

本資料は、経済産業省「平成27年度補正予算廃炉・汚染水対策事業(総合的な炉内状況把握の高度化)」の研究の一部を含む。

特定原子力施設監視・評価検討会  
(第62回)  
資料3-2

# 1～3号機原子炉格納容器内部調査関連サンプル等の 分析結果

2018年8月10日

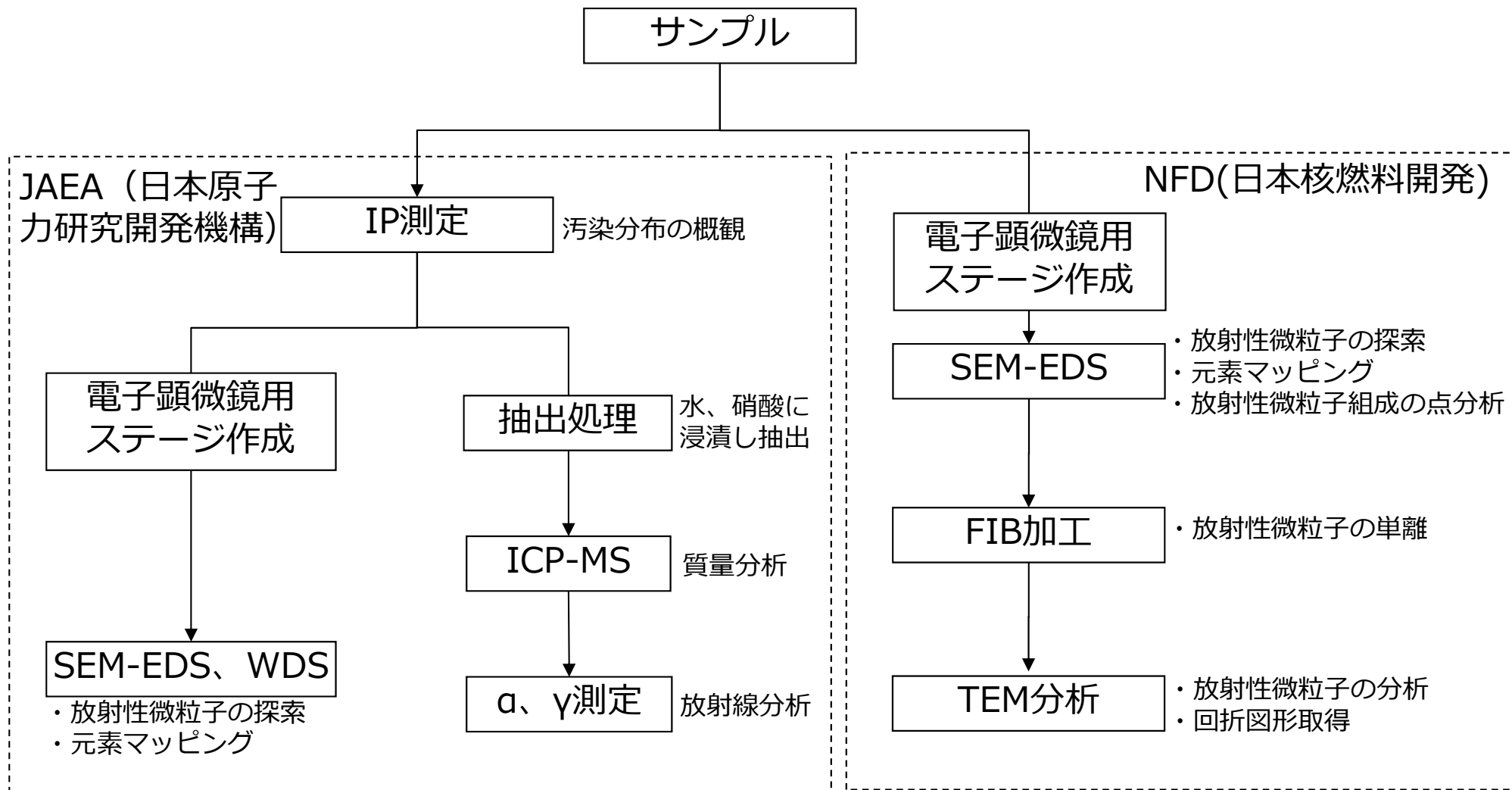


東京電力ホールディングス株式会社

- 福島第一原子力発電所では廃炉作業の進捗とともに、これまで高線量環境などの課題から得られていなかった、1～3号機格納容器内の固体試料のようなサンプルについても取得されるようになってきている。
- これらのサンプルを詳細に分析することで得られる情報は、核分裂生成物の化学的特性や、デブリ分布に関する検討など廃炉に役立つ知見となると考えられるため、東京電力HDは、廃炉・汚染水対策事業「総合的な炉内状況把握の高度化」と協働し、福島第一原子力発電所事故後の原子炉及び格納容器内の状態推定に活用すべく、サンプル分析を実施した。

	サンプル	概要	採取時期
①	1号機 格納容器底部堆積物	格納容器底部の堆積物（浮遊物）を吸引し採取	2017年4月
②	2号機 格納容器内部調査装置付着物	格納容器内部調査装置の付着物を拭き取り採取 ロボットが通過した、CRDレール上堆積物が付着している可能性	2017年2月
③	2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート	建屋最上階の床面に敷かれていた養生シートを採取	2014年3月
④	2号機 TIP配管内閉塞物	原子炉圧力容器に直接繋がっている配管の閉塞物を採取 炉心過熱後ごく初期の物質が流入している可能性	2013年7月
⑤	3号機 格納容器内部調査装置付着物	2017年7月に実施の3号機格納容器内部調査装置（水中ロボット）の表面を拭き取り採取	2017年7月

