

# 福島第一原子力発電所のサンプル分析について

2017年10月30日



東京電力ホールディングス株式会社



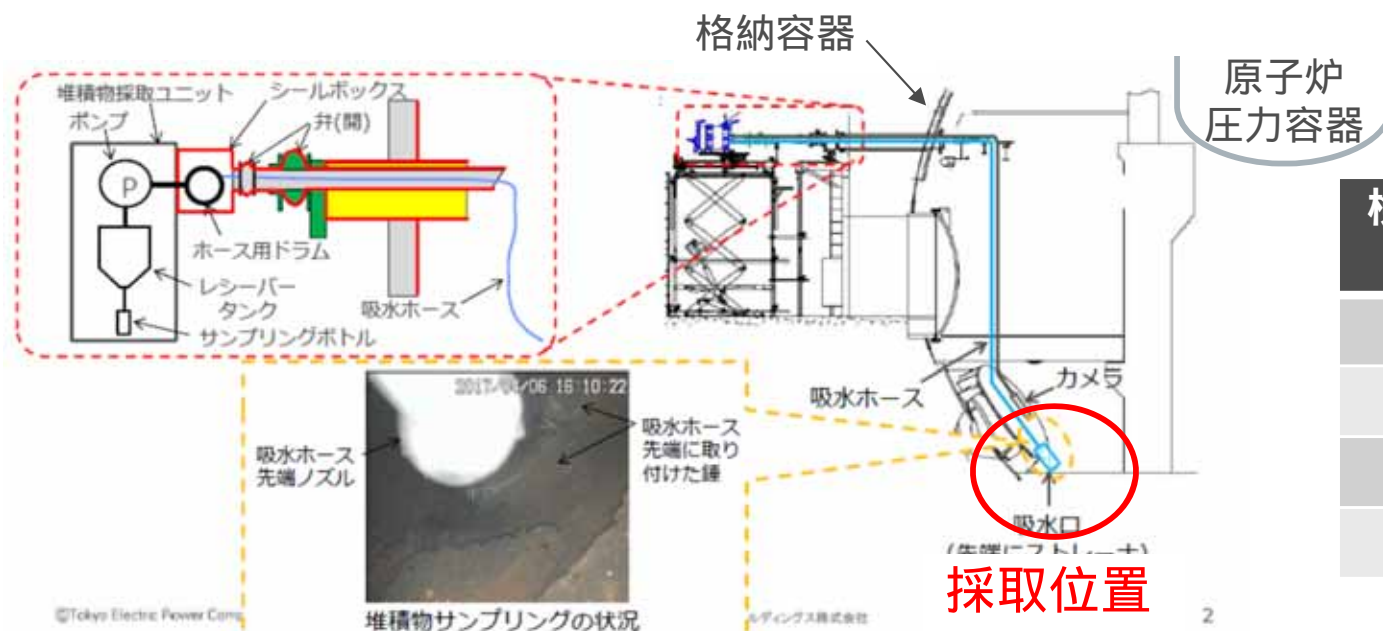
この資料では、技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID)および一般財団法人エネルギー総合工学研究所(IAE)による事業「廃炉・汚染水対策事業費補助金(総合的な炉内状況把握の高度化)」の成果を使用しています。

- 昨年度より開始の、資源エネルギー庁の補助事業「総合的な炉内状況把握の高度化」において、事故後の原子炉の状態推定に資するサンプル分析の実施が計画された。
- 2017年9月20日、東京電力HDは、1号機格納容器底部堆積物、2号機移動式炉心内計装(TIP)配管内閉塞物について、国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構(JAEA)大洗研究開発センター及び日本核燃料開発株式会社(NFD)へA型輸送を実施した。
- サンプルは、現在JAEA大洗およびNFDにそれぞれ、7サンプル、2サンプル引き渡されているが、JAEAにおいては、定検期間(9/22～10/16)後より走査型電子顕微鏡(SEM)分析の準備を進めており、NFDではSEMによる分析作業が開始されている。

施設	サンプル、数量	一次分析内容	追加分析候補
JAEA	1号機格納容器堆積物×3 2号機TIP配管内閉塞物×4	走査型電子顕微鏡 (SEM)分析	、核種分析 誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)、 X線回折(XRD)
NFD	1号機格納容器堆積物×1 2号機TIP配管内閉塞物×1	SEM分析	透過型電子顕微鏡(TEM)分析

● 1号機格納容器底部堆積物

- 1号機格納容器内部調査の一環として、原子炉格納容器底部の堆積物（浮遊物）を採取したもの（2017年4月採取）。サンプリング時の映像から、堆積物は固い層の上に浮遊物があることが確認でき、主に浮遊物の部分が回収されていると考えられる。
- 発電所内で簡易蛍光X線分析と核種分析を実施。
- 簡易蛍光X線分析で、構造材料等のほかにUを検出、Puは確認されていない。
- ガンマ核種分析を実施Cs-134、Cs-137、Co-60、Sb-125を確認。



