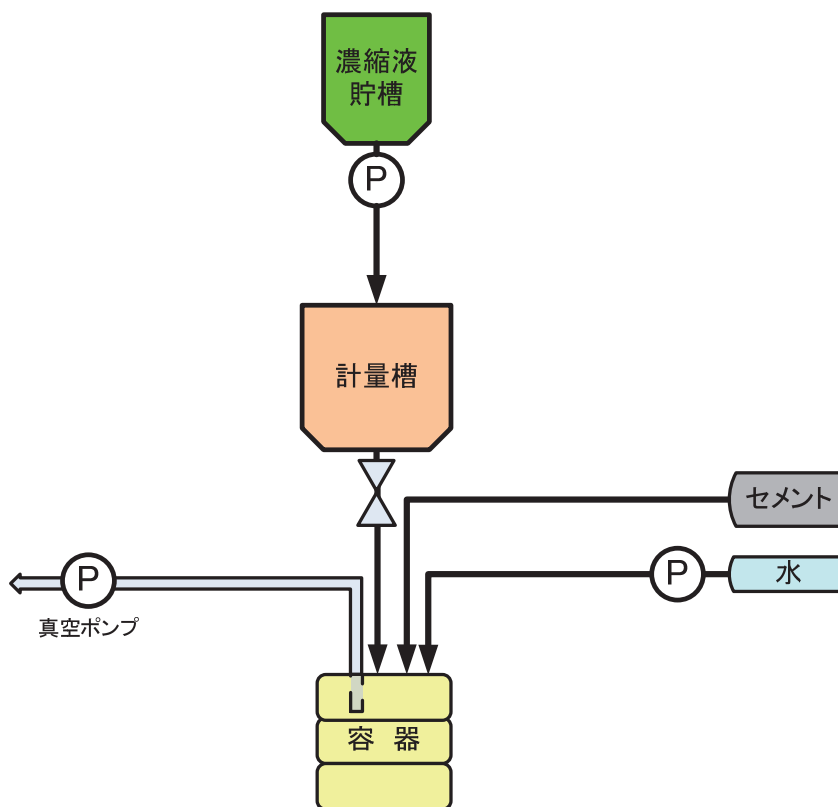
\*<sup>1</sup> フレッシュコンクリート及びフレッシュモルタルにおいて、固体材料の沈降又は分離によって、練混ぜ水の一部が遊離して上昇する現象をいう。



区分	記載管理項目	記載内容
容器	受入担当者名	容器を受領した担当者名
	納入業者	納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領
	納入先	
	納入年月日	
	製造業者	
	数量	
	容器の JIS (年号入) 又は試験結果	
	コンクリート内張り部の圧縮強度試験結果	
	コンクリート内張り部及び補充遮蔽体の寸法	
原材料	受入担当者名	原材料を受領した担当者名
	納入業者	セメントの納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領
	納入先	
	納入年月日	
	製造業者	
	種類及び数量	
	セメントの JIS (年号入) 又は試験結果	
計量・注入	処理担当者名	固型化処理を実施した担当者名
	固化処理 No.	固型化処理作業毎に選別可能なよう適宜設定した No.
	固型化年月日	固型化処理を実施した年月日
	固型化対象廃棄物の供給元	固型化対象廃棄物の供給元となる貯槽、タンク等
	各固型化材料等の種類及び投入量	容器毎における固型化材料等の種類及び種類毎の投入量
	真空度	容器の真空度
	容器 No.	固型化した容器を識別可能なよう適宜設定した No.
	作業内容	所定の手順により計量、混練、作業が実施されていることの確認
養生	処理担当者名	固型化処理後の容器の養生を実施した担当者名
	容器 No.	養生を実施した容器の No.
	養生期間(年月日)	養生を実施した期間 (年月日)
	ブリーディング水の有無	ブリーディング水の有無の状況

② 記録の保存期間

記録は、当該廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。



真空注入方式における固型化処理設備のプロセス(例)

#### 4.2.5 アスファルトによる混和蒸発方式での固型化処理

##### (1) 作業要領

##### 1) 容器の供給

凝集沈殿処理及び蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物のアスファルトによる混和蒸発方式での固型化に用いる容器の仕様は以下のとおりとする。

##### ① オープンドラム缶

固型化対象廃棄物の固型化に用いるオープンドラム缶は、JIS Z 1600:1993 に定める鋼製オープンヘッドドラムで 1 種 H 級又は M 級の容器、若しくはこれと同等以上の品質（強度及び密封性）を有するものとする。なお、同等以上の品質を有するものには以下のものがある。

- ・ JIS Z 1600: (1974), (1977)に定める H 級
- ・ JIS Z 1600: (1988)に定める 1 種 H 級
- ・ JIS Z 1600: (2006)に定める H 級
- ・ JIS Z 1601: (1967), (1976), (1986), (1994) に定める 1 種 H 級
- ・ JIS Z 1601: (2006)に定める H 級

##### ② コンクリート内張りドラム缶

固型化対象廃棄物の固型化に用いるコンクリート内張りドラム缶は、上記①オープンドラム缶に、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢

28 日における一軸圧縮強度が 29.5 MPa (300 kg/cm<sup>2</sup>) 以上のコンクリート又はモルタルを周囲厚さ 20 mm 以上となるように内張りしたものとする。

③ 補充遮へい体

凝集沈殿処理又は蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物（濃縮液等）の放射性物質の濃度に応じて、コンクリート内張りドラム缶に補充遮へい体を装填する。

補充遮へい体は、JIS G 5501:1995 ねずみ鉄品に定める FC250 又はこれと同等以上の品質を有するものとする。

2) 固型化材料等の供給

アスファルト、混和材料を固型化材料等の原材料として供給するものとする。供給する原材料の仕様、固型化材料等の配合基準、固型化材料との管理要領は以下のとおりとする。

① 原材料の仕様

固型化材料等に用いる原材料の仕様は以下のとおりとする。

i) アスファルト

容器に固型化するためのアスファルトは、JIS K 2207:1990 石油アスファルトに定められる針入度が 100 以下のものである。

- ・ストレートアスファルト 0～10
- ・ストレートアスファルト 10～20
- ・ストレートアスファルト 20～40
- ・ストレートアスファルト 40～60
- ・ストレートアスファルト 60～80
- ・ストレートアスファルト 80～100
- ・ブローンアスファルト 0～5
- ・ブローンアスファルト 5～10
- ・ブローンアスファルト 10～20
- ・ブローンアスファルト 20～30
- ・ブローンアスファルト 30～40
- ・防水工事用アスファルト 1 種
- ・防水工事用アスファルト 2 種
- ・防水工事用アスファルト 3 種
- ・防水工事用アスファルト 4 種

若しくはこれと同等以上の品質を有するアスファルトとして以下のものがある。

- ・ JIS K 2207: (1969)に定める石油アスファルトのうちストレートアスファルト 40～60
- ・ JIS K 2207: (1980), (1996), (2006)に定める石油アスファルトで針入度が 100 以下のもの

ii) 混和材料

容器に固型化するため混和材料を使用する場合は、原材料となるアスファルトと混和材料を混和したときに、JIS K 2207 石油アスファルトに基づく針入度が 100 以下となる混和材料であること。

② 固型化材料等の配合比率

アスファルトの重量が、固型化材料等全体の重量の 50%以上となることを満足するよう、固型化材料等の配合比率の設定を行う。

③ 原材料の保管方法

アスファルト及び混和材料は、不純物の混入、分離、変質、凍結等により品質の低下が生じないように保管する。

④ 原材料の管理要領

アスファルト及び混和材料は、納入業者等の納品書又は試験検査成績書等により、原材料の仕様を満足することを購入の都度確認、管理する。

3) 固型化材料等の計量、混練

① 所定のホッパ、槽、系統等から、アスファルト、混和材料及び凝集沈殿処理又は蒸発濃縮処理を行った固型化対象廃棄物（濃縮液等）について、流量計、重量計等の計量器又は計量方法により所定の配合比率となるよう計量し、固型化材料等を十分な練り混ぜ性能を有する混和蒸発機に注入し、均質に混和蒸発処理する。

所定の混和蒸発処理が終了した固型化材料等は、所定の系統を介して容器へ排出、充填する。容器へ排出、充填する際は、容器の天蓋を締めた状態で、天蓋の下面から混練された固型化材料の上面に出来ると想定される空隙が、ドラム缶内容積に対して 30%以下となることを目標に排出し、充填する。

また、コンクリート内張りドラム缶を使用する場合は、コンクリート内張り部の容積を除いたドラム缶の容積に対して 30%以下となることを目標とする。なお、計量に使用する計量器は、所定の性能に保たれるよう 1 回/年以上の頻度による検査、校正等を実施し、その結果を記録として保管する。

② 固型化材料等の混和蒸発においては、所定の熱媒温度、練り混ぜ時間、混和蒸発機への固型化材料等の投入量の管理を行う。

4) 養生

固型化材料等の充填を行った容器は、所定の養生室又は区画等において養生し、天蓋の蓋締めを行う。養生期間は、固型化材料等の容器への排出、充填後一晚以上を目安とし、固型化材料等の配合、養生時における室温等に応じて所定の必要最低養生期間を設定しておく。

(2) 記録要領

① 記録管理項目

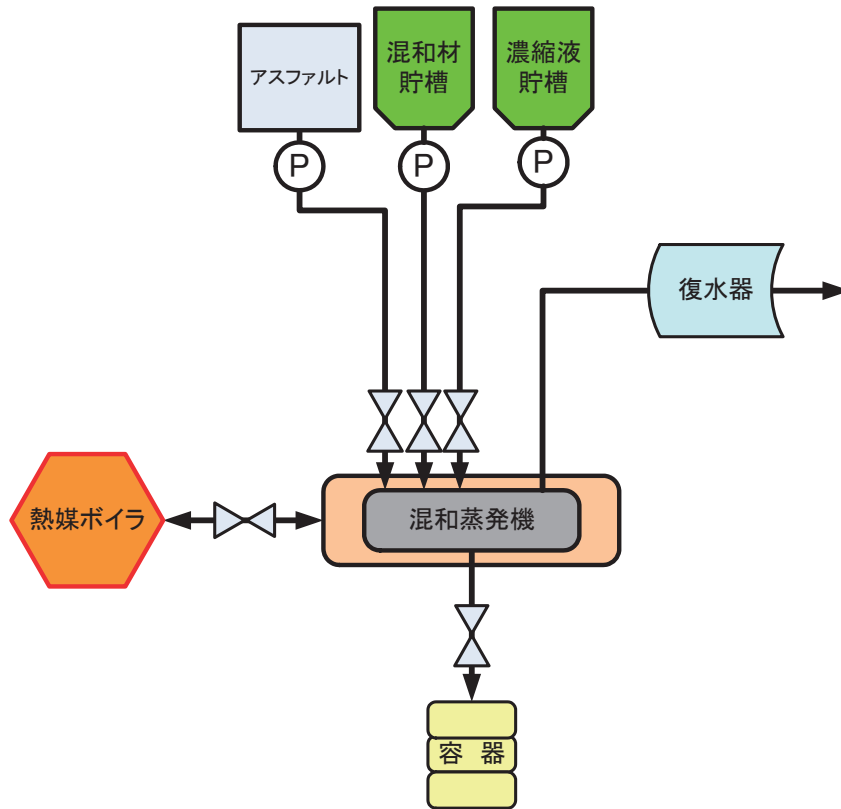
アスファルトによる混和蒸発方式での固型化処理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、固型化処理作業毎に記録する。ただし、容器及び原材料については、当該品の購入又は納入の都度記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
容器	受入担当者名	容器を受領した担当者名
	納入業者	納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領
	納入先	
	納入年月日	
	製造業者	
	数量	
	容器の JIS (年号入) 又は試験結果	
	コンクリート内張り部の圧縮強度試験結果	
	コンクリート内張り部及び補充遮へい体の寸法	
原材料	受入担当者名	原材料を受領した担当者名
	納入業者	アスファルト及び混和材料の納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領
	納入先	
	納入年月日	
	製造業者	
	種類及び数量	
	アスファルトの JIS (年号入) 又は試験結果	
計量・混練	処理担当者名	固型化処理を実施した担当者名
	固化処理 No.	固型化処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	固型化対象廃棄物の供給元	固型化対象廃棄物の供給元となる貯槽、タンク等
	固型化年月日	固型化処理を実施した年月日
	各固型化材料等の種類及び投入量及び供給速度	容器毎における固型化材料等の種類及び種類毎の投入量及び供給速度
	練り混ぜ温度	固化処理 No.毎の固型化処理作業時の混和蒸発機の練り混ぜ温度
	練り混ぜ回転速度	固化処理 No.毎の固型化処理作業時の混和蒸発機の回転速度
	練り混ぜ時間	固化処理 No.毎の固型化処理作業時の混和蒸発機の練り混ぜ時間
	容器 No.	固型化した容器を識別可能なよう適宜設定した No.
	作業内容	所定の手順により計量及び混練作業が実施されている事の確認