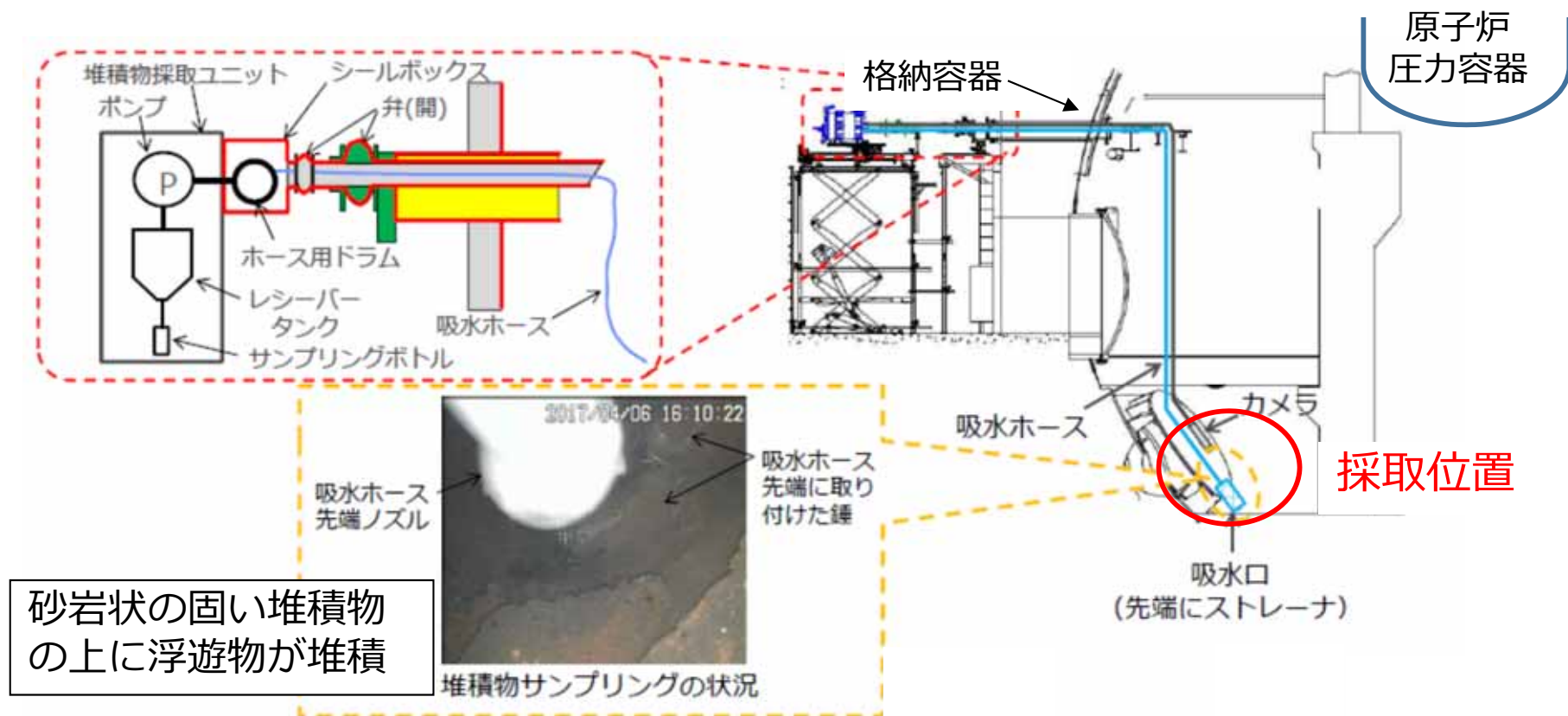
※ CRD：制御棒駆動機構、TIP：移動式炉心内計装系



※ IP: Imaging Plate(イメージングプレート)、 SEM: Scanning Electron Microscope (走査型電子顕微鏡)、 EDS: Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (エネルギー分散型X線分光法)、 WDS: Wavelength Dispersive X-ray Spectroscopy (波長分散型X線分光法)、 TEM: Transmission Electron Microscope (透過型電子顕微鏡)、 ICP-MS: Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (誘導結合プラズマ質量分析)、 FIB: Focused Ion Beam (集束イオンビーム)

### 3.1 ①1号機PCV底部堆積物（サンプル採取状況）

- 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を確認。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γ核種分析を実施。
- 簡易蛍光X線分析では、構造材料等のほかにUを検出、Puは確認されていない。
- ガンマ核種分析では、Cs-134、Cs-137、Co-60、Sb-125を確認。

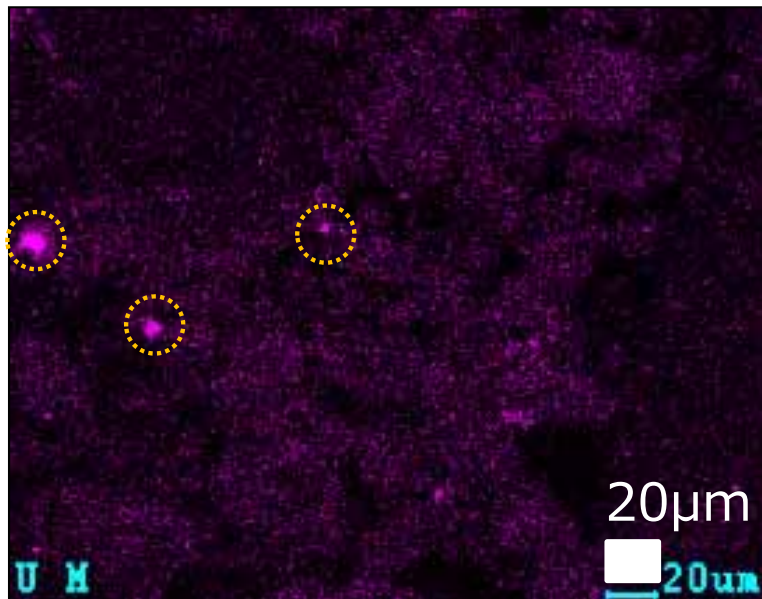


- サンプル全体の観察結果

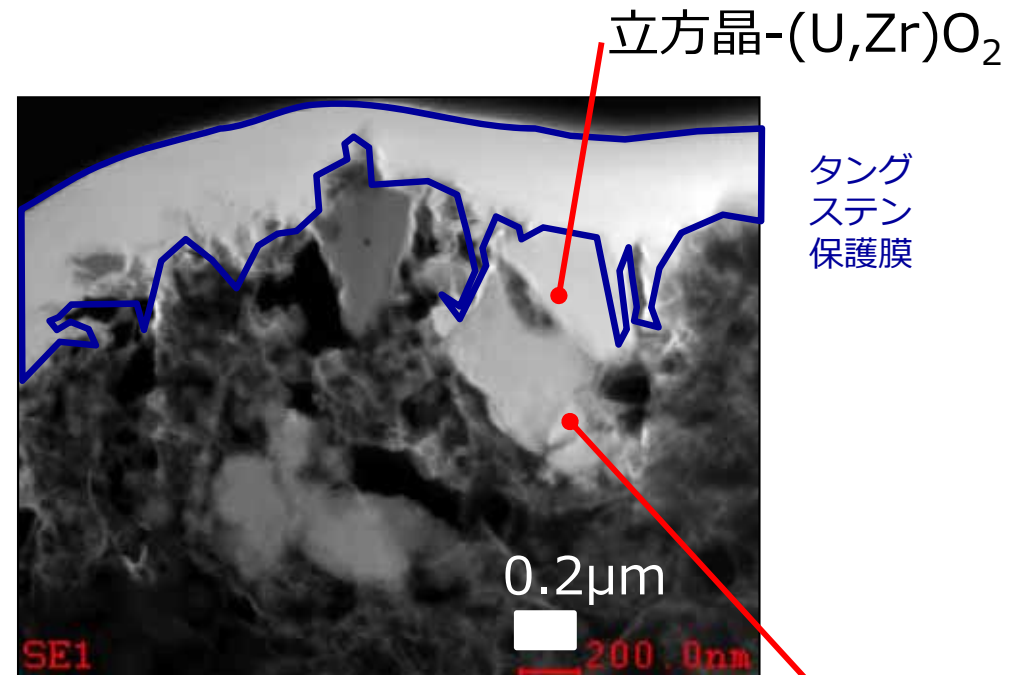
- SEM-EDS分析では、鉄さび上にU含有粒子が混在していることが確認された。
- 300 $\mu\text{m}$ ×200 $\mu\text{m}$ 程度領域の観察でU含有粒子を確認。（左下図黄色丸）  
ただし、領域平均で見るとU濃度は低く検出されない程度。
- ICP-MSの分析結果では、Feが多く次いでAl、Cu、Zn、Pb、Uなどを確認。

- U含有粒子の観察結果

- U含有粒子はUリッチな立方晶(U,Zr)O<sub>2</sub>、Zrリッチな正方晶(Zr,U)O<sub>2</sub>



SEM分析結果  
(U分布)

