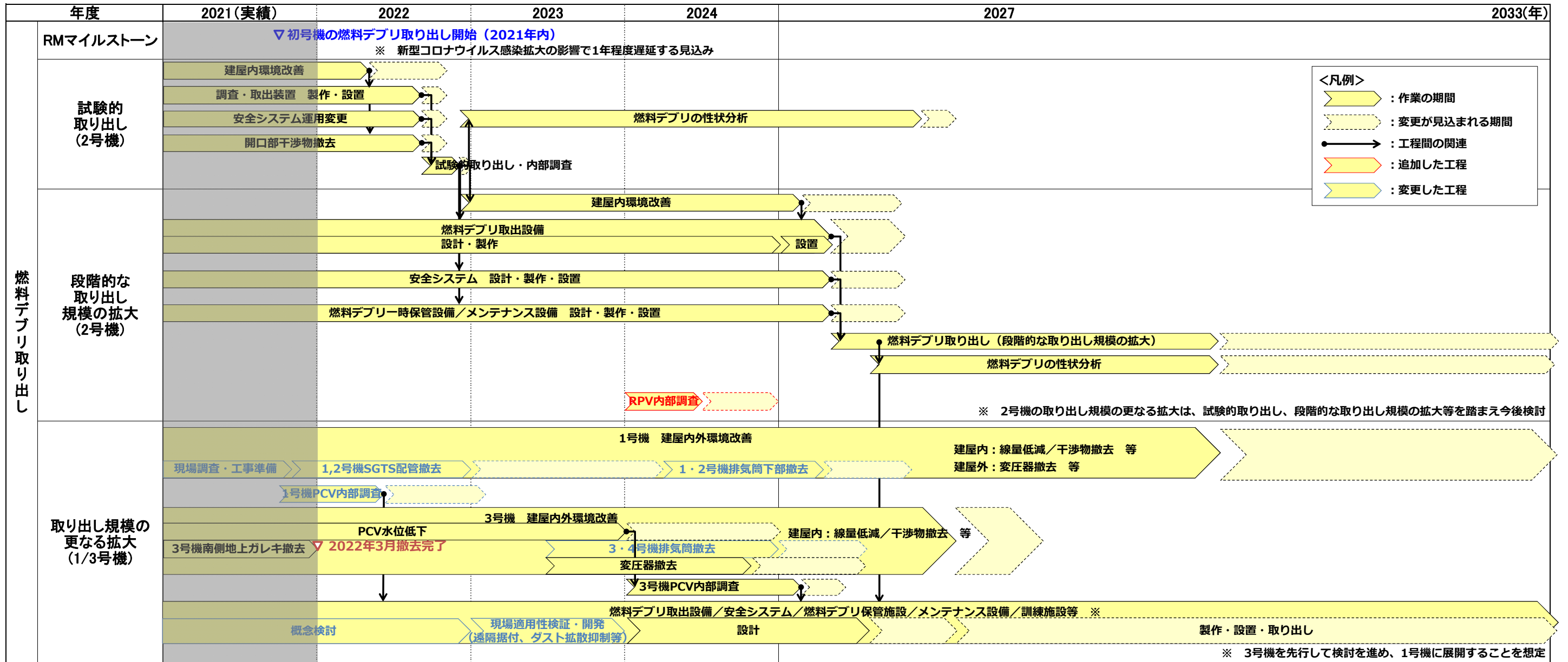


燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野名	廃炉中長期実行プラン2022 目標工程	活り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月以降	備考		
燃料デブリ取り出し準備	原子炉建屋内の環境改善	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)	現場作業	2階線量低減に向けた準備作業		最新工程反映					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'22/2月下旬 ・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)	現場作業				2階北側エリア除染					建屋内環境改善 ・R/B大物搬入口2階高へい設置 '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'23/4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)	検討・設計 現場作業		1階北東南東エリア除染	最新工程反映							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 ・北側エリア仮設遮へい設置'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~'23/2/22
	格納容器内水循環システムの構築	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	現場作業	圧力抑制室内包水のサンプリング							最新工程反映	圧力抑制室内包水のサンプリング ・原子炉冷却材浄化系逆止弁開放(モックアップ '22/11月1日~) ・圧力抑制室各部確認、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	現場作業										
			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品質改善(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品質改善(継続)	現場作業			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) 一補正申請('21/7/14) 一認可('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 品質改善開始 '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)	検討・設計									(継続実施)	
				(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)	検討・設計										(継続実施)
				(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)	現場作業	PCV内部調査		1/2号機SGTS配管撤去(残り分)							OPCV内部調査 PCV内部調査に係る実施計画変更申請('18/7/25) 一補正申請('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ガイドリンク取付'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 ・ROV-E調査(1回目)'23/1/31~'23/2/1 ・ROV-E調査(2回目)'23/2/10~'23/2/11 ○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('21/8/26) 【主要工程】 ・1/2号機SGTS配管切断部ガスト飛散対策(ウレタン注 入)'21/9/8~'21/9/26 ・1/2号機SGTS配管切断'22/5/23~'23/5月中旬 ・1/2号機SGTS配管切断(残り分)M/U'23/1/29~
燃料デブリの取り出し	燃料デブリの取り出し	4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)	検討・設計	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)								試験的取り出し作業(内部調査・デブリ採取)の着手 としては2023年度後半半自費に実施する計画。 ・PCV内部調査装置投入に向けた作業'20/10/20~ '20/10/30 ・X-6ヘネ内堆積物調査(接触調査)'20/10/28、3D スキャン調査'20/10/30 ・常設監視計器取外し'20/11/10~ ・X-53ヘネ調査'21/6/29 ・X-53ヘネ孔径拡大作業'21/9/13~'21/10/14 ・隔離部屋設置作業'21/11/15~		
			(実績) (予定)	現場作業	PCV内部調査 PCV内部調査装置投入に向けた作業									時期調査中	

分野名	実施計画	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定	スケジュール												備考		
				1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月以降							
廃炉中長期実行プラン2022 目標工程	R/PV/PCV健全性維持	圧力容器 /格納容器の 健全性維持	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○腐食抑制対策 <ul style="list-style-type: none"> ・窒素ハプリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施 <p>(継続)</p> <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○腐食抑制対策 <ul style="list-style-type: none"> ・窒素ハプリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施 <p>(継続)</p>	検討・設計														
			現場作業	腐食抑制対策（窒素ハプリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減）														(継続実施)
燃料デブリ取り出し準備	炉心状況把握	炉心状況把握	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○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) <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○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 	検討・設計													(継続実施)	
			現場作業	事故関連factデータベースの更新													(継続実施)	
			<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○2号機原子炉建屋内調査（地下階三角コーナの状況確認） <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○3号機MS1V室内調査（MS配管周辺の状況確認） 	現場作業													○原子炉建屋内調査（地下階三角コーナの状況確認） 22/12/2～23/1/11（片付け含む） ○3号機MS1V室内調査（MS配管周辺の状況確認） 23/3/上旬	
		最新工程反映	3号機MS1V室内調査															
	取出後の燃料デブリ処分 ・処分方法の決定に向けた取り組み	燃料デブリ性状把握	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○【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 <ul style="list-style-type: none"> ・燃料デブリ性状の分析に必要な技術開発等 (継続) <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○【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 <ul style="list-style-type: none"> ・燃料デブリ性状の分析に必要な技術開発等 (継続) 	検討・設計													(継続実施)	
現場作業			【研究開発】燃料デブリの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	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○【研究開発】臨界管理方法の確立に関する技術開発 <ul style="list-style-type: none"> ・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) <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○【研究開発】臨界管理方法の確立に関する技術開発 <ul style="list-style-type: none"> ・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) 	検討・設計													(継続実施)	
現場作業			【研究開発】「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」の一部として実施 ・未臨界度測定・臨界近接監視のための技術開発 ・臨界防止技術の開発													(継続実施)		
	燃料デブリ収納・移送・保管 技術の開発	燃料デブリ収納・移送・保管 技術の開発	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 <ul style="list-style-type: none"> 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) <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 <ul style="list-style-type: none"> 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) 	検討・設計													(継続実施)	
現場作業			【研究開発】粉状、スラリー・スラッジ状の燃料デブリ対応 (粉状及びスラリー・スラッジの調査、分析等) 【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 (乾燥技術/システムの開発)													(継続実施)		



<凡例>

- : 作業の期間
- : 変更が見込まれる期間
- : 工程間の関連
- : 追加した工程
- : 変更した工程

1号機 PCV内部調査（後半）について

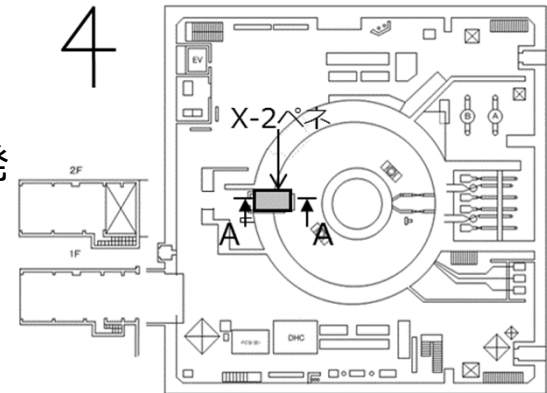
2023年2月22日

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

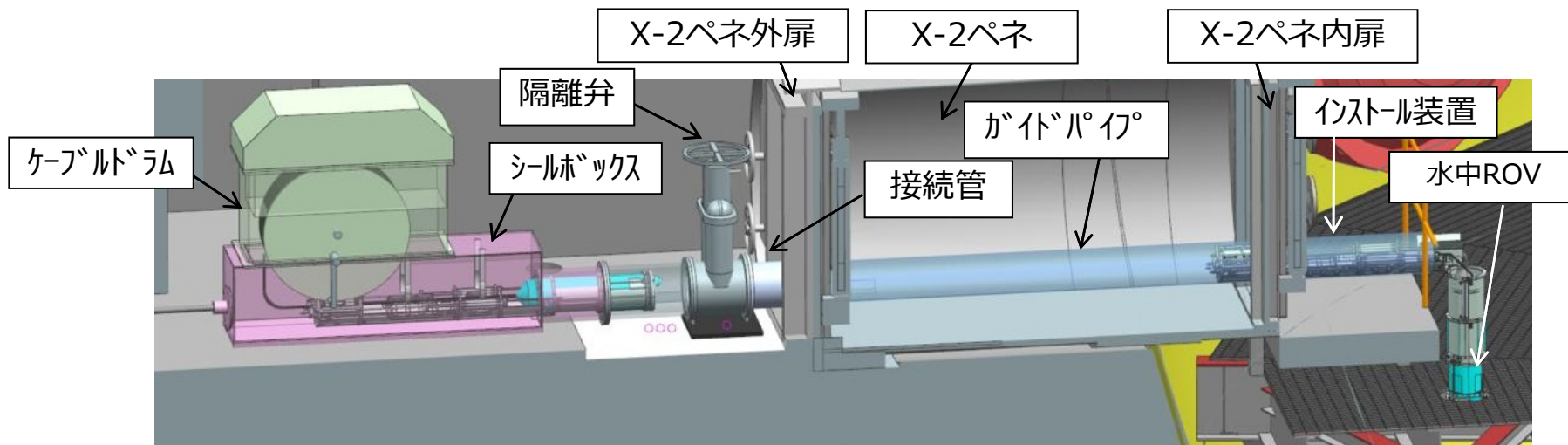
1. 1号機PCV内部調査の概要

- 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

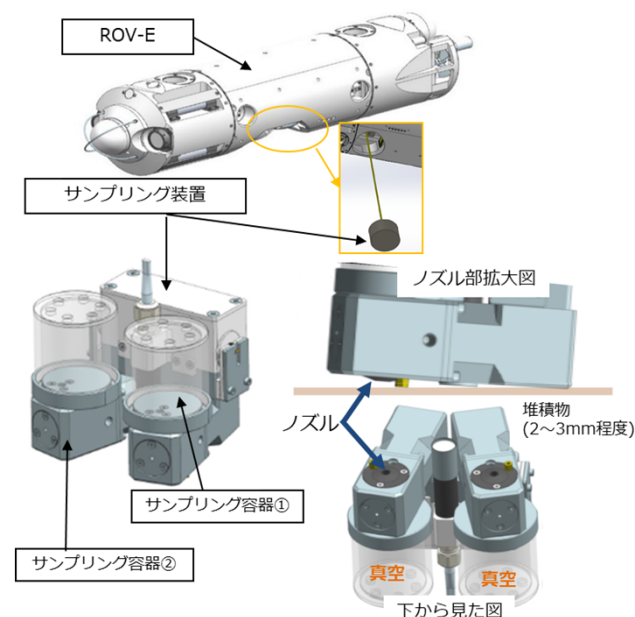
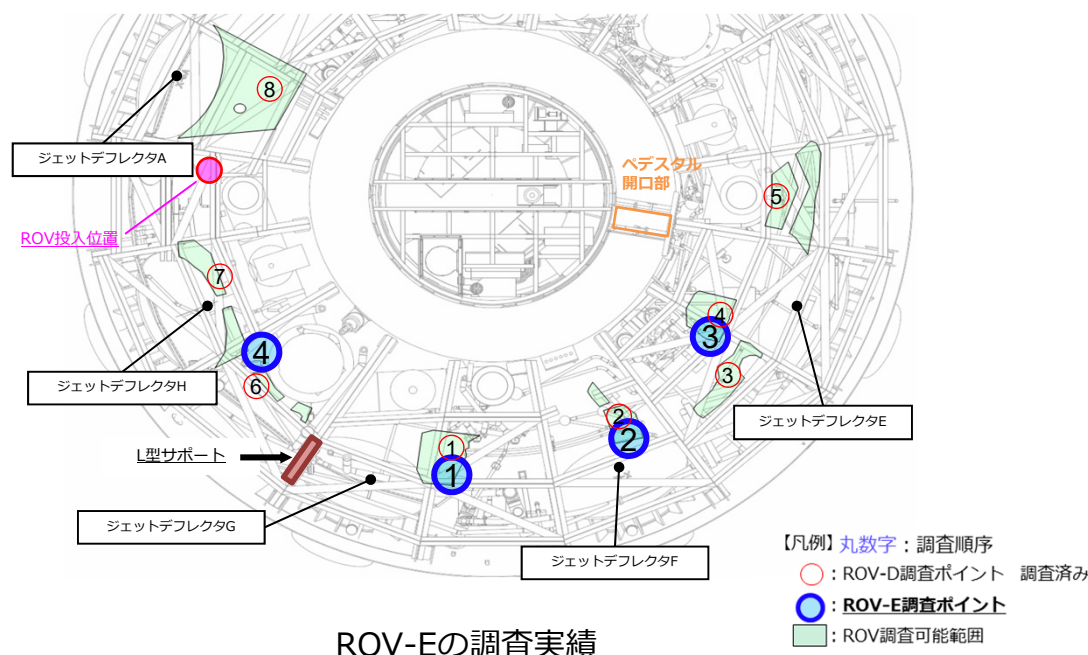
前半調査 (調査済)	① ROV-A	事前対策となるガイドリング取付
	② ROV-A2	ペDESTAL外の詳細目視
	③ ROV-C	堆積物厚さ測定
後半調査	④ ROV-D	堆積物デブリ検知・評価
	⑤ ROV-E	堆積物サンプリング
	⑥ ROV-B	堆積物3Dマッピング
	⑦ ROV-A2	ペDESTAL内部、壁部の詳細目視



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

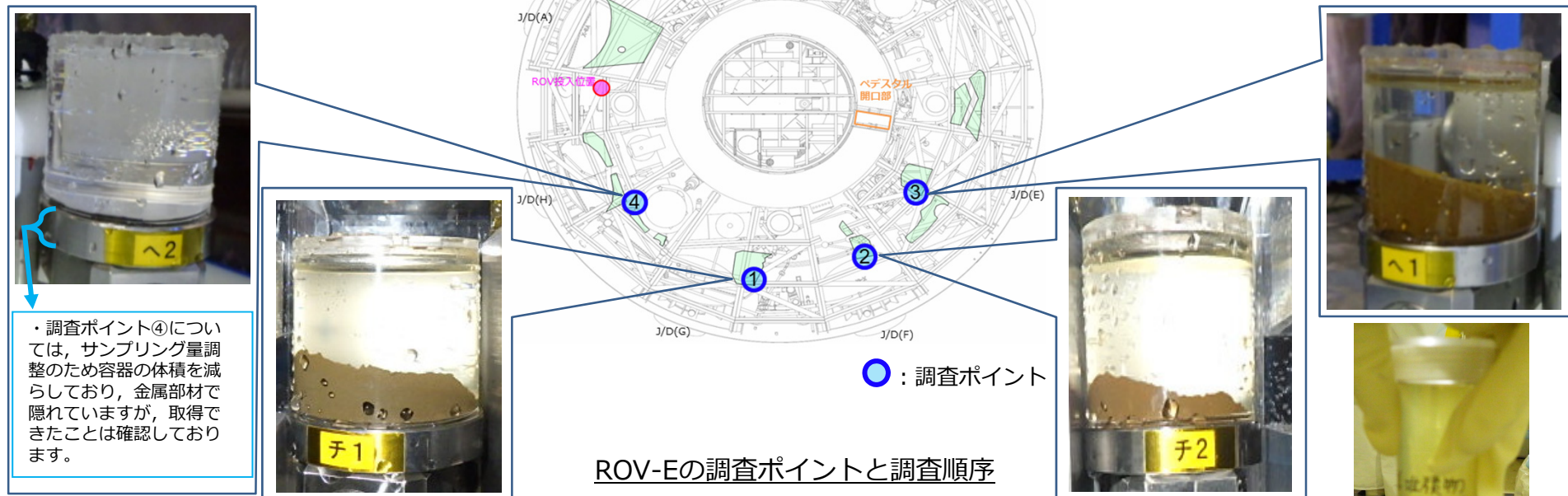
2. PCV内部調査の状況

- ROV-Eによる堆積物サンプリングについては、1月12日に発生した調査中断事象の対策として、1月31日に再現性確認を実施。事象の再現がないことから、原因は異物の噛み込みによる一過性のものと判断
- その後調査を再開し、2月1日にかけて計画した1回目の調査を完了したことから、同日にROV-Eのアンインストールを実施
- 続く2回目の調査については、2月10日、11日にかけて計画した箇所調査を完了したことから、11日にROV-Eのアンインストールを実施
- 計画通り4箇所からの堆積物サンプルを取得。取得したサンプルは構外分析機関への輸送を計画しており、PCV内部調査後にグローブボックスでの分取作業を予定
- 現在はROV-Bによる堆積物3Dマッピングに向けた装置の搬入・動作確認などを実施中

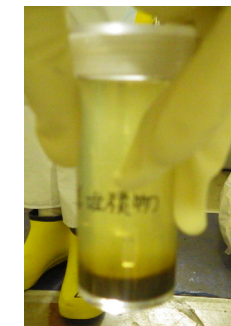


3. ROV-Eサンプリング容器線量測定実績

- ROV-E調査で取得した堆積物のサンプリング容器表面の線量測定を実施
- γ 線線量率については、今後のグローブボックスによる分取作業に影響を及ぼす値ではなかった
※グローブボックスでの分取作業における最大表面線量：150mSv/h未満
- 堆積物の外観は、2017年に取得した堆積物のサンプルと類似していた
- 堆積物の量については必要な量を取得できたと考えており、構外での詳細分析は可能と判断
- サンプルはグローブボックスでの分取作業後、構外分析機関への輸送を計画しており、調査結果の評価には1年程度を計画



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



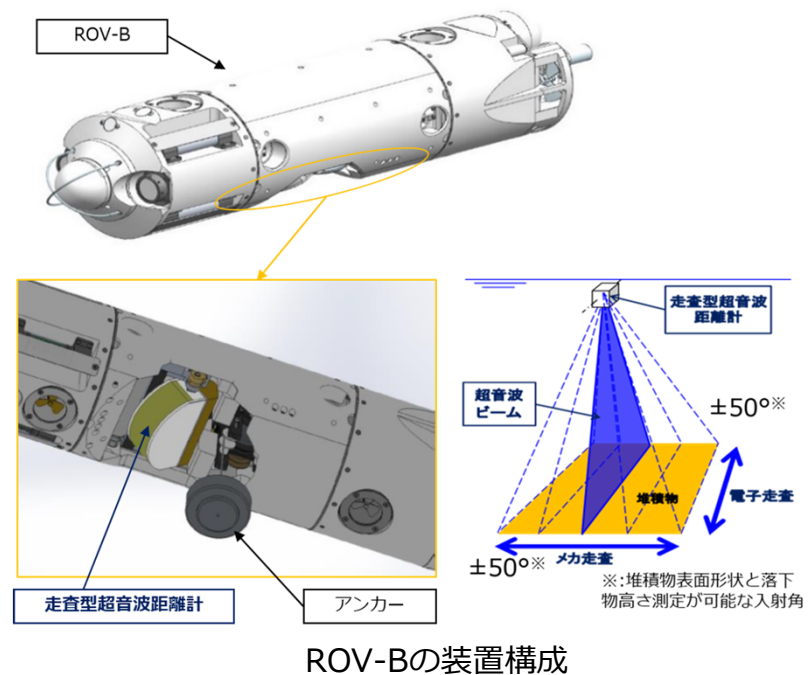
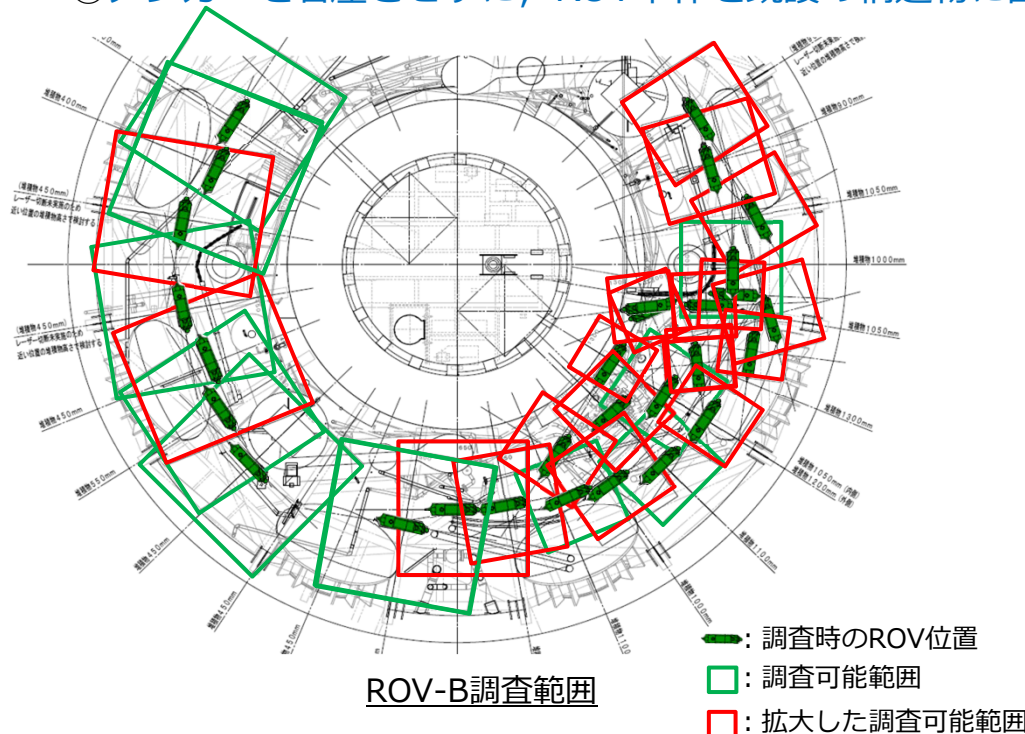
2017年4月6日
サンプリング結果
(上澄み液除去前)
【表面線量】
 γ 線：9mSv/h

4. ROV-B (堆積物 3Dマッピング) 調査計画

- ROV-Bによる堆積物3Dマッピングについては、ペDESTアル外周の広い範囲を対象とし、点群データを取得することで、堆積物の高さ分布を確認することを計画
- トレーニング期間において、調査可能な条件の追加について検証し、調査範囲の拡大について見通しを得ている
- ただし、現地の状況（ケーブルの撚りや水流の影響）により、調査範囲が制限される可能性は残るが、可能な限り広範囲を調査する

【ROV-Bで調査可能な条件】

- ① ROVがPCV水面に浮上可能であること
- ② ROVに搭載されるアンカーの吊り降ろしが可能であること
- ③ アンカーを着座させずに、ROV本体を既設の構造物に固定できること（検証により追加）



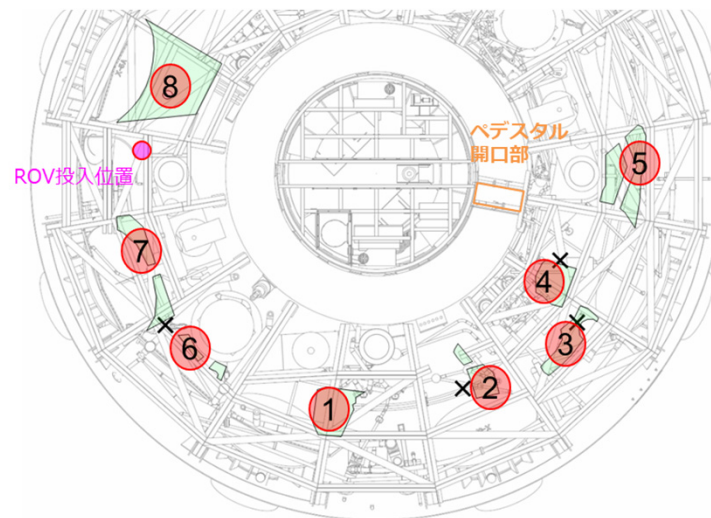
5. ROV-D（堆積物デブリ検知） 評価結果

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

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

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

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



ROV-Dの調査ポイントと調査順序

【凡例】 丸数字：調査順序

●：ROV-D調査ポイント

■：ROV調査可能範囲

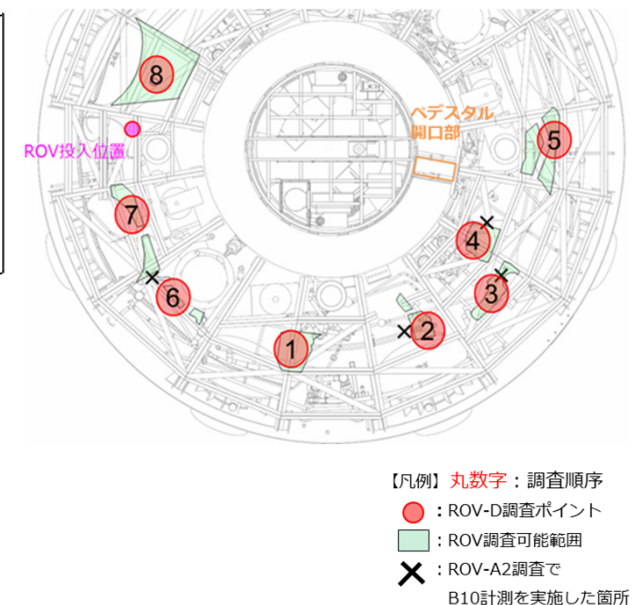
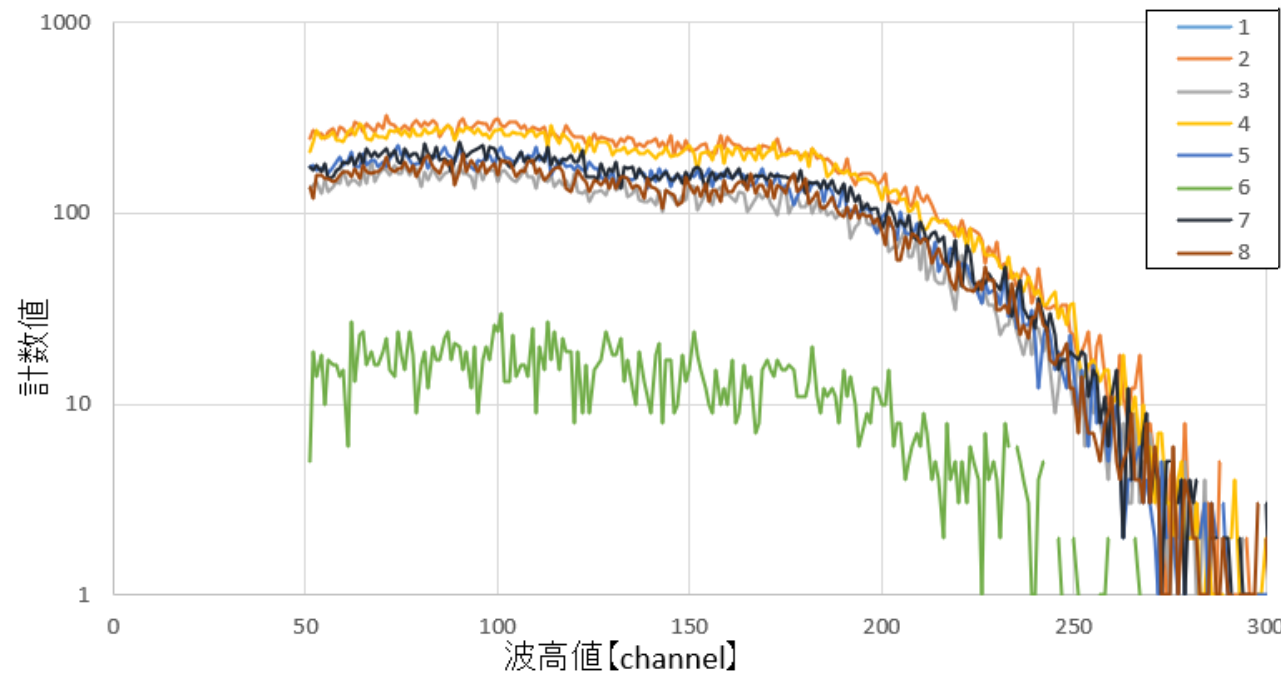
✕：ROV-A2調査で

B10計測を実施した箇所

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

6. ROV-D（堆積物デブリ検知）熱中性子束測定結果

- 全ての調査ポイントにおいて、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
- 測定結果から、ペDESTAL開口部からの距離と堆積物の高さとの相関は確認されなかった
- 調査ポイント⑥の熱中性子束は、他の調査ポイントより一桁小さい値を検出



ROV-Dの調査ポイントと調査順序

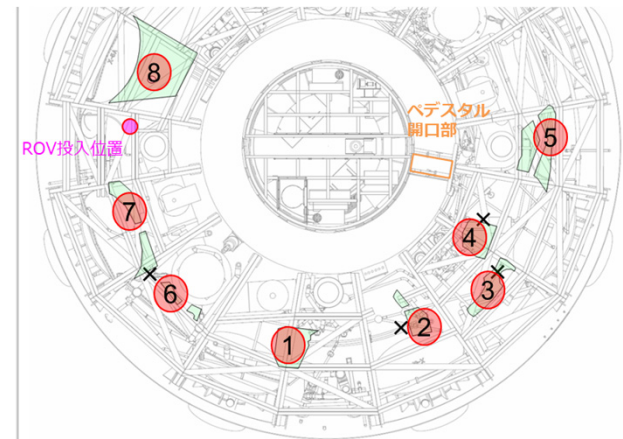
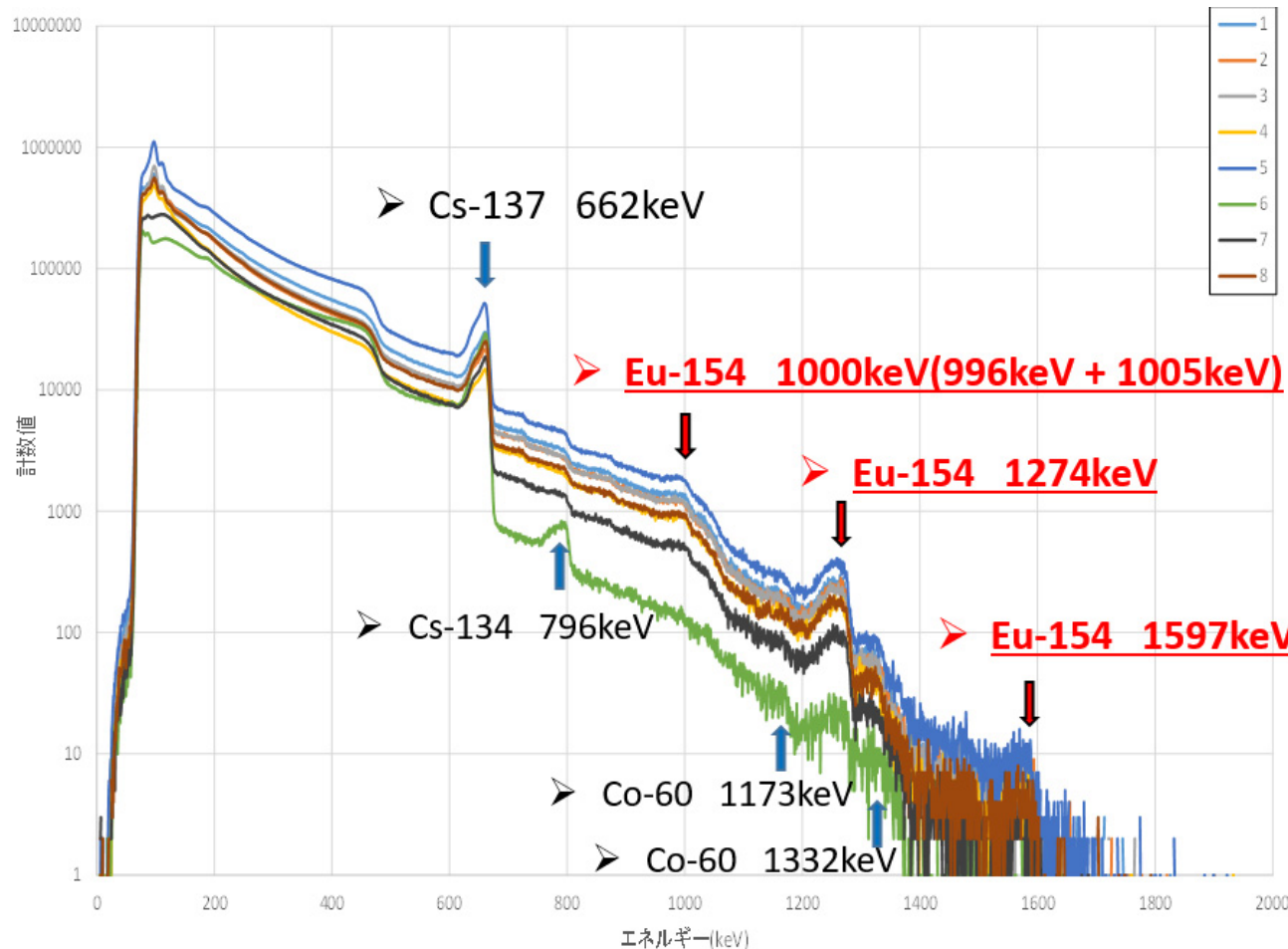
測定位置	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
合計カウント数※	15,169	27,047	14,653	25,224	18,096	1,697	18,997	16,218
熱中性子束 (nv)	35.4	63.1	34.2	58.9	42.2	4.0	44.3	37.9

