

今後の1号機PCV内部調査の方針について

2023年9月5日

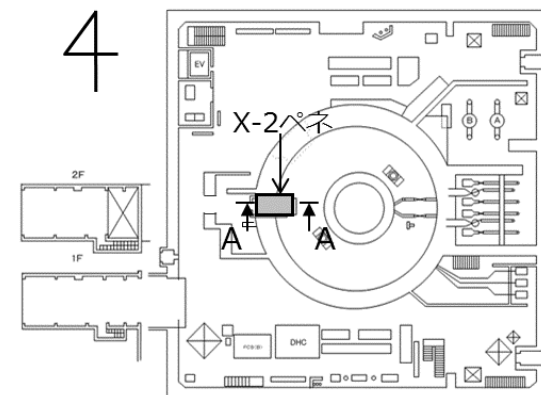
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

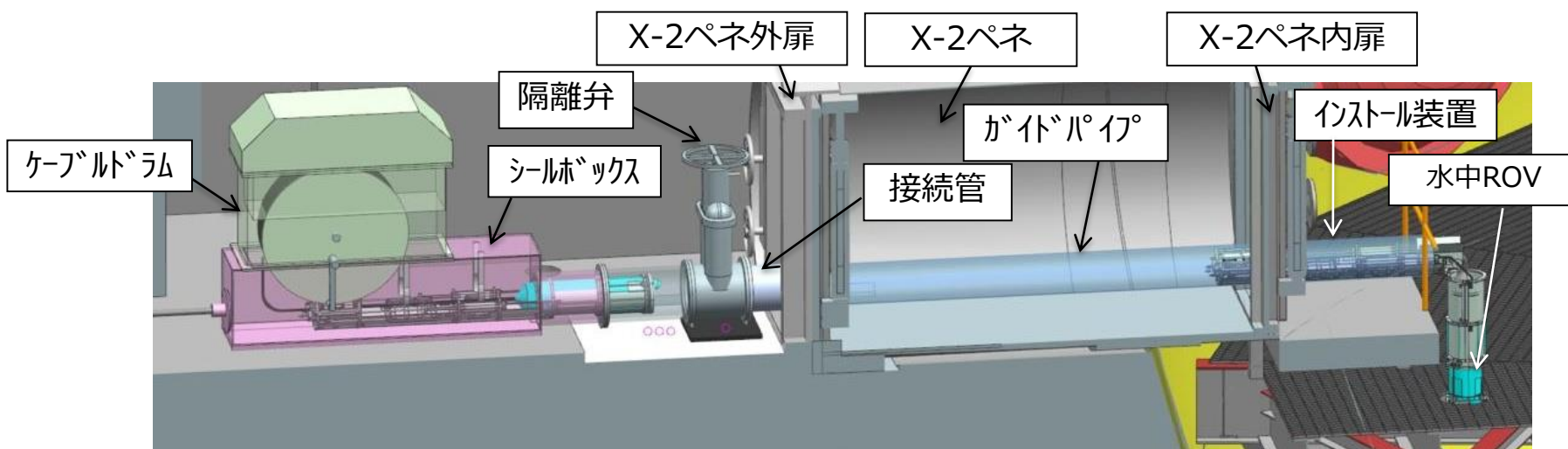
(参考) 1号機PCV内部調査の概要

- 1号機原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査は、X-2ペネトレーション（以下、X-2ペネ）から実施し、2023年4月に完了
- PCV内部調査に用いる調査装置（以下、水中ROV）はPCV内の水中を遊泳する際の事前対策用と調査用の全6種類
- 水中ROV調査ステップ

前半調査 (調査済)	① ROV-A	事前対策となるガイドリング取付
	② ROV-A2	ペDESTAL外の詳細目視
	③ ROV-C	堆積物厚さ測定
後半調査 (調査済)	④ ROV-D	堆積物デブリ検知・評価
	⑤ ROV-E	堆積物サンプリング
	⑥ ROV-B	堆積物3Dマッピング
	⑦ ROV-A2	ペDESTAL内部、壁部の詳細目視



1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

1号機PCV内部調査により得られた情報と今後の方針

【ペDESTAL内】

- CRDの配列が通常と異なり、ペDESTAL底部に脱落しているものや、CRD交換用開口部に落下しているものが確認された<右下3~7p>
- RPV底部方向にカメラを向けた際に、光が届いていないような黒い空間が確認されたため、RPV底部に穴が開いている可能性がある<右下3p>
- ペDESTAL内側の基礎部は、全周に渡りコンクリートが脱落し、配筋がむき出しとなっている<右下9~10p>
- ペDESTAL底部には、塊状の堆積物が確認されており、存在するはずのペDESTAL内構造物が確認できなかった<右下8p>

【ペDESTAL外】

- 底部に存在する堆積物は、概ねペDESTAL開口部付近が高く、X-2ペネ付近に向かって低くなっている<右下11~12p>
- 底部の堆積物は、表層に浮遊性の堆積物が薄く堆積しており、その下に塊状の堆積物が確認された<右下13~14p>
- 一部のジェットデフレクター裏側にも、堆積物を確認しており、ベント管以降に堆積物が流出している可能性がある<右下15~20p>

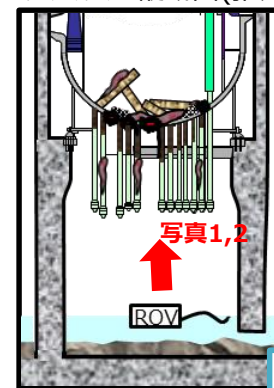
今後、CRD交換用開口部およびX-6ペネ付近を確認するための“**気中部調査**”、今回の調査で確認された塊状の堆積物を分析するための“**サンプリング調査**”、堆積物の流出範囲を確認するための“**ベント管・S/C調査**”を計画していく

ペDESTAL内部の状態(上部)①

- ペDESTAL上部にはCRDハウジング、CRDハウジングサポートを確認。一部は正規位置より下方に位置していることを確認(ペDESTAL底部に落下しているものもあり) <写真1,2>
- 下方に位置しているCRDハウジングは原形を留めており、溶融物が固化したと思われる塊が付着している箇所がある <写真2>
- 今回映像データを取得した、調査ポイント⑦の周辺においては、本来は映るはずの場所にCRDハウジングと思われる構造物からの反射がなく、一部が黒い空間のように見える箇所がある。この領域はCRDハウジングが脱落し、その上部にあるRPV底部に穴が開いている可能性が示唆される。 <写真2>



ペDESTAL縦断面(推定)



CRD挿入引抜配管と推定



CRDハウジングサポートと推定

写真1. CRDハウジングサポートと思われる構造物



CRDハウジングと推定

塊状の物体

黒い空間
(代表例)

写真2. CRD関連と思われる構造物

ペDESTアル内部の状態(上部)②

- ペDESTアル中央部にて原子炉注水による集中的な水の滴下を確認。このことから、RPV底部の中心部付近には開口部が存在し、そこから滴下していると推定。 <写真1,2>
- CRD交換用開口部に、上方より落下したCRDハウジングが存在していることを確認。今後、調査や廃炉作業において、当該開口部を活用する場合は、それを前提とした計画立案を検討することが必要 <写真3>