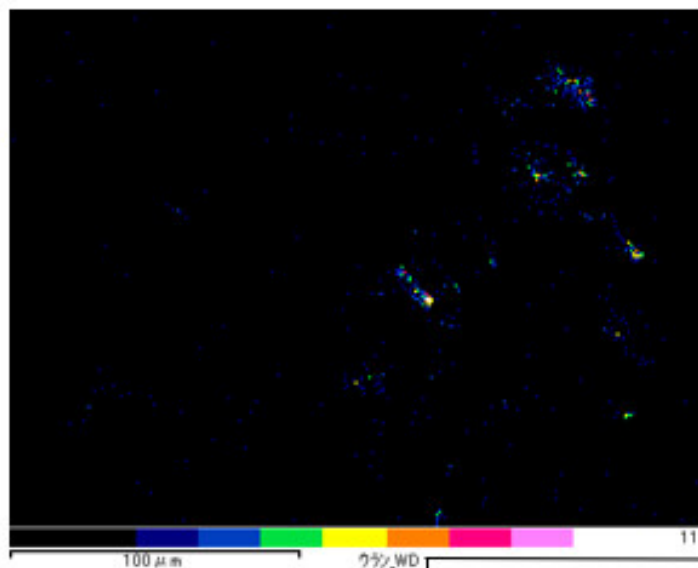


TEM分析結果

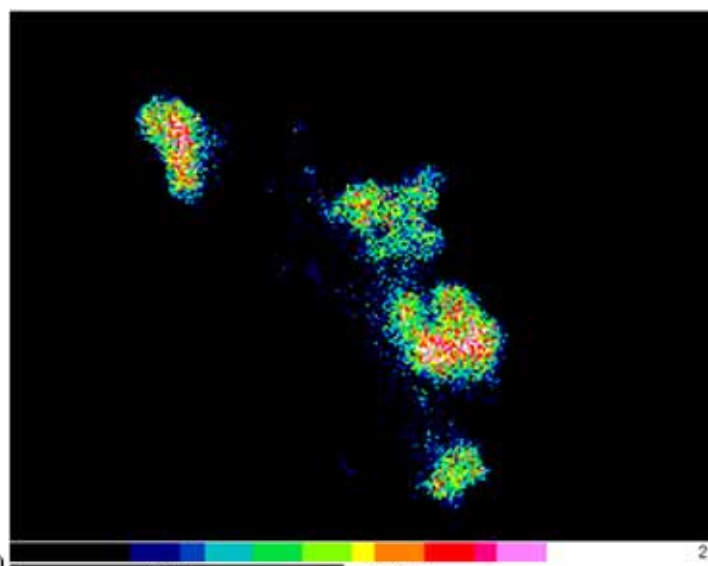
正方晶-(Zr,U)O<sub>2</sub>



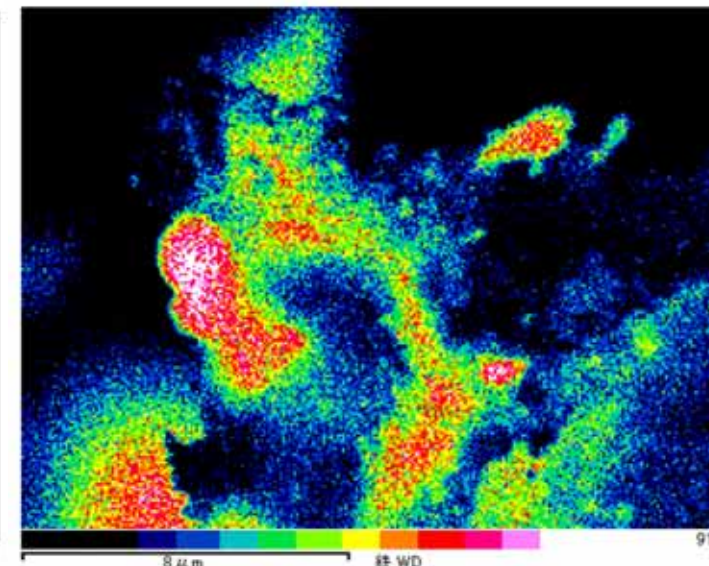
- 2017年2月に実施の2号機格納容器内部調査の際、使用した堆積物除去装置が通過した配管（ガイドパイプ）内下部から採取したサンプル。
- サンプル全体の観察結果
  - SEM-EDS分析の結果、鉄さび上にU含有粒子が混在していることが確認された。
  - 約300 $\mu\text{m}$ ×約200 $\mu\text{m}$ の領域平均で見るとU濃度は低く検出されない程度。
- U含有粒子の観察結果
  - Uと同位置にZr、近傍にはFe、Cr、Niなどが見られた。



SEM分析結果  
(U分布)

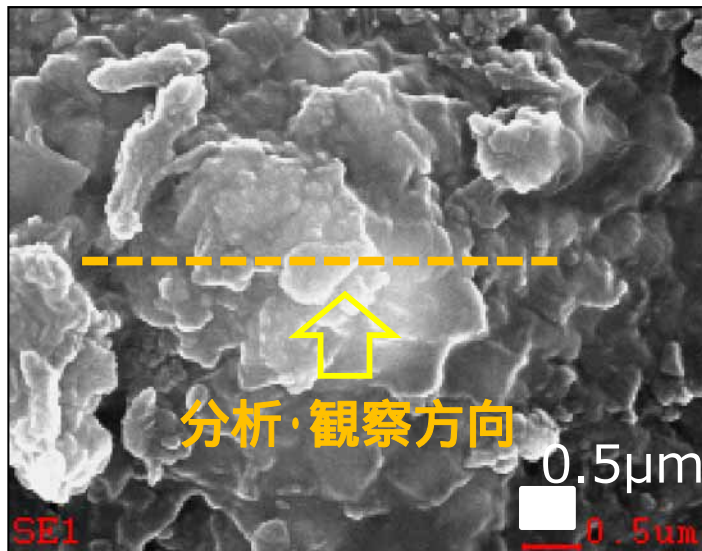


SEM分析結果  
(U分布、拡大)

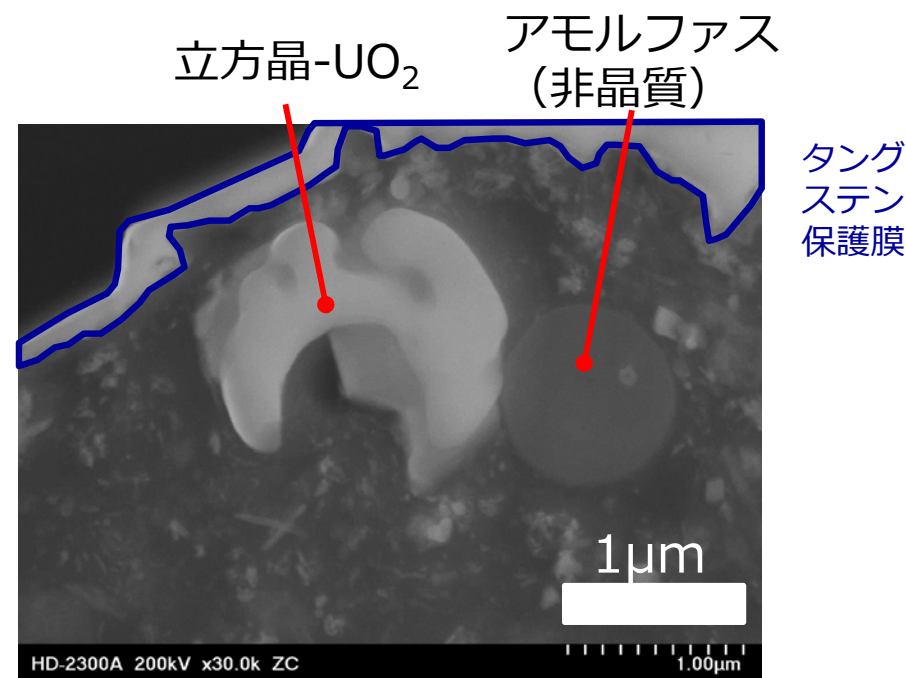


SEM分析結果  
(Fe分布、拡大)

- 2014年3月に2号機建屋最上階の床面に敷かれていた養生シートを採取
- サンプル全体の観察結果
  - SEM-EDSで養生シートに埋没したU含有粒子を確認。単離しTEM分析を実施。
  - ICP-MSの結果、海水成分（Na、Mg）の他、Fe、Alが多く検出された。
- U含有粒子の観察結果
  - U含有粒子はUリッチな立方晶(U,Zr)O<sub>2</sub>、立方晶UO<sub>2</sub>を確認。
  - U含有粒子の近傍に、養生シートに埋没した、ガラス質のSiO<sub>2</sub>を主成分とした微粒子を確認。



SEM分析結果  
(点線の断面をTEM分析)



TEM分析結果  
(Zコントラスト (原子番号コントラスト) )



