

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野名	原炉中長期実行プラン2023 目標工程	括り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月以降	備考				
					26	2	9	16	23	30	上	中		下	上	中	下
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	(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~'23/3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(C)入口配管内包水サンプリング'23/2/22 ・RCW熱交換器(C)内包水サンプリング'23/6/21~			
			2号	(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						実施時期調整中		建屋内環境改善 ・R/B大物搬入口2階遮へい設置'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'23/4/10~			
			3号	(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									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			
			1号	(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'22/11/11~)'23/7下旬~'23/8月上旬予定 ・圧力抑制室底部確認、圧力抑制室内包水サンプリング'23/9月予定			
			2号	(実績)なし (予定)なし	現場作業												
			3号	(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质改善(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质改善(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水质改善開始'22/10/3~			
	初号機の燃料デブリ取り出しの開始 取り出し規模の更なる拡大(1/3号機) 段階的な取り出し規模の拡大(2号機)	共通	燃料デブリ取り出し準備	燃料デブリの取り出し	1号	検討・設計 現場作業	燃料デブリ取り出し準備								(継続実施) (継続実施) (継続実施) (継続実施) (継続実施)		
							燃料デブリ取り出し準備										
							燃料デブリ取り出し準備										
						現場作業	1/2号機SGTS配管撤去(残り分)						最新工程反映 実施時期調整中		OPCV内部調査 ・PCV内部調査に係る実施計画変更申請('18/7/25) 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-A21ドリリング取付'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 ・ROV-B調査'23/3/4~'23/3/8 ・ROV-A2調査'23/3/28~'23/4/1 O1/2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配管切断時ダスト飛散対策(フレッタン注入)'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~'23/3/3 ・1/2号機SGTS配管切断(残り分)'32/4/18~		






燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

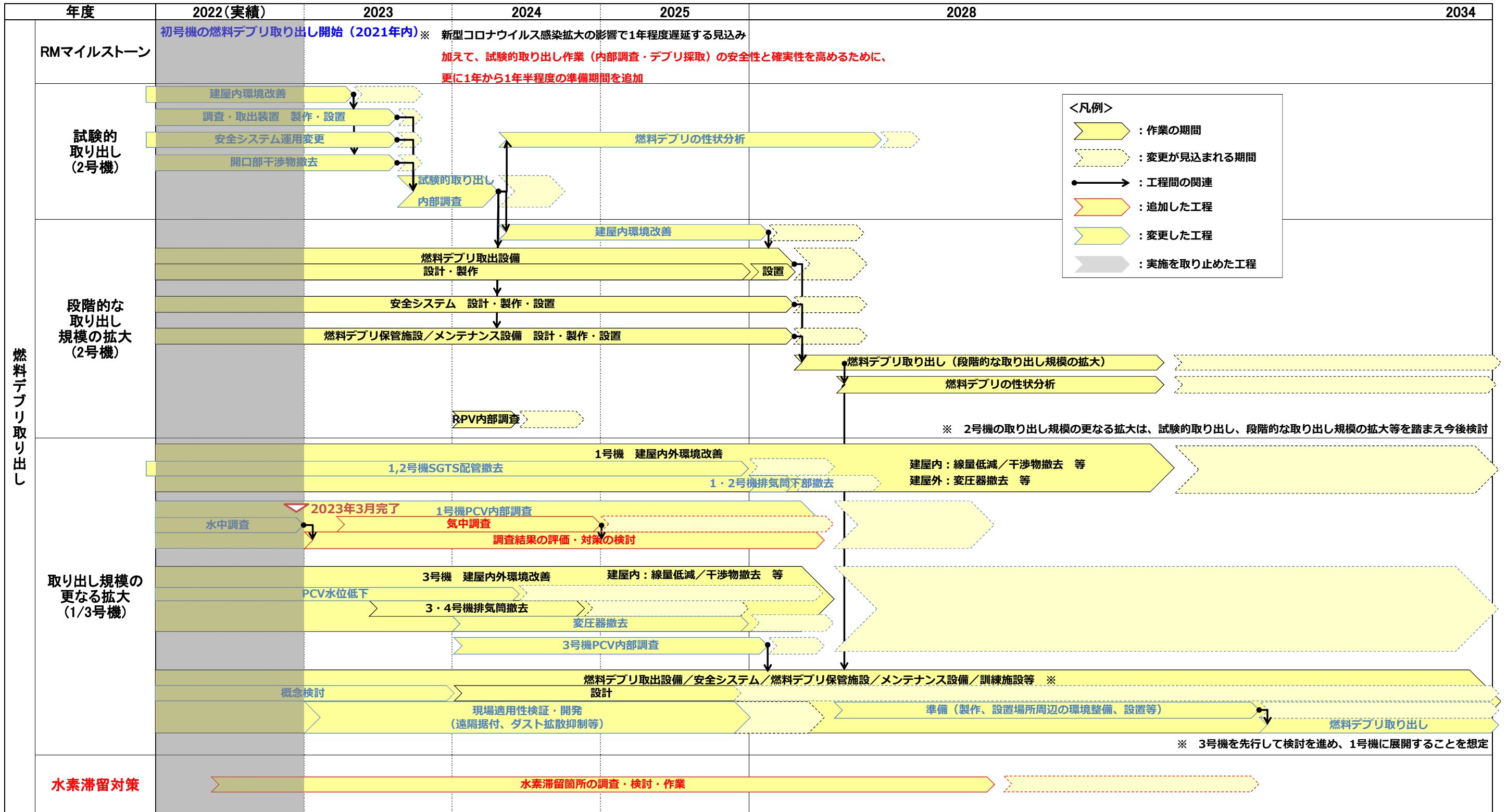
分野名	廃炉中長期実行プラン2023 目標工程	括り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定												備考			
				5月	6月					7月			8月	9月	10月		11月	12月以降	
燃料デブリ取り出し準備	RPV/PCV健全性維持	圧力容器/格納容器の健全性維持	(実績) ○原子炉格納容器内部調査(継続) (予定) ○原子炉格納容器内部調査(継続)	検討・設計 PCV内部調査 ロボットアームの性能確認試験・モックアップ・訓練(国内)														PCV内部調査に係る実施計画変更申請(18/7/25) →補正申請(20/9/9)認可(21/2/4) ・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年度後半半自途に実施する計画。 ・PCV内部調査装置投入に向けた作業20/10/20~ ・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) ・常設監視計器取外し20/11/10~ ・X-53ベネ調査21/6/29 ・X-53ベネ孔径拡大作業21/9/13~21/10/14 ・隔壁部設置作業21/11/15~	
			(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)	現場作業 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)															(継続実施)
			(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) (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	検討・設計 事故関連factデータベースの更新 炉内・格納容器内の状態に関する推定の更新															
			(実績) ○2号機原子炉建屋内調査(地下階三角コーナの状況確認) (予定)	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)	
			(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) (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)	検討・設計 【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2023 目標工程	括り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定	5月	6月					7月			8月	9月	10月	11月	12月以降	備考				
					26	2	9	16	23	30	上	中	下	上	中	下	上	中		下	上	中	下
燃料デブリ取り出し準備	●段階的な取り出し規模の拡大(2号機)	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】「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 (継続)																		
				(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)																		
		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	(実績)	【研究開発】燃料デブリ収納・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 (完了)																		
				(予定)	【研究開発】燃料デブリ収納・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)																		

凡例

-  : 検討業務・設計業務・準備作業
-  : 現場作業予定
-  : 機器の運転継続のみで、現場作業(工事)がない場合
-  : 記載以降も作業や検討が継続する場合は、端を矢印で記載
-  : 工程調整中のもの



注：今後の検討に応じて、記載内容には変更があり得る

1号機 PCV内部調査について
(ROV-E調査で取得した堆積物の分析)

2023年6月29日

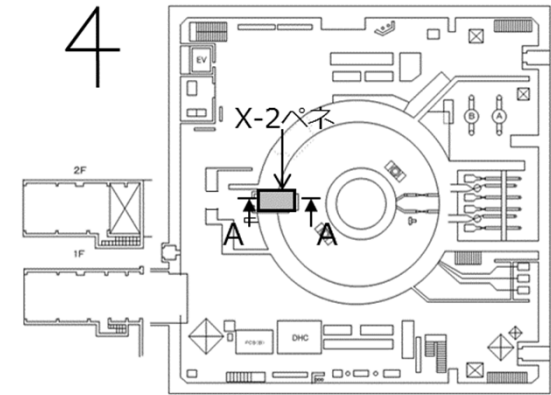
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

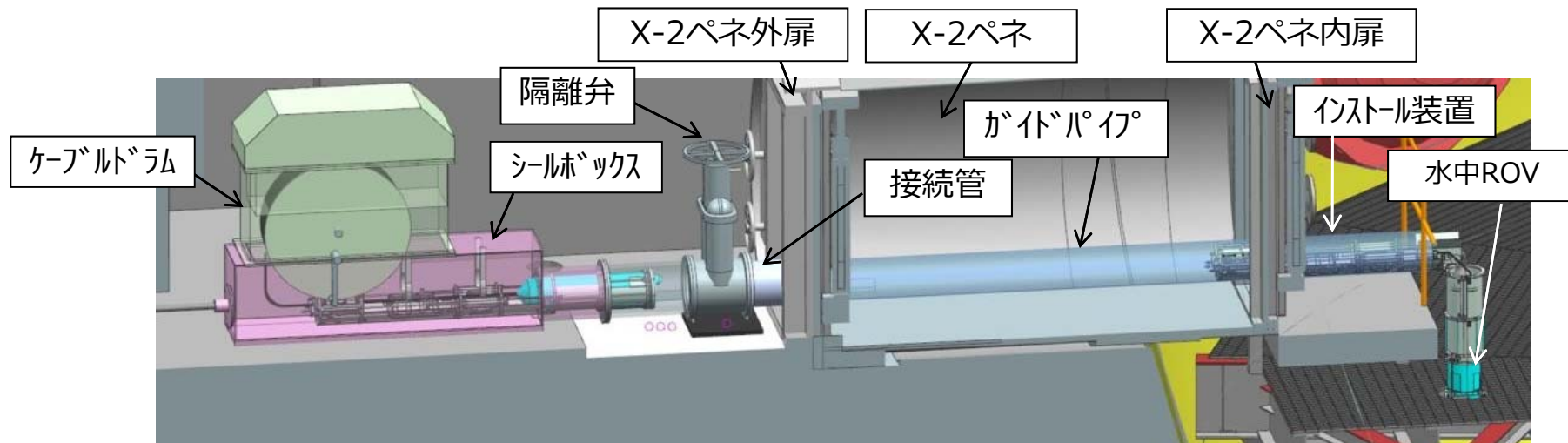
1. 1号機PCV内部調査の概要

- 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）から実施し、2023年4月に完了
- PCV内部調査に用いる調査装置（以下、水中ROV）はPCV内の水中を遊泳する際の事前対策用と調査用の全6種類
- 水中ROV調査ステップ

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



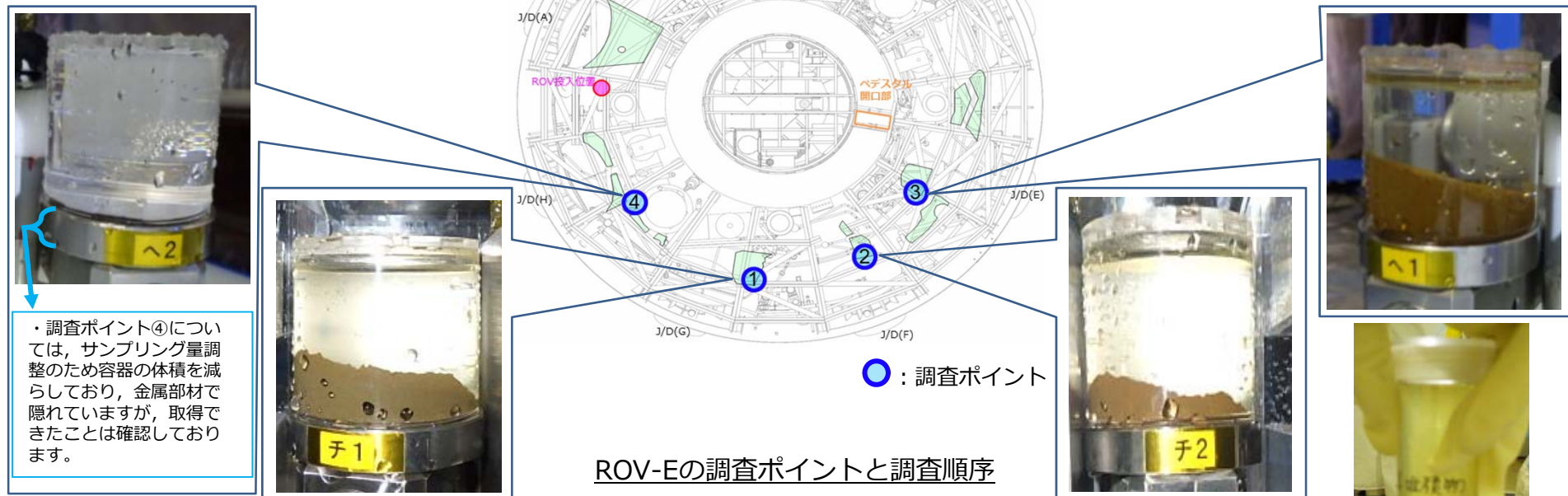
1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

2. 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

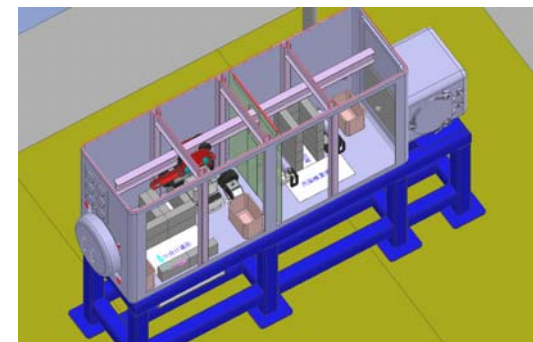
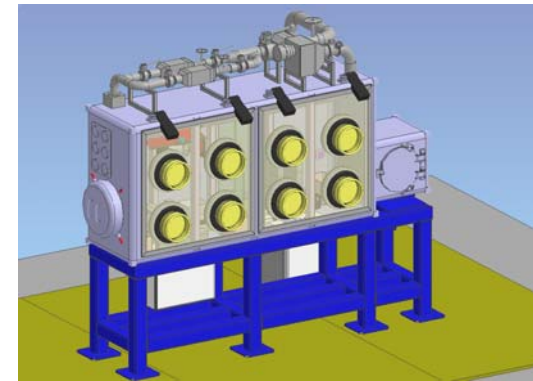


測定項目 \ ポイント	調査ポイント1 【測定日：2月3日】	調査ポイント2 【測定日：2月3日】	調査ポイント3 【測定日：2月14日】	調査ポイント4 【測定日：2月14日】
γ 線評価値 [mSv/h]	30.82	7.5	11.19	6.43

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

3. 堆積物分取作業の概要

- 取得した堆積物は、構外分析機関に輸送し詳細な分析を行う
- 堆積物はPCV内包水と同時に採取されているため、沈殿させ堆積物を分離し輸送物とする
- 上澄み液は構内分析施設において分析を予定
- 構外輸送は、法令基準（放射能量，線量等量率ならびに表面汚染密度）を満たすことを確認しA型輸送物として輸送する
- 構外分析機関においては、ICP-MS/AES分析※1や γ ， α スペクトロメトリーによる放射線分析※2により，サンプルに含まれる元素や核種の種類と量を把握する
- また，微粒子生成プロセスの検討により事故進展に関する情報を引き出すことを目的として、電子顕微鏡（SEM、TEM）による放射性微粒子の組織観察を行う



グローブボックス概略

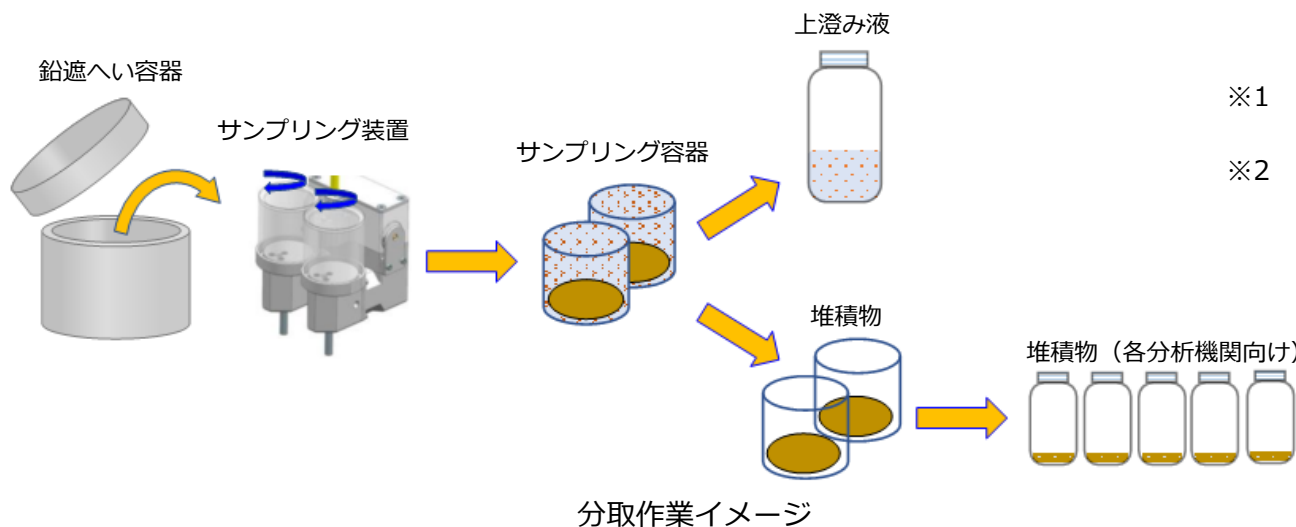
- ※1 U, Zr（燃料成分）、Fe, Cr, Ni（鋼材成分）、Si, Ca, Al, Mg（コンクリート成分）等
- ※2 ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{125}Sb , ^{154}Eu , ^{60}Co , ^{241}Am , ^{239}Pu + ^{240}Pu 、 ^{244}Cm 等

SEM：走査型電子顕微鏡

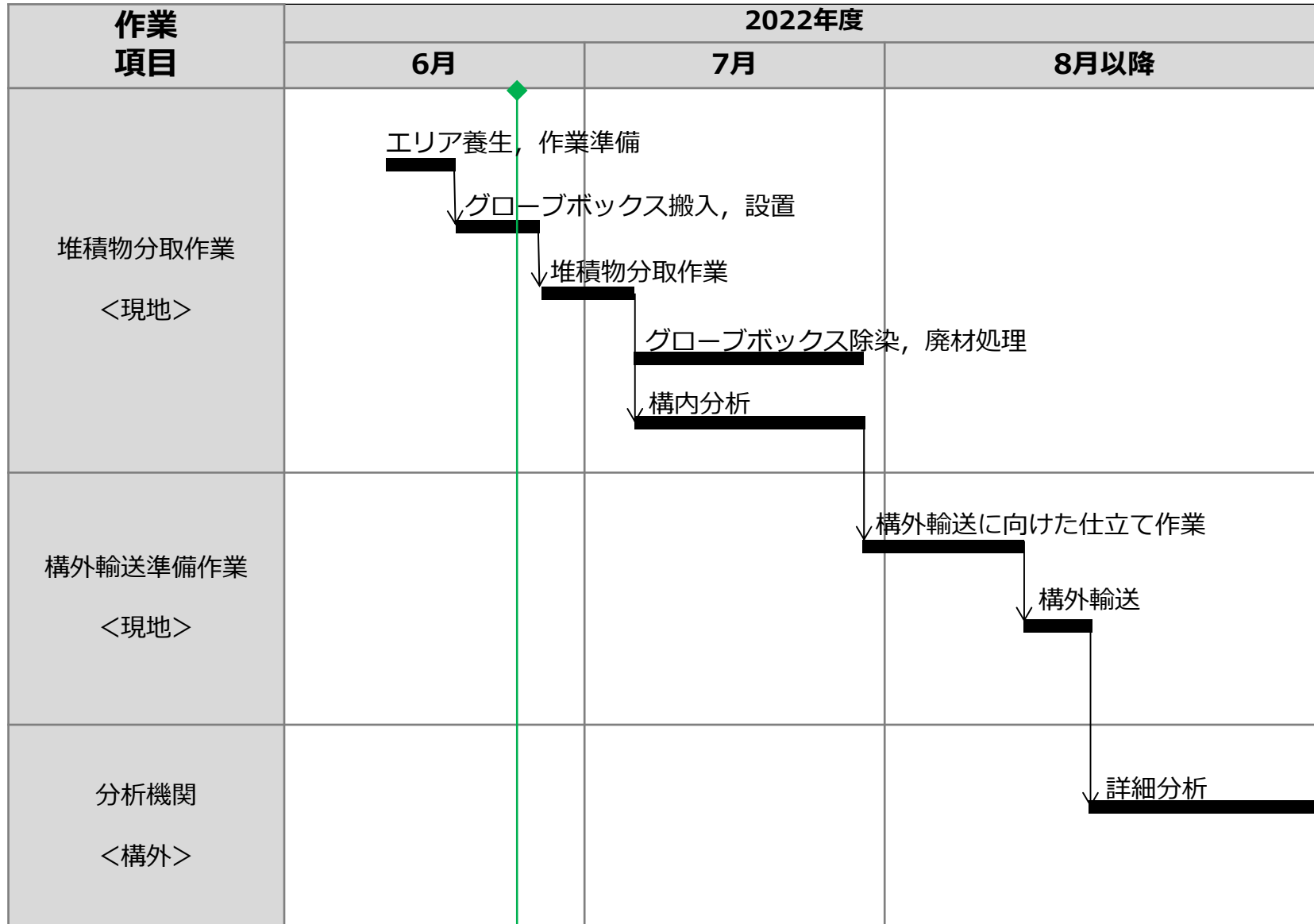
TEM：透過型電子顕微鏡

ICP-MS：誘導結合プラズマ質量分析

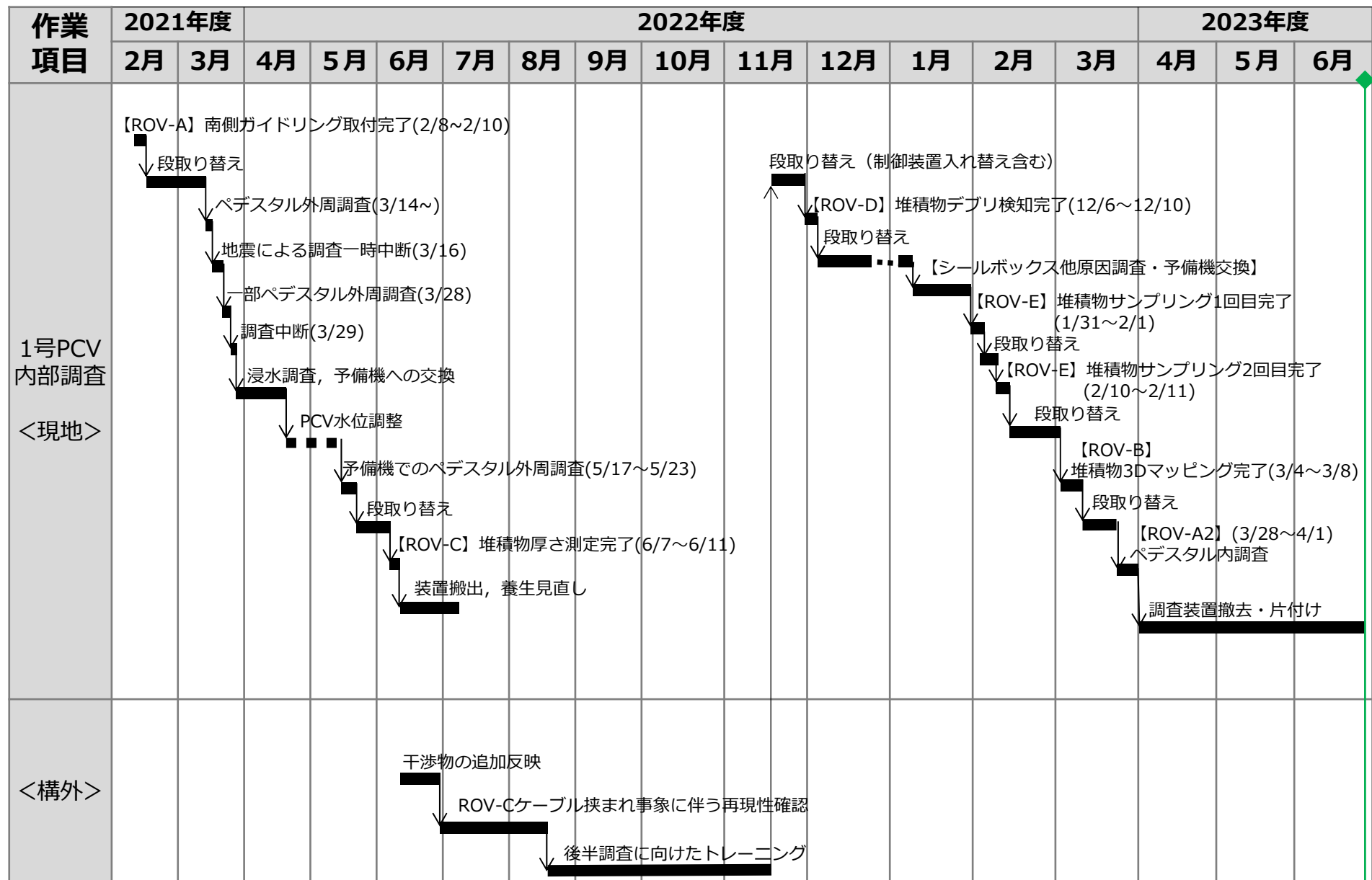
ICP-AES：誘導結合プラズマ分光分析



4. 工程

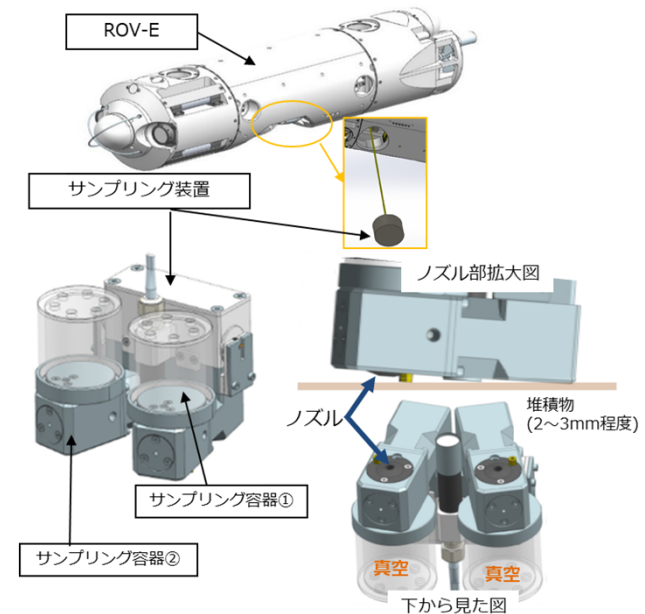
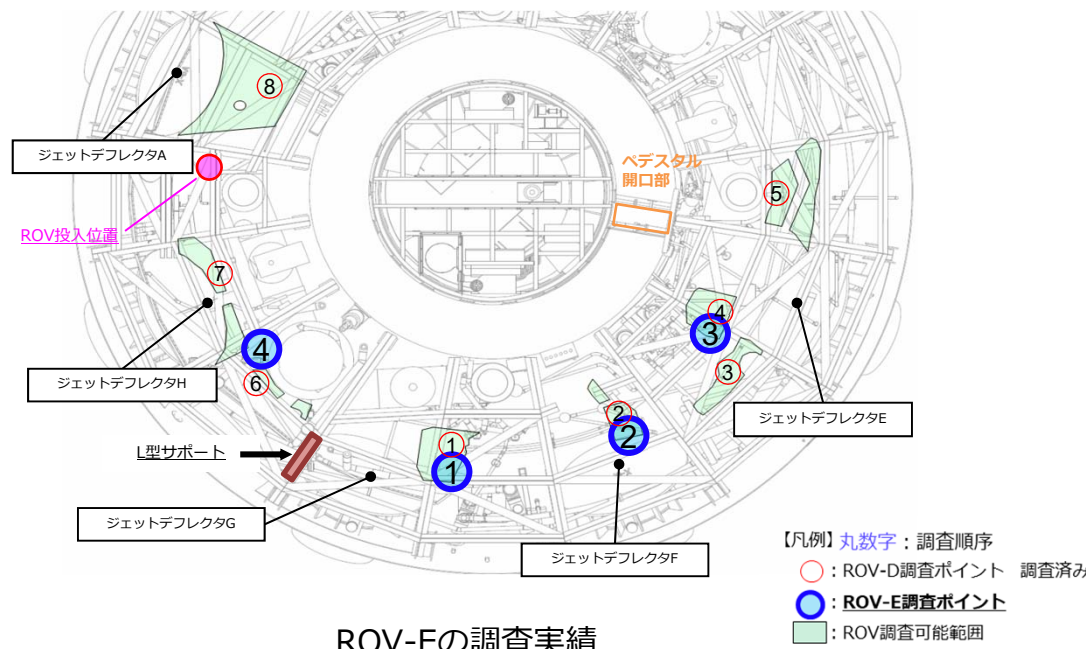


(参考) 1号機PCV内部調査実績



(参考) ROV-E調査実績

- 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



1号機 ペデスタルの状況を踏まえた対応について

2023年6月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. ペDESTAL支持機能低下時ダスト被ばく評価
2. ダスト飛散抑制対策の検討

1-1. 被ばく評価結果まとめ

- これまでのペDESTAL強度評価結果等から、大規模な損壊等に至る可能性は低いと想定しているが、シナリオ想定に保守性を持たせケーススタディを実施。
- 想像を広げたシナリオにおいても、事故時の基準5mSv/事象を下回ることから、著しい放射線被ばくのリスクを与えることはないと考えている。
- 上記の通り、著しい放射線被ばくのリスクを与えることはないと考えているが、万が一の事態に備え今後の方策(閉じ込め強化、機動的対応)を検討している。