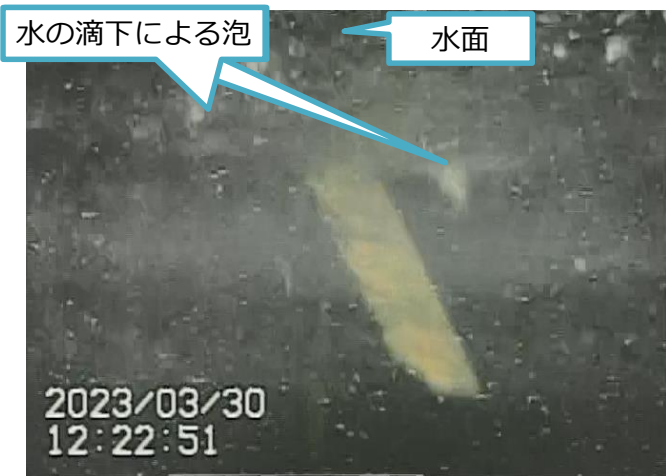


写真1. 炉注水停止前の水面の状況

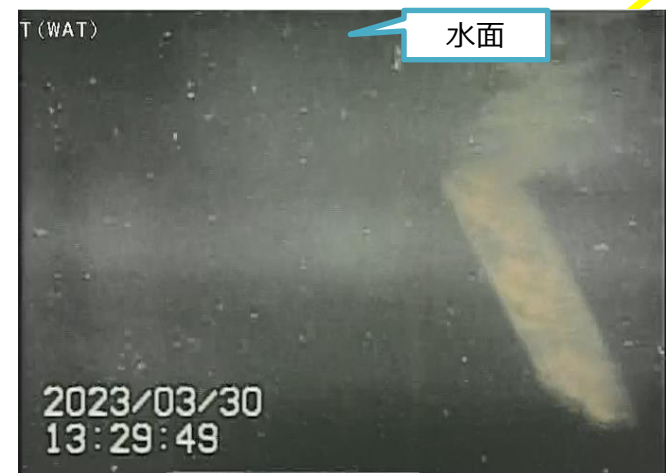
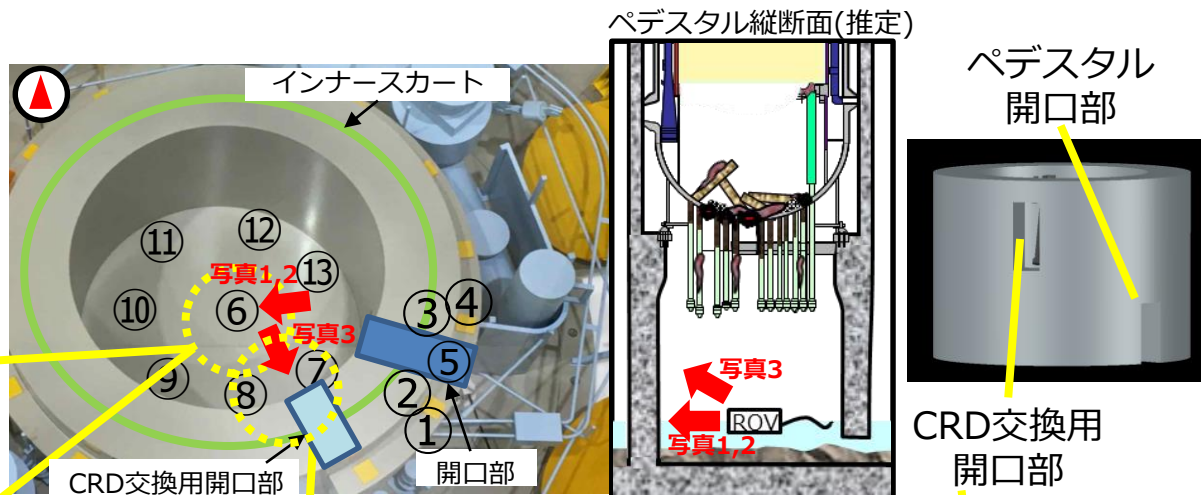


写真2. 炉注水停止後の水面の状況

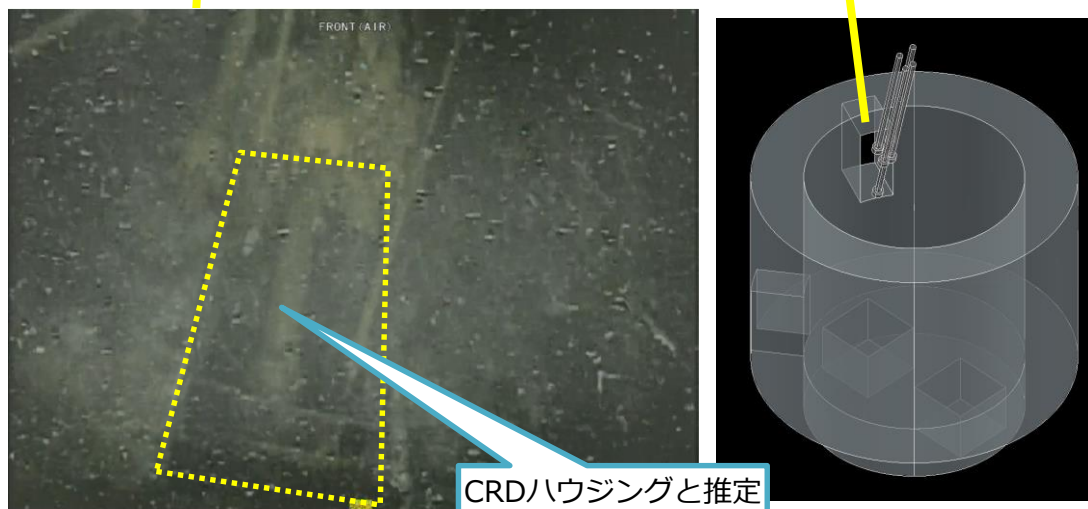
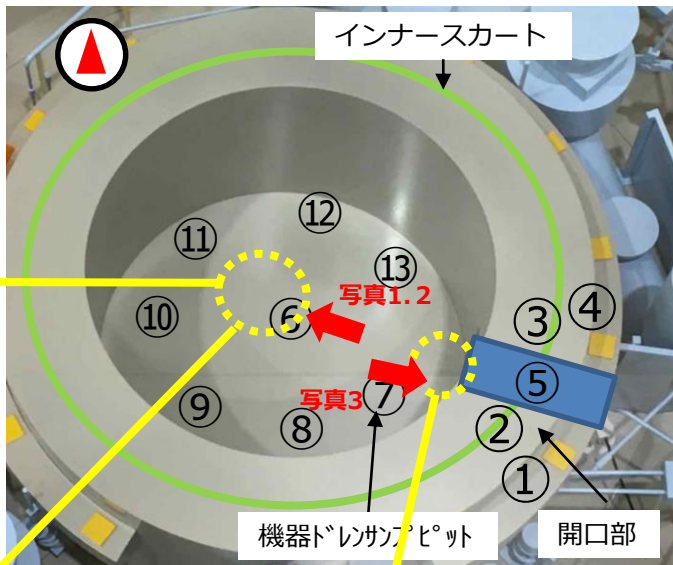


写真3. ペDESTアル内壁側のCRD交換用開口部の状態

(参考) CRDハウジングの状態



写真1 ペDESTAL内中心部で確認されたCRDハウジング (水中)



ペDESTAL縦断面(推定)

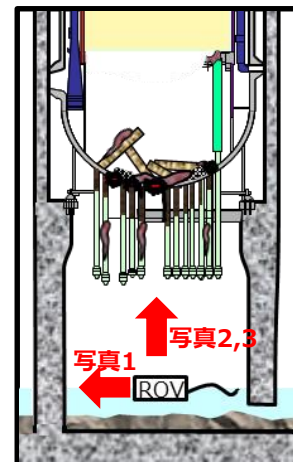
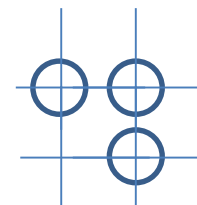


写真2 CRDハウジング断面

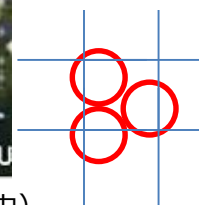


写真3 ペDESTAL壁周辺のCRDハウジングの状態 (気中)