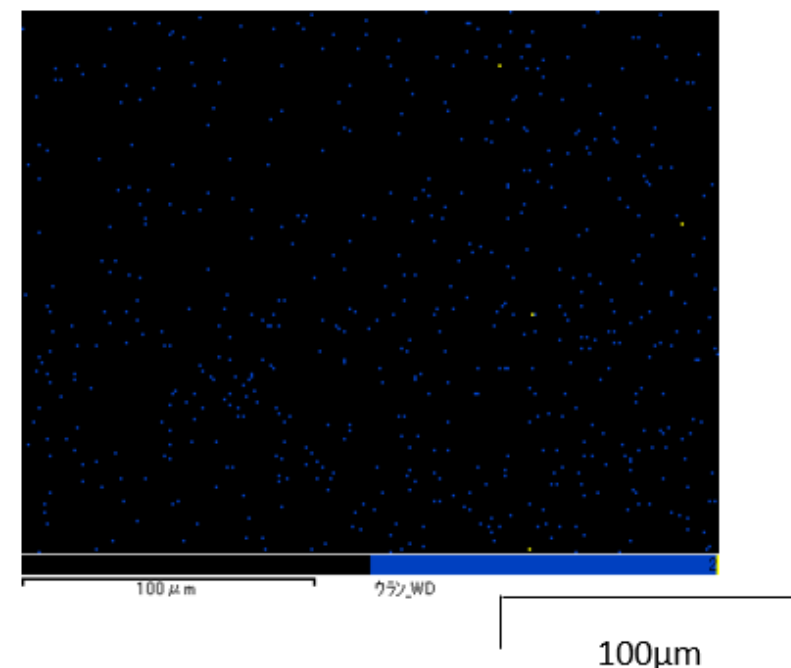
- 2013年に原子炉温度計設置のため原子炉の炉心部に直接繋がっている配管であるTIP配管内をファイバースコープで観察し、配管に閉塞があることを確認した。追加調査で、ダミーケーブルを用い閉塞を貫通・除去することを試みた際に、その先端に付着したものを回収。輸送時の分析では、 $\gamma$ 線がCo-60支配であることを確認。
- 発電所内で簡易蛍光X線分析を実施し、構造材料等のほかにMo、Cl等を検出。
- サンプル全体の観察結果
  - SEM-EDS分析の結果、U粒子は確認されていない。

**【参考①】ダミーTIPケーブル先端の付着物の状況** 8

対象	写真	状況
Bライン (7/8)		ダミーTIPケーブル先端部に付着物を確認。ダミーTIPケーブル先端部が広範囲に汚れていた。 $\gamma$ 線: 5mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 200mSv/h
Dライン (7/9)		ダミーTIPケーブル先端部に付着物を確認。ダミーTIPケーブル先端部が一部だけ汚れていた。 $\gamma$ 線: 14mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 30mSv/h
Cライン (7/10)		ダミーTIPケーブル先端部に付着物を確認。ダミーTIPケーブル先端部が広範囲に汚れていた。 $\gamma$ 線: 50mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 200mSv/h
Aライン (7/11)		ダミーTIPケーブル先端部に付着物を確認。ダミーTIPケーブル先端部が一部だけ汚れていた。 $\gamma$ 線: 17mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 45mSv/h
Dライン (7/19) 追加作業		ダミーTIPケーブルを引き抜き後、全体的に付着物を確認。 $\gamma$ 線: 95.0mSv/h、 $\gamma + \beta$ 線: 120.0mSv/h

東京電力 無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

付着物採取時の状況

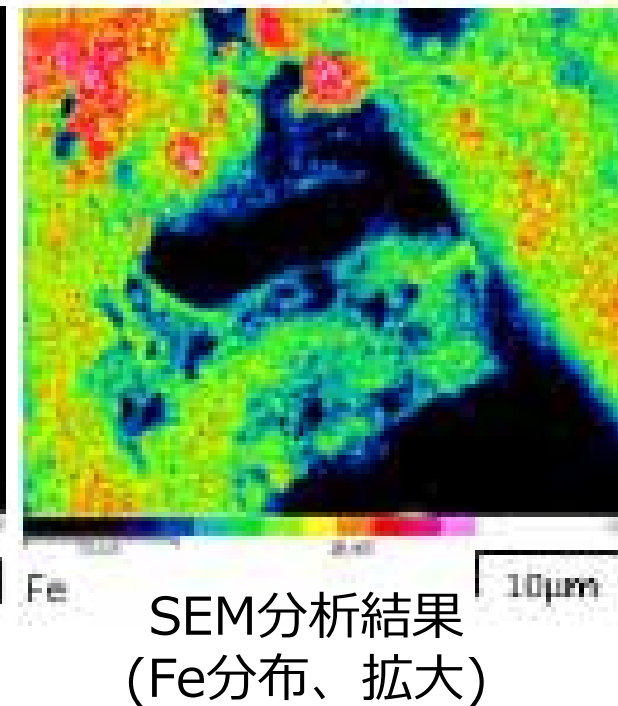
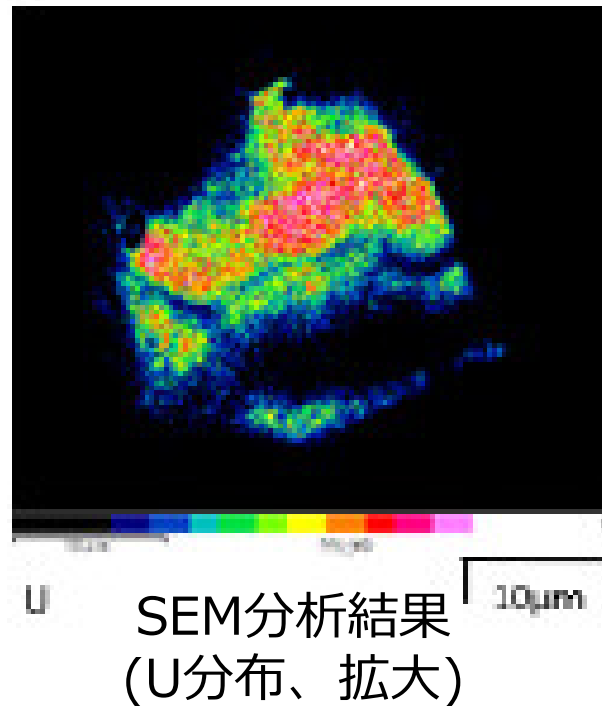
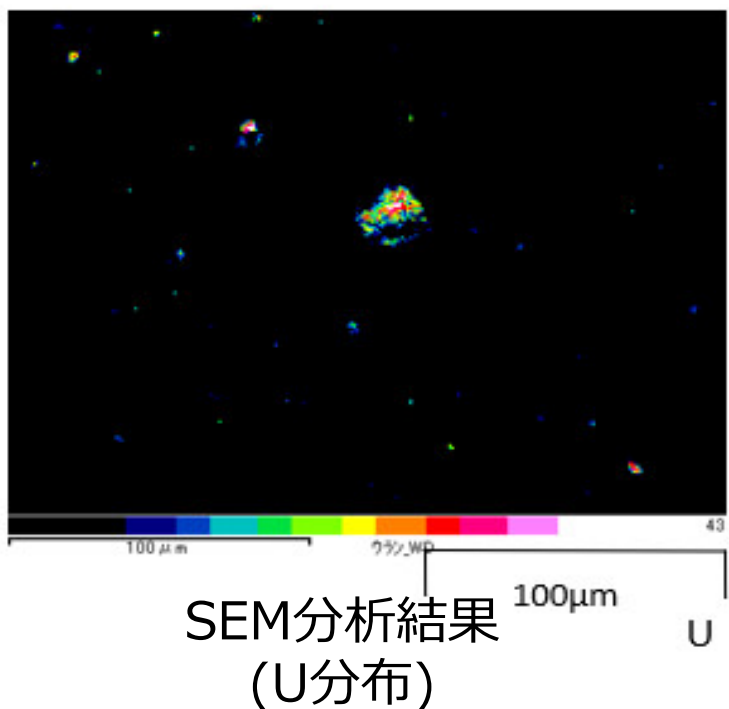


SEM分析結果  
(U分布)

