

「基調報告」  
福島復興に向けた研究開発

令和7年1月31日

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

**岡本 孝司**

原子力機構のビジョン ～目指す将来像～

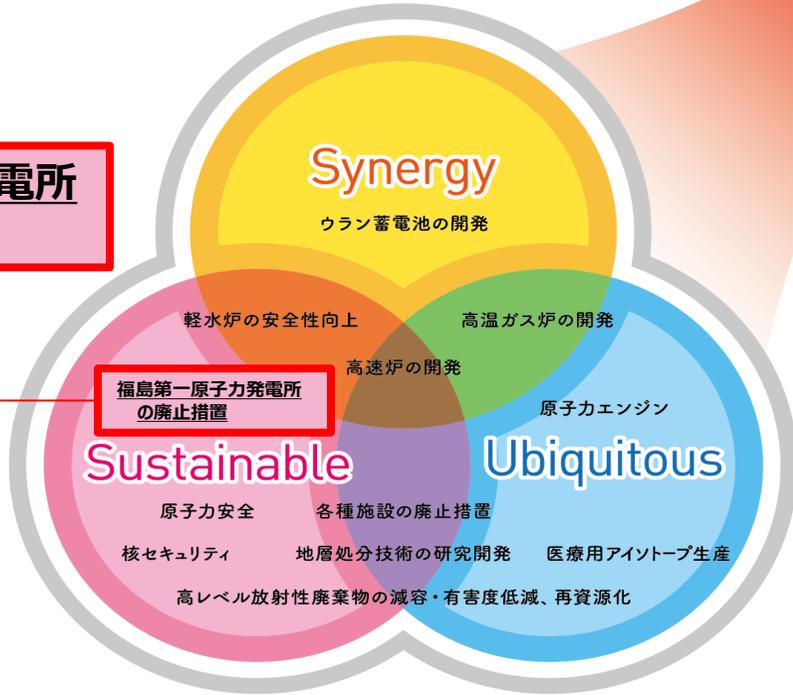
## 「ニュークリア×リニューアブル」 で拓く新しい未来

原子力(ニュークリア)と  
再生可能(リニューアブル)エネルギーが二元論を乗り越え、  
融合することで実現する新しい持続可能(サステナブル)な  
未来社会を目指します。



原子力科学技術を  
最大限に活用

**福島第一原子力発電所  
の廃止措置**



**福島第一原子力発電所  
の廃止措置**

ニュークリア×リニューアブルの  
Synergy  
相乗効果のための研究開発

Sustainable  
原子力自体を持続可能に  
するための研究開発

Ubiquitous  
原子力利用の多様化に  
向けた研究開発

福島廃炉安全工学研究所は、福島県をはじめ国内外の皆さまの安全・安心に貢献すべく研究開発を進めています。

## 福島復興に向けた重点活動

### 福島環境回復に関する研究開発

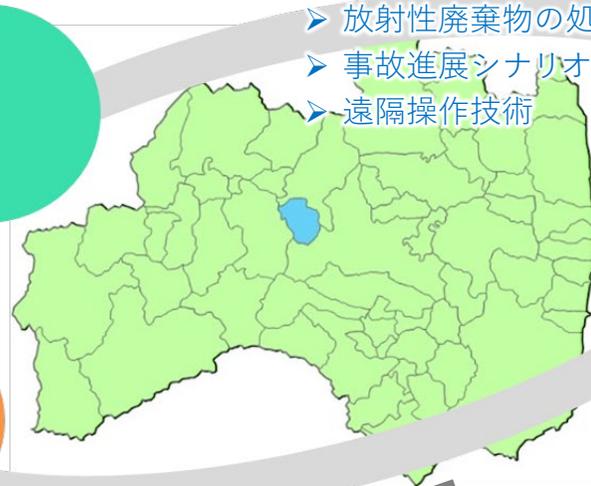
目的) 特定帰還居住区域解除等への貢献

- 環境中の放射性物質をより迅速・詳細に把握
- 環境モニタリング・マッピングに関する技術開発

### 1F廃止措置に関する研究開発

目的) 研究開発成果を現場に実装し、廃止措置の安全・着実な推進に寄与

- 燃料デブリの取扱い
- 放射性廃棄物の処理処分
- 事故進展シナリオ解析
- 遠隔操作技術 等



### 研究開発基盤の整備

目的) 研究開発推進のための施設、体制整備

- 櫛葉遠隔技術開発センターの運用
- CLADS 国際共同研究棟の運用
- 大熊分析・研究センターの運用整備
- 国内外の大学、研究機関、産業界等の人材が交流できるネットワークの形成

