

# 国際協力への提案

**岡本孝司**

**2019年3月9日**

Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science (**CLADS**),  
**Japan Atomic Energy Agency (JAEA)**



(MEXT) Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology



(METI) Ministry of Economy, Trade, and Industry



Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

## Role of CLADS :



*“Bridge” between Fundamental/ Advanced R&Ds (international) and “Needs” or “Expectation” of TEPCO, IRID and NDF in near/mid/long-terms.*



**IRID**  
International Research Institute for Nuclear Decommissioning

**Forefront**

**Applied Technology R&Ds**



Japan Atomic Energy Agency

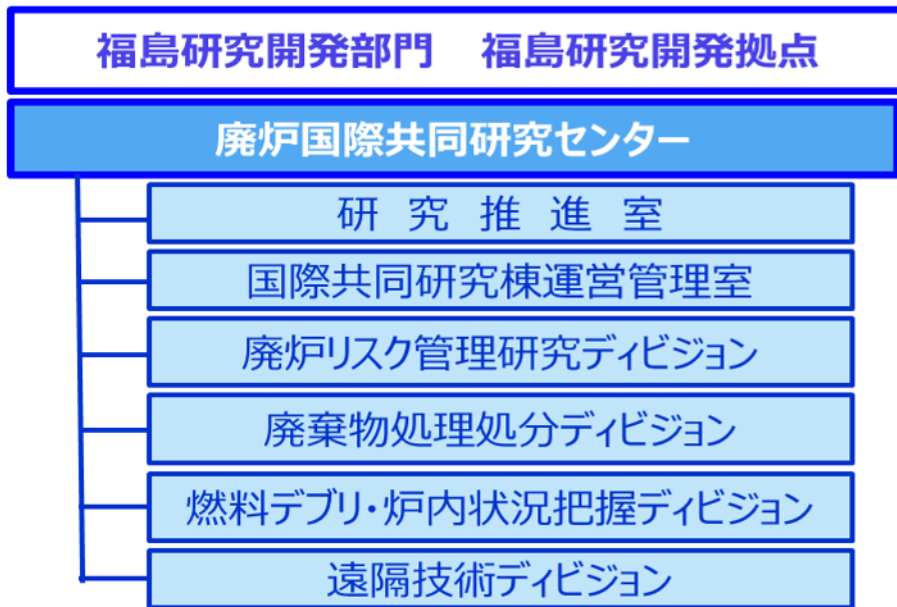
**R&Ds for advanced applied technologies  
Infrastructure for R&Ds for decommissioning  
and advanced R&Ds**

Universities, Institutes

**Fundamental Research**

## (I) 国内外の英知を結集する場の整備

- 平成27年4月組織設置



## (II) 国内外の廃炉研究の強化

- 海外からの研究者の招聘
- 海外の研究機関等との共同研究
- 廃炉に必要な研究分野について、外部の研究者、専門家を含めたワーキンググループを形成し活動
- 文部科学省「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」の平成30年度新規分からは、原子力機構の補助金事業として実施



シビアアクシデント時の燃料・炉心破損に係る、材料科学、熱力学、シビアアクシデント解析とモデリングの専門家ワークショップ（平成29年7月5-6日）

CLADS : Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science

## (III) 中長期的な人材育成機能の強化

- 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム」等での採択機関とともに、連携講座を開設し、異分野分析技術の統合、人材育成に取り組む
- 多様な人材を集めるためにクロスアポイントメント制度等を導入



## (IV) 情報発信機能の整備

- 国立国会図書館と連携し、国、東京電力、が発信する情報をIAEAの原子力事故情報分類に従って整理し、「JAEAアーカイブ（福島原子力事故関連情報アーカイブ）」として発信
- JAEAの研究成果を含む文献情報を発信



- 文部科学省公募事業採択者等と設置した「廃炉基盤研究プラットフォーム」を活用し、基礎基盤研究分野におけるシーズを廃炉へ応用していくための道筋をつける研究も 着実に実施する。

### 1. 廃炉基盤研究プラットフォームの形成

### 2. 国内外の研究者との国際ワークショップ開催

#### 『福島リサーチカンファレンス(FRC)』

廃炉研究関連分野における最高ステータスの会議とすることを目指す。  
(平成30年度開催実績)

- ① 廃棄物の分析技術開発に関する研究  
(H30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  
(H30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  
(H30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  
(H30年11/5、参加予定者：約50名、海外12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  
(H30年11/26-28、参加予定者：約100名、海外27名)

応用研究      プロジェクト      実用化段階技術

- 戦略プランと基礎基盤研究マップの共有、更新

## 基礎基盤研究

### バザールのアプローチ

- 多様なプレイヤー（大学、研究機関、企業、事業者）が専門知識、技術、アイデアを持ち寄り連携し、競い合う。
- 戦略プランに呼応した基礎基盤研究マップの作成、更新。
- 研究成果をタイムリーに提供。基礎・基盤研究とプロジェクトとの間のダイナミックな相互作用を実現。
- 顕在化していない課題の掘り起しによる長期的なリスク管理。

