

福島第一原子力発電所1号機の 格納容器内部調査から得られた情報 （前半調査とりまとめ）

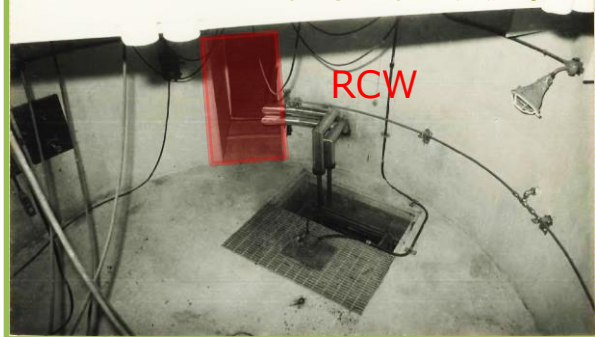
2022年12月20日

IRID **TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

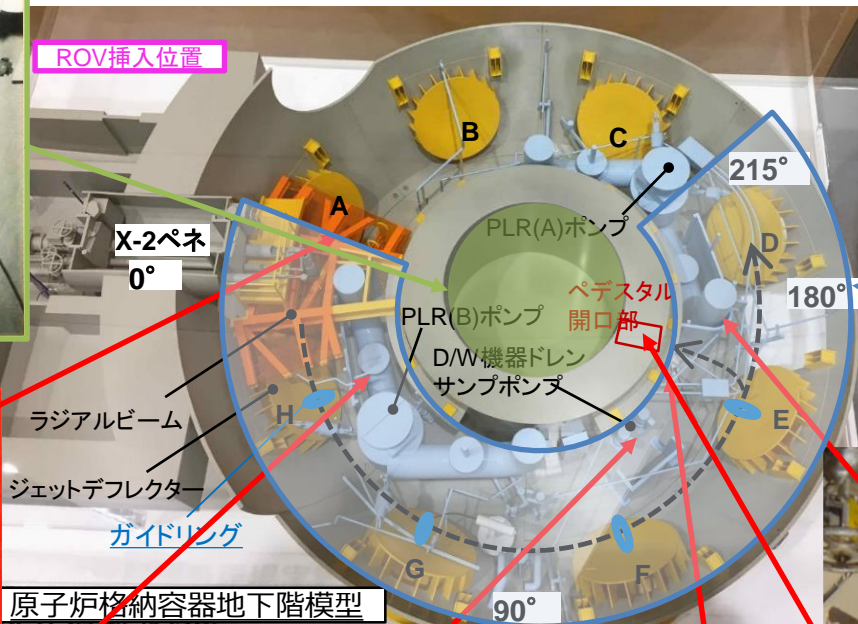
格納容器地下階の事故前の状況について

ペDESTラル内部（後半で実施）



ROV挿入位置

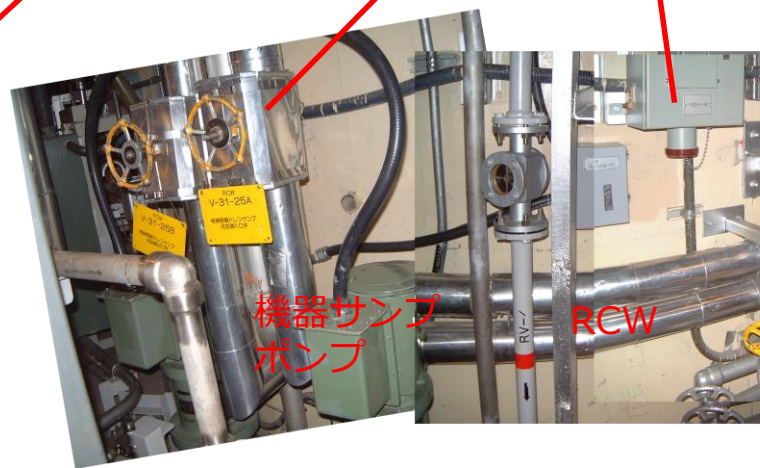
X-2ペネ
0°



前半調査の
調査範囲

ジェット
デフレクター
(A)

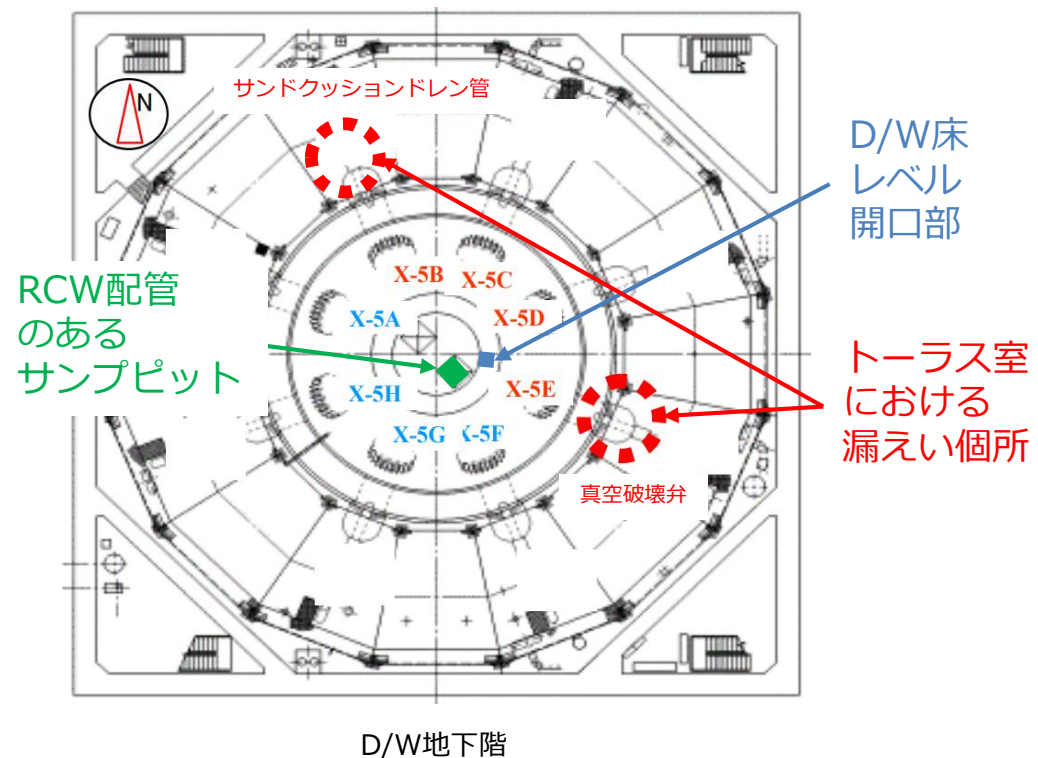
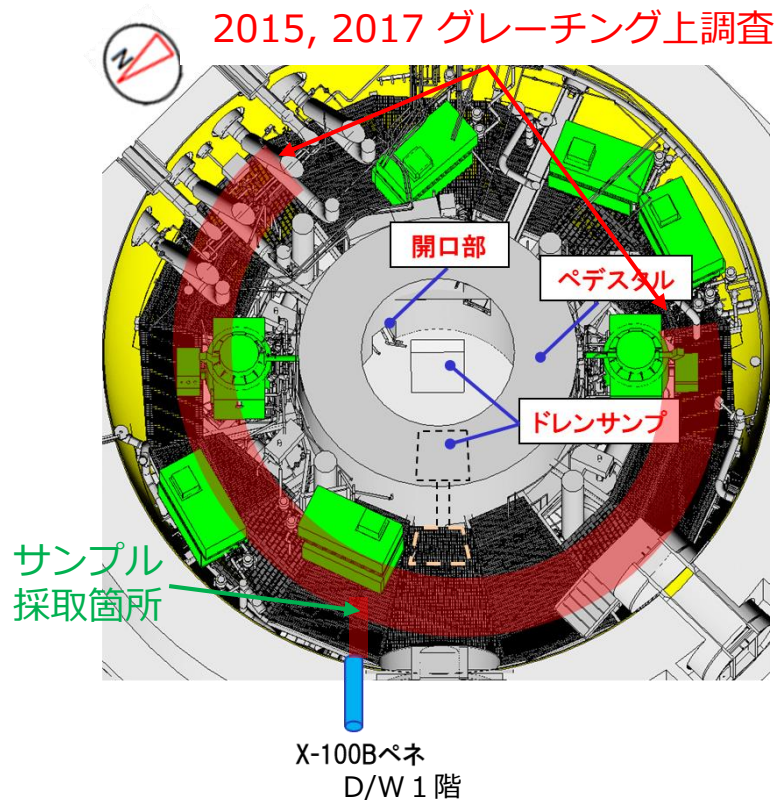
PLR(B)



PLR(A)

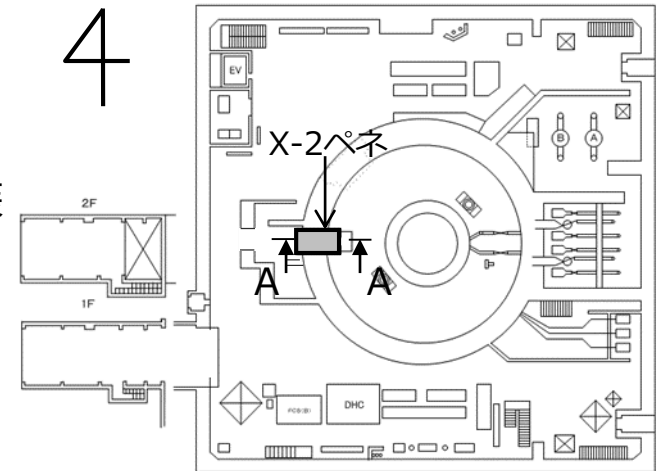
2022以前に実施された1号機の内部調査結果

- RCW系統に高汚染を確認 (2011 原子炉建屋内調査)
- サンドクッションドレン管(2013)、真空破壊弁(2014)からの漏えいを確認 (トラス室調査)
- 原子炉の燃料装荷位置に高密度物質が無いことを確認 (ミュオン調査：2015)
- ペDESTAL外側グレーチング上調査(2015, 2017)、D/W床上に堆積物があることを確認
- D/W堆積物上から採取したサンプルに鉄さび、鉛、アンチモン、ウラン含有の微粒子等を確認 (2017)

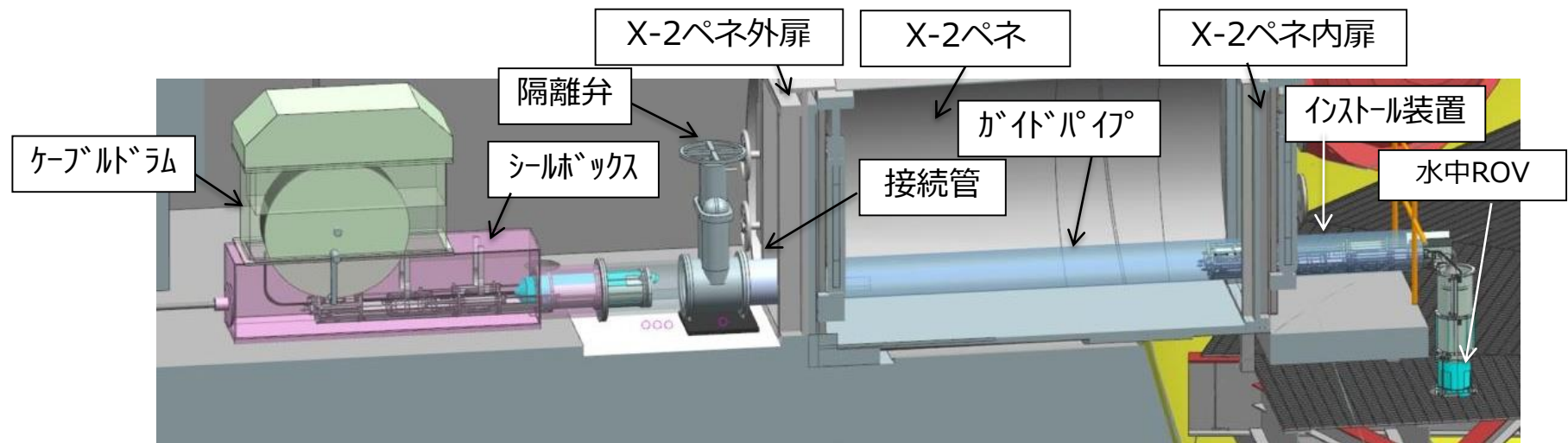


2022～23年に実施するPCV内部調査の概要

- 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）から実施する計画
- 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種類の装置を開発
- 各水中ROVの用途
 - ① ROV-A 事前対策となるガイドリング取付
 - ② ROV-A2 ペDESTAL内外の詳細目視
 - ③ ROV-C 堆積物厚さ測定
 - ④ ROV-D 堆積物デブリ検知
 - ⑤ ROV-E 堆積物サンプリング
 - ⑥ ROV-B 堆積物3Dマッピング