### 福島復興への貢献

- 地元の関係機関とのコミュニケーション
- 地元企業との連携
- 人材育成



環境中の放射性物質調査



1F廃止措置に関する研究開発



大熊分析・研究センター

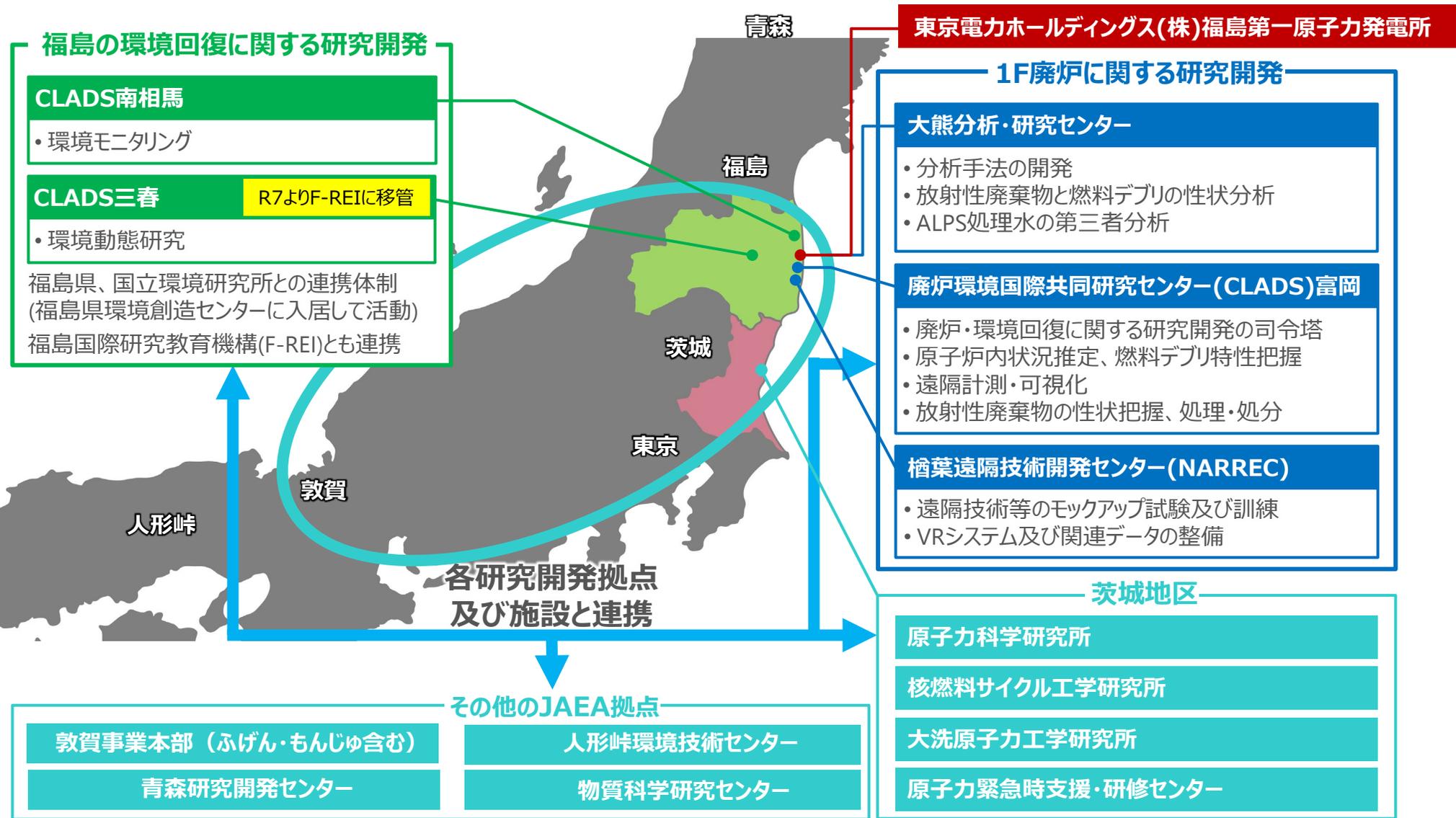


ALPS処理水第三者分析



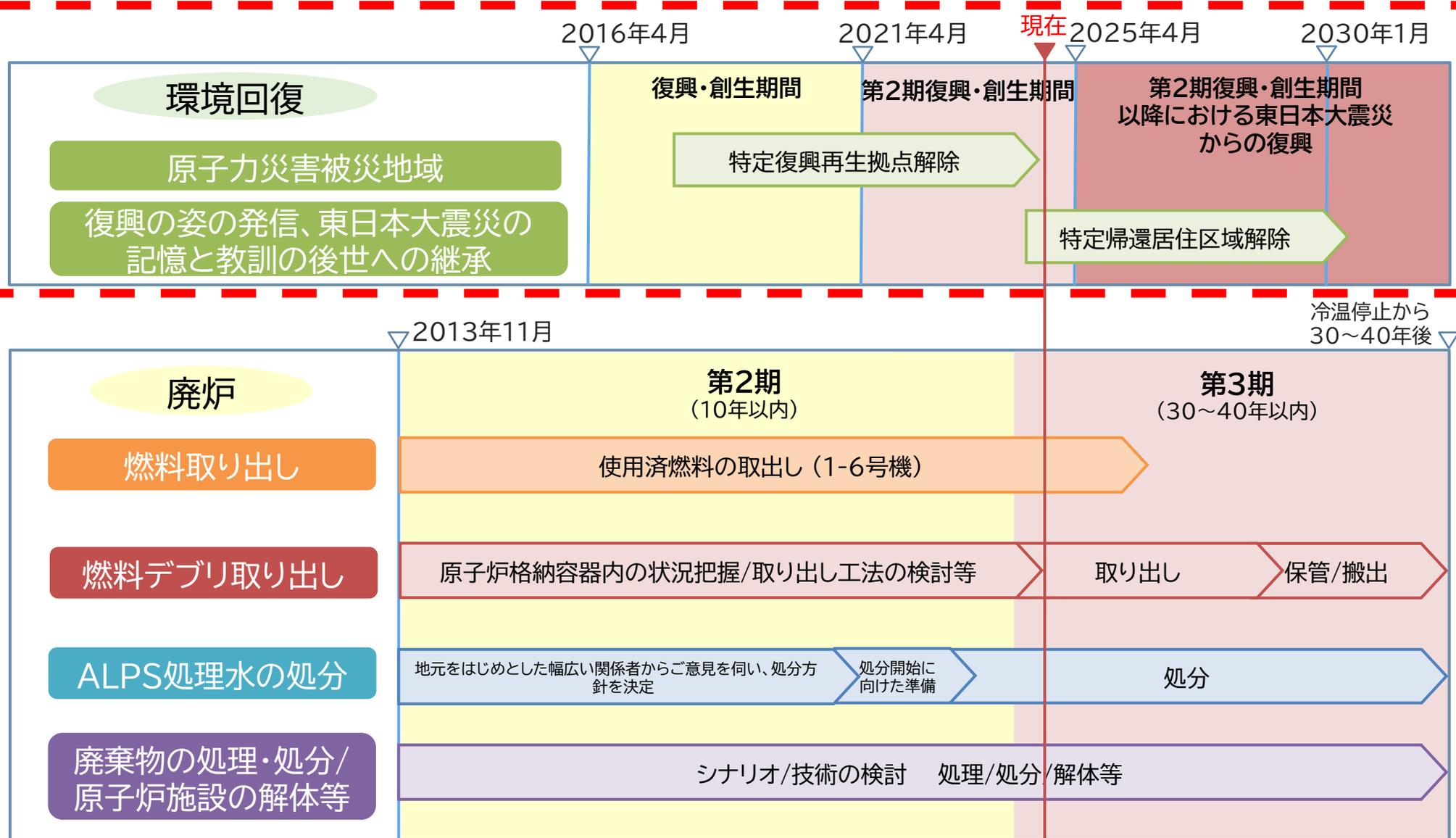
廃炉創造ロボコン

福島県内の活動拠点に加え、県外のJAEA拠点とも連携し、JAEAを挙げて研究開発に取り組んでいます。



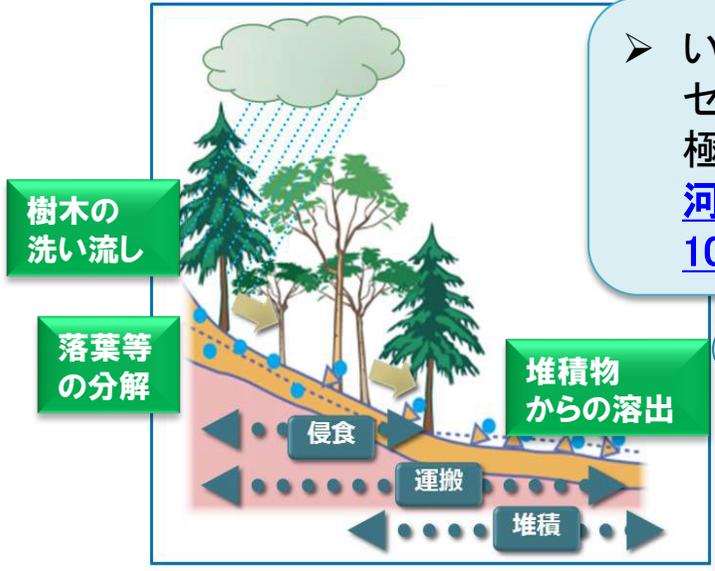
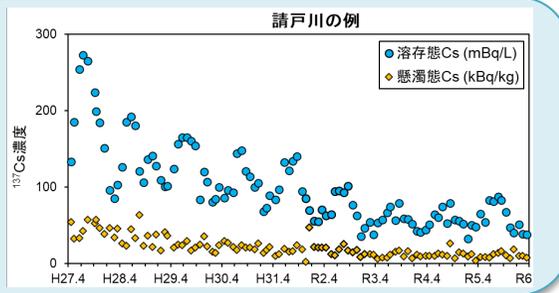