計測器：B10検出器

※波高値100ch以上の合計カウント数

7. ROV-D (堆積物デブリ検知) γ 線核種分析結果(1/2)

- 全ての調査ポイントにおいて、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
- 測定結果から、ペDESTAL開口部からの距離と堆積物の高さとの相関は確認されなかった
- 調査ポイント⑥については、1000keV(996keV + 1005keV)及び1597keVのピークカウントは小さく評価できないが、1274keVでピークカウントが得られており、Eu-154を検出したものと評価



- 【凡例】 丸数字：調査順序
- : ROV-D調査ポイント
 - : ROV調査可能範囲
 - × : ROV-A2調査でB10計測を実施した箇所

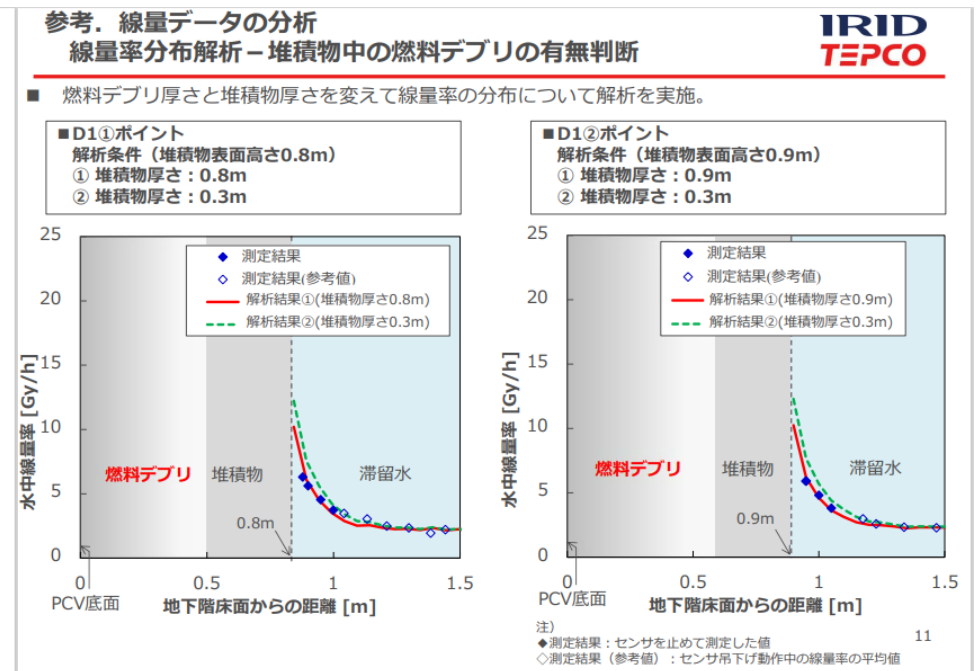
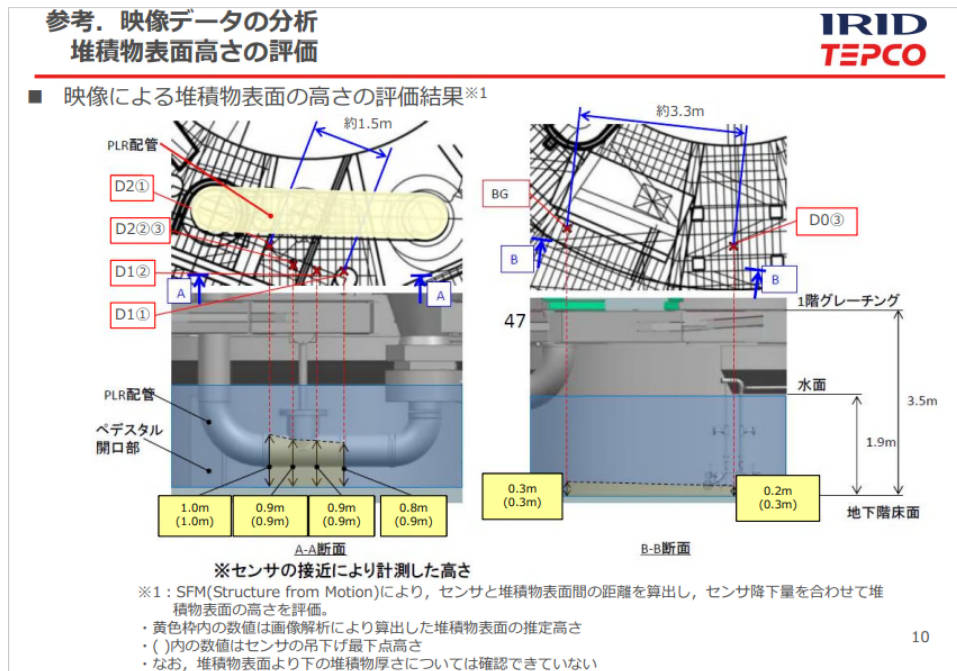
ROV-Dの調査ポイントと調査順序

8. ROV-D評価結果に対する考察

(1)2017年3月時のペDESTAL外調査（堆積物高さ・放射線量）

- ペDESTAL開口部付近に堆積物が存在することを確認
- ペDESTAL開口部付近に存在する堆積物の高さが1m程度であること、開口部から離れた場所では0.2~0.3m程度と低いことを確認
- 水面からの距離と線量率の関係を調査した結果、燃料デブリは堆積物の下にあり、その条件でデブリを検知するためには中性子検出とγスペクトル分析(Eu-154の確認)が有効と判断

(出展：2017年7月27日_廃炉・汚染水対策チーム会合事務局会議「1号機原子炉格納容器内部調査について～映像データ及び線量データの分析結果～」)



8. ROV-D評価結果に対する考察

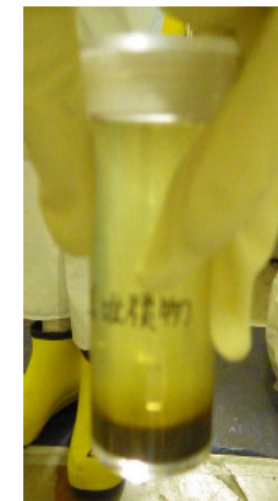
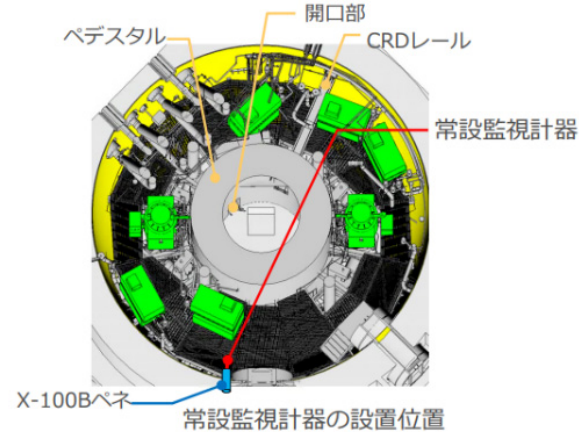
(2)2017年3月時の堆積物サンプリング及び分析結果

- 常設監視計器が設置されているX-100Bペネから装置を投入し、PCV底部の堆積物を採取
 - 固化した砂状の堆積物の表層に浮遊性堆積物が存在することを確認
- 浮遊性堆積物内にはウラン含有粒子（Eu-154及び中性子源であるCm244を含む）が存在することを確認

（出展：2017年5月25日_廃炉・汚染水対策チーム会合事務局会議「1号機原子炉格納容器内部調査について～堆積物の分析結果～」）



堆積物サンプリングの状況



4/6サンプリング結果
（上澄み液除去前）
表面線量…γ：9mSv/h
β+γ：18mSv/h

試料名	放射能濃度[Bq/試料]			
	²⁴² Pu (約3.7 × 10 ⁵ 年)	²⁴¹ Am (約4.3 × 10 ² 年)	²⁴² Cm (約163日)	²⁴⁴ Cm (約18年)
1号機格納容器 堆積物	(2.0 ± 0.1) × 10 ⁰	(1.4 ± 0.1) × 10 ³	(1.0 ± 0.1) × 10 ¹	(1.8 ± 0.1) × 10 ³

試料名	放射能濃度[Bq/試料]					
	¹⁵² Eu (約14年)	¹⁵⁴ Eu (約8.6年)	¹⁵⁵ Eu (約4.8年)	²³⁴ U (約2.5 × 10 ⁵ 年)	²³⁵ U (約7.0 × 10 ⁸ 年)	²³⁶ U (約2.3 × 10 ⁷ 年)
1号機格納容器 堆積物	<5 × 10 ¹	(3.8 ± 0.1) × 10 ³	(1.7 ± 0.1) × 10 ³	(1.6 ± 0.2) × 10 ⁰	(3.2 ± 0.1) × 10 ⁻²	(2.5 ± 0.1) × 10 ⁻¹

（出展：技術研究組合国際廃炉研究開発機構／日本原子力研究開発機構_平成31年4月25日「廃棄物試料の分析結果（1～3号機原子炉建屋内瓦礫）」）

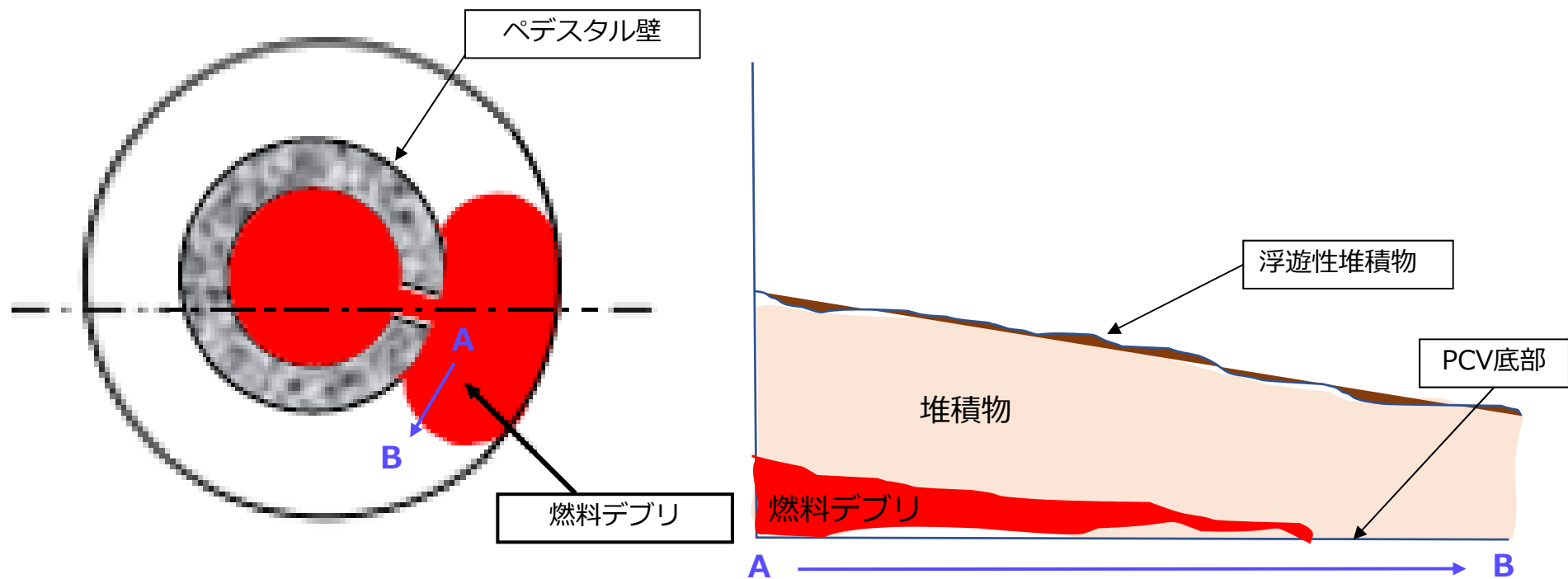
8. ROV-D評価結果に対する考察

(3)中性子測定, γ 線スペクトル測定を実施する場合の想定条件

- シビアアクシデントに関する過去の知見から, 燃料デブリはペDESTAL開口部前面周辺の限定された領域にのみ存在すると想定

(出展: 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 一般財団法人 エネルギー総合工学研究所「廃炉・汚染水対策事業費補助金(総合的な炉内状況把握の高度化)平成29年度成果報告」)

- 2017年に実施したB2調査結果等をふまえ, 燃料デブリは堆積物の下に比較的薄く広がっていると想定し, 測定点直下における燃料デブリの有無を判断することを目的とした



燃料デブリと堆積物のイメージ

8. ROV-D評価結果に対する考察

(4)ROV-A2による中性子束測定結果

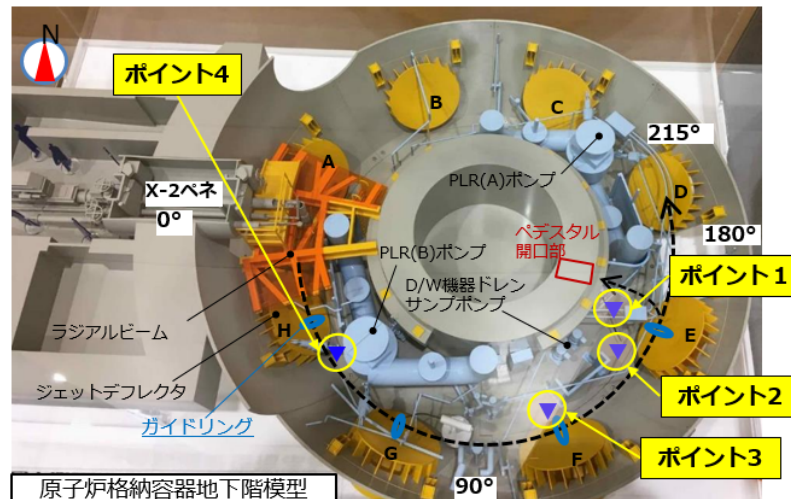
- ペDESTAL開口部からの距離・堆積物厚さと中性子測定値に相関があることを示唆
- 「燃料デブリはペDESTAL開口部前面周辺の限定された領域にのみ存在する」との当初想定と異なり，堆積物全体が燃料デブリである可能性が浮上→ROV-D調査で修正

(出展：2022年5月26日_廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議「1号機 PCV内部調査の状況について」)

4. 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と同さを確認した上で，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



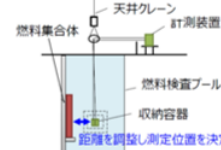
- 熱中性子束は単位時間に単位体積内を熱中性子が走行する距離の総和
- 測定は1箇所あたり60分間
- 測定結果は60分間のカウント数から評価した熱中性子束にて示す

<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

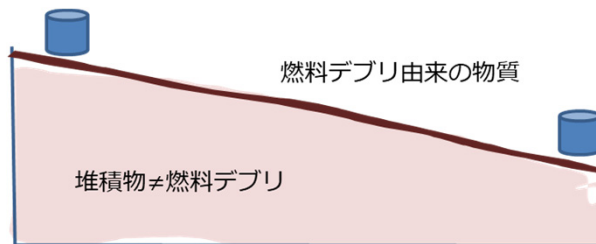
8. ROV-D評価結果に対する考察

(5)ROV-Dの調査結果

- 測定点を8点まで増やしたROV-Dの測定結果により，測定点数の少なかったROV-A2による測定結果を用いた燃料デブリ分布の想定を修正
 - 調査ポイント7点において，同程度の熱中性子束及びEu-154を検出
 - 熱中性子束及びγ線核種分析の数値は，ペDESTAL開口部からの距離と堆積物の厚さとの相関は確認されなかった
- 燃料デブリ由来の物質が調査範囲に広く存在しているとの推定は変更なし
- 測定値が同程度であったことを踏まえると，燃料デブリ由来の物質は堆積物の表面付近に存在し，例えば，以下の2ケースの様な様相となっている可能性が考えられるが，現段階では，得られている知見は限定的であるため，様々な可能性について幅広く検討していく必要がある
- 燃料デブリの存在状況については，表層に存在し，過去のサンプル分析により存在が分かっているウラン含有粒子（Eu-154及び中性子源であるCm244）による測定値の寄与を評価することが必要

【ケース1】

堆積物の表面に薄く
燃料デブリ由来の物質がある場合

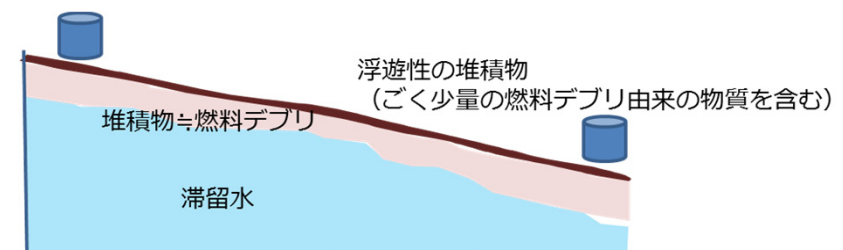


中性子計測機が堆積物の影響を受けな
いため，どこでも同程度の測定結果と
なる

【ケース2】

堆積物の下に滞留水がある場合

: 中性子計測機

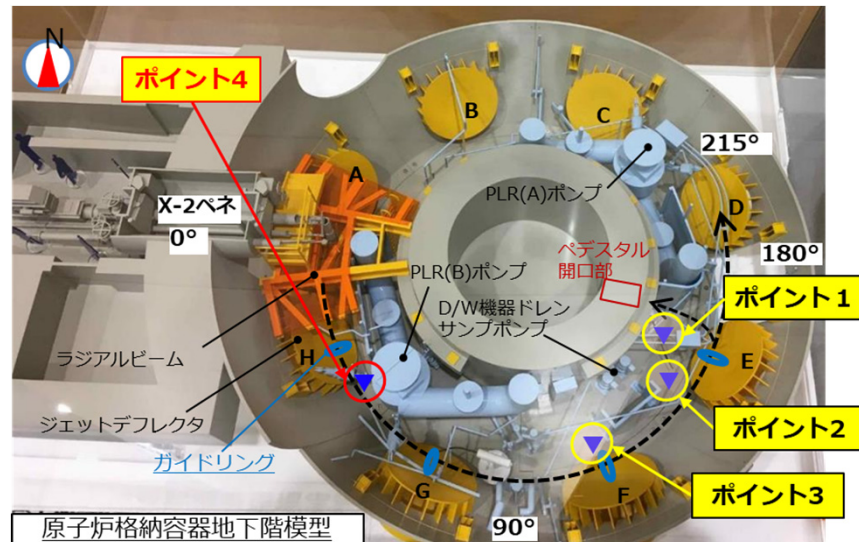


浮遊性の堆積物と堆積物の双方の影響を
受けることとなるが，どこでも同程度の
測定結果となる

8. ROV-D評価結果に対する考察

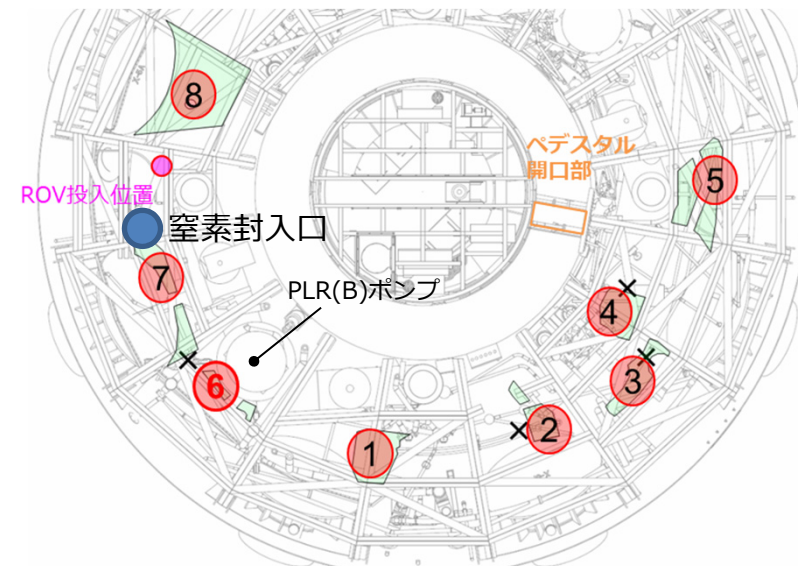
(6)局所的に測定値が小さかった調査ポイントについて

- 測定値が小さかった調査ポイント⑥は，ROV-A2調査でのポイント④と同じ領域
- 以下に挙げる調査ポイント⑥周辺の特徴を踏まえて，今後も継続検討する。
 - 事故後の水素爆発防止のために使用された窒素封入口があり，その攪拌による影響
 - PCV内部調査前段作業であるアクセスルート構築作業時のAWJによる水流の影響
 - 他の調査ポイントと比較し，位置的にPCVシェル付近であることから，①PCVシェルを伝って上部から落下した物質による影響，②PCV外に近いことで，線源が相対的に小さくなることによる影響
 - ベント管からの気体流入による影響(ROV-A2調査時(2022年3月)にベント管Fにて気体流入を確認)
 - 主蒸気逃し安全弁（SRV）設定圧最小の排気管がベント管Gにあることの影響



ROV-A2の調査ポイント

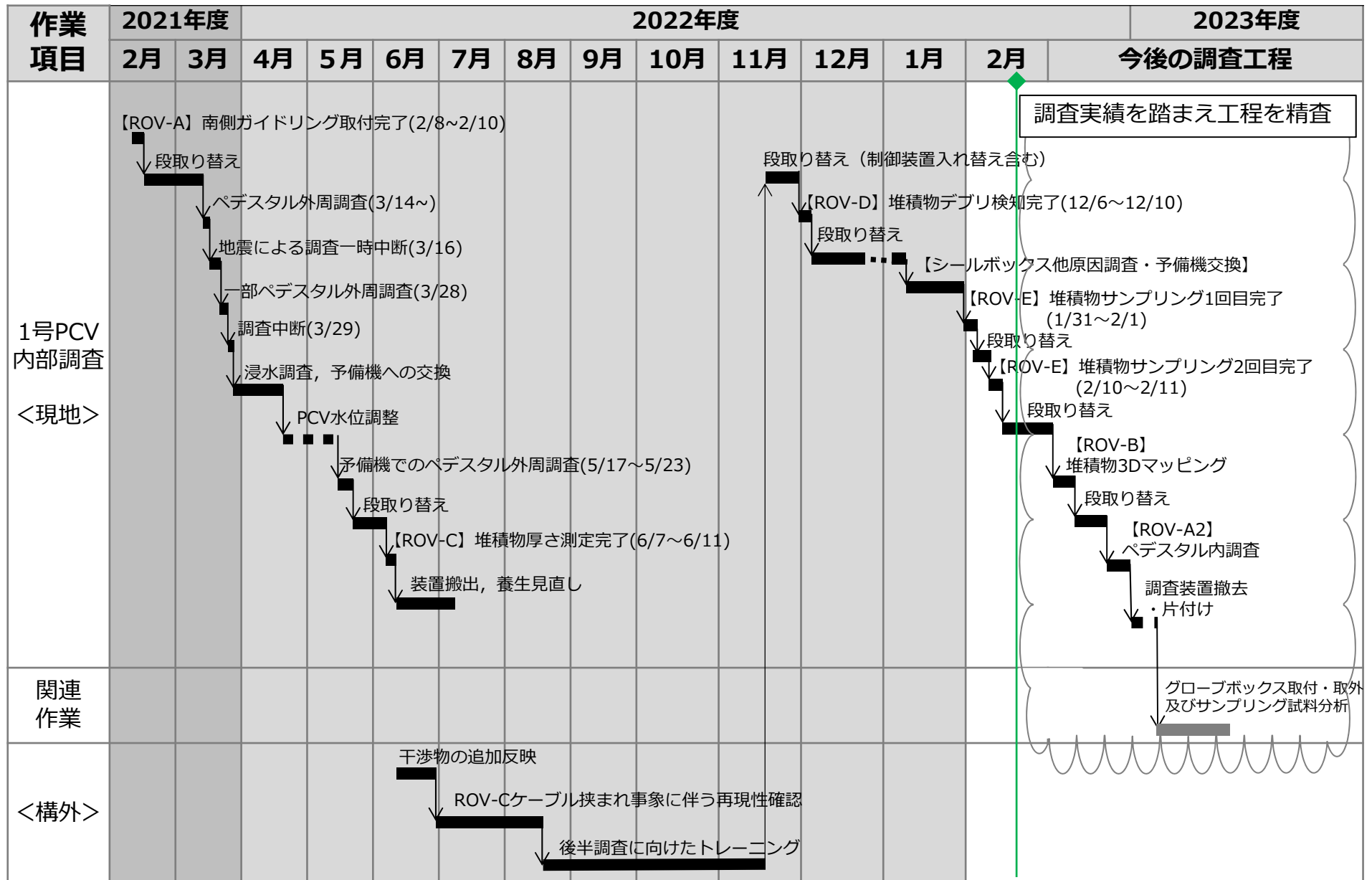
測定位置	ポイント1	ポイント2	ポイント3	ポイント4
熱中性子束 [$\gamma/cm^2/s$]	48.0	29.1	50.2	5.8



ROV-Dの調査ポイント

測定位置	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
熱中性子束 (nv)	35.4	63.1	34.2	58.9	42.2	4.0	44.3	37.9

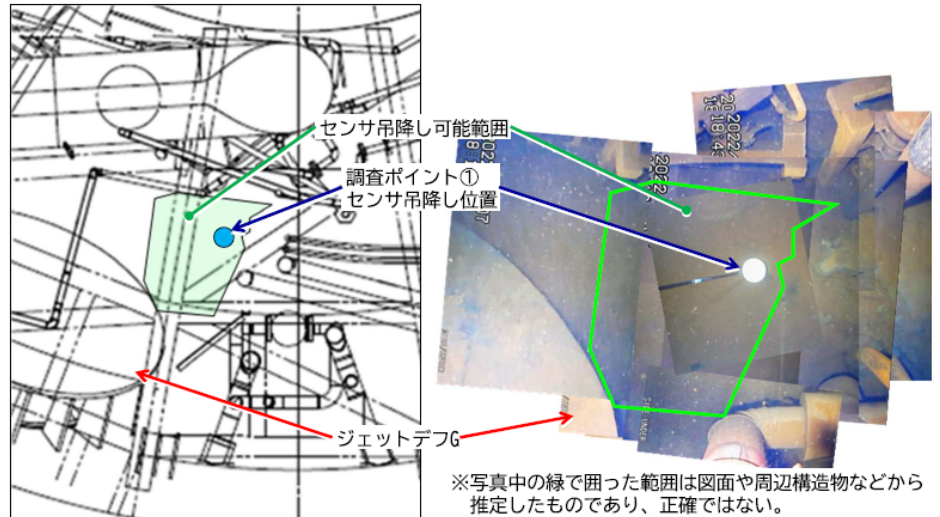
9. 1号機PCV内部調査全体工程



(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。

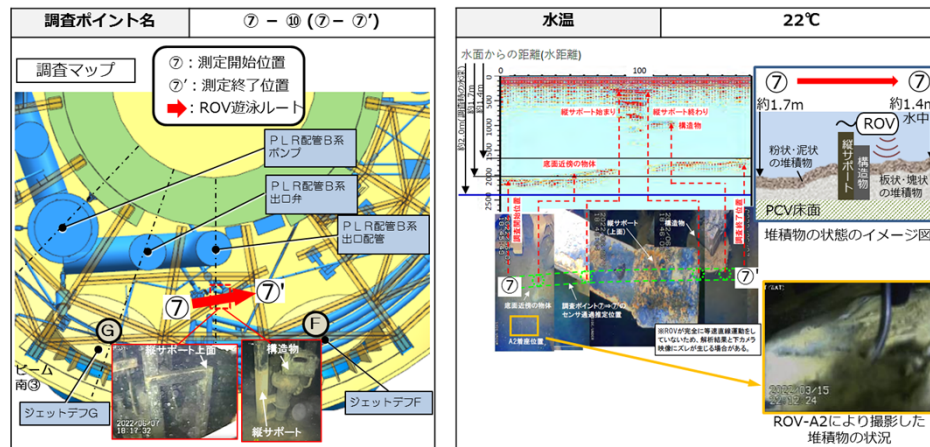
(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) 周辺状況,取得データ 調査ポイント①

外観

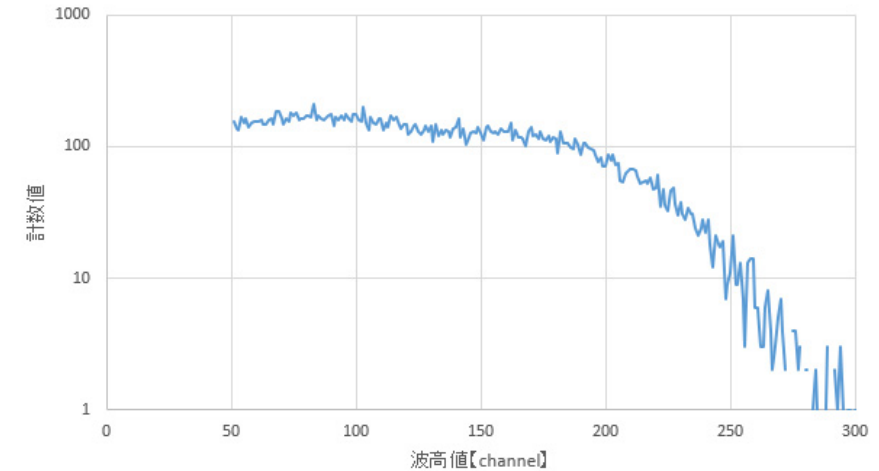


※写真中の緑で囲った範囲は図面や周辺構造物などから推定したものであり、正確ではない。
 ※この画像はROV-Dの下カメラ映像を基に作成しているが、一部ROV-Cのカメラ映像を使用している。

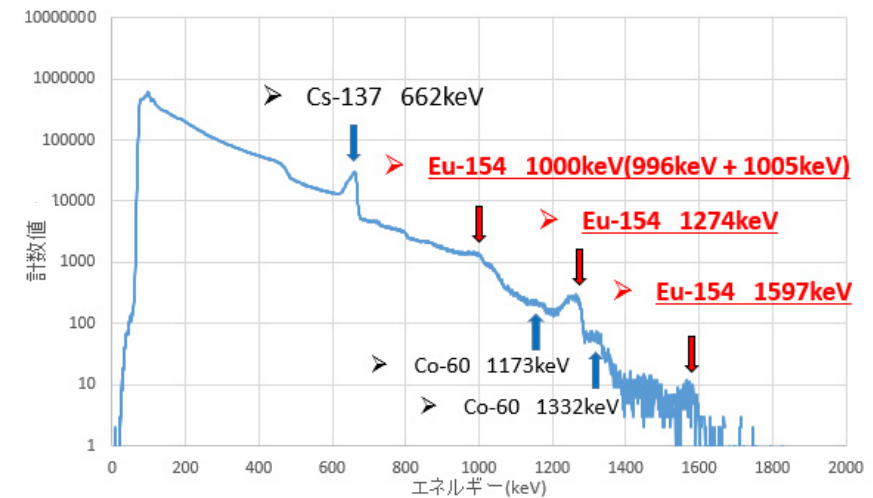
堆積物厚さ：約0.3~0.6m (ROV-C調査ポイント⑦-⑦'から参照)



中性子波高値スペクトル

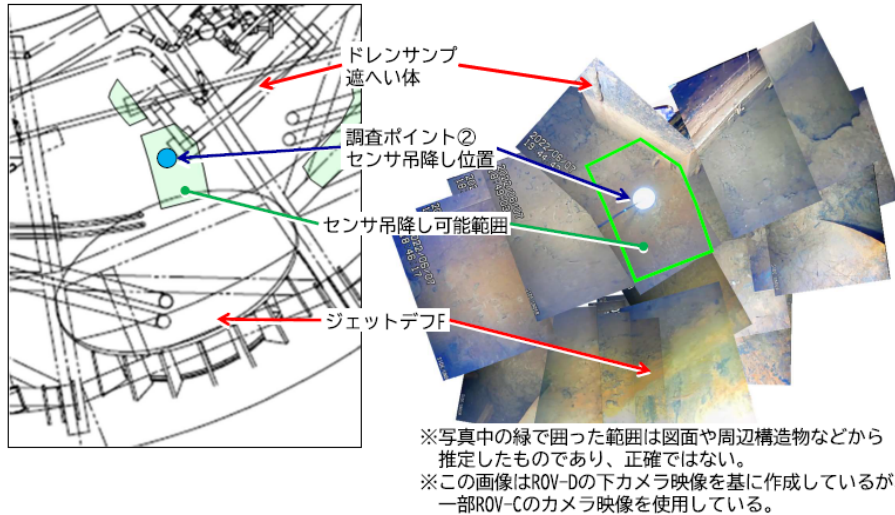


γ線エネルギースペクトル

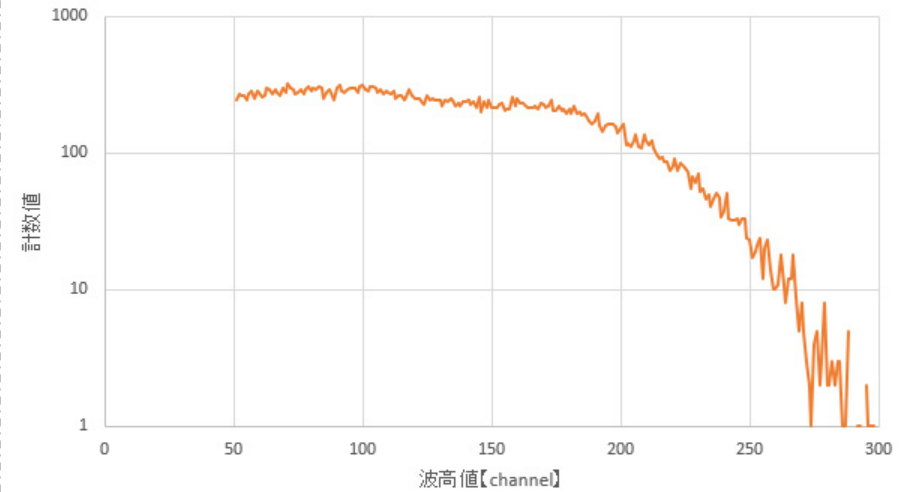


(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) 周辺状況,取得データ 調査ポイント②

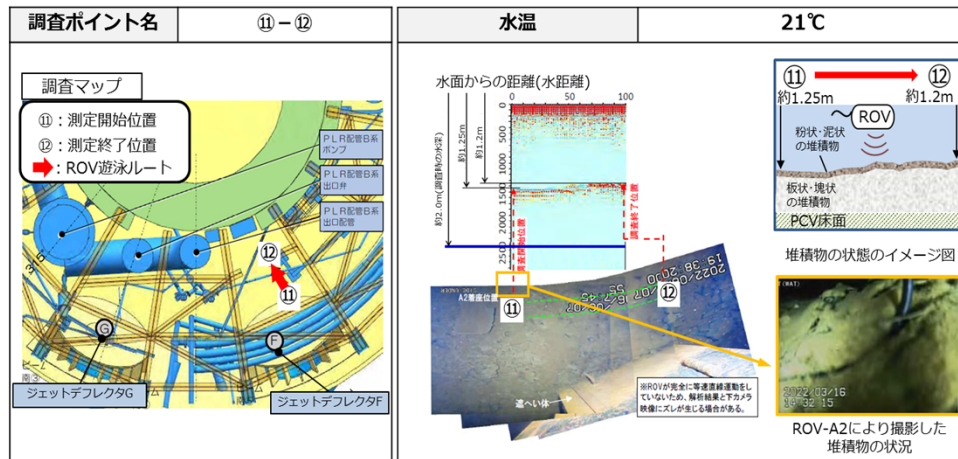
外観



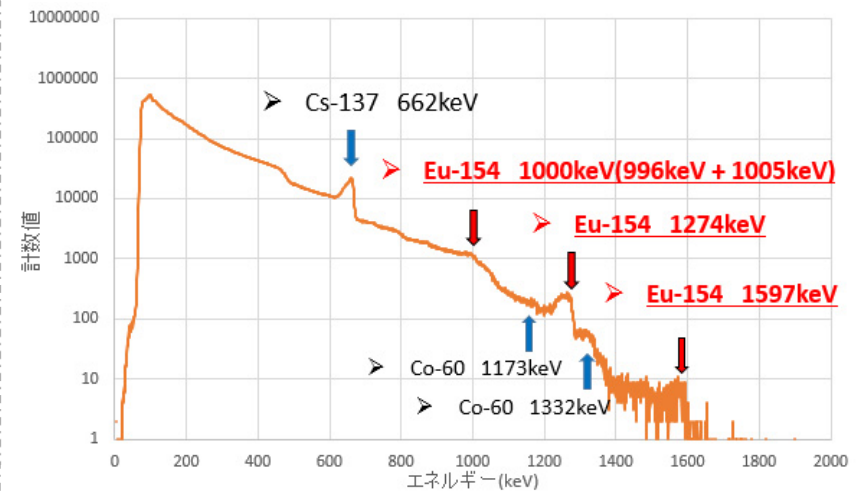
中性子波高値スペクトル



堆積物厚さ：約0.75~0.8m (ROV-C調査ポイント⑪-⑫から参照)

