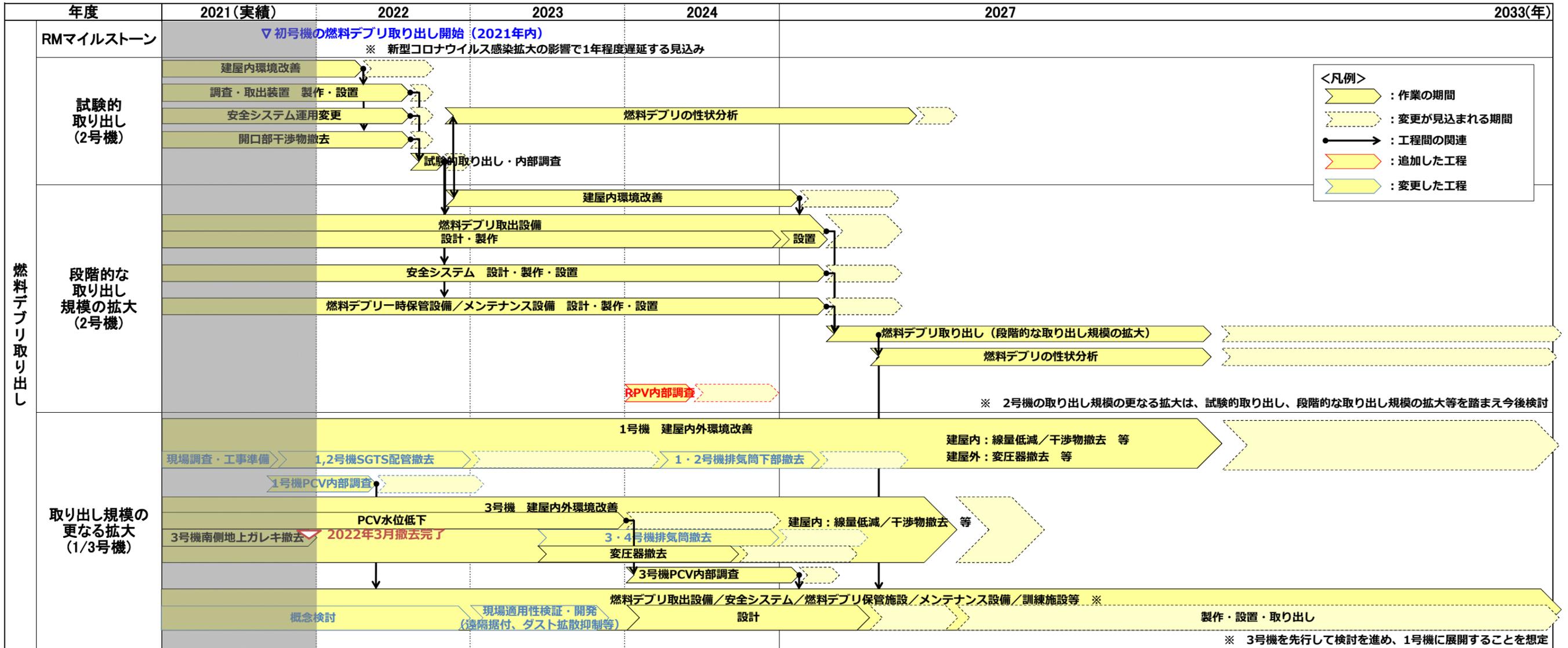


燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野	計画	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定	11月		12月		1月		2月	3月	4月	5月	6月以降	備考		
				25	27	4	11	18	25	2	9	16	23	30			
燃料デブリ取り出し準備	原子炉建屋内環境改善	原子炉建屋内の環境改善	1号機 (実績) ○建屋内環境改善(継続) (予定) ○建屋内環境改善(継続)	2階線量低減に向けた準備作業										時期調整中	建屋内環境改善 ・2階線量低減の準備作業'20/7/20~'23/1月中旬 他工事との工程調整のため作業中断中。'22/2/23~'22/9/19 ・RCW入口ヘッダ配管穿孔'22/10/24~'22/11/14 ・RCW熱交換器内包水サンプリング'22/1月 ・1階北側エリア線量低減'22/7/20~'22/9/9		
			2号機 (実績)なし (予定) ○建屋内環境改善(継続)	2階北側エリア除染											建屋内環境改善 ・RCW大物出入口2階進入設置 '21/11/29~'22/1/10 ・1階西側通路MCC撤去 '22/1/11~'22/2/25 ・2階北側エリア除染'23/2月~		
			3号機 (実績) ○建屋内環境改善(継続) (予定) ○建屋内環境改善(継続)	1階北東南東エリア除染											建屋内環境改善 ・北西エリア機器撤去および除染 '21/7/12~'22/1/10 ・北側エリア仮設置へい設置'22/1/11~'22/3/22 ・北西エリア機器撤去'22/4/18~'22/7/14 ・1階北東南東エリア除染'22/8/30~'23/1月		
		格納容器内水循環システムの構築	1号機 (実績)なし (予定) 圧力抑制室内包水のサンプリング	圧力抑制室内包水のサンプリング										時期調整中	圧力抑制室内包水のサンプリング ・原子炉冷卻材浄化系停止并開放(モックアップ'22/11月)~ ・圧力抑制室底部確認、圧力抑制室内包水サンプリング		
			2号機 (実績)なし (予定)なし														
			3号機 (実績) ○原子炉格納容器水位低下(継続) ○圧力抑制室内包水の水質改善(継続) (予定) ○原子炉格納容器水位低下(継続) ○圧力抑制室内包水の水質改善(継続)	3号機格納容器内取水設備の運転開始										(継続実施)	3号機原子炉格納容器内取水設備設置に係る実施計画変更申請('21/2/1) →補正申請('21/7/14) →認可('21/7/27) ・取水設備設置'21/10/1~'22/3/31 ・使用前検査(3号)'(22/4/26) ・3号機格納容器内取水設備による圧力抑制室内包水の水質改善開始'22/10/3~		
	燃料デブリの取り出し	燃料デブリの取り出し	共通 (実績) ○【研究開発】格納容器内部詳細調査技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器内部調査技術の開発(継続) ○燃料デブリ取出設備 概念検討(継続) (予定) ○【研究開発】格納容器内部詳細調査技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器内部調査技術の開発(継続) ○燃料デブリ取出設備 概念検討(継続)												(継続実施)		
			1号機 (実績) ○原子炉格納容器内部調査(継続) ○1/2号機SGTS配管撤去(継続) (予定) ○原子炉格納容器内部調査(継続) ○1/2号機SGTS配管撤去(継続)	PCV内部調査										1/2号機SGTS配管撤去(残り分) 時期調整中	OPCV内部調査 PCV内部調査に係る実施計画変更申請('18/7/25) →補正申請('19/1/18)→認可('19/3/1) 【主要工程】 ・PCV内部調査装置投入に向けた作業'19/4/8~'21/10/14 ・PCV内部調査'21/11/5~ ・ROV-Aケーブルリフト取得'22/2/8~'22/2/10 ・ROV-A2調査'22/3/14~'22/5/23 ・ROV-C調査'22/6/7~'22/6/11 ・ROV-D調査'22/12/6~'22/12/10 ○1/2号機SGTS配管撤去 1/2号機SGTS配管撤去(その1)に係る実施計画変更申請('21/3/12)→認可('21/6/26) 【主要工程】 ・1/2号機SGTS配管切断時ダスト飛散対策(フレタン注入)'21/9/8~'21/9/25 ・1/2号機SGTS配管切断'22/5/23~'23/5月中旬		
			2号機 (実績) ○原子炉格納容器内部調査(継続) (予定) ○原子炉格納容器内部調査(継続)	PCV内部調査 ロボットアームの性能確認試験・モックアップ・訓練(国内)										時期調整中	PCV内部調査に係る実施計画変更申請('18/7/25) →補正申請('20/9/9)認可('21/2/4) ・1号機PCV内作業時のダスト飛散事象を踏まえて、2号機においてモックアップ低減対策を検討中。2号機PCV内部調査は2022年内開始を目指す試験的取り出しと合わせて実施することを確認中。 ・PCV内部調査装置投入に向けた作業'20/10/20~ ・X-6ベネ内堆積物調査(接触調査)'20/10/28、3Dスキャン調査:'20/10/30 ・施設監視カメラ撤去'20/11/10~ ・X-53ベネ調査'21/6/29 ・X-53ベネ圧縮大作業'21/9/13~'21/10/14 ・隔壁部屋設置作業'21/11/15~		
			3号機 (実績) (予定)	PCV内部調査 PCV内部調査装置投入に向けた作業										時期調整中			

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野名	計画工程	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定	11月			12月			1月			2月	3月	4月	5月	6月以降	備考	
				25	27		4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12		19
燃料デブリ取り出し準備	RPV/PCV健全性維持	圧力容器/格納容器の健全性維持	(実績) ○腐食抑制対策 ・窒素ハブリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施(継続) (予定) ○腐食抑制対策 ・窒素ハブリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施(継続)															(継続実施)	
	炉心状況把握	炉心状況把握	(実績) ○事故関連factデータベースの更新(継続) ○炉内・格納容器内の状態に関する推定の更新(継続)																(継続実施)
			(予定) ○事故関連factデータベースの更新(継続) ○炉内・格納容器内の状態に関する推定の更新(継続) ○2号機燃料取扱機操作室調査の実施																
		(予定) ○2号機原子炉建屋内調査(地下階三角コーナの状況確認)																○原子炉建屋内調査(地下階三角コーナの状況確認) 22/12/2~	
燃料デブリ取り出し準備	取出後の燃料デブリ炉内安定保管	燃料デブリ性状把握	(実績) ○【研究開発】燃料デブリ性状把握のための分析・推定技術の開発 ・燃料デブリ性状の分析に必要な技術開発等(継続)															(継続実施)	
			(予定) ○【研究開発】燃料デブリ性状把握のための分析・推定技術の開発 ・燃料デブリ性状の分析に必要な技術開発等(継続)																(継続実施)
	燃料デブリ臨界管理技術の開発	燃料デブリ臨界管理技術の開発	(実績) ○【研究開発】臨界管理方法の確立に関する技術開発 ・未臨界度測定・臨界近接監視のための技術開発(継続) ・臨界防止技術の開発(継続)																(継続実施)
(予定) ○【研究開発】臨界管理方法の確立に関する技術開発 ・未臨界度測定・臨界近接監視のための技術開発(継続) ・臨界防止技術の開発(継続)																			(継続実施)
燃料デブリ取り出し準備	燃料デブリ取納・移送・保管技術の開発	燃料デブリ取納・移送・保管技術の開発	(実績) ○【研究開発】燃料デブリ取納・移送・保管技術の開発 粉状・スラリー・スラッジ状の燃料デブリ対応(継続) 燃料デブリ乾燥技術/システムの開発(継続)															(継続実施)	
			(予定) ○【研究開発】燃料デブリ取納・移送・保管技術の開発 粉状・スラリー・スラッジ状の燃料デブリ対応(継続) 燃料デブリ乾燥技術/システムの開発(継続)																



1号機 PCV内部調査（後半）について

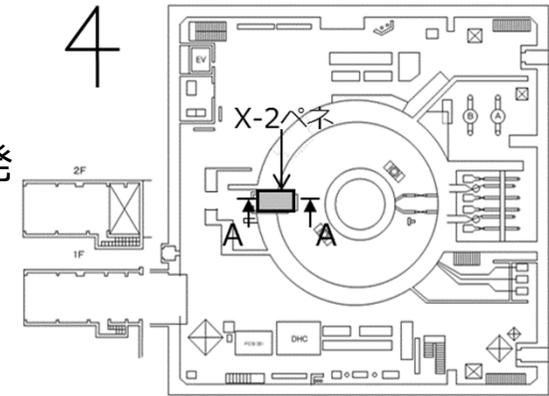
2022年12月22日

IRID **TEPCO**

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東京電力ホールディングス株式会社

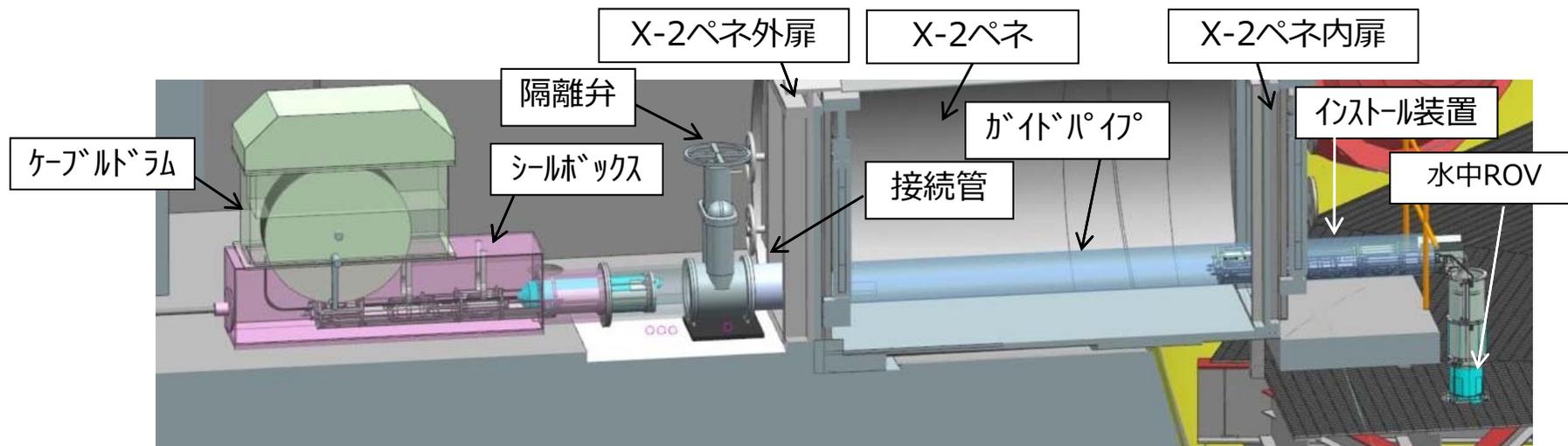
1. 1号機PCV内部調査の概要

- 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
- 水中ROV調査ステップ



1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置

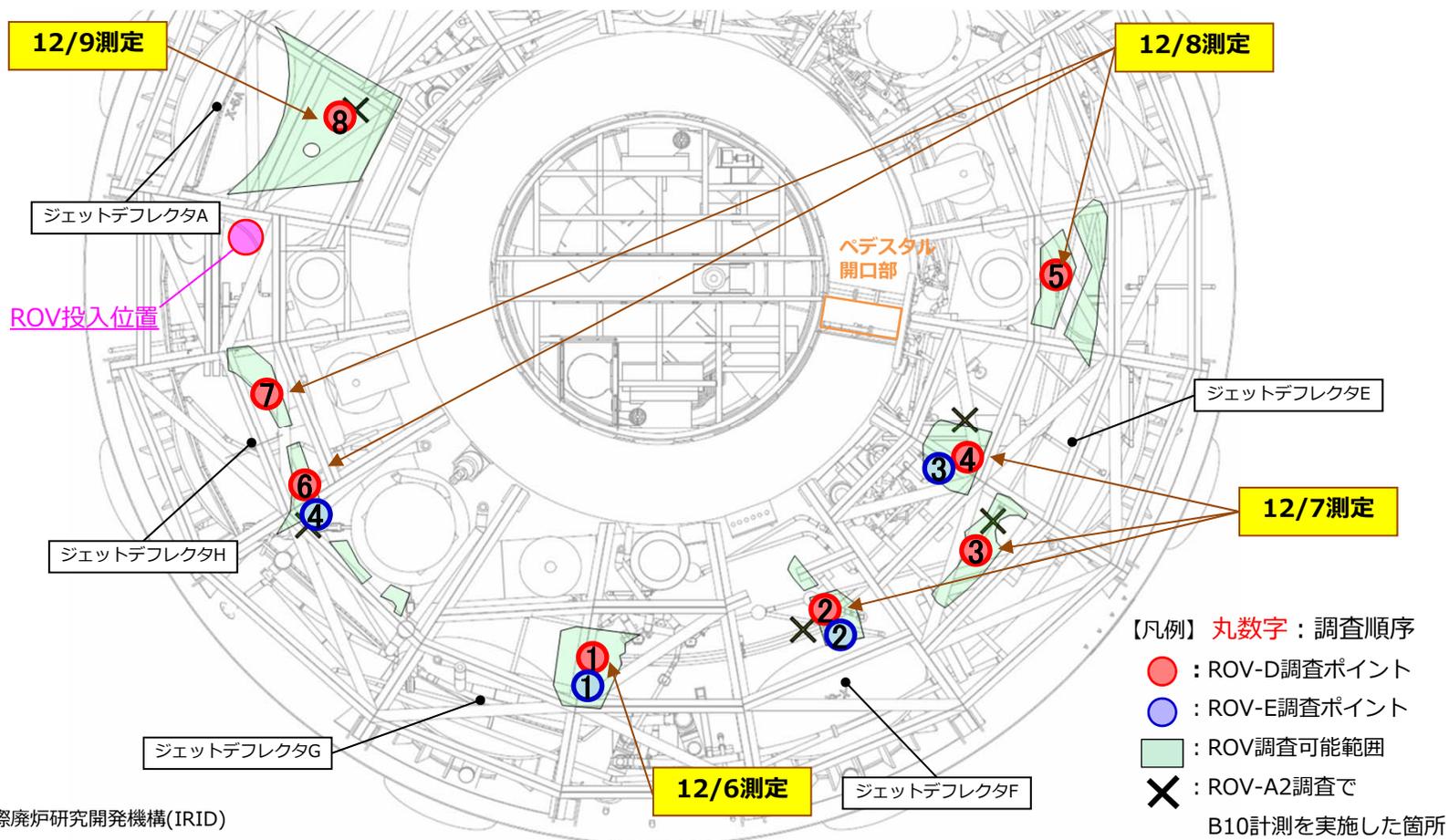
前半調査 (調査済)	① ROV-A	事前対策となるガイドリング取付
	② ROV-A2	ペDESTAL外の詳細目視
	③ ROV-C	堆積物厚さ測定
後半調査	④ ROV-D	堆積物デブリ検知・評価
	⑤ ROV-E	堆積物サンプリング
	⑥ ROV-B	堆積物3Dマッピング
	⑦ ROV-A2	ペDESTAL内部、壁部の詳細目視



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

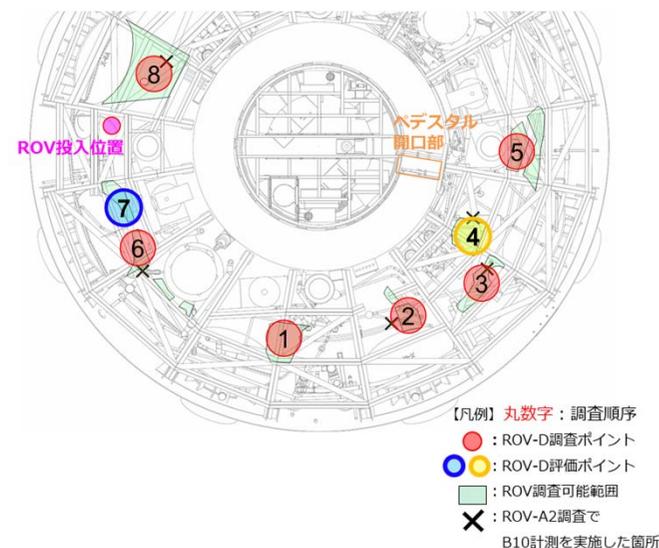
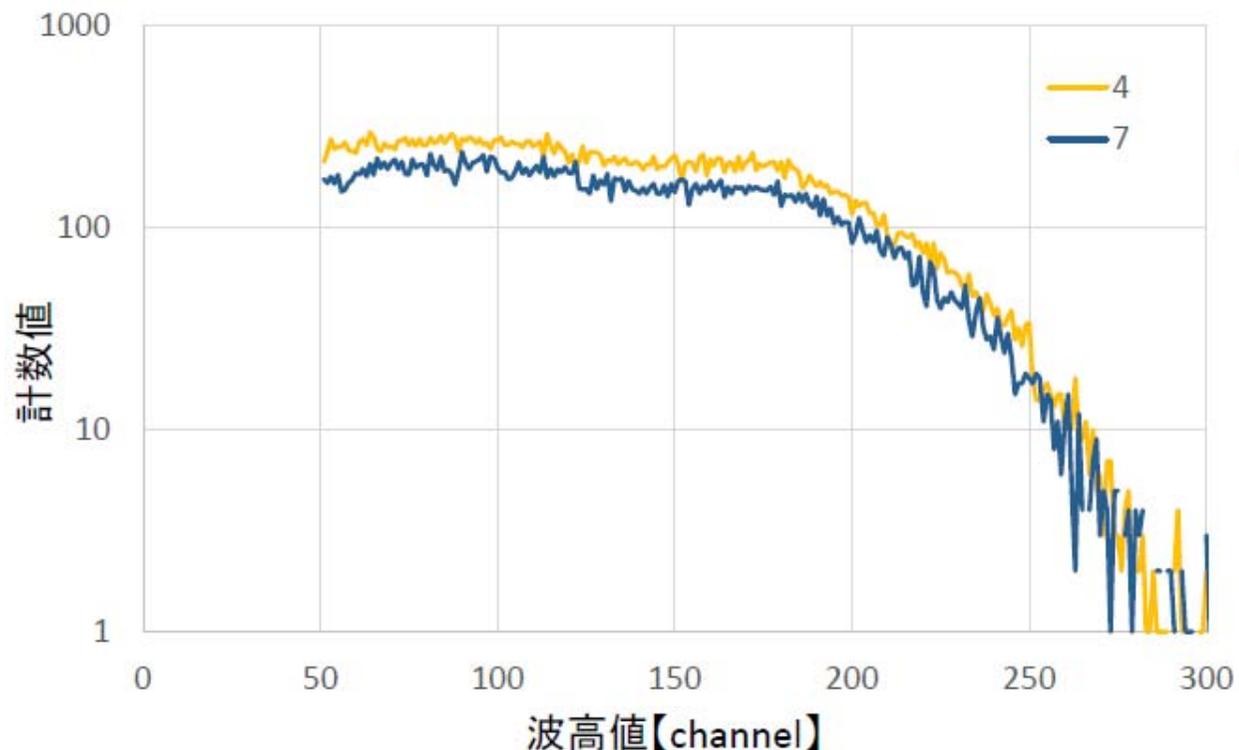
2. PCV内部調査の状況

- 11月28日、調査再開に必要なPCV水位の確保を目的とし原子炉注水量の変更を実施、PCV水位の確保が確認できたことから、12月6日からROV-Dによる堆積物デブリ検知を開始
- 12月9日にかけて計画した調査を完了したことから、翌10日にROV-Dのアンインストールを実施
- 現在、後続号機であるROV-Eの投入に向けた装置の動作確認を実施中、2023年1月中旬からのROV-Eによる堆積物サンプリング開始を目指す



3. ROV-D（堆積物デブリ検知）評価2ポイント速報 中性子束測定結果

- 調査ポイント④,⑦において、中性子の波高値領域である50~300[channel]内にカウントが確認されたこと、250~300[channel]にかけて収束することから、熱中性子束を検出したものと評価



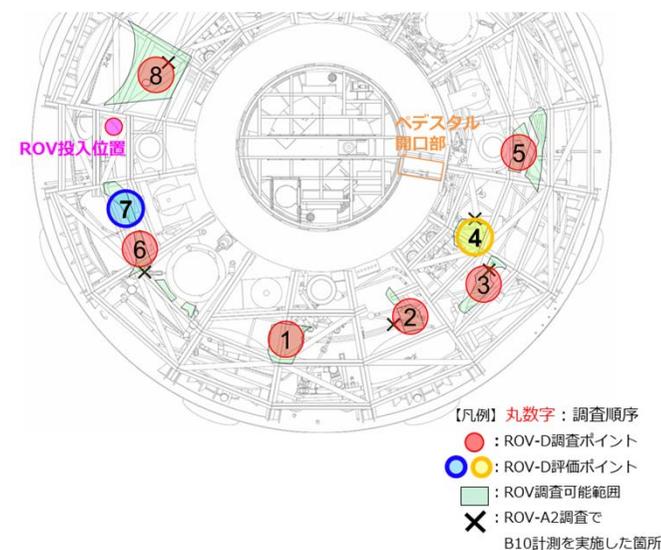
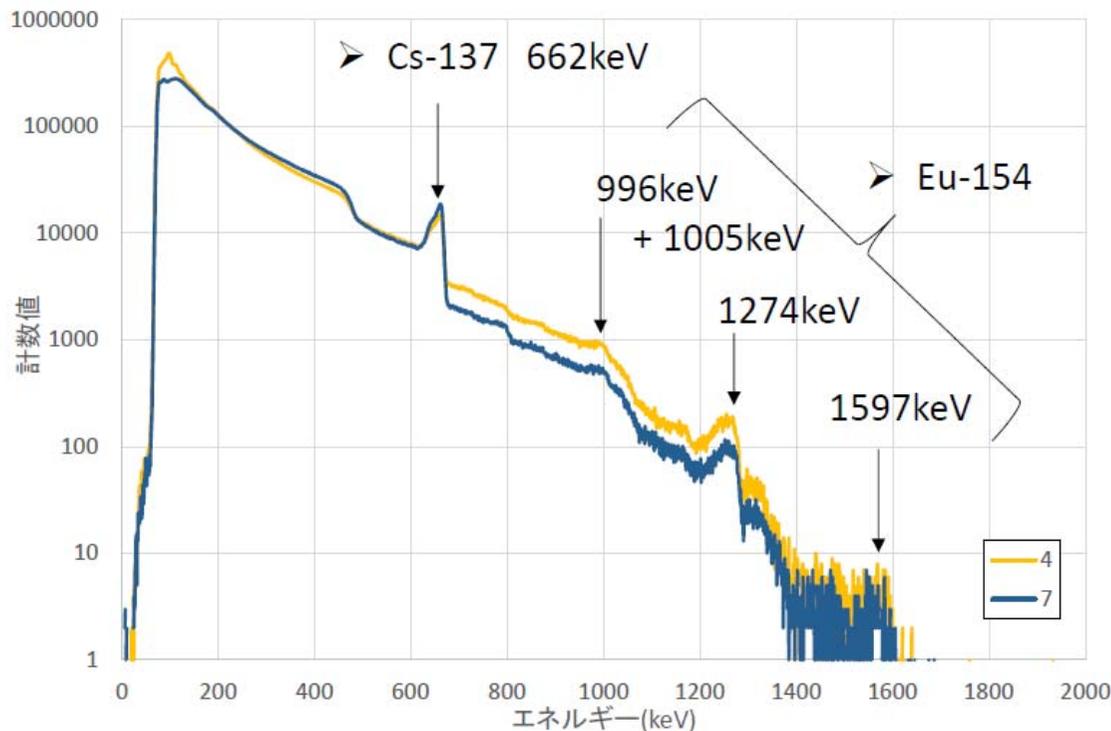
ROV-Dの調査ポイントと調査順序

測定位置	ポイント④	ポイント⑦
合計カウント数	25,224	18,997
熱中性子束 (nv)	58.9	44.3

3. ROV-D（堆積物デブリ検知）評価2ポイント速報

γ線核種分析結果

- 調査ポイント④,⑦において、Eu-154放出γ線であるエネルギーに対応するピークカウントが得られたことから、Eu-154を検出したものと評価
- デブリの存在の有無に関する有効なデータの取得ができた。引き続き残り6箇所において評価を実施する



ROV-Dの調査ポイントと調査順序

測定位置			ポイント④	ポイント⑦
合計カウント数			57,921,013	51,024,138
Cs-137	662(keV)	ネットカウント数 ※1	2.77E+05	4.09E+05
	1274(keV)	ネットカウント数	5.47E+03	2.88E+03
Eu-154	1000(996+1005)(keV) ※2	ネットカウント数	6.77E+03	4.01E+03
	1597(keV)	ネットカウント数	1.50E+02	8.02E+01

※1 γ線放出核種を評価するために、ピークカウント数からベースラインとなるカウント数を差し引いた値

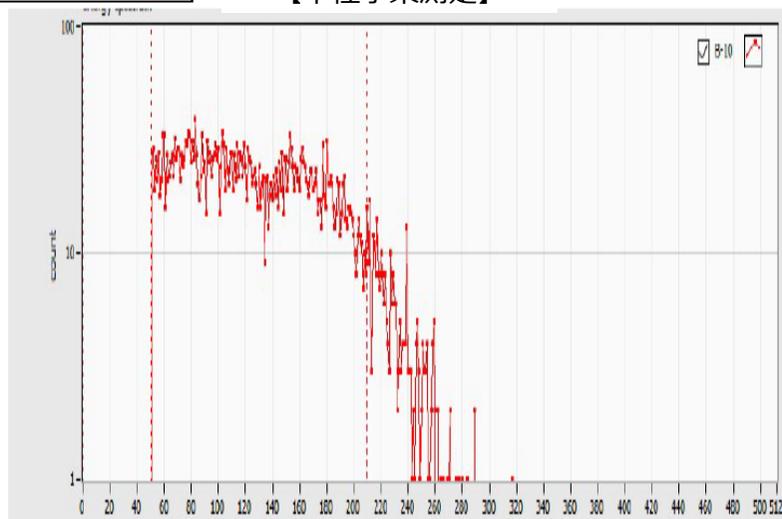
※2 Eu-154放出γ線における996keVと1005keVの領域においては、計器の分解能により判別できないことから、双方の値を1000keVの領域として評価している

