

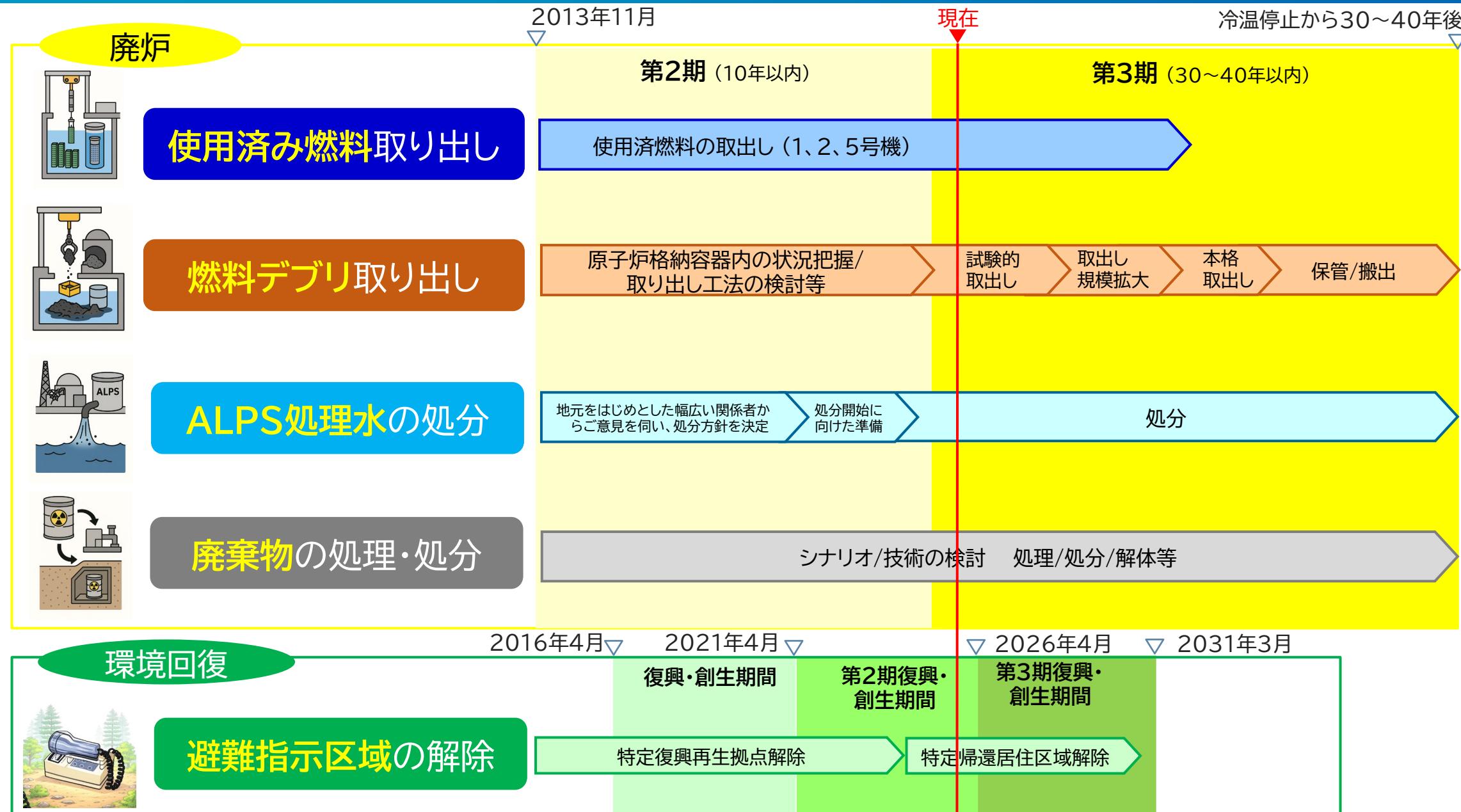


1F廃炉と福島県の環境回復のための研究開発 ～測定・評価、メカニズム解明、推定～

令和8年2月6日

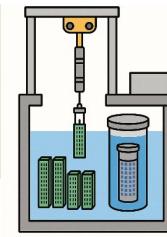
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島廃炉安全工学研究所 廃炉環境国際共同研究センター長

