

福島第一原子力発電所（1F）事故に係る 原子力機構の対応について

2019年8月27日

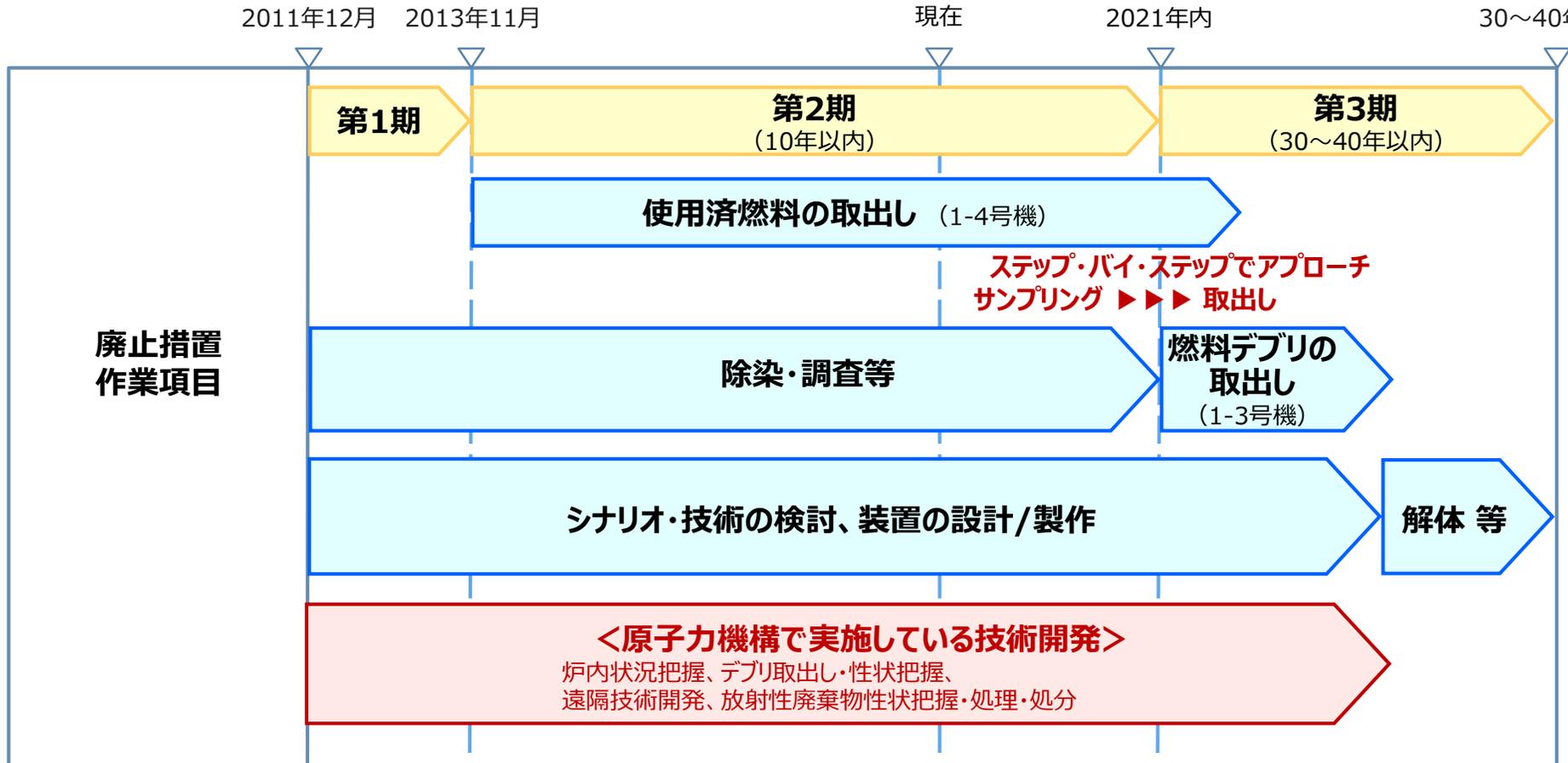
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門

ご説明内容

- 国の方針と研究開発体制
- 福島研究開発部門の概要
- 研究開発基盤の整備
- 廃止措置等に向けた研究開発
- 環境回復に係る研究開発

東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ

(最新版は第4回改訂版：2017.9.26)

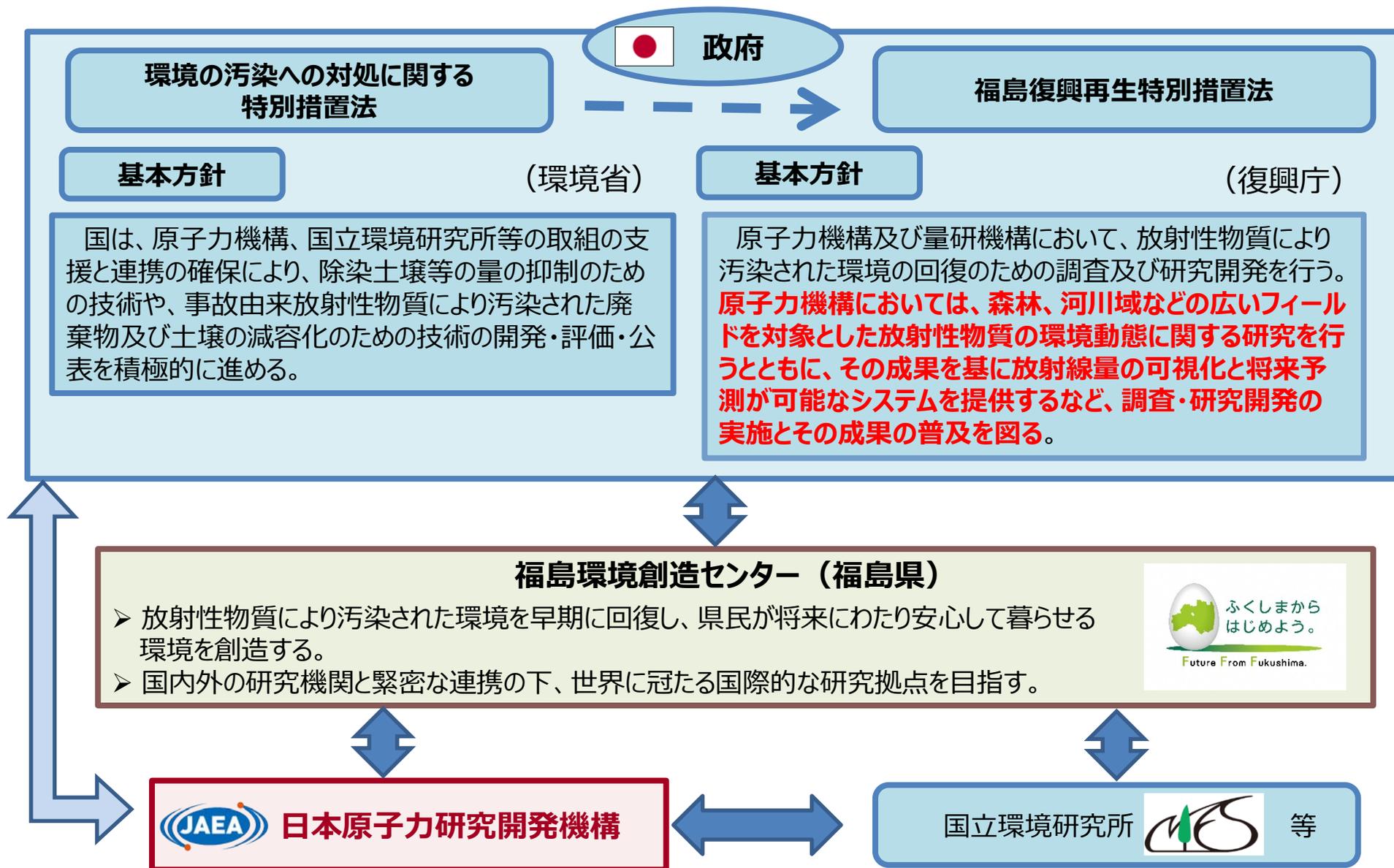


経済産業省「廃炉の大切な話 (2019.3)」をもとに作成

原子力機構では、1Fの廃止措置等に向けた中長期ロードマップの工程を踏まえ、研究開発を着実に進めています。

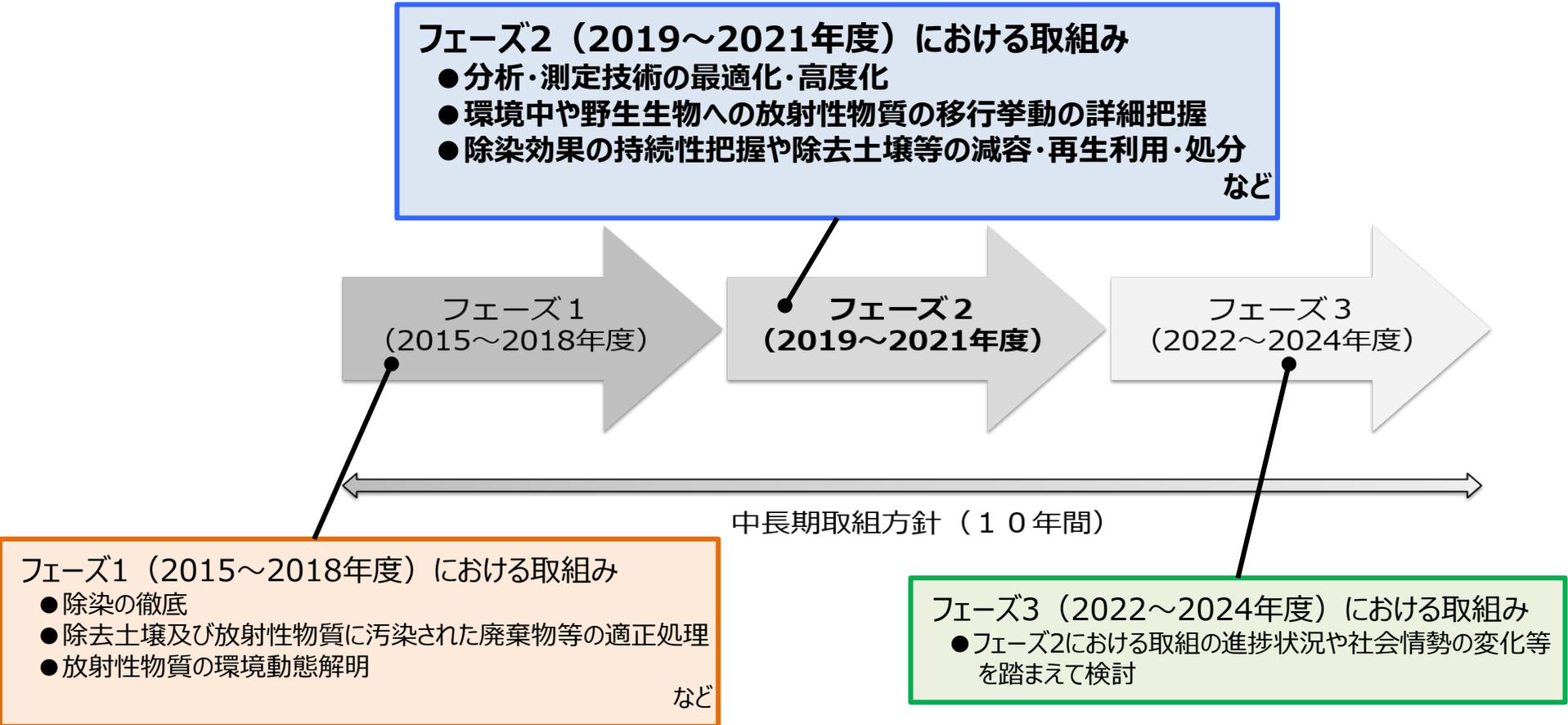
原子力機構では、1Fの廃止措置に係る関係機関と連携・協力し、国内外の英知を結集した研究開発に取り組んでいます。





環境創造センター中長期取組方針とは、福島県環境創造センターにおいて、**福島県**、**原子力機構**及び**国立環境研究所**の三者が連携・協力して、中長期にわたり取り組む基本的な事業方針を定めたもの。

- 適用期間は、2015年度から2024年度までの10年間
- 事業は、**前例がないものであることから**、3つのフェーズによる段階的な取組方針



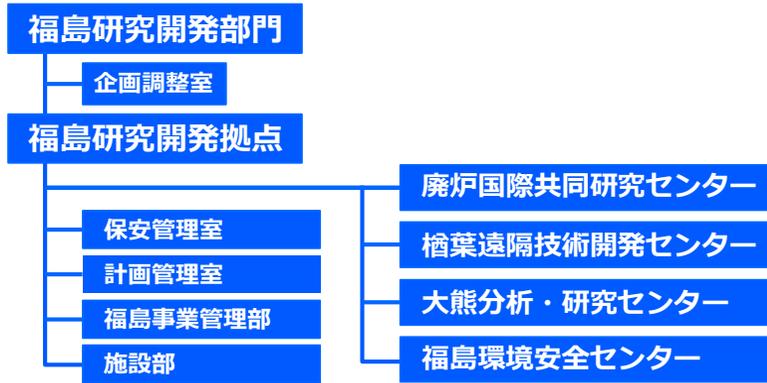
参考：「環境創造センター中長期取組方針【フェーズ2】平成31（2019年）度～平成33年（2021年）度」（環境創造センター 平成31年（2019年）2月改訂）

ご説明内容

- 国の方針と研究開発体制
- 福島研究開発部門の概要
- 研究開発基盤の整備
- 廃止措置等に向けた研究開発
- 環境回復に係る研究開発

組織図

2019年4月 現在



沿革

2011.3

- 東北地方太平洋沖地震
- 福島第一原子力発電所(1F)事故

2011.12

- 政府と東京電力による中長期ロードマップ策定

2011

- 1F事故直後から環境モニタリング・除染活動への支援、国・自治体への支援を実施
- 福島支援本部 設立 (同年、福島技術本部に組織再編)
- 福島事務所 開設

2013

- 1Fの廃止措置に向けた研究開発を行う福島廃炉技術安全研究所を設置
- 国際廃炉研究開発機構に参画 (IRID)