環境回復と廃炉の取り組みは、国の中長期的な戦略に沿って進めています。



森林に残存する放射性セシウムが、将来、生活圏に流出し、線量率や農林水産物に影響を及ぼす可能性が低いことを調査結果から予測しました。

➤ いずれの河川でも、溶けている放射性セシウム(溶存態)濃度は1 Bq/L未満と極めて低く、減少傾向が続いており、河川水に起因して農作物中の濃度が100 Bq/kgを超える可能性は低い。

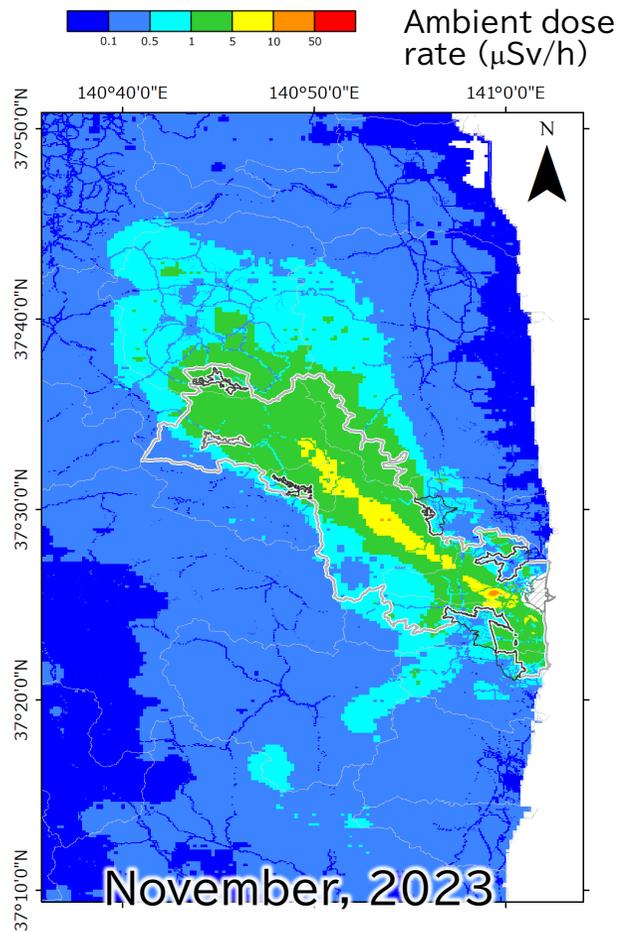
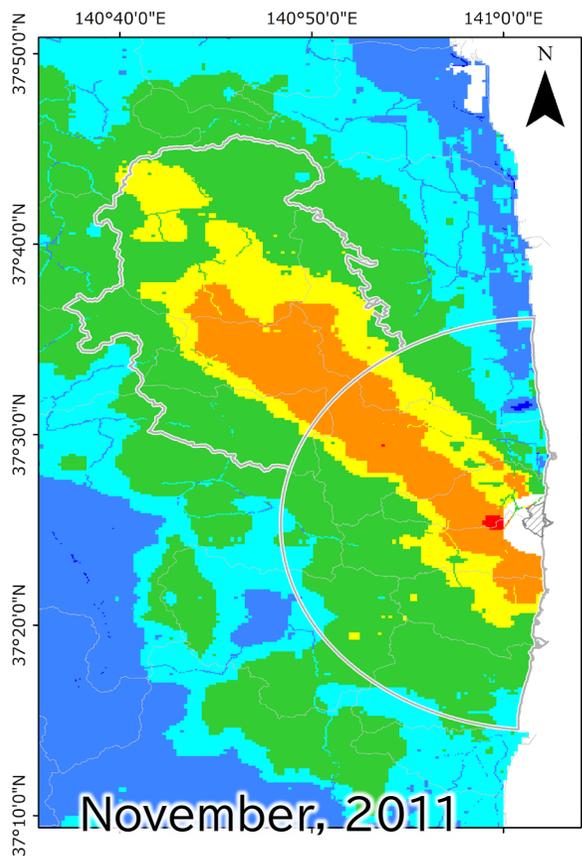


➤ 森林からの放射性セシウムの流出量は、1年間に沈着量の0.2%未満と極めて少ない。  
 ➤ 土砂中の放射性セシウム(懸濁態)濃度も時間とともに減少しており、台風による豪雨発生時には、河川敷の空間線量率は低下した。今後、河川敷の線量率が増加する可能性は低い。

**課題：**森林内に放射性セシウムが長期間留まることから、その挙動を解明し、比較的濃度が高い樹木、キノコ・山野草、淡水魚等について、将来のセシウム濃度を予測することが必要。  
 →今後、知見やリソースを、福島国際研究教育機構 (F-REI) へ移管予定。JAEAも必要な研究を積極的に協力。

