

# 福島第一原子力発電所事故への対応状況 — 廃止措置と環境回復に向けた取組 —

平成27年1月9日

独立行政法人日本原子力研究開発機構

## JAEAの基本的考え方

- 東京電力(株)福島第一原子力発電所（以下、1Fという）事故対応に総力を挙げて取り組むことが、我が国唯一の総合的原子力研究開発機関としての最優先事項
- 廃止措置と環境回復に対して一体的かつ総合的に取り組む
- これまでに前例のない長期にわたる課題解決のための研究開発は、国の研究機関であるJAEAが中核となって取り組むべき研究活動
- 国際社会との協力を主体的に進め、国内外の関係機関との連携を図り、世界の英知を集めて研究開発に取り組む
- 研究開発によって得られた成果を含め、事故の教訓・知見を次世代に継承することが不可欠

## 廃止措置への取組－JAEAが担う役割－

- **廃止措置を加速し、研究を支える研究開発拠点の整備：**  
遠隔操作機器や放射性物質の分析・研究等の技術基盤確立に向けた研究開発拠点を整備する。
- **中長期ロードマップの実現に向けた研究開発：**  
IRIDのもと、研究開発資源を提供し、中核をなす研究開発を実施するとともに、運営費交付金により、これらを支え、中長期的に貢献する基礎基盤的な研究開発を実施する。
- **喫緊の課題への機動的対応：**  
汚染水問題等、1Fにおける喫緊の課題に対し、JAEA内に設置したタスクフォースにおいて組織横断的かつ機動的に対応する。
- **原子力損害賠償・廃炉等支援機構への貢献：**  
廃炉戦略の策定、研究開発の企画・推進等の意思決定に対し、総合的な原子力研究開発機関として、専門的知見・技術情報をタイムリーに提供することにより貢献する。

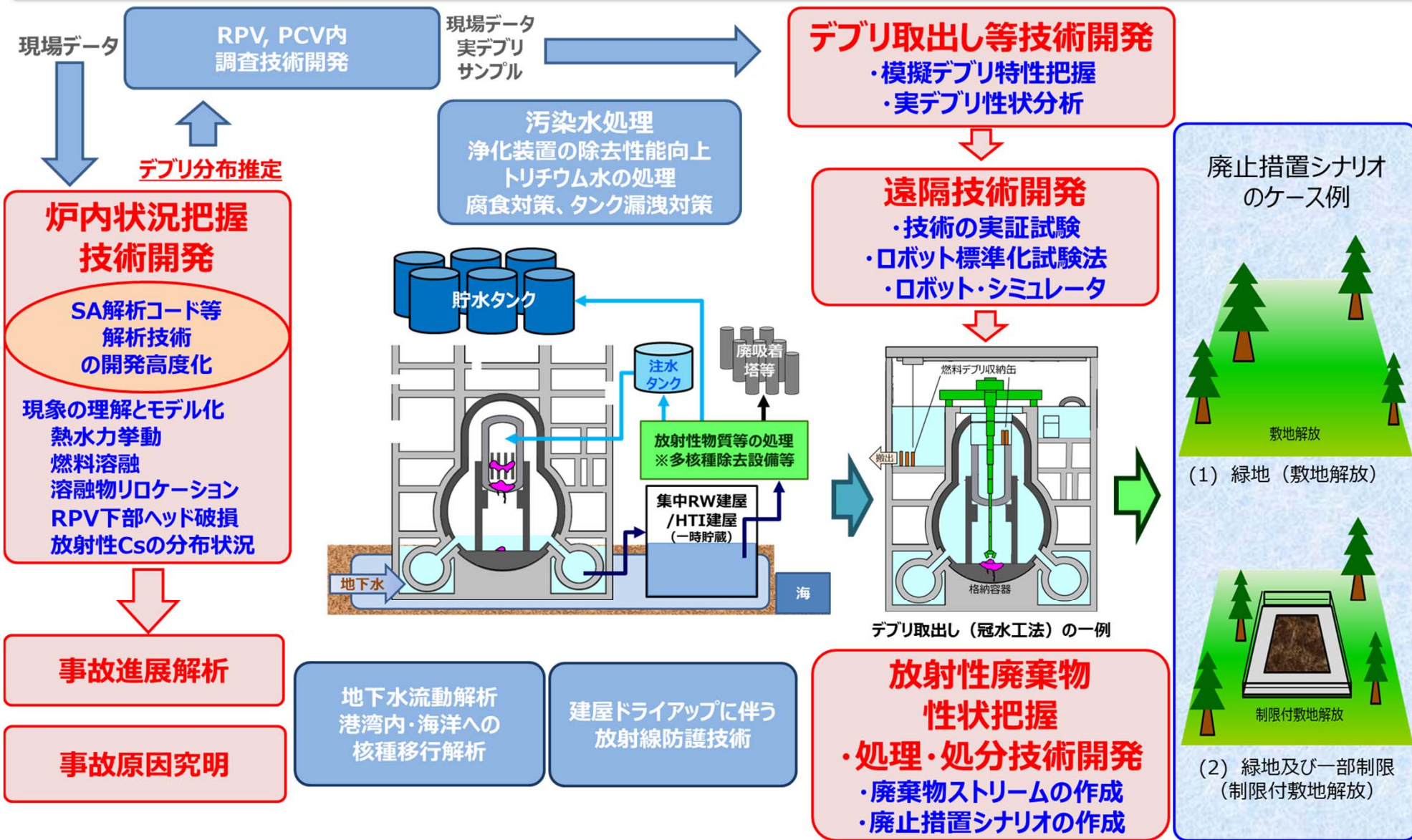
## 環境回復への取組－JAEAが担う役割－

- 福島での二一ズが、事故直後の緊急時の対応から、住民帰還の判断、帰還後の長期的な住民の安全・安心の確保に移っていくなかで、JAEAの限られたリソースの配分の見直しを行いつつ、環境回復に貢献していくために以下の役割を担う。
  - 住民が安全で安心な生活を取り戻すための解決策策定やその実施判断の根拠となる科学的技術的知見を体系立てて提供
  - 環境回復に効果的な技術や評価手法を開発し提供
  - 上記の技術的根拠を示すための基礎基盤データの取得・拡充・整理
- 福島県環境創造センター運営戦略会議において、今年度策定する研究計画に係るロードマップに基づき、福島環境回復に貢献する研究開発成果を提供する。
- これらの活動を着実に実施していく人材の育成を行う。



# 廃止措置に向けての研究開発における全体像

グランドデザイン（総合戦略）の活動方針に基づき、1F廃止措置を加速するために、中長期ロードマップにおける中核をなす研究開発と、中長期的に貢献する基礎基盤的な研究開発を実施する。また汚染水問題等、喫緊の課題へ組織横断的かつ機動的に対応する。



## 政府

➤ 廃炉・汚染水対策の方向性、中長期ロードマップを審議・決定

重要課題の提示・報告

### 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 (NDF)

- 重要課題に関する戦略立案
- 研究開発企画
- 重要課題の進捗管理の支援

報告

計画の履行確認、措置命令

交付

基金

業務運営  
目標の提示  
・計画認可

マネジメントと実施  
を分担、連携

事業費

具体的作業計画 助言・指導・勧告

### 東京電力 (廃炉カンパニー)

- プール燃料、燃料デブリの取出し
- ガレキ・廃棄物等の保管管理
- 汚染水対策 (タンク増設、汚染水浄化等) 等

ニーズ  
提示  
成果  
利用

### 国際廃炉研究開発機構 (IRID)

- 廃炉等に関する研究開発の実施
- 国内外からの助言の取込み
- 人材育成・大学等との連携強化

意思決定に資する専門的  
知見、技術情報の提供  
(支援機構の要請等を  
踏まえ、1Fから得られる情  
報、データやこれまでの研  
究等により蓄積された知  
見等を分析・加工)

