

2023/7/14時点

原子力機構のバックエンド対策の現状と課題

<前回会合のご質問コメントへの回答>



令和5年8月30日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
バックエンド統括本部

1. バックエンド対策 方針及び組織について
2. 廃止措置について
3. 廃棄体化、埋設について
4. 技術開発について

1. バックエンド対策方針及び組織 について

バックエンド対策の必要性・重要性

- 多種多様な研究施設の廃止措置経験・マネジメント経験が少ない。
- 将来処分場が運用開始となっても、埋設可能な廃棄体作製の準備が終了していない
- 自施設の廃止措置や廃棄物処理を合理的に進める方策が個別の拠点で整備できない

解決策

施設の特性に応じた**廃止措置経験を積み上げていく**
 廃棄体作製に係る**基準類を定め埋設施設設置までに廃棄体を製作する**
 廃止措置及び廃棄体化を効率的に進めるため**早期の技術開発と現場実装を行う**

【第4中長期計画の全体戦略】

安全の確保を最優先としつつ、限られた資源及び人材を活用し、原子力施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理処分を円滑かつ計画的に実施

廃止措置

- 施設の特性に応じた廃止措置経験の積上げ
- 合理的な廃止措置の推進と知見の共有

核燃料・廃棄物処理

- 廃棄体化に必要な基準類の策定、品質保証に必要なデータ取得
- 集約管理

バックエンド 対策の全体最適化

技術開発及び現場実装

- 共通的な課題の解決
- リスクやバックエンド対策費用の低減

人材育成

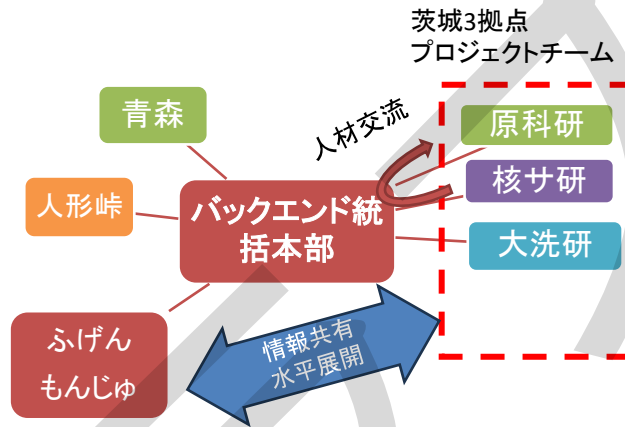
- 若手技術者の廃止措置経験の蓄積・技術継承
- バックエンドを担う人材の教育

安全の確保を最優先としつつ、限られた資源及び人材を活用し、原子力施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理処分を円滑かつ計画的に実施していくため、バックエンド統括本部と拠点との連携により、共通的な課題への技術開発と現場実装を進めるとともに、各分野に必要な基準整備、人材育成及びモデル事業に取り組む。

廃止措置

【茨城3拠点プロジェクトチーム】

- バックエンド対策の推進に影響する課題等に対する拠点レベルでの対策の検討及びモデル事業の知見共有と拠点横断的な課題等の検討をバックエンド統括本部と多くの廃止施設を持つ茨城3拠点(副所長クラス)が連携し進めていく



技術開発及び現場実装

【技術開発戦略】

- 組織横断的な実施体制を構築して安全確保を含む共通的な課題やバックエンド対策費用を削減する課題を優先して実施し、現場実装を進める

バックエンド統括本部

連携

拠点シーズ部署

協働

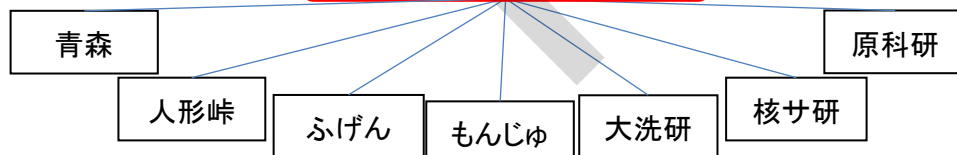
拠点ニーズ部署

核燃料・廃棄物処理

【廃棄体製作基準検討委員会】

- 廃棄体製作の基準類やマニュアルの策定や改定と品質保証に必要なデータの取得計画、重要な課題の実施方針などをバックエンド統括本部(廃棄体化、埋設担当部署)が事務局として各拠点バックエンド担当部署を集めて議論

バックエンド統括本部



人材育成

【廃止措置講座及び人事交流】

- 廃止措置、廃棄物管理などバックエンド対策について学習するとともに、優先廃止措置実施施設での経験の蓄積・技術継承を図る
- 人事交流を介してマネジメントの経験を積む

バックエンド統括本部

教育

人事交流

各拠点のバックエンド部署の新人や実務者

2. 廃止措置について

廃止措置の方針(バックエンドロードマップ<平成30年12月26日>より一部抜粋)

- リスク低減効果の大きな施設**(核燃料物質を含む放射性物質の保有量が大きい施設等)及び**コスト削減効果の大きな施設**(維持管理費の高い施設等)を優先。
- 当面の廃止措置の目標:原則として、**管理区域解除**まで⇒施設が抱えるリスクは一般施設と同等
(なお、施設内での解体廃棄物保管のため、廃棄物の保管施設として利用継続も可)
- 第1期(～令和10年度):当面の施設の安全確保(新規制基準対応、耐震化対応、高経年化対策及びリスク低減対策)を優先しつつ、以下の施設の廃止措置を進める。
・**もんじゅ、ふげん、東海再処理施設**、廃棄物発生量の少ない比較的規模の小さい施設

もんじゅ、ふげん、東海再処理施設以外の原子力施設(36施設)の廃止措置の状況

- 施設への後年度の配賦予算が不透明⇒**施設の具体的な廃止措置の将来計画の策定が困難**(複数年契約や解体廃棄物発生量の算出が困難 等)
- 従来の単年度契約による廃止措置では、施設への配賦予算確定後に、作業内容の検討、許認可手続き、契約行為を経て、現場作業(教育・訓練、後片付け含む)を行う⇒**解体・撤去作業期間は最大でも5か月程度/年**
- 廃棄物貯蔵施設の保管容量のひっ迫⇒**解体廃棄物の搬出量の制限**(処理と搬出のバランス)
- 核燃料物質等の集約の遅延**(安定化処理、輸送容器整備等)、他施設への**機能移転の遅延**(設備整備)
- 除染・解体等の**廃止措置に係る工事を担うメーカーが少ない**(工事の需要と供給のバランス) 等

廃止措置が計画的・効率的に進まない(高経年化等による施設が抱える**リスク**や維持管理等の**コスト**も**増加**)

対応方針の見直し

リスク低減を優先して廃止措置を進める施設の優先順位を決め、限られた原資を集中
⇒廃止措置により得られた原資を次の施設の廃止措置に充当し、施設の廃止措置の加速を目指す。

機構の原子力施設(廃止措置対象施設)が保有する放射性物質・危険物による主なリスク

	運転停止時(保有量:多、リスク:高)	廃止措置(取扱量:少or無)	廃止措置対象施設
高放射性廃液	沸騰・水素滞留・ <u>漏えい</u> ・ <u>被ばく</u> 等	-(ガラス固化処理)	東海再処理施設
プルトニウム	臨界・水素滞留(溶液)・ <u>漏えい</u> ・ <u>被ばく</u> 等	<u>漏えい</u> ・ <u>被ばく</u>	東海再処理施設、Pu-2、燃料研究棟等
使用済燃料	臨界・溶融・ <u>被ばく</u> ・ <u>漏えい</u> 等	-(施設外へ搬出)	ふげん、もんじゅ、東海再処理施設等
ウラン	臨界・ <u>漏えい</u> ・ <u>被ばく</u> 等	<u>漏えい</u> ・ <u>被ばく</u>	東海再処理施設等
ナトリウム	火災等	-(取出し・除染)	もんじゅ
有機溶媒	火災等	-(取出し・除染)	東海再処理施設

