

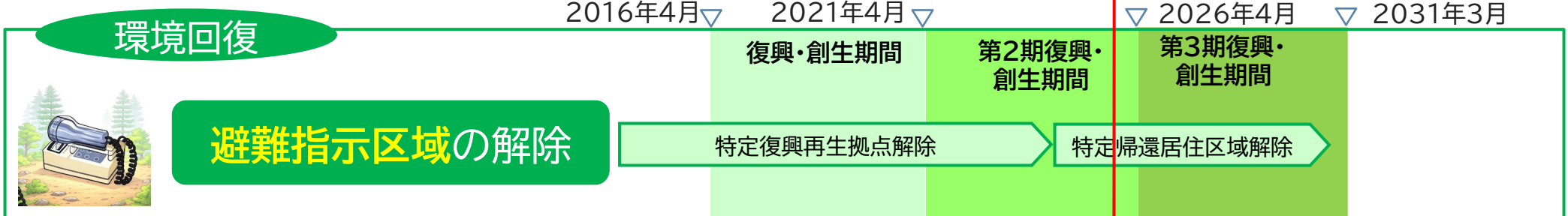
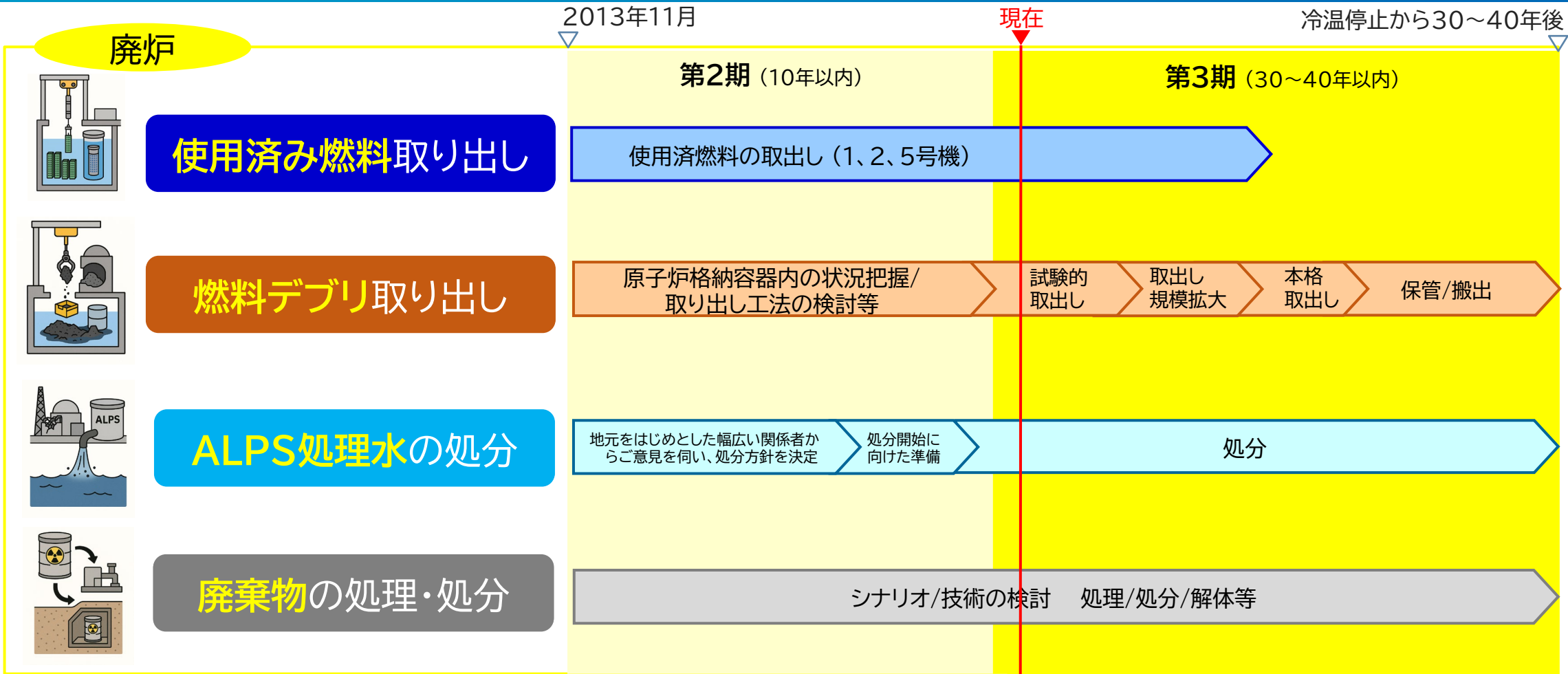