養生	養生処理担当者名	固型化処理後の容器の養生を実施した担当者名
	容器 No.	養生を実施した容器の No.
	養生期間（年月日）	養生を実施した期間（年月日）
	空容器重量	コンクリート内張りドラム缶の空重量（補充遮蔽体を装填している場合は、これを含む。）
	空容器内径	コンクリート内張り部の内径
	廃棄体重量	天蓋の蓋締め後の容器全体の重量

② 記録の保存期間

記録は、当該廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。



混和蒸発方式における固型化処理設備のプロセス(例)

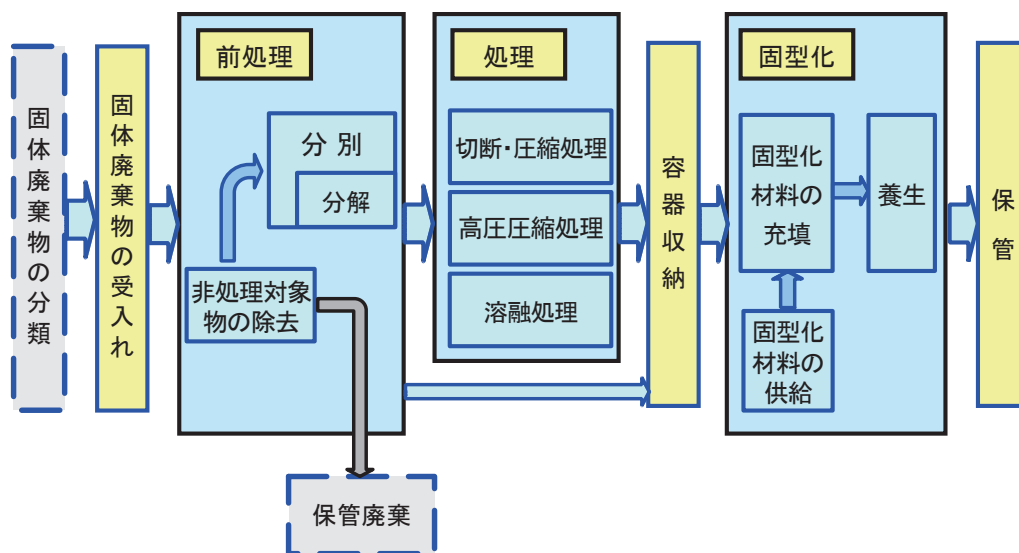
## 5. 充填固化廃棄体の作製

### 5.1 基本作製工程

原子力機構で今後作製する固体状の放射性廃棄物（以下、「固体廃棄物」という。）に係る充填固化廃棄体のうち、現状の廃棄物処理工程において廃棄体化処理が行われている充填固化廃棄体の作製工程を、原則として次のとおり分類する。なお、固体廃棄物の受け入れにあたっては、当該固体廃棄物の発生施設等において保安規定等に基づき施設区分、放射能レベル、性状等に応じて分類されたものを受け入れる。

- ① 固体廃棄物の受入れ
- ② 前処理（分別、分解）
- ③ 処理（切断、圧縮、高圧圧縮、熔融処理）
- ④ 容器収納
- ⑤ 固型化
- ⑥ 保管

作製工程のフローは、原則として以下のとおりとする。



### 5.2 固体廃棄物の種類

固体廃棄物は埋設告示第4条第3項第2号に規定される方法（固型化材料等を、容器内の放射性廃棄物と一体となるように充填する方法）により固型化される固体廃棄物であって、以下のものとする。このうち、(2)金属類及び(3)非金属類のうちのコンクリート類及びこれに類するものについては、その放射能濃度に応じ第2種廃棄物埋設規則第2条の2第2項第7号に規定されるコンクリート等廃棄物となるものもあり、それらについては、「6. コンクリート等廃棄物の措置」に定める方法において措置することとなる。

#### 5.2.1 性状による固体廃棄物の種類

##### (1) 有機難燃物類

- ① 塩化ビニル類
- ② ゴム類
- ③ ①又は②に類するもの

##### (2) 金属類

- ① 鉄鋼（炭素鋼（SS材）類、ステンレス鋼（SUS材））類
- ② 非鉄鋼金属（アルミニウム、銅）類
- ③ ①又は②に類するもの

(3) 非金属類

- ① ガラス類
- ② コンクリート類
- ③ 陶器類
- ④ 磁器類
- ⑤ 土砂類
- ⑥ プラスチック類
- ⑦ ①～⑥に類するもの

(4) フィルタ類

- ① HEPA フィルタ
- ② プレフィルタ
- ③ 保温材類
- ④ ①～③に準じるもの

(5) (1)～(4)以外のものでこれらに準じるもの

なお、これらの対象固体廃棄物中には、少量の可燃物が混入している場合が想定されるが、熔融処理を行う場合を除き必ず除去する。

5.2.2 規制区分による固体廃棄物の種類

(1) 原子炉等規制法廃棄物

以下の施設から発生する固体廃棄物

- ① 原子炉施設
- ② 核燃料使用施設等
- ③ 廃棄物管理施設
- ④ 加工施設
- ⑤ 再処理施設

(2) RI 法廃棄物

以下の施設から発生する固体廃棄物

- ① 使用施設等
- ② 放射線発生装置使用施設

(3) 二重規制廃棄物

(1)及び(2)の規制を重複して受けている施設から発生する固体廃棄物

なお、前処理、処理を行う場合は、原則としてこれらの規制区分毎に行うこととし、他の規制区分への混入を防止する措置をとる。この場合においても、廃棄体確認に備えた合理的な放射能評価方法の構築状況によっては、他の規制区分の廃棄物を同一グループとすることを妨げない。

5.3 充填固化廃棄体の作製要領

原子力機構で今後作製する充填固化廃棄体のうち、現状の廃棄物処理工程において廃棄体化処理が行われている充填固化廃棄体の具体的な作製要領は、以下のとおりとする。

5.3.1 固体廃棄物の受入れ

(1) 作業要領

固体廃棄物は、保安規定等に基づく固体廃棄物の表面の線量当量率、放射性物質の量等による区分に従い、専用の車両等の輸送設備により輸送し、それぞれ専用の貯蔵場所等に受け入れ、前処理までの間保管、貯蔵するものとする。固体廃棄物の受け入れに際しては、次の項目について確認を行う。

- ① 固体廃棄物の性状
- ② 固体廃棄物中の主な放射性核種の種類
- ③ 主な放射性核種の種類毎の放射エネルギー又は放射能濃度



- ④ 固体廃棄物の寸法又は容量
- ⑤ 固体廃棄物の重量
- ⑥ 固体廃棄物の表面における最大線量当量率
- ⑦ 固体廃棄物の性状等により廃棄体作製上支障がないものであり、廃棄体の健全性を損なう物質として、消防法及び危険物の規制に関する政令で定められる危険物が混入していないこと。また、生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質を含んでいないこと。

**【参考】**

- I 消防法（昭和 23 年 7 月 24 日、法律第 186 号）及び危険物の規制に関する政令（昭和 34 年 9 月 26 日、政令第 306 号）で定められる危険物となる廃棄体の健全性を損なう物質
1. 爆発性の物質  
第五類に区分された「自己反応性物質」で爆発性物質に該当するもの。  
【物質例：過酸化ベンゾイル、ニトロセルロース、ピクリン酸】
  2. 水と接触したときに爆発的に反応する物質  
第三類に区分された「自然発火性物質又は禁水性物質」で水と接触したときに爆発的に反応する物質に該当するもの。  
【物質例：金属ナトリウム、金属カリウム、炭化カリウム、トリクロロシラン】
  3. 揮発性の物質  
第四類に区分された「引火性液体」で揮発性物質に該当するもの。  
【物質例：ガソリン、エチルアルコール、軽油、灯油、重油】
  4. 自然発火性の物質  
第二類若しくは第三類に区分された「可燃性固体」又は「自然発火性物質又は禁水性物質」で自然発火性物質に該当するもの。  
【物質例(可燃性固体)：マグネシウム、赤燐、固型アルコール】
  5. 廃棄体を著しく腐食させる物質  
第一類、第三類若しくは第六類に区分された「酸化性固体」、「自然発火性物質又は禁水性物質」又は「酸化性液体」で廃棄体を著しく腐食させる物質に該当するもの。ただし、中和等の措置がなされているものを除く。  
【物質例：(酸化性固体)；塩素酸ナトリウム、過酸化バリウム、三酸化クロム、(酸化性液体)；硝酸、過酸化水素、過塩素酸(廃棄体を著しく腐食させる物質)；塩酸、硫酸等の強酸】
  6. 多量にガスを発生させる物質  
第二類若しくは第三類に区分された「酸化性固体」又は「自然発火性物質又は禁水性物質」で多量にガスを発生させる物質に該当するもの。  
【物質例：(多量にガスを発生させる物質)；金属アルミニウム(セメントに起因してアルカリ水と反応し水素ガスを発生させるため)】
- II 生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質
1. 水銀、2. 鉛、3. カドミウム、4. 砒素、5. 六価クロム、6. セレン、
  7. ダイオキシン類

(2) 記録要領

① 記録管理項目

固体廃棄物の貯蔵場所等への受け入れにあたっては、以下に示す記録管理項目について、受け入れ作業毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
受 入 れ	廃棄物 No.	受け入れた固体廃棄物毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	受入れ元	受け入れた固体廃棄物の発生課室、発生施設、発生場所等
	区分及び分類	保安規定等に基づく固体廃棄物分類の区分及び分類
	封入年月日	廃棄物の容器等への封入年月日
	廃棄物の性状等	受け入れた固体廃棄物の性状、内容物の種類等
	主な放射性核種の種類、放射エネルギー又は放射能濃度	受け入れた固体廃棄物中の主な放射性核種の種類毎の最大放射エネルギー又は放射能濃度とその測定方法
	受入れ年月日	固体廃棄物を受け入れた年月日
	廃棄物の寸法又は容量	受け入れた固体廃棄物の寸法又は容量
	廃棄物の重量	受け入れた固体廃棄物の正味重量
	廃棄物の線量当量率	受け入れた固体廃棄物の表面における最大線量当量率
	貯蔵施設、場所	受け入れた固体廃棄物を貯蔵した施設、場所等
	性状等の確認結果	消防法及び危険物の規制に関する政令で定められる危険物、有機溶液、発泡性の物質、有毒性の物質、金属の切粉等を含まず、強酸性又は強アルカリ性でないこと等廃棄体作製上支障がないことの確認結果

