

燃料デブリ取り出しにおける 現状と今後の課題

2025年8月4日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）

矢代 一男

I. はじめに



事故から14年、現場は一定程度の安定状態にある

- 福島第一のリスク低減に向けた取り組みは着実に進展



福島第一の廃炉は、燃料デブリの本格的な取り出しに向けたフェーズへと進んでいる

- 燃料デブリの試験的取り出しを2回実施し、中長期ロードマップ上では第3期に移行
- 大規模取り出し工法の概念検討も進められている



今後は「作業安全」が一層重要に

- 1回目の試験的取り出しでは、複数の作業トラブルが発生、作業員被ばくも増加
- 「作業安全」の確保が今後の取り組みの大前提
 - ✓ より取り出し規模が大きく、長期にわたる作業が待ち受ける
 - ✓ 不確実性の大きい現場では、臨機応変な対応が不可欠

1. 福島第一の廃炉・燃料デブリ取り出しの**現状を踏まえ**、
2. 今後直面すると考えられる**課題を想定し**、その**対応策を検討**
 - ✓ 海外の事例も含めた過去の経験等に学ぶ
 - ✓ 個別の技術課題だけでなく、廃炉作業全体の進め方も含めて考える



「作業安全」を最優先に据えた、
「現実的」かつ**「持続可能」**な燃料デブリ取り出しへの道筋
について議論・検討する

1. 現状報告

燃料デブリ取り出しに向けた取り組みについて、以下の2点を報告

- ・ 2度の試験的取り出しの概要
- ・ 本格的な取り出しに向けた検討状況

2. 課題提起

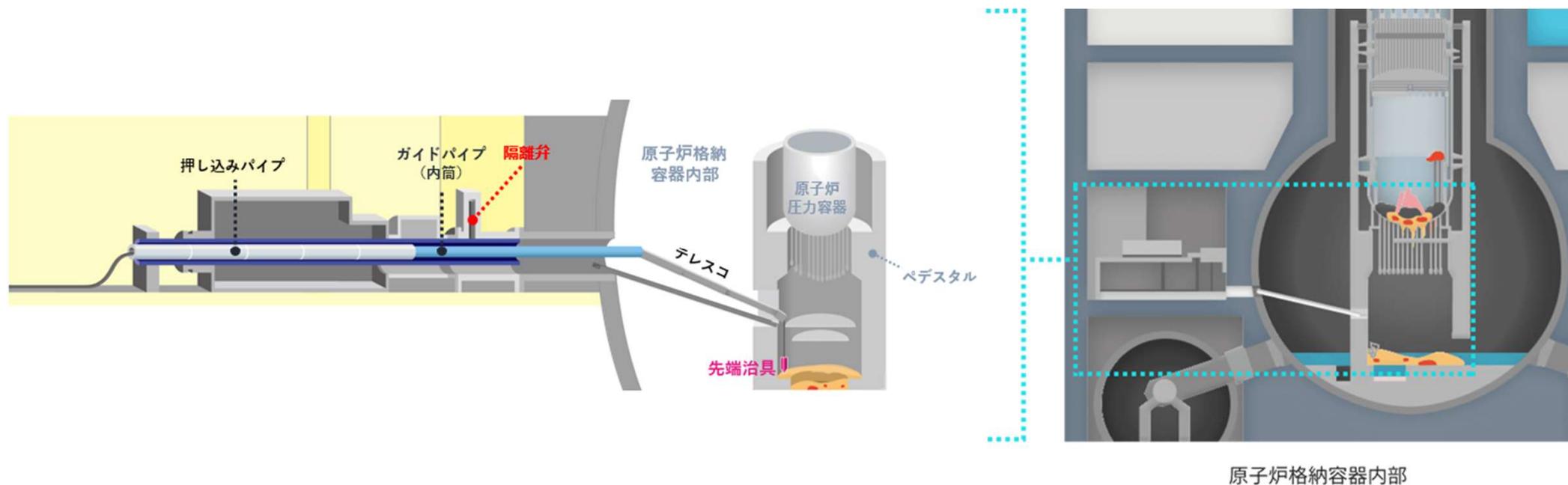
福島第一原子力発電所の廃炉、特に燃料デブリ取り出しを進めていく上で、今後予見される課題を提起する

- ✓ 個別の技術課題だけでなく、廃炉作業全体の進め方についても述べる

Ⅱ．試験的取り出しの概要

昨年11月から本年4月にかけて、2号機において2度の試験的取り出しを実施

- ペDESTAL内の情報および燃料デブリのサンプルを取得
 - ➡ 今後の分析を通じ、事故解析や工法検討に資する
- PCVの外側に閉じ込め範囲を拡張し、テレスコ式装置を設置・テレスコ挿入
 - ➡ 今後の取り出し作業の基本形となる



- 2024年7月にテレスコ式装置を原子炉建屋内に搬入
- 2度の作業中断を経て、同年11月に燃料デブリの構外輸送を完了

2号機燃料デブリ試験的取り出し作業について
(把持作業の完了)

