

燃料デブリ取り出しに向けた対応状況について

2017年12月26日



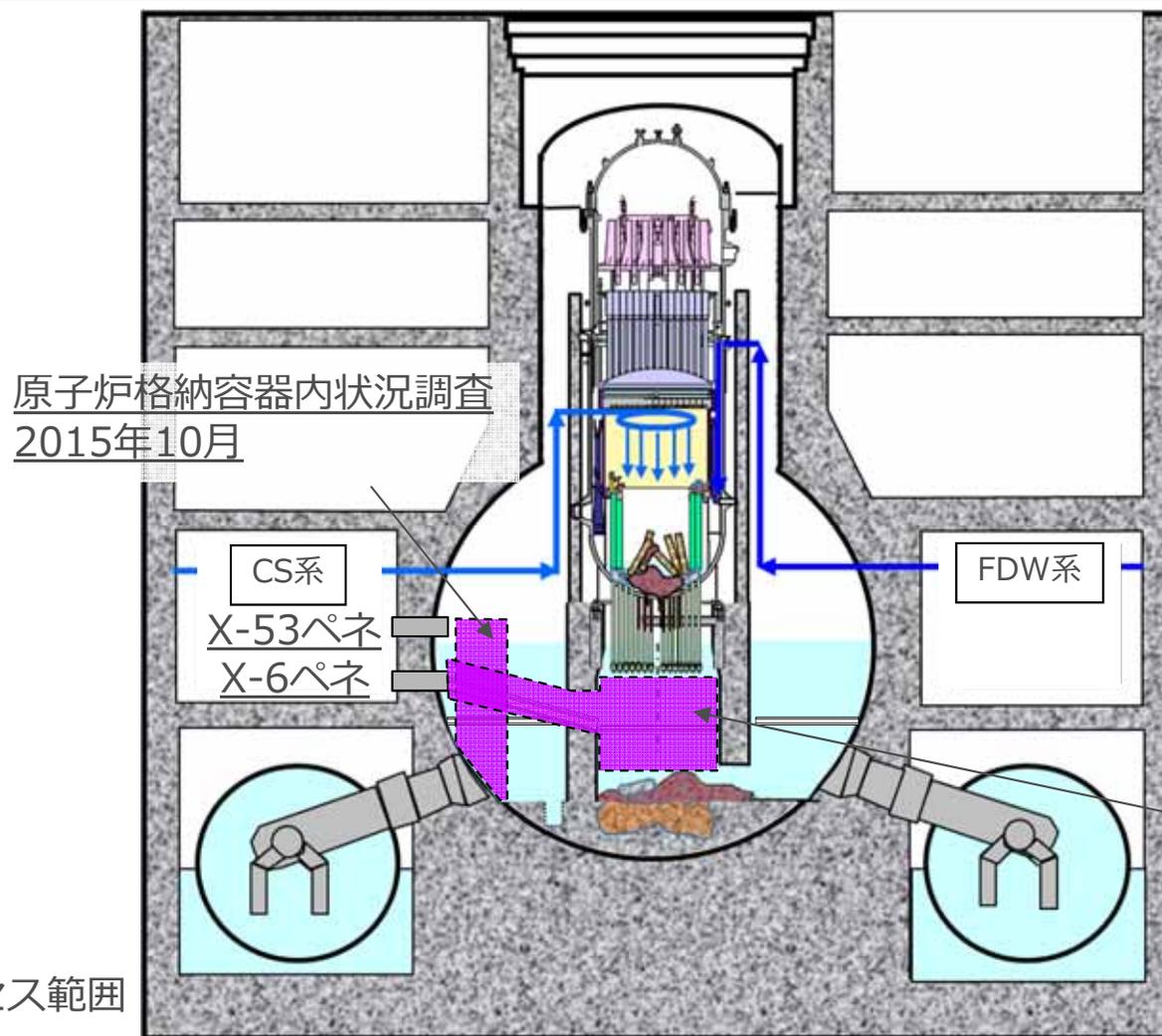
東京電力ホールディングス株式会社

1. 3号機原子炉格納容器内部調査の結果
2. 2号機原子炉格納容器内部調査の計画
3. 廃炉作業における事故現場の記録管理

3号機原子炉格納容器内部調査の結果

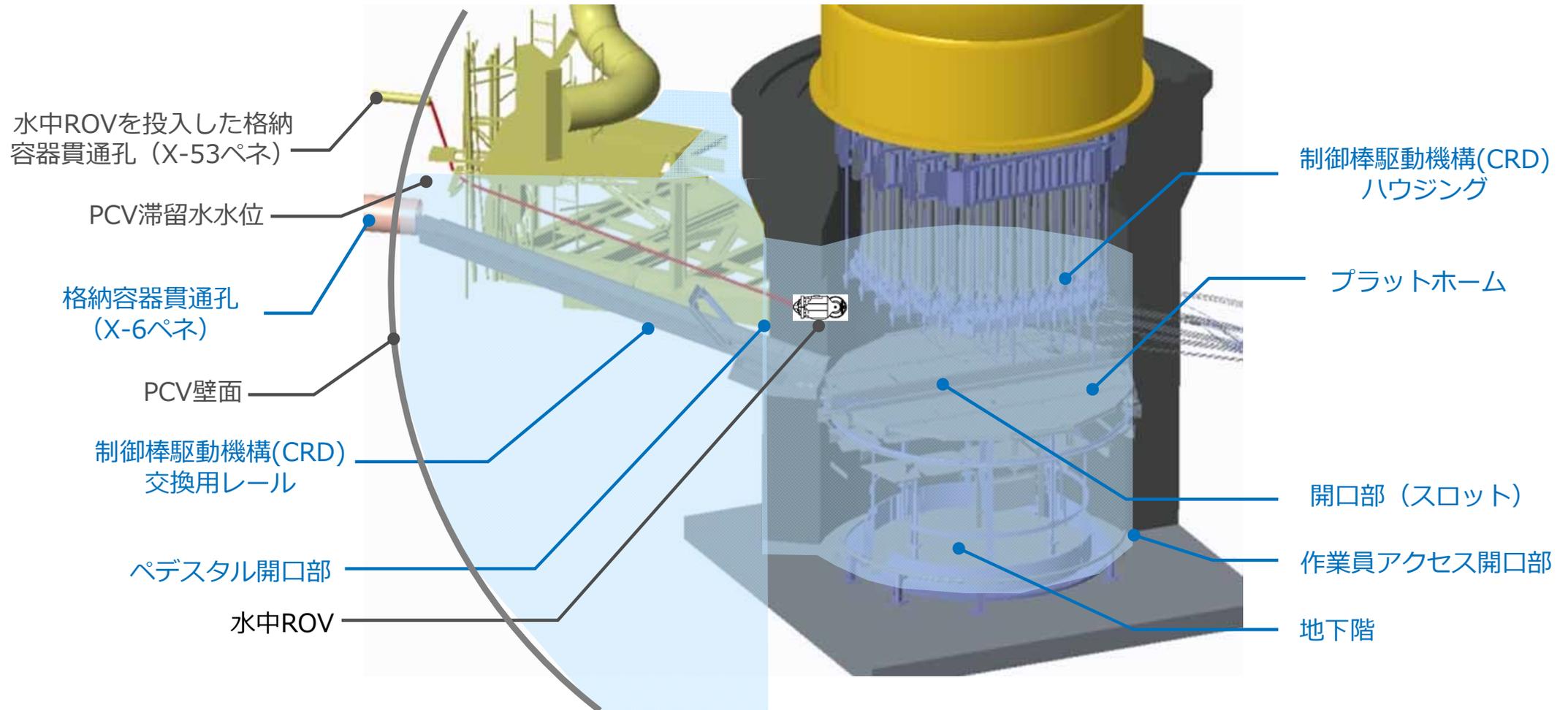
1. 原子炉格納容器内部調査実績（3号機）

- X-53ペネから原子炉格納容器内にアクセスし，原子炉格納容器内の線量・水位・温度について確認（2015年10月）
- その後，X-53ペネから水中遊泳式遠隔調査装置（水中ROV）を挿入し，ペDESTAL内部の調査（2017年7月）を実施



2. 3号機原子炉格納容器内部調査の概要

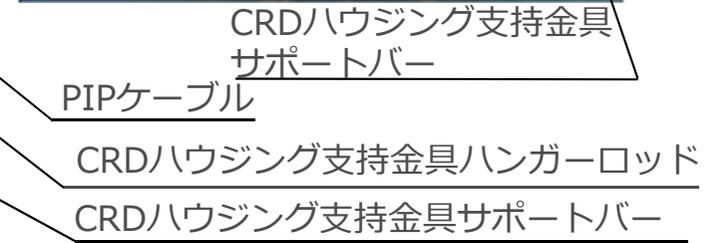
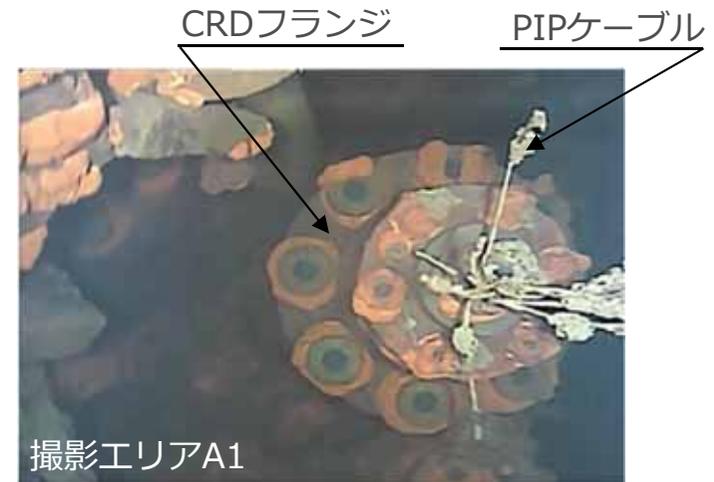
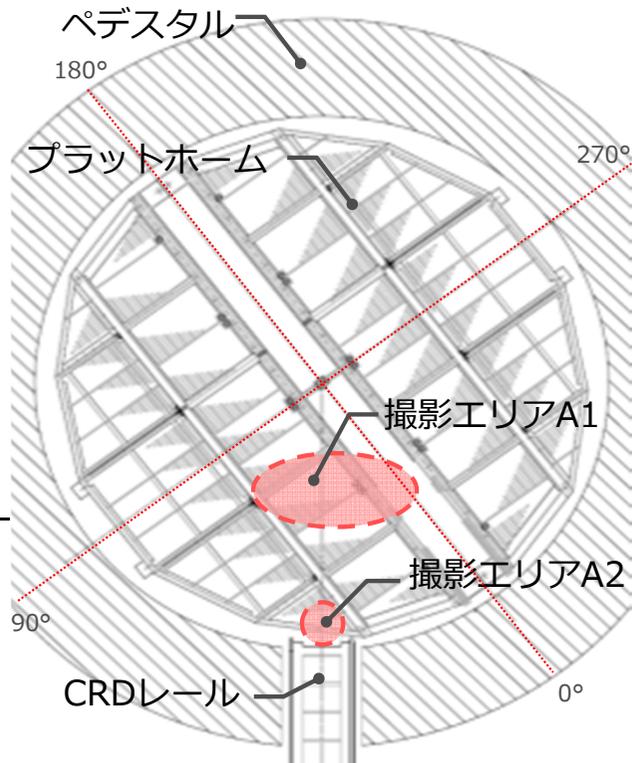
- 2017年7月, 水中ROVにより, 3号機ペDESTAL内部の調査を実施



3号機調査概要図

3. 調査結果

3.1. CRDハウジング近傍 (1/2)

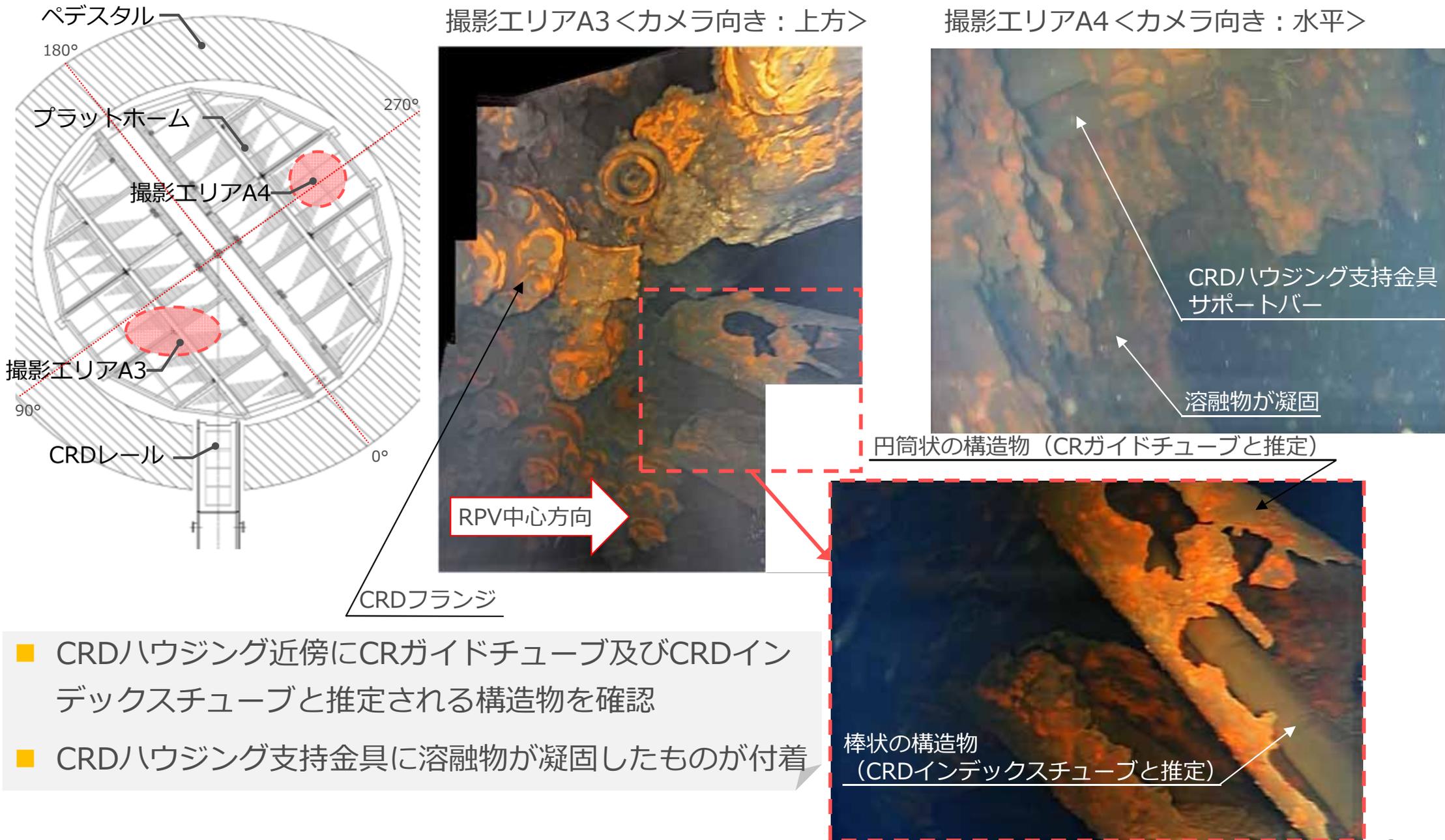


<カメラ向き：全て上方>

- CRDハウジング支持金具が複数箇所で損傷/脱落している
- 隣接するCRDフランジ面のレベルや間隔が異なっている
- CRDハウジングの隙間から見た水面に揺らぎ（上部から水が滴下している可能性を示唆）（その他水面の揺らぎが確認された場所は3.2を参照）

