

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2024 及び最新の進捗状況について

2024年11月11日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

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

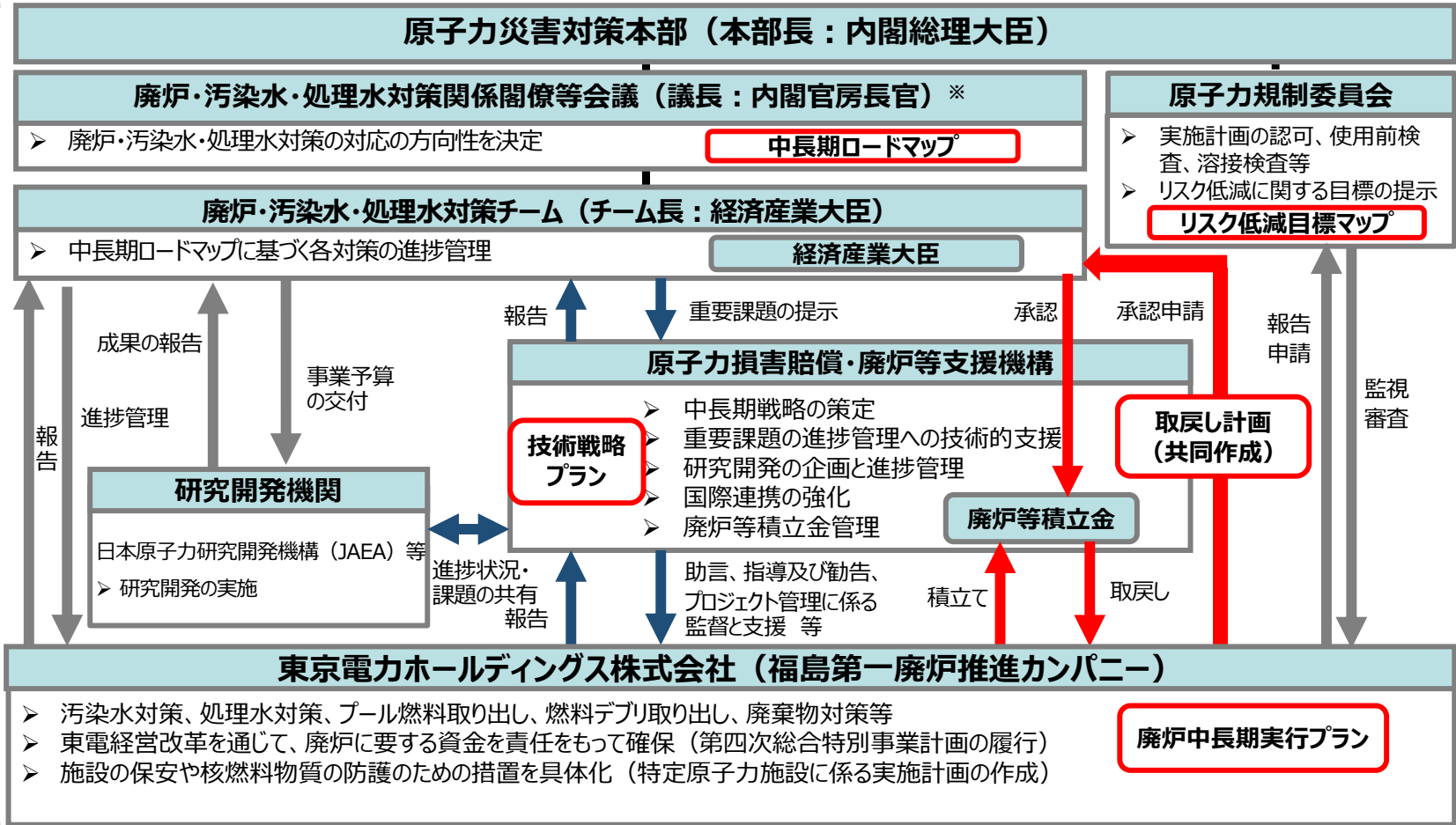
6. 技術戦略を支える取組

- 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

7. 最新の進捗状況

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

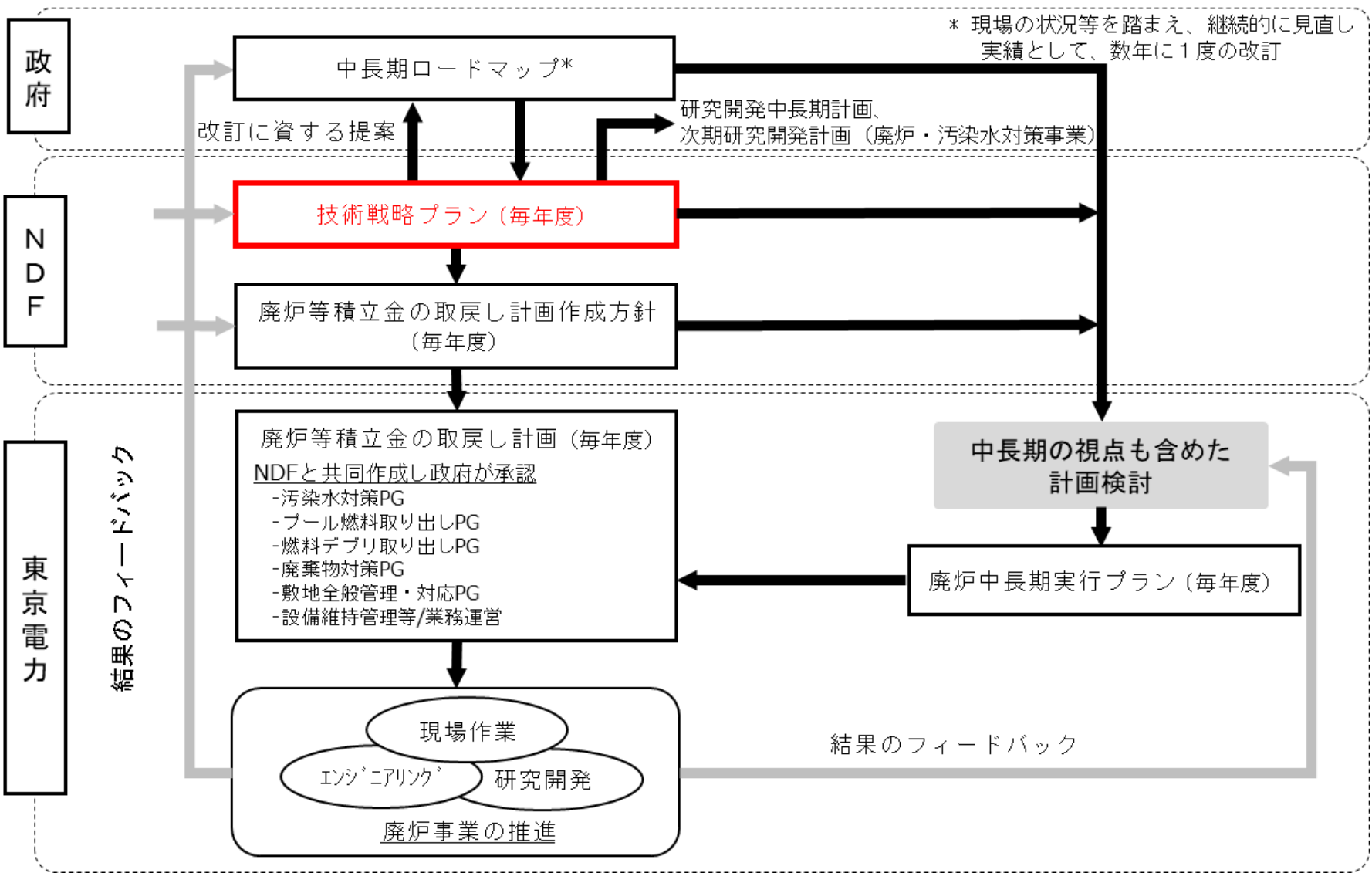
地域住民・社会
廃炉関係機関
双方向対話



※ 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



技術戦略プランの位置付け



第3期において議論すべき課題

燃料デブリの取り出しに向けた新たな段階に入る