実施日：2024年10月30日

- 高線量下での重装備作業であり、作業員被ばく量も少なくなかった
- 押し込みパイプ接続順序の間違い、カメラの故障への対応も必要となった

押し込みパイプ接続順序の間違いによる作業中断

事象

現場の最終チェックにおいて、押し込みパイプの接続順序が計画していたものと異なることを確認

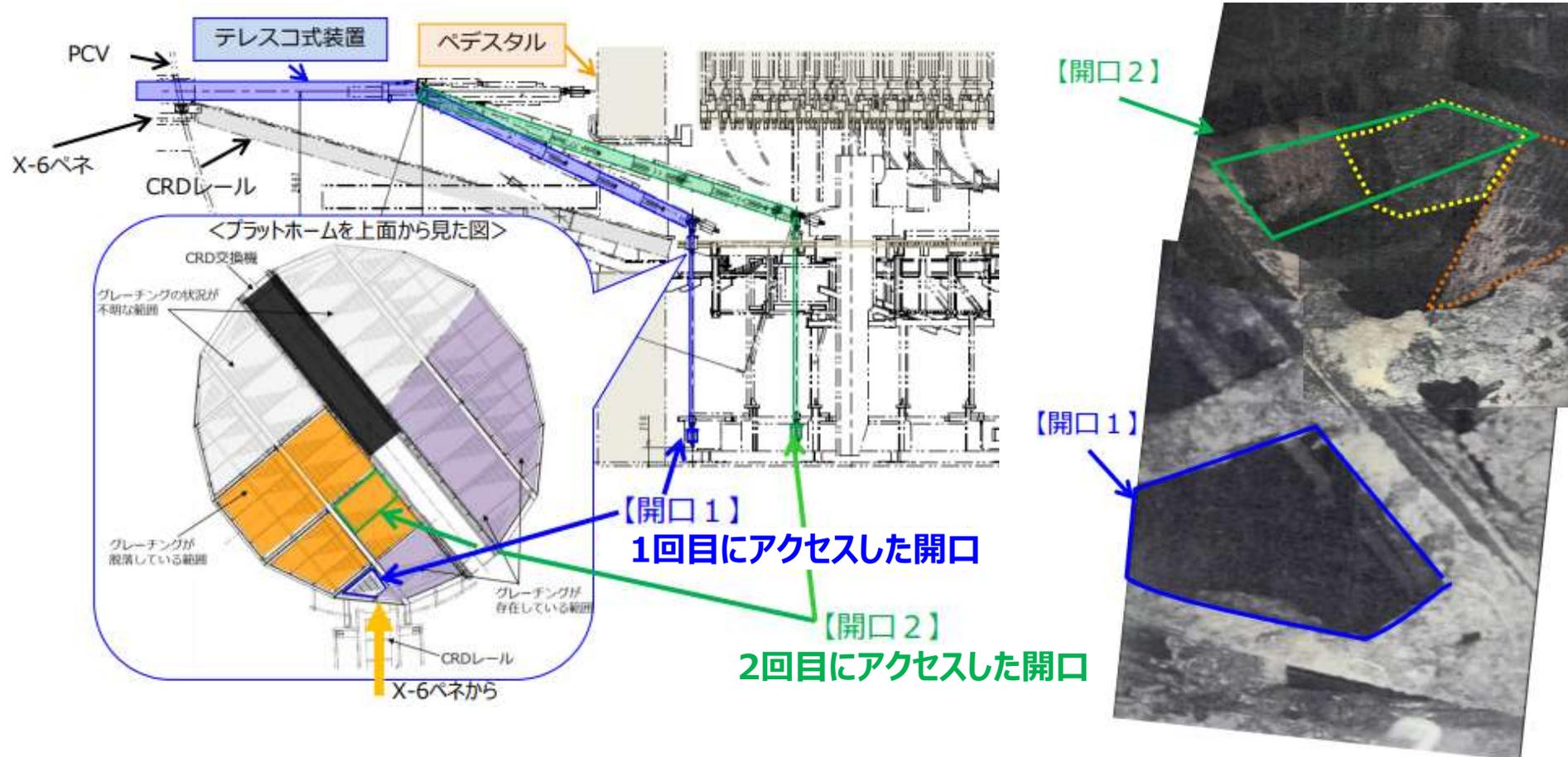
主な原因

- ✓ 高線量下のための、重装備・複数班作業
- ✓ パイプ番号が識別し難かった
- ✓ 連絡・確認が不十分であった

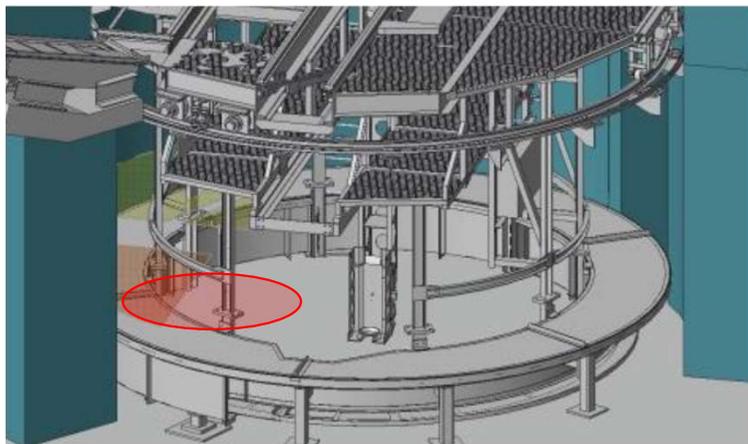


識別方法の改善・作業手順の再確認を行った上で作業を再開、2024年11月に最初の燃料デブリ採取

- ペDESTAL内において、1回目とは異なる場所から燃料デブリを採取
- 2025年4月に作業を開始し、同月内に燃料デブリの構外輸送を完了
 - ✓ 1回目の教訓を踏まえた装置改良・作業手順の見直し
 - ✓ 作業員の習熟度向上