飯島 和毅



使用済み燃料取り出し

1,2,5号機の取り出し
概ね手法は確立
エンジニアリングレベル



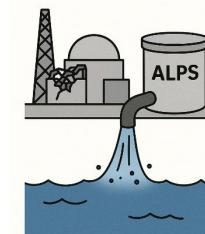
作業環境の改善

作業員被ばく防止/作業安全

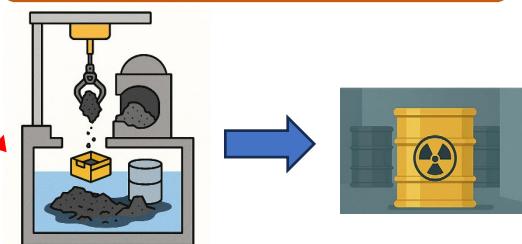


ALPS処理水の処分

1,280万m³の放出
(2025年6月現在)



燃料デブリ取り出し

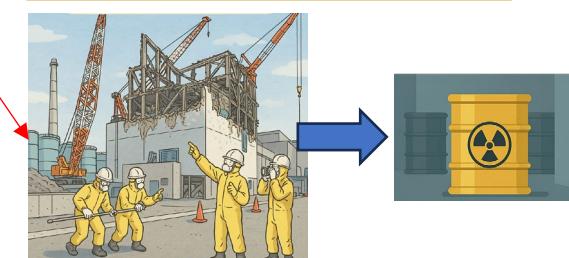


炉内事象解明

本格取り出しに向けた調査・試験取り出し

880トンのデブリの本格取り出し

PCV/RPV/建屋の解体



廃棄物の処理・処分

放射性廃棄物の保管・処理・処分



性状把握



処理



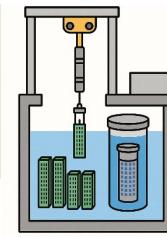
保管



処分

使用済み燃料取り出し

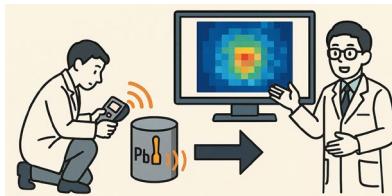
1,2,5号機の取り出し
概ね手法は確立
エンジニアリングレベル



作業環境の改善

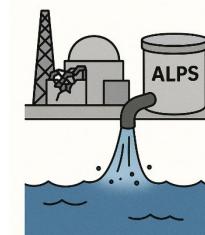
作業員被ばく防止/作業安全

- 計測・可視化技術
- デジタルツイン

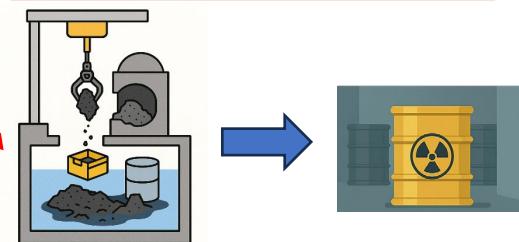


ALPS処理水の処分

125万m³の放出
(2026年1月現在貯蔵量)
- 放射性物質濃度の第3者分析
- モニタリングデータ評価



燃料デブリ取り出し



炉内事象解明

- 解析
- 模擬試験

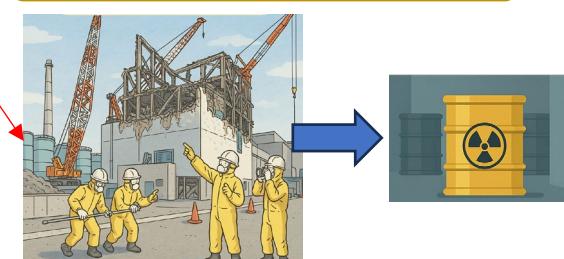
本格取り出しに向けた調査・試験取り出し

- 炉内状況把握
- デブリ分析・技術開発

880トンのデブリの本格取り出し

- その場分析
- 仕分け分析
- 臨界監視技術
- エアロゾル・ダスト分析
- 安定保管(水素対策)技術

PCV/RPV/建屋の解体



廃棄物の処理・処分

放射性廃棄物の保管・処理・処分
- 性状把握/保管/処理/処分の一連の方策確立



性状把握