1F廃炉と福島県の環境回復のための研究開発 ～測定・評価、メカニズム解明、推定～

令和8年2月6日

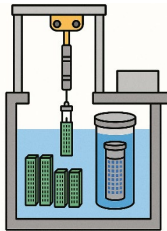
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島廃炉安全工学研究所 廃炉環境国際共同研究センター長

飯島 和毅

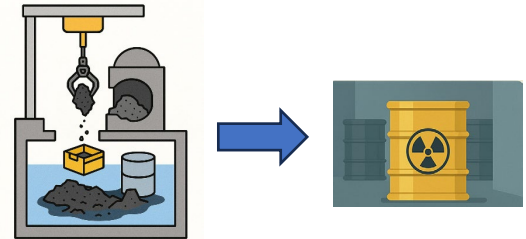


使用済み燃料取り出し

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



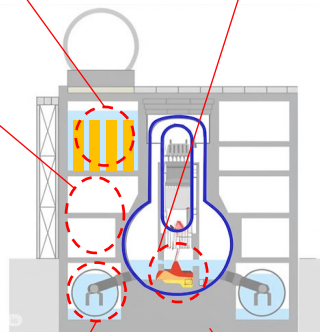
燃料デブリ取り出し



炉内事象解明

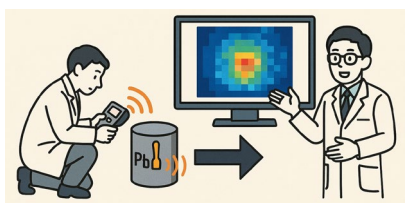
本格取り出しに向けた調査・試験取り出し

880トンのデブリの本格取り出し



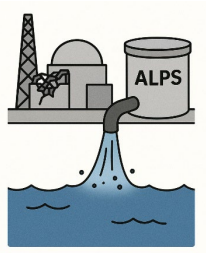
作業環境の改善

作業員被ばく防止/作業安全

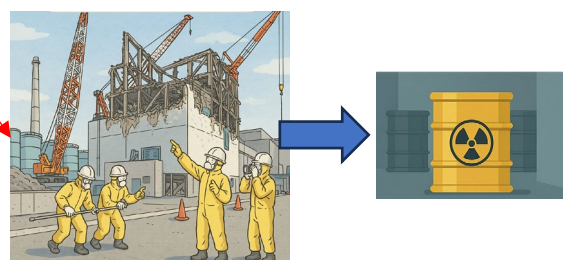


ALPS処理水の処分

1,280万m³の放出
(2025年6月現在)

