

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野	項目	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定			11月					12月					1月					2月			3月			備考								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		25	26	27	28	29	30	31	
建屋内の除染	共通	(実績) ○【研究開発】建屋内遠隔除染装置の開発(継続) (予定) ○【研究開発】建屋内遠隔除染装置の開発(継続)	検討・設計	【研究開発】建屋内遠隔除染装置の開発 高所除染装置の開発 上部除染装置の開発 地下除染概念検討																															完了時期 ・高所除染装置:2015年12月 ・上部除染装置:2016年3月 ・地下除染概念検討:2016年3月
	1号	(実績) ○【検討】R/B1階南側高線量機器対策検討(継続) (予定) ○【検討】R/B1階南側高線量機器対策検討(継続)	検討・設計	【検討】R/B1階南側高線量機器対策検討 線量低減全体シナリオ策定 DHC配管・AC配管線量低減検討																															完了時期 ・南側高線量機器対策 DHC配管・AC配管線量低減:2016年3月 ・内部調査:2015年12月
	2号	(実績) ○【検討】R/B1階高所線量低減・中～低所ホットスポット対策検討(継続) ○R/B1階X-6ベネ周辺線量低減(継続) (予定) ○【検討】R/B1階高所線量低減・中～低所ホットスポット対策検討(継続) ○R/B1階X-6ベネ周辺線量低減(継続)	検討・設計	【検討】R/B1階高所線量低減・中～低所ホットスポット対策検討																															(低所除染まで(現状)で作業可能) ①PCV内部調査(X-6[北西]): 2015年下半年調査開始(調整中)
	3号	(実績) ○R/B1階作業エリア遮へい設計・検討(継続) (予定) ○R/B1階作業エリア遮へい設計・検討(継続) ○高所除染装置性能確認(新規)	現場作業	R/B1階 X-6ベネ周辺線量低減 R/B1階 X-6ベネ周辺線量低減・X-6ベネ遮へい・フランジ下部滴下対策 R/B1階 作業エリア遮へい設計・検討 最新工程反映 12/23～高所除染装置の性能確認を開始 高所除染装置性能確認 狭隙部がれき撤去/除染																															
格納容器調査・補修 (建屋止水含む) 調査・補修	共通	(実績) ○【研究開発】格納容器補修・止水技術の開発(継続) ○【研究開発】格納容器水張りまでの計画の策定(継続) (予定) ○【研究開発】格納容器補修・止水技術の開発(継続) ○【研究開発】格納容器水張りまでの計画の策定(継続)	検討・設計	[PCV下部止水技術の開発(S/C脚部補強、ベント管止水、S/C内充填(ダウンカマ)止水、ガイドパイプ設置、1号機真空破壊ライン止水)]試験計画策定等 [S/C内充填(ダウンカマ)止水技術開発]止水要素試験(ダウンカマ) [S/C内充填(ダウンカマ)止水技術開発]止水要素試験(クエンチャ・ストレーナ) [S/C脚部の補修技術開発]トラス室底部への補修材充填工場 補修材充填立方モデル工場試験 [機器ハッチ止水技術の開発]溶接による止水技術概念検討および装置設計に必要な条件の整理 補修装置設計 [PCV貫通部止水技術の開発]遠隔操作による止水時の止水材の調査、絞り込み試験および止水試験計画策定 止水試験 [PCV接続配管のバウダリ構築技術開発]止水・閉止要素(止水材、配管内面移動治具、遠隔挿入治具等)検討および止水試験計画策定 止水材充填試験 [トラス室壁面貫通部の止水技術開発]止水材の調査、絞り込み試験および止水試験計画策定 止水試験 [D/Wシールの補修技術開発]補修装置の概念検討 PCV冠水後の異常時のバウダリを考慮したPCV冠水システム概念図、PCV止水手順の検討																															
	1号	(実績) TIP調査 (予定) 主蒸気弁室調査、エアロック室調査	現場作業	主蒸気弁室調査 エアロック室調査																															
	2号	(実績) なし (予定) なし	現場作業																																
	3号	(実績) 格納容器機器ハッチ調査(新規) (予定) トラス室(地下階)3Dレーザースキャン計測(新規)	現場作業	小型調査装置による北東機器ハッチ調査 トラス室レーザースキャン計測																															
	共通	(実績) ○【研究開発】格納容器内部調査技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器内部調査技術の開発(継続) (予定) ○【研究開発】格納容器内部調査技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器内部調査技術の開発(継続)	検討・設計	【研究開発】PCV内部調査技術の開発 PCVベテスタル内側フラットホーム上調査装置の開発 PCVベテスタル内(CRD下部、フラットホーム上、ベテスタル地下階)調査技術の開発 PCVベテスタル外(ベテスタル地下階、作業員アクセス口)調査技術の開発 【研究開発】RPV内部調査技術の開発 穴あけ技術・調査技術の開発 サンプリング技術の開発																															変更 現場調査の結果、装置投入を妨げる干渉物が判明し、その対策期間確保すること、及びPCV内ガス管理システム改造工事と現場干渉するため、 12/11～12/22 - 12/22～1/16に実施時期変更
	1号	(実績) なし (予定) なし	現場作業																																
	2号	(実績) X-6ベネ周辺線量低減 (予定) X-6ベネ周辺線量低減	現場作業	R/B1階 X-6ベネ周辺線量低減 R/B1階 X-6ベネ周辺線量低減・X-6ベネ遮へい・フランジ下部滴下対策 X-6ベネ穿孔作業(準備作業含む) 内部調査(準備作業含む)																															PCV内部調査に向けたX-6ベネ穿孔作業及び内部調査の実施時期は、線量低減結果を踏まえ確定する。
	3号	(実績) なし (予定) なし	現場作業																																

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野	項目	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定		11月				12月				1月				2月			3月			備考
			29	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	25			
RPV/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"> <li>【研究開発】圧力容器/格納容器腐食に対する健全性の評価技術の開発(継続)</li> <li>○腐食抑制対策</li> <li>・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)</li> </ul> <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【研究開発】圧力容器/格納容器腐食に対する健全性の評価技術の開発(継続)</li> <li>○腐食抑制対策</li> <li>・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)</li> </ul>	<p>【研究開発】PCV/RPVの耐震健全性を踏まえた冠水工法の成立性評価</p> <p>裕度の低い機器の詳細評価</p>																				
			<p>【研究開発】PCV補修や水位上昇を踏まえた機器の耐震強度の簡易評価</p> <p>簡易評価手法の提示・妥当性検証</p> <p>各プラント想定状態に対する簡易評価</p>																				
炉心状況把握	炉心状況把握	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【炉心状況把握解析】</li> <li>○【研究開発】事故時プラント挙動の分析(継続)</li> <li>○【研究開発】シビアアクシデント解析コード高度化(継続)</li> <li>○【研究開発】ミュオン透過法による測定と評価の準備作業(継続)</li> <li>○【現場作業】1号機ミュオン測定(継続)</li> </ul> <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【炉心状況把握解析】</li> <li>○【研究開発】事故時プラント挙動の分析(継続)</li> <li>○【研究開発】シビアアクシデント解析コード高度化(継続)</li> <li>○【研究開発】ミュオン透過法による測定と評価の準備作業(継続)</li> <li>○【現場作業】1号機ミュオン測定(継続)</li> </ul>	<p>【炉心状況把握解析】</p> <p>【研究開発】事故時プラント挙動の分析</p> <p>事故関連factデータベース構築</p>																				
			<p>【研究開発】シビアアクシデント解析コード高度化</p> <p>【燃料デブリ検知技術の開発】</p> <p>1号機ミュオン測定結果の評価</p> <p>ミュオン測定装置の小型化検討</p>																				
取出後の燃料デブリ取り出し準備	燃料デブリ性状把握	<p>(実績)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【研究開発】燃料デブリ性状把握</li> <li>・金属デブリ物性評価、福島特有事象の影響評価(継続)</li> <li>・TMI-2デブリ物性評価、分析手法確認(継続)</li> <li>・MCO生成物特性評価、金属セラミックス溶融体製作/物性取得(継続)</li> <li>・燃料デブリ分析測定技術開発(継続)</li> <li>・燃料デブリ輸送容器(B型)等検討(継続)</li> <li>・収納/保管に係る基礎特性評価等(継続)</li> </ul> <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【研究開発】燃料デブリ性状把握</li> <li>・金属デブリ物性評価、福島特有事象の影響評価(継続)</li> <li>・TMI-2デブリ物性評価、分析手法確認(継続)</li> <li>・MCO生成物特性評価、金属セラミックス溶融体製作/物性取得(継続)</li> <li>・燃料デブリ分析測定技術開発(継続)</li> <li>・燃料デブリ輸送容器(B型)等検討(継続)</li> <li>・収納/保管に係る基礎特性評価等(継続)</li> </ul>	<p>【研究開発】燃料デブリ性状把握</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械物性評価(金属デブリ、福島特有事象)</li> <li>・MCO生成物特性評価、金属セラミックス溶融体製作/物性取得</li> </ul> <p>物性特性試験</p> <p>金属セラミックス溶融体製作試験</p> <p>材料特性評価</p>																				
			<p>・燃料デブリ測定/分析技術開発、輸送容器等検討</p> <p>材料腐食試験等</p> <p>輸送容器検討</p> <p>・収納/保管に係る基礎特性評価等</p> <p>試験計画の策定/資材調達/試験準備</p> <p>含水・乾燥試験等</p>																				
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"> <li>【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発</li> <li>・臨界評価(継続)</li> <li>・炉内の再臨界検知技術の開発(継続)</li> <li>・臨界防止技術の開発(継続)</li> </ul> <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発</li> <li>・臨界評価(継続)</li> <li>・炉内の再臨界検知技術の開発(継続)</li> <li>・臨界防止技術の開発(継続)</li> </ul>	<p>【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発</p> <p>臨界評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・臨界評価(最新知見の反映、複数工法を考慮した臨界シナリオの見直し)</li> <li>・臨界時挙動評価(PCV上部水準の時に必要な機能整備、PCV水張り挙動評価の精緻化、燃料デブリ取出し時に必要な機能検討)</li> <li>・臨界管理手法の策定(臨界管理の考え方整理、燃料デブリ取出し時臨界管理手法の策定、臨界誘因事象の整理・対策検討)</li> </ul>																				
			<p>炉内の再臨界検知技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・再臨界検知システム(複数工法への適用検討、未臨界度推定アルゴリズムの実証試験方法検討)</li> <li>・臨界近接検知システム(臨界近接検知手法の選定、システム仕様策定、適用性確認試験方法計画・準備、デブリ取出し作業への適用性検討)</li> </ul> <p>臨界防止技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・非溶解性中性子吸収材(候補材の耐放射線試験、核的特性確認試験準備、投入時均一性担保のための適用工法検討、必要投入量評価)</li> <li>・溶解性中性子吸収材(水張り前のボウ酸水置換方法検討、ボウ酸水適用時の水質管理方法の検討)</li> </ul>																				
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"> <li>【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発</li> <li>燃料デブリ収納缶の要求事項の洗い出し・抽出(継続)</li> </ul> <p>(予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発</li> <li>燃料デブリ収納缶の要求事項、安全評価に関わる検討(継続)</li> </ul>	<p>燃料デブリ収納缶の要求事項、安全評価に関わる検討</p>																				
			<p>基本仕様検討</p>																				

デブリ検知技術の開発 実証試験予定  
2号機：2015年度(調整中)

H27年度末までに燃料デブリ収納缶の基本仕様決定

# 1号機原子炉建屋1階小部屋※調査のうち 主蒸気弁室、エアロック室調査結果について

2015年12月24日

東京電力株式会社



東京電力

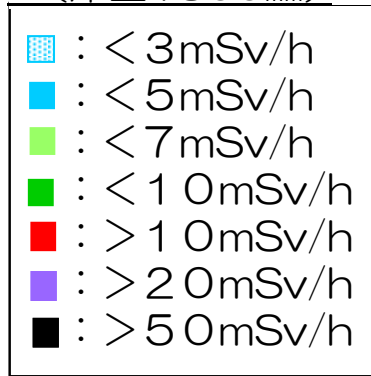
※：TIP室、主蒸気弁室、エアロック室、SHC室

---

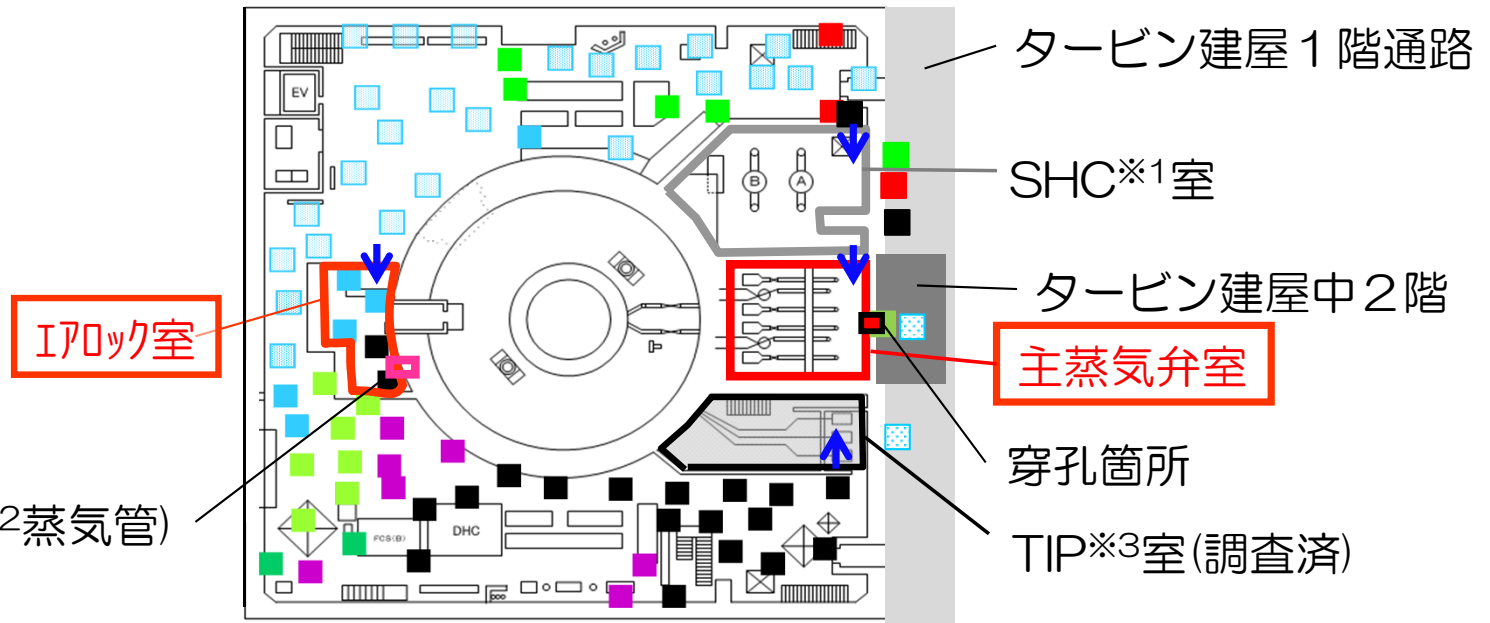
# 1.概要

- 主蒸気弁室調査 : PCV貫通部へのアクセス検討のため11月17日~12月4日に調査実施
- エアロック室調査 : X-53ペネの詳細調査を行うため、12月1日~12月7日に調査実施

マップ線量凡例  
(床上1500mm)



- (赤枠) : X-53 ペネ (HPCI※2蒸気管)
- (白枠) : 未調査エリア
- ← (青) : 部屋入口
- (黒) : 穿孔箇所



1号機原子炉建屋1階 線量マップ

- ※1 : Reactor Shutdown Cooling System (原子炉停止時冷却系)
- ※2 : High Pressure Coolant Injection System (高圧注水系)
- ※3 : Traversing In-core Probe (移動式炉心内計測装置)

## 2. 調査の目的

### ■PCV補修検討（配管貫通部へのアクセス可否判断）

#### ●主蒸気弁室：

室内のPCV貫通部にベローズ付貫通部があり、ベローズ部は薄肉(2mm程度)で腐食による漏えいの可能性が高いと想定している。

補修が必要な場合に備え、現地調査により、ベローズ部の汚染状況および現場環境確認を実施。

#### ●エアロック室調査：

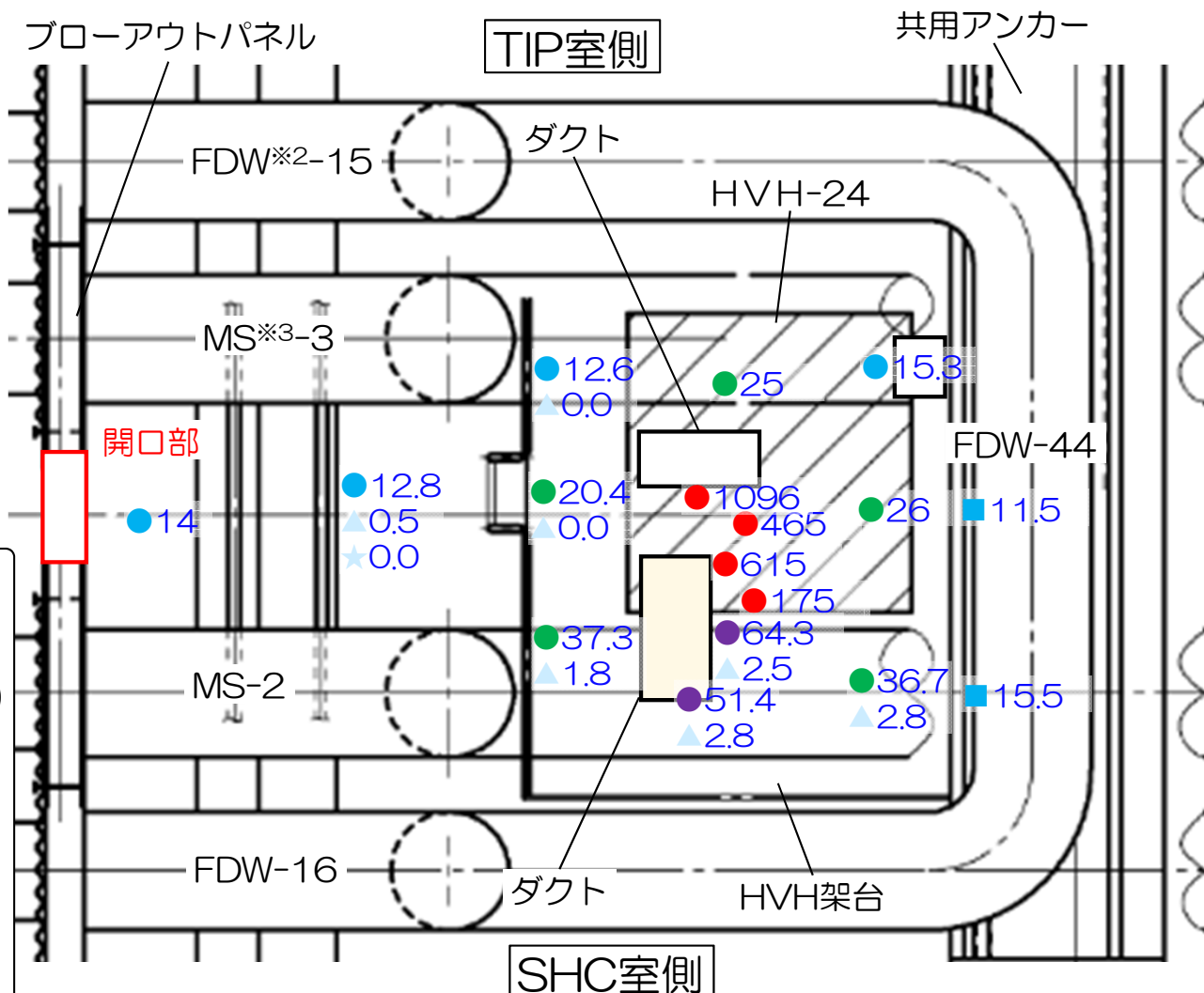
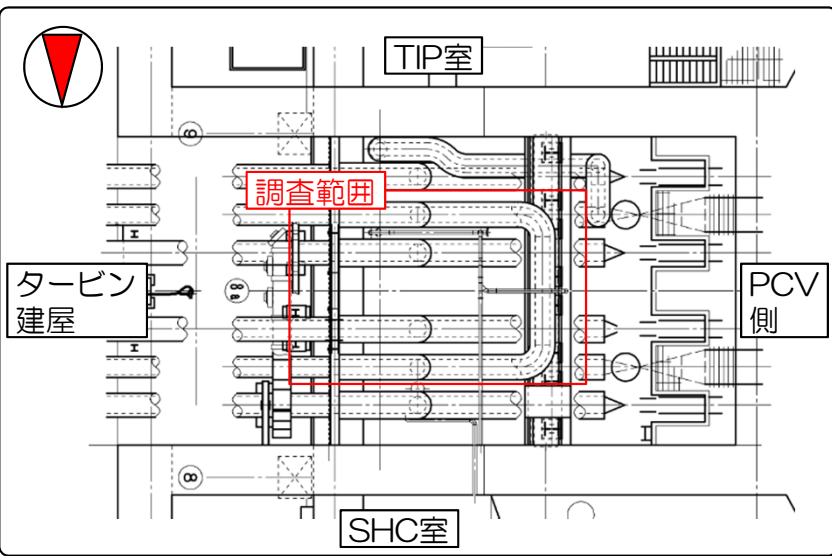
主蒸気弁室と同様にベローズ付貫通部があり、2013年4月の調査では、近傍で最大2100mSv/hの空間線量を確認した。今回、線源特定のための追加調査を実施。

# 3. 調査装置概要

調査装置	仕様等
<p>■ 光学カメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 主蒸気弁室用(ポールに取付)</li> </ul>  <p>LED カメラ</p> <p>雲台 カメラヘッド</p> <hr/> <p>● I707k室用(走行装置付)</p> <p>補助照明</p> <p>カメラヘッド (カメラ・LED照明)</p> <p>カメラ LED 照明</p> <p>パン(旋回)</p> <p>チルト (上下首振)</p> 	<p>仕様等</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 寸法：幅 約140mm 高さ 約150mm 長さ 約250mm</li> <li>● 有効画素数：38万画素</li> <li>● フォーカス範囲：約10mm~∞</li> <li>● パン(旋回)：±180度</li> <li>● チルト(上下首振)：±90度</li> <li>● 画角：水平 約46度 垂直 約34.5度</li> <li>● 照明：12W LED2灯</li> <li>● 防水性</li> </ul>
<p>■ 3Dスキャナ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 寸法：240mm×200mm×100mm</li> <li>● 測定範囲：0.6m~120m</li> <li>● 視野範囲             <ul style="list-style-type: none"> <li>垂直：スキャナ垂直軸基準±150度</li> <li>水平：360度</li> </ul> </li> <li>● 測定時間：約10分/1スキャン</li> <li>● 質量：約5kg</li> </ul>
<p>■ γカメラ</p> <p>広角カメラ</p> <p>γ線センサ</p> <p>レーザーสキャナ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 寸法：直径 110mm 長さ 700mm</li> <li>● 測定可能空間線量：~1500mSv/h</li> <li>● 測定時間：2~8h</li> <li>● 質量：約17kg</li> </ul>
<p>■ 線量率計(電離箱式)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 寸法：直径 約18mm 長さ 約190mm</li> <li>● 線量率測定範囲：0.1mSv/h~500Sv/h</li> <li>● 防水性</li> </ul>