検出された線核種	放射エネルギー [Bq/g]
Cs-134	3.5E+06
Cs-137	2.7E+07
Co-60	1.1E+05
Sb-125	7.0E+05

Ge半導体検出器による核種分析結果

砂岩状の固い堆積物の上に浮遊物が堆積

### [分析の目的]

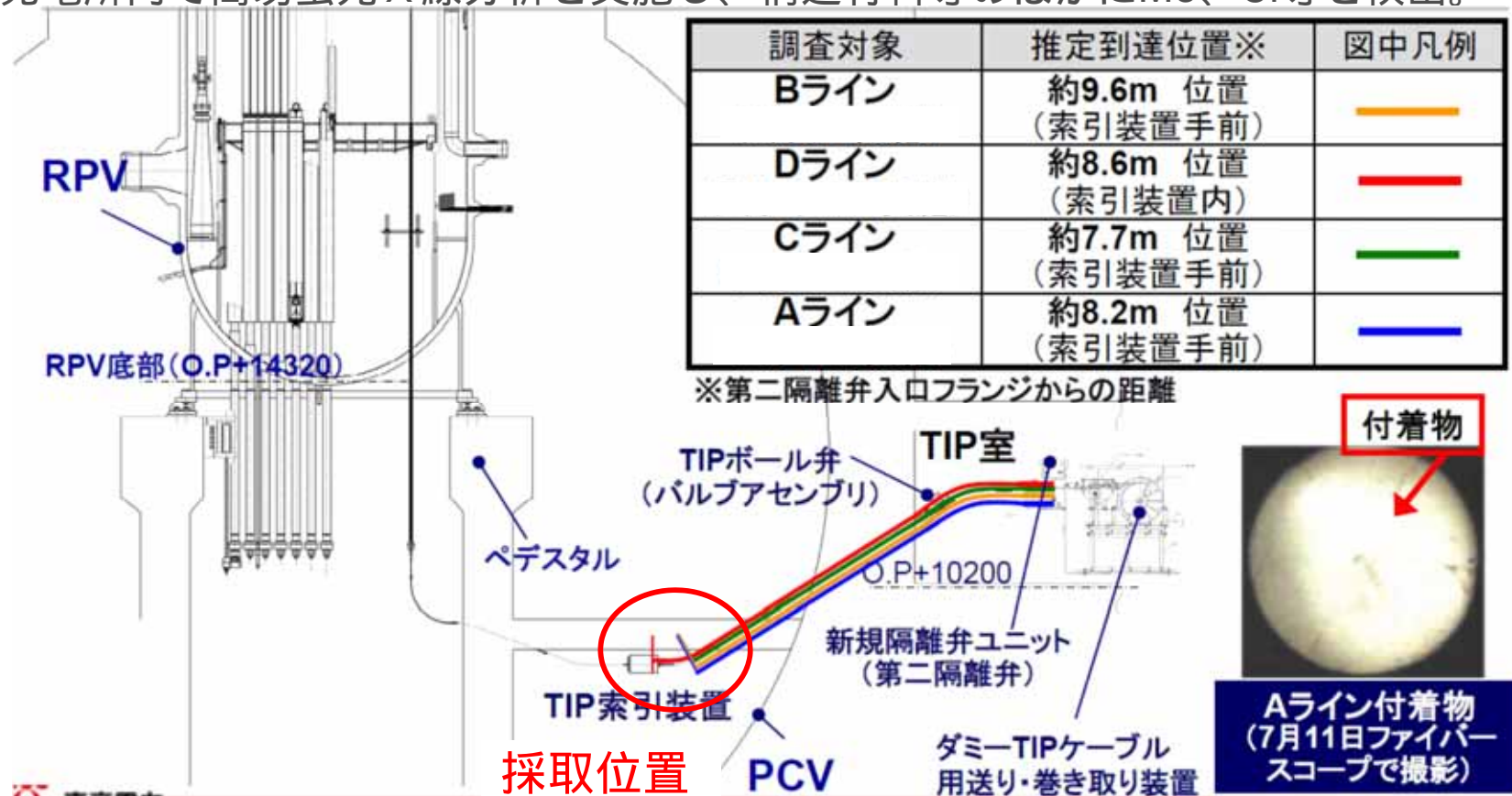
- 発電所内で実施した蛍光X線分析で存在を確認しているUについて、定量的な評価につなげるための分析を実施する。
- 今後の格納容器内部調査など廃炉作業を進める際に堆積物を撤去・保管することを想定し、その組成や放射エネルギーをあらかじめ確認しておく。
- なお、採取時の様子からは堆積物（浮遊物）が舞い上がる様子が確認されており、今回のサンプルは、主に浮遊性の物が採取されていると思われる。その下部には比較的硬い性状のものが存在しているが、この成分が混在している場合には、その性状についても知ることが出来る可能性がある。

