

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)

2021年度実施分成果

2022年8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 モックアップ試験計画
 - 6.4 課題
 - 6.5 目標に照らした達成度
 - 6.6 今後の予定

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CRD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。

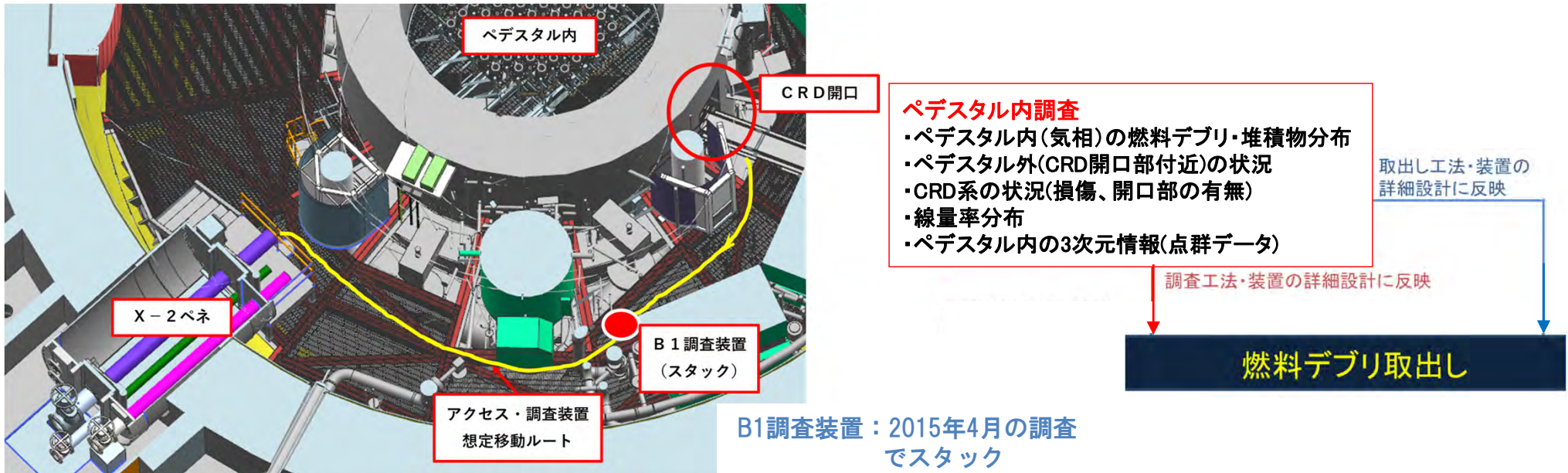


図1 アクセス・調査装置のPCV内想定走行ルート

図2 想定される取得データ

2. 目標

(1) ペデスタル内部詳細調査計画・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) ペデスタル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

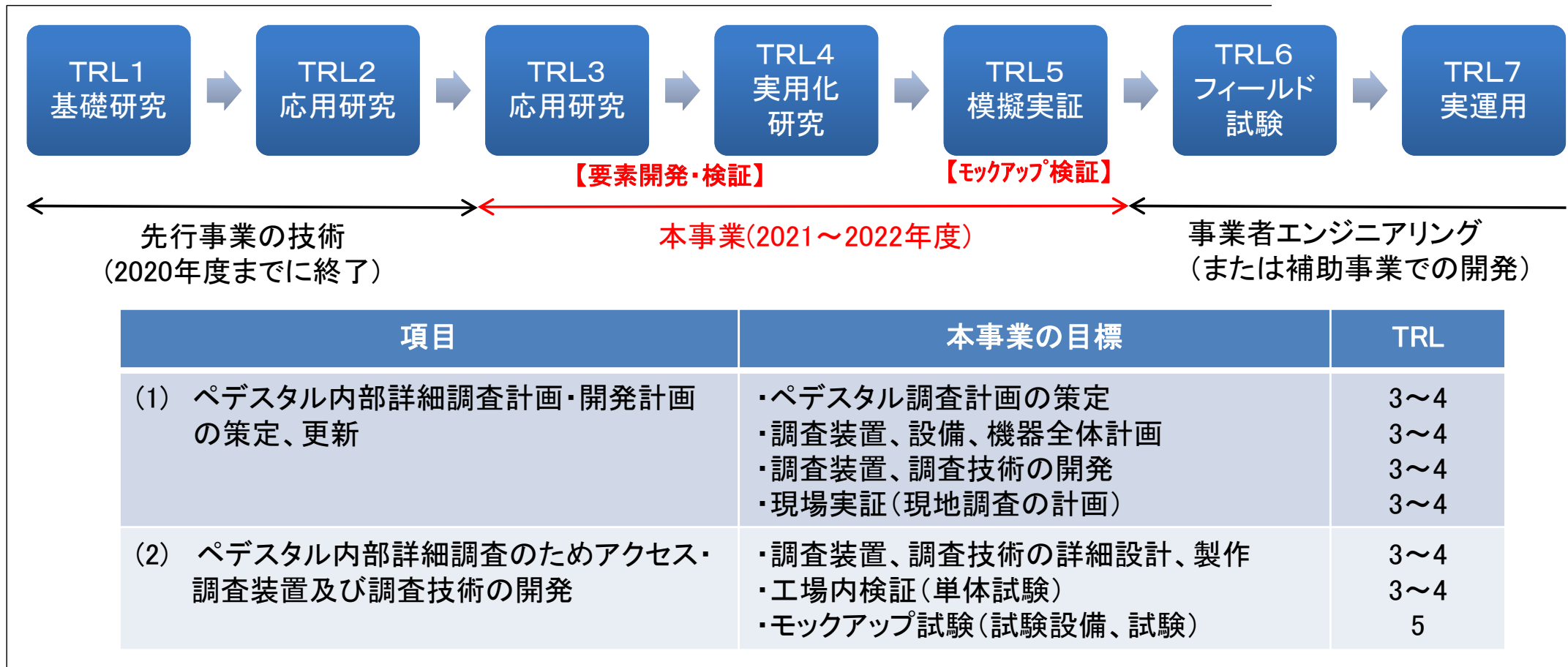
上記(1)で策定したアクセス・調査装置の開発計画に基づき、先行事業での検討も参考にし、アクセス・調査装置の設計、製作を行い、調査技術と合わせて工場内検証（単体試験）を行い、内部調査への適用性を確認する。さらに、実機を模擬したモックアップ試験を行い、現場適用性を確認する。

2. 目標

先行事業の技術(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

TRL : 技術成熟度



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。

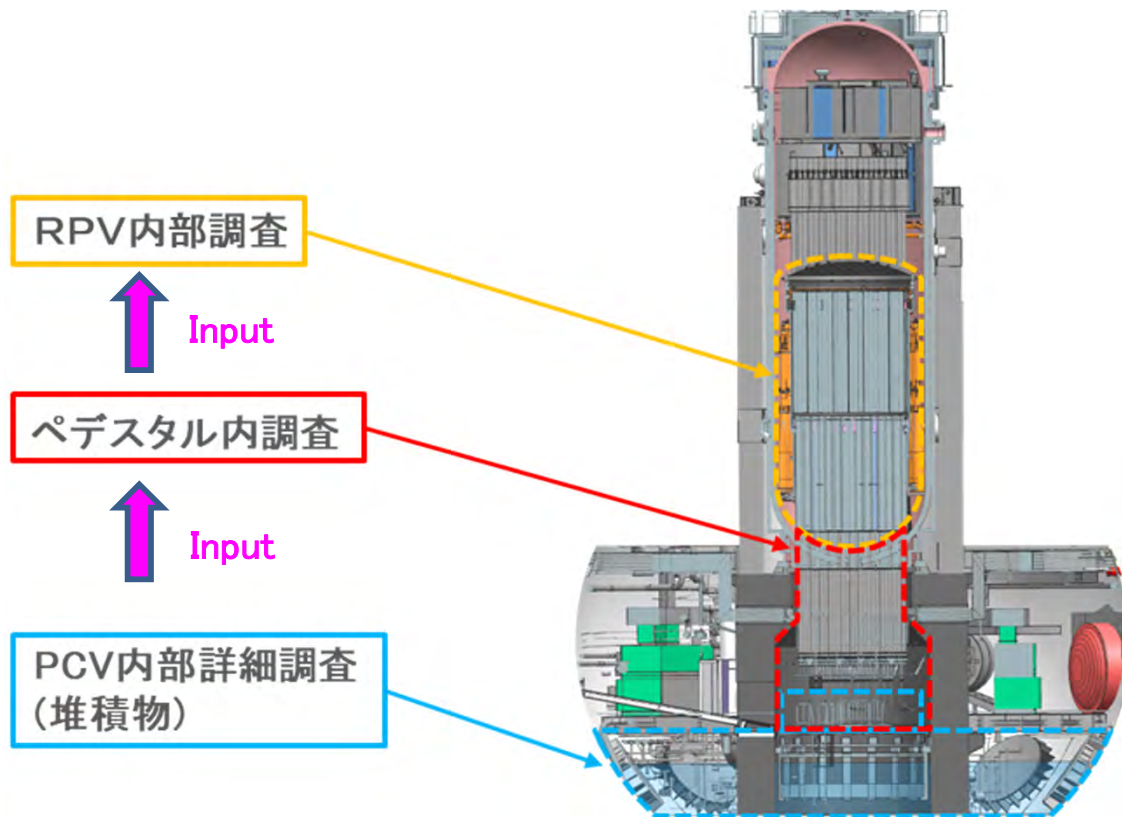


表2 各事業毎の調査範囲(1号機対象)

事業名	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)【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)	ROV

図3 他事業との関連性

4. 実施スケジュール

実施工程案を表2に示す。今期の成果を基にアクセス・調査装置の詳細設計、製作／工場内検証(単体試験)／モックアップ試験／作業訓練／現場実証を実施していく。

表3 実施工程案(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	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>— · — · — · — · — 一点鎖線で示す作業は本事業範囲外</p> <p>..... 点線は必要により実施</p> </div> <p style="text-align: center;">▽MRI(中間報告) ▽MRI(中間報告) ▽MRI(最終報告)</p> <p style="text-align: center;">IRID自主事業PCV内部詳細調査(堆積物PJ)</p> <p style="text-align: right;">■ ■ ■ ■ ■ 作業訓練 ■ ■ ■ ■ ■ 現場実証</p>										
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図4に示す。

