

**東京電力ホールディングス(株)
福島第一原子力発電所の
廃炉に向けた技術開発の全体像
(技術戦略プラン2022より)**

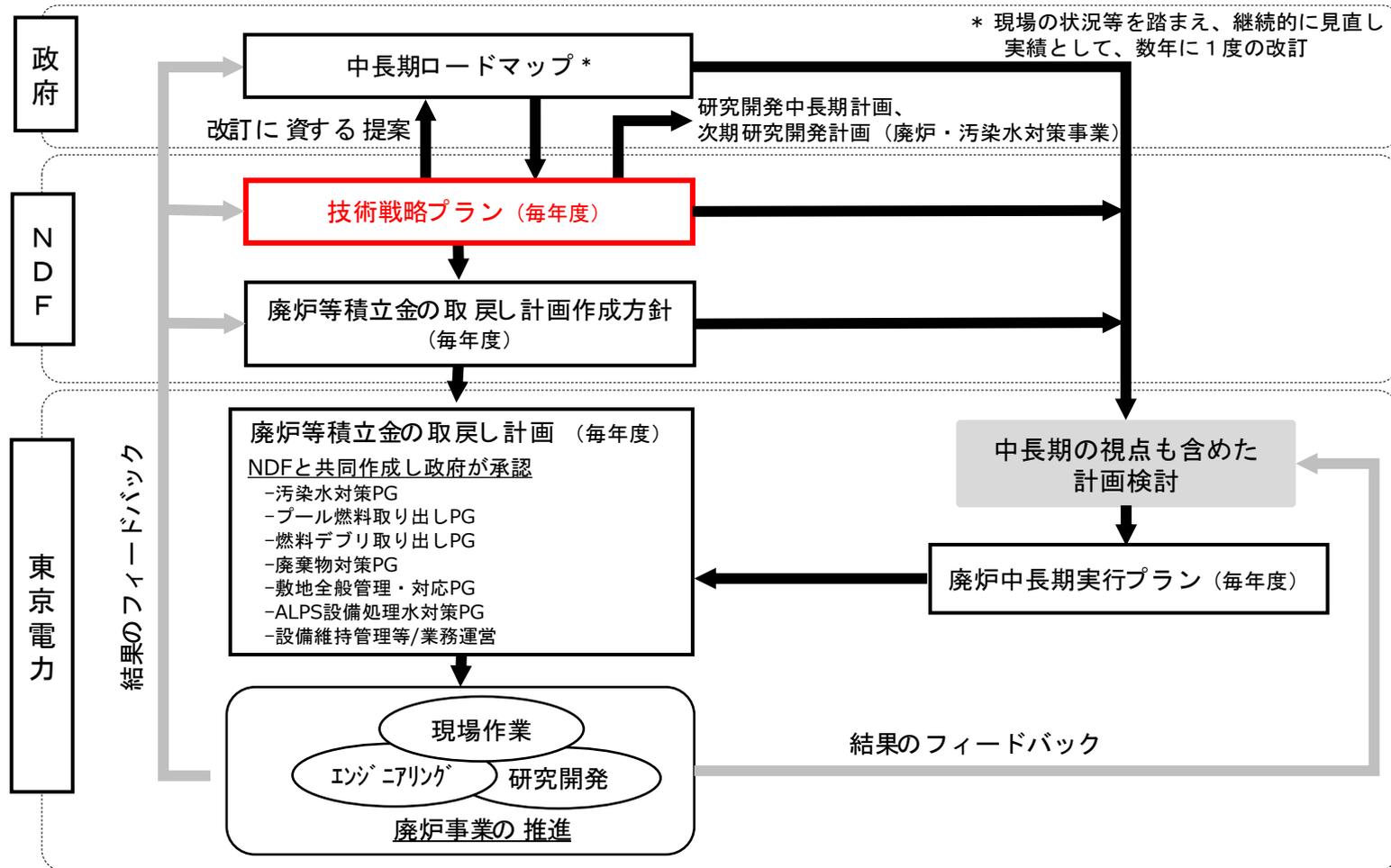
2023年3月

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

1. 技術戦略プランの位置づけ

2. 研究開発への取組
3. 燃料デブリ取り出しについての技術戦略
4. 廃棄物対策についての技術戦略
5. 廃炉の推進に向けた分析戦略
6. 福島第一の廃炉技術と原子力利用に係る研究開発

