# 事業の目的

2021年度頃までを目処に、処理・処分方策とその安全性に関する技術的見通しを得ることを目標として、事故廃棄物の特徴を考慮し、 固体廃棄物の性状把握を効率的に行うとともに、それらを踏まえた処理技術、処分概念及びその安全評価手法の提示に向けた調査・検 討を行う。また、固体廃棄物の保管管理のリスク低減に必要な技術開発を実施する。

# 1. 事業の内容と進捗状況

下記2. 関連事業の結果を反映して、これまでの実施内容と得られた成果は以下のとおりである。

#### ①保管・管理方法の検討・評価

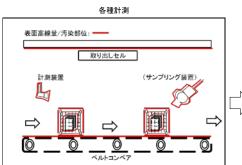
燃料デブリ取り出しに伴い発生する廃棄物等の高線量廃棄物に関し、種類・物量を評価するとともに、保管方法、容器、収納方法を 水素ガス発生の対策も含めて検討・提示する。

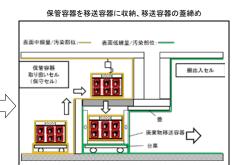
- ・燃料デブリ取り出しに伴い発生する廃棄物の保管・管理を検討するため、内容器、フィルタベント、乾燥設備及び測定設備の概念検 討を実施した。
- ・内容器は、複数の仕様や運用方法を仮定して、保管に要するスペースなどを比較・評価した。また、フィルタベント及び乾燥設備は、 国内及び必要に応じて国外の関連事例を調査し、調査結果を基に前提条件と課題を整理した。測定設備は、容器収納から構内移送 までの一連の工程で測定すべき項目(例えば、線量、温度など)をリスト化し、項目ごとに測定の考え方(測定方法、測定設備への要 求事項、測定場所など)を整理した(**図1**)。

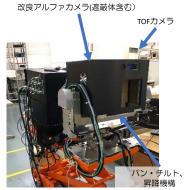
## ②固体廃棄物の分別に係る汚染評価技術

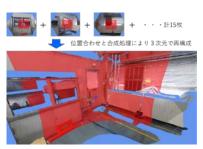
α 核種による表面汚染測定システムについて、現場適用に向けて、設計・製作を行い、モックアップ試験を実施している。

・建屋内表面コンクリートなどのアルファ汚染を遠隔で測定できるカメラ(アルファカメラ)試作機について誤検出を防ぐため遮へい体を 改良した。また、模擬線源を用いてアルファカメラの測定性能を評価した。さらに、アルファカメラの測定性能及び想定される現場環 境を基に、アルファカメラを搭載した自走式装置の仕様を完成した(図2)。









複数の地点で撮影したデータを 3次元で合成した例

青色部 距離データが欠損 している範囲

赤色部

アルファカメラ 測定領域

図1 燃料デブリ取り出しに伴い発生する廃棄物の保管までのプロセスフロー (容器収納~構内移送までのプロセスのうち、一部を例示)

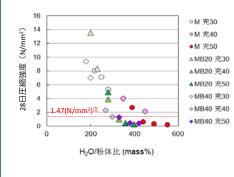
図2 アルファ表面汚染測定システム化予備試験用の装置及び結果 の例

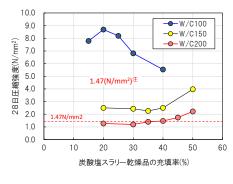
# (2)処理・処分概念の構築と安全評価手法の開発

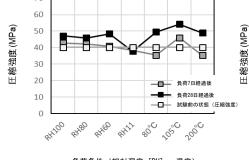
# ①先行的処理方法の選定手法の構築

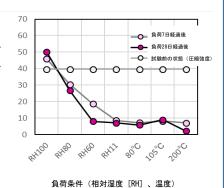
先行的処理方法の選定手法構築に資するため、高温処理技術及び低温処理技術について、工学規模の試験装置等を用いて、実処 理に適用できる見通しのある安定化・固定化技術の抽出に必要なデータを取得・評価している。

