

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)」

令和7年度及び令和8年度
最終報告

令和8年9月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

目次

1. 本事業の背景・目的
2. 本事業の位置付け
3. 実施体制とスケジュール
4. 実施内容、成果
 - 4.1 アクセス・調査装置
 - 4.2 その他付帯設備
 - 4.3 燃料デブリ回収装置
 - 4.4 現場実証
 - 4.5 その他
5. まとめ

1. 本事業の背景・目的

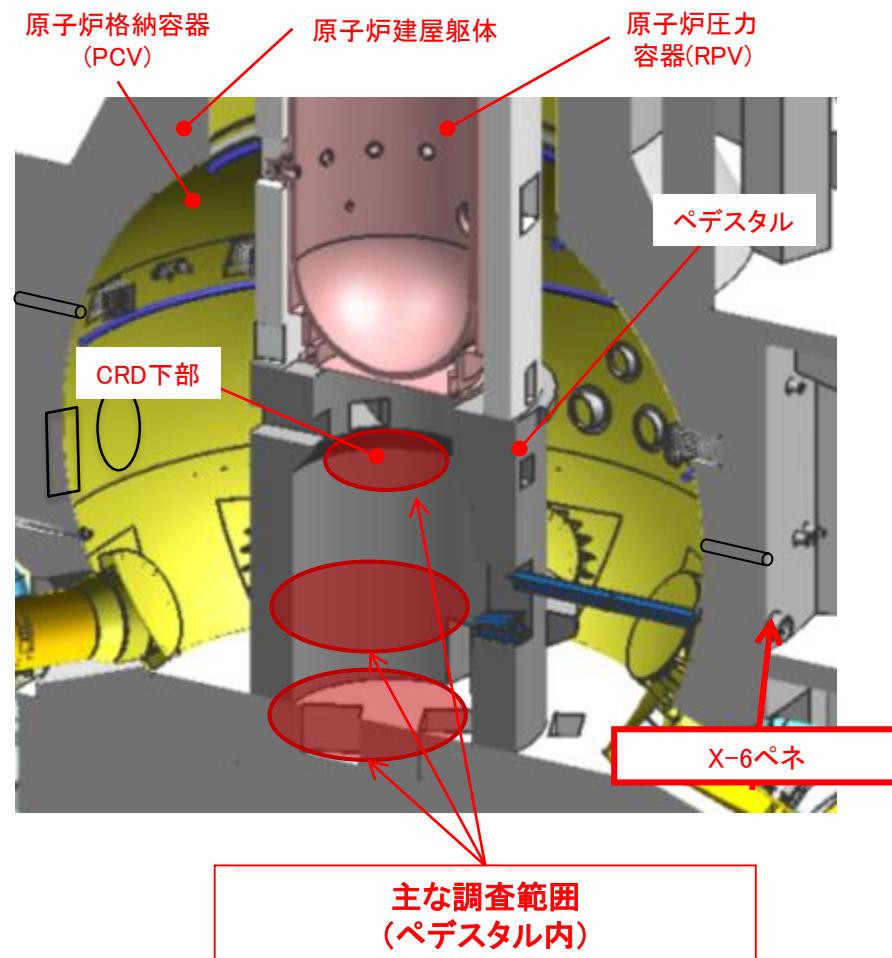
【背景】

平成30年1月に実施された2号機のPCV内部調査の結果、ペDESTAL内の底部全体に、小石状・粘土状に見える堆積物が確認されている。

また、燃料集合体の一部が底部に落下しており、その周辺に確認された堆積物は燃料デブリと推定されている。

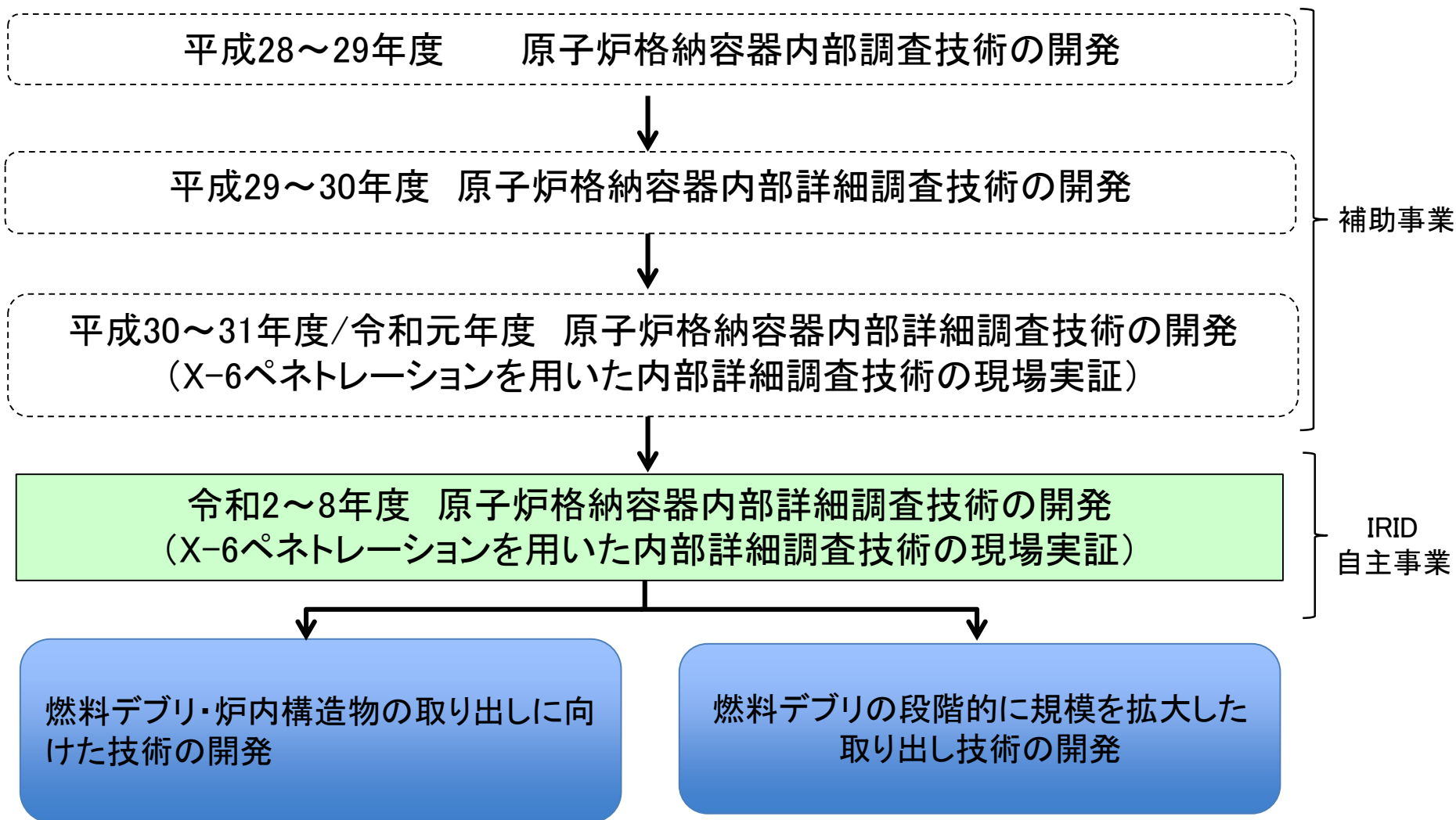
【目的】

アクセス・調査装置及び調査技術を、従来のPCV内部調査と同じX-6ペネトレーションに、より大きな直径の開口部を設けてPCV内部に投入し、**詳細調査を実施することで当該開発技術が有効であることを確認する。また、燃料デブリ回収装置を搭載し、PCV内部の堆積物を回収し、当該開発技術の有効性を確認する。**

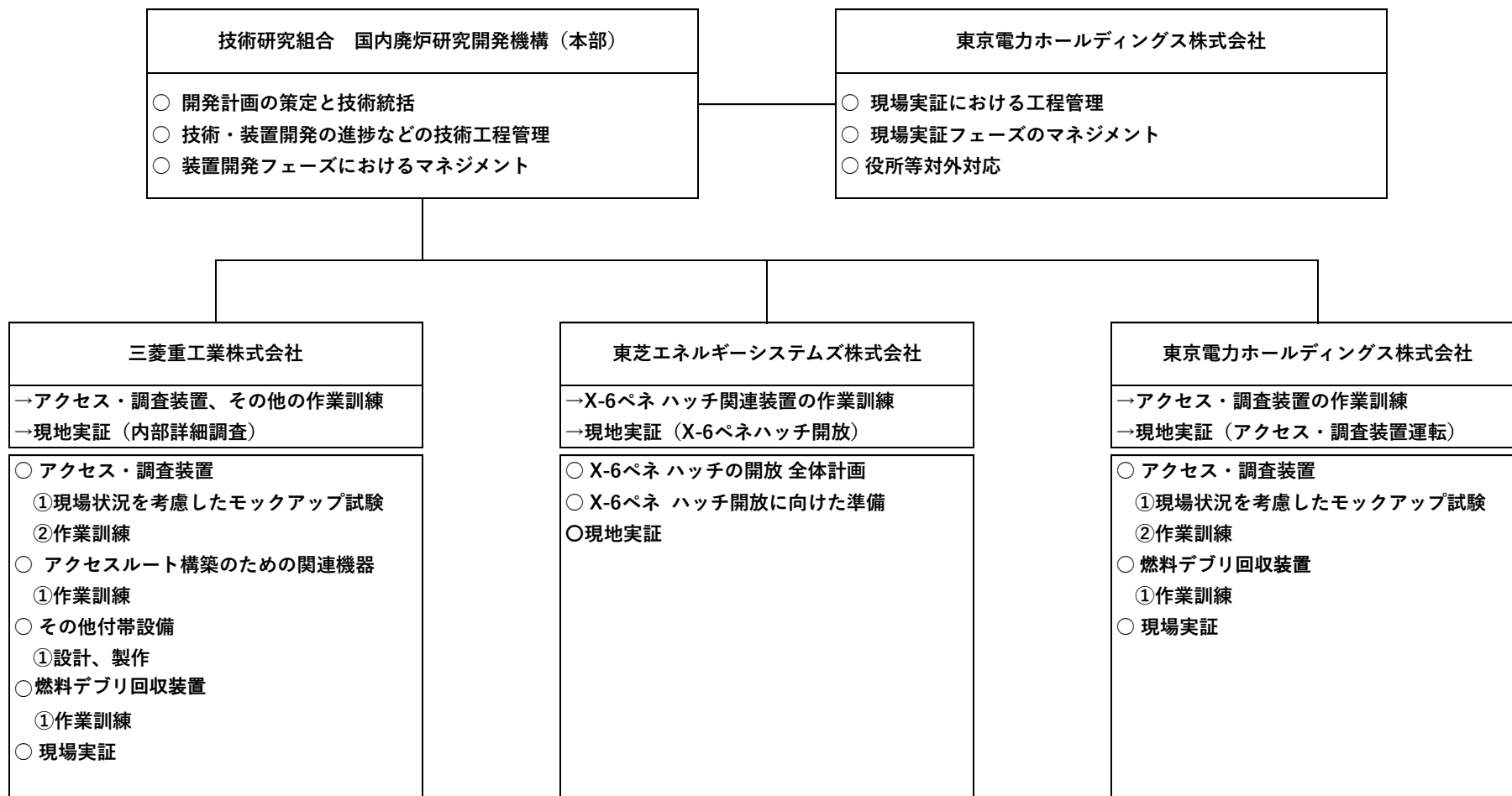


【 PCV断面図と調査対象部位の概要 】

2. 本事業の位置付け



3. 実施体制とスケジュール: 実施体制



5

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

4. 実施内容、成果

4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (i) 調査装置の保守

(a) アームの保守

【概要】

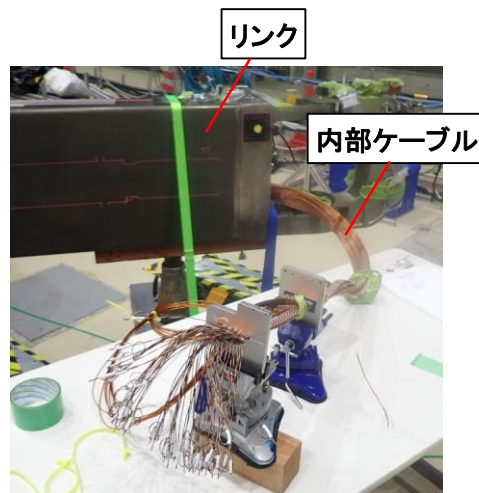
アーム本体及び付属品の保守を実施し、作動試験によりその改善効果を確認した。

【保守対象】

- ・アーム本体(リスト、テレスコ、リンク、キャリッジ)
- ・ワンド
- ・AWJツール
- ・その他電気部品

【保守内容】

- ・分解調査による損傷部品の確認
- ・消耗品(シール、摩耗部品等)の交換
- ・固定ボルトの交換
- ・内部ケーブル及びコネクタの交換
- ・モータ交換
- ・給脂
- ・制御盤及びケーブルの目視検査



内部ケーブル交換状況



アクチュエータの分解状況

4. 実施内容、成果

4.1 アクセス・調査装置

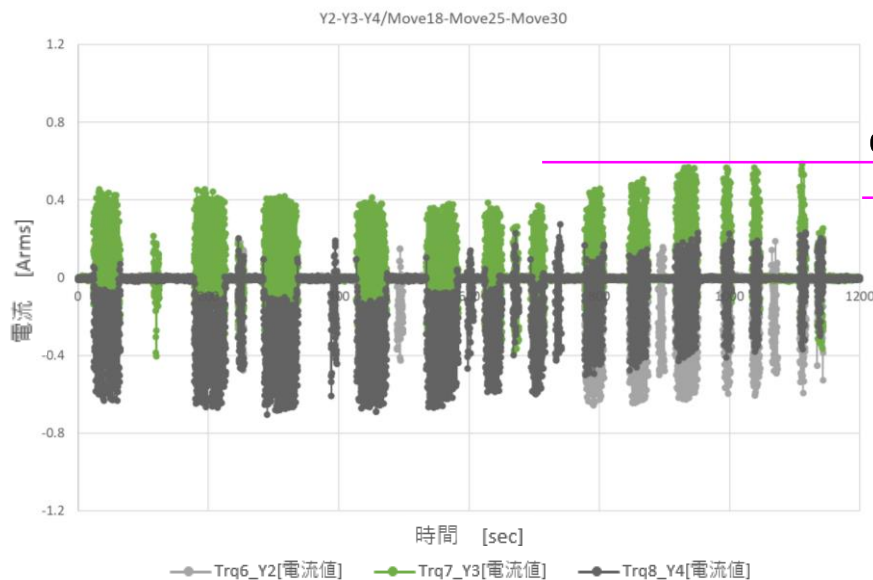
(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (i) 調査装置の保守