4. ROV-D（堆積物デブリ検知）取得データ 調査ポイント①,②

- 堆積物デブリ検知は、10分×6回の測定を実施しており、そのうち1回分のデータを示す
- データは現在処理中であり、評価を進めている

調査ポイント①

【中性子束測定】

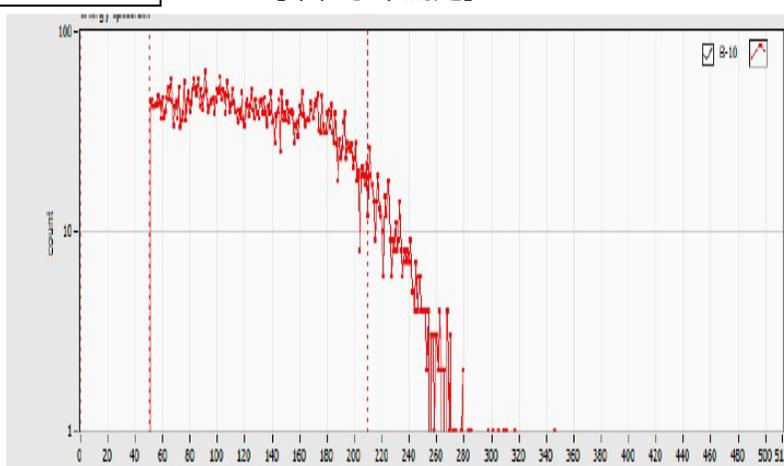


【γ線測定】

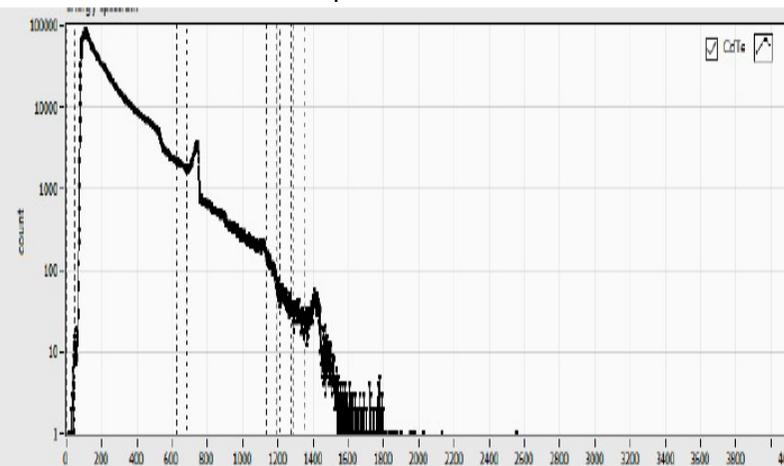


調査ポイント②

【中性子束測定】



【γ線測定】

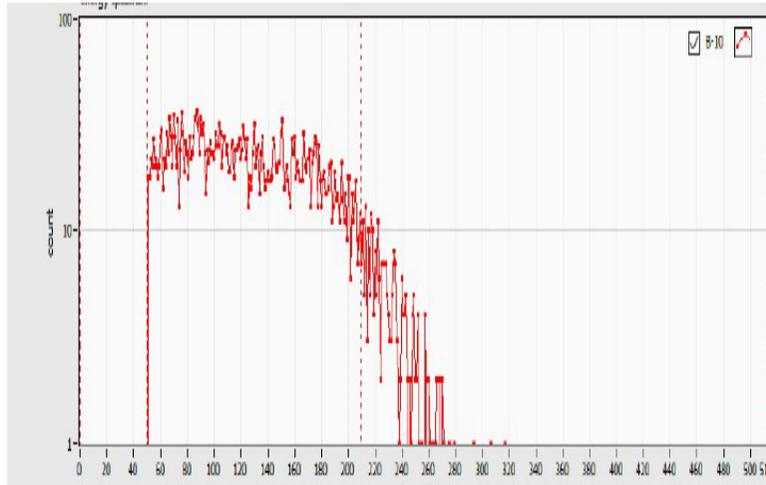


4. ROV-D (堆積物デブリ検知) 取得データ 調査ポイント③,⑤

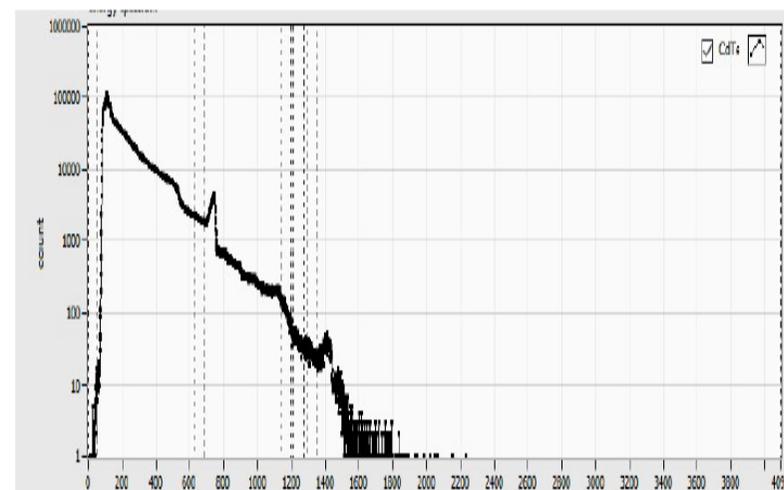
- 堆積物デブリ検知は、10分×6回の測定を実施しており、そのうち1回分のデータを示す
- データは現在処理中であり、評価を進めている

調査ポイント③

【中性子束測定】

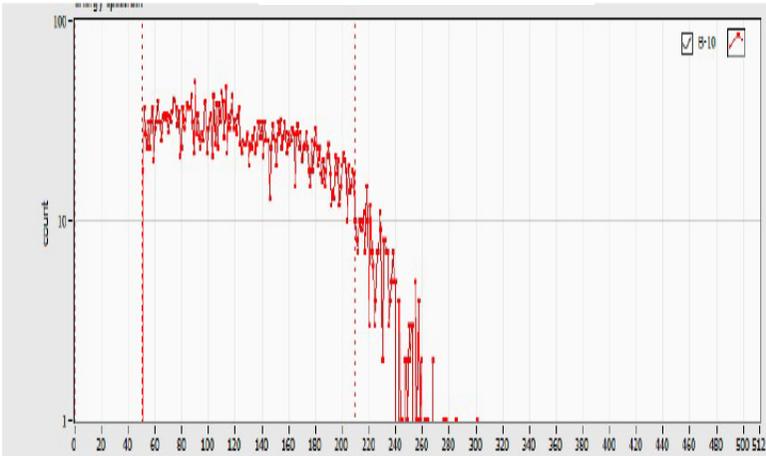


【γ線測定】

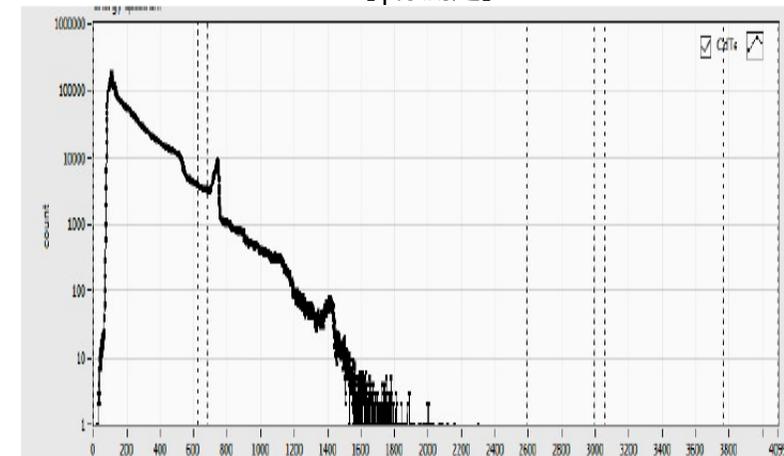


調査ポイント⑤

【中性子束測定】



【γ線測定】

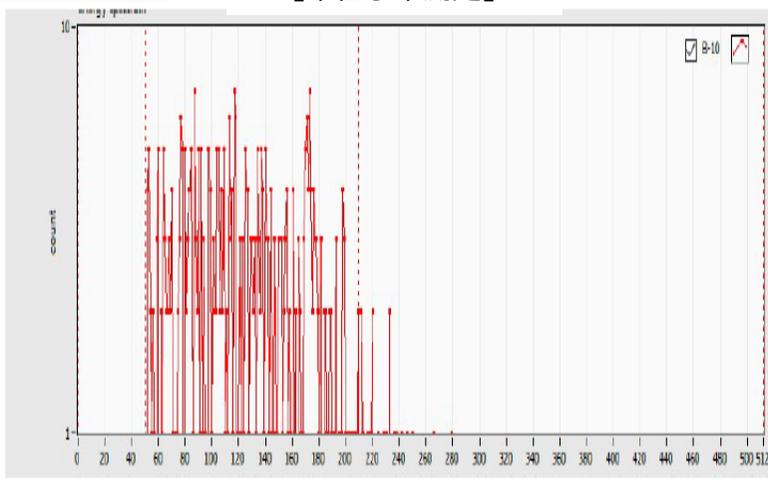


4. ROV-D (堆積物デブリ検知) 取得データ 調査ポイント⑥,⑧

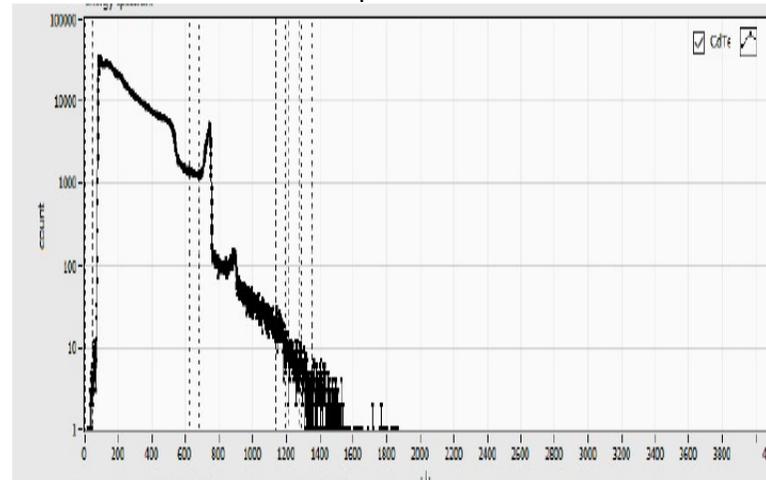
- 堆積物デブリ検知は、10分×6回の測定を実施しており、そのうち1回分のデータを示す
- データは現在処理中であり、評価を進めている

調査ポイント⑥

【中性子束測定】

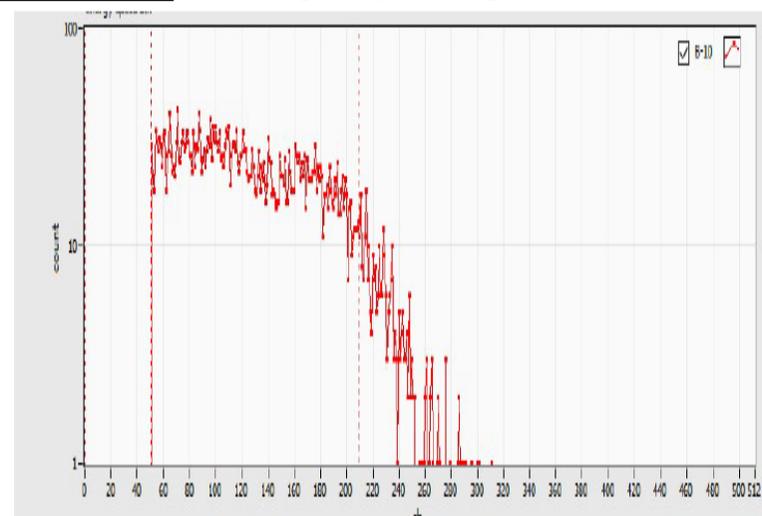


【γ線測定】

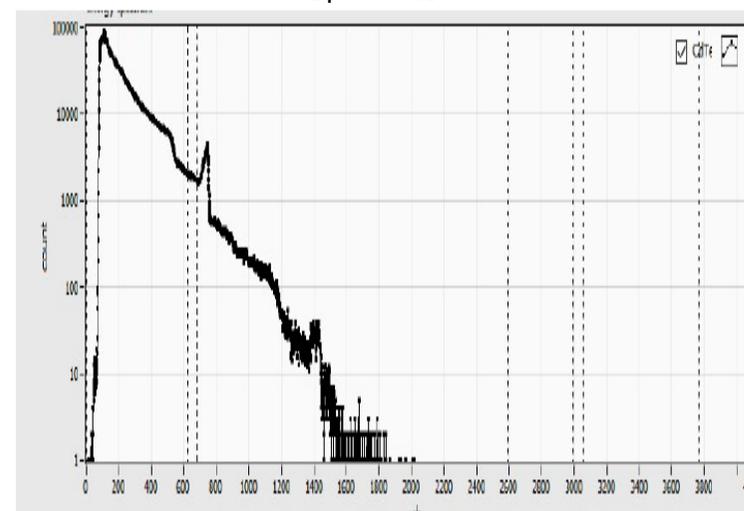


調査ポイント⑧

【中性子束測定】

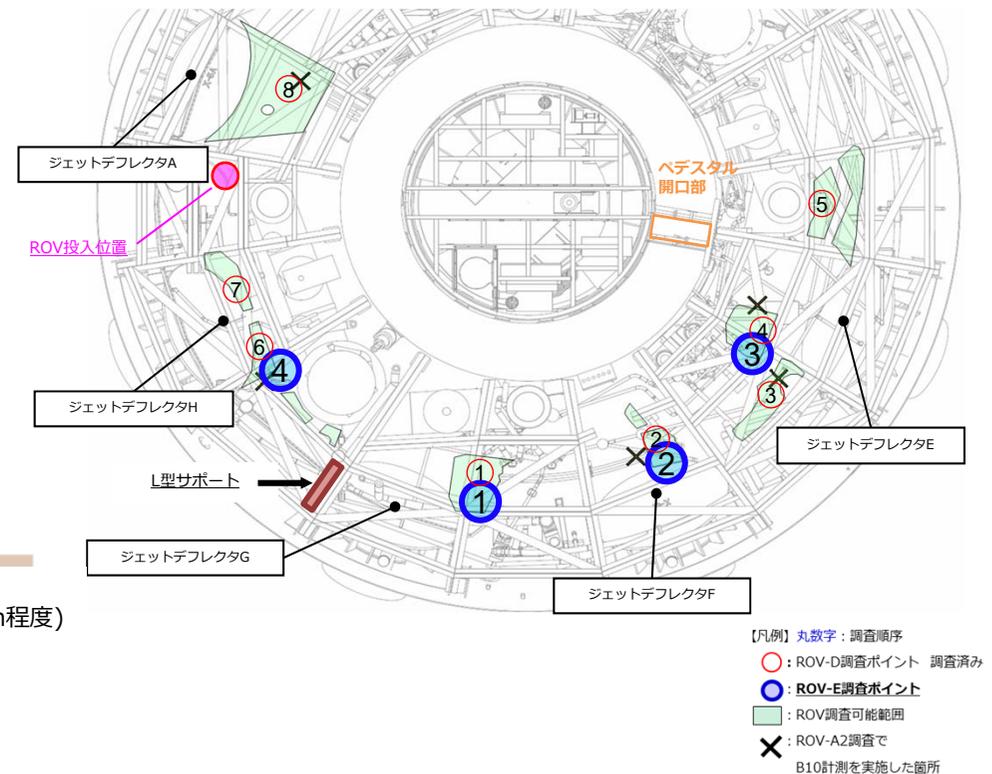
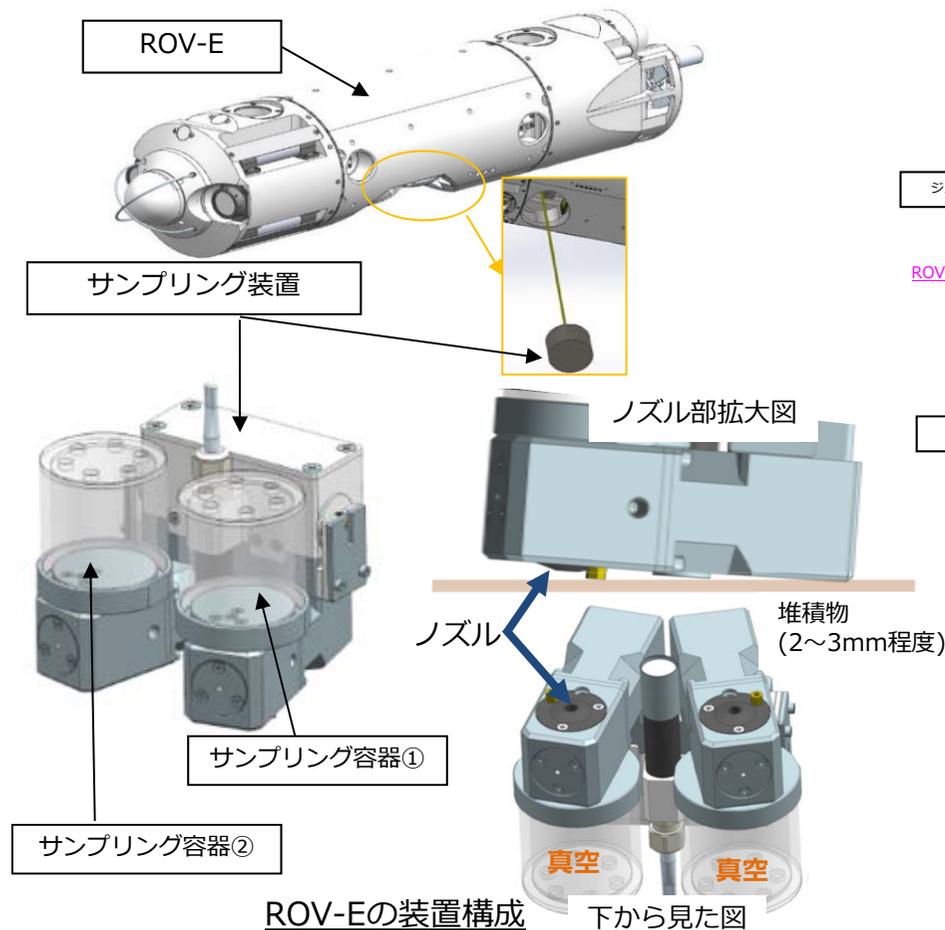


【γ線測定】



5. ROV-E（堆積物サンプリング）調査計画

- ROV-Eによる堆積物サンプリングは、ペDESTAL外周部4箇所を計画
- サンプリング装置は2個のサンプリング容器を搭載し、1台の装置で2箇所サンプリングが可能
- 2箇所サンプリング後、ROV本体または、サンプリング装置を交換後に、残りの2箇所をサンプリングする
- 吸引式によるサンプリングを計画しており、サンプリング装置を堆積物表層に吊り降ろし、真空状態にしたサンプリング容器内にノズルを介して堆積物を吸引する



ROV-Eの調査ポイントと調査順序

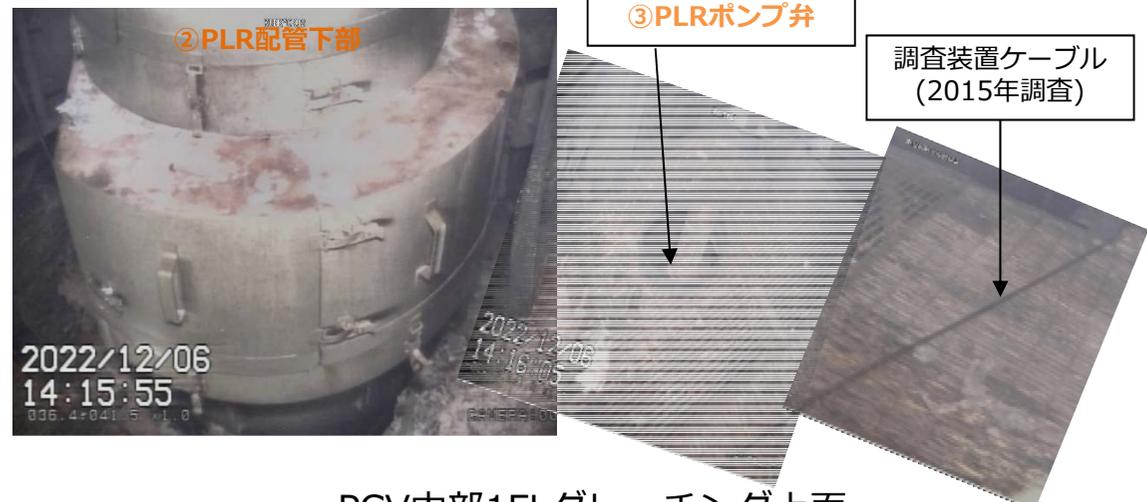
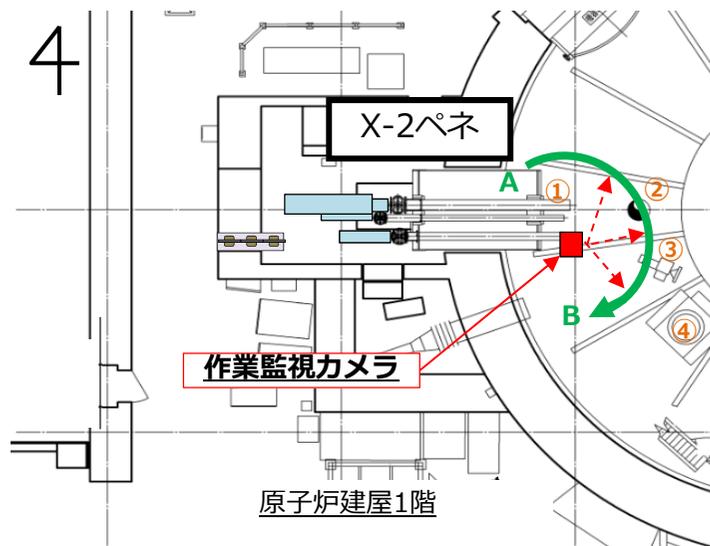
6. PCV内部1FL (気中) 状況

- 12月6日に実施したROV-Dインストール時、作業監視カメラによりPCV内部1FLの状況を撮影し、以前より鮮明な画像を取得できた



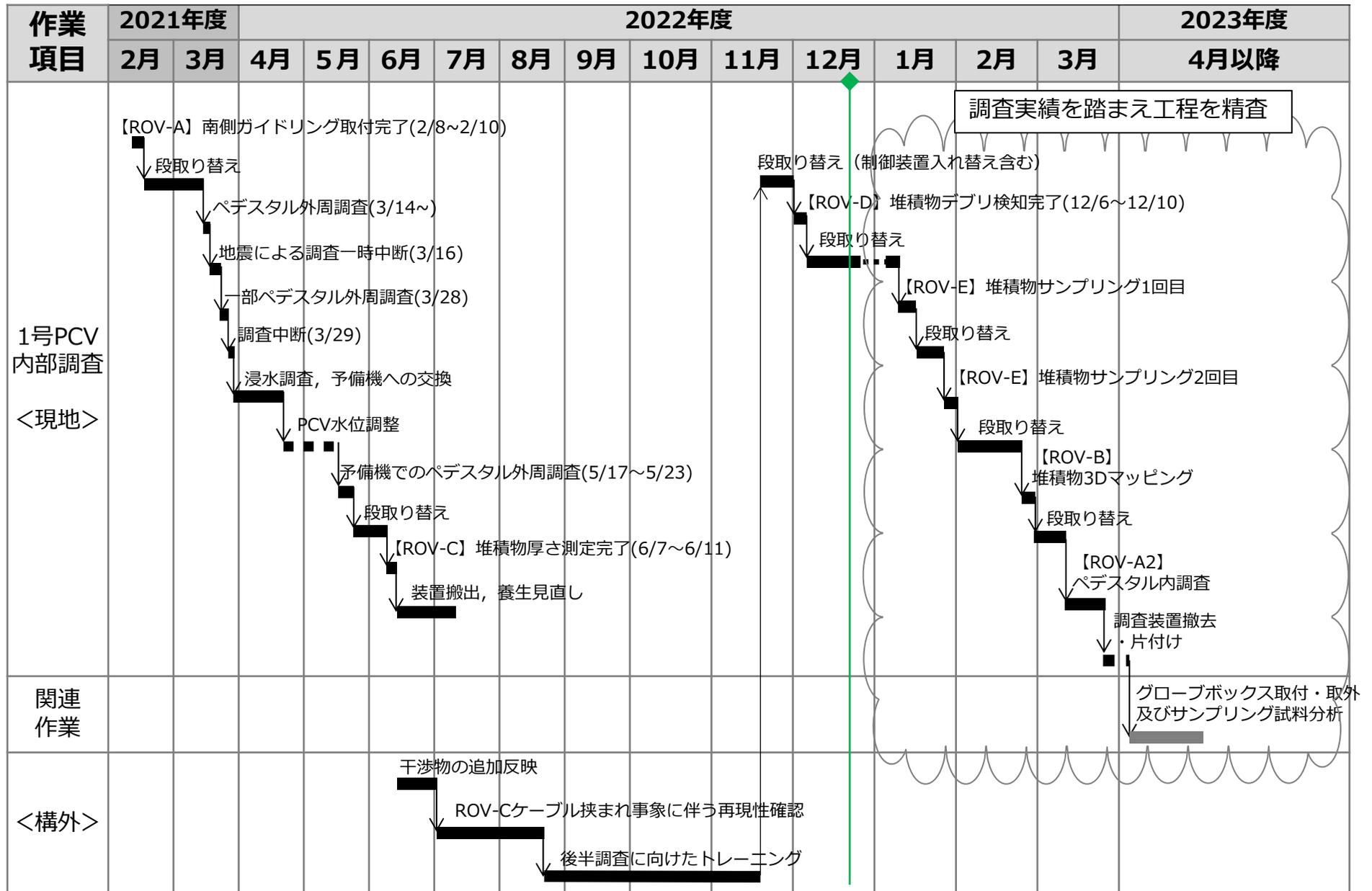
A → B

PCV内部1FL



PCV内部1FLグレーチング上面

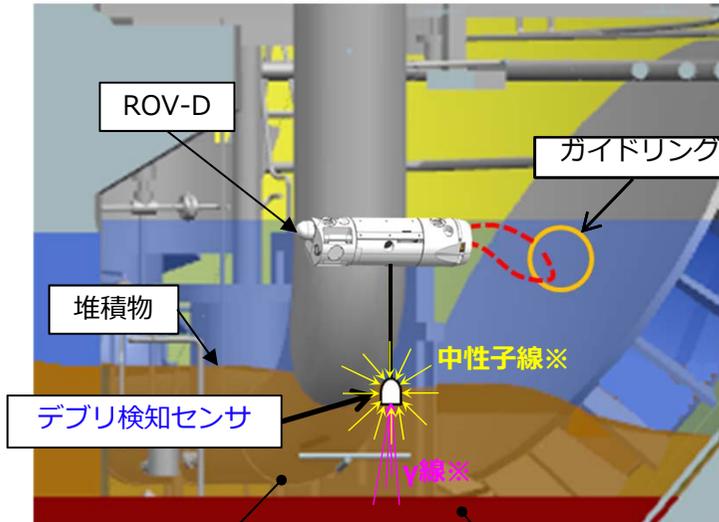
7. 1号機PCV内部調査全体工程



(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。

(参考) 各ROVの調査イメージ

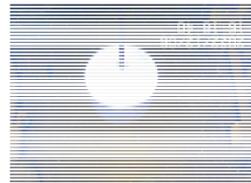
ROV-D (堆積物デブリ検知)



一定程度の厚さがある粉状・泥状等の堆積物イメージ
密度の高い堆積物 (板状・塊状の堆積物) イメージ

※ γ線および中性子線の示す範囲はあくまでもイメージです

デブリ検知センサを堆積物上に吊り降ろし計測を実施

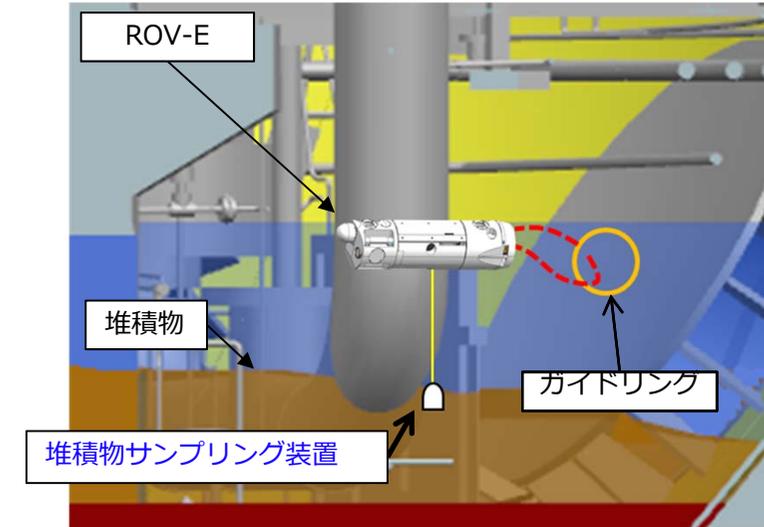


センサ吊り降ろし中

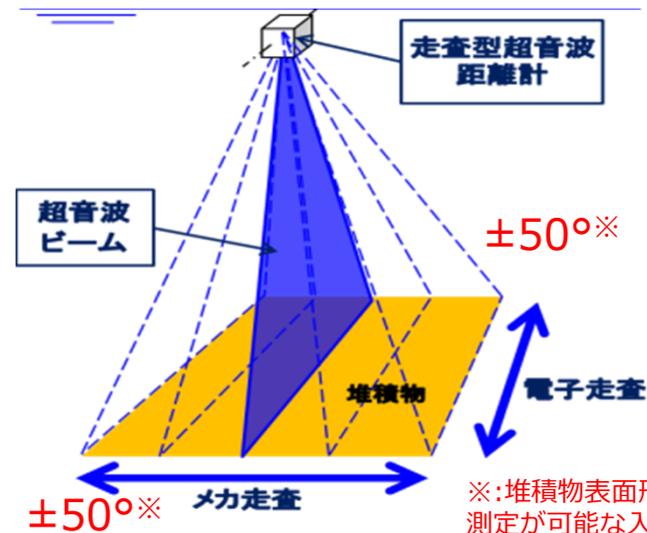
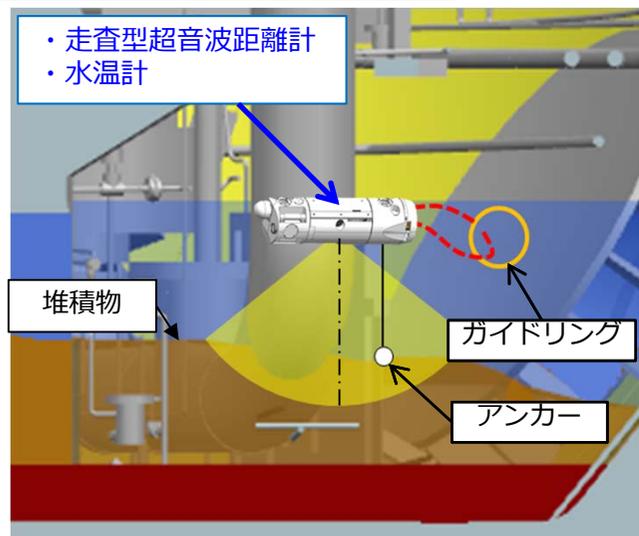


センサ吊り降ろし後

ROV-E (堆積物サンプリング)



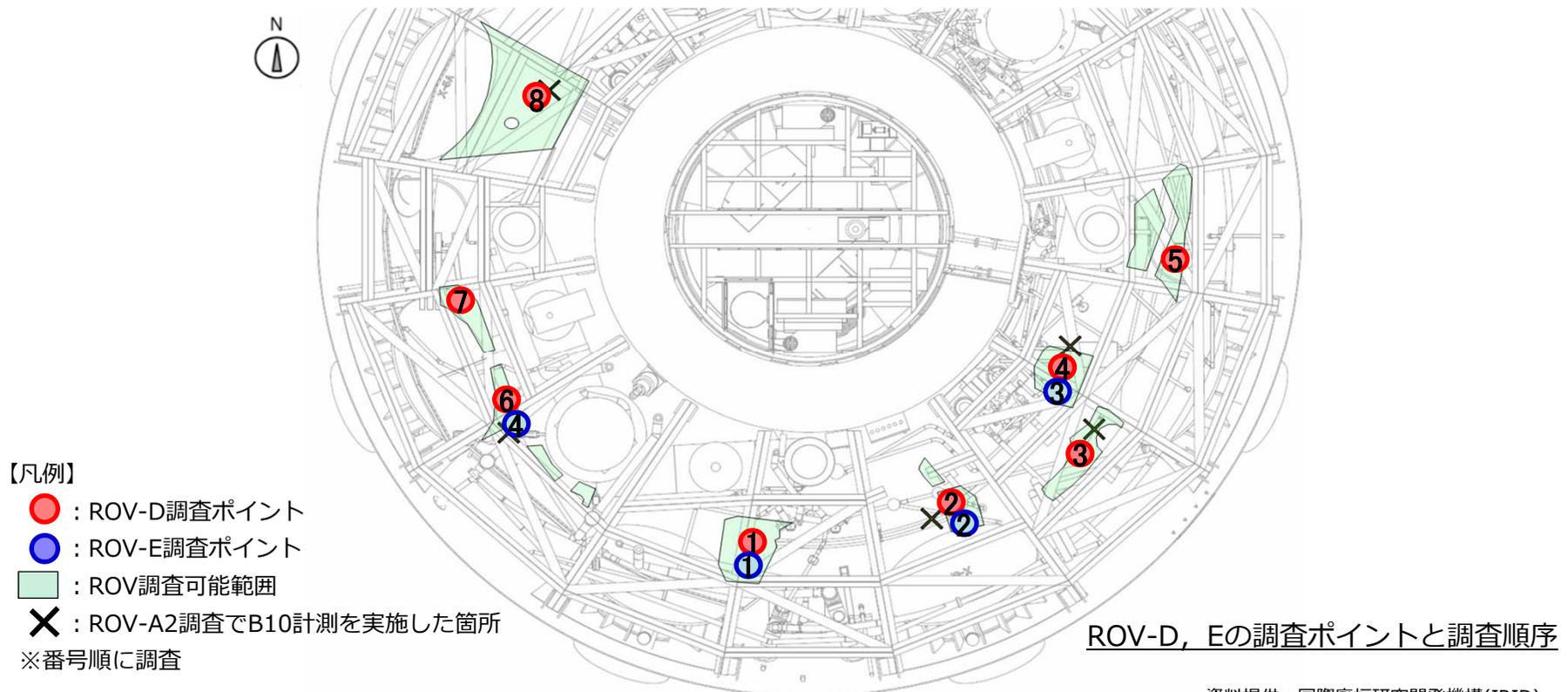
ROV-B (堆積物3Dマッピング)