2014.4

- 福島研究開発部門として組織再編

2014

2015

- いわき事務所 開設
- 福島県環境創造センター環境放射線センターでの業務開始



2016

- 楡葉遠隔技術開発センター運用開始



- 福島県環境創造センター研究棟での業務開始



2017

- 廃炉国際共同研究センター (CLADS) 国際共同研究棟 運用開始



2018

- 大熊分析・研究センター施設管理棟 運用開始



◎ 災対法、原災法等に基づく対応

1. 主要事項

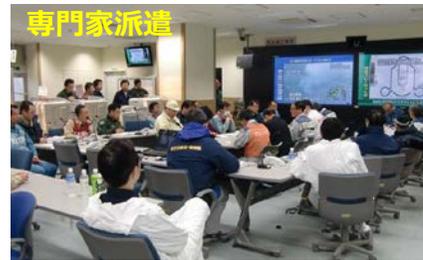
- 環境放射線測定・放射能分析、身体サーベイ
- 文部科学省、原子力安全委員会、自治体への専門家等派遣
- 健康相談電話窓口
- 政府・東電統合対策室特別プロジェクトチーム
- 住民の一時帰宅のための安全管理者派遣
- 学校の放射線測定・プール水分析
- 東電従業員、福島県民の全身測定
- 遠隔操作ロボット、支援車の提供



環境放射線測定



身体汚染サーベイ



専門家派遣



放射能分析

2. 資機材提供

- 移動式全身カウンタ測定車
- 特殊車両 モニタリング車
- ロボット操作車（愛称：チーム日本）等
- ロボット
- サーバイメータ



内部被ばく測定



ロボットJAEA-3号



環境モニタリング車



身体洗浄車



移動式全身カウンタ測定車

福島研究開発部門 ※1

福島研究開発拠点（福島県）

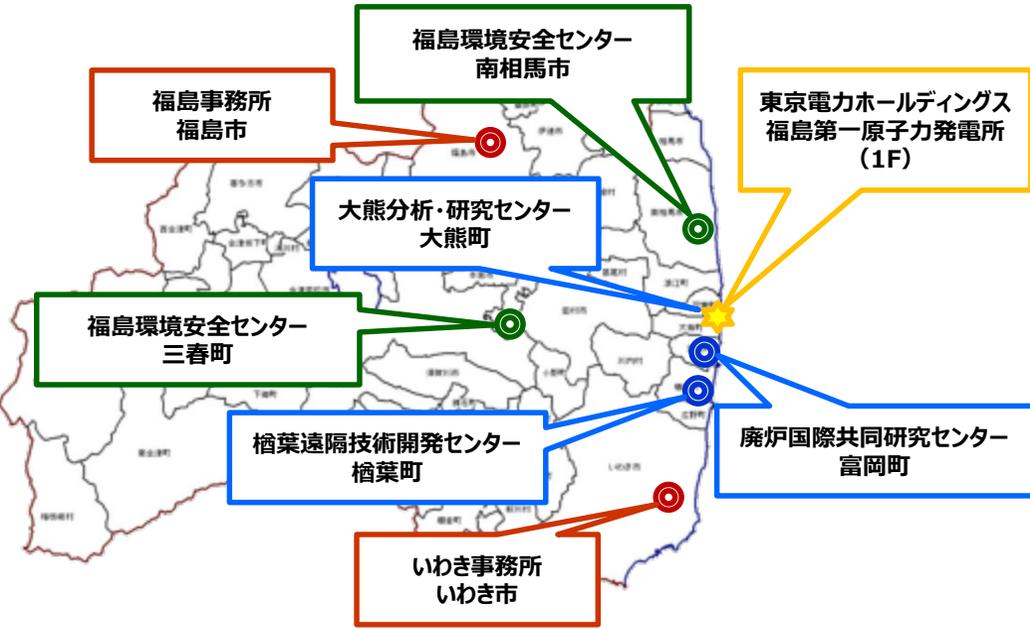
廃炉国際共同研究センター
 国内外の英知を結集し、安全かつ確実に廃止措置等を実施するための研究開発と人材育成等

楢葉遠隔技術開発センター
 廃止措置推進に必要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 原子力機構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、核燃料・バックエンド研究開発部門、原子力科学研究部門の各企画調整室及び高速炉・新型炉研究開発部門の戦略・計画室に「福島研究開発推進室」を附置
- ※2 福島県が整備した福島県環境創造センター（三春町）、福島県環境放射線センター（南相馬市）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）



楢葉遠隔技術開発センター



大熊分析・研究センター
 （施設管理棟）



福島環境安全センター
 （福島県環境創造センター（三春）内）



原子力機構は、**我が国で唯一の原子力に関する総合的な研究開発機関**として、1Fの廃止措置等に向けた研究開発とこれを担う持続的な人材育成の基盤整備に総力を挙げて取り組んでいます。

環境回復に係る研究開発

- 福島復興再生基本方針に基づく研究開発
 - 環境動態等に係る研究
 - 環境モニタリング・マッピングに関する技術開発

廃止措置等に向けた研究開発

- 中長期ロードマップに基づく研究開発
 - 現場ニーズを踏まえた基礎基盤研究開発
 - 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

- 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



楢葉遠隔技術開発センター

(2016年4月本格運用開始)
-遠隔操作機器開発等-



福島県楢葉町

廃炉国際共同研究センター

-国内外の英知を結集する拠点-
国際共同研究棟

(福島県富岡町 2017年4月運用開始)



原子力機構特有の核燃料・放射性物質の使用施設、照射施設等の活用 (茨城地区)

大熊分析・研究センター

(建設中：2017年度～)
(一部運用開始)
-放射性核種分析等-



福島県大熊町 (1F敷地隣接)

連携

連携

『オフサイトから
オンサイトへ』



成果の適用

福島環境安全センター

環境動態・放射線モニタリング等の研究開発
福島県三春町 (福島県環境創造センター) 他

※廃炉国際共同研究センターは
2015年4月茨城県東海村へ設置

産学官との 連携・協力

【東京電力ホールディングス・IRID・NDF】

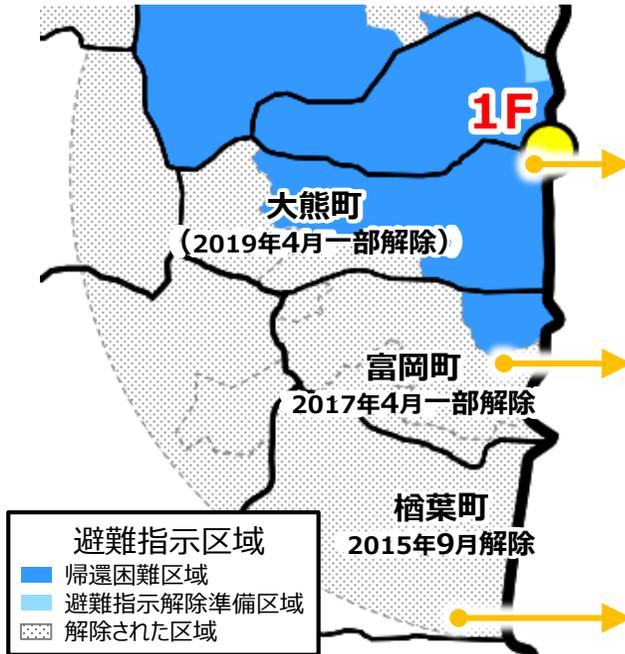
東京電力ホールディングス、
国際廃炉研究開発機構IRID、
原子力損害賠償・廃炉等支援機構NDF
との連携、協力

【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



大熊分析・研究センター
 2016年 9 月 着工 (東電敷地内)
 2018年 3 月
 施設管理棟運用開始



国際共同研究棟
 2016年 4 月 着工 (解除前)
 2017年 4 月 本格運用開始



楢葉遠隔技術開発センター
 2014年 9 月 着工 (解除前)
 2015年 9 月 一部運用開始
 2016年 4 月 本格運用開始



学生への教育プログラムによる人材育成



地域との共生

アウトカム

● 技術的観点だけでなく、他事業者に先行した研究開発施設の整備及び避難指示区域が解除されて間もない富岡町に多くの従業員が居住するなど、**産業集積及び地域活性化という側面で、福島県浜通り地区の復興に貢献**

ご説明内容

- 国の方針と研究開発体制
- 福島研究開発部門の概要
- 研究開発基盤の整備
- 廃止措置等に向けた研究開発
- 環境回復に係る研究開発

業務の方針（中長期計画の抜粋）

福島第一原子力発電所事故（1F）により、同発電所の**廃止措置**や**環境回復**等、**世界にも前例のない困難な課題が山積**しており、これらの解決のための研究開発の重要性は極めて高い。このため、人的資源や研究施設を最大限に活用しながら、エネルギー基本計画等の国の方針や社会のニーズ等を踏まえ、**廃止措置**や**環境回復**等に係る**研究開発を確実に実施するとともに、研究開発基盤を構築**する。

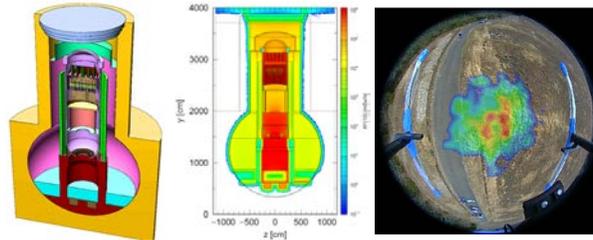
（１）研究開発基盤の構築

- **楢葉遠隔技術開発センター**を運用開始
- 廃炉国際共同研究センター **国際共同研究棟**を運用開始
- **放射性物質の分析・研究施設（大熊分析・研究センター）**の整備



（２）廃止措置等に向けた研究開発

- 中長期ロードマップに基づく研究開発
- 現場ニーズを踏まえた基礎基盤研究開発
 ✓ **燃料デブリの取り扱い、放射性廃棄物の処理処分、事故進展シナリオ解明、遠隔操作技術**等



（３）環境回復に係る研究開発

- **環境モニタリング・マッピング**に関する技術開発
- **環境動態**に係る研究
- **除染・減容技術**の高度技術開発
- **福島県環境創造センター**での連携協力



中長期計画期間を通じたアウトカム

- 国内外の研究機関や大学、産業界等との交流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推進**等

中長期計画期間を通じたアウトカム

- 東京電力福島第一原子力発電所の**廃止措置等の安全かつ確実な実施に貢献**
- N D F 等での**廃炉戦略の策定や研究開発の企画・推進等を支援**等

中長期計画期間を通じたアウトカム

- 規制庁や環境省の**安全対策検討や帰還に関する各自治体の計画立案等に貢献**
- オフサイトの**研究技術開発成果をオンサイトの廃炉・汚染水対策等に適用**等

楢葉遠隔技術開発センターの運用 (研究管理棟)



幅35×奥行25×高さ20m

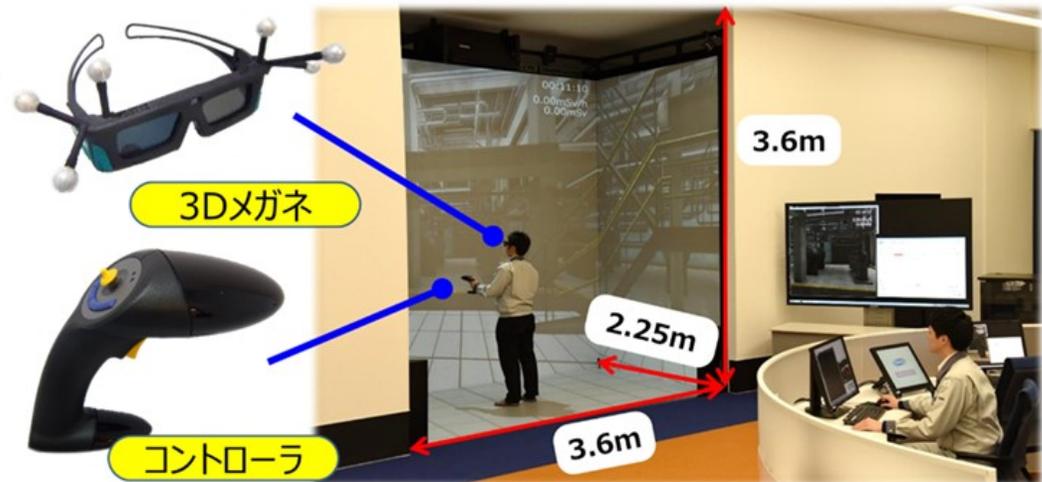
研究者の居室等のほか、バーチャルリアリティ (VR) システムやロボットシミュレータを設置

バーチャルリアリティ (VR) を用いた作業者訓練システム

- 原子炉建屋内の環境を再現することで、廃炉に係る作業計画の事前確認や作業者の教育・訓練が可能
- 作業環境、作業方法・手順等の理解を促進

<主な機能>

- 模擬空間閲覧機能 (ウォークスルー機能)
- 線量分布・被ばく線量表示機能
- 物体の属性データ表示機能
- 照明設定機能
- 物体間の距離計測機能
- 模擬空間内への任意物体投入及び干渉箇所表示機能



東京電力より提供された1～3号機1階及び地下階データ等に加え、2号機の格納容器内等のデータを整備



線量分布・被ばく線量表示



距離計測

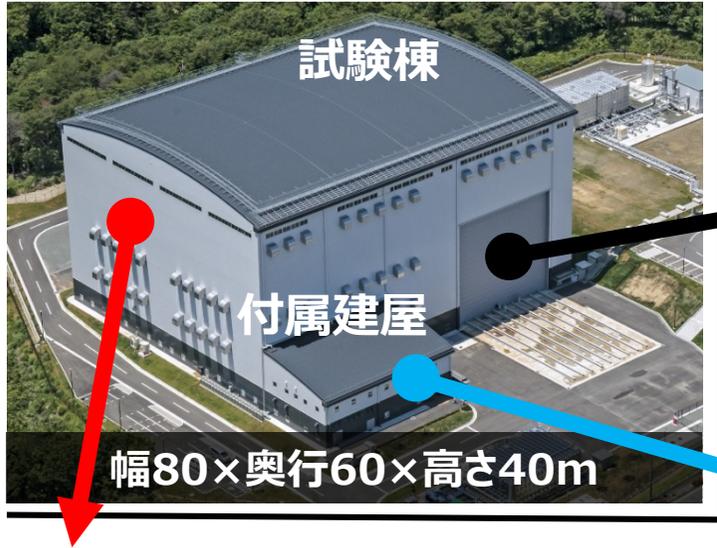


物体投入・干渉箇所提示



照明

楢葉遠隔技術開発センターの運用 (試験棟)



原子炉格納容器下部を模擬した試験体を設置し1Fの状況を再現するほか、災害対応ロボットの屋内実証試験、作業者の育成・訓練等を実施

止水試験エリア

実物大の寸法の機器を1/8 切り出した試験体

原子炉格納容器

実寸大の模型を用い、原子炉格納容器下部の冷却水漏れ箇所を補修・止水の実証試験を実施

国際廃炉研究開発機構(IRID)による開発プロジェクト

要素試験エリア

ロボット等の性能評価のための試験設備を整備



モックアップ階段

ロボットの实証試験に必要な1F施設内の階段を模擬



ロボット試験用水槽

水中ロボットの实証試験に必要な水中環境を模擬



モーションキャプチャ

作動状況を定量的に計測するために必要なモーションキャプチャを整備

研究活動推進エリア

遠隔操作機器の補修・改造、実験データ解析・整理等に活用

- 研究室7室(50m²/1室)
- 工作室1室(旋盤、ボール盤、フライス盤、検査機器等完備)