3. 調査結果

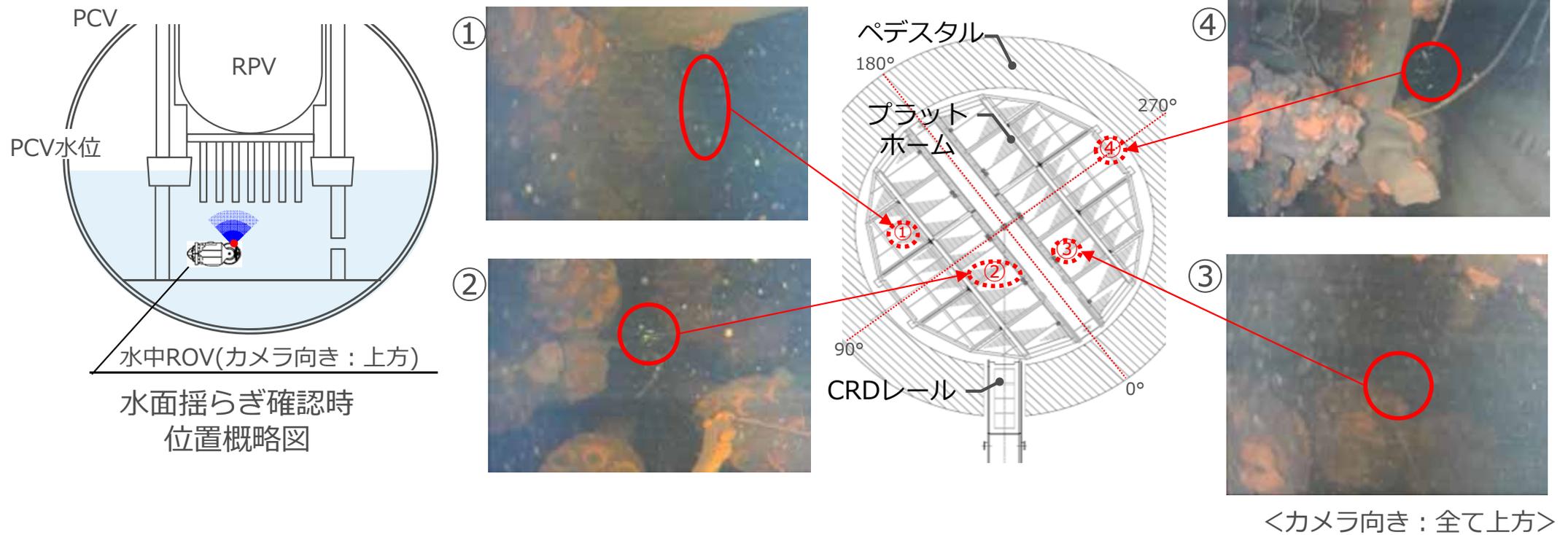
3.1. CRDハウジング近傍 (2/2)



- CRDハウジング近傍にCRガイドチューブ及びCRDインデックスチューブと推定される構造物を確認
- CRDハウジング支持金具に溶融物が凝固したものが付着

3. 調査結果

3.2. RPV底部の損傷状況の推定



- 水面の揺らぎが①～④で確認されたことで、RPV底部の損傷がRPV下鏡の中央部分だけではなく、外周部にも存在する可能性あり

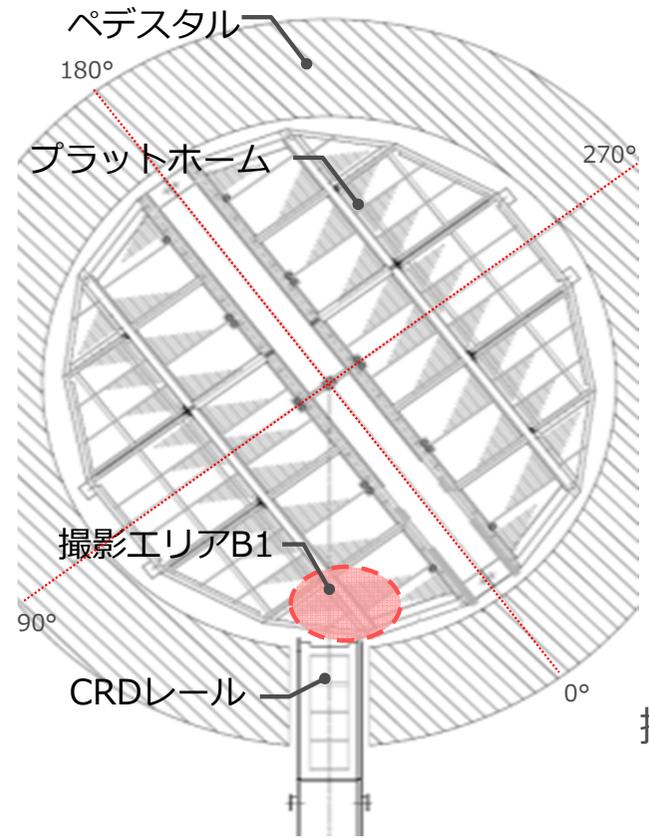
3. 調査結果

3.3. プラットホーム近傍 (1/3)

撮影エリアB1 <カメラ向き：下方>



ペDESTアル開口部 側壁
プラットフォームフレーム



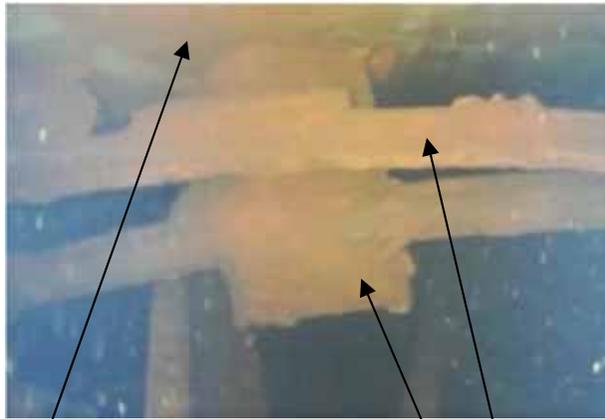
撮影した画像 (左図) と同じ画角のCAD図

- プラットホームのグレーチングは確認できない
- プラットホームの構成部材の一部を確認 (プラットフォームが崩落している)

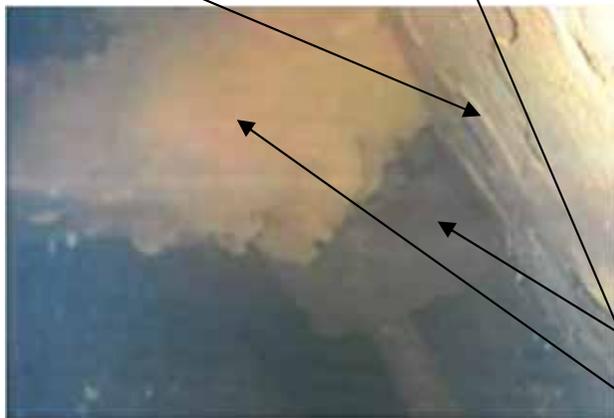
3. 調査結果

3.3. プラットホーム近傍 (2/3)

撮影エリアB2 <カメラ向き：下方>

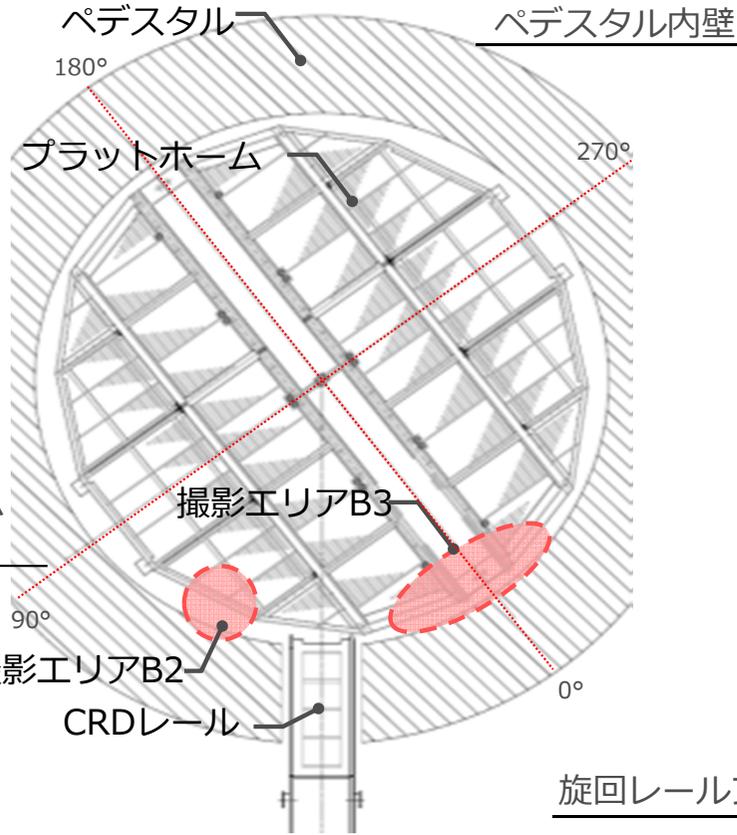


ペDESTアル内壁



旋回レールブラケット

堆積物



プラットフォーム上から見下ろした写真

プラットフォーム旋回レール

旋回レールブラケット

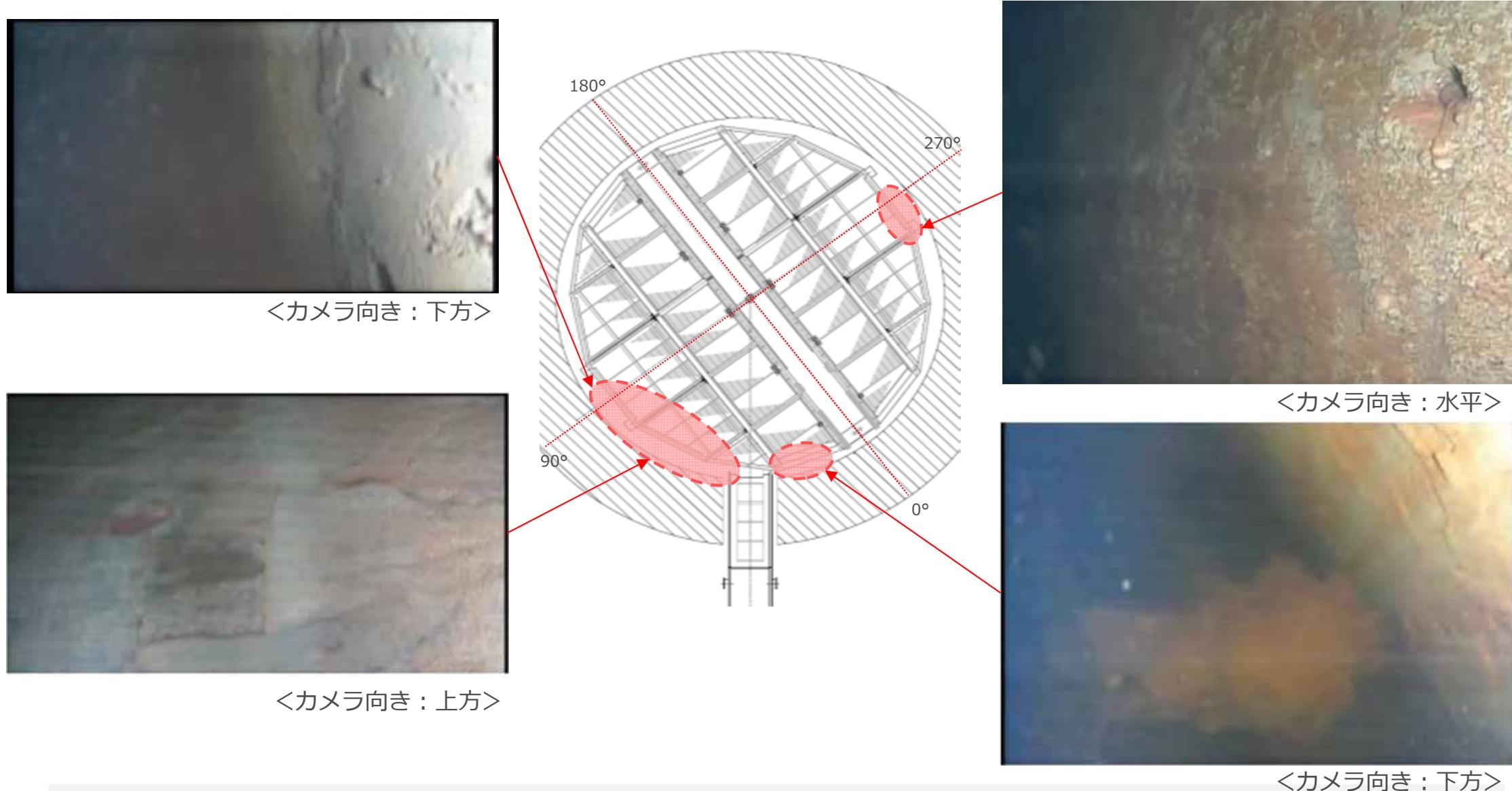
震災前のプラットフォーム旋回レール (3号機)