廃止措置を進める施設(残る36施設)の優先順位の選定プロセス

- ・廃止措置対象施設であっても管理区域が解除されるまでは、原子力施設特有の管理が必要であり、万一のトラブル発生時には運転中の施設と同様な対応が必要
- ・廃止措置対象施設の共通的なリスク(放射性物質の漏えいと被ばく)・機能(放射性物質の閉じ込め機能)
- ・放射性物質による影響度の大小を区分:プルトニウム、 α 核種>ウラン、 β ・ γ 核種>汚染なし
- ・プルトニウムは閉じ込め機能が維持されたグローブボックス内で取扱われ、廃止措置段階においても閉じ込め機能の管理が必要 ⇒ プルトニウム系グローブボックスを有する施設(8施設)を選定
- ・8施設のうち、廃止措置後の大幅な維持管理費(億円規模/年間)の削減、速やかな廃止措置の着手(核燃料物質等の搬出及び他施設への機能移転の終了・見込み、解体廃棄物の保管場所の確保等)が可能かどうか ⇒ 再処理特別研究棟、Pu研究1棟、Pu-2、燃料研究棟を廃止措置を優先する施設として選定

原子力施設の廃止措置の予定

	第3期中長期 (H27～R3)	第4期中長期以降 (R4～)	合計
原子炉施設		敦賀: もんじゅ、ふげん 原科研: TCA、FCA、TRACY、JRR-2、JRR-4 大洗研: DCA、JMTR 青森研: 関根施設(むつ)	10
使用施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ウラン濃縮研究棟 ・保障措置技術開発試験室 ・PWSF ・燃料製造機器試験室 ・原子炉特研(核燃料使用施設) 	原科研: ホットラボ(核燃料物質保管部)、ホットラボ(解体部)、放射性廃棄物処理場の一部、 再処理特別研究棟 、JRR-1残存施設、核燃料倉庫、TPL、 Pu研究1棟 、FNS、バックエンド技術開発建家 核サ研: Pu-1 、 Pu-2 、J棟、B棟、東海地区ウラン濃縮施設、応用試験棟、A棟 大洗研: JMTRホットラボ、 AGF 、 燃料研究棟 、 MMF 、 MMF-2 、Na分析室、NUSF 人形峠: 濃縮工学施設、製錬転換施設	31
再処理施設		核サ研: TRP	1
加工施設		人形峠: ウラン濃縮原型プラント	1
RI施設		原科研: 環境シミュレーション実験棟 敦賀: 重水精製建屋	2
	5	40	45

赤字: 廃止措置を優先する施設

下線: GBを有するプルトニウム取扱い施設

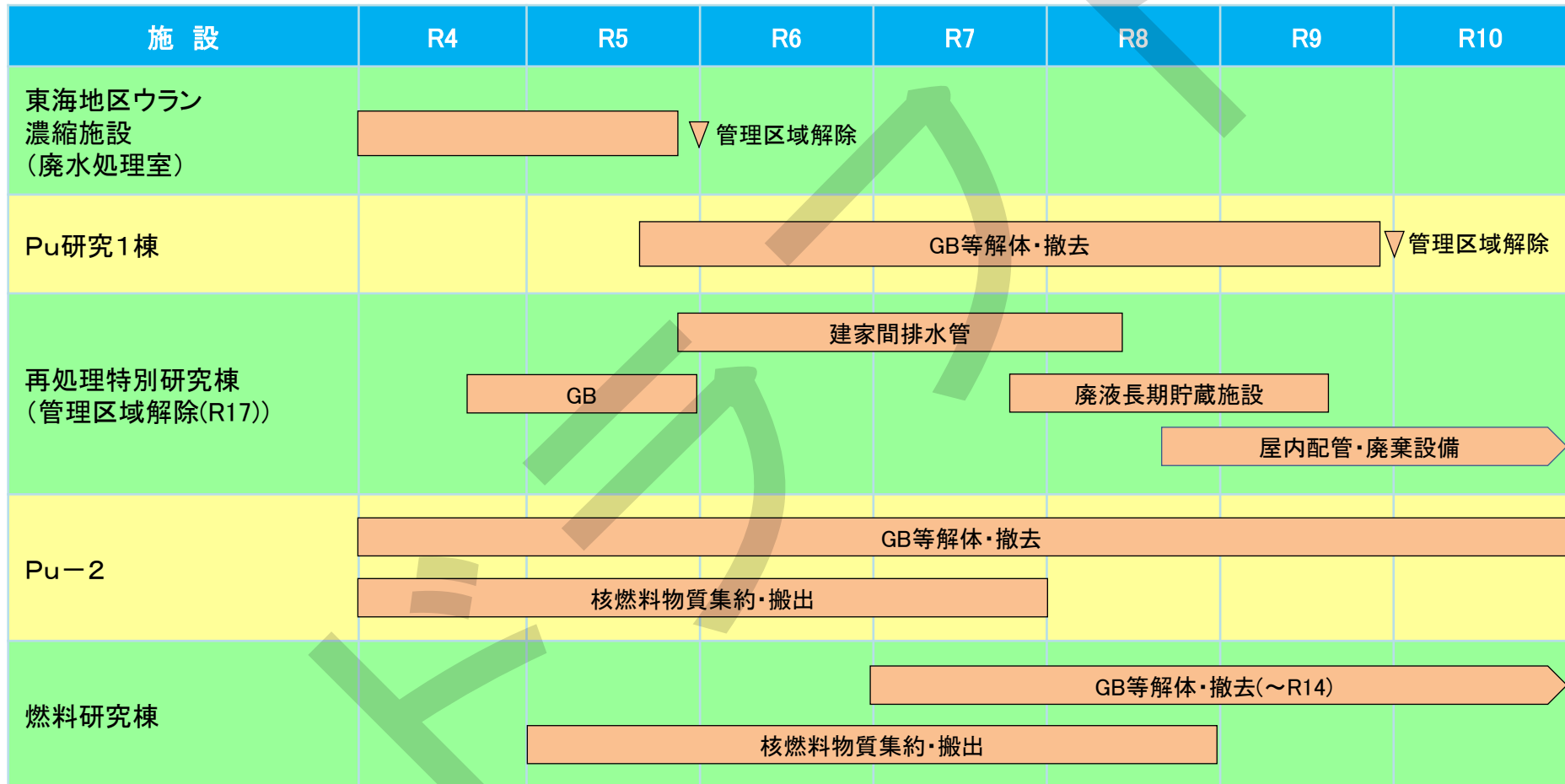
残る32施設の廃止措置の予定

- ✓ 残りのプルトニウム系グローブボックスを有する施設(**Pu-1**、**AGF**、**MMF**、**MMF-2**)を優先
- ✓ リスク低減、予算状況等に応じて**廃止措置の優先順位を検討し計画を策定した上で実施予定**

廃止措置の実施状況と今後の見通し（別紙参照）

別紙の記載内容は精査中

第4期中長期期間における施設の廃止措置計画



GB: グローブボックス

R6年度以降の計画は精査中であり、年内に決定予定

廃止措置の進捗により確認できた課題

廃止措置に係る課題へのこれまでの取り組み状況

- バックエンド対策を原子力機構全体で一元的にマネジメントするバックエンド統括本部を設置
- 原子力機構内で「廃止措置促進費」を設け、中小施設の廃止措置の資金確保
- 複数年契約を廃止措置の契約に導入することで、廃止措置全体予算の削減
- 今後の廃止措置に必要なとなる職員数の簡易評価、等

課題1 バックエンド体制整備、人材育成等

- 第4期中長期目標期間におけるバックエンド対策の戦略の策定、体制整備、経営資源の手当て等がさらに必要。
- 長期にわたるバックエンド対策に必要な人材の育成や知識・経験等の継承の仕組みの整備が必要。

課題2 廃止措置プロジェクトマネジメントの強化

- 一貫した品質を確保しつつ放射性廃棄物の発生から処分までを統括管理する仕組みの構築が必要。
- 様々な原子力施設の廃止措置計画の作成や適用技術・方法の選定等に係る手法の標準化が必要。

対策1 バックエンド体制整備、人材育成等

対策	取組
<p><戦略の策定></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施設中長期計画の見直し ・ 業務の進め方の見直し 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 資源の選択と集中 <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃止措置を進める施設のリスク等に応じ優先順位を決め、資金を集中 ▶ モデル事業の導入 <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃止措置に関連する部署（廃止措置の実施部署、拠点廃棄物の管理部署、その他の部署）とバックエンド統括本部の意識の共有・連携 ・ 廃止措置を進める上での実施体制、資源確保、他部署との連携を見直し
<p><体制整備></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 拠点のバックエンド事業へのバックエンド統括本部の深い関与 ・ バックエンドに係る様々な課題の掘り起こし・共有及び対策への連携した対応 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 各拠点（原科研、核サ研、大洗研）に、副所長をリーダーとする拠点のバックエンド対策を進めるプロジェクトチームを設置 ▶ バックエンド統括本部と各拠点プロジェクトチームの打合せ（月例）の実施 <ul style="list-style-type: none"> ・ 各拠点におけるバックエンド対策推進上の課題の整理 ・ 廃止措置等の計画、予算等の調整 等 ▶ 技術開発（グローブボックス遠隔解体、廃棄物の分別等）