連携・協力

研究開発資源の提供  
研究開発の実施

連携・活用

## 日本原子力研究開発機構 (JAEA)

### ◆ タスクフォース

- 1Fにおける喫緊の課題に  
対し、組織横断的かつ機  
動的に対応

### ◆ 中核をなす研究開発

- 燃料デブリの性状把握
- 放射性廃棄物の処理処分 等

### ◆ 中長期的に貢献する 基礎基盤的な研究開発

- 実用技術開発を支える研究、データ取得
- 大幅な改善が期待されるイノベティブな研究

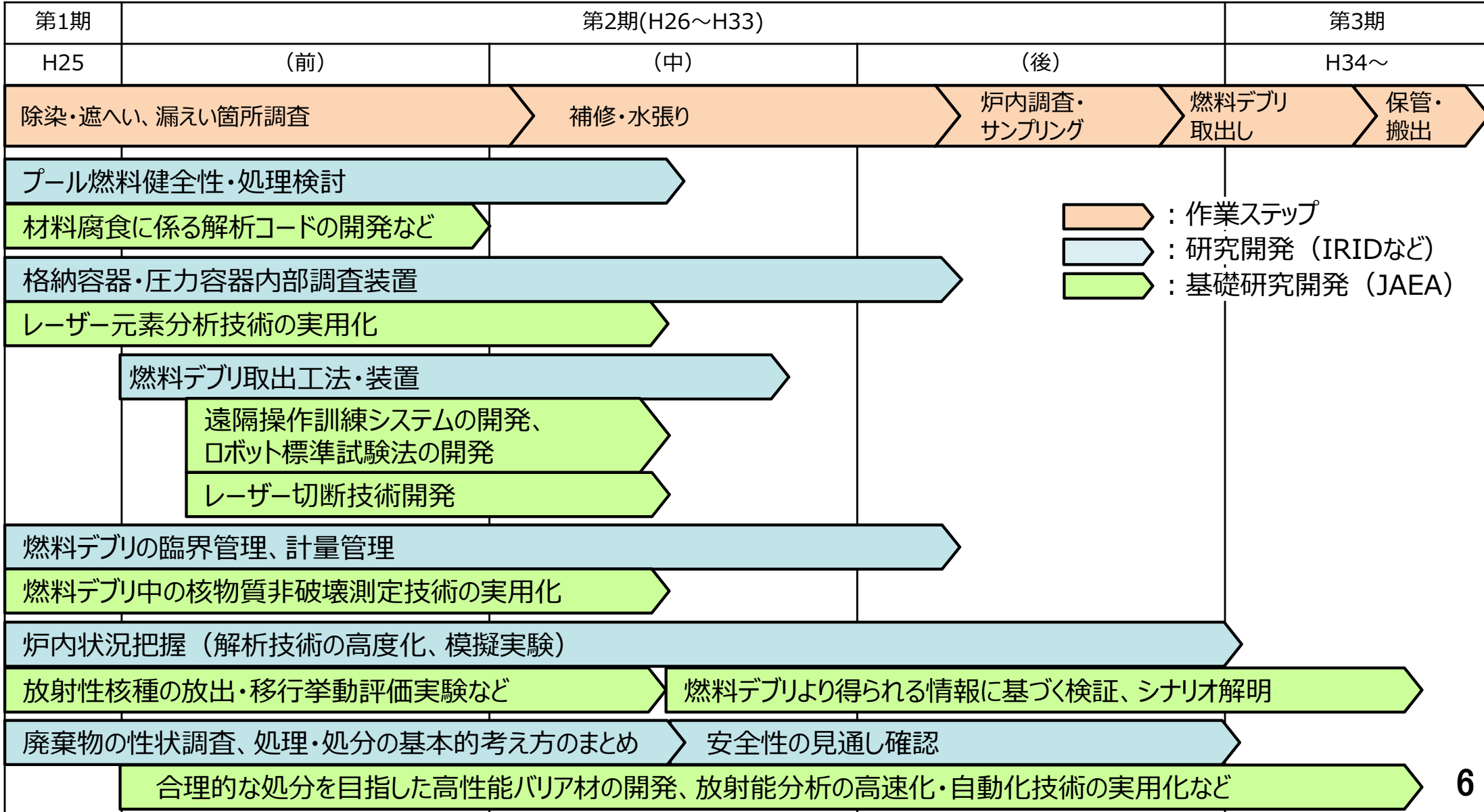
活用

### ◆ 研究開発拠点整備

- 楢葉遠隔技術開発センター
- 大熊分析・研究センター
- 廃炉国際共同研究センター

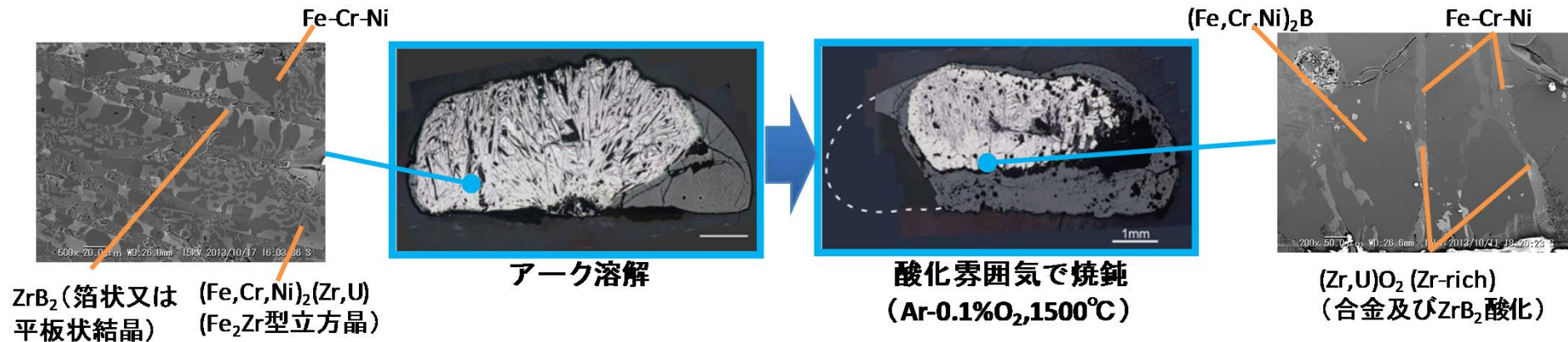
# 主な基礎基盤的な研究の計画

- 実用技術開発を支える研究や安全性の説明等の裏付けとなるデータを提供。
- 現状の見通しを大幅に改善できる可能性のあるイノベティブな研究などの基盤的な研究開発を行う。



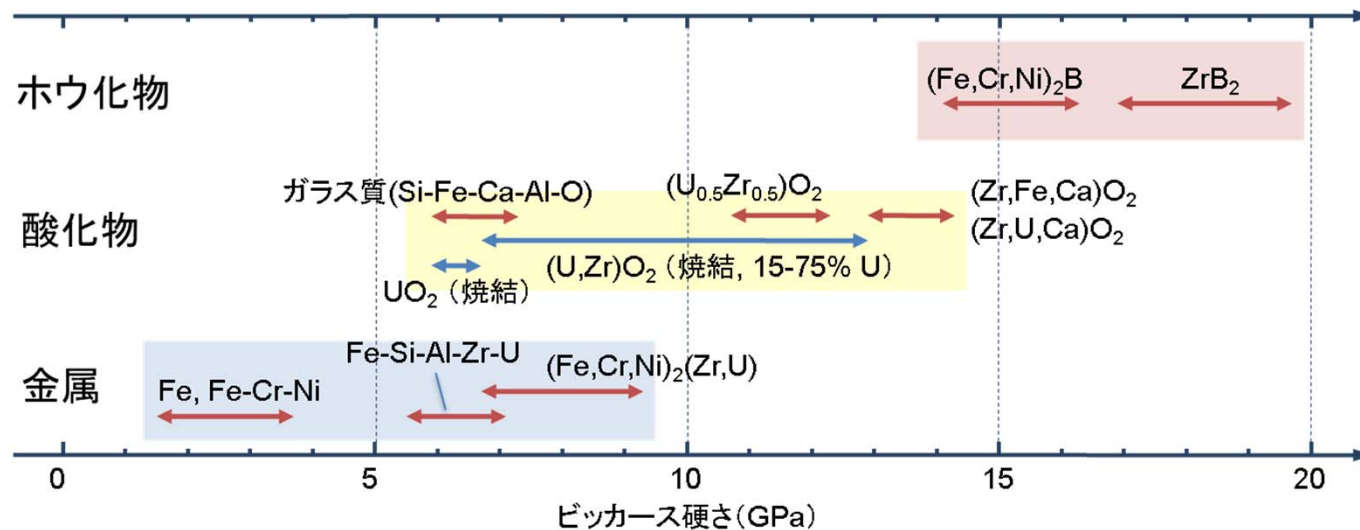


- 模擬した材料（模擬デブリ）や実際の燃料デブリを分析し、硬さなどの機械的特性や、溶解性・化学的安定性等のデータを取得し、取り出し工具等の検討に反映。



## 制御材 (B<sub>4</sub>C+SUS) との反応 (溶融固化物断面観察像の例)

(制御棒と燃料が溶融した場合にできる固化物の組織等に係る知見を取得)



