



第15回原子力機構報告会

# 福島の“これまで”と“これから”

—福島の復興と東京電力HD(株)福島第一原子力発電所  
(1F) 廃止措置に向けて—

令和2年11月17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

廃炉環境国際共同研究センター (CLADS)

田川 明広

- ✓ 日本原子力研究開発機構の10年の取組み
- ✓ 福島研究開発部門の活動拠点
- ✓ 1F廃止措置に向けた研究開発
- ✓ 研究開発成果の例（放射線計測器）
  - ・コンプトンカメラの活用例
  - ・プラスチックシンチレーションファイバの活用例
- ✓ 1F廃止措置に向けた研究開発（これからの取組み例）
  - ・大熊分析研究センター(放射性物質分析・研究施設)の整備
  - ・炉内推定／燃料デブリ性状把握
- ✓ 廃炉を支える人材の育成
- ✓ 研究ニーズの抽出と提示
- ✓ 研究連携体制の強化
- ✓ 環境回復研究のこれから
- ✓ まとめ



## 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

- **福島研究開発部門**として組織再編

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

- 楢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



2020

- 廃炉及び環境回復の研究開発組織を統合し「廃炉環境国際共同研究センター」に改組

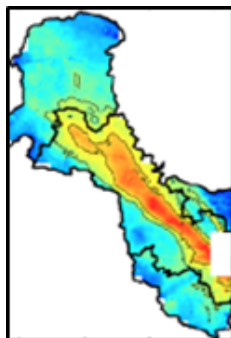


## 廃炉環境国際共同研究センター

### 福島の環境回復に関する研究開発

三春町・南相馬市

#### ●空間線量率のマッピング技術開発



## 大熊分析・研究センター

### 放射性廃棄物・燃料デブリ分析施設の整備

大熊町

#### ●第1棟の建設



(2020年10月時点)

### 福島第一原子力発電所廃止措置に関する研究開発

富岡町

#### ●事故進展シナリオ解析



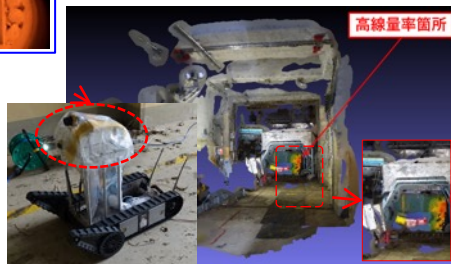
模擬集合体の融解の様子



▲試験後の模擬制御棒

制御棒ブレード破損試験装置(LEISAN)