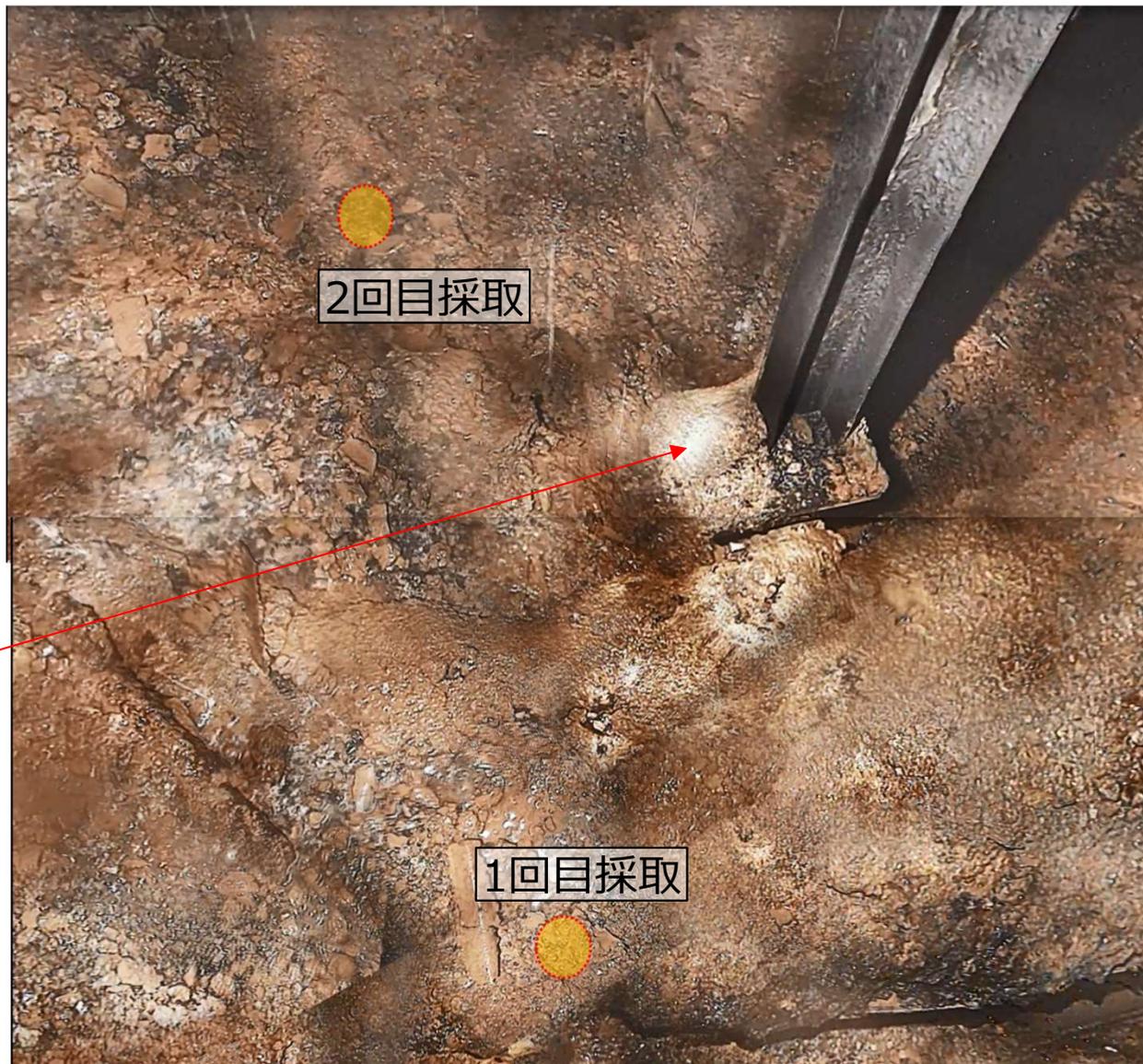
- 燃料デブリを採取した推定位置を過去の内部調査画像に反映



ペDESTAL内



ペDESTAL底部のパノラマ画像



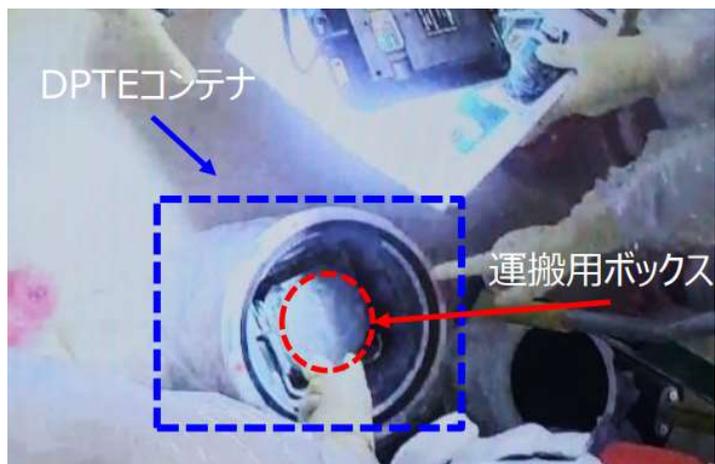
※カメラ映像の貼り合わせによる合成図

- 原子炉建屋内での1日1人あたりの作業時間は15~30分
- 2回目は総被ばく線量・個人最大線量ともに減少
 - ✓ 計画通りに作業が進捗
 - ✓ 作業員の習熟度・作業効率の向上 等