ダスト発生シナリオと敷地境界での実効線量

ケース		A-0	A-1	B
ダスト発生シナリオ	事象	RPV支持構造物が 座屈 。 接続配管等を引っ張り ながらRPVが 沈下 。 PCVに 大開口 が発生。		
	発生モード	構造物の表面汚染物 が、 表面湿潤状態 で こすられて剥離 。	構造物の表面汚染物 が、 表面乾燥状態 で こすられて剥離 。	RPVに残存・付着した燃料デブリ が、 乾燥状態 で 振動により浮遊 。
	発生対象	なし。 (PCV内は湿潤環境となっているため、PCV内のダスト濃度の増加は限定的)	1号機AWJ最大ダスト濃度を記録した汚染表面の比例倍。 (RPV外表面積で剥離すると仮定)	燃料デブリ11.2ton ※ (燃料の全てが粉状と仮定)
実効線量		極めて軽微	約0.03mSv/事象	約0.04mSv/事象

<ダスト発生シナリオと被ばく評価条件の保守性>

- ・インナースカートは座屈に至らないと判断しているが、万が一座屈が生じたと仮定(ケース共通)
- ・上部構造物(RPV/RSW/ペDESTAL他)が1.3m程度沈下した場合でもペネ部の構造健全性(PCV閉じ込め機能)は維持されると考察しているが、PCVに大開口が発生すると仮定(ケース共通)
- ・PCV内は湿潤状態でダストは飛散し難い環境だが、乾燥状態を仮定(ケースA-1、B)
- ・RPVに残存・付着した燃料デブリは塊状になっているものも混在しているが、燃料の全てが粉状と仮定(ケースB)
- ・PCV内で発生したダストは、PCV内で時間の経過とともに拡がるが、瞬時に拡がると仮定(ケースA-1、B)
- ・PCVから漏えいするダストは、PCVからの漏えい箇所て一部が捕集され、残りのダストは建屋内に滞留して沈着・沈降により減少し、建屋からの漏えい箇所てさらに捕集されて減少する見込みだが、PCVや建屋からの漏えい箇所での捕集効果、建屋での沈着・沈降効果がないと仮定(ケースA-1、B)

既往最大のダスト濃度を計測した1号機AWJ実績に基づく、**表面汚染物からのダスト飛散**を想定したシナリオ。

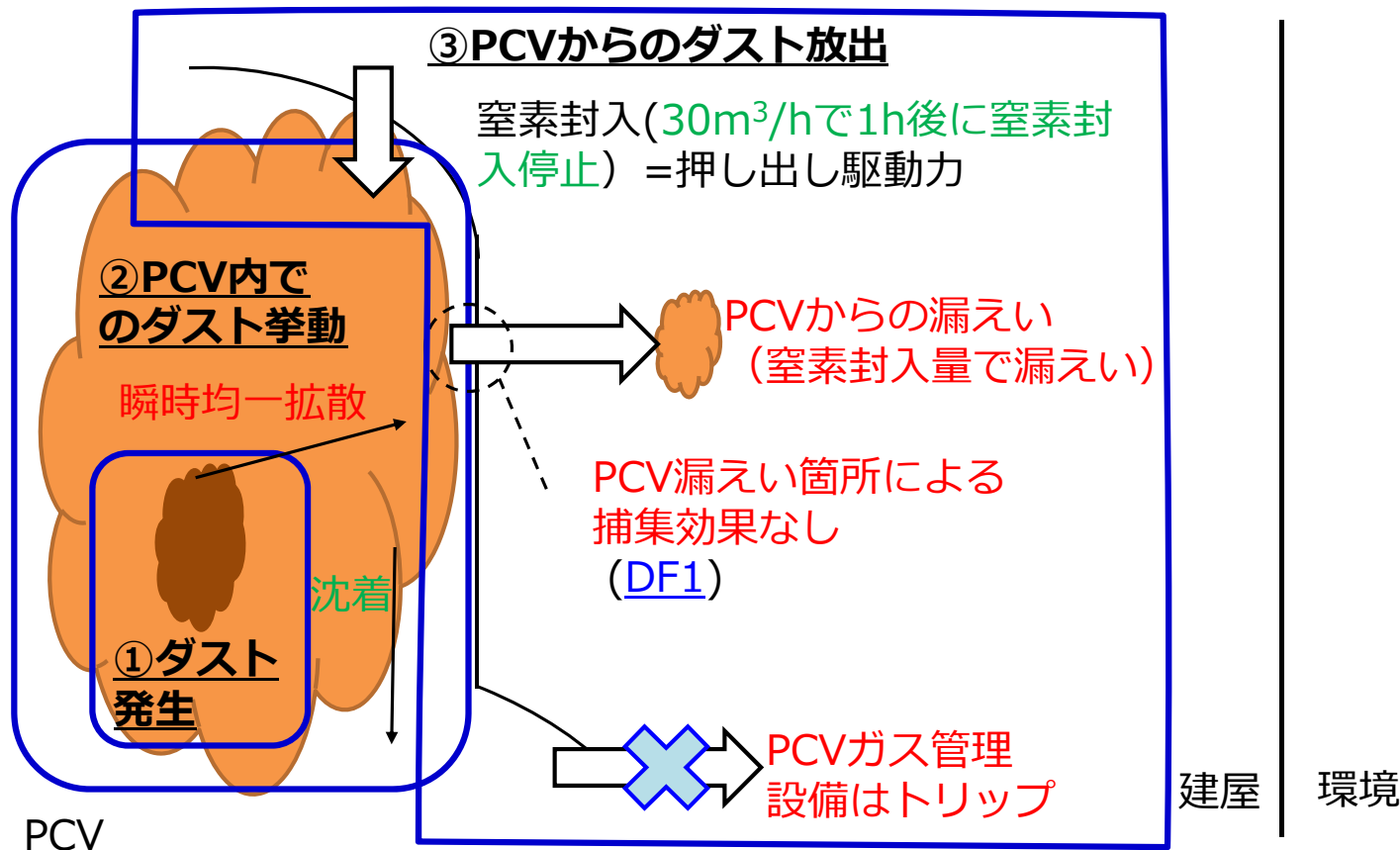
燃料デブリからダストが発生することを仮定したシナリオ。

2021年2月、2022年3月の地震(双葉町・大熊町：震度6弱)でも、構造物の表面汚染物や燃料デブリに力が加わった可能性はあるが、**PCV内ダスト濃度上昇として検知されるほどのダスト追加発生は確認されていない。その観測事実は考慮せず**、当該状況が発生し、**ダスト追加発生があるものと仮定**したシナリオ。

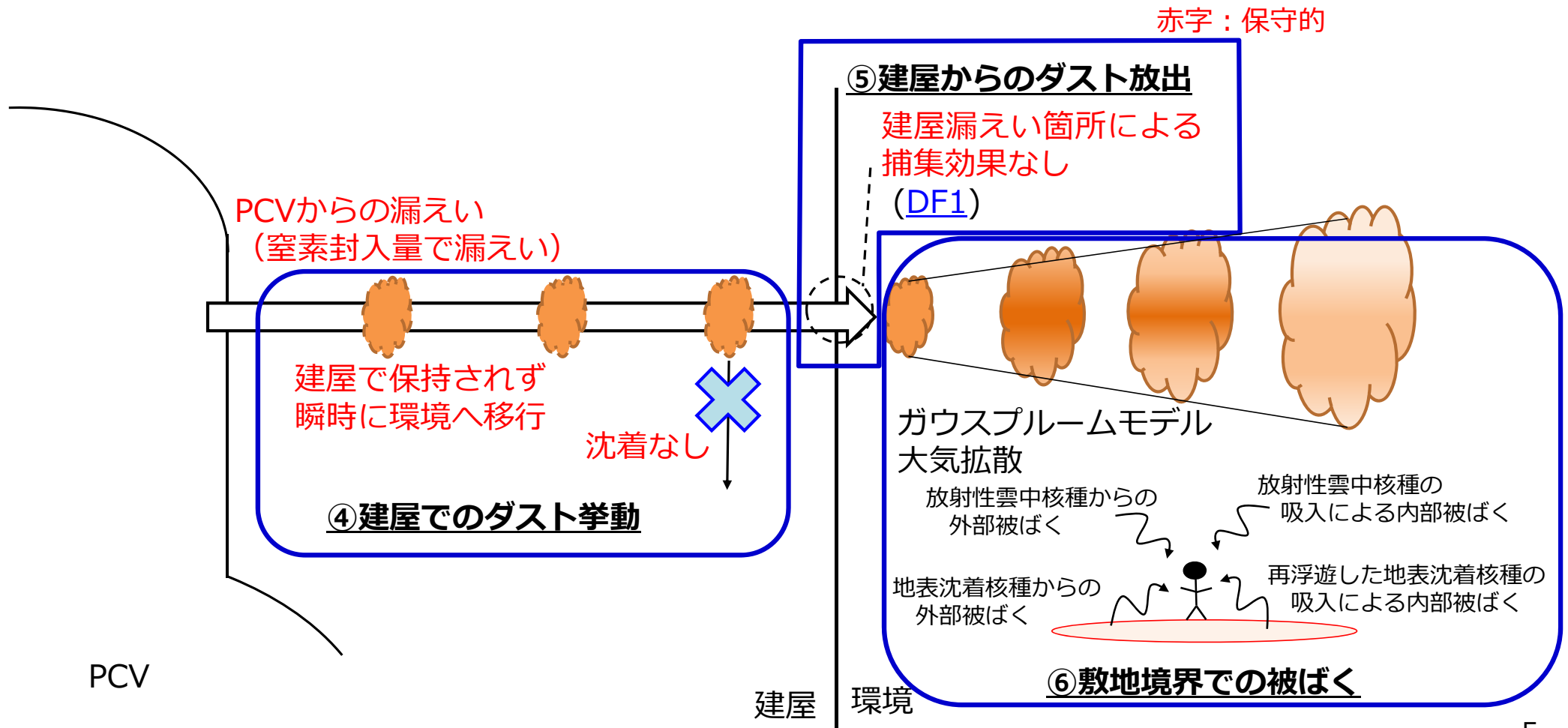
※ 以下の参考文献から、RPV底部およびRPV下部CRDハウジングに付着した燃料デブリに含まれる燃料(UO₂)として、11.2tonとした。(参考)平成26年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金「事故進展解析及び実機データ等による炉内状況把握の高度化」、IRID

①ダスト発生	ダスト発生シナリオ（詳細後述）
②PCV内のダスト挙動	ダストの拡散： PCV内に瞬時均一拡散 ダストの沈着： 考慮 （1号機AWJ時に確認したダストの低減率を適用）
③PCVからのダスト放出	ダスト押し出し駆動力 = 窒素封入（30m ³ /hで1h後に窒素封入停止） 放出経路： PCVからの漏えいのみ （窒素封入量で漏えい） PCVガス管理設備はトリップ 放出経路の捕集効果： なし （大開口を想定し漏えい箇所の捕集効果は期待しない）

赤字：保守的、緑字：現実的



④建屋でのダスト挙動	ダストの拡散：建屋の保持効果を考慮せず、瞬時に環境へ移行 ダストの沈着：考慮しない
⑤建屋からのダスト放出	建屋の捕集効果：なし（大開口を想定し漏えい箇所の捕集効果は期待しない）
⑥敷地境界での被ばく	放出後の挙動：ガウスプルームモデル大気拡散 被ばく経路：放射性雲中核種からの外部被ばく、吸入による内部被ばく 地表沈着核種からの外部被ばく、再浮遊した核種の吸入による内部被ばく

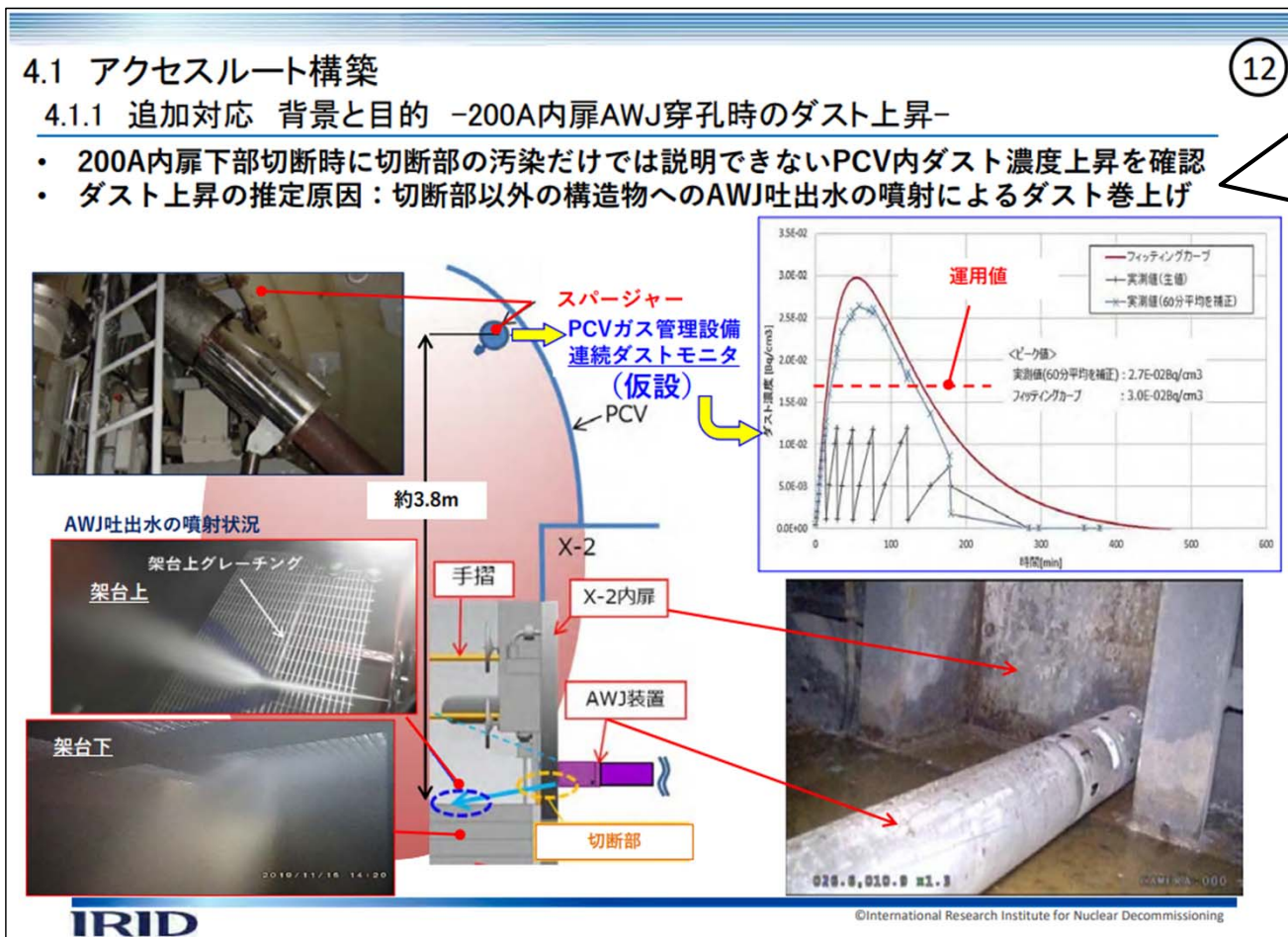


1-3. 被ばく評価 (①ダスト発生想定：ケースA-1)

ダスト発生シナリオ

- RPV支持構造物が**座屈**。**接続配管等**を**引っ張り**ながらRPVが**沈下**。
- **構造物の表面汚染物**が、**表面乾燥状態**で**こすられて剥離**。

ダスト発生想定



12

全β最大ピーク濃度約2.7E-2Bq/cm³を確認した2019年6月4日作業において、AWJ吐出水が作用したと考えられる推定面積を基準に、作用面積に対するピーク濃度を評価。
(注)

作用面積にRPV外表面を設定し、AWJ吐出水が作用したと考えられる推定面積の比例倍としてダスト飛散を評価。
なお、全βとしてCs134+137を設定。

(注) PCVガス管理設備ラインに設置した仮設モニタにおいてダスト濃度の上昇は確認されているが、PCVガス管理設備の本設モニタや建屋のモニタに有意な変動は確認されていない。

平成29年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発 (堆積物対策を前提とした内部詳細調査技術の現場実証) 平成31年度・令和元年度実施分成果報告
令和2年8月 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

1-3. 被ばく評価 (①ダスト発生想定：ケースB)

ダスト発生シナリオ

- RPV支持構造物が**座屈**。**接続配管等**を**引っ張り**ながらRPVが**沈下**。
- **RPVに残存・付着した燃料デブリ**が、**乾燥状態**で**振動により浮遊**。

※1 (参考) 平成26年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金「事故進展解析及び実機データ等による炉内状況把握の高度化」、IRID
 ※2近年の地震でPCV内でのダスト上昇も見られていないことから、脆化したものの落下が有意なダスト発生源になる可能性は低いと考えている。

ダスト発生想定

- RPVに残存・付着した燃料デブリとして、燃料11.2tonを設定(※1)
- その燃料デブリが全て数μmの粉状であると仮定し、全てが乾燥状態で存在すると仮定。
 (座屈・沈下時に、炉内の脆化したものが落下することは想定していない。※2)
- 振動による粉体の飛散として、粉体の加振試験によるダスト飛散率を参照設定。

$$11.2\text{ton} \times 100\% \times 100\% \times 100\% \times 1\text{E-}4\% = 11.2\text{g}$$

推定値 全て燃料 全て粉状 全て乾燥 実験値

<想定状況>

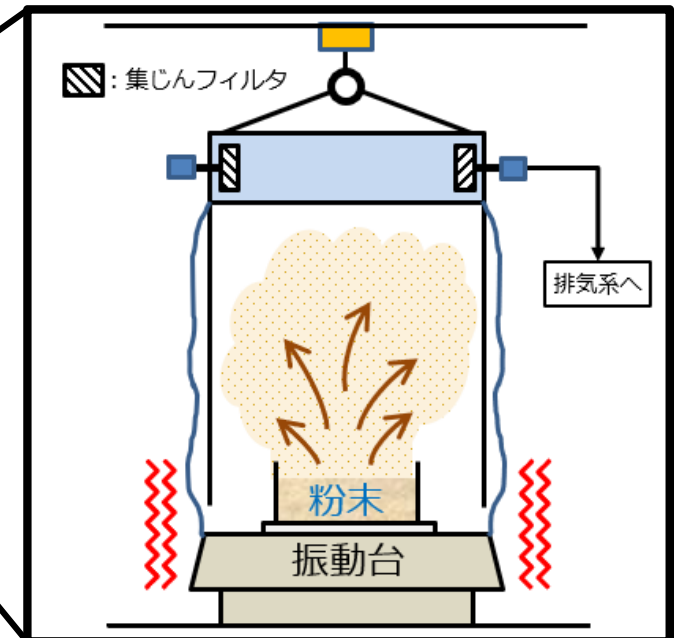
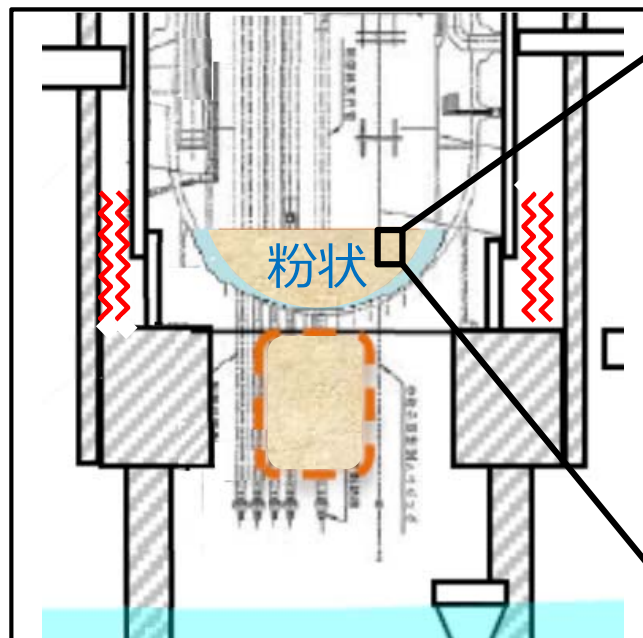
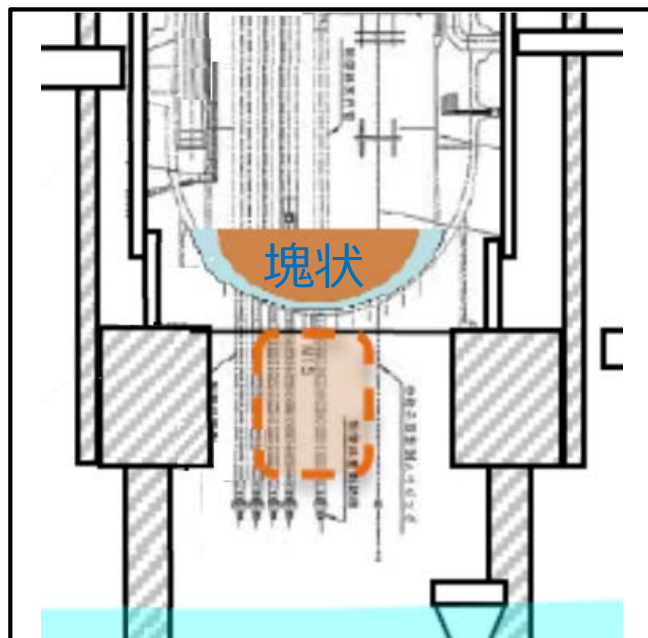
11.2tonの塊状の燃料デブリ
 全て燃料 (Cs等も全て残存)

<評価のための変換>

燃料デブリは全て数μmの粉体
 全て乾燥状態で存在
 振動により浮遊

<評価に用いた飛散率>

粉体の加振試験結果 1E-4%

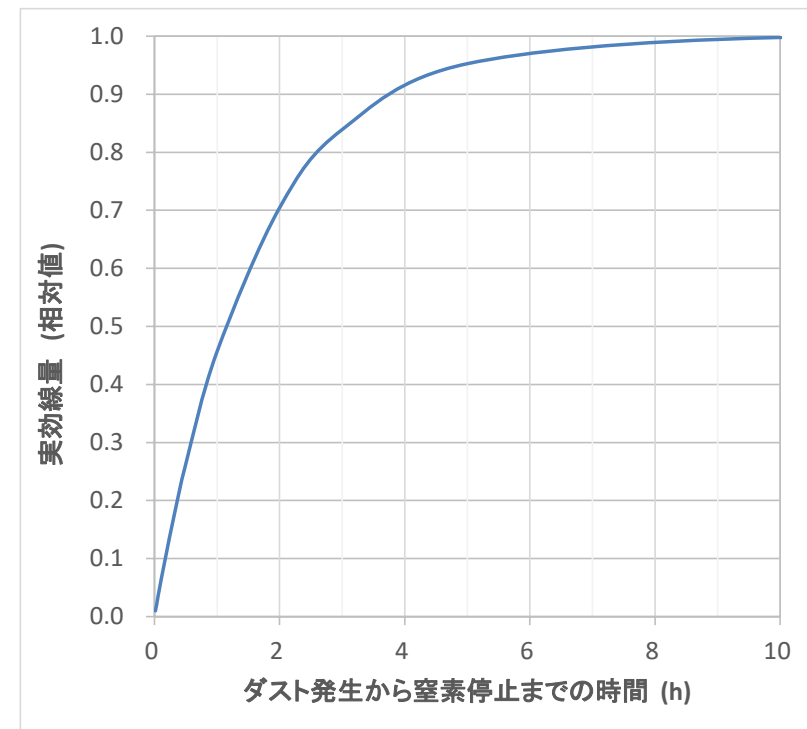


2. 窒素封入を停止した場合の被ばく低減効果

ダスト発生から窒素封入停止までの時間による被ばく線量：

- 窒素封入停止時間に対する敷地境界での実効線量の抑制効果（下の図表参照）
- 被ばく低減効果が得られるよう可能な限り窒素停止時間を早める方策を検討(ALARP)

ダスト発生から窒素封入停止までの時間		実効線量(相対値)	被ばく低減効果
3分	(= 0.05 h)	0.030	約 1/33
5分	(= 0.08 h)	0.049	約 1/20
10分	(= 0.17 h)	0.10	約 1/10
30分	(= 0.50 h)	0.26	約 1/4
60分	(= 1 h)	0.46	約 1/2
120分	(= 2 h)	0.70	約 1/ 1.4
180分	(= 3 h)	0.84	約 1/ 1.2
600分	(= 10 h)	1.00	約 1/1



3-1. PCV大開口発生時の被ばく評価への影響

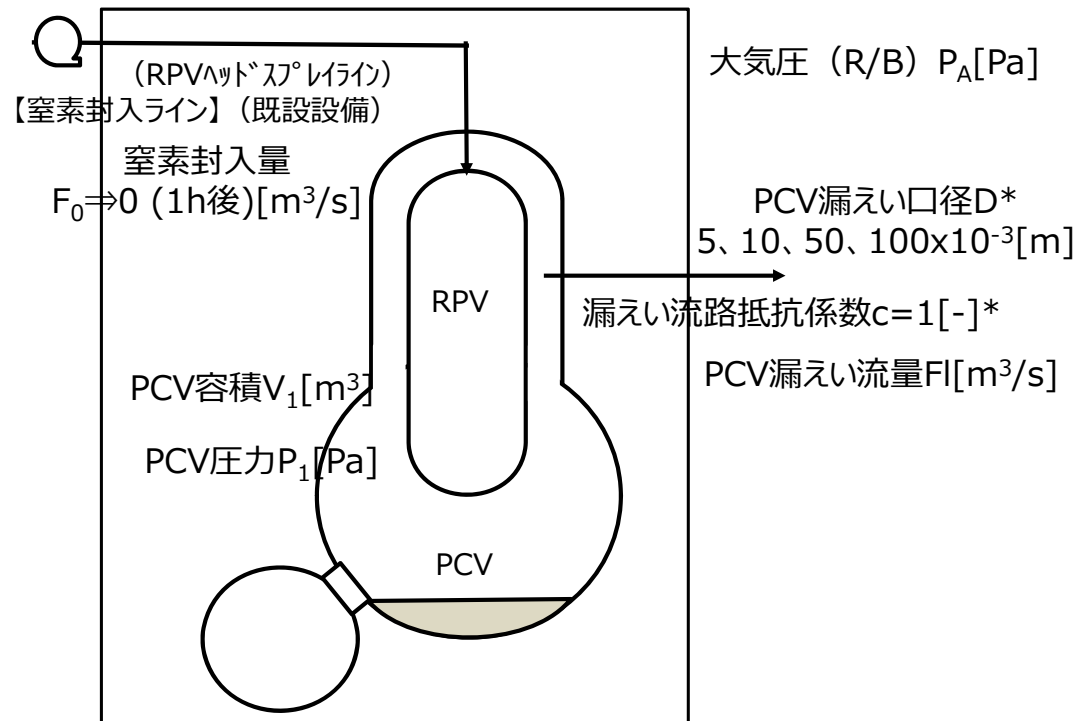
	小開口 ・正圧時に圧力が立つ状況	大開口 ・正圧時に圧力が立たない状況
気密性	あり	なし
漏えい箇所捕集効果*	考慮できる DF10	考慮しない DF1
容器による保持効果	考慮できる	考慮できる
被ばく評価への影響	0.1倍以下 (圧力依存の漏えい流量)	1倍 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">今回の被ばく評価の想定</div>

※原子力発電技術機構、「重要構造物安全評価（原子炉格納容器信頼性実証事業）に関する総括報告書」、平成15年3月

3-2. PCV小開口時の被ばく評価への影響 (1/2)

- PCV漏えい口径*を5～100mmと変化させ、事象発生後および1h後の窒素封入停止によるPCV圧力と漏えい流量の変化を確認した。
- PCV開口部が小さい場合、開口部からの漏えい流量は窒素封入によって加圧されるPCV圧力と、PCV外の圧力の差圧に起因した流量となる。

<評価モデル>



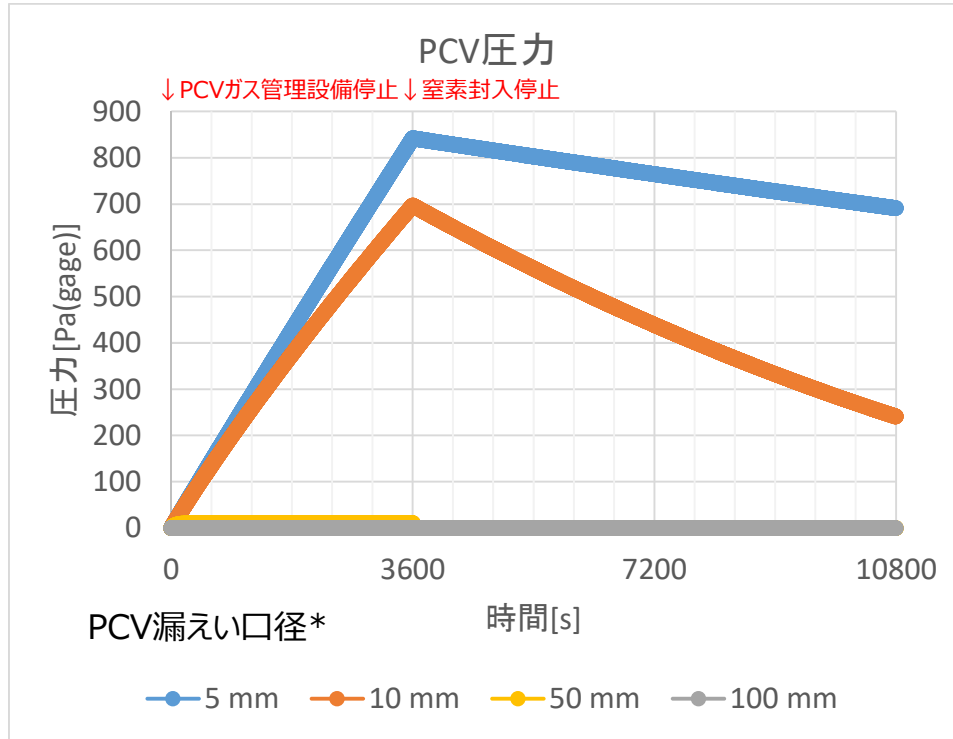
<支配方程式>

$$F_l(t) = c \cdot \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1(t) - P_A)}$$