元のCRD配列



観測された配列



(参考) 震災前のペDESTAL内構造物

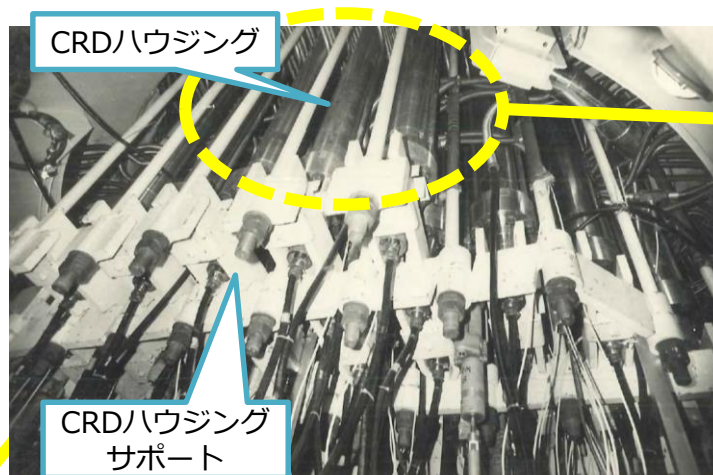
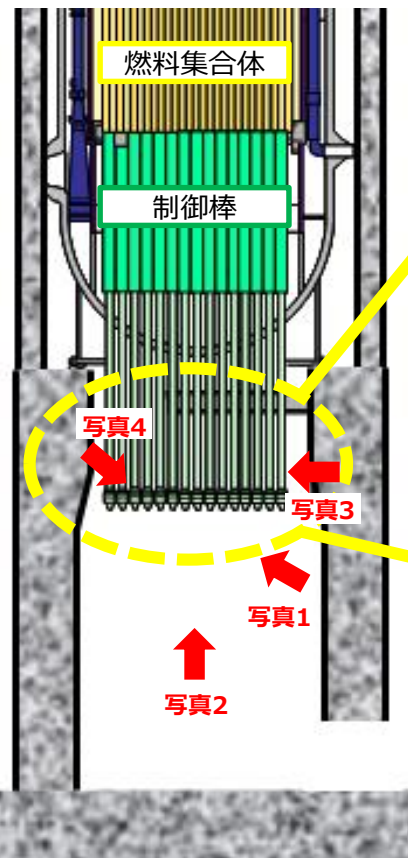


写真1. CRDハウジングサポートと
CRDハウジング(建設当時)

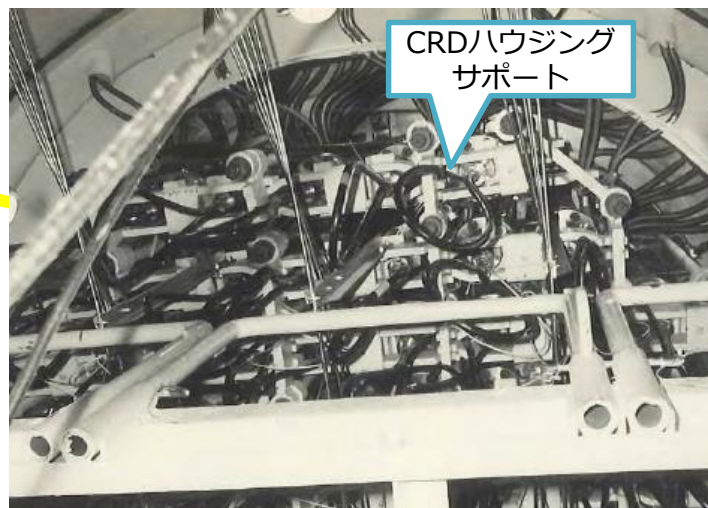


写真2. ペDESTAL上部方向を見上げた写真(建設当時)

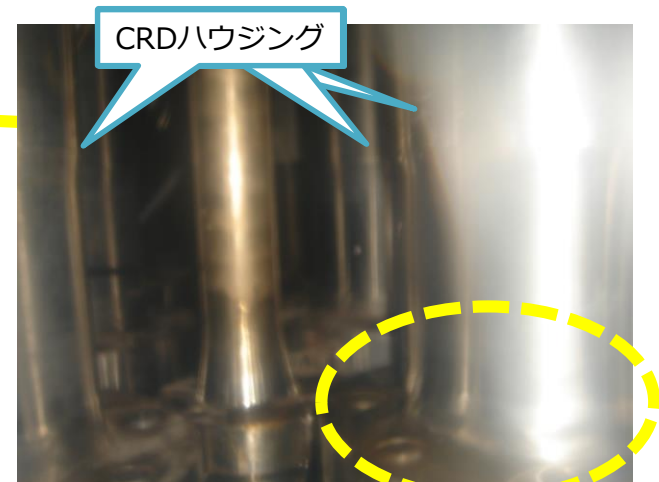


写真3. CRDハウジング(震災前)

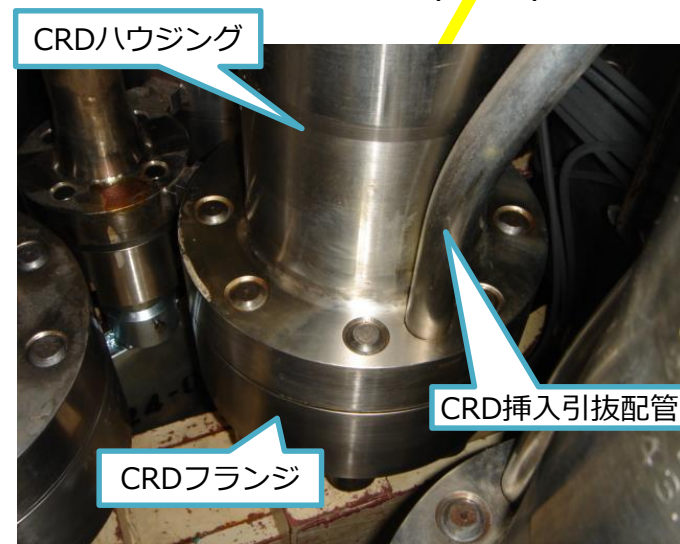


写真4. CRD関連機器 (震災前)

(参考) 各号機の事故進展に関する比較 (ペDESTAL内上部の状況)

- 事故分析の観点から、1号機は「冷やす」ことができない期間が最も長期にわたったため、原子炉の破損の状況は、2号機と3号機と比較して厳しいと推定していた。
- 1号機の内部調査の完了により、それぞれの号機の比較が可能となった

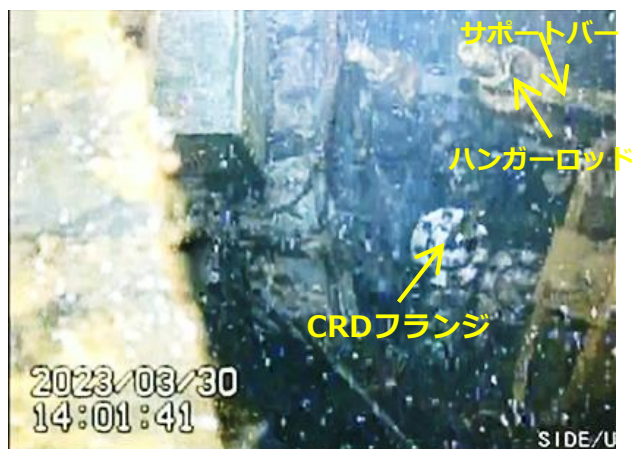


写真1. 1号機で確認されたCRD

写真2. 2号機で確認されたCRD

写真3. 3号機で確認されたCRD

(参考) 各号機の事故進展に関する比較 (ペDESTAL内下部の状況)

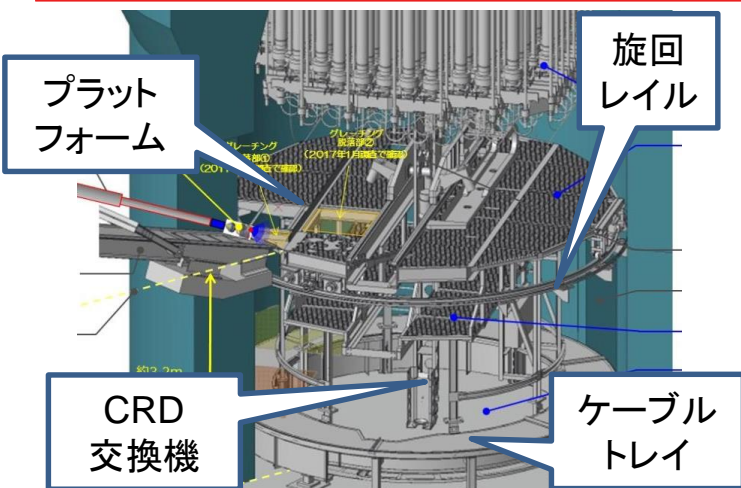


図1. Mark-I格納容器のペDESTAL内の機器配置(例)