#### ●遠隔操作技術開発



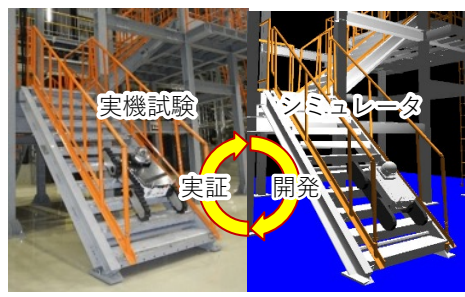
1F 建屋内測定結果

## 楡葉遠隔技術開発センター

### 遠隔技術に関する技術開発・実証試験の場を提供

楡葉町

#### ●ロボット等の開発・実証



#### ●燃料デブリ取出手法実証



燃料デブリ取出しモックアップ設備\*

# 1 F廃止措置に向けた研究開発

## 国の「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5回改訂版：2019.12.27）

冷温停止から  
30～40年後

2011年12月 2013年11月

現在 2021年12月



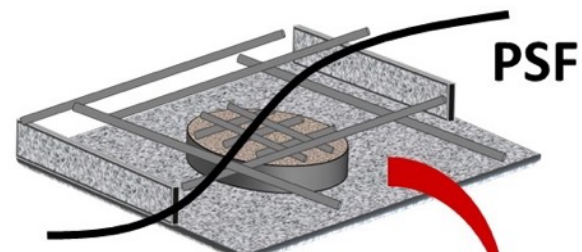
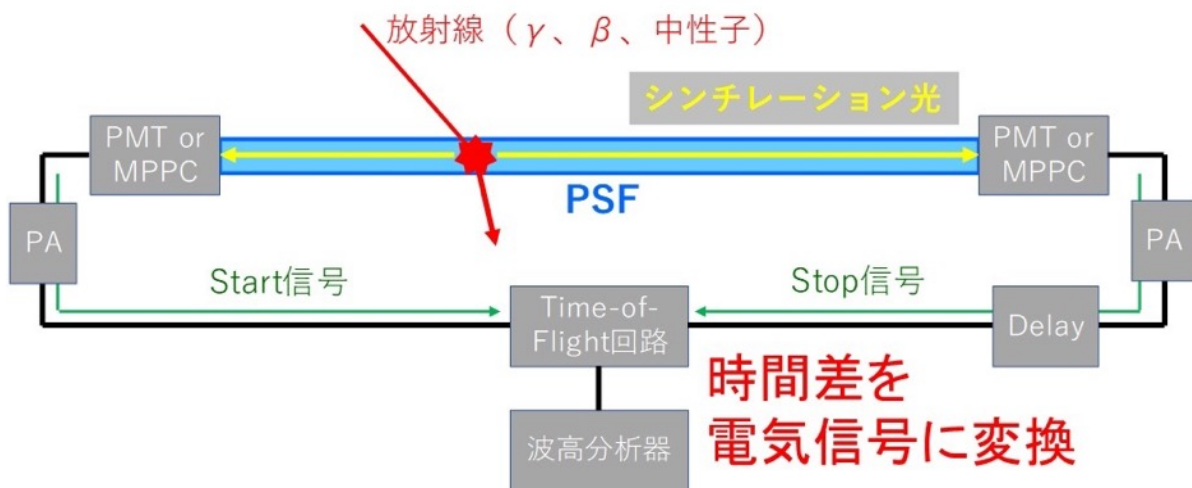
経済産業省「廃炉の大切な話（2019.3）」をもとに作成し、第5回の改訂を反映。

これまでの原子力機構の研究開発成果について、放射線計測器を例に説明

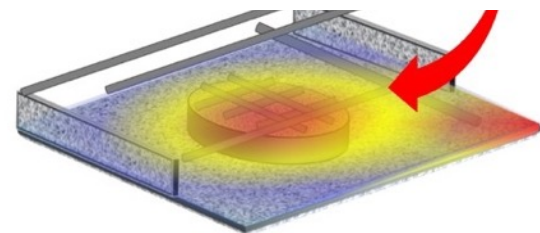
シンチレータ：放射線が当たることで蛍光を発生。その光を検出することで放射線を計測