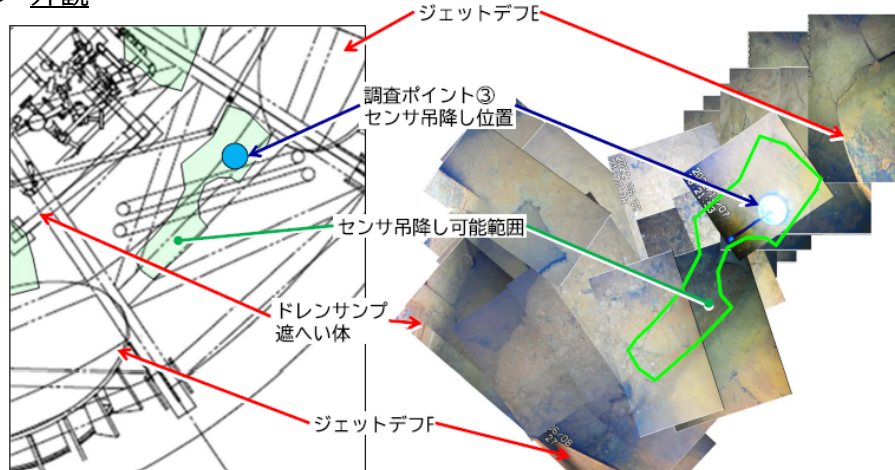


γ線エネルギースペクトル



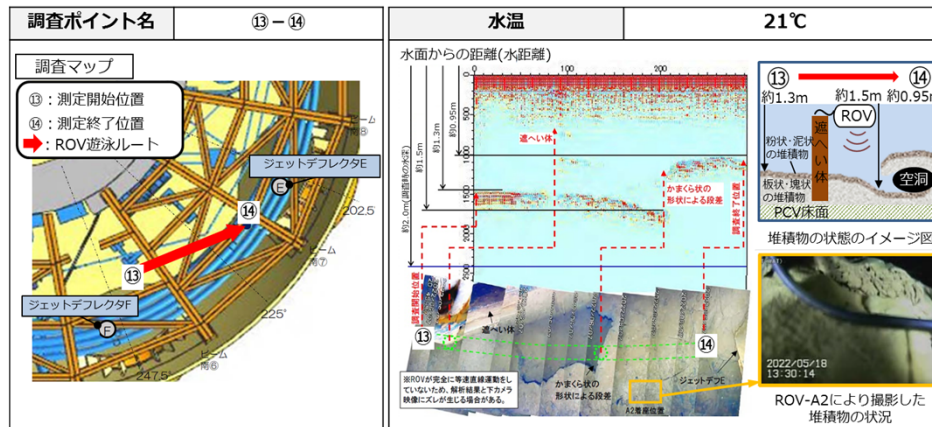
(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) 周辺状況,取得データ 調査ポイント③

外観

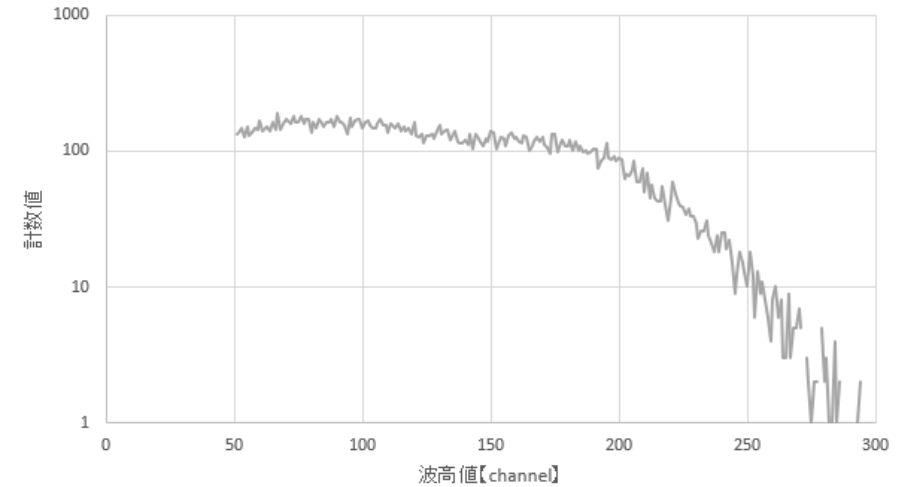


※写真中の緑で囲った範囲は図面や周辺構造物などから推定したものであり、正確ではない。
 ※この画像はROV-Dの下カメラ映像を基に作成しているが、一部ROV-Cのカメラ映像を使用している。

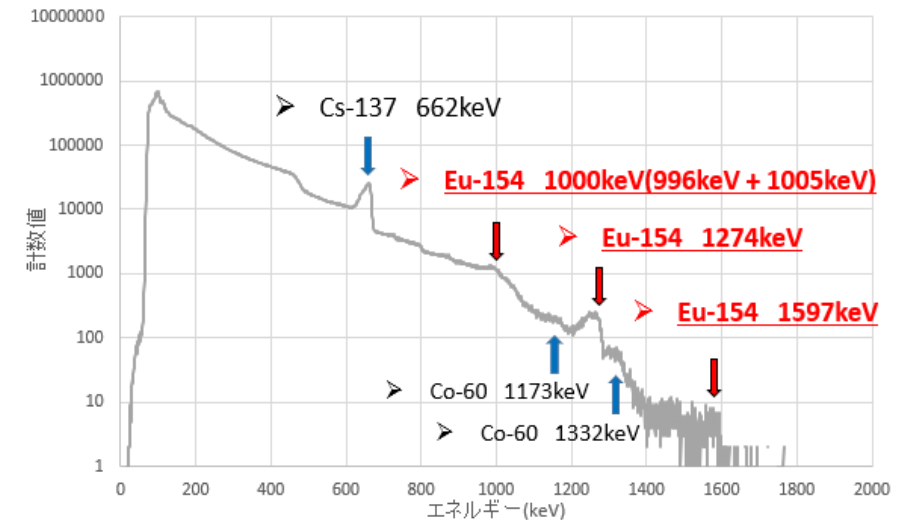
堆積物厚さ：約0.5~1.05m (ROV-C調査ポイント⑬-⑭から参照)



中性子波高値スペクトル

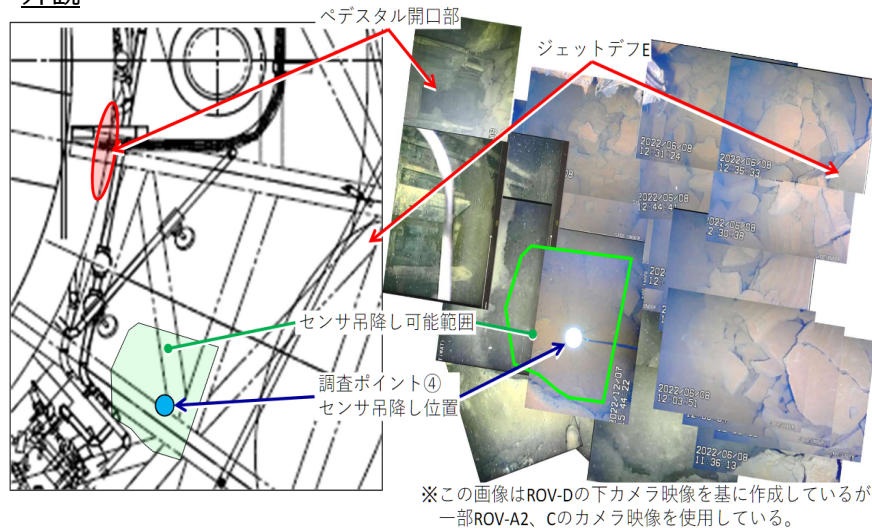


γ線エネルギースペクトル

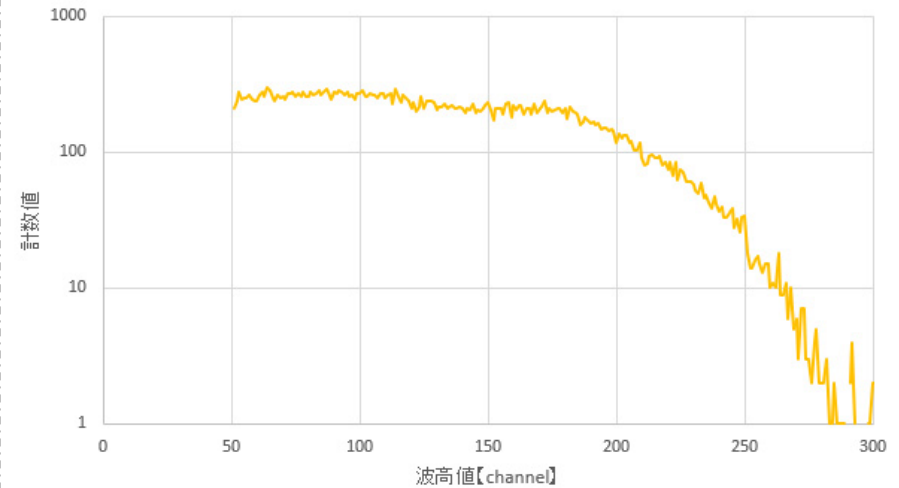


(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) 周辺状況,取得データ 調査ポイント④

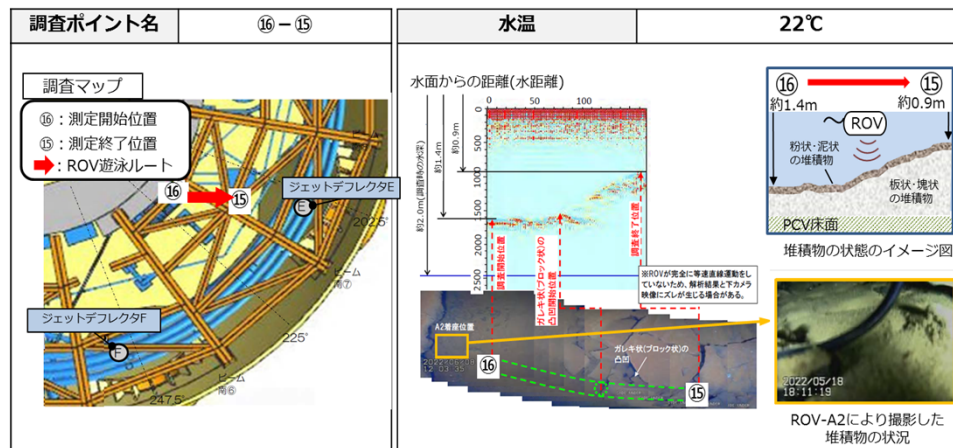
➤ 外観



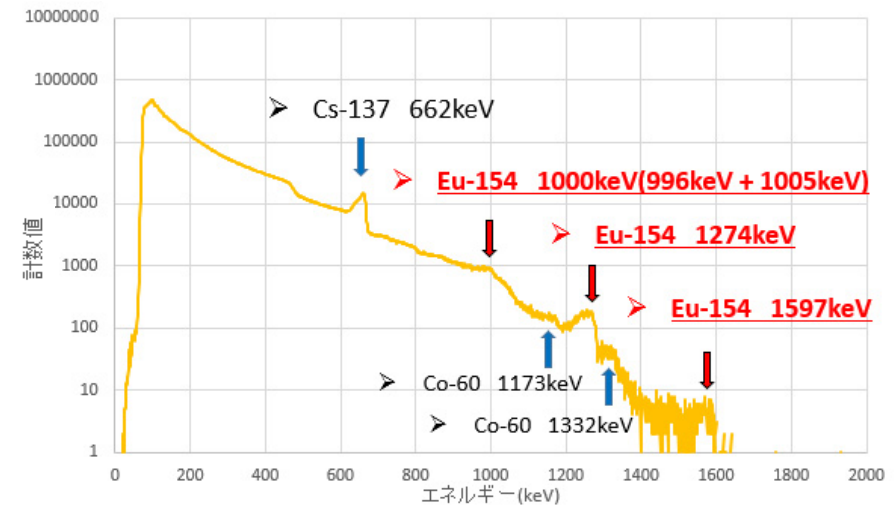
➤ 中性子波高値スペクトル



➤ 堆積物厚さ：約0.6~1.1m (ROV-C調査ポイント⑩-⑪から参照)

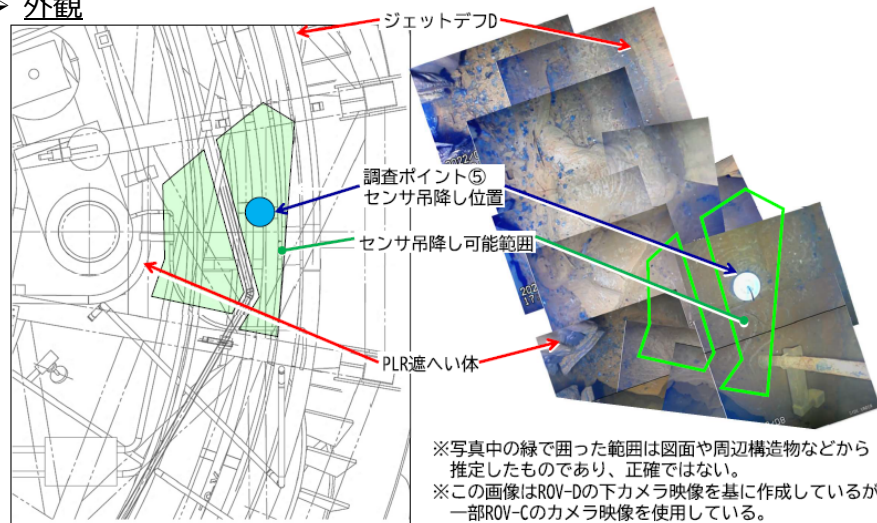


➤ γ線エネルギースペクトル

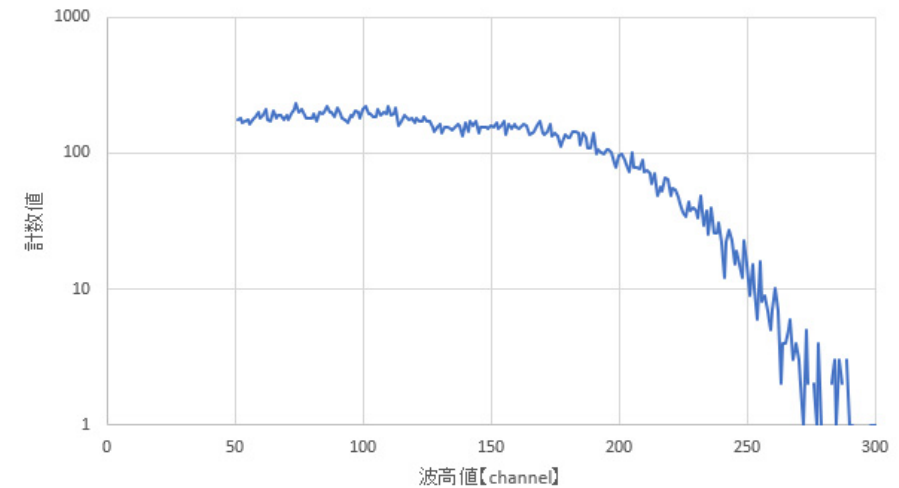


(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) 周辺状況,取得データ 調査ポイント⑤

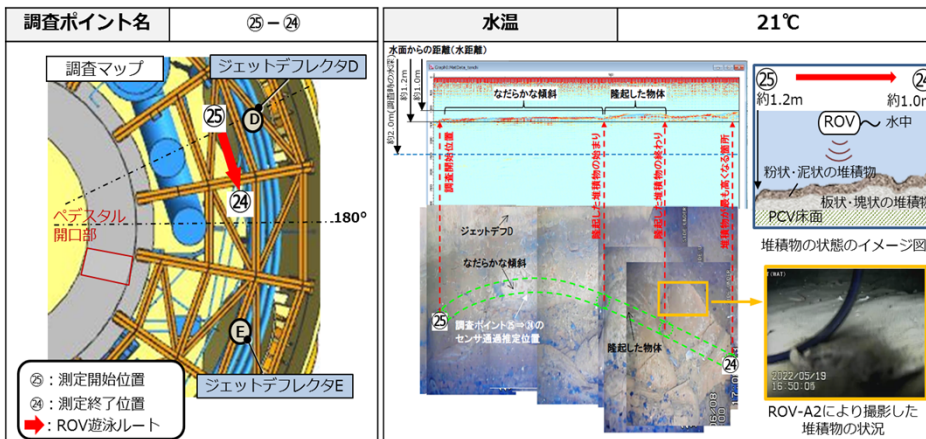
外観



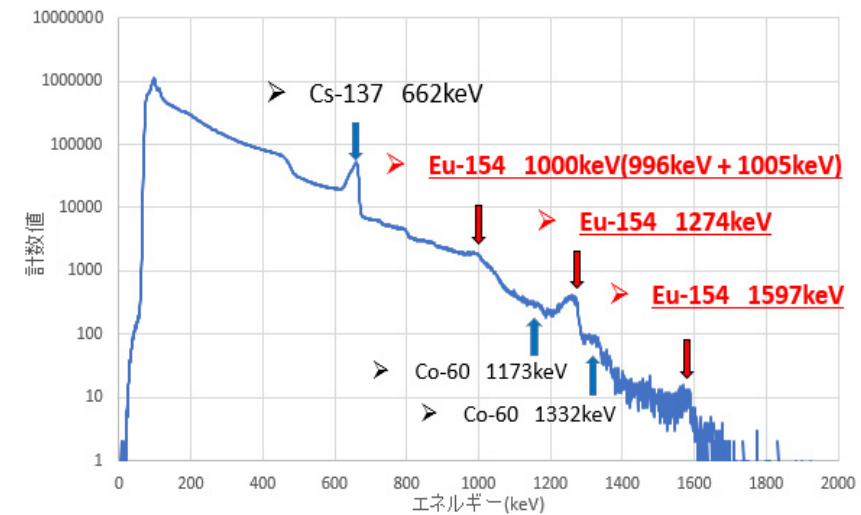
中性子波高値スペクトル



堆積物厚さ：約0.8~1.0m (ROV-C調査ポイント②⑤-②④から参照)

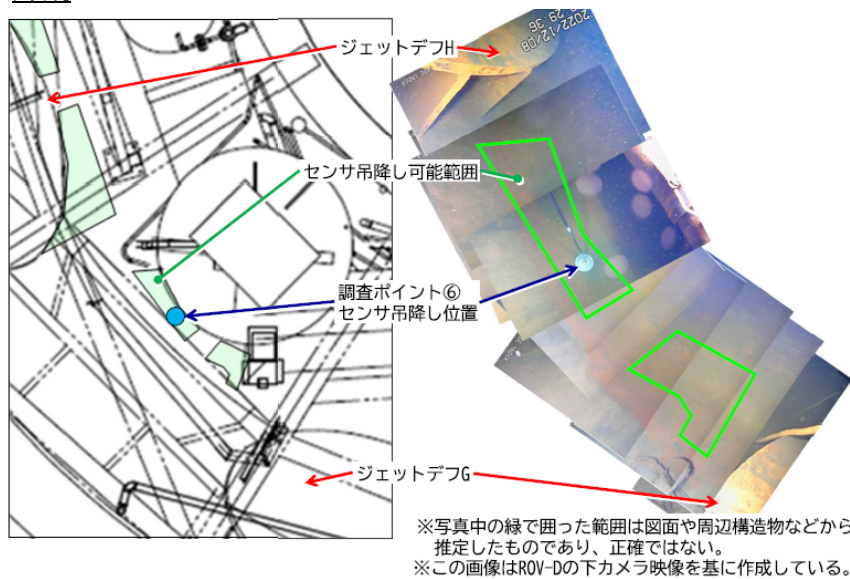


γ線エネルギースペクトル

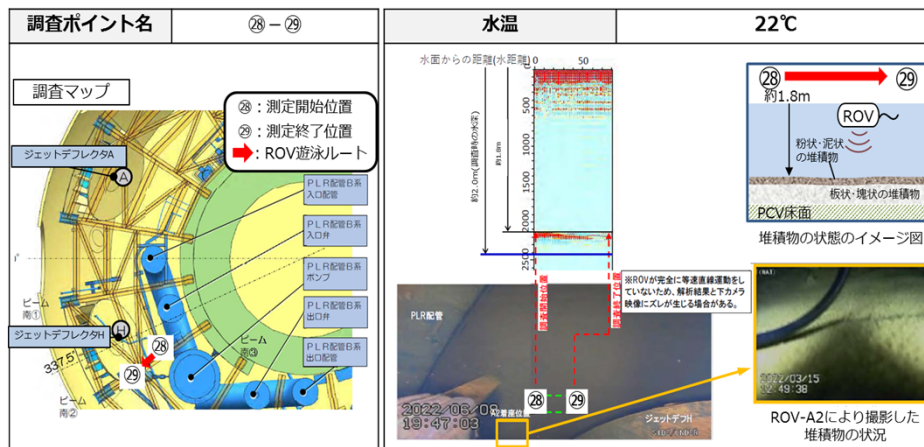


(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) 周辺状況,取得データ 調査ポイント⑥

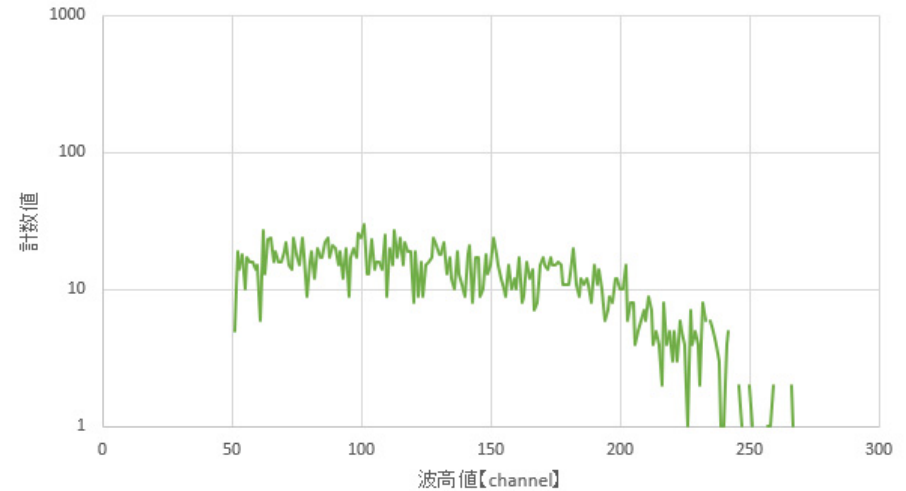
➤ 外観



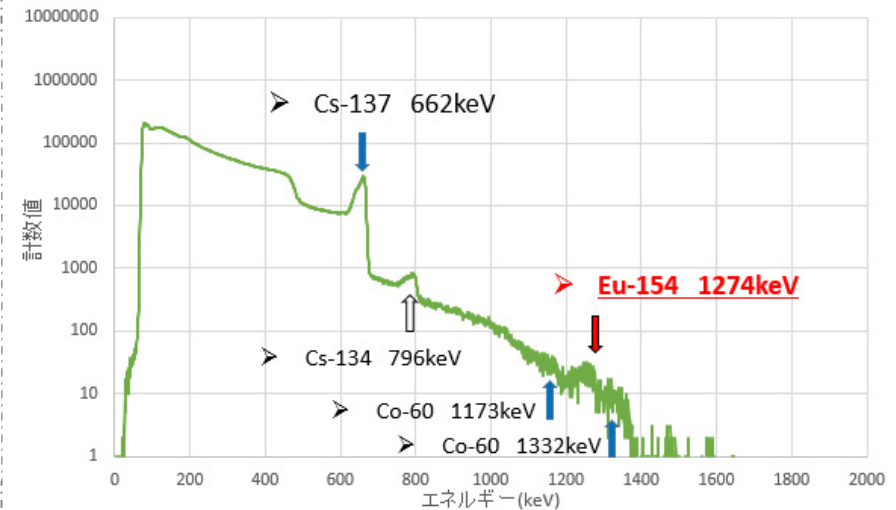
➤ 堆積物厚さ：約0.2m (ROV-C調査ポイント⑳-㉑から参照)



➤ 中性子波高値スペクトル

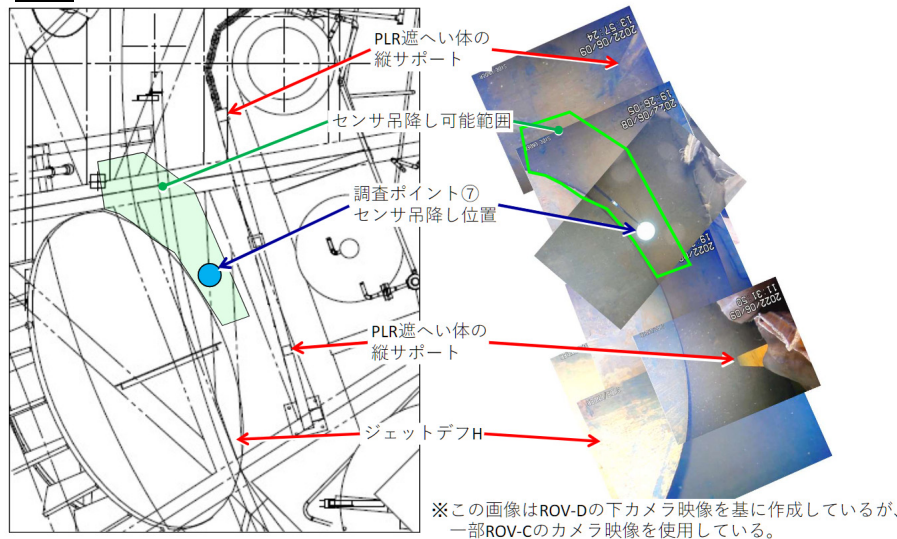


➤ γ線エネルギースペクトル

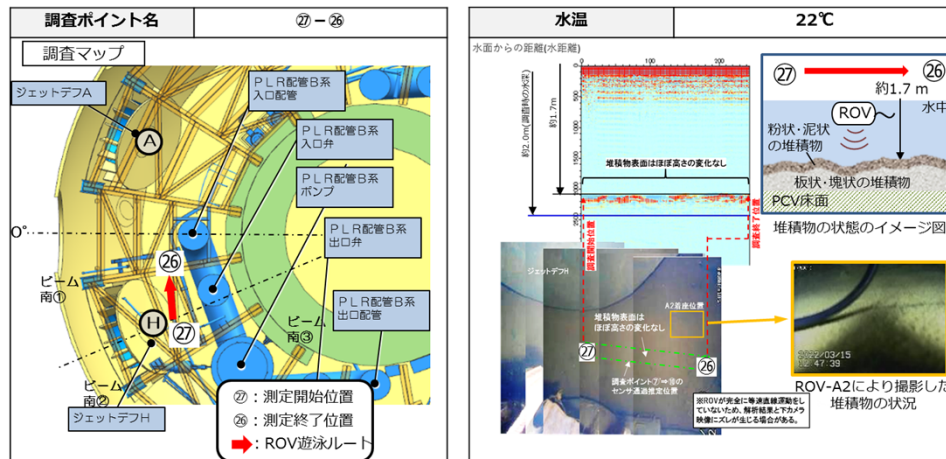


(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) 周辺状況,取得データ 調査ポイント⑦

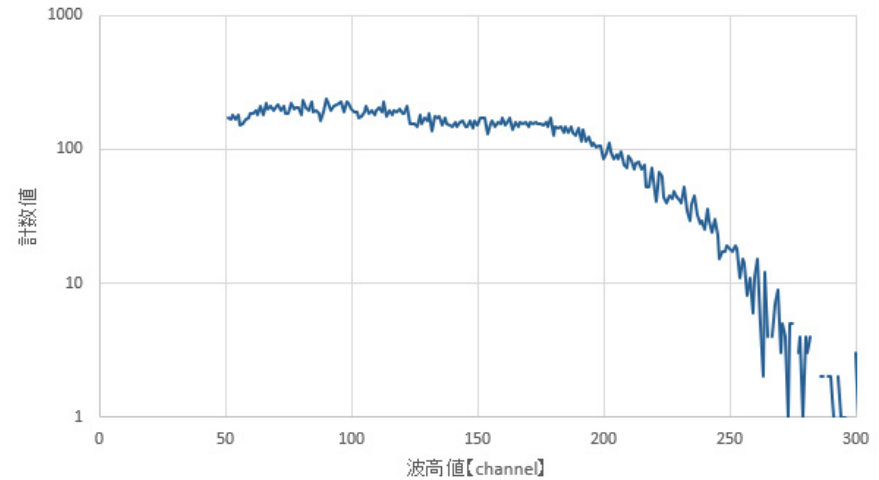
外観



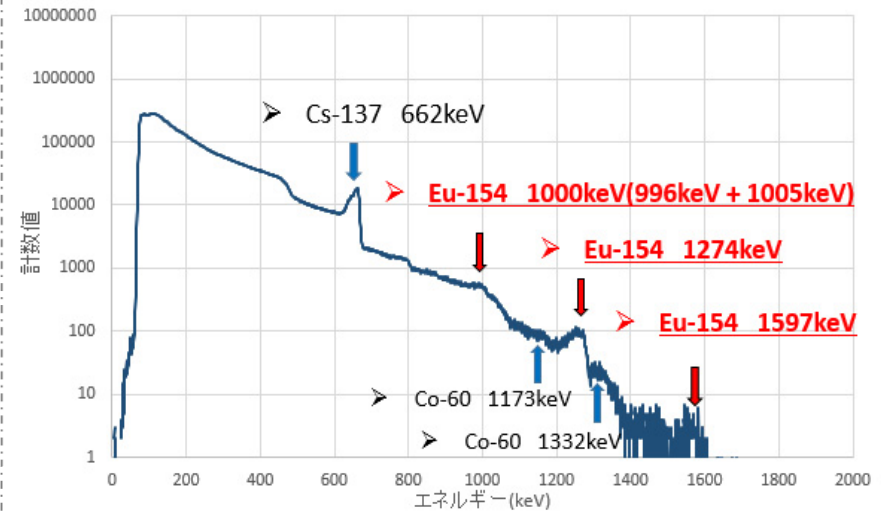
堆積物厚さ：約0.3m (ROV-C調査ポイント⑦-⑥から参照)



中性子波高値スペクトル

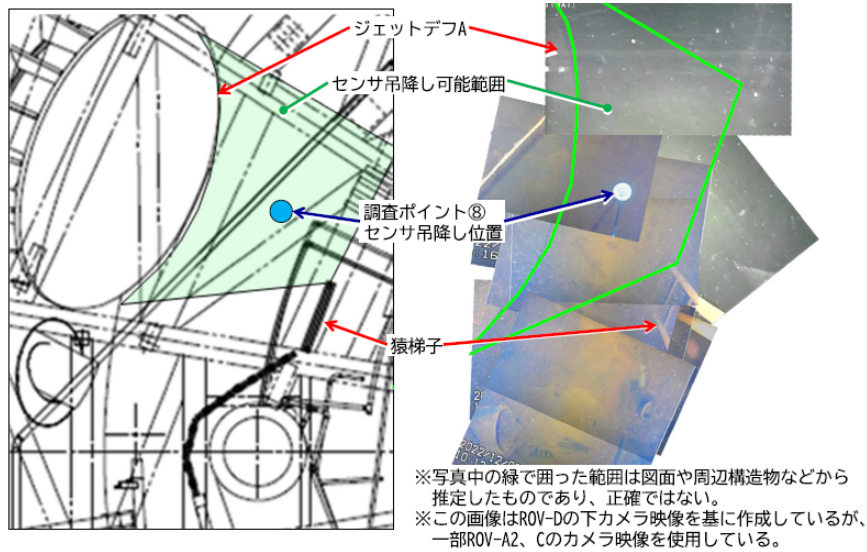


γ線エネルギースペクトル



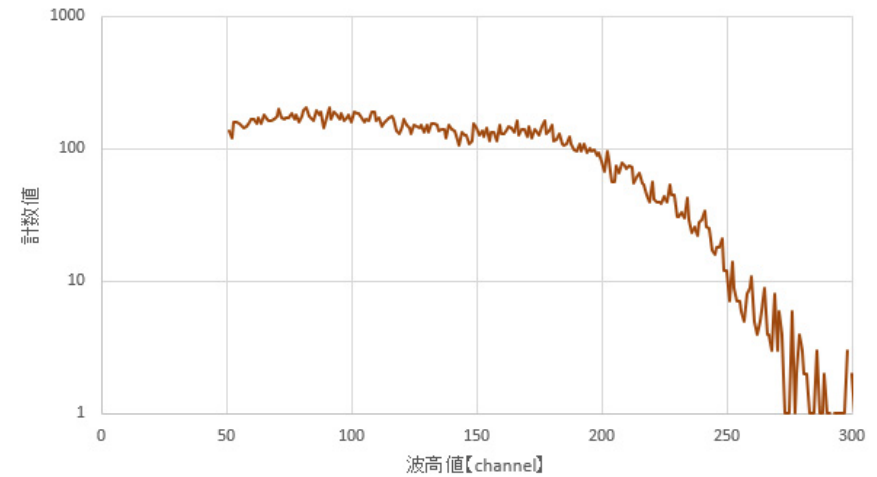
(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) 周辺状況,取得データ 調査ポイント⑧