② 記録の保存期間

記録は、当該固体廃棄物に係る埋設確認を受けるまでの期間保存する。

5.3.2 前処理

固体廃棄物は、高圧圧縮処理及び溶融処理を行わない場合、高圧圧縮処理を行う場合、高周波誘導溶融処理を行う場合、プラズマ溶融処理を行う場合とに区分して、以下の要領で処理前の前処理を行う。

5.3.2.1 高圧圧縮処理及び溶融処理を行わない場合

(1) 作業要領

高圧圧縮処理及び溶融処理を行わない場合の前処理は、以下の要領で非処理対象物の除去及び分別を実施する。

非処理対象物の除去及び分別を実施するにあたっては、別途定める教育訓練を受けた分別等作業者が実施するものとし、別途定める分別等作業管理者が分別等作業者を指導、監督するとともに非処理対象物の除去及び分別が適切に実施されたことを確認する。

① 非処理対象物の除去

容器等から前処理対象物となる固体廃棄物を取り出し、可燃物（セルロース系及びイソプレネ系天然有機物製品）、埋設施設の健全性に影響を与える量の物質等で以下に示す固体廃棄物を目視等により確認し、除去するものとし、除去する固体廃棄物の種類が明確でない物についても同様に除去する。また、固体廃棄物中に液状物質が確認された場合は、付着しているものは拭き取り、缶類など容器内の液状物質は排出し別途措置する。なお、これら除去等した固体廃棄物は、別途容器等に封入し貯蔵施設等で再保管する。

除去する固体廃棄物の種類		
単 一 品	可燃物	木、紙、布、皮で構成される製品（セルロース系天然有機物製品）
		ゴム手袋、長靴等の天然ゴム製品（イソプレン系天然有機物製品）
	アルミ <sup>*1</sup>	アルミニウム製品（一片が 15 cm 程度で、アルミのみ又は大半がアルミでできているもの）
	鉛	鉛ブロック、鉛板、鉛毛マット等の鉛製品
特 定 品 <sup>*2</sup>	アルミ <sup>*1</sup>	HEPA フィルタ、アルミニウム製電動工具
	その他	重油を燃料とする焼却炉等の耐火煉瓦及びセラミックフィルタ
消防法及び危険物の規制に関する政令で定められる危険物 生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質		

<sup>\*1</sup> アルミニウムを簡易型埋設処分施設に埋設する場合は、対象外とする。

<sup>\*2</sup> 当該物質を多く含むもので製品名等を指定したもの。

② 分別

非処理対象物の除去を実施した固体廃棄物は、廃棄物による強度、固型化材料等の充填性等の観点から、廃棄物の性状により以下のように強度分類及び形状分類に応じて分別する。

なお、強度分類が不明な種類の固体廃棄物は強度分類 B に、また、形状分類が不明な種類の固体廃棄物は、形状分類 2 に分別する。

【参考】：強度分類及び形状分類

⇒ 5.4 参考文献 3) 技術レポート 参照

高圧圧縮、溶融処理を行わない場合					切断・圧縮 処理	備考	
仕分けする固体廃棄物の種類			強度分類	形状分類			
金属類	金属類	金属片・板類	金属板、鋼材、金属棒等	A	1		
		金属配管類	金属配管等	A	1		
		塊状金属類	弁等	A	1		
		小物金属類	ボルト、ナット等	A	1		
		番線類	番線、針金等	A	1		
		缶類	一斗缶、ペール缶、スプレー缶等	A	2	切断 圧縮	
	コンクリート類 ガラス類	コンクリート類	コンクリート片、石膏ボード、土砂等	A	1		
	ガラス類	ガラス瓶等	A	2	切断	片・板状のガラス類は形状分類「1」とする	
プラスチック類	塩化ビニル類 プラスチック類 ゴム類	管類	塩化ビニル配管等	A	1		
			塩化ビニルホース等	A	2	切断	処理対象は、内径1cm以上で長さ50cm以上のもの 内径1cm未満のものは形状分類「1」とする
		線類	ケーブル、コード等	A	1		
		片類	プラスチック片	A	1		
			ゴム片(ガスケット、ゴム板等)等	B	1		
			塩化ビニル片	B	2	圧縮	圧縮処理により強度分類 B → A
		箱状類	プラスチック容器類	A	2	切断	
シート類	防炎シート、ビニルシート等	B	2	圧縮	圧縮処理により強度分類 B → A		
	ゴムシート等	B	2	切断			
保温材・フィルタ類	保温材類 フィルタ類	保温材類	ガラスクロス、ケイ酸カルシウム、 ロックウール、グラスウール等	B	2	圧縮	圧縮処理により強度分類 B → A
		フィルタ類	バグフィルタ、ロールフィルタ、 プレフィルタ等	B	2	圧縮	圧縮処理により強度分類 B → A

強度分類 A：強度 高 → オープンヘッドドラム缶に収納（5.3.4 項参照）

強度分類 B：強度 低 → コンクリート内張りドラム缶に収納（5.3.4 項参照）

形状分類 1：内部充填容易

形状分類 2：内部充填困難

(2) 前処理作業記録要領

① 前処理作業記録管理項目

前処理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、前処理毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
非 処 理 対 象 物 の 除 去 及 び 分 別	前処理 No.	前処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	分別等作業者	非処理対象物の除去及び分別作業を実施した担当者名
	分別等作業管理者	非処理対象物の除去及び分別作業の管理を実施した担当者名
	分別等処理年月日	非処理対象物の除去及び分別作業を実施した年月日
	分別等対象廃棄物 No.	非処理対象物の除去及び分別の対象とした固体廃棄物の管理 No.等
	分別等終了廃棄物 No.	非処理対象物の除去及び分別を実施した後の固体廃棄物の管理 No.等
	非処理対象物	廃棄物から除去した非処理対象物の種類及び数量
	分別対象物	分別した固体廃棄物の種類及び数量
	分別等作業確認	非処理対象物の除去及び分別を適切に実施した確認の記録

② 処理作業記録の保存期間

記録は当該固体廃棄物に係る廃棄物の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

(3) 試料の採取要領

廃棄体確認における充填固化廃棄体に含まれる主要な放射性核種の種類ごとの放射能濃度に係る項目については、別途その決定方法について検討することとし、具体的な試料の採取、取扱方法は、処理装置毎の要領において規定する。

5.3.2.2 高圧圧縮処理を行う場合

(1) 作業要領

高圧圧縮処理を行う場合の前処理は、以下の要領で非処理対象物の除去及び分別を実施する。

非処理対象物の除去及び分別を実施するにあたっては、別途定める教育訓練を受けた分別等作業者が実施するものとし、別途定める分別等作業管理者が分別等作業者を指導、監督するとともに非処理対象物の除去及び分別が適切に実施されたことを確認する。

① 非処理対象物の除去

容器等から前処理対象物となる固体廃棄物を取り出し、可燃物（セルロース系及びイソプレン系天然有機物製品）、埋設施設の健全性に影響を与える量の物質等で以下に示す固体廃棄物を目視等により確認し、除去するものとし、除去する固体廃棄物の種類が明確でない物についても同様に除去する。また、固体廃棄物中に液状物質が確認された場合は、付着しているものは拭き取り、缶類など容器内の液状物質は排出し別途措置する。なお、これら除去等した固体廃棄物は、別途容器等に封入し貯蔵施設等で再保管する。

除去する固体廃棄物の種類		
単 一 品	可燃物	木、紙、布、皮で構成される製品（セルロース系天然有機物製品） ゴム手袋、長靴等の天然ゴム製品（イソプレン系天然有機物製品）
	アルミ* <sup>1</sup>	アルミニウム製品（一片が 15 cm 程度で、アルミのみで又は大半がアルミでできているもの）
	鉛	鉛ブロック、鉛板、鉛毛マット等の鉛製品
特 定 品	アルミ* <sup>1</sup>	HEPA フィルタ、アルミニウム製電動工具
	その他	重油を燃料とする焼却炉等の耐火煉瓦、セラミックフィルタ
消防法及び危険物の規制に関する政令で定められる危険物 生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質		

\*<sup>1</sup> アルミニウムを簡易型埋設処分施設に埋設する場合は、対象外とする。

\*<sup>2</sup> 当該物質を多く含むもので製品名等を指定したもの。

② 分別

非処理対象物の除去を実施した固体廃棄物は、廃棄物の性状により以下のように分別する。

分別する固体廃棄物の種類	
金属類	① 鉄鋼（炭素鋼（SS材）類、ステンレス鋼（SUS材）類 ② 非鉄鋼金属（アルミニウム（除去する廃棄物を除く）、銅類 ③ ①又は②に類するもの
非金属類	① ガラス類 ② コンクリート類 ③ 陶器類 ④ 磁器類 ⑤ 土砂類 ⑥ プラスチック類 ⑦ ①～⑥に類するもの
フィルタ類	① HEPAフィルタ ② プレフィルタ ③ 保温材類 ④ ①～③に類するもの

(2) 前処理作業記録要領

① 前処理作業記録管理項目

前処理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、前処理毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
非処理対象物の除去及び分別	前処理 No.	前処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	分別等作業者	非処理対象物の除去及び分別作業を実施した担当者名
	分別等作業管理者	非処理対象物の除去及び分別作業の管理を実施した担当者名
	分別等処理年月日	非処理対象物の除去及び分別作業を実施した年月日
	分別等対象廃棄物 No.	非処理対象物の除去及び分別の対象とした固体廃棄物の管理 No.等
	分別等終了廃棄物 No.	非処理対象物の除去及び分別を実施した後の固体廃棄物の管理 No.等
	非処理対象物	廃棄物から除去した非処理対象固体廃棄物の種類及び数量
	分別対象物	分別した固体廃棄物の種類及び数量
	分別等作業確認	非処理対象物の除去及び分別を適切に実施した確認の記録

② 処理作業記録の保存期間

記録は、当該固体廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

(3) 試料の採取要領

廃棄体確認における充填固化廃棄体に含まれる主要な放射性核種の種類ごとの放射能濃度に係る項目については、別途その決定方法について検討することとし、具体的な試料の採取、取扱方法は、処理装置毎の要領において規定する。

5.3.2.3 高周波誘導溶融処理を行う場合

(1) 作業要領

高周波誘導溶融処理を行う場合の前処理は、以下の要領で非処理対象物の除去及び分別を実施する。

非処理対象物の除去及び分別を実施するにあたっては、別途定める教育訓練を受けた分別等作業員が実施するものとし、別途定める分別等作業管理者が分別等作業員を指導、監督するとともに、非処理対象物の除去及び分別が適切に実施されたことを確認する。

① 非処理対象物の除去

容器等から前処理対象物となる固体廃棄物を取り出し、以下に示す廃棄物を目視等により確認、除去するものとし、除去する固体廃棄物の種類が明確でない物についても同様に除去する。また、固体廃棄物中に液状物質が確認された場合は、付着しているものは拭き取り、缶類など容器内の液状物質は排出し別途措置する。なお、これら除去等した固体廃棄物は、別途容器等に封入し貯蔵施設等で再保管する。