(a) アームの保守

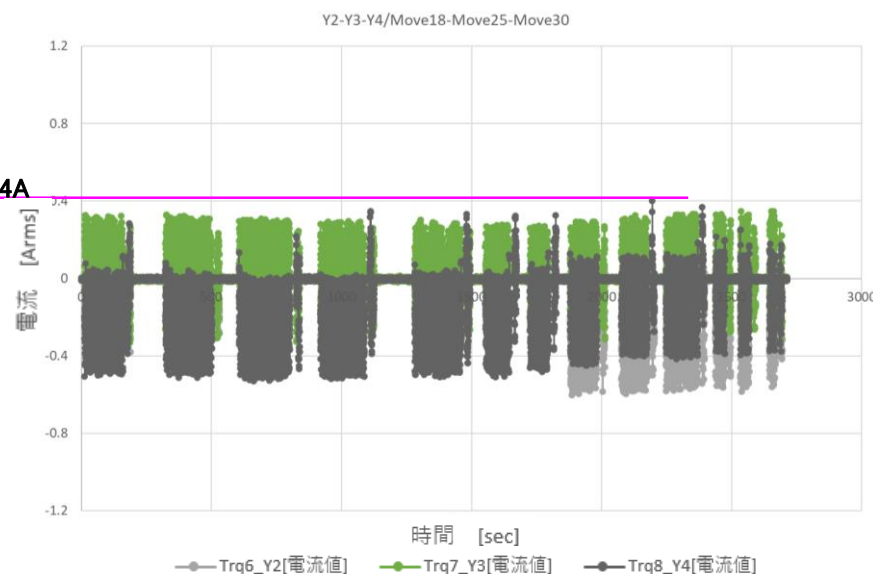
【アーム作動確認結果(モータの電流値)】

アームの作動確認を実施し、モータの駆動電流を確認したところ、保守前に比べて、保守後は電流が低減していることを確認。これは給脂や部品の交換等により機械的な負荷が低減したためである。

例: Y3軸モータ 0.6A(保守前)→0.4A(保守後)



保守前のモータ駆動電流



保守後のモータ駆動電流

4.1 アクセス・調査装置

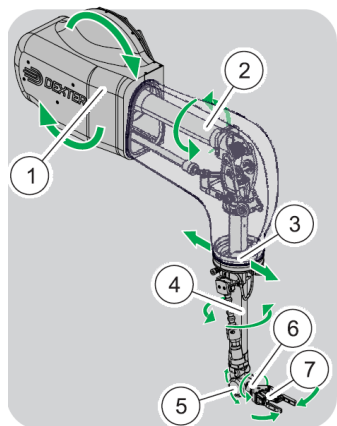
(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (i) 調査装置の保守

(b) デクスタの保守

- 令和6年度に実施したデクスタ保守に引き続き、各軸のチューニングを行い、単軸動作を確認した。

動作確認結果

- デクスタの保守及びチューニングにより、動作時の抵抗や振動に係る操作感が改善した。



対象軸	動作
①第1軸	上腕ピッチ動作
②第2軸	上腕ロール動作
③第3軸	前腕ピッチ動作
④第4軸	前腕ロール動作
⑤第5軸	手首ピッチ動作
⑥第6軸	手首ロール動作
⑦第7軸	グリッパ動作

操作軸		10点満点のスコア(保守前→保守後)			
		確認者A	確認者B	確認者C	平均
左腕	左1軸	8 → 10	7 → 10	4 → 9	6 → 10
	左2軸	7 → 9	4 → 10	4 → 9	5 → 9
	左3軸	4 → 9	4 → 10	5 → 9	4 → 9
	左4軸	7 → 10	7 → 10	7 → 10	7 → 10
	左5軸	7 → 7	4 → 8	5 → 6	5 → 7
	左6軸	4 → 10	4 → 9	4 → 10	4 → 10
	左7軸	2 → 7	8 → 10	10 → 10	7 → 9
右腕	右1軸	9 → 10	10 → 10	8 → 9	9 → 10
	右2軸	8 → 9	9 → 10	5 → 9	7 → 9
	右3軸	8 → 9	7 → 10	6 → 9	7 → 9
	右4軸	4 → 9	4 → 10	7 → 8	5 → 9
	右5軸	7 → 9	4 → 8	3 → 5	5 → 7
	右6軸	4 → 8	4 → 9	3 → 10	4 → 9
	右7軸	10 → 10	10 → 10	10 → 10	10 → 10

判定基準

スコア	抵抗、振動の重大度 (最大の重大度を評価)	範囲
10	なし (非常にスムーズ)	<1%
9	低	<5%
8	低	<25%
7	低	>50%
6	中	<5%
5	中	<25%
4	中	>50%
3	高	<5%
2	高	<25%
1	高 (どこも非常に硬い)	>50%

4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (i) 調査装置の保守 (b) デクスタの保守

➤ 下表のとおり、保守により動作が改善した

No.	保守前の要改善点	保守内容	保守後の挙動	結果
1	左腕4軸の振動	・作動ワイヤの交換及び再伸張 ・チューニング	振動無し	○
2	左腕グリッパ閉止後の戻り開放動作で、開き切らない場合がある。	・グリッパ部品の新調 ・チューニング	改善	○
3	操作側左腕2軸動作時に、クリッキング音が聞こえる。	・ベアリングの交換	正常にスムーズに動作	○
4	操作側左腕第1軸の+方向動作時に、ソフトリミットに到達。(動作範囲が若干狭い。)	・ソフトリミット値の見直し	正常にフルレンジで動作	○
5	操作側単独動作(現場側デクスタの同期前動作)で、左右両腕グリッパ閉止時、ソフトリミットに到達。(動作範囲が若干狭い。)	・ソフトリミット値の見直し	正常にフルレンジで動作	○
6	HMI(Human Machine Interface)のストローク表示範囲が不適切。	・HMIストローク表示範囲の見直し	最適な範囲で可動域を表示	○
7	同期動作において、左右両腕の第1軸の下方向動作で、HMI表示のフルレンジで動くことができなかった。(約26°のストローク残り)	・操作側／現場側デクスタ間のオフセット最適化	第1軸の正常なフルレンジ動作を確認	○
8	左右両腕の、第5軸及び6軸の振動	・チューニング	正常動作(振動無)を確認	○

○：適切に改善

4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (ii) カメラ故障想定試験

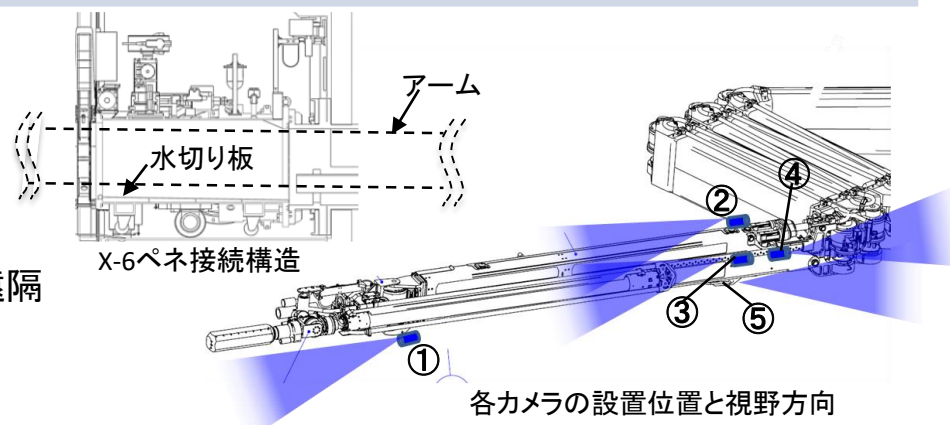
アームがPCV内に展開している状態で、搭載しているカメラが故障した際には、残りの健全なカメラやVR(Virtual Reality)システム*を利用してアームをエンクロージャ内に回収(帰還)する計画である。このため、カメラ故障を想定した試験を実施した。

*実機のアーム動作と連動。アーム姿勢確認や動作シミュレーション等が可能。

対象カメラ	主な用途
①リスト下カメラ	・アームがX-6ペネのセンタ(左右, 上下)位置にあることを確認 ・アーム前方の障害物がないことを確認 ・アーム先端下端と構造物(X-6ペネ内構造物等)との接触有無の確認
②テレスコ右前視カメラ	・アーム右前方側面と構造物(X-6ペネ内面等)との隙間, 接触有無の確認
③テレスコ左前視カメラ	・アーム左前方側面と構造物(X-6ペネ内面等)との隙間, 接触有無の確認
④テレスコ左後視カメラ	・アーム左後方側面と構造物(X-6ペネ内面等)との隙間, 接触有無の確認
⑤テレスコ下後方視カメラ	・アームがX-6ペネのセンタ(左右, 上下)位置にあることを確認 ・アーム後方下端と構造物(X-6ペネ接続構造内水切り板等)との接触有無の確認

<試験条件>

- ・単一故障、2重故障、全故障を想定
- ・故障想定カメラは操作室のカメラ映像モニタをOFFとする
- ・アームを全展開した状態でのカメラ故障とし、
全展開姿勢からエンクロージャまでの帰還動作をフル遠隔操作で実施



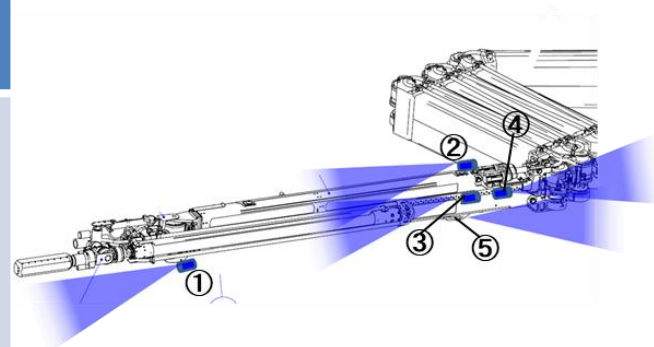
4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (ii) カメラ故障想定試験

<試験結果>

- ・下表のとおり、単一故障、2重故障、全故障を想定した条件において、残りの健全なカメラやVRシステムを利用してアームをエンクロージャ内に回収(帰還)することが可能であることを確認した

ケース No.	故障想定カメラ	アーム搭載 ツール	試験結果
1	⑤テレスコ下後方視カメラ	AWJツール	いずれのケースも アーム回収可能
2	⑤テレスコ下後方視カメラ	ワンド	
3	①リスト下カメラ		
4	③テレスコ左前視カメラ		
5	②テレスコ右前視カメラ		
6	①リスト下カメラ ＋⑤テレスコ下後方視カメラ		
7	④テレスコ左後視カメラ ＋⑤テレスコ下後方視カメラ		
8	②テレスコ右前視カメラ ＋③テレスコ左前視カメラ		
9	①リスト下カメラ ＋②テレスコ右前視カメラ		
10	①リスト下カメラ ＋③テレスコ左前視カメラ		
11	全故障(①～⑤)		



試験状況(操作室でのアーム運転)

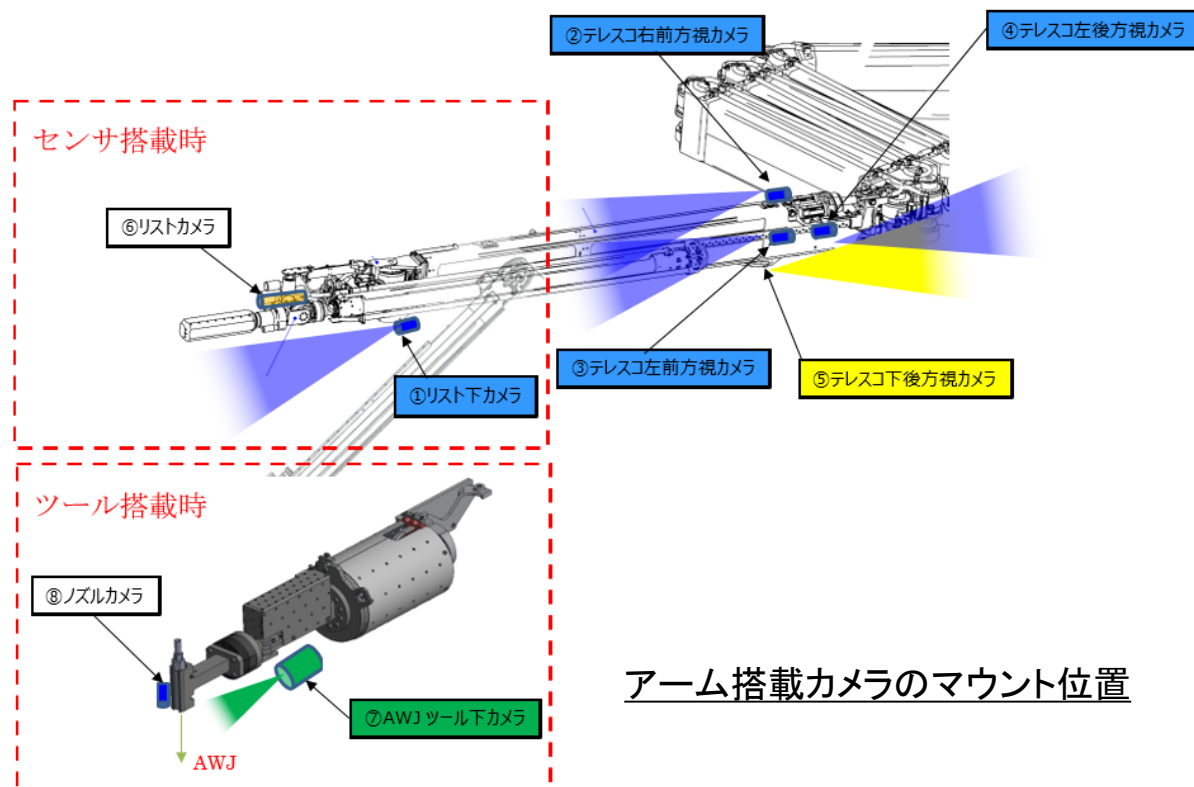
4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iii) カメラ照射試験及び運用計画