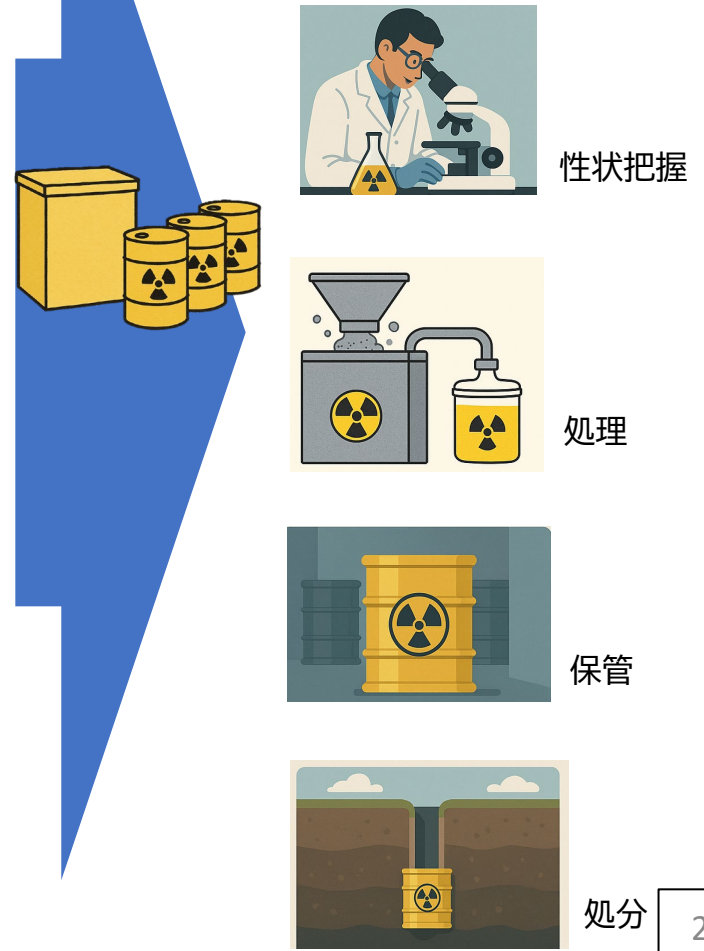


PCV/RPV/建屋の解体



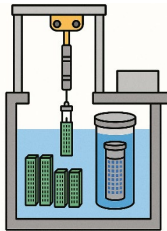
廃棄物の処理・処分

放射性廃棄物の保管・処理・処分

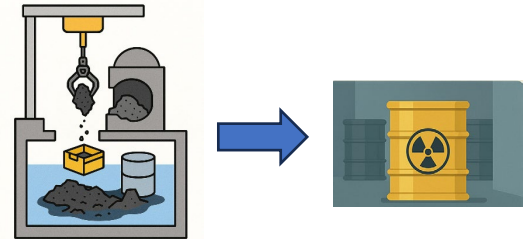


使用済み燃料取り出し

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



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

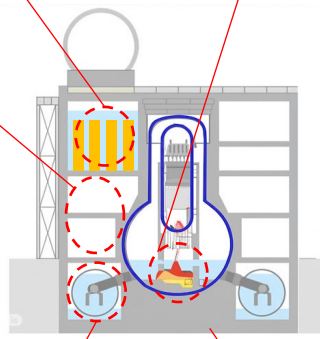
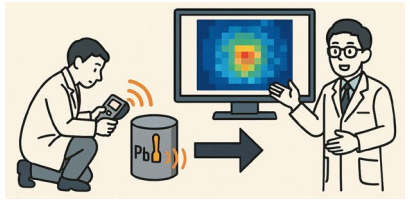
廃棄物の処理・処分

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

作業環境の改善

作業員被ばく防止/作業安全

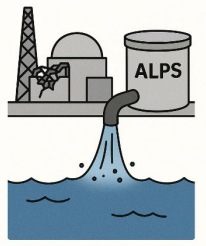
- 計測・可視化技術
- デジタルツイン



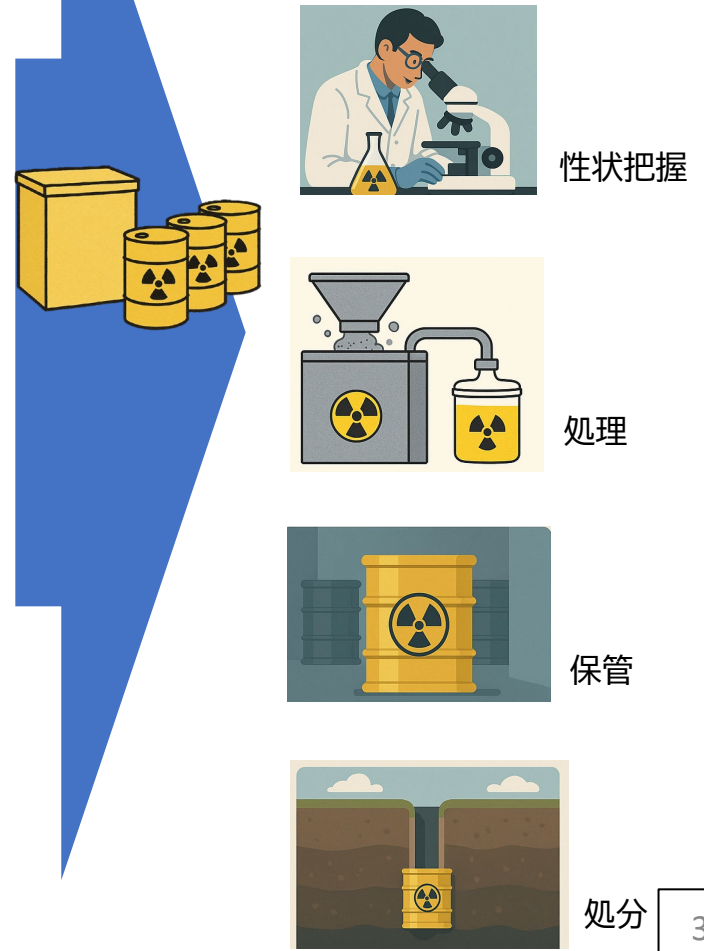
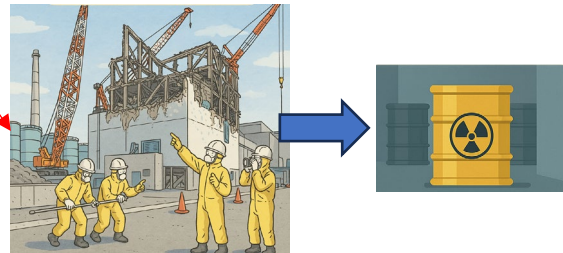
ALPS処理水の処分