### [分析結果の活用]

- SEMで試料の形状の観察や、サンプル表面の構成元素の分析を実施し、サンプルの由来（堆積物が事故初期に生成されたものか、事故後の冷却期間において生成されたものか、等）に関する情報を収集する。

● 2号機T I P配管内閉塞物

- 2013年に原子炉温度計設置のため原子炉炉心部に直接繋がっている配管であるT I P配管内をファイバースコープで観察し、配管に閉塞があることが確認された。その後追加調査で、ダミーケーブルを用い閉塞を貫通・除去することを試みた際に、その先端に付着したものを回収。
- 発電所内で簡易蛍光X線分析を実施し、構造材料等のほかにMo、Cl等を検出。

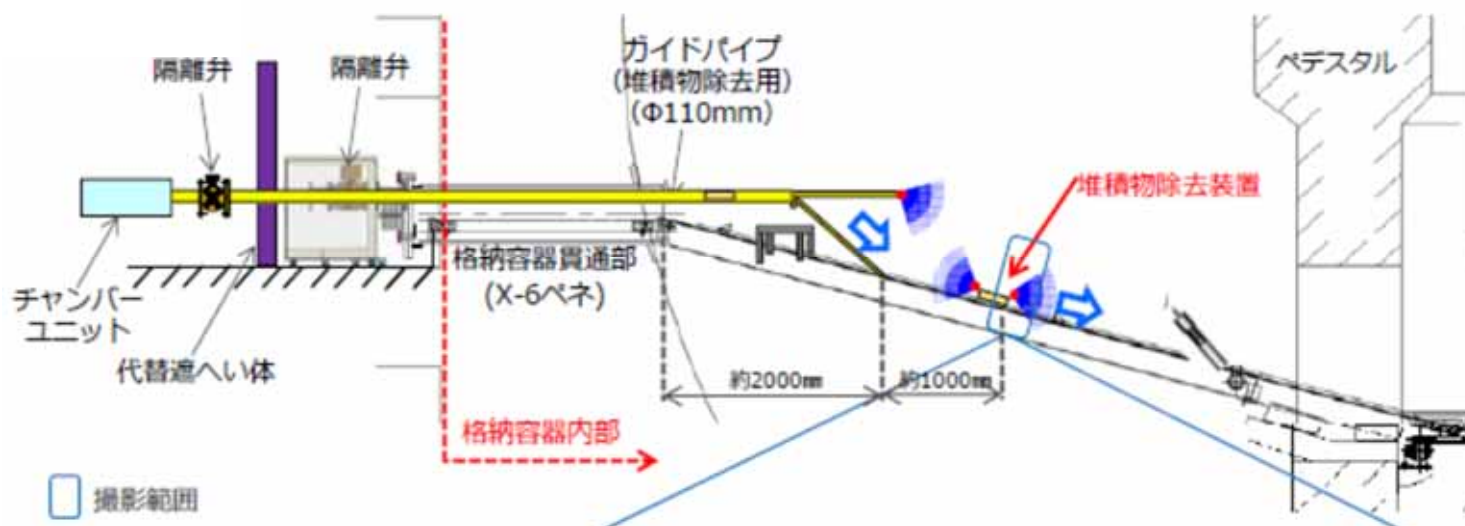


### [分析の目的]

- ステンレス鋼製のT I P案内管は燃料の溶融より低い温度で破損する可能性がある。そのため、採取された閉塞物は、事故初期に放出された核分裂生成物(FP)成分が流入したものと推定され、事故進展を推測する情報を得ることが出来る可能性がある。
- 2013年に発電所内で実施した蛍光X線分析では、Moが検出されている。この起源については、T I P配管内の潤滑剤、構造材、燃料内の析出物などが考えられるが、いずれに起因するかは判明していない。Moは $\text{Cs}_2\text{MoO}_4$ の形態として化合しやすいことが知られており、どの形態でMoが存在するか判明すれば、格納容器内外のセシウム分布の推定に役立つと考えられる。
- ウラン等が確認されれば、その分布は、廃炉の作業時の安全確保、工法検討の参考情報となる。
- 2号機由来の可能性が指摘されている、球状の不溶性セシウム粒子がサンプルに含まれ、その組成が確認されれば、事故進展の時間帯の特定などの情報となり、炉内状況把握に役立つ。
- SEMで試料の形状の観察や、サンプル表面の構成元素の分析を実施し、事故初期のFP放出挙動・沈着に関する情報を収集する。