※: 堆積物表面形状と落下物高さ測定が可能な入射角

(参考) PCV内部調査の状況 (ROV-D,Eの調査計画)

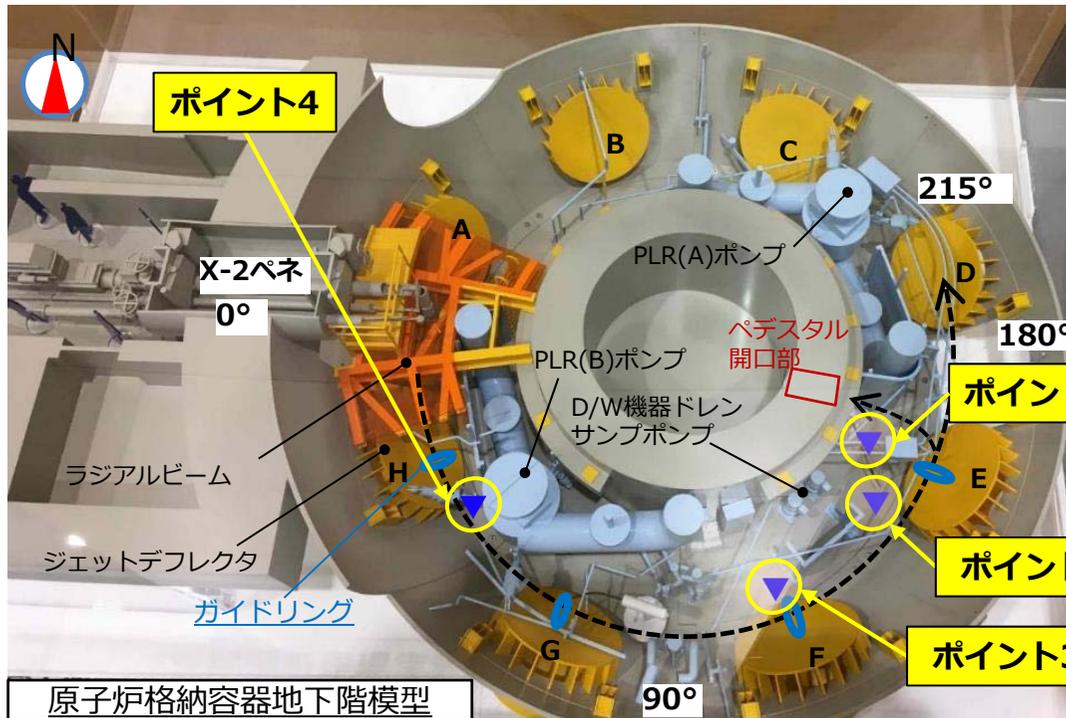
- ROV-Dによるデブリ検知は12月上旬から開始する計画であり、現在は装置の動作確認、遠隔操作室の機材設置作業を実施中
- 後半調査にあたり、調査に必要な水位確保を目的とし、適切な時期に原子炉注水流量の変更操作を計画(2022年3月16日の地震影響によるPCV水位低下を踏まえた対応)
- ROV-Dによるデブリ検知は8箇所、調査結果の評価期間は2～4週間程度を計画
- ROV-Eによる堆積物サンプリングは、2023年1月中旬から調査開始を目指し、ペDESTAL外周部の堆積物表層の4箇所をサンプリングを計画し、ROV-Dの評価結果を踏まえずに実施する
- サンプルは構外分析機関への輸送を計画しており、調査結果の評価は約1年程度を計画



(参考) 調査実績

中性子束測定結果 (5月20日,21日調査分)

- 今回測定したポイント全てにおいて熱中性子束を確認
- ペDESTAL開口部付近で熱中性子束が多く確認されていることから、燃料デブリ由来と推定
- 引き続き、後続号機であるROV-C (堆積物厚さ測定) において堆積物の高さや厚さを確認した上で、ROV-D (燃料デブリ検知) において、堆積物への燃料デブリ含有状況を調査する予定

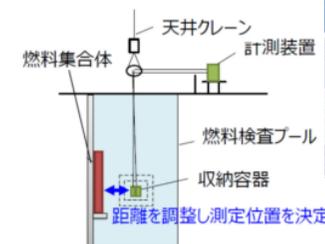


- 熱中性子束は単位時間に単位体積内を熱中性子が走行する距離の総和
- 測定は1箇所あたり60分間
- 測定結果は60分間のカウント数から評価した熱中性子束にて示す

<参考> ROV-A2に搭載のB10検出器による燃料集合体測定結果@NFD

■測定方法

- ・燃料軸方向の中心部に設置
- ・燃料最寄位置を含め3つの位置で測定 (線量率: 14.4, 6.5, 1.5 Gy/h)
- ・測定時間: 3分



線量率	線源-検出器距離	熱中性子束評価値※
14.4 Gy/h	約16 cm	8.8×10^1 /cm ² /s
6.5 Gy/h	約33 cm	1.1×10^1 /cm ² /s
1.5 Gy/h	約78 cm	0 /cm ² /s

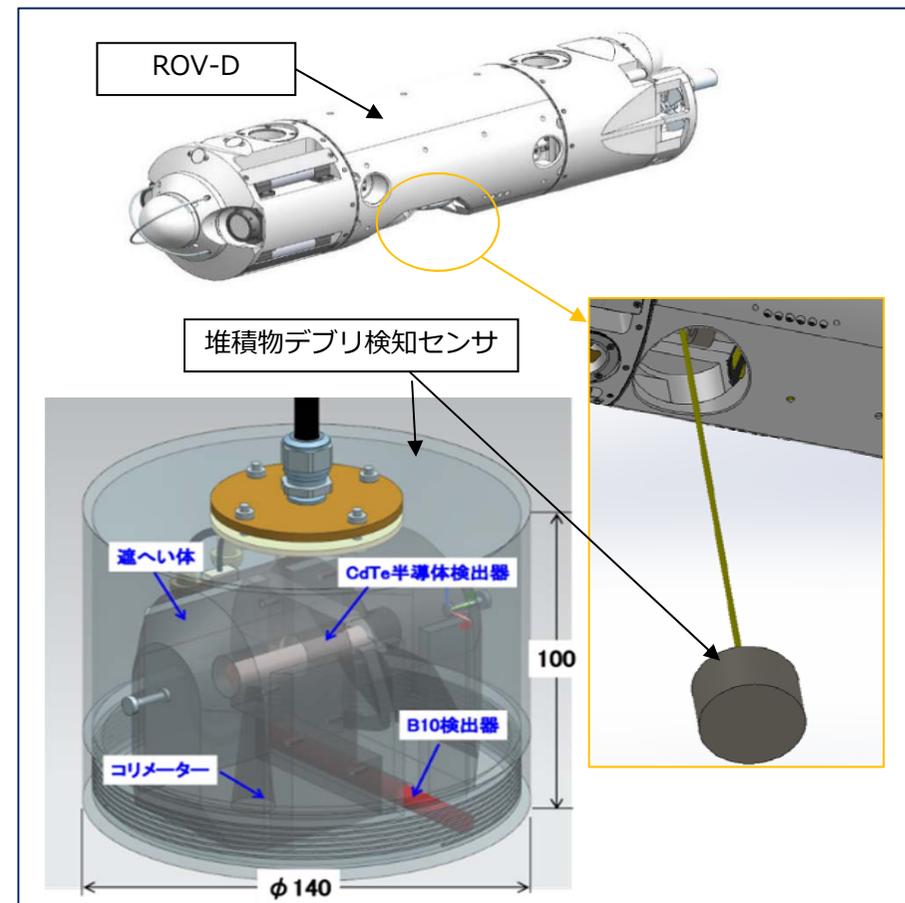
測定位置	ポイント1	ポイント2	ポイント3	ポイント4
熱中性子束 [/cm ² / s]	48.0	29.1	50.2	5.8

(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) におけるγ線の核種分析について

- ROV-Dにおける堆積物デブリ検知について、前半調査 (ROV-A2) で確認された、燃料デブリ由来からと想定される中性子束について、γ線の核種分析情報を早期に取得することで計画
- 燃料デブリの主要なγ線源としては、4種類 (Eu-154, Cs-137, Co-60, Sb-125)
(「JAEA-Review_2020-004 東京電力ホールディングス (株) 福島第一原子力発電所燃料デブリ等分析について」より)
- 堆積物デブリ検知の判断材料として、Eu-154の検知に加え、中性子束の測定結果を用いることで計画

- **Eu-154** ; FP起源であり、あまり拡散せず燃料帯同性が高い
さらに放出γ線が比較的計測容易であるため、燃料由来の物質の計測に有用である
- **Cs-137** ; 事故時燃料から揮発し放出されたため、燃料由来の物質の判定が困難
- **Co-60** ; FP起源ではなく放射化起源のため、燃料周辺の構造物等に起因するものであり、燃料由来の物質の判定が困難
- **Sb-125** ; Cs-137同様に揮発性が高く、燃料由来の物質の判定が困難

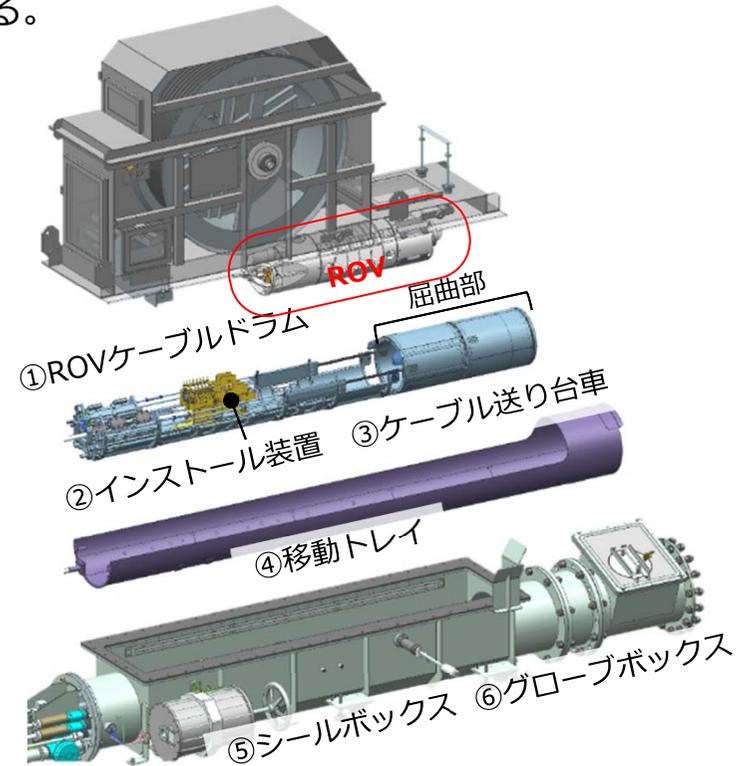
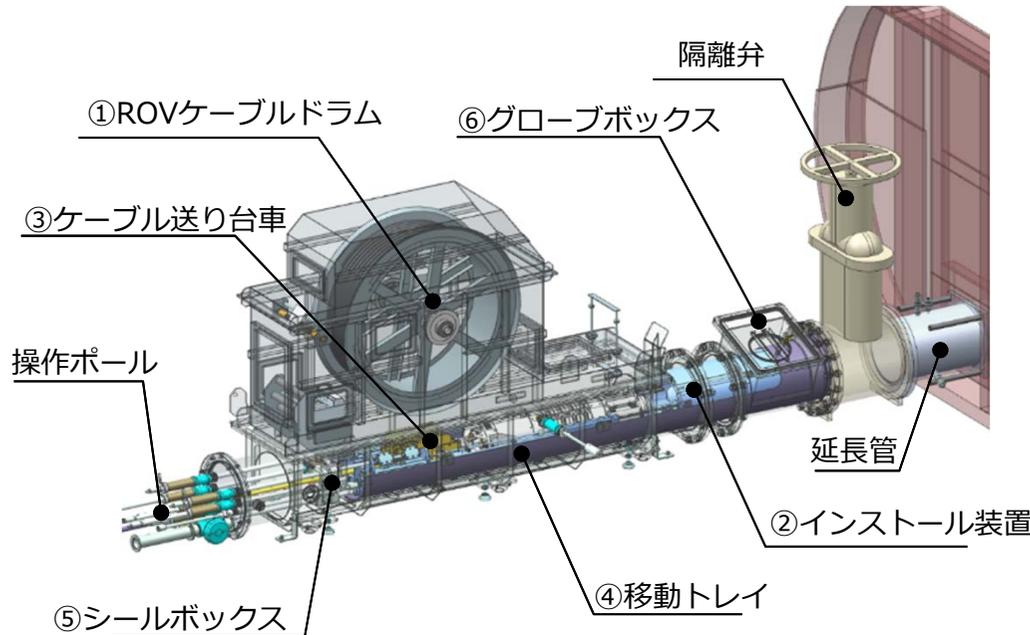
各γ核種における燃料由来の物質検知性



ROV-Dの装置構成

(参考) 調査装置詳細 シールボックス他装置

ROVをPCV内部にインストール/アンインストールする。
ROVケーブルドラムと組み合わせてPCVバウンダリを構築する。

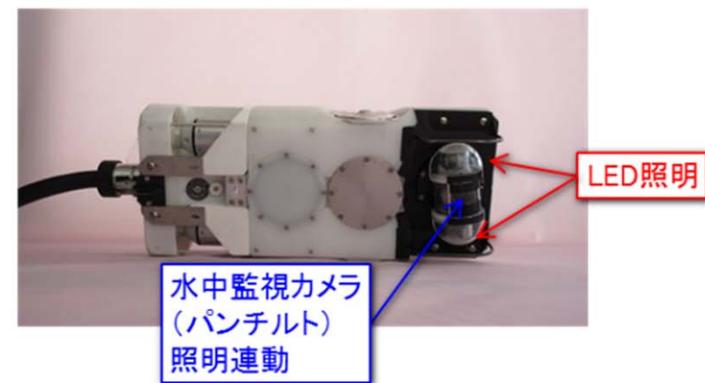
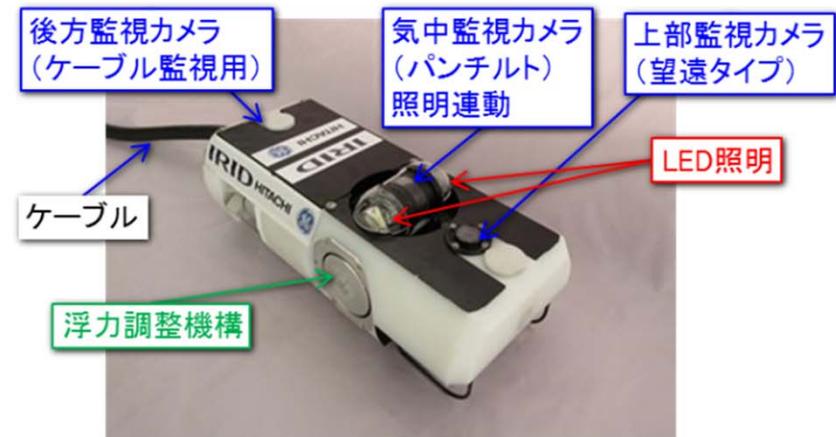
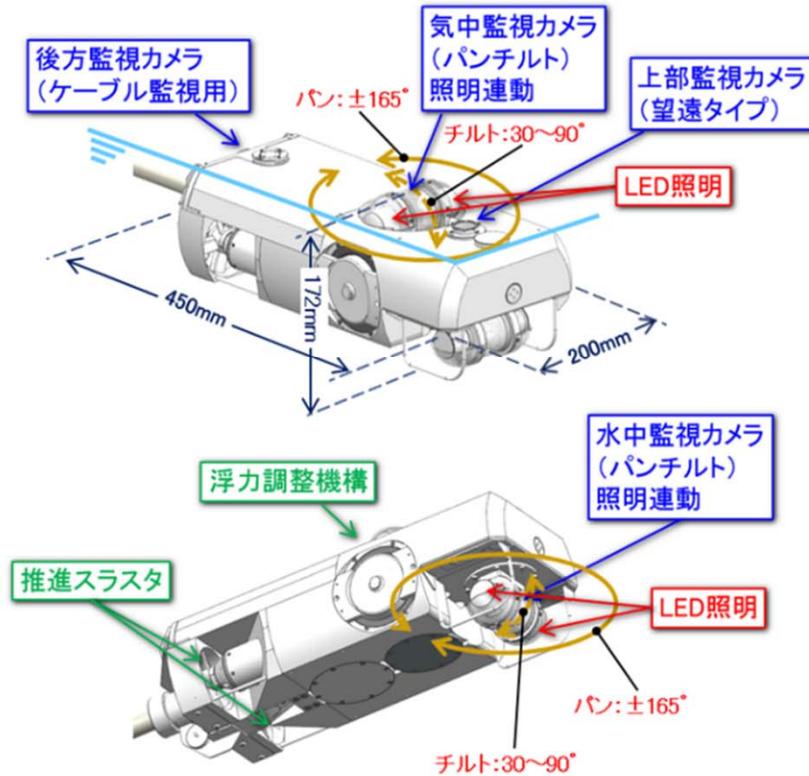


構成機器名称	役割
① ROVケーブルドラム	ROVと一体型でROVケーブルの送り/巻き動作を行う
② インストール装置	ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる
③ ケーブル送り台車	ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う
④ 移動トレイ	ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置
⑤ シールボックス	ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する
⑥ グローブボックス	ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断

(参考) 調査装置詳細 ROV-A2_詳細目視調査用

調査装置	計測器	実施内容
ROV-A2 詳細目視	ROV保護用（光ファイバー型γ線量計※，改良型小型B10検出器） ※：ペDESTAL外調査用と同じ	地下階の広範囲とペDESTAL内（※）のCRDハウジングの脱落状況などカメラによる目視調査を行う（※アタリできた場合）
	員数：2台 航続可能時間：約80時間/台	調査のために細かく動くため，柔らかいポリ塩化ビニル製のケーブル(φ23mm)を採用

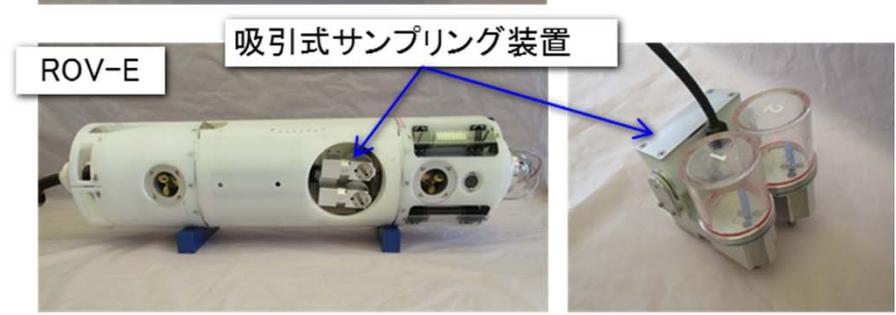
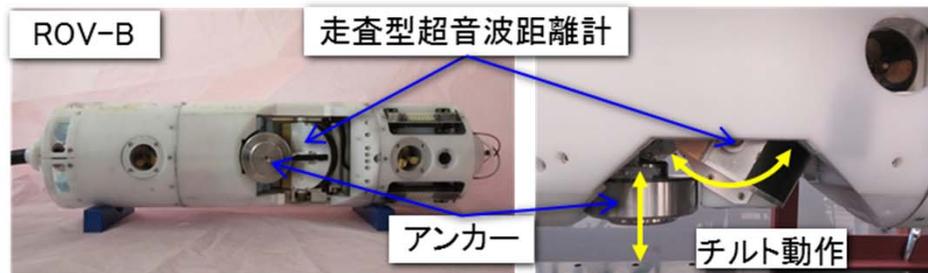
推力：約50N 寸法：直径φ20cm×長さ約45cm



(参考) 調査装置詳細 ROV-B~E_各調査用

調査装置	計測器	実施内容
ROV-B 堆積物3Dマッピング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走査型超音波距離計 ・ 水温計 	走査型超音波距離計を用いて堆積物の高さ分布を確認する
ROV-C 堆積物厚さ測定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高出力超音波センサ ・ 水温計 	高出力超音波センサを用いて堆積物の厚さとその下の物体の状況を計測し、デブリの高さ、分布状況を推定する
ROV-D 堆積物デブリ検知	<ul style="list-style-type: none"> ・ CdTe半導体検出器 ・ 改良型小型B10検出器 	デブリ検知センサを堆積物表面に投下し、核種分析と中性子束測定により、デブリ含有状況を確認する
ROV-E 堆積物サンプリング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 吸引式カプリング装置 	堆積物サンプリング装置を堆積物表面に投下し、堆積物表面のサンプリングを行う

員数：各2台ずつ 航続可能時間：約80時間/台 調査のために細かく動くため、柔らかいポリ塩化ビニル製のケーブル (ROV-B：φ33mm, ROV-C：φ30mm, ROV-D：φ30mm, ROV-E：φ30mm)を採用



(参考) 格納容器地下階の事故前の状況について

ペDESTAL内部 (後半で実施)

RCW

ROV挿入位置

X-2ペネ 0°

PLR(A)ポンプ

PLR(B)ポンプ

DW機器ドレンサンプポンプ

ペDESTAL開口部

215°

180°

前半調査の調査範囲

ラジアルビーム

ジェットデフレクター

ガイドリング

原子炉格納容器地下階模型

90°

ジェットデフレクター (A)

PLR(B)

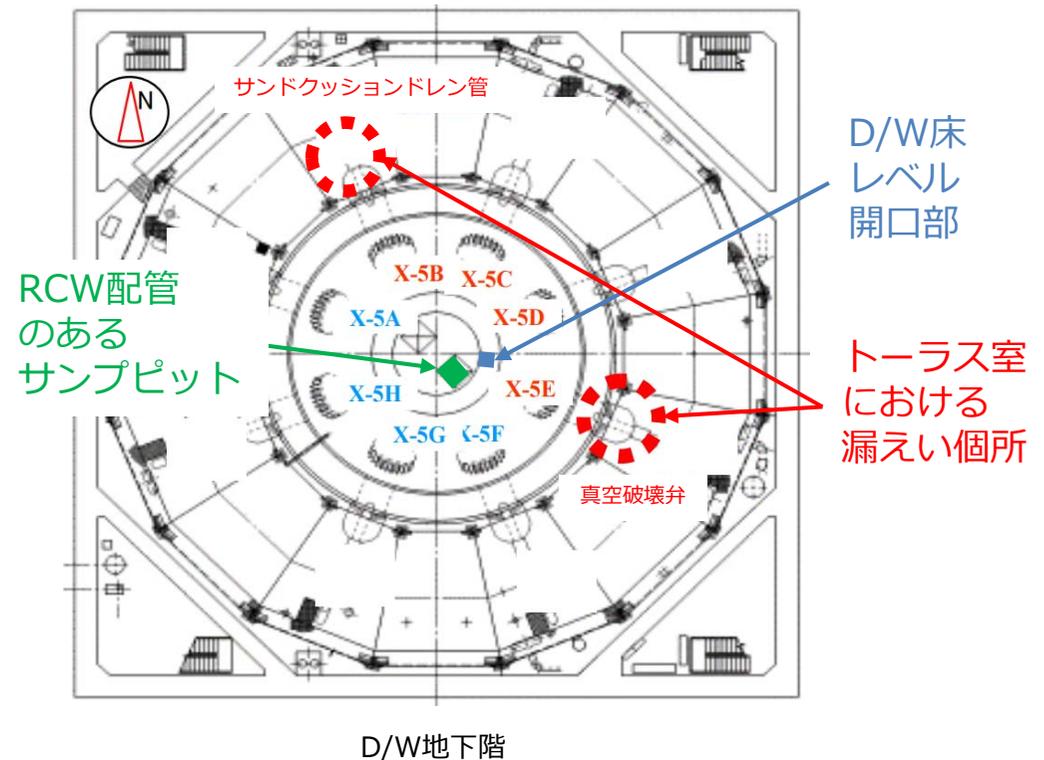
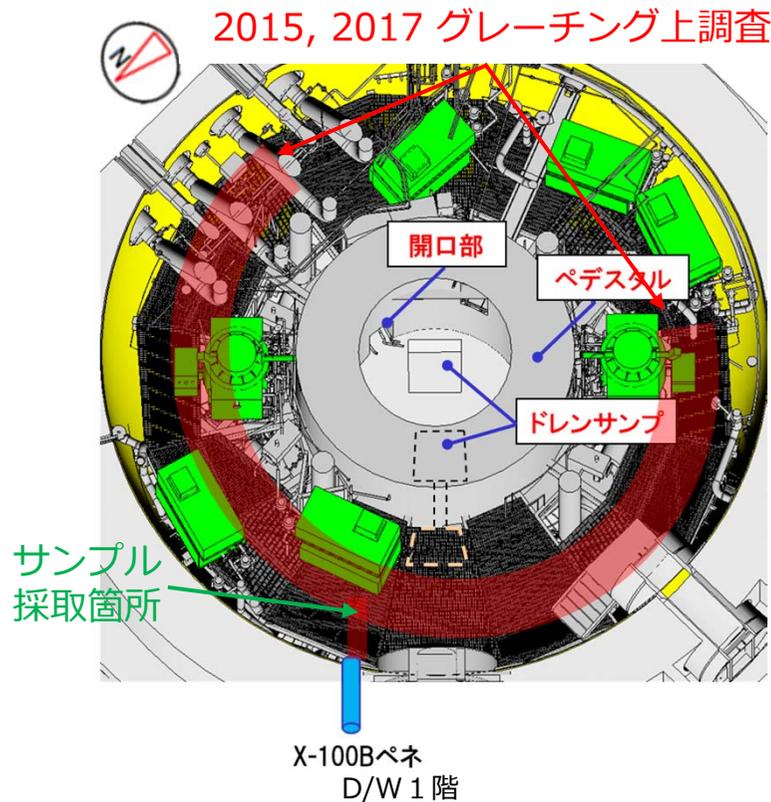
機器サンプポンプ

RCW

PLR(A)

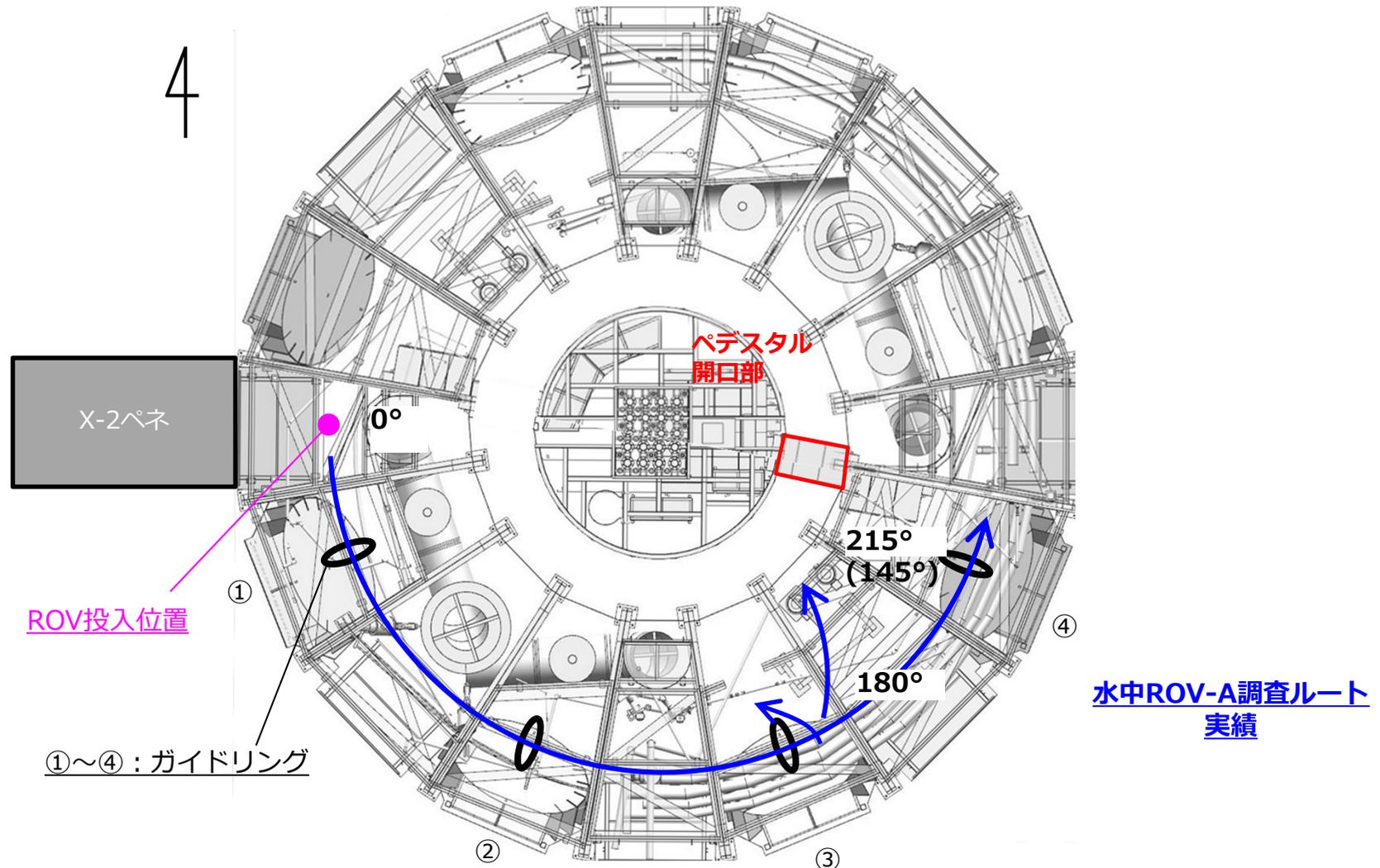
(参考) 2022以前に実施された1号機の内部調査結果

- 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)