## 様々な政策決定のためのモニタリング・被ばく評価方法を開発

ツールの特徴に合わせて最適なモニタリングを実施

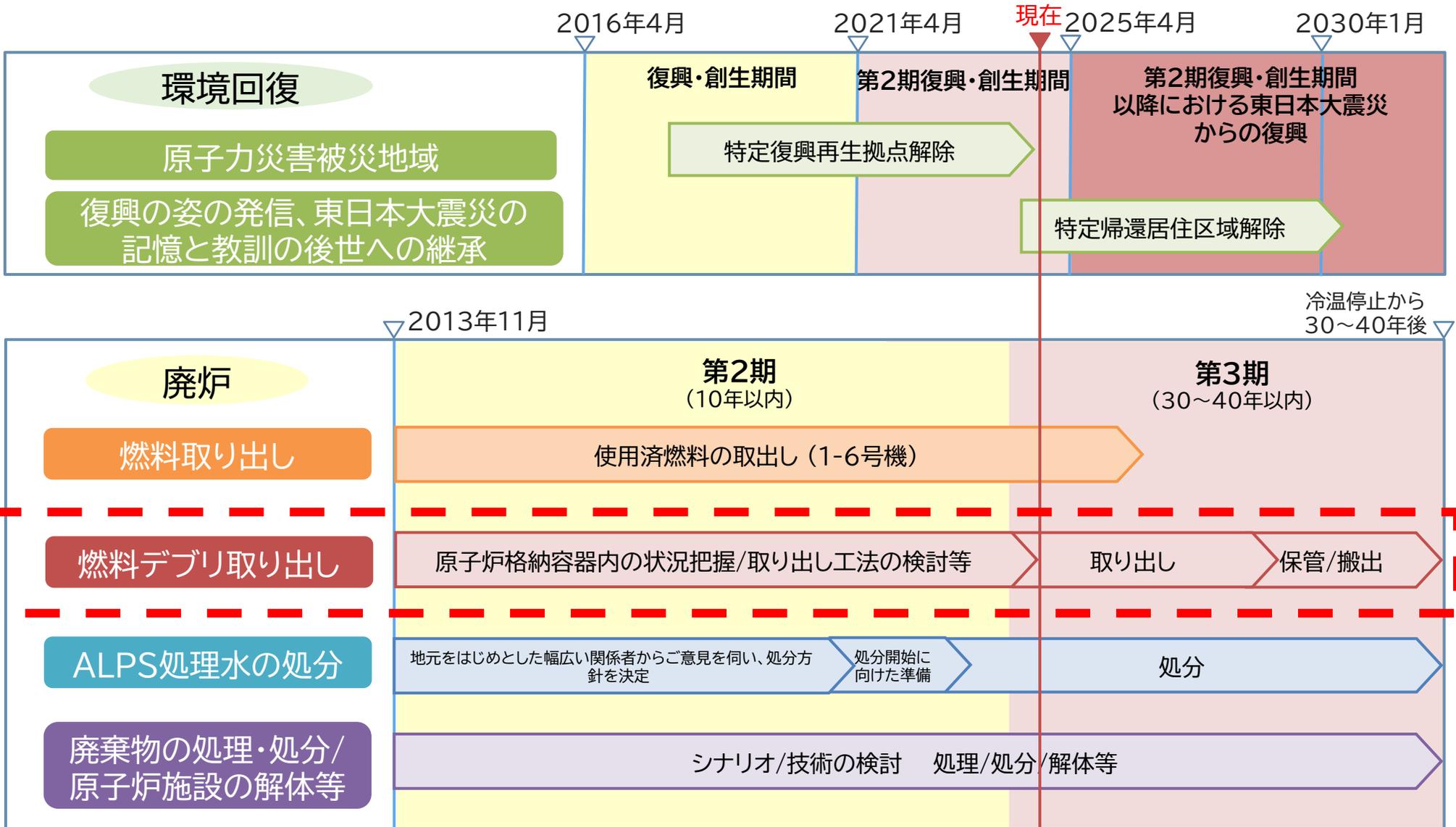


被ばく評価ツール→浪江町、富岡町、葛尾村にサイネージシステム、大熊町にHPタイプを採用



※12/12に被ばく評価手法開発に関するプレス発表を実施

環境回復と廃炉の取り組みは、国の中長期的な戦略に沿って進めています。



日本原子力研究開発機構（JAEA）は、原子力の専門家として、シェルパ（登山者が山の頂上にたどり着くための手助けをする案内人）を目指しております。

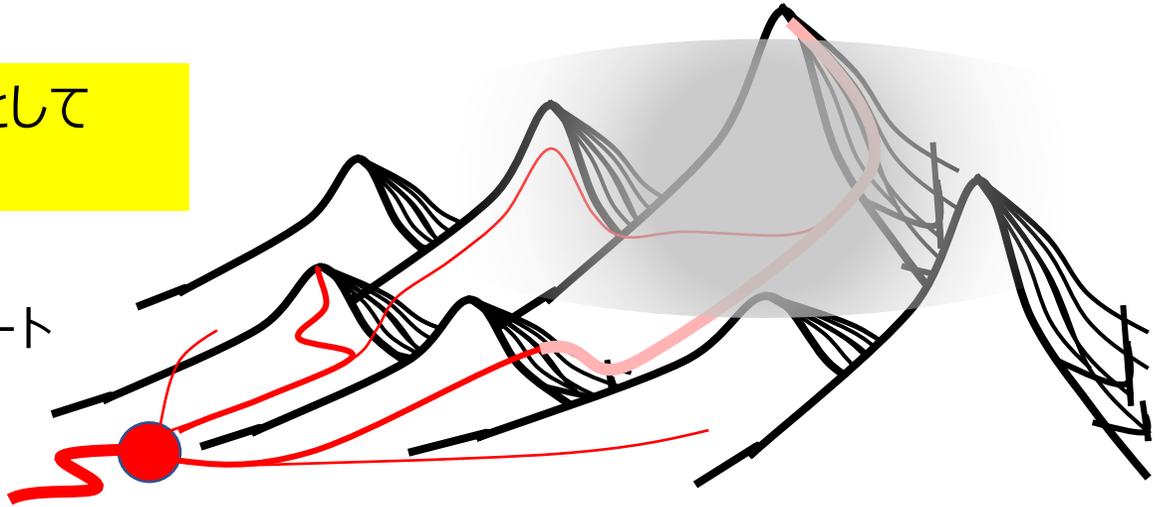
JAEAは原子力専門家として  
シェルパをめざす

山岳隊であるNDF/東電のサポート



JAEAの研究開発成果と放射性  
物質取扱い経験

◆ 核燃料・放射線の専門家と施設群



福島第一原子力発電所の廃炉

頂上（ゴール）を目指して、  
安全な登山道（戦略）を探している  
いろいろなアプローチ（方法論）を考えている  
尾根の向こうはまだよく見えていない

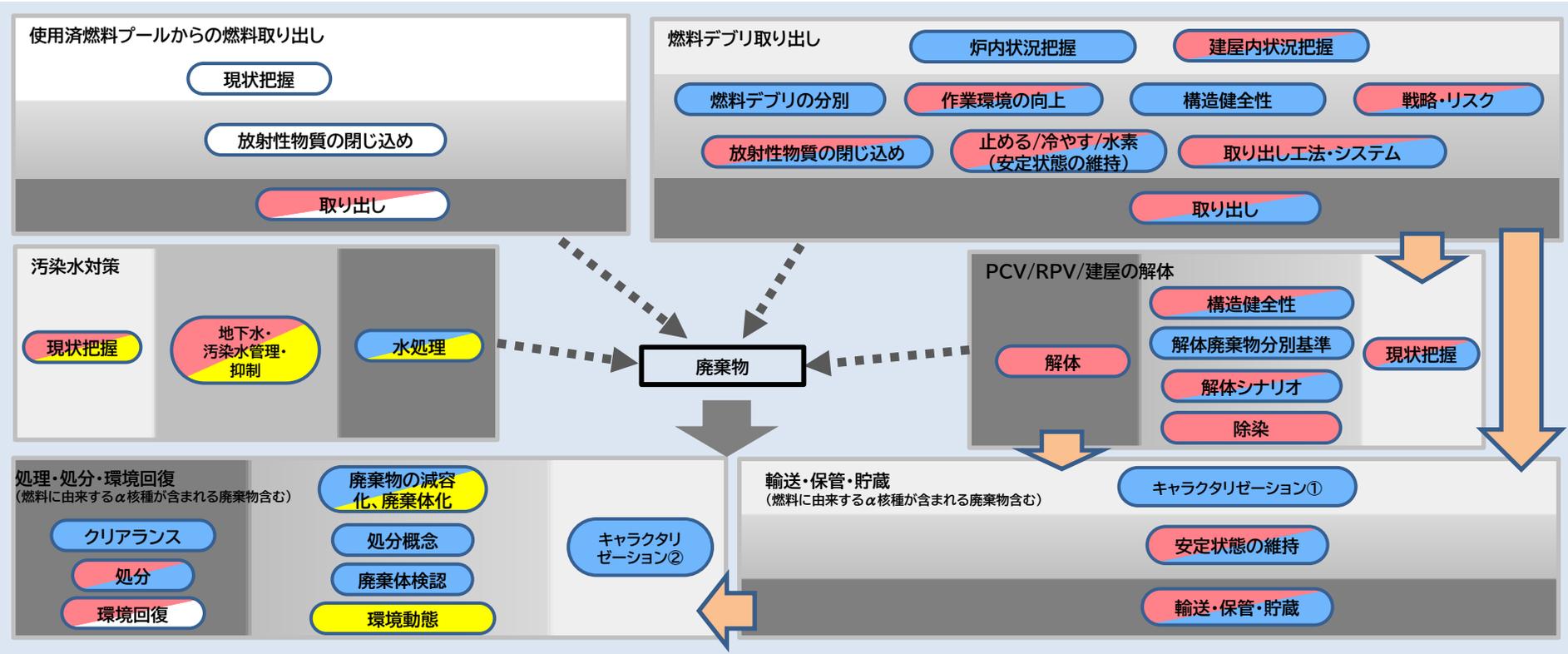
## JAEAのミッション

「基礎基盤研究を通じ、安全・リスク評価を行うことのできる知識と技術の構築」

## ◆ JAEAで実施する研究だけでなく廃炉に必要な技術を網羅し、研究の状況を公開



廃炉を合理的に進めるための全体戦略(プロセスの全体最適、リスク管理、経済合理性)

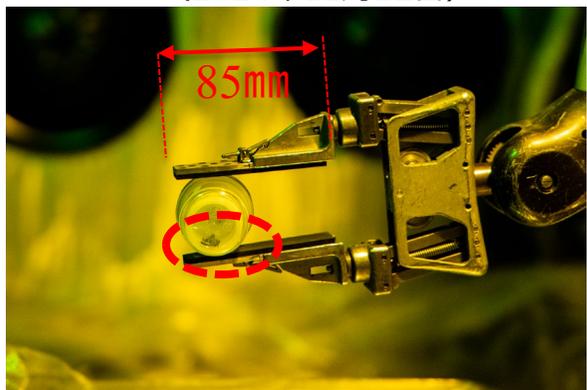


試験的に取り出された燃料デブリをJAEA茨城地区の施設で受け入れました。今後のデブリ分析を通して、本格的なデブリ取出しのための具体的方策の検討に貢献していきます。

東京電力  
福島第一原子力発電所



取り出された燃料デブリ約0.7gを輸送  
(2024年11月12日)



照射燃料集合体試験施設 (FMF) において、燃料デブリを輸送容器から取り出し  
(2024年11月13日)

## ◆ JAEA大洗研・原科研は燃料デブリ分析に最適な施設

### JAEA 大洗原子力工学研究所

照射燃料集合体試験施設 (FMF)

◆ サンプル輸送のハブ機能

