



<ドラフト版>

6月28日面談用

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X月XX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

1. バックエンド対策方針及び組織について

(1) バックエンド対策に係る全体的な戦略

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

廃止措置は施設のキャラクタリゼーションに応じた**廃止措置経験を積み上げていく**
 廃棄体化は埋設施設と並行し**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**が必要である

【第4中長期計画の全体戦略】

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성에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
- バックエンド対策費用の削減

人材育成

- 若手技術者の廃止措置経験の蓄積・技術継承
- 廃止措置人材の教育

1. バックエンド対策方針及び組織について

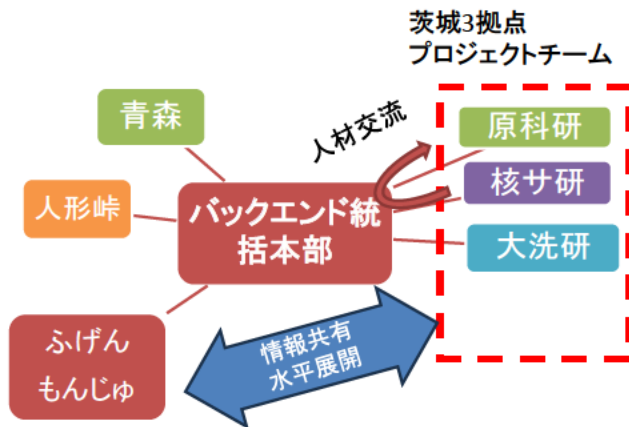
(2) バックエンド統括本部と拠点との役割分担

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

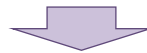
(1) 廃止措置状況と今後の方針

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なため、**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)を行うため、**設備の解体等の実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による**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**(安定化处理、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・効率的に進まず、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が増加



対応方針の見直し

廃止措置の優先順位を決め、限られた資源を集中して優先した施設の廃止措置を進める。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することで、機構が保有する施設の廃止措置の加速を目指す。

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、**第二種管理区域への移行も可**)

管理区域解除までに長期間を要する施設については、**当面のリスク低減及び**

維持管理費の削減に繋がる対応(モスボール化)に取り組む

優先順位:**施設が抱えるリスクを最優先**し、次に費用対効果を考慮

(2) 廃止措置の優先順位の考え方

○原子力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・貯蔵(取扱量:多)	廃止措置(取扱量:少or無)
高放射性廃液	沸騰・水素滞留・漏えい・被ばく 等	—(固化安定化处理)
プルトニウム	臨界・水素滞留(溶液)・漏えい・被ばく 等	漏えい・被ばく
使用済燃料	臨界・溶融・被ばく・漏えい 等	—(施設外へ搬出)
ウラン	漏えい・臨界 等	漏えい
ナトリウム	火災	—(取出し・除染)
有機溶媒	火災	—(取出し・除染)

○施設が抱えるリスク①保有放射性物質の種類・量、②放射性物質の閉じ込め機能、③耐震性、④高経年化のうち、各施設に共通的な指標となる②を優先順位付けのためのリスク項目として選定

○放射性物質の閉じ込め機能を踏まえ、放射性物質の区分を下記のとおり区分分け

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・ α 核種を取扱っている施設のうち、取扱い量が多く、放射性物質の閉じ込め機能の管理が特に必要な

プルトニウム系グローブボックスを有する8施設を廃止措置を優先する施設として選定

※セルは密閉性が高く、フードは開放系であることから取り扱う核種・量が限定

○さらに、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実施(核燃料物質等の搬出及び他施設への機能移転の終了・終了見込み、廃止措置に伴って発生する廃棄物の保管場所の確保)の観点から、第4期中長期期間においては、再処理特別研究棟、Pu研究1棟、Pu-2、燃料研究棟の廃止措置を優先して進めることとした。



残る32施設については、プルトニウムの取扱い施設(Pu-1, AGF, MMF, MMF-2)の廃止措置を優先して進める他、リスク低減、予算の状況等に応じて廃止措置の優先順位を検討した上で実施する予定

(3) 廃止措置の全体計画

原子力施設の廃止措置の進捗状況（令和5年3月末時点）

○廃止措置施設（45施設）のうち、5施設が第3期中長期目標期間中に廃止措置を終了。

○残りの40施設については、以下のように優先順位を決め、廃止措置を実施する予定。

- ・もんじゅ、ふげん（重水精製建家を含む）、東海再処理施設を最優先（4施設）
- ・残る36施設については、リスクが高いと評価したプルトニウム取扱い施設（8施設）のうち、早期のリスク低減及び維持管理費等の削減の効果が大きく、廃止措置が速やかに実施可能なプルトニウム系グローブボックスを有する再処理特別研究棟、Pu研究1棟、Pu-2、燃料研究棟（4施設）を優先

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、AGE、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

(4) 廃止措置の実施状況と今後の見通し

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



2. 廃止措置

追加資料

(5) 当面の廃止措置の計画 (1/2)

第4期中長期期間における施設の廃止措置計画

Pu研究1棟、再処理特別研究棟の計画は精査中

(5) 当面の廃止措置の計画 (2/2)

第4期中長期期間における施設の廃止措置計画

Pu-2、燃料研究棟の計画は精査中

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。



2. 廃止措置

(6) 課題と対策 2) 対策 (1/3)

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> (追加)</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に応じ優先順位を決め、資金を集中 ➤ モデル事業の導入 (試行中) <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)
<p><経営資源の手当て> (追加)</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

対策1 バックエンド体制整備、人材育成等

対策	取組
<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＞ (追加)</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＞ (追加)</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＞ (追加)</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

(7) モデル事業

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

廃止措置を進めるうえで
非効率的な部分を工夫

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わかったことで改善**

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)**

●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、他拠点の特徴や文化を考慮した上で、後続部署に展開し、**機構内の組織定着を図る。