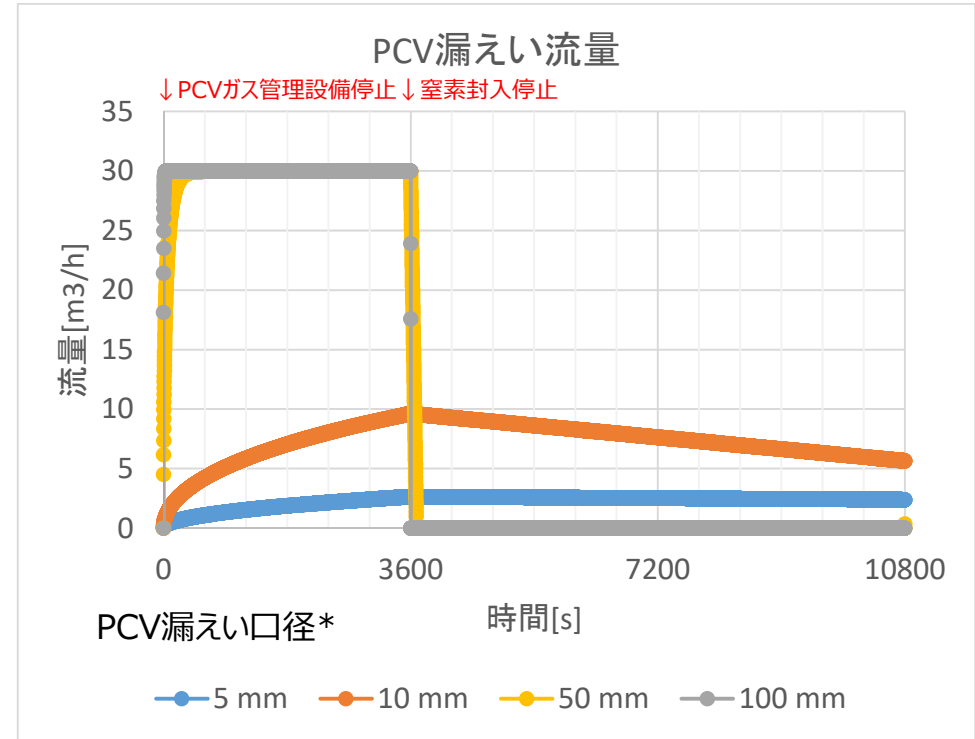
$$\Delta P_1(t) = \frac{\{F_0(t) - F_t(t)\} \Delta t}{V_1} P_1(t)$$

*今回の評価では、口径サイズに対するPCV圧力・漏えい流量の応答を見ることを目的としていることから、簡便のため流路抵抗 $c=1$ とした。従って、実際のPCVの圧力・流量や口径を評価している訳ではない。漏えい流量は大きめの評価となっている。

<PCV圧力>



<PCV漏えい流量>



- ✓ PCV漏えい口径が比較的小さい場合は、PCVの加圧・減圧に時間を要し、大開口の場合と比較して事象初期の漏えい流量が小さくなる。
- ✓ PCV漏えい口径が比較的大きい場合は、PCVはほぼ加圧されず、大開口の場合と比較しても漏えい流量はほぼ同じ。

<時刻毎の漏えい総量と被ばく評価への影響>

PCV漏えい口径*[mm]	1h時点での漏えい総量[m³]	2h時点での漏えい総量[m³]	3h時点での漏えい総量[m³]
5	1.8	4.4	6.8
10	6.6	15.2	21.9
50	29.6	30.0	30.0
100	30.0	30.0	30.0
大開口	30	30	30

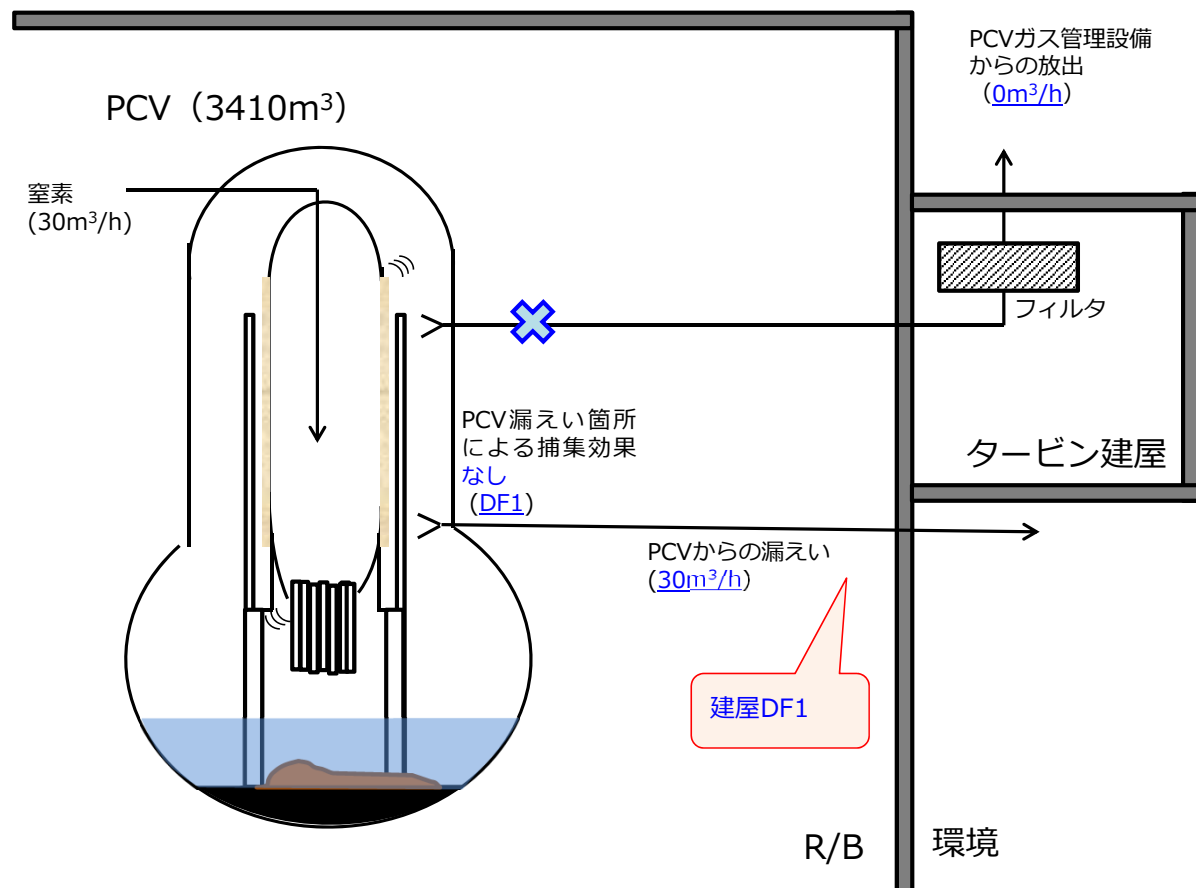
- ✓ 例えば、口径*5mm、2h時点での被ばく線量は、大開口時の評価の4.4/30倍となる見込み（PCVダスト濃度も低下する見込みであることから、保守的な想定）であり、漏えい口径が小さい場合には被ばく線量は小さくになると考えている。
- ✓ 漏えい箇所での捕集効果も加味すると、更に1/10倍の効果がある。

*今回の評価では、口径サイズに対するPCV圧力・漏えい流量の応答を見ることを目的としていることから、簡便のため流路抵抗 $c=1$ とした。従って、実際のPCVの圧力・流量や口径を評価している訳ではない。漏えい流量は大きめの評価となっている。

ダスト発生シナリオ

- RPV支持構造物が**座屈**。**接続配管等**を**引っ張り**ながらRPVが**沈下**。
- **構造物の表面汚染物**が、**表面湿潤状態**で**こすられて剥離**。

評価モデル

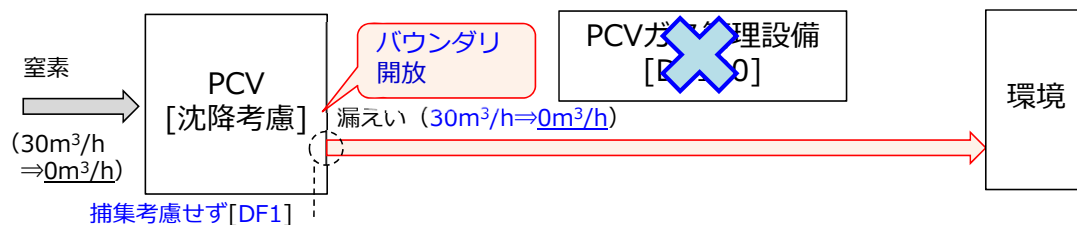


<PCV内のダスト飛散想定>

- ✓ PCV内は湿潤状態となっているため、PCV内のダスト濃度の増加は限定的※と考えられる。

※ 乾燥状態でのダスト飛散の実例として、2021年2月および2022年3月の地震（双葉町・大熊町：震度6弱）時の1・2号機の原子炉建屋および1～3号機のタービン建屋内のダスト濃度が、通常の変動幅より1桁程度の一時的な増加に留まったことを踏まえると、湿潤状態では同程度以下と想定。また、同地震時におけるPCVガス管理設備のダストモニタに有意な上昇がないことを確認。

給排気量収支 [窒素封入停止時間：1h]



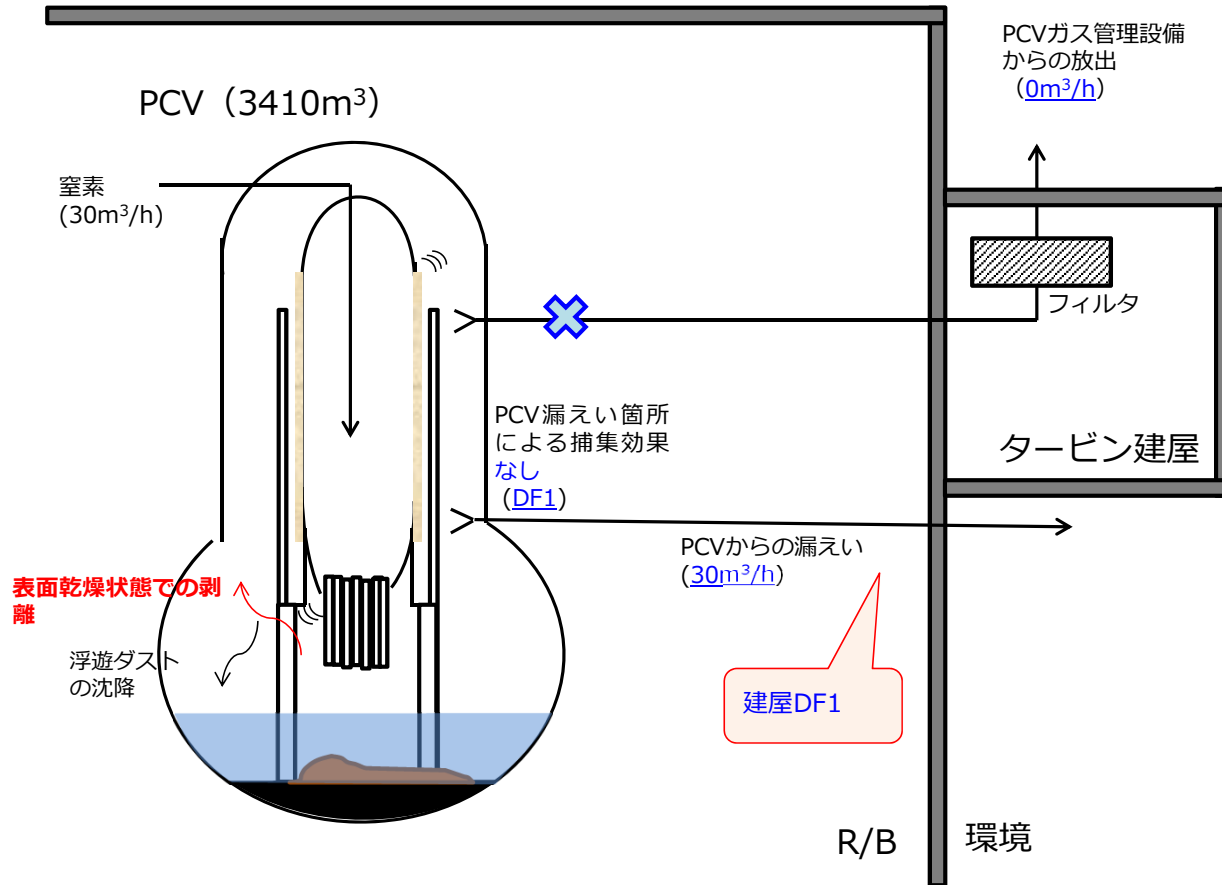
- ダスト発生源
 - 影響を想定する構造物表面の汚染密度
 - 1号機AWJの全β最大ピーク濃度（約 $2.7E-2Bq/cm^3$ ）を記録した作業箇所を基準として汚染密度を想定
（密度を特定することはできないので、作用面積に応じてダスト飛散を想定）
- 給排気条件
 - 窒素封入継続： $30m^3/h$ （1h）
 - PCVガス管理設備トリップ： $0m^3/h$ （バウンダリ開放）
- 低減効果
 - 漏えい箇所捕集効果DF1（バウンダリ開放により低減効果無し）
 - 放出経路での低減割合（PCV内ダスト沈着を考慮）
- 被ばく経路
 - 放射性雲中核種からの外部被ばく、吸入による内部被ばく
 - 地表沈着核種からの外部被ばく、再浮遊した核種の吸入による内部被ばく

【参考】ケースA-1 <評価体系>

ダスト発生シナリオ

- RPV支持構造物が**座屈**。**接続配管等**を**引っ張り**ながらRPVが**沈下**。
- **構造物の表面汚染物**が、**表面乾燥状態**で**こすられて剥離**。

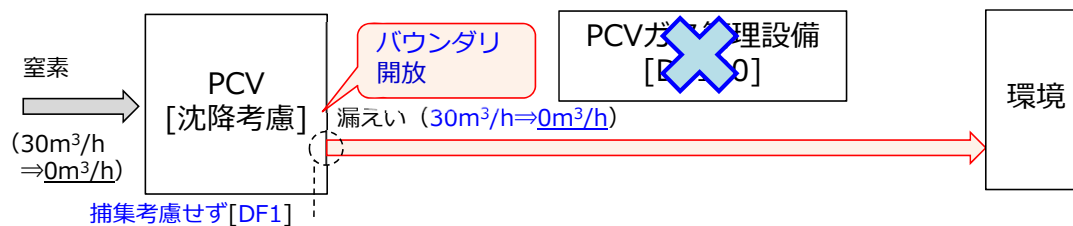
評価モデル



<PCV内のダスト飛散想定>

- ✓ 1号機AWJ時の最大ピーク濃度を基準に、作用面積に応じてダスト飛散を想定
- ✓ 発生したダストは、瞬時にPCV内に均一拡散するものと仮定

給排気量収支 [窒素封入停止時間：1h]

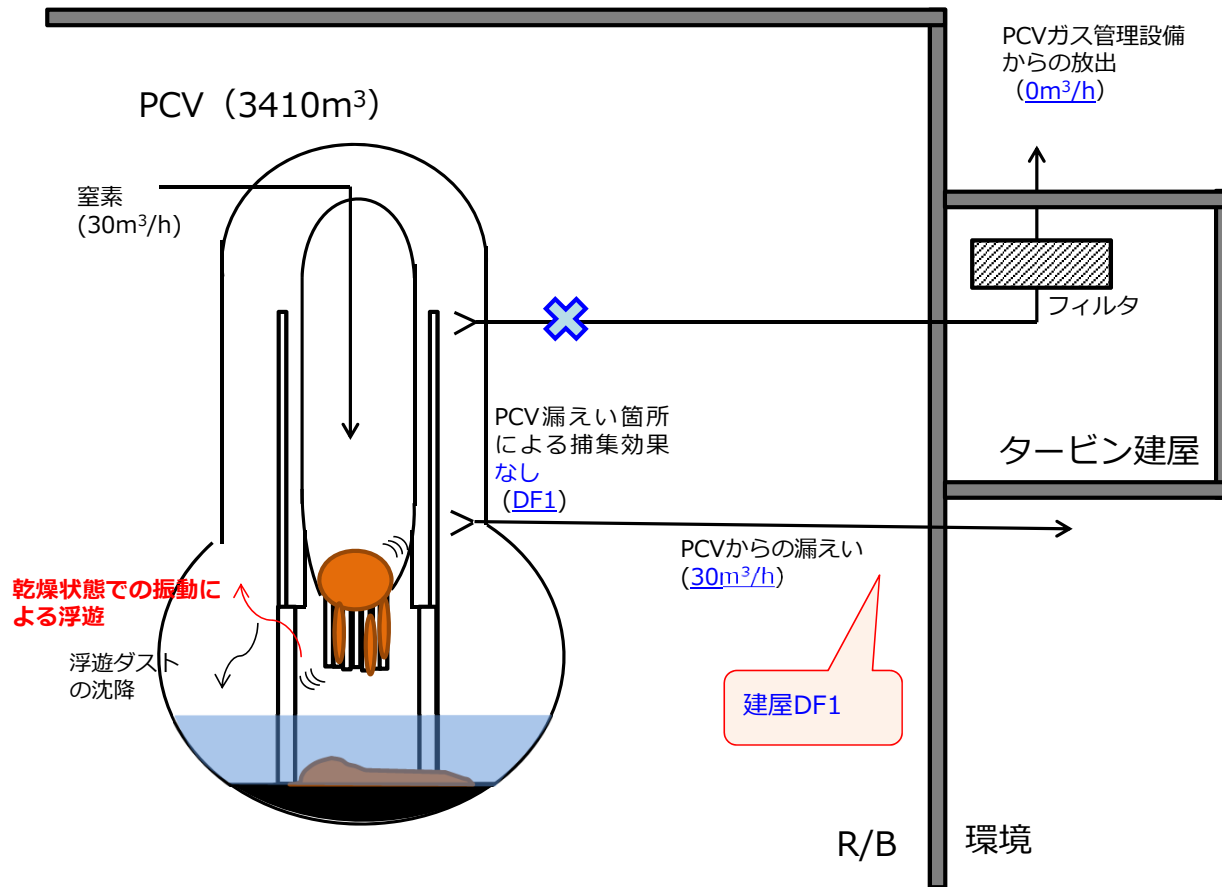


- ダスト発生源
 - 影響を想定する燃料デブリ
 - RPV下部およびCRDハウジングに残存・付着した燃料デブリ
→評価上は燃料**11.2ton**を想定（構造物等は含まない）
 - 燃料デブリの核種想定
 - 電力中央研究所廃止措置ハンドブック記載の55核種
（セシウム等の環境に放出された核種も保守的に全量残存しているものと想定）
 - 1号機平均燃焼度25.8GWd/t 12年減衰
- 給排気条件
 - 窒素封入継続：30m³/h（1h）
 - PCVガス管理設備トリップ：0m³/h（バウンダリ開放）
- 低減効果
 - 漏えい箇所捕集効果DF1（バウンダリ開放により低減効果無し）
 - 放出経路での低減割合（PCV内ダスト沈着を考慮）
- 被ばく経路
 - 放射性雲中核種からの外部被ばく、吸入による内部被ばく
 - 地表沈着核種からの外部被ばく、再浮遊した核種の吸入による内部被ばく

ダスト発生シナリオ

- RPV支持構造物が**座屈**。**接続配管等**を**引っ張り**ながらRPVが**沈下**。
- **RPVに残存・付着した燃料デブリ**が、**乾燥状態**で**振動により浮遊**。

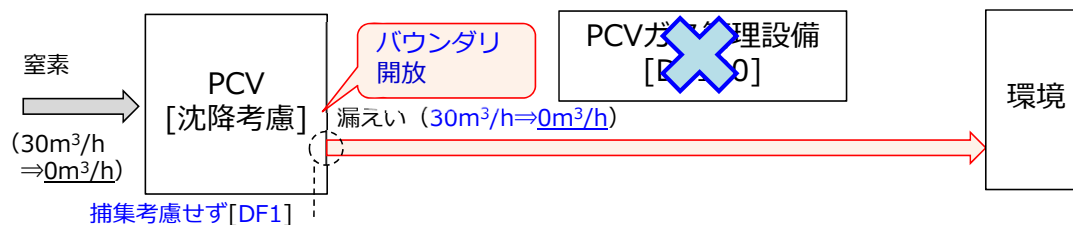
評価モデル



<PCV内のダスト飛散想定>

- ✓ 乾燥している箇所が存在していると仮定
- ✓ 乾燥箇所にRPVに残存・付着した燃料デブリが粉として存在しているものと仮定
- ✓ 振動による粉の飛散については、燃料デブリを想定した微粉末（数μm粒子程度）加振試験で得られた1E-4%を参照設定
- ✓ 発生したダストは、瞬時にPCV内に均一拡散するものと仮定

給排気量収支 [窒素封入停止時間：1h]

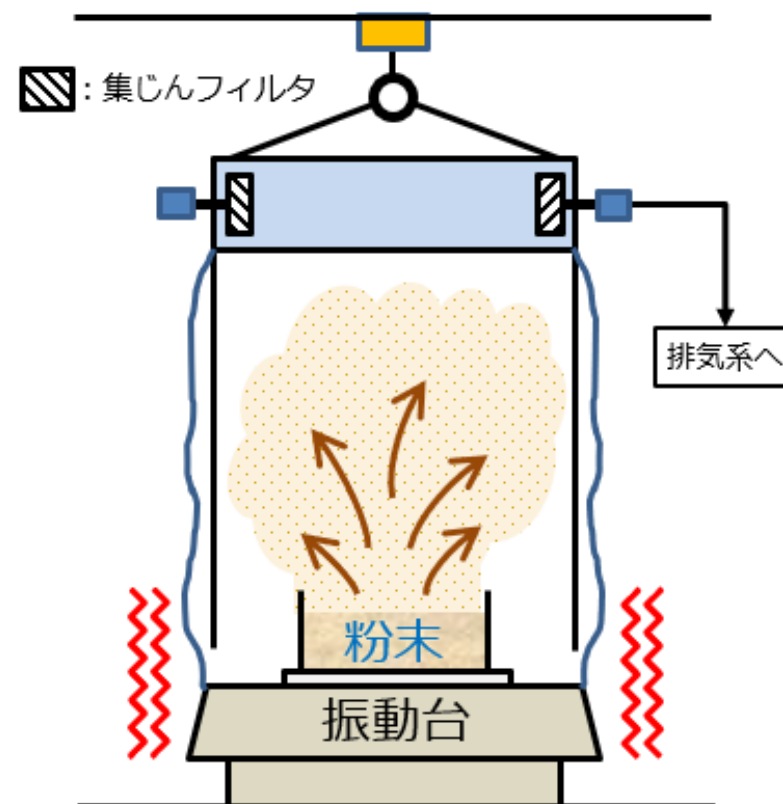


粉状の燃料デブリを想定した粉体加振試験（自主試験）

静置された粉末について、微細振動を加えた際に粉末が気中に浮遊する割合を試験により確認。

振動

- 粒径 μm オーダーのアルミナまたは酸化タングステン粉末
- 水平または垂直に加振
(最大加速度約 11m/s^2 、周期 0.1s 前後)
- 空力等価径 $10\mu\text{m}$ 粒子の終端速度を上回る上昇流流速で回収
- 粉末堆積高さ 4cm
- 加振時間 250s



飛散率 (ARF x RF) を「フィルタ集じん重量/装荷粉体重量」と定義。
全てのケースで $1\text{E}-4\%$ 以下の飛散率となった。
垂直加振より水平加振の方が飛散率は高い傾向。
比重が小さく、粒径が小さいほど飛散率は高い傾向。

- 事象発生から時間 t (h) までに、環境へ放出される放射エネルギー $Q_R(t)$ (Bq) :

$$Q_R(t) = A_0 \times \frac{\frac{F}{V_{PCV}}}{\lambda_d + \frac{F}{V_{PCV}}} \times \left\{ 1 - \exp\left(-\left(\lambda_d + \frac{F}{V_{PCV}}\right)t\right) \right\} \quad (\ast 1)$$

ここで、

- A_0 : 事象発生初期のPCV内浮遊ダストの放射エネルギー(Bq)
- V_{PCV} : PCV体積(m^3) . . . 3410 (m^3)
- F : 窒素封入量(m^3/h) . . . 30 (m^3/h)
- λ_d : ダスト低減率 (1/h) . . . 0.6 (1/h) ($\ast 2$)

($\ast 1$) 事象発生から時間 t (h)経過後のPCV内の浮遊ダスト放射エネルギー $A(t)$ (Bq)は、窒素封入による押し出し率(F/V_{PCV})とダスト低減率(λ_d)により減少し、以下の式で表す。

$$A(t) = A_0 \times \exp\left(-\left(\lambda_d + \frac{F}{V_{PCV}}\right)t\right) \quad \dots (1)$$

PCV内に浮遊したダスト放射エネルギー $A(t)$ が、窒素封入による押し出し率(F/V_{PCV})で環境へ放出されることから、単位時間あたりに環境へ放出される放射エネルギーの変化は、以下の式で表わされる。

$$\frac{Q_R}{dt} = \left(\frac{F}{V_{PCV}}\right)A(t) \quad \dots (2)$$

(2)式に(1)式を代入し、積分すると環境へ放出される放射エネルギー $Q_R(t)$ の式が得られる。

($\ast 2$) 1号機AWJ作業時のダスト濃度変化 (3.5時間で1桁程度減少と評価) より設定

- 事象発生初期のPCV内浮遊ダスト濃度 (Bq/cm³)

核種	ダスト濃度 (Bq/cm ³)
Cs-134	1.1E+01
Cs-137	7.5E+01

- 環境へ放出される放射エネルギー(Bq)

核種	放出量 (Bq)
Cs-134	2.4E+08
Cs-137	1.7E+09

- 事象発生初期のPCV内浮遊ダスト濃度 (Bq/cm³)

No.	核種	ダスト濃度 (Bq/cm ³)
1	H-3	2.2E-02
2	Be-10	3.0E-10
3	C-14	8.4E-06
4	S-35	0.0E+00
5	Cl-36	0.0E+00
6	Ca-41	0.0E+00
7	Mn-54	0.0E+00
8	Fe-55	0.0E+00
9	Fe-59	0.0E+00
10	Co-58	0.0E+00
11	Co-60	0.0E+00
12	Ni-59	0.0E+00
13	Ni-63	0.0E+00
14	Zn-65	0.0E+00
15	Se-79	3.0E-05
16	Sr-90	4.8E+00
17	Zr-93	1.5E-04
18	Nb-94	1.2E-08
19	Mo-93	0.0E+00
20	Tc-99	1.1E-03

No.	核種	ダスト濃度 (Bq/cm ³)
21	Ru-106	8.5E-03
22	Ag-108m	1.1E-08
23	Cd-113m	1.2E-03
24	Sn-126	5.2E-05
25	Sb-125	2.8E-02
26	Te-125m	6.4E-03
27	I-129	2.6E-06
28	Cs-134	1.8E-01
29	Cs-137	6.5E+00
30	Ba-133	9.6E-07
31	La-137	0.0E+00
32	Ce-144	1.7E-03
33	Pm-147	5.9E-01
34	Sm-151	2.5E-02
35	Eu-152	1.4E-04
36	Eu-154	1.3E-01
37	Ho-166m	1.3E-07
38	Lu-176	0.0E+00
39	Ir-192m	0.0E+00
40	Pt-193	0.0E+00

No.	核種	ダスト濃度 (Bq/cm ³)
41	U-234	1.4E-04
42	U-235	3.5E-06
43	U-236	2.3E-05
44	U-238	3.4E-05
45	Np-237	2.1E-05
46	Pu-238	1.6E-01
47	Pu-239	2.8E-02
48	Pu-240	3.8E-02
49	Pu-241	5.1E+00
50	Pu-242	1.3E-04
51	Am-241	1.4E-01
52	Am-242m	5.0E-04
53	Am-243	1.1E-03
54	Cm-242	4.1E-04
55	Cm-244	8.5E-02

- 環境へ放出される放射能量(Bq)

No.	核種	放出量 (Bq)
1	H-3	4.8E+05
2	Be-10	6.7E-03
3	C-14	1.9E+02
4	S-35	0.0E+00
5	Cl-36	0.0E+00
6	Ca-41	0.0E+00
7	Mn-54	0.0E+00
8	Fe-55	0.0E+00
9	Fe-59	0.0E+00
10	Co-58	0.0E+00
11	Co-60	0.0E+00
12	Ni-59	0.0E+00
13	Ni-63	0.0E+00
14	Zn-65	0.0E+00
15	Se-79	6.8E+02
16	Sr-90	1.1E+08
17	Zr-93	3.4E+03
18	Nb-94	2.6E-01
19	Mo-93	0.0E+00
20	Tc-99	2.5E+04

No.	核種	放出量 (Bq)
21	Ru-106	1.9E+05
22	Ag-108m	2.4E-01
23	Cd-113m	2.7E+04
24	Sn-126	1.2E+03
25	Sb-125	6.3E+05
26	Te-125m	1.4E+05
27	I-129	5.8E+01
28	Cs-134	4.0E+06
29	Cs-137	1.5E+08
30	Ba-133	2.2E+01
31	La-137	0.0E+00
32	Ce-144	3.8E+04
33	Pm-147	1.3E+07
34	Sm-151	5.7E+05
35	Eu-152	3.2E+03
36	Eu-154	2.8E+06
37	Ho-166m	3.0E+00
38	Lu-176	0.0E+00
39	Ir-192m	0.0E+00
40	Pt-193	0.0E+00