入射される光の全てを検出（**利点を活用**）

- ・シンチレータを線状のファイバーにすることで入射位置を検出
- ・線状検出器をスキャンして面的計測



PSFを動かすことによって面的にスキャン



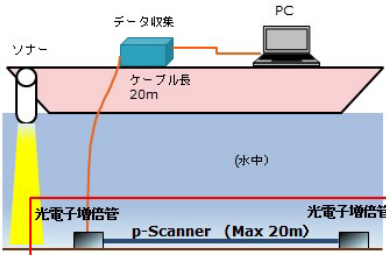
放射線分布の2D可視化

1F廃止措置の現場へ応用

## 新除染技術の除染効果を面的に確認

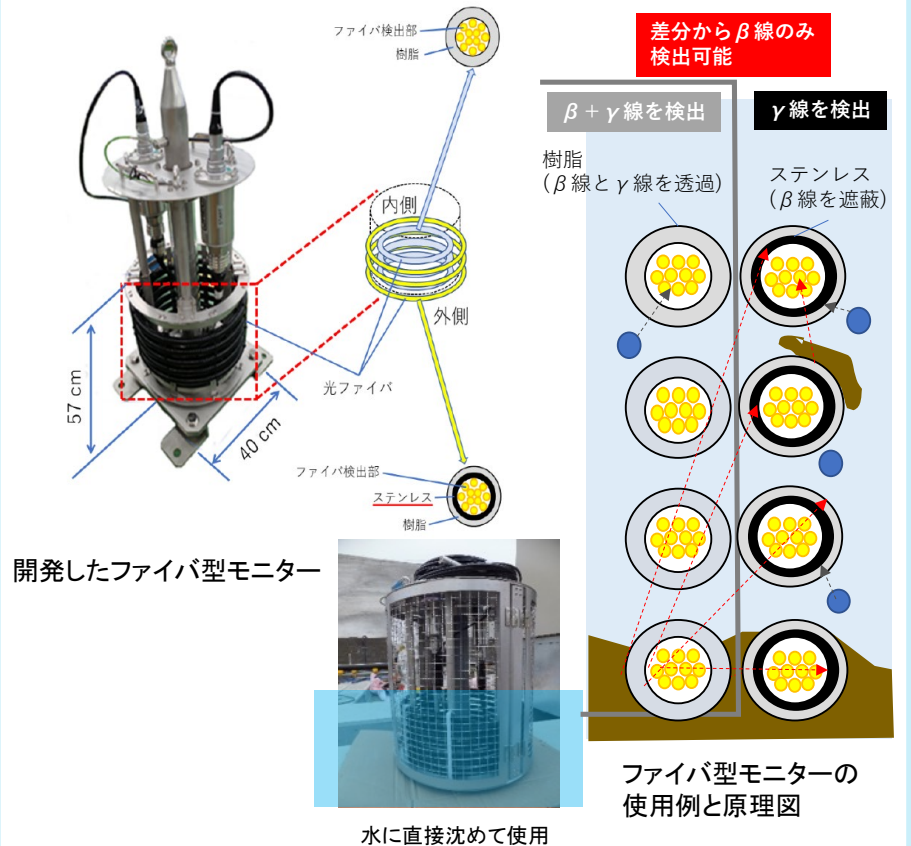


## 水底の放射性物質濃度の計測に応用

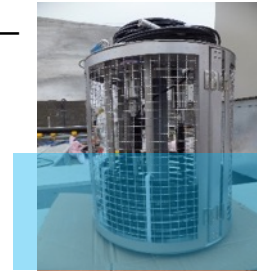