対策1 バックエンド体制整備、人材育成等

対策	取組
<p><経営資源の手当て></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃止措置に係る資金の確保 ・ 廃止措置促進費の使途の見直し ・ 人的資源の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ バックエンド対策に係る予算を増額するための仕組みを検討中 ▶ 施設の廃止措置に限定し、実施内容を確認後に配賦 ▶ 拠点毎に職員の横断的な協力・連携体制を構築 ▶ 組織を越えた人的資源の流動性の確保
<p><人材育成></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 民間等を活用した新たな廃止措置講座の開設 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 初めて廃止措置を行う職員向けに廃止措置の講座を開設し、共通の知識基盤の醸成を実施（以下の項目の基礎的な知識付与） <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃止措置 ・ プロジェクトマネジメント ・ 発生解体物の処分までの道筋 ▶ 原科研の2施設で実施中のモデル廃止措置活動（計画立案から契約、プロジェクトマネジメントを一気通貫で行う活動）への次代の廃止措置を担う若手の参画 <ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクト体制の整備 ・ プロジェクトマネジメント資格取得
<p><知識・経験等の継承></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 解体状況のアーカイブ化 ・ 知識の組織定着 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 先行事例の知識化（現場作業の映像の撮影、後続部署の現場見学） ▶ モデル事業等における廃止措置のデータの取得・蓄積 ▶ 後続廃止措置施設への得られた知識や成果（良好事例等）の反映

対策2 廃止措置プロジェクトマネジメントの強化

対策	取組
<p>＜放射性廃棄物発生～処分までを統括管理する仕組み構築＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射性廃棄物発生～処分までを統括管理する仕組みの整備 ・処分に向けた品質保証体系の構築 	<ul style="list-style-type: none"> ▶放射性廃棄物の発生～処分までの道筋を確立し機構全体のバックエンド事業の司令塔的な役割を果たすためのアウトプットとツールの整備・集約 ▶放射性廃棄物の発生時に、埋設処分時に求められる廃棄体の技術上の基準の1つである埋設不適物の除去を実施するため、廃棄物の製品品質保証として、保安の品質保証体系に導入 ▶保安の品質保証体系に基づく、放射性廃棄物の発生時における廃棄物の分類・分別の実施
<p>＜原子力施設の廃止措置計画の作成や適用技術・方法の選定等に係る手法の標準化＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃止措置関連マニュアル等作成及びデータベースの公開 	<ul style="list-style-type: none"> ▶廃止措置関連の手引き類を作成・制定中 ▶イントラ(廃止措置マニュアル等データベース)への手引き類の掲載

原子力科学研究所での取組

- ・「モデル事業」は、廃止措置の成功事例(廃止措置の完遂及び効率化)の創出を目的とした取組
- ・「モデル事業」は、従来の業務の進め方を工夫したことで効率化(期間短縮、費用削減)を図る。
- ・「モデル事業」は、再処理特別研究棟、Pu研究1棟の2施設で実施中(令和4年度から着手)

●工夫の内容

①廃止措置を優先して行う施設への資金の集中

多数の施設の廃止措置を同時に進めていたため、各施設への配賦される資金が少額であり、廃止措置の完遂に時間を要していたことを、**資金の集中により改善**

②作業単位を考慮した複数年契約

従来は、予算額に応じた作業を検討し、進めていたため、区切りの良いところまで作業が進められず手戻り作業が多かったことを、**複数年契約により改善**

③発生廃棄物の保管廃棄の確約

廃止措置の進め方が定まらず、放射性廃棄物発生量について廃棄物管理部署と調整できなかったが、資金の確保、複数年契約により**廃止措置の具体的な進捗が確認できることで改善**

④人的資源の確保(有効利用)

①②③より、廃止措置の具体的な実施の見通しがついたことで、必要人員の算定が可能になり、**原科研内の他の部署からの人員充当が可能となったことで改善(追加的な職員人件費の削減)**

廃止措置を進めるうえで
非効率的な部分を工夫

●令和4年度の主な成果

- ⇒十分な資金を確保し、複数年契約で進めることで大幅に期間を短縮(十数年→16か月に短縮)
- ⇒複数年契約により、年度毎の重複作業が削減され経費を削減(約2割の削減)
- ⇒拠点とバックエンド統括本部間のタイムリーな情報共有(廃止措置の進捗と課題等)とサポート

モデル事業から得られた成果は、**バックエンド統括本部も共有し、技術資料、映像等によるアーカイブ化、データベース化等として取りまとめ、廃止措置を進める後続部署に展開することにより、機構内の組織定着を図る。**

3. 廃棄体化、埋設について

■ 原子炉系廃棄物

➤ キャラクターゼーションの状況

- 全体概要
- 物理・化学性状の把握
- 放射能インベントリの把握及び放射能濃度評価法の構築

➤ 処理処分の進め方

- 基本方針
- スケジュール

■ 処理難廃棄物

➤ キャラクターゼーションの状況

➤ 圧縮体への対応状況

■ 廃棄物確認要領に関する意見交換について

1) 全体概要

- 廃棄物の保管量、廃止措置の実施状況等をふまえ、優先順位*を決めてキャラクタリゼーションを進めている。
- 優先度が高い原科研、ふげんについては、廃棄体製作に向けた大きな課題はなく、発電所廃棄物の廃棄体製作方法を参考に廃棄体製作に向けた準備(廃棄物確認要領の作成、設備の検討等)を進めている。
- また、次の優先度のうち大洗研の廃棄物の核種分析に着手している。

*「(3) 原子炉系廃棄物に関する処理処分の進め方」参照。

分野	実施項目	原子力科学研究所		大洗研究所		核燃料サイクル工学研究所				ふげん	もんじゅ	人形峠	青森
		原子炉 + 照射後試験施設	その他	原子炉 + 照射後試験施設	その他	再処理	MOX	ウラン	RI	原子炉	原子炉	ウラン	原子炉他
物理・化学性状	圧縮体の内容物の調査	/	○	/	×	/	/	/	/	/	/	/	/
	埋設に向けた内容物確認・分別	○	×	×	×	×	×	○*3	×	○	×	×	○
放射能インベントリ	概要評価*1	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	詳細評価*2	○	×	○	×	×	×	×	×	○	×	×	×
放射能濃度評価法構築	計画	◎	○	◎	○	○				◎	○	○	×*4
	放射化計算等	○	/	○	/	/	/	/	/	○	○	/	×
	重要核種分析	○	△	△	×	×	×	×	×	○	×	×	×
	放射能濃度評価法構築	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×