● 2号機格納容器内部調査装置付着物

- 2017年2月に実施の2号機格納容器内部調査に使用した堆積物除去装置を、格納容器外に回収する際に通過した配管内下部から、綿棒で採取したサンプル。
- 堆積物除去装置が走行した制御棒駆動機構（CRD）交換レール上の堆積物を含んでいる可能性がある。
- 今後この経路を内部調査で使用する場合、堆積物除去を検討するための情報となる。
- ウランの情報が得られれば、デブリ分布の推定や、今後の廃炉作業時の参考となる。
- 現在輸送に向けた準備中



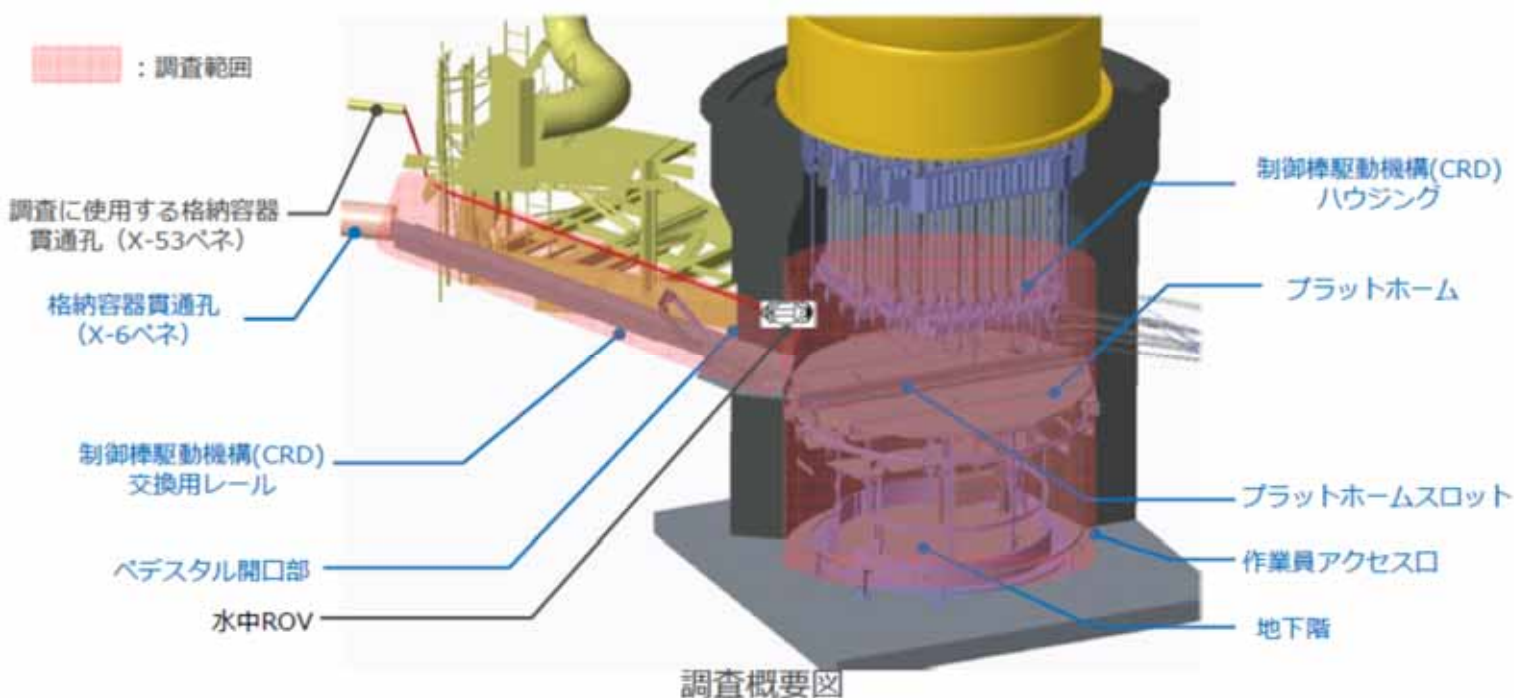
堆積物除去作業の概要図



サンプル回収時の配管内の状況

## 3号機格納容器内部調査 水中ロボット付着物

- 2017年7月に実施の3号機格納容器内部調査に使用した水中ロボットの表面をスミヤロ紙、綿棒で拭き取ったもの。調査中にロボットのスラスタの水流の影響で舞い上がった、ペDESTAL下方の堆積物等が、付着している可能性がある。
- ロボット調査で確認された映像と、付着物との関係から、組成が不明である固形物の生成メカニズムがわかり、廃炉やデブリ分布へのインプットとなる可能性がある。
- 現在輸送に向けた準備中