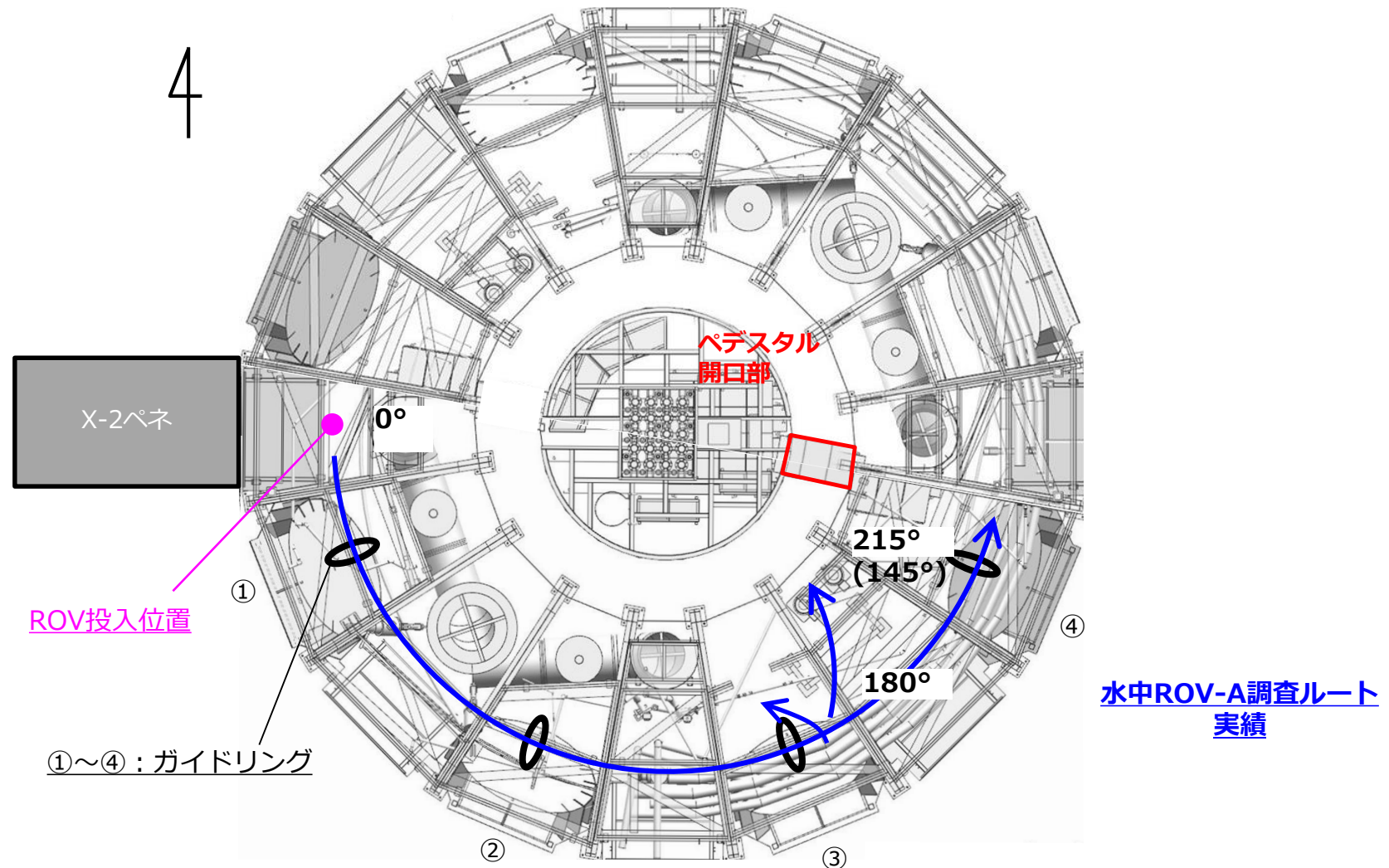
1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

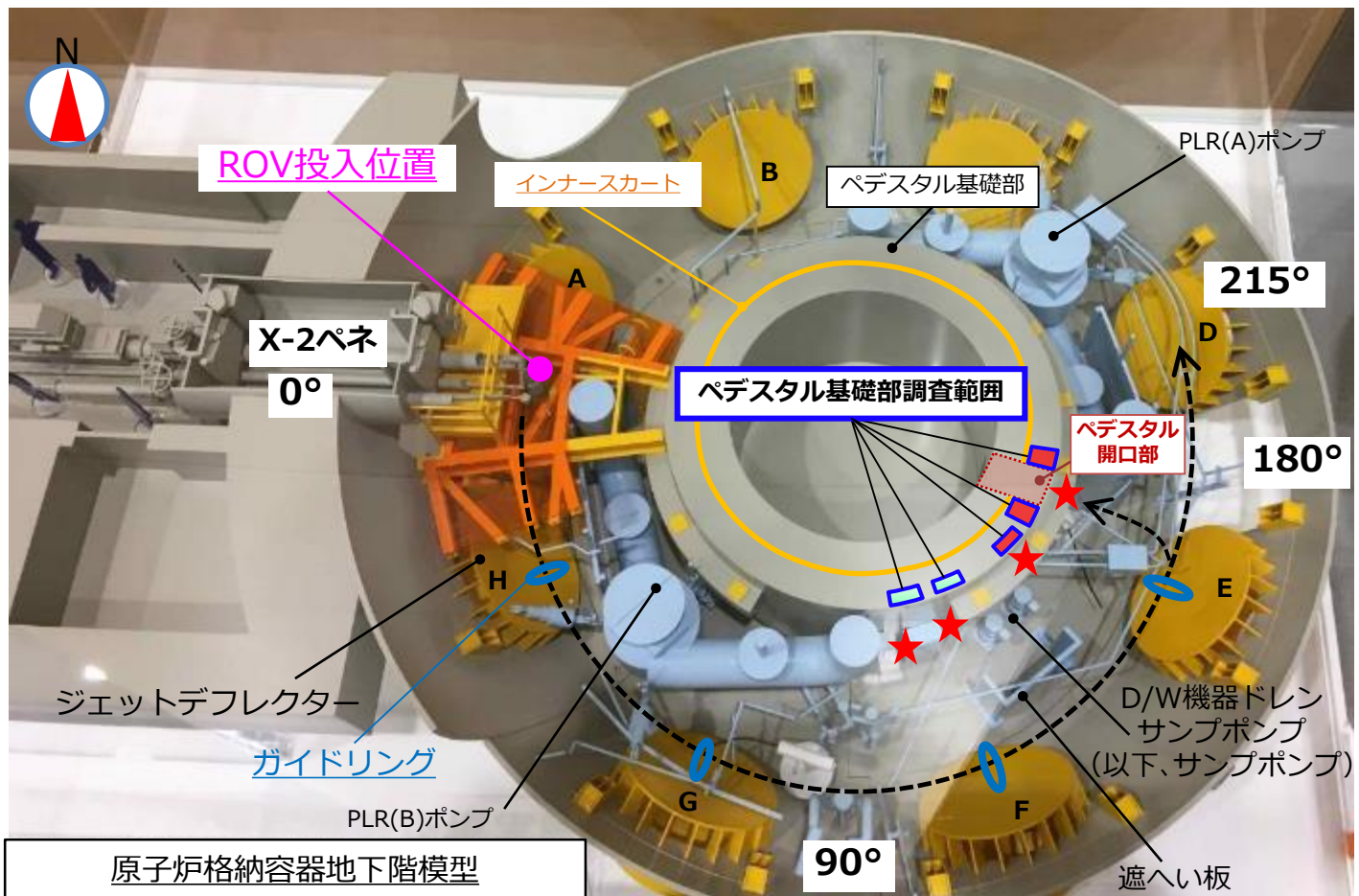
PCV内部調査の状況

- 2月8日に水中ROV-AをPCV内にインストールし、9日にかけて4か所のガイドリング取付を完了、併せてペDESTAL開口部付近の調査を実施し、10日にアンインストールを完了



2. ROV-A2によるペDESTAL基礎部調査の概要と実績

- 調査範囲はPCV地下階の約90°から約180°（ペDESTAL開口部含む）とし、カメラによる目視調査を実施
 <主な調査箇所>
 - 既設構造物の状態確認及び堆積物の広がり状況・高さ・傾斜確認。
 - ペDESTAL開口部付近のコンクリート壁状況確認。（下図 □ 調査箇所：■ 鉄筋露出、□ 露出無）
 - ペDESTAL内部の目視調査は調査実績等を踏まえ、最終でROV-A2を投入予定。

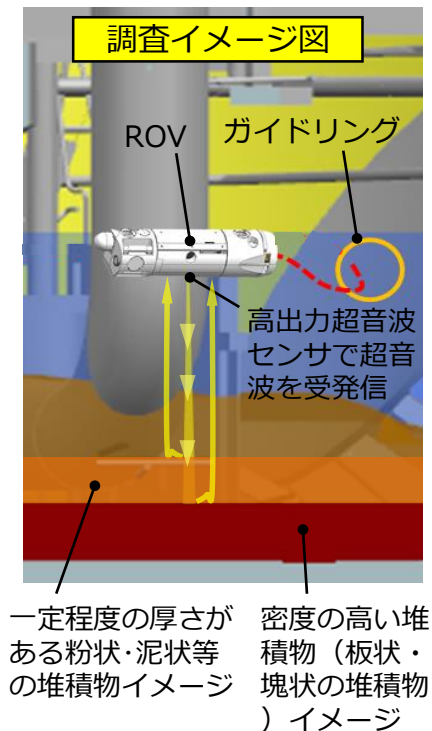
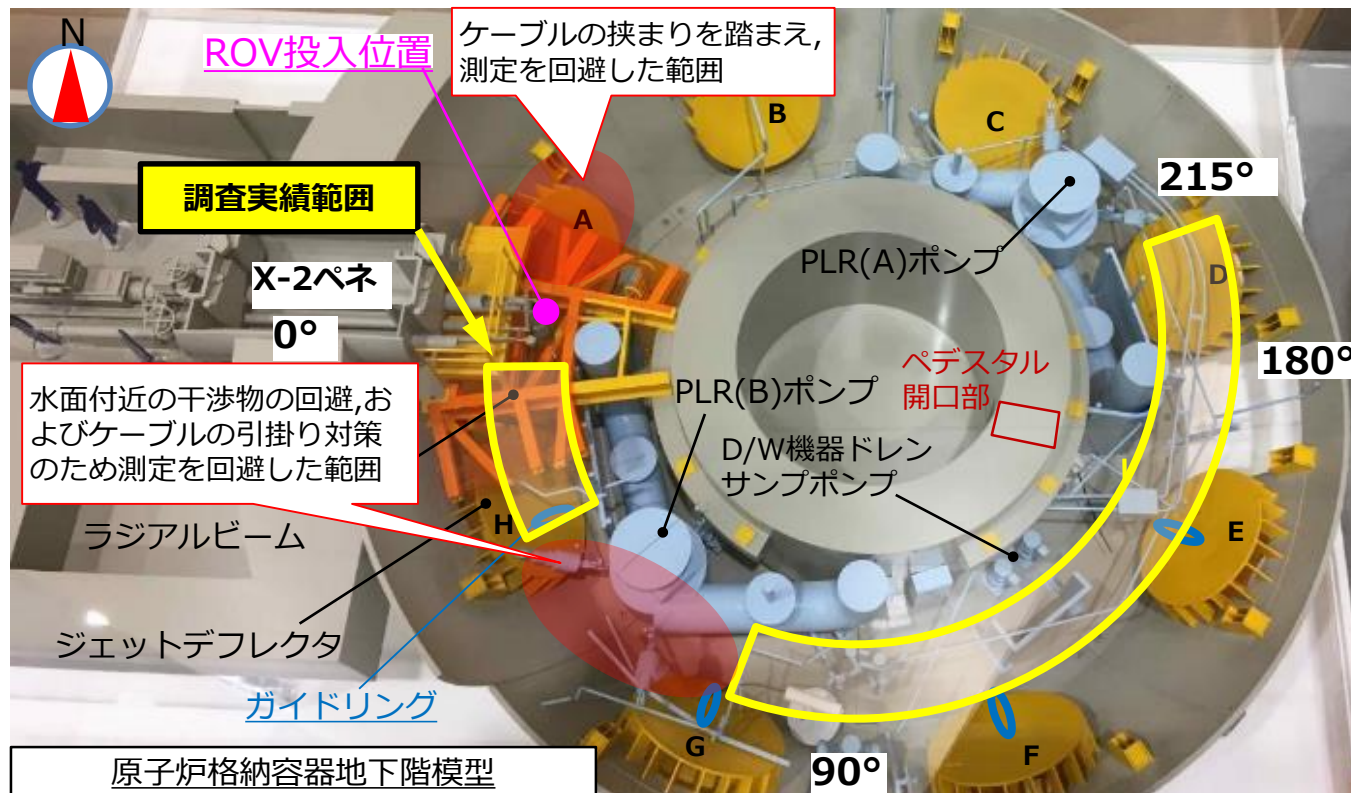


資料提供：国際廃炉研究開発機構(IRID)

