資料３－１

東京電力ホールディングス(株)
福島第一原子力発電所の
廃炉のための技術戦略プラン2023
の概要

2024年1月30日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

目 次

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．福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発への取組

6．技術戦略を支える取組

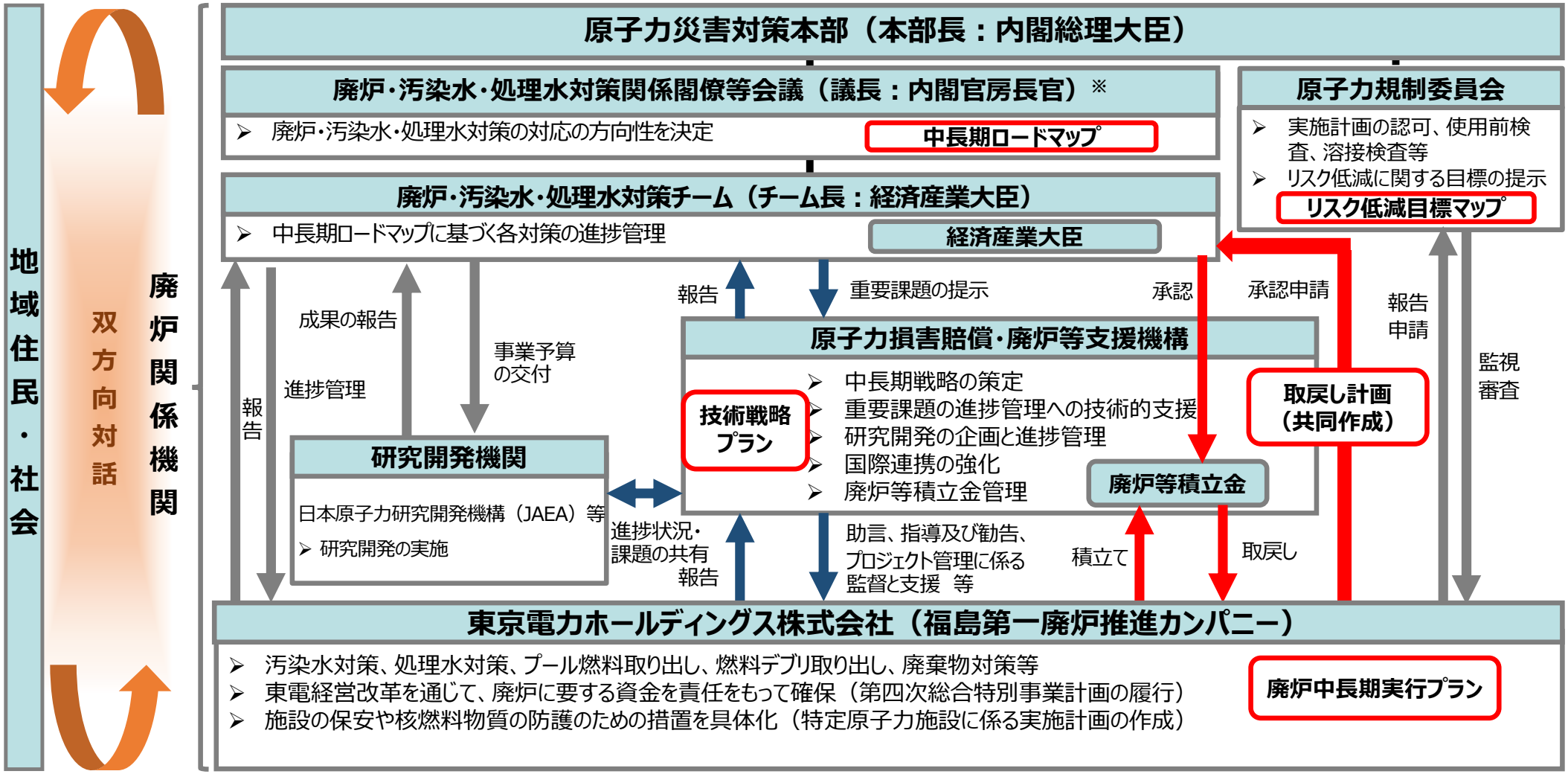
6.1 廃炉を進めるための能力、組織、人材等

6.2 国際連携の強化

6.3 地域共生

無断複製・転載禁止 原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

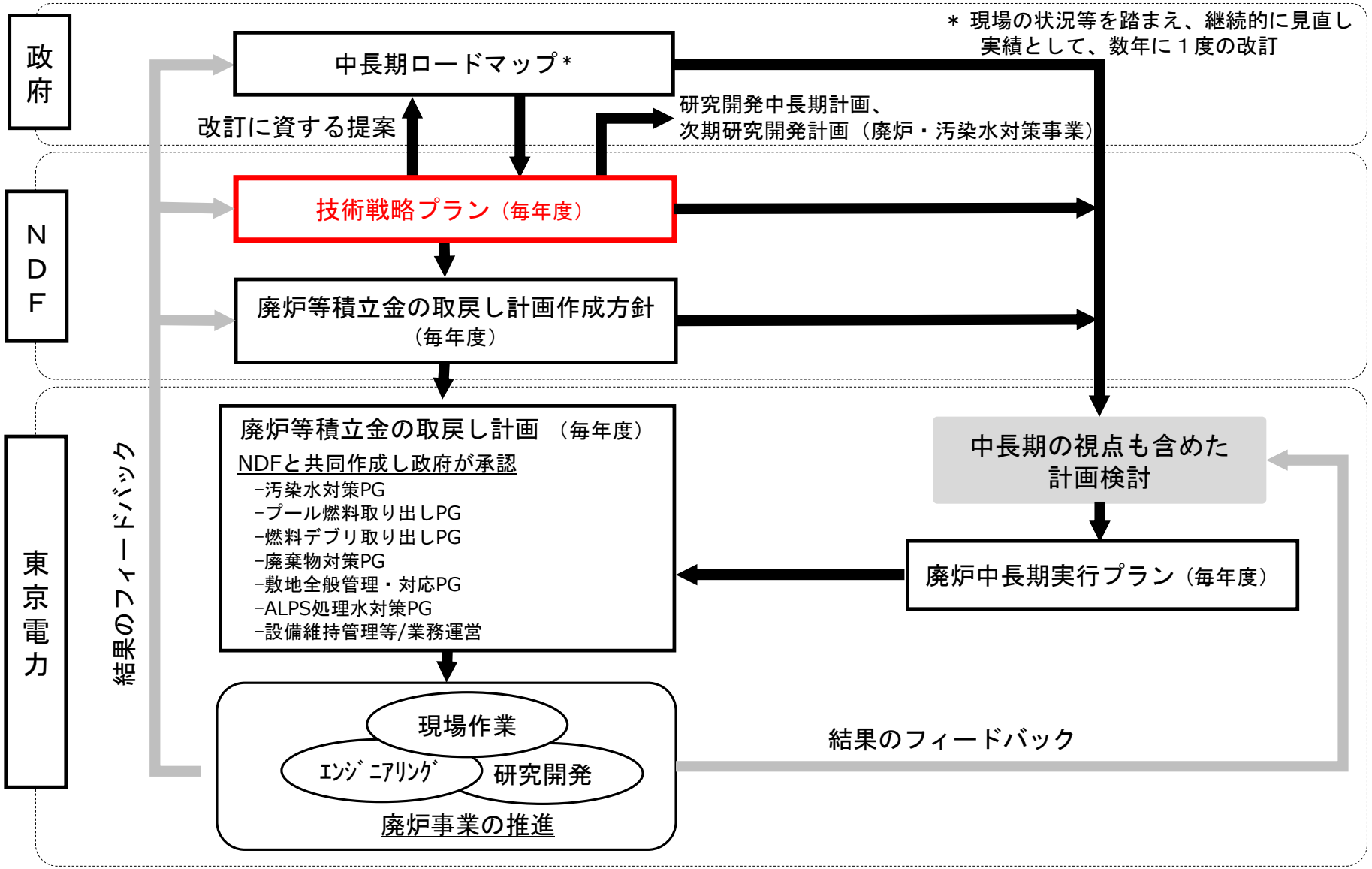
福島第一原子力発電所の廃炉に係る関係機関等の役割分担



※　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

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

技術戦略プランの位置付け



無断複製･転載禁止 原子力損害賠償･廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

福島第一原子力発電所廃炉の基本方針

廃炉の基本方針

事故により発生した通常の原子力発電所にはない放射性物質に起因するリスクを継続的、かつ、速やかに下げること

- 第3-①期※において、燃料デブリ取り出しについては、より本格的な廃炉作業となる取り出し規模の更なる拡大に向けた工法の準備が進展
- 燃料デブリの取り出し開始後は、PCV内の状態は変動し、従前小さいと認識していたリスクが新たに顕在化する可能性あり

※ 中長期ロードマップ

リスク対応を実効的なものとしていくためリスク変動が生じやすい
PCV内の状態把握能力の向上が必要

- 上記に加え、行うべきリスク低減対策
  - ✓ 閉じ込め能力の向上、PCV水量の低減によるPCVからの放射性物質の移行抑制
  - ✓ 最新情報に基づく評価によるPCV等の健全性に対する長期的なリスクへの備え
- 取り出し規模の更なる拡大の段階において、安全かつ確実な燃料デブリ取り出し作業を行うために必要となる事項の検討