水土里ネット福島※へ技術移転完了  
 ※福島県土地改良事業団連合会

## 1F構内排水路用放射線モニターに応用



開発したファイバ型モニター



水に直接沈めて使用

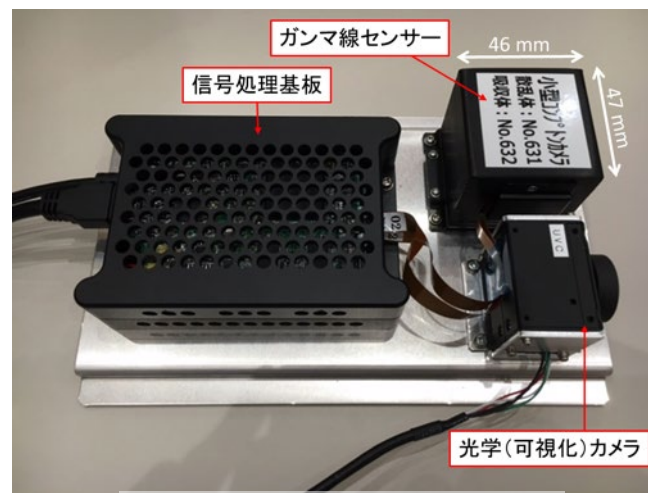
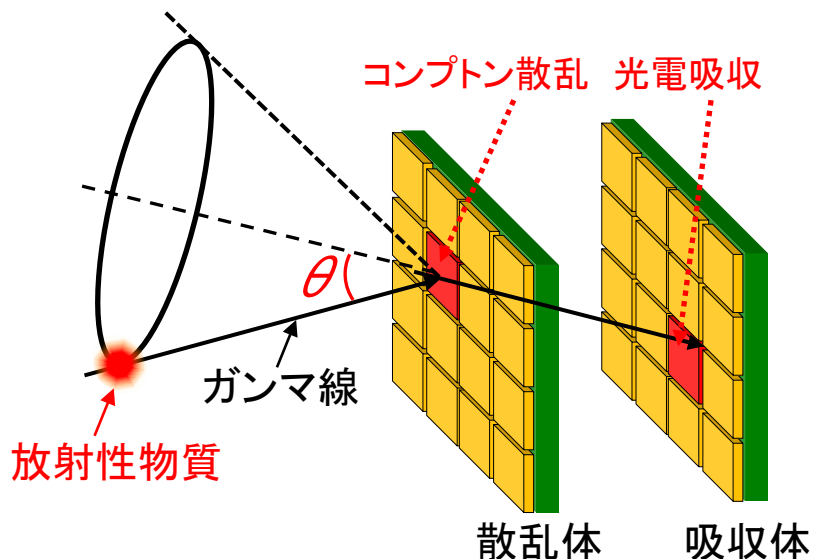
- ・1F構内、排水路に汚染水漏えいの可能性がある場合、 $\beta$ 線と $\gamma$ 線を区別して、リアルタイムに測定できるファイバ型モニターの開発を行った。
- ・東京電力HDにより現場設置工事を行い、令和2年1月31日に運用開始。