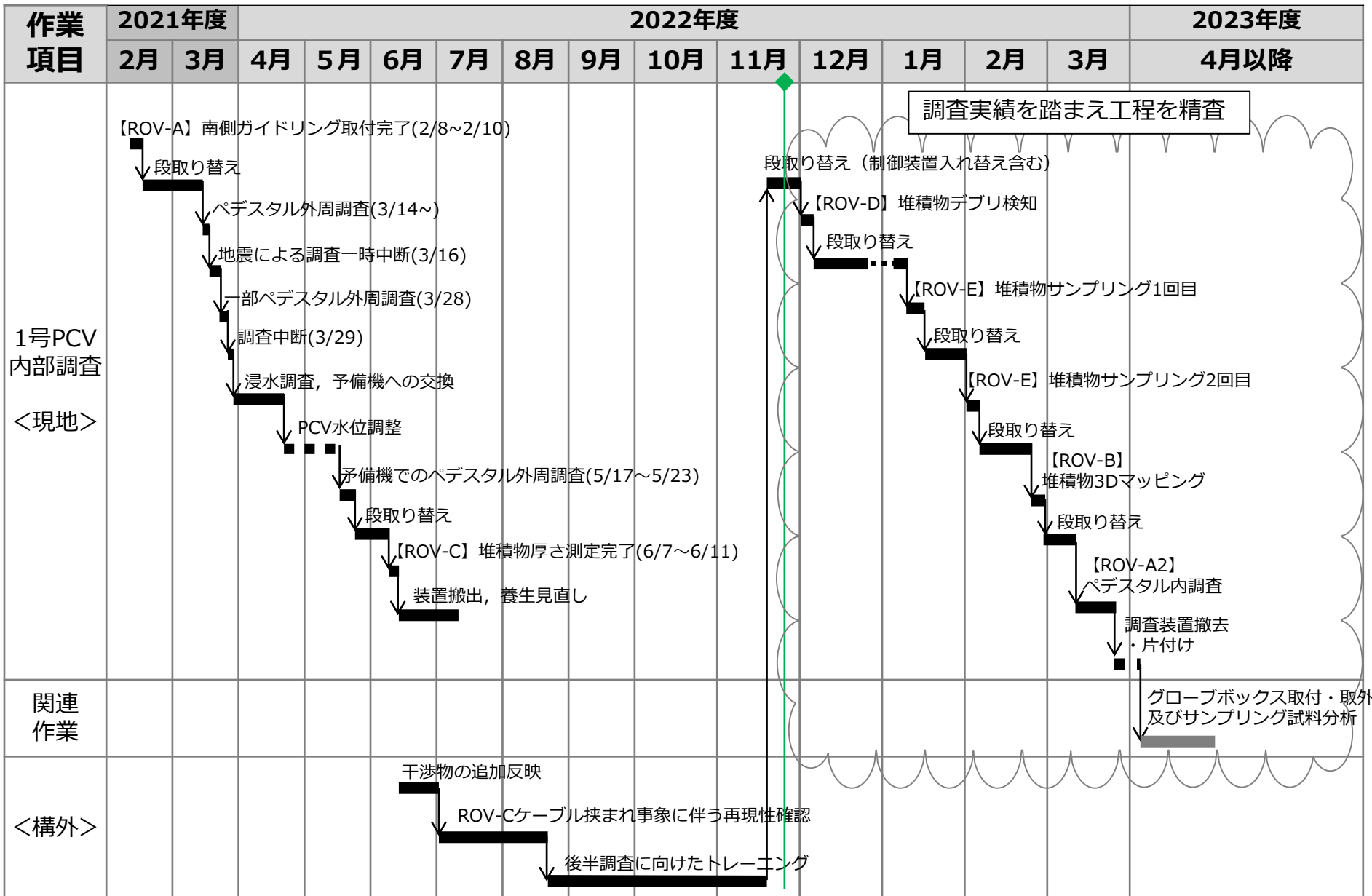
★：ROV-A2目視調査位置

ROV-Cによる堆積物厚さ測定実績

- 調査範囲：ROV投入位置から約215°の範囲（測定を回避した一部の範囲を除く）
- 調査方法：水面を一定速度で遊泳しながら、堆積物（PCV底部方向）へ超音波を発信、跳ね返りを受信
- 調査箇所：13箇所
- 評価
 - 取得した超音波測定データと、測定位置の映像・既設構造物の位置情報を比較し、水面から堆積物までの距離や厚さを推定



1号機PCV内部調査全体工程



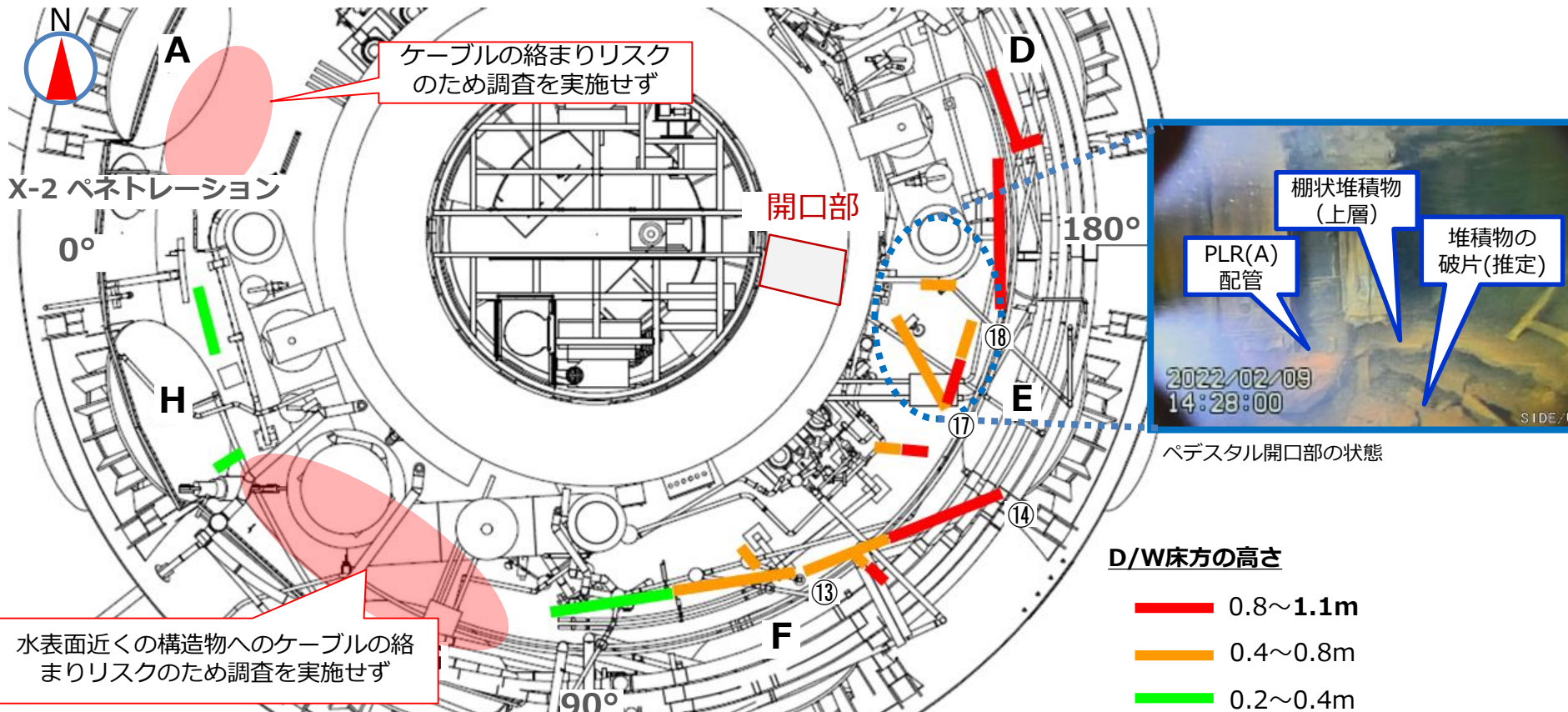
(注) 各作業の実施時期については計画であり、現場作業の進捗状況によって時期は変更の可能性あり。

堆積物高さの分布

- 一般的な傾向として、D/W床の開口部からの距離が離れるにしたがって堆積高さが低くなる
- 堆積高さの最大値は ~1.1 m (ペDESTAL内は情報なし)

原子炉内の燃料、炉内構造物が全て溶けたと想定しても、その体積高さはペDESTAL内で~ 1.1 m*程度

*ペDESTAL内の構造物無し、サンプルットへの侵入無し、MCCIの進展なしの概略評価値



測定方法: ROVを浮上させた状態で超音波探査法にて水深を調査

評価手法: 堆積物高さは、D/W床からの水位が2mであるとして、超音波探査による水深評価結果から堆積物高さを評価

(出典) https://www.tepco.co.jp/decommission/information/committee/roadmap_progress/pdf/2022/d220728_08-j.pdf#page=4

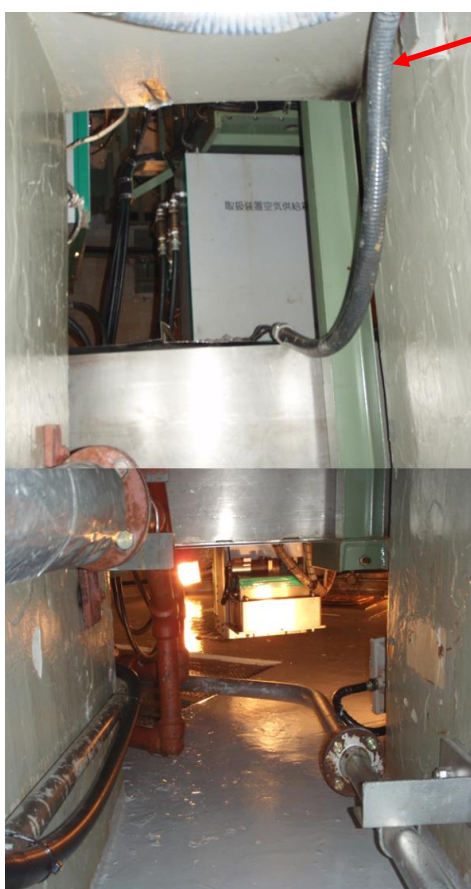
ペDESTアル開口部 (D/W床レベル)

- 開口部の上部に関しては、コンクリートへの大きな損傷は確認されていない
- 開口部の壁面に付着するかたちで棚状に張り出している堆積物を確認。
- 右側の棚状堆積物はペDESTアル内部に向かって立ち上がっている状況
- 棚状堆積物の下面にはつららもしくは鍾乳石のような形状が存在

つらら状のものが生成された際は、棚状堆積物は水面よりも上にあつた可能性



電線管



電線管



つらら状

2011年以前のペDESTアルの状態

ペDESTAL開口部 (D/W床レベル)

- D/W床から~1 m 程度の高さまでコンクリート壁の劣化を確認
- インナースカートには大きな変形無し
- 鉛直方向の鉄筋は表面の凹凸パターンは残存
- ペDESTAL内部の堆積物高さは~1 m程度



(参考) 建設時の状況

ペDESTAL内部の堆積物

インナースカート

ROVフレーム

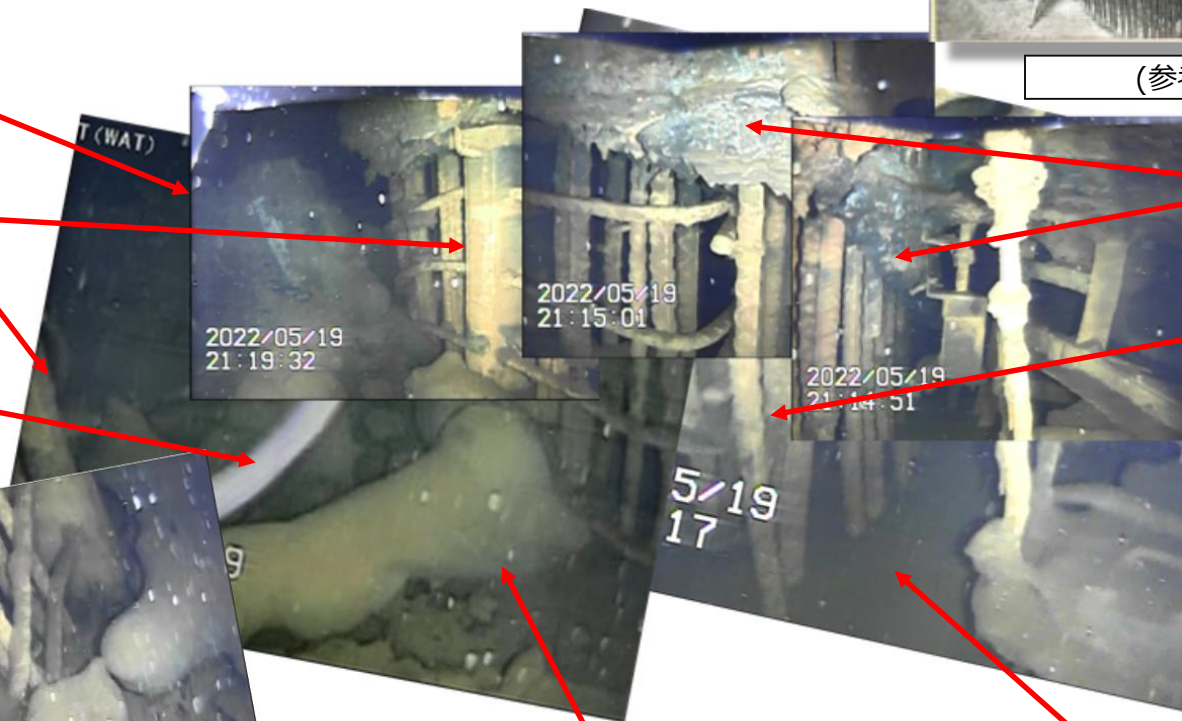
鉄筋

コンクリート壁の残存部か？

鉄筋

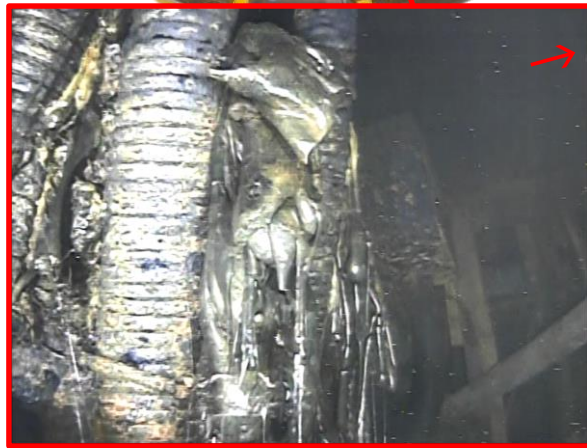
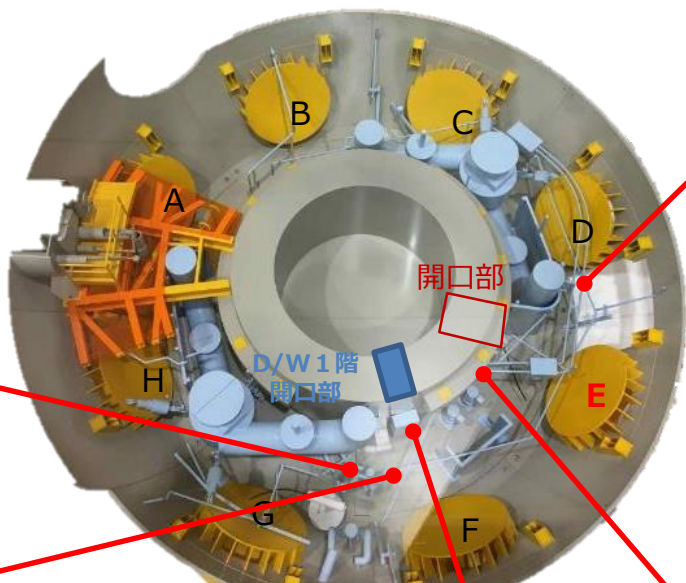
開口部通路内の塊状堆積物

