

# 原子力機構のバックエンド対策の現状と課題



令和5年5月16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. 原子力機構のバックエンド対策
  - (1) 方針
  - (2) 第4期中長期計画
  - (3) 実施体制
2. 廃止措置
  - (1) 廃止措置の状況
  - (2) 課題と対策
3. 廃棄物処理
  - (1) 原子力機構が管理する放射性廃棄物の現状と特徴
  - (2) 合理的な処分に向けた課題と対策
4. 埋設処分
  - (1) 廃棄体受入基準の検討状況
  - (2) 埋設事業の今後の検討の進め方
  - (3) 埋設事業の安全規制制度における要望事項

参考資料

バックエンド対策を原子力機構にとって極めて重要な経営課題として位置付けている

### 持続可能な原子力利用へ

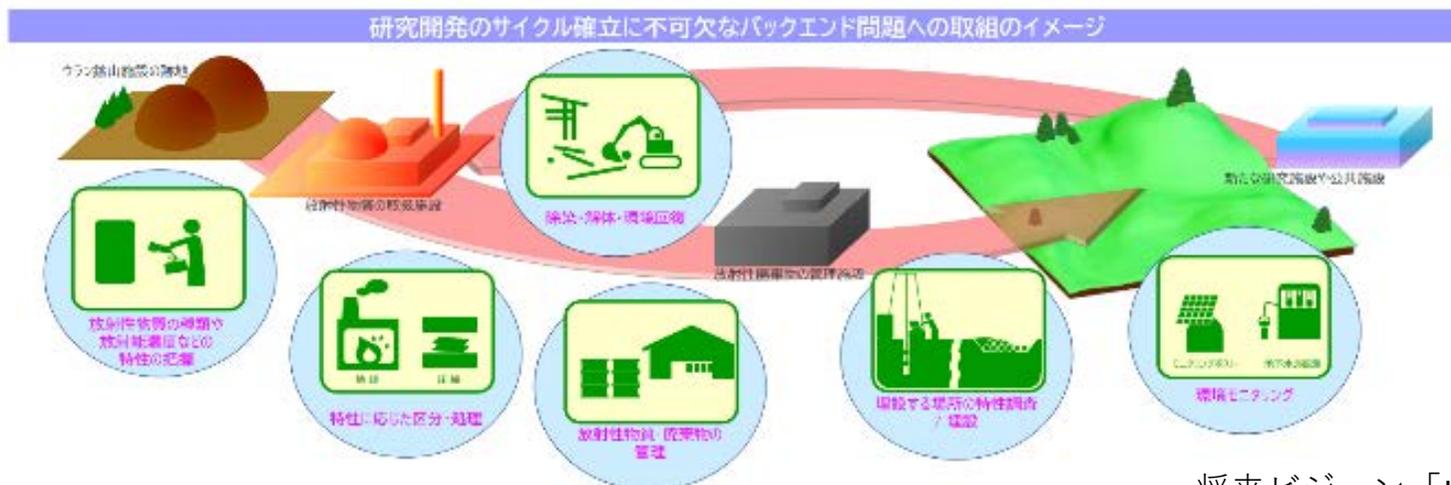
長期的な原子力利用⇒研究開発のサイクルの確立が必要

原子力を取り巻く状況  
使命を終えた原子力施設の廃止措置が増加  
多数の放射性廃棄物を保管



バックエンド問題の解決に  
向けた取り組みが重要

安全かつ効率的、合理的に施設の解体や除染、放射性廃棄物の処理、環境保全などを行うことを重要な業務と位置づけ、新たな産業分野づくりへの貢献も見すえ、研究開発・技術開発と人材の確保・育成を積極的に進める。





# 1. 原子力機構のバックエンド対策

## (2) 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の計画的遂行と技術開発の取組を進める。

### 原子力機構のバックエンド対策の方針（第4期中長期計画）

#### 6. 安全を最優先とした持続的なバックエンド対策の着実な推進

##### (1) 廃止措置・放射性廃棄物処理処分の計画的遂行と技術開発

##### 1) 廃止措置・放射性廃棄物の処理処分に係る技術開発と成果の実装

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、安全確保を前提とした、低コスト化、拠点共通的な課題解決、一般産業の先駆的な技術の取り入れ等を考慮した技術開発と現場への実装

##### 2) 放射性廃棄物の処理処分

- 低レベル放射性廃棄物の保管管理、減容及び安定化に係る処理の計画的遂行
- 廃棄体製作管理システムの構築と運用
- 東海固体廃棄物廃棄体化施設（TWTF）のうちアルファ系統合焼却炉の整備の推進
- 廃棄体作製及び輸送に必要な、基準類・品質保証体系の整備構築、廃棄体確認手法や関連データの整備、廃棄体化施設・設備の整備等の取組の計画的実施。
- 埋設処分事業の工程等の適宜見直し、立地対策及び廃棄体受入基準整備及び埋設施設の基本設計に向けた技術検討の推進、放射性廃棄物の埋設処分に向けた理解の促進
- 利用実態のない原子力機構外の核燃料物質の集約管理への関係行政機関の取組を踏まえた協力・貢献

##### 3) 原子力施設の廃止措置

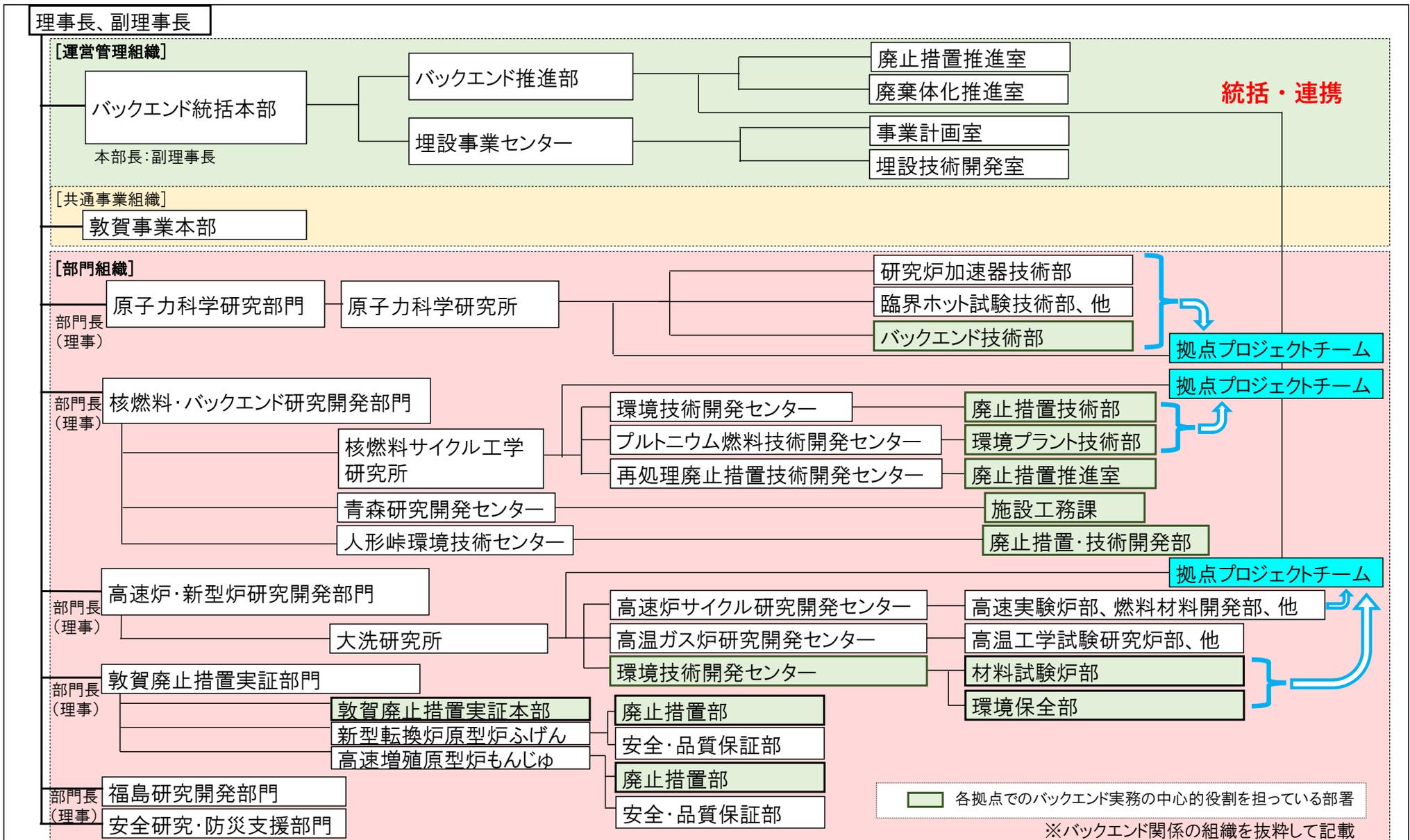
- 「もんじゅ」、「ふげん」及び東海再処理施設以外の施設（プルトニウム研究1棟、プルトニウム燃料第二開発室、重水臨界実験装置（DCA）、ウラン濃縮原型プラント等）の施設のリスクの評価に基づく廃止措置の実施
- 廃止措置を進める上で必要な核燃料物質の対象施設からの搬出、集約管理
- モデルとなる廃止措置活動の選定、プロジェクトマネジメント体制・手法及び人材育成モデルの導入



# 1. 原子力機構のバックエンド対策

## (3) 実施体制

バックエンド分野におけるPDCAを効率的に回すため、廃止措置から廃棄物処理処分までの一連の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を行うバックエンド統括本部を原子力機構の運営管理組織の一つとして設置している。





## 2. 廃止措置

### (1) 廃止措置の状況

原子力施設の廃止措置の進捗状況（令和5年3月末時点）

- 継続利用施設（45施設）、廃止措置施設（45施設）
- 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。
  - ・もんじゅ、ふげん、東海再処理施設を最優先（4施設）
  - ・残り36施設については、リスクが高い施設のうち、早期のリスク低減及び維持管理費等の削減効果が大きく、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4施設を優先

	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 その他：関根施設（むつ）	10
使用施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウラン濃縮研究棟</li> <li>・保障措置技術開発試験室</li> <li>・PWSF</li> <li>・燃料製造機器試験室</li> <li>・原子炉特研</li> </ul>	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、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 その他：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		その他：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

#### 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・方法の選定等にかか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	取り組み
<p>&lt;体制整備&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・拠点で実施するバックエンド事業にバックエンド統括本部が深く関与していく。</li> <li>・バックエンドに係る様々な課題を掘り起こし、共有し、その対策を講じることに、連携して対応していく。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶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。</li> <li>▶バックエンド統括本部と各拠点プロジェクトチームとの打合せ（月例）の実施。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・各拠点におけるバックエンド対策推進上の課題の整理</li> <li>・廃止措置等の計画、予算等の調整 等</li> </ul> </li> </ul>
<p>&lt;人材育成&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・民間等を活用した新たな廃止措置講座を開設する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶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"> <li>・廃止措置</li> <li>・プロジェクトマネジメント</li> <li>・発生解体物の処分までの道筋</li> </ul> </li> <li>▶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。</li> </ul>

#### 対策2 廃止措置プロジェクトマネジメントの強化

対策	取り組み
<ul style="list-style-type: none"> <li>いくつかの施設をモデル施設として選び、拠点とバックエンド統括本部が協働して廃止措置の計画から終了まで行い、廃止措置（工程、技術、資金、廃棄物など）の最適化の検討を行う。ここでは民間企業の協力を得ることにより廃止措置の効率化を目指す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 前述 4 施設のうち原科研の 2 施設についてモデル事業と位置づけ、以下の取り組みを令和 4 年度から実施中。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 資金の集中投入</li> <li>・ プロジェクト体制の整備</li> <li>・ 組織を越えた人的資源の流動性の確保</li> <li>・ 職員向け廃止措置講座への参加</li> <li>・ プロジェクトマネジメント資格取得</li> <li>・ バックエンド統括本部と現場プロジェクト組織との連携（共通目的として認識）</li> <li>・ 廃止措置の標準化に向けたデータの取得・蓄積</li> </ul> </li> <li>▶ 民間企業の協力               <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術開発（グローブボックス遠隔解体、廃棄物の分別等）</li> <li>・ 廃止措置の現実かつ合理的な計画の策定</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃止措置を効果的（効率的、合理的）に推進するため、国際標準（ISO21500等）の導入などによるプロジェクトマネジメントの体制の改善及び強化を進める。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 3 拠点プロジェクトチーム（原科研、核サ研、大洗研）とバックエンド統括本部による廃止措置の最適化の検討開始（令和 5 年度から）。</li> </ul>



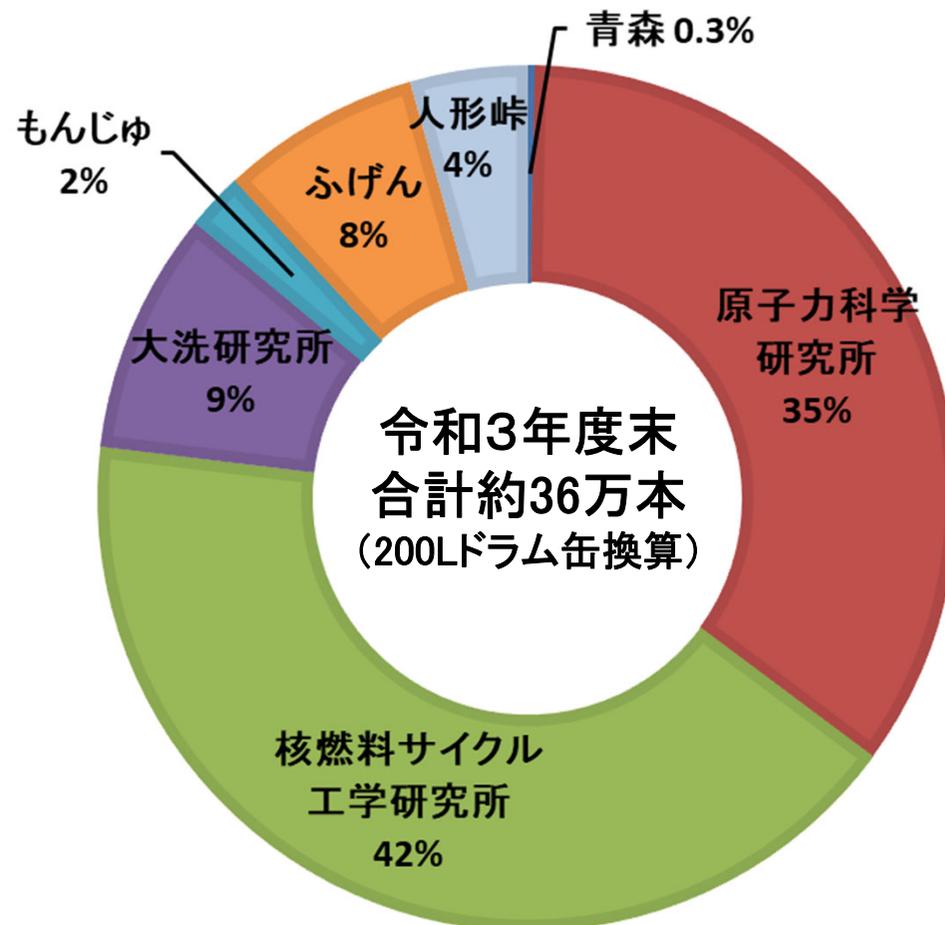
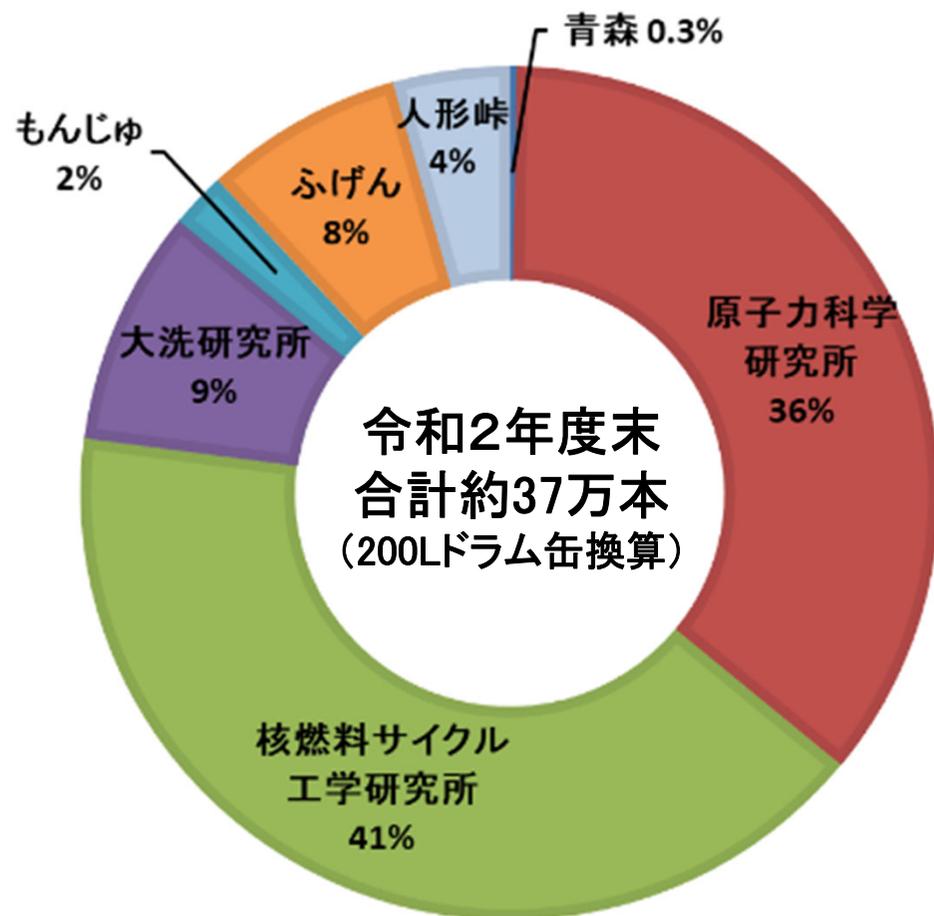
### 3. 廃棄物処理