➤ 外観

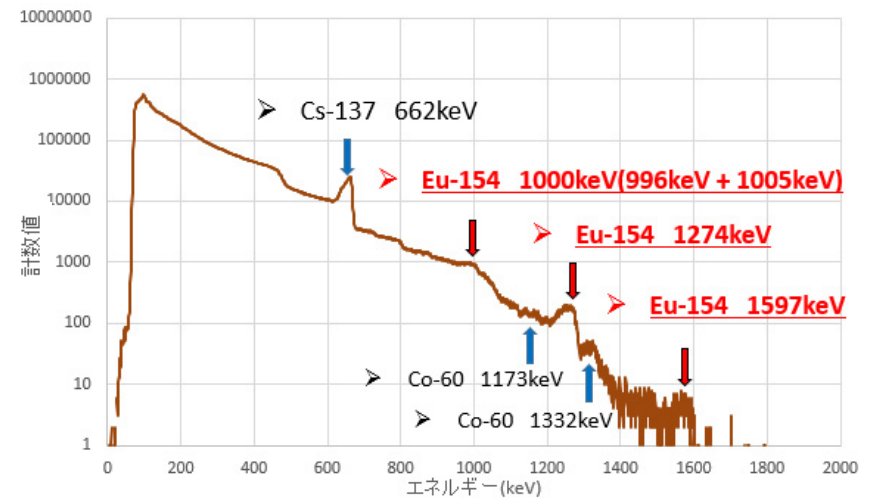


➤ 堆積物厚さ：ROV-C調査範囲外のため情報無し

➤ 中性子波高値スペクトル



➤ γ線エネルギースペクトル



(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) γ 線核種分析結果(2/2)

測定位置			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
合計カウント数			81,966,208	72,204,278	75,660,331	57,921,013	122,056,952	41,810,536	51,024,138	71,889,817
Cs-137	662 (keV)	ネットカウント数 ※1	6.08E+5	4.17E+5	5.27E+5	2.77E+5	1.09E+6	7.11E+5	4.09E+5	5.36E+5
Eu-154	1000(996+1005) (keV) ※2	ネットカウント数	1.11E+4	7.91E+3	9.26E+3	6.77E+3	1.35E+4	2.11E+2	4.01E+3	7.00E+3
	1274 (keV)	ネットカウント数	8.41E+3	7.17E+3	7.02E+3	5.47E+3	1.15E+4	4.08E+2	2.88E+3	5.93E+3
	1597 (keV)	ネットカウント数	1.99E+2	2.06E+2	1.16E+2	1.50E+2	2.32E+2	2.43E+1	8.02E+1	1.49E+2

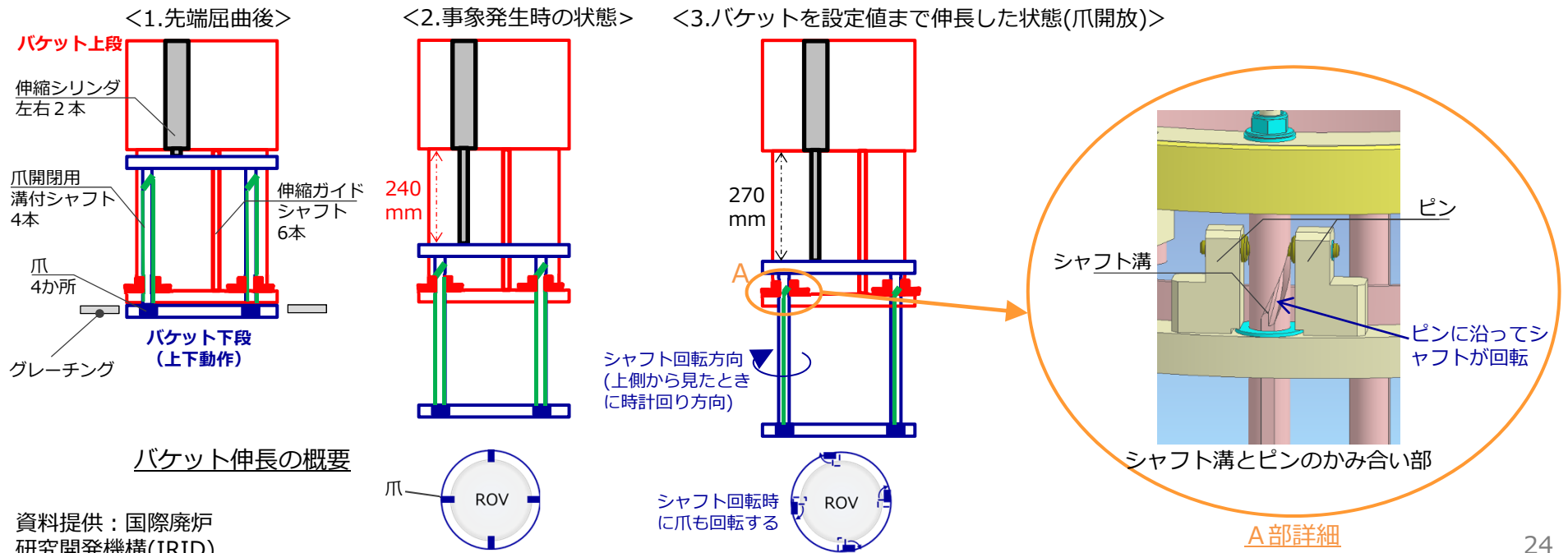
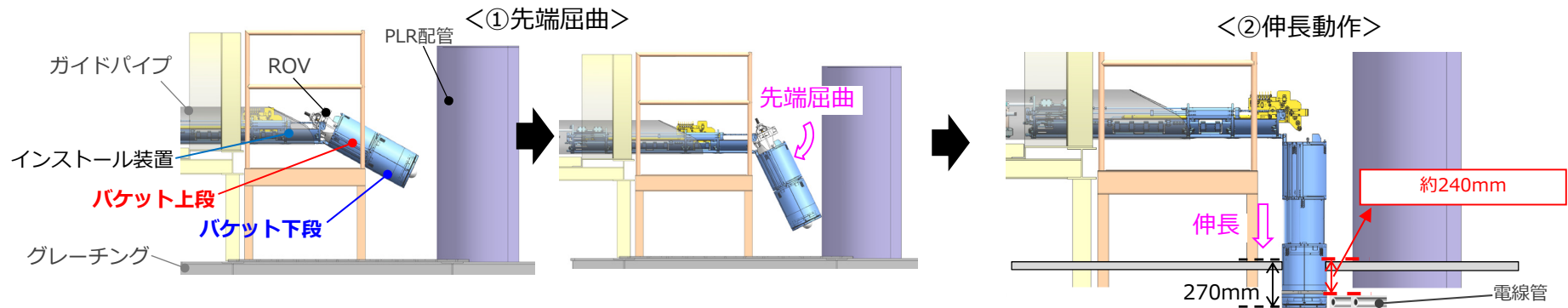
計測器：CdTe半導体検出器

※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

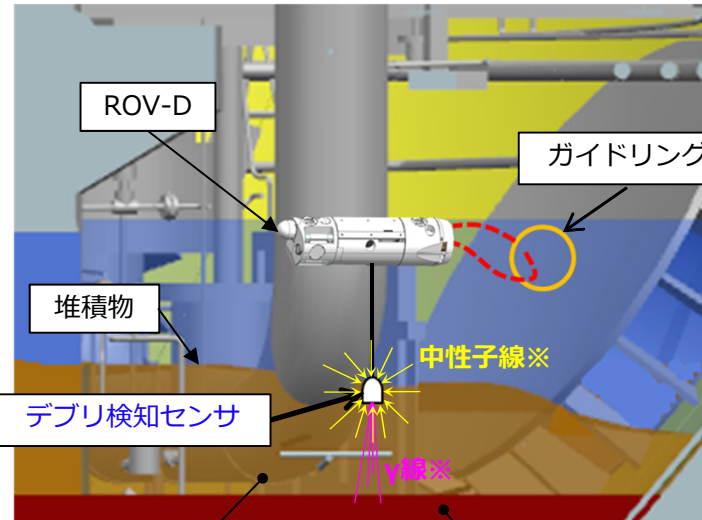
(参考) トラブルの概要

- ROVのインストールについては、インストール装置を用いて行い、ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運んだ後、バケット部の先端屈曲および伸長動作を行う操作である
- 通常はバケット部の伸長動作時に設定値（270mm）まで伸ばすことで爪が開放され、ROVの吊り降ろしが可能となるが、240mmまでしか伸長動作しなかったもの ※先端屈曲と伸長動作は水圧駆動による



(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

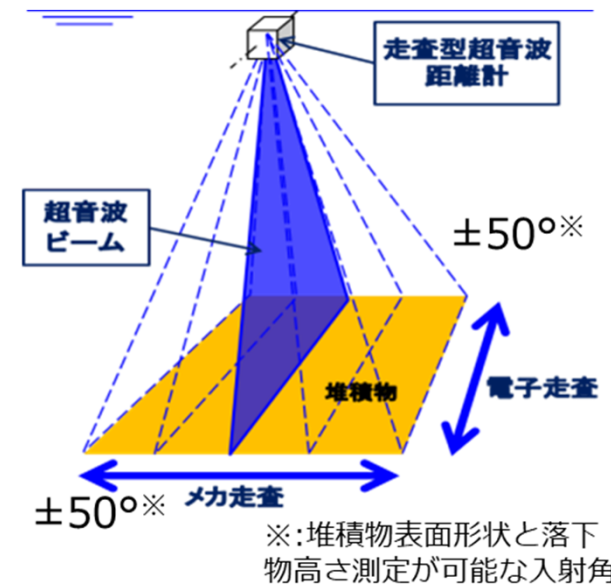
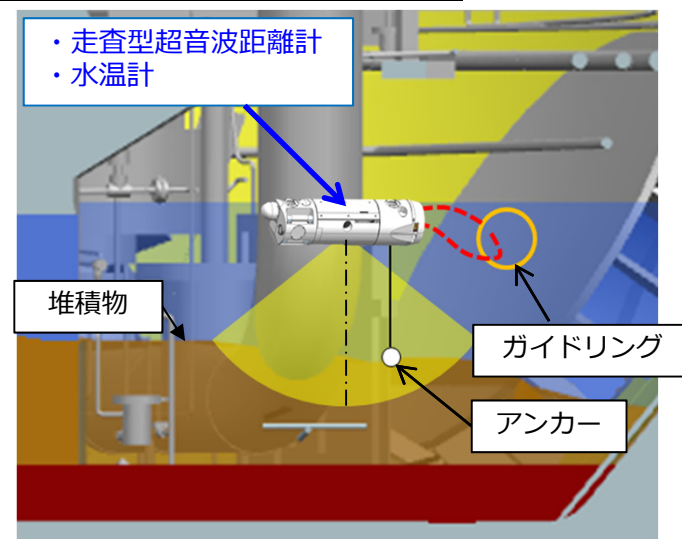


センサ吊り降ろし中



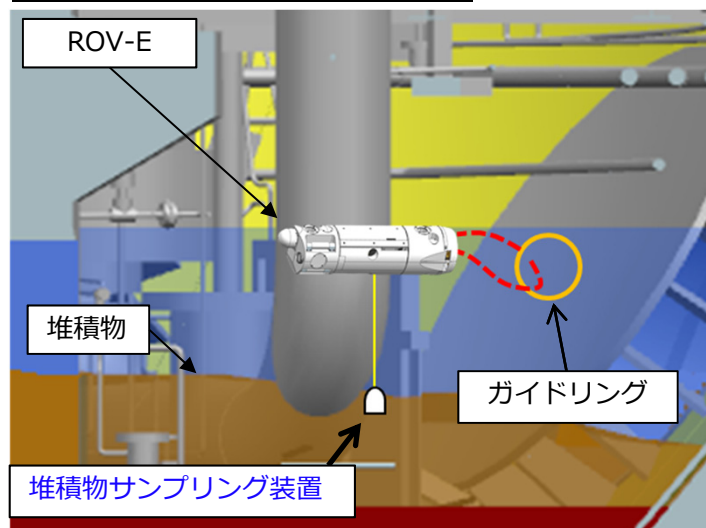
センサ吊り降ろし後

ROV-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

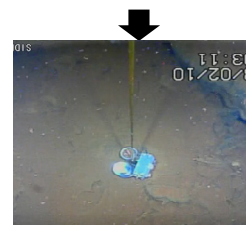
ROV-E (堆積物サンプリング)



サンプリング装置を堆積物上に吊り降ろし吸引を実施



装置吊り降ろし中

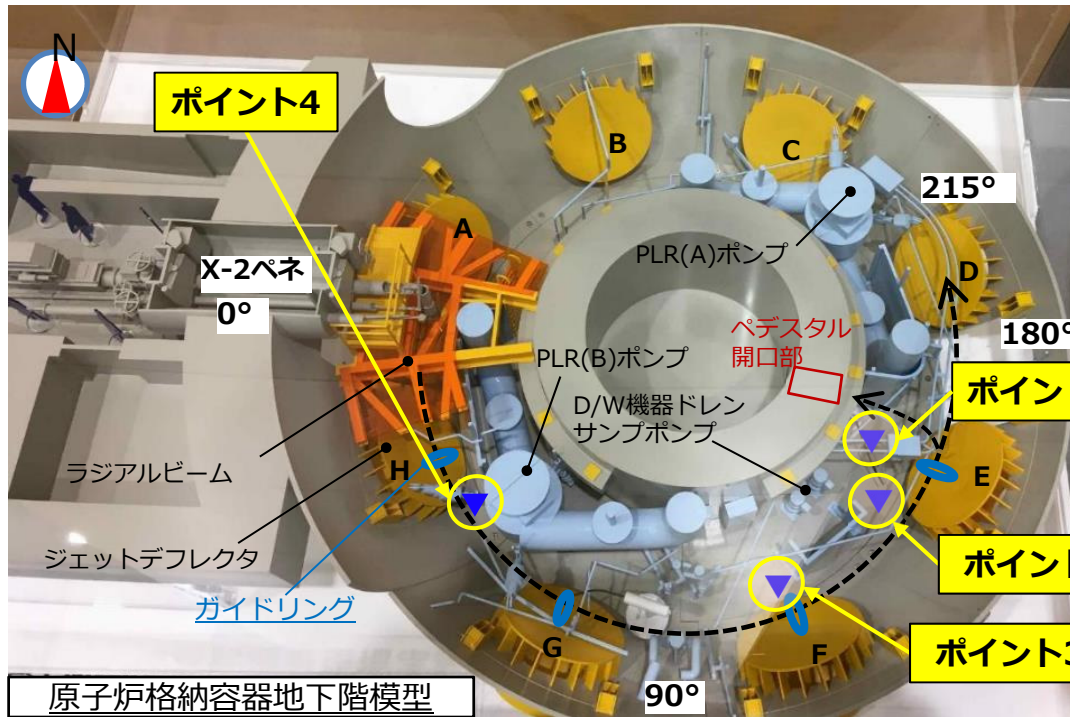


装置吊り降ろし後

(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

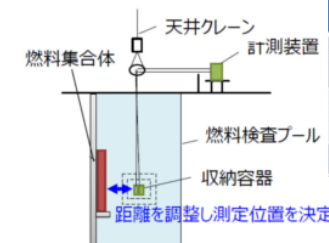


- 熱中性子束は単位時間に単位体積内を熱中性子が走行する距離の総和
- 測定は1箇所あたり60分間
- 測定結果は60分間のカウント数から評価した熱中性子束にて示す

<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

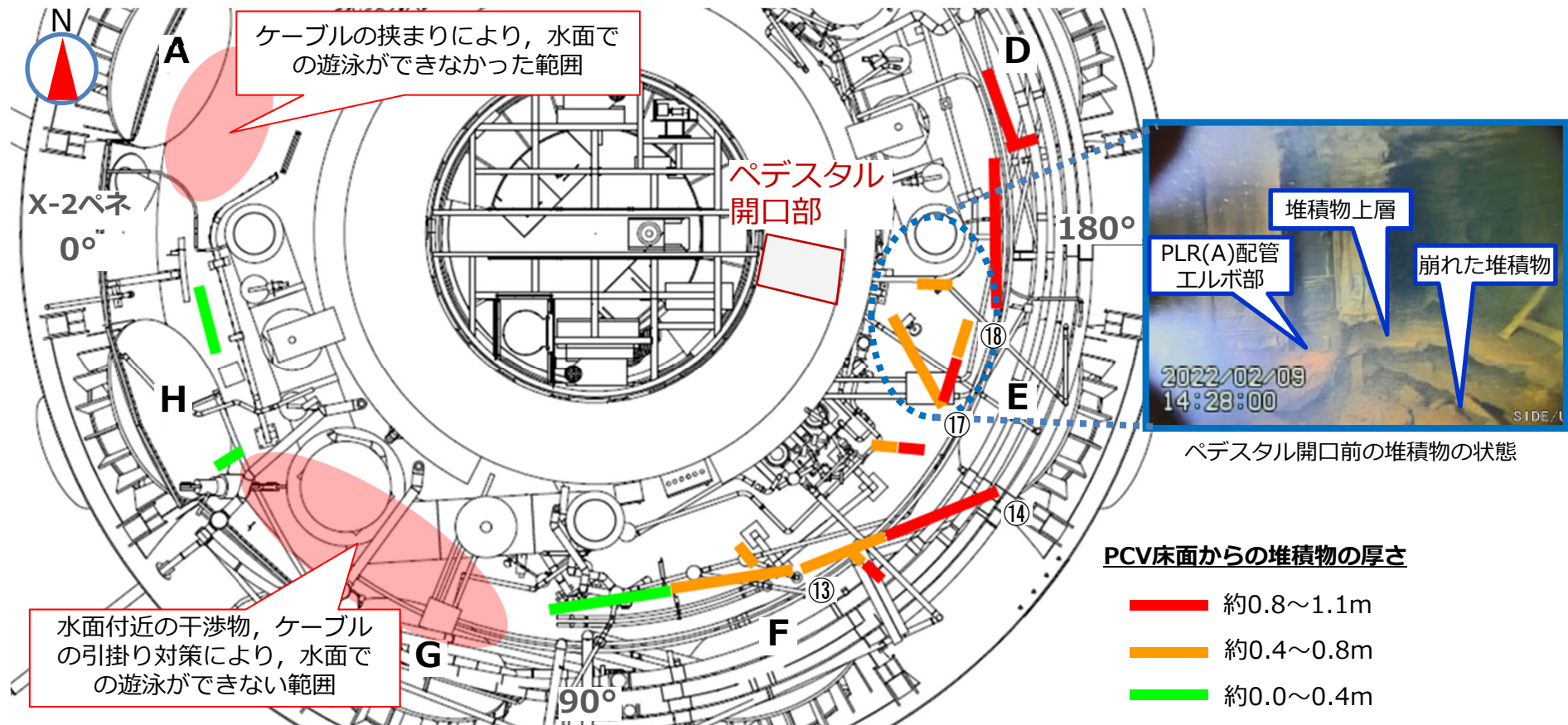


線量率	線源-検出器距離	熱中性子束評価値※
14.4 Gy/h	約16 cm	8.8×10^1 /cm ² /s
6.5 Gy/h	約33 cm	1.1×10^1 /cm ² /s
1.5 Gy/h	約78 cm	0 /cm ² /s

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-Cによる堆積物厚さ測定結果まとめ(全13箇所)

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



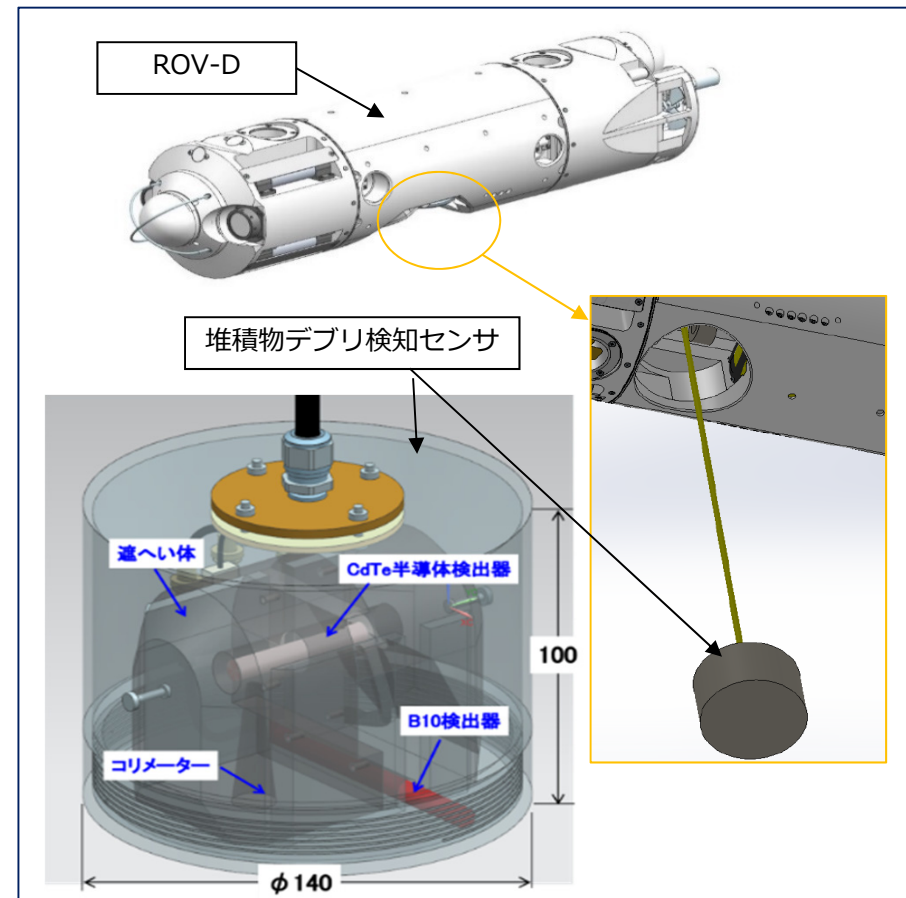
※PCV床面からの堆積物の高さは水位2.0mを基準として算出

(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

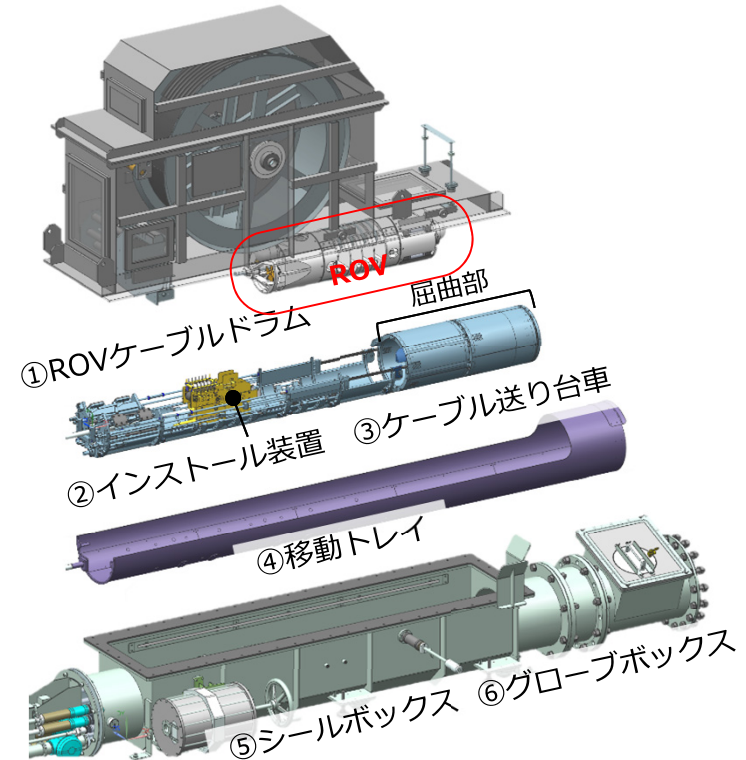
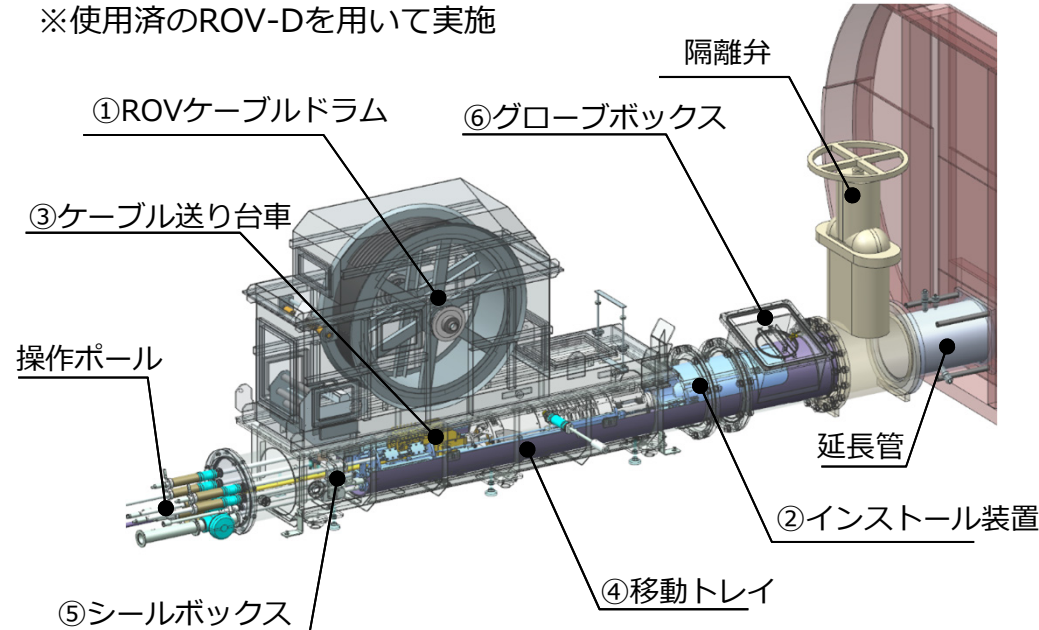


ROV-Dの装置構成

(参考) 調査装置詳細 シールボックス他装置

- 予備機シールボックス等の搬入・交換
- 隔離弁との芯出し
- ガイドパイプとの芯出し※（仮インストール）

※使用済のROV-Dを用いて実施

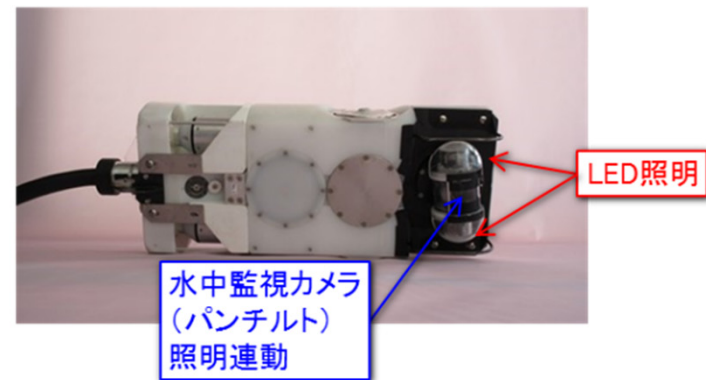
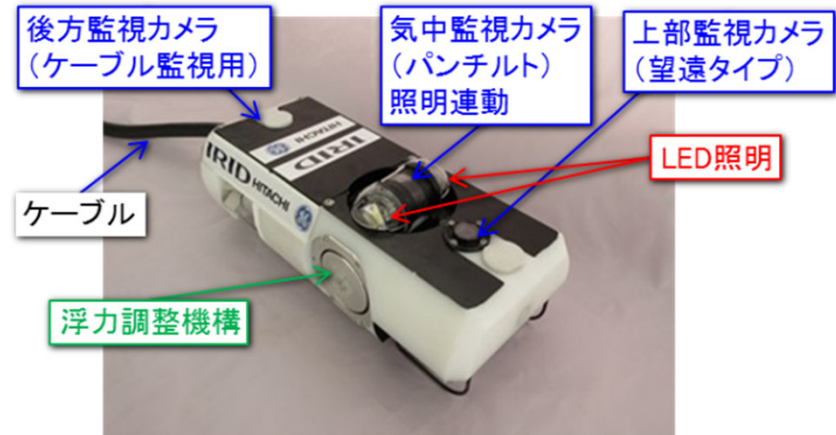
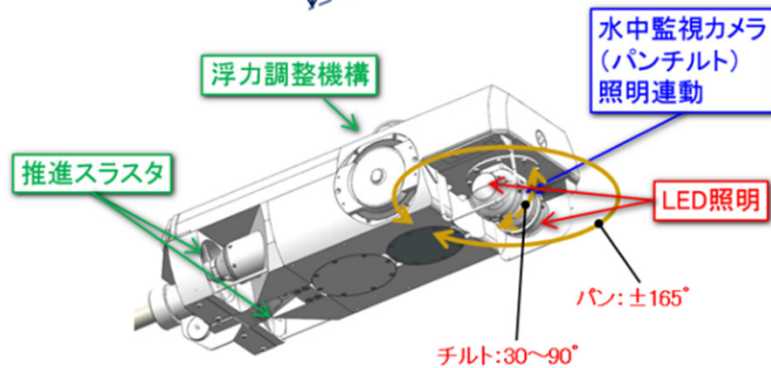
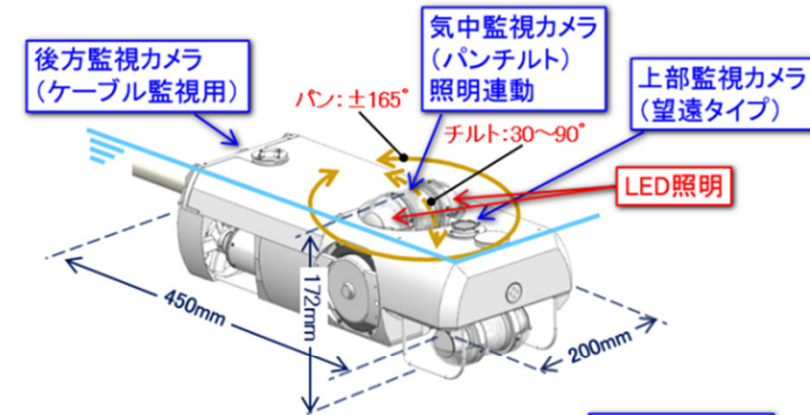


構成機器名称	役割
① ROVケーブルドラム	ROVと一体型でROVケーブルの送り/巻き動作を行う
② インストール装置	ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる
③ ケーブル送り台車	ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う
④ 移動トレイ	ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置
⑤ シールボックス	ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する
⑥ グローブボックス	ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断

(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

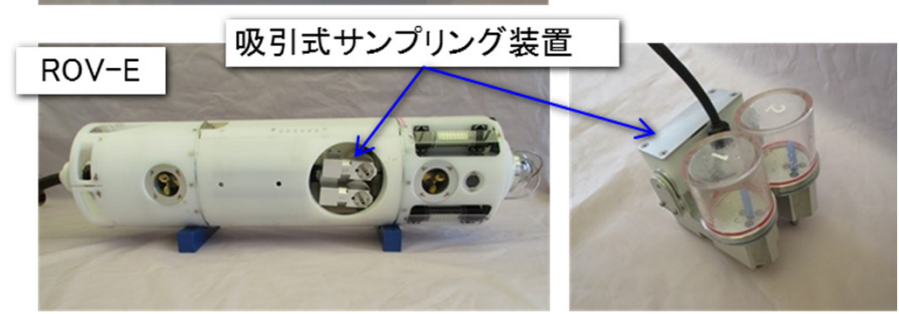
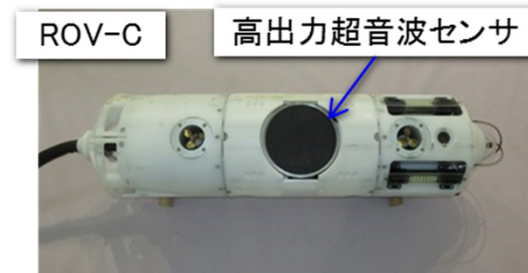
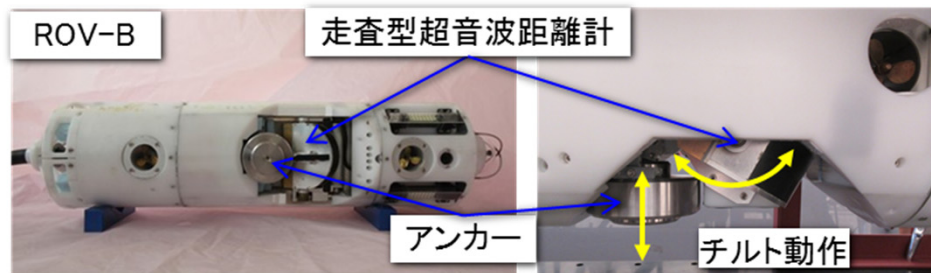
推力：約50N 寸法：直径φ20cm×長さ約45cm



(参考) 調査装置詳細 ROV-B~E_各調査用

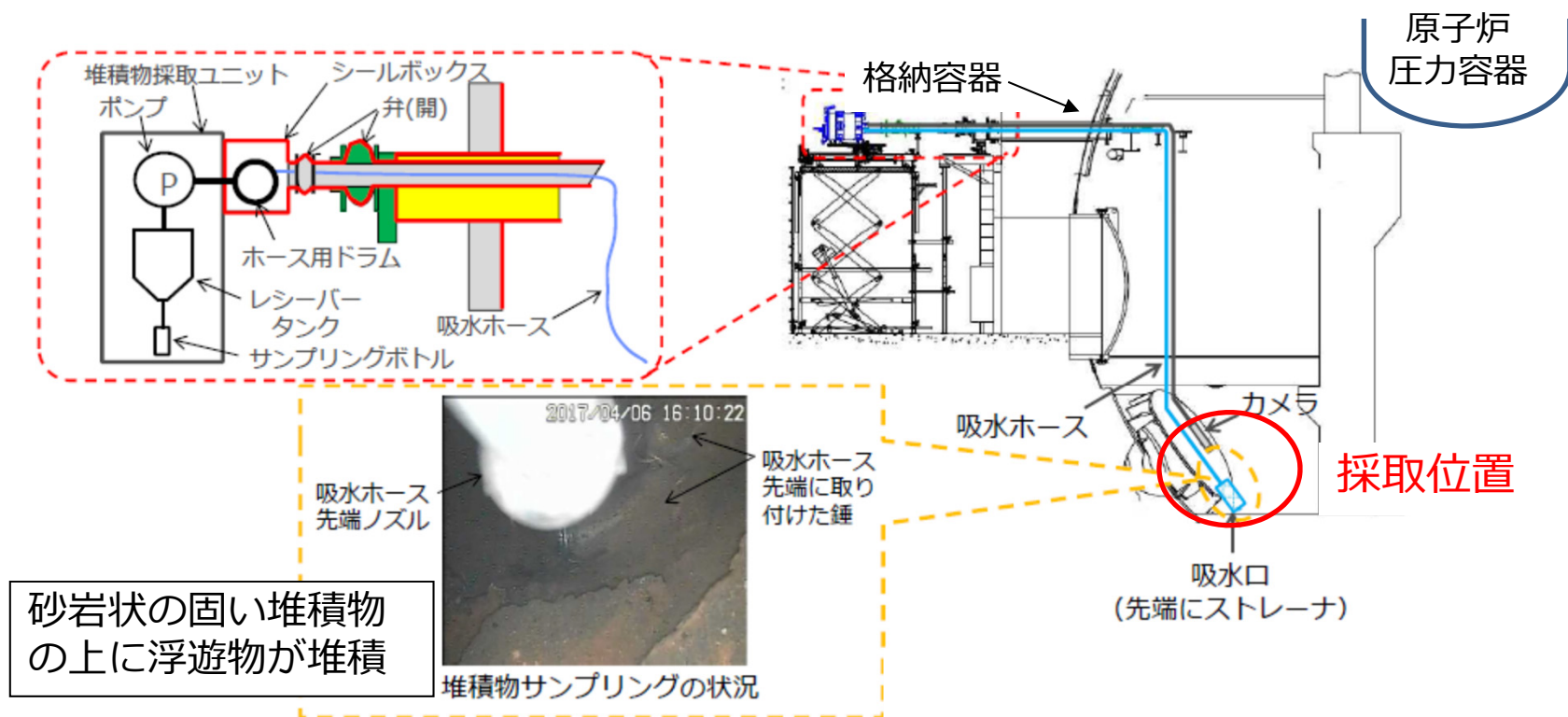
調査装置	計測器	実施内容
ROV-B 堆積物3Dマッピング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走査型超音波距離計 ・ 水温計 	走査型超音波距離計を用いて堆積物の高さ分布を確認する
ROV-C 堆積物厚さ測定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高出力超音波センサ ・ 水温計 	高出力超音波センサを用いて堆積物の厚さとその下の物体の状況を計測し、デブリの高さ、分布状況を推定する
ROV-D 堆積物デブリ検知	<ul style="list-style-type: none"> ・ CdTe半導体検出器 ・ 改良型小型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) 2017年に実施した堆積物サンプリングの分析結果概要①