1. 技術戦略プランの位置付け



1. 技術戦略プランの位置づけ

2. 研究開発への取組

3. 燃料デブリ取り出しについての技術戦略

4. 廃棄物対策についての技術戦略

5. 廃炉の推進に向けた分析戦略

6. 福島第一の廃炉技術と原子力利用に係る研究開発

2. 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12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

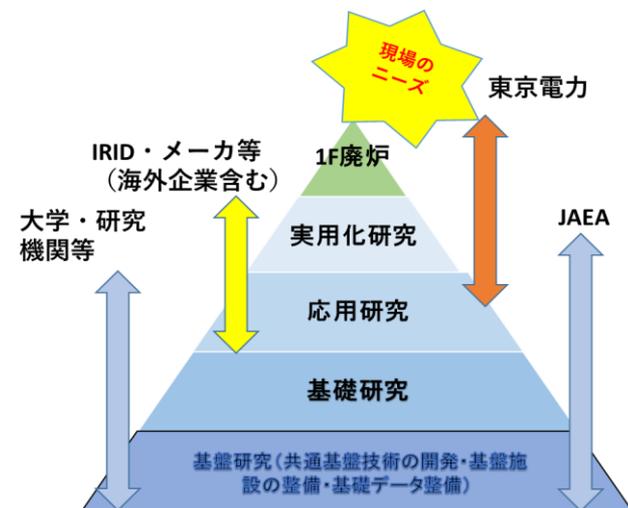


図 廃炉研究開発の研究範囲と実施機関

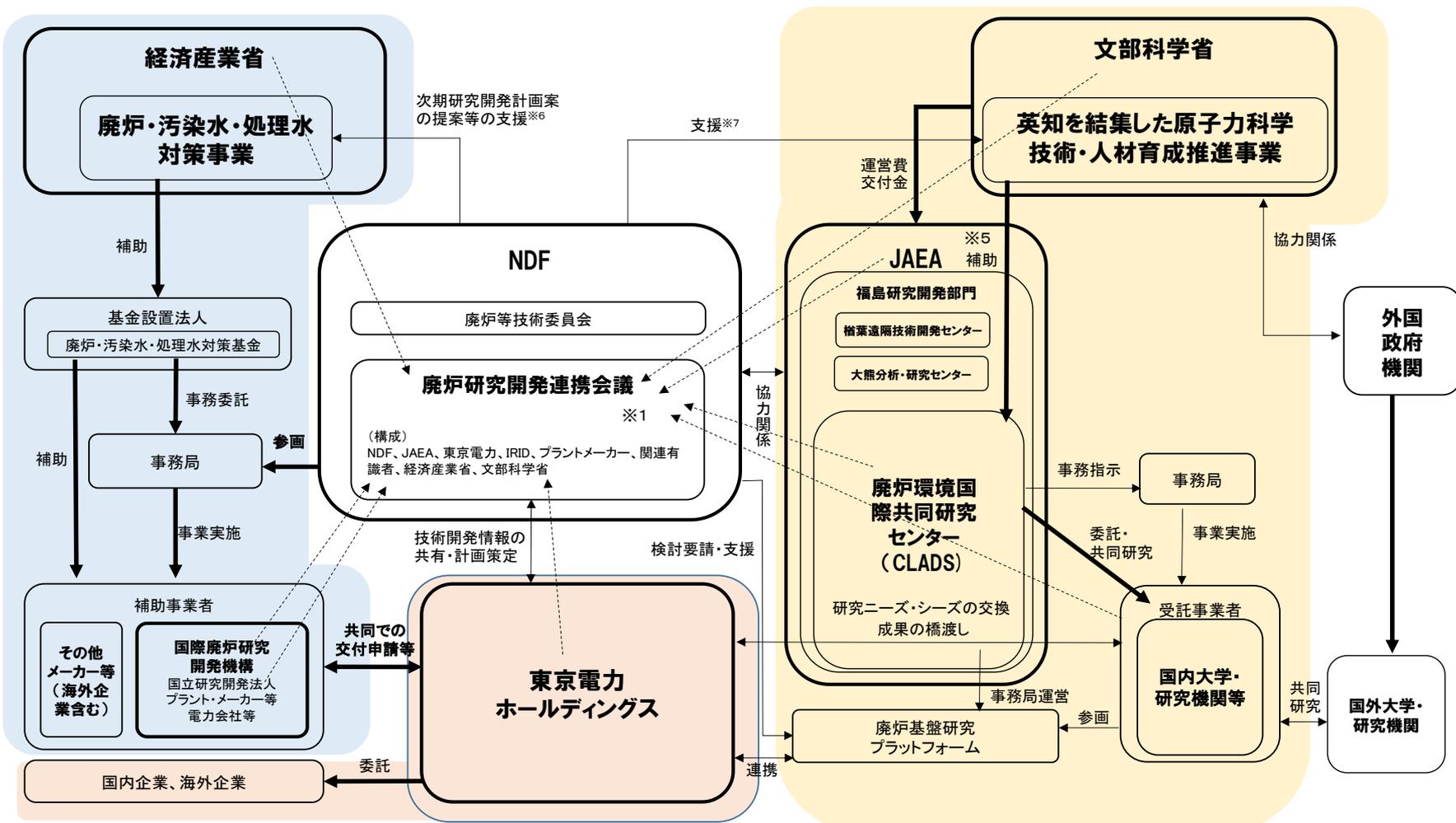
戦略

- 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」

(補足) 福島第一原子力発電所の廃炉に係る研究開発実施体制の概略



※1 廃炉研究開発連携会議は、廃炉・汚染水対策チーム会合決定によりNDFに設置。
 ※2 太い実線矢印は研究費・運営費等の支出(施設費除く)、細い実線矢印は協力関係等、点線矢印は廃炉研究開発連携会議への参加を示す。
 ※3 JAEA等、一部機関は複数個所に存在している。
 ※4 各機関はそれぞれMOU等に基づき外国機関との協力関係を有する。
 ※5 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業の補助金は、JAEAに交付されるが、わかりやすさのためCLADSに交付されるものと表現した。
 ※6 廃炉・汚染水・処理水対策事業は、中長期ロードマップや戦略プランにおける方針、研究開発の進捗状況を踏まえ、NDFがその次期研究開発計画の案を策定し、経済産業省が確定する。
 ※7 NDFは、英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業のステアリングコミッティに構成員として参加する。

1. 技術戦略プランの位置づけ
2. 研究開発への取組
- 3. 燃料デブリ取り出しについての技術戦略**
4. 廃棄物対策についての技術戦略
5. 廃炉の推進に向けた分析戦略
6. 福島第一の廃炉技術と原子力利用に係る研究開発