除去する固体廃棄物の種類		
単一品	鉛	鉛ブロック、鉛板、鉛毛マット等の鉛製品
消防法及び危険物の規制に関する政令で定められる危険物 生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質		

② 分別

非処理対象物の除去を実施した固体廃棄物は、高周波誘導溶融処理の投入量管理の観点から固体廃棄物の性状により以下のように分別する。

分別する固体廃棄物の種類		
塊状アルミニウム		必要に応じて混合処理を実施するため分別する。
難溶融物 <sup>*1</sup>	① 土砂 ② セラミックフィルタ	必要に応じて混合処理を実施し、投入量管理、溶融助剤の添加を行うため分別する。
塊状アルミニウム及び難溶融物以外の廃棄物		—

<sup>\*1</sup> 融点が他の廃棄物より高く、廃棄物単独での溶融が困難な廃棄物をいう。

(2) 前処理作業記録要領

① 前処理作業記録管理項目

前処理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、前処理毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
非処理対象物の除去及び分別	前処理 No.	前処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	分別等作業員	非処理対象物の除去及び分別作業を実施した担当者名
	分別等作業管理者	非処理対象物の除去及び分別作業の管理を実施した担当者名
	分別等処理年月日	非処理対象物の除去及び分別作業を実施した年月日
	分別等対象廃棄物 No.	非処理対象物の除去及び分別の対象とした固体廃棄物の管理 No.等
	分別等終了廃棄物 No.	非処理対象物の除去及び分別を実施した後の固体廃棄物の管理 No.等
	非処理対象物	廃棄物から除去した非処理対象廃棄物の種類及び数量
	分別対象物	分別した固体廃棄物の種類及び数量
	分別等作業確認	非処理対象物の除去及び分別を適切に実施した確認の記録

② 処理作業記録の保存期間

記録は当該固体廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

(3) 試料の採取要領

廃棄体確認における充填固化廃棄体に含まれる主要な放射性核種の種類ごとの放射能濃度に係る項目については、別途その決定方法について検討することとし、具体的な試料の採取、取扱方法は、処理装置毎の要領において規定する。

5.3.2.4 プラズマ溶融処理を行う場合

(1) 作業要領

プラズマ溶融処理を行う場合の前処理は、以下の要領で非処理対象物の除去及び分別を実施する。

非処理対象物の除去及び分別を実施するにあたっては、別途定める教育訓練を受けた分別等作業者が実施するものとし、別途定める分別等作業管理者が分別等作業者を指導、監督するとともに非処理対象物の除去及び分別が適切に実施されたことを確認する。

① 非処理対象物の除去

容器等から前処理対象物となる固体廃棄物を取り出し、以下に示す固体廃棄物を目視等により確認し、除去するものとし、除去する固体廃棄物の種類が明確でない物についても同様に除去する。また、固体廃棄物中に液状物質が確認された場合は、付着しているものは拭き取り、缶類など容器内の液状物質は排出し別途措置する。なお、これら除去等した固体廃棄物は、別途容器等に封入し貯蔵施設等で再保管する。

除去する固体廃棄物の種類		
単一品	鉛	鉛ブロック、鉛板、鉛毛マット等の鉛製品
消防法及び危険物の規制に関する政令で定められる危険物 生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質		

② 分別

非処理対象物の除去を実施した固体廃棄物は、プラズマ溶融処理の投入量管理の観点から固体廃棄物の性状により以下のように分別する。

分別する固体廃棄物の種類		
塊状アルミニウム		必要に応じて混合処理を実施するため分別する。
難溶融物*1	① 土砂 ② セラミックフィルタ	必要に応じて混合処理を実施し、投入量管理、溶融助剤の添加を行うため分別する。
塊状アルミニウム及び難溶融物以外の廃棄物		—

\*1 融点が他の廃棄物より高く、廃棄物単独での溶融が困難な廃棄物をいう。



(2) 前処理作業記録要領

① 前処理作業記録管理項目

前処理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、前処理毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
非 処 理 対 象 物 の 除 去 及 び 分 別	前処理 No.	前処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	分別等作業者	非処理対象物の除去及び分別作業を実施した担当者名
	分別等作業管理者	非処理対象物の除去及び分別作業の管理を実施した担当者名
	分別等処理年月日	非処理対象物の除去及び分別作業を実施した年月日
	分別等対象廃棄物 No.	非処理対象物の除去及び分別の対象とした固体廃棄物の管理 No.等
	分別等終了廃棄物 No.	非処理対象物の除去及び分別を実施した後の固体廃棄物の管理 No.等
	非処理対象物	廃棄物から除去した非処理対象廃棄物の種類及び数量
	分別対象物	分別した固体廃棄物の種類及び数量
	分別等作業確認	非処理対象物の除去及び分別を適切に実施した確認の記録

② 処理作業記録の保存期間

記録は当該固体廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

(3) 試料の採取要領

廃棄体確認における充填固化廃棄体に含まれる主要な放射性核種の種類ごとの放射能濃度に係る項目については、別途その決定方法について検討することとし、具体的な試料の採取、取扱方法は、処理装置毎の要領において規定する。

5.3.3 処理

前処理を実施した固体廃棄物は、切断・圧縮処理を行う場合、高圧圧縮処理を行う場合、高周波誘導溶融処理を行う場合、プラズマ溶融処理を行う場合とに区分して、以下の要領で処理を行う。

5.3.3.1 切断、圧縮処理

(1) 作業要領

5.3.2.1 項の前処理において「高圧圧縮処理及び溶融処理を行わない場合」として、固型化材料等が容器の内部に充填し難い等に分別された形状分類2の固体廃棄物については、以下の固体廃棄物の種類に応じ、切断処理又は圧縮設備により圧縮処理を行う。

形状分類2に該当する固体廃棄物の種類				切断・圧縮処理	備考
金属類	・金属類	缶類	一斗缶、ペール缶、スプレー缶等	切断 圧縮	
有機難燃物類 非金属類	・コンクリート類 ・ガラス類	ガラス類	ガラス瓶等	切断	片・板状のガラス類は形状分類「1」とする
		管類	塩化ビニルホース等	切断	処理対象は、内径1cm以上で長さ50cm以上のもの 内径1cm未満のものは形状分類「1」とする
	・塩化ビニル類 ・プラスチック類 ・ゴム類	片類	塩化ビニル片	圧縮	圧縮処理により強度分類 B → A
		箱状類	プラスチック容器類	切断	
		シート類	防火シート、ビニルシート等	圧縮	圧縮処理により強度分類 B → A
			ゴムシート等	切断	
フィルタ類	・保温材類 ・フィルタ類	保温材類	ガラスクロス、ケイ酸カルシウム、 ロックウール、グラスウール等	圧縮	圧縮処理により強度分類 B → A
		フィルタ類	バッグフィルタ、ロールフィルタ、 プレフィルタ等	圧縮	圧縮処理により強度分類 B → A

切断処理を実施する場合には、固型化材料等の充填の観点から、以下のとおり実施する。

- ・ 固体廃棄物内部に大きな閉空間が残らないようにする。
- ・ 内径が約 1 cm 以上の塩化ビニルホース等は、50 cm 以下に切断する。
- ・ 15 mm 以下のものが多量に発生しないようにする。

また、圧縮処理を実施する場合には、切断処理と同様に固型化材料等の充填の観点から、以下のとおり実施する。

- ・ 圧縮圧力を 3 MPa (30 kg/cm<sup>2</sup>) 以上に設定して実施する。
- ・ 金属以外の廃棄物については、圧縮後の金属廃棄物が、圧縮圧力から開放された時に起こる形状変化 (スプリングバック等) を考慮して措置するものとし、必要に応じて圧縮用容器等に対象廃棄物を収納して圧縮容器等ごと圧縮する。

【参考】：切断及び圧縮圧力基準並びに処理による強度分類

⇒ 5.4 参考文献 3) 技術レポート 参照

なお、圧縮処理設備は、所定の性能に保たれるよう 1 回/年以上の頻度で検査、校正等を実施し、その検査、校正結果を記録として保管する。

(2) 処理作業記録要領

① 切断・圧縮処理作業記録管理項目

切断・圧縮処理作業の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、切断・圧縮処理作業毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
切断 ・ 圧縮 処 理	処理作業 No.	切断・圧縮処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	処理作業者	切断・圧縮処理作業を実施した担当者名
	処理年月日	切断・圧縮処理作業を実施した年月日
	圧縮処理設備	圧縮処理を実施した処理設備名
	圧縮圧力	圧縮処理を実施した最大圧縮圧力
	処理対象廃棄物 No.	切断・圧縮処理の対象とした固体廃棄物の管理 No.等
	処理終了廃棄物 No.	切断・圧縮処理作業を実施した後の固体廃棄物の管理 No.等
	処理対象物	切断・圧縮処理作業した固体廃棄物の種類及び数量
	作業確認	切断・圧縮処理作業を適切に実施した確認の記録

② 処理作業記録の保存期間

記録は、当該固体廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

5.3.3.2 高圧圧縮処理

(1) 作業要領

5.3.2.2 項の前処理において「高圧圧縮処理を行う場合」として、分別された以下の固体廃棄物については、所定の高圧圧縮性能を有する高圧圧縮設備により処理を行う。

なお、高圧圧縮処理設備は、所定の性能に保たれるよう1回/年以上の頻度で検査、校正等を実施し、その検査、校正結果を記録として保管する。

【参考】：処理による強度分類

⇒ 5.4 参考文献 3) 技術レポート 参照

高圧圧縮を行う固体廃棄物の種類				備考
金属類	・金属類	金属片・板類	金属板、鋼材、金属棒等	
		金属配管類	金属配管等	
		塊状金属類	弁等	
		小物金属類	ボルト、ナット等	
		番線類	番線、針金等	
		缶類	一斗缶、ペール缶、スプレー缶等	
有機難燃物類 非金属類 フィルタ類	・コンクリート類 ・ガラス類	コンクリート類	コンクリート片、石膏ボード、土砂等	
		ガラス類	ガラス瓶等	
	・塩化ビニル類 ・プラスチック類 ・ゴム類	管類	塩化ビニル配管等	
			塩化ビニルホース等	
		線類	ケーブル、コード等	
		片類	プラスチック片	
			ゴム片(ガスケット、ゴム板等)等	
			塩化ビニル片	高圧圧縮処理により強度分類 B → A
		箱状類	プラスチック容器類	
		シート類	防災シート、ビニルシート等	高圧圧縮処理により強度分類 B → A
			ゴムシート等	
		・保温材類 ・フィルタ類	保温材類	ガラスクロス、ケイ酸カルシウム、ロックウール、グラスウール等
	フィルタ類		バグフィルタ、ロールフィルタ、プレフィルタ等	高圧圧縮処理により強度分類 B → A

(2) 処理作業記録要領

① 高圧圧縮処理作業記録管理項目

高圧圧縮処理作業の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、切断・圧縮処理作業毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
高 圧 圧 縮 処 理	処理作業 No.	高圧圧縮処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	処理作業者	高圧圧縮処理作業を実施した担当者名
	処理年月日	高圧圧縮処理作業を実施した年月日
	高圧圧縮処理設備	高圧圧縮処理を実施した処理設備名
	高圧圧縮圧力	高圧圧縮処理を実施した最大圧縮圧力
	処理対象廃棄物 No.	高圧圧縮の対象とした固体廃棄物の管理 No.等
	処理終了廃棄物 No.	高圧圧縮処理作業を実施した後の固体廃棄物の管理 No.等
	処理対象物	高圧圧縮処理作業した固体廃棄物の種類及び数量
	作業確認	高圧圧縮作業を適切に実施した確認の記録