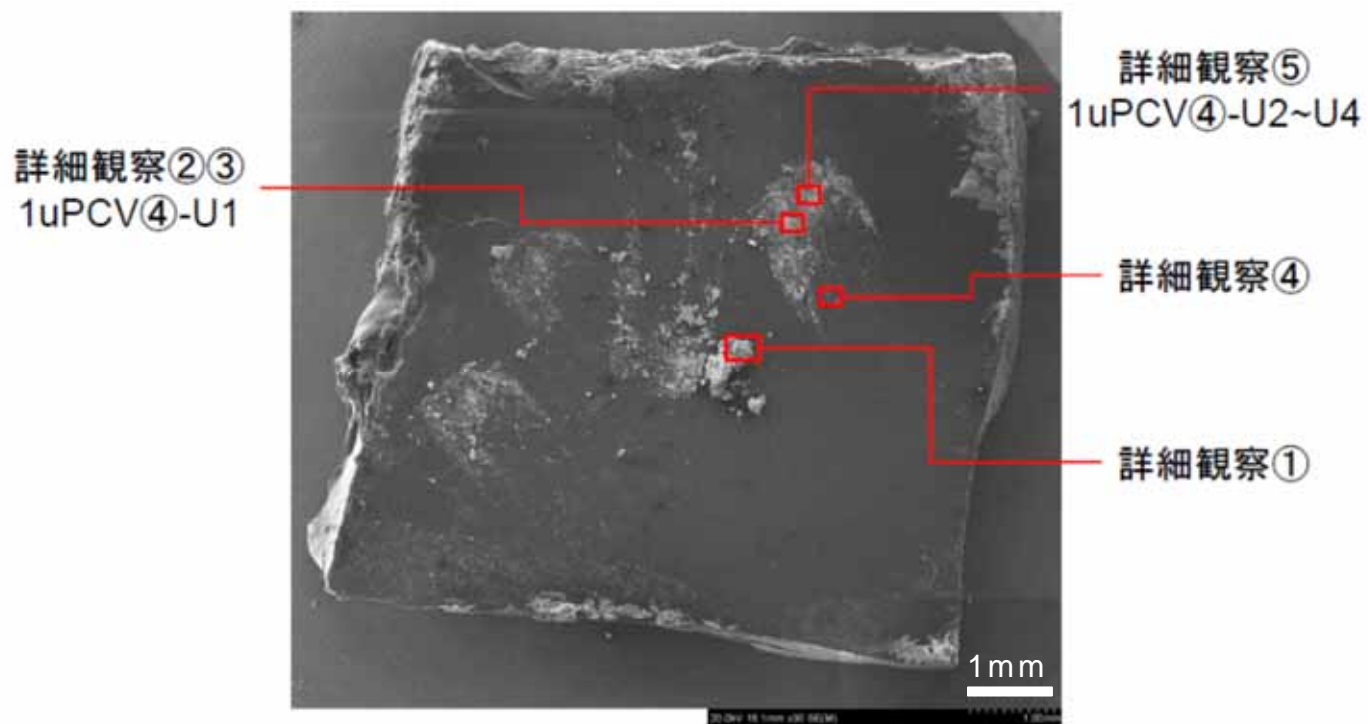


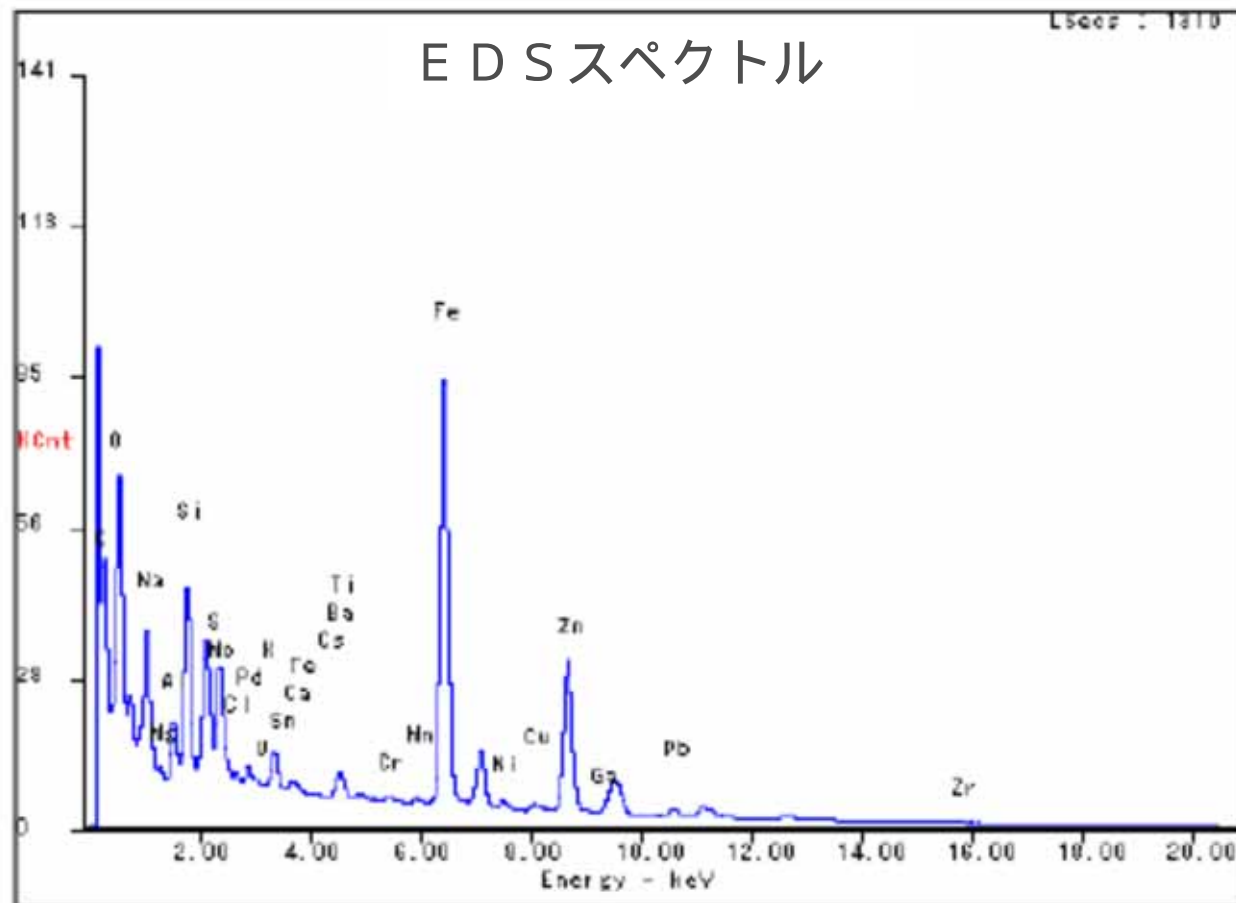