課題と戦略

前人未到の燃料デブリ取り出しの貫徹



- 協力企業と一体となって、設計、施工、取り出し作業等を、安全第一にステップバイステップで進める

燃料デブリの取扱い



- 性状把握・分析を進め、保管の技術的要件を明確にした上で、着実に安定保管する
- 具体的処分については、燃料デブリの取り出しがある程度進み、分析と検討が進んだ段階で技術要件を示す

地元との対話



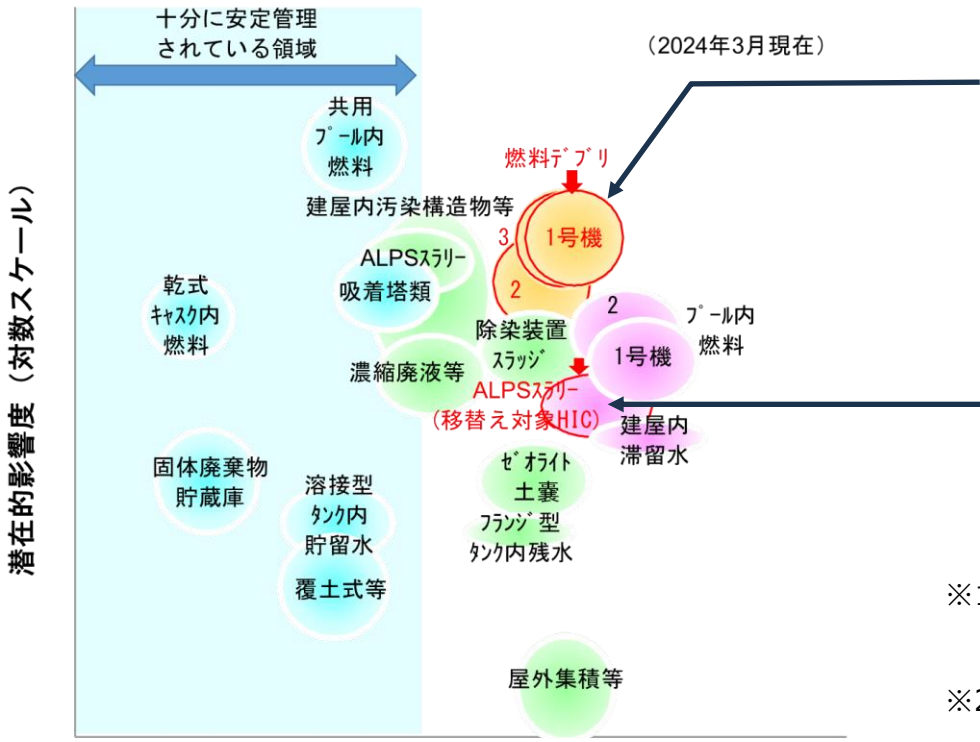
- 地域社会としての理解に至るべく、誠実で透明な対話を重ねていく（NDFは、今後も年2回程度の直接対話を継続）

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2023からの主な変化



安全管理要求度 (対数スケール)

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 燃料デブリ

「潜在的影響度」が減少

余裕時間に影響を及ぼす窒素封入停止後の水素濃度の変化を、放射能の減衰や燃料デブリの分布などを考慮して評価することにより潜在的影響度は減少し、下方に移動 (※1,2)