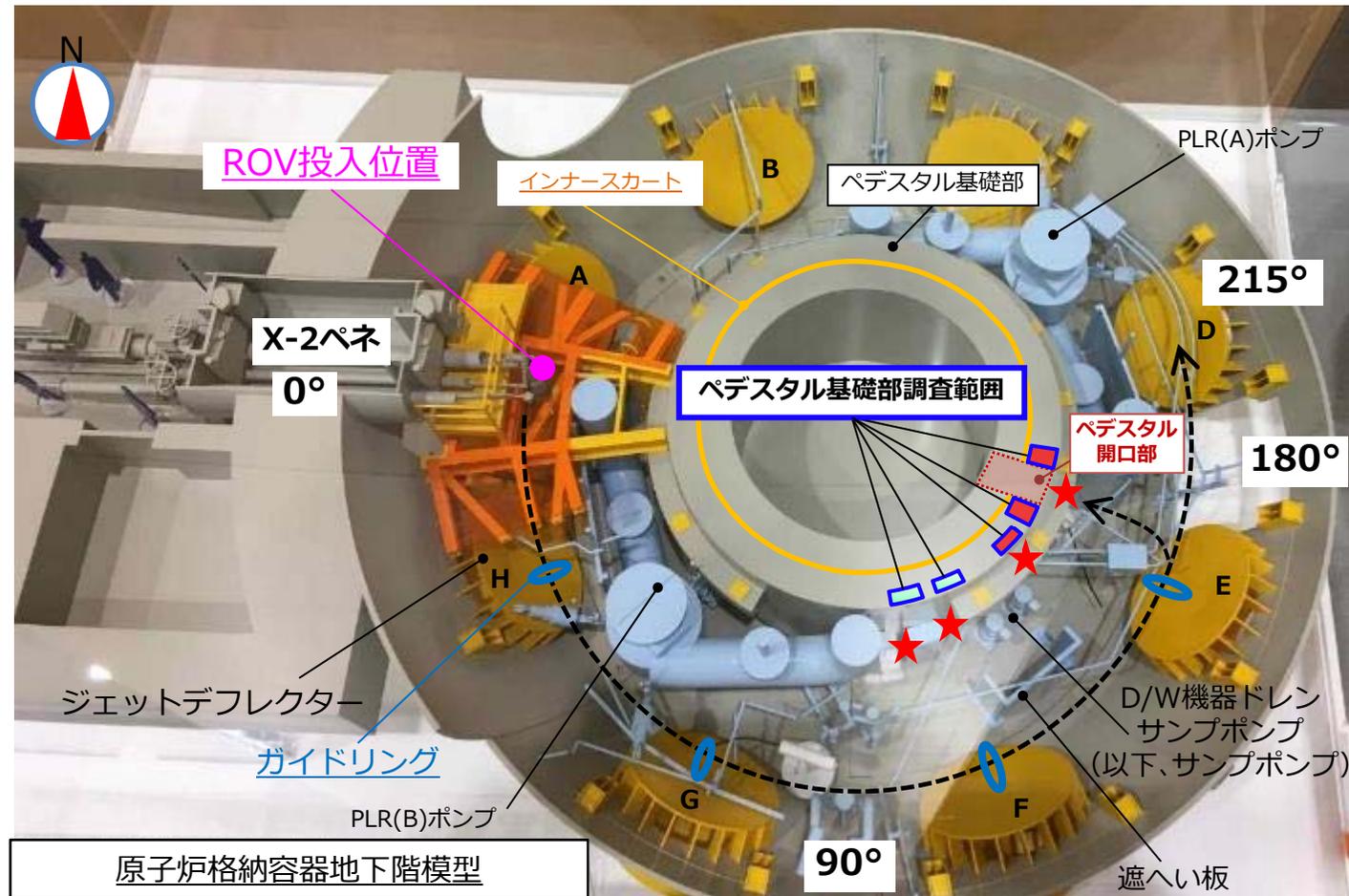
(参考) PCV内部調査の状況

- 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



(参考) 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<主要調査箇所>
 - 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。

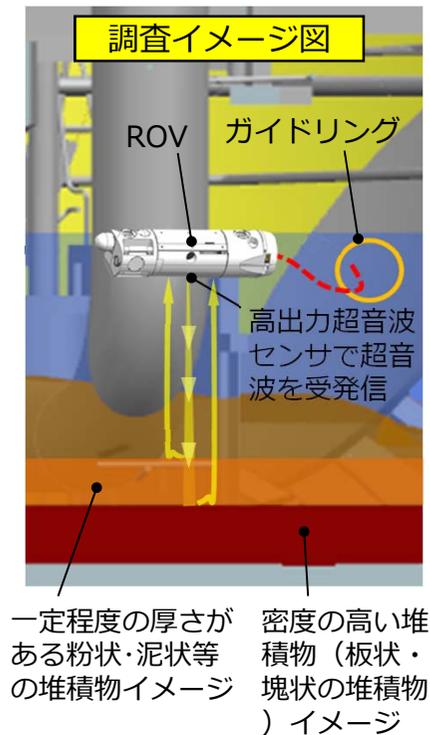
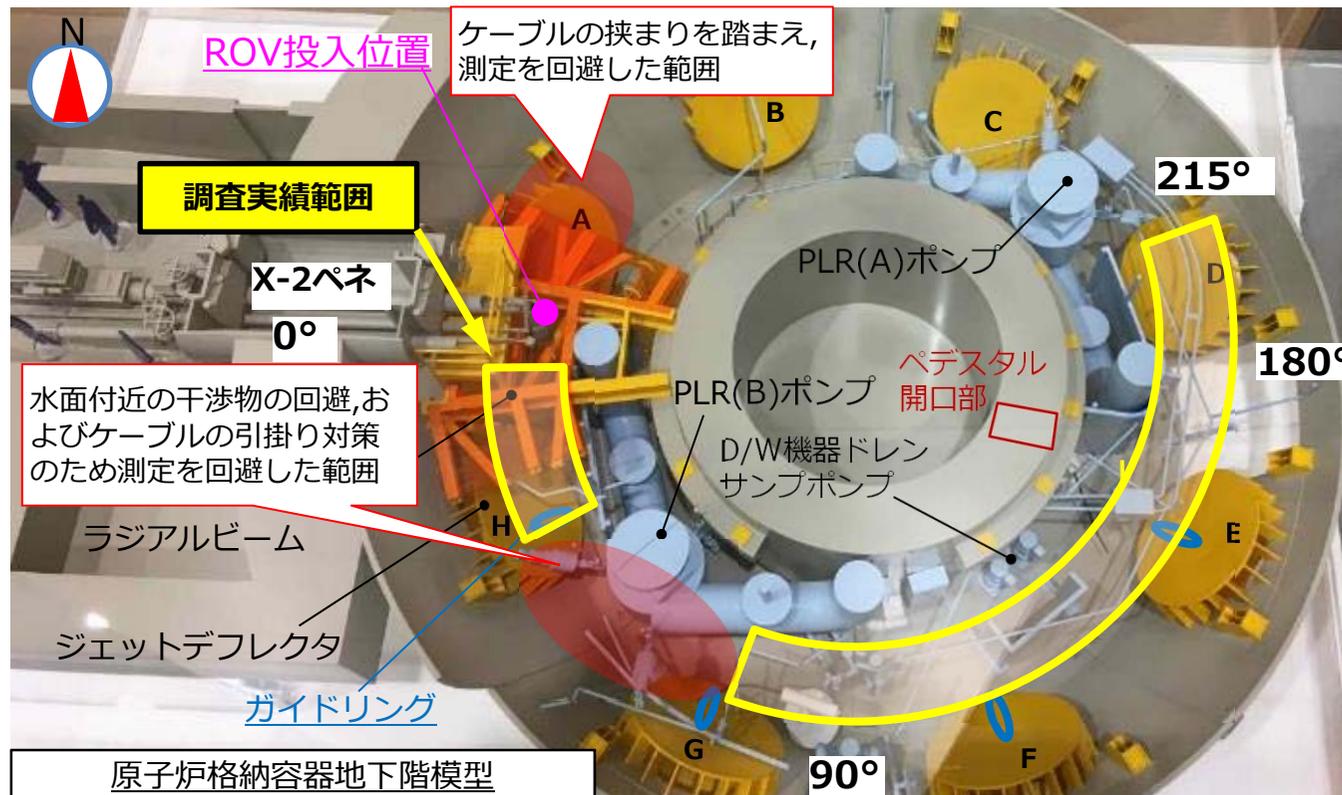


資料提供：国際廃炉研究開発機構(IRID)

★：ROV-A2目視調査位置

(参考) 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

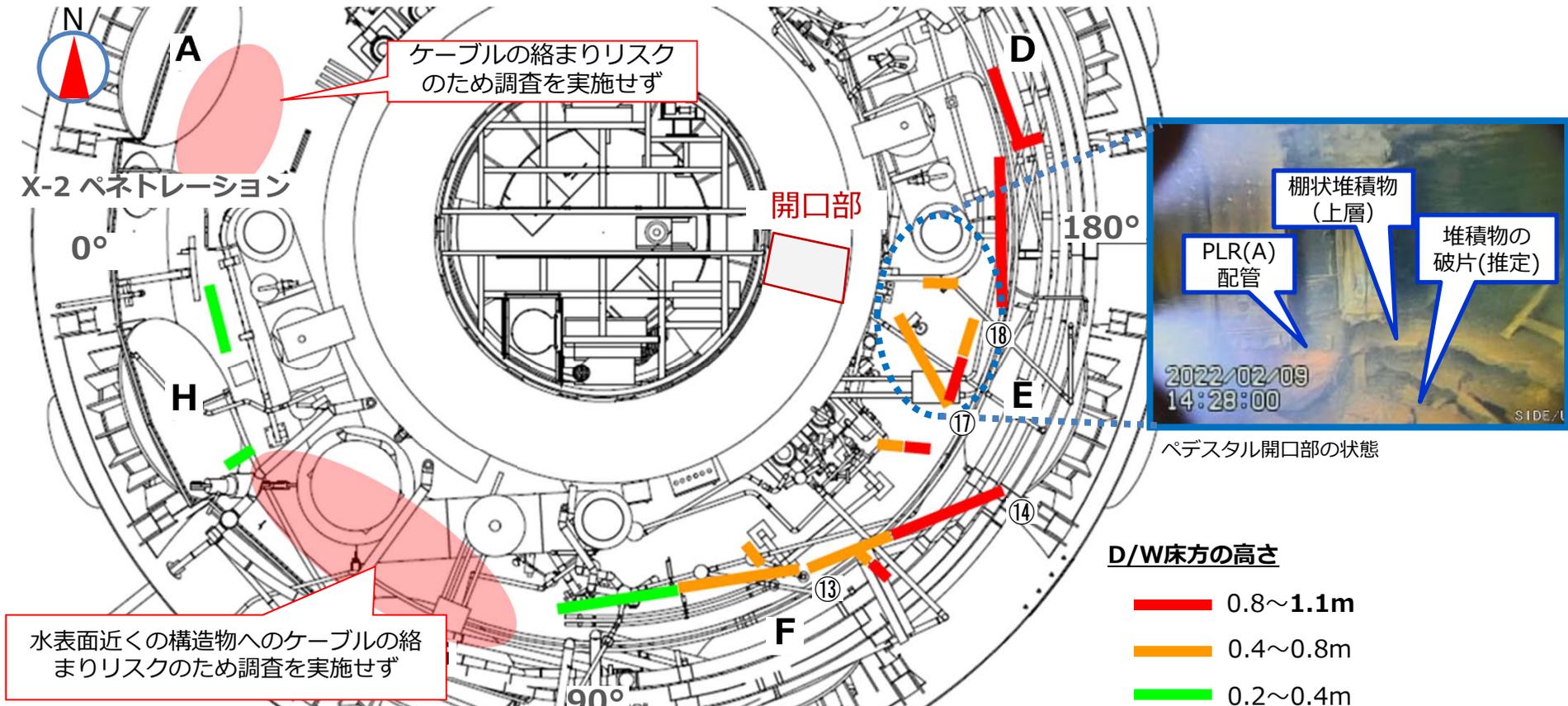


(参考) 堆積物高さの分布

- 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、サンプピットへの侵入無し、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.tepcoco.jp/decommission/information/committee/roadmap_progress/pdf/2022/d220728_08-j.pdf#page=4

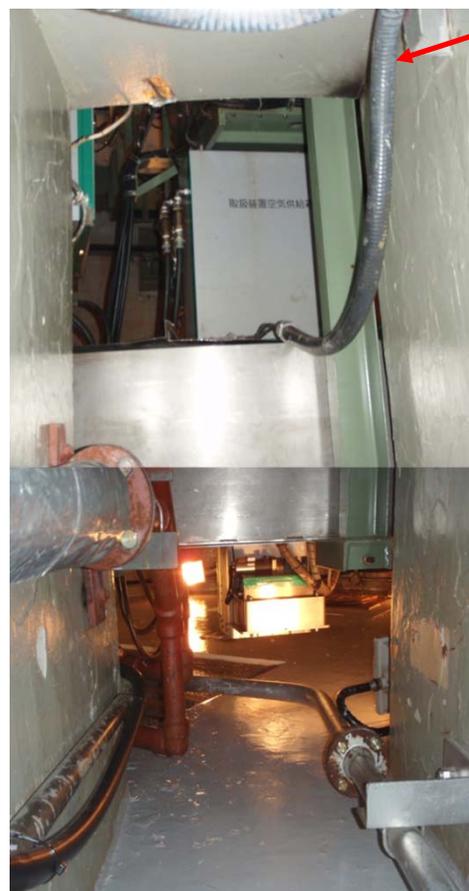
(参考) ペDESTAL開口部 (D/W床レベル)

- 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DESTAL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

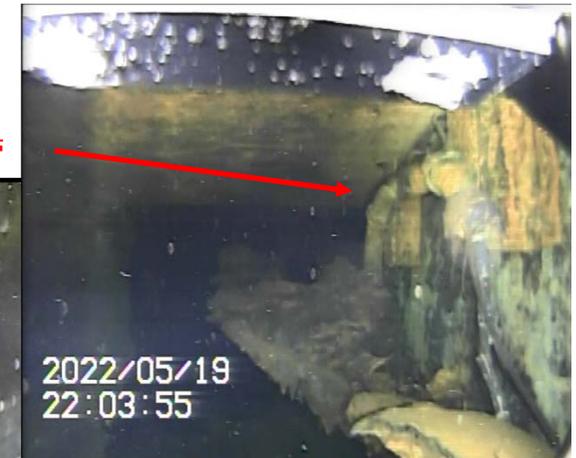


電線管



2011年以前のペDESTALの状態

電線管



2022/05/19 21:59:59



つらら状

(参考) 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

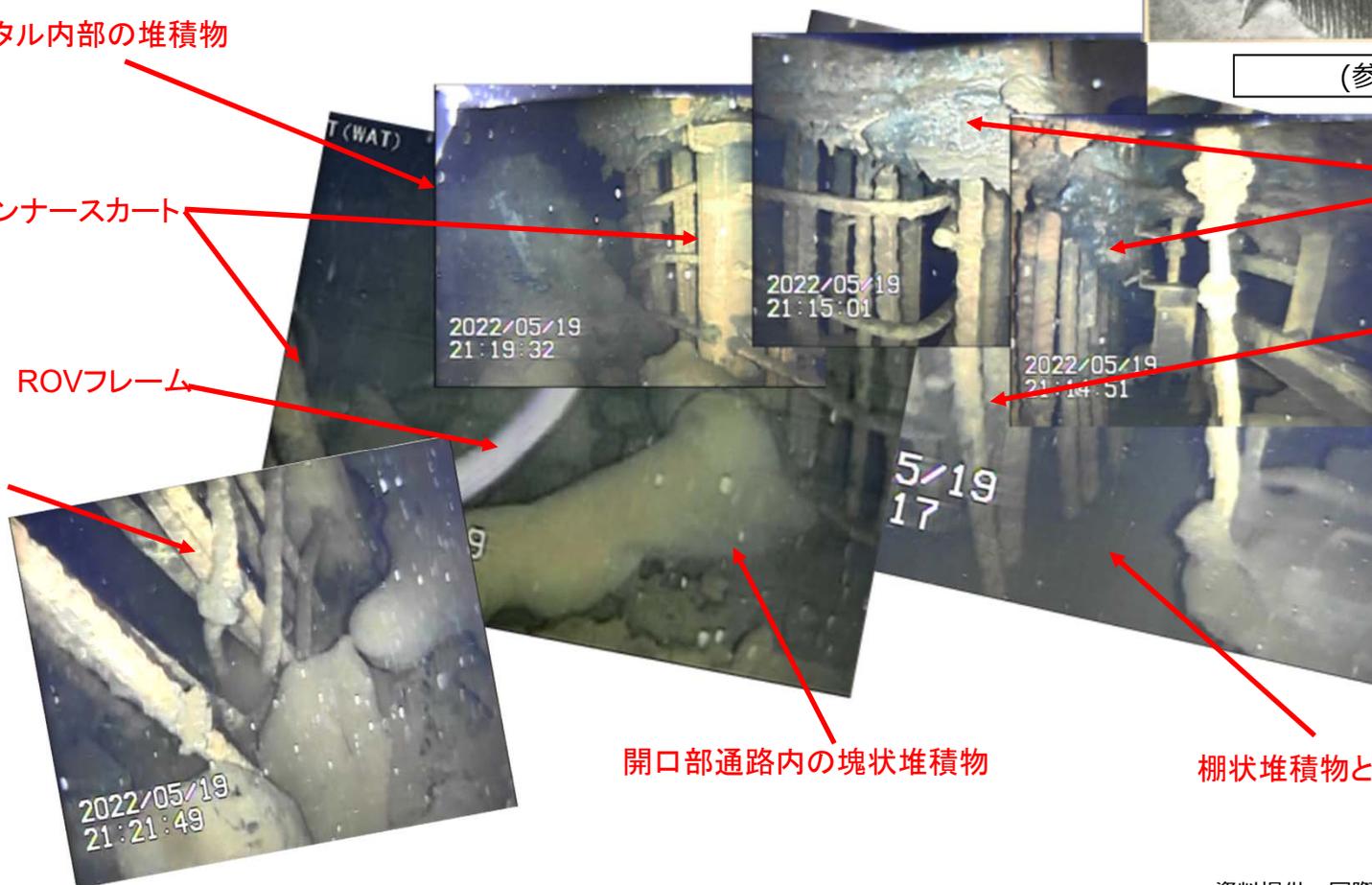
鉄筋

コンクリート壁の残存部か？

鉄筋

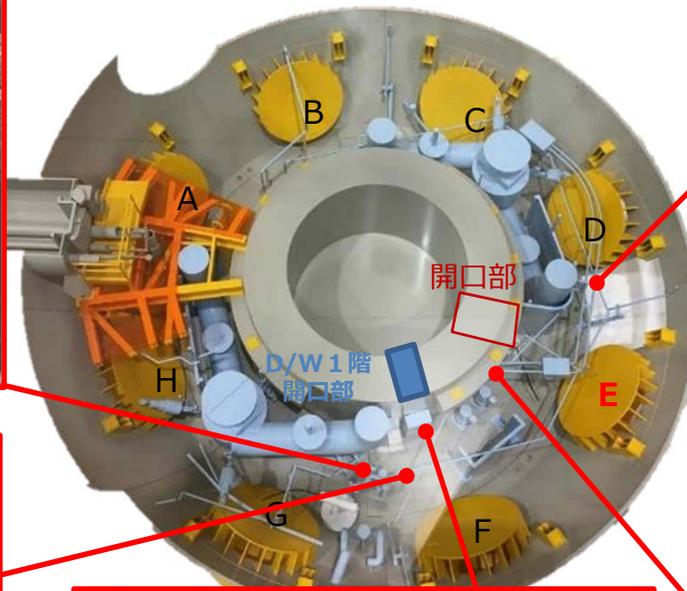
開口部通路内の塊状堆積物

棚状堆積物と異なる下層の堆積物



(参考) 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

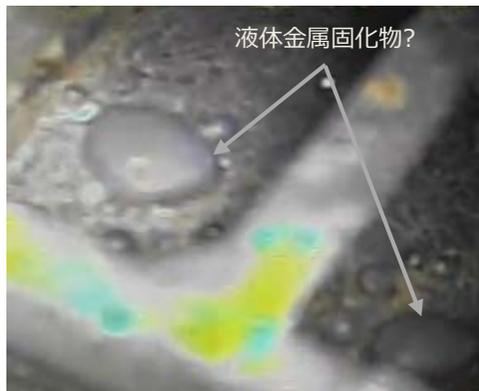


→ :D/W床ペDESTAL開口部の方向
写真の推定位置は不確かさを含む
E:真空破壊弁からの水漏えいが確認された
ベント管のジェットデフレクター

(参考) 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

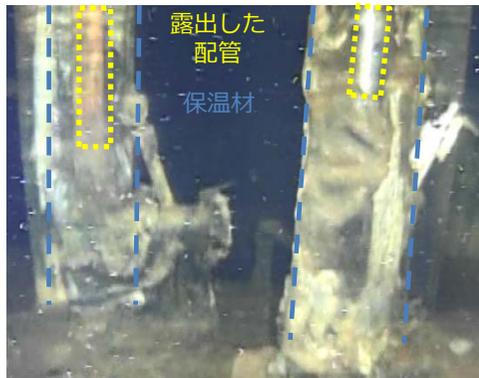
- 溶融、剥離が確認されている鉛遮へい材、および、グレーチング等の亜鉛防錆塗料 (比較的少量か)
- 配管の保温材、塗料
- CRD交換用の上部ペDESTAL開口部からの物質の落下可能性



2015年実施のグレーチング上の調査結果より抜粋



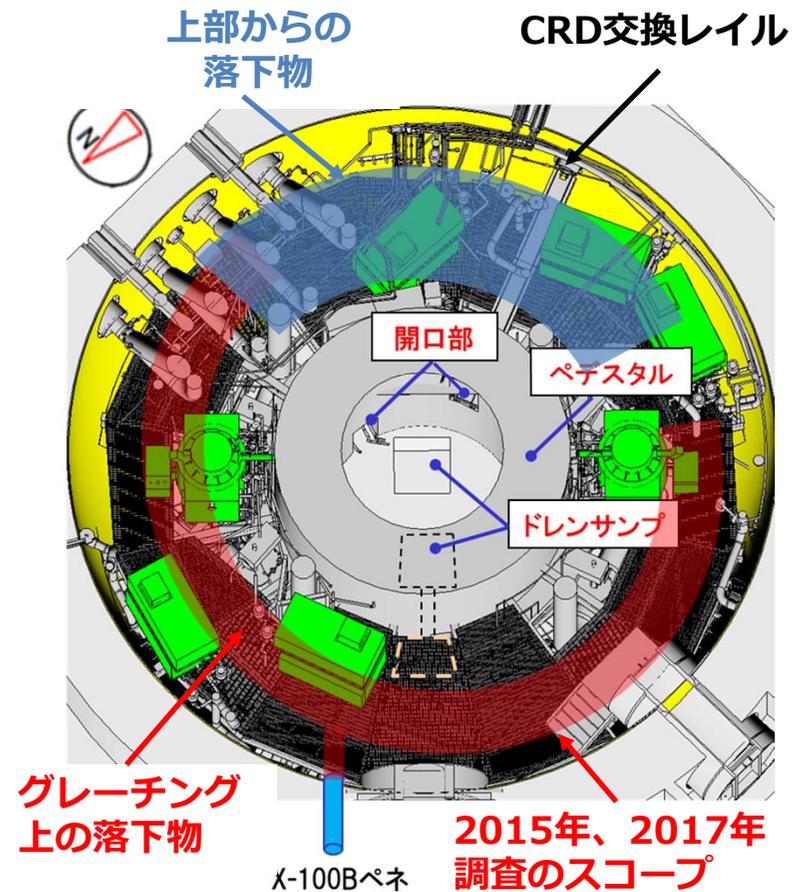
福島第二4号機で確認された
グレーチングからの亜鉛塗料の剥離
(推定される環境温度 ~150°C)



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)



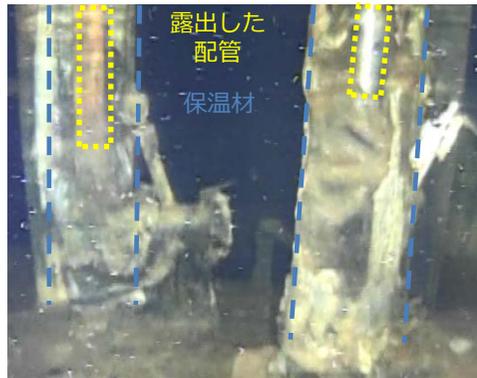
水面より上のRCW配管の状況



D/W グレーチングレベル

(参考) 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



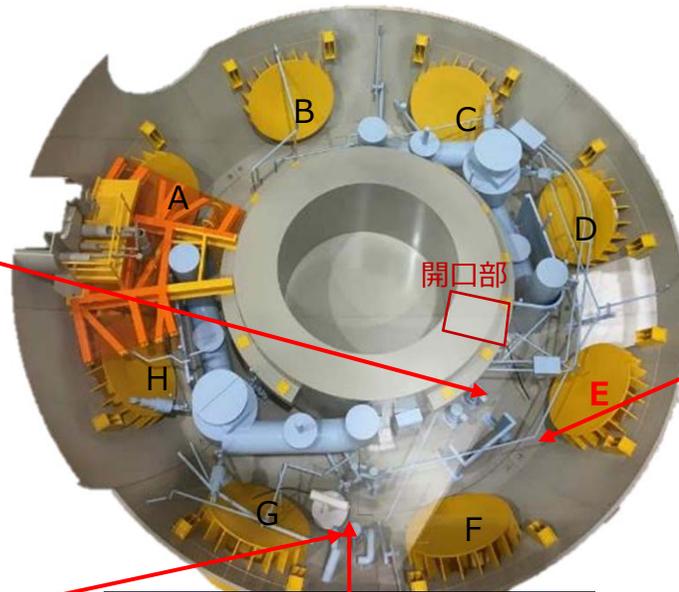
ドレンサンプット付近で確認されたRCW配管の保温材の状況 (水中)



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

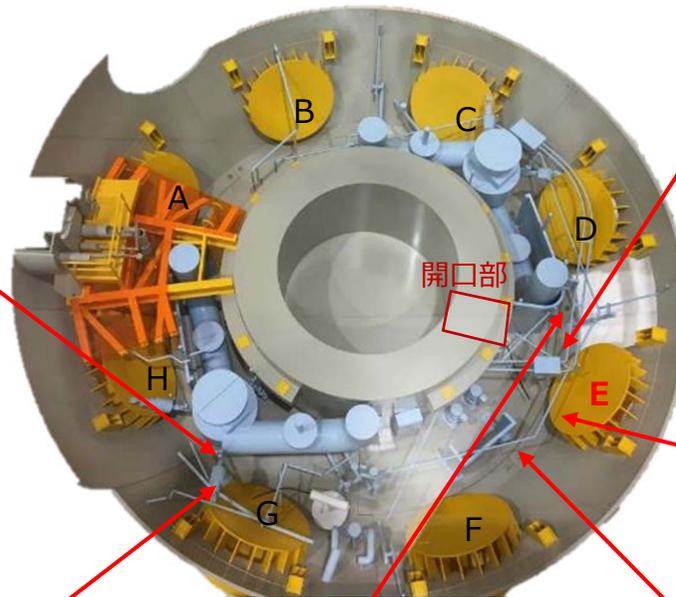


気中のRCW配管



(参考) 水面より上の配管の状況について

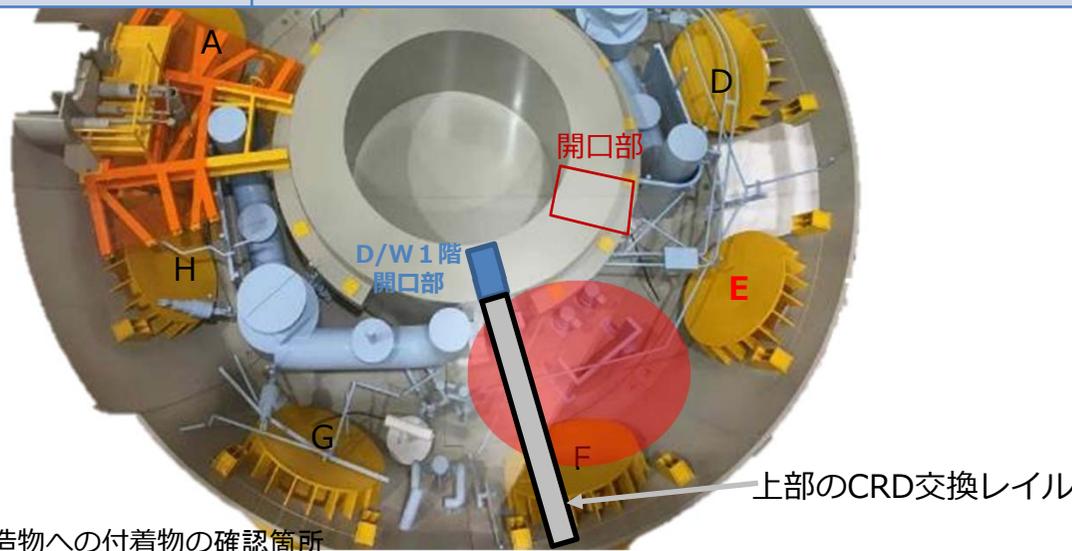
- 光沢のある金属的な堆積物はペDESTAL開口部およびCRD交換用の上部開口部の周辺でも確認されている（主にRCWの格納容器内ヘッダ配管）
- 配管の保温材カバーの剥がれや変形も確認されている



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

(参考) 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	保温材や遮へい材の高温による劣化 CRD交換レイルの下で確認された堆積物は ①ペDESTAL内部から落下した可能性 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 が考えられる



- : 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

(参考) 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



(参考) 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



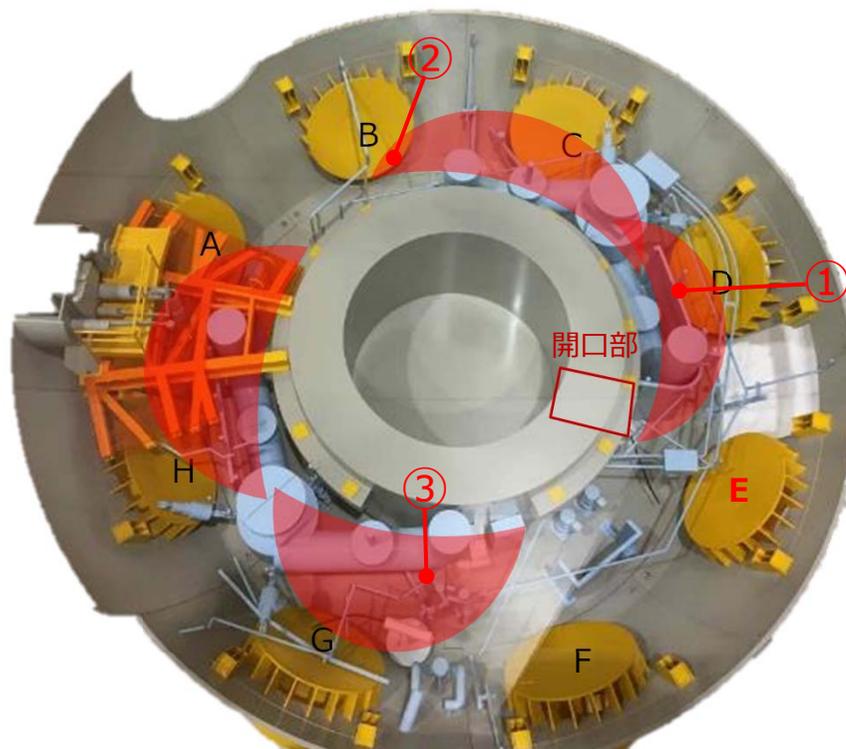
ROVとの接触により一部が乖離する様子が撮影された。残った堆積物の破断面も確認できる。破片は偶然ROVの上部に落下した。破片をROVのカメラで直接捉えることはできなかったが、ROVが浸水する際に水面に鏡像として映り込んだものが確認された。



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。

(参考) 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

(参考) 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 $\sim 400^{\circ}\text{C}$ *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°C
- 堆積物の最高点は鉛遮へいの支持構造物近傍