・非破壊分析 ・主に固体分析

- UやPu等の燃料由来の成分を中心に組成を分析
- サンプルに応じてX線CT等の非破壊分析、U粒子等の結晶状態等の固体分析を実施



照射燃料試験施設 (AGF)  
・化学分析 (核種)

### JAEA 原子力科学研究所

バックエンド研究施設 (BECKY)

・化学分析 (核種、元素)

- 主要構成元素の組成を分析



※ 研究4棟、燃料試験施設 (RFEF) も使用予定

大型放射光施設 (SPring-8)

・U等の酸化状態を微小粒子について分析

日本核燃料開発 (株) (NFD)

・U粒子等の結晶状態を詳細に分析

MHI原子力研究開発 (株) (NDC)

・微量元素を含む元素組成及び同位体比を分析

様々な知見を集約し、廃炉作業計画策定に貢献するため、各種情報を集約し炉内3D推定図の形式で構築し、パーツの取り出し等が可能な3Dビューコンテンツ（debrisEye）を開発し、東京電力で活用されています。

2D推定図

詳細解析結果

模擬試験

3D推定図 (debrisEyeに実装)

内部調査結果

PAN-087 TILT +071

1F施設データ

設計情報

1Fから採取されたサンプルの分析データ (debrisWiki)

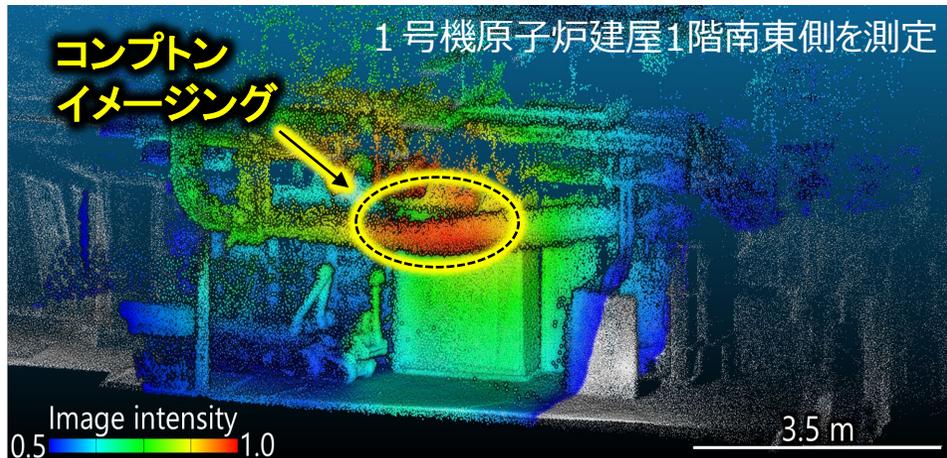


1F廃炉の効率的な作業計画策定、作業員の被ばく低減等に資するため、CLADSの研究成果が貢献しています。

## 放射線遠隔可視化の技術開発

### 【統合型放射線イメージングシステム (iRIS)】

- ▶ 1F原子炉建屋内の、高線量率箇所での放射性ホットスポット可視化に成功
- ▶ 効率的な作業計画策定や作業員の被ばく低減への貢献
- ▶ 令和6年度文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞



## 放射線を選別可能な検出器の技術開発

- ▶ 放射線防護の観点から、作業環境のダスト中に含まれるアルファ線放出核種とベータ線放出核種を分けるため、シンチレータを積層にすることで、弁別して測定する技術を開発
- ▶ 開発技術を適用した検出器はダストモニタとして製品化され、1F作業現場に搬入
- ▶ 廃止措置等の現場における作業員の被ばく線量の低減や除染計画の立案に貢献