- ・水処理二次廃棄物に対する低温処理技術の適用性を簡易に調べるための手法を開発するため、固化に影響する廃棄物性状、その 測定手法及び基準値を検討した。
- ・炭酸塩スラリーを対象に低温処理の特性データを取得した。これまで、廃棄物、固化剤(セメント、アルカリ活性材料[AAM])、水の配 合比を変え、流動性、凝結性、圧縮強度に係る要求基準を満足する配合を見出すとともに(図3)、配合の違いにより圧縮強度が変 化することなどを確認した(図4)。
- ・代表的な容器を想定して低温処理技術で作製した固化体の崩壊熱による到達温度等を解析した。また、長期の固化体特性の経年 変化を確認するため、加熱、乾燥環境下での変質試験を行い、セメント固化体とAAM固化体で異なる挙動を確認した(図5)。さらに、 水処理二次廃棄物のガラス固化(高温処理技術)の適用可能な範囲を評価するため、模擬の水処理二次廃棄物を高温処理で作製 したガラスの特性評価を実施した。
- 代表的な低温/高温処理技術の設備概念を検討し、設備構成、処理効率、その他操業に関するデータ等を収集し、先行的処理方法 を選定する手法の基本概念を整理した。









負荷条件(相対湿度 [RH]、温度)

図3 スラリー含有AAM固化体の 配合比の相違による圧縮強度の 変化(M:メタカオリン100%、MB2 0:メタカオリン80%と高炉スラグ 20%、MB40:メタカオリン60% と高炉スラグ40%)

図4 スラリー含有セメント固化体 の配合比(スラリー充填率及び水/ セメント比[W/C]の相違による圧 縮強度の変化

図5 セメント、AAM固化体の乾燥、加熱条件による圧縮強度の時間的変化 (左図:セメント固化体、右図:AAM固化体)

# ②処分方法の提示及び安全評価手法の開発

国内外の処分概念及び安全評価手法の調査並びに固体廃棄物の性状に関する情報を踏まえ、一部の代表的な廃棄物ストリームを対象に複数の処分方法の検討を試行する。その上で、固体廃棄物に適用可能な処理技術を踏まえた廃棄体イメージを提示し、それに応じた処分方法及び処分方法毎の安全評価手法を構築するため、必要な項目・情報を収集・整理する。

また、処分時の安全性に影響を与える物質によるバリア性能等の劣化挙動を評価に取り込めるようにする。

- ・廃棄物種類ごとの特徴を考慮した処分方法及び安全評価手法の開発に向け、検討計画を作成した(図6)。
- ・27種類に分類した事故廃棄物を対象に、予備的線量評価を実施した。さらに、接近シナリオ発生時期、容器などの人工物への収着係数、核種溶出率及び浸透水量などをパラメータとした感度評価を実施し、処分区分(トレンチ・ピット・中深度処分など)との関係を整理した(**図6中のステップ①**)。
- ・国内外の処分事例、廃棄物情報及び予備的線量評価の結果を踏まえて、選定した廃棄物に係る複数の処分方法案を設定し、それぞれの処分方法案について、安全評価手法(シナリオ、モデル、パラメータ)を検討した(図6中のステップ⑤~⑦及び表1)。
- ・埋設後の核種の挙動に影響を与える物質に関し、容器や処分場などの人工バリアへの核種収着を低減する効果を定量的に示すため、昨年度から継続してホウ酸、フェロシアン化合物を中心にデータ取得・整備(図7)を行った。

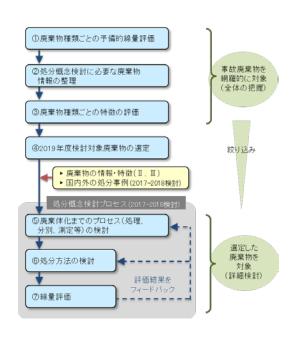
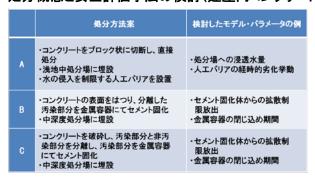


図6 処分方法と安全評価手法の開発に向けた2019年度検討の進め方

## 表1 処分概念と安全評価手法の検討(建屋内コンクリートを例示)



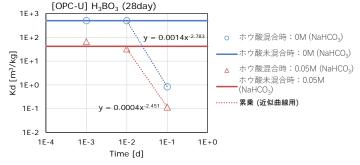


図7 取得したデータから導出した収着低減係数(SRF)の例(ホウ酸によるセメントへのU(Ⅳ)の収着影響)

#### (3)性状把握

# ①性状把握の効率化

固体廃棄物は事故の影響により多量かつ核種組成及び放射能濃度が多様なため、性状把握を効率的に進める。

- ・格納容器(PCV)内の試料を分析し、PCV内汚染の137Csに対する核種組成が不均一であることを明らかにした(図8)。分析データの代表性を評価するため、保管廃棄物のデータと分析データの関係を調査し、関連性を検討した。
- ・廃棄物の発生形態の違いに着目した廃棄物に含有される放射能を推定する手法として、ベイズ推定法を適用し、核種の移行割合を推定する方法を構築した(図9)。また原子炉建屋の解体廃棄物を対象として、汚染経路の予備的推定を行った。
- ・難測定核種分析の効率化を図るため、長半減期核種の分析に効果的であるICP-MS分析を適用するための試験検討を実施した (図10)。化学分離操作に関し、自動化システムの成立性を実験的に検討した。