撮影エリアB3 <カメラ向き：下方>

- プラットホーム旋回レール及び旋回レールブラケットが残存
- 旋回レールブラケット上に堆積物を確認

3. 調査結果

3.3. プラットホーム近傍 (3/3) ペデスタル内壁面



<カメラ向き：下方>

<カメラ向き：水平>

<カメラ向き：上方>

<カメラ向き：下方>

■ ペデスタル内壁面のエポキシ系塗装の剥がれや表面の荒れのようなものは見られるものの、大規模な破損・変形は確認されなかった

3. 調査結果

3.4. ペDESTAL内下部



撮影エリアC1
＜カメラ向き：下方＞

堆積物（小石状）



グレーチング

落下物

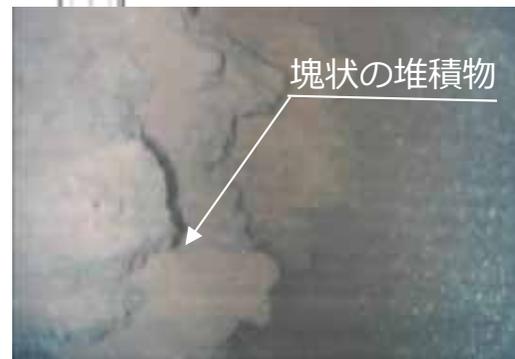
堆積物（砂状）

撮影エリアC2
＜カメラ向き：水平＞



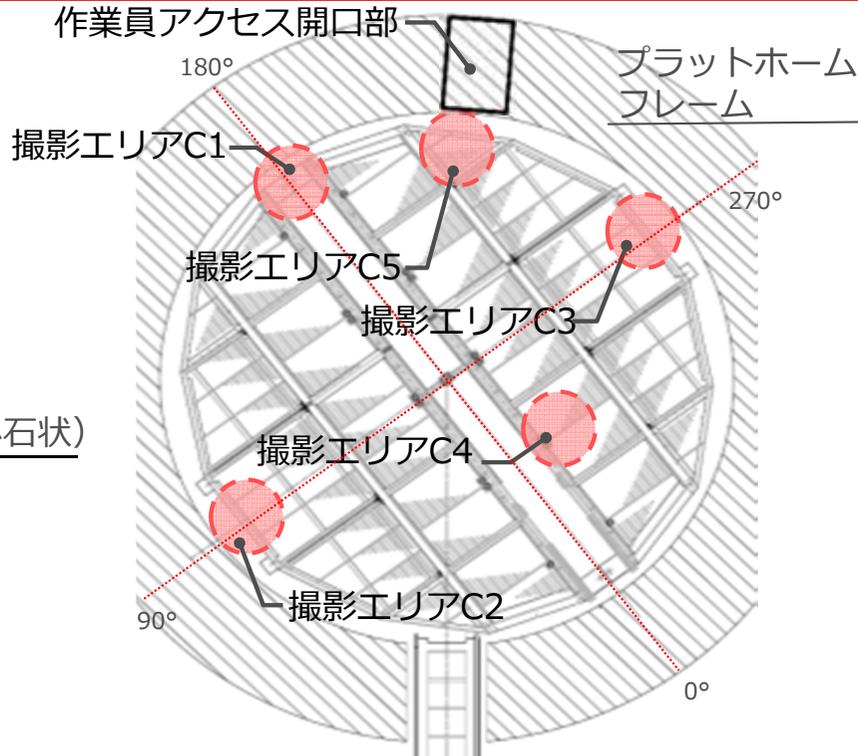
塊状の堆積物

撮影エリアC3
＜カメラ向き：上方＞



塊状の堆積物

撮影エリアC4
＜カメラ向き：下方＞



作業員アクセス開口部

プラットフォーム
フレーム

撮影エリアC1

撮影エリアC5

撮影エリアC3

撮影エリアC4

撮影エリアC2

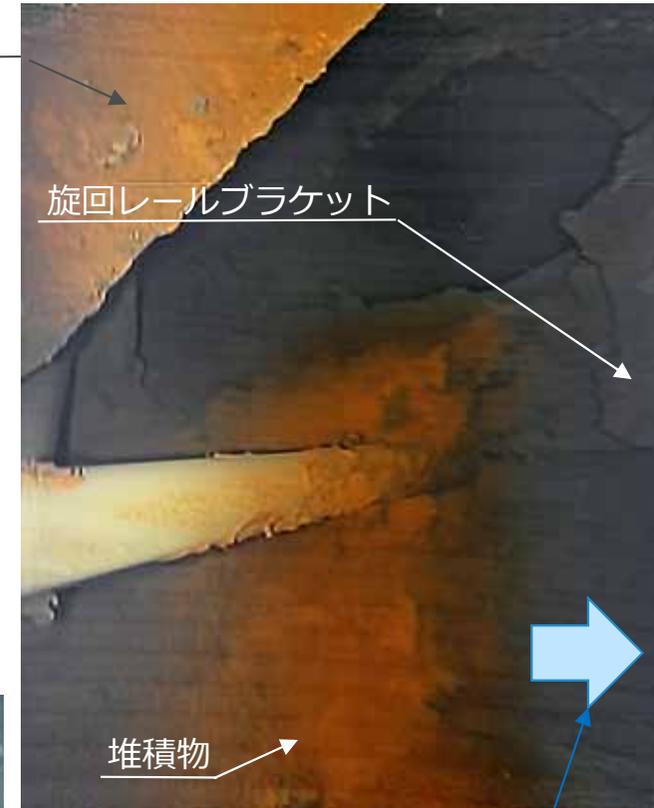
180°

270°

90°

0°

撮影エリアC5＜カメラ向き：下方＞



旋回レールブラケット

堆積物

作業員アクセス開口部の方向

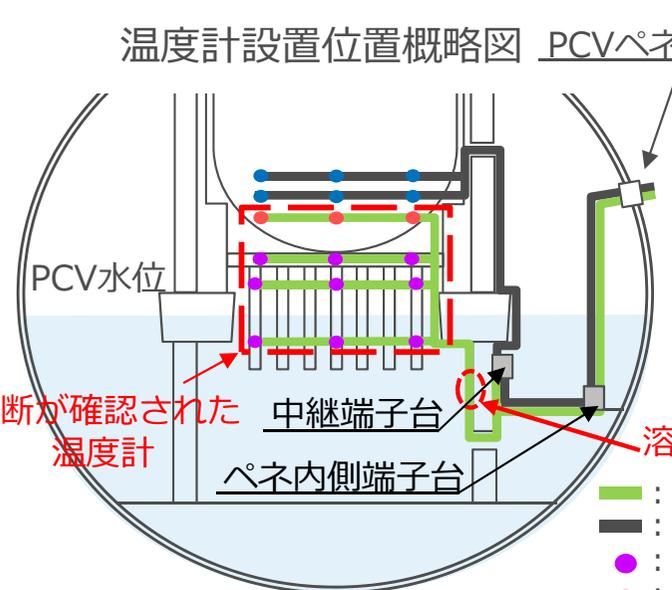
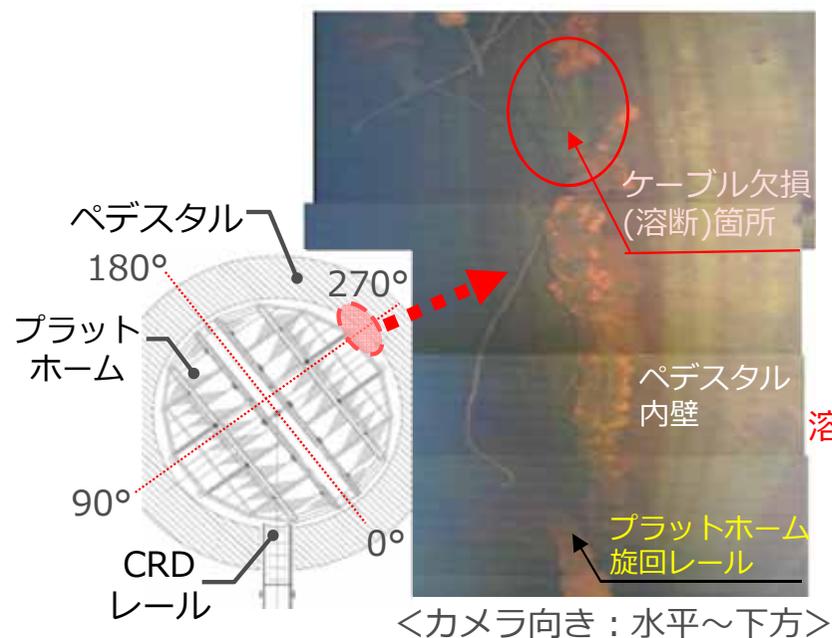


- 砂状，小石状や塊状の堆積物を確認
- 作業員アクセス開口部は視認できなかった（近傍に堆積物を確認）

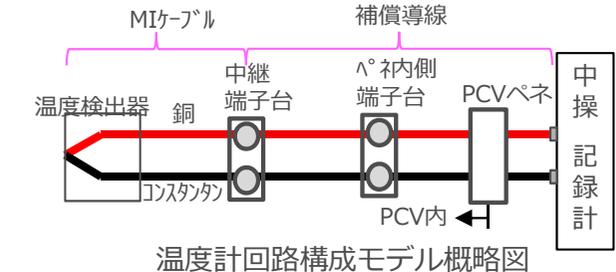
3. 調査結果

3.5. RPV底部温度計ケーブル調査結果

- ペDESTAL内壁270°付近に敷設されているRPV底部温度計ケーブル(12本)が欠損している状況を確認
- ペDESTAL内に落下・溶融した燃料等の高温溶融物が付着したことにより欠損(溶断)したものと推定
- 安定的に注水継続していること、ガス管理設備によるダスト濃度、水素濃度、キセノン135濃度等から総合的に安定した冷却状態が維持できていることを評価している
- 今回測定した温度計回路の抵抗測定値は、震災前の抵抗測定値をもとに継続使用可能と評価したデータから、大きな変化がないことを確認した
- ペDESTAL外に敷設しているRPV底部温度計(6本)は、高温溶融物が付着する可能性は低く欠損していないと考えている
- 今後も継続して、冷却状態の監視手段については信頼性を高めていく



- 確認内容(RPV・PCV温度計：計77本)
- ・抵抗測定：12/5～12/13
- ・温度計測データ評価：12/1～12/26



- 温度計回路構成モデル概略図 (Temperature sensor circuit configuration model schematic)
- (Green line) : ペDESTAL内敷設の温度計ケーブル (Temperature sensor cable installed inside pedestal)
- (Black line) : ペDESTAL外敷設の温度計ケーブル (Temperature sensor cable installed outside pedestal)
- (Purple) : 温度計測点※/ハネ内敷設 (9点) (Temperature sensor measurement point ※/Installation inside penetration (9 points))
- (Red) : 温度計測点※/ハネ外敷設(実施計画) (3点) (Temperature sensor measurement point ※/Installation outside penetration (Implementation plan) (3 points))
- (Blue) : 温度計測点※/ハネ外敷設(実施計画) (6点) (Temperature sensor measurement point ※/Installation outside penetration (Implementation plan) (6 points))
- ※ : 温度計測点はRPV外表面に設置 (※ : Temperature sensor measurement points are installed on the RPV outer surface)

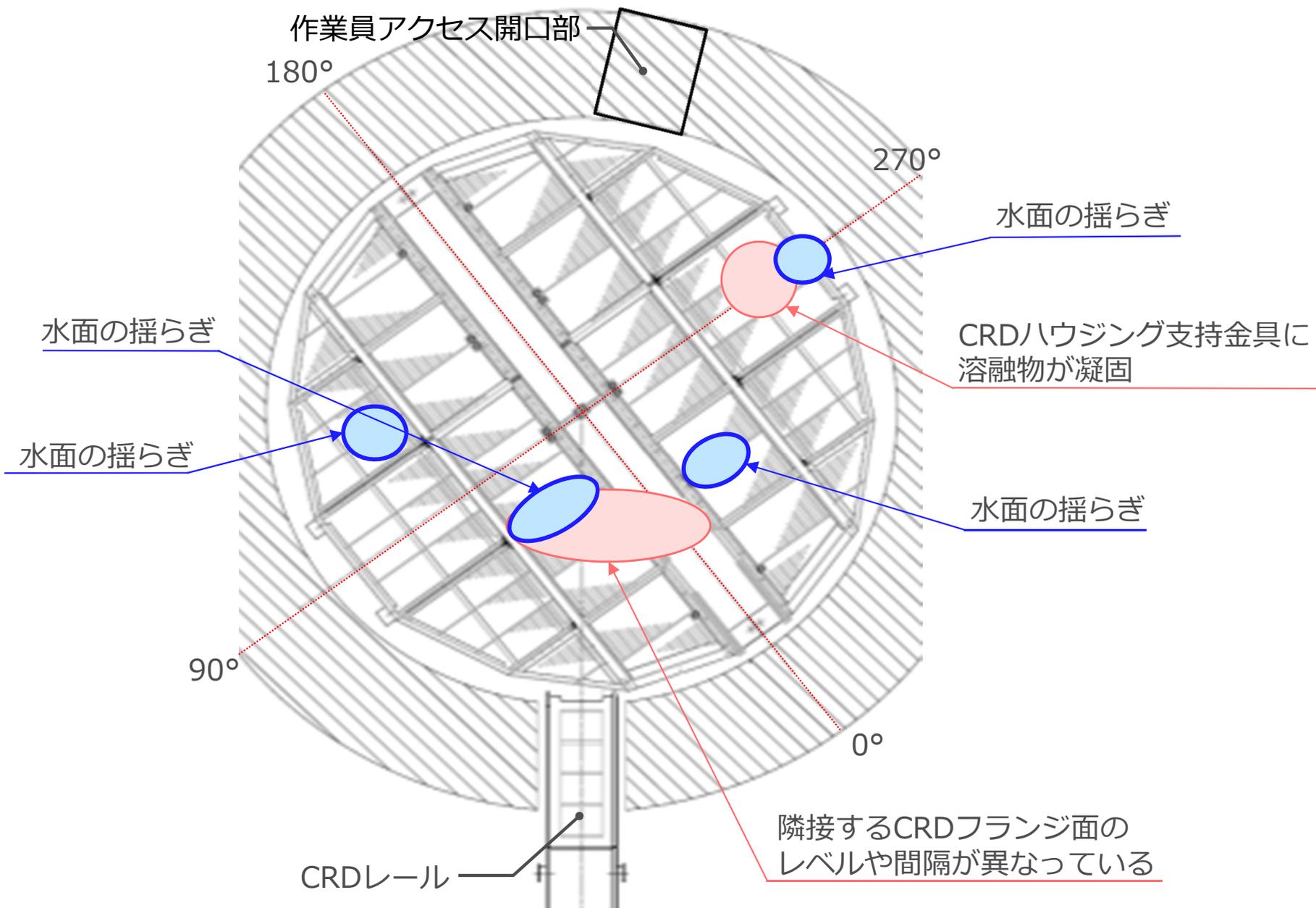
<今回の調査で確認されたペDESTAL内の状況>

- ペDESTAL内の複数の構造物等の損傷や、溶融物が凝固したと思われるものがCRDフランジ等に付着している状況を確認
また、ペDESTAL内の複数箇所です砂状、小石状、塊状の堆積物を確認
- 炉内構造物（CRガイドチューブ、CRDインデックスチューブ）と推定される構造物を確認
その他、特定には至らなかったものの複数の構造物を確認
- 水面の揺らぎがRPV中央部だけでなく、外周部でも確認されたことから、RPV下鏡の中央部だけでなく外周部にも開口部が存在する可能性あり
- ペDESTAL地下階の作業員アクセス開口部は視認できなかったが、近傍に堆積物を確認
（燃料デブリのペDESTAL外への流出は否定できない）
- ペDESTAL内壁面は大規模な破損・変形は確認されなかった

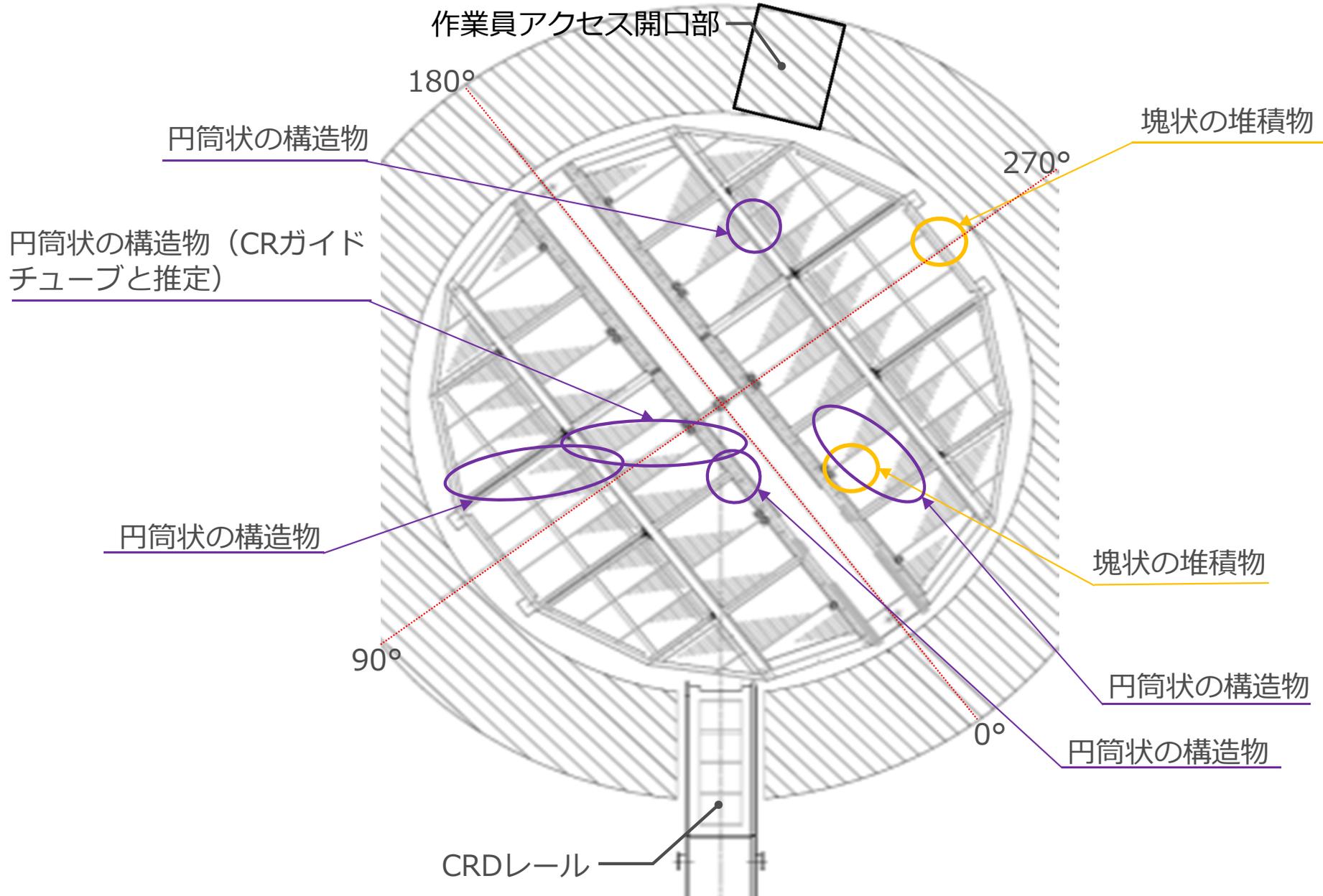
<今後の対応>

- 燃料デブリ取り出しを進める上では、「干渉物となる構造物の状態・位置」や「燃料デブリの性状・位置」から、取り出し装置および先端治具の設計や取り出し手順等を検討していくこととなる
- 今回のPCV内部調査結果に基づき情報を整理し、引き続き燃料デブリ取り出しの検討を進めていく