125万m³の放出
(2026年1月現在貯蔵量)

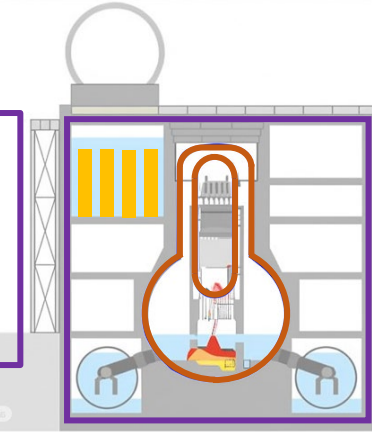
- 放射性物質濃度の第3者分析
- モニタリングデータ評価



PCV/RPV/建屋の解体



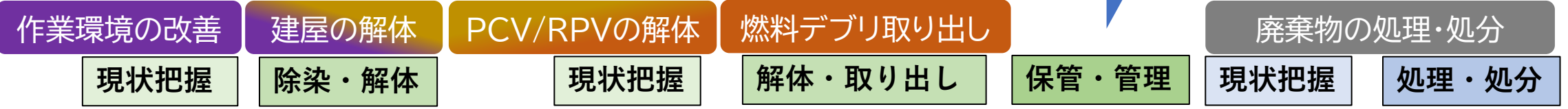
作業員が立ち入るエリア
 →被ばくの原因となる
放射線源の特定
 →作業による**状態変化**



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**



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

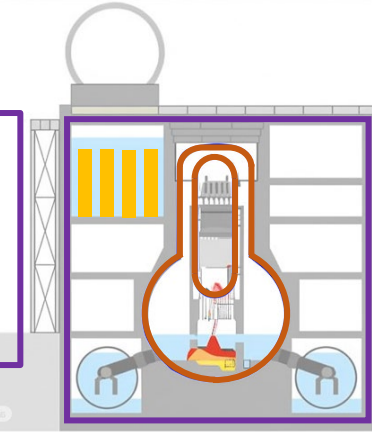
固化体評価
人工バリア評価
処分安全評価

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。

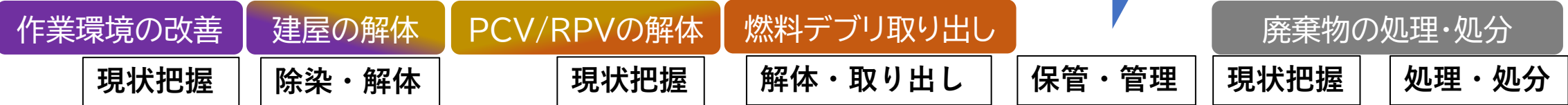
作業員が立ち入るエリア
→被ばくの原因となる
放射線源の特定
→作業による状態変化



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



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。**

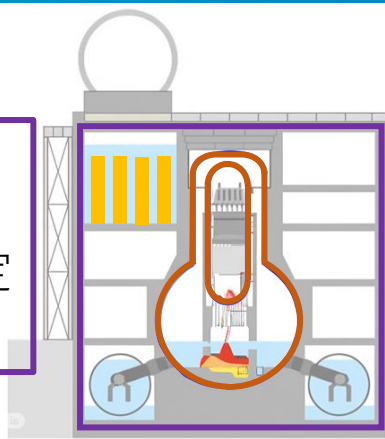
- メカニズムに基づき挙動を推定する**シミュレーション**
- 様々な種類のデータから全体を推定する**AI技術**
- これらの推定技術の**科学的根拠情報集**