また、原試料から分析試料を分取するための採取装置を設計した。

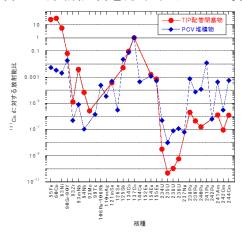


図8 格納容器(PCV)内からの試料の分析データ(137Csに対する放射 能濃度比)

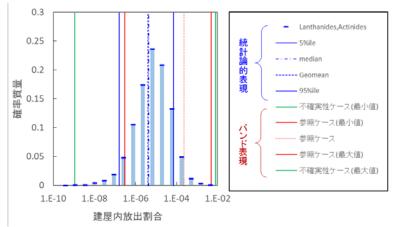


図9 廃棄物の含有放射能量を推定するための核種移行割合の確率密度分布としての表現(ベイズ統計に基づきモンテカルロ計算を援用して算出)

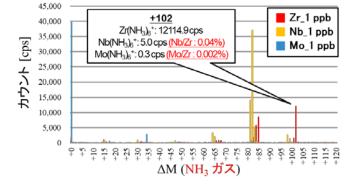


図10 ICP-MSによる分析データ

## ②サンプリング技術の開発

固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発のための分析ニーズ等を踏まえ、高線量試料の採取技術の開発を行う。

・セシウム吸着塔の内容物、表面線量等の情報を整理し、分析ニーズを踏まえながら、採取対象の選定、採取条件の見直しを行った。 また、吸着塔試料採取装置に係るモックアップ装置の設計に必要な要素試験の項目を抽出し、要素試験装置、模擬吸着塔の設計・ 製作を開始し、試験準備を行った(図11)

## (4)研究開発成果の統合

・性状把握、処理及び処分の研究成果を廃棄物ストリームに反映するととともに、処理方法の選択肢を整備した。

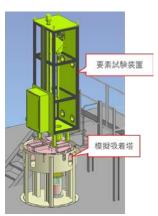


図11 セシウム吸着塔からのサンプリング要素試験のイメージ

# 実施者

技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID)(2013年度~)

(部分) 株式会社IHI(2018年度~)株式会社Orano ATOX D&D SOLUTIONS (2018年度~)株式会社キュリオン ジャパン(2019年度~)

# 2. 関連事業

これまで行われた関連事業における成果は以下のとおりである。

- ○汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術開発(2012年度)
- (1) 廃吸着材・スラッジ等の性状調査
  - 汚染水及び処理水中の核種分析を実施するとともに、難測定核種の分析を進めた。
  - 吸着塔内のセシウムの吸着分布の推定やゼオライトの熱的安定性等の廃ゼオライトの性状把握の試験を継続した。実スラッジ及び周辺区域の線量率が高く、試料採取と分析を計画どおりに実施できなかった。
  - 新たな汚染水処理システム(第二セシウム吸着装置、多核種除去設備)から発生する二次廃棄物の基本的な性状を明らかにするための情報収集を進めた。

# (2)長期保管方策の検討

- スラッジの保管容器材料及びセシウム吸着塔材料の腐食試験を実施し、長期保管方策検討のため容器腐食に関する電気化学的 データ等を取得した。
- 廃ゼオライトに関し、性状調査の結果を反映し、安全性に関わる吸着塔内の水素濃度及び温度を求めた。
- スラッジに関し、現行の保管中の熱流動解析を実施し、熱対策が妥当であることを示した。
- 多核種除去設備で使用される吸着材等の文献調査を開始した。

# (3)廃棄体化技術調査

- 廃ゼオライト及びスラッジ等の廃棄体化技術の調査結果を取りまとめた。
- セメント固化等の廃棄体化基礎試験を通じて廃棄体化技術の適用性評価に必要なデータの収集を進めた。
- 多核種除去設備から発生する二次廃棄物の種類・発生予測量等の情報を入手した。

#### ○放射性廃棄物の処理・処分技術の開発(2012年度)

- (1)ガレキ等の性状調査等
  - ガレキ、伐採木の放射能分析を実施し、廃棄物の汚染状況の特徴の把握に必要となる分析データを取得した。

## (2)難測定核種分析技術の開発

- 分析技術の確立が必要なZr-93、Mo-93等の難測定核種に関する文献調査、分析フローの検討を実施した。
- (3)処理・処分に関する研究開発基盤整備についての検討
  - 処理・処分の安全性の見通しを得るために必要な研究開発要素と解決方策について検討するとともに、データベース構築に向けて 利用ニーズ、今後の整備可能性等の整理を行い、データベースの概念設計を行った。