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

- ※1 余裕時間は潜在的影響度の評価の一要素であり、燃料デブリの場合、窒素封入停止後の水素濃度が可燃限界に至るまでの時間を余裕時間として考慮している
- ※2 余裕時間は、「数日」、「数週間」、「数か月」等の大まかな分類によって、その違いが潜在的影響度の評価に反映される。これまでの評価では、余裕時間の評価として「数週間」をより確からしいと評価していたが、今回の評価でこれを「数か月」に見直すことにより、前回からの主な変化として表れた

廃炉作業を進める上での安全確保の考え方

課題

安全確保に当たっては、福島第一の特殊性を十分に踏まえること

事故炉である福島第一の廃炉は、安全上の特殊性に対応するため
安全視点、オペレータ視点を反映することが必要

福島第一原子力発電所の持つ特殊性

非定型 & 非密封

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
状態で存在

障壁が不完全

放射性物質を閉じ込める
障壁が不完全

大きな不確かさ

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

計測が困難

放射線レベルが高い等の制約から
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

時間軸の意識が必要

閉じ込め障壁等の更なる
劣化が懸念される

対応の時間的余裕

内在エネルギーが小さく状態変化が
緩慢なため、故障等への対応の時
間的余裕が大きい

燃料デブリ取り出しに係る主な目標と進捗

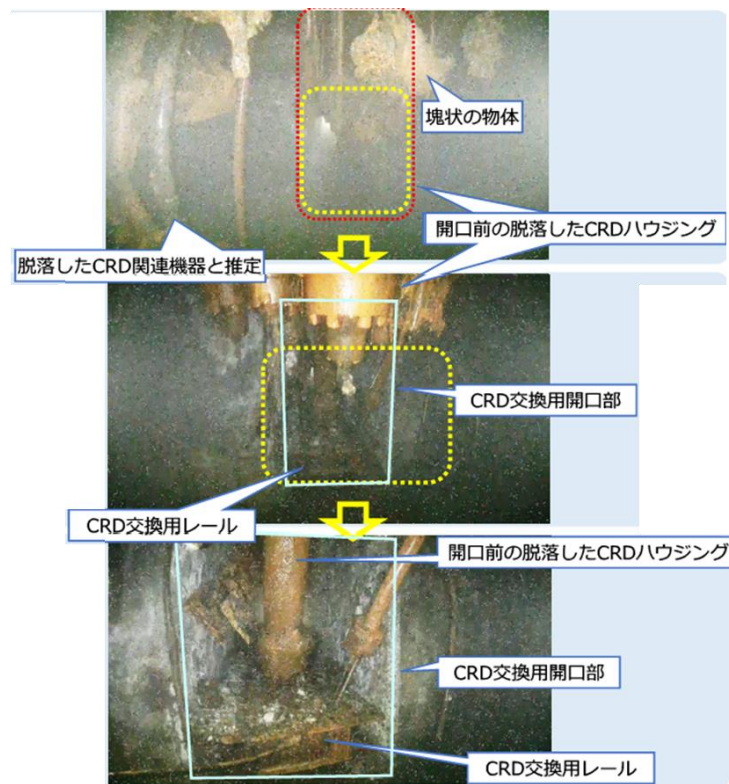
主な目標

- 2024年9月に開始した2号機の試験的取り出しでは、内部調査や、段階的な取り出し規模の拡大等を進め、その後の取り出し規模の更なる拡大に向けて必要な情報・経験を得る
- 取り出し規模の更なる拡大について、東京電力は「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」の報告を基に1～2年程度で具体的な設計検討を行う

進 捗

1号機PCV内部調査

- ドローンによるペDESTAL内・外（気中部）のPCV内部調査を実施し、ドローンの有効性を確認
- 調査の結果、ペDESTAL外壁・内壁（気中部）に大きな損傷は確認されず
- ペDESTAL内ではCRDハウジングの脱落と上部に塊状の物体の付着を確認



ペDESTAL内CRDハウジング（CRD交換用開口部付近）

（出典：2024年3月28日 廃炉汚染水対策チーム会合事務局会議資料）

図 PCV内部調査の調査結果

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

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で、P C V外側への閉じ込め障壁拡張は、今後の燃料デブリ取り出し作業の基本的な現場構成の形となる

課題と技術戦略

P C Vの内部状況が不確かな中で、燃料デブリ取り出しの作業ステップを進めていくことが課題

- ✓ テレスコ式装置での速やかな燃料デブリの採取/分析
- ✓ ロボットアームによる内部調査・燃料デブリの更なる採取/分析
- ✓ 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

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（済）
04. X-6ペネ内堆積物除去（済）
05. X-6ペネ接続構造等の設置（済）
06. テレスコ式装置の設置（済）
- 07. 燃料デブリ採取（試験的取り出し）**
08. 燃料デブリの収納
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