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

リスク低減の考え方

目　標　「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

➡ 技術戦略プラン2022からの主な変化

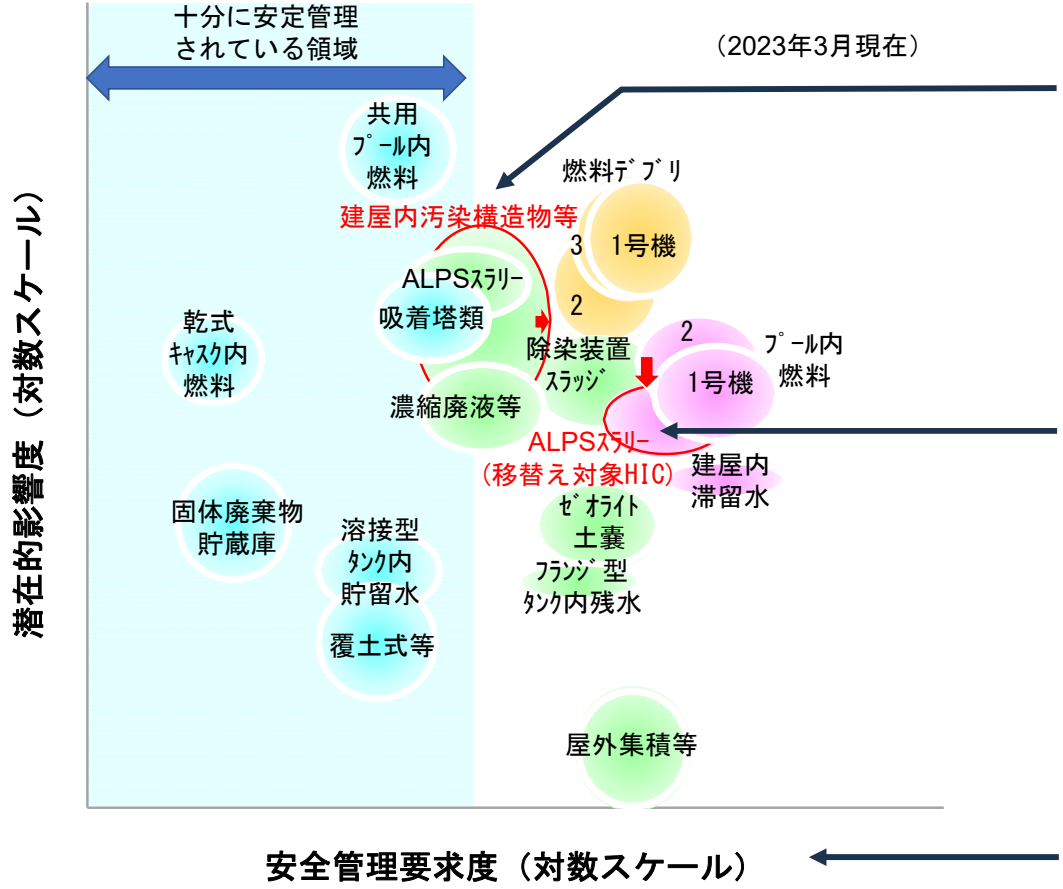


図　福島第一原子力発電所の主要なリスク源が有するリスクレベル

主な変化 ①　建屋内汚染構造物等

「安全管理要求度」が上昇

事故時にPCVに接続された系統内へ流入した水素の滞留状況を反映

主な変化 ②　ALPSスラリー（移替え対象HIC）

「潜在的影響度」が減少

移替え作業の進捗によりALPSスラリーへ移行した分の潜在的影響度が減少し、下方に移動

横軸ラベルの名称変更

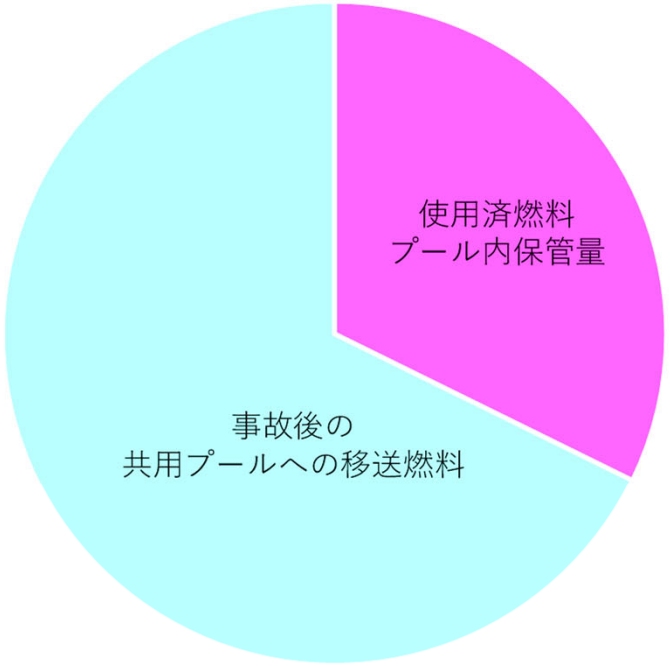
「管理重要度」 → 「安全管理要求度」

施設の健全性が不十分な場合など、より高いレベルの安全管理が要求されることを表すため

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

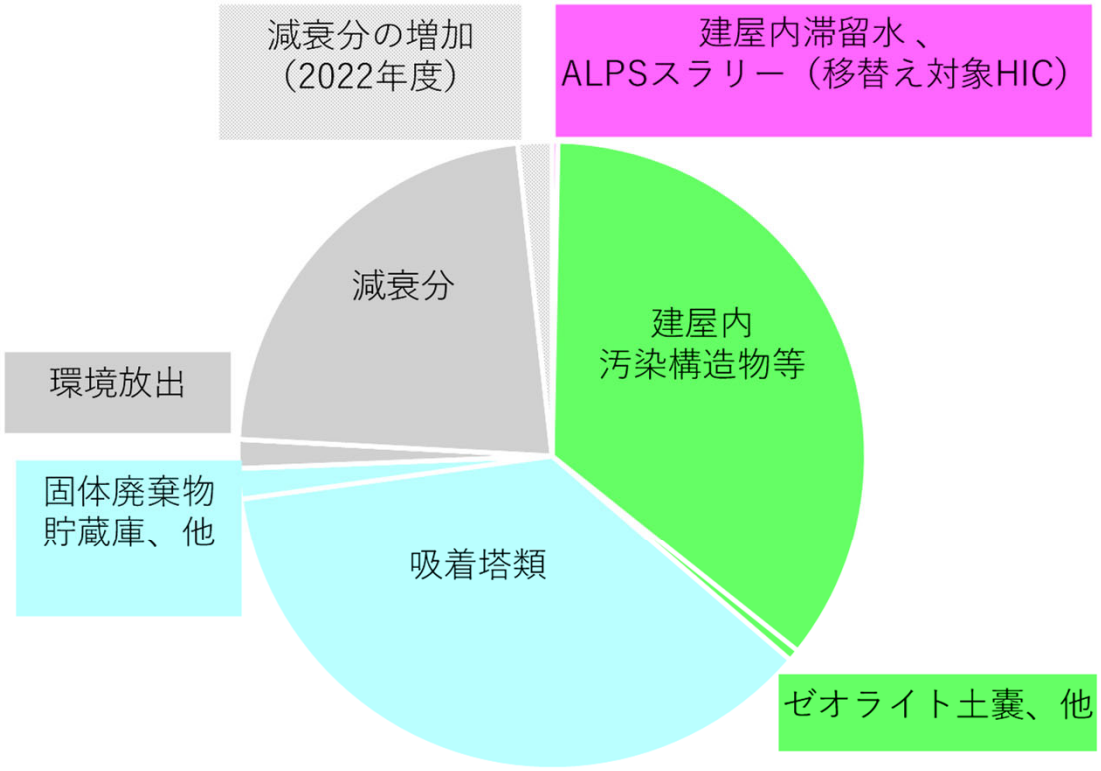
主要なリスク源のリスク低減プロセスとその進捗

■ 各リスク源に対し、事故当初に比べ、十分に安定管理されている領域（水色）への移行状況（どの程度の割合）を提示



※新燃料体数は含まれていない

使用済燃料の燃料集合体体数
（1号機～4号機）



事故時に放出されたCs-137の放射能
（1号機～3号機）

※ 減衰分は、事故後から2023年3月末までのCs-137放射性崩壊を考慮

図 主要なリスク源のリスク低減プロセスとその進捗（2023年3月時点）

無断複製・転載禁止 原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

主要なリスク源のリスク低減プロセスとその進捗

■ 主要なリスク源のリスク低減プロセスとそれに沿った廃炉作業の進捗の１つの表し方を提示（事故時からのリスク源の移行プロセスを可視化）

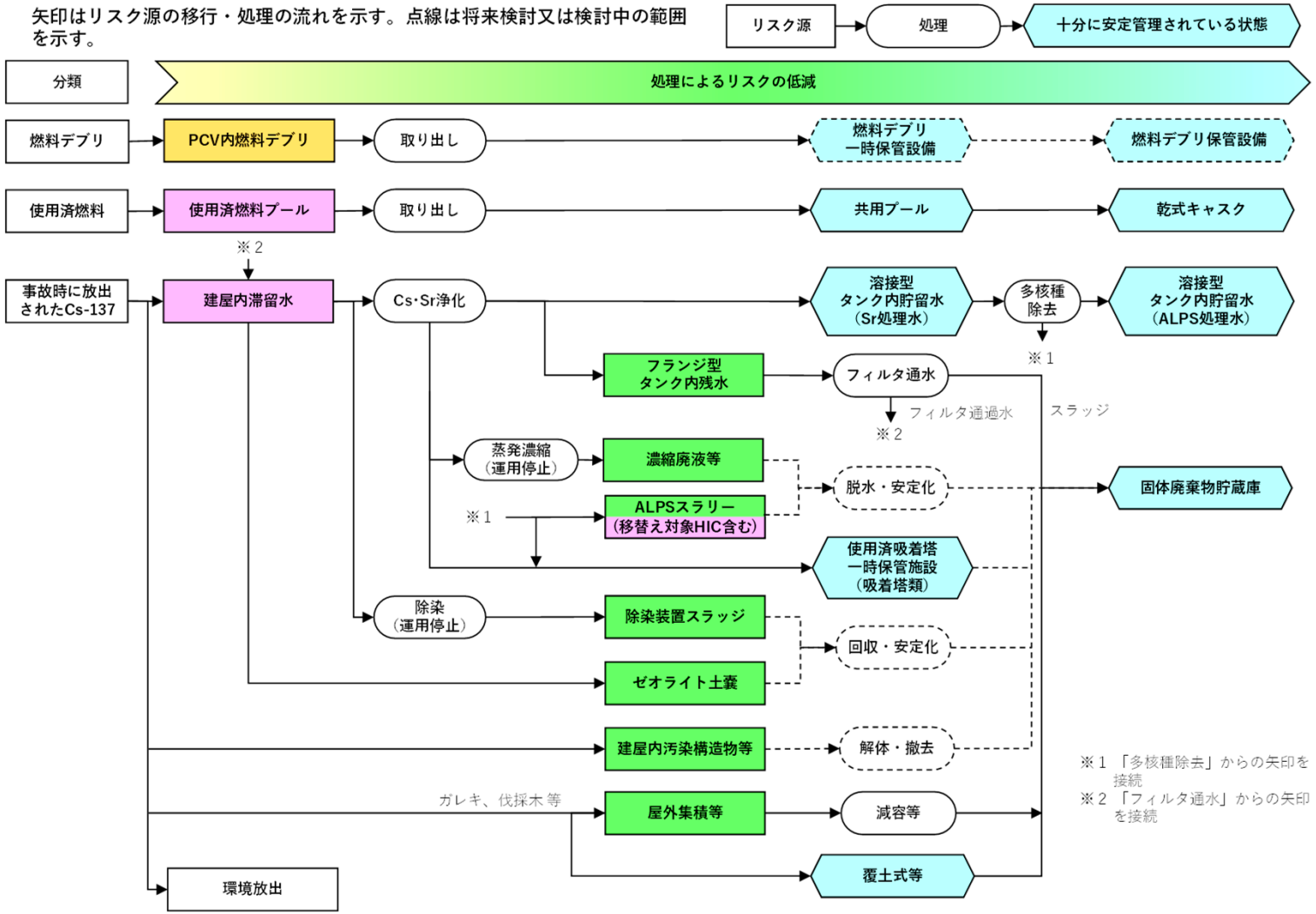


図　主要なリスク源のリスク低減プロセスとその進捗（2023年3月時点）

無断複製･転載禁止　原子力損害賠償･廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

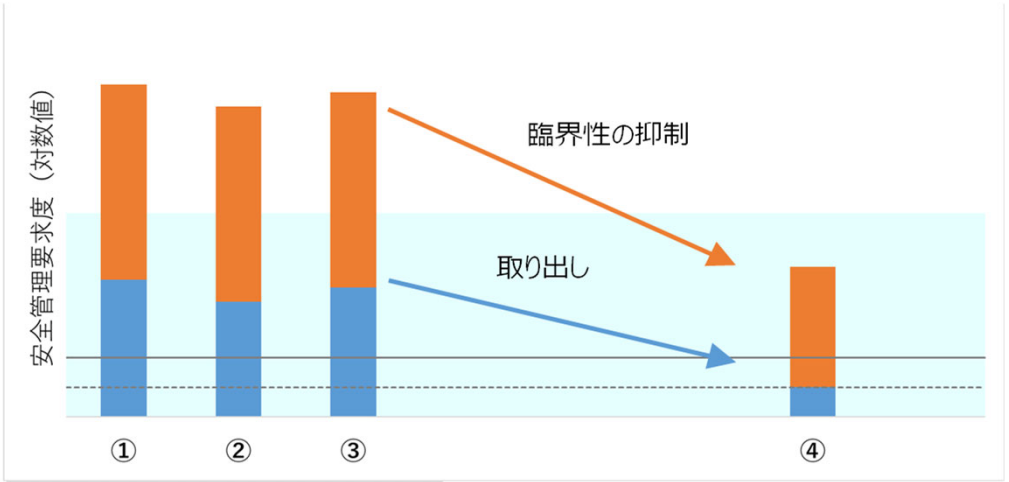
SED指標の概要

- SED指標：Safety and Environmental Detriment score
  - ◆ 英国原子力廃止措置機関（NDA）が開発
  - ◆ 多数の施設のリスク対応の優先順位付けのための重要な指標の一つ

- $\boldsymbol{SED = RHP \times (FD \times WUD)^4}$
  - ◆ RHP：Radiological Hazard Potential（潜在的影響度）
    - $RHP = Inventory \times \dfrac{Form\ Factor}{Control\ Factor}$
      - – Inventory：放射能×線量係数に相当
      - – Form Factor：気体/液体～固体によって1～10^{-6}
      - – Control Factor：安全機能喪失時の時間余裕で1～10^5
  - ◆ $(FD \times WUD)^4$：Safety Management（安全管理要求度）
    - FD：Facility Descriptor
      - – 閉じ込め施設としての適性 … 多重性、安全性、等を考慮
    - WUD：Waste Uncertainty Descriptor
      - – 取り出しが遅れた場合の影響 … 劣化、反応性の有無等を考慮
    - FDとWUDは、施設等の状態を10段階に分類し、各々2～100に設定

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

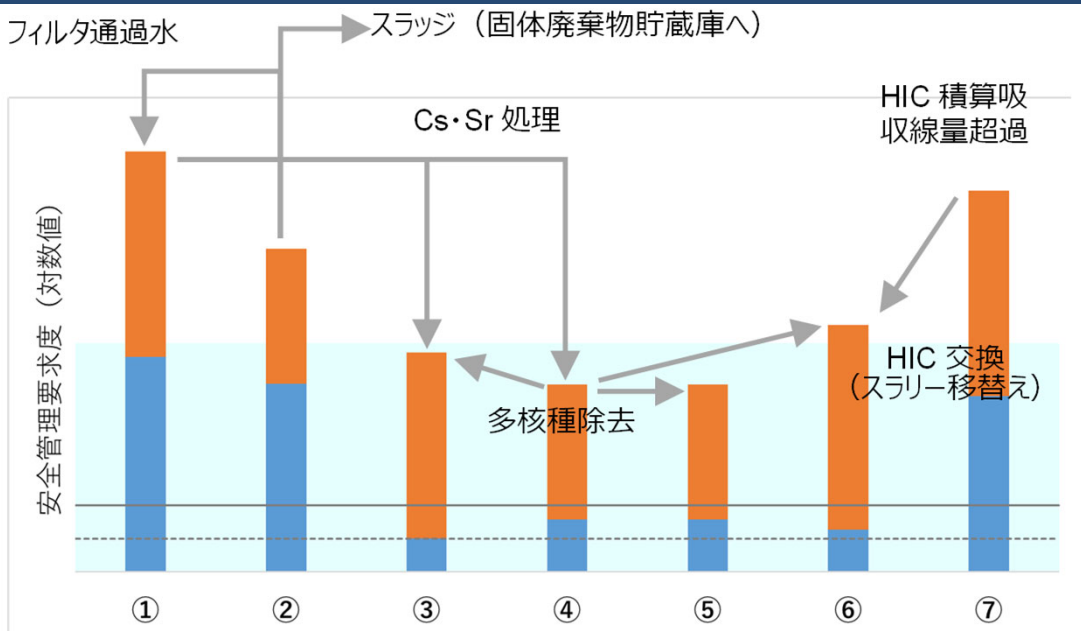
主要なリスク減の安全管理要求度の推移



① 燃料デブリ（1号機）
② 燃料デブリ（2号機）
③ 燃料デブリ（3号機）
④ 燃料デブリ一時保管設備

※①～③の閉じ込め性に係る成分の違いは、拡散抑制機能を有する構成物の多重性の違いによる。
※④の安全管理要求度は現時点での想定であり、今後の検討の進捗等により変わり得る。

(a) 燃料デブリ



① 建屋内滞留水
② フランジ型タンク内残水
③ 吸着塔類
④ 溶接型タンク内貯留水（Sr処理水）
⑤ 溶接型タンク内貯留水（ALPS処理水）
⑥ ALPSスラリー
⑦ ALPSスラリー（移替え対象HIC）

(b) 汚染水

凡例

<安全管理要求度>

- 安全管理要求度のうち、閉じ込め性に係る成分
- 安全管理要求度のうち、長期的安定性に係る成分
- 十分に安定管理されている領域
- 安全管理要求度の下限（閉じ込め性に係る成分の下限と長期的安定性に係る成分の下限から算出した値）
- 閉じ込め性に係る成分の下限

<処理プロセス>

- 進行中の処理
- 今後必要となる処理（閉じ込め性の改善）
- 今後必要となる処理（長期的安定性の確保）

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

福島第一原子力発電所の主要なリスク源

燃料デブリ		1～3 号機の原子炉圧力容器（RPV）/原子炉格納容器（PCV）内の燃料デブリ
使用済燃料	プール内燃料	1～2 号機の使用済燃料プール内に保管されている燃料集合体
	共用プール内燃料	共用プール内に保管されている燃料集合体
	乾式キャスク内燃料	乾式キャスク内に保管されている燃料集合体
汚染水等	建屋内滞留水	1～3 号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋内に滞留する汚染水、1～3 号機建屋底部のα核種含有スラッジ
	ゼオライト土嚢	プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋地下階に設置された土嚢内のゼオライト等
	溶接型タンク内貯留水	溶接型タンク内に保管されているストロンチウム処理水、ALPS 処理水
	フランジ型タンク内残水	フランジ型タンク底部に残っている濃縮塩水の残水及びα核種含有スラッジ
水処理二次廃棄物	吸着塔類	セシウム吸着装置等の各種の汚染水処理設備から発生した使用済吸着塔等
	ALPS スラリー	多核種除去設備、増設多核種除去設備で発生した、高性能容器（HIC）に保管されているスラリー、廃吸着材
	ALPS スラリー（移替え対象 HIC）	β線照射の影響を受けた HIC のうち、積算吸収線量が基準値 5,000kGy（落下に対する構造健全性が確認できている積算吸収線量）を超えた又は超える時期が近いと評価され、HIC 移替えが計画されている ALPS スラリー
	除染装置スラッジ	除染装置の運転に伴って発生した凝集沈殿物
	濃縮廃液等	濃縮塩水を蒸発濃縮装置で更に濃縮減容した濃縮廃液及び濃縮廃液から収集した炭酸塩スラリー
ガレキ等	固体廃棄物貯蔵庫	固体廃棄物貯蔵庫内に収納されているガレキ類（30 mSv/h 超）
	覆土式等	覆土式一時保管施設、容器収納にて保管されているガレキ類（1～30 mSv/h）、一時保管槽にて保管されている伐採木
	屋外集積等	屋外シート養生にて保管されているガレキ類（0.1～1 mSv/h）、屋外集積にて保管されているガレキ類（0.1 mSv/h 未満）、屋外集積にて保管されている伐採木
建屋内汚染構造物等		原子炉建屋、PCV/RPV 内で、事故により飛散した放射性物質により汚染された構造物・配管・機器等（シールドプラグ・非常用ガス処理系配管等）及び事故以前の運転時の放射化物