文部科学省  
「廃止措置等基盤研究  
・人材育成プログラム」

- 東京大学
- 東京工業大学
- 東北大学
- 福井大学
- 福島工業高等専門学校
- 福島大学
- 公益社団法人地盤工学会

### 廃炉基盤研究プラットフォームの形成



富岡町「学びの森」



## 目的

廃炉国際共同研究センターの中核となる国際的な研究開発拠点「国際共同研究棟」を1F近傍に整備し、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を形成しつつ、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て、廃止措置を推進する。

## 経緯

### H27年

- 4月 : CLADS発足、開所式開催
- 5月 : 国際共同研究棟の設計開始
- 8月 : 福島県富岡町王塚地区に立地を決定
- 12月 : 富岡町王塚地区内の建設地を決定

### H28年

- 2月 : 施工業者決定(株式会社安藤・間)
- 3月 : 富岡町と用地売買契約を締結
- 4月 : 安全祈願祭及び起工式開催、着工

### H29年

- 3月 : 国際共同研究棟 竣工
- 4月 : 開所式及び開所式記念講演会



開所式 (H29.4.23)



開所式記念講演会 (「学びの森」)

## 施設概要

**用途** : 研究施設  
**構造・規模** : 鉄骨造、地上2階建て  
**建築面積** : 1,096㎡  
**延床面積** : 2,115㎡  
**高さ** : 10.3m (屋上ルーパー12m)

## 主な設備

- ・走査型電子顕微鏡/エネルギー分散型X線分光計
- ・多目的X線回析装置
- ・実験室 XAFS装置
- ・光ファイバーLIBS分析装置
- ・ガンマ線エネルギー分析装置
- ・蛍光イメージングリーダー
- ・顕微ラマン分光装置
- ・制御棒ブレード破損試験装置
- ・水蒸気雰囲気での急速昇温反応炉 等