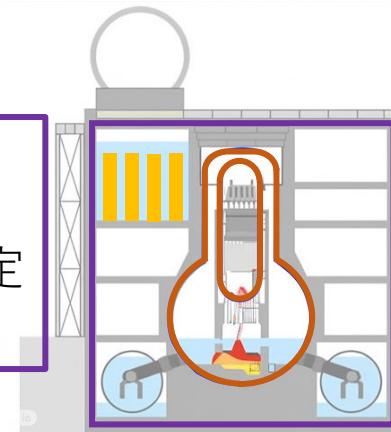
処理



保管



処分



作業員が立ち入るエリア
→被ばくの原因となる
放射線源の特定
→作業による状態変化

作業員が立ち入らないエリア
→限られたデータから安全な
取り出し方法策定
→全ての作業を遠隔で実施
→作業による状態変化



既に発生しているが、
試料採取・分析が困難
長期間の保管・管理
→限られたデータから
安全な管理方法策定

作業環境の改善

現状把握

建屋の解体

除染・解体

PCV/RPVの解体

現状把握

燃料デブリ取り出し

解体・取り出し

保管・管理

廃棄物の処理・処分

現状把握

処理・処分

測定・評価
と技術開発

遠隔・迅速計測
可視化
デジタルツイン

炉内状況把握
デブリ詳細分析
その場分析

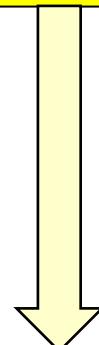
仕分け分析
臨界監視
ダスト分析

臨界監視
安定保管技術

性状把握

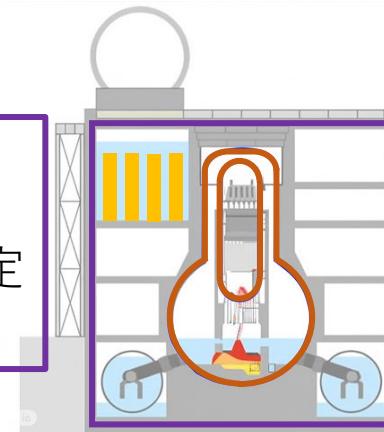
固化体評価
人工バリア評価
処分安全評価

対象物(環境、構造物、デブリ、廃棄物等)に対する測定を、すべてに対して実施するのは困難。
対象物の特性の**分布が複雑**で、単純な統計的手法による評価が困難なケースもある。



計画立案・
実施

具体的な計画・方法は、東京電力が中心となって立案・策定し、実施。



作業員が立ち入るエリア
→被ばくの原因となる
放射線源の特定
→作業による状態変化

作業員が立ち入らないエリア
→限られたデータから安全な
取り出し方法策定
→全ての作業を遠隔で実施
→作業による状態変化



既に発生しているが、
試料採取・分析が困難
長期間の保管・管理
→限られたデータから
安全な管理方法策定

作業環境の改善

建屋の解体

PCV/RPVの解体

燃料デブリ取り出し

現状把握

除染・解体

現状把握

解体・取り出し

保管・管理

廃棄物の処理・処分

現状把握

処理・処分

測定・評価
と技術開発

対象物(環境、構造物、デブリ、廃棄物等)に対する測定を、すべてに対して実施するのは困難。
対象物の特性の**分布が複雑**で、単純な統計的手法による評価が困難なケースもある。

