

令和5年度土木学会全国大会  
研究討論会12(エネルギー委員会主催)講演資料

# 1F 事故から 12 年が経過して — 廃炉・事故廃棄物対策等の円滑推進と 土木技術の役割について —

座 長 大西 有三 (京都大学 名誉教授)  
〈LLW・汚染廃棄物対策研究小委員会委員長〉

話題提供者 加藤和之 (原子力損害賠償・廃炉等支援機構)  
〈LLW・汚染廃棄物対策研究小委員会委員〉

増田良一 (東京電力 HD(株)福島第一廃炉推進カンパニー)

遠藤和人 (国立環境研究所 福島地域協働研究拠点)  
〈LLW・汚染廃棄物対策研究小委員会委員〉

河西基 ((株)アサノ大成基礎エンジニアリング / 電力中央研究所)  
〈LLW・汚染廃棄物研究小委員会幹事長〉

日 時 令和 5 年 9 月 12 日(火)10:00~12:00  
開催形態 オンライン(Zoom ウェビナー)チャンネル③

## エネルギー委員会

(担当:低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策研究小委員会)

## 1F事故から12年が経過して – 廃炉・事故廃棄物対策等の円滑推進と土木技術の役割について

### ■ 開会挨拶・主旨説明

大西有三（京都大学名誉教授）

<エネルギー委員会、LLW・汚染廃棄物対策研究小委員会委員長>

### ■ 話題提供

(1)加藤和之（原子力損害賠償・廃炉等支援機構（研究小委員会委員））

「1F廃炉の現状と今後について – 技術戦略プラン2022–」

(2)増田良一（東京電力HD(株) 福島第一廃炉推進カンパニー福島第一原子力発電所廃棄物対策プログラム部）

「1F固体廃棄物の保管管理の現状と課題・取組み状況について」

(3)遠藤和人（国研)国立環境研究所 福島支部）（研究小委員会委員）

「1F事故廃棄物とオフサイトの除去土壌等の処理技術における関連性・共通的な話題について」

(4)河西基（(株)アノ大成基礎エンジニアリング / 電力中央研究所（研究小委員会幹事長））

「1F事故廃棄物・除染廃棄物対策に関する委員会活動状況報告と今後の課題について」

令和5年度土木学会 研究討論会【オンライン、チャンネル③】

**1F事故から12年が経過して  
－ 廃炉・事故廃棄物対策等の円滑推進  
と土木技術の役割について－**

<座 長>

**大西 有三**

**(京都大学名誉教授)**

**土木学会 エネルギー委員会**

**低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会 委員長**

# 放射性廃棄物・汚染廃棄物対策への土木学会の取組み体制

## 【1F事故由来汚染廃棄物】

## 【L3廃棄物】

### <オンサイト>

(国、東電、NDF、IRID、JAEA、他)

#### 1F廃止措置

(燃料デブリ  
取り出し)  
・土木技術  
貢献策 (取  
り出し、遮  
へい、止水  
、等)

#### 1F事故廃棄物対策

- ・土木技術の貢献事例
- ・サイト内性状把握
- ・廃棄物の保管・管理
- ・処分の多様性/合理化/不確実性
- ・技術の伝承/人材育成
- ・その他

令和5年度研究討論会

2019年度重点研究課題

### <オフサイト>

(国、福島県・市町村、JAEA、他)

#### 除染廃棄物対策～地域との共生・地域振興

#### 除染廃棄物対策

- ・除去土壌の減容・再生  
利用～輸送・保管～  
貯蔵～(最終処分)
- ・設計・建設
- ・合意形成
- ・技術の伝承/人材育成
- ・その他

<分科会1>

令和4年度研究討論会

### <処分サイトモデル>

(電力、日本原燃、JAEA、他)

#### 原子力施設廃止措置

#### L3処分施設検討

- ・国内外情報整理
- ・新規制基準対応
- ・サイト条件に応じた処分概念
- ・その他

<分科会3>

2018年度重点研究課題

土木学会 エネルギー委員会

「低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会」

## 本研究小委員会のこれまでの主な活動経緯

- 2011.3.11 東日本大震災発生（マグニチュード9.0の地震と大津波⇒1Fの1号機～4号機の事故が発生し、大量の放射性物質が福島県をはじめ国内の広範囲に放出。
- 国内関係機関や学協会等とも協働し、1Fにおける汚染水・事故廃棄物対策ならびに福島県内を中心とする除染・除去土壌等の除染廃棄物対策等に協力していくため、下記のような特別検討体制で活動を継続実施してきている。
- 2011年6月：土木学会「東日本大震災復興支援特別委員会」の中に新たに付置された「放射性汚染廃棄物対策土木技術特定テーマ委員会」を中心に、調査・支援活動を開始。
- 2013年3月：東日本大震災2周年シンポジウム（土木学会主催）の個別セッション8「放射性廃棄物対策と土木技術の役割－早期の帰還と復興を目指して－」：1Fの汚染水・事故廃棄物対策あるいは福島での除染廃棄物対策等の技術課題や取り組み状況に係る講演・パネル討論を実施（原子力学会誌に論文掲載（Vol.55, No.8, 2013）。
- 2014年3月：2014年東日本大震災シンポジウム（土木学会主催）のセッション1（福島第一原発汚染水対策への技術的支援）・セッション2（放射性汚染廃棄物にどう取り組むか？）：講演・パネル討論を実施。
- 2015年4月：2015年東日本大震災シンポジウム（土木学会主催）にて「放射性汚染廃棄物対策・福島第一原発廃止措置に向けて」をテーマとして有識者による講演・パネル討論を実施。
- 2015年6月：エネルギー委員会「LLW余裕深度処分研究小委員会」を発展的に改組し、「LLW・汚染廃棄物対策研究小委員会」を設置し、その研究小委員会の下に、「除去土壌等の減容・再利用方策検討WG」（主査：大西有三先生、副主査：勝見武先生）およびWGの下に土木技術者等によるWG作業会も設置し、環境省委託事業のJAEA受託実施事業の支援業務として除去土壌等の再生利用促進方策等の調査検討を2015～2016年度に実施。
- 2016年3月：東日本大震災5周年シンポジウム開催時に、土木学会誌(Vol.101, No.3, 2016)の震災特集記事の一つとして、「福島第一原子力発電所事故由来の放射性汚染廃棄物対策へ土木技術の総合力を結集して」を掲載。
- 2016年6月：「放射性汚染廃棄物対策土木技術特定テーマ委員会」は5年間の活動を終了。⇒既存のエネルギー委員会「LLW・汚染廃棄物対策研究小委員会」に一本化して活動を引継ぎ、その中に分科会1（除染廃棄物）、分科会2（1F事故廃棄物）および分科会3（L3廃棄物の3つの分科会体制に再編し、現在に至る。
- ◎ 2022年9月：全国大会研究討論会にて「中間貯蔵施設等の除染廃棄物対策技術に関する最近までの取り組み状況」をテーマとしてパネル討論会を開催。

## 本研究討論会の主旨

- 2011年3月に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所（以下、1F）事故から約12年半が経過した。現在、1Fの内部では廃止措置に向けて、使用済み燃料や燃料デブリの取り出し等の取組みが進められる一方、懸案であったALPS処理水の海洋放出が8月24日より始まった。
- 廃棄物対策に関しては、2021年度に示された処理・処分方策と安全性に関わる技術的見通しを踏まえて、固体廃棄物の特徴に応じた廃棄物ストリームの構築や固体廃棄物全体の管理のための適切な対処方策、さらには安全な処理・処分方法を合理的に選定するための手法を検討していくとされている。本討論会では、これらの課題への取組みにおいて土木技術が果たす役割について専門家からの話題提供と討論を行っていただく。
- なお、放射性物質を含む廃棄物対策は、1Fオンサイトにおける事故廃棄物対策と共に、周辺オフサイトにおける除染廃棄物対策も共通的な課題である。そこで、両者の最近の取組み状況を専門家からお話ししていただいた上で、双方が連携しての今後の合理的な対策の推進の方向性についてなど議論できれば幸いである。

## 座長、話題提供者・講演タイトル

＜エネルギー委員会主催研究討論会＞

「1F事故から12年が経過して

—廃炉・事故廃棄物対策等の円滑推進と土木技術の役割について—」

＜座長＞ 大西 有三 (京都大学 名誉教授)

＜土木学会 エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会  
(以下、LLW研究小委) 委員長＞

＜話題提供者＞

(1)加藤和之 (原子力損害賠償・廃炉等支援機構 (LLW研究小委委員) )

「1F廃炉の現状と今後について —技術戦略プラン2022—」

(2)増田良一 (東京電力HD(株) 福島第一廃炉推進カンパニー、福島第一原子力発電所廃棄物対策  
プログラム部)

「1F固体廃棄物の保管管理の現状と課題・取組み状況について」

(3)遠藤和人 (国研)国立環境研究所 福島地域協働研究拠点 (LLW研究小委委員)

「1F事故廃棄物とオフサイトの除去土壌等の処理技術における関連性・共通的な話題について」

(4)河西基 ((株)アサノ大成基礎エンジニアリング/電力中央研究所 (LLW研究小委幹事長))

「1F事故廃棄物・除染廃棄物対策に関する委員会活動状況報告と今後の課題について」

土木学会 エネルギー委員会 研究討論会

# 1 F廃炉の現状と今後について ー技術戦略プラン2022ー

2023年9月12日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構  
加藤 和之（執行役員）



## 1. はじめに

## 2. 福島第一原子力発電所の廃炉 のリスク低減及び安全確保の 考え方

## 3. 福島第一原子力発電所の廃炉 に向けた技術戦略

- 3.1 燃料デブリ取り出し
- 3.2 廃棄物対策
- 3.3 汚染水・処理水対策
- 3.4 使用済燃料プールからの燃  
料取り出し

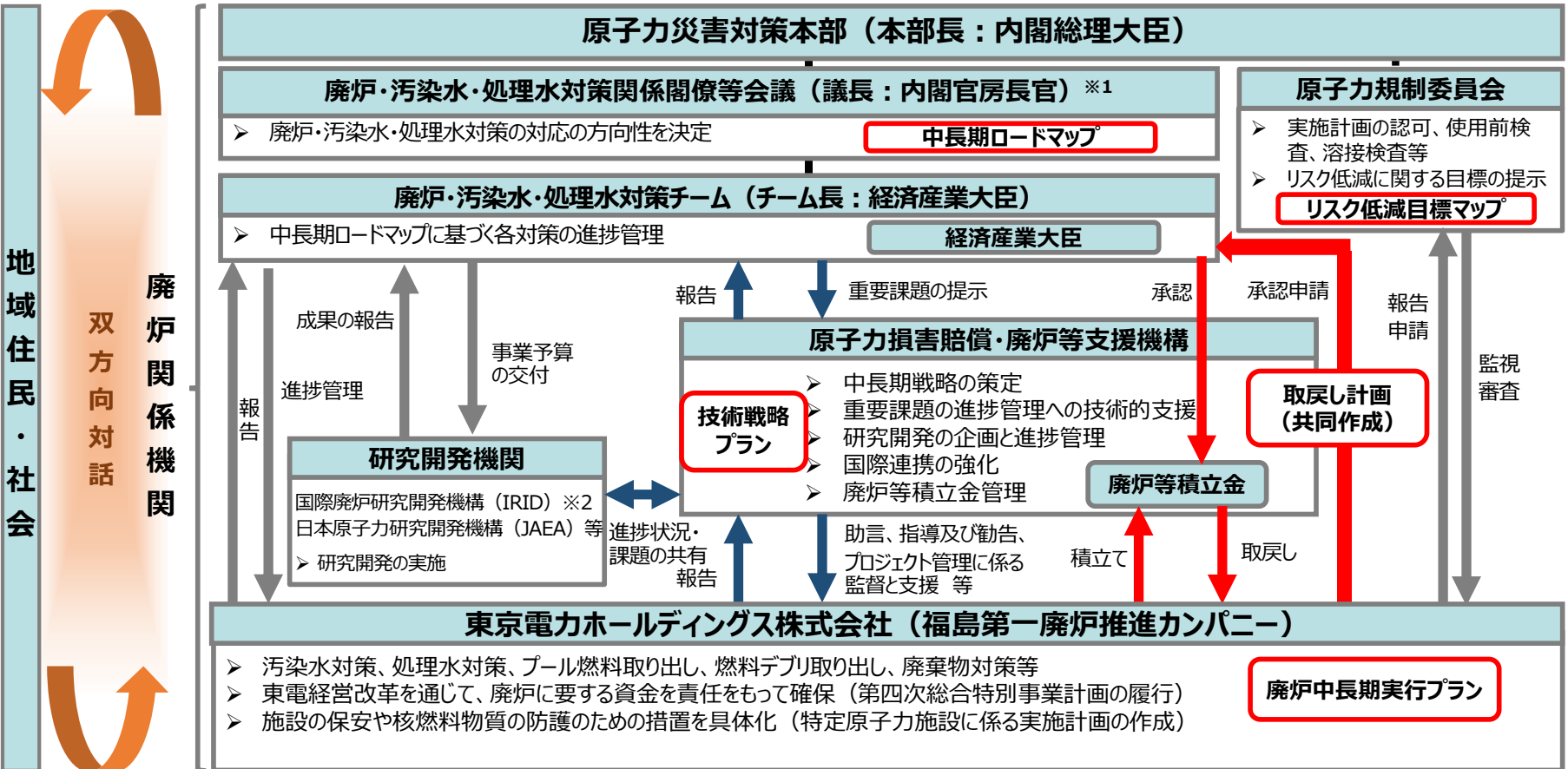
## 4. 廃炉の推進に向けた分析戦略

## 5. 研究開発への取組

## 6. 技術戦略を支える取組

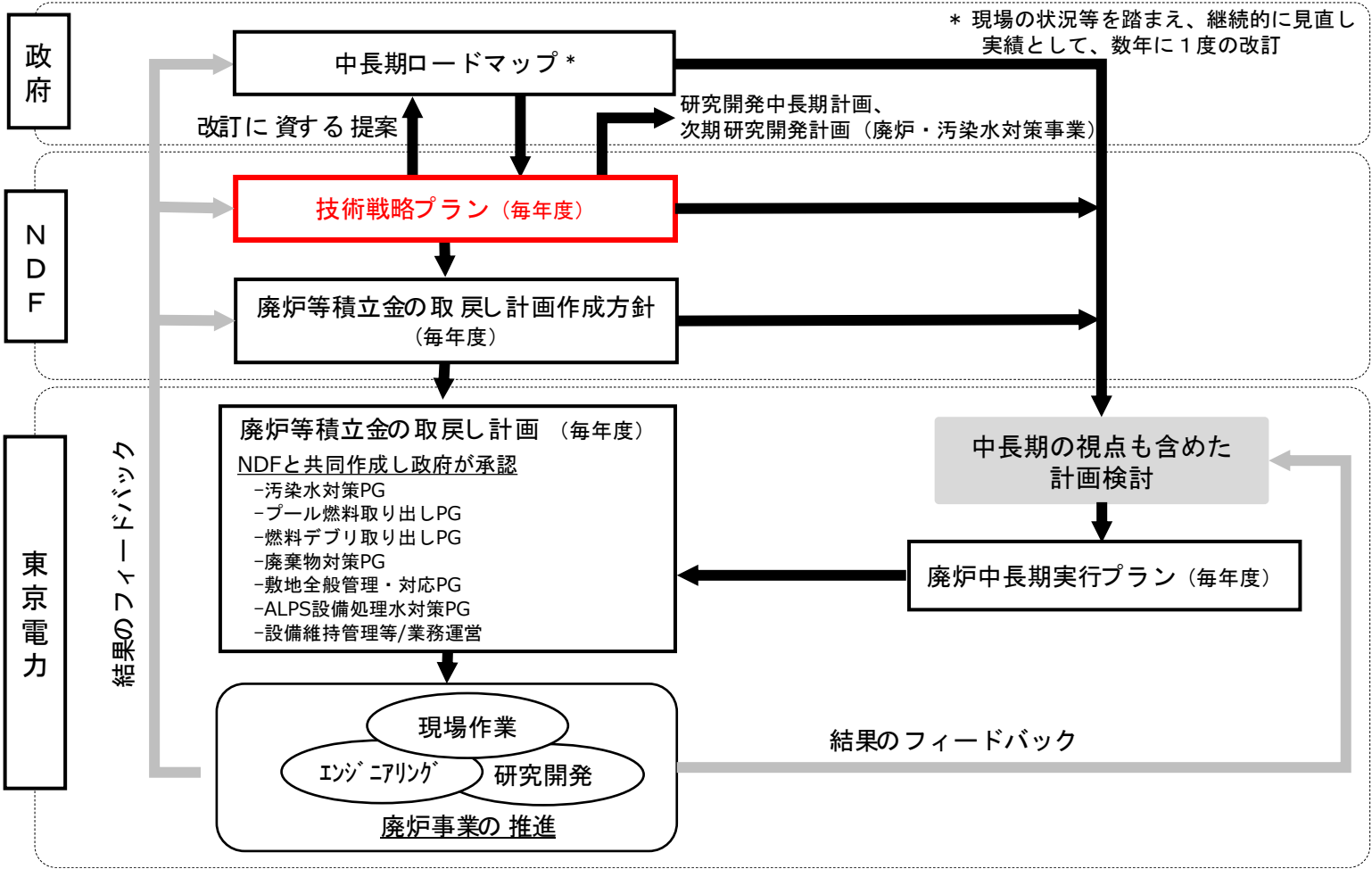
- 6.1 プロジェクト管理の取組
- 6.2 国際連携の強化
- 6.3 地域共生

# 福島第一原子力発電所の廃炉に係る関係機関等の役割分担



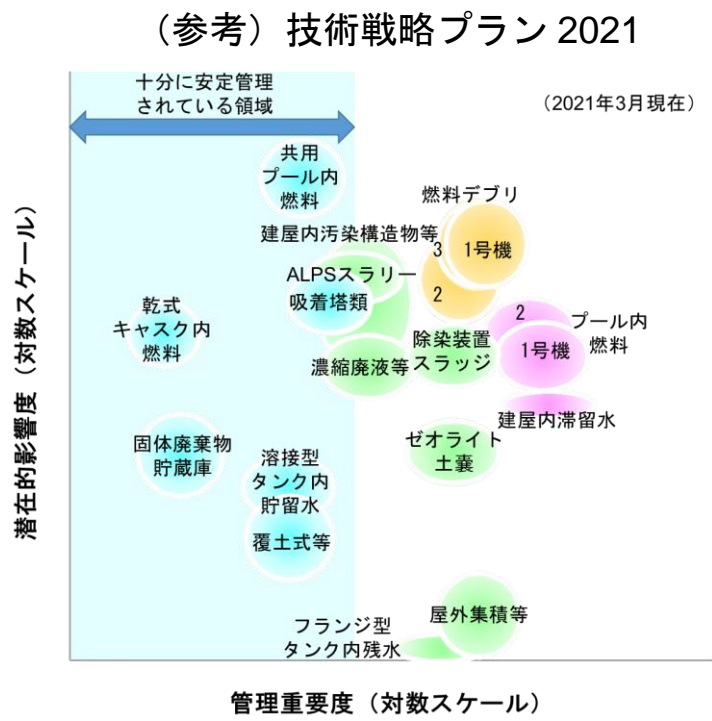
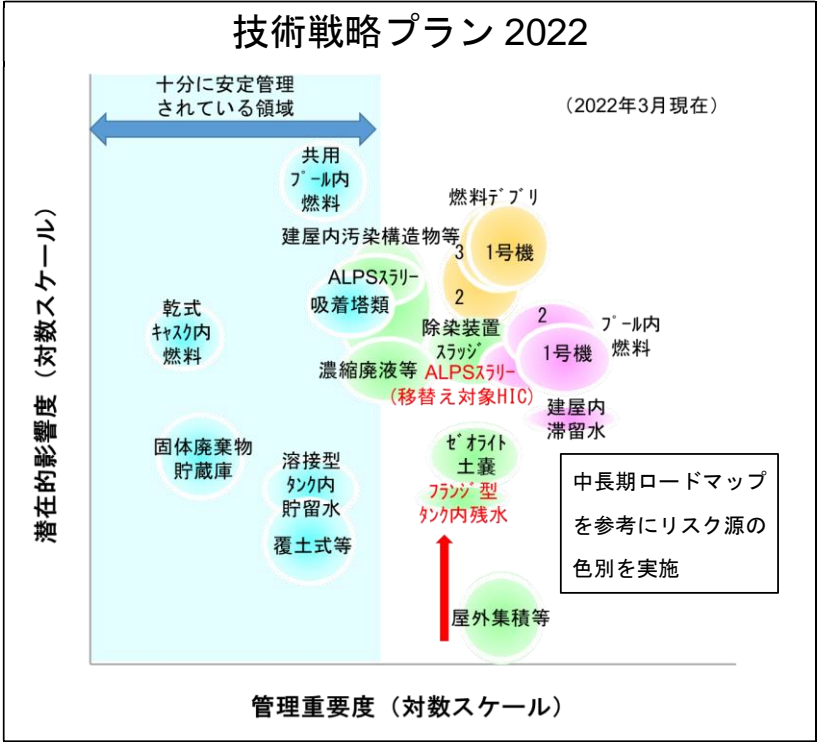
※1 令和3年4月13日 ALPS処理水の処分方針決定に伴い、「ALPS処理水の処分に関する基本方針の着実な実行に向けた関係閣僚等会議」を設置  
 ※2 廃炉事業者である東京電力は、IRIDの組合員として参加し、研究開発のニーズ・課題・成果を共有している。

# 技術戦略プランの位置付け



# リスク低減の考え方

- リスク低減戦略の当面の目標は、「十分に安定管理がなされている領域」(水色領域) に持ち込むこと



- ※1 赤字は、技術戦略プラン2021からの主な変更箇所
- ※2 矢印の元はフランジ型タンク内残水の技術戦略プラン2021の位置を示しており、処理作業に先立つ放射能濃度の分析結果を反映したことにより上方へ移動している。ALPSスラリー (移替え対象HIC) は今回新たにALPSスラリーから分離し、プール内燃料等と同様に桃色で表示している。

図 福島第一原子力発電所の主要なリスク源が有するリスクレベル

## 廃炉作業を進める上での安全確保の考え方

- 事故炉である福島第一の廃炉は、その安全確保に当たって安全上の特殊性を十分認識し、「安全視点」、「オペレータ視点」に十分留意して実施していくことが必要
  - ✓ 安全視点：確実な安全確保を検討の起点とし、最適な安全対策（ALARP※）を判断
  - ✓ オペレータ視点：現場を熟知し現場で操作や作業等を行う立場からの着眼・判断等

### 福島第一原子力発電所の持つ特殊性

- ✓ 多量の放射性物質が通常にない様々な形態（非定型）で非密封状態にあること
- ✓ 放射性物質を閉じ込める障壁が完全でないこと
- ✓ 放射性物質や閉じ込め障壁の状況等に大きな不確かさがあること
- ✓ 現場へのアクセスや現場情報を得るための計装装置の設置が困難であること
- ✓ 現状の放射線レベルが高く、また閉じ込め障壁等の更なる劣化が懸念されることから廃炉を長期化させない、時間軸を意識した対応が必要なこと

※As Low As Reasonably Practicableの略。放射線影響を合理的に実行できる限り低くしなければならないというもの

# 燃料デブリ取り出しに係る主な目標と進捗

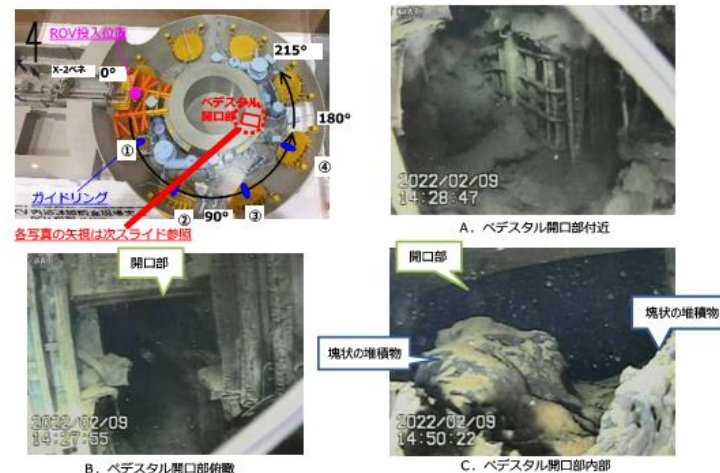
## 主な目標

- 2号機の試験的取り出しについては、2021年内の取り出し着手としていたものの、新型コロナウイルス感染拡大の影響や、2022年2月より実施しているモックアップ試験や現場の状況等を踏まえ、作業の安全性と確実性を高めるために工程を見直し、2023年度後半目途に着手とする。
- 取り出し規模の更なる拡大については、2号機の燃料デブリ取り出し、内部調査、研究開発、現場環境整備等を見極めつつ、収納・移送・保管方法を含め、その方法の検討を進める。

