

令和3年度開始
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)

2022年度最終報告

2023年6月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)

目次

1. 研究の背景と目的
2. 目標
3. 実施項目・他事業との関連
4. 実施スケジュール
5. 実施体制図
6. 実施内容
 - 6.1 ペDESTAL内部詳細調査計画・開発計画の策定、更新
 - 6.2 ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発
 - 6.3 モックアップ試験の成果
 - 6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について
 - 6.5 目標に照らした達成度

1. 研究の背景と目的

【本事業の目的】

本事業では、先行事業の成果を基に、ペDESTAL内部の詳細状況、特に原子炉圧力容器（以下RPVという）内部調査の下部アクセス調査工法の成立性を検討する上で重要となる制御棒駆動機構（以下CRDという）開口部からペDESTAL内部中心付近までのペDESTAL上方の情報を得るためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発を目的とし、以下を実施する。

- (1)ペDESTAL内部詳細調査計画・開発計画の策定、更新
- (2)ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

【本事業の反映先】

本事業で得られた情報（ペDESTAL内構造物状況や燃料デブリの分布状況、線量率）は、他PJであるRPV内部調査の下部アクセス工法・装置の詳細検討に反映される。また、燃料デブリ取り出し工法・装置の詳細検討にも反映される。

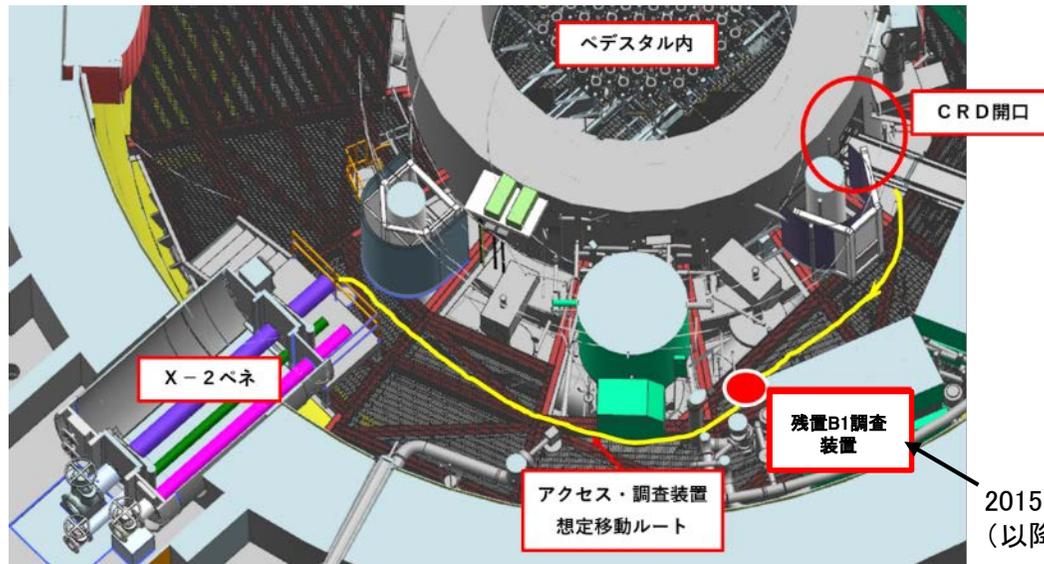
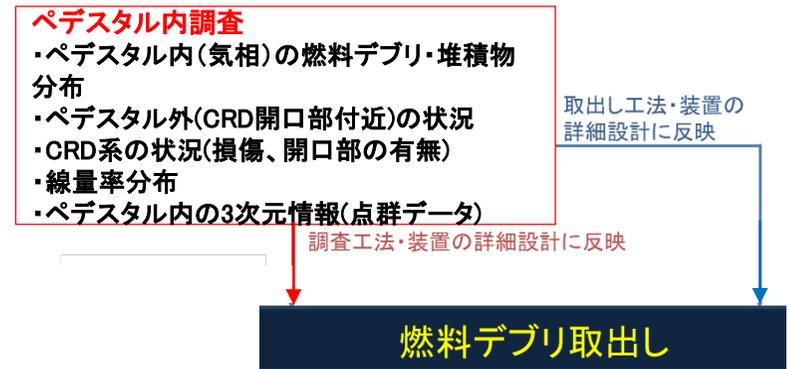


図1 アクセス・調査装置の原子炉格納容器(PCV)内想定走行ルート



2015年4月の調査でスタックした調査装置
(以降、残置B1調査装置と記す)

図2 想定される取得データ

2. 目標

(1) ペDESTAL内部詳細調査計画・開発計画の策定、更新

先行事業※で策定されたアクセス・調査装置の開発計画とそれを用いた調査計画も参考に、必要な機能を追加したアクセス・調査装置の開発計画とそれを用いた詳細調査計画を策定する。さらに、最新の現場情報や内部調査結果等も考慮して、これら計画の継続的な見直しを行い、必要に応じて更新する。

(2) ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

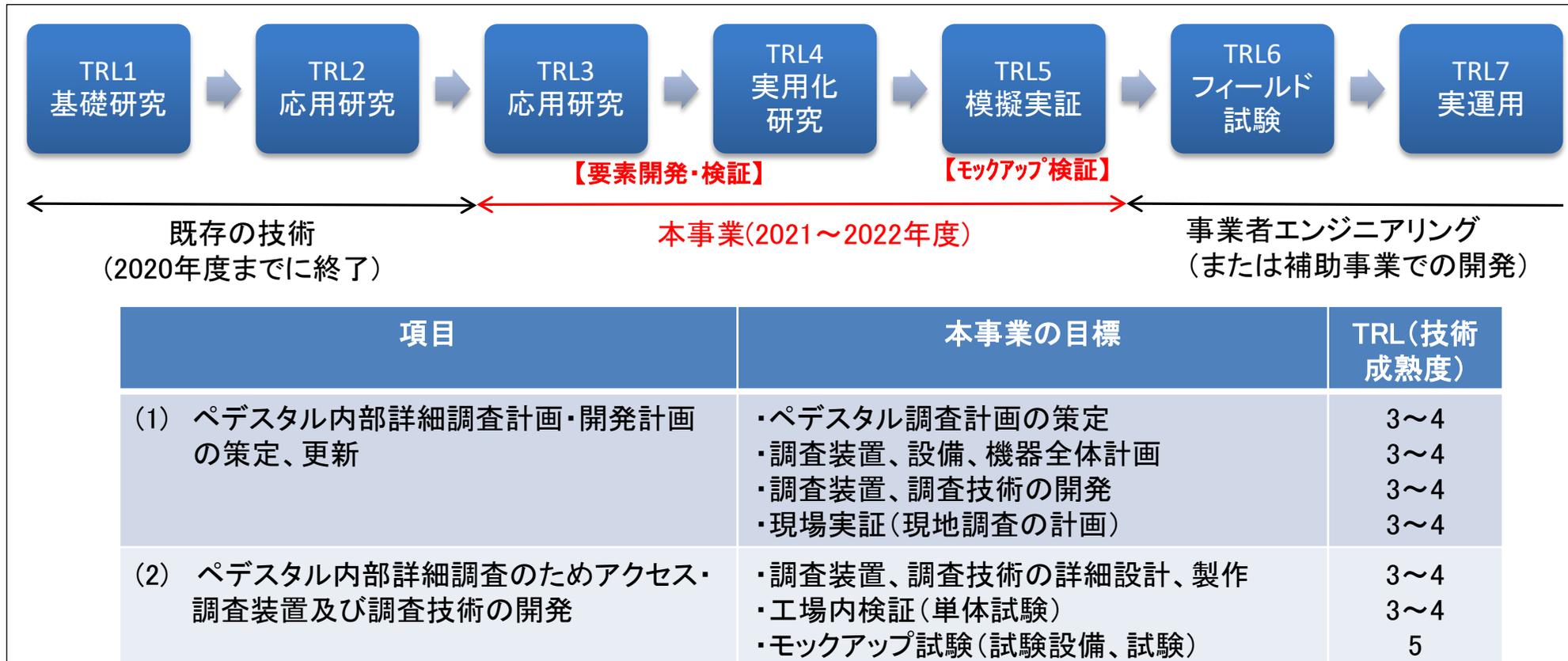
上記(1)で策定したアクセス・調査装置の開発計画に基づき、先行事業※での検討も参考にし、アクセス・調査装置の設計、製作を行い、調査技術と合わせて工場内検証（単体試験）を行い、内部調査への適用性を確認する。さらに、実機を模擬したモックアップ試験を行い、現場適用性を確認する。

※：平成30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））

2. 目標

既存の技術(2020年度までに終了)を基にペDESTAL内部詳細調査に関わる調査・開発計画およびアクセス・調査装置の開発を行う。

表1 ペDESTAL内調査の目標



3. 実施項目・他事業との関連

本事業（ペDESTAL内調査）と関連事業の調査範囲（イメージ）を下図に示す。本事業は、PCV内部詳細調査（堆積物）範囲外のペDESTAL内を主要調査範囲としている。

PCV内部詳細調査⇒本事業⇒RPV内部調査の順で実施することを想定しており、各成果は次ステップへのInputとなる。

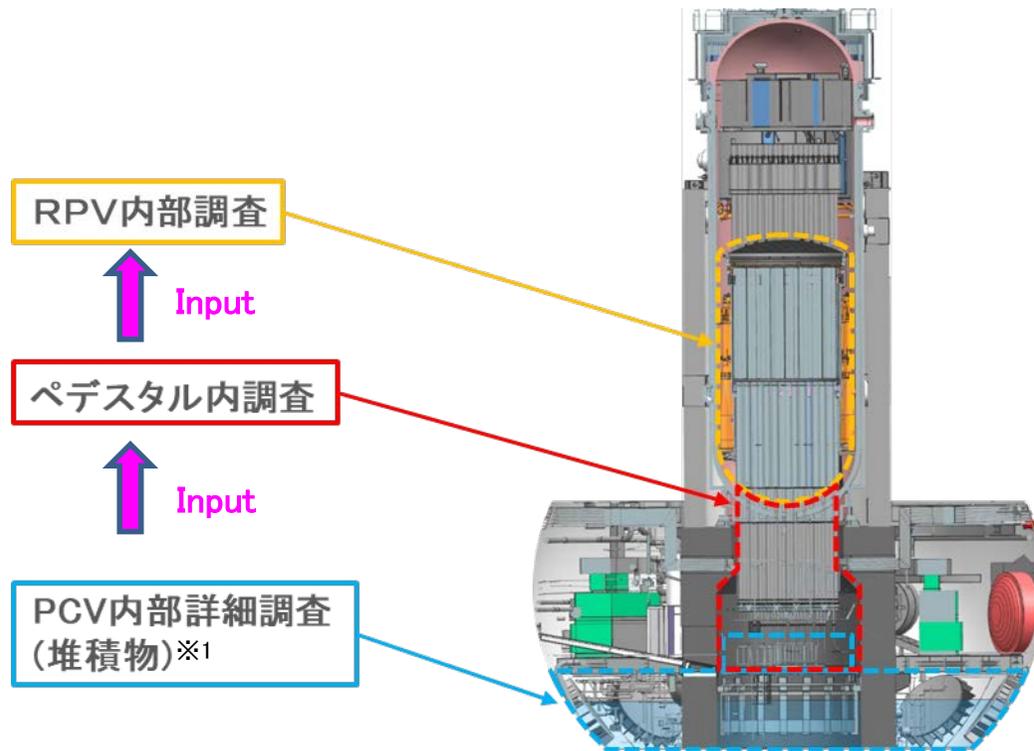


図3 他事業との関連性

表2 各事業毎の調査範囲(1号機対象)

PJ	調査範囲	調査方法
RPV 内部調査 【他の補助事業】	RPV内 (主にシュラウド内)	ドローン調査 を検討中
ペDESTAL内調査 【本補助事業】	ペDESTAL内 (主に気中とし、水中は気中 から視認できる範囲のみ)	本事業で 検討
PCV 内部詳細調査 (堆積物)※1 【自主事業】	ペDESTAL内外 (主に水中とし、気中は水中 から視認できる範囲のみ)	水中ROV

※1: 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)

4. 実施スケジュール

表3 実施工程(2021年度～)

項目			令和3年度(2021年度)				令和4年度(2022年度)				令和5年度 (2023年度)以降	
			1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q		
マスタースケジュール												
<p>--- 一点鎖線で示す作業は本補助事業範囲外</p> <p>..... 点線は必要により実施</p>			▽(中間報告)				▽(中間報告)				▽(最終報告)	
自主事業 PCV内部詳細調査(堆積物PJ)			-----				-----				作業訓練 ----- 現場実証 -----	
ペDESTALCRD開口部からのペDESTAL内部詳細調査技術の開発(研究開発)	1. ペDESTAL内部詳細調査計画・開発計画の策定, 更新	(i) 調査計画の策定	調査計画の策定				-----					
		(ii) 開発計画の策定	開発計画の策定				-----					
	2. ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発	(i) アクセス・調査装置の詳細設計、製作、単体試験	アクセス・調査装置、調査技術の詳細設計	-----								
			アクセス・調査装置の製作	-----				工場内検証(単体試験) -----				
		(ii) モックアップ試験	モックアップ試験設備設計・製作	-----				-----				
			モックアップ試験	-----				-----				
(iii) 現場実証(現場調査)の計画	-----				-----				現場実証(現場調査)の計画策定			

5. 実施体制図

本事業の実施体制を以下に示す。

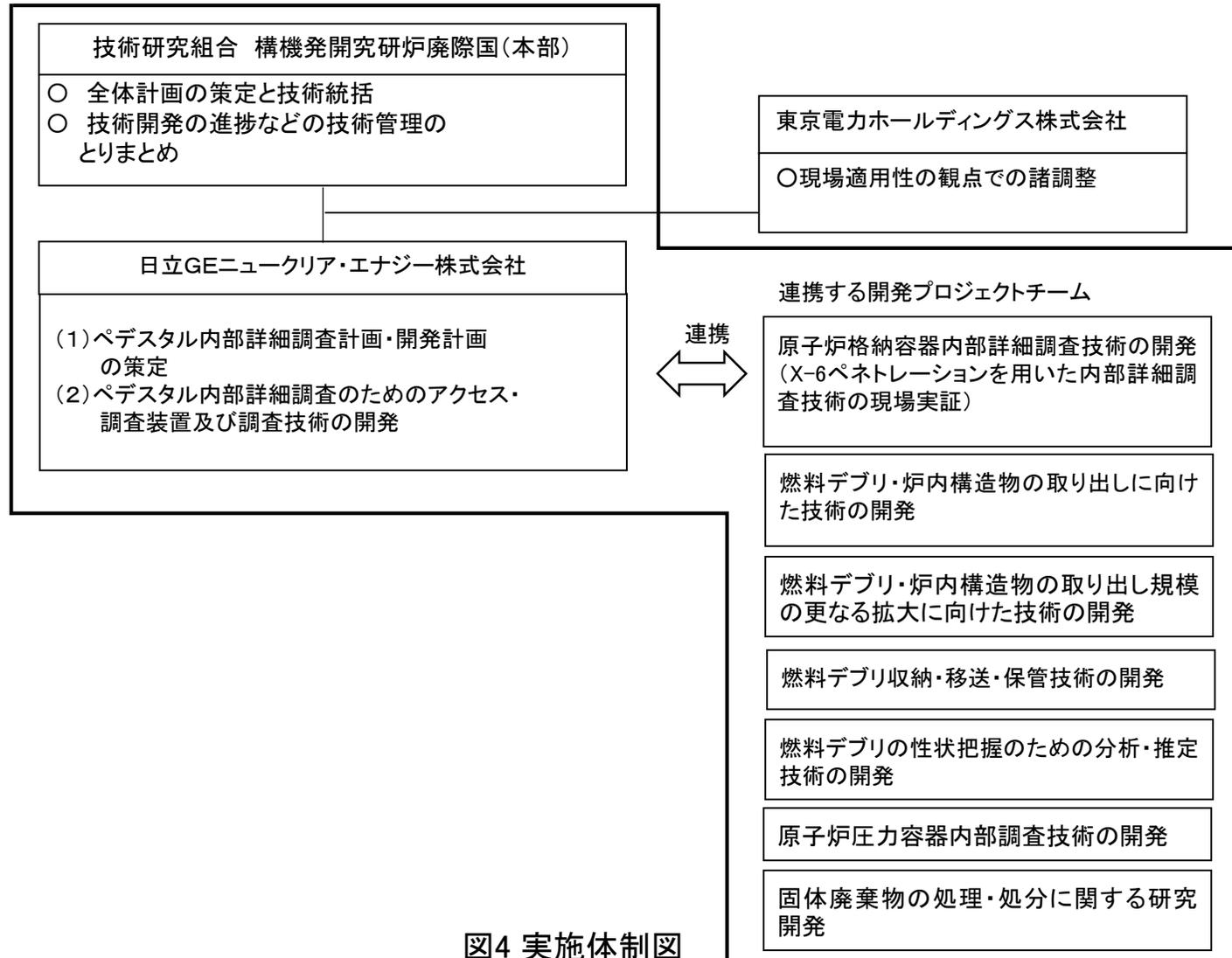


図4 実施体制図

6. 実施内容

6.1 ペDESTAL内部詳細調査計画・開発計画の策定、更新

アクセス・調査装置がX-2ペネ～CRD開口まで移動し、ペDESTAL内調査を実施するための概念検討を先行事業で実施した。この成果を基に、本事業ではペDESTAL内調査計画の策定を行うとともに、アクセス・調査装置等の開発計画を策定し、必要に応じて更新する。

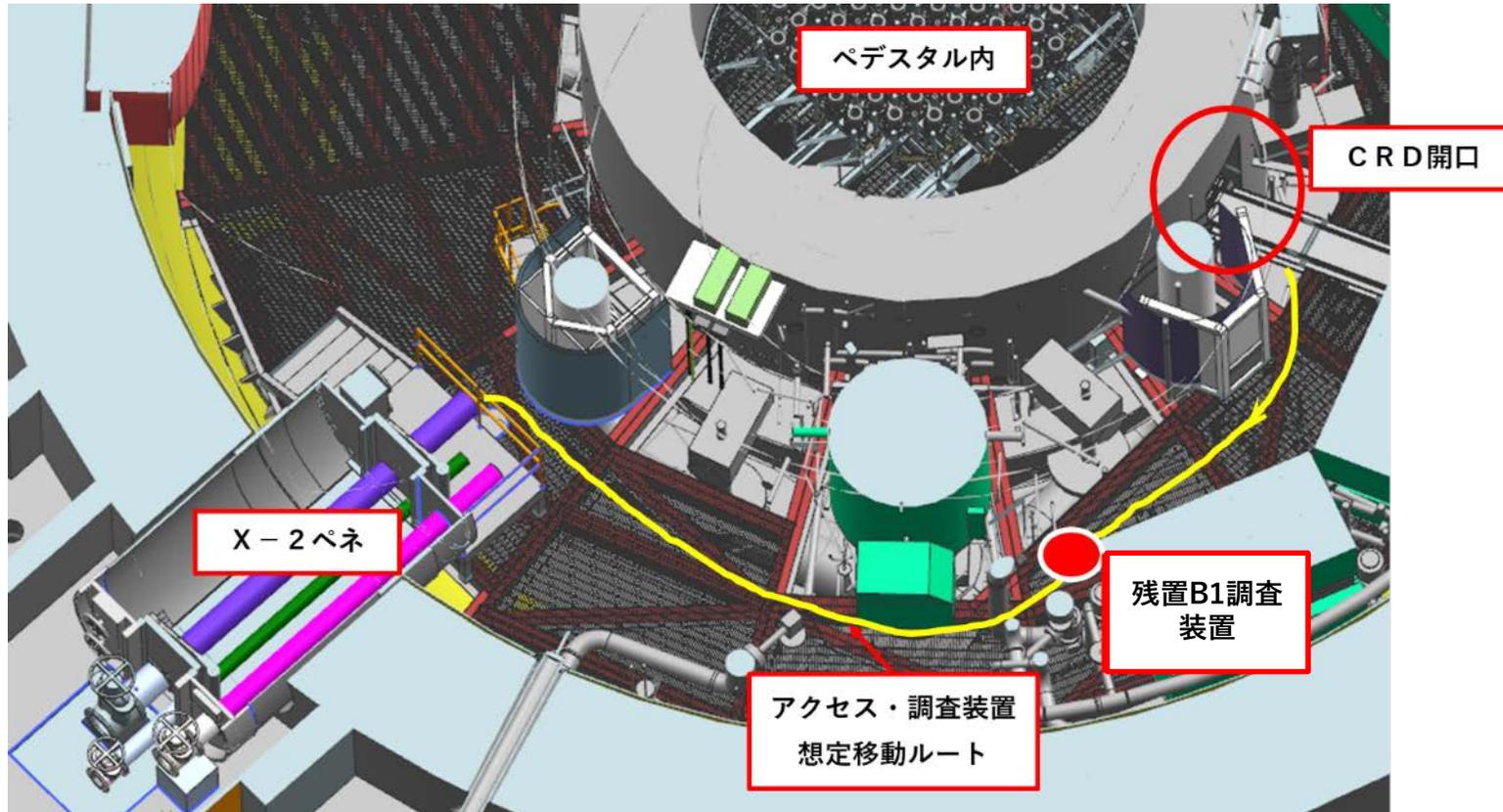


図5 アクセス・調査装置のPCV内想定走行ルート

6. 実施内容

6.1 ペDESTAL内部詳細計画・開発計画の策定、更新

先行事業での調査計画・開発計画検討成果を基に、本事業では、以下に示す調査計画・開発計画の策定、更新を行う。

表4 調査計画・開発計画の策定

検討項目	検討内容	検討成果
調査計画の策定	ペDESTAL内調査計画の策定	①調査ニーズによる調査目標の設定、更新 ②PCV内およびペDESTAL内設計条件（温度、湿度、放射線、CRD開口寸法、干渉物の有無、寸法条件等）確認 ③ペDESTAL内調査内容（映像、放射線量、点群データ他）確認 ④上記②③に基づくペDESTAL内調査計画の策定、更新
	調査装置、設備、機器全体計画	①アクセス・調査装置に必要な技術要件、設計仕様の抽出 ②調査に必要な支援装置（ケーブル送り、装置インストール装置、シールボックス等）の抽出、および設計仕様検討
開発計画の策定	調査装置、調査技術の開発	①装置開発内容 ・先行事業試作試験成果を基に装置詳細設計 ・単体試験、モックアップ試験内容検討、試験設備概要検討 ②装置開発工程 ・装置製作工程、単体試験、モックアップ試験工程 ③装置開発に掛かるリスクアセスメント
	現場実証（現地調査）の計画	①装置類機能要求計画（バウンダリ機能、非常時回収機能、遮へい機能、防塵・防水機能、遠隔操作機能等） ②ペDESTAL内調査現地作業計画（概略日数、作業員数等）

6. 実施内容

6.1 ペDESTAL内部詳細調査計画・開発計画の策定、更新

《調査ニーズによる調査目標の設定》

先行事業で検討した調査目標及び成果の用途を以下に示す。本事業では、必要により下表の内容を更新し、調査目標を最終設定する。

表5 調査目標及び成果の用途

調査箇所	調査項目	調査目標(案)	成果の用途
CRD開口、 CRDレール上、X-6ペネ内側	目視観察 放射線(γ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 干渉物有無 ・ ペDESTAL内への進入可否 ・ 放射線量の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 横アクセス工法成立性の検討 ・ 燃料デブリ取り出し装置の設計
ペDESTAL内CRD交換装置	目視観察 放射線(γ) 点群データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラットホームの損傷状況 ・ 干渉物・落下物の確認 ・ 放射線量の確認 ・ 3次元構造の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料デブリ取り出し装置の設計
ペDESTAL内上部	目視観察 放射線(γ) 点群データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ RPV底部の損傷状況の確認 ・ 放射線量の確認 ・ 3次元構造の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料デブリ取り出し装置の設計 ・ RPV内部調査下部アクセス成立性確認
ペDESTAL内下部(気中)	目視観察 放射線(γ) 点群データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 干渉物・落下物の確認 ・ 放射線量の確認 ・ 3次元構造の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料デブリ取り出し装置の設計

6. 実施内容

6.1 ペDESTAL内部詳細調査計画・開発計画の策定、更新

《ペDESTAL内の調査イメージ(1/2)》

先行事業でペDESTAL内の状況を把握できる、以下の画像情報を得られることを確認した。

- ①CRD系の破損状況、燃料デブリの付着状況、RPV底部までの開口状態【図6,7】
- ②滞留水の水面【図8】

本事業では、映像の他、線量、点群データ等を取得する技術を開発する。

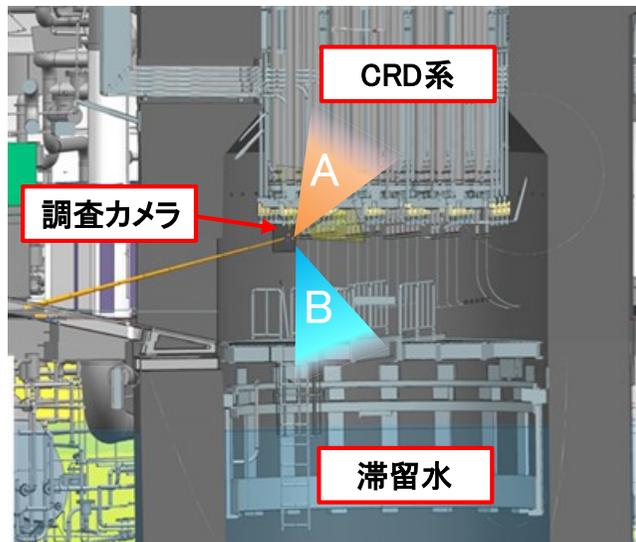


図6 ペDESTAL内映像取得イメージ

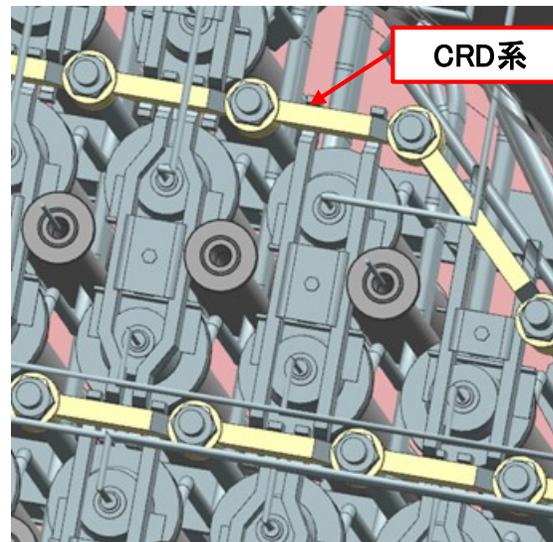


図7 映像(A矢視)

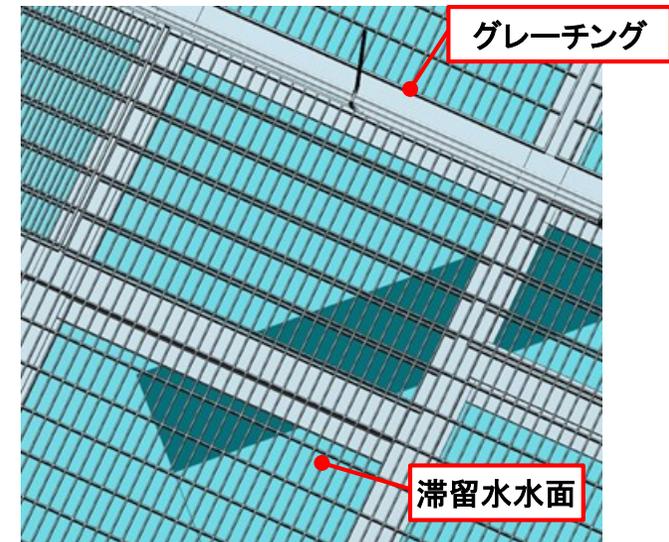


図8 映像(B矢視)

6. 実施内容

6.1 ペDESTAL内部詳細調査計画・開発計画の策定、更新

《ペDESTAL内の調査イメージ(2/2)》

ペDESTAL内調査では、伸長ロッド先端のパンチルトカメラによりペDESTAL内全方位の映像を取得する。

また、点群データを測定するセンサを搭載し、3次元的な構造情報を取得する。

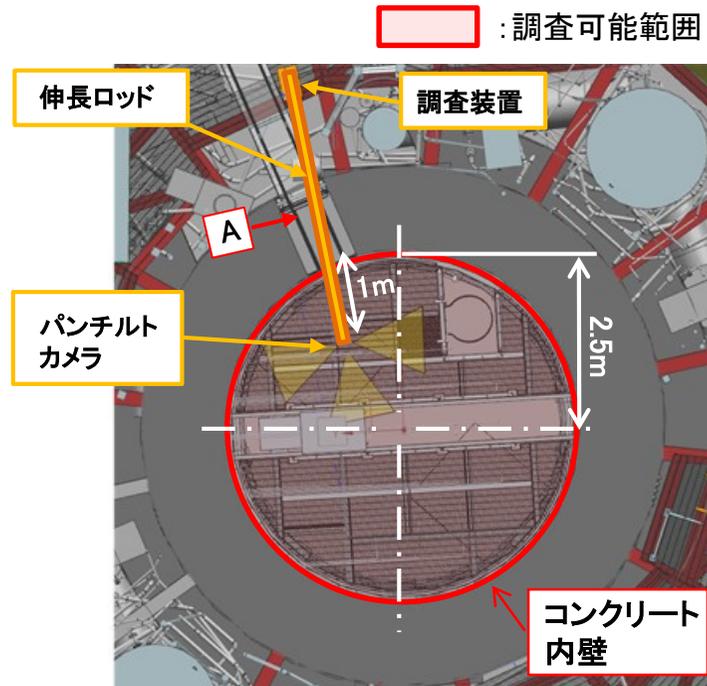


図9 ペDESTAL内調査装置の視認可能範囲(水平)

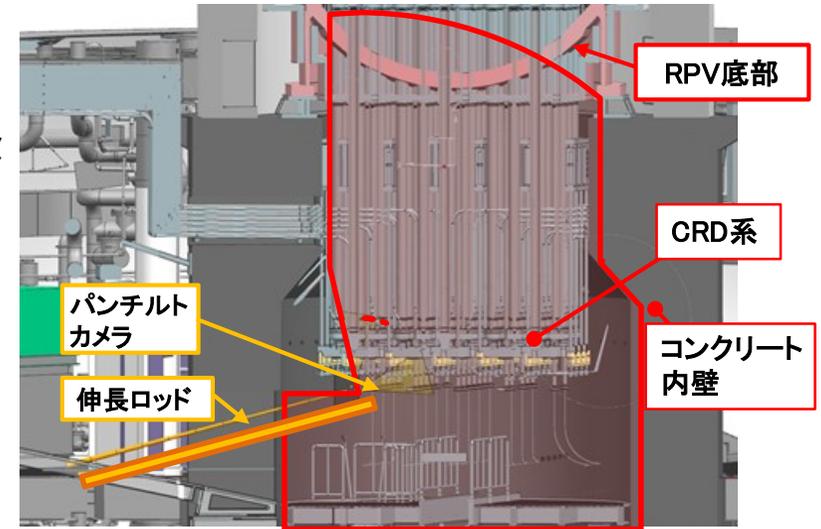


図10 ペDESTAL内調査装置の視認可能範囲(A矢視/ペDESTAL上部)

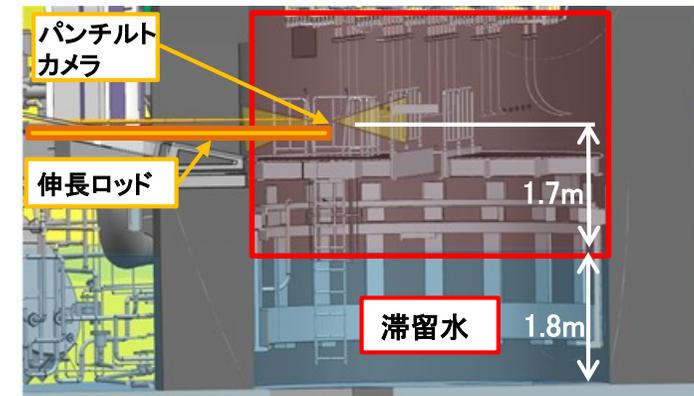


図11 ペDESTAL内調査装置の視認可能範囲(A矢視/ペDESTAL下部)

6. 実施内容

6.2 ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

《アクセス・調査装置及び調査技術開発の実施概要》

先行事業でのアクセス・調査装置の概念検討成果を基に、本事業では以下に示すアクセス・調査装置及び調査技術開発について実施していく。

表6 検討項目と実施概要

検討項目	検討内容	実施概要
詳細設計、製作	設計仕様	先行補助事業での試作試験結果を基に現場実証に用いる全ての装置に対して、要求仕様（性能、信頼性、非常回収、汚染対策等）が満足する装置設計・製作を行う。
工場内検証（単体試験）	検証項目	現場実証に用いる全ての装置に対して、要求仕様（性能、信頼性、非常回収、汚染対策等）を満足していることを工場内検証（単体試験）で確認する。その上で、必要な装置改善を行う。
モックアップ試験	試験設備	ペDESTAL内調査での作業員・装置立入エリアをフルスケールで製作する。（長さ20m×幅10m×高さ10m程度）
	モックアップ試験	実機条件を模擬して実機同様の手順でペDESTAL内詳細調査が実施できることを確認する。作業員は、10～20名超を想定（先行補助事業実績）

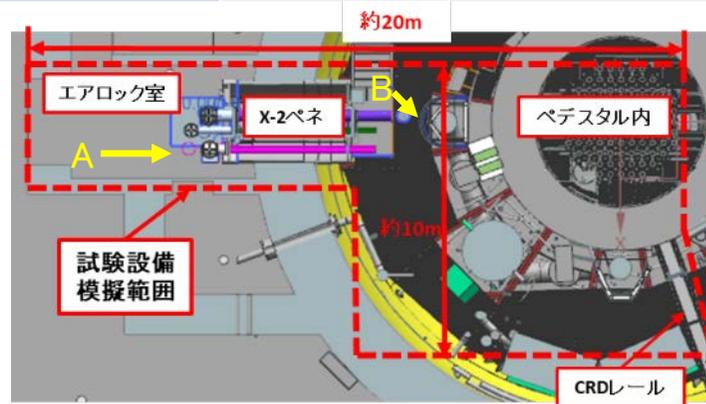


図12 試験設備模擬範囲



図13 A矢視(アクセスルート)



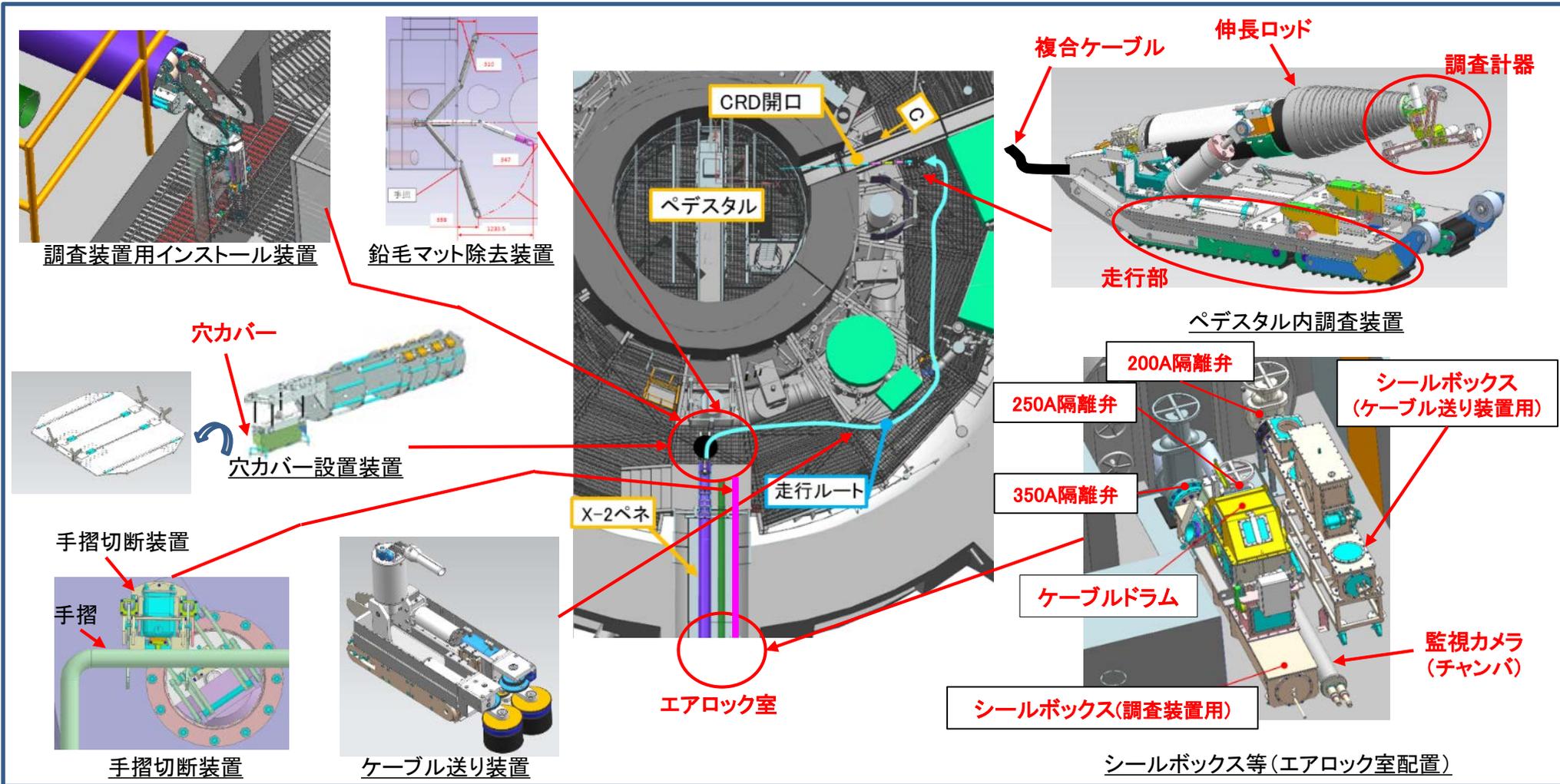
図14 B矢視(PLR遮蔽:震災前)

6. 実施内容

6.2 ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

各装置概要を以下に示す。

表7 ペDESTAL内調査装置の構成イメージ



6. 実施内容

6.2 ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

先行事業でペDESTAL内調査装置の要素試作を実施し、機能検証試験を行った。本事業では、実機向け装置の詳細設計・製作を行う。

表8 ペDESTAL内調査装置の装置仕様

装置の部位	要求仕様(機能)
走行部	・残置B1調査装置を乗越え、CRD開口付近まで到達可
伸長ロッド	・伸長ロッド(エア式)を、5m伸長、収縮可 ・伸長ロッド長さを制御可 ・ケーブルを伸長ロッド内に内包
調査計器	・パンチルト式のカメラで、ペDESTAL内構造物や燃料デブリを調査 ・線量率を測定する放射線センサを搭載し、ペDESTAL内の線量率を測定 ・点群データ取得センサ(デプスカメラ)による3次元の点群データ計測

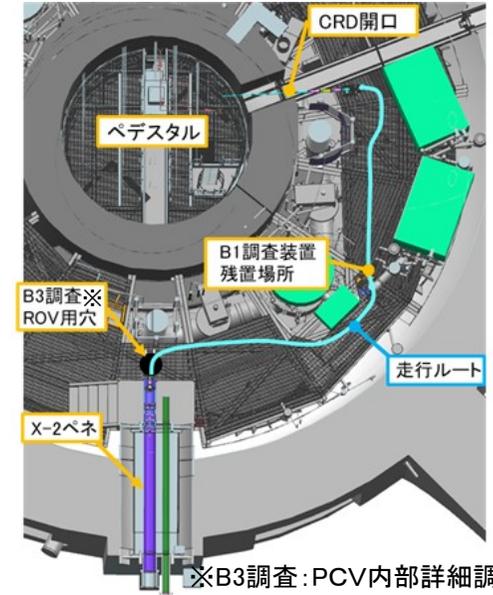


図15 調査装置のPCV内走行ルート(想定)

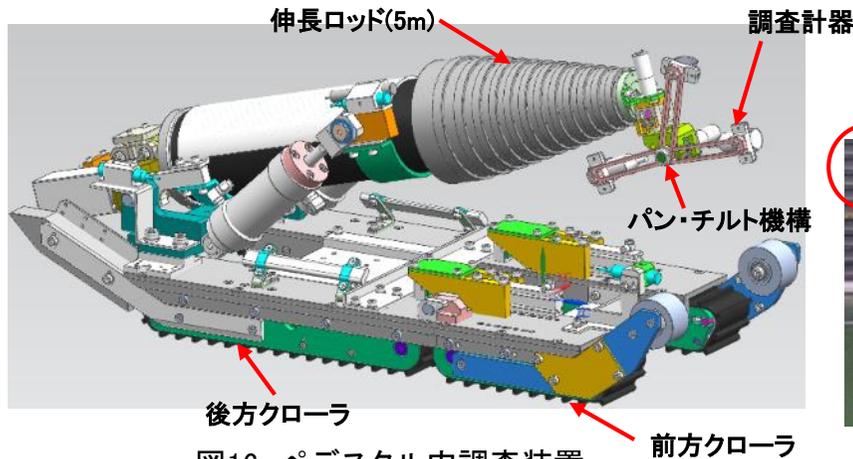


図16 ペDESTAL内調査装置



図17 ペDESTAL内調査装置

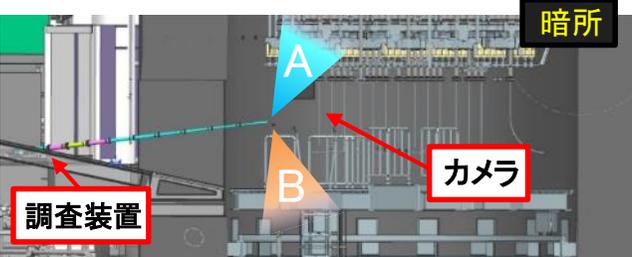
複合ケーブル(25m)