#### (1) 原子力機構が管理する放射性廃棄物の現状と特徴

##### 1) 各拠点に保管されている廃棄物の量

- 令和3年度末現在、原子力機構全体で200Lドラム缶換算で約36万本の廃棄物を保管している。
- 原子力科学研究所・核燃料サイクル工学研究所・大洗研究所の茨城3拠点で全体の8割以上となる。

#### 【原子力機構が保管している廃棄物の内訳\*】



\* 各年度の「下期放射線管理等報告書」、「放射線管理状況報告書（許可届出使用者）」及び「廃棄物管理状況報告書」より作成

### 3. 廃棄物処理

#### (1) 原子力機構が管理する放射性廃棄物の現状と特徴

##### 2) 保管廃棄物の管理状況

- 保安規定等に基づき定期的な点検、内容物の詰め替え、ドラム缶容器の補修等を行い、安全かつ適切な保管管理を実施している。
- 保管廃棄施設・L に保管されている廃棄物以外の廃棄物のリスクは、低いと考えている。

#### 【保管廃棄物の安全管理】

- 放射性廃棄物は、許可を受けた保管廃棄施設で保管し、保安規定等に基づき定期的な外観検査、線量測定等の点検を行っている。
- 点検時に腐食の進行が認められたドラム缶があった場合は、適宜内容物の詰め替えやドラム缶容器の補修を行う等、適切に管理している。



#### 【保管廃棄物に関するリスク】

- 原子力科学研究所の保管廃棄施設・L に保管されている廃棄物については、2019年度より健全性確認を実施しており、2023年度で健全性確認を完了する予定である。(スライド12参照。)
- その他の保管廃棄物については、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を行って適切に管理しているため、リスクは低いと考えている。

#### 【埋設処分に向けた課題】(スライド15～34)

- 原子力機構が保管している廃棄物については、種々の施設や工程から発生した様々な廃棄物が混合されたものが含まれており、更に圧縮や固化されたものもある。
- これらの廃棄物を廃棄体にするためには、放射能濃度評価や内容物の確認・分別等にかかなりのコストと労力が必要等の課題があり、合理的に埋設処分を進めるため、優先順位を付けて対策を進めている。

### 3. 廃棄物処理

#### (1) 原子力機構が管理する放射性廃棄物の現状と特徴

##### 3) 保管廃棄施設・Lにおける対応状況

- 令和4年度は、以下の対応を進めた。この結果、優先度区分Aの全17ピットのうち13ピット、優先度区分Bの全11ピットのうち9ピットのドラム缶の健全性確認が完了した。これにより、全28ピットのうち22ピットのドラム缶の健全性確認が完了した。
  - 優先度区分Aは、計画どおり4ピット（L-25, L-26, L-27, L-24）のドラム缶の健全性確認を完了。
  - 優先度区分Bは、計画の2ピット（L-50, L-41）に加えて、次年度分の1ピット（L-53）のドラム缶の健全性確認を前倒しで完了。

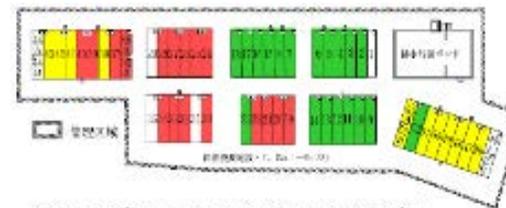
- 屋外の半地下ピット式の保管廃棄施設・Lに長期に亘ってドラム缶を保管しており、保安規定等に基づく点検で安全に管理を実施。

- 安全管理の徹底のため、ドラム缶内に水分を含む可能性や保管期間を考慮し、健全性確認の優先度を区分。優先度区分A及びBの全28ピット（約36,000本）を対象に、2019年度から2023年度までの5年間で健全性確認を完遂させる。

スケジュール及び実績

項目	年度	2019(実績)	2020(実績)	2021(実績)	2022(実績)	2023
健全性確認	優先度区分A 17ピット					
		(年間3ピット)	(年間3ピット)	(年間3ピット)	(年間4ピット)	(年間4ピット)
	試運用					
		L-22 終了 L-21 終了 L-19 終了	L-20 終了 L-34 終了 L-33 終了	L-30 終了 L-32 終了 L-28 終了	L-25 終了 L-26 終了 L-27 終了 L-24 終了	L-40 予定 L-39 予定 L-37 予定 L-36 予定
	優先度区分B 11ピット					
		(年間2ピット)	(年間2ピット)	(年間2ピット)	(年間2ピット)	(年間3ピット)
	試運用					
		L-38 終了 L-43 終了	L-46 終了 L-51 終了	L-47 終了 L-42 終了	L-50 終了 L-41 終了 L-53 終了	L-48 予定 L-49 予定 L-53 予定

優先度区分



※白抜き色のピットは、ドラム缶を保管していないピット（L-01は空、他のピットは角型集積容器、大型機器等を保管）

保管廃棄施設・L（Lピット）の平面図

区分	保管しているドラム缶の状況	ピット数
A	水分を含む可能性のあるドラム缶を保管しているピット（健全性確認も未実施）	17
B	水分を含む可能性はないが、これまで健全性確認を実施していないピット	11
C	過去(1987年度～1991年度)に健全性確認を実施し、オーバーバックしたドラム缶を保管しているピット	19

### 3. 廃棄物処理

#### (1) 原子力機構が管理する放射性廃棄物の現状と特徴

##### 4) コンクリートブロック体の管理状況

- 強固なコンクリート容器に高線量廃棄物を収納したものであり、保管上のリスクは低いと考えている。
- 大洗研では、廃棄物製作のための内容物確認を考慮して、今後は、ブロック型廃棄物パッケージを蓋方式の構造に変更する。変更が完了するまでは、新たなブロック型廃棄物パッケージを製作しない。(原科研は、対応済み。)
- 埋設処分に向けた放射能濃度評価法構築、内容物確認・分別技術が課題であり、長期対策として取り組んでいく予定である(スライド17、54)。

#### 【原子力科学研究所での保管状況】

(令和4年3月末)

容器	廃棄物 保管棟・I *1	廃棄物 保管棟・II *2	解体分別 保管棟*3	合計
コンクリート ブロック	287個 ( 1,435本 )	450個 ( 2,250本 )	379個 ( 1,895本 )	1,116個 ( 5,580本 )

( )内本数は、200ℓドラム缶換算本数

\*1:保管能力:18,000本(200ℓドラム缶換算)

\*2:保管能力:23,000本(200ℓドラム缶換算)

\*3:保管能力:22,000本(200ℓドラム缶換算)

#### 【大洗研究所での保管状況】

(令和4年3月末)

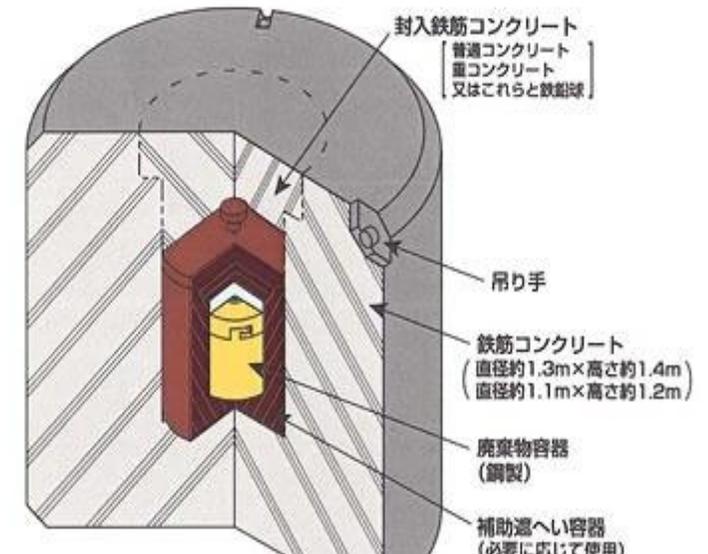
	固体集積保管場 I *4	固体集積保管場 IV *5	合計
B-I型*6	736個 ( 6,624本 )	43個 ( 387本 )	779個 ( 7,011本 )
B-III型*6	782個 ( 3,910本 )	28個 ( 140本 )	810個 ( 4,050本 )
合計	1,518個 ( 10,534本 )	71個 ( 527本*3 )	1,589個 ( 11,061本 )

( )内本数は、200ℓドラム缶換算本数

\*4:最大管理能力: 3,980m<sup>3</sup>(200ℓドラム缶換算:19,900本相当)

\*5:最大管理能力: 1,385m<sup>3</sup>(200ℓドラム缶換算:6,925本相当)

\*6: φ1.3m×1.4mH(B-I型) 又は φ1.06m×1.2mH(B-III型)



コンクリートブロック体の例

### 3. 廃棄物処理

## (1) 原子力機構が管理する放射性廃棄物の現状と特徴

### 5) アスファルト固化体の処分に向けた取組み

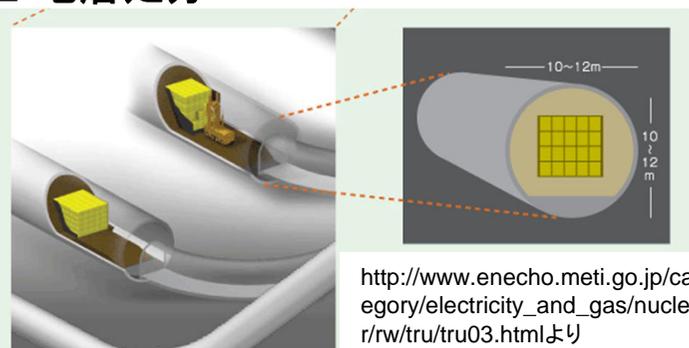
#### ○ アスファルト固化体の保管量と処分方法

種類	保管場所	保管量	想定処分方法
アスファルト固化体 (MA <sup>*1</sup> )	再処理センター	約1万7千本	地層処分
アスファルト固化体 (LA <sup>*2</sup> )	再処理センター	約1万3千本	中深度処分
アスファルト固化体 (低線量廃液)	原科研、大洗、ふげん	約3千本	ピット処分

\*1 MA: 放射能濃度約 $10^5$  Bq/ml程度の廃液を処理した固化体

\*2 LA: 放射能濃度約 $10^3$  Bq/ml程度の廃液を処理した固化体

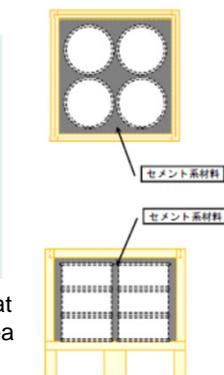
#### □ 地層処分



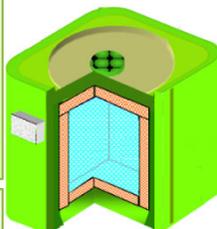
#### □ 中深度処分

放射性廃棄物の処理・処分は、発生者や発生源によらず放射性廃棄物の性状に応じて一元的になされることが効率的かつ効果的である場合が少なくないことから、国はこれが可能となるように諸制度を運用すべきであり、必要に応じて、このための更なる対応策を検討すべきである。(「原子力政策大綱」H17.10.11)

合理的かつ効率的な処分が可能となるよう、国及び関係機関と連携協力して、処分の在り方について調整を進め、その結果を踏まえ具体化を図る。(「埋設処分業務の実施に関する計画」H28.3.25)



地層処分廃棄体の例 (NUMO-TR-14-03より)



中深度処分廃棄体容器の例

日本原子力学会ウェブサイトより  
<http://www.aesj.net/document/sc2015f-0101.pdf>

#### ○ 再処理アスファルト固化体処分に向けた取組み

#### □ 廃棄体製作

- 中深度処分廃棄体容器への詰替え等の処理プロセスを検討している。
- アスファルト固化体に含まれる硝酸塩とアスファルトの反応の安全性の評価が課題であり、フランスCEA、ベルギーSCK・CEN等の海外先行事例の情報を収集している。

#### □ ロードマップ

項目	ロードマップ			
	約10年後	約20年後	約30年後	約40年後
廃棄体化 施設整備・ 処理		施設整備	廃棄体化処理	

「東海再処理施設の廃止に向けた計画」(平成28年11月)より抜粋

- 外部機関との協力を継続しながら、廃棄体化施設設計に向けた検討を実施していく。

なお、当面の廃棄体製作については、処分場操業開始の早期実現の可能性が高いトレンチ処分対象廃棄物の処分開始に向けた対応を優先する。(「施設中長期計画」H29.4.1)

第12回東海再処理施設等安全監視チーム会合 (平成29年6月9日) 資料2 「東海再処理施設のアスファルト固化体保管に係る安全対策及び廃止措置を進める上での処理方法及び計画について」に廃棄体製作に関する課題を追記。

### 3. 廃棄物処理

#### (2) 合理的な処分に向けた課題と対策

##### 1) 埋設処分に向けた課題がある廃棄物

- 原子力機構が保管している廃棄物については、種々の施設や工程から発生した様々な廃棄物が混合されたものが含まれており、更に圧縮や固化されたものもある。
- これらの廃棄物を廃棄体にするためには、放射能濃度評価や内容物の確認・分別等にかかなりのコストと労力が必要等の課題があり、優先順位を付けて対策を進めている（スライド16～34参照。）。

#### 【廃棄体製作に課題がある廃棄物の整理】

: 放射能濃度評価に課題があるものを含む廃棄物
 : 分別に課題があるものを含む廃棄物
 : 追加の処理が必要なものを含む廃棄物

廃棄物性状	処理方法	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
		原子炉系 + 照射後試験施設系	その他		再処理系	MOX系	ウラン系	その他	原子炉系	その他	原子炉系	ウラン系	原子炉系他
金属	圧縮or溶融・充填												
雑固体*1	圧縮or溶融・充填												
コンクリート	充填												
フィルタ	圧縮or溶融・充填												
イオン交換樹脂	減容・混錬												
圧縮体	圧縮or溶融・充填												
コンクリートブロック	圧縮or溶融・充填												
スラッジ	混錬												
焼却灰	混錬												
廃液の均質固化体													
TRPその他													
保管量 (200Lドラム缶換算) *2	令和2年度末時点	130,674 (原子炉系+照射後試験施設系とその他の 保管量の比は、約1:4)		32,770	83,611	31,332	34,678	841	27,554		7,677	16,022	1,100
	令和3年度末時点	126,898 (原子炉系+照射後試験施設系とその他の 保管量の比は、約1:4)		32,978	83,675	32,312	35,076	863	27,247		7,809	16,004	1,105

\*1 雑固体：ガラス・陶器類等

\*2 各年度の「下期放射線管理等報告書」、「放射線管理状況報告書（許可届出使用者）」及び「廃棄物管理状況報告書」より

#### 【共通課題の整理】(スライド46～51参照。)

##### (1) 基準類の整備

- 廃棄体を製作するため、廃棄体受入基準、廃棄物確認要領等を整備していく必要がある。
- 埋設施設の詳細が決定していない状況では設定できない項目が一部あるが、事前検討を行って基準を仮設定し、廃棄体製作を進める必要がある。

##### (2) 廃棄体製作施設・設備の整備

- ほとんどの施設・設備が未整備であり、埋設事業の計画と整合した廃棄体製作ができるよう優先順位を決めて計画的に整備していく必要がある。

##### (3) 解体廃棄物の合理的な処理処分

- 解体廃棄物については、操業廃棄物に比べて分別や放射能濃度評価が容易等の特徴があり、解体現場で分別を行うことにより、合理的に埋設処分することが可能と考えられる。

##### (4) 保管廃棄物に関する課題への対応

- 前ページで整理した放射能濃度評価、分別、安定化処理等の保管廃棄物に関する課題へ対応していく必要がある。

#### 【課題への対応の進め方】(スライド17, 52～54参照。)

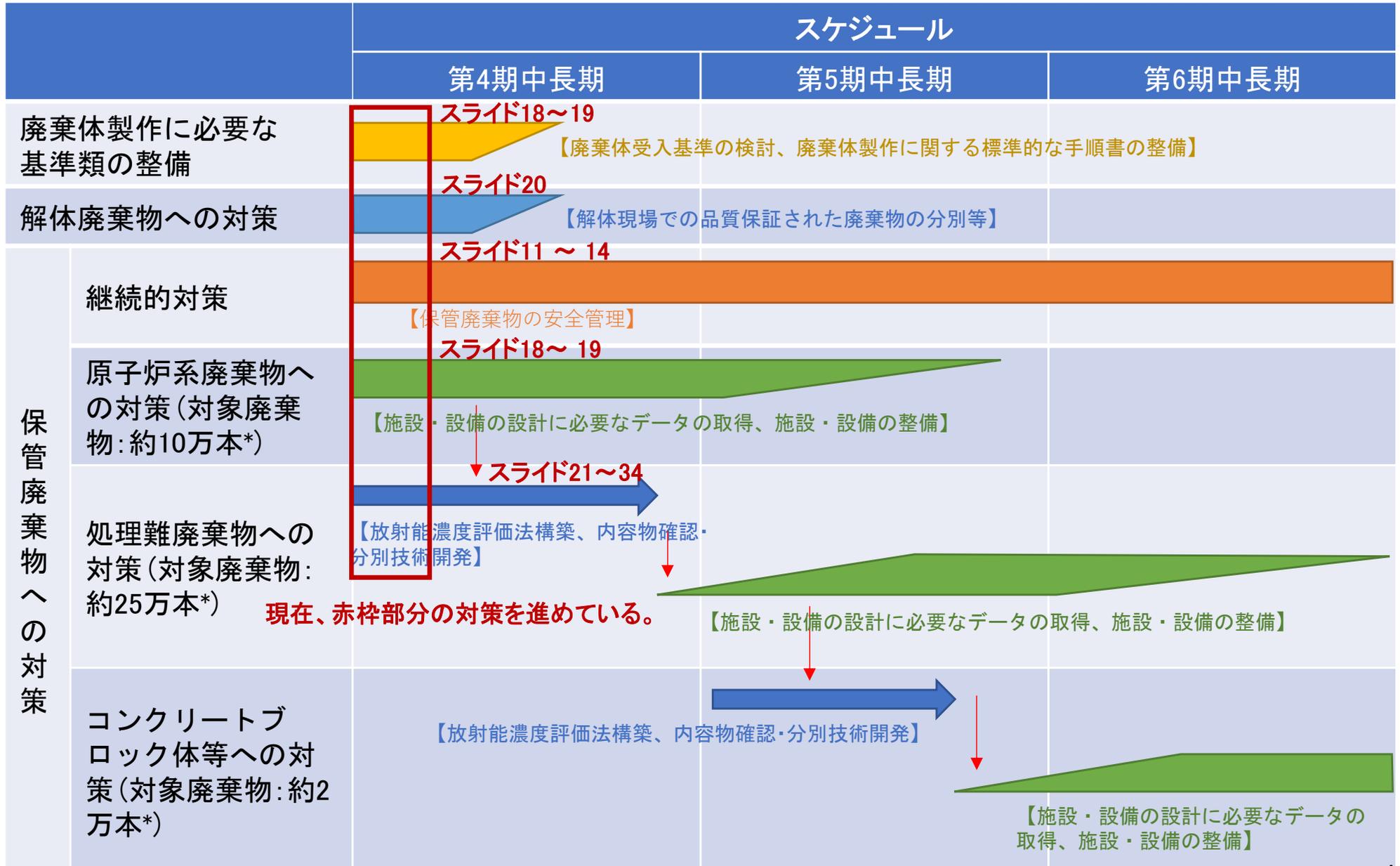
- 保管廃棄物の安全な管理を前提に、課題への対応は、基本的に容易なものから難しいものへと進める。(経験の次のステップへの反映、一般産業技術(AI等)の進展の利用等による効率的な対応)
  - 原子炉系廃棄物の廃棄体製作に向けた対応を実施中。
- 技術開発は、廃棄体製作施設・設備の整備スケジュールに合わせ、計画的に実施していく。