※引き続き、ロボットアームによる内部調査・燃料デブリ採取を実施

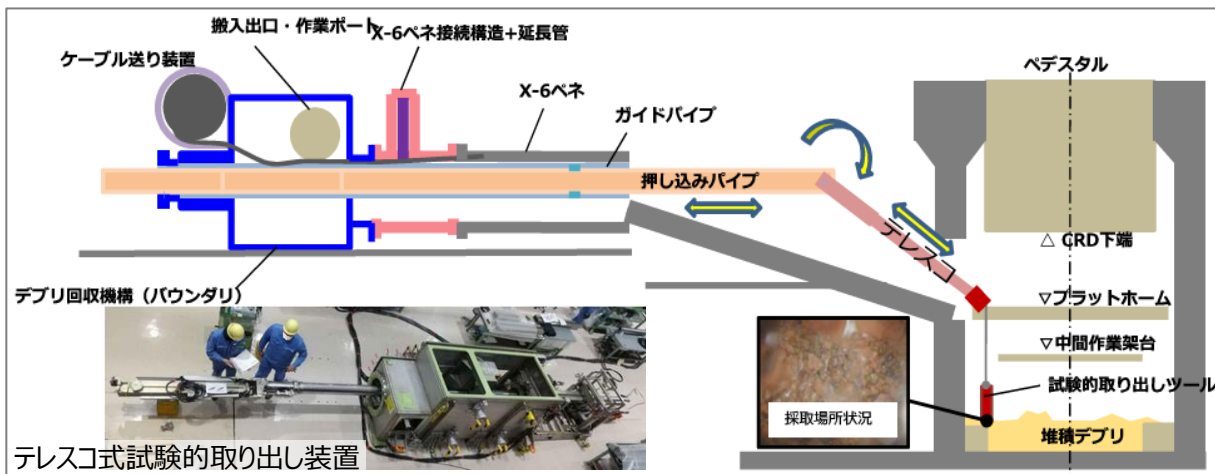


図 テレスコ式装置による燃料デブリ採取（イメージ図）

3号機 取り出し規模の更なる拡大（1）

課題

2030年代の取り出し作業開始に向けて、工法選定・具体的な設計検討を進める必要

「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」を設置して専門的かつ集中的な検討を行い、3つの工法を評価して工法選定への提言等を取りまとめた

東京電力は小委員会の提言に基づき、具体的な設計検討を進めており、2025年度半ばを目処にその成果を取りまとめ、その後、基本設計のフェーズに進む計画

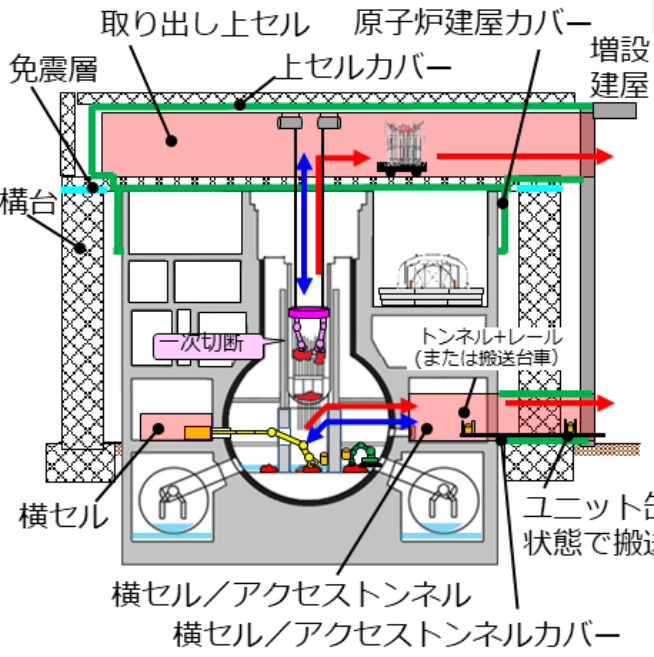
工法選定への提言

- ✓ 気中工法と気中工法オプションの組合せによる設計検討・研究開発を開始する
- ✓ これと併行して、小規模な上アクセス等による内部調査を進める
- ✓ 水遮へいの機能を活用した工法についても、併行して検討を行う

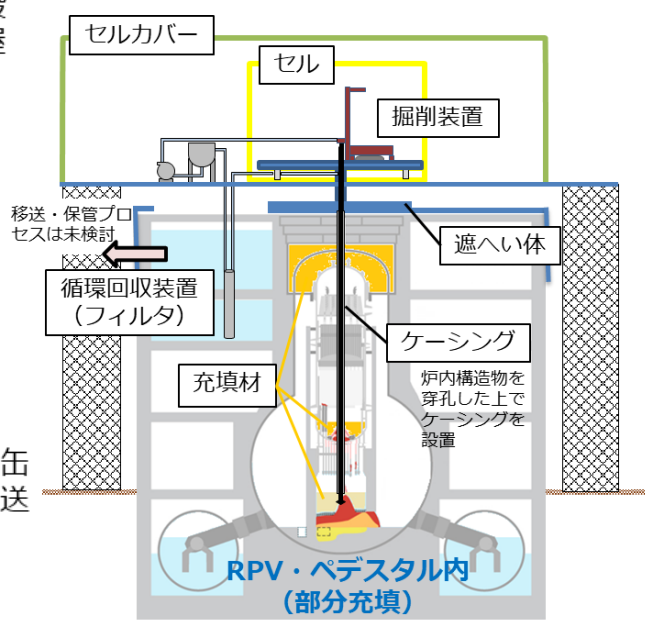
3号機 取り出し規模の更なる拡大（2）

小委員会で評価した各工法の概要

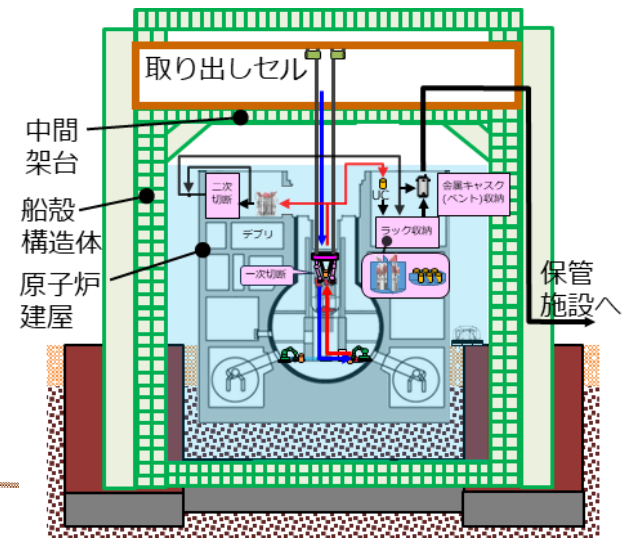
<気中工法>
 燃料デブリが気中に露出もしくは低水位で浸漬した状態で取り出す工法