# 4-1. 主蒸気弁室調査結果（空間線量率）

■HVH※1天板およびダクト付近の線量が高く、HVH架台上および床面付近は線量が低い

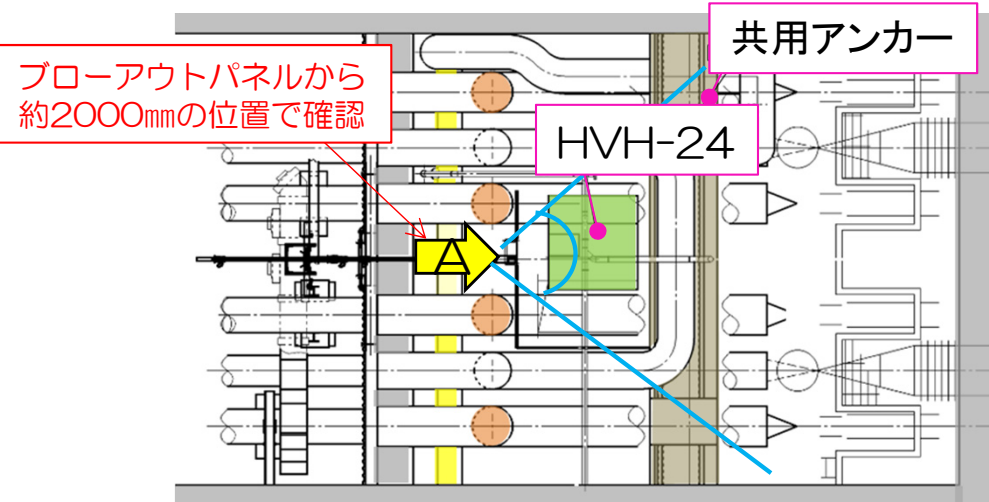


- 凡例
- 青字：空間線量率(単位:mSv/h)
- 測定高さ：○約4200mm(HVH上面)  
 (床上寸法) □約3400mm(共用アンカー上面)  
 △約2000mm(HVH架台上)  
 ☆床付近
- 色凡例：
- < 10mSv/h
  - > 10mSv/h
  - > 20mSv/h
  - > 50mSv/h
  - > 100mSv/h

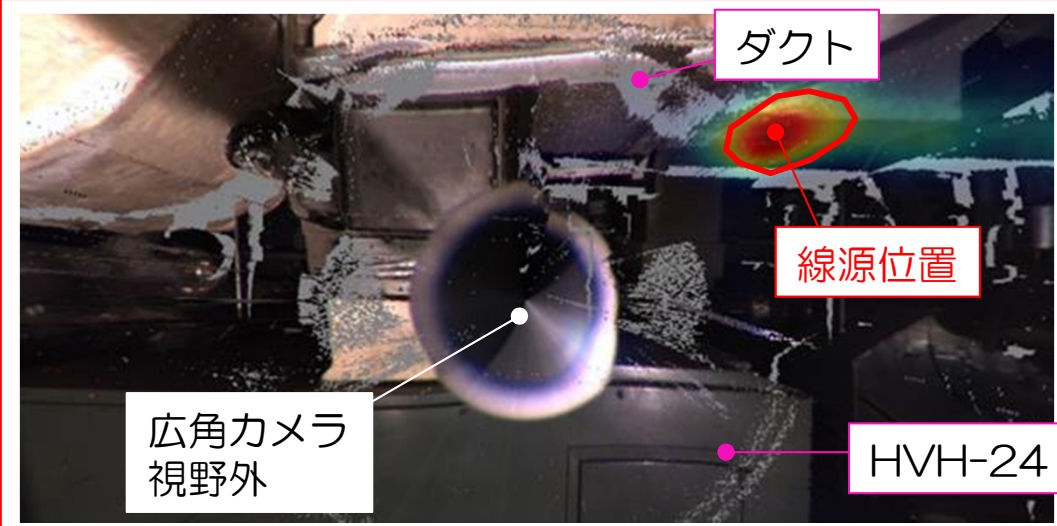
※1：Heating and Ventilation Handling Unit(給排気ユニット，換気空調ユニット)  
 ※2：Feed Water System(原子炉給水系)  
 ※3：Main Steam(主蒸気系)

# 4-2. 主蒸気弁室調査結果（γカメラ、3Dデータ）

## ■ A矢視でHVH上部に線源を確認

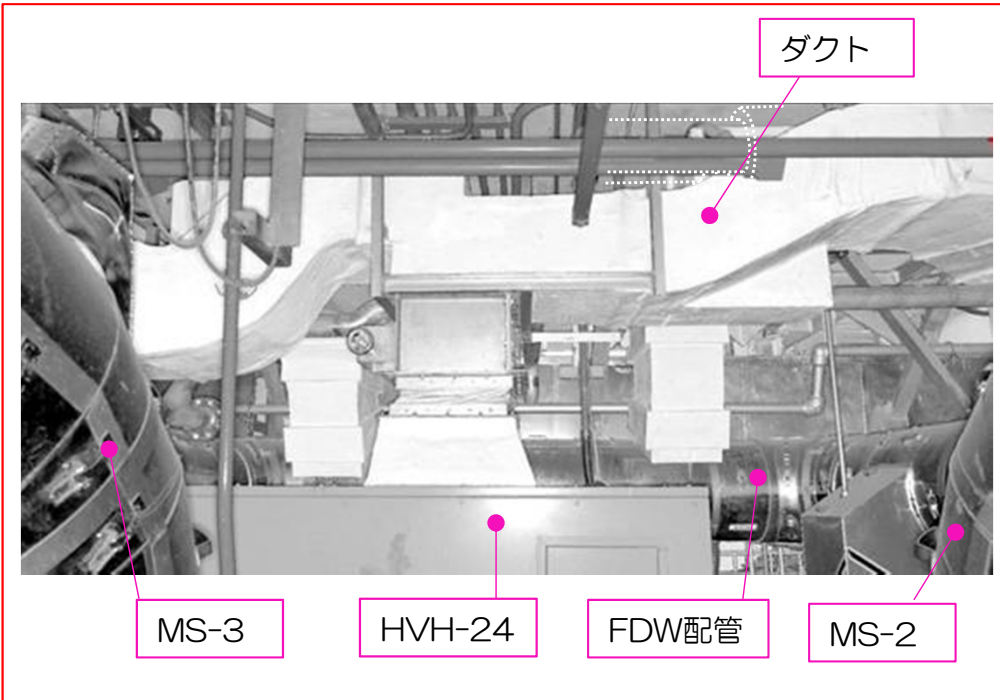


## ● γカメラデータ



- γカメラ設定位置の雰囲気線量率：約20.8mSv/h
- 線源位置からの寄与：約1.4mSv/h

## ● 3Dスキャンデータ

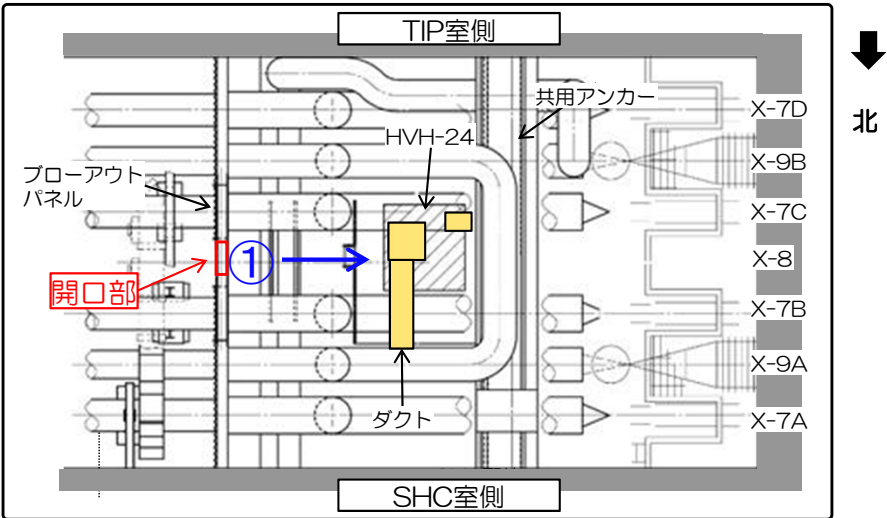


- γカメラデータからHVH上部ダクトが線源の可能性あることを確認
- 線量率測定結果より、HVH天板に高線量率部位があることを確認



# 4-3. 主蒸気弁室調査結果（光学カメラ撮影①）

## ■ 室内干渉物について

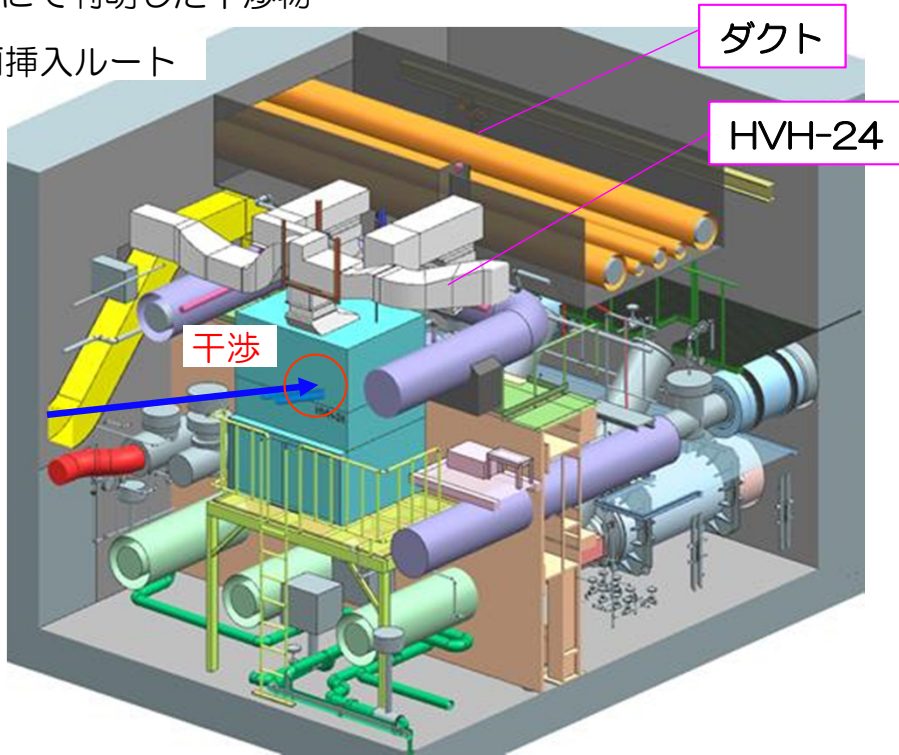


- ブローアウトパネル開口部の正面に、空調機HVHが設置されていることが判明（写真①）。
- 主蒸気弁室のペネ調査では、長尺ポールを挿入して実施する計画であったが、HVHと干渉するため、別方式による調査計画を再検討中（図1）。

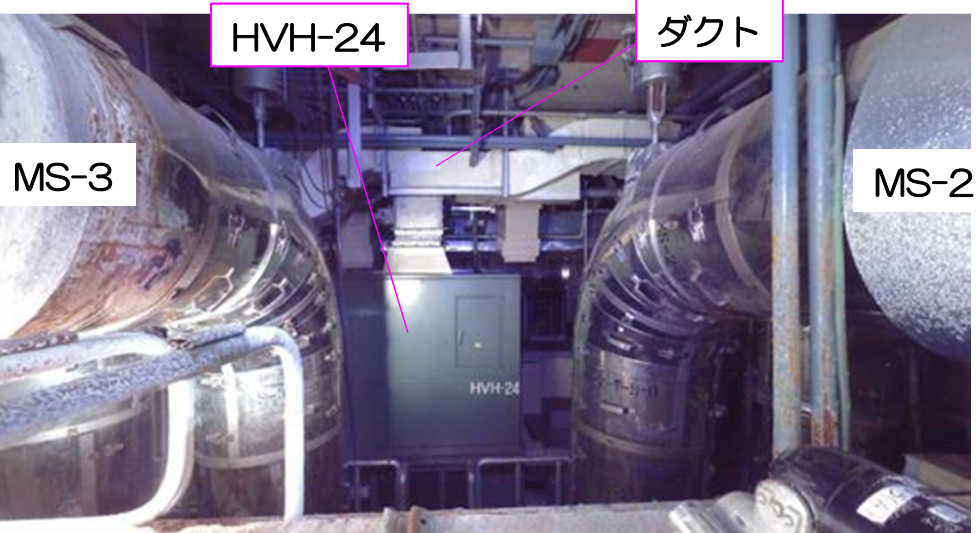
図1：調査結果を反映した主蒸気弁室3DCAD図

□：調査にて判明した干渉物

→：計画挿入ルート

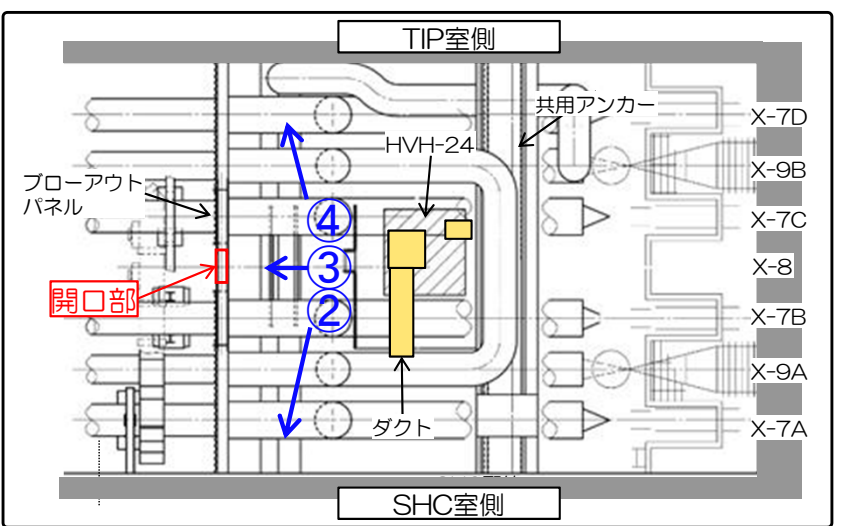


写真①：HVH、ダクト  
（フローアウトパネル開口部からPCV側を見る）



# 4-4. 主蒸気弁室調査結果 (光学カメラ撮影②)

## ■ 主蒸気弁室内の東側通路について



- 主蒸気弁室内の東側通路は落下物等なく、比較的きれいな状態であることが分かった (写真②、写真③、写真④)
- 床面近傍の雰囲気線量率も1箇所のみではあるが、比較的低線量であることがわかった。

写真②：東側通路 (SHCポンプ室側)

写真③：東側通路 (通路中央付近)

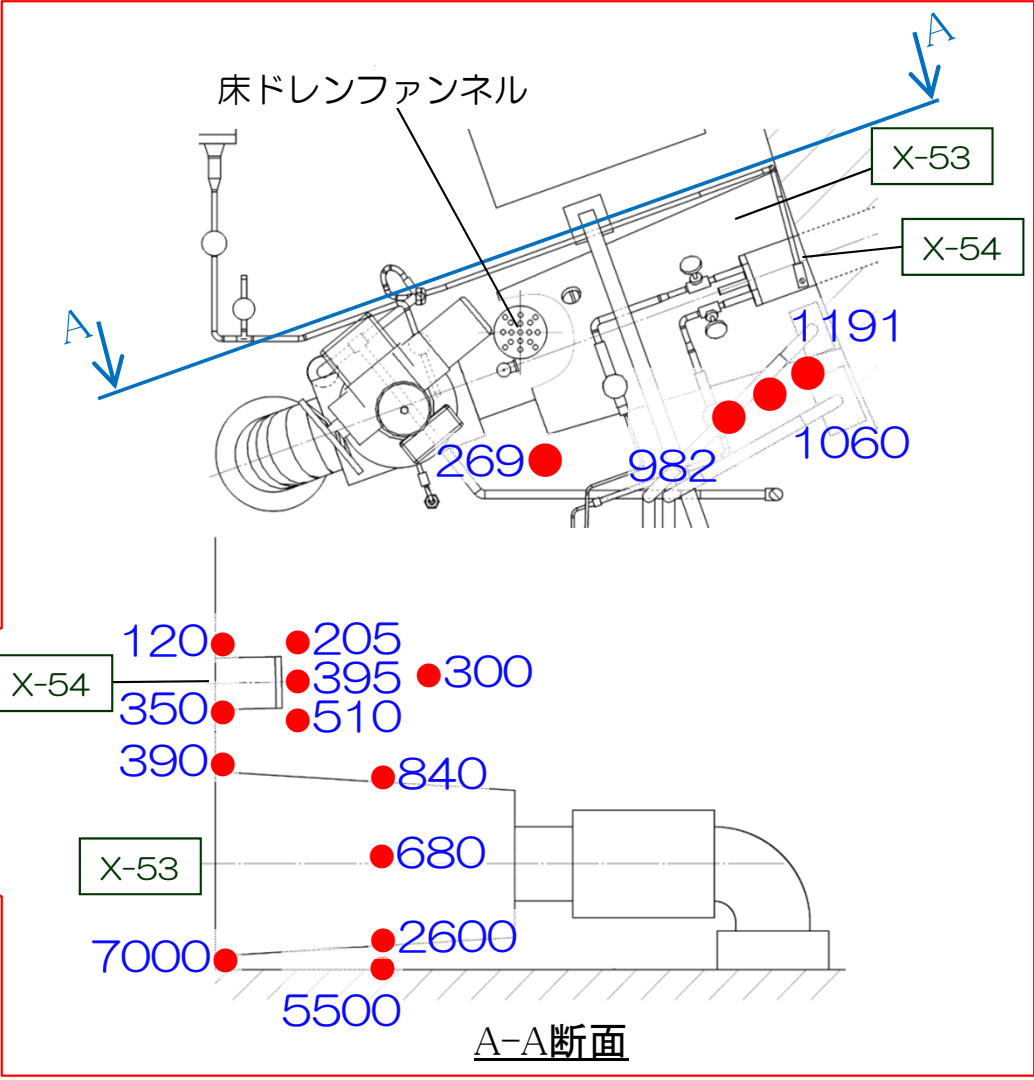
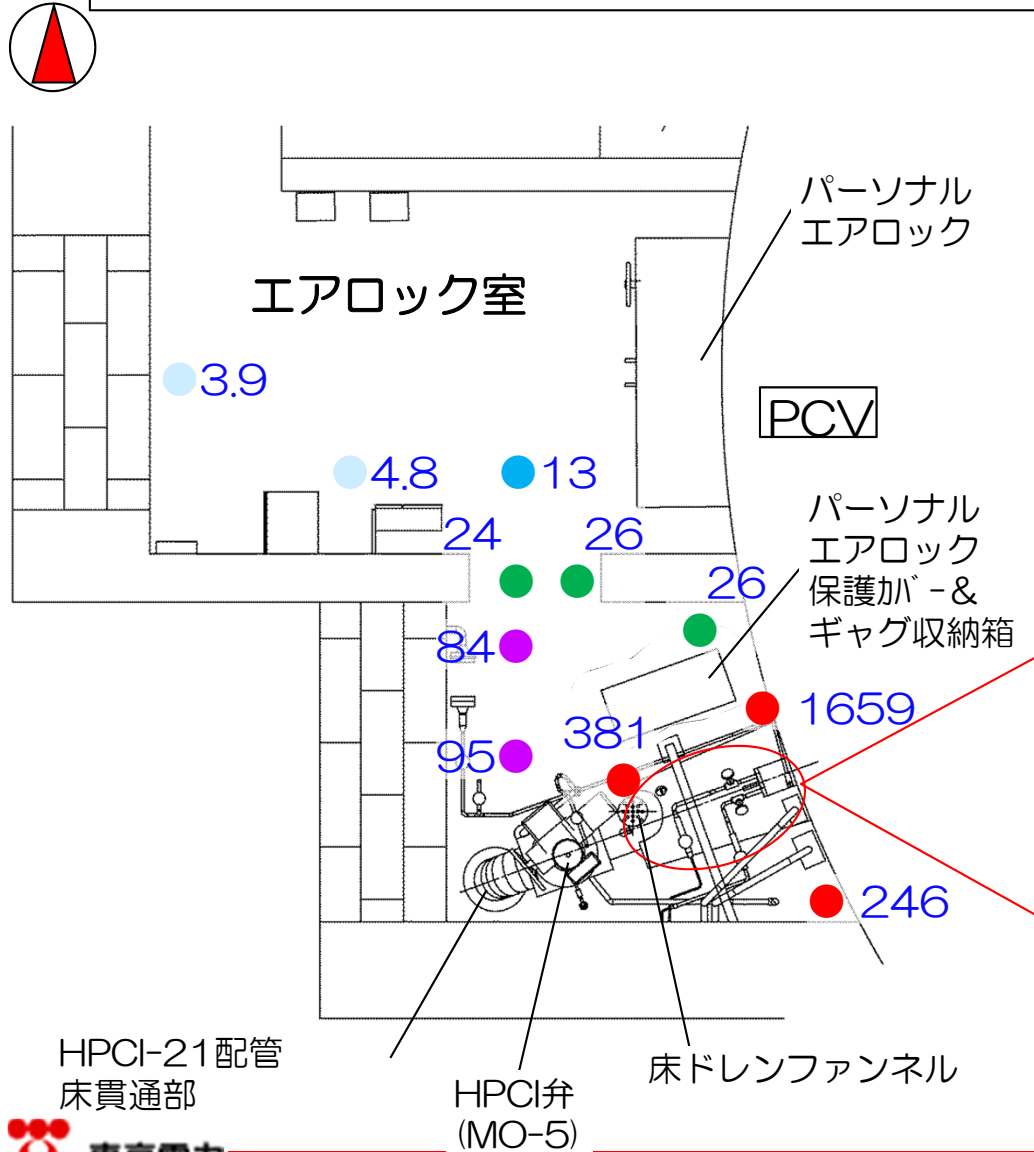
写真④：東側通路 (TIP室側)



# 5-1. エアロック室調査結果 (空間線量率)

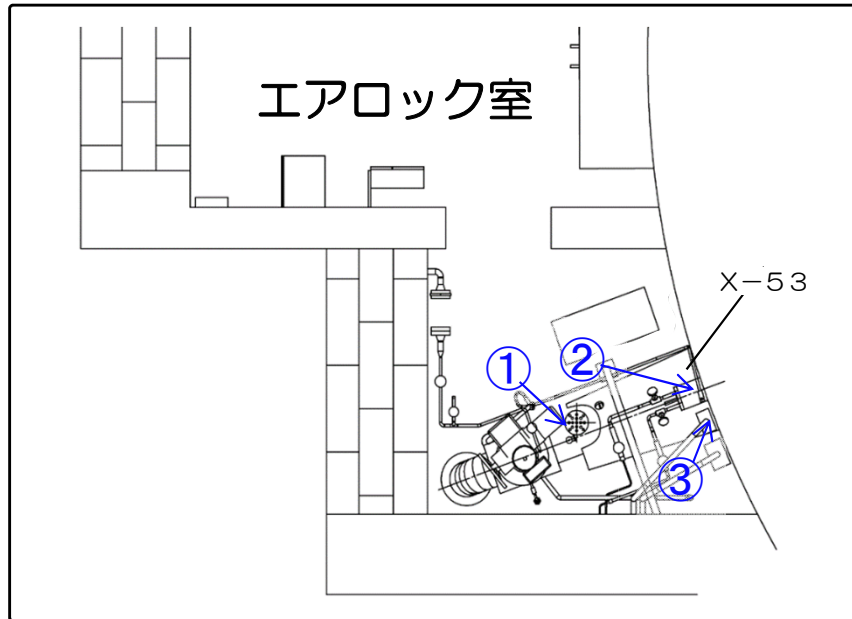
■ X-53付け根床面に近づくと7000mSv/hと非常に高い。

凡例 青字：空間線量率(単位:mSv/h)  
 色凡例 ● <10mSv/h ● >10mSv/h ● >20mSv/h ● >50mSv/h ● >100mSv/h