- 1号機格納容器内部調査の一環として、原子炉格納容器底部の堆積物（浮遊物）を採取したもの（2017年4月採取）。サンプリング時の映像から、堆積物は固い層の上に浮遊物があることを確認。主に浮遊物の部分が回収されていると考えられる。
- 発電所内で簡易蛍光X線分析とγ核種分析を実施。
- 簡易蛍光X線分析では、構造材料等のほかにUを検出、Puは確認されていない。
- ガンマ核種分析では、Cs-134、Cs-137、Co-60、Sb-125を確認。



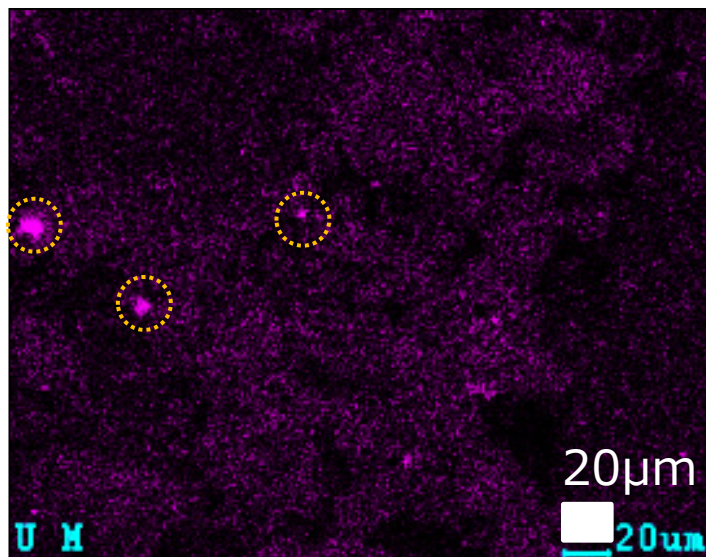
(参考) 2017年に実施した堆積物サンプリングの分析結果概要②

■ サンプル全体の観察結果

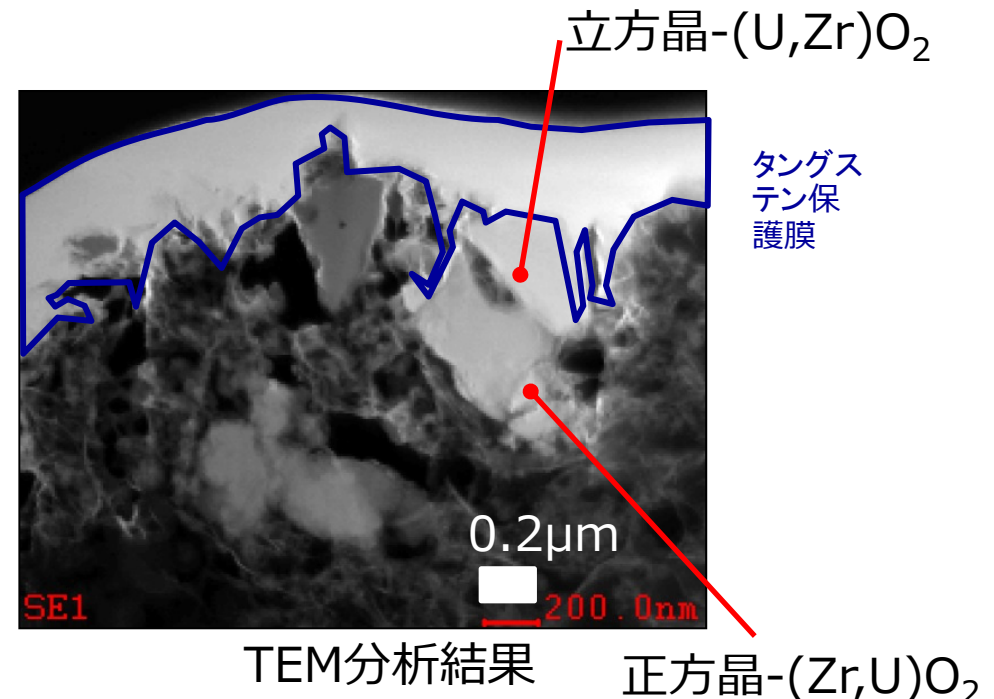
- SEM-EDS分析では、鉄さび上にU含有粒子が混在していることが確認された。
- 300 μm ×200 μm 程度領域の観察でU含有粒子を確認。(左下図黄色丸)
ただし、領域平均で見るとU濃度は低く検出されない程度。
- ICP-MSの分析結果では、Feが多く次いでAl、Cu、Zn、Pb、Uなどを確認。

■ U含有粒子の観察結果

- U含有粒子はUリッチな立方晶(U,Zr)O₂、Zrリッチな正方晶(Zr,U)O₂



SEM分析結果
(U分布)



TEM分析結果
立方晶-(U,Zr)O₂
タンゲステン保護膜
正方晶-(Zr,U)O₂

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

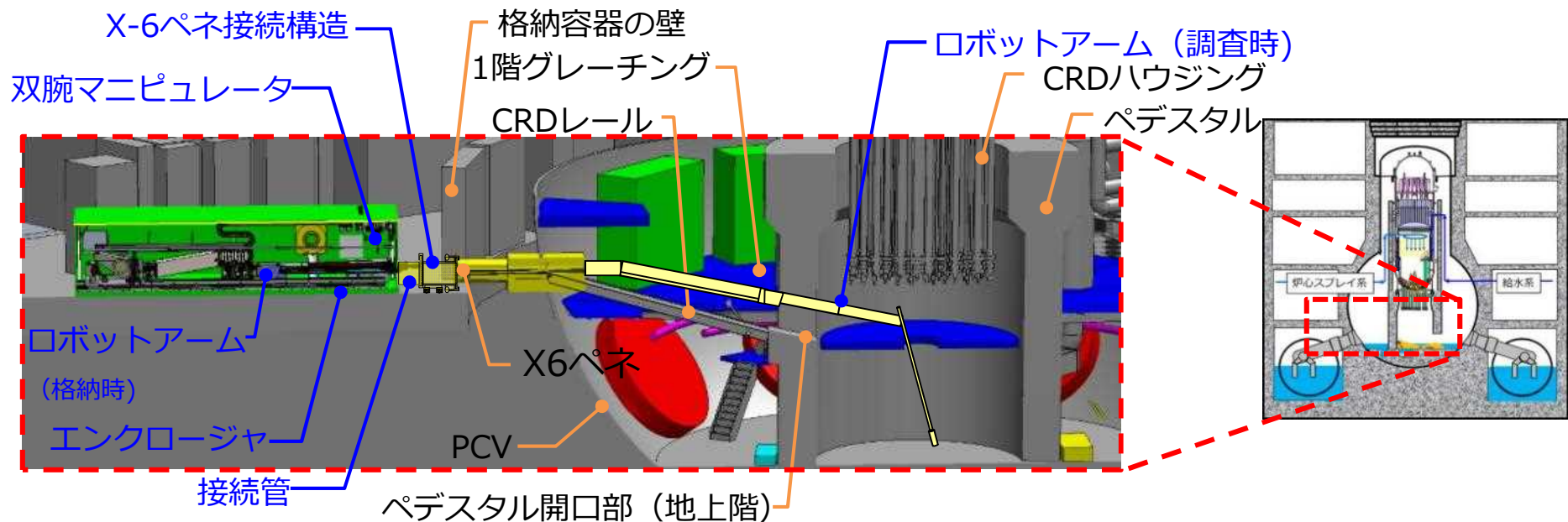
2023年2月22日

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



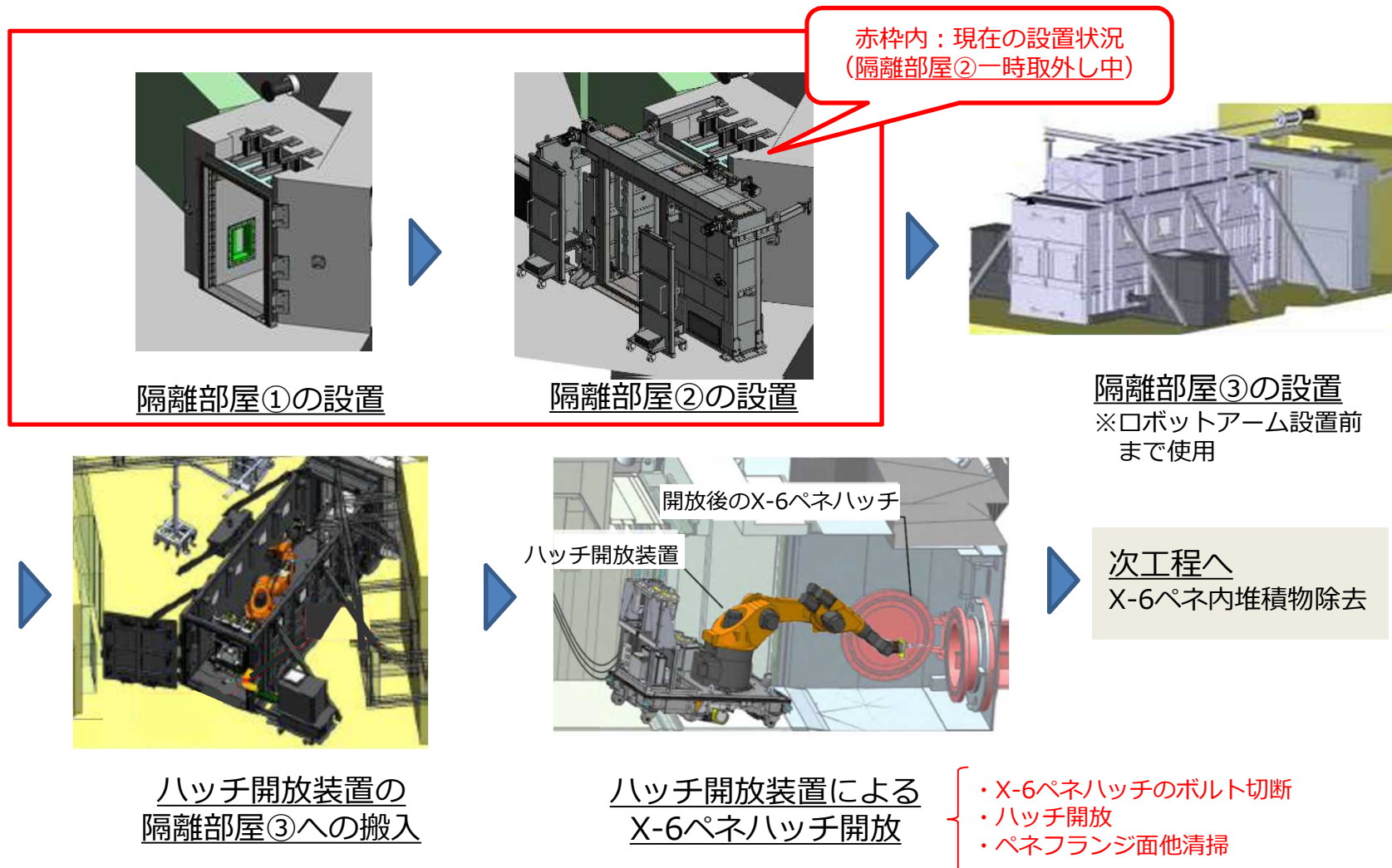
2号機 内部調査・試験的取り出しの計画概要

2-1. 現場作業の進捗状況 (隔離部屋設置)

20221222
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。

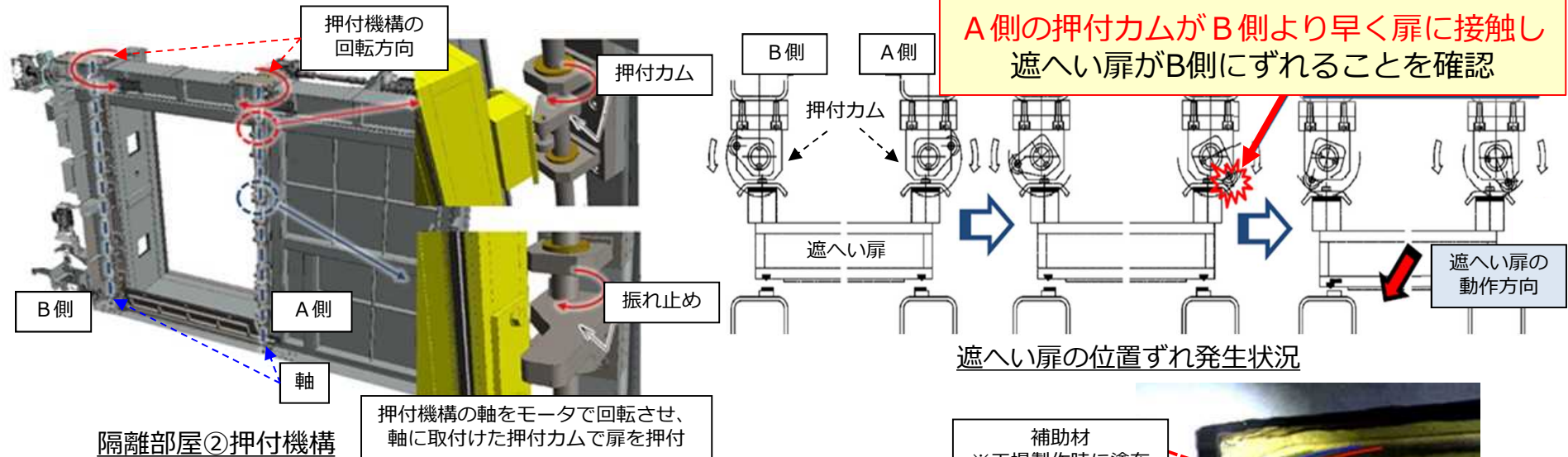


2-2. 現場作業の進捗状況 (隔離部屋② 遮へい扉の調査結果)

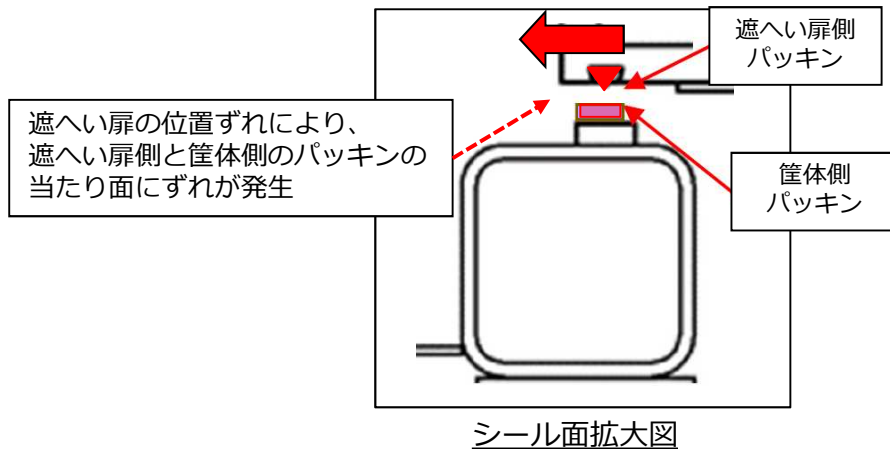
20221222
チーム会合資料再掲



- 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。

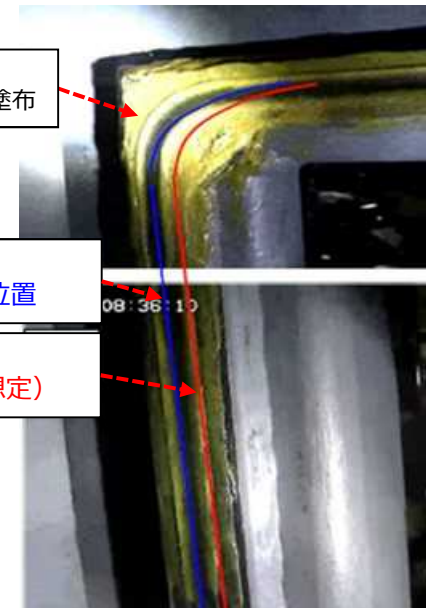


遮へい扉がB側にずれたことにより、遮へい扉と筐体側のパッキンが合わさらず、気泡が発生。（推定）



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）



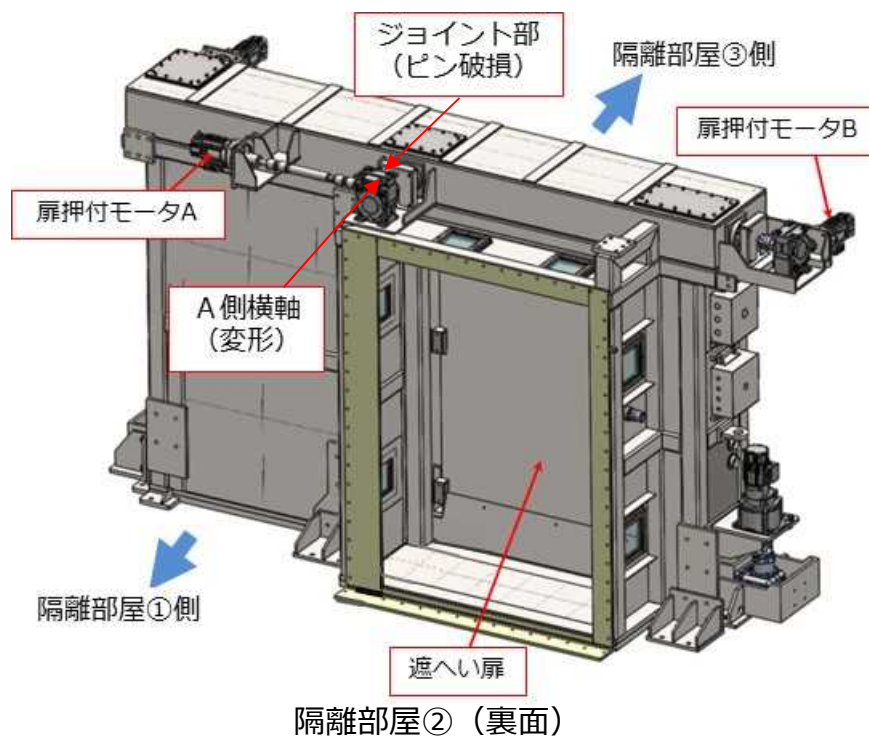
上記写真は筐体側パッキン X-6ペネからの視点

2 - 3. 現場作業の進捗状況 (隔離部屋② 押付機構の調整)

20221222
チーム会合資料再掲



- 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。



ジョイント部



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。

2-4. 現場作業の進捗状況

(隔離部屋② 押付機構部品の破損事象の原因と対策)

<調査結果>

- ・ 押付機構の必要なトルクに対する強度の余裕が少なく、変形の可能性があることを確認。
- ・ 強度上の最弱部であるジョイント部のピンが、ハッチ開放後のバウンダリ内にあることを確認。

<推定原因>

- ・ 軸はジョイント部と同程度の強度になっていたため、軸の変形（キー溝の広がり）等が発生。
- 軸の変形（キー溝の広がり）により、軸回転時にキー連結部で回転ズレが発生し、押付カムの押付・開放のタイミングのズレが発生したと推定。

対策①

強度向上

押付機構の許容トルクを増大

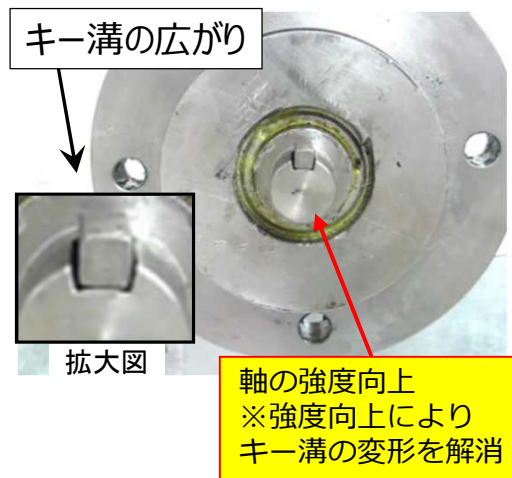
- ジョイント部の型式変更
- 軸の材質変更

対策②

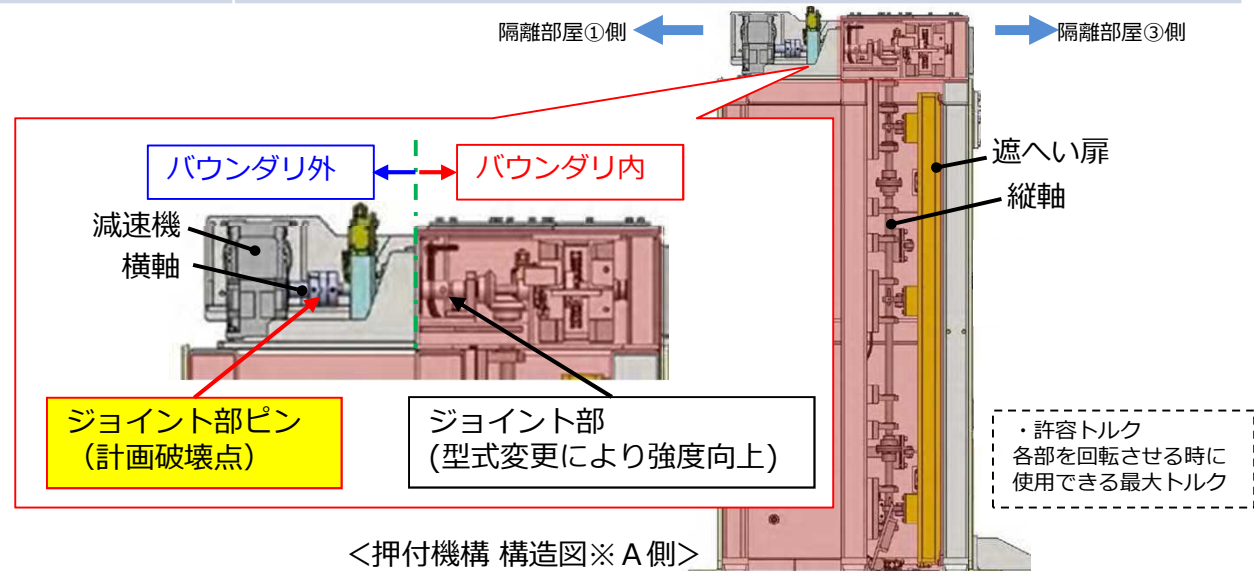
計画破壊点（ピン）をバウンダリ外へ変更

押付機構の強度が最も弱い箇所（ピン）を安全装置としてバウンダリ外に設置（バウンダリ内のピンは、キー構造に変更し強度向上）

- 通常使用の範囲では破断に至らないものの、万が一のピンの破断に対して、交換が比較的容易な設計の見直し



<キー溝の状況>

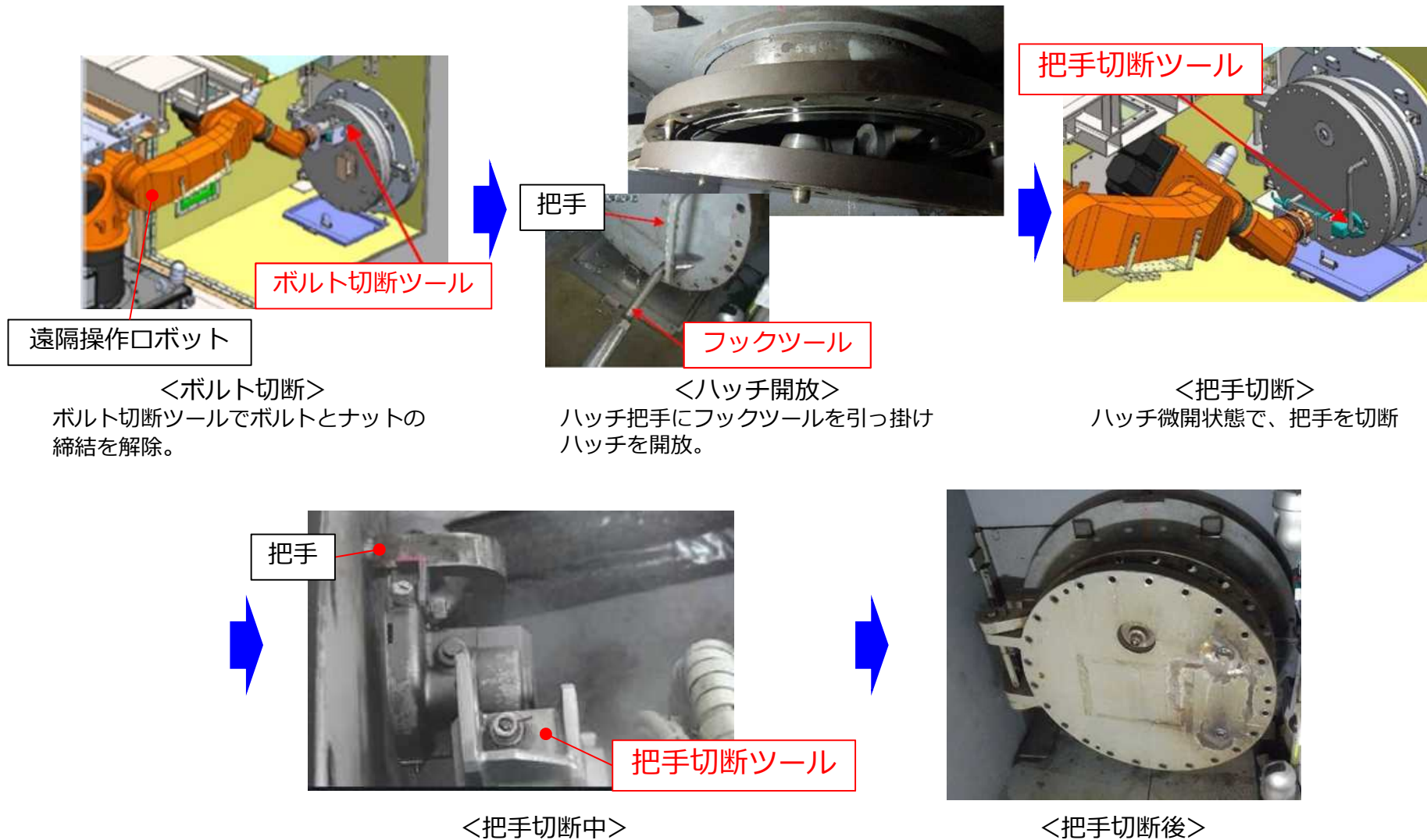


<押付機構 構造図※ A側>

- ・ また、隔離部屋②の課題を踏まえ、並行して隔離部屋③の点検を実施中。

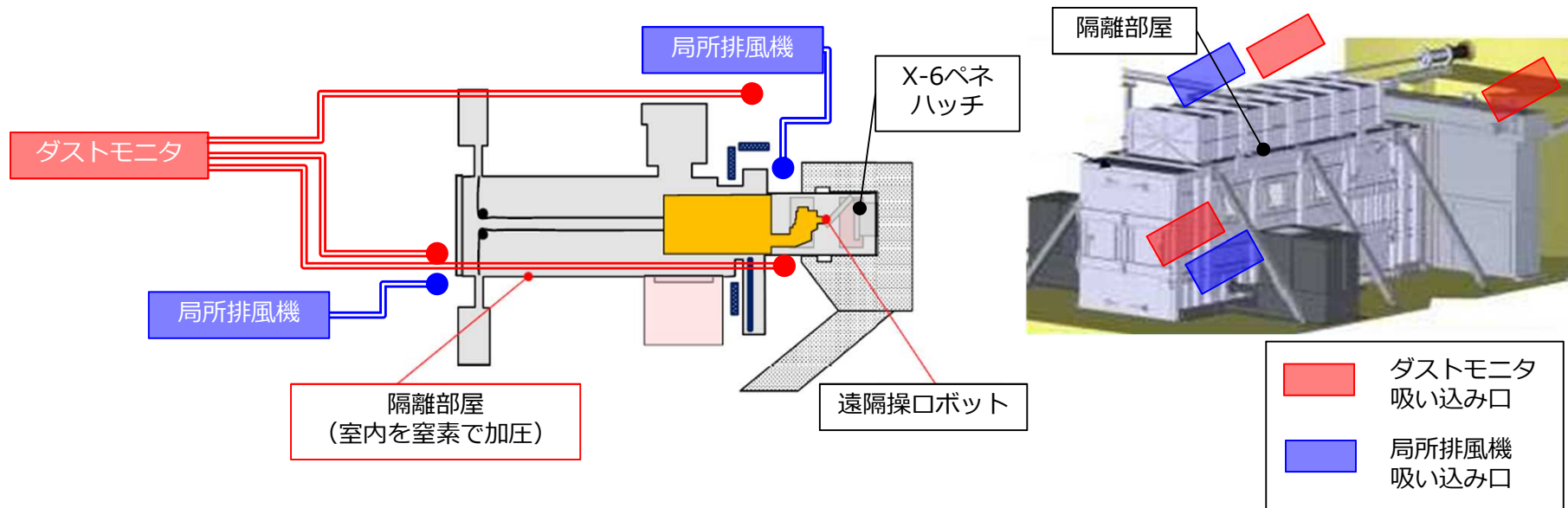
3 - 1. 試験的取り出しに向けた検討状況 (ハッチ開放手順)

- 工場モックアップ試験において、遠隔操作ロボットにより、X-6ペネハッチ把手の切断作業の成立性を検証中。
- ハッチ開放作業の確実性を高めるために、ハッチ開放後に把手を切断する手順で実施。



3 - 2. 試験的取り出しに向けた検討状況 (ハッチ開放作業時のダスト対策)

- ハッチ開放作業時のダスト飛散による汚染の拡大防止対策を実施する計画。
 - 隔離部屋内を窒素で加圧し、X-6ペネからのダスト飛散を抑制。
 - 隔離部屋周辺に連続ダストモニタ用ホースの吸い込み口を設置し、作業中はダスト飛散の状況を監視。
 - 隔離部屋周辺にフィルタ付き局所排風機を設置し、汚染の拡大防止。



<ハッチ開放作業ダスト対策 状況図>

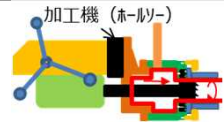
4. 全体工程

- ・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 ▽2月現在	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）			

(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

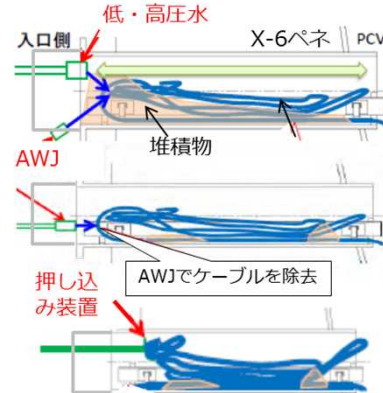
ハッチ開放装置



- 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

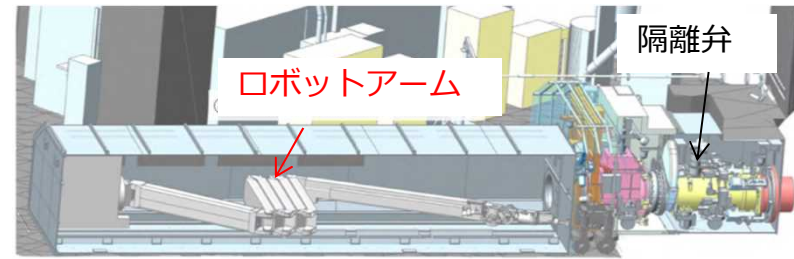
X-6ペネ内部にある堆積物・ケーブル類を除去する



- 【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

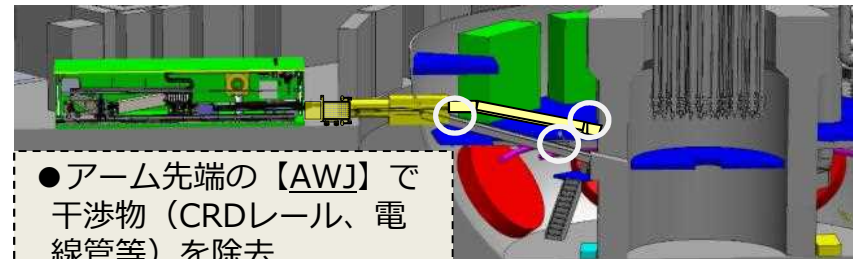
4. ロボットアーム設置

認可済



5. 試験的取り出し作業 (内部調査・デブリ採取)