(a) カメラ照射試験

概要

- アームに搭載するカメラの視認性及び耐放射線性寿命の確認を目的とし、照射試験を実施した。
- 暗所である福島第一原子力発電所現地の運用では、カタログ値よりも低い累積線量で、視認性が悪くなることを確認した。
- このため、想定される照度条件※及び線量率で照射試験を実施し、視認可能な累積線量を評価した。
(※モックアップ試験での計測照度：X-6ペネ内…約400Lux、プラットフォーム上面…約200Lux)



アーム搭載カメラのマウント位置

4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iii) カメラ照射試験及び運用計画

(a) カメラ照射試験

試験対象カメラ

➤ アーム搭載カメラの型式とカタログ仕様は下表のとおり。

アーム搭載カメラ	カタログ仕様 (線量率)	カタログ仕様 (累積線量)	計画累積線量 (内部詳細調査)
①リスト下カメラ	1.0kGy/H	50kGy	100kGy (交換運用)
②テレスコ右前方視カメラ			
③テレスコ左前方視カメラ			
④テレスコ左後方視カメラ			
⑤テレスコ下後方視カメラ	1.0kGy/H	500kGy	100kGy (交換不可*)
⑥リストカメラ	1.0kGy/H	1.0MGy	52kGy (交換運用)
⑦AWJツール下カメラ	1.0kGy/H	500kGy	12kGy (交換運用)
⑧ノズルカメラ	0.3kGy/H	1.0kGy	12kGy (交換運用)

*遠隔交換不可のため、視認不可となった場合は他のカメラ視野を活用

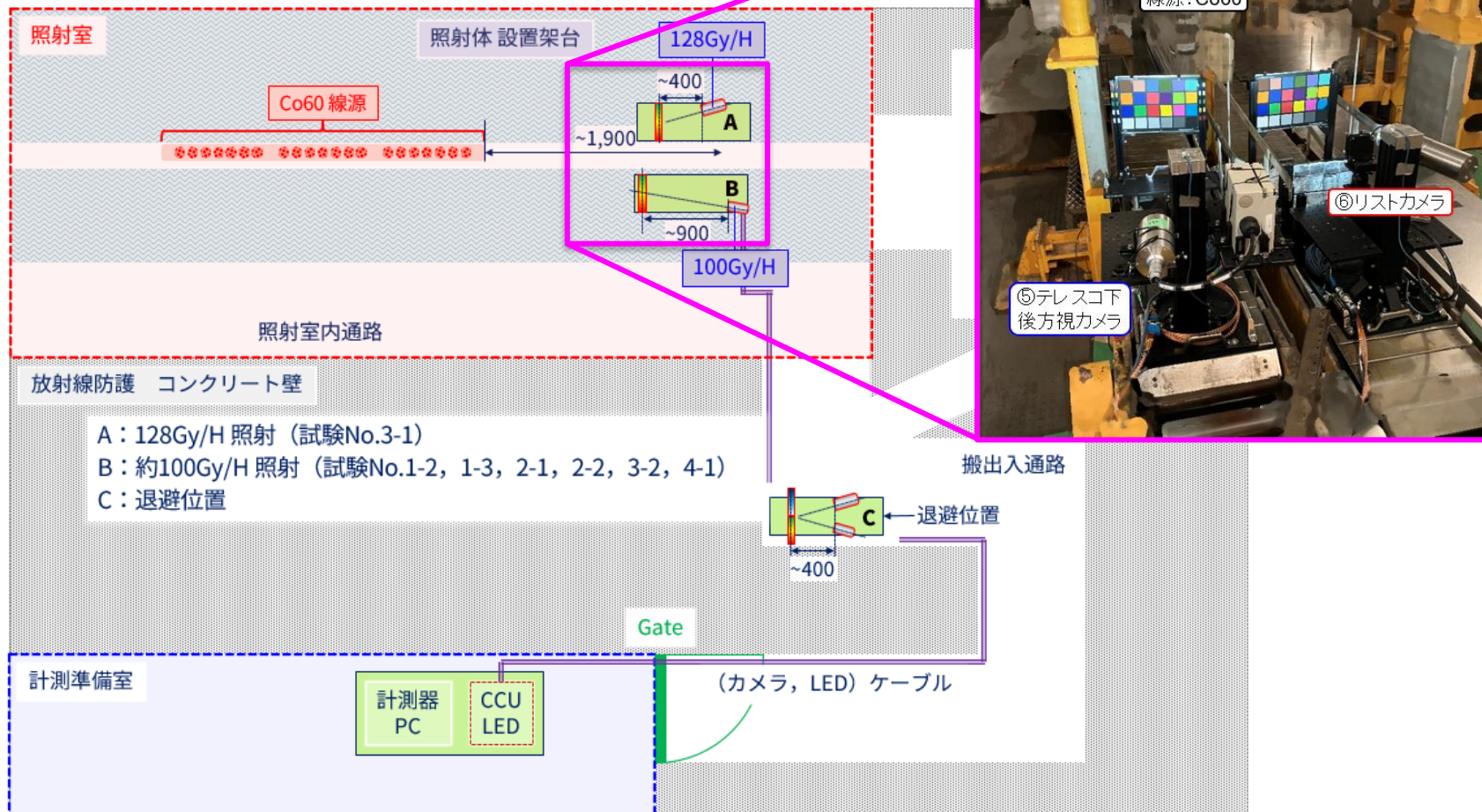
4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iii) カメラ照射試験及び運用計画

(a) カメラ照射試験

試験レイアウト

➤ Co60線源を用い、右図セットアップで試験を実施。



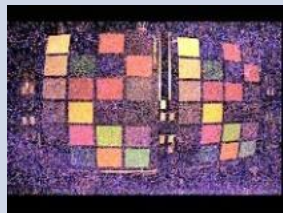
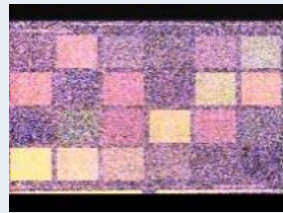
4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iii) カメラ照射試験及び運用計画

(a) カメラ照射試験

試験結果(1/3)

- アーム搭載候補カメラの照射試験を実施。(機材準備の完了順に試験を実施。)

No.	カメラ	メーカ仕様	試験時線量率	視認可能な累積線量	
1-1	⑦AWJツール下カメラ	線量率: 1.0kGy/H	100 Gy/H	36.5kGy@187Lux	
1-2	⑤テレスコ下後方視カメラ	累積線量: 500kGy	98 Gy/H	15.3kGy@204Lux	

(補足)

- ・No.1-1とNo.1-2のカメラは同一仕様のPCB基板を使用しているが、レンズ仕様(画角)とケーブル仕様が異なる。
- ・細芯のアーム内部ケーブルを使用するNo.1-2のカメラは、視認性の悪化がより顕著となった。

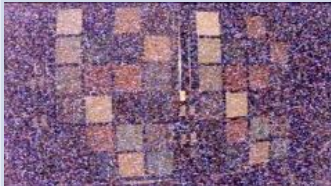
4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iii) カメラ照射試験及び運用計画

(a) カメラ照射試験

試験結果(2/3)

- アーム搭載候補カメラの照射試験を実施。(機材準備の完了順に試験を実施。)

No.	カメラ	メーカー仕様	試験時線量率	視認可能な累積線量	
2-1	①リスト下カメラ ②テレスコ右前方視カメラ ③テレスコ左前方視カメラ ④テレスコ左後方視カメラ F2.9mm 標準ガラスレンズ	線量率: 1.0kGy/H 累積線量: 50kGy	105 Gy/H	5.0kGy@58Lux	
2-2	①リスト下カメラ ②テレスコ右前方視カメラ ③テレスコ左前方視カメラ ④テレスコ左後方視カメラ F5.0mm ハンプラウニングレンズ		118 Gy/H	a)28.6kGy@202Lux b)38.2kGy@405Lux	 a) 28.6kGy@202Lux  b) 38.2kGy@405Lux

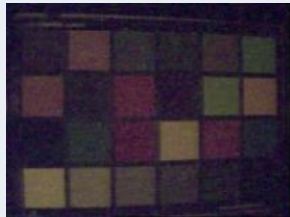
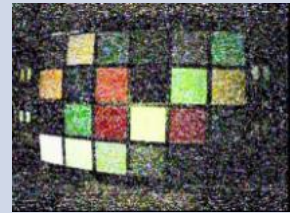
4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iii) カメラ照射試験及び運用計画

(a) カメラ照射試験

試験結果(3/3)

- アーム搭載候補カメラの照射試験を実施。(機材準備の完了順に試験を実施。)

No.	カメラ	メーカー仕様	試験時 線量率	視認可能な累積線量	
3-1	⑥リストカメラ 常時電源ON	線量率: 1.0kGy/H	128 Gy/H	~41.6kGy :55 Lux 41.6kGy~ :192Lux	 100.5kGy時点での画像
3-2	⑥リストカメラ 電源ON/OFF	累積線量: 1.0MGy	110 Gy/H	36.5kGy* : 192Lux	
4-1	⑧ノズルカメラ	線量率: 0.3kGy/H 累積線量: 1.0kGy	99 Gy/H	1.0kGy : 200 Lux	

* 36.5kGy以降、電源ON/OFF後に画像出力不良が発生。このため、リストカメラは常時電源ONの運用とする。

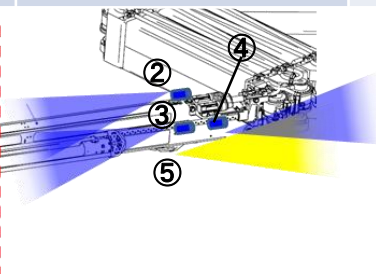
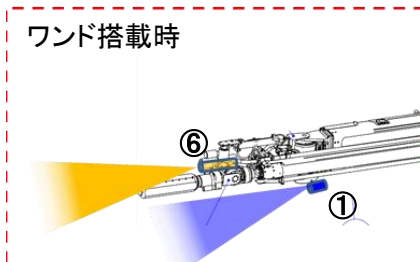
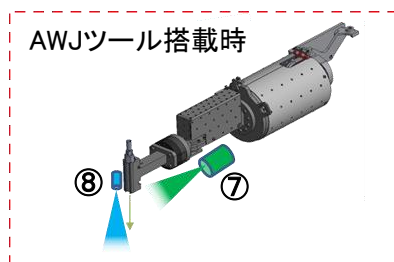
4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iii) カメラ照射試験及び運用計画

(b) アーム搭載カメラの運用計画

前項のカメラの照射試験結果を踏まえ、現地における各カメラの運用計画を策定した

対象カメラ	想定 累積線量	主な視認対象	視認対象部の照度 (モックアップ試験結果より)	視認可能な累積線量 (照射試験結果より)	カメラ 交換台数*
①リスト下カメラ	100kGy	X-6ペネ内 プラットフォーム上	417Lux以上 219Lux	28kGy	3
②テレスコ右前方視カメラ		X-6ペネ内	417Lux以上	38kGy	2
③テレスコ左前方視カメラ					2
④テレスコ左後方視カメラ					2
⑤テレスコ下後方視カメラ				15kGy	—**
⑥リストカメラ	52kGy	プラットフォーム上 中間架台の梁	219Lux 157Lux以上	100kGy以上	0
⑦AWJツール下カメラ	12kGy	CRDレール上	505Lux以上	36kGy	0
⑧ノズルカメラ				1kGy	11



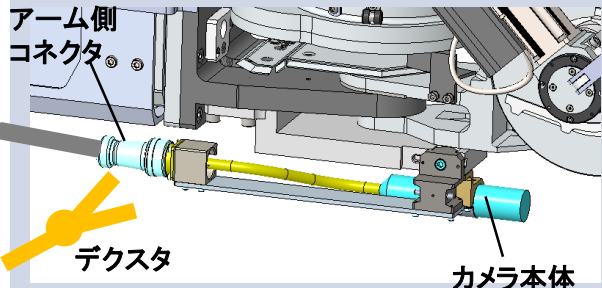
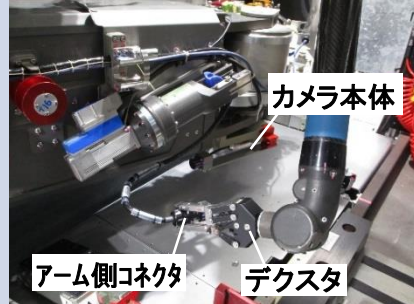
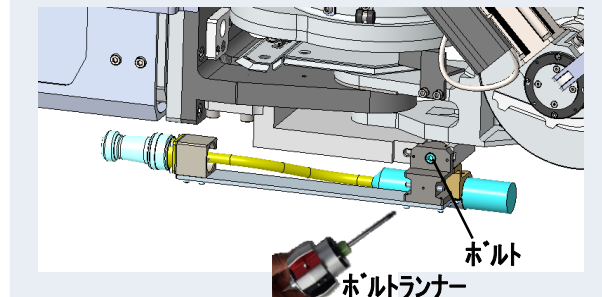
*初期設置分を除く

