

JAEAの福島第一原子力発電所廃炉に向けた取組

平成30年2月16日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門

1. 福島研究開発部門の概要

- 中長期ロードマップ
- 福島研究開発部門の研究開発体制
- 福島研究開発部門の取組

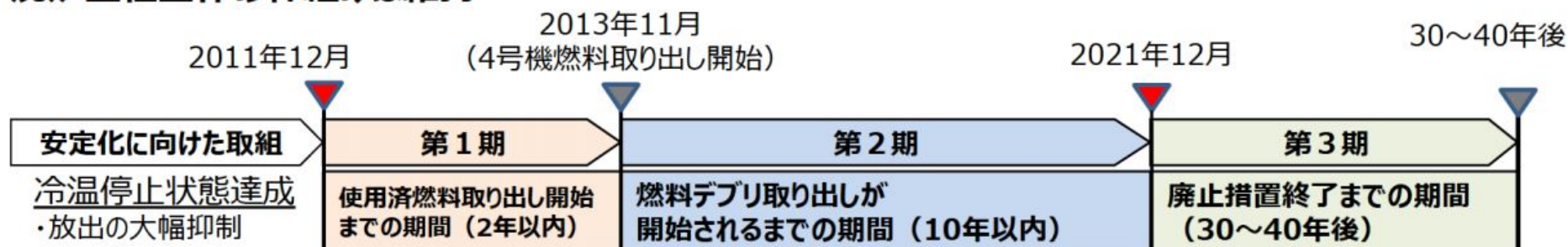
2. 福島研究開発部門における取組

- 研究基盤の構築
- 廃炉に向けた研究開発
- 環境回復に向けた取組
- 人材育成の取組
- CLADS補助金の創設

1. 福島研究開発部門の概要

- 中長期ロードマップ
- 福島研究開発部門の研究開発体制
- 福島研究開発部門の取組

廃炉工程全体の枠組みは維持



対策の進捗状況を分かりやすく示す目標工程

汚染水対策	汚染水発生量を150m ³ /日程度に抑制	2020年内
	浄化設備等により浄化処理した水の貯水を全て溶接型タンクで実施	2018年度
	① 1, 2号機間及び3, 4号機間の連通部の切り離し	2018年内
	② 建屋内滞留水中の放射性物質の量を2014年度末の1/10程度まで減少	2018年度
滞留水処理	③ 建屋内滞留水処理完了	2020年内
燃料取り出し	① 1号機燃料取り出しの開始	2023年度目処
	② 2号機燃料取り出しの開始	2023年度目処
	③ 3号機燃料取り出しの開始	2018年度中頃
燃料デブリ取り出し	① 初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定	2019年度
	② 初号機の燃料デブリ取り出しの開始	2021年内
廃棄物対策	処理・処分の方策とその安全性に関する技術的な見通し	2021年度頃

※1

福島研究開発拠点（福島県）

廃炉国際共同研究センター

国内外の英知を結集し、安全かつ確実に廃止措置等を実施するための研究開発と人材育成等

橘葉遠隔技術開発センター

廃止措置推進に必要不可欠な遠隔操作機器の開発
及びロボット開発のための施設利用等

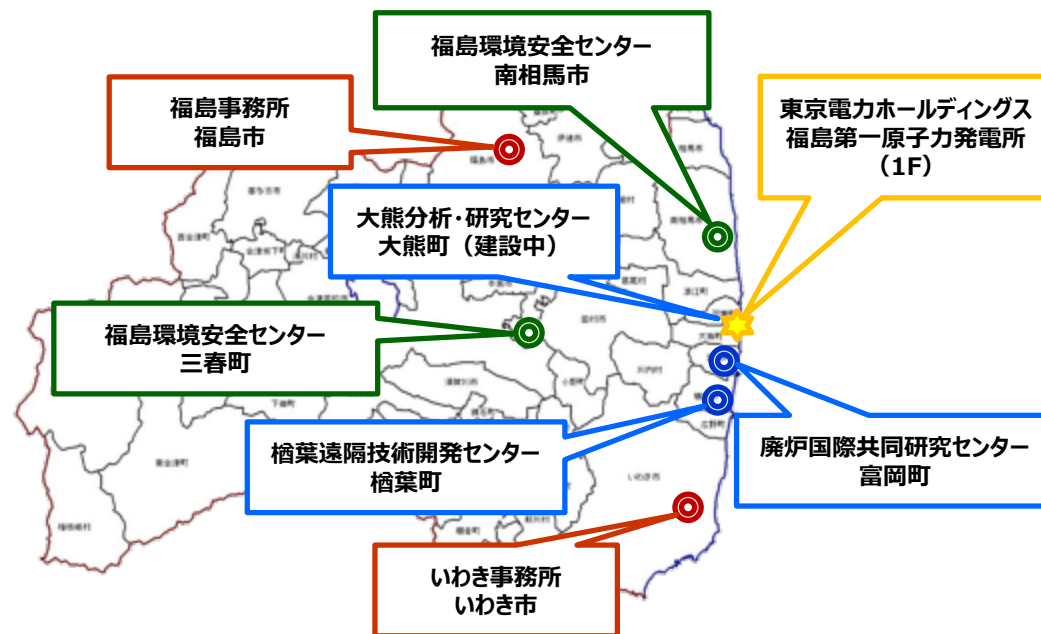
大熊分析・研究センター

廃止措置推進に必要不可欠な放射性物質の分析・研究を行う施設の整備等

福島環境安全センター

環境における放射線状況の把握、環境回復に向けた
研究開発

※2



※1) JAEA全体で横断的に取り組む福島対応業務に係る関係組織の連携を図るため原子力科学研究部門、バックエンド研究開発部門及び高速炉研究開発部門の各企画調整室に「福島研究開発推進室」を附置