国際共同研究棟



実験室XAFS装置



多目的試験棟



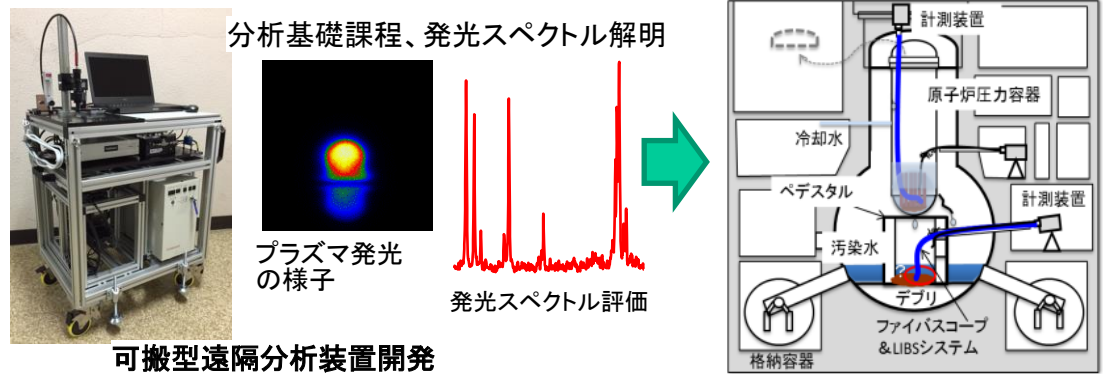
ガンマ線エネルギー分析装置



制御棒ブレード破損試験装置

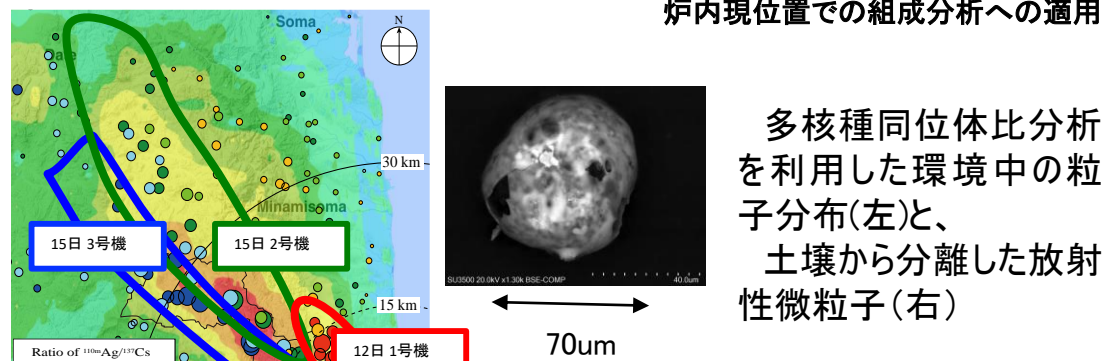
## レーザー遠隔分析技術に関する研究

実施内容：分光分析原理の検証  
 期待成果：核燃物質を用いた実証研究への反映



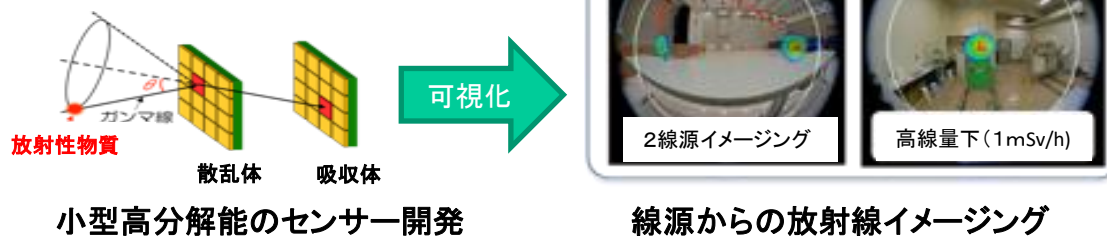
## 放射性微粒子の挙動解明に関する研究

実施内容：微粒子確認と性状観察  
 期待成果：粒子起源・事故進展挙動解明への貢献



## 放射線可視化検出技術に関する研究

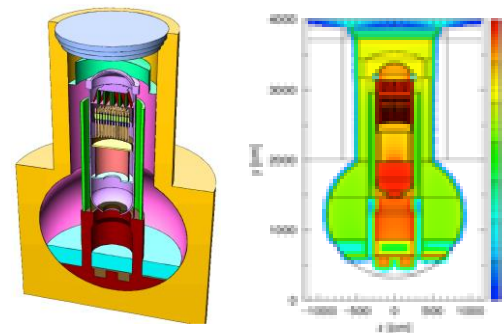
実施内容：密封線源による基本動作確認  
 期待成果：可視化センサの小型 高性能化





## プラント内線源・線量率分布評価手法の開発

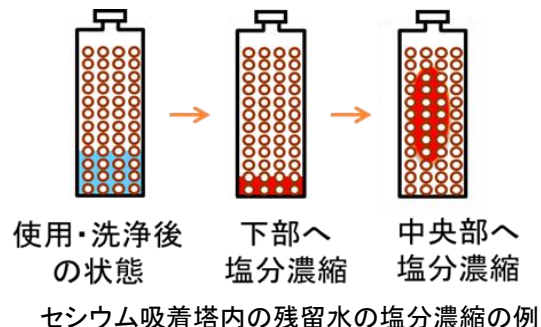
実施内容：理論計算と実測値を組み合わせたPCV内線源・線量率分布評価手法開発  
 期待成果：最確評価手法の確立と1～3号機のPCV内線量率分布の推定



粒子輸送モンテカルロ計算コードによる線量率分布計算用3次元モデル(左)と1号機に対するプラント内線量率分布の評価例(右)

## 含水廃棄物の保管安全技術開発

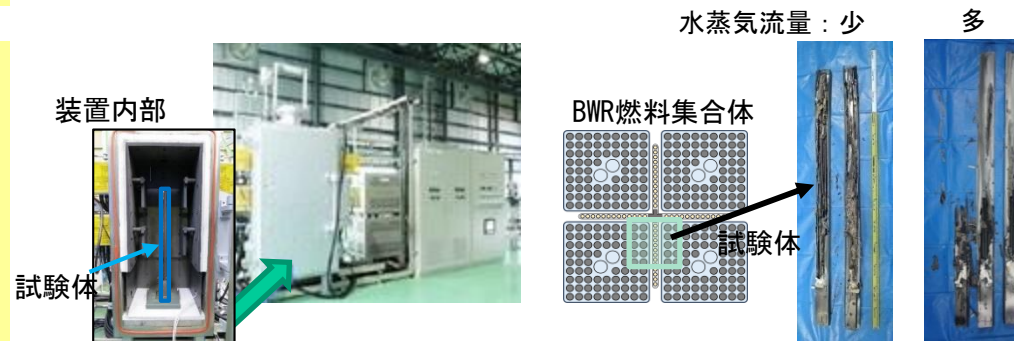
実施内容：放射線照射装置の導入による材料腐食研究、並びに廃棄物の水分蒸発挙動の解析（電中研共研）  
 期待成果：含水廃棄物の合理的な保管等の検討に必要な評価手法の提示



崩壊熱の継時変化、残水の移動（ゼオライトによる吸い上げ、ゼオライト層内での還流）を考慮した、水分蒸発挙動を予測する解析コードを作成

## BWR炉燃料破損メカニズムの解明

実施内容：制御棒ブレード破損試験、被覆管材の急速昇温試験  
 期待成果：制御棒ブレードやチャンネルボックスの破損メカニズムの解明とモデル化、1F炉内状況把握への知見提供