### 3. 廃棄物処理

#### (2) 合理的な処分に向けた課題と対策

##### 3) 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。



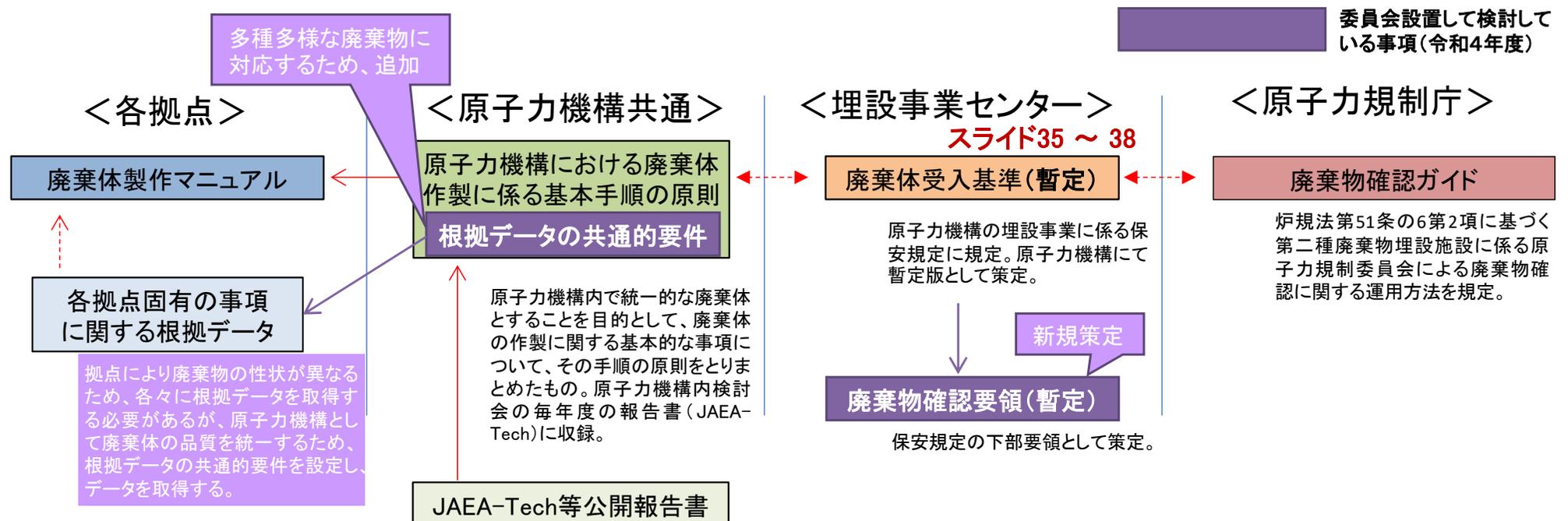
### 3. 廃棄物処理

#### (2) 合理的な処分に向けた課題と対策

#### 4) 廃棄体製作に必要な基準類の整備 (1/2)

- 先行している発電所廃棄物の例を参考に、受入基準、廃棄物確認要領等の検討を進めている。
- 種々の型式の研究炉があり、また、古い時期（主として20世紀）に発生した廃棄物は、あまり埋設を意識せずに容器に収納されていることから、一部の廃棄物は、原子力機構オリジナルの確認方法が必要となっている。
- 事業者として、安全かつ合理的な廃棄物確認方法の検討を進めてきているものの、先行例のないものについては、ご意見を伺って今後の検討の参考にしたいと考えている。

#### 【廃棄体製作に必要な基準類】





### 3. 廃棄物処理

#### (2) 合理的な処分に向けた課題と対策

#### 4) 廃棄体製作に必要な基準類の整備 (2/2)

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	
セメント混練固化体	製作方法 (放射能濃度除く)		▽ 規制庁意見交換						
	放射能濃度評価	重要核種選定 (本年度はWGにて検討)		原廃棄物分析が基本なので、評価法・測定法は設定しない予定					
モルタル充填固化体	製作方法 (放射能濃度除く)	分別	▽ 規制庁意見交換						
	放射能濃度評価	(本年度よりWGにて検討)	充填	▽ 規制庁意見交換	重要核種選定		評価法・測定法	▽ 規制庁意見交換	
L3 廃棄物	製作方法 放射能濃度評価	(分別は、モルタル充填と共通)		重要核種選定			砂充填 評価法・測定法	▽ 規制庁意見交換	

令和4年度の検討内容

1. 廃棄物確認要領 (暫定) の策定
  - (1) セメント混練固化体 (放射能濃度除く)
  - (2) 充填固化体 (分別に係るもの (健全性を損なうおそれのある物質))
 上記確認要領の策定に関係する廃棄体受入基準 (暫定) の見直しを含む

2. 根拠データの共通的要件の設定

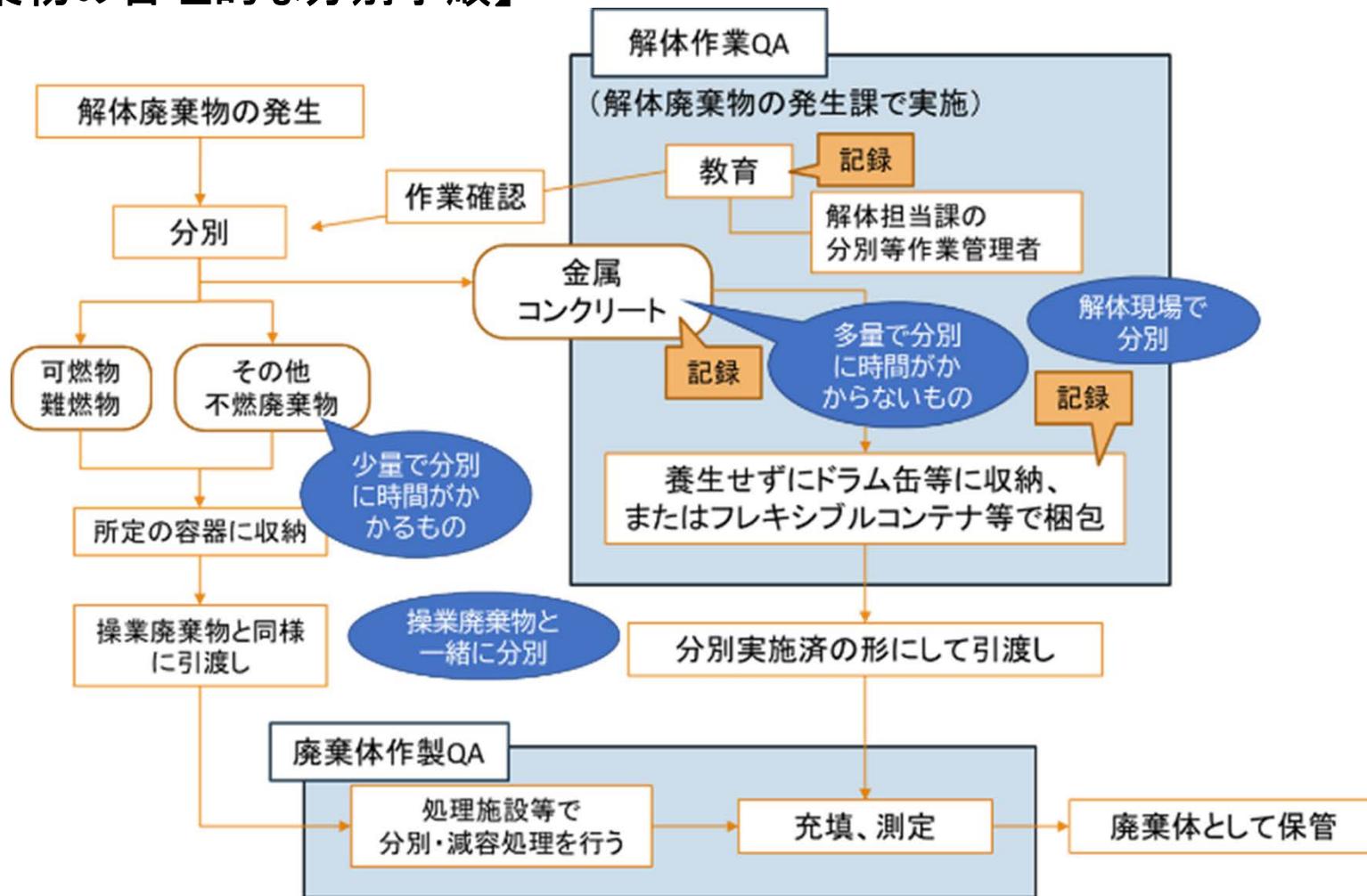
### 3. 廃棄物処理

#### (2) 合理的な処分に向けた課題と対策

##### 5) 解体廃棄物への対策

- 解体廃棄物については、操業廃棄物に比べて分別や放射能濃度評価が容易等の特徴があり、解体現場で分別を行うことにより、合理的に埋設処分することが可能。
- 解体廃棄物の合理的な手順を検討し、原子力機構標準廃棄体製作手順に追加した。

#### 【解体廃棄物の合理的な分別手順】



#### ■ 廃棄物処理の加速に関する対応

- 約15年後のタイプII廃棄物の廃棄体製作開始に向けて、廃棄物処理の加速に関する対応を進める。
- 主要対策については、保守的な核種組成比を設定するための放射化学分析等の具体的な対応を行う。
- 中長期対策については、当面机上検討を中心に進め、必要に応じて公募研究等を利用した技術開発を行う。
- 3年後を目途に調査・検討結果のレビューを行い、主要対策及び中長期対策(継続の要否を含む)の見直しを行う。

分類		対応の内容	スケジュール	
			R02-R10	R11-R20
主要対策	有害物等・可燃物 分別加速	<ul style="list-style-type: none"> <li>高エネルギーX線CT等を利用した内容物評価技術の構築</li> <li>X線CT実装置の設計・許認可・製作・据付</li> <li>埋設施設の構造及び受入基準の検討</li> <li>埋設施設の設計</li> </ul>		
	放射能濃度 評価加速	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守的な核種組成比の検討 (放射化学分析を含む)</li> <li>非破壊測定法の検討</li> </ul>		
中長期対策		<ul style="list-style-type: none"> <li>か焼技術の検討</li> <li>自動分別に関する検討</li> <li>中性子ラジオグラフィ・CTに関する検討</li> <li>統計的推定による可燃物含有量評価法の検討</li> </ul>		

タイプII廃棄物の廃棄体製作開始(目標) ▼  
 タイプII廃棄物の廃棄体処分開始(目標) ▼  
 ▼調査・検討結果のレビュー及び対策の見直し

今回の説明の範囲

#### ■ 分別の基本的な考え方

これまでの対応計画

【手作業による全廃棄物の分別】

手作業による分別・除去  
(全廃棄物)

長時間を要する

溶融(有害物の安定化)による  
安全性の向上

新たな対応方法

【非破壊検査による分別要否の確認】  
+【埋設施設の安全性向上】

鉛、水銀

鉛、水銀以外の有害物

非破壊検査による  
分別要否の確認

記録、有害物使用  
状況等による  
分別要否の確認

分別が  
不要なもの

分別が必要なもの  
(約1割)

分別が必要なもの

分別が  
不要なもの

手作業による  
分別・除去

埋設施設構造高度化及び安全評価による  
安全性の向上



### 3. 廃棄物処理

## (2) 合理的な処分に向けた課題と対策

### 6) 処理難廃棄物への対策 (3/14)

#### ■ 高エネルギーX線CT等を利用した内容物評価技術の構築

- 鉛(開缶調査で7%のドラム缶に混入)、乾電池(水銀含有物)(開缶調査で3%のドラム缶に混入)が入っているドラム缶を非破壊検査で確認し、分別対象を約1/10程度に減らす。
- このために、ドラム缶内部を検査できる高エネルギーX線技術により、鉛と乾電池(水銀含有物)を高精度で識別できる方法を構築する。

	R2年度	R3年度	R4年度
1/2スケール模擬廃棄物の製作と画像データの取得	模擬廃棄物製作 ▼CT撮影		
ソフトウェアの画像解析性能の確認	画像解析		
対象物を密度で判断するアルゴリズムの構築		密度に基づく判断方法の構築	
実スケール模擬廃棄物による検出性能の確認		模擬廃棄物製作 ▼CT撮影	
電池等を形状で判断するアルゴリズムの構築			形状に基づく判断方法の構築

#### ■ 試験装置

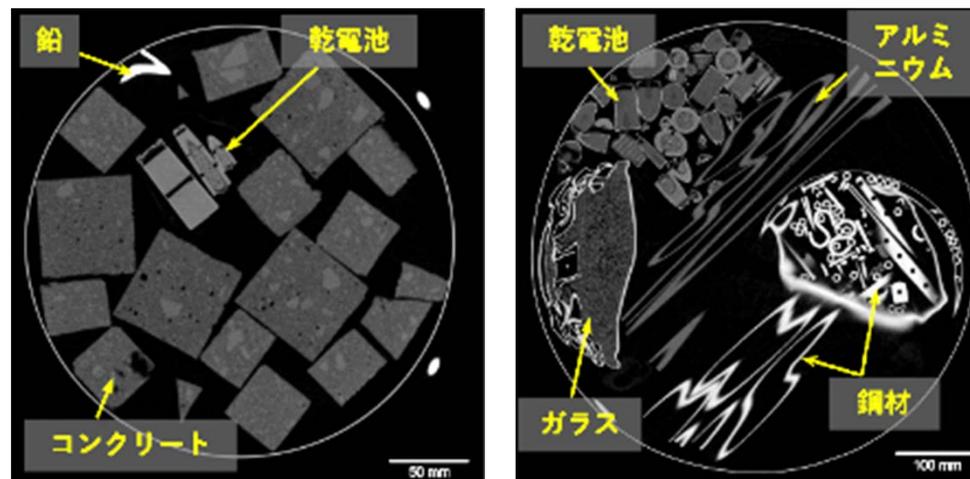
産業用X線CTシステムHiXCT-9M(日立製作所)



- 最大X線エネルギー: 9 MeV
- 撮影時間: 14 s / 1スライス
- スライスピッチ: 0.5 mm
- 撮影範囲: 600 mmφ

#### ■ 画像解析ソフトウェア

CT画像の例



ペール缶サンプル  
(Pail-3)

ドラム缶サンプル  
(Drum-1)

- 再構成: フィルタ補正逆投影法
- 画像サイズ: 1,500 × 1,500ピクセル  
→ 1ピクセルが0.4 mm × 0.4 mmに対応
- 諧調: 65,536 (16 bit)
- 分解能: 1.2 mm

#### ■ 模擬廃棄物

- これまでの分別実績に基づき、**廃棄物の代表的な内容物と識別対象物を含むサンプルを製作した。**
- 異なる密度・内容物における識別性能確認を目的とした1/2スケールのペール缶(直径27 cm、R2年度製作)と、廃棄物の実際の形状を模擬するために圧縮したモックアップドラム缶(直径59 cm、R3年度製作)の2種類を製作した。

ペール缶(4種)



0.58 g/cm<sup>3</sup>



1.1 g/cm<sup>3</sup>



1.4 g/cm<sup>3</sup>



1.8 g/cm<sup>3</sup>

それぞれ、乾電池12個、鉛1個を封入

ドラム缶(2種)