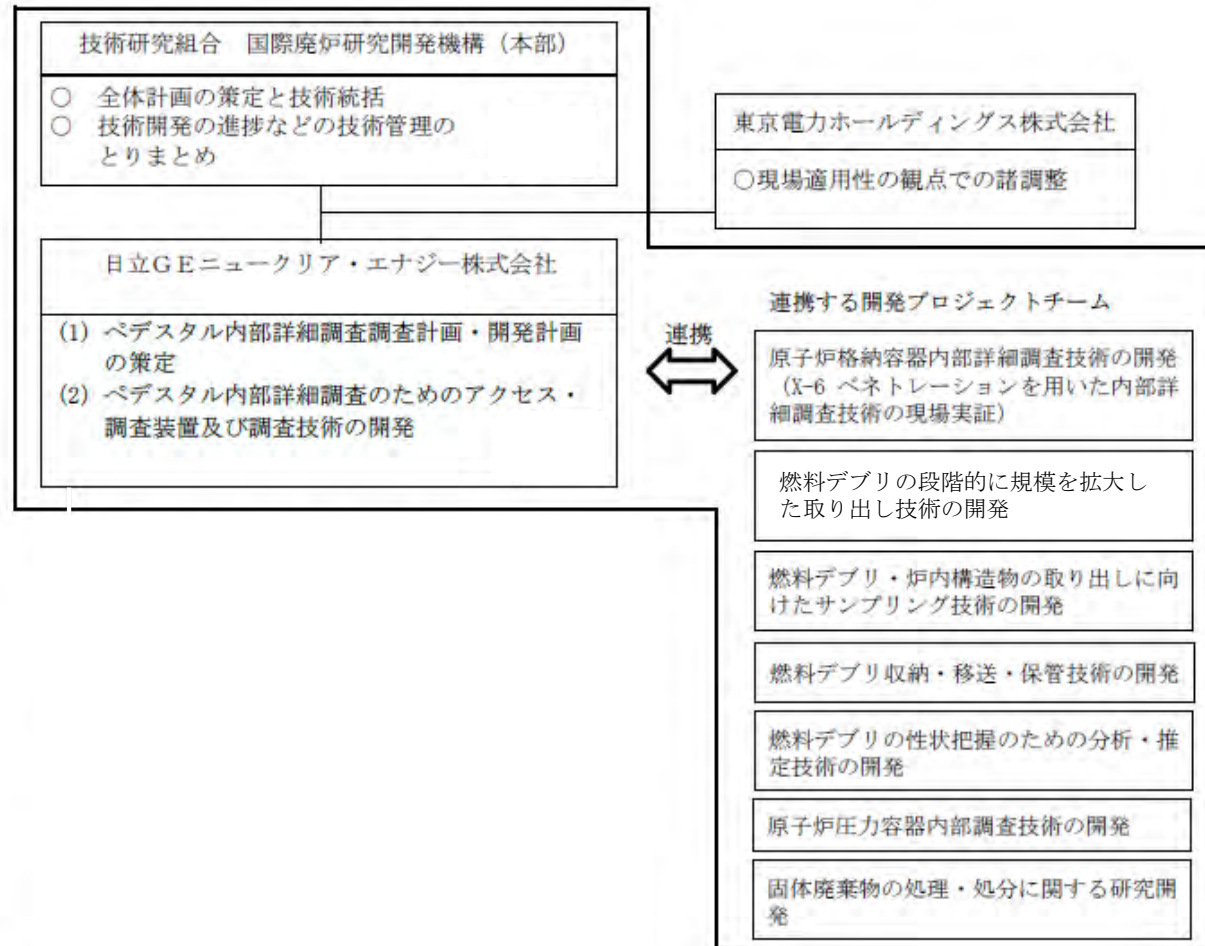


図4 実施体制図

6. 実施内容

6.1 ペDESTAL内部調査詳細計画・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。

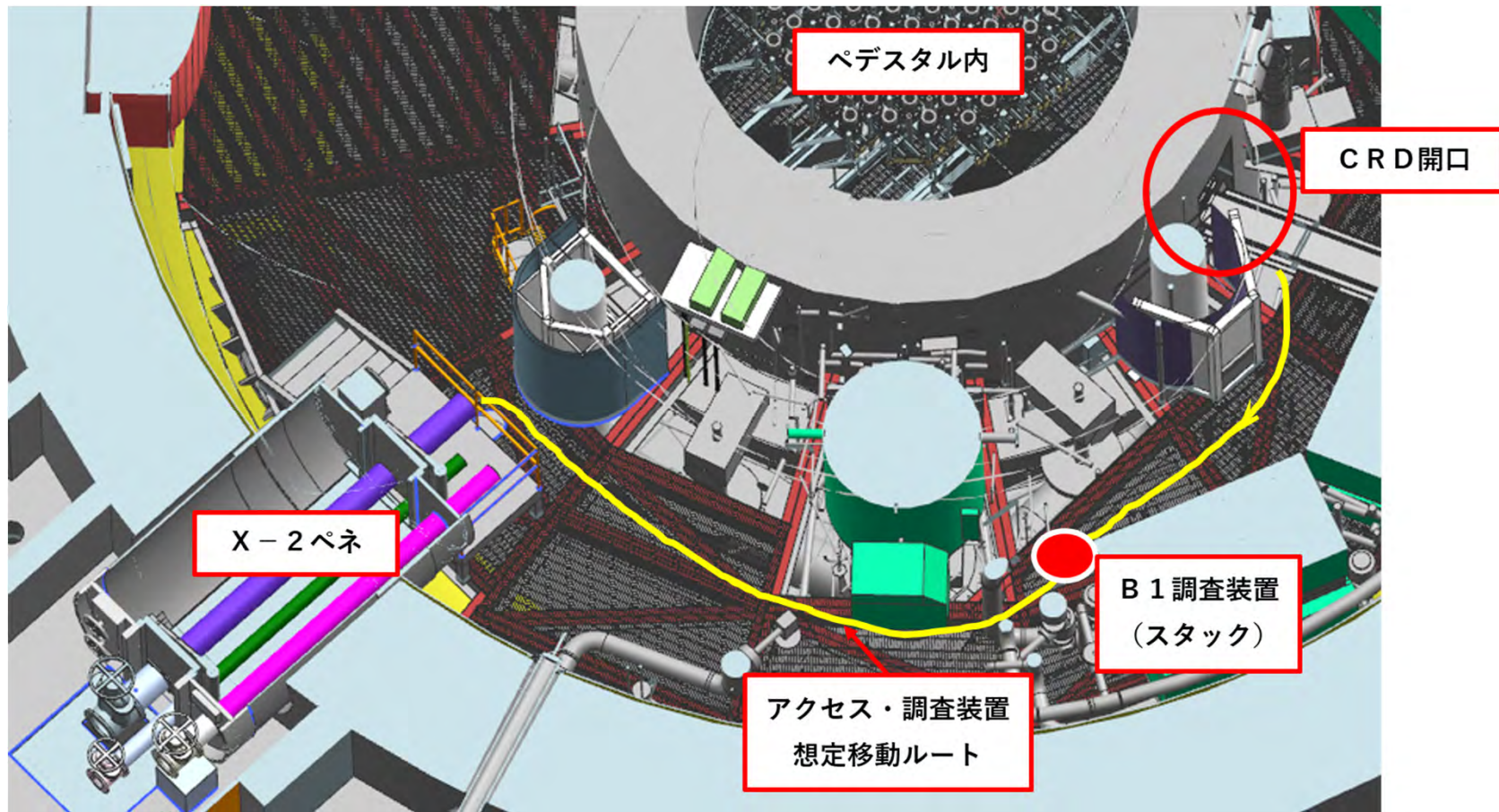


図5 アクセス・調査装置のPCV内想定走行ルート

6. 実施内容

6.1 ペDESTAL内部詳細調査計画・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(案)及び成果の用途を表5に示す。本事業では、必要により表5を更新し、調査目標を最終設定する。

表5 調査目標(案)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。

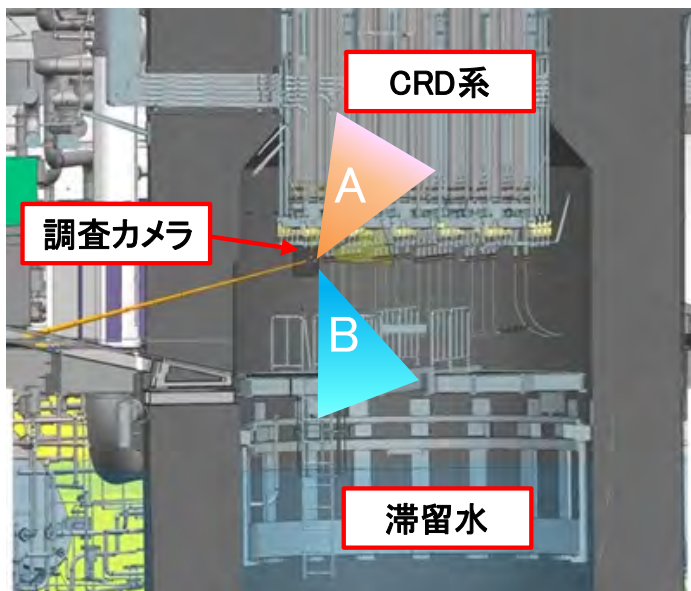


図6 ペDESTAL内映像取得イメージ

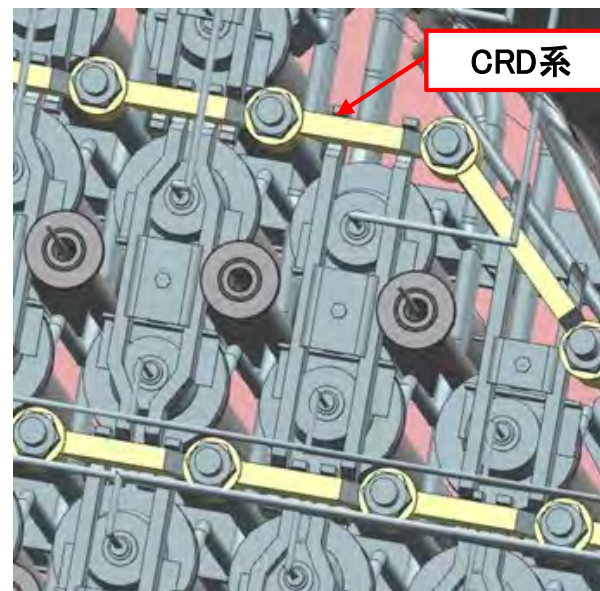


図7 映像(A矢視)

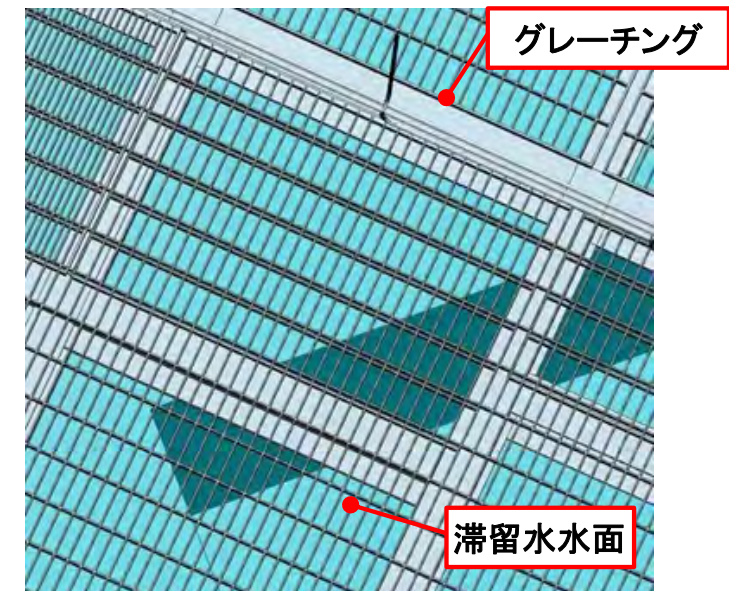


図8 映像(B矢視)

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。

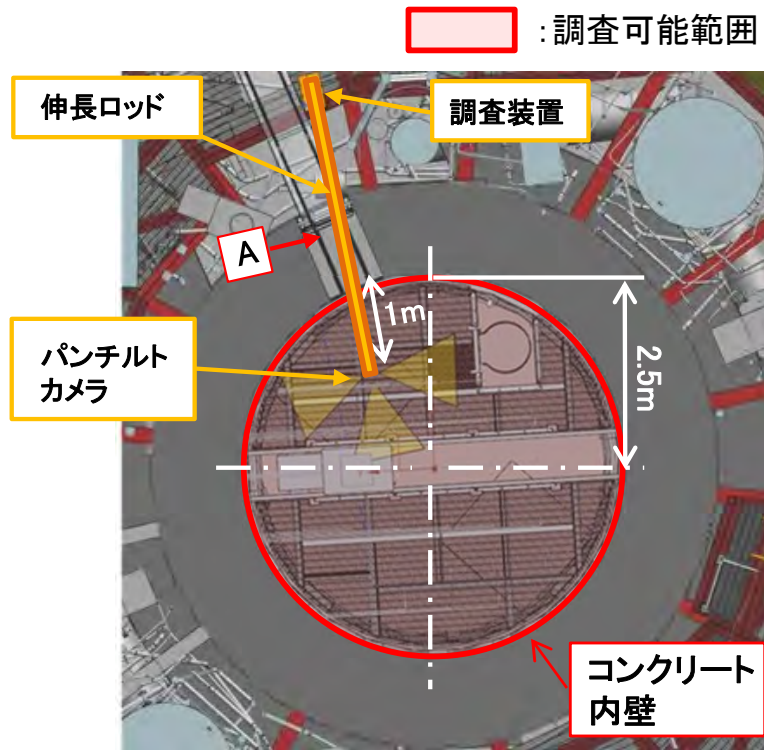


図9 ペDESTAL内調査装置の視認可能範囲(水平)