無断複製･転載禁止　原子力損害賠償･廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

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

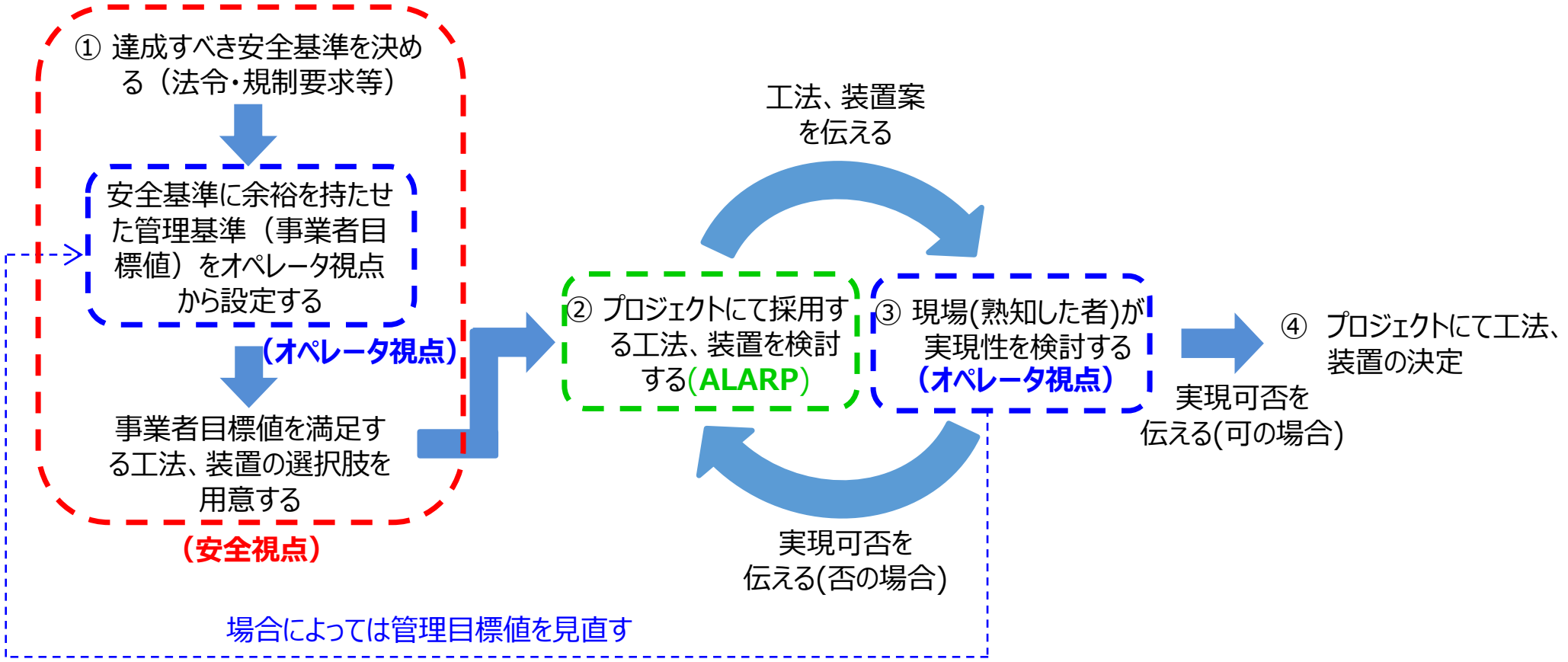
※As Low As Reasonably Practicableの略。放射線影響を合理的に実行できる限り低くしなければならないというもの

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

安全視点、オペレータ視点を踏まえた安全対策の検討

■ 福島第一の特徴に対応するためには、廃炉作業の検討の各段階において「安全視点」、「オペレータ視点」に十分に留意する必要

✓「安全視点」及び「オペレータ視点」を考慮した要求事項を定め、要求事項を満足する作業に対し、改めて2つの視点も考慮し、具体的な安全対策を選択



無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

先行的な実施と得られる情報の後段での活用

- 大きな不確かさが存在する中、既存の知見のみに基づいて作業全体を設計しようとすると、極めて大きな安全余裕や幅広い技術選択肢の想定が必要であり、全体プロジェクトの成立性や予見性を低下させる可能性大
- 一方で、現状既に厳しい放射線環境下にあること、閉じ込め障壁等の更なる劣化等を考慮すると、リスク状態の改善と不確かさの縮小を出来るだけ急ぐことが必要
- 作業をいくつかの段階に分けた上で、実際的な安全の確保を保証できる「最初の段階の作業」に取り組み、そこで得られた情報を次の段階に展開するという「逐次型の取組」が重要
  - ✓ 各段階の作業において、炉内部の状態監視、操作の制限等によって安全を確保した上で作業を進め、得られた情報を次段階に活用することで、次段階の作業の不確かさを低減し、安全確保の信頼性向上と設計の合理化を図ることが可能

東京電力は、このような取組方式を実際のエンジニアリングやプロジェクト管理に積極的に導入し、この取組で得られる経験を積み上げていくことが重要

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

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は、2023年度後半目途に着手
- 取り出し規模の更なる拡大について、２号機の燃料デブリ取り出し、内部調査、研究開発等を見極めつつ、収納・移送・保管方法を含め、方法の検討を進める

進　捗

１号機内部調査

- ペデスタル開口部や内壁面のほぼ全周にわたり下部のコンクリート消失を確認
- ペデスタルの支持機能が喪失しても外部へ著しい放射線被ばくのリスクを与えることはないと評価
- 他方で、万一に備え、閉じ込め機能の強化や機動的対応を検討

PCV内部調査の調査結果

※出典：東京電力ホールディングス

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

各号機の燃料デブリ取り出し戦略（１／２）

各号機共通の戦略

- 各号機とも直接的な映像情報が得られていないエリアも多く、更なる内部調査を推進し、種々の情報を得ることが課題であり、取り出し規模の更なる拡大を想定して今後の内部調査計画を策定・更新しつつ進めていく。エンジニアリングの後戻りを避けるとともに選択する工法の確実性を高めるためにも、取得した情報を基に燃料デブリ取り出し戦略の方向性を確認していく

- これまで経験した現場トラブルについては再発防止策を次の作業に反映していく。また、想定されるリスクを排除できる工法を策定し、排除できない場合は、対応策を予め準備しておく

- 事業継続性を見据えた上で、現場状況が全て特定できなくても取り出しが成立する工法、地震等の外部事象に影響されにくい工法（ロバストな工法）を施設・設備の損傷状況等の現場状況を踏まえつつ検討する

- 作業員被ばくの特定の個人への偏り防止、作業員全体の被ばく低減、長期的視点での人的資源の確保を進める

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

各号機の燃料デブリ取り出し戦略（２／２）

各号機の戦略

（１号機）

■ 取り出し規模の更なる拡大に向けて、2号機の試験的取り出し、段階的な取り出し規模の拡大、研究開発、その成果を現場適用するエンジニアリング、PCV・RPV内部調査結果など、これまで及び今後得られる現場情報や知見も考慮して工法の検討を進める

（２号機）

■ 試験的取り出しを推進し、段階的な取り出し規模の拡大につなげる

（３号機）

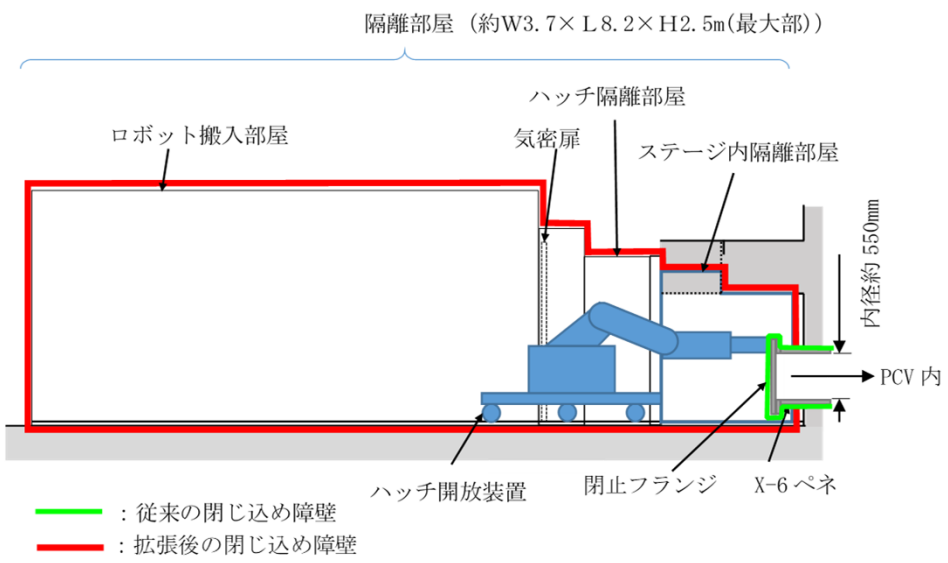
■ プール燃料の取り出しが完了し他の作業との干渉が少ないこと及び原子炉建屋の作業環境改善が1号機より早く進められることを勘案し、他の号機に先行して取り出し規模の更なる拡大に向けた工法の検討を進める

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

２号機 試験的取り出し（内部調査及び燃料デブリ採取）の位置づけ

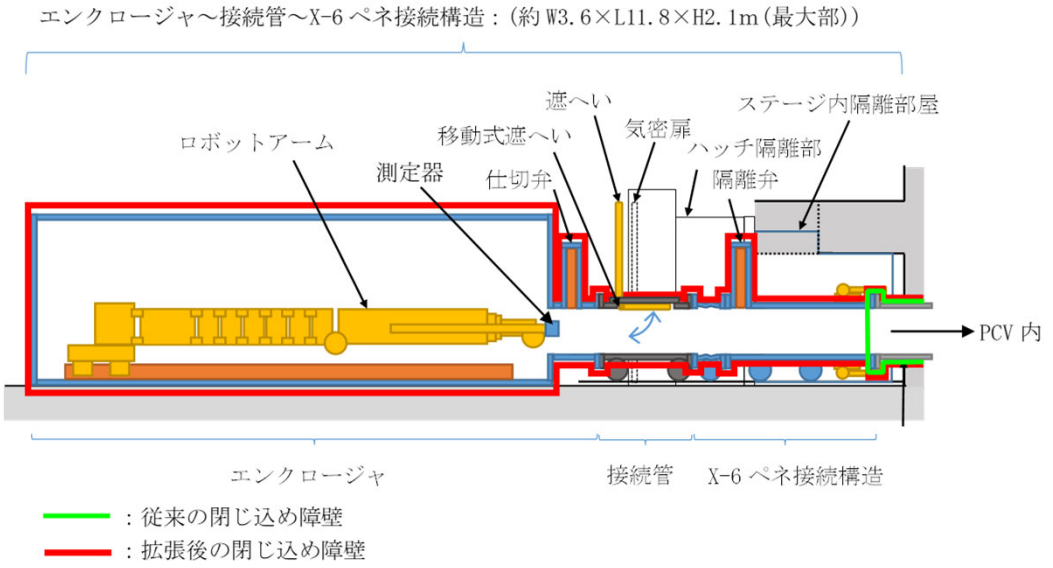
技術戦略

■ 規模は小さいながらも、従来の閉じ込め障壁の位置がX-6ペネの閉止フランジ部であったものから、新たな開口を設けて、PCV外側（隔離部屋やエンクロージャ）に閉じ込め障壁を拡張することは、今後の作業の基本的な現場構成の形であり、新たな段階に入る取組



（東京電力資料をＮＤＦにて加工）

図 X-6 ペネ 隔離部屋 構造概略図



（東京電力資料をＮＤＦにて加工）

図 X-6 ペネ エンクロージャ等 構造概略図

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

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

意　義

燃料デブリの取り出しは、福島第一原子力発電所で初の試み

- PCV外側への閉じ込め障壁拡張は、今後の取り出し作業の基本的な現場構成の形
- この経験や取り出したサンプルから得られた情報は、今後の廃炉の取組の中で活用

課題と技術戦略

PCVの内部状況が不確かな中で、一連の作業を段階的に進めていくことが課題

要求性能を満たすことを確実に確認

✓ モックアップ試験での様々な状態での機能検証

綿密な計画の立案

✓ 作業時の不具合等の経験も踏まえ、安全かつ慎重に進める

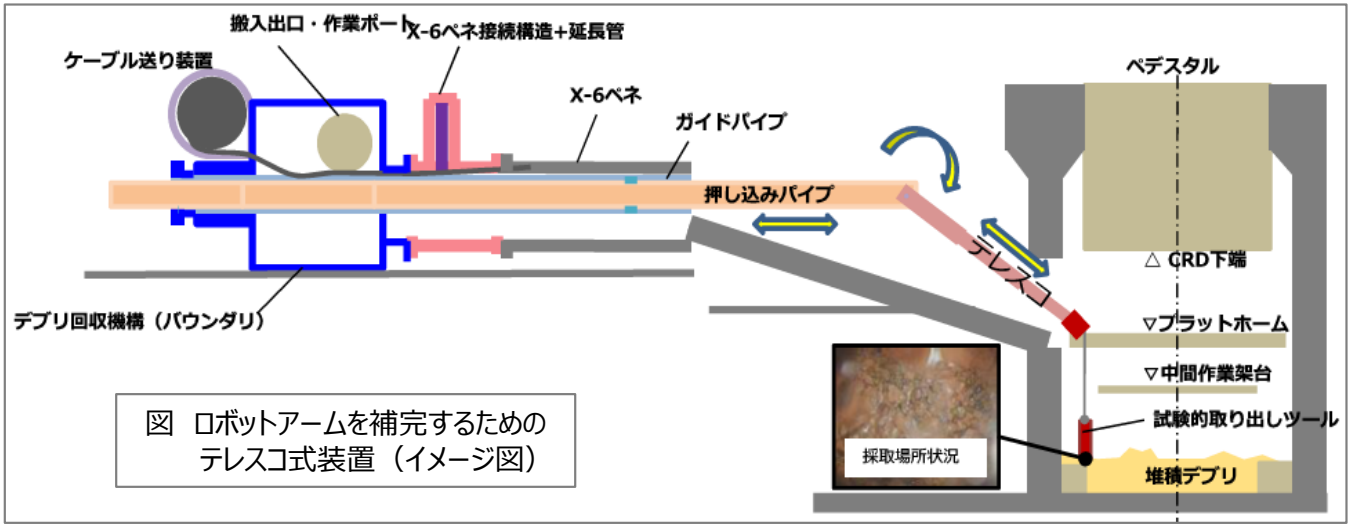


図　ロボットアームを補完するための
テレスコ式装置（イメージ図）

試験的取り出しの作業ステップ

01. 事前準備（済）
02. 隔離部屋設置（済）
03. X-6ペネハッチ開放← 実施中
04. X-6ペネ内堆積物除去
05. ロボットアーム設置
06. ロボットアーム進入
07. 内部調査・燃料デブリ採取
08. 燃料デブリ回収装置から輸送用容器へ収納・線量計測
09. 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