*1 廃棄物情報、保管容器表面線量率等の既存情報より評価。

*2 *1の情報に放射化計算、核種分析等のデータを加えて評価。

*3 保管容器への封入時に処分不適物の除去を実施。

*4 保管量が非常に少ないため(200LDラム缶約1千本)、他拠点の評価作業の中で実施することを想定。

原子炉系廃棄物

優先的にキャラクタリゼーションを進めている施設

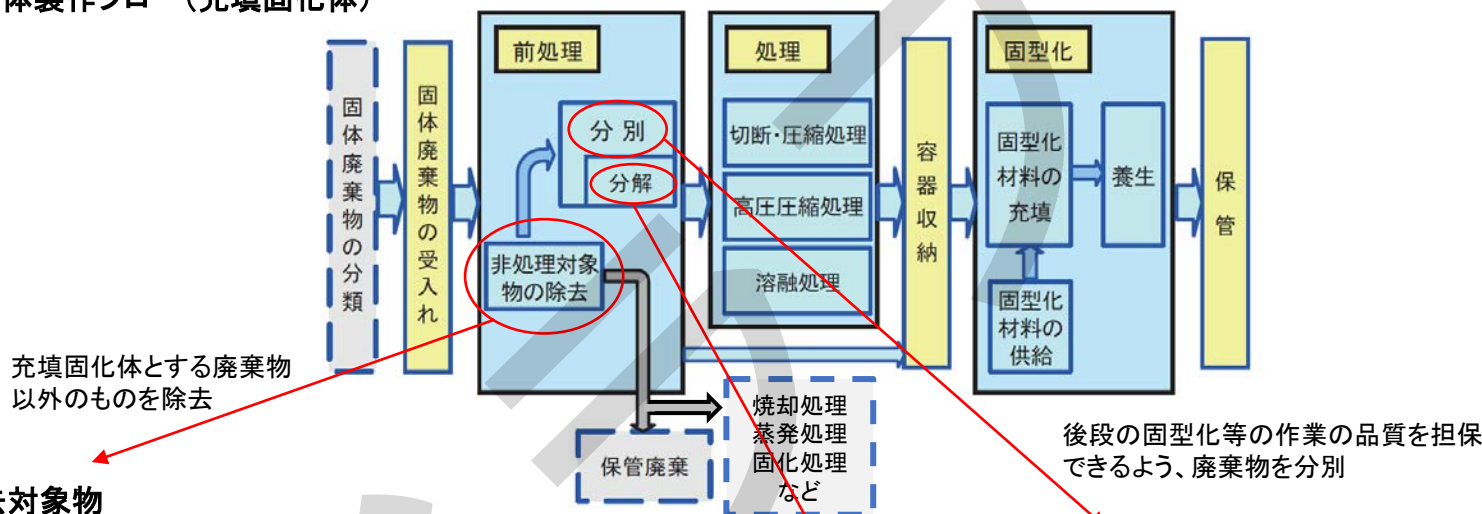
◎ 完了
○ 実施中

△ 実施中(開始後まもないためデータの蓄積が少ない)
× 未実施

2) 物理・化学性状の把握

- 原子炉系廃棄物は、廃棄物の発生時の分類がルール化された後に発生した廃棄物を対象にしており、内容物の確認及び分別が比較的容易にできる。
- 充填固化体の製作マニュアルを作成し、これに基づいて教育を受け、力量確認された作業員が内容物確認・分別を実施している。

廃棄体製作フロー(充填固化体)



除去対象物

種類	対象物の例	処理方法
処分不適物	セルロース製品、イソプレン製品	焼却
	アルミニウム製品	保管廃棄 (今後、処理方法を検討する。)
	危険物	
	有害物質	
液状物質	水、有機溶媒、機械油等	蒸発、固化等
	内部に液状物質が含まれる可能性のあるびん及び缶類	

分別の方法

種類	分別の目的
強度分類	廃棄体圧縮強度を担保するため
形状分類	空隙率(充填性能)を担保するため

分解対象物

種類	対象物の例
複合物	ポンプ、モータ、ケーブル等

放射能濃度評価法(スケーリングファクタ法を主とした方法)の構築の流れの例



①汚染分布評価

廃棄物発生施設又は対象物の放射能インベントリ評価を実施する。
 ・放射化汚染の解析評価
 ・二次的な汚染の解析評価
 ・放射線測定や試料採取による汚染分布の調査等

②重要核種の選定

放射能インベントリ評価結果に基づき、埋設処分場の暫定の基準線量との比較を行い、重要核種を選定する。

「研究施設等廃棄物の浅地中処分のための基準線量相当濃度の検討」など

③試料採取・核種分析計画の検討・策定

選定した重要核種について適用する放射能濃度評価方法の大まかな方針及び試料採取・核種分析に係る計画を検討・策定する。

④試料採取・核種分析

重要核種について核種分析を実施する。
 【ポイント】
 ・対象範囲を網羅するように試料採取する。
 ・スケーリングファクタ法を適用する場合は、相関性が良くなるように工夫する。

⑤放射能濃度評価方法の構築

統計評価（スケーリングファクタ法、平均放射能濃度法）成立性を評価し、放射能濃度評価方法を構築する。成立しない場合は、追加で試料採取・核種分析を行う。

追加の場合、
くり返し

⑥廃棄体の測定

構築した放射能濃度評価方法に基づき放射能濃度を決定する。

非破壊外部測定方法の決定など

「原子力機構における放射能濃度評価法構築ガイドライン」

ガイドライン：原子力機構における共通的な手順、考え方をまとめたもの

「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」

放射能濃度の確認(原科研の例)

- 原科研においては、放射能インベントリ評価及び重要核種（暫定）*の選定を実施し、原子炉系及び照射後試験施設系の廃棄物の放射能濃度評価法の構築を進めており、数年以内に完了する予定。

* 一般的な環境条件及び埋設施設設計に基づき評価した重要核種を基本に、埋設環境の変動等を想定して広めにとった核種。放射能濃度評価法構築及び核種分析の対象核種。

放射能濃度評価法の検討状況(原子炉系及び照射後試験施設系廃棄物)

	JPDR	JRR-2	JRR-3※1	JRR-4	ホットラボ
金属	◎ 6,600本	◎ 2,200本	◎ 3,400本	○ 900本	◎ 1,600本
コンクリート	○ 3,100本	—※2 300本	○ 1,300本	△ 800本	○※3 200本

◎:構築済（報告書公開済） ○:検討中（構築見込み） △:分析中 —:分析未実施

評価対象本数は分別処理前の廃棄物量で表記（200Lドラム缶換算）

※1 JRR-3改造前の廃棄物

※2 JRR-2（コンクリート）は、今後放射能濃度データ取得予定

※3 ホットラボ（コンクリート）は、二次的汚染のみのため金属と同様の評価法構築見込み

分析対象核種：トレンチ処分あるいはピット処分を想定

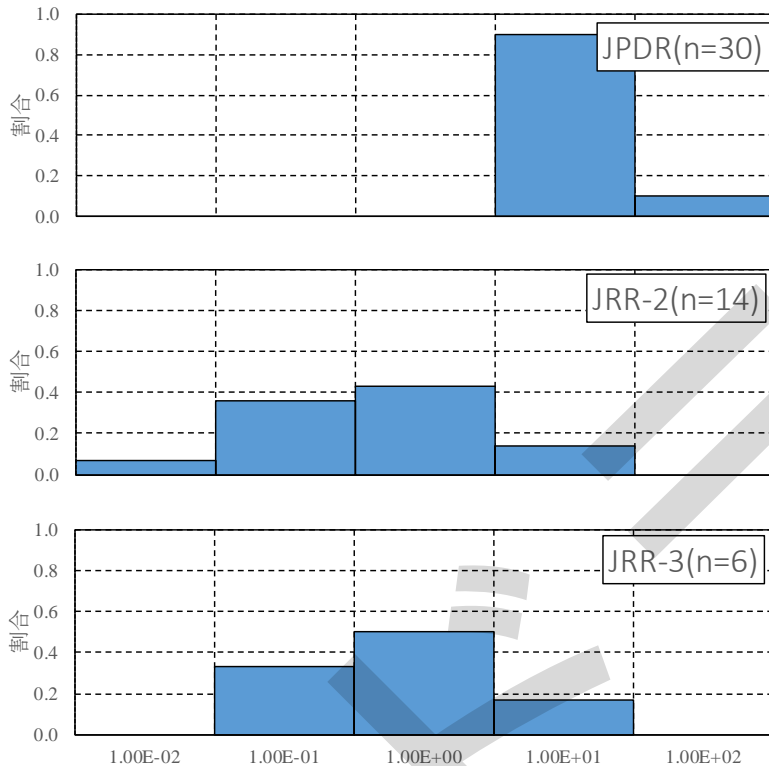
^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{93}Mo , ^{94}Nb , ^{99}Tc , $^{108\text{m}}\text{Ag}$, ^{126}Sn , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu , $^{233+234}\text{U}$, ^{238}U , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Pu , ^{241}Am , ^{243}Am , ^{244}Cm