<気中工法オプション>
 ペDESTAL底部、RPV、原子炉ウエ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



<冠水工法>
 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



【図中の凡例】
 ➡ : 装置/容器の搬入出ルート
 ➡ : デブリの搬出ルート

注) 各工法の概要は一例であり、確定的なものではない

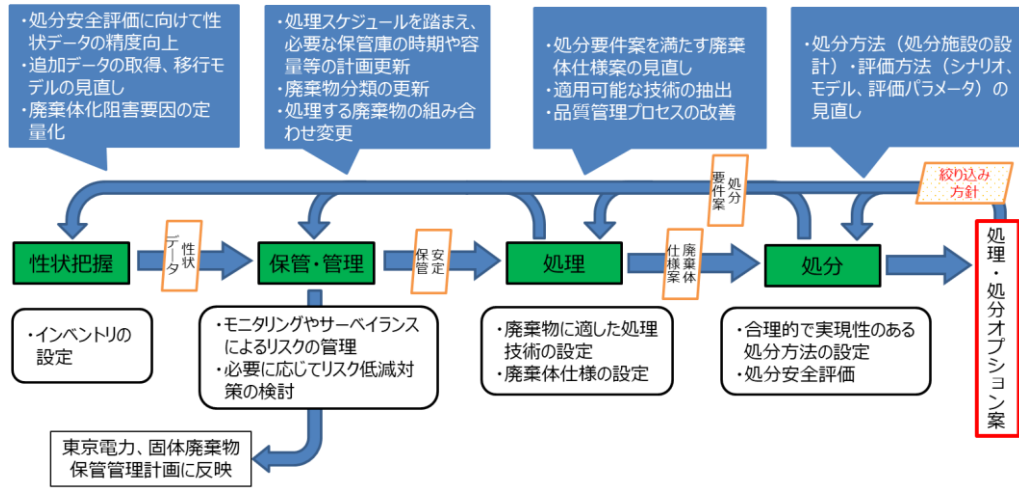
廃棄物対策に係る主な目標

主な目標

■ 廃棄物ストリーム※構築に向け、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

※ 個別の固体廃棄物ごとの性状把握から再利用、処分に至るまで一体となった対策の流れ（個別廃棄物ストリーム）を評価し、その中で安全性や成立性が認められた選択肢を蓄積し、束ねたもの。

■ 分析計画を策定・更新し、廃棄物の保管・管理から処分までの各検討を進める上で必要な分析を着実に進める



現状の課題 (上流へフィードバックすべき課題)

性状把握	性状把握→保管・管理	性状把握→処理	性状把握→処分
性状把握←保管・管理	保管・管理	保管・管理→処理	保管・管理→処分
性状把握←処理	保管・管理←処理	処理	処理→処分
性状把握←処分	保管・管理←処分	処理←処分	処分

現状を踏まえた対策・検討 (下流へインプットする研究成果)

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

性状把握

廃棄物対策には廃棄物性状の把握を分析により行う必要があり、多様かつ膨大な廃棄物に対しその優先度・目的・定量目標等を定める中長期的な分析戦略が必要

保管・管理

今後も発生し続ける固体廃棄物の保管・管理を安全かつ合理的に進めるため、現在より合理的な廃棄物管理を行う必要

処理・処分

廃棄体仕様・製造方法の確定のため、固体廃棄物全体の管理における適切な対処方策の検討を進める必要

技術戦略

効率的な分析のため統計論的方法等を利用した分析計画法によるアプローチを検討

合理的な廃棄物管理を行うため、表面線量率による区分から、より適切な保管・管理を選択できる放射能濃度による管理への移行

固体廃棄物の処理技術の課題・処分の選択肢の検討により、処理及び処分方策の選択肢を抽出



分析によって得られる廃棄物の性状データ等を用いて選択肢の比較・評価を行い、固体廃棄物ごとに適した廃棄物ストリームの構築等を検討

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2028年度末に約50～70m³/日程度に抑制
〔2025年内に約100m³/日以下の目標は約2年前倒しで達成〕
- 燃料デブリ取り出し等との整合を図りつつ、中長期の汚染水対策のあるべき姿を具体化
- 敷地等の廃炉作業の推進に必要なリソースを確保するため、ALPS処理水の安全かつ確実な放出を継続

技術戦略

- ▶ 陸側遮水壁・サブドレンの運用継続、フェーシング等の雨水対策に加え、局所的な建屋止水を展開
- ▶ 作業干渉性を考慮しつつ燃料デブリ取り出し工法に応じた浄化システムや建屋止水対策を整備
- ▶ 処理水放出設備を計画通り、確実に運用するとともに処理水の分析や海域モニタリングの結果を迅速、かつ透明性高く発信することを継続

ALPS処理水放出実績（計8回）

- 放出量：約63,000m³〔全体量：約130万m³(放出開始時点)〕
- 処理水の移送設備、希釈放出設備等に異常は見られず、安定運転を継続
- 処理水の放出口付近で実施している海水のトリチウム濃度の迅速測定では、指標(放出停止判断レベル、調査レベル)を大きく下回る値で推移しており、処理水の放出が計画通り安全に実施されていることを確認

