



平成30年度福島研究開発部門 成果報告会

事故進展を考慮した 模擬燃料デブリの凝固挙動評価

平成31年2月20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 福島研究開発拠点
廃炉国際共同研究センター 試験技術開発Gr

須藤 彩子

■ 背景

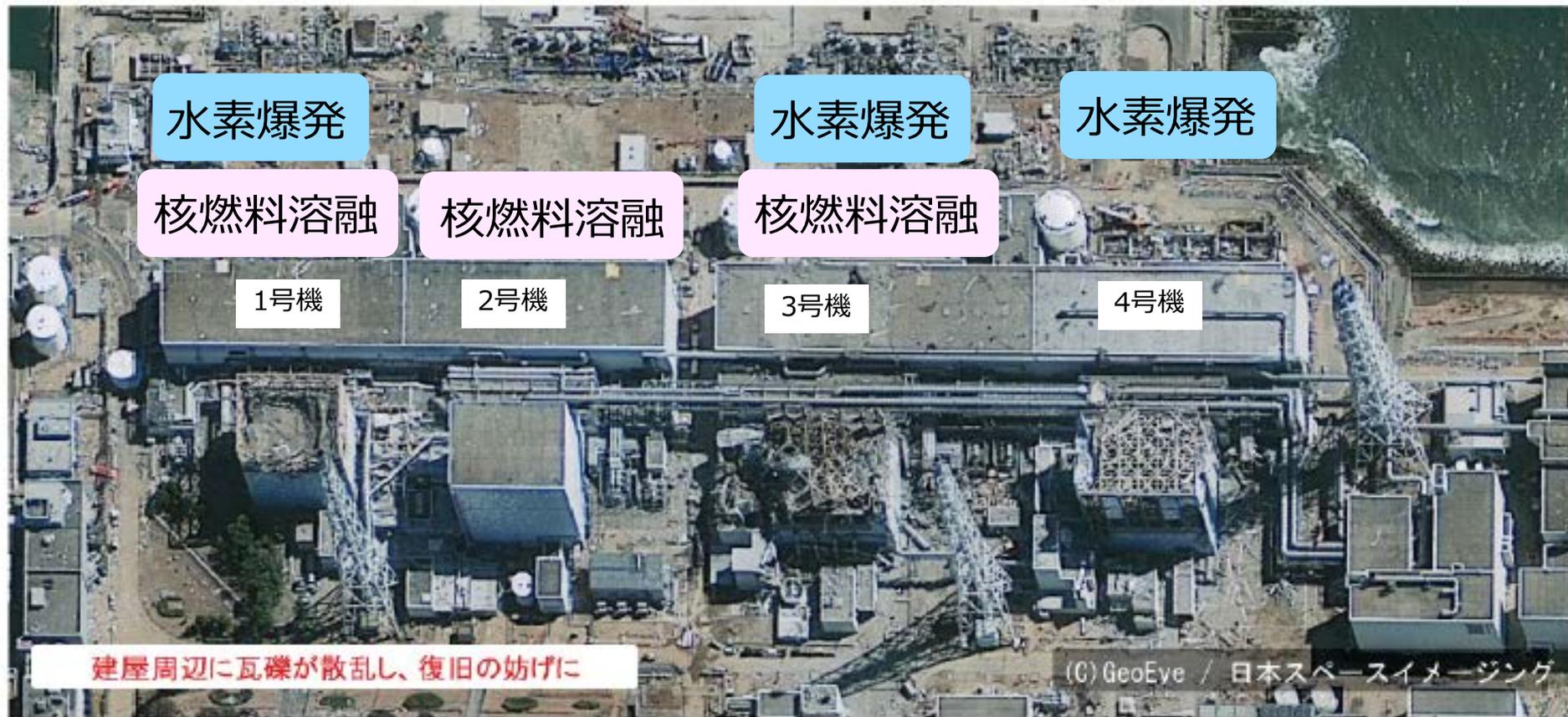
福島第一原子力発電所（1F）事故
福島第一原子力発電所の現状
燃料デブリの所在
各号機 燃料デブリ分布の推定
燃料デブリ取り出し手順