検討対象とした施設について、分析・放射能評価法構築の検討結果を随時公開

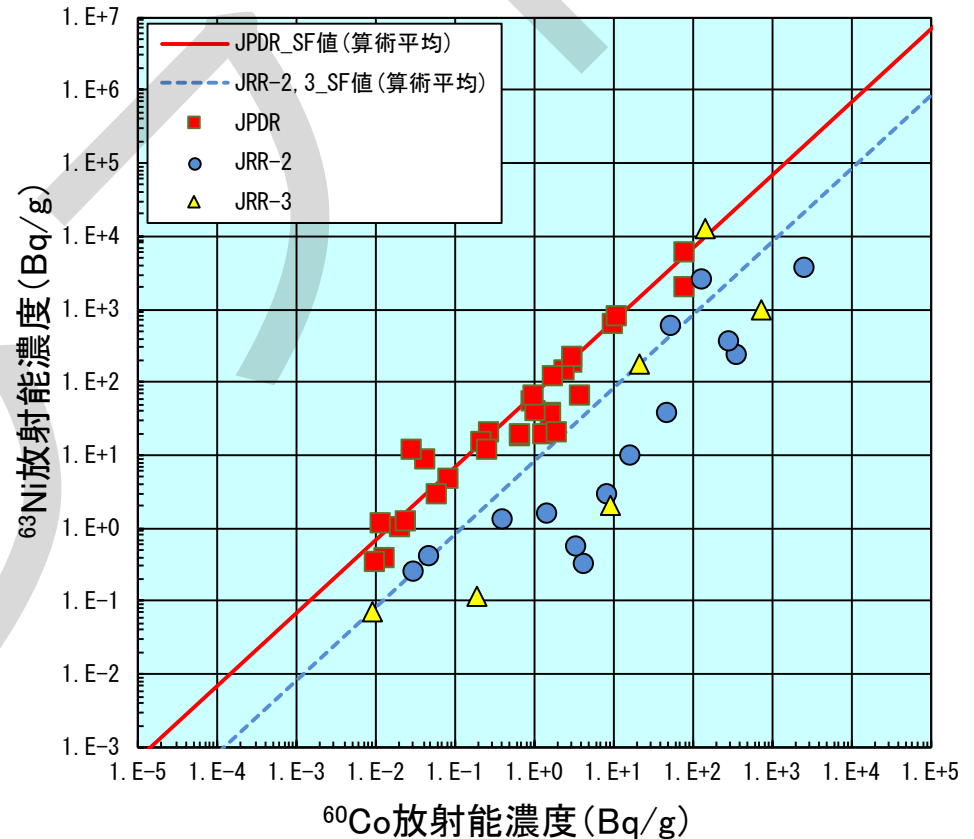
放射能濃度評価法の検討例(JPDR、JRR-2及びJRR-3(金属)、評価対象核種Ni-63の例)

放射能濃度比分布



$^{63}\text{Ni}/^{60}\text{Co}$ 放射能濃度比

放射能濃度相関図



➤ ^{63}Ni は ^{60}Co をキー核種とするスケーリングファクタ(SF)法の適用が可能

放射能濃度評価法の検討例(原科研)

- 原子力機構における放射能濃度評価手法構築ガイドラインに基づき、スケーリングファクタ(SF)法や平均放射能濃度法等の適用性を検討中。

主要核種毎の放射能濃度評価法(JPDR(金属))

核種	評価方法	核種	評価方法	核種	評価方法
H-3	平均放射能濃度法	Ni-63	SF法	Tc-99	平均放射能濃度法
C-14	平均放射能濃度法	Sr-90	平均放射能濃度法	Ag-108m	平均放射能濃度法
Cl-36	平均放射能濃度法	Nb-94	SF法	Pu-239+240	平均放射能濃度法

主要核種毎の放射能濃度評価法(JRR-2及びJRR-3(金属))

核種	評価方法	核種	評価方法	核種	評価方法
H-3	平均放射能濃度法	Ni-63	SF法	Tc-99	平均放射能濃度法
C-14	平均放射能濃度法	Sr-90	SF法	Ag-108m	平均放射能濃度法
Cl-36	平均放射能濃度法	Nb-94	平均放射能濃度法	Pu-239+240	SF法

▶ スケーリングファクタ(SF)法、または、平均放射能濃度法の適用が可能

保管廃棄物の安全の確保と潜在リスクの低減

【保管廃棄物の安全の確保と潜在リスクの低減の考え方】

【保管の安全の確保】

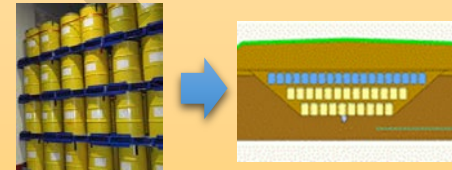
- 定期的な外観検査、線量測定等の点検
- 腐食の進行が認められたドラム缶の補修、詰め替え



継続的な対応

【潜在リスクの低減】

- 埋設処分を進め、保管本数を減らす。
- 埋設施設の操業開始とともに処分を進められるよう、廃棄体製作を進める。



手戻り防止策、優先順位付け等により、効率的に廃棄体を製作する。

<効率的に廃棄体を製作していくために>

1) 手戻りのない廃棄体製作フローの構築

- 廃棄体製作の作業に入る前に、処分までのフローをすべて検討して課題への対策を行い、手戻りを防止する。
- 埋設施設の詳細が決定していない状況では受入基準や廃棄物確認要領に設定できない項目が一部あるが、保守的な基準(暫定基準)を設定し、廃棄体製作を進める。

2) 資源を有効に利用するための優先順位付け

- 廃棄体の製作は、基本的に容易なものから難しいものへと進める。（次のステップへの経験の反映、発展中の一般産業技術(AI等)の将来の成果の利用等による効率的な対応。）
- できるかぎり保管廃棄物量が多い廃棄物グループから対応していく。

3. 廃棄体化、埋設について

(3) 原子炉系廃棄物に関する処理処分の進め方

2) スケジュール

原子炉系廃棄物の廃棄体製作に関する優先順位付け

➤ 保管廃棄物量及び廃止措置実施状況を考慮

- ①原科研(約 2万本) → ②大洗研(約 5千本) → ③青森(約 1千本)
 ふげん(約 2万本) もんじゅ(約 8千本)

<最優先>

括弧内は、200ドラム缶換算保管廃棄物量

原子炉系廃棄物の廃棄体製作に向けた作業スケジュール(目標)

もんじゅは、廃棄物の処理処分計画を今後具体化する。

		R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
放射能濃度評価法構築 (核種分析、評価法検討)				原科研			必要に応じて追加の核種分析/ 圧縮体の検討への移行等	
				ふげん			必要に応じて追加の核種分析等	
	核種分析(簡易)				大洗研			R11以降も継続
廃棄物分別				原科研、ふげん				R11以降も継続
				大洗研は、今後計画の具体化を進める。				
固型化 セメント混練固化設備				運転(原科研、大洗研)				R11以降も継続
				製作、据付		運転(ふげん)		R11以降も継続

原子炉系廃棄物の廃棄物確認要領検討スケジュール(目標)

廃棄体種類	確認項目	検討スケジュール(目標)(第4期中長期)						
		R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
モルタル 充填 固化体	製作方法	分別	充填					
	放射能濃度評価			重要核種選定		評価法・測定法		
L3 廃棄物	製作方法						砂充填	
	放射能濃度評価			重要核種選定			評価法・測定法	

1) 全体概要

- 圧縮体、有害物等の処理難廃棄物のうち、技術開発に時間がかかると考えられる圧縮体への対応を最優先に進めている。
- キャラクタリゼーションは、開缶調査の実施が比較的容易な原科研廃棄物から始めている。
- 圧縮体以外の有害物等の処理難廃棄物への対応計画は、今後具体化していく。

分野	実施項目	原子力科学研究所		大洗研究所		核燃料サイクル工学研究所				ふげん	もんじゅ	人形峠	青森
		原子炉 + 照射後 試験施設	その他	原子炉 + 照射後 試験施設	その他	再処理	MOX	ウラン	RI	原子炉	原子炉	ウラン	原子炉 他
物理・化学性状	圧縮体の 内容物の調査	/	○	/	×	/	/	/	/	/	/	/	/
	埋設に向けた 内容物確認・ 分別	○	×	×	×	×	×	○*3	×	○	×	×	○
放射能 インベントリ	概要評価*1	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	詳細評価*2	○	×	○	×	×	×	×	×	○	×	×	×
核種組成比 (放射能濃度 評価法構築)	計画	◎	○	◎	○	○				◎	○	○	×*4
	放射化計算等	○	/	○	/	/	/	/	/	○	○	/	×
	重要核種分析	○	△	△	×	×	×	×	×	○	×	×	×
	放射能濃度 評価法構築	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×