写真1. 1号機のペDESTAL内の状況



写真2. 2号機のペDESTAL内の状況

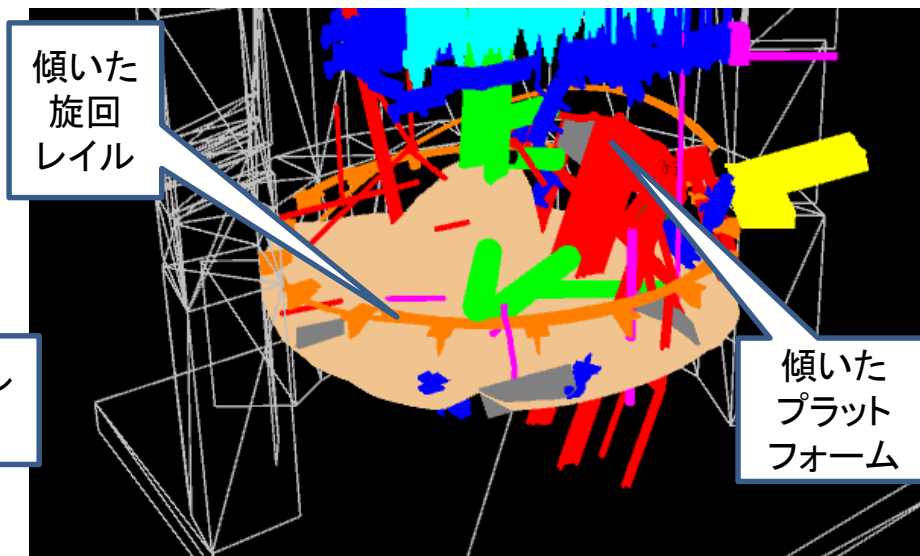


図2. 3号機のペDESTAL内の状況

各号機の調査結果から、従来推定の通り2号機と3号機と比較し、1号機の破損状況が厳しい状態であることが確認できた

ペDESTAL基礎部の状態について①

- ペDESTAL内側下部のコンクリートが一部消失している箇所（床面より1m程度）には配筋を確認
 - 配筋には、垂直方向の引っ張り荷重を支持する縦筋と、周方向の引っ張り荷重を支持する横筋が存在するが、縦筋は大きな変形がなく当初の形状を維持<写真1>
 - 配筋は、製造時に施工されている格子状の凹凸が確認され、製造・据え付け時の寸法が維持されていると推定<写真1,2>
- 配筋露出箇所の上部には、棚状堆積物が存在し、それより上部にはコンクリートが残存<写真3>

ペDESTAL壁面



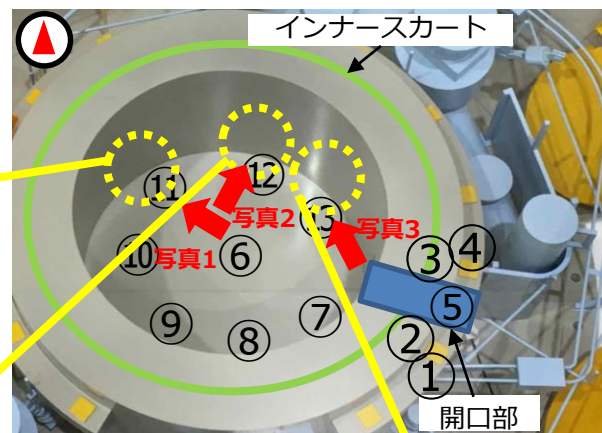
配筋

写真1. ポイント⑪ペDESTAL基礎部



配筋

写真2. ポイント⑫ペDESTAL基礎部



インナースカート

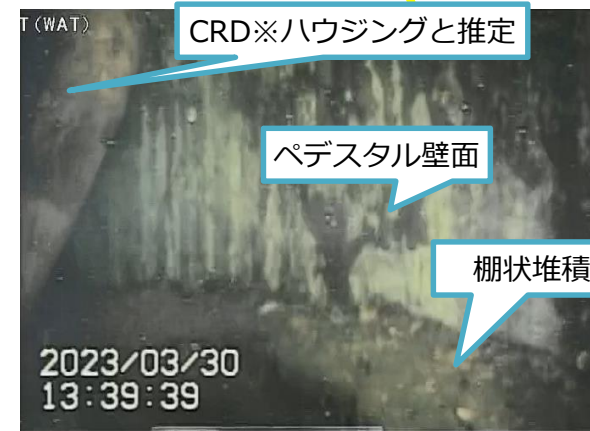
写真2

写真1

写真3

開口部

CRD※ハウジングと推定



ペDESTAL壁面

棚状堆積物

写真3. ペDESTAL内の棚状堆積物と壁面部

ペDESTAL縦断面(推定)

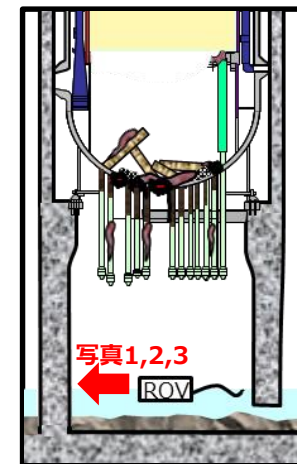


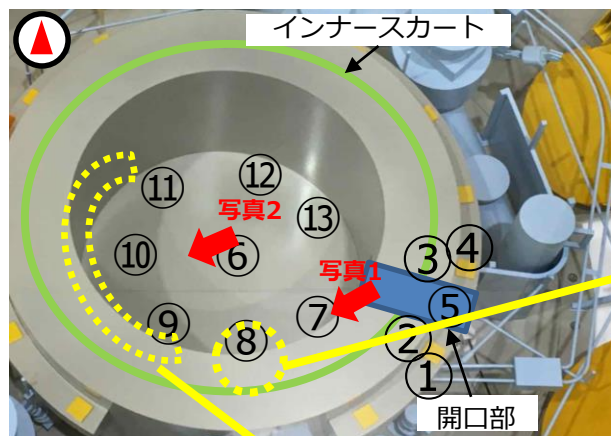
写真1,2,3

ROV

(※CRD：制御棒駆動機構)

ペDESTAL基礎部の状態について②

- 調査箇所⑧、⑨、⑩については、ROVが到達できなかったものの、調査箇所⑤にて撮影した映像や、ROVが遊泳中に撮影した映像からペDESTAL基礎部の状態を確認 <写真1,2>
- 確認した基礎部の状態は他の調査箇所と似ている状態であり、ペDESTAL内側下部のコンクリートが一部消失している箇所には配筋を確認 <写真1,2>
- 配筋より奥については、一部（調査箇所⑦）においてインナースカートに至るまでのコンクリートの消失を確認 <P28_写真5参照>



ペDESTAL縦断面(推定)

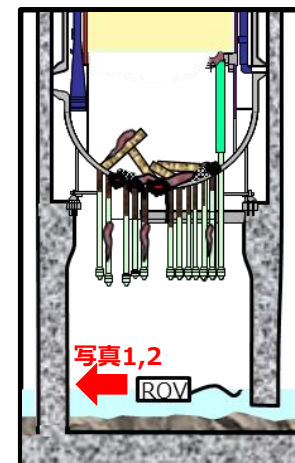


写真1. ポイント⑧ペDESTAL基礎部
画像処理：東京電力ホールディングス(株)

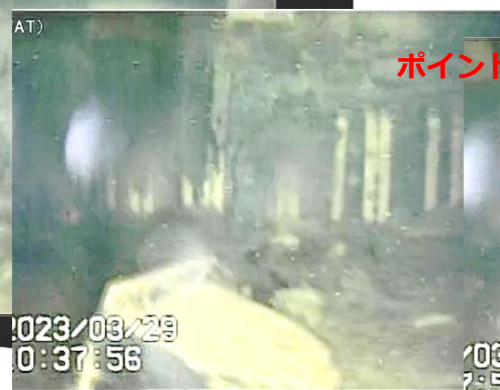
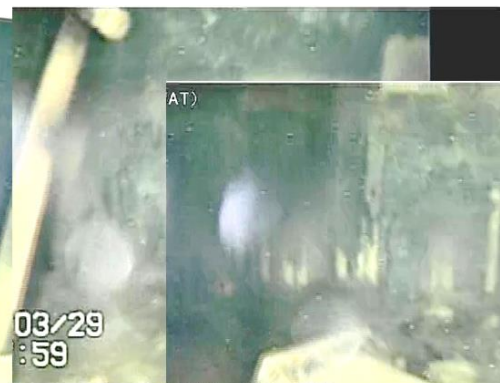