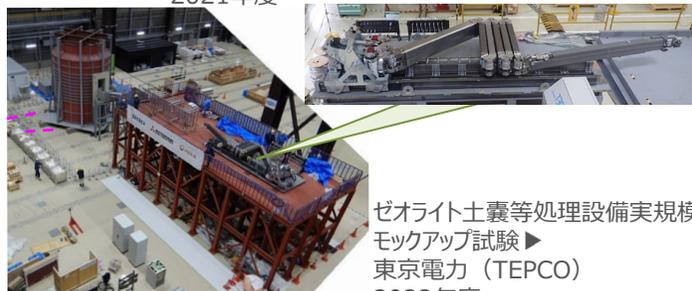
ダストモニタ

1F廃炉に貢献するため、廃炉事業者による施設利用、1F環境データの貸出、廃炉関連技術開発等を実施しています。

## 実規模モックアップエリアの施設利用

- ▶ 1F2号機原子炉格納容器内部調査及び燃料デブリ試験的取り出しにおける実規模モックアップ試験
- ▶ ゼオライト土嚢等処理設備実規模モックアップ試験

▼燃料デブリ試験的取り出しモックアップ試験  
国際廃炉研究開発機構 (IRID)  
2021年度～



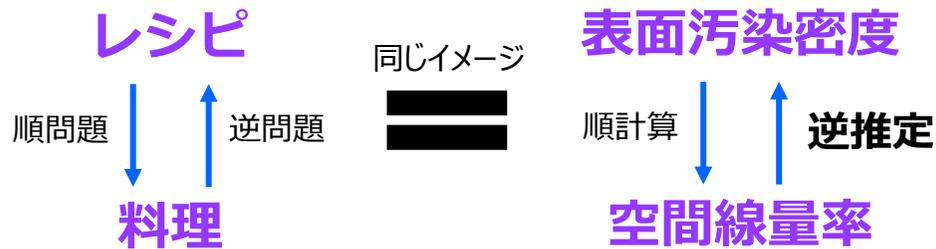
ゼオライト土嚢等処理設備実規模モックアップ試験 ▶  
東京電力 (TEPCO)  
2022年度～



## 廃炉作業環境の改善に向けた技術開発

- ▶ 未だに線量率が高い1F原子炉建屋内での作業を安全、効率的に行うための技術開発として、限られた現場情報である空間線量率から表面汚染密度を逆推定可能なシステムを構築
- ▶ 本技術の活用により、作業員の被ばく低減に貢献

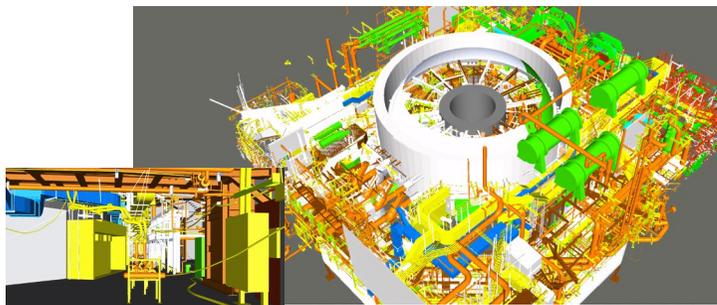
【逆推定とは？】



## 1F環境データ整備及びVRシステムによるデータ活用

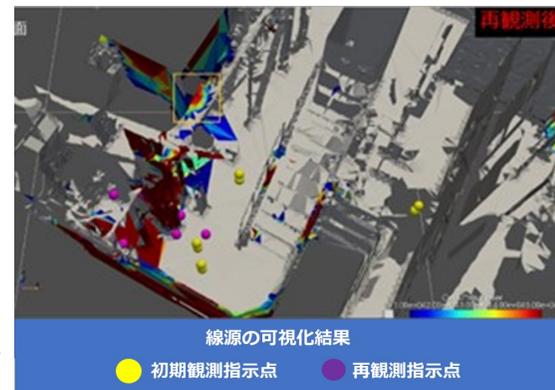
- ▶ 廃炉事業者による廃炉計画の検討や訓練に寄与
- ・建屋・格納容器内のデジタルデータを整備
- ・VR利用及びデータ貸出

▼デジタルデータのイメージ



5号機点群データ

測定した点群データ (上図) 及び空間線量率から逆推定を行い、線源分布図を作成



線源の可視化結果

● 初期観測指示点 ● 再観測指示点

線源分布図

燃料デブリ等の分析を実施する第2棟について、昨年度に引き続き許認可手続きを進めた結果、12月18日に認可取得。また、12月20日の福島県廃炉安全監視協議会開催後、地元自治体の事前了解を得て2025年3月上旬に着工予定。現場では、着工に向けた準備工事を10月1日に再開。

## ■ 施設概要

燃料デブリ取り出しの各プロセス（取り出し、収納、運搬、保管）で抱える技術課題の解決に資するため、燃料デブリ等の性状把握に係る各種分析を行う施設

## ◆ 建設準備状況

- 実施計画：2020年5月20日変更認可申請、2024年12月18日認可取得
- 地元自治体に対する事前了解：2020年3月30日事前了解願提出、要請に応じ福島県原子力発電所安全確保技術検討会での説明等実施
- 準備工事：12月までにMMR（人工岩盤敷設）の準備を終了、MMRを1～2月にかけて実施予定