*1 廃棄物情報、保管容器表面線量率等の既存情報より評価。

*2 *1の情報に放射化計算、核種分析等のデータを加えて評価。

*3 保管容器への封入時に処分不適物の除去を実施。

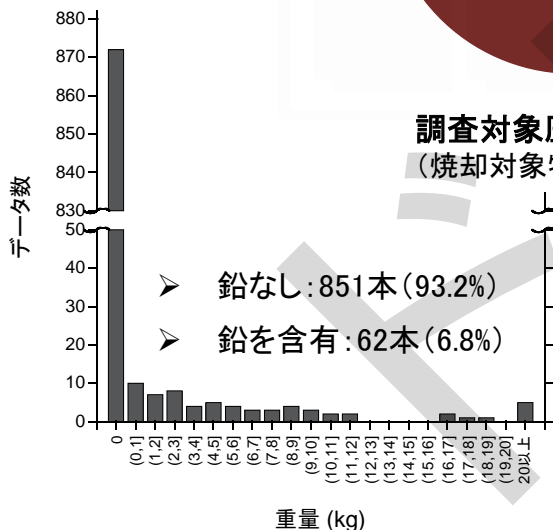
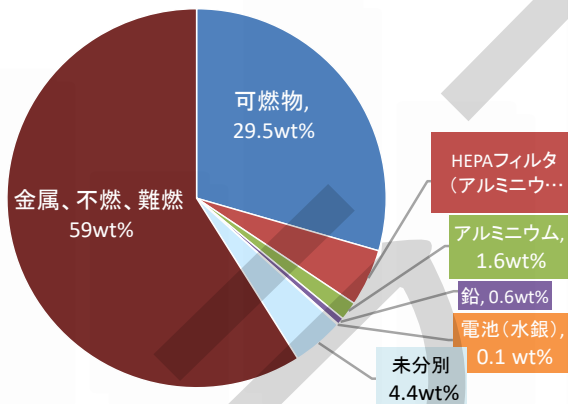
*4 保管量が非常に少ないため(200Lドラム缶約1千本)、他拠点の評価作業の中で実施することを想定。

圧縮体を含む廃棄物

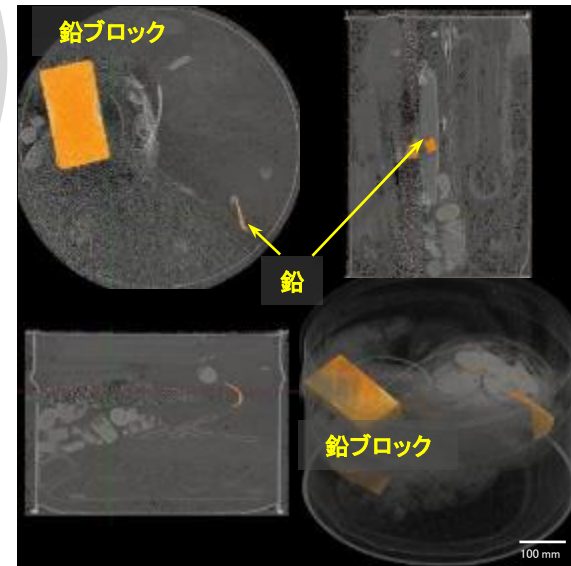
◎ 完了 △ 実施中(開始後まもないためデータの蓄積が少ない)
○ 実施中 × 未実施

開缶調査の結果及び今後の対応

- 約900本の開缶調査を実施済。鉛、電池(水銀)が入っていたドラム缶は、1割未満。
- 非破壊検査でドラム缶内部が確認できれば、9割は分別不要。
- 高エネルギーX線CT技術の開発を進めている。
(前回(第6回)原子力機構バックエンド対策監視チーム会合で説明。)



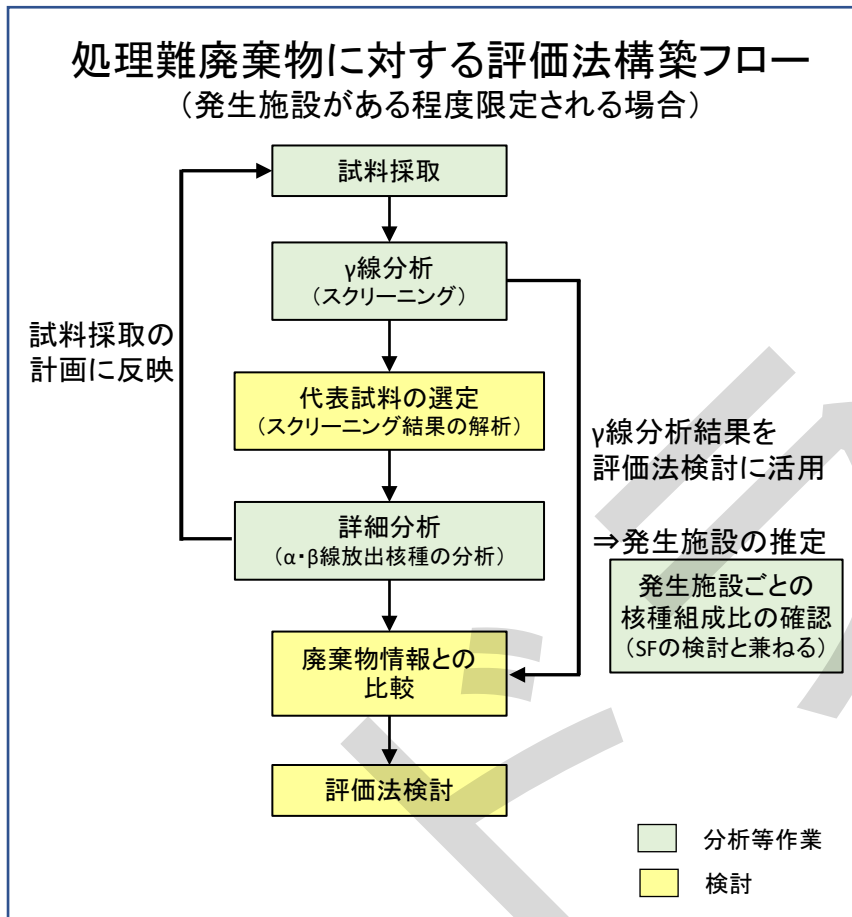
ドラム缶に含まれる鉛重量の頻度分布



高エネルギーX線CTにより検出した容器中の鉛の画像

高エネルギーX線CT技術開発の今後の計画については「4. 技術開発について」参照。

圧縮体等の処理難廃棄物の放射能濃度評価法の検討状況(原科研)



試料採取に着手

- ・廃棄物保管棟からドラム缶を運搬・開封し試料採取を行うことは多大な労力と費用を要するため、Lピットの健全性確認と併せて試料(圧縮体)の採取を実施。

γ線分析(スクリーニング)に着手

- ・放射能濃度評価法検討に活用するため、採取した試料に対して、γ線分析(スクリーニング)を実施。
- ・スクリーニング結果を基に代表試料を選定し詳細分析(α・β線放出核種の分析)を実施。

今後の計画(廃棄物情報との比較)

- ・当面は、発生施設の推定に必要となる、発生施設ごとの核種組成比の確認を優先して進める。

γ線分析結果、廃棄物情報(廃棄物記録、発生施設の核種組成比等)等を参考に評価法の検討を進める。

【意見交換について】

- (1) 廃棄物確認要領の策定を進めており、種々雑多な廃棄物から品質保証された廃棄体を製作するためには、新たな確認方法を工夫していく必要がある。
- (2) 一方で、新たな方法は、我々が見落としている観点が含まれている可能性があり、委員会を開催して機構外の廃棄体製作関連の技術者、研究者等からのご意見をいただいている。これに加えて、規制の観点からのご意見もいただき、よりよい廃棄物確認要領を策定していきたいと考えている。
- (3) 新たな方法については、技術データ、関連文献等を集め、将来の埋設事業申請の審査に対応できる方法を構築したうえで、ご意見をいただきたいと考えている。
- (4) ただし、方法の構築が難しく時間がかかりそうなものについては、ある程度の区切りがついた途中の段階で意見交換をお願いする可能性がある。
- (5) 意見交換は、年1回程度を目安に、面談により継続的に実施したいと考えている。

【意見交換会を行いたい事項】(現時点で想定している事項)

項目	概要
複数の研究炉に共通のSFの設定	複数の研究炉のSFをまとめて1つのSFで表す際の考え方
平均濃度法の適用範囲	SFが成立しない核種へ平均濃度法を適用する場合の考え方
放射能濃度の分割測定	測定が容易な小型容器で測定した後、測定済の廃棄物を処分容器にまとめる方法(再測定への対応等)
子孫核種からの γ 線によるウラン廃棄物濃度評価	親核種(U-238)と放射平衡にある子孫核種(Pa-234m)からの γ 線による親核種濃度の評価
小型サンプルによる圧縮強度測定	廃棄体製作時にモルタルペーストから分取して製作した小型サンプルによる圧縮強度測定