(デブリの化学系(ホウ化物、酸化物、金属)毎に硬度の分布を推定)

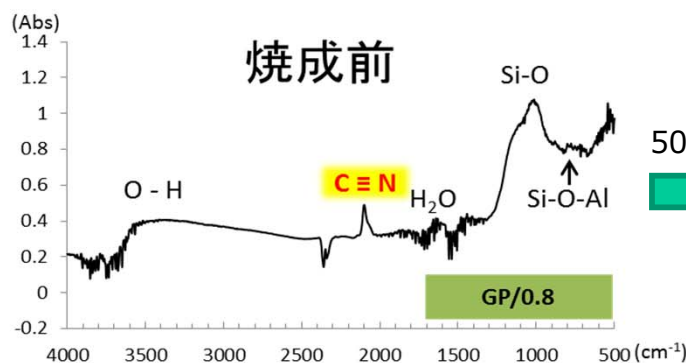


- 水処理二次廃棄物に含まれるフェロシアン化物は、無害化、安定化が必要であるが、分解に伴い遊離するセシウムを固定化できる処理方法を検討する必要がある。

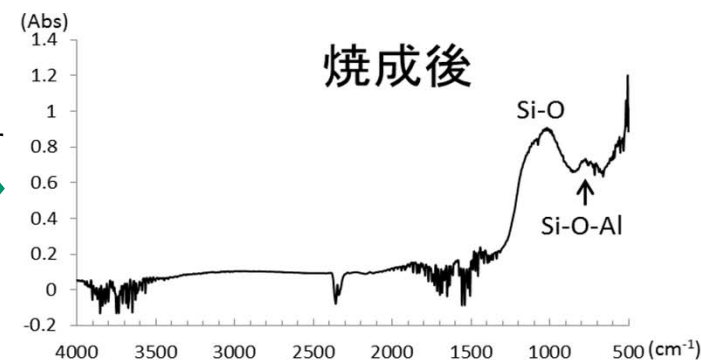


シアンが無害化、セシウムの不溶化・不揮発化、といった観点からジオポリマーを用いた処理方法に着目。

FT-IR分析結果より、焼成により、フェロシアン化物は、ほぼ完全に分解できたことを確認。



500°C, 3hr

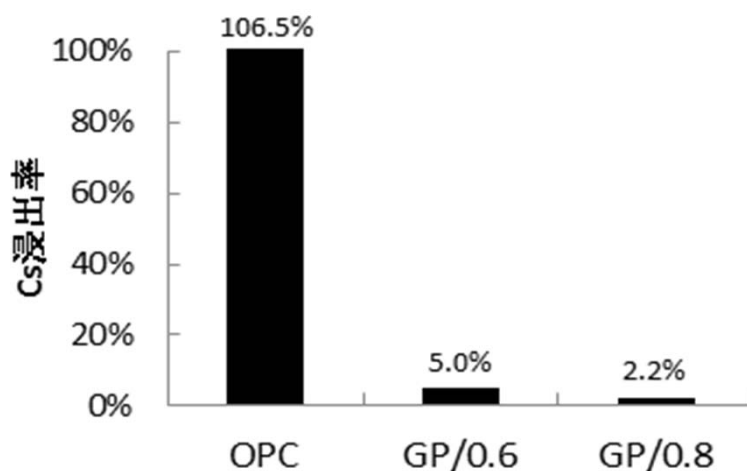


## ジオポリマー

- 主にアルミニウムとケイ素で構成されるアモルファス状の無機系材料
- フィラー（フライアッシュ（FA）等）とアルカリ活性剤（水ガラス、水酸化ナトリウム等）を混練・養生することで作製する