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

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

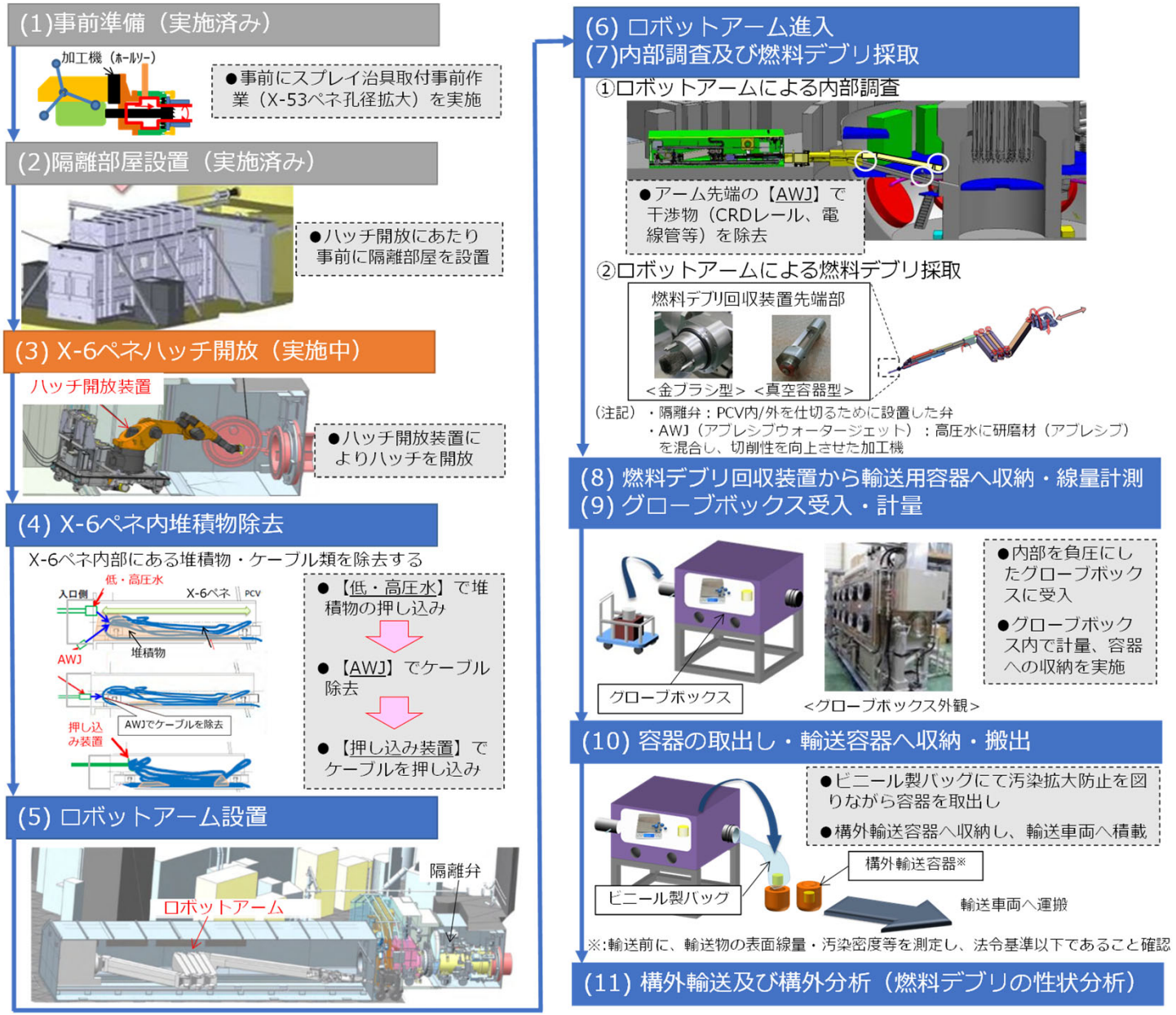


図　試験的取り出し（内部調査及び燃料デブリ採取）の作業ステップ

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

３号機　取り出し規模の更なる拡大（１／２）

意　義

取り出し規模の更なる拡大は
廃炉事業の重要なプロセスであり、
廃炉事業の成否を左右

工法の選定は、極めて重要な
決定事項

- 選定に先立って、東京電力のみでなく、国、NDFが連携して、総合的に検討・評価※　することが必要

※2023年２月に設置した「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」で検討・評価を開始

課　題

燃料デブリ取り出しを困難にしている
要因を十分認識し相応しい工法を
検討すること

燃料デブリ取り出しを困難にしている要因

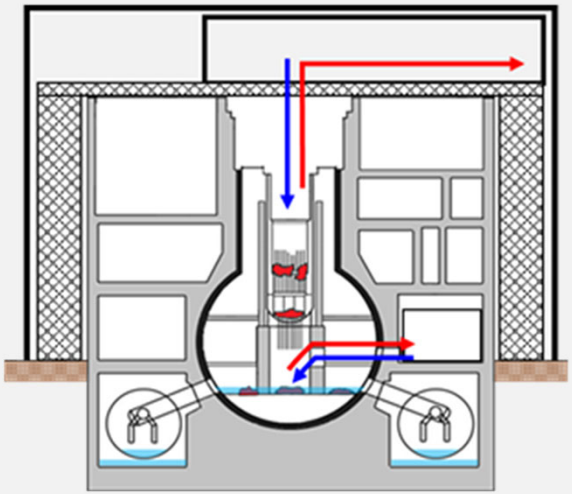
① PCV・RPV内が極めて高線量
② 原子炉建屋内が高線量
③ 現場情報の不足
④ 閉じ込め障壁構築
⑤ 臨界管理
⑥ 廃棄物管理

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

３号機　取り出し規模の更なる拡大（２／２）

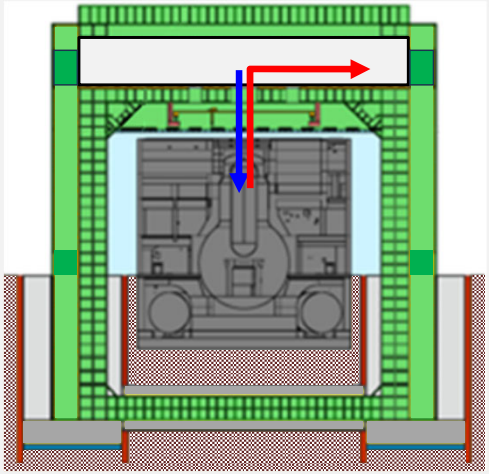
装置類のアクセス方向
燃料デブリ、廃棄物等の搬出方向
充填材

気中工法（RPV注水）



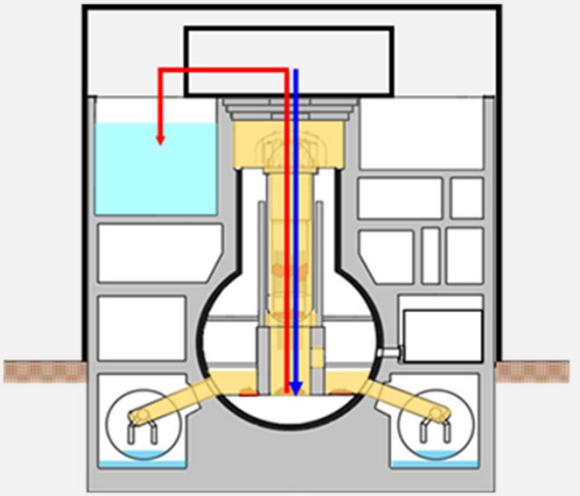
燃料デブリが気中に露出もしくは低水位で浸漬した状態で、RPV内部へ水をかけ流しながら取り出す工法

冠水工法（船殻工法）



船殻構造体と呼ばれる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燃料デブリを取り出す工法

気中工法オプション（RPV充填固化）



ペデスタル底部、RPV、原子炉ウェル等を充填材で固め、充填材と共に燃料デブリを掘削して取り出す工法

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

廃棄物対策に係る主な目標

主な目標

- 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、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
- 保管・管理及び処理・処分の検討を進める上で必要な分析計画の策定・更新を実施し、それに基づく分析を着実に進める

※　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

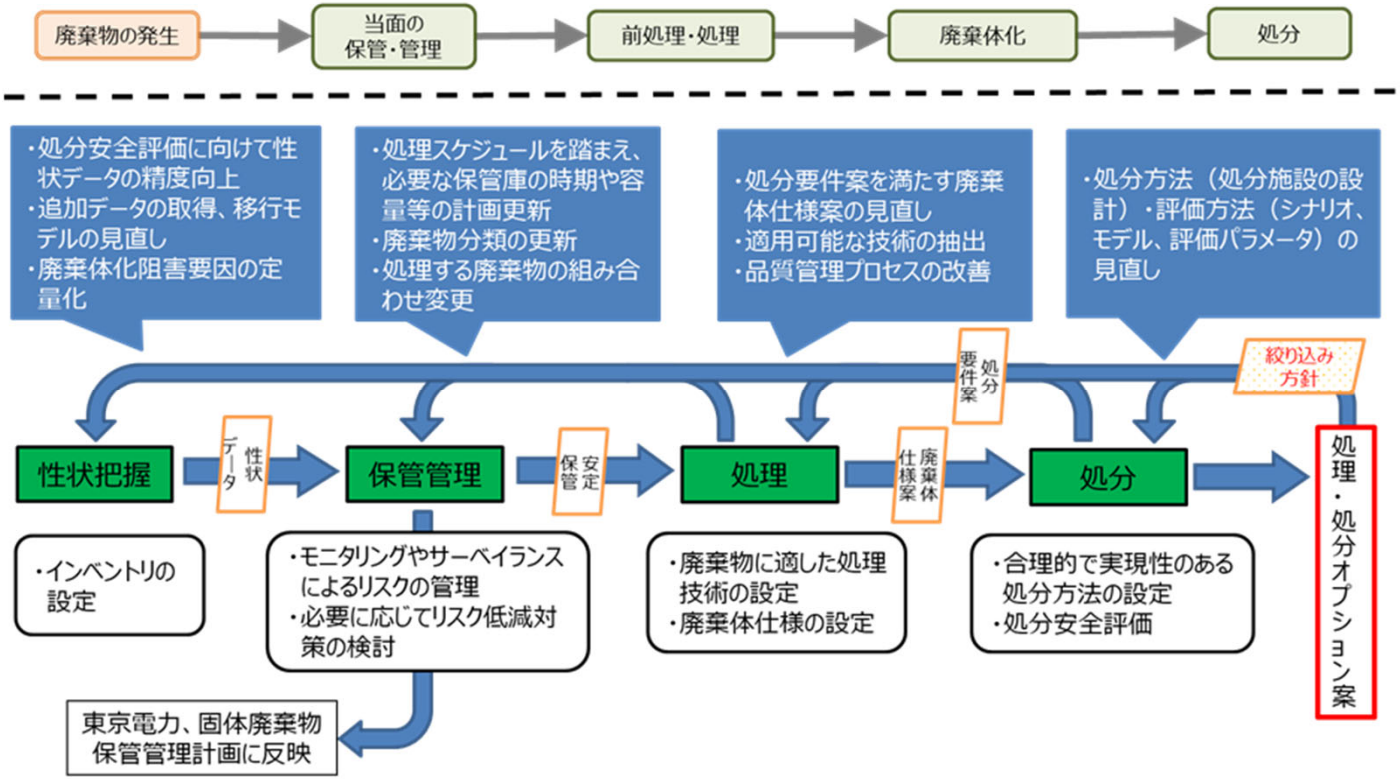


図　固体廃棄物の安全な処理・処分方法を合理的に選定するための手法

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

固体廃棄物の保管・管理状況（１／２）

(a) ガレキ類・伐採木・使用済保護衣等の管理状況（2023. 7 .31 時点）

分類	保管量（m^3）/ 保管容量（m^3） （割合）
屋外集積（表面線量率≦0.1mSv/h）	302,200 / 397,900 (76%)
シート養生（表面線量率 0.1～1 mSv/h）	43,700 / 55,300 (79%)
覆土式一時保管施設、容器（表面線量率 1～30 mSv/h）	16,400 / 17,200 (95%)
容器*（固体廃棄物貯蔵庫内）	29,700/ 39,600 (75%)
合計	392,000 / 509,900 (77%)

伐採木

分類	保管量（m^3）/ 保管容量（m^3） （割合）
屋外集積（幹・根・枝・葉）	70,000 / 134,000 (52%)
一時保管槽（枝・葉）	37,300 / 41,600 (90%)
合計	107,300 / 175,600 (61%)

使用済保護衣等

分類	保管量（m^3）/ 保管容量（m^3） （割合）
屋外集積	20,000/ 25,300 (79%)

*水処理二次廃棄物（小型フィルタ等）を含む

なお保管量は端数処理で 100m^3 未満を四捨五入しているため、合計と内訳が整合しない場合がある。

※出典：2023年8月31日 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議資料　資料3-4

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

固体廃棄物の保管・管理状況（２／２）

(b) 水処理二次廃棄物の管理状況（2023.８.３時点）

吸着塔類

保管場所			保管量		保管量/保管容量（割合）
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	5,608 / 6,500 (86%)
	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	高性能	90	本	
	多核種除去設備処理カラム	既設	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

保管場所	保管量（m^3）/保管容量（m^3）（割合）
廃スラッジ貯蔵施設	434 / 700 (62%)

濃縮廃液

保管方法	保管量（m^3）/保管容量（m^3）（割合）
濃縮廃液タンク	9,468 / 10,300 (92%)