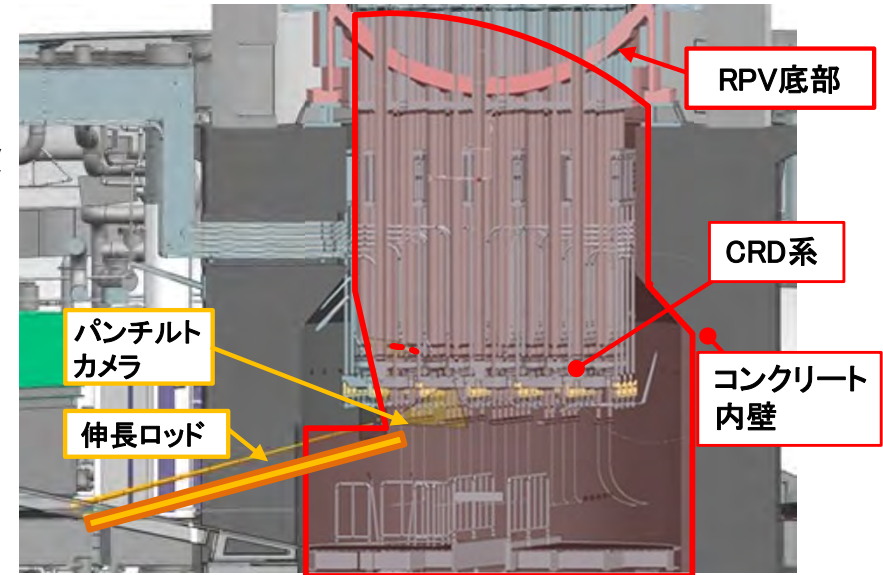


図10 ペDESTAL内調査装置の視認可能範囲(A矢視/ペDESTAL上部)

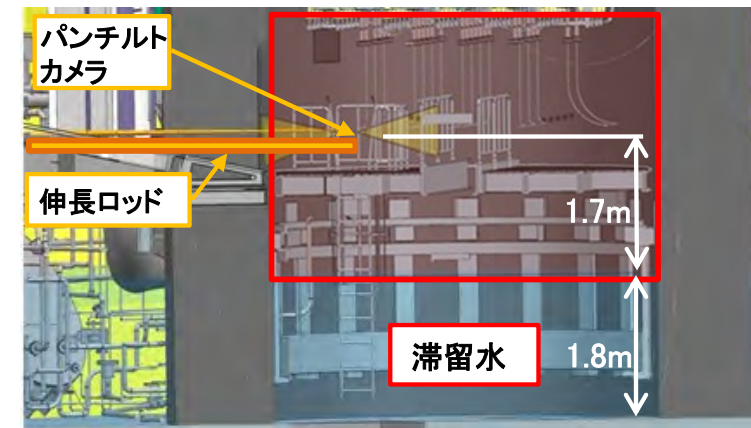


図11 ペDESTAL内調査装置の視認可能範囲(A矢視/ペDESTAL下部)

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名を想定(先行事業実績)

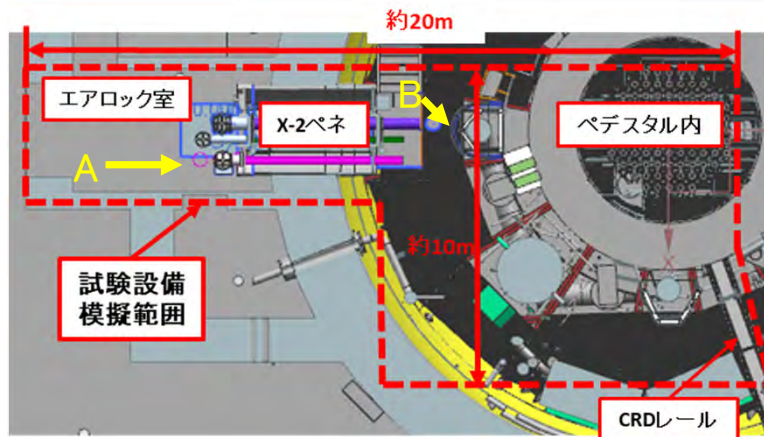


図12 試験設備模擬範囲



図13 A矢視(アクセスルート)

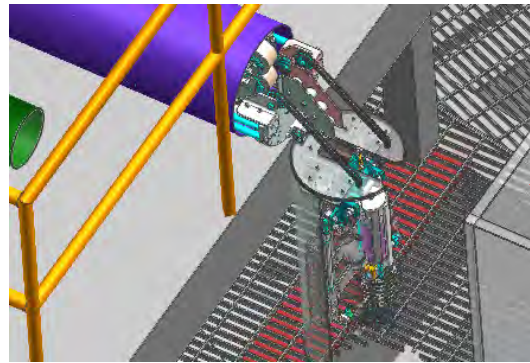


図14 B矢視(PLR遮へい:震災前)

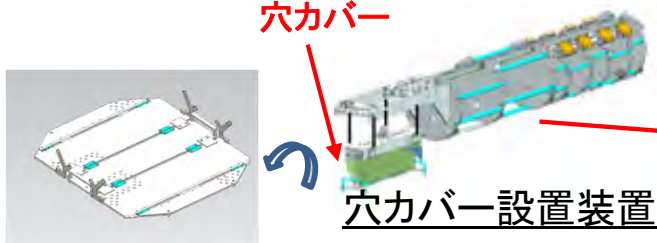
6. 実施内容

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

表7 ペDESTAL内調査装置の構成イメージ

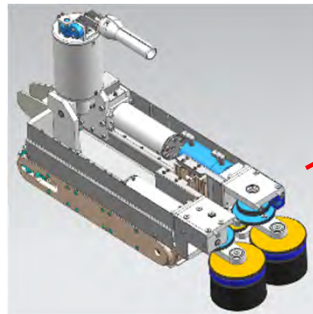


調査装置用インストール装置

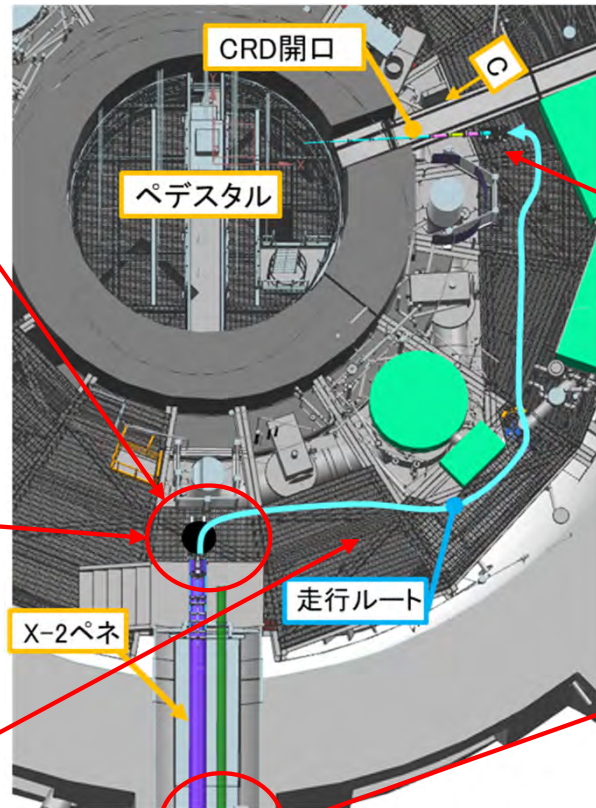


穴カバー

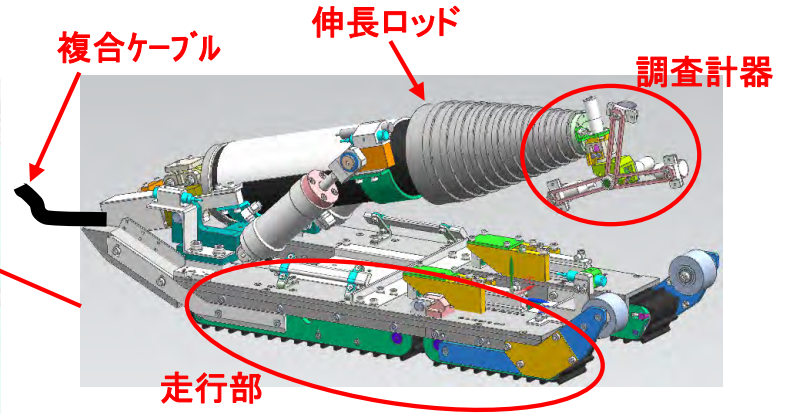
穴カバー設置装置



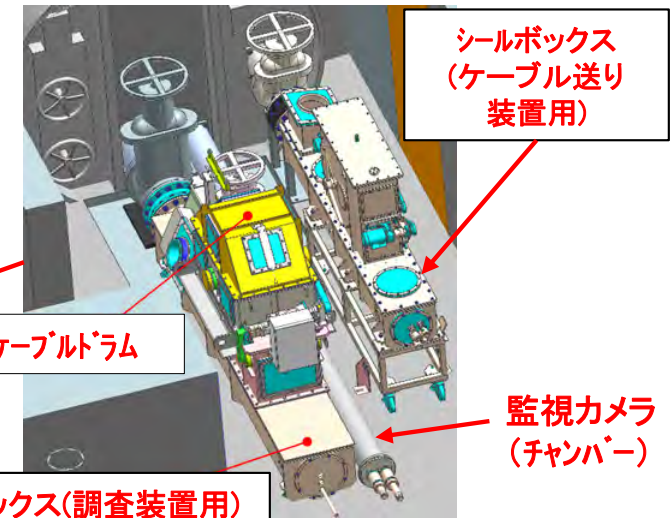
ケーブル送り装置



エアロック室



ペDESTAL内調査装置



シールボックス等(エアロック室配置)

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(ステレオカメラ等)による3次元の点群データ計測

B3調査:PCV内部詳細調査(堆積物)

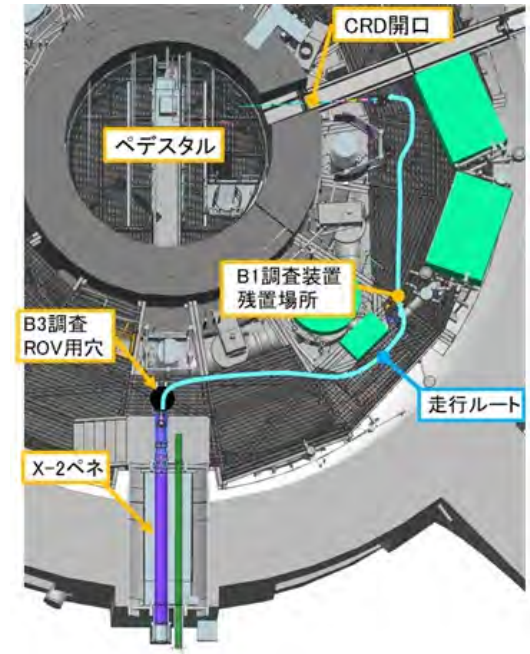


図15 調査装置のPCV内走行ルート(想定)