100μm

U

- 2017年7月に実施した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拭き取ったもの。調査中にロボットのスラスタース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。
- サンプル全体の観察結果
  - SEM-EDS分析の結果、鉄さび上にU粒子が混在していることが確認された。
  - 約300 $\mu$ m $\times$ 約200 $\mu$ mの領域平均で見るとU濃度は低く検出されない程度。
- U含有粒子の観察結果
  - U含有粒子近傍にはFeなどが見られた。



- 東京電力HDでは、廃炉・汚染水対策事業「総合的な炉内状況把握の高度化」と協働して福島第一原子力発電所のサンプル分析を実施した。
- SEM-EDS分析の結果、TIP配管内閉塞物を除く各サンプル（①、②、③、⑤）から、U含有粒子が確認された。ただし、サンプルの平均的な濃度としては低いものであった。
- 1号機格納容器底部堆積物（①）、2号機オペレーティングフロア養生シート（②）について、TEM-EDS分析でU含有粒子の近傍を観察したところ、組成や結晶構造から熔融燃料のUリッチ相(U,Zr)O<sub>2</sub>、Zrリッチ相(Zr,U)O<sub>2</sub>を多く含んでいることがわかった。これらはスリーマイルアイランド2号機（TMI-2）の経験や、U-Zr系の状態図の知見から、存在が推定されていたもの。
- 2号機原子炉建屋西側壁開口後のオペレーティングフロア調査では、床面にα線放射核種による汚染が確認されている。α汚染源は、2号機オペレーティングフロア養生シート（②）で確認されたU含有粒子と同様な形状や性状を持った粒子である可能性がある。

# (参考1) 放射線測定結果

(単位 : μg)

測定試料	前処理	分析核種							分析核種	
		K-40	Co-60	Sb-125	Cs-134	Cs-137	Eu-154	Am-241	Pu-239	Cm-244
1号機 PCV底部堆積物	イオン交換水 †	1.7×10 <sup>4</sup>	1.0×10 <sup>-5</sup>	<LOD	8.8×10 <sup>-4</sup>	1.4×10 <sup>-1</sup>	<LOD	1.3×10 <sup>-1</sup>	6.6×10 <sup>-1</sup>	<LOD
	硝酸溶液 †	2.7×10 <sup>4</sup>	1.8×10 <sup>-4</sup>	1.2×10 <sup>-3</sup>	2.7×10 <sup>-3</sup>	4.2×10 <sup>-1</sup>	2.5×10 <sup>-4</sup>	5.8×10 <sup>-1</sup>	4.9×10 <sup>-1</sup>	2.0×10 <sup>-4</sup>
	硝酸溶液 浸漬後試料 *, **, †	<LOD	1.6×10 <sup>-7</sup>	2.1×10 <sup>-4</sup>	4.5×10 <sup>-4</sup>	6.0×10 <sup>-2</sup>	3.5×10 <sup>-6</sup>	<LOD	—	—
2号機 原子炉建屋 オペレーティング フロア養生シート (a)	イオン交換水(1) ‡	<LOD	<LOD	<LOD	8.9×10 <sup>-3</sup>	1.1	<LOD	3.2×10 <sup>-1</sup>	<LOD	<LOD
	イオン交換水(2) †	<LOD	<LOD	<LOD	9.4×10 <sup>-3</sup>	1.2	<LOD	3.0×10 <sup>-1</sup>	<LOD	<LOD
	硝酸溶液(1) ‡	<LOD	<LOD	<LOD	3.3×10 <sup>-3</sup>	3.9×10 <sup>-1</sup>	<LOD	2.9×10 <sup>-1</sup>	1.7	<LOD
	硝酸溶液(2) †	<LOD	<LOD	<LOD	3.7×10 <sup>-3</sup>	4.8×10 <sup>-1</sup>	<LOD	3.4×10 <sup>-1</sup>	4.8×10 <sup>-1</sup>	<LOD
	硝酸溶液 浸漬後試料*, †	<LOD	4.0×10 <sup>-8</sup>	8.0×10 <sup>-4</sup>	2.6×10 <sup>-4</sup>	3.9×10 <sup>-2</sup>	<LOD	<LOD	—	—
2号機 原子炉建屋 オペレーティング フロア養生シート (b)	イオン交換水(1) ‡	<LOD	<LOD	<LOD	6.2×10 <sup>-3</sup>	7.9×10 <sup>-1</sup>	<LOD	2.7×10 <sup>-2</sup>	<LOD	<LOD
	イオン交換水(2) †	<LOD	<LOD	<LOD	5.0×10 <sup>-3</sup>	6.2×10 <sup>-1</sup>	<LOD	2.0	<LOD	<LOD
	硝酸溶液(1) †	<LOD	<LOD	<LOD	2.3×10 <sup>-3</sup>	2.9×10 <sup>-1</sup>	<LOD	6.4×10 <sup>-1</sup>	<LOD	<LOD
	硝酸溶液(2) †	<LOD	<LOD	3.9×10 <sup>-4</sup>	2.5×10 <sup>-3</sup>	3.0×10 <sup>-1</sup>	<LOD	3.9×10 <sup>-1</sup>	<LOD	<LOD
	硝酸溶液 浸漬後試料*, †	<LOD	8.7×10 <sup>-7</sup>	7.1×10 <sup>-4</sup>	3.7×10 <sup>-4</sup>	3.9×10 <sup>-2</sup>	<LOD	<LOD	—	—
2号機 原子炉建屋 オペレーティング フロア養生シート (c)	イオン交換水(1) †	<LOD	<LOD	<LOD	1.6×10 <sup>-3</sup>	2.1×10 <sup>-1</sup>	<LOD	3.7×10 <sup>-1</sup>	<LOD	<LOD
	硝酸溶液(1) †	2.6×10 <sup>4</sup>	<LOD	<LOD	4.0×10 <sup>-4</sup>	4.9×10 <sup>-2</sup>	<LOD	1.5×10 <sup>-1</sup>	1.6×10 <sup>-1</sup>	<LOD
	硝酸溶液 浸漬後試料*, †	<LOD	3.9×10 <sup>-8</sup>	2.8×10 <sup>-4</sup>	1.7×10 <sup>-4</sup>	1.9×10 <sup>-4</sup>	<LOD	<LOD	—	—

※1 <LOD (Limit of detection) : 検出限界未滿

※2 試料 (1号機PCV堆積物試料は、試料採取に使用した約1cm角のウエスを含む。2号機養生シートは、約1cm角の養生シートを試料とした。) をイオン交換水(又は硝酸)に浸漬後、40mLに希釈したものを測定。測定用試料を2つ調製し、それぞれ測定した場合は、(1)、(2)として、両方の結果を記載した。

※3 α線分析については、試料毎に表面状態が異なるとともに、検出効率も異なると考えられるが、いずれの測定試料も標準試料と検出効率が等しいと仮定し、評価した分析値である。

\* 標準試料と測定試料で形状が異なるが、検出効率が等しいと仮定し、評価した分析結果である。

\*\* 1号機格納容器堆積物はウエスに付着した状態で搬入されており、そのままの状態の前処理に供した。硝酸溶液への浸漬の影響によりウエスの形状を維持できなくなったため、ウエスの小片が付着したフィルタを測定に供した。

† γ線分析の測定日 : 2018年1月

‡ γ線分析の測定日 : 2017年12月

(参考2) ICP-MS分析結果 (質量数 ~67)

(単位 : μg)