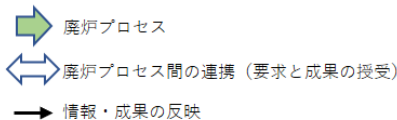


水蒸気流量により事故進展傾向が異なる可能性

制御棒ブレード破損試験装置（左）と加熱後試験体の状態（右）



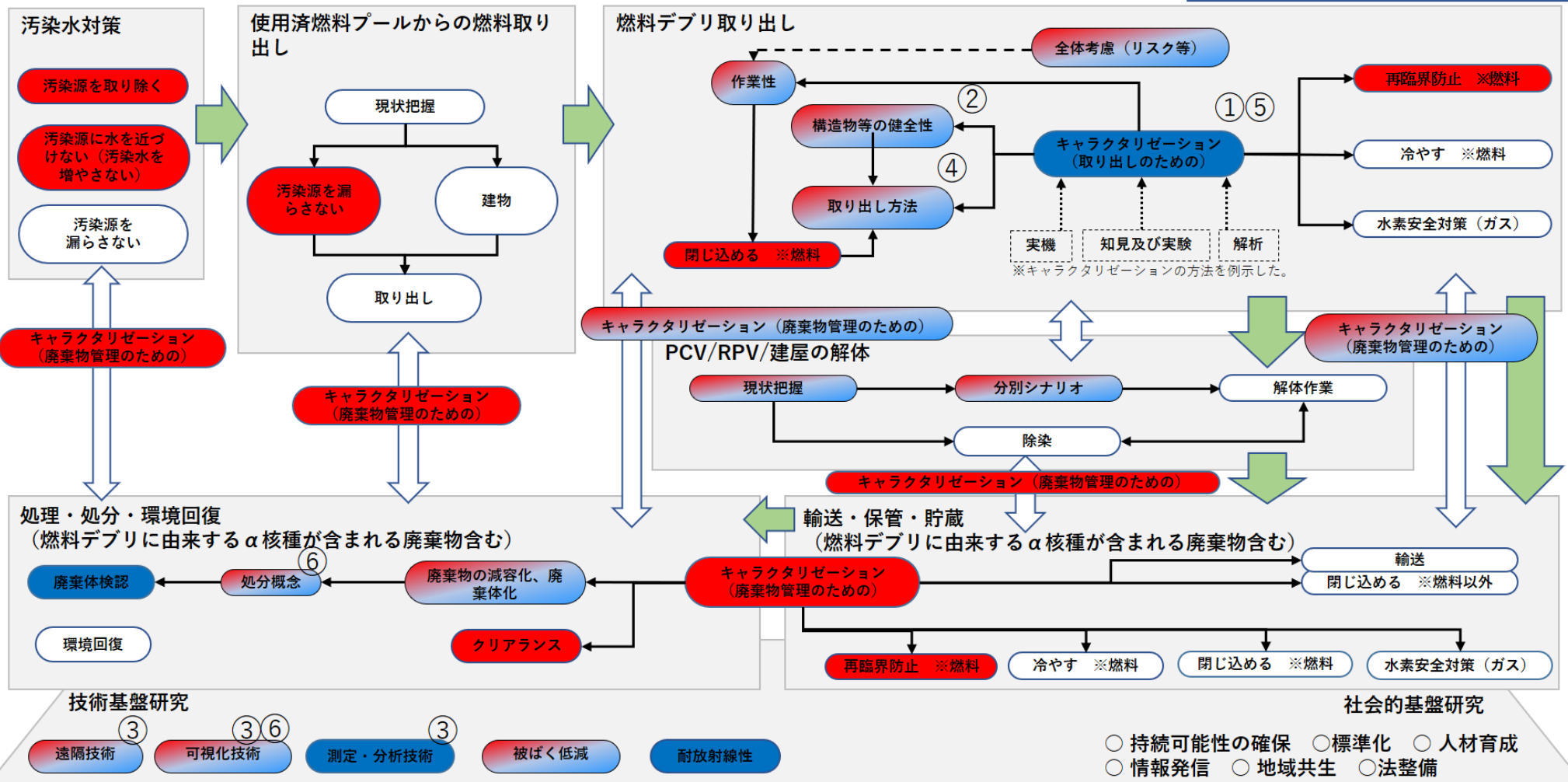
## 『基礎・基盤研究の全体マップ』



- 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

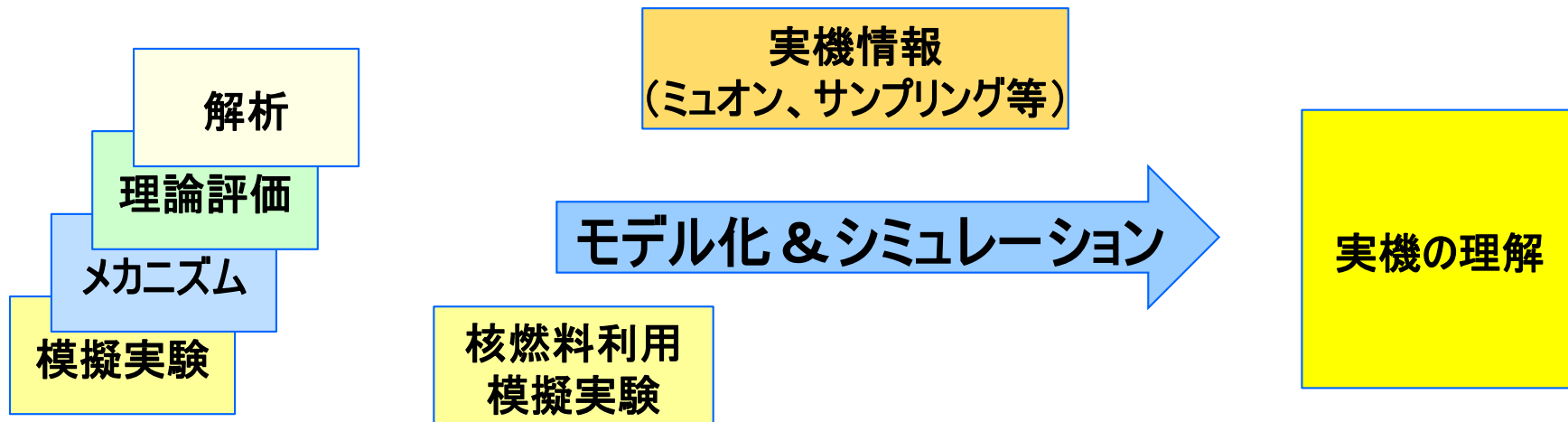
重要度評価結果凡例

■	基礎基盤研究の追求により革新性が得られる
■	実用段階の開発
■	基礎基盤研究として整備すべき
■	基礎基盤研究資源を投入する必要性が低い



- 海外における過去の事故処理事例
  - TMI(米)、チェルノブイリ(露・ウ)、ウインズケール(英)等
- 海外における核燃料施設の廃止措置事例
  - セラフィールド(英)、マルクール(仏)、サバンナリバー(米)等
- 国際研究が主流、または日本が遅れている分野