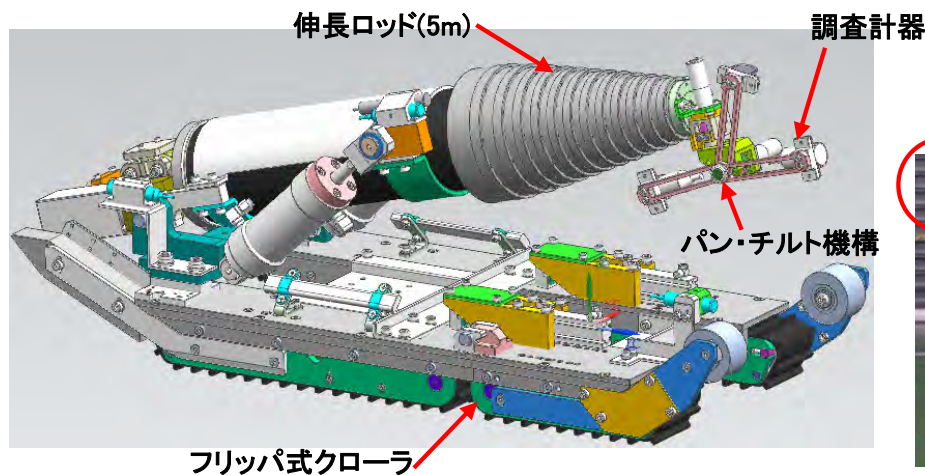


図16 ペDESTAL内調査装置



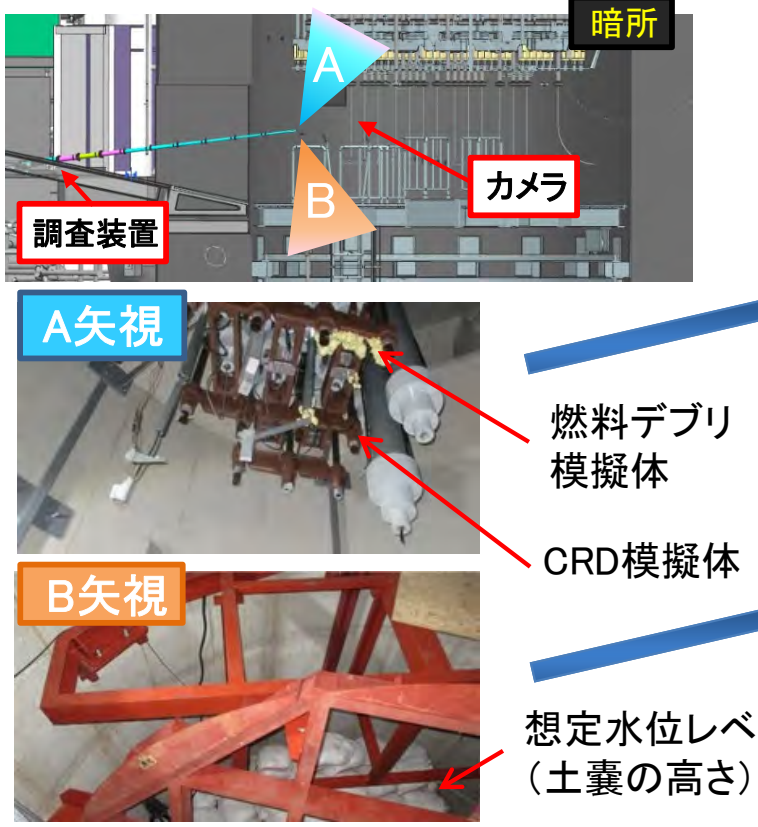
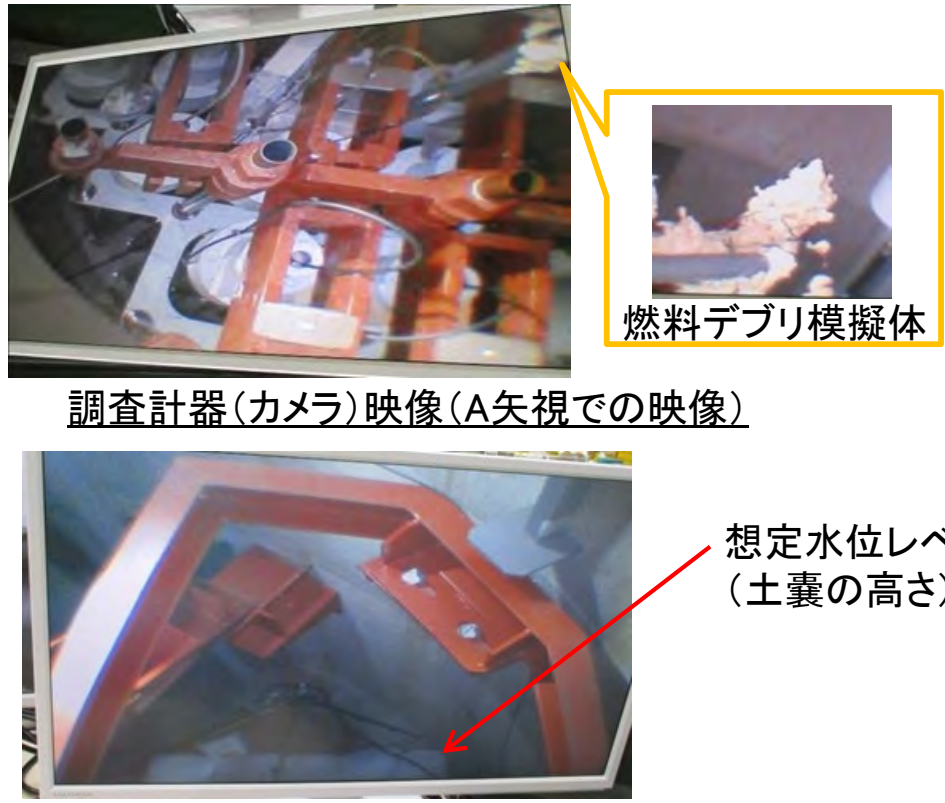
図17 ペDESTAL内調査装置

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

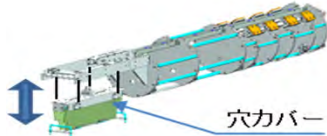
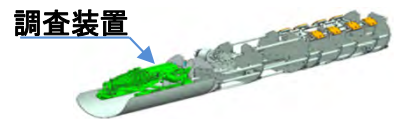

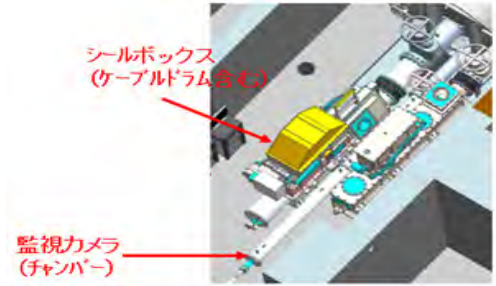
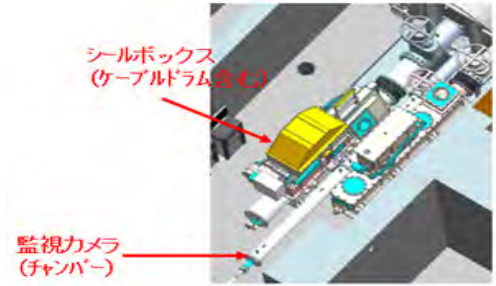
映像取得範囲(試験体写真)	試験映像取得例(先行事業結果)
<p>ペDESTAL内へカメラを挿入し撮影(A、B矢視)</p>  <p>ペDESTAL内 試験模擬体</p>	<p>暗所でも鮮明に構造物・燃料デブリ模擬体の視認が可能</p>  <p>調査計器(カメラ)映像(A矢視での映像)</p> <p>燃料デブリ模擬体</p> <p>調査計器(カメラ)映像(B矢視での映像)</p> <p>想定水位レベル(土嚢の高さ)</p>

6. 実施内容

6.2 ペデスタル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

先行事業でペデスタル内調査付帯装置についても要素試作を実施し、機能検証試験を行った。本事業では、ペデスタル調査付帯装置の詳細設計・製作を行う。

表10 ペデスタル内調査付帯装置の要求仕様

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(ケーブルルートの修正含む)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(X-2ペネに作られた直径200mmの貫通孔)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

2021年度の進捗状況を以下に示す。

表11 ペDESTAL内調査装置他開発状況

No.	装置	要求仕様	19～20年度(先行事業)		21年度(2021.4～2022.3月)	備考	
			当初計画	高度化	設計・製作		
1	ペDESTAL内調査装置	調査装置の往復走行 (B1調査装置乗越含む)	●(クローラ)	●(フリップ式クローラ)	●(追加改善)	6.2.1項	
		ペDESTAL内へのアクセス (伸長ロッド)	●(4m)	●(5m,ケーブル内包,任意停止)	●(追加確認試験)	6.2.2項	
		複合ケーブル	—	—	●(構造検討・確認試験)	6.2.3項	
		調査計器	カメラ	—(B2調査実績有)	—(B2調査実績有)	—(B2調査実績有)	—
			点群データセンサ	—	—	●(方式選定,要素試験対応)	6.2.4項
			放射線センサ(線量計)	—(B2調査実績有)	—(B2調査実績有)	●(要素試験対応,ケーブル選定)	6.2.5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	●	●(改善)	●(追加改善)	6.2.6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	●	●(改善)	●(追加改善)	6.2.7項	
4	ケーブル送り装置	調査装置のケーブル修正処理	●	●(改善)	●(実機用複合ケーブルでの確認)	6.2.8項	
5	シールボックス (ケーブルドラム含)	調査装置他のPCVバウンダリ保持	—(実績有)	—(実績有)	●(構造検討、製作)	6.2.9項	
6	監視カメラ	実機調査必要な付帯設備	—(実績有)	—(実績有)	●(改善・確認試験)	6.2.10項	

凡例 ●:方式決定・改善, —:既開発品活用

6.2.1 走行部の改善状況

(1) 先行事業後の課題及び更なる機能向上として、以下に示す調査装置の改良を行った。

- ① 踏破性向上のための後部へのガイド追加
- ② 踏破時の干渉低減のための後部モータ部の見直し(モータ配置の適正化)
- ③ 踏破性向上を目的とした軽量化(材質をSUS(42kg) \Rightarrow ジュラルミン(33kg)に変更)
- ④ 踏破性向上のための先端ローラー径拡大
- ⑤ 踏破性向上のためのクローラ改良(モータ出力1.6倍UP、ベルト幅を30mm \Rightarrow 60mmに拡大)