6. 実施内容

6.2 ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

先行事業でペDESTAL内を暗所模擬し、構造物や燃料デブリ模擬体を視認が可能であることを確認済。本事業では、ペDESTAL内の映像、線量率等のデータ取得についての検討を実施する。

表9 ペDESTAL内調査装置の映像取得イメージ

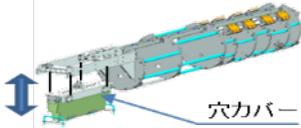
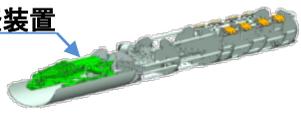
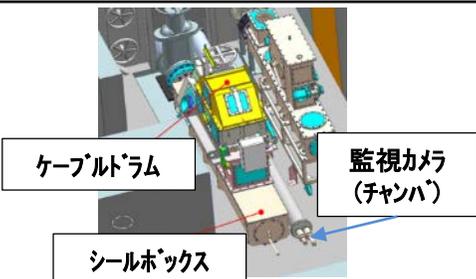
映像取得範囲(試験体写真)	試験映像取得例(先行研究結果)
<p>ペDESTAL内へカメラを挿入し撮影(A、B視野)</p>  <p>暗所</p> <p>調査装置</p> <p>カメラ</p> <p>A視野</p>  <p>燃料デブリ模擬体</p> <p>CRD模擬体</p> <p>B視野</p>  <p>想定水位レベル(土嚢の高さ)</p> <p>ペDESTAL内 試験模擬体</p>	<p>暗所でも鮮明に構造物・燃料デブリ模擬体の視認が可能</p>  <p>燃料デブリ模擬体</p> <p>調査装置カメラ映像(A視野での映像)</p>  <p>想定水位レベル(土嚢の高さ)</p> <p>調査装置カメラ映像(B視野での映像)</p>

6. 実施内容

6.2 ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

先行事業でペDESTAL内調査付帯装置についての要素試作を実施し、機能検証試験を行った。本事業では、ペDESTAL調査付帯装置の詳細設計・製作を行う。

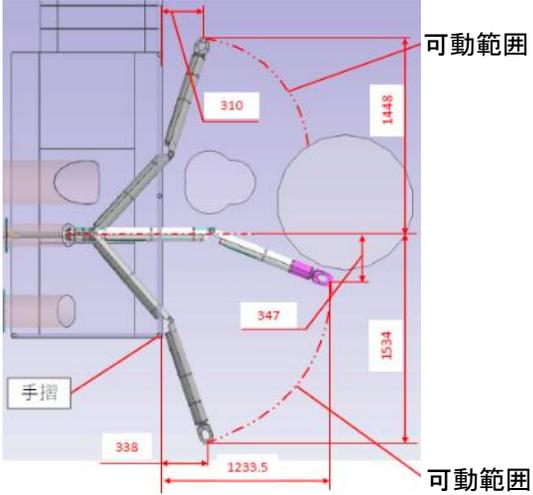
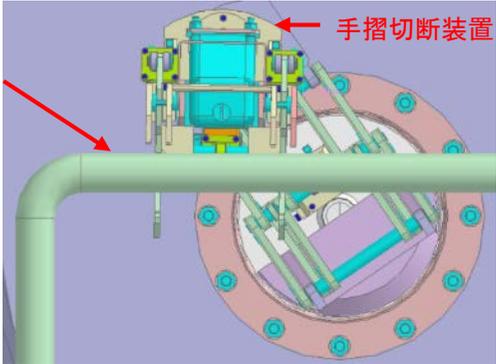
表10 ペDESTAL内調査付帯装置の装置仕様(1/2)

No.	装置	前提条件
1	穴カバー設置装置 	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔操作でROV用穴への穴カバーの遠隔設置・回収が可能であること ・穴カバー上で調査装置が走行可能であること
2	インストール装置 	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔操作で調査装置をX-2ペネトレーションから挿入し、PCV内1階グレーチングへのインストール・回収が可能であること
3	ケーブル送り装置 	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔操作で調査装置のケーブル把持・移動(ケーブルルート修正含む)が可能であること ・遠隔自動での調査装置のケーブル送り(ケーブル引っ掛かり解除含む)が可能であること ・搭載カメラにて調査装置の動作や周辺状況の監視が可能であること
4	シールボックス (ケーブルドラム含)	<ul style="list-style-type: none"> ・調査装置他のPCVバウンダリ保持が可能であること ・エアロック室に搬入・設置可能な寸法であること
5	監視カメラ (チャンバ含) 	<ul style="list-style-type: none"> ・200A(または350A)から挿入し、PCV内の各種作業監視ができること ・PCVバウンダリ保持が可能であり、エアロック室に搬入・設置可能な寸法であること

6. 実施内容

6.2 ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

表11 ペDESTAL内調査付帯装置の装置仕様(2/2)

No.	装置	装置	前提条件
6	鉛毛マット除去装置		<ul style="list-style-type: none"> ・200Aから挿入し、調査装置走行箇所周辺の障害物(鉛毛マット)除去が可能であること ・遠隔操作で調査装置をX-2ペネトレーションから挿入し、PCV内1階グレーチングへのインストール・回収が可能であること
7	手摺切断装置		<ul style="list-style-type: none"> ・PCV内エアロック内扉前の250A前手摺切断が可能であること ・遠隔操作で調査装置をX-2ペネトレーションから挿入し、PCV内1階グレーチングへのインストール・回収が可能であること

6. 実施内容

6.2 ペDESTAL内部詳細調査のためのアクセス・調査装置及び調査技術の開発

2022年度の進捗状況を以下に示す。工場内検証試験(6.2.1項参照)、モックアップ試験(6.2.2項参照)を実施した。

表12 ペDESTAL内調査装置他開発状況

凡例 ●:方式決定・改善, —:既開発品活用

No.	装置	要求仕様	21年度	22年度(2022.4~2022.9月)	22年度(2022.10~2023.2月)	参照項	
			設計・製作	設計・製作・試験	モックアップ試験		
1	ペDESTAL内調査装置	調査装置の往復走行	●(追加改善)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.3~4項	
		伸長ロッド	●(追加確認試験)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.5~6項	
		複合ケーブル	●(構造検討・試作,確認試験)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)		
		調査計器	カメラ	—(B2調査実績有)	—(B2調査実績有)	—	—
			点群データセンサ【調査装置2号機】	○(方式選定・要素試験)	●(方式選定完了・試験・装置実装検討)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.7項
放射線センサ(線量計)【調査装置1号機】	○(要素試験・ケーブル選定)		●(試験・装置実装検討)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.8項		
2	穴カバー設置装置	1階グレーチングROV用穴へ閉止カバー設置・回収	●(追加改善)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.9~10項	
3	調査装置用インストール装置	調査装置をX-2ペネ~PCV内1階グレーチングへ挿入・回収	●(追加改善)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.11~12項	
4	ケーブル送り装置	調査装置のケーブル修正処理、残置B1装置踏破時のアシスト、搭載カメラでの視野確保	●(実機用複合ケーブルでの確認)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.13~14項	
5	シールボックス(ケーブルトラム含)	調査装置他のPCVバウンダリ保持	○(構造検討・製作着手)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.15~16項	
6	監視カメラ(洗浄機能付)	実機調査時に必要な付帯設備	●(構造検討・改善・確認試験)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.17~18項	
7	鉛毛マット除去装置	装置インストール箇所周辺の鉛毛マット除去	○(計画・検討)	●(工場内検証試験で確認)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.19~20項	
8	手摺切断装置	250Aインストール箇所周辺の手摺切断	—(手摺切断無で計画)	●(検討・要素試験)	●(モックアップ試験で確認)	6.2.21項	

6. 実施内容

6.2.1 工場内検証試験の実施

調査装置等の性能検証や、ペDESTAL内調査作業の作業手順把握を目的に実機模擬設備を用いて工場内検証試験を行った。工場内検証試験確認項目を以下に示す。

表13 ペDESTAL内調査 工場内検証試験確認項目

試験確認内容		試験確認項目		工場内検証試験 (7/4~7/29に実施済)
準備作業	エアロック室内への 機器搬出入他	搬出入		○
		バウンダリ		○
		被ばく対策	作業装備	-
			汚染対策	-
			遠隔通信	○
		作業要領	作業時間	-
作業人員	-			
調査作業	ペDESTAL内調査装置・ 調査付帯装置性能	性能確認	装置投入・回収	○
			走行・設置	○ (課題有)
			作業手順	○
			カメラ監視	○
	リスク対策	リスク抽出	○	
		対策検証	○ (一部)	
	調査計器実機環境 (放射線)	調査装置への搭載		○
		環境確認 (霧、水滴)		○
		ノイズ確認	調査装置他組合せ	○
			DG発電機影響	-
調査計器実機環境 (点群データ)	調査装置への搭載		-	
	環境確認 (霧、水滴、霧)		-	
	ノイズ確認	調査装置他組合せ	-	

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(1) モックアップ試験確認項目

調査装置等の性能検証および工場内検証試験(2022年7月実施)で抽出された課題(次紙以降)確認、ペDESTAL内調査作業の作業要領・必要人員の把握を目的に、実機模擬設備を用いてモックアップ試験を行った。試験確認項目を以下に示す。

表14 ペDESTAL内調査 モックアップ試験確認項目

試験確認内容		試験確認項目		工場内検証試験 (7/4~7/29に実施済)	モックアップ試験 (10/17~11/22に実施)
準備作業	エアロック室内への 機器搬出入他	搬出入		○	○ (改良検証)
		バウンダリ		○	○
		被ばく対策	作業装備	-	○
			汚染対策	-	○
			遠隔通信	○	○
		作業要領	作業時間	-	○
作業人員	-		○		
調査作業	ペDESTAL内調査装置・ 調査付帯装置性能	性能確認	装置投入・回収	○	○ (改良検証)
			走行・設置	○ (課題有)	○ (改良検証)
			作業手順	○	○ (見直し検証)
			カメラ監視	○	○
		リスク対策	リスク抽出	○	○
			対策検証	○ (一部)	○ (追加)
	調査計器実機環境 (放射線)	調査装置への搭載		○	○ (改良検証)
		環境確認 (霧、水滴)		○	○ (改良検証)
		ノイズ確認	調査装置他組合せ	○	○
			DG発電機影響	-	○
調査計器実機環境 (点群データ)	調査装置への搭載		-	○	
	環境確認 (霧、水滴、霧)		-	○	
	ノイズ確認	調査装置他組合せ	-	○	

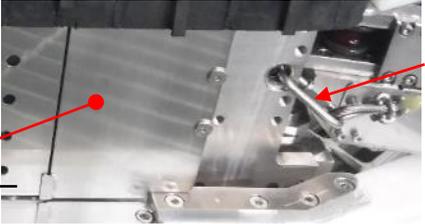
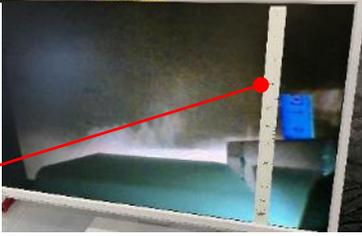
6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(1/11)

工場内検証試験(2022年7月実施)で抽出された装置・作業要領の課題について、モックアップ試験で改善の成果を検証した。

表15 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(調査装置(1/2))

No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
1	調査装置	バック走行時(復路)における残置B1調査装置踏破性能向上及び干渉防止対策	【改善点】 ①調査装置バック走行における残置B1調査装置との干渉防止対策として後方ガイドの幅寸法を広くした。 ②踏破性向上の為、残置B1調査装置の高さにガイドの高さを合わせた。 【結果】 残置B1調査装置に干渉することが無く、スムーズに乗越えが可能となった。	 後方ガイド
2		鉛毛マットの踏破性能向上のため、調査装置下部周りの改善	【改善点】 鉛毛マットの引掛り対策としてワイヤー固定部の高さを上げた。また、下部カバーを追加しLED照明をカバー内に収めた。 【結果】 鉛毛マットに引っ掛かること無く、スムーズに乗越えが可能となった。	 下部カバー ワイヤー固定部
3		伸長ロッドの起伏角度を定量的に確認可能とするための改善	【改善点】 伸長ロッドの起伏角度を確認する為、モニタ用(後部カメラ映像用)にアクリル製のスケールを準備した。 【結果】 カメラ映像とスケールを見ながらロッド起伏角度の表示が可能となった。	 起伏角度確認用スケール

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(2/11)

表16 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(調査装置(2/2))

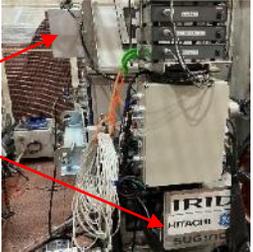
No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
4	調査装置	伸長ロッド起伏角度が小さい時に、伸長ロッド先端カメラと調査装置本体の干渉回避	<p>【改善点】 ヒンジロック用シリンダを装置内側から外側へ位置変更し、ロッドとのスキマを大きくした。</p> <p>【結果】 伸長ロッド起伏角度が小さい時に、先端カメラと調査装置本体との干渉が無くなった。</p>	<p>ヒンジロック用シリンダ</p> 
5		伸長ロッド先端の調査用カメラ映像視認性向上のため、映像を明るくする改善	<p>【改善点】 LED照明用コントローラを改造し、LED照明用電流値を高出力にした。(20mA⇒30mA)</p> <p>【結果】 カメラ映像が明るくなり視認性が向上した。</p>	<p>調査用カメラコントローラ</p> 

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(3/11)

表17 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(調査装置ケーブルドラム)

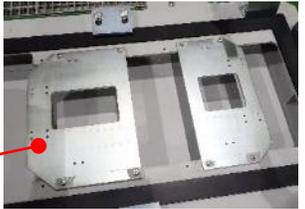
No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
6	調査装置 ケーブル ドラム	ドラム監視時の作業性および視認性向上のため、ドラム内監視小窓のライト位置の改善	<p>【改善点】 作業性および視認性向上の為、小窓部のライトを取り外した。</p> <p>【結果】 ドラム内の監視が容易となり、作業性が向上した。</p>	<p>小窓部ライト 取り外し済</p> 
7		ドラム内監視カメラ設置箇所の光反射防止カメラ用カバー追加	<p>【改善点】 光反射対策としてドラム監視カメラ(2箇所)にカバーを追加した。</p> <p>【結果】 カメラ映像への光反射が無くなり、カメラ映像の視認性が向上した。</p>	<p>カメラ用 カバー</p> 
8		ドラムを回転させる際のエア・水圧チューブの取扱い改善	<p>【改善点】 エア・水圧チューブの取扱いを改善するため、ケーブルドラム側へカプラを追加した。</p> <p>【結果】 ドラムを回転させる際にエア・水圧チューブ着脱が容易になり、ドラム回転作業性が向上した。</p>	<p>カプラ</p> 

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(4/11)

表18 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(調査装置ケーブルドラム用台車)

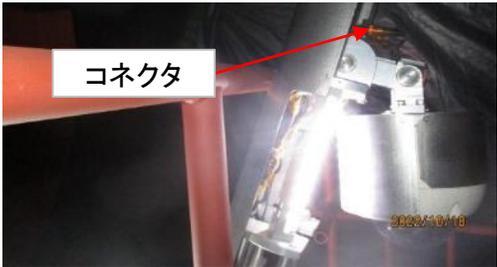
No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
9	調査装置 ケーブル ドラム用 搬入台車	ケーブルドラム・シールボックス切り離し時の α 汚染対策	<p>【改善点】 ケーブルドラム・シールボックス切り離し時のα対策としてドラム開放部の養生シートを準備した。</p> <p>【結果】 養生シートにより、ドラム開放部から放射性汚染が無くなった。</p>	 <p>養生シート</p>
10		ケーブルドラムを搬入台車に着座させる際の作業性改善	<p>【改善点】 ケーブルドラムを台車に着座させる際の作業性向上のため、調査装置用ストッパを取り外した。</p> <p>【結果】 着座の際に、調査装置が引っ掛かることが無くなり、作業性が向上した。</p>	 <p>調査装置用ストッパ 取り外し済</p>

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(5/11)

表19 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(屈曲ドームカメラ)

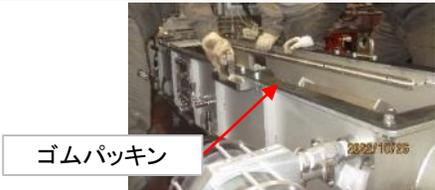
No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
1	屈曲式ドームカメラ	ケーブルのコネクタ 抜け防止対策	【改善点・結果】 ケーブルコネクタを抜け防止コネクタに仕様変更し、絶縁耐熱テープで更に抜け防止を行った	
2		チャンバーの位置 が200A、350Aに変更となるため、床固定アンカー位置変更	【改善点・結果】 350A用のアンカーブラケットを製作し、チャンバ位置を200A,350Aで入れ替えても各専用のアンカーブラケットを使用するようにした	
3		屈曲式ドームカメラ の視認性向上検討	【改善点・結果】 ドームカメラ画角に映り込んでいた支柱を撤去し、カメラ視認性の向上図った(LED取付ブラケットにより強度も確保)	

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(6/11)

表20 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(調査装置シールボックス)

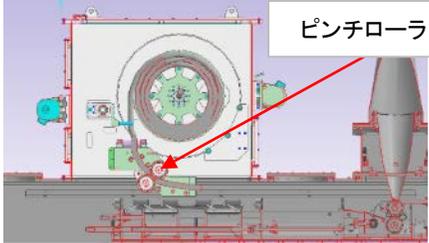
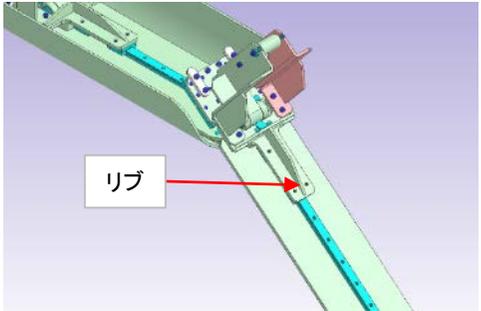
No	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
4	調査装置 シール ボックス	調査装置シールボックスとケーブルドラムの組付け作業性改善のため、シールボックス側にゴムパッキンを取付けた状態で搬入できるようにする	【改善点・結果】 あらかじめシールボックスフランジ面にゴムパッキンを取り付けるようにした	
5		調査装置回収時のエアチューブ断線を防止するため、エアチューブルートの見直し	【改善点・結果】 インストール装置のベースプレートにマウントベースを取り付け、エアチューブが回収時外側に膨らんでローラと移動トレーに挟まれないようにした	
6		調査装置回収時に調査装置後方がインストール装置と衝突して損傷することを防ぐため、緩衝材の取付	【改善点・結果】 調査装置の損傷防止のために、干渉する箇所に緩衝材を取り付けた	
7		ケーブルドラム・シールボックス切り離し時のα汚染対策	【改善点・結果】 α汚染対策として、シールボックス開口部用に樹脂蓋を準備した	

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(7/11)

表21 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(ケーブル送り装置、シールボックス)

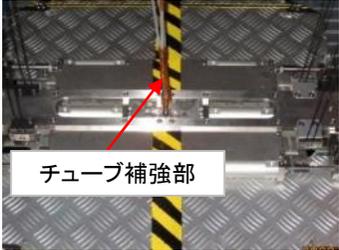
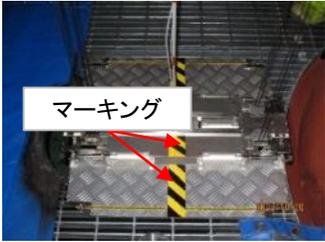
No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
8	ケーブル送り装置	作業時のケーブル接続用中継ボックス取扱性改善	【改善点・結果】 ケーブルドラムのチェーンカバーに、中継ボックスを置くことができる台座を設置した	 <p>中継ボックス</p> <p>台座</p>
9	ケーブル送り装置	ポール操作がしやすいようにシールボックス内のケーブルルート見直	【改善点・結果】 ケーブルドラムのピンチローラ位置を変更し操作性の向上を図る	 <p>ピンチローラ</p>
10	ケーブル送り装置 シールボックス	ケーブル送り装置回収作業効率向上	【改善点・結果】 スライドベースの干渉しているリブを切断し、ケーブル送り装置回収時に干渉しないようにした	 <p>リブ</p>

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(8/11)

表22 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(穴カバー設置装置)

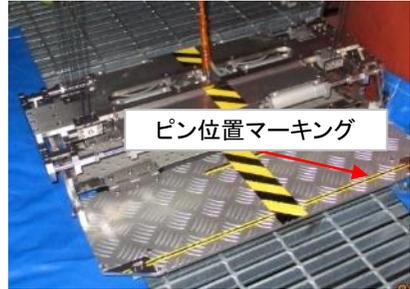
No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
11	穴カバー設置装置	<p>輸送時のエアホース損傷を防止するため、エアホースの曲がり部の半径を大きくし、根本部分はスパイラルチューブで補強する等対策が必要</p>	<p>【改善点・結果】 エアチューブをスパイラルチューブで補強し、絶縁耐熱テープでスパイラルチューブがはずれないように固定した</p>	
12		<p>穴カバーと穴カバー設置装置の位置合わせを容易にする</p>	<p>【改善点・結果】 穴カバー回収時に目安となるマーキングを穴カバー設置装置と穴カバーに追加した</p>	
13		<p>ガイドパイプ内で穴カバー設置装置の位相がずれた場合でも、穴カバーが回収できる構造にする必要あり</p>	<p>【改善点・結果】 テーパ部の材質をステンレスに変更し、位相がずれた状態でもガイドパイプにテーパ部が接触して、ガイドパイプに穴カバーが沿うようにした</p>	

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(9/11)

表23 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(穴カバー)

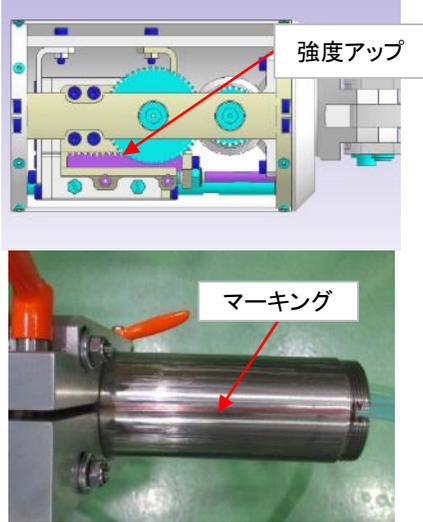
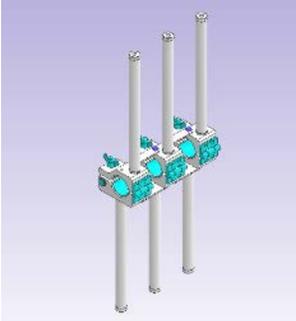
No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
14	穴カバー	穴カバー回収時の位置合わせを容易にするため、穴カバー上面にピン位置のマーキング	【改善点・結果】 穴カバー上にピン位置のマーキングを追加した	
15		ガイドパイプ内への穴カバー回収性能向上	【改善点・結果】 回収性能向上のために穴カバーの縁のテーパ形状を見直し、テーパの角度を広げた	

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(10/11)

表24 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(鉛毛マット除去装置、ポール回転治具)

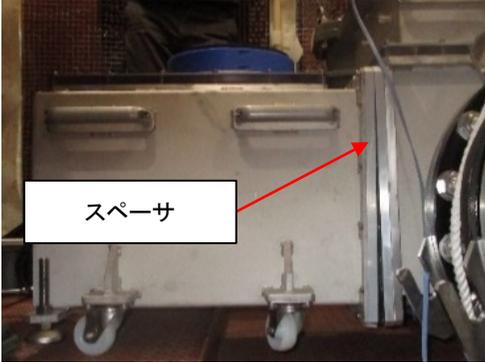
No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
16	鉛毛マット除去装置	鉛毛マット除去装置アーム強度向上、操作ポールへのマーキングを行う	<p>【改善点・結果】 鉛毛マット除去装置アームひねり軸の強度をアップし、初期位置が分かるようにポールにマーキングをした</p>	
17	ポール回転治具	ポール回転操作の作業性を向上させる	<p>【改善点・結果】 ポール回転治具を3連タイプにし、操作ポール(φ50)の回転力を向上させた</p>	

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(2) 工場内検証試験で抽出された課題(11/11)

表25 工場内検証試験時に抽出された内容と対応結果(200Aチャンバ用作業台、ケーブルカッター収納用ボックス)

No.	対象	課題の抽出	モックアップ試験での検証結果	改善箇所
18	200Aのチャンバ上作業台	エアロック室内狭隘部での作業性を改善するため、小型の作業台を準備	【改善点・結果】 小型化した200Aチャンバ用足場を製作した	
19	ケーブルカッター収納用ボックス	気密蓋の取付性向上のため、ケーブルカッター収納ボックスの形状見直し	【改善点・結果】 ケーブルカッター用グローブボックスのフランジに15mmのスペーサを追加した	

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(3) 試験設備の改良

実機寸法を模擬した試験設備で工場内検証試験を行った。模擬範囲はR/B西側通路、エアロック室、X2ペネ(アクセスルート)、PCV内1階グレーチング、ペDESTAL内とした。

なお、現地写真および震災前の作業従事者の意見を基に、一部見直しを行った(※1)。

門型クレーン

エアロック外扉

RPV開口模擬(1m)

内部

梯子

CRD 開口

残置B1調査装置

B1 装置乗越場所

外観

暗幕設置後

スロープ(※1)

現場写真(梯子)

※1) ペDESTAL内部の塗装色見直し、破損ケーブル追加

※1) 梯子を移動

構造物追加

残置B1調査装置(模擬体または残置装置と同じ装置)

※1) 試験設備見直し(主要)

図18 試験設備概要図

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(4) 現地作業とモックアップ試験環境の比較

現地作業とモックアップ試験環境の比較を以下に示す。モックアップ試験では可能な限り実機作業の環境を模擬した。

表26 モックアップ試験と現地作業比較

項目	実機作業	モックアップ試験
通信設備	ケーブル長60m (大物搬入口2階～エアロック室)	○ (現地同様の通信設備を使用)
オペレーション	大物搬入口2階	○ (指示室を隔離し、作業者はモニタで監視)
作業時間	未定	- 各種作業を計測
班体制	未定	- 各種作業で必要人員検証
汚染区分	レッドゾーン + α 汚染区域	○ (α 汚染ハウス設置)
作業時間/日	2～4時間	× 6時間程度 モックアップ試験工程合理化のために模擬せず。
吊搬設備	門型クレーン	○ (現地同様)
西側通路運搬	スロープ	○ (現地同様)
電源	仮設分電盤、DG	○ (常設分電盤、DG)

6. 実施内容

6.2.2 モックアップ試験の実施

(5) ペデスタル内調査の指示室でのオペレーション

調査装置の遠隔監視、装置制御は、指示室を設置し現地同様の通信設備を用いた。



図19 指示室での操作・監視(モックアップ試験)



図20 モニタ1映像



図21 モニタ2映像

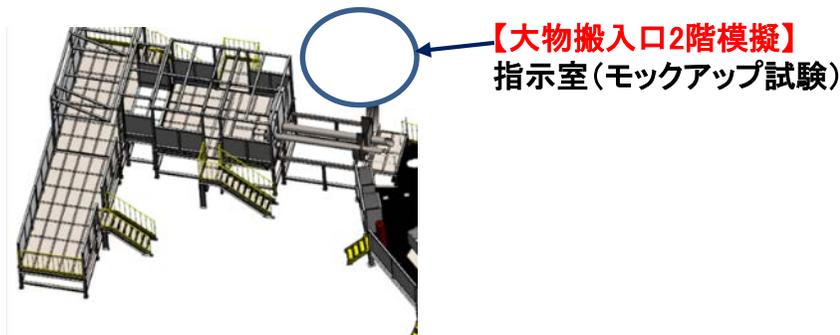


図22 指示室設置個所(モックアップ試験)



図23 モニタ映像(エアロック室)

6.2.3 調査装置往復走行の工場内検証試験状況

(1)調査装置の往路(X-2ペネ～残置B1調査装置～CRD開口)走行時の工場内検証試験結果を以下に示す。

表27 往路走行試験結果

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
調査装置の往路走行試験(前進走行)	現地環境を模擬した試験設備にて調査装置往路走行(残置B1調査装置乗越含)時の動作及びケーブル挙動を確認する。 【調査装置は1機目を使用】	○ <ul style="list-style-type: none"> ・ケーブル送り装置のカメラ及び調査装置のカメラ映像で状況を確認しながら進めることで、往路走行可能 ・ケーブルが引っ掛かった際でも、ケーブル送り装置で解除可能 ・ケーブル送り装置でのケーブル跨ぎ、整線可能(ケーブル跨ぎ動作の詳細は6.2.13項参照) ・残置B1調査装置(模擬体)乗越可能(往路:前進走行) ・残置B1調査装置が水滴で濡れた状態(実機状況を想定)でも乗越え可能 ⇒MU試験では実機を用いた乗越確認および調査装置2機目での試験を実施

【ケーブル整線状況】

調査装置複合ケーブルをケーブル送り装置で跨ぎ、整線

【ケーブル解除状況】

【残置B1装置乗越状況】

6.2.3 調査装置往復走行の工場内検証試験状況

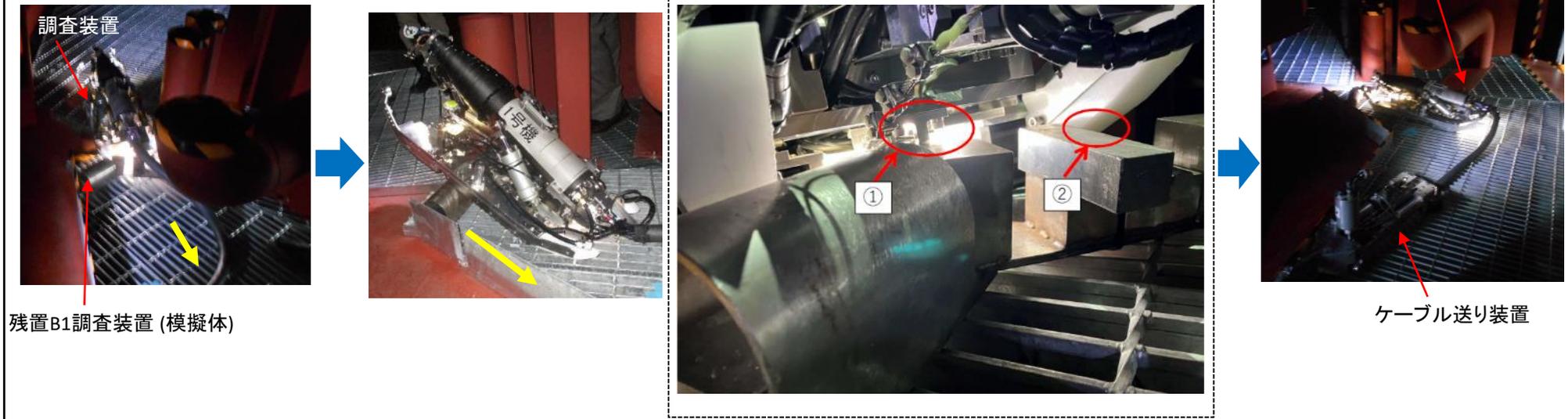
(2)調査装置の復路(X-2ペネ～残置B1調査装置～CRD開口)走行時の工場内検証試験結果を以下に示す。

表28 復路走行試験結果

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
調査装置の復路走行試験(バック走行)	現地環境を模擬した試験設備にて調査装置復路走行(残置B1調査装置乗越含)時の動作及びケーブル挙動を確認する。 【調査装置は1機目を使用】	△ ・バック走行での復路乗越時、残置B1調査装置と本調査装置との干渉(①下回り部品で吊上げ用金具の干渉②後方ガイドの干渉)があり、走行ルートによっては乗越不可の場合があった(※1) ⇒調査装置の改善を行い、モックアップ試験で検証する。 ・上記以外の復路走行性能は問題無し(X-2ペネ付近までバック走行で移動可能)

【バック走行での残置B1調査装置乗越状況】



6.2.4 調査装置往復走行のモックアップ試験状況

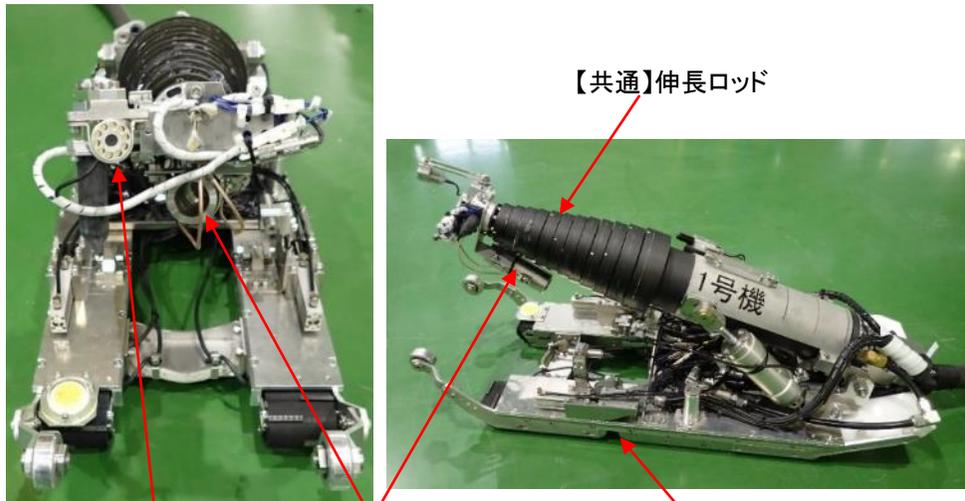
(1) 調査装置構成(1/2機目比較)

調査装置構成等を以下に示す。モックアップ試験では調査装置2機目を主に使用し試験を実施した。
(工場内検証試験では調査装置1機目を使用)

表29 調査装置構成(1機目/2機目)

調査装置1機目		調査装置2機目	
調査計器	カメラ(先端)+放射線センサ(線量計)	調査計器	カメラ(先端)+点群データセンサ(デプスカメラ)
先端重量	約970g (カメラ等:約570g+放射線センサ:約400g)	先端重量	約920g (カメラ等:約570g+点群データセンサ・LAN変換器:約130g +おもり:220g)

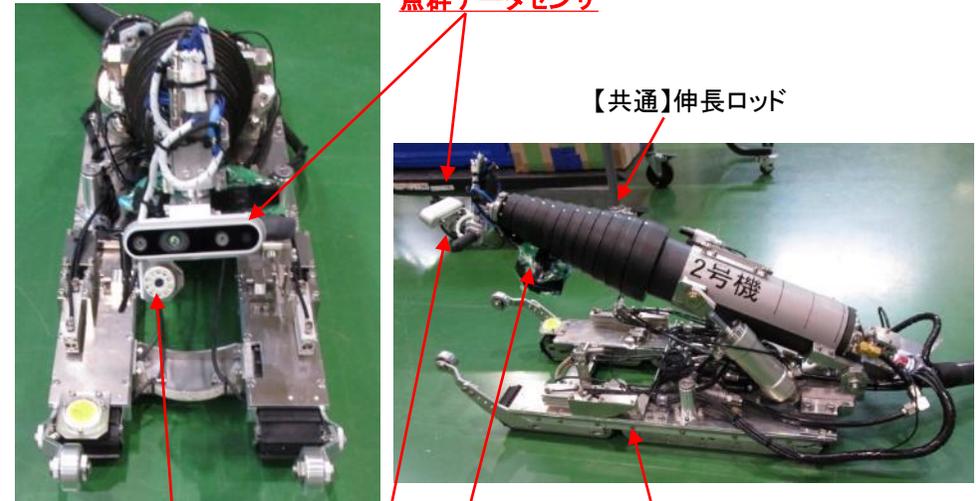
走行部(クローラ)、伸長ロッド、カメラ(先端)は共通



【共通】カメラ(先端) 放射線センサ

【共通】伸長ロッド

【共通】走行部(クローラ)



【共通】カメラ(先端)

LAN変換器

おもり

【共通】伸長ロッド

【共通】走行部(クローラ)

6.2.4 調査装置往復走行のモックアップ試験状況

(2) 調査装置の往路(X-2ペネ～残置B1調査装置～CRD開口)走行

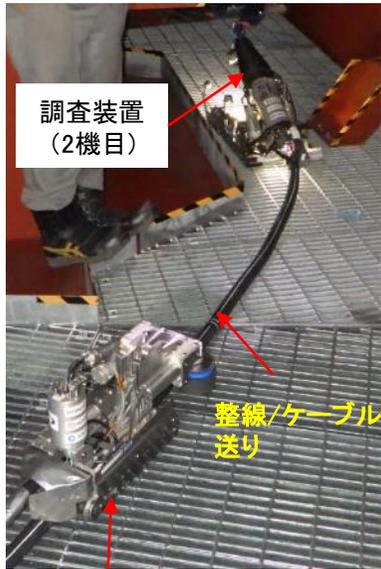
表30 往路走行試験結果(1/2)

凡例 ○:結果良、△:課題有

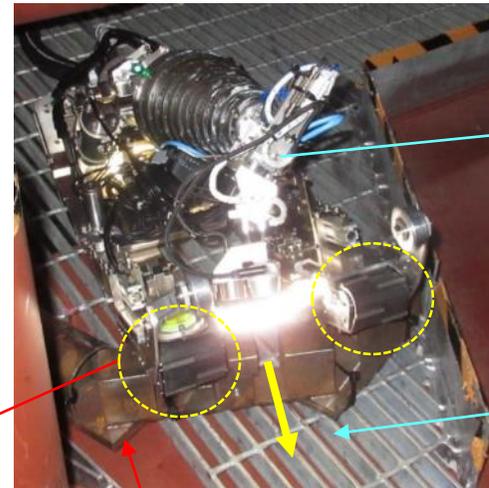
試験項目	試験内容	試験結果
調査装置の往路走行試験(前進走行)	現地環境を模擬した試験設備にて調査装置往路走行(残置B1調査装置乗越含)時の動作及びケーブル挙動を確認する。 【調査装置は2機目を使用】(工場内検証試験は1機目)	○ ・ケーブル送り装置のカメラ及び調査装置のカメラ映像で状況を確認しながら進めることで、往路走行可能⇒1号機と同等の走行性能を確認した。 ・ケーブルが引っ掛かった際でもケーブル送り装置で解除可能 ・ケーブル送り装置でのケーブル跨ぎ、整線可能 ・残置B1調査装置(模擬体)乗越可能(往路:前進走行) ⇒前方クローラベルト形状をブロック千鳥状に変更し、牽引力向上を確認した。

【ケーブル送り状況】

【残置B1調査装置(模擬体)乗越状況】



前方クローラベルト形状をブロック千鳥状に変更することで、斜め方向での牽引力が向上(150→320N)



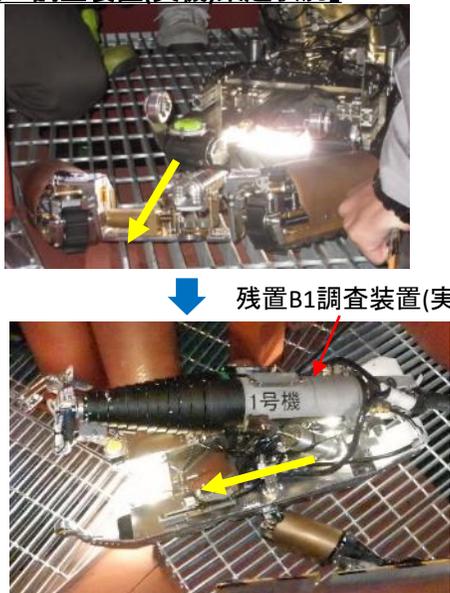
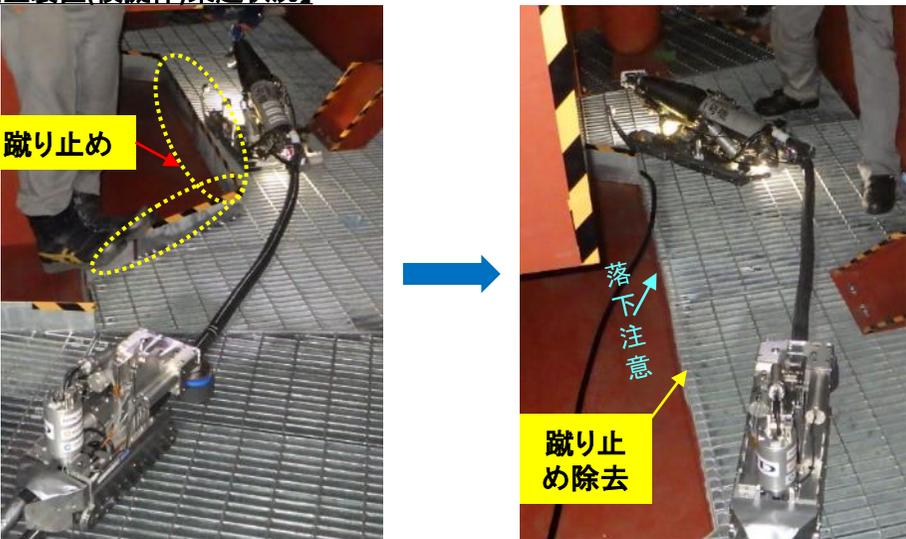
後方クローラはフラット形状で残置B1調査装置に引掛り易くしている