焼成後試料のセシウム浸出率

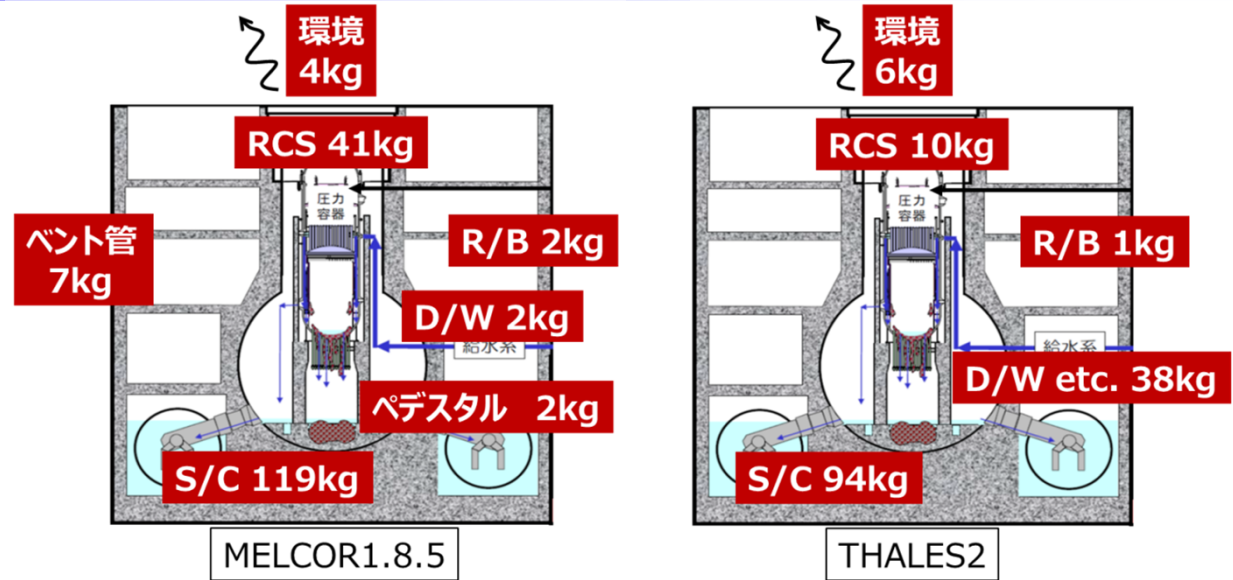


焼成後の固化物中のセシウム残存量を測定した結果、セシウム量は焼成前後でほぼ同量であり、セシウムが固化物中に留まっている。

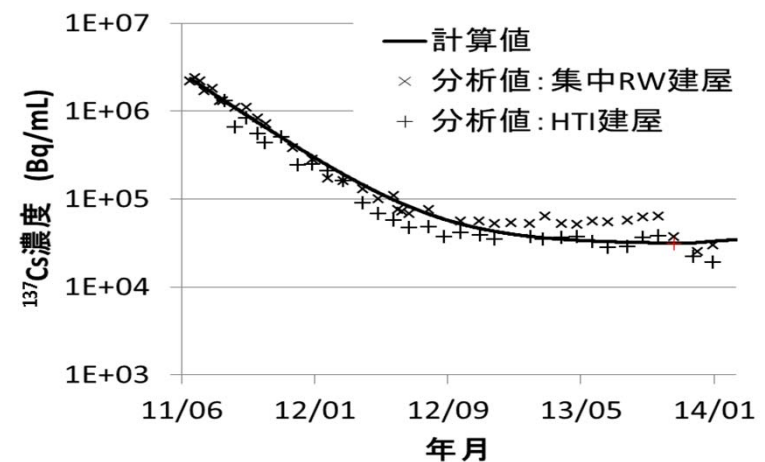
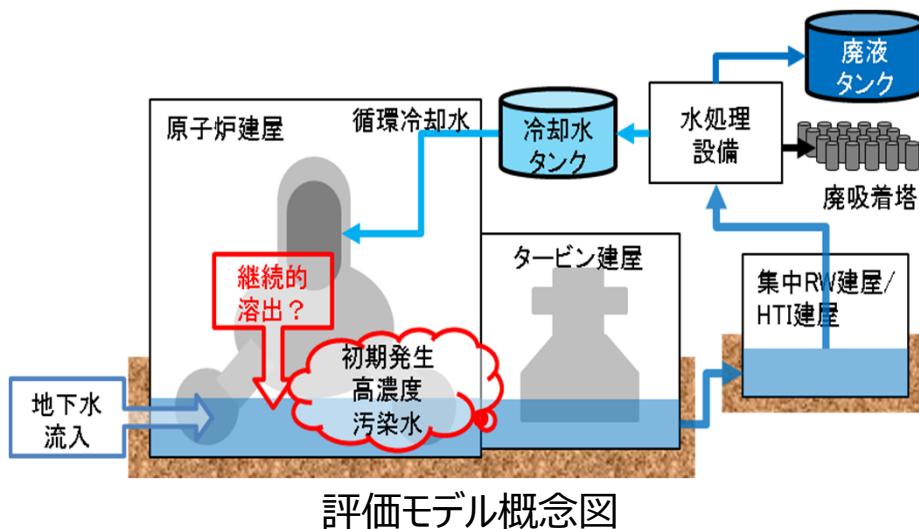
セシウムを吸着したフェロシアン化物の処理技術にジオポリマーを適用することは高い有用性を持つことが示された。

# セシウム137の分布

- シビアアクシデント解析コードによる解析結果においても、大部分はS/Cの水相中にあるが、無視できない量が化学吸着により圧力容器内等に残存し得ることを示唆。
- 左図は、150時間後のいずれも化学吸着を考慮したCsの分布を示す。

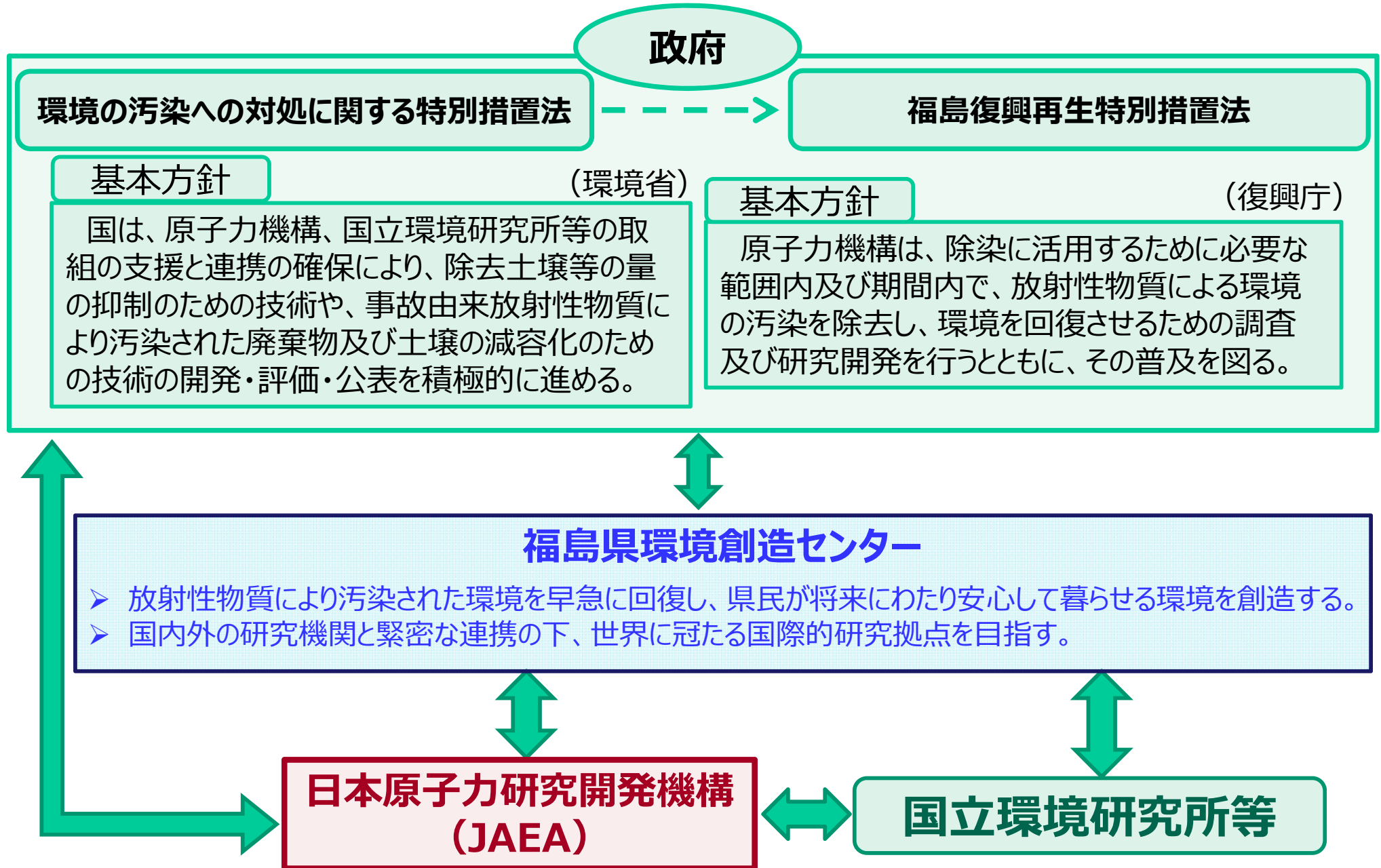


- 汚染水中の放射性核種の濃度は、当初、冷却水の注入や地下水の流入による希釈により単調な減少が期待されていたが、濃度の低下が緩やかになっており、原子炉建屋等から継続的に移行していると推定。評価モデルを構築し解析。



セシウム濃度の推移

# 環境回復に係る研究開発体制



## ニーズ

- 7割を超える森林対策（被ばく低減と林業等再生）
- 農水産業等の再生（植物、野菜工場など）
- 空間線量率予測と将来の被ばく評価
- 除去土壌・廃棄物の減容と再利用 等

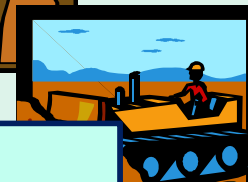
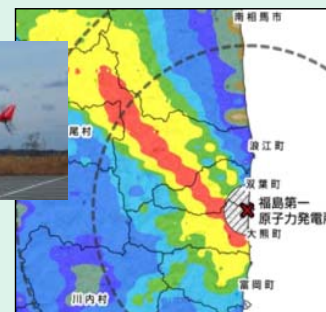
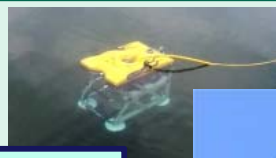
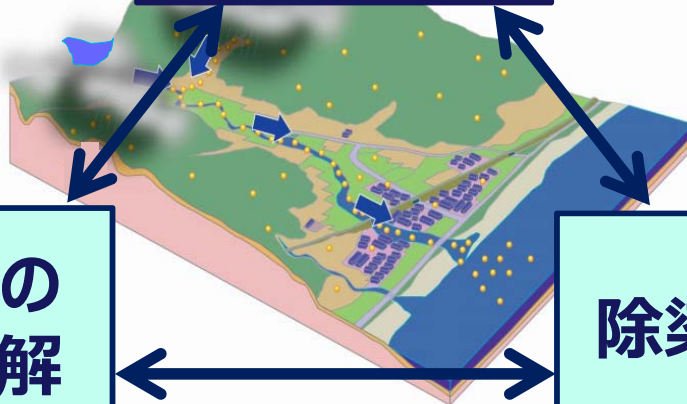
成果の反映