  - シビアアクシデント研究
  - IoT、災害ロボット等
- 日本では実施が事実上不可能な研究
  - 核燃料を使った新規の研究
  - 大規模な研究(MCCI等)

- シビアアクシデント研究
  - 多成分・多相・多次元・物理・化学……  
 …… きわめて非線形
  - 国内の核燃料関連人材の不足  
 (物理・化学・材料・放射線・計測……)



海外の設備、人材、知見



## International Cooperation for 1F Decommissioning

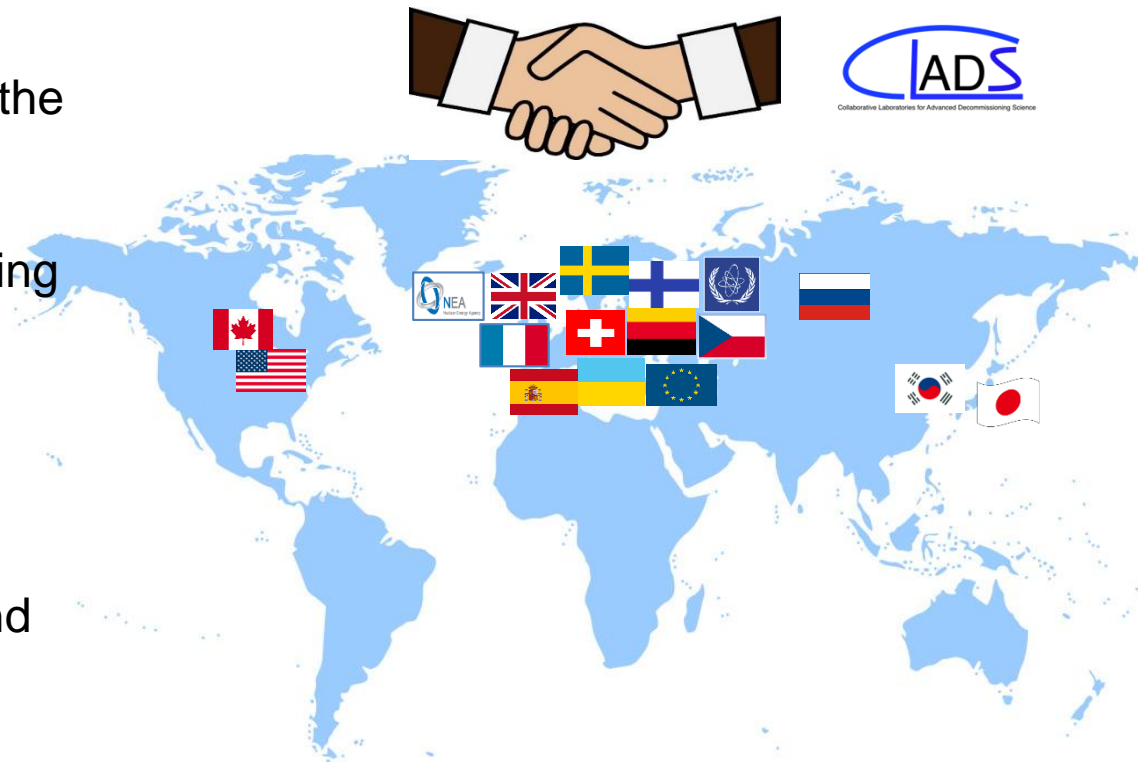
The CLADS has been carrying out above research and development encountered 1F decommissioning with concentrating wisdom and expertise from national and international cooperation.