**遠隔交換不可のため、視認不可となった場合は他のカメラ視野を活用

4.1 アクセス・調査装置

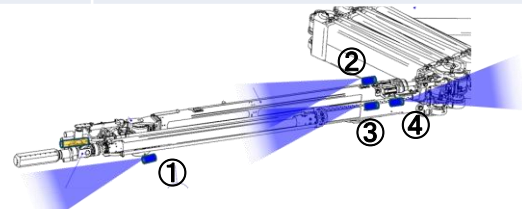
(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iii) カメラ照射試験及び運用計画 (c) カメラ交換作業のデクスタ検証

前項のカメラ運用策定を踏まえ、テレスコカメラ(①～④)の遠隔交換作業の検証を実施

検証項目	検証内容	検証結果
コネクタの取外し 	・コネクタをデクスタにて把持できること ・アーム側コネクタを30°回転させ、カメラユニットからコネクタを取り外せること	問題なく遠隔交換可能 
カメラユニットの取外し 	・ボルトランナーにて、ボルトを緩めることができること ・カメラユニットをデクスタで把持し、アームから取外すことができること	問題なく遠隔交換可能 

注:「①リスト下カメラ」について上表に示す。カメラ取付作業についても同様に検証。

デクスタにて、テレスコカメラ(①～④)の遠隔交換が可能なことを確認できた

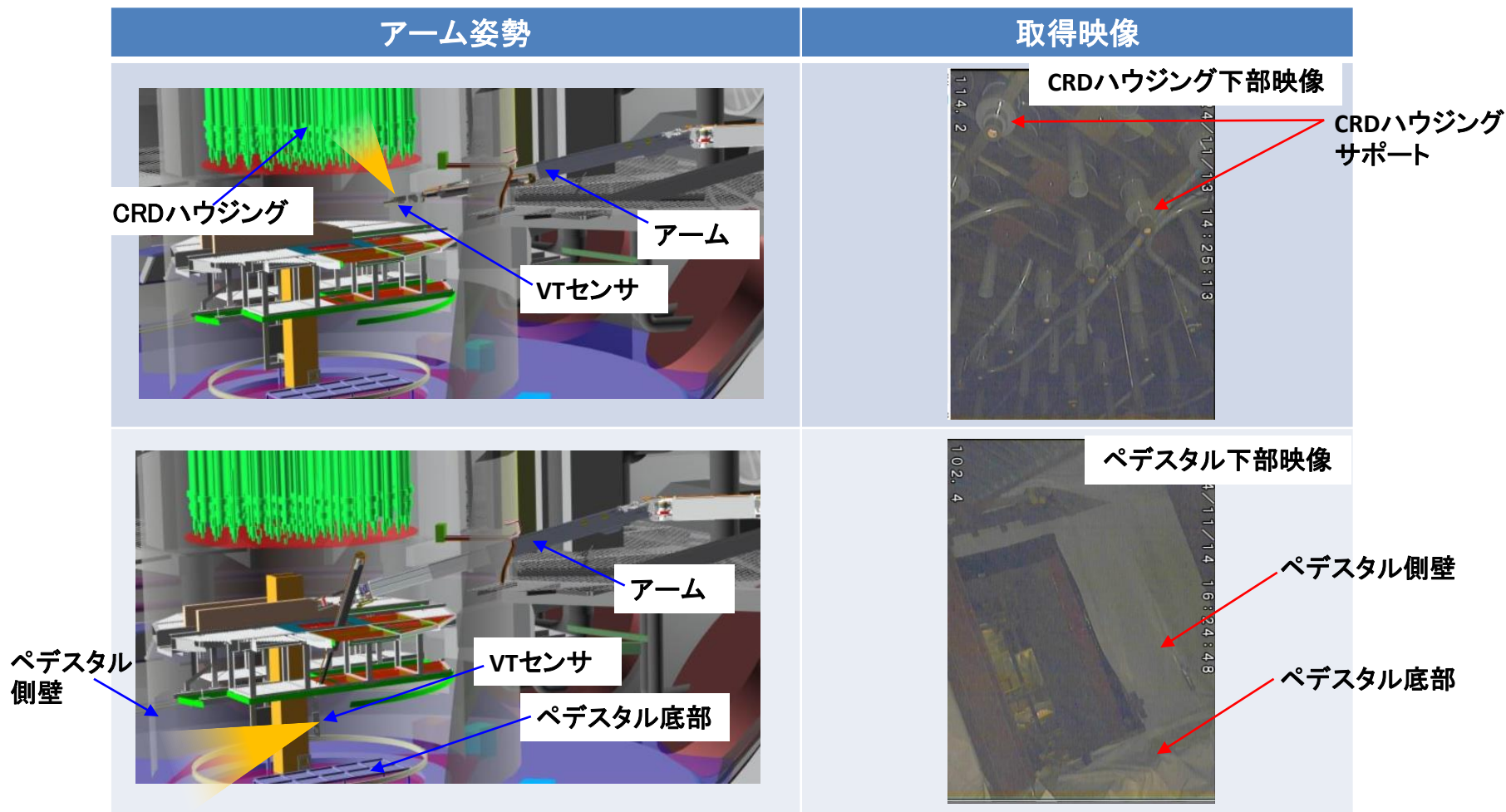


4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (iv) ワンスルー試験

(a) VTセンサ搭載条件

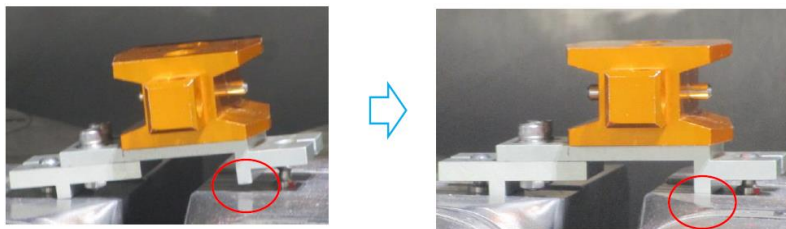
- ・VTセンサをアーム先端に搭載し、エンクロージャ内からペDESTAL内へのアーム展開、VTセンサによる映像取得(代表箇所)までの一連のアーム及びセンサの動作/運転を実施した



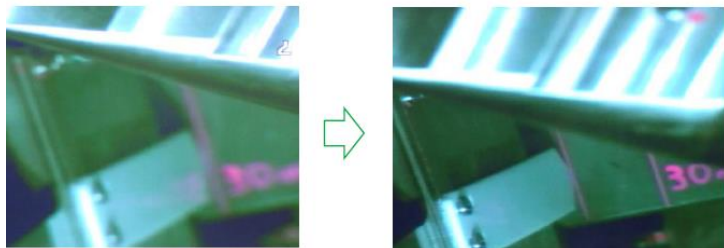
4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (v) マスタリング作業性検証

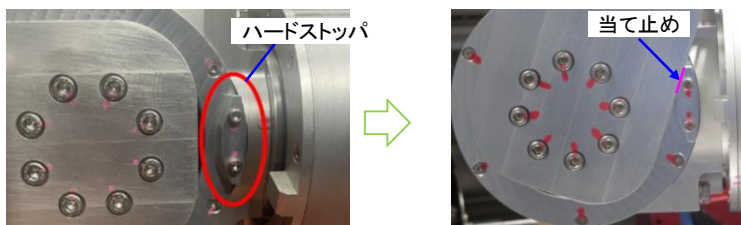
- ・各動作軸の要求精度に応じて、デクスタでの遠隔作業検証を実施(右表参照)
- ・いずれ作業もデクスタで実施できることを確認した



校正治具によるマスタリング(Y3軸)



マーキング合わせ(CTR軸)



ハードストップ当て止め(WDP軸)

	対象軸*	マスタリング**方法
キャリッジ	CRA	校正治具
	CTI	傾斜計との照合
	CRO	傾斜計との照合
	CTR	マーキング合わせ
リンクヨー軸	Y1	校正治具
	Y2	校正治具
	Y3	校正治具
	Y4	校正治具
	Y5	校正治具
	Y6	校正治具
	TY	校正治具
テレスコ	TP	校正治具
	TE	マーキング合わせ
リスト	WY	校正治具
	WP	校正治具
AWJツール	TLR	マーキング合わせ
	CRD	マーキング合わせ
ワンド	WDR	ハードストップ当て止め
	WDP	ハードストップ当て止め
	WDE	ハードストップ当て止め
デクスタキャリッジ	DTR	マーキング合わせ
	DSW	マーキング合わせ

*対象軸の詳細は補足資料の”アーム及びデクスタキャリッジの駆動軸”参照

**マスタリング: 機械的なゼロ点位置(初期位置)の設定作業

4.1 アクセス・調査装置

(1) 現場状況を考慮したモックアップ試験 (vi) エンクロージャのリークチェック

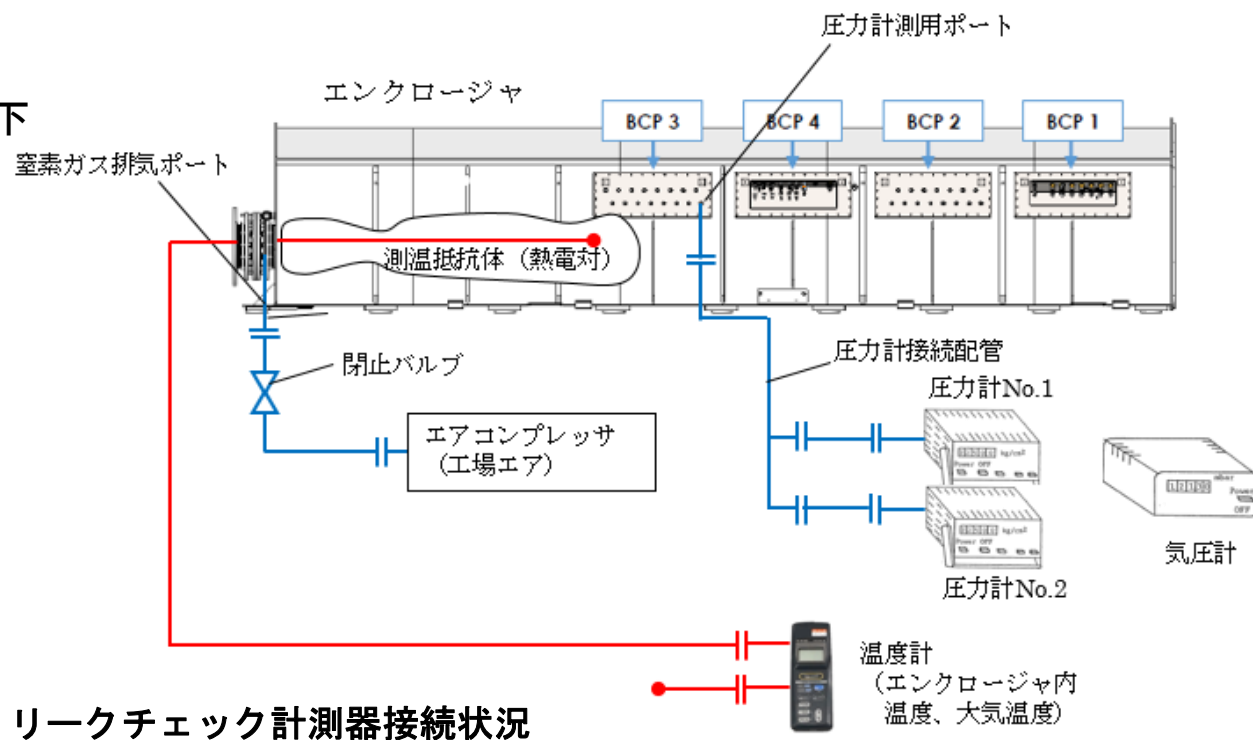
エンクロージャのリークチェックを実施し、所定の漏洩率以下である(バウンダリが確保できている)ことを確認

【試験条件】

- ①試験圧力: 10kPa(ゲージ圧)
- ②試験温度: 常温
- ③使用加圧気体: 空気
- ④試験時間: 24時間
- ⑤判定基準: 0.05vol%/h以下

【試験結果】

・合格: 0.012vol%/h



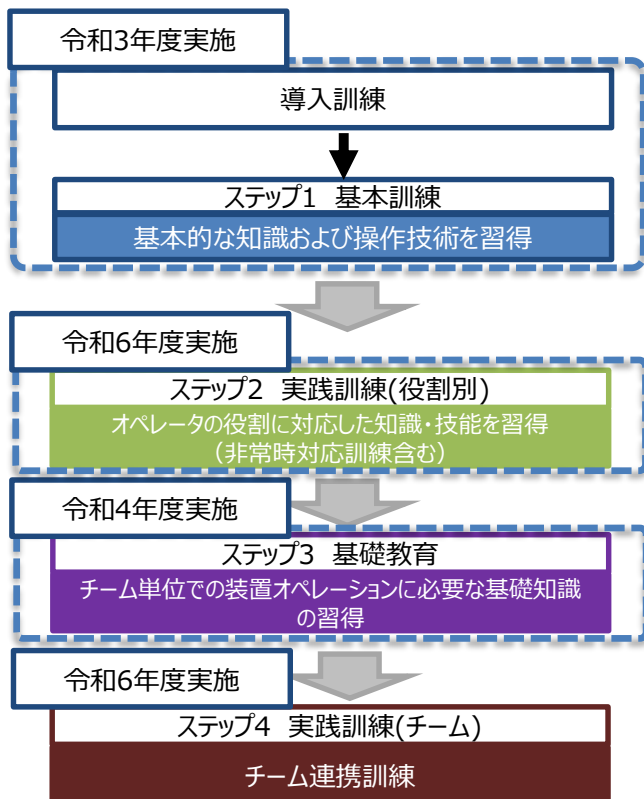
4.1 アクセス・調査装置

(2) 作業訓練

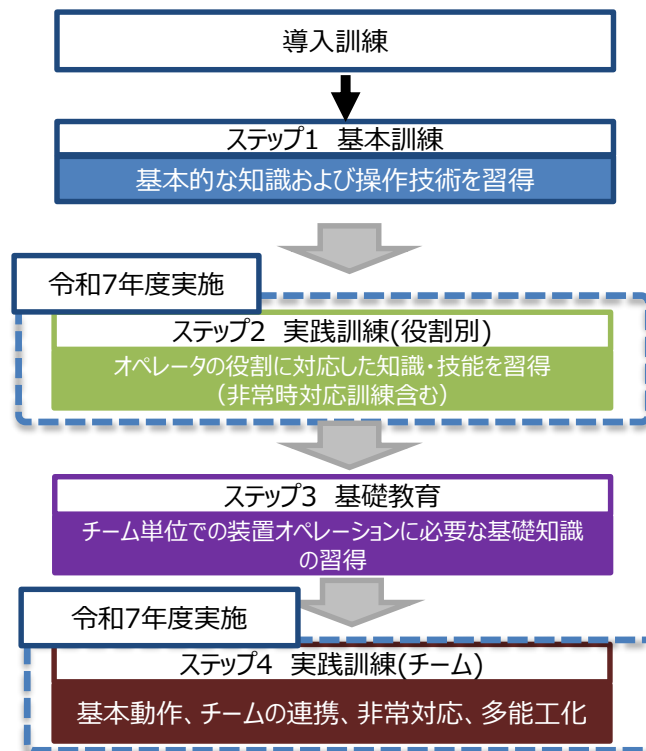
i. 作業訓練プログラム見直し、及び作業訓練実績

- 作業訓練プログラムの進行について、訓練状況を踏まえ、オペレータのニーズを聴き取り、見直しを行い、それに沿ったステップ2 実践訓練(役割別)、ステップ4 実践訓練(チーム)を実施。