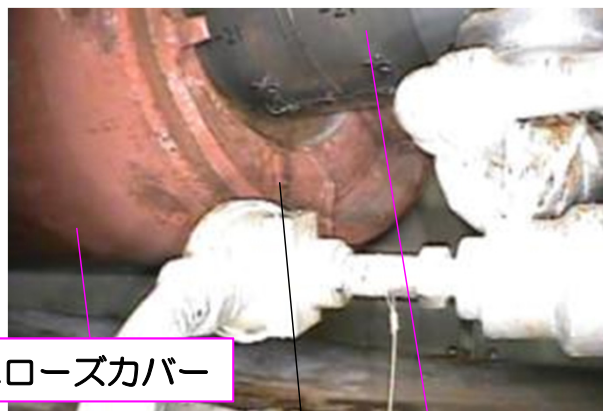
## 5-2. エアロック室調査結果（光学カメラ撮影①）

### ■ HPCI蒸気管ペネX-53について



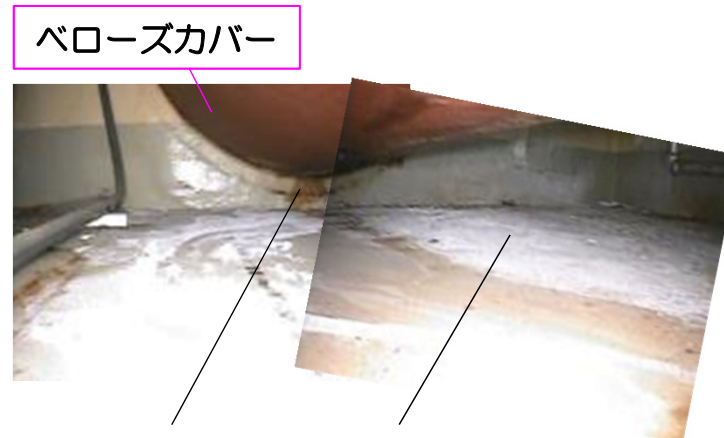
- HPCI配管とベローズカバーの隙間に漏洩痕がある（2013年調査結果と同じ）。（写真①）
- ベローズカバーと生体遮へい壁の付け根部分に漏洩痕あり（写真②）。なお当該付け根部周辺がもっとも雰囲気線量が高い。
- X-53ペネ周り（ベローズカバー、床、壁面）に白い粉上の堆積物あり（サンプル採取済）。

写真①：X-53ベローズカバー接続部



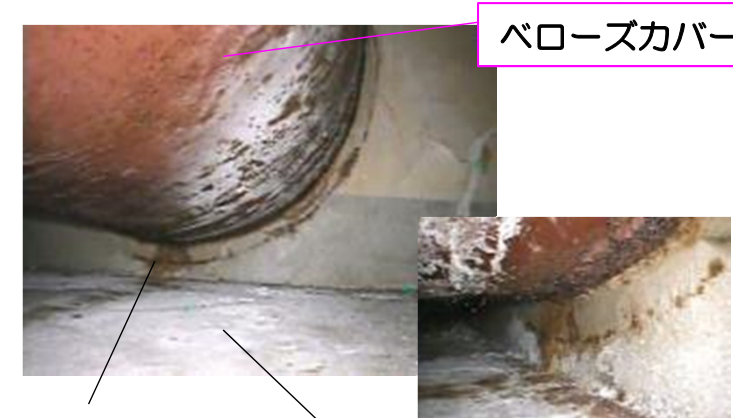
漏えい痕 HPCI配管

写真②：X-53貫通部左下側



漏えい痕 白い堆積物

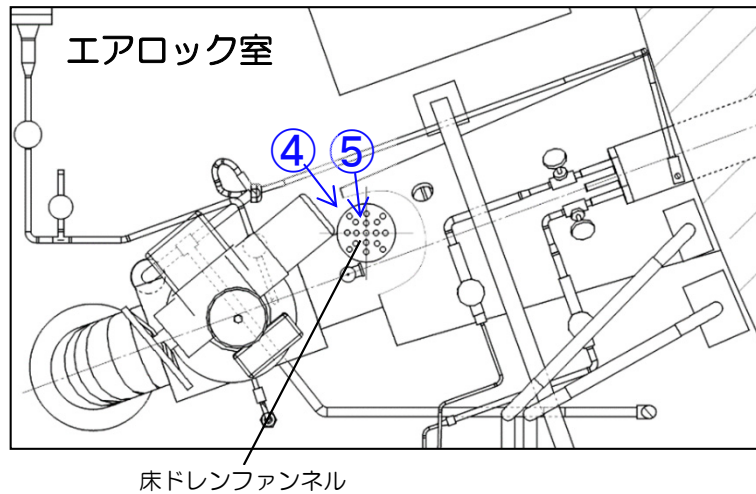
写真③：X-53貫通部右下側



漏えい痕 白い堆積物

# 5-3. エアロック室調査結果（光学カメラ撮影②）

## ■ 床ドレンファンネルについて



- 2013年に実施した調査写真と比較すると、床ドレンファンネルの蓋が浮いている。（写真④,⑤）

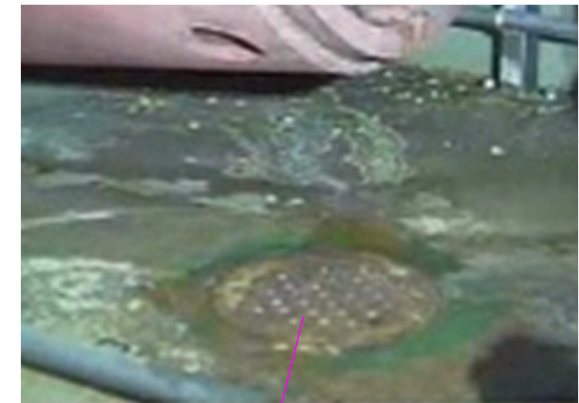
写真④：床ドレンファンネルの浮き上がり状況



写真⑤：床ドレンファンネルの状況

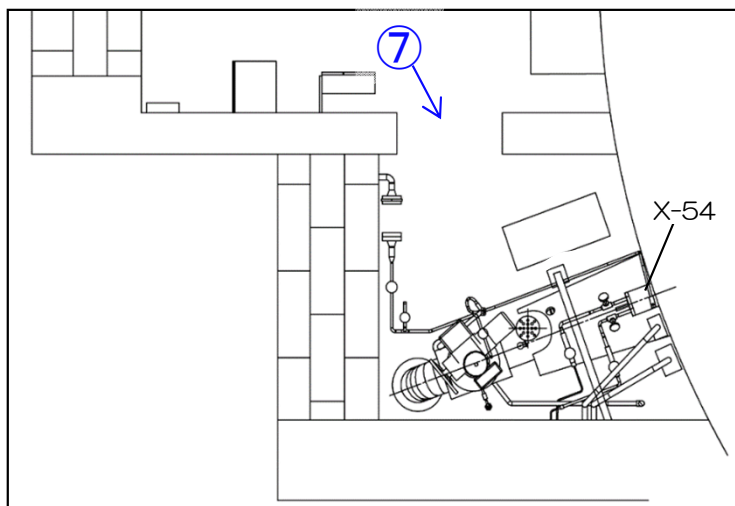


写真⑥：2013年調査時  
床ドレンファンネル状況



## 5-4. エアロック室調査結果（光学カメラ撮影③）

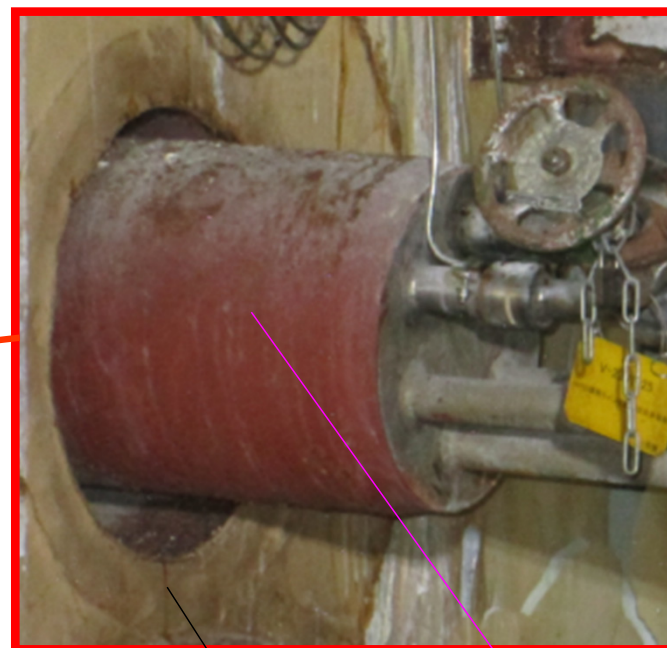
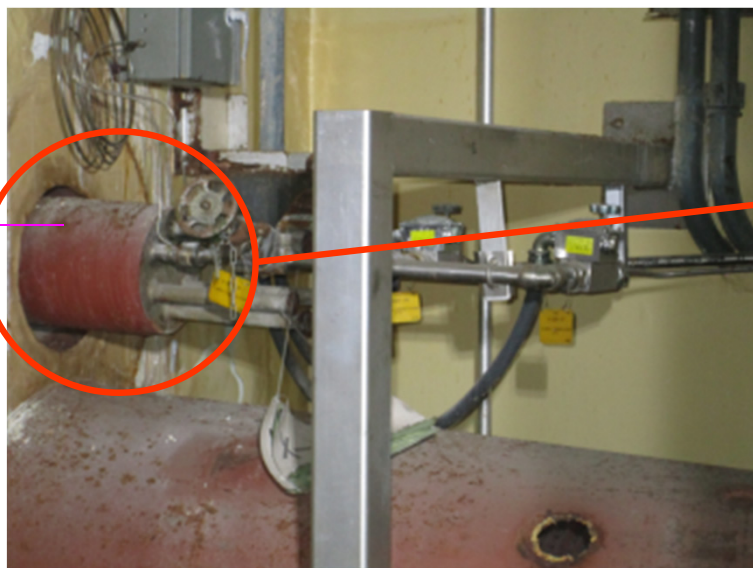
### ■ X-54（IC※・HPCI系配管破断検出計装・HPCI計装）について



- X-54ペネが生体遮へい壁を貫通している隙間より漏洩痕あり（写真⑦）。
- 当該部近傍の雰囲気線量率は、X-53ペネの付け根部分の線量率に比べると低い。

※： Isolation Condenser（非常用復水器）

写真⑦： X-54全体写真



漏えい痕

X-54

## 6. 主蒸気弁室・エアロック室調査結果のまとめと今後の対応

### 【調査結果】

#### ■ 主蒸気弁室

- 調査ができた主蒸気弁室内の東側通路は、落下物等がなく、比較的きれいな状態で、床面に近づくとつれて線量は低下する傾向であり、人がアクセス可能な見込みがあることを確認。
- HVHによる干渉によりベローズ部の汚染状況確認までは実施できず。

#### ■ エアロック室

- X-53ペネの下部が特に高線量であり、当該ペネに設置されているベローズカバー内が汚染源と推定。

### 【これまでのベローズの漏えい確認実績】

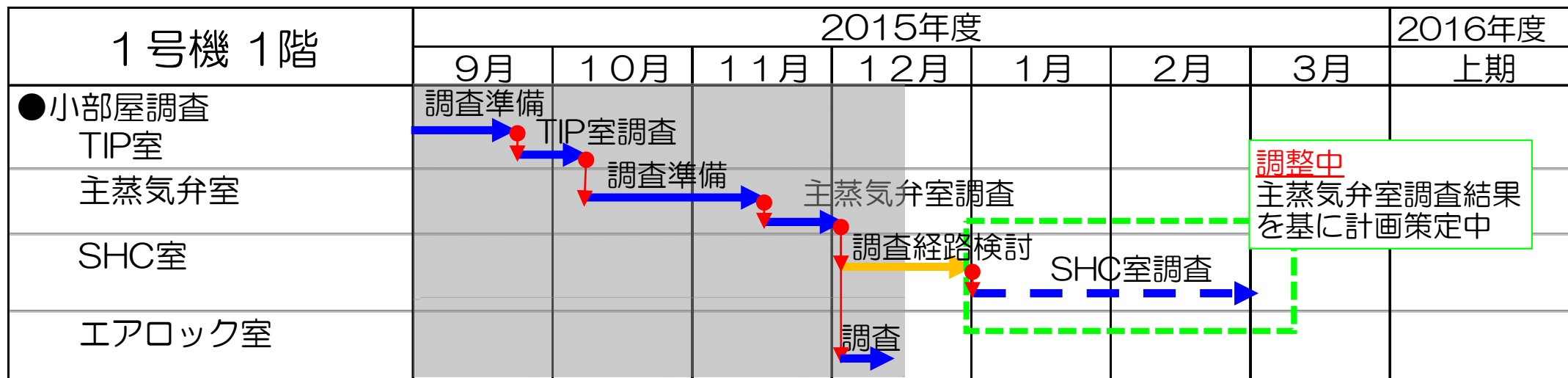
1号機：真空破壊ラインベローズ8箇所のうち1箇所で漏えい確認

3号機：主蒸気配管貫通部ベローズ4箇所、主蒸気ドレン配管貫通部ベローズ1箇所のうち、主蒸気配管貫通部ベローズ1箇所で漏えい確認

### 【今後の対応】

- 今回の調査結果から、ベローズ付貫通部は高線量で汚染されていると考え、補修工法検討に反映するとともに、主蒸気弁室のベローズ付貫通部の調査方法も合わせて検討していく。
- エアロック室内の貫通部周辺は高線量雰囲気であり、人がアクセスするのは困難な状況である。今後、この状況を踏まえた小部屋や高所部の環境改善について検討していく。
- エアロック室の床ドレンファンネル浮き上がりの原因については、今後、推定していく。

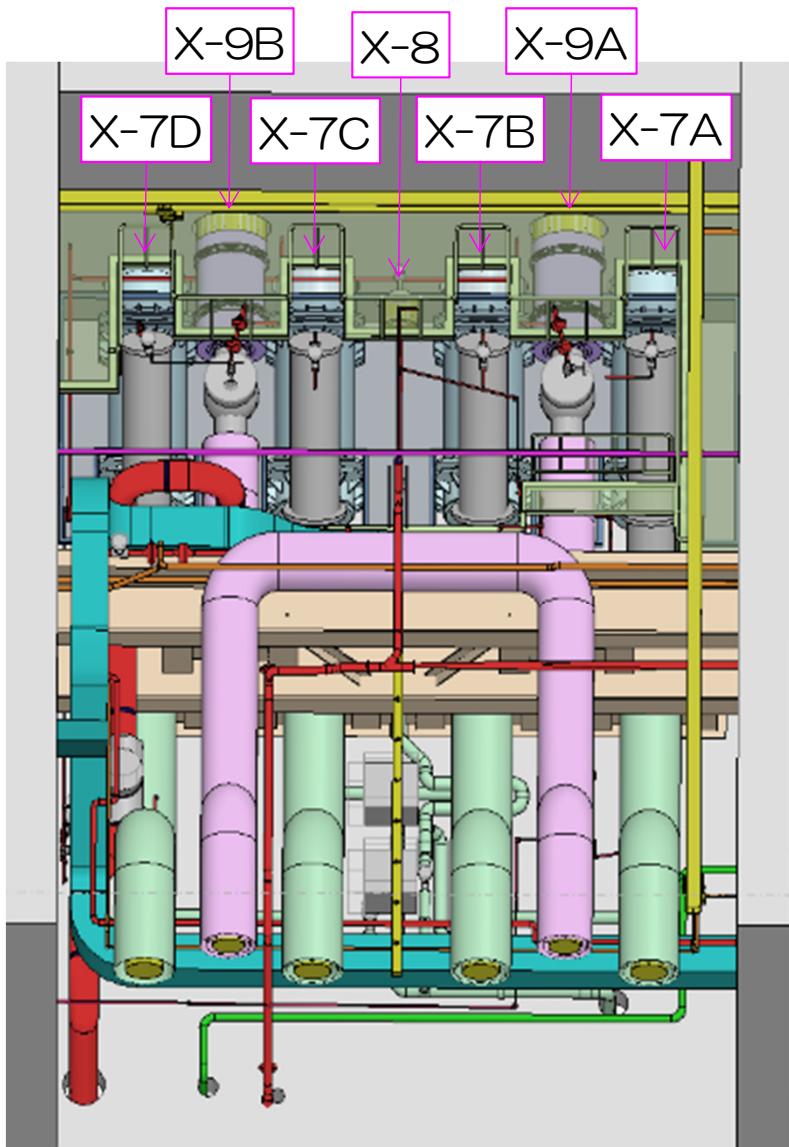
# 参考1. 小部屋調査の工程



線表凡例    →: 計画検討・装置開発    →: 現場作業    ●→: 情報・装置のイッット    実線: 実施計画    破線: 調整・検討中

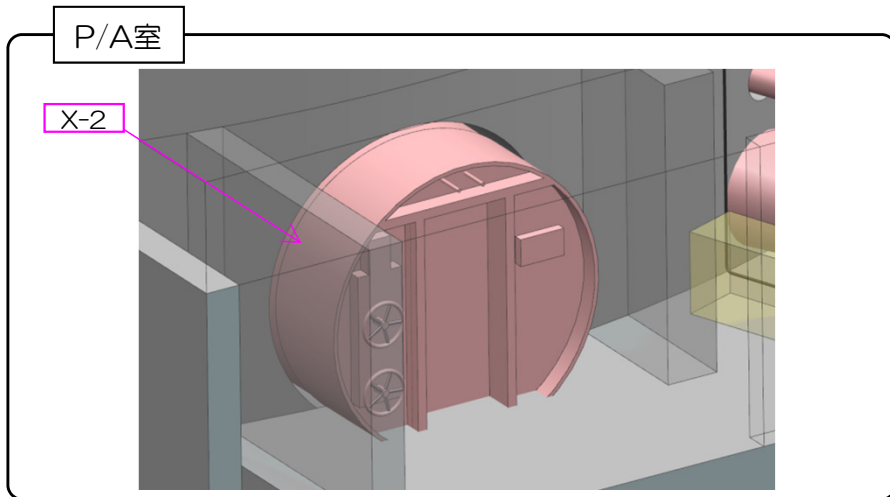


## 参考2. 主蒸気弁室内の貫通部名称と位置

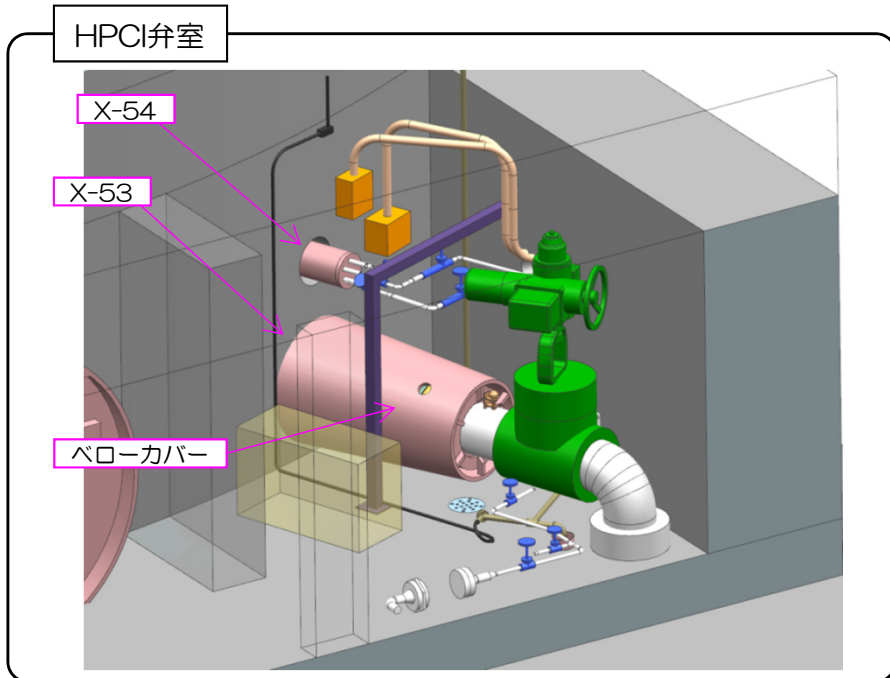


貫通部番号		名称
X-7	A~D	主蒸気系
X-8		主蒸気ドレン
X-9	A、B	主給水系

# 参考3. エアロック室内の貫通部名称と位置

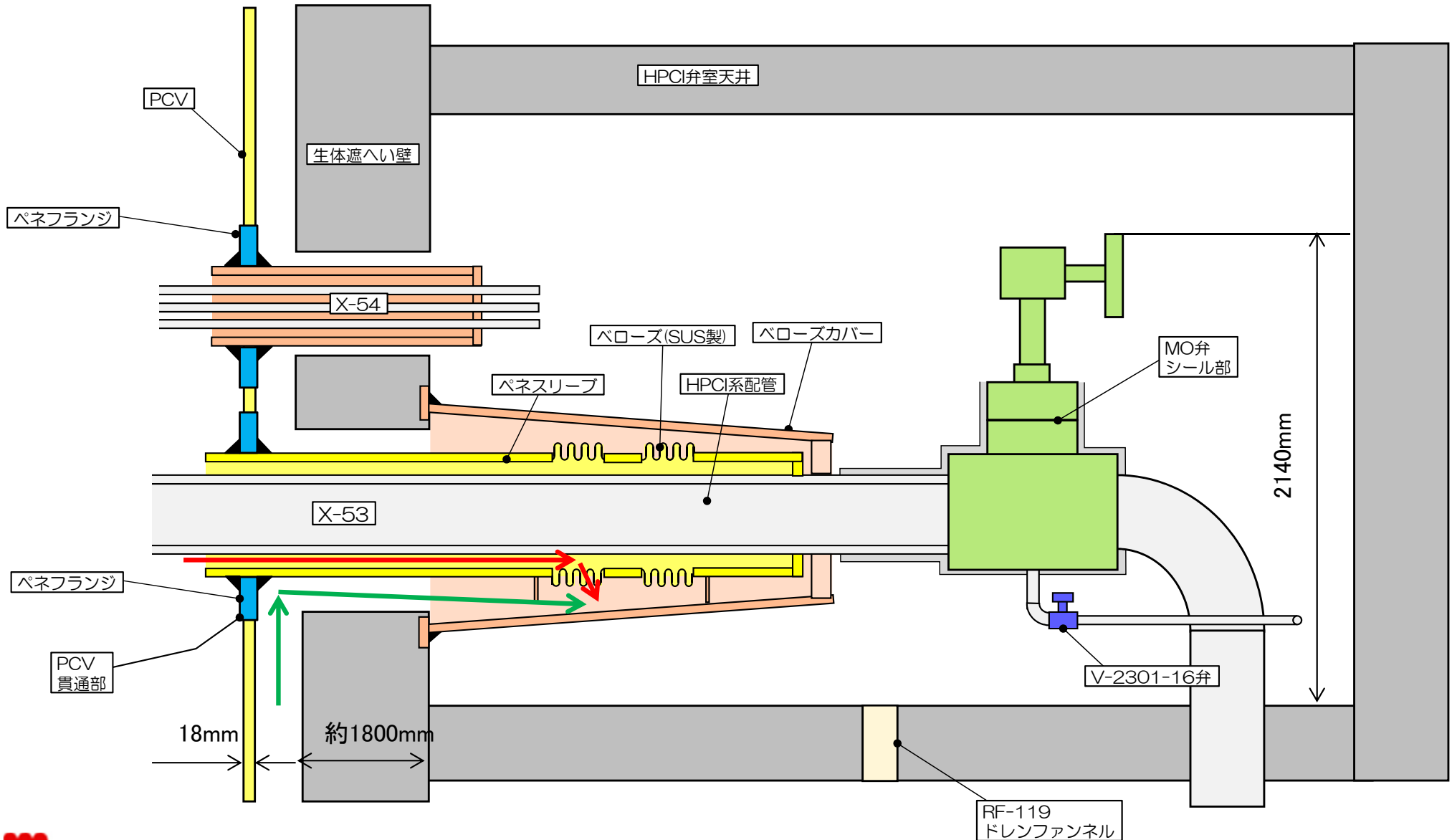


貫通部番号	名称
X-2	所員用エアロック
X-53	HPCI系(HPCIポンプ駆動タービンへの主蒸気供給ライン)
X-54	IC・HPCI系配管破断検出計装
	HPCI計装