## 進 捗

### 1号機内部調査の状況

- これまでに塊状の堆積物や、作業員アクセス口付近のペDESTルのコンクリートの一部が無いことを確認
- ペDESTルのコンクリートの一部が無いことについては、過去のIRIDの評価や、ペDESTルの確認状況を踏まえ、大規模な損壊等に至る可能性は低いと想定
- 今後の内部調査により知見を拡充し、プラントへの影響評価を実施することが必要



(出典：2022年2月24日 廃炉汚染水対策チーム会合事務局会議資料)

### ペDESTル開口部付近の調査結果

## 2号機 試験的取り出し（内部調査及び燃料デブリ採取）の課題と技術戦略

### 課題と技術戦略

- 試験的取り出し（内部調査及び燃料デブリ採取）は、11ステップの一連の作業であり、燃料デブリの採取はそのうちの一部
- X-6ペネハッチを解放し、PCV外側に閉じ込め障壁を拡張後は、エンクロージャ内が徐々に汚染するため、閉じ込め性の確保が重要
- 不確かな現場への適用に向けて、様々な状態での機能を検証すること、及び万一の際に装置を確実に救出できることが課題



- ✓ モックアップ試験等により、要求を満足することを確実に確認することが必要
- ✓ 内部状況の不確かさにより、計画通りに行かないことを念頭に置いた上で、安全かつ慎重に作業を進めることが必要

### 作業ステップ

1. 事前準備（済）
2. 隔離部屋設置 ← 実施中
3. X-6ペネハッチ開放
4. X-6ペネ内堆積物除去
5. ロボットアーム設置
6. ロボットアーム進入
7. 内部調査・燃料デブリ採取
8. 燃料デブリ回収装置から輸送用容器へ収納・線量計測
9. グローブボックス受入・計量
10. 容器の取出し・輸送容器へ収納・搬出
11. 構外輸送及び構外分析

# 3号機 取り出し規模の更なる拡大

## 課題と技術戦略



- 2021年度からあらゆる可能性を排除せず幅広く工法を検討
- 俎上に上っている気中工法※1、冠水工法※2では、高線量下での現場工事成立性、工事物量・廃棄物量の大幅な増加、燃料デブリ取り出し時の対応が課題

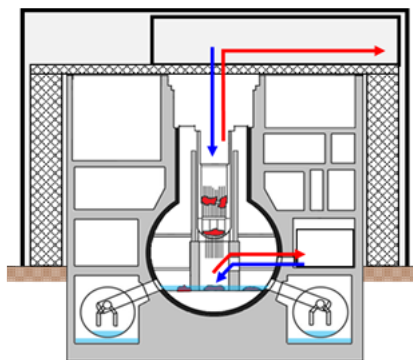


- ✓ 成立性がある程度確認できた後は設計を進めつつ段階的な選択肢の絞り込みが必要
- ✓ 必要に応じてその他の工法の検討を実施

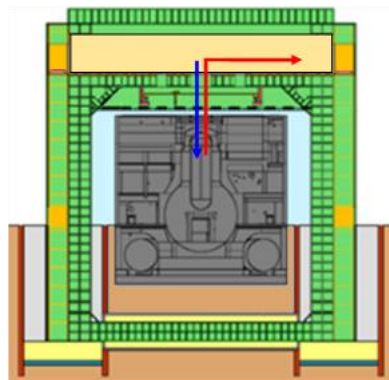
※1 上アクセス工法と横アクセス工法を組合せした形の工法

※2 従来のPCV冠水工法と相違し、バウンダリとして新規構造物で原子炉建屋全体を囲い、原子炉建屋を冠水させる方式（船殻工法）

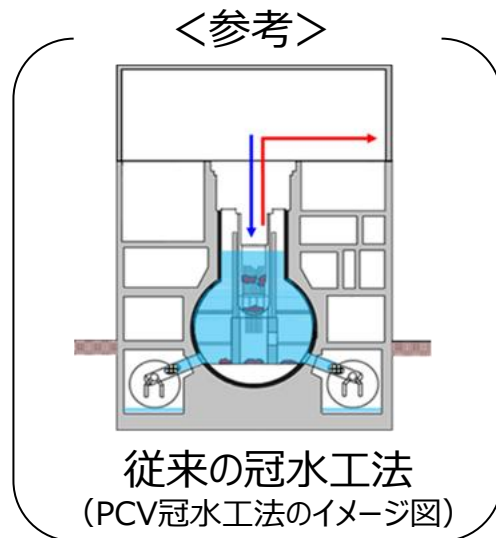
 装置類のアクセス方向  
 燃料デブリ、廃棄物等の搬出方向



気中工法の一例  
(上アクセスと横アクセスの組合せのイメージ図)



冠水工法の一例  
(船殻工法のイメージ図)





# 廃棄物対策に係る主な目標

## 主な目標

- 当面 10 年間程度に発生する固体廃棄物の物量予測を定期的に見直しなが、適正な保管管理計画の策定・更新とその遂行を進める。この計画に基づき、屋外一時保管を2028年度内までに解消する（水処理二次廃棄物及び再使用・リサイクル対象を除く）。
- 2021年度に示した処理・処分方策とその安全性に関する技術的見通しを踏まえ、固体廃棄物の特徴に応じた廃棄物ストリーム※の構築に向けて、固体廃棄物全体の管理として適切な対処方策の検討を進める。

※ 廃棄物の種類ごとに、その発生・保管から処理・処分までの一連の取扱いを示したもの

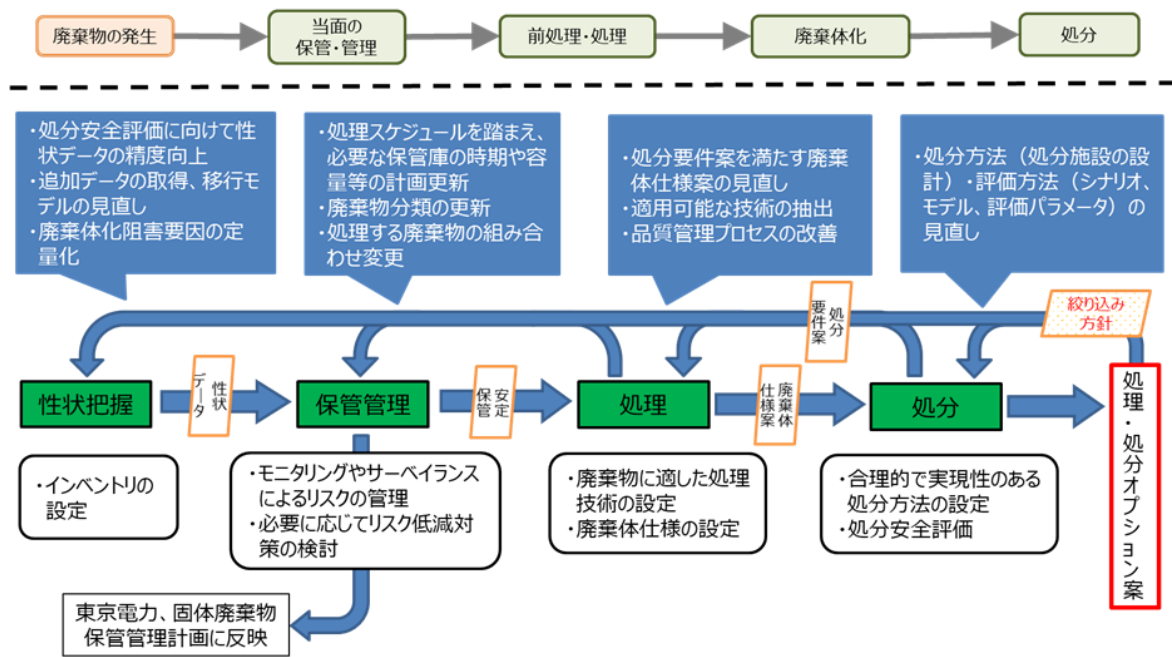


図 固体廃棄物の安全な処理・処分方法を合理的に選定するための手法

# 廃棄物対策に係る主な課題と技術戦略

## 課題と技術戦略

### 性状把握

- 多様な固体廃棄物について、その優先度、分析の目的と定量目標等を定める中長期的な分析戦略を策定し、それに基づき分析・評価を進める必要がある。



- ✓ 統計論的方法等を利用した分析計画法による中長期分析計画の策定フローを確立するため、その試行実績を蓄積し、妥当性を確認

### 保管・管理

- 中長期ロードマップで示されている固体廃棄物（水処理二次廃棄物及び再使用・リサイクル対象を除く）の屋外一時保管の解消（2028年度内）をはじめ、今後の廃炉作業の進展に応じた固体廃棄物の保管・管理を安全かつ合理的に進める必要がある。



- ✓ 物量低減の取組を着実に継続するとともに、他国の先進事例を参考に更なる可能性を検討
- ✓ 焼却、切断、破砕など減容等を進め、建屋内保管への集約を進める。

### 処理・処分

- 中長期ロードマップにある第3期における廃棄物の仕様や製造方法の確定のため、固体廃棄物の具体的管理について全体としての適切な処方策の検討を進める必要がある。



- ✓ 処理技術に関する未対応の課題及び処分オプション案の検討により、処理・処分方策の選択肢を創出
- ✓ 明らかになりつつある性状データ等を用いて選択肢の比較・評価を行い、固体廃棄物の特徴に適した廃棄物ストリームの構築等を検討

## 汚染水対策に係る主な目標と技術戦略

### 主な目標

- 今後本格化する燃料デブリ取り出し等の廃炉工程との関係を整理するとともに、中長期を見据えた汚染水対策の在り方についての検討を進める

### 課題と技術戦略

- 汚染水の水質は、燃料デブリ取り出し時の切削等の加工の方法に依存（ $\alpha$ 核種の形態等）
- 燃料デブリ取り出し工法が確定していない状況では水質の想定が困難であり、水処理システムは幅広い水質に対応する設備構成にせざるを得ない



- ✓ 既存設備の機能分担を考慮した全体像の検討、及び既存設備の計画的なリプレースの推進のため、燃料デブリ取り出し時の水処理設備への要求仕様を明らかにし基本設計にできるだけ早い段階で反映していくことが必要

## ALPS処理水の海洋放出に向けた主な目標と技術戦略

### 主な目標

- 現在タンク保管中のALPS処理水について、基本方針（2021年4月）から2年程度後の放出に向けた対応を進める。

### 課題と技術戦略

- 東京電力は、設備運転、ALPS処理水の分析、メンテナンス、トラブル発生時の対応方策等一連の計画を「確実に」運用することに加え、必要な計画の見直し・拡充、並びに透明性を確保することが課題



- ✓ 分析対象核種を踏まえた人や環境への放射線影響の再評価を行い、この評価結果は透明性高く発信していくこと等が必要

# プール内燃料取り出しに係る主な目標と技術戦略

## 主な目標

- 2031年以内に1～6号機の全てで使用済燃料プールからの燃料取り出しの完了を目指す。
- 1号機は2027～2028年度、2号機は2024～2026年度にプール内燃料の取り出しを開始する。

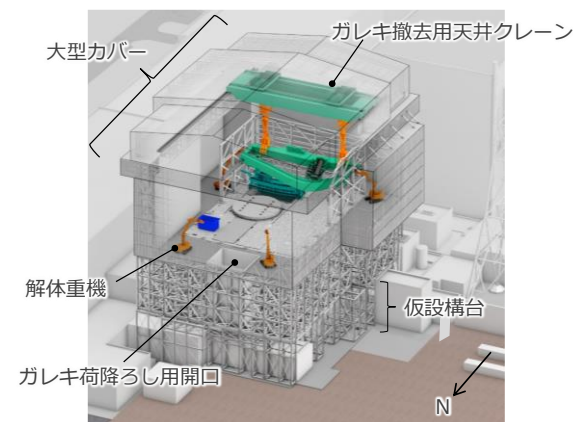


図 1号機 がれき撤去時 (イメージ図)

## 課題と技術戦略

### 1号機

不安定な状態で存在する天井クレーンを撤去するため、十分な調査が必要



調査が可能となった段階で速やかに調査し、安全評価、ガレキ撤去計画に反映することが重要

### 2号機

国内原子力施設では経験のないブーム型クレーン式の燃料取扱設備を遠隔操作で確実に運用することが課題



事前に操作・機能性を十分に習熟することが重要

# 分析の意義と技術戦略

## 意義と現状

- 現状は、燃料デブリ性状等の不確かさの幅が大きいいため、保守的に安全対策を検討
- 不確かさの幅を低減できれば、過度な裕度が不要となることで、合理的な安全対策を検討でき、廃炉の迅速性、合理性の向上が可能

## 課題と技術戦略

- 燃料デブリ取り出しの進捗に伴い発生する、微細な燃料デブリ等は、多様であり、かつ高線量であるため、分析の効率的な体制を構築することが課題



- ✓ 施設・設備等が充実する茨城地区の施設や新たな分析施設の適切な役割分担の下、分析データの拡充を図ることが有効
- ✓ 他機関の協力を得ながら人材育成を効率的に進めることが重要

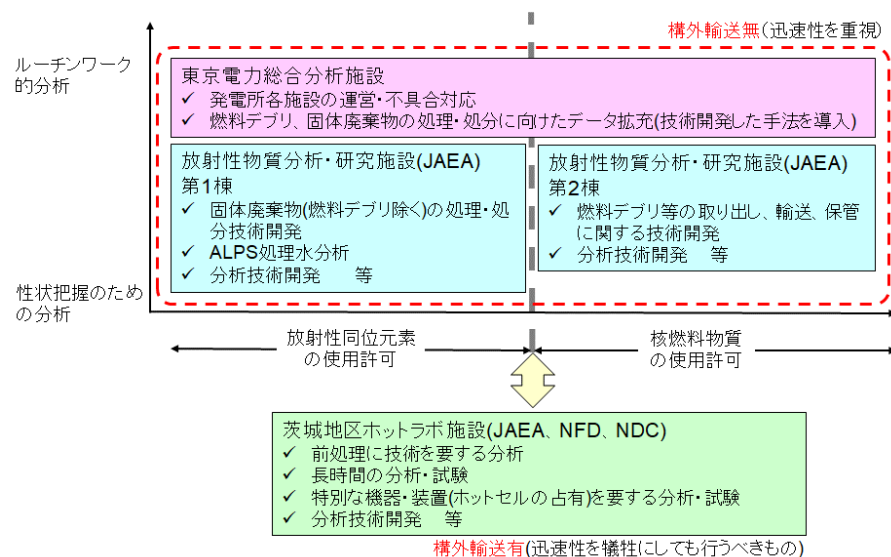


図 各分析施設の特徴と役割分担

# サンプル分析結果の品質向上と非破壊計測の利用

## 課題と技術戦略

- サンプル分析は、多くの項目の分析を行えるが、長い計測時間と少ない分析量のため、数多くの分析への対応が困難



- ✓ 非破壊計測では、サンプル分析に比べ、1回につき短時間かつ多量に計測可能
- ✓ 燃料デブリ性状把握の精度を向上させるため、保管・管理までの工程において、非破壊計測の適用方法の検討が重要

表 分析施設内で実施するサンプル分析と分析施設外で実施する非破壊計測における主要諸元の相対比較

	分析施設内で実施する* サンプル分析	分析施設外で実施する** 非破壊計測
分析・計測時間	長(△)	短(○)
分析・計測項目	多(◎)	少(△)
1回の分析・計測量	少(△)	多(◎)
廃液の発生	有(△)	無(○)
分析・計測時の閉じ込め性	非密封	非密封、密封どちらも可
ダスト対策	必要	必要
放射線の遮へい施設	必要	必要

◎：優    ○：良    △：可

\*: 燃料デブリのサンプルを取り扱うのに適したホットラボ等の分析専用の施設内での実施。

\*\*：燃料デブリを取り出して保管・管理するまでの工程で利用する施設であり、分析専用ではない施設での実施。

# 5. 研究開発への取組

## 意義と現状

- 廃炉を安全、確実、合理的、迅速及び現場指向の視点で推進していくためには、研究開発が必要となる困難な技術課題が多数存在
- 事故から約11年が経ち、東京電力のエンジニアリングに基づく開発を進める段階に移行中

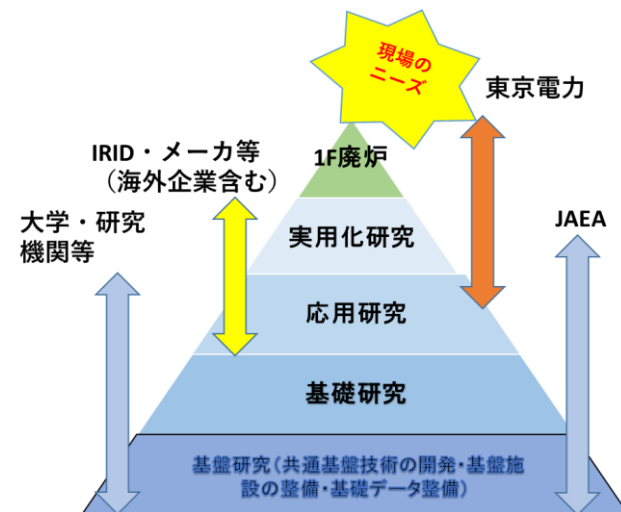


図 廃炉研究開発の研究範囲と実施機関

## 戦略

- 研究開発の企画提案や事業品質確保の取組に係る機能をより一層強化
  - ✓ 解決すべき技術的課題を広く募集する情報提供依頼 (RFI※) を2022年度から開始 (企画提案)
  - ✓ 事業の現場適用性の確保、研究開発の品質向上のため、全ての廃炉・汚染水・処理水対策事業を対象としたレビュー制度を構築する計画 (事業品質確保)
- 東京電力は、新会社※と一体となり、自主技術開発も含めた廃炉研究により一層積極的に取り組んでいくことが必要

※ Request for Information

※ 2022年10月に設立した「東双みらいテクノロジー株式会社」



## プロジェクト管理の取組

### 意義と現状

- 廃炉を円滑に進めていくため、プロジェクト目標の達成に向けた管理体制の構築、強化と定着
- プロジェクト管理により、安全、品質、コスト、時間、技術成立性等の視点で評価することで、効果的に事業リスクの低減が可能

### 戦略

- オーナーズ・エンジニアリング能力の更なる向上
  - ✓ 未経験の燃料デブリ取り出しに対し、エンジニアリング上の判断を行い、結果への責任を担う「プロジェクトマネジメント力」と「安全とオペレータ視点を基盤とする技術力」
- 廃炉事業を円滑に遂行していくための人材の育成・確保
  - ✓ 必要な能力・資質と要員数を含む人材配置を計画し、それを達成する育成計画の立案
  - ✓ より高度な専門知識を有する人材も含め、技術分野ごとの必要人数及び時期の想定

## 国際連携の強化

### 意義と現状

- 先行する海外事例から教訓を学び、世界最高水準の技術や人材を活用
- 福島第一での廃炉の経験を国際社会に共有することは我が国の責任
- 政府間の枠組みとして、各国との情報共有を行うための対話の開催や、国内関係機関が、海外機関との協力協定等を結び、国際会議の場で情報を発信

### 戦略

- 廃炉に対する国際社会の継続的な理解・関心や協力関係の維持・発展が重要
  - ✓ 廃炉の進捗等に関する透明性を確保した正確な情報発信の継続
  - ✓ 事故から約11年が経ち、国際社会に対してこれまで蓄積した知見や教訓を還元し、互恵的関係をより深めることが重要



図 対面及びオンラインを活用した海外専門家との意見交換の様子（2022年6月開催）

# 地域共生

## 意義と現状

- 福島第一の廃炉における大原則は「復興と廃炉の両立」。地元の廃炉関連産業の活性化は、東京電力が福島復興に貢献するための重要な柱
- 2020年3月末に東京電力が公表した「復興と廃炉の両立に向けた福島の皆様へのお約束」に基づき、福島第一の廃炉事業への地元企業の参入機会創出や、地元経済の基盤創造として、廃炉産業集積に向けた取組を推進

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>① 地元企業の参画拡大</li> <li>② 地元企業のステップアップサポート</li> </ul> | } | <p>地元企業への発注見通しの公開や、福島第一の視察ツアー、具体的な商談を行うマッチング会等を開催</p> <p>▶ 参入機会の更なる創出に向けた取組が必要</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>③ 地元での新規産業創出</li> </ul>                            | → | <p>浜通りにおける廃炉産業集積に向けたパートナー企業との共同企業体の設立</p> <p>▶ 地元復興加速に向けた新規産業創出が望まれる</p>           |

- ※ 東京電力、プレスリリース、2022年4月27日・10月3日
- ・東双みらいテクノロジー株式会社（株式会社IHIとの共同）
  - ・【仮称】浜通り廃炉関連製品工場（日立造船株式会社との共同）

## 戦略

- 地元企業が継続した一定規模の発注を見通すことができる取組を検討していくことが重要
- 福島県をはじめとする自治体、福島イノベーション・コースト構想推進機構、福島相双復興推進機構をはじめとする地元関係機関との連携・協働の一層の強化

**ご清聴ありがとうございました**

# 1F固体廃棄物の保管管理の現状と 課題・取組み状況について

2023年9月12日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社  
福島第一廃炉推進カンパニー  
福島第一原子力発電所 廃棄物対策プログラム部

増田 良一

1. 1F固体廃棄物対策の基本方針について
2. 1F固体廃棄物の保管管理の現状について
3. 1F固体廃棄物対策における課題と取り組み状況
  - (1) 低レベルコンクリート等廃棄物対策への取り組み
  - (2) 水処理二次廃棄物処理に向けた取り組み
  - (3) 1F固体廃棄物の分析に対する取り組み

# 1. 1F固体廃棄物対策の基本方針について

# 1F固体廃棄物対策の基本的な流れ

- 1F固体廃棄物対策の中長期プロセスについて通常炉との比較の形で右図に示した。
- 1F廃棄物対策の主な特徴として下記が挙げられる。
  - ✓ 屋外一時保管
  - ✓ 保管状況の継続的な改善
  - ✓ 再利用