令和2年1月30日プレスリリース <https://www.jaea.go.jp/02/press2019/p20013002/>

シンチレータ：放射線が当たることで蛍光を発生。その光を検出することで放射線を計測

## 入射される光の全てを検出（欠点を克服）

- ・ドローンやロボットに搭載するには計測器の小型・軽量化が必要
- ・従来は、放射線の方向の特定のため鉛などで遮へいの必要があり、別原理で検出手法を開発
- ・同時に、検出器、電子回路の小型・軽量化にも成功



コンプトンカメラ

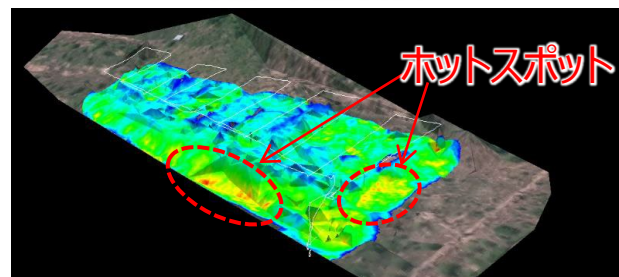
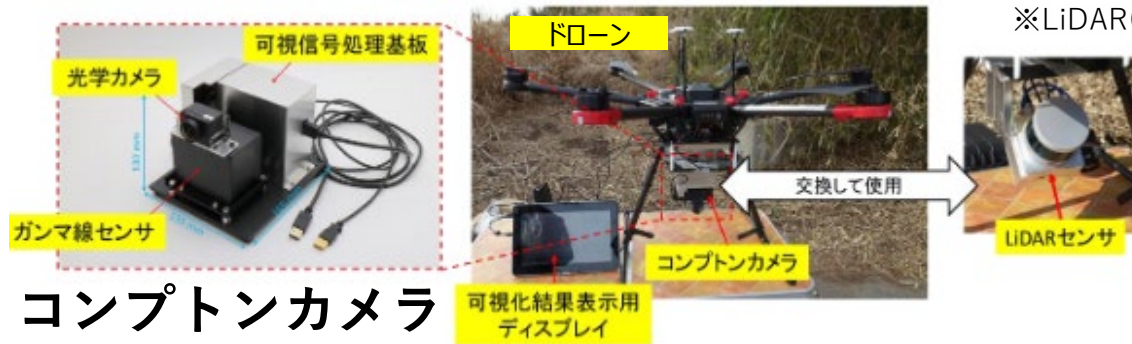
遮へいなく、指向性（どの方向から放射線が来たか）ある計測可能



## 環境中のホットスポットをドローンで検出

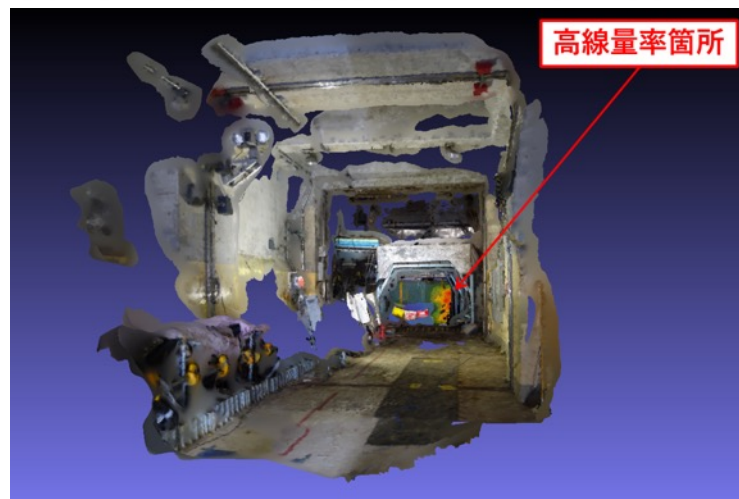
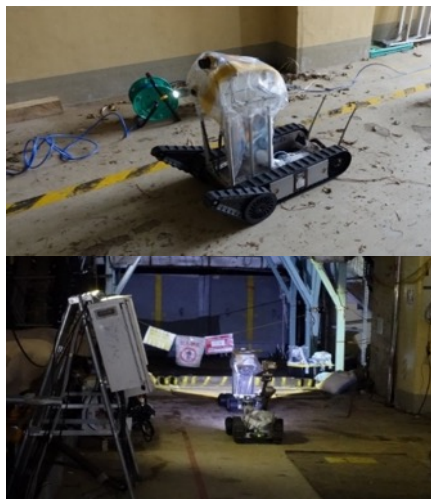
ドローンやLiDARセンサ※などを組み合わせた遠隔放射線イメージングシステムを地元企業と共同で開発。定点ではなく移動しながら、迅速に、遠隔で放射性物質分布を**3次元で可視化**できる手法を開発