# 参考4. X-53近傍の高線量原因想定(概略図)

- 想定経路A：ベローズ破損により、PCV内蒸気が、ベローズカバー内に充満した。
- 想定経路B：PCVシェルと生体遮へいの隙間経由でベローズカバー内に蒸気が充満。



# 2号機X-6ペネ周辺 除染実施状況について(経過報告)

2015年12月24日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# 1. X-6ペネ周辺 除染手順・手法

作業手順	手法
1. 床面溶出物除去	①溶出物掻き取り(実施済み)
	②溶出物吸引回収(実施済み)
2. 床・壁・天井・X-6ペネ表面除染 ※床からの線量寄与が大きいため、天井・床の除染効果確認は床の線量低減後に行う。	③スチーム洗浄(洗浄水にクエン酸含む)(床面実施済み)
	④化学除染(泡)(実施済み)
3. 床面除染	⑤表面研削(実施中)

①床面溶出物の掻き取り  
Warrior+スコップ



②溶出物吸引回収  
Warrior+業務用掃除機



③スチーム洗浄(イメージ)  
Warrior+業務用スチームクリーナー

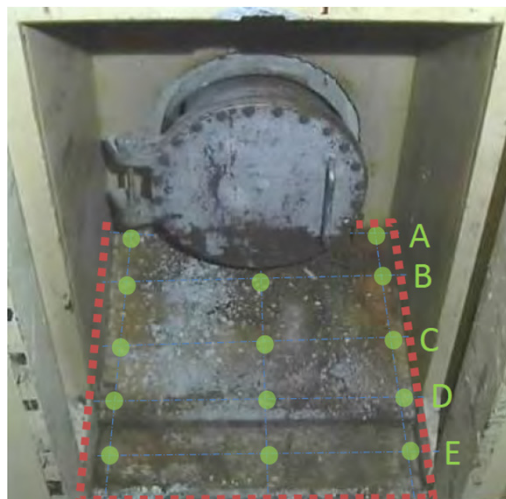


⑤表面研削  
Warrior+研削機



## 2. X-6ペネ周辺 床面線量の推移(ブロック撤去～表面研削まで)

- 溶出物除去により、左～中は線量が低減している傾向。
- スチーム洗浄後は、線量が増加している箇所と減少している箇所を確認。
- 化学除染後、全ての測定点において線量レンジ内(<12Sv/h)内に線量が減少。また、スチーム洗浄で上昇した箇所も溶出物撤去後に近い線量まで減少。
- E列以外の床面研削後、全体的に線量が増加している傾向を確認。コリメート用鉛からの制動X線の影響が考えられるため、コリメート用鉛にゴムを貼り付けてβ線を遮蔽し測定したところ、値が低下することを確認(※3)



左 中 右

● :測定ポイント

※1: ペネフランジと測定器が干渉するため測定せず

※2: ブロック撤去作業前後は未測定。除染効果確認のため追加した測定ポイント

【コリメータ付γ線量計測定結果】

[Sv/h-γ] (※3)

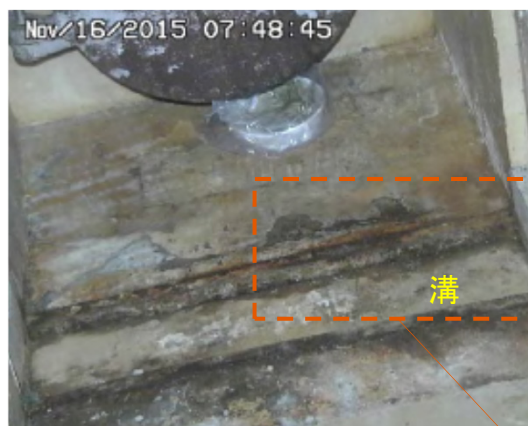
測定ポイント	ブロック撤去後	溶出物除去後	スチーム洗浄(2回)後	化学除染(7回)後	表面研削(A～D)後	表面研削(A～D)後
左	A	—※1	—※1	—※1	—※1	—※1
	B	0.8	0.2	0.4	0.2	0.3
	C	—※2	0.5	0.7	0.5	0.7
	D	7.2	1.1	2.6	1.3	1.9
	E	8.0	5.1	5.8	4.5	5.7
中	A	—※1	—※1	—※1	—※1	—※1
	B	1.0	0.4	2.8	0.4	0.8
	C	—※2	4.6	4.1	3.1	5.2
	D	>10	6.7	>10	4.2	>10
	E	9.4	6.7	7.8	5.0	6.4
右	A	—※1	—※1	—※1	—※1	—※1
	B	1.2	2.3	1.7	1.7	2.2
	C	—※2	4.6	3.3	2.9	4.4
	D	>10	>10	>10	9.8	9.5
	E	8.0	8.4	9.5	5.6	7.8

※制動X線: 荷電粒子が電場の中で急に減速されたり進路を曲げられたりした際に発生する電磁波

### 3. 「除染」 化学除染(床面) 作業結果

- 床面への化学除染(除染剤塗布⇒回収)を計7回実施。線量低減効果としては、スチーム除染後と比較すると全体的に減少している傾向を確認。
- 窪み部位、溝の鉄枠において脱色を確認しており、鉄錆び(茶褐着色)の溶解等の反応があったものと推定。

①化学除染前



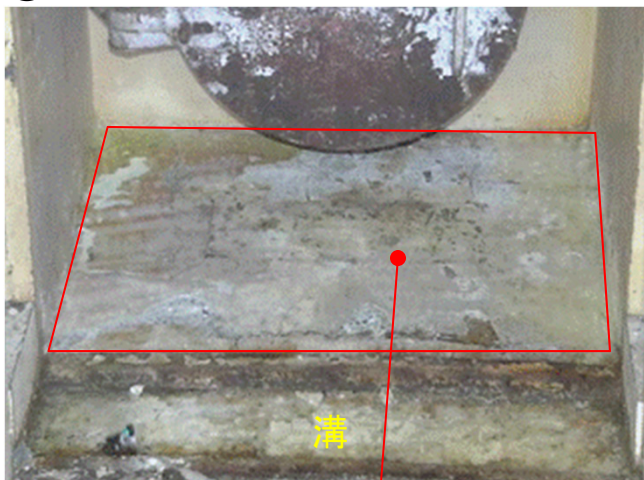
②化学除染後



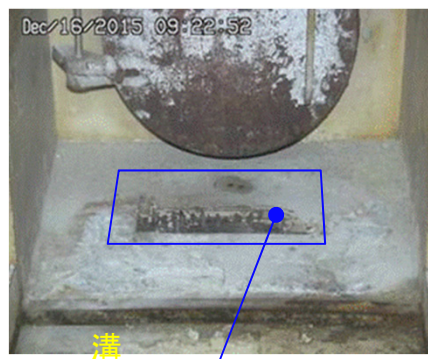
## 4. 「除染」 表面研削(床面) 作業進捗

- 溝から奥側を最大2.5mm程度(塗装面含む)の研削を実施
- 研削結果、埋設金属を確認。小型研削機を選定し研削を実施
- 溝の研削は未実施
- 現時点での研削量では、線量低減の見込み判断が困難なため作業を継続

①床面研削前



上記範囲を研削実施



※研削後、床面中央に埋設プレートを確認

②床面研削中



Warriorに小型研削機を把持させ床面を研削



## 5. X-6ペネ小部屋内の除染工程と今後の計画

- 更なる研削と溝部の研削を実施し、低減効果を確認。
- ダスト上昇により12/18から作業中断。年明けから作業再開。
- フランジ下部については、滴下水対策(止水等)の検討を実施中。

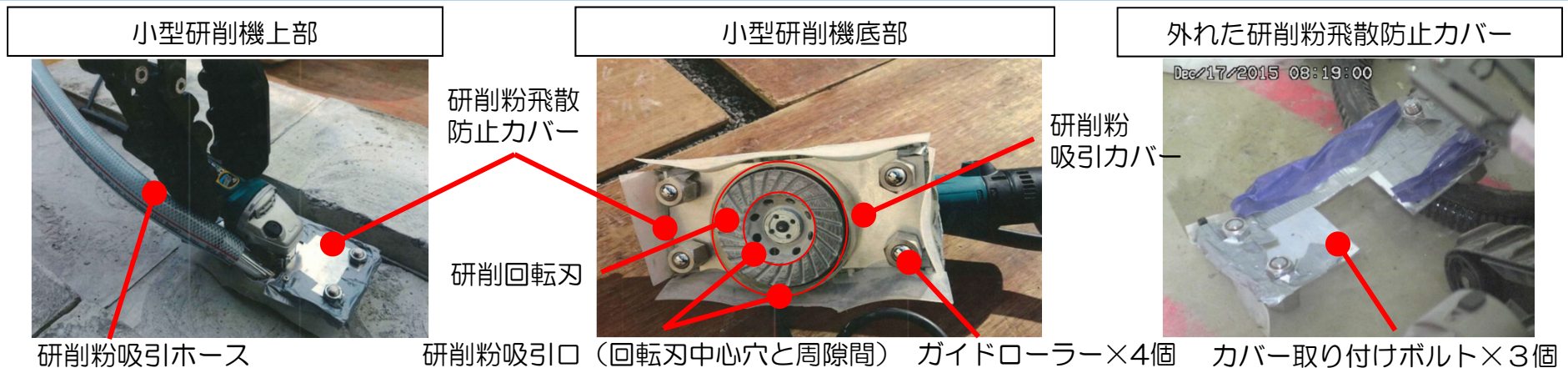
### 【X-6ペネ小部屋内除染工程及び今後の原子炉格納容器内部調査工程】

		2015年			2016年		
		10月	11月	12月	1月	2月	3月
除染	準備工事	■					
	溶出物除去(掻き取り/吸引)		■				
	床・壁・天井・X-6ペネ表面除染(スチーム/化学除染)		■	■			
	床面除染(表面研削)			■	■		
内部調査	遮へい・フランジ下部滴下水対策等				■		
	X-6穿孔				■		
	内部調査					■	■

調整中(除染の結果により変更の可能性有)

# 参考. X-6ペネ床面研削時のダスト濃度上昇について

- 事象:平成27年12月17日に2号機原子炉建屋排気設備入口ダスト濃度で約 $10E-3Bq/cm^3$ まで上昇を確認。  
※構内及びモニタリングポストのダストモニタ指示値を確認した結果、周辺環境への影響は無かったと判断
- 原因:X-6ペネ床面研削時、研削粉飛散防止カバーの外れ、及び、研削粉吸引機の不調が発生し、1階北西エリアに高濃度のダストが発生したことが原因

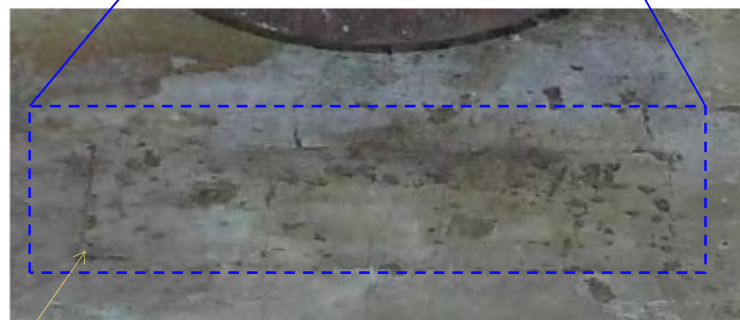


- 再発防止追加対策
  - 研削粉飛散防止カバーの外れ
    - ✓ 研削1バッチ毎にカバー取り付けボルトの緩み、ガタツキ等の目視確認(カメラ確認)を実施
    - ✓ 取り付けボルトが緩んでもカバーが外れない補強(インシュロック等による追加結束)を実施
  - 研削粉吸引機の不調
    - ✓ 小部屋に吸引機を追加設置し、2重の吸引対策を実施
    - ✓ 集塵機の吸引性能低下防止として、1作業毎に「塵落とし機能」を作動しフィルタ目詰まりを解消。また、線量上昇に関わらず、定期的に交換を実施。
  - ダストモニタリング
    - ✓ 1階屋内のダストモニタリングを30分毎に実施しダスト濃度を確認。ダスト濃度の管理値を定め作業継続可否を判断(※1階屋外は1時間毎に確認)

## 参考. X-6ペネ下部の埋設金属の確認

- 化学除染の効果により、床面に付着していた茶褐色が脱色され視認性が向上したことにより、X-6ペネ下部に四角い筋を確認。
- 調査の結果、550mm×200mm×t30mmの金属が埋設されていることを確認。
- 今後、表層を研削し金属の埋設状況を確認。研削手順・手法に反映。

化学除染後

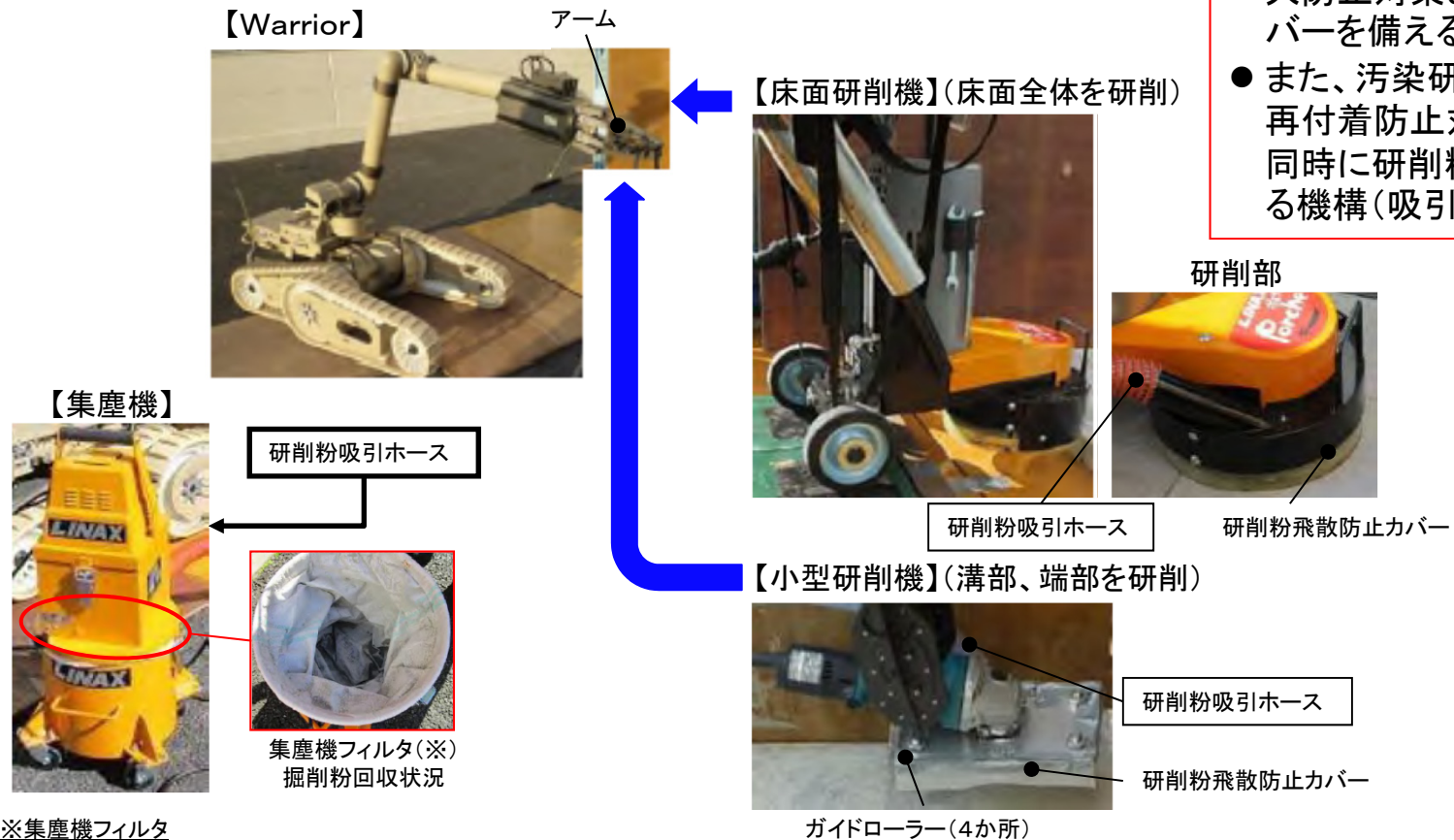


四角い筋を確認

# 参考.「除染」 表面研削(床面) 作業概要

- 研削機をWarriorアームに把持させ表面研削を実施。
- 研削深さは、内部調査用隔離機構設置に影響がない約5mmを目安とするが、線量低減効果により、更なる研削(※)、または、化学除染を検討。  
(※:隔離機構設置への対応を検討中)

## 使用ツールと構成



- 汚染研削粉の飛散による汚染拡大防止対策として、飛散防止カバーを備える
- また、汚染研削粉の研削面への再付着防止対策として、研削と同時に研削粉を吸引・回収できる機構(吸引ホース)を備える

※集塵機フィルタ

「粒径 $2\mu\text{m}$ に対して捕集率99%以上の捕集率」

# 3号機 原子炉建屋内1階 汚染状況と今後の作業について

2015年12月24日

東京電力株式会社



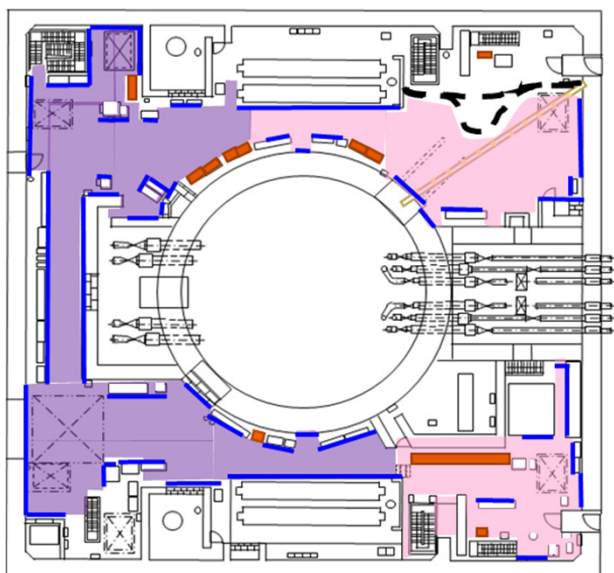
東京電力

---

# 1. 除染実施範囲と空間線量率

- 床面の瓦礫撤去、粉じん吸引、散水ブラシ除染を実施（床面積の約70%を実施）
- 高さ4mまでの壁面・機器等の散水除染を実施（対象面の約15～40%を実施）

除染作業実施範囲図



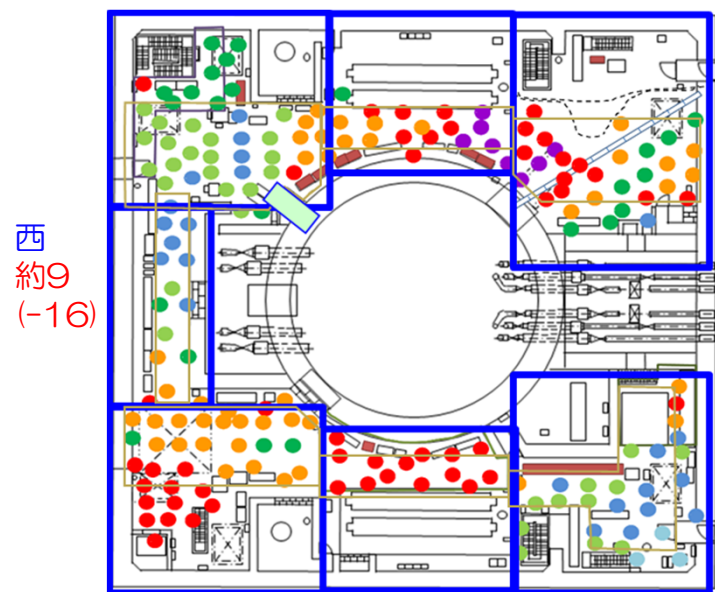
※白抜箇所、及び、高さ4m以上の範囲は、除染未実施

除染作業実施範囲凡例

- ：床面に対し、がれき撤去・粉じん吸引・散水ブラシ除染を実施
- ：床面に対し、散水ブラシ除染を実施
- ：壁面・機器表面に対し散水除染を実施
- ：PCV監視・冷却関係設備(除染装置・水が触れないように作業を実施)

空間線量率（2015年7月）

北西約10(-6) 北約36(-8) 北東約28(-21)

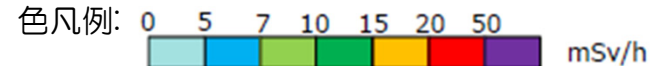


西  
約9  
(-16)

南西約19(-12) 南約36(-11) 南東約7(-2)

線量マップ凡例

- ：エリア区分
- 赤字：平均空間線量率（除染前からの低減値）  
[mSv/h]
- ：線量率測定ポイント



## 2. 未除染箇所からの線量寄与／寄与割合の評価

- 高さ8mまでの未除染箇所からの線量寄与／寄与割合を評価

線量寄与 (mSv/h) / 寄与割合 (%)

空間 高さ	対応線源	北東	北	北西	西	南西	南	南東
0～4m	①床面の 未除染範囲	13.1/46.8	6.1/17.0	0.8/8.0	1.9/21.1	4.6/24.2	6.6/18.3	1.2/17.1
	②壁・機器の 未除染範囲	0/0	6.3/17.5	2.1/21	1.2/13.3	1.1/5.8	8.6/23.9	1.1/15.7
	③床面・壁・機器の 固着/内部汚染	10.5/37.5	4.8/13.3	2.1/21	5.0/55.6	4.1/21.6	1.9/5.3	0/0
4～8m	④未除染範囲	4.4/15.7	18.8/52.2	5.0/50	0.9/10.0	9.2/48.4	18.9/52.5	4.7/67.2
現状の平均空間線量率		28/100	36/100	10/100	9/100	19/100	36/100	7/100

### 【評価から判ったこと】

- 床面の未除染範囲の線量寄与が大きい
- 高さ4mまでの固着／内部汚染の線量寄与が大きい
- 高さ4～8mまでの未除染範囲の線量寄与が大きい

### 3. 原子炉建屋内除染で使用した遠隔装置の除染効果実績

対象		工法	機器名称	除染効果	
高さ[m]	汚染形態			DF <sup>(※1)</sup>	DRRF <sup>(※2)</sup>
0	遊離性 (がれき・粉塵)	ガレキ回収	小瓦礫回収装置	データなし	1.2~1.5
	遊離性	吸引	低所用吸引・ブラスト除染装置 (IRID)	6~17	1~1.3
	遊離性	水+ブラシ	ラクーン(床面ブラシ)	3~14	1.1~1.2
0~2	遊離性	吸引	低所用吸引・ブラスト除染装置 (IRID)	6~17	1~1.3
	固着性	ドライアイスブラスト	低所用ドライアイスブラスト除染 装置(IRID)	2.3(床)	データなし
				1.3 <sup>(※3)</sup> (機器表面)	データなし
	固着性	高圧水	低所用高圧水除染装置(IRID)	12 <sup>(※3)</sup> (床)	データなし
固着性/浸透性	スチールブラスト	低所用吸引・ブラスト除染装置 (IRID)	6~17 <sup>(※3)</sup> (床)	データなし	
~4	遊離性	散水	ラクーン(中所以下散水)	データなし	1.2~1.4
	遊離性	吸引・ふき取り	中所除染装置(リバイ)	1~2.5	1.1~1.2

※1: Decontamination Factor (除染係数)の略 DF=(除染前表面汚染密度)/(除染の表面汚染密度)

※2: Dose Rate Reduction Factor(線量率減少係数)の略 DRRF=(除染前空間線量率)/(除染後空間線量率)