■ 研究テーマ

研究テーマ1：溶融燃料の凝固試験
研究テーマ2：模擬MCCI試験

■ まとめ

福島第一原子力発電所1～4号機の被害状況 2011年3月19日



2011年3月19日 1～4号機の状況

1号機



3号機



1・2・3号機
溶けた燃料等が固まったもの（燃料デブリ）
が原子炉内に残留

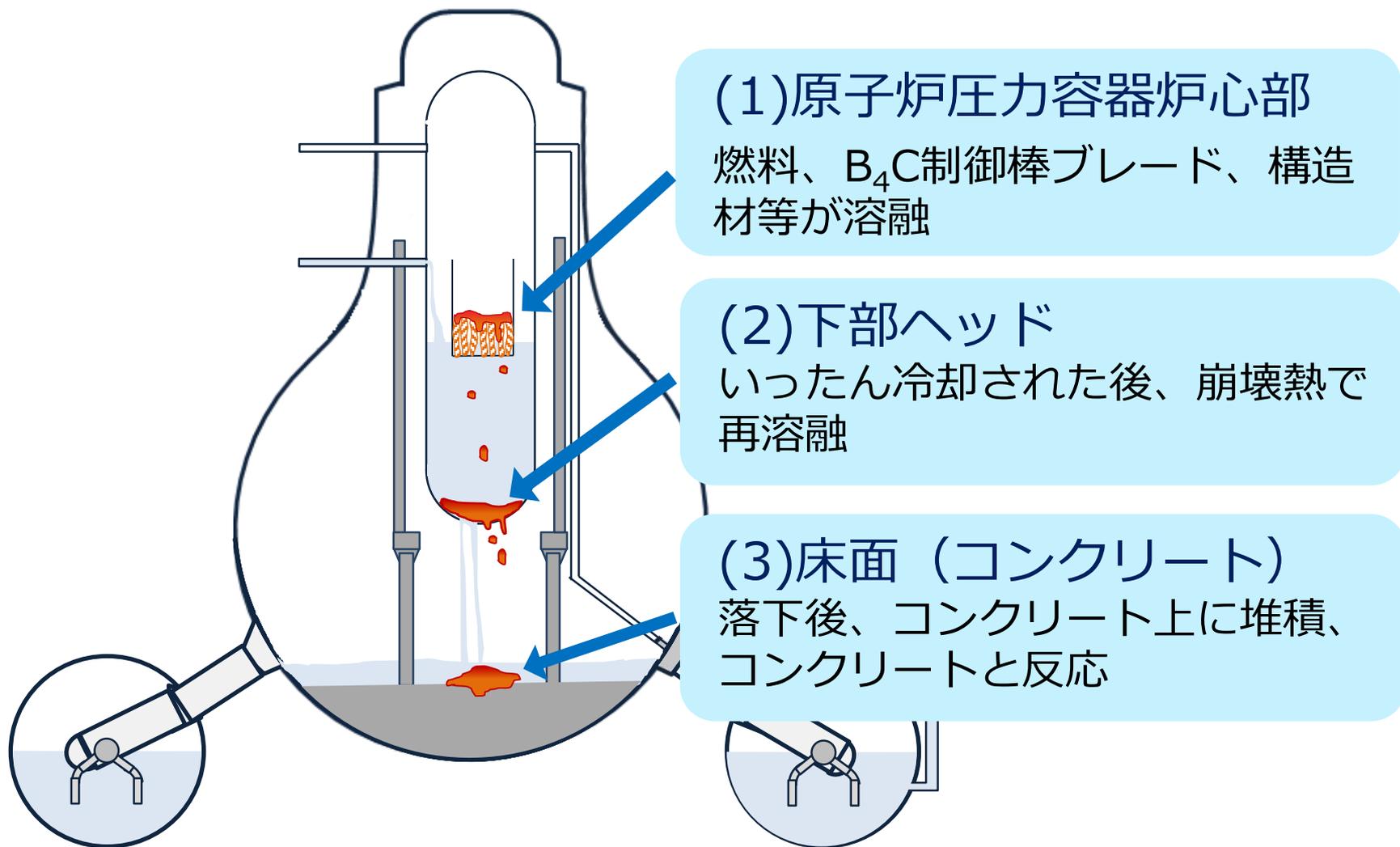
2号機



4号機

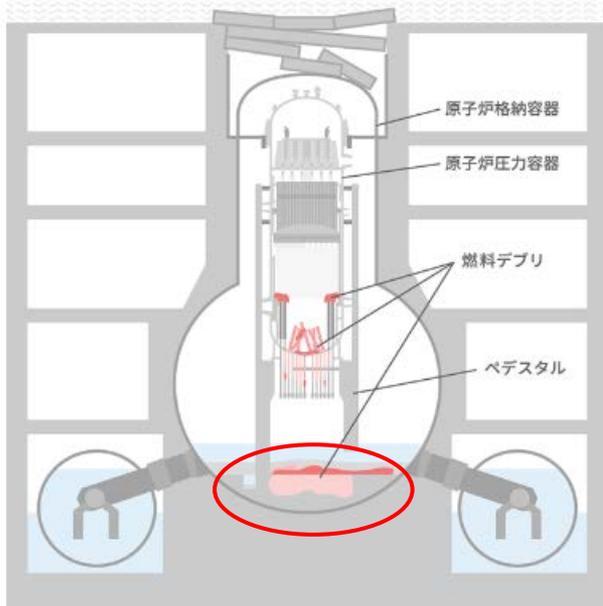


燃料は取り出し済み