No.	核種	放出量 (Bq)
41	U-234	3.1E+03
42	U-235	8.0E+01
43	U-236	5.1E+02
44	U-238	7.6E+02
45	Np-237	4.7E+02
46	Pu-238	3.6E+06
47	Pu-239	6.4E+05
48	Pu-240	8.5E+05
49	Pu-241	1.1E+08
50	Pu-242	2.8E+03
51	Am-241	3.2E+06
52	Am-242m	1.1E+04
53	Am-243	2.5E+04
54	Cm-242	9.3E+03
55	Cm-244	1.9E+06

- 放射性雲中の核種からの外部被ばく

$$H_{\gamma} = K \cdot E_{\gamma} / 0.5 \cdot D / Q \cdot Q_R \cdot 1000$$

H_{γ} : 放射性雲中の核種からの γ 線による外部被ばく実効線量[mSv]

K : 空気カーマから実効線量への換算係数[Sv/Gy] (=1)

E_{γ} : γ 線の実効エネルギー[MeV] (※1)

D/Q : 相対線量[Gy/Bq] (=6.1E-19)

Q_R : 放射性核種の大気放出量 (各経路の DF を考慮した合計) [Bq]

- 地表沈着した核種からの外部被ばく

$$G_{ex} = K_{ex} \cdot \chi / Q \cdot V \cdot f \cdot Q_R \cdot T \cdot 1000$$

G_{ex} : 地表沈着した核種からの γ 線による外部被ばく実効線量[mSv]

K_{ex} : 外部被ばく実効線量換算係数[(Sv/s)/(Bq/m²)] (※2)

V : 沈降速度[m/s] (=0.01)

f : 残存割合[-]

T : 被ばく時間[s] (=365×24×3600)

- 放射性雲中の核種の吸入による内部被ばく

$$H_I = K_m \cdot R_1 \cdot \chi / Q \cdot Q_R$$

H_I : 放射性雲中の核種の吸入摂取による内部被ばく実効線量[mSv]

K_m : 内部被ばく実効線量係数[mSv/Bq] (※1)

R_1 : 呼吸率[m³/s] (=1.2 [m³/h] /3600)

χ/Q : 相対濃度[s/m³] (=6.0E-5)

- 地表沈着した核種から再浮遊した核種の吸入による内部被ばく

$$G_m = R_2 \cdot K_m \cdot \chi / Q \cdot V \cdot f \cdot F \cdot Q_R \cdot T$$

G_m : 地表沈着した核種から再浮遊した核種の吸入摂取による内部被ばく実効線量[mSv]

R_2 : 呼吸率[m³/s] (=22.2 [m³/d] / (24×3600))

F : 再浮遊率[m⁻¹] (=1E-6)

(※1) (財) 電力中央研究所「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック (第3次版)」(平成19年3月)

(※2) EPA-402-R-93-081 「FEDERAL GUIDANCE REPORT NO. 12 EXTERNAL EXPOSURE TO RADIONUCLIDES IN AIR, WATER, AND SOIL」 Keith F. Eckerman and Jeffrey C. Ryman September 1993

1. ペDESTAL支持機能低下時ダスト被ばく評価
2. ダスト飛散抑制対策の検討

1. ダスト飛散抑制対策の検討

- これまでも2022年3月の地震など強い地震を経験しているが、ペDESTALの支持機能は維持されている
- しかしながら、これまでの経験や耐震評価の結果をもって、支持機能に問題はないとするのではなく、仮に支持機能を喪失したとしても、その際に取り得る方策については検討を進めている

<万が一の事態に備えて以下の方策を検討>

- RPV等の傾斜・沈下によるダスト飛散に対する方策
 - **ダスト飛散抑制に関わる機動的対応**（地震でPCVガス管理設備機能喪失した時の可搬式設備を用いたPCV排気）
 - **PCV閉じ込め強化**：PCV均圧※1、窒素封入停止策※1、2、大型カバーによるPCVからの直接放出量の低減

※1 技術会合において議論を行う「PCVの閉じ込め機能の維持に関する論点」に沿って検討中

※2 窒素封入設備 A、B号機は、遠隔による停止が可能。C号機については、現在、遠隔操作機能の改造を計画。改造までは速やかに現場での停止を行うこととする。

■ RPVペDESTAL支持機能低下により想定される影響に対する機動的対応

- ペDESTAL支持機能が低下した場合でも、PCVへの水・ガスの流路が完全に喪失することは考え難いが、万一の可能性として、既存のRPV注水設備・PCVガス管理設備・窒素封入設備(以下、冷却設備)による燃料デブリの冷却やPCVのダスト飛散の抑制機能が喪失すると想定。
- それらの代替として、冷却設備の復旧までPCV内環境を維持できるよう、機動的対応として、可搬式設備やPCVへの新たな注水口・吸込口等を整備。
なお、機動的対応として、現在の冷却設備の運用状況と同程度の機能になるよう想定。

■ 機動的対応の現場展開

- 事象発生後、まずは「影響の緩和措置」を実施。その後、「機動的対応」に展開。
 - ・ 機動的対応は、「冷却設備を使用する場合」「可搬式設備を使用する場合」の2通りを想定。
 - ・ 機動的対応の現場展開に約1日程度での対応を想定。
- 高線量エリアである原子炉建屋内での作業になることから、予め専用の接続口や配管・ホース等を敷設することが必要。

■ 機動的対応の準備状況

- 現在、必要な資機材（可搬式設備含む）、工事の検討中。
 - ・ 新しい接続口の選定・バウンダリ構築(冷却設備含む)・配管等の敷設ルートの設定(既存設備の軽微な改造が発生)
 - ・ 可搬式設備（PCVガス管理設備相当）の仕様、モニタリング機能の扱い（設備付け）
- 資機材を先行取得して対応整備→追加工事で対応の向上を図る。
主たる資機材の抽出を終え、現在整備中（2023年12月末完了予定）。
(補足) 上記の専用機材の整備まで、応急的対応として構内資機材(準備済)の活用。

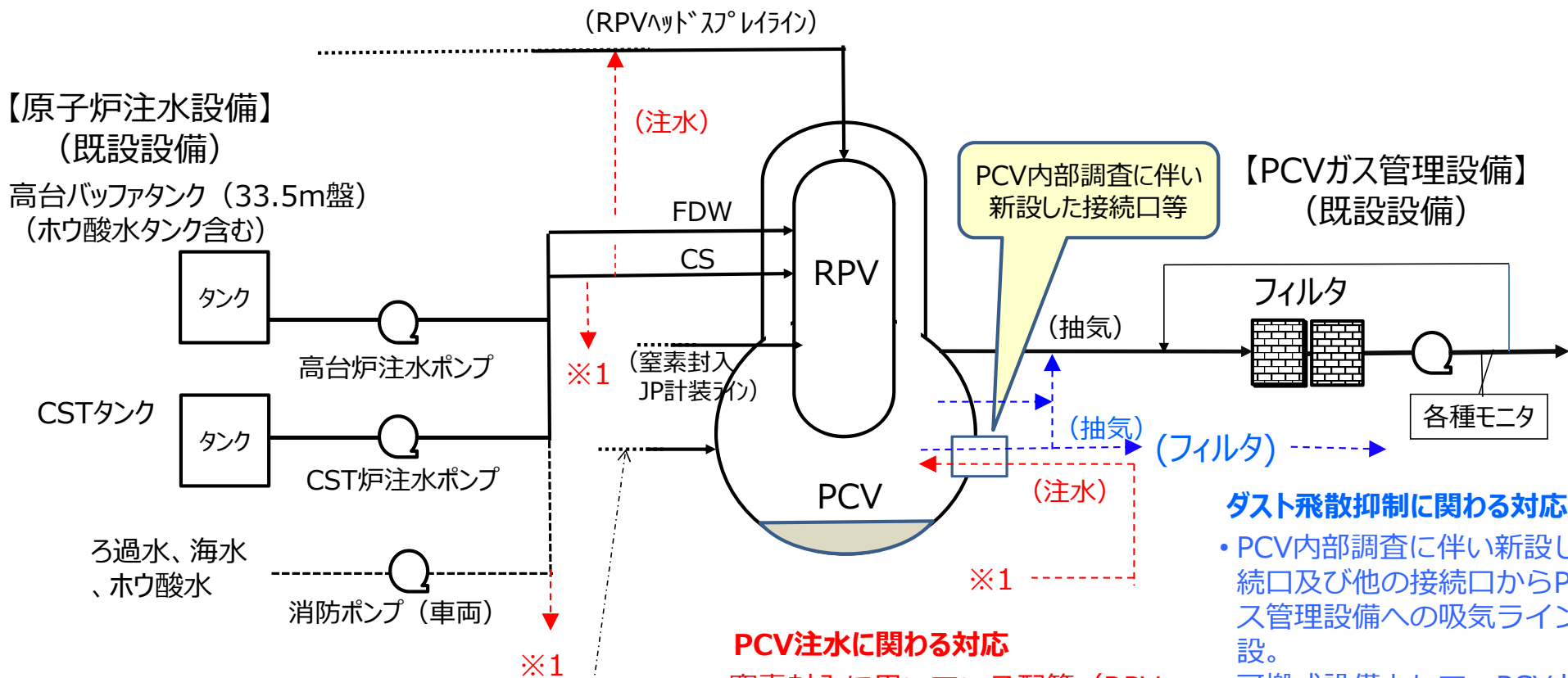
【参考】 RPV・PCV冷却設備の機動的対応（1）

【RPVペDESTAL支持機能低下により想定される影響に対する機動的対応】

想定される影響			影響緩和策	機動的対応	状況(資機材)
燃料デブリの冷却	原子炉注水設備	RPV等の傾斜、沈下により既設配管（CS系、FDW系）の損傷し、燃料デブリの冷却が阻害される。	PCV内でRPVへの直接配管が損傷(破断)した場合、PCV内への注水は継続される。	<ul style="list-style-type: none"> • 窒素封入に用いている配管（RPVヘッドスプレイライン）に切り替えて注水。 • PCV内部調査に伴い新設した接続口(X-2(φ200※1)から原子炉注水ラインを敷設してPCVへ注水。 • 注水は原子炉注水設備(CS系ラインを活用)または可搬式設備による。 • 可搬式設備として、消防車を使用。 	<ul style="list-style-type: none"> • RPVヘッドスプレイ切替資機材について整備済 • 新設の接続口の取付治具を整備中 • ラインとなるホース、消防車は整備済
ダスト飛散の抑制	PCVガス管理設備	RPV等の傾斜、沈下にペDESTAL内、PCV底部の一部の燃料デブリの粉砕によるダスト飛散や、衝撃、振動による構造材に付着しているダストが舞い上がる。	<ul style="list-style-type: none"> • ダストが舞い上がったとしても、PCVガス管理設備のフィルタを介した排気流量の増加により、ダスト濃度上昇の影響の緩和を行う。 • フィルタ差圧が上昇した場合、待機系統への切替及びフィルタの交換を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> • PCV内部調査に伴い新設した接続口(X-2(φ250※1))及び他の接続口から排気ラインを敷設。 • 敷設した排気ラインをPCVガス管理設備または可搬式設備に取付、排気。 • 可搬式設備として、PCVガス管理設備と同程度のファン・フィルタ等を準備。 (モニタリングは可搬式設備に設置、または手動によるサンプリングを実施) 	<ul style="list-style-type: none"> • 新設の接続口の取付治具・ホース、可搬式設備を準備中 <p>上記の専用機材の整備まで、応急的対応として構内の下記資機材の活用(ダクトホース、局所排風機(フィルタ付)準備済)</p>
		PCV内は湿潤環境となっているため、PCV内のダスト濃度の増加は限定的と考えられる。	<p>PCVガス管理設備の吸込口は、PCV内のCCSスプレイとしているため、損傷の可能性は低い。</p>		
不活性雰囲気維持	窒素封入設備	RPV等の傾斜、沈下により既設配管（RVH系、JP計装系）の損傷し、RPV内の不活性雰囲気の維持が阻害される。	RPV封入ラインからPCV封入ラインへ切り替えることで窒素封入を継続・再開（ダスト飛散時は窒素封入量の低下・停止となる）	<ul style="list-style-type: none"> • RPV封入ラインからPCV封入ラインへ切り替えることで窒素封入を継続・再開。 	整備済

※1 現場状況や操作性により変更の場合あり

機動的対応イメージ 【窒素封入ライン】（既設設備）



【窒素封入ライン】（既設設備）
PCV封入ライン
（RPV封入ラインからPCV封入ラインへ切り替えることで窒素封入は継続）

PCV注水に関わる対応

- 窒素封入に用いている配管（RPVヘッドスプレライン）に切り替えて注水。
- PCV内部調査に伴い新設した接続口から原子炉注水ラインを敷設してPCVへ注水。
- 可搬式設備として、消防車により、上記の接続口等からPCV内へ注水

ダスト飛散抑制に関わる対応

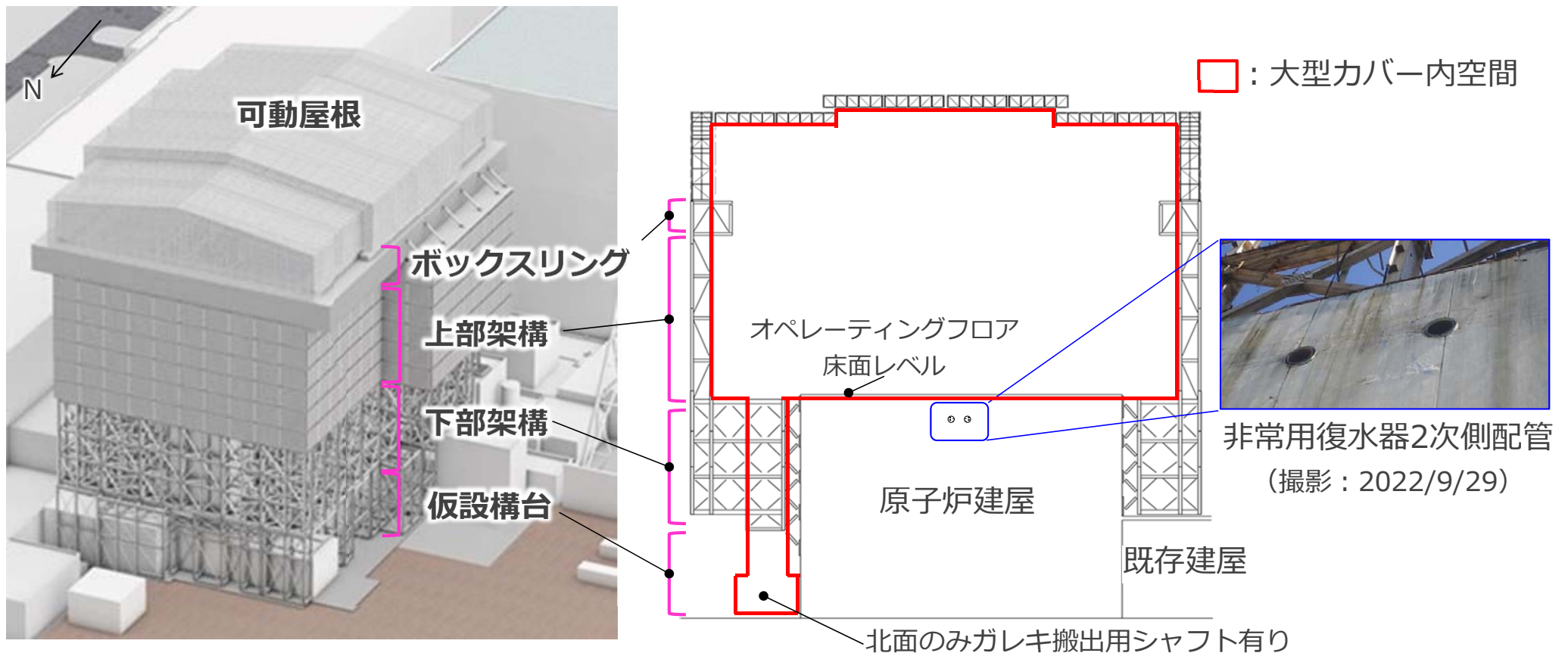
- PCV内部調査に伴い新設した接続口及び他の接続口からPCVガス管理設備への吸気ラインを敷設。
- 可搬式設備として、PCVガス管理設備と同程度の可搬式設備等を準備。（モニタリングは手動によるサンプリングを実施）

不活性雰囲気維持に関わる対応

- RPV封入ラインからPCV封入ラインへ切り替えることで窒素封入を継続。

【参考】 1号機大型カバーの概要

- 1号機の燃料取り出しにあたり、ダスト飛散対策の信頼性向上等の観点から原子炉建屋を覆う大型カバーを設置し、その中でがれき撤去を行う計画
- 大型カバーは、オペレーティングフロア及びガレキ搬出を行うシャフト部を覆い、その中で発生するダストの飛散抑制を図るため、可能な限り隙間が少ない構造
- 非常用復水器2次系配管は、大型カバーの外側に位置する



大型カバー全体の概要図

1号機PCV水位低下に向けたS/C内包水サンプリング 作業の実施について

2023年6月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

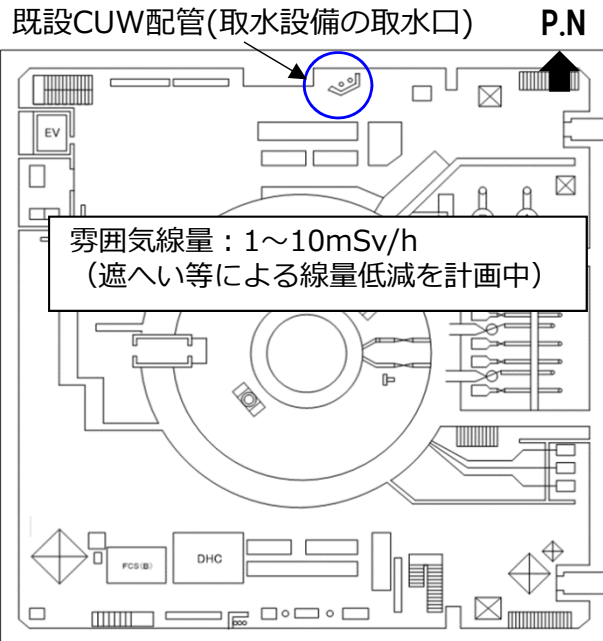
- 1号機PCV水位低下のため、既設CUW配管を活用した取水設備の設置を検討しているが、当該設備の設計検討にあたり、S/C内包水の水質確認のため、取水口となるCUW配管から、S/C内包水のサンプリング作業（S/C内部の目視確認含む）を計画。
- サンプリング作業は2022年11月～2023年1月を予定していたが、2022年11月、1号機RCWで高濃度の水素ガス滞留を確認したことから、CUW配管における同様なガス滞留の可能性を考慮し、サンプリングの準備作業（CUW逆止弁の開放）においても慎重な対応が必要と判断。
- 準備作業は、弁開放前に弁・配管内部のガス滞留を確認するため、弁蓋の穿孔が必要であるが、当初は、火花発生を抑えるため低速回転の電動ドリルにて穿孔する計画だった。しかし、**火花発生リスクを更に低減するため、油圧ジャッキにて押し抜き（貫通）する工法に見直し**（詳細は後述）。
- 当該工法の**モックアップにて、穿孔時に火花が発生しないことを確認**できたため、7月以降、CUW逆止弁の開放およびサンプリング作業を実施する予定。

PCV：原子炉格納容器

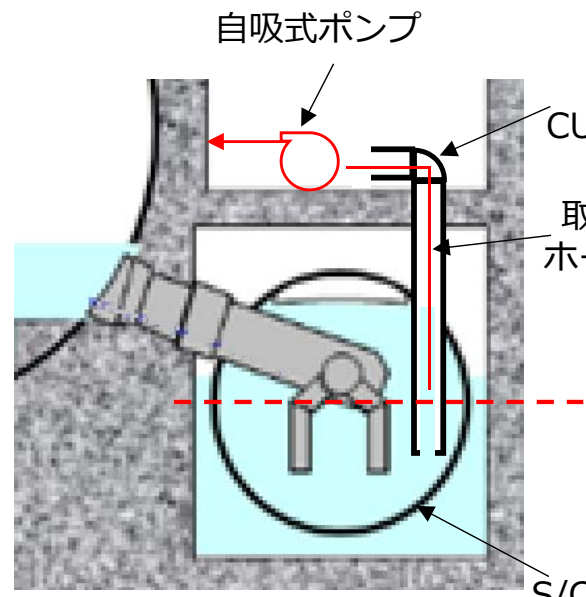
CUW：原子炉冷却材浄化系

S/C：圧力抑制室

RCW：原子炉補機冷却系



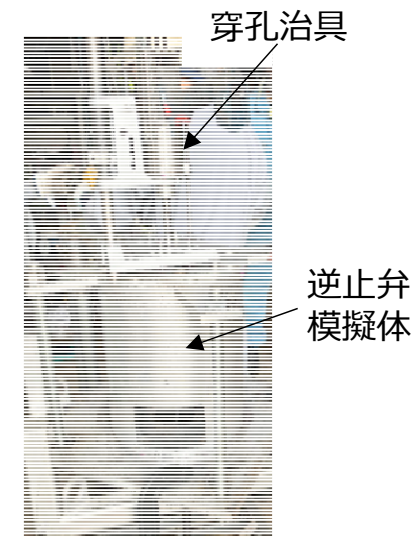
1号機R/B 1階平面図



S/Cに接続する既設配管を用いた取水イメージ



既設CUW配管



モックアップ実施状況

1. CUW逆止弁の開放

- CUW逆止弁内及び配管内の**滞留ガス確認 (パージ含む)**。
- CUW逆止弁の弁蓋の撤去。

2. CUW配管内部及びS/C内部の目視確認

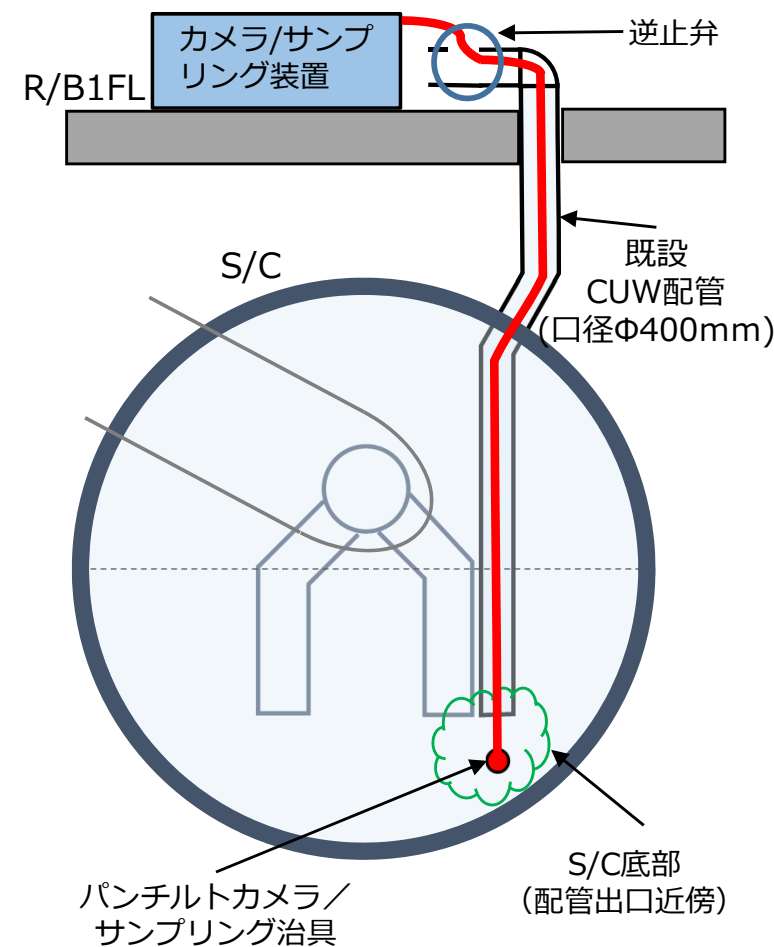
- CUW逆止弁開放部から、パンチルトカメラを挿入。
- カメラを配管出口近傍まで挿入し、**配管内及びS/C内部 (CUW配管出口近傍) の目視確認, 線量測定**を行う。

3. S/C内包水サンプリング

- CUW逆止弁開放部から、採水ホースを挿入。
- 配管出口近傍の**S/C内包水のサンプリング**を行う。

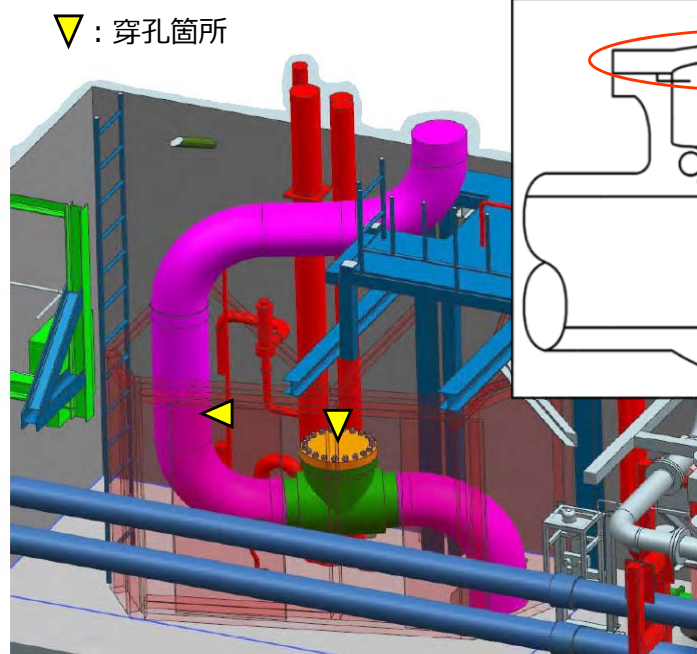
4. CUW逆止弁の開放部の閉止

- サンプリング終了後、CUW逆止弁の開放部の閉止を行う。

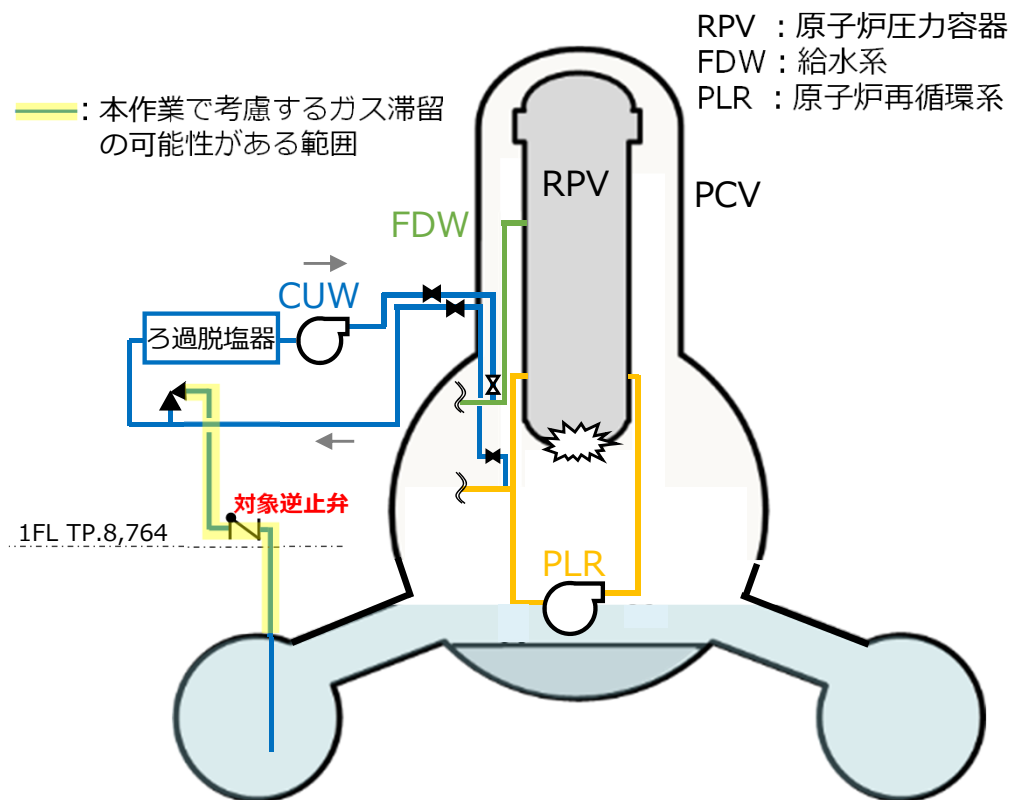
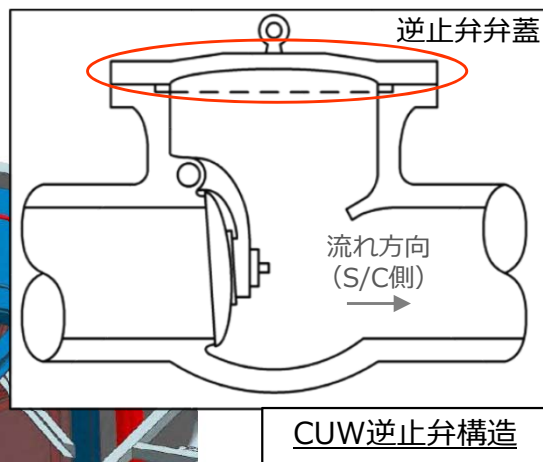


サンプリング作業イメージ

- CUW逆止弁については、弁下流側の配管がS/Cに接続され、配管端部はS/C内で開放。S/C内は水没している状態であることから、事故時のガス等が滞留している可能性あり。
- 滞留ガスのサンプリングならびに滞留ガスへの対策を目的とし、逆止弁弁蓋を開放する前に、逆止弁弁蓋及び逆止弁上流側配管の2箇所について穿孔を行う計画。
- 穿孔は、**窒素環境下にて、ドリルで薄肉化（数mm程度）した後、油圧による押し抜き（貫通）を行うことで、火花が発生しないよう実施。**穿孔後は、滞留ガスサンプリング、CUW配管内の窒素パーズの滞留ガス対策を実施した上で、逆止弁弁蓋を開放する計画。