※3: 国プロ装置実証試験の結果による値



## 4. 未除染箇所を除染した場合の効果推定

	DF	平均空間線量率 (mSv/h)						
		北東	北	北西	西	南西	南	南東
現状 (2015年7月)	—	28	36	10	9	19	36	7
作業毎の低減効果								
狭隘部瓦礫回収	2	21.4	33	9.58	8.06	16.7	32.7	6.38
高所除染装置 (IRID)	2	20.9	21.4	4.4	5.3	12.9	19.6	4.7
組合せ作業による低減効果								
狭隘部瓦礫回収 + 高所除染装置 (IRID)	2	14.3	18.4	4.0	4.4	10.6	16.3	4.1
	2							

- 高所除染装置 (IRID) は、低所用ドライアイスブラスト除染装置 (IRID) の実績からDFを設定
- 狭隘部瓦礫回収は、対象物の線量率でDFが変動するため、DF 2 を設定
- ドライアイスブラストの除染能力 (DF 5) が達成された場合、組合せ線量より更なる低減が見込まれる

## 5. 線量低減工程

- 高所除染装置(IRID) (ドライアイスブラスト除染装置) の除染能力が要求性能 (DF5) を達成できるかを現場実証により確認。使用の継続については、結果をもって判断する。
- 狭隘部瓦礫撤去及び未除染箇所の除染については、高所除染と作業調整の上、1月中旬から作業を開始する。

3号機	2015年度				2016年度	
	12月	1月	2月	3月	上期	下期
線量低減	高所除染装置(IRID) (ドライアイスブラスト除染装置) 性能確認 (国プロ装置) 12/23~					
	狭隘部瓦礫撤去、除染					

# 小型調査装置（ロボット）を用いた 3号機 P C V※機器ハッチ調査の結果について

2015年12月24日

東京電力株式会社

# 1. 調査の概要

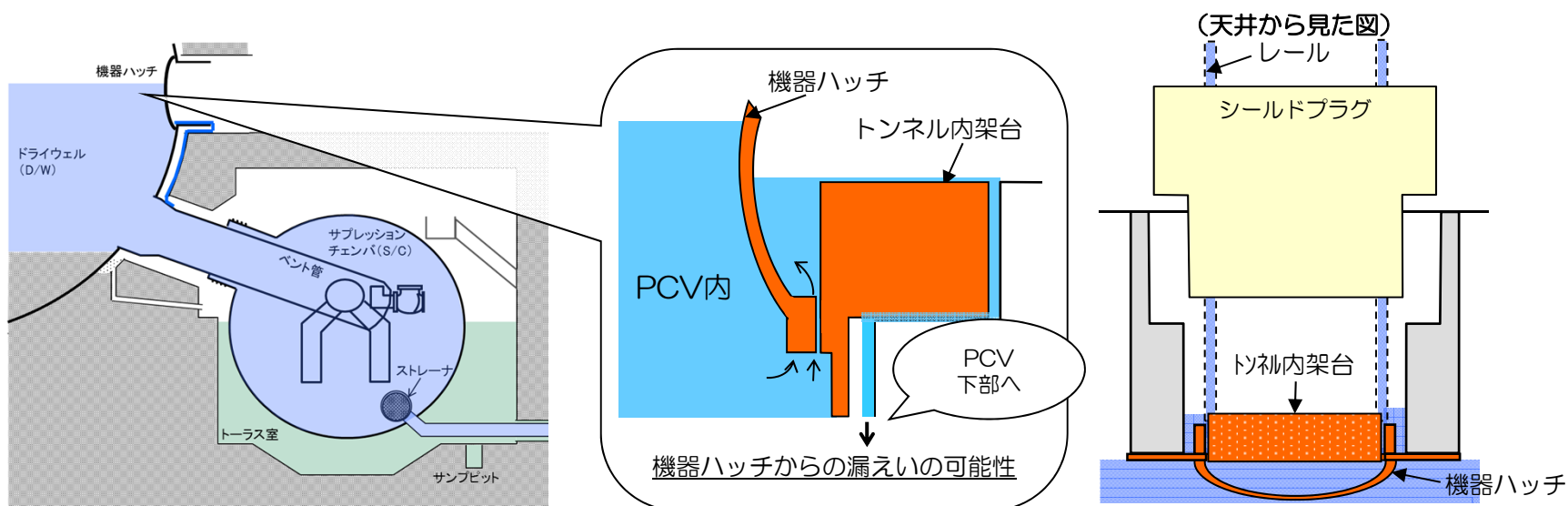
## ■背景

3号機PCV機器ハッチ（原子炉建屋1FL北東側）

- 2011年にシールドプラグの移動用レールの溝のウエスによるふき取りにて水溜りを確認。また、レール表面近傍において約1,300mSv/hを確認。  
→当該機器ハッチシール部からの漏えいの可能性がある。
- 本年9月9日にシールドプラグ開口部から小型カメラ調査装置を挿入して機器ハッチの調査を行った。→機器ハッチの変形や漏えいは確認されなかった。

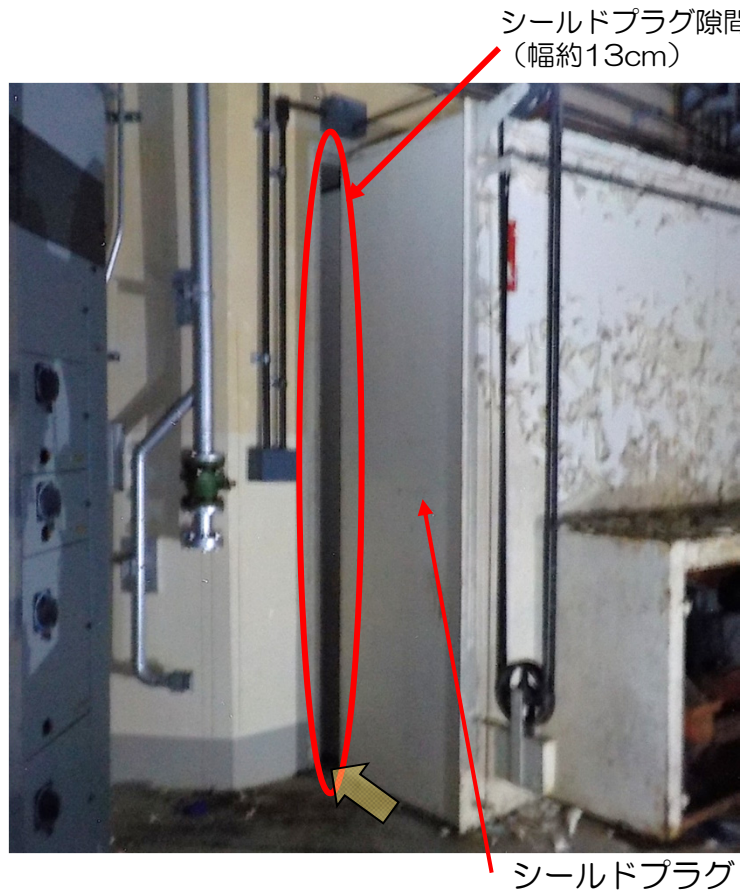
## ■今回の調査目的

- 小型調査装置を用いて**機器ハッチにより接近してシール部等の状況を確認**する。



## 2. 調査実施概要

- ◆ シールドプラグの隙間から小型調査装置を遠隔操作にて自走させ、PCV機器ハッチに接近し、**機器ハッチシール部近傍等の状況を確認**する。(11月26日)
- ◆ シールドプラグの隙間から**ホットスポット線量計を挿入し、数箇所について床面近傍の線量を測定**する。(11月27日)



### 3. 調査結果（小型調査装置）

◆ PCV機器ハッチシール部のPCV内水位付近から下に向かって錆等の汚れが確認された。（天井側シール面は汚れなし）

11月26日撮影画像

ハッチ左側シール部：PCV内水位付近から下に向かって錆等の汚れあり



天井側シール部汚れなし



ハッチ右側シール部：PCV内水位付近から下に向かって錆等の汚れあり



機器ハッチ⇔架台間隙間(左)



※写真は5号機



機器ハッチ⇔架台間隙間(右)

### 3. 調査結果（小型調査装置）

- ◆ 雨水と思われる水の滴下を確認した。（撮影時降雨あり）
- ◆ 9月9日（天候：雨）の調査にて確認されたシールドプラグ移動用レール溝の水溜りはなく、乾燥していた。

11月26日撮影画像

俯瞰カメラ画像



約1時間後

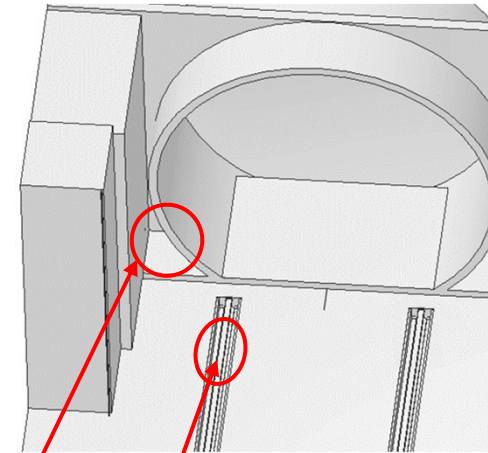


濡れ箇所（色の濃い部分）広がりあり

雨水と思われる水が滴下している



床面錆が積もっており、一部濡れあり（色の濃い部分）



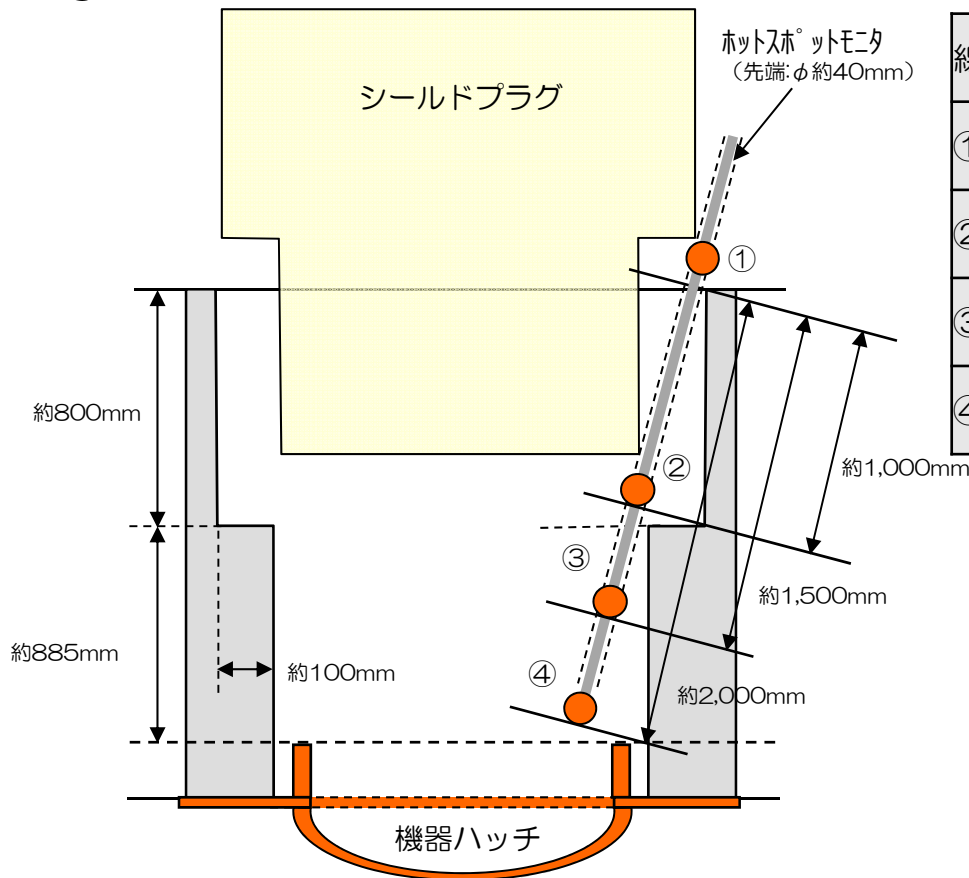
レール溝水溜りなし（ハッチ側から撮影）



### 3. 調査結果（線量測定）

◆ シールドプラグの隙間からホットスポット線量計を挿入し、数箇所について床面近傍の線量測定を実施した。最大約1,220mSv/hであった。（④床面）

●：線量測定箇所



単位：mSv/h

線量測定ポイント	床上1m	床面
①隙間入口部	12	24
②隙間入口部より1,000mm奥	160	260
③隙間入口部より1,500mm奥	200	500
④隙間入口部より2,000mm奥	270	1,220

測定日：11月27日

（参考）2011年にシールドプラグ外側レール部にて雰囲気線量最大約1,300mSv/hが確認されている。



## 4. まとめ

- ◆PCV機器ハッチシール部のPCV内水位付近から下に向かって錆等の汚れが確認された（天井側シール面は汚れなし）ことから、**にじみ程度の漏えいの可能性が考えられる。**



**機器ハッチと同様のシール構造の補修対象となるPCV貫通部は10箇所※（3号機の例、当該機器ハッチを含む）あり、今回得られた情報も加えて、PCVの調査および補修方法について検討していく。**





※ 機器ハッチ（2箇所）、パーソナルエアロック、CRDハッチ、閉止フランジ6箇所（TIP室：5箇所、R/B北側：1箇所）

- ◆シールドプラグ内床面に一部濡れた箇所があり時間経過に伴い広がりがあった。また、**雨水と思われる水が滴下しているのを確認した（撮影時降雨あり）。**



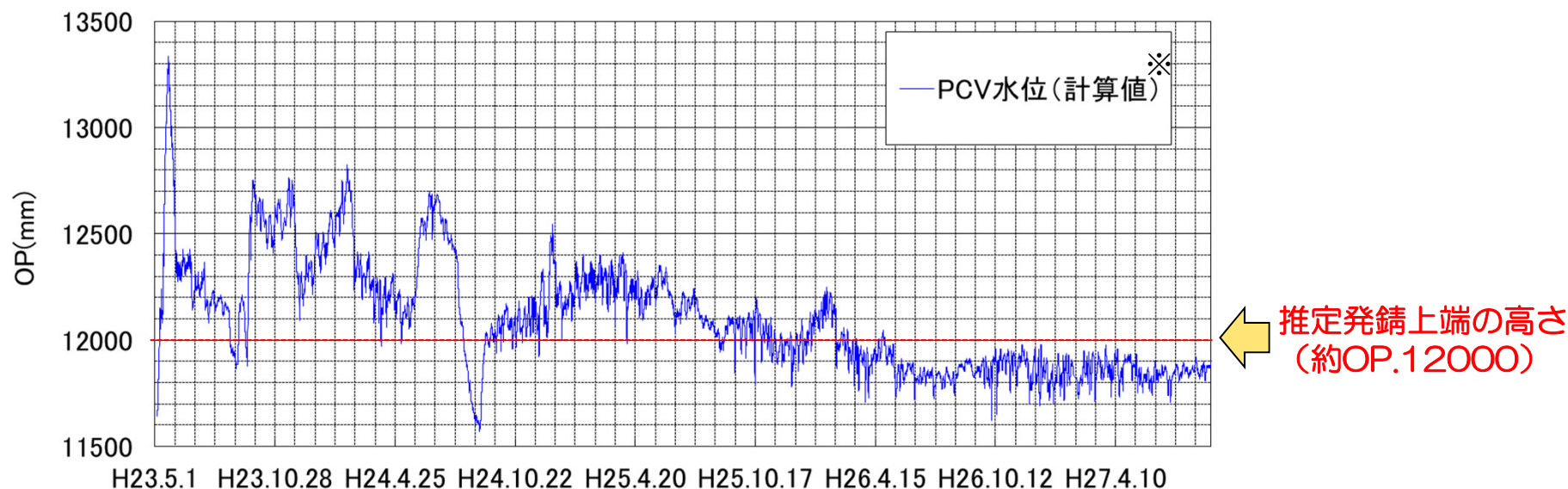
今後、**雨水の進入経路についての確認方法を検討していく。**

# <参考>スケジュール（実績）

	2015年度		
	9月	10月	11月
3号機 PCV機器ハッチ調査	9/9  小型カメラ調査	 装置改良・検討	11/18~19  5u モックアップ  11/26~27  装置での調査

## <参考> 機器ハッチシール部発錆高さ と D/W内滞留水水位 との関係

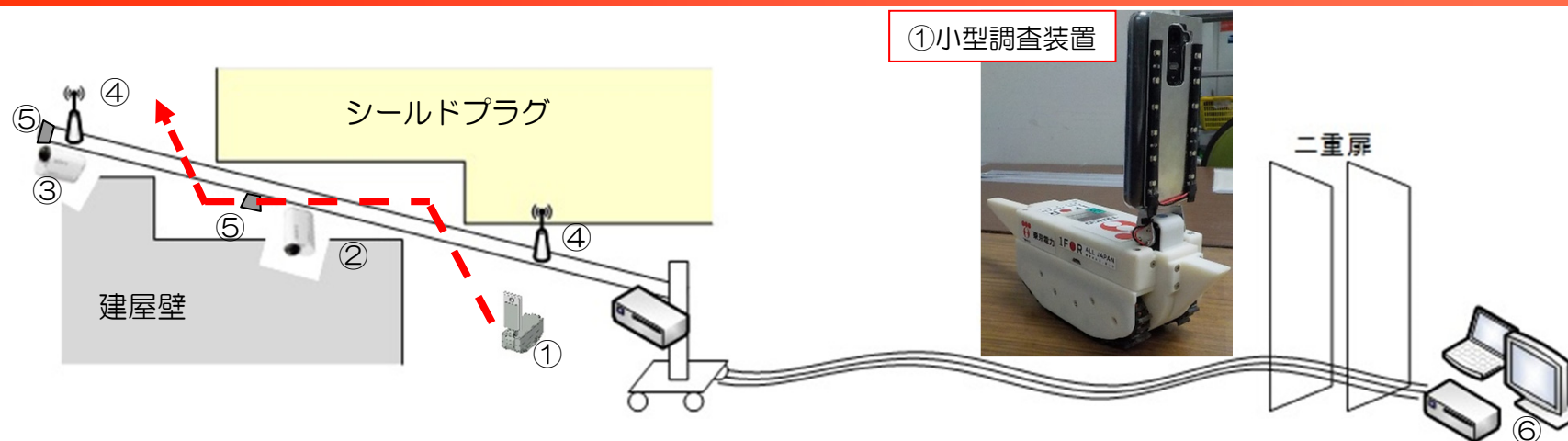
今回の調査では明確な漏えいは確認していないが、D/W内滞留水水位は、概ねOP.12000前後で推移しており、**推定発錆上端高さ**とほぼ一致することから、機器ハッチはにじみ程度の漏えいの可能性が考えられる。



### PCV (D/W) 内滞留水水位の推移

※ S/C圧力とD/W圧力の差圧からの換算値  
(大気圧変動の影響により、指示値が変動する場合があります)

## <参考>調査装置の概要

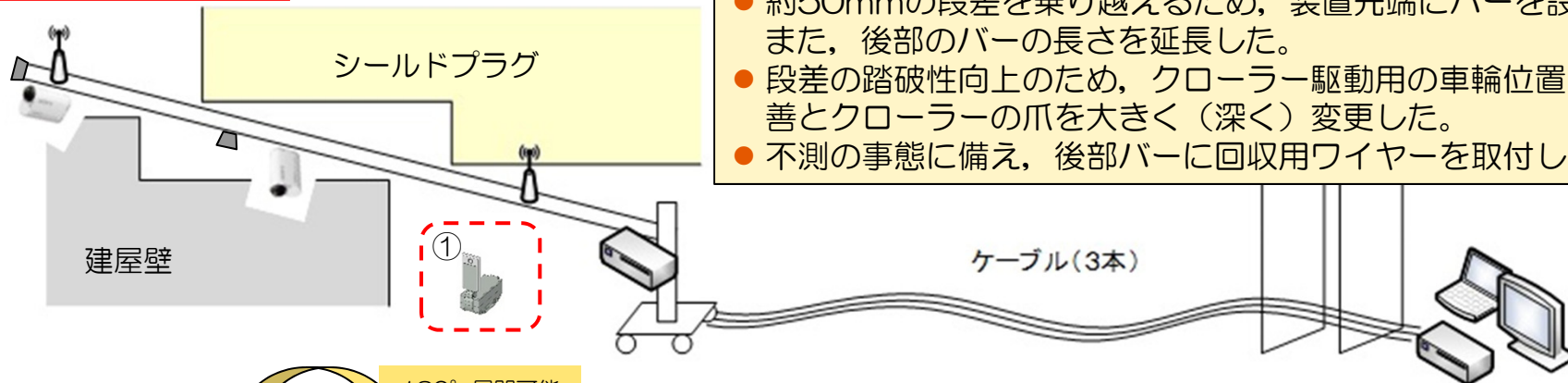


◆ シールドプラグの隙間に俯瞰カメラ装置を挿入し、小型調査装置をシールドプラグ隙間開口部に配置し、本部にて小型調査装置を操縦して調査を実施した。

- ①小型調査装置：遠隔無線操縦の自走式ロボット。スマートフォンを搭載し、映像(画像)を取得。取得した情報は通信装置を介し、本部の⑥PCに表示・保存。
- ②俯瞰カメラA：シールドプラグの隙間を小型調査装置が通過する時に監視。
- ③俯瞰カメラB：シールドプラグの内側に入った小型調査装置の走行状態を監視。
- ④通信アンテナ：小型調査装置の無線操縦するためのアンテナ。
- ⑤LED照明：シールドブロック内側や隙間を小型調査装置が走行する際の視野確保用の照明。
- ⑥装置制御PC：小型調査装置を無線操縦して調査を行うためのPC。機器ハッチから離れた原子炉建屋外の低線量エリア（タービン建屋2階空調機械室）に設置。

# <参考>小型調査装置の概要

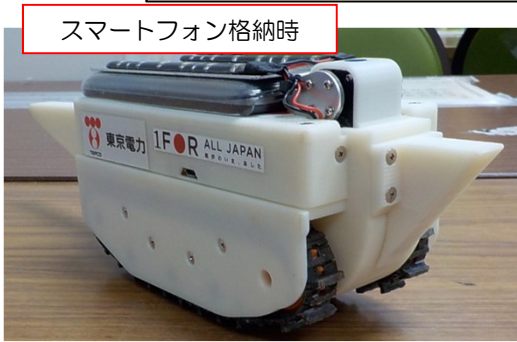
## 小型調査装置



- 【2015.9.9 小型カメラ調査からの改善点】
- 約50mmの段差を乗り越えるため、装置先端にバーを設置。また、後部のバーの長さを延長した。
  - 段差の踏破性向上のため、クローラー駆動用の車輪位置の改善とクローラーの爪を大きく（深く）変更した。
  - 不測の事態に備え、後部バーに回収用ワイヤーを取付した。



- ◆ 装置筐体は3Dプリンターを用いて製作
- ◆ 小型調査装置はスマートフォンを用いて、カメラの映像を取得し、無線通信で外部のPCに転送することが可能
- ◆ スマートフォンは前後180°に展開でき、天井・床を確認する
- ◆ クローラ部は50mmの段差を乗り越え可能



# <参考>小型調査装置開発のふり返し

- ◆ 俯瞰カメラで小型調査装置の動作を監視しながら操作を行うことにより、確実に装置を調査対象に接近させて調査を行うことができた。
- ◆ 事前に小型カメラによる調査を行ったことにより、シールドプラグ内部の情報を装置に反映することができた。

改善点	結果	参考写真
<p>○段差の踏破性向上</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・転倒防止前後バーの改良 装置先端バー設置及び後部のバーの長さを延長</li> <li>・クローラー駆動用の車輪位置の改善とクローラーの爪を大きく（深く）変更</li> </ul>	<p>架台段差の乗り越え、機器ハッチにより接近することに成功した。</p> 	
<p>○転倒時回収・装置姿勢復帰</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・後部バーに回収用ワイヤーを<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">取付</span></li> </ul>	<p>錆積もりに乗り上げ1回、横転した際に回収用ワイヤーを引張り、装置姿勢の復帰・調査継続できた。</p> 	 <p>※5号機モックアップ時写真</p>