# (4)処理・処分に関する研究開発計画の策定

• 日本原子力学会に設置した特別専門委員会において検討された技術開発計画を参考に、処理・処分に関する研究開発計画案を作成した。)

# ○固体廃棄物の処理・処分に係る開発(2013~2014年度)

#### (1)性状把握

- 瓦礫、伐採木や水処理二次廃棄物をJAEAに移送し、放射能分析を実施した。瓦礫と伐採木のCs-137とSr-90の濃度に比例の傾向があることが分かった。
- 処理水の濃度分析データを基にして、水処理二次廃棄物(セシウム吸着塔等)が含有する放射能(インベントリ)を推定した。

#### (2)長期保管方策の検討

- セシウム吸着塔について、模擬試験を基に内部状況を推定した。材料腐食がゼオライトの共存により抑制されることを見いだした。
- 多核種除去設備から発生するスラリーを安定化するための技術を選定し、模擬試料を用いた試験を実施した。

# (3)廃棄物の処理に関する検討

- 多核種除去設備から発生するスラリーや廃吸着材などを対象に、種々の固型化剤を用いて固化試験を実施した。
- 既往の処理・廃棄体化技術をカタログとして整理した。

## (4)廃棄物の処分に関する検討

- 既存の処分概念を事故廃棄物に適用することを想定し、事故廃棄物の特徴を考慮した安全評価手法(シナリオ等)を暫定的に設定した。
- 設定したシナリオに対して解析ケースを設定し、廃棄物ごとに安全性に関する試算を行った。

# (5)研究開発の前提の検討

- 性状、汚染履歴などを考慮して事故廃棄物を分類するとともに、分類ごとに、処分を安全に成立させる可能性のある保管、処理、処分までの一連の取扱いの例を作成した。
- 分析データ集に、得られたデータを追加、更新した。 また、情報を管理するツール開発のために、処理・処分技術開発の主要作業と情報項目間の関係を整理した。

#### ○固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(2015~2016年度)

#### (1)研究開発成果の統合

- 廃棄物ストリームに関して、複数の選択肢を持つストリームを絞り込む手法を構築し、事例 検討から手法を適用する上での課題を抽出した。
- OECD/NEAが設置した専門家グループによる福島第一原子力発電所事故廃棄物に関する検討会に参画し、報告書(2016年12月に公開済)の取りまとめに貢献した。

# (2)性状把握

- 瓦礫、水処理二次廃棄物、汚染水等をサイト外施設に輸送し、放射能分析を実施した。1 号機原子炉建屋(R/B)の瓦礫(コンクリート)は、これまで得られた瓦礫の分析データと整合する結果であった(図12)
- 解析的にインベントリを推定する評価手法について、評価の不確実性を低減する方法を検討するとともに、検討後(改良後)の手法を用いたインベントリデータセットを作成し、処分に関する安全評価の検討に提供した。

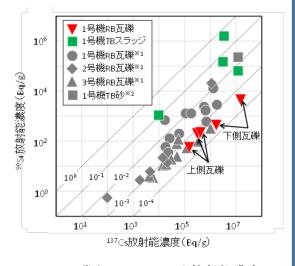


図12 瓦礫中の90Sr/137Csと放射能濃度比

# (3) 廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

- 多核種除去設備スラリー安定化のため、現場導入に向けた運用面の検討や確認試験結果を踏まえて、装置概念の検討を実施した。
- 固化処理実績のない汚染水処理二次廃棄物に対する既存の技術による固化基礎試験(図13)を実施し、固化の可否、固化物の健全性確認データの取得した。
- また、これらのデータを技術評価のための要件と照らし合わせ、各々の廃棄物について適用可能な候補技術を評価した。
- セシウム吸着塔の発熱にともなう残水蒸発挙動の加速試験や塩分濃縮挙動評価を実施し、塩分濃縮挙動評価の検証方法を提示した。

# (4)廃棄物の処分に関する検討

- 海外処分概念の事例調査等を通じて処分概念構築に向けた情報を整備し、既存の処分概念の特徴をまとめた。
- 不確実性を考慮した処分区分を評価するための安全評価手法を整備した。