※LiDAR(ライダー)センサ：レーザーを用い、周囲の物との距離・位置を測るセンサ



## 1F内汚染分布を 3次元計測

開発したコンプトンカメラをクローラー型ロボットに搭載し、カメラ画像の3次元画像処理と計測した汚染分布を**3次元で可視化**できる手法を開発。



## 国の「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5回改訂版：2019.12.27）

冷温停止から  
30～40年後

2011年12月 2013年11月

現在 2021年12月



経済産業省「廃炉の大切な話（2019.3）」をもとに作成し、第5回の改訂を反映。

### 今後重要となる燃料デブリの分析・性状把握を例に説明

□ 放射性物質分析・研究施設第1棟については2021年6月頃から、同第2棟については2024年を目途に、運用開始予定。

①施設管理棟【2018年3月運用開始】

：遠隔操作装置の操作訓練等を実施中。

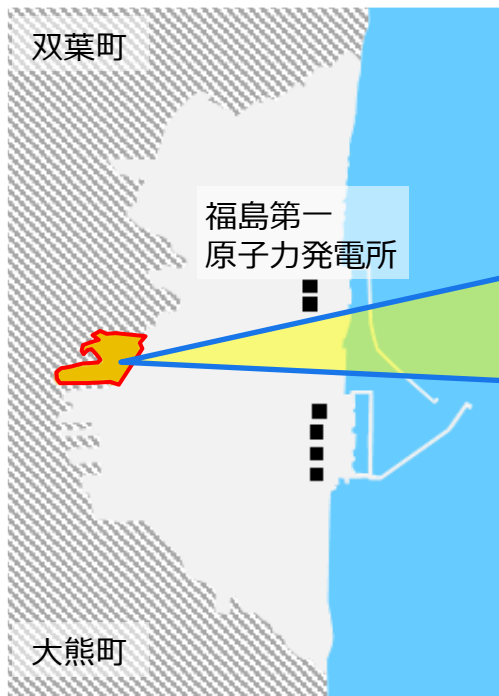
②第1棟※【建設中】

：**低・中線量のガレキ類等の廃棄物**の分析を実施予定。

③第2棟※【実施計画変更認可申請中】

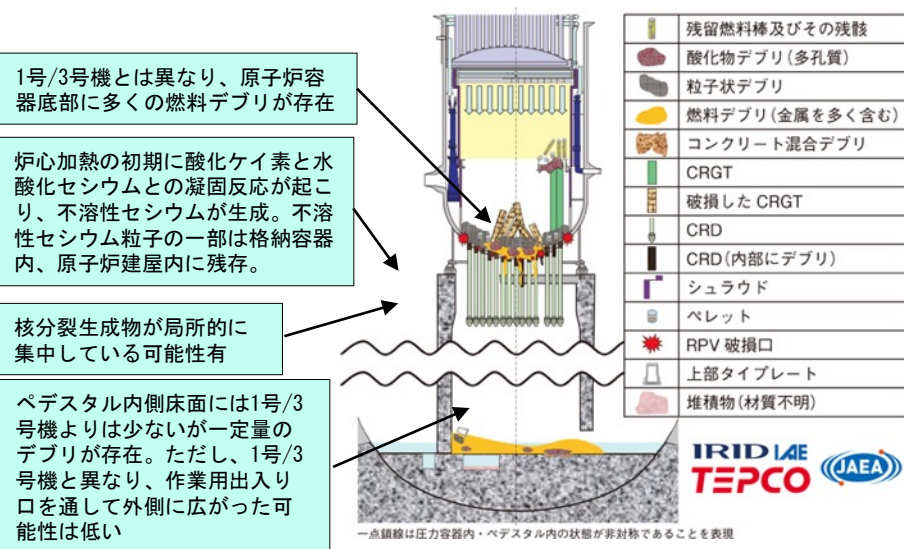
：**燃料デブリ等**の分析を実施予定。

※特定原子力施設の一部として東京電力HDが実施計画申請し保安を統括。JAEAが設計・建設、運営（分析実務及び換排気等の施設運転）を担当

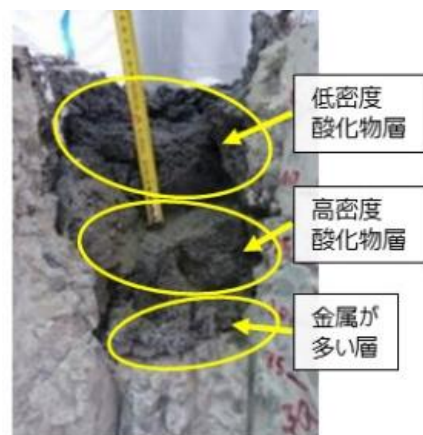


注) 黄色塗部が放射性物質分析・研究施設

- ❑ 炉内状況の確認が困難であるため、各種データや調査結果を用いてコンピュータシミュレーションで解析し、専門家の知見などを活用して**炉内の状況を推定**することで燃料デブリ取り出し準備に貢献。
- ❑ また、フランス（CEA）等と共同研究を行い、コンクリートと燃料の溶融物（MCCI）の模擬試験を実施し、**燃料デブリ取り出しに向けた知見**として活用。



1F2号機の炉内状況推定図



作製したMCCI試験生成物

- 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

仏国 原子力・代替エネルギー庁 (CEA) との共同研究

1Fの廃止措置は長期にわたるプロジェクトであり、それを担う**若手人材の育成**が重要

## 分析技術者の育成



大熊分析・研究センターにて

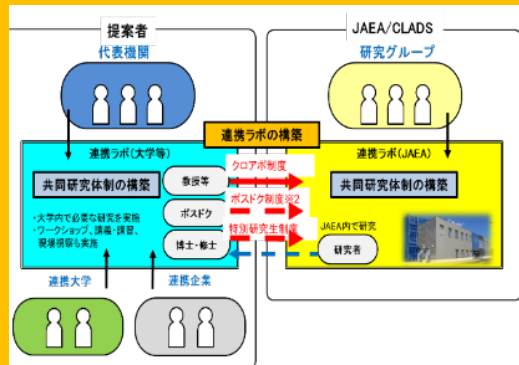
来るべき、本格的な放射性廃棄物及び燃料デブリの分析開始に向けた**分析技術者の育成**を実施中。