② 処理作業記録の保存期間

記録は、当該固体廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

5.3.4 容器収納

(1) 作業要領

5.3.2 項の前処理又は 5.3.3 項の処理を行った固型化対象廃棄物は、以下の要領で容器への収納を行う。

1) 容器の供給

固型化対象廃棄物を収納する容器の仕様は、以下のとおりとする。

① オープンドラム缶

固型化対象廃棄物の収納に用いるオープンドラム缶は、JIS Z 1600:1993 に定める鋼製オープンヘッドドラムで 1 種 H 級又は M 級の容器、若しくはこれと同等以上の品質（強度及び密封性）を有するもの。

なお、同等以上の品質を有するものには以下のものがある。

- ・ JIS Z 1600: (1974), (1977)に定める H 級又は M 級
- ・ JIS Z 1600: (1988)に定める 1 種 H 級又は 1 種 M 級
- ・ JIS Z 1600: (2006)に定める H 級又は M 級
- ・ JIS Z 1601: (1967), (1976), (1986), (1994) に定める 1 種 H 級又は 1 種 M 級
- ・ JIS Z 1601: (2006)に定める H 級又は M 級

② コンクリート内張りドラム缶

固型化対象廃棄物の収納に用いるコンクリート内張りドラム缶は、上記①オープンドラム缶に、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢 28 日における一軸圧縮強度が、29.5 MPa (300 kg/cm<sup>2</sup>) 以上のコンクリート又はモルタルを周囲厚さ 20 mm 以上となるように内張りしたもの。

2) 容器収納区分

固型化対象廃棄物の容器への収納は、次の固型化対象廃棄物の強度分類に応じて以下の区分により容器へ収納する。

廃棄物		収納方法
種類	強度分類	
・圧縮体 ・高圧圧縮体 ・溶融体 ・ゴム類等以外の 固体廃棄物	A	固型化対象廃棄物を、容器に直接収納
ゴム類等 <sup>*1</sup>	B	固型化対象廃棄物を、コンクリート内張り ドラム缶に収納

<sup>\*1</sup> 強度分類が不明な廃棄物を含む

【参考】：容器収納基準  
⇒ 5.4 参考文献 3) 技術レポート 参照

### 3) 容器収納要領

- ① 固型化対象物を収納する高さは、固型化後に固型化対象廃棄物が固化体上部において露出しない位置までとする。
- ② 塩化ビニル、プラスチック類等の比重の小さい固型化対象廃棄物を収納する場合は、固型化時に廃棄物が浮上しないような措置を施す。
- ③ 固型化を実施する際に、収納の方法等により著しい空隙等が生じることが想定される形状の固型化対象物は、空げきが生じにくいように収納する。

【参考】：5.4 参考文献 6) JAEA-Technology 2016-001 5.2 (2) 参照

- ④ 容器に損傷を与えないように収納する。
- ⑤ 固型化対象物の容器への収納を実施するにあたっては、別途定める教育訓練を受けた分別等作業員が実施するものとし、別途定める分別等作業管理者が分別等作業員を指導、監督するとともに固型化対象物の容器への収納が適切に実施されたことを確認する。

### (2) 記録要領

#### ① 記録管理項目

固型化対象廃棄物の容器への収納の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、容器収納作業毎に記録する。ただし、容器については、当該品の購入又は納入の都度記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
容器	受入担当者名	容器を受領した担当者名
	納入業者	納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領
	納入先	
	納入年月日	
	製造業者	
	数量	
	容器の JIS (年号入) 又は試験結果	
	コンクリート内張り部の圧縮強度試験結果	
	コンクリート内張り部の寸法	
収納	収納担当者名	収納を実施した担当者名
	収納作業管理者	収納作業の管理を実施した担当者名
	Lot No. 又は Run No.	収納作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.
	収納年月日	収納を実施した年月日
	収納対象廃棄物 No.	収納する固型化対象廃棄物の識別 No.
	収納対象廃棄物	収納した固型化対象廃棄物の種類及び数量
	収納区分	収納した方法の区分
	収納容器 No.	収納した容器の No.
	収納作業確認	所定の手順により収納作業が実施されていることの確認の記録

② 記録の保存期間

記録は、当該固型化対象廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

5.3.5 固型化

(1) 作業要領

容器収納を行った固型化対象廃棄物は、セメントによるアウトドラムミキシング方式により、以下の要領で固型化を行う。

1) 固型化材料等の供給

セメント、骨材、混和材料又はこれらのうち2種類以上をプレミックスしたもの及び水を固型化材料等の原材料として供給する。供給する原材料の仕様、固型化材料等の配合基準、固型化材料等の管理要領は以下のとおりとする。

① 原材料の仕様

固型化材料等に用いる原材料の仕様は以下のとおりとする。なお、プレミックスされた原材料を使用する場合は、プレミックスされた個々の原材料の仕様が本仕様を満足するものとする。

i) セメント

容器に固型化するためのセメントは、JIS R 5210:1992 ポルトランドセメントに定められる

- ・ 普通ポルトランドセメント
- ・ 早強ポルトランドセメント
- ・ 超早強ポルトランドセメント
- ・ 中庸熱ポルトランドセメント
- ・ 耐硫酸塩ポルトランドセメント

又は JIS R 5211:1992 高炉セメントに定められる

- ・ A 種
- ・ B 種
- ・ C 種

若しくはこれと同等以上の品質（JIS R 5201:1997 セメントの物理試験方法に基づく安定性試験及び強さ試験）を有するもの。

なお、同等以上の品質を有するセメントには以下のものがある。

JIS R 5120: (1969), (1973), (1977), (1979), (1986), (1997), (2003), (2009)に定める普通ポルトランドセメント

JIS R 5211: (1969), (1973), (1977), (1979), (1997), (2003), (2009)に定める B 種又は C 種高炉セメント

ii) 水

固型化に練り混ぜ水を使用する場合は、練り混ぜ水は上水道水又はろ過水とする。

iii) 骨材

容器に固型化するため骨材を使用する場合は、骨材の粒径が 5 mm 以下のものとする。

【参考】：骨材の寸法

⇒ 5.4 参考文献 6) JAEA-Technology 2016-001 4.2.1(1) 参照

i) 混和材料

容器に固型化するため混和材料を使用する場合は、固型化された放射性廃棄物について JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢 28 日における一軸圧縮強度が、29.5 MPa (300 kg/cm<sup>2</sup>) 以上になるような品質を有する配合比率に基づく混和材料とする。

## ② 固型化材料等の配合

固型化材料等の配合は、以下に示す条件を満足するよう配合設計を行う。配合設計を実施した固型化材料等の種類、産地及び購入先の変更等が生じた場合には、必要に応じて配合設計を見直す。また、原則として、廃棄物透視確認装置等により、固型化材料等が内部に確実に充填され有害な空隙が生じていないことを適宜確認する。

ii) 圧縮強度

固型化材料等の性能として、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に基づくコンクリートの材齢 28 日における一軸圧縮強度が 29.5 MPa (300 kg/cm<sup>2</sup>) 以上となることを満足すること。

【参考】：一軸圧縮強度基準

⇒ 5.4 参考文献 3) 技術レポート 参照

iii) 流動性

固型化材料等の流動性は、(公社) 土木学会コンクリート標準仕方書プレパックスコンクリートに記述される P ロートによる流下時間を参考にし、以下の範囲とする。

固型化材料の種類	P ロートによる 流下時間目標値	
	上限値	下限値
高性能減水材を使用したもの <sup>*1</sup>	50 秒	30 秒
上記以外	20 秒	16 秒 <sup>*2</sup>

<sup>\*1</sup> JIS A6204 に規定される高性能 AE 減速剤を含む。

<sup>\*2</sup> 下限値を超える場合は、材料分離が著しく生じないことを事前に確認する。材料分離が生じない場合は、使用することができるが、以下の技術レポートを参考とした方法で、その品質を別途試験する。

**【参考】：流動性の基準**

⇒ 5.4 参考文献 2) 標準示方書及び3) 技術レポート 参照

⇒ 下限値 30 秒については、5.4 参考文献 6) JAEA-Technology 2016-001 5.1(1) 参照

③ 原材料の保管方法

セメント、骨材については、湿気を受けないよう保管するとともに、原則として納入後 3 ヶ月以内のものを使用するものとする。3 ヶ月を経過したものを使用する場合は、当該セメントの JIS 規格に定める試験方法によりその品質を確認する。また、混和材料については、不純物の混入、分離、変質、凍結等により品質の低下が生じないよう保管する。

④ 原材料の管理要領

セメント、骨材、混和材料については、納入業者等の納品書又は試験検査成績書等により、原材料の仕様を満足することを購入の都度確認、管理する。また、配合設計を変更の都度、固型化材料等の流動性、硬化後の一軸圧縮強度を確認する。

2) 固型化材料等の計量、混練

① 所定のホッパ、槽、系統等から、セメント、骨材、混和材料又はこれらのうち 2 種類以上をプレミックスしたもの、水について、流量計、重量計等の計量器又は計量方法により所定の配合比となるよう計量し、固型化材料等を十分な練り混ぜ性能を有する混練機に注入し、均質に混練する。

所定の混練が終了した固型化材料等は、所定の系統を介して容器へ排出、充填する。容器へ搬出、充填する際には、容器の天蓋を閉めた状態で、天蓋の下面から混練された固型化材料等の上面に出来ると想定される空隙が、容器内容積（コンクリート内張りドラム缶の場合は、コンクリート内張り部の容積を含む。）に対して 10% 以下となることを目標に排出、充填する。注入速度は、30L/min 分以下とする。

**【参考】：注入速度の基準**

⇒ 5.4 参考文献 6) JAEA-Technology 2016-001 5.1(1)参照

なお、計量に使用する計量器は、所定の性能に保たれるよう 1 回/年以上の頻度で検査、校正等を実施し、その検査、校正結果を記録として保管する。

② 固型化材料等の混練は、所定の練り混ぜ回転数、練り混ぜ時間、混練機への固型化材料等の投入量により行う。

3) 養生

混練された固型化材料等の充填を行った容器は、所定の養生室又は区画等において養生し、ブリーディング水の無いことを確認のうえ天蓋の蓋閉めを行う。養生期間は、固型化材料の容器への排出、充填後一晩以上を目安とし、固型化材料等の配合、養生時における室温等に応じて所定の必要最低養生期間を設定しておく。



(2) 記録要領

① 記録管理項目

セメントによるアウトドラムミキシング方式での固型化処理の実施にあたっては、以下に示す記録管理項目について、固型化処理作業毎に記録する。ただし、原材料については、当該品の購入又は納入の都度記録する。