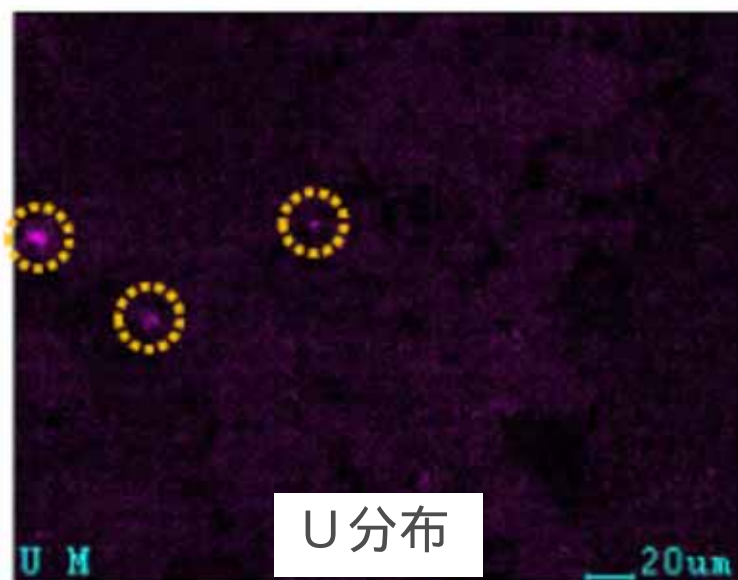
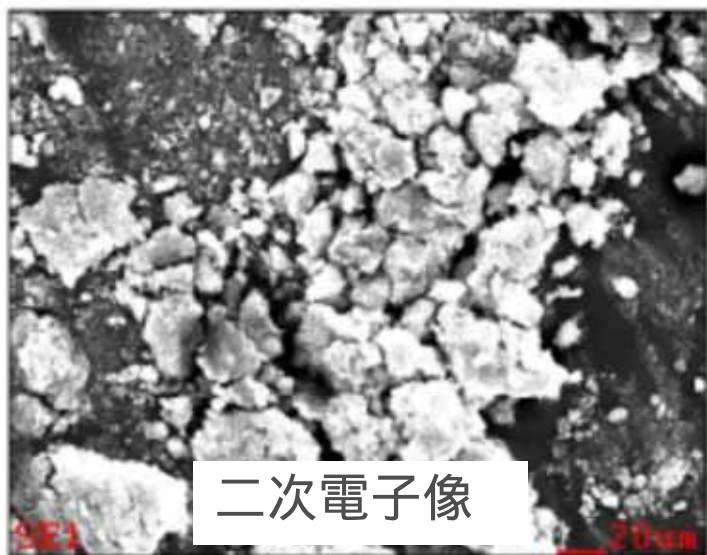
ロボット拭き取り状況