考え方がまだ整理されておらず、意見交換がしばらく先になる事項

項目
放射能濃度評価対象核種の切り捨ての方法(基準線量の1/1000以下の核種の評価対象核種からの除外)
適用期間を設定しないSF
分別精度の評価方法
令第41条非該当使用施設等の品質保証の方法
古い記録の利用
根拠データの必要数量、品質の考え方

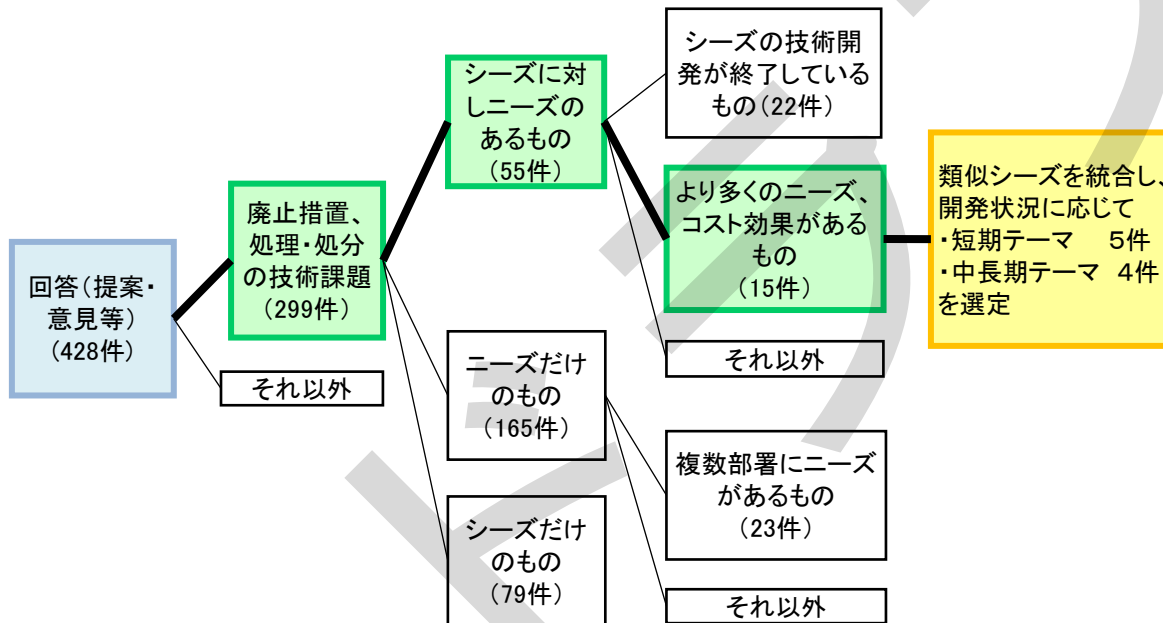
4. 技術開発について

技術開発の方針

中長期計画を踏まえ、**安全の確保を大前提に共通的な課題や将来のバックエンド対策費用を削減する課題**を優先して整理・選定し、組織横断的な実施体制を構築することで、技術開発全体の合理化を図りながら進める。

テーマの選定

原子力機構内の共通的な課題の中から優先的に進めるテーマを選定するため、**バックエンド対策に関する開発技術(シーズ)と課題(ニーズ)についてのアンケート調査**を令和4年度に実施



テーマの選定フロー

回答の中から**シーズとニーズがマッチする技術課題**を抽出、さらに、

- **共通的な課題**(横断的な実施体制): 複数部署からのニーズがあるもの
- **費用削減が期待される課題**: 高速化、自動化、遠隔化に関するものを抽出

類似シーズを統合し、開発状況に応じて

- **短期的テーマ: 5件** (概ね3年を目途に試運用開始)
- **中長期的テーマ: 4件** (概ね6年を目途に試運用または実用化の目途)

を優先的に進める技術開発テーマに選定

- 第4期中長期目標期間中に開発を終え、現場での試運用を目指す。
- 機構内の共通的なテーマを選定しているため、試運用後には機構内への展開を図る。
- 機構外のニーズにも対応できるよう展開を図る。

開発テーマ		R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11以降	
1	レーザーによる保管廃棄物容器補修技術	開発	試運用		⇒ 機構内外への展開				
2	高エネルギーX線CTによる保管容器内廃棄物確認技術	開発		試運用		⇒ 機構内外への展開			
3	高線量グローブボックスの遠隔解体技術	細断・粉碎等 開発	試運用		搬送・横転装置等 開発		試運用	⇒ 機構内外への展開	
4	保管廃棄物自動点検技術	開発		試運用		⇒ 機構内外への展開			
5	分析前処理の合理化技術	開発			試運用		⇒ 機構内外への展開		
6	有害廃棄物の安定固化処理技術	開発(Hg)				開発(B,F等)		⇒ 基準等への反映	
7	レーザー除染技術	開発				試運用		⇒ 機構内外への展開	
8	デジタル技術 (廃棄物の分割・収納方法の最適化手法)	開発					試運用		⇒ 機構内外への展開
9	ロボット技術 (保管廃棄物点検等)	開発					試運用		⇒ 機構内外への展開

参考文献

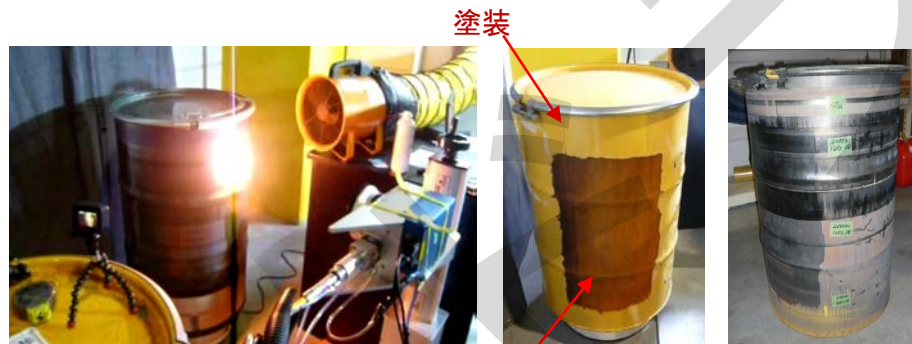
参考

1. レーザーによる保管廃棄物容器補修技術

ドラム缶健全性確認における補修の際のレーザーによる錆びの除去・防錆技術。照射条件の最適化と安全性評価を進める。

狙い: 廃棄物管理の安全性向上・低コスト化

- レーザーによる廃棄物保管容器の除錆
 - レーザーによる容器表面の防錆加工
- 作業の高速化によりコスト削減
 - 容器の長寿命化により管理上の安全性向上・コスト削減



レーザー照射試験の様子

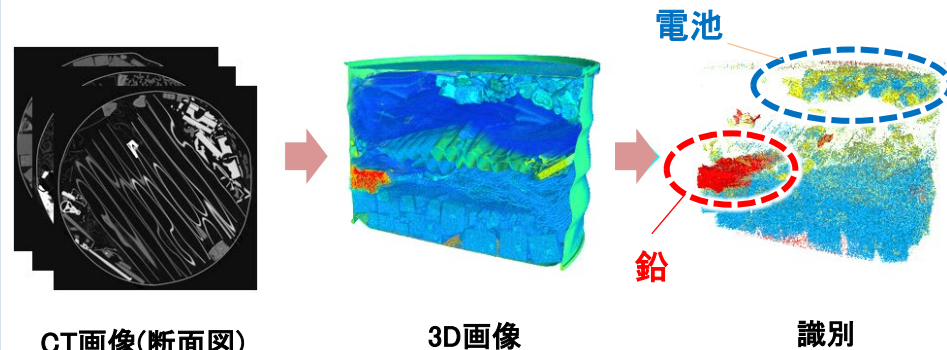
赤錆 照射前 → 照射後

2. 高エネルギーX線CTによる保管容器内廃棄物確認技術

高エネルギーX線CTによる非破壊検査技術。深層学習モデルと組み合わせて廃棄物ドラム缶内のそのままでは処分できない物質を識別する。コストのかさむ検出システムの低コスト化を目指す。

狙い: 内容物確認作業の高速化・低コスト化

- ソフトウェアの開発による評価の高速化
 - 検出器の開発による測定の低コスト化
- 作業の高速化・コスト削減
 - 装置コストの削減



CT画像(断面図)