## ■ 屋外一時保管

- 廃棄物の表面線量区分に応じた形態での屋外一時保管を実施。
- 一時的な対応であり、2028年度内までに屋外一時保管を解消する。

## ■ 保管状況の継続的な改善

- 廃棄物の性状把握、安定化処理等を進め、処分・再利用へ合理的に移行できる見通しがあり、かつ長期の安定・安全な保管が可能な状態に移行させていく。

## ■ 再利用

- 保管対象とする廃棄物量を削減する観点から、廃棄物の再利用を進める。

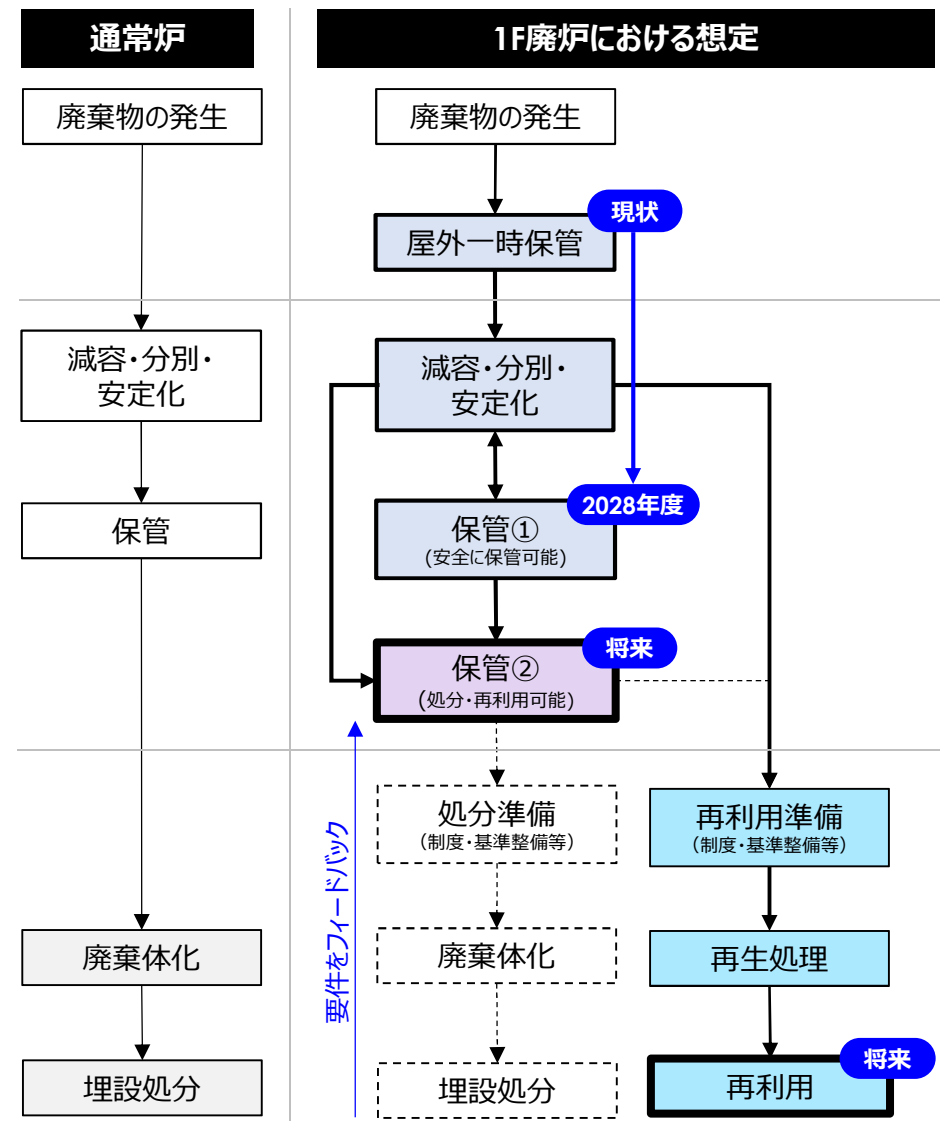


図 廃棄物対策の想定プロセス



## 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画（2023年2月版）

- 中長期ロードマップの目標工程「2028年度内までに、水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象を除く全ての固体廃棄物（伐採木、ガレキ類、汚染土、使用済保護衣等）の屋外での保管を解消」の達成のため下記を実施
  - 当面10年程度の固体廃棄物<sup>\*1</sup>の発生量予測を踏まえ、遮へい・飛散抑制機能を備えた設備を導入し、継続的なモニタリングにより適正に保管していく
  - 「瓦礫等」については、より一層のリスク低減をめざし、可能な限り減容した上で建屋内保管へ集約し、固体廃棄物貯蔵庫外の一時保管エリアを解消していく
  - 「水処理二次廃棄物」については、保管施設を設置し、屋外での一時保管エリアを可能な限り解消していく。建屋内への保管に移行する際は、廃棄物の性状に応じて、適宜、減容処理や安定化処理を検討・実施する
  - なお、固体廃棄物貯蔵庫外の一時保管を当面継続するものとして、表面線量率が極めて低い金属・コンクリート<sup>\*2</sup>やフランジタンクの解体タンク片等については、当面固体廃棄物貯蔵庫外の一時保管を継続しつつ、処理方法や再利用・再使用を検討し、一時保管エリアを解消していく

\*1「固体廃棄物」とは、「瓦礫等（瓦礫類、伐採木、使用済保護衣等）」「水処理二次廃棄物（吸着塔類、廃スラッジ、濃縮廃液スラリー）」や、事故以前から福島第一原子力発電所に保管されていた「放射性固体廃棄物」の総称

「放射性固体廃棄物」については、震災前に設置した施設の中で保管しており、引き続き適切に管理

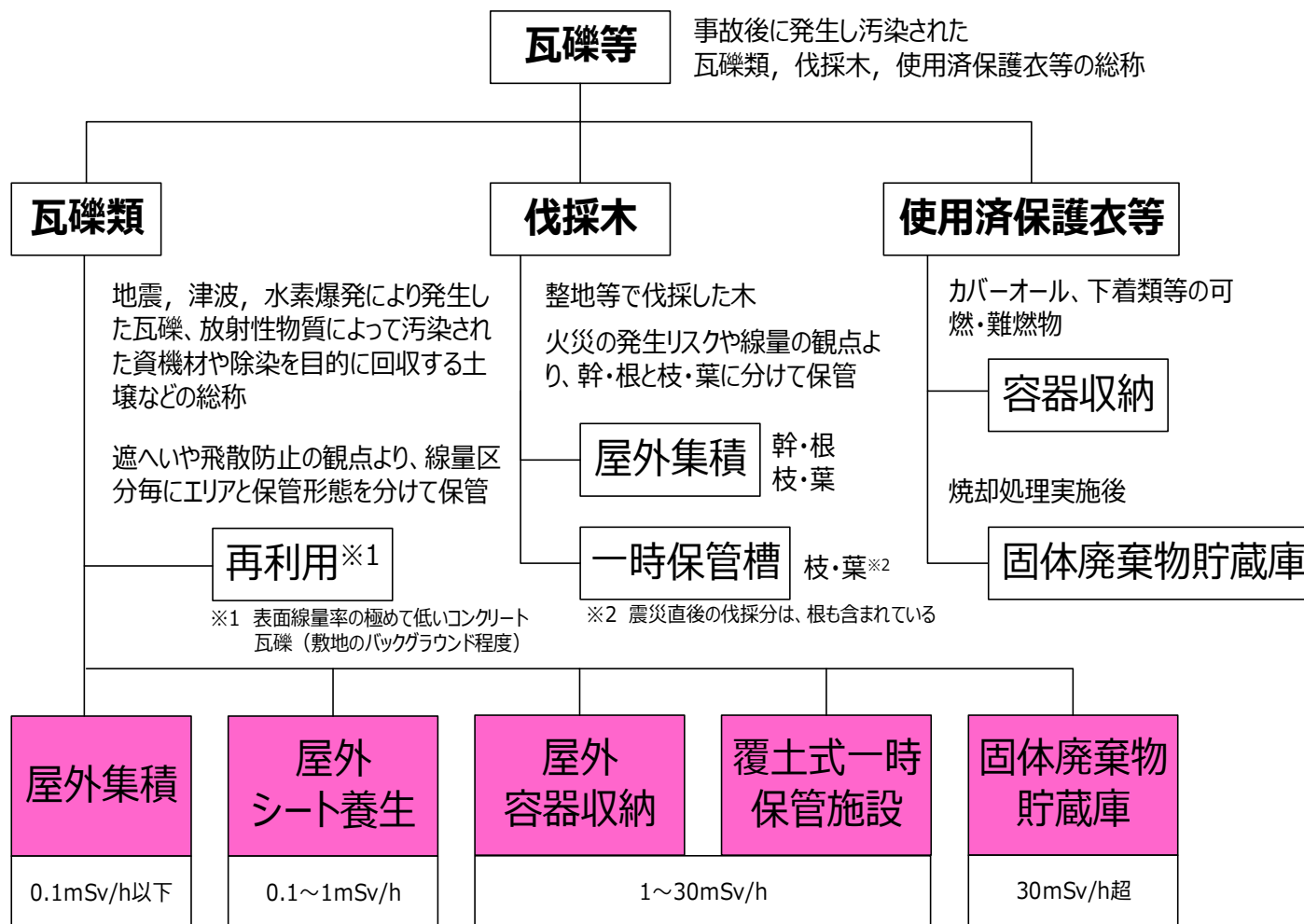
\*2 表面線量率が0.005mSv/h未満である瓦礫類。0.005mSv/hは、年間2000時間作業した時の被ばく線量が、線量限度5年100mSvとなる1時間値（0.01mSv/h）の半分で、敷地内除染の目標線量率と同値

## 2. 1F固体廃棄物の保管管理の現状について

福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画2023年2月版の概要説明

# 瓦礫等の保管管理状況

- 瓦礫等は、事故後に発生し汚染された瓦礫類、伐採木、使用済保護衣等で構成される。
- 瓦礫類は表面線量により管理・区分を行い、遮蔽や飛散防止の観点からエリア・保管形態を分けて保管している。



屋外集積（伐採木）



屋外シート養生



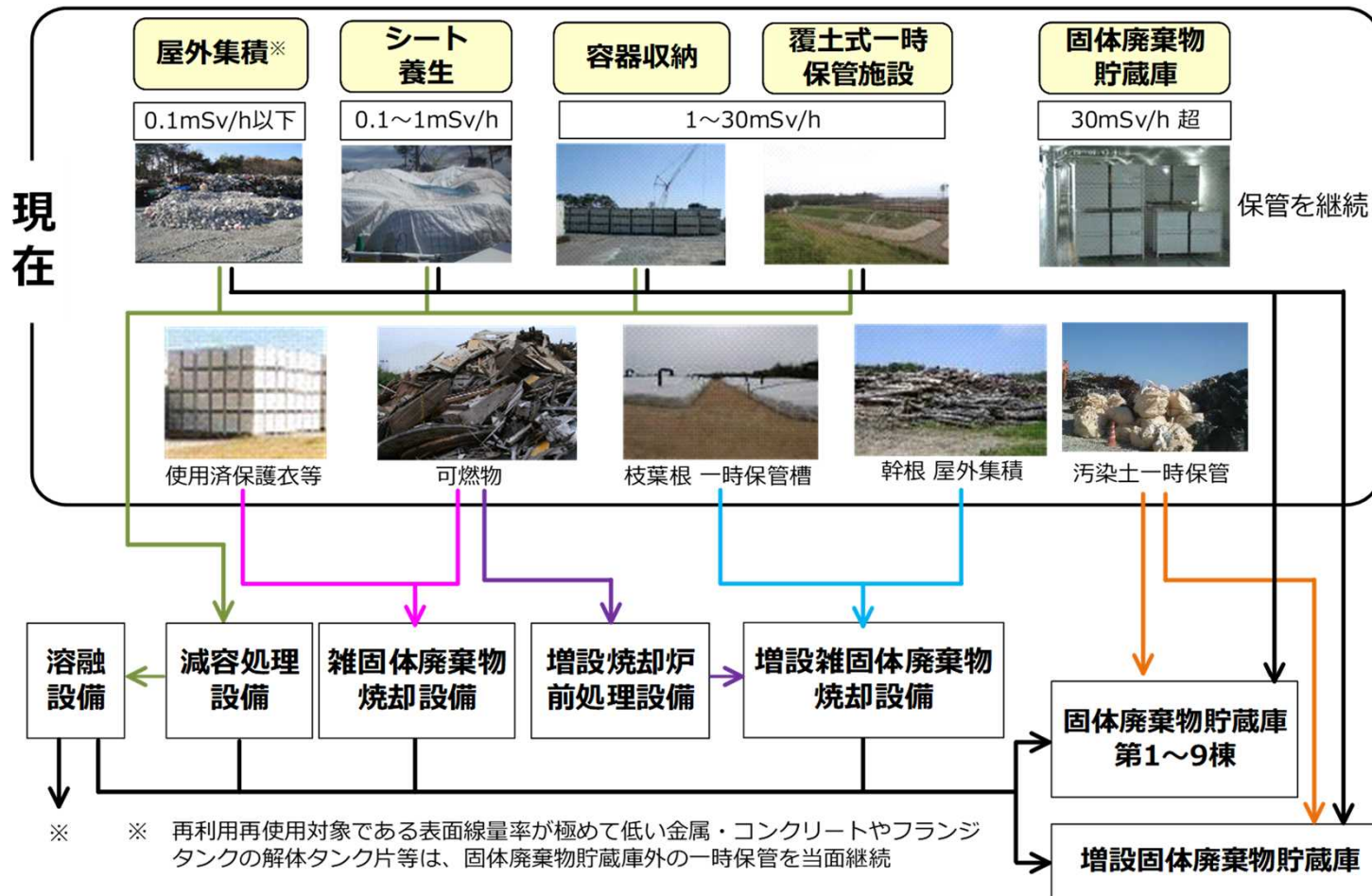
屋外容器収納



固体廃棄物貯蔵庫

# 瓦礫等の今後の計画

- 2028年度内に屋外一時保管を解消するため、必要に応じて減容等の処理を行い、廃棄物の屋内保管（固体廃棄物貯蔵庫）への移行を進める。
- 必要な保管容量を確保するため、廃棄物の減容を行う焼却設備、減容処理設備、保管を行う固体廃棄物貯蔵庫等の設置を進めている。



今後10年程度で発生する廃棄物量から、固体廃棄物貯蔵庫の設置について検討

# 水処理二次廃棄物の保管管理状況と今後の計画

- 水処理二次廃棄物は、汚染水処理に伴い発生した廃棄物であり、吸着塔類、廃スラッジ、濃縮廃液スラリーで構成される。それぞれ、性状に応じた適切な方法により保管が行われている。
- 今後、必要に応じて減容処理または安定化処理等を行い、大型廃棄物保管庫、固体廃棄物貯蔵庫での保管に移行する。

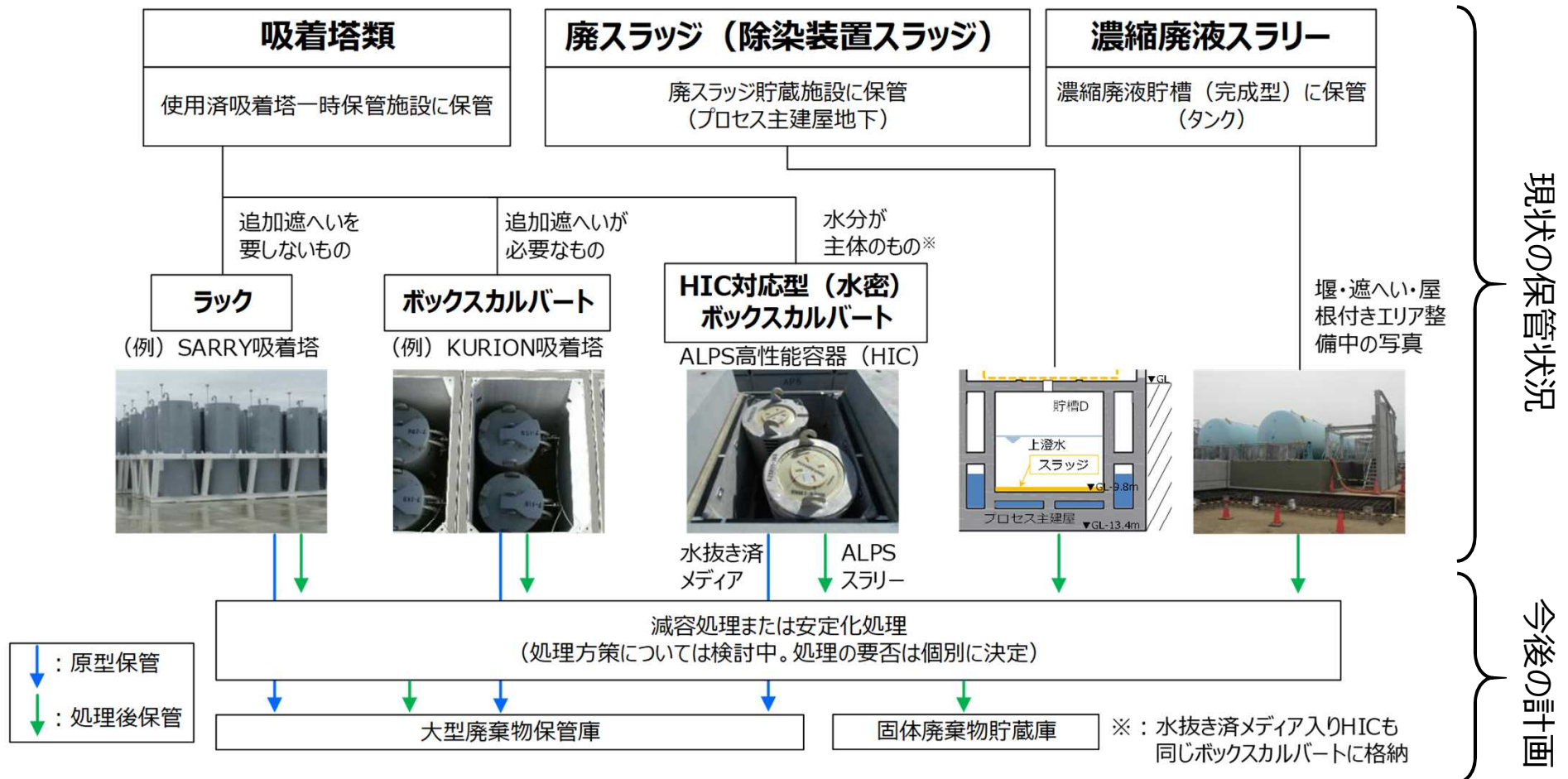


表 瓦礫等の保管量 (2023.7.31時点)

保管場所	種類	保管量	
瓦礫類	屋外集積(0.1mSv/h以下)	302,200	m <sup>3</sup>
	シート養生(0.1~1mSv/h)	43,700	m <sup>3</sup>
	覆土式一時保管施設、容器(1~30mSv/h)	16,400	m <sup>3</sup>
	固体廃棄物貯蔵庫	29,700	m <sup>3</sup>
伐採木	伐採木一時保管槽	37,300	m <sup>3</sup>
	屋外集積	70,000	m <sup>3</sup>
使用済保護衣等	使用済保護衣等	20,000	m <sup>3</sup>
	焼却灰等	38,100	m <sup>3</sup>

表 水処理二次廃棄物の保管量 (2023.7.31時点)

保管場所	種類	保管量	
使用済吸着塔 保管施設	セシウム吸着装置使用済ベッセル	779	本
	第二セシウム吸着装置使用済ベッセル	263	本
	第三セシウム吸着装置使用済ベッセル	18	本
	多核種除去設備等保管容器	4,212	基
	高性能多核種除去設備使用済ベッセル	90	本
	多核種除去設備処理カラム	17	塔
	モバイル式処理装置等使用済ベッセル及びフィルタ類	229	本
廃スラッジ貯蔵施設	廃スラッジ	434	m <sup>3</sup>
濃縮廃液タンク	濃縮廃液スラリー	9,468	m <sup>3</sup>

# 廃棄物関連施設・設備の整備状況について

表 廃棄物処理設備の整備状況

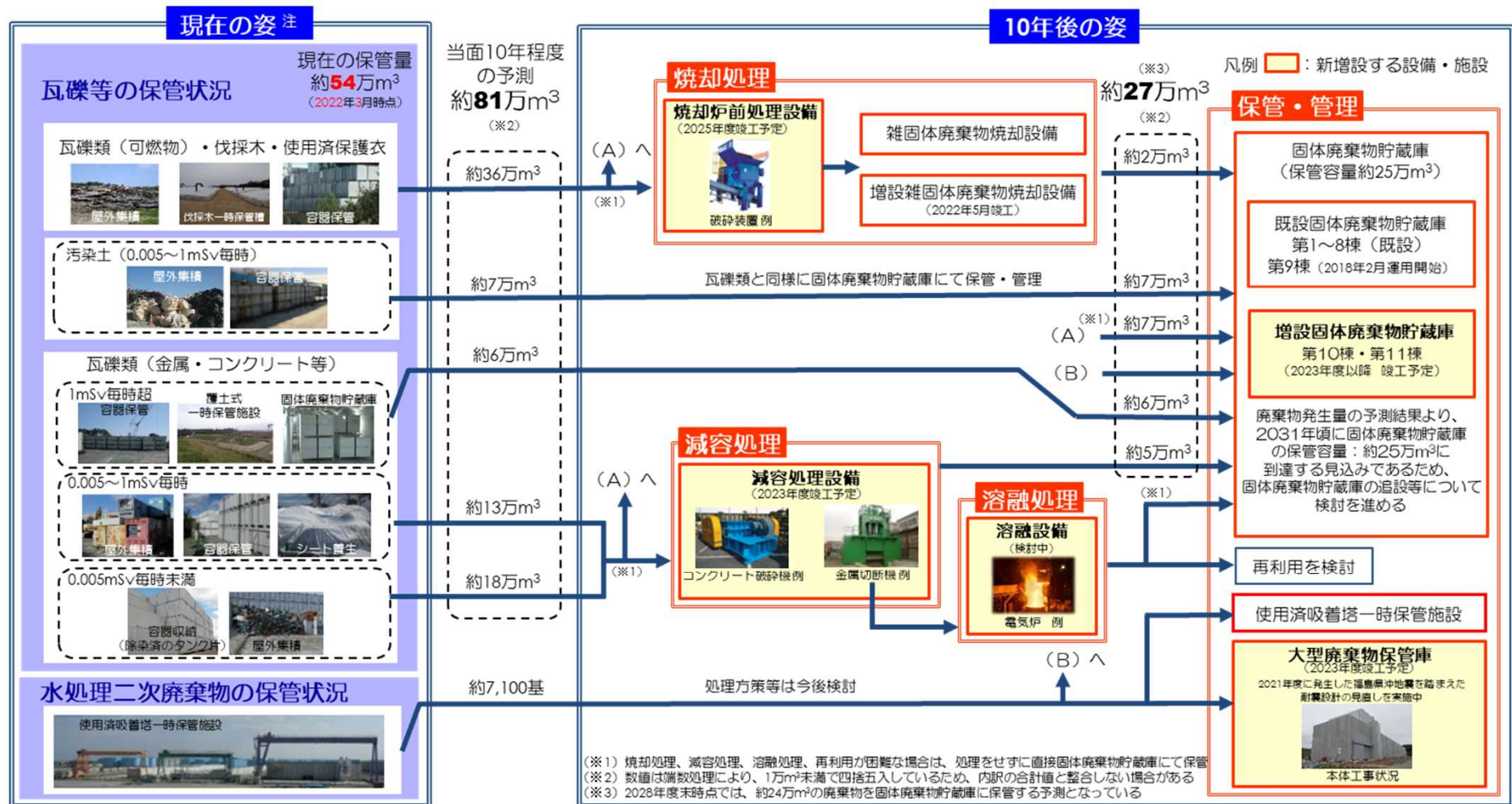
供用中	建設中	計画中
-----	-----	-----

処理施設	竣工	処理方法	処理容量	主な処理対象物
雑固体廃棄物 焼却設備	2016年3月	焼却 (ロータリーキルン方式)	7.2t/日×2系列 (24時間運転)	使用済保護衣等
増設雑固体廃棄物 焼却設備	2022年5月	焼却 (キルンストーカ式)	95t/日 (24時間運転)	伐採木、瓦礫類中の可燃物(木材・梱包材・紙等)、廃油
減容処理設備	2023年度予定	金属：圧縮切断 コンクリート：破砕	金属：約60m <sup>3</sup> /日 コンクリート：約40m <sup>3</sup> /日	金属 コンクリート
焼却前処理設備	2025年度予定	破砕	約140t/日	瓦礫類中の可燃物（木材・梱包材・紙等）
熔融設備	検討中（2027-2029年度頃）	熔融（アーク炉）	約120t/日	瓦礫類中の金属類、焼却灰、アスベスト、フロン、PCB（検討中）等

表 廃棄物保管施設の整備状況

保管施設	竣工	保管量	主な処理対象物
固体廃棄物貯蔵庫 第9棟	2018年2月	約33,600m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>震災前廃棄物、開口部閉止措置を実施した大型廃棄物等</li> <li>焼却設備より発生する焼却灰等廃棄物</li> <li>瓦礫類、大型瓦礫類</li> </ul>
固体廃棄物貯蔵庫 第10棟	2024年度予定	約8.0万m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>瓦礫類（汚染土ならびに減容処理設備で処理したものを含む）</li> </ul>
固体廃棄物貯蔵庫 第11棟	2026年度以降予定	約11.5万m <sup>3</sup> （変更する可能性有）	<ul style="list-style-type: none"> <li>震災前廃棄物、開口部閉止措置を実施した大型廃棄物等</li> <li>焼却設備より発生する焼却灰等廃棄物</li> <li>瓦礫類（汚染土ならびに減容処理設備で処理したものを含む）、大型瓦礫類</li> </ul>
大型廃棄物保管庫 第一棟	2023年度以降予定	吸着塔744本	第二セシウム吸着装置(SARRY)、多核種除去設備（ALPS）等の汚染水処理設備より発生する水処理二次廃棄物（吸着塔類）等
大型廃棄物保管庫 第二棟	検討中 (2025年度以降)	面積：約0.8万m <sup>2</sup> （変更する可能性有）	セシウム吸着装置(KURION)、第二セシウム吸着装置(SARRY)、多核種除去設備（ALPS）等の汚染水処理設備より発生する水処理二次廃棄物（吸着塔類）等

