

平成26年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金
（固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発）」
中間報告

平成28年4月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID)

目次

1. 研究開発の目的
2. 放射性廃棄物対策の全体概要
3. 事業内容
 - (1) 研究開発成果の統合
 - (2) 性状把握
 - (3) 廃棄物の処理及び長期保管方策の検討
 - (4) 廃棄物の処分に関する検討
 - (5) 研究開発の運営
4. 技術開発の進捗状況管理
 - (1) 実績スケジュール
 - (2) 進捗管理表

1. 研究開発の目的

本研究は、東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃炉・汚染水対策に資する技術の開発を支援する事業を行うことで、福島第一原子力発電所の廃炉・汚染水対策を円滑に進めるとともに、我が国の科学技術の水準向上を図ることを目的とする。

東京電力福島第一原子力発電所の事故により発生した事故廃棄物は、破損した燃料に由来した放射性核種を含んでいること、津波や事故直後の炉心冷却に起因する海水成分を含む可能性があること、高線量であり、汚染のレベルが多岐にわたりその物量も大きいこと等、従来の原子力発電所で発生する放射性廃棄物と異なる特徴がある。このため「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発」においては、これらを安全に処理・処分するために必要とされる研究開発を実施する。

2. 放射性廃棄物対策の全体概要

中長期ロードマップ(平成27年6月12日改訂)

4-5. 廃棄物対策

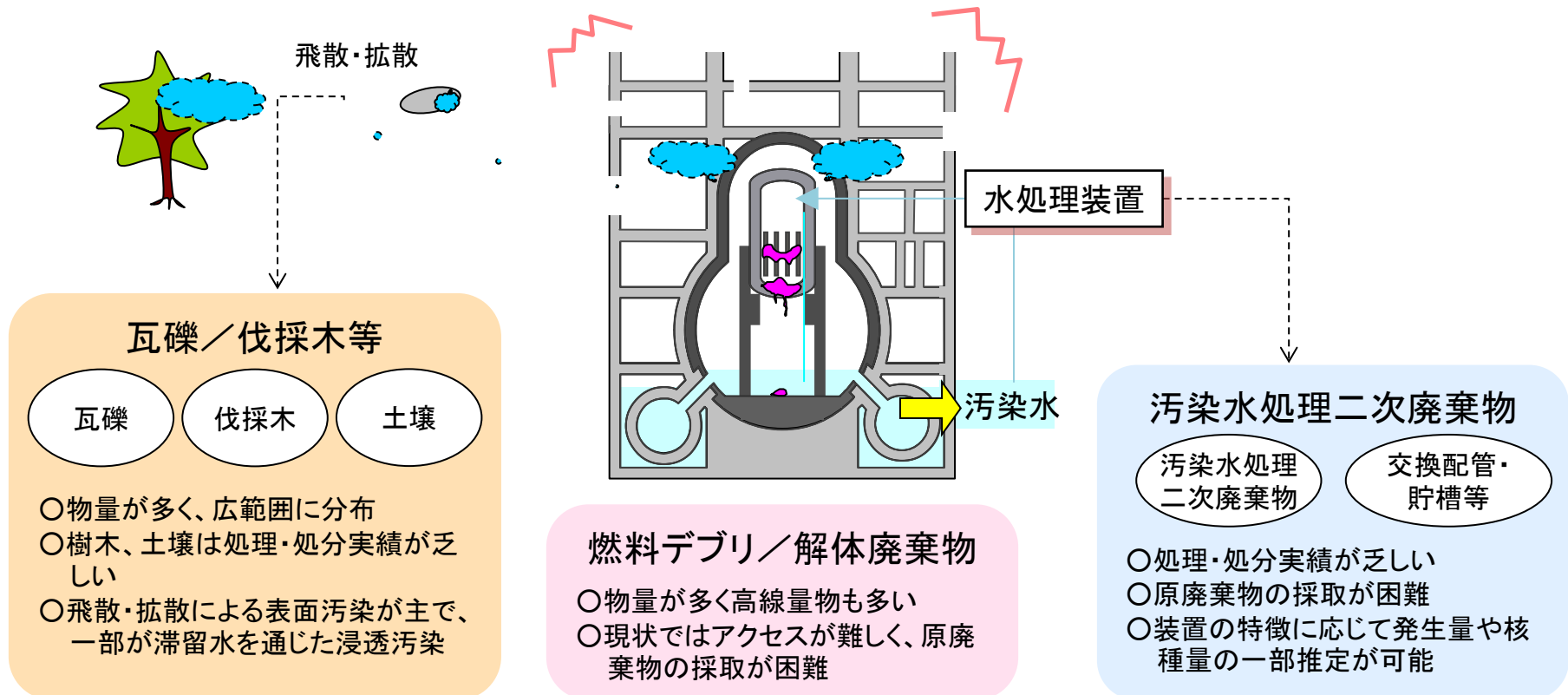
(2) 処理・処分

固体廃棄物の性状把握、幅広く抽出した処理・処分技術の適用性の検討、難測定核種等の分析手法やインベントリ評価技術の開発等を実施し、原子力規制委員会の意見も聴きつつ、2017年度(平成29年度)内に、「廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方」を取りまとめる。

その上で、現在設計を行っている放射性物質分析・研究施設を活用し、固体廃棄物の性状把握等を通じた研究開発を加速し、2021年度(平成33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な見通しを得る。

2. 放射性廃棄物対策の全体概要 福島第一事故廃棄物の特徴

- ◆ 事故により管理できない状態で発生
- ◆ 1～3号機の炉心燃料を起源とした汚染*
- ◆ 廃止措置作業が状況に応じて変化するため、発生量の想定が困難
- ◆ 汚染範囲が広く、高線量箇所もあるため、データが非常に限定的 (特に長半減期核種の組成)



* :放射化物、運転廃棄物由来のものが含まれる可能性がある。

3. 事業内容 – 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発

HP SW-1 廃棄物処理処分に関する基本的考え方の提示(平成29年度(2017年度))
～廃棄物発生から処理処分までの廃棄物ストリーム候補の提示～

3.(1) 廃棄物ストリームの検討

【目標】 廃棄物の発生、保管から処理・処分までの一連の取り扱い(廃棄物ストリーム)の候補を論拠とともに提示

- 廃棄物ストリームの原案作成
- 原案の詳細化
- 廃棄物ストリームの更新

3.(1) 事故廃棄物情報管理ツールの開発

【目標】 ユーザーが利用しやすい環境でデータ及び情報を管理・活用できる情報管理ツールの開発

- 整備方針、管理方針の構築
- 廃棄物データ/分析結果の整備・蓄積
- 情報管理ツールの設計・構築

廃棄物情報、各種技術情報、技術絞り込み・処分概念
等に係る前提及び考え方

検討すべき課題及び個別に検討すべき事項の精査

個別検討事項

インベントリ、有害物質の性状等

廃棄物の不足し
た情報項目等

3.(3) 廃棄物の処理に関する検討

【目標】 廃棄物処理技術候補の絞り込みに向けた情報、データの収集・整理

- 不足情報抽出
- 処理・廃棄物処理に係る基礎試験

● 候補技術の一次絞り込み

3.(3) 長期保管方策の検討

【目標】 水処理二次廃棄物に係る長期保管・安定化方策の提示

- 多核種除去設備のスラリー安定化法の開発
- セシウム吸着装置吸着塔の評価

3.(2) 性状把握

【目標】 主要な廃棄物の性状に関する情報を集約して提示

- 廃棄物試料の分析
- 廃棄物インベントリの評価

【目標】 分析施設で適用する難測定核種の分析法の開発・整備

- 核種分析フローの検討
- 高線量廃棄物の分析法開発

インベントリ、混在物質の性状等

重要核種、
不足したデータ等

3.(4) 廃棄物の処分に関する検討

【目標】 廃棄物ごとに適用可能な処分概念候補とその評価手法の提示

- 処分概念の特徴整理・調査
- 廃棄物の性状を考慮した処分概念の検討
- 新たな処分概念等の検討(解体廃棄物含む)

廃棄物の要件等

廃棄物の性状等

3. (1) 研究開発成果の統合

(a) 廃棄物ストリームの検討(1/2)

【事業目的】

保管から処理・処分までの課題抽出及び優先度を評価する。物質収支と放射能収支を考慮しつつ廃棄物ストリーム原案の詳細化を行う。

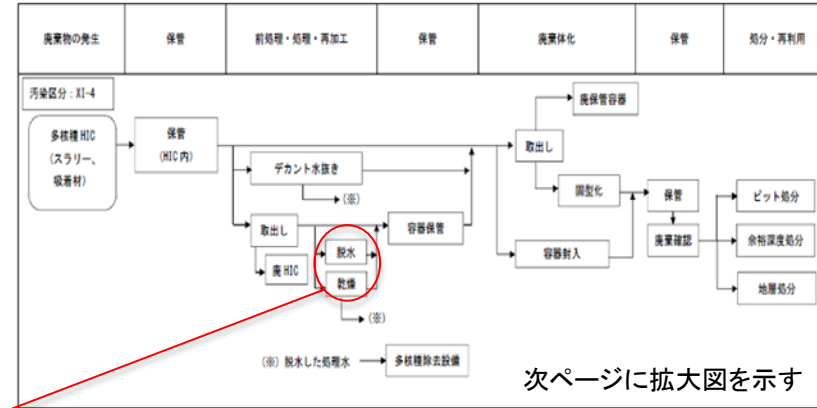
【達成目標と目標達成の指標】

廃棄物ストリームを絞り込む方法の案を示す。詳細化すべき廃棄物ストリームの項目、優先度を整理して示す。また、廃棄物ストリームを見直す。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

●処理フローの絞り込み方法の検討

- ・平成27年上期に実施した炭酸塩スラリーの処理フロー絞り込みの考え方を基に、他の廃棄物についても処理フロー絞り込みを行っている。
- ・作成した処理フローの各分岐においてフローを絞り込むための評価項目を抽出し(図1)、絞り込むプロセスを提案した。



次ページに拡大図を示す

No.	方式 (保管物形態)	前処理・処理・再加工				保管					廃棄体化			総合評価
		保管物性状			容器破損時の飛散・漏洩	容器保管				取出し性 (容器付着等)	固型化			
		放射能濃度	含水率	塩分濃度		水素発生	容器腐食	内容物の吸湿性	発熱性		固型化	処分適応性		
1	脱水 (スラッジ)	小	大	小	小	大	大	小	小	大	—	—	【保管について】 放射線分解により水素ガスが発生するため、保管容器にはベントを取り付ける必要がある。塩分を含むため、耐腐食性・耐放射線性のある容器で保管する必要がある。 【廃棄体化について】 長期保管後の脱水物の取出し性に懸念が残る。	
		水への核種移行量による	今後整備(国プロの予備試験にて含水率50%の脱水物が得られている)	ろ過等により水分と固形分を分離するため、脱水物の塩分濃度は汚染水同等となる	水を含んだ粒状の脱水物が想定されるため、飛散・漏洩リスクは小さい	脱水物は水を含むため、放射線分解により水素ガスが発生する	塩分濃度は乾燥した場合と比較すると低いが、水を含むため、金属を腐食させる可能性が高い	今後整備(塩分濃度が低く、既に水を含んでいるため吸湿性は小さいと見込まれる)	今後整備	容器壁面への付着や潮解と乾燥を繰り返したことによる脱水物の固着等が考えられる	含水率が高いため、固型化方法によっては事前の乾燥処理が必要となる	今後整備		
2	乾燥 (粉末)	大	小	大	大	大	大	大	大	小	—	—	【保管について】 放射能濃度が高くなるため放射線分解により水素ガスが発生するため、保管容器にはベントを取り付ける必要がある見込み。塩分を含むため、耐腐食性・耐放射線性のある容器で保管する必要がある。保管物の含水率が低いため、廃棄物量低減効果は脱水と比較すると高い。 【廃棄体化について】 長期保管後の乾燥物の取出し性に懸念が残る。	
		水分を蒸発させるため、溶液中の核種が濃縮される	一般的に脱水と比較して小さい(国プロの予備試験にて含水率5%の乾燥物が得られている)	水分を蒸発させるため、溶液中の塩分が濃縮される	容器破損時に粉末が飛散する可能性がある	含水率は低くなるが、放射能濃度が高くなるため放射線分解により水素ガスが発生する見込み	含水率は低いが、塩分濃度が高いため金属を腐食させる可能性がある	今後整備(塩分濃度が高いため、吸湿性が高いと見込まれる)	今後整備(放射能濃度が高いため、脱水物と比較すると大きいと見込まれる)	容器壁面への付着等が考えられる	吸湿性が高いため、容器仕様及び固型化方法によっては事前の乾燥処理が必要となる	今後整備		

図1 水処理二次廃棄物(多核種除去設備 スラリー)処理技術比較例

3. (1) 研究開発成果の統合

(a) 廃棄物ストリームの検討(2/2)