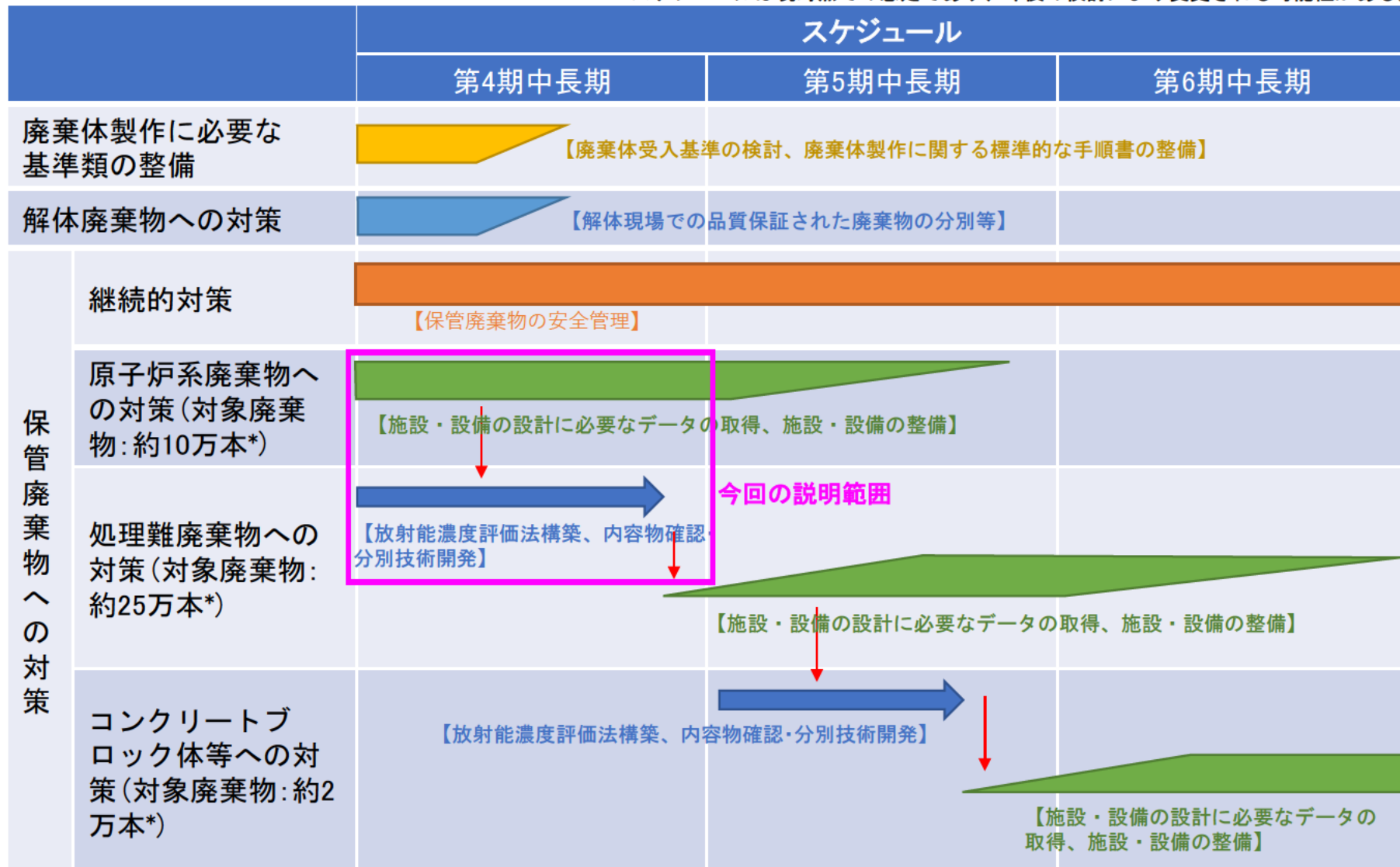
3. 廃棄体化、埋設について



3. 廃棄体化、埋設

(1) 廃棄物の合理的な処分に向けた課題への対応スケジュール

スケジュールは現時点での想定であり、今後の検討により変更される可能性がある。



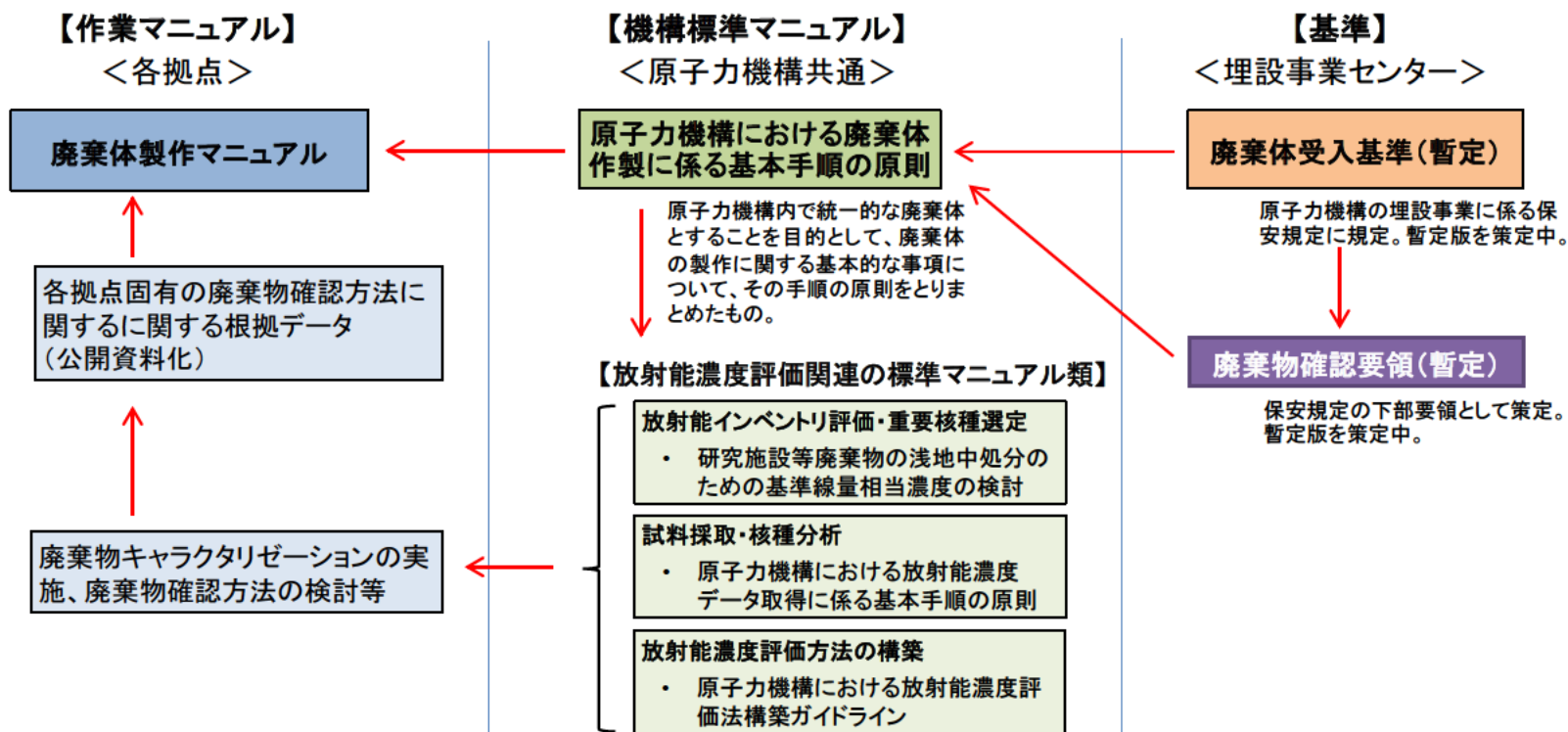
* 廃棄物量は、200Lドラム缶換算値。分類が難しい廃棄物があるため概算値を示した。

(2) 埋設対象廃棄物のキャラクタリゼーションの状況

1) キャラクタリゼーションに関連する機構標準マニュアル類

- 放射能インベントリ評価、放射能濃度評価（下図及び次ページ参照）
 - ・ 機構標準マニュアルに基づき放射能インベントリ評価、放射能濃度評価方法構築などを進めている。
- 物理・化学性状評価
 - ・ 各拠点において分別作業マニュアル（廃棄体製作マニュアルの一部）を作成し、これに基づいて廃棄物の内容物確認、分別を実施している。

放射能濃度評価方法に関連する基準及び標準マニュアル類



(2) 埋設対象廃棄物のキャラクタリゼーションの状況

2) 放射能濃度評価の全体像イメージ

放射能濃度評価方法(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。

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

非破壊外部測定方法の決定など

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。

(2) 埋設対象廃棄物のキャラクター化の状況

3) 機構全体のキャラクター化の状況

○ 原子炉系廃棄物のうち、埋設開始時期が最も早いと想定されるふげん、原科研の廃棄物を中心にキャラクター化を進めている。

各拠点に実施状況を確認中。