- 東京電力HDは、資源エネルギー庁の補助事業「総合的な炉内状況把握の高度化」と協働し、事故後の原子炉の状態推定に資するサンプル分析を進めている。
- 2017年9月20日、1号機格納容器底部堆積物、2号機TIP配管内閉塞物について、JAEA大洗研究開発センター及び日本核燃料開発株式会社（NFD）へA型輸送を実施した。
- サンプル分析、結果の評価は2017年度未完了予定。（補助事業完了）

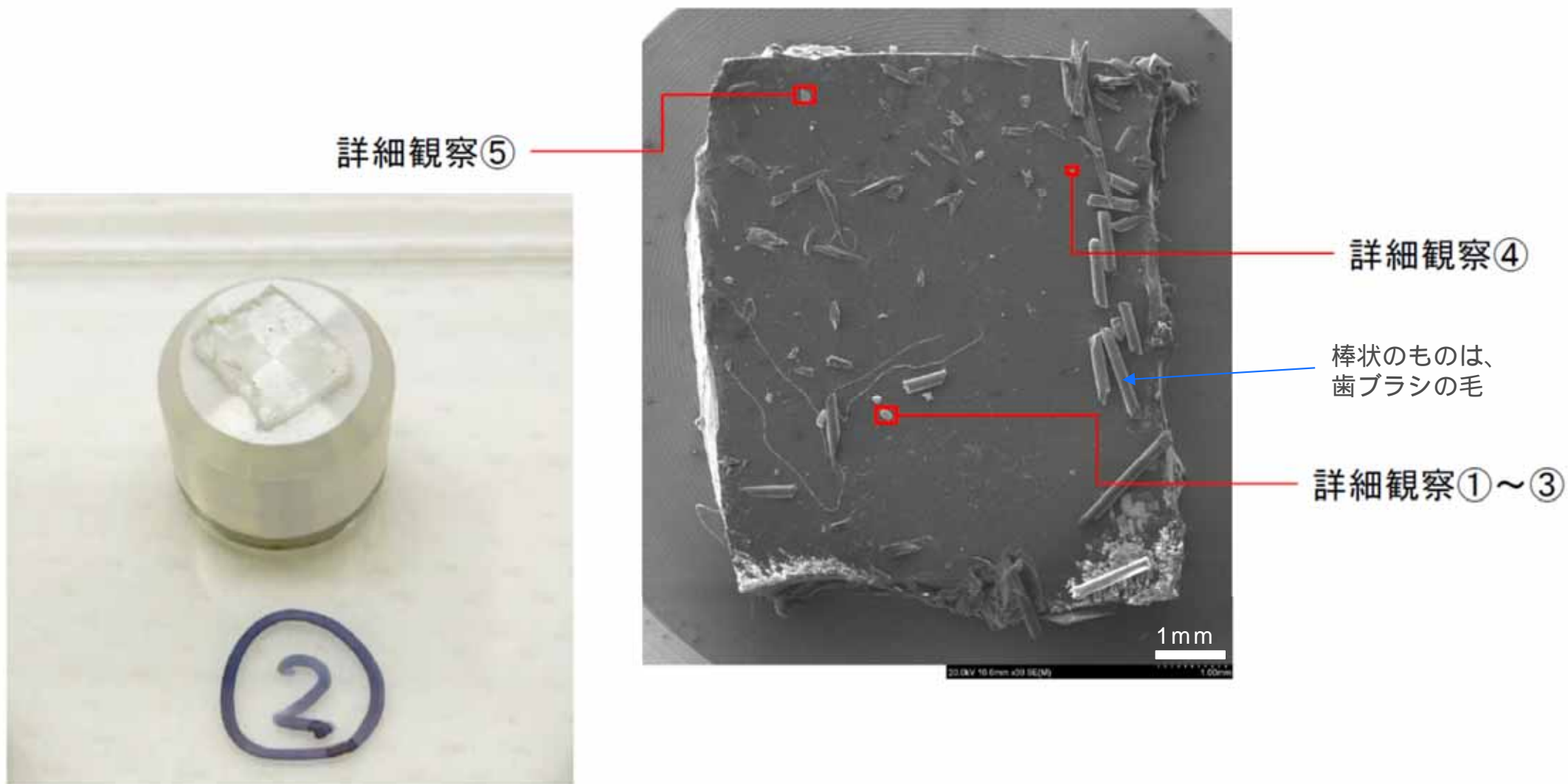
- サンプルの一部を粘着テープ上に付着させ、SEM観察のため表面をPtで蒸着。