●物質収支・放射能収支の試算

- ・分岐評価結果で絞り込まれた処理フローに対し、廃棄物の処理に伴う減容率等を仮設定し、物量試算を行った(図1)。処理フローが成立する上での課題の洗い出しを行い、処理フロー毎の物量の推移を比較した。
- ・長期保管方策の検討などの状況を反映し、一部廃棄物ストリームの見直しを行った。

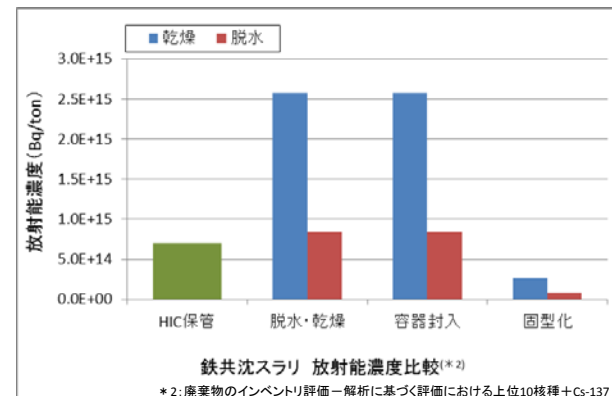
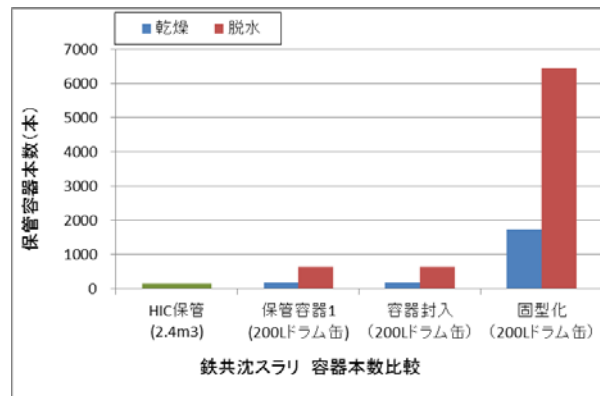
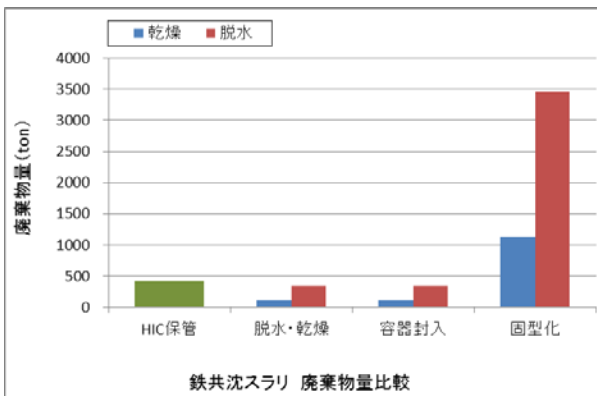
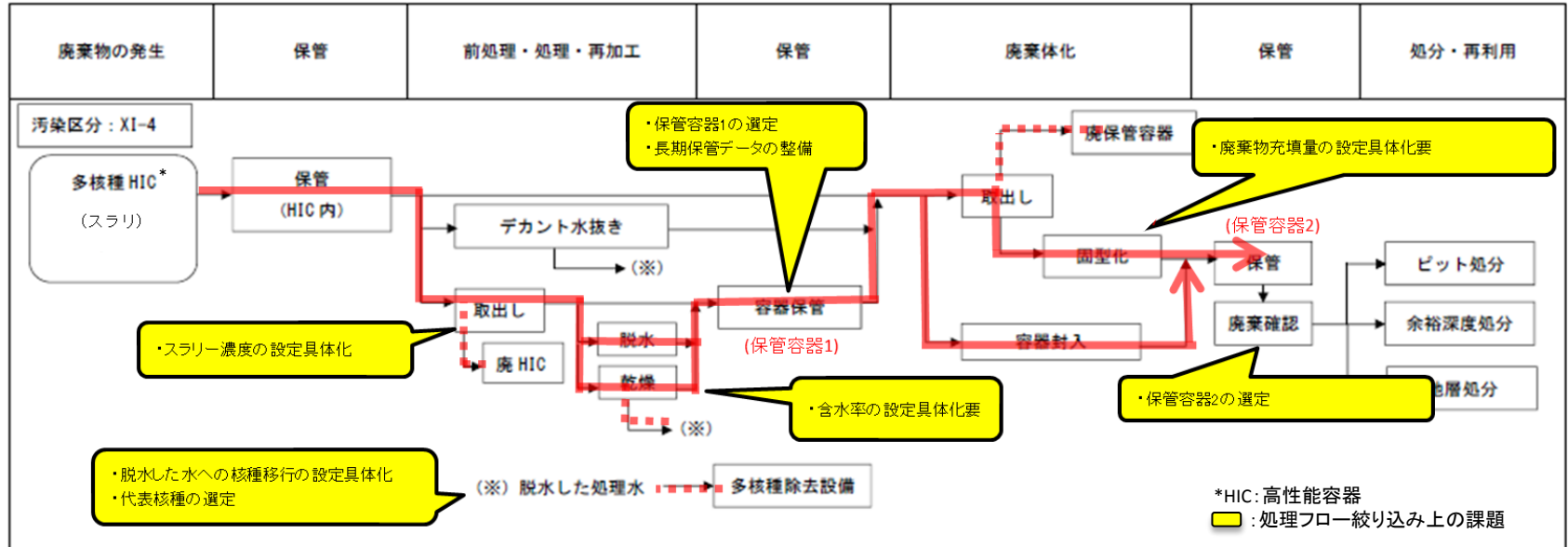


図1 水処理二次廃棄物(多核種除去設備 鉄共沈スラリー)物量試算例

3.(1)研究開発成果の統合

(b)事故廃棄物情報管理ツールの開発 (1/3)

【事業目的】

平成26年度までの開発内容を再整理し、廃棄物に関する技術開発や事業の円滑な推進並びに安全規制制度の整備に資すること、ユーザーが利用しやすい環境でデータ及び情報を管理・活用できることを念頭に、研究開発用及び事業実施用の情報管理ツールを開発することを目的として情報の整備方針及び情報の管理方針を構築する。上記目的に適する情報管理ツールの概念設計のための予備的検討等を行う。また、廃棄物のデータや分析結果等を収集し、データ集を更新する。

【達成目標と目標達成の指標】

- ・情報の整備方針及び情報の管理方針を提示する。ここで、技術開発、事業の推進、安全規制制度の整備への利用方法を合わせて示す。
- ・廃棄物のデータや分析結果等を適時に収集、データ集を遅滞なく更新する。
- ・情報管理ツールについて、概念設計に向けた予備情報の整理結果、および機能、構造、運用方法の概念を示す。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

①情報の整備方針及び情報の管理方針の提示

- ✓ 平成26年度までに開発したデータベースや情報カタログの整理
- ✓ 情報管理ツールと廃棄物のデータや分析結果等との関連について、情報管理ツールの目的に応じた情報の整理
- ✓ これらの整理結果を念頭に、整備方針及び管理方針を検討
- ✓ 今後、上記目的に適する情報管理ツールの概念設計の検討
- ✓ 適宜、データや分析結果の蓄積

3.(1)研究開発成果の統合

(b)事故廃棄物情報管理ツールの開発

②廃棄物のデータや分析結果等の更新

【達成目標と目標達成の指標】

廃棄物のデータや分析結果等を適時に収集、データ集を遅滞なく更新する。

◆分析結果の更新に関する平成27年度の実施内容

【平成27年3月までの水分析結果/瓦礫等分析結果のとりまとめ】

原子力機構技術報告書 (JAEA-Data/Code 2015-020) の公開

- 対象期間: ~平成27年3月31日までの公開情報
- データ数
 - ✓ 水分析結果
 - ・JAEA分析結果: 25件/東京電力分析結果: 398件
 - ・インベントリ評価に係るデータ(汚染水処理に係る二次廃棄物: 吸着材、スラッジ): 194報
 - ✓ 瓦礫等分析結果【新規取りまとめ(図1)】
 - ①建屋内瓦礫: JAEA分析結果: 30件/空間線量マップ: 91公開情報
 - ②建屋外瓦礫: JAEA分析結果: 15件
 - ③サイト内土壌: 分析結果: 371件

【平成27年度取得データの更新作業】

- 対象期間: 平成27年4月1日~平成27年10月1日までの公開情報
- データ数
 - ✓ 水分析結果
 - ・JAEA分析結果: 12件(ALPSスラリー3件を含む) (Total: 37件)
 - ・東京電力分析結果: 47件 (Total: 445件)
 - ・インベントリ評価に係るデータ: 26報 (Total: 220報)
 - ✓ 瓦礫等分析結果
 - ①建屋内瓦礫: JAEA分析結果: 10件 (Total: 40件) / 空間線量マップ: 5公開情報 (Total: 96公開情報)
 - ②建屋外瓦礫: 追加データなし
 - ③サイト内土壌: 分析結果: 16件 (Total: 387件)

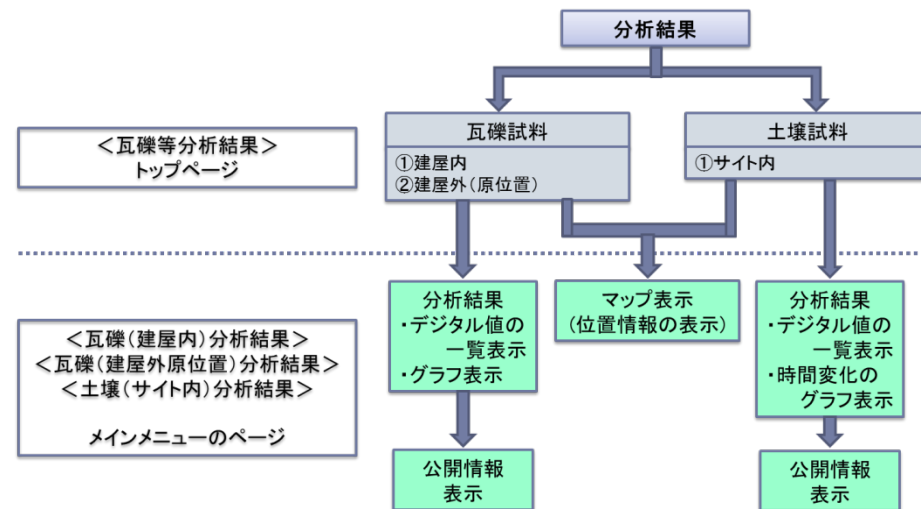


図1 瓦礫等分析結果のとりまとめの構造

3.(1)研究開発成果の統合

(b)事故廃棄物情報管理ツールの開発

③情報管理ツールの開発

【達成目標と目標達成の指標】

情報管理ツールについて、概念設計に向けた予備情報の整理結果、および機能、構造、運用方法の概念を示す。

◆ 研究開発用情報管理ツールの開発

【実施内容】

- (i) 福島第一事故廃棄物の処理処分に係る検討プロセスと関連情報の抽出およびそれらの関係の整理
- (ii) 研究開発用情報管理ツールの概念設計として、検討作業の実施等に係る情報・技術(管理体系と支援機能の要件、適用可能性のある技術)の調査・整理
- (iii) (i)、(ii)に基づく研究開発用情報管理ツールの全体像および管理体系と支援機能の実現方法・課題の整理(実際の検討作業をツールを用いて支援する概念:図1*参照)