	総被ばく線量		個人最大線量
	装置搬入・設置	燃料デブリ取り出し	
1回目	約360 人・mSv	約360 人・mSV	約12 mSv
2回目	-	約140 人・mSV	約6 mSv

- 採取したサンプルは構外のJAEA分析施設に搬送

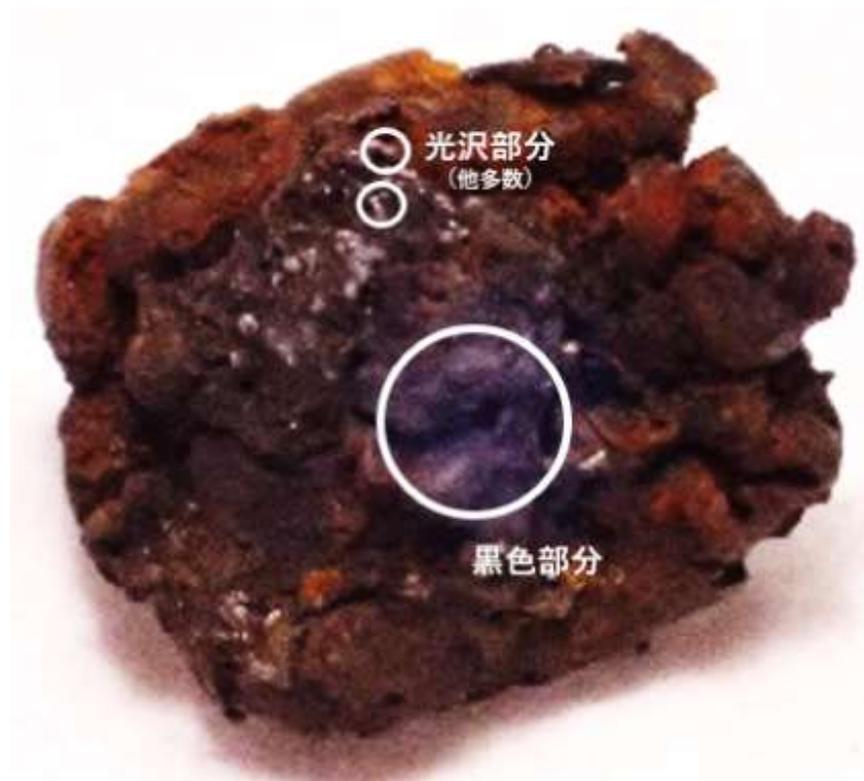
➡ 分析で得られた情報は今後の廃炉作業や事故解析等に活用される



運搬用ボックス・コンテナ



構外輸送容器



燃料デブリサンプル (1回目)