残置B1調査装置乗越時はグレーチングの向きが斜め方向となる

残置B1調査装置(模擬体)

表31 往路走行試験結果(2/2)

凡例 ○:結果良、△:課題有

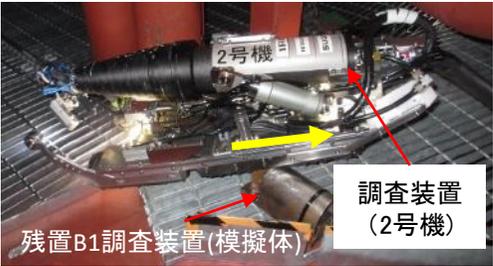
試験項目	試験内容	試験結果
調査装置の往路走行試験(前進走行)	現地環境を模擬した試験設備にて調査装置往路走行(残置B1調査装置乗越合)時の動作及びケーブル挙動を確認する。	<p>○</p> <ul style="list-style-type: none"> ・残置B1調査装置(実機)※乗越可能(往路:前進走行)⇒残置B1調査装置(模擬体)での試験時と同等の踏破性を確認、残置B1調査装置(実機)でも踏破性に影響無であった。なお、残置B1調査装置(実機)のカメラ部等変形・破損は無かったため、現地作業時に変形・破損によるケーブル引っ掛かり等のリスクは少ないと推定できる。 ・リスク対策(有識者より走行ルート上のケドメが無い可能性有との意見)として、ケドメが無い状態での走行確認を行った⇒走行時に調査装置及び調査装置複合ケーブルが開口から落下する可能性があるため、走行時により慎重に作業を行う必要有 <p>※:残置B1調査装置と同じ装置</p>
<p>【残置B1調査装置(実機)乗越状況】</p>  <p>↓ 残置B1調査装置(実機)</p>	<p>【残置B1調査装置(模擬体)乗越状況】</p> 	

6.2.4 調査装置往復走行のモックアップ試験状況

(2)調査装置の復路(X-2ペネ～残置B1調査装置～CRD開口)走行

表32 復路走行試験結果

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
調査装置の復路走行試験(バック走行)	現地環境を模擬した試験設備にて調査装置復路走行(残置B1調査装置乗越含)時の動作及びケーブル挙動を確認する。 【調査装置は2機目を使用】 (工場内検証試験は1機目)	・工場内検証試験ではバック走行での復路乗越時、残置B1調査装置と本調査装置との干渉があり乗越不可の場合があった ⇒調査装置の改善(①前方クローラベルト形状をブロック千鳥状に変更し斜め方向での牽引力向上、②左後方ガイドの厚みを薄くし左右ガイドが均一に当たることで乗越時の横滑り防止、③底面の突起除去)により、確実な乗越が可能となった。また、残置B1調査装置(実機)でも同等の踏破性を確認した。
【バック走行での残置B1調査装置(模擬体)乗越状況】 	【残置B1調査装置(実機)乗越状況】 	【改善内容】  ①前方クローラベルト形状をブロック千鳥状に変更することで、斜め方向での牽引力が向上(150→320N)  前側クローラ千鳥形状で溝に入り易くなった  ②残置B1調査装置の左右高さ差が20mmあるため、改善前では先に高い部分に接触し横滑りが発生していたが、左後方の厚みを薄くすることで、左右ガイドが均一に当たり横滑りを防止できた ③底面の突起除去 

6.2.5 伸長ロッド(複合ケーブル含)の工場内検証試験状況

No.42

(1)調査装置の伸長ロッドでの調査状況について、工場内検証試験結果を以下に示す。

(伸長ロッドの伸縮は、①残置B1調査装置前からの伸縮、②CRD開口への伸縮の2回で計画)

表33 伸長ロッドの伸縮確認試験結果

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
伸長ロッドの伸縮確認試験	挿入確認及び視認範囲の確認 ①残置B1調査装置前のロッド伸長 ②CRD開口へのロッド伸長 【調査装置は1機目(※1)を使用】 (※1)カメラ等:約570g+放射線センサ:約400g	○ ①B1残置装置前にロッドを5m伸長(角度約25°)することにより、CRD開口、梯子周辺の視認が可能。 ②CRD開口へのロッド伸長は、カメラ映像でレーザポインタの位置を確認しながらロッドをペDESTAL内に伸長可能。この際、干渉物であるの梯子の間からのロッド伸長(角度約20°)が可能であることが確認できた。 ⇒今後MU試験では調査装置2号機での試験を行う

【①B1残置装置前のロッド伸長状況】



【②CRD開口へのロッド伸長状況】



6.2.6 伸長ロッド(複合ケーブル含)のモックアップ試験状況

No.43

調査装置の伸長ロッドでの調査状況について、モックアップ試験結果を以下に示す。

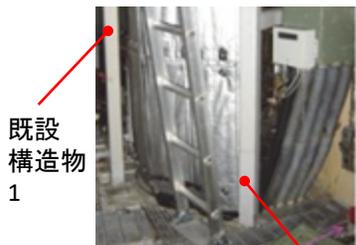
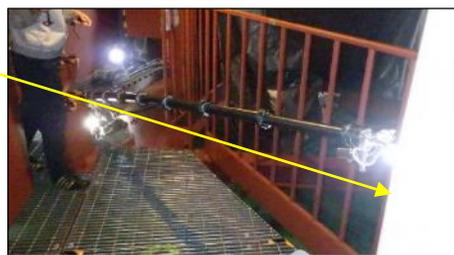
表34 伸長ロッドの伸縮確認試験結果(1/2)

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
伸長ロッドの伸縮確認試験	挿入確認及び視認範囲の確認 ①残置B1調査装置前のロッド伸長 【調査装置は2機目を使用】	○ 残置B1調査装置乗越え前にロッドを伸長し、ペDESTAL開口付近の状況を確認する計画であったが、3.5m伸長すると既設構造物1(今回追加)との干渉が発生した。代替案として乗越え前に1m程度ロッドを伸ばして周辺状況を確認 ⇒乗越え後にロッドを伸ばしてCRD開口付近の状況確認を行う運用とする。

【①残置B1装置前のロッド伸長状況】

【①代替残置B1装置乗越え後のロッド伸長状況】



既設構造物2



ロッド先端カメラ映像(CRD開口付近の状況確認)

表35 伸長ロッドの伸縮確認試験結果(2/2)

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
伸長ロッドの伸縮確認試験	挿入確認及び視認範囲の確認 ②CRD開口へのロッド伸長 【調査装置は2機目を使用】	○ CRD開口へのロッド伸長は、カメラ映像でレーザポインタの位置を確認しながらロッドをペデスタル内に伸長可能であった。ただし、梯子位置を現地写真から推定し適切な位置に見直したことにより、当初計画していた梯子内部を通すよりも、梯子右側からの方が干渉が少なく通過可能であるため、こちらを主案で計画を行うこととする(現地では状況を見てから判断する)。ただし、装置位置はCRDレール横に開口部が存在するため、注意を要する。

【②CRD開口へのロッド伸長状況】



6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(1)点群データセンサの測定範囲

1F-1ペデスタル内調査では、下図に示すように調査装置の伸長ロッド先端に搭載した計測器（点群データセンサ）にて測定（RPV底部周辺の映像取得を目標とする）を行う。

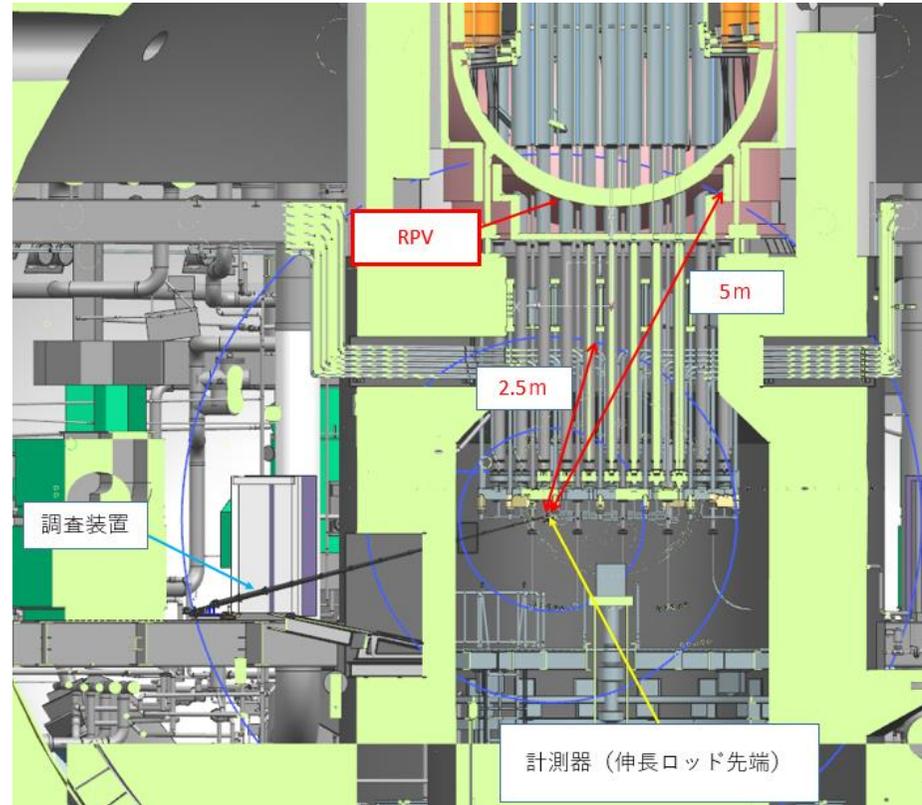


図24 ペデスタル内調査の測定範囲

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(2)ペDESTAL内調査における想定集積線量

調査装置のPCV内作業時間、PCV内の線量率(想定含む)から、調査計器が受けるガンマ線の集積線量を140～240Gyと想定した。

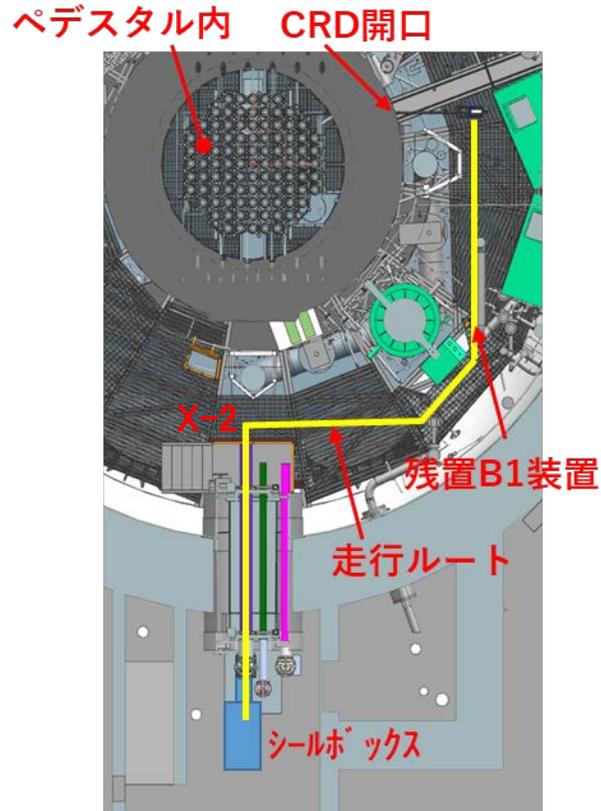


図25 ペDESTAL内調査ルート(想定)

表36 ペDESTAL内調査時間、線量率(想定)

No	項目	作業時間 (hr)	線量率 (Gy/h)	集積線量 (Gy)
1	インストール	1	1	1
2	X-2～残置B1装置	0.5	8(※1)	4
3	残置B1装置近傍調査	0.5	8(※1)	4
4	残置B1装置～CRD開口	1	8(※1)	8
5	ペDESTAL内調査	1～2	100(※2)	100～200
6	帰路	3	8(※1)	24

※1: B1調査計測値(2015/04計測)

※2: 推定値

↓
推定線量140～240Gy

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(3)点群データセンサの開発状況

点群データセンサの開発状況を以下に示す。

表37 点群データセンサの開発状況

項目	進捗状況	報告状況
機種選定	完了	報告済み
機種再選定	完了(デプスカメラ：REALSENSE D435を選定)	今回報告(No.48～51)
センサ防水化	完了:防水化を行い試験実施済	今回報告(No.52～53)
センサ単体での性能評価、工場内検証試験	完了(霧環境・水滴環境・耐放射線性)	今回報告(No.54～62)
装置への実装	完了(調査装置への搭載)	今回報告(No.63)
距離計測(単体試験)	完了(1～5m毎の距離計測結果の確認)	今回報告(No.64～65)
装置実装後の計測	完了(モックアップ試験での構造物確認、水滴落下・霧環境の影響評価)	今回報告(No.66～67)
点群データ表示	完了	今回報告(No.68～70)

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(4) 点群データセンサの搭載性について

①装置先端への搭載(下図参照)

アクセス箇所が狭隘部のためインストール・回収時の干渉リスクを考慮し、極力小さくする必要がある。

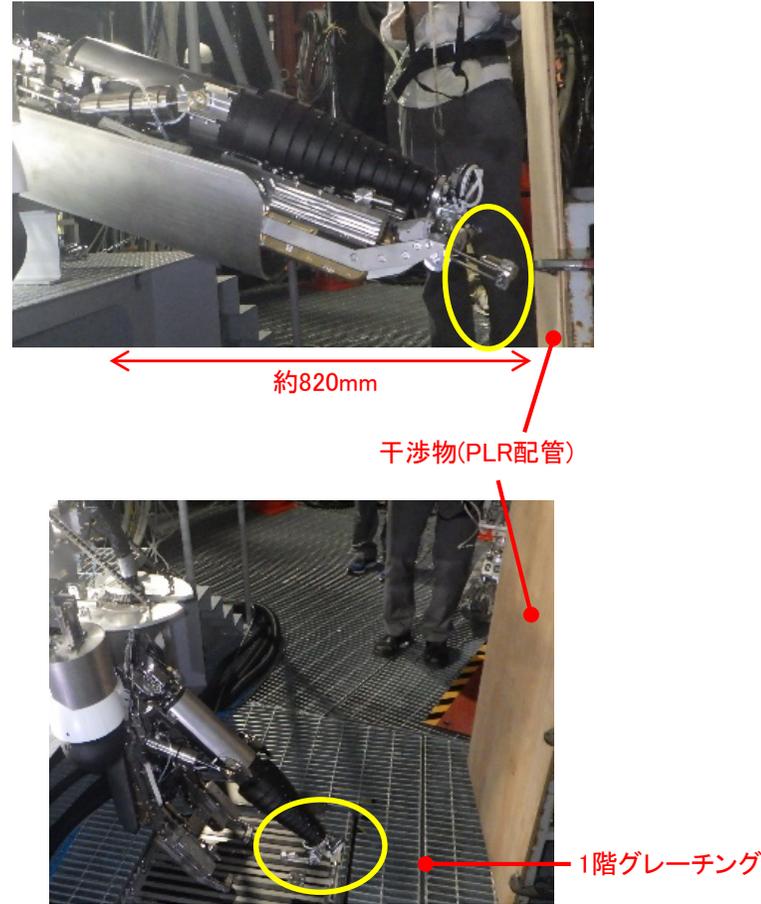


図26 調査装置インストール時の状況

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

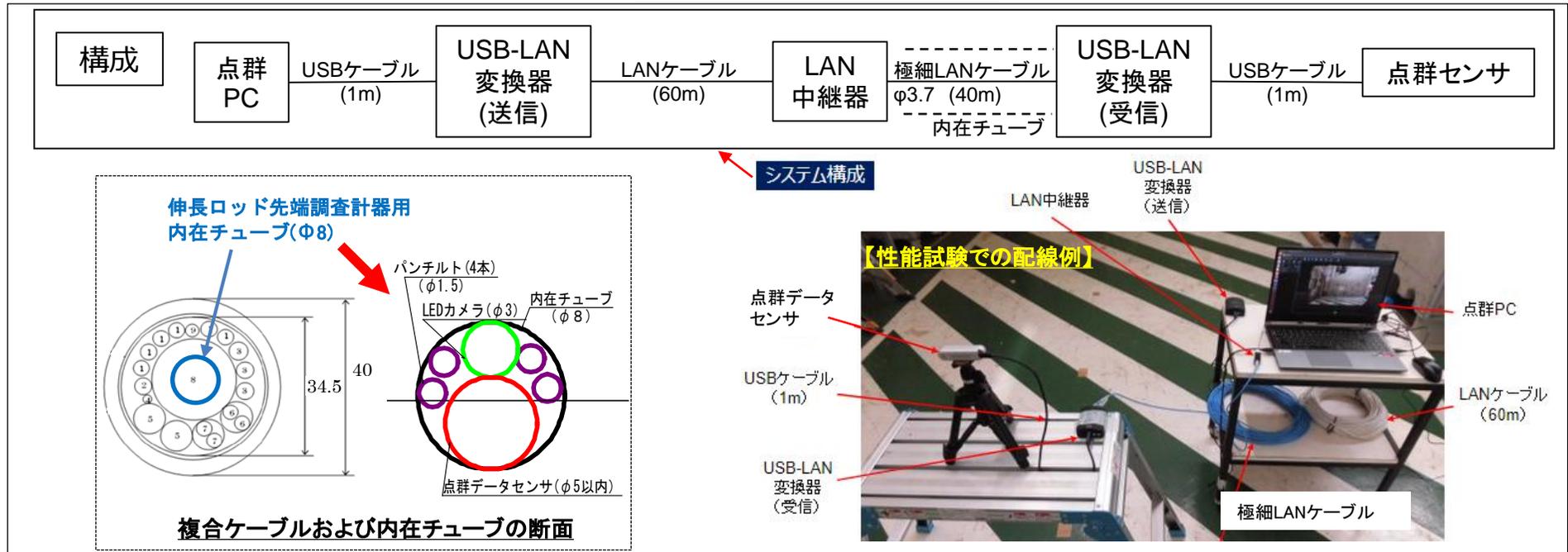
(5) 点群データセンサの実装について(ケーブル制約)

③点群データセンサ用ケーブル

- ・内在チューブ中を(ロッド先端からケーブルドラムまで)40m、ドラムから点群PCまで60m、計100mの信号伝送が必要である。
USBでの伝送は困難であるため、一旦、LANに変換して長距離伝送。**ロッドに搭載可能な変換器(100g以下、長辺100mm以下)はUSB2.0には対応可能だが、USB 3.0には対応不可。(点群センサは、USB2.0対応のものを選択。)**
- ・内在チューブ(φ8)へ、カメラケーブル等が同時挿入されるため、点群センサケーブルはφ5以下にする必要がある。
- ・ケーブルのコネクタは内在チューブ(φ8)を通過できないため、**コネクタ切断⇒ケーブル挿入⇒コネクタ再接続が必要。**
(光ファイバー接続のUSB3.0は適用不可。導線接続のUSB2.0、または、LANケーブルを適用。)

以上の制約により、USB2.0に対応できる点群センサを選定し、下記のケーブル・変換器の構成で信号を伝送。
複合ケーブル試験により、センサで計測した点群データが正常にPCに伝送できていることを確認。

表39 点群データセンサの構成



6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(6) 点群データセンサの再選定

これまでは、No.9、10のカメラを主案としていたが、その後の単体試験の結果、計測距離（※1:5mは不可）及び重量（※2:センサ単体重量100g以下）に課題があることが分かり、再度選定を行った。

その結果、No.5のデプスカメラはUSB2.0で接続後LAN変換することで使用可能であることが分かり(※3)、No.5を主案とし装置実装を行うこととする。

表40 点群データセンサの選定結果

No.	分類	製品名/型式	メーカ	重量 (ロッド:400g チルト:100g)	寸法 (100mm前後)	計測距離 (5m以上)	耐放射線性 (140~240Gy)	ケーブル	評価 結果
1	LRF	UTM-30LX-EW (2次元)	HOKUYO	300g (×)	62×62×88 (○)	60m (○)	(130)(×)	100Mbps イーサネット (○)	× (霧に弱い)
	LRF+バン走査ユニット(3次元)	1kg (×)		120×62×88 (×)					
2	ステレオカメラ	ZED 2 Stereo Camera	(株)アスク	124g (×)	175×30×33 (×)	0.2~20m (○)	215 (○)	USB3.0(×)	USB3.0 × (ケーブル/コネクタ 再接続不可)
3	ステレオカメラ	ISC-100XC(カラー) ISC-100VM(モノクロ)	ミナト・ アドバンスト・ テクノロジーズ	450g (×)	169×53×52 (×)	1~12m (○) 2~25m (○)	-	USB3.0(×) USB2.0(○)	
4	デプスカメラ	SCS-Colorまたは SCS-Mono	(株)アルゴ	53g (○)	109×18×24 (○)	0.3~10m (○)	-	USB3.0(×)	
5	デプスカメラ	REALSENSE D435	Intel	75g (○)	99×25×25 (○)	0.2~10m (○)	290(○)	USB3.0(×) ⇒USB2.0で も使用可(○)	USB2.0で接続し、 LAN変換で使用 ○ (※3)
6	全方位カメラ	Omni-60	(株)アルゴ	377g (×)	φ106×54 (○)	-	-	USB3.0(×)	USB3.0 × (ケーブル/コネクタ 再接続不可)
7	ミリ波レーダ	T18PE_01030103_2D	丸文	62g (○)	55×15×90 (○)	10m以上 (○)	130(×)	USB3.0(×)	
8	ミリ波レーダ	T18PE_01030103_3D	丸文	62g (○)	55×15×90 (○)	10m以上 (○)	130(×)	USB3.0(×)	×(計測距離)
9	TOFデプスカメラ	DCAM710	Vzense Technology	73g (○)	103×33×22 (○)	0.2~8m (○) ⇒0.2~4.4 (×)	450(○)	USB2.0(○) (LAN変換)	
10	ステレオカメラ(+ RGBカメラ)	OAK-D OpenCV DepthAI カメラ (PoE版)	Luxonis	361g (×) (※2)	130×101×31(△)	0.2~38.4m (○)	200以上(○) (推定値)	1Gbps イーサネット (○)	×(重量超過)

主案

前回の主案候補

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(7) センサ防水化(試験計画)

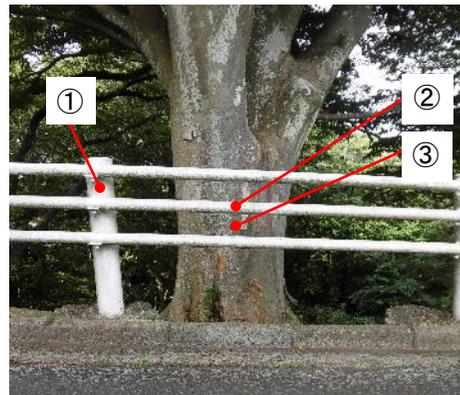
ペDESTAL内環境(水滴滴下)を考慮し、センサを防水化した確認試験を以下に示す。

表41 防水性確認試験概要

試験条件

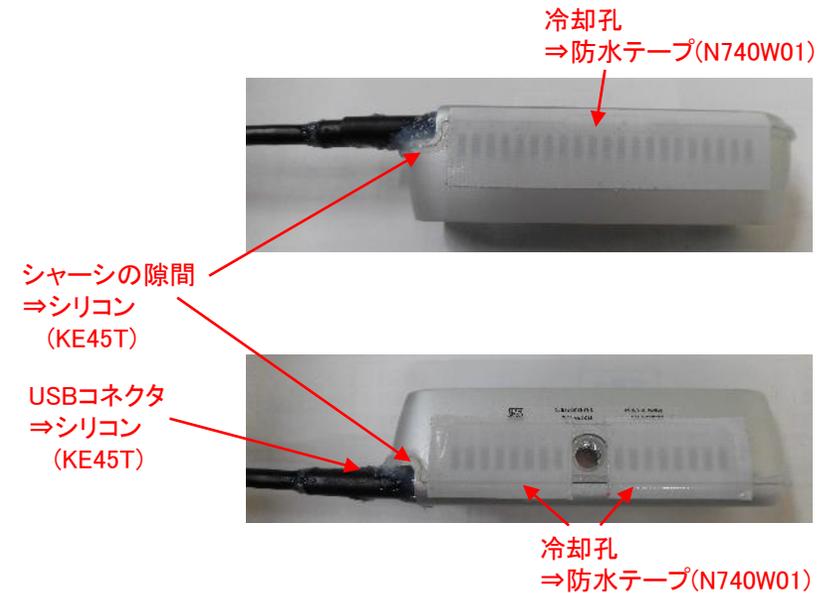
項目	値
水量	9.5L/min(防水等級IPX3相当)
散水時間	5min
センサ-散水ノズル間距離	1m

試験体系



- ①: 直径φ150mm(距離2365mm)
- ②: 直径φ60mm(距離2210mm)
- ③: 距離3015mm

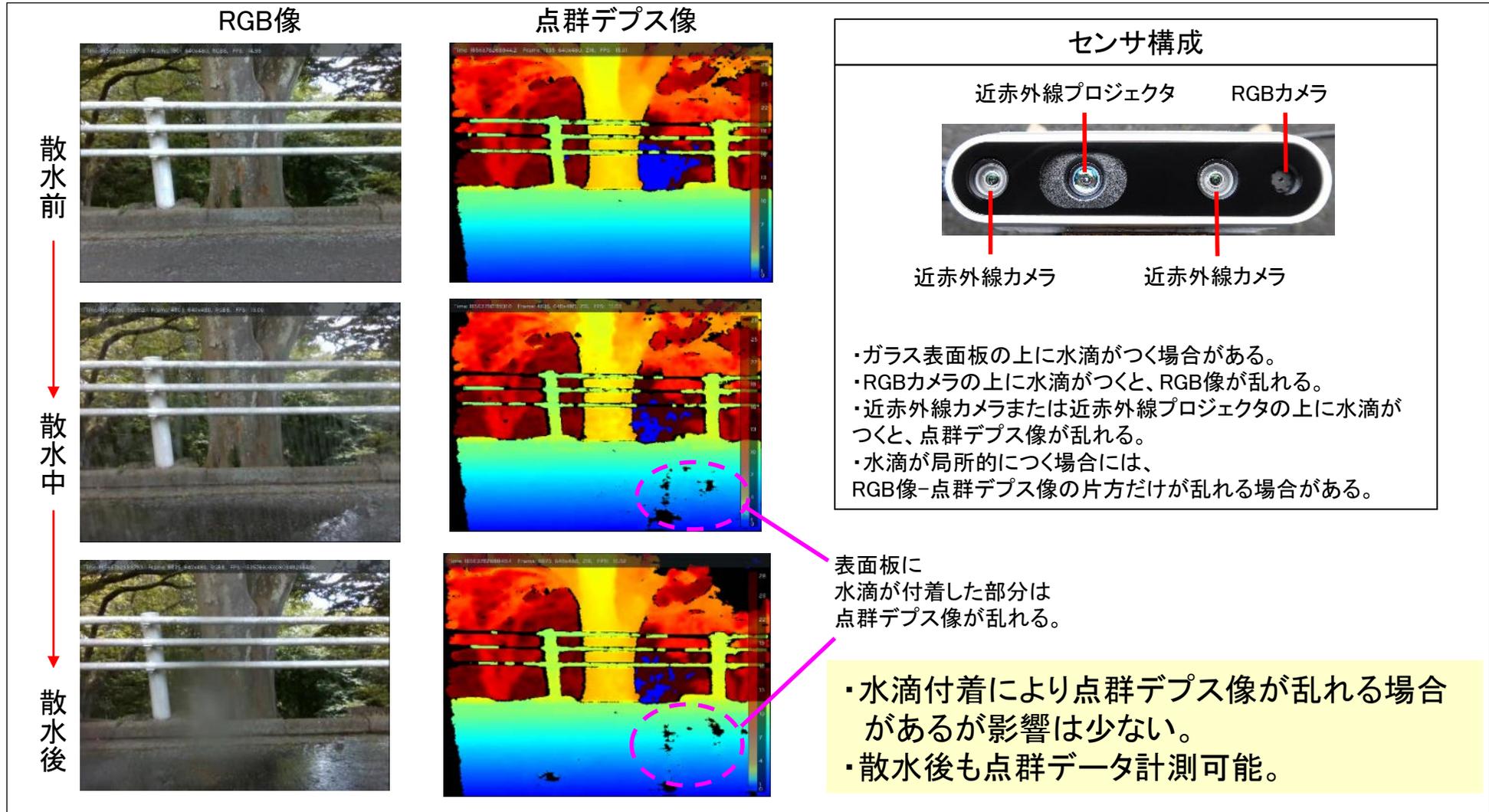
防水処理(点群データセンサ: RealSense D435)



(7) センサ防水化(試験結果)

試験結果を以下に示す。

表42 防水性確認試験結果



6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(8) 距離計測(単体試験)

構造物間距離を計測できるかの試験概要(試験内容及び評価方法)を以下に示す。

表43 性能確認試験概要

概要

2本のガイドチューブ模擬体に対して点群計測を実施し、以下の2項目を評価。

(評価項目)

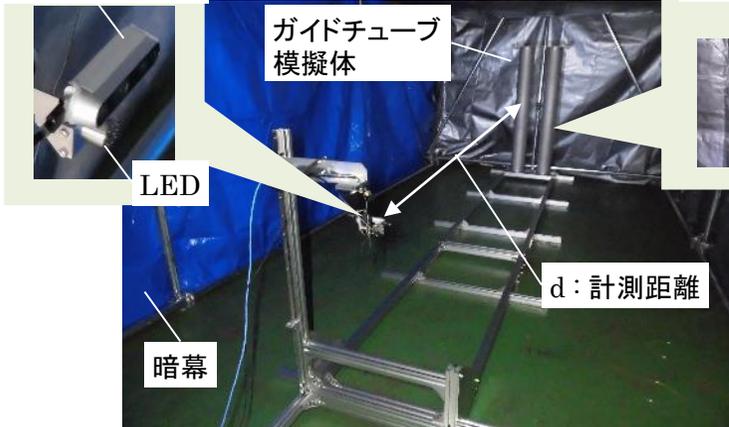
d: センサ-試験体間の計測距離
L: ガイドチューブ中心間の距離

試験条件

試験パラメータ		値
試験体	ガイドチューブ模擬体直径	165mm
	L: 中心間距離	300mm
d: センサ~試験体間の計測距離		1~5m
照明(暗幕で覆った暗闇環境)		LED

試験体系

点群データセンサ

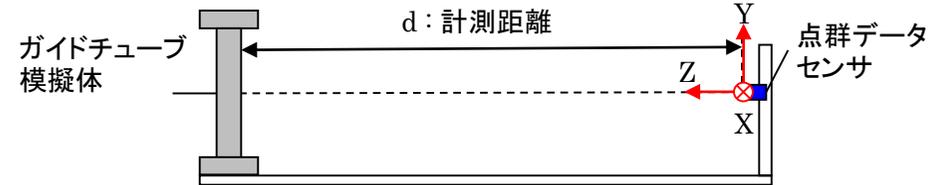


L: 中心間距離

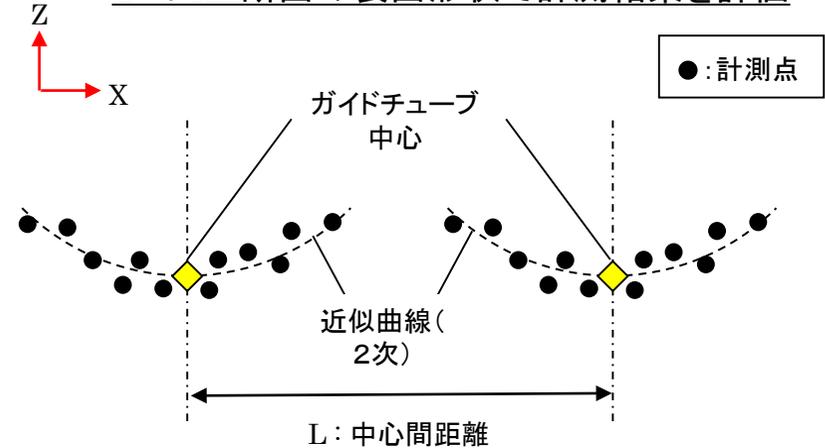


2本のガイドチューブ模擬体の計測点群に対して2次曲線の最小二乗近似を行い、各中心を算出し中心間距離を評価

計測体系の座標系(YZ断面)



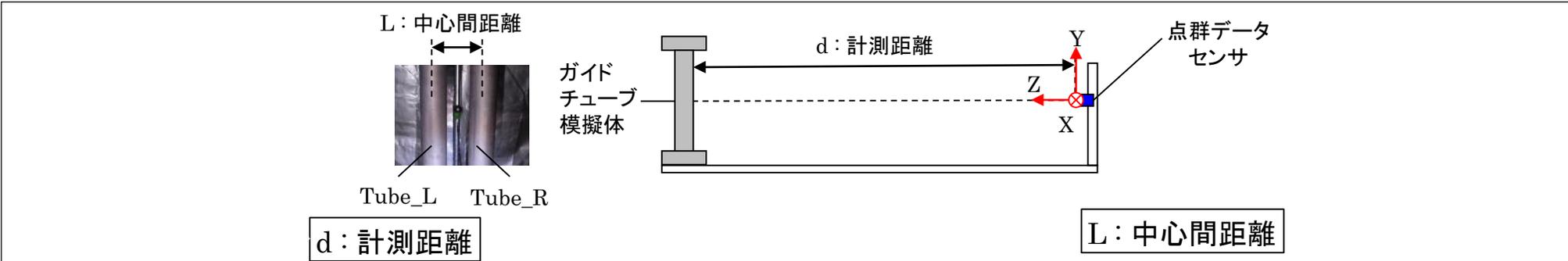
Y=0 XZ断面の表面形状で計測結果を評価



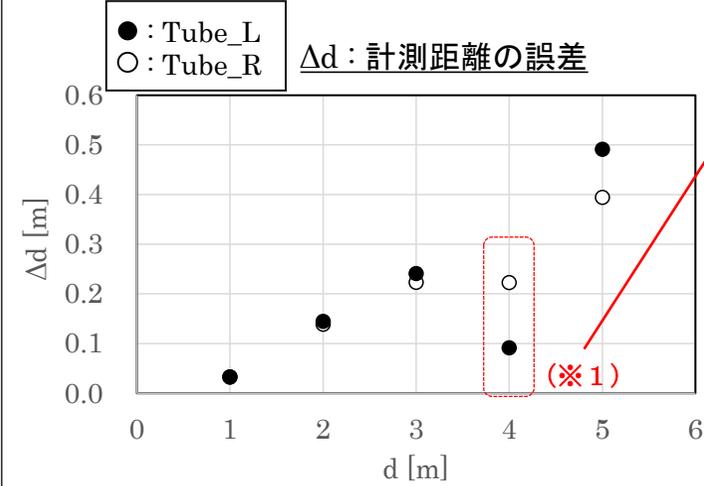
6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(8) 距離計測(単体試験)
試験結果を以下に示す。

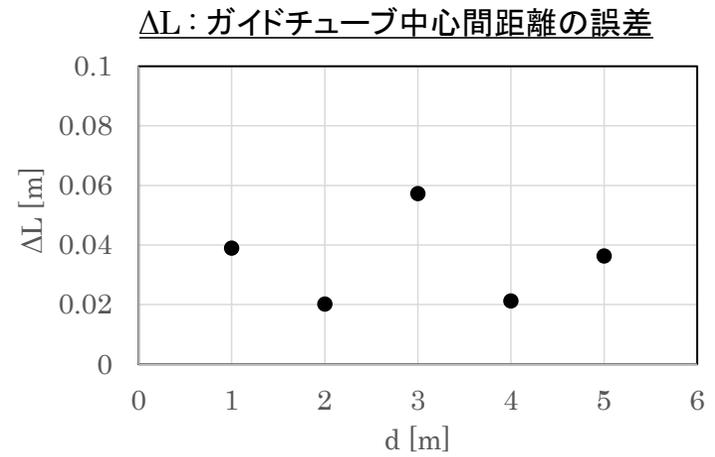
表44 性能確認試験結果



- ・4mを除いて距離に比例して誤差は大きくなった。
- ・距離計測精度: 3.3%/1m, 6.9-7.2%/2m, 7.9-9.8%/5m
- ・4, 5mでは2本の計測距離に差が生じた(0.13m/4m)
- ・誤差は距離に比例しない
- ・距離計測精度: 6.7%/2m, 19.1%/3m, 12.1%/5m
- ・計測誤差: 最小: 0.02m/2m, 最大: 0.06m/3m



(※1)
センサ単体試験で4m時の誤差が小さい結果に関する見解
サンプリング数を増やして再度評価を行ったところ、4mの場合のみ誤差が小さいという結果は出なかった。サンプリング数が1であったことによる、計測値のばらつきが原因と推定。

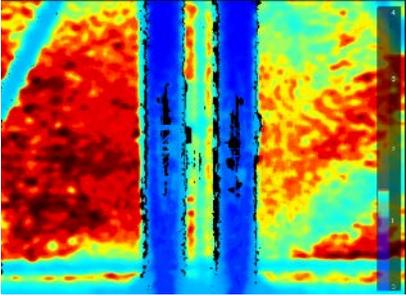
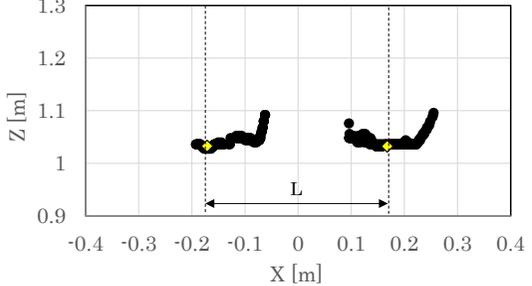
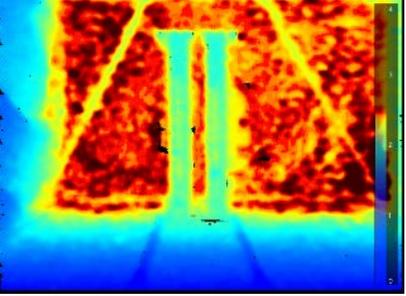
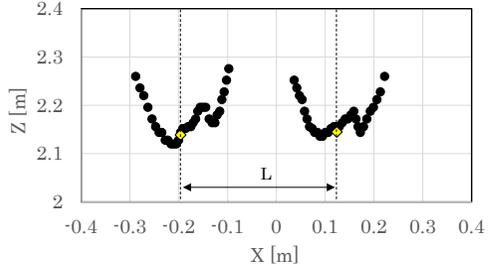
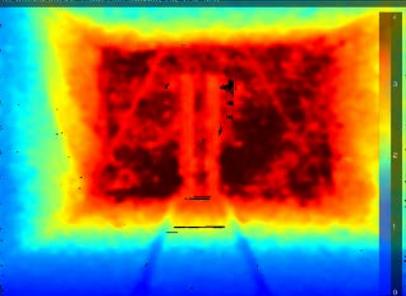
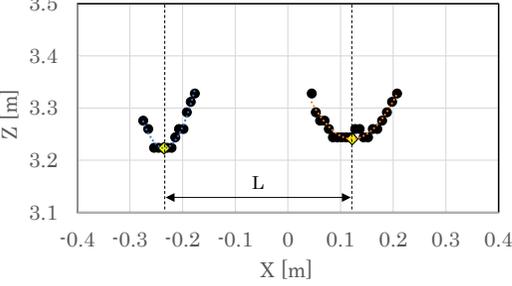


6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(8) 距離計測(単体試験)

1～3m時の計測結果を以下に示す。

表45 計測結果(1～3m)

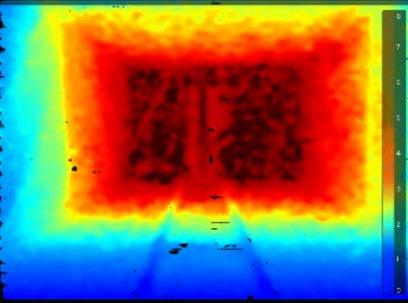
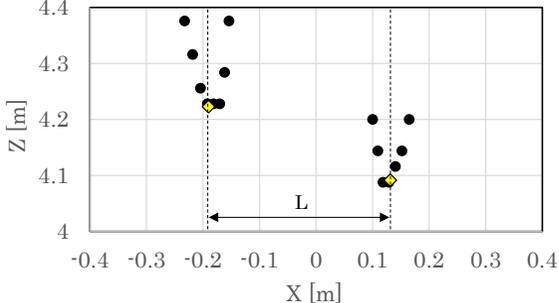
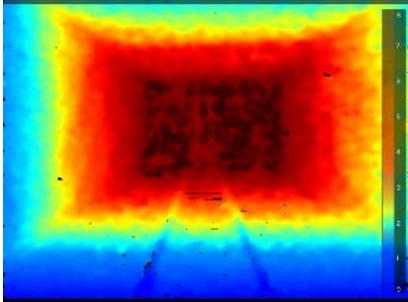
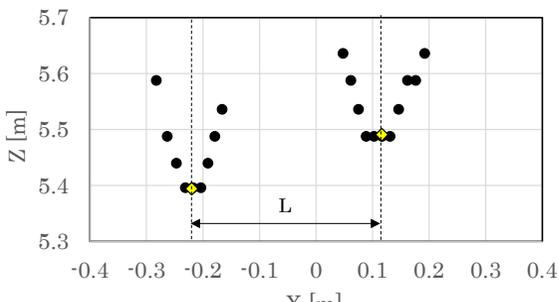
d (m)	RGB画像	デプス画像	計測結果(Y=0 断面)
1			
2			
3			