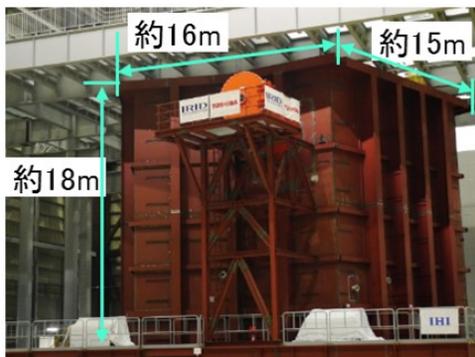


楢葉遠隔技術開発センターの本格運用：

廃炉に必要な遠隔技術の着実な開発及び本施設を活用した地域の活性化に貢献

- 2016年4月に本格運用を開始
- 実規模止水試験や廃炉創造ロボコン等、幅広い分野が施設を利用

【実規模試験エリアの利用状況（国際廃炉研究開発機構）】



- 原子炉格納容器漏えい箇所補修・止水技術開発 (2016年4月～2017年3月)
- 原子炉格納容器内水循環システム構築技術の開発 (2018年4月～)
- PCV内部調査に係るモックアップ試験等が行われる予定

【要素試験エリアの利用状況の例】



第3回廃炉創造ロボコン(2018年12月16日)

- 福島高専「廃炉に関する基盤研究を通じた創造的人材育成プログラム」の一環として実施
- 全国の15高専・16チームが参加



福島県内企業・大学 廃炉・除染ロボット関連技術 展示実演会 (2018年12月20日)

- 1F廃炉・除染に携わる事業者及び地元企業・大学と現場との技術マッチングの場として利用

アウトカム

- 廃炉に必要な遠隔技術の実規模モックアップ試験への支援を通じた **1F 廃炉の着実な推進に貢献**
- 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の産業復興に貢献**

廃炉国際共同研究センター（CLADS）国際共同研究棟



多目的試験棟（富岡町）



CLADS 国際共同研究棟（富岡町）



可搬型LIBS※装置



ガンマ線エネルギー分析装置

※ LIBS：レーザー誘起ブレークダウン発光分光法

- 2016年4月に建設工事に着手し、2017年3月に竣工、**2017年4月に運用開始、1大学、1機関が利用を開始。**
- 国際共同研究棟に30名超の研究者が駐在するとともに、20名超が避難指示区域解除後の富岡町に居住し、町の復興に貢献
- 1Fの廃止措置に係る基礎研究を扱う「福島リサーチカンファレンス（FRC）」（全5回、2018）を富岡町他福島県内で開催
- 原子力機構や大学等が持つシーズを1Fの廃止措置へ応用していくための**仕組み**を作り、人材育成に向けた取組を実施
（廃炉基盤研究プラットフォームを形成）

アウトカム

- 国際共同研究棟の完成及び廃炉基盤研究プラットフォームの形成により、国内外の英知を結集した廃炉研究の土台となる施設（ハード）と枠組み（ソフト）が構築され、**基礎基盤研究と廃炉の現場との橋渡しに貢献**
- 国際共同研究棟の整備は、楡葉遠隔技術開発センターに続く浜通り地域の復興のシンボリック施設として、2017年4月1日の富岡町の避難指示区域の解除及び住民の帰還に大きく貢献

大熊分析・研究センターの整備

- ◆ **施設管理棟**：居室並びに分析のモックアップ等を行うワークショップを有する施設（運用中）
- ◆ **第1棟**：ガレキ類、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試料の分析等を行う施設（2020年度末頃運用開始予定）
- ◆ **第2棟**：燃料デブリ等の分析等を行う施設※（詳細設計中）

※中長期ロードマップにおける燃料デブリ取出しに合わせた適切なタイミングで運用開始できるように整備を進める。

大熊分析・研究センターの整備



施設管理棟

延床面積：4,786m²
階数：地上4階
主要構造：
鉄筋コンクリート造



施設管理棟 開所式 (2018年3月15日)



今後、東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等の安全かつ確実な実施に貢献

大熊分析・研究センター (第1棟)

- 建築概要
延床面積9,672m²、
地上3階建
- 主要構造
鉄筋コンクリート造、
杭基礎

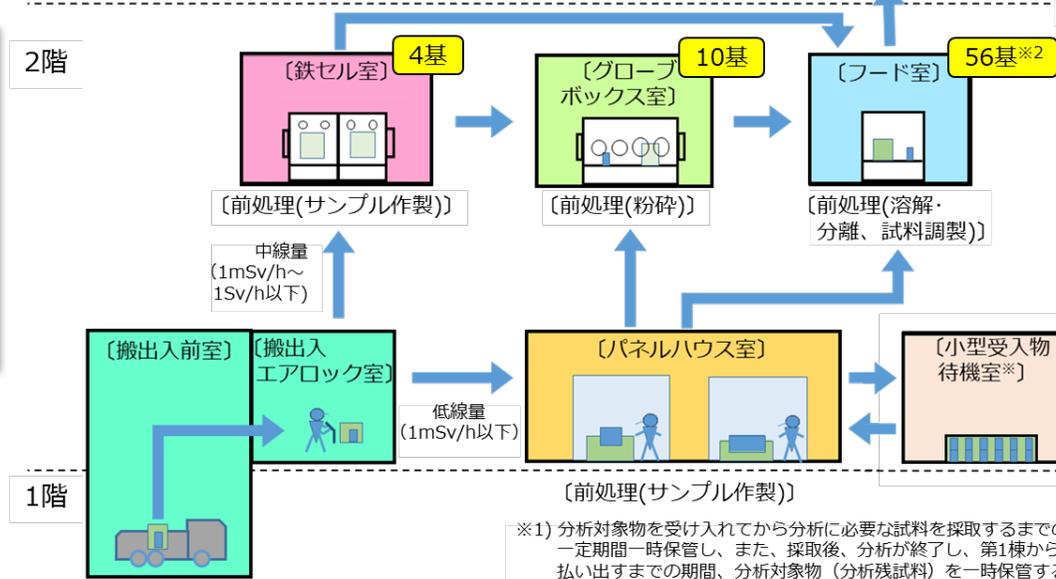


3階



鉄セルの例

2階



グローブボックスの例



フードの例

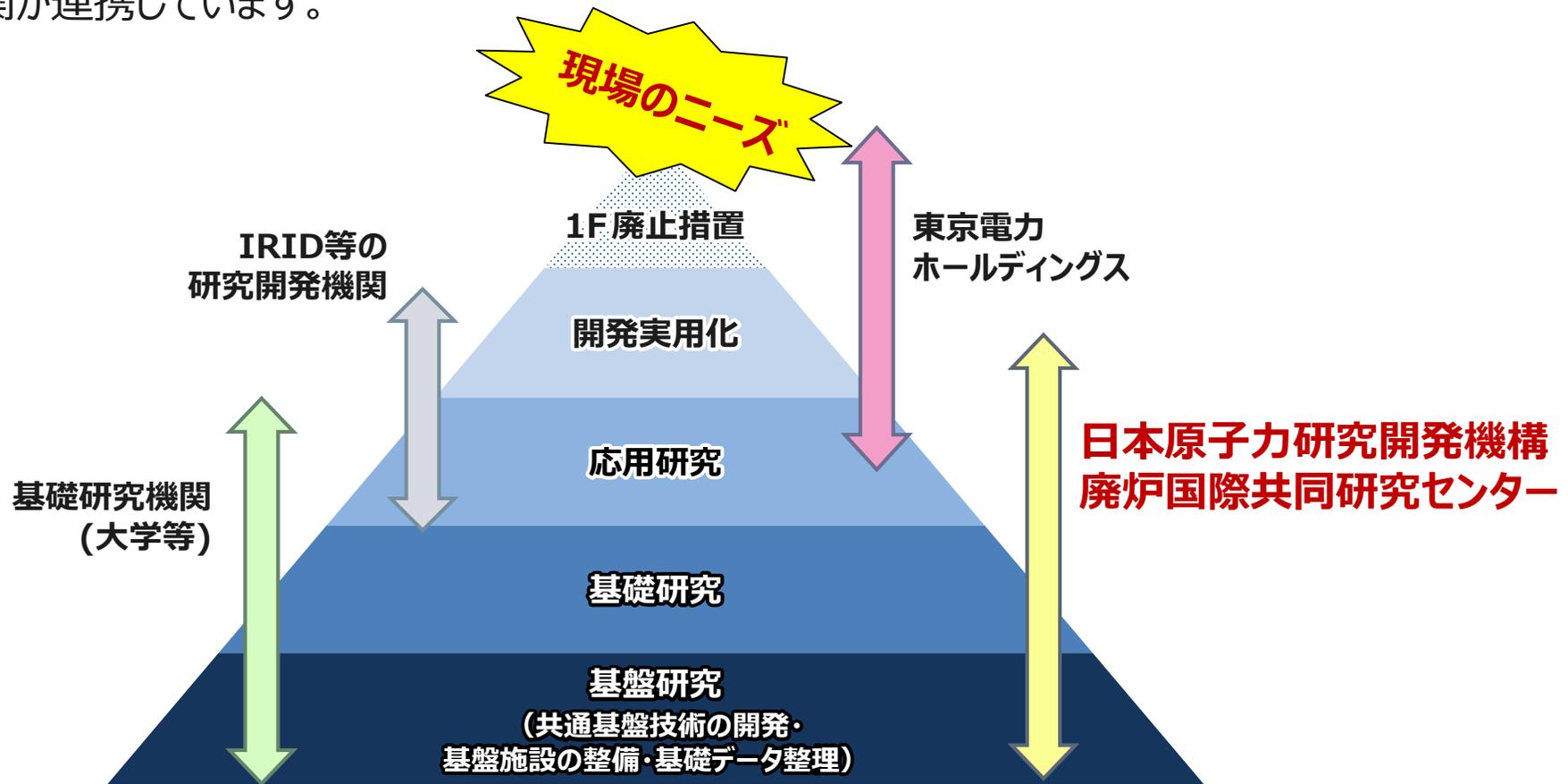
※1) 分析対象物を受け入れてから分析に必要な試料を採取するまでの一定期間一時保管し、また、採取後、分析が終了し、第1棟から払い出すまでの期間、分析対象物(分析残試料)を一時保管する。
 ※2) 56基には、38核種分析のための前処理のほか、廃液処理及び放射線管理のためのフードも含まれている。

ご説明内容

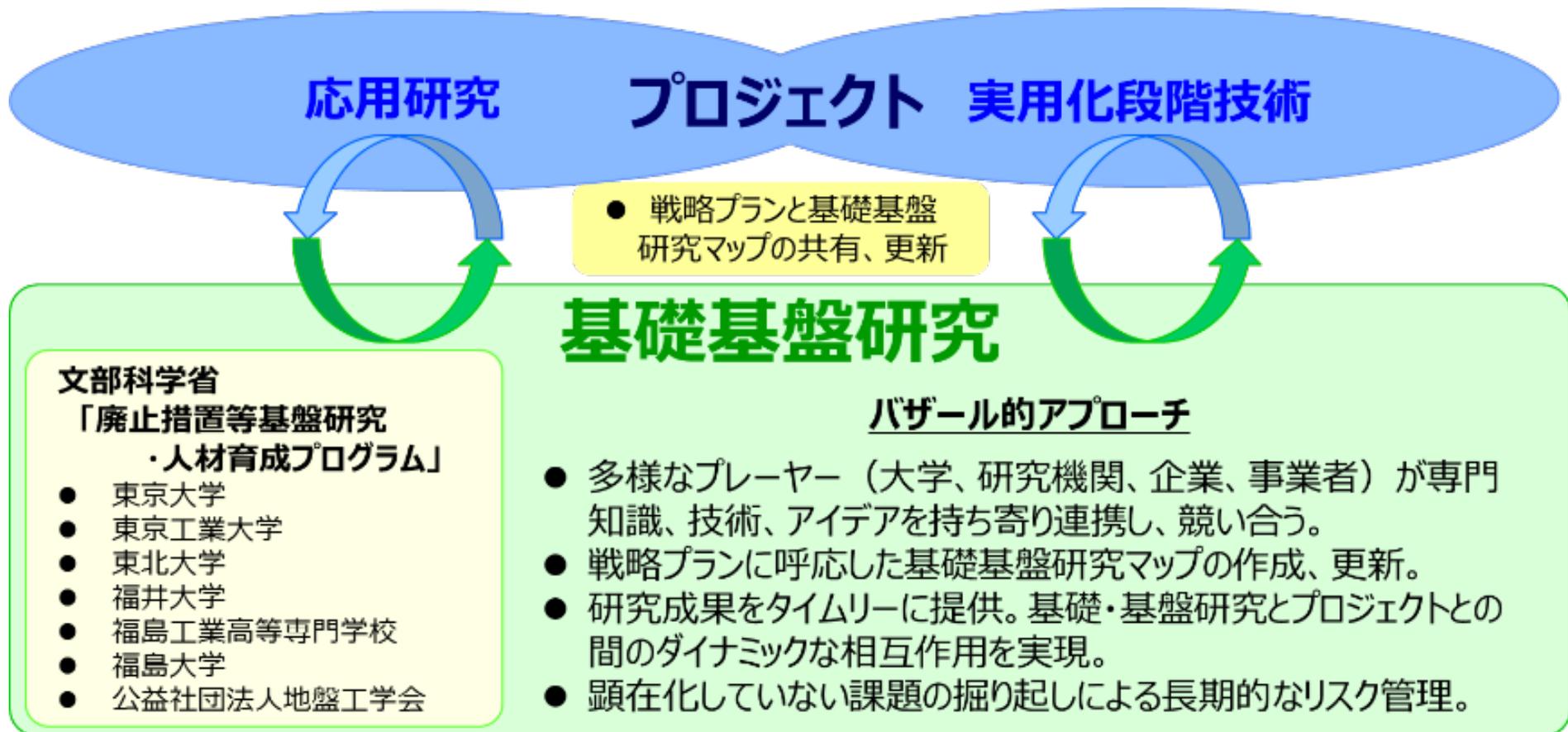
- 国の方針と研究開発体制
- 福島研究開発部門の概要
- 研究開発基盤の整備
- 廃止措置等に向けた研究開発
- 環境回復に係る研究開発