## 研究開発

放射線  
モニタリング・  
マッピング

放射性物質の  
移行挙動の解  
明と将来予測

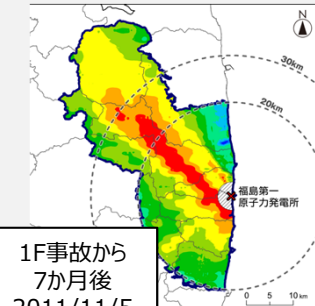
除染・除去物  
対策



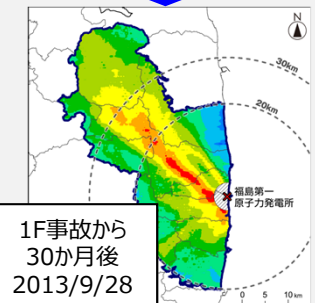


# 放射線モニタリング・マッピング

スケール	広域 >100 km	準広域 >10 km	狭域 >1 km	極小域 ~100m
機種	有人 ヘリコプター	無人 航空機	無人 ヘリコプター	マイクロ UAV
高度	~ 300m	~ 150m	~ 50m	<10m
特徴	効率的に広域の調査が可能	遠隔操作で長時間 (~6時間) の飛行が可能 (開発段階)	より詳細な線量や沈着量の分布を測定可能	市街地や森林内部等の対象を絞った調査に有効 (開発段階)

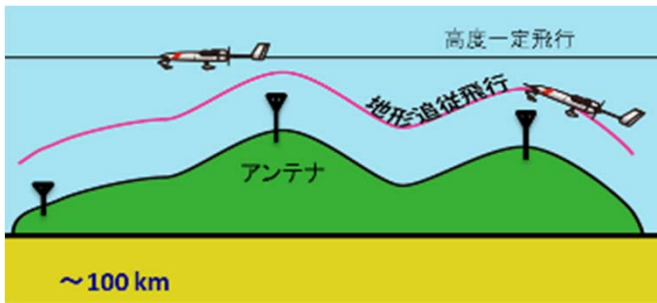


1F事故から7か月後 2011/11/5



1F事故から30か月後 2013/9/28

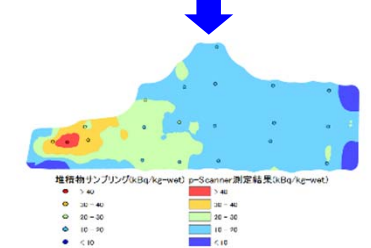
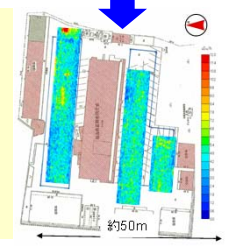
- 無人ヘリでは測定が難しい山間部についても詳細な線量率分布等の測定ができ、広域の線量率マップが迅速に得られる。



## これまでのプラスチックシンチレーションファイバ (PSF) の利用方法



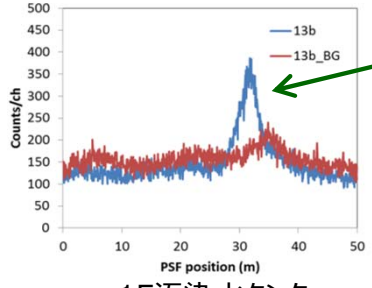
- プラスチックシンチレーションファイバを用いた面的な放射能分布測定技術を開発し、ため池底の堆積土の測定にも活用



## オフサイトでの開発成果をオンサイトに適用



1F汚染水タンクの漏洩検知試験



1F汚染水タンクの漏洩検知試験測定結果

\* 汚染水への接触部分の計数率が上昇

- プラスチックシンチレーションファイバを、1Fサイトにおける汚染水タンクの漏洩を検知するためのモニタや、構内排水路を流れる排水の放射能濃度測定への適用試験を行っている。



1F排水路集水枡での試験



1F排水路集水枡に設置したPSF

## 第2回 国際セシウムワークショップ

(平成26年10月に開催)

- 参加者 イギリス6名、スイス3名、米国1名、イタリア1名、ロシア1名、ウクライナ1名および国内参加者含めて約65名
- 1F事故から約3年半が経過し、現在も約13万人の方々が福島県内外に避難している状況において、放射性物質に汚染された環境の積極的な除染と自然現象により環境回復が進んでいることを科学的根拠に基づいて議論するとともに、森林対策、除去土壌等の適切な取り扱いやリスクコミュニケーション等、早期帰還や安心して生活できる環境の確保に向けて解決すべき課題について国内外の専門家との議論を行った。また1Fのトリチウム水の扱いについても議論した。参加者の認識の共有を図るとともに課題解決のための有効なアドバイスが得られた。

### 森林内での流出・流入挙動予測

- 森林内での作業従事時の外部被ばく線量変化評価
- 森林内での放射性物質循環挙動評価に活用

### 環境水への流入挙動予測

- 作物・水産物中放射性物質濃度の評価に活用

### 生活圏・周辺への流入挙動予測

- 生活圏における外部被ばく線量変化評価

### 土砂移動プロセス

### 土砂移動

### 河川水流による移動と堆積

### 海流による移動と堆積

### 調査結果をパラメータとした解析

30年後

セシウム分布の経年変化解析

スクレーパプレートによる土壌採取

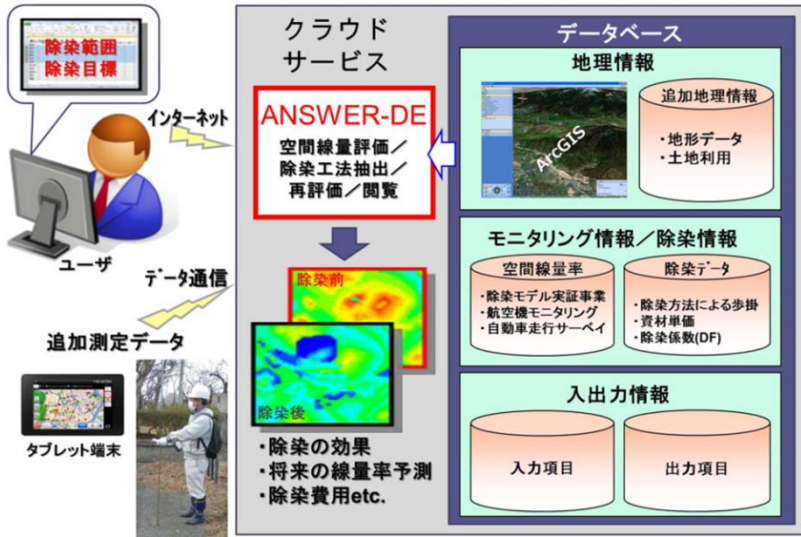
ダム・溜め池堆積物試料採取



第2回 国際セシウムワークショップの様子



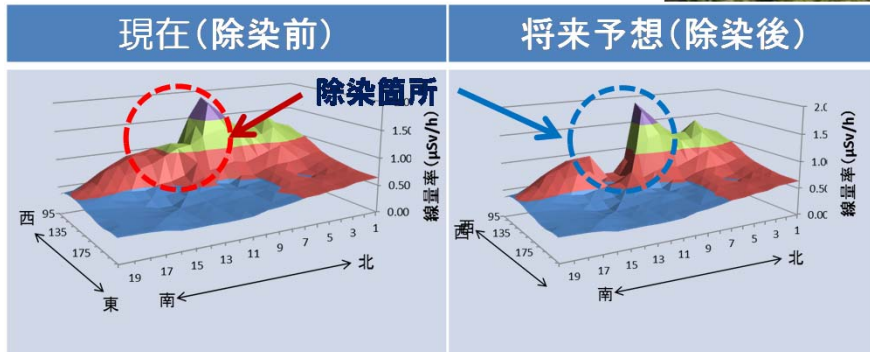
## 除染効果評価システム (RESET)