各拠点の廃棄物のキャラクター化の実施状況

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												
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												
	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。

原子炉系廃棄物
 優先的にキャラクター化を進めている施設

◎ 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) 埋設対象廃棄物のキャラクタリゼーションの状況

3) 原子力科学研究所のキャラクタリゼーションの状況 1/5

内容物の確認

■ 圧縮されていない通常の廃棄物

- 原子炉系廃棄物の分別を進めている。
- 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。

■ 圧縮体

- 約900本の開缶調査を実施済。
- 鉛が入っていたドラム缶は、1割未満。
- 非破壊検査で確認できれば、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。

除去対象物

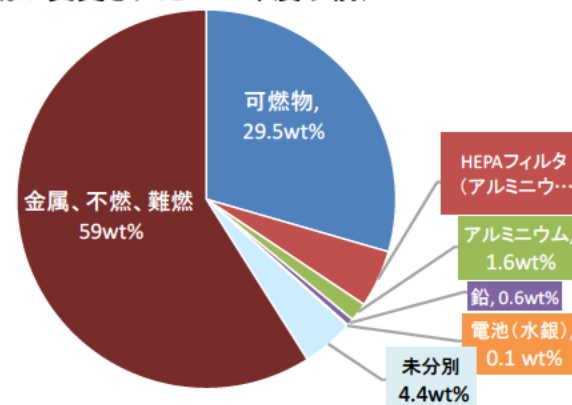
処分不適物	セルロース製品、イソプレン製品
	アルミニウム製品
	危険物
	有害物質
液状物質	水、有機溶媒、機械油等
	内部に液状物質が含まれる可能性のあるびん及び缶類

仕分け対象物

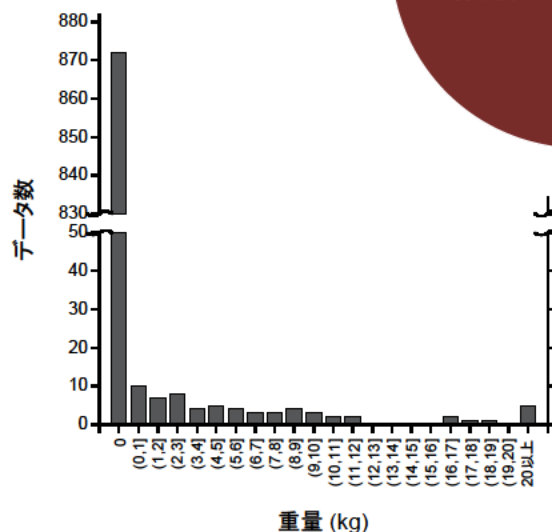
強度分類	高圧圧縮への対応
形状分類	充てんへの対応
有機物	焼却対象物の仕分け
処理不適物	シリコーン含有物、テフロン含有物
複合物	ポンプ、モータ、ケーブル等の分解が必要なもの