撮影日：2024年10月

<工事現場の様子>

## 第2棟の設備

- 第1棟と同様に、フード、グローブボックス、鉄セルを有する
- 高線量(1Sv/h以上)の試料を取り扱うため、高い遮蔽能力をもつコンクリートセルを有する



▲コンクリートセル※



▲鉄セル



▲グローブボックス



▲フード

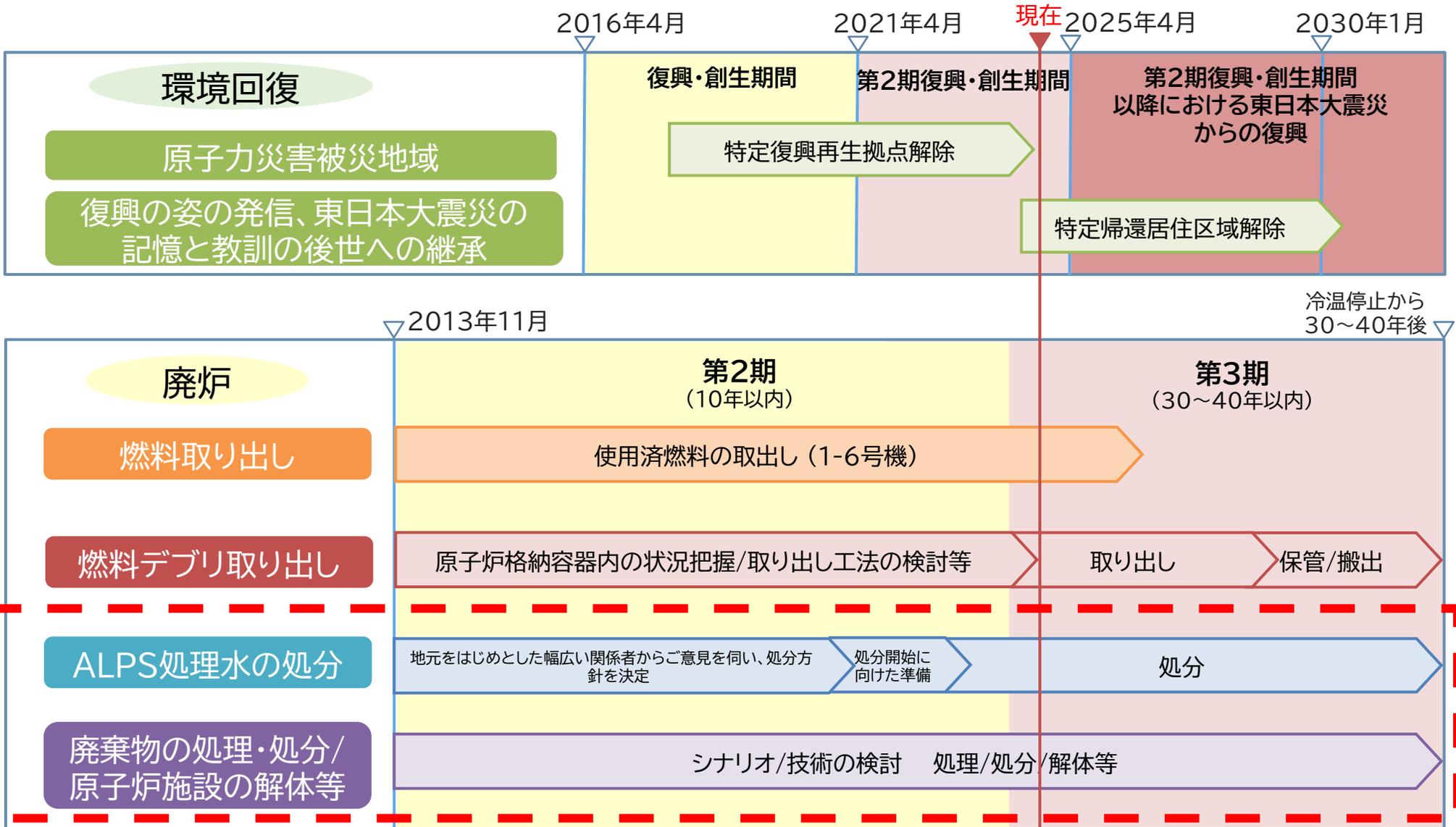
大

小

取り扱うデブリの量

※：JAEA原子力科学研究所バックエンド研究施設(BECKY)のコンクリートセルの例

環境回復と廃炉の取り組みは、国の中長期的な戦略に沿って進めています。



第1棟では、1Fで発生する中低線量の固体廃棄物分析及びALPS処理水の第三者分析を実施しています。  
 長期的な取り組みになるため、継続的な分析人材育成・確保が重要となります。

## 1F固体廃棄物分析とその特徴

### 【分析の目的】

1F廃炉に向けた放射性廃棄物の処理・処分方策の検討等に資するため、固体廃棄物の性状を把握・評価する

### 【サンプルの特徴】

分析対象核種：優先10核種(最大約30核種想定)

主な放射性核種：Cs-137 ( $10^3 \sim 4$  Bq/kg程度※)

トリチウムの濃度は低いと想定(分析未実施)

※)第1棟におけるこれまでの実績。今後については最大値は上がっていくことを想定。

## ALPS処理水の第三者分析とその特徴

2023年6月から開始し現在までに10回実施

### 【分析の目的】

独立した第三者として分析・公表することで、ALPS処理水海洋放出に向けた分析の透明性・客観性確保に寄与

### 【サンプルの特徴】

分析対象核種：69核種 (トリチウム含む)

主な放射性核種：トリチウム ( $10^5$  Bq/L程度)

その他の核種はALPS処理により放出基準 (規制基準) 未満まで浄化されていることを確認。

## 分析の3ステップとポイント

### ① 前処理 (試料を分析に適した形態に処理する工程)

- ▶ 固体試料は液体化して分析するため溶解
- ▶  $\gamma$ 線核種は分離不要、 $\alpha$ 線核種は他核種と分離が必要
- ▶  $\beta$ 線核種の場合、核種毎に分離抽出することが必要 (蒸留、沈殿、固相抽出等)
- ▶  $\beta$ 線核種の前処理においては、分析技術者の高度な技量が求められるため、分析技術者の育成が重要



### ② 測定 (核種それぞれに適した測定装置により測定)

例1) Cs-137、Co-60 :  $\gamma$ 線測定

⇒ Ge半導体検出器

例2) Ni-63、トリチウム、C-40、ストロンチウム :  $\beta$ 線測定

⇒ 液体シンチレーションカウンター



Ge半導体検出器



液体シンチレーションカウンター



### ③ 評価: 分析値の妥当性を確認・評価

固体廃棄物の管理全体での適切な対処方策の提示に向け、性状把握、処理、処分などの研究を複合的に実施しております。

## 性状把握

- ▶ 瓦礫や水処理二次廃棄物（炭酸塩スラリー、セシウム吸着剤）など多様で多量な廃棄物の処理・処分の方法を検討するため、廃棄物試料の分析を茨城地区施設と放射性物質分析・研究施設にて継続



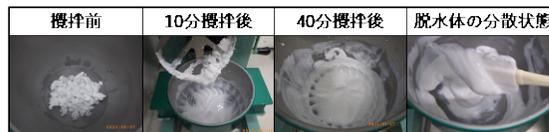
炭酸塩スラリーを脱水処理した後の外観



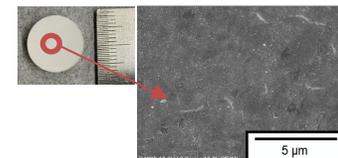
セシウム吸着材のホットセル内での取り扱い

## 処理

- ▶ 炭酸塩スラリーなど水処理二次廃棄物を常温にて処理する手法（セメントやアルカリ活性物質）の固化試験を継続しつつ、マイルドな高温条件でのリン酸塩系処理法にも取り組んでいる
- ▶ 固化体の安定性を調べる試験を進めている