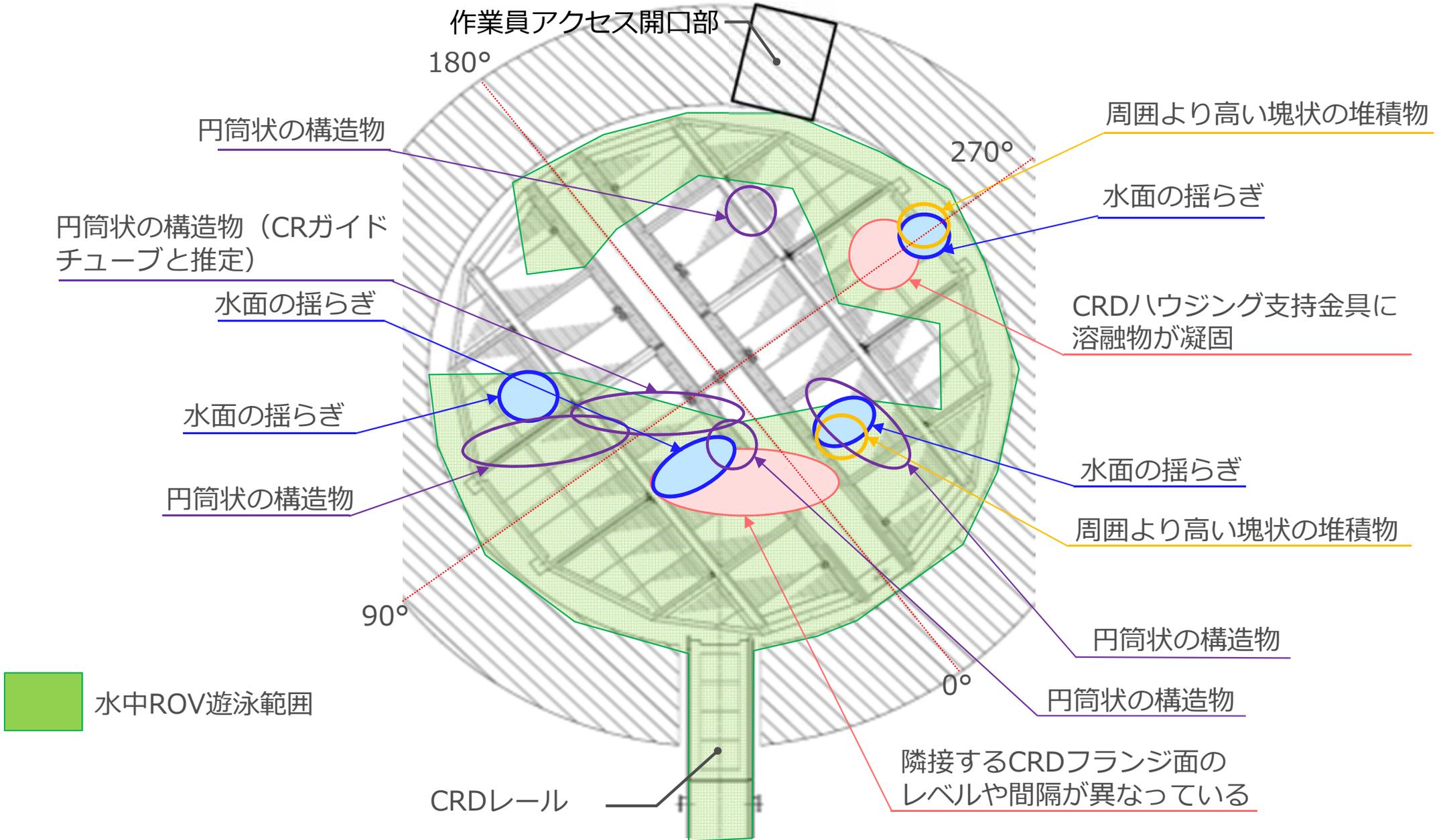
補足1-1 ペデスタル上部で確認された水面の揺らぎ / 構造物の推定位置



補足1-2 ペデスタル下部で確認された構造物の推定位置



補足1-3 確認された構造物と水面の揺らぎの推定位置



参考1-1 CRガイドチューブと推定した根拠 (1/2)

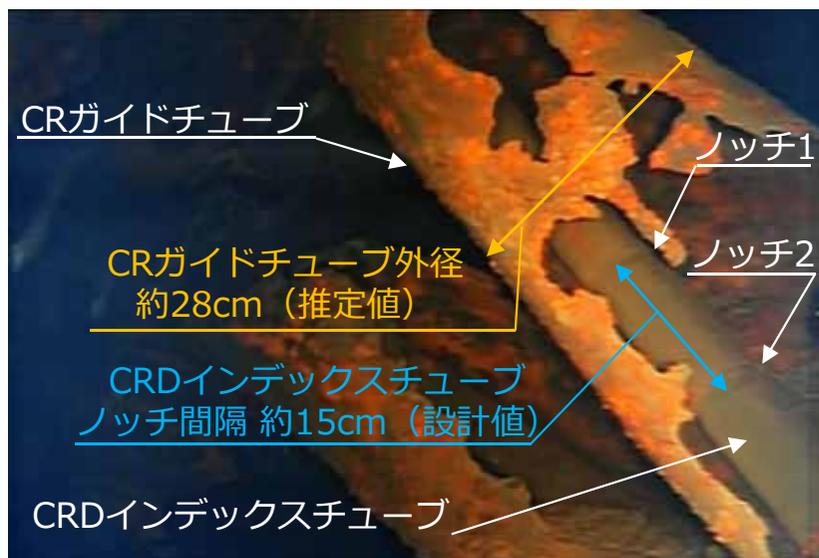
■ 外観上の特徴

- 円筒状の構造物の内部に、棒状の構造物が存在
- 棒状の構造物には、一定間隔に見えるノッチ加工がある

⇒ 事故時は、CR全挿入でありCRガイドチューブ内にCRDインデックスチューブが格納されていた状況のため、円筒状構造物はCRガイドチューブ、棒状構造物はCRDインデックスチューブと推定

■ 寸法推定 1

- 画像1においてCRDインデックスチューブ ノッチ間隔 約15cmを基準に、**円筒状構造物の外径**を画像から推定した結果、**CRガイドチューブ外径の設計値 約28cm**に対して**推定値は約28cm**と概ね一致



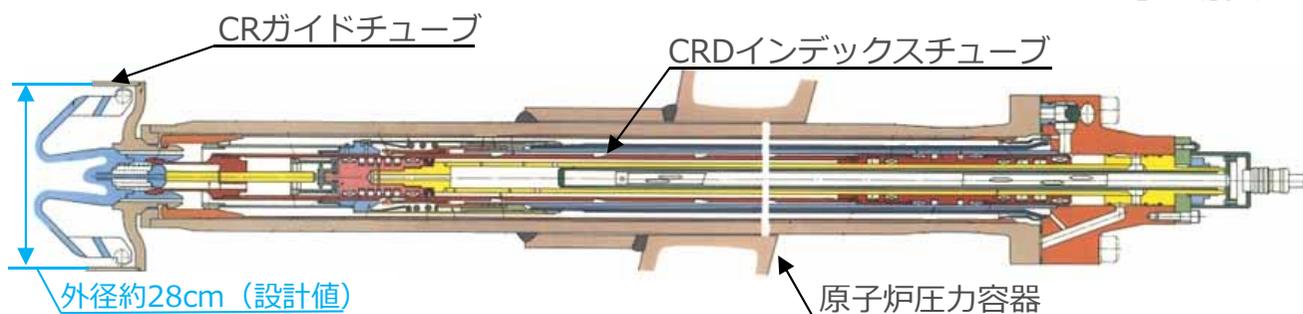
寸法推定画像1



寸法推定画像2

機器名	材質	融点
CRガイドチューブ	ステンレス鋼 (SUS304)	約1450℃
CRDインデックスチューブ	ステンレス鋼 (XM-19) (窒化処理)	約1450℃

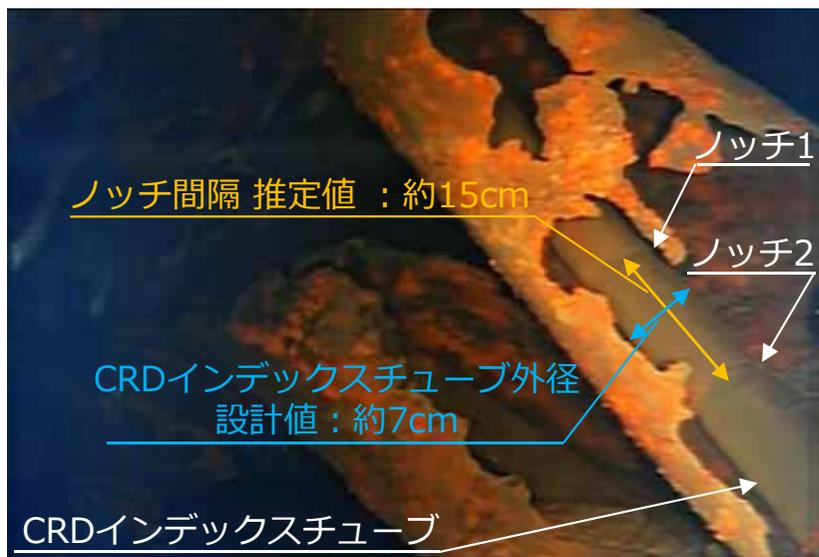
<カメラ向き：全て水平>



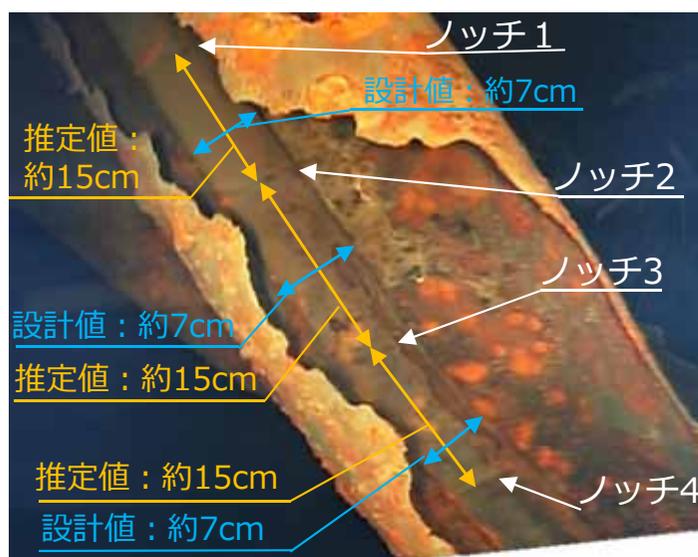
参考1-1 CRガイドチューブと推定した根拠 (2/2)

■ 寸法推定2

□ 画像1, 2それぞれのノッチ間隔ごとに, CRDインデックスチューブ外径 約7cm (設計値) を基準として, ノッチ間隔を画像から推定した結果, 下表の通り 各ノッチ間隔ごとの推定値がいずれも設計値 約15cmと概ね一致しており, ノッチ間隔は一定であることからCRDインデックスチューブであると推定される



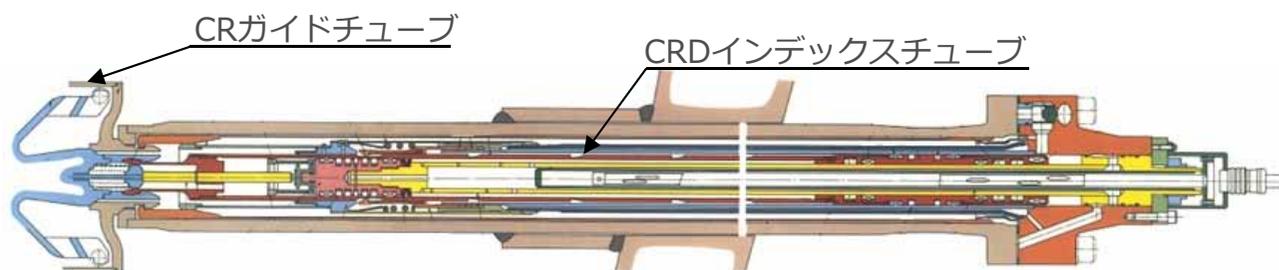
寸法推定画像1



寸法推定画像2

画像	ノッチ	ノッチ間隔 推定値
1	1~2	約15cm
2	1~2	約15cm
	2~3	約15cm
	3~4	約15cm

<カメラ向き : 全て水平>



CRDインデックスチューブ

参考1-2 その他確認された構造物 (1/2)

■ 外観上の特徴

□ 落下物の右端部（赤枠内）に①スリットが確認できること、②ローラーのような形状が2箇所確認できることから制御棒落下速度リミッタの可能性がある一方で、制御棒落下速度リミッタの特徴的な構造である傘型形状部は堆積物に埋まり確認ができない

■ 寸法推定

□ ソケットの半径 約3cm（設計値）を基準として、落下速度リミッタと想定している部分の半径を推定した結果、設計値 約12cmに対して推定値 約13cmと概ね一致

■ 確認結果

□ 最も特徴的な構造である傘型形状部が確認できなかったことから、特定には至らなかった

機器名	材質	融点
制御棒	ステンレス鋼	約1450℃

落下速度リミッタ半径
約13cm（推定値）

制御棒 鳥瞰図

落下速度リミッタ半径
約12cm（設計値）

②ローラーのような形状

③筒状の構造物
(ソケット部と推定)

③ソケット 半径約3cm（設計値）

①スリット

②ローラー

制御棒落下速度リミッタ

①スリット

<カメラ向き：水平>

参考1-2 その他確認された構造物 (2/2)

■ 外観上の特徴

- ペDESTAL内下部において、上部タイププレート※のような構造物を確認
- 画像から上部タイププレートの持ち手と垂直部分の幅が概ね一致しているように見えるが、一方向のみの確認のため断定はできない