調査対象圧縮体の内容物の平均値

(焼却対象物が変更された1977年度以前)



ドラム缶に含まれる鉛重量の頻度分布



- 鉛なし: 851本 (93.2%)
- 鉛を含有: 62本 (6.8%)

3. 廃棄体化、埋設

(2) 埋設対象廃棄物のキャラクタリゼーションの状況

3) 原子力科学研究所のキャラクタリゼーションの状況 2/5



放射能濃度の確認

- 放射能インベントリ評価及び重要核種選定は、実施済み。
- 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。

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

◎:検討済(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



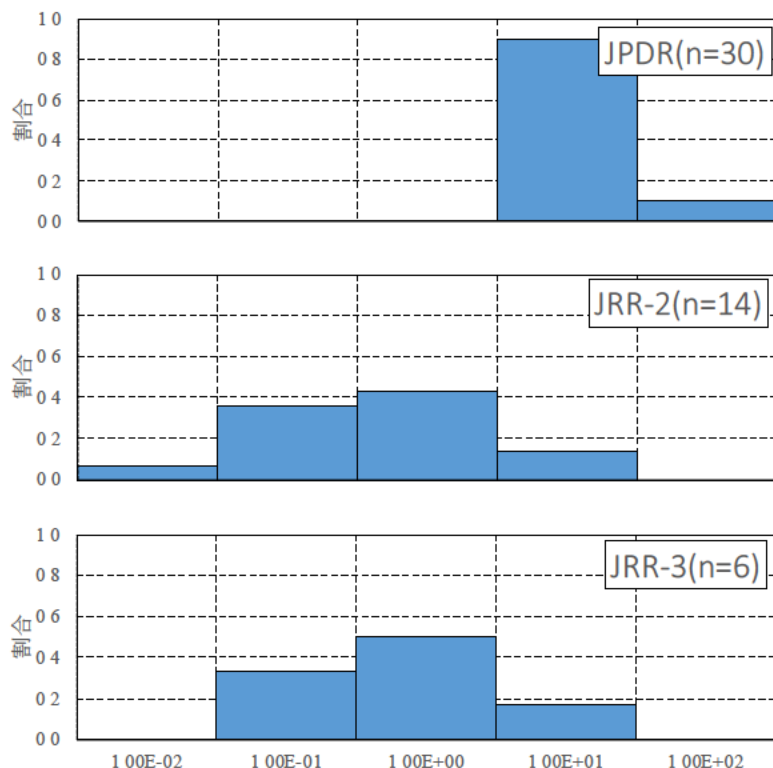
検討対象とした施設について、分析・放射能評価法の検討結果を随時公開

(2) 埋設対象廃棄物のキャラクタリゼーションの状況

3) 原子力科学研究所のキャラクタリゼーションの状況 3/5

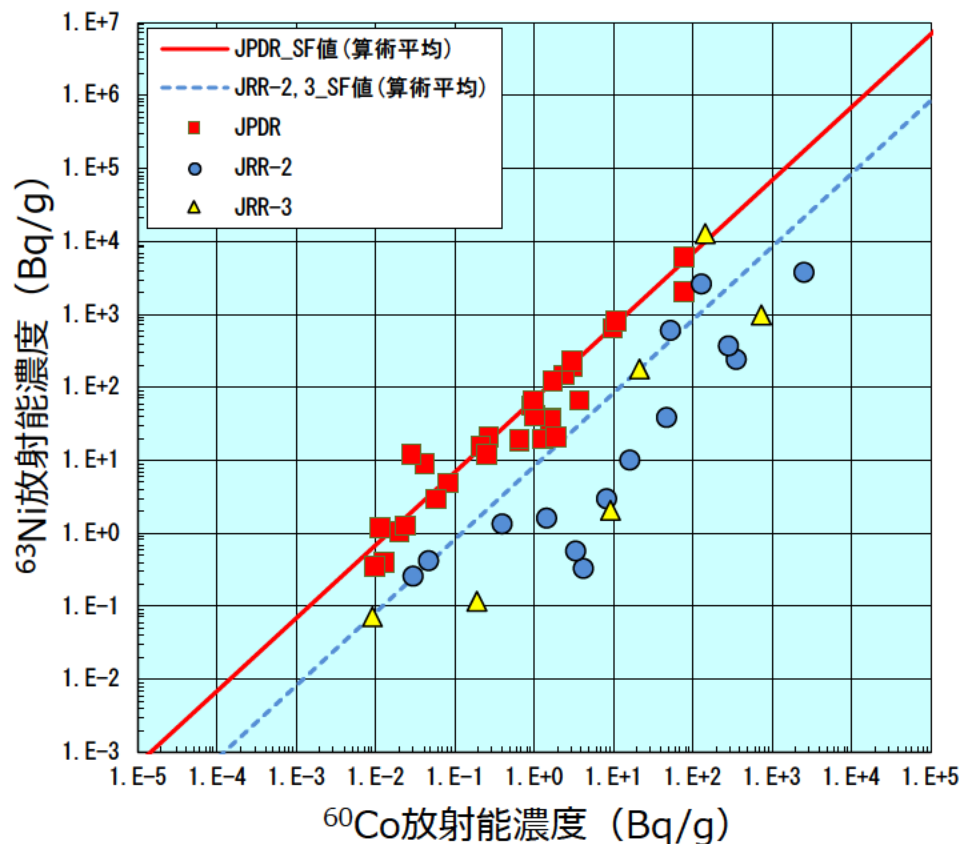
放射能濃度評価法の検討例 (JPDR、JRR-2及びJRR-3(金属)、評価対象核種Ni-63の例)