大きさ : 約9mm x 約7mm

重量 : 0.693g

線量率 (γ線) : 約8mSv/h

Ⅲ. 本格的な取り出しに向けた検討状況

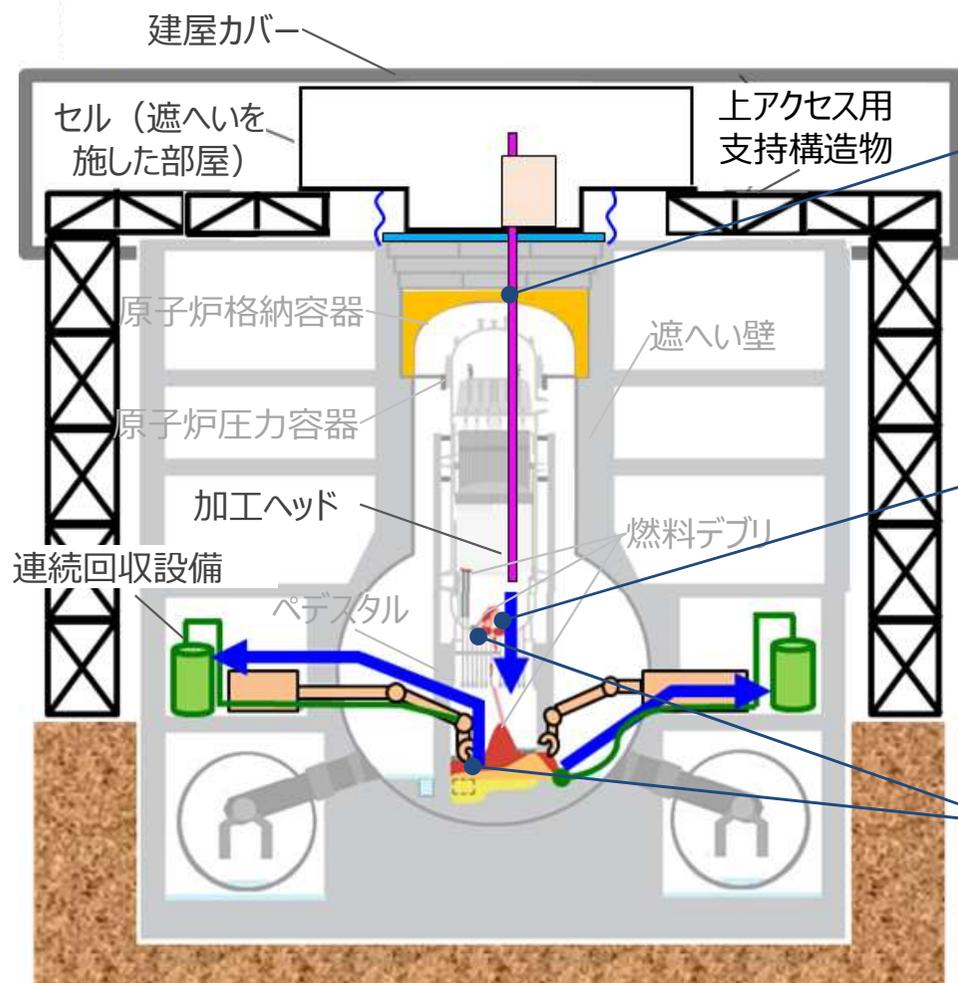
NDFは「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」を2023年に設置

- ✓ 2024年3月に工法選定に関する提言をとりまとめ
- ✓ 現在も東京電力の設計検討状況のフォローを行っている

燃料デブリ取り出し工法評価小委員会 委員名簿（現時点）

委員長 更田 豊志	前・原子力規制委員会 委員長（現NDF廃炉総括鑑）
糸井 達哉	東京大学大学院工学系研究科 准教授
魚住 弘人	前・原子力エネルギー協議会 理事長
岡本 孝司	東京大学大学院工学系研究科 教授
桐島 陽	東北大学多元物質科学研究所 教授
斉藤 拓巳	東京大学大学院工学系研究科 教授
芳賀 和子	株式会社太平洋コンサルタント 上席執行役員
前田 敏克	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所長
宮池 克人	前・中日本高速道路株式会社 代表取締役社長
山本 章夫	名古屋大学大学院工学研究科 教授
吉田 浩子	東北大学先端漁師ビーム科学研究センター 研究教授
ハンス・ワナー	前・スイス連邦原子力安全検査局 長官