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(8) 距離計測(単体試験)

4～5m時の計測結果を以下に示す。

表46 計測結果(4～5m)

d (m)	RGB画像	デプス画像	計測結果(Y=0 断面)
4			
5			

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(9) 性能確認(工場内検証試験)

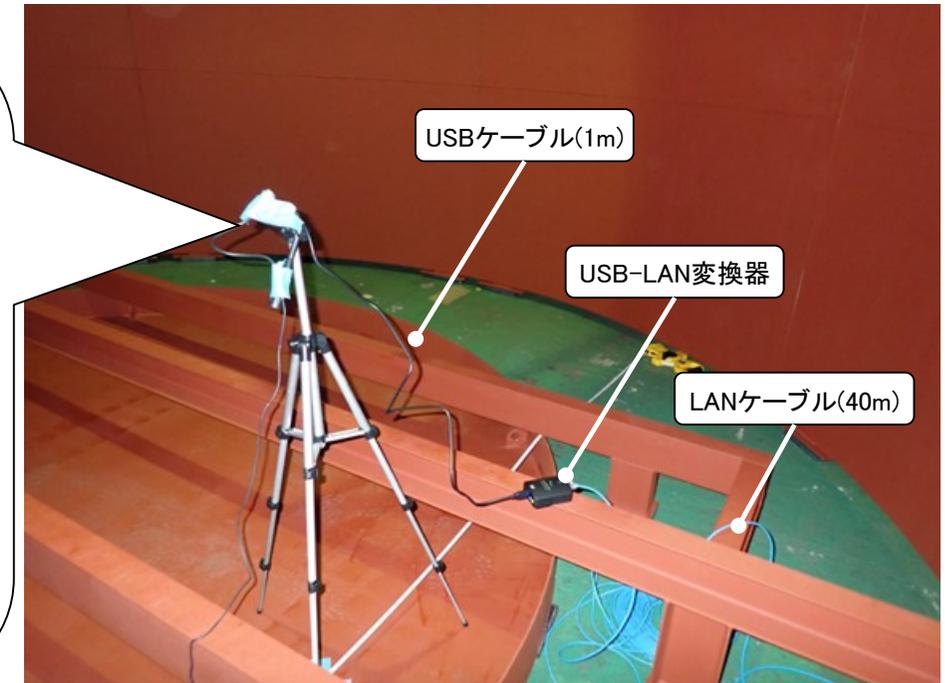
点群データセンサ単体での工場内検証試験概要を以下に示す。

表47 工場内検証試験概要(点群データセンサ単体)

概要

- ・モックアップ試験設備の構造物(ガイドチューブ、RPV炉底部)を点群センサ単体で計測できることを確認する。
- ・調査装置のロッド先端位置、パンチルト角を想定して三脚を立て、実際に近い点群センサの配置で、構造物が計測できるかを確認。

試験体系

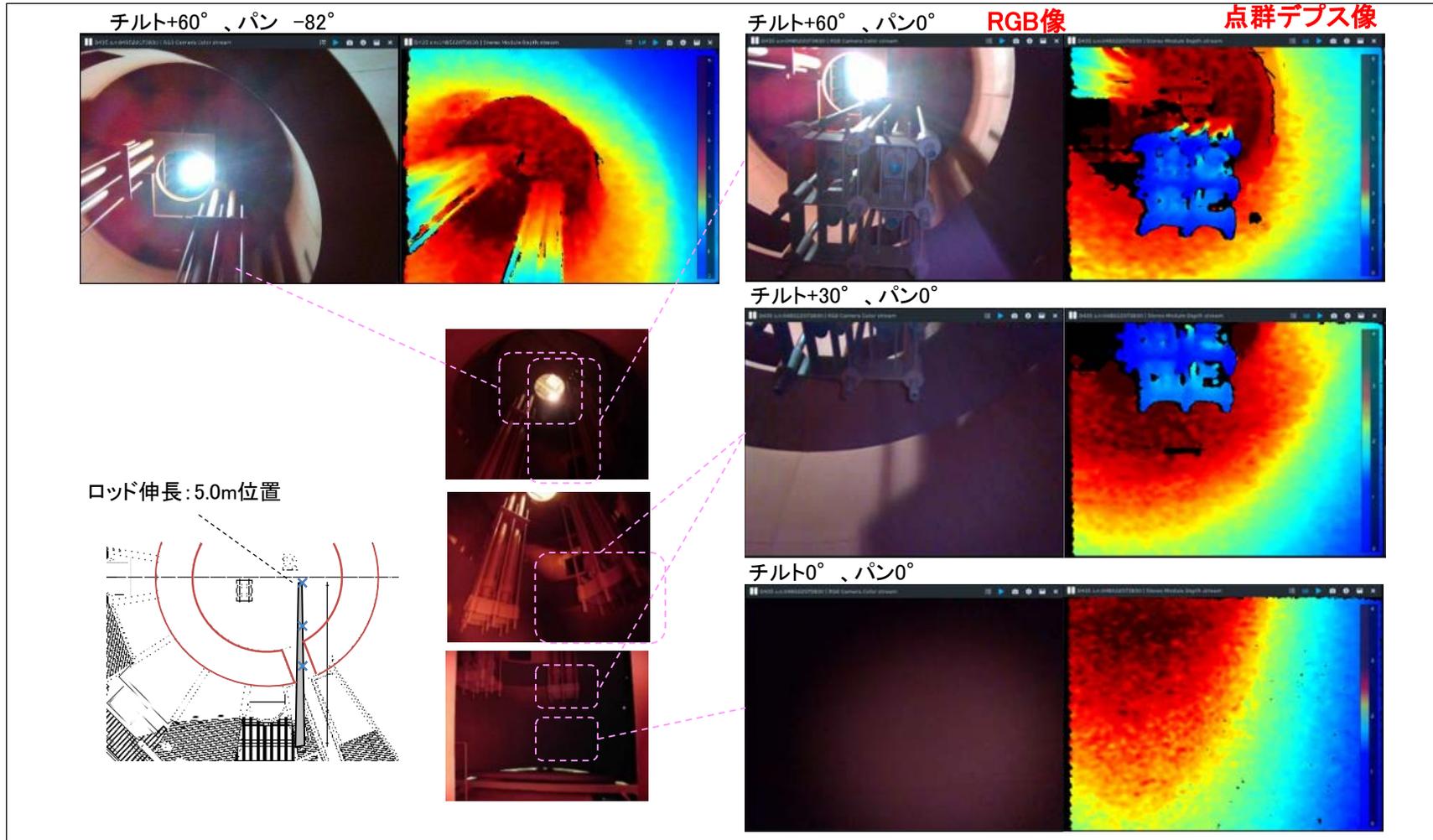


6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(9) 性能確認(工場内検証試験)

点群データセンサ単体での工場内検証試験結果を以下に示す。本結果は、ロッド5m時の想定位置からの取得データである。

表48 工場内検証試験結果(ロッド5m)



6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

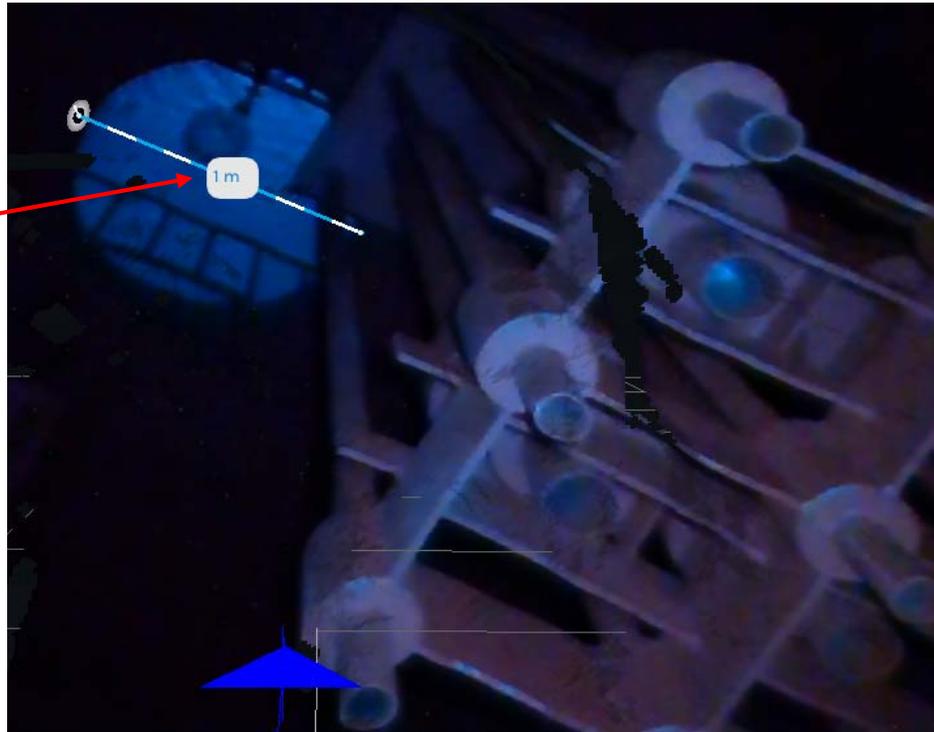
(9) 性能確認(工場内検証試験)

点群データセンサ単体での工場内検証試験結果を以下に示す。本結果は、炉底部穴(1m)の寸法計測時の取得データである。

表49 工場内検証試験結果(炉底部穴)

- ・点群収録ソフト(Realsense-viewer)のMeasuring機能で2点間の距離が計測可。
- ・点群センサから約5mの位置の直径1mの模擬炉底部穴を7回計測したところ、0.945～1.28mと計測。
- ・今後、データ処理等により精度向上が可能なかを検討する。

0.95～1.28m
の計測結果



6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(9) 性能確認(工場内検証試験)

点群データセンサを調査装置に仮搭載した際の工場内検証試験概要を以下に示す。

表50 工場内検証試験概要(点群データセンサ仮搭載)

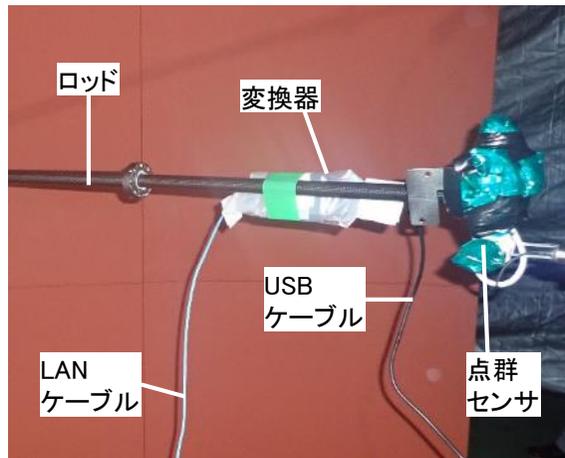
概要

- ・調査装置のロッド先端に点群センサを仮付けし、試験設備の構造物を計測できることを確認
- ・炉底部穴から水滴を噴射し、水滴が点群計測に及ぼす影響を確認

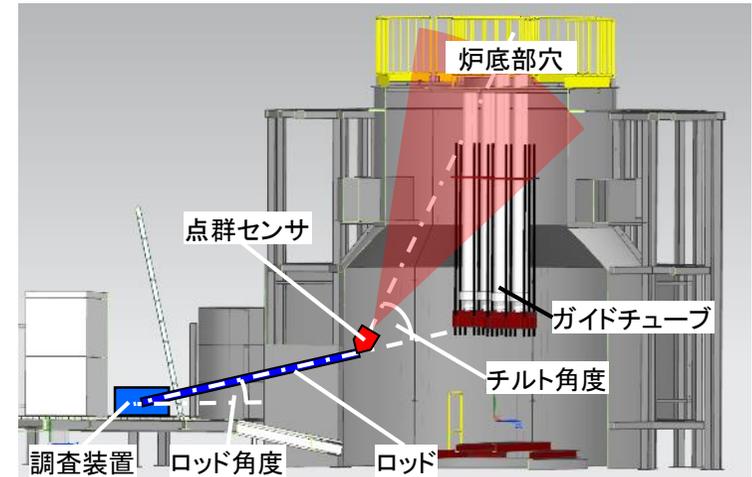
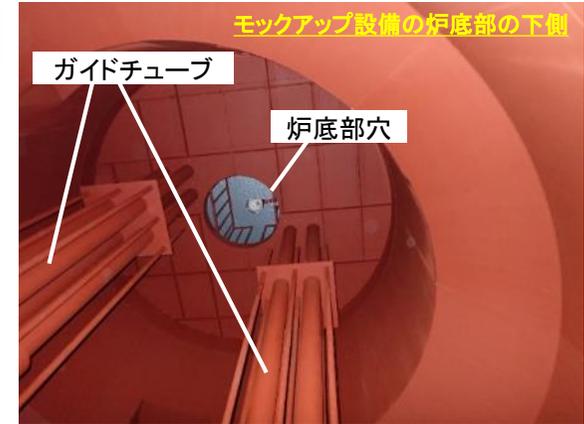
試験条件

項目	条件
水滴	無／有(9.6L/min)
ロッド長	3580mm
ロッド角度	+13.5°
チルト角度	+49.5°

- ・伸長ロッド先端に点群センサ・変換器を仮付け
- ・点群センサのケーブルは、複合ケーブルとは別配線



試験体系

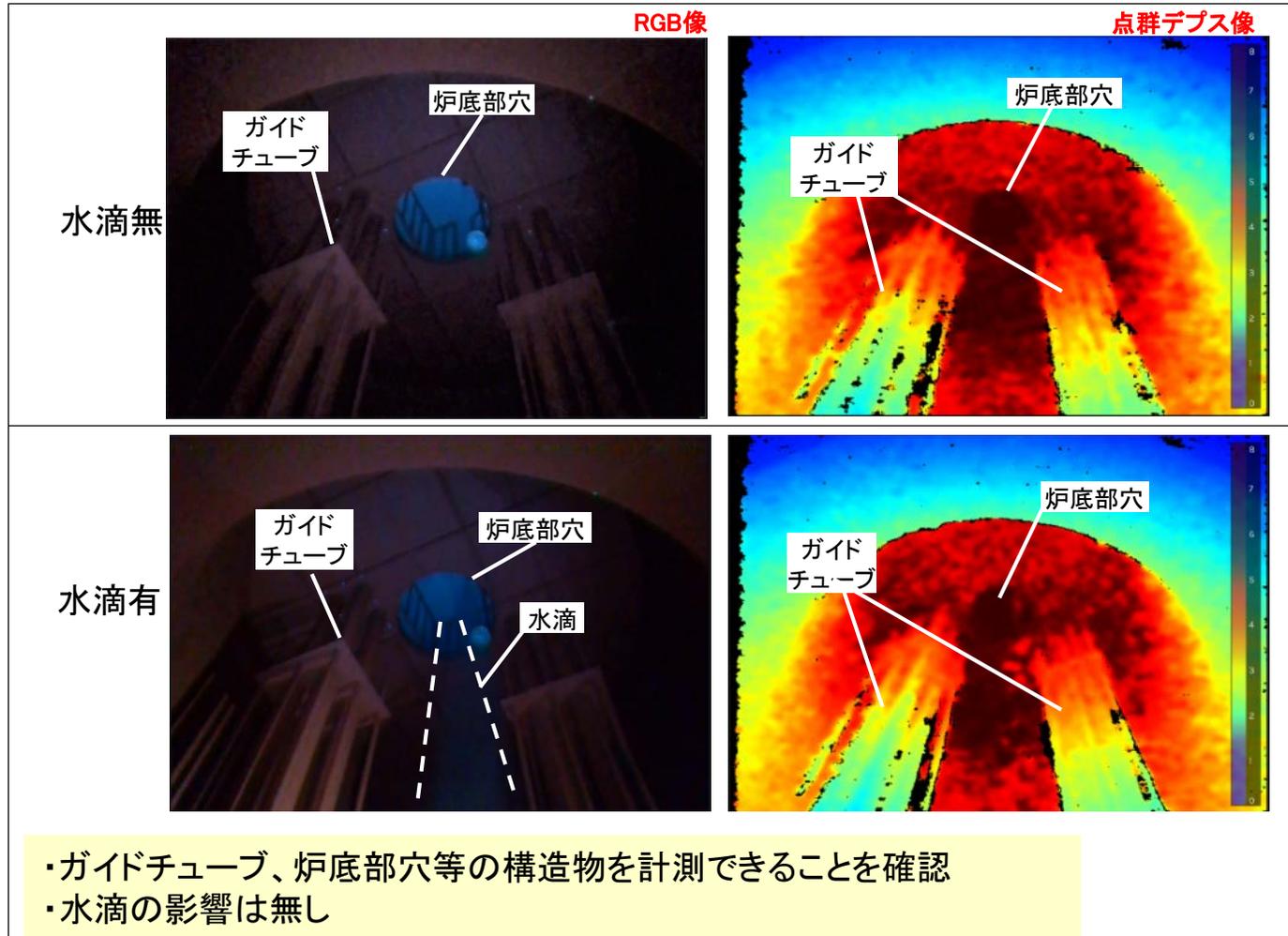


6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(9) 性能確認(工場内検証試験)

点群データセンサを調査装置に仮搭載した際の工場内検証試験結果を以下に示す。

表51 工場内検証試験結果(点群データセンサ仮搭載)



6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(10) 点群データセンサの実装

ペDESTAL内調査装置2機目に点群データセンサを実装した。ロッドの伸縮、パン・チルト駆動によりペDESTAL内の点群データを採取可能。

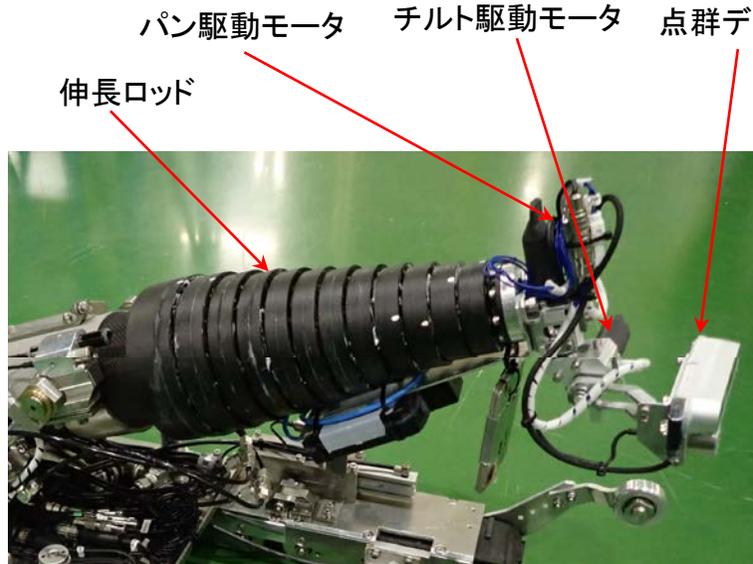


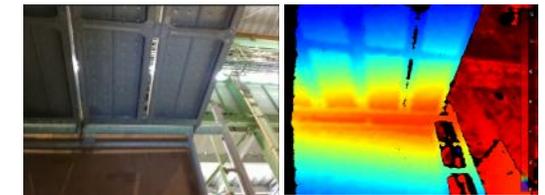
図27 点群データセンサの実装



図28 点群データセンサ詳細



パン : 100°
チルト: 55°



RGB像 点群デプス像

図29 点群データ採取(例)

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(11) 距離計測(平板での計測、LED照明有無)(1/2)

平板試験体の単体試験を実施した。この際、LED照明有無による測定精度も比較した。

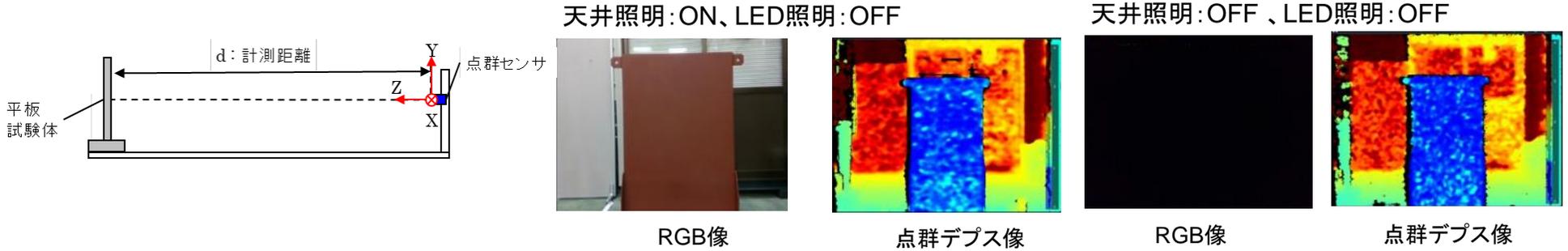


図30 点群データ採取概要(平板)

LED照明有無と測定精度の関係では“LED照明無し”が測定誤差が小さかった。また、その際の計測誤差の平均値はカタログ記載値(2%@2m)に収まっていることを確認した。なお、5mでは4%の誤差であった。



図31 平板までの距離と平均値の誤差

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(11) 距離計測(配管試験体での計測、LED照明無)(2/2)

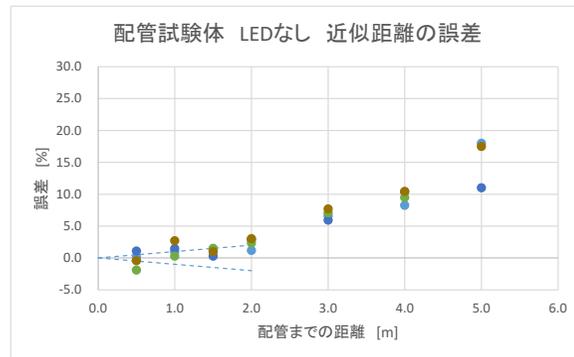
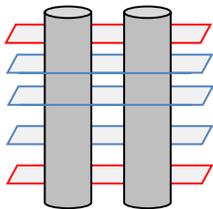
配管2本の間隔の計測精度を確認した。この際、配管位置(上端、中央、下端)での計測精度を評価した。



図32 点群データ採取概要(配管間隔)

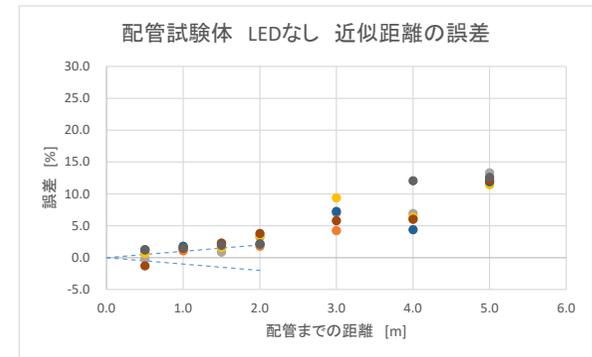
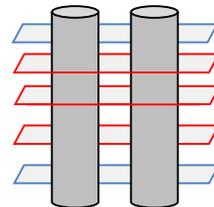
配管位置(上端、中央、下端)と計測精度については、配管中央部のデータを使用した場合のほうが、誤差は小さくなることが分かった。また、平板試験体に比較し、測定誤差は大きくなることが分かった。(距離5mで誤差10~15%)

配管の上下端のデータで算出した誤差



近似距離の誤差(配管上下端算出)

配管の中央部のデータで算出した誤差



近似距離の誤差(配管中央部算出)

図33 配管間隔計測と平均値の誤差

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(12) 装置実装後の計測(ペDESTAL壁面凹凸までの距離計測)

モックアップ試験でペDESTAL壁面凹凸までの距離を計測した。この際、ペDESTAL上面から水滴滴下(最大10L/min)を行った。

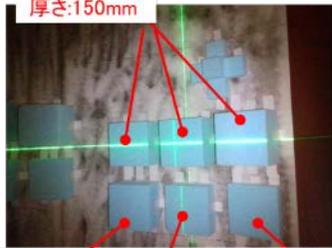
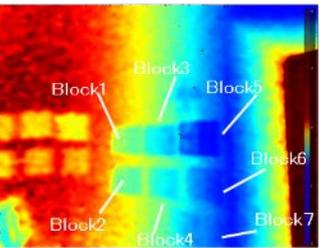
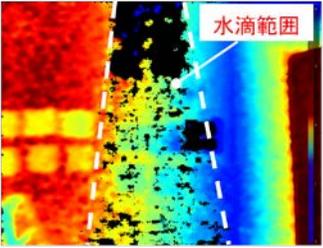
取得データ 試験条件	RGB画像	デプス画像
水滴無し	<p>面寸法:口250mm 厚さ:150mm</p>  <p>厚さ: 150mm 厚さ: 100mm 厚さ: 50mm</p>	
水滴有り (水量9.6L/min)		

図34 ペDESTAL壁面計測(水滴滴下)

水滴が存在しているフレームは点群データの取得は不可となるが、複数フレームを平均化することにより水滴無しと同等の結果が得られるので、水滴滴下が測定誤差に与える影響は大きくない。

※:フレーム間隔:0.06(s)

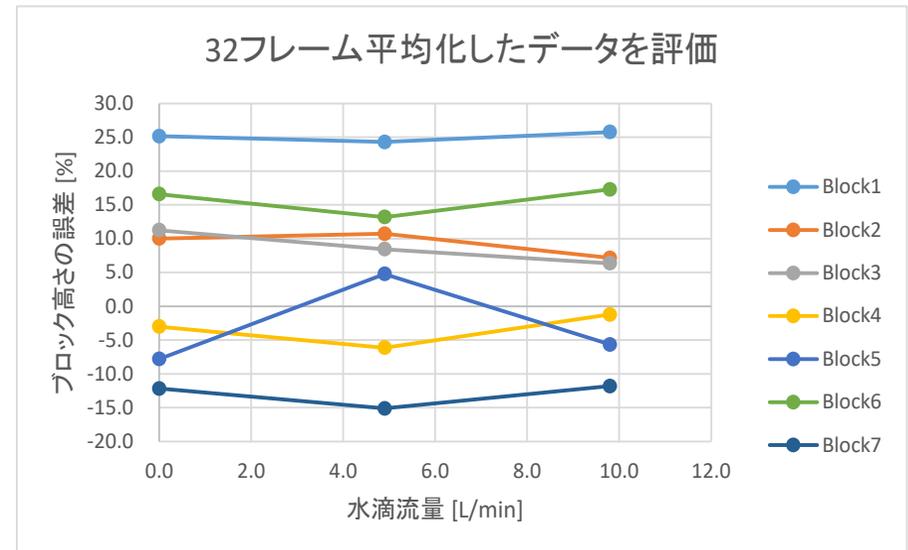


図35 計測誤差(水滴滴下有無)

6.2.7 点群データセンサの進捗及び試験状況

(13) 装置実装後の計測(霧の影響)

モックアップ試験でペDESTAL壁面凹凸までの距離を計測した。この際、ペDESTAL内に霧を発生させ、霧の濃度と距離計測誤差の関係を評価した。

光透過率	RGB画像	デプス画像
100%		
94%		
90%		
86%		

図36 ペDESTAL壁面計測(霧環境)

霧が存在しているフレームは点群データの取得は不可となるが、複数フレームを平均化することにより誤差を小さくできる場合がある。但し、霧濃度(高)(光透過率86%)となると、誤差が大きくなる。

※:フレーム間隔:0.06(s)

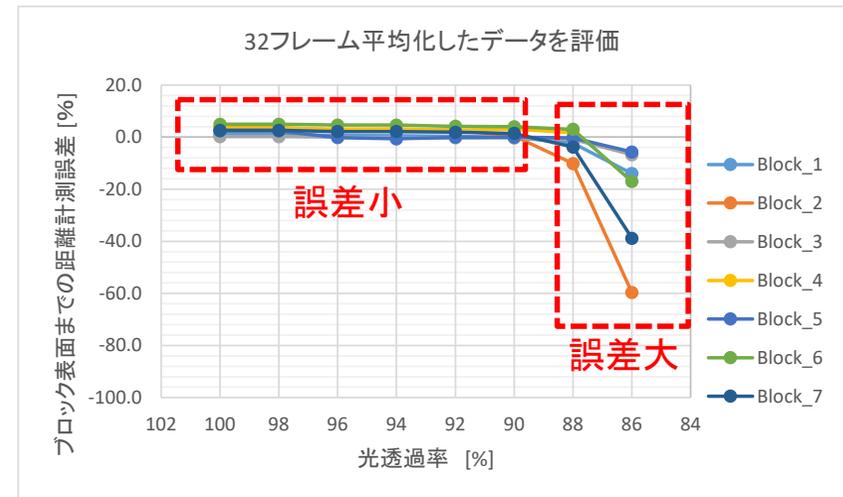
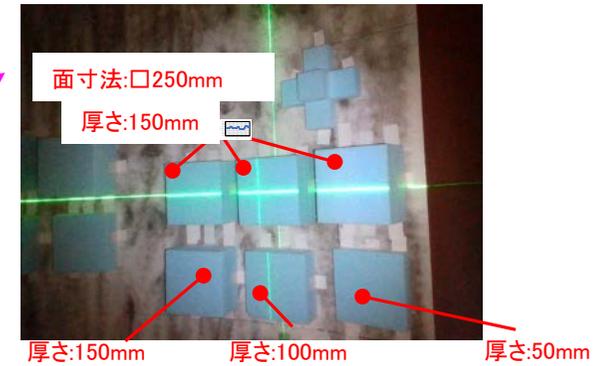


図37 計測誤差(霧環境)

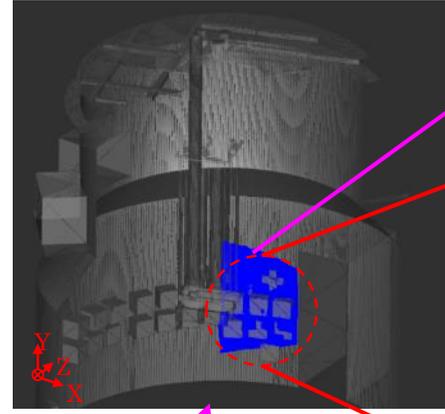
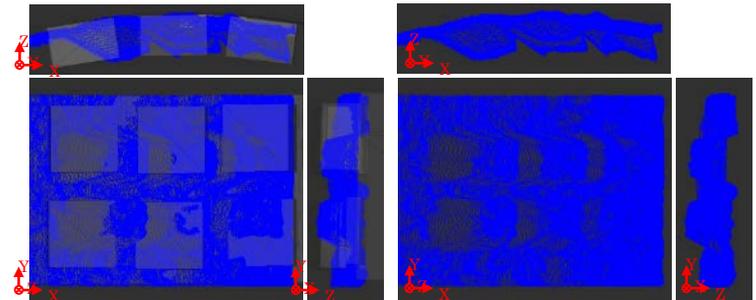
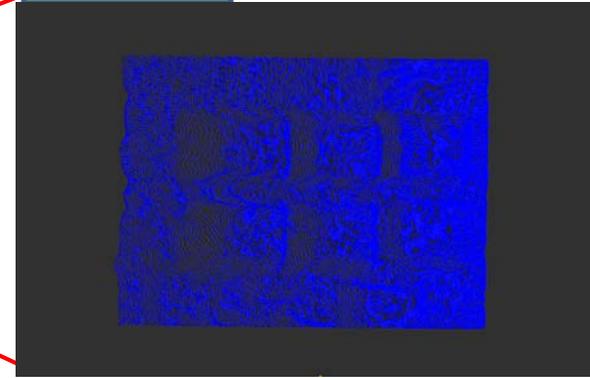
6.2.7 点群データセンサのモックアップ試験状況及び進捗

(14) 点群データ表示例①

モックアップ試験設備の点群データセンサ表示例を以下に示す。



取得点群データ



注) 試験設備内への出入口のため実機では存在しない

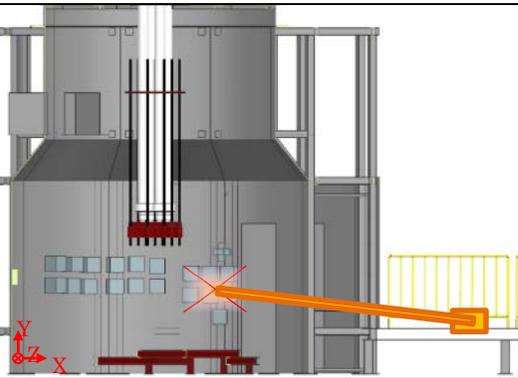
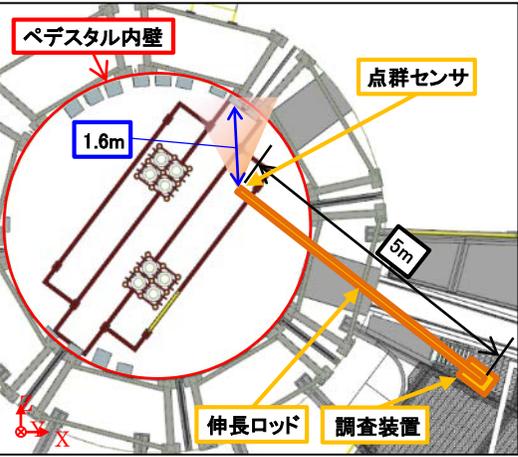
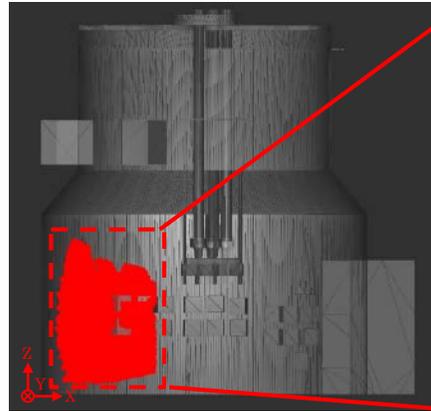
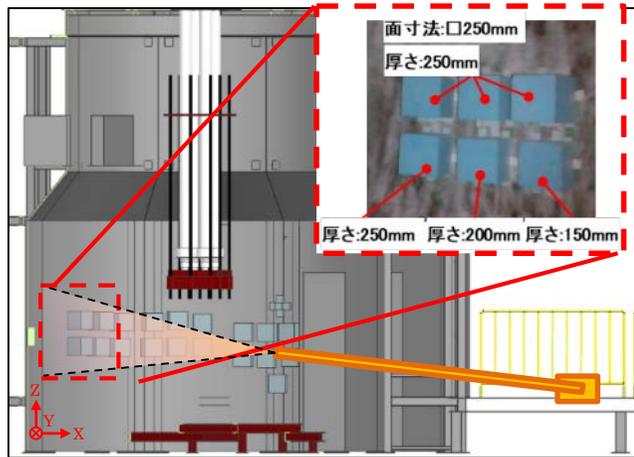
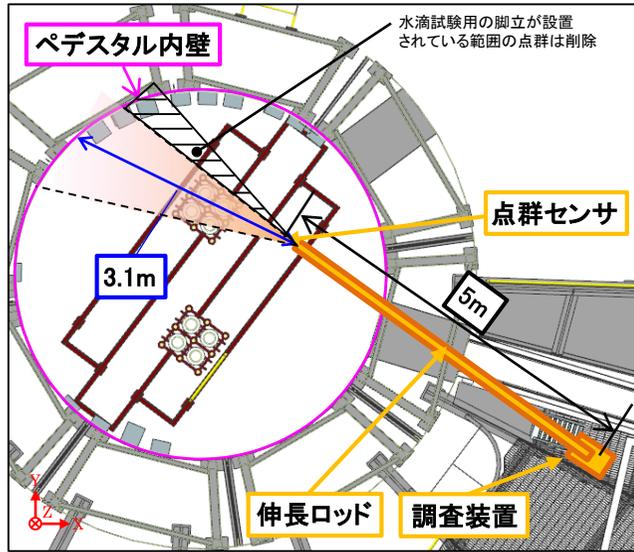


図38 点群データ表示例①(モックアップ試験設備)

6.2.7 点群データセンサのモックアップ試験状況及び進捗

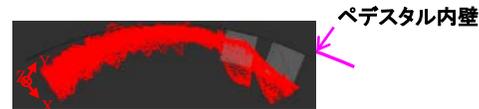
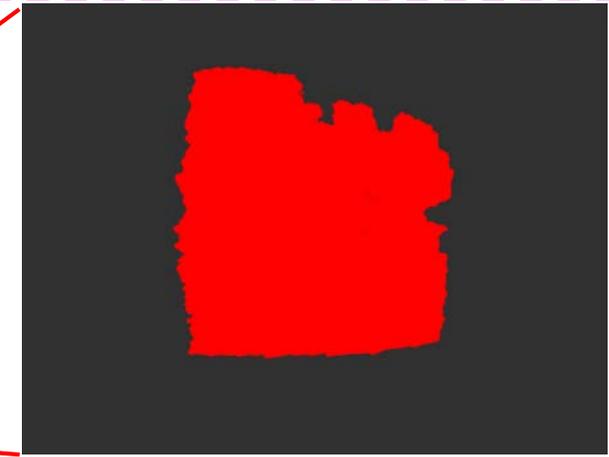
(14) 点群データ表示例②

モックアップ試験設備の点群データセンサ表示例を以下に示す。

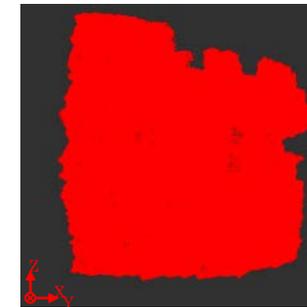


全体図

取得点群データ



三面図(CAD+点群データ)



三面図(点群データのみ)

図39 点群データ表示例②(モックアップ試験設備)

6.2.7 点群データセンサのモックアップ試験状況及び進捗

(14) 点群データ表示例

モックアップ試験設備の点群データセンサ表示例を以下に示す(①②を統合した場合の表示例)。

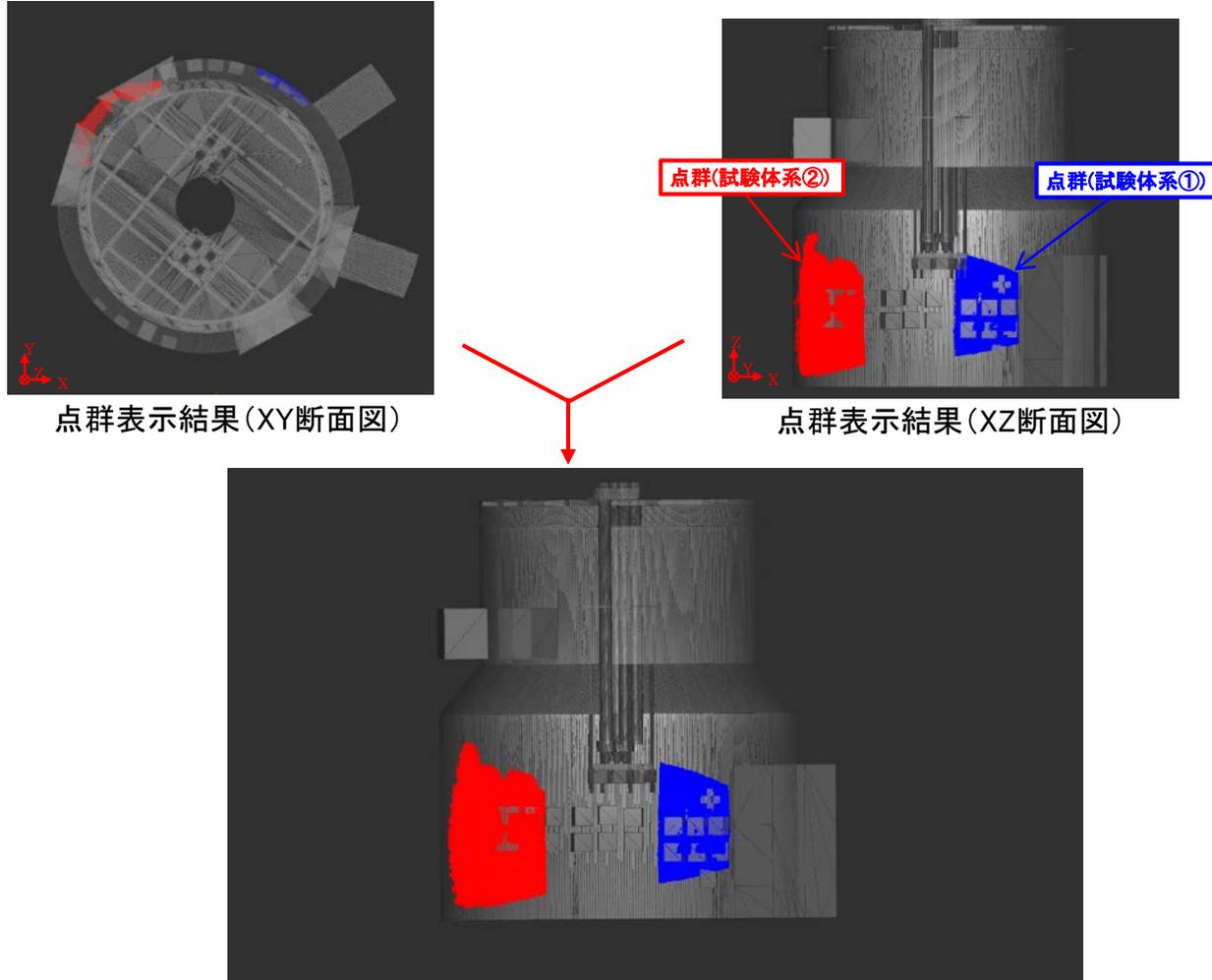


図40 点群データ表示例①②の統合(モックアップ試験設備)