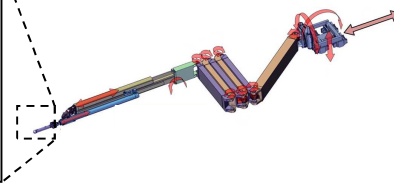
① ロボットアームによるPCV内部調査



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



(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

1号機 R CW熱交換器入口ヘッダ配管で確認された 滞留ガスの対応について

※ R CW : 原子炉補機冷却系

2023年2月22日

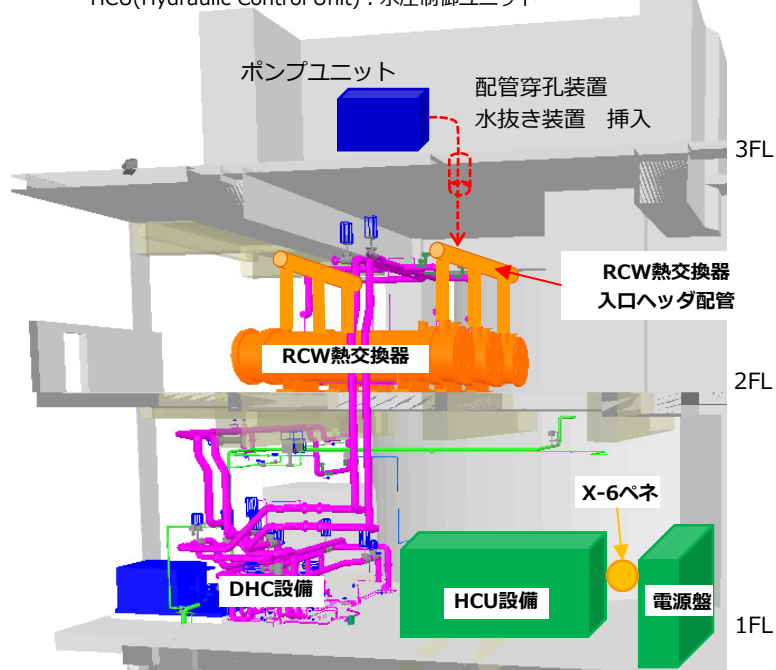
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要（経緯）

- 1号機原子炉建屋（R/B）内の高線量線源であるRCWについて、線量低減に向けた内包水サンプリングに関する作業を10月より実施中。
- サンプリング作業で使用するRCW熱交換器入口ヘッダ配管について、電解穿孔にて配管貫通を行い、滞留ガスの確認をしたところ、水素(約72%)を検出。また、当該配管内のエア分析の結果、事故由来の核種と考えられるKr-85(約4Bq/cm³)を検出。
- 今後の作業として、サンプリングや水抜きに向けた貫通部の穿孔作業(拡大)を計画。作業の安全確保に向け、当該配管の滞留ガスのパーシ（窒素封入）を実施し、水素濃度が可燃性限界未満(4%)になったことを確認した上、穿孔作業を2/14に実施・完了。穿孔作業後、穿孔箇所は大気開放としているが、ダストモニタやPCVパラメータ等に異常がないことを確認。
- 現在、内包水サンプリング作業を実施中。なお、穿孔作業後、配管内の水素濃度が0%であること確認(至近2/22)。今後も配管内の水素ガスを確認する（傾向を確認しながら、一定期間）。

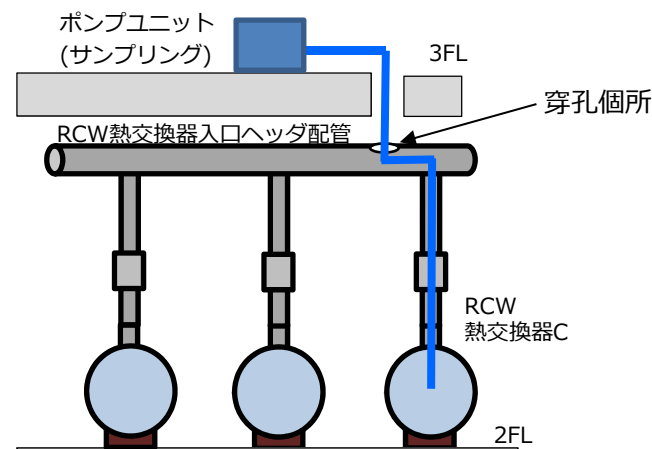
RCW(Reactor Building Cooling Water System) : 原子炉補機冷却系
DHC(Drywell Humidity Control System) : ドライウェル除湿系
HCU(Hydraulic Control Unit) : 水圧制御ユニット



1号機R/B 1~3階南側 断面

作業ステップ(概略)

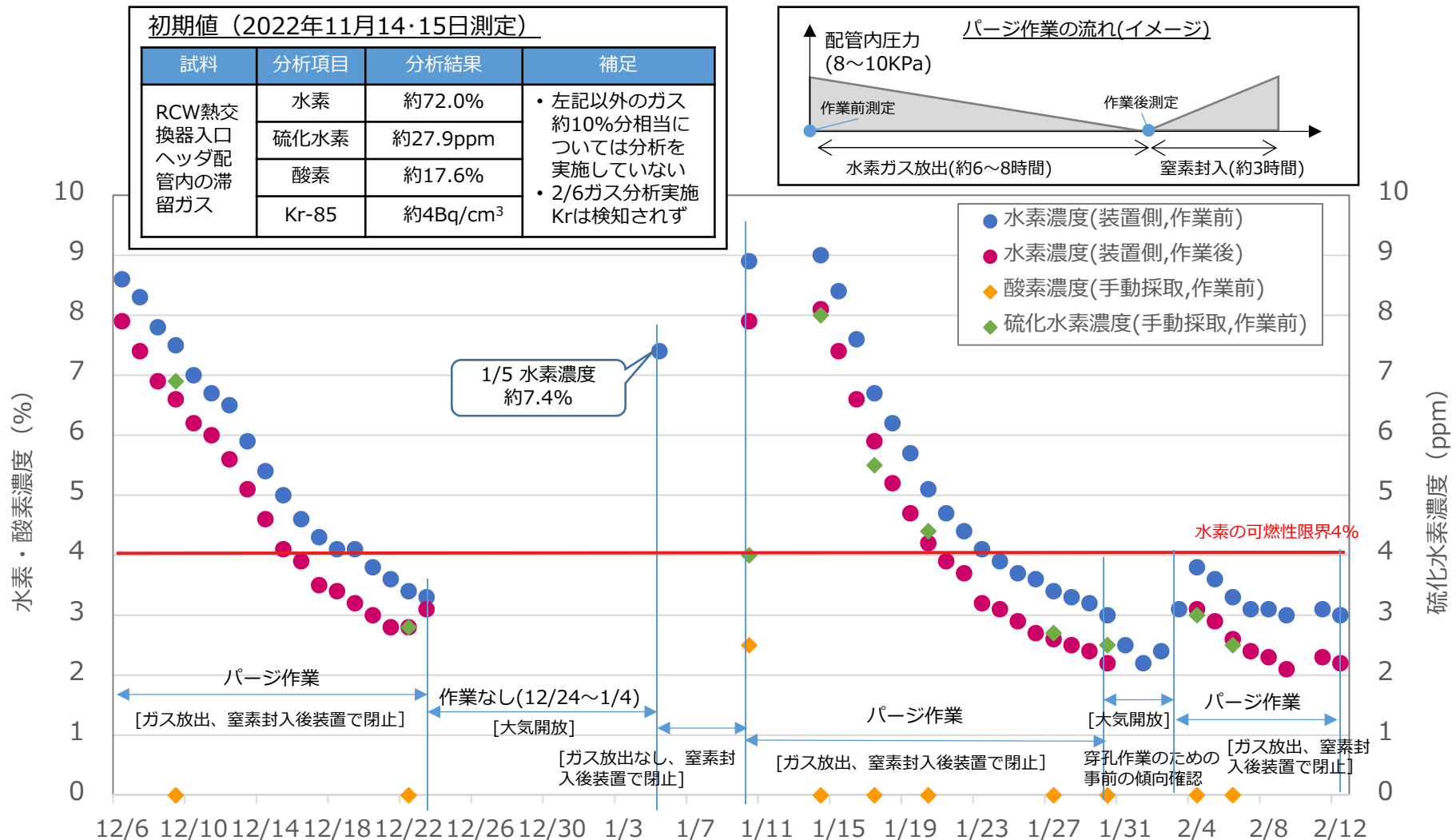
- ①RCW熱交換器入口ヘッダ配管上面を穿孔する。
 - ・電解穿孔※1による微小な孔を設け、配管内水素ガスの確認※2を行う。
 - ・水素ガスがないことを確認後、穿孔作業(機械式)を行う。
- ②配管穿孔個所にサンプリング用ホースをRCW熱交換器の内部まで挿入する。
- ③サンプリング用ポンプユニットで採水する。



※1 : 火花を発生させず穿孔が可能。本工法は特許出願もしており、合わせてモックアップにて火花が発生しないことを確認済み。
※2 : 水素ガスが確認された場合は、気体のサンプリング・分析を行った後、水素ガスパーシ（窒素封入）を行う。

2. 滞留ガスのパーシ作業における水素濃度他の低減傾向

- 水素濃度について、パーシ作業後による低減後、翌日にやや増加する(少量)傾向が確認された。また、12/24~1/4の大気開放時(開放箇所約Φ2mm程度)に水素濃度の増加が確認されたが、パーシ作業により低減。
- 酸素及び硫化水素とも、変動は確認されたが、パーシ作業により低減。
- パーシ作業及び穿孔作業は完了。穿孔作業後、配管内のガスについて、大気相当であることを確認(水素0%、酸素約20.9%、硫化水素0ppm)



3. 滞留ガスのパーシ作業における水素濃度の増加の推定要因

■ RCW熱交換器入口ヘッダ配管の滞留ガスパーシ作業において、水素濃度が増加する事象が確認された。事故時のPCVからのガス流入や配管の設置状況から、以下のことが考えられる。

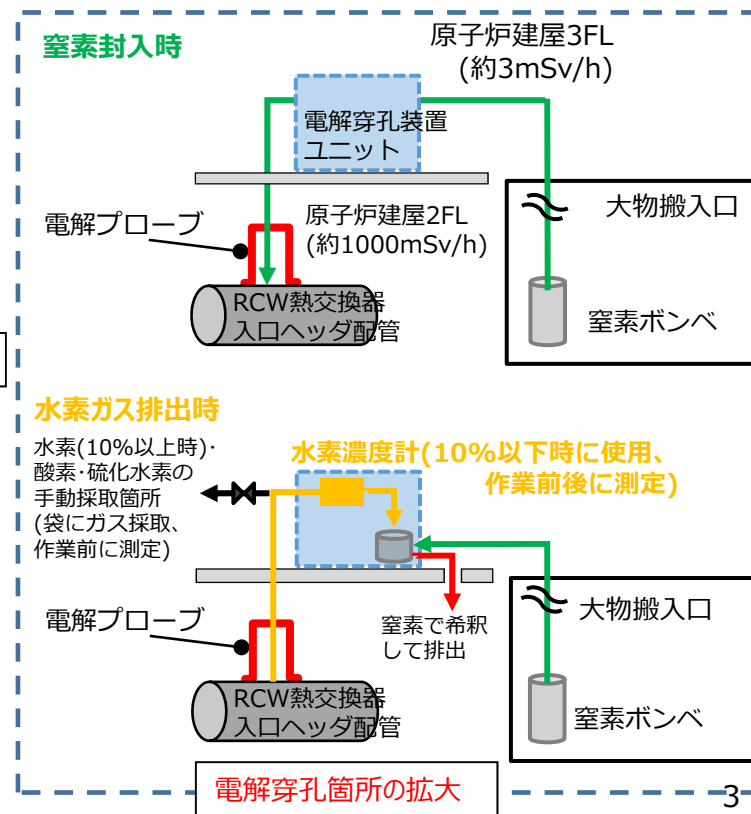
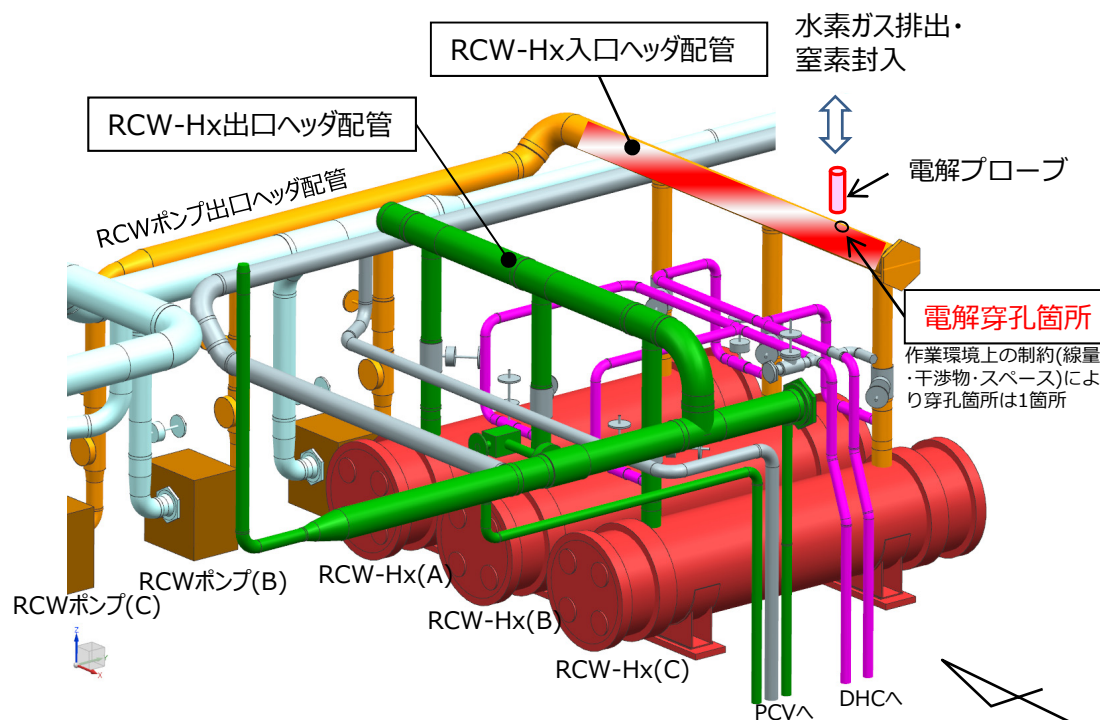
✓ 配管の設置状況上、窒素によるパーシ作業において、配管内での希釈・攪拌が難しかったことによるもの

当該配管は長く、窒素の封入箇所（水素の放出箇所）が1箇所(Φ約2mm相当の貫通)であり、窒素による希釈・攪拌が配管奥部まで広がるのが難しい。

✓ RCW熱交換器の内包水の放射性分解により生成された水素(少量程度※と推定)によるもの

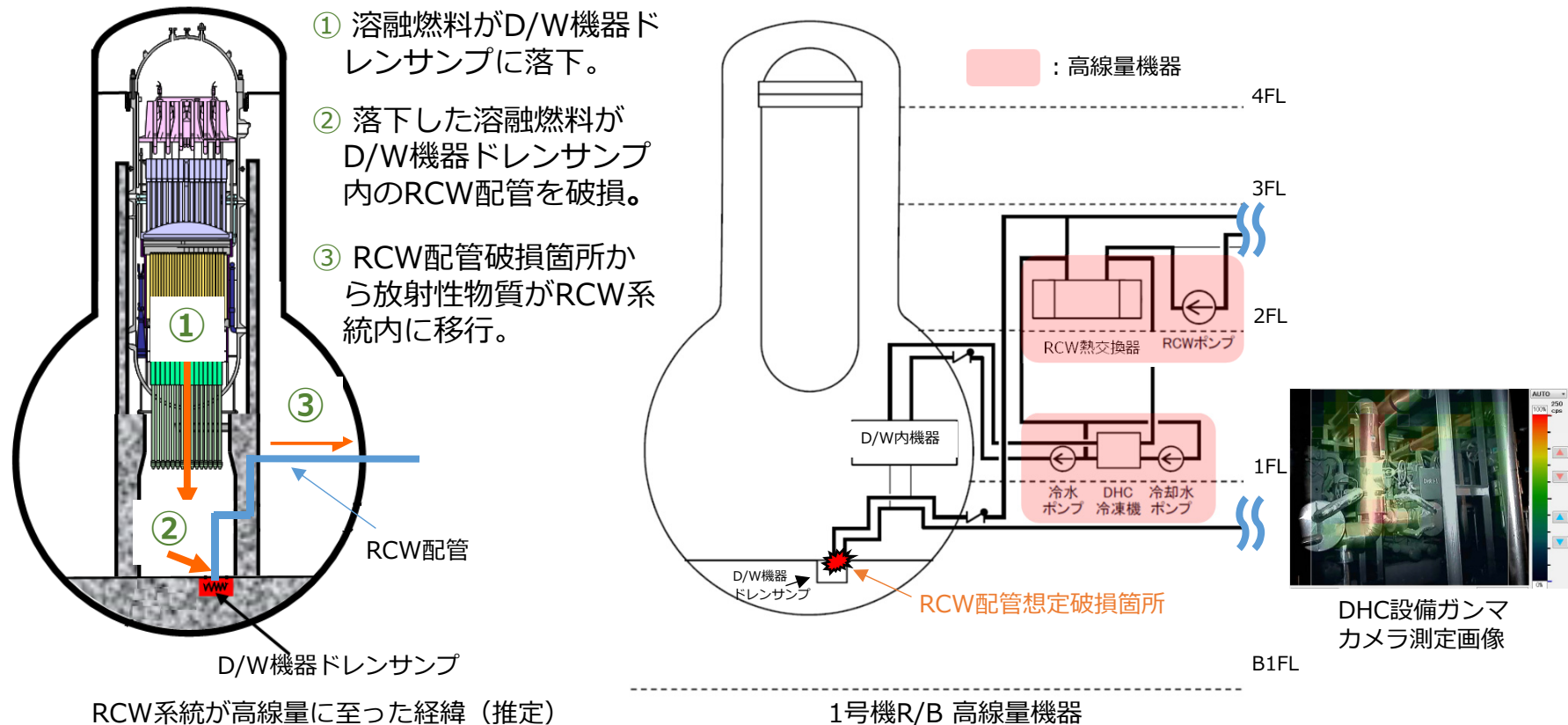
※：少量程度の推定について

- ・ 水素濃度と硫化水素の発生メカニズムが異なると考えられるが、各々の濃度変動の傾向が同じである。
- ・ 放射性分解による水素・酸素の生成比2：1に対し、酸素濃度が検知されていない。



【参考1】RCW系統の汚染経緯

- 1号機RCW系統は、事故時にD/W機器ドレンサンプを冷却するRCW配管が破損したことで、放射性物質がRCW配管内に移行し、高線量化したと推定されている。

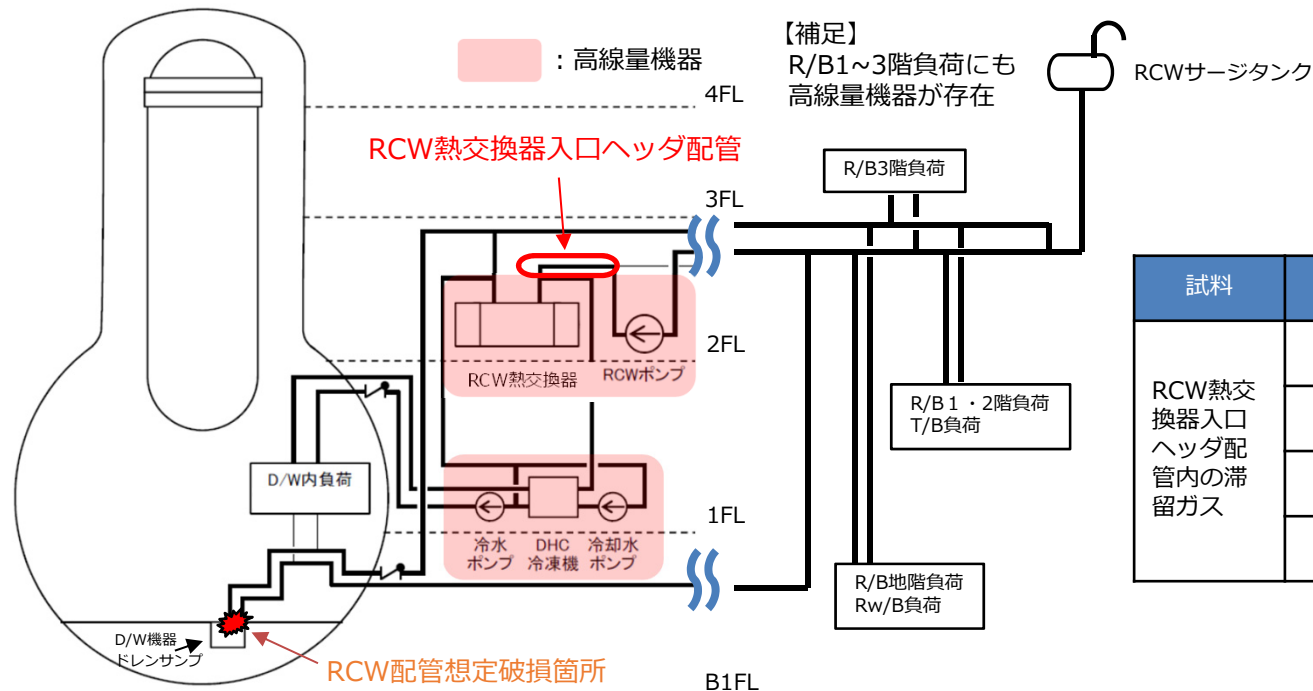


※ D/W(Drywell) : ドライウェル PCV(Primary Containment Vessel) : 原子炉格納容器

4. RCW熱交換器入口ヘッダ配管のガス流入・滞留の推定要因

- RCW熱交換器入口ヘッダ配管周りの概略構成を以下に示す。入口ヘッダ配管へのガス流入・滞留の推定要因として、以下のことが考えられる。

No.	要因	ガス流入・滞留のタイミング	説明
①	事故時のガス流入	震災直後	事故時、RCW系の破損箇所からPCV内に充満したガス(放射性物質含む)が系統内に流入。
②	RCW熱交換器内包水の放射線分解	震災～現在	配管・熱交換器内の放射性物質を含んだ水が、放射線による分解により水素・酸素を発生。
③	海水成分の影響	震災～現在	事故時にPCVに注入した海水の影響または熱交換器内海水配管の損傷の影響によりガス(硫化水素)が発生。



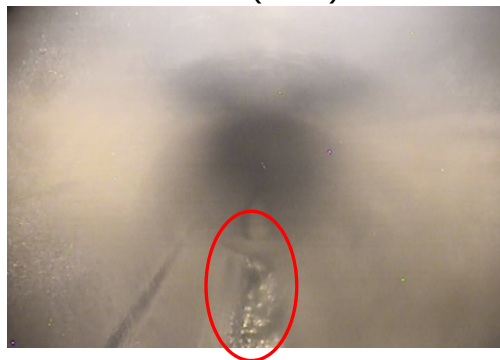
試料	分析項目	分析結果	補足
RCW熱交換器入口ヘッダ配管内の滞留ガス	水素	約72.0%	左記以外のガス約10%分相当については分析を実施していない
	硫化水素	約27.9ppm	
	酸素	約17.6%	
	Kr-85	約4Bq/cm ³	

(2022年11月14・15日測定)

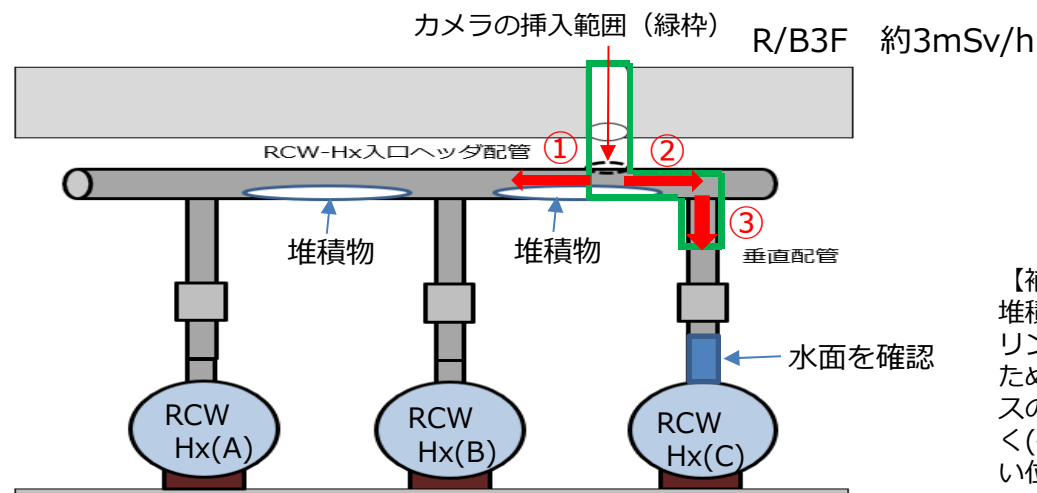
5. 1号機RCW熱交換器入口ヘッダ配管内部の確認結果について

- RCW-Hx入口ヘッダ配管の穿孔箇所よりカメラを挿入し、入口ヘッダ配管内の状況確認を実施。
 - ・ 入口ヘッダ配管内下部において堆積物（結晶のようなもの）を確認
 - ・ 入口ヘッダ配管内の空間線量については約50~75mSv/h程度を確認(底部で約75mSv/hを確認)

①RCW-Hx(A)(B)側の配管内表面(全体)



①RCW-Hx(A)(B)側の配管底部の堆積物



②RCW-H(C)側の配管底部の堆積物



やや黒いのは穿孔による切削屑による影響(推定)

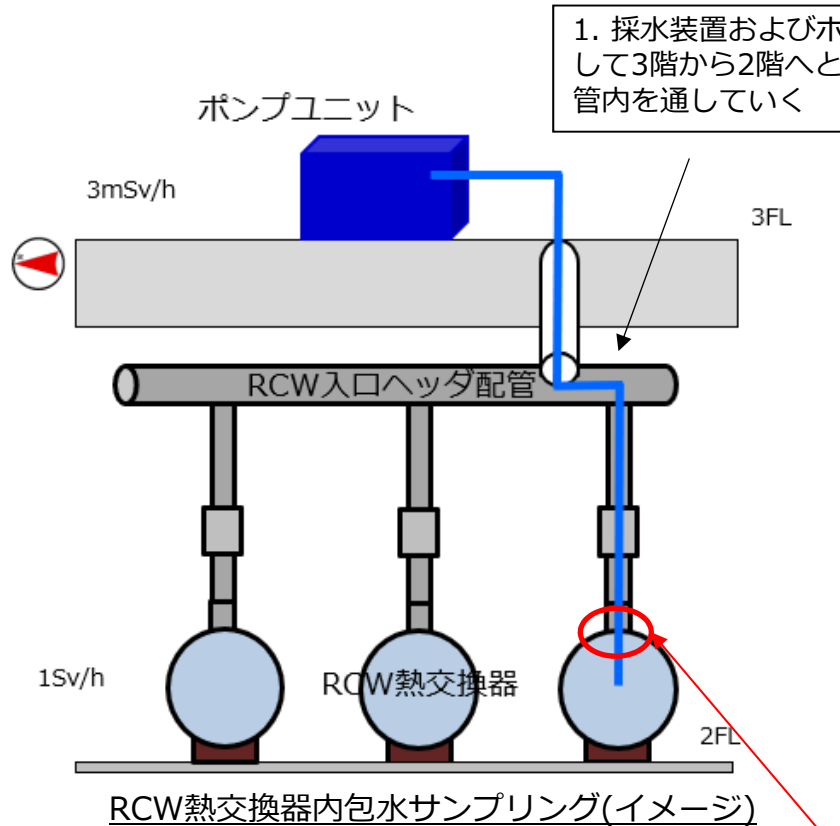
③RCW-Hx(C)入口(垂直)配管の水面



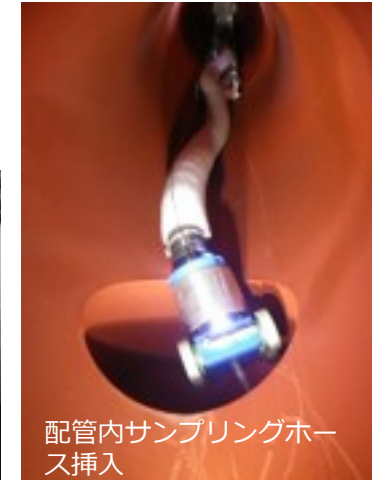
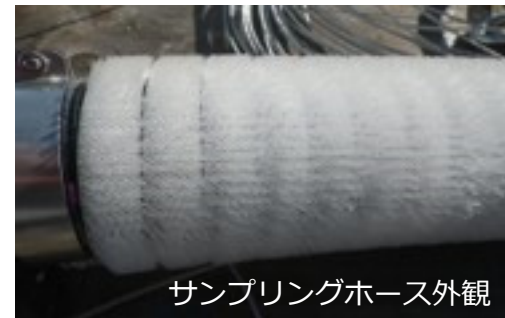
【補足】
堆積物は、今後のサンプリング作業の障害になるため、サンプリングホースの敷設範囲分は取り除く(作業に支障にならない位置に寄せる)

【参考2】 サンプルング作業(概要)

1. 内包水サンプルング・水抜きの為、RCW-Hx入口ヘッダ配管へ採水装置の挿入
2. 採水装置→給排水ポンプユニットによるサンプルングの実施

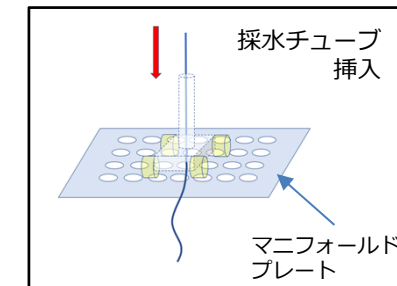
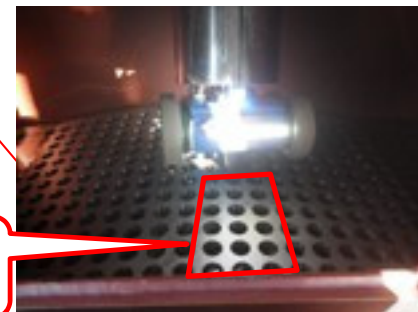


1. 採水装置およびホースの挿入に際して3階から2階へとクランク状の配管内を通していく



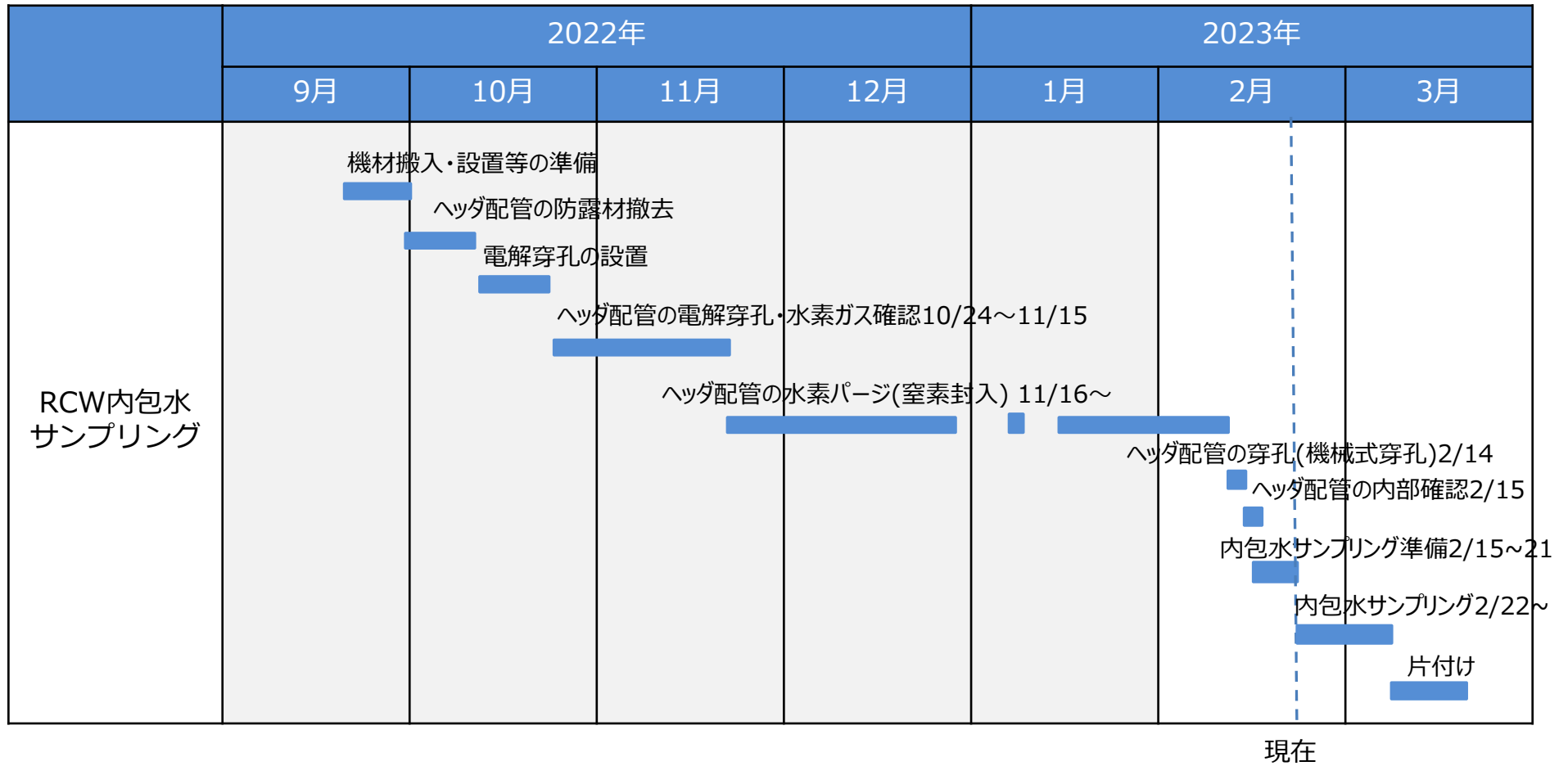
2. RCW-Hx(A),(B),(C),RCWポンプ出口ヘッダ配管内包水のサンプルングに際して、マニフォールドプレートの小口径(Φ16mm)の穴に採水ホース(Φ12mm)を通していく。なお、RCW-Hxの下部まで通せる穴は一行のみ。

採水用チューブを熱交換器内の細管隙間を通すため、使える孔に制限がある



6. 今後の作業について

- 滞留ガスのパージ作業後、熱交換器内包水のサンプリングに向け、穿孔作業を実施・完了（電解穿孔した貫通部の拡大）。今後、装置の入れ替え・準備等を経て、熱交換器内包水のサンプリングを予定。



7-1.RCW系の滞留ガス対応を踏まえた他系統への取り組み (1)

■ これまでの取り組み

- 事故後、PCV内には窒素ガスを封入しており、事故時に発生した水素は、既に大部分が大気拡散していると想定。
- これまでの廃炉作業においては、上記対策によらず、水素の残留を想定した上で、慎重に作業を進めてきており、これまで水素滞留を確認した設備については、窒素パージを行う等の措置を実施。
- 2021年12月、3号RHR配管で系統内に滞留した水素ガスを確認したことを踏まえ、同様なケース（事故時の弁操作、水封）を中心とした評価を実施し、水素ガスが残留している可能性のある系統の抽出を検討。（なお、現在、大気あるいはPCVに開放されている系統は、水素ガス滞留の可能性は低いものと評価。）