* 基準線量相当濃度(2007)等との比較に基づく廃棄物の暫定的な処分区分の検討。インベントリ推算値等の見直しのたびに繰り返し実施する作業。

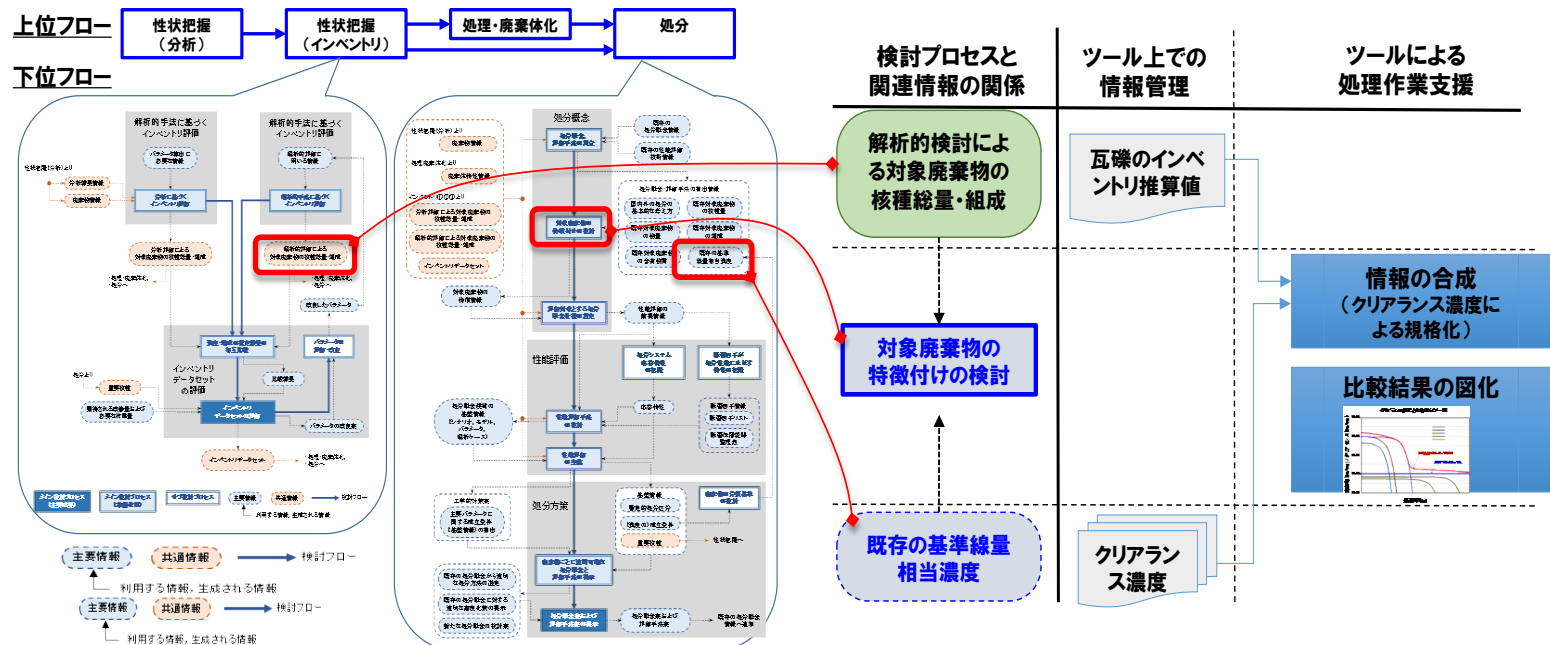


図1 実際の検討作業をツールを用いて支援する概念(瓦礫のインベントリ推算値と基準線量相当濃度との比較)

3. (2)性状把握 (a) 分析計画の検討

【事業目的】廃棄物の情報や処分を検討結果などを踏まえて、サンプル(瓦礫、汚染水、汚染水処理二次廃棄物、土壌及び焼却灰等)の取得可能性や現場工程などを総合的に勘案した分析計画を検討する。

【達成目標と目標達成の指標】放射能収支への寄与が大きい物質(原子炉建屋内部汚染物、汚染水処理二次廃棄物等)の採取計画を含め、分析計画を策定する。核種及び検出限界を既往のデータを元に合理的な計画とし、分析試料数は50以上を目途とする。年度末を目途に次年度の計画を策定する。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

❖ 中長期計画

- 分析の目的が廃止措置・廃棄物管理の進展とともに変化することを考慮し(図1)、2017年度(平成29年度)及び2021年度(平成33年度)取りまとめまでの期間を中心として中長期の計画を立案した。各段階で分析を要する試料の種類、数、核種等を検討し、試料に応じて対象核種を決定していくこととした(図2)。

❖ 年度計画

- 平成28年度には、原子炉建屋から採取した試料、汚染水処理二次廃棄物、焼却灰などの分析を進める。



図1 廃炉の進展に伴う分析目的の推移

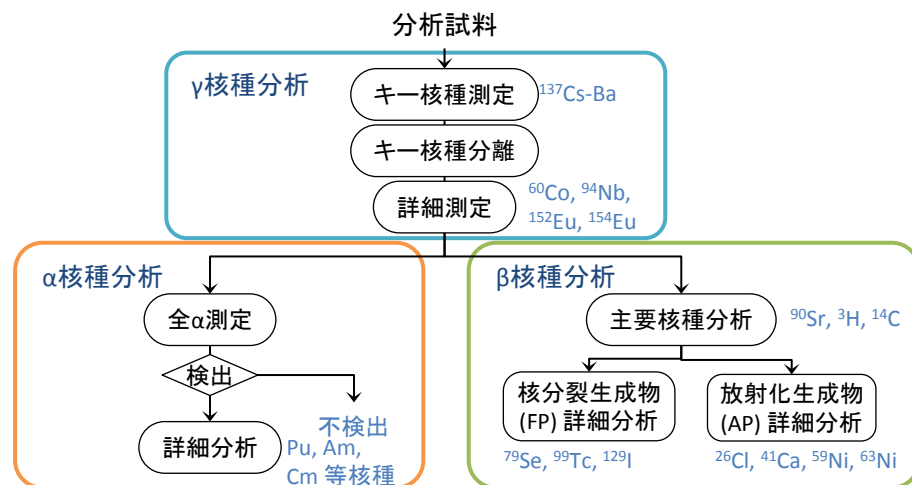


図2 分析における段階的な核種分析の実施

3. (2) 性状把握 (b) 廃棄物試料の採取

【事業目的】分析計画に基づき試料を採取あるいは入手する。また、高線量率である試料(建屋内の瓦礫、セシウム吸着塔吸着材等)の採取方法を検討する。

【達成目標と目標達成の指標】分析計画に基づき試料を採取・入手し、輸送する。セシウム吸着塔、タービン建屋滞留水中堆積物、除染装置スラッジを対象として、現場状況を踏まえた採取方法の概略案を示す。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

❖ 試料の採取

- 増設多核種除去設備の炭酸塩スラリー(図1)、汚染水(滞留水、セシウム吸着装置・多核種除去設備の処理水)、1号機原子炉建屋5階瓦礫、覆土瓦礫、1号機タービン建屋地階の滞留水固形分、敷地内土壌をそれぞれ採取・入手した。
- 高線量の試料となる、セシウム吸着塔ゼオライトや除染装置スラッジを採取する方法を検討した。

❖ 輸送

- 4回の輸送を実施した。(表1)

表1 試料輸送の実績



図1 多核種除去設備 (ALPS) のスラリー試料の採取

回	輸送日	試料	輸送点数	輸送先*
1	7月28日	・原子炉建屋1及び3号機1階瓦礫、1号機5階床 ・タービン建屋1号機地階滞留水固形分 ・覆土保管瓦礫 ・多核種除去設備(既設、増設)スラリー	24	原子力機構
2	9月18日	・滞留水、セシウム吸着・多核種除去処理水 ・原子炉建屋1及び3号機1階瓦礫、2号機5階天井板	19	NDC
3	10月30日	・滞留水、セシウム吸着処理水 ・多核種除去設備(既設、増設)スラリー	10	原子力機構 NFD
4	2月17日	・原子炉建屋1号機5階瓦礫 ・タービン建屋1号機地階滞留水固形分 ・滞留水	30	原子力機構

* NDC: ニュークリア・デベロップメント(株)、NFD: 日本核燃料開発(株)。

3. (2) 性状把握

(c) 廃棄物試料の分析 - 汚染水

【事業目的】分析計画に基づき採取した試料を分析する。分析に当たっては、効率的な研究推進及び分析の加速などを念頭に十分な分析点数が確保できるよう進める。

【達成目標と目標達成の指標】分析計画に基づき採取した試料を分析する。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

❖ 汚染水の分析

- 平成25年から平成27年前半に採取された滞留水とセシウム吸着による処理水を分析した(図1)。*
- 濃度は低下しているが、変化は緩やかになっている。ただし、Puの濃度はごく低く、濃度の変化も小さい。以前に検討した2段階放出モデルにより挙動は再現される。
- 得られた分析データは、汚染水処理二次廃棄物のインベントリ評価に活用する。
- 多核種除去設備による処理水、2号機及び3号機のPCV内の汚染水などを輸送しており、分析を継続している。

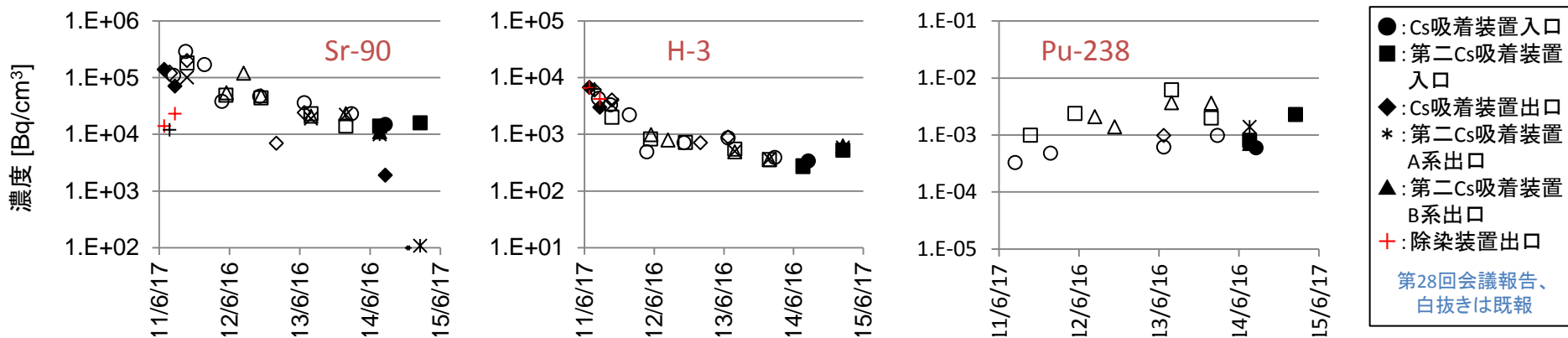


図1 汚染水(滞留水とセシウム吸着処理水)中の主な核種濃度の変化

* 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議(第20回 平成27年7月30日、第28回 平成28年3月31日)にて報告。

3. (2) 性状把握

(c) 廃棄物試料の分析 - 瓦礫

❖ 瓦礫の分析

- 1号機原子炉建屋 1F の瓦礫(コンクリート、保温材)と2号機 5F のボーリングコア(床塗膜)の試料について、 ^{36}Cl 、 ^{63}Ni 、 ^{79}Se 、 ^{129}I の放射能を分析した(図1)。^{*}
- 瓦礫試料から初めて ^{63}Ni 、 ^{79}Se 、 ^{129}I を検出した(図2)。 ^{36}Cl は検出されていない。
- ^{63}Ni は放射化生成物である ^{60}Co と相関する可能性が示唆される。
- 昨年7月に受け入れた瓦礫試料(建屋内瓦礫・覆土瓦礫)は、 γ 核種(^{60}Co 、 ^{94}Nb 、 ^{137}Cs 、 ^{152}Eu 、 ^{154}Eu)及び β 核種(^3H 、 ^{14}C 、 ^{36}Cl 、 ^{79}Se 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I)、 α 核種(^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{241}Am 、 ^{244}Cm 、全 α)について分析データを取りまとめている。

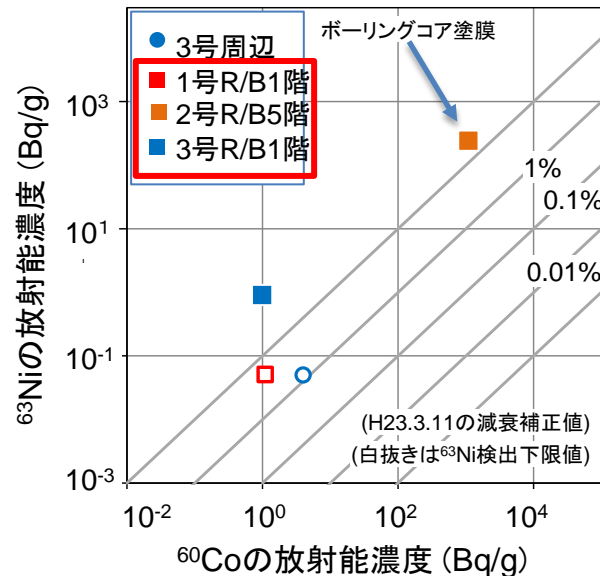
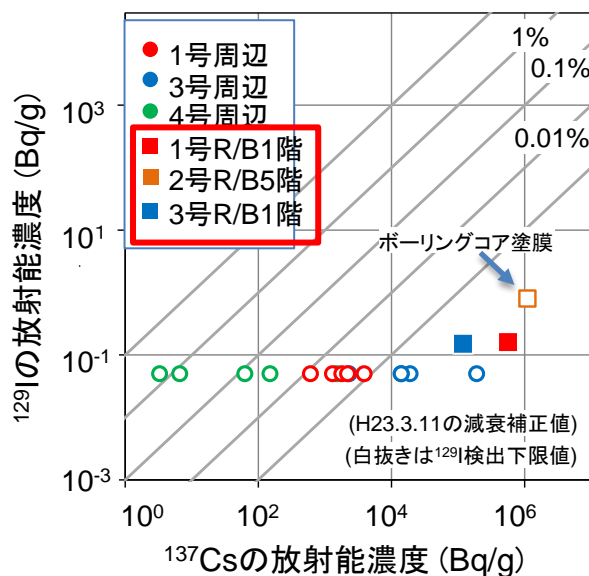