区分	記載管理項目		記載内容	
原材料	受入担当者名		原材料を受領した担当者名	
	納入業者		セメント、骨材、混和材料の納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領	
	納入先			
	納入年月日			
	製造業者			
	種類及び数量			
	セメントの JIS (年号入) 又は試験結果			
計量・混練	処理担当者名		固型化処理を実施した担当者名	
	Lot No.又は Run No.		固型化処理作業毎に識別可能なよう適宜設定した No.	
	固型化年月日		固型化処理を実施した年月日	
	固型化対象廃棄物		固型化対象廃棄物の識別 No.	
	各固型化材料等の種類及び投入量		容器毎における固型化材料等の種類及び種類毎の投入量	
	練り混ぜ回転数		Lot No.又は Run No.毎の固型化処理作業時の混練機の回転数	
	練り混ぜ時間		Lot No.又は Run No.毎の固型化処理作業時の混練機の稼動時間	
	容器 No.		固型化した容器の No.を識別可能なよう適宜設定した No.	
	作業内容		所定の手順により計量、混練、作業が実施されていることの確認	
養生	養生処理	養生処理担当者名	固型化処理後の容器の養生を実施した担当者名	
		容器 No.	養生を実施した容器の No.	
		養生期間 (年月日)	養生を実施した期間 (年月日)	
		ブリーディング水の有無	ブリーディング水の有無の状況	
		空容器重量*1	オープンドラム缶又はコンクリート内張りドラム缶の空重量	
		空容器内径及び内高*1	オープンドラム缶又はコンクリート内張りの内径及び内高寸法	
	重量測定	測定担当者名		廃棄体の重量測定を実施した担当者名
		廃棄体重量測定年月日		廃棄体の重量を測定した年月日
		廃棄体重量		天蓋の蓋閉め後の廃棄体全体の重量

\*1 容器の購入・納品又は養生までに記録する。

② 記録の保存期間

記録は、当該固型化対象廃棄物に係る廃棄体の埋設確認を受けるまでの期間保存する。

5.4 参考文献

- 1) JNES-SS-0801 均質・均一固化体及び充填固化体の廃棄のための確認方法について（一部改正）JNES-SS レポート 2008 年 4 月  
独立行政法人 原子力安全基盤機構 規格基準部
- 2) 【2002 年制定】コンクリート標準示方書[施工編]  
社団法人 土木学会
- 3) 技術レポート 低レベル放射性廃棄物処分用廃棄体製作技術について（各種固体状廃棄物）（改訂 1）平成 10 年 3 月  
財団法人 原子力環境整備センター
- 4) 技術レポート 高圧圧縮廃棄体の充填性試験結果について  
平成 12 年 7 月  
東京電力株式会社
- 5) 廃棄確認に関する運用要領 平成 26 年 3 月原子力規制庁.
- 6) 仲田久和他, 研究施設等廃棄物浅地中処分施設における廃棄体の受入基準の設定 - 有害な空げきが残らないこと及び一体となるような充填-, JAEA-Technology 2016-001 (2016),112p.

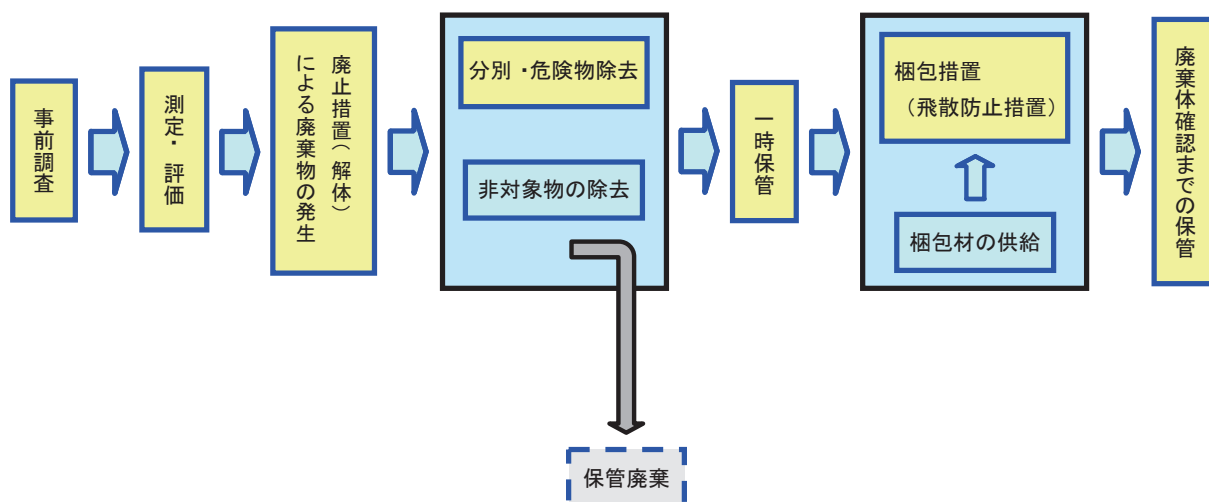
## 6. コンクリート等廃棄物の措置

### 6.1 基本措置工程

原子力機構において、今後廃止措置（解体）により発生するコンクリート等廃棄物を「第二種廃棄物埋設規則」第8条の技術基準に適合させる措置工程を、原則として次のとおり分類する。なお、②測定・評価については、当面は廃止措置により発生する汚染コンクリート、放射化コンクリートを対象とする\*2。

- ① 事前調査
- ② 測定・評価
- ③ 廃止措置（解体）による廃棄物の発生
- ④ 分別・危険物除去
- ⑤ 一時保管
- ⑥ 梱包措置（飛散防止措置）
- ⑦ 廃棄体確認までの保管

基本措置工程のフローを以下に示す。なお、基本措置工程は、原子力機構の標準としての手順であり、各拠点においては、この基本措置工程を踏まえ、各拠点の状況に応じて手順を定めること。



基本措置工程フロー

\*2 金属廃棄物については、日本原子力学会でトレンチ処分対象廃棄物の放射能評価に関する学会標準の内容を、「②測定・評価」に反映することとする。

## 6.2 事前調査

解体工事に先立ち実施する事前調査の目的は、後で述べる放射能濃度の評価を行うための基礎資料を集めることである。評価に必要な資料としては、建屋図面、機器配置図、系統情報等がある。上記の資料の他、汚染性状に応じて、以下の情報を収集・管理する。

対象物が二次的な汚染である場合の例

- ・放射線管理記録
- ・運転記録（漏えい、除染の記録）
- ・汚染分布図

対象物が放射化汚染である場合の例

- ・中性子線量当量率の測定結果
- ・材料のミルシート、構成元素
- ・遮へい設計図書
- ・放射化学分析値
- ・運転記録

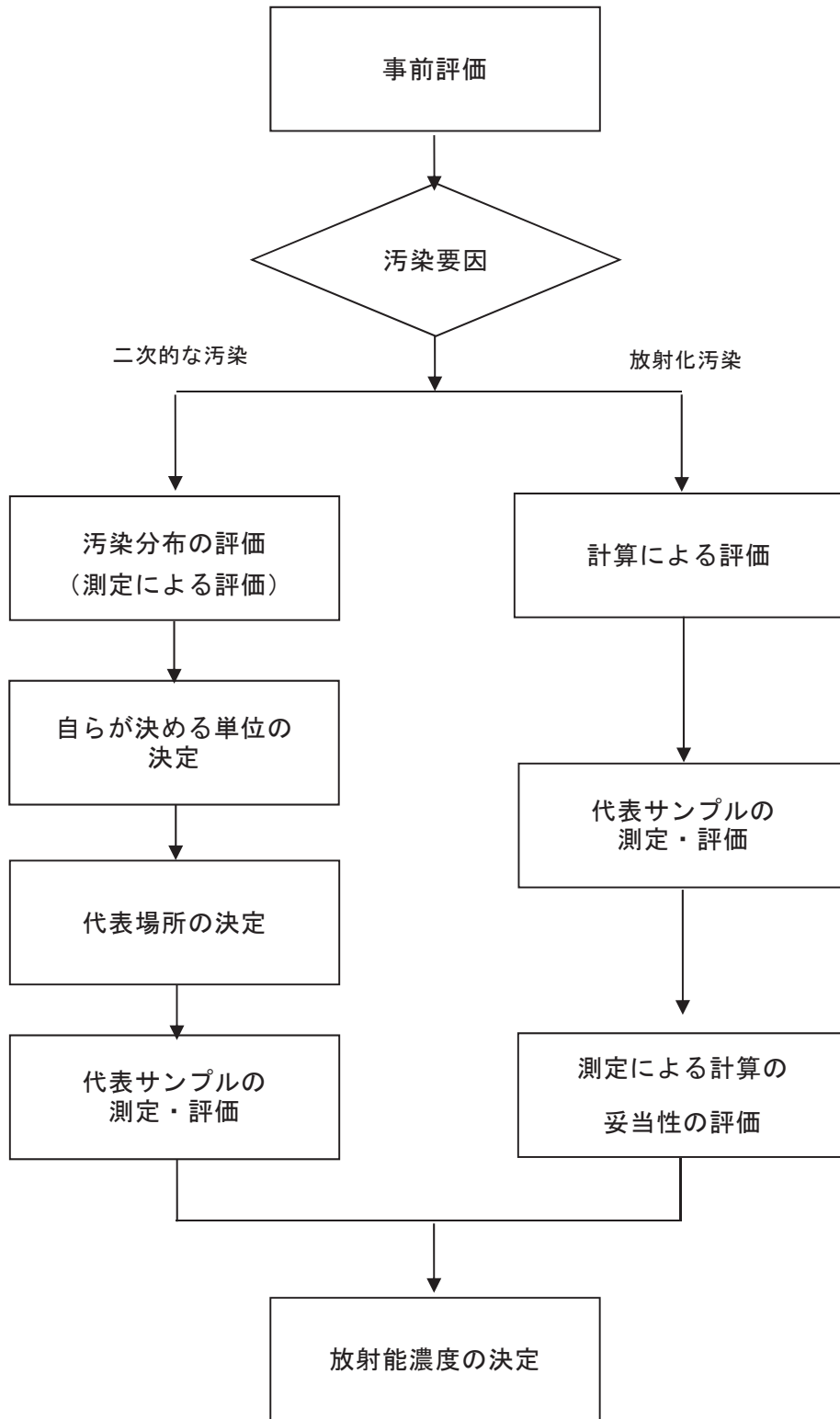
なお、対象物の汚染性状が、二次的な汚染及び放射化汚染の両方である場合は、それぞれの情報を収集する。

## 6.3 測定・評価

ここで述べる測定・評価方法は、廃止措置により発生する汚染コンクリート、放射化コンクリートを対象とし、放射能濃度の評価を容器単位、梱包体単位より大きな単位で評価する場合に適用する。ここでいう大きな単位とは、例えば、部屋、系統である。

廃止措置により発生する廃棄物については、埋設する形態となるようコンクリートを容器に収納又は梱包体としてから放射能濃度を評価するより、解体前の汚染状況の調査結果を用いて、大きな単位（部屋、系統）で評価した方が合理的である。

以下に、コンクリート等廃棄物の放射能濃度の決定フローを示す。



\*二次的な汚染と放射化汚染の両方の汚染がある場合は、それぞれの評価を足し合わせる。

\*自らが決める単位とは、6.3.2 項(2) イ)で後述する、汚染分布の評価の結果を元に設定する放射能濃度を評価する単位のことをいう。

コンクリート等廃棄物の放射能濃度決定フロー

### 6.3.1 測定・評価のための対象核種の選定方法

放射能の測定・評価対象核種（重要核種）の選定は、埋設処分事業者が行うものであるが、現段階では、原子力機構の処分サイトが決まっていない。具体的な重要核種は、処分サイトにおける埋設地の特性（天然バリアの分配係数や放出係数）により変わりうる。そのため、ここでは現段階で分かっている情報を元に、重要核種の選定方法の概要と、対象廃棄物の放射能評価の方法を参考として記載する。今後、原子力機構の処分サイトが決定し、重要核種が選定された後に具体的な核種を示すこととする。