◆ Major international collaboration in CLADS is as follows;

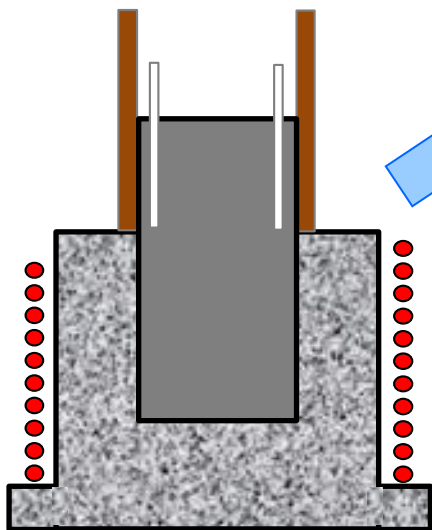
### *International Cooperation toward Decommissioning of FDNPS*

- Radioactive waste management in the decommissioning,
- Characterization of fuel debris and MCCI product, damaged fuel handling and treatment and storage,
- Investigation on severe accident phenomenon and core degradation process and etc.

◆ Multinational cooperation as IAEA and OECD/NEA are conducting.



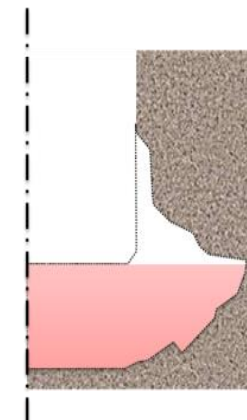
## Collaboration with JAEA and French Atomic Energy and Alternative Energies Commission (CEA)



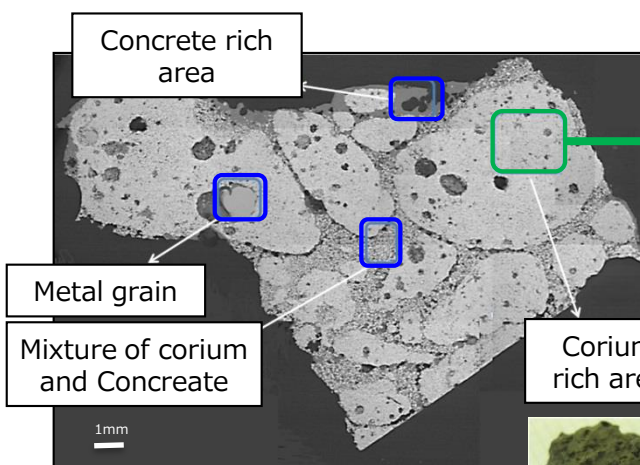
Engineering scale MCCI Test Facility  
VULCANO @CEA



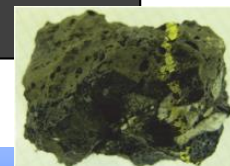
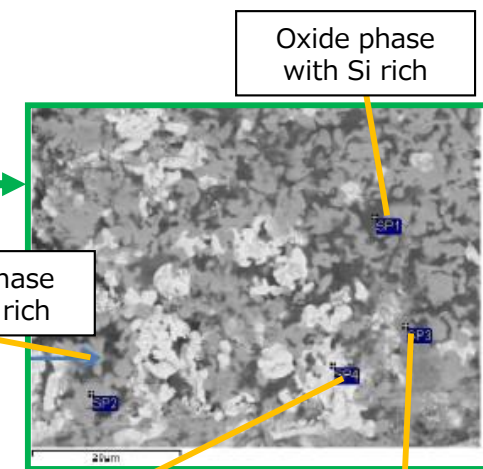
MCCI Test Results  
in Fukushima simulated conditions



Calculation by TOLBIAC-ICB



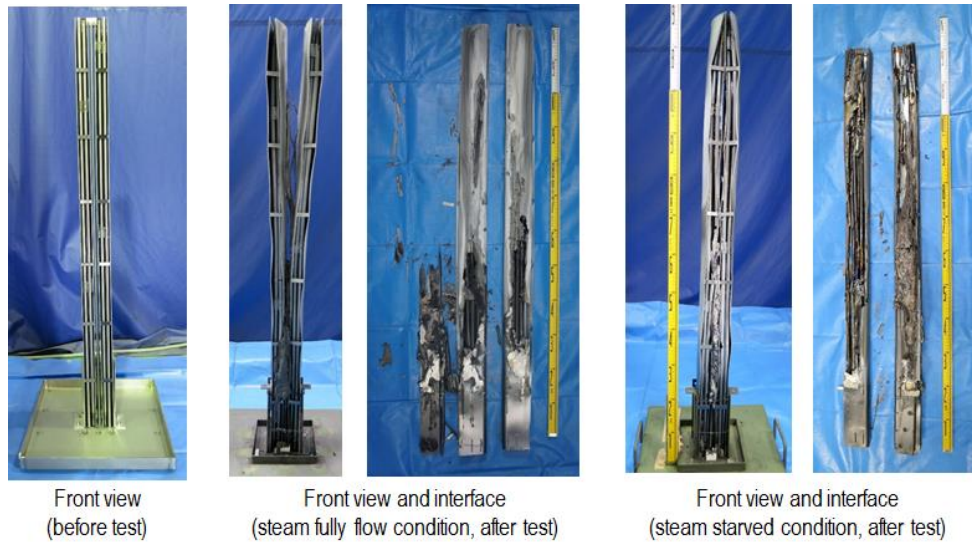
SEM/EDS analysis



MCCI sample

**BWR control blade degradation, including its influence to channel box and fuel rods degradation is a key issue which Japan and EU are interested in (as a trigger of fuel degradation).**