セメント固化体



ガラス固化体



圧縮固化体



焼結固化体

# ○固体廃棄物の処理・処分に関する開発(2017~2018年度)

- (1)保管•管理
- ①保管・管理方法の検討・評価
  - i)廃棄物情報の調査・評価及び高線量廃棄物の保管方法の検討
    - ・水素ガスの管理に関する考え方、水素ガス発生評価手法、容器の仕様、水素ガス発生への対応等について、日本と海外の相違点とその理由を調査し、水素ガス発生評価手法及びベント等の要件に係る知見をまとめた。また、スラリー状廃棄物及び炉内構造物(金属廃棄物)について保管、処理、処分のそれぞれについて水素発生対策を検討し、水素ガス発生の評価手法と対策における課題を整理した。
    - ・燃料デブリ取り出しに伴い発生する廃棄物を4区分(1FL・オペフロ撤去物、炉内構造物、取り出し機器、空調・水処理系廃棄物)に 分類し、想定発生量、想定線量等の廃棄物情報を整理した。

#### ii) 容器及び保管設備の要求事項の検討

- ・炉内構造物を対象に、保管までの各ステップで求められる安全機能要求リストを整理し、成立する可能性のある複数の保管・管理フローを作成した。
- 保管・管理フローを基に、容器・保管建屋の要求機能案に関する検討を行った。
- ・容器・保管建屋の要求機能を基に、概略仕様案を検討した。

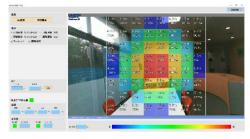
#### ②固体廃棄物の分別に係る汚染評価技術

#### 〇表面 α 汚染

- ・実機適用時の現場環境を想定し、環境温度、線量率等の測定に影響するパラメータを整理した。また、表面  $\alpha$  汚染測定のニーズに基づき、測定装置(アルファカメラ)に必要な仕様を設定した。
- ・測定パラメータ及び仕様を基に、レンズの大型化、距離測定機能、温度調整機構等を追加した試作機(図14)の製作と要素試験を実施し、現地適用に向けた課題を整理した。

### O浸透 $\alpha$ 污染

・現場適用範囲の検討や測定ニーズを調査し、想定される環境条件で使用することを目的とした技術調査を実施した。 $\alpha$  核種に随伴すると考えられる $\alpha$ 05-137等の  $\alpha$ 7 核種の浸透深さを測定する手法( $\alpha$ 15)の性能を評価した。



距離センサ付カメラ



カメラ映像に α 汚染 分布を合成

α線の信号(紫外線)受光部

図14 表面α汚染測定装置(アルファカメラ)

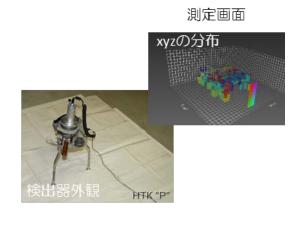
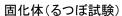


図15 浸透 α 汚染測定技術調査結果の例: 検出器外観と測定結果のイメージ

#### (2)処理・処分概念の構築と安全評価手法の開発

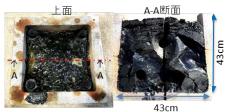
- ①先行的処理手法の選定手法の構築
  - i )高温処理技術
    - 以下の3つの要素技術に関し、工学規模試験等による適用性評価を行った。
    - Oインドラム式ガラス固化処理技術(GeoMelt-ICV)
    - ・水処理二次廃棄物の処分前管理に必要となる安定化技術の一つとして、インドラム式ガラス固化処理技術に着目し、汚染水処理 に用いたゼオライトと他の水処理二次廃棄物の模擬廃棄物を共に溶融した固化体を作製した(図16)。ガラス組成の検討とるつぼ 溶融試験を実施して、その結果に基づき工学規模試験を実施し、固化体性状やオフガス系への核種移行及び固化体の化学的耐 久性について評価した。







試験装置の外観

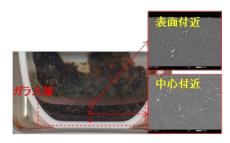


固化体(工学規模試験)