#### 【参考】

##### 重要核種の選定方法の概要及び対象廃棄物の放射能評価の方法

#### (1) 核種組成の評価

対象廃棄物の核種組成を評価する。この評価は、放射性物質の取扱い履歴、燃焼・放射化計算、放射能収支計算、測定の結果をもとに行う。ただし、半減期が短い核種については、減衰により処分への影響が無視できると考えられるため、対象外とする。

半減期が短い核種を対象外とする例として、「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について 平成 19 年 5 月 21 日 原子力安全委員会」（以下、平成 19 年 5 月報告書という。）においては、半減期が 1 ヶ月未満の核種は、評価対象外としている。

#### (2) 相対重要度の評価

処分への影響を評価するために、(1)で求めた核種組成とトレンチ処分における基準線量相当濃度から、相対重要度（D/C）を算出する。測定評価を行う核種は、相対重要度を基準として選定する。

なお、基準線量相当濃度は、埋設地の特性（天然バリアの分配係数や放出係数）により変わる。現状では、処分サイトが決まっていないため、基準線量相当濃度は定まっていない。しかしながら、平成 19 年 5 月報告書において試算を行い、66 核種の基準線量相当濃度が示されている。当面の間は、この値を用いることを推奨する。また、報告書で基準線量相当濃度が示されていない核種については、報告書と同様の方法により基準線量相当濃度を算出し、その値をもって相対重要度を評価することを推奨する。

### 6.3.2 汚染物の放射能濃度の評価方法

#### (1) 汚染分布の評価

汚染分布の評価は、(2)に示す放射能濃度の評価を行うために、代表場所を選定することを目的に行い、表面方向の汚染分布、深さ方向の汚染分布の両方について測定により評価を行う。測定する核種については、測定評価を行う核種の中から、核種組成の代表性、測定のし易さ等を考慮して決定する。

表面方向の汚染分布は、およそ  $1 \text{ m}^2$  ごとに評価することを推奨する。深さ方向の分布は、汚染がなくなる深さまで分布を評価する。

#### (2) 放射能濃度の評価

##### イ) 自らが決める単位の決定

汚染分布の評価結果をもとに、放射能濃度を評価するうえで「自らが決める単位」を決定する。自らが決める単位とは、その単位が、1つの代表する放射能濃度で表せる範囲(部屋・系統・区域)とする。すなわち、自らが決める単位から発生した廃棄物は、その単位を代表する放射能濃度で評価することとなる。なお、自らが決める単位については、施設の特徴、汚染の状況、放射能濃度の評価の考え方等により変わるものである。

##### 【参考】

クリアランスにおける評価単位は、通常数トン以内に設定することが適切とされているが、放射能濃度のバラツキが小さい場合(最小値と最大値の比が10倍以内)には最大10トンとすることができるとされている。このため、自ら決める単位を建物の構造(部屋ごと、フロアごと等)で区分することもできると考えられる。

##### ロ) 代表場所の決定

汚染分布の評価をもとに、他の場所より放射能濃度が高い場所を代表場所として決定する。

##### ハ) 測定・評価

放射能濃度の測定・評価は、以下のいずれかの方法で行う。

##### i) 放射化学分析等により評価する場合

放射化学分析等により確認対象核種すべての放射能濃度を測定し、評価する。なお、検出下限であるものについては、検出下限値として評価する。

##### ii) 非破壊外部測定法と放射能濃度比を組み合わせて評価する場合

あらかじめ代表試料の放射化学分析等により求めた確認対象核種と Key 核種<sup>\*3</sup>の放射能濃度比に、コンクリート外部から実測した Key 核種の放射能濃度を乗じて、確認対象核種の放射能濃度を評価する。確認対象核種と Key 核種の放射能濃度比を求める際に、相関関係について統計的方法(t検定等)を用いて評価する。なお、放射能濃度比を用いて評価する方法については、「日本原子力学会標準 クリアランスの判断方法：2005」を参考とする。

\*3 廃棄物外部から非破壊測定可能な $\gamma$ 線を放出し、廃棄物の外部からは非破壊測定が難しい確認対象核種(難測定核種)と相関関係を有する放射性核種をいう。相関関係に基づいて、 $\gamma$ 線の計数値から難測定核種の放射能濃度の評価が可能となる。

(3) 記録要領

① 記録管理項目

汚染分布の評価及び代表場所から採取した試料の放射能濃度を測定する場合は、下記に示す記録管理項目について、測定の都度、記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
測定 (直接サーベイにより汚染分布を測定)	測定装置	放射線測定装置の名称等
	測定機器番号	測定装置の番号
	測定年月日	測定年月日
	測定対象場所	建屋、部屋名称等
	測定者	氏名
	測定場所の図面	測定場所の図面
	測定結果	表面方向の分布結果等

区分	記載管理項目	記載内容
測定 (代表場所から採取した試料により汚染分布を測定)	試料番号	分析用試料の管理番号 (複数ある場合*1は枝番も記載)
	発生年月日	試料採取対象とする放射性廃棄物等の発生年月日
	寸法又は容量	分析用試料の寸法又は容量 (複数ある場合*1はそれぞれ記載)
	供試料量	分析・測定に供した量
	分析・測定年月日	分析用試料を分析・測定した年月日
	分析・測定実施者	分析用試料を分析・測定した者の氏名
	分析・測定条件	分離方法、試料前処理方法、回収率等
	分析・測定機器	分析・測定に使用した機器(校正日)
	放射能濃度	放射性核種ごとの放射能濃度 (試料採取対象とする放射性廃棄物の発生年月日に減衰補正する)
	検出下限値	放射性核種ごとの検出下限値

\*1 試料の前処理として廃棄物等を切断した場合。

② 記録の保存期間

記録は、対象廃棄物が埋設のための確認を受けるまでの期間、保存する。



### 6.3.3 放射化物の放射能濃度の評価方法

#### (1) 計算による評価

##### イ) 中性子フルエンス率の設定

中性子フルエンス率を計算により求める場合は、実形状に基づいた計算モデルを作成し、実績のある計算コードを使用する。例えば、DOT-3.5、ANISN がある。また、精度を向上させる場合は、中性子フルエンス率測定（金属箔、中性子測定器）と計算を併用する。

##### ロ) 元素組成の設定

コンクリートについては、骨材等の産地で成分が異なることから、代表サンプルの元素分析値を用いる。

##### ハ) 断面積の設定

放射化断面積は、中性子エネルギー分布（中性子スペクトル）を考慮して断面積を設定する。使用する核データとしては、JENDL、ENDF を推奨する。なお、放射化計算コードに付随する既存の断面積を使用する場合には、評価条件を勘案し放射化断面積の適用性を確認する。

##### ニ) 照射条件の設定

照射条件は、原子炉施設の運転履歴に基づいて設定する。放射能濃度の減衰条件は評価対象核種濃度を決定する時期を考慮して設定する。

##### ホ) 計算コードの選択

計算コードは、実績があるものを使用する。推奨するコードは、ORIGEN とする。（「原子力学会標準 クリアランスの判断方法:2005」の附属書には、ORIGEN、ORIGEN 79、ORIGEN-S、ORIGEN-2、ORIGEN2-82 が示されている。）

#### (2) 自らが決める単位の決定

中性子フルエンス率の評価結果を参考に、放射化により生成した核種の放射能濃度を評価するうえで「自らが決める単位」を決定する。自らが決める単位とは、その単位が、1 つの代表する放射能濃度で表せる場所とする。すなわち、自らが決める単位から発生した廃棄物は、その単位を代表する放射能濃度で評価することとなる。なお、自らが決める単位については、放射化の状況等により変わるものである。

#### (3) 計算の妥当性の評価

放射化計算の結果は、代表サンプルの放射化学分析により得られた主な放射性核種濃度との差異を確認し、計算値が放射化学分析値より小さい場合は、計算値と放射化学分析値の比を踏まえて、放射化計算の結果を補正する。代表サンプルは中性子フルエンス率の評価結果を参考に、放射化により生成した核種の放射能濃度が比較的高い領域から採取する。

#### (4) 記録要領

##### ① 記録管理項目

計算の記録項目は、(1)で示した項目とする。また、(3)の測定における記録項目は、汚染物の放射能濃度の評価方法の記録項目と同じとする。

##### ② 記録の保存期間

記録は、対象廃棄物が埋設のための確認を受けるまでの期間、保存する。

### 6.3.4 汚染物及び放射化物が混在する場合の放射能濃度の評価方法

汚染物及び放射化物が混在する場合、「コンクリート等廃棄物の放射能濃度決定フロー」に従い、各々評価したのちに評価結果を足し合わせる。記録項目、記録の保存期間については、6.3.2 項、6.3.3 項を網羅するような項目、期間とする。

## 6.4 コンクリート等廃棄物の取り扱い要領

### 6.4.1 廃止措置（解体）によるコンクリート等廃棄物の発生

#### (1) 解体作業要領

解体作業においては、対象廃棄物の性状を確認し、爆発性の物質、他の物質を著しく腐食させる物質、その他の危険物、生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質（以下、有害な物質等という。）について、接触履歴から含有している可能性のあるものについては、その状況を確認し、含有状況の確認、分別、記録等の措置を行うようにする。特に、解体に爆破工法を用いた場合には、爆薬が完爆していることを記録によって確認すること。また、解体作業においては、自らが決める単位ごとに対象廃棄物を管理し、単位を超えて対象廃棄物が混じることのないようにする。

爆発性の物質、他の物質を著しく腐食させる物質、その他危険物、生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質について、詳細を以下に示す。なお、下記以外の有害物が含まれる場合についても、含有状況の確認、分別、記録等の措置を行うようにする。

#### 【参考】

#### I 爆発性の物質

1. 爆薬: 火薬類取締法、火薬類取締法施行規則で定義されるもの。
2. その他爆発性の物質:
  - ・消防法別表第一の第五類に区分された「自己反応性物質」で爆発性物質に該当するもの。
  - ・消防法別表第一の第三類に区分された「自然発火性物質又は禁水性物質」で水と接触したときに爆発的に反応する物質に該当するもの。
  - ・他の物質を著しく腐食させる物質: 廃酸、廃アルカリ。
  - ・その他の危険物: 消防法別表第一の第四類に区分された「引火性液体」で揮発性物質に該当するもの。

#### II 生活環境に影響を及ぼすおそれのある化学的に有害な物質:

水銀、鉛、カドミウム、砒素、六価クロム、セレン、ダイオキシン類

#### (2) 記録要領

##### ① 記録管理項目

対象廃棄物が発生する場合は、自らが決める単位ごとに下記に示す記録管理項目について、発生の都度、記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
発生	廃棄物管理番号	発生時の廃棄物管理番号 (廃棄物を識別するための番号)
	発生場所	建屋名称、部屋名称、系統名称等
	廃棄物の区分	保安規定等に基づく廃棄物分類の区分
	発生年月日	対象廃棄物の発生した年月日
	対象廃棄物	対象廃棄物の種類と数量
	性状	有害な物質等との接触履歴の有無。履歴がある場合については、その含有状況の調査結果。

② 記録の保存期間

記録は、対象廃棄物が埋設のための確認を受けるまでの期間、保存する。

6.4.2 分別・除去

(1) 分別・除去作業要領

対象廃棄物について、有害な物質等が分別・除去されていることについて確認を行い、コンクリート等廃棄物以外のものが混入しないようにする。また、分別・除去作業においては、自らが決める単位ごとに対象廃棄物を管理し、単位を超えて対象廃棄物が混じることのないようにする。分別・除去作業は別途定める教育訓練を受けた作業者が実施するものとし、別途定める教育訓練を受けた作業管理者の指導監督のもとに行う。