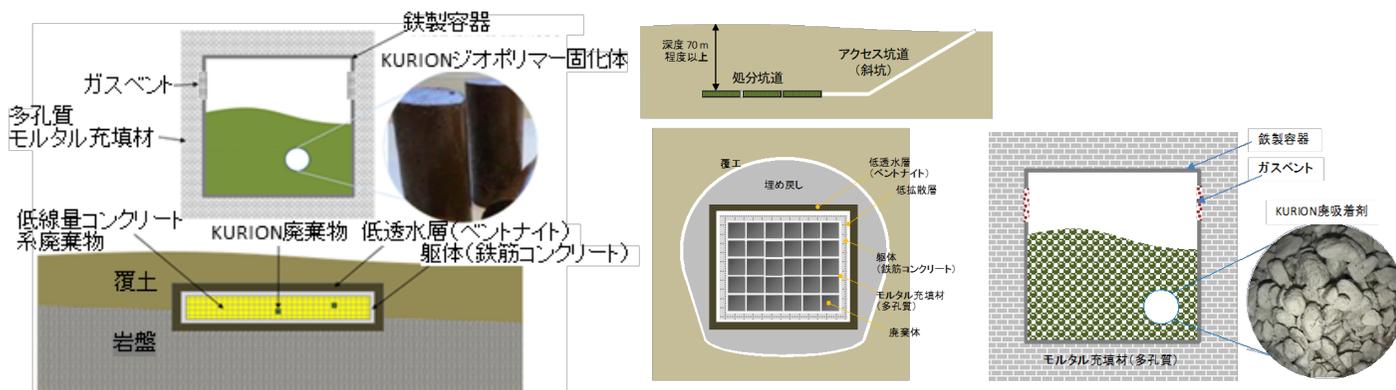
模擬廃棄物の固化試験（炭酸塩スラリー廃棄物）



固化体の微細構造観察（リン酸塩セラミックス処理）

## 処分

- ▶ 1Fに特有な廃棄物を中心に、処分技術のニーズを把握し、処分概念を複数提案すべく検討を進めている
- ▶ 処分の安全評価に必要な核種挙動の基礎データの取得を進めている



水処理二次廃棄物 (KURION) の処分概念例（左 ピット、右 中深度）

NARRECでは、遠隔技術開発の中核拠点として、1F廃炉及び福島復興に貢献しています。



**試験棟**  
幅60m×奥行80m×高さ40m

**研究管理棟**  
幅35m×奥行25m×高さ20m

2024年11月29日に見学者数が  
30,000人達成  
(福島県立ふたば未来学園中学校)



2016年4月～2024年11月末時点  
での累計施設利用件数  
659件 (2023年度は88件)

### VRシステム

1F原子炉建屋内の環境を再現し、あたかも現場にいるような感覚で作業内容の確認や訓練を行える設備を整備  
作業時間短縮による作業時の被ばく低減に寄与

### 要素試験（模擬環境下での実証試験）

1F原子炉建屋内の作業環境を模擬できる設備を整備し、遠隔操作機器（ロボット等）の実証試験や操作訓練等に使用

モーションキャプチャ

モックアップ階段

試験用水槽

高速カメラを全周に配置

### 燃料デブリ取出しの実規模試験の支援

国際廃炉研究開発機構（IRID）が実施する、ロボットアームを用いた燃料デブリ取出しの実規模試験のための場を提供

出典：資源エネルギー庁ウェブサイト  
([https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/debris\\_3.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/debris_3.html))

一般産業界や大学、研究機関などにも幅広く施設をご利用頂いております。

## モーションキャプチャの活用例

ミリオンテクノロジーズキャンベラ(株)、Flyability、ブルーイノベーション(株)  
 ・放射線検出器を搭載したドローンのデモンストレーション(2024.9.12)



ドローンを遠隔操作し、搭載した検出器によるスキャン結果をリアルタイムで3Dマップ表示する機能試験

## 試験用水槽の活用例①

東京パワーテクノロジー株式会社

- ・水中ドローンのガレキ回収検証 (2024.8.22,23,30)
- ・ガレキ撤去治具操作性確認 (2024.11.25~27)



## 機器性能評価に関する利用者向けサービス

- ・様々なロボットの標準試験法の間を整備
- ・ロボットの特性確認・評価や性能・技術向上に資するデータ・情報を提供



遠隔作業能力

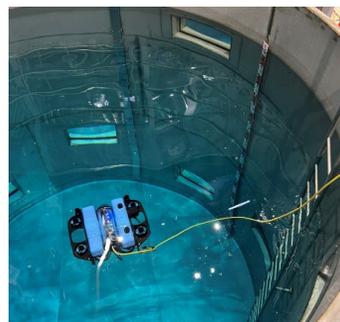


不整地移動

## 試験用水槽の活用例②

株式会社チック

- ・水中ドローンの動作確認と操作訓練(2024.4.23)

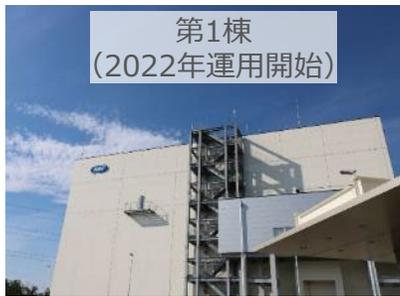


大熊分析・研究センターは、1F廃止措置に向け、ALPS第三者分析、固体廃棄物及び燃料デブリの性状分析等の研究開発を行っています。

## 施設概要



施設管理棟  
(2018年運用開始)



第1棟  
(2022年運用開始)



第2棟  
(建設準備中)

施設管理棟：分析・研究施設の設計、運転・管理及び分析技術者の育成

第1棟：①ガレキ、伐採木、焼却灰、汚染水処理に伴い発生する二次廃棄物等の低・中線量（1Sv/h以下）試料の分析

- ▶2022年10月～2023年度：簡易・迅速化分析法等分析技術の実証試験、
- ▶2024年度より本格的に分析開始。

②ALPS処理水の海洋放出前の第三者分析  
(2023年度6月から計10回実施し、放出基準を下回っていることを確認)

- ▶ISO/IEC17025の認定取得（2024年2月13日）



鉄セル



グローブボックス



ヒュームフード

第2棟：燃料デブリ等の高線量試料の分析を行う施設（建設準備中）

## 1F隣接地に立地



1F隣接地に建設することで、迅速かつ円滑な試料搬入が可能

自治体が開催するイベントを通じて地域住民の皆様との交流を図り、JAEAの認知度向上と理解促進に取り組んでいます。

## 地域イベントや施設公開を通じた情報発信

立地自治体で開催される数多くのイベントに参加  
施設公開を開催



▲ふたばワールド2024 in ひろのへへの出展



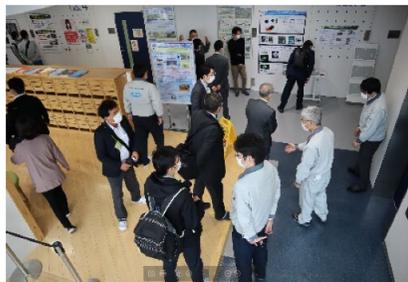
▲富岡秋まつり2024



▲大熊町ふるさと祭り2024への出展



▲ならは農福フェス2024への出展



▲CLADS(富岡)施設公開



▲NARREC施設公開

## 成果報告会

1F廃炉と福島環境回復に向けたJAEAの成果報告会を開催  
2024年度は2025年1月31日、いわき芸術文化交流館アリオスにて開催



## コミュニケーション活動

- ▶放射線に関するご質問に答える会
  - ・開催回数：合計289回実施  
(2011.7～2024.12現在)
  - ・参加者数：24,618人
  - ・対象：福島県内の小・中学生、  
幼稚園児、保護者、先生等
- 放射線の影響への不安解消に貢献



▲出張講座

ご清聴ありがとうございました