測定試料	1号機PCV底部堆積物		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(a)		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(b)		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(c)	
	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液
Li-6	<LOQ	<LOQ	3.6×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	1.7×10 <sup>-3</sup>	1.0×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	<LOQ
Li-7	4.8×10 <sup>-3</sup>	2.7×10 <sup>-2</sup>	5.5×10 <sup>-2</sup>	1.9×10 <sup>-2</sup>	3.3×10 <sup>-2</sup>	1.5×10 <sup>-2</sup>	1.1×10 <sup>-2</sup>	6.7×10 <sup>-3</sup>
B-10	4.2×10 <sup>-2</sup>	6.1×10 <sup>-1</sup>	6.6×10 <sup>-2</sup>	2.1×10 <sup>-1</sup>	5.4×10 <sup>-2</sup>	1.3×10 <sup>-1</sup>	4.9×10 <sup>-2</sup>	8.8×10 <sup>-2</sup>
B-11	1.9×10 <sup>-1</sup>	<u>2.4</u>	2.7×10 <sup>-1</sup>	<u>8.3×10<sup>-1</sup></u>	2.2×10 <sup>-1</sup>	5.3×10 <sup>-1</sup>	2.0×10 <sup>-1</sup>	3.7×10 <sup>-1</sup>
Na-23	<u>2.6×10<sup>1</sup></u>	<u>1.9×10<sup>1</sup></u>	<u>9.9×10<sup>1</sup></u>	2.1×10 <sup>1</sup>	<u>5.3×10<sup>1</sup></u>	<u>1.3×10<sup>1</sup></u>	2.3×10 <sup>1</sup>	<u>1.8×10<sup>1</sup></u>
Mg-24	2.0×10 <sup>1</sup>	3.5×10 <sup>1</sup>	1.2×10 <sup>1</sup>	1.4×10 <sup>1</sup>	1.2×10 <sup>1</sup>	1.9×10 <sup>1</sup>	4.8	1.2×10 <sup>1</sup>
Mg-25	6.2×10 <sup>-1</sup>	4.3	1.5	1.7	7.0×10 <sup>-1</sup>	7.5×10 <sup>-1</sup>	4.3×10 <sup>-1</sup>	7.0×10 <sup>-1</sup>
Mg-26	7.0×10 <sup>-1</sup>	4.9	<LOQ	2.1	1.7	2.3	4.9×10 <sup>-1</sup>	1.7
Al-27	9.4	8.2×10 <sup>1</sup>	5.0	1.2×10 <sup>1</sup>	2.4×10 <sup>1</sup>	9.9	3.6×10 <sup>-1</sup>	5
Ca-43	1.2×10 <sup>-2</sup>	1.8×10 <sup>-2</sup>	2.7×10 <sup>-2</sup>	3.1×10 <sup>-2</sup>	1.4×10 <sup>-2</sup>	2.5×10 <sup>-2</sup>	6.5×10 <sup>-3</sup>	1.9×10 <sup>-2</sup>
Ca-44	2.1×10 <sup>-1</sup>	3.9×10 <sup>-1</sup>	5.6×10 <sup>-1</sup>	6.3×10 <sup>-1</sup>	3.1×10 <sup>-1</sup>	5.2×10 <sup>-1</sup>	1.2×10 <sup>-1</sup>	3.9×10 <sup>-1</sup>
Sc-45	<LOQ	2.8×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ti-47	<LOQ	9.1×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	2.6×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	1.9×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	5.7×10 <sup>-3</sup>
Ti-49	1.3×10 <sup>-3</sup>	6.8×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	1.9×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	1.2×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	4.6×10 <sup>-3</sup>
Cr-52	4.7×10 <sup>-2</sup>	1.4	1.4×10 <sup>-1</sup>	1.2	6.3×10 <sup>-2</sup>	2.9×10 <sup>-1</sup>	6.0×10 <sup>-2</sup>	3.7×10 <sup>-1</sup>
Cr-53	5.0×10 <sup>-3</sup>	2.0×10 <sup>-1</sup>	1.6×10 <sup>-2</sup>	1.4×10 <sup>-1</sup>	7.4×10 <sup>-3</sup>	3.2×10 <sup>-2</sup>	5.5×10 <sup>-3</sup>	4.3×10 <sup>-2</sup>
Mn-55	3.5×10 <sup>-1</sup>	7.9	6.5×10 <sup>-1</sup>	7.5×10 <sup>-1</sup>	3.1×10 <sup>-1</sup>	4.7×10 <sup>-1</sup>	3.6×10 <sup>-2</sup>	2.0×10 <sup>-1</sup>
Fe-56	<LOQ	<u>1.4×10<sup>3</sup></u>	2.4	5.7×10	<LOQ	3.4×10 <sup>1</sup>	<LOQ	1.4×10
Fe-57	<LOQ	<u>1.5×10<sup>1</sup></u>	7.0×10 <sup>-2</sup>	1.2	<LOQ	1.0	<LOQ	3.7×10 <sup>-1</sup>
Co-59	1.0×10 <sup>-2</sup>	2.3×10 <sup>-1</sup>	6.7×10 <sup>-1</sup>	4.8×10 <sup>-1</sup>	2.6×10 <sup>-1</sup>	2.9×10 <sup>-1</sup>	3.5×10 <sup>-2</sup>	1.0×10 <sup>-1</sup>
Ni-60	1.2×10 <sup>-1</sup>	6.9	1.4×10 <sup>-1</sup>	2.1×10 <sup>-1</sup>	5.2×10 <sup>-2</sup>	1.3×10 <sup>-1</sup>	1.6×10 <sup>-2</sup>	7.9×10 <sup>-2</sup>
Ni-61	5.7×10 <sup>-3</sup>	3.1×10 <sup>-1</sup>	6.1×10 <sup>-3</sup>	9.5×10 <sup>-3</sup>	2.4×10 <sup>-3</sup>	6.9×10 <sup>-3</sup>	9.6×10 <sup>-4</sup>	3.7×10 <sup>-3</sup>
Ni-62	1.6×10 <sup>-2</sup>	1.0	2.1×10 <sup>-2</sup>	2.9×10 <sup>-2</sup>	7.5×10 <sup>-3</sup>	1.8×10 <sup>-2</sup>	2.0×10 <sup>-3</sup>	1.1×10 <sup>-2</sup>
Cu-63	3.3×10 <sup>-1</sup>	3.2×10 <sup>-1</sup>	1.8	2.5	5.7×10 <sup>-1</sup>	1.9	1.6×10 <sup>-1</sup>	5.3×10 <sup>-1</sup>
Cu-65	1.5×10 <sup>-1</sup>	1.3×10 <sup>-1</sup>	5.3×10 <sup>-1</sup>	1.0	2.5×10 <sup>-1</sup>	6.8×10 <sup>-1</sup>	7.0×10 <sup>-2</sup>	2.3×10 <sup>-1</sup>
Zn-66	2.6×10 <sup>-1</sup>	2.1×10 <sup>2</sup>	4.5	5.1	2.0	3.4	2.0×10 <sup>-1</sup>	9.4×10 <sup>-1</sup>
Zn-67	3.1	2.5×10 <sup>1</sup>	5.6×10 <sup>-1</sup>	6.5×10 <sup>-1</sup>	2.4×10 <sup>-1</sup>	3.8×10 <sup>-1</sup>	2.8×10 <sup>-2</sup>	1.3×10 <sup>-1</sup>

※1 <LOQ (Limit of quantitation) : 定量下限未満

※2 下線付きの数値は検量線を超え、外挿により評価しているため、参考値とする。

※3 試料 (1号機PCV堆積物試料は、試料採取に使用した約1cm角のウエスを含む。2号機養生シートは、約1cm角の養生シートを試料とした。) をイオン交換水(又は硝酸)に浸漬後、40mLに希釈したものを測定。

※4 表に示す質量数以外の多数の質量数においても、有意なカウントが得られたが、分子イオンを検出している可能性が高い、または、複数の元素を検出しているために定量値を示すことができないとの理由により、表中に記載しなかった。



# (参考2) ICP-MS分析結果 (質量数 68~130)

(単位 :  $\mu\text{g}$ )