IRID

 **MITSUBISHI**  
HEAVY INDUSTRIES, LTD.

HITACHI



**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>



## 「福島第一原子力発電所 上部階除染装置」の開発

\* 当装置の開発は、「平成25年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金（原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発）」を活用しています。

2015年12月16日

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)

三菱重工業(株)

(株)東芝

日立GEニュークリア・エナジー(株)

東京電力(株)

# 目次

1. 除染装置開発の課題と目的
2. 除染装置の開発方針
3. 上部階除染装置の概要
4. 共用台車の概要
5. 除染ユニットの概要
6. 実証試験の概要
7. 開発の概要と今後の予定
8. 本日のデモ実演内容



# 1. 除染装置開発の課題と目的

## 除染技術開発の課題

漏えい箇所調査、補修等の各種作業を円滑に進めるためには、**作業場所の環境改善**が必要

### 課題

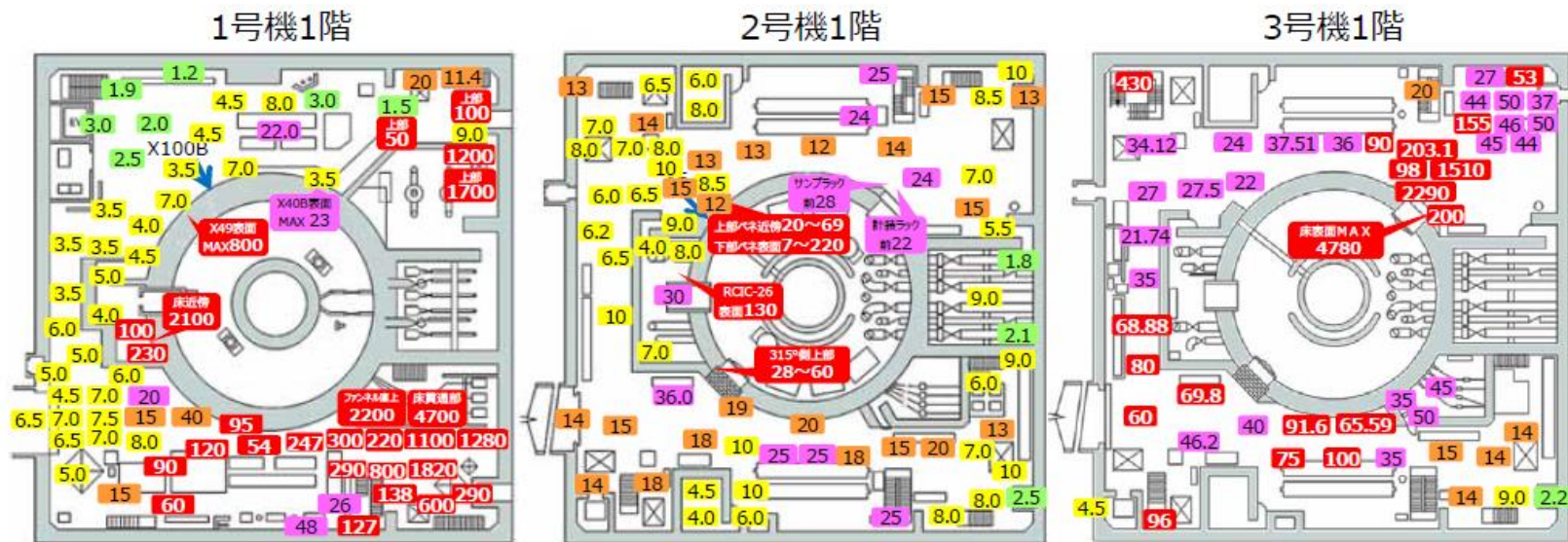
- 高線量エリアでの作業
- 多様な汚染形態／多様な作業場所への対応要

### ＜環境改善目標＞

作業エリア: 3 mSv/h以下  
 アクセスルート: 5 mSv/h以下  
 (従事者の線量限度: 1年間で50mSv、5年間で100mSv)

- ⇒ 遠隔技術の確立
- ⇒ 対象部位ごとの仕様検討・開発

## 1～3号機の線量状況



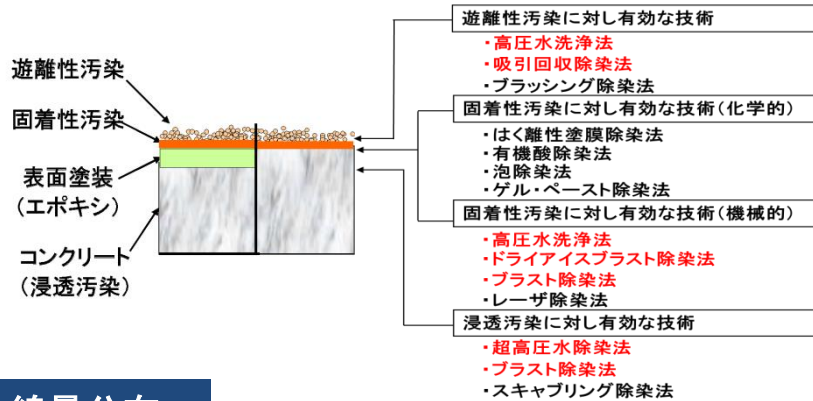
3mSv/h 以下    3mSv/h ~10mSv/h    10mSv/h ~20mSv/h    20mSv/h ~50mSv/h    50mSv/h 以上

「建屋内の空間線量率について」  
 東京電力 H25.3.22  
 を参考に作成

## 2. 除染装置の開発方針

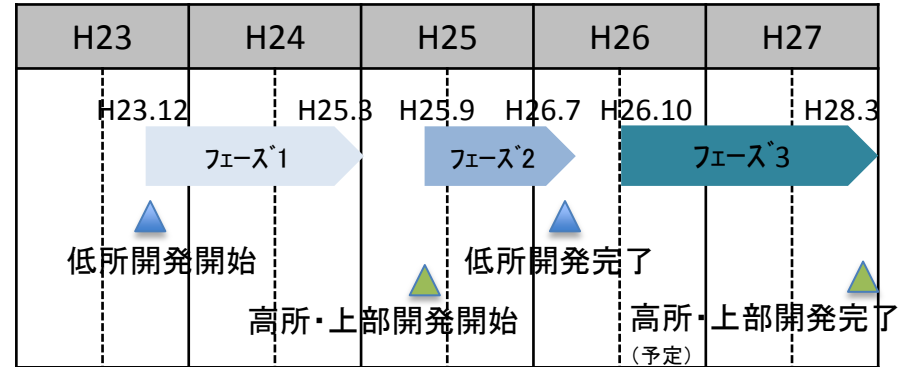
### 汚染形態

- ◆ 原子炉建屋の汚染形態は、**遊離性**、**固着性**、**浸透性**の3形態
- ◆ 除染装置は**組合せで全ての汚染に対応できる**ように4技術を選定
  - ・遊離性汚染: 吸引、高圧水
  - ・固着性汚染: ドライアイスブラスト、ブラスト、高圧水
  - ・浸透性汚染: ブラスト、高圧水



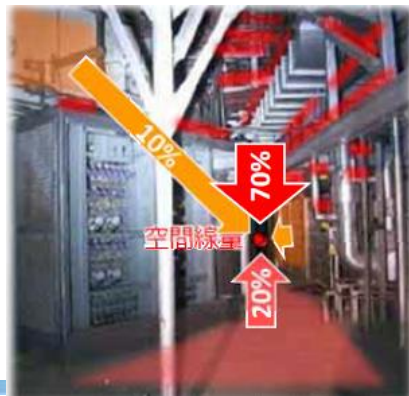
### 除染装置の開発方針

除染対象(低所、高所、上部階)、汚染形態(遊離性・固着性・浸透性)等に応じた最適な除染方法を検討し技術開発を行う。



### 線量分布

床面、壁面、ダクトや配管などの天井面の線源から構成



### 低所(床、下部壁面)用



吸引・ブラスト



高圧水ジェット



ドライアイスブラスト

### 高所用



高圧水ジェット



ドライアイスブラスト



吸引・ブラスト

### 上部階用



100m

40m

20m

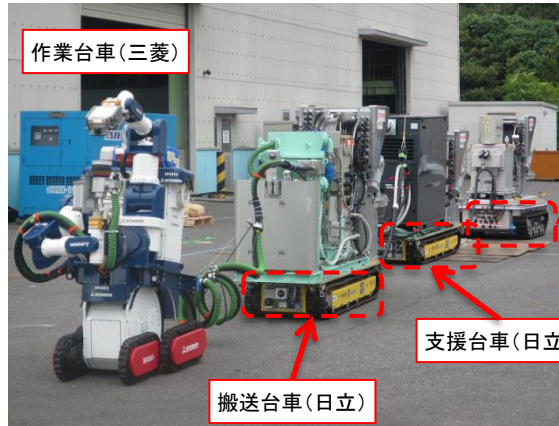
作業台車

# 3. 上部階用除染装置の概要

## 上部階除染装置

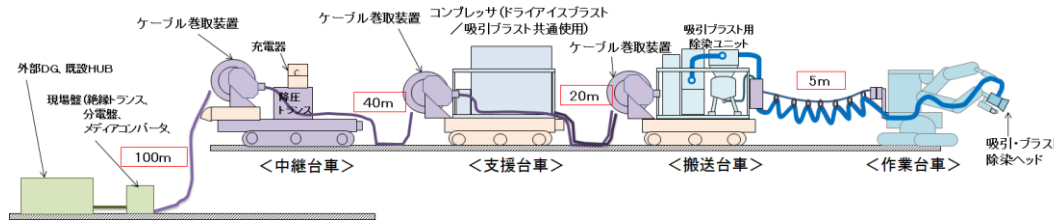
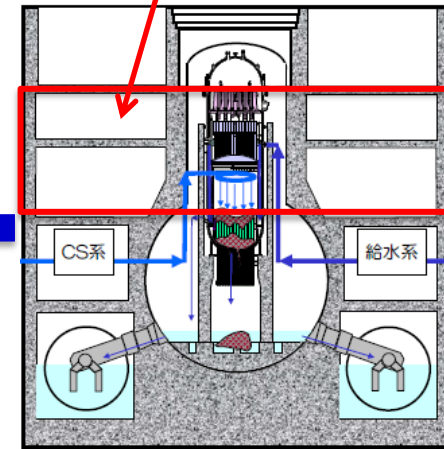
除染対象	2・3階の床面及び壁面(高さ約2m)
除染方式	吸引、ブラスト、ドライアイスブラスト、 高圧水ジェットの4技術*
上部階アクセス方法	昇降リフト(実機で手配)で機器搬入口より進入
非常時装備	非常用電源および通信装備

\* 台車は**共用化**を図りメーカーで分担開発。適用する除染方式に応じて除染ユニットを交換する

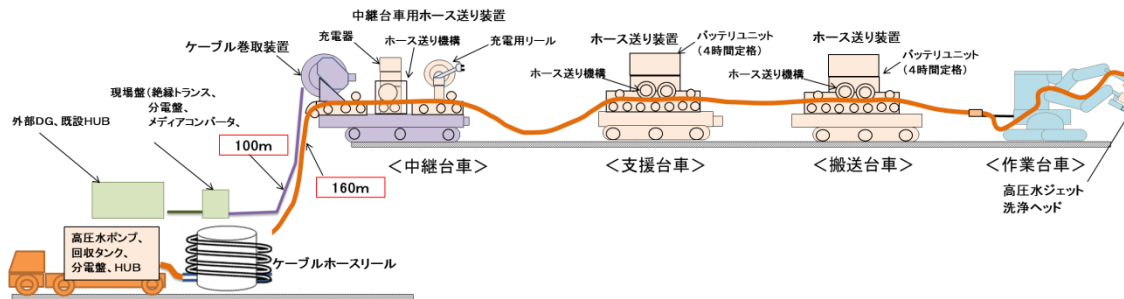


吸引・ブラストユニットを搭載した装置

2・3階で作業(PCV調査・補修等)を円滑に行うため、アクセスエリアの線量低減が重要



吸引、ブラスト、ドライアイスブラストのシステム概念図



高圧水ジェットのシステム概念図

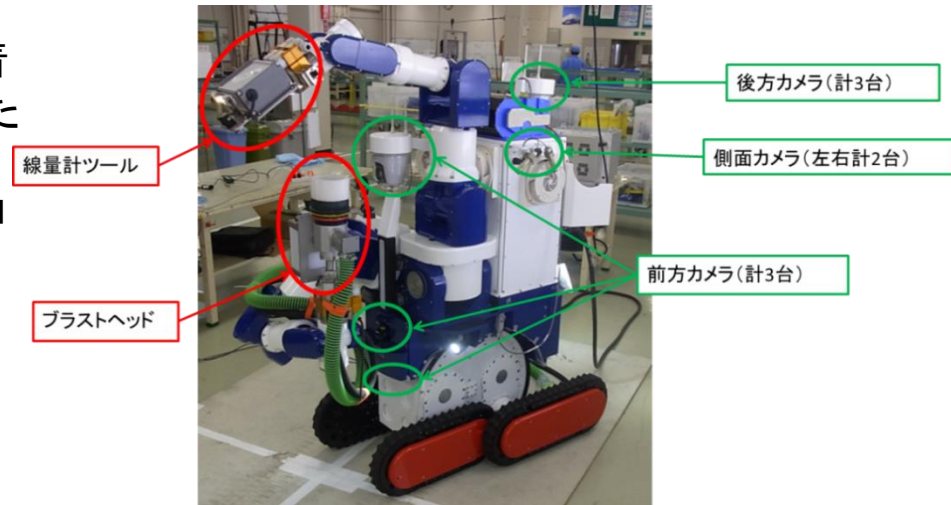
### <開発課題>

- ①昇降リフト外に搭載可能な寸法・質量とする必要あり  
⇒ **台車・除染ユニットの小型化**  
**(複数台化/連結方式採用)**
- ②各除染装置が適用できる共通のアクセスシステムが合理的  
⇒ **台車を共用化**  
**(台車/ユニット毎に各社分担)**

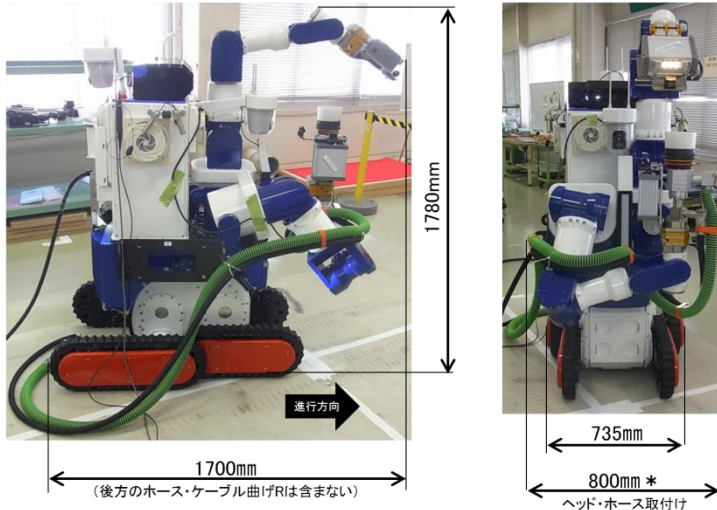
## 4. 共用台車の概要①

### ■ 作業台車

- ◆ 除染作業を行う台車で、各種除染ヘッドを装着し除染を行う。ヘッドの交換をスムーズに行うためにツールチェンジャを採用している
- ◆ 低所除染装置の作業台車(MHI-MEISTeR)のコンセプトをベースに開発。**7軸多関節のアーム(可搬重量25kg)を2本搭載。**
- ◆ 作業台車には、大学と連携した開発した**疑似俯瞰画像システム**と**3次元測域センサ**を搭載している。



除染ヘッド/ホース取付け時(走行姿勢)の寸法



\*ドライアイス/高圧水ヘッド取付けの場合は寸法変わる可能性有り。別途測定必要

外形寸法	全長1700(*)×幅750×全高1700 [mm]
質量	約550 [kg]
移動方式	対地自動追従式独立4クローラ方式
移動・走行性能	段差50 [mm] 走行 最大20[m/min] 瓦礫等不整地走行(砂地以外)、その場旋回
通信方式	有線(光) ※非常時対応として無線搭載
常用電源	DC100V
非常用電源	バッテリー内蔵(約4時間)
ロボットアーム	7軸多関節、先端取扱質量25 [kg]、 繰返し位置精度0.5 [mm]

\* 姿勢変更により、約1200mmまで短縮可能

## 4. 共用台車の概要②

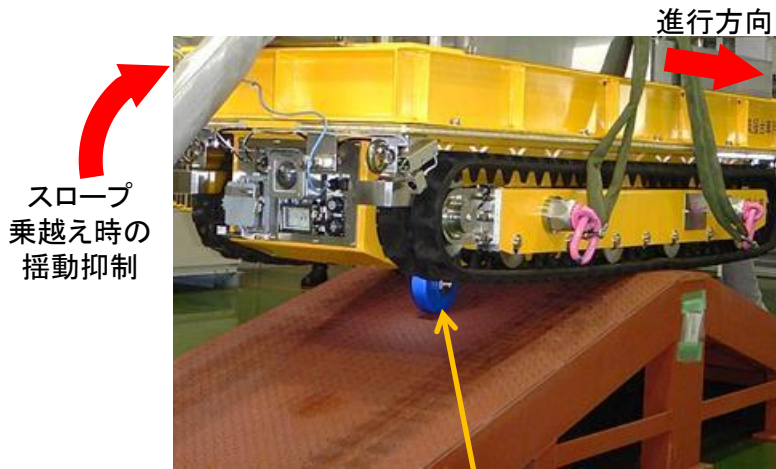
### ■ 搬送/支援台車

- ◆ 除染ユニット(除染方式により搭載物は異なる)を搭載・搬送する。
- ◆ 通信インターフェースの冗長化(有線1系統、無線2系統)
- ◆ 衝撃緩衝機構(前・後に配置)により、段差・スロープ乗越え時のピッチ方向揺動を抑制

#### 搬送台車/支援台車諸元



搬送台車/支援台車



外形寸法	L2410mm×W714mm×H350mm
車重量	約750kg
走行形式	電動モータ駆動左右独立クローラ走行式
最大積載荷重	約950kg
最大走行速度	20m/min
最大乗越え段差	50mm
最大登坂傾斜	15度
常用電源	DC12VまたはAC200V
非常用電源	バッテリー内蔵(約30分走行可能)
通信 インターフェース	有線1系統 IEEE802.3ab/u/i (1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T)  無線2系統 IEEE802.11n/a/b/g (2.4GHz帯・5GHz帯両対応) Spanning Tree Protocolによる冗長化対応

## 4. 共用台車の概要③

### ■ 中継台車

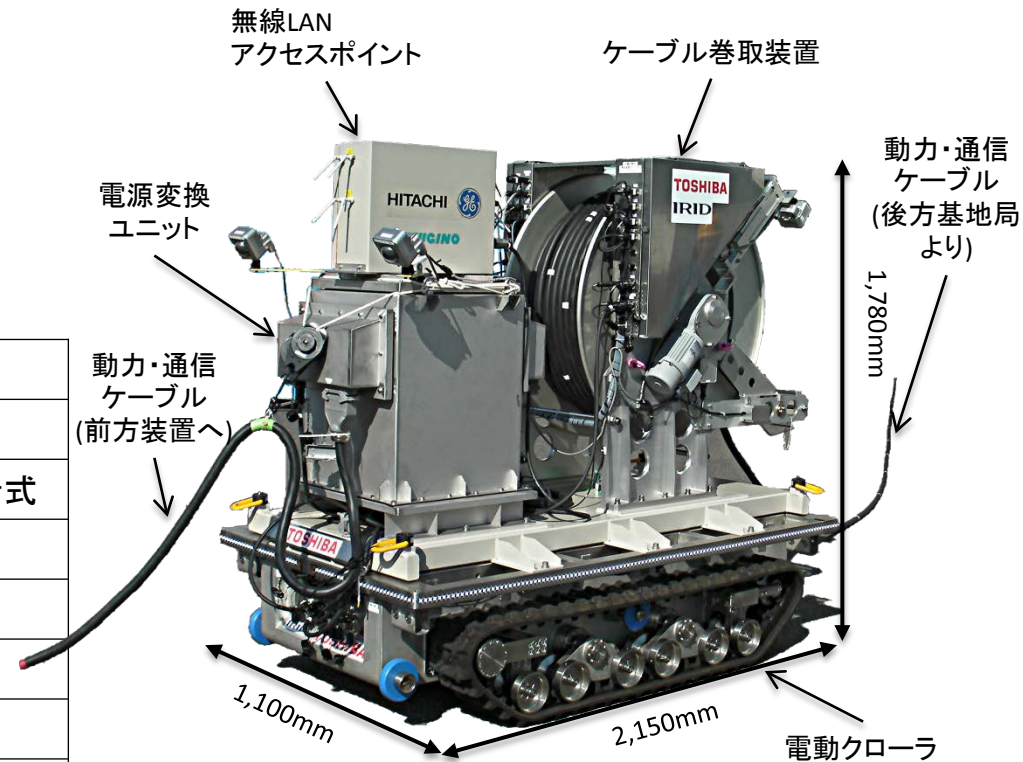
吸引・ブラスト除染および高圧水ジェット除染方式において、基地局から先頭の作業台車までの各装置に必要な動力と通信を中継する



中継台車本体

中継台車本体諸元

外形寸法	L2000mm×W1100mm×H500mm
車重量	約680kg
走行形式	電動モータ駆動左右独立クローラ走行式
最大積載荷重	約950kg
最大走行速度	20m/min
最大乗越え段差	50mm
最大登坂傾斜	15度
常用電源	AC200V
非常用電源	バッテリー内蔵(約30分走行可能)
通信方式	有線LAN(光通信)および無線LAN(通常時親機、有線故障時は子機)



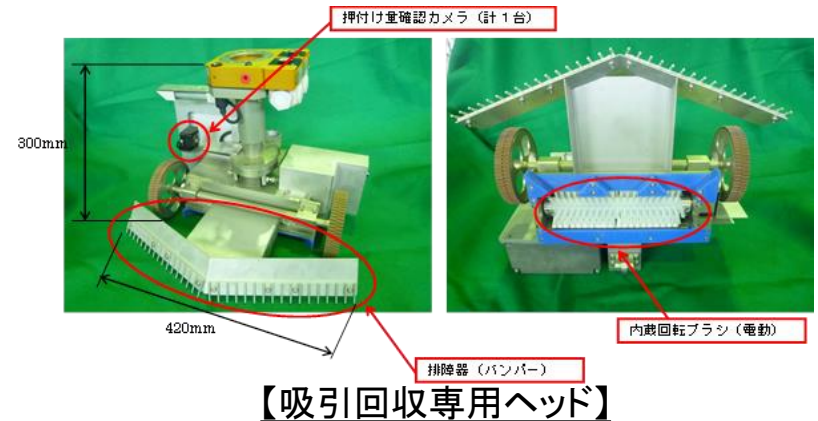
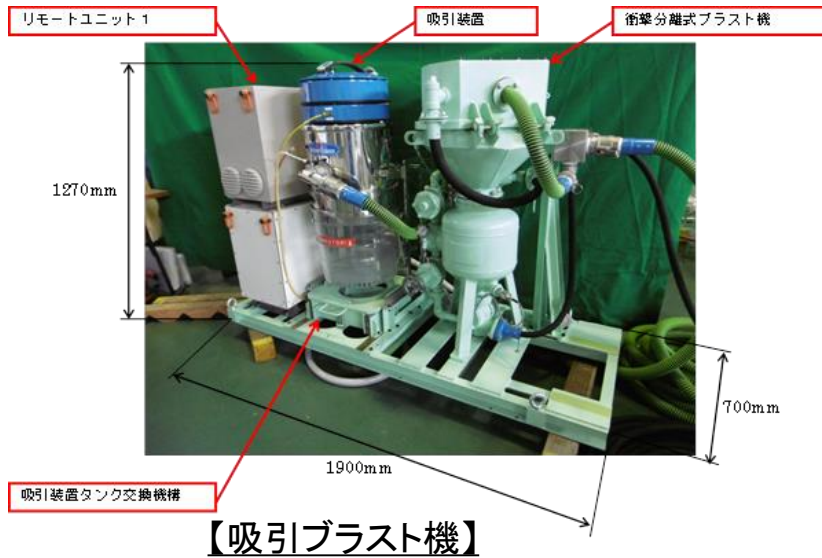
中継台車と搭載装置の例