棚状堆積物と異なる下層の堆積物



水面より上の構造物への付着物

- 配管や構造物への付着物を確認
- RCWヘッダ配管等に金属光沢のある付着物を確認

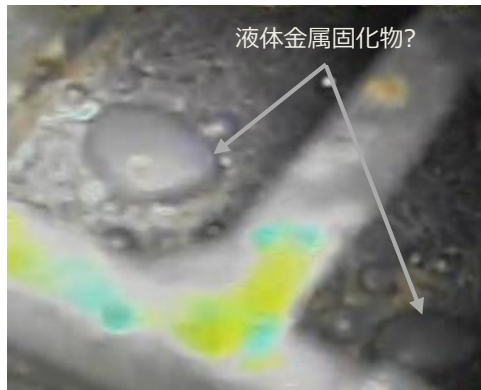


→ :D/W床ペダスタル開口部の方向
 写真の推定位置は不確かさを含む
 E:真空破壊弁からの水漏れいが確認された
 ベント管のジェットデфлекター

堆積物の総物量について（ペDESTAL外物質の寄与）

堆積物の総物量を考慮する場合、以下の物質の寄与についても検討することが必要

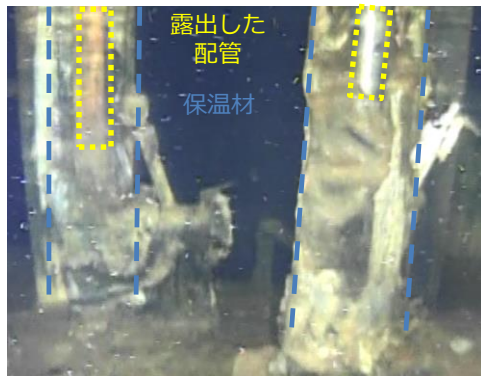
- 溶融、剥離が確認されている鉛遮へい材、および、グレーチング等の亜鉛防錆塗料（比較的少量か）
- 配管の保温材、塗料
- CRD交換用の上部ペDESTAL開口部からの物質の落下可能性



2015年実施のグレーチング上の調査結果より抜粋



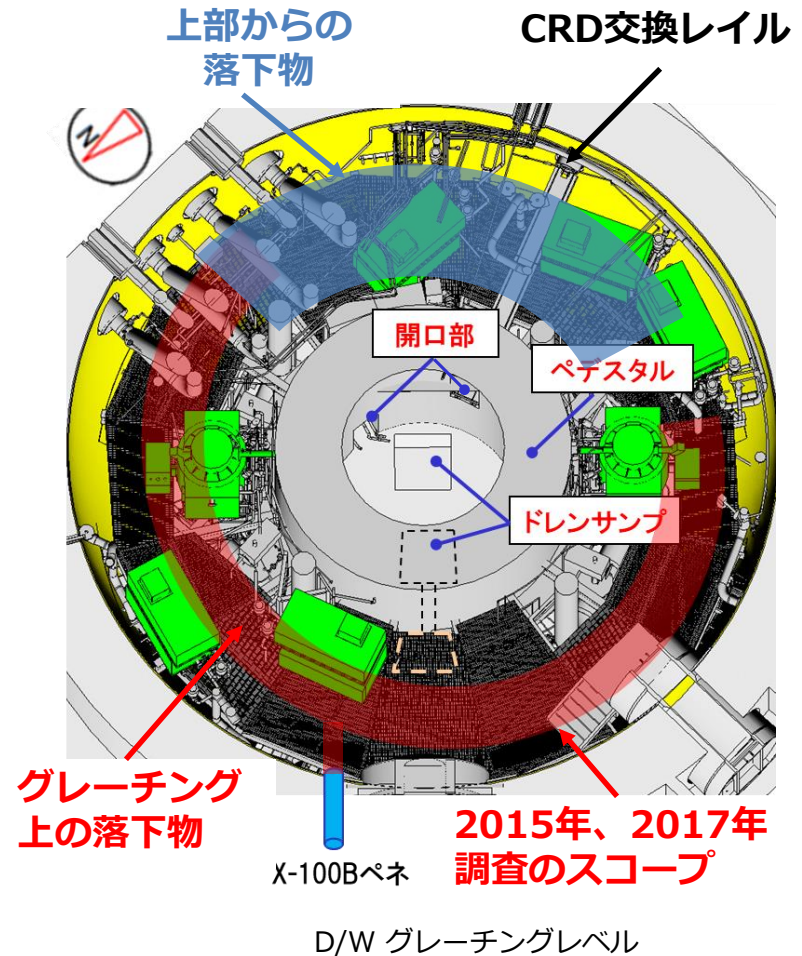
福島第二4号機で確認されたグレーチングからの亜鉛塗料の剥離（推定される環境温度 ~150°C）



ドレンサンプルピット付近で確認されたRCW配管の保温材の状況（水中）



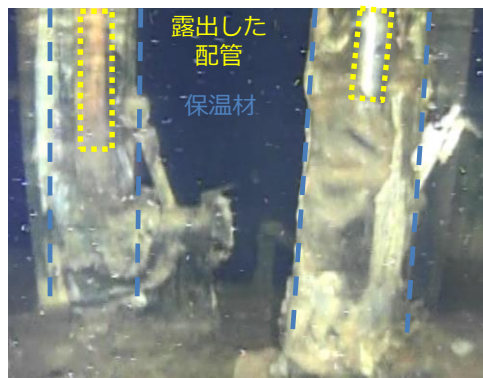
水面より上のRCW配管の状況



D/W グレーチングレベル

保温材の劣化について

- 水中、気中の複数個所にて、RCW配管を取り囲む保温材の劣化を確認
- ウレタン保温材が消失していることも確認された
- 連結部付近において、光沢のある付着物を確認



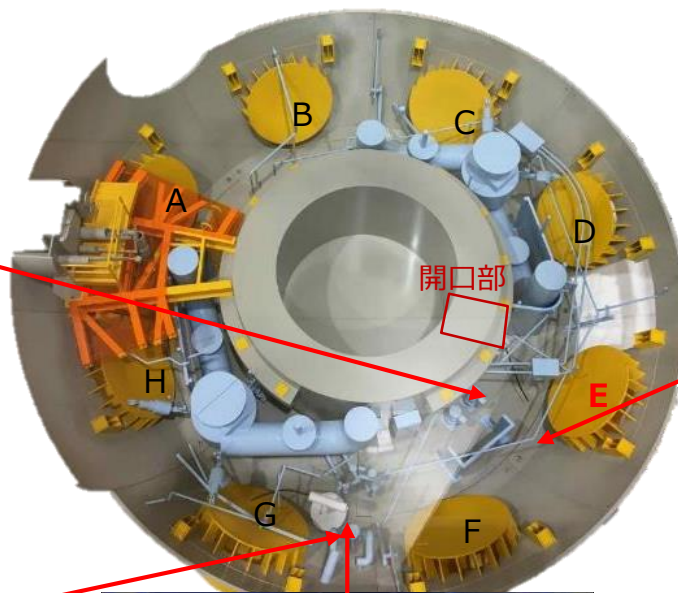
ドレンサンプルピット付近で確認されたRCW配管の保温材の状況 (水中)



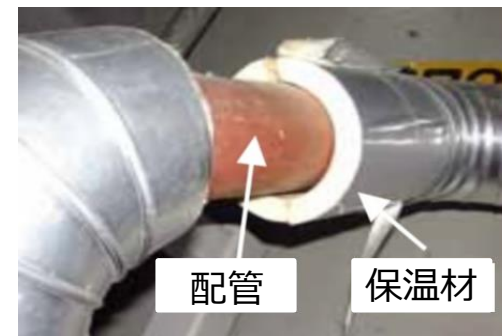
格納容器貫通部付近で確認されたRCW配管への光沢のある付着物 (水中)

写真の推定位置は不確かさを含む

E:真空破壊弁からの水漏れいが確認されたベント管のジェットデフレクター



格納容器貫通部付近のRCW配管(水中)



配管と保温材のイメージ



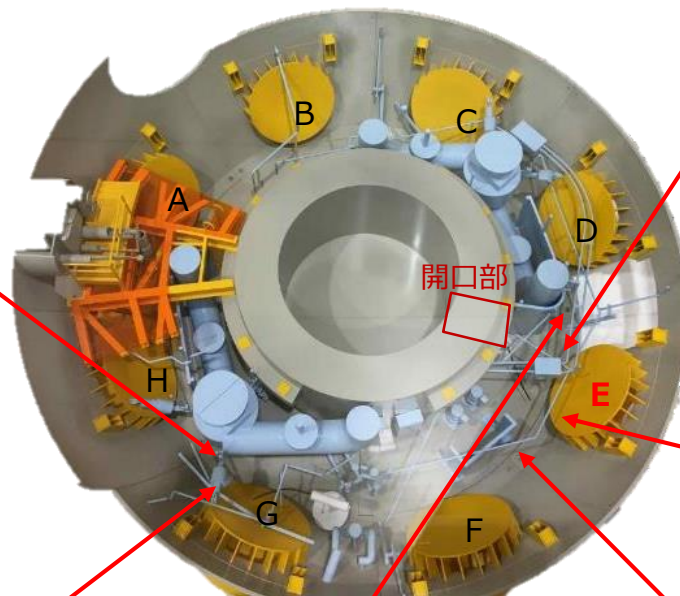
気中のRCW配管



保温材カバーの影

水面より上の配管の状況について

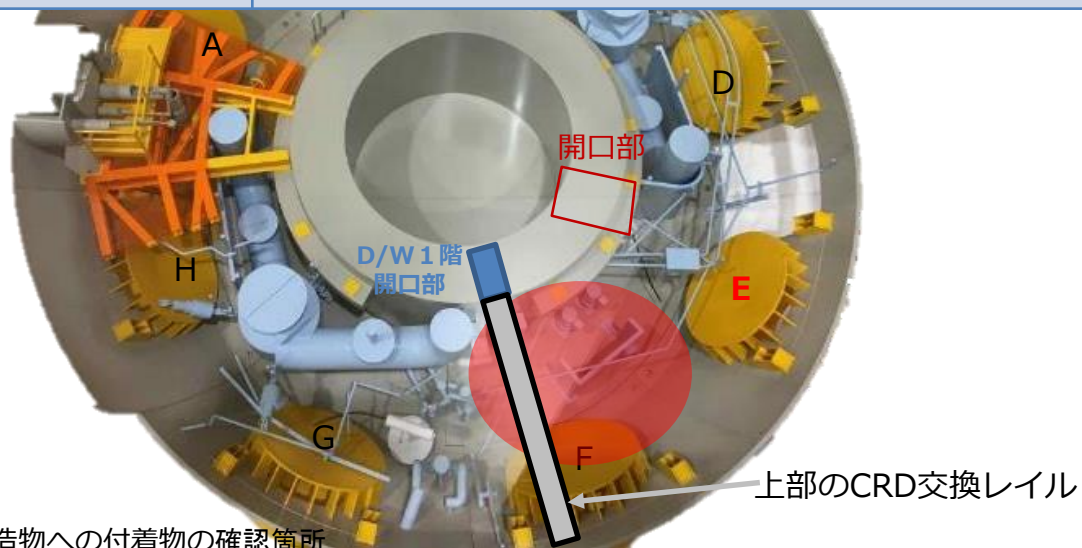
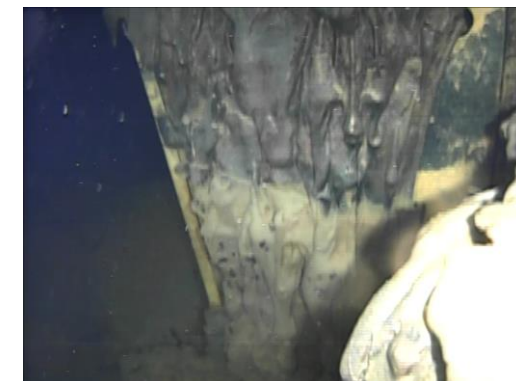
- 光沢のある金属的な堆積物はペDESTAL開口部およびCRD交換用の上部開口部の周辺でも確認されている（主にRCWの格納容器内ヘッダ配管）
- 配管の保温材カバーの剥がれや変形も確認されている



写真の推定位置は不確かさを含む
 E:真空破壊弁からの水漏えいが確認された
 ベント管のジェットデフレクター

構造物に付着する形で存在する堆積物

外見	多種多様
大きさ	多種多様
確認場所	水中、気中のペDESTAL外機器ドレンサンプ、CRD交換レイル、等の構造物の上面及び側面
起源/ 組成	<p>保温材や遮へい材の高温による劣化</p> <p>CRD交換レイルの下で確認された堆積物は</p> <p>①ペDESTAL内部から落下した可能性</p> <p>②開口部周辺が局所的に高温化することで生成された可能性</p> <p>が考えられる</p>