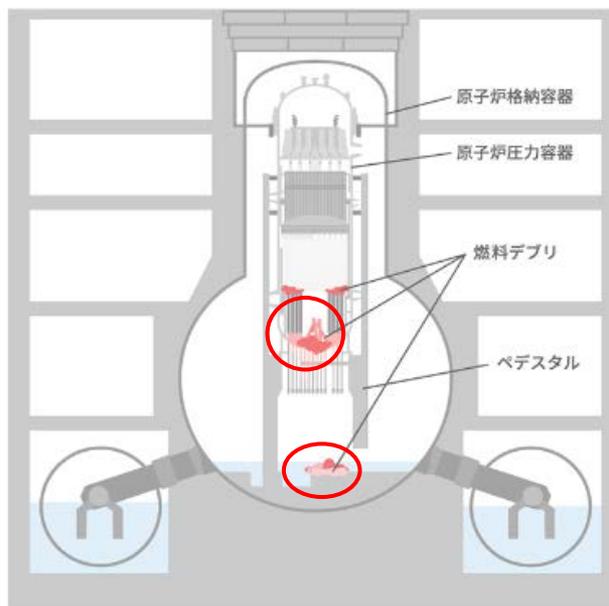
1F原子炉格納容器内デブリ分布イメージ

1号機



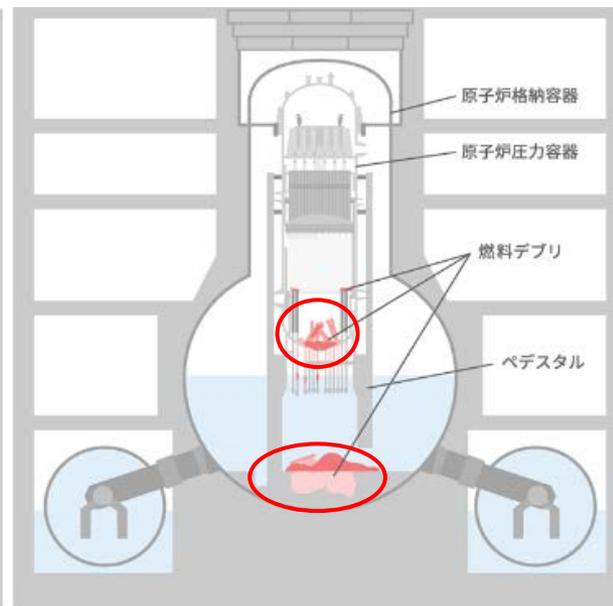
ほぼ格納容器
に移行

2号機

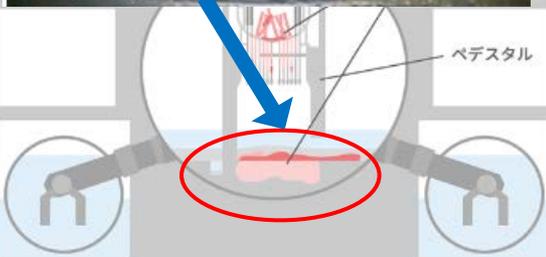


一部は圧力容器下部に残留
一部は格納容器に落下

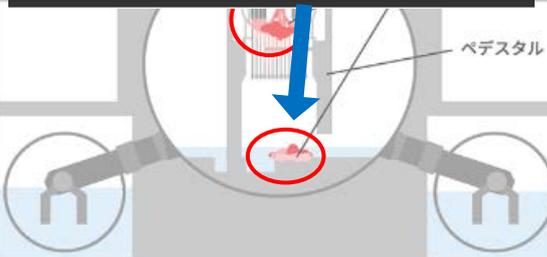
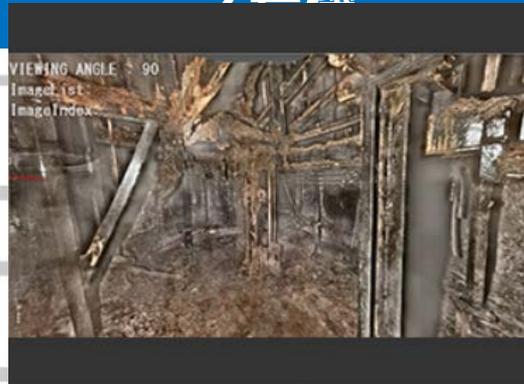
3号機