研究開発機関の役割分担

1Fの廃止措置に係る研究開発においては、基礎・基盤研究から応用研究、開発・実用化に至るまで多様な機関が連携しています。



廃炉基盤研究プラットフォームの形成



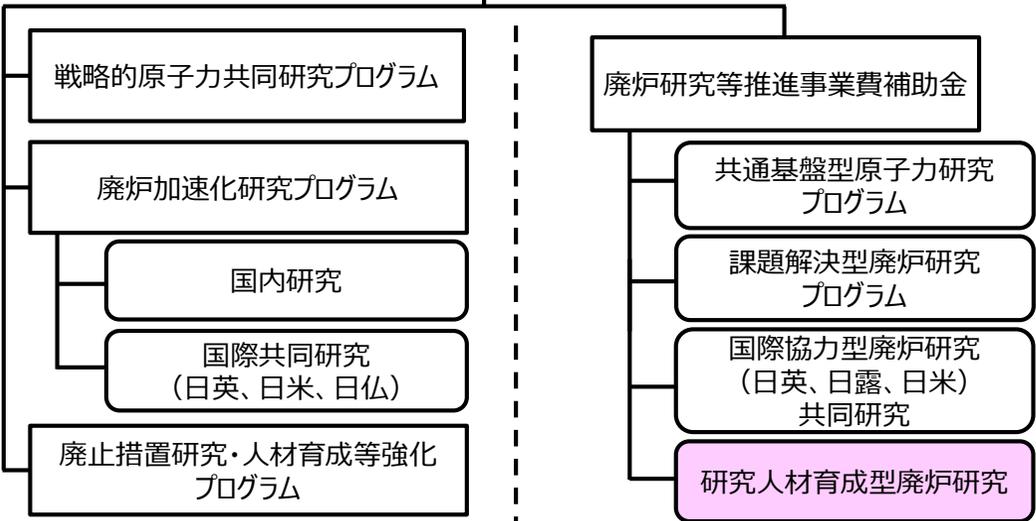
アウトカム

- 国内外の英知を結集した廃炉研究の土台となる施設（ハード）と枠組み（ソフト）が構築され、**基礎基盤研究と廃炉の現場との橋渡しに貢献**
- 2018年度より「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」を開始し、中核研究機関として**CLADSが廃炉の基礎基盤研究を強力に推進するスキームを構築**

英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業：（2015年度～）

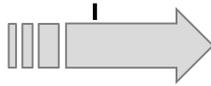
国内外の英知を結集し、国内の原子力分野のみならず様々な分野の知見や経験を、機関や分野の壁を越え、国際共同研究も含めて緊密に融合・連携させることにより、**原子力の課題解決に資する基礎的・基盤的研究や産学が連携した人材育成の取組みを推進**

英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業



文科省事業

原子力機構事業



2018新規採択課題から**原子力機構/CLADS対象の補助金事業**へ移行

2019年度新規

1Fの廃止措置を進めるにあたり、戦略的かつ優先的に取り組むべき研究開発課題及びニーズとして抽出された6つの重要研究開発課題

【6重要研究開発課題】

- ① **燃料デブリの経年劣化プロセス等の解明**
 研究テーマ：燃料デブリ経年劣化特性の推定
 代表機関：ロシアTENEX/RosRAO 参画機関：RIAR、Khopin Radium Institute
- ② **特殊環境下の腐食現象の解明**
 研究テーマ：放射線環境下での腐食データベースの構築
 代表機関：**原子力機構** 参画機関：**東北大学**、大阪府立大学、東京工業大学、東京大学、量研機構
- ③ **画期的なアプローチによる放射線計測技術**
 研究テーマ：高放射線環境下における小型半導体を用いたパーチャルピンホールカメラの開発
 代表機関：**原子力機構** 参画機関：**東北大学**、東京大学
- ④ **廃炉工程で発生する放射性飛散微粒子挙動の解明（αダスト対策を含む）**
 研究テーマ：放射線飛散微粒子挙動データの採取・評価の実施
 代表機関：**原子力機構** 参画機関：東京大学
- ⑤ **放射性物質による汚染機構の原理的解明**
 研究テーマ：放射性物質によるコンクリート汚染の機構解明と汚染分布推定に関する研究
 代表機関：名古屋大学 参画機関：**東北大学**、国立環境研究所、(株)太平洋コンサルタント、**原子力機構**
- ⑥ **廃炉工程で発生する放射性物質の環境中動態評価（実施内容を検討中）**



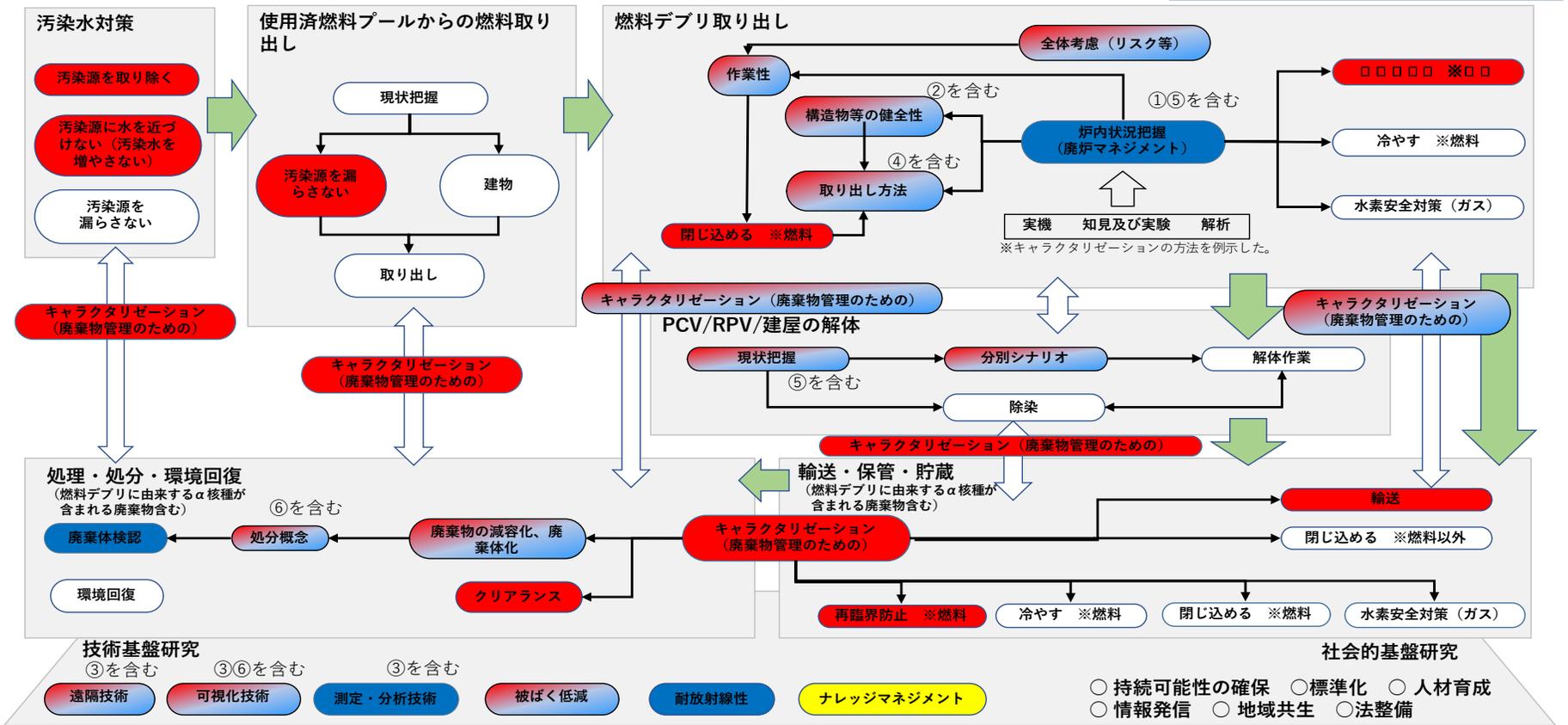
● 文部科学省から補助金を受けて「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」を開始し、中核研究機関としてCLADSが**廃炉の基礎基盤研究と人材育成を一体的に推進するスキームを構築**

廃炉研究の体系化：1F廃炉を俯瞰するマップを整備し、ニーズとシーズのマッチングの加速・合理化

『基礎・基盤研究の全体マップ』

①燃料デブリの経年変化プロセス等の解明
 ②特殊環境下の腐食現象の解明
 ③画期的なアプローチによる放射線計測技術
 ④廃炉工程で発生する放射性飛散微粒子挙動の解明（αダスト対策を含む）
 ⑤放射性物質による汚染機構の原理的解明
 ⑥廃炉工程で発生する放射性物質の環境中動態評価

重要度評価結果凡例
 ■ 基礎基盤研究の追求により課題解決につながる
 ■ 応用・実用研究開発により課題解決につながる
 ■ 基礎基盤研究により知見が蓄積される
 □ 基礎基盤研究により将来的に知見が得られる可能性がある



アウトカム

● 1F廃炉の研究ニーズを「基礎・基盤研究の全体マップ」に整理し、基礎基盤研究の全体を初めて俯瞰できるようにしたこととで、**1F廃炉ニーズと研究シーズのマッチングの加速化／合理化に貢献**

主な国際協力

国	相手機関	技術的目標
アメリカ U.S.A 	LBNL	1 Fでの三次元放射線可視化など放射線イメージング技術を共同開発。
	SNL	JAEAの要素モデルを基に燃料破損・下部プレナム破損モデルの共同開発。
	SRNL	燃料デブリ経年変化に及ぼす放射線分解等の影響評価に係わる 基礎データを取得を計画。
イギリス UK 	国立原子力研究所 (NNL)	水分を含む固体廃棄物の処理・保管・輸送・処分における水素発生評価手法及び発生する水素に関わるベント要件について、英国の知見を調査し、廃棄物分析計画へ反映。
フランス France 	フランス原子力・ 代替エネルギー庁 (CEA)	照射済燃料を用いたBWR制御棒共存条件でのCsなどの放出試験データ拡充。FP化学挙動の基礎知見を取得。
		MCCI（溶融燃料-コンクリート反応）生成物の特性情報等を1 F（福島第一原子力発電所）デブリ取出しへ反映するとともに廃炉における燃料デブリの特性に精通した研究者の育成を図る。
		大型MCCI試験時のMCCI生成物の生成形態や特性を1 Fデブリ性状の推定、デブリ取出し計画等へ反映。
ベルギー Belgium 	ベルギー原子力研究センター (SCK・CEN)	破損燃料の取扱い、保管及び保管に関わるR&Dの知見をデブリの取扱い・保管作業等に反映。
フィンランド Finland 	フィンランド技術開発センター (VTT)	水素再結合触媒を用いた水素濃度低減技術の整備による廃棄物の輸送・保管方策の検討、並びにFP放出移行基礎実験及び解析によるFP化学挙動・分布評価に反映（研究員受け入れ）。
	ヘルシンキ大学	水素再結合触媒を用いた水素濃度低減技術の基盤整備を通して廃棄物の輸送・保管方策の検討に反映。
ウクライナ Ukraine 	原子力安全問題研究所 (ISP-NPP)	チェルノブイリにおける燃料デブリに関する知見をデブリの保管作業等に反映。
チェコ Czech Rep. 	チェコ原子力研究所/レス 研究センター (NRI/CVR)	コールドクレーシブル設備を用いた模擬デブリ凝固試験の実施。1 F で想定される遅い凝固過程での物理化学的な偏析に関する知見獲得。
国際機関	IAEA 	各種燃料形態からの核種浸出メカニズムを把握し、損傷燃料の取扱いの知見をデブリの保管作業等に反映。
国際機関	OECD/NEA  (Nuclear Science Committee)	<p>廃炉基盤研究における材料科学的な解析に活用できるように、国際熱力学データベースを整備する（TAF-ID）。1 F 事故進展のシナリオ解析に基づき、1 Fデブリ特性やFP挙動の評価に材料科学的な知見を提供（TCOFF：文科省の資金拠出型プロジェクト）。</p> <p>備考：TCOFF資金の一部を活用した国際研究基金の設立と、それを用いたロシア研究機関（NITI、KRI）あるいはアカデミー（デルフト大、サンクトペテルブルグ大）との研究協力（ロシアのデブリやFPに係る未公開データの入手、アカデミーの特殊設備を用いたFP重要データの取得）。</p>

TAD-ID: Thermodynamics of Advanced Fuels – International Database

TCOFF: Joint project on Thermodynamic Characterization Of Fuel debris and Fission products based on scenario analysis of severe accident progress at Fukushima Daiich NPS

福島リサーチカンファレンス(FRC)：廃炉関連の基盤研究を扱う国際ワークショップを継続的に開催。
国内外の英知を結集するとともに、人材育成のネットワークを整備、廃炉技術に関する幅広い専門分野の人材を育成。

（2018年度開催実績）

- ① 廃棄物の分析技術開発に関する研究（2018年6/19-21、参加者：約60名、海外7名）
- ② 1F事故の知見に基づく炉心溶融挙動の解明と燃料破損現象（2018年9/18-20、参加者：約100名、海外2名）
- ③ 原子力施設における遠隔技術（2018年10/30-31、参加者：約80名、海外5名）
- ④ 損傷燃料及び燃料デブリの取扱いに関する知見の共有（2018年11/5、参加者：約50名、海外15名）
- ⑤ 廃炉遠隔技術のための耐放射線化、運用技術及び計測技術の高度化の展望
（2018年11/26-28、参加者：約180名、海外23名）

2015年4月の立ち上げからの4年間（2018年度末まで）で合計16回、合計約1,520名が参加

（2019年度開催実績・予定）

- ① 福島廃炉研究に関する国際時事ワークショップ（FDR2019）
（2019年5/24-26、参加者：約160名、海外30名）
- ② シビアアクシデントと1F廃炉に係る材料科学ワークショップ
（2019年7/10-12、参加者：約140名、海外45名）