3-1. 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



B. ペDESTル開口部俯瞰



A. ペDESTル開口部付近



C. ペDESTル開口部内部

(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

3-2. 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



3-3. 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

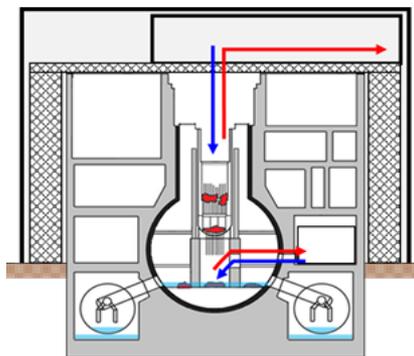


- ✓ 成立性がある程度確認できた後は設計を進めつつ段階的な選択肢の絞り込みが必要
- ✓ 必要に応じてその他の工法の検討を実施

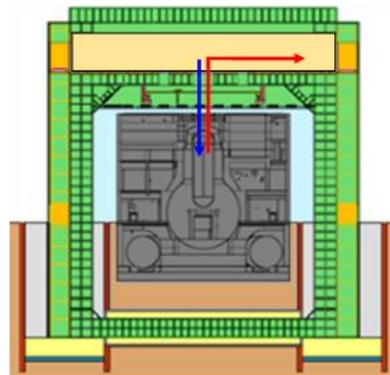
※1 上アクセス工法と横アクセス工法を組合せした形の工法

※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

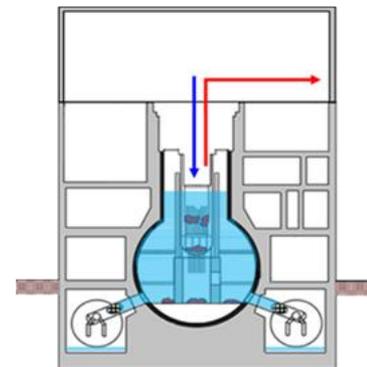


気中工法の一例
(上アクセスと横アクセスの組合せのイメージ図)



冠水工法の一例
(船殻工法のイメージ図)

<参考>



従来の冠水工法
(PCV冠水工法のイメージ図)

1. 技術戦略プランの位置づけ
2. 研究開発への取組
3. 燃料デブリ取り出しについての技術戦略
- 4. 廃棄物対策についての技術戦略**
5. 廃炉の推進に向けた分析戦略
6. 福島第一の廃炉技術と原子力利用に係る研究開発

4-1. 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

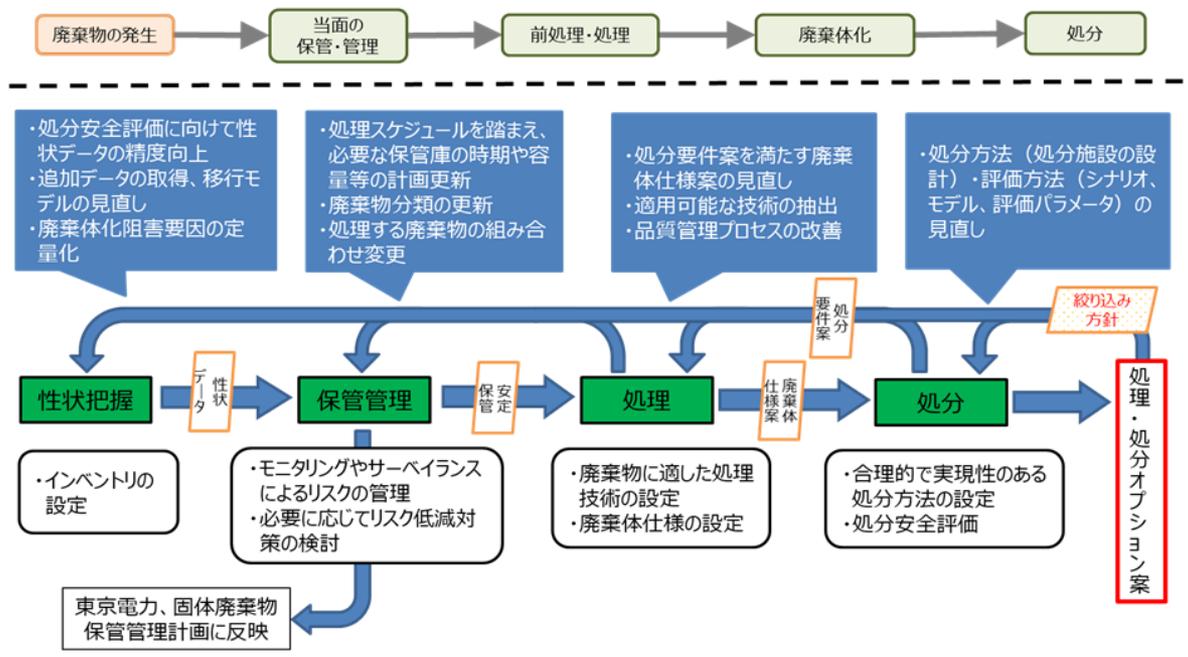


図 固体廃棄物の安全な処理・処分方法を合理的に選定するための手法

4-2. 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、破碎など減容等を進め、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