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。

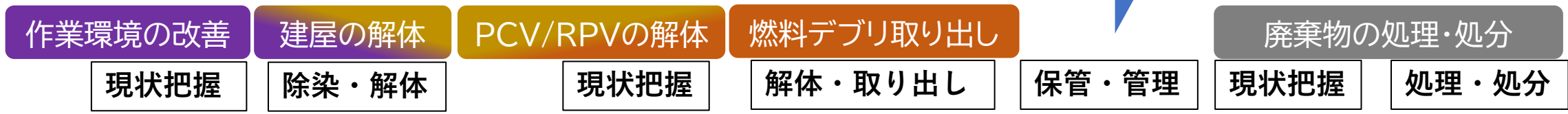
作業員が立ち入るエリア
→被ばくの原因となる
放射線源の特定
→作業による**状態変化**



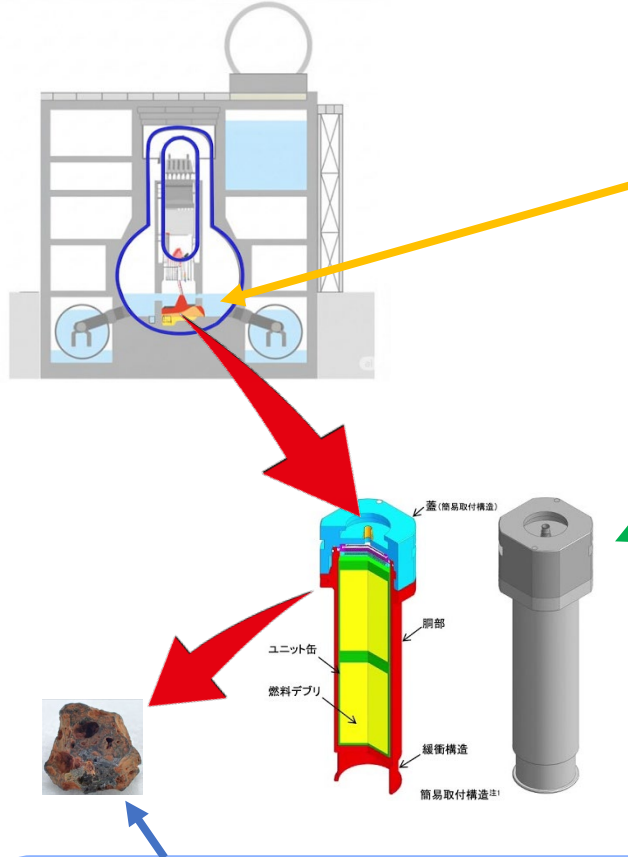
作業員が立ち入らないエリア
→**限られたデータ**から安全な
取り出し**方法策定**
→全ての作業を**遠隔**で実施
→作業による**状態変化**