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(1)放射線センサの構成

放射線センサ構成及び調査装置への実装状況を以下に示す。
 本センサはγ線に反応し電流を出力し、線量率を測定する。(自己出力型)

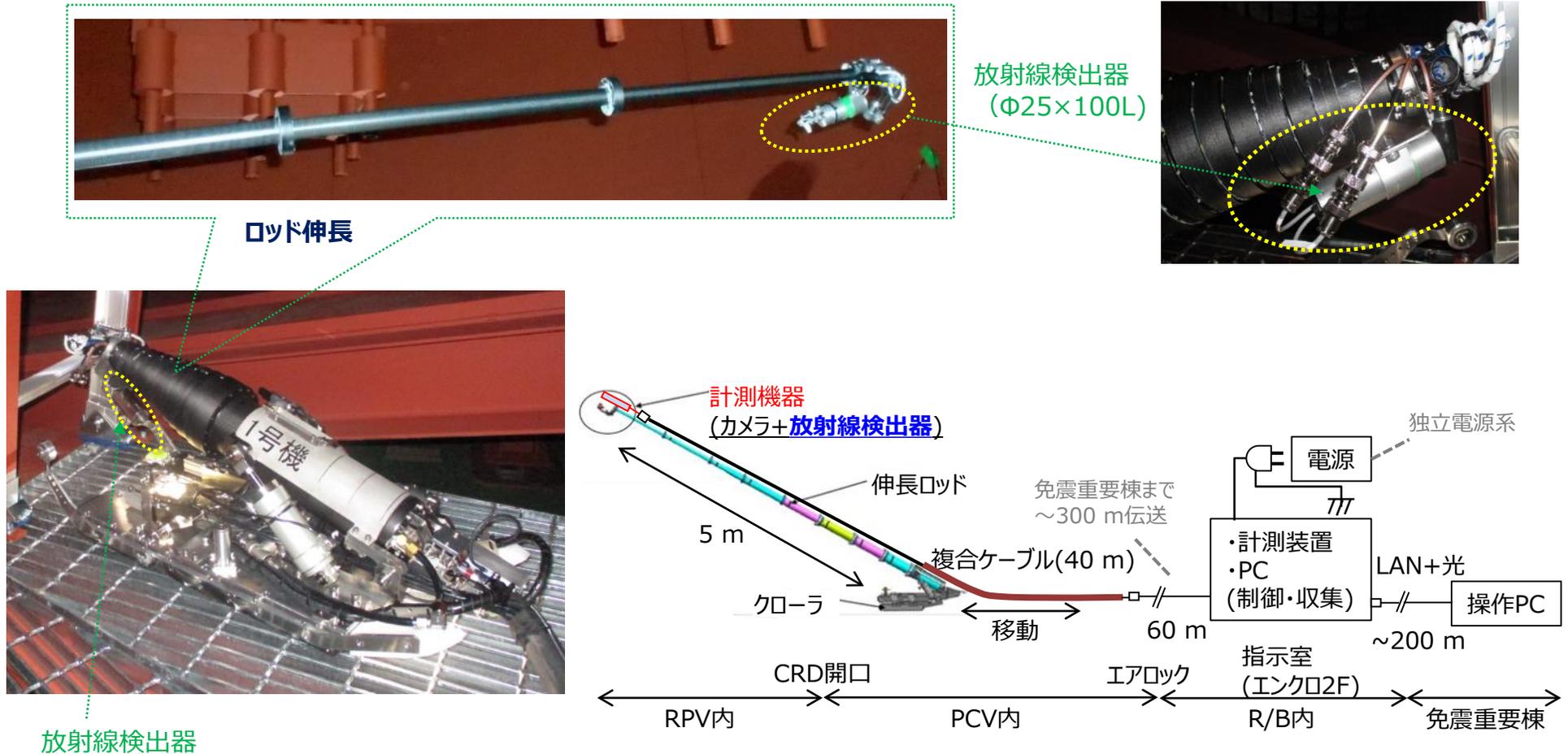


図41 放射線センサを用いた計測時の構成及び実装状況

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(2)放射線センサの開発状況

放射線センサの要求仕様に基づく開発状況を以下に示す。

表52 放射線センサの要求仕様と開発状況

項目	要求仕様	進捗状況	報告状況
感度	≦ 1 Gy/h	完了:下限0.06 Gy/h	報告済み
ノイズ影響	他機器との共存	完了:工場内検証試験：今回報告（課題有） 完了:モックアップ試験：今回報告（課題検証）	今回報告（No.73~78）
寸法	長さ≦100 mm	完了:100 mm	報告済み
重量	< 1.0 kg	完了:0.36 kg	報告済み
ケーブル	≦径2.5メタル線	完了:RG-316/U(径2.5)	報告済み
防水	注水対応	完了:防水構造で試験済	報告済み
伝送距離	100 m	完了:ノイズ対策およびケーブル長尺化による感度影響無し	今回報告（No.79）
耐放射線性	1000 Gy	完了:積算線量5,800Gyで問題無し	今回報告（No.80）
エネルギー特性	≦30%	完了:感度はCs-137を基準として、Co-60の感度は約1/2倍	今回報告（No.81）
健全性確認	各種装置との組合せ検証、断線検知	完了:断線検知手法の有効性確認	今回報告（No.82）

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(3)放射線センサの工場内検証試験結果概要

放射線センサの工場内検証試験時の構成と結果概要を以下に示す。
 なお、評価結果は6.2.8(4)～(6)に記載する。

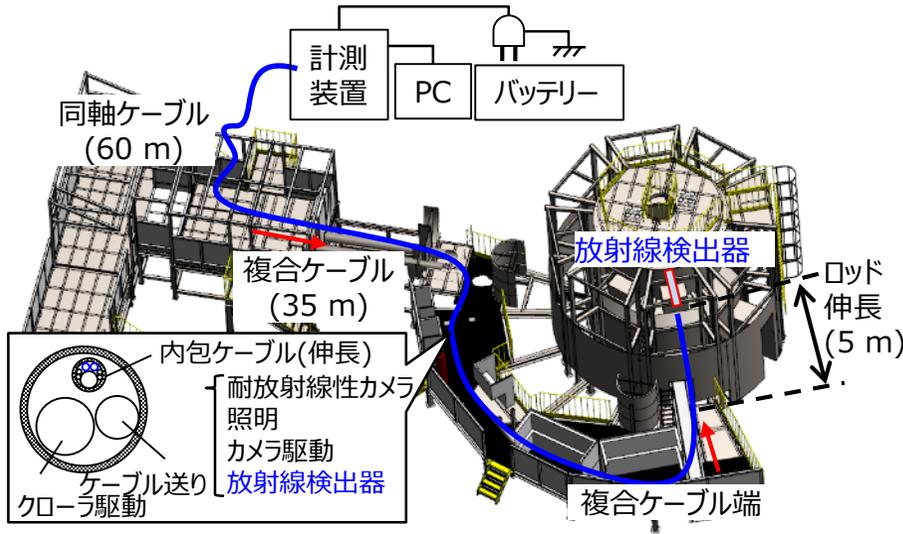


図42 工場内検証試験(ノイズ影響確認試験)時の構成

表53 工場内検証試験(ノイズ影響確認試験)結果概要

ノイズ種類	結果概要	実測定時の対策/運用	評価結果
①誘導ノイズ	<ul style="list-style-type: none"> ロッド伸長後の静止状態の測定値から、各種動作時の誘導ノイズは微小(保守的評価で0.1 Gy/h相当) 	<ul style="list-style-type: none"> 対策不要 	6.2.8(4)に記載
②伝導ノイズ	<ul style="list-style-type: none"> 【アース】 ・他機器からアース経由でのノイズ混入。主に調査装置の影響。【給電系】 ・給電ライン経由のノイズを確認。バッテリー駆動でノイズ低減。 →バッテリー+アース独立で触れ幅減(±1~2 pA→±0.5pA) 	<ul style="list-style-type: none"> ・計測系はアースを完全に分離する。 ・バッテリー駆動とする。 	6.2.8(5)に記載
③振動ノイズ	<ul style="list-style-type: none"> ・クローラ動作時、ケーブル送り時はノイズ大で測定不可。 ※クローラ空転時はBGLレベル(±2pA) ・静止後、約10秒以内でBGLレベルに復帰。 	<ul style="list-style-type: none"> ・クローラ移動、ケーブル送り停止後(電源はONでよい)、10秒経過後に測定開始。 	6.2.8(6)に記載

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(4)放射線センサの工場内検証試験結果(1/3)

“誘導ノイズの影響“に関する評価結果を以下に示す。

- **結果：** ロッド伸長後の静止状態の測定値から、各種動作時の誘導ノイズの影響は微小(0.2 Gy/h相当)
- **対策：** 不要

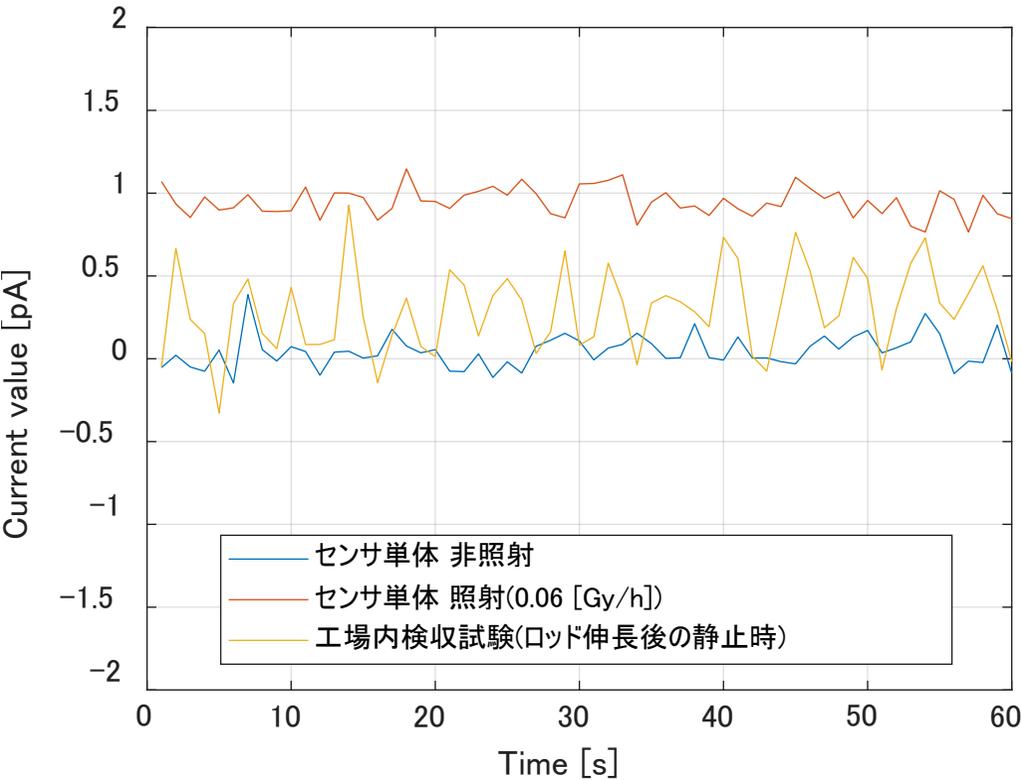


図43 ガンマ線検出器の時系列データ

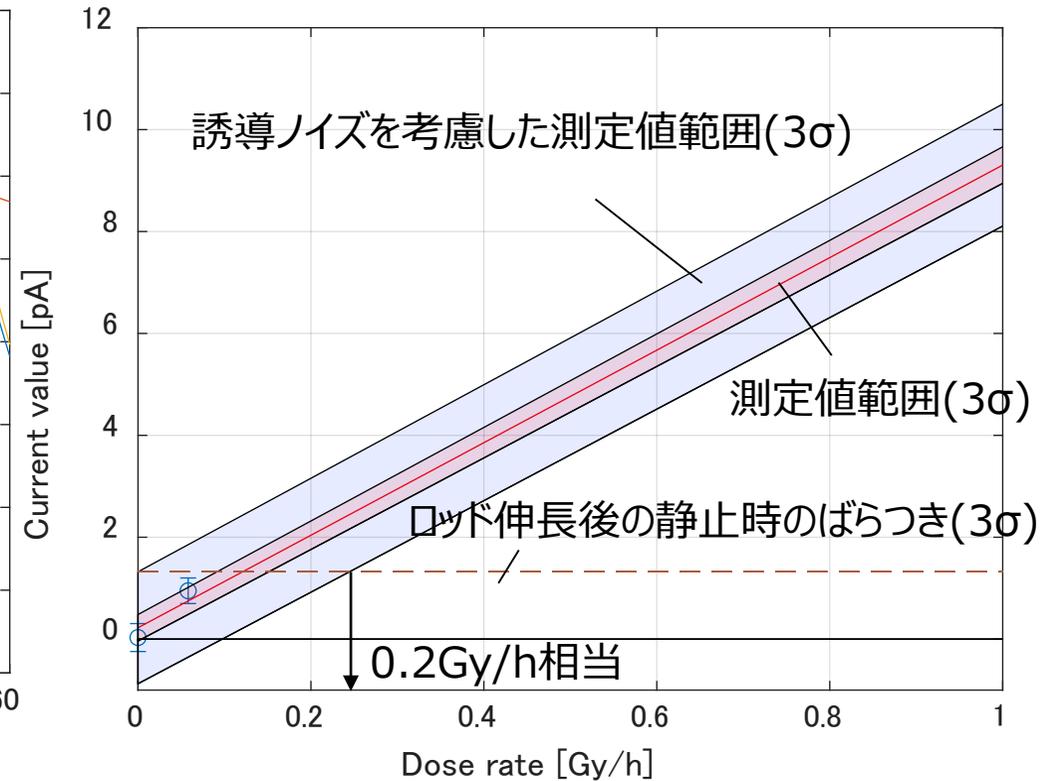


図44 ガンマ線検出器の線量率と電流値の関係

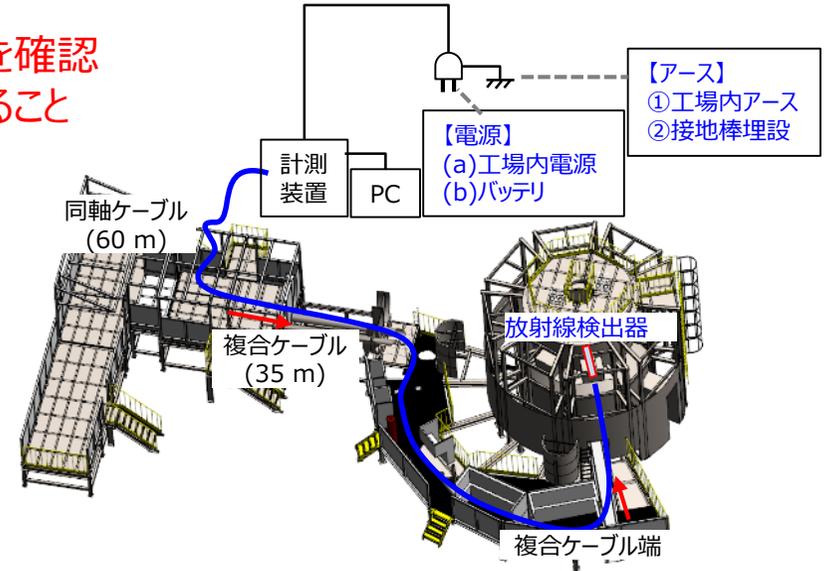
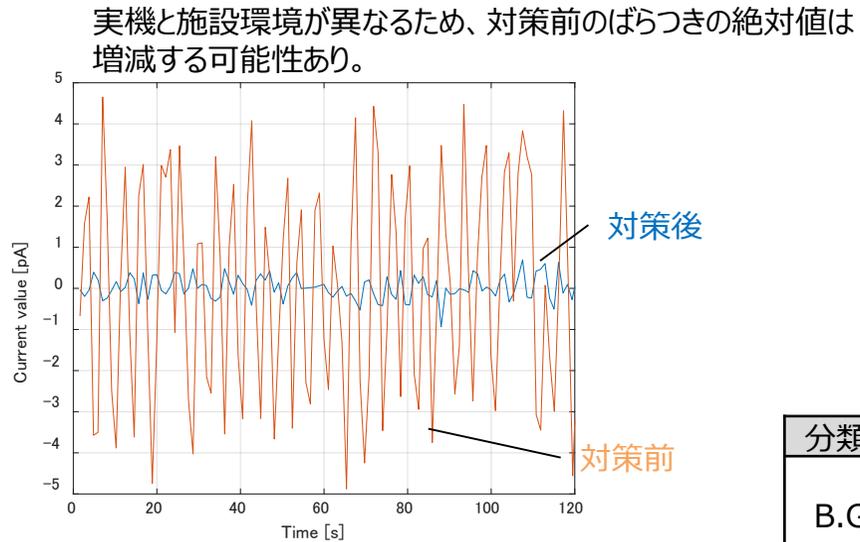
6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(5)放射線センサの工場内検証試験結果(2/3)

“伝導ノイズの影響“に関する評価結果を以下に示す。対策前(アース:工場内共有、電源:工場内電源)はノイズ発生が見られたが、対策後(アース:接地棒埋設、電源:バッテリー)はノイズ低減が確認できた。

ノイズ低減対策前 ±4pA
ノイズ低減対策後 ±0.5pA

- 結果：アース、給電ラインを經由してノイズが混入することを確認
- 対策：計測系はアースを完全に分離し、バッテリー駆動とすること



分類	アース接続	電源	その他	備考
B.G.	①工場内共有	(a)工場内電源	工場内各種機器動作中	対策前
	②接地棒埋設	(b)バッテリー	工場内各種機器動作中	対策後

図45 装置動作時の時系列データ

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(6)放射線センサの工場内検証試験結果(3/3)

“振動ノイズの影響”に関する評価結果を以下に示す。

■結果：クローラ動作時、ケーブル送り時はノイズ大で測定不可

※クローラ空転時はBGLレベル (± 2 pA)

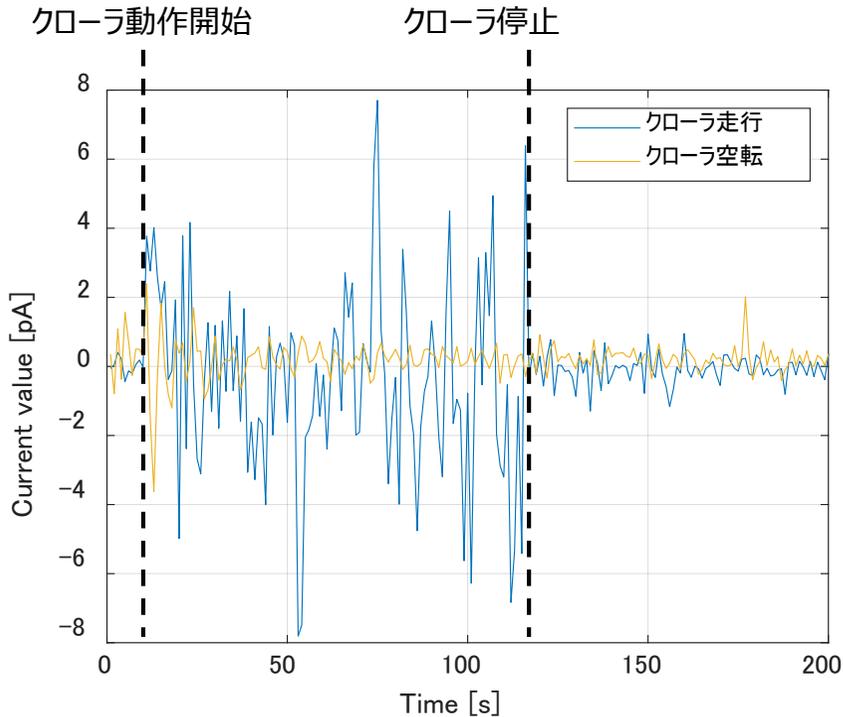


図46 調査装置動作時の時系列データ

■結果：ロッド伸長の静止後、約10秒以内でBGLレベルに復帰

■対策(運用)：クローラ移動、ケーブル送り停止後(電源はONでよい)、10秒経過後に測定開始

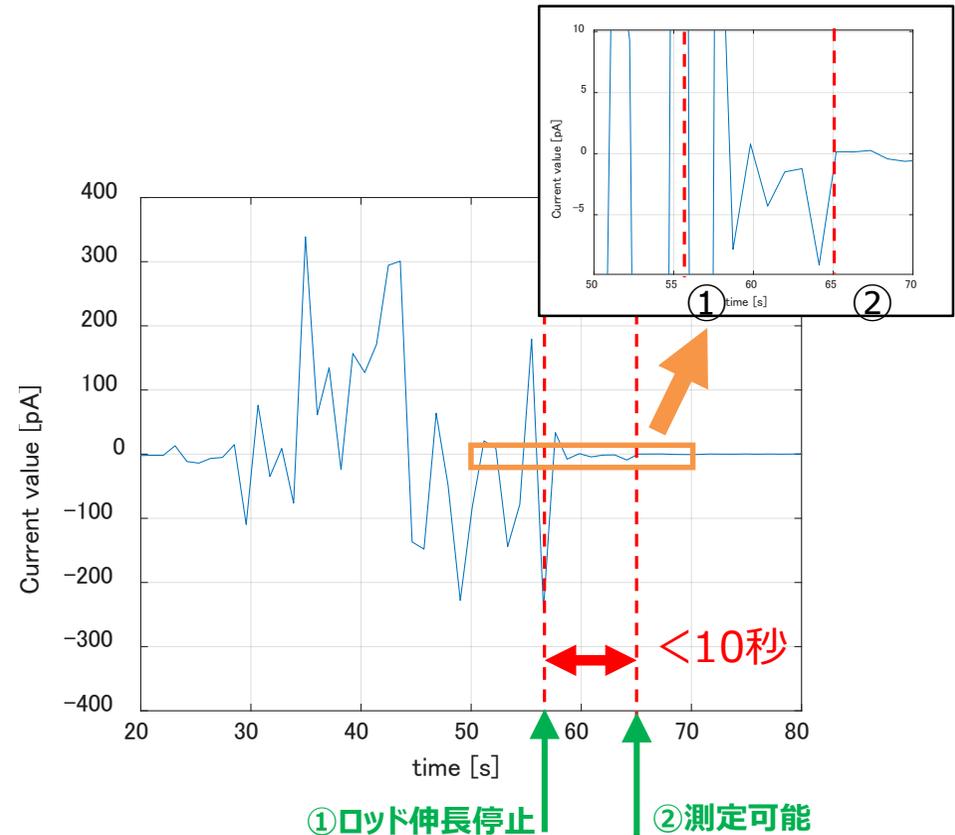


図47 ロッド伸長時の時系列データ

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(7)放射線センサのノイズ影響試験(1/2)

工場内検証試験(2022年7月実施)時、伝導ノイズ、振動ノイズについて、現地運用時に対策が必要なことが判明したため、モックアップ試験(2022年10~11月実施)で対策を実施した。

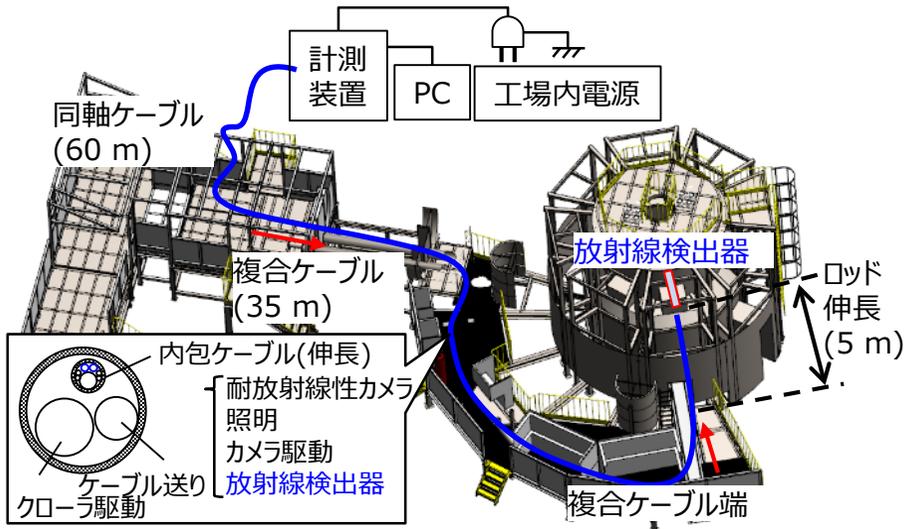


図48 工場内検証試験(ノイズ影響確認試験)時の構成

表54 工場内検証試験(ノイズ影響確認試験)結果概要

ノイズ種類	結果概要	実測定時の対策/運用
①誘導ノイズ	・ロッド伸長後の静止状態の測定値から、各種動作時の誘導ノイズは微小 (保守的評価で0.1 Gy/h相当)	・対策不要
②伝導ノイズ	【アース】 ・他機器からアース経由でのノイズ混入。 主に調査装置の影響。【給電系】 ・給電ライン経由のノイズを確認。 バッテリー駆動でノイズ低減。 →バッテリー+アース独立で触れ幅減 ($\pm 1 \sim 2 \text{ pA} \rightarrow \pm 0.5 \text{ pA}$)	・計測系はアースを完全に分離する。 ・バッテリー駆動とする。 対策要
③振動ノイズ	・クローラ動作時、ケーブル送り時はノイズ大で測定不可。 ※クローラ空転時はBGLレベル ($\pm 2 \text{ pA}$) ・静止後、約10秒以内でBGLレベルに復帰。	・クローラ移動、ケーブル送り停止後(電源はONでよい)、10秒経過後に測定開始。

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(7)放射線センサのノイズ影響試験(2/2)

モックアップ試験では、伝導ノイズ対策として計測系と調査装置本体の電源系統、アースを完全分離する。また、振動ノイズ対策(耐振ケーブル(※))およびロッド伸長時・クローラ動作時のノイズ評価試験を行い、現場実証時の対策／運用方法を検討した。

※:耐振ケーブル

誘電体とシールドの間に導電性潤滑剤が塗布されており摩擦を抑えることでケーブルの曲げなどで生じる電荷ノイズを低減する。

表55 要求仕様と開発状況

実施内容	結果の概要	現場実証時の対策/運用
伝導ノイズ対策の効果確認	計測系はバッテリー、調査装置本体は発電機を使用した。また、双方のアースを分離した体系で測定し、ノイズはいずれも0.2 Gy/h相当であることを確認した。	計測系はアース、電源を分離する。
振動ノイズ対策(耐振ケーブル)の効果検証	計測器から複合ケーブル手前までを耐振動ケーブルとした体形で測定し、ノイズはいずれも0.2Gy/h相当であることを確認した。	現場の振動状況に応じて、耐振ケーブルを使用する。
ロッド伸長時・クローラ動作時のノイズ量評価試験	ロッド伸長後はケーブル送り作業完了後、最大90秒でBGLレベルまでノイズが低減した。	作業完了後、120秒待機したのち線量測定を行う。

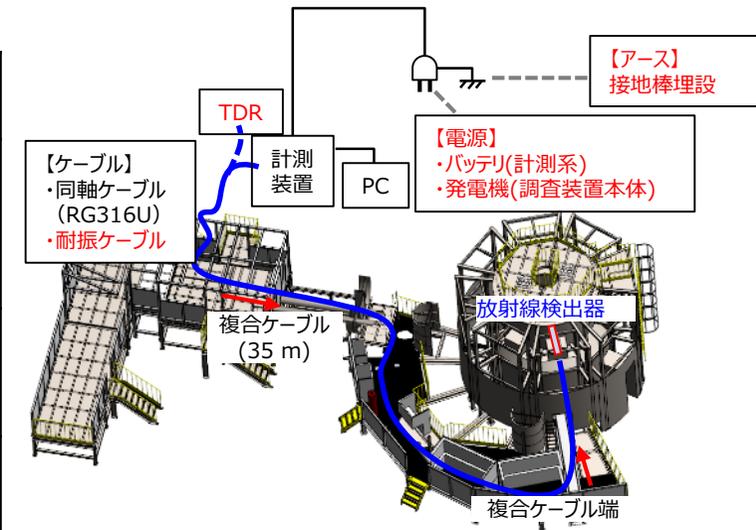


図49 ノイズ対策後設備概要

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(8) 伝送距離100mでの健全性

現地調査で必要になるケーブル長100mにおいて、Co-60ガンマ線照射試験を行った結果、ケーブル長40m時と感度が同等であることを確認した。

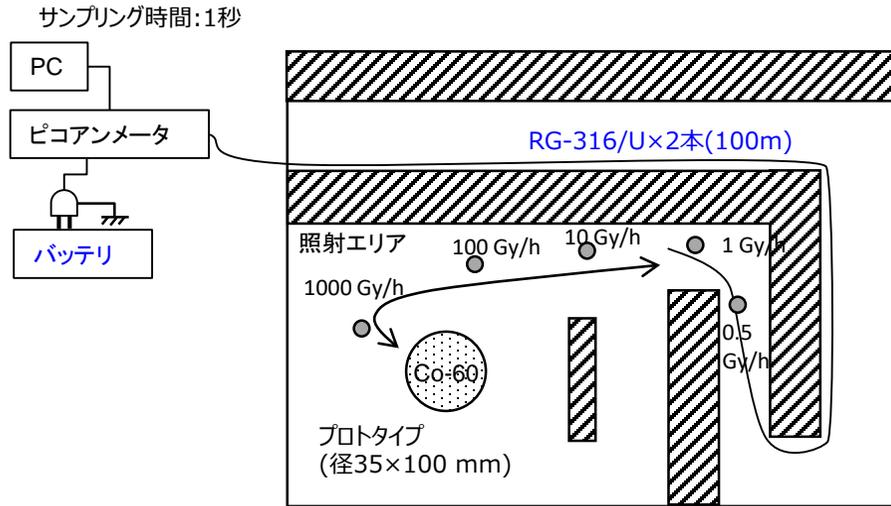


図50 Co-60照射設備

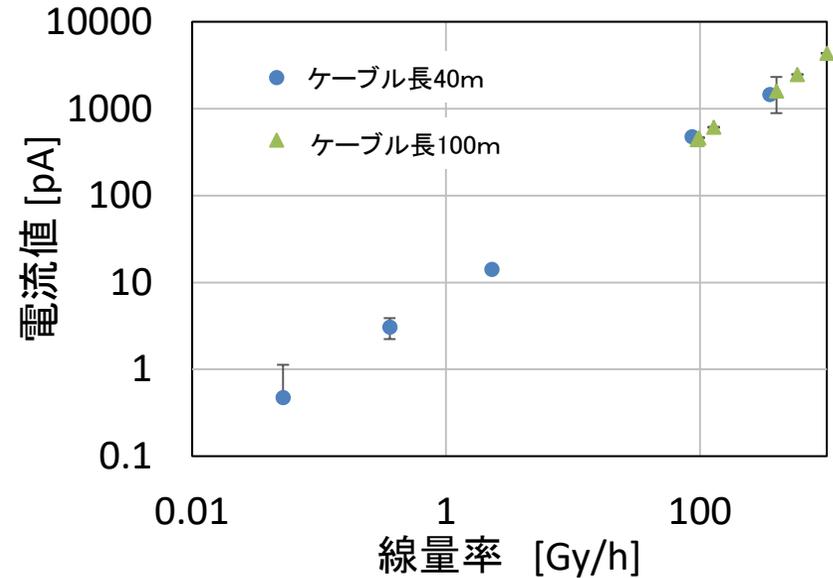


図51 ノイズ対策実施後の照射試験

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(9) 放射線センサの耐放射線性

積算線量5,800Gy(12.76hr × 456Gy/h)で出力電流値が一定であること、出力電流値が照射前放射線センサと同等であることを確認した。

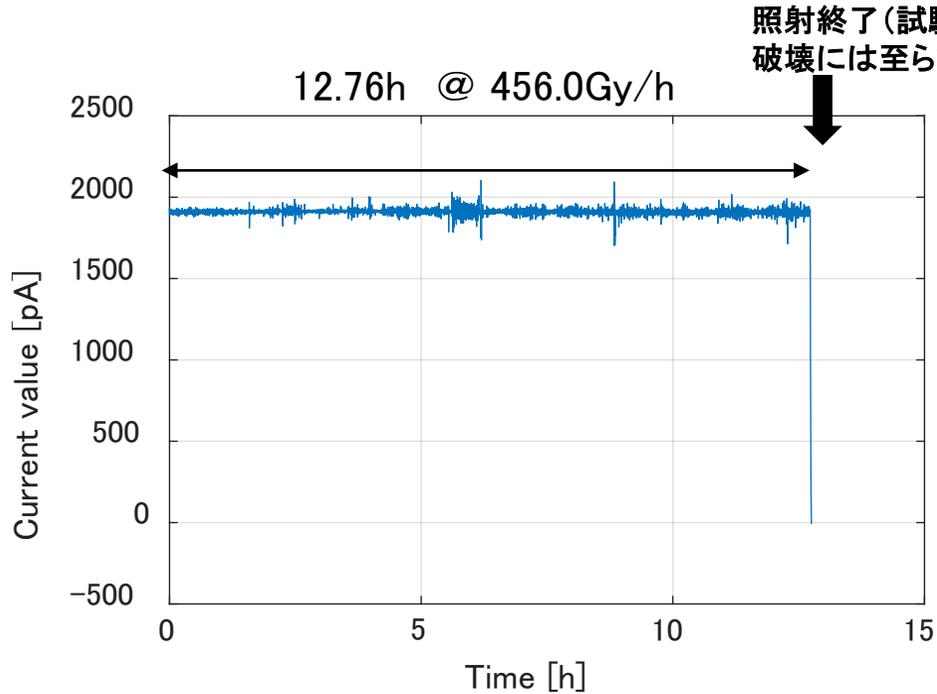


図52 耐放射線試験結果

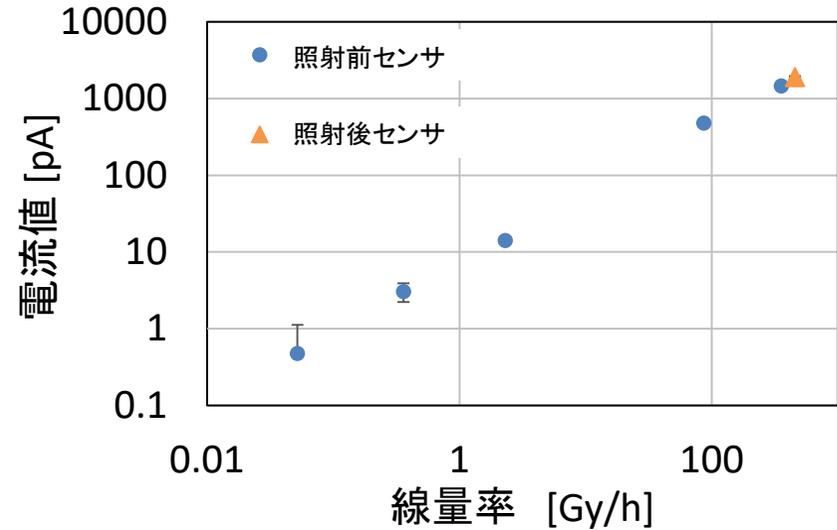


図53 線量率に対する出力電流値の関係

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(10) エネルギー特性

プロトタイプ検出器に対して、これまで日立社内のCo-60照射設備を用いて試験を実施した。Co-60からは1.333MeVと1.173eVのガンマ線が放出される。

感度エネルギー依存性を調べるため、日立社外設備にてCs-137を用いて照射試験を実施した。

結果

- ・線量率増加に伴い電流値の増加傾向を確認。出力が不安定になってからは誤差大。
- ・感度はCs-137を基準として、Co-60の感度は約1/2倍

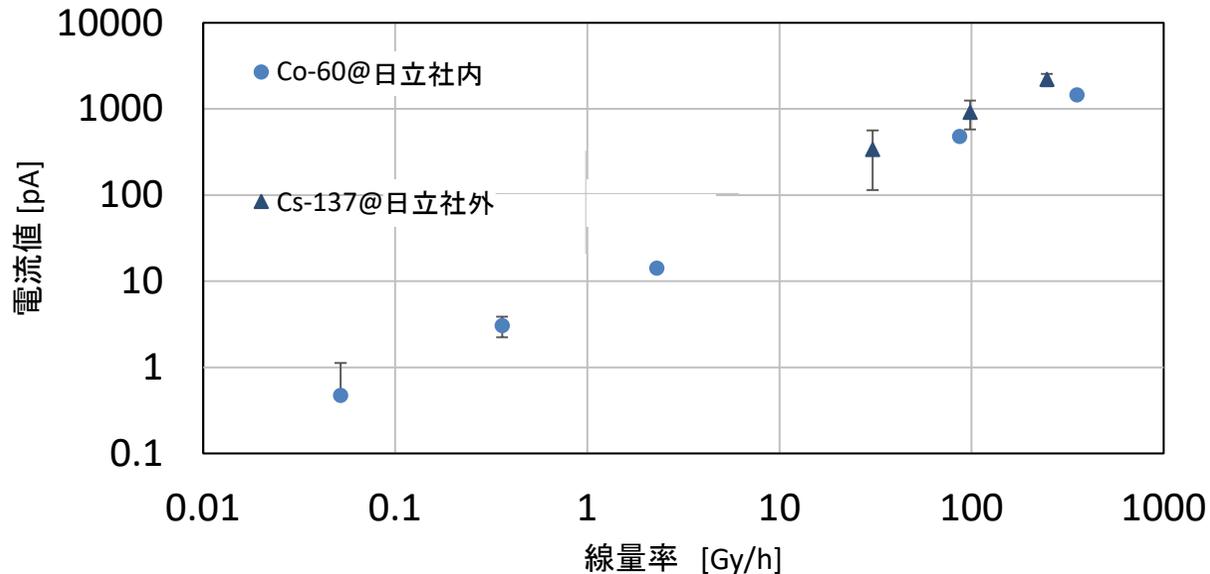


図54 ノイズ対策実施後の照射試験

表56 感度比較

条件	感度 [pA/(Gy/h)]	Cs-137 基準
Cs-137	8.6	-
Co-60	4.1	-52%

※Cs-137基準±30%: 6.0-11.2[pA/(Gy/h)]

6.2.8 放射線センサの進捗及び試験状況

(11)ケーブル健全性確認

概要

ケーブル内の健全性を確認するために、TDR^(※)装置を用いてモックアップ試験体系でデータ取得を行った。

※TDR(Time Domain Reflectometry)

- ① TDR接続した状態の放射線センサのノイズの測定
- ② ケーブル内の異常（断線、導通）を模擬したTDR波形の測定
 - 断線：複合ケーブルとセンサのコネクタを分離
 - 導通：センサと調査装置を電氣的に接触

結果

健全状態との比較により、断線、導通時にその位置で信号が変化することを確認。現場実証試験時の適用を検討する。

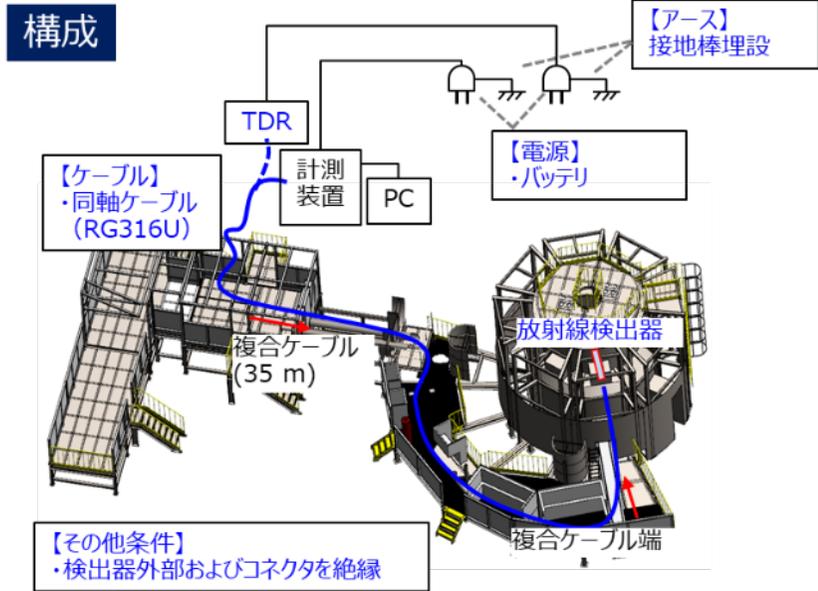


図55 試験構成

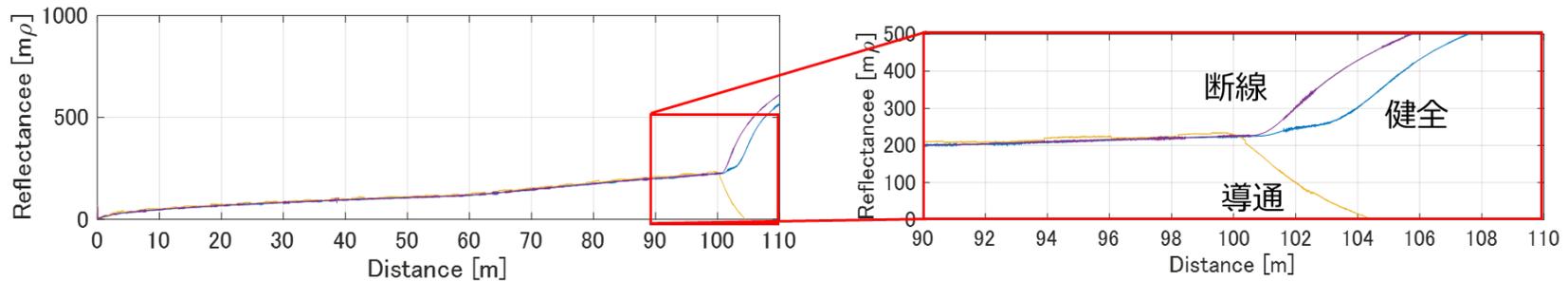


図56 TDR取得波形(距離に対する反射率)