(吸引・ブラスト/ドライアイスブラスト除染方式)

# 5. 除染ユニットの概要①

## ■ 吸引・ブラストユニット

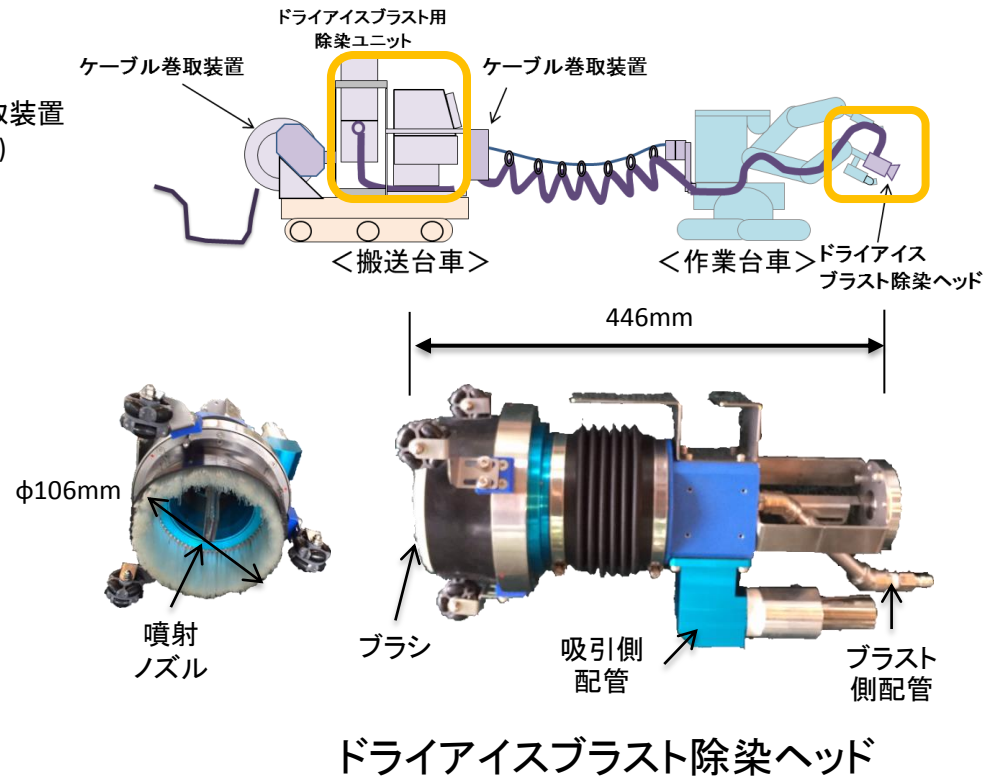
- ◆ 研削材を除染対象面に噴射し表面を研削する装置。(研削材は回収・汚染と分離して再利用)
- ◆ モード切替とヘッド交換により、吸引除染としても使用可能
- ◆ 上部階エリアでのアクセス性向上のため、低所用装置に比べ各ユニットを小型化している



## 5. 除染ユニットの概要②

### ■ ドライアイスブラストユニット

- ◆ 支援台車より供給される圧縮空気にドライアイスブラスト装置内で生成したドライアイス粒子を混合し、対象に吹付、汚染物質を回収する。
- ◆ ドライアイスブロック1個あたり約20分の施工が可能で、本装置は3個を装填し除染作業を行うことが可能。





## 5. 除染ユニットの概要③

### ■ 高圧水ジェットユニット

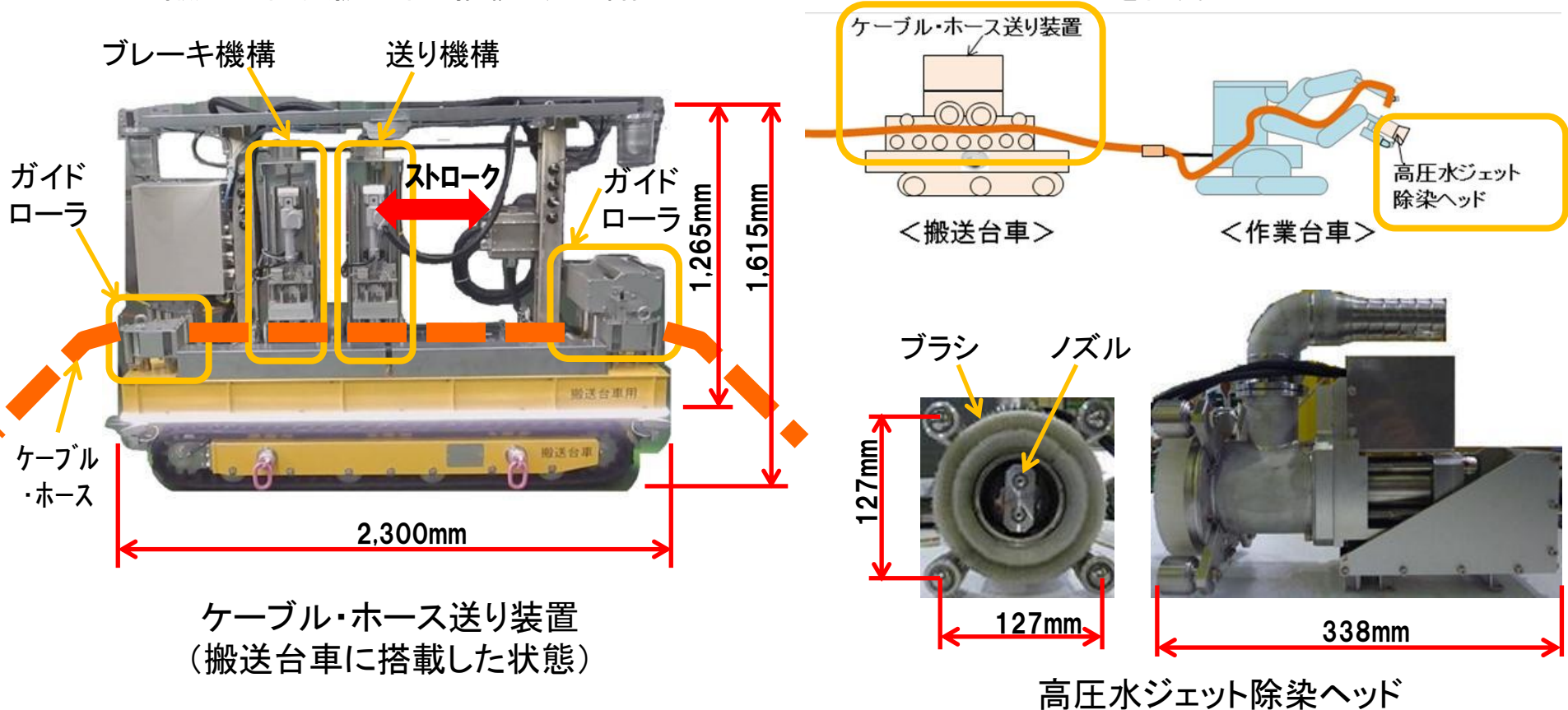
#### ◆ 高圧水ジェット除染ヘッド

高圧水を噴射することで汚染箇所の遊離性汚染を除去する。

噴射した高圧水は、除染ヘッド部で真空吸引することで、ほぼ除染水を漏らさずに除染可能。

#### ◆ ケーブル・ホース送り装置

搬送台車/支援台車に搭載し、上部階でのケーブル・ホースのハンドリングを行う。



## 6. 実証試験の概要

### 実証試験の目的

平成27年度末を目標に実証試験を実施し、福島第一発電所への適用性を評価する。実証試験では、実機を模擬した工場モックアップ設備を用い、以下の性能について確認を行う。

#### 【除染装置に求められる性能】

- ・目標線量率(作業エリア3mSv/h以下、アクセスエリア5mSv/h以下)を踏まえた除染性能
- ・遠隔での操作性、走行性、アーム動作性
- ・附帯機器等との連携性
- ・故障時の機器回収性、転倒防止能力、安全機能
- ・除染に使用する水やブラスト材等を飛散させずに回収する機能

#### 【上部階特有事項】

- ・上部階との往復には汎用の昇降作業台を使用
- ・上部階との往復に要する時間を極力短縮
- ・上部階の構造躯体、機器配置の中で動作

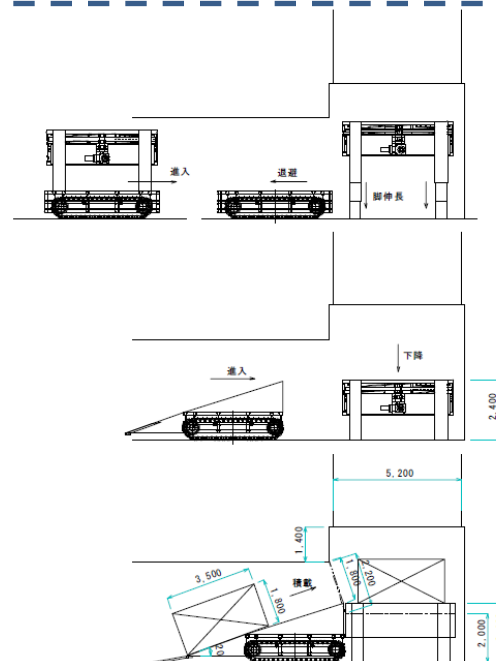
#### ■ 実機モックアップ

昇降設備は実機向けに基本検討したリフトとおおむね同程度の基本スペックのものを用意。



架台  
(幅13.6m × 奥行き8m × 高さ8.5m)

試験用昇降設備



実機リフト(試設計)のイメージ

## 7. 開発の概要と今後の予定

①上部階用除染装置は、「複数の除染技術を共通のロボットに搭載でき、上部階にアクセスし作業できるシステム」を実現することを目的として開発を行った。なお、装置の検討は以下の分担で実施。

### <共用台車>

- ・作業台車……………三菱重工業
- ・搬送/支援台車……………日立GEニュークリア・エナジー
- ・中継台車……………東芝

### <除染ユニット>

- ・吸引ブラストユニット……………三菱重工業
- ・ドライアイスブラストユニット……………東芝
- ・高圧水ジェットユニット……………日立GEニュークリア・エナジー

また、遠隔操作技術開発の一部は、知識・経験の豊富な大学研究室に委託。

②開発した装置については、それぞれ実機形状等を模擬したモックアップを用い、実機での適用を想定した実証試験を実施し、実機適用の目途を得た。なお、抽出された課題については今後改良を加え実機適用までに改善する。

③本年度をもってプロジェクトは終了予定。開発した装置は適宜福島第一原子力発電所に投入(平成28年度以降)していく予定。

## 8. デモ実演の内容

---

### ①地上走行デモ:

オペレーションルームにおいて、ロボットからの情報のみを頼りに遠隔操作で地上走行を実施します。

### ②除染作業デモ:

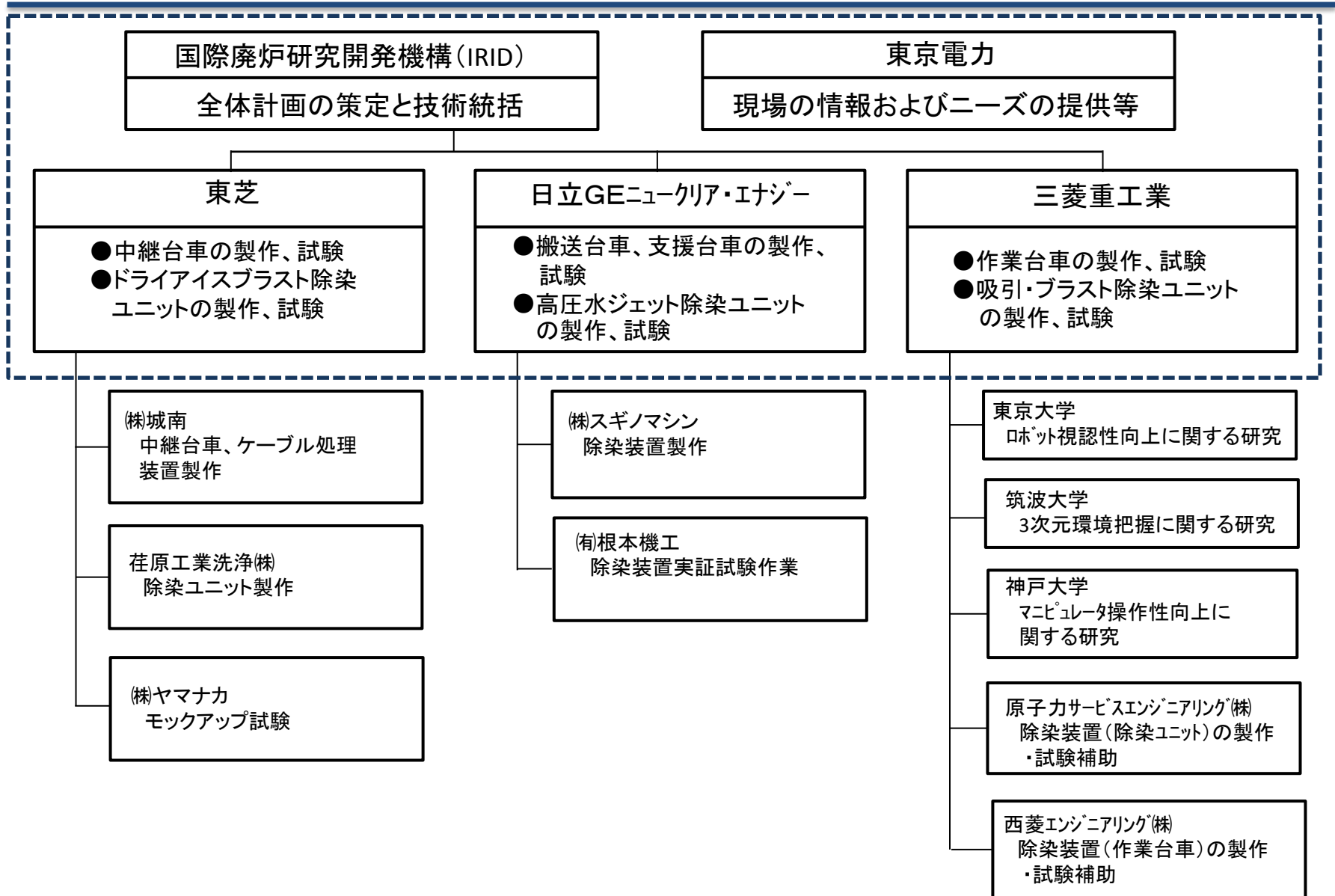
各種除染方法のうち、研削材(金属粒)を除染対象面に噴射し、汚染を吸引する「ブラスト除染」を実施します。

### ③昇降作業台デモ:

上部階へのアクセスを検証するため、ロボットを試験昇降設備へ載せて、昇降のデモを実施します。

# 參考資料

# 参考資料-1 研究開発体制



# 参考資料-2(1/2) 実証試験の様子

## ■ オペレーションルームの様子



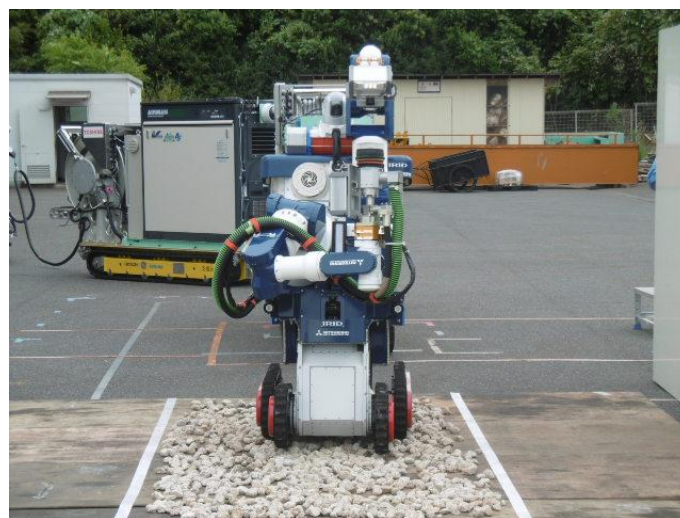
## ■ 除染動作



## ■ 走行試験



## ■ 走行試験(砂利道)



## 参考資料-2(2/2) 実証試験の様子

■ 作業台車・搬送台車 リフト乗入



■ 作業台車 上部階進入



■ 支援台車 リフト昇降



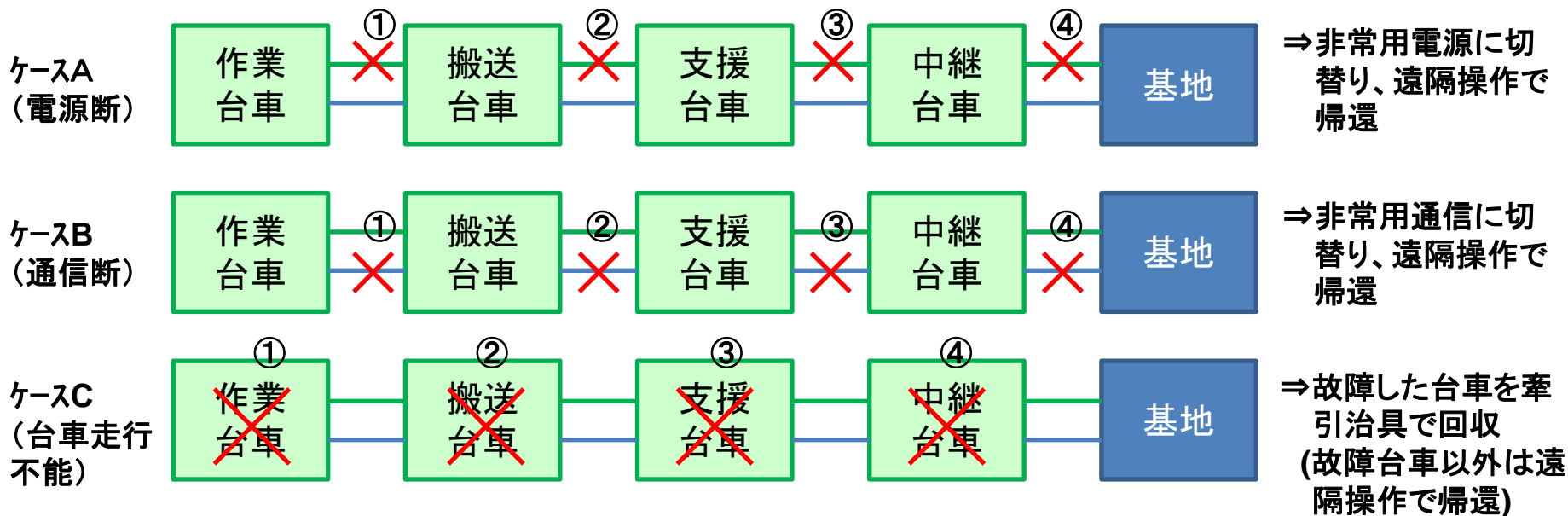
■ 中継台車 リフト昇降





# 参考資料-3 非常時を想定した機能・試験

- 上部階除染装置は実機での不具合を想定し、非常用電源・非常用通信を装備している。
- 実証試験ではこれらが満足に機能することを確認するとともに、台車自体が走行不能となった場合においても回収できることを確認した。



中継台車の牽引回収の様子(ケースC-④)



牽引治具を操作している様子

## 参考資料-4 大学との連携

### 技術的課題

- ロボットに搭載している通常カメラの情報のみでロボットを操作することは、ロボット周囲の状況を把握しにくく、操作しにくい。
- 多関節マニピュレータを狭い場所で用いる場合、周囲と干渉無く動かすことは、操作が複雑で難しい。

### 解決方法

これらの対応技術の知識豊富な大学研究室に検討を委託

#### 周辺把握1【東京大 山下研究室】

- ロボットに搭載した複数のカメラ画像を補正し、ロボットを上空から見下ろすような画像（疑似俯瞰画像）を表示させ周囲状況をわかり易く表示
- カメラの種類や取付け位置・方向の変更に柔軟に対応できるように、画像補正量を簡単に調整できる技術を開発

#### 周辺把握2【筑波大 坪内研究室】

- カメラやレーザセンサによる3次元計測情報をロボット周囲にマッピングし、判り易く表示させるシステムを開発
- ロボットへの適用性を考慮し、通信速度が遅い場合にも柔軟に対応できるように、必要な解像度の静止画や動画を適宜選択できるシステムを開発

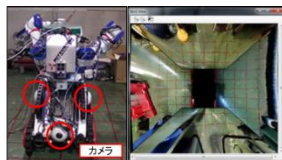
#### 操作性向上【神戸大 横小路研究室】

- 多自由度のマニピュレータは障害物回避や狭隘空間へのアプローチが有利な反面、操作が複雑である
- 操作の複雑化を低減すべく、直感的にセルフモーション\*の運動指令ができる、判り易い操作インターフェースを開発