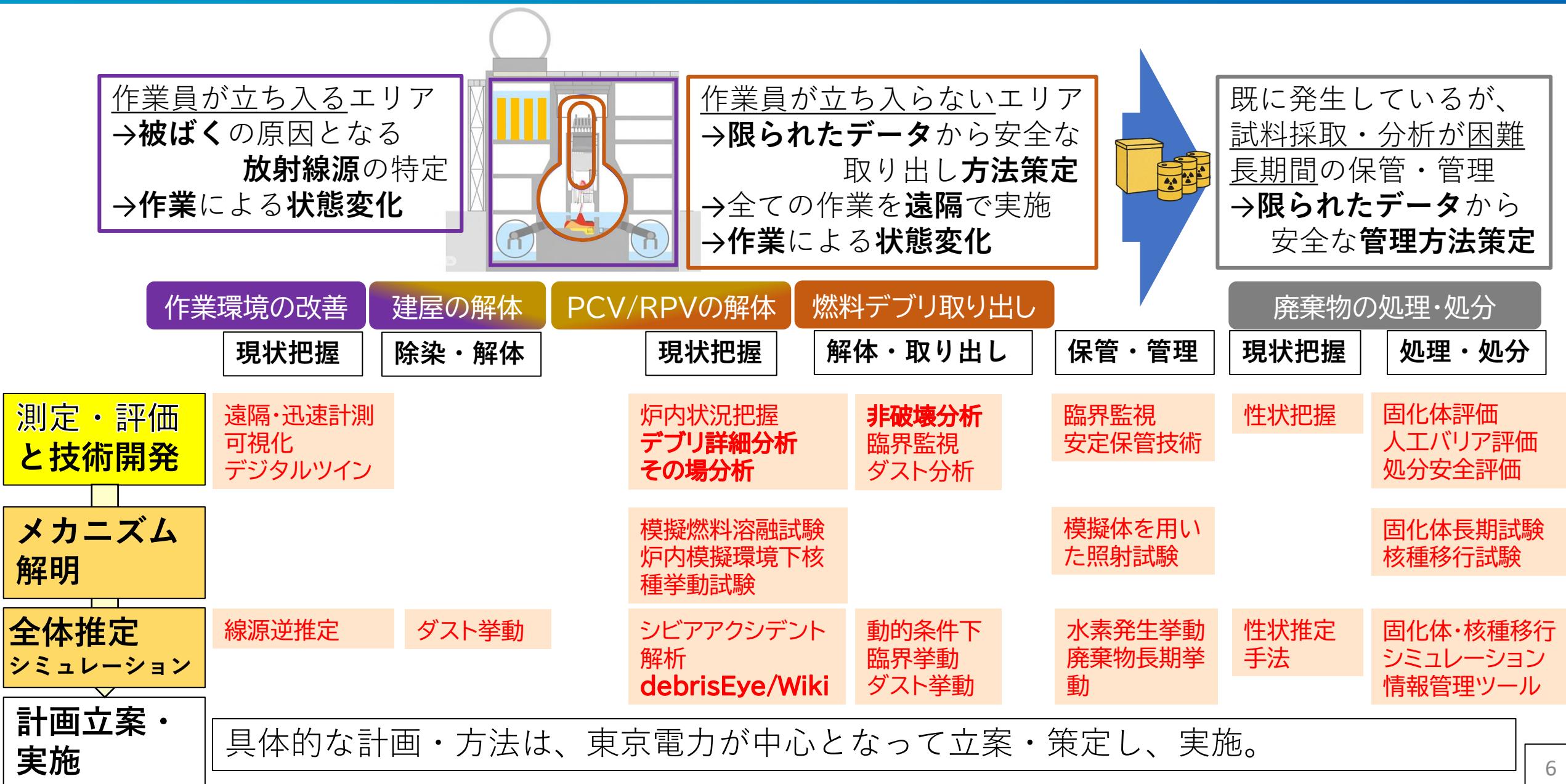
メカニズム
解明

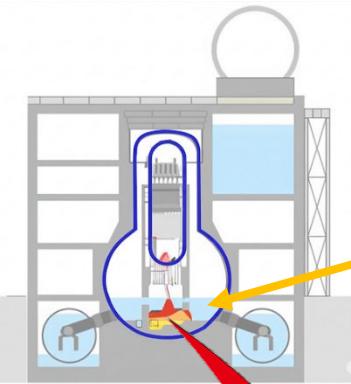
限られたデータに加え、様々な知見を活用し、**高い信頼性**で、全体を推定する。