《今後の開催予定》

- 原子力水素安全に関するワークショップ（2019年10/17～18）
- 原子力施設における遠隔技術（2019年10/23～24）

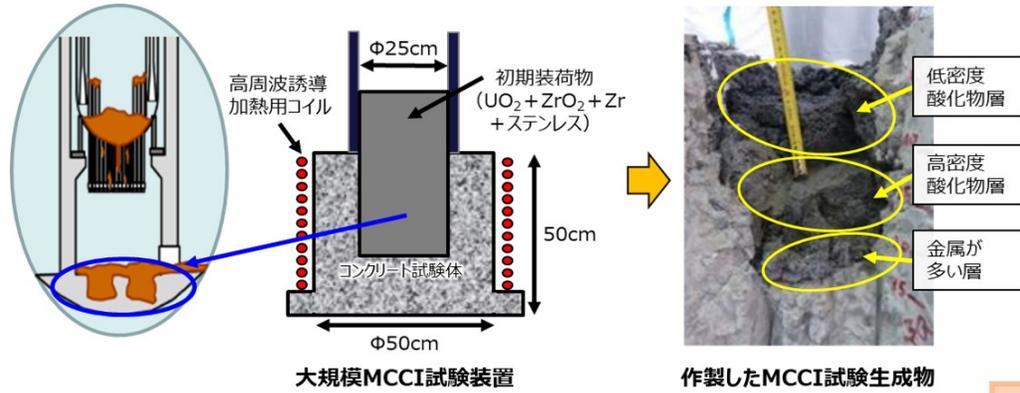
他1回



材料科学ワークショップ
2019.7.10 於 スパリゾートハワイアンズ

燃料デブリの性状把握・分析技術の開発：1Fで採取した炉内付着物や実条件を模擬したデブリの性状調査・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

フランス（CEA）との共同研究



- コンクリートの浸食深さや生成物の性状を確認
- 燃料デブリ取り出しを想定した加熱・切断試験を行い、微粒子生成に関する知見を取得

- 1F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、デブリ特性リストを作成

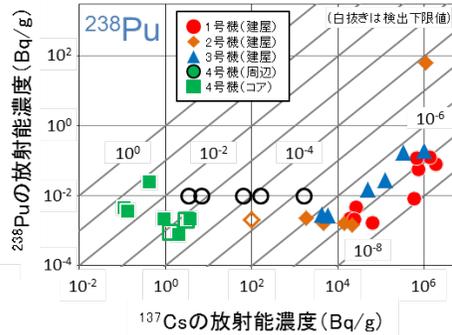
取り出し方法の検討に対する提言（抜粋）

解体時の特徴 (外観・作業環境)	本試験サンプルの分析結果 (生成相・硬さ・組成等)	燃料デブリの取出し方法の検討に対する提言
デブリの外観は非常にポーラスで脆く見えるが実際は非常に堅い	概ね～5mm程度の気孔が全体的に分布。硬さとしては、酸化物相では5-22 [GPa]、金属相では1-3 [GPa]。	外観から得られる気孔の多寡に係る情報のみでは、最適な工具の選定は困難であり、本試験における硬さの最大値を参考としつつ、これらと同等の硬さをもつ材料（ステンレス鋼やアルミナなど）を想定した機器選定が必要と考えられる。
解体時に粉塵が多く発生	解体時の粉塵サンプル（サンプル11）の性状：粉塵サンプルの重量のうち、大きさ1 [mm]未満の粒子が約4割。20-33 [wt%]のUを含有。	気中において解体時、核物質を含む微細な粉塵による急激な視認性低下への対策と、これらの放射線モニタへの影響が懸念され対策が必要。
クラストの形成	上部クラストサンプル（サンプル1）の性状：Si-Al-Ca酸化物マトリックス中に(U,Zr)O ₂ や(Cr,Fe)O _x などの析出物が存在。硬さは5 - 18 [GPa]。生成相および硬さは他のサンプルと同程度。	本試験では熔融プールの領域と同様の微小構造・硬さとなったが、実際の事故進展において注水により表面が急冷されるシナリオの場合は、熔融プール部よりも硬い相を形成する可能性あり。

アウトカム

● 大規模MCCI試験生成物の解体時の状況やサンプルの分析結果から、燃料デブリの取出し方法の検討に対する提言をとりまとめ、NDFに提供。戦略プランにおける取り出し工法検討に大きく貢献

放射性廃棄物の処理処分：中長期ロードマップに沿った着実なデータや要素技術に関する知見の蓄積、東京電力が求めるデータ等の提供

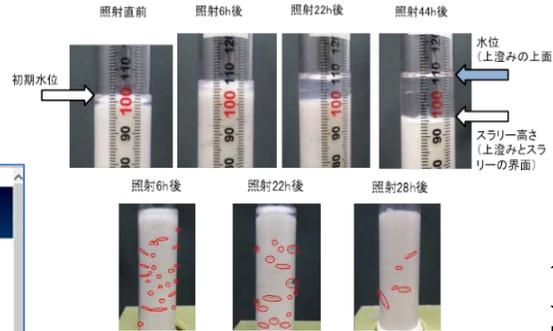


原子炉建屋内及び周辺で採取したガレキ試料から検出された核種の濃度 (¹³⁷Csに対するプロット)

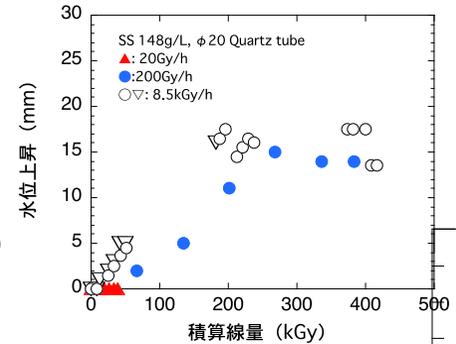


分析データを検索、閲覧できるデータベース“FRAnDLi”

- 分析試料を1Fから分析施設へ輸送して分析を行い、データを順次廃炉・汚染水対策事務局へ報告している。また、技術者・研究者の利用を促進するためデータベースを作成した。



模擬炭酸塩スラリーの照射実験の様子 (805 kGy/h)
水位上昇 (上) とスラリー内の気泡の蓄積 (下)



積算線量と水位上昇の関係 (固形分濃度 148g/L、室温、大気)

- 多核種除去設備にて発生したスラリーの保管中に、容器から水があふれる事象に関して、模擬実験により事象を再現し、保管管理方法の検討に資する基礎データを得た。データは東京電力による対策に利用された。

アウトカム

- 1F廃棄物分析データを蓄積、放射エネルギー推定に必要な基盤的解析モデルを構築、処理処分の検討に貢献
- 長期的安定保管が求められる廃棄物の性状と安全上の基礎的なデータ、知見を東京電力に提供し、現地の廃棄物の保管対策に反映

炉内状況の解明：燃料デブリ取出し方法の確定に向け、原子炉压力容器内の破損状況把握の高度化、及び炉内の線量評価手法を開発

燃料デブリ分布と破損状況の推定

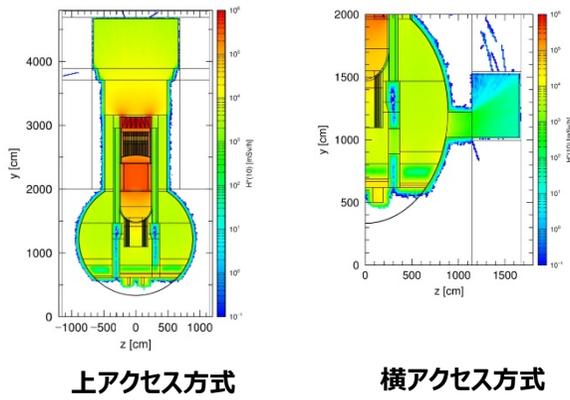
凡例

- 残留燃料棒及びその残骸
- 酸化物デブリ (多孔質)
- 粒子状デブリ
- 燃料デブリ (金属を多く含む)
- コンクリート混合デブリ

※2号機の推定図中では使用していない

取出し時の放射線量率分布の予測

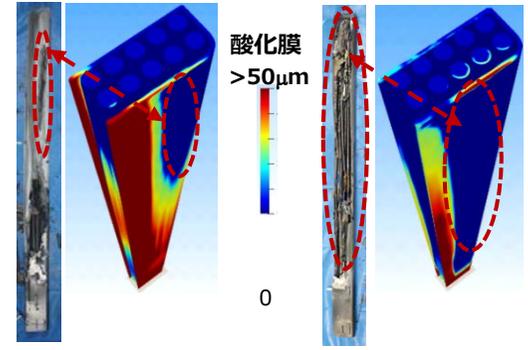
燃料デブリへのアクセス方式を考慮して、号機毎の格納容器(PCV)内線量率分布を解析予測した



燃料デブリ取出し方式や、PCV内に挿入する機器の放射線遮蔽の最適化などに反映 (NDF、東電に知見提供)

燃料集合体の破損状況把握の高度化

水蒸気枯渇条件下での酸化膜成長/減少挙動モデル導入

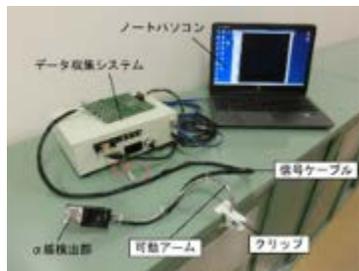


チャンネルボックス表面の酸化膜の状態により、下部プレナムに移行する金属系の炉心物質の性状が変化することを解明
⇒ 金属系デブリの特性評価の基礎知見を提示

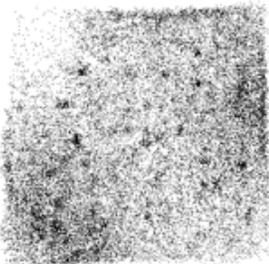
アウトカム

- 燃料デブリ取り出し開始時のPCV内3次元線量率分布を予測し、放射線遮蔽最適化の検討の基礎知見として、NDF、IRID等に研究成果を提供し、燃料デブリ取出し方式や取出し機器の設計に貢献
- 金属系炉心物質の移行挙動・化学的性状に関して知見を取得、その特性評価に基づき、1F2号機PCVペダスタルで観測された燃料デブリの特性を予測し、NDFでの燃料デブリ取出し及び分析計画の策定に貢献

遠隔技術の現場適用：東電のニーズを踏まえ、原子力機構が持つ遠隔技術を現場作業にマッチングさせることにより、1F廃炉作業を支援



α線放出核種の粒子分布・エネルギー測定用検出器

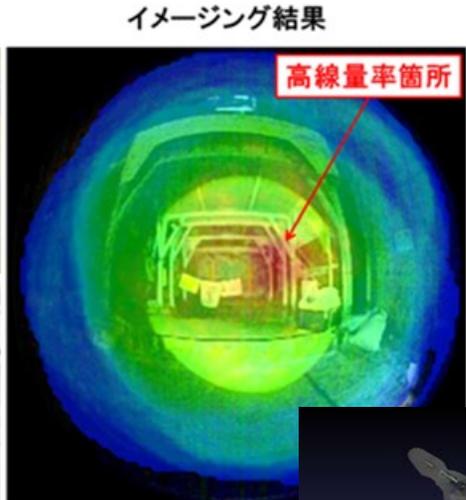


スミヤ試料粒子分布測定(例)



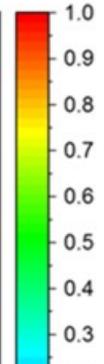
測定環境

コンプトンカメラを搭載したロボット

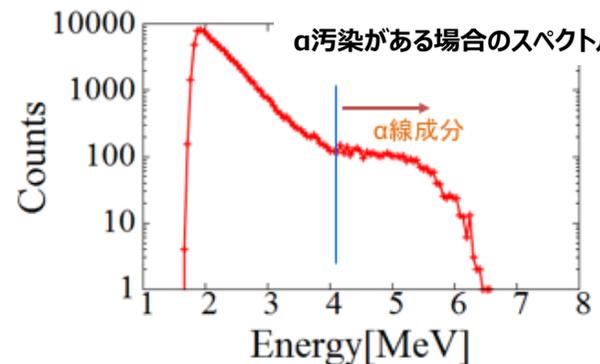


イメージング結果

高線量率箇所



1号機原子炉建屋でロボットにコンプトンカメラを搭載し測定した放射線イメージと3次元光学画像との統合を図る。



α汚染がある場合のスペクトル例

α線成分

α核種位置検出器の開発



高線量率箇所

東電との共同により、1F建屋内の高線量率場での放射線分布の測定に導入。1号機原子炉建屋でロボット搭載測定試験を行い、局所的な高線量率場所の特定を行う。

アウトカム

- 遠隔技術を用いて建屋内の高線量率エリアの放射線分布を3次元イメージング化することにより、廃炉作業の工程検討・確認、作業の円滑化、作業員の被ばく低減に貢献
- 検出しにくいα/β線放出核種の可視化により作業員の放射線防護に貢献

ご説明内容

- 国の方針と研究開発体制
- 福島研究開発部門の概要
- 研究開発基盤の整備
- 廃止措置等に向けた研究開発
- 環境回復に係る研究開発

研究開発

環境動態研究 (福島長期環境動態研究 : 2012年11月~)

- 森林から河川、ダム、河口域へと至るセシウムの移動と蓄積の調査・評価 (請戸川、熊川、富岡川、木戸川等浜通りの8河川流域)



放射線計測技術開発

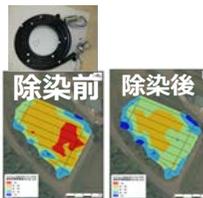
- 遠隔モニタリング技術の開発

- 1F上空からの無人ヘリ測定による空間線量率分布の評価 (国交省が飛行禁止区域を解除)



1F上空からの測定

- 農業用ため池水底のPSFを用いたセシウム分布測定技術開発と民間への技術移転



除染・減容化技術開発

ため池水底の測定例

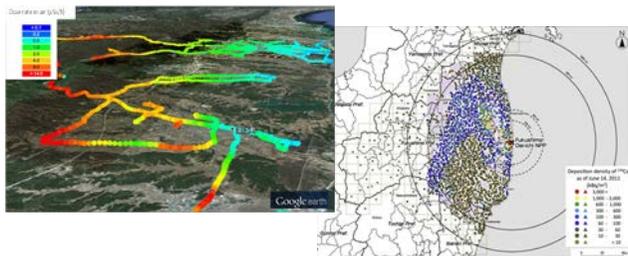
- 除染効果評価システム (RESET) の開発
- 国・自治体での除染効果の評価及び将来の空間線量率の低減予測に利用
- セシウムの粘土鉱物への吸脱着機構の解明



国からの受託事業

マップ事業 (放射性物質の分布状況等に関する調査研究)

- 事故後の放射線モニタリングの技術を標準化
- 空間線量率や沈着量のマップを作成
- 空間線量率の将来予測を行う手法を開発



特定復興再生拠点区域における大気放射能濃度調査事業 (2019年度~)

- 特定復興再生拠点区域において大気中の放射能濃度を評価し、内部被ばく線量を推定

除染モデル実証事業

(2011年9月~2012年6月)

- 除染効果、施工速さ、費用、施工上の留意点等をデータシートとして整理
- 除染の実施にあたり、自治体や住民との良好な関係を構築
- 一連の除染に関わる手続きを整理
- 国 (環境省) ・自治体等が実施する本格除染への知見の反映