※ 2) 福島環境安全センターは、福島県が整備した施設（福島県環境創造センター（三春、南相馬））に、入居し活動



廃炉国際共同研究センター
(国際共同研究棟)



梶葉遠隔技術開発センター



大熊分析・研究センター
(完成予想図)



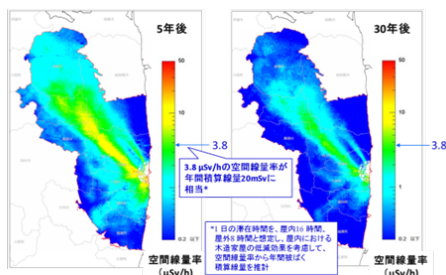
福島環境安全センター
(福島県環境創造センター（三春）内)

福島環境安全センター (三春町、南相馬市)

除染、環境モニタリング、環境動態等、
福島の実環境回復に係る研究開発を実施



※福島環境安全センターは、福島県が整備した施設
(福島県環境創造センター)に入居し活動

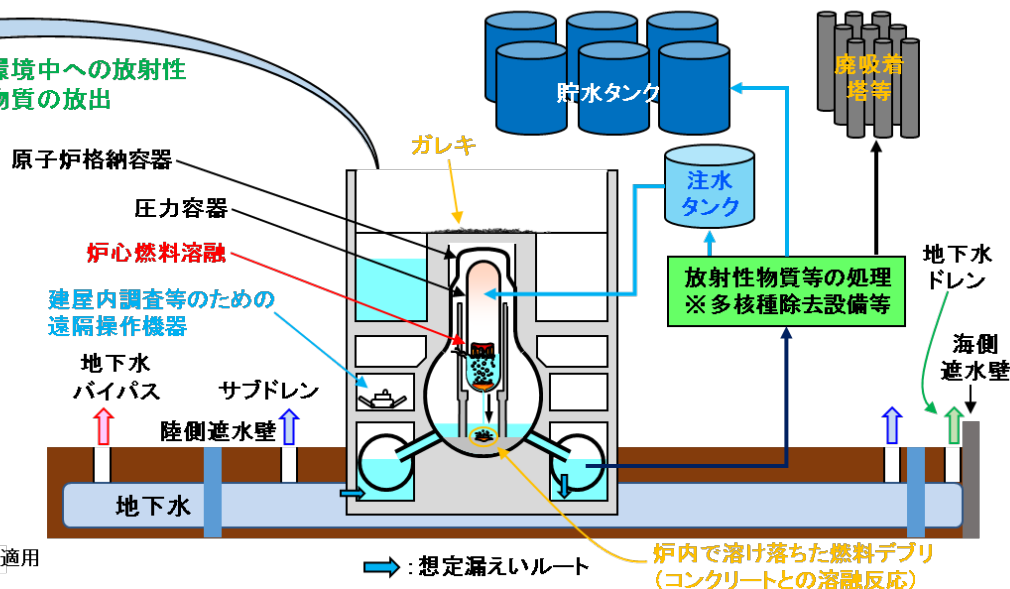


空間線量率の将来予測



放射性セシウムの移動量予測

環境中への放射性
物質の放出



成果の適用

『オフサイトから
オンサイトへ』

楢葉遠隔技術開発センター(楢葉町)

原子炉格納容器下部漏えい箇所の止水技術の実証、遠隔操作機器の
開発・実証の場を提供



原子炉格納容器下部の実規模試験体



※国際廃炉研究開発機構が試験を実施

廃炉国際共同研究センター (富岡町)

JAEAを中核とした国際的な研究開発
拠点を構築し、国内外の大学、研究機
関、産業界等の人材が交流するネット
ワークを形成、産学官による研究開発
と人材育成を一体的に進める体制を
構築し、廃止措置を推進。



※茨城県の東海、大洗地区の既存施設等を
活用した研究開発を実施

大熊分析・研究センター (大熊町)