6.2.9 穴カバー設置装置の工場内検証試験状況

現地では、下図の通りB3調査(ROV)用グレーチング切断穴が存在するため、ペデスタル内調査を行う際には開口を塞ぐ必要がある。穴カバー設置装置を用いた試験状況を次紙に示す。

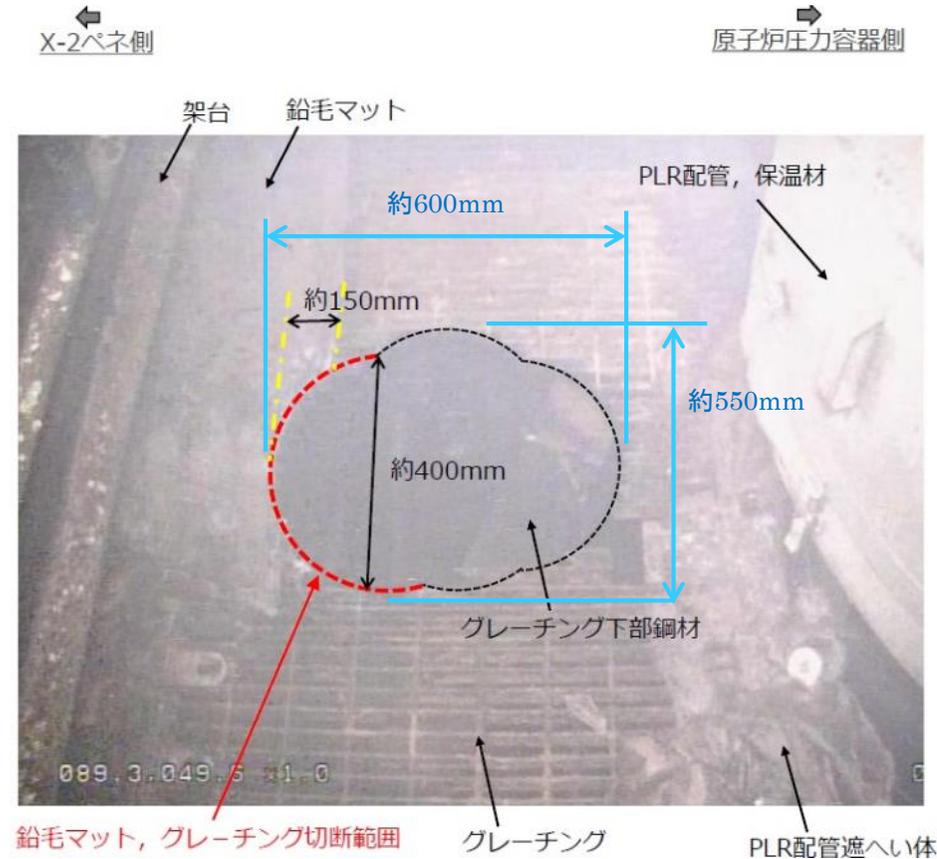


図57 現地のグレーチング切断状況

6.2.9 穴カバー設置装置の工場内検証試験状況

穴カバー設置装置の工場内検証試験結果を下に示す。

表57 穴カバー設置装置の試験結果

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
穴カバー設置試験	現地環境を模擬(鉛毛マットは布で模擬)した試験設備にて穴カバーが設置/回収可能であることを確認する	○ ・ケーブル送り装置及び屈曲ドームカメラの映像で確認しながら、穴カバーが遠隔操作で設置/回収可能であることを確認した(穴カバーが障害物(鉛毛マット)に乗り上げた場合でも設置可能)。今後、現地と同等品の鉛毛マットを設置した試験設備にて穴カバーが設置/回収可能であることを確認する。

【穴カバー設置状況】

屈曲ドームカメラ



穴カバー設置装置



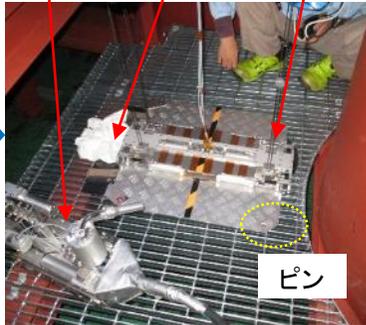
ワイヤで穴カバーを吊り降ろし



ケーブル送り装置

障害物(鉛毛マット模擬)

穴カバー

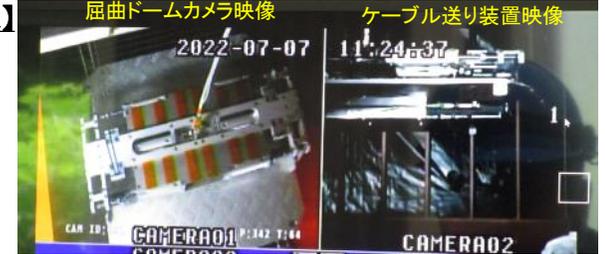


ピン

ピンがグレーティングにはまることによりずれ防止となる



【遠隔操作時の映像】



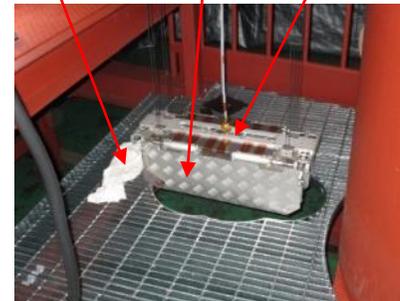
【穴カバー回収状況】

障害物(鉛毛マット模擬)

穴カバー設置装置

屈曲ドームカメラ

穴カバー設置装置



6.2.10 穴カバー設置装置のモックアップ試験状況

穴カバー設置装置のモックアップ試験結果を以下に示す。

表58 穴カバー設置装置の試験結果(穴カバー長600mm)

凡例 ○:結果良、△:課題有

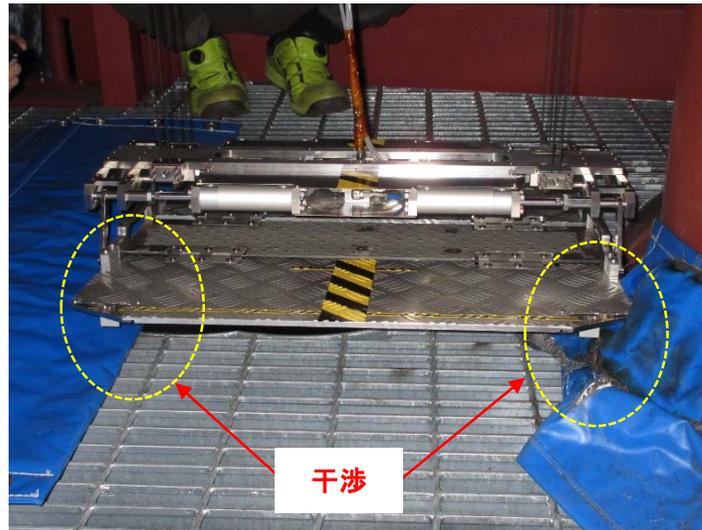
試験項目	試験内容	試験結果
穴カバー設置試験 【試験状況】	現地環境を模擬(今回現地と同等品の鉛毛マットを設置)した試験設備にて穴カバーが設置/回収可能であることを確認する(穴カバー長600mm)	△ (改善要) 現状の穴カバー長(600mm)の場合、手前側、奥側双方の鉛毛マットが除去できる場合のみ設置可能。一方、鉛毛マットの除去が出来ないことを想定し、以下2ケースに対応する穴カバー(500mm,420mm)を準備する。 ケース1)【手前側】鉛毛マット:除去不可、【奥側】鉛毛マット:除去可 ⇒穴カバー長500mmを準備する。 ケース2)【手前側】鉛毛マット:除去不可、【奥側】鉛毛マット:除去不可 ⇒穴カバー長420mmを準備する。

【手前側】鉛毛マット
(複数枚重なっているため移動不可と想定)

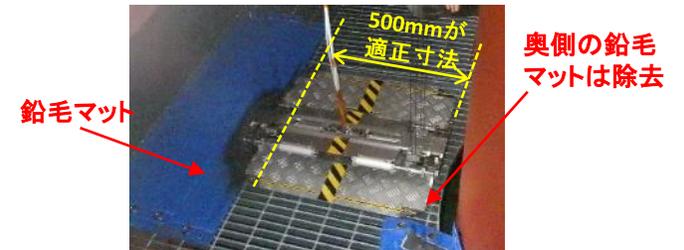


【奥側】鉛毛マット(移動可能と想定)

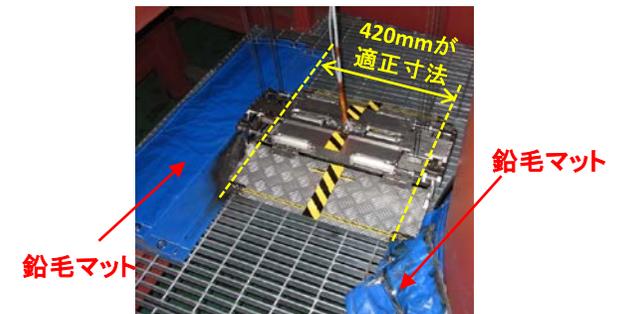
現地のグレーチング開口部周辺状況



長さ600mmの穴カバーを用いた試験状況



【ケース1】奥側の鉛毛マット除去状態



【ケース2】手前側/奥側とも鉛毛マット除去不可状態

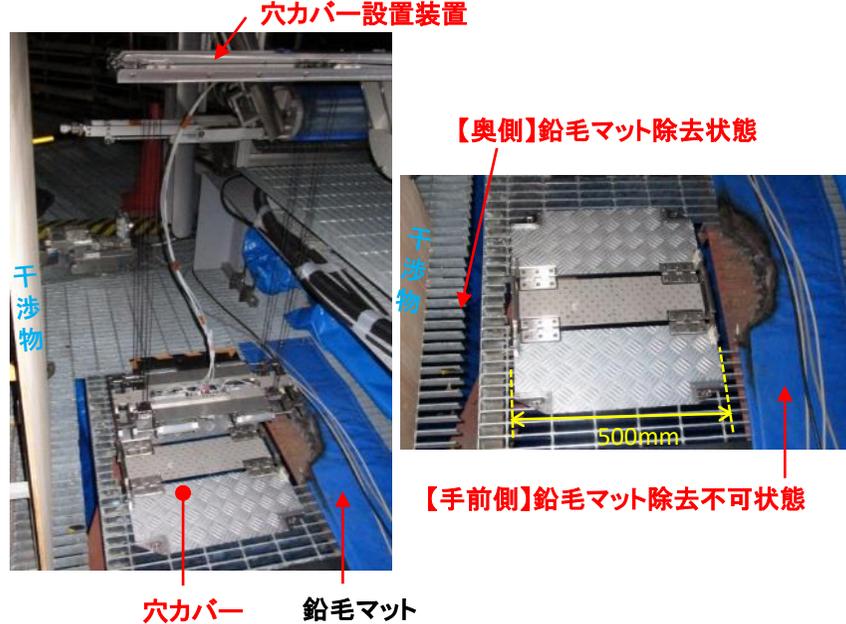
6.2.10 穴カバー設置装置のモックアップ試験状況

穴カバー設置装置の穴カバー長さ見直し後の試験結果を以下に示す。

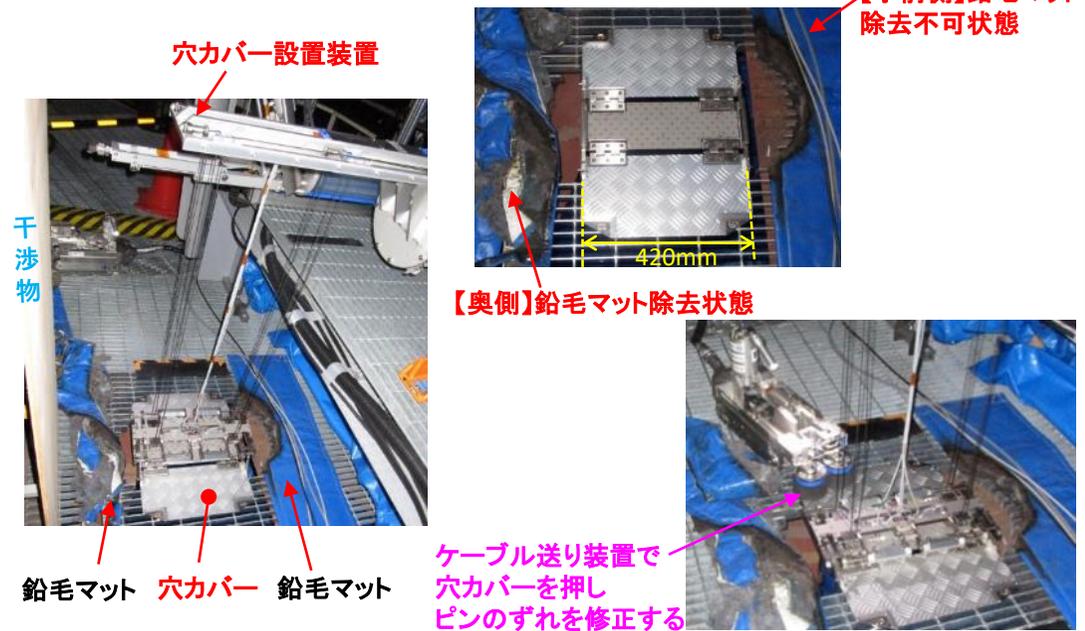
表59 穴カバー設置装置の試験結果(穴カバー長500mm、420mm) 凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
穴カバー設置試験	現地環境を模擬(今回現地と同等品の鉛毛マットを設置)した試験設備にて穴カバーが設置/回収可能であることを確認する (穴カバー長500mm、420mm)	○ 以下2ケースに対応する穴カバー(500mm,420mm)を準備し、設置確認を実施した。 ケース1)【手前側】鉛毛マット:除去不可、【奥側】鉛毛マット:除去可 ⇒穴カバー長500mmの設置/回収が問題なく可能であった。 ケース2)【手前側】鉛毛マット:除去不可、【奥側】鉛毛マット:除去不可 ⇒穴カバー長420mmの設置/回収が問題なく可能であった。(ピンがずれた場合にはケーブル送り装置で穴カバーを押しピンを修正することにより修正が可能) 今後、調査装置を走行しケーブルの引っ掛かり等がないか等確認が必要。

ケース1) 穴カバー長500mmでの確認状況



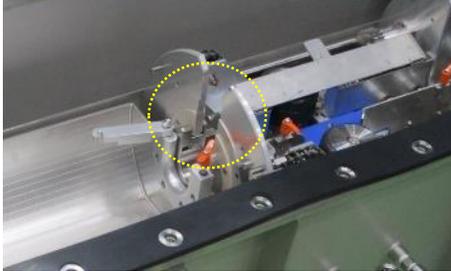
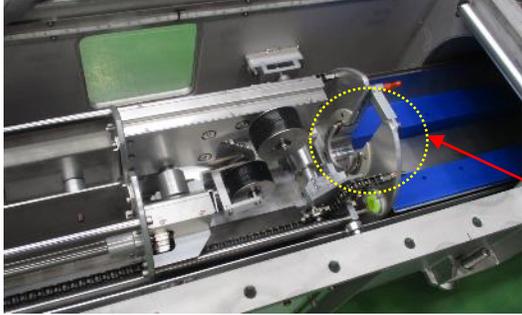
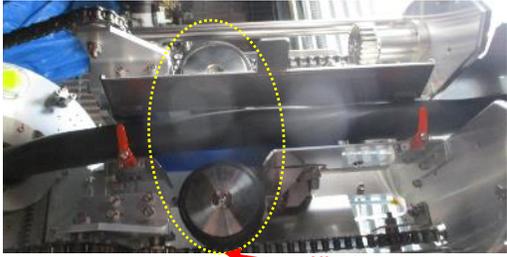
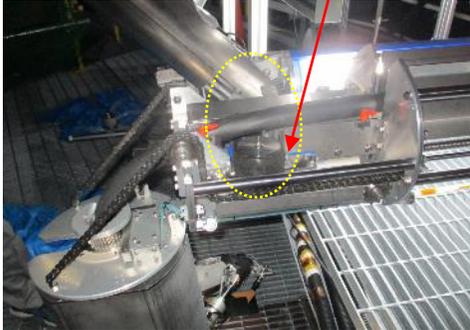
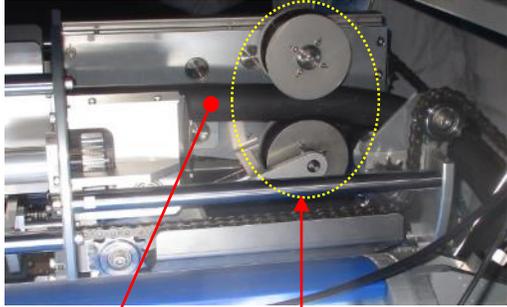
ケース2) 穴カバー長420mmでの確認状況



6.2.11 調査装置用インストール装置の工場内検証試験状況

(1)機能性向上のために以下の改善を行い、工場内検証試験を実施した。

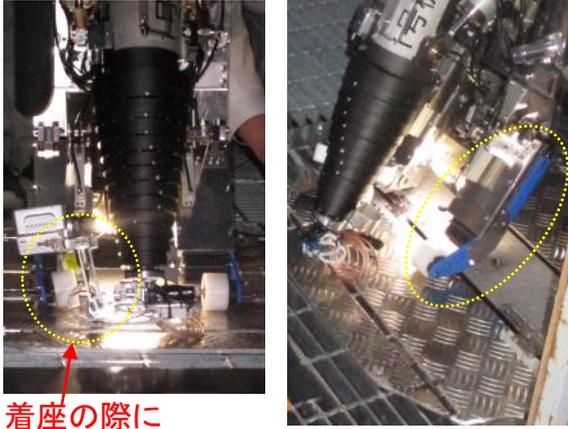
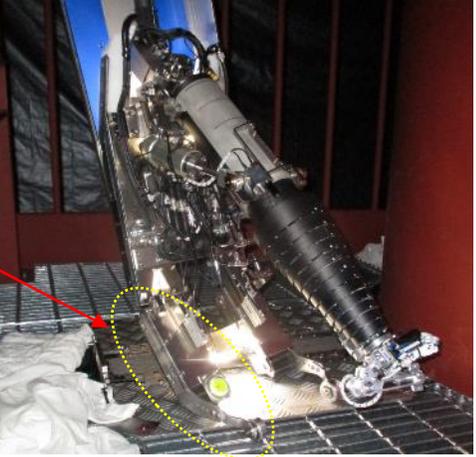
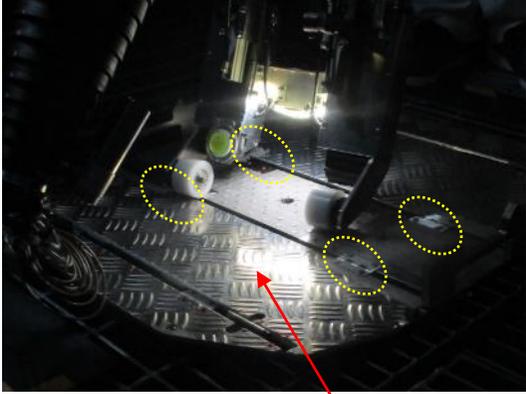
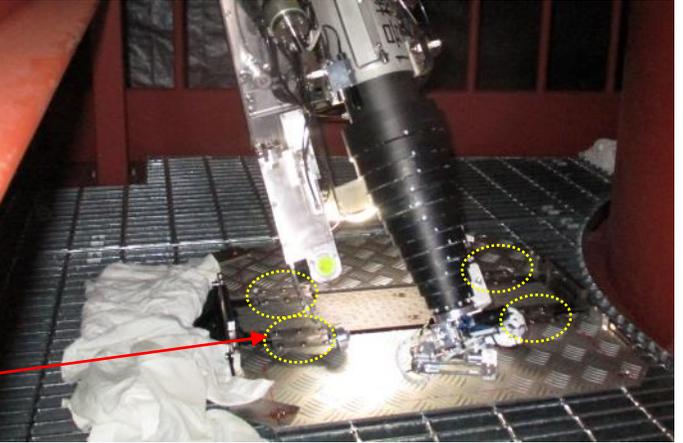
表60 調査装置用インストール装置の改善内容

No	改善内容	改善前の状況	改善後の状況
1	スコープ部のケーブルルート幅拡大 (45⇒65mm)		 <p data-bbox="1701 501 1970 644">ケーブルルート幅を45⇒65mmに拡大しケーブルの挟まりを防止</p>
2	ケーブル押さえ部のローラ向き変更 (横⇒縦型)	 <p data-bbox="861 925 913 946">横型</p> 	 <p data-bbox="1110 1082 1297 1153">調査装置 複合ケーブル</p> <p data-bbox="1404 1096 1701 1239">ケーブル押さえ部のローラ向きを縦型に変更しケーブル送り時の外れを防止</p> 

6.2.11 調査装置用インストール装置の工場内検証試験状況

(2)作業性向上のために以下の改善を行い、工場内検証試験を実施した。(調査装置及び穴カバーの改善)

表61 インストール時の作業性向上のための改善

No	改善内容	改善前の状況	改善後の状況
1	調査装置先端ガイド部形状・材質見直し (樹脂⇒金属)	 <p data-bbox="451 739 679 811">着座の際に 変形の可能性有</p>	<p data-bbox="1123 416 1433 525">先端ガイド部見直しによりインストール時の着座の際に変形防止</p> 
2	穴カバーの強度UPのため板厚変更(板厚4⇒6mm)、ヒンジ部見直し	 <p data-bbox="542 1253 1019 1288">着座の際穴カバー変形の可能性有</p>	<p data-bbox="1060 1116 1280 1225">調査装置着座の際穴カバーの変形防止</p> 

6.2.11 調査装置用インストール装置の工場内検証試験状況

(3)工場内検証試験結果(調査装置インストール・回収)を以下に示す。

表62 調査装置用インストール装置の試験結果

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
インストール装置を用いた調査装置設置/回収試験	現地環境を模擬した試験設備にて調査装置が設置/回収可能であることを確認する	○ ・ケーブル送り装置及び屈曲ドームカメラの映像で確認しながら、調査装置を遠隔操作(※1)でインストール/回収可能であることを確認した ・調査装置用インストールの改善、調査装置先端ガイド部および穴カバーの改善(6.2.11項(2)の内容)に伴う、インストール時の作業性向上を確認した

【調査装置インストール状況(回収は逆手順)】

【遠隔操作状況】(※1)

6.2.12 調査装置用インストール装置のモックアップ試験状況

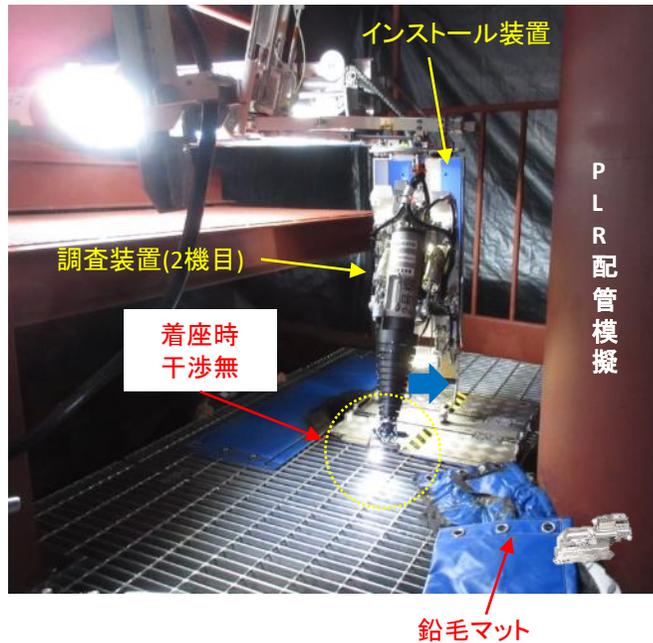
モックアップ試験結果(調査装置インストール・回収)を以下に示す。

表63 調査装置用インストール装置の試験結果

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
インストール装置を用いた調査装置設置/回収試験	現地環境を模擬した試験設備にて調査装置が設置/回収可能であることを確認する【調査装置は2機目を使用】(工場内検証試験は1機目)	○ ・1号機と同様に、ケーブル送り装置及び屈曲ドームカメラの映像で確認しながら、調査装置を遠隔操作でインストール/回収可能であることを確認した。 なお、リスク対策として、奥側(PLR配管右横)の鉛毛マットを除去できない場合を想定した確認を行い、インストール/回収が可能であった。

【調査装置インストール状況(回収は逆手順)】



6.2.13 ケーブル送り装置の工場内検証試験状況

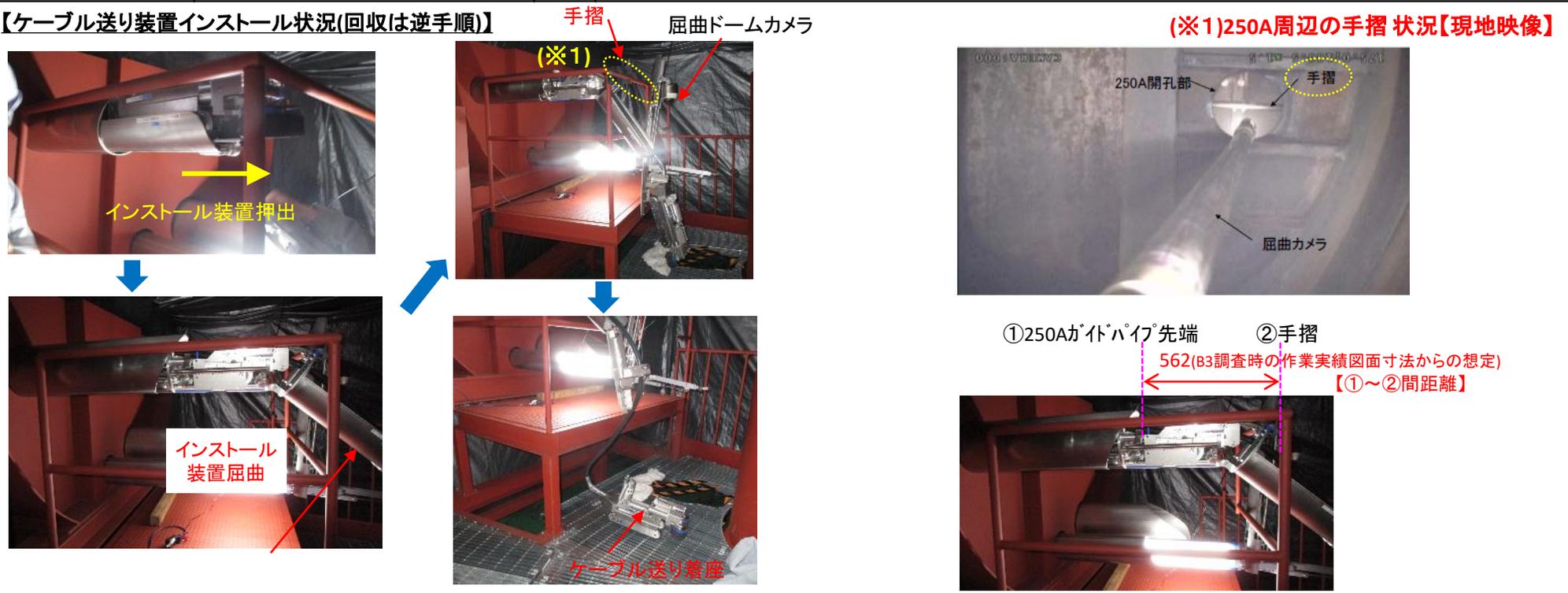
ケーブル送り装置の工場内検証試験結果を以下に示す。

表64 ケーブル送り装置の試験結果(1/2)

凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
ケーブル送り装置のインストール/回収確認試験	現地環境を模擬した試験設備にてケーブル送り装置が設置/回収可能であることを確認する	○ ・屈曲ドームカメラの映像で確認しながら、ケーブル送り装置のインストール装置を用いたインストール/回収が遠隔操作で設置/回収可能であることを確認した ・ただし、250Aの先に手摺が存在しており(※1:現地映像)、手摺までの距離が想定位置より近い場合には、装置干渉の可能性があるため、手摺切断を検討する。手摺切断については、リスク対策としてモックアップ試験で確認する。

【ケーブル送り装置インストール状況(回収は逆手順)】



6.2.13 ケーブル送り装置の工場内検証試験状況

ケーブル送り装置の工場内検証試験結果を以下に示す。

表65 ケーブル送り装置の試験結果(2/2)

凡例 ○:結果良、△:課題有

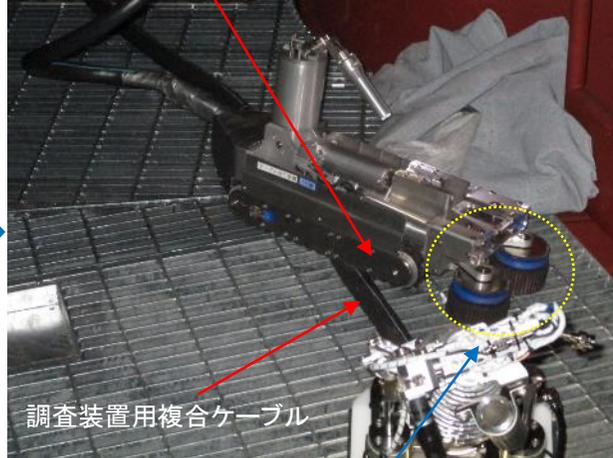
試験項目	試験内容	試験結果
ケーブル送り装置の動作確認試験	現地環境を模擬した試験設備にてケーブル送り動作が可能であることを確認する	○ ・ケーブル送り装置の動作及び調査装置用複合ケーブルの送り動作に問題が無いことを確認した。なお、ケーブル送り動作を行う際に調査装置の複合ケーブルを跨ぐ動作が必要となるが、ケーブル送り装置の転倒が無いことを確認した。 (現地環境を想定してケーブルが濡れた状態でも転倒しないことを確認済)

ケーブル送り装置

調査装置用複合ケーブルをケーブル送り装置で跨ぐ動作

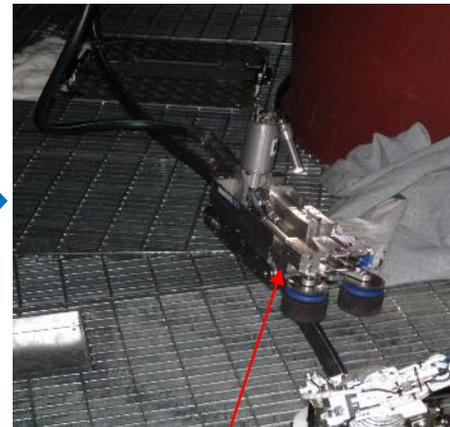


調査装置



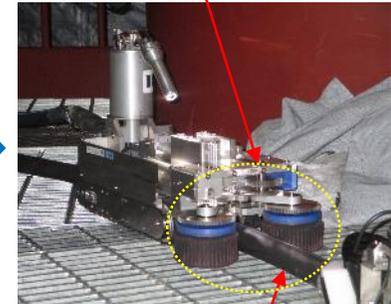
調査装置用複合ケーブル

転倒防止の対策として先端のケーブル送りローラは下げた状態で跨ぎ動作を行う(重心位置を低くするため)



ケーブル送り装置が転倒することなく跨ぎ動作が可能(45度以上傾かない限りは転倒しない)

跨ぎ動作完了



調査装置用複合ケーブル

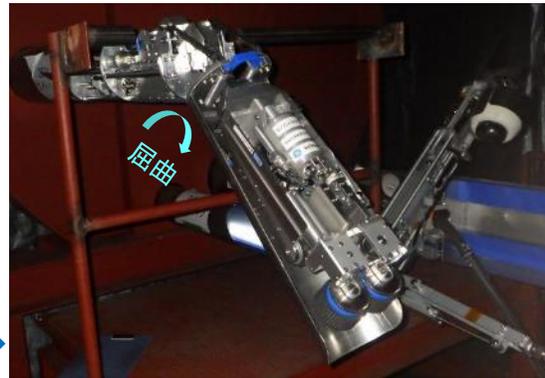
6.2.14 ケーブル送り装置のモックアップ試験状況

ケーブル送り装置のモックアップ試験(インストール/回収試験)結果を以下に示す。

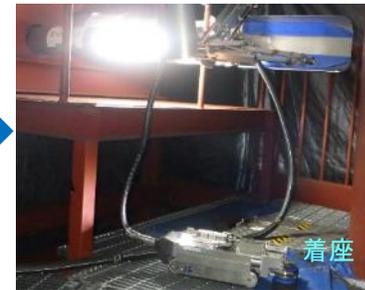
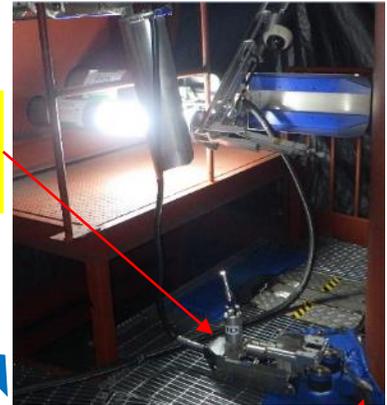
表66 ケーブル送り装置の試験結果(インストール/回収試験) 凡例 ○:結果良、△:課題有

試験項目	試験内容	試験結果
ケーブル送り装置のインストール/回収確認試験	現地環境を模擬(今回現地と同等品の鉛毛マットを設置)した試験設備にてケーブル送り装置が設置/回収可能であることを確認する	<p>○</p> <ul style="list-style-type: none"> 以下条件でインストール/回収が出来ることを確認した。 <ol style="list-style-type: none"> ① ガイドパイプ(250A)～架台手摺までの距離が560mm以上ある。 ② 架台手摺が切断除去されている。 (手摺切断のモックアップ試験結果は、6.2.21項に記載) ※:PLR配管横の鉛毛マット有でもインストール/回収に影響を及ぼさない。

【ケーブル送り装置インストール状況(回収は逆手順)】



【リスク対策】
鉛毛マット有でも走行可



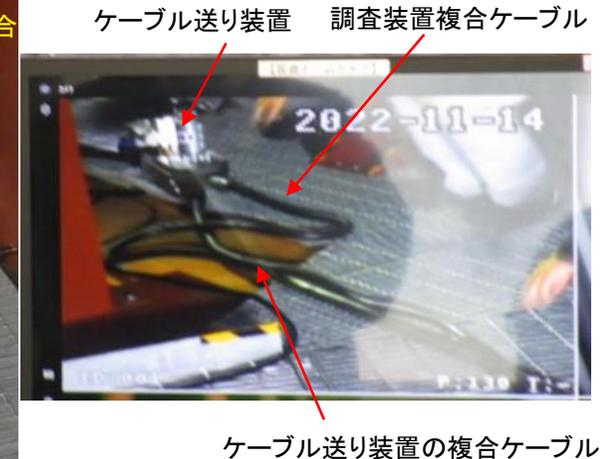
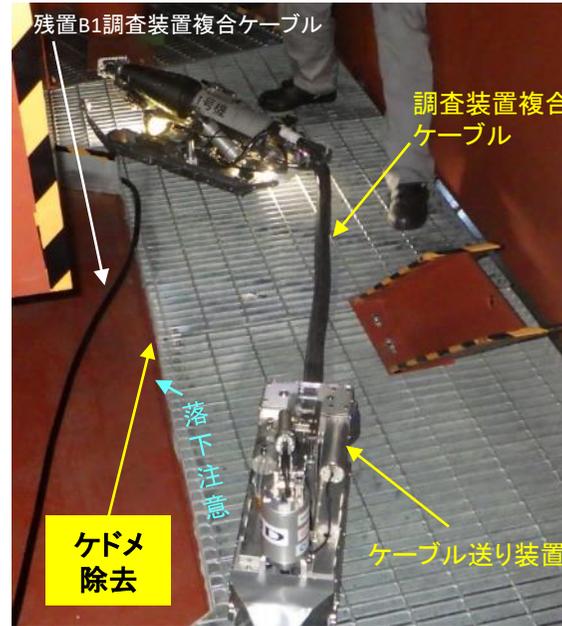
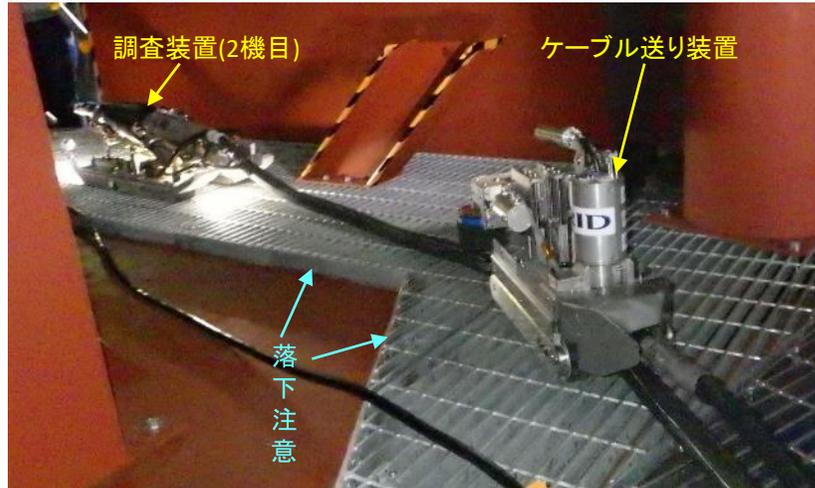
6.2.14 ケーブル送り装置のモックアップ試験状況

ケーブル送り装置のモックアップ試験(動作確認試験)結果を以下に示す。

表67 ケーブル送り装置の試験結果(動作確認試験)

凡例 ○:結果良、△:課題有

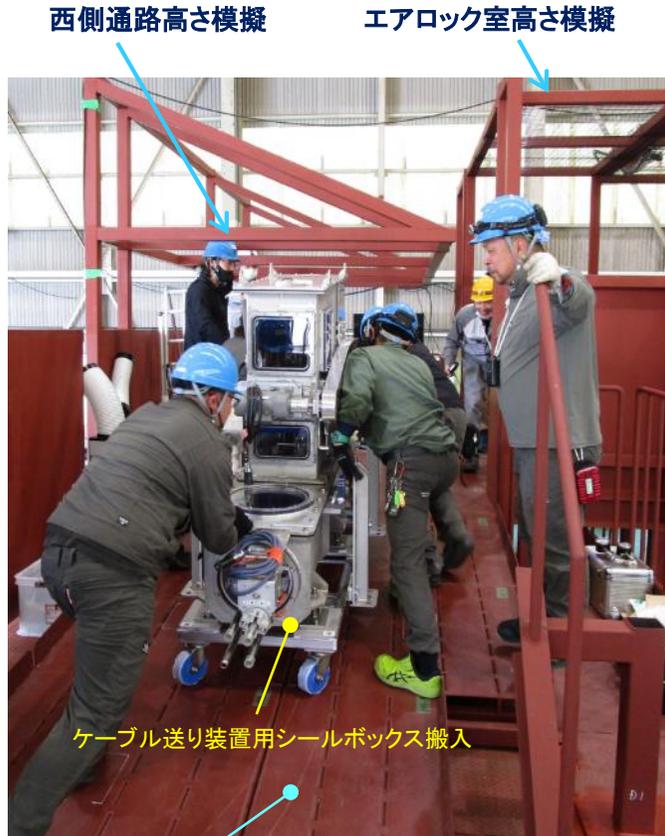
試験項目	試験内容	試験結果
ケーブル送り装置の動作確認試験	現地環境を模擬した試験設備にてケーブル送り動作が可能であることを確認する 【調査装置は2機目を使用】 (工場内検証試験は1機目)	○ ・調査装置2機目を用いたケーブル送り装置の動作及び調査装置用複合ケーブルの送り動作を確認し、1機目と同様に問題が無いことを確認した。 ・リスク対策(有識者より走行ルート上のケドメが無い可能性有との意見)として、ケドメが無い状態での動作確認を行った。走行時にケーブル送り装置及び調査装置複合ケーブルが開口から落下する可能性があるため、走行時により慎重に作業を行う必要有