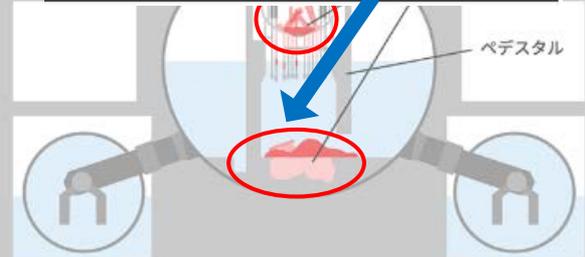
1号機



2号機



3号機



- ミュオン測定
外から燃料デブリの位置を特定
- ロボット等による調査
格納容器内部の情報収集

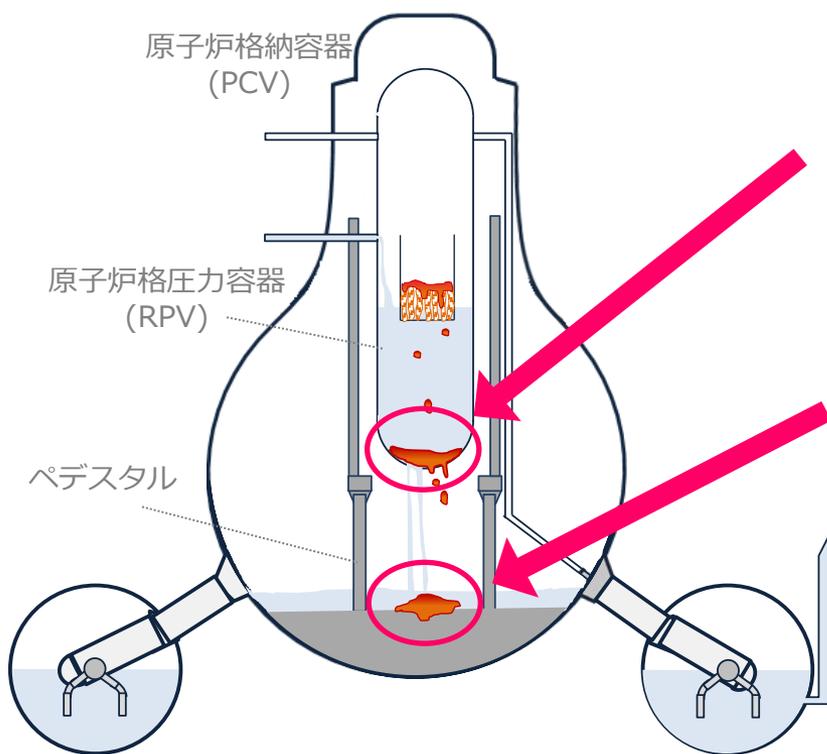
燃料デブリ取り出し手順

- (1)格納容器内部調査
- (2)サンプリング
- (3)小規模な燃料デブリ取り出し
- (4)大規模な燃料デブリ取り出し



取出しに向け、燃料デブリの性状をあらかじめ把握することが必要

テーマ：1Fの燃料デブリを模擬的に作って、
どんな性状を持っているのか調べてみる！



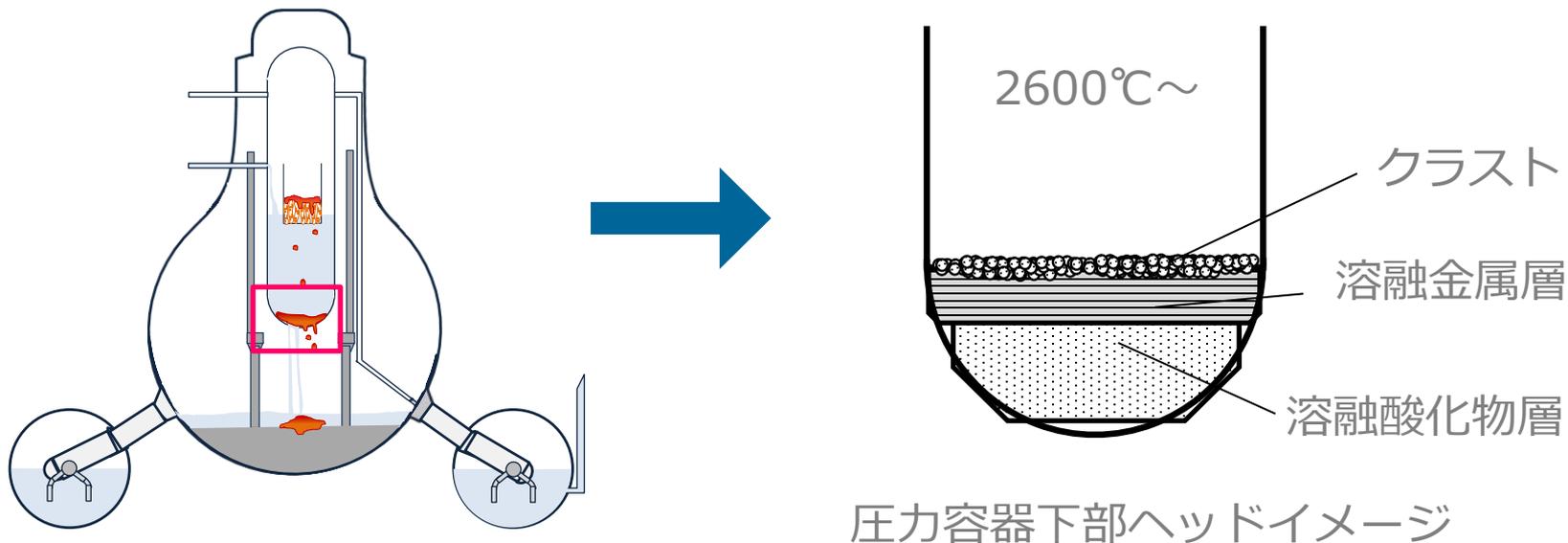
テーマ1：
圧力容器下部に堆積した燃料デブリの性状を調べる
→溶融燃料の凝固試験

テーマ2：
コンクリートと溶融燃料の反応 (MCCI) 生成物の性状を調べる
→模擬MCCI試験

1F格納容器内デブリ分布イメージ

(1)研究テーマ1：溶融燃料の凝固試験

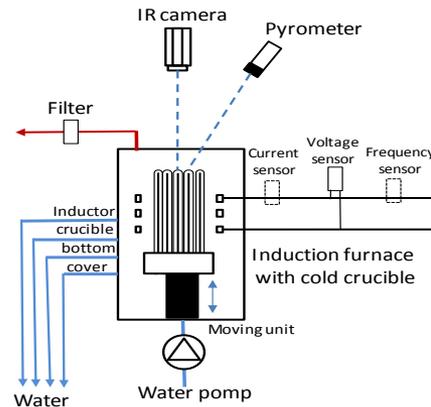
(チェコ レジユ研究センター/JAEA 共同研究)