ガレキ、燃料デブリ等の放射性物質の
処理・処分のために、放射性物質の分
析・研究を実施



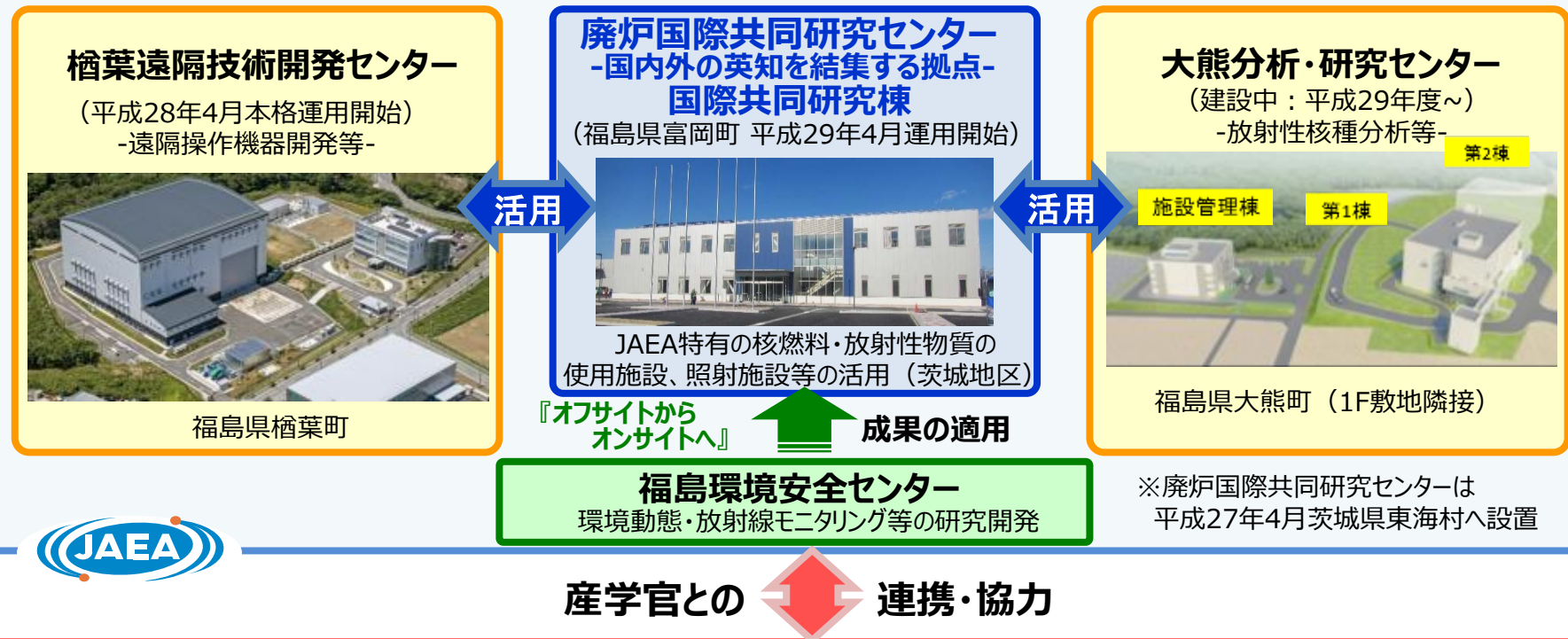
完成予想図

※2018年3月より、順次運用開始予定

2. 福島研究開発部門における 取組

- 研究開発基盤の構築
- 廃炉に向けた研究開発
- 環境回復に向けた取組
- 人材育成の取組
- CLADS補助金の創設

- CLADSを中核とした基礎、基盤から応用までの連続的な研究開発を通じて、1 F 廃炉において直面する課題に貢献する。
- CLADSの本部を国際共同研究棟に設置し、廃炉の研究開発及び人材育成の拠点を構築。
- 国際共同研究棟は、国内外の大学・研究機関等が、共同研究のために利用できる施設。



【東京電力ホールディングス・IRID・NDF】

東京電力ホールディングス、
国際廃炉研究開発機構IRID、
原子力損害賠償・廃炉等支援機構NDF
との連携、協力

【国内外の大学・研究機関・産業界】

東京大学、東北大学、
東京工業大学等との連携講座
国際機関、米仏英国研究所等、民間
企業等との共同研究、情報交換

【福島県、環境省】

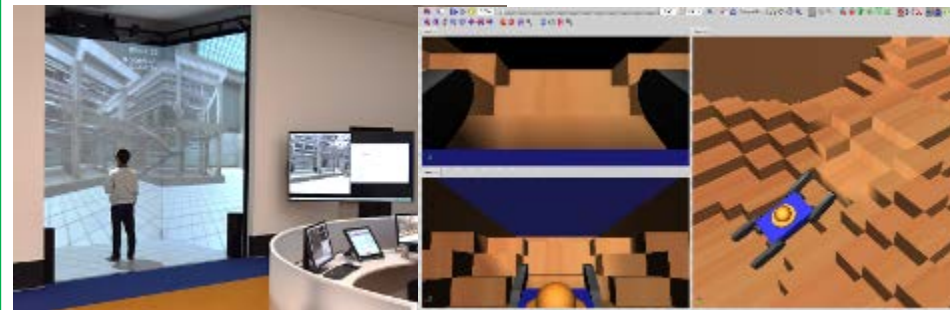
福島県環境創造センター
福島県環境放射線センター
福島県ハイテクプラザ

- 廃炉に必要な遠隔操作機器・装置の開発実証を実施する施設として整備、運用中
- 廃止措置推進のための施設利用を目的とした技術開発も実施

試験棟

研究管理棟

【仮想空間訓練システムの開発・整備】



バーチャルリアリティシステム

ロボットシミュレータ

【ロボット性能評価のための要素試験設備】



モックアップ階段

ロボット試験用水槽

モーションキャプチャ

【実規模実証試験設備（IRIDによる開発プロジェクト）】

原子炉格納容器



実規模止水試験施工性確認の様子

- 廃炉に必要な実規模止水試験への支援を通じ、1 F 廃炉の着実な推進に貢献する
- 廃炉創造ロボコンやロボット技術のマッチング等、積極的な利用促進による人材育成及び地域の活性化を通じた福島産業復興に貢献する

- 1F内の放射性廃棄物等の放射性物質の分析・研究を実施する施設を整備中
- 施設管理棟は、平成30年3月に運用開始予定
- 第1棟は、建設を平成29年4月に開始