※上記のほか、2023年2月公表の保管管理計画では、今後のデブリ準備工事に関連して約30万m^3廃棄物が別途発生すると試算されている

※出典：2023年8月31日 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議資料　資料3-4

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

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、それに基づく分析・評価が必要

→ 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

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

→ 固体廃棄物の発生量の増大に備え、表面線量率による区分から、放射能濃度による管理に移行し、合理的な廃棄物区分や構内再利用等を検討

処理・処分

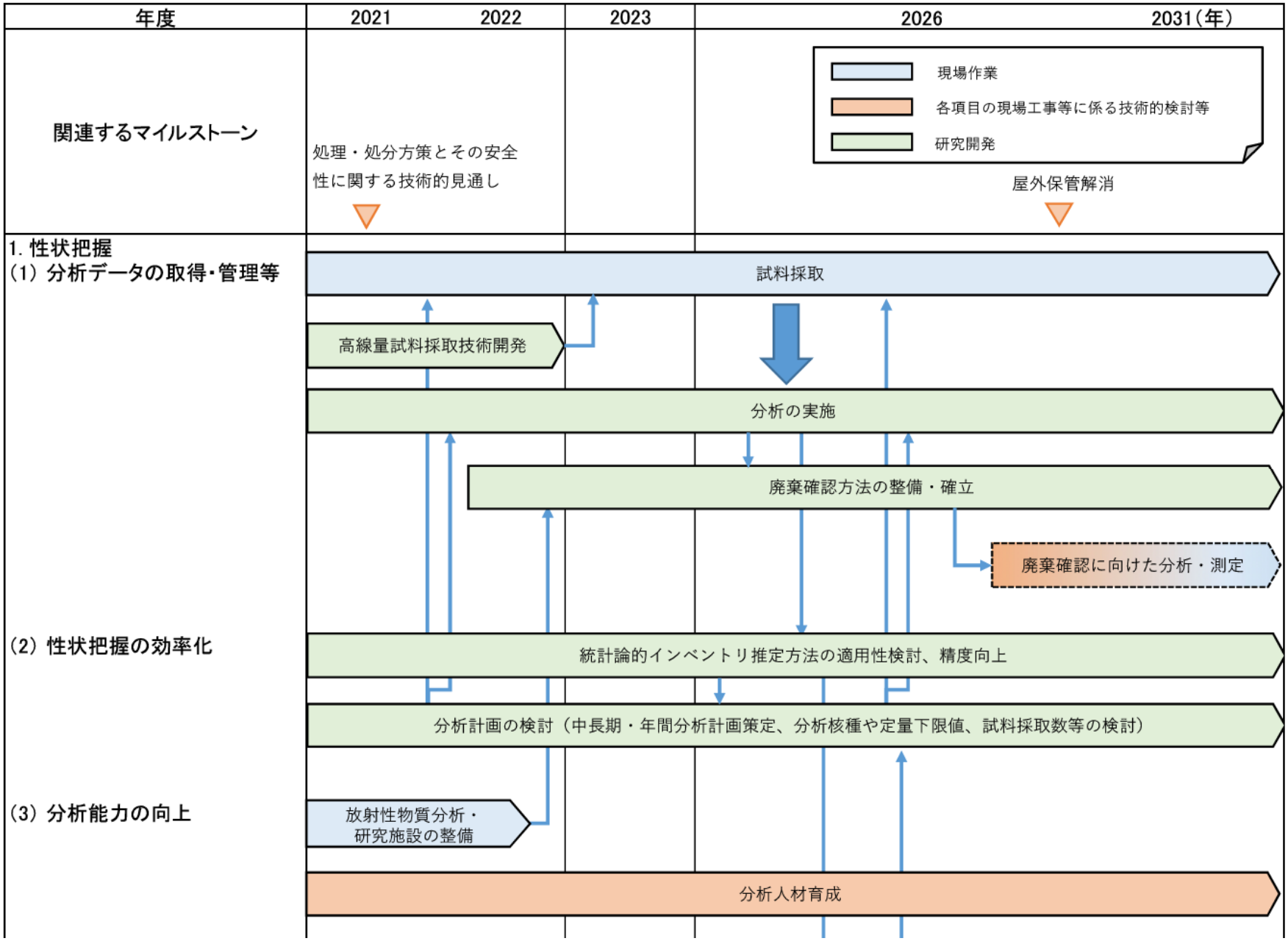
中長期ロードマップの第３期における廃棄体の仕様や製造方法の確定のため、固体廃棄物の具体的管理について全体として適切な対処方策の検討を進める必要

→ 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

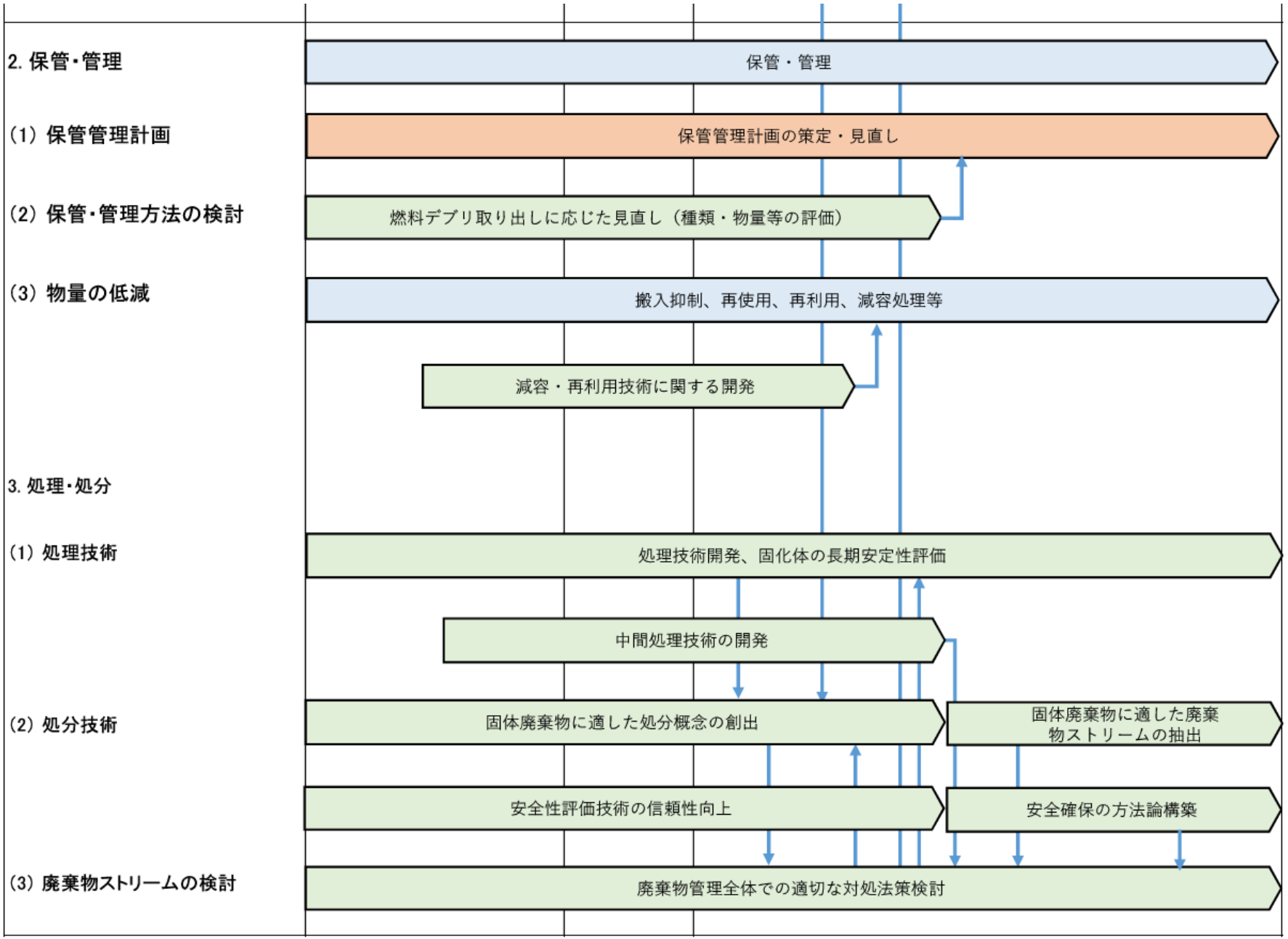
無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

廃棄物対策に係る主な技術課題と今後の計画（工程表）（１／２）



無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

廃棄物対策に係る主な技術課題と今後の計画（工程表）（2／2）



無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

汚染水・処理水対策に係る主な目標と技術戦略

主な目標

- 汚染水発生量を2025年内に100m³/日以下、2028年度末頃に約50～70m³/日程度に抑制
- 敷地等のリソースを確保し、廃炉作業全体を着実に推進するため、ALPS処理水を安全かつ確実に放出

課題と技術戦略　汚染水対策

汚染水発生量を100m³／日以下にできる見込みであり、更に低減することが課題	従来から進めているサブドレン水位の低下、フェーシング工事に加え、局所的な建屋止水を進める
現在進められているデブリ取り出し工法選定と併せ、中長期を見据えた対策の検討が必要	燃料デブリ取出し工法ごとに浄化システムや建屋の止水対策が異なるため、取り出し作業との干渉性を考慮した上で、工法に応じた汚染水対策を整備

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

汚染水発生量の要因別実績と低減に向けた主な方策

汚染水発生の要因（項目）		2015年度 実績(m^3)※3	2020年度 実績(m^3)	2021年度 実績(m^3)	2022年度 実績(m^3)	100m^3/日達成に向けた主な汚染水発生量低減方策
①	建屋流入量（雨水・地下水等の流入）	約98,000（約270m^3/日）	約34,000（約90m^3/日）	約36,000（約100m^3/日）	約25,000（約70m^3/日）	・サブドレンの水位低下 ・陸側遮水壁の構築 ・屋根破損部補修 ・建屋周辺フェーシング ・トレンチ閉塞 ・ルーフドレンの健全性確保
②	T.P.+2.5m盤からの建屋移送量	約60,000（約160m^3/日）	約3,000（約10m^3/日）	約3,000（約10m^3/日）	約3,000（約10m^3/日）	・陸側遮水壁の構築 ・2.5m盤のフェーシング ・8.5m盤海側（陸側遮水壁外）カバー・フェーシング ・サブドレン水位低下
③	ALPS浄化時薬液注入量※1	約10,000（約25m^3/日）	約2,000（約10m^3/日未満）	約2,000（約10m^3/日未満）	約1,000（約10m^3/日未満）	・ALPS処理系統内の移送水の循環利用
④	廃炉作業に伴い発生する移送量※2	約13,000（約35m^3/日）	約13,000（約40m^3/日）	約7,000（約20m^3/日）	約3,000（約10m^3/日）	・計画的なたまり水の除去
汚染水発生量		**181,000（約490m^3/日）**	**約52,000（約140m^3/日）**	**約48,000（約130m^3/日）**	**約32,000（約90m^3/日）**	**<目標値>36,000（約100m^3/日）**
参考	降水量（mm）	1,429（3.9mm/日）	1,349（3.7mm/日）	1,572（4.3mm/日）	1,192㎜（3.3mm/日）	平均的な降雨1,473mm（4.0㎜/日）

黒字；対策済み　　赤字；継続実施中

※1　多核種除去設備の前処理設備に注入している薬液

※2　オペレーティングフロアへの散水や、凍土外建屋への流入およびトレンチ溜まり水の移送を含む

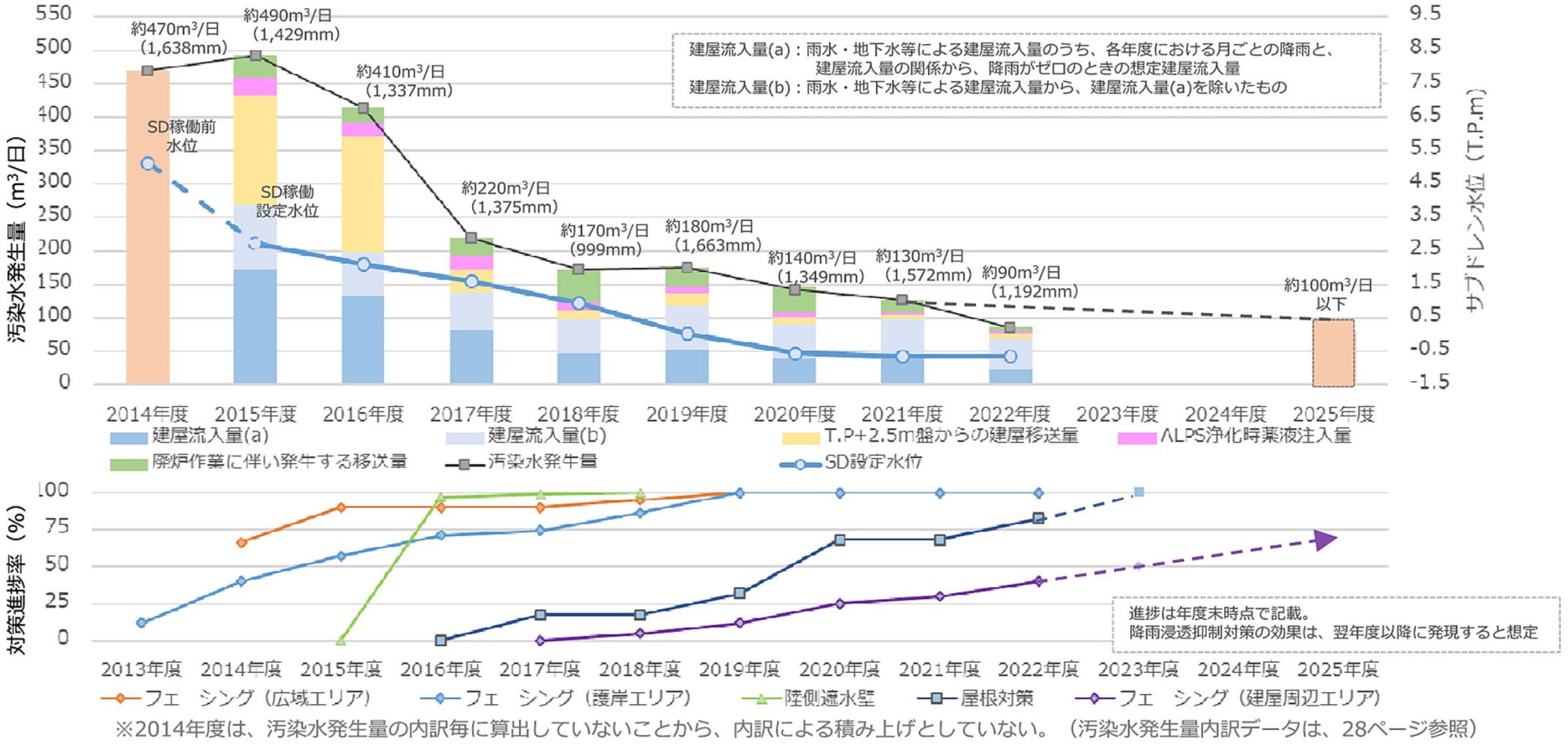
（降雨以外の数字は百の位で四捨五入）

※3　2017.1までの汚染水発生量（貯蔵量増加量）は、建屋滞留水増減量（集中ラド含む）と各タンク貯蔵増減量より算出しており、気温変動の影響が大きいため、2017.2以降は上表の凡例に示す発生量の内訳を積み上げて算出する方法に見直している。よって、2017.1以前のデータを含む2016年度実績の数値は参考値である。