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

(2) 埋設対象廃棄物のキャラクタリゼーションの状況

3) 原子力科学研究所のキャラクタリゼーションの状況 4/5

放射能濃度評価法の検討例

- 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））

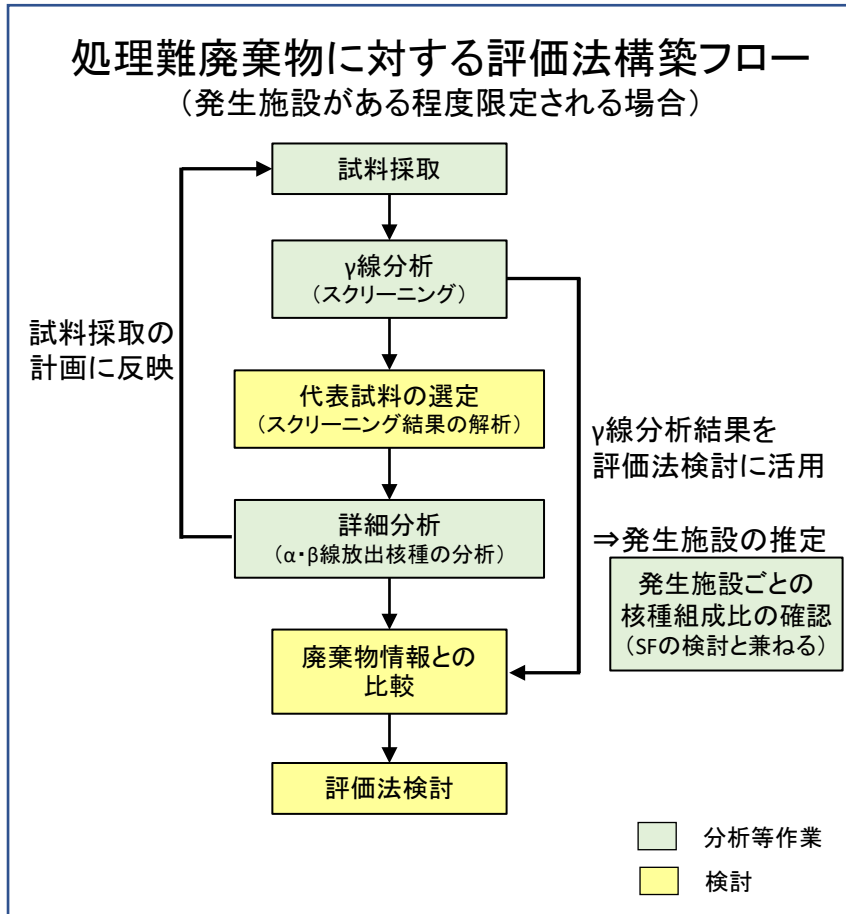
核種	評価方法	核種	評価方法	核種	評価方法
H-3	平均放射能濃度法	Ni-63	SF法	Tc-99	平均放射能濃度法
C-14	平均放射能濃度法	Sr-90	SF法	Ag-108m	平均放射能濃度法
Cl-36	平均放射能濃度法	Nb-94	平均放射能濃度法	Pu-239+240	SF法

➤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

(2) 埋設対象廃棄物のキャラクタリゼーションの状況

3) 原子力科学研究所のキャラクタリゼーションの状況 5/5

圧縮体等の処理難廃棄物に対する検討状況



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。

圧縮体の分別の合理化(高エネルギーX線CT技術開発)については「4. 技術開発について」参照。

(3) 廃棄物処理処分戦略

1) 基本戦略

(1) 保管廃棄物の安全の確保と潜在リスクの低減

- **保管廃棄物の安全確保**: 定期的な外観検査、線量測定等の点検及び点検時に腐食の進行が認められたドラム缶の補修等の対策を継続する。
- **潜在リスクの低減**: 埋設施設の操業開始とともに処分を始め、保管廃棄物の量をできるだけ早く削減して潜在リスクを下げるよう、埋設施設の立地前から廃棄体の製作を進める。

【早く合理的に廃棄体を製作するための戦略】

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。（経験の次のステップへの反映、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。

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】

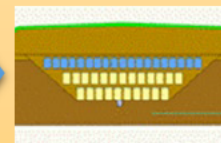
- 定期的な外観検査、線量測定等の点検
- 腐食の進行が認められたドラム缶の補修、詰め替え



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。



戦略的な対応 (手戻り防止策、優先順位付け等)

(3) 廃棄物処理処分戦略

2) 原科研、大洗研の廃棄物処理処分の進め方

原科研、大洗研、青森センターの原子炉系廃棄物の処理処分の進め方

1. 優先順位付け

- 保管廃棄物量が多い拠点から

①原科研(約2万本) → ②大洗研(約5千本) → ③青森セ(約1千本)

2. スケジュール

- 最優先の原科研は、基本的にふげんと歩調を揃えて進める。
- 残りの2拠点は、ふげんと原科研の経験を反映し、合理的に進める。

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)

	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	
	核種分析(簡易)			大洗研		R11以降も継続	
廃棄物分別	原科研					R11以降も継続	
		大洗研は、今後計画の具体化を進める。 (モルタル充填設備等の整備計画については、埋設施設の立地後、具体化する。)					

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) ふげん廃棄物を中心に検討を進める。

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	

(4) 廃棄物確認要領

1) 意見交換について

【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、我々が気づいていない欠陥を含んでいる可能性があり、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**、よりよい廃棄体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耐えられ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、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

(1) 位置付けと方針

- 第4期中長期計画

「原子力施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理処分に係る課題解決のため、東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置と機構の廃止措置の相互裨益の観点、安全確保を前提とした低コスト化、廃棄物発生抑制につながる研究開発、研究開発拠点における共通的な課題解決ニーズ、広く一般産業の先駆的な技術の取り入れ等を考慮した戦略ロードマップを作成し技術開発に取り組み、機構内のデコミッションング改革のためのイノベーションの創出を目指すとともに、その成果の現場への実装を進める。」