【令和6年度計画】



【令和7年度見直し後の計画】



4.1 アクセス・調査装置

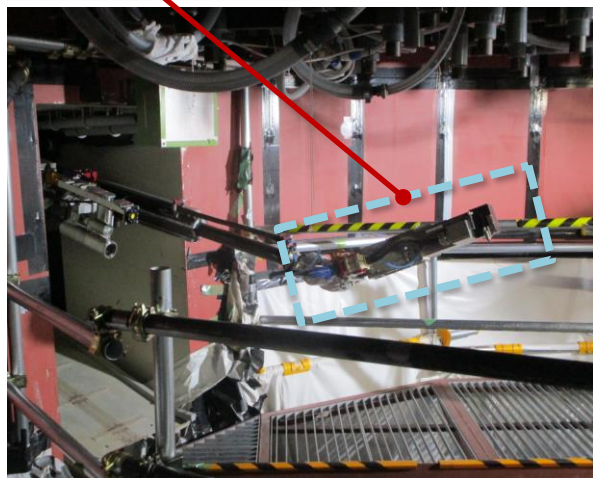
(2) 作業訓練

ii. 実践訓練(役割別)の結果

BO※2の訓練

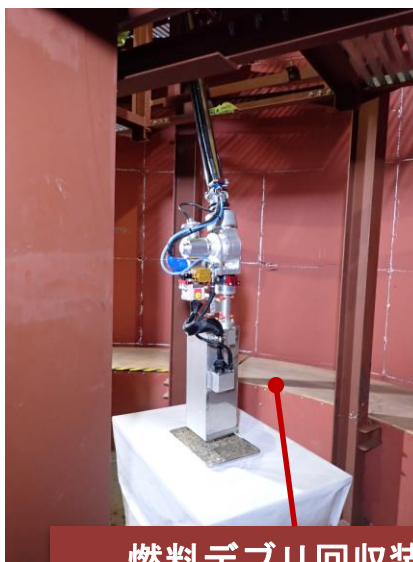
- アーム単体検証を通じた実践訓練(役割別)のうち、カメラ故障時のブーム回収、ワンスルー試験を行い、ブームオペレーションに関する訓練を実施した。
- 本訓練を通じて、アクセスルートの構築、TRF(Teach & Repeat File)の作成および現場状況に応じた同ファイルの編集作業を習熟した。また、訓練を通して得られた知見・手順などについては、オペレーション手順書として纏めた。

レーザセンサ



レーザセンサ試験を通じた
訓練状況 (オペレーション)

※1 RO : オペレータリーダ



燃料デブリ回収装置

燃料デブリ回収装置試験を通じた
訓練状況 (オペレーション)

※2 BO : ブーム (アーム) オペレータ



RO※1

BO※2

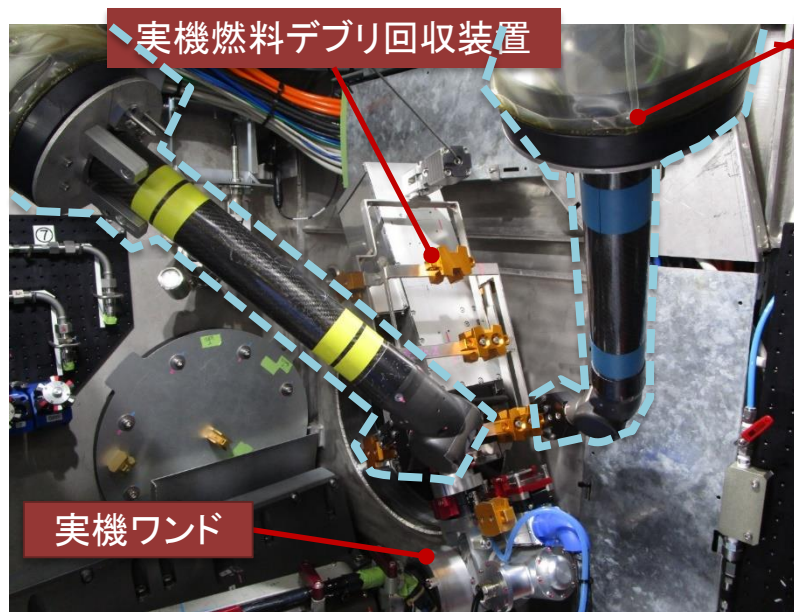
フル遠隔試験を通じた
訓練状況 (オペレーション)

4.1 アクセス・調査装置

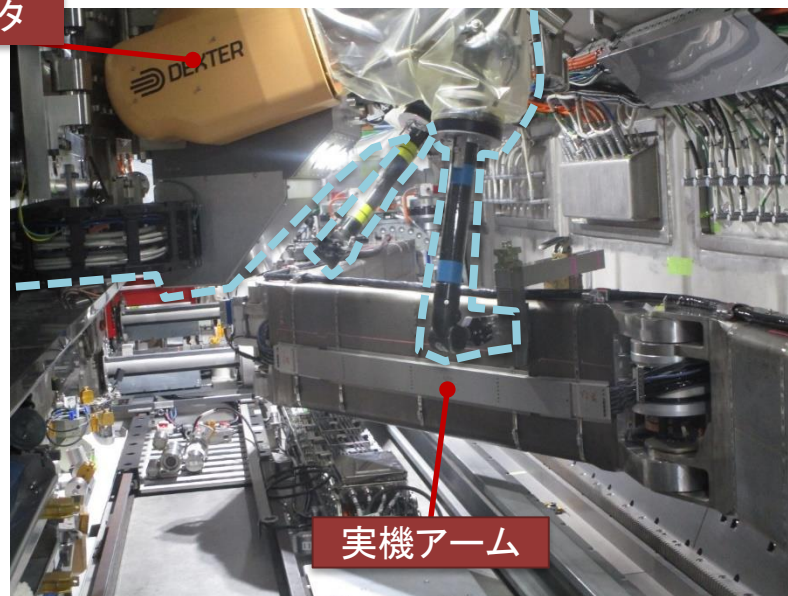
(2) 作業訓練

iii. 実践訓練(役割別)の結果 MO※1、カメラオペレータの訓練

- ブームが調査を行うために必要な各種付属設備をデクスタでハンドリング・着脱する操作およびこれに伴う操作視野確保の訓練を実機ブームを用いて実施した。
- 本訓練を通じて、デクスタによる各種付属設備の取扱い操作およびこれに伴う視野確保のためのカメラ操作を習熟した。
- 訓練を通して得られた知見・手順などについては、オペレーション手順書として纏めた。



訓練状況（燃料デブリ回収装置）



訓練状況（ブーム非常時回収）

※1 MO：デクスタオペレータ

4.2 その他付帯設備

(1) 設計、製作

i. 系統計画

他工事での現地状況等を踏まえ、右下の表に示す見直しを実施した。

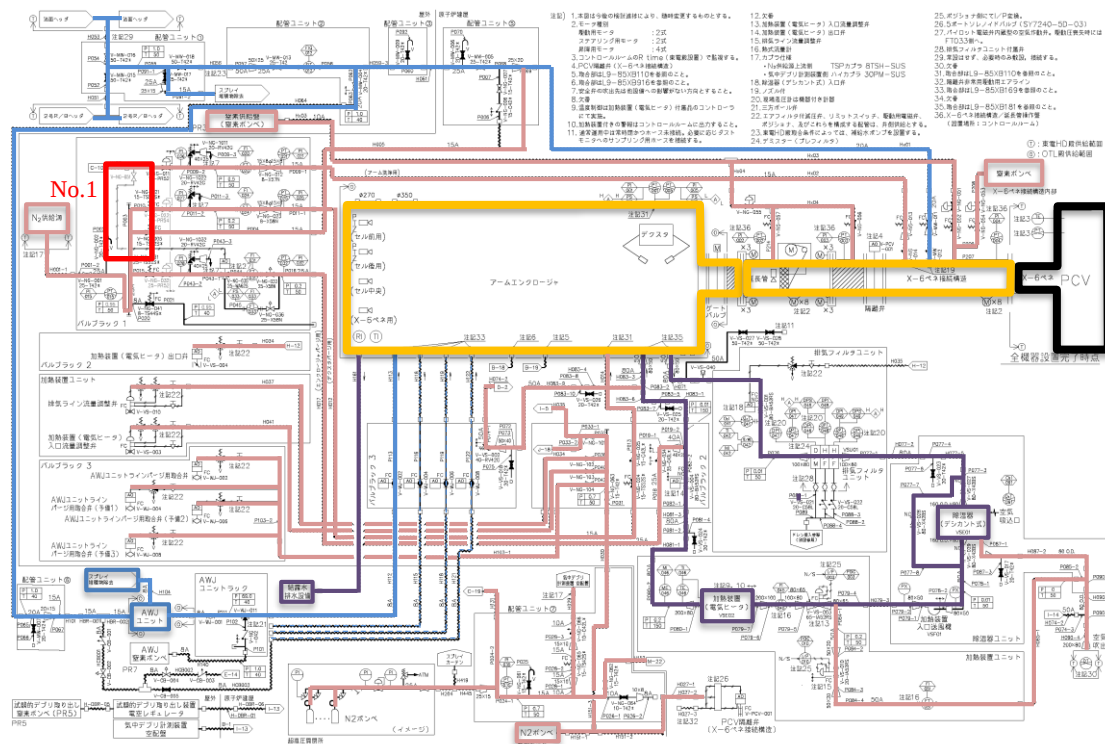
ii. 現地配置計画

他工事の現地進捗を踏まえ、各作業段階における設置物等の工事实績反映や、現地の作業状況を踏まえた配置計画の見直し等を実施した。

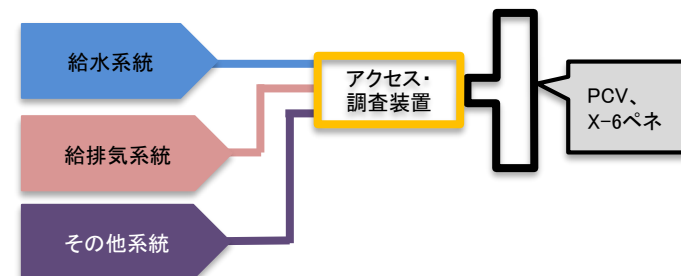
iii. 製作状況

窒素供給源の供給圧見直しに伴い、バルブブラック1 (バルブ及び接続配管を収納した扉付きの箱) 内の配管ライン構成を変更した。

・実機の系統計画



・系統イメージ



【主要構成系統】

- AWJユニットへの水供給系統
- X-6ペネ接続構造フランジ部のシール確認用窒素の供給系統
- エンクロージャ内のデクスタへの窒素パージ系統
- 空気作動弁への窒素供給系統
- 窒素(空気)の排気系統
- エンクロージャ除湿循環系統

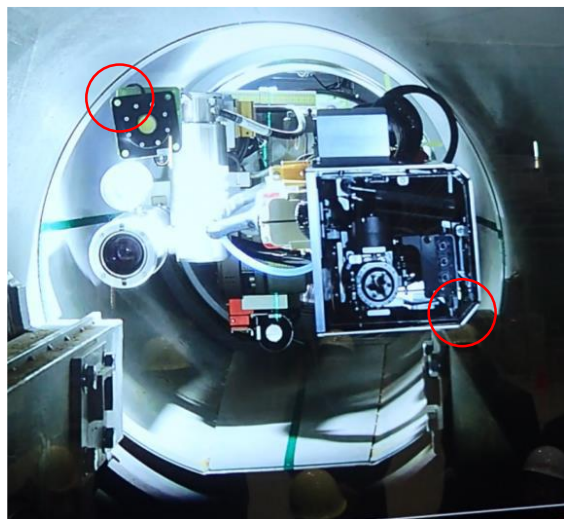
表 系統図の主な見直し内容

No	令和6年度からの 変更内容	変更理由
1	バルブブラック1内の弁作動用のライン構成を変更	プラント設備側とのインターフェースに伴う変更(窒素圧が従来計画値よりも低くなったため)