**代表的な内容物**  
コンクリート、金属、複合物、ガラス等  
**識別対象物**  
鉛、乾電池(水銀)、可燃物

Drum-1 0.69 g/cm<sup>3</sup>

乾電池157個、  
鉛12.2 kg(鉛ブロック含む)、  
水銀温度計を封入

Drum-2 0.93 g/cm<sup>3</sup>

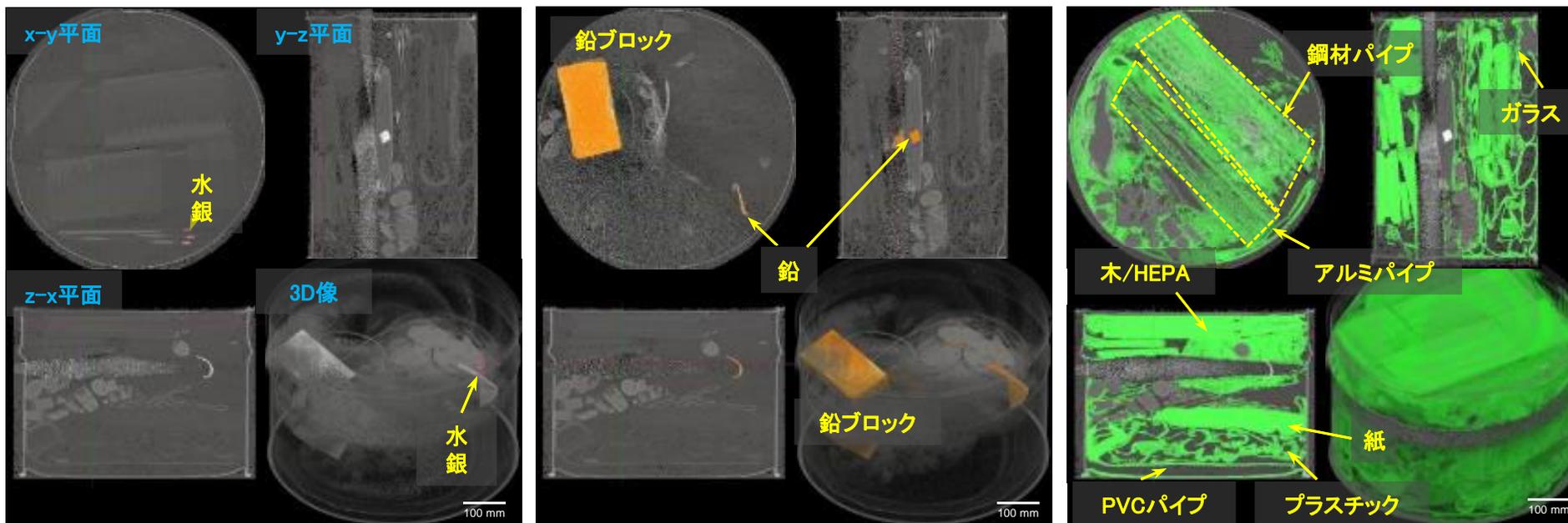
乾電池192個(変形)、  
鉛10.8 kg(鉛毛含む)  
を封入

プレス  
(100 tf)



#### ■ 画素値による識別

- 分別対象物である水銀、鉛、可燃物の画素値範囲について、それぞれの領域を抽出した (TRI/3D-BON-FCS64ソフトウェアを使用)。



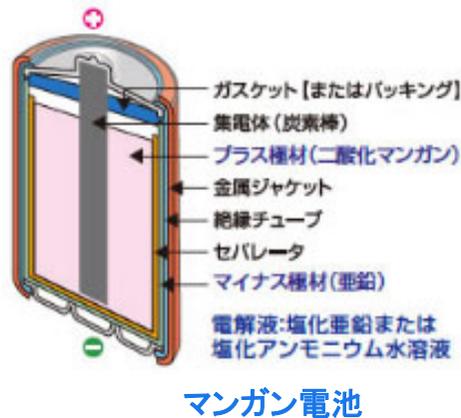
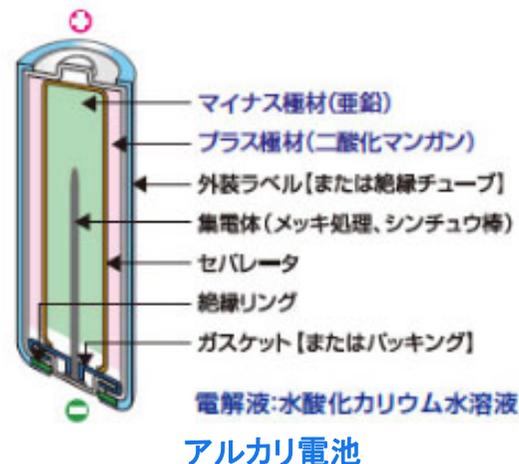
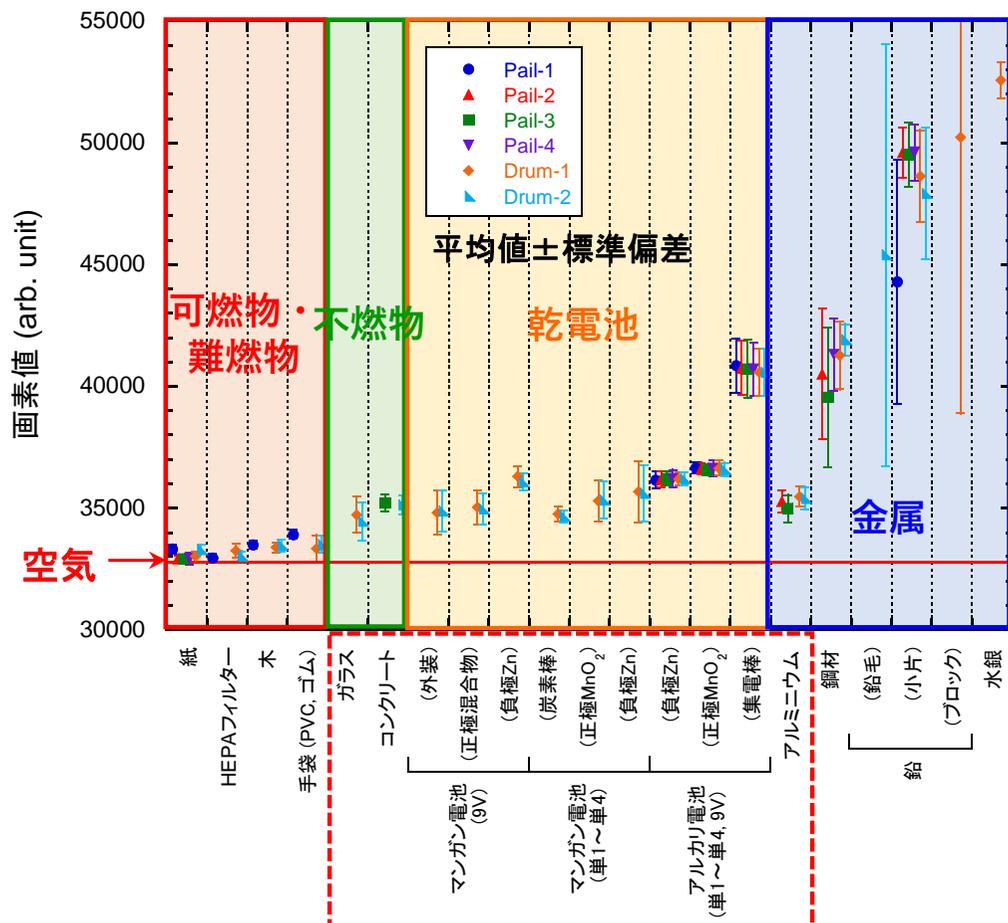
水銀

鉛

可燃物・難燃物

- 水銀と鉛は正しく抽出できた。
- 可燃物は、一部薄い形状の金属、ガラス破片等が抽出され、過大評価となる。  
→ 分解能・部分体積効果により高い密度の物質の画素値が低下するため。  
保守的な評価となるため問題ないと考えている。

#### ■ 画素値による識別の課題：電池(水銀)の識別



出典:一般社団法人電池工業会

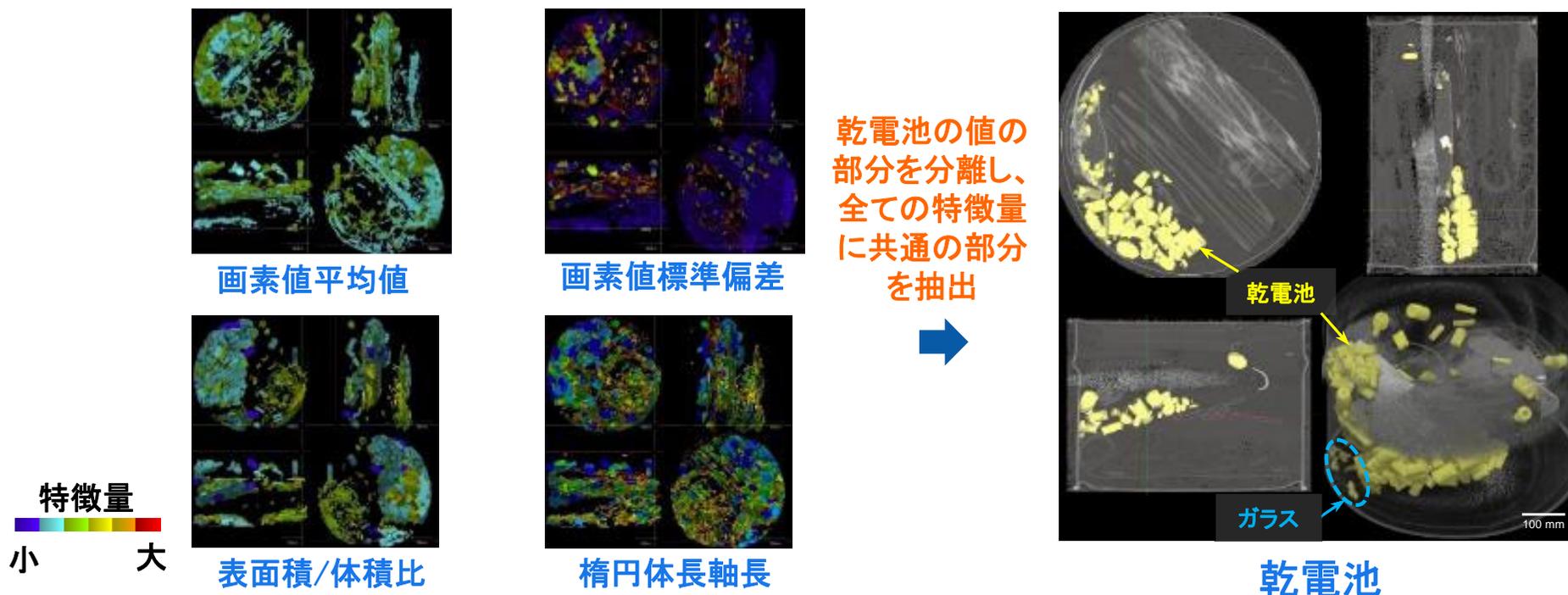
<https://www.baj.or.jp/battery/knowledge/structure.html#>

- 識別対象物のうち、乾電池の画素値範囲はアルミニウム、ガラス、コンクリートと重なる
- 乾電池内部の微量な水銀の直接検出は不可能である。

→ 乾電池は画素値に加えて形状を考慮した識別を検討した。

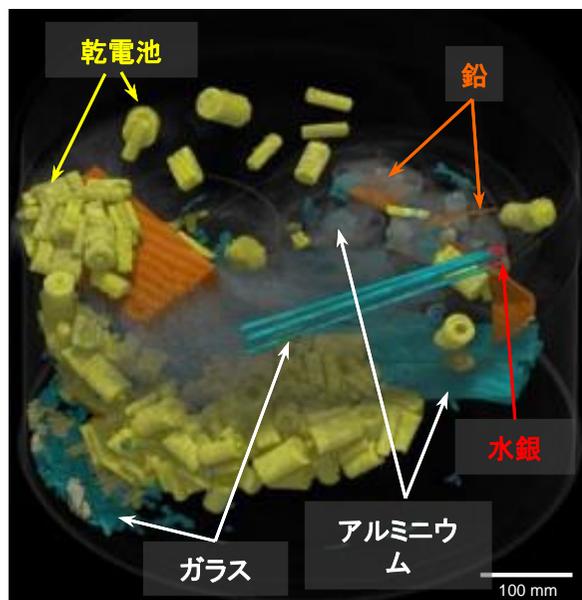
#### ■ 電池(水銀)の識別の改善: 特徴量の考慮

- 物体の特徴量(画素値平均値、画素値標準偏差、表面積/体積比、楕円体長軸長等)に基づき、乾電池の値の部分进行分離する。
- それぞれの特徴量においては、電池以外の物体も分離されてしまうが、**分離された部分を重ね合わせ、全ての特徴量に共通の部分抽出すると、ほぼ乾電池のみが抽出される。**



- **封入した乾電池のうち98%が識別できた(識別できなかったものは10個)**
  - 9個は大きな鉛に起因するノイズが原因であり、開缶の対象となるので問題はない。
  - 残りの1個(著しく変形)については、深層学習を取り入れることで抽出できる見込み。

#### ■ 「非破壊検査による分別要否の確認」の適用(まとめ)



- 保管されている放射性廃棄物の代表的な内容物と識別対象物(鉛、乾電池、可燃物)を封入した容器に対して高エネルギーX線CT撮影を実施し、CT画像を取得した。
- CT画像の画素値に基づく識別により、密度(画素値)が大きい水銀と鉛、密度が小さい可燃物(難燃物)を識別できた。
- 乾電池の画素値範囲にはガラス、アルミニウムが重なるが、3次元的な形状を利用した識別方法を取り入れることにより、ごく一部の例外を除いて識別できた。

#### ■ ソフトウェアによる内容物の自動識別に関する課題

- 乾電池の抽出において、ガラス等の別の物質が一部取り込まれる
- 可燃物(難燃物)の抽出において、より画素値が大きい金属の一部が取り込まれる

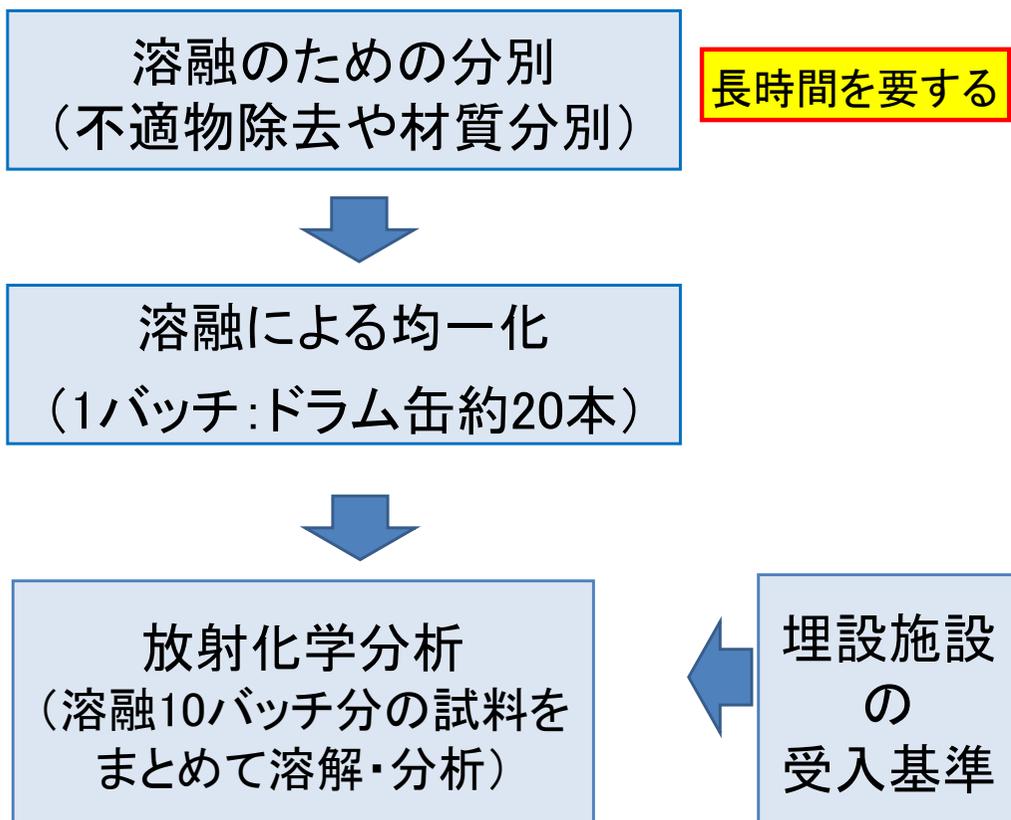
➡ 保守的な評価になっているため問題にならないと考えているが、作業効率化の観点で、深層学習を取り入れることによる識別の高精度化を図りたいと考えている。  
 深層学習を利用した識別は、判断根拠がブラックボックス的になってしまうため、適用についてのご意見を伺いたいと考えている。

#### ■ 放射能濃度評価の基本的な考え方

  今回の説明の範囲

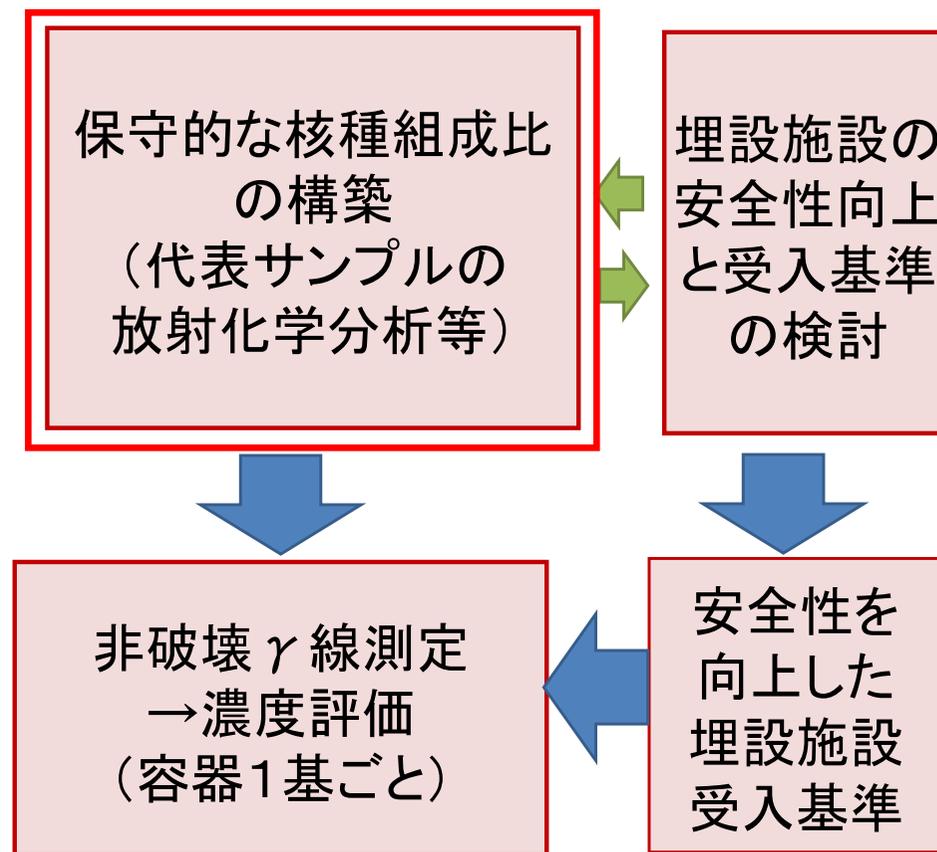
#### これまでの対応計画

#### 【廃棄物の溶融均一化＋放射化学分析】



#### 新たな対応方法

#### 【保守的な核種組成比＋非破壊測定】 ＋【埋設施設の安全性向上】



#### ■ タイプII 廃棄物(処理難廃棄物)に対する検討状況及び課題

R2～ タイプII 廃棄物の分析に着手

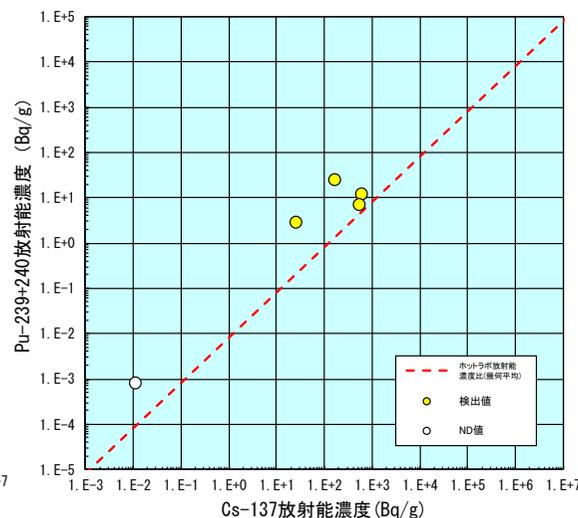
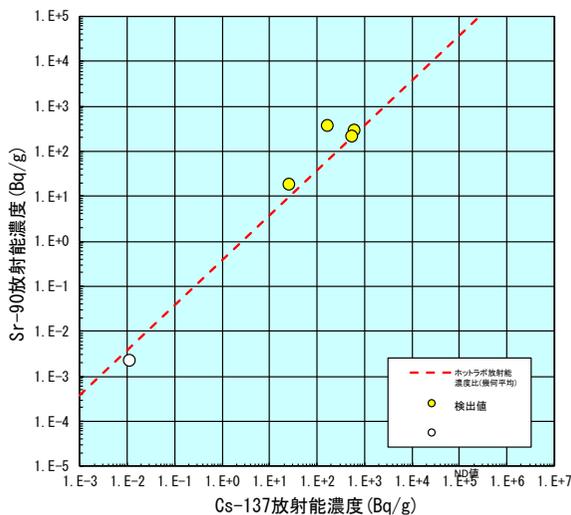
- ・ 廃棄物保管棟からドラム缶を運搬・開封し試料採取を行うことは多大な労力と費用を要するため、Lピットの健全性確認と併せて試料(圧縮体)の採取を実施