● 除染除去物発生量の低減に資する効果的な除染方法の立案

## RESETを活用した除染効果の予測 自治体等への除染技術支援

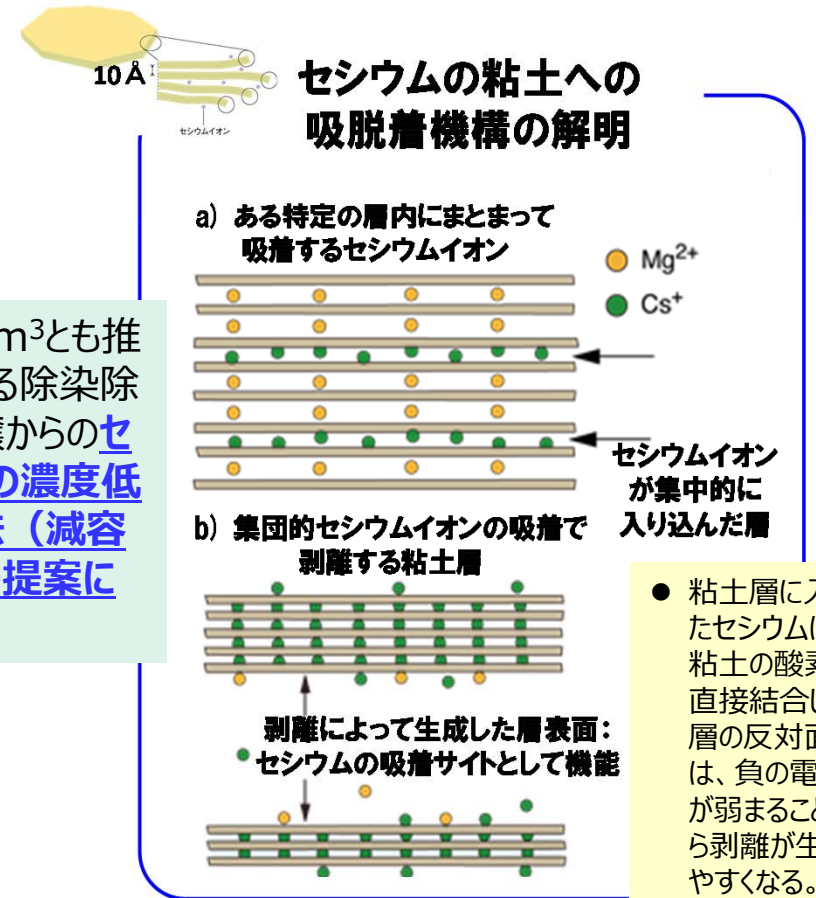
評価解析事例 (山間部公園)



## RESETの利用状況

- ① 除染特別地域 (9自治体)
- ② 汚染状況重点調査地域 (2自治体)
- ③ 環境省 福島再生事務所等 (2カ所)

## 減容技術の例



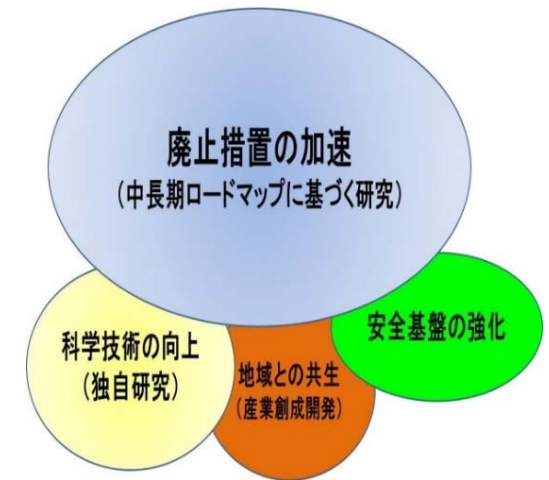
2千万m<sup>3</sup>とも推計される除染除去土壌からのセシウムの濃度低減方法 (減容化) の提案に活用

● 粘土層に入ったセシウムは、粘土の酸素と直接結合し、層の反対面では、負の電荷が弱まることから剥離が生じやすくなる。14

- 1F廃止措置推進に必要な不可欠な遠隔操作機器や放射性物質の分析・研究等に関する技術基盤を確立するため、福島県内に研究拠点施設を整備。

- 遠隔操作機器・装置実証施設（楡葉遠隔技術開発センター）  
平成26年9月に建設工事着手。
- 放射性物質の分析・研究施設（大熊分析・研究センター）  
平成26年度から設計開始。

## 新規整備施設の役割



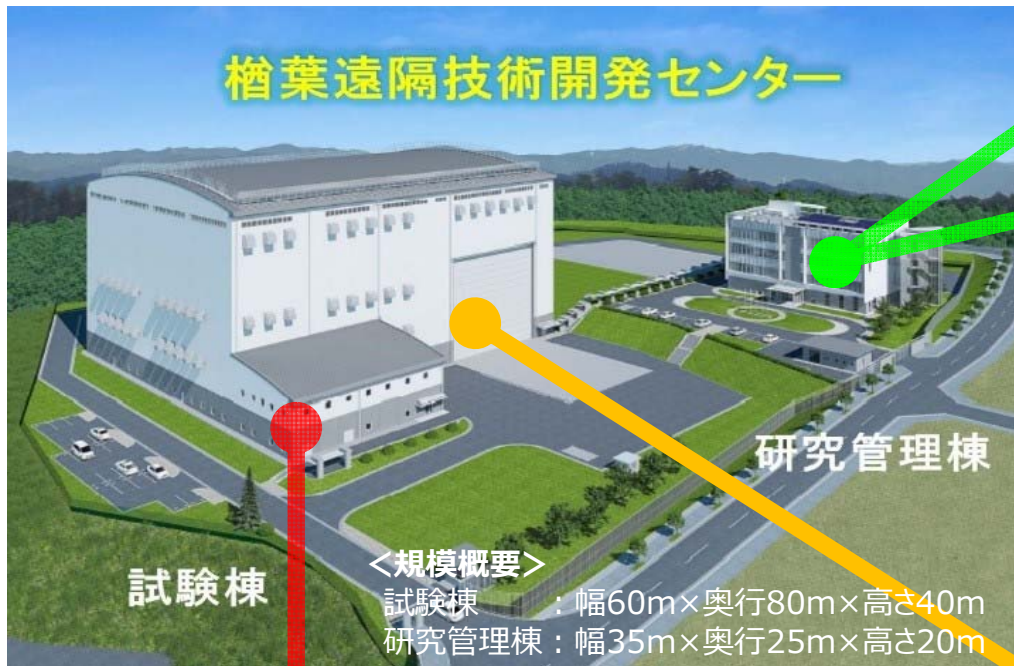
項目	(年度)										
	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)	2022 (H34)	2023 (H35)
遠隔操作機器・装置実証施設	設計	建設	本格運用*								
			○廃止措置に必要な研究開発に係る実証試験 ○遠隔操作機器等の屋内機能実証試験 ○作業者の訓練					* H27年夏 一部運用開始予定			
放射性物質分析・研究施設	設置					運用※					
						増設		運用			
						○がれき、汚染水二次廃棄物、燃料デブリ等の放射性廃棄物の処理・処分技術開発等のための分析					

※放射性物質分析・研究施設の運用開始時期については、許可申請等も含めて精査中である。



# 楢葉遠隔技術開発センターの概要

- 試験棟には、格納容器下部の漏えい箇所補修技術等の実証試験を行うスペースのほか、階段、水槽等の標準的な試験要素を設置した災害対応ロボット実証試験エリアを備える。