図16 インドラム式ガラス固化処理技術の試験装置及び固化体

# 〇コールドクルーシブル誘導加熱炉(CCIM)を用いたガラス固化処理技術

- ―ガラス組成開発
- ・炭酸塩スラリー、鉄共沈スラリー、ゼオライト、ケイチタン酸塩、フェロシアン化物スラッジについて、廃棄物に応じたガラス組成を 設定し、ガラス化状態が良好であることを確認した(図17、図18)。
- ・上記フェロシアン化物スラッジを除く、4種類のガラス組成について、電気伝導度が基準値を満足することを確認した。
- ―廃棄物組成の変動等の影響確認
- 実廃棄物の分析結果を基に、炭酸塩スラリー及び鉄共沈スラリーの廃棄物組成の変動範囲を設定し、炭酸塩スラリーについて、 設定した範囲内で廃棄物組成が変動した場合もガラス化状態が良好であることを確認した。
- ・ゼオライトは、Csの揮発抑制を考慮し、溶融温度を1,200℃から約1,025℃に低下した条件でガラス化できる組成を選定した( 図19)。
- -実用規模でのCCIM運転性確認とシステム設計に必要なデータ取得(**図20**)
- ・CCIMの適用性確認のため、実用規模の試験装置(炉内に約200~300kgを保有)を用いたCCIM実用規模試験を行い、廃棄物 供給速度40~80l/hで、仮焼層及びバブリングホールを維持し、運転を継続できることを実用規模で確認した。
- ―廃ガス処理設備及び供給系の設計と検証
- ・汚染水処理から発生した固体廃棄物に適した廃ガス処理設備及び供給系の概念検討として、供給系及び廃ガス処理設備の基 本プロセスを設定した。
- ・廃棄物毎の放射能濃度を設定し、廃ガス処理設備における放射能濃度についてのマテリアルバランスを算出した。
- ―日本の規制への適合性検討
- ・CCIMシステムを日本に導入するにあたって、日本の安全評価、許認可対応等の観点での導入時の課題を整理するため、国内の 関連法規等をリストアップし、条文等の内容確認、絞り込みを実施するとともに、課題検討を実施した。



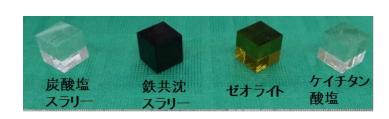


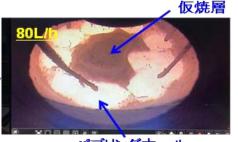
図18 各廃棄物のガラス化状態例

図17 ガラス化試験:鉄共沈スラリー (廃棄物充填率約35wt%)

冷却水循環により

炉内の均一化を促進

外側を冷却



実用規模試験状況

バブリングホール

図20 コールドクルーシブル誘導加熱炉(CCIM)概要

固形物層が炉壁

高周波加熱により ガラスを加熱

底抜き流下



図19 ガラス化試験:ゼオライト 溶融温度約1, O25℃ (廃棄物充填率約62wt%)

#### OIn-Canガラス固化技術(図21)

#### —STEP-1:シナリオ検討

- ・福島第一原子力発電所の廃棄物データを収集し、基礎データベースを作成した。
- ・シナリオ(数種類の廃棄物をある比率で組み合わせ、ある条件で処理をすること)を最適化するためのラボスケール試験(約100g程度)を実施した(図22)。
- ・ベンチスケール試験を実施する4シナリオ(シナリオA~D)を選定し、その後シナリオA~Dの中からパイロットスケール試験を実施する基準シナリオを選定した。
  - シナリオA:全ての固体の廃棄物とスラッジ(含水率50%)の混合物
  - シナリオB:全ての固体の廃棄物と乾燥スラッジの混合物(基準シナリオ)
  - シナリオC:Csの放射能量が高い廃棄物
  - シナリオD: Csをほとんど含まず、Srの放射能量が高い廃棄物

# --STEP-2:ベンチスケール試験(図23)

- ・シナリオの実現可能性の検証と運転パラメータ決定のため、各シナリオについてベンチスケール試験(約1kg程度)を実施した。
- ・全てのシナリオで高密度で均質な物質が得られることを確認した。
- ・シナリオA,B,Cについてガラス固化体のサンプルを採取し、分析した。
- ・シナリオDについても他のシナリオと同様、ガラス固化体サンプルを分析した。

#### —STEP-3:パイロットスケール試験(図24)

- ・適用性評価に必要な各種データを取得しプロセス中での各機能/性能を確認するため、基準シナリオ(シナリオB)についてパイロットスケール試験(約100kg程度)を実施した。
- ・高密度で均質な物質が得られることを確認した。
- ・ガラス固化体サンプルを分析した。

#### —STEP-4:適用性評価

- ・全廃棄物を一括で処理する案と、廃棄物を分けて処理する案を比較・検討し、本技術の実際の適用について検討した。
- ・各処理案についてガラスキャニスタの発生数の検討、各キャニスタに含まれる放射能量の検討、プロセスフローの検討、発生済の 廃棄物を一定期間内で処理するために必要となる設備の規模(プロセスライン数と設備数)の評価を実施した。