# 固体廃棄物対策の全体像



注) 現時点で処理・再利用が決まっている焼却前の使用済保護衣類、BGレベルのコンクリートガラは含んでいない

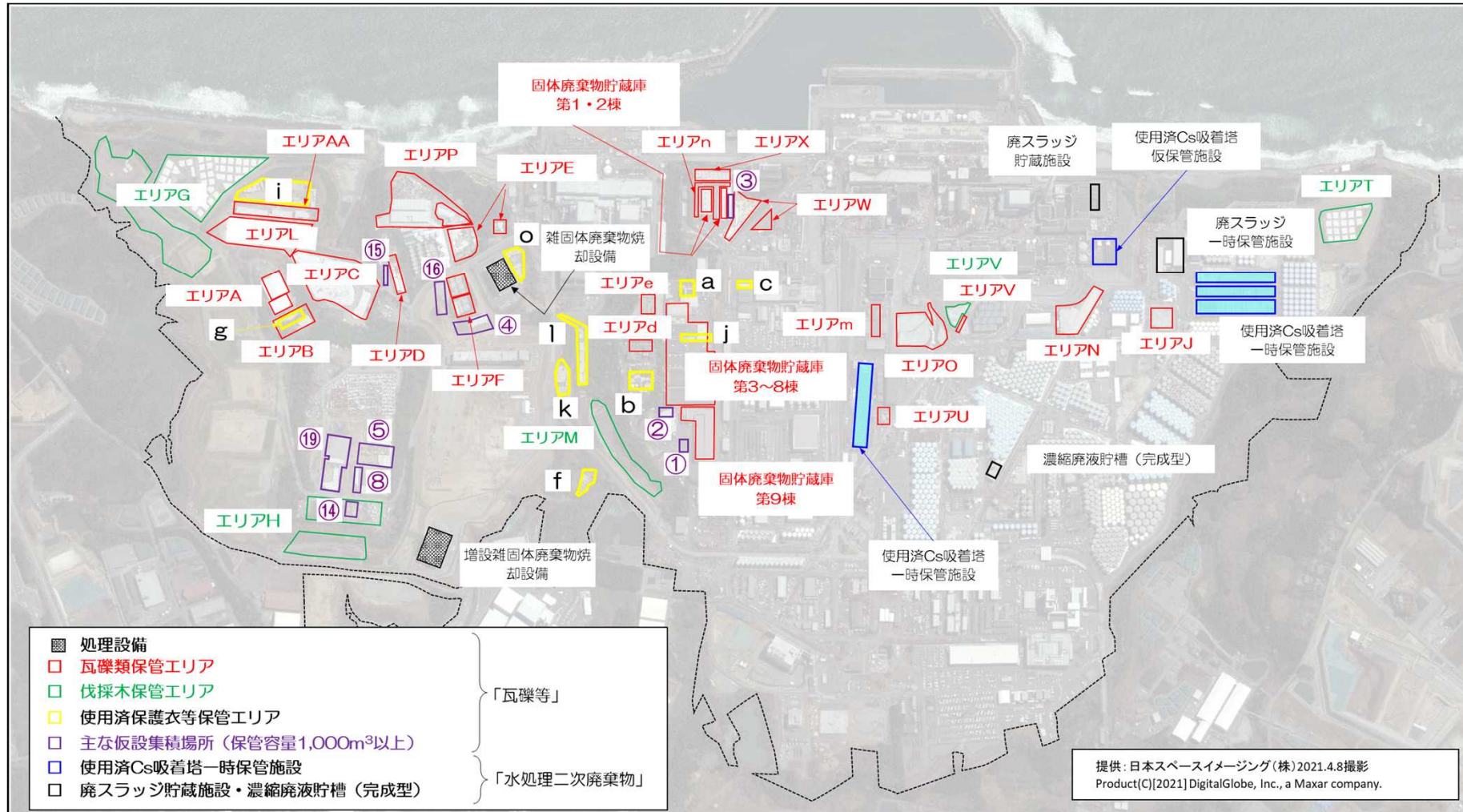
- 屋内保管への集約および屋外保管の解消により、敷地境界の線量は低減する見通しです。
- 焼却設備の排ガスや敷地境界の線量を計測し、ホームページ等にて公表しています。

図 福島第一原子力発電所の固体廃棄物対策について



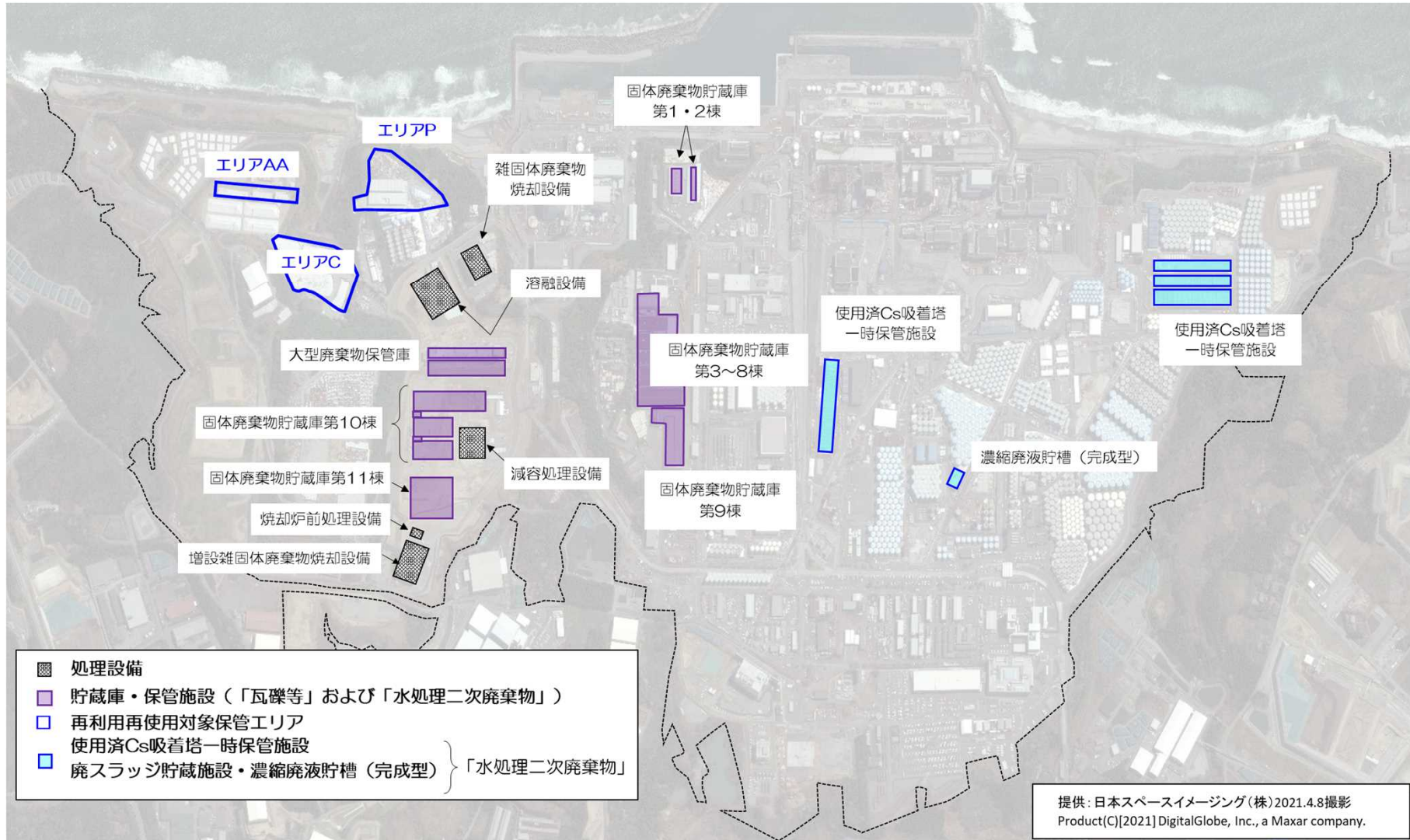
# 廃棄物の保管現状（敷地の利用状況）

- 敷地内に屋外の一時保管エリアが点在している状況



# 廃棄物の保管の将来像（敷地の利用状況）

- 2028年度に「瓦礫等」の屋外一時保管を解消



### 3. 1F固体廃棄物対策における課題と取り組み状況

# 固体廃棄物対策における課題

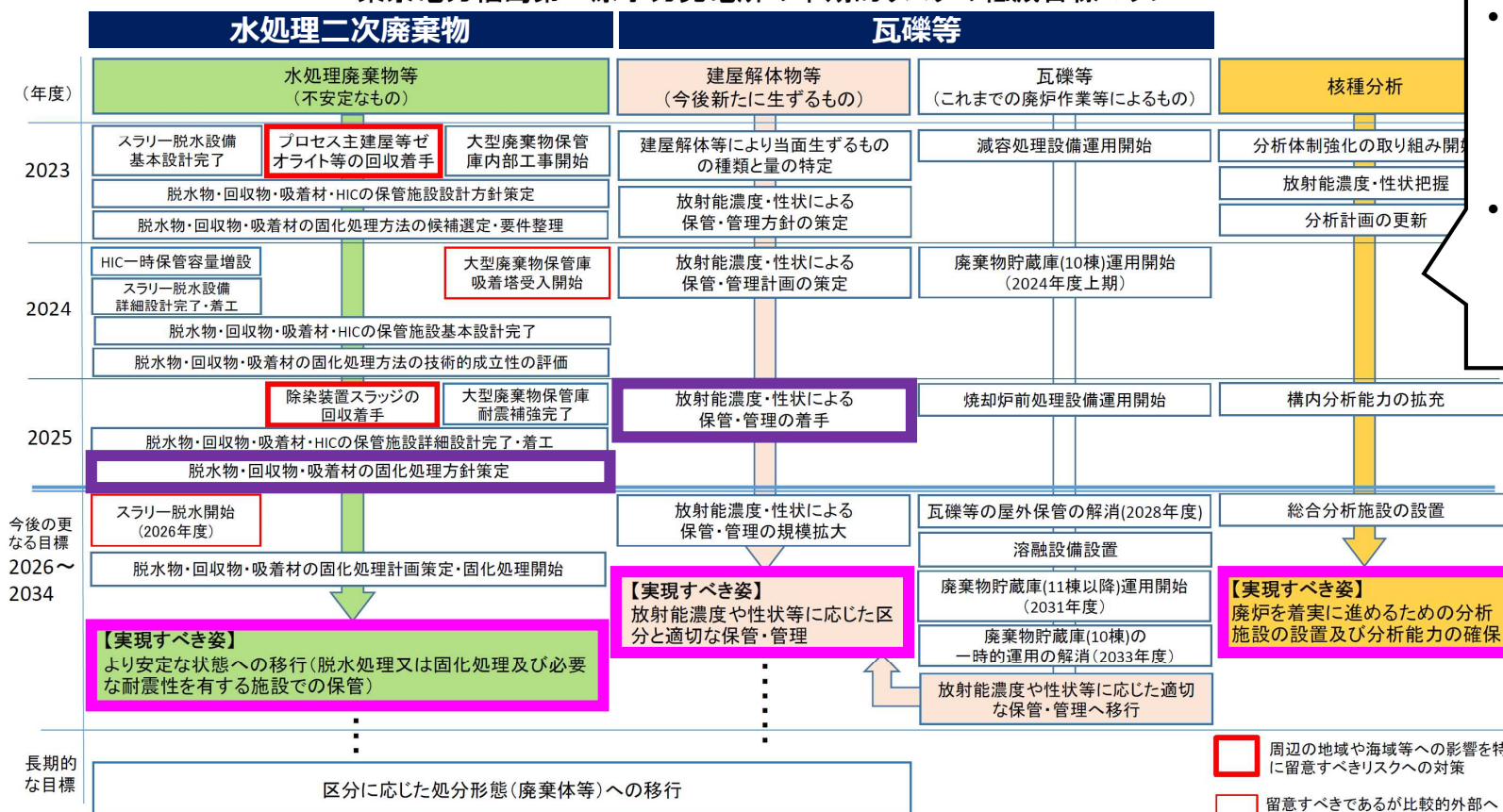
- 第78回原子力規制委員会にて、中長期リスクの低減目標マップにおいて固体廃棄物に関する目標が示された。

## 【実現すべき姿】

- 水処理廃棄物等（水処理二次廃棄物） ⇒ より安定な状態への移行（脱水、固化、適切な施設での保管）
- 建屋解体物等、瓦礫等 ⇒ 放射能濃度や性状等に応じた区分と適切な保管・管理
- 核種分析 ⇒ 廃炉を着実に進めるための分析施設の設置及び分析能力の確保

- また、第107回特定原子力施設監視評価検討会にて、水処理廃棄物等については「ALPSスラリー」、建屋解体物等、瓦礫等については「低レベルコンクリート等」の対応を優先する方針が示された。

東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ



- 対応のポイントは、廃棄物毎の性状に応じた合理的な対策を講じること
- そのため、分析等により廃棄物の性状把握を進めていくことが重要

実現すべき姿

当面の目標

■ 周辺の地域や海域等への影響を特に留意すべきリスクへの対策

□ 留意すべきであるが比較的外部への影響が小さいリスクへの対策

## (1) 低レベルコンクリート等廃棄物対策への取り組み

## 【実現すべき姿】

- 放射能濃度や性状等に応じた区分と適切な保管・管理  
⇒ 放射能濃度・性状による保管・管理着手

### 1) 瓦礫類等（主に既発生のもの）

- 既発生 of 廃棄物に対して、放射能濃度管理を行う手法を構築する。
- 表面線量率による放射能濃度管理を行うため、表面線量率-<sup>137</sup>Csの放射能濃度の相関性及び<sup>137</sup>Cs放射能濃度に対する他核種の核種濃度比の定量化を進める。

### 2) 解体廃棄物（将来発生するもの）

- 将来発生する解体廃棄物については、廃棄物管理を念頭に置いた汚染状況を踏まえた解体工事、廃棄物対策を実施する。
- 特定の建屋を対象に、汚染調査、施設解体、廃棄物管理に係る一連の試検討を実施することで、施設解体方法の具体化、課題抽出・対応等を実施する（解体モデルケース検討）。

表 瓦礫類等（コンクリート）の検討の進め方イメージ

項目	FY2023	FY2024	FY2025	FY2026	FY2027	FY2028	FY2029～
瓦礫類等	<p>解体・回収後の線量での管理 廃炉作業進捗、屋外一時保管解消を優先</p>						<p>▼屋外一時保管解消</p>
	<p>線量管理 → 放射能濃度管理への移行</p>						放射能濃度の管理
解体廃棄物	<p>施設の解体・除染・分別、廃棄物管理方法等の整備</p>						<p>汚染状況を踏まえた解体工事</p>

## 検討例：表面線量率による放射能濃度管理手法の検討

- 表面線量率により多様な核種の放射能濃度管理が行えるように、表面線量率 –  $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度の相関性及び $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度に対する他核種の核種濃度比の定量化を進める。
- 保管容器に収納されたコンクリート等廃棄物の形状、収納状態は多様であり、また、汚染部位の分布、コンクリート基質部への浸透、破碎等の状態により、収納された廃棄物の汚染分布は複雑である。表面線量率 –  $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度の相関性の整理にあたり、コンクリートの状態の多様性、汚染の不均一性への対応が課題となる。



図 廃棄物の状態例



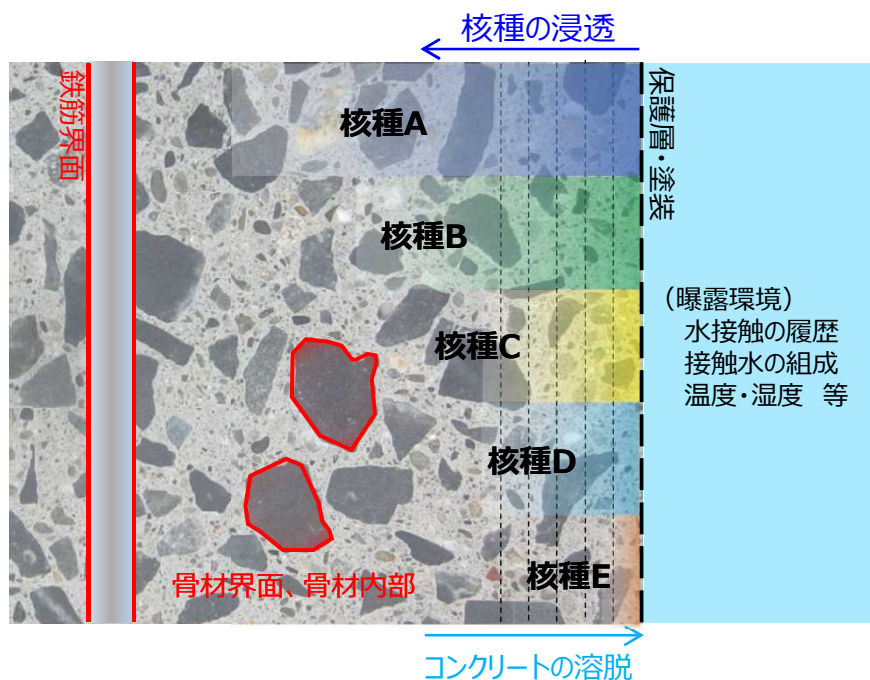
図 廃棄物の状態例（減容後）

# 検討例：コンクリートの放射性核種の浸透深さの評価

- コンクリートの放射能濃度評価にあたっては、核種の浸透深さ・分布が問題となる。[コンクリート中の放射性核種の浸透深さ・分布の評価手法の構築](#)を進める。
- 核種の浸透深さ・分布は、コンクリートの劣化・損傷状態、曝露環境の履歴等によって異なり、多様な状態を呈する。[コンクリート状態、曝露環境等の条件を考慮した評価手法の構築](#)を目指す。
- コンクリート中の核種移行の現象理解、数値解析モデル構築、パラメータ取得、検証に必要な分析データ取得計画を検討し、試料採取、分析を進めている。

表 核種浸透評価における考慮事項（例）

分類	核種浸透に関する影響因子
コンクリートの状態	基質部の空隙構造、中性化・溶脱状態
	亀裂、マイクロクラック
	コンクリート配合（骨材比、水セメント比等）
	表面状態（塗装、保護層有無、状態）
曝露環境	配筋、鉄筋の状態（腐食生成物等）
	温度・湿度の履歴
	水接触の履歴（接触時間・時期、接触状況等）
核種の特性	接触水の化学組成
	核種の移行特性





# 検討例：解体モデルケース検討（施設解体方法等の検討）

- ・「解体モデルケース検討」として、特定の建屋を対象とした解体に係る一連の試検討を通じて、合理的な施設解体方法、廃棄物対策の具体化、課題抽出等を実施する。
- ・施設の汚染状況を踏まえた検討が必要であり、分析と並行して検討を進めていく。

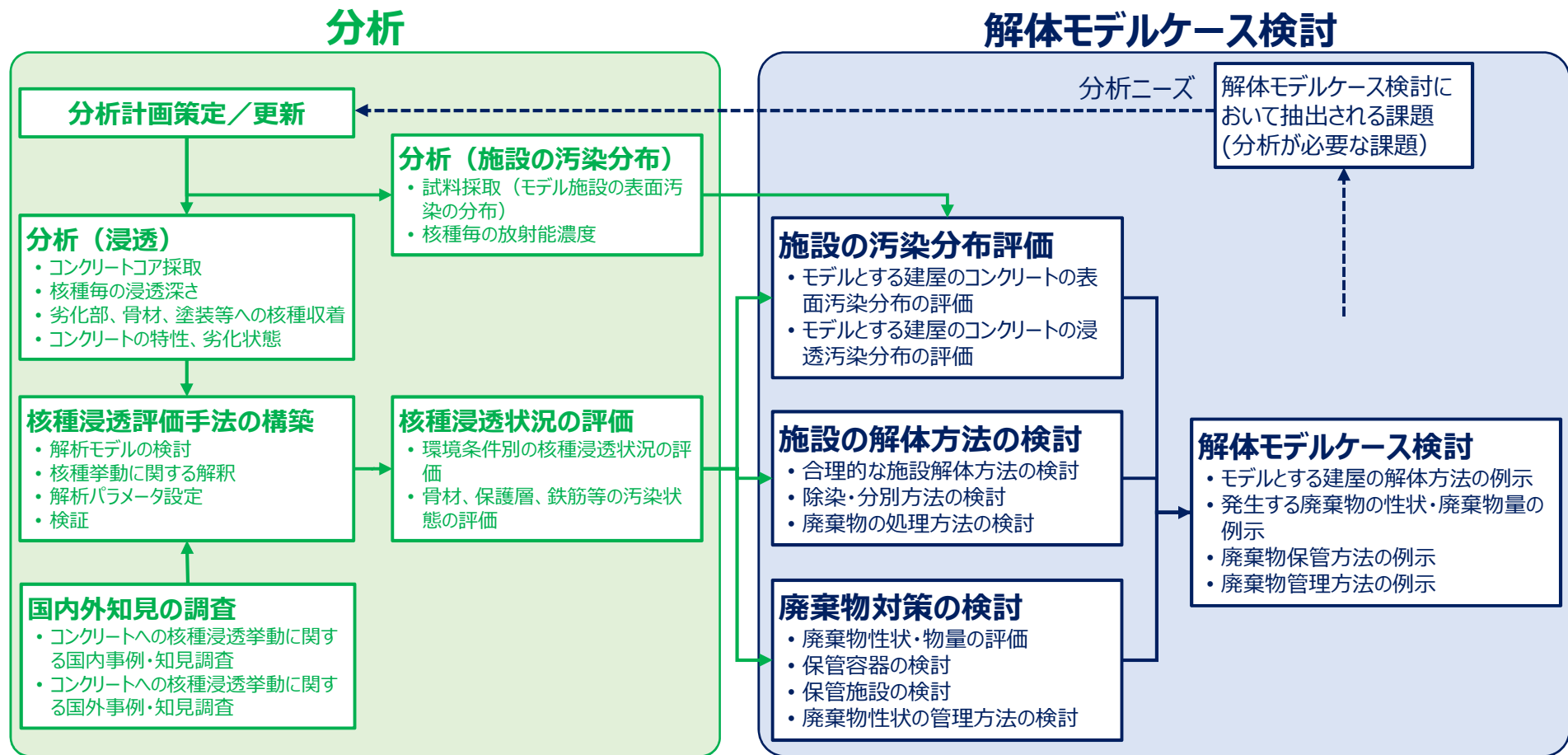


図 解体モデルケース検討フロー案

## (2) 水処理二次廃棄物処理に向けた取り組み

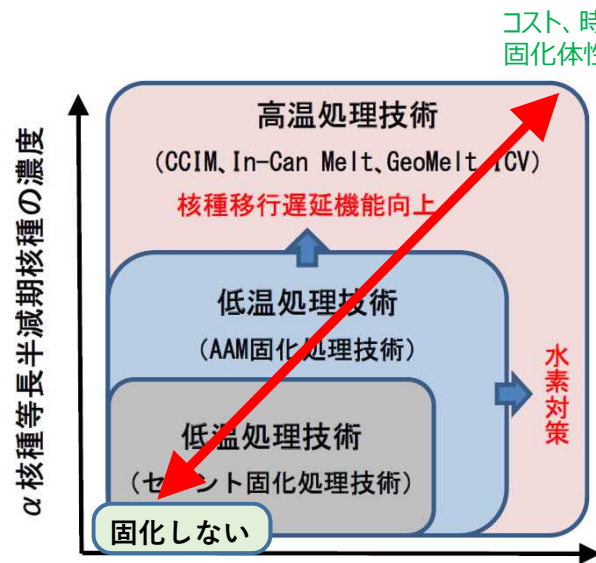
# 水処理二次廃棄物処理（固化処理）に関する検討方針

## 【実現すべき姿】

- 水処理二次廃棄物のより安定な状態への移行 ⇒ 固化処理方針の策定
- 水処理二次廃棄物を対象とした下記の処理技術について開発を進めている。
- 今後、廃棄物の性状を踏まえた合理的な固化処理方針の検討を進める。

高温処理	-	GeoMelt固化 In-CAN固化 CCIM固化（コールドクルーシブル誘導溶解法） アパタイトセラミック固化	} ガラス溶融
常温処理	-	セメント固化 AAM固化（ジオポリマー）	
中間処理	-	熱分解処理	

固化処理の他、脱水・乾燥による安定化処理も検討中



コスト、時間、リスク 大  
固化体性能 高

### 固化体技術要件（固化の目的）

- 保管時の挙動安定性（高）
- 飛散・漏洩防止（飛散率低）
- 核種移行遅延機能（高）
- 減容効果（有）

高性能

- 保管時の挙動安定性（低）
- 飛散・漏洩防止（飛散率高）
- 核種移行遅延機能（低）
- 減容効果（無・増）

### 固化処理実施の観点の合理性

- 処理費用（大）
- 安全上の負荷（高）
- 処理開始時期（遅）

好ましい

- 処理費用（小）
- 安全上の負荷（低）
- 処理開始時期（早）

コスト、時間、リスク 小 β γ核種の濃度  
固化体性能 低

固化技術開発と並行して、固化技術に対する要件を明らかにするために試料採取・分析を実施中

# 検討例：セメント／AAM固化技術の開発

- ALPSスラリーを対象とした常温固化技術として、[セメント、AAM固化技術の開発](#)を実施中。
- 均一固化（スラリーと結合材を均一に混合）、充填固化（容器収納した脱水物の空隙をセメントで充填）について検討し、最適な配合、充填方法の具体化を進めている（下記は、充填固化技術の検討例）。

**充填固化成果(固化体内部CT)**

OPC系は OPC×0.15%の 減水剤を添加→

OPC	50	H <sub>2</sub> O	22	塊状CS湿	28
OPC	53	H <sub>2</sub> O	23	塊状CS乾	24
OPC	49	H <sub>2</sub> O	21	塊状IS湿	31
OPC	52	H <sub>2</sub> O	22	塊状IS乾	25

M <sub>10</sub>	BFS	7	H <sub>2</sub> O	34	(Si,Na) (4.0, 6.0)	塊状CS湿	34
M <sub>11</sub>	BFS	7	H <sub>2</sub> O	37	(Si,Na) (4.0, 6.0)	塊状CS乾	30
M <sub>10</sub>	BFS	7	H <sub>2</sub> O	33	(Si,Na) (4.0, 6.0)	塊状IS湿	37
M <sub>11</sub>	BFS	7	H <sub>2</sub> O	36	(Si,Na) (4.0, 6.0)	塊状IS乾	31

←充填固化で用いた配合  
←数字はmass%を示す。  
(Si,Na)は[mol/L].