【先行事業時の調査装置】



②後部モータ部の見直し

【改良後の調査装置】

①後部ガイド追加



③材質に直しによる軽量化

④先端ローラー径拡大

⑤ベルト幅30 \Rightarrow 60mmに拡大



図18 調査装置の改善内容

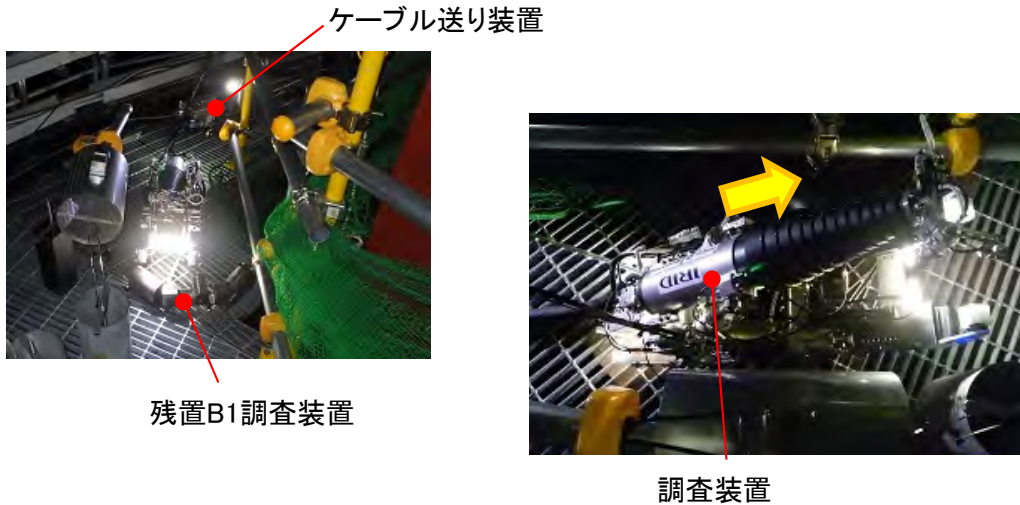
6.2.1 走行部の改善状況

(2)調査装置の往復走行試験結果を以下に示す。

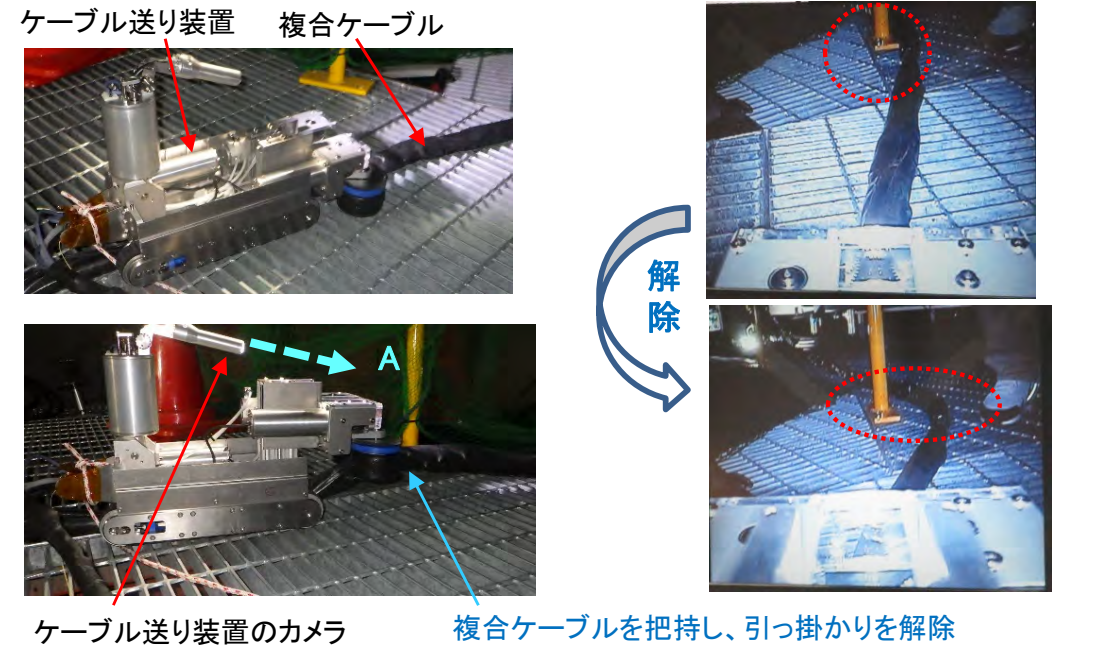
表12 往復走行確認結果

試験項目	試験内容	試験結果
調査装置の走行試験	調査装置走行(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。	<p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">良</p> <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走行可能であった。 ・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 ・残置B1調査装置乗越が可能であった(往路/復路)。 ・B1残置装置が水滴で濡れた状態(実機状況を想定)でも乗越え可能であった。

【試験状況】



【ケーブル解除の状況】



6.2.2 伸長ロッドの改善状況

(1) 先行事業時の状況

- ① 伸長ロッドの5m伸長(収縮)時間は約3分。シール部にエア漏れが発生し動作が安定せず。
- ② ロッド伸長時にたわみが発生した。
 - ・ロッド角度 20.6° : たわみ量1.76m
 - ・ロッド角度 43.5° : たわみ量0.9m
- ③ ロッド長は直接目視で制御。

⇒エア漏れ、たわみ量低減の対策、伸縮時間短縮、遠隔でのロッド長制御に関わる構造見直し要

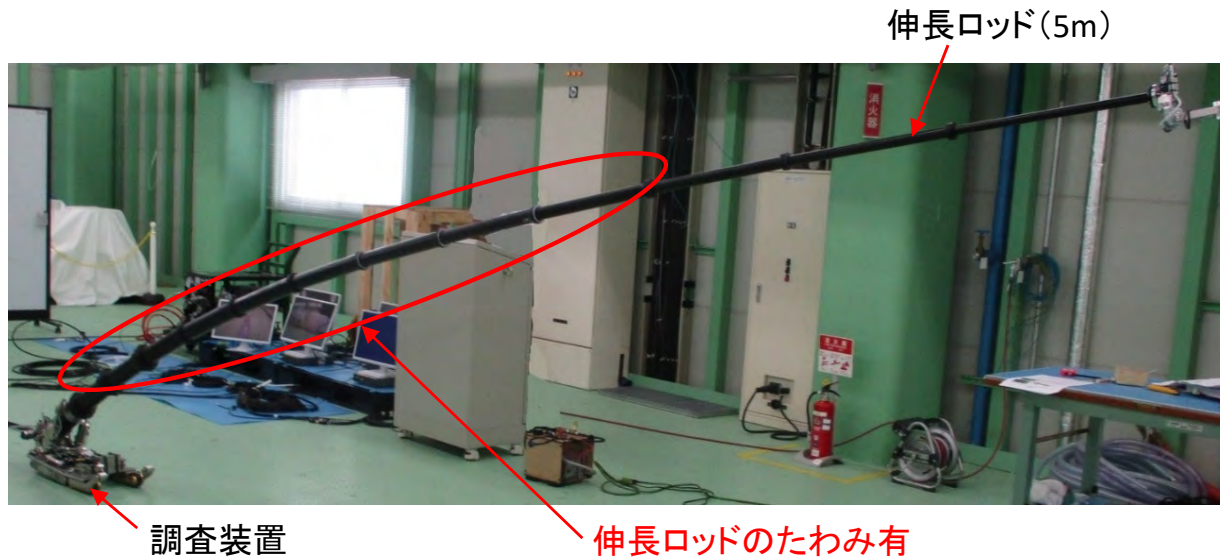


図19 伸長ロッドの5m伸長状況

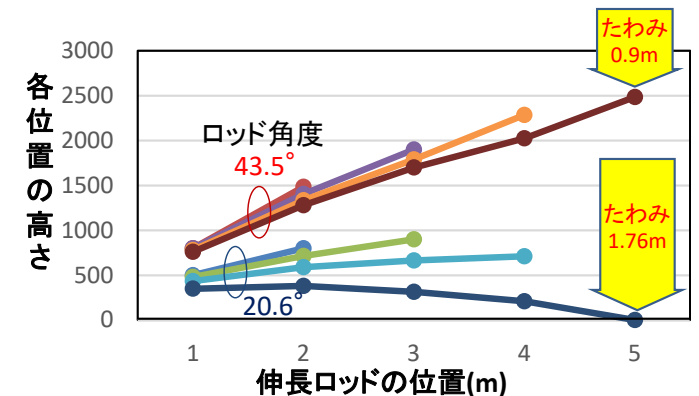


図20 ロッド伸長時のたわみ状況

6.2.2 伸長ロッドの改善状況

(2) 伸長ロッド改善内容を以下に示す。

①【たわみ対策及びエア漏れ対策】シール部構造見直し ⇒ シール部漏えい防止性能向上

- ・ガイド部(伸長ロッドのラップ部)に負荷が掛かりパッキンが変形し、A面からエア漏れが発生したため、パッキンを軸方向に潰さない構造への見直しを行った。
- ・パッキンの硬度を軟らかくして(A85⇒A65)、ロッド伸長時の変形に追従できるようにした。

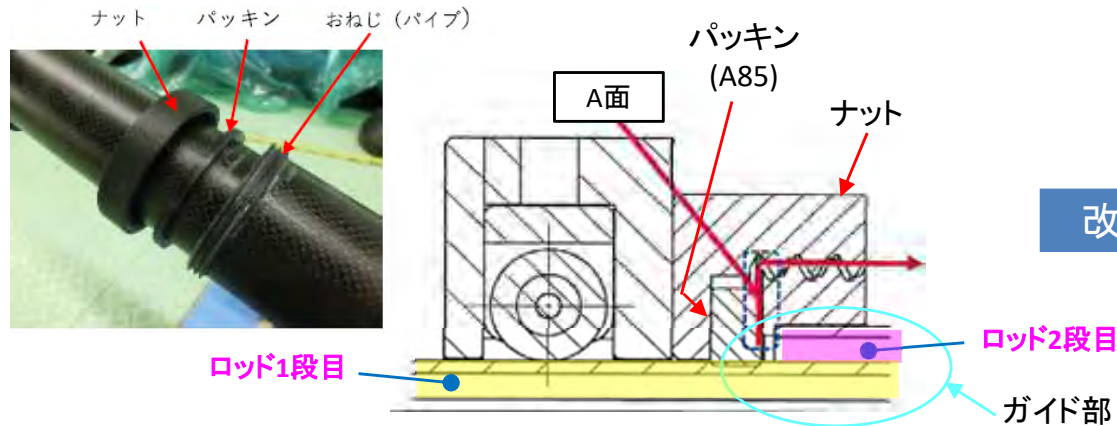


図21 先行事業で開発したシール部

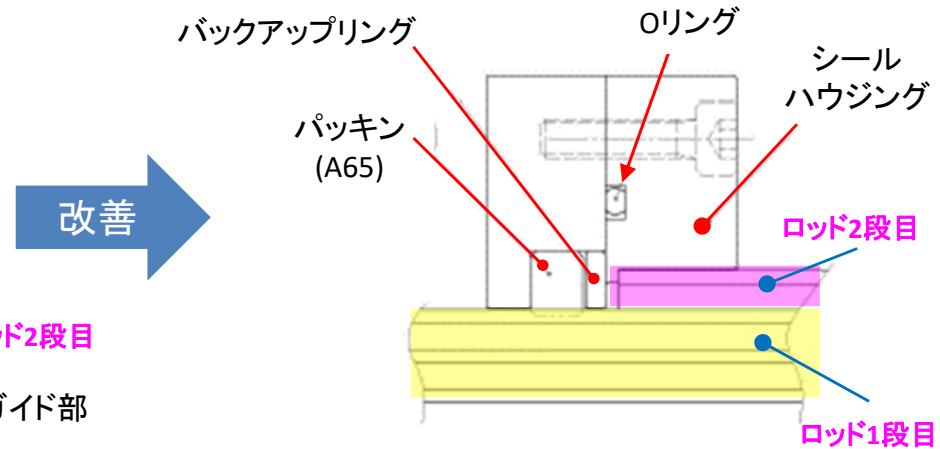


図22 シール部パッキン改善内容

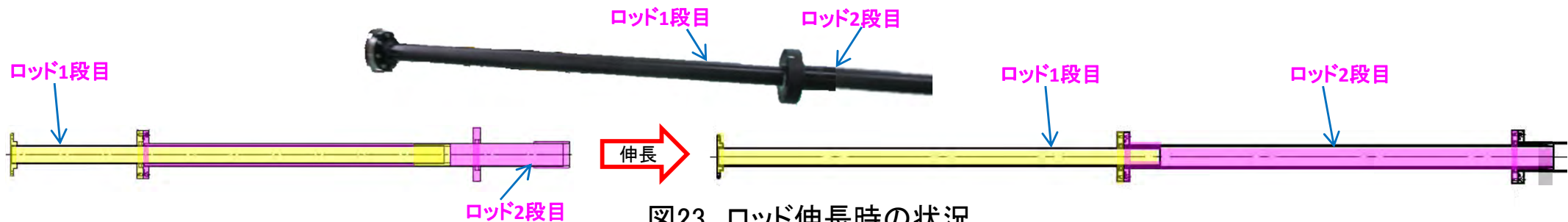


図23 ロッド伸長時の状況

6.2.2 伸長ロッドの改善状況

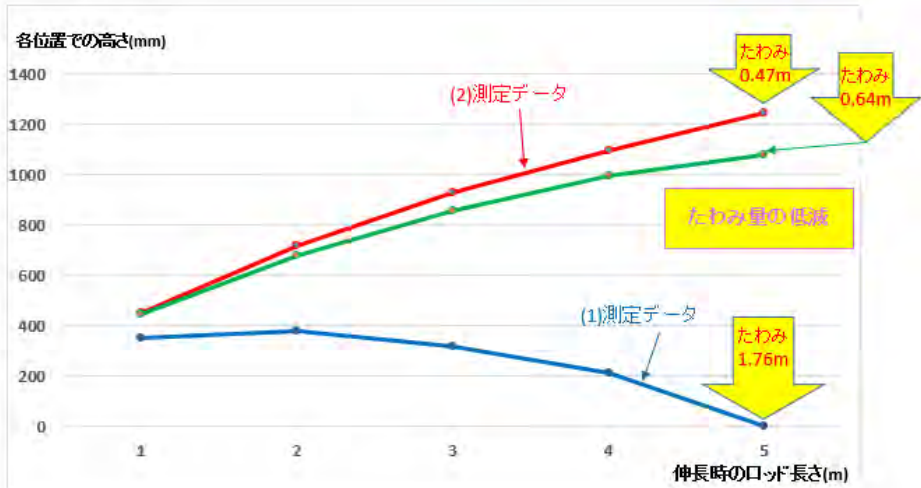
改善後のたわみ確認試験結果を以下に示す。

表13 伸長ロッドの伸縮確認結果(たわみ確認)