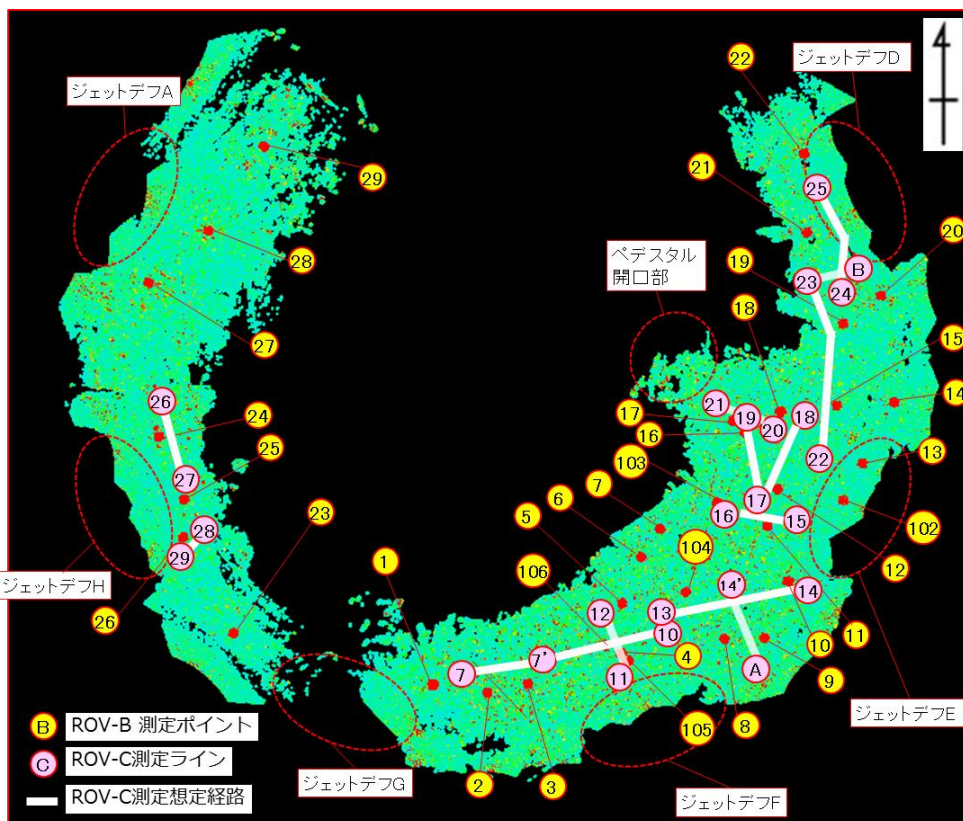
写真2. ポイント⑨, ⑩ペDESTAL基礎部
画像処理：東京電力ホールディングス(株)

ROV-B（堆積物3Dマッピング）評価結果

- 今回の調査により取得した点群データは以下の通り
- ROV-C（堆積物厚さ測定）による調査ポイントを併せて記載し、ROV-BとROV-Cによるデータとの比較を実施
- ROV-Bの結果は、前半調査におけるROV-C（堆積物厚さ測定）の調査結果と整合し、PCV底部から堆積物の高さの結果を拡充するものであることが確認できた

＜堆積物高さの評価位置まとめ＞

＜評価位置とROV-C測定ラインの関係＞

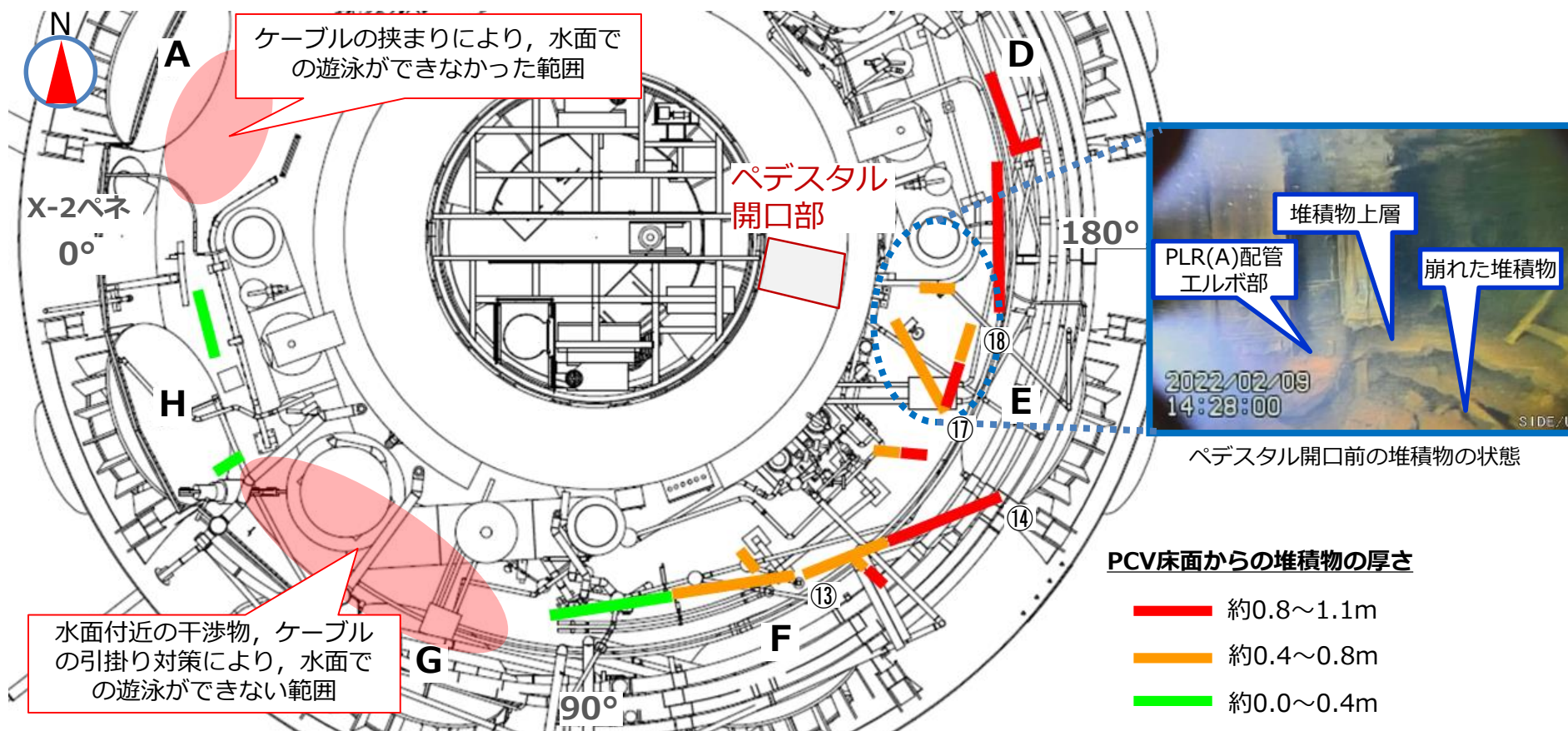


評価No.	堆積物高さを評価した位置	ROV-C測定ライン	ROV-Bの堆積物高さ評価結果 (m) (最小～最大)	【参考】ROV-Cの堆積物高さ評価結果 (m) (最小～最大)
1	B24,B25,B26	C27-C26	約0.28～0.29	約0.30
2	B25,B26	C28-C29	約0.25～0.26	約0.20
3	B1,B2,B3	C7-C7'	約0.31～0.58	約0.30～0.60
4	B3,B4,B105,B106	C7'-C10	約0.59～0.84	約0.60～0.80
5	B4,B5,B105,B106	C11-C12	約0.75～0.86	約0.75～0.80
6	B4,B8,B9,B10,B105	C13-C14	約0.57～1.13	約0.50～1.05
7	B8,B9,B10	C14'-CA	約0.60～1.06	約0.60～0.95
8	B10,B11,B12,B103	C16-C15	約0.70～1.02	約0.60～1.10
9	B11,B12,B16,B17,B18,B103	C17-C19	約0.56～0.69	約0.55～0.70
10	B11,B15,B16,B18,B102,B103	C18-C17	約0.64～1.00	約0.60～1.00
11	B15,B16,B17,B18	C20-C21	約0.50～0.59	約0.50～0.55
12	B15,B18,B19,B20,B21	C23-C22	約0.50～1.04	約0.45～1.05
13	B19,B20,B21	C23-CB	約0.93～1.06	約0.90～0.95
14	B19,B20,B21,B22	C25-C24	約0.84～1.05	約0.80～1.00