- 中長期計画を踏まえ、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。

(2) 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

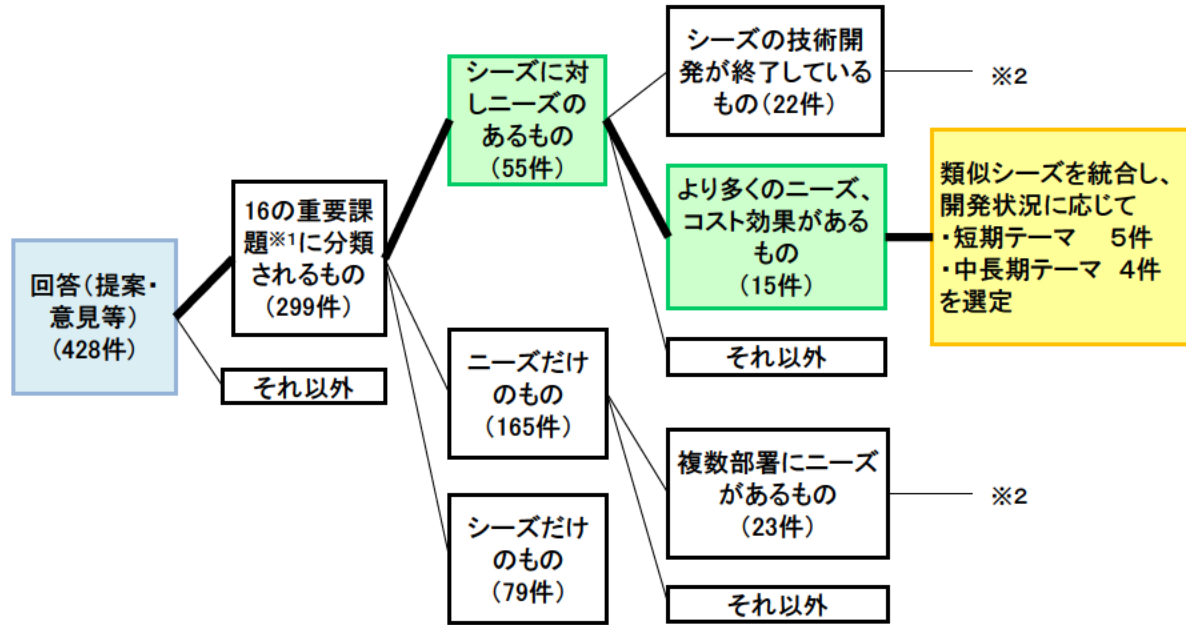
回答の中からシーズとニーズがマッチするものを抽出、さらに、

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

を優先的に進める技術開発テーマに選定



テーマの選定フロー

※1: 原子力機構の廃止措置や廃棄物処理処分等のプロセスを考慮した分類で、具体的には、難処理廃棄物処理(液体)、難処理廃棄物処理(固体)、保管体内容物非破壊測定、保管体外観検査の自動化、放射能濃度決定方法・大型容器等の非破壊測定技術、廃棄体化前処理として適した減容技術、低温処理技術・核種セメント固化技術、クリアランスの迅速測定・大型対象物測定技術、排気フィルター処理技術、コンクリートブロック体対応技術、遠隔技術、除染技術、解体技術、汚染検査、処分技術基準、福島第一廃止措置技術

※2: 開発技術の現場への展開、シーズ技術等の調査を継続して進める。

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

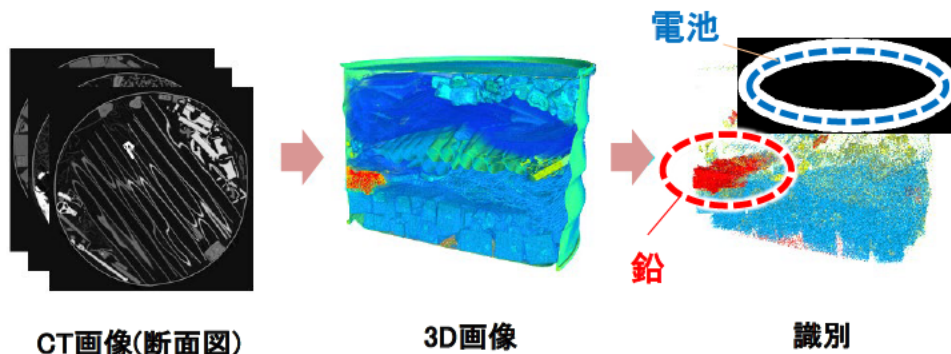
照射後

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

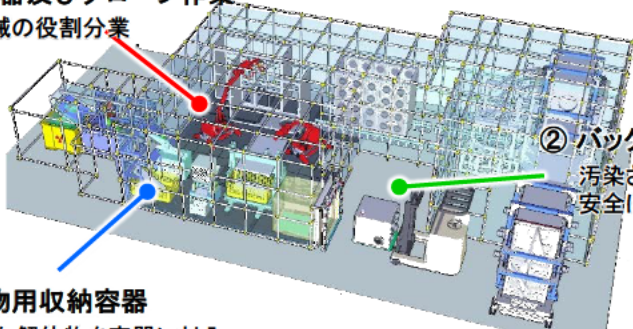
3. 高線量グローブボックスの遠隔解体技術 (アドバンスドスマート デコミッショニング システム, A-SDS)

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 | → | ・作業の安全性向上 |
| 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 | | ・廃棄物量の低減 |
| 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 | | ・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

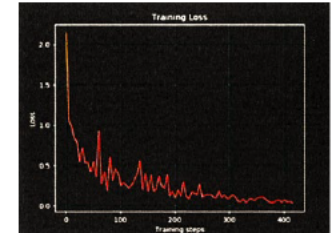
360°カメラ画像診断技術を利用した保管廃棄物容器(ドラム缶)外観点検技術。死角の少ない技術を目指す。