大熊分析・研究センターの整備



施設管理棟イメージ図

延床面積：
約4,600m²
階数：
地上4階
主要構造：
鉄筋コンクリート造



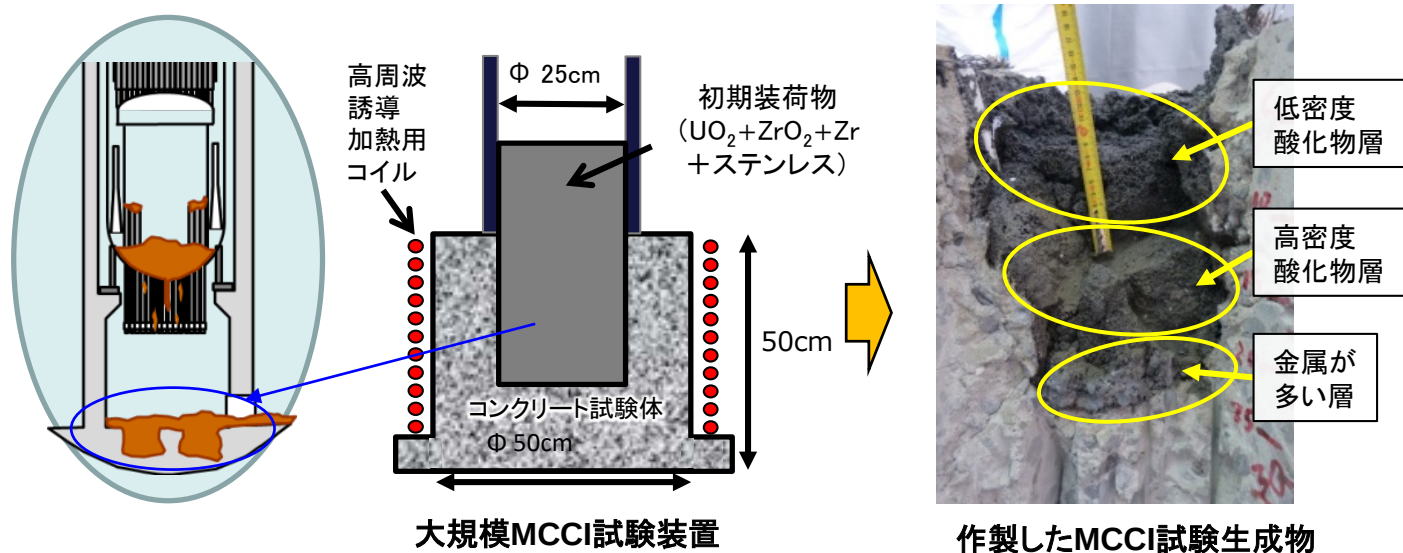
施設管理棟の建設状況（平成30年1月24日）



- 特定原子力施設として（1Fの一部として）の規制の下、第1棟の認可を取得した
- 帰還困難区域における施設建設を着実に実施し、1F廃炉に貢献する

燃料デブリ性状の解明：実条件を模擬した燃料デブリの性状調査・試験等により、**デブリに関する未知の特性を解明**し、デブリ取り出し方針の策定に向けた検討へ成果を提供

1 F条件を模擬した燃料デブリとコンクリートとの反応（MCCI）生成物の作製・分析



- コンクリートの浸食深さや生成物の性状を確認
- 燃料デブリの含水・乾燥挙動試験を行い粒径等の影響に関する知見を取得

1 F の実条件を模擬したMCCI試験を世界で初めて実施
燃料デブリの組成や特性に関する未知のデータを取得し、デブリ特性リストとしてまとめた

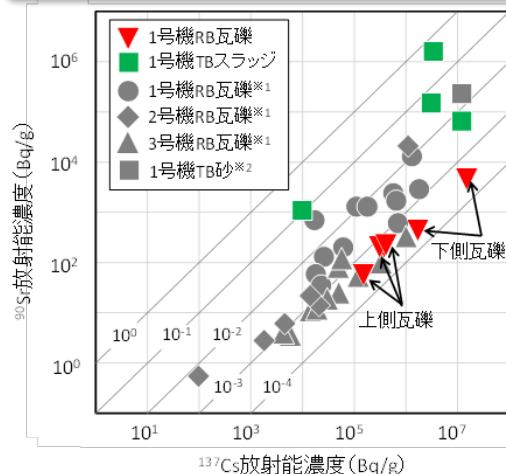
アウトカム

- 中長期ロードマップのマイルストーンである平成29年度に実施される「燃料デブリ取り出しの基本的方針」の策定に向けた検討にその知見が活用され、今後の1 F 廃炉計画の具体化につながった

多種多様な 1 F 廃棄物をどう処理・処分するか：

1 F 廃棄物中の核種組成の分析・評価・分類、保管・処理・処分に向けた安全性検討

実際の 1 F 廃棄物中の核種組成の分析・評価



- 汚染の主たる核種は Cs 同位体であり、Sr が次ぐ傾向
- 核種、廃棄物によっては、Cs と相関の可能性を示唆する傾向

廃棄物の種類に応じた固化技術の適用性検討

固化技術	廃棄物 配合比	一軸 圧縮強度	核種 浸出率	H ₂ ガス 発生量
セメント (OPC、BB)	○	◎～○	○	△
ジオポリマー	○	◎	◎	△
ガラス	△	- (*2)	○	◎
熔融(*1)	×	-	-	-
焼結	◎	- (*2)	◎	◎
ペレット成型	◎	- (*2)	- (*3)	◎

- 汚染水処理二次廃棄物を中心に適用可能性のある既存の固化技術情報を整理

*1: 溶融助剤を加えずに廃棄物をそのまま熔融する方法

*2: モルタル充填固化併用のため単体で未測定

*3: 融解するため測定不可 適用可能性: 優◎、良○、可△、低×

現段階での適用可能性のある既存の固化処理技術の整理
(多核種除去設備から発生する鉄共沈スラリーに関する評価例)

多様かつ膨大な 1 F 廃棄物を分析、評価、分類
保管、処分技術に関する知見として提供

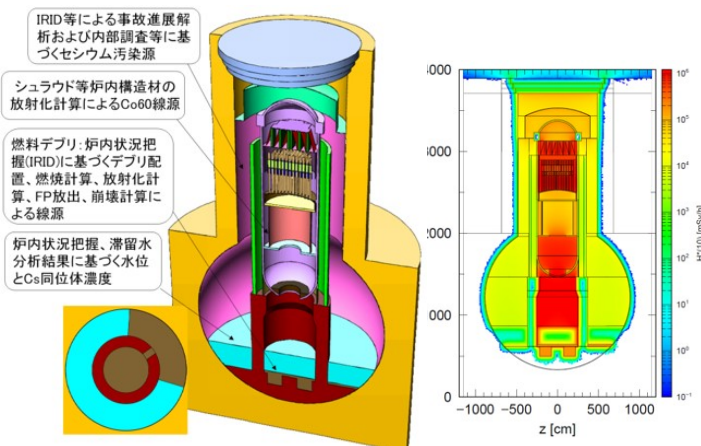
1 F 廃棄物の固化技術の適用性検討等を実施
処理技術に関する知見として提供

アウトカム

- 中長期ロードマップにおいて、平成29年度に実施される「廃棄物処理・処分に関する基本的な考え方」のとりまとめに向けた検討に知見が活用され、今後の 1 F 廃炉計画の具体化につながった