CLADS（富岡）にて

訓練には分析・研究施設に導入予定の設備を用いて実施。

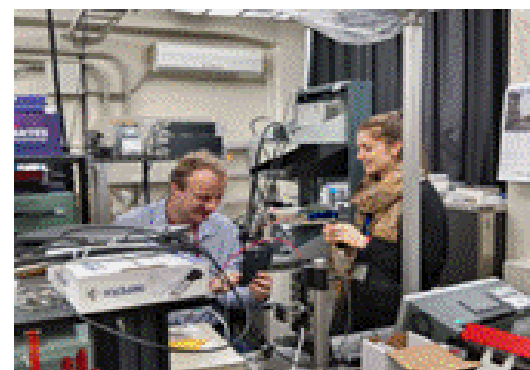
## 国内外研究者との連携を通じた、研究者の育成



大学との連携ラボラトリーの設置

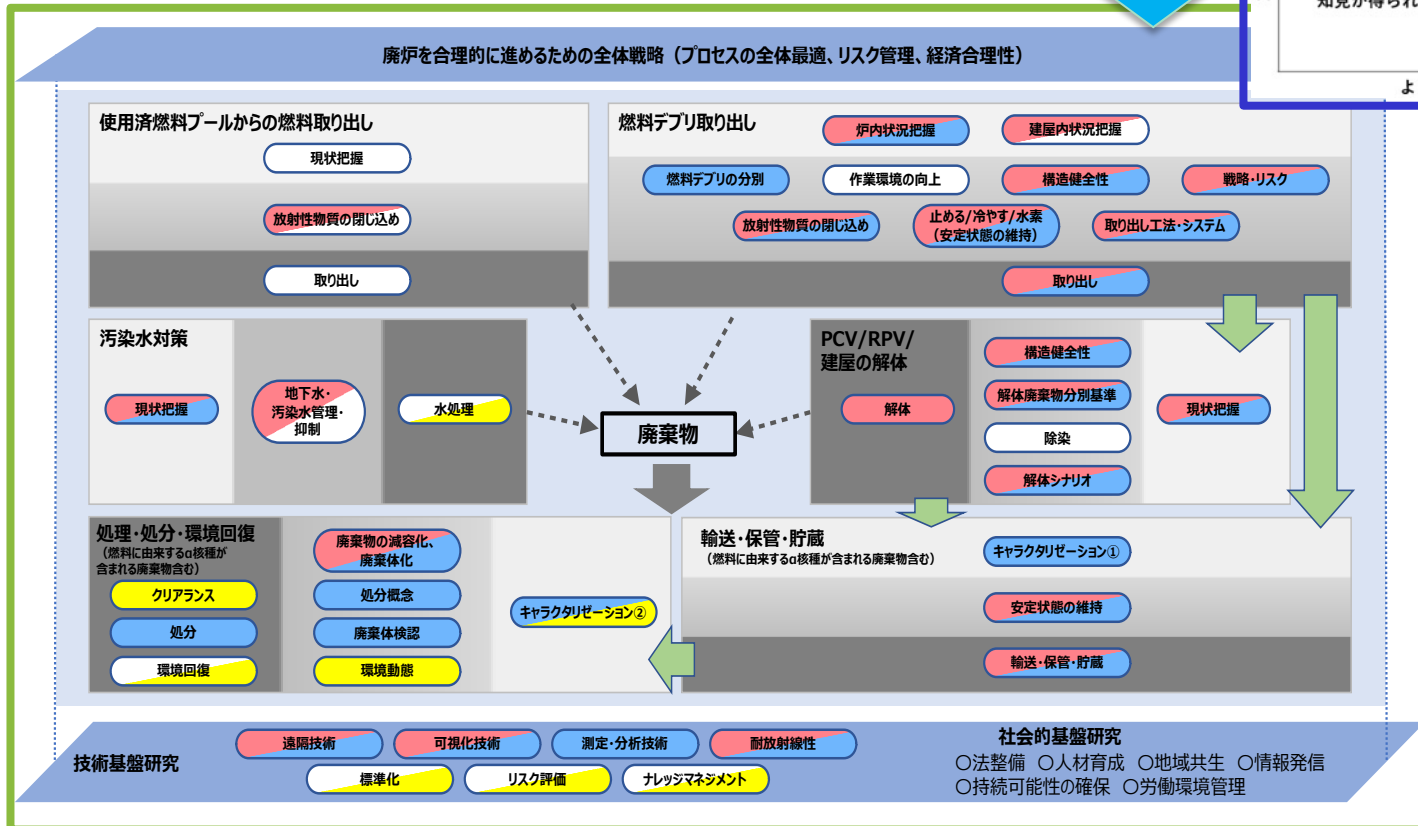
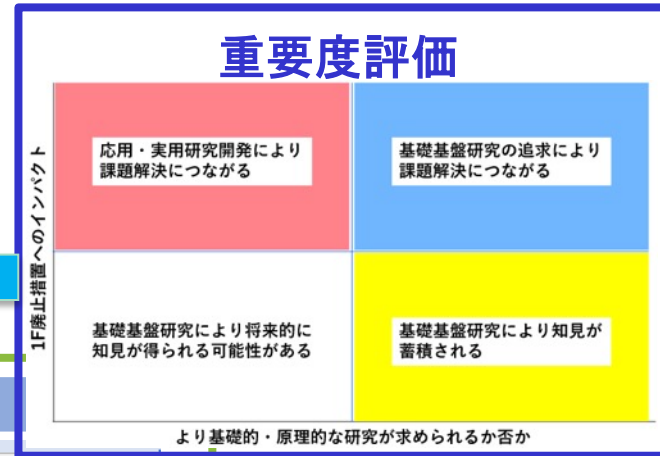


福島リサーチカンファレンスの実施  
(2015～2019年度で計21回)