(2) 記録要領

① 記録管理項目

分別・除去にあたっては、自らが決める単位ごとに下記に示す記録管理項目について、作業の都度、記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
分別・除去	作業者名	非対象物の分別、除去を実施した担当者名
	作業管理者名	非対象物の分別、除去の管理を実施した担当者名
	分別等対象廃棄物管理番号	分別前の廃棄物管理番号
	分別等終了廃棄物管理番号	分別後の廃棄物管理番号
	対象廃棄物	対象廃棄物の種類と数量
	非対象廃棄物	除去した物の種類と数量

② 記録の保存期間

記録は、対象廃棄物が埋設のための確認を受けるまでの期間、保存する。

6.4.3 一時保管

(1) 作業要領

対象廃棄物を埋設処分までの間一時保管する場合は、埋設対象廃棄物であることが分かるような表示を対象廃棄物及び一時保管場所に行い、容易に人が立ち入らないように縄張り又は施錠を行い、埋設対象廃棄物以外の物が混入しないようにする。

(2) 記録管理

一時保管あたっては下記に示す記録管理項目について、一時保管場所毎に記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
一時保管	一時保管日	年月日
	一時保管場所	保管場所
	一時保管前の廃棄物管理番号	一時保管前の廃棄物管理番号
	一時保管時の廃棄物管理番号 <sup>*1</sup>	一時保管時の廃棄物管理番号

<sup>\*1</sup> 一時保管時の廃棄物管理番号については、廃棄物管理番号が変わった場合に記載する。

6.4.4 梱包措置（飛散防止措置）

(1) 作業要領

梱包措置（飛散防止措置）は、埋設処分地で飛散防止措置に係わる手段を持たない場合、飛散のおそれのある対象廃棄物について行う。なお、埋設処分施設への輸送のために、輸送容器への収納を考慮した梱包状態となるように措置を行う。また、梱包措置後の埋設対象廃棄物の保管方法については、6.4.3 項に示した作業要領、記録管理と同様とする。

① 梱包材の準備

飛散防止のために使用する梱包材は、通常の取扱いにおいて破損することがないように強度を有しているものとする。

梱包材の例を以下に示す。

- ・ フレキシブルコンテナ
- ・ プラスチックシート
- ・ 金属製コンテナ

② 梱包措置及び表示

対象廃棄物の梱包においては、有害な物質等が含まれていないことを記録により確認してから行う。梱包措置においては、口閉じ、蓋締め等を実行する。対象廃棄物の梱包後、管理番号の表示を行い、対象が記録と照合できるようにする。なお、表示については、梱包体の表面の目につきやすい箇所に、容易に外れない方法で行う。

(2) 記録管理

対象物の梱包においては、下記に示す記録管理項目について、梱包毎に記録する。ただし、梱包材については、当該品の購入又は納入の都度記録する。

区分	記載管理項目	記載内容
梱包材	受入担当者氏名	梱包材を受領した担当者名
	納入業者	納入業者等からの納品書又は試験検査成績書にて確認、受領
	納入先	
	納入年月日	
	製造業者	
	数量	
	梱包材の仕様、規格	
	梱包材番号*1	

\*1 梱包材番号は、Lot 番号とすることも可能である。

区分	記載管理項目	記載内容
梱包	梱包担当者名	梱包を実施した担当者名
	梱包作業管理者	梱包作業の管理を実施した担当者名
	梱包年月日	梱包年月日
	梱包対象廃棄物管理番号	梱包前の廃棄物管理番号
	梱包後廃棄物管理番号	梱包後の廃棄物管理番号
	梱包対象廃棄物	梱包した廃棄物の種類及び数量
	梱包材番号	使用した梱包材の番号
	梱包時の記録確認	分別、危険物除去が済んでいること。
	梱包の確認	適切に梱包されていること（破損していないこと、蓋締め・口閉じがなされていること）。

(3) 記録の保存期間

記録は、対象廃棄物が埋設のための廃棄体確認を受けるまでの期間、保存する。

【参考】 空隙に対する措置

梱包材に金属製容器を使用する場合には、梱包体中の空隙に対する措置の必要性を検討し、必要により、砂充填等を行う。なお、砂充填の具体的な管理項目については、現在、試験検討中である。本基本原則においては、その結果が公開された段階で、取り入れることとする（現在想定される項目としては、廃棄物の形状、砂の粒度（砂の仕様）、加振の加速度、周波数、時間等である。）。

【参考】 輸送に対する措置

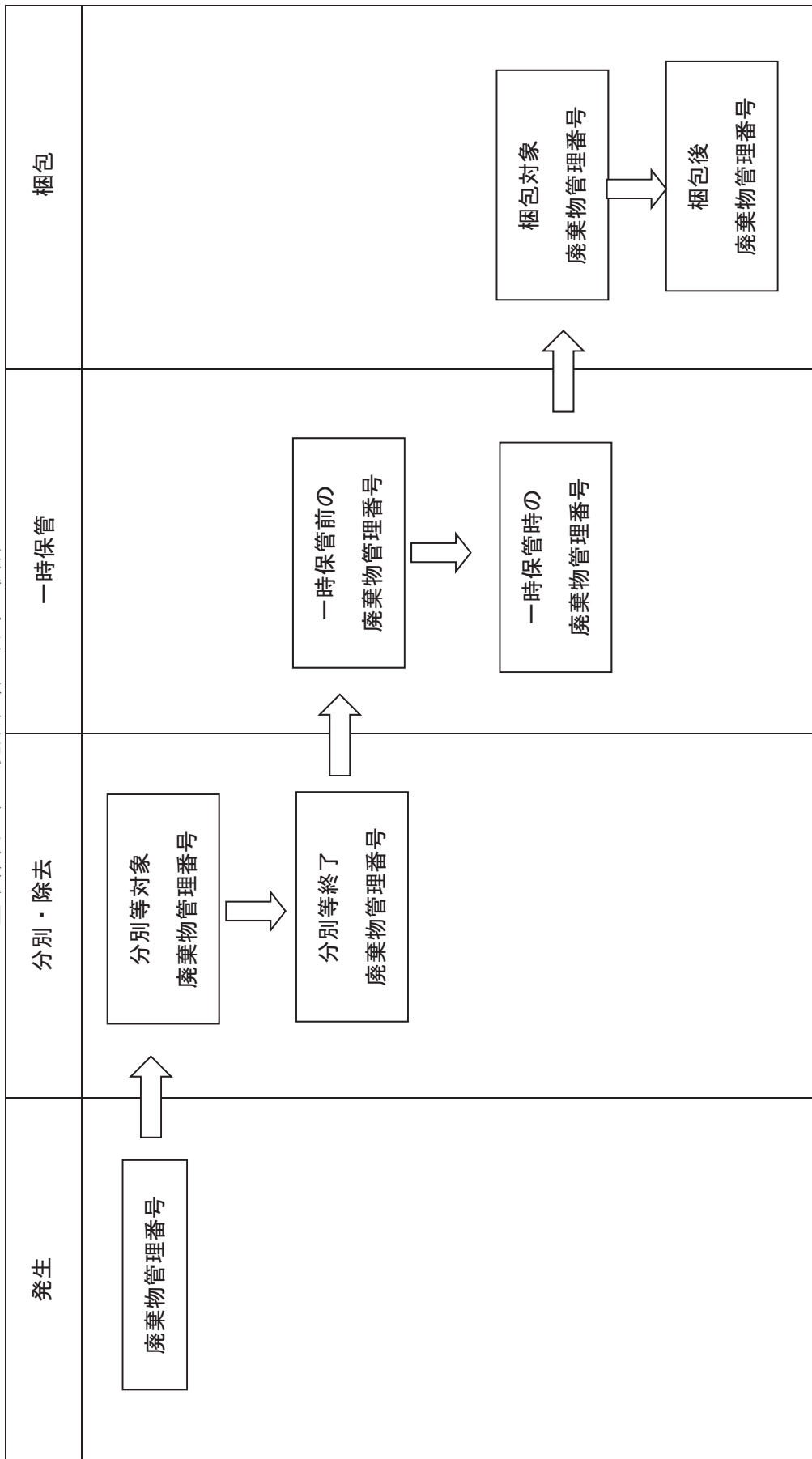
埋設施設への輸送については、適切な輸送容器を用いることとされている。輸送容器については別途検討する。

## 6.5 参考資料

### 6.5.1 廃棄物管理番号の関係

基本措置工程の各段階における廃棄物管理番号の関連を整理した表（「基本作製工程と廃棄物管理番号の関係」）を以下に示す。

基本作製工程と廃棄物管理番号の関係



\* 廃棄物管理番号で埋設対象物を管理する目的は、埋設対象物のトレーサビリティを確保することである。廃棄物の形態が変化しない場合は、通常は同じ廃棄物管理番号となる。(例えば、「分別等終了廃棄物管理番号」と「一時保管前の廃棄物管理番号」は、同じ管理番号となる。)

## 7. 品質マネジメントシステム

埋設処分対象の廃棄体及びコンクリート等廃棄物に対しては、一体毎に技術基準に適合していることについて、規制当局の確認を受けなければならないことが原子炉等規制法に規定されている。このため均質・均一固化廃棄体、充填固化廃棄体及びコンクリート等廃棄物の技術基準への適合性を確保する上で、埋設処分対象となる廃棄物の取扱い、技術基準へ適合する廃棄体の作製手順、固型化材料の調達、記録の管理等に係る品質保証は、ISO/JIS9001に基づき構築された品質マネジメントシステムの下で実施することが望ましい。

以下に、埋設処分対象となる廃棄体の作製に係る品質マネジメントシステムを確立するために必要なマネジメント項目について記載する。

### 【埋設処分対象の廃棄体の作製の要求事項】

埋設処分対象の廃棄体の作製に係る要求事項を明らかにし、その実現のための手順、記録、それらの管理方法等について文書化すること。

### 【埋設処分対象の廃棄体の作製責任者】

埋設処分対象の廃棄体の作製に係る業務を管理する者を定め、その責任及び権限を明らかにすること。

### 【埋設処分対象の廃棄体の作製に係る資材の調達に関する管理】

埋設処分対象の廃棄体の作製に係る資材（固型化材料、梱包材等）の仕様について定め、管理指標等に基づき調達が確実に行われることを定めること。

### 【埋設処分対象の廃棄体の作製に係る装置、設備・機器の管理】

各種の廃棄体の作製に係る装置、設備・機器に対する点検項目、点検方法、頻度等について定め、管理指標等に基づき管理が確実に行われることを定めること。

### 【埋設処分対象の廃棄体の作製に係る検査装置の管理】

廃棄体の作製に係る質量計、放射線測定装置等の検査装置の点検・校正について定め、管理指標等に基づき点検・校正が確実に行われることを定めること。また、これら検査装置の校正については、トレーサビリティを確保すること。

### 【埋設処分対象の廃棄体の保管・管理】

埋設処分対象の廃棄体が埋設処分施設に搬出されるまでの間、適切な場所で保管し、廃棄体の品質について信頼性を維持するため、廃棄体の整理番号と各種記録とを照合できるように管理することを定めること。



# 国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

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

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。  
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

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

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。  
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。  
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。  
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。  
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の間には1:1の関係がある。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。  
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。  
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

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

表5. SI 接頭語

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

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>12</sup> cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フオト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(a)</sup>	Oe	1 Oe <sub>e</sub> =(10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロ	μ	1 μ=1μm=10 <sup>-6</sup> m