国・自治体への協力

除染特別地域及び除染実施区域への協力・支援

- ① 除染特別地域
 - 環境省への協力・支援
 - 除染作業の立会・技術指導
 - 除染試験、フォローアップモニタリング等の実施及び評価支援等
 - ② 除染実施区域
 - 各市町村への協力・支援
- (2019年3月末現在 : 合計約4千1百件実施)

コミュニケーション・原子力人材育成活動

- 放射線に関するご質問に答える会 (2019年3月末までに259ヶ所で開催、約2万3千人参加)
- 文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ
- 福島県除染推進のためのリスクコミュニケーション事業
- 連携協定による人材育成事業 等

県民健康管理調査

- 県民健康管理調査 (内部被ばく検査) の立案、検査と結果の評価、その他問い合わせ対応 (2011年7月11日~)

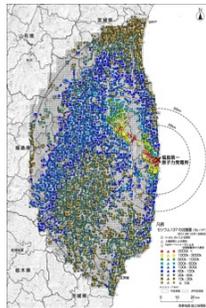
- 2019年3月末までに約93,150人測定 (子供約72,570人、大人約20,580人)



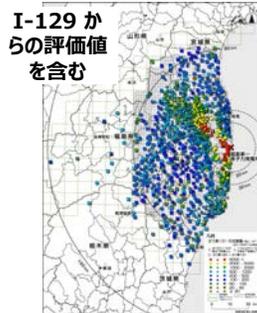
事故直後の緊急時対応

放射性核種の沈着量分布と深度分布、空間線量率分布の大規模調査 (2011年6月～)

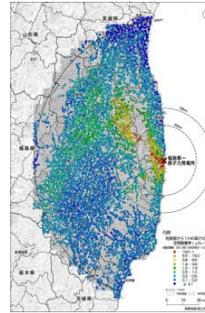
文部科学省/原子力規制庁からの委託 (マップ事業) を受け多くの大学、研究機関と協力して**継続して調査を実施**



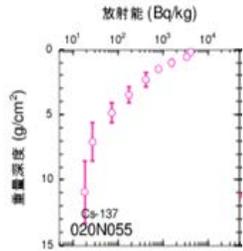
Cs-137 沈着量 (2012年12月)



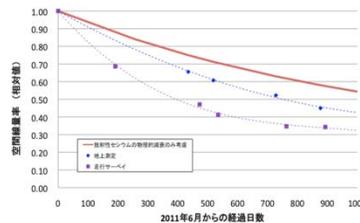
I-131 沈着量 (2011年6月)
I-129 からの評価値を含む



定点の空間線量率 (2013年3月)



Cs-137 深度分布の例 (2013年6月)



空間線量率の経時変化

除染モデル実証事業 (2011年9月～2012年6月)

- 国 (内閣府) からの委託事業
- 警戒区域、計画的避難区域 (当時) 等の11市町村を対象に、除染の効果的な実施のために必要となる技術の実証 (除染効果、除去物発生量、経済性、安全性等)
- 2011年11月から除染作業を開始、2012年6月に事業の成果を報告

○事業の対象地区

- ・様々な線量率レベルを含む
 - 高レベル (> 100mSv/年)
 - 中レベル (20mSv～100mSv)
 - 低レベル (5mSv～20mSv)
- ・様々な対象物を含む
 - 森林、農地、宅地、建造物、道路



➤ 国 (環境省) ・自治体等が実施した**本格除染への知見の反映**

- 事故後の放射線**モニタリングの技術を標準化**
- 空間線量率や沈着量の**マップを作成**

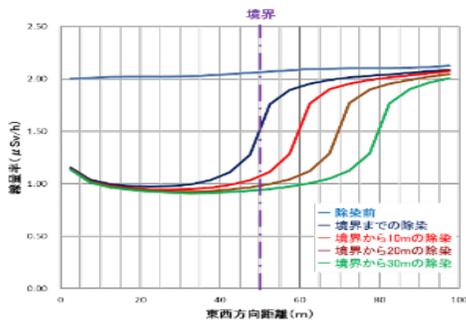
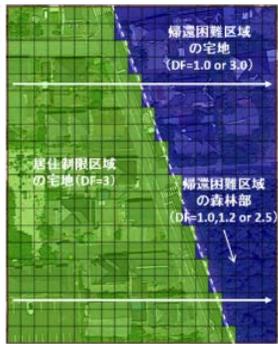
【成果の詳細】 <http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat01/entry02.html>

【成果の詳細】<https://fukushima.jaea.go.jp/fukushima/try/fukushima1.html>

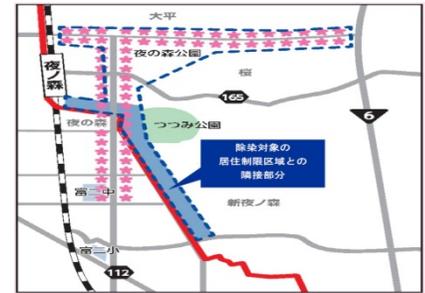
除染活動の推進と避難指示解除に向けた研究成果の情報発信：
 除染による線量低減効果や将来の線量予測、及び環境モニタリング、環境動態研究、個人被ばく線量評価などの**成果情報を地域の要望に応じて提供し、自治体等の復興計画策定等を支援**

避難指示解除に向けた研究成果の反映例 ～居住制限区域と帰還困難区域の境界際の除染¹⁾～

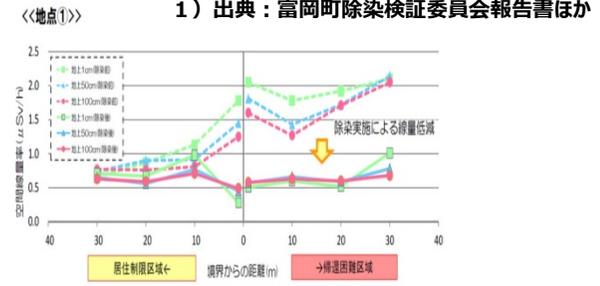
- 富岡町の依頼を受けて除染効果の予測シミュレーションを実施し、**帰還困難区域側の境界際の除染による線量率低減効果を予測解析を実施。**



帰還困難区域と居住制限区域の境界での線量低減効果の予測結果



緊急提言により除染が進められることとなった範囲 (境界から20m)



実際の除染前後の線量率の変化

- 結果を受け、富岡町除染検証委員会は、帰還困難区域側の除染の実施について緊急提言を行い、**環境省が委員会の提言を踏まえ、当初計画になかった境界から20mまでの帰還困難区域の除染を実施した。**
- 除染実施後の線量測定の結果、線量予測結果と同様の**線量率の低減を確認。**

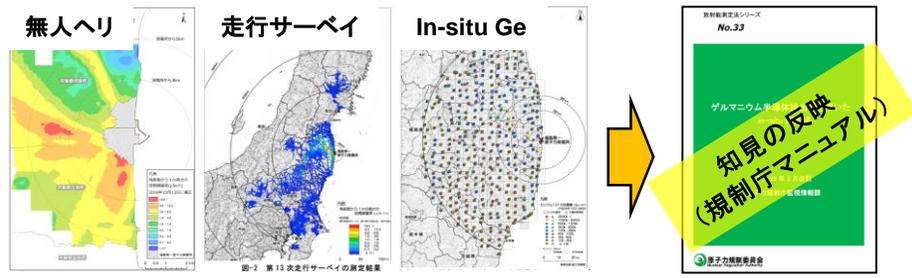
- 避難指示解除の検討の基礎情報として将来の線量予測の情報を大熊町に提供し、避難指示解除に貢献 (除染検証委員会で活用)
- 自治体の除染検証委員会に専門家委員として参画し、避難指示解除に向けた提言等の策定に関与 (南相馬市・浪江町・大熊町)
- 生活行動パターンを考慮した帰還住民の被ばく評価の情報や環境動態研究の調査・研究成果を地域に提供し、住民の懸念解消に貢献 (自治体の広報誌への掲載など)

アウトカム

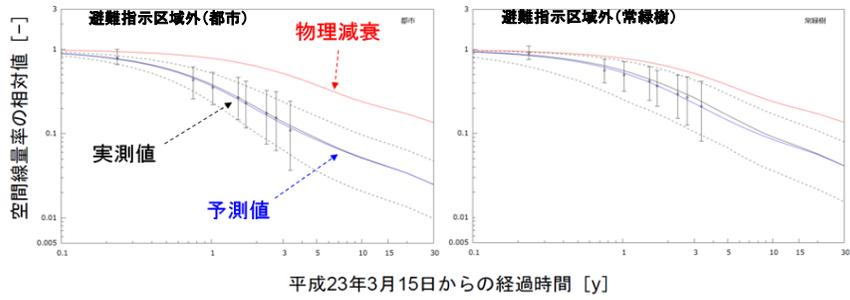
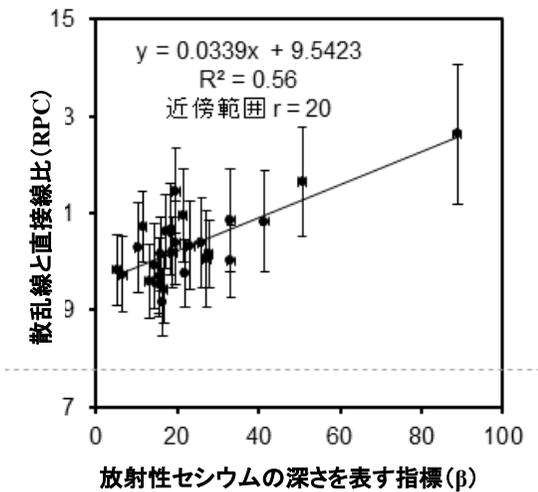
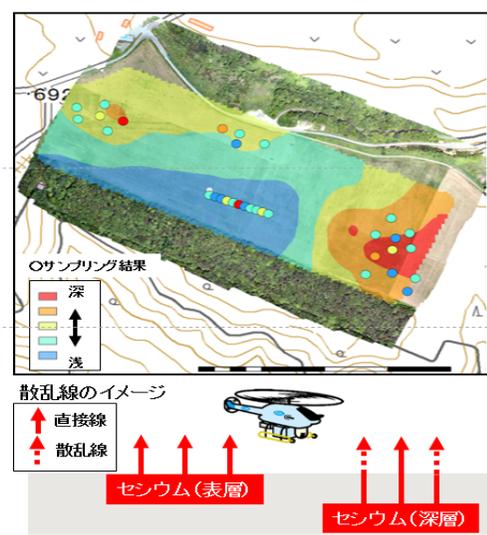
- 除染の効果持続の検証と将来の空間線量率予測により、**住民の安全・安心の醸成に貢献**
- 継続して実施した研究成果の情報提供により、**避難指示解除の判断や国や自治体の復興計画策定に貢献**

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その結果に基づく空間線量率の減少傾向の予測



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



放射性セシウムの深度分布図

散乱線/直接線比と放射性セシウムの深度分布指標との関係

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・自治体に提供

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

福島県の環境中での放射性セシウムの挙動を明らかにし、予測する「福島長期環境動態研究」

環境中に残存する放射性セシウムの濃度は、どのように変化するのか。

環境中の放射性セシウムは、生活圏に影響を及ぼさないのか。

➤ 森林に残存する放射性セシウムには、どのような**潜在的なリスク**があるのか。

➤ 農作物を作っても100 Bq/kgを超えるのでは。
➤ 現在100 Bq/kgを超えている山野草や淡水魚は、いつになったら100 Bq/kgを下回るのか。

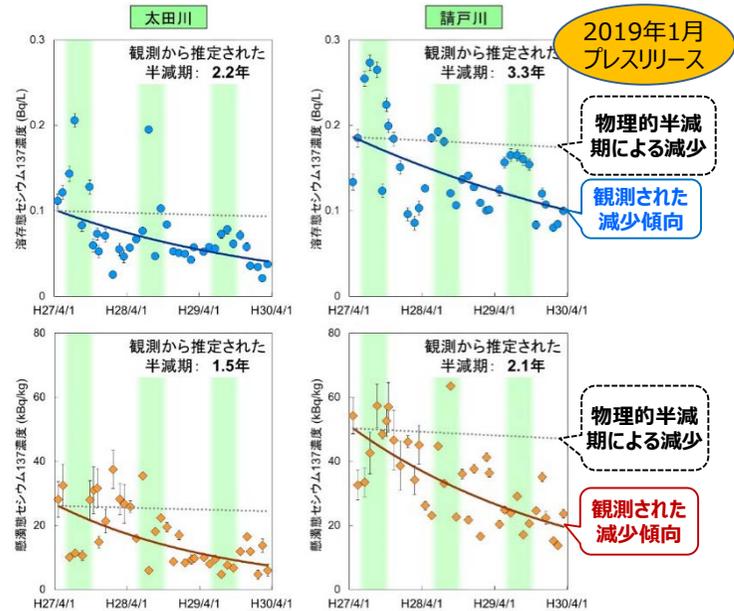


➤ 将来、森林からの流出や河川水による運搬によって放射性セシウムが生活圏に堆積し、線量率が増加するのでは。

➤ 福島県内の農業・林業・水産業再開
➤ 住民の帰還
不安解消

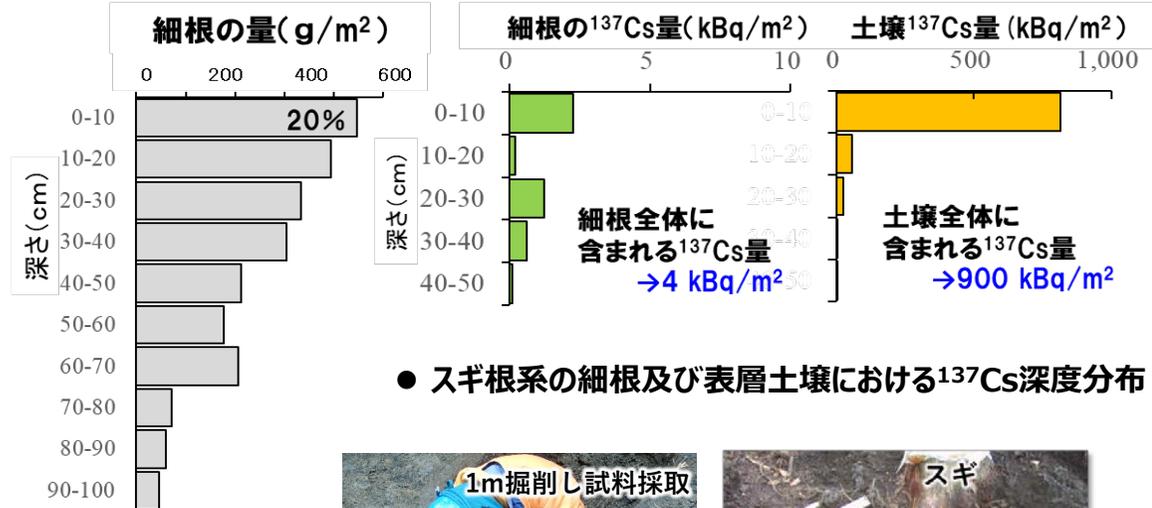
放射性セシウム環境動態の定量化と成果公表：環境中の放射性セシウムの移行を支配する現象を理解、生活への影響に関する様々な懸念に科学的根拠を持って答える