6.2.15 シールボックス・ケーブルドラムの工場内検証試験状況

(1)ケーブル送り装置用及び穴カバー設置装置用シールボックス

ケーブル送り装置用シールボックス(ケーブルドラム一体型)、穴カバー設置装置用シールボックスを人力(5人)で狭隘部への搬入及び設置が可能であることを確認した。



【事前設置】搬出入用スロープ

図58 ケーブル送り装置用シールボックスの搬入状況

図59 穴カバー設置装置用シールボックスの搬入状況

図60 各シールボックスの設置状況

6.2.15 シールボックス・ケーブルドラムの工場内検証試験状況

(2)調査装置用ケーブルドラム・シールボックス

調査装置用ケーブルドラム、シールボックスを人力(6人)で狭隘部への搬入及び設置が可能であることを確認した。(ケーブルドラムは搬入品中最重量の約1.5tonであるが、作業性に問題無し。)

【350Aに設置】

調査装置用ケーブルドラム(最重量の約1.5ton)

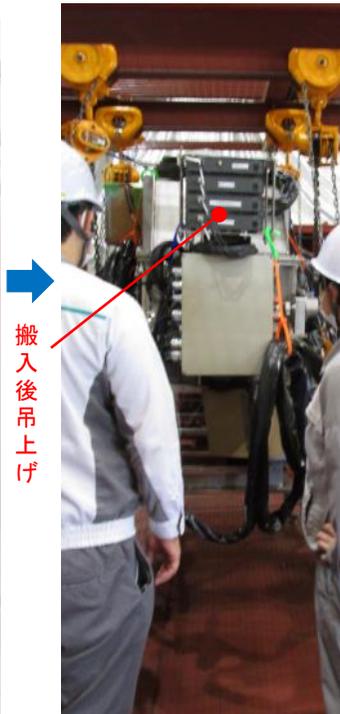


図61 調査装置用ケーブルドラムの搬入状況

【350Aに設置】調査装置用シールボックス



図62 調査装置用シールボックスの搬入状況

6.2.15 シールボックス・ケーブルドラムの工場内検証試験状況

(3)調査装置用ケーブルドラム・シールボックス

調査装置ケーブルドラムとシールボックスはエアロック室内で一体化組立が出来ることを確認した。



【350AIに設置】調査装置用ケーブルドラム+シールボックス



図63 調査装置用ケーブルドラム・シールボックスの設置状況

6.2.16 シールボックス・ケーブルドラムのモックアップ試験状況

(1) ケーブル送り装置用及び穴カバー設置装置用シールボックス

α汚染対策養生(エアロック室内に設置済)のある狭隘部でもケーブル送り装置用シールボックス(ケーブルドラム一体型)、穴カバー設置装置用シールボックスを人力(7人)での搬入及び設置が可能であることを確認した。



図64 ケーブル送り装置用シールボックスの搬入・設置状況



図65 穴カバー設置装置用シールボックスの搬入・設置状況

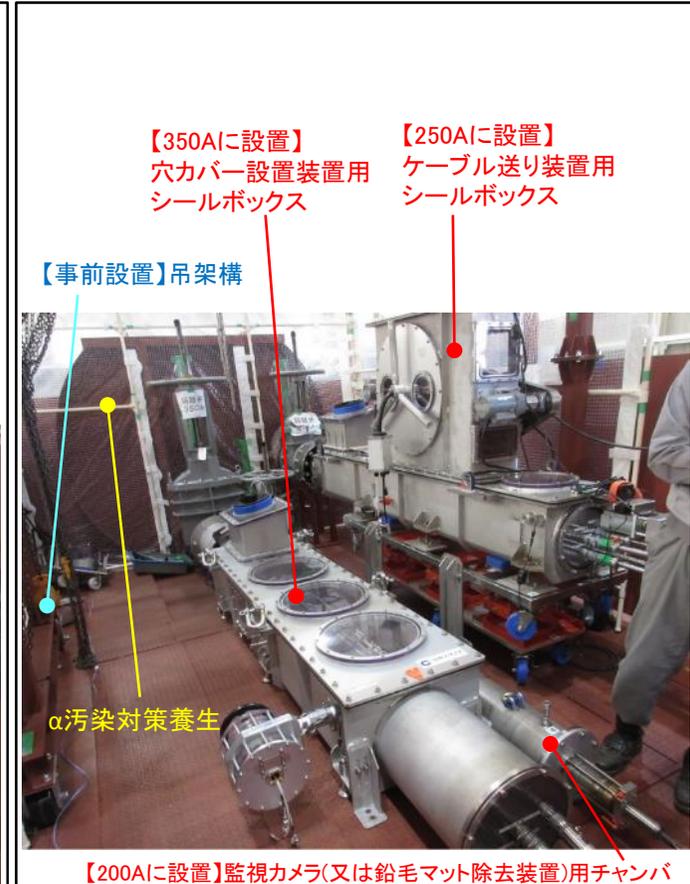


図66 各シールボックスの設置状況

6.2.16 シールボックス・ケーブルドラムのモックアップ試験状況

(2)調査装置用ケーブルドラム・シールボックス

α 汚染対策養生(エアロック室内に設置済)のある狭隘部でも調査装置用ケーブルドラム・シールボックスを人力(7人)で搬入及び設置が可能であることを確認した。(ケーブルドラムは搬入品中最重量の約1.5tonであるが、作業性に問題無し)

【350Aに設置】
調査装置用ケーブルドラム(最重量の約1.5ton)



調査装置用ケーブルドラム搬入

搬入後吊上げ



【350Aに設置】調査装置用シールボックス



調査装置用シールボックス搬入

α 汚染対策養生



調査装置用シールボックス
狭隘部への搬入

図67 調査装置用ケーブルドラム・シールボックスの搬入状況

6.2.16 シールボックス・ケーブルドラムのモックアップ試験状況

(3)調査装置用ケーブルドラム・シールボックス

α汚染対策養生(エアロック室内に設置済)のある狭隘部でも調査装置ケーブルドラムとシールボックスのエアロック室内での一体化組立、隔離弁への取付が出来ることを確認した。



図68 調査装置用ケーブルドラム・シールボックスの設置状況

6.2.17 監視カメラ(洗浄機能付)の検討状況及び工場内検証試験状況

(1)監視カメラへの洗浄機能追加の検討状況

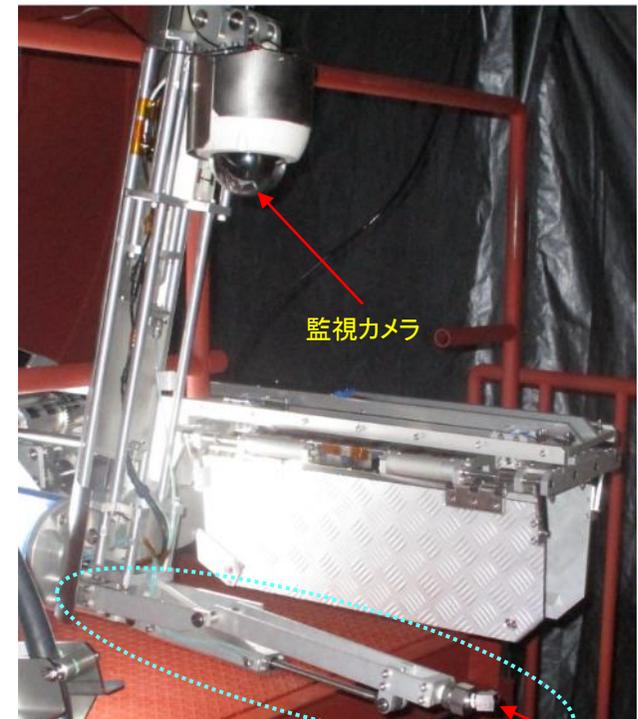
ペDESTAL内調査装置の回収時の洗浄を目的に監視カメラへ洗浄機能追加の検討し、実機製作を行った。(200Aから挿入し使用)

洗浄機能の動作確認を行い、水洗圧力、ノズル形状を検討した。また、ペDESTAL内調査装置(350A)、ケーブル送り装置(250A)の洗浄を実施した。



監視カメラ

洗浄機能追加



監視カメラ

洗浄機能追加

洗浄ノズル

図69 監視カメラに洗浄機能追加後の装置外観

6.2.17 監視カメラ(洗浄機能付)の検討状況及び工場内検証試験状況

(2)監視カメラの工場内検証試験状況(チャンバ設置)

監視カメラ用チャンバを人力(4人)で狭隘部への搬入及び設置が可能であることを確認した。
なお、監視カメラ用チャンバは、装置使用状況に応じて、350Aまたは200Aに取付して作業を行う計画である。(※1)

(※1)鉛毛マット除去装置(200A設置)使用時は、350Aに監視カメラ用チャンバ設置し作業を行う。
(それ以外は、200Aに監視カメラ用チャンバを設置し作業)



図70 監視カメラ用チャンバの搬入状況



図71 監視カメラ用チャンバの設置状況(350A)



図72 監視カメラ用チャンバの設置状況(200A)

6.2.17 監視カメラ(洗浄機能付)の検討状況及び工場内検証試験状況

(3)監視カメラの工場内検証試験状況(映像及び洗浄確認)

- ①監視カメラ映像により遠隔操作作業が可能であることを確認した。
- ②洗浄機能を用いた各装置回収時の洗浄が可能であることを確認した。洗浄効果や水洗ノズル仕様等はモックアップ試験で確認を行う。



監視カメラ映像を確認しながら
ケーブル送り装置のインストール作業

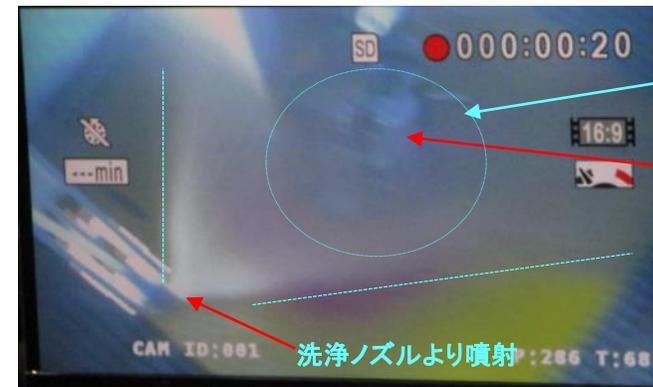


図73 監視カメラ映像による操作状況



ケーブル送り装置

洗浄ノズル



現状では表面のみ
しか洗浄不可

ケーブル送り装置

洗浄ノズルより噴射

図74 ケーブル送り装置の洗浄状況

6.2.18 監視カメラ(洗浄機能付)のモックアップ試験状況

(1)監視カメラのモックアップ試験状況(チャンバ設置)

α 汚染対策養生(エアロック室内に設置済)のある狭隘部でも監視カメラ用チャンバを人力(4人)で搬入及び設置が可能であることを確認した。

なお、監視カメラ用チャンバは、装置使用状況に応じて、350Aまたは200Aに取付して作業を行う計画である。(※1)

(※1)鉛毛マット除去装置(200A設置)使用時は、350Aに監視カメラ用チャンバ設置し作業を行う。
(それ以外は、200Aに監視カメラ用チャンバを設置し作業)



図75 監視カメラ用チャンバの搬入状況

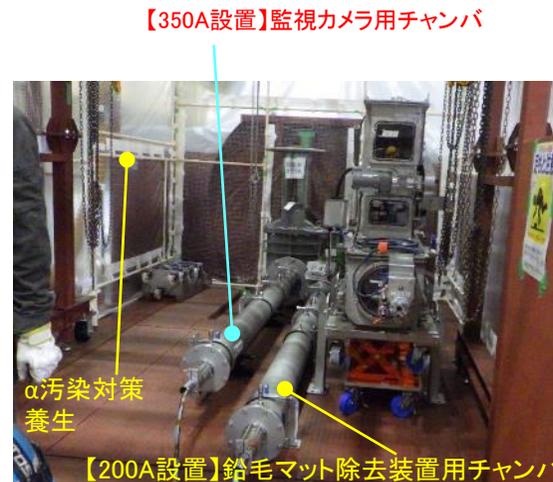


図76 監視カメラ用チャンバの設置状況(350A)



図77 監視カメラ用チャンバの設置状況(200A)

6.2.18 監視カメラ(洗浄機能付)のモックアップ試験状況

(2)監視カメラのモックアップ試験状況(洗浄確認)

ノズルは、広範囲を噴射可能な“円錐状噴射”のものを選定し、洗浄機能を用いた回収時の洗浄が可能であることを確認した。

- ①**調査装置**: インストール装置を旋回し洗浄対応することで表面の洗浄が可能であるが、裏面やケーブルの洗浄が課題である。
 ②**ケーブル送り装置**: 下方への噴射となるため装置全体の洗浄が可能だが、調査装置同様にケーブルの洗浄が課題である。
 今後の対策として、インストール装置から水が出るように検討を行い、ケーブルや裏面が洗浄可能なように改善を進める。

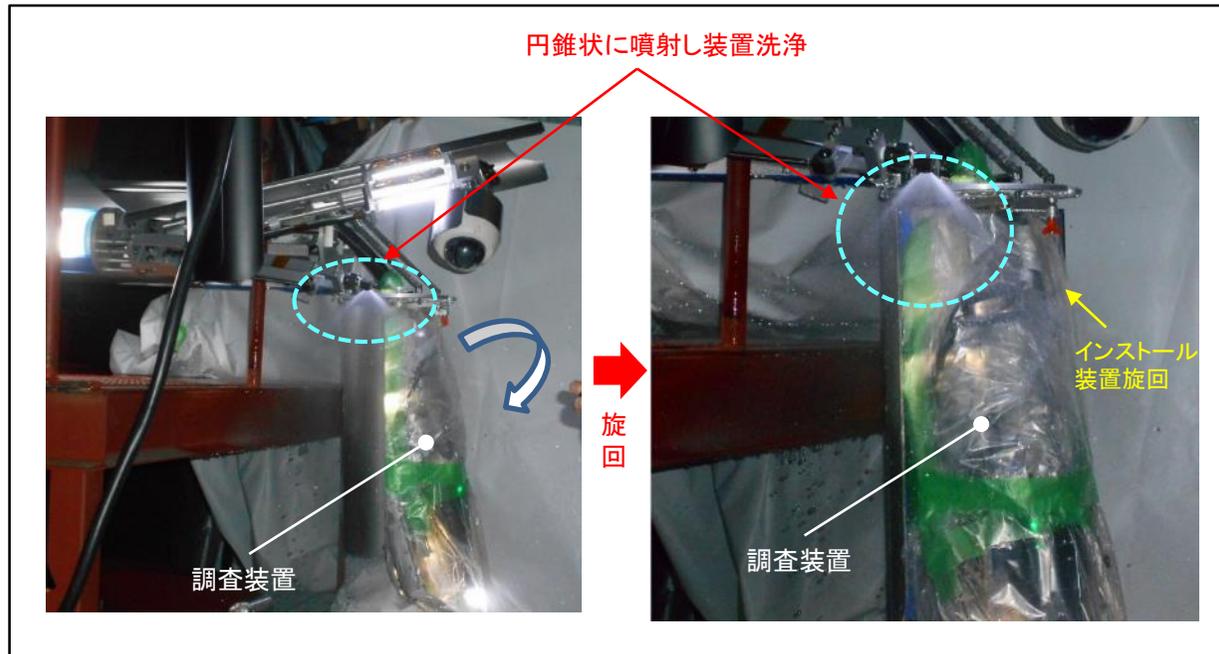


図78 調査装置の洗浄試験状況

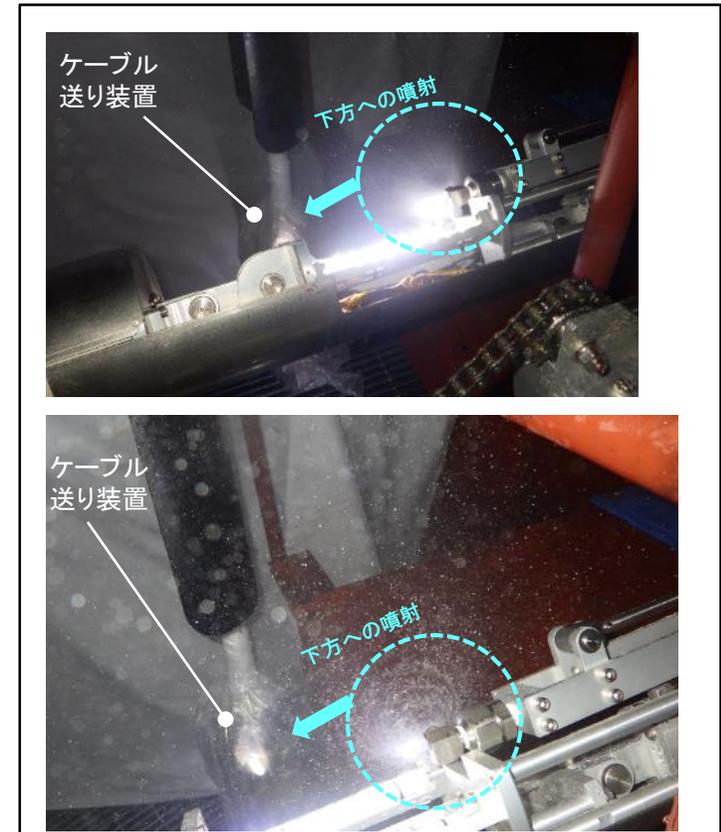
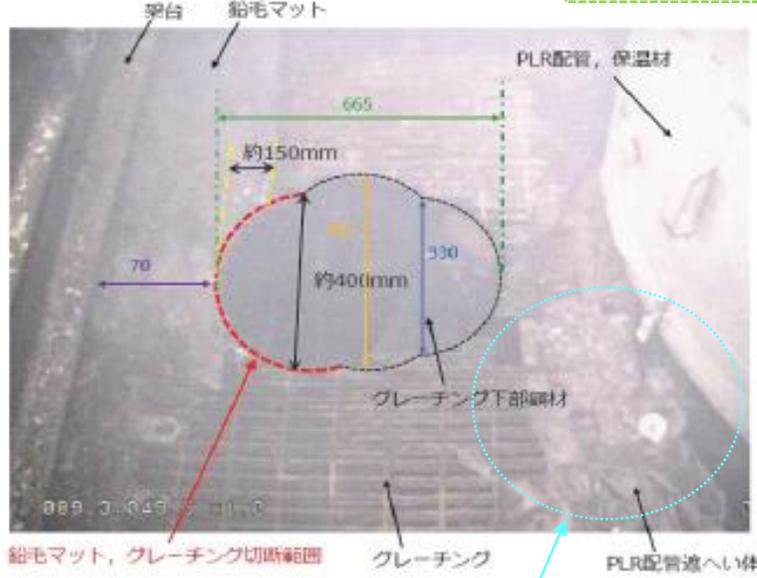
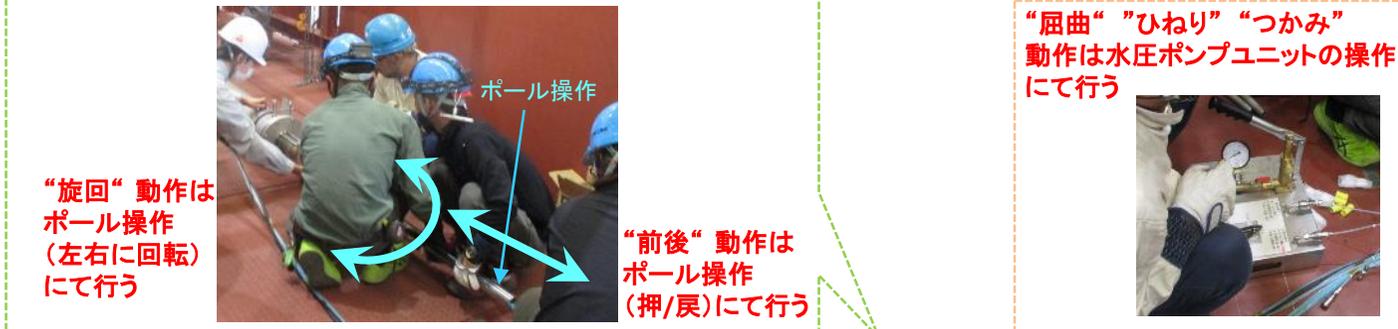


図79 ケーブル送り装置の洗浄試験状況

6.2.19 鉛毛マット除去装置の検討及び工場内検証試験状況

現地映像より調査装置走行ルート付近に鉛毛マットが存在するため(下図参照)、除去装置の検討を行い準備を進めた。鉛毛マット除去装置の構造を以下に示す。



調査装置走行ルート付近に鉛毛マットが存在
図80 現地状況(鉛毛マット周辺)

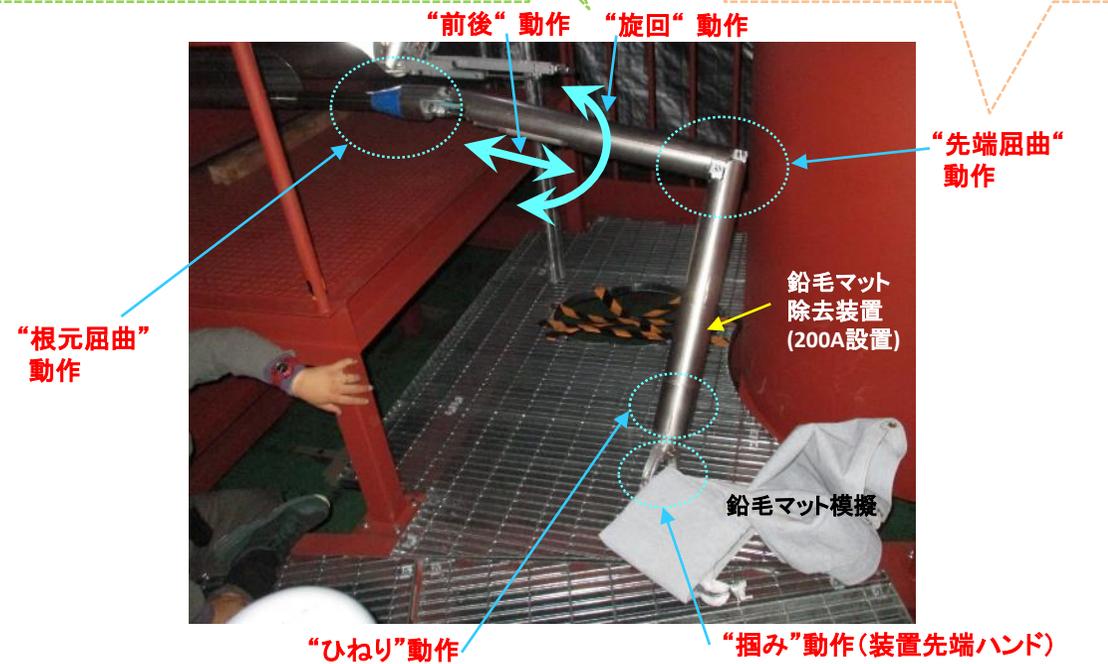


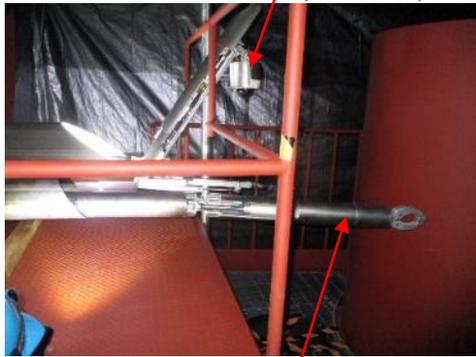
図81 鉛毛マット除去装置の構造

6.2.19 鉛毛マット除去装置の検討及び工場内検証試験状況

鉛毛マット除去装置の試験状況を以下に示す。
 監視カメラ映像にて鉛毛マットを把持して持ち上げ移動可能(10kg迄)であることを確認した。
 現地では、鉛毛マットが固着して把持不可の可能性もあるため、その場合には鉛毛マットを押し出して走行ルート上から除去する等の対応を行う計画である。
 このため実機相当の鉛毛マット(高温で溶かした模擬品)を準備し、モックアップ試験で確認を行う。



監視カメラ(350A設置)



鉛毛マット除去装置(200A設置)



鉛毛マット把持



鉛毛マット把持し持ち上げ(10kgまで可能)



鉛毛マットを走行ルート外へ移動

図82 鉛毛マット除去装置の試験状況

6.2.20 鉛毛マット除去装置のモックアップ試験状況

実機相当の鉛毛マット(高温で溶かした模擬品(※1))を準備し、試験設備に配置して除去試験を行った。

①奥側の鉛毛マット(PLR配管右横)

作業に支障がでないエリアに鉛毛マットを移動することが可能であった。

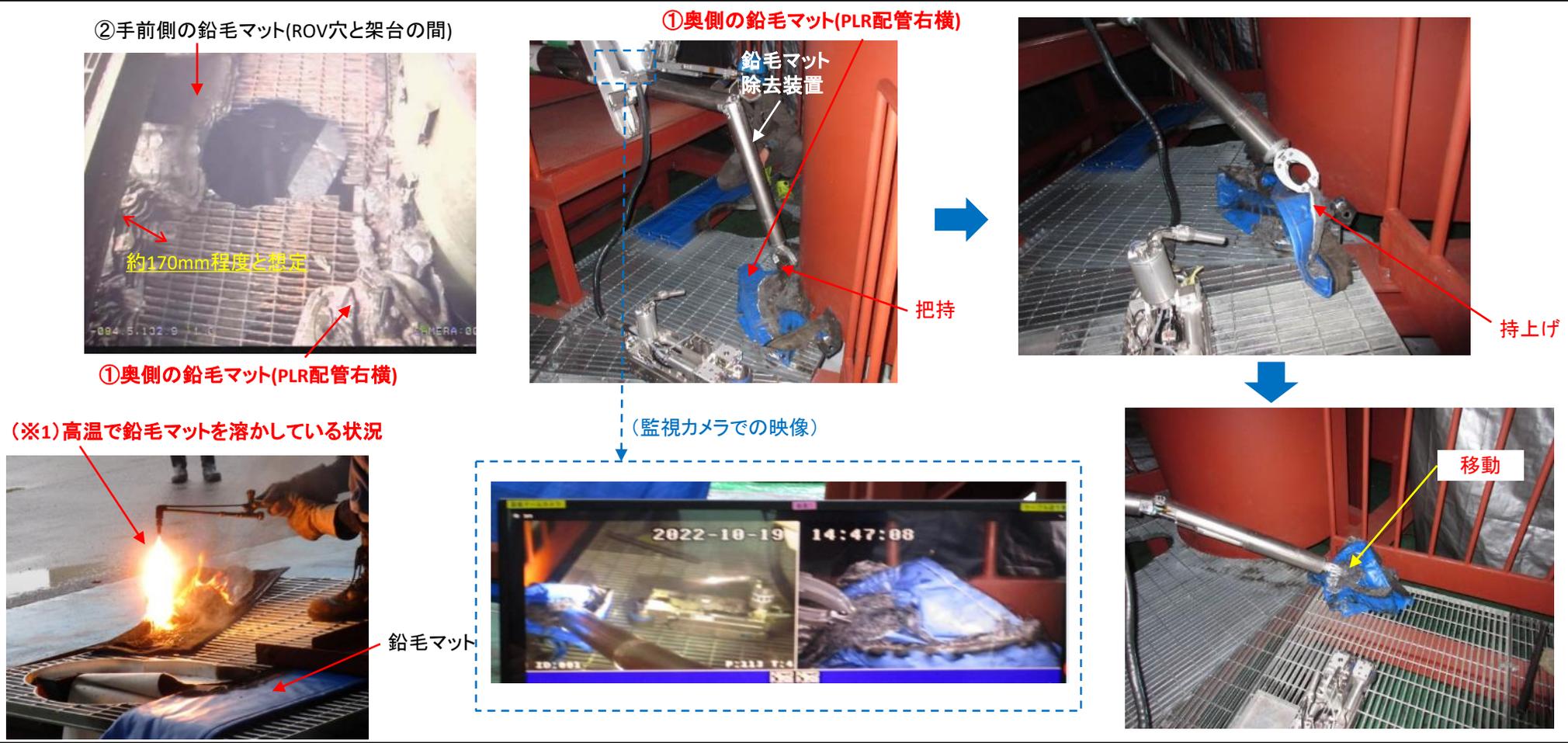


図83 鉛毛マット除去装置のモックアップ試験状況(1/2)

6.2.20 鉛毛マット除去装置のモックアップ試験状況

②手前側の鉛毛マット(ROV穴と架台の間)

鉛毛マットの除去装置のアーム長の関係から鉛毛マットを掴むのが困難であり、仮に掴めても作業に支障がないエリアに鉛毛マットを移動するための装置剛性(作業者のポール操作)が無いことを確認した。

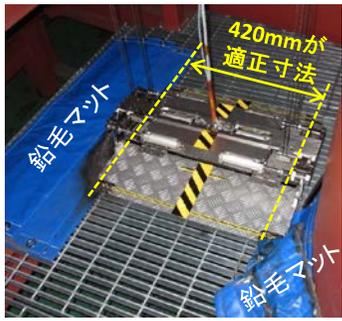
⇒本エリアの鉛毛マットの除去に失敗しROV穴から地下階に落とすリスクも有るため、本エリアの鉛毛マット除去は実施しない方針とする。代替として、穴カバー大きさを見直し(※1)、鉛毛マットに掛からないようにする。

②手前側の鉛毛マット(ROV穴と架台の間)



①奥側の鉛毛マット(PLR配管右横)

(※1)穴カバーの見直し



アーム長の関係から真下の鉛毛マットを掴みづらい



作業者のポールひねり操作で鉛毛マットを移動できない

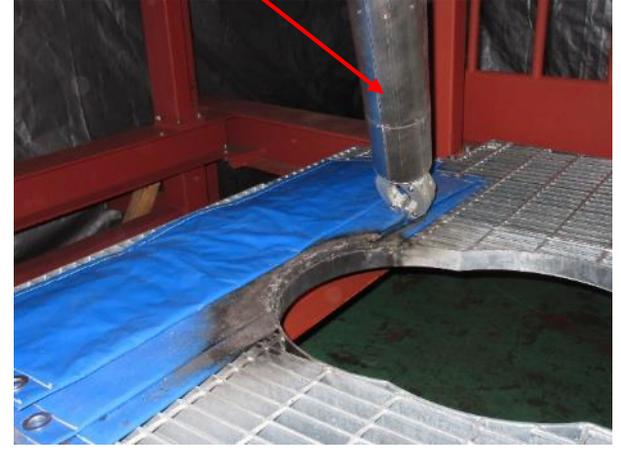


図84 鉛毛マット除去装置のモックアップ試験状況(2/2)

6.2.21 手摺切断装置の検討及びモックアップ試験状況

PCV 内架台に手摺(250A)が存在する状態で、ケーブル送り装置をインストール可能なことは確認しているが、現地の手摺～ガイドパイプ間の距離が想定以下(560 mm 以下)の場合、ケーブル送り装置をインストールできない可能性がある。そのため、リスク対策として手摺切断装置を準備し、手摺切断を実施した。

手摺周辺状況は以下、切断状況は次紙に示す。

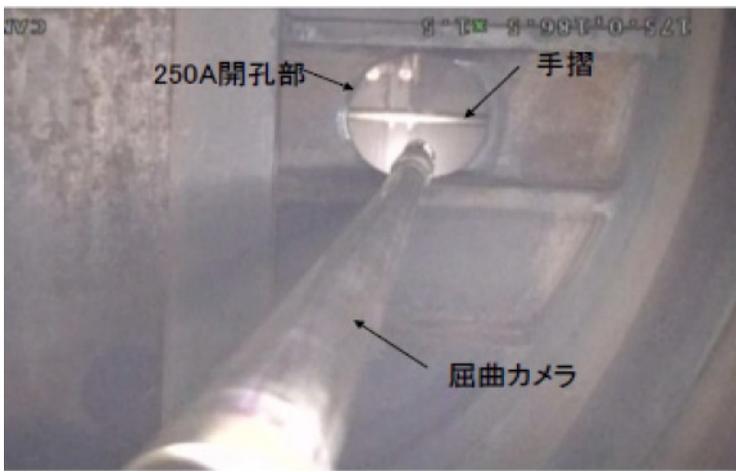


図85 手摺周辺の現地状況

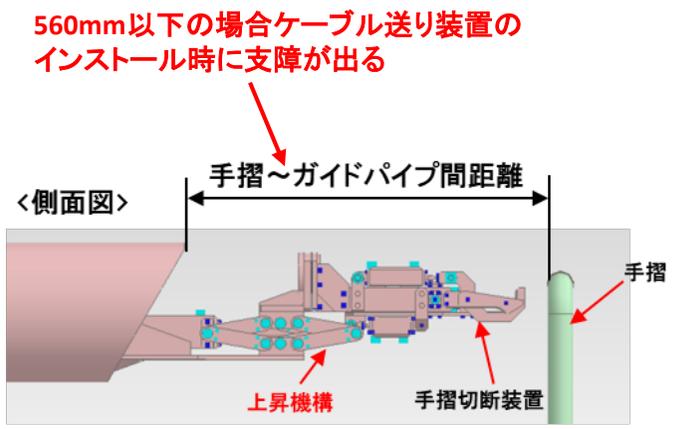


図86 250A手摺周辺概要



図87 250A手摺切断範囲

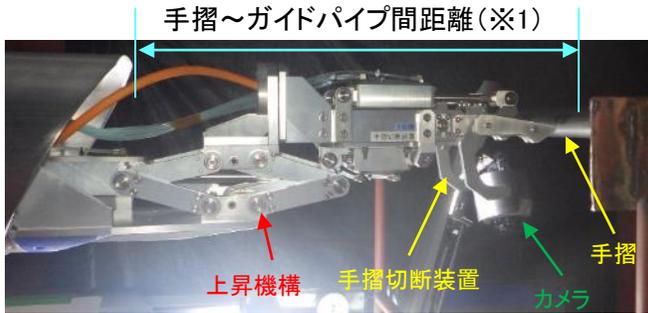
6.2.21 手摺切断装置の検討及びモックアップ試験状況

ガイドパイプから手摺間の距離が560 mm(設計値)からそれ以下の500 mmでも切断可能であることを確認した。切断は窒素を駆動源としたレシプロソーで、供給圧力1.0Mpaにて約30分で切断可能であることを確認した。手摺切断試験状況を以下に示す。

表68 手摺切断試験状況

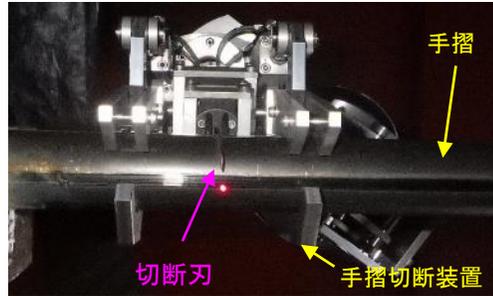
手摺～ガイドパイプ間距離(※1)	550 mm (ケース1)	500 mm (ケース2)
手摺切断可否	○(切断可能)	○(切断可能)

【切断時のカメラ映像】

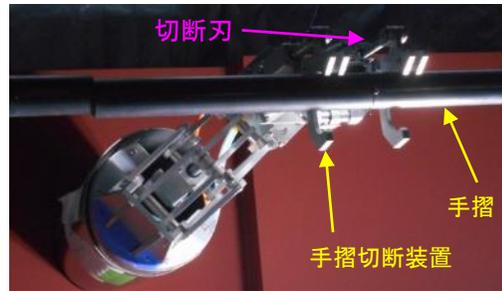


① 手摺手前まで切断装置押出し

【(装置から見て)右方向の手摺切断】



【(装置から見て)右方向の手摺切断】



② 切断装置上昇



④ 切断完了

③ 手摺を把持し手摺切断

6.3 モックアップ試験の成果

(1) 試験目的

工場内検証試験により、ペDESTAL内調査の現場作業における工法および装置の課題抽出を行い、対策（装置の改良、手順の改善、リスクの抽出、等）を検討した。

モックアップ試験では、工場内検証試験で検討した対策の検証をワンスルーで確認し、工法（装置、手順、リスク対策）および必要人員・作業員の被ばく量評価を行った。評価結果を次紙以降に示す。

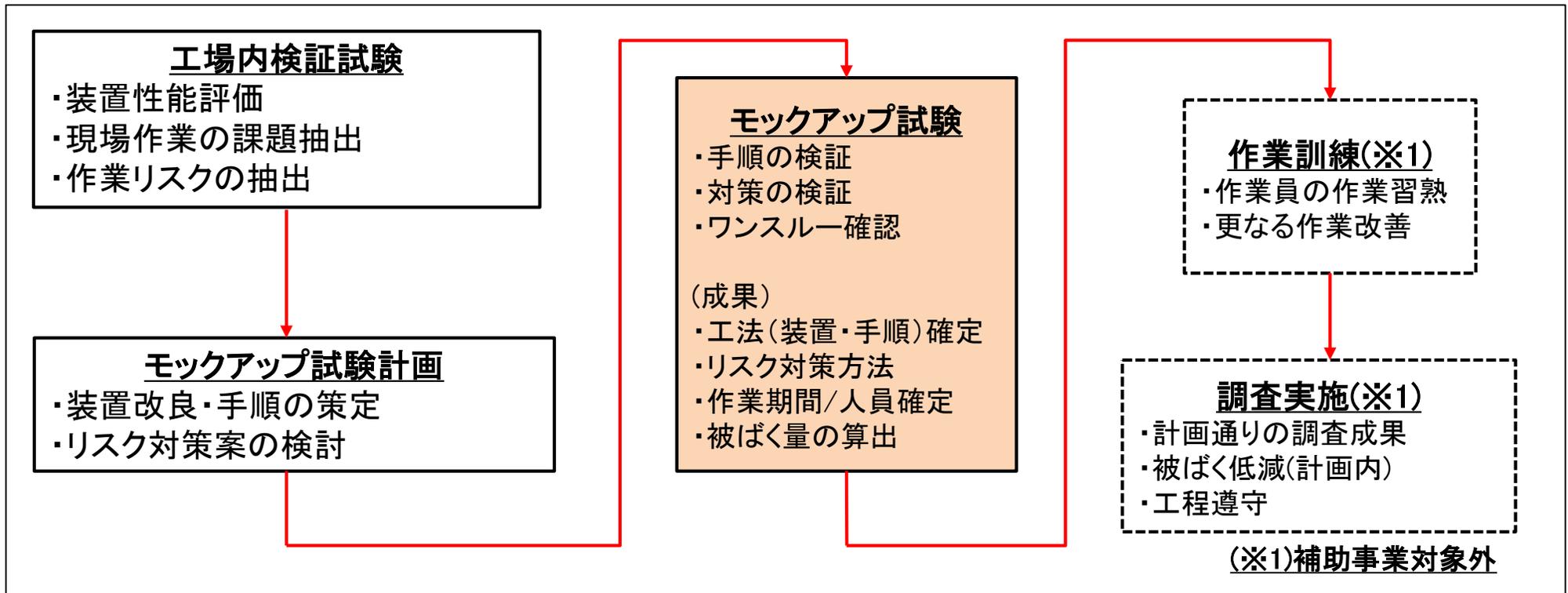


図88 試験目的

6.3 モックアップ試験の成果

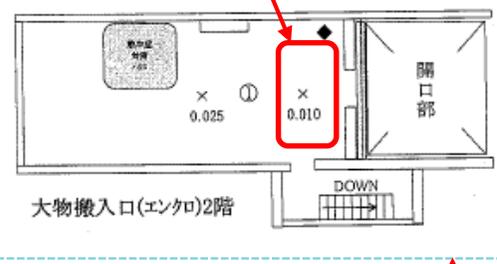
(2) 被ばく量の算出(現場作業の雰囲気線量)

被ばく量(作業員)算出に際しては、現場作業を行う1F-1R/Bエアロック室周辺雰囲気線量から算出した。

※装置インストール/走行時は□
エリアでの作業が主である
ため本エリアの平均値とした

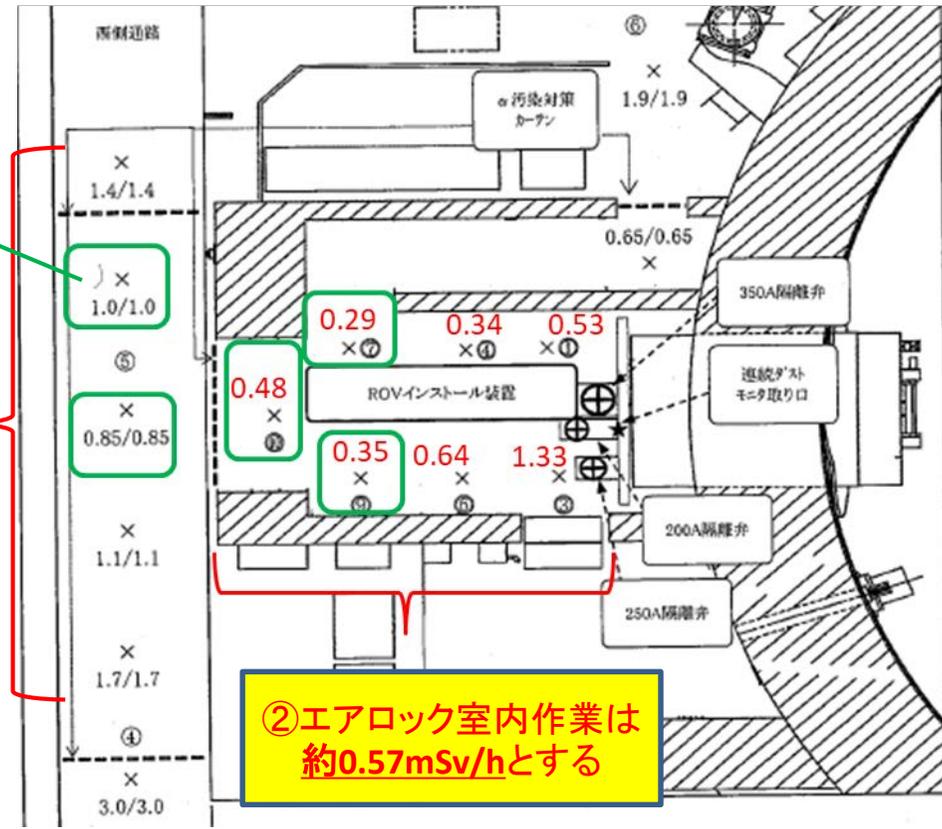
③装置インストール/走行
は約0.6mSv/hとする

※装置オペレータはエンクロ2階での
作業を想定しているが、低線量の
ため被ばく評価からは除外とする
(1日作業した場合でも、 $0.01 \times 8時間 = 0.08mSv/h$)