■: 構造物への付着物の確認箇所
 E: 真空破壊弁からの水漏えいが確認されたベント管のジェットデフレクター

構造物に付着する形で存在する堆積物

- D/W床面より高い位置（水中及び気中）に構造物に付着する形で堆積物が存在
→ペDESTAL内から開口部を通じてペDESTAL外へ流出したのではなく、
上部から落下したものと推定
- CRD交換レイル及びその開口部、ペDESTAL開口部（D/W床面）の周辺は比較的堆積物の量が多い
- D/W床面レベルの堆積物の上に上部から落下してできた堆積物もあると推定 (P25 図③参照)



気中の配管に付着した堆積物



水中の構造物に付着した堆積物
(機器ドレンサンプの遮蔽体)

カメラ
ガード
映り込み



構造物に付着した堆積物へのROV接触による剥離、落下

- ROVが付着した堆積物に接触した後、一部が落下した一部始終を映像にて確認（気中および水中）
- 破断面の形状は多孔質であることを示唆



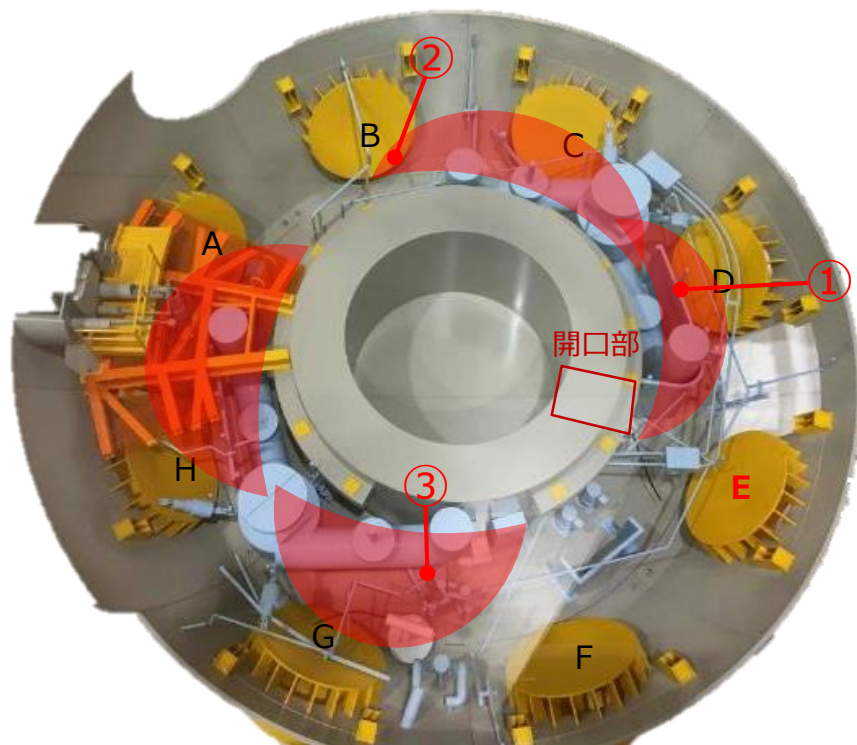
ROVとの接触により一部が乖離する様子が撮影された。残った堆積物の破断面も確認できる。破片は偶然ROVの上部に落下した。破片をROVのカメラで直接捉えることはできなかったが、ROVが浸水する際に水面に鏡像として映り込んだものが確認された。



ROVとの接触により一部が乖離する様子が撮影された。落下する際に破片からガスが放出され、水中を上昇する様子が確認された。

局所的な堆積物の盛り上がり

外見	表面が滑らかな塊。
大きさ	大きいものは厚さ数十cm、幅数mに達する
確認場所	PLR配管周辺に存在
起源/ 組成	遮蔽用鉛毛マットの溶融落下の可能性



- :局所的な堆積物の盛り上がり確認箇所
- E: 真空破壊弁からの水漏れいが確認されたベント管のジェットデフレクター



局所的な堆積物の盛り上がり

- 多くはPLR配管の周辺に存在（鉛遮蔽体との関係性？）
- ペDESTAL開口部から離れるにつれて堆積高さが下がる
全体的な傾向とは異なり、局所的な盛り上がりとして存在
- 鉛毛マットの接続部の部品が周辺に確認されることもある
- 2011/3/20の格納容器内の測定温度は~400℃*であり、
鉛の融点以上の温度となっていた可能性が高い
*温度計測用の熱電対の温度計測の上限値相当
- 鉛の融点: 327.5℃
- 堆積物の最高点は鉛遮へいの支持構造物近傍

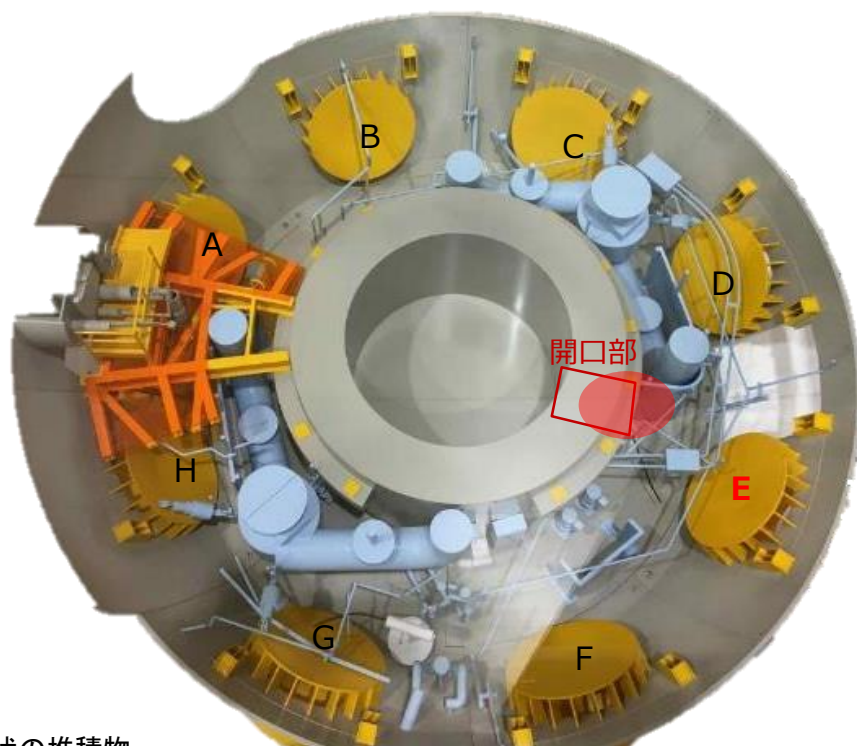


遮蔽マットの接続具



塊状の堆積物

外見	表面は滑らか。多種多様。
大きさ	数十cm
確認場所	開口部周辺
起源/ 組成	燃料デブリの可能性？ 表面性状が類似の溶融鉛生成物？



- : 塊状の堆積物
- E: 真空破壊弁からの水漏れいが確認されたベント管のジェットデフレクター

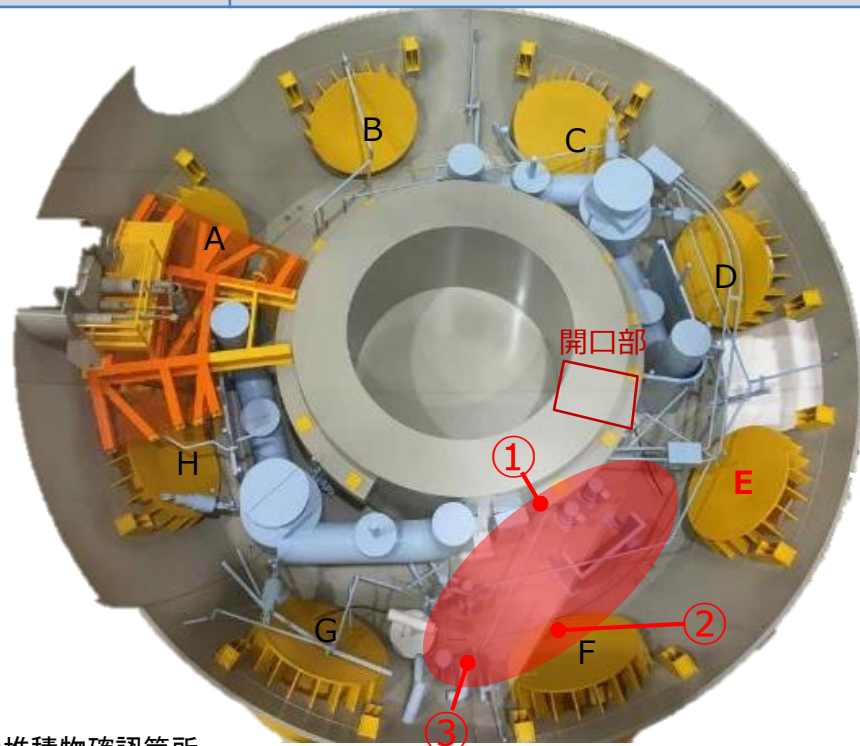
塊状の堆積物

- ペDESTAL開口部のところどころに塊状の堆積物として存在
- 遮へい用の鉛の存在が予想される位置とも重なる
- ペDESTAL内部から移行してきている可能性のある塊状の堆積物（画像が鮮明ではない）もあるものの、この堆積物がペDESTALの内部から出てきたものかどうかの区別は困難
- 外見（大きさ、表面の滑らかさ、等）はPLR配管の周辺で確認されたものと類似
- ペDESTAL内部調査により更なる情報が得られることが期待される



糸状堆積物

外見	細い糸状の堆積物。他の堆積物の上に、もしくは、混在して存在
大きさ	数cm ~ 数m の長さ
確認場所	ペDESTAL外壁からジェットデフレクターF・Eの間
起源/ 組成	鉛毛マット(鉛およびそのカバー)に由来する可能性が高い



■ : 糸状堆積物確認箇所
 E: 真空破壊弁からの水漏えいが確認されたベント管のジェットデフレクター



糸状堆積物

- 構造物への付着が見られた箇所下部に相当する場所で確認されることが多い
- 鉛毛マットのカバーに使用されているグラスファイバー等の糸状の素材の可能性
- 鉛等の溶融物が落下する際に途中で冷却されて糸状の物体に固化した可能性



損傷した鉛毛マットカバーの
グラスファイバー



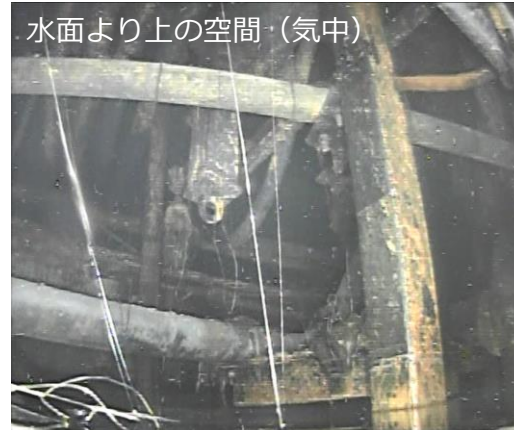
気中の糸状物質



気中の溶融固化物（糸状のもの）



不明なメッシュ状物質（水中）



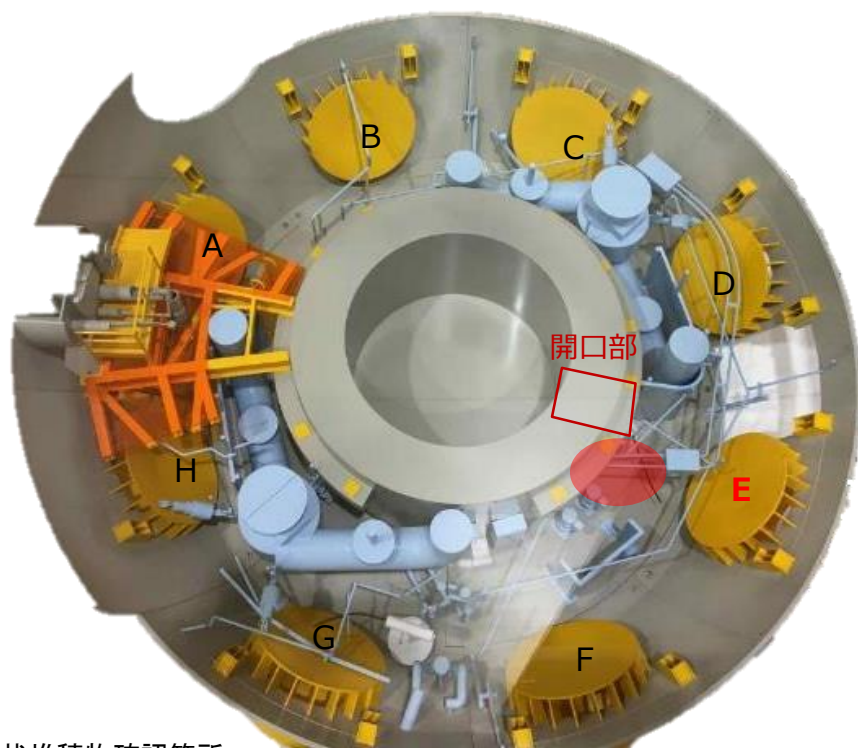
気中の糸状物質



水中の溶融固化物（糸状のもの）

半球状堆積物

外見	中空の半球状の物体(薄い殻)
大きさ	数cm
確認場所	ペDESTアル開口部の前周辺
起源/ 組成	不明 上部からの落下物により形成?