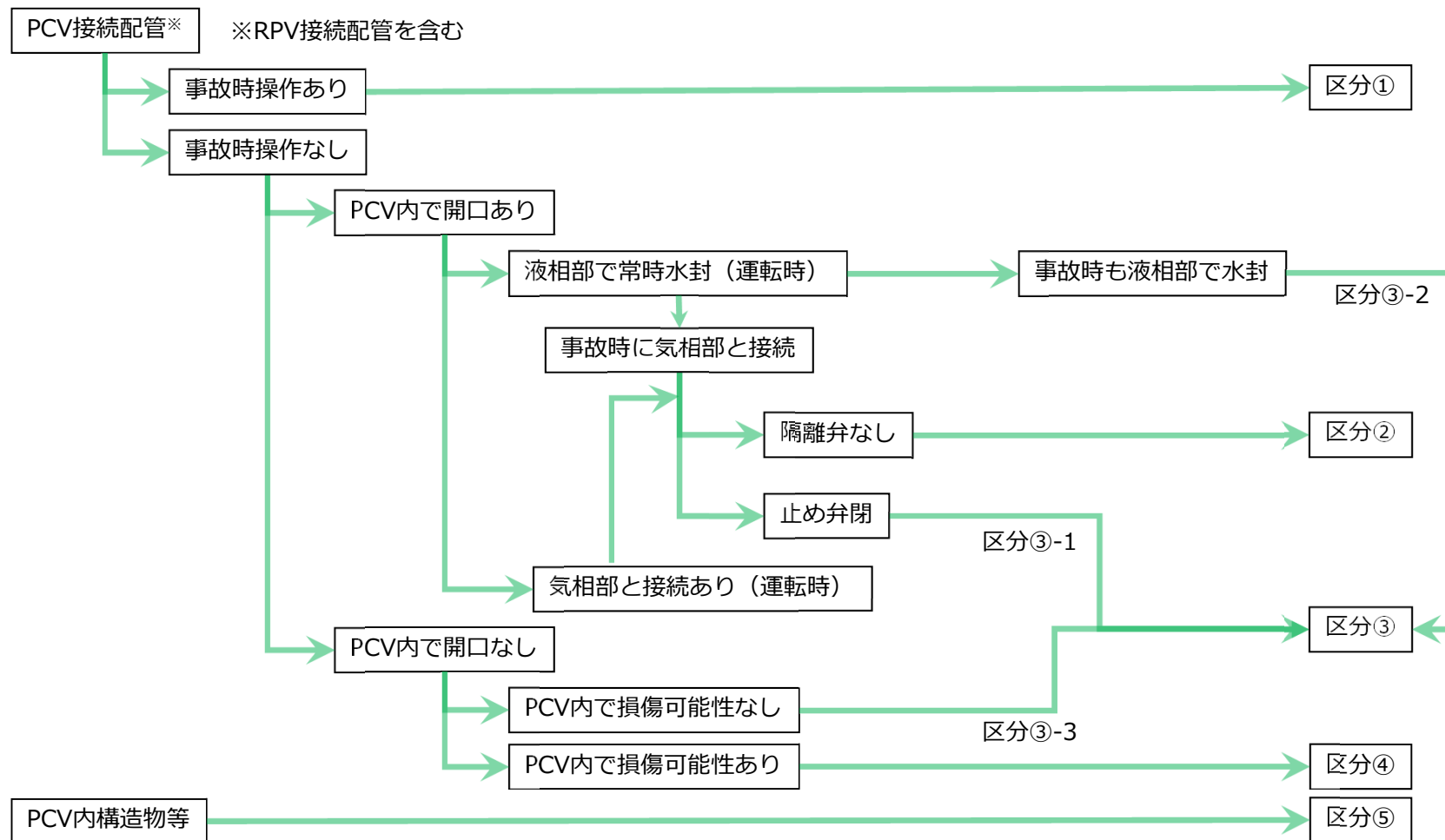
	適用の考え方	水素滞留の可能性	抽出された系統	対応の方針
区分①	事故時に使用した系統／配管について水素滞留の可能性のあるもの	あり	1号機：IC(A) 3号機：RHR(B) 1～3号機消防車注水の使用系統	現場調査を行うとともに作業計画を立案する。 なお、今回抽出された系統は高線量箇所等も含まれることから、被ばく防止等の作業安全を考慮した計画としていく。
区分②	PCV内に開口があり、PCV内の窒素と置換が進んでいると考えられるもの	少ない	—	作業を実施する場合、今回抽出されない箇所であっても、これまでと同様に水素滞留の可能性を考慮した作業計画を立案 (弁によりPCV側と隔離されていても現場状況や弁の種類等と考慮した上、水素確認の必要性を検討し、作業を実施)
区分③	RPV／PCVと気相で直接繋がっていないもの（弁等による）	少ない	—	
区分④	圧力容器から落下した燃料デブリ等により系統の配管／機器が損傷し、系統内に水素が流入した可能性	あり	1号機：RCW(DHC) 1～3号機：CRD(HCU)	区分1と同様
区分⑤	PCVに窒素注入を継続（対策として実施）	少ない	—	—

【参考3】

4. 水素滞留の可能性；検討対象となる系統の抽出（1/2）



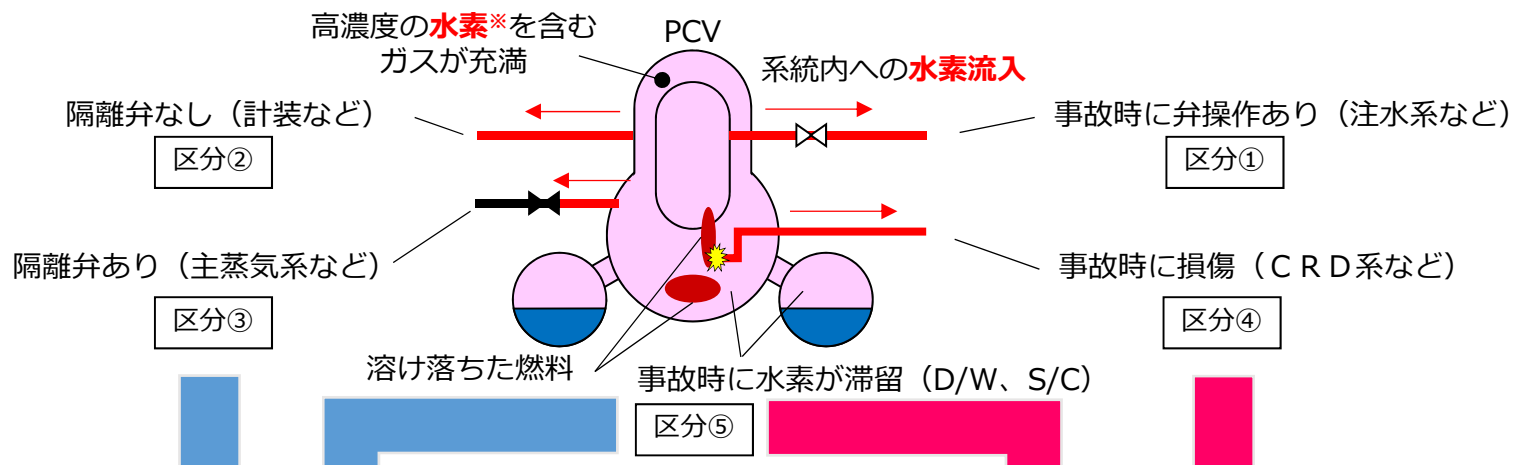
- 水素が滞留する可能性のある箇所として、図に示す抽出区分で検討対象となる系統を抽出。



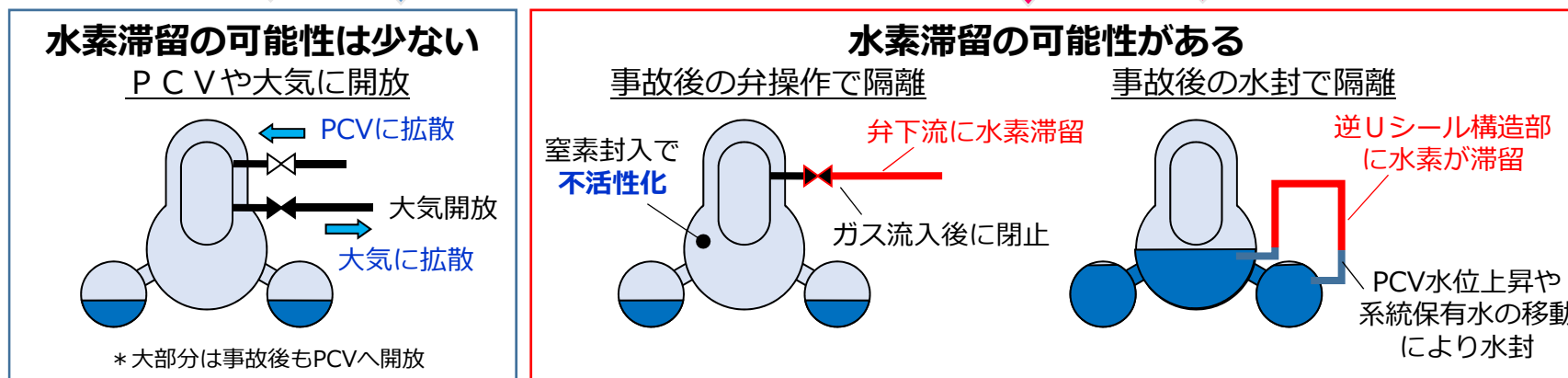
(例：D/W、S/C気相部)

4. 水素滞留の可能性；検討対象となる系統の抽出 (2/2)

【事故時】 P C Vの気相部に対して開放がある系統内へ、高濃度の水素※を含むガスが流入



【現在】 P C Vへの窒素封入により不活性化。事故後に弁や水封で隔離された箇所には水素の滞留が想定



※事故時の水-ジルコニウム反応によって発生した水素。水の放射線分解は水素の発生量が少ないことからここでは除外。

7-2. RCW系の滞留ガス対応を踏まえた他系統への取り組み (2)

■ 水素ガスが滞留する可能性のある系統の抽出及び対応状況

- 水素滞留の可能性のある系統
1号機 IC(A)、RCW系(DHC含む)、3号機 RHR(B)系、1～3号機 CRD系(HCU)
- 上記の系統以外も含め、水素滞留の可能性のある系統について、2022年9月から、計画立案に向けた調査・検討や確認作業を開始している。

	対象系統	対応状況	補足
1号機	IC (A)	2022年9月に現場調査を実施。高線量エリアであり、ガレキが多いため、ガレキ撤去も含め検討中。	3号機 RHR(A)の事象を踏まえ抽出されたもの
	RCW (DHC)	現在、対応中。2022年11月RCW熱交換器入口ヘッダ配管に水素の滞留を確認しており、水素ガスのパージ作業を実施。	
3号機	RHR (B)	高線量エリアであるR/B2階RHR(B)室周囲にガレキがあり、接近できない状況。現在、調査方法を検討中	
1～3号機	CRD系 (HCU)	当該機器は、R/B1階の高線量エリアにあり、接近できない状況。現在、調査方法を検討中	
1号機	CS(A)	2022年6月CS(A)系テストラインの線量調査を実施。追加の調査を計画中。	上記以外、可能性のあるところとして、対応しているもの
	S/C・CUW系配管	S/C内包水サンプリング作業の事前確認として計画。滞留ガスの確認を予定。現在、確認のための工法検討中。	
3号機	S/C	2022年10月に現場調査を実施。高線量エリアであり、線量低減も含め検討中。	
2号機	RHR、AC	高線量エリアであり、調査方法、線量低減も含め検討中。	

■ RCWの滞留ガス対応からの反映

- 今回の対応において、水素滞留の可能性のあるものとして抽出された系統に変更はないが、追加すべき系統の有無等について検討を行う。
- 抽出された系統のうち、調査や検討結果により、高線量且つ滞留水の存在が想定される部位については、可燃性限界以上の水素が存在すると想定して工事や作業を計画するとともに、廃炉作業へのリスク低減に努める。
- 抽出された系統以外についても、PCVバウンダリに繋がる部位を工事する場合、水素の存在を想定して、工事や作業を計画する等慎重に進めていく。(従来通り)
- 作業において、着火リスクのない機具の使用、パージ作業後の水素濃度の確認(一定期間等)を行う。

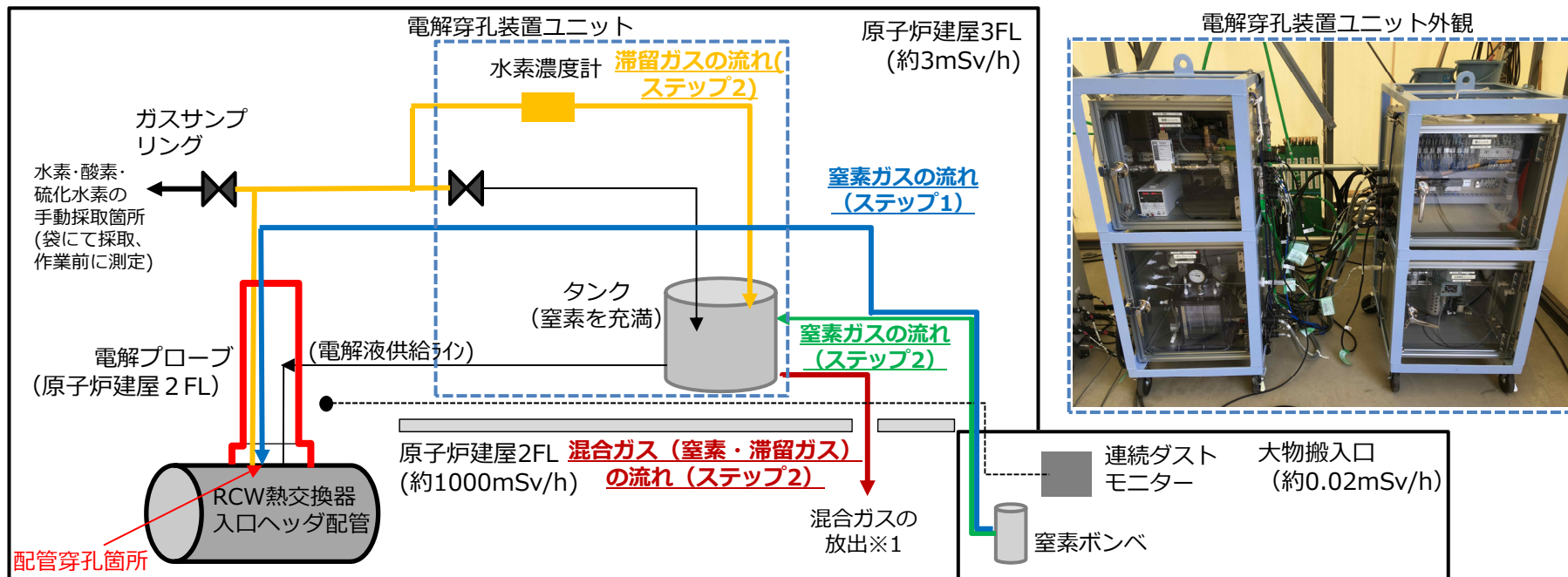
■ 今後の対応

- ✓ 対象となる系統について、現場の線量等を踏まえ、継続的に調査及び作業計画を立案していく。
 - 調査や検討結果により、滞留ガスの確認ができるものは、2023年度から実施していく予定。
 - 1号機RCW系(継続)、3号機S/C系、1号機S/C・CUW系
 - 調査や作業の実施にあたりガレキの撤去や線量低減が必要となるものは、2023年度～2024年度にガレキの撤去や線量低減等の作業を開始できるように進める。ガレキの撤去や線量低減の結果を踏まえ、滞留ガス確認の作業計画を立案する。
 - 1号機IC(A)、3号機RHR(B)系、1～3号CRD系(HCU)
- ✓ 調査や作業が未着手の系統について、事故以降、発電所内で水素爆発は発生していないことから、現在の状態が維持されている限り、水素爆発の可能性は低いと考えられるが、作業等行う場合は事前の確認を行うなど慎重に進める。
- ✓ 今後の調査や作業により滞留ガスが確認されたところは、窒素によるページ作業を行い、大気開放するなど溜まらない処置を行う。また、水素ガスの生成要因と考えられる滞留水が確認された場合、排水する等の処置を行う等、廃炉作業へのリスク低減に努める。

ステップ1：当該配管内に**窒素ガス**を封入し、**滞留ガス**の水素濃度を低減。

ステップ2：**滞留ガス**をタンクへ排出し、当該タンクに供給する**窒素ガス**で希釈。窒素と滞留ガスの**混合ガス**としてR/B 3階床面の開口からR/B 2階へパーズ作業を実施。

- パーズ作業の際には、可燃性ガスなどを内包することに対する安全性を考慮し、放出箇所の水素濃度等の監視を実施し、水素濃度が可燃性限界（4%未満）になるまで、遠隔にて上記**ステップ1、2**を繰り返す実施。また、放射性物質（気体）を内包することに対する環境への影響を考慮し、ダスト等の確認・監視を行いながら実施。



※1：窒素で希釈し、水素の可燃性限界（4%）を下回った状態で放出。

滞留ガスパーズのイメージ

1/2号SGTS配管撤去（その1）の進捗状況について

2023年2月22日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要
2. SGTS配管切断再開前のウレタン追加注入
3. 信頼度向上対策
 - ・モックアップ（以下， M/U）の進捗について
 - ・今後の工程（案）
4. 1/2号機周辺工事の進捗状況

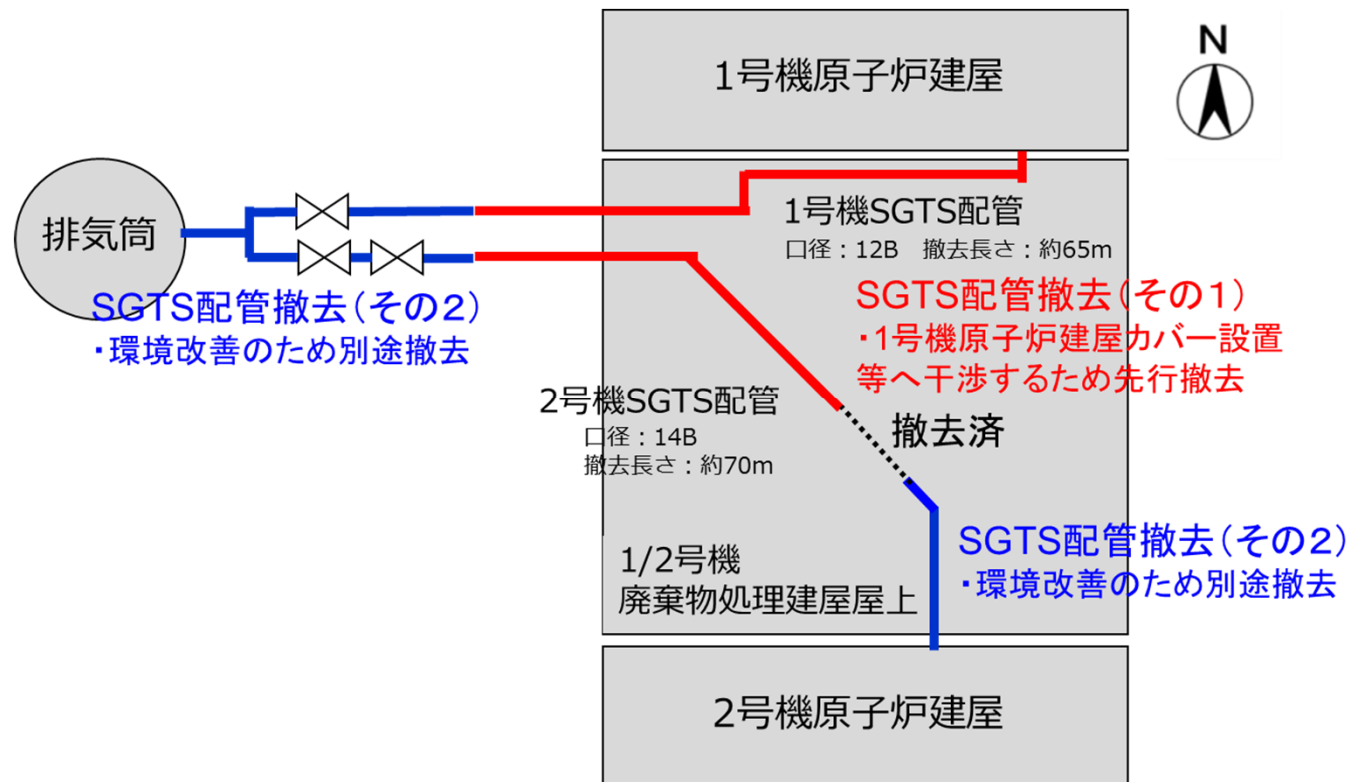
参考資料

- ①現在までのM/Uの実績
- ②1/2号機SGTS配管撤去（その1）の信頼度向上対策

1. 概要

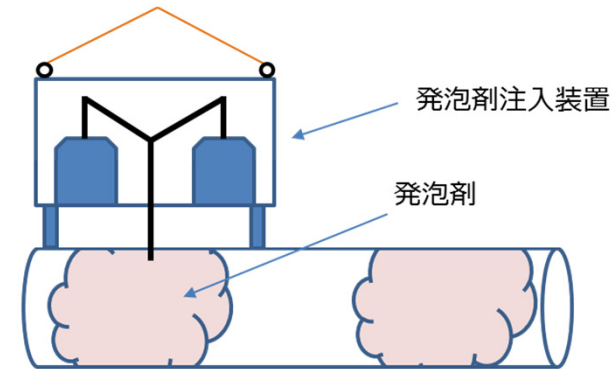
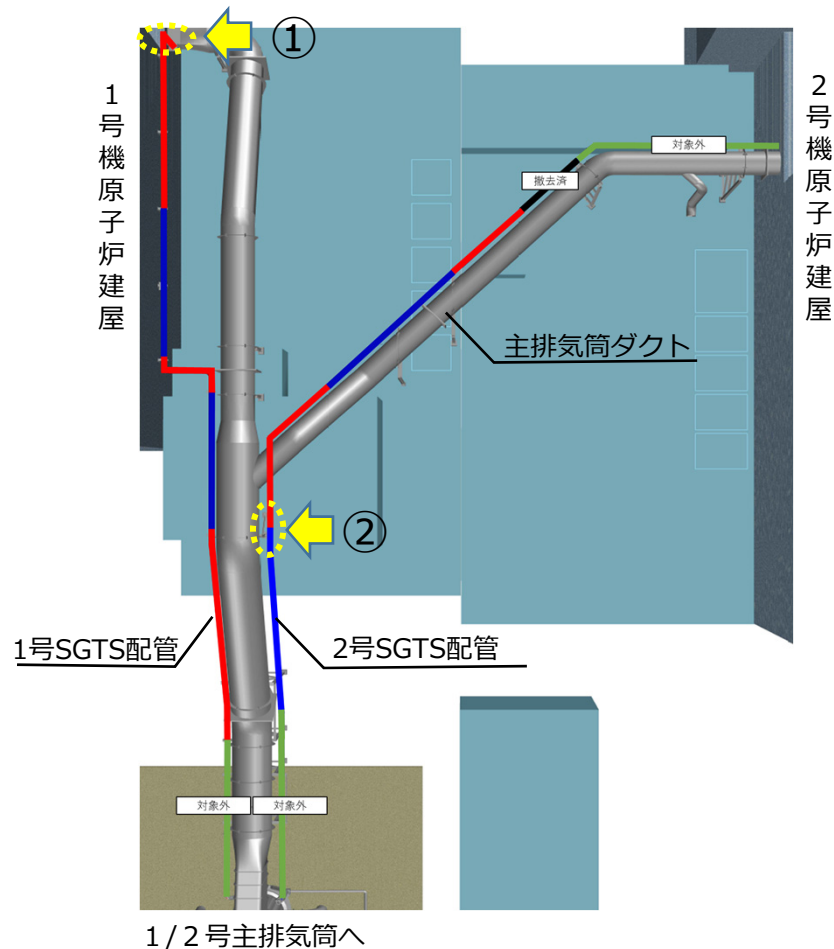
➤ SGTS配管撤去（その1）

1/2号機廃棄物処理建屋（以下、1/2号機Rw/B）上部のSGTS配管のうち、1/2号機Rw/B雨水対策工事及び1号機原子炉建屋大型カバー設置工事に干渉する範囲を先行撤去。（現在中断し、信頼度向上対策を実施中。）



2-1. SGTS配管切断再開前のウレタンの追加注入

- ▶ 下記2箇所へ、ウレタンの追加注入を実施する予定。当該箇所は事前にウレタンを注入済みであるが、更なるリスク低減のため追加注入を行う。
- ▶ 予定：2023年2月22日以降、天候が整い次第、実施予定
 - ①1号SGTS配管：鉛直配管のためウレタンが流れ落ちているリスクを想定
 - ②2号SGTS配管：干渉物をかわすため、切断位置を数十cm上流側（2号機側）へ移動する予定。ウレタンが注入された範囲を外れるリスクを想定。



発泡剤注入



写真：2021年9月ウレタン注入時

▶ 作業前のウレタン注入装置の健全性確認のため実施した動作確認において、一部の機器に動作不良を確認したため、手順に従い部品交換や点検手入れなどの復旧対応を実施した。

<対応状況>

- ・通信系設備の動作不良

一部に通信異常が見られたため、部品交換を実施し解消。

- ・ドリル穴開け装置の動作不良

ドリルが上下動作しない事象が見られたため、制御用の部品を交換し解消。

- ・鉄粉回収装置の動作不良

遠隔で入・切出来ないことを確認。修理に時間が掛かること、鉄粉回収装置が起動しないとその先の工程に進めないインターロック（工程プログラム）があることから、地上で起動し常時運転にすることで解消。

▶ その後地上でウレタン注入装置の動作確認を実施し、ウレタン追加注入作業に支障がないことを確認した。

▶ 2月21日以降、天候が整い次第、ウレタン注入装置をクレーンで吊り上げ、模擬配管へのウレタン注入確認を実施予定。

▶ ウレタン注入確認に問題が無ければ、2月22日以降、天候が整い次第、ウレタンの追加注入作業を実施予定。

3-1. 信頼度向上対策

■ M/Uの進捗について

現状：構外のM/U場にて、現場条件を可能な限り模擬した状況でM/Uを実施中。

現在までのM/Uの結果、何点か課題があり、現地での作業被ばく低減および安全で効率的な作業を実施するため、更なるM/Uが必要と判断した。

そのため2月下旬から再開を予定していたSGTS配管撤去作業の再開時期について、3月上旬に見直しを行い、M/Uを継続して実施する。

■ M/U主要確認項目

➤ 配管切断

- ・切断装置（吊天秤）が干渉物を回避し、切断位置にアクセス可能であること。

→主な課題：吊天秤の姿勢制御が難しく、配管への寄り付きに時間が掛かってしまう

対策：旋回用ファンを追加設置し、姿勢制御性が向上した。（4台→8台）

- ・切断装置（吊天秤）の遠隔操作により、配管切断ができること。

→主な課題：遠隔での配管把持が難しい

対策：装置の改良および運用で補助する仕組みを検討中

- ・意図的に切断装置を挟み込ませ、バックアップ装置が有効に機能し配管切断できること。

➤ ダスト飛散防止対策

- ・追加した切断装置のダスト飛散防止対策が有効に機能すること。

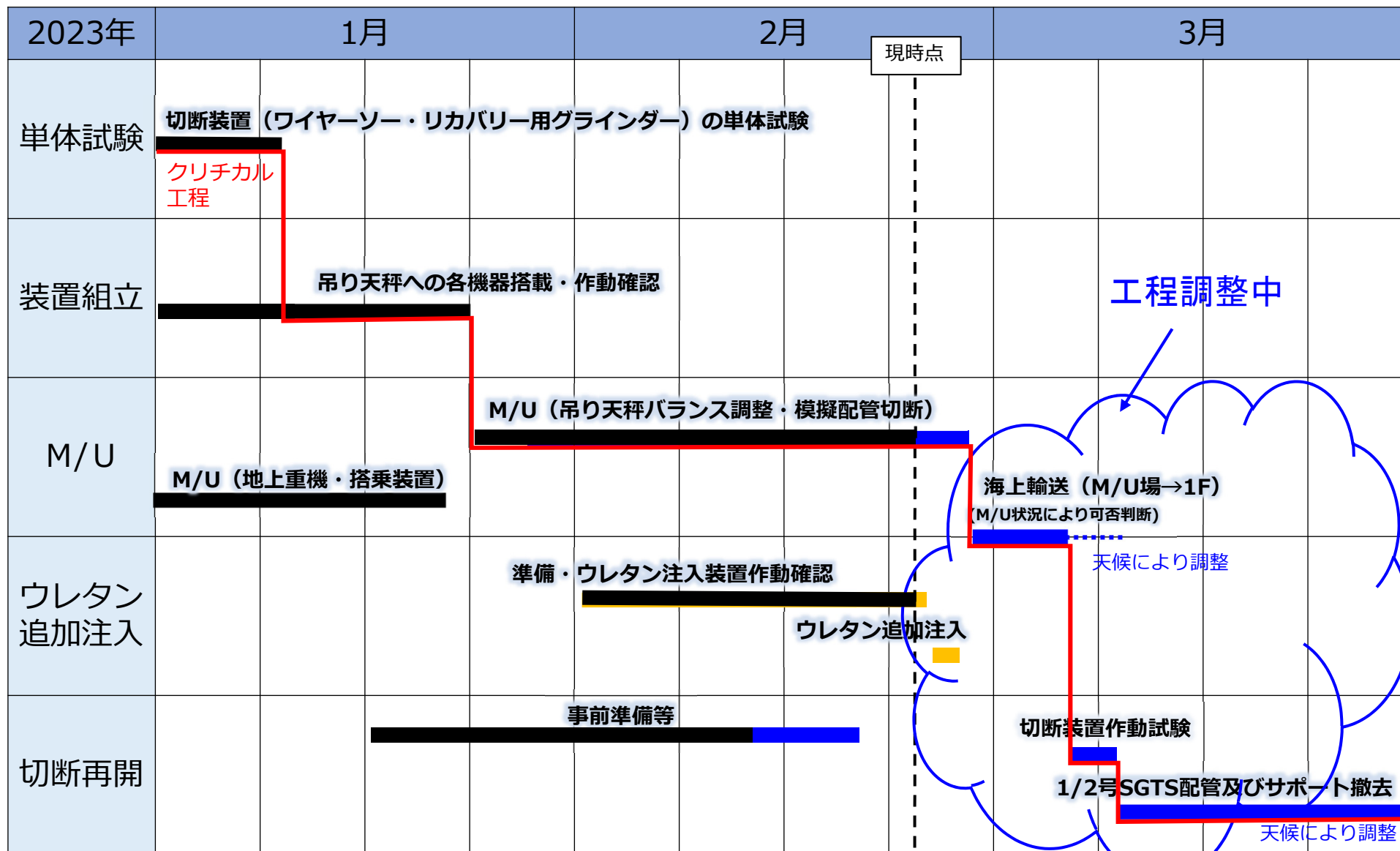
➤ 緊急離脱

- ・遠隔装置に通信エラーなどを意図的に発生させ、緊急時離脱が可能であること。

※作業エリアのRW/B上部は、ガレキ撤去等により環境改善が進んでいる。

3-2. 信頼度向上対策

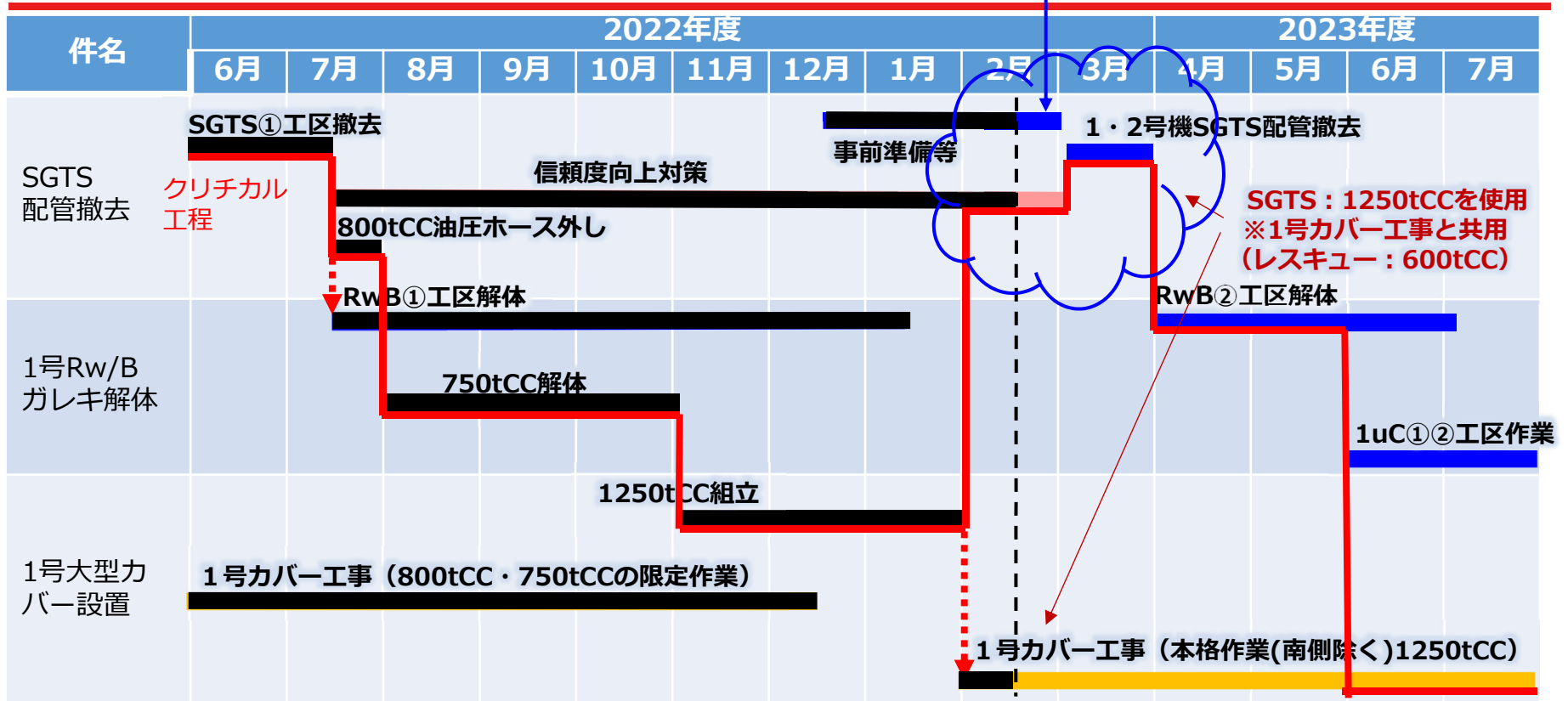
➤ 今後の工程（案）



4. 1/2号機周辺工事の進捗状況

工程調整中

TEPCO

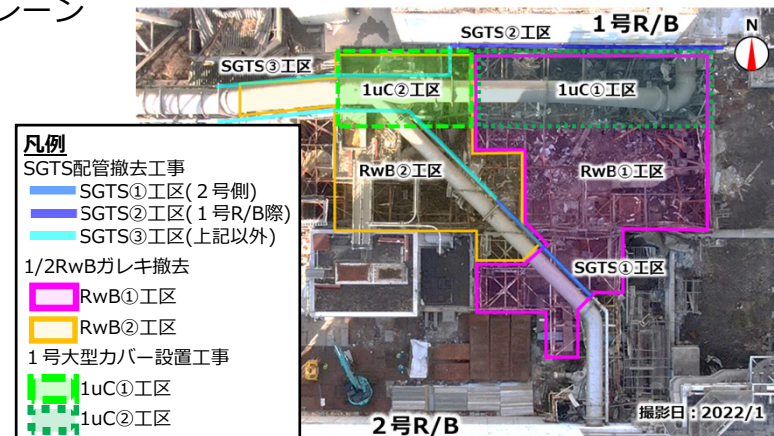


CC : クローラークレーン

○M/Uの状況により、工程を調整中。

○現状

- 1/2号機Rw/B上部のSGTS配管撤去の信頼度向上対策を実施中。
- SGTS配管の切断再開時期は、2022年度3月上旬を目標とする。
- 1/2号機Rw/B上部のSGTS配管撤去期間中、1号大型カバー工事と1250tCCを共用する予定。