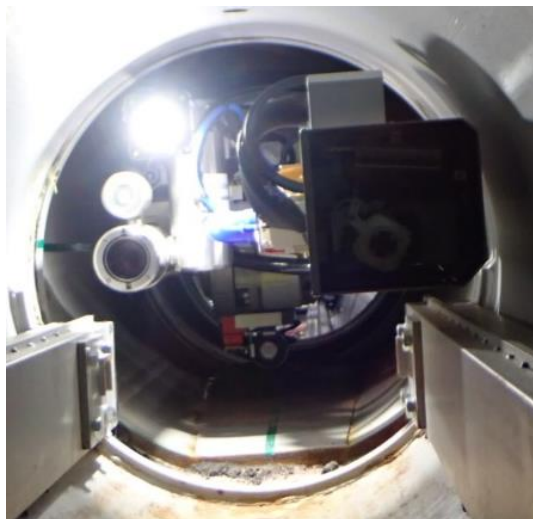
4.3 燃料デブリ回収装置

(1) 装置搭載位置の変更、X-6ペネ通過試験及びデクスタでの装置取扱い試験

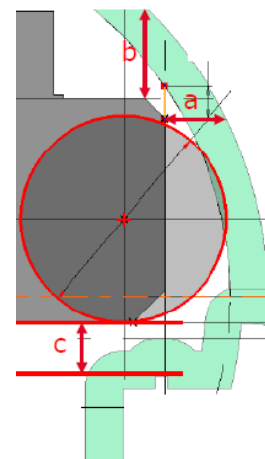
X-6ペネを通過する際の干渉を回避(隙間裕度を確保)するため、装置の搭載位置を変更。その後、X-6ペネ通過試験及びデクスタによる装置取扱い試験を実施し、問題ないことを確認(下図参照)。



(a) 改良前



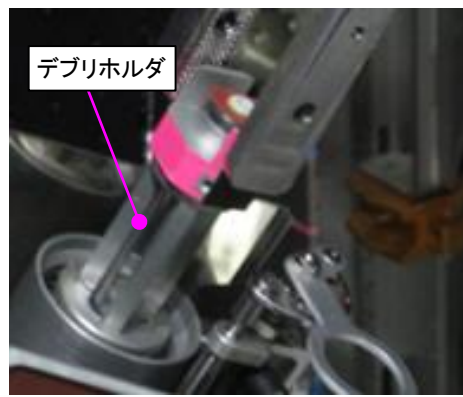
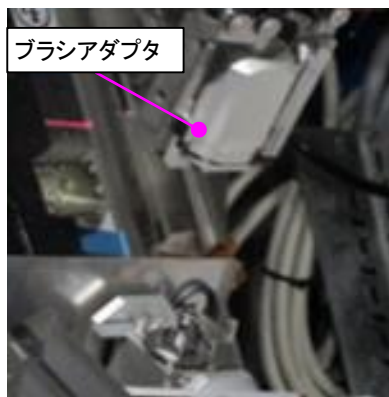
(b) 改良後



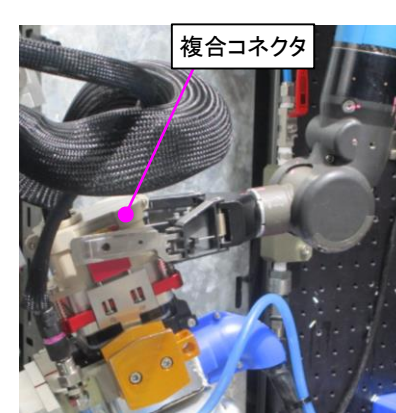
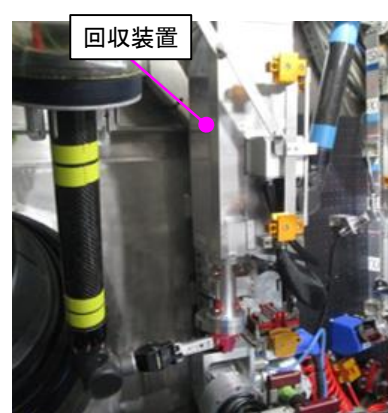
X6ペネとの隙間計測結果

計測位置	往路 (MOVE 19End)	復路 (MOVE 58End)
a	73mm	62mm
b	92mm	94mm
c	36mm	21mm

改良後の隙間量



(c) デクスタによるデブリホルダの取出し

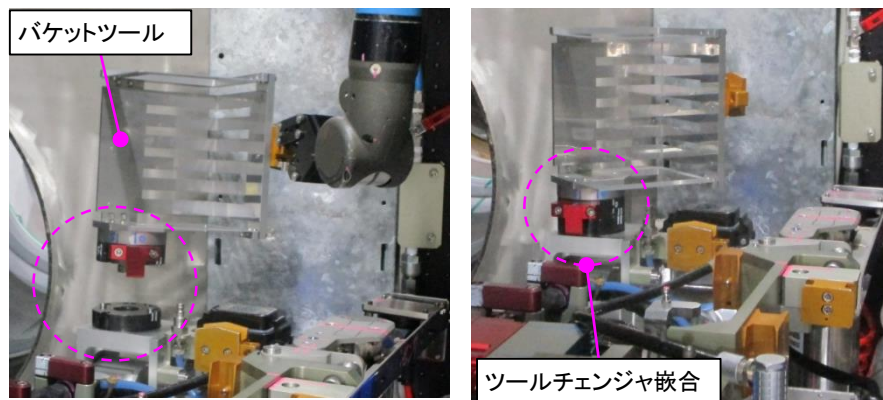


(d) デクスタによる装置の取付、コネクタの着脱

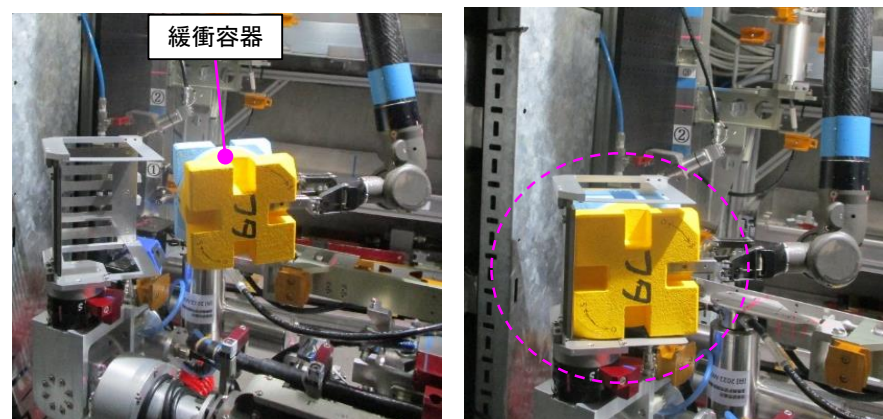
4.3 燃料デブリ回収装置

(2) 回収した燃料デブリが高放射線源となる場合の廃棄操作の確認試験

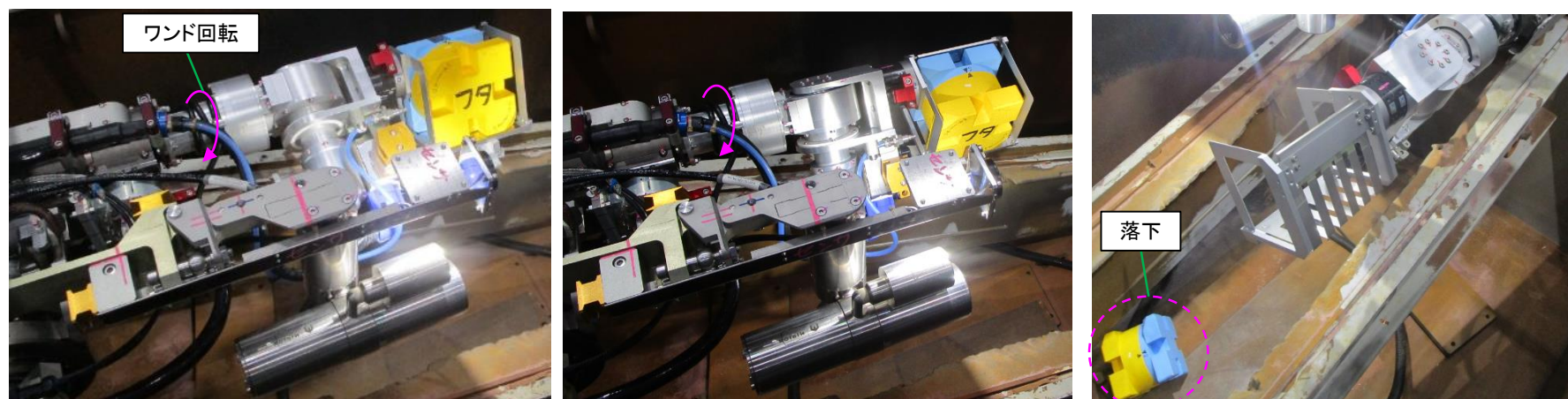
デクスタによる、バケットツールのアームへの装着、緩衝容器の積載及びアームを用いた燃料デブリを格納した緩衝容器のPCV内への廃棄作業の確認試験を実施した。デクスタ操作及びアームを用いた廃棄作業を問題なく実施できることを確認した(下図参照)。



(a) バケットツールの着脱



(b) 緩衝容器の積載



(c) 緩衝容器のPCV内への廃棄

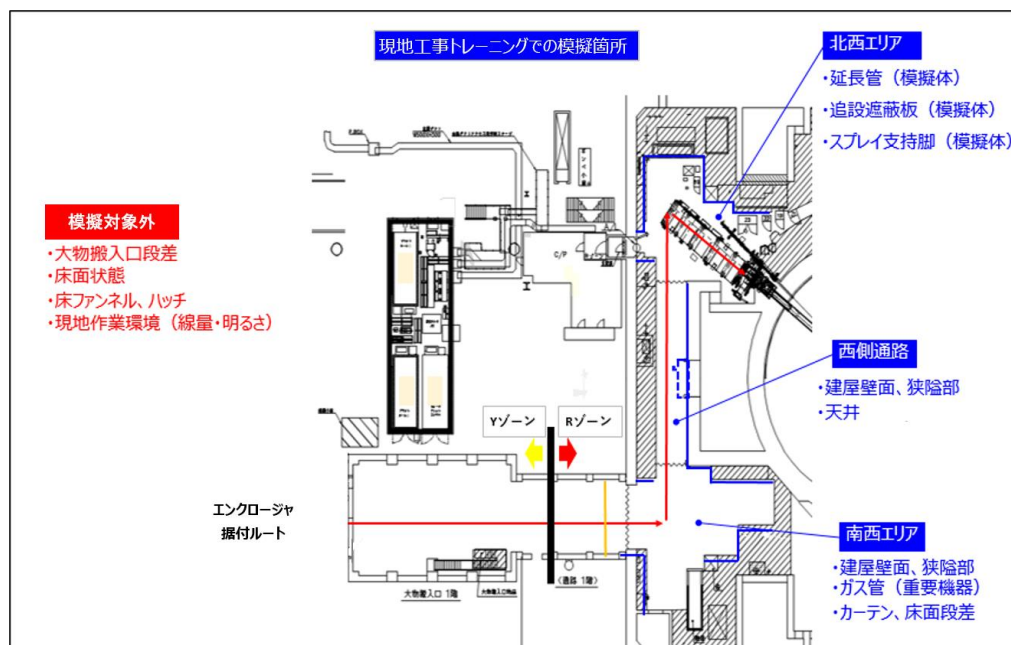
4.4 現場実証

(1) 現地据付、準備作業

(1) エンクロージャ搬送、据付 (i) トレーニング

(a) 計画

- 令和8年1月～2月にかけて、JAEA櫛葉遠隔技術開発センター（以下、「JAEA櫛葉」という）において、1/1スケールのフルモックアップを使用し現地搬送・据付作業のトレーニングを実施した。
- 作業指示時及び班入替時のコミュニケーションエラー防止の為、指揮命令を行う現場本部を模擬し、監視カメラ、通話装置を用いてトレーニングを行った。現場の模擬状況を下図に示す。



福島第一原子力発電所2号機RB建屋及びその周辺

4.4 現場実証

(1) 現地据付、準備作業

(1) エンクロージャ搬送、据付 (i) トレーニング

(b) 結果

- Rゾーン装備でワンスルー作業(一連作業)を行い、各班が作業手順を習熟した。トレーニング状況を下図に示す。



トレーニング状況

4.4 現場実証

(1) 現地据付、準備作業

(i) エンクロージャ搬送、据付 (ii) 現地作業

- 令和8年3月よりエンクロージャ搬送・据付工事に着手。令和8年4月7日にJAEA櫛葉から福島第一原子力発電所構内ジャバラハウスまでの構外輸送を実施。その後、ジャバラハウスにてバックパネルの気密確認を実施。
- 令和8年4月16日に構内輸送車両へ搭載し、令和8年4月21日に構内輸送および建屋内搬入を実施。



ジャバラハウスへの搬入状況



構内輸送車両へ搭載状況



建屋内搬入状況

4.4 現場実証

(1) 現地据付、準備作業

(1) エンクロージャ搬送、据付 (ii) 現地作業

- 令和8年4月21日にエンクロージャを建屋内の南西エリアに搬入後、令和8年5月12日に低床式搬送台車による遠隔搬送を実施。
- 北西エリアのX-6ペネ前まで遠隔搬送後、アルミ盤木へ仮置き、搬送用治具の取り外し、搬送台車・補助輪撤去を実施。



建屋内遠隔搬送状況



アルミ盤木へ仮置き状況



搬送台車・補助輪撤去状況

4.4 現場実証

(1) 現地据付、準備作業

(i) エンクロージャ搬送、据付 (ii) 現地作業

- 令和8年5月15日に送り台式ジャッキによる遠隔での据付作業を実施。
- 令和8年5月18日に延長管装置への把持作業後、気密確認をもって接続を完了。その後、送り台式ジャッキ ケーブル・ホースの撤去を実施し、エンクロージャ振れ止め金具設置をもってエンクロージャ搬送・据付工事を完了。