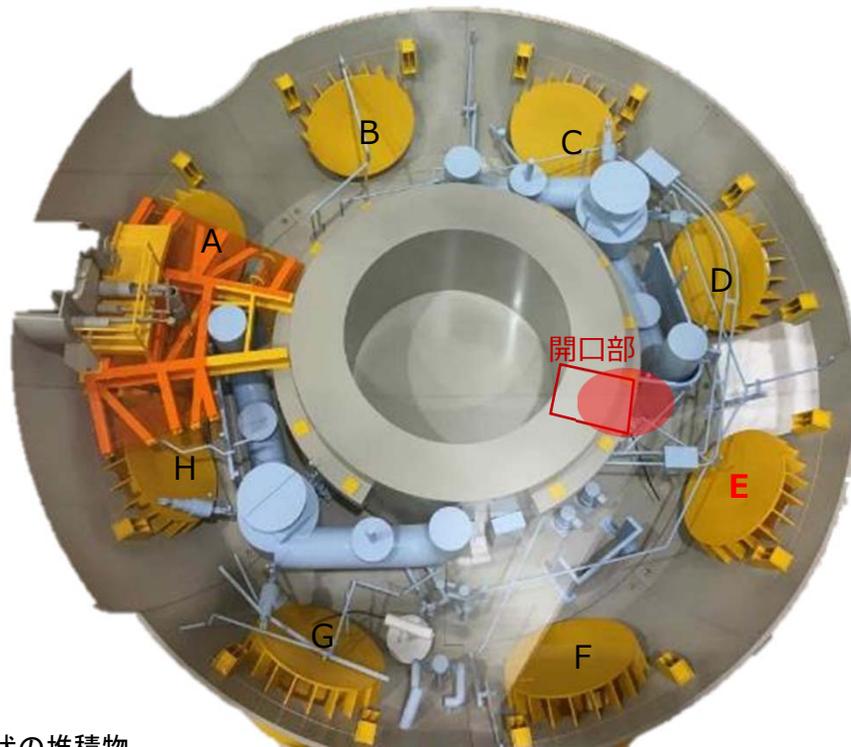
遮蔽マットの接続具



ROV-A2との接触後の状況

(参考) 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

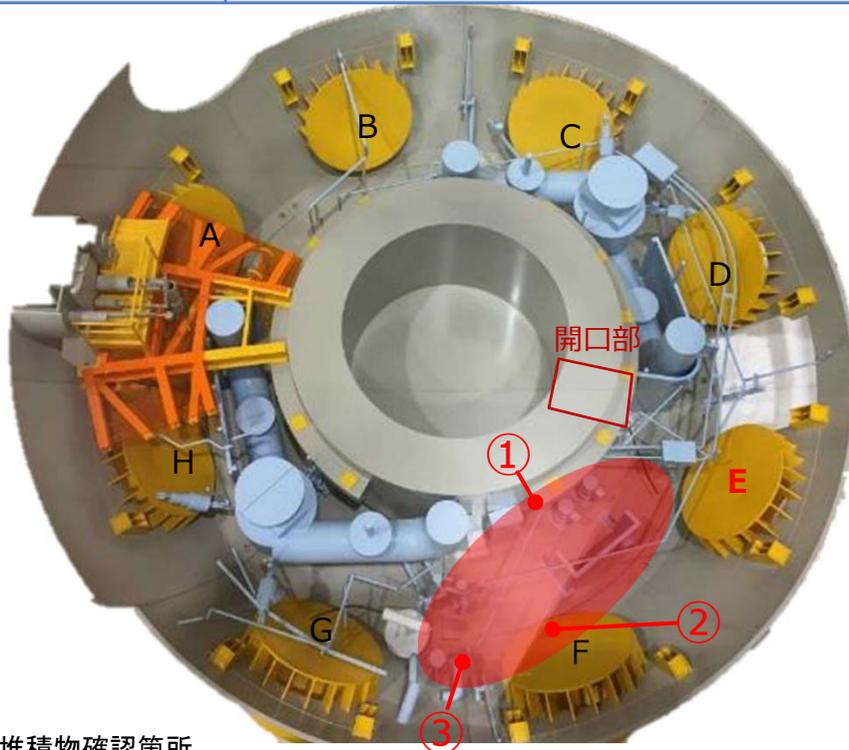
(参考) 塊状の堆積物

- 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



(参考) 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

(参考) 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)



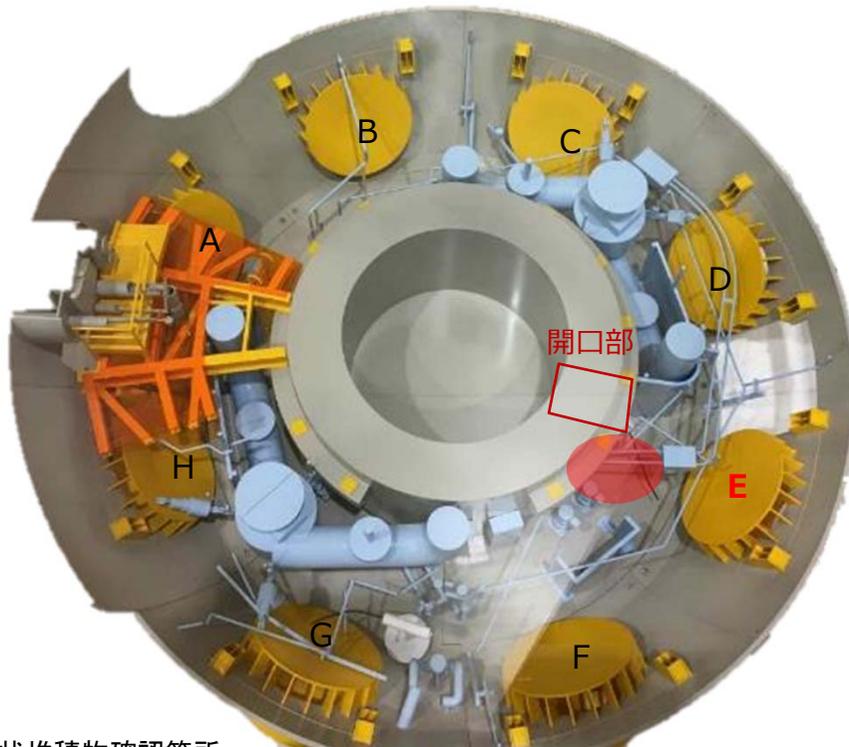
気中の糸状物質



水中の溶融固化物 (糸状のもの)

(参考) 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えいが確認されたベント管のジェットデフレクター

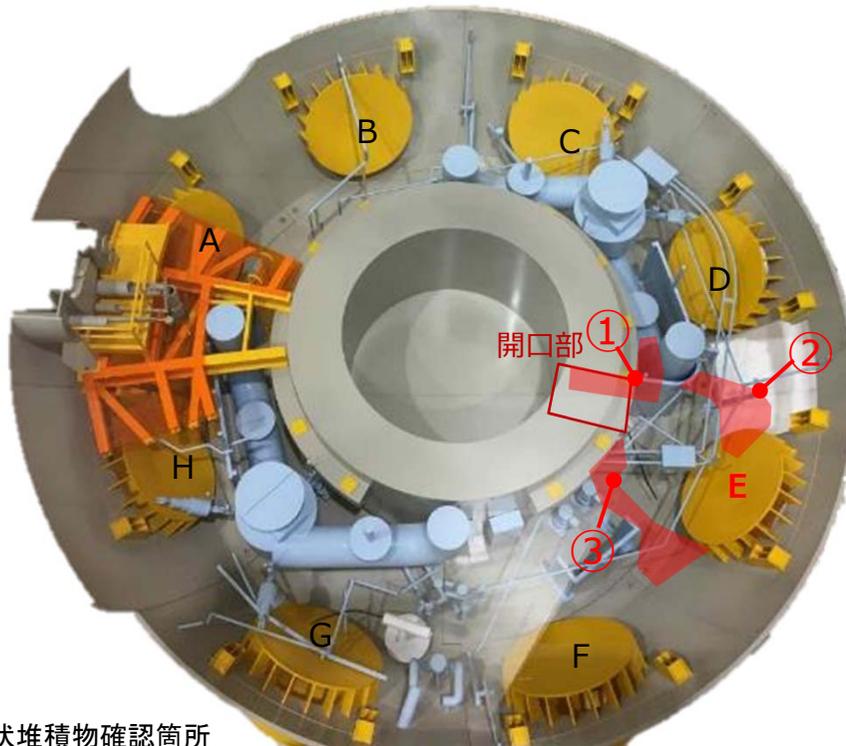
(参考) 半球状堆積物

- 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



(参考) 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

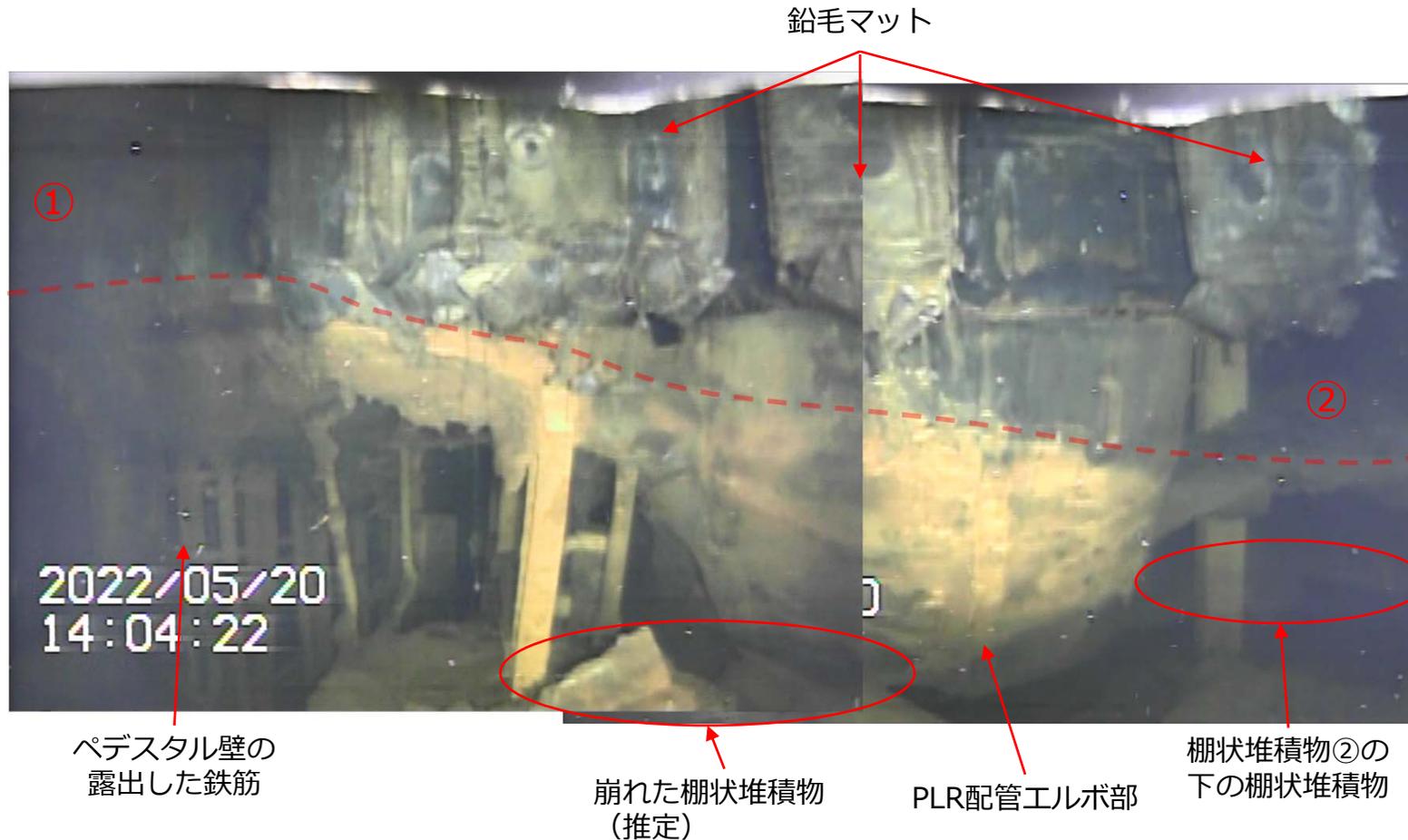


■ : 棚状堆積物確認箇所

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

(参考) 棚状堆積物

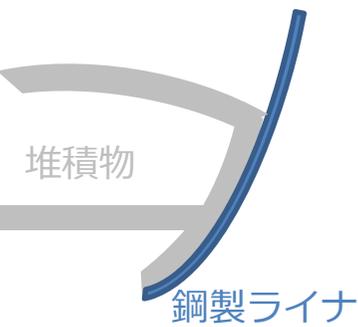
- ①: ペDESTAL開口部に端を発する棚状堆積物は開口部から離れるにつれて堆積高さが減少する
- 棚状堆積物は開口部から離れるにつれて厚みが増す
- ペDESTAL開口部周辺の①の棚状堆積物は1層のみ。(②の下部にはもう1層の棚状堆積物あり)
- PLR配管は上下で2色に分かれており、下部はペDESTAL開口部から続く棚状堆積物の色合いと同じであることから、①と②の棚状堆積物はもともと一体であったものが崩れて分かれたものと推定。



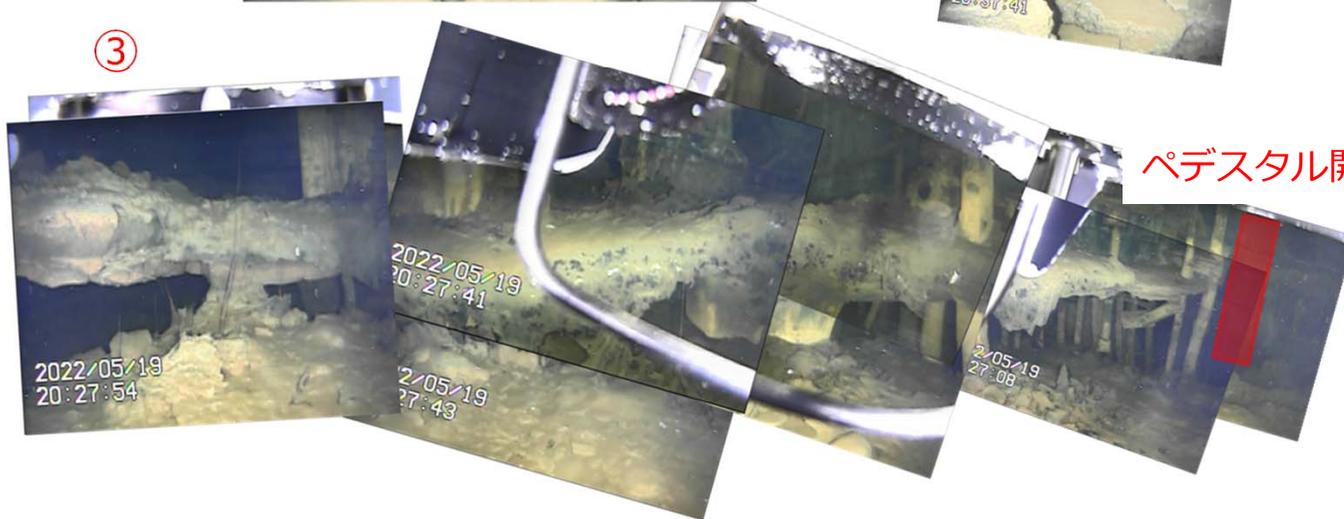
(参考) 棚状堆積物

- 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



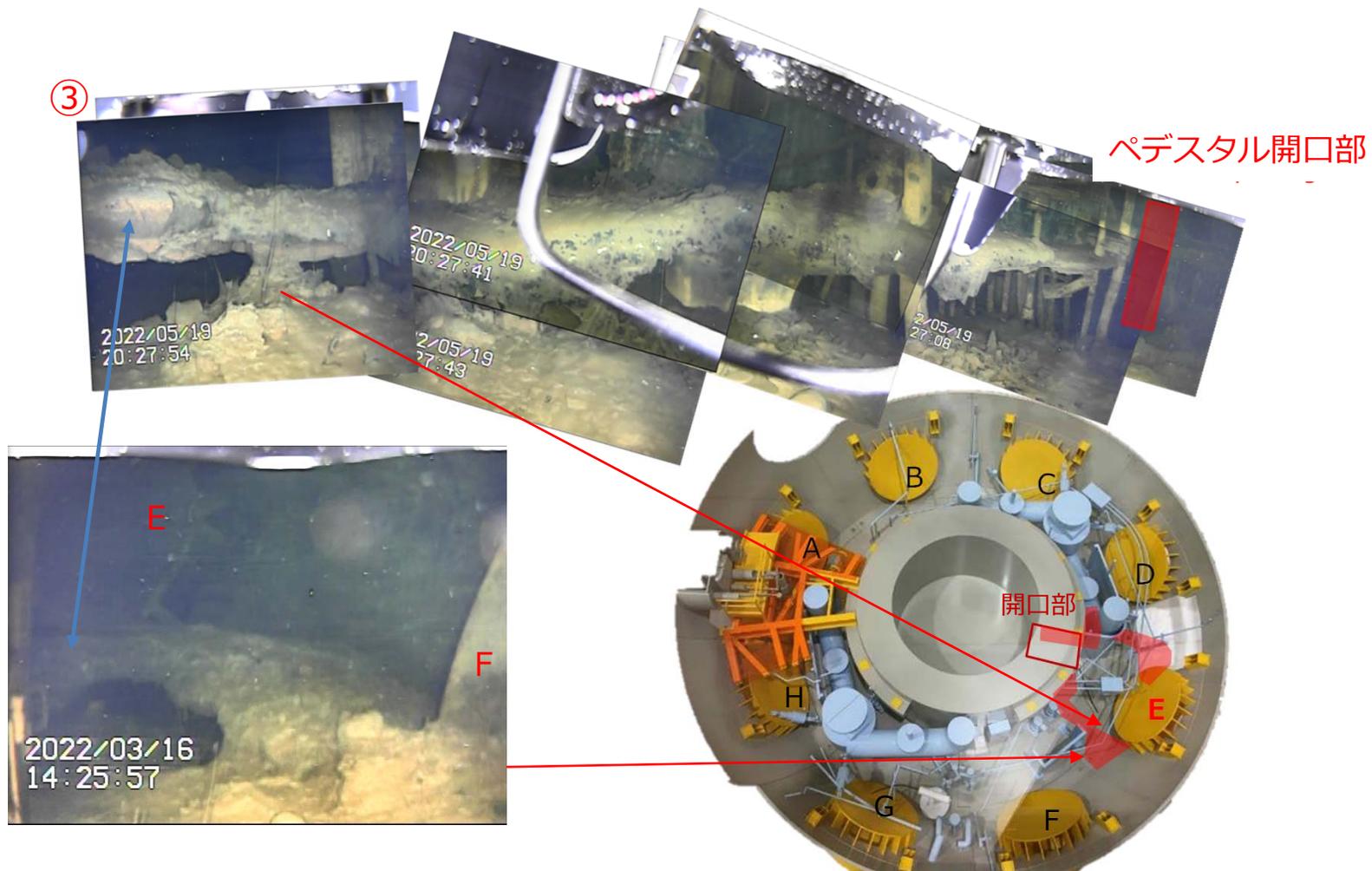
③



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？

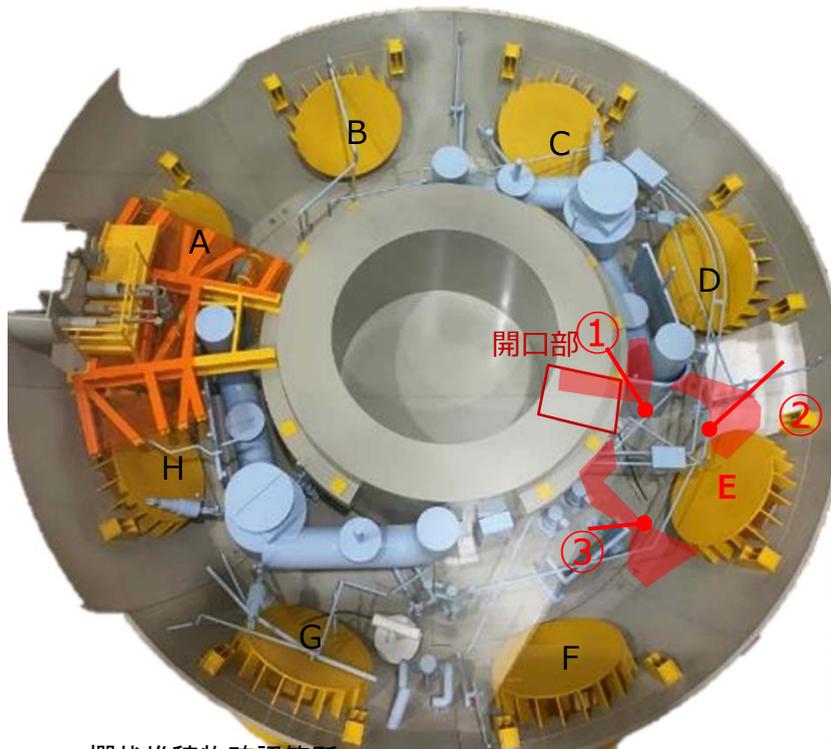
(参考) 棚状堆積物

- 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



(参考) 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

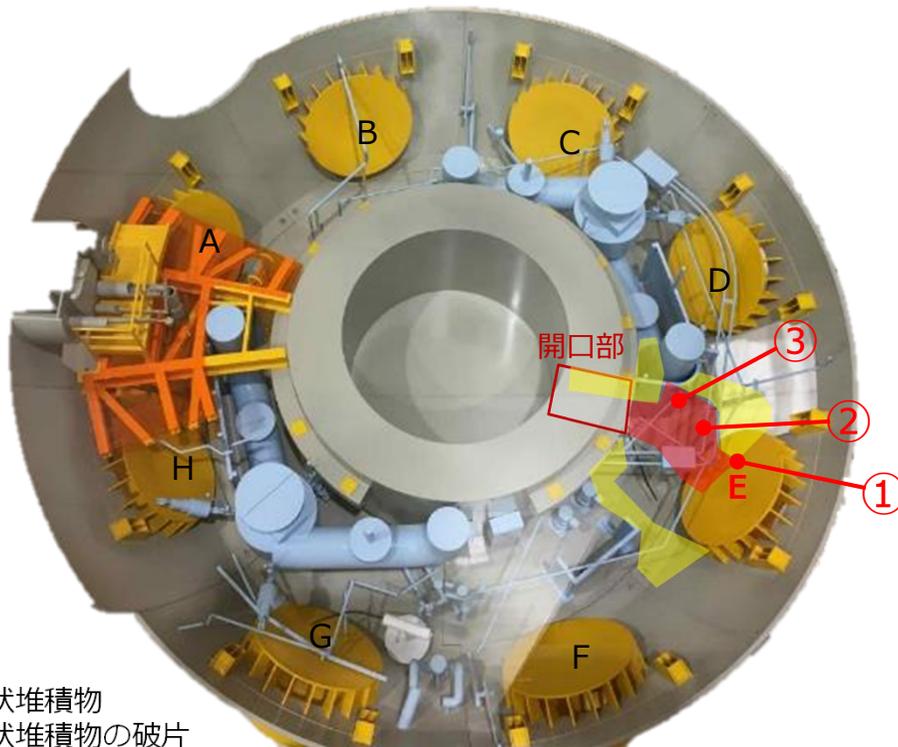


■ : 棚状堆積物確認箇所

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

(参考) 棚状堆積物の破片

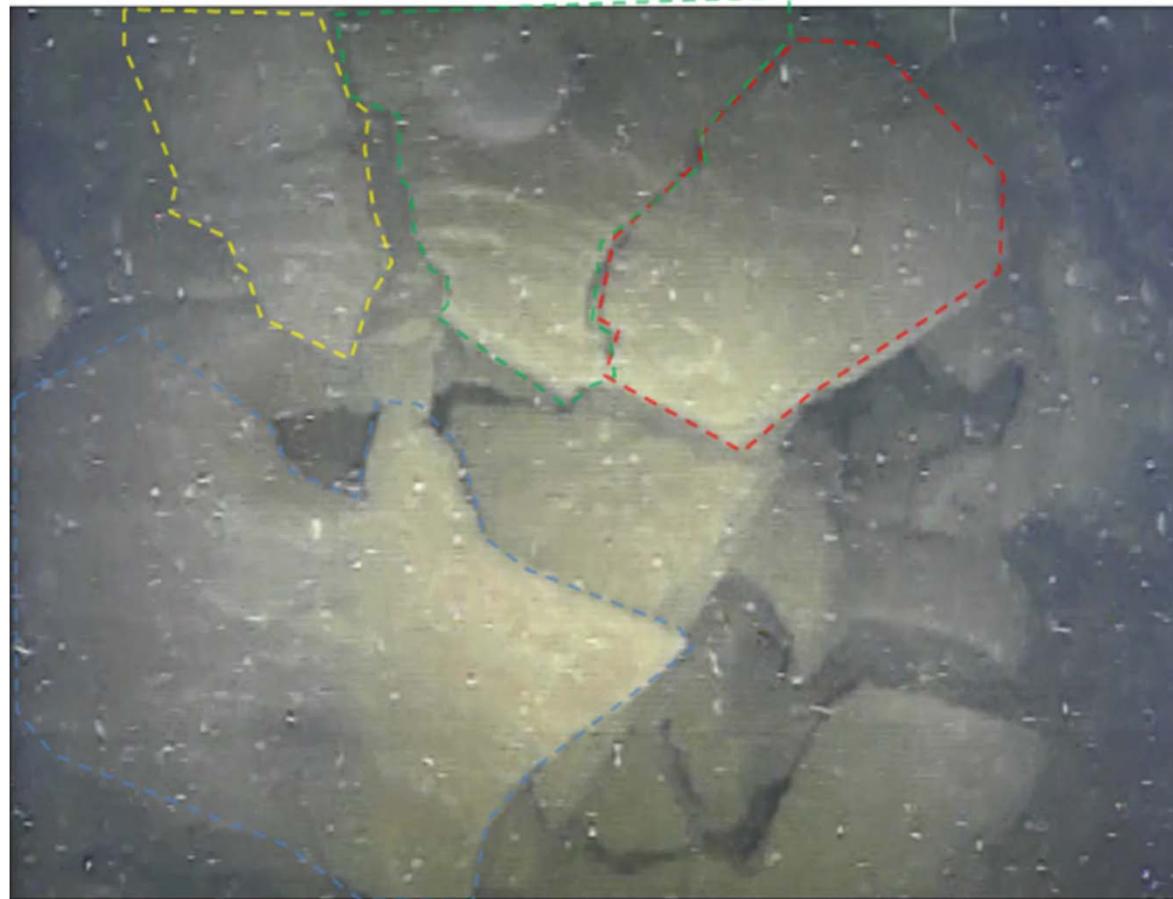
外見	多種多様。一部の破片では、破片同士の破断面形状が同一であり、元の形状を再現できる
大きさ	数十cm
確認場所	棚状堆積物の周辺(特に開口部の右側に多い)
起源/ 組成	棚状堆積物が崩れたものと推定 組成は不明



- : 棚状堆積物
- : 棚状堆積物の破片
- E: 真空破壊弁からの水漏れが確認されたベント管のジェットデфлекター

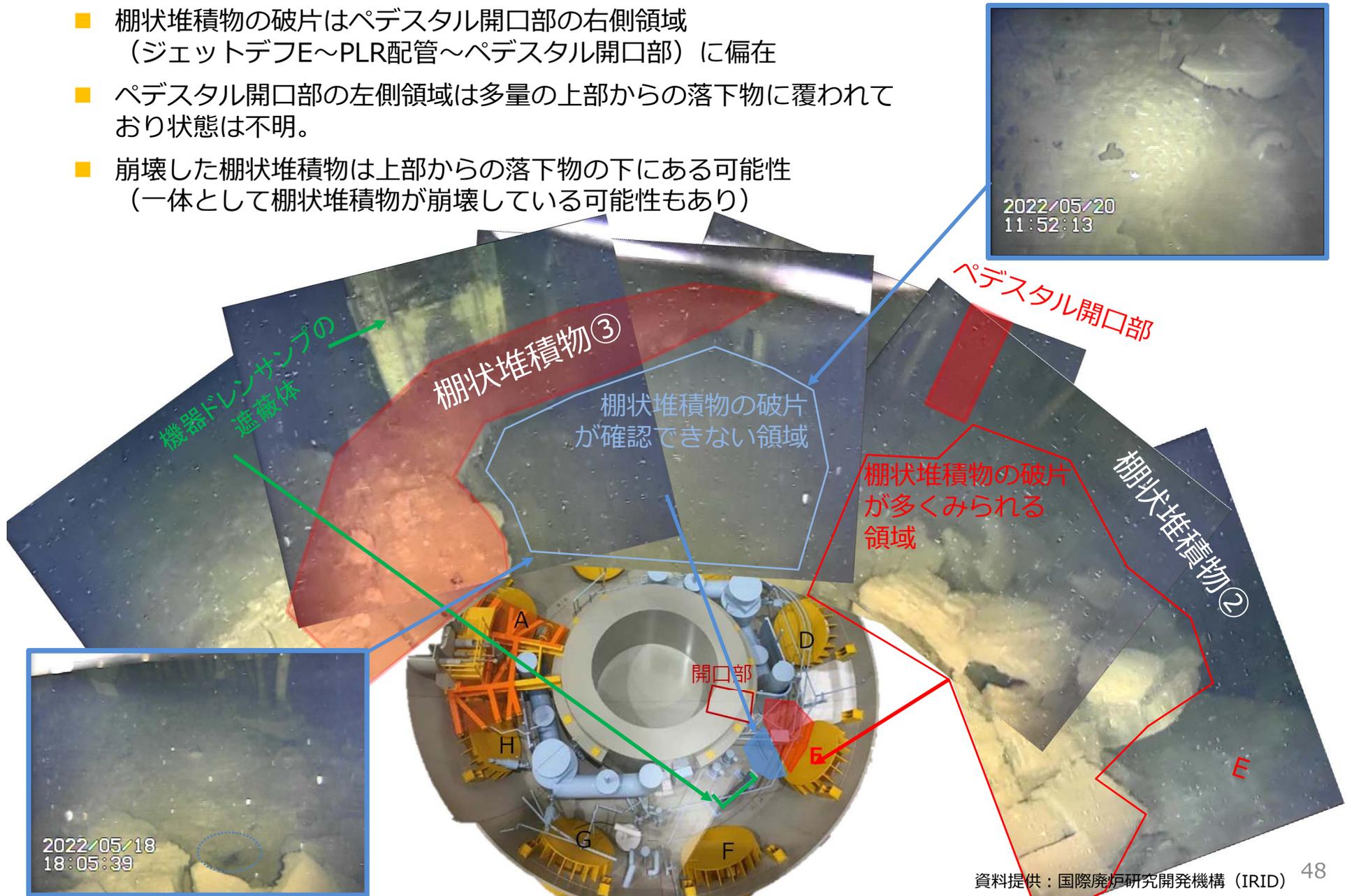
(参考) 棚状堆積物の破片

- 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



(参考) 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)



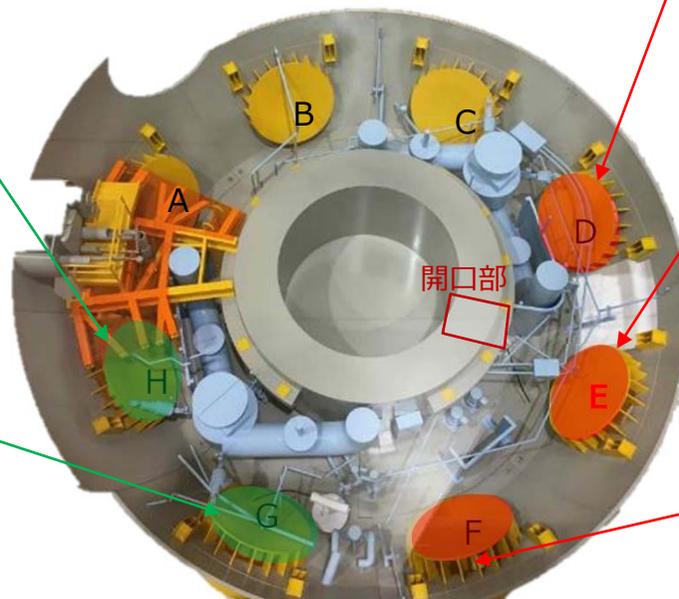
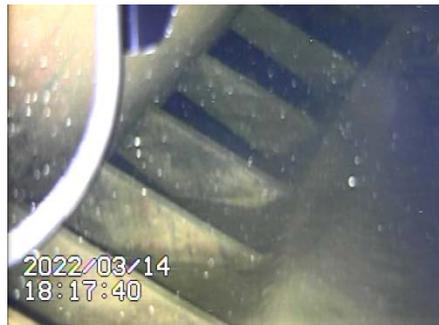
(参考) 棚状堆積物の破片

- 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



(参考) ジェットデフ背面の堆積物

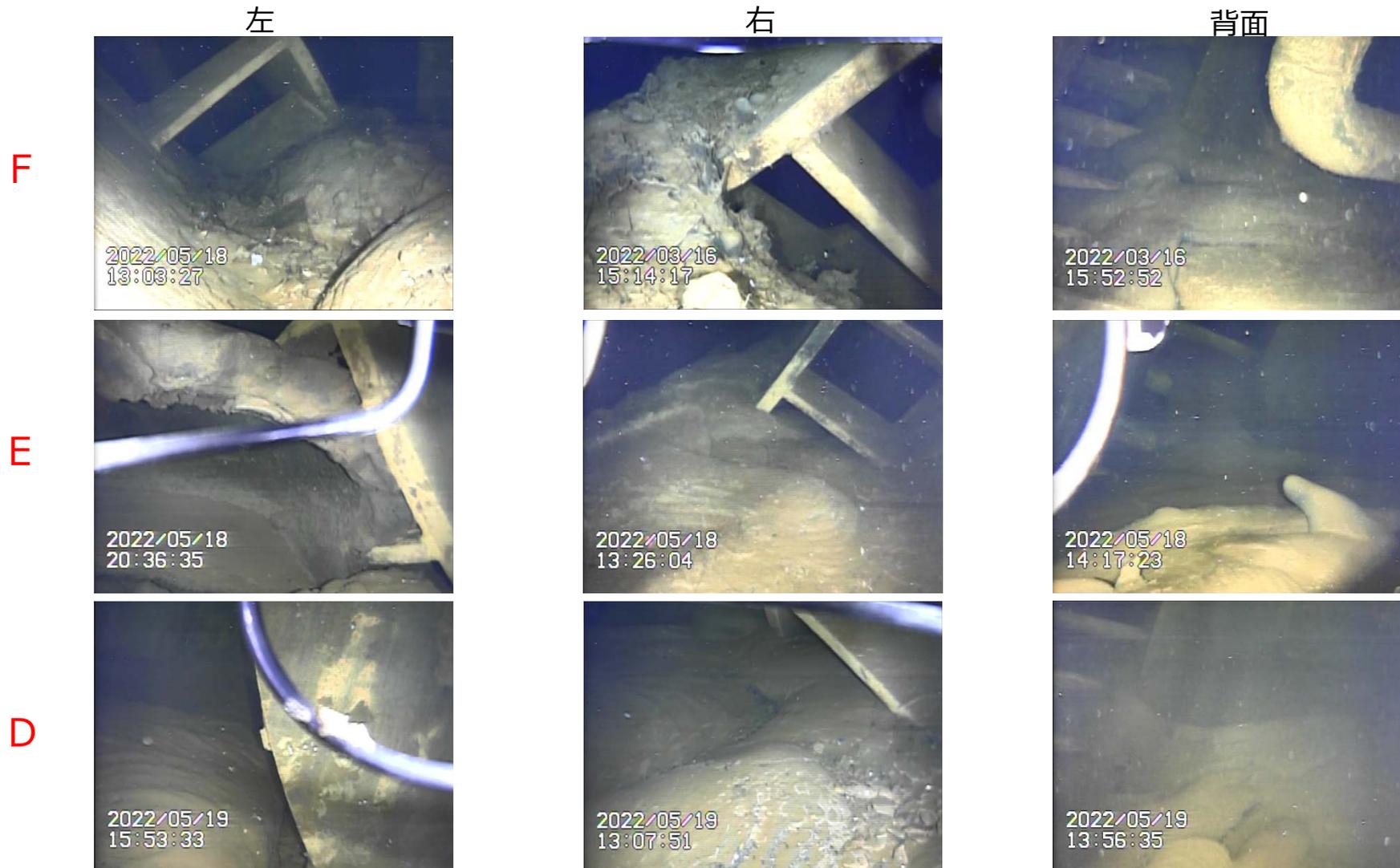
外見	平坦な堆積のもの、塊状の堆積物もあるもの。
大きさ	数十cm
確認場所	ジェットデフD, E, FにはROVが侵入して確認
起源/ 組成	棚状堆積物と同様、ペデスタル内から流出した物質により生成された可能性、および、上部からの落下物が生成に寄与した可能性



- : 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

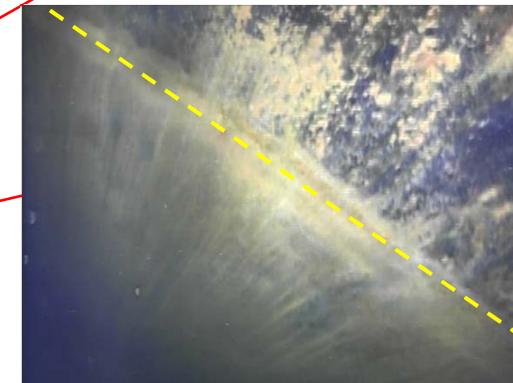
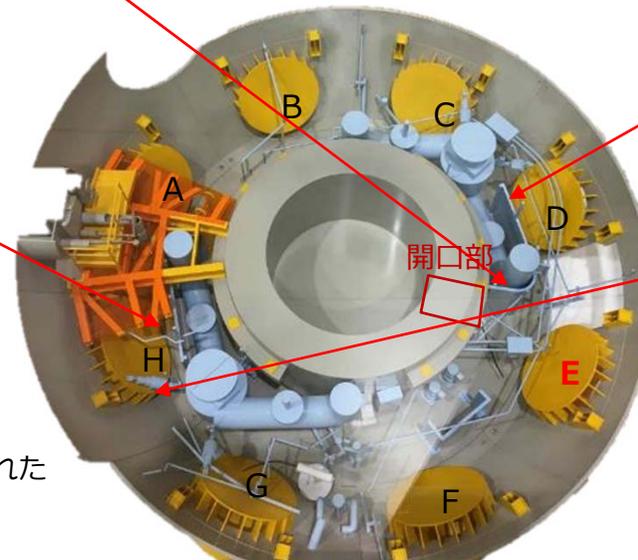
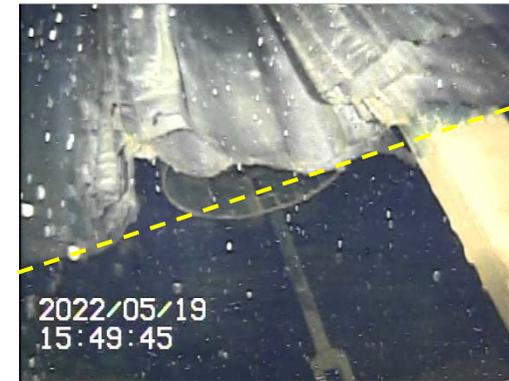
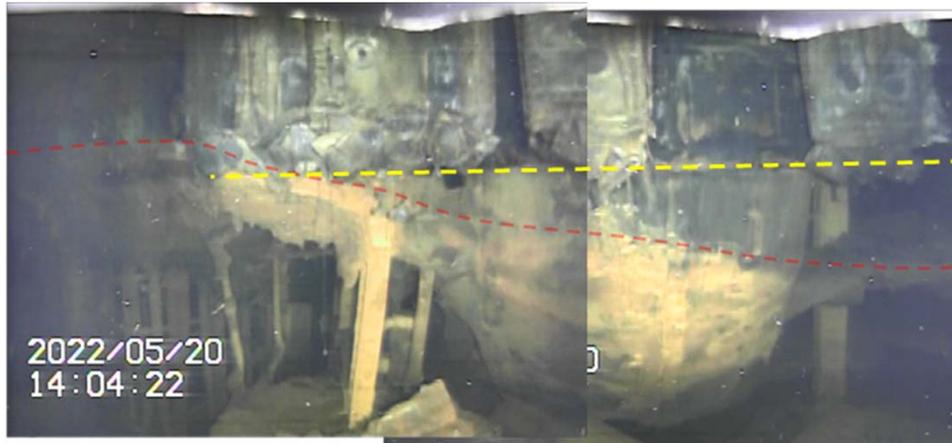
(参考) ジェットデフ背面の堆積物

- 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



(参考) 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)

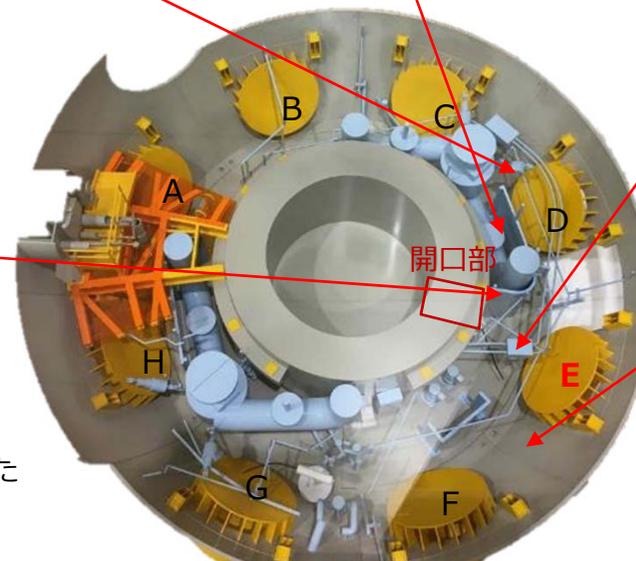


E: 真空破壊弁からの水漏えいが確認された
ベント管のジェットデフレクター

ジェットデフHで
確認された変色

(参考) 堆積物表面の形状について

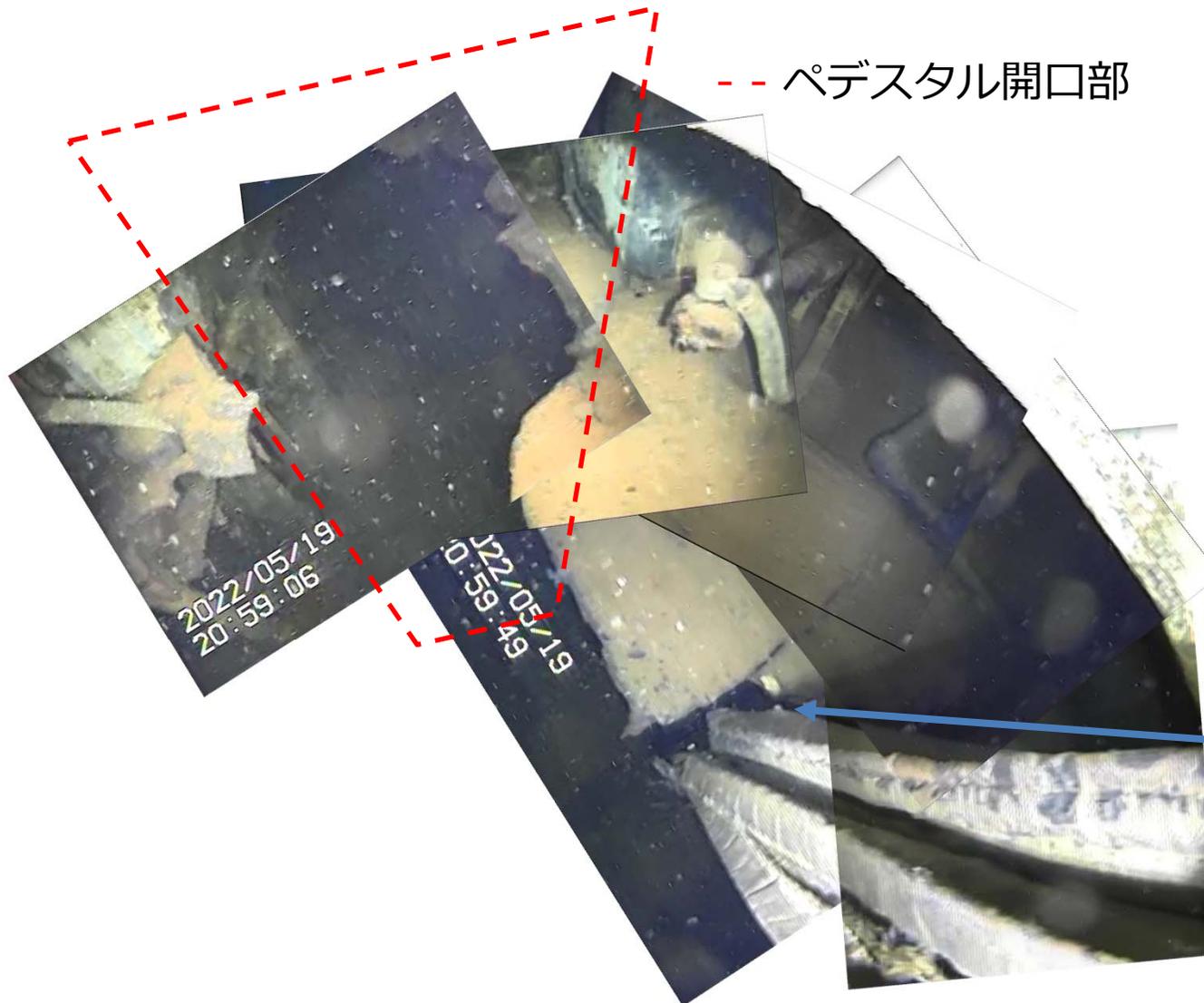
- 堆積物の表面で確認された凹凸のある縞模様が形成される条件の存在から、流動、粘性、その他の情報が得られる可能性？
- 形状が維持されていることから固化速度が比較的速かった可能性？



E: 真空破壊弁からの水漏えいが確認されたベント管のジェットデフレクター

(参考) ペDESTAL開口部からの流出の可能性

- ペDESTAL開口部前の堆積物の形状・勾配から、ペDESTAL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



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できた可能性があり、流出の方向はペDESTAL内から開口部を通じてペDESTAL外へという方向に相当する

(参考) 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である。
- 現在、取得されたすべての映像について、準備が整ったことから、12月12日より本社原子力情報コーナーにて公表している。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となる。（記録時間は合計で約180時間）
- 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とも検討を進めていく。
- 12月より後半の調査を開始しており、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

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

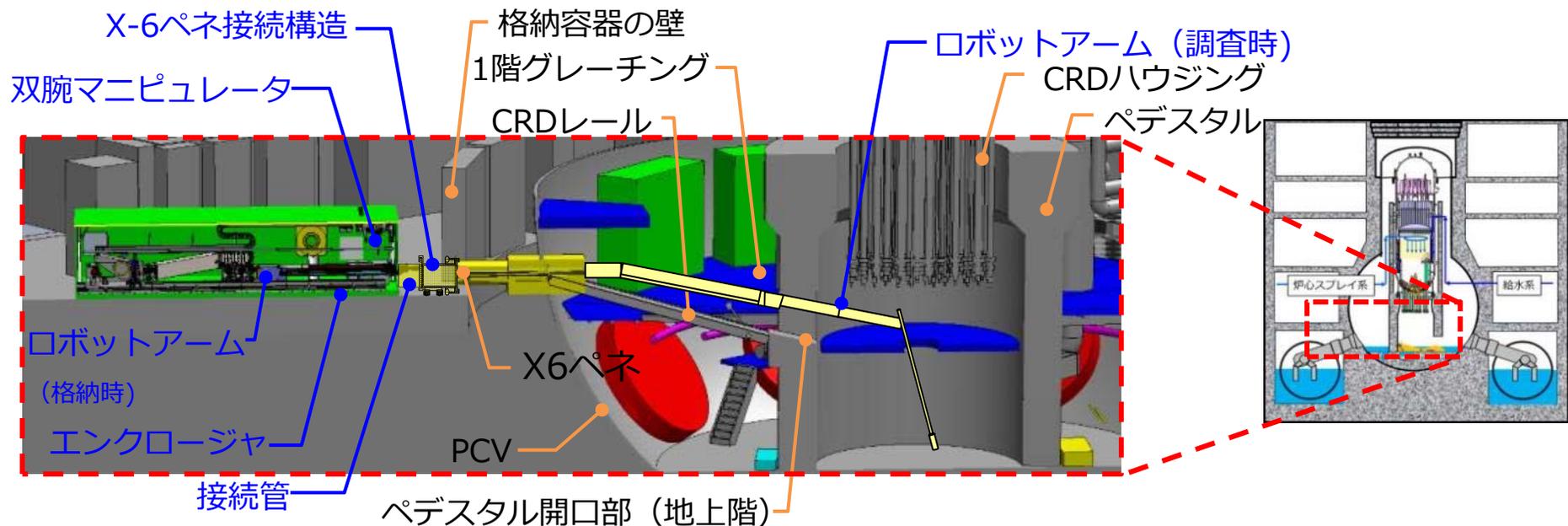
2022年12月22日

IRID **TEPCO**

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東京電力ホールディングス株式会社

1. PCV内部調査及び試験的取り出しの計画概要

- 2号機においては、PCV内部調査及び試験的取り出し作業の準備段階として、作業上の安全対策及び汚染拡大防止を目的として、今回使用する格納容器貫通孔（以下、X-6ペネ）に下記設備を設置する計画
 - X-6ペネハッチ開放にあたり、PCVとの隔離を行うための作業用の部屋（隔離部屋）
 - PCV内側と外側を隔離する機能を持つ X-6ペネ接続構造
 - 遮へい機能を持つ 接続管
 - ロボットアームを内蔵する金属製の箱（以下、エンクロージャ）
- 上記設備を設置した後、アーム型装置をX-6ペネからPCV内に進入させ、PCV内障害物の除去作業を行いつつ、内部調査や試験的取り出しを進める計画



2号機 内部調査・試験的取り出しの計画概要

2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 性能確認試験項目

- 楢葉モックアップ施設用いて、現場を模擬したモックアップ試験を実施中。
- 現状、アーム位置決め精度の向上を図るべく制御プログラムの修正を行った上でX-6ペネ模擬体を使用した通過性試験等を継続実施中。
- なお、楢葉での性能確認試験において抽出された改善点は、引き続き対策・改善を進めていく。

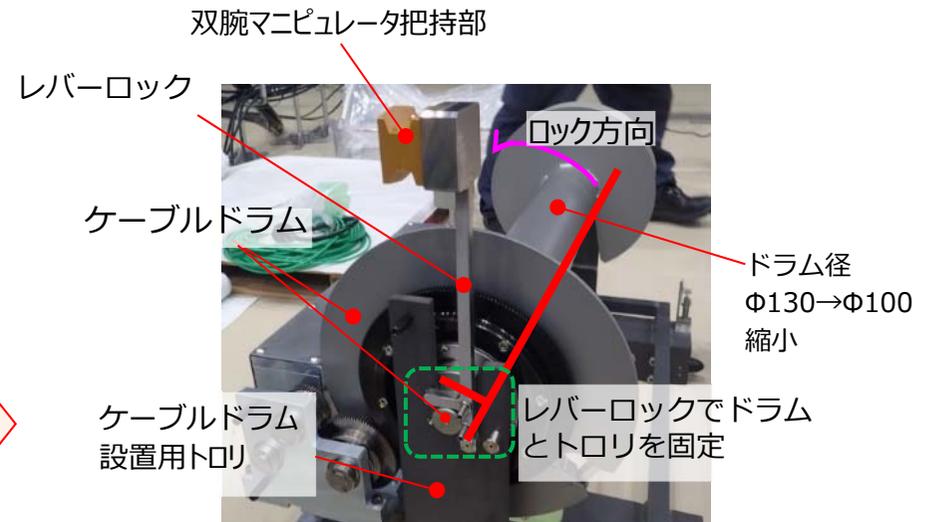
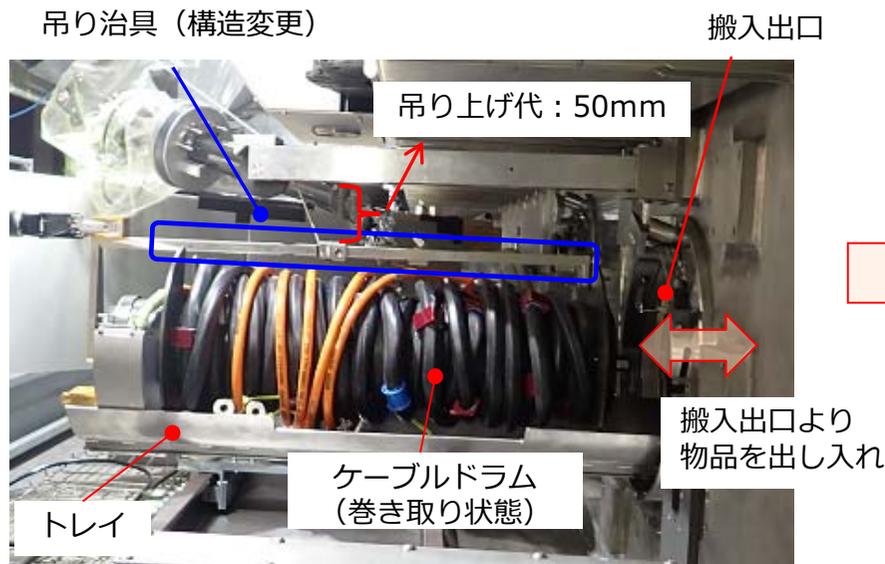
性能確認試験項目

試験分類	試験項目	MHI 神戸	楢葉	
ロボットアーム関連	X-6ペネの通過性	▲	○	(実施中)
	AWJによるX-6ペネ出口の障害物の撤去	▲	○	(今後実施)
	各種動作確認 (たわみ測定等)	●	○	(実施中)
	PCV内部へのアクセス性 ・ペDESTAL上部へのアクセス ・ペDESTAL下部へのアクセス		○	(実施中)
	PCV内部障害物の撤去 ・X6ペネ通過後のPCV内障害物の切断		○	(今後実施)
双腕マニピュレータ関連	センサ・ツールとアームの接続	▲	●	(完了)
	外部ケーブルのアームへの取付/取外し	▲	○	(実施中)
	センサ・ツールの搬入出	▲	●	(完了)
	アーム固定治具の取外し		○ (▲)	(実施中)
	アームカメラ/照明の交換	▲	●	(完了)
	エンクロージャのカメラの位置変更	▲	○	(実施中)
	アームの強制引き抜き		○	(今後実施)
ワンスルー試験 (アーム+双腕マニピュレータ)	アームと双腕マニピュレータを組み合わせ、調査に必要な一連の作業を試験で検証 ・ペDESTAL上部調査 ・ペDESTAL下部調査		○	(今後実施)

【凡例】 ○試験対象、△一部模擬体 (部分模擬体や模擬アーム等) で検証 ○△ : 計画 ●▲ : 実績 □ 今回報告

3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 センサ・ツールの搬入出

- 神戸における試験にてケーブルドラム等物品のエンクロージャ内への搬入出作業の成立見通しを得ると共に、楢葉ではケーブルドラム吊り治具構造・形状を変更（吊り上げ代：20mm⇒50mm）することにより作業性が改善、対策の有効性を確認。
- 今回、楢葉にてケーブル浮き上がり（たるみ）防止レバーロック機構の追加、及びケーブルドラム径縮小（φ130⇒φ100）を実施。搬入出口（φ350）に収まる寸法に巻き付けることができ、作業性の改善、対策の有効性を確認。



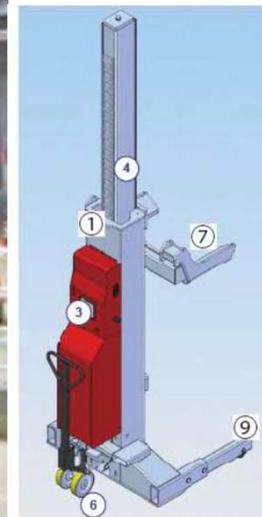
センサ・ツールの搬入出試験の状況（ケーブルドラム）

3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 エンクロージャの搬入、据付

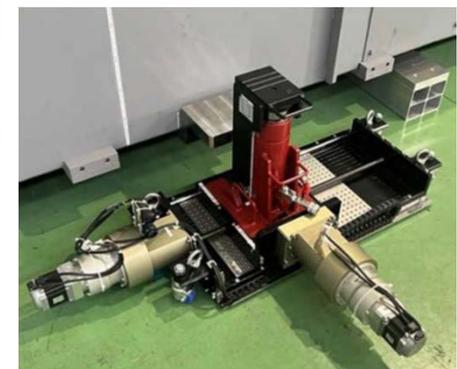
- 楯殻等におけるモックアップ試験にて、模擬エンクロージャを低床式搬送台車、長ストロークジャッキ、送り台式ジャッキを用いた遠隔操作にて搬送、据付できることを確認。
 - ①低床式搬送台車：原子炉建屋内のエンクロージャ移動、搬送用の台車
 - ②長ストロークジャッキ：低床式搬送台車へのエンクロージャの載せ替え用のジャッキ
 - ③送り台式ジャッキ：接続管へのエンクロージャ接続時の位置決め用ジャッキ



①低床式搬送台車



②長ストロークジャッキ



③送り台式ジャッキ

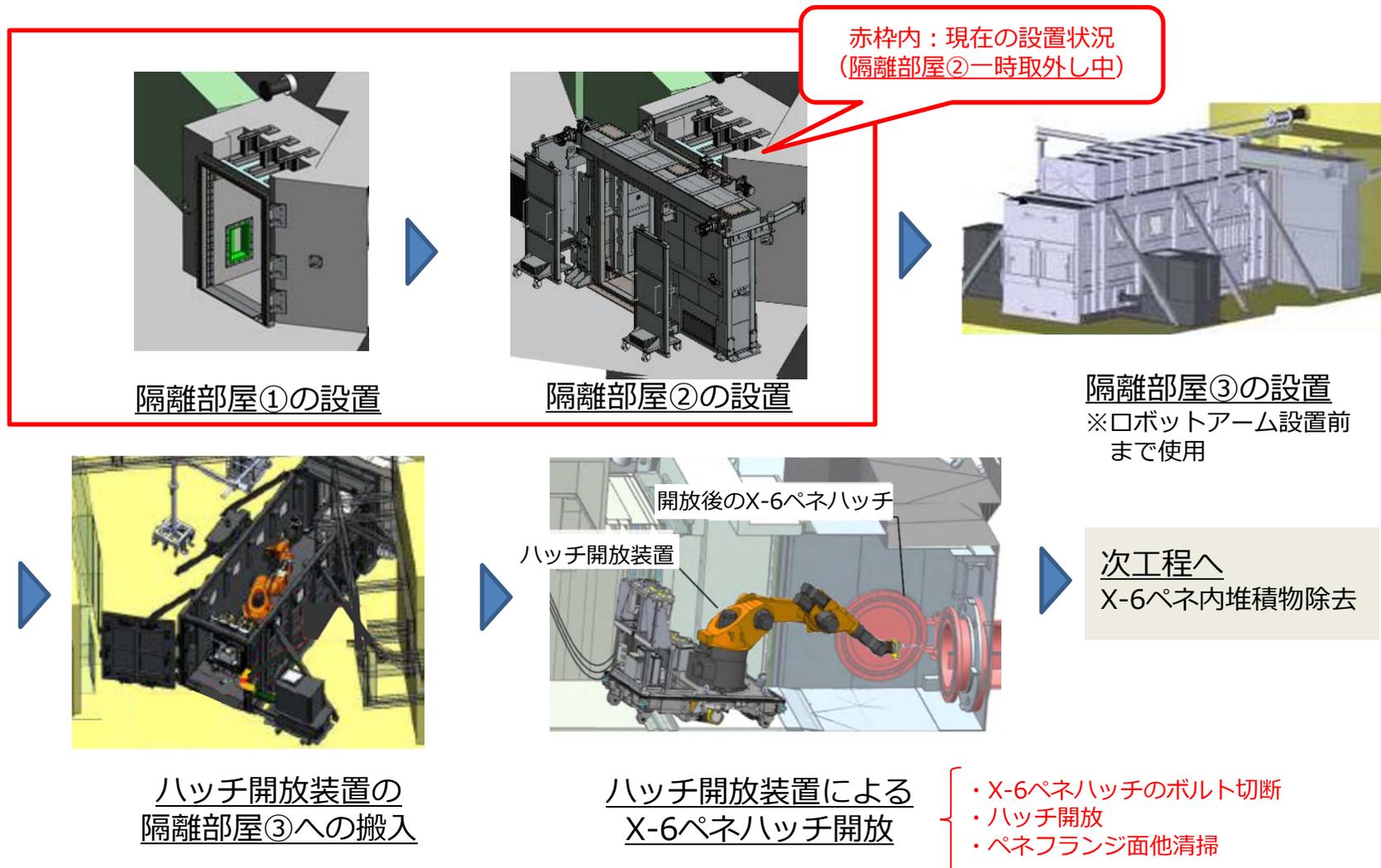
エンクロージャの搬入試験の状況

4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋設置）

20221027
チーム会合資料再掲

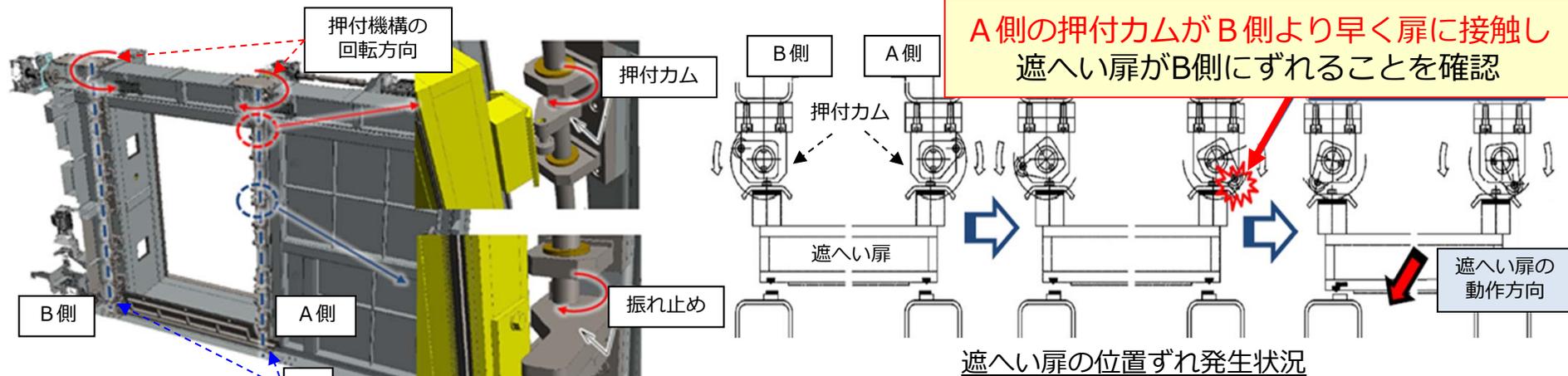


- X-6ペネ開放時のバウンダリとなる隔離部屋を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう作業する。
- これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する予定。



4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋② 遮へい扉の調査結果）

- 据付状態確認（加圧確認）時の遮へい扉からの気泡発生事象について、調査を実施。
- 遮へい扉の押付機構A側とB側の押付カムの旋回開始位置や旋回のタイミングがずれていることを確認。

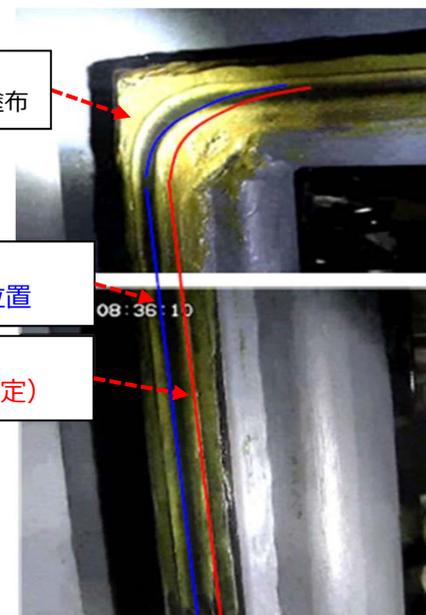


隔離部屋②押付機構

押付機構の軸をモータで回転させ、軸に取付けた押付カムで扉を押付

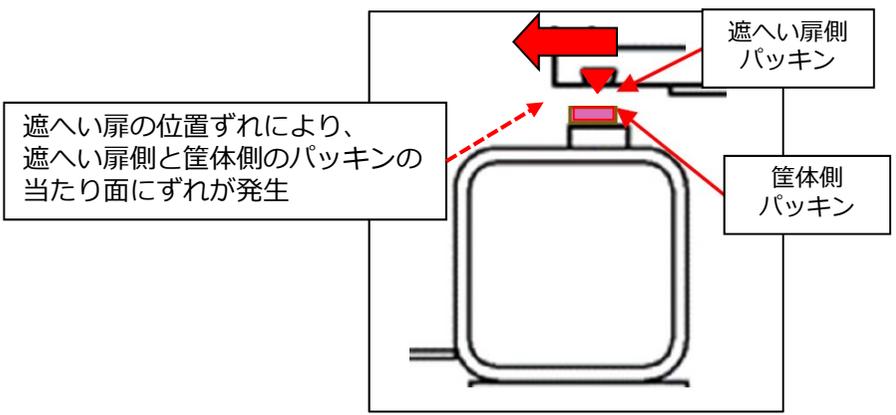
遮へい扉がB側にずれたことにより、遮へい扉と筐体側のパッキンが合わさらず、気泡が発生。（推定）

補助材 ※工場製作時に塗布



青線：位置ずれ発生前の扉押付時の遮へい扉パッキン位置

赤線：位置ずれ発生後の遮へい扉側パッキン位置（想定）



シール面拡大図

上記写真は筐体側パッキン X-6ペネからの視点

4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋② キャスク保管建屋へ搬出）

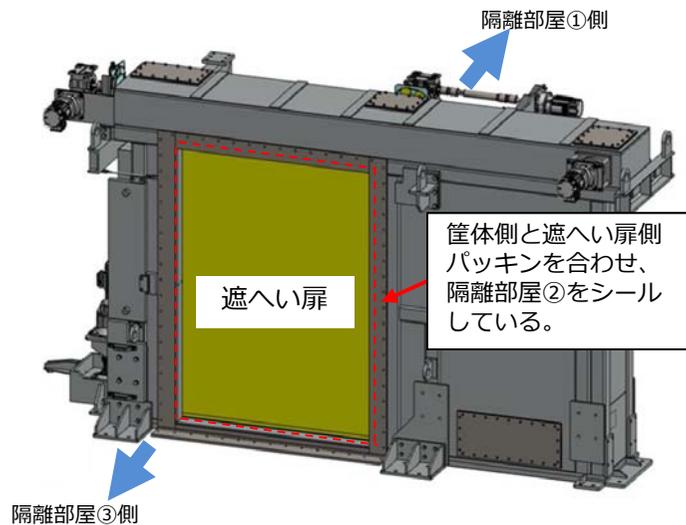
- 比較的線量の低い場所でパッキンの交換と押付機構の調整を行うため、隔離部屋②の取外しを行い、2号機原子炉建屋から搬出し、キャスク保管建屋に運搬。
- キャスク保管建屋にて押付機構の調査、パッキンの現品調査、筐体側パッキン（改良型）の取付を実施。
- パッキンの要素試験は、メーカー工場にて実施中。



<隔離部屋②運搬状況>



<隔離部屋②作業状況>



<隔離部屋②>



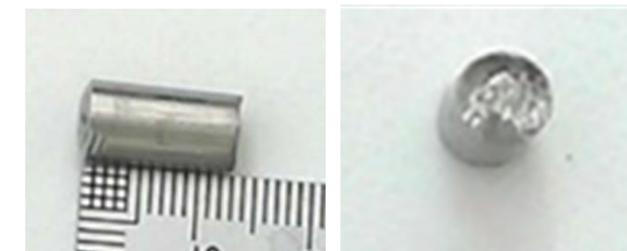
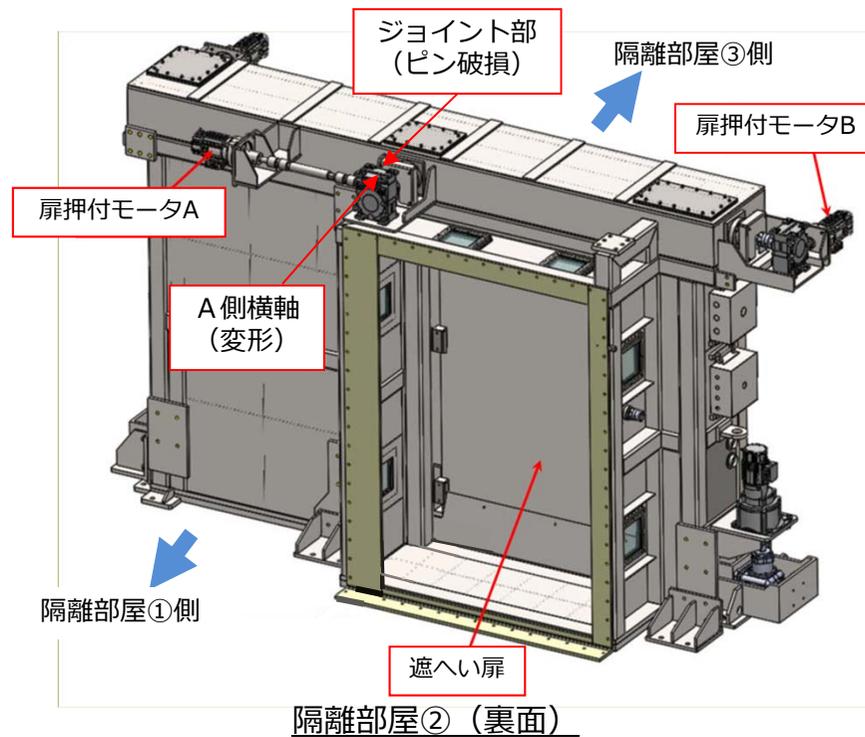
<改良型パッキン取付>



<扉側パッキン取付>

4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋②） 押付機構の調整

- 押付機構の押付量を調整していた際に、A側の横軸ジョイント部のピンの破損を確認。
- 押付機構（A側、B側）の点検を行い、A側横軸の変形、B側横軸ジョイント部のピンの変形等を確認。
- ピンの破損、横軸の変形等の原因については調査中。
- 引き続き、押付機構の点検・調整を実施中。



ピン破損状況
※取付前寸法約50mm



A側横軸の変形

<ジョイント部のピンの概要>

- ✓ 軸とジョイント部の連結するために使用。
- ✓ 当該ピンの許容荷重が最も小さく、機器全体に高負荷の荷重が掛かった場合、犠牲的に破損することで、その他機器を保護。

5. 全体工程

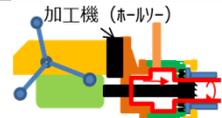
- ・ロボットアームについて、2022年2月より実施している現場を模擬した楢葉モックアップ試験を通じて把握した情報と、事前シミュレーション結果との差異を補正することで、燃料デブリ取り出し時の接触リスクを低減するべく、現在、制御プログラム修正等の改良（※）に取り組んでいる。
 （※改良点：制御プログラム修正・精度向上、アーム動作速度上昇、ケーブル取付治具の改良、視認性向上、把持部の改良等）
- ・また、2号機現場の準備工事として、2021年11月よりX-6ペネハッチ開放に向けた隔離部屋設置作業に着手しており、その中で発生した隔離部屋のゴム箱部損傷、ガイドローラ曲がり（地震対応）等については対策が完了し、現在、隔離部屋押付機構の点検・調整等について、対応しているところ。（並行して隔離部屋の再製作も検討中。）その後も、X-6ペネハッチ開放、X-6ペネ内の堆積物除去作業等を控えており、安全かつ慎重に作業を進める必要がある。

	~2021年度	2022年度	2023年度
ロボットアーム・ エンクロージャ 装置開発	性能確認試験・モックアップ・訓練（国内）		
・スプレー治具取付作業 ・隔離部屋設置	X-53ペネ孔径拡大作業	スプレー治具取付け	
・X-6ペネハッチ開放			
・X-6ペネ内の堆積物除去 ・試験的取り出し装置設置			
試験的取り出し作業 （内部調査・デブリ採取）			

※ 2022年度と2023年度の境界線は、2022年12月現在を示す。

(参考) 現地準備作業状況
 試験的取り出し作業 (内部調査・デブリ採取) の主なステップ

0. 事前準備作業



- 事前にスプレイ治具取付事前作業 (X-53ペネ孔径拡大) を実施

1. 隔離部屋設置



- ハッチ開放にあたり事前に隔離部屋を設置

2. X-6ペネハッチ開放

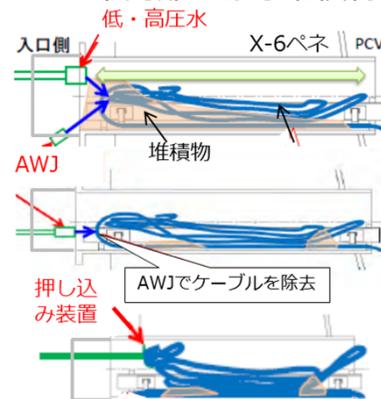
ハッチ開放装置



- ハッチ開放装置によりハッチを開放

3. X-6ペネ内堆積物除去

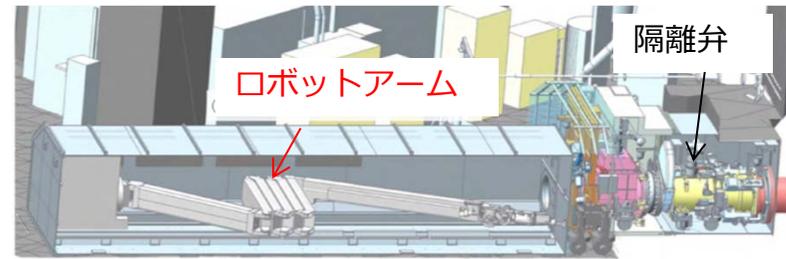
X-6ペネ内部にある堆積物・ケーブル類を除去する



- 【低・高圧水】で堆積物の押し込み
- 【AWJ】でケーブル除去
- 【押し込み装置】でケーブルを押し込み

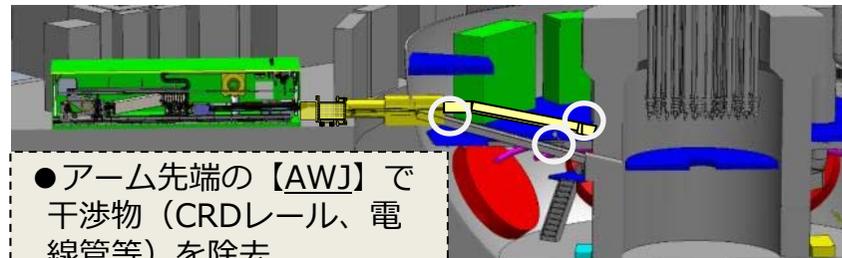
4. ロボットアーム設置

認可済



5. 試験的取り出し作業 (内部調査・デブリ採取)

① ロボットアームによるPCV内部調査



- アーム先端の【AWJ】で干渉物 (CRDレール、電線管等) を除去

② ロボットアームによるデブリ採取

申請予定

燃料デブリ回収装置先端部



<金ブラシ型> <真空容器型>



(注記)

- ・ 隔離弁：PCV内/外を仕切るために設置した弁
- ・ AWJ (アブレシブウォータージェット)：高圧水に研磨材 (アブレシブ) を混合し、切削性を向上させた加工機

2号機原子炉建屋内調査 (地下1階アクセス性検討のための状況確認)

2022年12月22日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 背景および調査目的

背景

- 当社は「福島第一原子力発電所1~3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討」として、事故進展の解明にかかる取組みを継続。
- 事故進展にかかる多くの情報は廃炉作業の進捗とともに取得していくが、原子炉建屋内の事故の痕跡を留める場所については、事故時の情報が失われる前に先行して調査を行い検討に役立てることを計画し、「福島第一原子力発電所事故調査中長期計画」として公表。
- 2号機においては、津波到達前後を含め約3日間作動していたRCIC※の停止原因の解明が検討課題の一つとなっているが、RCIC室は地下1階にあるため、アクセスが困難な状況。他の設備を含めた地下1階の調査を行うため、地下1階へのアクセス方法を検討中。

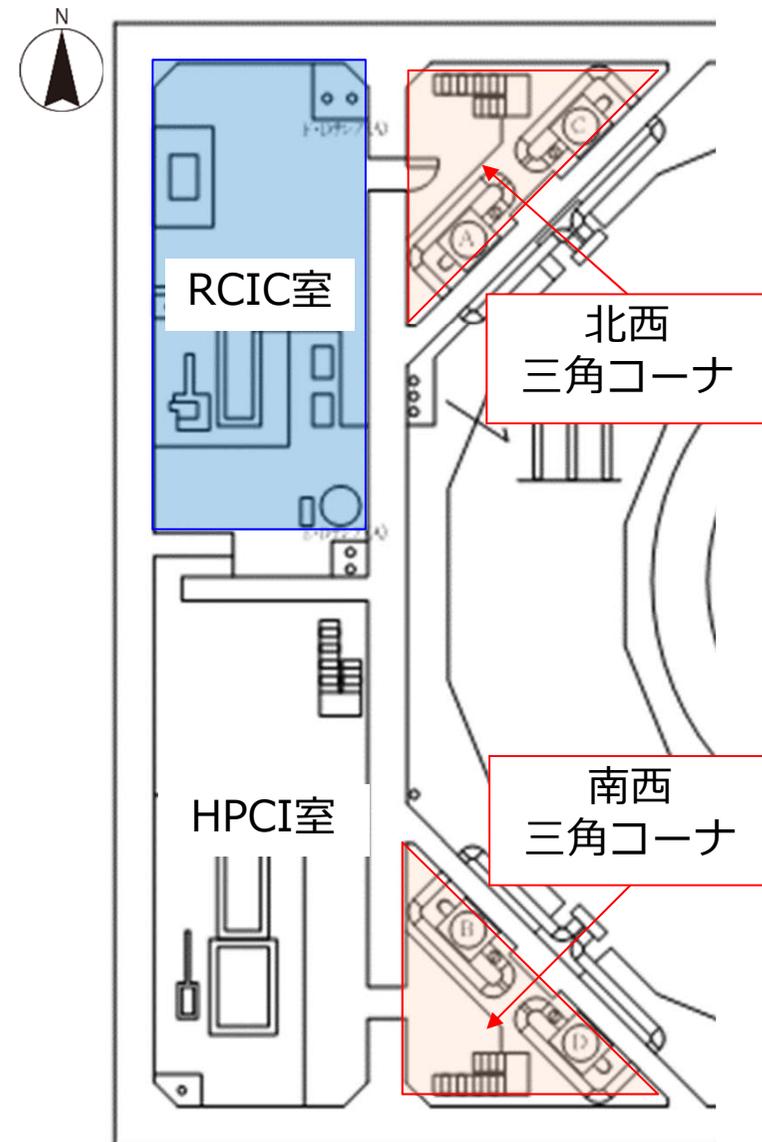
調査目的

- 今回は、将来的にRCICを含む地下1階設備を調査するための事前調査として、原子炉建屋地下1階へのアクセス方法検討に資する情報を取得することを目的とし、地下1階三角コーナの状況を確認する。

※RCIC：原子炉隔離時冷却系（Reactor Core Isolation Cooling system）。
通常の系統による原子炉への給水が出来なくなった時、原子炉の蒸気を駆動源とするポンプによって給水する系統。

2. 事前調査の概要

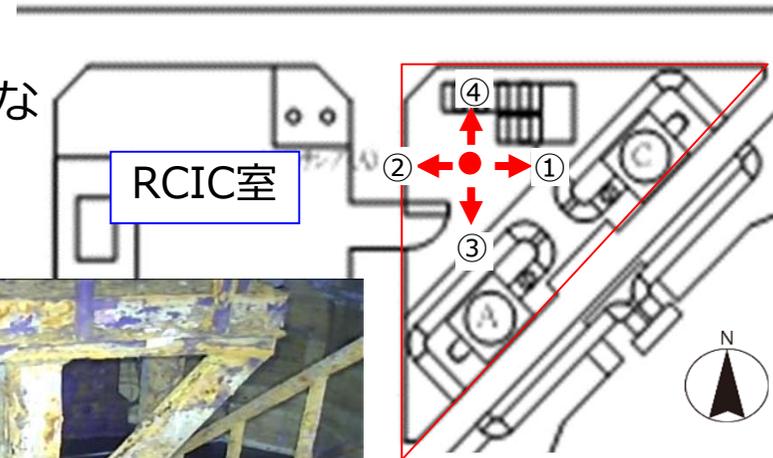
- 調査対象エリア
 - 2号機原子炉建屋地下1階
北西三角コーナ／南西三角コーナ
- 調査方法
 - 比較的線量が低いエリア（1階フロア等）から調査装置（カメラ、線量計）を吊り降ろし、三角コーナの状況確認（干渉物の有無等）および線量率調査を行う。
- 調査期間
 - 2022年12月～2023年1月（予定）



2号機原子炉建屋地下1階概略図

3. 確認結果；北西三角コーナ（1/3）

- 三角コーナ内の既設設備の状況を確認
 - ・ RCIC室へのアクセスの障害になるような機器の損傷がないことを確認



● : カメラ投入箇所
(2022年12月8日撮影)



①東 (RHRポンプ(C))



②西 (階段、空調設備)



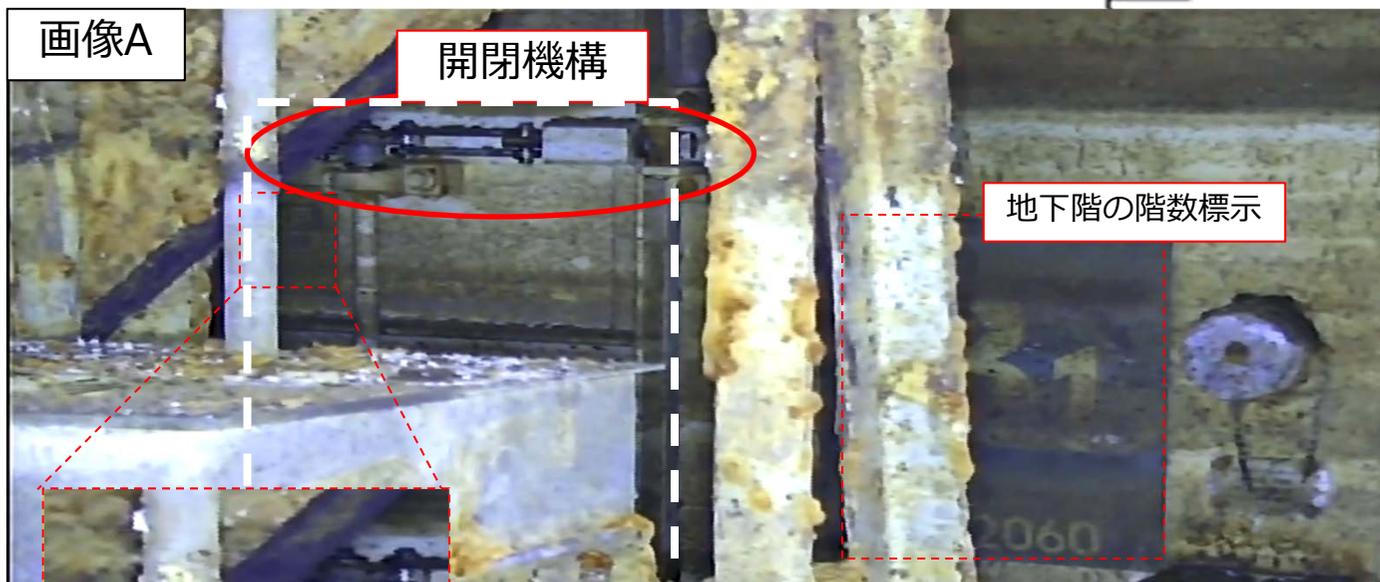
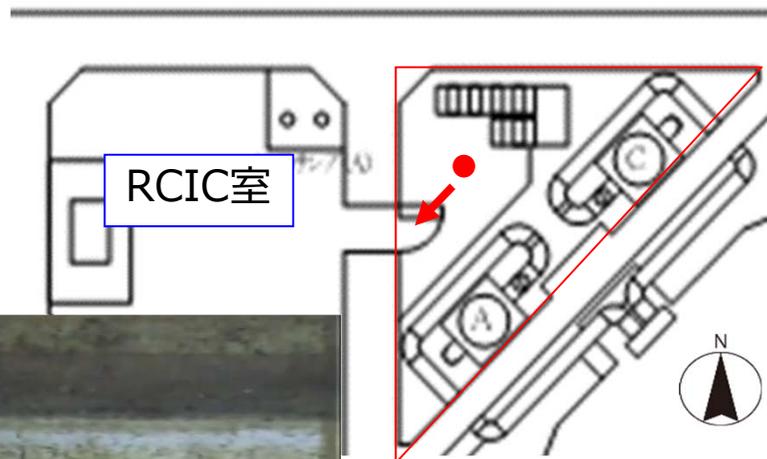
③南 (RHRポンプ(A))



④北 (オイルクーラー)

3. 確認結果；北西三角コーナ（2/3）

- RCIC室扉の状況を可能な範囲で確認
 - ・ 扉上部の開閉機構を確認（画像A）
 - ・ 扉開閉用のハンドルを確認（画像B）
 - RCIC室扉は閉状態であり、確認できた範囲では大きな損傷はないと推定



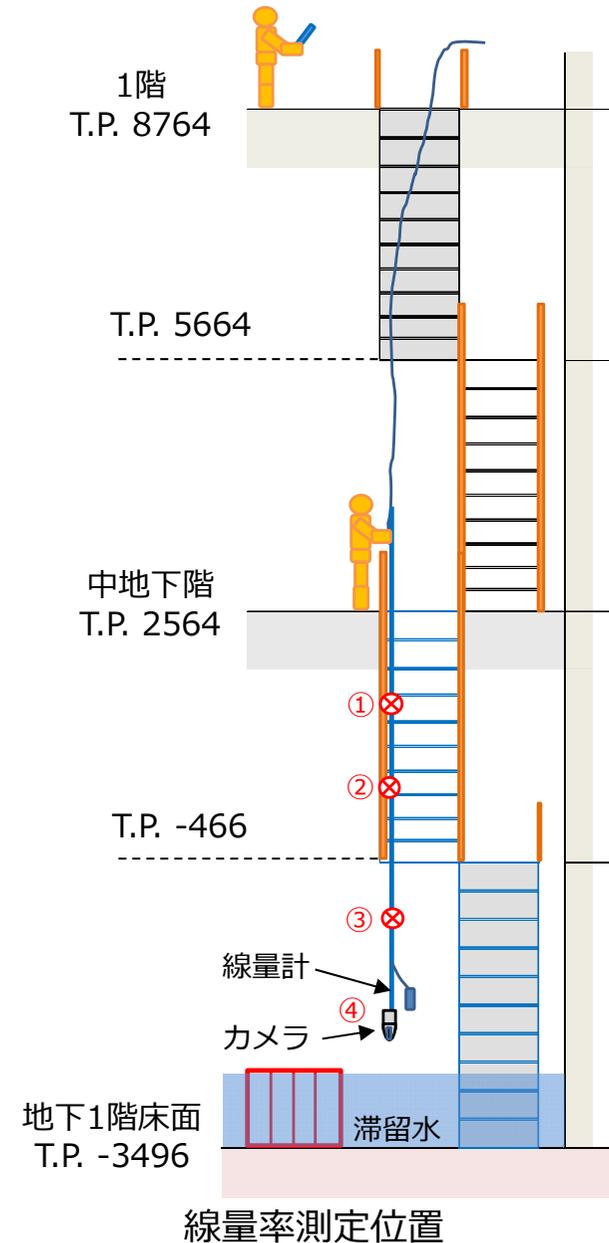
3. 確認結果；北西三角コーナ（3/3）

■ 中地下階近傍～地下1階の線量率測定を実施※

※12/9の測定結果を踏まえ、広範囲の線量計を用いて再度測定を実施

測定点	測定位置	空間線量率 [mSv/h]
①	地下1階床面から約5000mm	77
②	地下1階床面から約4000mm	225
③	地下1階床面から約2500mm	230
④	地下1階床面から約1600mm	205

測定日：2022年12月16日

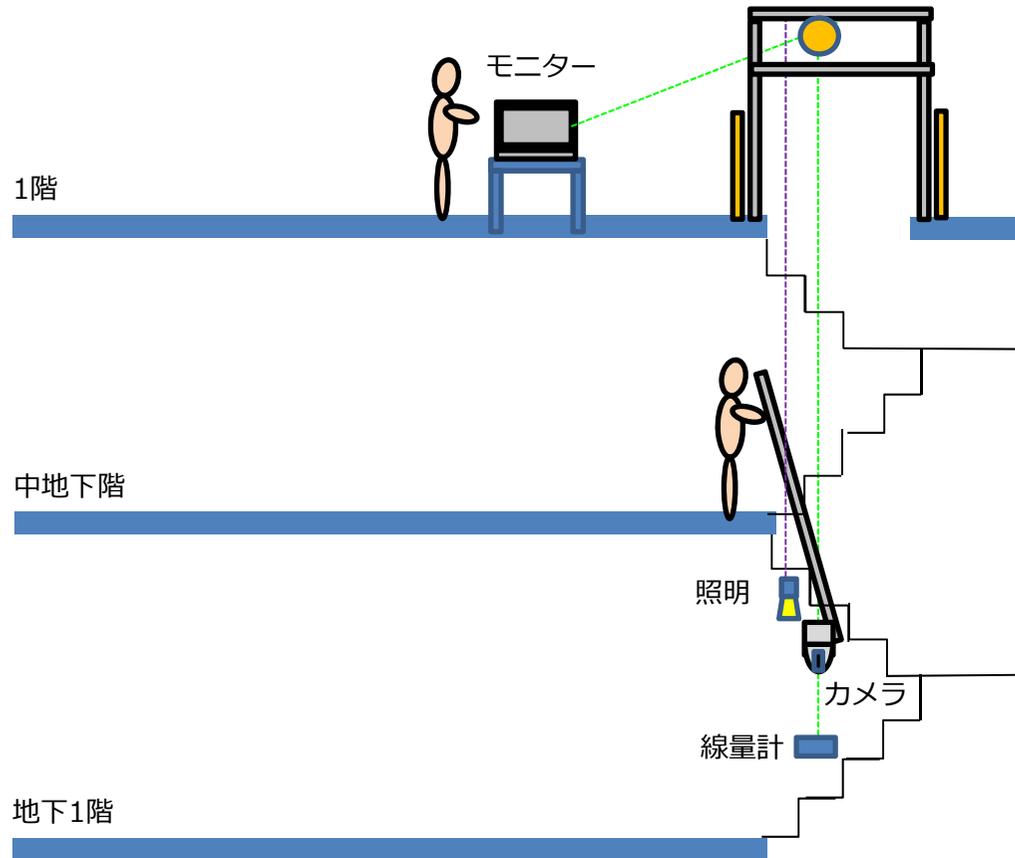


4. 調査工程

調査箇所	2022年12月			2023年1月			
北西三角コーナ	準備～調査～撤去 						
南西三角コーナ			準備～調査～撤去 				

▽：調査（状況により複数回実施）

(参考) 調査イメージ



1階 (階段室)



中地下階 (階段)



地下1階 (階段)

(参考) 調査装置の概要

■ 動画撮影装置



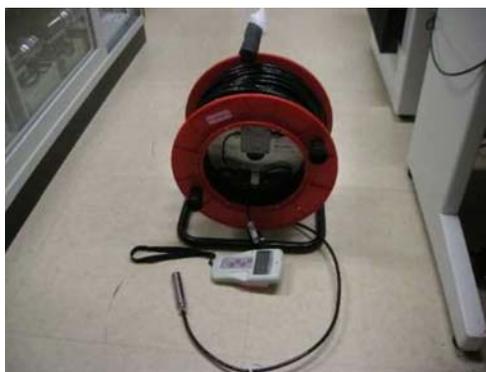
項目	仕様
サイズ	Φ90×273mm
重量	2.8kg
パン範囲	360° (連続)
チルト範囲	260° (±130°)

■ 線量率表示器 (2022年12月9日測定で使用)



項目	仕様
検出器種類	半導体検出器 (Si)
線量率表示範囲	0 ~ 99.99 mSv/h

■ 線量計 (2022年12月16日測定で使用)



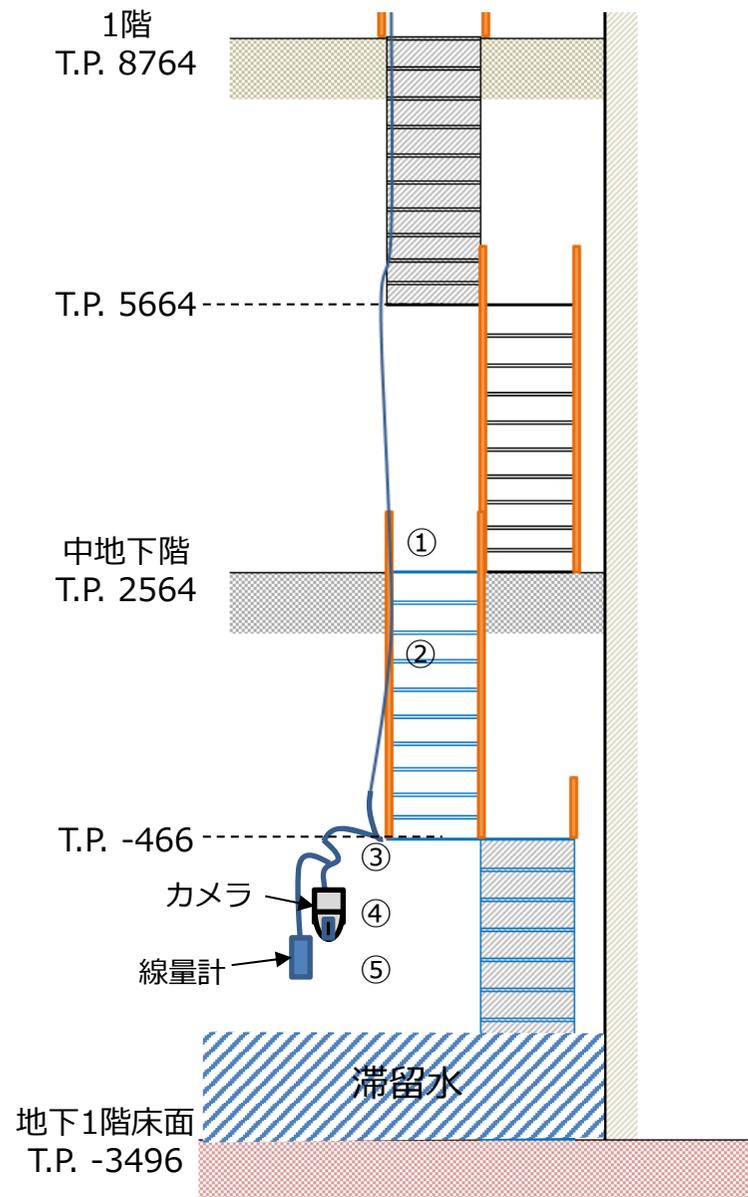
項目	仕様
検出器種類	半導体検出器 (Si)
線量率表示範囲	1 mSv/h ~ 1000 Sv/h

(参考) 北西三角コーナ線量率 (2022年12月9日測定)

■ 中地下階近傍～地下1階の線量率測定を実施

測定点	測定位置	空間線量率 [mSv/h]
①	中地下階床面	41.75
②	地下1階天井付近	73.77
③	地下1階床面から約2500mm	100以上
④	地下1階床面から約2000mm	100以上
⑤	地下1階床面から約1500mm	100以上

測定日：2022年12月9日



線量率測定位置

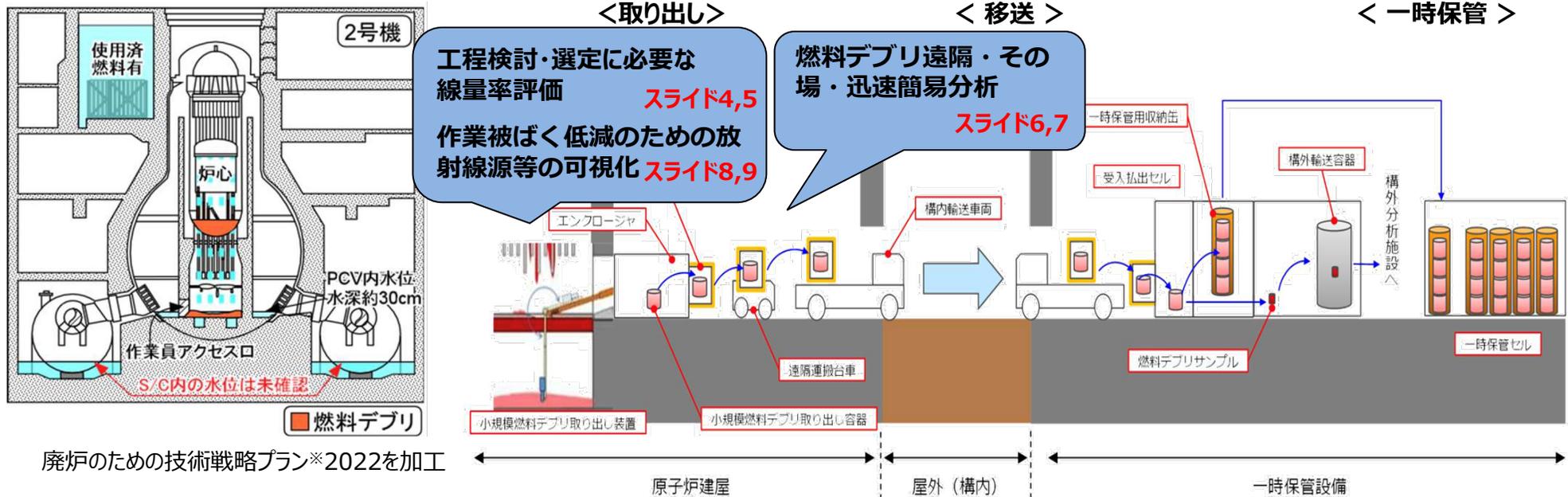
燃料デブリ取り出し工程の検討に向けた 線量測定・評価に関する最近の成果

2022年12月22日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門

- **燃料デブリの取り出し工法の検討**や取り出し装置の設置の検討においては、作業現場における**被ばくの低減**、装置類の放射線対策、放射線測定機器の選定などのため、原子炉の内外、原子炉建屋の内外の**様々な箇所の放射線を測定・評価できる技術・装置**が必要となる。
- また、**燃料デブリの取り出し作業**においては、燃料デブリ中に含まれる**ウラン等の核燃料物質の濃度**の幅が広く、合理的な取り出し作業や保管管理等の取り扱いを実現するためには、その濃度を**測定・評価できる技術・装置**が必要となる。
- このため、JAEAでは、最先端の技術・知見を駆使し、「**工法検討・選定に必要な線量率評価**」、「**燃料デブリ遠隔・その場・迅速簡易分析**」、「**作業被ばく低減のための放射線源等の可視化**」に向けた研究開発を実施してきたところ。
- ここでは、**2030年頃に期待される状況と成果の適用先**を号機毎に触れた上で、**研究成果の1F廃炉現場への適用状況や最近の成果等**について報告する。

状況：2号機の燃料デブリの取り出しが進み、燃料デブリ取扱の安全・リスク評価手法が確立されている。



安全・リスク評価上の主な課題

- 対象物質の性状や成分が未解明な状況
- 安全評価に必要なパラメータや反応特性が同定できてない状況

状況：非破壊測定技術を含む分析・評価手法が確立されている。

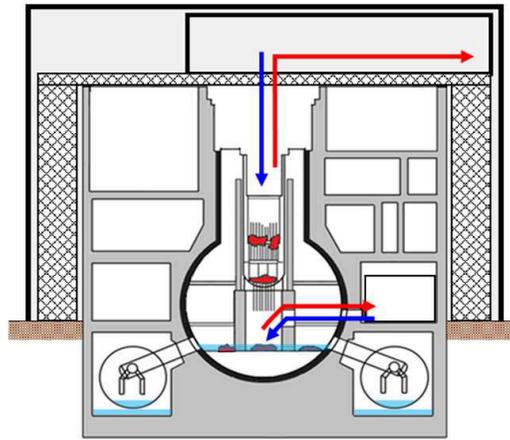
研究開発の主要な優先課題

- **PCV内部状態の推定**と燃料デブリの特性評価
- **取り出し・保管時の安全・リスク評価の手法の確立**
- **分析能力の向上と手法の標準化**
 - ✓ 分析設備の整備・アップグレード
 - ✓ **1F現場での迅速その場分析・非破壊測定技術の開発**



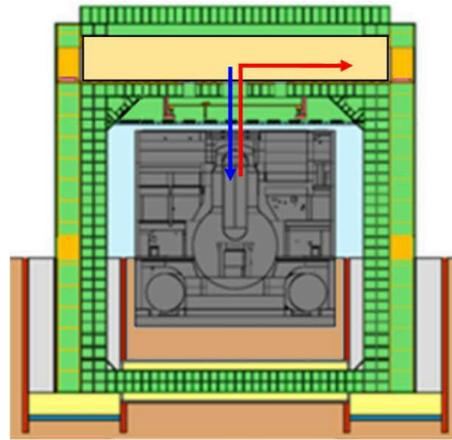
大熊分析・研究センター 第2棟 (建設準備中)

状況：取り出し規模の更なる拡大（3号機）の戦略・工法の検討・選択が進んでいる。



気中工法の一例

(上アクセスと横アクセスの組合せのイメージ図)



冠水工法の一例

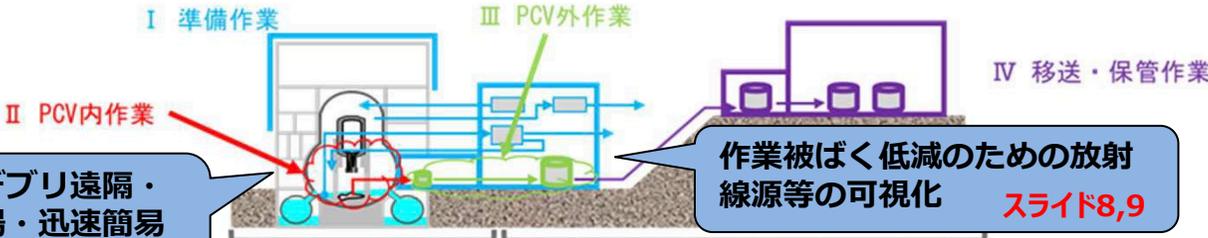
(船殻工法のイメージ図)

工程検討・選定に必要な
線量率評価 **スライド4,5**

安全・リスク評価上の主な課題

- 安全評価に必要なパラメータや反応特性が同定できてない状況
- 特殊な装置の性能や耐久性に関して、実際の過酷条件場での実証経験が少ないこと

状況：取り出し・移送・保管中の燃料デブリの安全・リスク評価手法が確立されている。



燃料デブリ遠隔・その場・迅速簡易分析 **スライド6,7**

作業被ばく低減のための放射線源等の可視化 **スライド8,9**

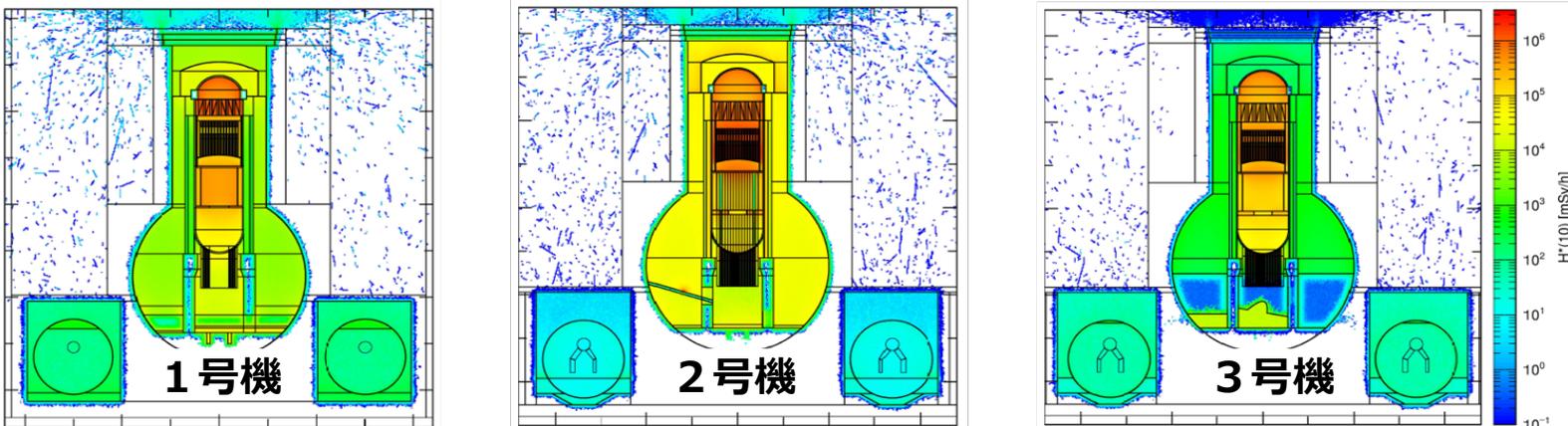
各作業フェーズのイメージ（プロセスの分割）

研究開発の主要な優先課題

- **PCV内部状態の推定**と燃料デブリの特性評価
- 燃料デブリ取り出しにおける安全・リスク評価手法の確立
 - ✓ **PCV内へのアクセス**
 - ✓ **線量率・被ばく線量の低減**

(これまでの成果)

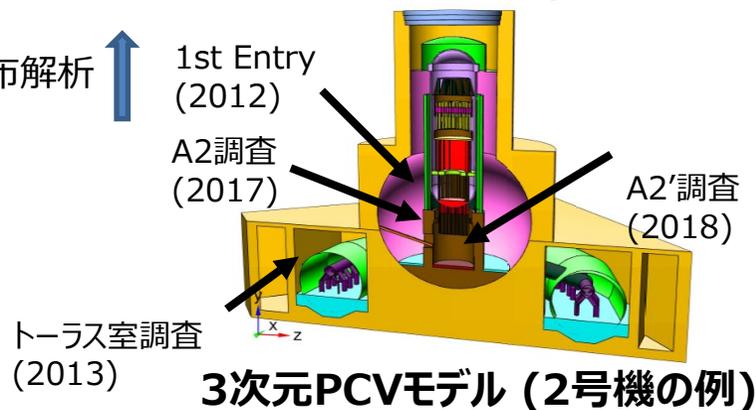
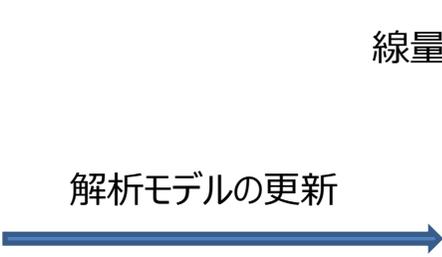
- 燃料デブリ取り出し工法や事前調査のアクセス検討に資するため、東京電力HDなどによる内部調査結果や事故進展解析等の断片的情報を基に、**原子炉格納容器内の線量率分布を評価、可視化。**
- 3号機について、今後の段階的な**水位の変更**に対応した**線量率分布の変化予測**も可能とした。
- 任意の場所の線量率を的確に把握**できるツールとして活用できるようにした。



放射線量分布の推定図 (原子炉容器内は100~1000Sv/h, 上側にセシウムが大量に存在)

フィードバック ↓

- ・事故進展解析
- ・燃烧・放射化計算
- ・燃料デブリ性状把握
- ・ミュオン測定
- ・カメラ映像
- ・放射線量率測定

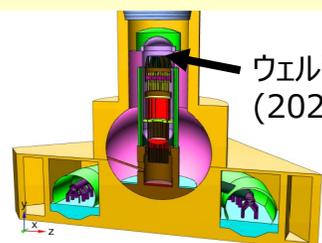


(課題) 上アクセス工法に係る原子炉上部の**線量率分布の評価結果には不確かさが残る。**

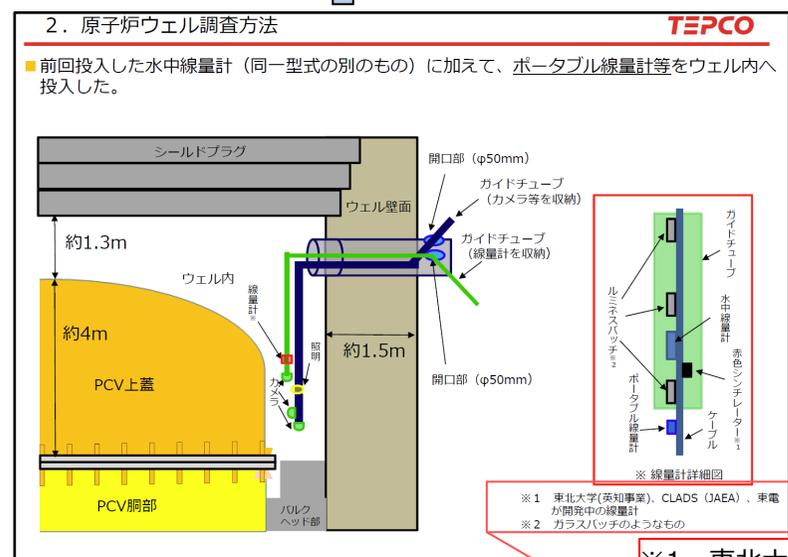
(最近の成果)

- 2号機の原子炉ウェル*1内調査（2021年5月）に先立ち、測定点の線量率をJAEAが開発した手法により評価し、線量率計（JAEA及び英知事業*2）の選定など、**作業計画立案に活用された。**
- 測定結果を基に線量率分布の推定図を更新し、**より精度が高い情報として活用できるようにした。**

解析モデルに反映

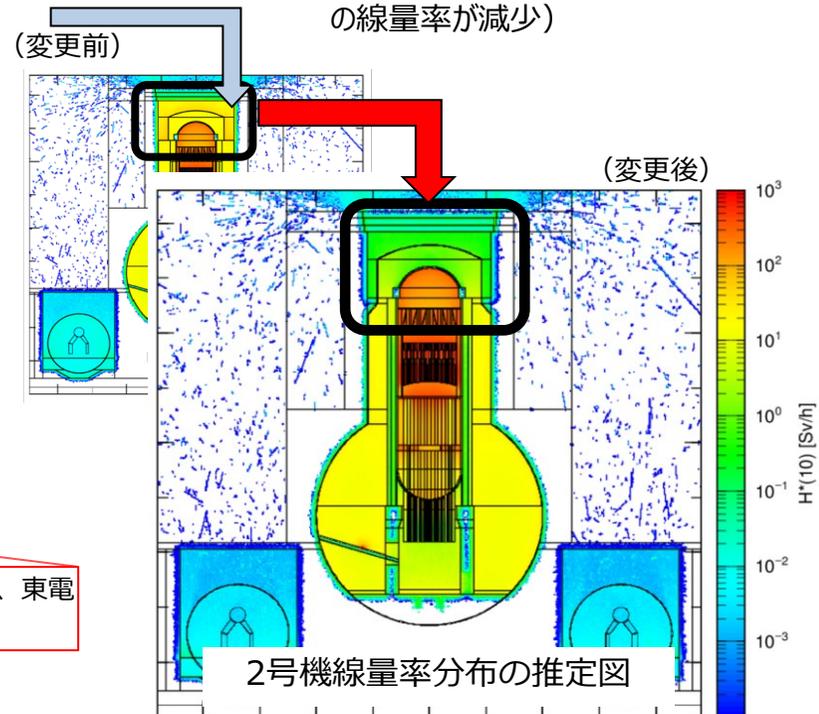


*1 原子炉上部にある原子炉格納容器とシールドプラグの間の空間
*2 「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」
評価結果を更新（当初の評価よりも原子炉ウェル内の線量率が減少）



※1 東北大学(英知事業)、CLADS (JAEA)、東電が開発中の線量計
※2 ガラスバッチのようなもの

※1 東北大学(英知事業)、CLADS(JAEA)、東電が開発中の線量計



2号機原子炉ウェル内調査*3

*3 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議 (第91回) (令和3年6月24日)

(今後の取り組み)

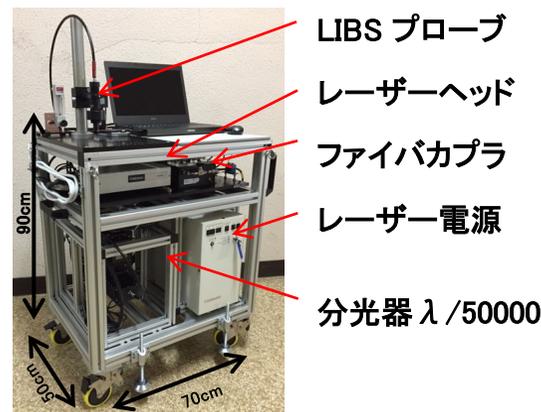
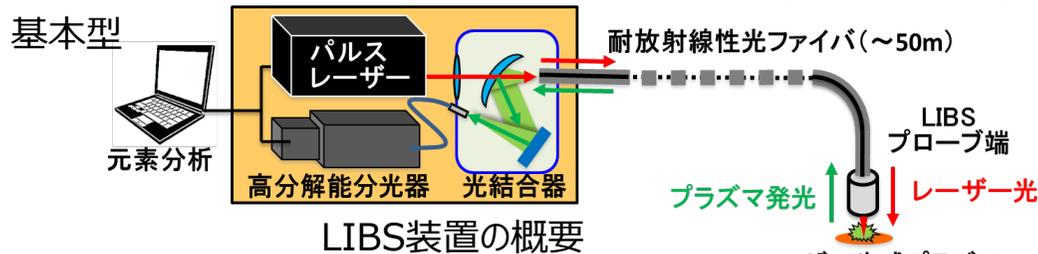
燃料デブリの**取り出し規模の拡大**に向け、内部調査等の事前検討や検証に活用すべく東電HDやIRID等と情報交換を随時行っている。また、試験的取り出し試料の分析結果を反映し、**線量率分布の予測精度の更なる向上**を図る。

(これまでの成果)

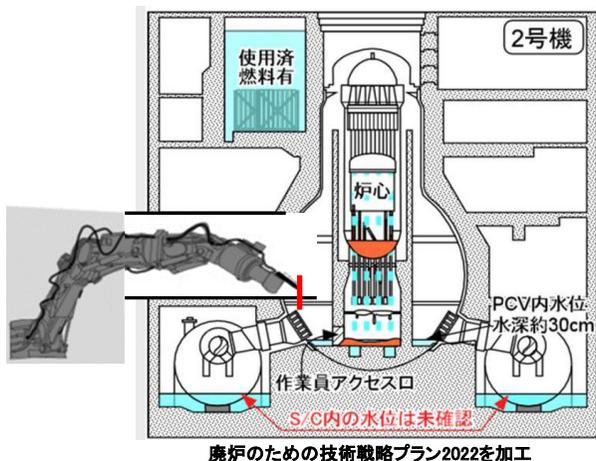
- 燃料デブリの取り出し、移送にあたってウランの有無を素早く把握するため、炉内あるいは比較的近い場所での「遠隔・その場・迅速簡易分析」に向け、レーザー誘起発光分析 (LIBS) 装置を開発した。
- 様々な燃料デブリ取り出し工法に対応できるように、可搬性、耐放射線性を有する。

原子炉内部に光ファイバーでレーザー光を導入し、LIBS手法によって遠隔で燃料デブリを探索

(例えると、胃カメラの先に分析機が付いていてその場で情報がわかる手法)



炉内その場分析への適用

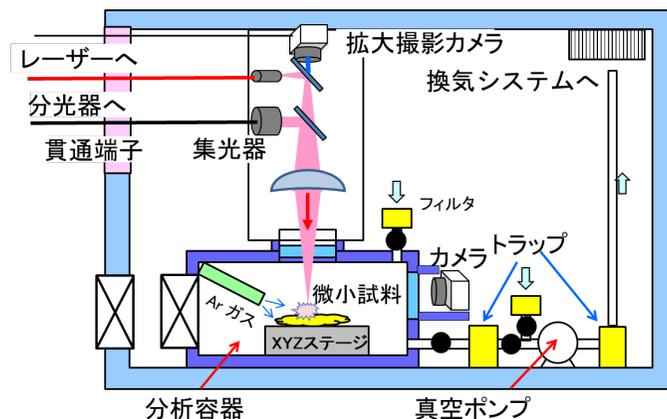


Φ 18 × L90



基本型の活用

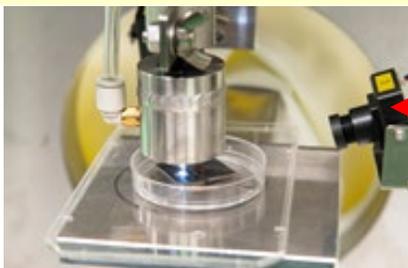
ホットセル内その場分析への適用



(課題) 測定試料へのレーザー照射による汚染の拡散など、現場での適用性に課題。

(最近の成果)

- 燃料デブリの遠隔・その場・迅速簡易分析に先立ち現場適用性を確認するため、2号機原子炉ウェル内調査で採取された放射性物質試料（換気ダクト片）を分析した。
- レーザーの照射により発生した微粒子（ヒューム）による**汚染拡散がないことを確認するとともに、廃炉現場に持ち込み簡便に使用できることが確認できた。**



レーザー照射部（微粒子吸引ノズル付き）

可搬・遠隔操作型分析容器（浜通り企業製）

放射性試料遠隔取扱い室

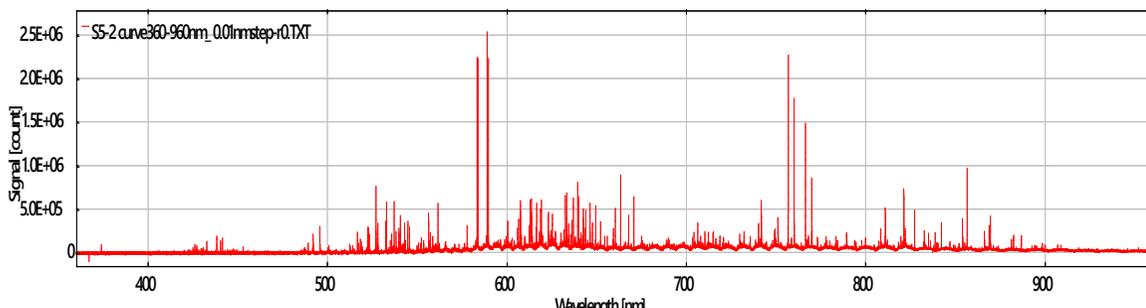
1 F現場に搬入



可搬型LIBSによる試料の測定風景



サンプルを分析



LIBSによる放射性物質試料の測定結果（～20mSv/h）
（鉄を主成分として、Na, Ka, Li, Cs, などが観察された。）

3-1. 原子炉キャビティ差圧調整ライン（西側）調査（サンプル採取） **TEPCO**



2号機原子炉ウェル内調査*

* 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第90回）

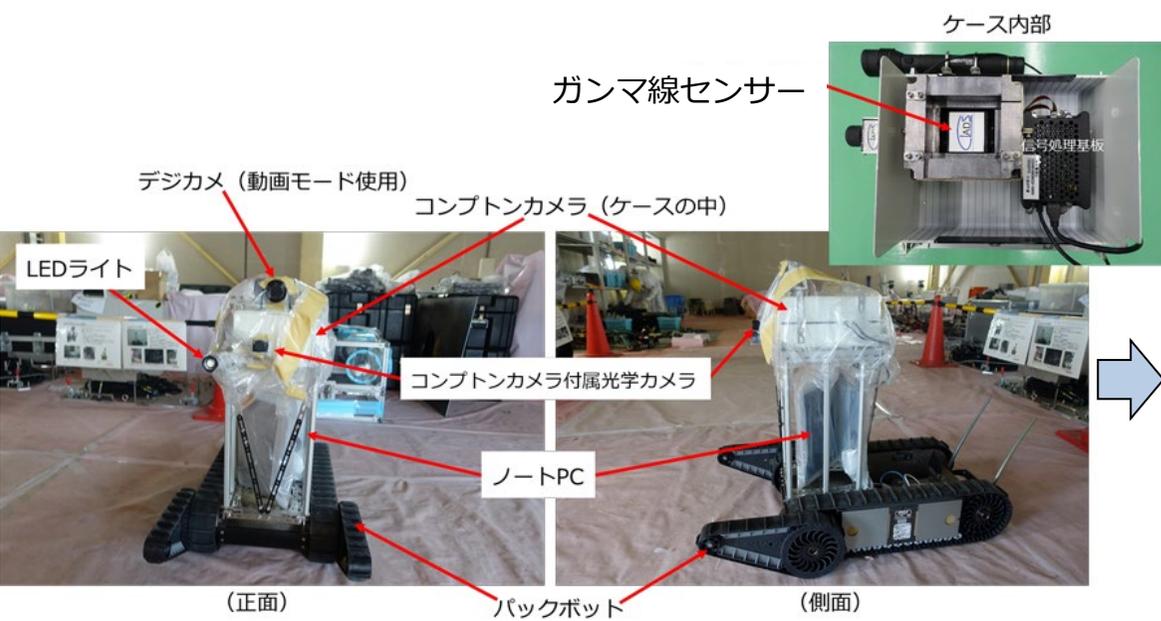
(今後の取り組み)

引き続き、燃料デブリの**取り出し規模の拡大**に向け、**耐放射線性、小型軽量化**などの操作性、信頼性の向上（燃料デブリと廃棄物との分別など）を図る。

（令和3年度開始廃炉・汚染水対策事業において、1 F現場での適用に向けた機器開発、試験を実施中）

(これまでの成果)

- 燃料デブリ取り出し工法の検討や装置の設置における**現場の放射線状況の把握**に向け、「**統合型放射線イメージングシステム (iRIS、アイリス)**」を開発した。
- コンプトンカメラ (放射線可視化カメラの一種)、3D-LiDAR (レーザー光を用いた距離測定センサ) 及びサーベイメータを組み合わせることで、**放射線情報を可視化した3次元環境マップ**を描画する。



iRISをロボットに搭載し、1F建屋内を遠隔で測定



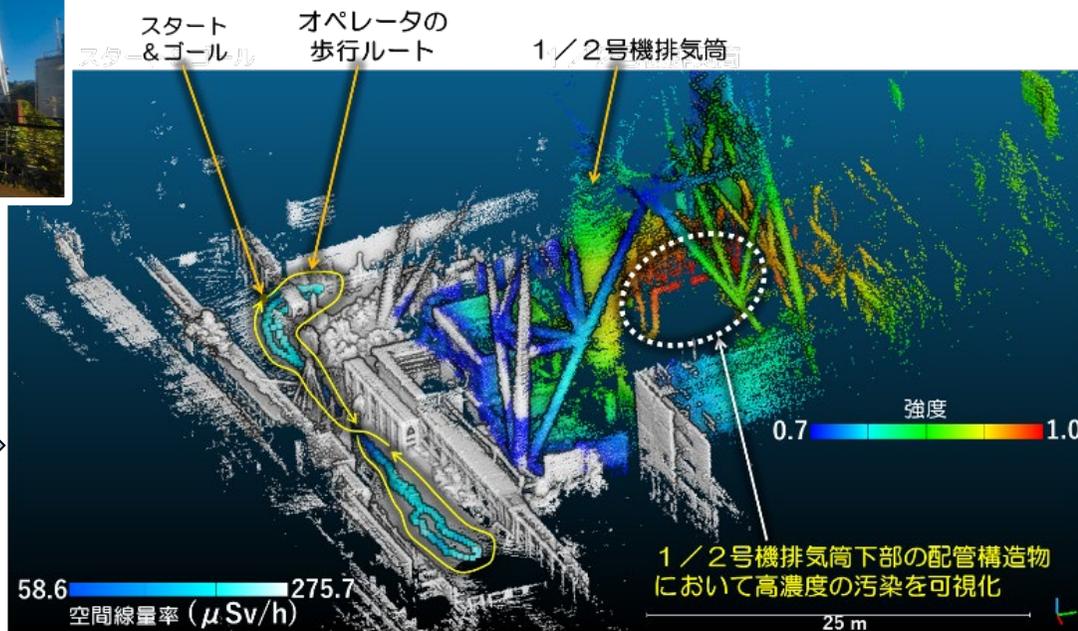
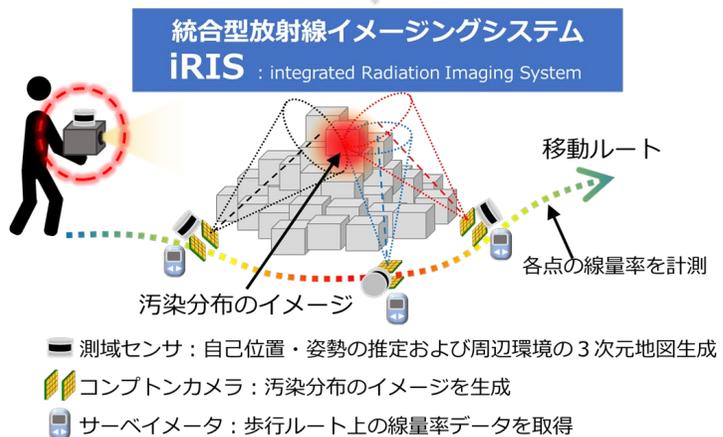
測定結果 (2018年3月)

1号機原子炉建屋入口付近を3次元モデル化し、**高線量率箇所を可視化**した。

(課題) 空間モデルは3次元化されていたが、**線源情報は平面 (疑似3次元)**にとどまっていた。

(最近の成果)

- 高濃度汚染箇所へ近づくことなく、**移動しながら短時間（5分未満）**に、1/2号機排気筒下部の**放射線源**や歩行ルート上の**線量率分布**を3次元に可視化した。
- 建屋内外で放射線情報を可視化し、**除染・線量低減**や**廃炉戦略**を検討・策定するための**有用なデータ・情報を整備**していくことが可能とわかった。



1/2号機排気筒付近の測定結果（2021年）

(今後の取り組み)

燃料デブリの**取り出し規模の拡大**に向け、建屋内外の様々な箇所において遠隔にて放射線源の分布測定を可能とするため、東電HDとの共同研究のもと、**高放射線線量率場での利用**ならびに**ロボットへの搭載性能**など現場での適用性向上とともに、**ガンマ線以外の放射線の可視化**を目指している。

- 「**工法検討・選定に必要な線量率評価**」については、2号機の原子炉ウェル内調査の**作業計画立案に活用**された。その結果、**より精度高く評価**できるようになった。
- 「**燃料デブリ遠隔・その場・迅速簡易分析**」については、レーザーの照射による**汚染拡散がなく、現場で使用**できた。その結果、**燃料デブリの迅速簡易分析の実現に向け見通し**を得ることができた。
- 「**作業被ばく低減のための放射線源等の可視化**」については、移動しながら**短時間**に**線量率分布や高濃度汚染箇所を3次元に可視化**した。その結果、**線量低減や廃炉戦略検討に有用なデータ・情報を整備**していくことが可能とわかった。
- 今後も、1F廃炉を安全に、かつ、確実に実現するため、**2号機から取り出される燃料デブリの分析**や、**3号機の工法検討・選択**など、**新たなニーズに柔軟に対応**した研究開発を行い、放射線源等の可視化の高度化により被ばく量の低減など**リスク低減に貢献**するとともに、分析技術の高度化により、**迅速性、合理性の向上**に貢献する。