- ・メカニズムに基づき挙動を推定するシミュレーション
- ・様々な種類のデータから全体を推定するAI技術
- ・これらの推定技術の科学的根拠情報集

全体推定
シミュレーション計画立案・
実施

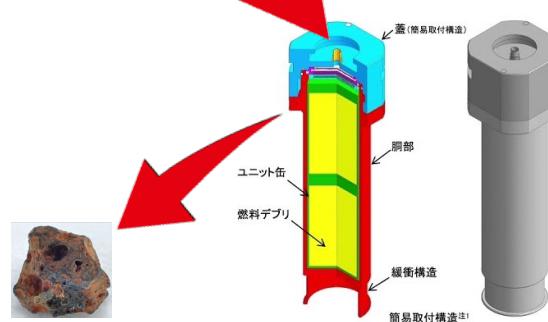
具体的な計画・方法は、東京電力が中心となって立案・策定し、実施。





その場分析

炉内にある状態で測定。**炉内での核燃料物質等の面的な分布状態**を推定。

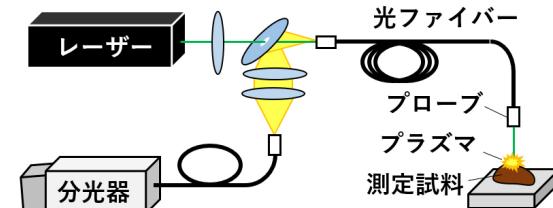


非破壊分析

収納缶に入れた状態で、透過力の強い放射線を使って、**取り出したデブリ全体の平均的な性質**を分析。

レーザー分析

LIBS



中性子分析



放射能分析

γスペクトル
X線分析

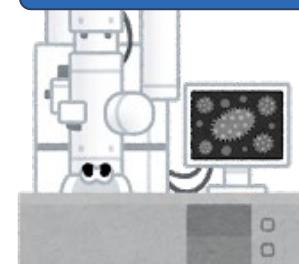
アクティブ中性子法

X-CT

デブリ詳細分析

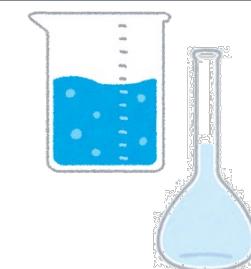
ラボで扱えるごく少量のデブリ試料を採取し、様々な分析装置を用いて**特徴を詳細に**分析。

固体分析

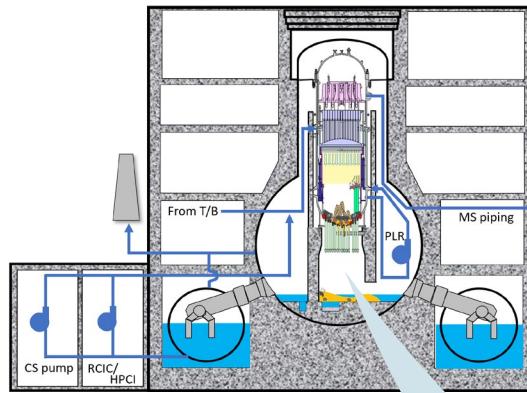


電子顕微鏡などで、物理・化学状態を調べる。

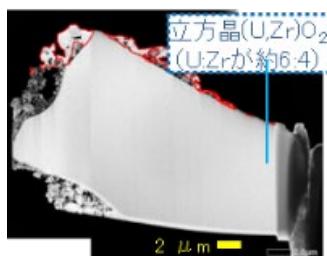
溶液分析



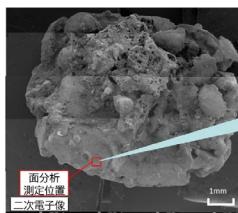
非常に低い濃度まで測定できる。



燃料デブリ
生成メカニズムの
推定

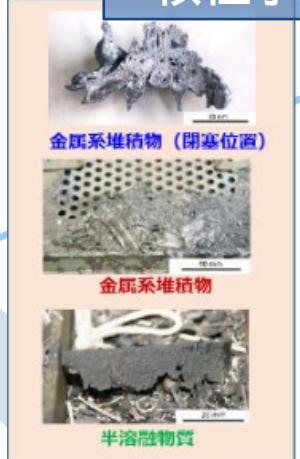


関連サンプルの分析
(少量サンプル)



*SEM 走査電子顕微鏡を用いた表面観察
*WDX 波長分散型X線分光器を用いた元素判別手法

- ◆模擬燃料溶融試験
- ◆炉内模擬環境下核種挙動試験



情報集約・提供システム “debrisWiki/debrisEye”

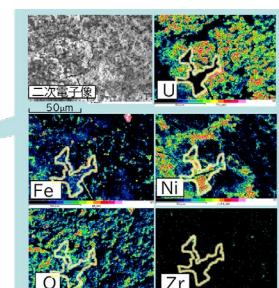
- ◆炉内状況把握
- ◆シビアアクシデント解析

- ◆デブリ詳細分析
- ◆その場分析

- ◆非破壊分析

- ・関連するデータや知見を、1F炉内を再現した3Dデジタル空間上で俯瞰
- ・様々なデータを統合して、炉内状況、デブリ性状、廃棄物性状を推定

燃料デブリ性状・
炉内分布の推定



燃料デブリサンプルのWDX*面分析測定結果
(凡例右側の色ほど元素が含まれている)