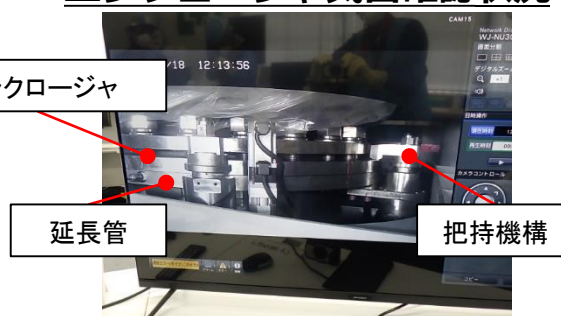
エンクロージャ位置調整状況



エンクロージャ気密確認状況



エンクロージャ把持前状況



延長管装置把持状況



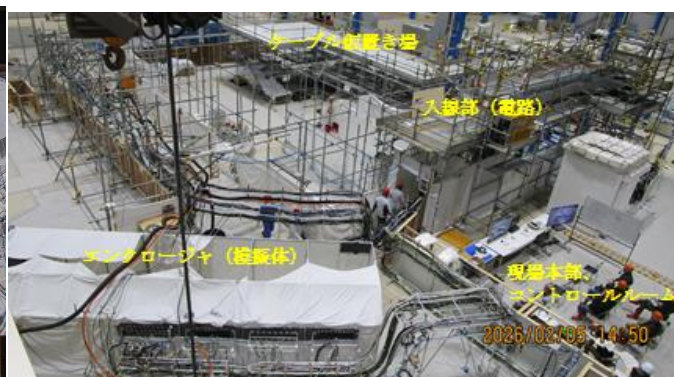
振れ止め金具設置状況

4.4 現場実証

(1) 現地据付、準備作業

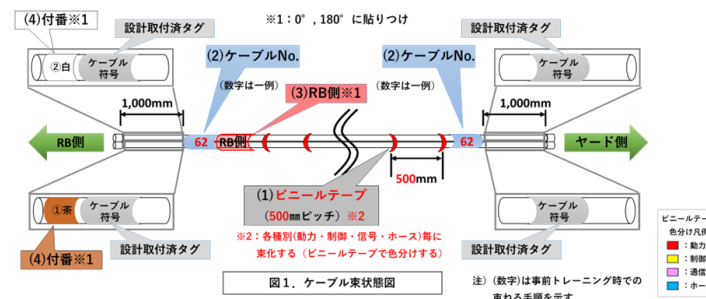
(2) 付帯設備据付 (i) トレーニング

- 令和7年8月～9月、令和7年11月～令和8年3月に付帯設備据付および試運転トレーニングを実施。
- 原子炉建屋内外の環境模擬として広さ、高低差、入線部の狭隘箇所を模擬する事が重要であり、1/1スケールでエリア、既設物を模擬してトレーニングを実施。
- 作業指示時及び班入替時のコミュニケーションエラー防止の為、指揮命令を行う現場本部を模擬し、監視カメラ、通話装置を用いてトレーニングを行った。
- ケーブル・ホース敷設の効率化を図るため以下の観点でケーブル束化を実施。
 - ・ケーブル種別
 - ・ケーブル発着毎に分別
 - ・人が持てる重量となる様に分別



敷設トレーニング

トレーニングエリア



ケーブル束化状態図

4.4 現場実証

(1) 現地据付、準備作業

(2) 付帯設備据付 (ii) 現地作業

- 令和8年3月より付帯設備据付工事に着手。ケーブル・ホース敷設用の電路を組立、設置し、ケーブル仮置き用架台の設置を実施。また、付帯設備、アームの制御盤を収納したコンテナ(プラントルーム)の設置、ケーブル・ホースの敷設、接続作業を実施。



西側ヤード設備据付後



2号機内運搬状況

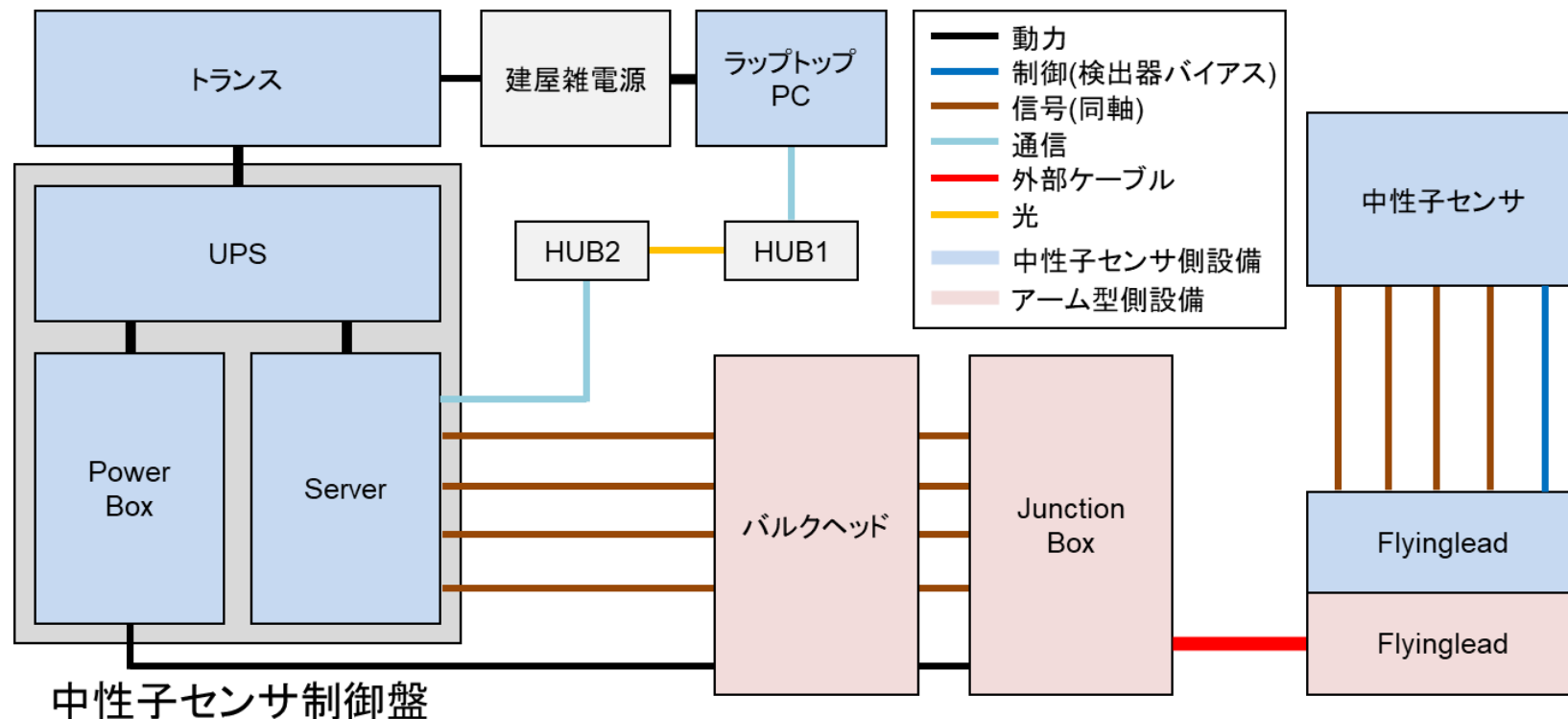


2号機内敷設状況

4.5 その他

(1) 中性子センサの検討

簡易線量マップの作成を目的としたアームとの組み合わせ試験

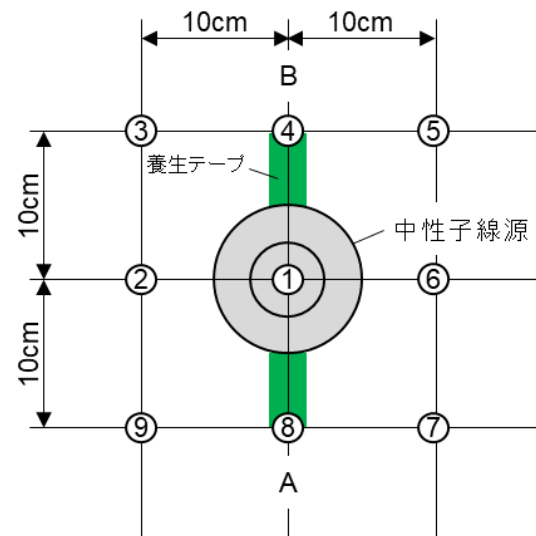
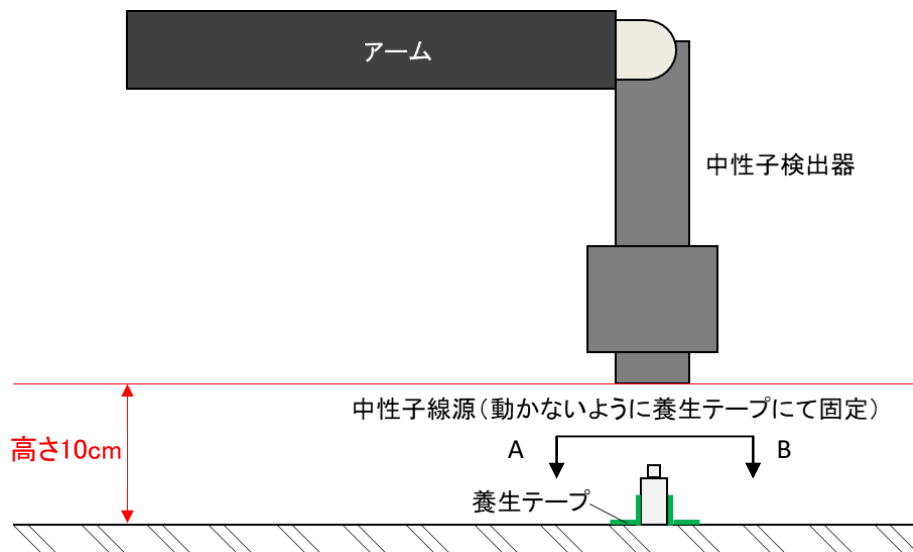


簡易線量マップの作成を目的とし、中性子線源(252Cf)を用いたアームとの組み合わせ試験を実施した。試験におけるシステム構成は上記の通り。当該システム構成は電源供給元以外、実際のPCV内部調査と同じ構成となっている。

4.5 その他

(1) 中性子センサの検討

簡易線量マップの作成を目的としたアームとの組み合わせ試験



<計測条件>

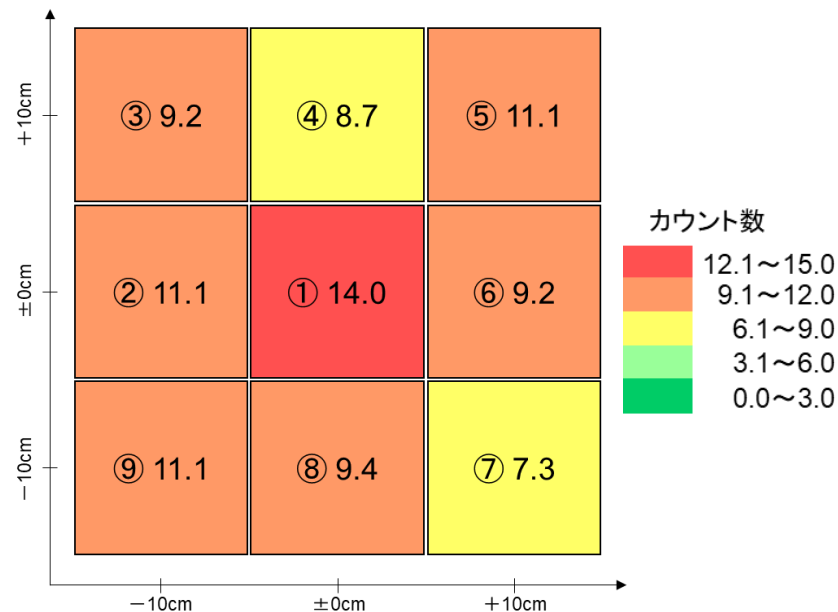
- 中性子線源に対する中性子センサの高さは10cmにて計測する
- 中性子センサに対し中性子線源を前後左右10cm動かし各箇所にて計測する
- 各計測箇所にて3回ずつ計測し、1回の計測時間は5分間とする
- 計測対象の中性子線源は252Cfとする

アーム、中性子線源、中性子センサの位置関係、計測条件は上記の通り。中性子センサに対し中性子線源を水平面にて前後左右に移動させ、計9箇所において中性子の測定を実施した。

4.5 その他

(1) 中性子センサの検討

簡易線量マップの作成を目的としたアームとの組み合わせ試験



<マップ作成条件>

- 計測にて取得した波形データはラップトップPC上の専用ツールにて各計測における中性子のカウント数を算出する
- 各計測箇所における中性子のカウント数は専用ツールにて出力した3回の計測結果の平均値とする。

計測したデータと上記条件を基に中性子の線量マップを作成した。なお、今回の試験では線源を中央に配置したため、中央のカウント数が最も大きくなる結果となった。

4.5 その他

(2)ガンマセンサの検討

ガンマセンサについて、令和6年度までに単体での作動試験およびアームに接続した状態での作動試験等をJAEA櫛葉にて実施した。また、別施設等で動作試験を実施するための試験用制御盤等を製作し、ガンマセンサおよび保守用ガンマセンサ※について照射試験を実施した。

令和7年度以降は、ガンマセンサをアームに取り付け、JAEA櫛葉のPCVモックアップ内での作動試験を実施した。その後、制御盤及び中継器を福島第一原子力発電所に輸送し、残りの機材については空調付きの保管庫に輸送し、作動確認後、保管した。

※ガンマセンサに保守が必要になった際に使用することを想定した予備のガンマセンサ

検討項目と結果

検討項目	概要及び結果
PCVモックアップでの作動試験 各機能の動作検証	福島第一原子力発電所で使用するケーブルを用いて、操作PCによる遠隔操作で試験を実施。福島第一原子力発電所での測定を想定し、アームの電源ON/OFF状態でガンマセンサの測定が可能であることを確認した。 モックアップ試験の状況 操作PCと非常停止ボタン