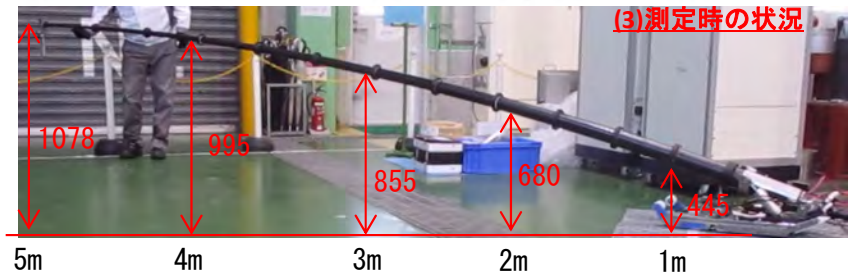
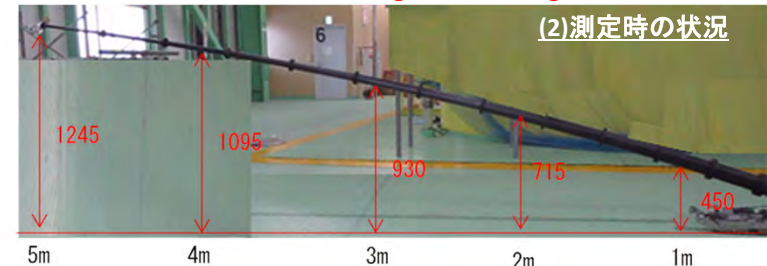
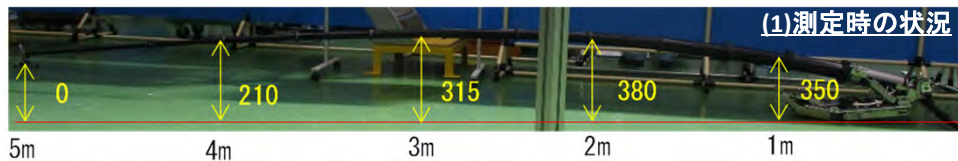
試験項目	試験内容	試験結果	
伸長ロッドの伸縮確認試験	③たわみ確認 ・ロッド角度:約20° ・先端重量:400g(※1) or 900g(※2)	良	改善前:たわみ量1.76m⇒改善後:たわみ量0.47m ⇒たわみ量を低減することが出来た

試験状況

測定日	ロッド角度	先端重量	1m	2m	3m	4m	5m
(1)2021/3/18	20.6°	400g	350	380	315	210	0
(2)2021/7/8	20°	400g	450	715	930	1095	1245
(3)2021/10/14	20°	900g	445	680	855	995	1078



- (1): 先端が床に着地する程のたわみ
- (2): 高さ約1.25m程度確保としなり減少⇒**たわみ低減**
- (3): 高さ約1.08m程度確保⇒先端900gのため400g時より約0.17mたわみ増



- (※1) 先端重量400gは、ロッド先端に搭載予定の計器 (カメラ+放射線センサまたはカメラ+点群データセンサ) 重量を想定
- (※2) 先端重量900gは、ロッド先端に搭載予定の計器 (カメラ+放射線センサ+点群データセンサ) 重量を想定

6.2.2 伸長ロッドの改善状況

②【伸縮時間短縮対応】調査装置後端部の構造を見直し、伸長ロッドのエア供給口を拡大

⇒ ロッド内供給エア流量増加

- ・エアチューブ内径: $\phi 6.5 \Rightarrow \phi 7.5$
- ・エアチューブ継手: $\phi 2.5 \Rightarrow \phi 7.5$

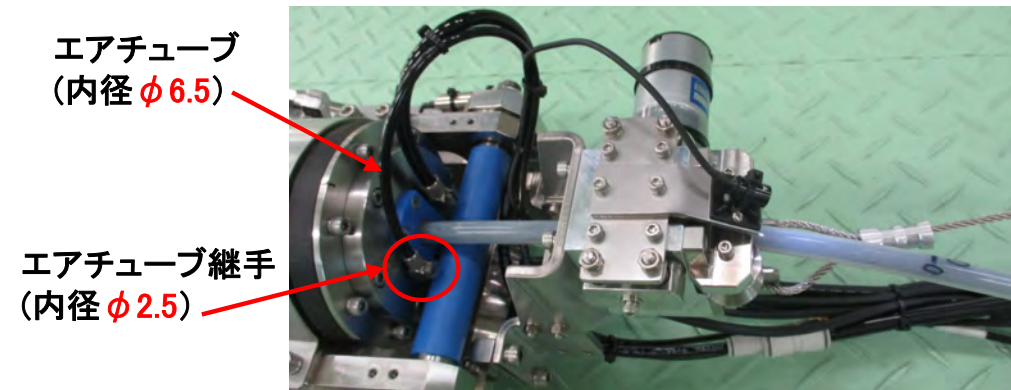


図24 先行事業で開発したエア供給口

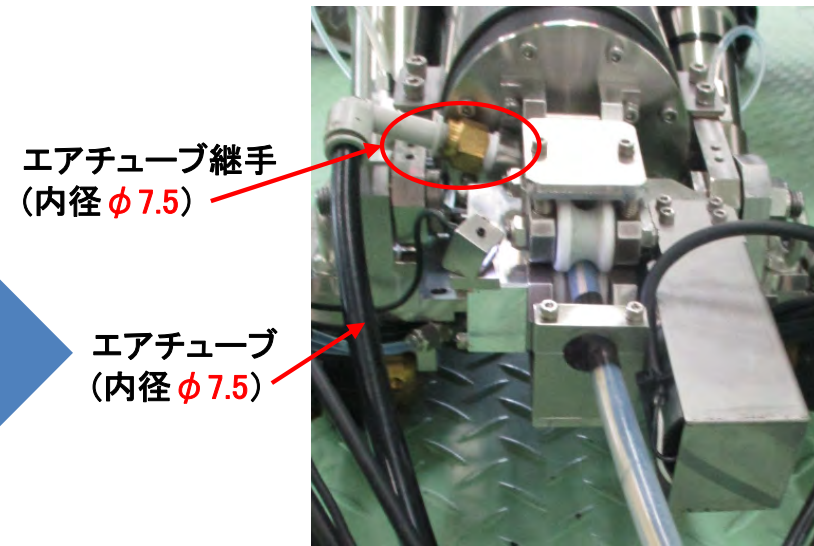
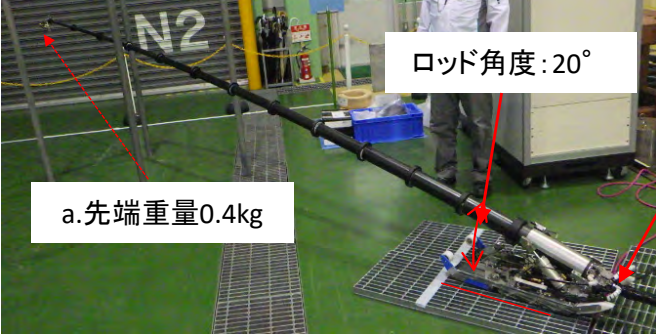
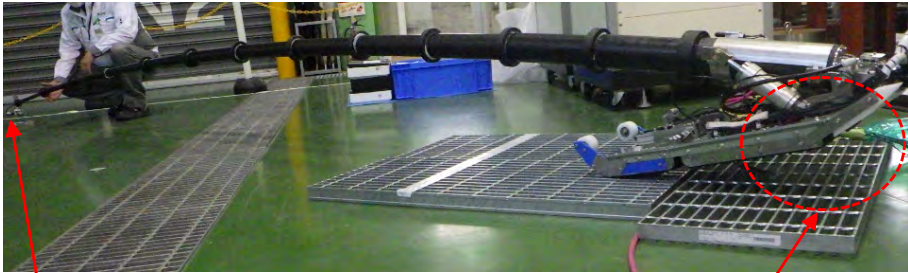
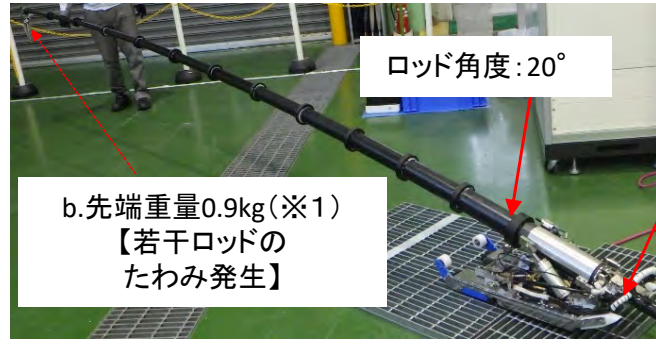
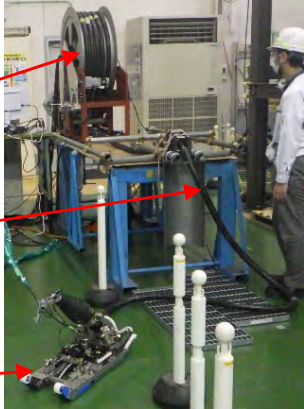


図25 エア供給口の改善内容

6.2.2 伸長ロッドの改善状況

改善後の伸縮動作確認試験結果を以下に示す。

表14 先端重量毎の伸長ロッド動作確認(ケーブルドラムとの組合せ)

試験項目	試験内容	試験結果	
伸長ロッドの伸縮確認試験	伸縮動作時間確認 ・ロッド角度: 20° ・先端重量: 0.4kg/0.9kg/1.5kg	良	伸長(収縮)時間: 約1分20秒 a.先端重量0.4kg時: クローラ後部の浮き上がり無 b.先端重量0.9kg時: クローラ後部の浮き上がり無(ロッドのたわみ有) c.先端重量1.5kg時: クローラ後部の浮き上がり有り転倒のリスク有 ⇒先端への搭載重量は0.9kgまでとする。
<p>【a.先端重量0.4kg】</p>  <p>ロッド角度: 20° 後部浮き上がり無 a.先端重量0.4kg</p>			<p>【c.先端重量1.5kg】</p>  <p>先端が地面に接地 後部浮き上がり有(転倒のリスク有)</p>
<p>【b.先端重量0.9kg】</p>  <p>ロッド角度: 20° 後部浮き上がり無 b.先端重量0.9kg(※1) 【若干ロッドのたわみ発生】</p> <p>(※1) 先端重量0.9kgは、ロッド先端に搭載予定の計器(カメラ+放射線センサ+点群データセンサ)重量を想定</p>		 <p>ケーブルドラム 複合ケーブル 調査装置</p>	

6.2.2 伸長ロッドの改善状況

また、伸縮時の視認範囲を確認した結果を以下に示す。

表15 伸長ロッドの伸縮確認結果(視認範囲)

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	良	<ul style="list-style-type: none"> ・暗所環境にて、約5m先の構造物の視認が可能であった。 ・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内に伸長出来た。この際、現場干渉物の梯子の間からのロッド伸長が可能であることが確認できた。

試験状況

(a)試験状況(ペDESTAL外)

(b)試験状況(ペDESTAL内)

(c)試験状況(ケーブルドラム)

(d)試験状況(ペDESTAL内底部から)

(e)搭載カメラ映像((d)位置から上方)

(f)搭載カメラ映像((d)位置から正面)

6.2.3 複合ケーブルの検討状況

(1) 調査装置用複合ケーブルについて

調査装置用複合ケーブルの全体概要を以下に示す。調査装置動力ケーブル、伸長ロッド用ケーブル(ロッド内在の調査計器用ケーブル含)をまとめて、複合化を行った。ケーブルドラムは複合ケーブル用と伸長ロッド用をシールボックスに取付け、ケーブルの出し入れを行う。