■ 寸法推定

- 寸法推定の基準となりうる構造物が無く、寸法推定は実施できなかった

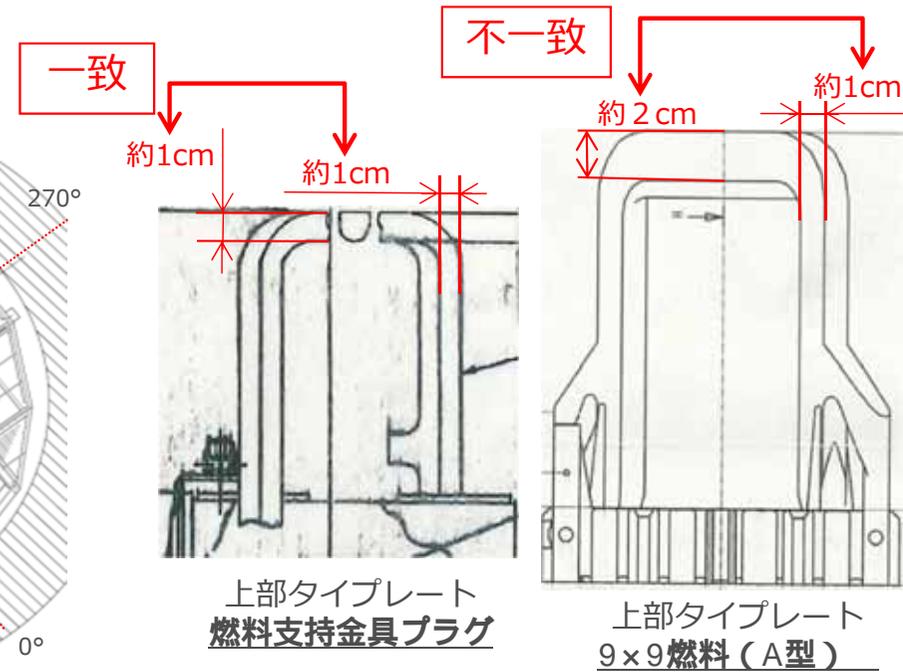
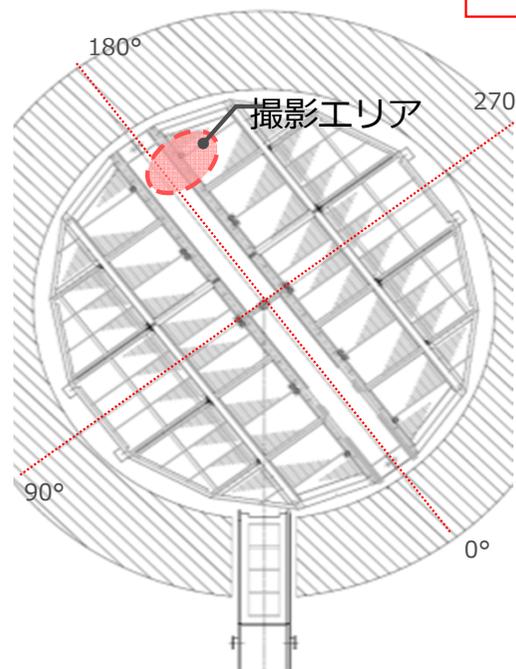
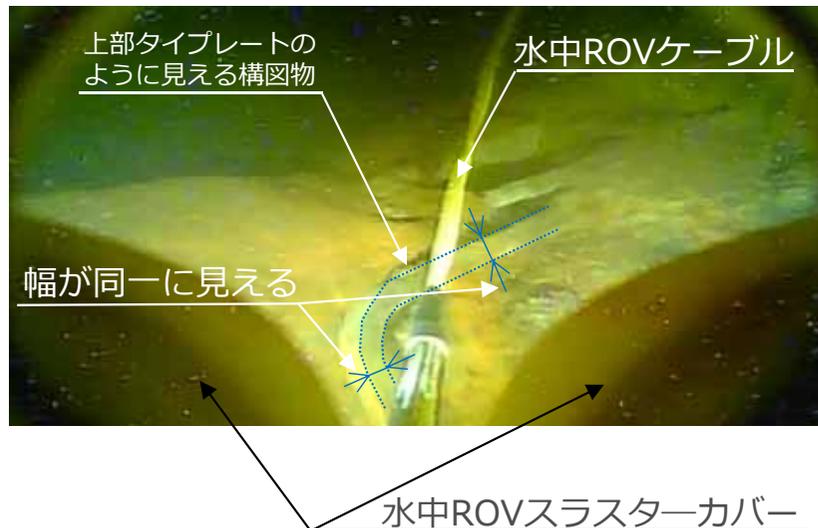
■ 確認結果

- 上部タイププレートの持ち手と垂直部分の幅が一致する場合、燃料支持金具プラグの可能性はあるが、一方向のみの確認であり、幅が一致しているとは断定できず特定に至っていない

※上部タイププレートは燃料の上部を固定しており、以下の燃料の構成部品の可能性がある

- ・9×9燃料 (A型)
- ・MOX燃料
- ・燃料支持金具プラグ (通称：ダミー燃料)

後方カメラ画像<カメラ向き：水平>



※ MOX燃料の場合も当該部分の寸法については、9×9燃料 (A型) と同じ

機器名	材質	融点
燃料支持金具プラグ 上部タイププレート	ステンレス鋼 (SCS13A)	約1450℃

参考1-3 その他確認された構造物 円筒状の構造物（1/2）

■ 外観上の特徴

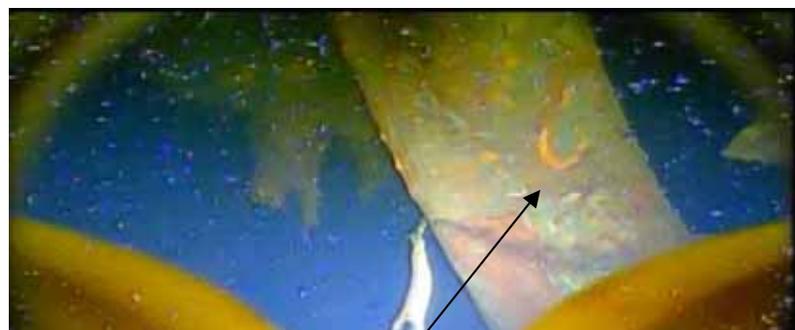
□ CRガイドチューブと類似する円筒状の構造物をペデスタル内の複数箇所で確認

■ 寸法推定

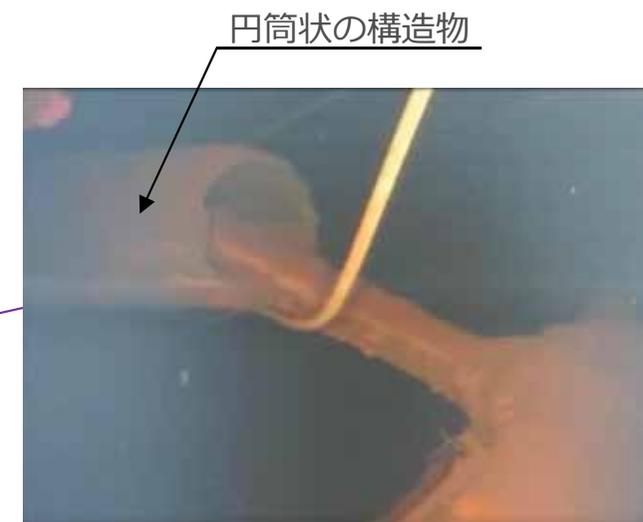
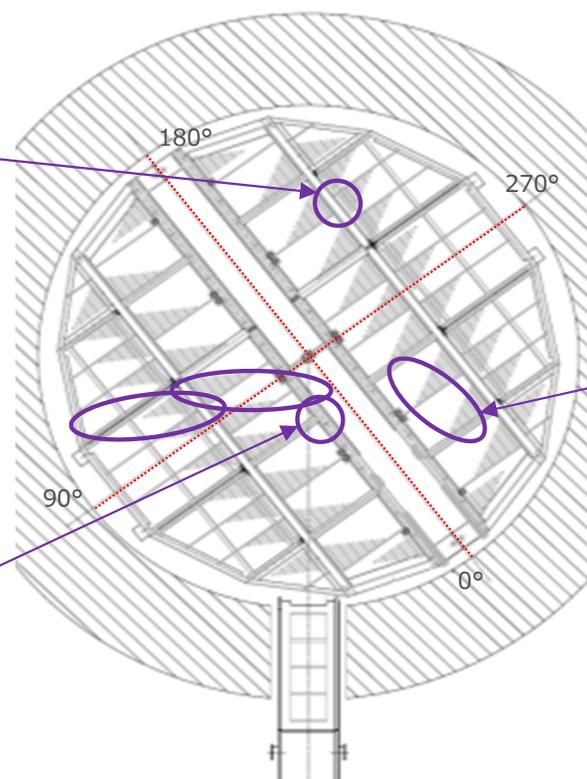
□ 寸法推定の基準となりうる構造物が無く、寸法推定は実施できなかった

■ 確認結果

□ 外観からCRガイドチューブと推定されるが、寸法推定はできず特定には至っていない



円筒状の構造物



円筒状の構造物

<カメラ向き：全て水平>

参考1-3 その他確認された構造物 円筒状の構造物（2/2）

■ 外観上の特徴

- CRガイドチューブと類似する円筒状の構造物をペデスタル内の複数箇所で確認

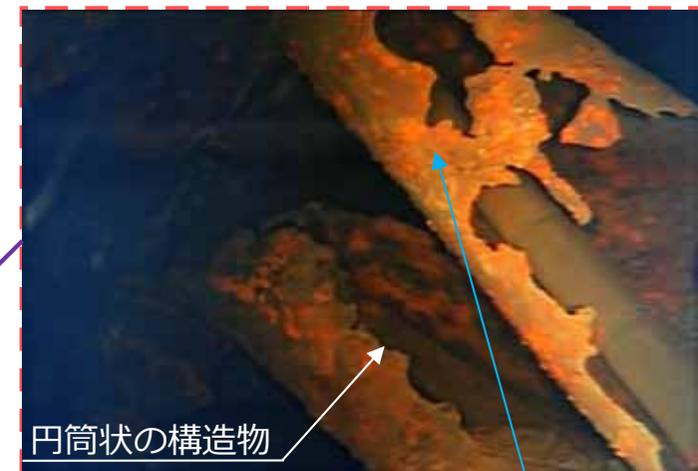
■ 寸法推定

- 一部の円筒状の構造物については、寸法推定の基準となりうる構造物が無く、寸法推定は実施できなかった

■ 確認結果

- 外観からCRガイドチューブと推定されるが、寸法推定ができなかった構造物については、特定には至っていない

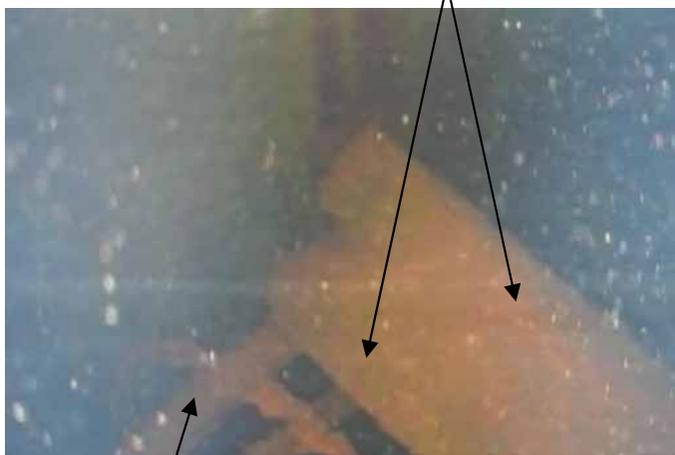
<P.6 右下の画像と同一のもの>



円筒状の構造物

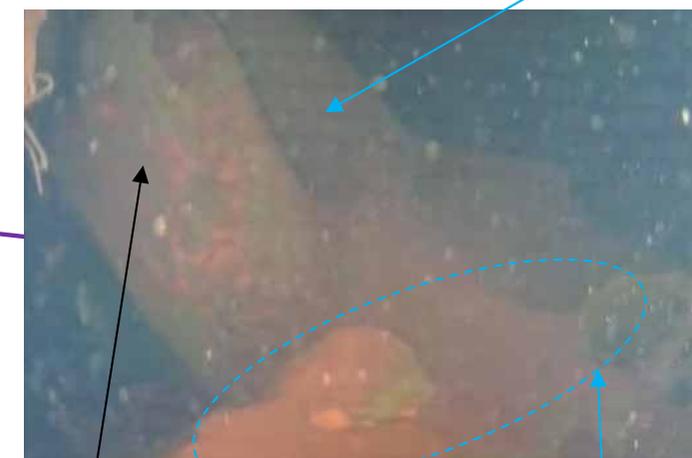
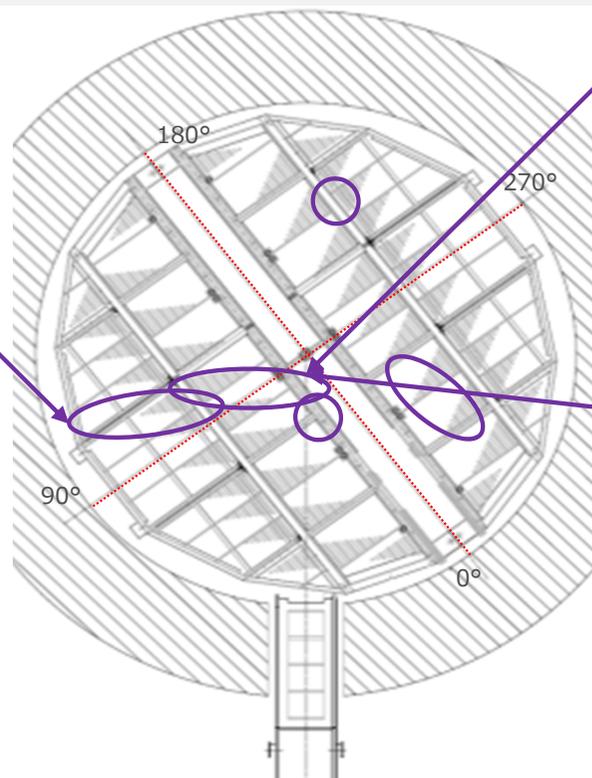
寸法推定したCRガイドチューブ

円筒状の構造物（2本）



プラットフォーム回転レール

<カメラ向き：下方>



堆積物に埋まる円筒状の構造物

堆積物

<カメラ向き：水平>

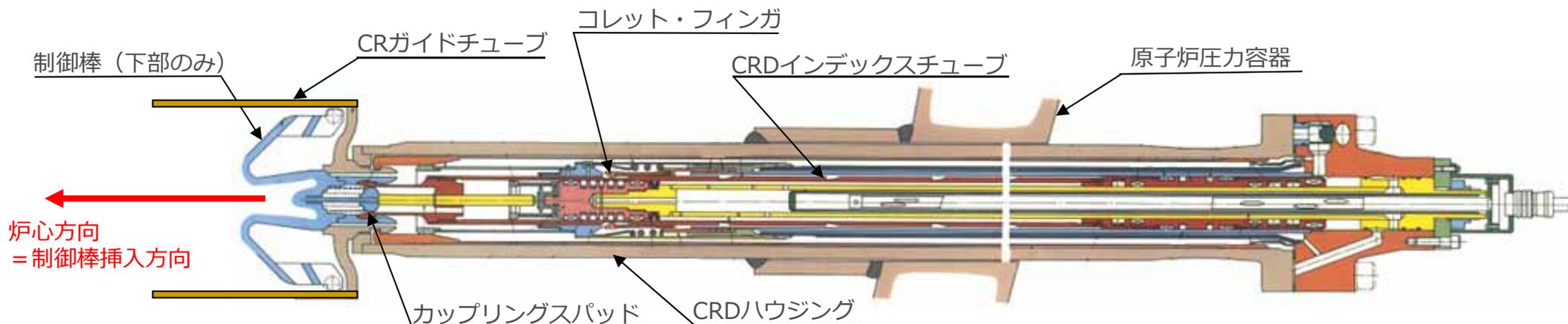
参考2-1 CRガイドチューブ・CRDインデックスチューブ

■ CRガイドチューブ

- 制御棒全引抜き状態では、CRガイドチューブに制御棒が格納されており、制御棒挿入時はCRガイドチューブに沿って炉心まで制御棒が挿入される
- 制御棒が全挿入状態では、制御棒の下部にあたるCRDインデックスチューブがCRガイドチューブ内に存在する

■ CRDインデックスチューブ

- 制御棒とは、インデックスチューブ上端のカップリングスパッドと呼ばれるカップリング機構で接続されている
- 制御棒を固定するためのノッチが刻まれており、制御棒を挿入した際にコレット・フィンガで固定する

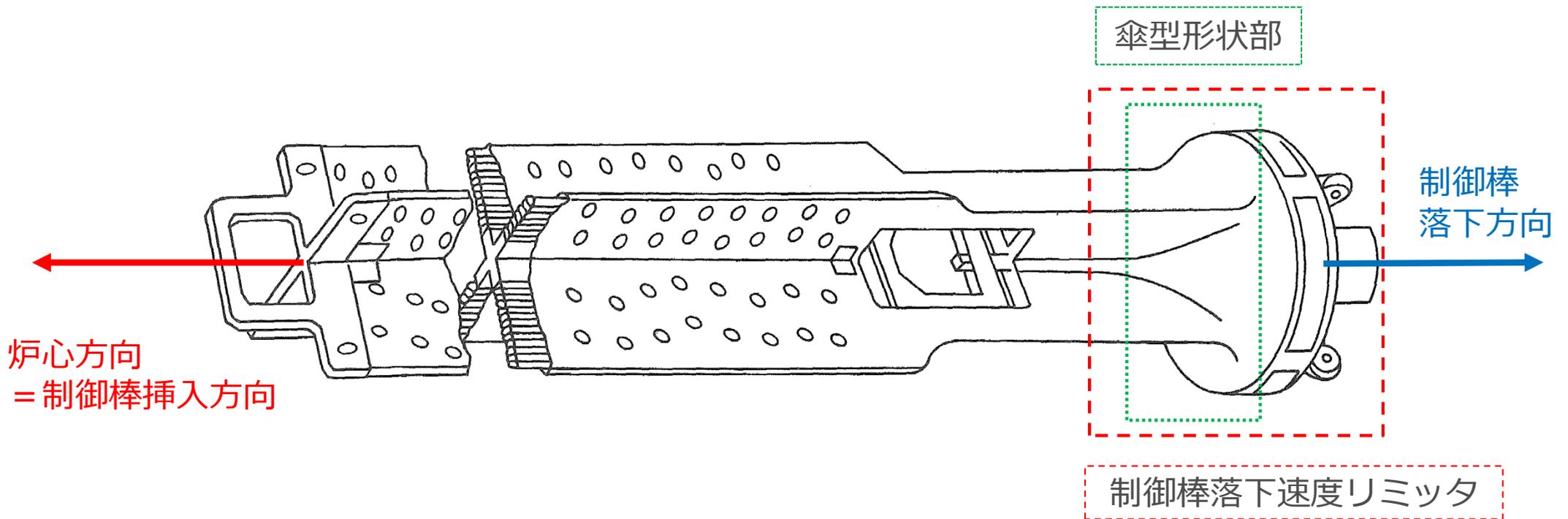


制御棒駆動機構 断面図
(上図は制御棒全引抜き状態)