数10トンとも言われる溶融物は、表面がかたまっただ後も内部は熱いまま、ゆっくりと固まっていくことが考えられる。

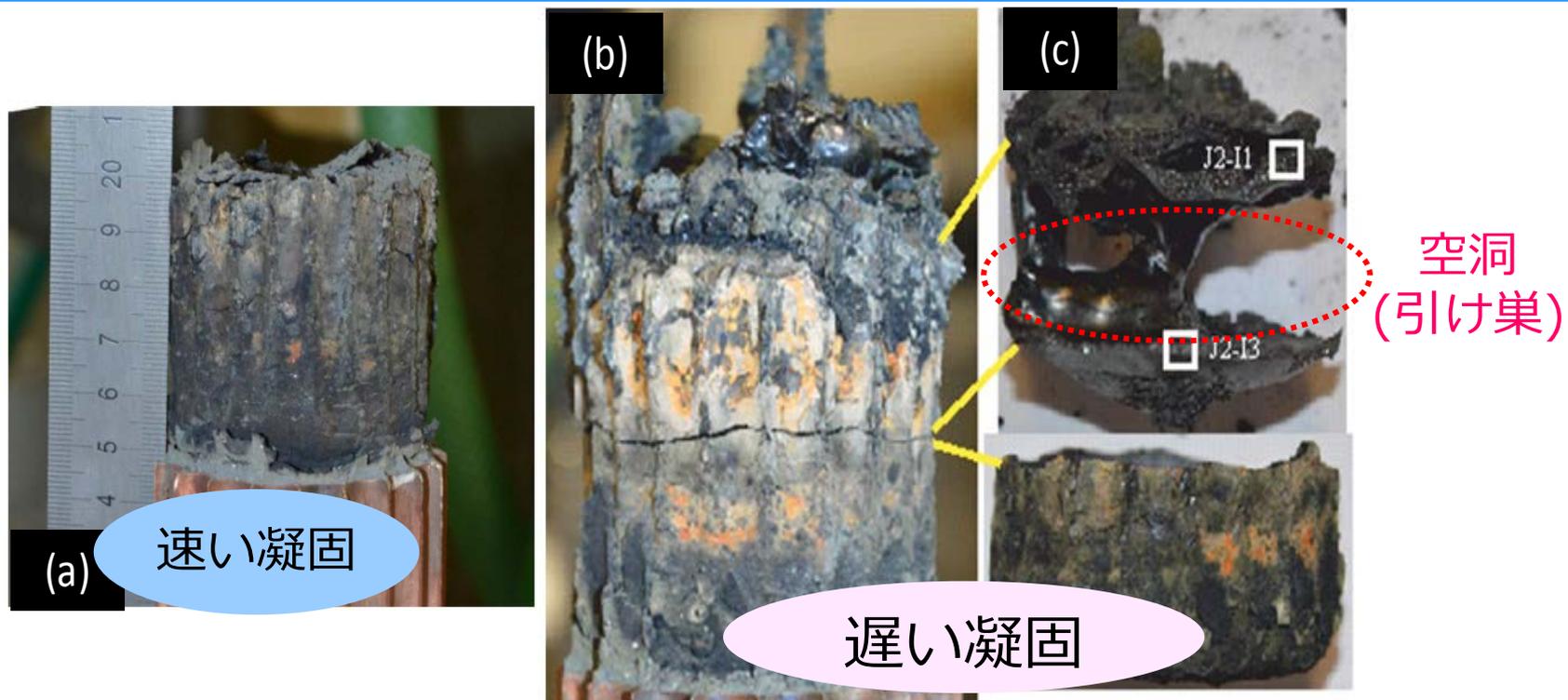
ゆっくりと固まった燃料デブリに関するデータはこれまでに例がない

▶ 約1kgの模擬燃料溶融物を、ゆっくり固めてみる



チェコ レジユ研究センターコールドクルーシブル誘導加熱炉

- 数 k g 規模の放射性物質の使用が可能
- 最大～3000℃