分析対象核種:

$^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$

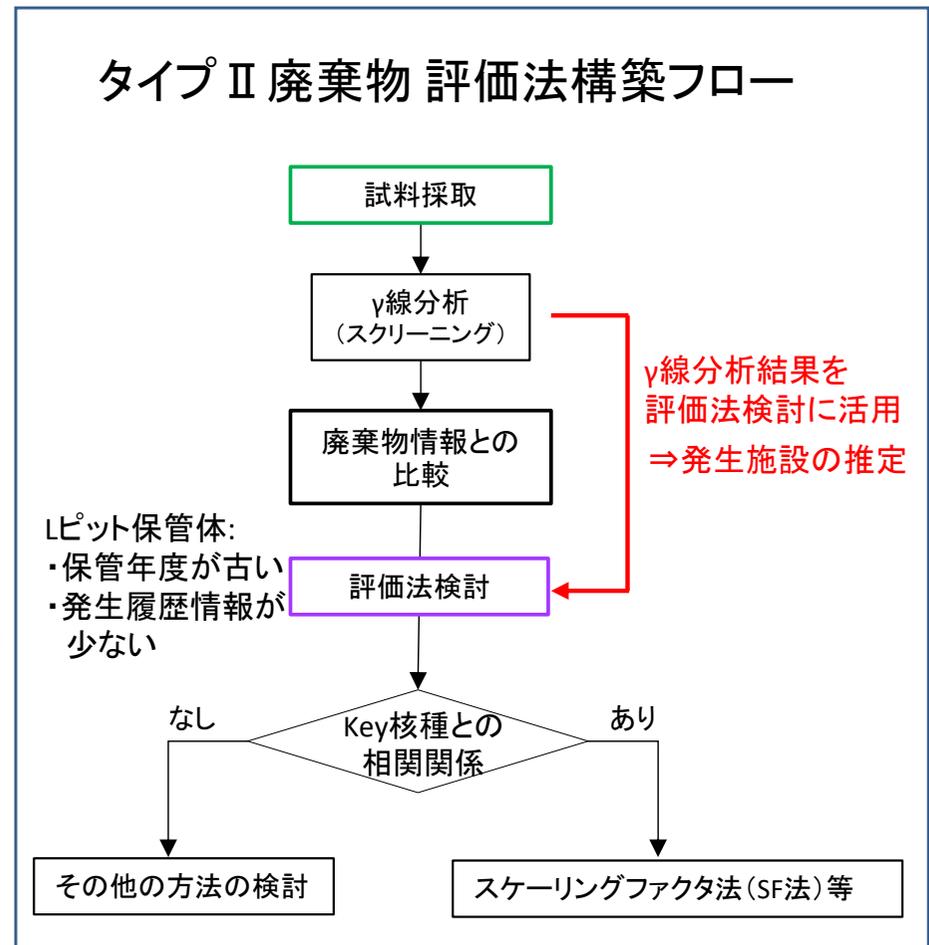
R2年度に5試料の詳細分析(破壊分析)を実施

- ・ 採取した試料(83試料)はスクリーニングによりFP核種による汚染が主体であることが分かったため、タイプI 廃棄物として評価法の検討を進めているホットラボ(照射後試験施設)のデータと比較



⇒ホットラボ(照射後試験施設)の放射能濃度比とおおむね一致

#### タイプII 廃棄物 評価法構築フロー



- ・ 当面は、混合される前の発生施設ごとの核種組成比の確認を優先して進める。

また、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。

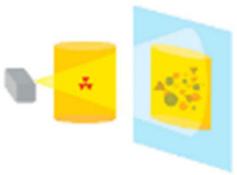
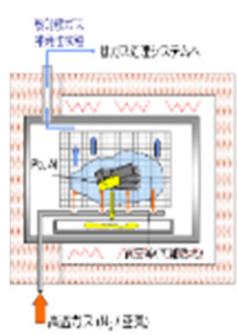
#### ■ 処理難廃棄物へ適用可能な放射能濃度評価法

- 放射能濃度評価法として、以下の(1)~(3)のケースについて、検討を実施中

評価法	概要	適用条件	長所	課題
(1) 溶融+破壊分析	廃棄物を溶融・均一化後、破壊分析で放射能濃度を評価する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融炉(プラズマ炉を含む)の再稼働が前提。</li> </ul>	ほとんどの廃棄物に適用可能。	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融炉の再稼働に高額な費用が必要。</li> <li>作業量、作業時間が大きい。分別が困難な圧縮体に適用するのは難しい。</li> </ul>
(2) $\gamma$ 線非破壊測定+保守的なSF	発生元の全ての施設を包含する保守的なSF、平均濃度を適用し、キー核種の測定で評価する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生施設の確定</li> <li>SF等の保守性の確認</li> </ul>	比較的小さい作業量、作業時間で評価が可能。	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生施設が推定できない廃棄物が混入していないことの確認。</li> <li>保守的すぎる評価法にならないことの確認。</li> </ul>
(3)核反応等による非破壊測定	核反応等を利用し、全ての放射性核種を非破壊で評価する。	全ての放射性核種を非破壊で検出できる技術の存在が前提。	作業量、作業時間の大幅削減。	<ul style="list-style-type: none"> <li>加速器等を利用した大型設備が必要となるため、コスト評価が必要。</li> <li>検出下限値の評価が必要。</li> </ul>

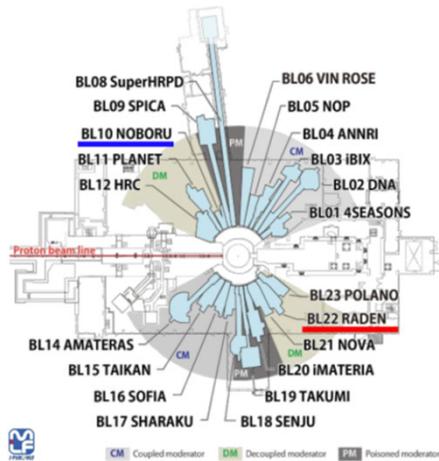
#### ■ 中長期対策の評価

- いずれの技術も、現時点では処理難廃棄物へ適用するには、技術が未完成またはメリットが小さい。
- 将来性を見込んで、公募研究等での実施を検討。

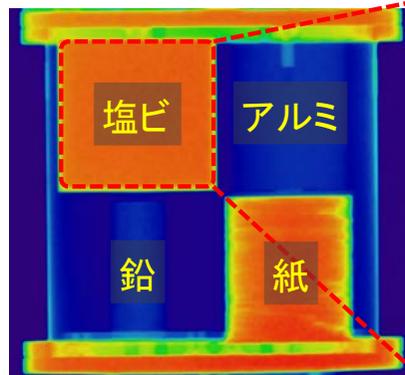
検査技術	イメージ画像	概要	特徴 (1:長所、2:実用化に向けた課題)	評価
中性子ラジオグラフィ・CT		パルス中性子(meV~MeV)を使用し、広いエネルギー領域のイメージング画像を取得する。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 軽元素(H、C、N、O)に高感度であり、物質透過性も高い。また、中性子吸収に伴い発生するγ線の分析を利用すれば元素(Pb、Cd、Cl、Al、Si、F)を選択的に評価できる。</li> <li>2 小型中性子源の開発、データ解析プログラムの高速化が必要。</li> </ol>	ドラム缶スケールのイメージングが実現できる小型かつ大強度の中性子源が開発されるまでは、適用は難しい。
か 焼		か焼技術は、廃棄物を600℃前後に加熱することにより、廃棄物中の可難燃物の分解を行う技術である。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 可難燃物の分解以外にも、融点の低い鉛・アルミニウムの分離やH-3、C-14等の揮発性核種を廃棄物から分離することにも適用可能である。</li> <li>2 火災、爆発トラブルを防ぐために分別処理が必要。不揮発性のα、β核種が廃棄物内に残留するため放射能濃度評価方法の開発が必要。</li> </ol>	処理前の分別が必要であり、熔融と比べてメリットがほとんどない。
自動分別		自動分別技術は、従来の機械的な自動分別技術、人工知能を用いたセンシング機能を強化しロボットと連携させた高度な分別技術を合わせることで合理的な分別を実現する技術である。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 AI・ロボットにより安全・高速な分別が実現できるため、人手作業を大幅に圧縮できる。</li> <li>2 放射性廃棄物の多様性に完全に対応できるロボット、センシング技術の開発が必要。</li> </ol>	多種多様な放射性廃棄物を高精度で分別できる技術は、現時点では完成しておらず、適用は難しい。

#### ■ 中性子ラジオグラフィ・CT 技術評価試験：分別対象物質の元素イメージング

エネルギー分析型中性子イメージング  
J-PARC : **BL10 NOBORU** **BL22 RADEN**

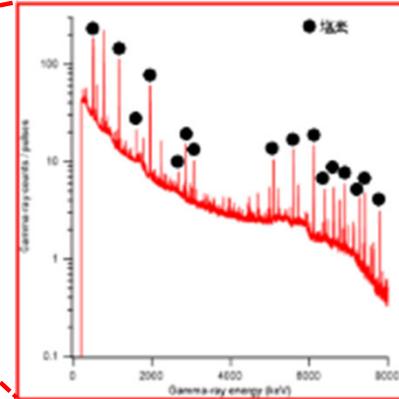


#### 1. ラジオグラフィ・CT



軽元素に対する高感度評価手法の確認

#### 2. 即発ガンマ線分析



構成元素のイメージング性能の確認

#### 課題

- 有機物が多い場合の物質透過性
- 定量評価

小型かつ大強度の中性子源が必要であり、現状では適用が難しい

#### ■ 自動分別

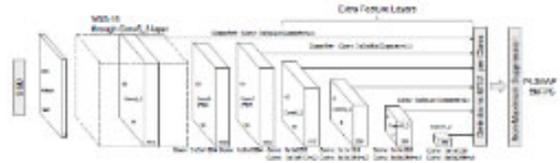
技術評価試験：放射性廃棄物の多様性に対応した識別

深層学習による物体識別



カメラ

PC



深層学習を用いた物体検出アルゴリズム

出典: Liu et al., arXiv:1512.02325v5 (2016)



廃棄物の識別性能の確認

#### 課題

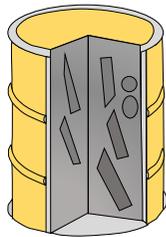
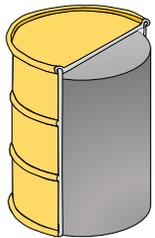
- 多種多様かつ複雑な形状の物質の識別
- 自動分別機構(ロボット)との連携技術の開発

実用化に向けては開発要素が多い

### 廃棄物発生者や廃棄物処理者の廃棄体化処理に寄与するよう 埋設施設への受入基準の検討を精力的に推進

#### 想定している対象廃棄物・廃棄体の主な分類

埋設対象廃棄物の形態	廃棄体			コンクリート等廃棄物			
	均質・均一固化体	充填固化体					
容器等※	200ℓドラム缶	200ℓドラム缶	角型容器	フレキシブルコンテナ	プラスチックシートによる梱包	200ℓドラム缶	角型容器
廃棄物	液体廃棄物、樹脂、焼却灰等	コンクリート類、金属、不燃物等		コンクリート類		金属等	
固型化・充填材	セメント、アスファルト等	セメント		/		砂を想定	
埋設方法	ピット埋設処分、 トレンチ埋設処分（付加機能型）					トレンチ埋設処分（安定型）	



廃液の均質均一セメント固化体  
固体廃棄物のセメント充填固化体

角型容器の外観例

フレキシブルコンテナに詰められたコンクリート廃棄物

ビニール梱包したコンクリートブロック

角型容器への砂充填試験例

※タンク等の塔槽類をそのままの形状で埋設することも想定している（将来個別に検討する）



# 4. 埋設処分

## (1) 廃棄体受入基準の検討状況 (2/4)

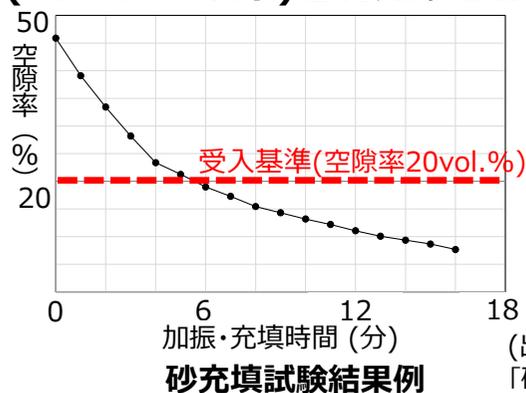
埋設廃棄物の形態	廃棄体			コンクリート等廃棄物			
	均質・均一固化体	充填固化体					
容器等	200ℓドラム缶	200ℓドラム缶	角型容器	フレキシブルコンテナ	プラスチックシート包装	200ℓドラム缶	角型容器
廃棄物	液体廃棄物*1	コンクリート、金属、不燃物等		コンクリート		金属等	
固型化・充填材	セメント、アスファルト等	セメント		—		砂を想定	
処分方法	ピット処分、トレンチ処分（付加機能型）			トレンチ処分（安定型）			
容器等の仕様	JIS Z 1600(1993)のH級等の金属容器		輸送基準も考慮して再検討中	JIS Z 1651に定めるフレキシブルコンテナ	ビニールシート*2	廃棄体と同じ	輸送基準も考慮して再検討中
固型化の方法	固型化材料	JISR5210等に定めるセメント等		基準は200ℓドラム缶と同じ。固型化方法の具体化が必要			
	固型化材料等の練り混ぜ	廃棄物と固型化材料の均質な混合の管理	均質な練り混ぜの管理				
	一軸圧縮強度	1470Pa以上					
	一体となるような充填		流動性及び注入速度の管理				
	有害な空隙	容器内空隙が20%以下					
砂充填の方法						容器内空隙が20%以下	① 砂充填検討中
耐埋設荷重	俵積みで150kN以上(ピット)等		載荷荷重で180kN以上	埋設位置を設定することで耐荷重を確保		土中に埋設した状態で200kPa以上	300kPa以上
耐落下衝撃	先行埋設施設の結果を参照して設定予定		② 解析により検討中				
表面線量当量率	・2mSv/h (ピット) ・最大100μSv/h、平均10μSv/h (トレンチ)						
健全性を損なう物質	廃棄物処理法等の基準を参照（立地環境条件が確定後に設計・評価を実施し、基準値を設定する計画）						
最大放射能濃度	③ 暫定的な値を試算（立地環境条件が確定後に設計・評価を実施し基準値を設定する） ④,⑤ 発生施設毎の放射能濃度の評価方法について検討中						

\*1：焼却灰、イオン交換樹脂の均一・均質固化体については、今後、技術開発を行って受入基準を設定する。\*2：具体的な素材は今後設定

※ 上記の他、著しい破損、飛散防止措置（コンクリート等廃棄物）の基準も設定している。

### ① 砂充填の方法

コンクリート等廃棄物のトレンチ埋設処分方法として、種々の形状の模擬廃棄物を収納した角型容器内への砂充填試験を行い、**受入基準で想定している空隙率(20 vol.%以下)**を満足することを確認した

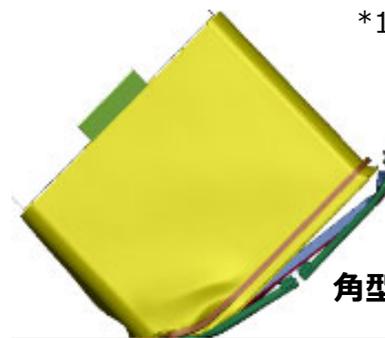


(出典：第38回「バックエンド」夏期セミナー ポスター発表「研究施設等廃棄物の埋設に向けて(1)」, 2022)

### ② 耐落下衝撃

規制の要求事項「廃棄体の落下時に飛散する放射性物質の量が極めて少ないこと」を数値解析により**飛散率<sup>\*1</sup>**が**目安値( $10^{-5}$ )以下**となることを確認した