※PCV地下階平面図において、点群データを取得した箇所を赤、黄、緑の点で識別。超音波の跳ね返りの強さにより識別される色が変化（赤>黄>緑）

ROV-C 調査実績 堆積物厚さ測定結果まとめ(全13箇所)

- 超音波測定データ及びROV-C・A2の調査時の映像から、粉状・泥状の堆積物は想定より薄いと評価。また、堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）内部の状態（空洞の存在等）については、今回の調査結果からは評価不可
- PCV底部からの堆積物厚さについては、ペDESTAL開口部付近が比較的高く、ROV投入位置であるX-2ペネ付近に近づくにつれて徐々に低くなっていることを確認
- ペDESTAL開口部前の堆積物が一部低くなっている(下図、青点線囲い部)が、調査映像より堆積物が崩れているためと推定。



※PCV床面からの堆積物の高さは水位2.0mを基準として算出

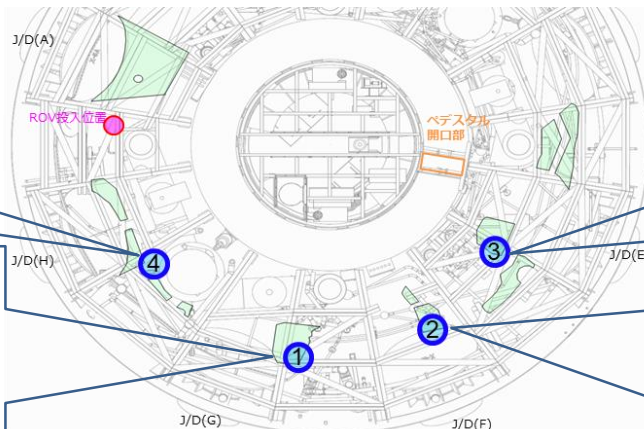
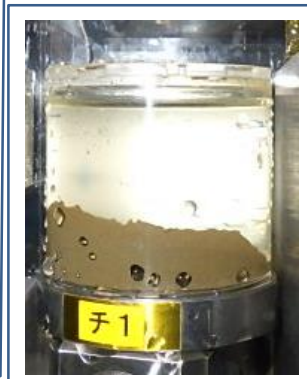
資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID） 12

ROV-Eサンプリング容器線量測定実績

- ROV-E調査で取得した堆積物のサンプリング容器表面の線量測定を実施
- γ 線線量率については、今後のグローブボックスによる分取作業に影響を及ぼす値ではなかった
※グローブボックスでの分取作業における最大表面線量：150mSv/h未満
- 堆積物の外観は、2017年に取得した堆積物のサンプルと類似していた
- 堆積物の量については必要な量を取得できたと考えており、構外での詳細分析は可能と判断
- サンプルはグローブボックスでの分取作業後、構外分析機関への輸送を計画しており、2023年度内の評価を目指している

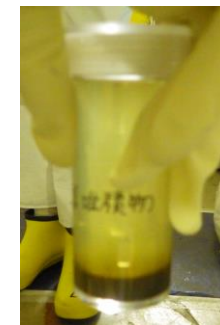


・調査ポイント④については、サンプリング量調整のため容器の体積を減らしており、金属部材で隠れていますが、取得できたことは確認しております。



● : 調査ポイント

ROV-Eの調査ポイントと調査順序



2017年4月6日
サンプリング結果
(上澄み液除去前)
【表面線量】
 γ 線 : 9mSv/h

測定項目	ポイント	調査ポイント1 【測定日：2月3日】	調査ポイント2 【測定日：2月3日】	調査ポイント3 【測定日：2月14日】	調査ポイント4 【測定日：2月14日】
γ 線評価値 [mSv/h]		30.82	7.5	11.19	6.43

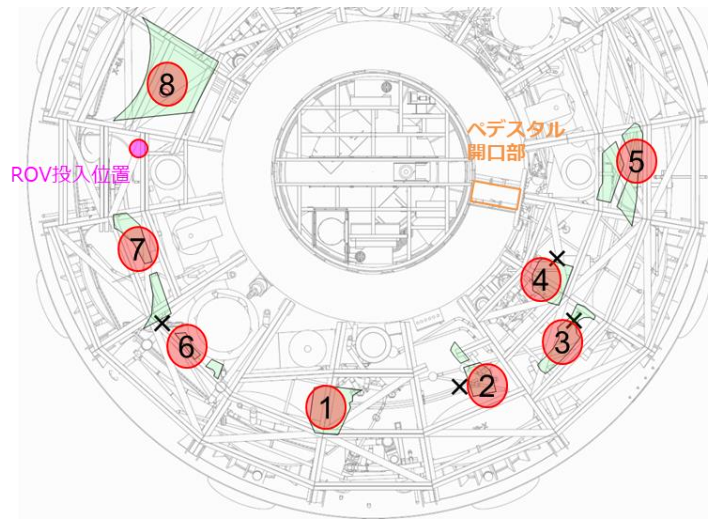
ROV-D（堆積物デブリ検知）調査実績

- ROV-D（堆積物デブリ検知）は12月6日から12月10日にかけて実施し、**調査ポイント全てにおいて、熱中性子束及びEu-154を検出** ※2ポイント(④,⑦)の評価速報及び、全8ポイント(①~⑧)のスペクトルについては、「2022年12月22日_廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議」にてお知らせ済み
- 熱中性子束及び γ 線核種分析の数値については、**ペDESTAL開口部からの距離と堆積物の高さとの相関は確認されなかった**
- このROV-Dの**調査結果から、燃料デブリ由来の物質が調査範囲に広く存在している**と推定
また、堆積物の高さの影響がないことから、燃料デブリ由来の物質は**堆積物の表面付近に存在する**可能性が高い

燃料デブリは燃料や炉内構造物が溶融し冷えて固まったものであるが、燃料デブリから遊離した微小粒子が存在することも知られており、これらを合わせて燃料デブリ由来の物質と呼んでいる

- 熱中性子束の測定値が1箇所だけ小さかった調査ポイント⑥では、Eu-154の測定値も小さかった
- 2017年のサンプル分析結果から、ウランを含有する微小粒子が堆積物表面に存在していることが分かっている。この微小粒子には、中性子源となり得るCm244*とEu-154が含まれていたことから、今回測定された中性子線・Eu-154 γ 線のうち、どの程度がこの微小粒子から発生したものが評価することが必要

ROV-Eによる堆積物サンプリングにおける詳細分析の結果も踏まえて、今後更なる評価を行う



ROV-Dの調査ポイントと調査順序

【凡例】丸数字：調査順序

●：ROV-D調査ポイント

■：ROV調査可能範囲

✕：ROV-A2調査で

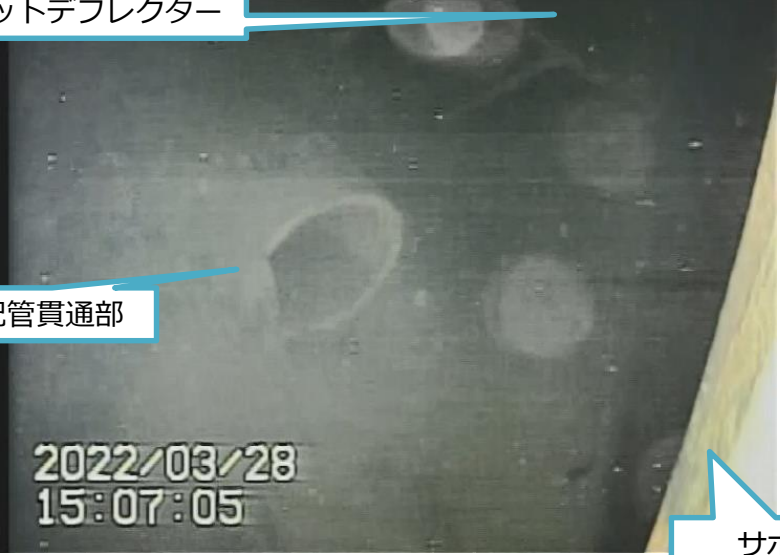
B10計測を実施した箇所

*:Cm244は α 崩壊と自発核分裂の二つの崩壊モードがあることが知られている。
全崩壊のうち、100万分の1.35の確率で自発核分裂（中性子2.7個放出）する。
2017年のサンプル分析で、 α 崩壊核種として約2000Bq（10mg中）が確認されているため、約0.007個/sの中性子源と評価される。