年度	放出回	期間	希釈前のトリチウム濃度	トリチウム以外の放射性核種濃度(告示濃度比総和)	希釈後のトリチウム濃度最大値	放出量	トリチウム総量
2023年度	第1回	2023年8/24～9/11	14万 Bq/L	0.28 (<1)	220 Bq/L	7,788m ³	約1.1兆 Bq
	第2回	10/5～10/23	14万 Bq/L	0.25 (<1)	189 Bq/L	7,810m ³	約1.1兆 Bq
	第3回	11/2～11/20	13万 Bq/L	0.25 (<1)	200 Bq/L	7,753m ³	約1.0兆 Bq
	第4回	2024年2/28～3/17	17万 Bq/L	0.34 (<1)	254 Bq/L	7,794m ³	約1.3兆 Bq
2024年度	第1回	2024年4/19～5/7	19万 Bq/L	0.31 (<1)	266 Bq/L	7,851m ³	約1.5兆 Bq
	第2回	5/17～6/4	17万 Bq/L	0.17 (<1)	234 Bq/L	7,892m ³	約1.3兆 Bq
	第3回	6/28～7/16	17万 Bq/L	0.18 (<1)	276 Bq/L	7,846m ³	約1.3兆 Bq
	第4回	8/7～8/25	20万 Bq/L	0.12 (<1)	267 Bq/L	7,897m ³	約1.6兆 Bq

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

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

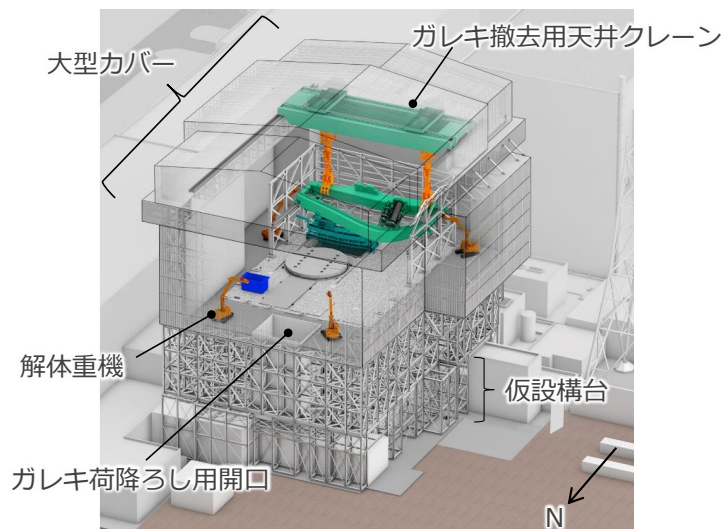
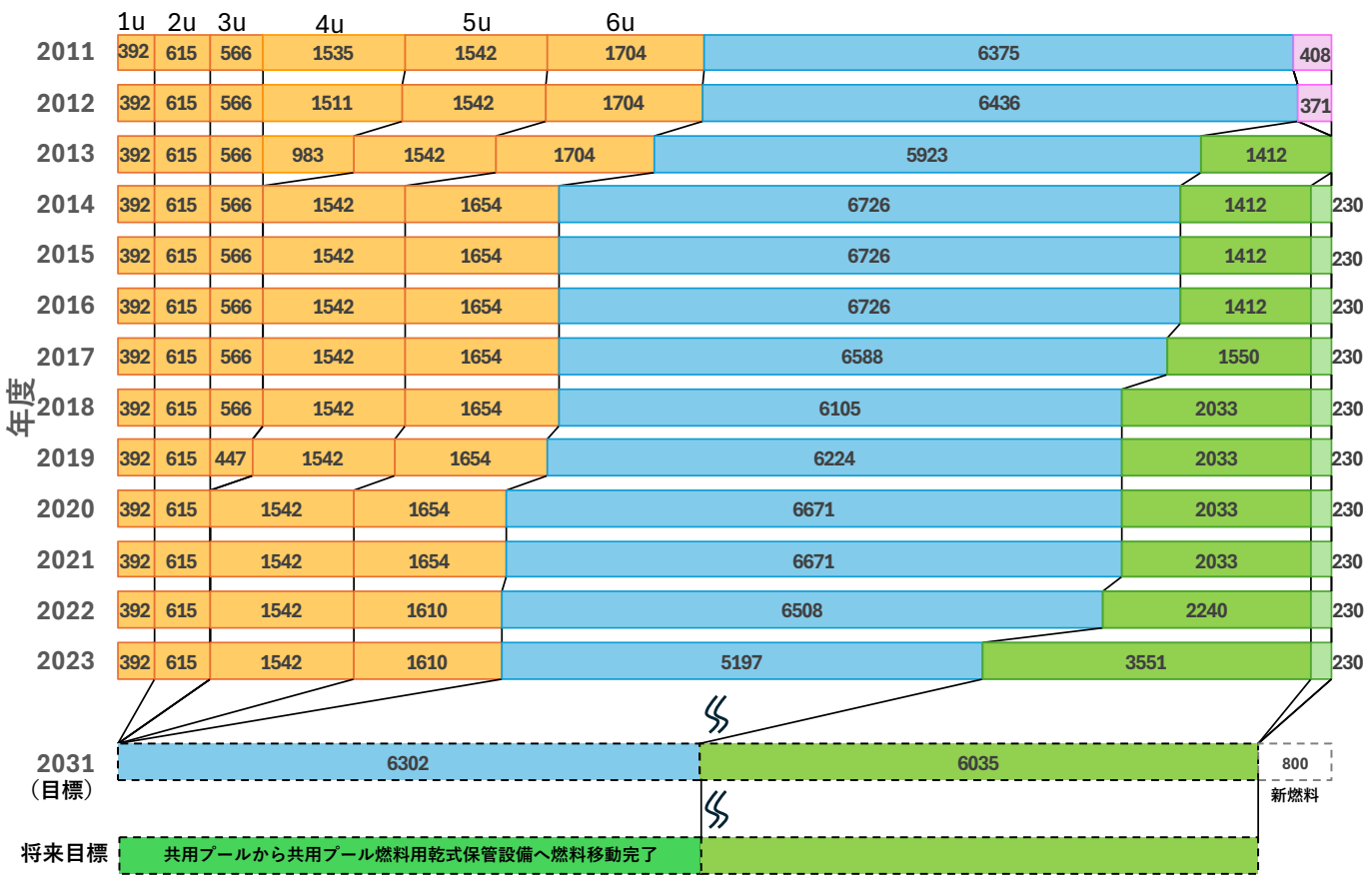