炉内状況の解明:計算コード解析、模擬試験、線量率測定値の分析等、
様々な情報を総合的に評価し、これまで不明だった炉内の状況を具体的に推定

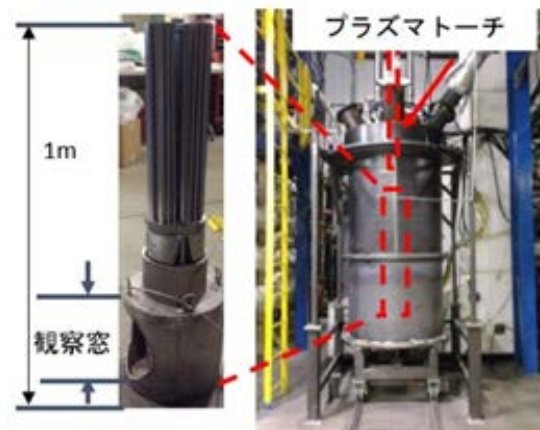
格納容器内の線量率分布評価



評価モデルと解析結果の例

理論計算と実測値を組み合わせるプラント内線量率分布評価手法を確立
内部調査による実測値を反映した1Fの線量率分布推定値を取得

模擬燃料集合体加熱試験



試験体

プラズマ加熱試験装置

- プラズマ加熱方式によるBWR特有の事故進展挙動の基礎データを取得

事故進展解析、模擬集合体による溶融試験、解析による炉内の線量率分布等を総合的に評価
これまで不明だった1～3号機の炉内の状況を具体的に推定

アウトカム

- 廃炉に向けた作業手順の検討に欠かすことのできない情報として、中長期ロードマップにおいて、平成29年度に実施される「燃料デブリ取り出しの基本的方針」の策定に向けた検討に知見が活用され、今後の1F廃炉計画の具体化につながった

- 高線量率環境における放射線イメージング技術を開発
- 東電からの要請により1F3号機タービン建屋内の高線量率場で放射線分布を測定した

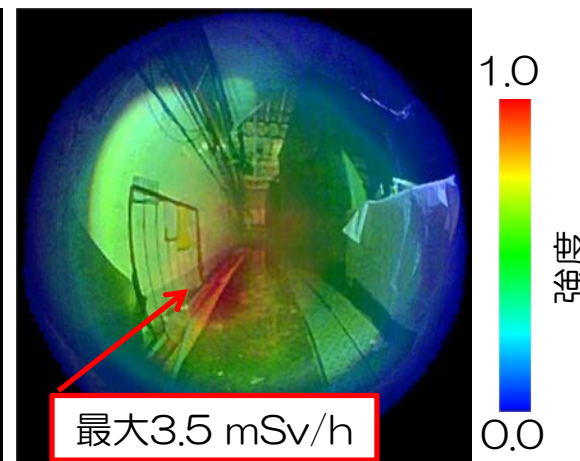
遠隔放射線計測装置の開発



小型・軽量コンプトンカメラ
(ガンマ線イメージャーの一種)



光学画像



放射線イメージング画像

- 高線量率環境でも測定可能な小型軽量コンプトンカメラと放射性物質の分布の可視化技術を開発
- 1F建屋内で測定試験を実施し、局所的な汚染を迅速に可視化
- 数mSv/hの環境で、放射線イメージングが可能であることを確認した

- ドローンやロボットに搭載し、遠隔で建屋内の詳細な汚染分布を把握できるよう研究を進める
- 原子炉格納容器内部調査、燃料デブリ取り出し装置の設置等、廃炉現場作業の被ばく低減に貢献する

実効的・総合的な環境回復に係る研究開発成果を国・自治体等へ提供：

継続して実施してきた活動が多く自治体における避難指示解除の実現に貢献

**山間部における生活環境の再建
林業再生の加速化に寄与**

飯館村（平成29年3月31日解除）

- 未除染の山地森林域における¹³⁷Cs動態研究成果を提供

川俣町（平成29年3月31日解除）

- 帰還後の生活行動パターン・経路に沿った空間線量測定に基づく個人線量推定結果、山地森林域における¹³⁷Cs動態研究成果、キノコ・山菜の¹³⁷Cs濃度測定結果等を提供

**福島県全域における
環境回復の加速化に寄与**

除染活動等における技術的支援

計3,893件

コミュニケーション・人材育成活動

約21,800人参加

健康管理（WBC）調査

計90,156人測定

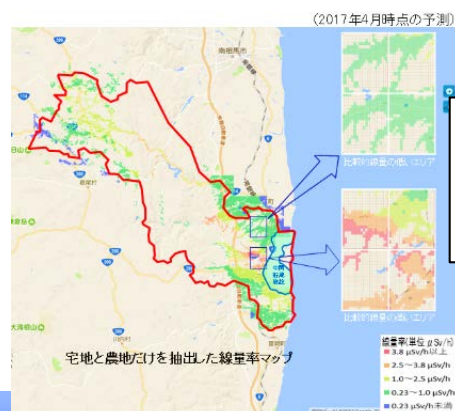
**平野部における生活環境の再建
農水産業再生の加速化に寄与**

浪江町（平成29年3月31日解除）

- 除染検証結果報告書の策定に寄与
- 灌漑用水や請戸川河川敷の¹³⁷Cs濃度の経時変化等を報告し、避難指示解除の根拠の一つとなった「避難指示解除に関する有識者検証委員会報告書」策定に貢献
- 帰還後の生活行動パターン・経路に沿った空間線量測定に基づく個人線量推定結果を提供（自治体職員向けの説明会を実施）