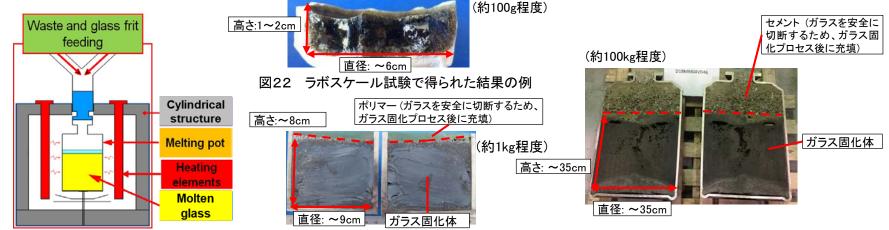


図21 In-Canガラス固化の概念図

図23 ベンチスケール試験で得られた結果の例 図24

図24 パイロットスケール試験で作製されたガラス固化

# ii )低温処理技術

・AAM(Alkali Activated Materials)固化の評価に際し不足していると推定されるデータ取得として、配合比と凝結時間/流動性の関係、強度、溶解性、水素発生挙動等に関するデータ取得を行い、AAM固化については、セメントに対して早期に強度が発現(図25)すること、配合により凝結時間が異なる(図26)こと、また、セメント固化に比べ溶解安定性に優れる可能性があること等の特性を把握した。

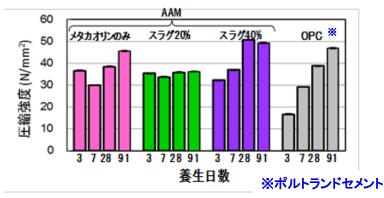


図25 圧縮強度と経過時間の関係

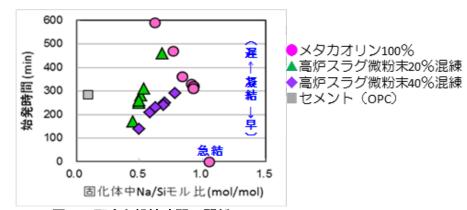


図26 配合と凝結時間の関係

#### iii) 処理技術の適用性評価アプローチの検討

・国内外で採用実績のある4つの処理技術(高温:ガラス固化/溶融、低温:セメント固化/AAM固化)の各要素技術を対象に、成熟度、構成/処理プロセス、運転性、合理性、廃棄物特性(物理・化学・放射線)の影響などに係る情報を多角的に収集し、適用可能性のある処理技術の選定指標(評価軸)の洗出しを行うとともに、要素技術別に各評価軸の定性/定量的情報を整理した(表2)。また、整理した情報に基づき、今後追加調査/試験による情報取得が必要な項目を明確化した。

表2 主な評価軸と整理情報(例:超高周波溶融固化)

VIII	「  四年四/	(足圧/足量的情報/				
技術実績	į	国内で小型装置(30L/バッチ)の実証試験				
ブロセス 性能	・プロセス数 ・処理温度 ・処理容量 ・Cs揮発率	14 1450°C 0.4t/バッチ/d Cs 10~70%				
運転性	・高影響 パラメータ ・主な プロセスリスク	・廃棄物組成(Ca濃度,不純物),廃棄物含水率,溶湯温度 ・内圧上昇,溶融不十分による固化体性能低下				
経済性	・主要設備 構成 ・発生二次 廃棄物	<ul><li>・乾燥設備,高周波電源,水 冷コイル,オフガス系</li><li>・バグ・HEPAフィルタと残渣と スクラバ排水</li></ul>				
固化体 製品	・固化体寸法 ・浸出率 ・G値	200Lドラム缶 10 <sup>-4</sup> kg/m²/d 水素発生無し				

#### ②処分方法の提示及び安全評価手法の開発

- ・海外処分場で着目すべき事例のリストを作成し、福島第一原子力発電所固体廃棄物への適用性・課題を整理した。また、廃棄物の 特徴を考慮した処分概念を検討するための手法を整備した(図27)。この手法により複数の処分概念の設定例について試解析を行 い、廃棄物の特徴に応じた廃棄物処理・処分方針の検討を可能にする方法論の成立性を確認した。
- ・核種収着挙動、物量等により、影響がある可能性が高い若しくは確認が必要な影響物質として6物質(**表3**)を抽出するとともに、影 響物質の評価に係る収着データ等の調査・取得と評価手法を整理した。また、抽出した物質と核種の相互作用情報が少ない組合せ を対象に収着データを取得するとともに、データ点数に応じて核種収着挙動への影響度を定量的に評価する手法を構築した。また、 暫定的な収着低減係数(図28)を導出するとともに課題を整理した。