図 1号機 がれき撤去時（イメージ図）

燃料保管場所の推移

使用済み燃料をより安全な共用プールへ着実に移送し、適切に保管している

■ 使用済燃料プール ■ 共用プール ■ 乾式キャスク仮保管設備 ■ 6号機新燃料貯蔵庫 ■ キャスク保管建屋 ■ 共用プール燃料用乾式保管設備



※ 乾式キャスク仮保管設備：2013年運用開始 4号機：2014年使用済燃料プール取り出し完了 3号機：2021年使用済燃料プール取り出し完了
 キャスク保管建屋（事故前から物揚げ場脇に設置されていたキャスク貯蔵建屋）：保管していた乾式キャスクは2013年度に乾式キャスク仮保管設備へ移送完了
 2031年時点新燃料（800体） 乾式キャスク仮保管設備キャスク95基貯蔵予定

図 福島第一原子力発電所 年度末における燃料体数



廃炉に係る分析の目的と対象物

目的と意義

福島第一原子力発電所の事故によって発生した燃料デブリや固体廃棄物を安全に取り扱い、適正な保管・管理等を行うために、様々な試料に多岐に及ぶ分析を行う

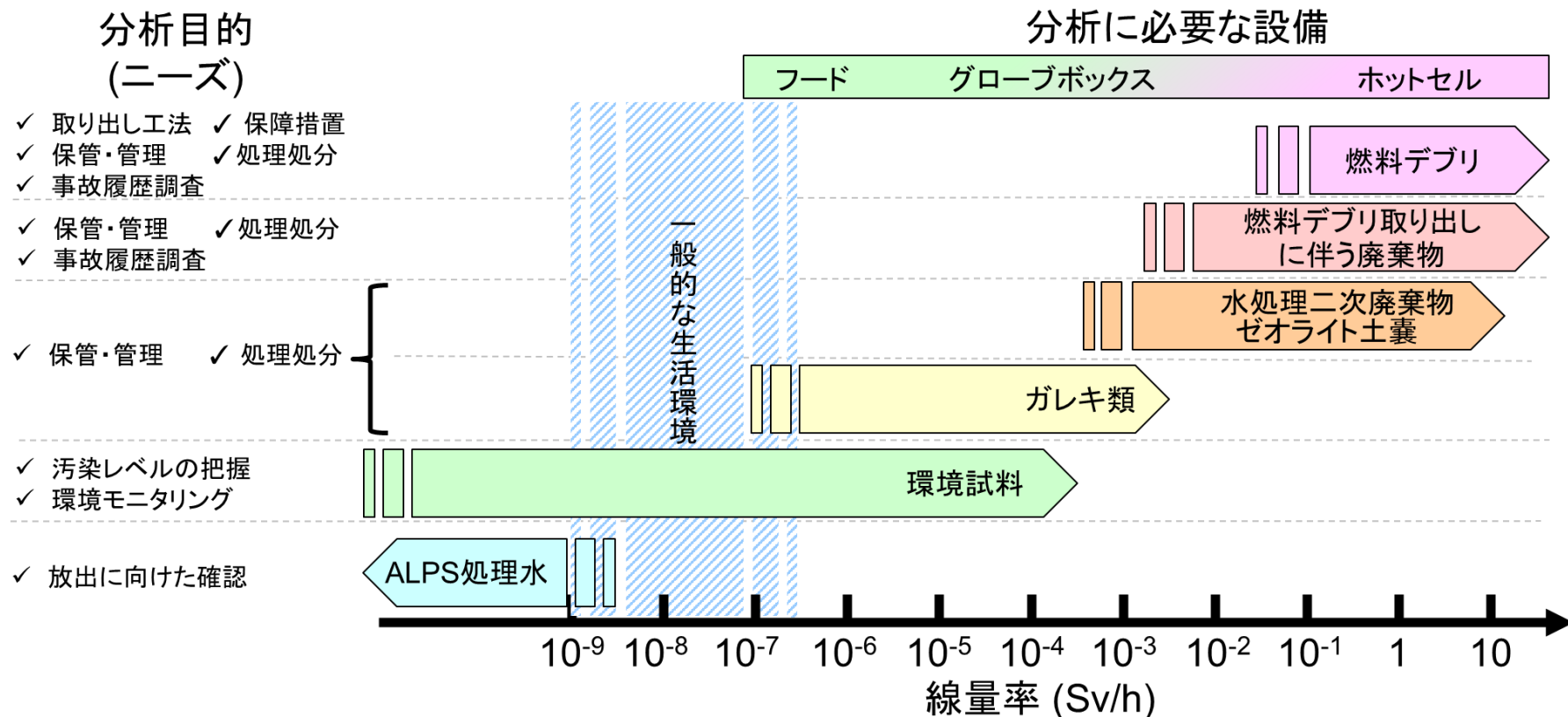


図 分析対象物の分析目的、分析に必要な設備及び線量率の関係

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

将来的な分析量の増加時でも計画的な分析の実施が課題



優先度の高い廃棄物を踏まえた性状把握方針及び分析計画を策定

分析結果の活用方法を見越した計画を立案する高度な能力が必要



分析計画の策定・更新を行う人材を育成するとともに、分析計画の確認や課題解決に関する助言を行うため「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1回の分析が長時間で分析量も少ないことが課題