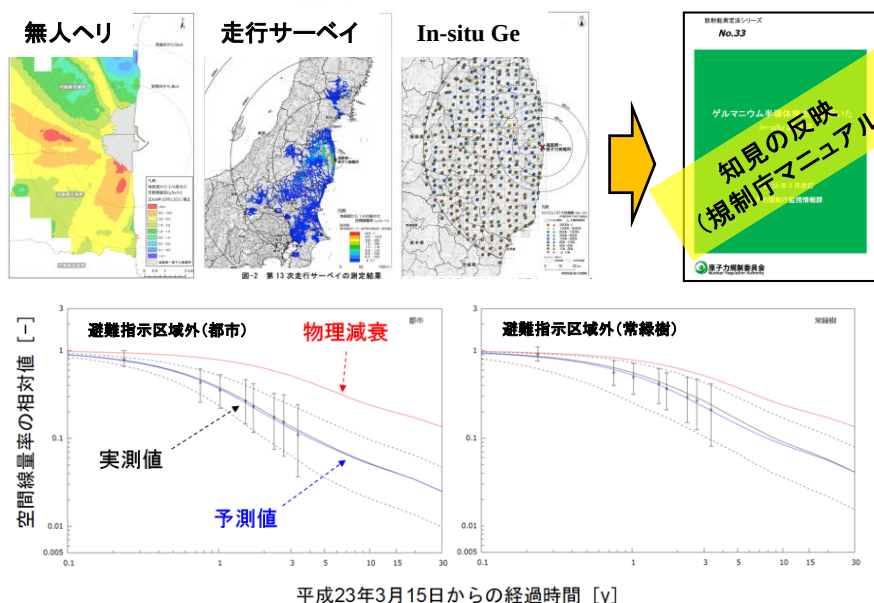
富岡町（平成29年4月1日解除）

- 避難指示解除に向けた報告書・提言の策定に寄与
- 居住制限区域と接する帰還困難区域の除染による線量低減効果を予測し、これを根拠とする町の要望が政府に認められ、環境省が除染を実施
- 住民相談窓口対応として、放射線計測の技術支援活動を実施する等、帰還に向けた住民の不安解消に貢献
- 帰還後の生活行動パターン・経路に沿った空間線量測定に基づく個人線量推定結果を提供（自治体職員、避難住民向けの説明会を開催）