安全着実な
燃料デブリ取り出し



- ・燃料デブリの安全な回収
- ・十分に管理された安定保管
- ・発生する廃棄物の安全な管理

福島第一原子力発電所のデジタルツインの構築を目的とした
アプリケーションソフト debrisEye（デブリアイ）を開発しました。



データや知見を、1F
見した3Dデジタル
俯瞰
ータを統合して、
デブリ性状、廃棄物
等

※画像をクリックすると動画が再生されます。



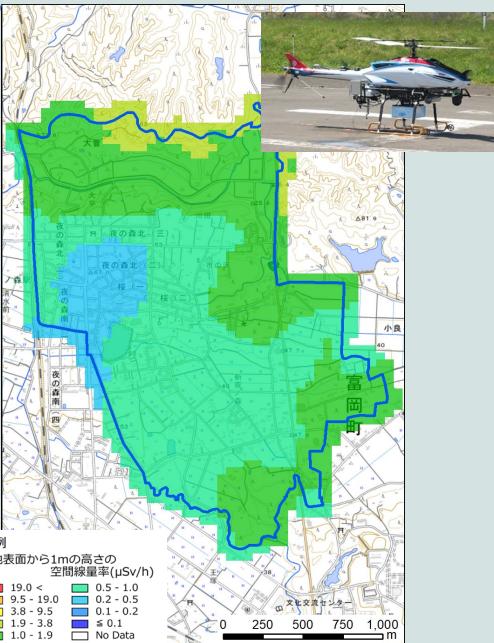
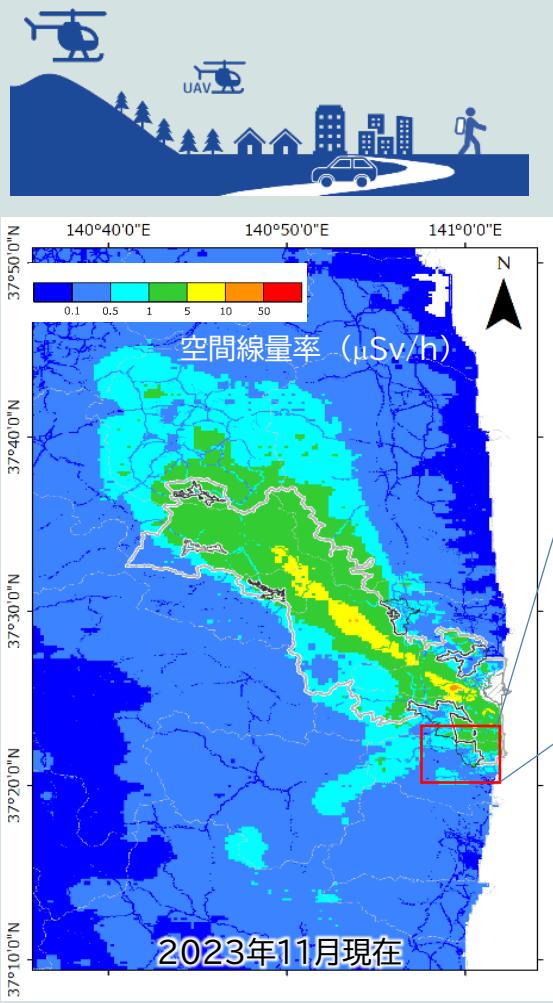
福島第一原子力発電所のデジタルツインの構築を目的とした
アプリケーションソフト debrisEye（デブリアイ）を開発しました。