充填固化		OPC				AAM			
		CS		IS		CS		IS	
		湿	乾	湿	乾	湿	乾	湿	乾
固化材料+塊状廃棄物	振動なし								
	振動あり								

CS : 炭酸塩スラリー  
IS : 鉄共沈スラリー

図 成果の例（充填固化における固化体のCT断面）

### (3) 1F固体廃棄物の分析に対する取り組み

## 【実現すべき姿】

- 廃炉を着実に進めるための分析施設の設置及び分析能力の確保
- これまでは、廃棄物は表面線量率測定による管理を行い、放射能濃度、物理的・化学的性状等の廃棄物性状に関する分析は計画的に行われてこなかった。
- 今後、廃炉作業の進捗に合わせた廃棄物の管理方法の見直し、将来の処理・処分等を念頭に置いた管理の適正化を図っていくために、下段の内容を網羅した戦略的な分析を実現するための計画として、[2023年3月に固体廃棄物の分析計画を策定・公表した](#)。
- 策定した計画に基づき、必要な分析を確実に実施できる分析能力（分析施設、分析実施体制）の確保を進めている。

表 分析計画策定における考慮事項

廃炉進捗に伴う対応	内容
放射能濃度による廃棄物管理への移行	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全ての廃棄物について下記を踏まえた放射能濃度管理へ移行                     <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 廃棄物毎の特性に応じた合理的な安全対策等の検討に資するデータ取得</li> <li>✓ 処分・再利用に向けたデータ蓄積・管理（より幅広い放射性核種に対する放射能濃度の管理）</li> </ul> </li> </ul>
安全で安定的な保管管理の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 保管時の廃棄物の挙動評価及び適切な安全対策を検討し、長期にわたり閉じ込めを維持できる保管方法の検討のための廃棄物の物理的・化学的性状の把握</li> </ul>
試料採取・分析の高難度化対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>• デブリ取り出しに伴う試料採取、分析難易度の高い試料等に対応できる技術、人材の整備</li> </ul>
体系的な試料採取・分析の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 代表性に配慮した体系的な試料採取・分析の実施</li> <li>• 廃棄物毎の特性を踏まえた合理的な性状把握の実施</li> </ul>

## 【分析計画策定のポイント】

- ✓ 分析の目的・目標の明確化
- ✓ 廃棄物毎の特徴を踏まえた合理的な性状把握方針及び分析計画の策定
- ✓ 分析優先度の高い廃棄物の抽出

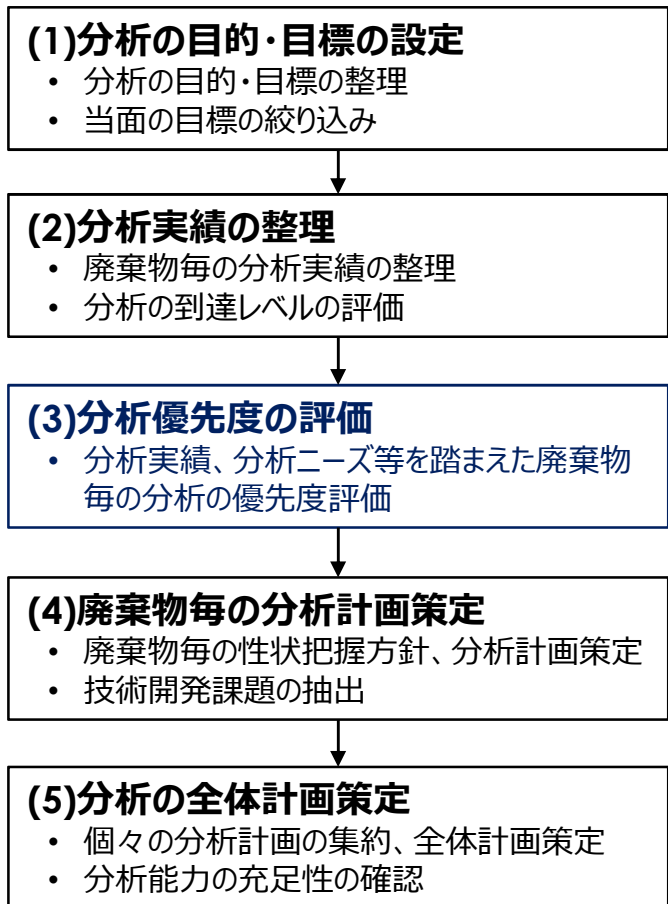


表 分析優先度の評価指標

評価項目	対象
分析進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 廃棄物の実際の発生・管理状況に対して、分析が進んでいない廃棄物</li> </ul>
保管における負荷 (リスク・物量)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• リスク高（高線量，高濃度，高流動性，飛散性，化学的不安定さ等）</li> <li>• 保管時の負担大（物量が膨大な廃棄物）</li> </ul>
既存廃棄物との類似性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 既存の発電所廃棄物等と類似性が低い廃棄物</li> </ul>

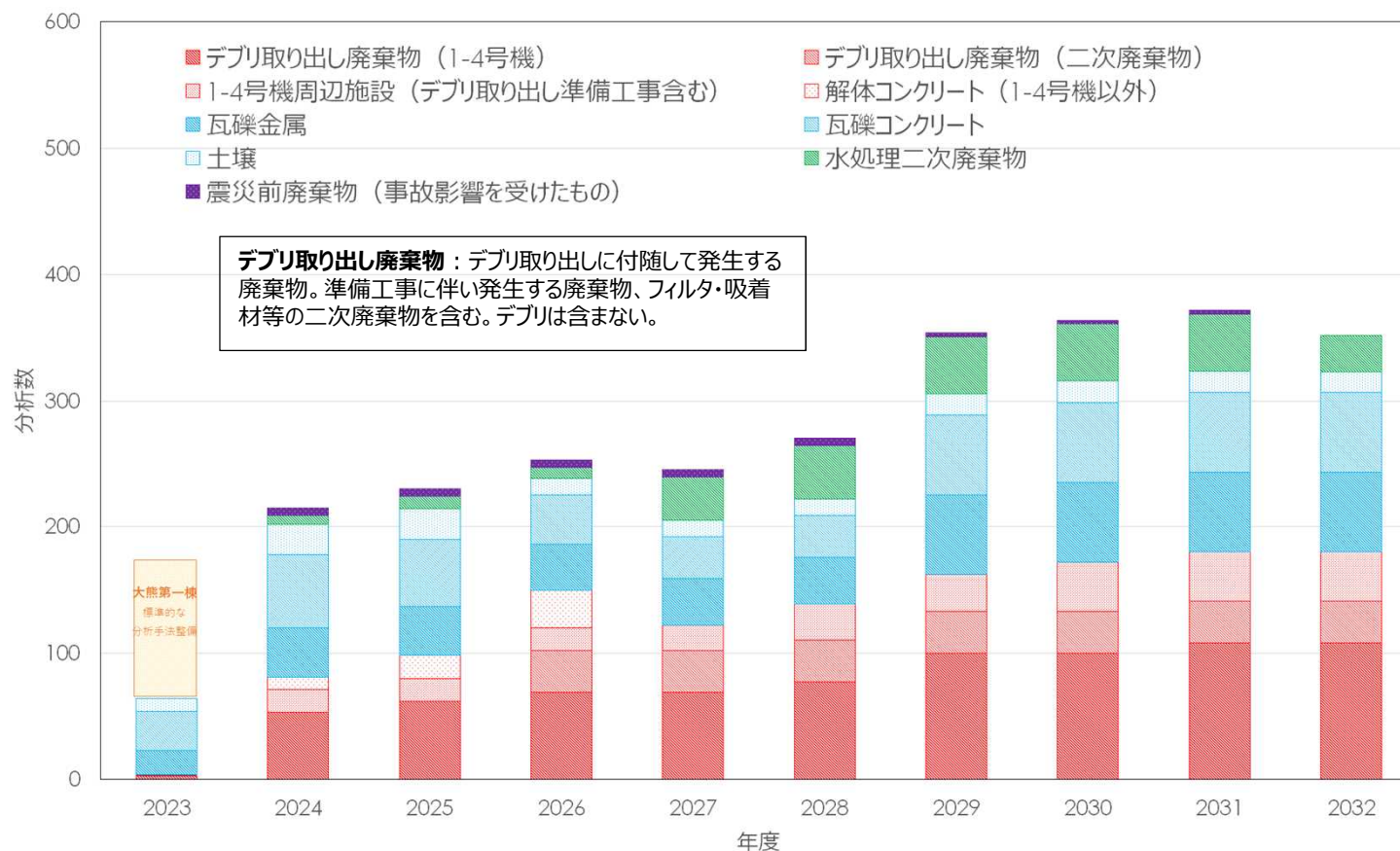
表 分析優先度（高）として抽出した廃棄物

分析ニーズ	抽出した廃棄物（優先度高）
デブリ取り出し準備への対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>● デブリ取り出し廃棄物（汚染状況調査）               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 1-4号機R/B, T/B 金属</li> <li>✓ 1-4号機R/B, T/Bコンクリート</li> <li>✓ 二次廃棄物（機材，フィルタ等）</li> </ul> </li> <li>● 1-4号機周辺施設（汚染状況調査）               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ デブリ取り出し準備工事等発生廃棄物</li> </ul> </li> </ul>
再利用等への対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 瓦礫金属（BG相当未満）</li> <li>● 瓦礫コンクリート（BG相当未満）</li> <li>● 土壌等（BG相当未満）</li> <li>● 建屋コンクリート（1-4号機以外）</li> </ul>
保管管理の適正化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 瓦礫金属（BG相当以上）</li> <li>● 瓦礫コンクリート（BG相当以上）</li> <li>● 土壌（高線量）</li> <li>● KURION/SARRY/SARRY II（吸着材）</li> <li>● ALPS（スラリー／吸着材／処理カラム）</li> <li>● 除染装置スラッジ</li> <li>● 蒸発濃縮装置廃スラリー</li> <li>● ゼオライト土嚢（ゼオライト・活性炭混合）</li> <li>● 震災前廃棄物（事故影響を受けたもの）</li> </ul>

図 分析計画検討フロー

# 分析の全体計画策定

- 廃棄物毎の分析計画を統合した全体分析計画（年度毎の分析数の推移）を策定した。
- 本計画を参照し、必要な分析施設の整備、分析体制の構築を進めている。



- 分析対象物及び分析内容等により分析作業の負荷が変わることから、**分析数は目安として提示するものである。**
- 必要な分析数・分析内容は、廃炉作業進捗等により変化するもの。**分析ニーズの変化を注視し、分析計画の更新を継続的に実施する。**
- 分析能力に余力が無いと判断される場合には、例えば下記の対策を講じる。
  - ① **既存分析能力の強化**（分析能力（設備・人員）の拡張、分析手法の合理化等）
  - ② 緊急性に応じた分析実施時期の見直し（積極的な総合分析施設の活用）

図 全体分析計画（年度毎の分析数の推移）



# 分析能力の確保

- 分析施設の整備計画は、下記のとおり。

## 1F分析関連施設

JAEA分析・研究施設第一棟（固体廃棄物等）	2022年度（竣工済）
JAEA分析・研究施設第二棟（デブリ等）	2026年度（予定）
TEPCO総合分析施設（環境試料、廃棄物、デブリ等）	2020年度後半（予定）

（社外分析機関）

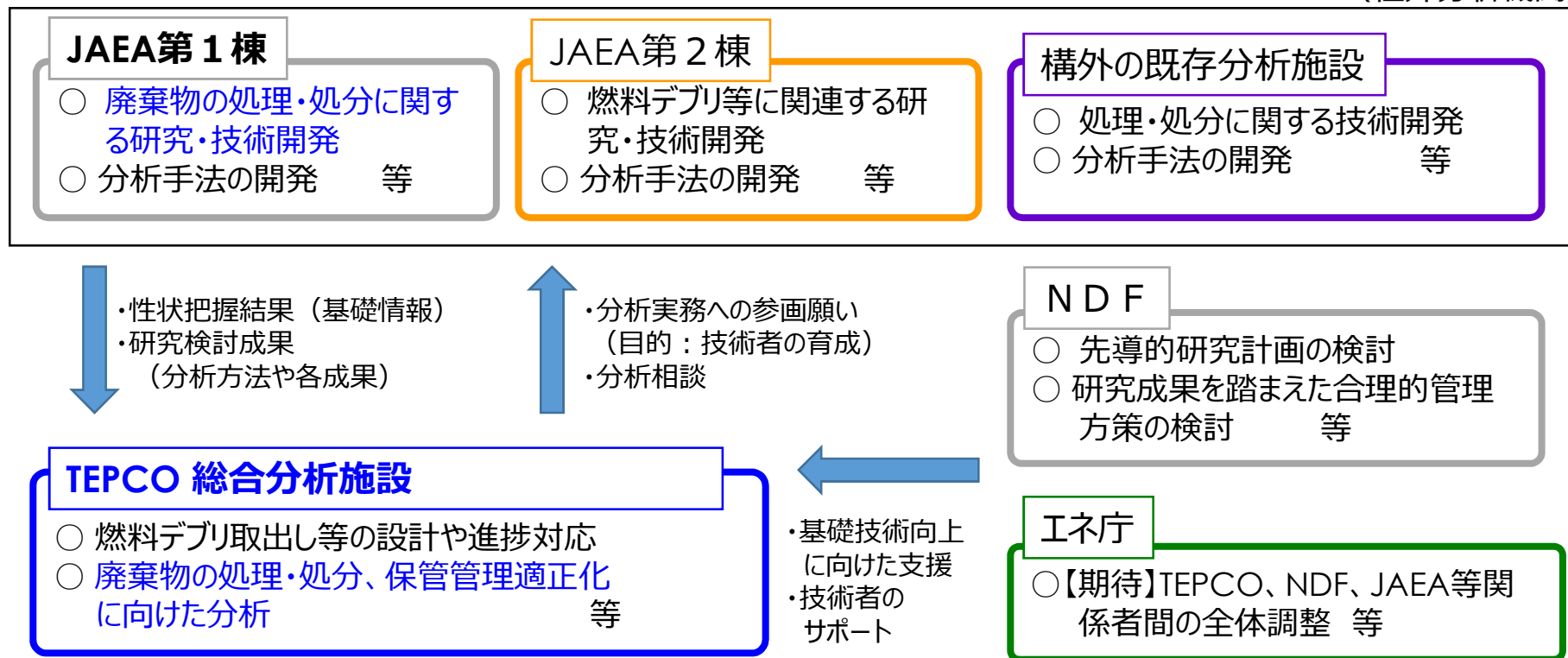


図 分析実施体制

ご清聴ありがとうございました

# 1F事故廃棄物とオフサイトの除去土壌等の処理技術における関連性・共通的な話題について

国立環境研究所  
福島地域協働研究拠点  
廃棄物・資源循環研究室  
室長 遠藤和人

2023.09.12

遠藤和人

国立環境研究所

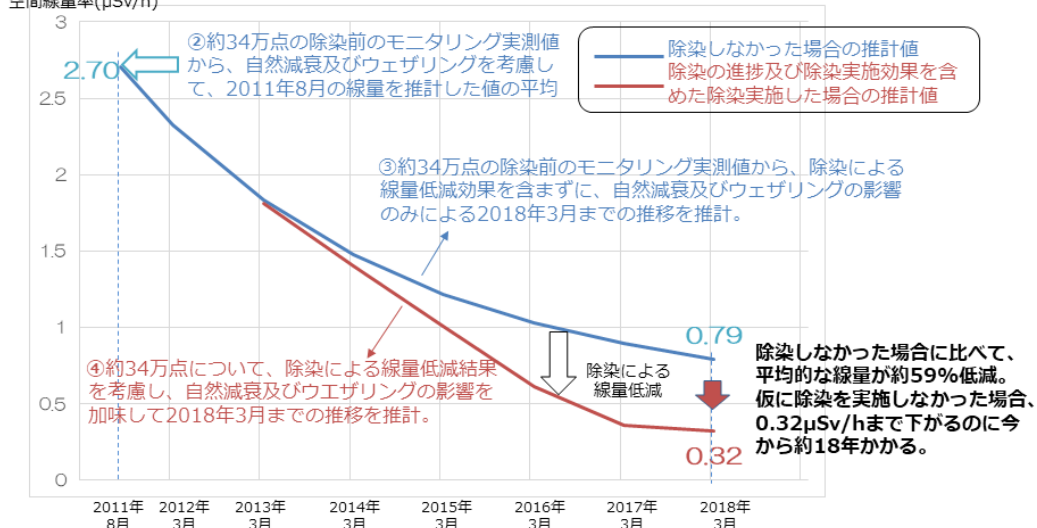
1

## 除染措置による効果

2011年に除染モデル実証事業を開始し、その後、順次、除染を実施して、2018年3月に全ての面的除染を終了。その後、フォローアップ除染を実施しつつ、現在も特定復興再生拠点区域にて除染作業等が実施されている。

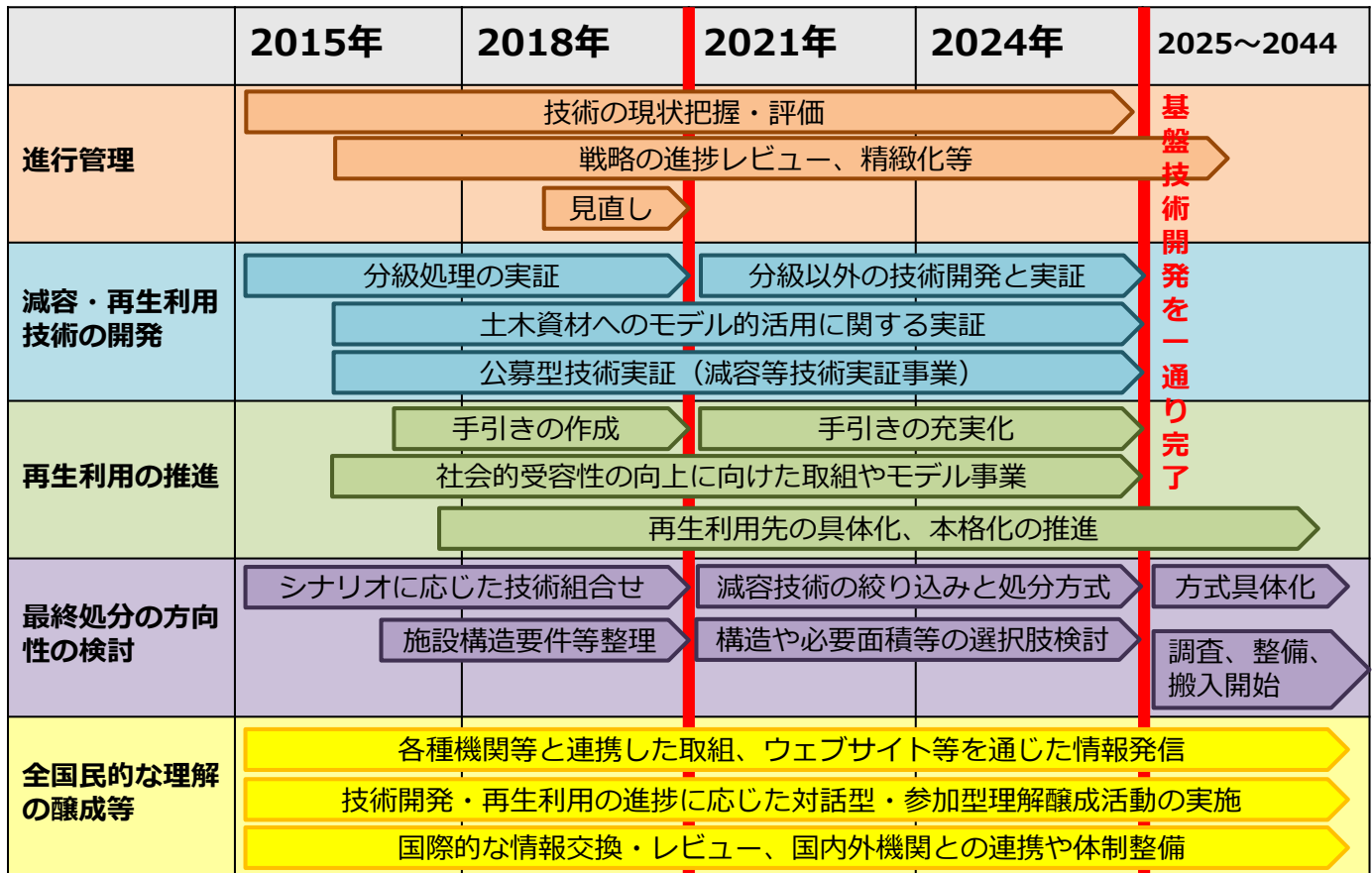
- 除染の実施により、仮に除染を実施しなかった場合と比べ、**約18年早く線量低減を実現**。
- 除染は被災地の復興の基盤。線量の早期低減を通じ、避難指示解除をはじめとする被災地の復興に貢献。

①2011年11月～2016年10月に実施した除染前のモニタリング結果及び2011年12月～2017年6月に実施した除染後のモニタリング結果の約34万点のデータから推計。



環境省作成

# 県外最終処分に向けた技術戦略



## 福島県内で発生している廃棄物等の処理状況

種類	処理状況
<b>除染の措置により発生したもの</b>	
除去土壌（廃棄物ではない）※	土壌貯蔵施設に貯蔵、再生利用
除染廃棄物 ※	仮設焼却施設、仮設灰処理施設で熱処理
<b>特定廃棄物</b>	
8,000 Bq/kgを超える廃棄物（指定廃棄物）※	特定廃棄物埋立処分施設（旧エコテック）とクリーンセンターふたば（管理型処分場）での埋立処分、一部セメント固型化
対策地域内の災害廃棄物等	解体工事、仮置場での粗分別、中間処理施設、仮設焼却施設、相双スマートエコカンパニーでの中間処理 230万トンが再生利用済（336万トン中）
<b>特定一般廃棄物、特定産業廃棄物</b>	
8,000 Bq/kg以下の廃棄物（発生地域と品目指定あり）※	一般廃棄物最終処分場、管理型産業廃棄物最終処分場にて埋立処分

処理技術としては、**熱処理（焼却、溶融）、中間処理（破碎、選別等）、固型化（処分基準）**

※ 福島県外でも発生しているもの

1. 仮設炉での焼却と溶融処理
2. 熱処理飛灰のセメント固型化
3. 築造済みコンクリートの汚染機構
4. 特措法範疇外の産廃に伴うr-Csフロー
5. 県外処分に向けたr-Cs選択的吸着濃縮
6. 木くず等の長期的保管方法の検討