## ロボット・シミュレータの開発

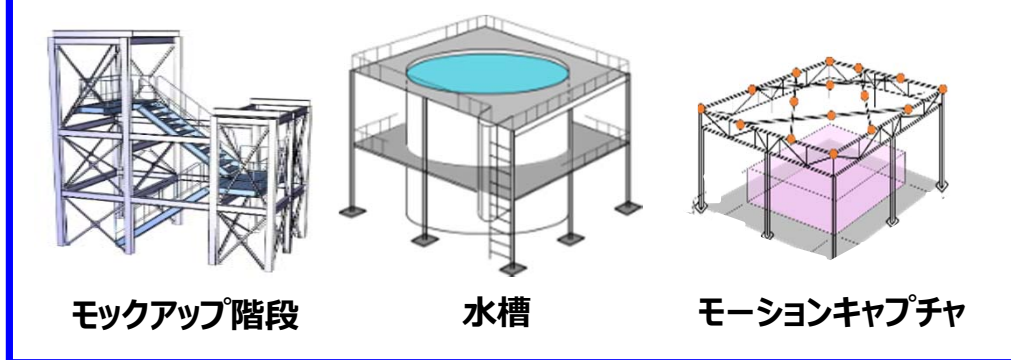
### バーチャルリアリティシステムの開発

仮想現実空間のイメージ

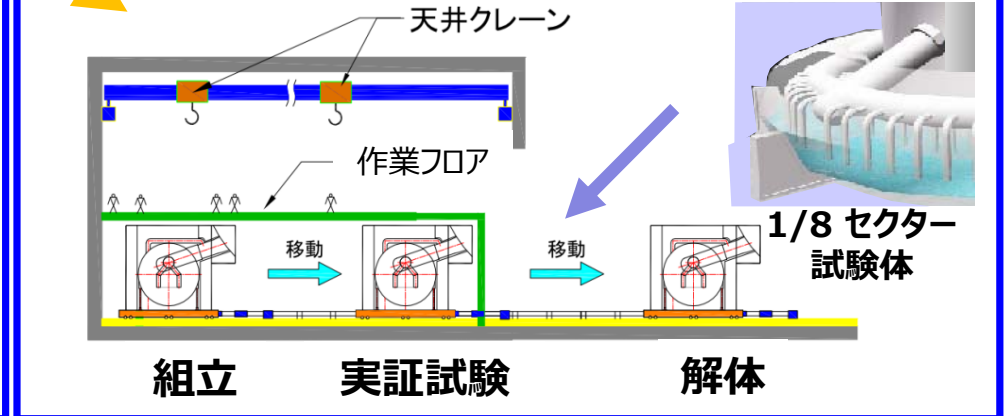
訓練者

人が立ち入れない現場を仮想現実空間で体験することにより、作業環境、作業方法・手順の理解促進を図るなどの作業員及び遠隔操作装置の操作訓練を行う。

## 遠隔操作機器実証試験エリア

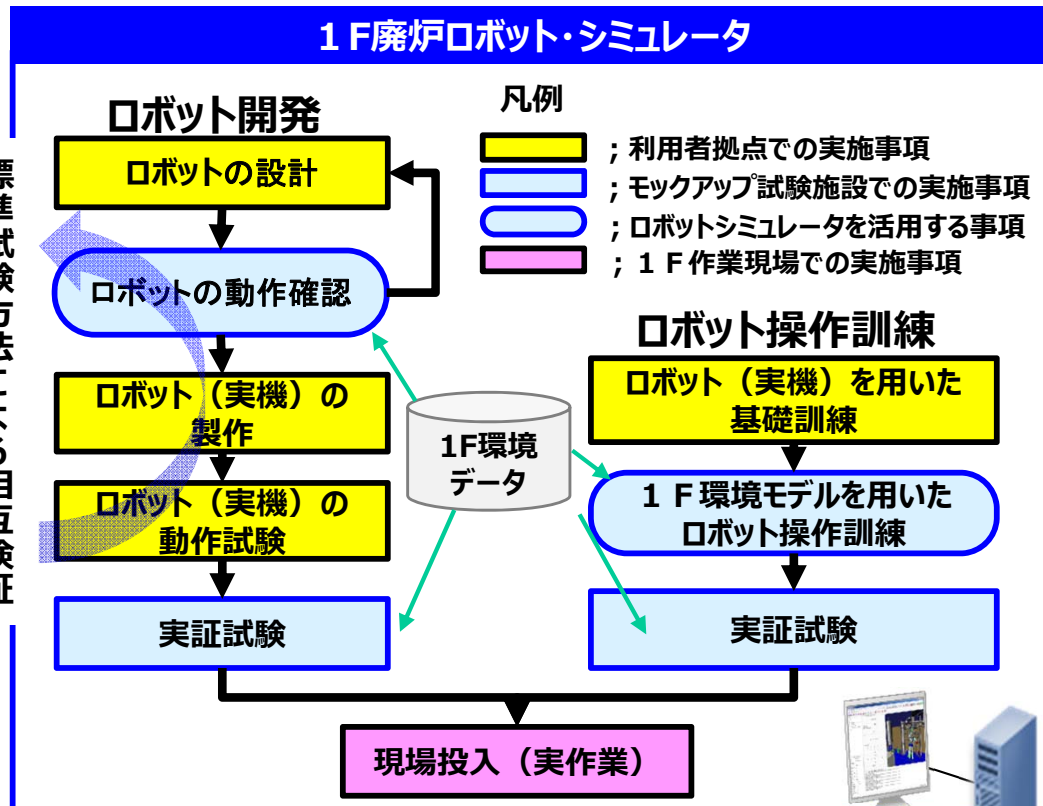
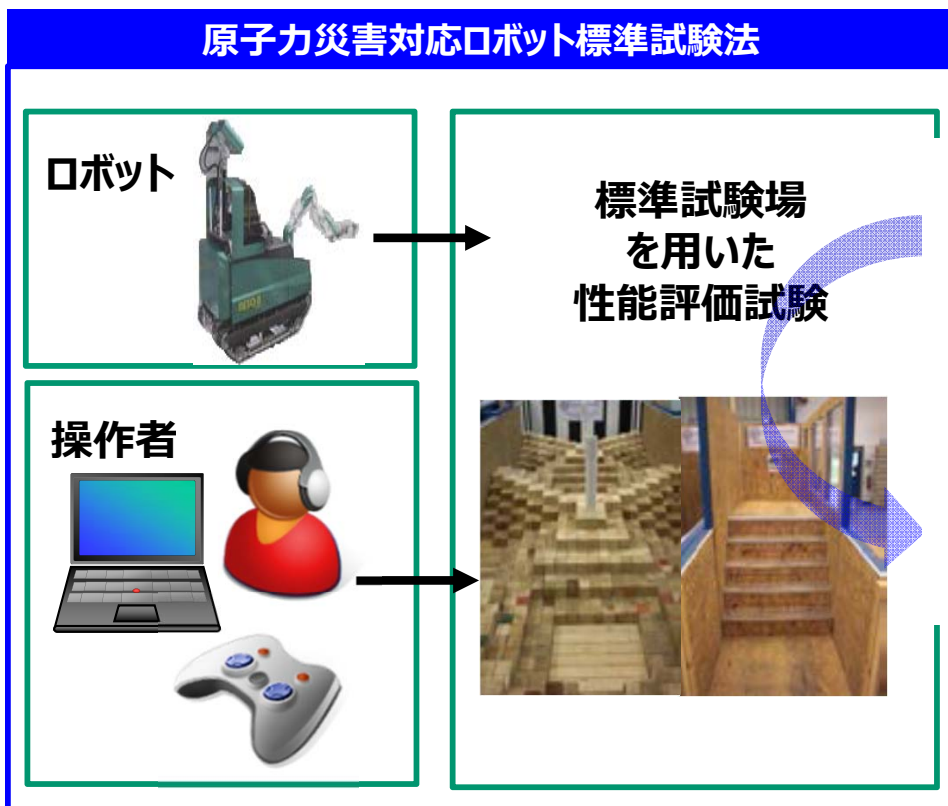