- 小委員会の提言に基づき、東京電力が概念検討を実施中
- 今般、本格的な取り出し前の準備工程を示した



→ 燃料デブリの回収ルート

① 小開口からのアクセス

- ✓ 遮へい・設備規模を小さくできる
- ✓ 故障時等の人手作業を可能とする

② 燃料デブリ取り扱いの統一化・単純化

- ✓ レーザー等を用い、燃料デブリを小片に加工
- ✓ 横から吸引して回収

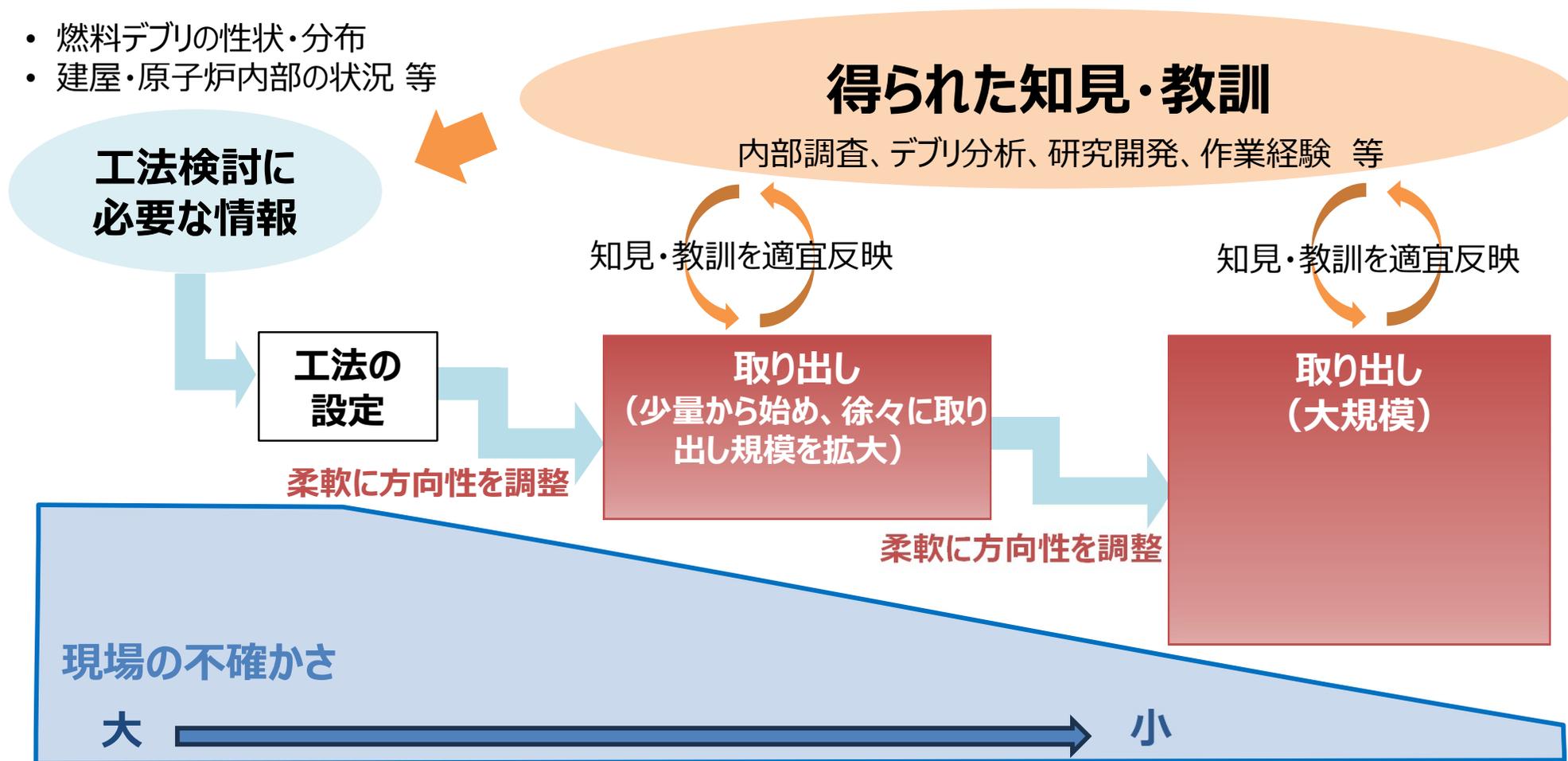
③ 上／横アクセスの組み合わせ

- ✓ 上アクセスで加工し、横アクセスで回収
- ✓ ペDESTアル底部は横アクセスで加工・回収

燃料デブリ取り出しはステップ・バイ・ステップで進めていくことが重要

- ✓ 現場の不確かさが大きい状況では、最初から大規模工事を計画することが難しい
- ✓ 最初は小規模に始め、知見・教訓を得ながら徐々に規模を拡大していく

- 燃料デブリの性状・分布