オンサイトと関連がありそうな技術を抽出

## 1. 仮設炉での焼却と溶融処理

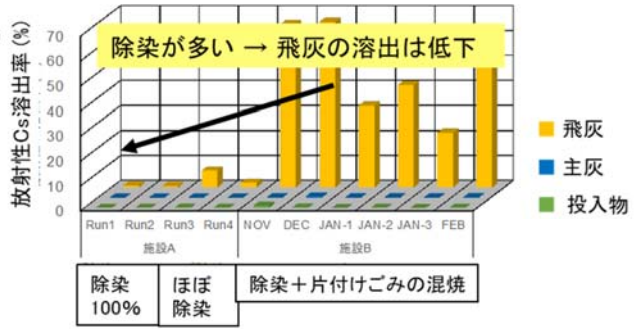
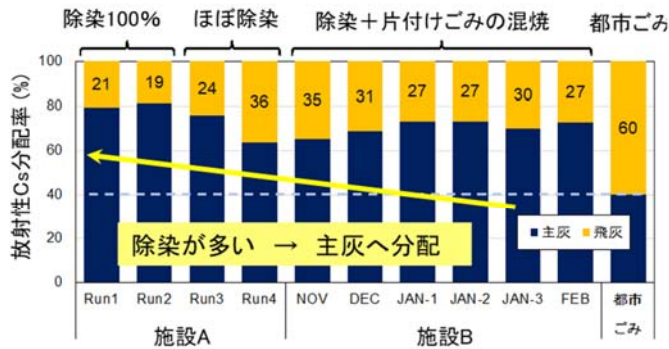
### 仮設炉の整備状況



立地地区	進捗状況	処理能力	処理済量 (2023年6月末時点)
川内村	運営終了(2016年2月)	7t/日	約2,000トン(約2,000トン)
飯舘村 (小宮地区)	運営終了(2017年3月)	5t/日	約2,900トン(約2,900トン)
富岡町	運営終了(2018年8月)	500t/日	約155,000トン(約55,000トン)
南相馬市1	運営終了(2019年6月)	200t/日	約149,000トン(約90,000トン)
南相馬市2	運営終了(2020年3月)	200t/日	約65,000トン(約1,000トン)
葛尾村	運営終了(2021年3月)	200t/日	約131,000トン(約37,000トン)
浪江町	●稼働中(2015年6月より)	300t/日	約322,000トン(約204,000トン)
飯舘村 (蔵平地区)	運営終了(2021年2月)	240t/日	約257,000トン(約54,000トン)
楢葉町	運営終了(2019年3月)	200t/日	約77,000トン(約32,000トン)
大熊町	●稼働中(2017年12月より)	200t/日	約108,000トン(約56,000トン)
双葉町その1	●稼働中(2020年3月より)	150t/日	約94,000トン(約17,000トン)
双葉町その2	●稼働中(2020年4月より)	200t/日	約51,000トン(約6,900トン)

※処理済量については、除染廃棄物も含み、( )内はうち災害廃棄物等の処理済量。  
※川俣町、田村市分については、既存の処理施設で処理済(約40,000トン(除染廃棄物含む))。

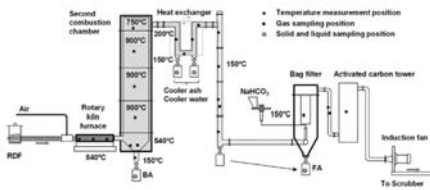
# 1. 仮設炉での焼却と溶融処理



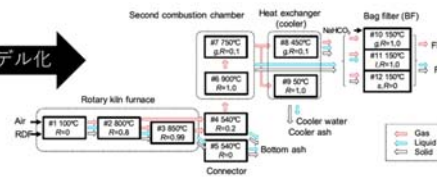
投入ごみが灰間の放射性Cs分配率へ与える影響

投入ごみ組成が主灰と飛灰からの放射性Cs溶出率へ与える影響

## 熱処理シミュレータの構築

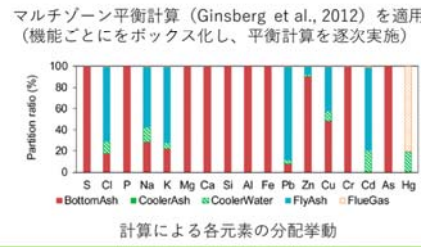
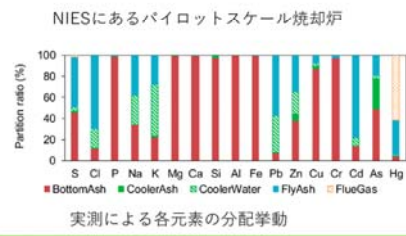


モデル化



↑  
対策地域内の仮設焼却施設の調査結果

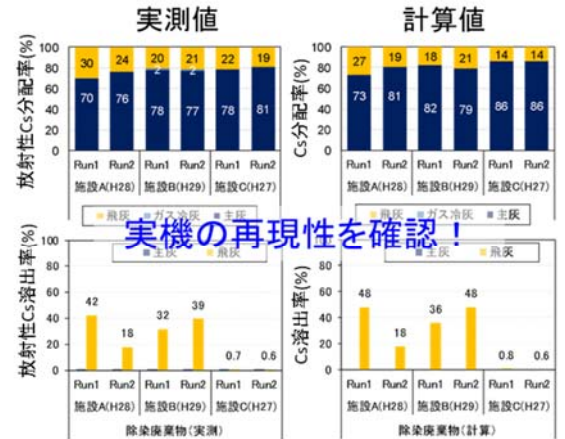
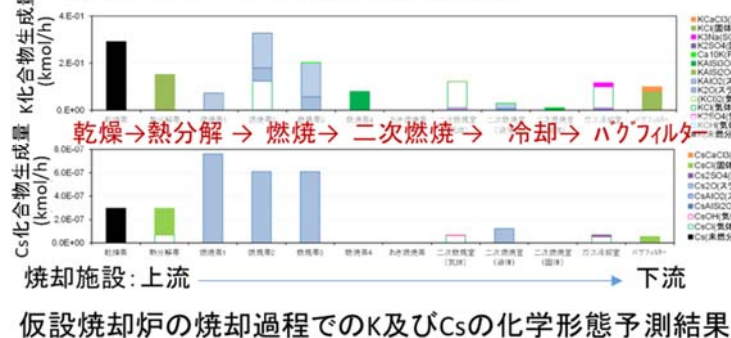
投入ごみ組成 → 熱処理モデル化 → 主灰、飛灰への元素分配を明らかに



# 1. 仮設炉での焼却と溶融処理

## 熱処理シミュレータの検証

✓ 除染廃棄物等の焼却3施設(仮設焼却炉)に対する焼却シミュレータの構築と妥当性評価



放射性Csの主灰-飛灰間分配率と溶出率

汚染廃棄物の熱処理における放射性CsやSrの分配挙動の把握、熱処理技術の開発、化学形態の推定

大きな成果として、**中間貯蔵施設で利用可能な焼却シミュレータの構築、開発溶融技術の実装**

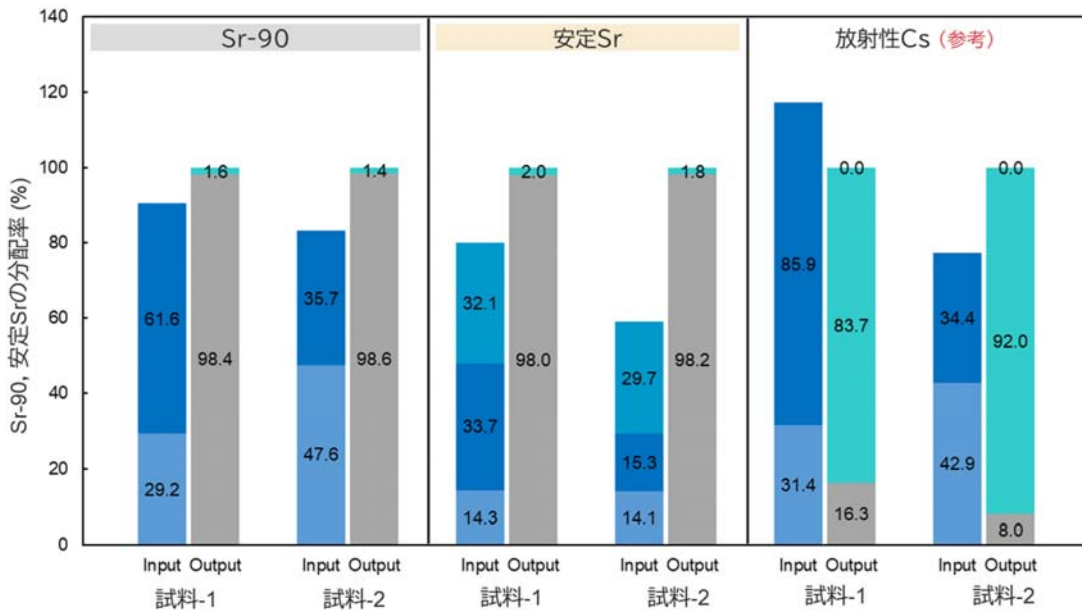


灰溶融における放射性Csの飛灰濃縮を促進するための補助剤 (CaCl<sub>2</sub>とCa(OH)<sub>2</sub>) 添加量の最適化

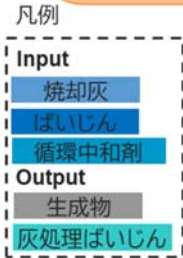
開発したガス化溶融技術(特願2017-083542)が実装、今年度末から運転開始

# 1. 仮設炉での焼却と溶融処理

## 稼働中灰処理施設（溶融処理）でのSr挙動



Sr-90は生成物（スラグ）に移行する。飛灰へは微量であるが移行している。安定Srは循環中和剤に含まれているのでInputとOutputの収支が合わない。



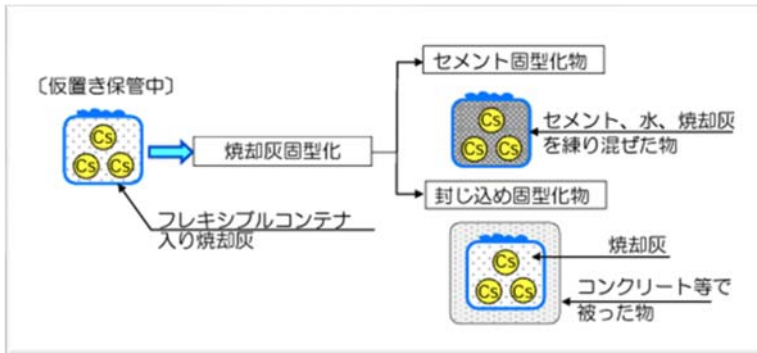
※ 放射性Cs数十万Bq/kg に対してSr-90は数Bq/kg

- Sr-90は98.4~98.6%は生成物（スラグ）に分配
- 灰処理ばいじん（飛灰）からの溶出率は、Sr-90が17%（<1 Bq/L）、安定Srが13%

- r-Csの挙動は把握済み
- r-Cs溶出率89%

# 2. セメント固型化

## ● セメント固化実証業務（2012） @一関市



焼却灰固型化物の仮置き保管状況

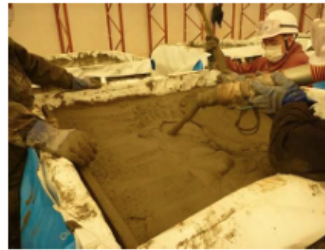
封じ込め固型化は、フレコンごとくんで固型化するので重量とサイズが大きく、トリータビリティが悪い



【製造状況】



【仮置き状況】



【製造状況】



【仮置き状況】

焼却灰に水とセメントを混練りすることにより混練り固型化物を製造する方法

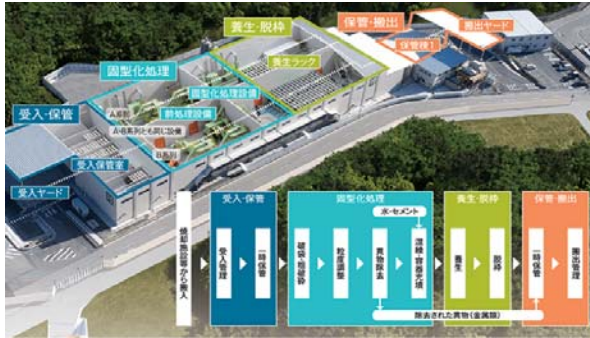
実績78袋

一回り大きいフレコンバック内に焼却灰を入れ、隙間をセメント系材料等で充てんすることにより封じ込め固型化物を製造する方法

実績76袋

## 2. セメント固型化

### ● セメント固型化処理施設 (2019~)

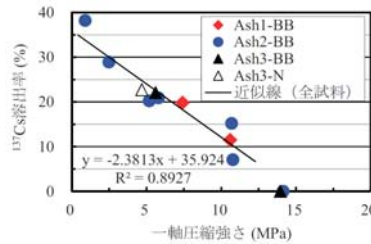


事業者はこの内容を参考にしている。

### ● セメント固型化処理@クリふた (2023~) にて新たな固型化処理が開始された

県外処分で溶融飛灰の直接固型化をするのであれば、数%含有するZnが課題になるので技術開発実施中 (NIES、北海道大学)

飛灰のジオポリマー固型化についてはJESCO技術実証事業で実施された (4年間、大成建設 (株) )



都市ごみ焼却飛灰固型化物の一軸圧縮強さとCs溶出率の一意的な関係



金属Al混入による水素ガス発生 (養生中発泡と保管中ガス放出) が懸念

オフサイト： 密実化、透水係数に着目  
オンサイト： 収着に着目

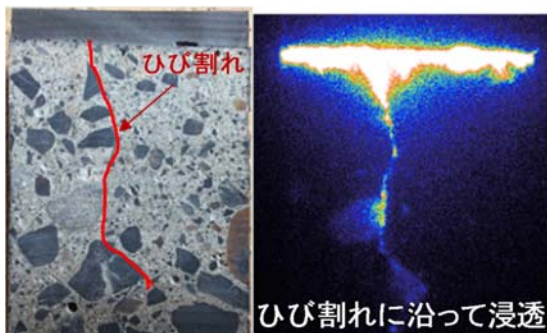
## 3. 築造済みコンクリートの汚染機構

### 汚染廃棄物向けの耐久的遮断用コンクリート施設の基礎研究

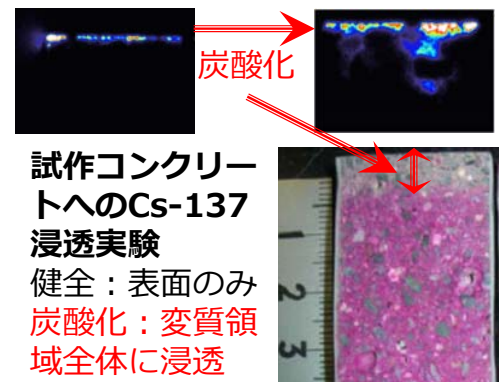
- ・民間協力「放射性物質汚染廃棄物のためのコンクリート容器」の指針をHP公開
- ・アルカリ骨材反応による長期膨張予測法開発中 (九大連携、国際規準化目標)
- ・セメント水和物とアルカリイオンの相互作用の分子動力学計算 (バスク大連携)

### 汚染コンクリートの除染技術の開発

- ・ひび割れ影響可視化⇒イメージングプレートによるCs-137とSr-90のラジグラフィ検討中
- ・コンクリートの変質と浸透深さの解析⇒相平衡多元素移動モデルに実装検討中



直径4cmのコンクリートコア (大熊町からサンプリング)



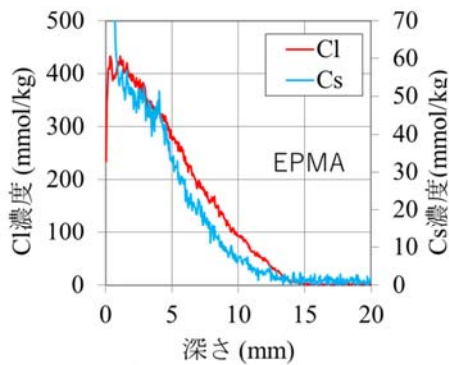
試作コンクリートへのCs-137浸透実験  
健全：表面のみ  
炭酸化：変質領域全体に浸透

- ・コンクリートの放射性Cs汚染深さは、その変質に依存⇒モデル化を検討中。
- ・NDFからの要請により、オフサイトの知見をオンサイトに活かすべく、情報提供。

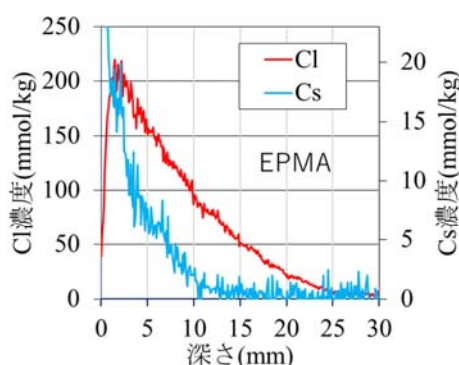


# 3. 築造済みコンクリートの汚染機構

## コンクリートの汚染推定（骨材とひび割れ）

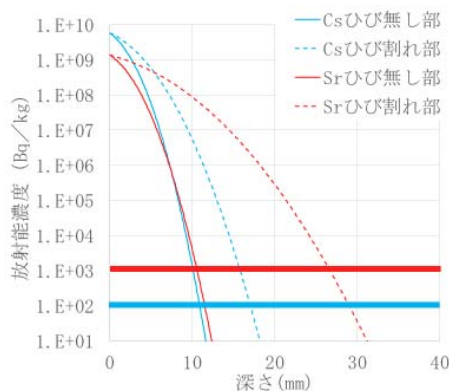


Cs非吸着性石灰石OPCモルタル  
500 mM CsCl溶液, 28日



Cs吸着性砕石山砂OPCコンクリート  
100 mM CsCl溶液, 56日

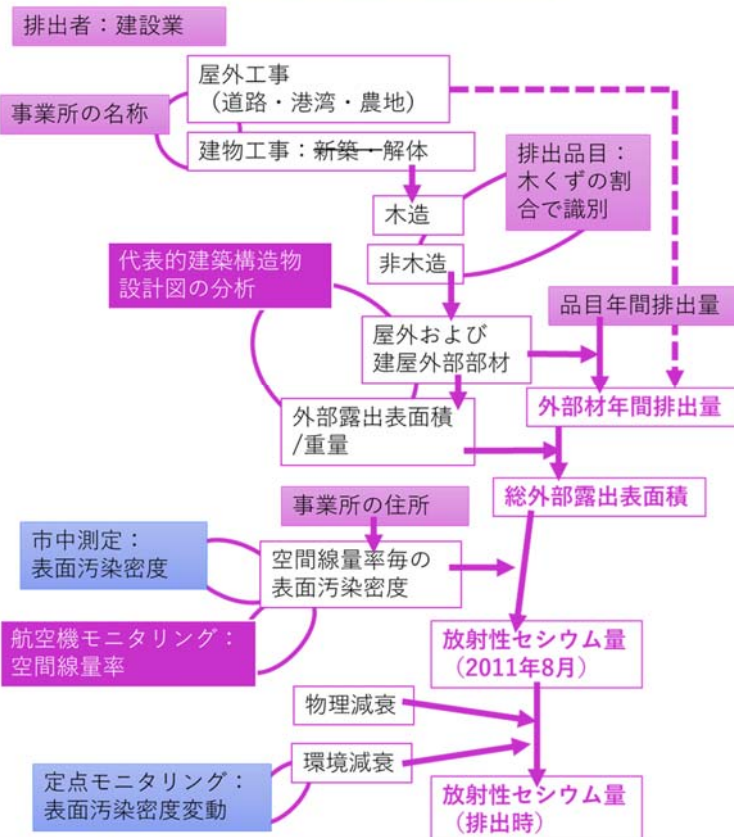
- Cs吸着がある骨材では、Clに比べ、Cs浸透深さは有意に小さい（右図）
- 骨材による不可逆的Cs吸着は、Cs浸透深さを抑制する。



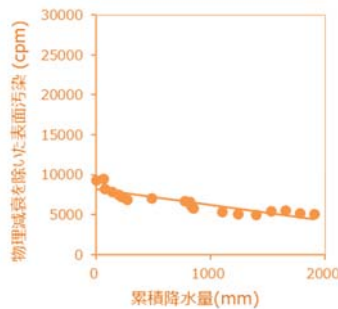
- 左図は材齢60日
- 7年材齢は横軸を6.5倍（標準偏差は50%と大きい）
- ひび割れなし部
  - ・ Cs、Srともに大差なし
  - ・ 11 mm（7年で7 cm）
- ひび割れあり部
  - ・ Cs 17 mm（7年で11 cm）
  - ・ Sr 26 mm（7年で17 cm）

# 4. 特措法範疇外の産廃（建廃4種）に伴うr-Csフロー

産業廃棄物管理票交付状況報告書及び  
電子マニフェスト登録等状況報告書



特措法における特定産業廃棄物（8,000 Bq/kg以下）は、脱水污泥や焼却灰（主灰）そして飛灰が主に該当し、コンクリートくず、アスファルトコンクリートくず、木くず、廃プラスチックは該当しない。

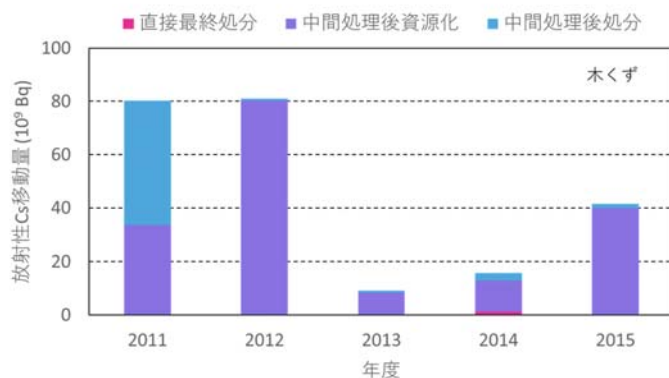
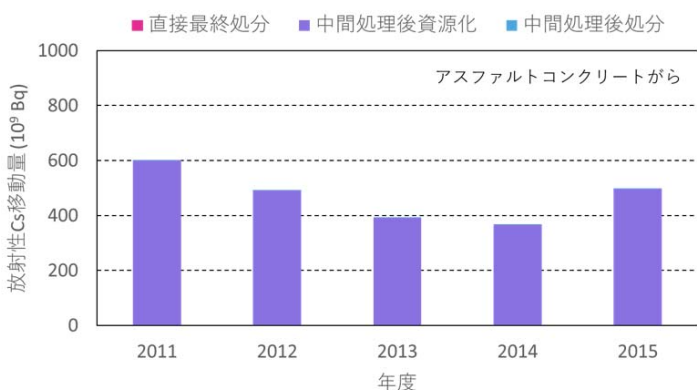
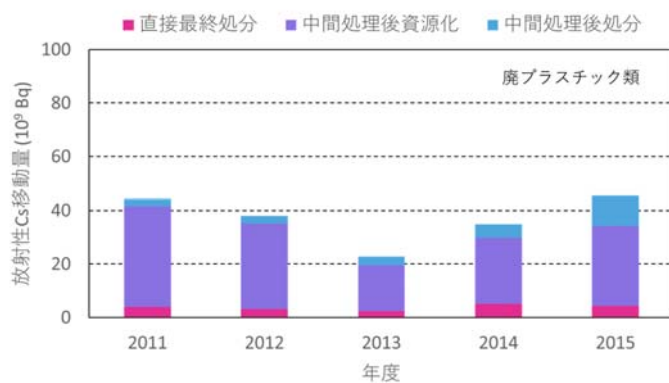
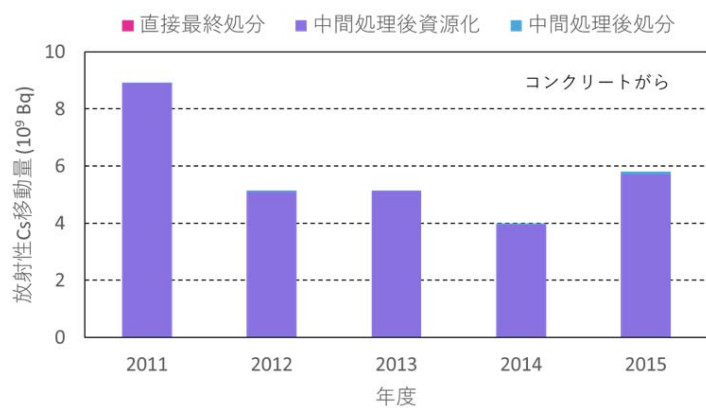


コンクリート/地上/垂直

帰還困難区域での降雨による環境減衰を調査

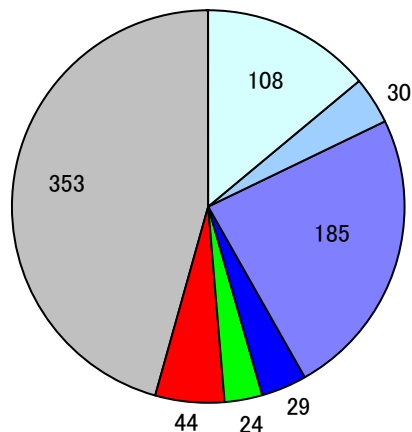
調査地点は帰還困難区域内であるが、県内全域の空間線量率、地域の降雨量でコンクリートの汚染状況（減衰）を補正。ひび割れ、炭酸化等は考慮せず、表面汚染密度から推計した値を用いた。