※出典：第108 回特定原子力施設監視・評価検討会、資料３－４

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

汚染水抑制対策の進捗と汚染水発生量の推移

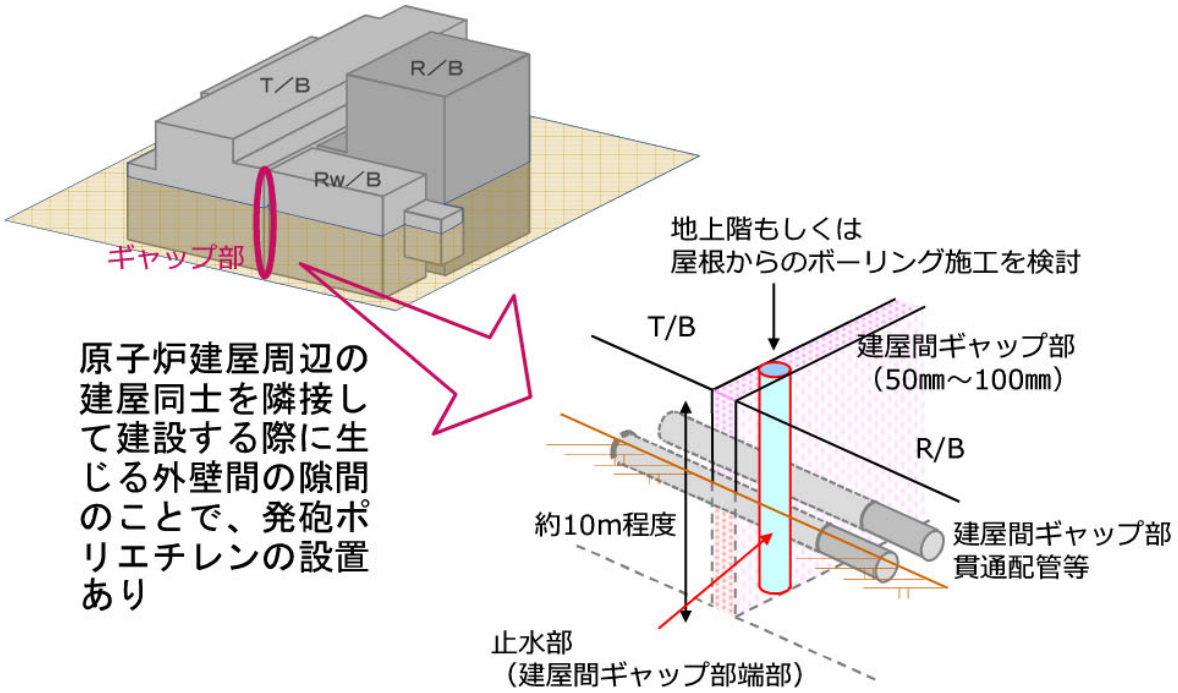


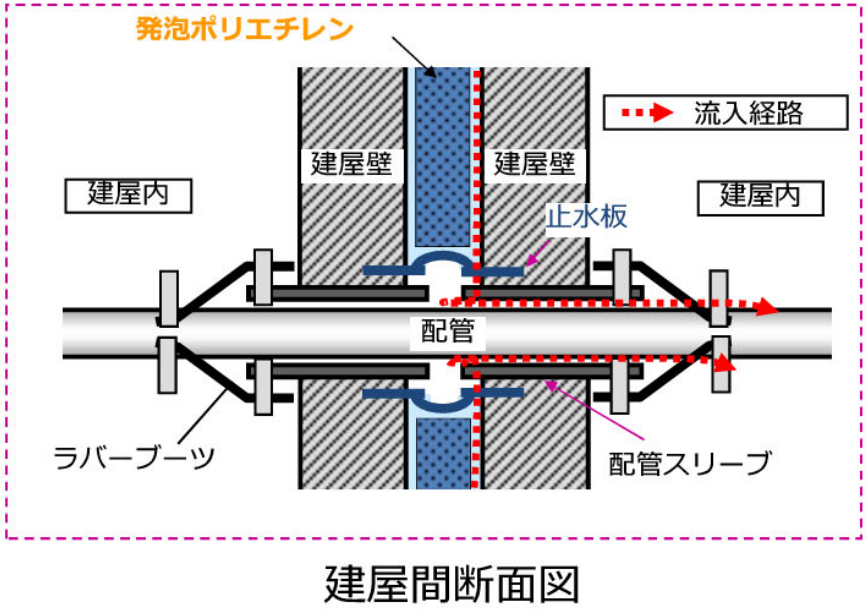
※2014年度は、汚染水発生量の内訳毎に算出していないことから、内訳による積み上げとしていない。（汚染水発生量内訳データは、28ページ参照）

※出典：第108 回特定原子力施設監視・評価検討会、資料３－４

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

建屋間ギャップ部端部の止水イメージ





建屋間断面図

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

ALPS処理水の海洋放出設備

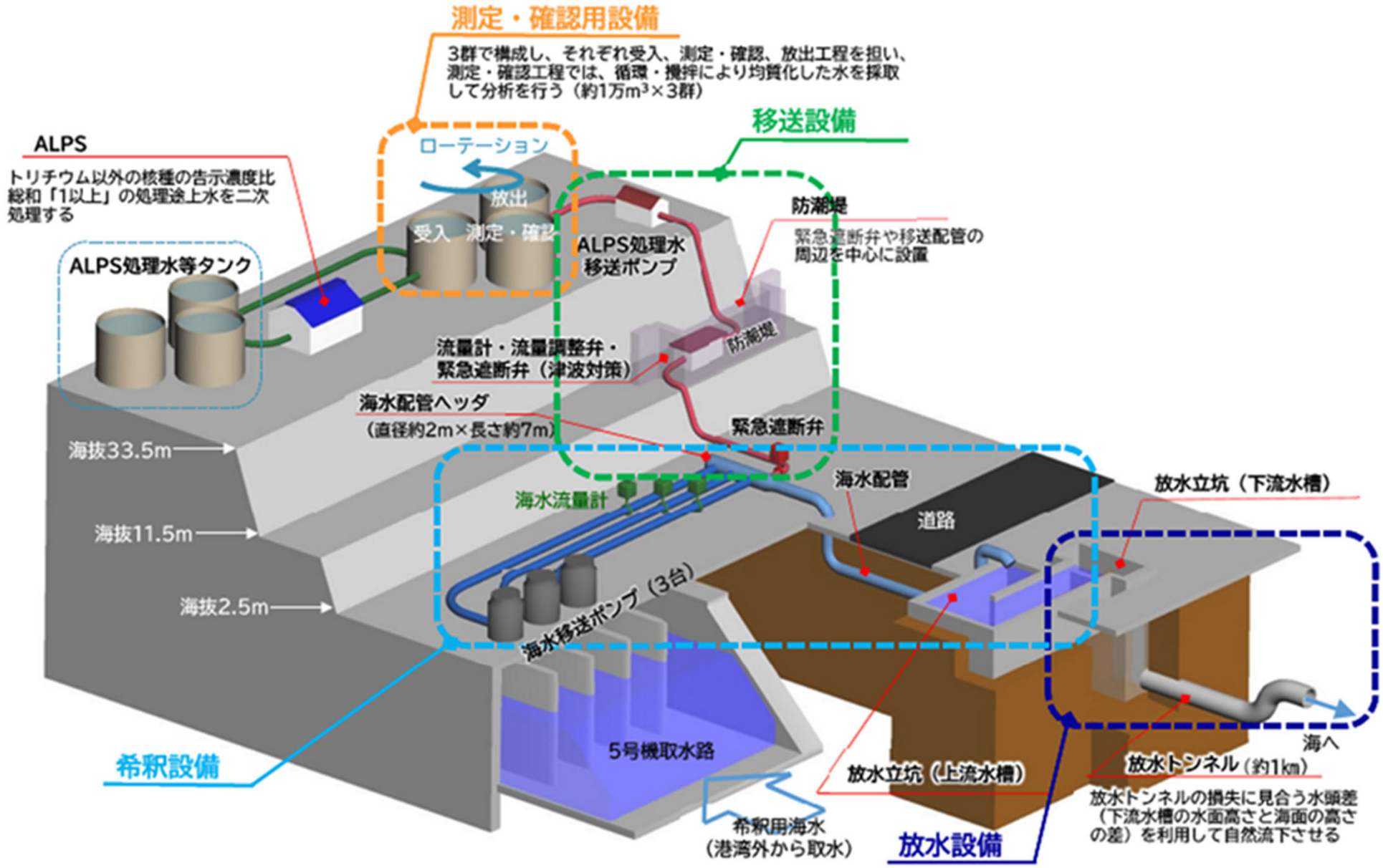


図　海洋放出設備の全体像

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

ALPS処理水の海洋放出に関する取組

課題と技術戦略　処理水対策

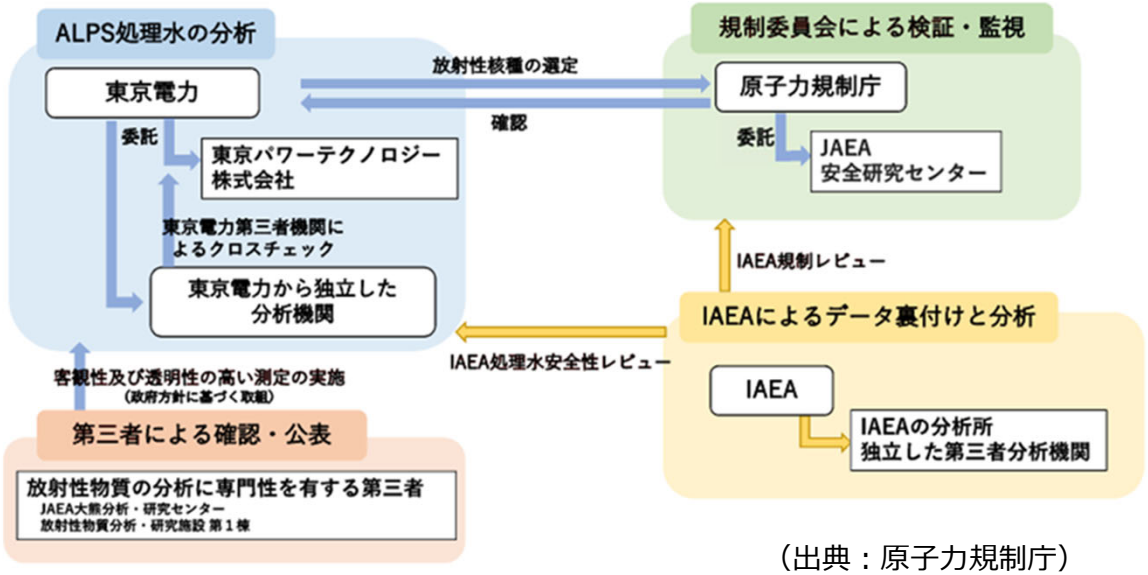
計画どおり確実に設備を運用するとともに、関係機関の分析・モニタリング結果を含め、その状況を迅速かつ透明性高く発信することが不可欠

希釈前のALPS処理水について、トリチウム以外の放射性核種濃度が規制基準値※を確実に下回ることを確認の上、希釈して放出
- ✓ 東京電力及び放射性物質の分析に専門性を有する第三者機関において実施

※　告示濃度限度比総和１未満

海域モニタリングは、東京電力、環境省、原子力規制委員会、福島県など複数機関で実施

分析、モニタリング結果及び海洋放出関連設備の運転状況は処理水ポータルサイト等を通じて公開



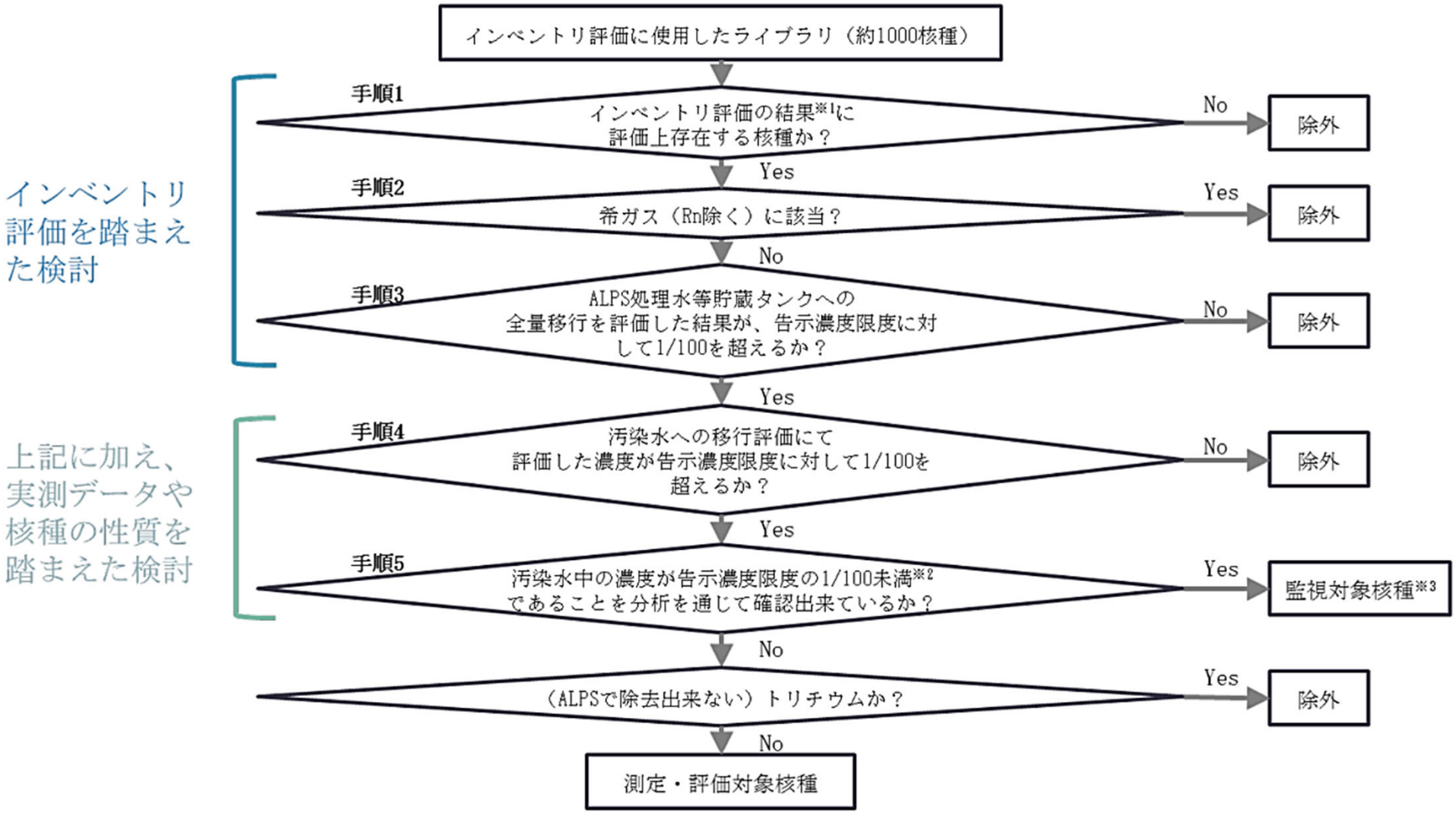
（出典：原子力規制庁）

図　ALPS処理水の分析体制

海洋放出開始後も
IAEAによるレビューが継続

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

測定・評価対象核種の選定フロー



※1：インベントリ評価の減衰期間は、選定結果を使用する時期に応じて適切に設定（初回は 2023 年（事故後 12 年）に設定）
※2：過去に検出されたことのある核種は検出値の最大値、一度も検出されたことのない核種は検出下限値の最小値で確認
※3：汚染水中に有意に存在しないか継続して確認する核種

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

測定・評価対象核種とその定量方法

No.	核種	定量方法	No.	核種	定量方法
1	C-14	化学分離後、β線測定	16	Ce-144	γ線核種分析
2	Mn-54	γ線核種分析	17	Pm-147	代表核種（Eu-154）の放射能濃度より評価
3	Fe-55	化学分離後、X 線測定	18	Sm-151	
4	Co-60	γ線核種分析	19	Eu-154	γ線核種分析
5	Ni-63	化学分離後、β線測定	20	Eu-155	γ線核種分析
6	Se-79	化学分離後、β線測定	21	U-234	全α放射能に包含されるものとして評価
7	Sr-90	化学分離後、β線測定	22	U-238	
8	Y-90	Sr-90 と放射平衡	23	Np-237	
9	Tc-99	ICP-MS 測定	24	Pu-238	
10	Ru-106	γ線核種分析	25	Pu-239	
11	Sb-125	γ線核種分析	26	Pu-240	
12	Te-125m	Sb-125 と放射平衡	27	Pu-241	代表核種（Pu-238）の放射能濃度より評価
13	I-129	ICP-MS 測定			
14	Cs-134	γ線核種分析	28	Am-241	全α放射能に包含されるものとして評価
15	Cs-137	γ線核種分析	29	Cm-244	