2号機コア塗膜 (2RB-DE-C2)



2号機天井板 (2RB-DE-D3)

図1 瓦礫試料の外観



□ 今回取得したデータ

図2 瓦礫(コンクリート、保温材、床塗膜)中の主な核種濃度の変化

^{*} 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第22回 平成27年10月1日)にて報告。

3. (2) 性状把握

(c) 廃棄物試料の分析 - 水処理二次廃棄物

❖ 多核種除去設備(既設)スラリーの分析

- 鉄共沈と炭酸塩スラリーの放射能濃度、元素濃度を測定した。^{*}
- 放射能は、⁹⁰Srが支配的であり、核分裂生成物(¹²⁵Sb、¹³⁷Cs)、放射化生成物(⁵⁴Mn、⁶⁰Co)、アクチノイド核種(^{238,239,240}Pu、²⁴¹Am、²⁴⁴Cm)が除染されている。炭酸塩の⁹⁰Sr濃度が高く、鉄共沈は他の核種濃度が高い(図1)。鉄共沈は水酸化鉄、炭酸塩はCaとMgの化合物がそれぞれ主体であり、遷移金属も含まれている(図2)。
- 炭酸塩スラリーから発生する水素の量は時間に比例して増加し、その水素発生量のG値は水の放射線分解と同程度であった。

❖ 多核種除去設備(増設)スラリーの分析

- 組成は既設に同様であった。保管中に採取された試料の分析を進めている。

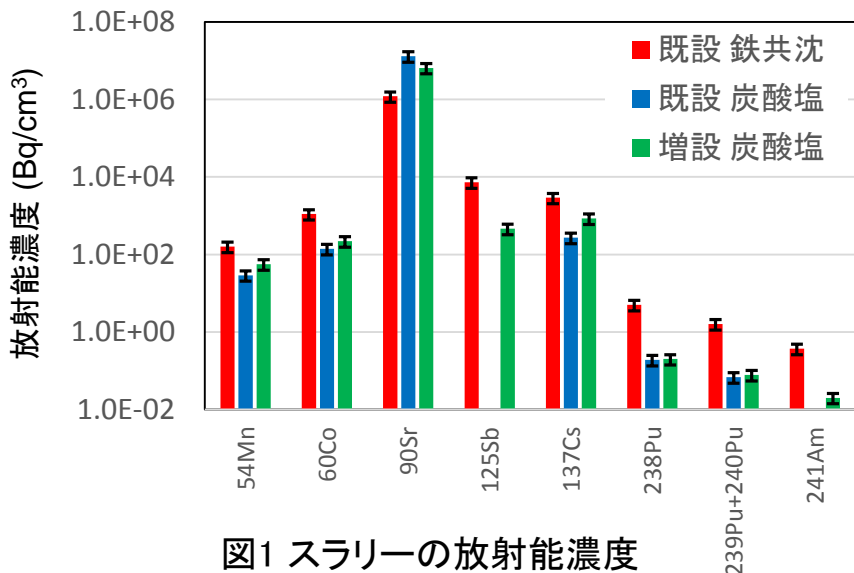


図1 スラリーの放射能濃度

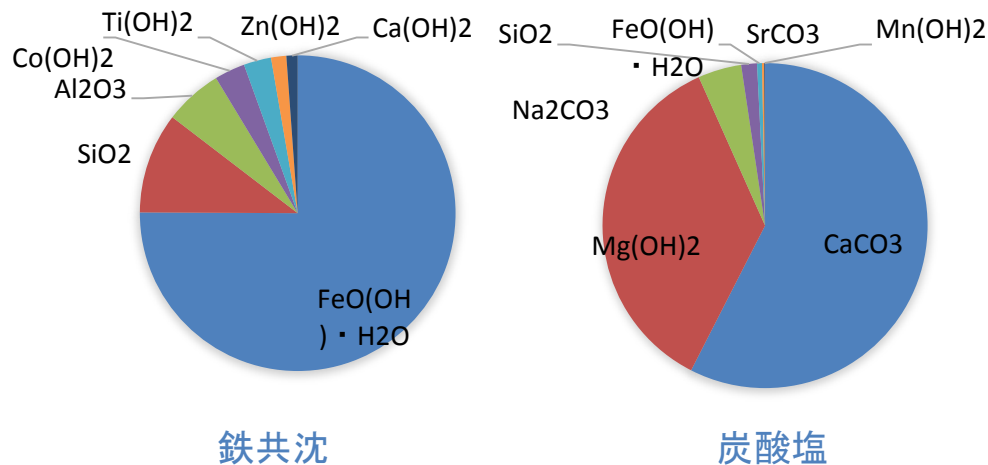


図2 既設設備スラリーの組成
(化合物は pH等をもとにした推定)

^{*} 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第21回 平成27年8月27日、第26回 平成28年1月28日、第28回 平成28年3月31日)にて報告。

3. (2) 性状把握 (c) 廃棄物試料の分析 - 輸送容器

【事業目的】高線量率の試料を輸送する準備として、B型輸送容器の収納物追加に係る設計検討を行う。

【達成目標と目標達成の指標】輸送対象物の仕様を決定し、輸送容器の安全解析書を作成する。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

❖ 収納物の検討

- 原子力機構が保有する輸送容器を対象として予備的な設計検討を行った。
- 試料としては、水処理二次廃棄物(スラッジ、チタン酸塩、フェロシアン化物)、建屋地下の滞留水下の堆積物、解体廃棄物を設定した。α核種が混入する可能性を考慮し、燃料デブリを少量含む場合も対象とした。

❖ 安全に関する解析

- 輸送容器の遮蔽や閉じ込め性能を元にして、放射エネルギーを設定した(表1)。
- 発送前検査の手順を検討した(図1)。また、受け入れ施設での容器取り扱い方法等を検討した。

表1 B型輸送容器収納物放射能の設定

試料	放射能 (GBq)	主な核種	備考
スラッジ	82.6	^{90}Sr - ^{90}Y	
吸着材(チタン酸塩)	5.9	^{90}Sr - ^{90}Y	
吸着材(フェロシアン化物)	0.4	^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$, ^{134}Cs , ^{90}Sr - ^{90}Y	
汚染水堆積物	8.4	^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$, ^{90}Sr - ^{90}Y , ^{241}Pu	
解体廃棄物	0.7	^{60}Co	
燃料デブリ	8.1	^{137}Cs - $^{137\text{m}}\text{Ba}$, ^{90}Sr - ^{90}Y , ^{241}Pu	U 0.9 g 相当

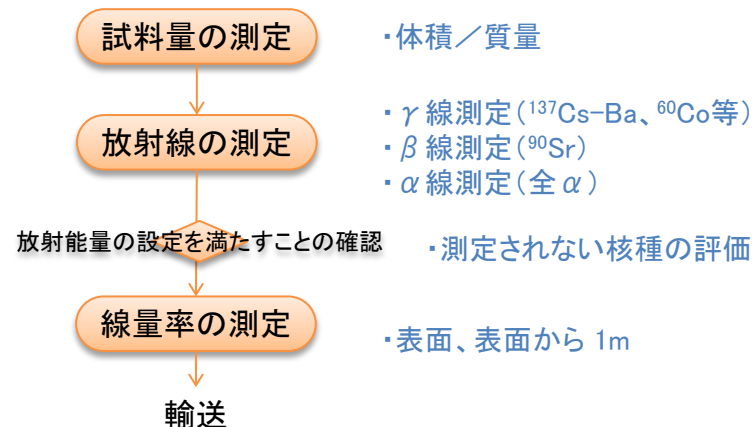


図1 発送前検査の手順(案)

3. (2) 性状把握

(d) 廃棄物のインベントリ評価 – 分析に基づく評価

【事業目的】廃棄物の情報や分析データを基に、瓦礫や汚染水処理二次廃棄物等のインベントリを評価する。
 【達成目標と目標達成の指標】核種分析結果をもとにして、瓦礫、汚染水処理二次廃棄物のインベントリを推定して示す。セシウム吸着材については、分配係数のデータを用いて評価する。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

❖ 瓦礫等の評価

- 種々の瓦礫の汚染状態について、分析値から輸送比を計算して検討した。ユニット(号機)の影響が大きく、種類(爆発で飛散した物、解体作業で得られた物等)の違いは小さい(表1)。³Hと¹⁴CはCsやSrと汚染の挙動が違うことが示唆された(図1)。集積された瓦礫等廃棄物のインベントリ評価方法を検討している。

❖ 汚染水処理二次廃棄物の評価

- 多核種除去設備の吸着材に関して、汚染水の分析を用いてインベントリを評価した。ゼオライト、スラッジ、スラリーを対象として、これまでの成果に基づいてインベントリ(不確実性も含め)を簡易に評価するシステムを開発し、それを用いた評価結果の更新を行った(図2)。

表1 原子炉建屋の内外で採取された瓦礫に係る輸送比

ユニット	採取場所	³ H	¹⁴ C	⁶⁰ Co	⁹⁰ Sr
1号機	建屋周辺	0.042 (5) ^{*2}	290 ⁻³ (1)	2.6 (2)	0.0046 (5)
	建屋内	0.035 (5)	260 (5)	1.2 (3)	0.0044 (3)
	建屋内(塗膜)	<0.37 (0) ^{*4}	<1,600 (0)	<350 (0)	0.0030 (1)
2号機	建屋内(塗膜)	0.058 (2)	23 (1)	<19 (0)	0.014 (1)
3号機	建屋周辺	0.011 (5)	<33 (4)	2.6 (4)	0.00012 (5)
	建屋内	0.014 (4)	<18 (2)	<2.3 (2)	0.0012 (3)
4号機	建屋周辺	27 (5)	<2.2×10 ⁵ (4)	<560 (1)	<0.0013 (2)
	建屋内 ^{*1}			5.2×10 ⁷ (2)	

*1 燃料プールの砂礫と小石。

*2 検出数

*3 検出された試料の他に、より検出限界が低い試料がある。

*4 不検出のうち、最も小さい値

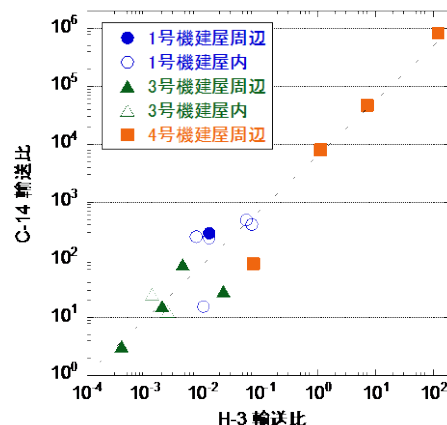


図1 瓦礫への³Hと¹⁴C輸送比の相関

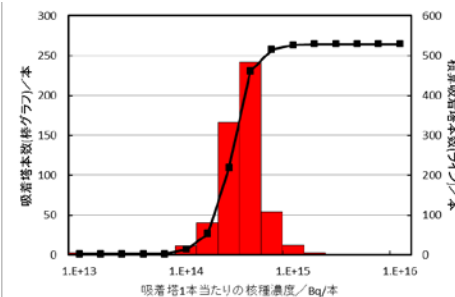


図2 KURION吸着塔の¹³⁷Cs濃度の分布

3. (2) 性状把握

(d) 廃棄物のインベントリ評価 – 解析に基づく評価

【事業目的】解析的な評価モデルに関して、分析データに基づく評価と照らして不確実性に影響する因子を抽出し、対策を検討する。また、不確実性を低減するモデル構築に必要な基礎データを収集する。

【達成目標と目標達成の指標】分析データによる評価の結果を検討し、不確実性を改善すべき因子を選定し、改善の方法を示す。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

❖ 解析的モデル

- 昨年度求めた核種の移行割合に対して、分析値を導入して不確実性を低減した(図1)。その結果をもとに求めた種々の廃棄物のインベントリを、処分の安全評価検討に提供した。また、さらなる不確実性の改善のために今後入手すべき分析データを抽出した。

❖ 基礎データの収集

- 第二セシウム吸着塔に使用されるゼオライト(Chabazite)を対象として、主要な元素(Cs, Sr, Ni, Se, Eu, Np)についてバッチ法及びカラム法試験により収着データを取得した(図2)。また、バッチ法で得られた収着の速度依存性を解析した結果を元に、カラム法での元素破過挙動の解析を行った。