- : 半球状堆積物確認箇所
- E: 真空破壊弁からの水漏れいが確認されたベント管のジェットデフレクター

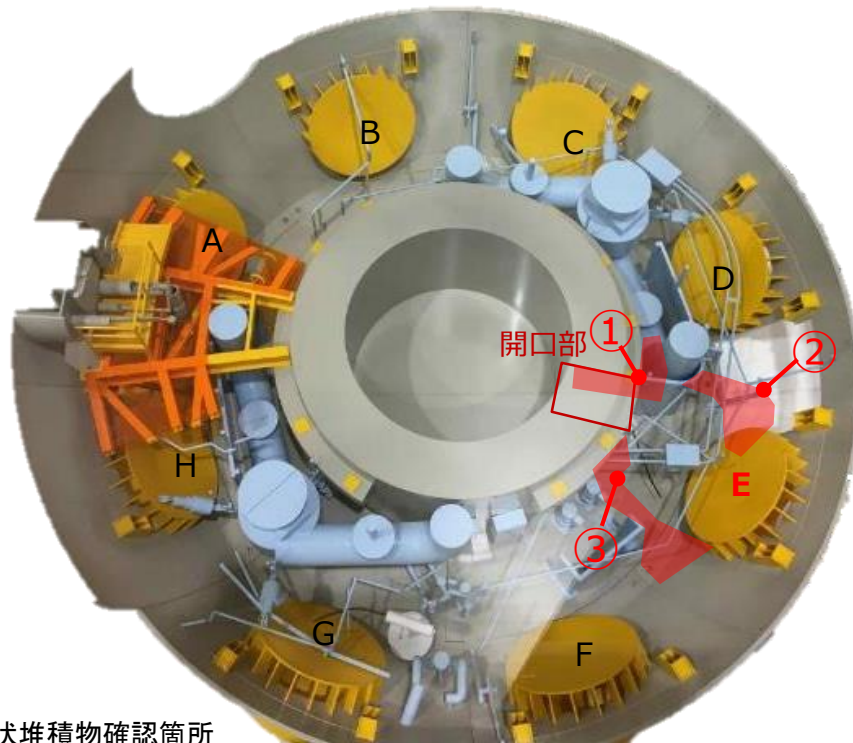
半球状堆積物

- 多くはペDESTAL開口部前周辺で確認
- 薄い殻状の物体は他の箇所でも確認されている（他の堆積物でおおわれていることが多い）ものの、半球状もしくは球状の形状とはなっていない



棚状（テーブル状）堆積物

外見	既存の壁に固着した板状の物質
大きさ	厚さは数cmから数十cm。長さは数m。
確認場所	ペDESTAL開口部、ペDESTAL外壁、PCVシェル、高さ1m以上の構造物
起源/ 組成	不明。ペDESTAL内部から流出した物質により形成された可能性が高い

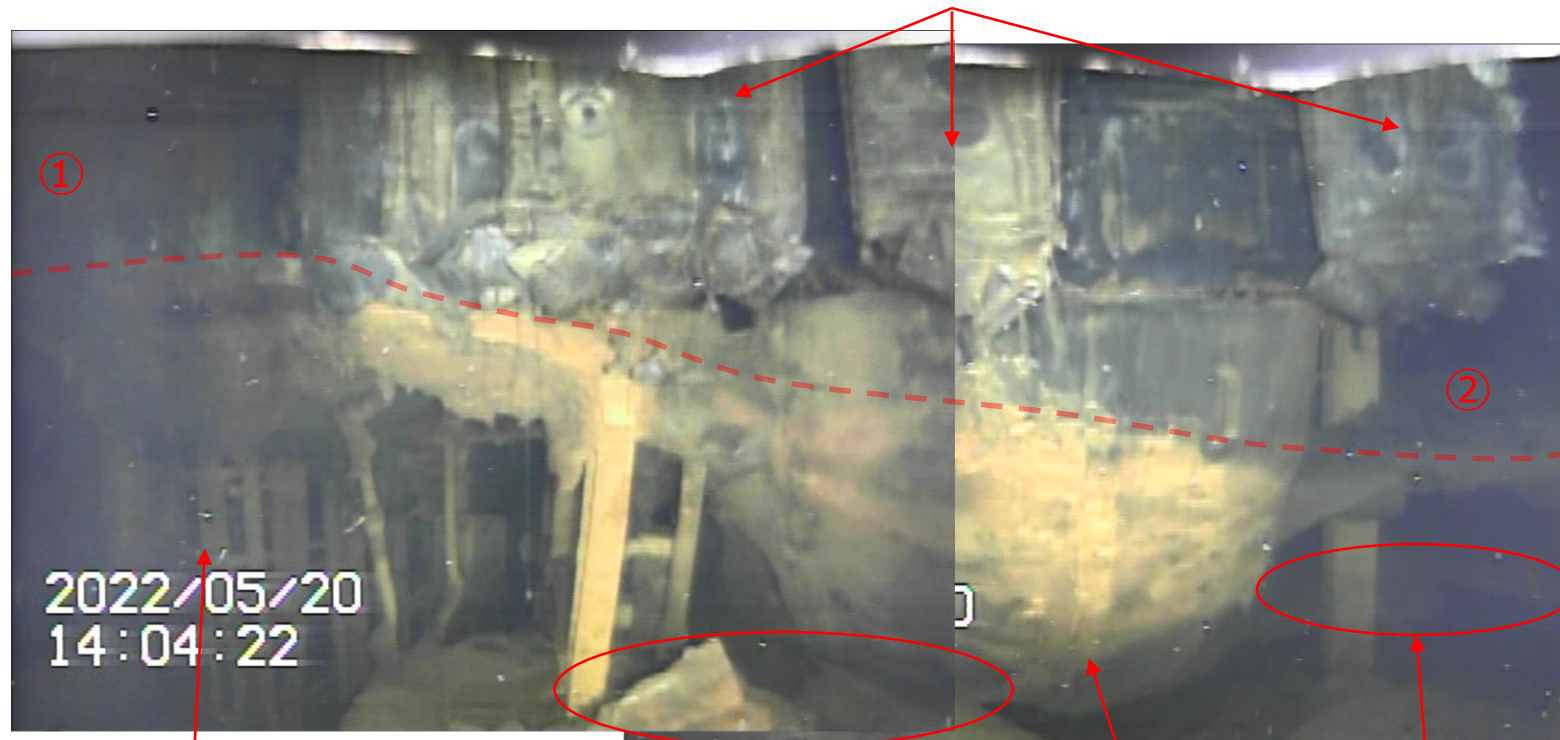


- : 棚状堆積物確認箇所
- E: 真空破壊弁からの水漏えいが確認されたベント管のジェットデフレクター

棚状堆積物

- ①: ペDESTAL開口部に端を発する棚状堆積物は開口部から離れるにつれて堆積高さが減少する
- 棚状堆積物は開口部から離れるにつれて厚みが増す
- ペDESTAL開口部周辺の①の棚状堆積物は1層のみ。(②の下部にはもう1層の棚状堆積物あり)
- PLR配管は上下で2色に分かれており、下部はペDESTAL開口部から続く棚状堆積物の色合いと同じであることから、①と②の棚状堆積物はもともと一体であったものが崩れて分かれたものと推定。

鉛毛マット



ペDESTAL壁の
露出した鉄筋

崩れた棚状堆積物
(推定)

PLR配管エルボ部

棚状堆積物②の
下の棚状堆積物

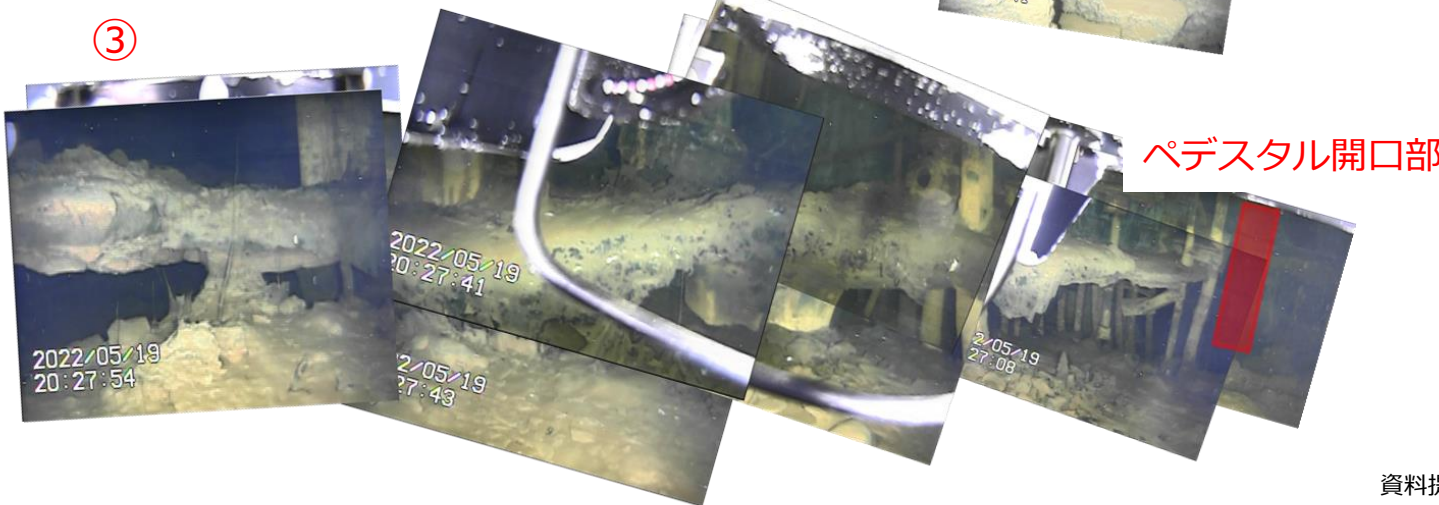
棚状堆積物

- ②: 2層の棚状堆積物はPCVシェル部では上下が連続的に結合している
2層に挟まれた構造物には損傷は確認できない
下層の棚状堆積物は平坦で、内面は滑らか
- ③: 棚状堆積物は上部からの落下物で覆われている。1層のみ確認できる
- 崩れた破片は②周辺でのみ確認できる