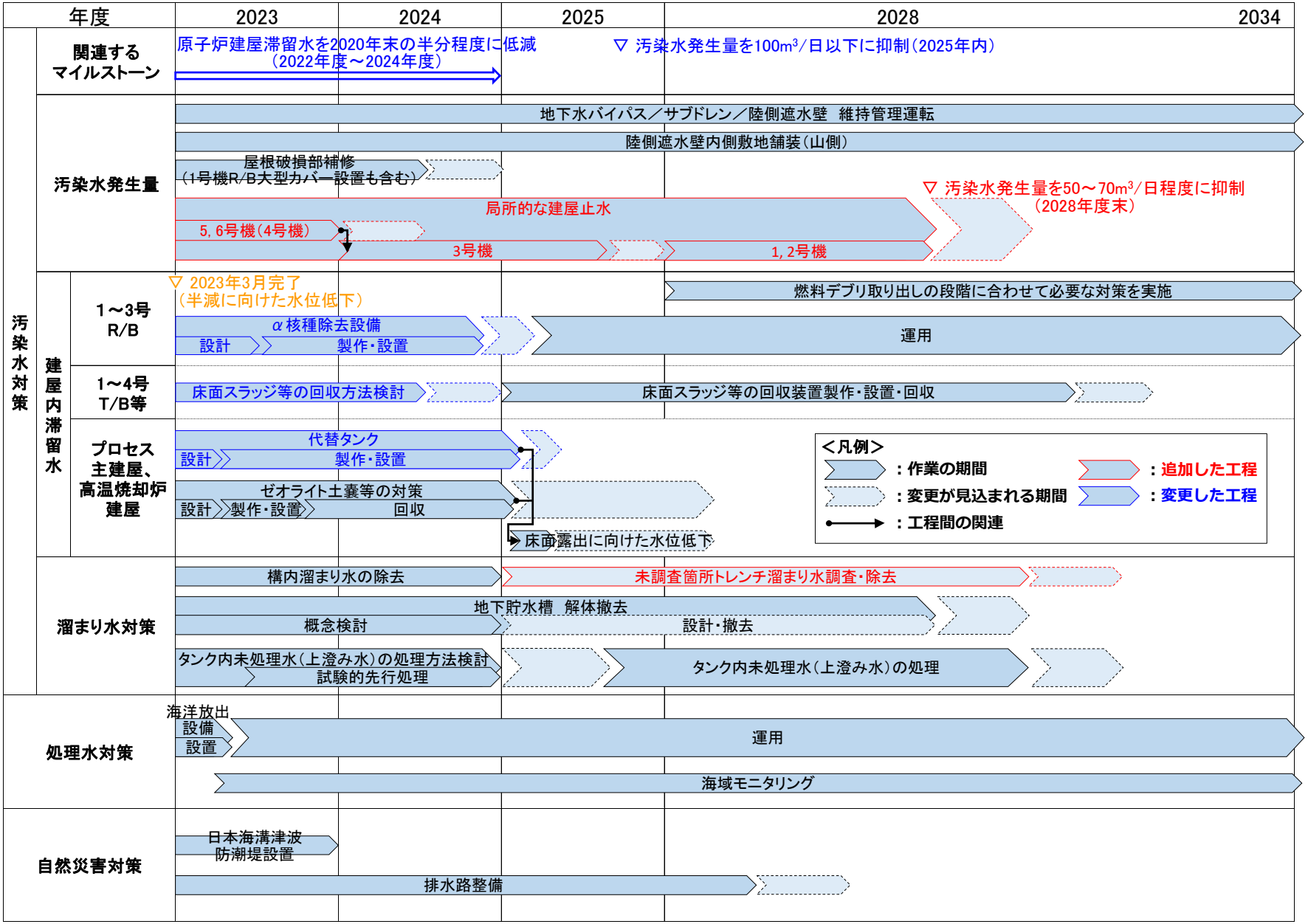
無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

ALPS処理水の海洋放出に向けた取組

年度	2021年度	2022年度	2023年度
政府	▼「ALPS処理水の処分に関する基本方針」の公表 ■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 ▼第1回　▼第2回　▼第3回 ▼海域環境の監視測定タスクフォース設置 ▼海域モニタリング専門家会議設置 ▼IAEAとの付託事項(TOR)署名 ▼JAEAが放出前のALPS処理水の第三者分析を実施	▼海域モニタリング開始 ▼第4回　▼第5回 ALPS処理水モニタリングシンポジウム開催 ▼第1回　▼第2回　▼第3回	▼第6回
東京電力	▼「政府基本方針を受けた当社の対応」を公表 ▼「安全確保のための設備の検討状況について」を公表 ▼「ALPS処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書(設計段階)」の公表 ▼「特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請書(ALPS処理水の海洋放出関連設備の設置等)」の提出 設備設置等工事	▼「放射線影響評価報告書(建設段階)」の公表 ▼「特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請書(ALPS処理水の海洋放出時の運用等)」の提出 ▼「実施計画変更認可申請書一部補正」の提出	▼海洋放出開始(8/24)
原子力規制委員会	▼第1回審査会合 ▼第2回審査会合 審査会合(第３回～第15回) パブコメ ▼ 認可	審査 パブコメ等	使用前検査 ▼認可 ▼終了証交付
IAEA	▼日本政府とのTOR署名 ▼安全性レビュー(第1回)→▼報告書① ▼規制レビュー(第1回)→▼報告書②	▼安全性レビュー(第2回)→▼報告書④ ▼報告書③(サンプリング・データ裏付け・分析活動) ▼規制レビュー(第2回)→▼報告書⑤	▼包括レビュー ▼包括報告書の公表 ▼ILC報告書(分析機関間比較)

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

汚染水・処理水対策に係る主な技術課題と今後の計画（工程表）



無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

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号機取り出し開始は2027～2028年度
- ２号機取り出し開始は2024～2026年度

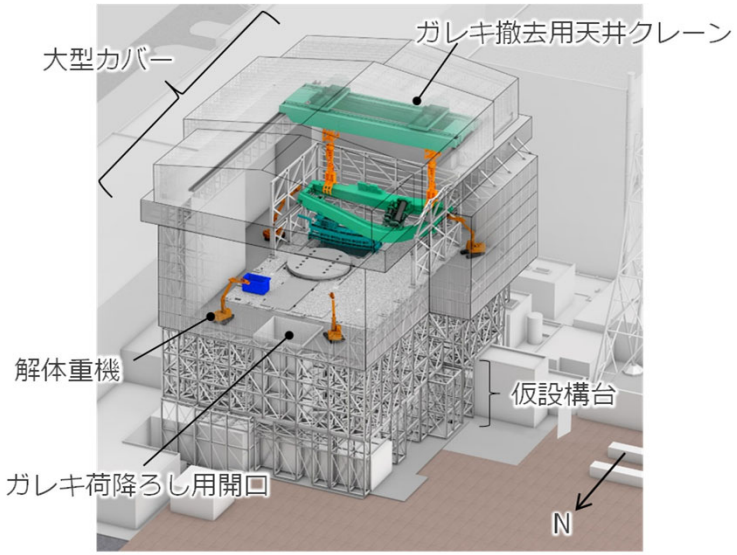


図　1号機 がれき撤去時
（イメージ図）

課題と技術戦略

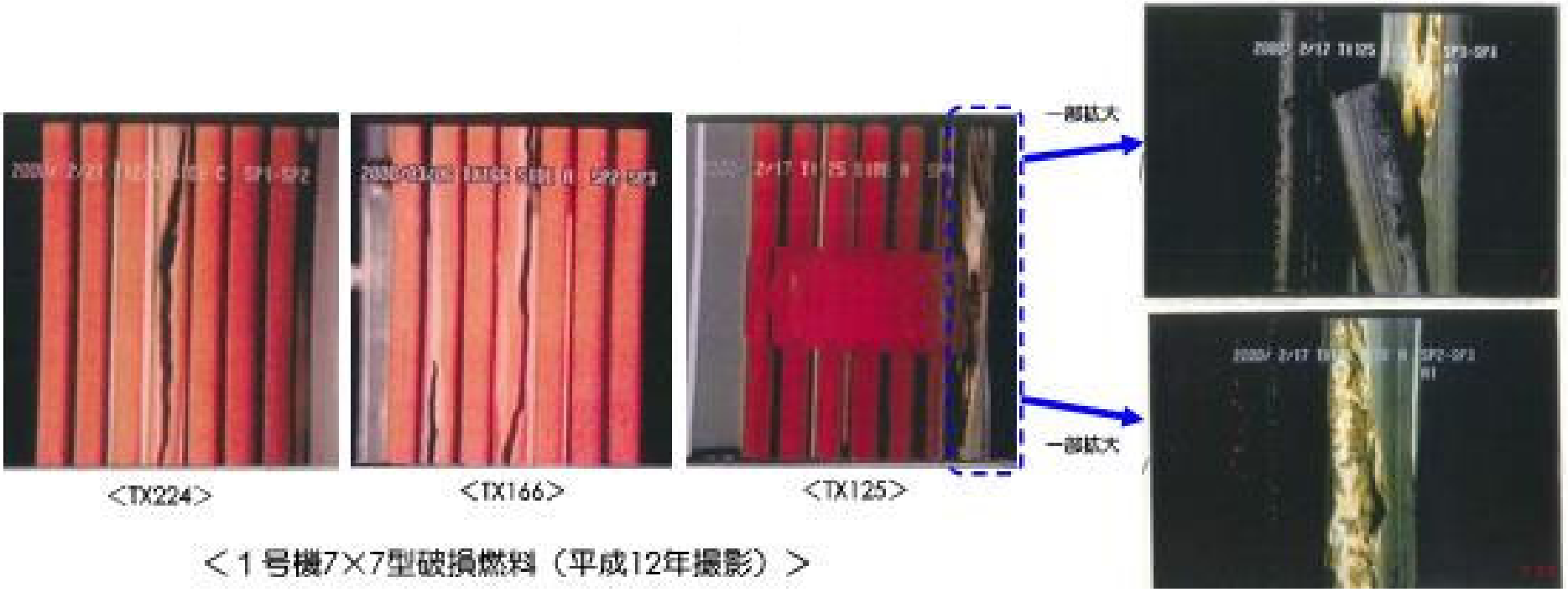
１号機　不安定な状態で存在する天井クレーンを撤去するため、十分な調査が必要　▶　調査が可能となった段階で速やかに調査し、安全評価、ガレキ撤去計画に反映

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

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

１号機に係る課題（破損燃料取り出し）

- プール内に事故前より保管されている被覆管の破損した燃料67本（全392本中）があり、この破損燃料の取り出しも主要な課題の１つ
- 2031年の燃料取り出し完了に向けて、海外の知見も活かし取扱計画の具体化を進めている状況
- 特に、事故後の状況の確認、取扱方法の検討とその開発、及び取扱に係るリスク検討等を確実に実施することが必要



＜１号機7×7型破損燃料（平成12年撮影）＞

※出典：2018年3月2日 廃炉汚染水対策チーム会合事務局会議資料　資料3-2

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

将来の処理・保管方法の決定

■ 東京電力は乾式保管設備として、金属キャスクに加えて、コンクリートキャスクの適用を検討することを公表

■ いずれを選択してもプール内に存在する破損燃料等の保管が課題

＜金属キャスク＞

■ メリット
- 国内外で多数の健全燃料の保管実績

■ デメリット
- 破損燃料等の保管に関しては、海外での事例も限られ、国内の事例なし

＜コンクリートキャスク＞

■ メリット
- 海外で多数の健全・破損燃料等の保管実績
- コンクリート製造に関して地元企業を活用
- 金属部分が少なく使用後の廃棄物量を低減
- 乾式保管設備の選択肢が拡大し調達リスク低減

■ デメリット
- キャニスタへの塩分付着による応力腐食割れ（SCC）が生じた場合の密封機能の劣化のリスク

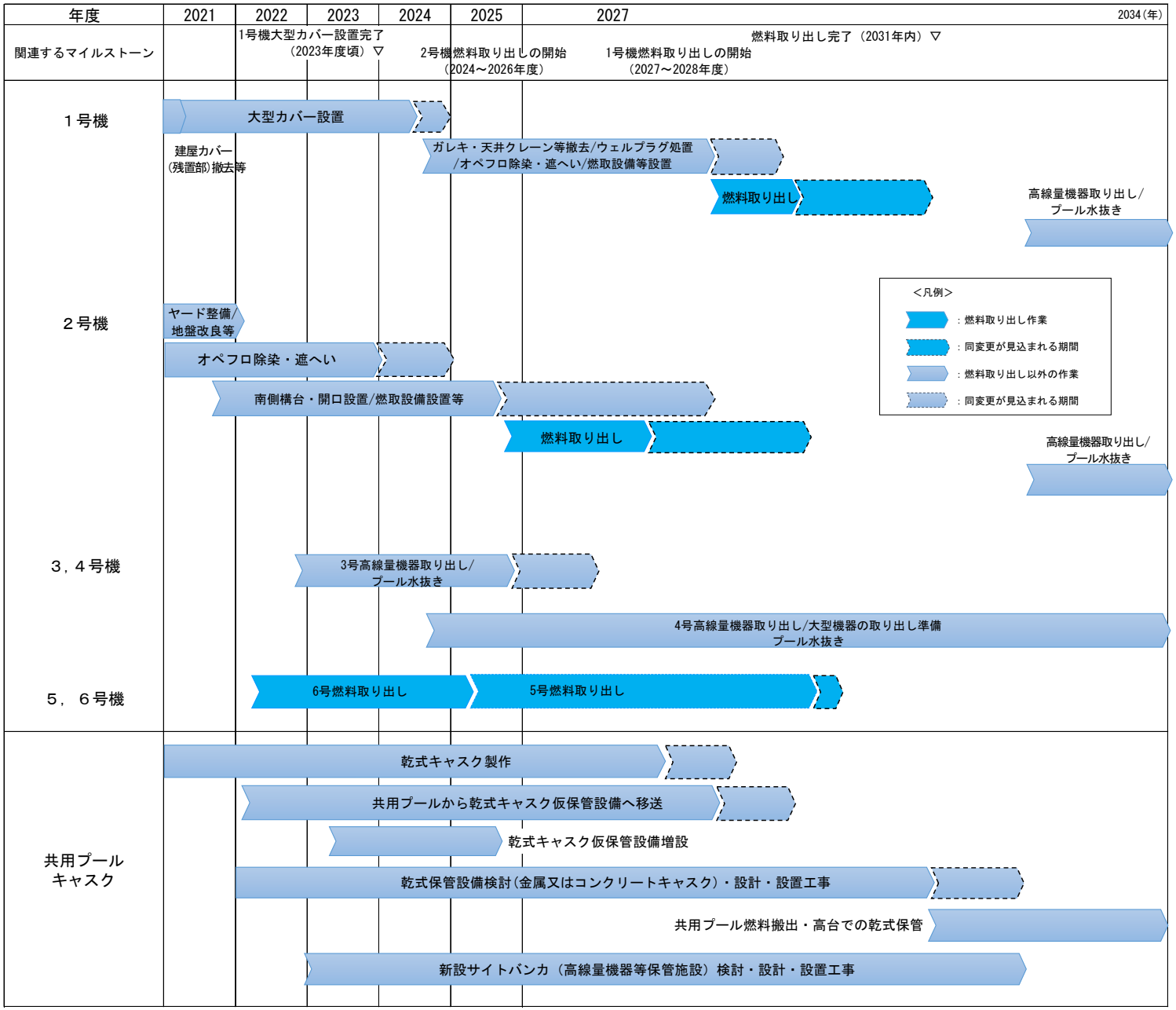
金属キャスク

コンクリートキャスク（例）

※出典： 東京電力ホールディングス（株） 廃炉中長期実行プラン2023

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

プール内燃料取り出しに関する主な技術課題と今後の計画（工程表）



無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

廃炉に係る分析の意義

意　義

福島第一の廃炉においては、分析対象物、目的、線量率が多岐に及ぶ分析が不可欠

- 燃料デブリの不確かさの幅の低減により、過度な裕度が不要となれば、廃炉の迅速性、合理性の向上が可能
- 固体廃棄物は、処理・処分方策の検討に当たり、性状データを取得するための分析が不可欠