5. まとめ

(1) 令和7年度及び8年度の成果まとめ

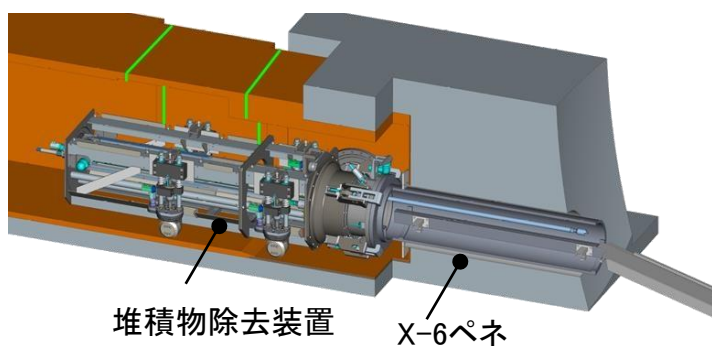
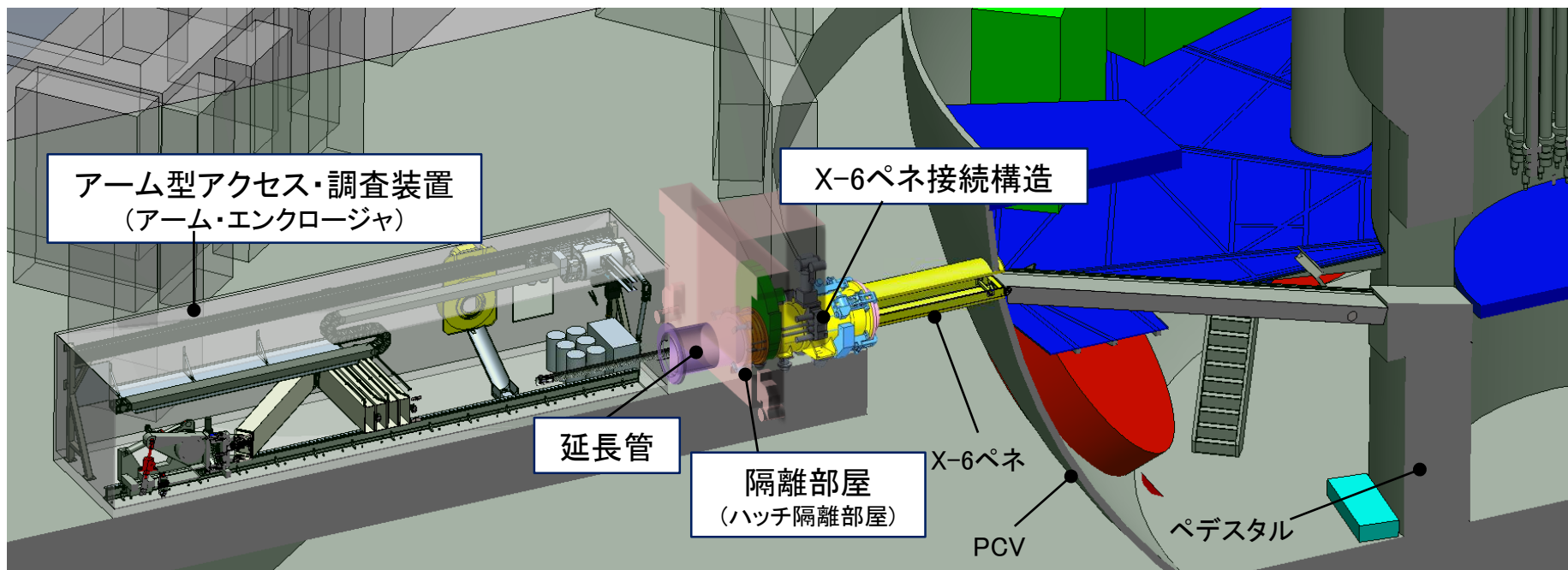
○アクセス・調査装置：

- ・装置の保守（メンテナンス）を完了し、代替カメラへの換装、モックアップ試験、トレーニングを完了した。

○現場実証：

- ・装置の搬送・据付及び付帯設備の据付に関するトレーニングを完了した。
- ・その後、福島第一原子力発電所2号機に装置を輸送し、所定の位置（X-6ペネエリア）への据付を完了した。

補足資料

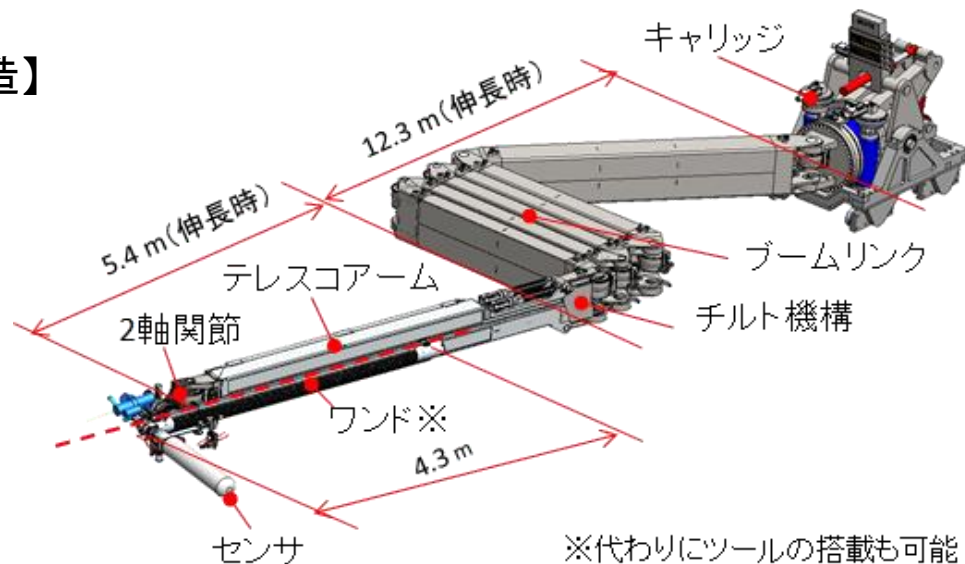


装置	主目的
アーム型アクセス・調査装置	PCV内部のデータ取得(センサ搭載)、障害物撤去(ツール搭載)
X-6ペネ接続構造	PCVバウンダリ構築及びアーム通過性確保(隔離弁搭載)
延長管	遮蔽及びアーム通過性確保
隔離部屋	X-6ペネ蓋開放時(X-6ペネ接続構造設置前)のPCVバウンダリ構築、遮蔽
堆積物除去装置	X-6ペネ内の堆積物等の除去

アクセス・調査装置

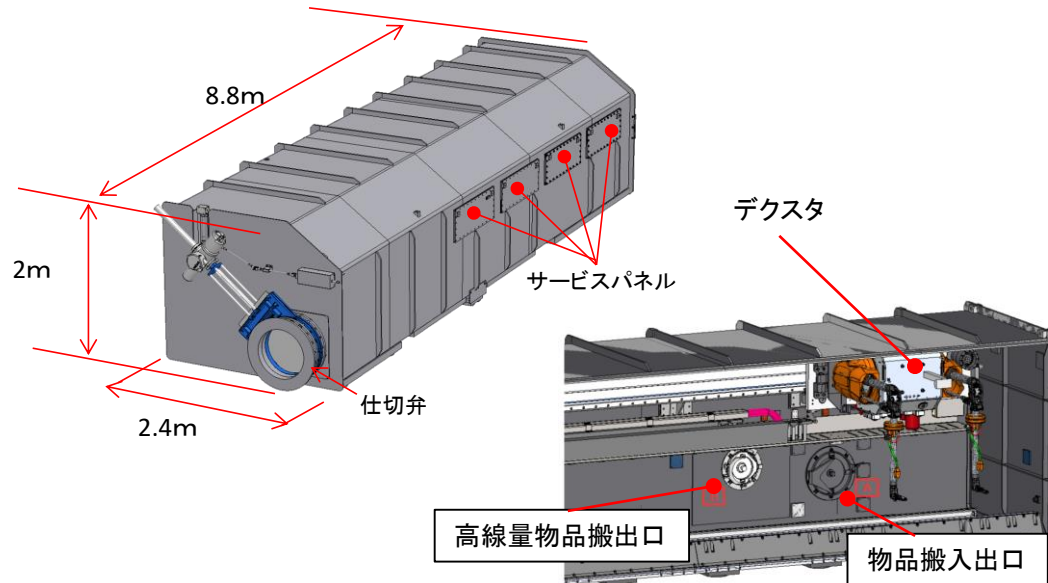
【アーム型装置(以下、アーム)の仕様と構造】

- ✓ 搭載可能センサ 10 kg以下
- ✓ 搭載工具 切断・把持ツール、AWJツール
- ✓ アーム長 約18 m(ワンドを除く)
- ✓ 押付け力 400 N
- ✓ 耐放射線性 累積線量 1 MGy(カメラを除く)
- ✓ 付属設備
カメラ、照明

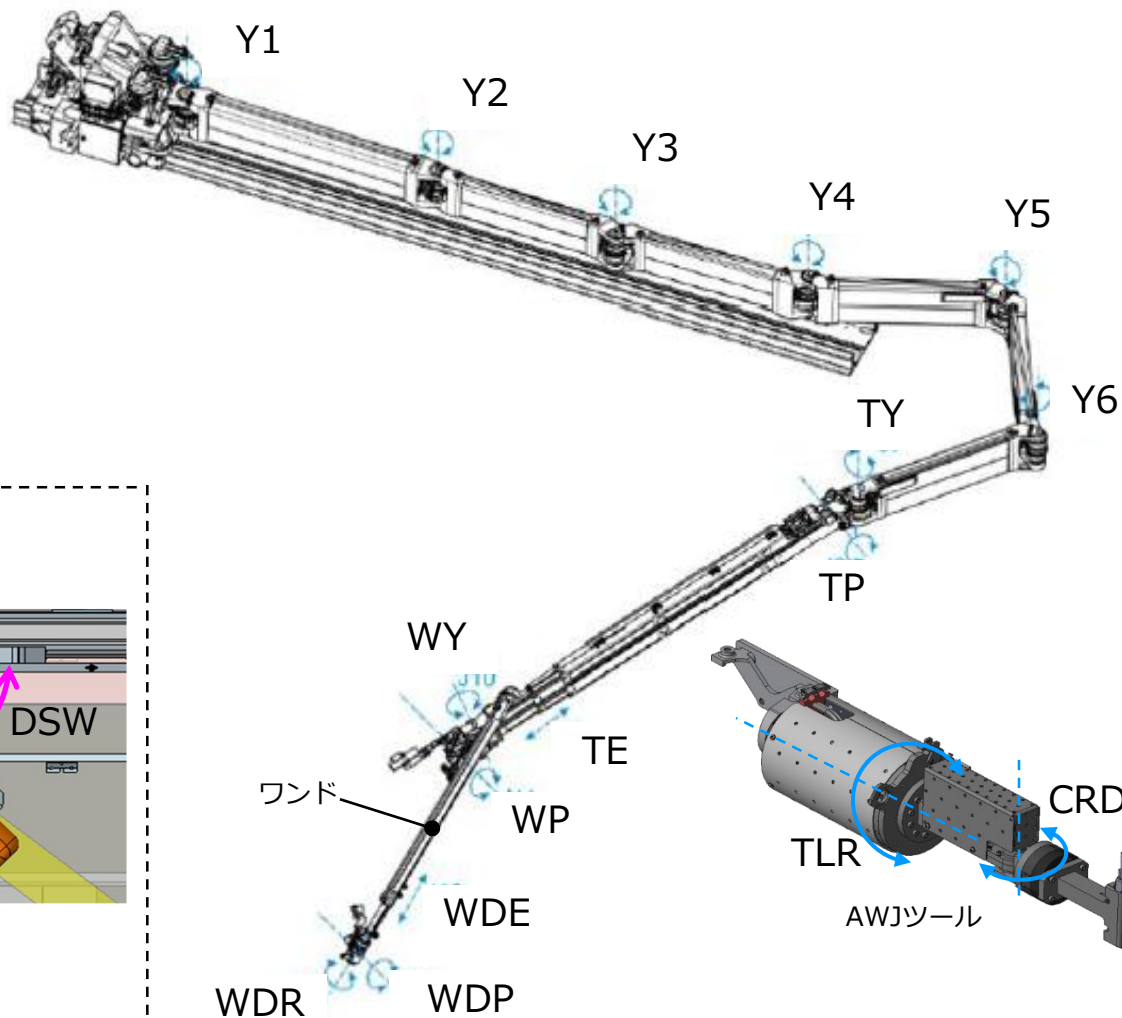
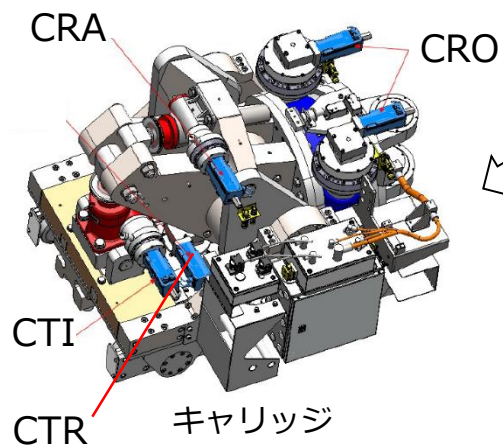


【アームエンクロージャの仕様と構造】

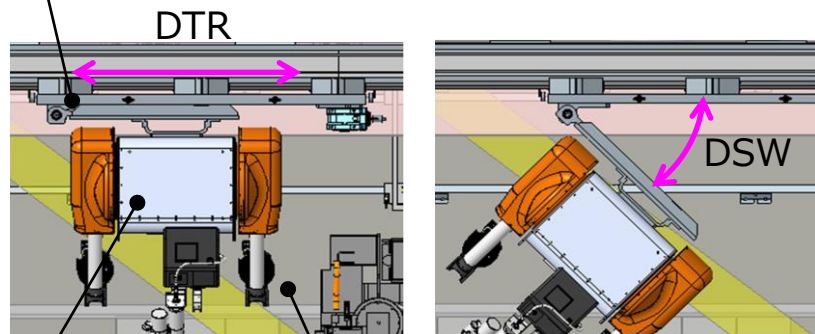
- ✓ 外板 天井及び側板 厚さ10 mm
底板 厚さ25 mm
- ✓ 質量 約20トン
- ✓ 主要材質 ステンレス鋼
- ✓ 設計圧力 -5~+10 kPaG
- ✓ 付属設備
デクスタ、仕切弁、カメラ、照明 等



アーム及びデクスタキャリッジの駆動軸



デクスタキャリッジ



デクスタ本体

エンクロージャ床面

デクスタキャリッジ

アーム