②
ペDESTAL開口部



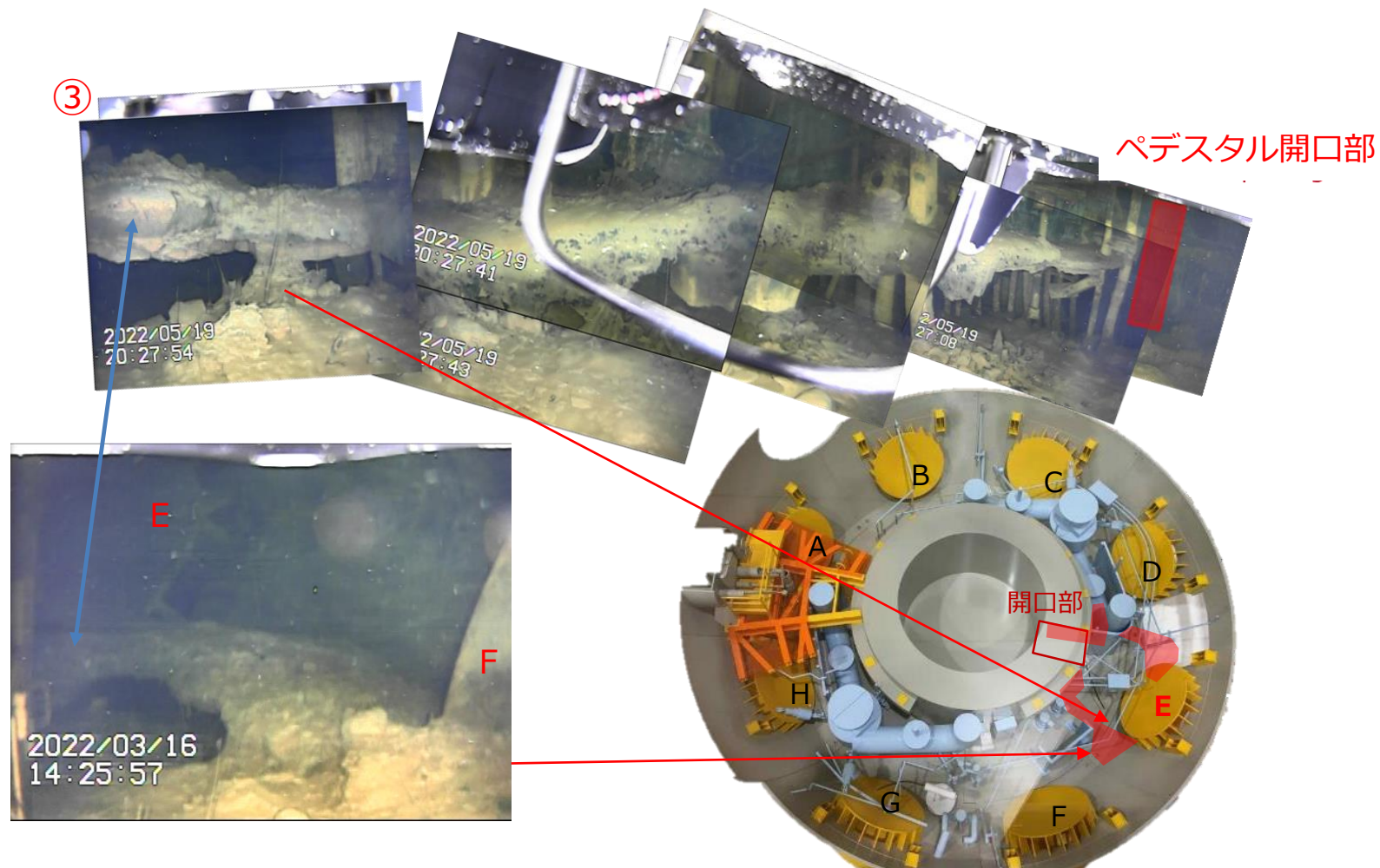
③



②③の外見の相違、および、崩れた破片の分布の偏りは棚状堆積物の生成、崩落のメカニズムの相違によるもの？ 棚状堆積物の組成の相違によるもの？

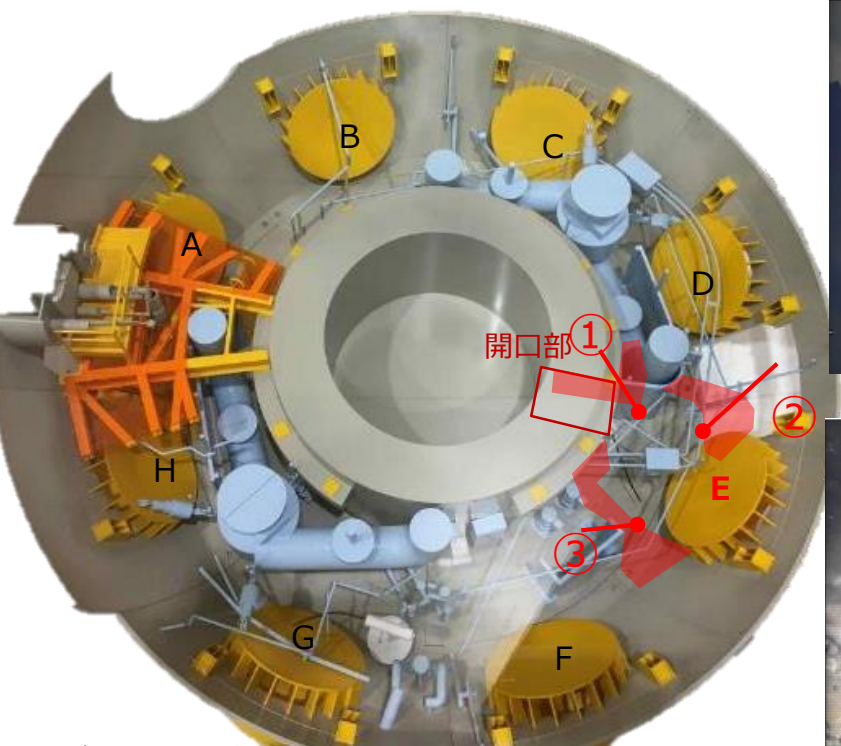
棚状堆積物

- ジェットデフEとFの間に見える棚状堆積物の下の空洞と、ペDESTAL壁からジェットデフEにつながる棚状堆積物の下の空洞は内部でつながっているように見える



棚状堆積物

- ①と②の破断面は②の方が厚いものの気孔率はほぼ同等
- ③の破断面は上部からの落下物に覆われており明確には確認できない。
- ①の底面にはつらら/鍾乳石形状あり
- ②、③の底面は比較的滑らか

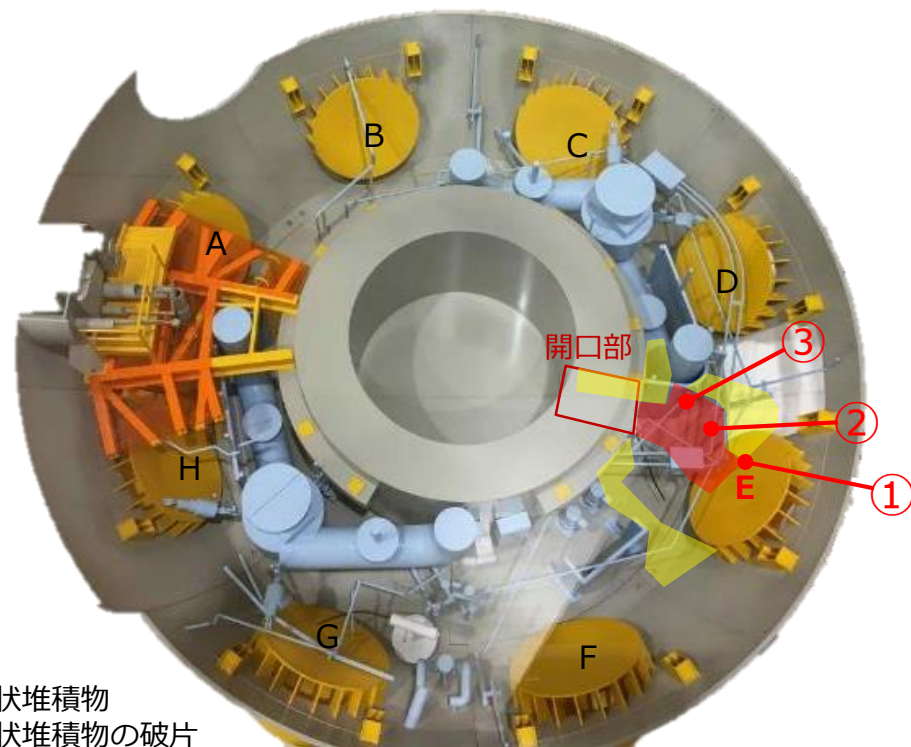


■ : 棚状堆積物確認箇所

E: 真空破壊弁からの水漏れいが確認されたベント管のジェットデフレクター

棚状堆積物の破片

外見	多種多様。一部の破片では、破片同士の破断面形状が同一であり、元の形状を再現できる
大きさ	数十cm
確認場所	棚状堆積物の周辺(特に開口部の右側に多い)
起源/ 組成	棚状堆積物が崩れたものと推定 組成は不明

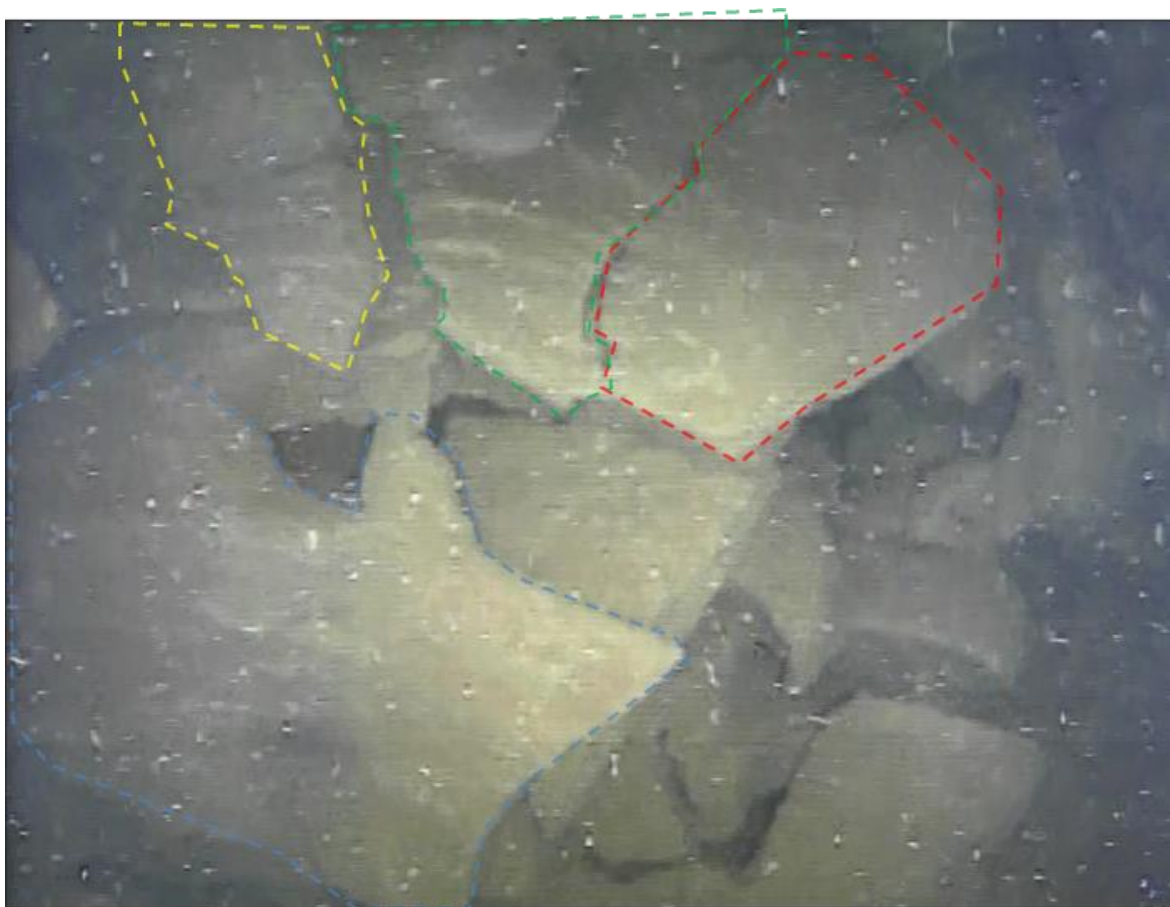


- : 棚状堆積物
- : 棚状堆積物の破片
- E: 真空破壊弁からの水漏えいが確認されたベント管のジェットデフレクター



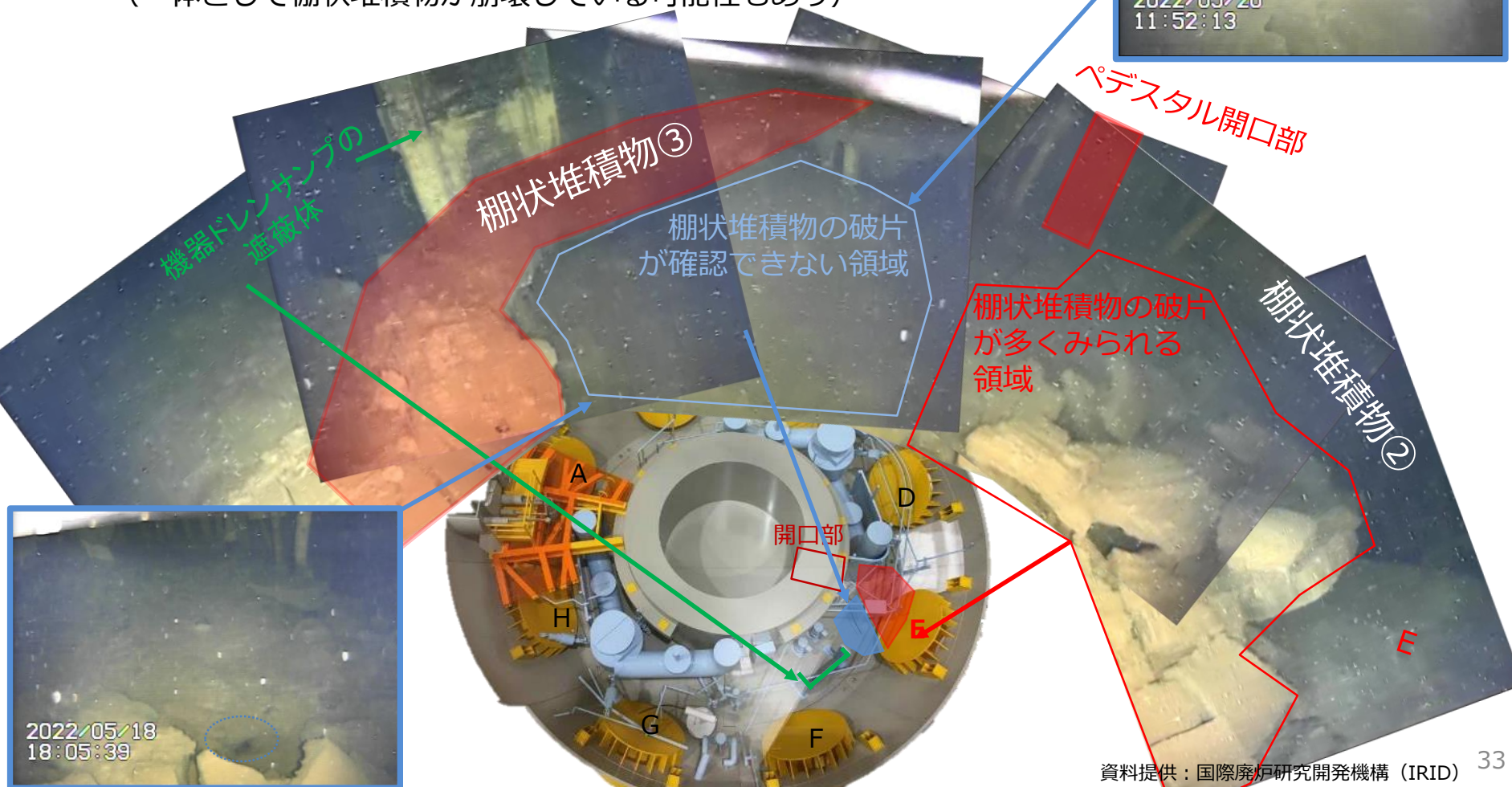
棚状堆積物の破片

- 下図に見える複数の破片は、破断面形状が隣接する破片同士で同一であることから元は一体の棚状堆積物であった可能性が高い



棚状堆積物の破片

- 棚状堆積物の破片はペDESTAL開口部の右側領域（ジェットデフE～PLR配管～ペDESTAL開口部）に偏在
- ペDESTAL開口部の左側領域は多量の上部からの落下物に覆われており状態は不明。
- 崩壊した棚状堆積物は上部からの落下物の下にある可能性（一体として棚状堆積物が崩壊している可能性もあり）



