

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

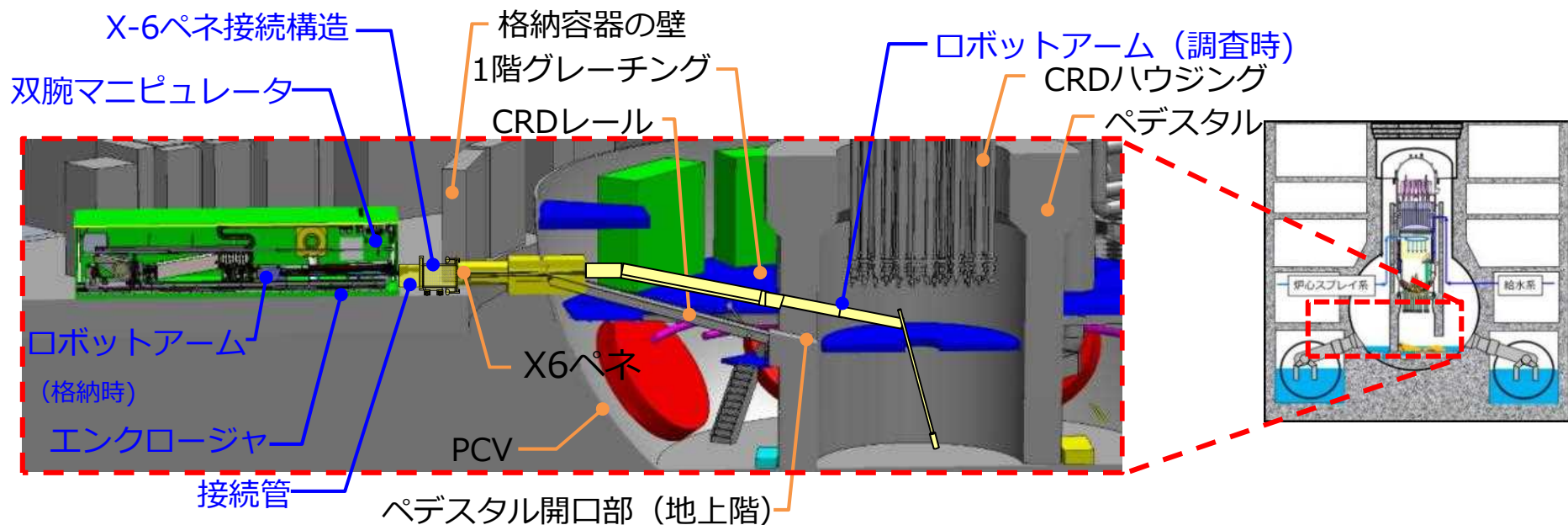
2022年6月30日

IRID **TEPCO**

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東京電力ホールディングス株式会社

1. PCV内部調査及び試験的取り出しの計画概要

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

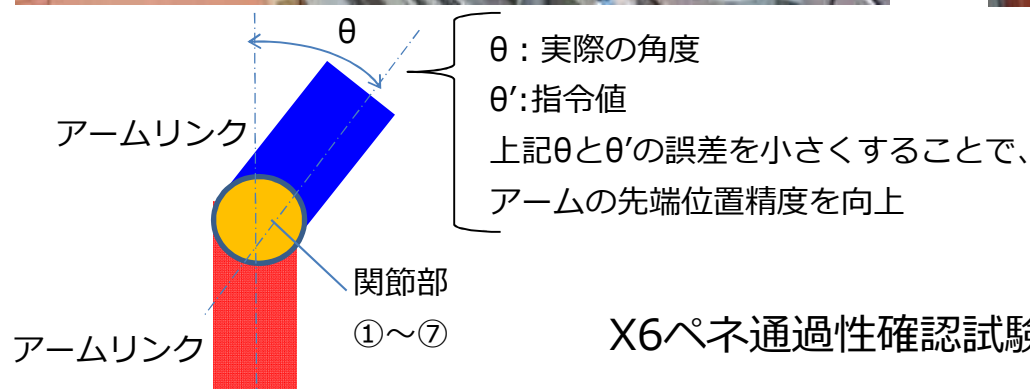
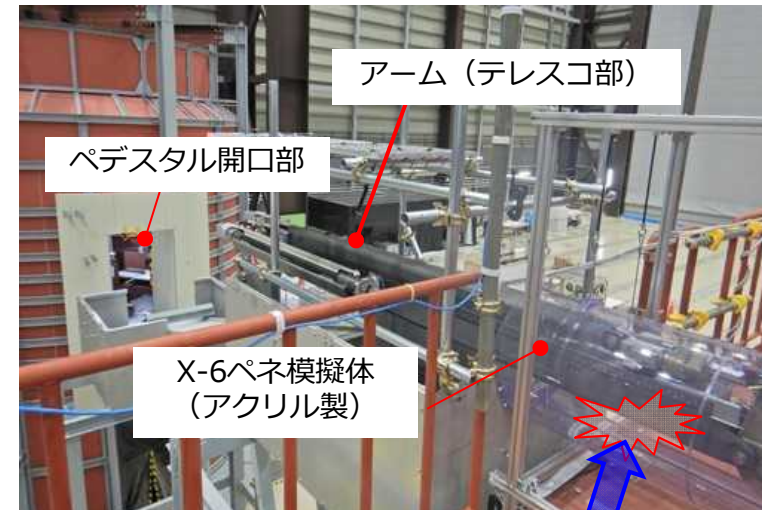
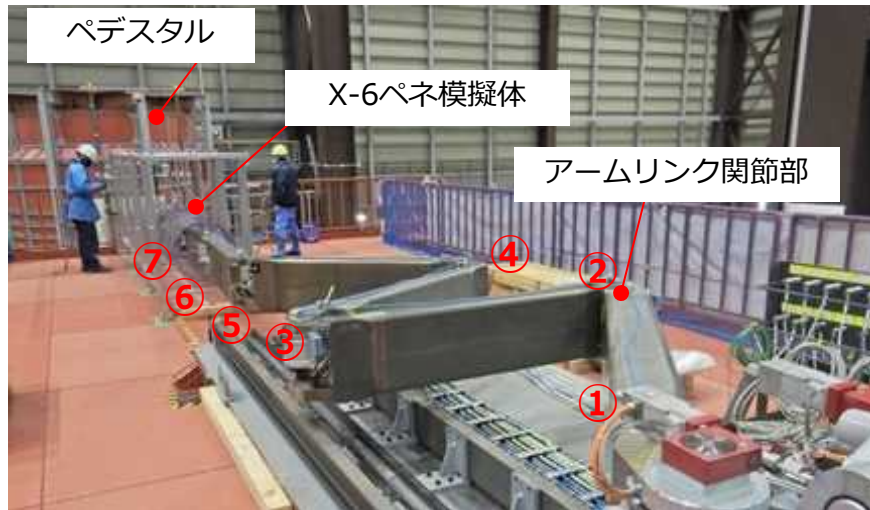
2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 これまでの試験結果と改良が見込まれる点の対応状況

	項目	これまでの試験結果	改良が見込まれる点	状況
ロボットアーム	AWJによるX-6ペネ出口の障害物の撤去	AWJによるX-6ペネ出口の障害物（干渉ケーブル・CRDレール）の切断除去の見通しを確認	切断順序やAWJの噴射方向等、手順詳細化/見直しを樁葉にて確認予定	今後実施
	X-6ペネの通過性	X-6ペネ模擬体の通過試験を行い、通過できることを確認	a <ul style="list-style-type: none"> 作業時間の観点からアーム動作速度の向上対策を樁葉にて実施予定 取得したデータをアーム運転システム（VRシステム）に反映し、樁葉モックアップを用いて実機とシステムの位置調整等の検証を実施し現場に合わせた制御プログラムの修正、精度向上を実施中 	実施中
	各種動作確認（たわみ測定等）	<ul style="list-style-type: none"> ロボットアームを最大伸長させ、動作状況を確認し、たわみデータを取得 樁葉モックアップを用いPCV内、ペDESTAL底部までのアクセスできることを確認 デブリ模擬体の採取性の確認 		
双腕マニピュレータ	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	ツールの取付位置の視野改善（カメラ位置変更）を実施予定	今後実施
	外部ケーブルの取付/取外	模擬アームに先端ツール用の外部ケーブルを取付/取外し作業の成立見通しを確認	c <ul style="list-style-type: none"> 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、取付位置の改善を実施 	実施中
	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確認	d <ul style="list-style-type: none"> 物品の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）を実施予定 	実施中
	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、成立見通しを確認	e <ul style="list-style-type: none"> コネクタ把持部が滑りやすいため、滑り防止処置を実施 	完了
	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	カメラ設置作業性を向上させるため、把持部取付け位置・設置方向の改善を実施	今後実施

3. 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

【今後の改良点 a,b : アーム運転システム/位置決め精度向上】

- ロボットアームの伸縮操作（原点⇒伸長⇒格納）を行い、**アクリル製X6ペネ模擬体の通過性を確認**。
- 今後の改良点として「アームリンク関節部の位置決め精度の向上」を抽出、X6ペネ、ペDESTAL内の狭隘部通過時の接触リスク低減等の観点より、**楯葉にて更なる位置決め精度の向上***を図る予定。
（* : アームリンク関節部（①～⑦）の角度誤差(指令値と実際の角度の差)を小さくし接触リスク等を低減）
- 現場に合わせた制御プログラムの修正・精度向上を実施中



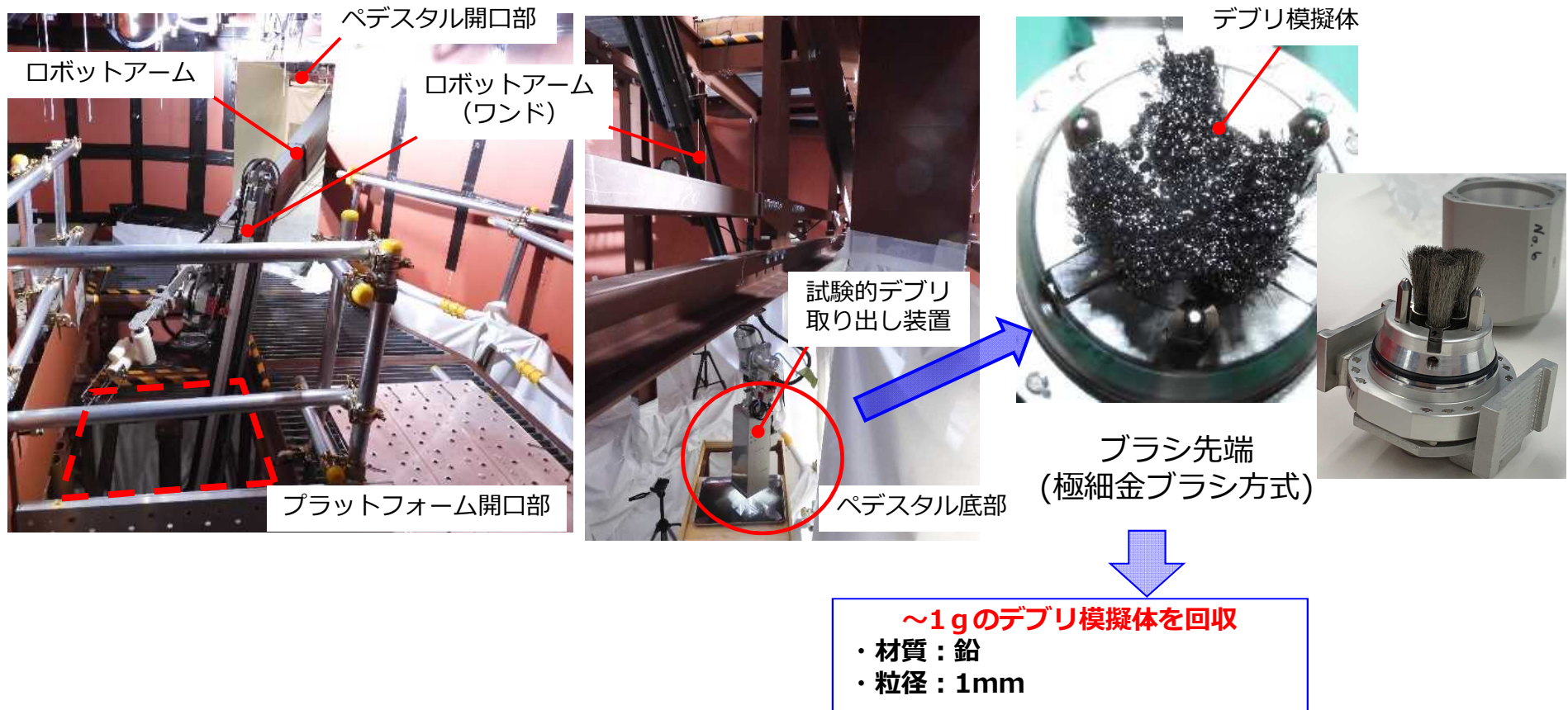
接触リスクの低減
(最小クリアランス : 約15mm)

X6ペネ通過性確認試験の状況

3. 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

【今後の改良点 a,b : アーム運転システム/位置決め精度向上】

- ・ デブリ回収装置をロボットアーム先端へ搭載、PCV内部からペDESTAL底部へアクセスしデブリ模擬体の回収試験を実施し、**~1gのデブリ模擬体の回収が可能**なことを確認。
- ・ 尚、ペDESTAL底部までのアクセスのための**更なる位置決め精度の向上**を含め運転手順の精緻化を図る。

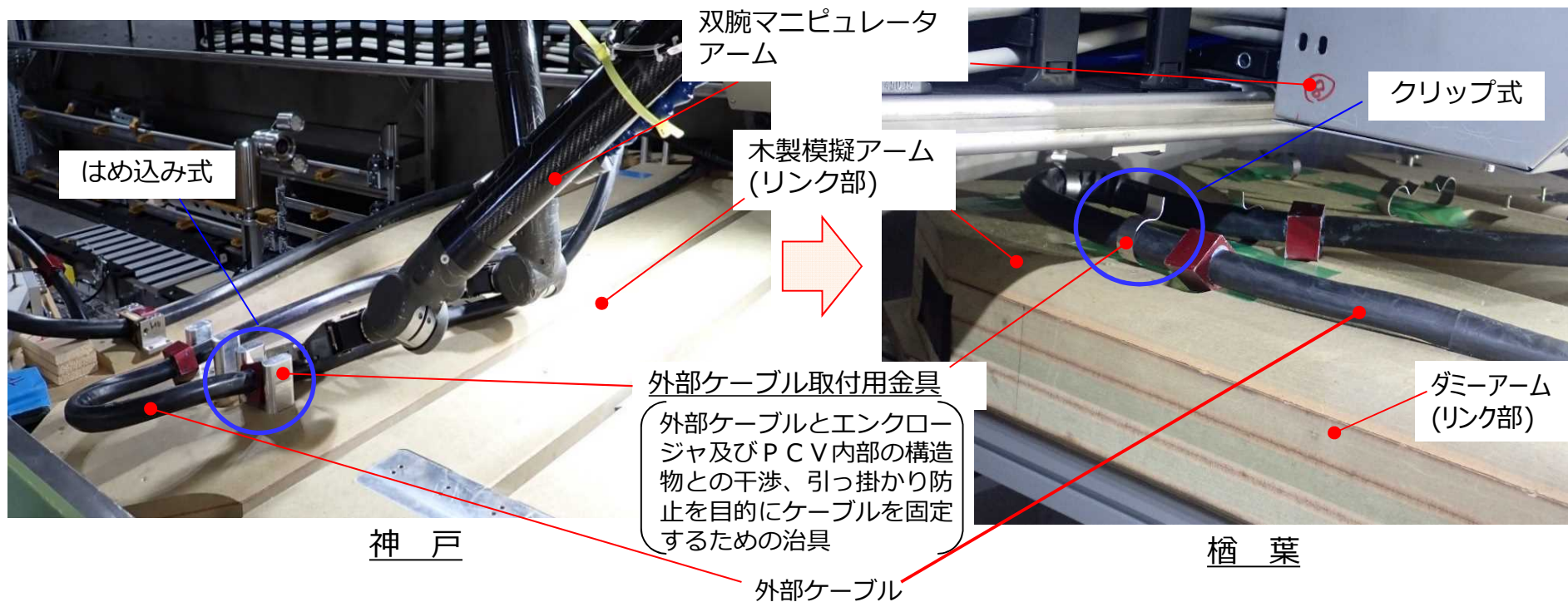


PCV内部へのアクセス性確認 (デブリ回収) 試験の状況

3. 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

【今後の改良点 c : 外部ケーブルのアームへの取付/取外し】

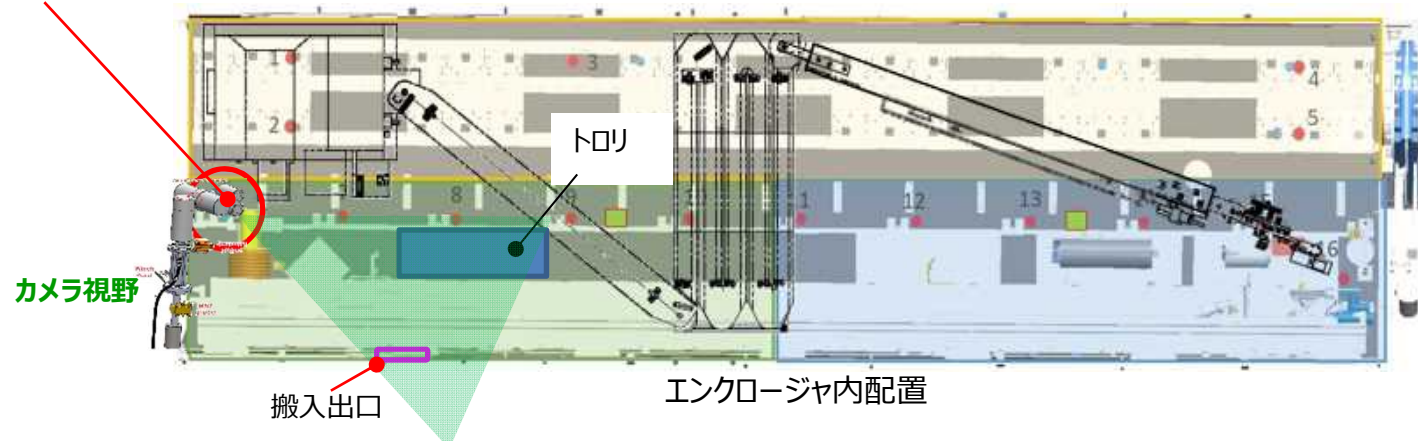
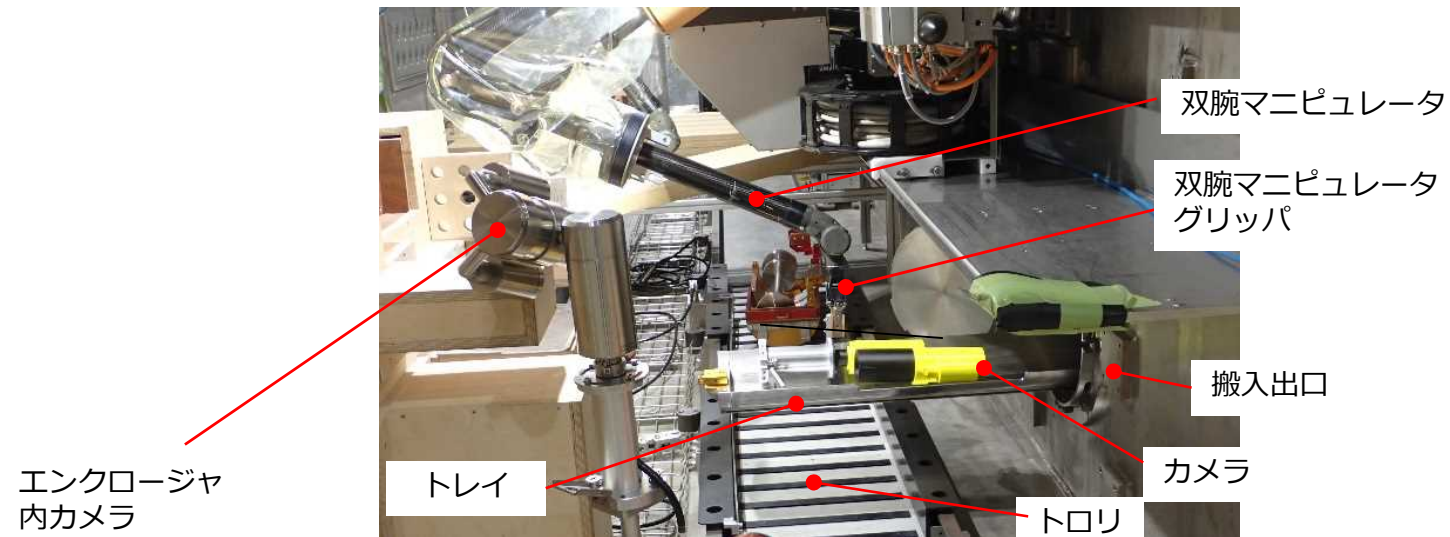
- ・神戸における試験にてアームへの外部ケーブルの取付/取外し作業の成立見通しを得ると共に作業性改善項目として「ケーブル取付金具構造、取付位置の改善」を抽出。
- ・今回、楢葉にてケーブル取付金具構造を「クリップ式」に変更することにより作業性の改善を確認。
- ・尚、更なる改良点として「クリップからのケーブルの外れ及びケーブル反力によるクリップ変形リスクの低減」を抽出、今後取付金具構造の更なる改良を図り楢葉にて確認していく。



外部ケーブルのアームへの取付/取外し試験の状況

3. 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

- ・エンクロージャ内コンテナ、トロリ及び双腕マニピュレータを使用し、カメラの搬入出口からの搬入、搬出試験を実施し作業成立性を確認。

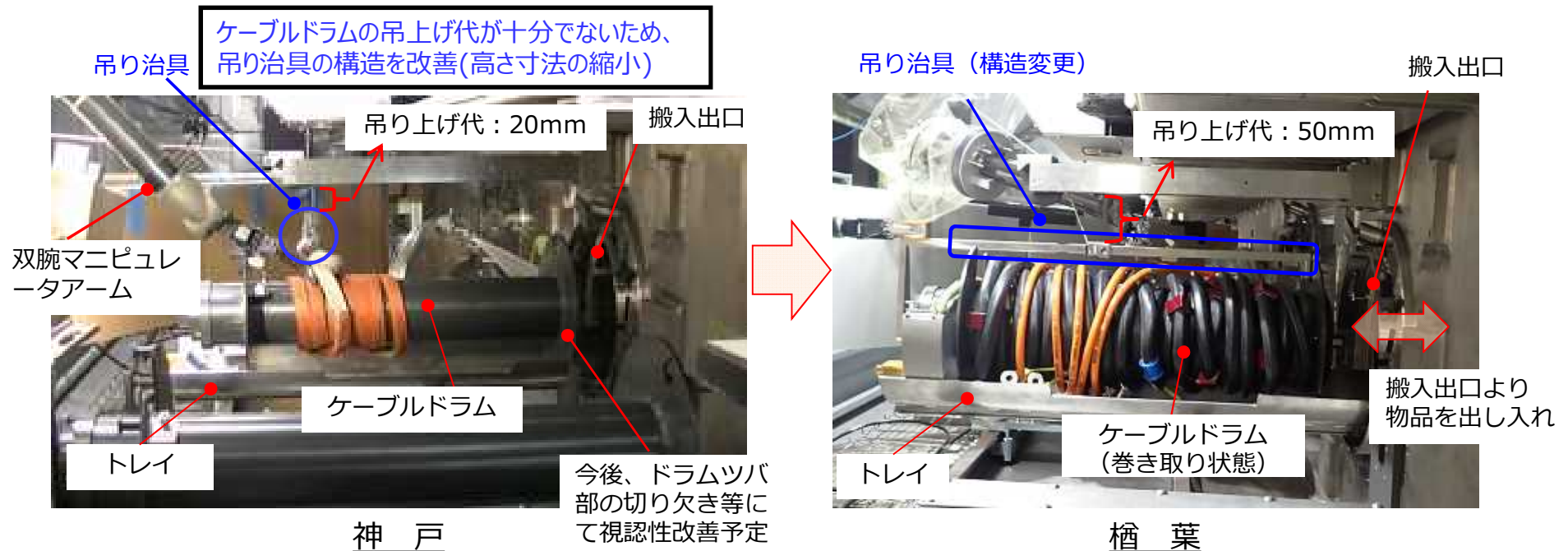


センサ・ツールの搬入出試験の状況 (カメラ)

3. 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

【今後の改良点 d : 先端ツール等の搬入出（治具構造変更／視認性改善）】

- ・神戸における試験にてケーブルドラム等物品のエンクロージャ内への搬入出作業の成立見通しを得ると共に作業性改善項目として「ケーブルドラム吊り治具/背面構造の改善」を抽出。
- ・今回、楢葉にてドラム吊り治具構造・形状を変更（吊り上げ代：20mm⇒50mm）することにより作業性が改善、対策の有効性を確認。今後、視認性の改善を図り作業の確実性を高める予定。

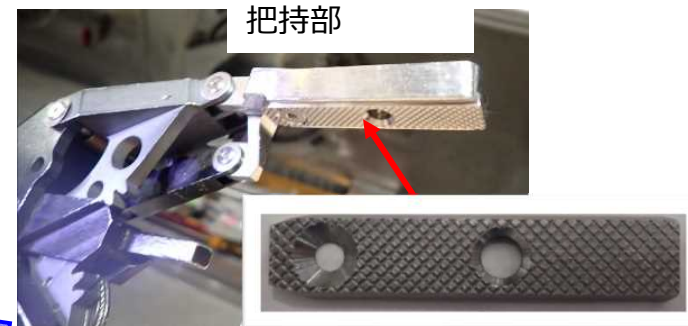
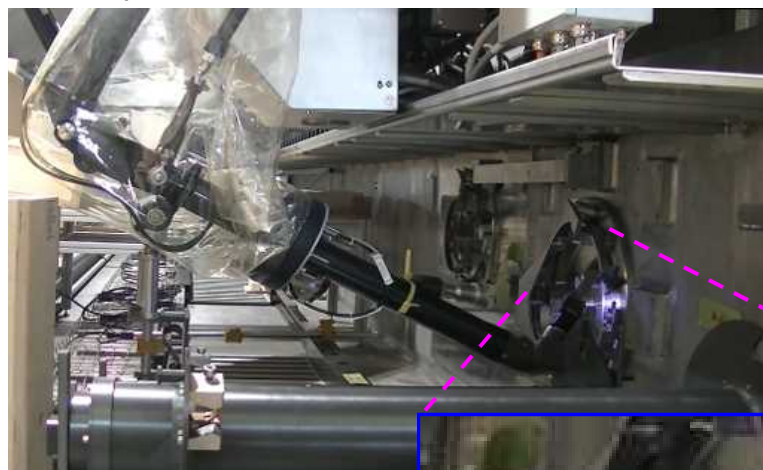


センサ・ツールの搬入出試験の状況（ケーブルドラム）

3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況

【今後の改良点 e: アームカメラの交換 (マニピュレータ爪先部変更)】

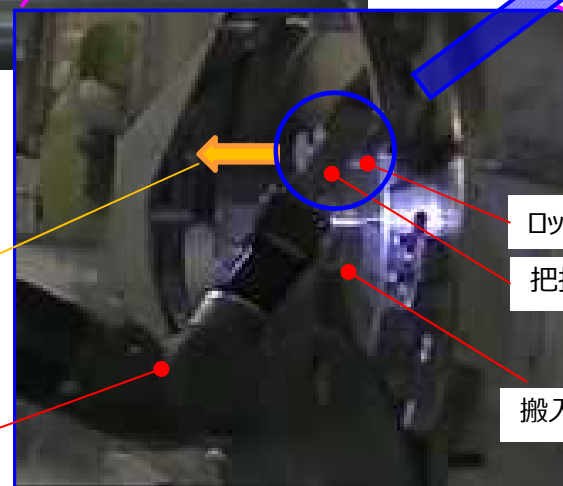
- ・神戸における試験にてアームカメラの取付・取り外し作業を実施し作業の成立見通しを得ると共に作業性改善項目として「双腕マニピュレータ把持部の滑り防止」を抽出。
- ・今回、楯葉にて「把持部の爪先部品に滑り対策」を実施することにより作業性が改善、対策の有効性を確認。



すべり止め対策として製作した爪先部品

ロックピンを引っ張る際に
把持部が滑る

双腕マニピュレータ
アーム



ロックピン※

把持部

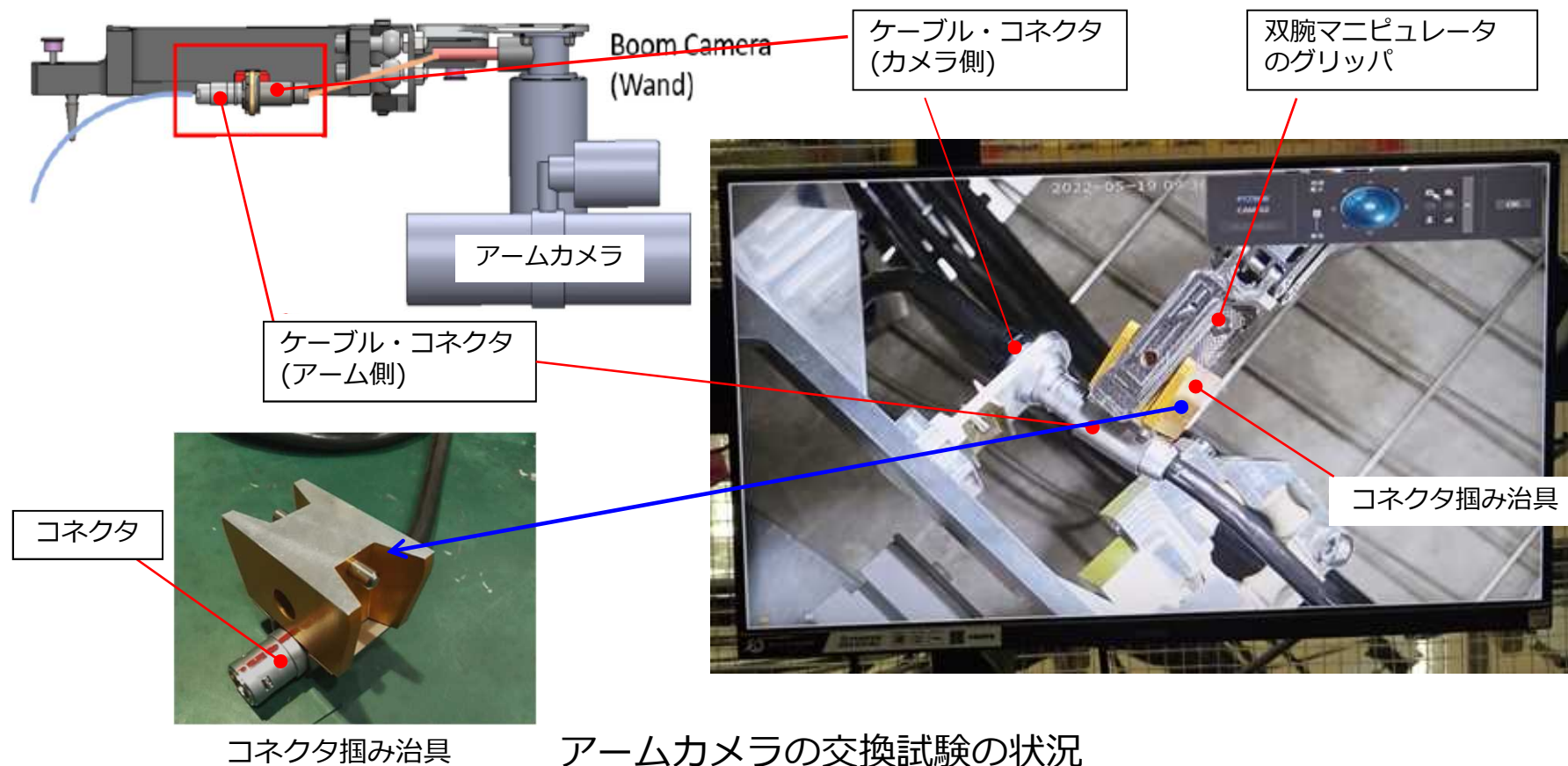
搬入出口

センサ・ツールの搬入出試験の状況 (カメラ)

3. 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

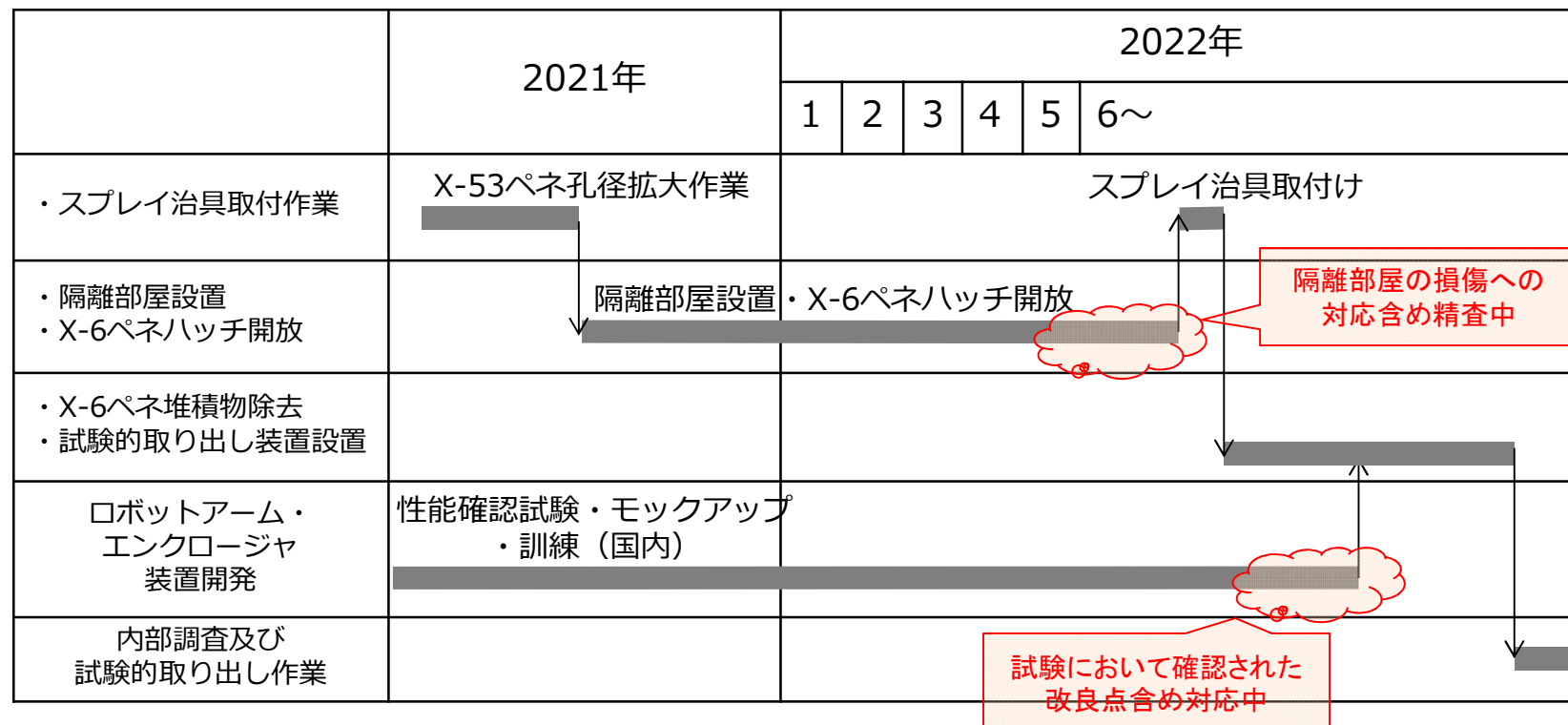
【今後の改良点 e : アームカメラの交換（把持部変更）】

- ・神戸における試験にて模擬アームカメラの取付・取り外し作業の成立見通しを得ると共に作業性改善項目として「カメラコネクタ把持部の滑り防止」を抽出。
- ・今回、樫葉にてコネクタ把持部を改良(掴み治具を取付け)し、コネクタの差込み／引抜きの作業性が改善、対策の有効性を確認。



4. 現地準備作業状況（全体工程）

- X-6ペネのハッチを開放するための隔離部屋設置関連作業を2021年11月より実施
- 隔離部屋に確認された損傷箇所への対応として、隔離部屋②の取り外しを行ったのち、構造含め対策を検討中
- 隔離部屋設置後にペネハッチ開放作業に着手予定
- ロボットアームの性能確認試験について、楢葉モックアップ施設で2月より性能試験を実施
- これまでの性能確認試験において確認された改良が見込まれる点について、引き続き対応していく。



(参考) 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況
性能確認試験項目

楢葉モックアップ施設用いて、現場を模擬したモックアップ試験を実施中。

なお、楢葉での性能確認試験において抽出された改善点は、引き続き対策・改善を進めていく。

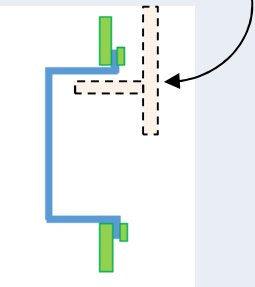
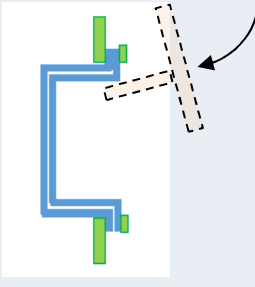
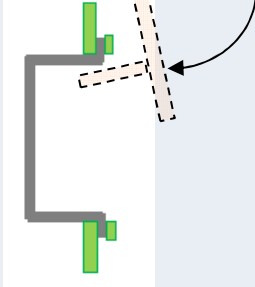

性能確認試験項目

試験分類	試験項目	MHI 神戸	楢葉
ロボットアーム関連	X-6ペネの通過性	▲	○
	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	センサ・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	▲	○
	センサ・ツールの搬入出	▲	○
	アーム固定治具の取外し		○
	アームカメラ/照明の交換	▲	○
	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み合わせ、調査に必要な一連の作業を試験で検証 ・ペDESTAL上部調査 ・ペDESTAL下部調査		○

【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

(参考) 現場作業の進捗状況 (隔離部屋①) 対策

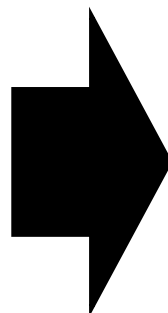
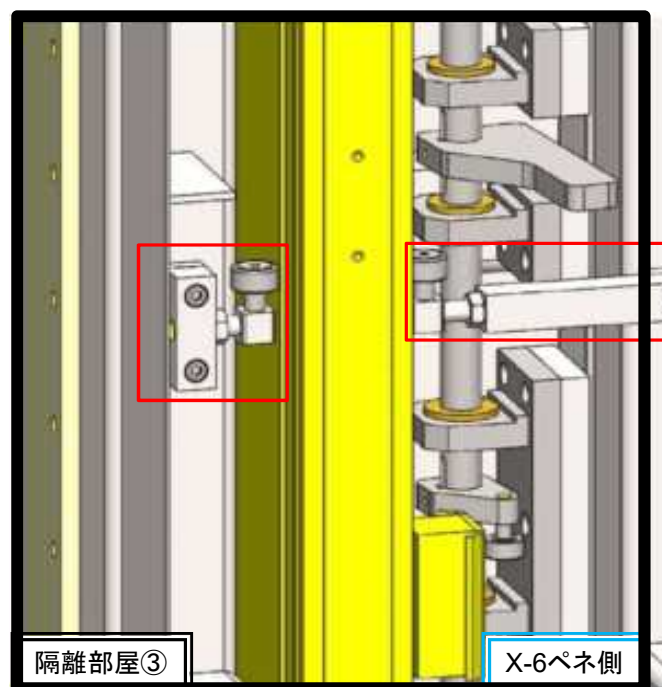
- 検討中の対策は以下の通り。
- なお、X-6 ペネハッチは内部調査・試験的取り出し装置を接続することから、90°以上開く必要がある。そのため把手が箱型ゴム部へ干渉するリスクを考慮し検討。

対策	A	B	C	D
	現行仕様の箱型ゴムに交換	箱型ゴムの2重化	金属製の箱へ変更	フランジ把手撤去
説明				
X-6 ペネハッチ開時の箱型ゴム部損傷リスク	把手を収納するときに擦れる可能性	二重化によりゴム部が厚くなるため、ハッチ扉を90°開放する途中段階において、箱型ゴムとハッチ扉の把手との間に干渉が生じる可能性がある	金属製の箱ではハッチ扉によって外側へ押し込まれた場合に外側へ逃げる事が出来ないため、ハッチ扉を90°開放出来ない可能性がある	干渉リスクなし

(参考) 現場作業の進捗状況 (隔離部屋② 対策)

- 現状、遮へい扉の動作状況については調整を実施し、問題なく動作することを確認
- 再発防止対策として、ガイドローラの構造変更を検討中

現状



対策後