CUW逆止弁配置イメージ

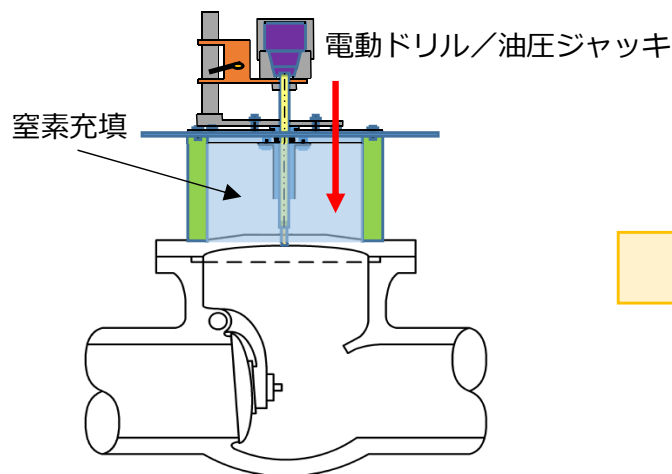


CUW系統概略図

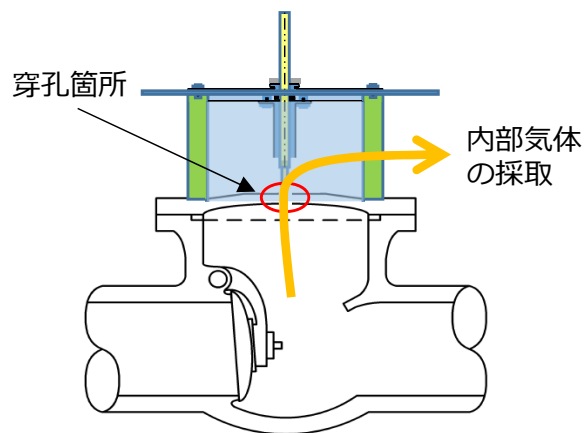
(参考) CUW逆止弁の穿孔手順

- 滞留ガスによる作業リスク低減のため、窒素環境下で火花が生じないように穿孔を実施。
- 穿孔後は、穿孔箇所を介しCUW逆止弁（配管）内部の気体を採取。
- サンプルング後に穿孔箇所から窒素封入し、水素濃度を測定しながら内部気体のパーージを実施（水素濃度に応じて複数回実施）。
- CUW配管（逆止弁上流側配管）も上記同様の手順にて、穿孔等を実施。

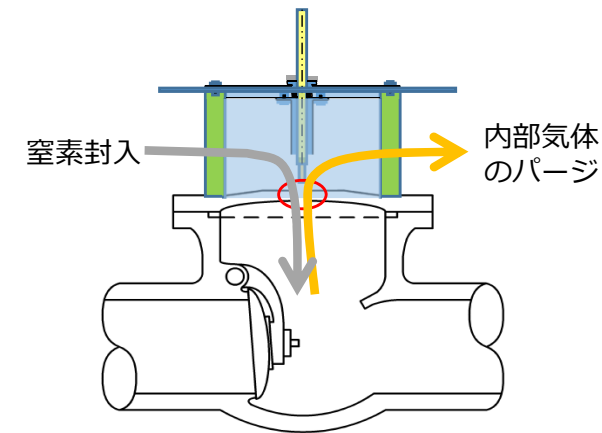
逆止弁弁蓋穿孔



弁内包気体サンプルング






窒素パーージ



- ・ 窒素環境下にて、
 - ①ドリルで薄肉化（数mm程度）
 - ②油圧による押し抜き（貫通）の2段階で穿孔。

- ・ 穿孔後、充填していた窒素を可能な限りパーージした後、内部気体の採取を実施。

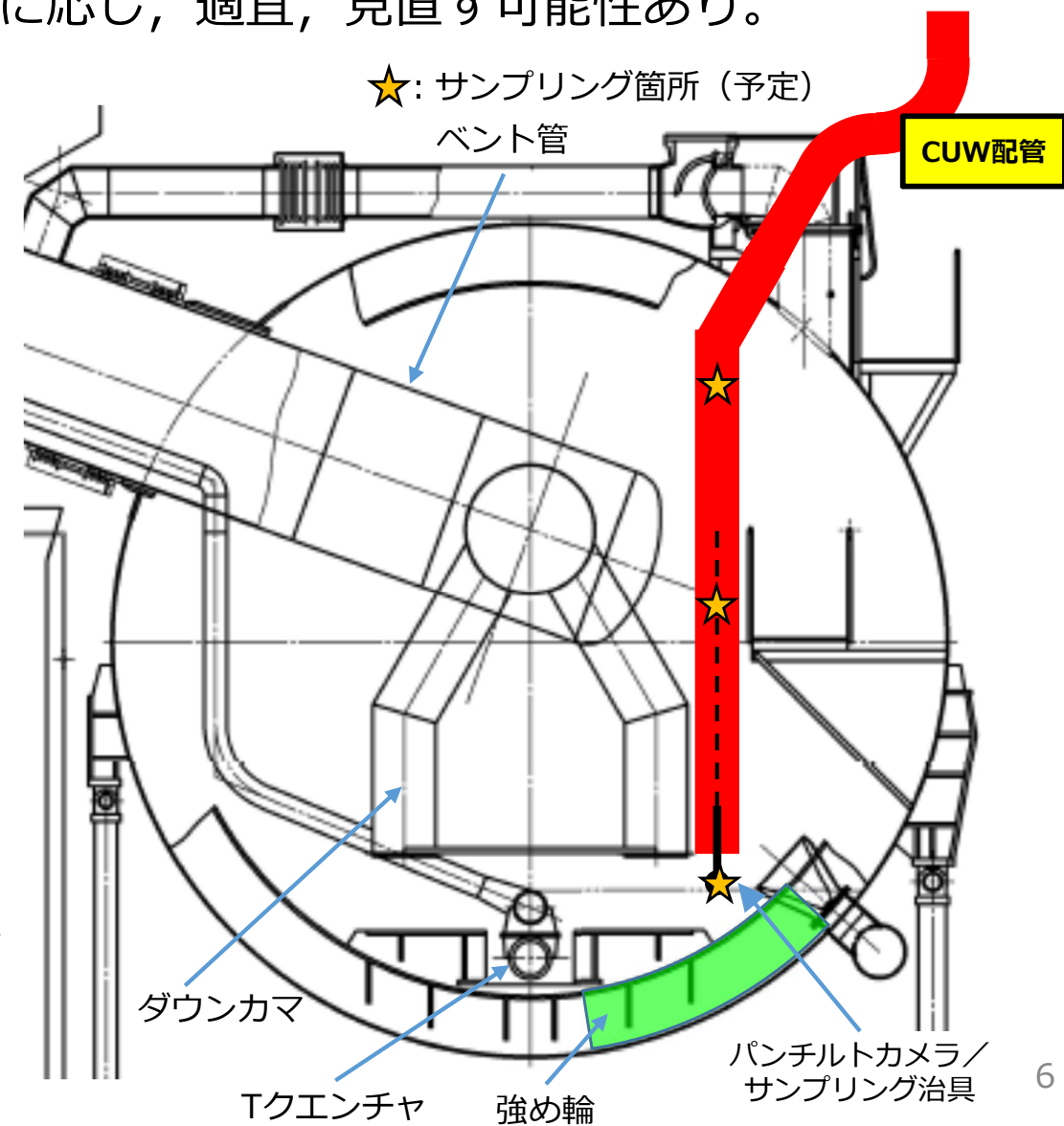
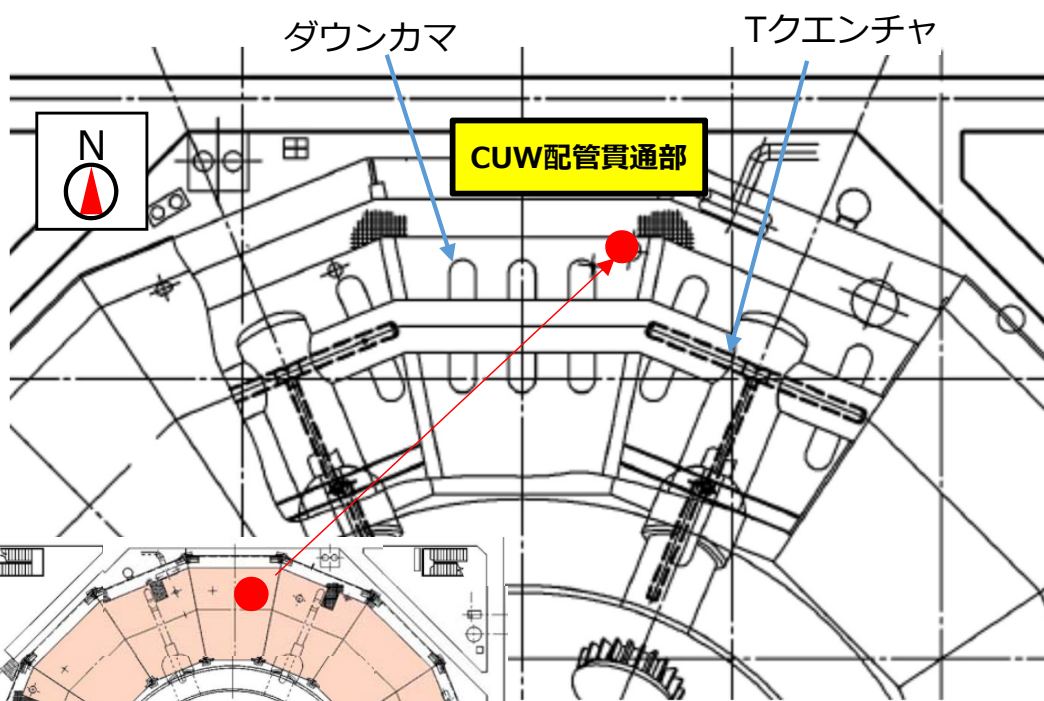
2. スケジュール（予定）

	2023年		
	7月	8月	9月
CUW逆止弁 開放	準備  CUW逆止弁の滞留ガス確認・パージ作業  CUW逆止弁の開放（開放後，一旦閉止） 		
S/C内包水 サンプリング		資機材搬入・装置設置等準備 	S/C内部目視確認  S/C内包水サンプリング  CUW逆止弁の閉止・片付け 

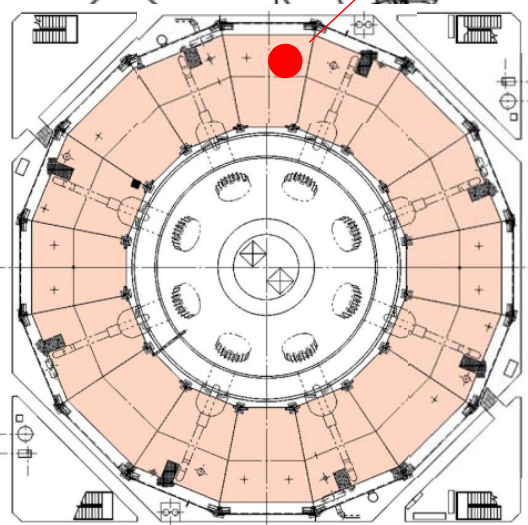
- ・ CUW逆止弁の滞留ガス，S/C内部の状況に応じて，適宜，工程を見直す可能性あり。
- ・ サンプリング作業完了後（10月以降），準備が整い次第，CUW配管への水位計設置に着手し，設置完了後，PCV水位を低下する計画。

(参考) カメラ・サンプリング治具のS/C内挿入位置

- カメラ/サンプリング治具は、取水設備の取水口となるCUW配管出口近傍に位置させる。
- サンプリングは、S/C (CUW配管) 内部の高さ方向に3ヶ所実施する予定であるが、箇所数は、サンプリング時の空間線量率の変化に応じ、適宜、見直す可能性あり。



[補足]
カメラによる目視確認は、S/C底部(堆積物の有無)の状況、S/C内表面、ダウンカメラ下部、Tクエンチャ等の構造物が見れる可能性があるが、S/C内包水の透明度により影響される。



S/C平面図

■ CUW逆止弁・配管内の滞留ガスおよびS/C内包水の分析項目

試料	目的	分析項目
CUW逆止弁・配管内の滞留ガス	<ul style="list-style-type: none">逆止弁開放作業の安全確保として可燃性ガス滞留の確認のため。事故由来のガスであるかの特定のため。	水素 硫化水素 酸素 Kr-85
S/C内包水	<ul style="list-style-type: none">S/Cの内包水は、線量が高いことが想定される。設置を計画している取水設備の仕様検討のため。事故分析に資するデータ取得のため。	Cs-134,137 塩素 H-3 全α 全β Ca 他

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

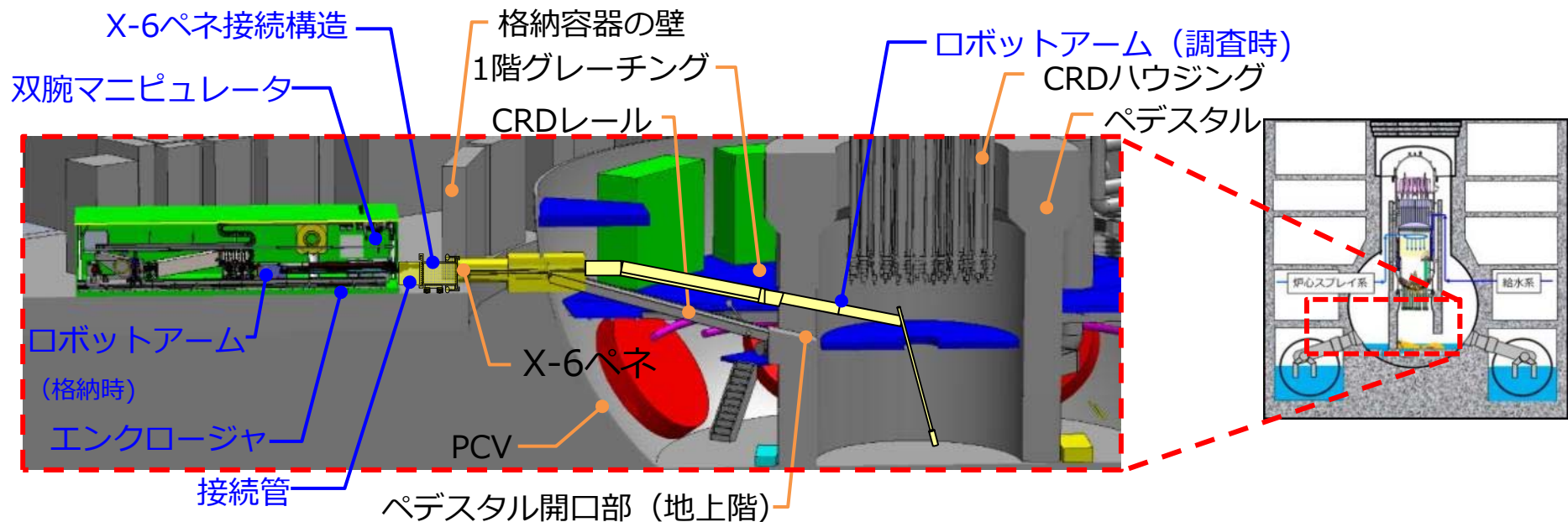
2023年6月29日

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

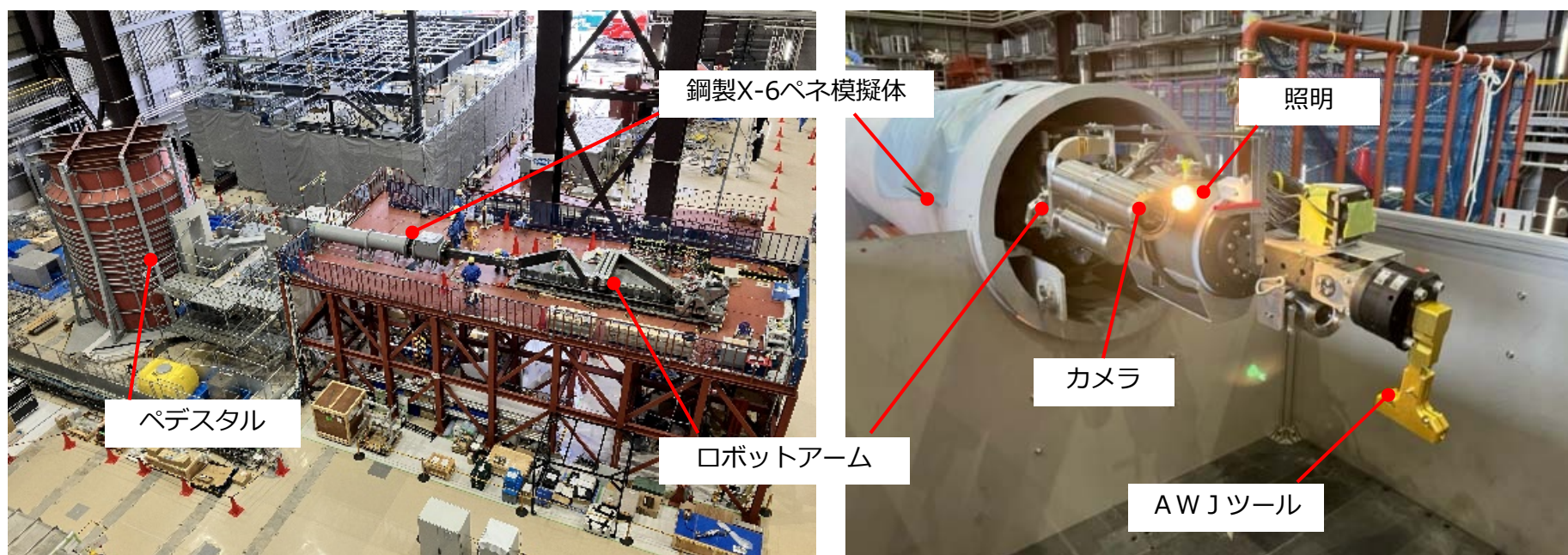
- 2号機においては、PCV内部調査及び試験的取り出し作業の準備段階として、作業上の安全対策及び汚染拡大防止を目的として、今回使用する格納容器貫通孔（以下、X-6ペネ）に下記設備を設置する計画
 - X-6ペネハッチ開放にあたり、PCVとの隔離を行うための作業用の部屋（隔離部屋）
 - PCV内側と外側を隔離する機能を持つ X-6ペネ接続構造
 - 遮へい機能を持つ 接続管
 - ロボットアームを内蔵する金属製の箱（以下、エンクロージャ）
- 上記設備を設置した後、アーム型装置をX-6ペネからPCV内へ進入させ、PCV内障害物の除去作業を行いつつ、内部調査や試験的取り出しを進める計画



2号機 内部調査・試験的取り出しの計画概要

2-1. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 (ロボットアームの性能確認試験)

- ・ 手動運転にてアクリル製X-6ペネ模擬体に接触なく通過することを確認できたため、今般、制御プログラムの改善を行った上で、全自動運転にて鋼製X-6ペネ模擬体の通過性試験を実施し接触なく伸長、格納できることを確認。
- ・ AWJツールを搭載した状態でロボットアーム搭載のカメラ映像を運転員が視認しつつ全自動運転によりロボットアームが鋼製X-6ペネ模擬体に接触することなく通過（往復）することを確認。
- ・ X-6ペネ模擬体との最小クリアランスは30mm程度であったが、接触リスクの低減の観点で、引き続き制御プログラムの改善、最適化を図る予定。

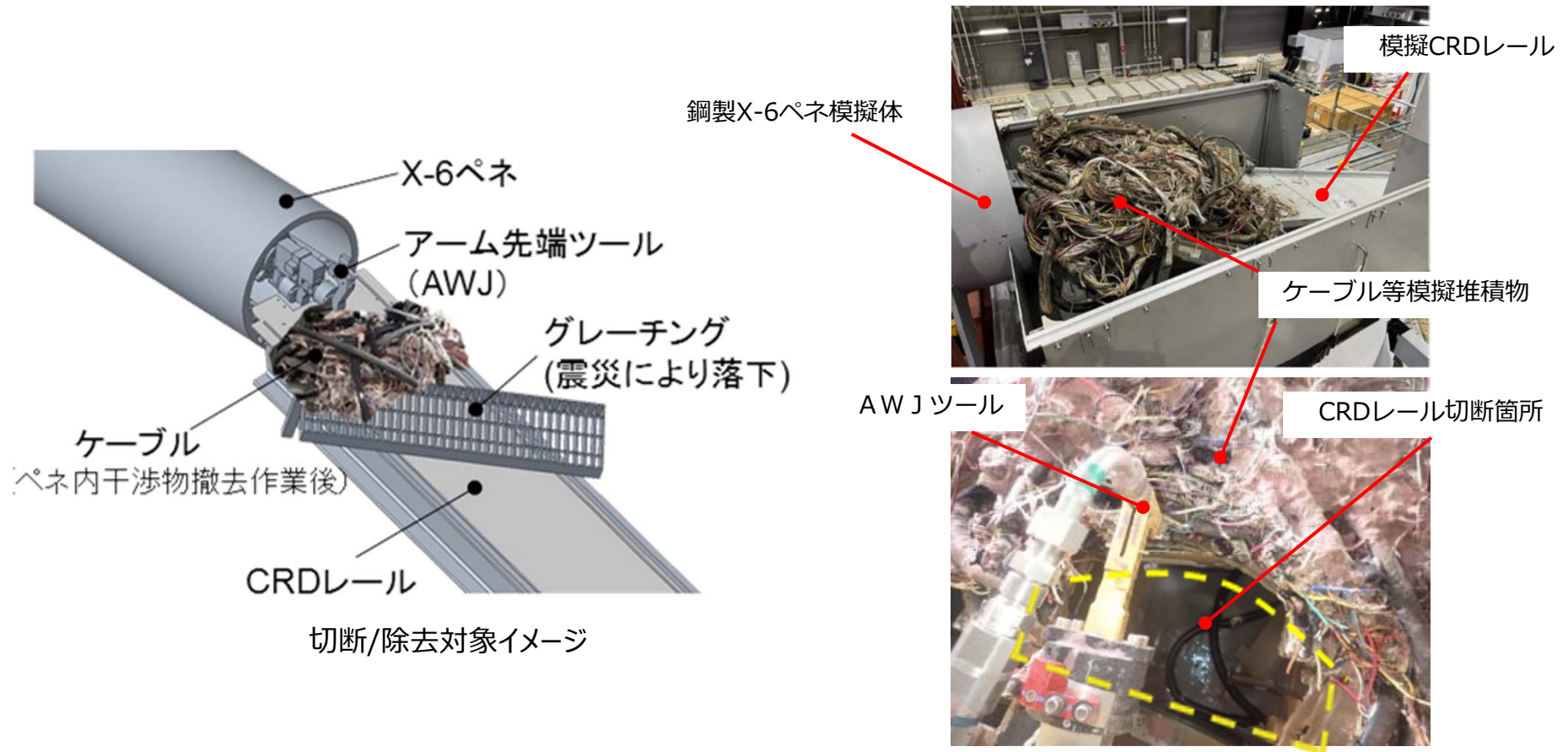


X-6ペネ通過性確認試験の状況

(注記) ・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

2-2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 (ロボットアームの性能確認試験)

- ・ロボットアームの先端にAWJツールを搭載し、アームアクセス時に干渉するケーブル・CRDレール等の切断及び除去試験を実施中。

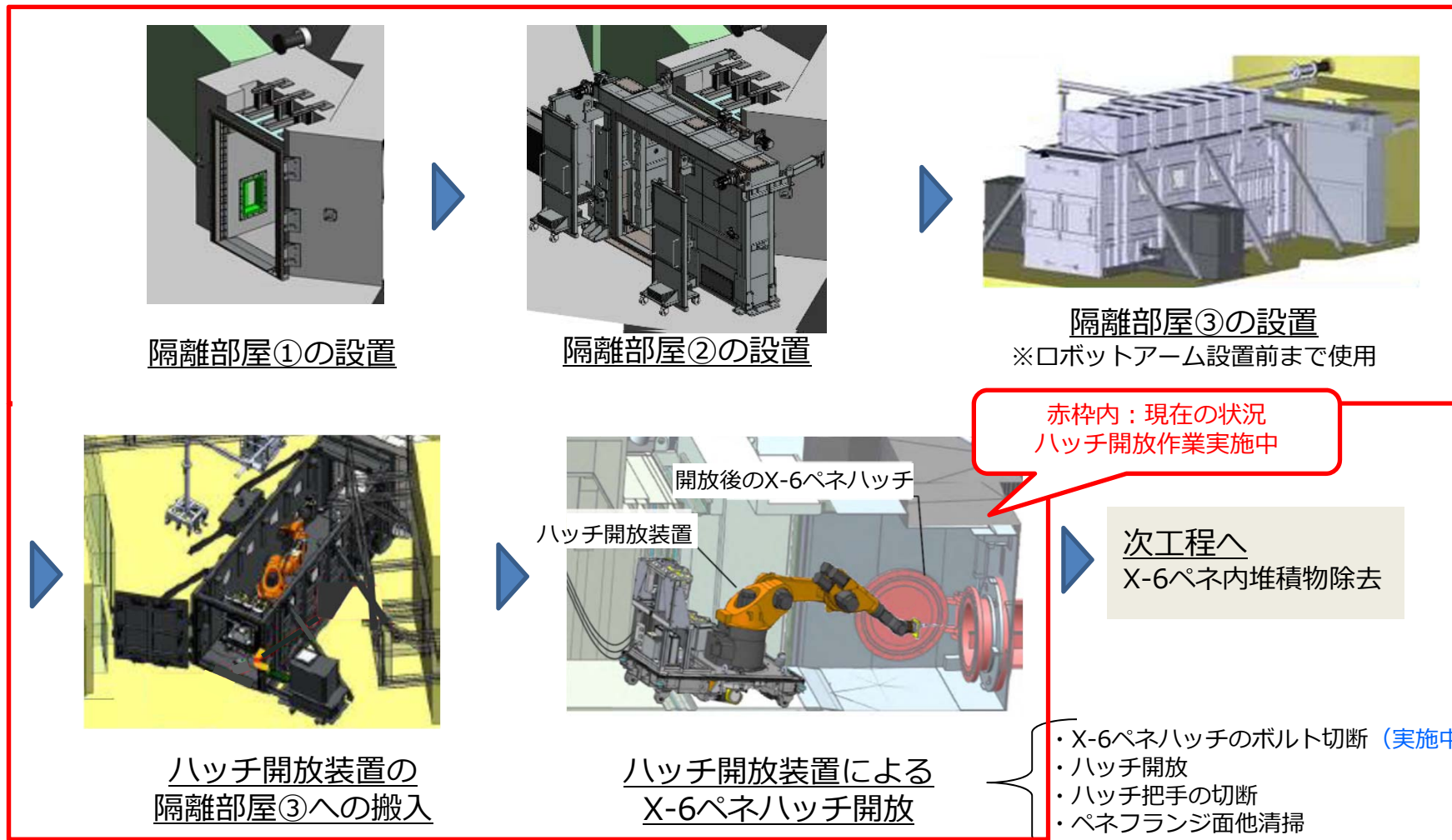


AWJによるX-6ペネ出口の障害物撤去試験の状況

(注記)
・CRD：制御棒駆動機構

3 - 1. 現場作業の進捗状況

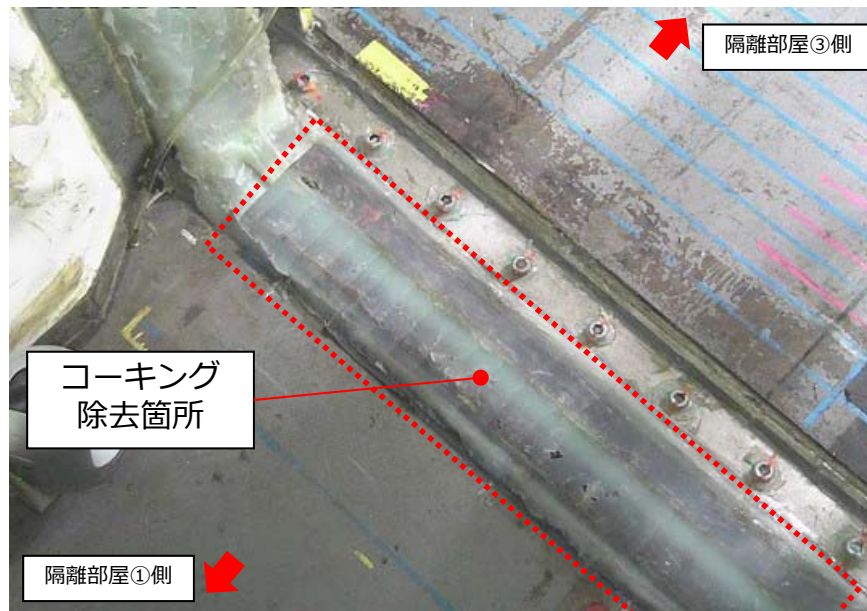
- X-6ペネ開放時のバウンダリとなる隔離部屋を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう作業する。
- これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する。