1. 技術戦略プランの位置づけ
2. 研究開発への取組
3. 燃料デブリ取り出しについての技術戦略
4. 廃棄物対策についての技術戦略
- 5. 廃炉の推進に向けた分析戦略**
6. 福島第一の廃炉と原子力利用に係る研究開発

5-1. 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

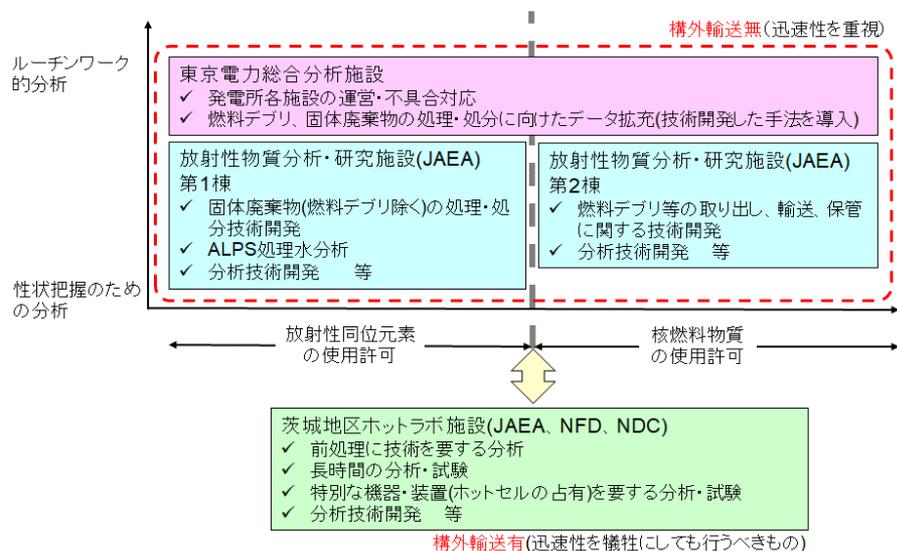


図 各分析施設の特徴と役割分担

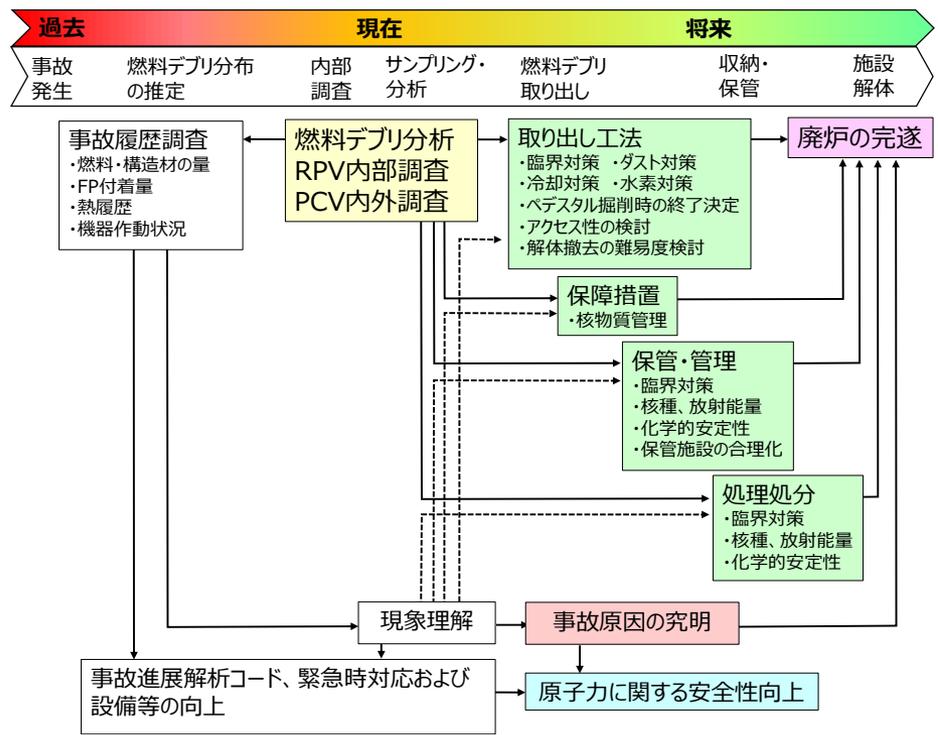
(補足) 分析の意義

分析・調査結果の反映先とその関係

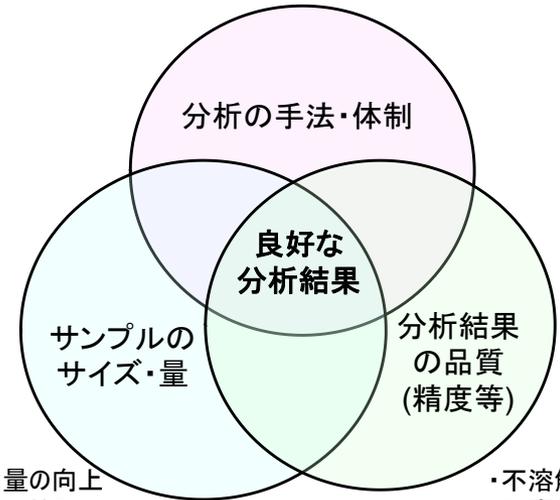
- 燃料デブリ等の分析を積み重ね、今後の取り出し工法や保管・管理の適切な方策にフィードバックすることが重要

燃料デブリ分析戦略の三要素

- 良好な分析結果を得るためには、以下三要素を適正に保つことが有効



- 施設整備、体制・連携の構築
- 許認可、施設に応じた役割分担
- 分析目的に適した分析手法選択 等



- 採取可能な量の向上
- 必要最低量の検討
- 繰り返し数の検討 等
- 不溶解残渣の低減
- 阻害核種への対応
- 不確実性の低減 等

5-2. 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。