測定試料	1号機PCV底部堆積物		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(a)		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(b)		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(c)	
	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液
Zn-68	$1.6 \times 10^1$	$1.3 \times 10^2$	3.1	3.3	1.2	2.2	$1.2 \times 10^{-1}$	$5.7 \times 10^{-1}$
Zn-70	$5.5 \times 10^{-1}$	4.9	$9.2 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-1}$	$3.5 \times 10^{-2}$	$6.0 \times 10^{-2}$	$4.9 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-2}$
Sr-84	<LOQ	$2.5 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-3}$	$1.9 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-3}$	<LOQ	$1.1 \times 10^{-3}$
Rb-85	$4.5 \times 10^{-3}$	$4.4 \times 10^{-2}$	$1.4 \times 10^{-1}$	$4.3 \times 10^{-2}$	$8.5 \times 10^{-2}$	$3.0 \times 10^{-2}$	$3.2 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$
Sr-86	$1.4 \times 10^{-2}$	$4.3 \times 10^{-2}$	$2.4 \times 10^{-2}$	$2.8 \times 10^{-2}$	$1.6 \times 10^{-2}$	$2.5 \times 10^{-2}$	$7.9 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-2}$
Sr-88	$1.2 \times 10^{-1}$	$3.6 \times 10^{-1}$	$2.1 \times 10^{-1}$	$2.3 \times 10^{-1}$	$1.4 \times 10^{-1}$	$2.1 \times 10^{-1}$	$7.0 \times 10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-1}$
Y-89	<LOQ	$1.9 \times 10^{-2}$	<LOQ	$5.1 \times 10^{-3}$	<LOQ	$3.2 \times 10^{-3}$	<LOQ	$1.8 \times 10^{-3}$
Zr-91	<LOQ	$9.0 \times 10^{-2}$	<LOQ	$2.0 \times 10^{-3}$	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Zr-93	<LOQ	$1.1 \times 10^{-2}$	$4.0 \times 10^{-4}$	$1.7 \times 10^{-3}$	<LOQ	$4.9 \times 10^{-4}$	<LOQ	$3.3 \times 10^{-4}$
Mo-95	<LOQ	$7.7 \times 10^{-1}$	$5.8 \times 10^{-1}$	2.6	$3.3 \times 10^{-1}$	1.7	$9.7 \times 10^{-2}$	$7.0 \times 10^{-1}$
Mo-97	<LOQ	$7.4 \times 10^{-1}$	$5.4 \times 10^{-1}$	2.4	$3.1 \times 10^{-1}$	1.6	$9.2 \times 10^{-2}$	$6.5 \times 10^{-1}$
Mo-98	<LOQ	$8.0 \times 10^{-1}$	1.7	3.2	$7.3 \times 10^{-1}$	2.0	$2.1 \times 10^{-1}$	$8.1 \times 10^{-1}$
Mo-100	<LOQ	$7.1 \times 10^{-1}$	$5.2 \times 10^{-1}$	2.7	$3.0 \times 10^{-1}$	1.7	$8.8 \times 10^{-2}$	$6.3 \times 10^{-1}$
Pd-105	<LOQ	$7.7 \times 10^{-2}$	$1.9 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-2}$	<LOQ	$7.5 \times 10^{-3}$	<LOQ	$3.4 \times 10^{-3}$
Ag-109	<LOQ	$4.0 \times 10^{-1}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$4.8 \times 10^{-2}$	$6.7 \times 10^{-3}$	$2.8 \times 10^{-2}$	<LOQ	$1.5 \times 10^{-2}$
Cd-111	$1.0 \times 10^{-1}$	$2.0 \times 10^{-1}$	$8.0 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-2}$	$3.8 \times 10^{-3}$	$7.0 \times 10^{-3}$	$6.5 \times 10^{-4}$	$3.2 \times 10^{-3}$
Sn-114	$9.0 \times 10^{-2}$	$2.3 \times 10^{-1}$	$8.8 \times 10^{-3}$	$4.3 \times 10^{-2}$	$5.0 \times 10^{-3}$	$3.1 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-2}$
Sn-116	$3.1 \times 10^{-2}$	$9.0 \times 10^{-1}$	$4.0 \times 10^{-2}$	$4.5 \times 10^{-1}$	$2.6 \times 10^{-2}$	$3.4 \times 10^{-1}$	$1.7 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-1}$
Sn-117	$7.8 \times 10^{-3}$	$4.7 \times 10^{-1}$	$2.0 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-1}$	$1.3 \times 10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-1}$	$8.7 \times 10^{-3}$	$6.6 \times 10^{-2}$
Sn-118	$2.5 \times 10^{-2}$	1.6	$6.8 \times 10^{-2}$	$7.7 \times 10^{-1}$	$4.2 \times 10^{-2}$	$5.8 \times 10^{-1}$	$2.9 \times 10^{-2}$	$2.3 \times 10^{-1}$
Sn-119	$9.8 \times 10^{-3}$	$7.2 \times 10^{-1}$	$2.5 \times 10^{-2}$	$2.9 \times 10^{-1}$	$1.5 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-1}$	$1.1 \times 10^{-1}$	$8.9 \times 10^{-2}$
Sn-120	$3.6 \times 10^{-2}$	2.2	$9.0 \times 10^{-2}$	1.0	$5.7 \times 10^{-2}$	$8.0 \times 10^{-1}$	$4.2 \times 10^{-2}$	$3.1 \times 10^{-1}$
Sb-121	$5.6 \times 10^{-3}$	6.8	$6.3 \times 10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-1}$	$4.0 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{-1}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$4.7 \times 10^{-2}$
Sn-122	$5.1 \times 10^{-3}$	$3.1 \times 10^{-1}$	$1.3 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{-1}$	$8.3 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-1}$	$5.7 \times 10^{-3}$	$4.3 \times 10^{-2}$
Sb-123	$4.4 \times 10^{-3}$	5.0	$4.8 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-1}$	$3.0 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-1}$	$7.9 \times 10^{-3}$	$3.6 \times 10^{-2}$
Te-125	<LOQ	$9.2 \times 10^{-2}$	<LOQ	$1.6 \times 10^{-2}$	<LOQ	$1.3 \times 10^{-2}$	<LOQ	$4.9 \times 10^{-3}$
Te-128	<LOQ	1.3	$5.7 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-1}$	$5.2 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-1}$	<LOQ	$6.6 \times 10^{-2}$
Te-130	$6.3 \times 10^{-3}$	5.2	$2.8 \times 10^{-2}$	$9.0 \times 10^{-1}$	$2.7 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-1}$	<LOQ	$3.0 \times 10^{-1}$

※1 <LOQ (Limit of quantitation) : 定量下限未満

※2 下線付きの数値は検量線を超え、外挿により評価しているため、参考値とする。

※3 試料 (1号機PCV堆積物試料は、試料採取に使用した約1cm角のウエスを含む。2号機養生シートは、約1cm角の養生シートを試料とした。) をイオン交換水(又は硝酸)に浸漬後、40mLに希釈したものを測定。

※4 表に示す質量数以外の多数の質量数においても、有意なカウントが得られたが、分子イオンを検出している可能性が高い、または、複数の元素を検出しているために定量値を示すことができないとの理由により、表中に記載しなかった。

# (参考2) ICP-MS分析結果 (質量数 132~)

(単位 : μg)