# 4. 特措法範疇外の産廃（建廃4種）に伴うr-Csフロー



# 寄り道（オフサイトの放射性Csフロー）

福島県内フォールアウト総量773 TBqの内訳試算  
(帰還困難区域・森林区域を除く)

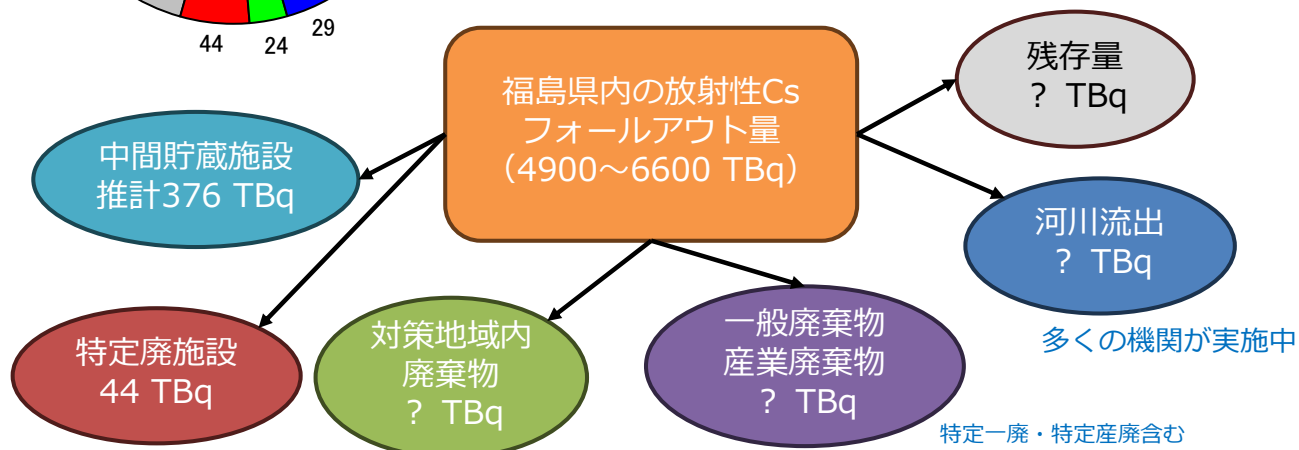


- △ 土壌A
- △ 土壌B
- △ 土壌C
- △ 土壌D
- ▲ 焼却灰
- ▲ 特定廃棄物
- ▲ その他  
(ウェザリングや残存等)

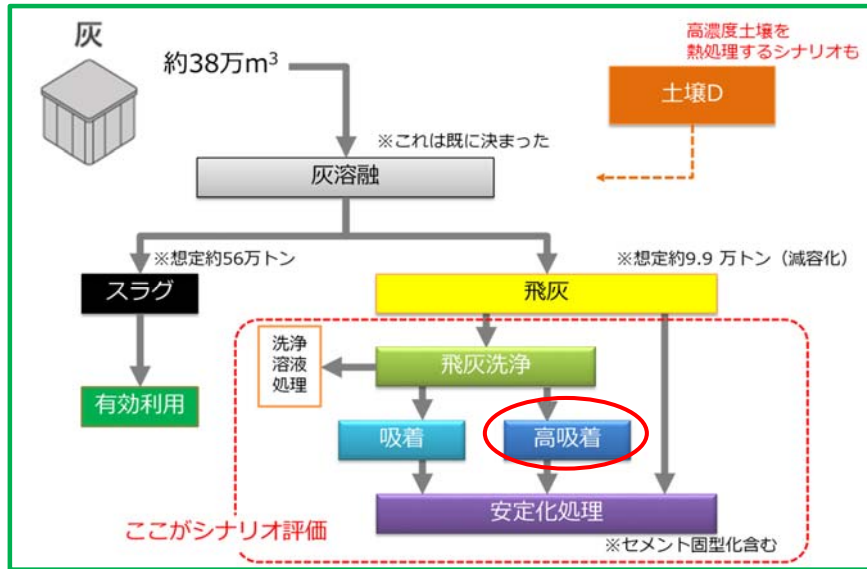
中間貯蔵施設

総量の54%程度を環境再生事業によって回収

現在、これら放射性Csフローを時系列で可視化することを試んでいます



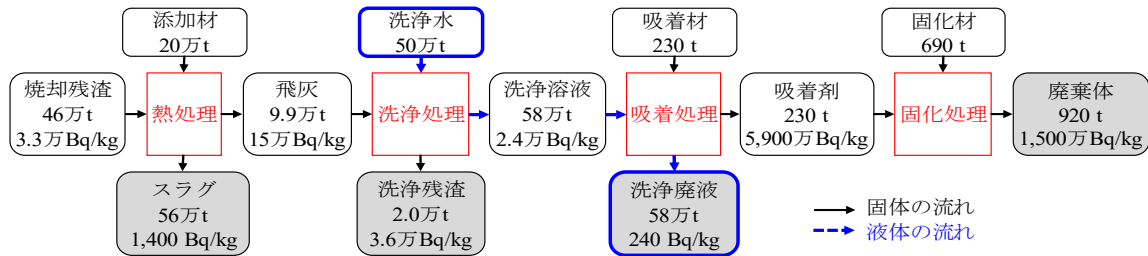
# 5. 県外処分に向けたr-Cs選択的吸着濃縮



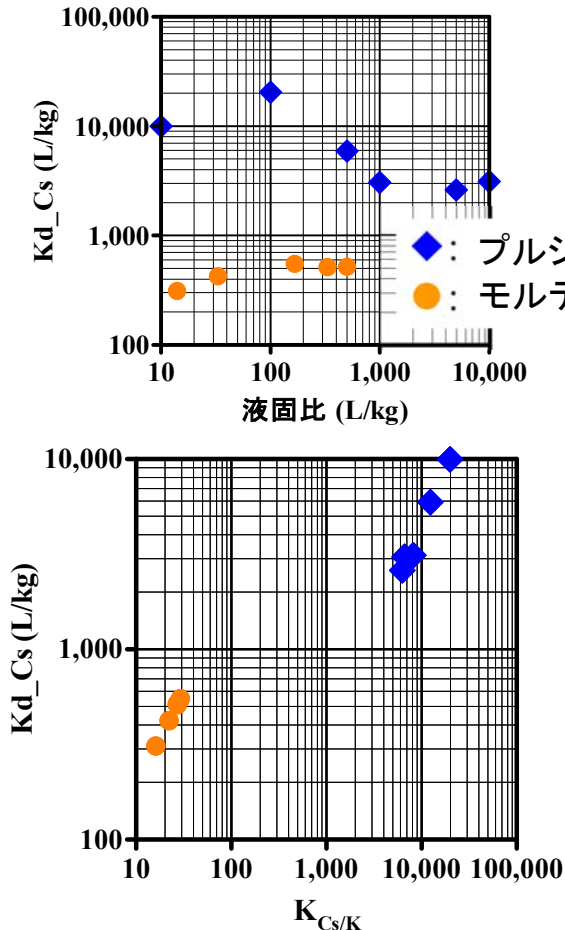
2024年度の国の戦略目標までは今後の処理処分に係るシナリオ評価を実施

その中で、高吸着（高濃縮）シナリオにおける吸着材の性能評価が重要

## シナリオ評価の一例（有馬ら）



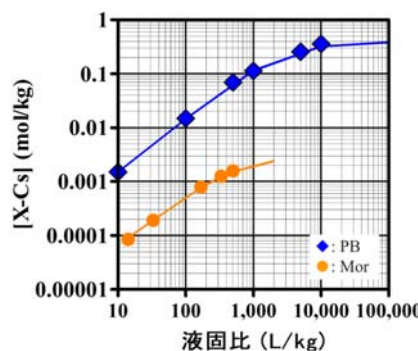
# 5. 県外処分に向けたr-Cs選択的吸着濃縮



分配係数が数千～数万 L/kgになるとバッチ吸着試験では性能評価できない  
∴ 液固比が大きすぎて現実的でない

イオン交換理論における選択係数 $K_{Cs/K}$ と $K_d$ は良好な線形関係にある。よって、選択係数を求めれば分配係数を計算できる。CECも必要。

$$\text{選択係数 } K_{Cs/K} = \frac{[X-Cs][K]}{[Cs][X-K]} = \frac{([Cs]_0 - [Cs])([K]_0 + [Cs]_0 - [Cs])}{[Cs](CEC_{Cs} - [Cs]_0 - [Cs])}$$



点が実験値  
曲線が計算値

高濃縮ではイオン交換理論を使って性能評価する必要がある。

## 6. 木くず等の長期的保管方法の検討

1Fでは敷地内にあった幹・根・枝・葉などが  
屋外集積、一時保管槽で保管されている※

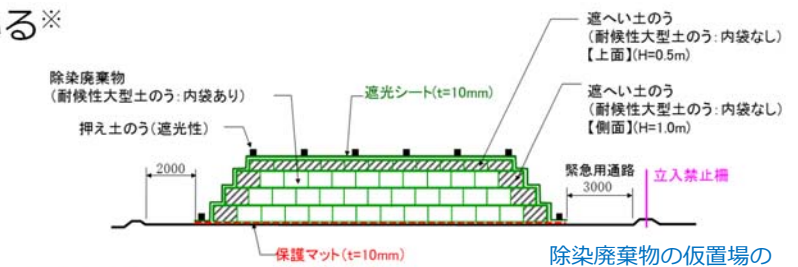
木くず等の堆積においては、高さを  
低くすることで「**放熱**>**発熱**」と  
することが重要！



丸太や抜根したものは発熱しない



剪定枝は微妙…



除染廃棄物の仮置場の  
標準断面図

剪定枝の場合、  
針葉樹よりも広葉樹が危ない。

果実が付いていると更に危ない。

チップ化したものは**2m以下**。  
数ヶ月も耐えられない可能性が…



木材チップは数ヶ月で発火する！  
(でも杉だけなら大丈夫)

## まとめ

- オンサイトとオフサイトの差は法律的な問題であり、実際は連続している。
- 決定的に異なるのは、オフサイトは放射性Csのみに着目している点である。
- 廃炉に付随する基礎的知見についてはオフサイトの知見を活用して頂ける可能性がある。
- 県外最終処分に向けては、原子力分野での知見が大いに役立つ。炉規法の埋設処分を放射性Csだけに着目すると、構造がどのように変わるのか。
- 環境研究総合推進費・戦略的課題SII-9にて県外最終処分に向けた研究を進めています。

# 1 F事故廃棄物・除染廃棄物対策に関する 委員会活動状況報告と今後の課題について

2023年9月12日

**河西 基**

(株)アサノ大成基礎エンジニアリング / (一財) 電力中央研究所

土木学会 エネルギー委員会

低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会 幹事長

## 本話題提供の内容

- (1) エネルギー委員会 低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会の活動状況の概要
- (2) 福島第1原子力発電所(1F)のオンサイトおよびオフサイトにおける1F事故廃棄物や除去土壌等の除染廃棄物の今後の最終処分方策検討に向けての参考検討事例
  - ・研究施設等廃棄物の検討事例(JAEA) <トレンチ処分+ピット処分>
  - ・L3廃棄物の埋設施設概念検討事例(電気事業/土木学会)  
<トレンチ処分>
  - ・中間貯蔵施設への除去土壌等の搬入状況と減容・再生利用の考え方(環境省)
- (3) 今後の1F事故廃棄物等の最終処分方策検討に向けての課題

# 放射性廃棄物・汚染廃棄物対策への土木学会の取組み体制

## 【1F事故由来汚染廃棄物】

## 【L3廃棄物】

### <オンサイト>

(国、東電、NDF、IRID、JAEA、他)

#### 1F廃止措置

(燃料デブリ  
取り出し)  
・土木技術  
貢献策 (取  
り出し、遮  
へい、止水  
、等)

#### 1F事故廃棄物対策

- ・土木技術の貢献事例
- ・サイト内性状把握
- ・廃棄物の保管・管理
- ・処分の多様性/合理化/不確実性
- ・技術の伝承/人材育成
- ・その他

令和5年度研究討論会

2019年度重点研究課題

### <オフサイト>

(国、福島県・市町村、JAEA、他)

#### 除染廃棄物対策～地域との共生・地域振興

#### 除染廃棄物対策

- ・除去土壌の減容・再生  
利用～輸送・保管～  
貯蔵～(最終処分)
- ・設計・建設
- ・合意形成
- ・技術の伝承/人材育成
- ・その他

<分科会1>

令和4年度研究討論会

### <処分サイトモデル>

(電力、日本原燃、JAEA、他)

#### 原子力施設廃止措置

#### L3処分施設検討

- ・国内外情報整理
- ・新規制基準対応
- ・サイト条件に応じた処分概念
- ・その他

<分科会3>

2018年度重点研究課題

土木学会 エネルギー委員会

「低レベル放射性廃棄物・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会」

# エネルギー委員会「低レベル放射性廃棄物 ・汚染廃棄物対策に関する研究小委員会」の今後の活動予定

## 【3分科会による報告書の取りまとめ検討と公開予定】

### ①分科会1 <除染廃棄物対策検討/ 主査:土宏之(清水建設(株))>

報告書「除染廃棄物の保管、減容・再生利用～中間貯蔵事業推進に向けての土木技術の開発・適用事例の調査(仮題)」の第1次ドラフト案を令和4年度に作成 ⇒令和5年度内に報告書の完成⇒令和6年度上期に転載許諾の手続きを進め、令和6年内の公開を予定。

### ② 分科会2 <1F事故廃棄物対策検討/ 主査:白土博司(東電設計(株))>

報告書「2011年 東京電力福島第一原子力発電所事故における土木技術等の適用事例の体系的整理－事故時の緊急時対応、汚染拡大防止対策等の技術蓄積の整理・体系化－(仮題)」の作成完了⇒転載許諾手続き完了⇒令和5年度前半分科会・研究小委員会のレビュー・修正完了⇒令和5年度内に報告書公開・報告会開催の予定。

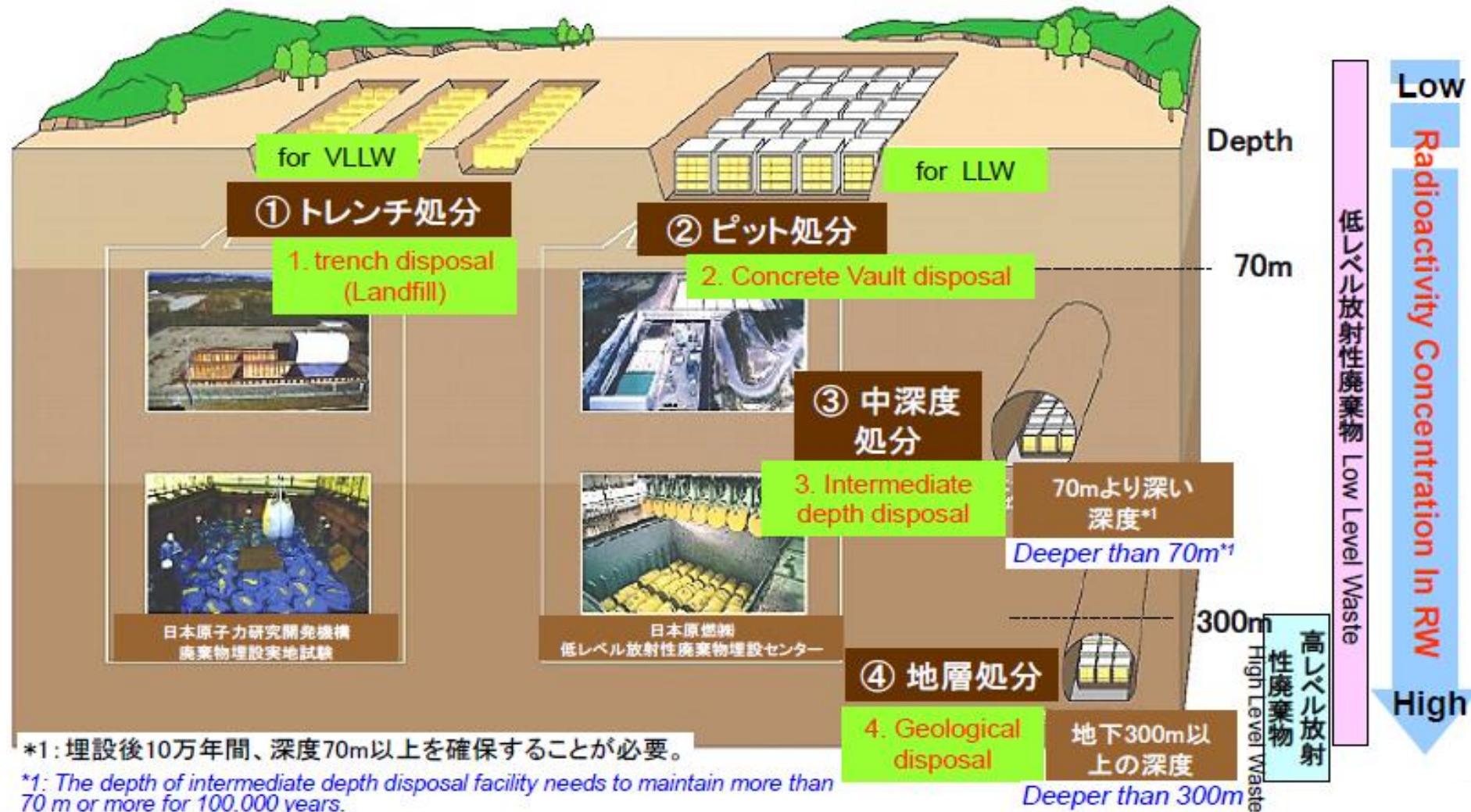
### ③分科会3 <L3処分施設検討/ 主査:苅込敏(日本原電(株))>

報告書「極低レベル放射性廃棄物処分施設概念と設計の考え方に関する調査研究(仮題)」の改訂版の作成完了 ⇒ 令和5年度上期に転載許諾手続き完了、分科会・研究小委員会のレビュー実施・修正中⇒令和5年度末頃に報告書公開・報告会開催の予定。





## 国内における放射性廃棄物の処分概念 Disposal Concept of Radioactive Waste in Japan



【(出典) 坂井章浩:「研究施設等廃棄物処分の基本的な考え方と処分技術の開発状況」, 土木学会エネルギー委員会主催「放射性廃棄物処分技術の最新動向に関する総合シンポジウム」, 2022.5.17】

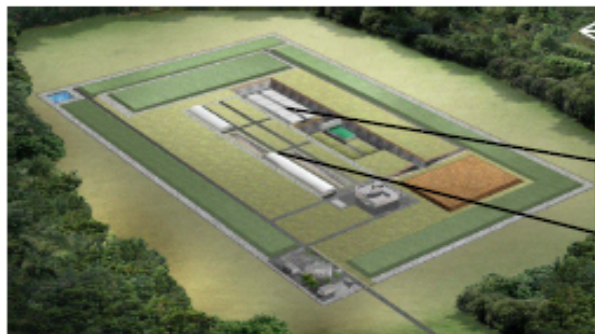
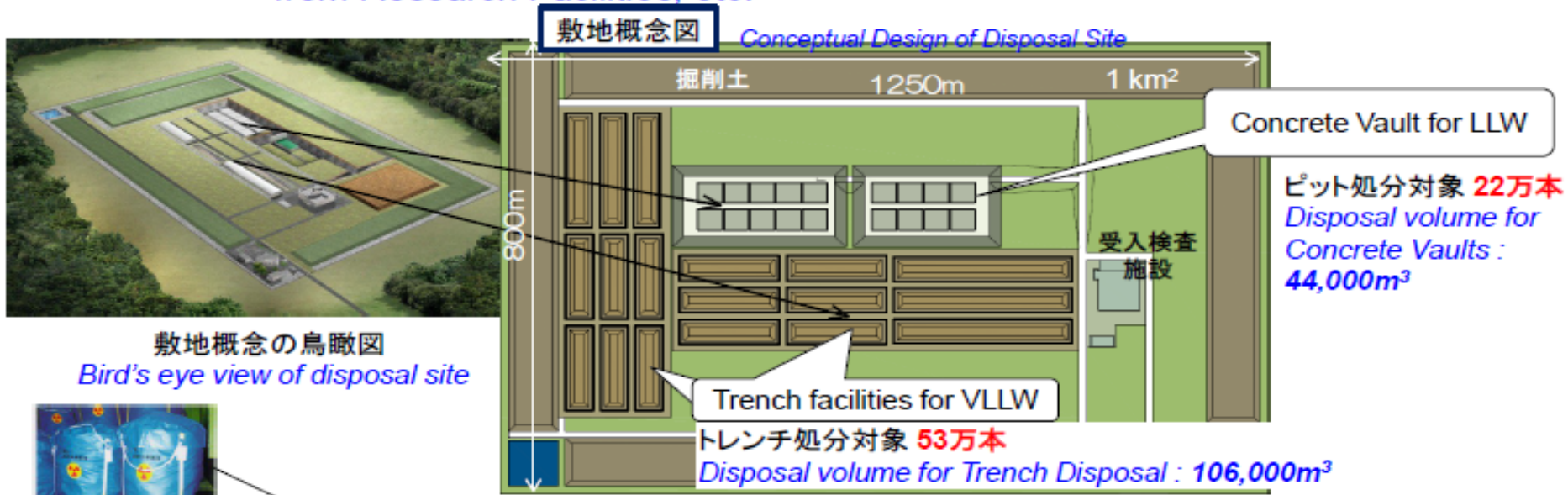
# 研究施設等廃棄物の埋設施設概念検討例(JAEA) (2/4)

Radioactive Waste Disposal Project Center



## 研究施設等廃棄物の埋設施設の概要

Conceptual Design of Disposal Facilities for LLW Generated from Research Facilities, etc.

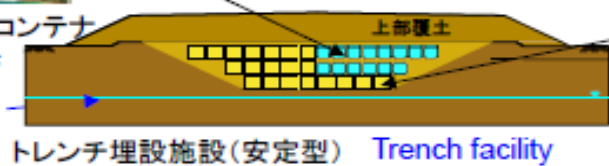


敷地概念の鳥瞰図  
Bird's eye view of disposal site



フレキシブルコンテナ  
Plastic Bags

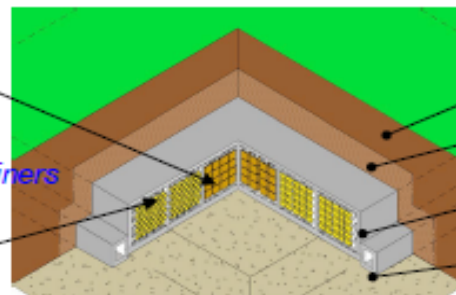
地下水位



地下水位



200Lドラム缶  
200 liter drums



コンクリートピット埋設施設  
Concrete vault

【(出典)坂井章浩:「研究施設等廃棄物処分の基本的な考え方と処分技術の開発状況」, 土木学会エネルギー委員会主催「放射性廃棄物処分技術の最新動向に関する総合シンポジウム」, 2022.5.17】

# 研究施設等廃棄物の埋設施設概念検討例(JAEA) (3/4)



Radioactive Waste Disposal Project Center

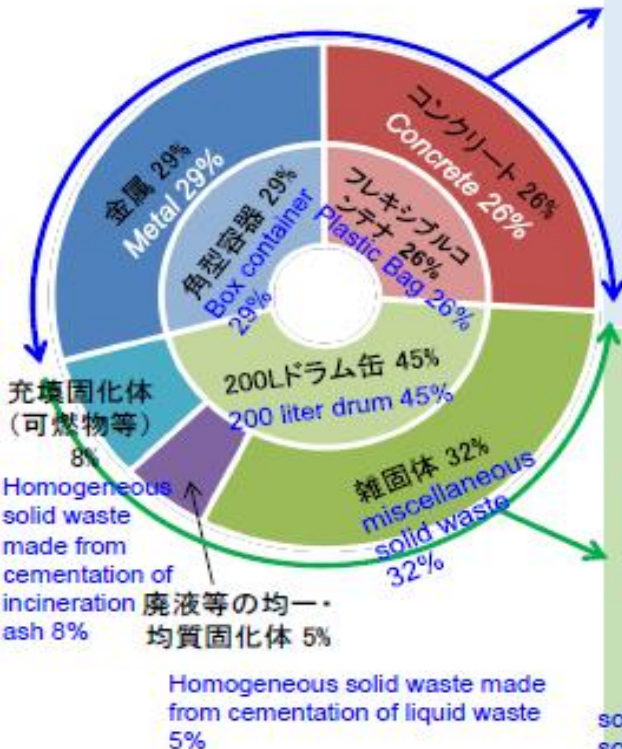


## トレンチ処分場の設計概念

Concept for Types of Trench Disposal Facilities

トレンチ処分 53万本

Disposal volume for Trench Disposal : approx. 106,000m<sup>3</sup>



概念設計  
Conceptual Design of JAEA

トレンチ処分施設 Trench facility



金属等 (metal, etc.)