## JAEA



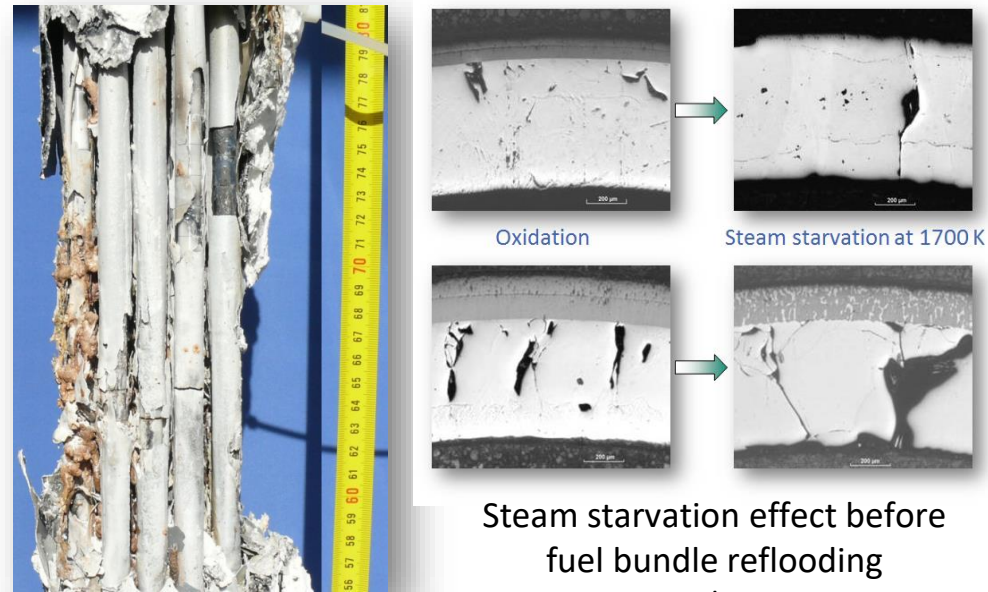
Steam flow rate highly influences the tendency on co-degradation between molten control blade ( $SS-B_4C$ ) and Channel box (Zry)



In steam-starved condition, co-degradation more likely happens and it leads inhomogeneous distribution of molten metallic material in the early phase of fuel degradation.

Quoted from H. Shibata et al., presented at TOPFUEL2016, Sep. 2016 @Boise, ID, USA.

## QUENCH (KIT)



Strongly degraded bundle after air ingress and quenching

↓

Air ingress scenario, degradation of Zry highly accelerated.

↓

If steam-starved conditions happen before reflooding, it can weaken protective effect of surface  $ZrO_2$  layer of Zry.

Quoted from M. Steinbrueck, presented at FRC in July 2017 @Tomioka, Japan.



## < Collaboration with JAEA and LBNL >

Radiation measurement in the bldgs.  
of the FDNPS (1F)

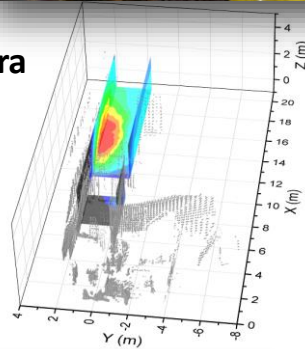
JAEA

SDF (Scene Data Fusion) Technology  
in the Environment

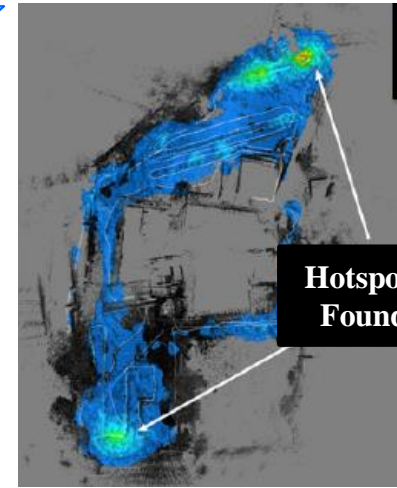
LBNL



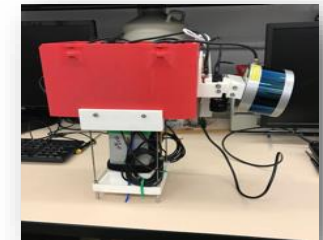
- Compact Compton camera
- LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging)
- Photogrammetry
- Robot/Drone