※画像をクリックすると動画が再生されます。

ニーズに合わせて最適な機材でモニタリングを実施

▼対象区域の大きさ・特徴に合わせたモニタリング技術の提供

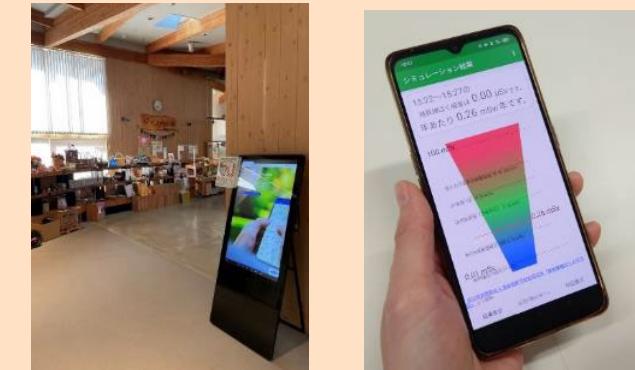


▼今後の区域解除で重要な森林モニタリング技術開発

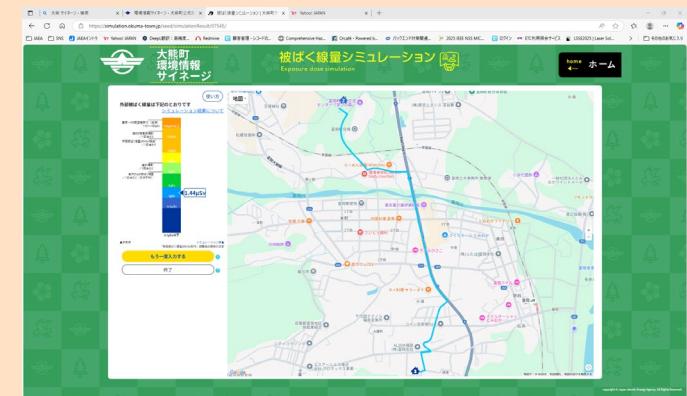


個人ごとの被ばく評価ツールを開発

▼避難指示解除後の生活行動パターンに応じた外部被ばく線量の評価技術

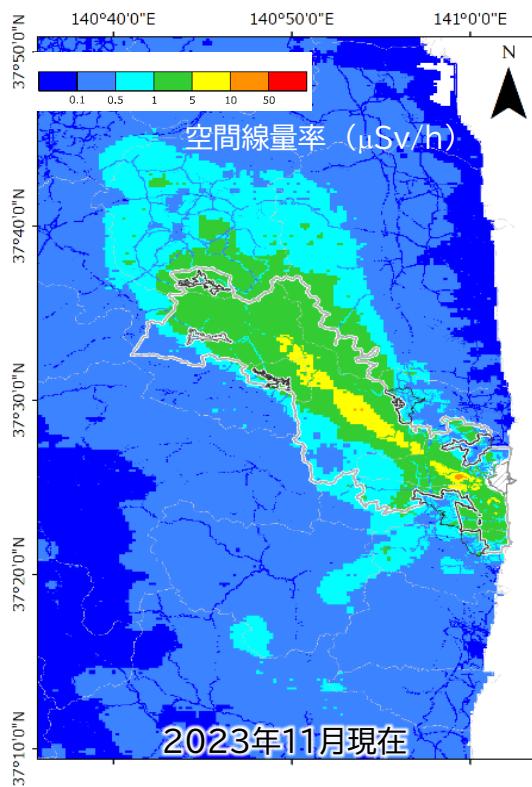


▲浪江町、富岡町にサイネージ/スマートフォンシステム、大熊町にHPタイプを採用▼



先進的な技術の適用

残された帰還困難区域は、
森林が多く存在するエリア



森林が多いエリアの被ばく線量評価の課題：

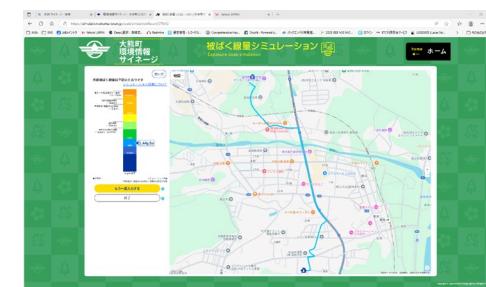
- 森林内を歩いての歩行サーベイは**労力大**。
- 森林内はGPSがつながりにくく、**従来の歩行サーベイ方法の適用が難しい**場所もある。
- 無人ヘリによる上空からの線量率測定の場合、森林の樹木による**遮蔽の効果**を考慮する必要がある。
- 将来的な森林を活用した生活スタイルにおける**被ばく経路が複数あり**、線量の評価方法が複雑。



ロボット・ドローン
自己位置計測技術の適用



AI・機械学習



被ばくデータの解析

これまでの研究開発

- 過酷環境下での迅速測定・評価技術
- 個別現象のメカニズム解明
- 膨大なデータで学習して評価するAI技術



これから的研究開発

- 過酷環境下測定・評価技術の他分野への適用とスタートアップ
- **複数の事象を考慮したメカニズムに基づくシミュレーション技術**
- 限られた様々なデータを組み合わせて**全体を推定するAI技術**
- 推定技術の**科学的根拠情報**の整理

ご清聴ありがとうございました。

CLADSは、今後も1F廃炉・福島の環境回復を支える基礎・基盤研究に取り組んでまいります。