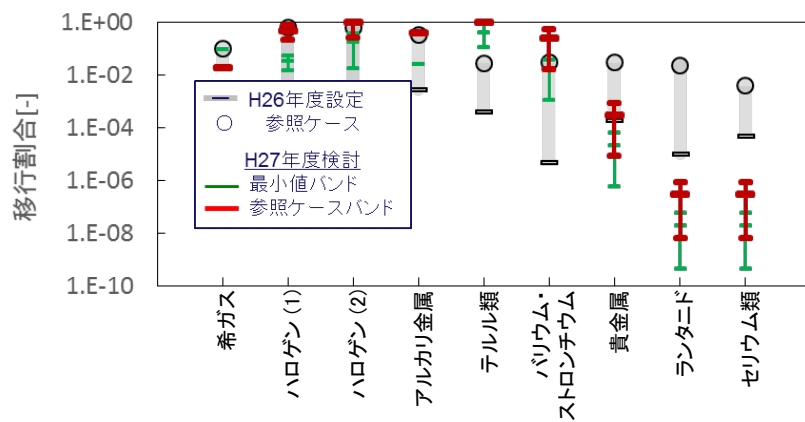


図1 滞留水への移行割合に対して分析値を導入して不確実さを低減し、効果を比較する例

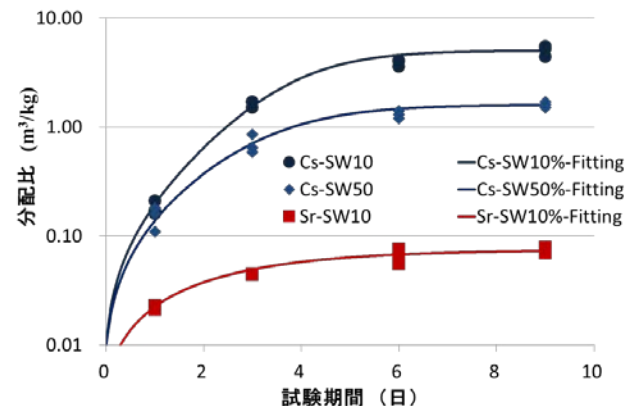


図2 人工海水の系におけるCsとSrの分配比の変化

3. (2) 性状把握 (e) 難測定核種分析の検討

【事業目的】 ^{126}Sn 分析フローの適用性検討を行うとともに、 ^{107}Pd 分析に関する化学分離フローを構築し適用性を検討する。また、キャピラリー電気泳動法及びレーザー共鳴電離質量分析法については、模擬試料を用いた測定試験を実施するとともに、それぞれの分析装置の基本設計を行う。

【達成目標と目標達成の指標】 ^{126}Sn 分析フローの汚染水試料への適用性を確認する。 ^{107}Pd の化学分離フローの案を示す。キャピラリー電気泳動法及びレーザー共鳴電離質量分析法について、瓦礫等の模擬試料を使用した実証試験を実施して装置の基本設計を行い、適用条件とともに示す。

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

❖ 分析フローの検討

- ^{126}Sn 分析フローについて、汚染水を用いた実証試験を実施した。分析の結果、 ^{126}Sn は検出限界値以下(<0.026 Bq/g)であり、安定Snの回収率は93%であった。
- ^{107}Pd 分析フローについて、イオン交換分離による妨害元素の分離方法を検討し、質量分析による ^{107}Pd の定量法を検討した(図1)。得られた検出限界値は0.044 Bq/gであり、目標を達成できた。

❖ 分析技術の検討

- キャピラリー電気泳動法について、瓦礫試料としてコンクリートを想定した試料マトリクス中の妨害元素との分離条件を検討し、 α 核種として ^{244}Cm を用いた分離回収試験を実施した(図2)。得られた成果に基づいて本法の適用範囲を評価した。
- レーザー共鳴電離質量分析法について、コンクリートを想定した模擬試料を用いて適用性試験を実施し、Mo、Zr、Snについて検出限界を評価した。
- 分析装置の基本設計について、装置の仕様等を取りまとめた。



図1 イオン交換によるPdと妨害元素の分離

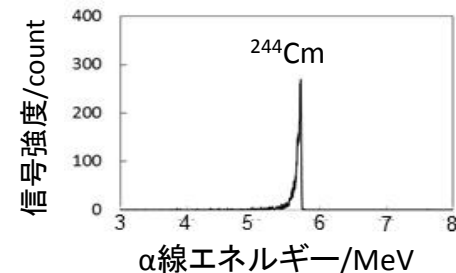


図2 ^{244}Cm 分画の α 線スペクトル

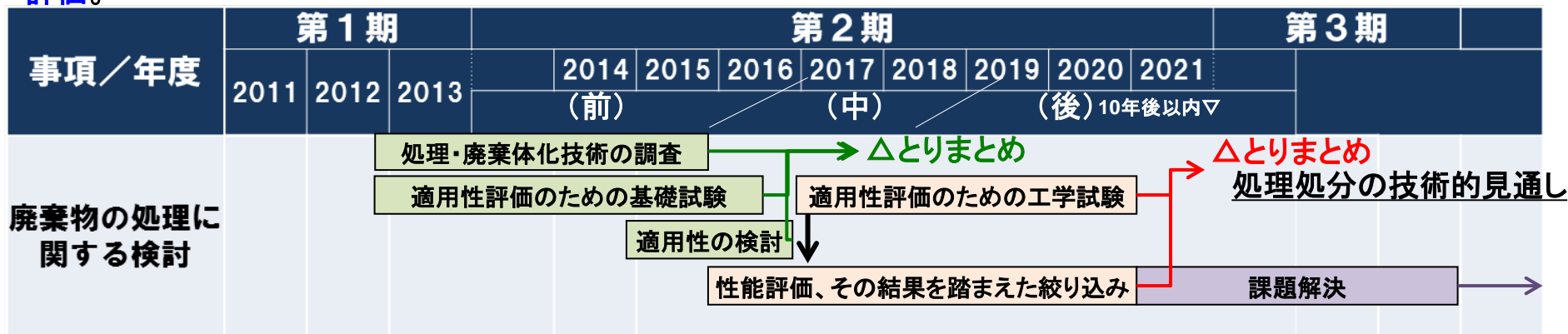
3. (3)廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討 (a) 廃棄物の処理に関する検討 (1/7)

【事業目的】

2017年度(平成29年度)取りまとめにおいて処理技術の第一次の絞り込みを実施。

→必要な技術情報及び基礎試験データの収集・整理。

- ・廃棄物の性状等を考慮した廃棄物の前処理技術及び廃棄体化技術の**評価手法の検討**、その絞り込みに向けて**不足する情報等の洗い出し**。
- ・汚染水処理装置等から発生する廃棄物の廃棄体化基礎試験、廃棄体化技術の評価に必要な**データの取得**。
- ・廃棄体化技術の調査結果、基礎試験及び廃棄物の性状や処分方策の検討状況を考慮した、**処理・廃棄体化技術の評価**。



【達成目標と目標達成の指標】

平成26年度まで:既存の廃棄物の前処理(減容)技術及び廃棄体化技術の調査、技術カタログとしてのとりまとめ。

廃ゼオライト、除染装置スラッジと多核種除去設備スラリーの廃棄体化基礎試験。

平成27年度:技術の絞り込みを想定した、評価に不足する情報等の洗い出し、整備。

多核種除去設備等からの廃棄物を対象とした廃棄体化の基礎試験、データの整理。

[指標] 不足情報の洗い出し、試験計画の見直し、廃棄体化基礎試験とデータの収集

3. (3) 廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(a) 廃棄物の処理に関する検討 (2/7)

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成の見込み】

表1 技術概要、適用性等をカタログとして整理した技術

廃棄物分類	減容技術	廃棄体化技術
粉粒体等廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ・脱水処理 ・乾燥処理 ・焼却処理 ・ガス化処理 	<ul style="list-style-type: none"> ・セメント固化 ・ジオポリマー固化 ・水ガラス固化 ・アスファルト固化 ・プラスチック固化 ・ガラス固化 ・熔融固化 ・焼結固化 ・水熱固化 ・HIP (Hot Isostatic Pressing) 固化 ・ペレット固化
雑固体廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮処理 ・熔融処理 ・切断処理 ・粉碎処理 ・焼却処理 ・ガス化処理 	<ul style="list-style-type: none"> ・モルタル充填固化

赤字: 基礎試験を実施するために選択した技術

表2 廃棄物リスト (汚染水処理二次廃棄物)

施設名	名称	施設名	名称
セシウム吸着装置 (KURION)	SMZ*	高性能多核種除去設備 (高性能ALPS)	SSフィルタ
	H*		Csコロイドフィルタ
	AGH*		Srコロイドフィルタ
	EH*		Cs/Sr同時吸着材
	KH*		Sb吸着材
	Cs/Sr同時吸着材		重金属吸着材
ろ過砂	Ru吸着材		
第二セシウム吸着装置 (SARRY)	IE-96*		キレート樹脂
	IE-911*		陰イオン交換樹脂
	Cs/Sr同時吸着材		AgZ
除染装置 (AREVA)	スラッジ		RO濃縮水処理設備
RO処理装置	MMFユニット		Cs/Sr同時吸着材
多核種除去設備 (ALPS)	RO処理装置	モバイル型ストロンチウム除去装置	SSフィルタ
	鉄共沈スラリー		ウルトラフィルタ
	炭酸塩スラリー		吸着材
	活性炭	第二モバイル型ストロンチウム除去装置	前置きフィルタ
	チタン酸塩		吸着材
	フェロシアン化合物	サブドレン他浄化設備	前処理フィルタ
	Ag添着活性炭		吸着材
	酸化チタン		
	キレート樹脂		
	樹脂系吸着材		
酸化セリウム			

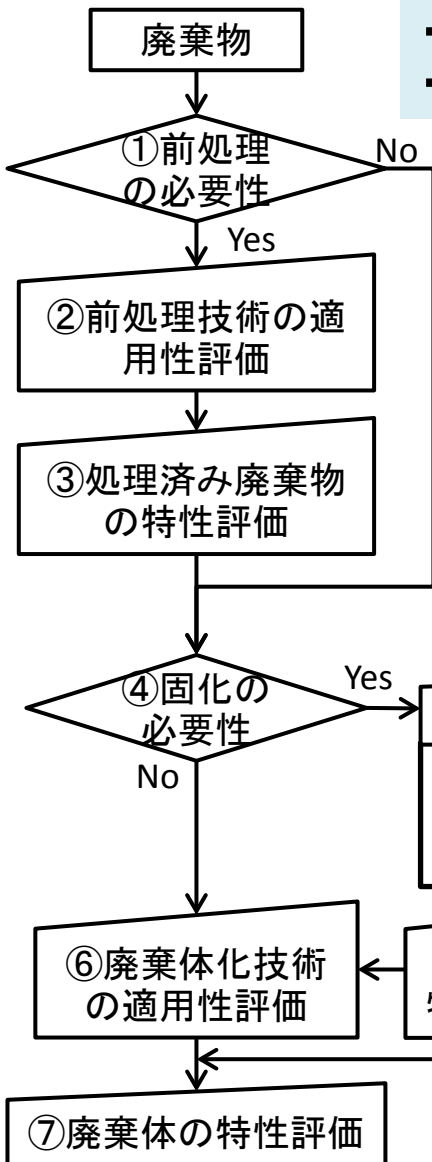
*: 吸着材の型式を示す

赤字: 基礎試験を実施する対象廃棄物 (主要組成が似通っているものは代表的な廃棄物を選択)

3. (3) 廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(a) 廃棄物の処理に関する検討 (3/7)

・2017年度(平成29年度)の第一次絞り込みでは技術的成立性によって判断。
 ・工学的実現性による絞り込みは2021年度(平成33年度)取りまとめにおいて実施。



- ①前処理の必要性(6点)
 - ・水を含んでいる
 - ・有害物質を含んでいる
 - ・有機物を含んでいる
 - など
- ②前処理技術の適用性評価(5点)
 - ・固化・廃棄体化に不必要な水分を除去できる
 - ・有害物質、廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質、有機物が処分に影響を与えない濃度まで消失している
 - など
- ③処理済み廃棄物の特性評価(3点)
 - ・状態(重量、性状、粒径、比重など)
 - など
- ④固化の必要性(5点)
 - ・現行の法規制から必要
 - ・安定性が不足
 - など
- ⑤固化技術の適用性評価
 - ⑤-1(6点)
 - ⑤-1 直接容器に固定化できない
 - ⑤-2 直接容器に固定化できる
 - ⑤-1-1(6点)
 - ・化学的に安定である
 - ・含水率を一定に保てる
 - など
 - ⑤-2
 - ・混練が容易である
 - ・充填率が高い
 - など
 - ⑥廃棄体化技術の適用性評価(2点)
 - ・保管・輸送における安全性が向上する
 - など
 - ⑦廃棄体の特性評価(4点)
 - ・一軸圧縮強度
 - ・温度、水素ガス発生量
 - など

図1 絞り込みスキーム(案)

3. (3)廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(a) 廃棄物の処理に関する検討 (4/7)

図1 絞り込みの試行例(除染装置から発生したスラッジ:一部抜粋)

④固化の必要性

現行の法規制から必要	保管、廃棄体化、処分場への輸送、処分施設操作中の物質の移動の可能性がある	安定性が不足	安全性が不足	放射性物質の閉じ込め性が不足
○	○	○	○	△:確認必要