\*1 : (飛散した放射エネルギー)/(含有放射エネルギー)



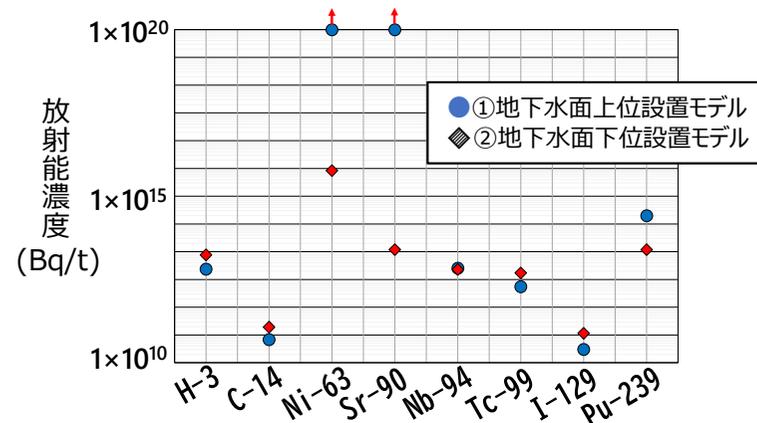
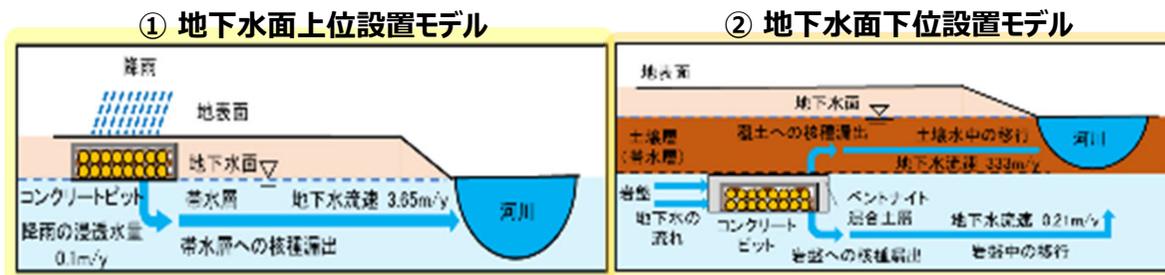
角型容器の落下時の解析結果例

(出典：JAEA-Review 2021-063)

### ③ 最大放射能濃度

埋設処分後の重要核種について、**ピット埋設施設の深さの違いによる廃棄体中の放射能濃度<sup>\*2</sup>**の試算値を提示した

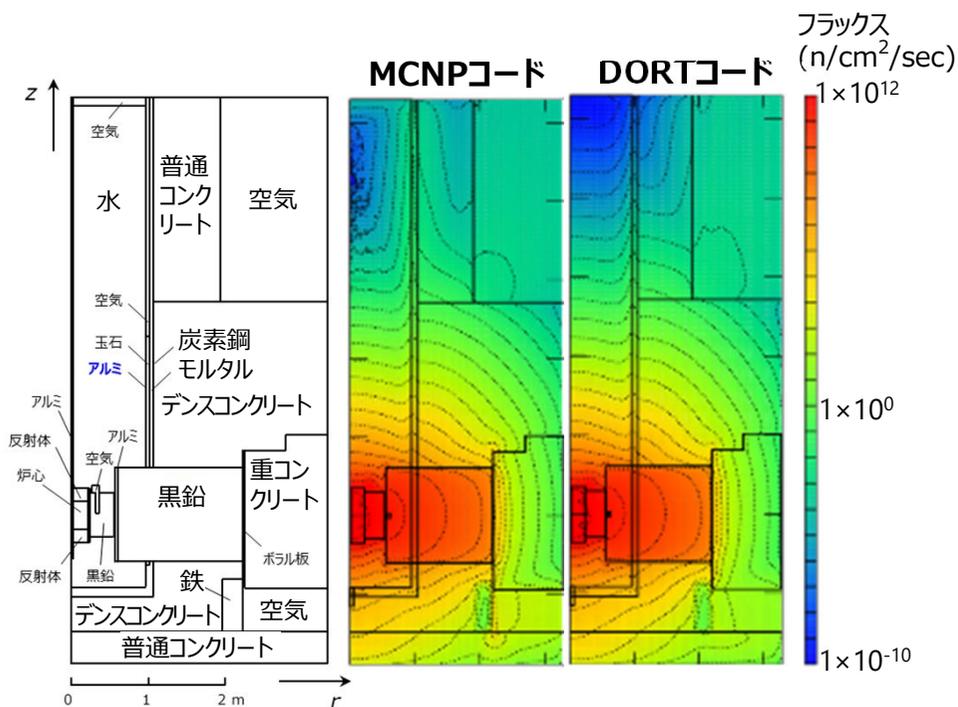
\*2 : 基準線量相当時の廃棄体中の放射能濃度(基準線量相当濃度)



河川水利用経路における基準線量相当濃度の試算例  
 (出典：JAEA-Technology2021-004, JAEA-Technology2022-013)

### ④ 試験研究炉からの廃棄物の放射能濃度評価手法

非対称構造物の評価が可能な解析コード(MCNP)を利用するに当たり、従来用いられている解析コード(DORT)との比較を行い、2次元モデルにおいて計算精度・時間に問題がないことを確認した



立教大学原子炉のモデル図 熱中性子束分布図

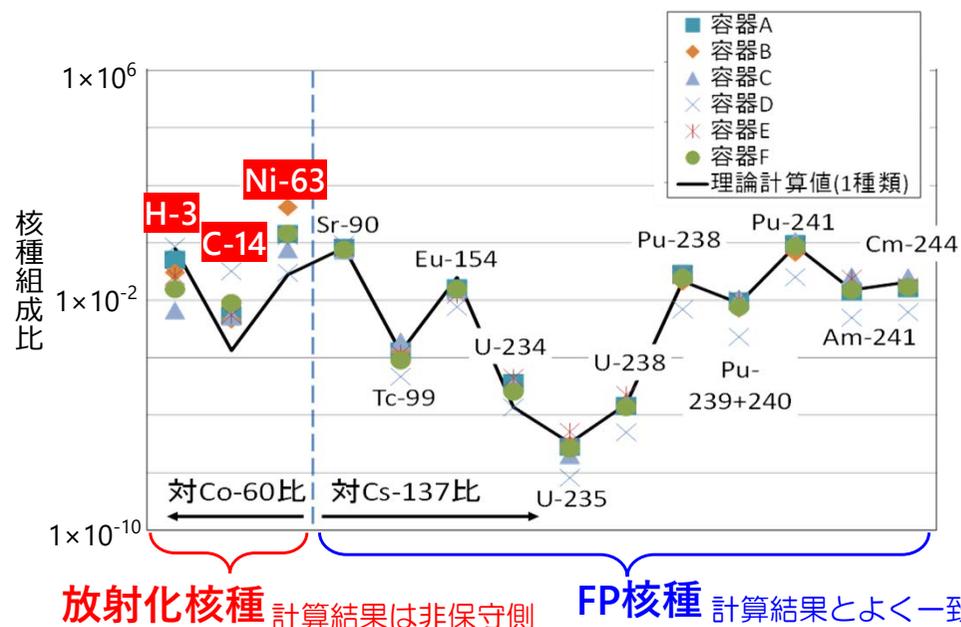
解析モデル図(左)と両解析コードによる解析結果の比較例

(出典: JAEA-Technology 2022-009)

### ⑤ 照射後試験施設からの廃棄物の放射能濃度評価手法

実廃棄物と放射化・燃焼計算による核種組成比を比較した結果、FP核種はよい一致を示したが、放射化核種(H-3, C-14, Ni-63)には違いがみられた。

そのため、C-14, Ni-63については腐食生成物の放射化の影響を、H-3については核分裂と放射化による生成割合を考慮した評価方法の適用性を確認している



放射化核種 計算結果は非保守側 FP核種 計算結果とよく一致

### 照射後試験施設の廃棄物の分析結果及び放射化・燃焼計算結果から求めた核種組成比の比較

容器A~Fは全て1種類の照射燃料・材料で汚染した廃棄物であり、対応した照射燃料・材料の照射条件に基づき、放射化・燃焼計算による理論的な核種組成比を算出

(出典: JAEA-Technology 2017-010) 38

- 今後も、安全規制制度及び原子力規制委員会での埋設事業に関する審査会合等の最新の議論を踏まえて、埋設施設の基本設計に反映すべく設計の見直しを進め、立地後に速やかに埋設事業申請に向けた対応を行えるよう準備を行う。
- 埋設施設への廃棄体受入基準の整備を継続するとともに、整備した基準の廃棄物発生者及び廃棄体化処理事業者との共有等を通じて、関係者との事業の円滑な推進に向けた関係の強化を図る。また、廃棄体化処理に向けた技術協力も適切に進める。
- 廃棄物を安全に管理する一環として、廃棄物の廃棄体化処理の推進が必要であり、原子力機構が策定を進めている廃棄物確認要領について、継続的な意見交換をお願いしたい。
- 立地活動については、立地方策・立地基準の評価方法の検討を進めつつ、広報活動の一層の強化を図り、埋設事業の必要性等の理解増進に努める。これらの活動により立地を進める準備が整った段階で、国と一体となって具体的な立地に向けた対応を行う。

- 研究施設等廃棄物の埋設事業の安全規制制度は、令和3年度の許可基準規則 及び解釈等の改正で、ウラン廃棄物の埋設処分に係る基準が整備され、原子炉等規制法及びRI法においては、安全規制制度が概ね整備されたと認識している。
- 他方、研究施設等廃棄物の埋設事業では、医療法、臨床検査技師等法、薬機法、獣医療法の規制対象物から発生する放射性廃棄物も含めて一元的な埋設を想定している。

このため、厚生労働省主催の第一回医療放射線の適正管理に関する検討会（令和3年6月24日）での、医療用放射性汚染物の処理・処分の合理化についての議論等を踏まえ、一元的な埋設ができるよう厚生労働省等とともに安全規制制度についてのご検討をお願いしたい。

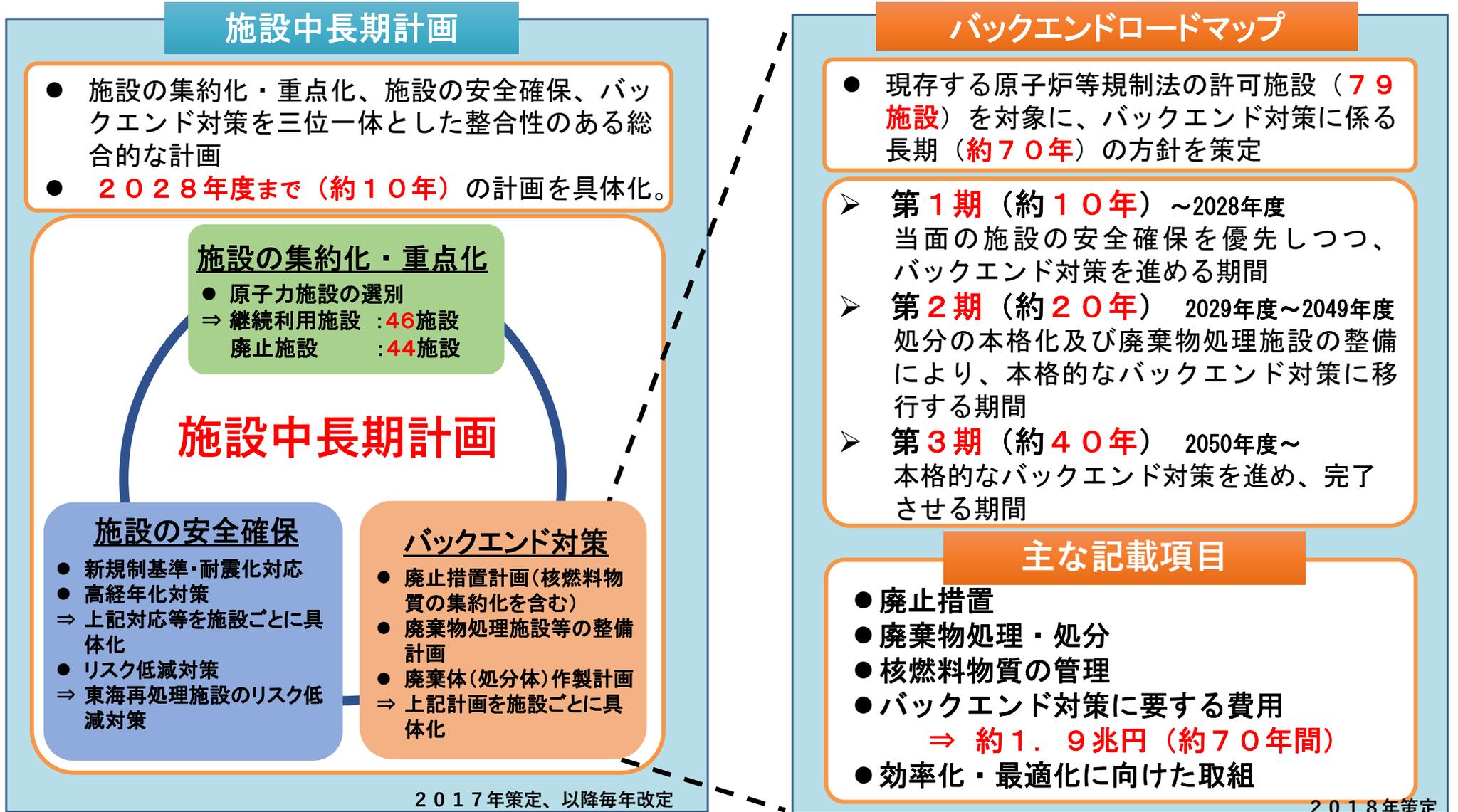
- また、原子力機構で保管している過去に製錬事業等で発生した核原料物質で汚染された廃棄物の埋設も想定しているため、これらの廃棄物を第二種廃棄物埋設事業の対象物とし得るか、ご検討をお願いしたい。

## 参考資料

以下、第5回原子力機構バックエンド対策監視チーム配布資料から変更のないスライドを再掲(一部加工)した。  
ただし、「参考1:原子力機構のバックエンド対策③バックエンド技術開発」及び「参考4:継続利用施設、廃止施設マップ」は、最新の情報に更新したものを参考として掲載した。

## ① 施設中長期計画・バックエンドロードマップ

○バックエンド対策の短期の計画（施設中長期計画）と長期（約70年）の計画（バックエンドロードマップ）を策定し、バックエンド対策の計画的な推進を進めている



参考：「バックエンドロードマップ」において示した原子力機構のバックエンド対策については、IAEAによる国際レビューを受け、今後のバックエンド対策や費用の試算精度の向上に関する提言・助言を受けた。本レビューの報告書は、6月に公表された。

(参考URL [https://www.mext.go.jp/content/210721-mxt\\_genshi-000017038\\_5.pdf](https://www.mext.go.jp/content/210721-mxt_genshi-000017038_5.pdf))

## ② バックエンド対策費用

### 約70年のバックエンド対策に要する費用の試算結果

○バックエンド対策には長期的な予算確保が必要となることから、原子力機構が今後必要となる費用を試算し、その結果をバックエンドロードマップで公表した。

単位:100億円

拠点等*4	青森	原科研	核サ研	大洗研	敦賀	人形峠	合計
施設解体費	1	9	21	9	14※1	1	54※3
廃棄物処理処分費	1	27※2	83※2	19※2	8	—※2	137※3
<b>合計</b>	<b>1※3</b>	<b>35※3</b>	<b>104</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>191</b>

※1 : 「ふげん」及び「もんじゅ」の廃止措置計画で示した廃止措置準備等の費用を含む。

※2 : ウラン廃棄物の費用は含んでいない。ウラン廃棄物の費用は、ウランに係る廃棄物の埋設に係る制度が整備された後に算出を行う。

※3 : 端数処理のため、合計の値は一致しない。

※4 : 青 森 : 青森研究開発センター

原科研 : 原子力科学研究所

核サ研 : 核燃料サイクル工学研究所

大洗研 : 大洗研究所

敦 賀 : 敦賀廃止措置実証部門 (ふげん、もんじゅ)

人形峠 : 人形峠環境技術センター

**試算方法** : 施設解体費用は、原子力機構が開発した簡易評価コードにより、また、廃棄物の処理処分費用は、既存処理施設の運転費等を基に仮定した単価、処分単価等により試算した。

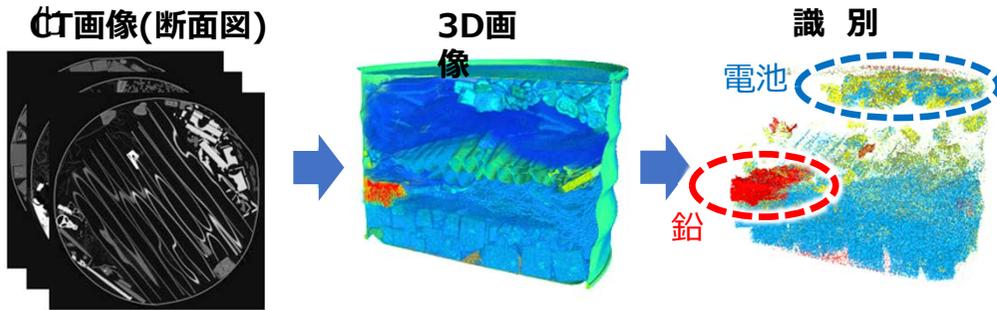
## ③バックエンド技術開発

○安全確保を前提とした、低コスト化、拠点共通的な課題解決、一般産業の先駆的な技術の取り入れ等を考慮した技術開発と現場への実装を目指す

### ① 高エネルギーX線CTを用いた非破壊分析技術の開発

#### 保管廃棄物の内容物確認の高速化・低コスト化

- 検出器の開発による測定のコスト低減
  - 評価ソフトウェアの開発による評価の高速化
- ➔ 廃棄物分別作業の効率化



### ② レーザーによる除錆・防錆技術の開発

#### 廃棄物管理の安全性向上・低コスト化

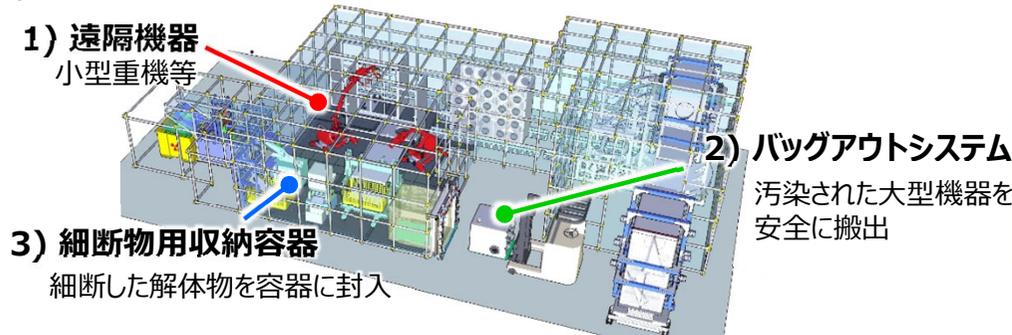
- レーザーによる廃棄物保管容器の除錆
  - レーザーによる容器表面の防錆加工
- ➔ 廃棄物管理コストの削減