- 出力コントロールによって、**遅い凝固**を再現

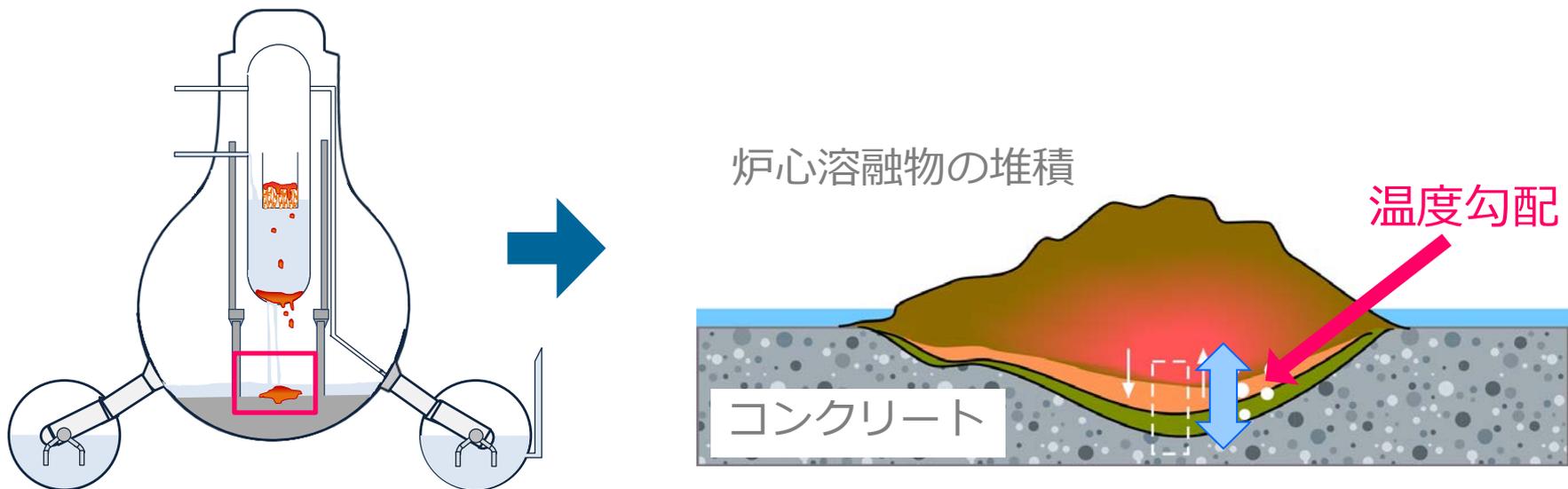


模擬デブリ試料(U-Zr-Gd-O)外観写真
 (a)急冷後外観写真 (b)徐冷後外観写真 (c) 解体後外観写真

遅い凝固条件で引け巣が形成。

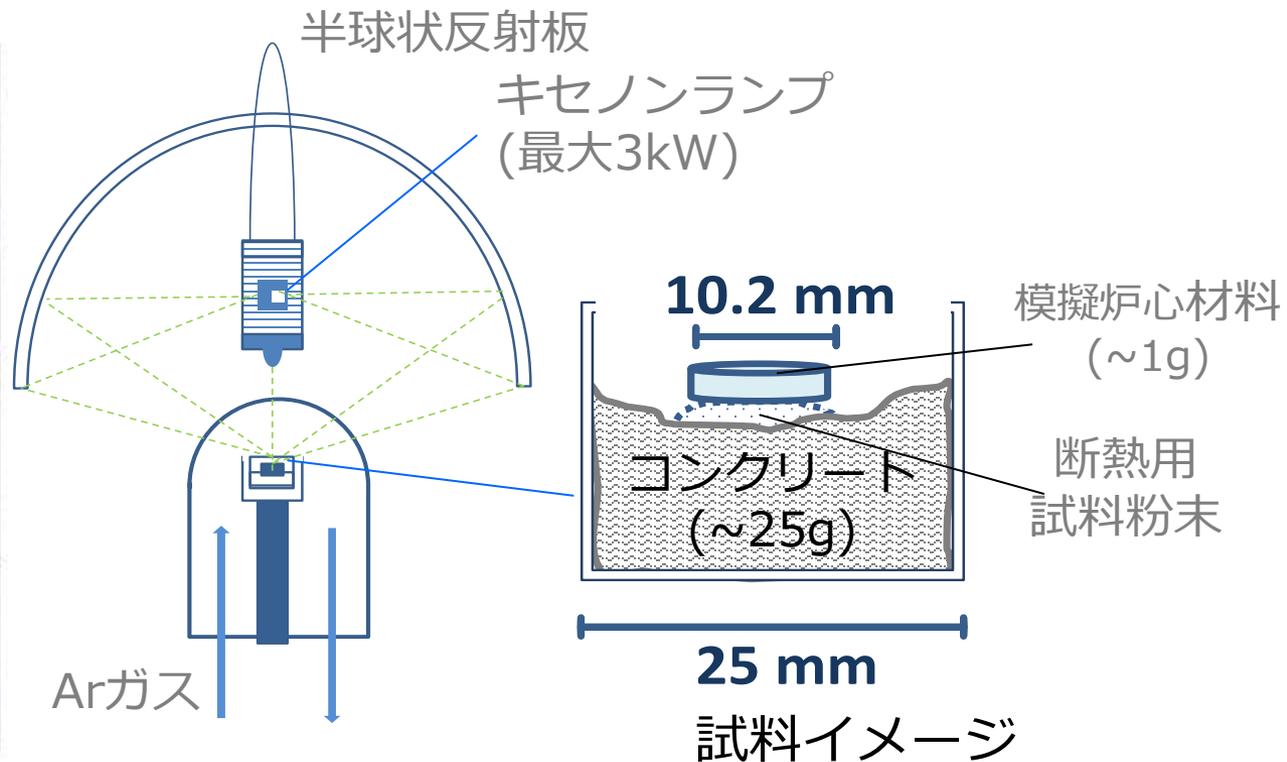
- ▶ 1Fでも内部に大きい空洞が形成している可能性
- 取出し時に必要になる機器選定等に、役立つ情報！