参考2-2 制御棒落下速度リミッタ

■ 制御棒落下速度リミッタ

- 制御棒が落下する事故時に、当該部分が抵抗となり落下速度の上昇を緩和することで、急激な炉内の反応度変化を抑制する



制御棒 鳥瞰図

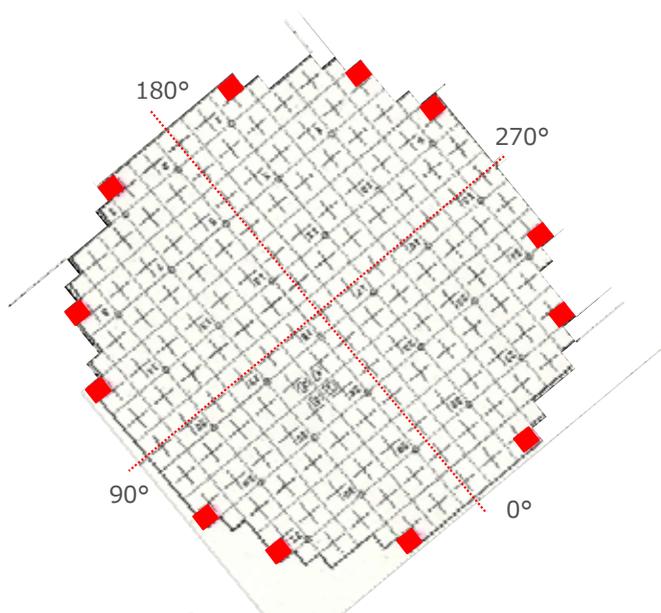
参考2-3 燃料支持金具プラグ

■ 役割

- 燃料支持金具プラグは、「制御棒ガイド」として、制御棒の挿入引き抜きの挿入路ガイドの役割として設置しているもの

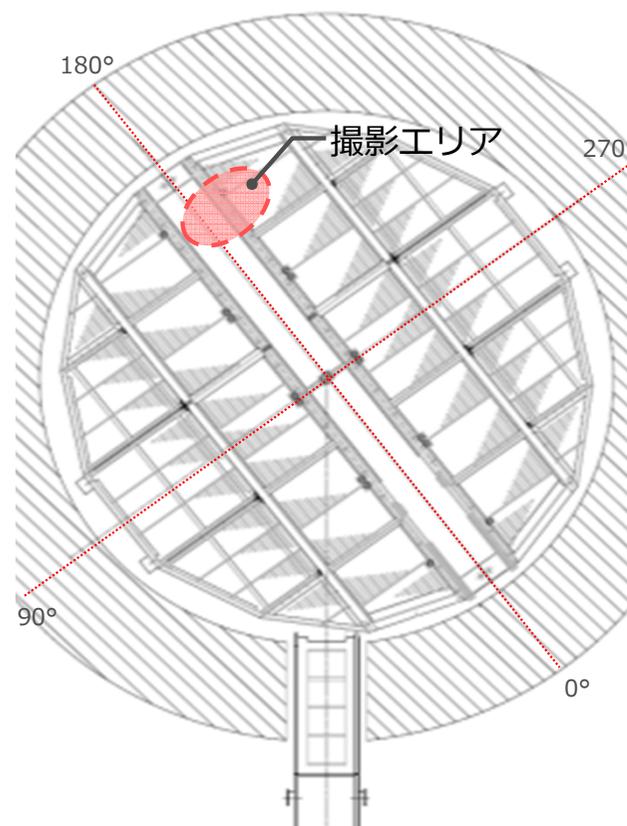
■ 装荷場所

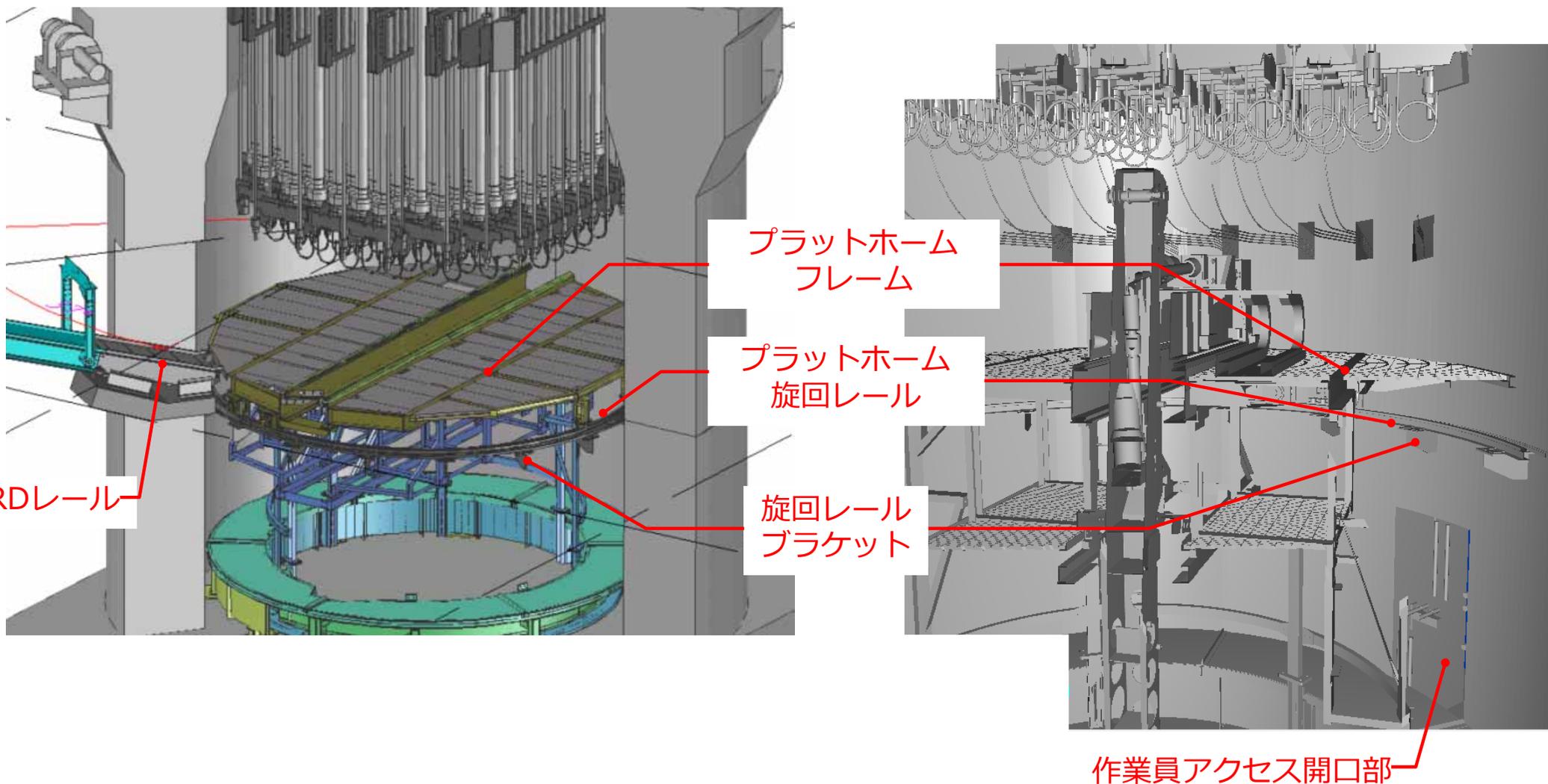
- 燃料支持金具プラグは、炉心の外周部に12体装荷されている（左下図の炉心断面図の赤色部分が該当）

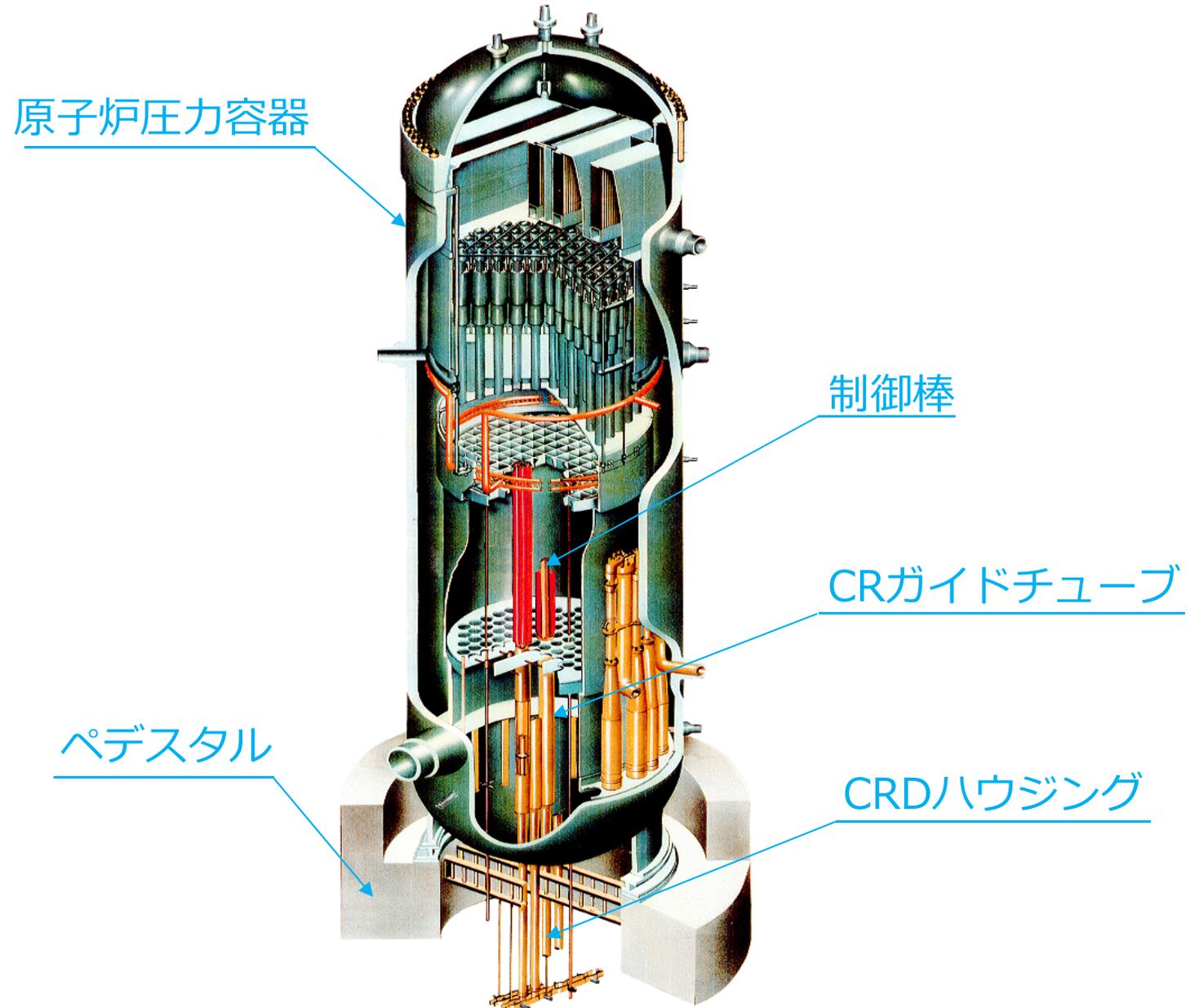


炉心断面図

赤色部分：燃料支持金具プラグ装荷場所



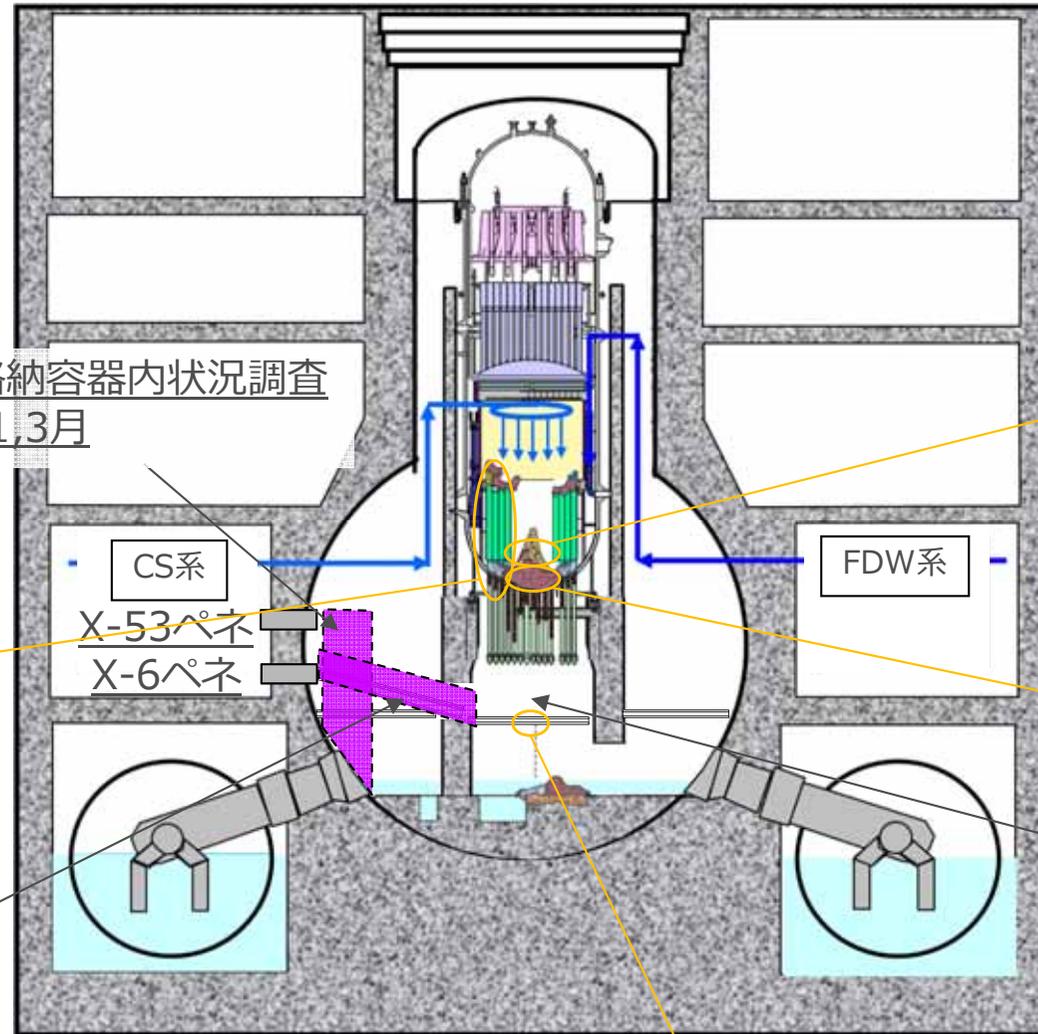




2号機原子炉格納容器内部調査の計画

1. 2号機原子炉格納容器内部の状況について

- 事故進展解析から、2号機では溶融した燃料のうち、一部は原子炉圧力容器（RPV）下部プレナムまたはペDESTアルへ落下し、一部は炉心部に残存していると考えられる



原子炉格納容器内状況調査
2012年1,3月

ミュオン測定から、
炉心外周部に燃料が
存在している可能性
があると推定

CRDレール上調査
2013年8月

: 過去の調査装置
アクセス範囲

ミュオン測定から、燃料デブリの大部分
は原子炉圧力容器底部に存在していると
推定

原子炉格納容器内部調査時に外周部の
CRDが確認できており、またグレーチ
ングの欠損の状況から、原子炉圧力容
器の穴は中央部及びその周辺部にある
ものと推定

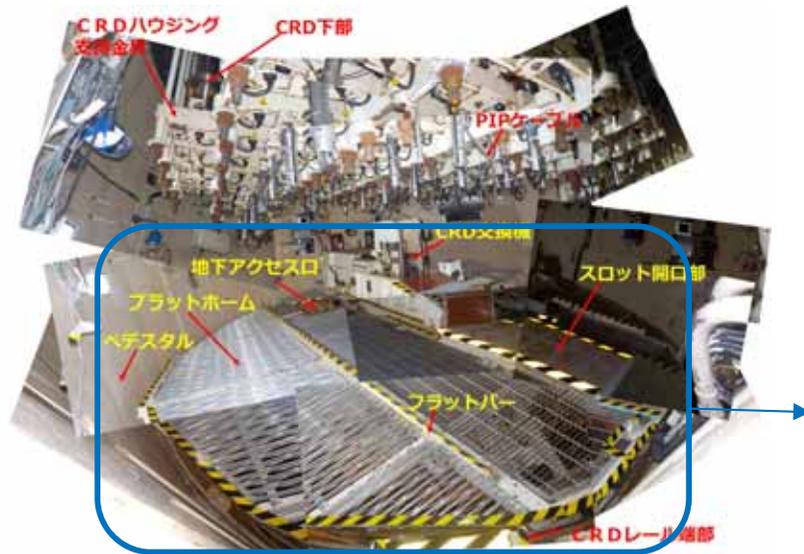
ペDESTアル内調査
2017年1,2月

原子炉格納容器内部調査
時に蒸気が立ち上がる様
子を確認

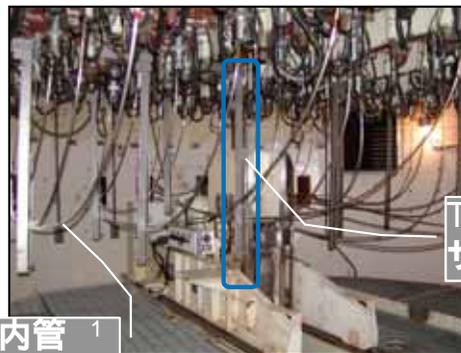
CS系：炉心スプレイ系
FDW系：給水系

2. 2017年1～2月原子炉格納容器内部調査の結果について

- 2017年1～2月に実施した原子炉格納容器（PCV）内部調査のうち、ガイドパイプによるペDESTAL内事前調査にて、ペDESTAL内のグレーチングが一部脱落していることを確認

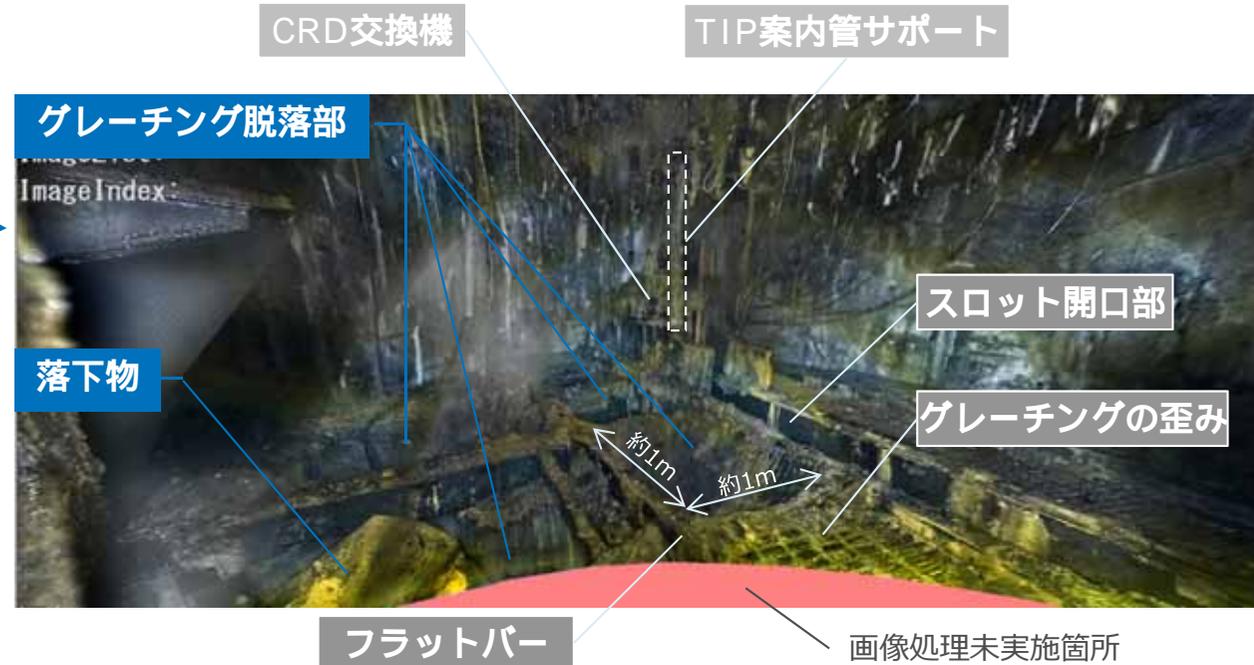


(参考) 5号機のペDESTAL内



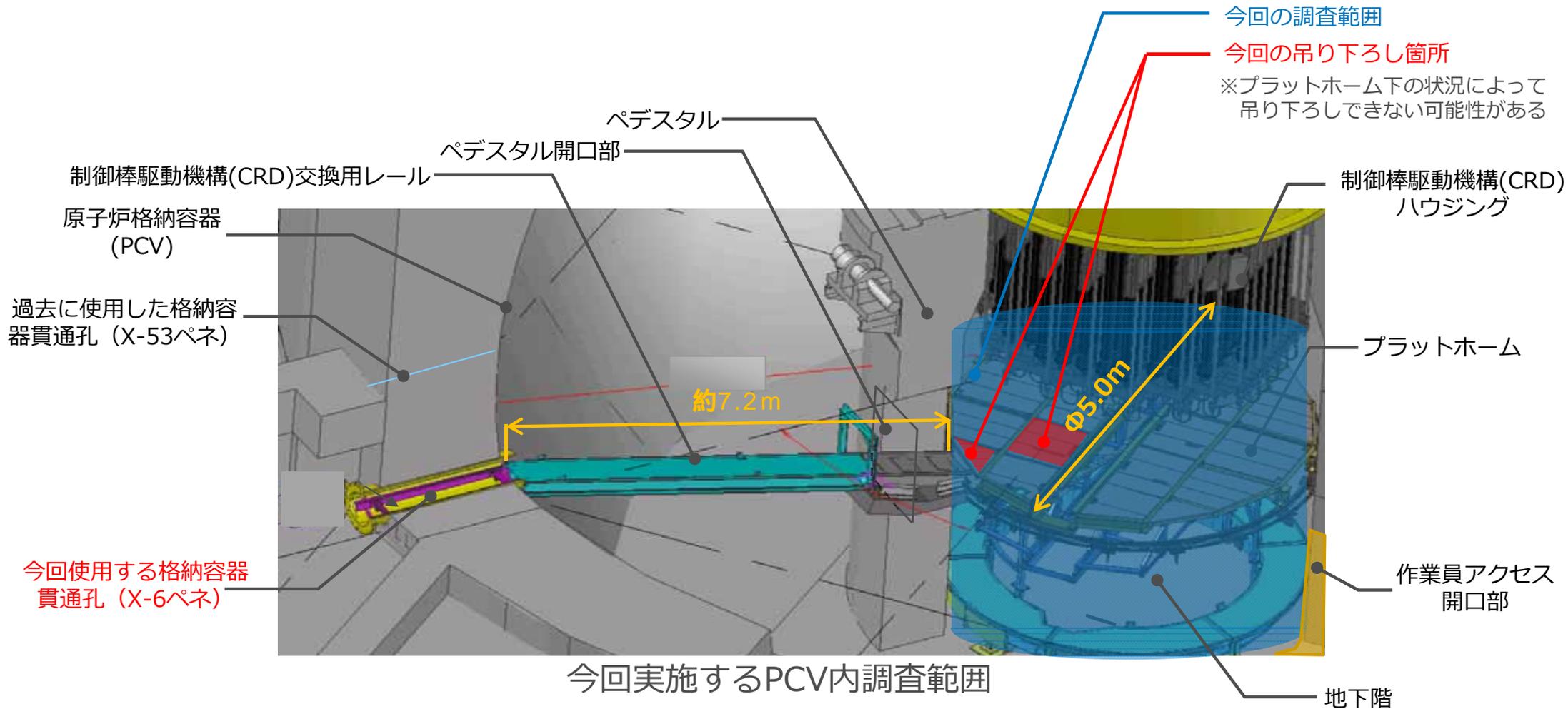
(参考) 2号機のペDESTAL内定検中写真

※5号機は点検のため、TIP案内管及びTIP案内管サポートは取り外されている



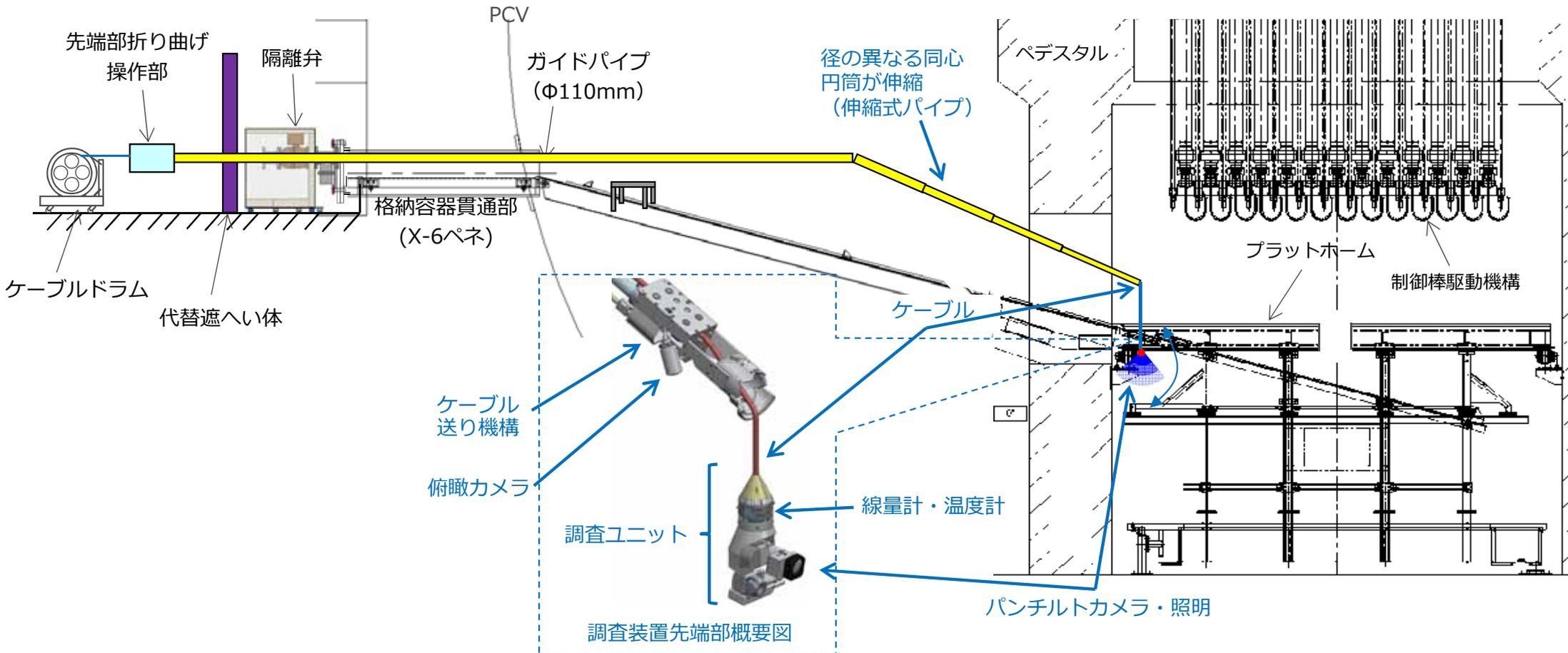
3. 今回実施するPCV内部調査の概要について

【調査計画】:燃料デブリが存在する可能性のあるプラットフォーム下の状況について、確認を行う



4. 調査方法について (1/2)

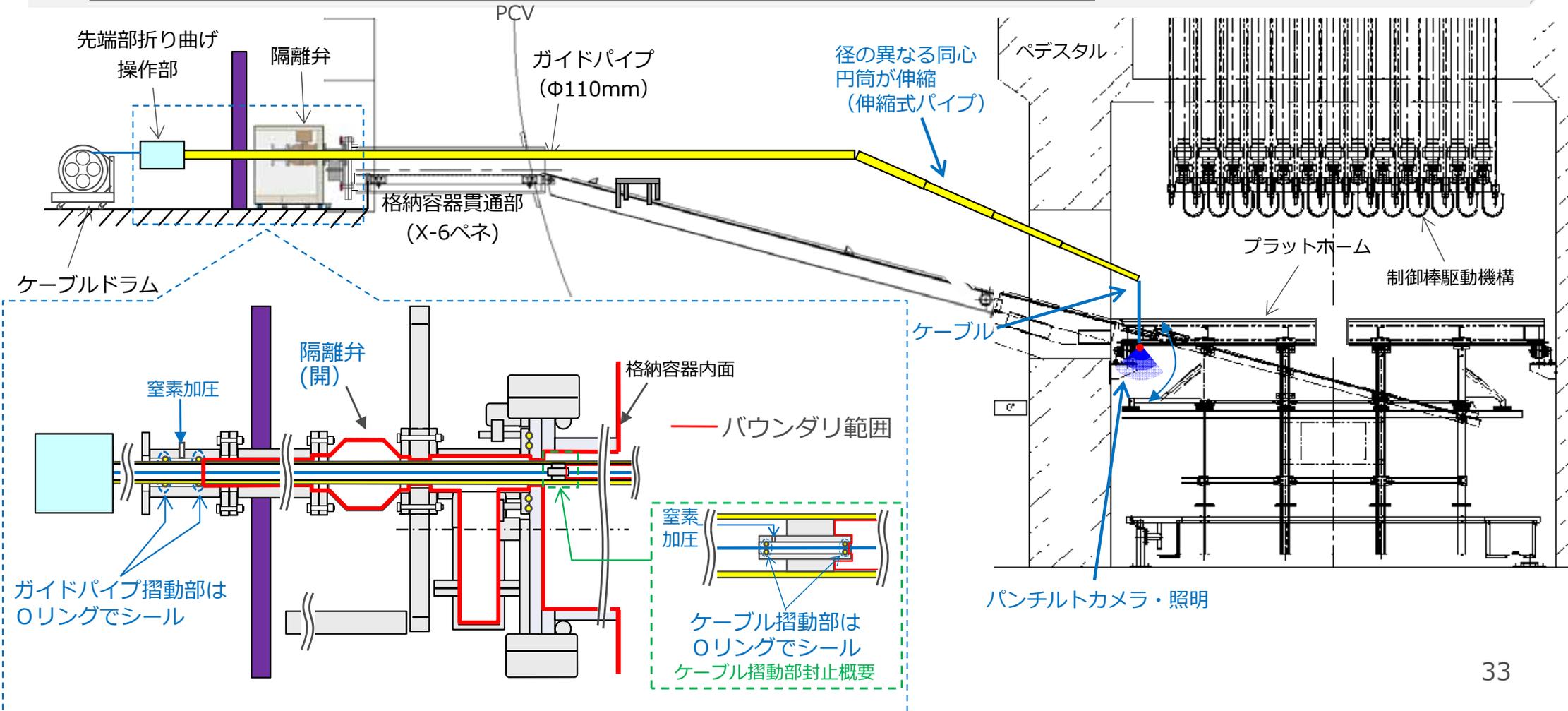
- 2017年1～2月PCV内部調査で使用したテレスコピック式調査装置を改良する。調査装置の長さを延長させ、その先端に調査ユニット(カメラ、線量計、温度計)を設置した調査装置を用いる
- 調査においては、調査装置の先端をペDESTAL内のグレーチング脱落部の上まで到達させた後、調査ユニットを吊り下ろし、プラットフォーム下の状況を調査する
- 今回の改良にて、2017年1～2月PCV内部調査時よりもペDESTAL内にガイドパイプ先端を到達させて、CRDハウジング等のプラットフォーム上の状況を再度確認する



ペDESTAL内調査概要(テレスコピック式調査装置)

4. 調査方法について (2/2)

- 調査にあたっては2017年1~2月PCV内部調査時と同様に、下図に示すように、ガイドパイプ摺動部を二重のOリングで封止することに加えて窒素を加圧することによりバウンダリを構築し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう作業する。また吊り下ろしにより摺動するケーブルについても同様のバウンダリを構築し、周辺環境へ影響を与えないよう作業する
- なお、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中にダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する予定



5. 前回調査時からの主な改善点(1/4)

No.	今回調査	前回調査
	ガイドパイプ, 伸縮式パイプの延長 先端到達位置: ペDESTAL内壁面より約1.4m	先端到達位置: ペDESTAL内壁面より約0.1m
	吊り下ろし機構の追加 (ケーブル送り機構の追加)	吊り下ろし機構なし
	カメラに加え, 線量計・温度計の搭載	カメラのみ搭載
	霧対策の追加 (調査用カメラと照明の距離を離すことが可能な機構をつけて視認性を向上)	調査用カメラと照明の距離は一定

5. 前回調査時からの主な改善点(2/4) ガイドパイプ, 伸縮式パイプの延長

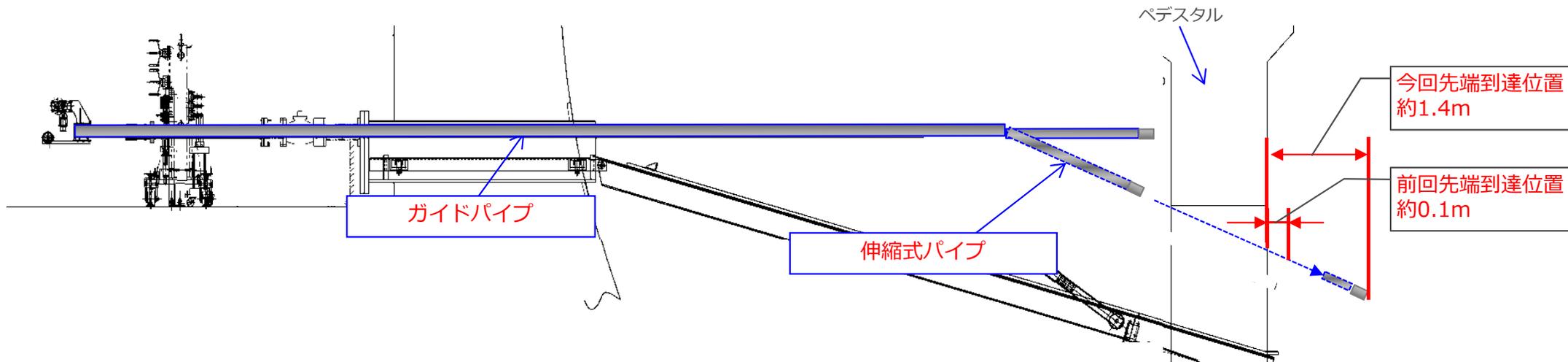
- 調査装置先端部（調査ユニット）の小型軽量化およびガイドパイプの強度向上を行うことにより、ガイドパイプを延長した



前回調査装置先端部

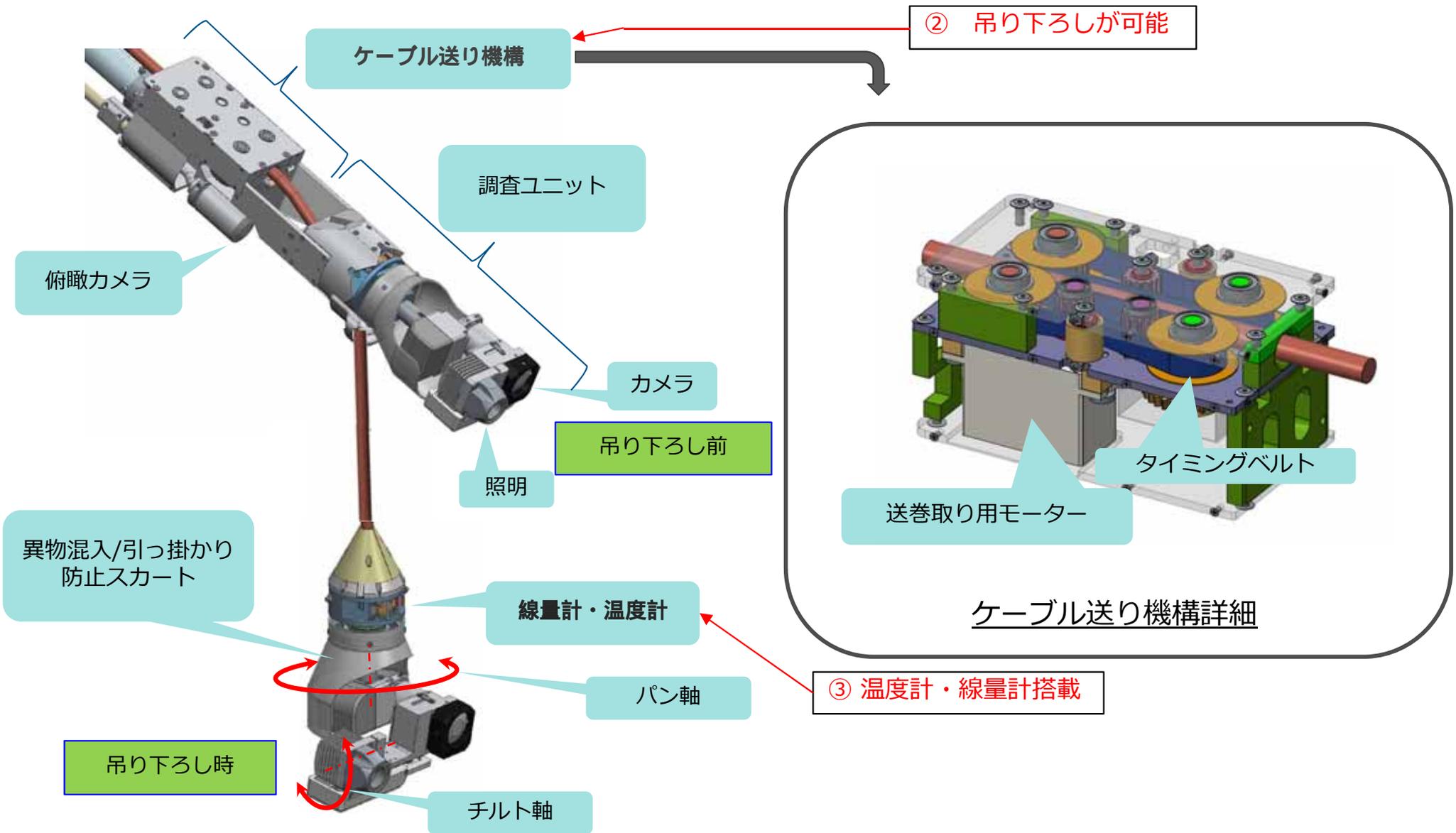


小型軽量化した
調査装置先端部
(調査ユニット)



5. 前回調査時からの主な改善点(3/4)

吊り下ろし機構の追加, 線量計・温度計の追加

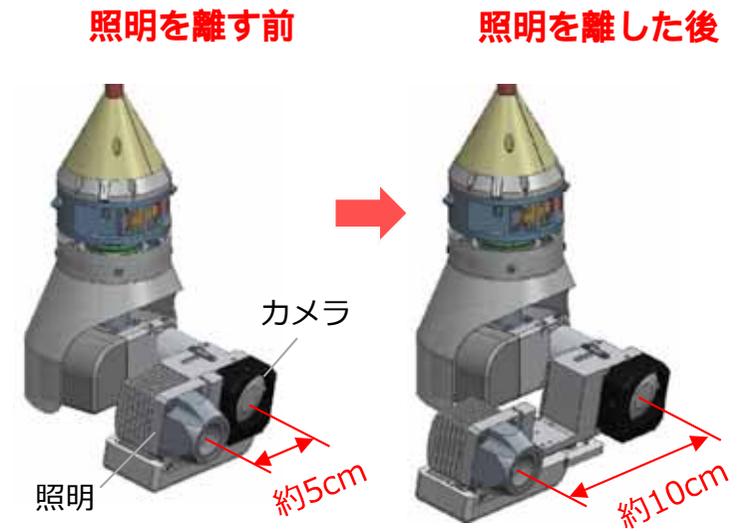


調査装置先端部概要

5. 前回調査時からの主な改善点(4/4) 霧対策の追加

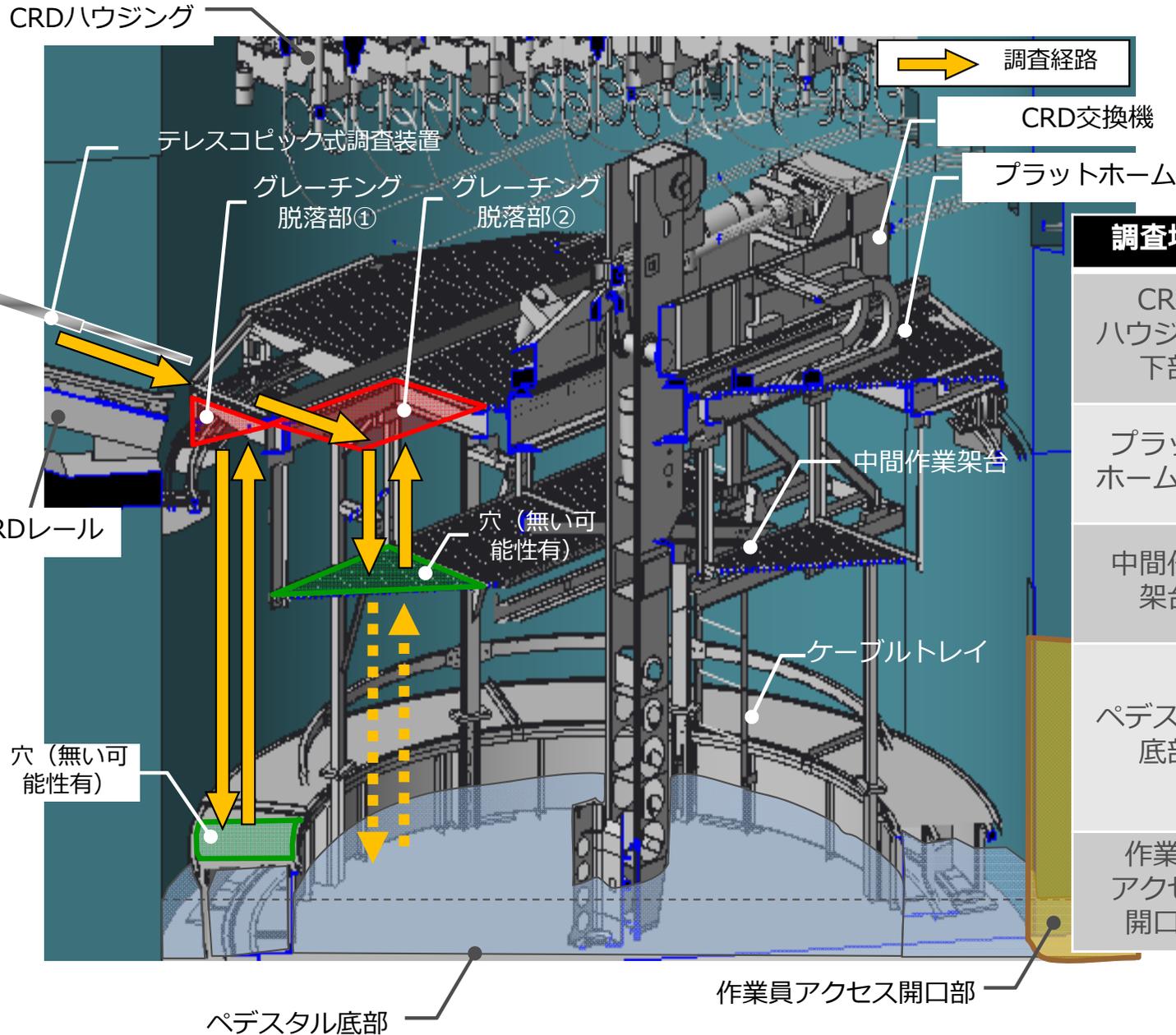
カメラと 照明間距離	光の透過率100%, 距離:5m	光の透過率20%/3m, 距離:5m	
		画像処理前	画像処理後
対策前 約5cm			
対策後 約10cm			
前回調査			

④ カメラと照明の距離
を離すことが可能



霧対策時の照明の動き
(イメージ)

6. PCV内部調査の調査場所



調査場所	期待される情報
CRDハウジング下部	・CRDハウジング下部の損傷状況の確認
プラットフォーム上部	・グレーチング上の状況（落下物，燃料デブリ等の堆積物の付着有無，グレーチング脱落等）の確認
中間作業架台	・グレーチング上の状況（落下物，燃料デブリ等の堆積物の付着有無，グレーチング脱落等）の確認
ペDESTAL底部	・ペDESTAL底部の落下物，燃料デブリ等の堆積状況の確認 ・ケーブルトレイの損傷状況を確認（ペDESTAL基部に燃料デブリが到達しているかを推定）
作業員アクセス開口部	・ケーブルトレイの損傷状況を確認することにより，ペDESTAL外へのデブリ等の流出を推定

7. 工程案について

作業項目	2017年度		
	12月	1月	2月
事前準備	<p>習熟訓練</p> <p>出荷</p> <p>12/26現在</p> <p>▽</p> <p>現地準備</p>		
PCV内部調査		<p>PCV内部調査</p>	

廃炉作業における事故現場の記録管理

1. 事故検証にかかる記録の管理の位置づけ

- 福島第一原子力発電所の事故当時の状況を残す現場の状況については、事故検証にかかる情報として、将来に残すべきものの一つである。2011年12月のSTEP2達成以前は、廃炉作業を優先させたこともあり記録が残らなかったものがあるものの、以降の大型工事等については写真を中心として記録を残している
- 事故調査報告書や未解明問題の検討といった事故検証の活動を通じて、事故に対する理解を深めており、事故の痕跡がどこにどのように残っているかはある程度把握できる状況にある。ほとんどの情報は、原子炉圧力容器内、格納容器内、原子炉建屋内、タービン建屋内に存在している（ただし、線量等の関係からアクセス自体が困難なものもあり）
- 事故検証にかかる情報は、以下に分類される
 - ①事故の起因に関するもの（津波の侵入ルート、電源喪失の原因となった電源盤等）
 - ②事故時に作動or機能喪失した機器に関するもの（2, 3号機の原子炉隔離時冷却系等）
 - ③事故の結果に関するもの（燃料デブリの分布、建屋内汚染等）
- 廃炉作業の完遂は当社の責務であるが、廃炉作業自体がそれらの現場の状況を改変する作業であり、今後原子炉建屋内等の廃炉作業が本格化してくるため、記録の保存の重要性が増してくる
- こうした記録を、写真、動画、線量測定、遠隔測定技術などの手段により残していく

建屋解体や各種内部調査など、事故検証に直接繋がる事項については、特定原子力施設監視・評価検討会等を通じて、議論をすることが必要と考えている。個別に相談し、進めてまいりたい
今後、事故の検証に繋がる情報の取得・保管については、適切な体制を構築してまいりたい