放射性セシウム濃度の減少傾向の定量化



- 河川の溶存態及び懸濁態セシウム濃度の経時変化
従来検出下限未満で測定していなかった低い濃度の溶存態まで測定して変化傾向のデータを得た

放射性セシウムの樹木への移行



- スギ根系の細根及び表層土壌における¹³⁷Cs深度分布



- スギ根系の細根の深度分布

環境動態研究のこれまでの取組みが高く評価され、2019年度科学技術分野の文部科学大臣表彰（科学技術賞）を受賞

アウトカム

- 森林から河口域までの放射性セシウムの移動挙動の定量化、解析事例の提供、および研究成果の発信による自治体や住民の産業再興に資する具体的ニーズに対応

放射性セシウム環境動態の研究成果を国、自治体へ情報提供：住民の不安の解消、避難指示解除の判断根拠や、農林水産業の復興計画策定のための基盤情報に寄与

総合的な環境情報サイトの整備 (1/2)

2019年3月
運用開始

<https://fukushima.jaea.go.jp/ceis/>

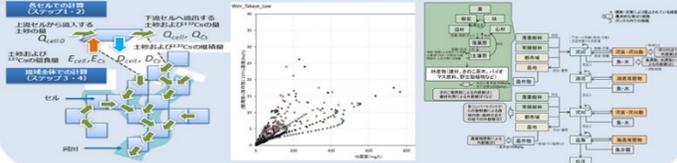
根拠情報Q&A

<https://fukushima.jaea.go.jp/QA/>

解析事例サイト

将来の放射性セシウム濃度や空間線量率、様々な条件下でのケーススタディ等について、解析した成果を御覧頂けます。

[SACT] 長期的な放射性セシウム濃度分布の将来の変化を知りたい
[GETFLOWS] 短期的なイベント（大雨等）が放射性セシウム濃度の変化に与える影響を知りたい
[CMFW] 農林水産物等、環境中の様々なものの放射性セシウム濃度の将来の変化を知りたい



放射性物質モニタリングデータの 情報公開サイト

空間線量率や放射性物質濃度（土壌、河川水、地下水、海水、食品）などのデータを機構内外から収集し、利用しやすい形で提供しています。

航空機モニタリングによる空間線量率・セシウム沈着量マップ

2011年 → 2016年

果物の検査結果

根拠情報Q&A

機構や関連する自治体、研究機関の成果をQ&A形式で簡単な解説から専門的な解説まで分かりやすくまとめています。

第1層（質問と回答を平易な用語で説明）

Q3 放射性物質の動き（森林）

森林内外の移動

Q3-1 森林内から森林外へ移動する放射性物質の量は、どのくらい多いのでしょうか？

Q3-2 森林内から森林外へ移動する放射性物質の量は、どのくらい少ないのでしょうか？

Q3-3 森林内から森林外へ移動する放射性物質の量は、どのくらい多いのでしょうか？

Q3-4 森林内から森林外へ移動する放射性物質の量は、どのくらい少ないのでしょうか？

Q3-5 森林内から森林外へ移動する放射性物質の量は、どのくらい多いのでしょうか？

Q3-6 森林内から森林外へ移動する放射性物質の量は、どのくらい少ないのでしょうか？

第2層（やや詳しく図表・写真等で説明）

Q3&4 放射性セシウムはどんな土地利用の場所に、どれくらい蓄積しているのか

福島県東部の阿武隈川流域及び沿道主要河川水系では、放射性セシウムの¹³⁷Csは70%が森林に、次いで田を含む農地に多く沈着しています。

土地利用	面積 (km ²)	¹³⁷ Cs (kBq/m ²)	総量 (kBq)
森林	5,201 (83.37)	302 (0.98)	1,571 (24.80)
田	1,197 (19.00)	160 (0.21)	192 (2.80)
農地(雑草等)	352 (5.62)	130 (0.36)	45 (0.64)
農用地	401 (6.50)	68 (0.09)	27 (0.36)
水田(水田)	147 (2.36)	13 (0.02)	2 (0.03)
河川	12 (0.19)	14 (0.02)	0 (0.00)
河川(河川)	154 (2.49)	11 (0.01)	2 (0.03)
湖沼(湖沼)	61 (0.98)	10 (0.01)	0 (0.00)
湖沼(湖沼)	1 (0.01)	0 (0.00)	0 (0.00)
合計	8,370	1,300	

第3層（さらに詳しく具体的・詳細な情報を説明）

1. 経緯

福島県東部の阿武隈川流域及び沿道主要河川水系では、放射性セシウムの¹³⁷Csは70%が森林に、次いで田を含む農地に多く沈着しています。

2. 放射性物質の分布状況

福島県東部の阿武隈川流域及び沿道主要河川水系では、放射性セシウムの¹³⁷Csは70%が森林に、次いで田を含む農地に多く沈着しています。

第4層（根拠情報としての論文・ウェブサイト等へのリンク）

【放射性物質の分布状況】

Doi, T. et al. Radionuclide Activity Concentrations in Pastured Cattle with a Soil Balance of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 196, pp. 203-214 (2019)

Uemoto, A. et al. Predicting Sediment and Groundwater Discharge from Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 196, pp. 215-224 (2019)

アウトカム

- 解析事例の提供、および研究成果の発信による自治体や住民の産業再興に資する具体的なニーズに対応
- 調査研究で得られた成果をその根拠までたどることのできる形で提供し、住民の不安解消、安全・安心に貢献

総合的な環境情報サイトの整備（2/2）

放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト

日本原子力研究開発機構(JAEA)は、原子力規制庁、福島県等が公開している東京電力福島第一原子力発電所事故に起因する福島県及び周辺県における空間線量の測定結果、陸域土壌(土壌表面及び土中)、海域(海水、海底土)及び河川(河川水、河底土)地下水、食品(農・林・畜・水産物等)などの放射性物質濃度の分析結果を収集し、それら大量のデータを見易くし、利用者が直感的に状況把握できるように公開しています。また、放射性物質の分布や経時変化の解析を支援するため、それらに影響を与える標高、土壌、植生、土地利用、種畜等の地理的情報も併せて公開いたしました。

放射性物質モニタリングデータ

東京電力福島第一原子力発電所事故に伴って大気中に放出された放射性物質はやがて日本各地に降下し、土壌・森林・海洋・河川を汚染しました。その拡散状況を調査するため、地方自治体、電力会社等さまざまな組織が放射性物質のモニタリング調査を実施し、まとめた蓄積・分析データです。

- 空間線量率**
 - 対象とする空間の単位時間当たりの放射線量である空間線量率(nGy/h及びμSv/h)測定結果です。空間線量率は放射性物質の漏出などの異常が発生していないか監視するために、原子力施設の周辺では常時測定されています。
 - サurveyメータ(周辺線量当量率)
 - 走行サーベイ
 - 航空機モニタリング【空間線量率】
 - モニタリングポスト・リアルタイム線量計
- 土壌の状況**
 - 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴って自然環境中に放出された放射性物質の土壌表面への沈着量、土壌試料、環境試料の放射性物質濃度、また放射性物質の土壌中の深度分布を示した調査結果です。
 - in-situ測定
 - 航空機モニタリング【セシウム沈着量】
 - 土壌試料・環境試料分析
 - 土壌深度分布調査
- 陸水関連の状況**
 - 河川・湖沼水、浮遊砂、河底土、水生生物、井戸水・水道水等用水の放射性物質濃度の調査結果です。
 - 河川、湖沼
 - 陸水の水生生物
- 大気の状態**
 - 大気中に浮遊している塵や埃(大気浮遊じん)に含まれる放射性物質濃度の調査結果です。
 - ダスト
 - モニタリングポスト(ダストモニター)
 - 降水
- 食物の状況**
 - 私たちの食の安全と安心を確保するために検査されている農産物、畜産物、水産物、加工食品、飲料水などに含まれる放射性物質濃度の調査結果です。
 - 飲料水
 - 食品・食料品
 - 水産物
 - 農産物
 - 野生鳥獣肉
- 海域の状況**
 - 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴って自然環境中に放出された放射性物質の海域への影響を把握するための海水、海底土、海上、水生生物の調査結果です。
 - 海水
 - 海底土
 - 海上の塵
 - 海上の空間線量率
 - 海域の水生生物

放射物質モニタリングデータの情報公開サイト：
環境中の放射性物質のモニタリングデータを集約して公開

<https://emdb.jaea.go.jp/emdb/>

福島県の品目別の検査結果

— H23.3~H30.3



MAP I-131 Cs-134 Cs-137

実施機関

福島県

実施期間

H23.3~H30.3

概要

本データは福島県のサイトにおいて公開されている、福島県の品目別の検査結果をもとに作成した。調査は平成23年3月から行われている。

データ収集状況

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												

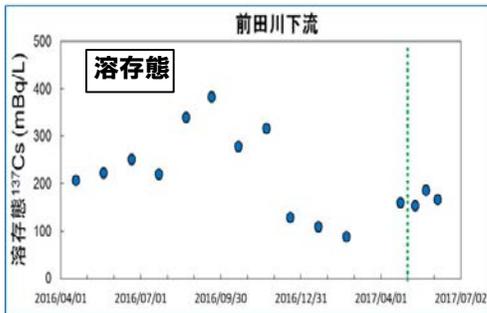
アウトカム

- 住民の知りたい情報をわかりやすい形で提供することで、**住民の不安解消、安全・安心に貢献**
- モニタリングデータを標準形式で公開するとともに、直感的にわかりやすい形式で提供

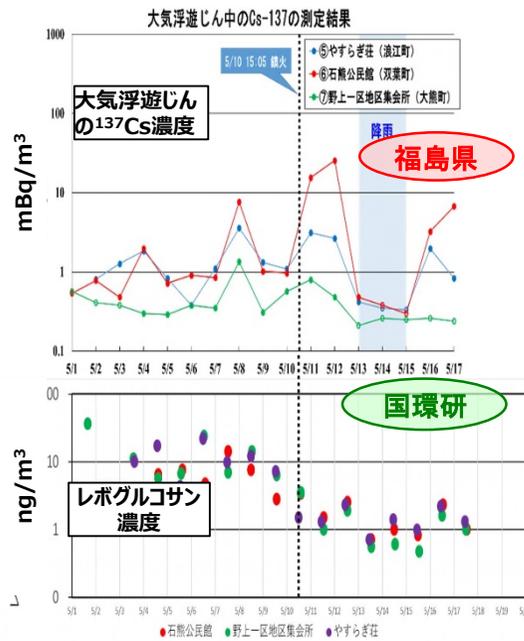
環境創造センター 3 機関の研究能力の統合：放射性核種詳細分布に関する知見を 3 機関の研究能力の統合による住民の安全・安心につながる成果の創出

帰還困難区域内（浪江町十萬山）での林野火災（2017年4月下旬～5月上旬）後の環境影響評価

原子力機構

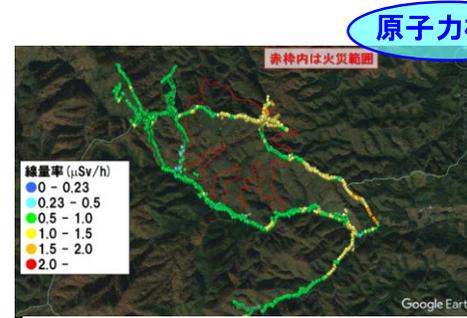


延焼地から流出する河川下流域での火災前後の懸濁態・溶存態Cs濃度

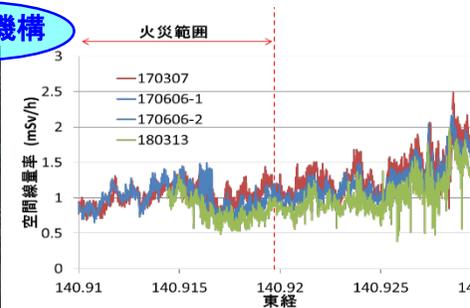


鎮火前後の大気浮遊じん中の¹³⁷Cs濃度および林野火災起源化学物質濃度

- 原子力機構は、調査の全体計画策定、無人ヘリでの上空からのサーベイや歩行サーベイによる火災現場周辺の空間線量率調査、森林斜面や河川での放射性セシウム流出量調査、大気浮遊じんの分析、影響評価の取りまとめにおいて **主導的な役割を担当**
- これまでの環境動態研究や遠隔モニタリング技術開発で培った空中及び地上からの放射能モニタリング技術や環境中における放射性セシウムの移行挙動調査の手法等の **成果を最大限に活用**
- **環境への影響が極めて小さいことを明らかにし**、県の環境モニタリング部会などへ報告



火災後（青）の空間線量率分布



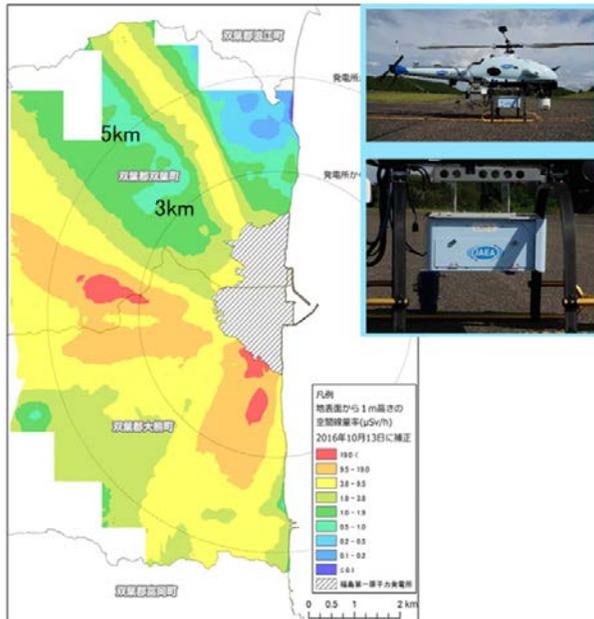
火災前（赤）・後（青・緑）の空間線量率分布の比較

アウトカム

- 十萬山林野火災に即応し、三機関（福島県、国立環境研究所、原子力機構）協働での環境影響評価を主導。環境への影響が極めて小さいことを明らかにし、**県民に安心を伝え自治体と地域住民の懸念払しょくに貢献**