4. 調査実績_3/28調査分① ジェットデフレクター (A) 状況

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

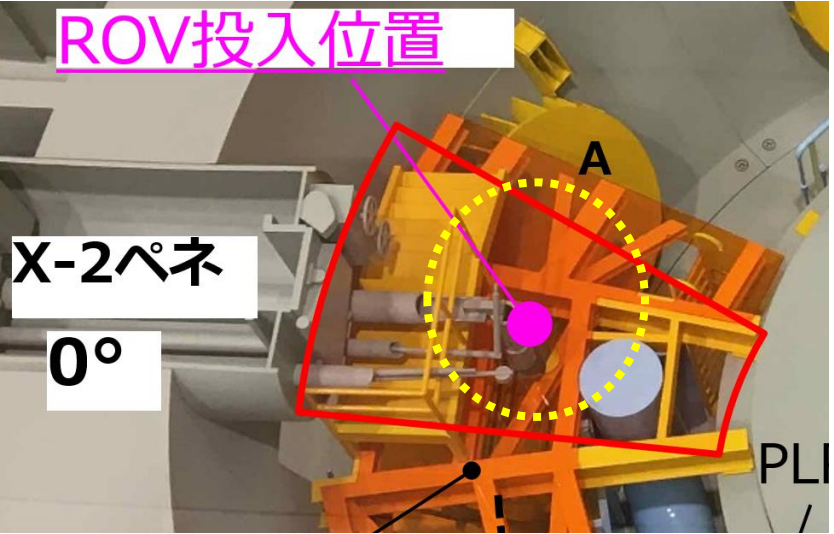
ジェットデフレクター



AC配管貫通部

サポート

写真1.ジェットデフレクター(A)俯瞰



ROV投入位置

X-2ペネ

0°

A

PLI

ジェットデフレクターの裏面



ジェットデフレクター

写真2.ジェットデフレクター(A)付近の状況



圧力抑制室と繋がるベント管

写真3.ジェットデフレクター(A)裏側の状況

4. 調査実績_3/14調査分② ジェットデフレクタ (H) 状況

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

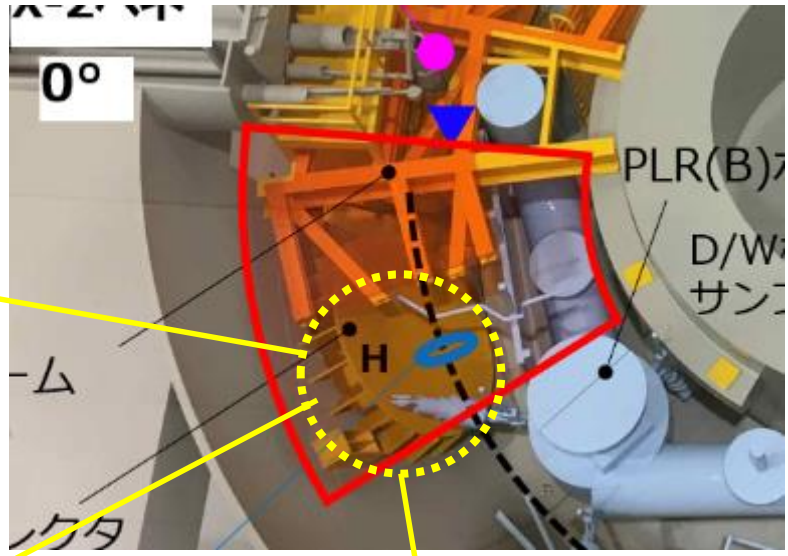
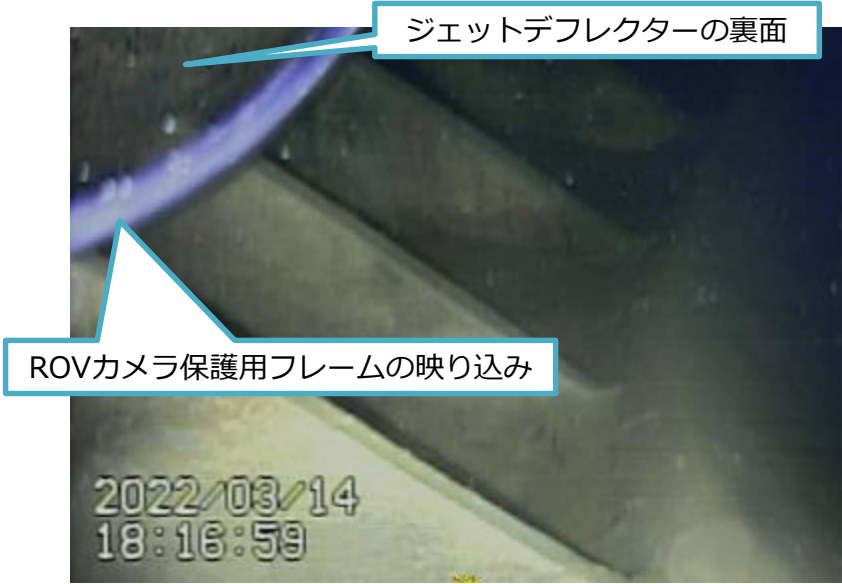