継続モニタリングの意義：“今後の避難指示解除の指標となる空間線量率の減少傾向”の提示、“効率的な放射性物質の土壌深度分布”の推定手法の開発

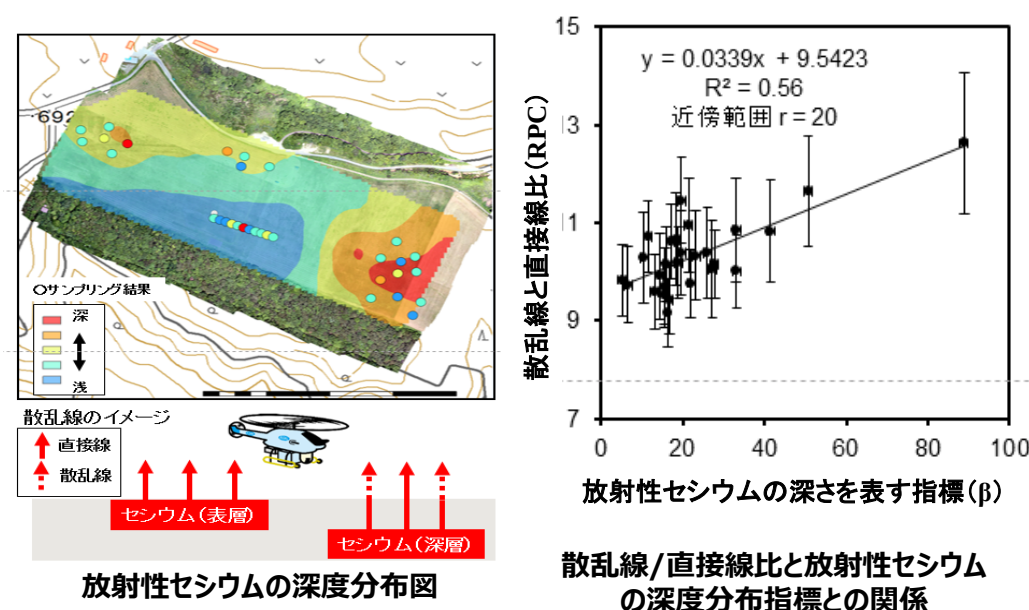
広域モニタリングの継続的な実施と結果に基づく空間線量率の減少傾向の予測



事故以降の継続的な空間線量率の測定により、地域および土地利用ごとの経時的な線量率の減少傾向を評価成果を国及び自治体に提供

アウトカム

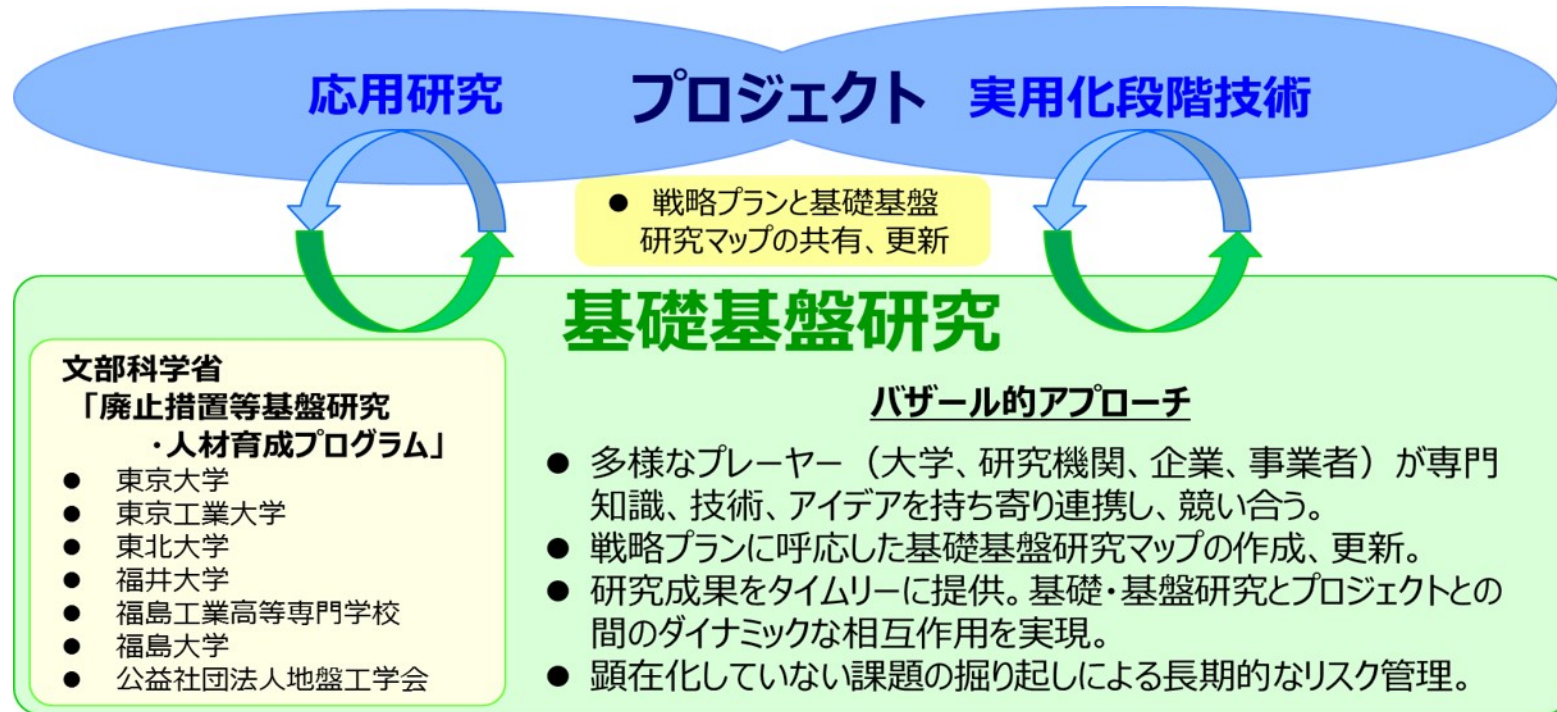
無人ヘリを用いて放射性物質の土壌深度分布を効率的に推定する手法を開発



無人ヘリによる測定で取得した散乱線と直接線比から放射性セシウムの土壌深度を推定する手法を開発

アウトカム

- 避難指示区域の解除方針、除染範囲の決定、復興計画の策定等の国・自治体における施策決定に貢献
- 国際学術雑誌での特集掲載、放射能測定法シリーズマニュアル改訂等、本分野の技術的進展に貢献



- 文部科学省公募事業採択者等と基礎・基盤研究の推進協議体となる「廃炉基盤研究プラットフォーム」の運営会議を7回実施
- 実用化の下支えとなり、研究成果を廃炉作業につなげるため、基礎・基盤研究の全体マップを更新
- 廃炉現場のニーズを取り入れ廃炉関連の基盤研究を扱う国際ワークショップである、『福島リサーチカンファレンス(FRC)』を10回開催
- 研究分野のすそ野を広げ、長期にわたる廃炉作業へ人材を輩出

廃炉関連の基盤研究を取り扱う『福島リサーチカンファレンス(FRC)』を福島県等で継続的に開催する。
平成28年度は4件開催。平成29年度の開催実績・予定は、以下のとおり。

開催日	開催テーマ	開催場所	特記事項
H29年 6月20-21日	廃止措置及び廃棄物管理におけるセメント系複合材料に関する研究カンファレンス	富岡 (学びの森)	企画委員会(主査:佐藤北大名誉教授)による開催 参加者:約100名、海外6名、学生約25名
H29年 7月 5- 6日	事故進展解析と熱力学データベースに係るワークショップ	富岡 (学びの森)	ACTINIDES 2017に合わせて開催 参加者:約100名、海外21名、学生8名
H29年 9月 5- 6日	「燃料デブリ」に関する研究カンファレンス Research Conference on Fuel Debris Characterization 2017 (For Research and Human Resource Development)	富岡 (学びの森)	企画委員会(主査:宇埜福井大教授)により福井大 と共催、人材育成をテーマに学生および若手研究者の討議セッションを実施 参加者:約50名、海外9名、学生14名
H29年11月27-29日	「福島第一原子力発電所の主要コンポーネントの腐食予測と緩和に関するカンファレンス」 Fukushima Research Conference on “Corrosion Prediction and Mitigation for Key Components of Fukushima Daiichi NPP”	富岡 (学びの森)	企画委員会(主査:Prof. FERON(CEA))による開催 参加者:約100名、海外8名、学生5名
H29年11月29-30日	「原子力施設における遠隔技術に関するカンファレンス」 FRC on Remote Technologies in Nuclear Facilities 2017	楢葉	IREX2017に併せて開催 東大浅間教授の基調講演のほか、英米からの招待講演 参加者:延べ60名
H30年 3月 4日	FRC on Environmental dynamics study in Fukushima Prefecture 2017	三春 (環境創造センター)	福島県主催の環境創造シンポジウムと同日に国際Cs Workshopとの位置づけで開催予定