↓
固化が必要である

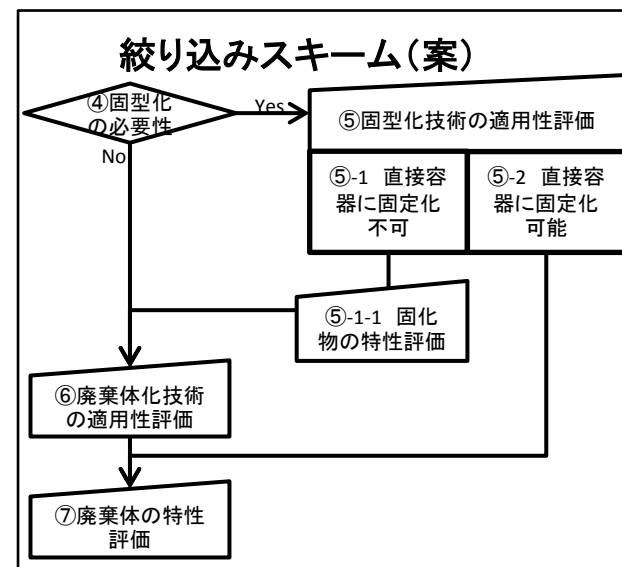
↓
固化の狙い:均質・均一固化体の作製

⑤固化技術の適用性評価 ⑤-1直接容器に固定化不可

	固化物が作製できる	固化物の取り扱いが容易である	減容効果がある、あるいは容積が増えない	長期間の安定性を有する	モルタル充てんの際に反応しない	
ガラス固化	○	○	○	○	○	前処理不要
溶融固化	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	前処理不要
焼結固化	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	
ペレット成型・圧縮固化	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	△:確認必要	

⑤固化技術の適用性評価 ⑤-2直接容器に固定化可能

	混練が容易である。粘性が低い	充填率が高い(30%以上)	硬化する(一日で硬化する)	長期間の安定性を有する	
セメント混練	○	○	○	△:確認必要	前処理必要
ジオポリマー	○	○	○	△:確認必要	前処理必要
水ガラス	○	○	×	△:確認必要	前処理必要



不足情報の洗い出しを
実施した

3. (3)廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(a) 廃棄物の処理に関する検討 (5/7)

固化基礎試験

- セメント固化&ジオポリマー（メタカオリン）固化試験：ケイチタン酸塩、Sb吸着材

ケイチタン酸(CST)とSb吸着材(Sb)をセメント及びジオポリマー(メタカオリン)で固化した結果、いずれも1日で硬化し、すべての30%充填固化試料が良好な強度(5MPa以上)を発揮することを確認した。



ケイチタン酸



Sb吸着材



セメント固化試料

(左: CST30%充填、右: Sb30%充填)

- ジオポリマー（SIAL）固化試験：スラッジ、鉄共沈スラリー、炭酸塩スラリー

スラッジ、鉄共沈スラリー及び炭酸塩スラリーのジオポリマー(SIAL)による固化試験の結果、いずれも1日で硬化し、養生後は良好な強度(5MPa以上)を発揮することを確認した。



SIAL固化試料(模擬廃棄物40%充填)

(左:スラッジ、中央:鉄共沈スラリー、右:炭酸塩スラリー)

- 焼結固化&ペレット固化試験：スラッジ、鉄共沈スラリー、炭酸塩スラリー、ゼオライト、ケイチタン酸塩、Sb吸着材

各模擬廃棄物の焼結固化・ペレット固化試験の結果、焼結固化体及びペレット固化体を作製できることを確認した。(右の写真は試験結果の一例)

[成型圧:約150 MPa, 焼結温度:500、900、1200℃]

ペレット固化体
(粘土鉱物20%添加)



焼結固化体
(粘土鉱物20%添加)



鉄共沈スラリー 炭酸塩スラリー ケイチタン酸塩

3. (3)廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(a) 廃棄物の処理に関する検討 (6/7)

表1 固化試験の進捗状況

試験計画の見直しを実施した

廃棄物分類			実施状況							
			混練				加熱			成型
グループ	発生源	名称	セメント		水ガラス	ジオポリマー (SIAL)	ガラス	熔融	セラミック	ペレット
			OPC	BB					焼結	
スラッジ スラリー系	AREVA	除染装置スラッジ	H25	H25	H25	H27	H25	H28	H27	H27
	ALPS	鉄共沈スラリー	H26	H26	※1	H27	H28	H27/28	H27	H27
		炭酸塩スラリー	H26	H26	※1	H27	H28	H27	H27	H27
無機化合物系	KURION/SARRY	H (ハーシュライト)/IE-96	H24	H24	※1	H28	H24	H28	H27	H27
	SARRY	IE-911(ケイチタン酸塩)	H27	H27	※1	H28	H28	H27/28	H27	H27
	ALPS	フェロシアン化合物	H28	H28	※1	H28	H28	H27/28	H28	H28
		チタン酸塩	H28	H28	※1	H28	H28	H27/28	H28	H28
		酸化チタン	H28	H28	※1	H28	H28	H27	H28	H28
	高性能ALPS	Sb吸着材	H27	H27	※1	※2	H28	H27	H27	H27
樹脂系	ALPS	キレート樹脂	H28	H28	※1	H28	H28	H27	H28	H28
		樹脂系吸着材(水酸化鉄)	H28	H28	※1	H28	※3	H27	H28	H28
フィルター系	高性能ALPS	Csコロイドフィルタ(ナイロン樹脂)	H28	H28	※1	※2	H28	H27/28	H28	H28
		Srコロイドフィルタ(ナイロン樹脂)	H28	H28	※1	※2	H28	H27/28	H28	H28

※1) 初期検討により、硬化に時間を要することが判明したため、試験対象から外した。

※2) 試験に必要な量が得られないため、試験対象から外した。

※3) 加熱後の組成が鉄共沈スラリーと同等のため、試験対象から外した。

H) 平成を「H」と表記した。発生源の欄の略称は22ページを参照のこと。

■ : 実施済み、 ■ : 今年度実施、 ■ : 実施予定

3. (3)廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討 (a) 廃棄物の処理に関する検討 (7/7)

平成28年度の計画

- ・廃棄体化評価スキームの改良

 - スキームの見直し

 - 評価要件の見直し、優先順位付け、定量化

 - 絞り込みの施行

 - 技術比較評価表の検討

- ・廃棄体化基礎試験

 - 計画に則った基礎試験の履行、基礎データの取得、絞り込みへの反映

3. (3)廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討 (b) 長期保管方策の検討 (1/5)

【事業目的】 【達成目標と目標達成の指標】

対象物		多核種除去設備スラリー	セシウム吸着塔 (第2を含む)
事業目的		スラリーの保管におけるリスクを低減するため、スラリーを安定化する方法の検討・提示	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水処理二次廃棄物の保管に関する健全性評価等の検討 ・ 現場の状況に応じた対策を検討・提示
達成目標と目標達成の指標	平成26年度までの成果	3つ(乾燥、ろ過、遠心分離)の技術を選定、コールド試験の実施	セシウム吸着塔の材料の腐食の検討の開始
	平成27年度の計画	多核種除去設備のスラリーの物性変化に対する実機装置の適用性試験 [指標] 安定化処理装置の選定要件の整理	実規模のセシウムの吸着分布を求める試験、吸着計算コードの妥当性の検証、分布から実機線量を評価するコードの整備 [指標] 解析コードの検証

3. (3) 廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(b) 長期保管方策の検討 (2/5)

平成26年度に抽出した3つの技術(乾燥、ろ過、遠心分離)の課題、及びスラリー性状を基に、平成27年度はスラリーの物性変化の影響を調べる実機装置を用いた試験を行うとともに、安定化処理装置の選定の要件を整理した。

(i) 平成26年度抽出課題整理結果

選定技術	平成26年度試験結果	課題	平成27年度重点検討項目
乾燥	○分離性能は良好 ○脱水物含水率：5%未満	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 自動排出性能が不十分 ➢ 粉体状となる脱水物の取扱性 	<ul style="list-style-type: none"> ① 処理能力と自動排出性能向上のため、伝熱効率に優れた機構及び脱水物の物性に応じた排出機構の検討 ② 消耗品の耐久性確認、及びメンテナンス方法の検討
ろ過	○分離性能は良好 ○脱水物含水率：40～50%	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 密閉性が不十分 ➢ メンテナンス作業性に難あり 	<ul style="list-style-type: none"> ① 非密閉構造のため、ダスト飛散防止対策の検討 ② 消耗品交換方法の検討
遠心分離	○分離性能が不十分 ○脱水物含水率：60～85%	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 脱水が不十分 ➢ 分離水にスラリーが混入 	<ul style="list-style-type: none"> ① 処理時間および②遠心加速度増加による固液分離性能の向上

(ii) 模擬スラリーの物性評価



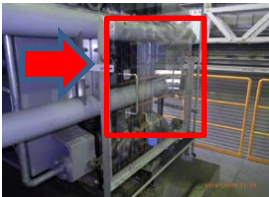

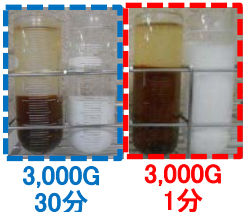
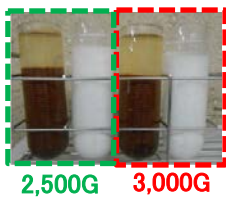
実スラリーの粒度分布が確定できておらず、スラリーの物性変化による分離性能の傾向を把握することを目的として、本年度研究では2種類の模擬スラリーを使用した。

	体積基準 粒度分布(μm)		密度(g/cm ³)		粘度(mPa・s)		蒸発残留物(×10 ⁵ mg/L)	
	炭酸塩	鉄共沈	炭酸塩	鉄共沈	炭酸塩	鉄共沈	炭酸塩	鉄共沈
模擬スラリーA(平成26年度と同方法により調製)	47～78	55～61	1.26	1.17	950	150	3.26	2.31
模擬スラリーB(クロスフローフィルタにより調製)	13～17	15～16	1.06	1.07	1420	2580	1.07	1.00
模擬スラリーB・高濃度(クロスフローフィルタにより調製)	8	—	1.09	—	3303	—	1.35	—
実スラリー(平成26年度研究報告書より)	13.6	—	1.08	1.05	—	—	1.48	1.04

3. (3) 廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(b) 長期保管方策の検討 (3/5)

(iii) 適用性試験結果

選定技術	試験結果		課題
乾燥	<p>①伝熱効率の向上と排出機構の検討</p>  <p>円盤加熱型乾燥方式の採用 ⇒自動排出が可能 ⇒脱水物の含水率5%未満を達成</p>	<p>②耐久性確認及びメンテナンス方法検討</p>  <p>消耗品:スクレーパ部 ⇒セラミック製スクレーパ:約4年間使用可能 密閉構造である加熱部内部での脱水物の飛散を確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○処理対象物の粘度を下記の値に調整する必要 ○スクレーパ交換時の被ばく低減対策 ○含水率が1%未満の場合、粉末状となる脱水物の回収方法
ろ過	<p>①ダスト飛散防止対策の検討</p>  <p>ろ布からの滴りや開板時の滴りにより装置外面にスラリーが蓄積(固着) ⇒装置全体を覆うことが必要</p>	<p>②消耗品交換方法の検討</p>  <p>ろ布交換用作業架台設置により、作業時間を20%短縮 ⇒被ばく線量の低減</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○飛散防止対策(装置全体の密閉化) ○密閉構造とした内部洗浄、ろ布交換等メンテナンス方法 ○耐放射線性のナイロン製ろ布の、強度向上及び装置走行性の改善
遠心分離	<p>①処理時間増による分離性能向上</p> <p>長時間処理でも分離性能に顕著な改善は確認できなかった</p>  <p>3,000G 30分 3,000G 1分</p>	<p>②遠心加速度増による分離性能向上</p> <p>遠心加速度増でも分離性能に変化はなし</p>  <p>2,500G 3,000G</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○更なる処理時間増+遠心加速度増が必要だが、対応可能な実規模装置がない ⇒処理は困難と判断
脱水物の性状	<p>水分脱着挙動</p> <p>含水率30%以上の脱水物 ⇒一定の含水率まで乾燥 含水率5%以下の脱水物 ⇒一定の含水率まで湿潤</p>	<p>有効熱伝導率</p> <p><炭酸塩> ろ過脱水物:0.27 W/(m*K) 乾燥脱水物:0.21 W/(m*K)</p>	<p>流動性</p> <p><炭酸塩乾燥物> 嵩密度:0.543g/cm³ タップ密度:0.787g/cm³ 安息角:45.6°</p> <p><鉄共沈乾燥物> 嵩密度:0.815g/cm³ タップ密度:1.027g/cm³ 安息角:35.4°</p>

3. (3)廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(b) 長期保管方策の検討 (4/5)