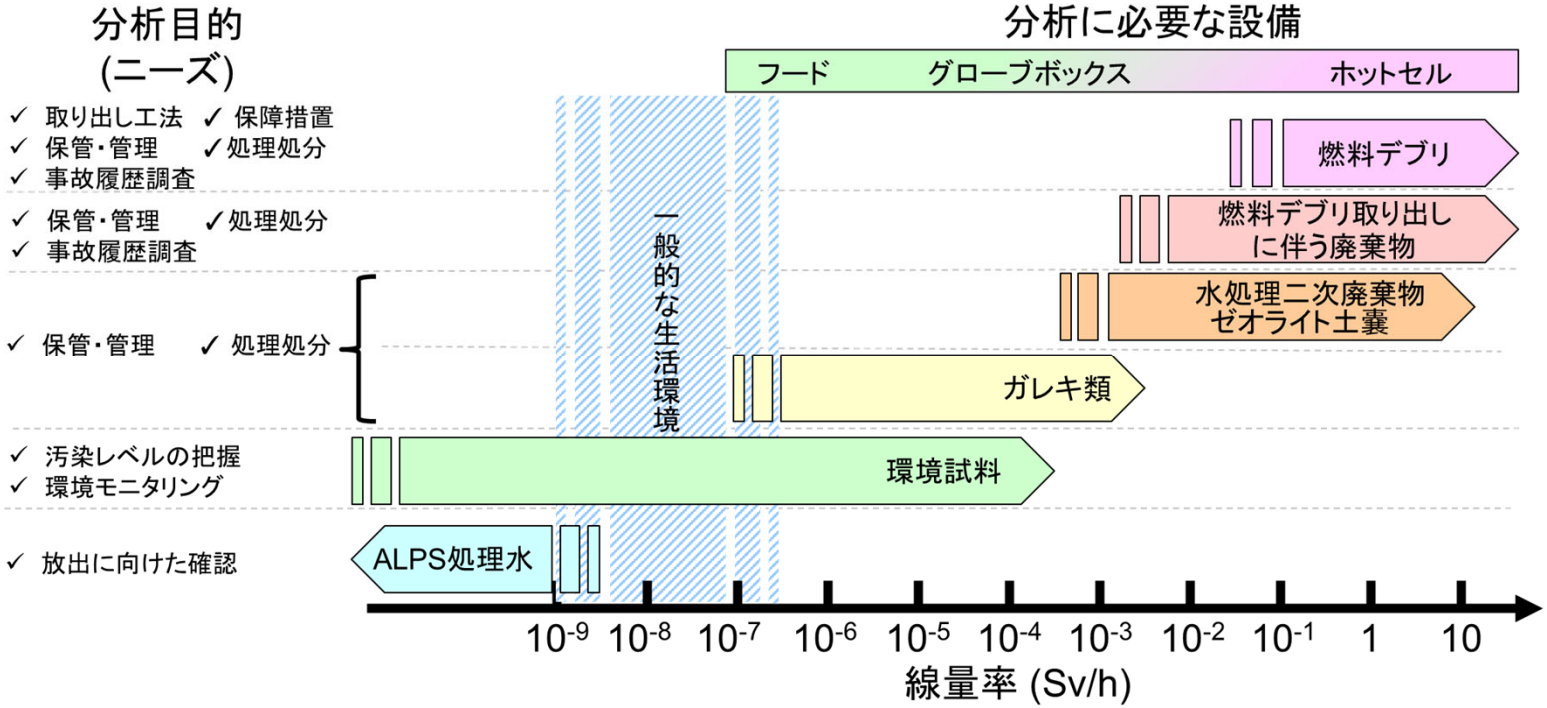


図　分析対象物の分析目的、分析に必要な設備及び線量率の関係

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

廃炉に係る分析に係る課題と戦略

課題と戦略

分析の手法・体制の強化

廃炉作業が停滞しないよう、将来的な分析需要の拡大も考慮した上で、計画的な分析の実施が課題

→ 分析優先度の高い廃棄物を抽出し、各廃棄物の特徴を踏まえた性状把握方針及び分析計画を検討

→ 分析計画を統合・調整し、分析能力の年度展開を策定し、要員計画にも反映

あらかじめ分析結果の活用方法を見越した分析計画を立案する高度な能力（一個人では困難）が必要

→ 分析計画の確認や課題解決に関する助言を行うために、「分析調整会議」及び「分析サポートチーム」を組織

サンプルサイズ・量の増加に向けた分析技術の多様化

サンプル分析は多項目の分析を行えるが、１回が長時間で分析量も少ないことが課題

→ サンプル分析に比べ、短時間かつ多量に計測可能な非破壊計測の適用方法の検討が重要

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

5. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発への取組

意　義

廃炉の着実な推進には、困難かつ多数の技術課題を解決する研究開発が不可欠

現状の動き

- 炉内調査の進展により廃炉ニーズが明確化されるとともに、東京電力によるエンジニアリングが本格的に開始
- 廃炉・汚染水・処理水対策事業の実施体制が、IRID中心から東京電力のニーズをベースにし、研究機関、メーカー等による体制に移行

戦　略

廃炉・汚染水・処理水対策事業に２つの取組（RFI、事業レビュー）を導入

✓　研究開発の企画提案や研究成果の現場適用性確保に係る機能を一層強化

情報提供依頼（RFI）

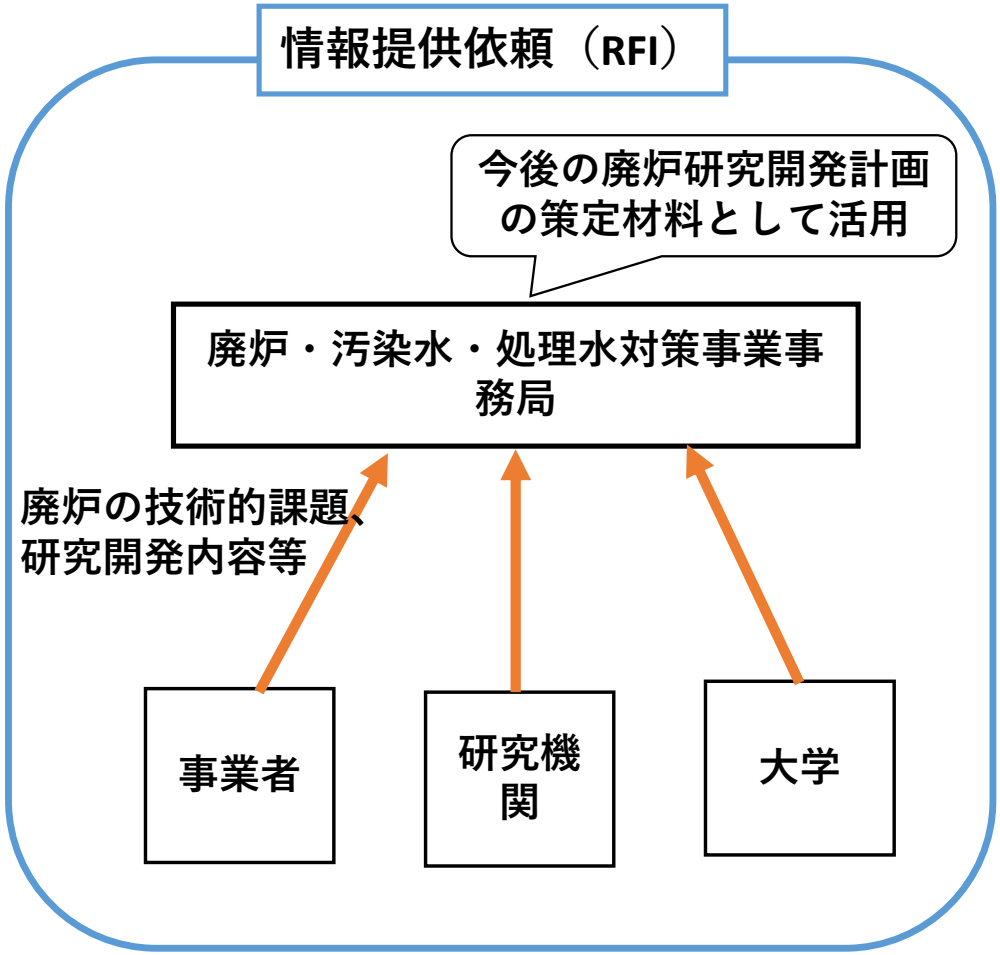
取り組むべき研究開発内容を広く募集し、新たな開発シーズを発掘

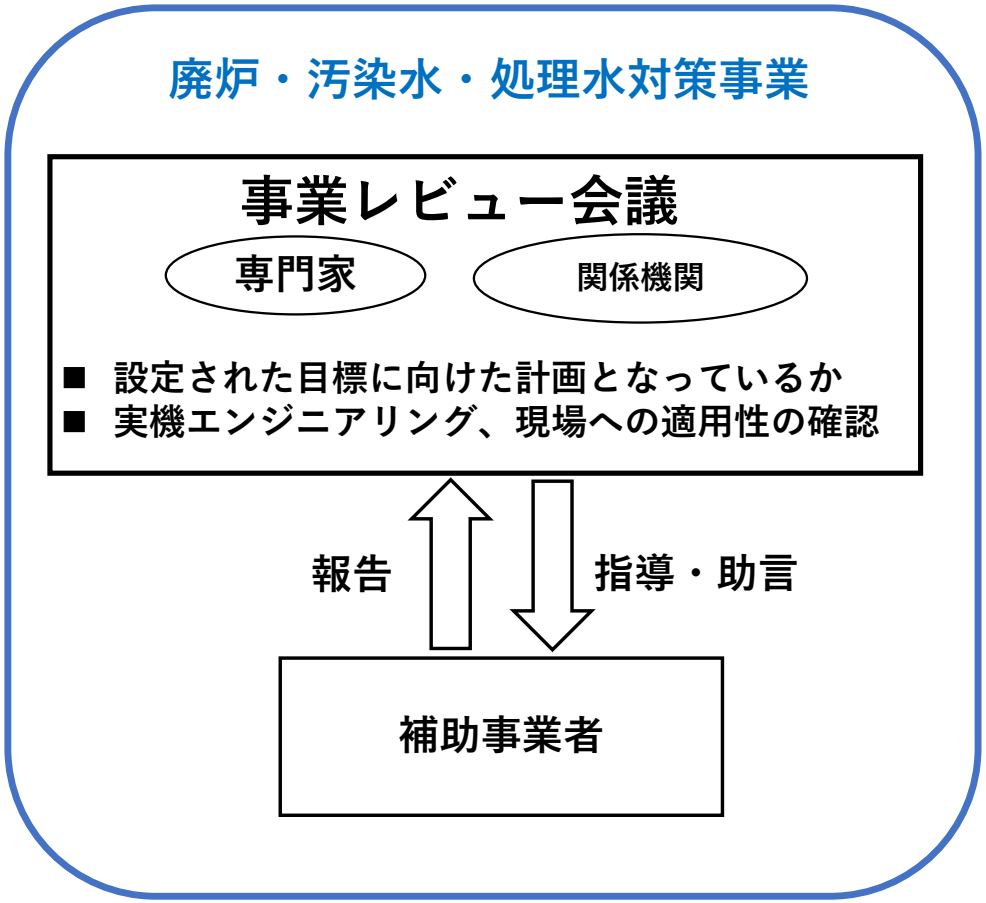
事業レビュー

補助事業者の計画、試験、設計、製作等の活動に対して、現場適用性の観点から指導・助言

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

RFIと事業レビュー





無断複製･転載禁止 原子力損害賠償･廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

廃炉を進めるための能力、組織、人材等

意　義

福島第一廃炉のようなプロジェクト型の業務における目標達成のためには、 **目的、手段、必要資源、スケジュールとリスクを明確化し、プロジェクト実行の管理が不可欠**

戦　略

オーナーが有するべき能力

- ✓ 現場の特殊性や実情に立脚した、安全とオペレータ視点を基盤とする技術力
- ✓ プロジェクトを進める意義や目標をより明確化する、プロジェクト上流側における検討能力　等

組織に関する取組

- ✓ 福島第一・福島第二の本社機能の統合・再編を検討

人材の確保と育成に関する取組

- ✓ 積極的な採用活動に加え、現有人材の多能化/生産性向上のための人材育成の推進等
- ✓ 中長期的にいつ頃どのような人材が必要となるかを見定め、広く社内外から人材を確保
- ✓ 計画的かつ体系的に廃炉を担うリーダーの育成

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

国際連携の強化

意　義

- 先行する海外事例に学び、**世界最高水準の技術や人材を活用**
- **福島第一廃炉の経験を国際社会に共有する**ことは、我が国の責任
- 福島第一廃炉の取組について、**国際的な理解や関心を得ること**

第7回福島第一廃炉国際フォーラム の様子
（2023年８月）

戦　略

世界の英知の結集と還元

- ✓ 汎用技術を廃炉に応用するための、幅広い国々からの情報収集

廃炉に関する国際社会の理解・関心や協力関係の維持

- ✓ 科学的で正確な理解を広げていくための、各国の専門家に向けた対話・交流
- ✓ 関心や理解のベースとなる知識や情報量に違いがあることから、相手に応じた分かりやすく丁寧な情報発信

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

地 域 共 生

意　義

「復興と廃炉の両立」を目指す上で、**地元の廃炉関連産業の活性化は、東京電力が福島第一廃炉を通じて復興に貢献するための重要な柱**

現状の動き

- 廃炉関係産業交流会の開催等による2023年7月末の**廃炉関連マッチング件数は706件**
- **浜通りの廃炉産業集積に向けた共同事業体の設立**
  - ✓東双みらいテクノロジー株式会社（株式会社IHIとの共同）
  - ✓東双みらい製造株式会社（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せるための取組

- ✓ 2022年度から「中長期発注見通し」に地元企業参画の候補となる、より具体的な作業を明示

関係機関とともに、地域との連携・協働の強化

- ✓ 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

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation