

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

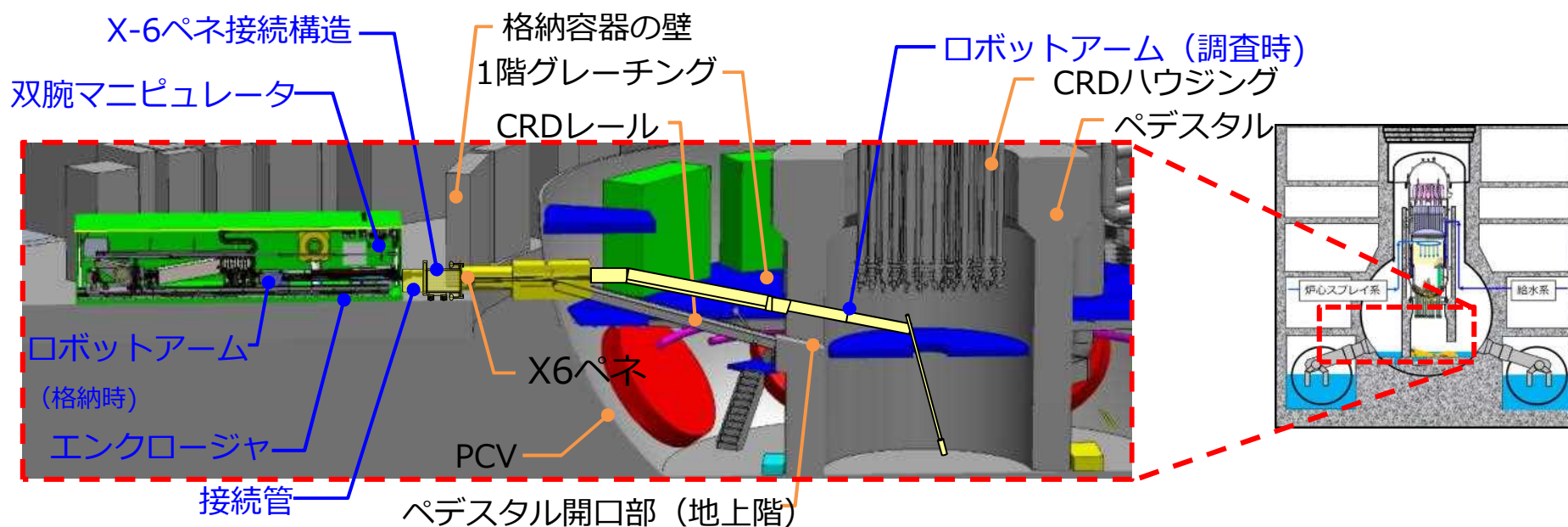
2022年 1月27日



技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東京電力ホールディングス株式会社

1. PCV内部調査及び試験的取り出しの計画概要

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



2号機 内部調査・試験的取り出しの計画概要

2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 試験的取り出し装置の性能確認試験

ロボットアームの性能確認試験については、

- ・ X-6ペネ通過試験
- ・ アプレシブウォータジェットツール（以下、AWJ）によるX-6ペネ出口の障害物の撤去
- ・ 各種単体動作試験(たわみ測定等含む)

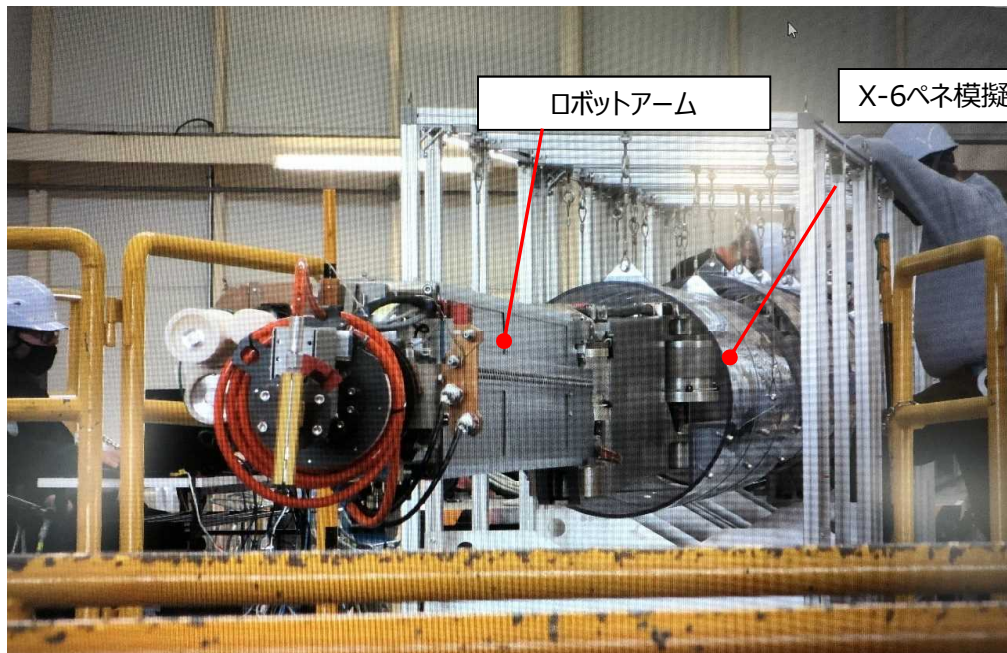
また、双腕マニピュレータを使用したエンクロージャ内での作業性の検証を下記の通り実施し、神戸で予定していた試験を1月21日に終了した。

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

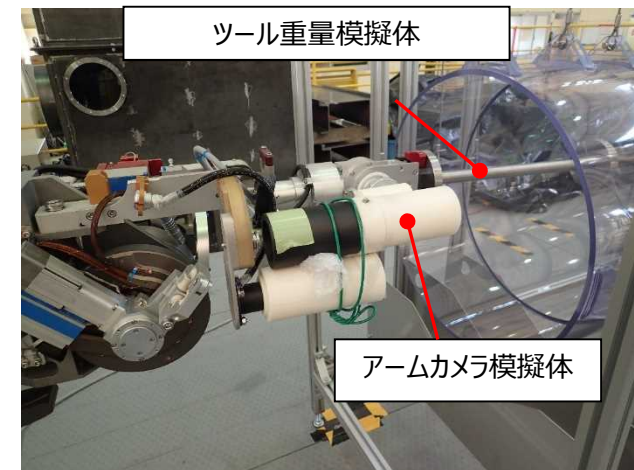
【凡例】 ○試験対象、△一部模擬体（部分模擬体や模擬アーム等）で検証 ○△：計画 ●▲：実績

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 (X-6ペネの通過性)

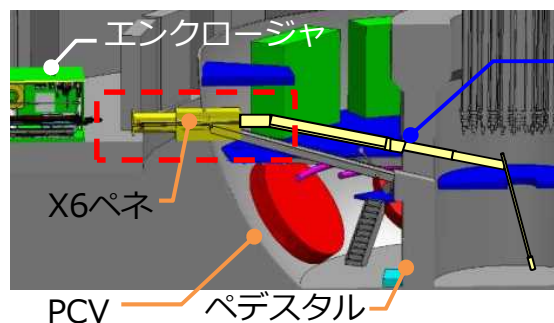
- ・ロボットアームのX-6ペネ模擬体の通過試験を行い、問題ないことを確認した。



X-6ペネ通過試験



アーム先端部



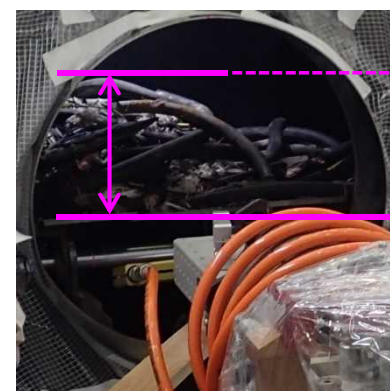
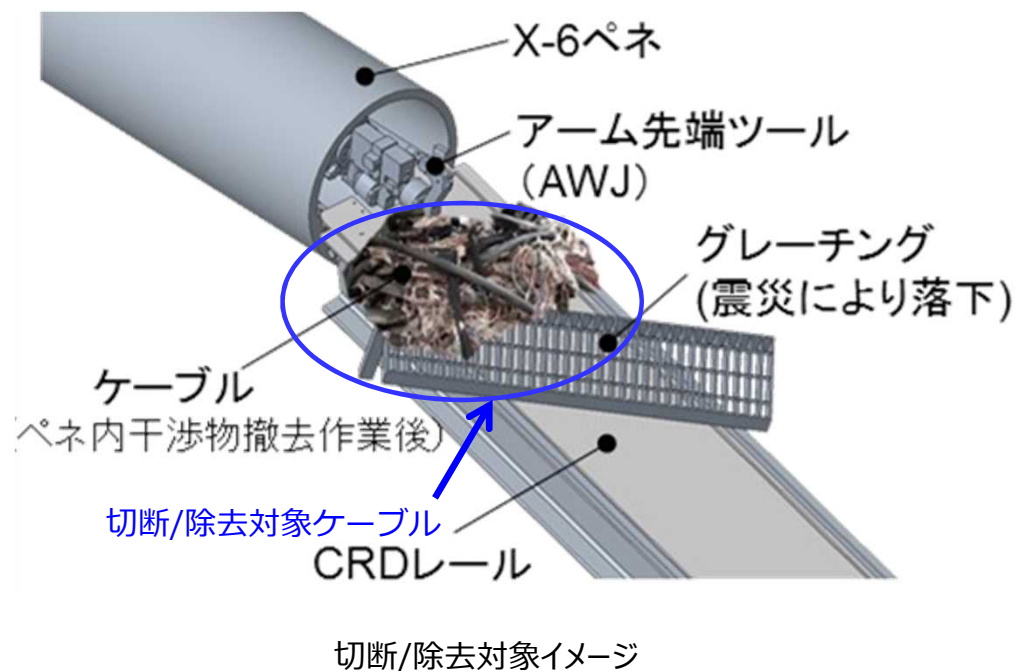
ロボットアーム

※国際廃炉研究開発機構（IRID）により、下記URLに
動画「自主事業 原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発
（X-6ペネトレーションを用いた内部詳細調査技術の現場実証）」を掲載
<https://youtu.be/m01kXs5YOac>

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 (AWJによるX-6ペネ出口の障害物の撤去①)

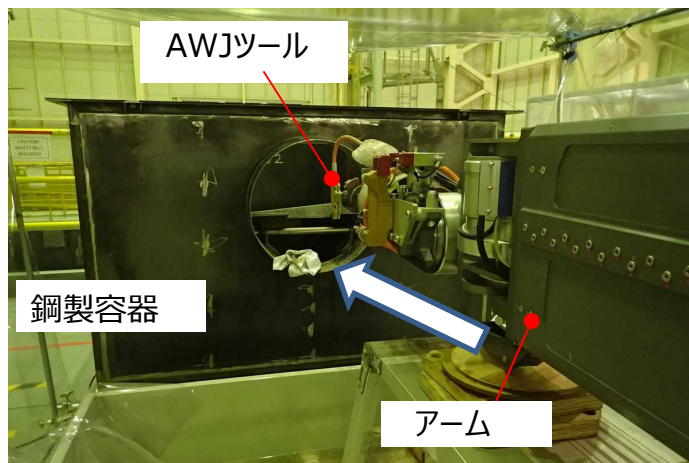
- ・ ロボットアームの先端にAWJツールを搭載し、アームアクセス時に干渉するケーブル・CRDレール等の切断及び除去試験を実施、ケーブル切断/除去の見通しを確認。
- ・ なお、今後の改善点として、切断対象(ケーブル、CRDレール等)の切断順序やAWJ噴射方向等の手順詳細化/見直しを楢葉にて確認していく予定



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（AWJによるX-6ペネ出口の障害物の撤去②）

- ・アームアクセス時に干渉するCRDレールの切断試験を実施し、アーム通過領域の障害物撤去の見通しを確認。



試験装置外観



AWJ噴射前

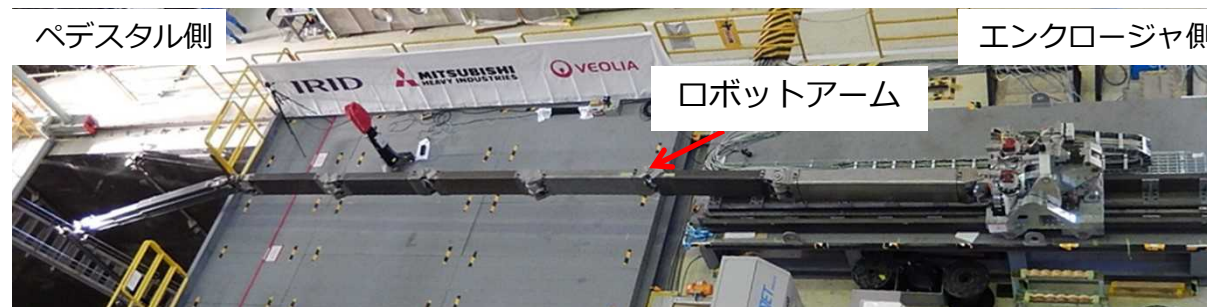


AWJ切断状況
(CRDレールとグレーチングを一部切断した状態)

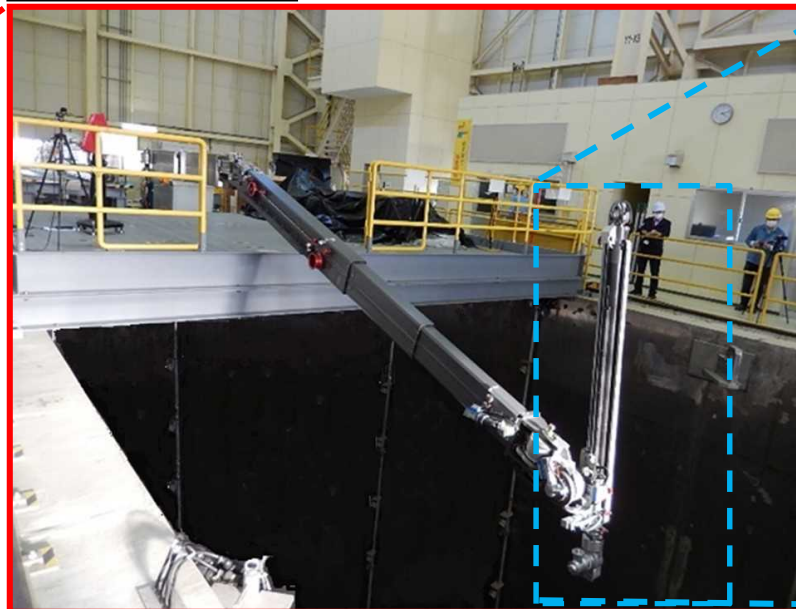
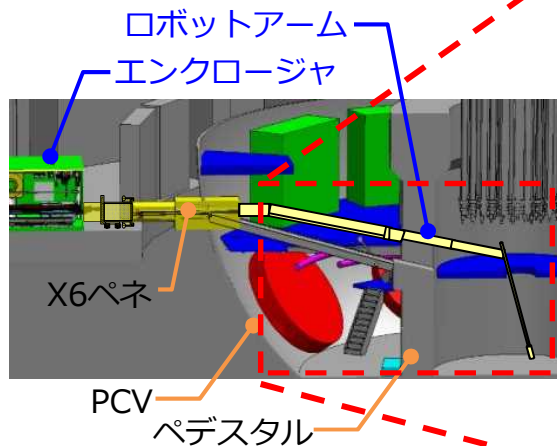
2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況

ロボットアームの性能確認試験（各種動作確認（たわみ測定等））

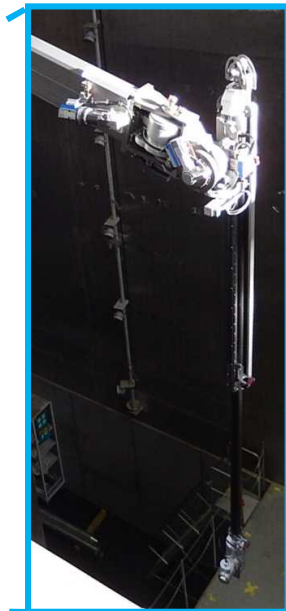
- ・ロボットアームを最大伸長などを行い、動作状況を確認し、たわみデータを取得。
- ・データはアーム運転システム（VRシステム）に反映し、楕葉モックアップを用いて検証予定。



アーム最大伸長時



アーム先端部

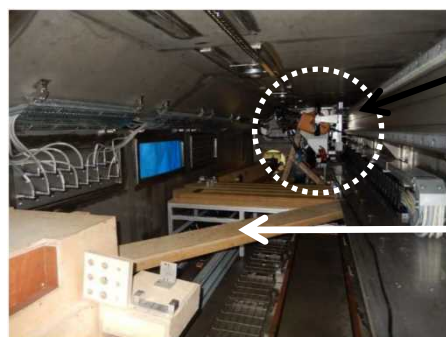


アーム先端部伸長時

2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況

双腕マニピュレータを使用し、下記の通りエンクロージャ内での作業性の検証を実施し改善点 等を抽出

項目	実施結果	抽出した改善点／楡葉への反映事項
先端ツールとアームの接続	模擬アームへの先端ツールの接続作業を実施し、成立見通しを確認した。	○視野改善 ツールの取付位置の視認性が十分でないため、視野改善（カメラ位置変更）が必要
外部ケーブルのアームへの取付/取外し	模擬アームに先端ツール用の外部ケーブルを取付/取外し作業を実施し、成立見通しを確認した。	○作業性改善 ケーブルトレイの下側は狭隘なため、ケーブル取付金具構造、取付位置の改善が必要
先端ツール等の搬入出	物品（先端ツールやケーブル）のエンクロージャ内への搬入出作業の成立性を確認	○作業性改善／視野改善 搬入した物品の吊上げ代が十分でないため、吊り治具の構造改善及びケーブルドラム背面の視認性改善（切り欠き構造等）が必要
アームカメラの交換	模擬アームカメラの取付・取り外し作業を実施し、成立見通しを得た	○作業性改善 コネクタ把持部が滑りやすいため、滑り防止処置が必要
エンクロージャのカメラ位置変更	模擬カメラを使用した設置位置変更作業を実施し、位置変更可能な見通しを得た	○作業性改善 カメラ設置作業性を向上させるため、把持部取付け位置・設置方向の改善が必要



双腕マニピュレータ

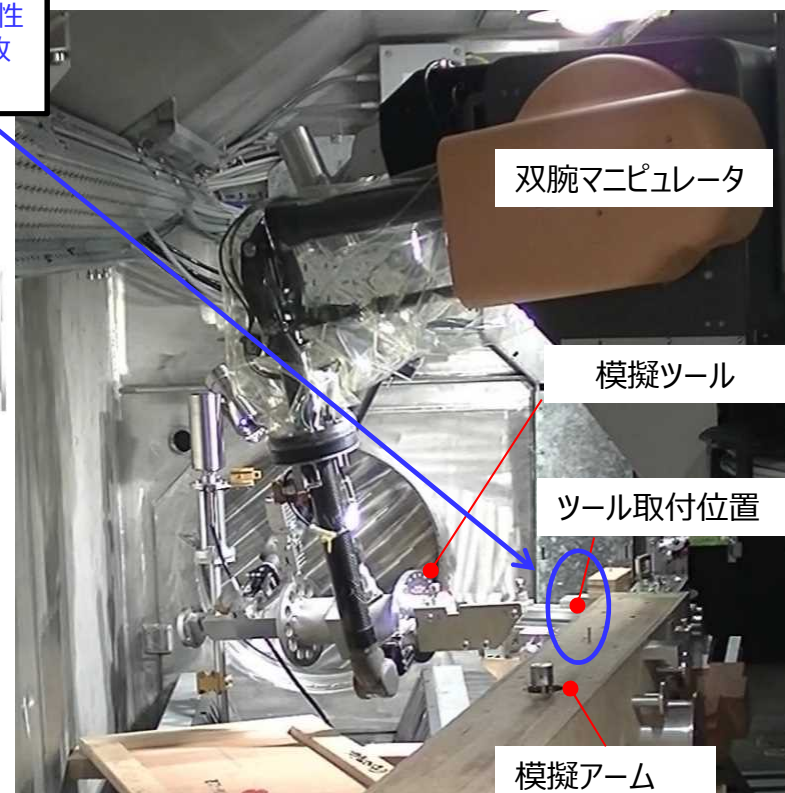
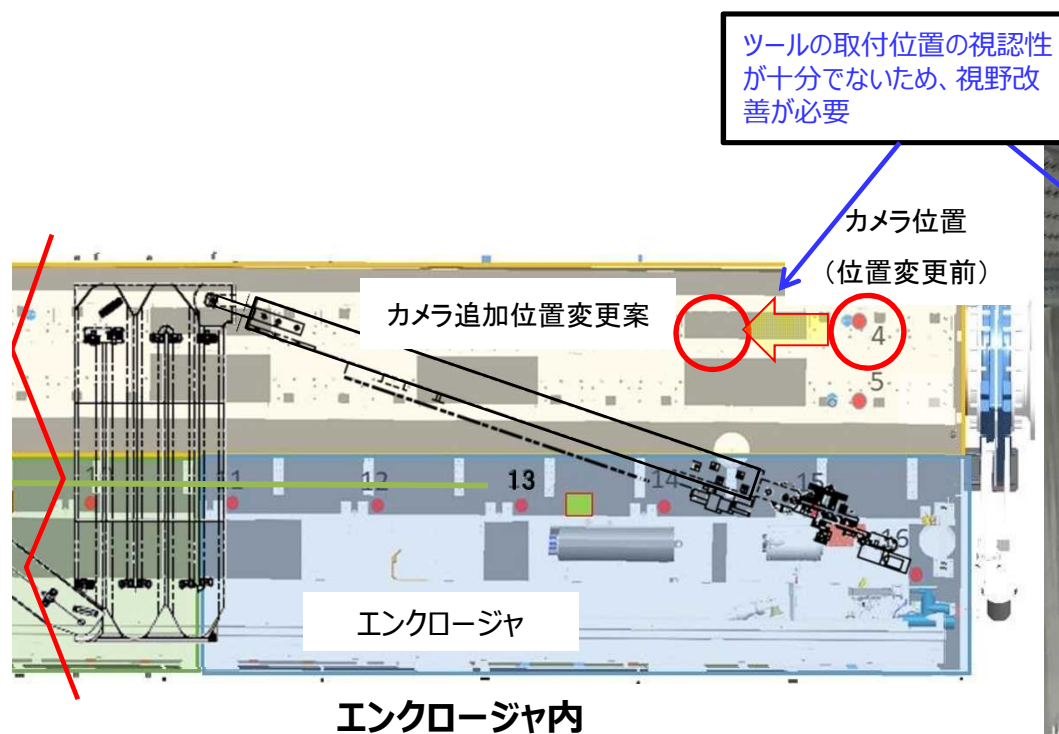
模擬アーム

模擬アームと双腕マニピュレータ



2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況（先端ツールとアームの接続）

- ・ 先端ツールとアームの接続作業の成立見通しを得た。
- ・ なお、今後の改善点として
先端ツールの取付位置の視野改善の観点でカメラ取付位置を追加 を抽出
- ・ 改善効果を楕葉にて確認していく予定

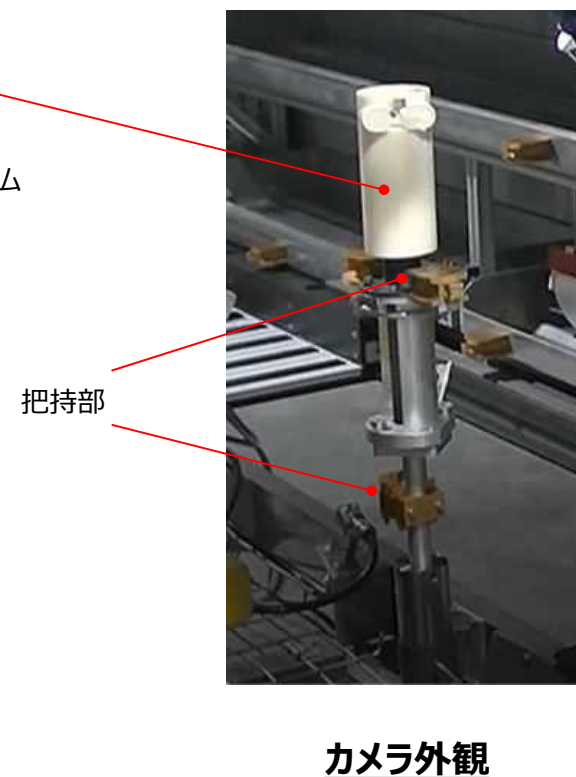


ツールとアームの接続

2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況

双腕マニピュレータの試験状況 (エンクロージャのカメラの位置変更)

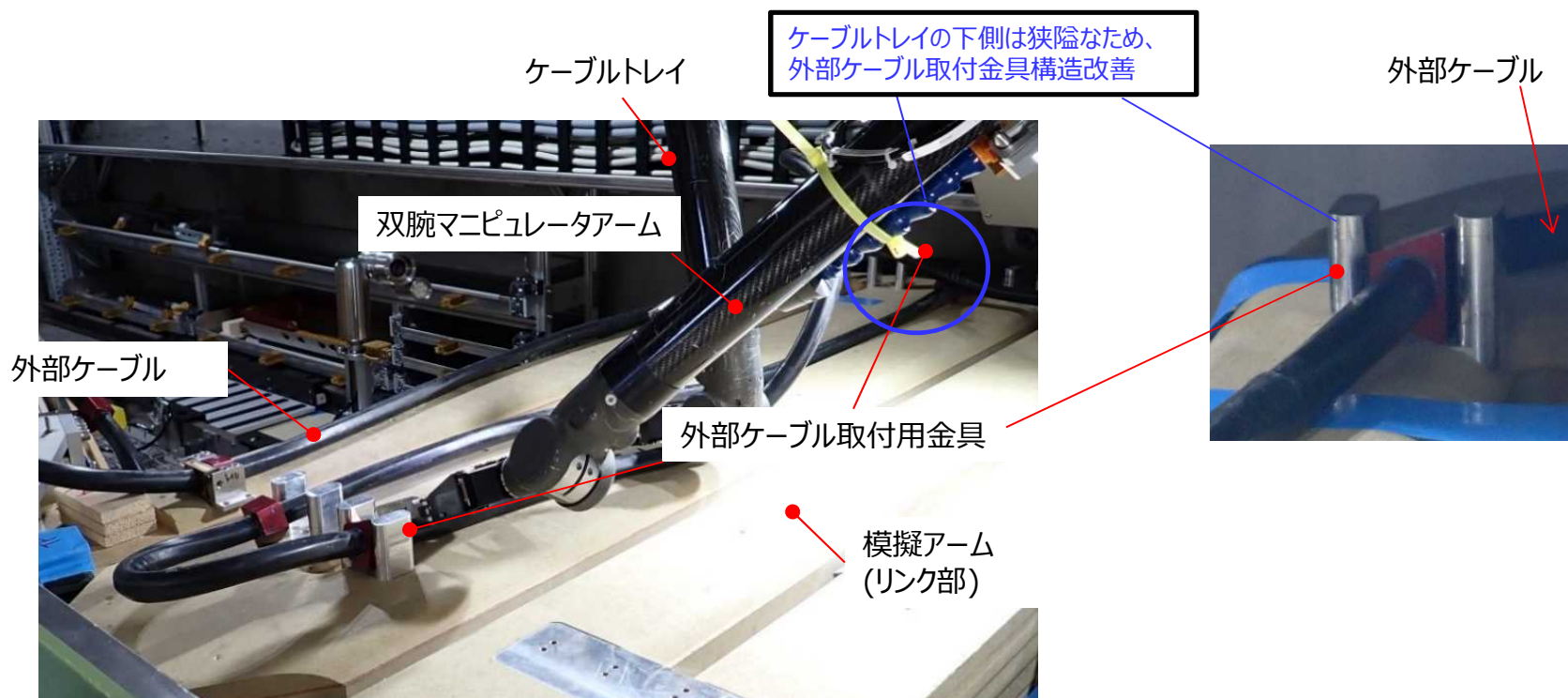
- ・エンクロージャ内カメラの取付位置変更作業の成立見通しを得た。
- ・なお、今後の改善点として
カメラ設置作業性改善の観点で、カメラ把持部取付け位置・設置方向を変更 を抽出
- ・改善効果を楕葉にて確認していく予定。



2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況

双腕マニピュレータの試験状況 (外部ケーブルのアームへの取付/取外し)

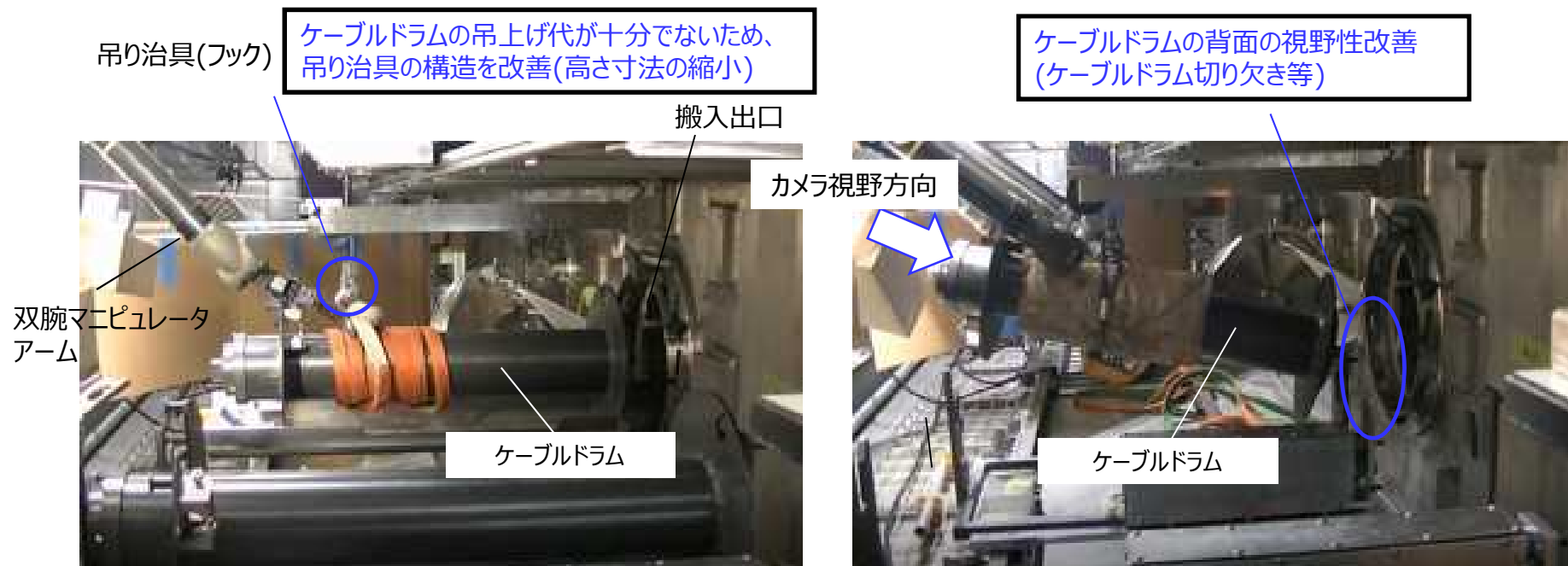
- ・アームへの外部ケーブルの取付/取外し作業の成立見通しを得た。
- ・なお、今後の改善点として
外部ケーブル取付/取外し作業性改善の観点で、ケーブル取付金具構造、取付位置を変更を抽出
- ・改善効果を楕葉にて確認していく予定。



模擬アームへの外部ケーブル取付/取外し

2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況 (先端ツール等の搬入出)

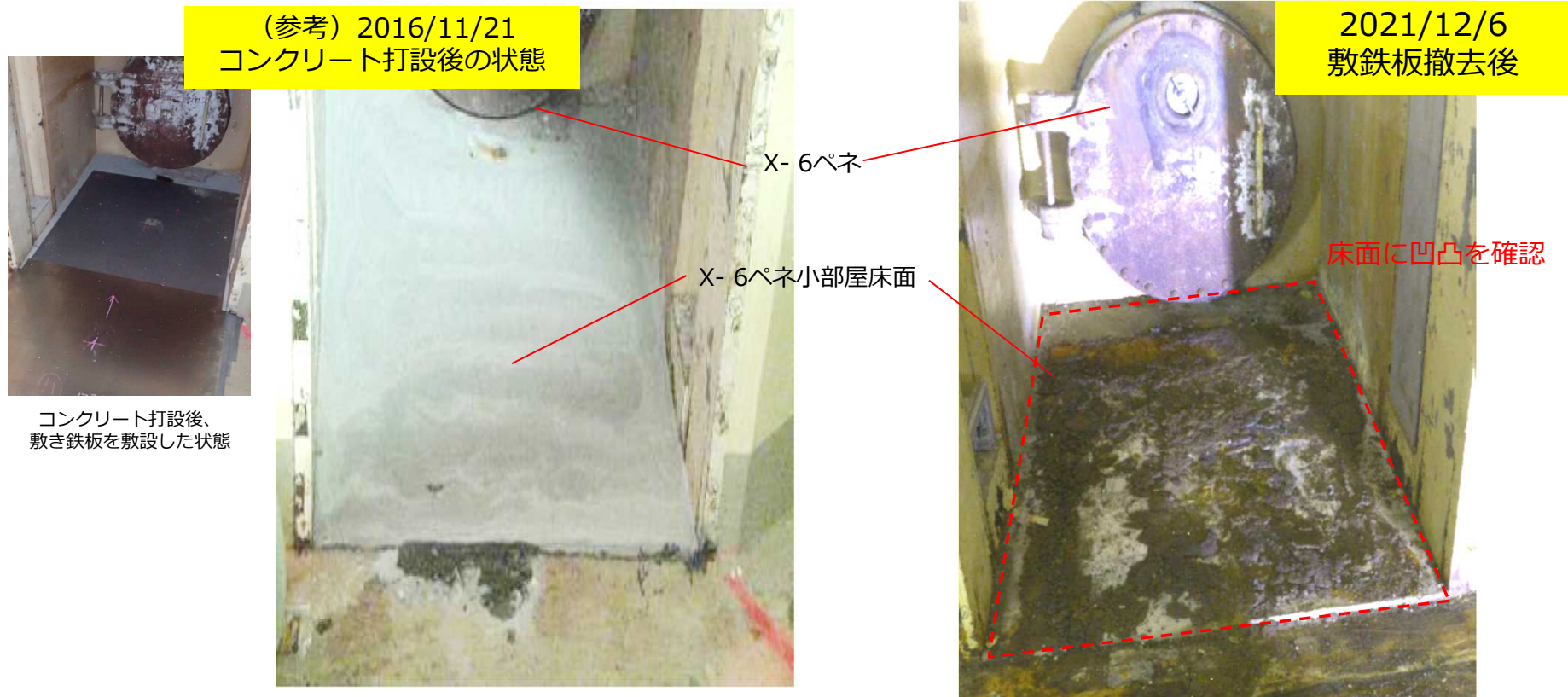
- ・ ケーブルドラム等物品のエンクロージャ内への搬入出作業の成立見通しを得た。
- ・ なお、今後の改善点として
ケーブルドラム搬入出作業性/視野改善の観点で、ケーブルドラム吊り治具/背面構造を変更を抽出
- ・ 改善効果を楕葉にて確認していく予定。



ケーブルドラム搬入作業

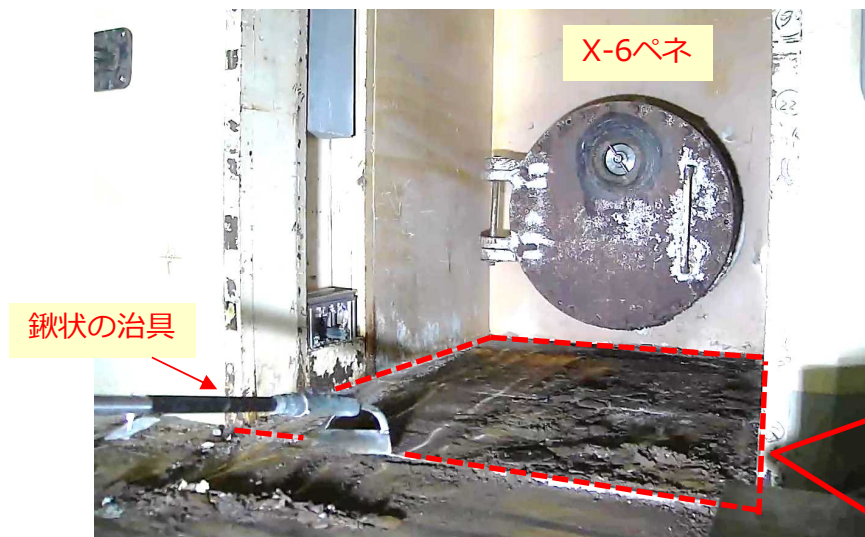
3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出しに向けた現場準備作業①

- ・ 隔離機構取り外し後、X-6ペネ配管部磨き作業に取り掛かるため、X-6ペネ小部屋内の敷き鉄板を撤去したところ、床面に凹凸があることを確認
- ・ X-6ペネ小部屋内に凹凸があることで、今後の隔離部屋設置他作業に影響があることから、床面の状況について確認・処理方法を検討中
- ・ なお、X-6ペネ配管部磨き作業については、床面凹凸の処理によって、配管部に汚れが付着する懸念があるため、床面凹凸処理後に実施する

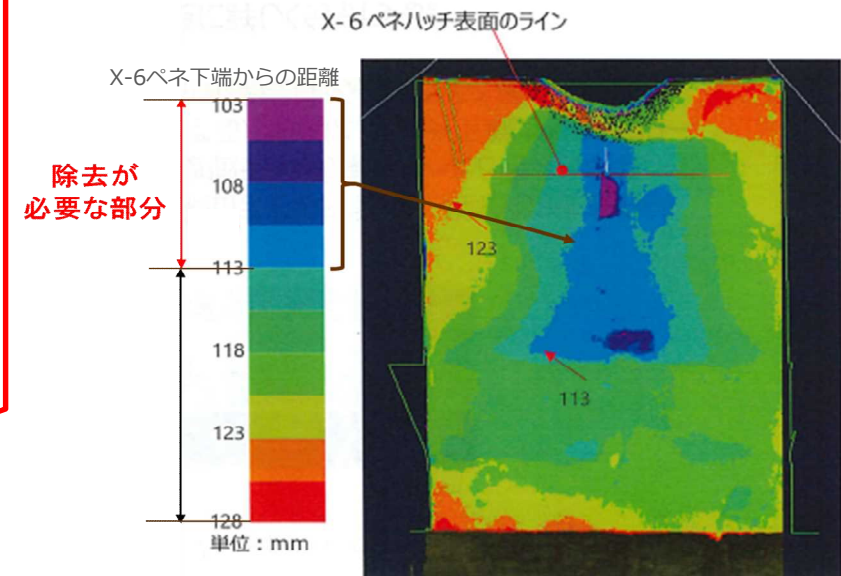


3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出しに向けた現場準備作業②

- ・床面凹凸について、鋤状の治具を使用し調査したところ、凹凸部分が剥離することを確認
- ・その後、床面3Dスキャンを実施したところ、凹凸が一部残っており、隔離部屋設置他作業に影響があることから、凹凸の除去を実施することとした。



鋤状治具での調査状況
凹凸の部分が剥がれることを確認

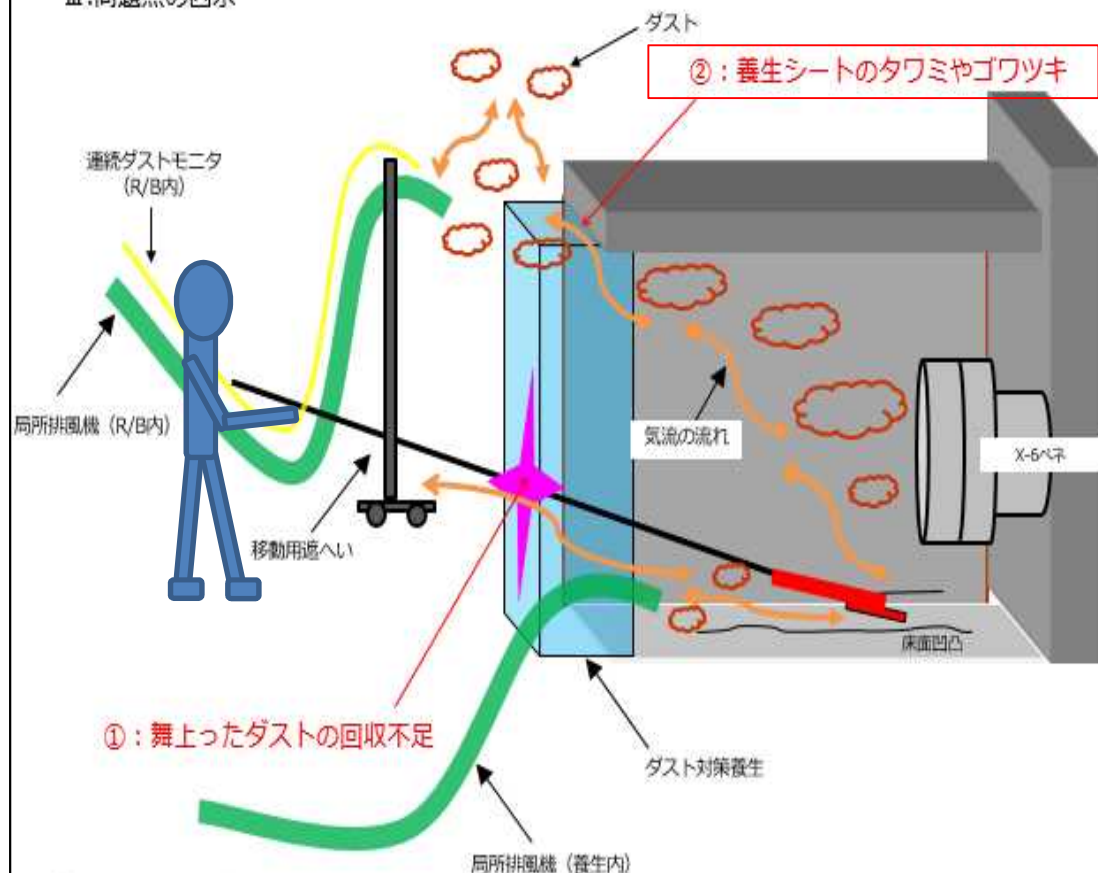


3Dスキャン結果
凹凸が一部残っていることを確認

3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出しに向けた現場準備作業③

- ・1月7日、ダスト対策の養生を実施した上で床面凹凸除去作業を実施したところ、作業監視用のダストモニタ指示値の上昇傾向を確認したため作業を一時停止。その後、一時的に作業停止基準値までダスト濃度が上昇した。
- ・なお、構内ダストモニタや敷地境界ダストモニタおよびモニタリングポストの指示値に有意な変化がないことを確認。また、作業中断時には可搬式ダストサンプラで作業エリアを測定し、問題ないダストレベルであることを確認している。

Ⅲ.問題点の図示

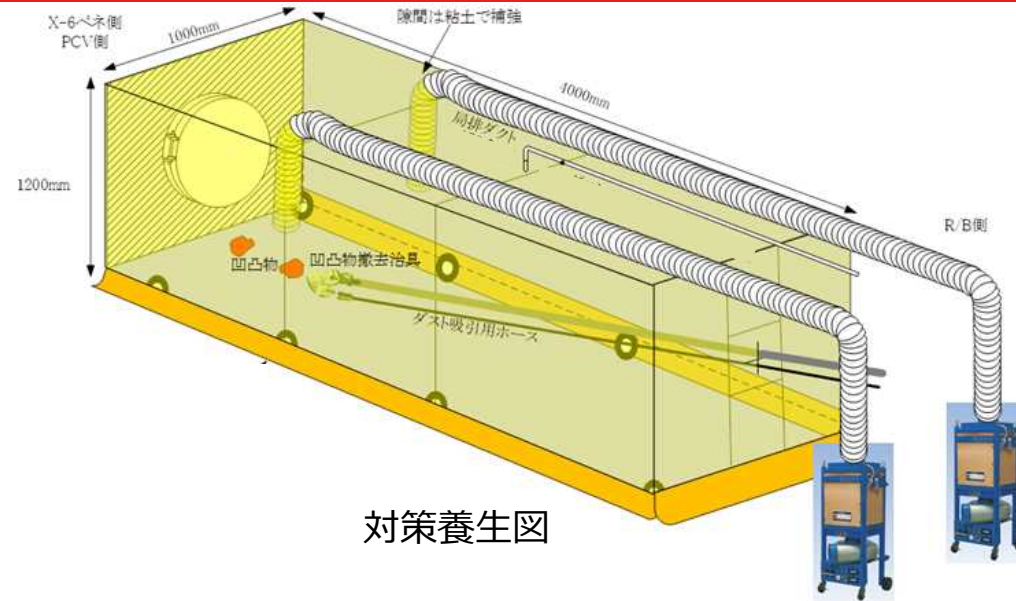


＜推定原因＞

- ① ダスト濃度上昇の原因は、床面磨きツールの差込口から外気を吸い込んでいたため、磨き作業で舞い上がった上部のダストを局所排風機 1 台だけでは吸引できなかったと推定。
- ② 養生シートを二重にしていたことで作業中にタワミやゴワツキが発生し、小部屋と養生の隙間が大きくなり、ダストが養生外に漏れやすくなったと推定

3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出しに向けた現場準備作業④

- 以下の追加対策及びモックアップ検証を実施した上で、1月26日より作業を開始。



対策養生図

<ダスト抑制対策>

対策	内容	備考
①養生の見直し	- 小部屋の中に押し込み、凹凸床面全体を覆う形状に変更 - 磨きツールの差込口を縮小	ダスト閉じ込め機能強化
②局所排風機の追加	1台→2台	ダスト吸引を強化
③散水対策	養生天井部に散水機能を追加（作業前に床面を濡らす）	ダスト発生を抑制
④施工時間の短縮	10秒施工（約20分／サイクルでダスト監視）	ダスト発生量を制限
⑤ダスト監視強化	- 施工直後の養生内ダスト状況の監視 - 養生外ダスト漏洩の早期検出（養生外ペネ近傍） - 養生外の作業環境確認（作業者近傍）	- ダスト監視強化 - 床面凹凸除去作業における次ステップ実施判断

(参考) 現地準備作業状況 (全体工程)

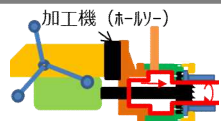
- ・ X-53ペネ孔径拡大作業については2021年10月に完了
- ・ X-6ペネのハッチを開放するための隔離部屋設置の準備作業を2021年11月から開始
- ・ ロボットアームの性能確認試験について、神戸で実施予定の試験として
X-6ペネ通過試験・ AWJによる障害物の撤去・ 各種単体動作試験(たわみ測定等含む)等
を実施し、1月21日に作業を終了した。
- ・ 櫛葉モックアップ施設へのロボットアームを輸送し、2月中旬以降準備が整い次第、
性能試験を開始予定

	2021年	2022年		
		1	2	3～
・ スプレイ治具取付作業	X-53ペネ孔径拡大作業 			スプレイ治具取付け 
・ 隔離部屋設置 ・ X-6ペネハッチ開放	隔離部屋設置・ X-6ペネハッチ開放 			
・ X-6ペネ堆積物除去 ・ 試験的取り出し装置設置				
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) 			
内部調査及び 試験的取り出し作業				

1/28以降
櫛葉モックアップ施設へ
輸送開始

(参考) 現地準備作業状況
PCV内部調査及び試験的取り出し作業の主なステップ

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

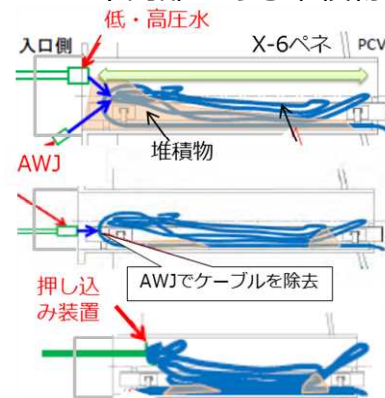
ハッチ開放装置



- 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

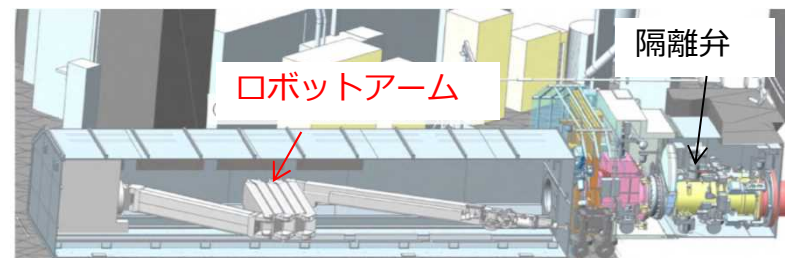
X-6ペネ内部にある堆積物・ケーブル類を除去する



- 【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

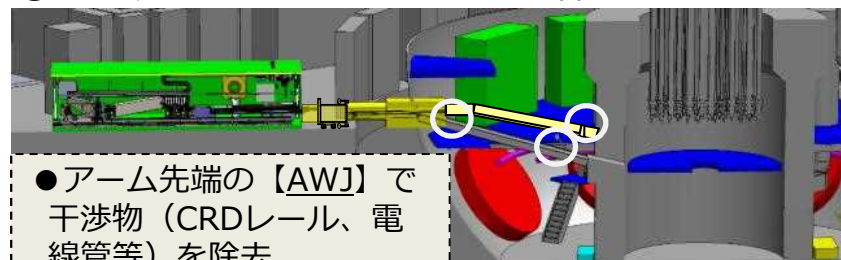
4. ロボットアーム設置

認可済



5. 内部調査及び試験的取り出し作業

① ロボットアームによるPCV内部調査



- アーム先端の【AWJ】で
干渉物 (CRDレール、電
線管等) を除去

② ロボットアームによる試験的取り出し

申請予定

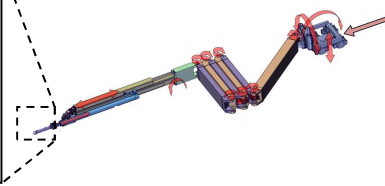
燃料デブリ回収装置先端部



<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