(iv) 安定化処理装置選定要件の整理結果

項目	選定要件	課題等
処理物性状	<ul style="list-style-type: none"> ○高粘性塑性流体を取り扱えること ○耐アルカリ性(pH 8~12)および耐腐食性(塩)を有すること 	○実スラリーの粘度が不確定要素である
脱水性能	<ul style="list-style-type: none"> ○含水率5%未満もしくは50%程度の脱水物を得られること ○分離水(ろ過水)のSS濃度が10ppm未満であること 	○脱水物の目標含水率の設定
飛散防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ○処理物や脱水物、分離水等の外部飛散防止を図れること 	○汚染範囲と外部とのバウンダリーの設定
被ばく低減対策	<ul style="list-style-type: none"> ○装置運転、メンテナンス(点検、消耗品交換等)が遠隔操作で行える機構を設けること ○異常時(装置異常停止時等)において、処理物や脱水物を装置から遠隔操作で排除(移動)可能となる機構を設けること 	○遠隔操作機器(ロボット等)を用いた装置操作やメンテナンス操作も想定する必要がある。
脱水物・二次廃棄物発生量	<ul style="list-style-type: none"> ○脱水物の回収率が95%以上であること ○分離水のSS濃度が10ppm以上の場合、再度脱水処理が行える循環機能を有すること ○二次廃棄物の発生量を極力抑えられること 	○回収率目標値の設定
脱水物保管容器、充填率	<ul style="list-style-type: none"> ○既定の容器に運搬・積載が可能であること ○容器表面線量率の基準を満たす遮蔽を設けられること ○発生ガスのベント機構を有すること ○熱による変形・破損がないこと ○長期保管を想定した素材や構造とすること ○安全に影響を与える物質等を含まないこと 	<平成28年度実施>
運転条件、処理量、処理速度	<ul style="list-style-type: none"> ○単独で配管内洗浄ができる機構を有すること ○運転状況を監視するカメラを有すること ○遠隔で操作を行えること 	<平成28年度実施>
設置場所条件、ユーティリティ、スケジュール、費用	<ul style="list-style-type: none"> ○建屋内設置、もしくは建屋外設置 ○電気、エア、水 ○付帯設備(クレーン、排気設備 等々) 	<平成28年度実施>

3. (3)廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討

(b) 長期保管方策の検討 (5/5)

実施状況

- 第二セシウム吸着装置の吸着塔の実規模試験体(図1)を用いてセシウム吸着分布測定試験を実施した。
- 吸着材を垂直方向に採取するための治具を選定し、深さ約1mまでの吸着材試料を29分割で採取し、セシウム濃度分布を測定した。
- 測定値(◆)と吸着コードZAC解析(破線)の比較結果(図2)では、表層において測定値と解析値が一致している。深層では測定値が高い差異が認められ、最深部で顕著であった。
- 表層の高セシウム濃度試料が採取治具に混入すると、測定値に誤差(◇)が含まれるため、高精度の比較には混入防止が必要である。
- 整備した線量評価コードにより、吸着分布に基づく試算を行った。



図1 吸着など各種の試験に用いる実規模吸着塔の外観

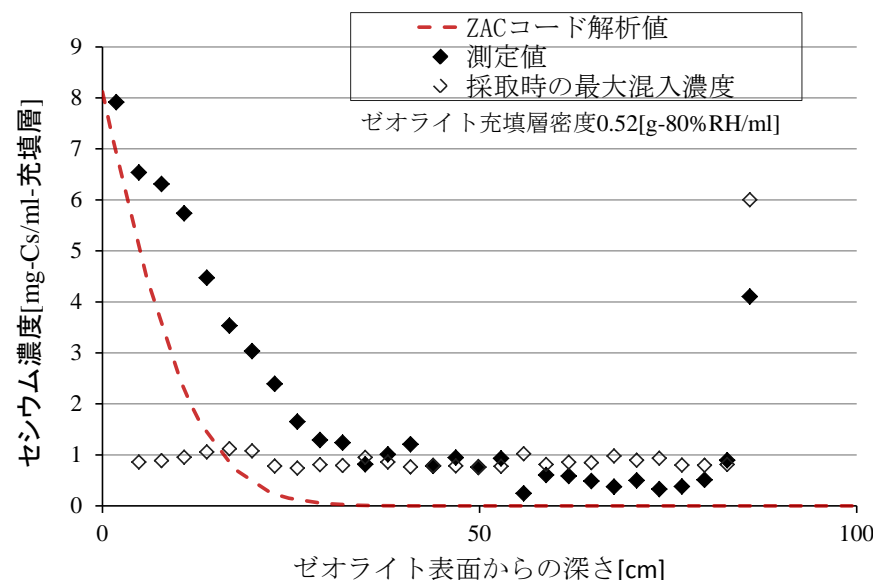


図2 充填層体積当りのセシウム吸着分布

今後の予定

- 混入防止治具を用いて、垂直及び水平方向のセシウム吸着分布を高精度で測定し、吸着コード解析値の妥当性を検証する。
- 吸着、線量コードに必要な改良を行う。

3. (4)廃棄物の処分に関する検討

(a)処分概念の特徴整理、調査

【事業目的】

浅地中処分の処分システムの応答特性を提示するとともに、事故廃棄物の処理技術オプションを考慮した場合の核種移行等に対する影響を提示する。また、処分施設設計等を行い、安全評価手法案、解析ケース案の見直しを行う。

(b)廃棄物の性状を考慮した処分概念の検討

【事業目的】

平成26年度に収集した廃棄物の情報や分析データを反映して再設定した解析ケースに基づき、事故廃棄物の処分区分の検討を行うとともに重要核種の抽出を行う。また、感度解析に基づき、処分の安全性を向上させるため要件等を抽出し、適切な処分概念・安全評価手法を設定するための基礎情報としてまとめる。

(c)新たな処分概念等の検討

【事業目的】

異なる放射能レベルの廃棄物から構成されるだけでなく、膨大な量の発生が見込まれ、既存の処分概念をそのまま適用することが難しいと考えられる解体廃棄物等について、既存の処分概念を適用するための要件を抽出し、技術的な課題を整理する。

福島第一事故廃棄物の処分に関する検討の特徴

◆既存の廃棄物の処分に関する検討(既存の評価レポート)

「廃棄物の性状把握によってほぼ確定されたインベントリや想定・意図された処分概念を用いることで、対象とする廃棄物の処分の安全性等を論拠を持って提示すること」を主要な目的として作成。

- 不確実な情報は、基本的に保守的に考慮することで対応



◆福島第一原子力発電所廃棄物の処分に関する検討

- 廃棄物の性状、発生量が十分把握されていない(インベントリ、物量情報が不確定)。
- 適用する処分概念が決まっていない。
- 不確実性を考慮しつつ、適切と考えられる処分概念を選定すること【**処分の安全性を考慮した廃棄物分類(処分区分)の検討**】が主要な課題

- ✓ 処分区分の検討においては、特定の概念の評価が不当にならないようにモデル、パラメータ値等の選定において**横並びの考慮**が必要。(不確実な情報を無条件に保守的に扱う操作は適切でない)

処分を考慮した廃棄物分類(処分区分)の検討の進め方

- ◆ データの蓄積を待つことなく、得られる廃棄物情報に基づき、これまで蓄積された処分技術や知識を用いて廃棄物分類(処分区分)に関する定量的な検討を行う。
- ◆ 廃棄物の性状把握の進展に合わせてこれらの評価を繰り返し実施し、これらの評価の信頼性を向上させながら適切な廃棄物の処分区分を示していく。



不確実性が高い現段階における処分の検討の役割

- ◆ 処分区分の検討を通じて、廃棄物の管理戦略の構築や廃棄物の管理施設の立案と計画等に影響を与える重要な廃棄物や核種に関する情報を提供する。
- ◆ 処分区分の検討を通じて、評価に影響を与えるシナリオ、パラメータの設定手法、論拠等を整備し、複数の処分概念を横並びで評価するための安全評価手法を整える。

処分区分の検討内容

既存の処分概念に関する情報

廃棄物特性
・物量/インベントリ
・含有物等

暫定的な廃棄物分類
(処分区分)

(a) 処分概念の特徴整理調査

◆ 評価の前提条件の整備

- (1) 処分システムの応答特性の把握
- (2) 福島第一事故廃棄物の影響特性の把握
- (3) 安全評価の前提条件の検討
 - (i) 処分施設仕様の検討
 - (ii) サイトモデルの検討
 - (iii) 安全評価手法(シナリオ、モデル、パラメータ、解析ケース)の検討

*複数の処分概念の横並びでの評価に基づく廃棄物の処分区分は、シナリオ、パラメータの設定値に強く依存する。論拠のある適切な設定が重要

(b) 廃棄物の性状を考慮した処分概念の検討

◆ 安全評価に基づく廃棄物の処分区分と既存の処分概念を対象とした適用可能な処分概念の検討

- (1) 廃棄物分類(処分区分)の検討及びそれに基づく重要核種の抽出
- (2) 感度解析に基づく、処分の安全性を向上させるための要件等の抽出
- (3) 適切な処分概念・安全評価手法を設定するための基盤情報の提示

(c) 新たな処分概念等の検討

新たな処分概念を対象とした適用可能な処分概念の検討

- (1) 新たな処分概念の構築に向けた課題の抽出

廃棄物ストリームの検討
実現性、経済性、社会性
等の総合的な観点からの
適切な処分方法の検討

処分概念
の候補案
の提示

フィードバック(新たな要求事項)

(a) 処分概念の特徴整理調査

(1) 処分システムの応答特性の検討

【達成目標と目標達成の指標】

処分概念の特徴を把握するために、浅地中処分の処分システムの応答特性を提示する。

○平成27年度の成果

- ◆ 地層処分、余裕深度、ピット、トレンチの概念に対する近似解析解の導出
- ◆ 処分システムの応答特性の提示

(2) 事故廃棄物の影響に関する検討

【達成目標と目標達成の指標】

事故廃棄物の処理技術オプションを考慮した場合の核種移行等に対する影響を提示する。

○平成27年度の成果

平成27年度は処理技術オプションを考慮した検討を行い、処理前後の影響因子による影響の種類や伝播経路の違いを整理し、それらと核種移行パラメータとの関係を提示した。

(3) 安全評価の前提条件の検討

【達成目標と目標達成の指標】

処分施設設計等を行い、安全評価手法案、解析ケース案を見直し、再設定する。

○安全評価の前提条件の設定

- (i) 処分施設仕様の概略的な検討
- (ii) サイトモデル(地質環境条件等)の検討
- (iii) 安全評価手法(シナリオ、モデル、パラメータ、解析ケースの設定)の検討



安全評価

(i) 処分施設仕様の概略的な検討

○平成27年度の成果

- ◆発熱性を考慮した各概念の処分施設仕様(処分施設の埋設密度等の試算【平成27年度版】)
- ◆安全評価の前提条件として提示

対象廃棄物の処分廃棄体の想定

処分廃棄体	廃棄体寸法	充填割合	廃棄体内容積(m ³)
キャニスター	外径0.44m×高さ1.35m	0.24	0.15
1.6角型容器	幅1.6m×奥行1.6m×高さ1.6m	0.24：燃料デブリ 1：瓦礫、伐採木、解体廃棄物 0.5：それ以外	1：燃料デブリ 1.5：圧力容器廃棄物(事故前L1相当) 3：それ以外
ボックスパレット	幅1.6m×奥行1.6m×高さ1.2m	1：瓦礫、伐採木、解体廃棄物	2.25：瓦礫、伐採木、解体廃棄物
200Lドラム缶	外径0.6m×高さ0.9m	0.5：瓦礫、伐採木、解体廃棄物以外	0.2：瓦礫、伐採木、解体廃棄物以外



JAEA HPより
キャニスター



平成21年度地下空洞型処分施設性能確認試験報告書より
1.6角型容器



株式会社E&EテクノサービスHPより
ボックスパレット



産業科学株式会社HPより
200Lドラム缶

(ii) サイトモデルの検討

代表的なサイト条件を表すサイトレファレンスモデルと複数のサイトバリエーションモデルを設定。

サイトモデル	サイトモデルの要素			処分概念	主要なサイトモデルパラメータ						
	立地地形	排出域	生活圏評価モデル		河川流量 (m ³ /y)	地下水タイプ	動水勾配	実流速 (m/y)	帯水層ダルシ一流速 (m/y)	母岩ダルシ一流速 (m/y)	母岩透水性
サイトレファレンスモデル (平野-河川)	平野	河川	温暖/河川水	トレンチ	1E+08	降水	0.01	365	—	—	—
				ピット				—	10	1	—
				余裕深度				0.21	—	—	—
				地層処分				—	—	—	—

* TRU2: TRU2次レポート

(iii)安全評価手法(シナリオ、モデル、パラメータ、解析ケース)の検討

対象とする評価シナリオと目安線量

	処分概念	基本		変動		自然事象	人為事象	濃度制限
		地下水移行(ガス)	自然現象/土地利用	地下水移行(ガス)	自然現象/土地利用			
*1 目安線量	トレンチ処分	10μSv/y		300μSv/y		1mSv/y		規定なし
	ピット処分							
	余裕深度処分	10μSv/y	対象外*2	300μSv/y	対象外*2	対象外*2	20mSv/y*2	20mSv/y*2
	地層処分	規定なし						対象外