1. 技術戦略プランの位置づけ
2. 研究開発への取組
3. 燃料デブリ取り出しについての技術戦略
4. 廃棄物対策についての技術戦略
5. 廃炉の推進に向けた分析戦略
- 6. 福島第一の廃炉技術と原子力利用に係る研究開発**

6. 福島第一の廃炉技術と原子力利用に係る研究開発

- 福島復興は、**エネルギー政策を進める上での原点**であり、原子力の利用に当たっては、**事故への反省と教訓**を一時も忘れず、**安全性を最優先**とすることが大前提。
- 遠隔操作やロボット、分析、水や放射性廃棄物の管理、国内外に向けた情報提供など、福島第一原発の廃炉技術や知見は、一般廃炉やバックエンドの取組を**安全に進める上で活用**が期待できる分野も多い。
- 今後、福島第一の廃炉技術が、**原子力利用全体**における**安全性の確保にも波及効果**をもたらすことができるよう、その開発に取り組んでいく。
- そのためには、当面、**国による開発支援**（補助金や制度的支援など）が必要であり、引き続き国のイニシアチブを強く期待したい。
- 一方で、事故から約12年が経ち、**東電自身のエンジニアリング**による**主体的開発**に係る取組も重要。当機構としては、**福島第一の廃炉技術が現場ニーズを適切に反映し実装**されるよう、東電に対する指導、助言及び勧告を続けていきたい。