### ③ アドバンスド スマートデコミッションシステムの開発

#### グローブボックス設備解体の安全性・経済性の向上

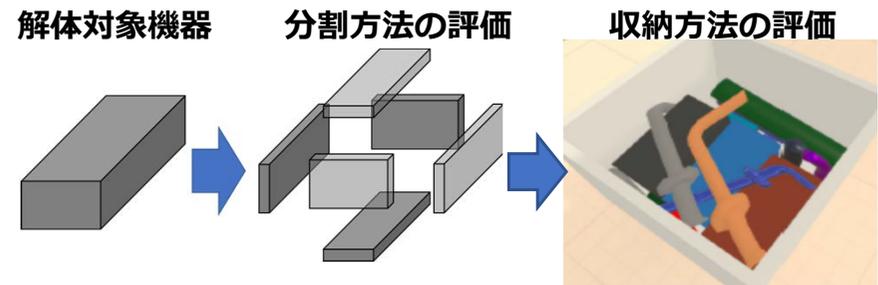
- 1) 遠隔機器の活用による手作業の低減・入域時間の短縮
  - 2) 大型機器用バッグアウトシステムによる資機材の再利用
  - 3) 細断物用収納容器等の採用によるビニール梱包の省略
- ➔ 解体作業の効率化  
➔ 廃棄物量の低減



### ④ 廃棄物の分割・廃棄物収納の最適化手法の開発

#### 解体作業時の安全性向上・廃棄物発生量の低減

- 3D CADを用いた分割図の自動生成と収納方法の最適化のための評価コードの開発
  - 廃棄体容器への収納工程の最適化
- ➔ 放射性廃棄物容器数の低減  
➔ 廃棄物管理費用の削減



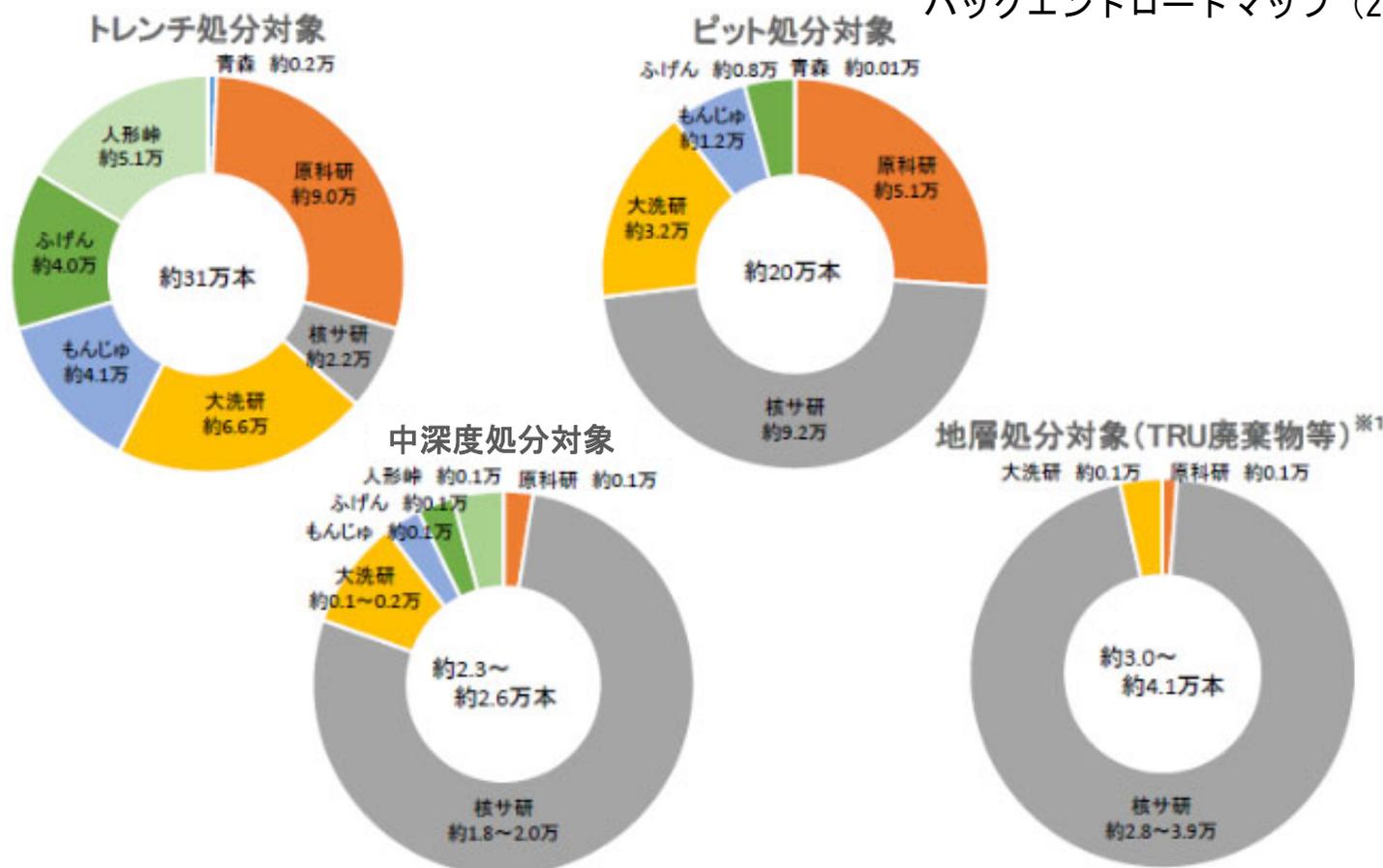
## ① 将来発生する廃棄物の推定量

○ 2090年度頃までに発生する廃棄物量(廃棄体換算)は、約60万本(200Lドラム缶換算)と推定している。

(廃棄体は、減容、充填などの処理を行って廃棄物を埋設処分が可能な形態としたものであり、処理前の廃棄物の量は、廃棄物の種類に依存するが、平均すると廃棄体の量のおおよそ2倍である。)

### 【2090年度頃までに発生する廃棄物の推定量 (廃棄体換算)】

バックエンドロードマップ (2018年12月26日) より



注1: 200Lドラム缶換算本数  
注2: 役割契約等に係わる放射性廃棄物を含む

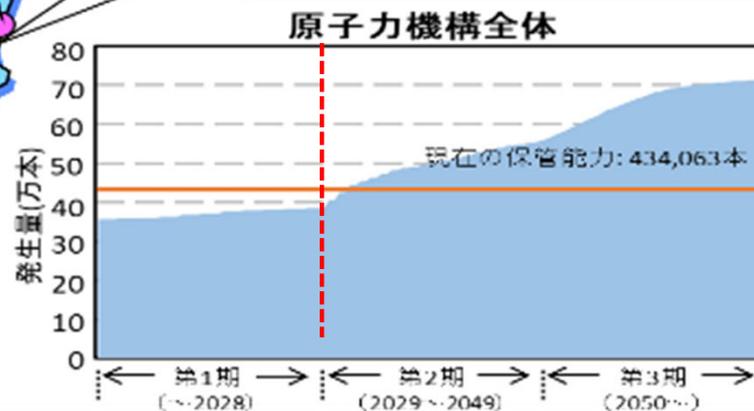
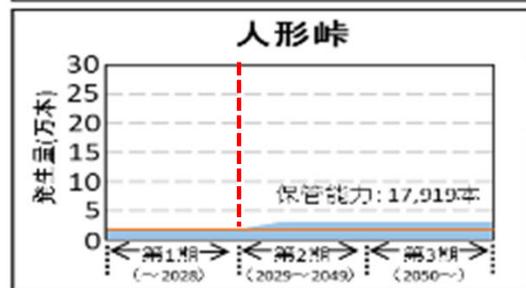
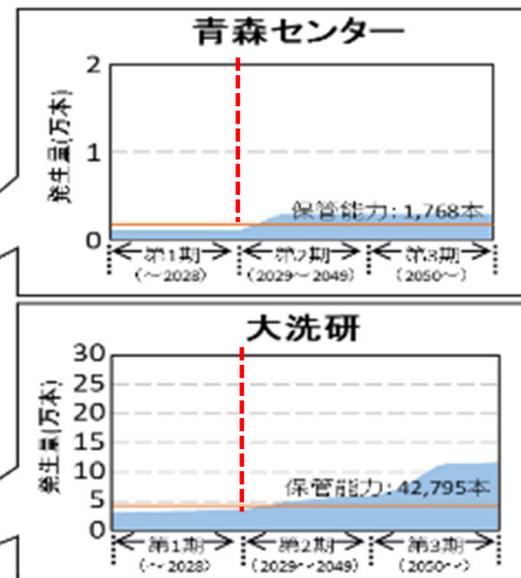
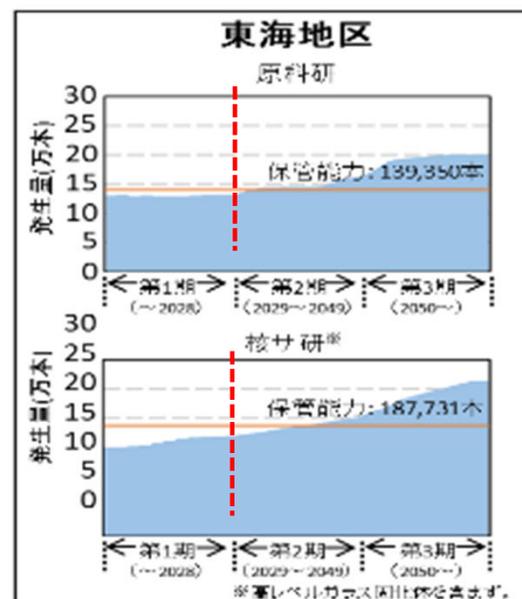
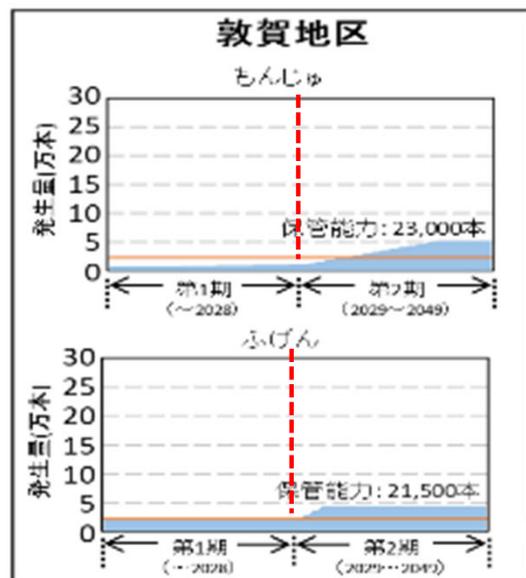
※1: 主に超ウラン核種を含む低レベル放射性廃棄物(TRU廃棄物)。この他、高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体: 約0.1万本)(200Lドラム缶換算で約500本)がある。

## ② 廃棄物発生量の推移予測

- バックエンドロードマップ第1期(～2028年度)までに発生する廃棄物量は、各拠点の保管能力を超えることはない。
- 廃止措置が本格化し解体廃棄物が大量に発生する第2期になると保管能力を超える予測となっており、早急に廃棄体製作を進め、廃棄物を処分していく必要がある。

バックエンドロードマップ(2018年12月26日)より

保管能力※は2018年12月末現在  
※200LFラム換算本数



本資料は累積発生量を示すものであり、保管量を示すものではない。

### ① 廃棄体製作を進める上での共通的課題 1) 基準類

- 廃棄体を製作するため、廃棄体受入基準、廃棄体製作に係る手順書等を整備していく必要がある。
- 埋設施設の詳細が決定していない状況では設定できない項目があり、事前検討を行って廃棄体製作を進める必要がある。

#### 廃棄体製作に必要な基準類

##### ① 廃棄体受入基準 (Waste Acceptance Criteria: WAC)

- 埋設規則(第8条第2項及び第3項)に定める技術上の基準を満たすため、廃棄体に要求する事項。(p.32参照。)
- 埋設事業センターが保安規定へ規定。

##### ② 廃棄体製作に係る手順書

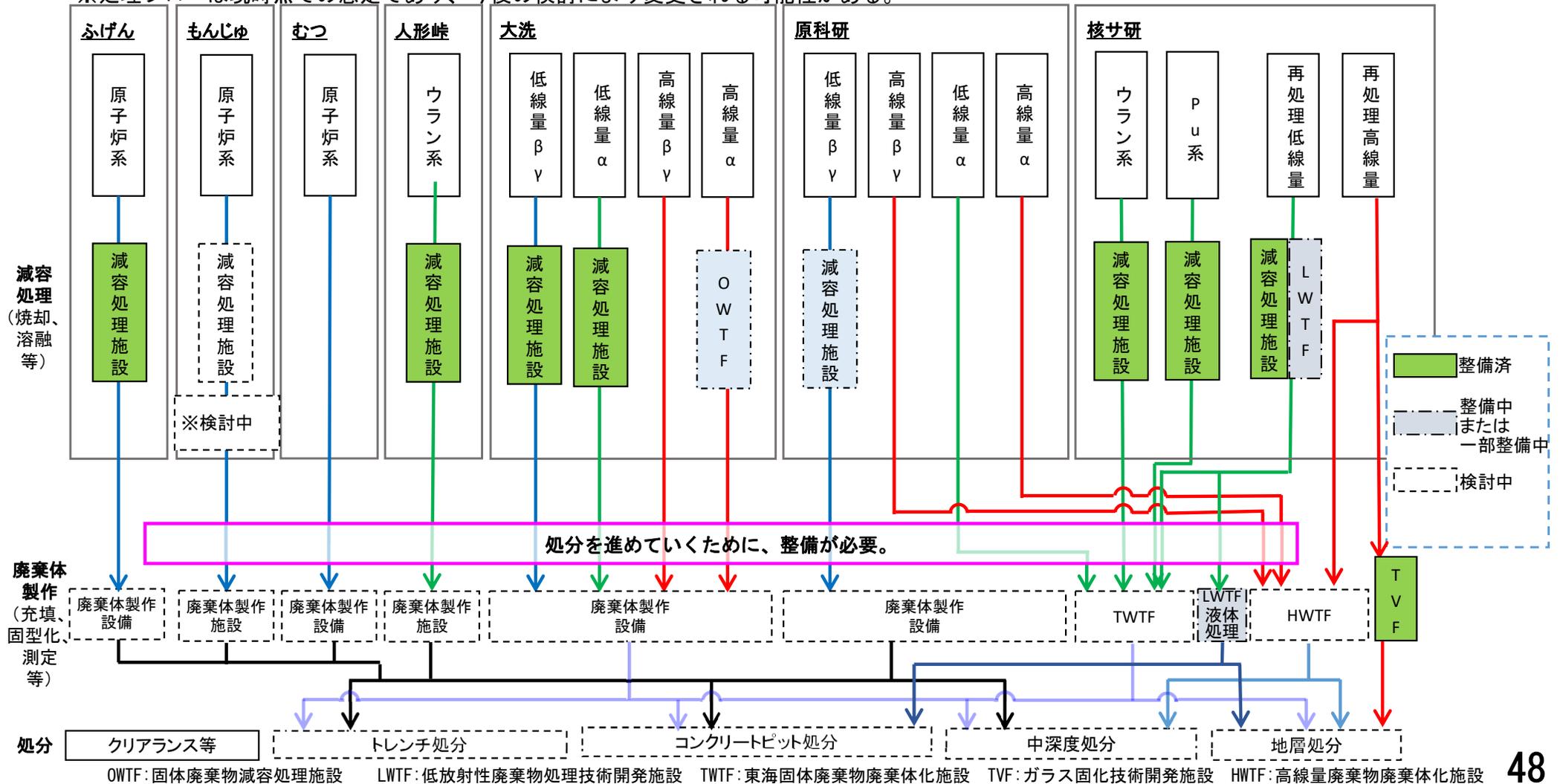
- WACを満足する廃棄体を製作するための具体的な手順。
- 廃棄体を製作する部署で作成。
- 品質マネジメントシステムに組み込まれている必要がある。

## ① 廃棄体製作を進める上での共通課題 2) 設備

- 廃棄物の埋設処分を進めていくため、廃棄体製作施設・設備の整備が必要である。
- ほとんどの施設・設備が未整備であり、埋設事業の計画と整合した廃棄体製作ができるよう優先順位を決めて計画的に整備していく必要がある。

### 【処理施設・設備の整備状況】

※処理フロー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。



### ② 解体廃棄物の廃棄体製作を進める上での課題

- 解体廃棄物については、現状では長期保管を目的とした廃棄物の取扱いがなされているが、操業廃棄物に比べて分別や放射能濃度評価が容易等の特徴があり、解体現場で処理を行うことにより、合理的に埋設処分することが可能と考えられる。

#### 解体廃棄物の合理的な廃棄体製作へ向けた課題

##### 【現状の課題】

- 廃棄体製作の観点からの品質保証された分別がなされていないため、再度内容物の確認を行う必要がある。
- 長期保管を前提に厳重な養生が施されている（充填時に養生を除去する必要がある）。