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

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

廃炉の着実な推進のため、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

- 2024年3月に工法選定への提言が示され、東京電力によるエンジニアリングが本格的に開始
- 事業の実施体制は、IRID中心から、東京電力のニーズをベースにした研究機関、メーカー等による体制に移行

戦略

- 小委員会の報告書の提言を踏まえ、東電はエンジニアリングを進めるとともに、関係機関（東電、JAEA、NDF等）は基礎基盤研究を含む課題検討を行い、廃炉補助事業、英知事業、東電の技術開発において開発を重点化・加速化
- 英知事業による大学・研究機関等を対象とした廃炉等の課題解決に資する基礎基盤研究および人材育成の取組の推進
- 英知事業の研究成果のジオポリマーが、燃料デブリ取り出しの充填材候補として廃炉補助事業で実用化研究を進められているように、基礎基盤研究と応用実用化研究の連携を更に促進

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

東京電力が今後戦略的に強化すべき能力

- ✓ 安全とオペレータ視点を基盤とする技術力やプロジェクト上流側における検討能力等の強化

取引企業との協働的な関係性の構築

- ✓ 長期にわたる廃炉事業の継続のための取引企業と協調したサプライチェーンの構築が重要
- ✓ トラブルが連続して発生しており、東京電力が責任を持って廃炉作業全体を注意深く監督・管理する必要。このため、現場の安全・品質確保を目的として、作業リスク抽出レベルの向上、決められた作業体制での作業の徹底など教育・管理面の充実を図る取組を実施

人材の確保と育成に関する取組

- ✓ 中長期的に必要な人材確保の活動や、廃炉を担うリーダーの計画的・体系的な育成が必要
- ✓ 原子力分野に限らない多様な分野を視野に入れた高等・中等教育段階の取組を実施

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**

戦略

世界の英知の結集と還元

- ✓ 海外企業と協力したロボットアーム開発やレガシーサイトへの東電駐在員の派遣
- ✓ OECD/NEA等の各種会議への参画や福島第一廃炉国際フォーラムの開催

廃炉に関する国際社会の理解・関心や協力関係の維持・発展

- ✓ 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
- ✓ 相手の関心に応じた分かりやすく丁寧な情報発信



第8回福島第一廃炉国際フォーラムの様子
(2024年8月)

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**

現状の取組

- **福島第一原子力発電所における雇用**
 - ✓ 平日1日あたり平均約3,500～4,700人の作業員が業務に従事（2024年7月までの至近2年間）
 - ✓ 地元雇用率は約7割（2024年7月時点）
- 廃炉関係産業交流会の開催等による2024年8月末の**廃炉関連マッチング件数は1,183件**

戦略

地元企業の廃炉作業への参画拡大に向けた取組

- ✓ 東京電力・NDFなどの関係機関が元請企業等の視点から見た課題・意見を把握し、地元企業の参画に向けた支援の在り方を検討
- ✓ 地元企業が継続して参画できるよう、中長期発注の見通しについての説明会の開催、マッチング支援の継続
- ✓ 地元企業が継続して一定規模の発注を見通すことのできる取組の検討

7. 最新の進捗状況 (1/2)

■ 2号機の燃料デブリ試験的取り出し作業

- ✓ 2024年9月10日、取り出し作業に着手したが、装置先端のカメラ2台の映像が途切れてしまったことから9月17日に作業を中断
- ✓ その後、映像が確認できなくなったカメラを交換し、10月28日に作業を再開。10月30日に燃料デブリの把持作業を実施
- ✓ 11月6日に把持した燃料デブリを運搬用ボックスに回収し、翌7日にエンクロージャ外へ運搬用ボックスを取り出し、DPTEコンテナへ収納

燃料デブリを先端治具で把持した状況



(出典：2024年10月30日・東京電力公表資料)

■ 燃料デブリ取り出し工法評価小委員会によるフォローアップ

- ✓ 報告書公表（2024年3月7日）以降、現在までに同委員会を2回開催し、東京電力による設計検討の実施状況をフォローアップ。主な議題は以下のとおり
 - (7月3日開催)
 - ・燃料デブリの取り出し規模の更なる拡大に向けた設計検討の進め方
 - (10月22日開催)
 - ・3号機のRPV/PCV内部調査の検討状況
 - ・3号機燃料デブリ取り出しに向けた環境改善工事の実施・検討状況

7. 最新の進捗状況（2/2）

■ 燃料デブリ取り出しの安全確保策のあり方に係る検討

- ✓ 燃料デブリ取り出しの安全確保策のあり方を定めることは、具体的な設計検討を円滑に進める上で有効なだけでなく、設計検討結果を様々なステークホルダーの方々に御理解いただく上でも有効
- ✓ 第20回原子力規制委員会（2024年7月17日）にて、NDFと東京電力が燃料デブリ取り出しに関する安全確保策のあり方の策定に向けた考え方について説明

■ ALPS処理水 海洋放出の状況（放出実績 2024年度第5回・第6回）

放出回 (2024年度)	期間	希釈前の トリウム濃度	トリウム以外の 放射性核種濃度 (告示濃度比総和)	希釈後の トリウム濃度 最大値	放出量	トリウム 総量
第5回	2024年 9/26~10/14	28万 Bq/L	0.078 (< 1)	405 Bq/L	7,817m ³	約2.2兆 Bq
第6回	10/17~11/4	31万 Bq/L	0.083 (< 1)	436 Bq/L	7,837m ³	約2.4兆 Bq

■ 福島廃炉等地域共生協議会

- ✓ 「復興と廃炉の両立」の大原則の下、地元企業の参画を支援していくため、官民の連携した体制である福島廃炉等地域共生協議会（第1回）を開催予定