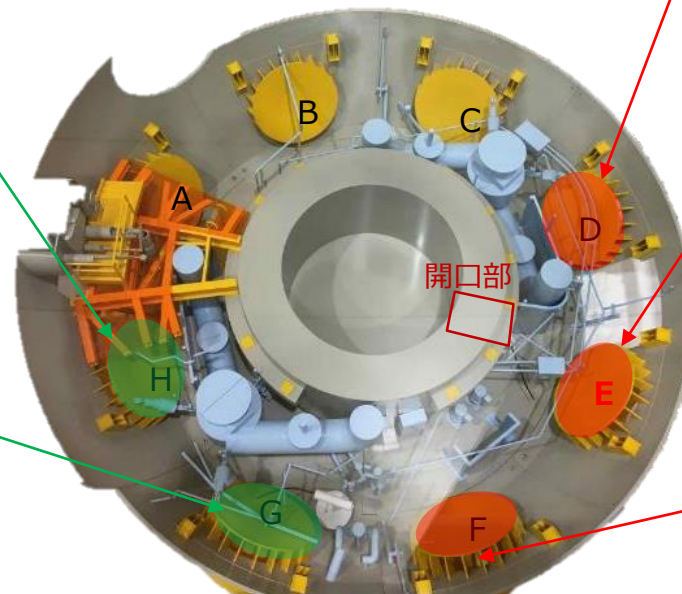
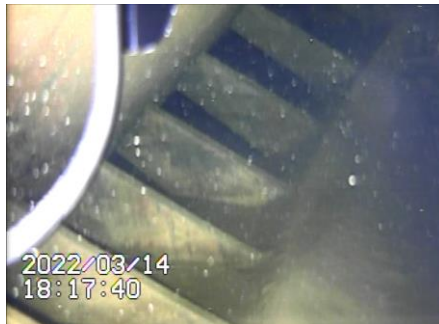
棚状堆積物の破片

- 確認可能な棚状堆積物の破片の破断面における気孔の状況（大きさ、割合）は、場所によらずおおむね同等



ジェットデフ背面の堆積物

外見	平坦な堆積のもの、塊状の堆積物もあるもの。
大きさ	数十cm
確認場所	ジェットデフD, E, FにはROVが侵入して確認
起源/ 組成	棚状堆積物と同様、ペDESTAL内から流出した物質により生成された可能性、および、上部からの落下物が生成に寄与した可能性



- : 平坦な堆積物のみ確認された箇所
- : 塊状の堆積物も確認された箇所 (ROV侵入あり)
- E: 真空破壊弁からの水漏れが確認されたベント管のジェットデフレクター

ジェットデフ背面の堆積物

- 塊状の堆積物はジェットデフの開口部からベント管（その先はS/C）に向けて流れ込むような形でジェットデフ背面に堆積

左

右

背面

F



E

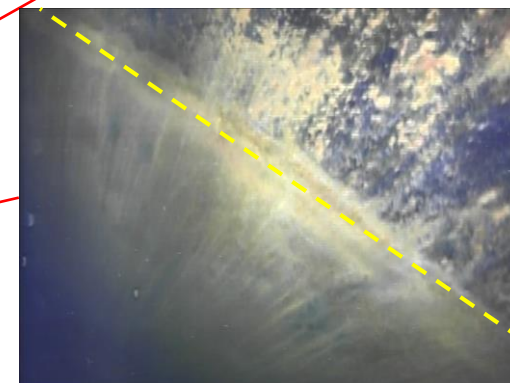
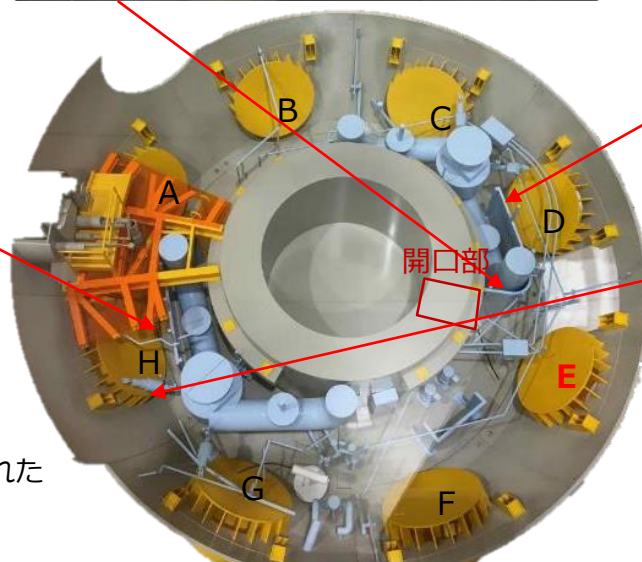
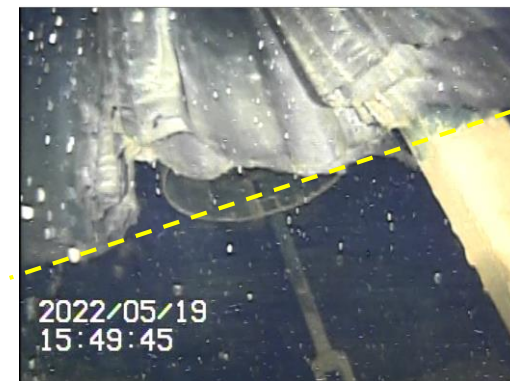
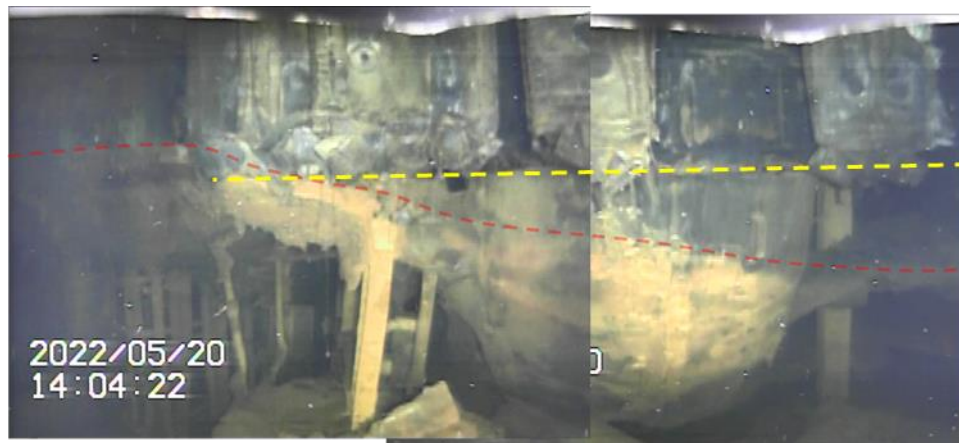


D



鉛毛マットの破損高さについて

- 堆積物の高さにかかわらず、鉛毛マットは同じ高さで破断している
- 破断の高さ（約1.2m）はD/Wの全領域で見られるPCVシェル、ジェットデフレクタ、構造物の変色の高さとほぼ同一。
- 変色は水位や水質と関係がある可能性
（2011年当時は格納容器圧力が現在よりも高かったため、水位は現在よりも低かったと推定）

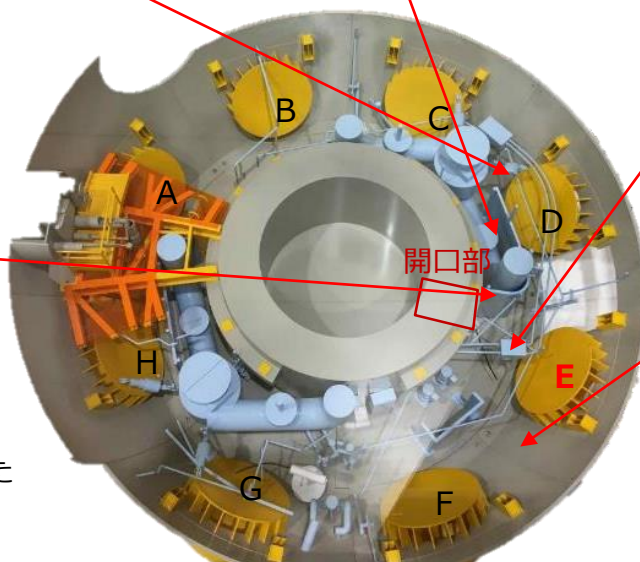


E: 真空破壊弁からの水漏れが確認された
ベント管のジェットデフレクター

ジェットデフHで
確認された変色

堆積物表面の形状について

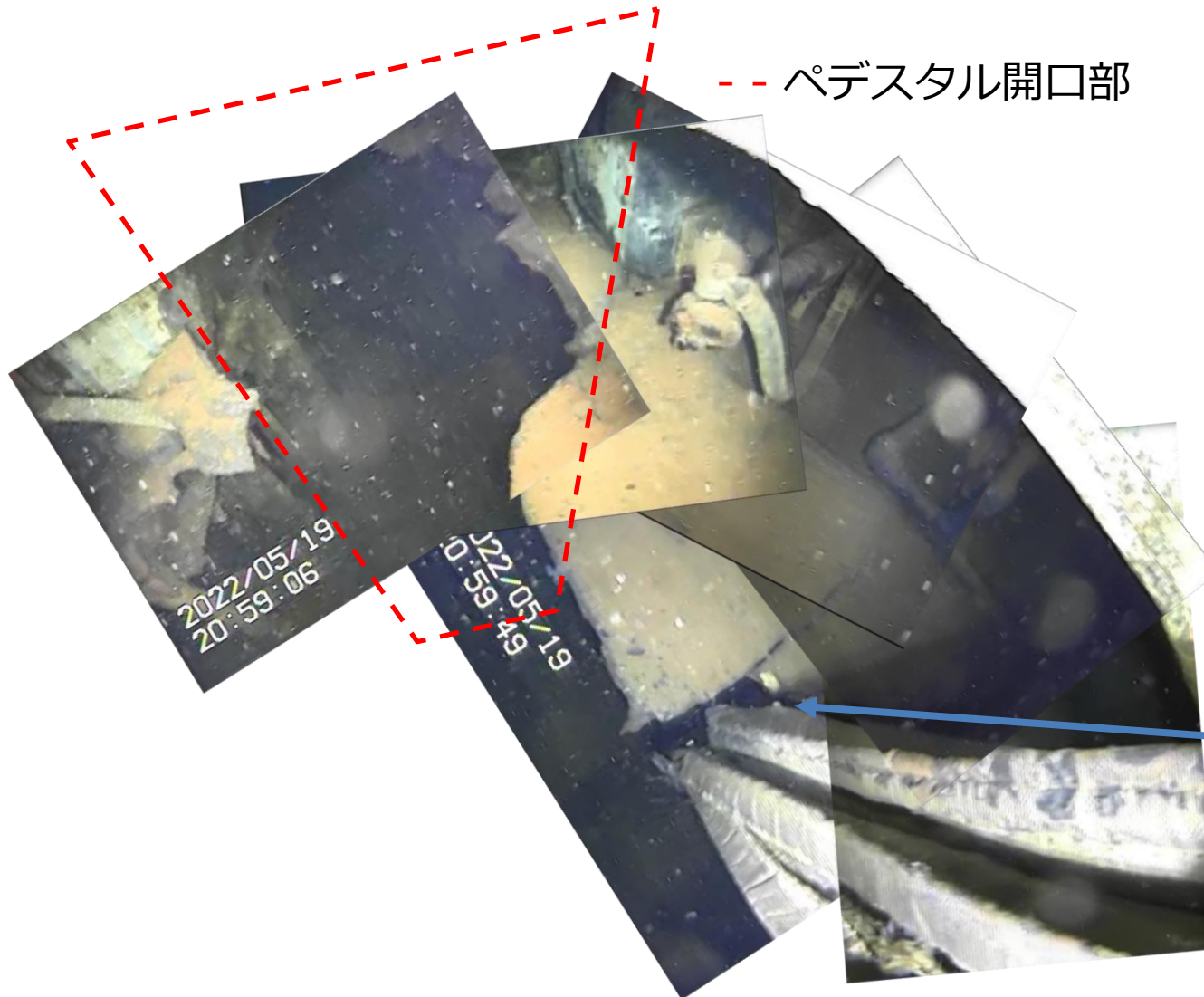
- 堆積物の表面で確認された凹凸のある縞模様が形成される条件の存在から、流動、粘性、その他の情報が得られる可能性？
- 形状が維持されていることから固化速度が比較的速かった可能性？



E: 真空破壊弁からの水漏れが確認された
バント管のジェットデフレクター

ペDESTアル開口部からの流出の可能性

- ペDESTアル開口部前の堆積物の形状・勾配から、ペDESTアル開口部から大量の物質が流出（押し出される）した可能性が示唆される



--- ペDESTアル開口部

鉛毛マットが棚状堆積物を破損させることはないと考えられるため、鉛毛マットと棚状堆積物の隙間は、流出物に押し込まれてきた可能性があり、流出の方向はペDESTアル内から開口部を通じてペDESTアル外へという方向に相当する

本資料における情報について

- この資料は、2022年2月から6月にかけて実施された福島第一原子力発電所1号機の格納容器内部調査（ROV-A,A2,C）により取得されたすべての映像（準備作業等除く）の中から、「事故進展の理解に資するもの」との観点で情報を抽出したものの。
- 当社は現在も確認作業を継続中であり、後半の調査も含め今後も検討を進めていく。
- 現在、取得されたすべての映像について、12月中の公表に向けた準備をおこなっているところであり、過去の調査の全編映像と同じく、BD等の記録媒体からコピーする形での公表を予定している。
（記録時間は合計で約180時間）
- 12月より後半の調査が開始される予定であり、前半調査と同じように調査の速報をWebにて公表する。

<情報の開示場所> 本社原子力情報コーナー

- 原子力情報コーナー：東京都千代田区内幸町1-5-3 新幸橋ビル1F
- 開館時間：午前10時～午後5時（午後1時～午後2時を除く）
- 休館日：土曜日、日曜日、祝日、年末年始

https://www.tepco.co.jp/electricity/mechanism_and_facilities/power_generation/nuclear_power/info-j.html