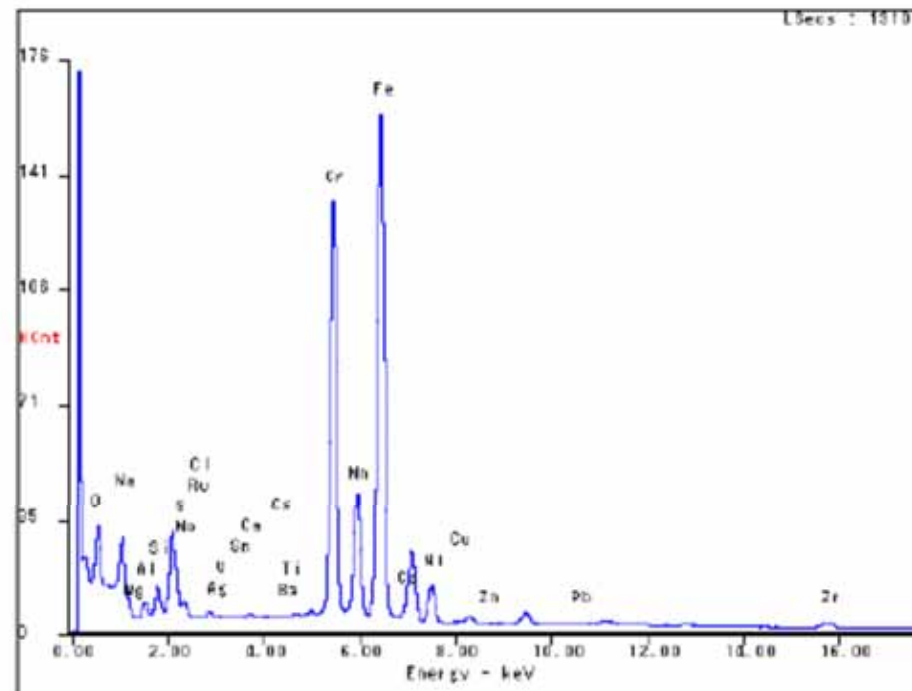
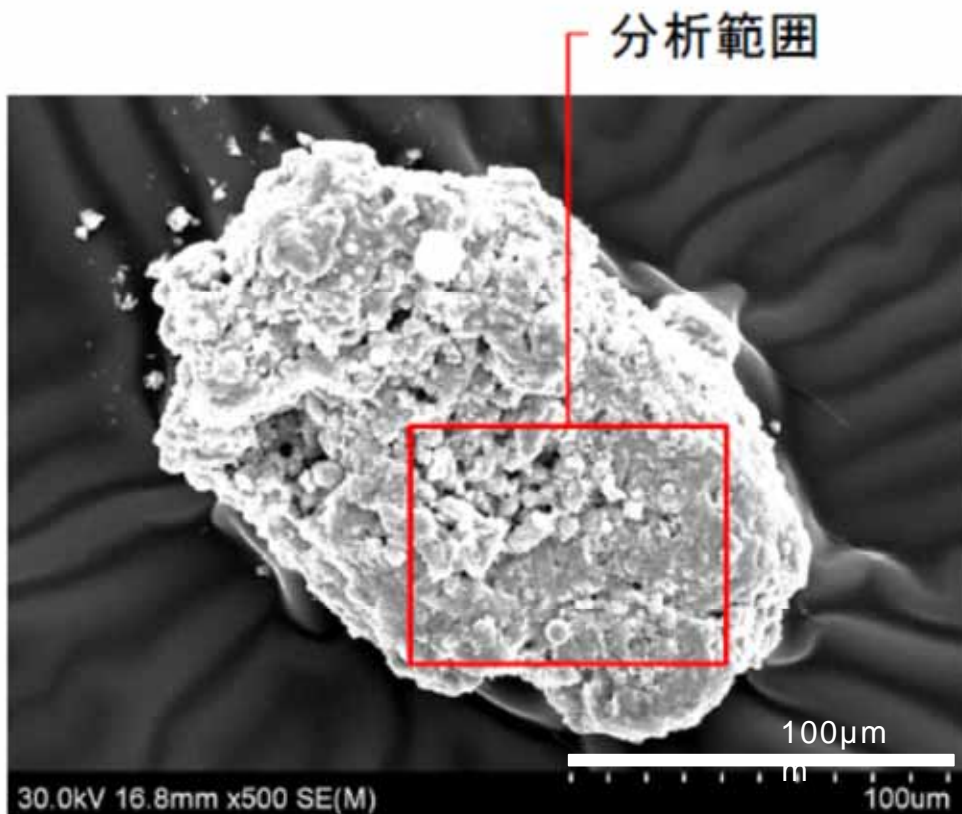




- μmオーダーのU粒子が確認されている
- 今後、TEM分析により詳細な情報を得ることを目指す。

- サンプルの一部を粘着テープ上に付着させ、SEM観察のため表面をPtで蒸着。





詳細観察①

同左面分析スペクトル

- Fe、Cr、Ni、Mn等の鉄鋼材料の構成元素に加え、炉内構造物や燃料被覆管の構成元素であるZrを検出