- 建屋・原子炉内部の状況 等



ステップ・バイ・ステップのアプローチにおける重要な視点

① 各段階において試行錯誤や手戻りも起こりうる

- Trial & Errorを通じて、設計や作業手順を見直し
- これらを積み重ねながら、取り出し規模を拡大していく

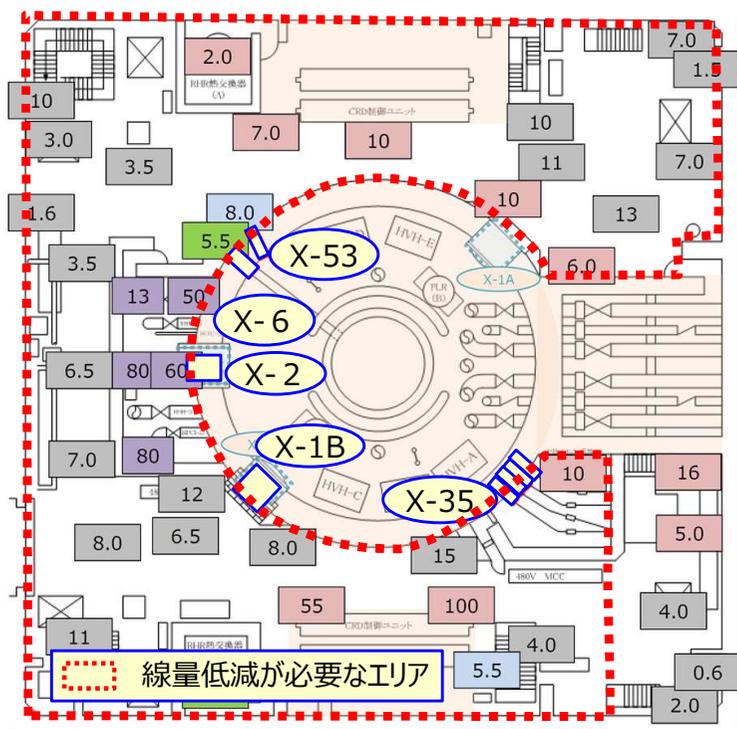
② 作業安全の確保が大前提である

- 作業安全が確保可能な範囲で作業を始め、その範囲を拡大していくことが、長期にわたる持続可能な廃炉作業の必要条件である
- 現実的なりスク低減への道筋を立てることが、作業安全の確保につながる

本格的取り出しの前に、原子炉建屋内外の環境整備作業が重要となる

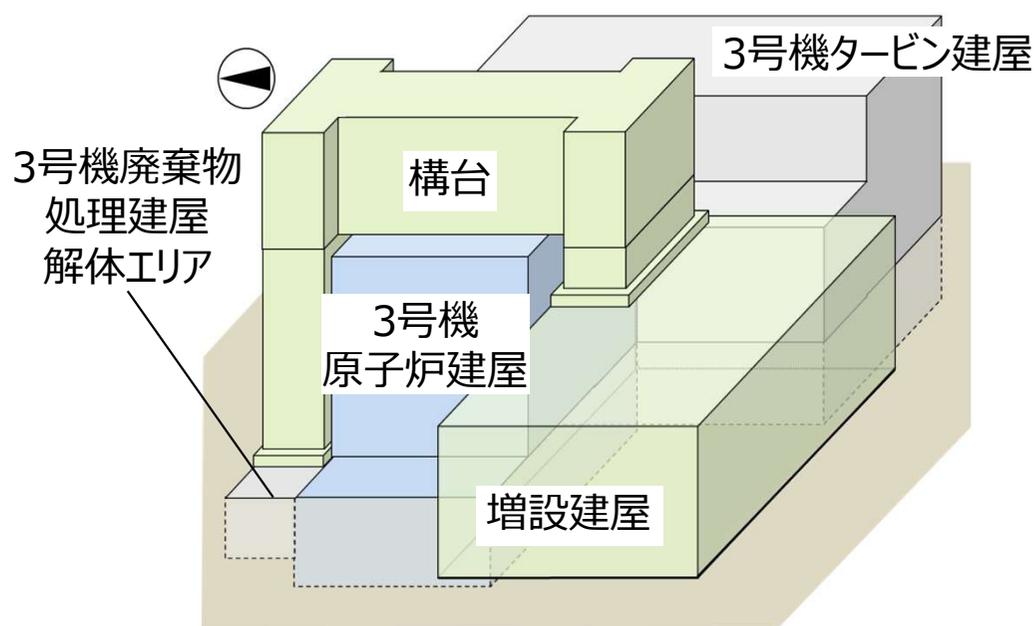
- 作業員の安全確保、必要設備の建設、作業の効率化
- 燃料デブリ取り出し方法・期間に大きな影響