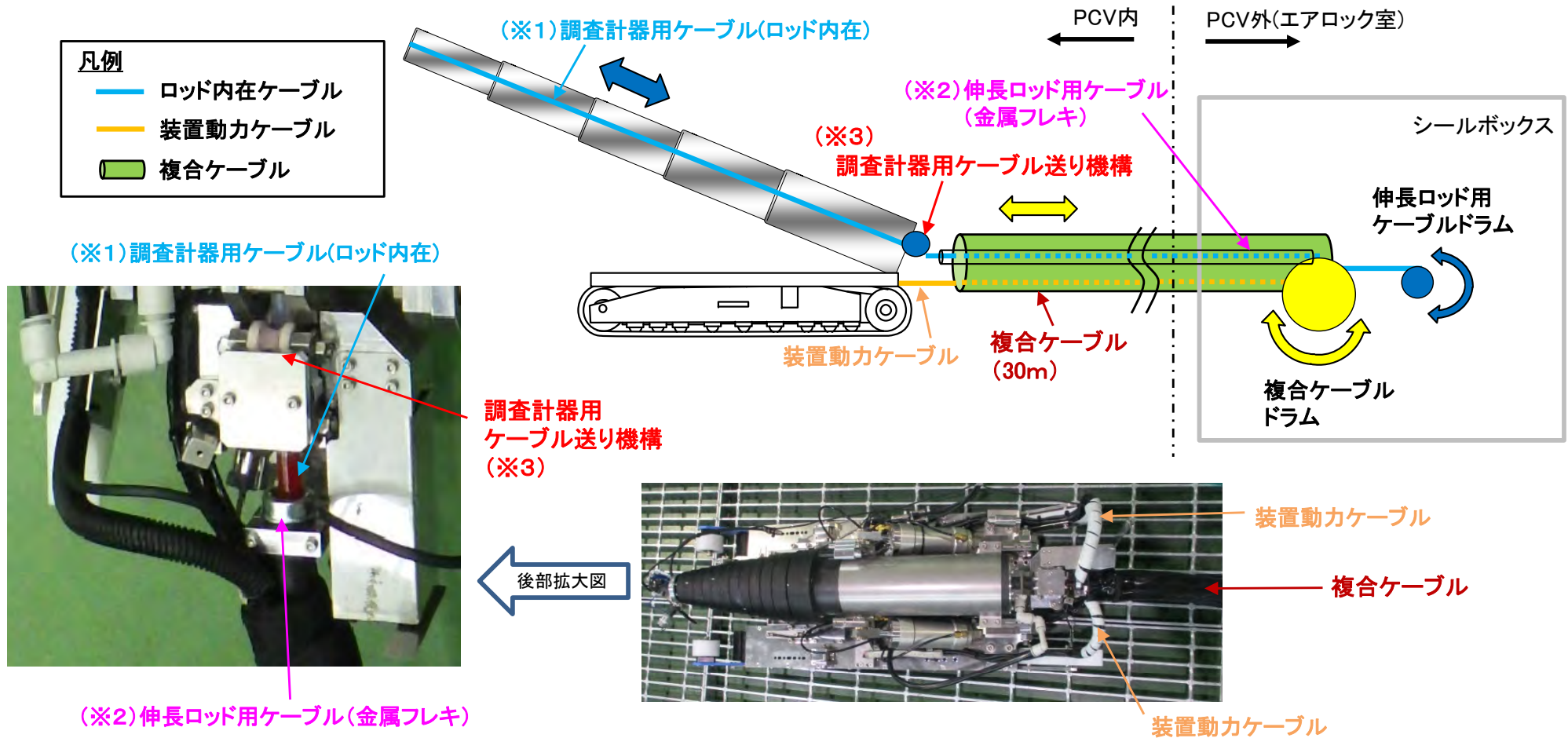
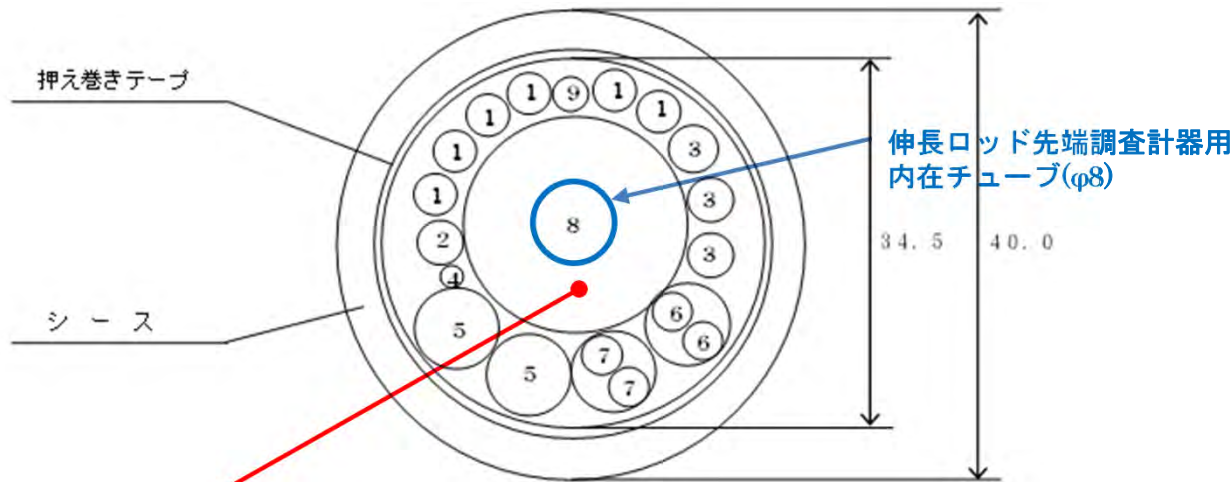


図26 調査装置用複合ケーブル全体概要図

6.2.3 複合ケーブルの検討状況

(2)調査装置用複合ケーブルの構成について

調査装置用複合ケーブルの全体概要を以下に示す。伸長ロッド用ケーブル(金属フレキ)を中心とし、その周辺を他ケーブルで囲いテーピング後シースで覆い、複合ケーブルを製作。なお、複合ケーブルと調査装置、ケーブルドラムを組み合わせた試験状況を表16に示す。



ケーブル	1	SS300R AWG22×2C	φ 4.4
	2	SS300R AWG22×3C	φ 4.6
	3	φ13カメラケーブル	φ 5.0
	4	φ8カメラケーブル	φ 2.3
	5	エアチューブ TS0806	φ 8.0
	6	エアチューブ T0425	φ 4.0
	7	エアチューブ TS0425	φ 4.0
	8	金属フレキホースKIH16	φ 21.1
	9	ステンレス鋼	φ 3.0

図27 複合ケーブルの構成

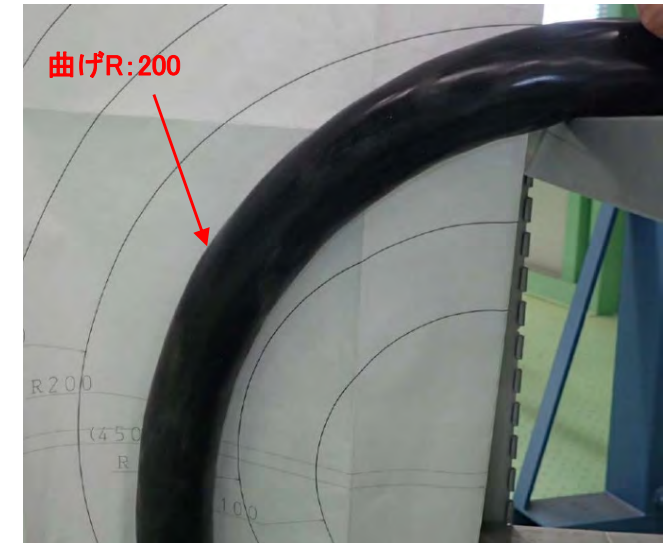


図28 複合ケーブルの製作状況

6.2.3 複合ケーブルの検討状況

(3)調査装置・複合ケーブル・ケーブルドラム組合せ試験

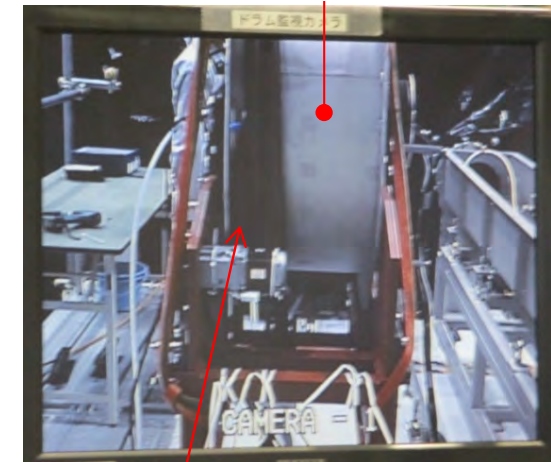
表16 複合ケーブル、調査装置、ケーブルドラム組合せ試験結果

試験項目	試験内容	試験結果	
伸長ロッドの伸縮確認試験	複合ケーブル、調査装置、ケーブルドラムを組合せた状態でのロッド伸縮確認試験(先端重量:0.4kg)	課題有	①ドラム巻数1:伸長ロッドの伸長、収縮可能 ②ドラム巻数2:伸長ロッドの伸長、収縮不可能(動作不良) (課題) ケーブルドラム1巻を超えると伸長ロッド動作不良になることからドラム巻数(余長)を極力減らすため、複合ケーブル長さを見直す(30→25m)

①ケーブルドラム巻数1の時のロッド伸縮状況:伸長、収縮可能

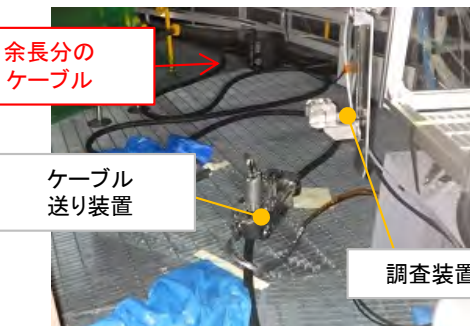


ケーブルドラム(1巻:2.5m)



ケーブルドラムへの複合ケーブル残巻数

②ケーブルドラム巻数2の時のロッド伸縮:伸長、収縮不可能(動作不良)