研究テーマ2：模擬MCCI試験 (原子力科学研究所実験施設で実施)



床面に落下した溶融物はコンクリートと反応し(Molten Core Concrete Interaction, MCCI)、コンクリートを溶かしながらゆっくりと浸食

- ▶ 熱い溶融物と冷たいコンクリートを反応させ、どんな層構造ができ、どこまでウランが侵入するのか観察してみる



集光加熱装置(原子力科学研究所)

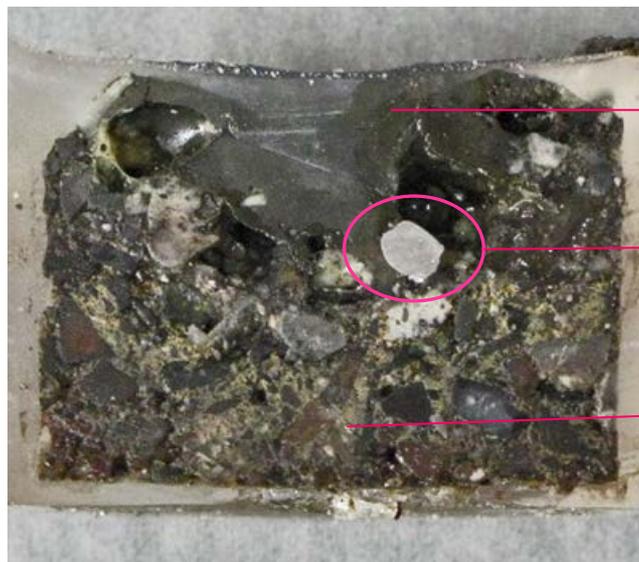
上部から下部にかけて、温度勾配を持った加熱
(MCCIの条件) が可能



動画紹介（※約4分の試験を1分に縮めています）



鉛直方向
に切断

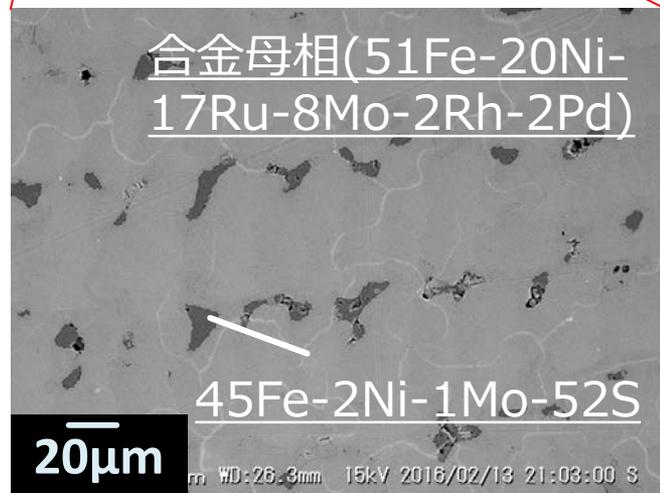
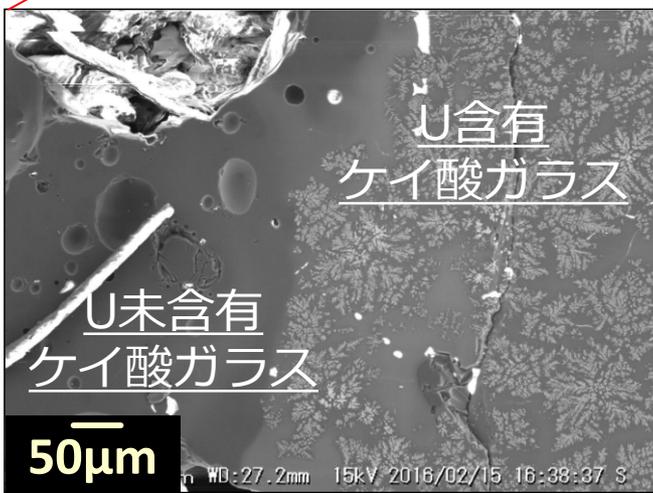
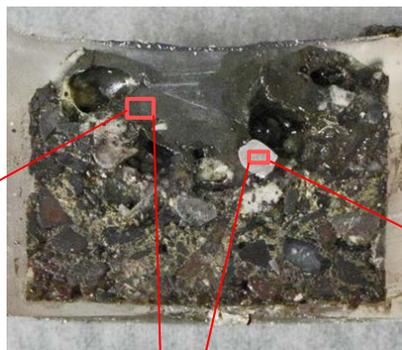