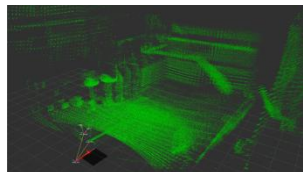
\*：マニピュレータの手先とベースを固定した状態で全体の形を変化させる動作



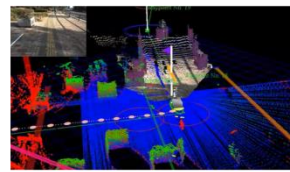
Super Giraffeの疑似俯瞰画像



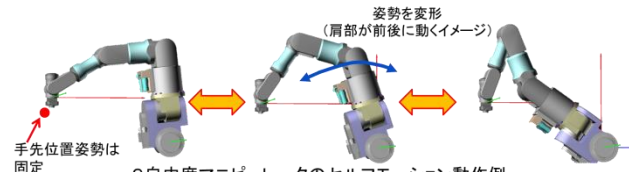
MEISTeRの疑似俯瞰画像



Super Giraffe で取得したデータの3Dマッピング画面（開発中）



3Dセンサ情報やカメラ映像を用いた周囲環境把握表示のイメージ

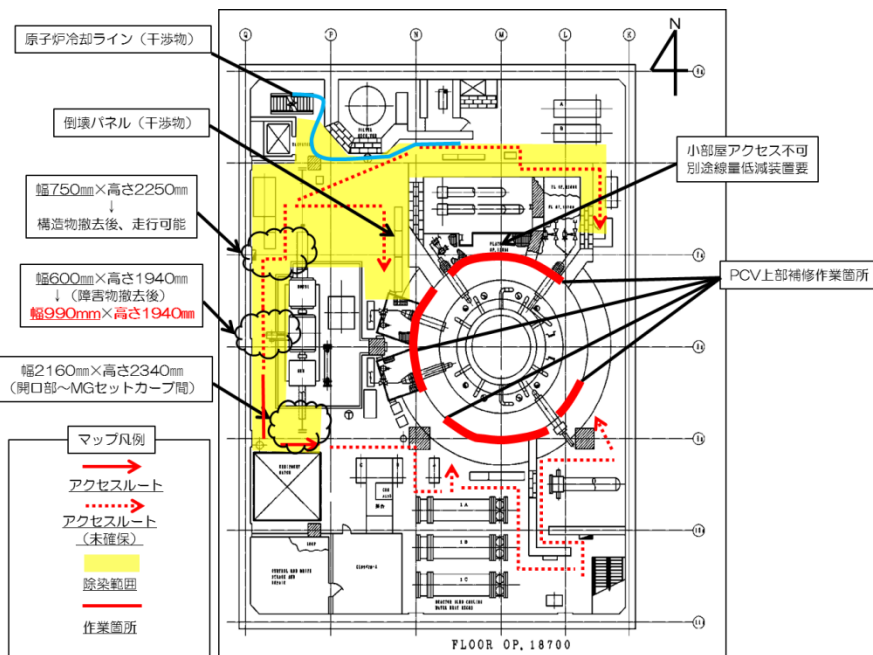


9自由度マニピュレータのセルフモーション動作例

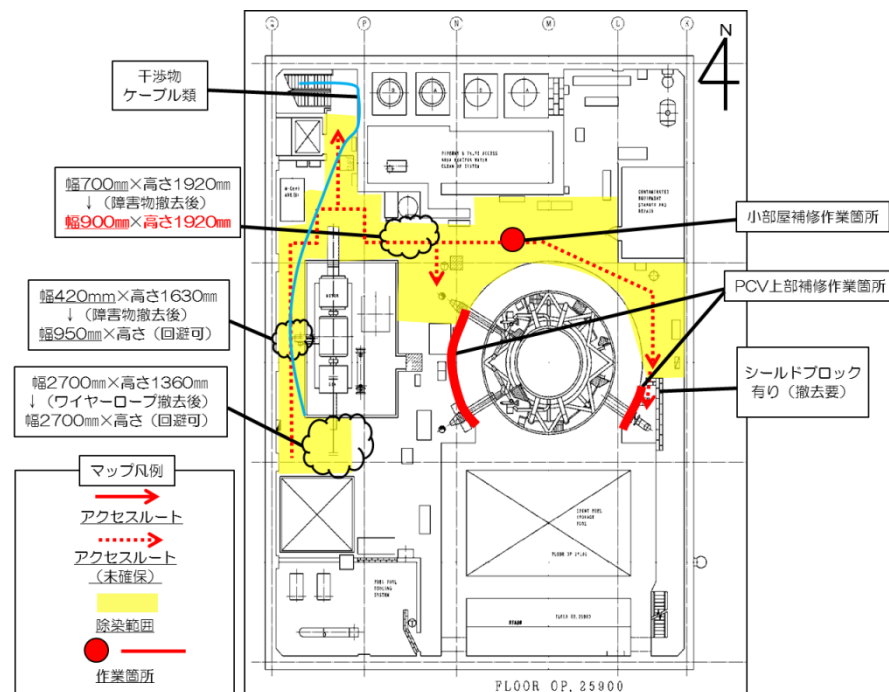
# 参考資料-5(1/3)上部階装置の適用範囲

## 【1号機の場合】

- 1号機は機器ハッチ開口部周辺に機材等が散乱しており、装置がアクセスするためにはこれらの撤去が必須である。
- また、西側通路はMGセット等との干渉でアクセス不能、北側通路は原子炉冷却ラインによりアクセスが制限されることを調査により確認されており、除染のためにはこれら干渉物の撤去が必要。
- これら干渉物が撤去されることを前提とし、2階、3階の除染エリア、装置アクセスルートについて検討した結果を以下に示す。



1号機2階の主作業エリア

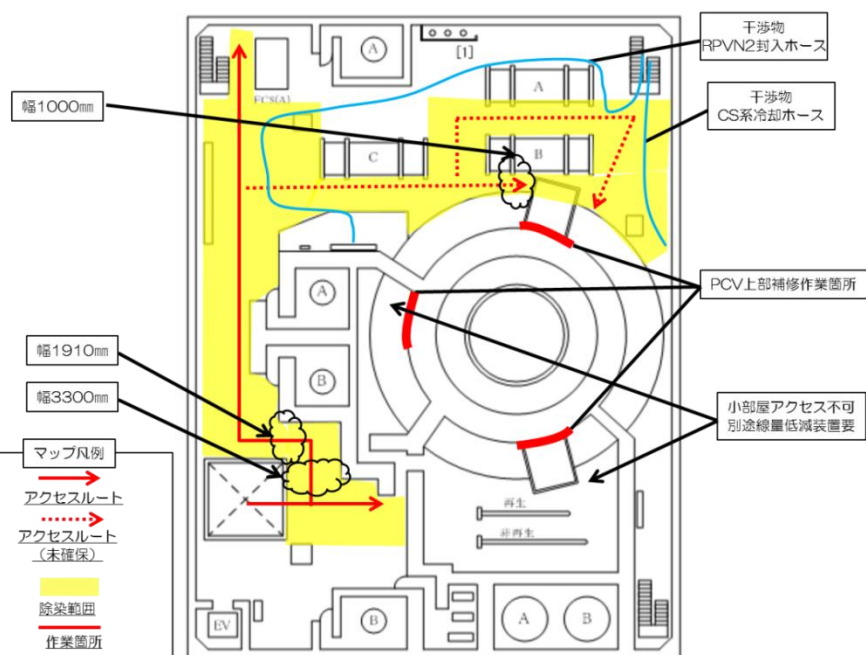


1号機3階の主作業エリア

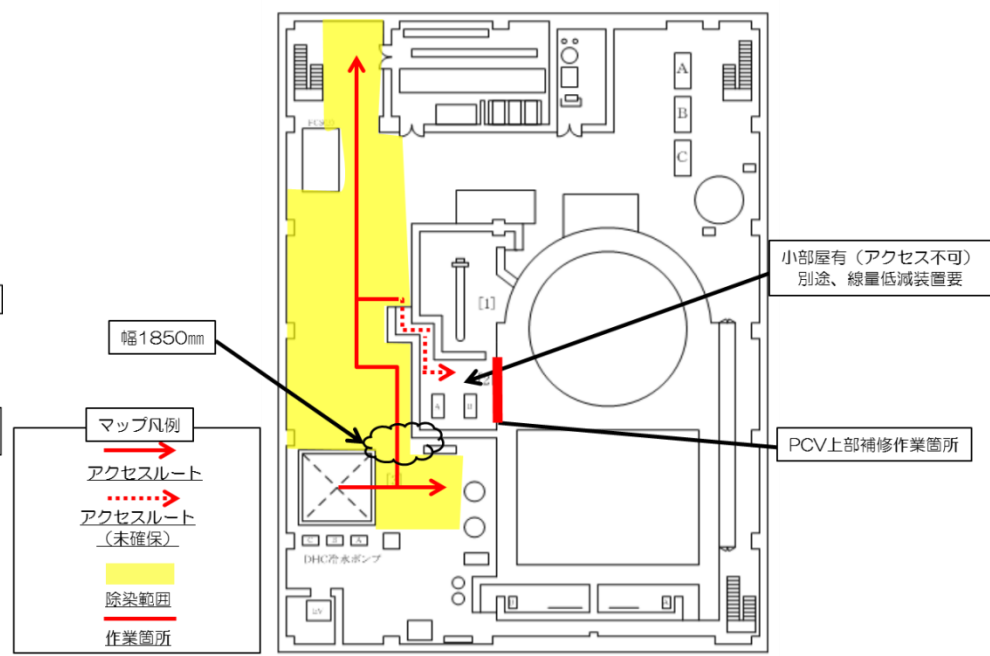
# 参考資料-5(2/3)上部階装置の適用範囲

## 【2号機の場合】

- 2号機は瓦礫等の飛散がなく、1/3号機に比べ比較的アクセスしやすい環境にある。
- 2階北側通路には重要設備等あり、アクセス時は別途干渉物の移設や撤去が必要。
- これらを踏まえ2,3階の除染エリア、装置アクセスルートについて検討した結果を以下に示す。



2号機2階の主作業エリア

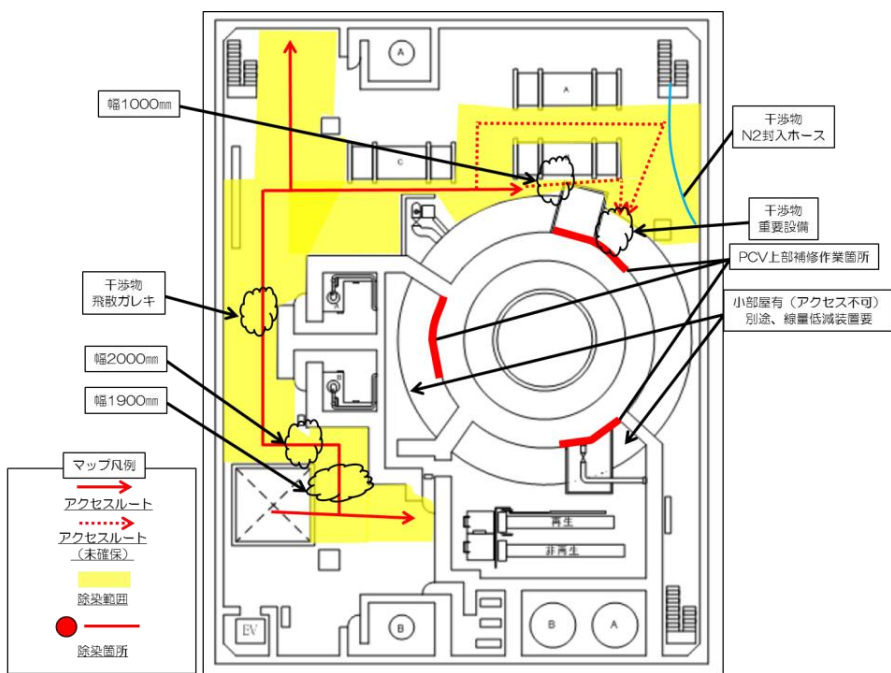


2号機3階の主作業エリア

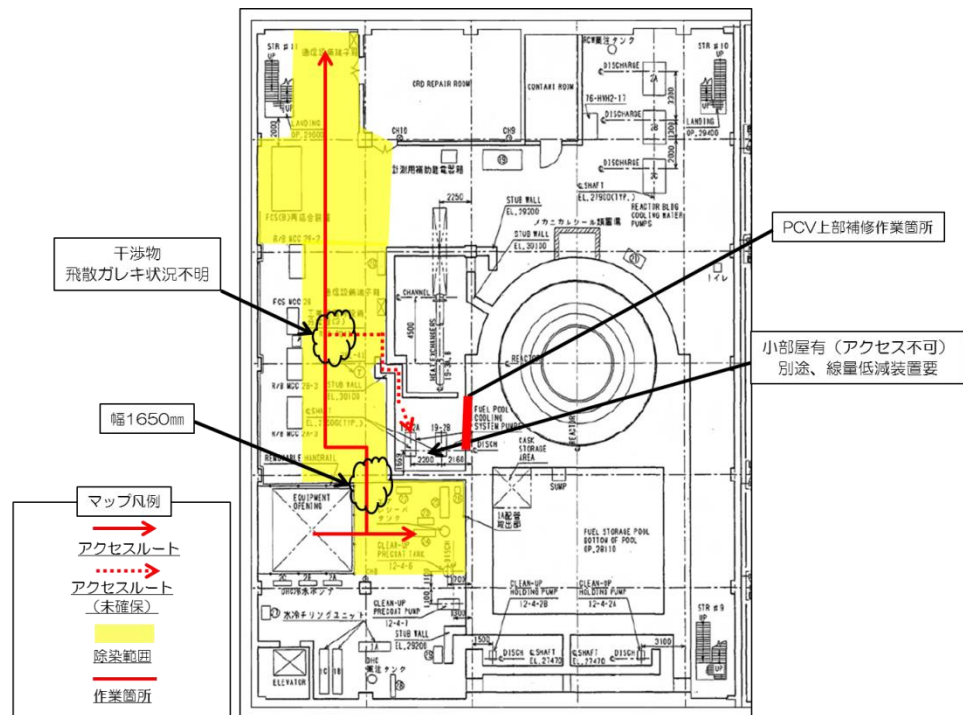
# 参考資料-5(3/3) 上部階装置の適用範囲

## 【3号機の場合】

- 3号機は調査が行われておらずエリア全体の状況が不明であるが、1号機と同様に機器ハッチ周辺の瓦礫等の飛散(飛散範囲不明)、アクセス通路部における重要構造物との干渉の可能性が確認
- また、アクセスルートに対する狭隘部寸法についても、機器配置図から採寸しており1・2号機の調査時の計測値とは異なることが懸念される。
- これらを踏まえ2,3階の除染エリア、装置アクセスルートについて検討した結果を以下に示す。



3号機2階の主作業エリア



3号機3階の主作業エリア

# 3号機原子炉建屋トールラス室における 3Dレーザスキャン計測の 実施について

2015年12月24日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# 1. 目的及びこれまでの実績

## 目的

今後計画している3号機原子炉格納容器（PCV）漏えい有無調査・補修等の作業を行う上で必要となる干渉物評価に活用するため、トーラス室内の3Dデータを取得する。

## これまでの実績

1～3号機における3Dデータ取得実績は以下のとおり。

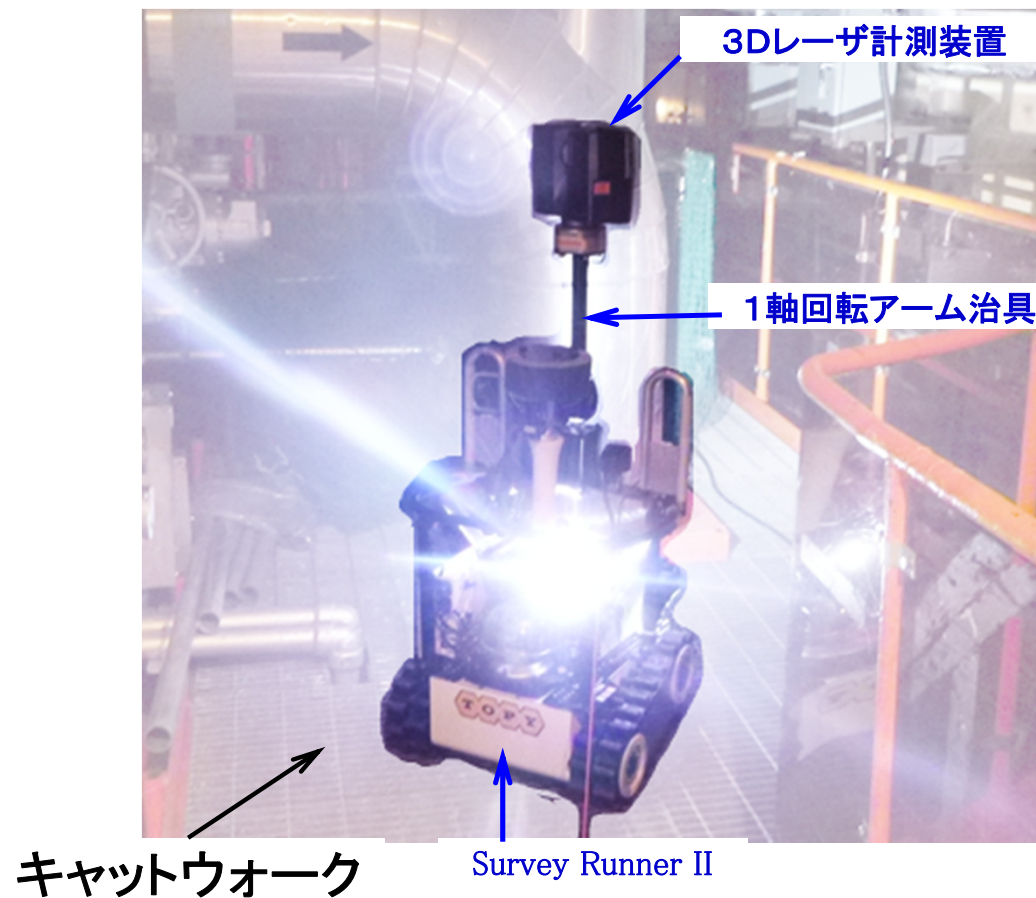
【1号機】 原子炉建屋1階およびトーラス室（地下階）

【2号機】 原子炉建屋1階およびトーラス室（地下階）

【3号機】 原子炉建屋1階

## 2. 計測作業の概要

- 計測装置を搭載した遠隔操作装置を、キャットウォーク上を自走させて、3Dレーザスキャンを行う。
- 遠隔操作装置：2号機のトラス室を計測した装置を活用。  
トピー工業製Survey Runner IIに3Dレーザ計測装置を搭載して計測する。
- 計測装置：FARO社製3Dレーザ計測装置
  - 3D点群データを取得する。



### 3Dレーザスキャン計測イメージ図

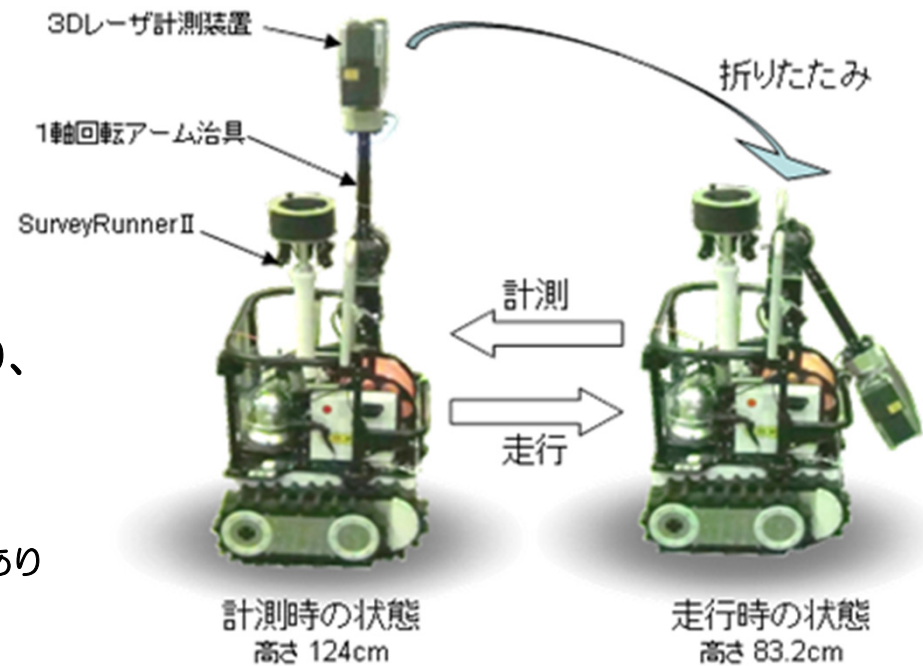
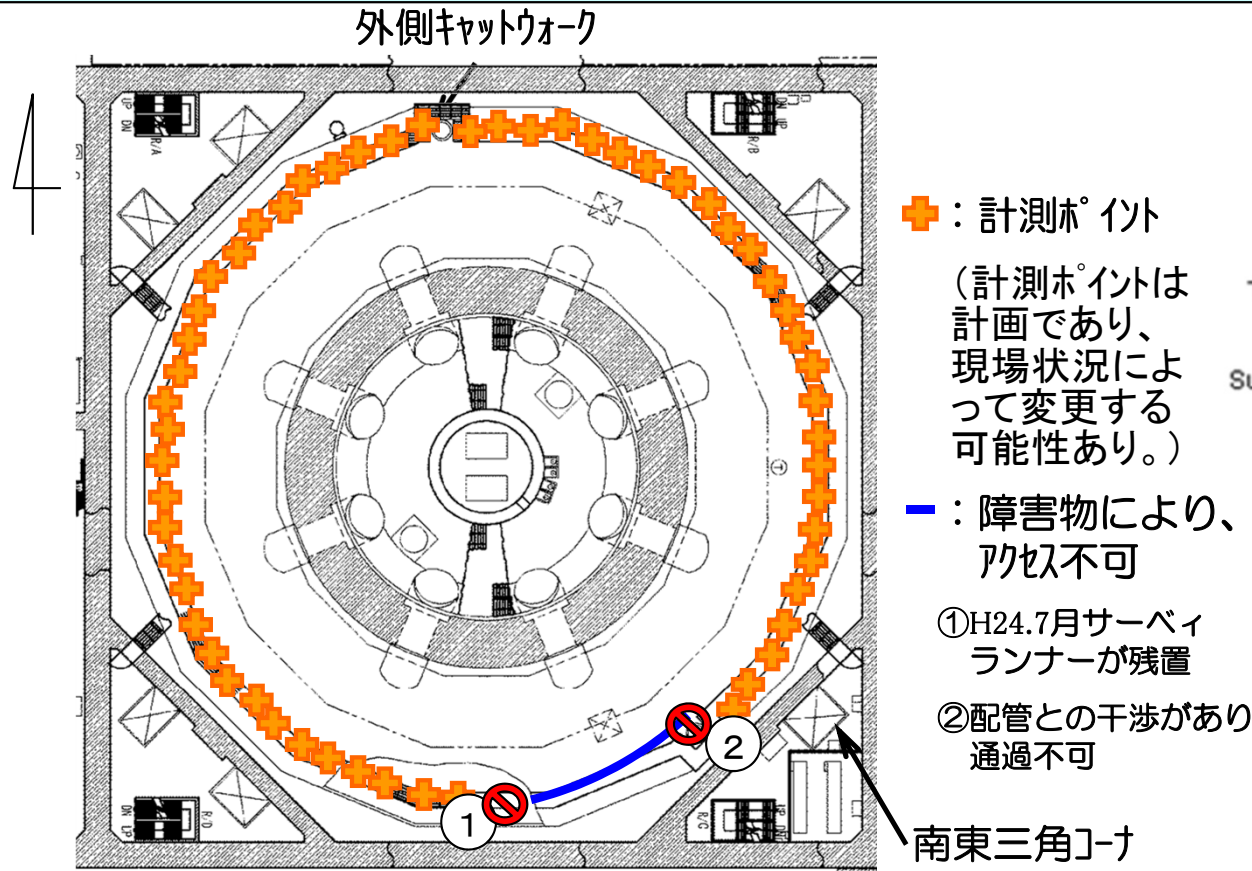
(5号機でのモックアップ画像)



### 3. 調査対象エリア

遠隔操作装置を南東三角コーナよりトーラス室の外側キャットウォークへ自走させ、周回して計測する。

今後、S/C内滞留水水位測定、PCV漏えい箇所調査、PCV補修のための床穿孔、循環冷却用排水ポンプ設置等の作業が発生する可能性が考えられ、これらに対応可能なように計測ポイントを設定。



計測装置を搭載した遠隔操作装置の外観

3号機原子炉建屋地下階トーラス室の計測ポイント

# 4. サーベイランナー改造内容

H24年に計測を実施した際、装置を現場に残置した原因の反映と今回の調査方法が実施可能となるよう下表の改造を施した。

対応項目	実施内容
前回残置の原因と対策 (サーベイランナーI→II)	<b>(残置の原因)</b> 階段手すりにケーブルガイドが接触した影響でケーブルリールが変形してケーブル巻取不良となり、その後ロボットとケーブルの接触があり通信断が発生したものと推定されている <b>(対策)</b> ①ケーブルガイド取付位置の変更(衝突による故障防止) ②ケーブル塗装(暗闇での視認性向上)
運用実績を踏まえた改良 (サーベイランナーI→II)	①運搬用ガイド・サポートの強化(運搬用取っ手) ②マイク・温湿度センサの追加 ③作業アーム等の機能を取付可能なよう電源・通信コネクタを追加
3号機トラス計測向けの対策	<b>(3号トラス室内部の環境)</b> ・キャットウォーク上に微細ガレキ散乱箇所あり ・北側マンホール横の狭隘部通過とグレーチング上の方向転換 <b>(対策)</b> ①全体幅縮小型の砂地クローラ(異物噛込み対応)の採用 ②グレーチング上の走行、方向転換と階段昇降の耐久試験を実施



## 5. 工程案

3号機原子炉建屋トールラス室内3Dレーザスキャン計測を以下のスケジュールで実施予定。

	11月	12月	1月
工程	準備 11/24~12/21	3Dレーザスキャン計測 12/22~1/13	予備 1/14~16