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 | → | ・作業の安全性向上・コスト削減 |
| ➢ 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 | | ・管理の安全性向上・コスト削減 |



ドラム缶の360°カメラ画像



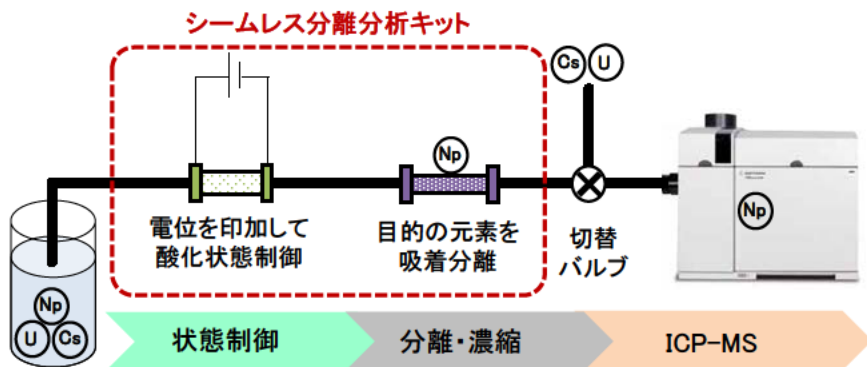
市販AIを利用した表面欠陥の画像学習

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



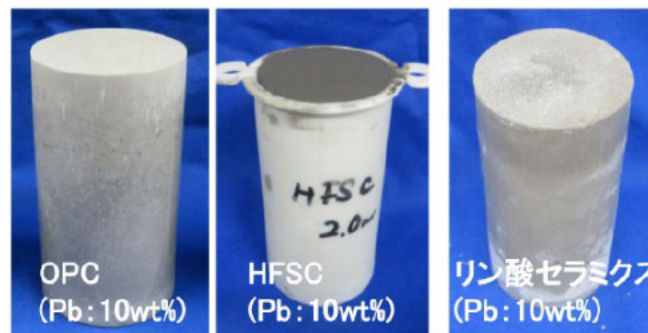
ICP-MS用試料の前処理を一体化したキットの開発例

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



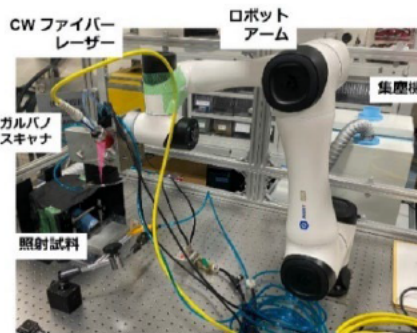
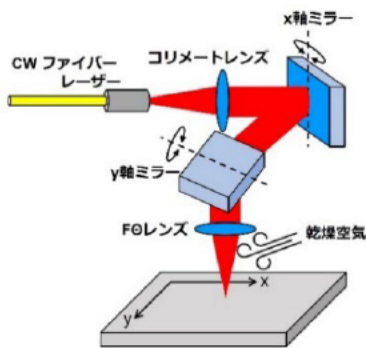
様々な固化材でPbを固化した例

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。



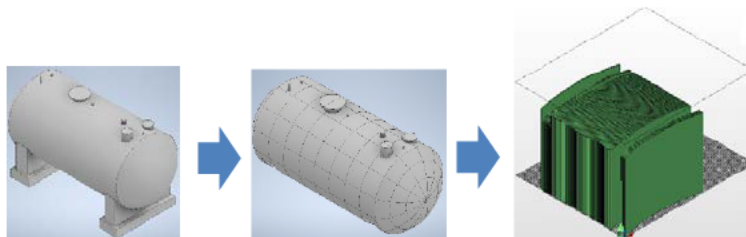
レーザー除染装置の模式図と写真(例)

- 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
- ➔
- 除染作業のコスト削減
 - 二次廃棄物発生量の低減

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

- 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

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

(4) スケジュール

- 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	開発				試運用		⇒ 機構内外への展開
9	ロボット技術	開発				試運用		⇒ 機構内外への展開