① 原子炉建屋内の線量低減・干渉物撤去



- ✓ 横取り出し装置の設置・運用時の作業員被ばく低減のために重要

② 原子炉建屋外の干渉物撤去

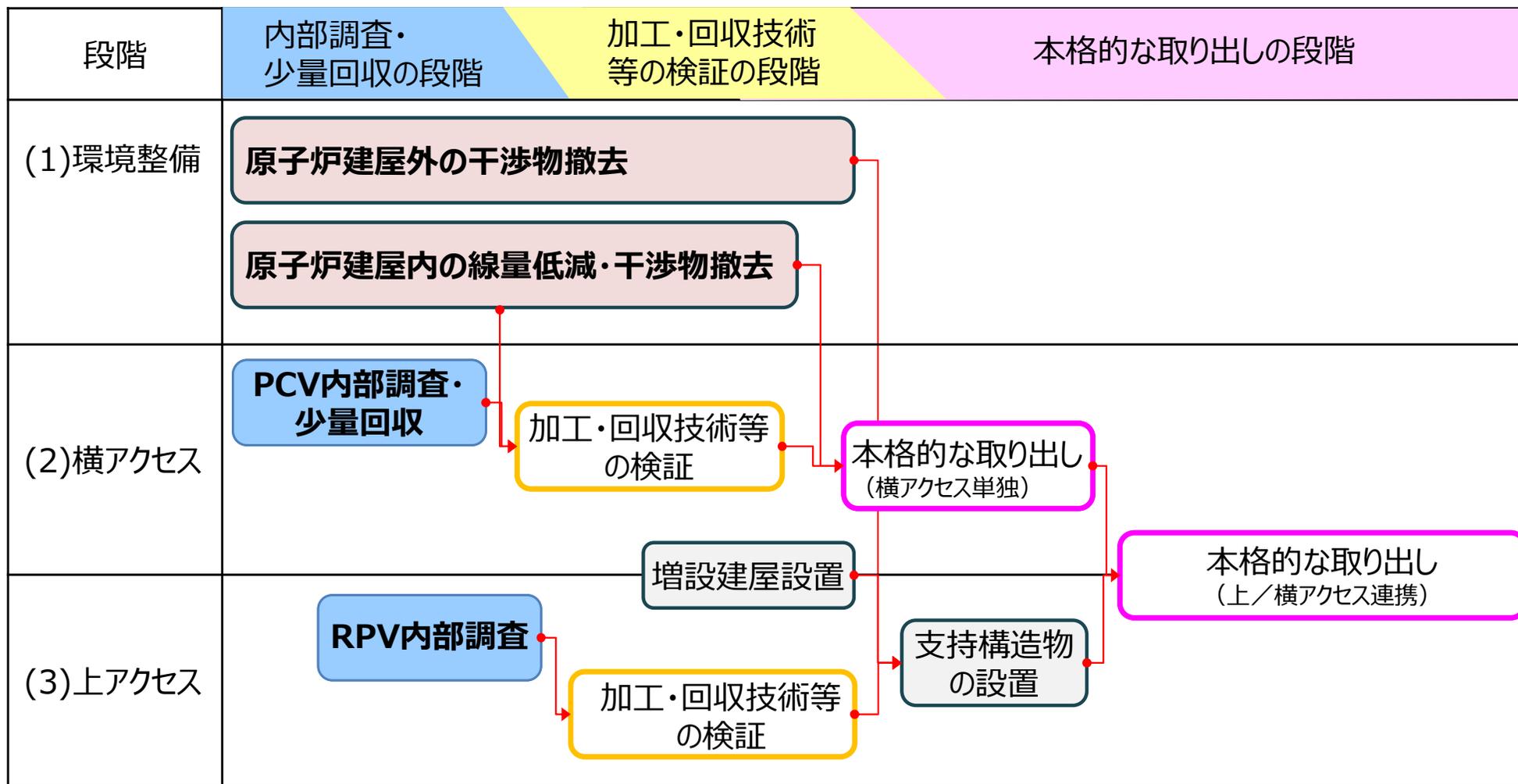


支持構造物および増設建屋建設の一例 (南北に構台をかけるケース)

- ✓ 取り出しのための設備に干渉する周辺施設の撤去が必要となる

環境整備作業・内部調査が、取り出し作業に大きな影響を与える

- ✓ 環境整備以外にも、内部調査も重要
- ✓ これらは本格的な燃料デブリ取り出しの重要な準備作業となる



本格的な取り出し前の準備工程に12-15年程度を見込む

- ✓ 準備工程には一定の想定を含んでおり、至近1、2年で更なる検証・検討を行う
- ✓ 本格的な取り出し開始以降の工程は不確かさが大きく、準備工程の中で更に検討



【今後の廃炉作業の進め方】

① 廃炉現場での統合的かつ迅速な判断

- ✓ 現場の多様な情報・観点を統合し、全体を俯瞰した判断を行う
- ✓ 現場状況や新たな知見に応じ、適切・迅速に軌道修正
- ✓ 円滑な情報共有・コミュニケーションにより、規制当局の判断につなげる

② 課題の優先順位付けとリソースの戦略的配置

- ✓ 長期的視点や現場の実情を踏まえたリソースの配置
- ✓ 優先課題の全体-部門間の整合性（サイロ化を防止）

**安全を確保しながら、不確実性の大きい現場作業を
着実かつ臨機応変に進めていく**

IV. まとめ

- ① **現在、燃料デブリ取り出しに向けた取り組みが行われている**
 - 試験的取り出しを2度実施
 - 大規模取り出し工法の概念検討も進められている

- ② **ただし、複雑かつ長期にわたる福島第一の廃炉では、今後も様々な困難や課題が予見される**
 - 作業を進めていく中では、予期せぬ課題や困難さにも遭遇する
 - 個別の技術課題だけでなく、廃炉作業全体の進め方にも留意

- ③ **特に、不確実性に対処しながら、いかに「安全」かつ「着実」に廃炉作業を進めていけるかが重要な課題**
 - 作業安全なくして、長期にわたる作業を着実に進めることは不可能
 - 実作業から得られた知見や教訓に学び、柔軟に対応していくことが、安全の向上にも資する

今後の取り組みにおいて特に重要と想定される事柄

- ① **ステップ・バイ・ステップのアプローチ**
 - 作業安全が確保可能な範囲で作業を始め、その範囲を拡大していく
 - 試行錯誤や一時的な手戻りも、必要なステップとして受容していく
- ② **環境改善の推進**
 - 作業員の安全と取り出し方法・工程を左右する重要な基盤作業
- ③ **今後の廃炉作業の進め方**
 - 統合的かつ迅速な判断
 - 課題の優先順位付けとリソースの戦略的配置