- 平成24年3月 連携協力の覚書を締結
- 共同研究、講義、OBによる講演会等を実施



OBによる講演会の様子

- 平成28年度より、学生による福島部門の拠点のパンフレット作成を実施

- ・平成28年度: 櫛葉遠隔技術開発センター(右図)
- ・平成29年度: 福島研究開発拠点(作成中)



- 平成28年度より、櫛葉遠隔技術開発センターにて廃炉創造ロボコンを開催(第2回: 平成29年12月16日)(文部科学省「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」) 櫛葉小中学校及びふたば未来学園高校に観覧を案内

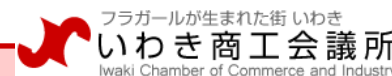


- 平成23年7月 連携協力協定を締結
- 共同研究、人材育成プログラムにおける実習等を実施

- ・管理区域に関する教育プログラム
- 平成27年度採択文部科学省「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」に基づき実施



- 環境放射能研究所の運営準備へ協力



- 平成27年度より、「いわきものづくり塾 特別編 廃炉コース」を開催

いわき市内の製造業者の人材育成を目的に、JAEAの施設見学と廃炉等に関する技術開発状況について講義を実施



機構大での人材育成・人材流動化を目指し、福島部門では、部門内の拠点の運営に必要な人材の教育・研修を関係拠点の協力の下に実施中。

原子力機構

福島研究開発部門



その他の拠点



技術者の ローテーション

東海地区



概要

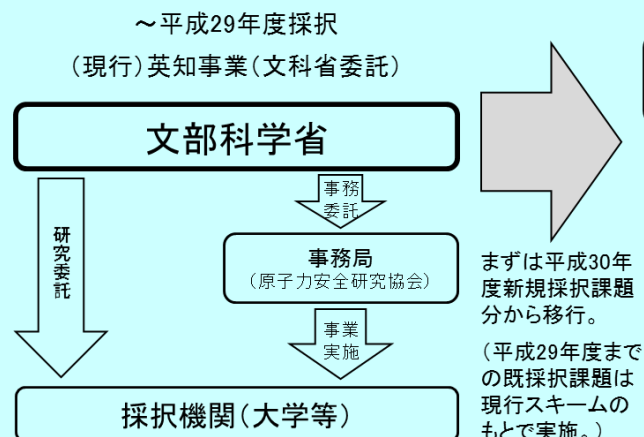
- ・文部科学省の廃炉研究開発委託事業である「英知を結集した原子力科学技術・人材育成等 推進事業」(英知事業)を発展的に改組。平成30年度JAEA/CLADSを対象とする特定補助金としてCLADS補助金が創設された。
- ・JAEA/CLADSは、これにより研究開発の企画・公募、人材育成を実施。1F廃炉現場のニーズに基づいた研究課題を設定するとともに補助金業務運営体制を敷き、引き続き大学等との連携強化を図る。



CLADS補助金

(世界の英知を結集した廃炉研究開発拠点形成のための廃炉研究等推進事業費補助金)

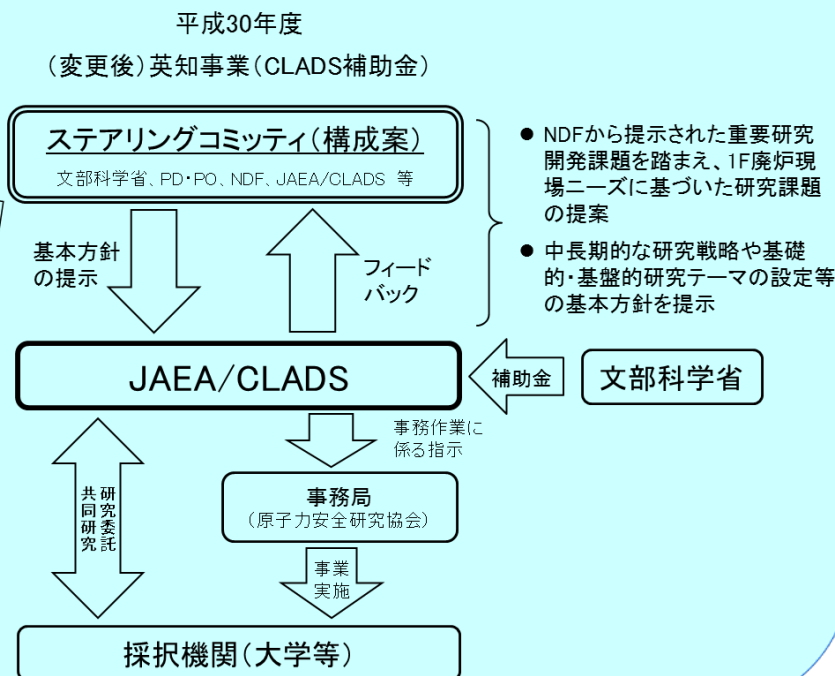
- ・国内外の研究者の知見や研究成果の集約
- ・CLADSとアカデミアとの連携強化
- ・研究開発・人材育成をCLADS主体で実施する体制を構築し、安定的かつ継続的な中長期的取組を強化



まずは平成30年度新規採択課題分から移行。
(平成29年度までの既採択課題は現行スキームのもとで実施。)

中長期的な研究戦略や基礎的・基盤的研究テーマの提案

廃炉基盤研究プラットフォーム



- NDFから提示された重要研究開発課題を踏まえ、1F廃炉現場ニーズに基づいた研究課題の提案
- 中長期的な研究戦略や基礎的・基盤的研究テーマの設定等の基本方針を提示