## 格納容器下部補修実証試験エリア



- 原子力災害対応ロボットの共通基盤的なタスク遂行能力を定量的に評価する試験法を開発し、ロボットの要求水準やオペレータの技能達成水準を明示。

- 廃炉において変化する作業現場等の環境データをコンピュータに取り込み、ロボットによる廃炉作業の計画立案や訓練及びロボット開発の合理化を目指したシミュレータを開発。



- 効率的なロボット開発
- 実践的な作業訓練
- オープンイノベーション

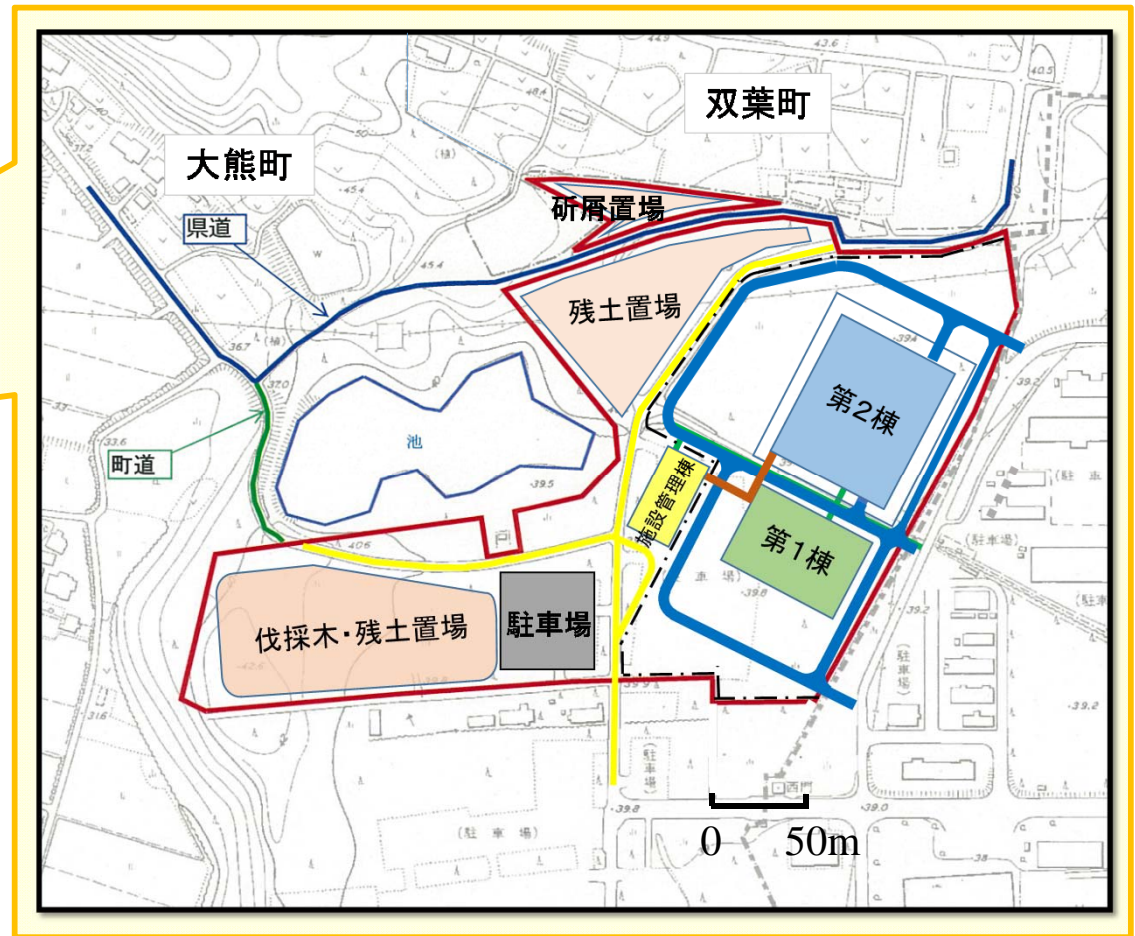
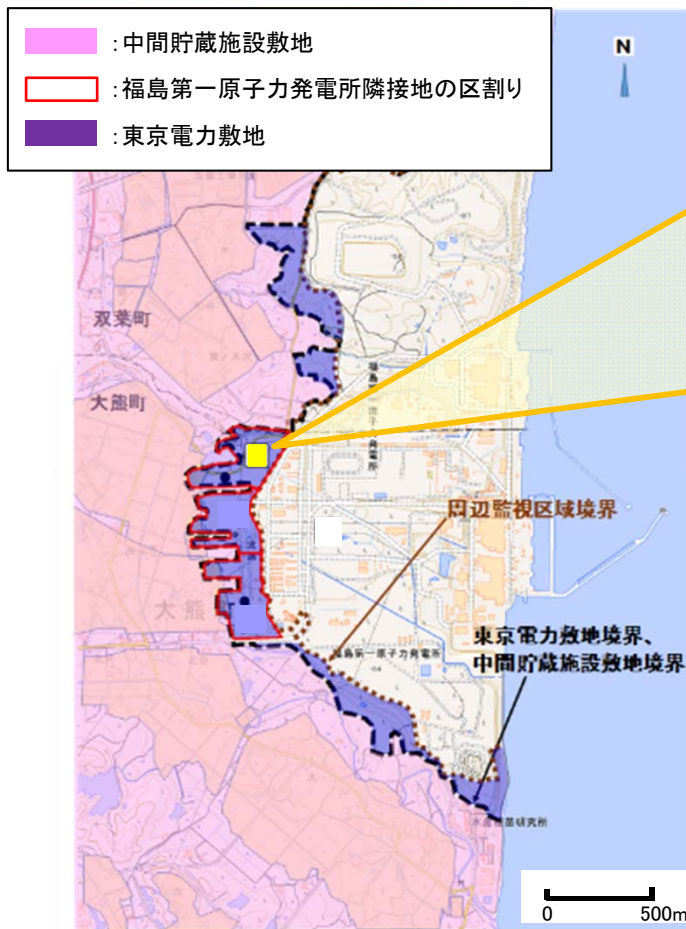
- 実践的なオペレータ育成
- 新規参入促進
- リスクコミュニケーション

- 合理的な作業計画立案
- 市場開拓



# 大熊分析・研究センター

- 第1棟は低中線量試料を受け入れ ～ ガレキ類、汚染水処理二次廃棄物等
- 第2棟は高線量試料を受け入れ ～ 燃料デブリ、汚染水処理二次廃棄物等



敷地内配置（検討中）

# 国内外の英知を結集する拠点の構築

- 1Fの廃止措置等に必要な技術に関する研究開発のうち、中長期的な課題の研究開発について、内外の研究者を結集して実施するための国際的な拠点を構築する。

## 廃炉国際共同研究センター（仮称）

国内外の研究者等100人～150人規模の参画を想定

### 東海・大洗等の施設を活用した事業 （平成27年4月～）

#### 【廃炉等に関する研究開発の加速】

- ・核燃料取扱、分析、モニタリング技術
- ・デブリ取り出し、廃止措置工法
- ・放射性廃棄物の取扱い、保管・管理など

#### 【JAEA特有の試験施設群の活用】

- ・核燃料、放射性物質の使用施設
- ・高エネルギー量子照射施設 など

### 国際共同研究棟（福島） （平成28年～）

- ・1F近郊（20km圏内）
- ・延べ床面積約3,000m<sup>2</sup>

#### 【幅広い分野の研究開発】

- ・廃炉等の研究開発、  
人材育成の拠点

### 檜葉遠隔技術開発センター （平成27年8月～）



#### 【廃止措置研究開発】

- ・遠隔操作機器開発  
（除染、観察、補修）等

### 大熊分析・研究センター （平成29年～）



#### 【廃止措置研究開発】

- ・難測定核種の分析、  
モニタリング手法開発等



# 国内外の英知の集約と情報発信

- JAEAアーカイブの収録情報を段階的に拡充・集約（Ⅰ～Ⅲ）し、国内外に発信