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**



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。

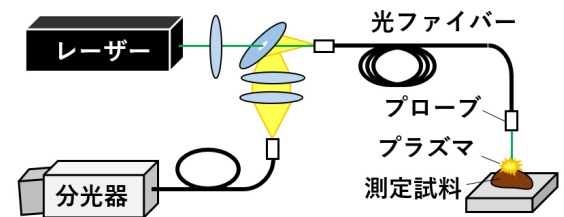


その場分析

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。

レーザー分析

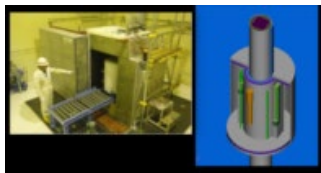
LIBS



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。

中性子分析



アクティブ中性子法

放射能分析

γスペクトル

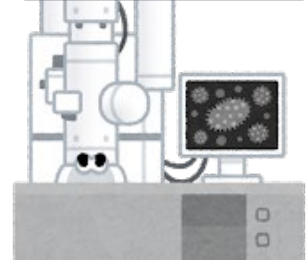
X線分析

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

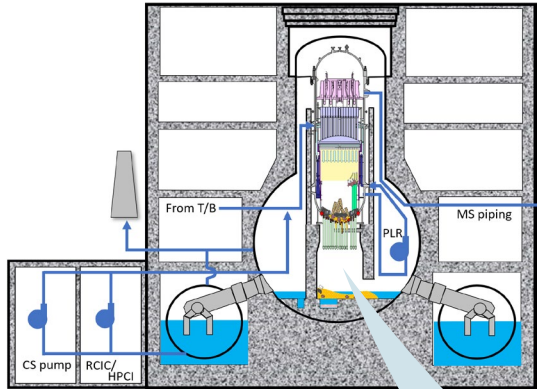


電子顕微鏡などで、物理・化学状態を調べる。

溶液分析

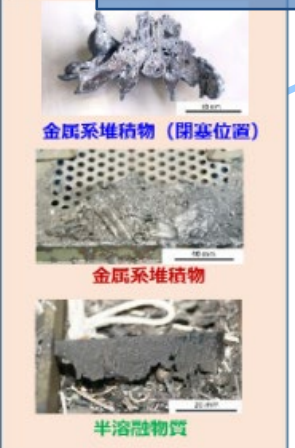


非常に低い濃度まで測定できる。



燃料デブリ生成メカニズムの推定

- ◆ 模擬燃料溶融試験
- ◆ 炉内模擬環境下核種挙動試験

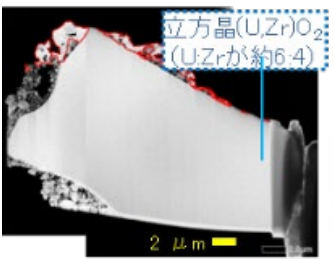


- ◆ 炉内状況把握
- ◆ シビアアクシデント解析

- ◆ デブリ詳細分析
- ◆ その場分析

情報集約・提供システム “debrisWiki/debrisEye”

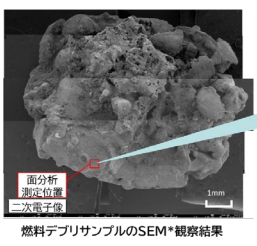
- ・ 関連するデータや知見を、1F炉内を再現した3Dデジタル空間上で**俯瞰**
- ・ 様々なデータを**統合**して、炉内状況、デブリ性状、廃棄物性状を推定



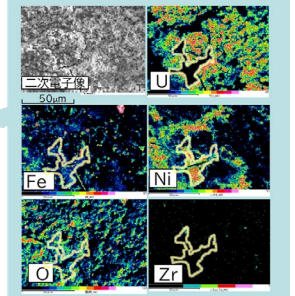
関連サンプルの分析 (少量サンプル)

- ◆ 非破壊分析

- ・ 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



*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



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



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
データを統合して、
デブリ性状、廃棄物
目

※画像をクリックすると動画が再生されます。



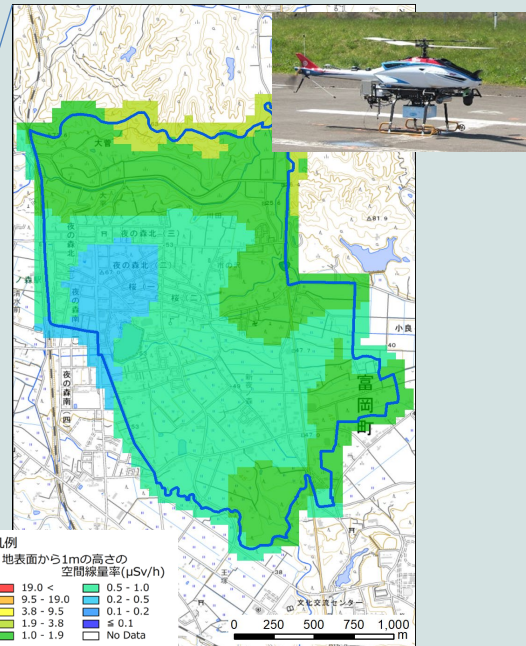
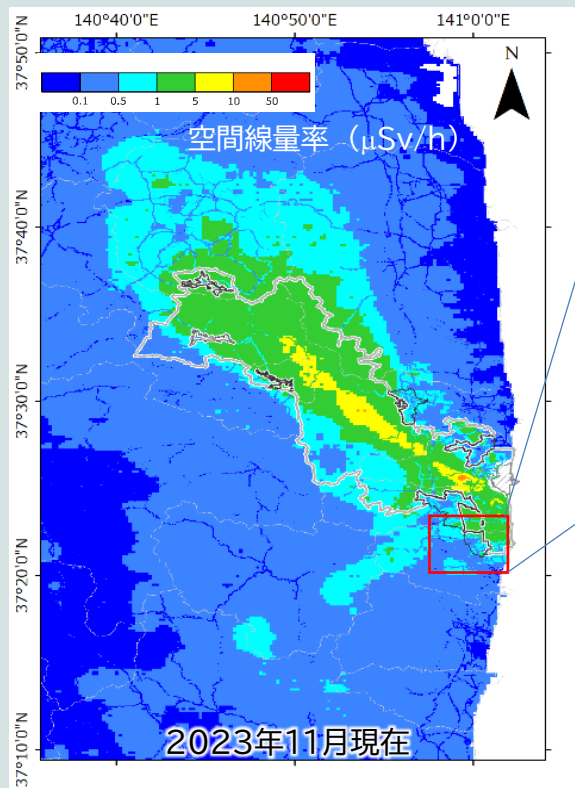
福島第一原子力発電所のデジタルツインの構築を目的としたアプリケーションソフト debrisEye（デブリアイ）を開発しました。