①西側通路作業は
約2mSv/hとする

エンクロ2階
(指示室)



単位:mSv/h
位置:床上1.2m
結果:図中参照
備考: $\gamma/\beta+\gamma$

②エアロック室内作業は
約0.57mSv/hとする

図89 エアロック室周辺線量情報(2021年12月14日測定)

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(1/13)

モックアップ試験で検証/確立した作業手順での作業時間、人員を下表に示す。モックアップ試験の実績を基に現地での想定被ばく量及び必要人員・班数・日数を算出した。

表69 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(スロープ・吊架構・ α 汚染ハウス設置作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
1	調査装置用機器(エアユニット・制御盤)を西側通路奥へ搬入	5分	5人	西側通路(2mSv/h):10分	1.7	3.4人以上	1班	3日
2	スロープ設置	80分	5人	西側通路(2mSv/h):160分	26.7	54人以上	9班	
3	ケーブル送り装置機器(制御盤)をエアロック室内へ搬入	5分	3人	西側通路(2mSv/h):5分 エアロック室(0.57mSv/h):5分	0.64	1.4人以上	1班	
4	α 汚染対策ハウス(奥側用)をエアロック室内へ設置	35分	6人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):60分	5.42	11人以上	2班	
5	吊架構、 α 汚染対策ハウス(手前用)、局所排風機をエアロック室内へ設置	100分	7人	西側通路(2mSv/h):30分 エアロック室(0.57mSv/h):170分	18.3	37人以上	7班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(2/13)

表70 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(手摺切断作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業者1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
6	屈曲ドームカメラ用チャンバ搬入・エアロック室内へ設置(200A)	30分	6人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):50分	4.85	9.8人以上	2班	2日
7	手摺切断装置用チャンバ搬入・エアロック室内へ設置(250A)	30分	6人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):50分	4.85	9.8人以上	2班	
8	屈曲ドームカメラ用チャンバ(200A)、手摺切断装置用チャンバ(250A)の漏えい確認	25分	5人	エアロック室(0.57mSv/h):50分	2.4	4.8人以上	1班	
9	西側通路(スロープ上エアロック室前)にモニタ類設置、ケーブル類接続	40分	6人	西側通路(2mSv/h):50分 エアロック室(0.57mSv/h):30分	11.73	23.5人以上	4班	
10	屈曲ドームカメラをPCV内ヘインストール(250A)	50分	6人	装置インストール/走行(0.6mSv/h):100分	6	12人以上	2班	
11	手摺切断装置をPCV内ヘインストール及び手摺切断作業(250A)	60分	6人	装置インストール/走行(0.6mSv/h):120分	7.2	14.4人以上	3班	
12	手摺切断装置をPCV内からアンインストール(250A)	20分	6人	装置インストール/走行(0.6mSv/h):40分	2.4	4.8人以上	1班	
13	屈曲ドームカメラをPCV内からアンインストール(200A)	10分	7人	装置インストール/走行(0.6mSv/h):20分	1.4	2.8人以上	1班	
14	手摺切断装置用チャンバを取外し、搬出(250A)	20分	6人	西側通路(2mSv/h):5分 エアロック室(0.57mSv/h):55分	4.16	8.4人以上	2班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(3/13)

表71 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(鉛毛マット除去作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②)×③	⑤(=④/0.5)		
15	屈曲ドームカメラ用チャンバ(200A)取外し、350A横に仮置	10分	6人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	1.14	2.3人以上	1班	3日
16	ケーブル送り装置用シールボックス(ケーブルドラム一体型)を搬入・エアロック室内へ設置(250A)	30分	5人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):50分	4.1	8.2人以上	2班	
17	鉛毛マット除去装置用チャンバ搬入・エアロック室内へ設置(200A)	25分	6人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):40分	4.32	8.7人以上	2班	
18	350A横に仮置していた屈曲ドームカメラ用チャンバを設置(350A)	20分	6人	エアロック室(0.57mSv/h):40分	2.28	4.6人以上	1班	
19	屈曲ドームカメラ用チャンバ(350A)、鉛毛マット除去装置用チャンバ(200A)、ケーブル送り装置(250A)の漏えい確認	25分	5人	エアロック室(0.57mSv/h):50分	2.38	4.8人以上	1班	
20	ケーブル類接続	30分	6人	エアロック室(0.57mSv/h):60分	3.42	6.9人以上	2班	
21	屈曲ドームカメラをPCV内へインストール(350A)	35分	6人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):70分	4.2	8.4人以上	2班	
22	ケーブル送り装置をPCV内へインストール(250A)	45分	8人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):90分	7.2	14.4人以上	3班	
23	鉛毛マット除去装置をPCV内へインストール及び鉛毛マット除去作業(200A)	65分	9人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):130分	11.7	23.4人以上	6班	
24	鉛毛マット除去装置をPCV内からアンインストール(200A)	5分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):10分	0.5	1人以上	1班	
25	屈曲ドームカメラをPCV内からアンインストール(350A)	10分	7人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):20分	1.4	2.8人以上	1班	
26	屈曲ドームカメラ用チャンバ(350A)取外し、350A横に仮置	10分	6人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	1.14	2.3人以上	1班	
27	鉛毛マット除去装置用チャンバを取外し、搬出(200A)	10分	6人	西側通路(2mSv/h):5分 エアロック室(0.57mSv/h):15分	1.86	3.8人以上	1班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(4/13)

表72 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(穴カバー設置作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				想定日数
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
28	350A横に仮置していた屈曲ドームカメラ用チャンバを設置(200A)	10分	6人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	1.14	2.3人以上	1班	2日
29	穴カバー設置装置用シールボックス搬入・エアロック室内へ設置(350A)	30分	7人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):50分	5.66	11.3人以上	2班	
30	屈曲ドームカメラ用チャンバ(200A)、穴カバー設置装置シールボックス(350A)の漏えい確認	20分	5人	エアロック室(0.57mSv/h):40分	1.9	3.8人以上	1班	
31	屈曲ドームカメラをPCV内へインストール(200A)	35分	6人	装置インストール/走行(0.6mSv/h):70分	4.2	8.4人以上	1班	
32	穴カバー設置装置をPCV内へインストール及び穴カバー設置作業(350A)	70分	8人	装置インストール/走行(0.6mSv/h):140分	11.2	22.4人以上	4班	
33	穴カバー設置装置をPCV内からアンインストール(350A)	10分	5人	装置インストール/走行(0.6mSv/h):20分	1	2人以上	1班	
34	屈曲ドームカメラをPCV内からアンインストール(200A)(チャンバ内へカメラ引き込み状態へ)	10分	7人	装置インストール/走行(0.6mSv/h):20分	1.4	2.8人以上	1班	
35	穴カバー設置装置用シールボックスを取外し、搬出(350A)	20分	6人	西側通路(2mSv/h):5分 エアロック室(0.57mSv/h):35分	3	6.0人以上	1班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(5/13)

表73 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(1号機の調査装置インストール作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
36	【1号機:放射線センサ用】調査装置ケーブル切断用グローブボックス搬入、エアロック室内350A左側へ仮置き(緊急時のケーブル切断時のみ使用)	3分	1人	西側通路(2mSv/h):4分 エアロック室(0.57mSv/h):2分	0.16	0.4人以上	1班	3日
37	【1号機】調査装置用ケーブルドラム搬入、エアロック室で吊上げ(350A)	20分	7人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):30分	4.33	8.7人以上	2班	
38	【1号機】調査装置用シールボックス搬入、エアロック室で吊上げ(350A)	15分	7人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):20分	3.76	7.5人以上	2班	
39	【1号機】調査装置用シールボックスとケーブルドラム組付け(350A)	35分	8人	エアロック室(0.57mSv/h):70分	5.32	10.7人以上	2班	
40	【1号機】調査装置用シールボックスとケーブルドラム組付け後の単体漏えい確認(350A)	10分	7人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	1.33	2.7人以上	1班	
41	【1号機】調査装置用シールボックスのフランジ接続(350A)	30分	2人	エアロック室(0.57mSv/h):60分	1.14	2.3人以上	1班	
42	【1号機】調査装置用シールボックスとケーブルドラムのフランジ部漏えい確認(350A)	10分	5人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	0.95	1.9人以上	1班	
43	【1号機】調査装置制御盤等のケーブル接続	30分	8人	西側通路(2mSv/h):20分 エアロック室(0.57mSv/h):40分	8.4	16.8人以上	3班	
44	【1号機】調査装置動作確認およびインストール準備(グローブボックス)作業	25分	3人	エアロック室(0.57mSv/h):50分	1.43	2.9人以上	1班	
45	【1号機】調査装置装置をPCV内へインストール(350A)	30分	8人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):60分	4.8	9.6人以上	2班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(6/13)

表74 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(1号機での調査作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業者1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
46	【1号機】調査装置をエアロック前から残置B1装置前まで走行(途中でのケーブル送り装置でのケーブル跨ぎ作業含)	25分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 50分	2.5	5人以上	1班	4日
47	【1号機】調査装置の伸長ロッドを1m伸ばし残置B1装置乗越前の周辺確認、終了後ロッド収縮	15分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 30分	1.5	3人以上	1班	
48	【1号機】調査装置を前進走行し残置B1装置乗越	15分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 30分	1.5	3人以上	1班	
49	【1号機】調査装置の伸長ロッドを伸ばし残置B1装置乗越後の周辺確認(5mロッド伸長)、終了後ロッド収縮	20分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 40分	2	4人以上	1班	
50	【1号機】調査装置をCRD開口前まで前進走行	20分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 40分	2	4人以上	1班	
51	【1号機】調査装置の伸長ロッドを伸ばしペDESTAL内を調査(1~5mロッド伸長)、終了後ロッド収縮	40分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 120分【調査作業のためMUの3倍想定とする】	6	12人以上	2班	
52	【1号機】調査装置をCRD開口前~残置B1装置前までバック走行	10分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 20分	1	2人以上	1班	
53	【1号機】調査装置をバック走行し残置B1装置乗越	5分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 10分	0.5	1人以上	1班	
54	【1号機】調査装置をエアロック前までバック走行	10分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 20分	1	2人以上	1班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数) (7/13)

表75 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(調査装置1号機の洗浄及びアンインストール作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
55	【1号機】調査装置洗浄	20分	7人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 40分	2.8	5.6人以上	1班	1日
56	【1号機】調査装置装置をPCV内からアンインストール、グローブボックス作業(350A)	30分	8人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 60分	4.8	9.6人以上	2班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(8/13)

表76 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(調査装置1号機⇒2号機入替及びインストール作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
57	【1号機】調査装置制御盤等のケーブル解線	15分	6人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):20分	3.14	6.3人以上	2班	3日
58	【1号機】調査装置用シールボックスのフランジ接続切り離し(350A)	10分	4人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	0.76	1.6人以上	1班	
59	【1号機】調査装置用シールボックスとケーブルドラム切り離し、シート養生(350A)	30分	6人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	1.14	2.3人以上	1班	
60	【1号機】ケーブルドラム吊上げ、調査装置用シールボックス搬出(350A)	20分	7人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):30分	4.32	8.6人以上	2班	
61	【1号機】ケーブルドラム搬出(350A)	10分	7人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):10分	3	6.0人以上	1班	
62	【2号機:点群データセンサ用】調査装置用ケーブルドラム搬入、エアロック室で吊上げ(350A)	20分	7人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):30分	4.41	8.9人以上	2班	
63	【2号機】調査装置用シールボックス搬入、エアロック室で吊上げ(350A)	15分	7人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):20分	3.71	7.5人以上	2班	
64	【2号機】調査装置用シールボックスとケーブルドラム組付け(350A)	35分	8人	エアロック室(0.57mSv/h):70分	5.32	10.7人以上	2班	
65	【2号機】調査装置用シールボックスとケーブルドラム組付け後の単体漏えい確認(350A)	10分	7人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	1.33	2.7人以上	1班	
66	【2号機】調査装置用シールボックスのフランジ接続(350A)	30分	2人	エアロック室(0.57mSv/h):60分	1.14	2.3人以上	1班	
67	【2号機】調査装置用シールボックスとケーブルドラムのフランジ部漏えい確認(350A)	10分	5人	エアロック室(0.57mSv/h):20分	0.95	1.9人以上	1班	
68	【2号機】調査装置制御盤等のケーブル接続	30分	8人	西側通路(2mSv/h):20分 エアロック室(0.57mSv/h):40分	8.4	16.8人以上	3班	
69	【2号機】調査装置動作確認およびインストール準備(グローブボックス)作業	25分	3人	エアロック室(0.57mSv/h):50分	1.43	2.9人以上	1班	
70	【2号機】調査装置装置をPCV内へインストール(350A)	30分	8人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):60分	4.8	9.6人以上	2班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(9/13)

表77 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(2号機での調査作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
71	【2号機】調査装置をエアロック前から残置B1装置前まで走行 (途中でのケーブル送り装置でのケーブル跨ぎ作業含)	25分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):50分	2.5	5人以上	1班	4日
72	【2号機】調査装置を前進走行し残置B1装置乗越	15分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):30分	1.5	3人以上	1班	
73	【2号機】調査装置の伸長ロッドを伸ばし残置B1装置乗越後の 周辺確認(5mロッド伸長)、終了後ロッド収縮	20分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):40分	2	4人以上	1班	
74	【2号機】調査装置をCRD開口前まで前進走行	20分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):40分	2	4人以上	1班	
75	【2号機】調査装置の伸長ロッドを伸ばしペDESTAL内を調査 (1~5mロッド伸長)、終了後ロッド収縮	40分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):120分【調査作業のためMUの3倍想定とする】	6	12人以上	2班	
76	【2号機】調査装置をCRD開口前~残置B1装置前までバック 走行	10分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):20分	1	2人以上	1班	
77	【2号機】調査装置をバック走行し残置B1装置乗越	5分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):10分	0.5	1人以上	1班	
78	【2号機】調査装置をエアロック前までバック走行	10分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):20分	1	2人以上	1班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(10/13)

表78 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(調査装置2号機の洗浄及びアンインストール作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
79	【2号機】調査装置洗浄	20分	7人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 40分	2.8	5.6人以上	1班	1日
80	【2号機】調査装置装置をPCV内からアンインストール、 グローブボックス作業(350A)	30分	8人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 60分	4.8	9.6人以上	2班	

表79 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(調査装置2号機の搬出作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
81	【2号機】調査装置制御盤等のケーブル解線	15分	6人	西側通路(2mSv/h): 10分 エアロック室(0.57mSv/h): 20分	3.14	6.2人以上	2班	2日
82	【2号機】調査装置用シールボックスのフランジ接続切り離し (350A)	10分	4人	エアロック室(0.57mSv/h): 20分	0.75	1.52人以上	1班	
83	【2号機】調査装置用シールボックスとケーブルドラム切り離し、 シート養生(350A)	30分	6人	エアロック室(0.57mSv/h): 60分	3.42	6.9人以上	2班	
84	【2号機】ケーブルドラム吊上げ、調査装置用シールボックス搬出 (350A)	20分	7人	西側通路(2mSv/h): 10分 エアロック室(0.57mSv/h): 30分	4.33	8.7人以上	2班	
85	【2号機】ケーブルドラム搬出(350A)	10分	7人	西側通路(2mSv/h): 10分 エアロック室(0.57mSv/h): 10分	3	6.0人以上	1班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(11/13)

表80 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(穴カバー回収作業)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
86	穴カバー設置装置用シールボックス搬入・エアロック室内へ設置(350A)	30分	7人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):50分	5.66	11.3人以上	2班	2日
87	穴カバー設置装置シールボックス(350A)の漏えい確認	5分	5人	エアロック室(0.57mSv/h):10分	0.48	1人以上	1班	
88	穴カバー設置装置をPCV内へインストール及び穴カバー回収作業(350A)	25分	7人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):50分	3.5	7人以上	2班	
89	穴カバー設置装置をPCV内からアンインストール(350A)	10分	5人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h):20分	1	2人以上	1班	
90	穴カバー設置装置用シールボックスを取外し、搬出(350A)	20分	6人	西側通路(2mSv/h):10分 エアロック室(0.57mSv/h):30分	3.71	7.4人以上	2班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(12/13)

表81 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(ケーブル送り装置洗浄及び回収作業)

	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
91	ケーブル送り装置洗浄	15分	7人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 30分	2.1	4.2人以上	1班	2日
92	ケーブル送り装置をPCV内へアンインストール(250A)	20分	8人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 40分	3.2	6.4人以上	2班	
93	ケーブル送り装置用シールボックスを取外し、搬出(250A)	20分	7人	西側通路(2mSv/h): 10分 エアロック室(0.57mSv/h): 30分	4.33	8.7人以上	2班	

表82 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(屈曲ドームカメラ回収作業)

No.	96	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
94	屈曲ドームカメラをPCV内からアンインストール(200A)	15分	7人	装置インストール/走行 (0.6mSv/h): 30分	2.1	4.2人以上	1班	1日
95	屈曲ドームカメラ用チャンバを取外し、搬出(200A)	15分	6人	西側通路(2mSv/h): 5分 エアロック室(0.57mSv/h): 25分	2.57	5.1人以上	1班	

6.3 モックアップ試験の成果

(2) 被ばく量の算出(各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数)(13/13)

表83 モックアップ試験での作業実績と想定被ばく量(盤関係搬出、 α 汚染ハウス・吊架構解体搬出、スロープ撤去)

No.	作業内容	MU試験		現地での作業想定				
		時間	人員	エリア:時間	被ばく量(mSv)	必要人員 (作業員1人当たり0.5mSv)	必要班数 (1班6名)	想定 日数
		①	②	③(=①×2(MUの2倍想定))	④(=②×③)	⑤(=④/0.5)		
96	ケーブル送り装置機器(制御盤)をエアロック室内から搬出、モニタラック、ケーブル類の解体・搬出	20分	3人	西側通路(2mSv/h): 15分 エアロック室(0.57mSv/h): 25分	2.57	5.1人以上	1班	3日
97	α 汚染ハウス解体、吊架構解体・搬出	70分	10人	西側通路(2mSv/h): 30分 エアロック室(0.57mSv/h): 110分	20.5	41人以上	7班	
98	スロープ撤去	35分	5人	西側通路(2mSv/h): 70分	11.67	23.4人以上	4班	
99	調査装置用機器(エアユニット・制御盤)を西側通路奥から搬出	10分	3人	西側通路(2mSv/h): 20分	2	4人以上	1班	

6.3 モックアップ試験の成果

(3) 現地工程

各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数を基にした現地工程を以下に示す。

表84 現地工程案(1/2)

調査装置号機	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	32
-	【①動作確認】 ・Tタウンでの各装置動作確認																															
-	【②エリア区画作業】 ・エアロック室、西側通路養生作業 ・遮隔壁準備 ・電源準備 ・機材受入																															
-	【③スロープ・吊架構設置】 ・スロープ設置 ・吊設備設置 ・α対策ハウス																															
-	【④手摺切断】 ・手摺切断装置取付(250A) ・屈曲カメラ取付(350A) ・アンカー打設 ・各装置耐圧 ・250A手摺切断 ・手摺切断装置搬出(250A)																															
-	【⑤鉛マット除去】 ・ケーブル送り装置取付(250A) ・鉛マット除去装置取付(200A) ・アンカー打設 ・各装置耐圧 ・ケーブル送り装置インストール ・鉛マット撤去																															
-	【⑥穴カバー設置】 ・屈曲カメラ移設(350A⇒200A) ・穴カバー装置取付(350A) ・アンカー打設 ・装置耐圧 ・屈曲カメラインストール ・穴カバー設置 ・穴カバー装置搬出(350A)																															

6.3 モックアップ試験の成果

(3) 現地工程

各作業ステップ毎の被ばく量と必要作業班体制(案)、想定日数を基にした現地工程を以下に示す。

表85 現地工程案(2/2)

調査装置号機		33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
1号機	【⑦調査装置設置インストール】																			
	・ケーブルドラム搬入																			
	・調査装置SB搬入																			
	・調査装置SB/ケーブルドラム組付け																			
	・調査装置SB/ケーブルドラム取付(350A)																			
	・アンカー打設																			
	・耐圧確認																			
・調査装置インストール																				
1号機	【⑧南側放射線計測】ペDESTAL内調査																			
1号機	【⑨調査装置洗浄・アンインストール】																			
	・装置洗浄																			
	・調査装置アンインストール																			
入替	【⑩調査装置1号機⇒2号機入替】																			
	・窒素置換																			
	・調査装置SB/ケーブルドラム切離し																			
	・1号機調査装置SB搬出																			
	・1号機ケーブルドラム搬出																			
	・2号機ケーブルドラム搬入																			
	・2号機調査装置SB搬入																			
	・調査装置SB/ケーブルドラム組付け																			
	・調査装置SB/ケーブルドラム取付(350A)																			
	・耐圧確認																			
・調査装置インストール																				
2号機	【⑪南側点群計測】ペDESTAL内調査																			
2号機	【⑫調査装置洗浄・アンインストール】																			
	・調査装置洗浄																			
	・調査装置アンインストール																			
-	【⑬調査装置搬出】																			
	・窒素置換																			
	・調査装置SB/ケーブルドラム切離し																			
	・2号機調査装置SB搬出																			
	・2号機ケーブルドラム搬出																			

6.3 モックアップ試験の成果

(4) まとめ

モックアップ試験成果を以下に示す。今後実施予定の“作業訓練”、“現地調査”に必要な仕様の検討が完了した。

表86 モックアップ試験成果まとめ

確認項目	モックアップ試験成果	備考
調査装置・調査付帯装置仕様	調査装置・調査付帯装置仕様が確定した。	6.2.3～21項参照
現地調査作業手順	現場環境や作業リスクを考慮し、適切な作業手順を決定した。	6.3項(1)～(3)参照 各種検討を実施した
作業員被ばく量	各作業の作業時間、作業人員、エリア雰囲気線量から想定被ばく量を算出した。	
作業人員／作業班体制	想定被ばく量から必要な作業人員、作業班体制を算出した。	
作業工程	現地調査作業工程を算出した。	

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

(1)目的

ペDESTAL内調査装置及び付帯装置に使われる電子機器(カメラ他)について(2)の内容を検証する。

(2)試験内容

1)カメラ映像確認試験(ノイズ確認)

PCV内(8Gy/h)、ペDESTAL内(100Gy/h)環境下でペDESTAL内調査装置等に使用される電子機器(カメラ)が調査に耐えうる映像状況であるか検証する。

2)電子機器(カメラ等)耐放射線性確認試験

ペDESTAL内調査装置等に使用される電子機器(カメラ他)の耐放射線性を試験で確認し、モックアップ試験結果から算出した現地工程案(6.3(3))に対し、ペDESTAL内調査装置の耐放射線性が十分であるか検証する。

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

(3)耐放射線性確認対象機器

ペDESTAL内調査で使用する装置のカメラ、モータ等や付帯装置で使用する耐放射線性対象機器を以下に示す。

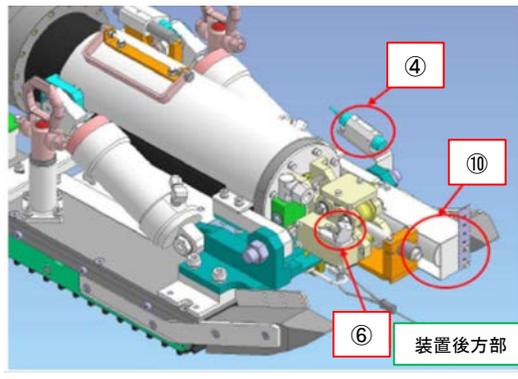
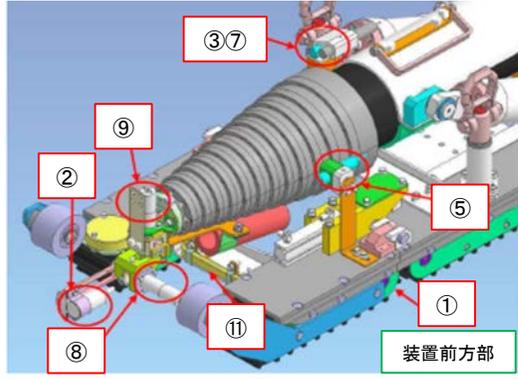


図90 対象機器(調査装置前方面部)

図91 対象機器(調査装置後方面部)



図92 対象機器(手摺切断装置)



図93 対象機器(屈曲ドームカメラ)

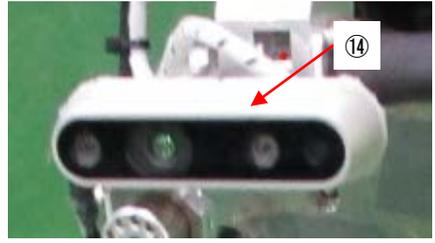


図94 対象機器(点群データセンサ)

表87 耐放射線性確認対象機器名

No	品名	型式・仕様	No	品名	型式・仕様
①	クローラ用モータ	RE25、ギアヘッド、DCタコ	⑧	チルト用モータ	TG-101C-GU-300
②	調査用カメラ	Φ20LED付CMOSカメラ	⑨	パン用モータ	
③	ロッド伸長方向カメラ	Φ13LED付CMOSカメラ	⑩	先端ケーブル送りモータ	TG85E-SU-114-KA
④	後方監視カメラ		⑪	LEDテープライト	TL-09-090A50K-L138
⑤	前方監視カメラ	Φ8LED付CMOSカメラ	⑫	切断監視カメラ	手摺切断監視
⑥	ロッド伸長量監視カメラ		⑬	屈曲ドームカメラ	作業監視用
⑦	レーザーポインタ	LMA-A12-515-3	⑭	点群センサ	Realsense D435

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

(4)ペDESTAL内調査における調査装置の想定集積線量(モックアップ試験結果を基にした改訂1)

モックアップ試験結果を基に、調査装置のPCV内作業時間、PCV内の線量率から電子機器が受けるガンマ線の集積線量を以下のように想定する。

ペDESTAL内 CRD開口

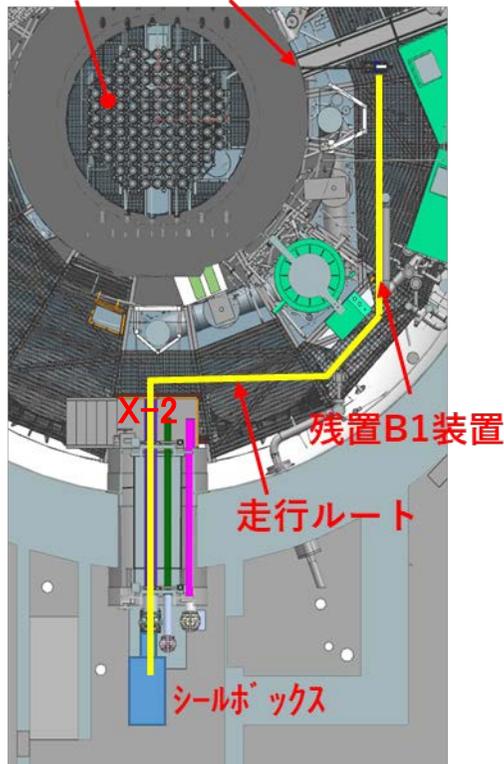


図95 ペDESTAL内調査ルート(想定)

表88ペDESTAL内調査時間、線量率(推定)

No	項目	作業時間 (hr)	線量率 (Gy/h)	集積線量 (Gy)
1	インストール	1⇒1	1	1⇒1
2	X-2～残置B1調査装置	0.5⇒0.8	8(※1)	4⇒6.4
3	残置B1調査装置近傍調査	0.5⇒1.0	8(※1)	4⇒4
4	残置B1調査装置～CRD開口	1⇒1.3	8(※1)	8⇒10.4
5	ペDESTAL内調査	1～2⇒1	100(※2)	100～ 200⇒100
6	帰路	3⇒1.8	8(※1)	24⇒14.4
7	PCV内待機時間	89	8	712

合計: 848.2Gy

※1: B1調査計測値(2015/04計測)

※2: 推定値

計画時では推定線量140～240Gyを想定していたが、調査装置の耐放射線性は850Gy以上必要

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

- (5)ペDESTAL内調査における手摺切断装置、屈曲ドームカメラの想定集積線量
 (4)と同様に屈曲ドームカメラ、手摺切断装置監視カメラについても評価を実施した。

表89 ペDESTAL内調査時間、線量率(手摺切断装置、屈曲ドームカメラ)

No	作業内容	時間(h)	線量率(Gy/h)	集積線量(Gy/h)	想定日数
10	屈曲ドームカメラをPCV内へインストール(250A)	1	1	13.3	1日
11.12	手摺切断装置インストール～手摺切断アンインストール	2.7	8	21.3	
13	屈曲ドームカメラをPCV内からアンインストール(200A)	0.3	1	2.6	
22	ケーブル送り装置をPCV内へインストール(250A)	1.5	1	1.5	1日
23.24	鉛毛マット除去装置インストール～アンインストール	2.3	8	18.6	
25	屈曲ドームカメラをPCV内からアンインストール	0.3	1	0.3	
31	屈曲ドームカメラをPCV内へインストール(200A)	1.2	1	1.2	3日
32	穴カバー設置装置インストール～アンインストール	2.7	8	21.4	
34	屈曲ドームカメラをPCV内からアンインストール(200A)(チャンバ内へカメラ引き込み状態へ)	68.2	1	68	
45	調査装置装置をPCV内へインストール(350A)	1	1	1	4日
46～50	調査装置をエアロック前からCRD開口まで走行	0.8	8	22.7	
52～55	調査装置をCRD開口前～装置洗浄	0.3	8	12	
56	調査装置装置をPCV内からアンインストール、グローブボックス作業(350A)	1	1	8	
	PCV内の待機時間(4日間から上記時間を除く)	88.7	1	89	-

切断装置
計 23.9Gy

屈曲ドームカメラ
280Gy

切断装置監視カメラの耐放射線性は24Gy、
 屈曲ドームカメラの耐放射線性は280Gy以上必要

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

(6)カメラ映像確認試験(ノイズ確認)

1)試験条件

①雰囲気線量

表88 ペDESTAL内調査時間、線量率(想定)からペDESTAL内100Gy、ペDESTAL外8Gy/hとして照射線量を設定した。(図96作業時の雰囲気線量)

②判定基準

図97のチャートを用い、映像上でノイズ有無、画面の乱れの有無を確認した。

③対象機器

表87中の②調査用カメラ(100Gy/h)、④⑤前後方向監視カメラ(10Gy/h)、⑫切断監視カメラ(10Gy/h)、⑬屈曲ドームカメラ(10Gy/h)

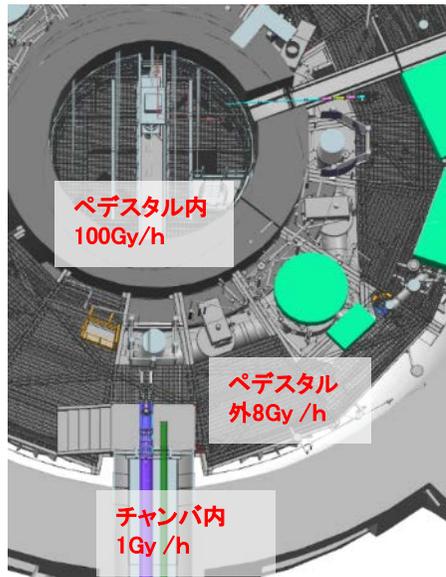


図96 作業時の雰囲気線量

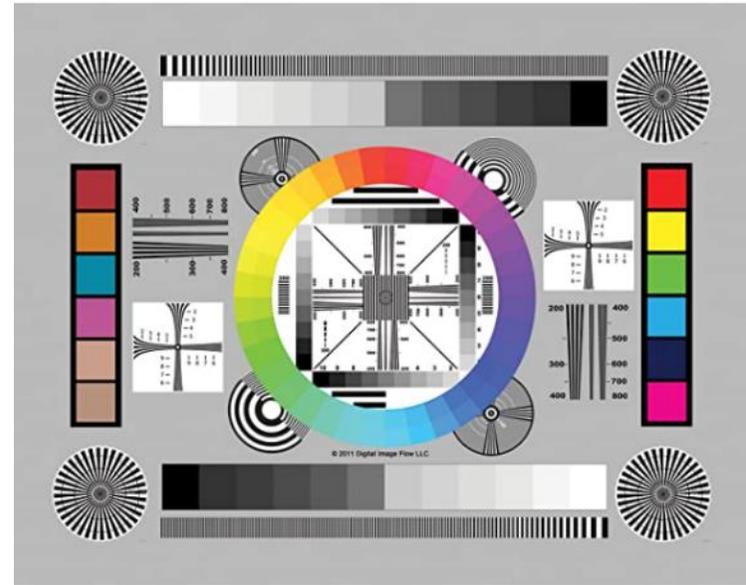


図97 映像確認チャート(ISO12233)

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

(6)カメラ映像確認試験(ノイズ確認)

2) 試験結果

10Gy/h雰囲気においては、ノイズが若干確認されるが視認性に問題なし。100Gy/h雰囲気においては、ノイズ影響が大きい結果となった。

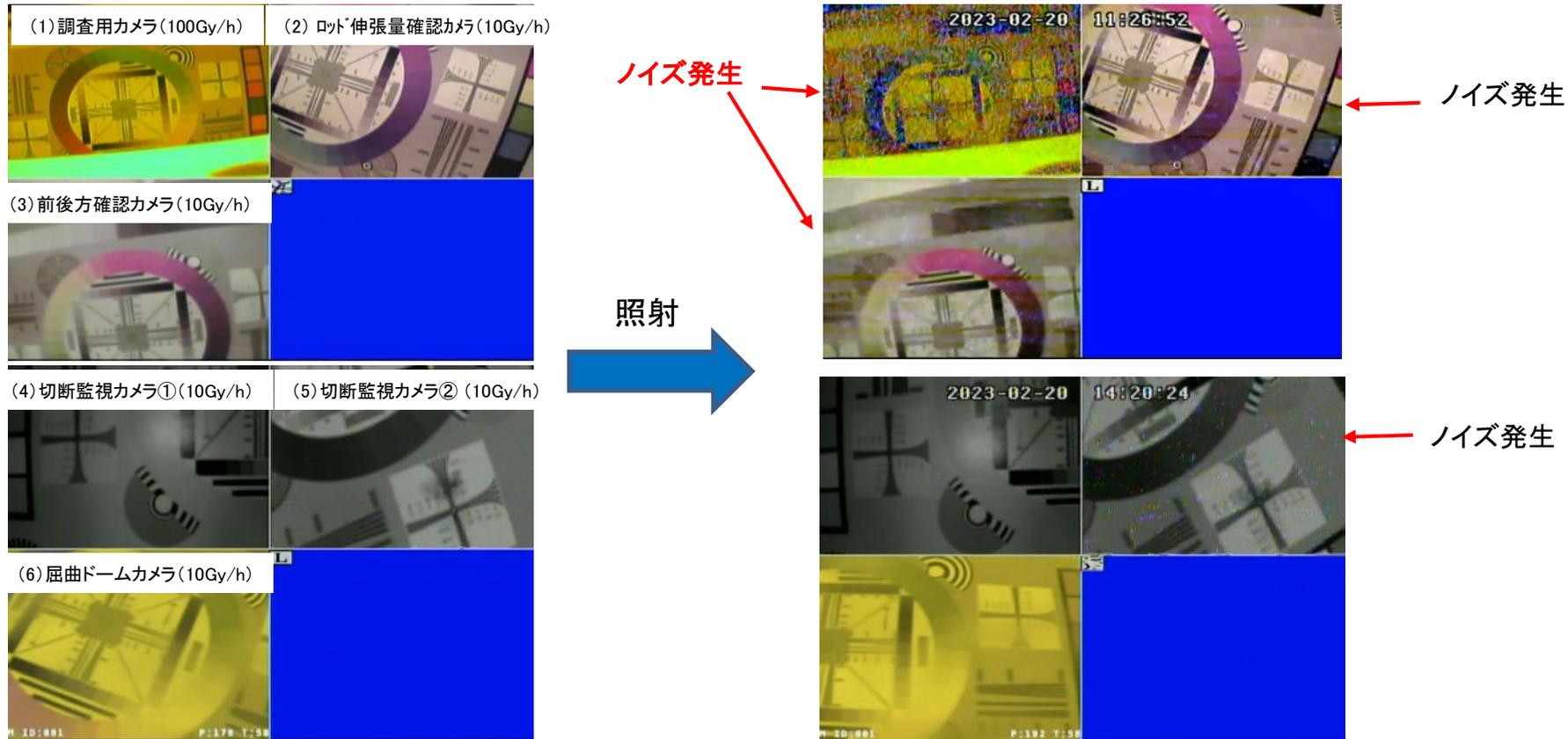


図98 ノイズ確認試験

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

(7)耐放射線性確認試験

1)試験条件

①照射量

加速試験として各カメラ、機器に対し1000Gy/hの線量率で照射した。

②判定基準

各カメラの映像を監視しながら映像が遮断されるまで照射を実施した。
照射時のカメラ映像の一例を図99に示す。

③対象機器

表87中の②調査用カメラ、④⑤前後方向監視カメラ(10Gy/h)、⑫切断監視カメラ、⑬屈曲ドームカメラ



映像遮断

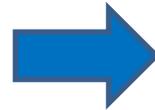


図99 1000Gy/h照射中の状況

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

(7)耐放射線性確認試験

2)試験結果

各種カメラ及びモータ類は、想定集積線量を超える故障線量となった。
点群センサ(⑭)については、故障線量が想定集積線量を下回った。

表90 各機器の故障線量

No	品名	照射量(Gy) ^{※2}	想定集積線量(Gy)	判定	No	品名	照射量(Gy)	想定集積線量(Gy)	判定
①	クローラ用モータ	5500	750	○	⑧⑨	チルト用モータ	5500	850	○
②	調査用カメラ	1230	850	○	⑩	先端ケーブル送りモータ	5500	750	○
③	ロッド伸長方向カメラ	1280	750	○	⑪	LEDテープライト	5500	750	○
④	後方監視カメラ				⑫	切断監視カメラ	730	25	○
⑤	前方方向カメラ				⑫'	切断監視カメラ	2700	25	○
⑥	ロッド伸長量監視カメラ	1550	750	○	⑬	屈曲ドームカメラ	410	280	○
⑦	レーザーポインタ	5500	750	○	⑭	点群センサ	290(※1)	850	×

(※1): 点群センサは110Gy/hで照射

※2 : 照射量(Gy) = 故障線量(Gy)

6.4 調査装置及び付帯装置の耐放射線性について

(8)まとめ

映像確認試験、耐放射線性確認試験を実施し、以下の結論を得た。

1)カメラ映像確認試験(ノイズ確認)

ペDESTAL外(照射率10Gy /h)で使用する調査装置のカメラ及び付帯設備のカメラは問題なく作業可能な視認性であることを確認した。ペDESTAL内(照射率100Gy /h)のノイズに対しては、画像処理等の対策が必要となることを確認した。

2)耐放射線性試験

ペDESTAL内調査装置等に使用されるカメラの耐放射線性は想定集積線量より大きく、使用可能であることを確認した。

点群データセンサは想定集積線量を満たしてないため、以下の検討が必要であることを確認した。

① 電源OFF時の集積線量確認試験

⇒電源OFF時に放射線線量の影響が低減することが無いか確認する。

② 現場調査工程の低減検討

⇒調査装置2号機(点群データセンサ)による現場調査を24時間体制で実施することを検討する。
(調査時の待機時間における照射量を削減可能(表77の調査工程参照))

6.5 目標に照らした達成度

●目標に照らした達成度

工場内検証試験及びモックアップ試験の結果、要求仕様を満足することを確認した。成果概要を以下に示す。

表91 成果概要

実施項目		成果	22年度末
ペDESTAL内部詳細調査 計画・開発計画の策定、更新	調査計画の策定 (TRL3～4)	①ペDESTAL内調査対象(気中部、水中部) ②ペDESTAL内調査計器(カメラ、線量計、点群データセンサ)	完了
	開発計画の策定 (TRL3～4)	①調査装置コンセプト(クローラ式、伸長ロッド) ②調査付帯装置コンセプト (穴カバー、ケーブル送り、鉛毛マット除去、監視カメラ、等) ③開発全体工程(案) ④モックアップ試験設備(案)、検証内容(案)	完了
ペDESTAL内部詳細調査 のためのアクセス・調査装 置及び調査技術の開発	アクセス・調査装置 の詳細設計、製作、 単体試験(TRL3～4)	①調査作業要領(案) ②調査装置の仕様(案)	完了
	モックアップ試験 (TRL5)	① 調査作業要領 ②調査装置仕様 ③調査作業ステップ、作業時間、作業員人数	完了
	現場実証 (TRL対象外)	①現場実証計画(案) (現場実証作業員人数(案)、工程(案)、推定被ばく量)	完了