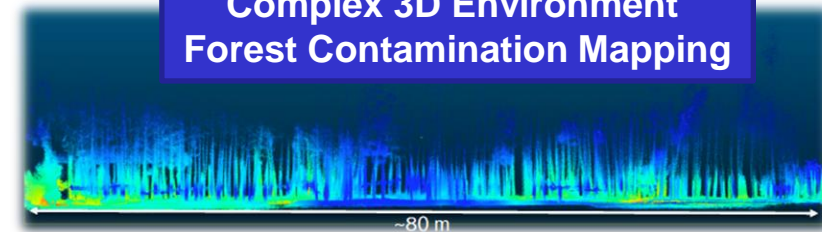
SDF in the  
High Dose-  
Rate Fields  
of 1F



- Real-time 3D maps onboard
- 3D gamma-ray imaging
- Multi-sensor data fusion
- Localization and Mapping Platform



Complex 3D Environment  
Forest Contamination Mapping



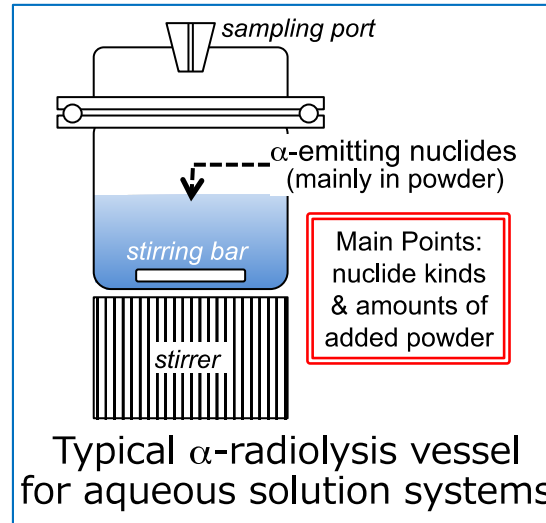
Full 3-D mapping, contextual data fusion, and visualization of radiation in the high dose-rate fields

**To contribute to rational estimation for H2-safety in disposal of  $\alpha$ -waste forms and to development of evaluation tool for aquatic reaction process in long-term change of fuel debris, radiolysis experiments will be conducted with  $\alpha$ -emitting nuclides in SRNL.**

[This R&D activity will become an example for U.S. National Laboratory Fukushima Support Network]

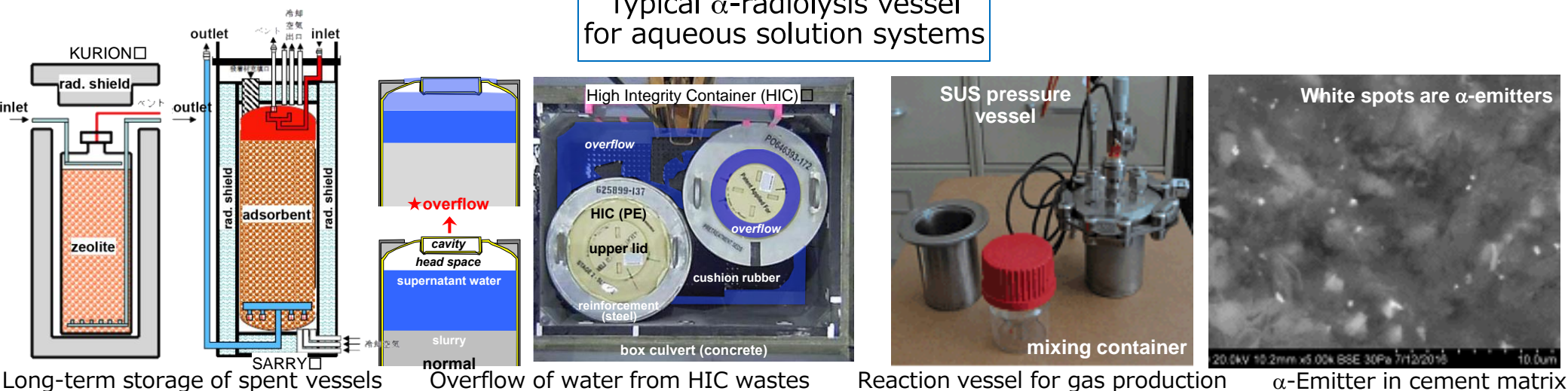
## CLADS (JAEA)

- ✓ Radiation research on water treatment has been done since the 1F accident.
- ✓ Radiolysis data and mechanisms ( $\beta$ ,  $\gamma$ ) have been provided to 1F companies such as TEPCO and TOSHIBA.



## SRNL

- ✓ A lot of kinds & amounts of  $\alpha$ -emitters are available for experiments.
- ✓ Scientists, engineers & staffs are well experienced in utilizing and analyzing  $\alpha$ -emitters in RAD laboratories.



- JAEA/CLADSをハブとした国内外の研究推進
- 基礎基盤研究の全体マップの充実と改善

- 英知事業 (CLADS補助金)
  - 日英共同研究
  - 日露共同研究
  - (日仏共同研究)
  - (日米共同研究)
- NEST (Nuclear Education, Skills and Technology)
  - OECD/NEA研究者養成プロジェクト
  - Project on Remote Technology (CLADS-東大提案)
- 基盤研究としての共同研究の推進
  - 特に核燃料関連の研究