写真1.ジェットデフレクター(H)裏側の状況①



写真2.ジェットデフレクター(H)裏側の状況②



写真3.ジェットデフレクター(H)裏側の状況③

4. 調査実績_3/15調査分① ジェットデフレクター (G) 状況

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

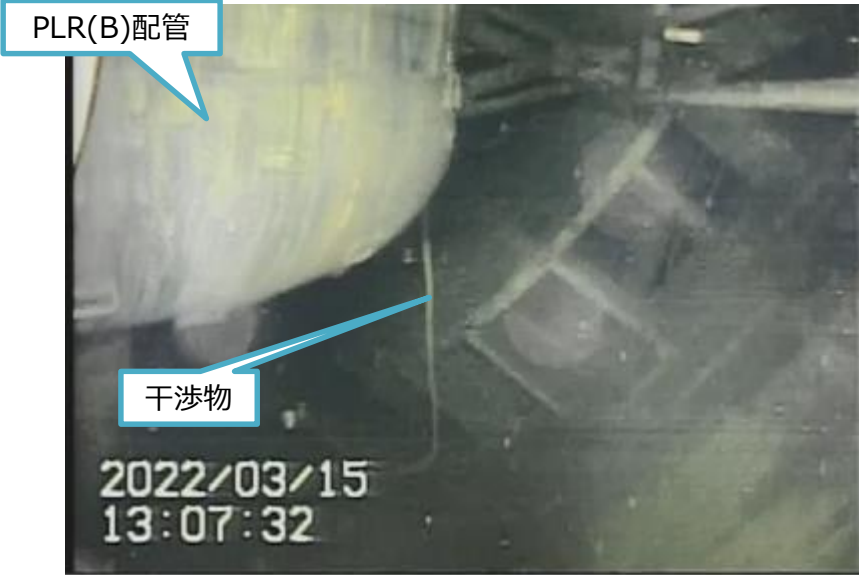


写真1.ジェットデフレクター(G)俯瞰

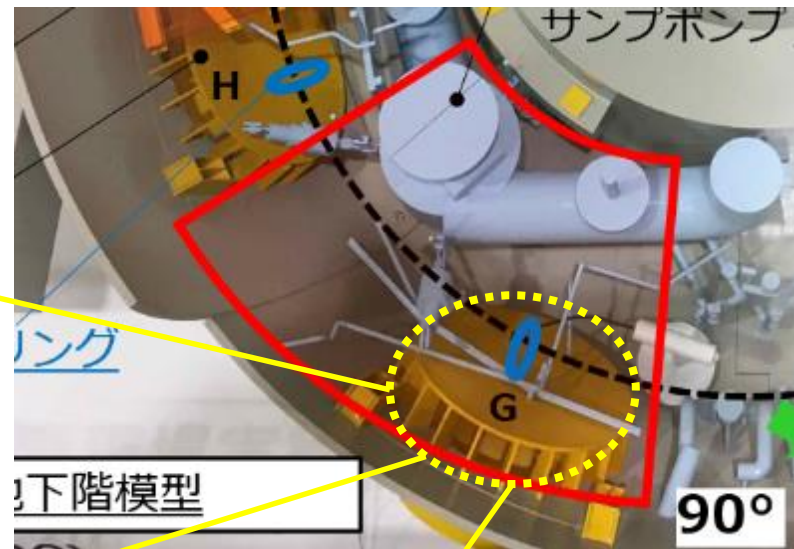


写真2.ジェットデフレクター(G)付近の状況



写真3.ジェットデフレクター(G)裏側の状況

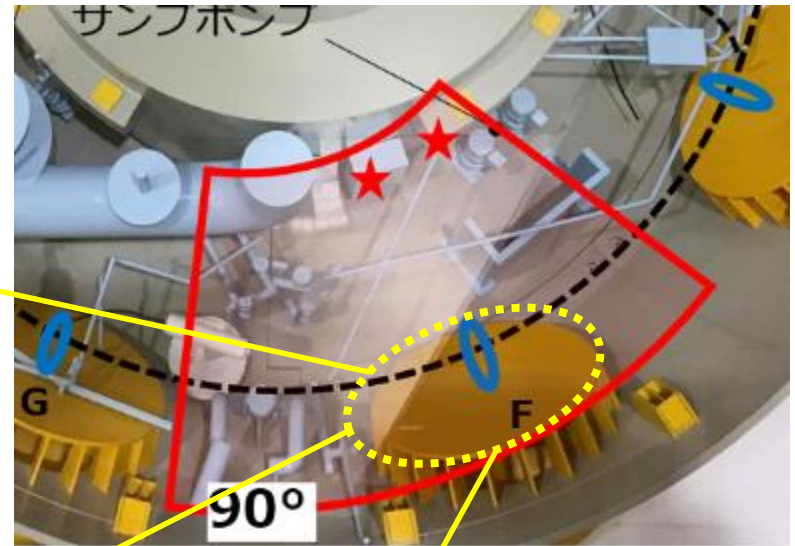
4. 調査実績_3/16調査分① ジェットデフレクター (F) 状況

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)



堆積物

写真1.ジェットデフレクター(F)俯瞰



ジェットデフレクターの裏面

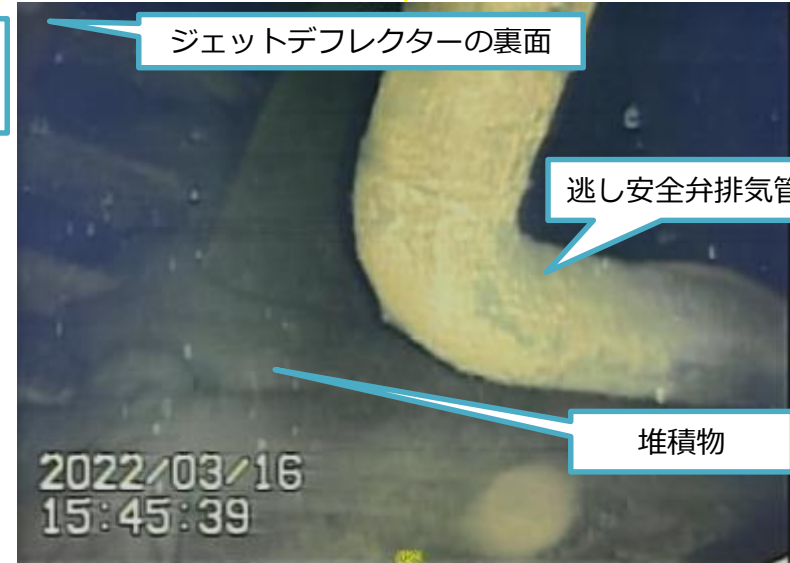


ベント管(奥側)から気泡のようなものが連続的に出てくることを確認

圧力抑制室と繋がるベント管

逃し安全弁排気管

写真2.ジェットデフレクター(F)裏側の状況①



逃し安全弁排気管

堆積物

写真3.ジェットデフレクター(F)裏側の状況②

4. 調査実績

ジェットデフレクター(E)付近の状況(5月17日調査分④,5月18日調査分①)

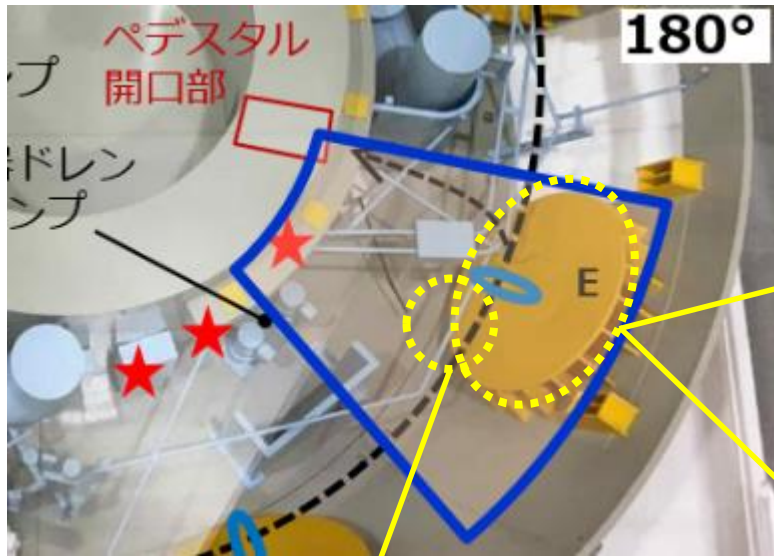


写真1.ジェットデフレクター(E)俯瞰



写真2.ジェットデフレクター(E)表側下部の状況

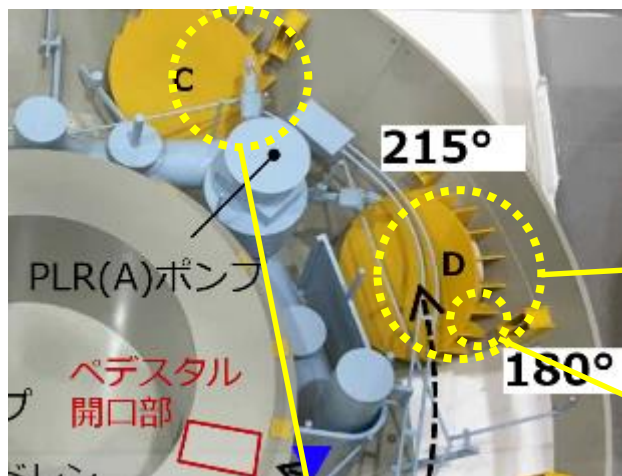


写真3.ジェットデフレクター(E)裏側の状況

4. 調査実績

ジェットデフレクター(C,D)付近の状況(5月19日調査分④)

- ✓ ジェットデフレクター(D)付近および裏側(圧力抑制室側)において堆積物が確認されました。
- ✓ ジェットデフレクター(C)付近において堆積物が確認されました。



ジェット
デフレクター



堆積物

写真1.ジェットデフレクター(D)俯瞰



ジェット
デフレクター

堆積物

写真2.ジェットデフレクター(C)俯瞰



堆積物

写真3.ジェットデフレクター(D)裏側の状況

(参考) 1号機PCV内部調査実績

作業項目	2021年度			2022年度												2023年度		
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
1号PCV内部調査 <現地>	【ROV-A】南側ガイドリング取付完了(2/8~2/10) ↓ 段取り替え ↓ ペDESTAL外周調査(3/14~) ↓ 地震による調査一時中断(3/16) ↓ 一部ペDESTAL外周調査(3/28) ↓ 調査中断(3/29) ↓ 浸水調査, 予備機への交換 ↓ PCV水位調整			↓ 予備機でのペDESTAL外周調査(5/17~5/23) ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-C】堆積物厚さ測定完了(6/7~6/11) ↓ 装置搬出, 養生見直し ↓ 段取り替え (制御装置入れ替え含む) ↓ 【ROV-D】堆積物デブリ検知完了(12/6~12/10) ↓ 段取り替え ↓ 【シールボックス他原因調査・予備機交換】 ↓ 【ROV-E】堆積物サンプリング1回目完了(1/31~2/1) ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-E】堆積物サンプリング2回目完了(2/10~2/11) ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-B】堆積物3Dマッピング完了(3/4~3/8) ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-A2】(3/28~4/1) ペDESTAL内調査 ↓ 調査装置撤去・片付け														
<構外>				↓ 干渉物の追加反映 ↓ ROV-Cケーブル挟まれ事象に伴う再現性確認 ↓ 後半調査に向けたトレーニング														