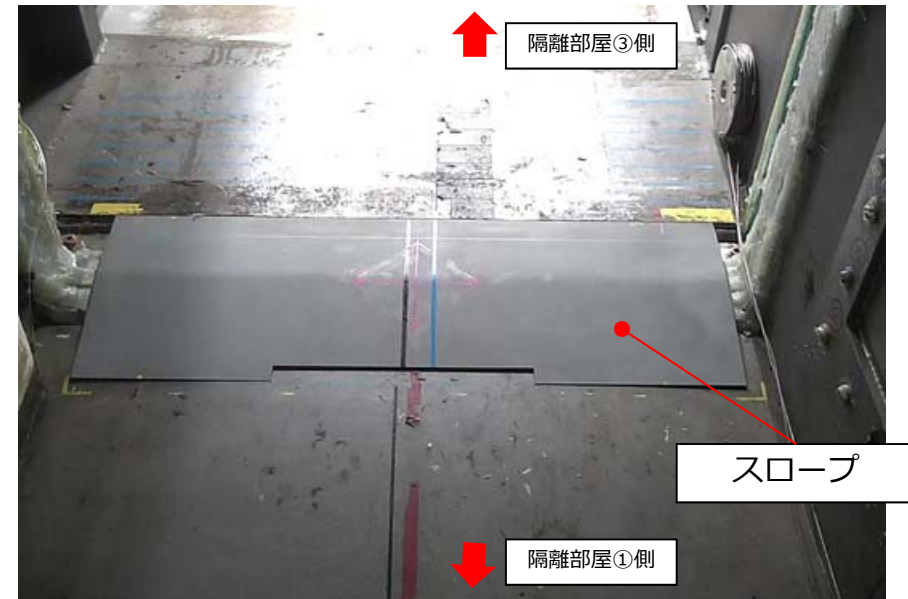
3 - 2. 現場作業の進捗状況

(X-6ペネ隔離部屋①②接続部スロープ設置)

- 隔離部屋①②接続部のコーキング箇所盛り上がり部の除去作業を実施し、**スロープを設置**。
- **スロープの設置状態及び堆積物除去装置等の走行に影響がない**ことを確認したことから、X-6ペネハッチボルトの切断作業に着手。



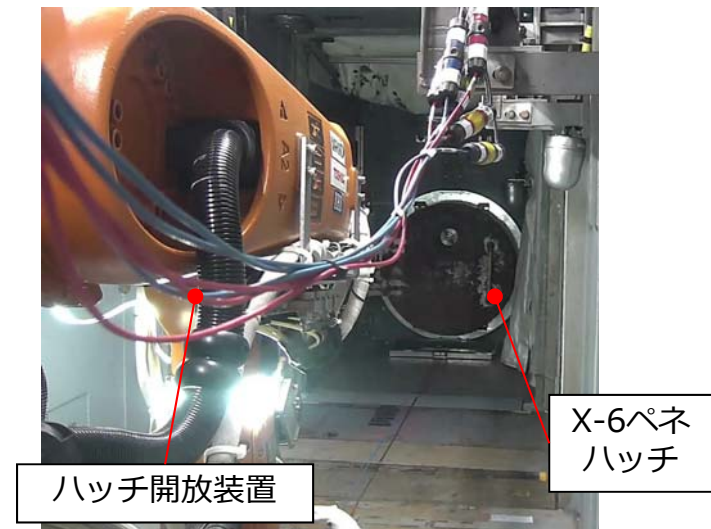
コーキング除去後



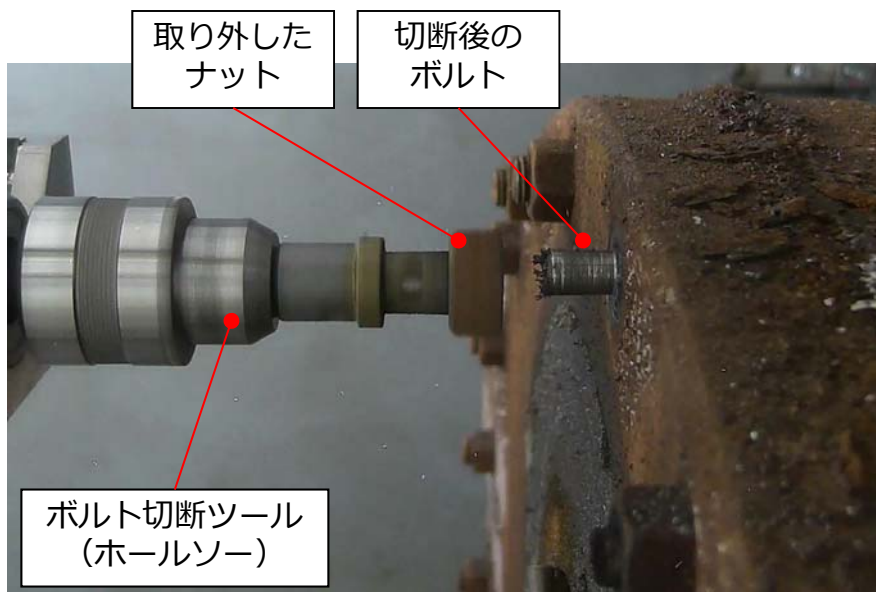
スロープ設置後

3-3. 現場作業の進捗状況 (X-6ペネハッチボルト切断)

- ボルト切断ツールを使用し、ボルトのねじ部をくり抜くことで、**ボルトとナットの締結を解除**。
- ハッチボルト (20本/24本中) の締結解除が完了。
- 残りのボルトの切断及び押し込み治具を用いてナットとの締結を解除したボルトのハッチ奥側への押し込みが完了後、ハッチを開放予定。
- なお、一部のボルトについて固着を確認。
- 作業にあたり、フィルタ付き局所排風機の運転やダストモニタによるダスト濃度を監視しながら、周辺環境に影響を与えないように、安全最優先で作業を進める。



ボルト切断作業状況



ボルト切断作業状況



ボルト切断後

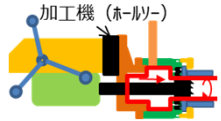
4. 工程

- ・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楯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、2023年4月に隔離部屋の設置が完了したことから、現在、X-6ペネハッチ開放に向けてハッチボルトの切断作業を実施しているところ。その後も、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	隔離部屋設置	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）			

※ 2023年度は、6月現在（赤い点線）の時点での進捗を示しています。

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

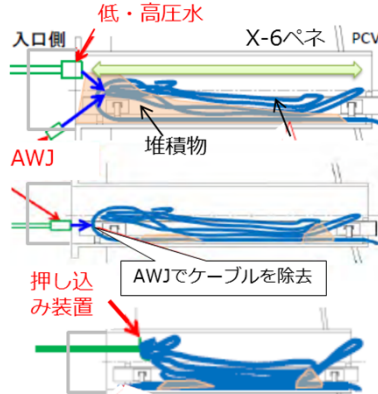
ハッチ開放装置



- 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

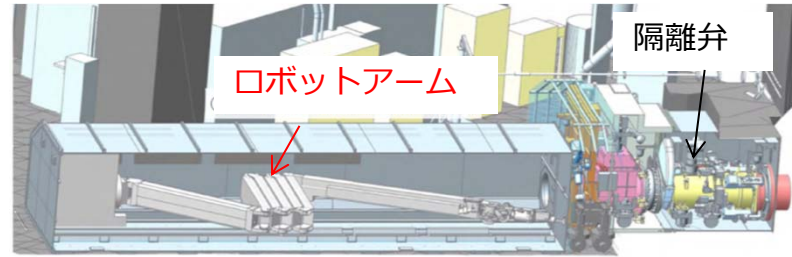
X-6ペネ内部にある堆積物・ケーブル類を除去する



- 【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

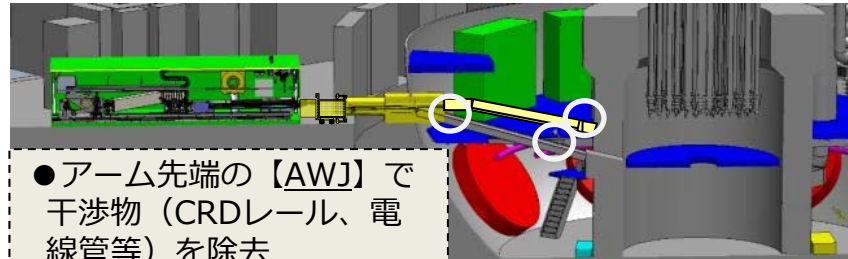
4. ロボットアーム設置

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



<金ブラシ型> <真空容器型>

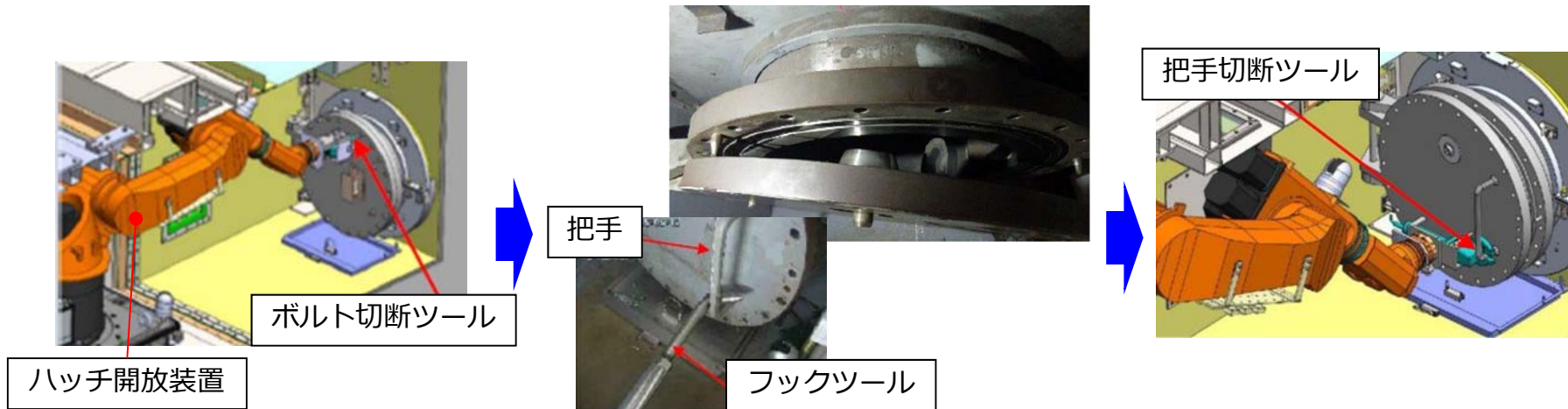


(注記)

- ・ 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

参考. X-6ペネハッチ開放手順

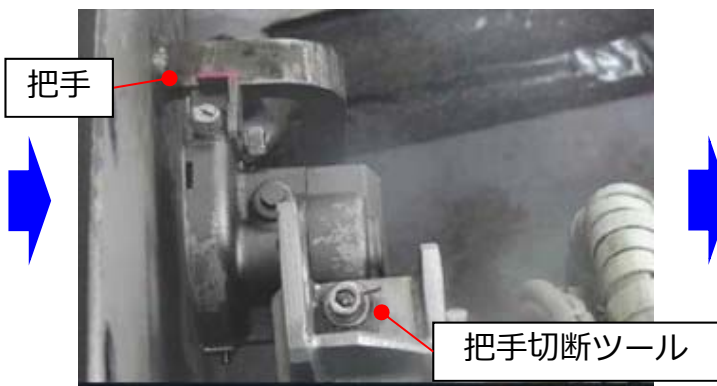
- 工場でのモックアップ試験において、ハッチ開放装置でX-6ペネハッチの把手が切断できることを確認。
- ハッチ開放作業の確実性を高めるため、ハッチ開放後に把手を切断する手順で実施。



＜ボルト切断＞
ボルト切断ツールでボルトとナットの締結を解除

＜ハッチ開放＞
ハッチ把手にフックツールを引っ掛けハッチを開放

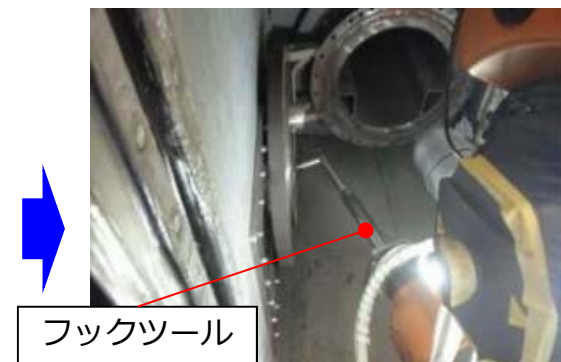
＜把手切断＞
ハッチ開放状態で、把手を切断



＜把手切断中＞



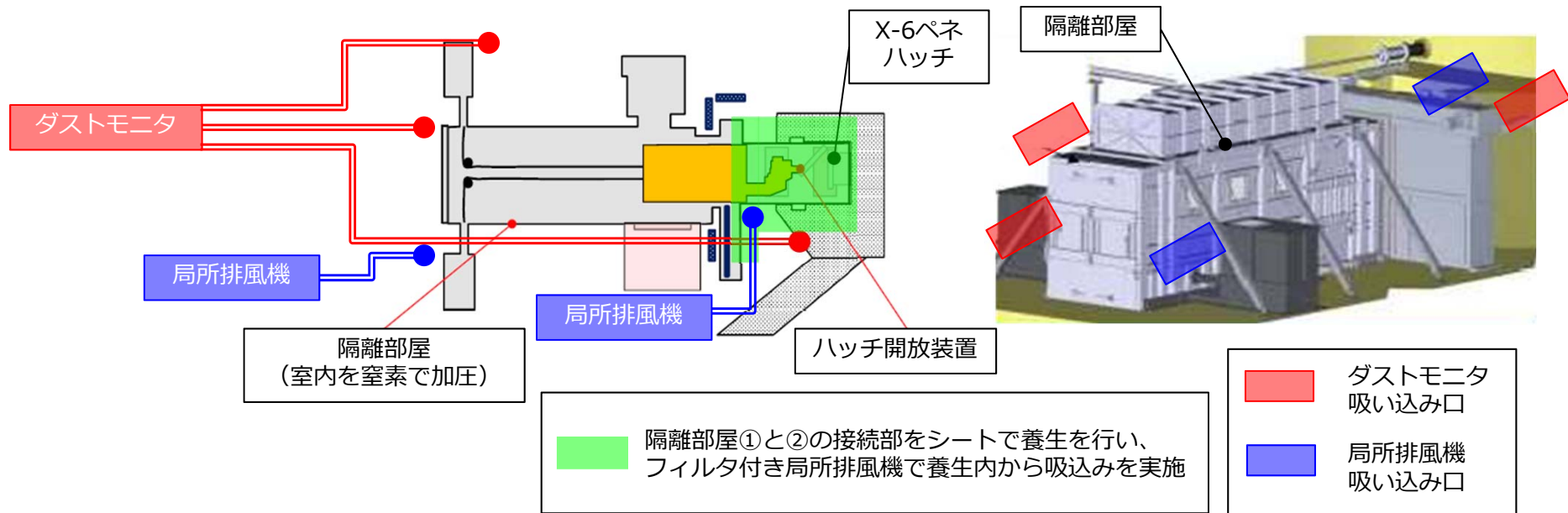
＜把手切断後＞



＜ハッチ90度開放＞
ハッチにフックツールを引っ掛けハッチを90度開放

参考. ハッチ開放作業時のダスト対策

- ハッチ開放作業時の汚染の拡大防止対策を行い、ダスト濃度を監視しながら、周辺環境に影響を与えないように、安全最優先で作業を進める計画。
 - 作業中は隔離部屋内を窒素で加圧し、PCV内の気体がX-6ペネハッチより外部に漏れ出て、周辺環境へ影響を与えないように作業を行う。
 - これまでの作業と同様に、PCV内の気体がX-6ペネハッチより外部に漏れ出て、周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、ダストモニタによるダスト濃度の測定を行い、作業中のダスト濃度の監視を行う。
 - 隔離部屋周辺にフィルタ付き局所排風機を設置し、汚染の拡大防止を行う。

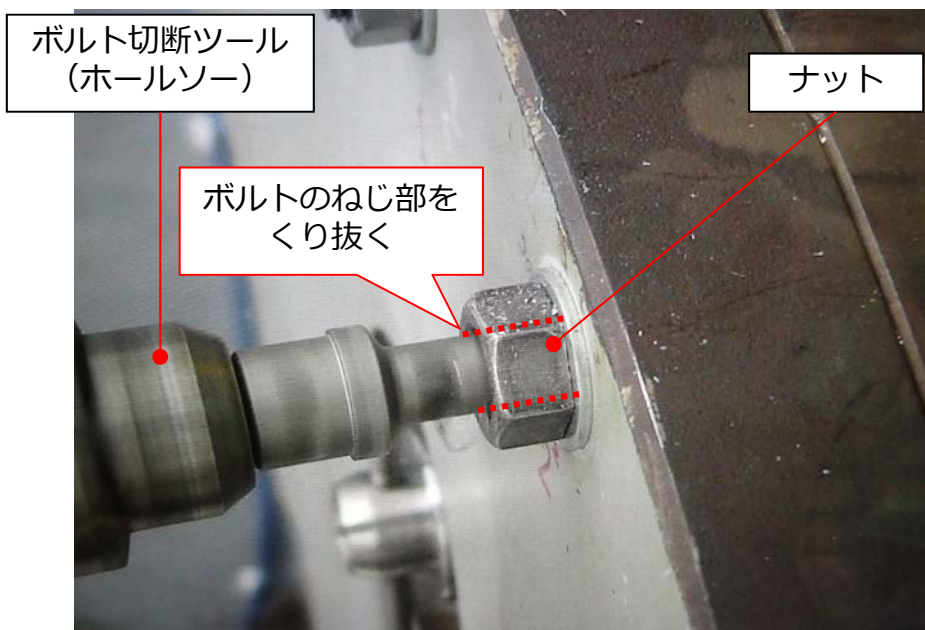


<ハッチ開放作業ダスト対策 状況図>

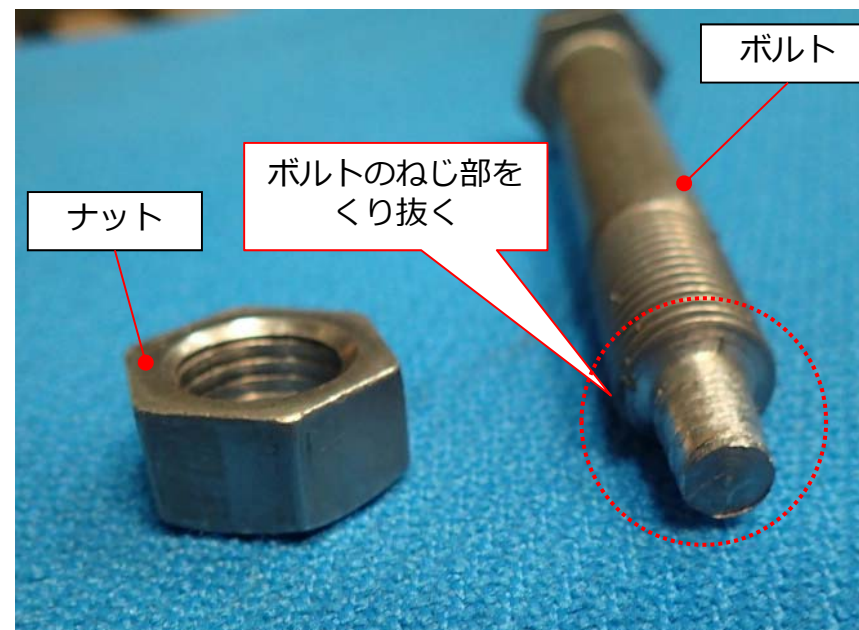
ダスト濃度管理基準	
β核種	1.0E-03Bq/cm ³
α核種	1.0E-05Bq/cm ³

参考. X-6ペネハッチボルト切断 モックアップ試験状況

- 以下、X-6ペネハッチボルト切断作業のモックアップ試験時の状況。



ボルト切断作業状況 (モックアップ試験)

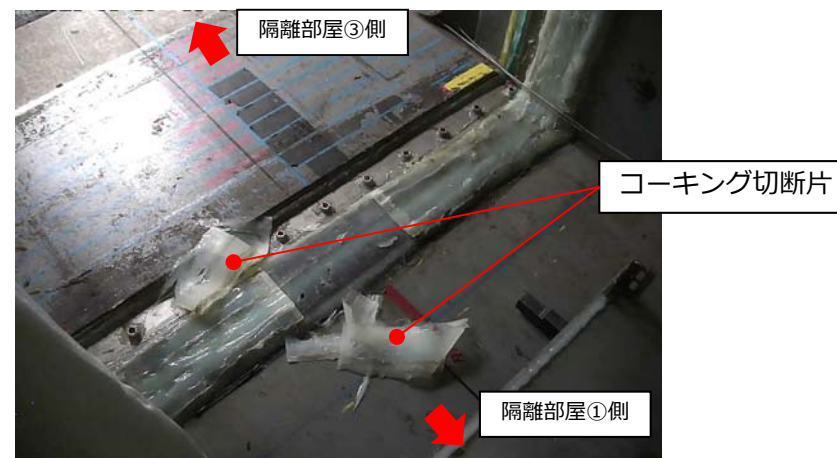
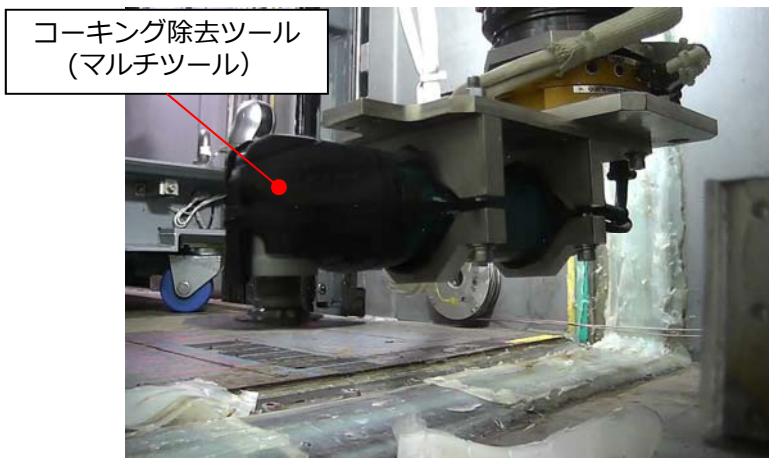


ボルト切断後 (モックアップ試験)

参考. 隔離部屋①②接続部コーキング箇所盛り上がり部の除去作業



- 以下、隔離部屋①②接続部のコーキング箇所盛り上がり部の除去作業の実施状況。



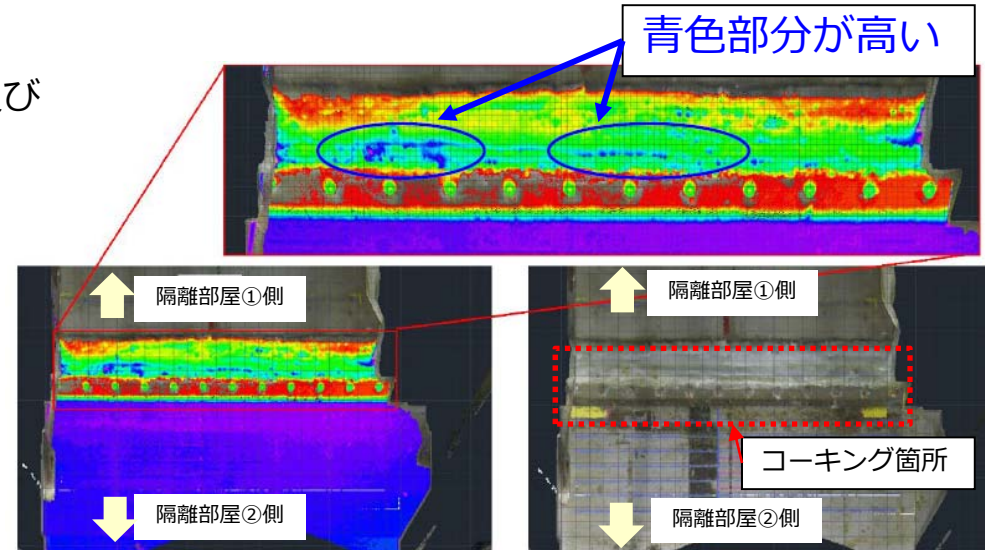
参考. X-6 ペネ隔離部屋スロープの浮き上がり事象の原因と対策

- スロープ取り付け箇所の3Dスキャンデータを確認し、隔離部屋①と②の接続部に塗布したコーキング箇所の一部がスロープに干渉していることを確認。現状のスロープでは、堆積物除去装置の走行が不可と判断。

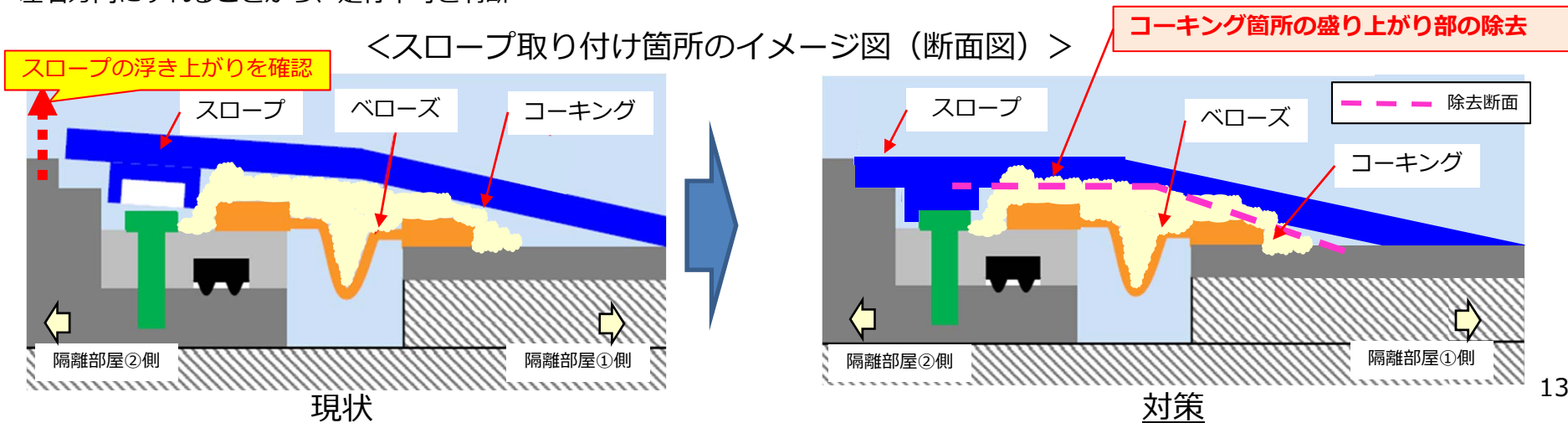
対策：コーキング箇所の盛り上がり部の除去

- コーキング箇所の盛り上がり部の除去方法の検討及び除去作業の成立性を検証実施。
- コーキング除去ツールの選定、要素試験を実施。
- 遠隔作業用のコーキング除去ツールを製作。
- 工場のモックアップ試験にて、遠隔操作ロボットによるコーキング除去作業の成立性を検証。
- 工場検証の結果、作業成立性が見込みが得られたことから、コーキング箇所の盛り上がり部の除去作業を実施。

※副案として検討していた「形状変更スロープの設置」については、堆積物除去装置、X-6ペネ接続構造のスロープ走行試験を実施し、左右方向にずれることから、走行不可と判断



隔離部屋①と②の段差部の3Dスキャンデータ (平面図)



1/2号SGTS配管撤去（その1）の進捗状況について

2023年6月29日



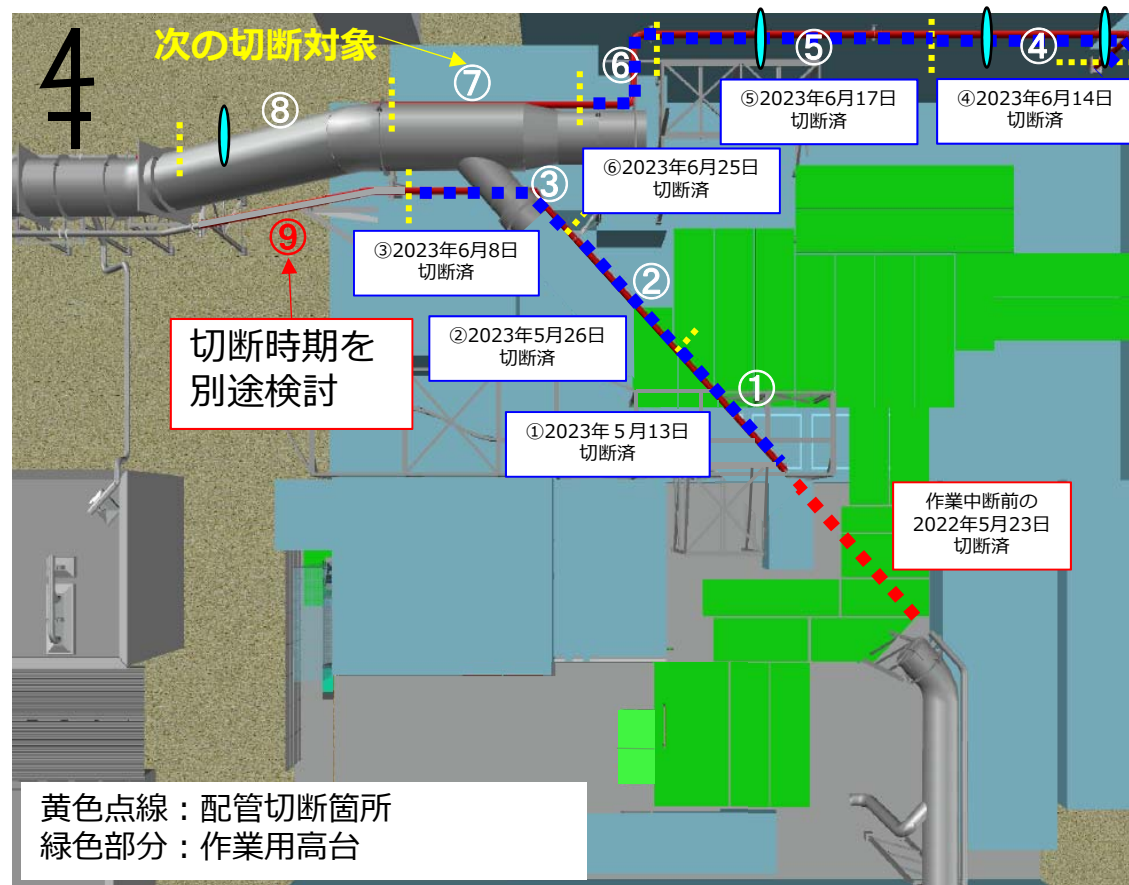
東京電力ホールディングス株式会社

<SGTS配管撤去の実績>

- 5月25日夜～26日朝, 配管②切断・撤去 ⇒完了。
- 5月27日夜～30日朝, 1号機側の配管④, ⑤切断時に干渉する配管サポート3箇所の先行切断 ⇒完了。
- 6月7日夜～6月8日朝, 配管③切断・撤去 ⇒完了。
- 6月13日夜～6月14日朝, 配管④切断・撤去 ⇒完了。
- 6月16日夜～6月17日朝, 配管⑤切断・撤去 ⇒完了。
- 6月24日夜～6月25日朝, 配管⑥切断・撤去 ⇒完了。
- 配管②, ③, ④, ⑤, ⑥の切断作業中の作業用仮設ダストモニタ及び構内ダストモニタの値に有意な変動はなかった。