3D画像

識別

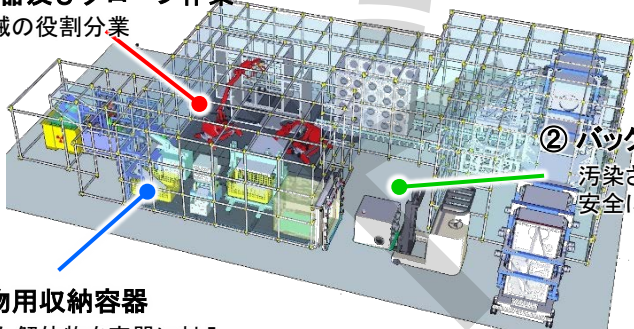
3. 高線量グローブボックスの遠隔解体技術 (アドバンスドスマート デコミッショニング システム, A-SDS)

高線量下のグローブボックス解体作業に遠隔操作機器等を併用することで作業者の負担軽減や作業効率化を図るシステム。小型重機、切断シャー、粉砕機等を導入し適宜実装・実証する。

狙い: 設備解体作業の安全性・経済性の向上

- ① 遠隔機器の活用による手作業の低減・入域時間の短縮
 - ② 大型機器用バッグアウトシステムによる資機材の再利用
 - ③ 細断物用収納容器等の採用によるビニール梱包の省略
-
- ・作業の安全性向上
 - ・廃棄物量の低減
 - ・解体作業の効率化

① 遠隔機器及びグローブ作業 人と機械の役割分業



② バッグアウトシステム 汚染された大型機器を安全に搬出

③ 細断物用収納容器

細断した解体物を容器に封入

4. 保管廃棄物自動点検技術

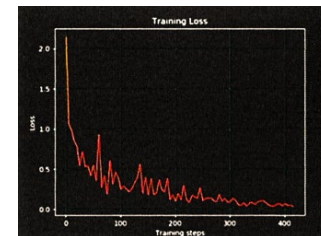
360°カメラ画像診断技術を利用した保管廃棄物容器(ドラム缶)外観点検技術。死角の少ない技術を目指す。

狙い: 廃棄物管理の安全性向上・低コスト化

- 点検のためのドラム缶積み下ろし作業の省略
 - 画像診断による高速化、欠陥(サビ、キズ等)の定量化、見逃しの排除
-
- ・作業の安全性向上・コスト削減
 - ・管理の安全性向上・コスト削減



ドラム缶の360°カメラ画像



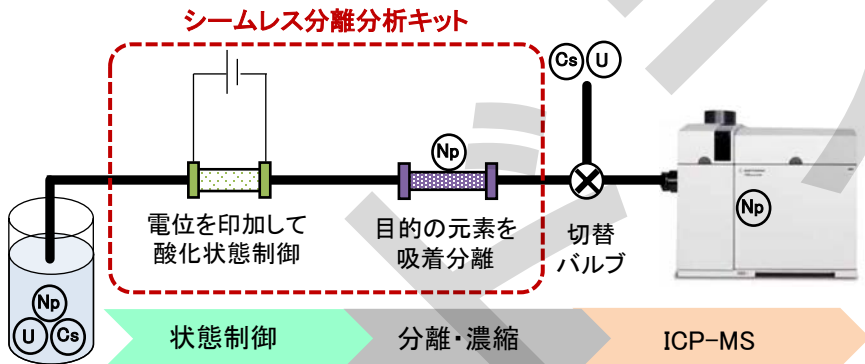
市販AIを利用した表面欠陥の画像学習

5. 分析前処理の合理化技術

分析の微量化・自動化による作業省力・被ばく低減を目的とする分析方法の合理化技術。測定核種や適用する分析方法の拡大を目指す。

狙い: 分析作業の廃棄物発生量低減・低コスト化

- カラム等機器の小型化
 - 前処理の一体化による分析の高速化
- ➔
- ・廃棄物発生量の低減
 - ・分析作業のコスト削減

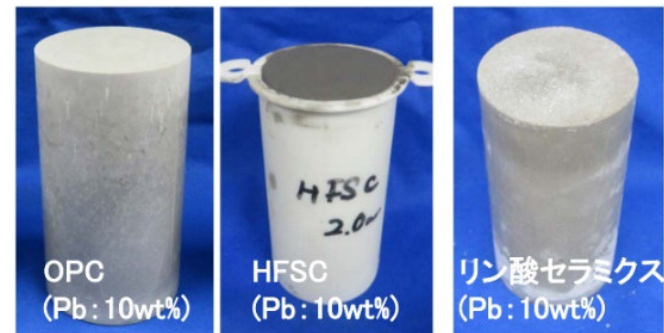


6. 有害廃棄物の安定固化処理技術

水銀、ホウ素、フッ素等の環境有害物質を含む放射性廃棄物を種々の固化材料(セメント、アルカリ活性材料等)で安定に固化する技術を開発する。

狙い: 処理・処分費用の低コスト化

- 環境有害物質の溶出抑制
 - 充填量の増大
- ➔
- ・廃棄体数の削減、処理処分コスト削減



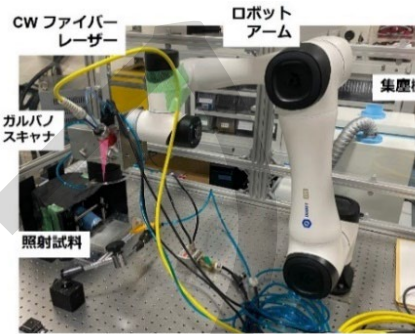
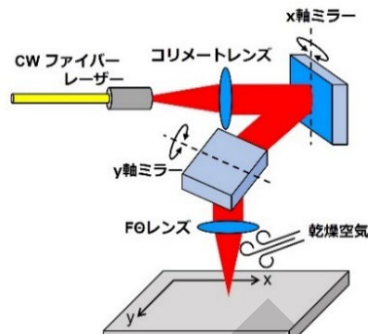
様々な固化材でPbを固化した例

OPC:普通セメント
HFSC:低アルカリセメント

7. レーザー除染技術

狙い: 除染作業の高速化・廃棄物発生量の低減

液体の二次廃棄物が多量に発生する湿式除染に代わり高速で二次廃棄物の少ない除染技術を開発する。



レーザー除染装置の模式図と写真(例)

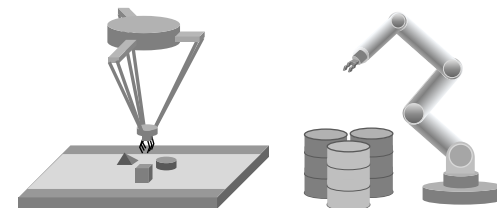
- 自動走査機構による除染の高速化
 - 汚染部位のみを乾式除染
- ➔
- 除染作業のコ削減
 - 二次廃棄物量の低減

9. ロボット技術

廃止措置及び廃棄物を管理する現場における危険作業等のリスク低減とコスト削減を目指したロボット技術を開発する。

狙い: 作業の安全性向上・低コスト化

- 高リスク作業現場、単純作業現場への導入
 - 部分的な補助作業(協働ロボット)
- ➔
- 作業の安全性向上
 - 作業の高速化
 - コスト削減

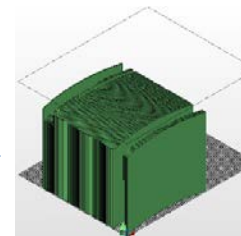
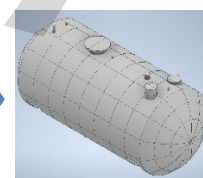
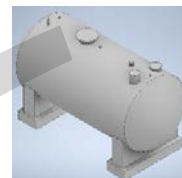


- 廃棄物分別作業のロボット化
- 複雑形状物へのレーザー照射のロボット化
- 保管廃棄物外観撮影のロボット化などを検討中

8. デジタル技術

狙い: 廃止措置の収納容器発生数低減・低コスト化

廃止措置で発生する廃棄物を保管容器へ効率的に収納し、一時保管のスペース確保や保管のコスト削減を図るため、廃棄物の分割・収納方法を最適化する手法を開発する。



解体対象機器

分割方法の評価

収納方法の評価

廃棄物の分割・収納方法の最適化手法の開発

- 3D CADを用いた機器分割と切断片の容器への収納の自動生成
 - 収納容器発生数と被ばく線量抑制の最適化評価コードの開発
- ➔
- 収納容器数の低減
 - 廃止措置費用と被ばく線量の低減