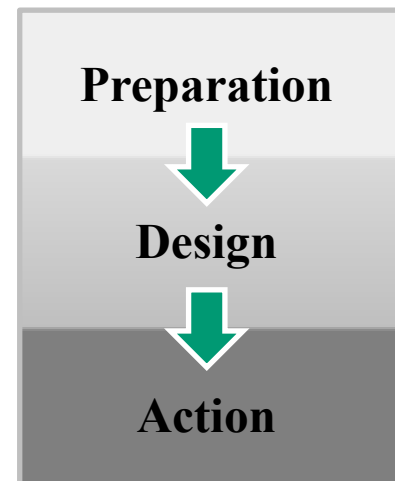


OECD/NEA NEST※フェローの受入れ(富岡) ※NEST: Nuclear Education, Skills and Technology (NEST) Framework

- 1F廃炉の現場ニーズに基づく研究課題を俯瞰できる「**基礎・基盤研究の全体マップ**」を策定し、これを基にアカデミアを対象とした基礎・基盤研究開発事業（英知事業）の公募を行った。
- 基礎・基盤研究マップは1F廃炉ニーズ・シーズのデータベースとしても活用できるようにすることで、**ニーズ・シーズのマッチング**に貢献する。



## 各廃炉工程の時間軸



- 1F廃炉は技術的難易度が高く、世界の英知の結集が必要であり、そのための取組みをリードする。
- 1F廃炉のための基礎・基盤研究開発事業（英知事業）により、**アカデミアとの連携**は、48研究代表（連携先含め延べ149の研究者）に強化した。
- 今後、アカデミアのシーズを福島復興、東京電力HD(株)の廃炉ニーズにつなぐ、**コンサルタント機能を発揮**して、課題解決に貢献する。

## アカデミア

課題解決型廃炉研究PG  
国際協力型廃炉研究PG  
共通基盤型原子力研究PG  
英知事業  
研究人材育成型廃炉研究PG

英知事業

## 海外研究機関

イギリス(NNL、ブリストル大) フランス(CEA、IRSN 等)  
フィンランド(VTT、ヘルシンキ大) ウクライナ(ISP・NPP)  
チェコ(NRI/CVR)IAEA、OECD/NEA

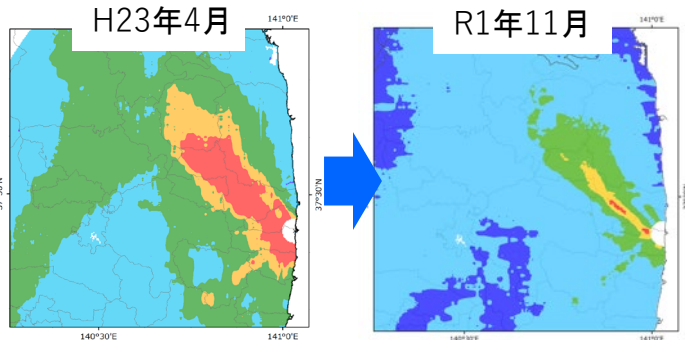
## 産業界

(IRID 等)

福島復興、

1F廃炉  
課題解決

- 詳細なモニタリングや帰還後の被ばく評価等により、**特定復興再生拠点区域や帰還困難区域全域における避難指示解除**を目指した国の取り組みに貢献する。
- 「環境動態」研究を継続し、帰還後も安心して生活できるよう支えるとともに、**森林管理や山間部生活圏の環境回復**を目指した国の取り組みに貢献する。



**陸域における<sup>137</sup>Csの移行とモニタリングの模式図**

地上に降下した2.7PBqの<sup>137</sup>Csのうち67%が森林、10%が水田、7.4%が畑や草地、5%が市街地に沈着した。事故から6年間に地上から河川を通して海へ流出した<sup>137</sup>Csはそのうち4.8%程度と算出された(2011年6月～2017年3月まで、阿武隈川の場合)。<sup>137</sup>Csの物理減衰(同期間に13%)と合わせ阿武隈川流域に残存する<sup>137</sup>Csの割合は約82%。



JAEAは、福島環境回復・1Fの廃止措置等の進展に応じた研究開発、および、その**研究成果の社会実装**とともに、これを担う持続的な**研究人材育成**に総力を挙げて取り組んでいく。

特に、アカデミア、産業界の研究成果をタイムリーな社会実装につなげる**コンサルタント機能**の役割も果たしていく。

## 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

- 楢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