SGTS配管撤去（その1）の配管切断箇所

- SGTS配管撤去（その1）では残り9本（配管①～⑨）のSGTS配管を撤去する予定。
- そのうち配管①～⑧の8本を先行切断。（現時点で、**配管①②③④⑤⑥の切断を完了**）
- **配管⑨**は1号機大型カバー設置工事で干渉がないことを確認している。
- **配管⑨**については、SGTS配管が廃棄物処理建屋建造物と干渉していることを、3Dスキャン採取時に確認した。建屋干渉物撤去には周辺ガレキの撤去が必要であるため、工程組み替えを行いガレキを撤去した後に、建屋干渉物の撤去及びSGTS配管の切断、撤去を行う予定。



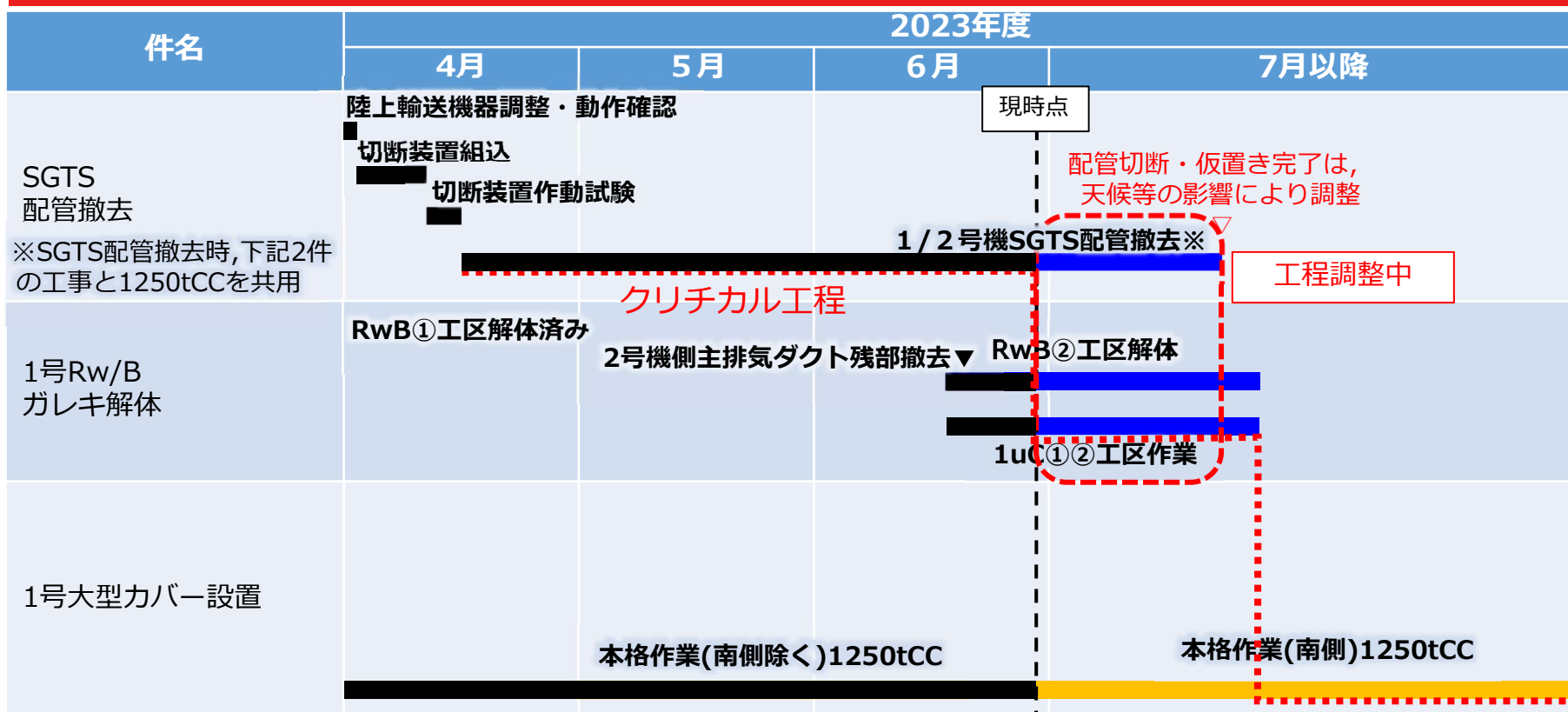
←配管切断の順番は、状況により変更する可能性あり。

① : 先行切断対象のサポート※

※配管サポート：SGTS配管を支える部材

黄色点線：配管切断箇所
緑色部分：作業用高台

SGTS配管撤去工程及び1/2号機周辺工事の進捗状況

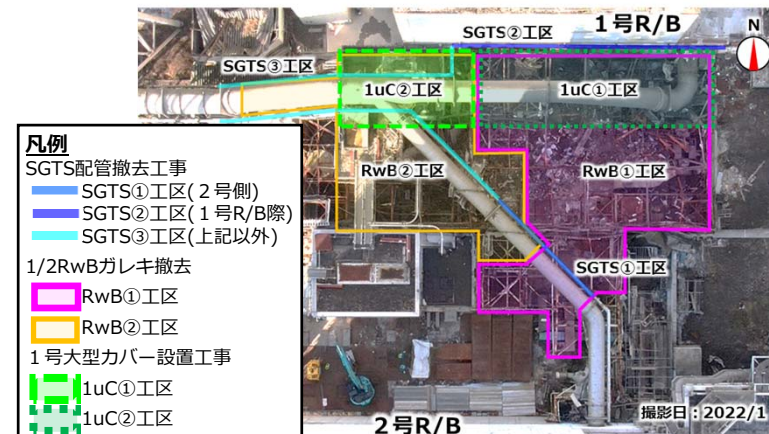


CC : クローラークレーン

○現状

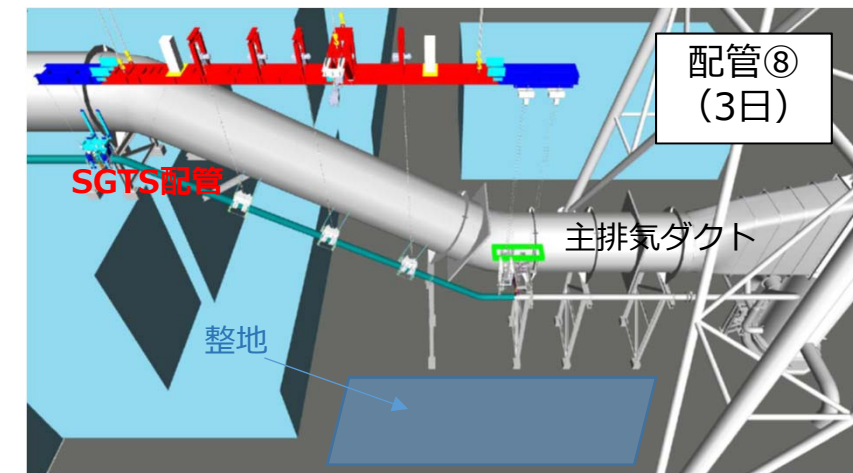
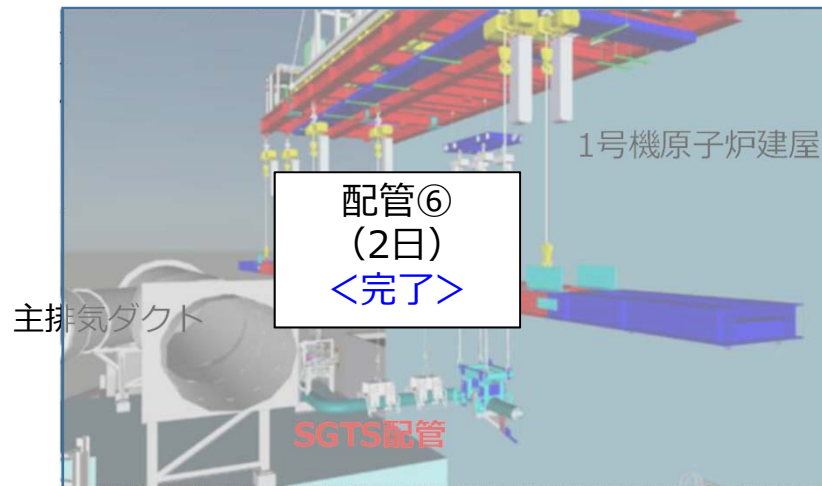
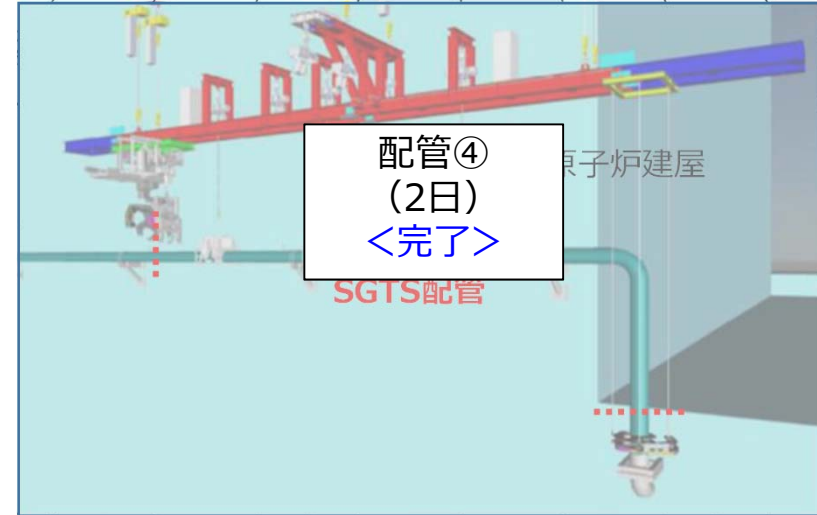
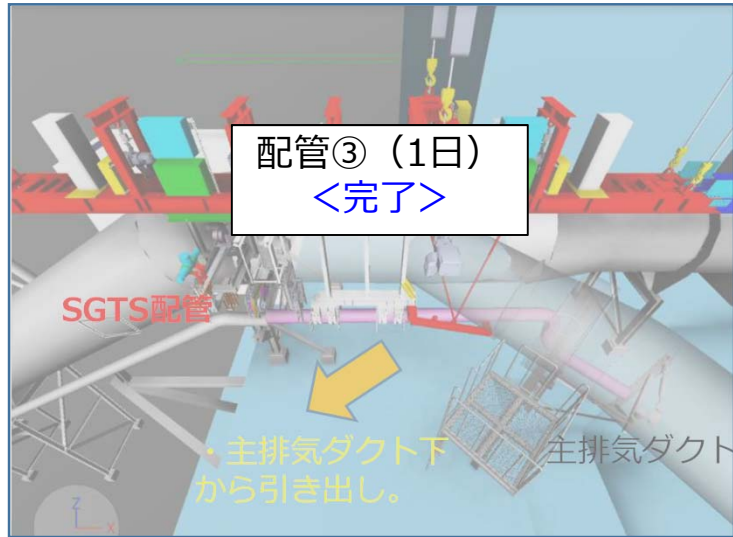
- 1/2号機Rw/B上部のSGTS配管撤去の信頼度向上対策を完了。
- 1/2号Rw/B屋上雨水排水工事を2023年3月に完了。
- SGTS配管撤去の後工程と工程調整中。
- 1/2号機Rw/B上部のSGTS配管撤去期間中, 1号Rw/Bガレキ解体及び1号大型カバー設置と1250tCCを共用する。

➤ SGTS配管撤去は、作業予備日19日確保
(強風等の悪天候 : 11日, 及び想定リスク対応 : 8日)



【補足】作業予備日の内訳（合計：19日）

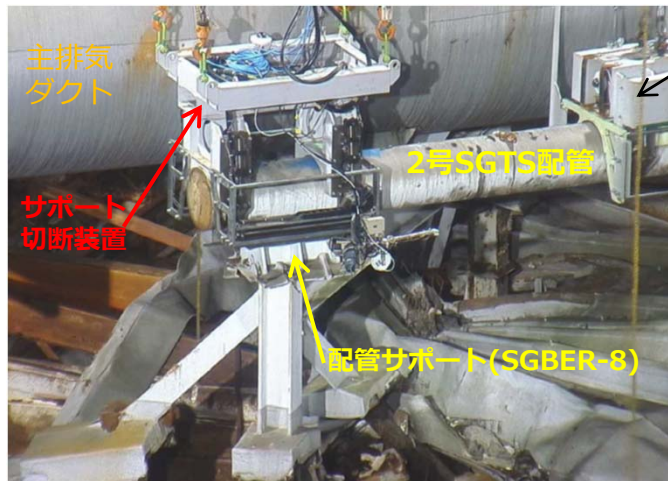
- 強風等の悪天候：11日 ⇒過去3カ年の6月，7月の気象庁データから算出
- 想定リスク対応：8日 ⇒下記の図を参照



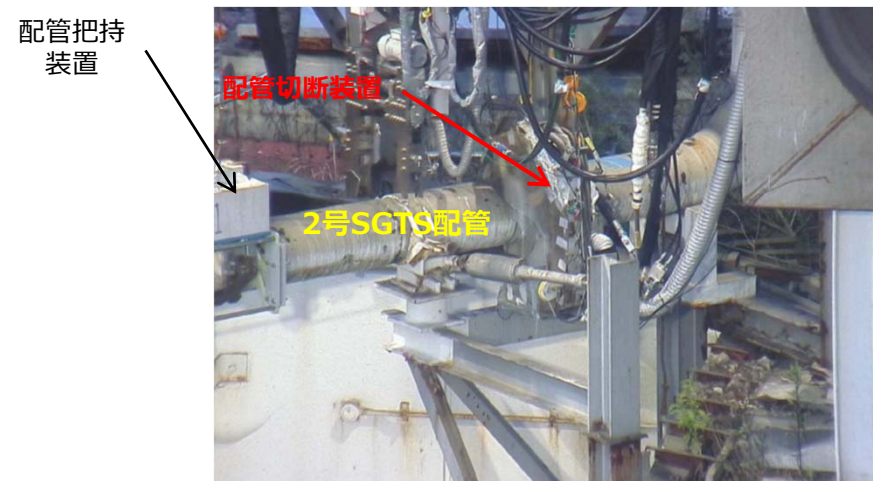
- 1号機SGTS配管と主排気ダクトが干渉した場合，吊天秤の調整が発生。（1日）
- リカバリー用地上重機の準備のため，整地が必要。（2日）

配管②：配管サポート・配管切断及び仮置き作業の実績

- 配管寄付き確認を実施し，結果良好。
- 配管サポート・配管切断を実施し，噛み込み等のトラブル無く，完了。
- 切断した配管を1号機コントロールビル（以下，C/B）屋上へ仮置き。
- なお，切断作業中の仮設・構内ダストモニタの値に有意な変動はなかった。



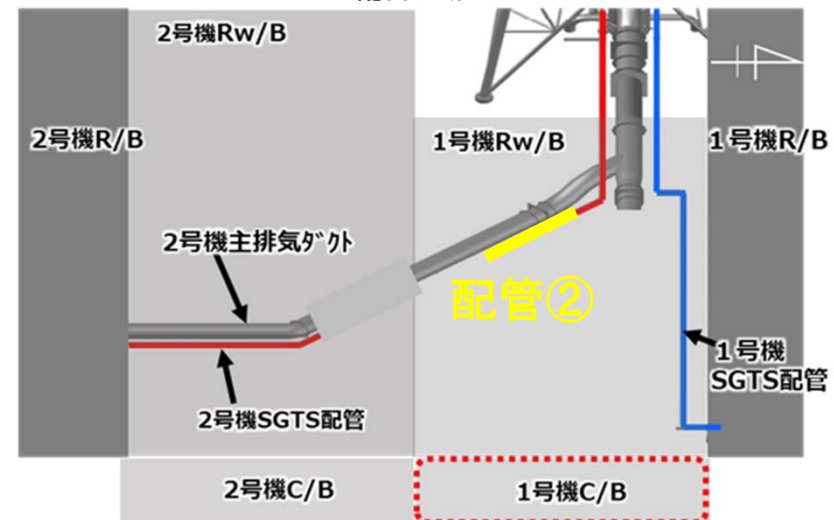
配管サポート切断



配管切断

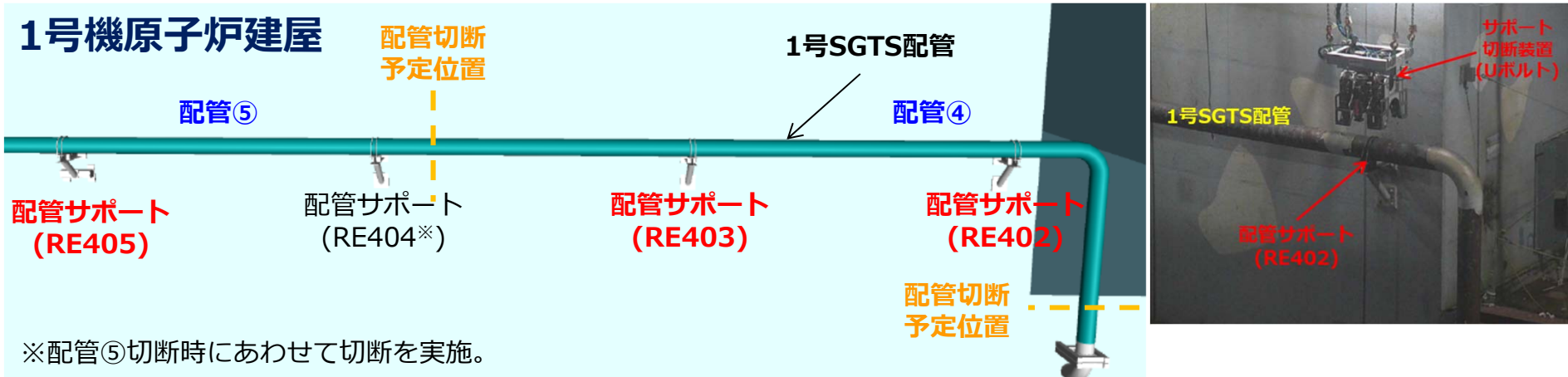


配管仮置き

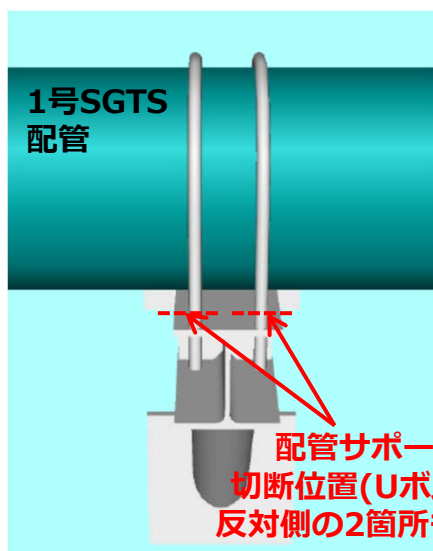


配管④⑤：配管サポート先行切断

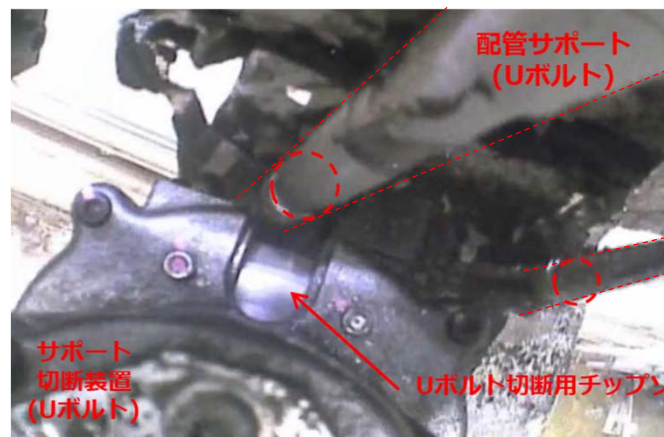
- 1号機側のSGTS配管④，⑤の切断時に干渉する配管サポート3箇所(図の赤字：RE402，403，405)の先行切断を実施。
- 配管サポート1箇所につきUボルト4箇所の切断を実施。



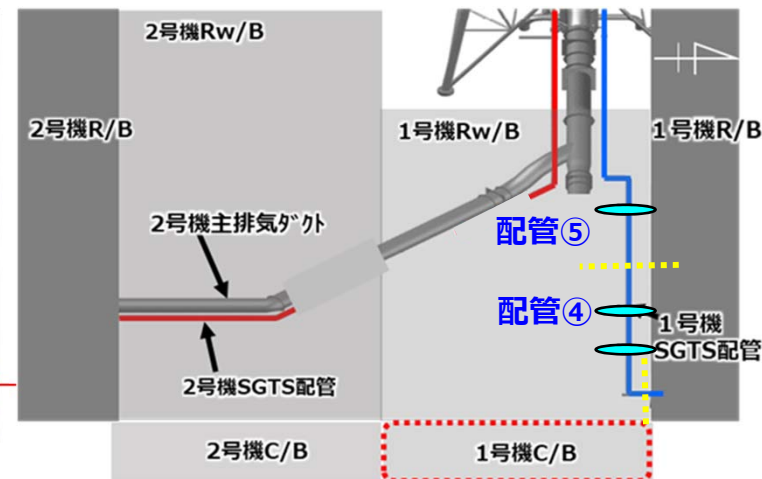
配管サポート(全体)



配管サポート(拡大)



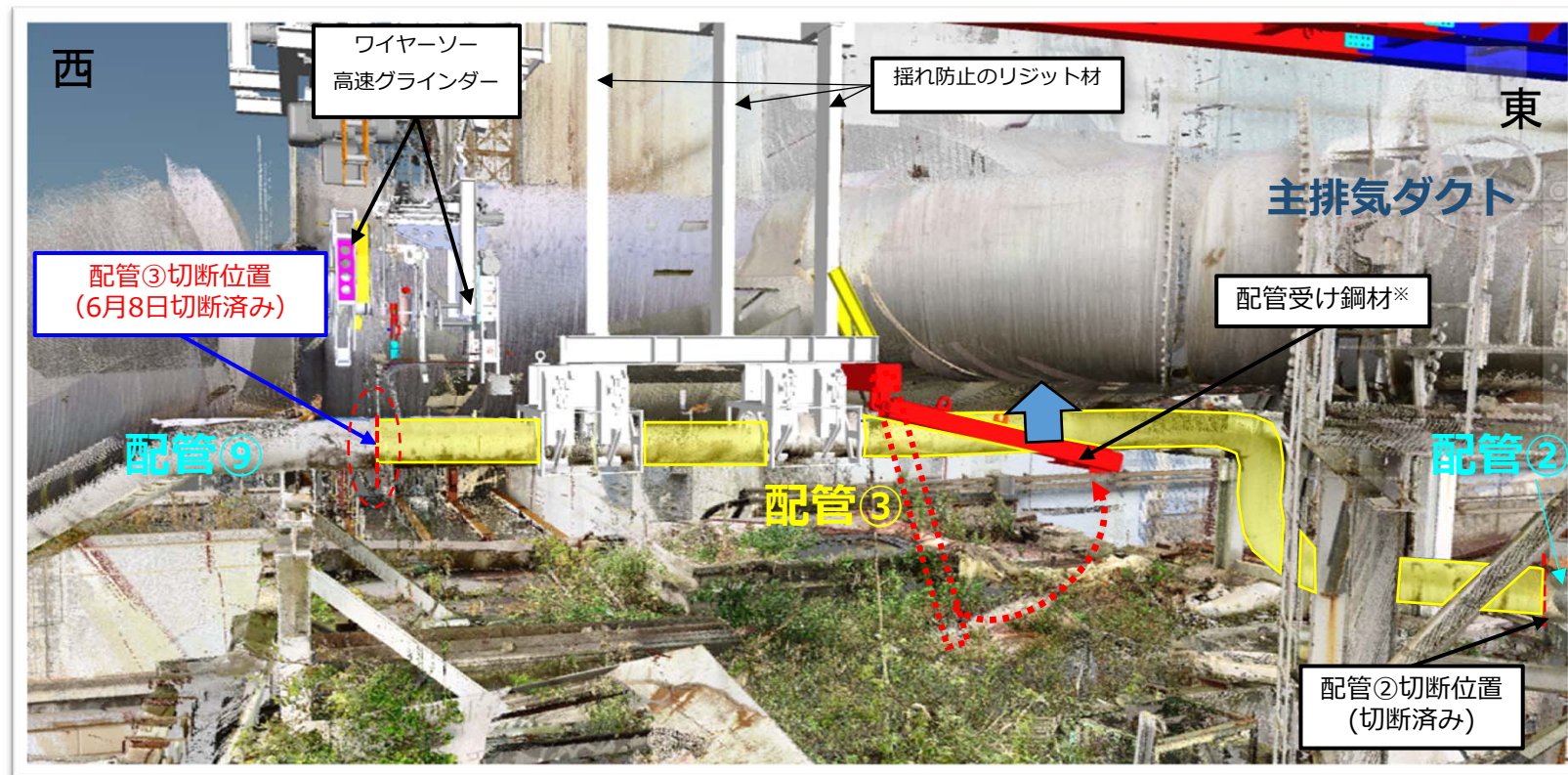
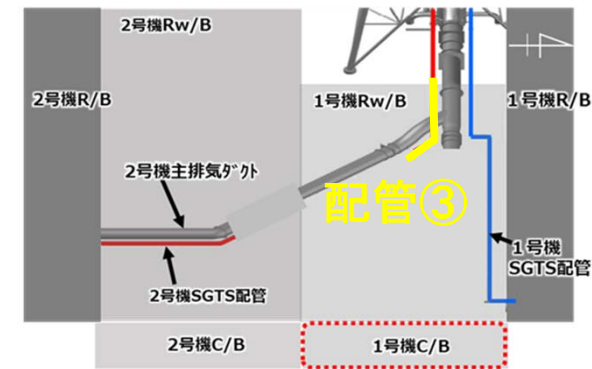
配管サポート切断



○：先行切断対象のサポート

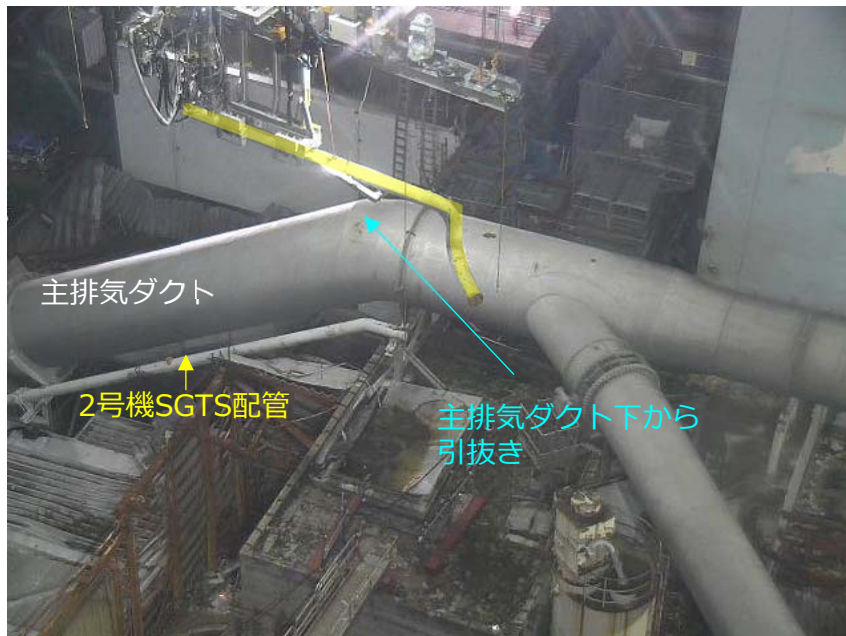
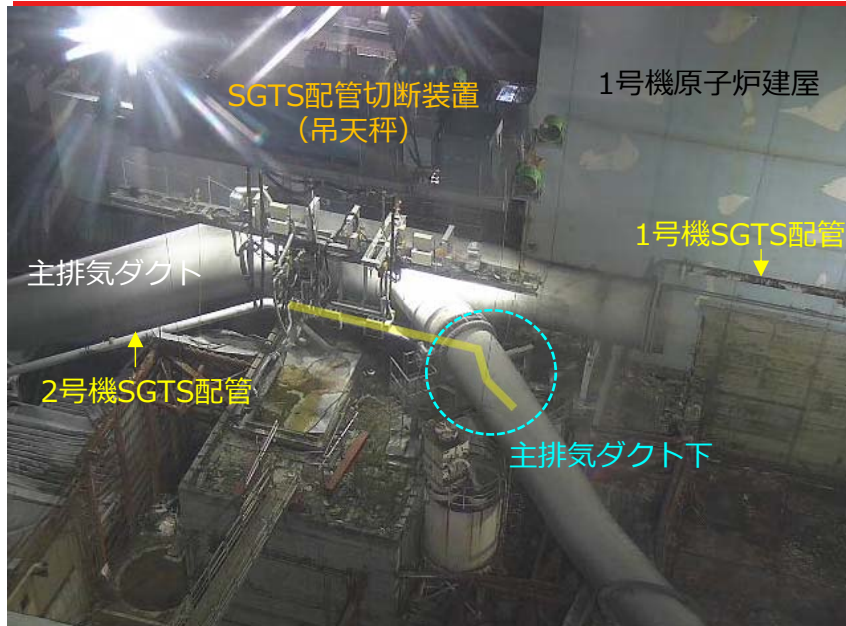
配管③：寄付き確認，切断及び仮置き作業状況