測定試料	1号機PCV底部堆積物		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(a)		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(b)		2号機 原子炉建屋 オペレーティングフロア養生シート(c)	
	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液	イオン交換水	硝酸溶液
Ba-132	<LOQ	2.5×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	2.5×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cs-133	1.1×10 <sup>-1</sup>	3.9×10 <sup>-1</sup>	1.1	3.8×10 <sup>-1</sup>	7.3×10 <sup>-1</sup>	2.9×10 <sup>-1</sup>	2.5×10 <sup>-1</sup>	8.3×10 <sup>-2</sup>
Ba-136	4.0×10 <sup>-2</sup>	1.2	1.7×10 <sup>-2</sup>	9.2×10 <sup>-2</sup>	7.7×10 <sup>-3</sup>	8.1×10 <sup>-2</sup>	2.4×10 <sup>-3</sup>	3.5×10 <sup>-2</sup>
Ba-138	4.1×10 <sup>-1</sup>	1.3×10	1.8×10 <sup>-1</sup>	1.0	8.2×10 <sup>-2</sup>	8.7×10 <sup>-1</sup>	2.5×10 <sup>-2</sup>	3.8×10 <sup>-1</sup>
La-139	7.1×10 <sup>-4</sup>	9.2×10 <sup>-2</sup>	8.1×10 <sup>-4</sup>	6.4×10 <sup>-3</sup>	7.1×10 <sup>-4</sup>	4.2×10 <sup>-3</sup>	6.9×10 <sup>-4</sup>	2.8×10 <sup>-3</sup>
Ce-140	1.5×10 <sup>-3</sup>	1.5×10 <sup>-1</sup>	1.6×10 <sup>-3</sup>	9.6×10 <sup>-3</sup>	1.6×10 <sup>-3</sup>	7.2×10 <sup>-3</sup>	1.4×10 <sup>-3</sup>	4.9×10 <sup>-3</sup>
Pr-141	<LOQ	3.2×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	2.5×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	1.9×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	1.6×10 <sup>-3</sup>
Nd-143	<LOQ	2.2×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	6.5×10 <sup>-4</sup>	<LOQ	3.5×10 <sup>-4</sup>	<LOQ	2.1×10 <sup>-4</sup>
Nd-145	<LOQ	1.7×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	4.8×10 <sup>-4</sup>	<LOQ	3.7×10 <sup>-4</sup>	<LOQ	2.8×10 <sup>-4</sup>
Nd-146	<LOQ	2.6×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	6.9×10 <sup>-4</sup>	<LOQ	4.3×10 <sup>-4</sup>	<LOQ	1.8×10 <sup>-4</sup>
Hf-179	<LOQ	1.9×10 <sup>-4</sup>	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
W-182	<LOQ	1.3×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	1.1×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	7.8×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	<LOQ
W-183	<LOQ	3.0×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	2.3×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	1.8×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	<LOQ
W-184	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.9×10 <sup>-1</sup>	<LOQ	1.2×10 <sup>-1</sup>	<LOQ	4.7×10 <sup>-2</sup>
W-186	<LOQ	2.5×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	2.0×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	1.3×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	<LOQ
Tl-203	<LOQ	6.5×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	1.7×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	1.2×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	5.3×10 <sup>-4</sup>
Pb-204	<LOQ	4.4	<LOQ	2.0×10 <sup>-1</sup>	<LOQ	1.0×10 <sup>-1</sup>	<LOQ	5.5×10 <sup>-2</sup>
Tl-205	<LOQ	1.5×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	4.3×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	2.8×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	1.5×10 <sup>-3</sup>
Pb-206	2.0×10 <sup>-1</sup>	1.0×10 <sup>2</sup>	6.1×10 <sup>-2</sup>	4.6	6.6×10 <sup>-2</sup>	2.4	1.6×10 <sup>-1</sup>	1.5
Pb-207	1.9×10 <sup>-1</sup>	9.8×10 <sup>1</sup>	6.0×10 <sup>-2</sup>	4.4	6.3×10 <sup>-2</sup>	2.3	1.6×10 <sup>-1</sup>	1.4
Pb-208	4.5×10 <sup>-1</sup>	2.3×10 <sup>2</sup>	1.4×10 <sup>-1</sup>	1.0×10 <sup>1</sup>	1.5×10 <sup>-1</sup>	5.2	3.6×10 <sup>-1</sup>	3.4
Bi-209	<LOQ	8.9×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	8.0×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	6.6×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	3.0×10 <sup>-3</sup>
U-234	<LOQ	3.4×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
U-235	2.9×10 <sup>-4</sup>	1.6×10 <sup>-1</sup>	6.1×10 <sup>-4</sup>	9.3×10 <sup>-3</sup>	2.9×10 <sup>-4</sup>	5.8×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	2.7×10 <sup>-3</sup>
U-236	<LOQ	4.4×10 <sup>-2</sup>	<LOQ	1.6×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	1.0×10 <sup>-3</sup>	<LOQ	4.5×10 <sup>-4</sup>
U-238	7.5×10 <sup>-3</sup>	1.1×10 <sup>1</sup>	3.4×10 <sup>-2</sup>	5.0×10 <sup>-1</sup>	1.6×10 <sup>-2</sup>	2.9×10 <sup>-1</sup>	<LOQ	1.3×10 <sup>-1</sup>

※1 <LOQ (Limit of quantitation) : 定量下限未満

※2 下線付きの数値は検量線を超え、外挿により評価しているため、参考値とする。

※3 試料 (1号機PCV堆積物試料は、試料採取に使用した約1cm角のウエスを含む。2号機養生シートは、約1cm角の養生シートを試料とした。) をイオン交換水(又は硝酸)に浸漬後、40mLに希釈したものを測定。

※4 表に示す質量数以外の多数の質量数においても、有意なカウントが得られたが、分子イオンを検出している可能性が高い、または、複数の元素を検出しているために定量値を示すことができないとの理由により、表中に記載しなかった。

# (参考3) SEM-EDS元素分析結果 (面分析)

- 詳細観察①～⑥はそれぞれ異なる分析視野を表しており、局所的偏在による差が見られる
- 表中の元素 (O～Zr) の存在割合の合計が100%となるように記載している。

## 1号機PCV底部堆積物

At%

詳細観察	O	Na	Mg	Al	Si	Mo *	Cl	U	K	Sn	Ca
	49.51	13.10	1.36	3.05	6.13	1.38	0.00	0.00	0.14	0.00	0.07
	34.16	16.33	0.73	4.09	5.75	1.76	0.07	0.00	0.06	0.00	0.10
	32.29	12.50	0.83	4.47	12.37	1.76	0.08	0.00	0.10	0.00	0.08
	67.89	2.70	0.00	0.98	22.79	0.21	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00
	48.41	15.95	0.61	3.21	8.10	1.57	0.11	0.00	0.75	0.03	0.08

詳細観察	Cs	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Zr	Total
	0.00	0.52	0.09	0.07	16.11	0.36	0.38	7.74			100.00
	0.00	1.00	0.06	0.14	23.59	0.52	0.55	11.07			100.00
	0.00	0.90	0.05	0.15	21.15	0.54	0.63	10.27	0.65	1.17	100.00
	0.00	2.42	0.14	0.00	1.89	0.11	0.04	0.67	0.04	0.00	100.00
	0.00	0.49	0.06	0.08	12.45	0.28	0.25	7.14	0.41	0.02	100.00

\* MoとSのEDS信号は重なっているが、ここではMoとしてカウントした。

\* C除く

\* 斜線部は未測定を意味する

## 2号機TIP配管内閉塞物

At%

詳細観察	O	Na	Mg	Al	Si	Mo *	Cl	U	Sn	Ca
	17.15	18.72	0.00	1.77	2.68	0.27	0.00	0.00	0.00	0.13
	18.03	17.47	0.00	1.36	2.73	0.20	0.00	0.00	0.00	0.08
	43.04	8.80	0.00	0.67	3.54	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04
	17.98	13.66	0.00	0.97	16.33	1.17	0.00	0.00	0.00	0.06
	40.50	7.43	0.00	0.69	8.44	3.25	0.00	0.00	0.00	0.08
	39.54	9.54	0.00	1.72	1.81	5.49	0.00	0.00	0.00	0.43

詳細観察	Cs	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Zr	Total
	0.00	0.00	17.90	3.83	30.33	2.93	0.01	0.02	0.01	4.26	100.00
	0.00	0.00	16.77	2.99	33.58	3.46	0.02	0.00	0.00	3.30	100.00
	0.00	0.00	11.78	1.88	20.14	2.31	0.01	0.01	0.00	7.75	100.00
	0.01	0.00	10.49	1.05	34.59	3.38	0.00	0.04	0.03	0.23	100.00
	0.00	0.00	8.63	1.22	26.07	2.70	0.03	0.01	0.00	0.95	100.00
	0.00	0.00	1.02	0.49	36.88	2.99	0.00	0.06	0.00	0.02	100.00

\* MoとSのEDS信号は重なっているが、ここではMoとしてカウントした。

\* C除く