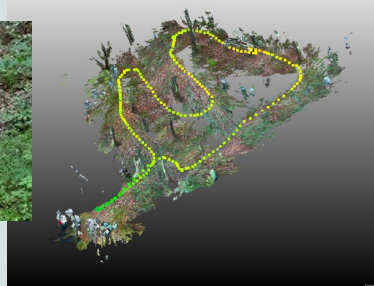
※画像をクリックすると動画が再生されます。

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

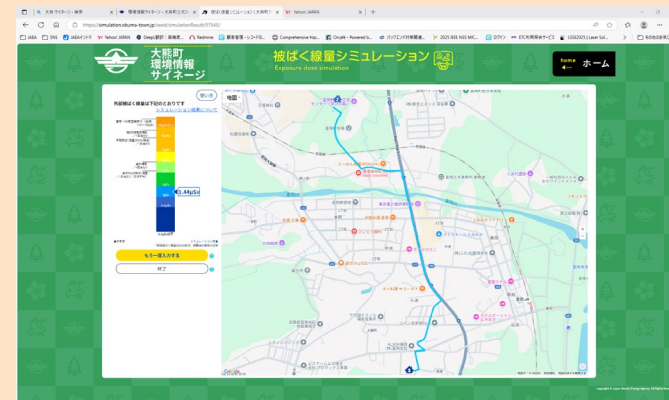


個人ごとの被ばく評価ツールを開発

▼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/スマホシステム、大熊町にHPタイプを採用▼



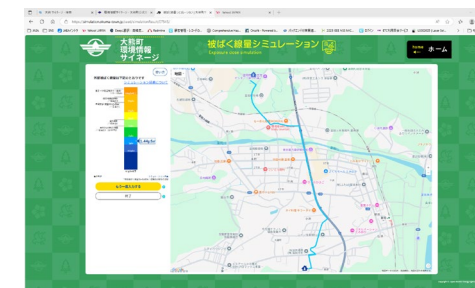
先進的な技術の適用



ロボット・ドローン
自己位置計測技術の適用

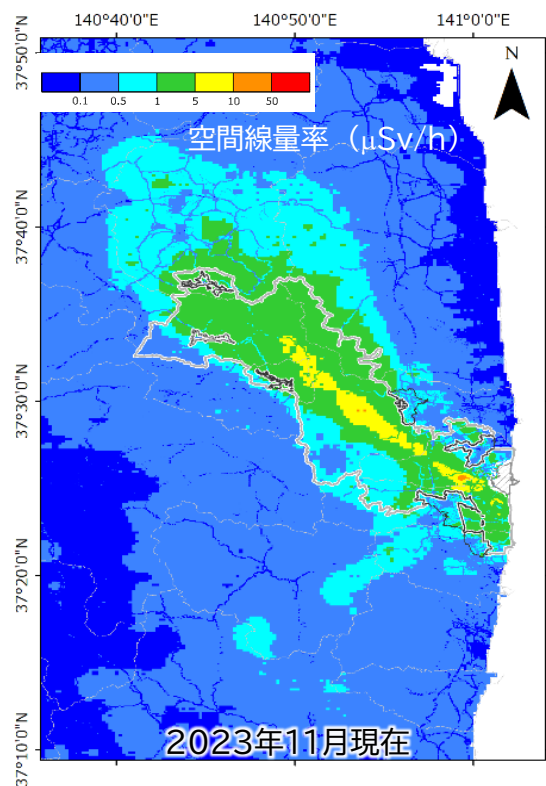


AI・機械学習



被ばくデータの解析

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。

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



これからの研究開発

- 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。