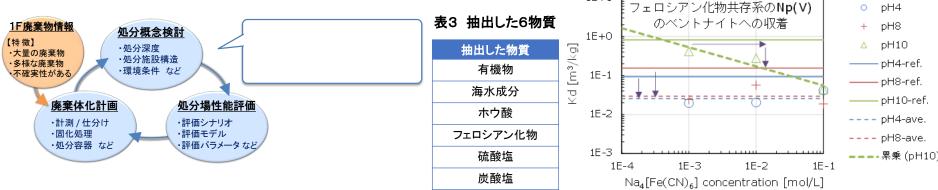
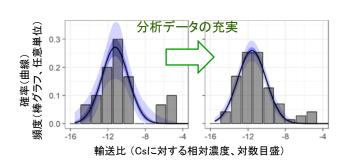


図27 廃棄物の特徴を考慮した処分概念検討プロセス

図28 人工バリアへの収着低減係数評価例

## (3)性状把握

- ①性状把握の効率化
- i )分析データと移行モデルに基づく評価データを組み合わせて性状を把握する方法の構築
  - ・廃棄物の放射能量推定に関して、放射性核種による汚染の頻度分布が対数正規分布であることを見出したことを利用し、分析デー タの増加を考慮した推定方法を検討した(図29)。また、改良した評価手法を用いて廃棄物の放射能インベントリを試算するとともに 、計算ツールを整備した。

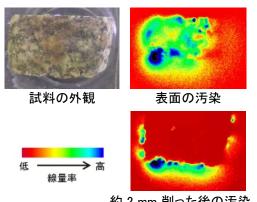


対数正規分布のパラメータ(平均と分散)の不確実性 が減少し、仮定の妥当性が窺われる

図29 分析データの増加に伴う分布パラメータの不確実性減少の例

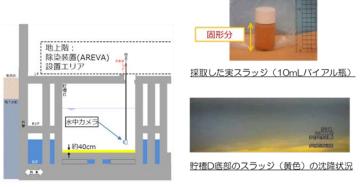
# ii )分析方法の簡易·迅速化等

- ・既存の放射化学分析を中心とした分析プロセスに対して、最新動向を踏まえ、ICP-MSを広範な核種に適用した分析プロセスを、標 準試料を用いない校正方法と合わせて検討・提案した。
- ・分析作業の合理化に向け、測定までの7段階の操作プロセス(溶解、分取/分配、試薬添加、ろ過、加熱/蒸発乾固、定容、イオン交 換/固相抽出)についての自動化技術を開発し、熟練作業者と同等の精度(回収率、等)を有することを確認した。
- ・廃棄物の保管や処理・処分研究開発に活用するため、瓦礫類、汚染水、及び水処理二次廃棄物等の分析を引き続き実施しており、 これまでに蓄積した分析データは、廃炉の促進に資する様、インターネットで閲覧できるデータ集を作成して公開した。また、瓦礫類試 料の局所的な汚染分布を調べ、汚染が不均一であることを明らかにした(図30)。
- ・除染装置で発生したスラッジが貯蔵されているプロセス主建屋内の貯槽Dの内部状況を調査し、実スラッジを採取した(**図31**)。水中 カメラでの観察により、沈降したスラッジ層の厚さは約40cmであることが判り、体積は約37m3と見積もられた。また、スラッジの抜出 し検討のため、模擬スラッジを作製して流動性に係る基礎データを取得した。



約 2 mm 削った後の汚染

図30 瓦礫の局所的に不均一な汚染の様子 (イメージングプレート測定による)



貯槽D内部調査の概要(断面)

図31 除染装置スラッジの採取

# iii)サンプリング技術の開発

固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発のための分析ニーズ等を踏まえ、高線量試料の採取技術の開発を行う。

・セシウム吸着塔からのゼオライト採取に関し、採取要素試験を完了し、サンプリングへッド等の詳細設計を実施した(図31)。



要素試験装置

サンプリングヘッド

図31 セシウム吸着塔から使用済吸着材を採取するための採取試験装置とサンプリングヘッド

# (4) 研究開発成果の統合

・廃棄物ストリームに関して、既往研究で得られた最新の成果を反映し、進捗、成果の整合性、及び残された課題を統合して行く手法の構築に着手し、試行を通じて運用上の課題を整理した。

	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度		
汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術開発												
放射性廃棄物の処理・処分技術の開発												
		固值	本廃棄物の処	理・処分に係る	る開発							
	事故廃棄物処理・処分概念構築に係る技術検討調査											
	固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発											
						固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発						
							/ / / - / h			* == - <del>-</del>		
							(先行的処理 	手法及び分析	f手法に関する し	る研究開発)   		
							直	  体廃棄物の処	」 Ŀ理・処分に関	ー する研究開発		