廃止措置の実施状況と今後の見通し

許可区分	拠点	施設名(略称)	実施項目	令和4年度計画(目標)	令和4年度実績	評価	令和5年度計画	今年度の見通し、課題等
原子炉施設	敦賀	もんじゅ	(1)施設の廃止に向けた準備	1)使用済燃料搬出 2)廃止措置計画変更申請 ①機器解体工事 3)ナトリウム搬出準備 ①ナトリウム搬出設備の検討・設計 ②ナトリウム(1次主冷却系3ループ)のドレン 4)廃棄物処理・処分 ①廃棄物処理装置等の整備			1)使用済燃料搬出 2)廃止措置計画変更申請 ①機器解体工事 3)ナトリウム搬出準備 ①ナトリウム搬出設備の検討・設計 4)廃棄物処理・処分 ①廃棄物処理装置等の整備	
			(2)施設の廃止	1)使用済燃料搬出 ①炉心から燃料池(水プール)までの取り出し			2)工事 ①しゃへい体等の燃料池(水プール)までの移送 ②水・蒸気系等発電設備解体撤去工事	
原子炉施設	敦賀	ふげん	(1)施設の廃止に向けた準備	1)使用済燃料搬出 ①輸送キャスクの製造 ②施設・設備の整備 2)廃棄物処理・処分 ①廃棄物処理装置等の整備			1)使用済燃料搬出 ①輸送キャスクの製造 ②施設・設備の整備 2)廃棄物処理・処分 ①廃棄物処理装置等の整備	
			(2)施設の廃止	1)工事 ①原子炉周辺設備(大型機器除く)解体撤去工事 ②各建屋内の設備の解体撤去工事			1)工事 ①原子炉周辺設備(大型機器)解体撤去工事 ②各建屋内の設備の解体撤去工事	
原子炉施設	大洗研	DCA	(1)施設の廃止に向けた準備				1)廃棄物の搬出 ①クリアランス検認装置の整備	
			(2)施設の廃止	1)工事 ①炉心タンク等解体工事(令和4年度未完了)	工事完了	○		
原子炉施設	大洗研	JMTR	(1)施設の廃止に向けた準備	1)使用済燃料搬出 ①使用済燃料輸送準備(令和4年度未完了) 2)管理区域内外閉止措置検討	閉止措置検討継続	○	1)使用済燃料搬出 ①使用済燃料輸送 2)管理区域内外閉止措置検討	
			(2)施設の廃止	1)解体工事 ①2次冷却系統及びプールカナル系統の熱交換器2次川の閉止措置(令和4年度未完了)	閉止措置完了	○	1)解体工事 ①非常用発電機の停止措置	
使用施設	原科研	ウラン濃縮研究棟						廃止措置終了(管理区域解除:令和元年度)
使用施設	原科研	保障措置技術開発試験室						廃止措置終了(管理区域解除:令和2年度)
使用施設	原科研	原子炉特研						廃止措置終了(管理区域解除:平成30年度)RI施設として使用中
使用施設	原科研	再処理特別研究棟	(1)施設の廃止に向けた準備					
			(2)施設の廃止	1)使用変更許可申請 ①残存配管及び廃水管解体 2)工事 ①GB1基、フード2基解体工事(令和4年度未完了) ②GB4基、フード1基、廃液貯槽3基解体工事(令和5年度完了)	①令和5年4月補正	△※1	1)使用変更許可申請 ①令和5年上期許可予定 2)工事 ②工事完了(令和5年度完了) ③残存配管及び廃水管解体工事(令和5年度下期開始)	※1解体工事開始時期に影響はない見込み。
使用施設	原科研	Pu研究1棟	(1)施設の廃止に向けた準備					
			(2)施設の廃止	1)使用変更許可申請 ①GB、フード解体	①令和5年4月補正	△※1	1)使用変更許可申請 2)工事 ①GB、フード解体工事(令和5年度下期開始)	※1解体工事開始時期に影響はない見込み。
使用施設	核サ研	PWSF						廃止措置終了(管理区域解除:令和2年度)
使用施設	核サ研	燃料製造機器試験室						廃止措置終了(管理区域解除:令和3年度)
核燃料使用施設	核サ研	Pu-2	(1)施設の廃止に向けた準備	1)核燃料物質搬出 ①Pu-3へのMOX粉末の搬出(令和7年度未完了)	①搬出継続中	○	1)核燃料物質の集約 ①Pu-3へのMOX粉末の搬出 ②MOX粉末の安定化処理	
			(2)施設の廃止	1)使用変更許可申請 ①GB解体(令和4年度未許可) 2)工事 ①GB1基解体工事(令和4年度未完了)	①令和5年2月許可 ①解体工事完了	○	1)使用変更許可申請 2)工事 ②GB1基解体工事(令和5年度下期開始) ③GB1基解体工事(令和5年度下期開始)	
使用施設	核サ研	東海地区ウラン濃縮施設	(1)施設の廃止に向けた準備					
			(2)施設の廃止	1)廃水処理室 ①内装設備撤去工事(令和4年度末工事完了)	①工事継続中	△	1)廃水処理室 ①内装設備撤去工事 ②汚染検査 ③管理区域解除(届出)	
使用施設	大洗研	燃料研究棟	(1)施設の廃止に向けた準備	1)核燃料物質搬出 ①核燃料物質の安定化処理	①安定化処理継続中	○	1)核燃料物質搬出 ①安定化処理 ②FMFへの搬出に向けた検討	
			(2)施設の廃止				2)廃棄物処理処分 ①放射性廃棄物の搬出 3)使用変更許可申請 ①FMFへの核燃料物質の受入 1)使用変更許可申請 ①低汚染系GB等解体	

使用 施設	人形峠	濃縮工学施設	(1)施設の廃止に向けた準備				
			(2)施設の廃止	1)工事 ①実用規模カスケード試験装置の一部設備の解体撤去工事	①工事終了	○	
再処理 施設	核サ研	TRP	(1)施設の廃止に向けた準備	1)使用済燃料搬出 ①輸送キャスクの製造 ②施設・設備の整備			1)使用済燃料搬出 ①輸送キャスクの製造 ②施設・設備の整備
				2)高放射性廃液の処理 ①ガラス固化処理 ②2号溶融炉解体撤去 ③3号溶融炉更新準備			2)高放射性廃液の処理 ①ガラス固化処理 ②2号溶融炉解体撤去 ③3号溶融炉更新準備
				3)核燃料物質の回収(工程洗浄) ①Pu溶液の回収			3)核燃料物質の回収(工程洗浄) ①Pu溶液の回収 ②U溶液の回収
			(2)施設の廃止				
加工 施設	人形峠	ウラン濃縮 原型プラント	(1)施設の廃止に向けた準備				
			(2)施設の廃止	1)工事 ①DOP-1UF6処理設備及び均質設備解体撤去工事			1)工事 ①DOP-1UF6処理設備及び均質設備解体撤去工事 2)廃棄物搬出 ①クリアランス確認
RI 施設	敦賀	重水精製建屋	(1)施設の廃止に向けた準備				
			(2)施設の廃止				
RI 施設	原科研	環境シミュレーション 実験棟	(1)施設の廃止に向けた準備				
			(2)施設の廃止				

○:当初計画の目標を達成したもの

△:当初計画における令和4年度目標の達成はできなかったものの、課題解決に向けた取組を行っており、解決の見通しがあるもの

×:当初計画における令和4年度目標が達成できず、課題解決のために更なる検討・対応が必要なもの