模擬溶融
燃料部分

金属の析出

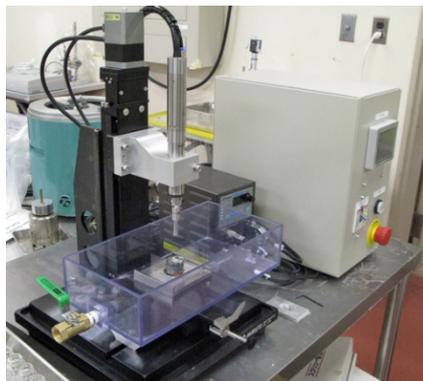
劣化した
コンクリート

$(U_{0.5}Zr_{0.5})O_2/Zr/SUS316L/B_4C/GdO_{1.5}/PGM$ /コンクリート試料断面



電子顕微鏡 組織観察像

模擬MCCI試料コア抜き試験



ボーリング装置外観



コア抜き時の様子

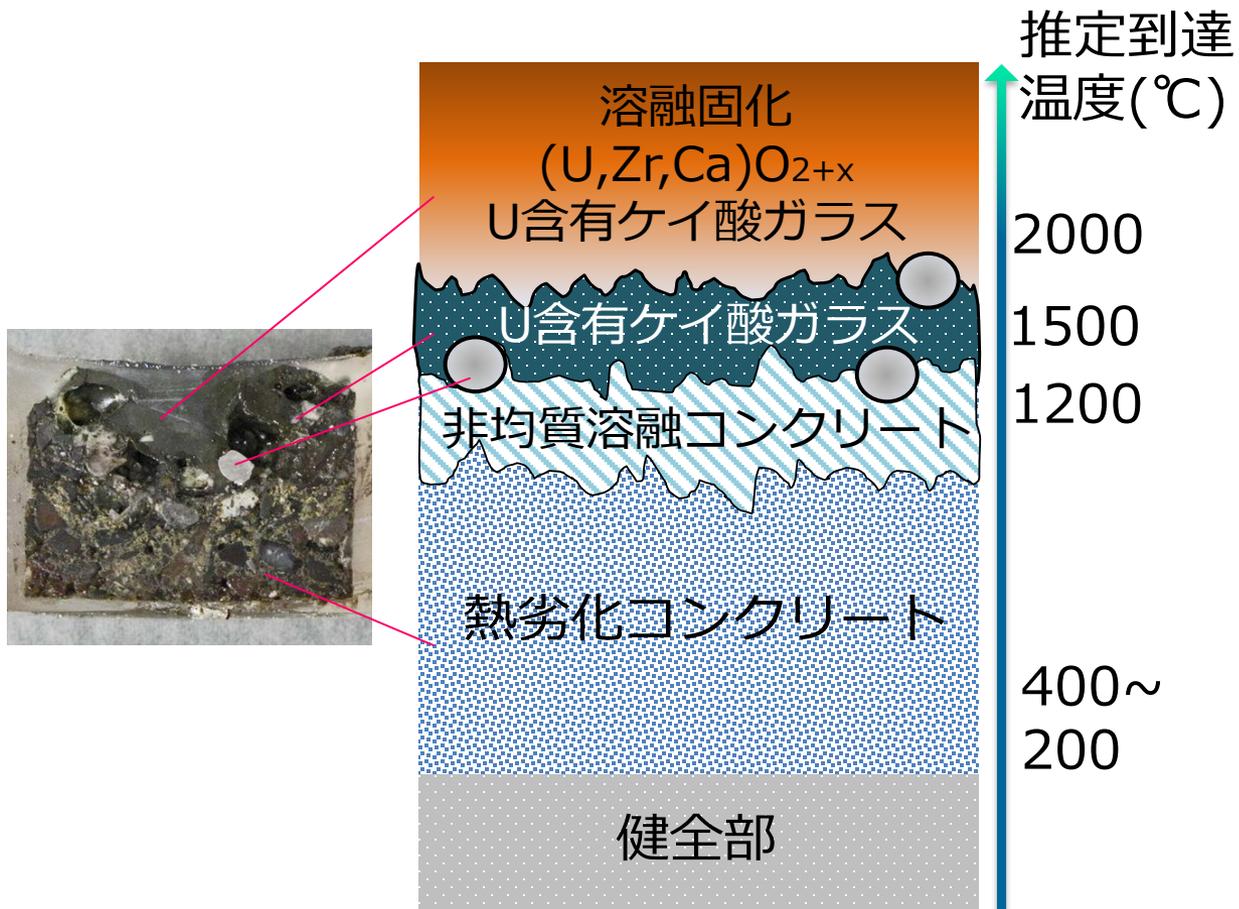


コア抜き後



コア抜き後試料断面

- 金属粒子部で、刃が食い込んで回転が止まってしまふ
- コンクリート部からCaOが溶け出し、水のpHが~10まで上昇



炉心溶融内部イメージ図

- ▶ 炉心溶融物とコンクリート界面付近では、場所によってはウラン成分が深く入り込む可能性
- ▶ 切削の際ビット等が合金粒子に食い込み、妨げになる可能性

- 1Fの条件下で、どのようなデブリがどのような形状で生成しているか、実験的に明らかにした。
- 実験データの一部は、解析シミュレーション結果と照らし合わせ、その妥当性を検討中
- 今回実験から明らかになったデブリ中の引け巣や合金の析出等の情報は、今後実機サンプリング結果等と合わせ、デブリ取り出しに向け、活用が期待できる。