コンクリート等 (Concrete, etc.)

コンクリート等廃棄物

付加機能型トレンチ処分施設  
Trench with prevention system from permeation and leakage of water



充填固化体等  
solid waste made by solidifying waste with cement



均質・均一固化体  
Homogeneous solid waste made from cementation of liquid waste, etc.

廃棄物処理法

Waste Disposal and Public Cleansing Law (for industrial and municipal waste)

産業廃棄物の安定型処分場

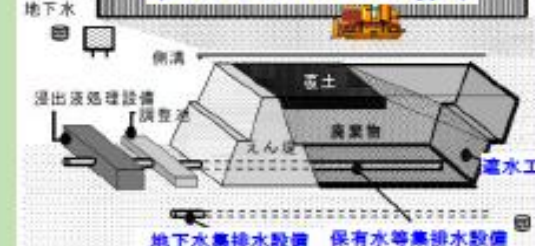
Landfill for stable industrial waste (Non leachate controlled type)



安定五品目(\*1)  
Stable industrial waste

産業廃棄物の管理型処分場

Landfill for industrial waste (Leachate controlled type)



安定五品目及び特管物以外の廃棄物(\*2)  
Industrial waste other than stable waste and hazardous waste

(\*1) 廃プラスチック類、ゴム屑、金属屑、ガラス屑、コンクリート屑及び陶磁器屑、がれき類

(\*2) 安定化及び無害化された特別管理産業廃棄物は処分対象に含まれる



## トレンチ処分施設の検討状況(2)

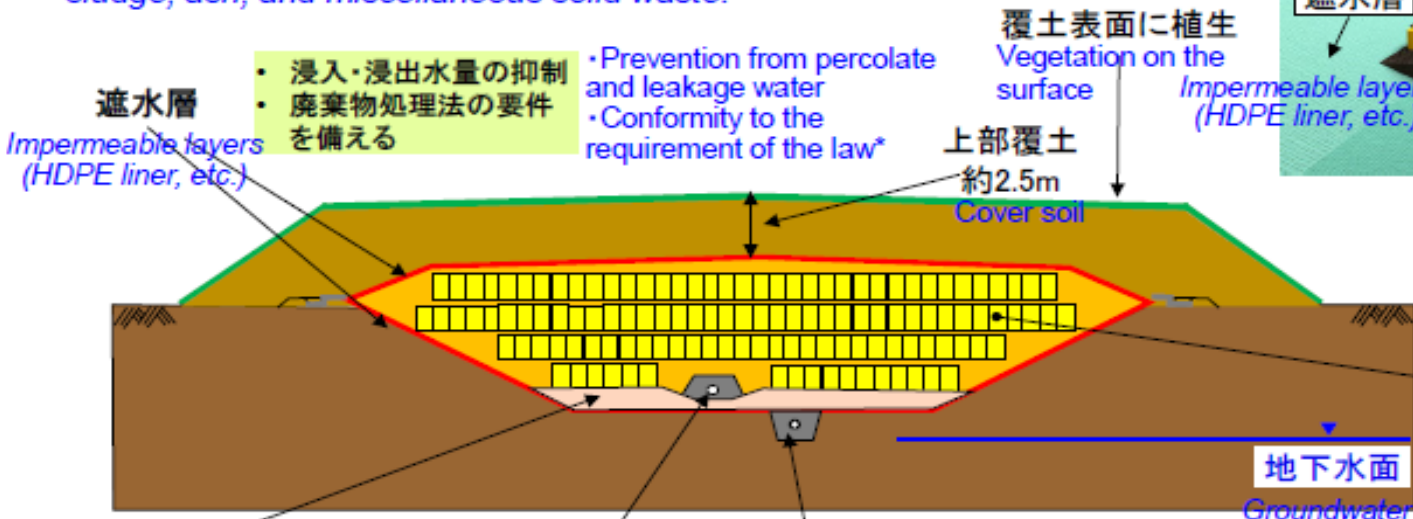
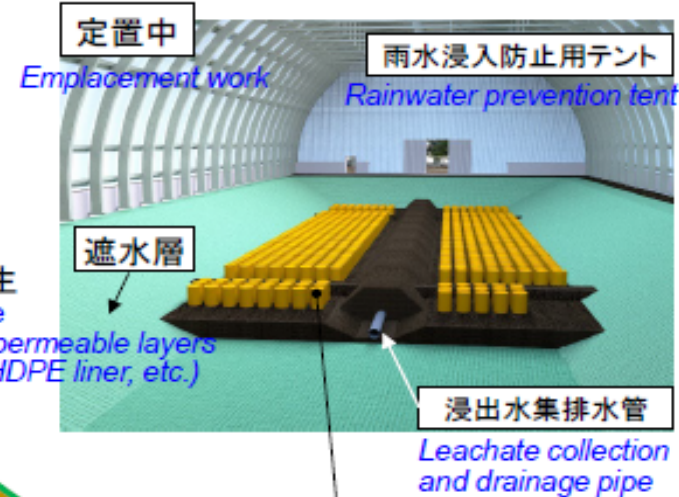
### Conceptual Design of Trench Disposal Facility (2)

#### 付加機能型トレンチ埋設施設

Trench with prevention system from permeation and leakage of water

性状の混在した廃棄物、焼却灰や廃液の固化体など、安定5品目以外の廃棄物を埋設する。

The facility is applied for solid waste made from cementation of liquid, sludge, ash, and miscellaneous solid waste.



- ・ 浸入・浸出水量の抑制
- ・ 廃棄物処理法の要件を備える

- ・ Prevention from percolate and leakage water
- ・ Conformity to the requirement of the law\*

覆土表面に植生  
Vegetation on the surface

遮水層  
Impermeable layers (HDPE liner, etc.)

上部覆土  
約2.5m  
Cover soil

遮水層  
Impermeable layers (HDPE liner, etc.)

浸出水集排水管  
Leachate collection and drainage pipe

地下水面  
Groundwater Table

保護層  
Cover layer

浸出水集排水管  
Leachate collection and drainage pipe

地下水集排水管  
Groundwater collection and drainage pipe

- ・ 遮水層の保護
- ・ Protection of impermeable layer

- ・ 浸出水の集水
- ・ 廃棄物処理法の要件を備える
- ・ Collection and drainage of leachate
- ・ conformity to the requirement of the law\*

\* Waste Disposal and Public Cleansing Law (for industrial and municipal waste)

【(出典)坂井章浩:「研究施設等廃棄物処分の基本的な考え方と処分技術の開発状況」, 土木学会エネルギー委員会主催「放射性廃棄物処分技術の最新動向に関する総合シンポジウム」, 2022.5.17】

# L3廃棄物の埋設施設概念検討例(電気事業) (1/2)

## 報告書第2章(2.3) 考慮すべきL3埋設施設の立地地形の抽出

- 国内L3処分施設の実績又は検討例では、JPDR処分場(JAEA)、原電東海処分場共に平地
- 海外では平地の他、丘陵地斜面にも設置実績あり
- 国土の狭い我が国においては、今後は平地以外の設置についても考慮が必要

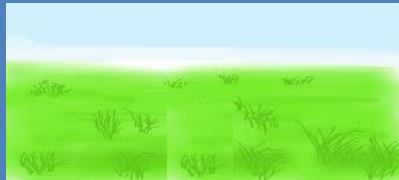
平地



山間部



平地



丘陵地斜面



沢地形



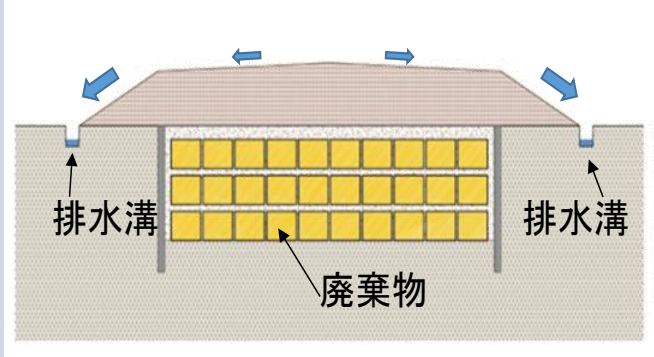
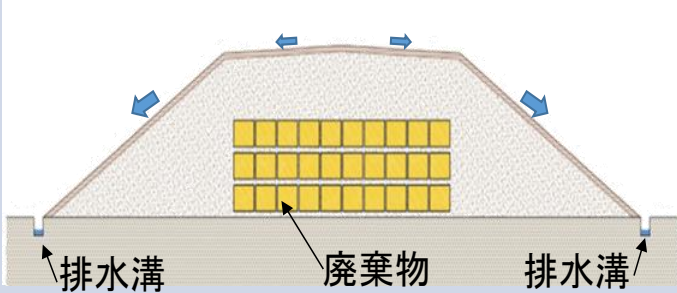
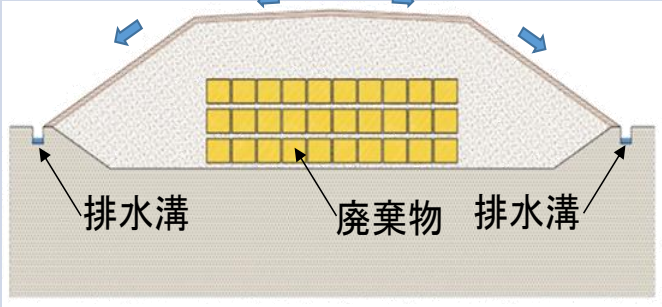
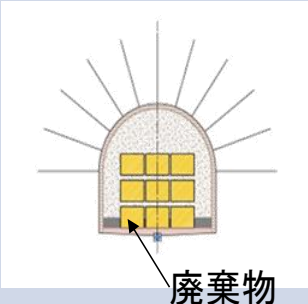
急峻地形



# L3廃棄物の埋設施設概念検討例(電気事業) (2/2)

## 報告書第2章(2.3) 地形条件に適したL3埋設施設の構造の抽出

想定される地形に応じたL3埋設施設構造を以下のとおり抽出

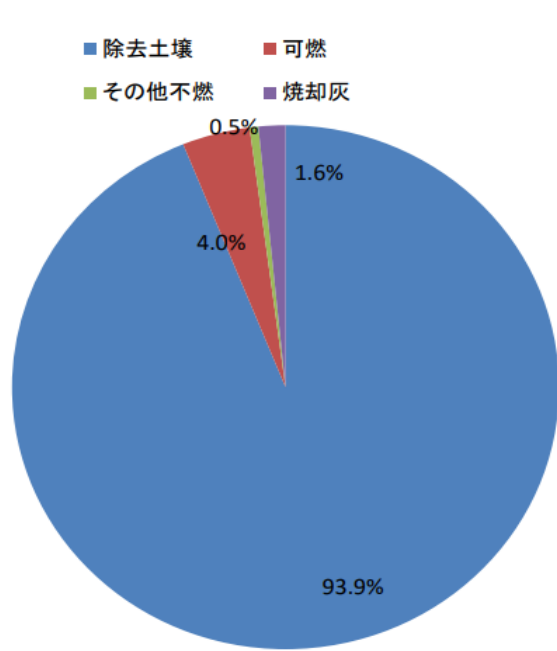
掘下型埋設施設 [適用地形: 平地、丘陵地斜面(掘削整地)]	盛土型 [適用地形: 平地、丘陵地斜面(掘削整地)]
	
盛土 + 掘下型埋設施設(半地下式盛土型) [適用地形: 平地、沢地形]	トンネル型 [適用地形: 急峻地形]
	

(出典) 電力共通研究 委託研究報告書「商業用軽水炉の廃止措置シナリオ構築に関する研究(別冊)－解体廃棄物(L3)の処理処分方策の検討－平成26年3月」を参考に作成

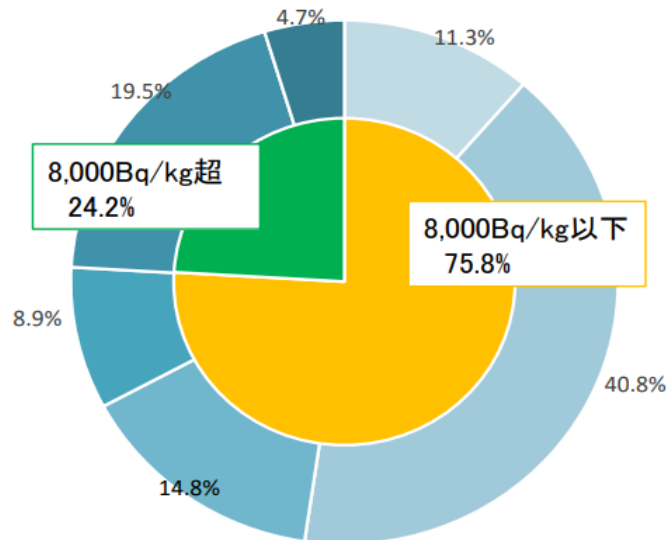
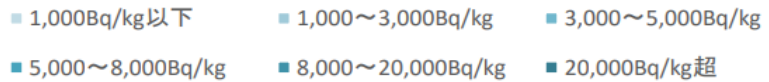
【(出典) 荻込・野口・河西: 重点研究課題報告書「新規制基準に対応した極低レベル放射性廃棄物処分施設概念と設計の考え方に関する研究」, 2021年土木学会全国大会研究討論会、2021.9.6】

## 中間貯蔵施設に搬入した除去土壌等の種類と濃度の分布

- 2022年2月末までに搬入した除去土壌等のうち、土壌が93.9%であり、可燃物は4.0%、焼却灰1.6%である。
- 除去土壌について、搬出時に仮置場等で測定した表面線量率及び重量によって換算した放射能濃度の分布を見ると、8,000Bq/kg以下が75.8%を占めている。



中間貯蔵へ運搬した除去土壌等の割合



中間貯蔵へ運搬した除去土壌の濃度毎の割合

保管場の保管量（2022年2月22日）

大熊工区 1,426,697m<sup>3</sup>

双葉工区 622,548m<sup>3</sup>

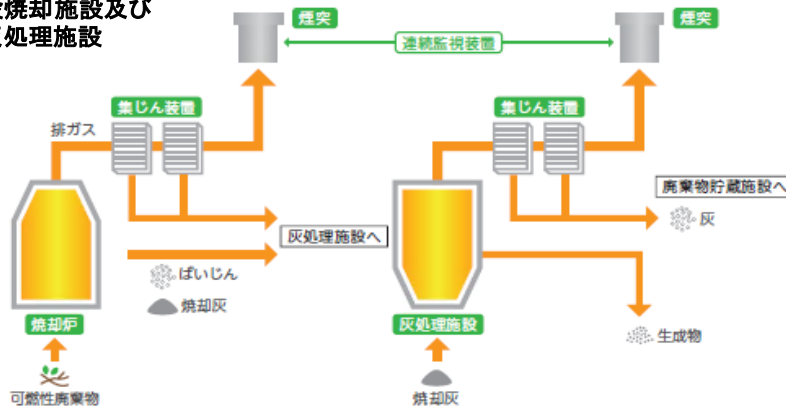
※四捨五入の関係で、合計は必ずしも100%とはならない。

再生  
福島

## 仮設焼却施設、仮設灰処理施設、廃棄物貯蔵施設の整備状況

- 2018年2月に、大熊町の仮設焼却施設、2020年3月に双葉町の仮設焼却施設及び仮設灰処理施設の稼働を開始。
- 2020年3月に双葉町の廃棄物貯蔵施設、同年4月に大熊町の廃棄物貯蔵施設への貯蔵を開始。

双葉町仮設焼却施設及び  
仮設灰処理施設



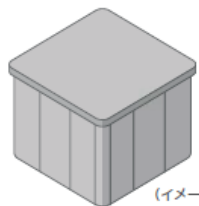
双葉町仮設焼却施設及び仮設灰処理  
施設（その1業務）



廃棄物貯蔵施設（双葉1工区）



廃棄物貯蔵施設



貯蔵容器  
・鋼鉄製  
・3～4段に重ねて、倒れ  
ないように固定して貯蔵

（イメージ）





## 搬入終了後の保管状況

- 土壌貯蔵施設は、貯蔵が完了した後は、遮水シートと覆土で上部を被覆します。
- 複数ある土壌貯蔵施設のうち双葉1工区東側の土壌貯蔵施設は、最初に除去土壌の埋め立てが終わりました。

2018年7月



2019年5月



2021年6月



★：施設の位置



再福  
生島

## 除去土壌の再生利用の必要性



中間貯蔵施設へ運び込まれた除去土壌等の量は

**東京ドーム約11杯分**

県外最終処分に向け

**最終処分量を低減するための  
再生利用が鍵**

### 除去土壌の放射能濃度分布

濃度の**低い**土壌

再生利用

公共工事等で管理  
した上での再生利用

覆土材

再生資材

8,000Bq/kg以下  
**約3/4**

8,000Bq/kg超  
**約1/4**

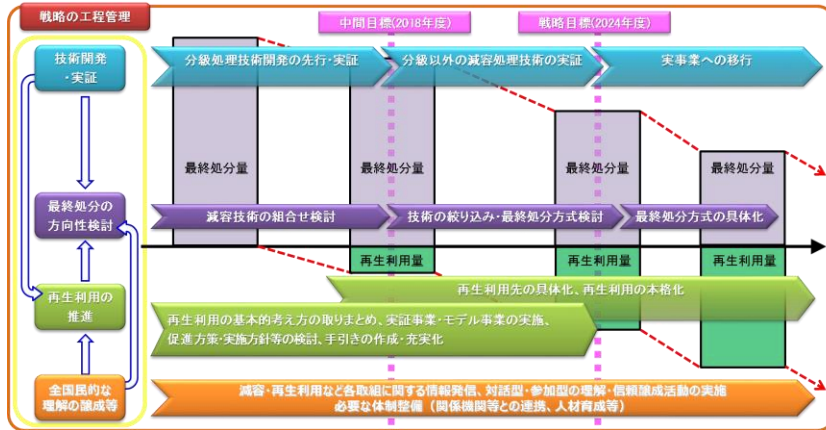
減容等を図った上で

中間貯蔵開始後  
30年以内の  
県外最終処分の完了

## 減容・再生利用技術開発戦略、再生利用の基本的考え方

- 福島県内で発生した除去土壤等については、中間貯蔵開始後30年以内に、福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずることとしている。県外最終処分量を低減するため、政府一体となって、除去土壤等の減容・再生利用等に取り組んでいる。
- 減容・再生利用の推進に当たっては、2016年に策定し、2019年に見直しを行った「中間貯蔵除去土壤等の減容・再生利用技術開発戦略」及び「工程表」に沿って、具体的な取組を進めている。
- 特に、再生利用については、2016年にとりまとめた「再生資材化した除去土壤の安全な利用に係る基本的考え方」を指針として、実証事業を実施するとともに、全国的な理解醸成に取り組み、環境整備を進めている。
- 2024年度を戦略目標として、基盤技術の開発を進めるとともに、最終処分場の必要面積や構造について実現可能ないくつかの選択肢を提示することとしている。その上で、2025年度以降に最終処分場に係る調査検討・調整などを進めていく。

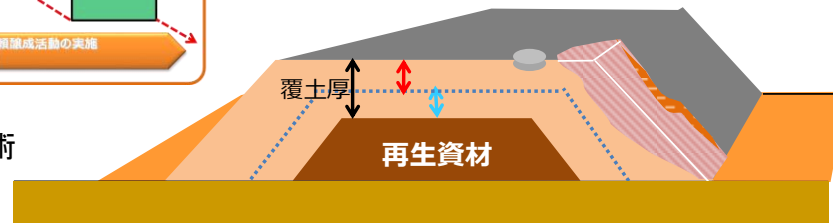
中間貯蔵除去土壤等の再生利用方策検討WG（再生利用WG）を設置（座長：勝見武（京都大学大学院教授））



(上)「中間貯蔵除去土壤等の減容・再生利用技術開発戦略」の概要

(下)「再生資材化した除去土壤の安全な利用に係る基本的考え方」の概要

- **再生利用の用途の限定**（管理主体や責任体制が明確となっている公共事業等における道路等の盛土材等に限定）
- **追加被ばく線量を制限するための適切な管理**（再生資材の放射能濃度の限定、適切な厚さの覆土等）



覆土厚は、土木構造物としての通常の補修がなされる場合でも、被ばくを制限するための遮へい厚が確保されるよう設計。

令和6年度（2024年度）を戦略目標として  
 (1)減容・再生利用に関する基盤技術の開発を進める。  
 (2)再生資材化した除去土壤を安全に利用する方策検討

## 再生利用等に関する理解醸成への取組状況

- 再生利用等に関する理解醸成を図るため、**福島県内除去土壌を用いた鉢植え**を環境省本省に加え、2021年7月には総理大臣官邸、復興庁、自民党本部、公明党本部に、同年12月には新宿御苑等5か所の環境省関連施設内に、2022年7月には総務省、外務省に設置。**今後も設置箇所の拡大を検討**。また、**本年3月10日には中央合同庁舎5号館に除去土壌を用いたプランターを設置**。
- 飯舘村長泥地区の実証事業について多くの方に認知・理解していただくため、事業エリアを対象とした一般の方向けの現地見学会を実施。2021年7月から11月にかけて計12回実施し、2022年3月より再開した。
- **除去土壌等の最終処分量を減らすための減容・再生利用の必要性及び安全性について、全国各地で対話フォーラムを開催**するなど、全国での理解醸成活動を抜本的に強化し取り組んでいる。

### ◆福島県内除去土壌の環境省本省等での利用



環境省本省内



総理大臣官邸

### ◆再生利用実証事業現地見学会



### ◆対話フォーラム

（2022年7月23日に広島にて開催した第5回の様子）



※2021年度と2022年度に合計5回開催。  
今後も引き続き開催予定。



### 利用のイメージ

※鉢植えの設置前後で  
大臣室内の鉢植え周辺の  
**空間線量率は変化なし。**  
(空間線量率：0.06  $\mu$  Sv/h)



中央合同庁舎5号館

# 1F事故廃棄物・除染廃棄物の処理・処分方策の確立に向けての 土木技術分野の役割と課題

- ◆ 1F固体廃棄物の発生・保管・管理と性状把握の現状⇒性状把握とリスク低減の適切な推進⇒廃棄物ストリームごとの処理・処分方策の最適化・処分方策の最適化・合理化の試行例を積み重ね、廃棄物ストリームごとの最適化の知見を幅広く得る。(技術戦略2022)
- ・建屋解体物等、瓦礫等 : 可燃物(伐採木、使用済保護衣)/汚染土/金属・コンクリート、等
- ・水処理廃棄物等(水処理二次廃棄物): 吸着塔類/廃スラッジ(除染装置スラッジ)/濃縮廃液スラリー、等
- ◆ 除染廃棄物(福島県で発生)等の発生状況 (馬場:2022土木学会研究討論会、遠藤:2023土木学会研究討論会)
- ・除染措置により発生: 除去土壌(土壌貯蔵施設: 約3/4は8000Bq/kg以下→再生利用、約1/4は8000Bq/kg以上→減容等を図り最終処分へ)/除染廃棄物(仮設焼却施設、仮設灰処理施設で熱処理→最終処分へ)
- ・その他(特定廃棄物(8,000Bq/kgを超える廃棄物(指定廃棄物)→特定廃棄物埋立処分施設で埋立処分)/特定一般廃棄物、特定産業廃棄物(8,000Bq/kg以下の廃棄物)→一般廃棄物最終処分場、管理型産業廃棄物最終処分場で埋立処分)



- ◎1F固体廃棄物や除染廃棄物の最終処分方策の今後の検討にあたっては、実績のあるL2およびL3廃棄物相当の処分施設概念や設計オプションの検討等での貢献
- ◎除去土壌の減容・再生利用など1Fオンサイトとオフサイトの技術的な連携の可能性
- ◎今後の処理・処分方策の推進にあたっての理解活動推進は共通的に重要な課題  
→土木学会としても協力

ご清聴ありがとうございました