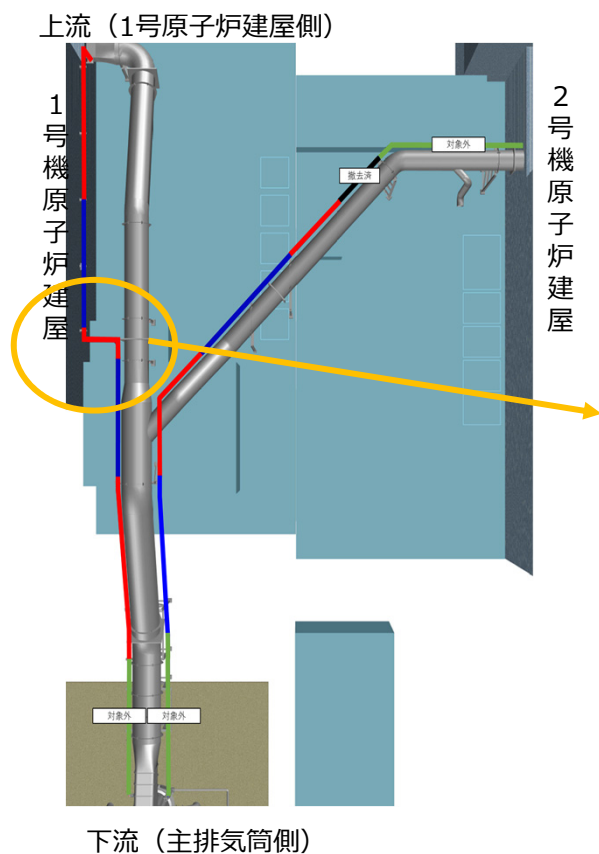


参考資料①

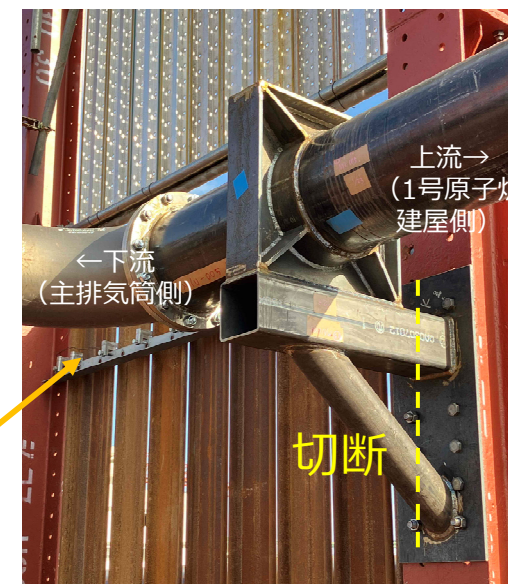
現在までのM/Uの実績

模擬配管の製作

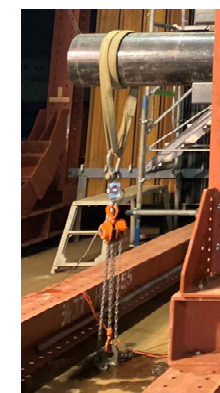
- 現場状況を可能な限り模擬し、対策後の切断装置で切断可能であることを確認する。
 - ・ 現在、構外の試験場にて模擬配管を用いて切断確認を実施中。



模擬配管 (例)



模擬配管サポート部 (例)

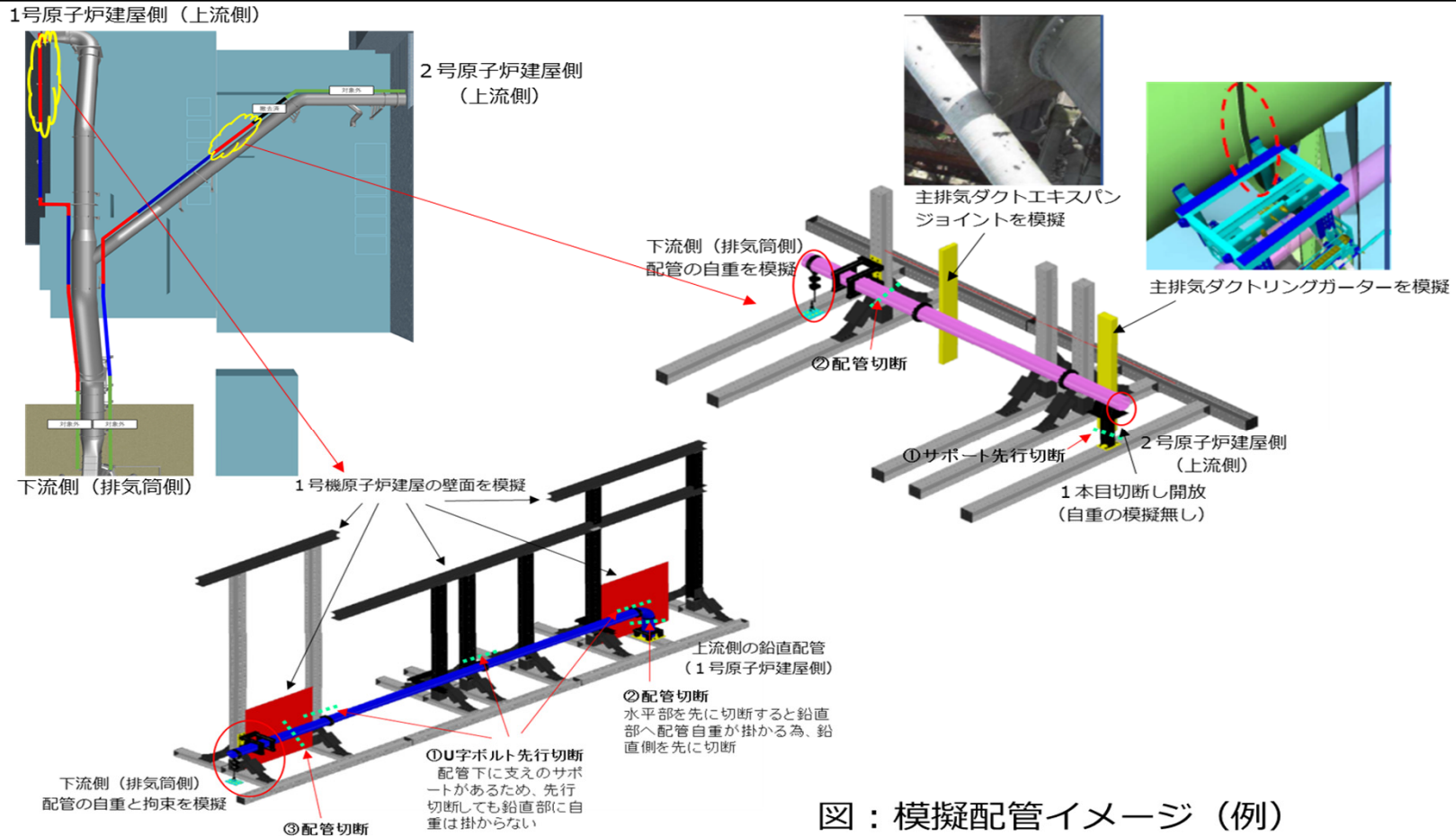


模擬配管の端部をチェーンブロックで引っ張り、現場の配管自重を模擬。

【補足】 模擬配管イメージ

模擬配管の製作

- 現場をスキャンして作成した3D画像を基に、模擬配管を製作する。
- 配管サポートによる拘束状況、及び現場の干渉物を模擬する。
- 配管の自重を模擬するため、模擬配管の端に負荷を掛ける。
- 切断箇所にはウレタンを注入し、現場の条件に近づける。
- 防食テープを巻いた模擬配管を製作し、切断状況を確認する。



図： 模擬配管イメージ (例)

切断確認

- 切断面へ圧縮方向の応力を発生させ、噛み込みが発生するか確認を実施する。

(いじわる試験)

■ 手順

- 模擬配管の切断を行う際、切断面の両端をレバーブロックで上・下へ引っ張り、切断面へ圧縮応力を発生させ、ワイヤーソーの噛み込みが発生することを確認。

■ 確認結果

- 噛み込みが発生したのは、切断部の両端がサポートで固定された状態で90%切断以降。
- 配管の残存面積が少なくなることによって切断部の変形が急激に進み、切断面へ圧縮応力が発生した。

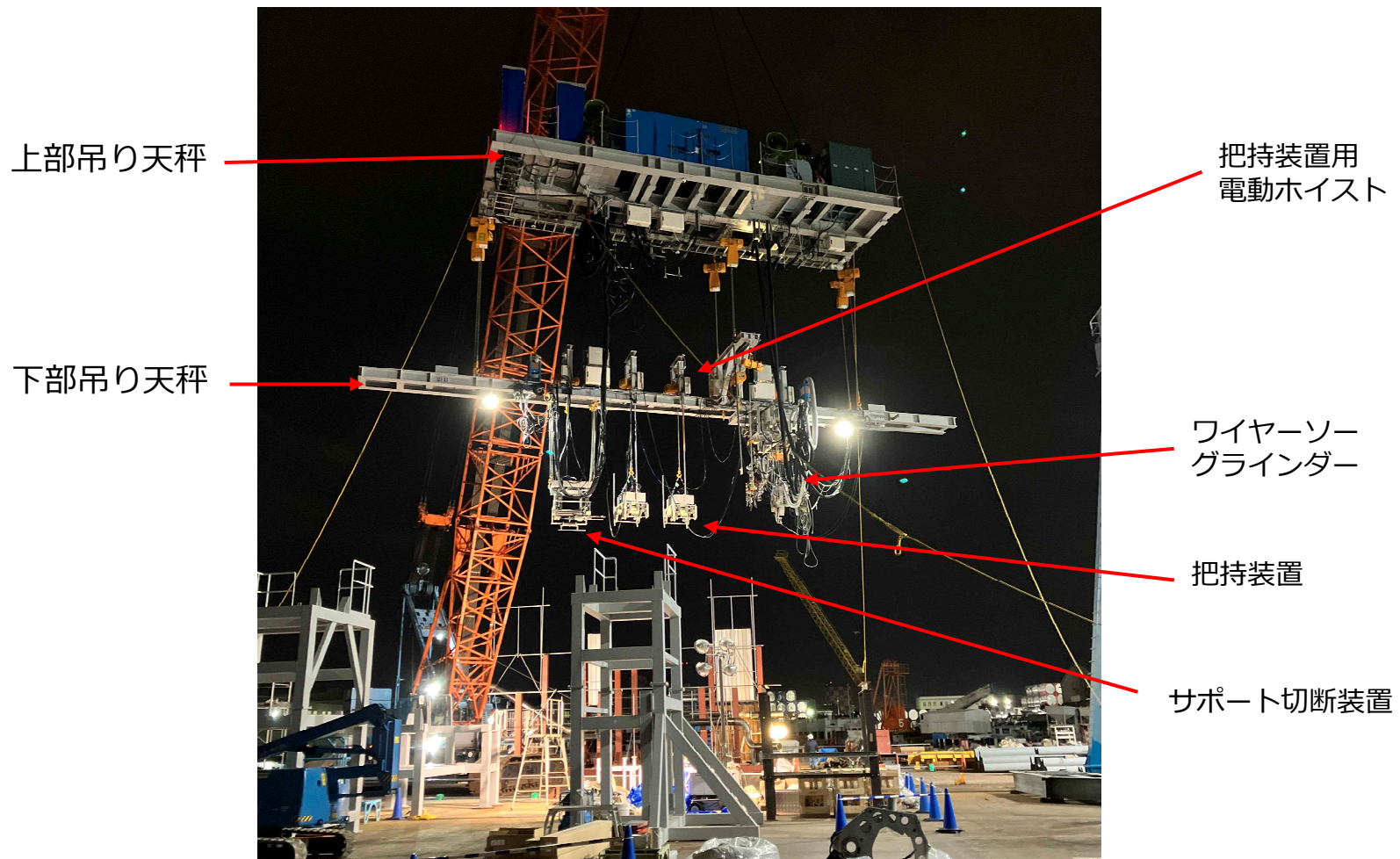
■ 切断面へ圧縮応力を発生させた状態で、対策の効果の確認を実施する。

- 切断75%で切断装置の角度を90度変更し、切断面への接触面積を低下させ、噛み込みが発生しないことを確認する。
- 片側のサポートを切断し、片持ち状態にすることで、噛み込みが発生しないことを確認する。
- 90%切断でワイヤーソーを停止し、残り部分をグラインダーで切断。グラインダーの噛み込みが発生するが、噛み込みから脱出させ最後まで切断できることを確認する。



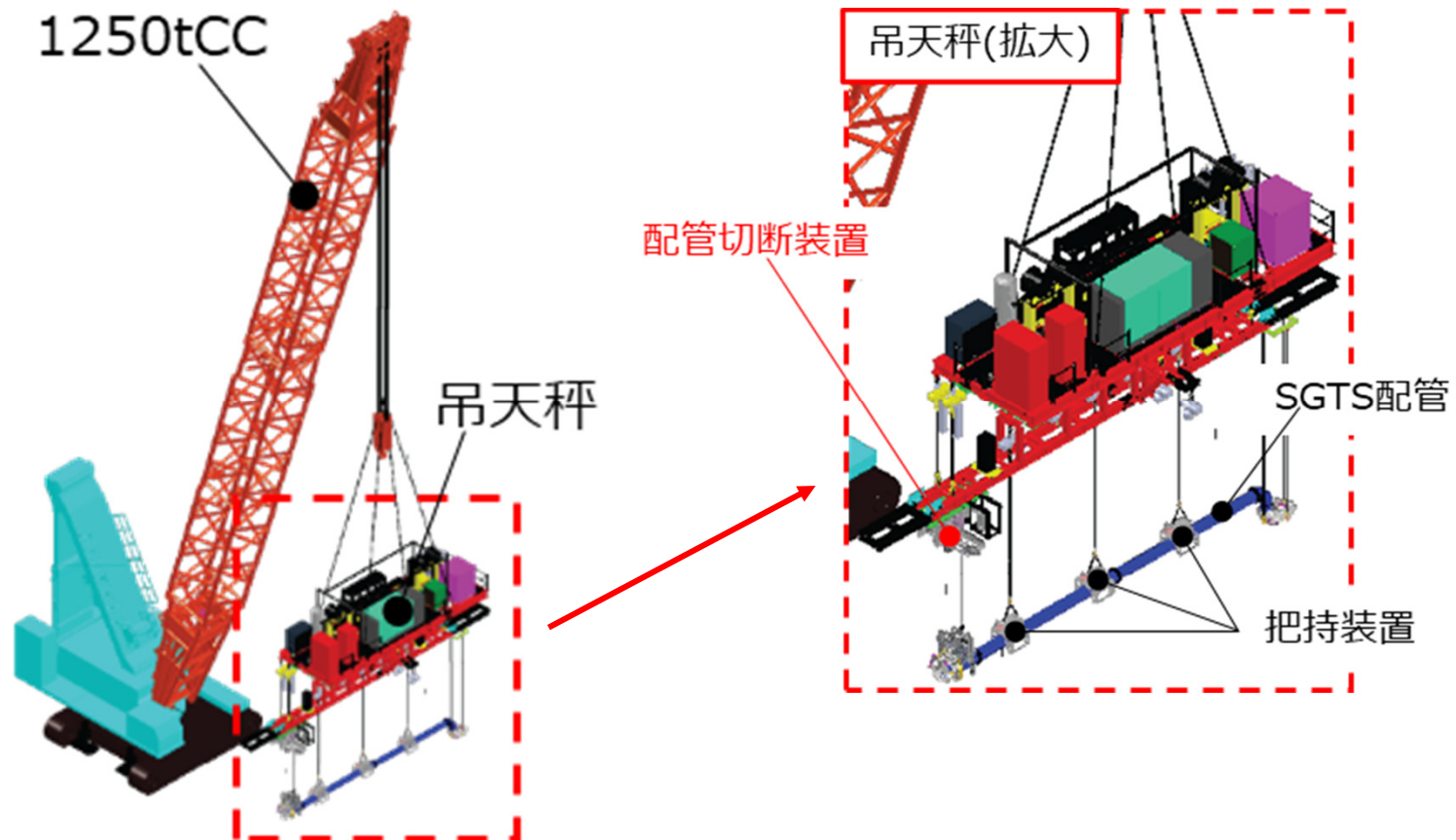
環境要因の確認（例）

- 夜間作業を想定した照明，遠隔監視用カメラの視界についてM/Uを実施する。
現地で実際に使用する照明を用いて，遠隔監視用カメラの視界が良好であることを確認した。



【補足】切断装置（吊天秤）イメージ

- 1250tCCで配管切断装置を吊上げ、遠隔操作で配管を切断。



※M/Uでは200tCCを使用

地上重機による切断

試験内容：構外の試験場にて、バックアップ切断手段のうち、地上重機のM/Uを実施する。

確認事項：ワイヤーソーの切断痕の位置に、地上重機先端の切断装置の刃を合わせ切断を実施する。
追加で、サポート切断のM/Uを実施予定。

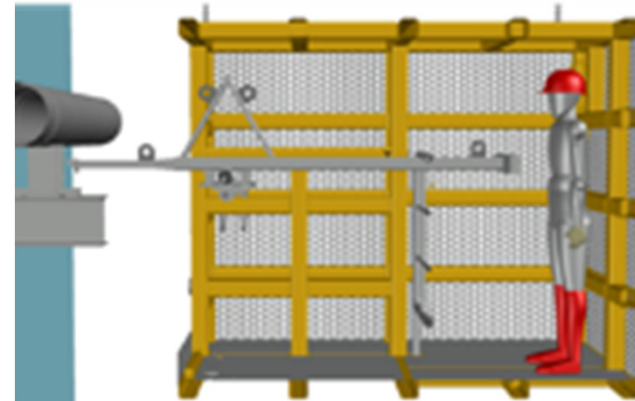


チップソー：φ305

搭乗設備による切断

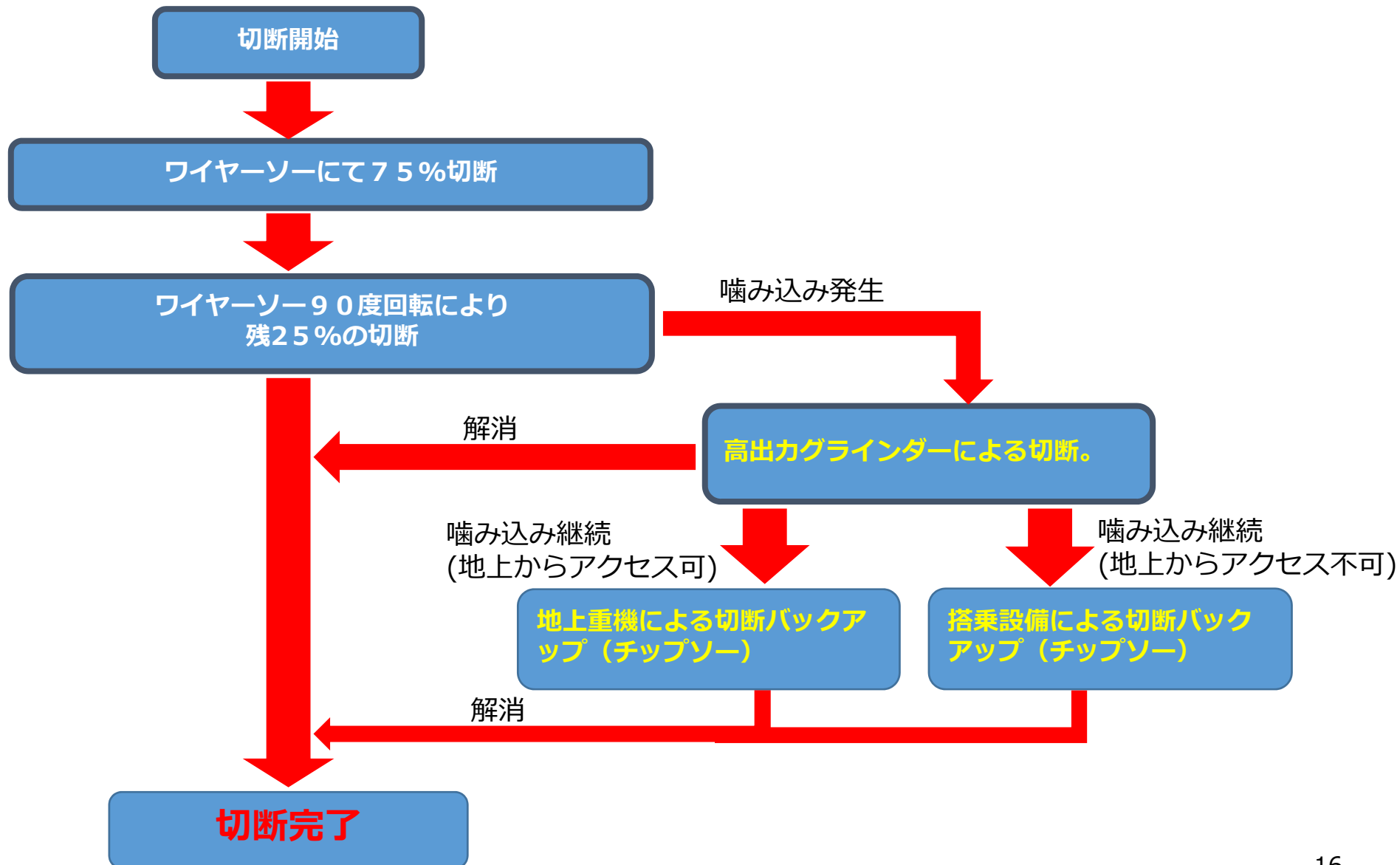
試験内容：構外の試験場にて，バックアップ切断手段のうち，搭乗設備の切断装置のM/Uを実施する。

確認事項：ワイヤーソーの切断痕の位置に，搭乗設備の切断装置の刃を合わせ切断を実施する。



【補足】切断作業のフロー

➤ バックアップ対策を含む、切断作業フロー



参考資料②

1/2号機SGTS配管撤去（その1）の
信頼度向上対策

● 切断装置の改造検討

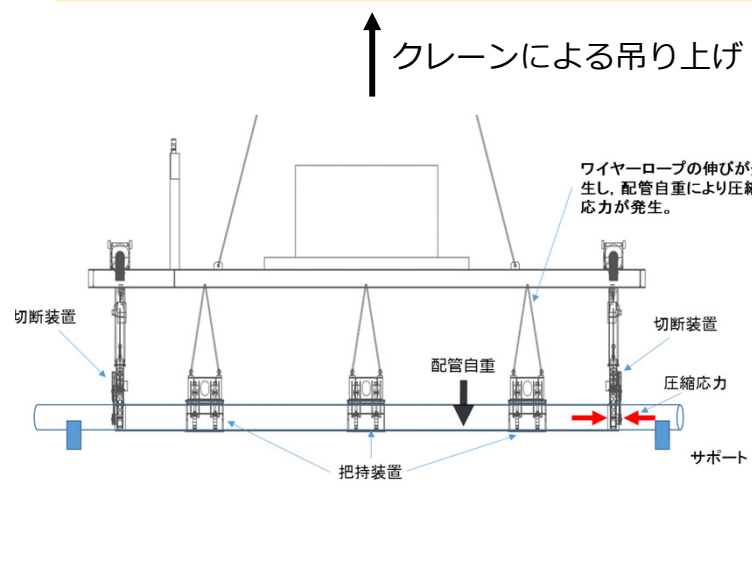
➤ 切断装置（ワイヤーソー）の配管への噛み込み発生について

推定原因

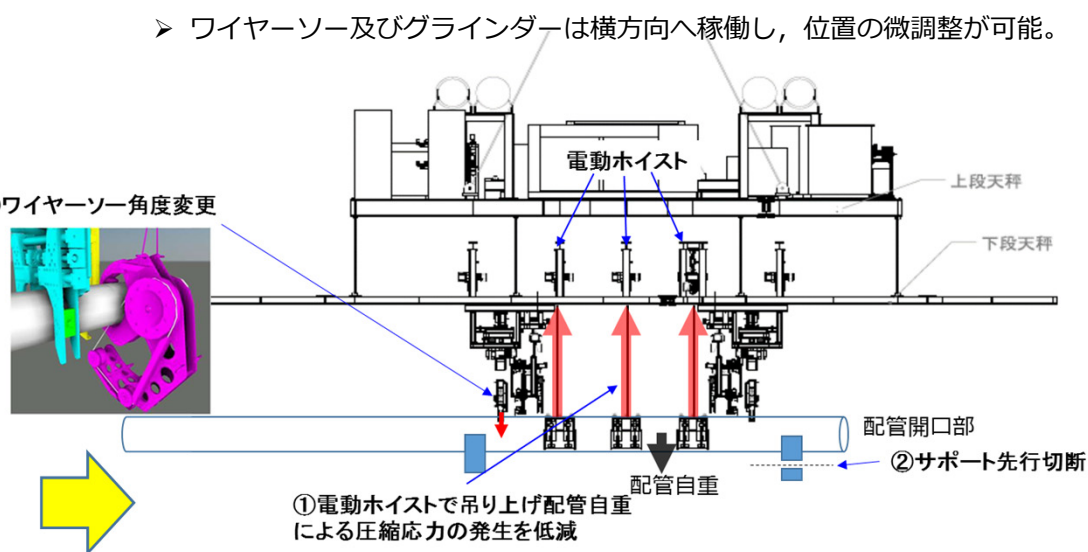
- ・切断が進むにつれ、切断面に配管自重による圧縮応力が発生し、ワイヤーソーの刃が噛み込んだ。
- ・クレーンによる吊り上げだけでは配管自重による圧縮応力の発生の低減効果が十分でなかったと推定。

対策

- ①把持装置に電動ホイストを追加し、配管を水平に維持することで圧縮応力の発生を低減。
 - ②配管サポートを先行切断することで応力の発生を低減。
 - ③切断途中でワイヤーソーの角度を変更し、切断面の接触面積を低減させ摩擦抵抗を低減させる。
- ※③項は前回切断時から継続する対策



図：対策前のイメージ



図：対策後のイメージ

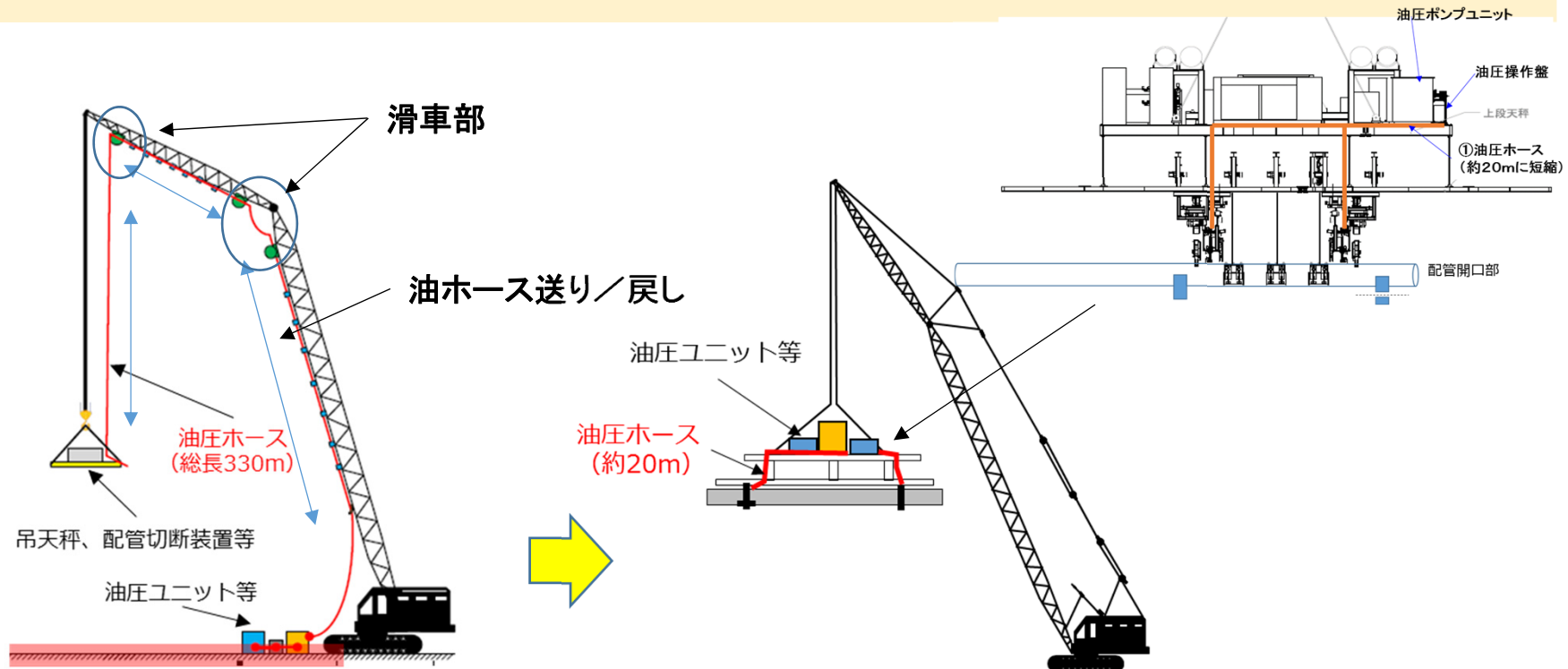
➤ 油圧ホースの油漏れ

推定原因

- ① 油圧ホースをクレーンブームに敷設しているため、ホースが長くなり（約330m）、ホースの自重により負荷がかかり、油圧ホースが損傷した。
- ② 配管切断装置の吊り上げ下げに合わせ、油圧ホースの送り／戻しを行うため、ホースに負荷がかかり、油圧ホースが損傷した。

対策

- ① 油圧ユニットを天秤に載せることで油圧ホース長を従来の約330mから約20mに短縮し、油圧ホースの送り／戻しを削減する。

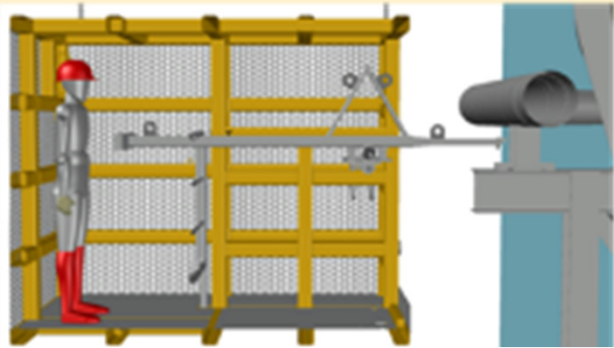


図：対策前のイメージ

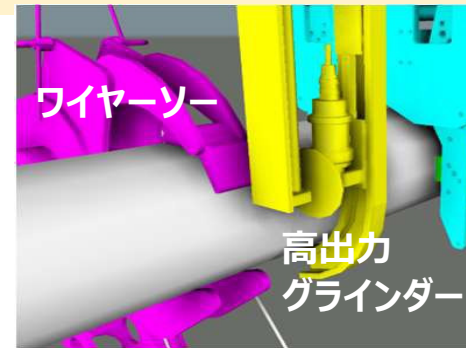
図：対策後のイメージ

リカバリー対策

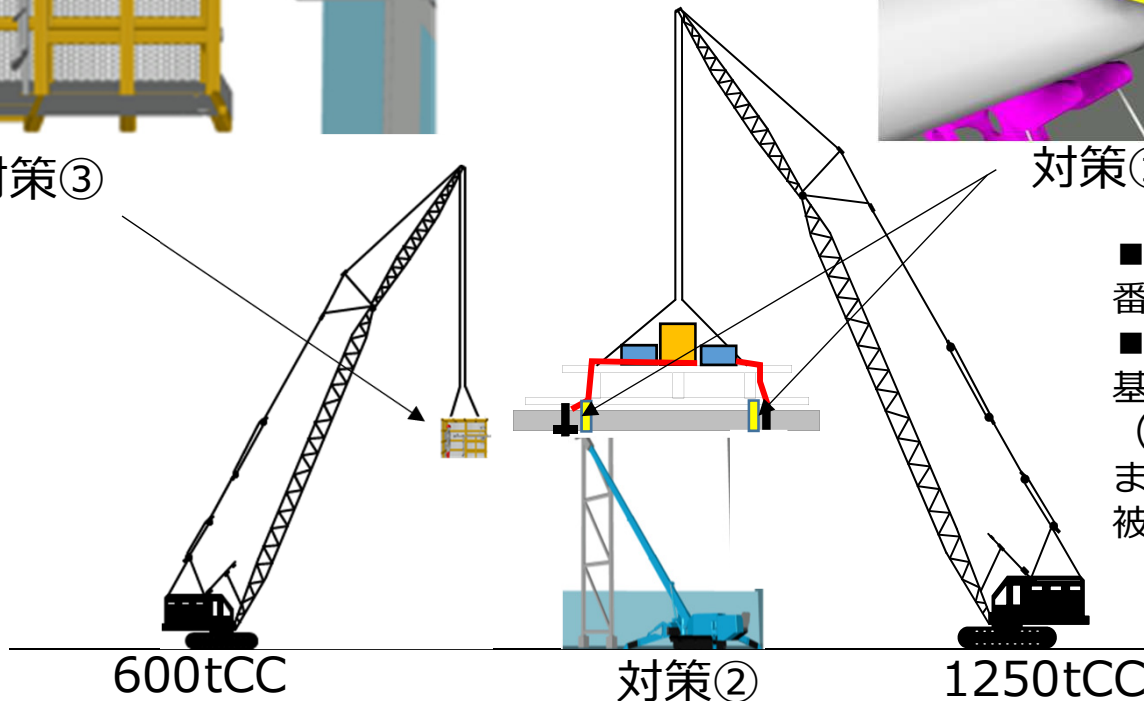
- 対策① ワイヤソー切断で噛み込みが発生した場合、配管の残余分を吊天秤に追設した高出力グラインダーにて切断する。
- 対策② 1 / 2号機Rw/B上部のガレキ撤去が完了している箇所から、地上重機による切断を準備。
- 対策③ 地上重機のアクセスが難しい箇所用には、搭乗設備による切断を準備。



対策③



対策①



- 対策①→②または③の順番で実施
- 対策③を実施する際は労基への届け出が必要。
(事前説明を実施済み。)
- また、事前の安全確認及び被ばく線量管理を行う。