*1：第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈参照

*2：(案) 炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について平成28年1月25日原子力規制庁 参照

核種移行モデル

処分概念	核種移行モデルの参照先
トレンチ処分	浅地中トレンチ処分の安全評価手法(日本原子力学会、2013)
ピット処分	浅地中ピット処分の安全評価手法(日本原子力学会、2012)
余裕深度処分	余裕深度処分の安全評価手法(日本原子力学会、2008)
HLW地層処分	HLW第2次取りまとめ(核燃料サイクル開発機構、1999)
TRU地層処分	TRU2次レポート(核燃料サイクル開発機構、2005)

(b) 廃棄物の性状を考慮した処分概念の検討

- ◆ 平成27年度設定のインベントリ等の情報に基づいて、個々の廃棄物ごとに処分区分を評価し、重要核種を抽出した。また、感度解析等に基づき処分の安全性を向上させるための要件や適切な処分概念・安全評価手法の設定に資する基盤情報をまとめた。

(c) 新たな処分概念等の検討

- ◆ 物量が多い廃棄物を対象とした新たな処分概念の構築に向けての検討項目案とその課題抽出を実施した。

今後の進め方

- ◆ 横並び評価のための安全評価手法の整備を継続する。
- ◆ 見直されたインベントリ、物量や最新の知見を用いた処分区分の検討を繰り返し実施する。
- ◆ 個々の廃棄物ごとのバリアの強化策や合理化策を定量的に提示し、基盤情報として整備する。
- ◆ インベントリや物量等の不確実性を考慮するため、廃棄物ごとに適用可能な処分概念を示すだけでなく、処分概念ごとに受け入れ可能な廃棄物の特性、範囲を提示する。



処分概念ごとに基準を満足するインベントリ、廃棄物中の核種濃度、核種溶出率などの基準線量に相当するパラメータ値の条件(成立条件)の設定に関する検討を実施する。

3. (5) 研究開発の運営 (1/2)

【実施状況と現状の課題】【今後の予定と目標達成見込み】

- 中長期的視点での人材育成

筑波大学大学院での特別講義の講師を7月14日に受任し、学生に対する廃炉の必要性等について啓蒙した。

- 国内外の叡智の結集

平成26年度からOECD/NEAに専門家グループを設置し、諸外国の専門家から意見・アドバイスを受け、今後の計画に反映する。今年度は第4回会議が9月29日～10月1日に、第5回会議が1月20日～22日に開催され参加した。

日本原子力学会特別専門委員会については、NDFを主体としたレポート作成体制が構築されたことなどにより体制が整えられたことから、今年度の活動は見送ることとした。

今年度も継続して研究機関(米国カリフォルニア大バークレー校、電力中央研究所)の知見を得つつ実施した。

- 廃炉作業や他の研究開発との連携

「東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」の各プロジェクト間の関連を考慮し、得られた成果が廃炉作業や他の研究開発にどのように寄与するのか整理し、関連プロジェクトと共有した。特に、別途公募されている「燃料デブリの性状把握」と連携・調整して総括的な検討ができるよう情報交換を行った。

3. (5) 研究開発の運営(2/2)

- 研究の管理

本事業に係る関係者が一堂に会した会議を毎月定期的を実施し、研究開発のスケジュールと進捗状況を共有するとともに、発生した問題点等についてその解決方針等を定め、それに則り対策を図った。

- 福島第一原子力発電所等における作業管理

IRIDと東京電力間で「福島第一原子力発電所の廃炉に向けた取り組みに関わる覚書」を取り交わし、東京電力の協力のもと必要となる管理体制を構築し、適切な安全対策を実施した。

- 事業の報告

平成27年度中間報告を9月25日、平成28年4月19日に実施した。

- 情報発信の充実

本事業の成果について日本原子力学会(平成27年度秋の大会:13件、平成28年度春の大会:4件)や海外機関等が開催する国内外の学会(LABONET等)での発表により対外的に成果を報告した。さらに、7月23日に開催されたIRIDシンポジウムで、実施内容等について報告・公開した。

4. (1) 実績スケジュール(平成27年度分のみ記載)

実施内容	平成27年度											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1 研究開発成果の統合												
① 廃棄物ストリームの検討	検討計画	▽					廃棄物ストリームの見直し、絞り込み方法の検討					中間まとめ▽
② 事故廃棄物情報管理ツールの開発	検討計画	▽				整備・管理方針の検討		改訂データ集の公開	方針検討・データ収集			中間まとめ▽
2 性状把握												
① 分析計画の検討	分析計画	▽						見直し	▽	計画改訂		次年度分析計画▽
② 廃棄物試料の採取		採取		輸送準備	輸送		採取	輸送	▽	準備	▽	返還輸送
							採取方法検討					採取方法まとめ▽
③ 廃棄物試料の分析												分析の実施(一部外注)・順次結果を報告
												中間まとめ▽
												輸送容器設計検討(外注)
												安全解析書まとめ▽
④ 廃棄物のインベントリー評価	検討計画	▽				分析データに基づく評価			インベントリーデータセット	▽	見直し	改訂インベントリー▽
												解析モデル基礎データの収集
												基礎データ
												中間まとめ▽
												解析的評価モデルの不確実性の検討(外注)
												改善方法まとめ▽
⑤ 難測定核種分析の検討	検討計画	▽				Sn-126分離フロー適用性、Pd-107分離フロー検討						中間まとめ▽
												キャピラリー電気泳動法・レーザー共鳴電離質量分析法の基礎試験、設計検討
												基本設計まとめ▽
3 廃棄物の処理及び長期保管方策の検討												
① 廃棄物の処理に関する検討	検討計画	▽				不足情報の整理	不足情報	▽	調査、情報の追加			改訂計画、中間まとめ▽
												廃棄物体化基礎試験
												中間まとめ▽
② 長期保管方策の検討												スラリー安定化適用性試験
												装置選定要素整理、中間まとめ▽
	検討計画	▽										セシウム吸着塔吸着試験、計算コード検証
												中間まとめ▽
4 廃棄物の処分に関する検討												
① 処分概念の特徴整理、調査												処分概念の特徴を把握するための浅地中処分の処分システムの応答特性の提示(外注)
												処理技術オプションを考慮した場合の核種移行等に対する影響の提示(外注)
												処分施設設計等に基づく、安全評価手法案、解析ケース案を見直し、再設定(外注)
② 廃棄物の性状を考慮した処分概念の検討												見直した解析ケースに基づく廃棄物の処分区分および重要核種の設定(外注)
												安全性を向上させた要件等の設定(外注)
												処分概念・安全評価手法を設定するための基礎情報の提示(外注)
③ 新たな処分概念等の検討												新たな処分概念の構築に向けた課題の抽出(外注)
④ ①～③検討の前提条件、手法等の提示・結果の整合性、妥当性等の確認整理	計画検討・条件整理	▽					条件の見直し等					条件の見直し等
												中間まとめ▽
												計画検討・条件整理
												条件の見直し等
5 研究開発の運営												
① 国内外の観智の結集						OECD/NEA専門家会合			▽	会合		▽
② 事業の報告									▽			
③ 情報発信の充実							▽					成果パンフレット
							シンポジウム					

4. (2) 進捗管理表

実施内容	当期におけるマイルストーン		達成状況	要因	対応策	備考
		計画時期				
1. 研究開発成果の統合						
①廃棄物ストリームの検討	中間まとめ	3月	終了			
②事故廃棄物情報管理ツールの開発	中間まとめ	3月	終了			
	改訂データ集の公開	9月	終了	データ収納ツールの作成に時間を要したため	9月中に公開手続き終了予定	11月26日公開 他工程への影響なし
2. 性状把握						
①分析計画の検討	分析計画	11月	終了			
②廃棄物試料の採取	試料の輸送	2月	終了			第1便7月28日 第2便9月18日 第3便10月30日 第4便2月17日
③廃棄物試料の分析	中間まとめ	3月	終了			
	安全解析書まとめ	3月	終了			
④廃棄物のインベントリ評価	改訂インベントリ	3月	終了			
	中間まとめ	3月	終了			
	改善方法まとめ	3月	終了			
③難測定核種の検討	中間まとめ	3月	終了			
	基本設計まとめ	3月	終了			
3. 廃棄物の処理及び長期保管方策の検討						
①廃棄物の処理に関する検討	中間まとめ	3月	終了			
②長期保管方策の検討	中間まとめ	3月	終了			
4. 廃棄物の処分に関する検討						
①処分概念の特徴整理、調査	中間まとめ	3月	終了			
②廃棄物の性状を考慮した処分概念の検討	中間まとめ	3月	終了			
③新たな処分概念の検討	中間まとめ	3月	終了			
④整合性、妥当性等の確認整理	中間まとめ	3月	終了			
5. 研究開発の運営						
①国内外の叢智の結集	OECD/NEA会合	1月	終了	事務局との調整により今年度は9月と1月に実施	9月と1月に参加	9月29日-10月1日 1月20日-22日
②事業報告	中間報告	9月	終了			9月25日
③情報発信の充実	成果パンフレット	3月	終了			3月発行

実施体制

平成27年度

技術研究組合国際廃炉研究開発機構

- 全体計画の策定と技術統括(①～⑤)
- 技術開発の進捗などの技術管理(①～⑤)
- 技術開発の実施に係る調整(①～⑤)

東京電力株式会社

- 開発調整(①,②)
- 運営補助(⑤)

日本原子力研究開発機構

- 技術開発総括(①～④)
- 開発実施(①～④)
- 運営補助(⑤)

日立GE

- 開発実施(①,②)

東芝

- 開発実施(①,②,③)

三菱重工業

- 開発実施(①,②)

アトックス

- 開発実施(③)

東京工業大学(①)

ガンマ線測定を用いた廃棄物管理手法に関する研究開発

(株)クインテッサジャパン(①)

事故廃棄物の研究開発用情報の管理技術に関する調査・整理(I)

エイ・ティ・エス(株)(②)

B型輸送容器の設計

(株)日立物流(②)

核燃料汚染物分析用試料の福島第一原子力発電所への返還輸送業務

(株)アシマ(②)

バックエンド技術開発建家関連施設運転保守業務請負作業

三菱マテリアルテクノ(株)(②)

バックエンド技術開発建家受電設備点検整備作業

三菱マテリアルテクノ(株)(②)

バックエンド技術開発建家計装設備点検整備作業

日進技研(株)(②)

高性能エアフィルタ装置総合捕集効率測定作業

日立アロカメディカル(株)(②)

放射線測定機器の点検校正

(株)アセンド(②)

福島汚染水処理二次廃棄物の性状調査に係る分析・試験に関する業務請負作業

アサヒブリテック(株)(②)

性状把握の試験分析廃液等の収集運搬及び処分作業

検査開発(株)(②)

福島汚染水及び汚染水処理二次廃棄物に関するβ核種分析に係る業務請負作業

ニュークリア・デベロップメント(株)(②)

事故廃棄物の放射能分析

日本核燃料開発(株)(②)

水処理二次廃棄物の性状調査

三菱マテリアル(株)(②)

廃ゼオライト中のインベントリ評価に向けた核種収着挙動に関するデータ取得・評価

高度情報科学技術研究機構(②)

放射能インベントリ評価のためのデータ計算・グラフ作成ツールの作成

(株)アート科学(②)

キャピラリー電気泳動法によるα線放出核種の分取試験

ユニオン昭和(株)(③)

汚染水処理二次廃棄物の圧縮固化及び焼結固化試験

栗田工業(株)(③)

模擬スラリーの製作

(株)日立物流(①)

試料の輸送(福島第一から茨城地区)

電力中央研究所(①)

瓦礫、植物等のインベントリ推算委託

ココヨ(株)(⑤)

資料・データ整理

富士電機(株)(③)

ジオポリマーによるスラリー等固化試験

富士産業(株)(③)

固化体の浸出液に含まれる成分の分析作業

(株)ウイジブルインフォメーションセンター(③)

線量評価コード・モデル改良

(株)アセンド(③)

SARRY試験体を用いたセシウム吸着分布試験

日揮(株)(④)

事故廃棄物に対する処分概念の適用性に関する調査・整理(I)

ニュークリア・デベロップメント(株)(①)

廃棄物ストリームに関する物質収支及び放射能収支作業の助成

MHIニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング(株)(①)

廃棄物ストリームに関する情報整理作業の助成

(株)荏原製作所(③)

乾燥試験

化学物質評価研究機構(③)

分析・測定

三菱マテリアル(株)(④)

事故廃棄物の影響因子・伝播に関する技術情報の調査・整理(I)

カリフォルニア大バークレー校(④)

事故廃棄物の臨界に関する特性に関する検討委託

【担当業務の凡例】

- ① 研究開発成果の統合
- ② 性状把握
- ③ 廃棄物の処理に関する検討及び長期保管方策の検討
- ④ 廃棄物の処分に関する検討
- ⑤ 研究開発の運営