研究開発成果の現場への実装：環境モニタリング技術の開発・高度化に取り組み、開発した技術の民間への技術移転など、現場への反映を図る

無人ヘリコプターによるモニタリング技術



原子力規制庁からの委託事業の中で評価手法の高度化の成果を反映させ、現場に適用

ファイバー型の検出器によるモニタリング技術

測定 Box
 光電子増倍管
 ファイバー

農業用ため池底の分布測定方法として農林水産省のマニュアルに採用され、民間（福島県土地改良事業団連合会（福島市））への技術指導による技術開発の成果の反映

ため池の放射性物質対策技術マニュアル
 農林水産省

浚渫前
 浚渫後

1Fサイト内の排水路における放射性物質モニタリングへの応用

アウトカム

無人観測船によるモニタリング技術

(a) 無人観測船
 (b) 観測用センサー
 (c) 海底地形図の

水面からの深さ(m)

2019年5月プレスリリース

2016年度から「福島県地域復興実用化開発等促進事業費補助金事業」の課題としてJEMSTECや地元企業等と連携して研究開発を実施。

- 開発した環境モニタリング・評価手法を現場でのモニタリングに活用するなど、**研究成果を技術移転を含めて実用化**
- 地元企業等との連携により、**地域の復興・産業振興に大きく貢献**

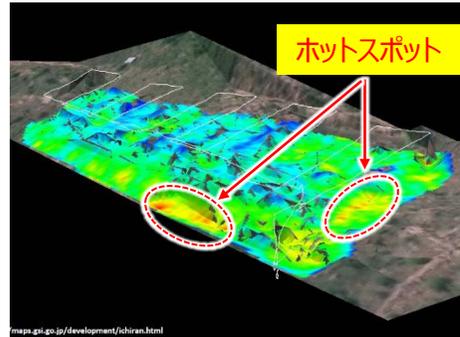
無人飛行体をプラットフォームとする放射線分布の3D可視化技術の開発

開発概要: (2016~2018)

環境中に飛散した放射性物質の分布の迅速かつ簡便な測定を目的とした、放射線の見える化を図る小型・軽量の可視化装置を開発し、無人飛行体へ搭載して、里山や住宅地の複雑な地形でも放射線分布を3D可視化できる技術を確立。



コンプトンカメラ



ホットスポット

コンプトンカメラを搭載したドローン

放射線分布のカラーコンター図



浜通り企業を生産拠点として先端技術の発信を行うとともに、国内の原子力発電所・自治体等に防災ツールとして配備しつつ、国際的な標準測定ツールを目指す。

連携企業: (株)千代田テクノル、(株)栄製作所(南相馬市)

※本研究成果は、2019.5.9付でプレスリリースしました

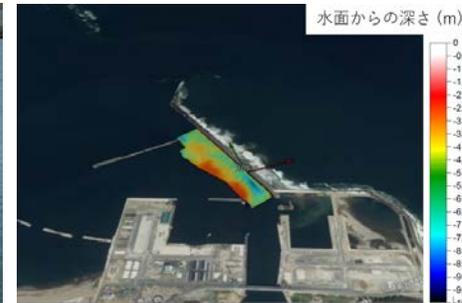
無人観測船を用いたモニタリング手法の開発

開発概要: (2016~2018)

島国である我が国において、人手を介さず様々な海洋調査のプラットフォームとなる無人観測船を開発するとともに精度の高く広範囲を測定できる水底の放射線分布測定システムを開発。



開発した無人船とセンサー



無人船で測量・作成した海底地形図



多様な海洋調査の実施が可能な無人観測船を開発し、浜通りの企業体からの販売を目指す。

連携企業: ウィンディーネットワーク、JEMSTEC
 ※浜通り地区5社の技術を最大限活用

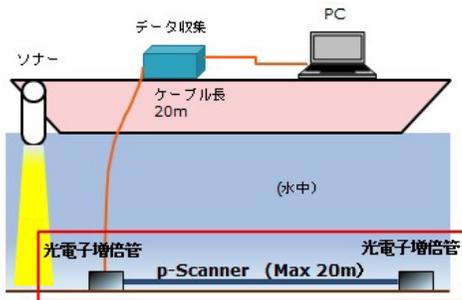
K.S.E(いわき市)、Takeru Software(南相馬市)、
 協栄精機(南相馬市)、磐梯マリーン(相馬市)、
 日本オートマチックマシン(南相馬市)

※本研究成果は、2019.5.24付でプレスリリースしました

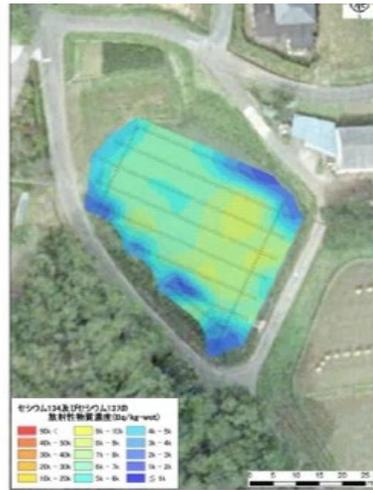
ため池底の放射線分布測定

開発概要: (2014~技術支援を継続中)

ため池の放射性物質の分布状況を把握するため、水底の放射性物質の量や分布状況を、効率よく、かつ詳細に調べることを目標に、水底の放射性物質濃度を直接測定する技術を開発。



線測定用機器 (p-Scanner)



水底の放射性物質濃度のマップ

水土里ネット福島※へ技術移転完了

※福島県土地改良事業団連合会 (福島市)

模擬プラント※用ロボットシミュレータ開発事業

開発概要: (2017)

原子力機構で実施しているロボットシミュレータ開発の知見・技術を活用して以下の機能を開発し、操作訓練の効率化・習熟度向上への貢献のためのシミュレーション技術を確立。

- ・マルチコプタシミュレーション機能
- ・通信障害シミュレーション機能

*福島県に採択された(株)FSK(いわき市)からの再委託

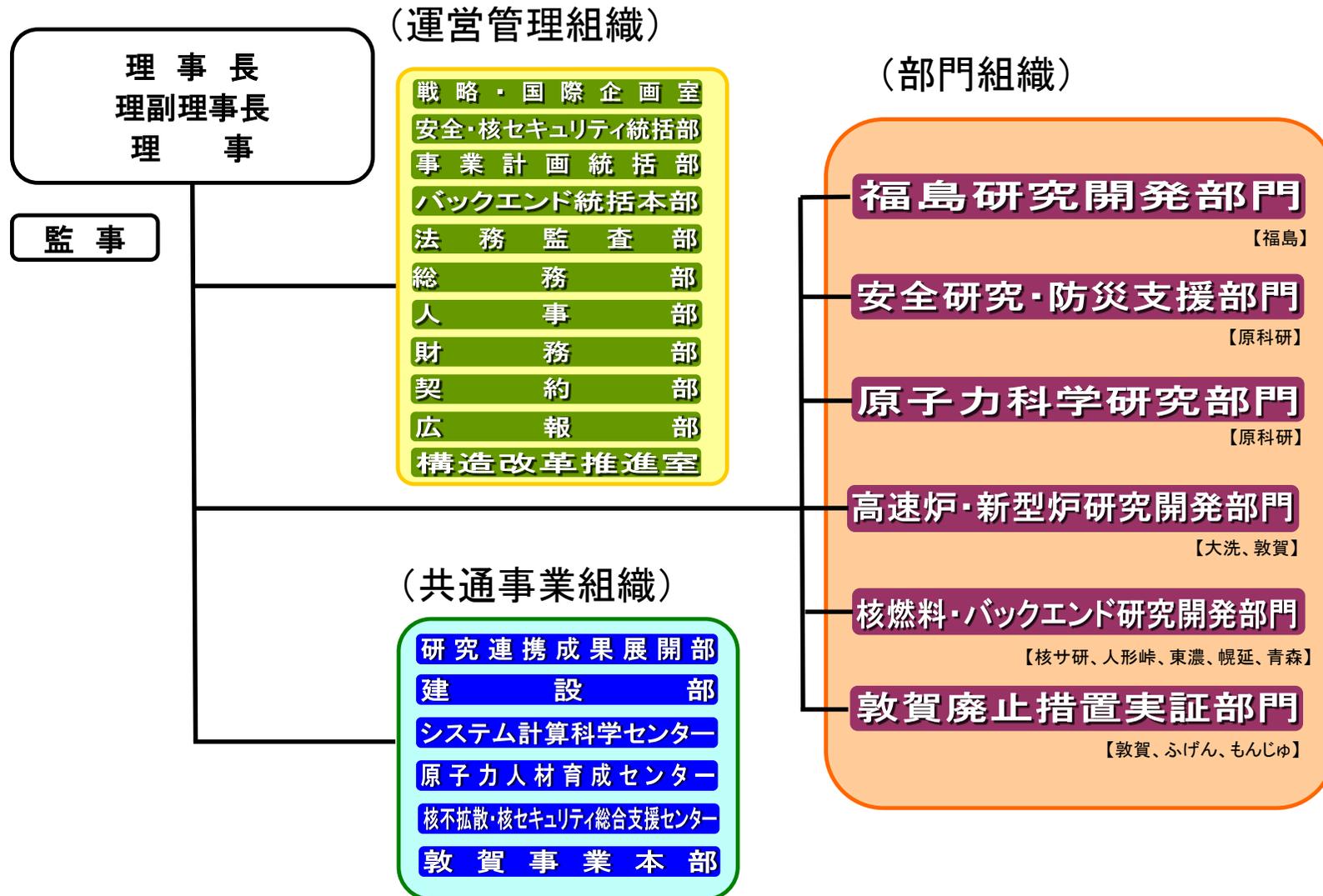


本事業において原子力機構が開発した機能のイメージ

※福島ロボットテストフィールドに整備される試験用プラント

- これまで原子力機構では、福島のリ興・再生に向けて、「基礎・基盤から応用」までの幅広い研究開発や、研究施設の整備などを進めて参りました。
- 廃炉に向けた今後の取組みにおいては、
 - ☞ 中長期ロードマップを踏まえた研究開発を進めるとともに、人材育成や国内外の英知を結集するための中核機関としての役割を担って参ります。
 - ☞ 特に、シーズオリエンテッドに偏らず、現場のニーズに沿った研究開発に取り組めます。
- 環境回復に係る今後の取組みにおいては、
 - ☞ 特定復興再生拠点をはじめとする帰還困難区域の避難指示解除に貢献する研究成果の創出、情報発信に努めます。
 - ☞ 地域の懸念や不安を払しょくする情報発信に努め、地域の復興・産業再興に貢献できるよう努めます。
- 技術的な観点だけでなく、地域の活性化の視点でも浜通り地区など福島の復興に貢献できるよう努めます。

(参考資料)



福島地区

東京電力福島第一原子力発電所(1F)事故
関連の対応業務を実施



廃炉国際共同研究センター



大熊分析・研究センター



楢葉遠隔技術開発センター



福島環境安全センター

敦賀地区

- もんじゅは政府方針に従い廃止措置に移行
- ふげんにおける廃止措置研究を実施



もんじゅ



ふげん

人形峠地区

ウラン濃縮関連施設の
廃止措置研究等を実施



播磨地区

放射光利用研究を実施



©RIKEN

東濃地区

高レベル放射性廃棄物処分技術に関する
研究開発(結晶質岩系対象)を実施



幌延地区

高レベル放射性廃棄物処分技術に関する
研究開発(堆積岩系対象)を実施



青森地区

原子炉施設の廃止措置、環境試料等の
極微量元素分析・分析技術開発を実施



東海地区

- 安全研究
- 原子力基礎・基盤研究
- 中性子利用研究
- 高レベル放射性廃棄物処分技術に
関する研究開発
- 高速炉燃料加工開発
- 軽水炉燃料再処理技術開発
- 原子力研修・防災研修
を実施



原子力科学研究所



核燃料サイクル工学研究所

世界最高クラスの大強度陽子加速器と、
陽子ビームで発生させた中性子、ミュオン、
K-中間子等を利用し、物質科学、生命科
学、原子核素粒子等に関する研究を実施



J-PARCセンター

大洗地区

- 常陽や照射後試験施設等による
高速炉サイクル技術開発
- HTTR等による核熱利用研究
等
を実施



東京・柏地区

計算科学研究等を実施



遠隔技術の現場適用：東電のニーズ等を踏まえ、機構が持つ遠隔技術を現場作業にマッチングさせることにより、1F廃炉作業を支援

標準試験法



金属製環境での走行性能評価用試験場



格納容器内アプローチのための試験場

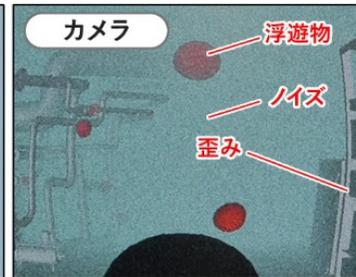
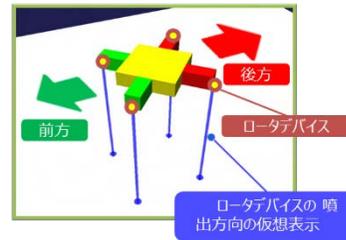


ケーブル引き回し評価用試験場

様々なモジュールにより試験場を形成

原子力発電所において運用されるロボット等の性能や操作習熟度を評価するための指標としての試験法の開発

ロボットシミュレーション



遠隔操縦ロボットの設計・開発、オペレータの操縦技能の訓練・評価支援のためのシミュレーションシステムの構築、機能拡張・改良

VRを用いた操作訓練機能の開発



遠隔操作機（FRM）をVR上で操作訓練ができるシミュレータシステムを開発

ベント管止水技術の実機適用時の訓練システムとして、遠隔操作に係る作業の計画立案・検討及び訓練等に活用

実施者：IRID(JAEA)

アウトカム

- ロボットの性能、操作習熟度をハード、ソフト両面で評価することにより効率的な開発や操作訓練に貢献
- 建屋内における廃炉作業をVRで模擬し、作業工程の事前確認や訓練を行うことにより、本番の現場作業の円滑化、作業員の被ばく低減に貢献

大熊分析・研究センター（施設管理棟）

■ 建築概要

延床面積：4,786m²、地上4階建

主要構造：鉄筋コンクリート造、杭基礎

用途：居室、分析作業のモックアップ（ワークショップ）



模擬グローブボックス



マニプレータ



模擬鉄セル



ヒュームフード



専門家会合の様子

○OECD/NEAの専門家会合を施設管理棟で開催
国際機関OECD/NEA（経済協力開発機構/原子力機関）のレガシー廃棄物や事故廃棄物等の特性評価に着目したプロジェクトの第1回専門家会合が2018年11月26日に施設管理棟で開催されました。



ご視察の様子