- 初回の寄付き確認時に主排気ダクトと干渉が確認された切断装置(吊天秤) について，手直しを実施。
- 再度寄付き確認を実施し，結果良好であったため，配管切断を実施。噛み込み等のトラブル無く，完了。
- 切断した配管を1号機C/B屋上へ仮置き。
- なお，切断作業中の仮設・構内ダストモニタの値に有意な変動はなかった。



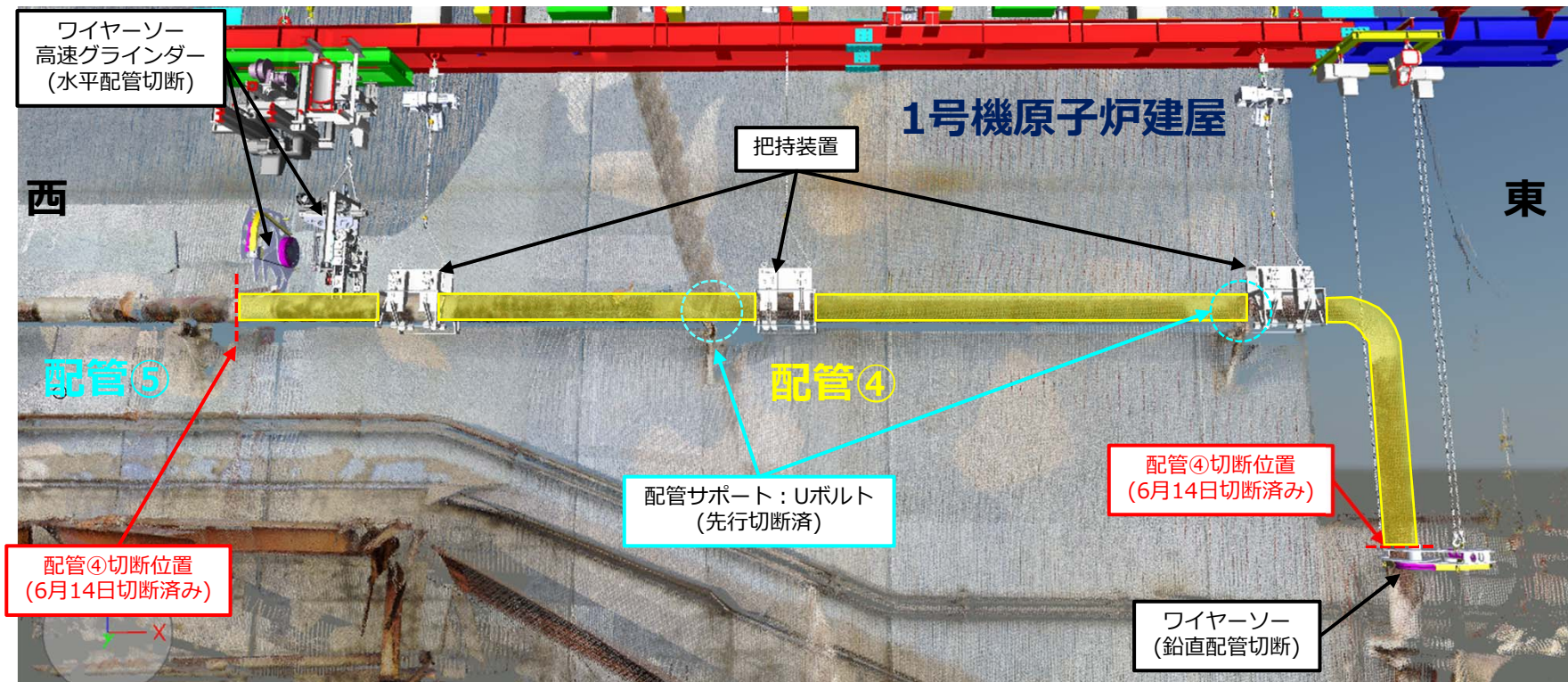
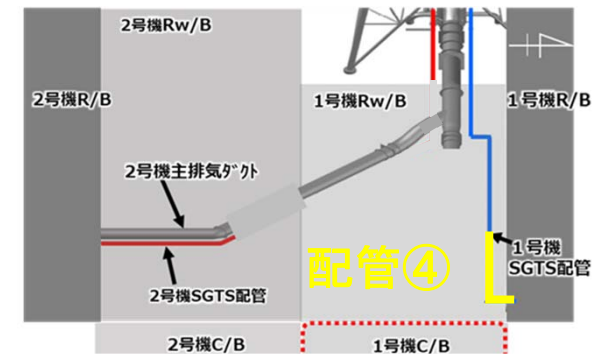
※切断したSGTS配管を支え，バランスを保つための鋼材(配管③のみ使用)

配管③：寄付き確認，切断及び仮置き作業状況

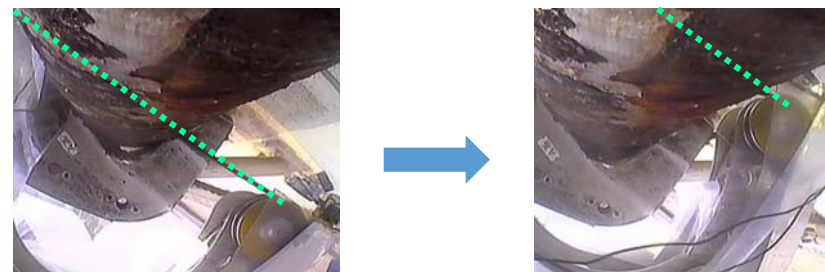
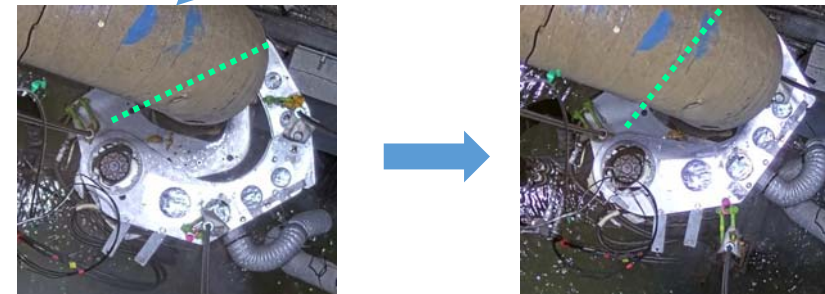
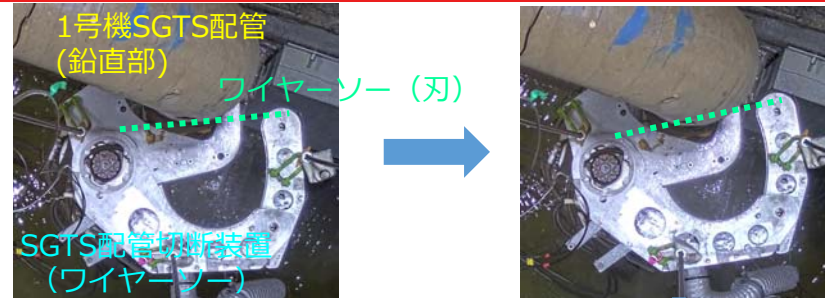
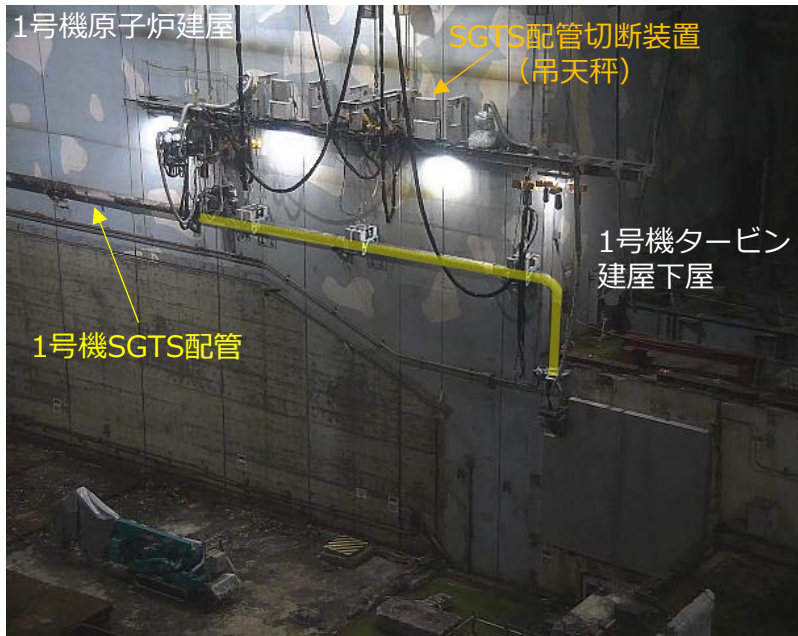


配管④：寄付き確認，切断及び仮置き作業状況

- 配管寄付き確認を実施し，結果良好。
- 鉛直配管配断，水平配管切断を実施し，噛み込み等のトラブルなく，完了。
- 切断した配管を地上の1号機R/B北側ヤードへ仮置き。
- なお，切断作業中の仮設・構内ダストモニタの値に有意な変動はなかった。

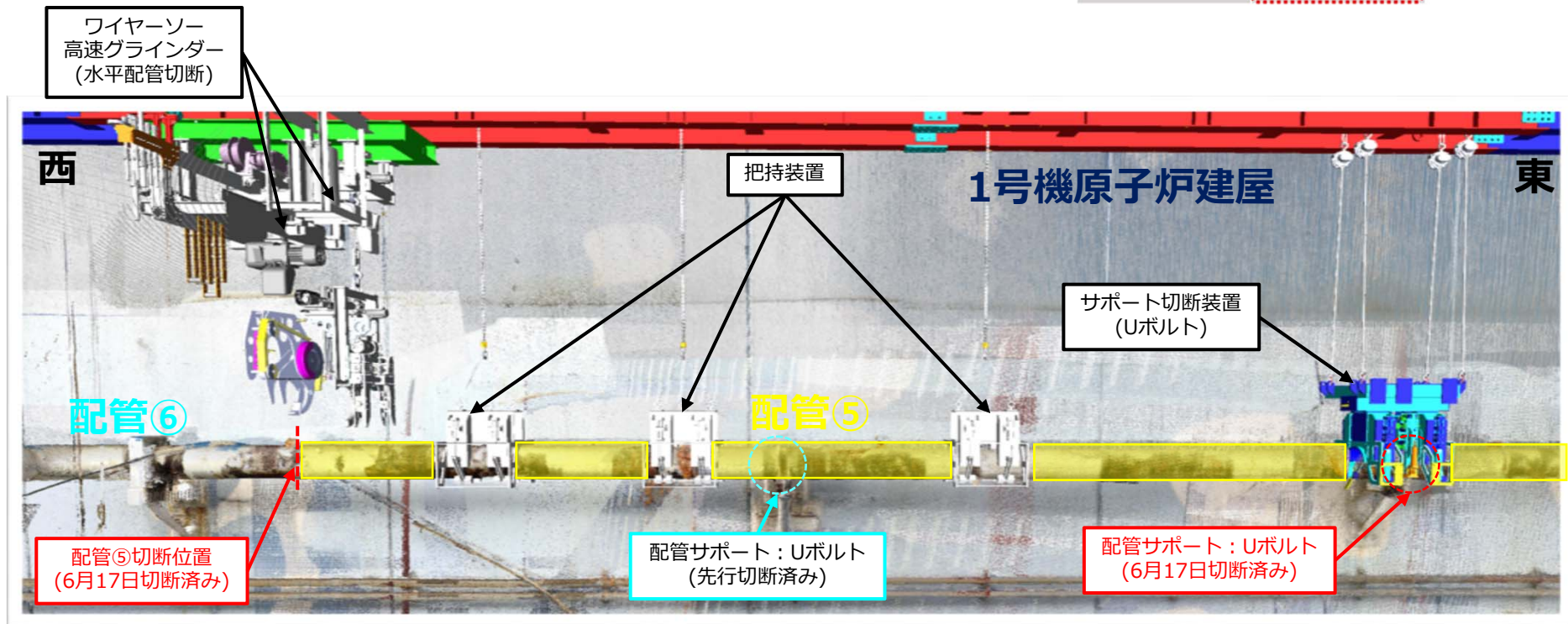
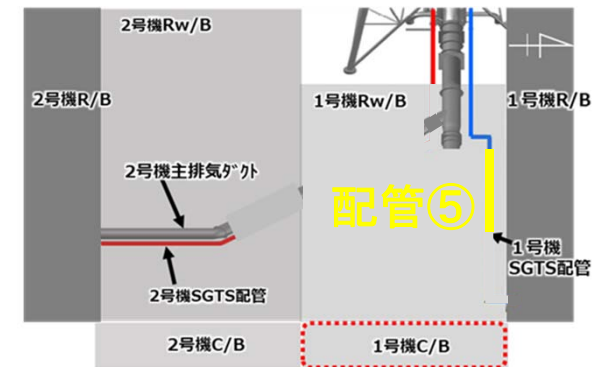


配管④：寄付き確認，切断及び仮置き作業状況

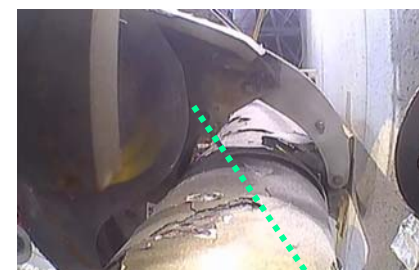
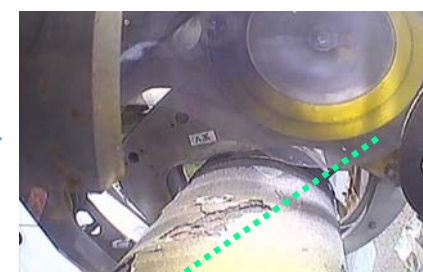


配管⑤：寄付き確認，切断及び仮置き作業状況

- 配管寄付き確認を実施し，結果良好。
- サポート切断(Uボルト)，水平配管切断を実施し，噛み込み等のトラブルなく，完了。
- 切断した配管を地上の1号機R/B北側ヤードへ仮置き。
- なお，切断作業中の仮設・構内ダストモニタの値に有意な変動はなかった。

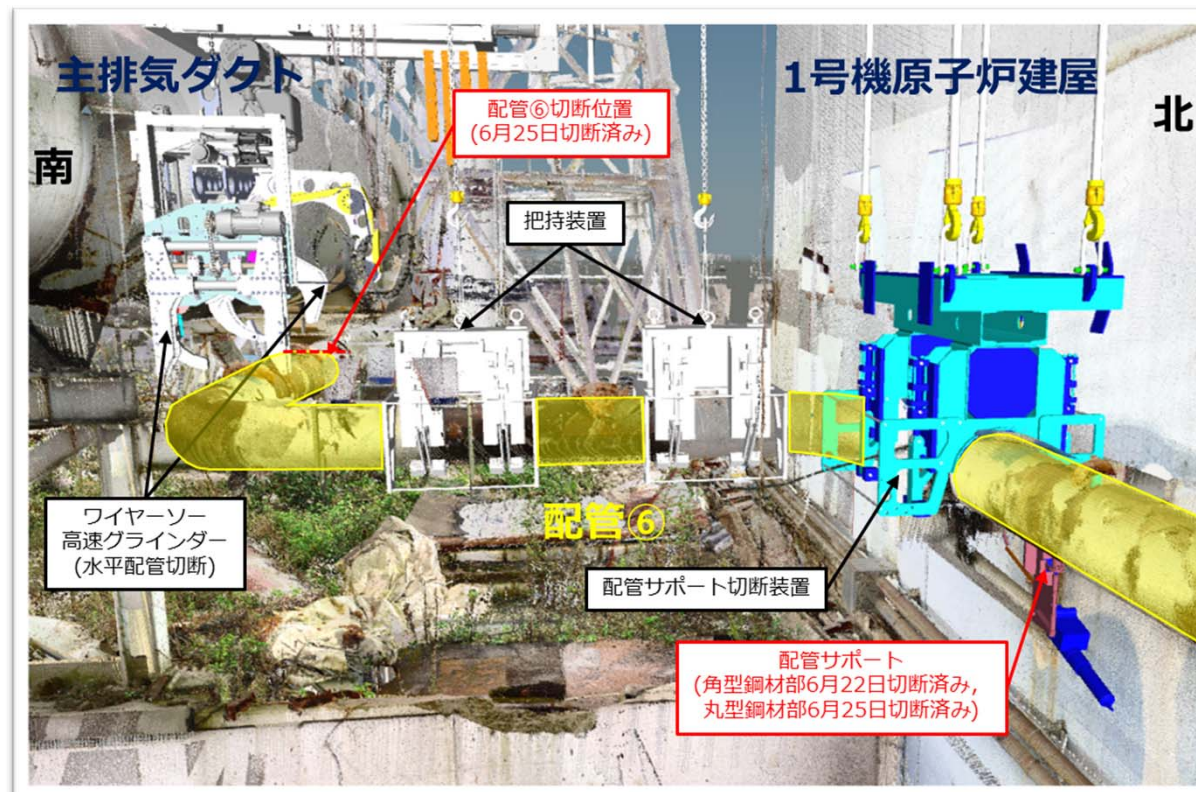
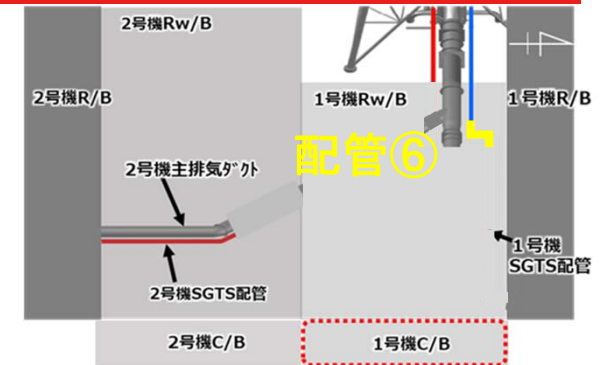


配管⑤：寄付き確認，切断及び仮置き作業状況

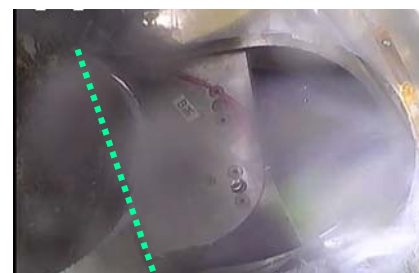
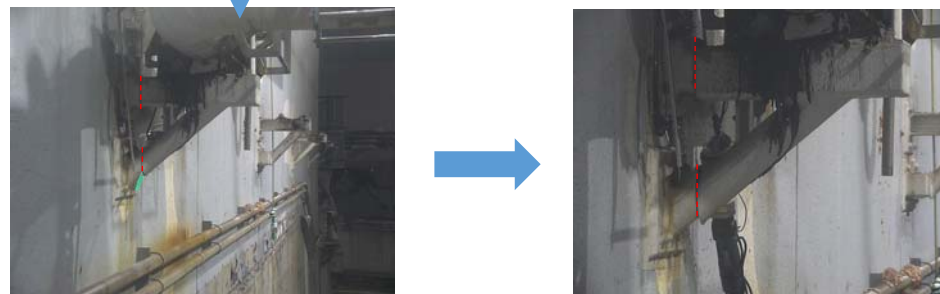
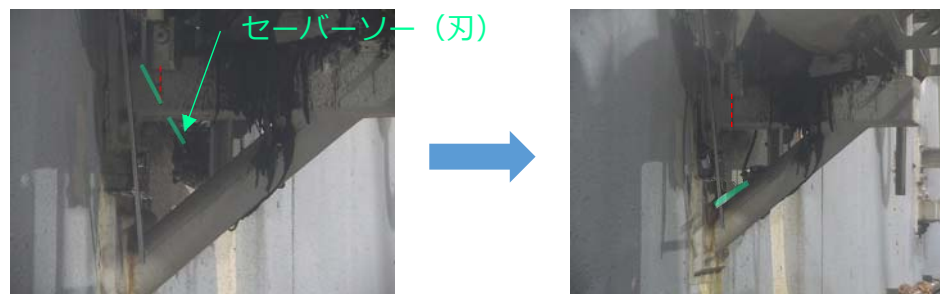


配管⑥：寄付き確認，切断及び仮置き作業状況

- 初回の寄付き確認時に，サポート切断の途中で，セイバーソーの刃がサポートに対し押しこめないことを確認。事前に定めた手順のとおり，機器の調整・消耗品の取替えを実施し良好。
- 再度寄付き確認を実施し，結果良好であったため，配管切断を実施。噛み込み等のトラブル無く，完了。
- 切断した配管を1号機T/B屋上へ仮置き。
- なお，切断作業中の仮設・構内ダストモニタの値に有意な変動はなかった。



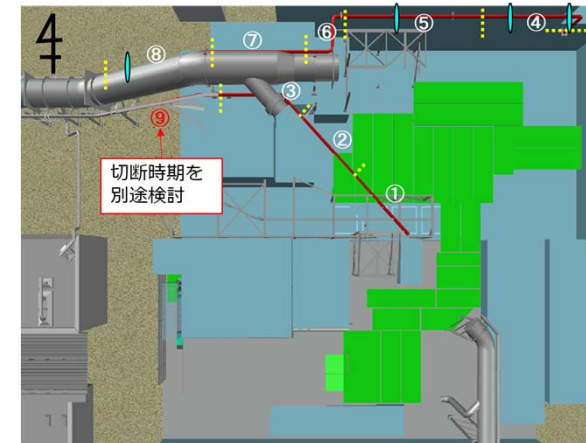
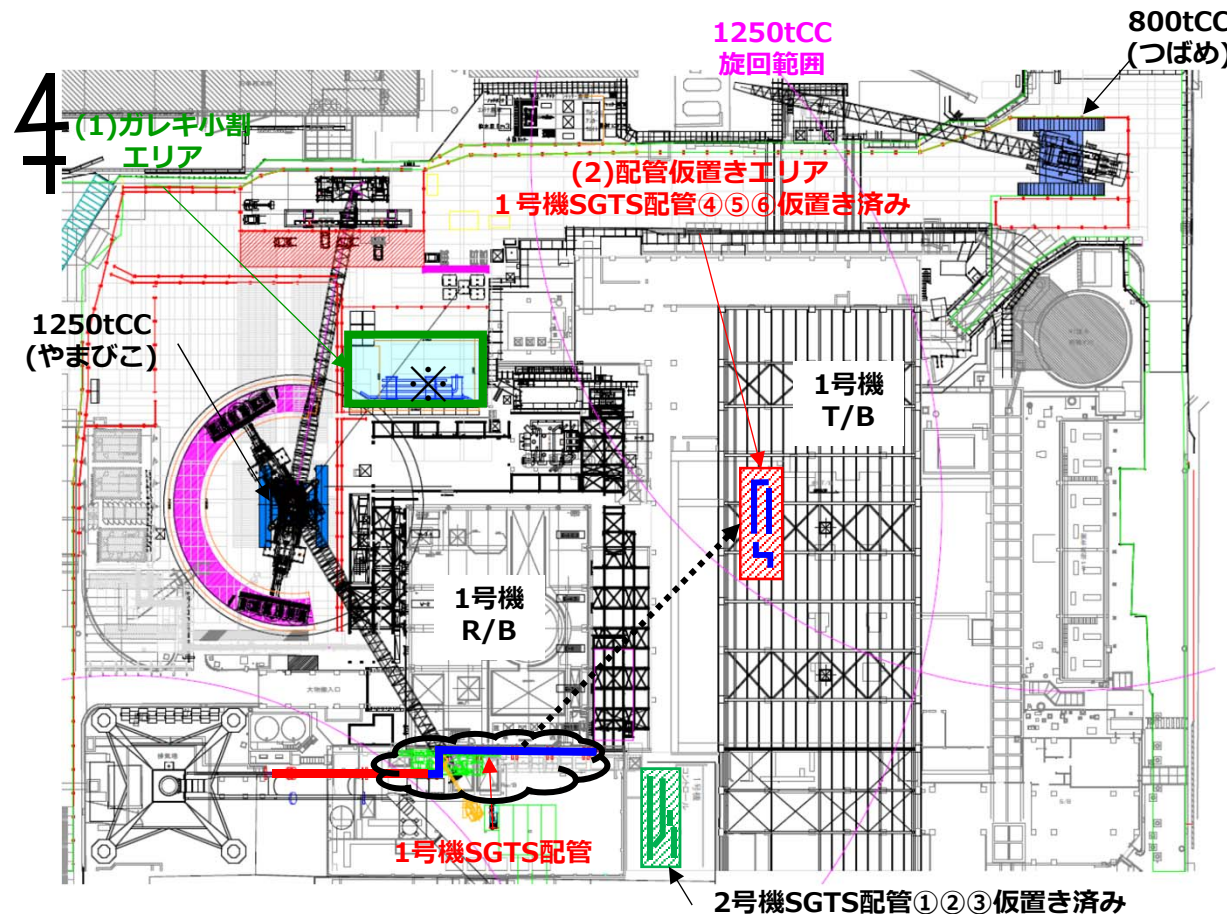
配管⑥：寄付き確認，切断及び仮置き作業状況



【補足】1号機SGTS配管の仮置き場所について

- 1号機SGTS配管は、大型カバー設置工事・Rw/Bガレキ解体工事との干渉、周辺エリアへの線量影響を考慮し、1号機T/B屋上に仮置きする。
- 配管④⑤⑥⑦⑧が対象。現在、配管④⑤⑥を1号機T/B屋上へ仮置き済み。

※配管④⑤については、1号機R/B北側ヤードのガレキ小割エリアへ一時仮置きしていたが、1号機T/B屋上のエリア設定を行い、移動を実施済み。



参考：1/2号機Rw/Bのガレキ撤去における主排気ダクト撤去の進捗 **TEPCO**

- ▶ 2021年9月より作業を開始した1/2号機Rw/Bのガレキ撤去において、SGTS配管撤去工事の進捗に沿って、1/2号機共用排気筒へ繋がる主排気ダクトの撤去を実施中。
 - ① 2022年8月末に2号機側先行撤去範囲（約8m）を撤去。
 - ② 2022年10月～11月に1号機側のSGTS配管と干渉しない範囲（約24m）を撤去。
 - ③ 2023年6月14日に2号機側の残部（約19m）を撤去。
 - ④ 今後、1号機側と2号機側の合流部分（約12m）を撤去する計画。
- ▶ 作業は、ダスト飛散抑制対策として飛散防止剤を散布した上で、ダストモニタによるダスト濃度の監視下で実施しており、これまでに有意なダスト濃度の上昇は発生していない。

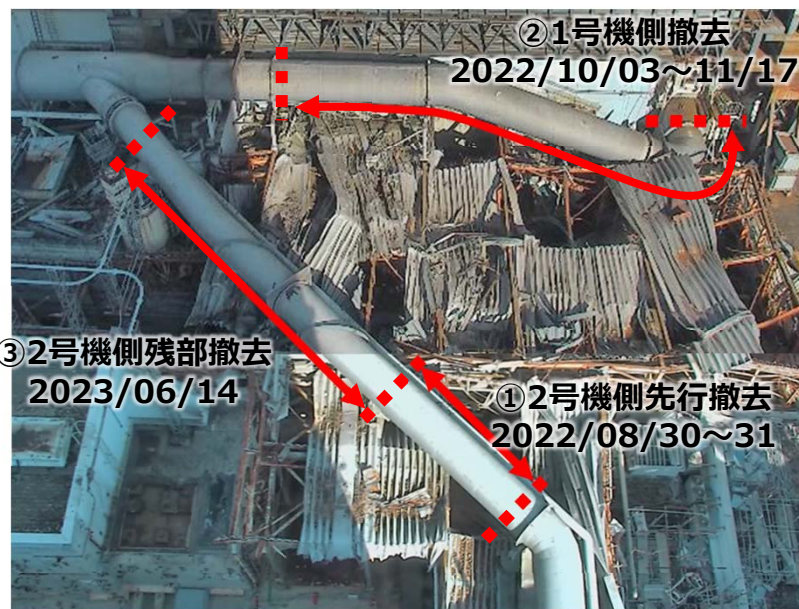


写真1：1/2号機Rw/B ガレキ撤去前

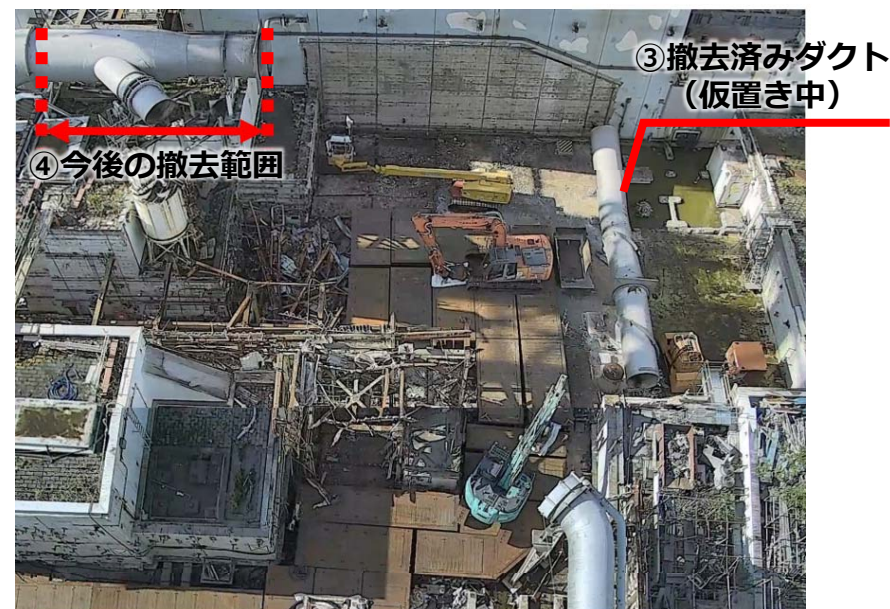


写真2：1/2号機Rw/B 現状