##### 【廃棄物の特徴】

- 金属とコンクリートが大部分。 → 分別が容易。
- 核種組成は、ほぼ一定。 → 放射能濃度評価が容易。

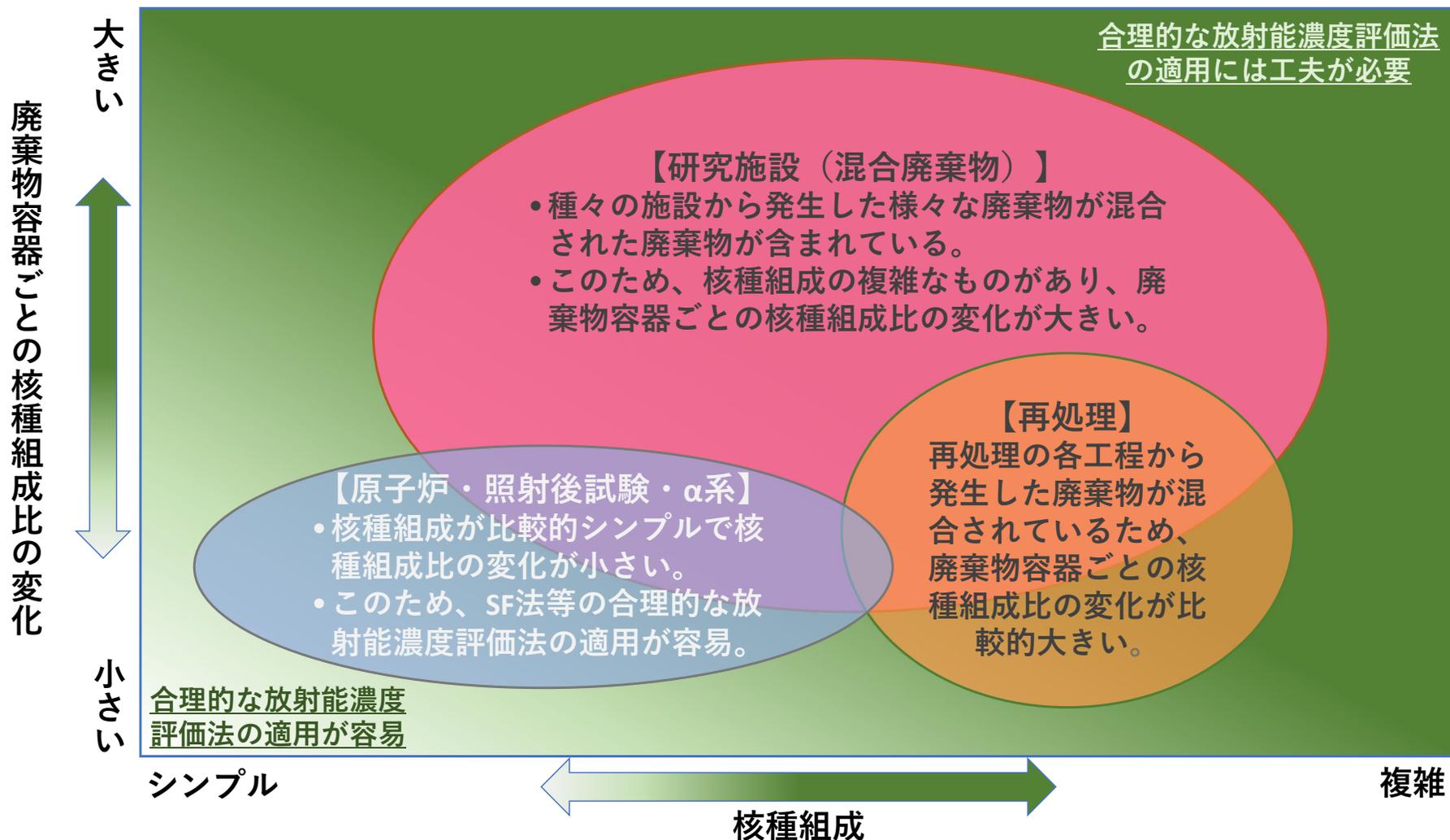
##### 【特徴を踏まえた合理的な廃棄体製作方法】

- 解体現場で廃棄体に近い状態まで処理することにより、合理的な廃棄体製作を進める。
  - 廃棄物の分別
  - 充填しやすい収納

## ③ 保管廃棄物の廃棄体製作を進める上での課題 1) 放射能濃度評価

○ 種々の施設や工程から発生した核種組成の異なる廃棄物が混合されているため、Cs-137やCo-60をキー核種にしたSF法では、組成比の変動の大きい一部の核種が過度に保守的な評価になり、処分区分が変わる可能性がある。このため、保守的になりすぎない評価法の検討が必要。

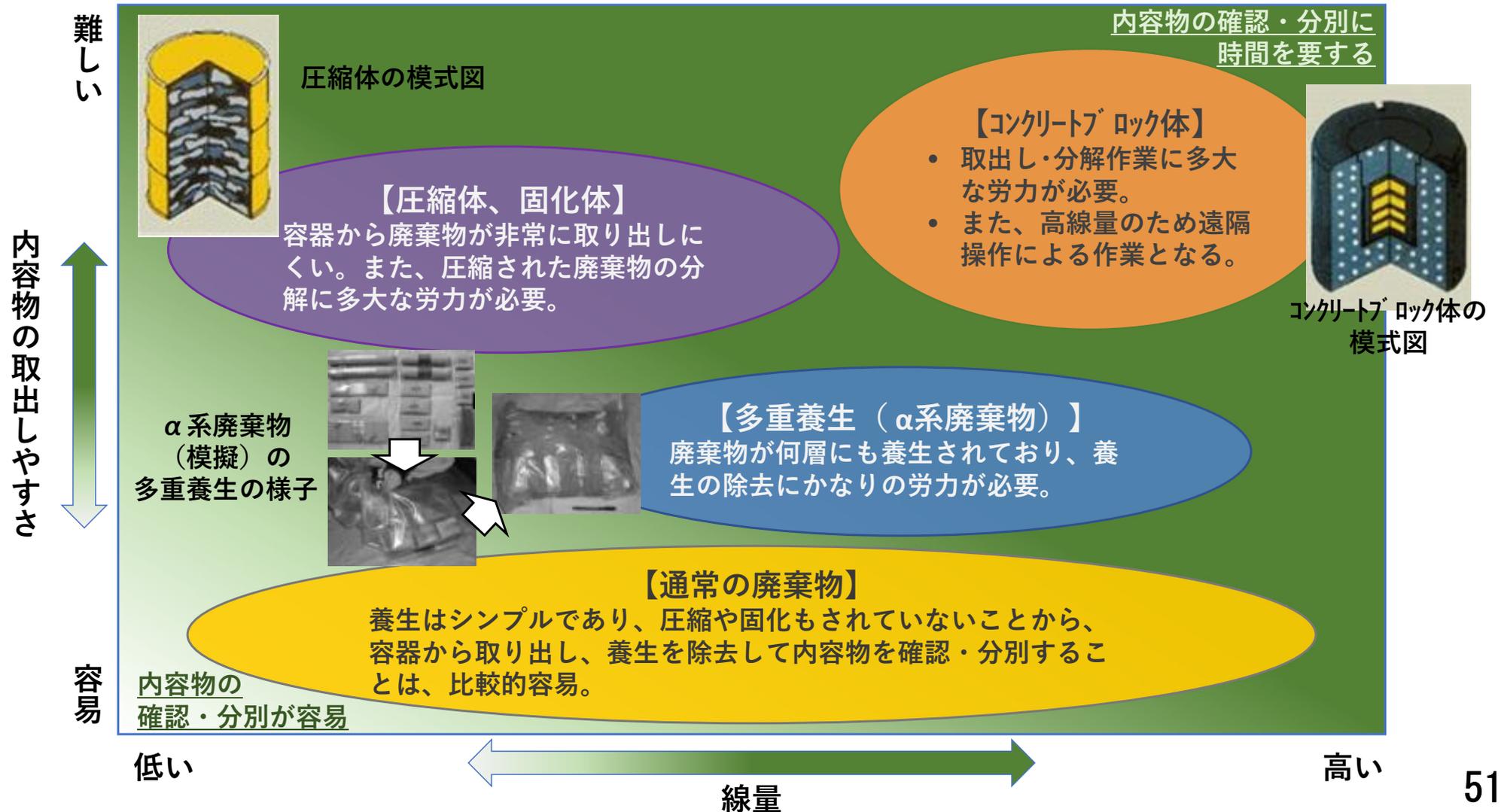
### 【合理的な放射能濃度評価法の適用の観点からの廃棄物の分類】



## ③ 保管廃棄物の廃棄体製作を進める上での課題 2) 内容物確認・分別

○ 圧縮、多重養生等により、内容物の確認・分別に時間を要する廃棄物がある。更に、高線量のものは、遠隔操作で廃棄物の解体や分別を行うため、多大な労力が必要となる。このため、合理的な内容物の確認・分別が可能な技術の開発を進める必要がある。

### 【内容物の確認・分別の観点からの廃棄物の分類】



### ③ 保管廃棄物の廃棄体製作を進める上での課題 3) 安定化等処理

- 焼却炉、セメント固化設備等の既存の処理設備では処理できないため、追加の処理が必要な廃棄物がある。
- 廃棄体製作施設の設計までに技術検討・開発を完了し、処理設備を組み入れる必要がある。

#### 【既存の処理設備では処理できない廃棄物一覧】

分類	廃棄物名称	概要
有害物	鉛	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 有害物の性状に応じ、廃掃法に準拠した安定化処理が必要。</li> <li>● 一部の廃棄物については、内容物の情報が少なく、含有の有無を確実に確認することも課題。</li> <li>● クリアランスを含めた検討が必要。</li> </ul>
	水銀	
	カドミウム	
	ホウ素	
	アスベスト	
	六価クロム	
	ベリリウム	
難処理廃棄物	金属ナトリウム	● 反応性が高いため、安全に安定化処理を行う技術が必要。
	廃油（フッ素油）	● 焼却処理時に腐食性のガスを生成する等の理由により、専用の処理設備が必要。
	イオン交換樹脂	
品質管理されていなかった固化体  （処理設備の運転条件が管理されていなかったもの）	セメント固化体	● 一部の廃棄物は、均一固化体の受入基準を満たさない可能性があるため、安全に埋設処分を行うための方策の検討が必要。
	アスファルト固化体	
除染が必要な廃棄物	ウラン系廃棄物	● 埋設基準（埋設地平均1Bq/g）を満たすため、除染処理が必要。

### ④ 共通課題への対応

- 廃棄体製作に必要な、廃棄体受入基準の設定、廃棄体製作に関する標準的な手順書の作成等の対応を進める。
- 廃棄物の廃棄体製作を進めるための施設・設備整備として、まず、原子炉系の廃棄体製作施設・設備の整備から進めていく。

#### 1. 廃棄体製作に必要な基準類の整備（「1）廃棄体製作を進める上での共通課題 ①基準類」への対応）

##### ① 原子力機構に研究施設等廃棄物の廃棄体受入基準の検討（目標：第4期中長期中期）

（廃棄体製作に必要な廃棄体仕様を決めるため、）

- 埋設事業センターと協力して暫定の受入基準を検討する。

##### ② 廃棄体製作に関する標準的な手順書の作成（目標：第4期中長期中期）

（埋設処分に必要な品質保証がされている廃棄体を各拠点で製作するため、）

- 標準的な廃棄体製作手順書を作成する。

#### 2. 廃棄体製作に必要な施設・設備の整備（「1）廃棄体製作を進める上での共通課題 ②設備」への対応）

##### ① 施設・設備の整備

- 原子炉系の廃棄体製作施設・設備の整備から進めていく。

##### ② 施設・設備の設計に必要なデータの取得

- 原子炉系廃棄物に関する放射能濃度評価法の構築、充填装置の設計データの取得等を進める。
- 共通性の高い、充填に関する試験データの取得、非破壊内容物確認技術の開発等については、バックエンド統括本部において実施中。

### ⑤ 解体廃棄物・保管廃棄物に関する課題への対応

- 解体廃棄物については、解体現場での品質保証された廃棄物の分別、充填方法を考慮した廃棄物の容器への収納等の対応を進める。
- 保管廃棄物については、必要な技術開発を計画的に進める。

#### 1. 解体廃棄物への対応（「2）解体廃棄物の廃棄体製作を進める上での課題」への対応）

- 解体現場で廃棄体に近い状態まで処理を進め、速やかに埋設処分できるよう、埋設処分までのプロセスを考慮した廃棄物への対応を行う。（目標：第4中長期前期）
- 具体的には、
  - 解体現場での品質保証された廃棄物の分別
  - 充填方法を考慮した廃棄物の容器への収納等

#### 2. 保管廃棄物への対応（「3）保管廃棄物の廃棄体製作を進める上での課題」への対応）

##### ① 放射能濃度評価

- Cs-137やCo-60をキー核種にしたSF法では、組成比の変動の大きい一部の核種が過度に保守的な評価になることから、変動の大きい核種を適切に評価できるキー核種の追加、発生履歴等に基づく評価対象核種の絞り込み等の検討を進めていく。

##### ② 内容物確認・分別

- X線CTによる内容物確認、か焼等による養生除去等の技術開発により、合理的に内容物の確認・分別を進める。

##### ③ 安定化等処理

- これまで処理技術の検討・開発を進めてきており、必要に応じて検討や技術開発を今後も継続するとともに、廃棄体製作施設の設計の際に必要な処理設備を組み入れる。

## ⑥ 対応スケジュール

### 保管廃棄物への対応（優先順位付け）

#### 1. 対策の進め方

- ① 保管廃棄物については、定期的な外観検査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、内容物の詰め替え等により、適切に管理していく。（継続的対策）
- ② 上記の保管廃棄物の安全な管理を前提に、課題への対応は、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、一般産業技術（AI等）の進展の利用等による効率的な対応）
  - 原子炉系廃棄物の廃棄体製作に向けた対応を実施中。
- ③ 技術開発は、廃棄体製作施設・設備の整備スケジュールに合わせ、計画的に実施していく。
  - 圧縮体等の処理加速に向けた技術開発（非破壊内容物確認技術の開発等）を実施中。

#### 2. 廃棄物の分類

- ① 原子炉系廃棄物（短期対策）

主な廃棄物： 原科研（原子炉、照射後試験施設）、ふげん、もんじゅ、青森
- ② 処理難廃棄物（中期対策）

主な廃棄物： 原科研（その他）、大洗研、核サ研、人形峠
- ③ コンクリートブロック体等（長期対策）

# 参考4：継続利用施設、廃止施設マップ

□：継続利用施設であるが、施設の一部を廃止する施設

■：主要な研究開発施設

□：小規模研究開発施設（維持管理費<約0.5億円/年）及び拠点運営のために必要な施設（廃棄物管理、放射線管理等）

□：廃止措置中/計画中の施設

■：廃止措置が終了した施設（施設中長期計画策定（H29.4）以降に廃止措置が終了した施設）

令和5年4月1日現在

	継続利用施設(45施設)				廃止施設(45施設) (廃止措置中及び計画のものを含む)*1				
	原科研	核サ研	大洗研	その他	敦賀	原科研	核サ研	大洗研	その他
原子炉施設	定常臨界実験装置 (STACY) JRR-3 原子炉安全性研究炉 (NSRR) 放射性廃棄物処理場		高温工学試験研究炉 (HTTR) 常陽		もんじゅ ふげん	過渡臨界実験装置 (TRACY) JRR-2 JRR-4 軽水臨界実験装置 (TCA) 高速炉臨界実験装置 (FCA)		重水臨界実験装置 (DCA) 材料試験炉 (JMTR)	青) 関根施設 (むつ)
核燃料使用施設	バックエンド研究施設 (BECKY) 燃料試験施設 (RFEF) 廃棄物安全試験施設 (WASTEP)	Pu燃料第三開発室 (Pu-3) 第2 Pu 廃棄物貯蔵施設 (第2 PWSF) Pu 廃棄物処理開発施設 (PWTF) ウラン廃棄物処理施設 (焼却施設、UWSF、第2 UWSF) M棟 高レベル放射性物質研究施設 (CPF)	照射燃料集合体試験施設 (FMF) 照射装置組立検査施設 (IRAF) 固体廃棄物前処理施設 (WDF)	人) 廃棄物処理施設		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 (汚染除去場、液体処理場、圧縮処理施設)	Pu燃料第一開発室 (Pu-1) Pu燃料第二開発室 (Pu-2) J棟 B棟 Pu 廃棄物貯蔵施設 (PWSF)	JMTR ホットラボ 照射燃料試験施設 (AGF) 燃料研究棟	人) 濃縮工学施設 人) 製錬転換施設
	高度環境分析研究棟 放射線標準施設 RI製造棟 JRR-3 実験利用棟 (第2棟) タンデム加速器建家 第4研究棟	安全管理棟 放射線保健室 計測機器校正室 洗濯場	放射線管理棟 環境監視棟 安全管理棟	青) 大洗施設研究棟 人) 開発試験棟 人) 解体物管理施設 (旧製錬所)		再処理特別研究棟 JRR-1 残存施設 核燃料倉庫 トリウムプロセス研究棟 (TPL) Pu 研究1棟 核融合中性子源施設 (FNS) 建家 バックエンド技術開発建家 保障措置技術開発試験室 ウラン濃縮研究棟 原子炉特研 (核燃料使用施設)	東海地区ウラン濃縮施設 (第2 U 貯蔵庫、廃水処理室、廃油保管庫、L棟) 応用試験棟 A棟 燃料製造機器試験室	照射材料試験施設 (MMF) 第2 照射材料試験施設 (MMF-2) (核燃部分を廃止) Na 分析室 燃料熔融試験材料保管室 (NUSF)	
再処理施設							東海再処理施設		
その他 (加工、RI 廃棄物管理施設等)	原子炉特研 (RI 使用施設) 第2 研究棟 大型非定常ループ実験棟 リニアック建家 FEL 研究棟	地層処分放射化学研究施設 (QUALITY)	第2 照射材料試験施設 (MMF-2) (RI 使用施設として活用) 廃棄物管理施設	東濃) 土岐地球年代学研究所 人) 総合管理棟・校正室	重水精製建屋	環境シミュレーション実験棟			人) ウラン濃縮原型プラント

\*1: 一部の廃止施設は、廃棄物処理や外部ニーズ対応等の活用後に廃止。