6.2.4 点群データセンサの検討状況

(1)点群データセンサの測定範囲

ペDESTAL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（半径5m以上）を行う。

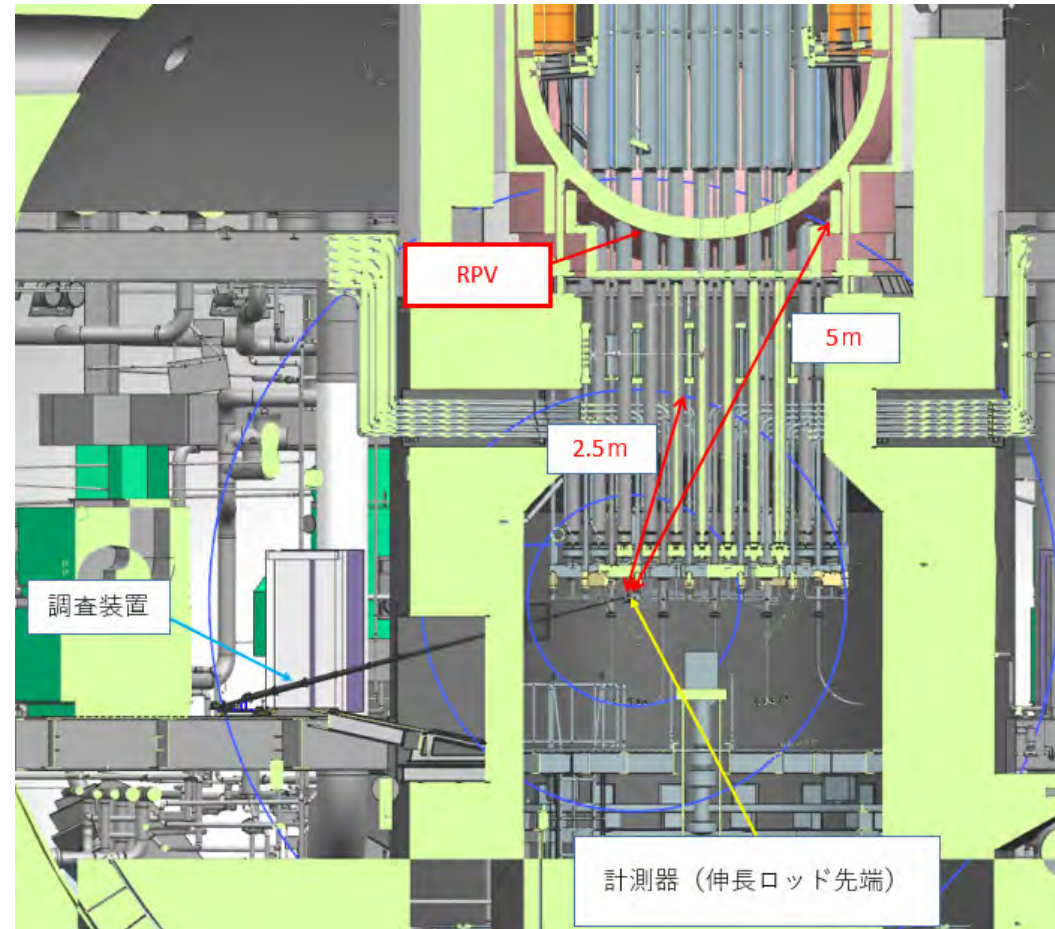


図29 ペDESTAL内調査の測定範囲

6.2.4 点群データセンサの検討状況

(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。

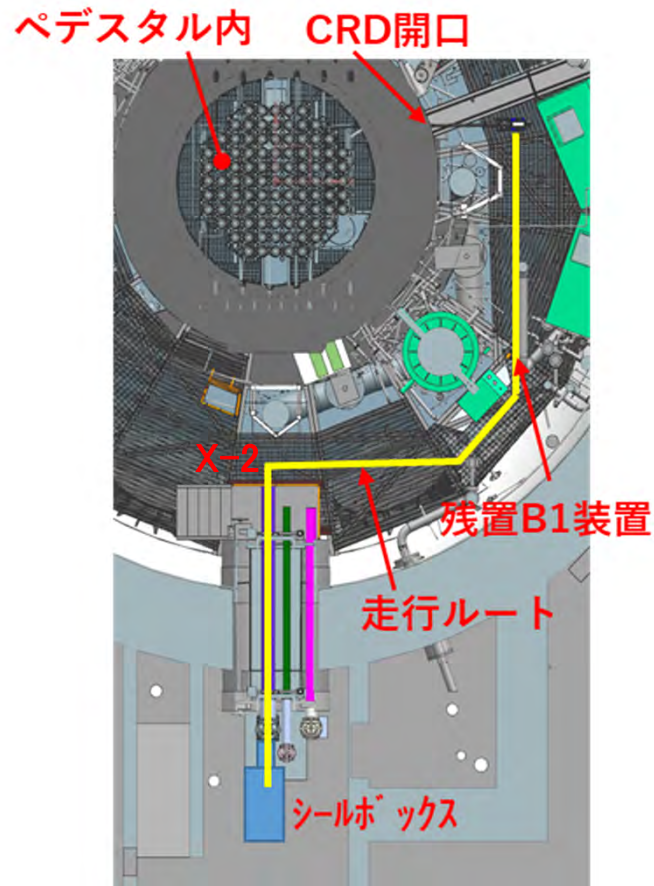


図30 ペDESTAL内調査ルート(想定)

表17 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

6.2.4 点群データセンサの検討状況

(3) 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(図31参照)

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。

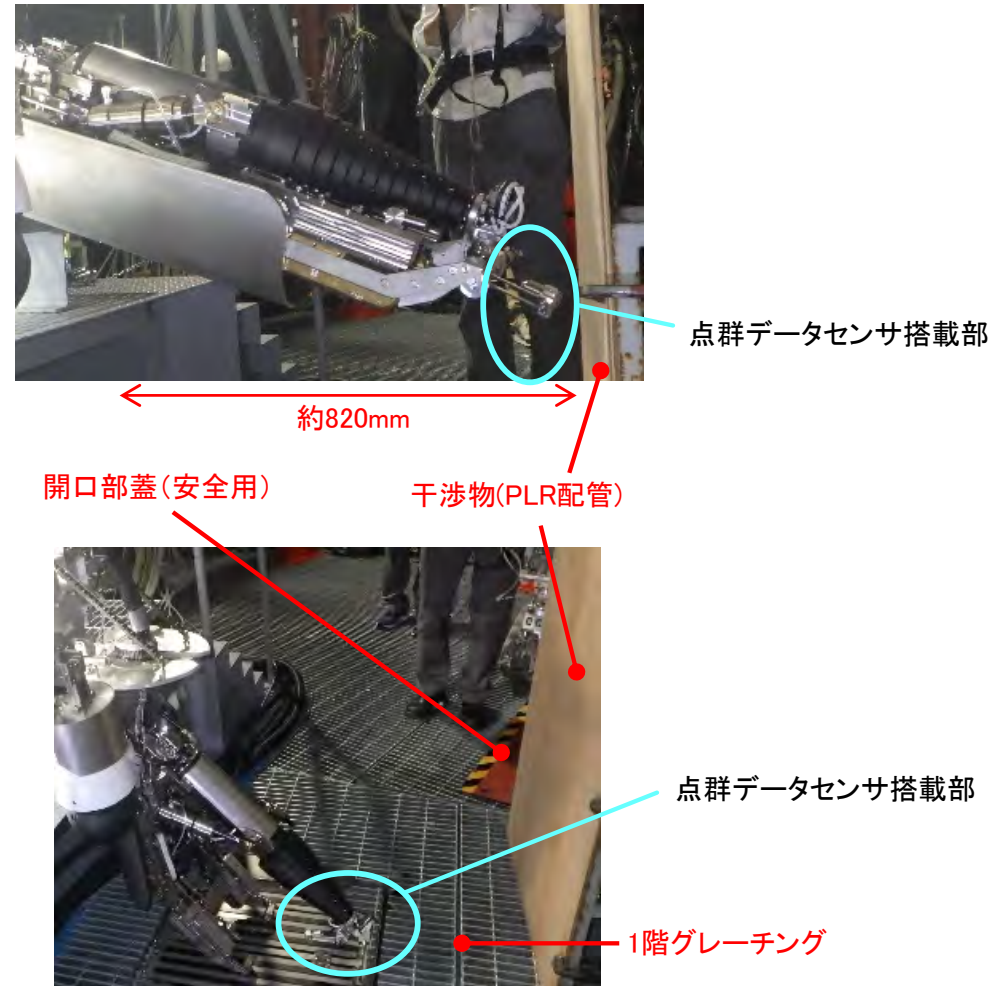


図31 調査装置インストール時の状況

6.2.4 点群データセンサの検討状況

②ケーブル内への配置(図32~33参照)

伸長ロッド先端調査計器用内在ケーブル(φ8)内へカメラケーブル等が同時に挿入されるため、点群データセンサケーブルとしてはφ5以下にする必要がある。このため、LANケーブル(Φ3.7)を用いた接続(※)とする。

なお、USB2.0の場合にはLAN変換器にてLANケーブルに変換後接続可能となっている。

(※)LANケーブルコネクタがφ5以下とならないため、ケーブルからのコネクタ切断⇒内在ケーブル挿入⇒コネクタ再接続が必要

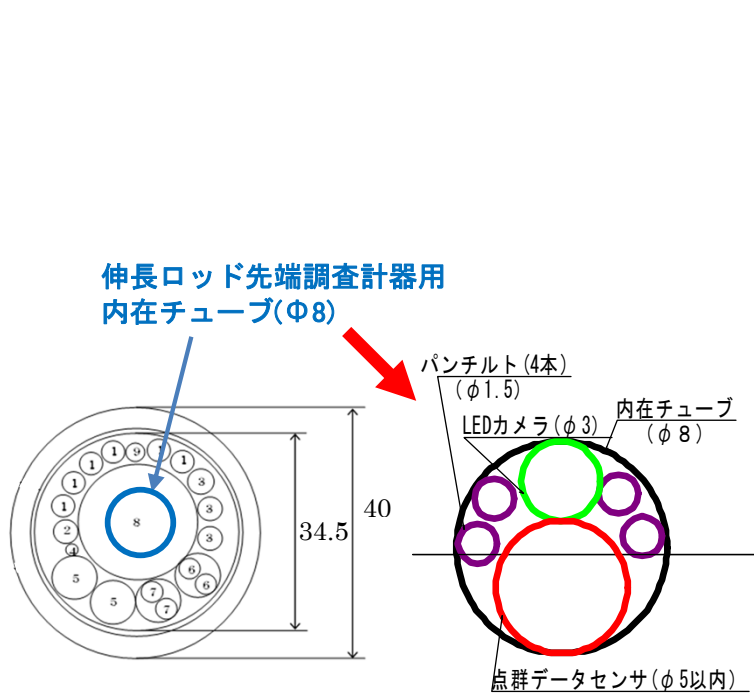


図32 調査装置用複合ケーブル断面

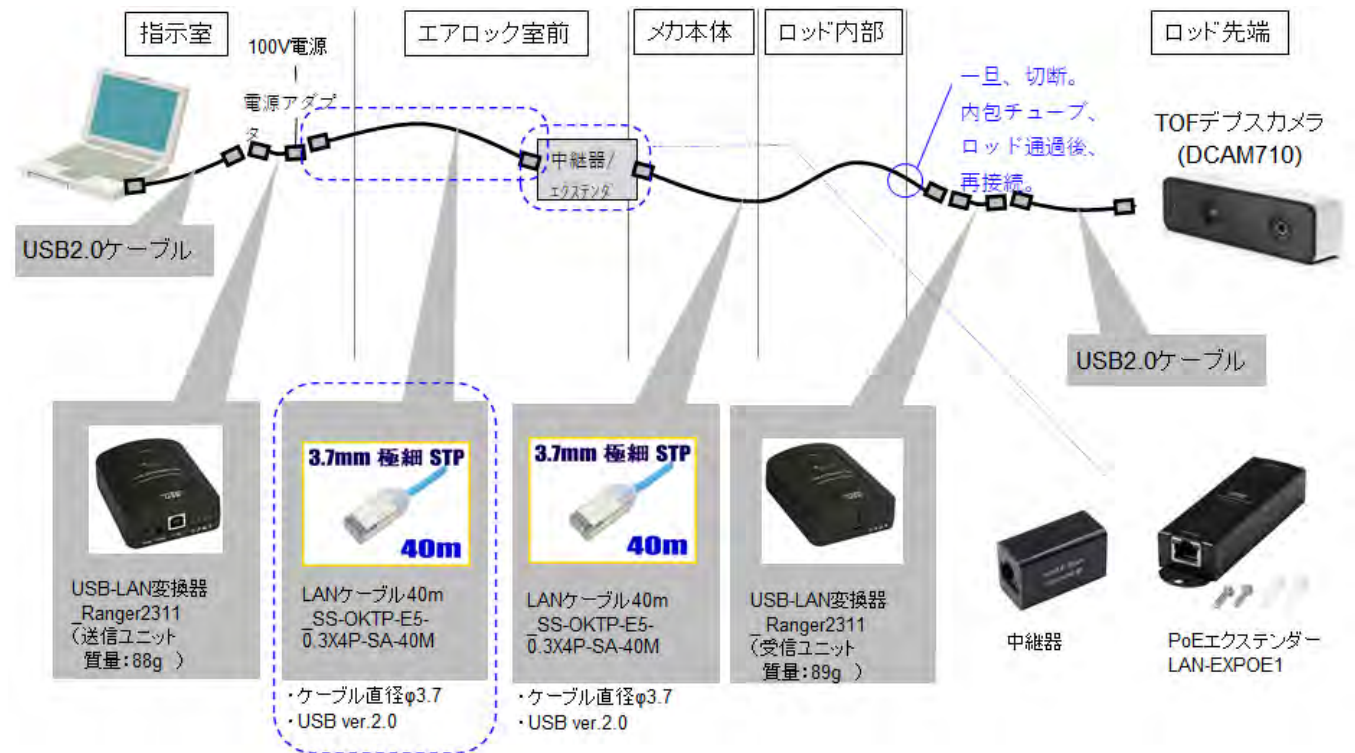


図33 調査装置への搭載例

6.2.4 点群データセンサの検討状況

(4) 点群データセンサの選定

以下に示すセンサのうち、装置搭載性(装置先端及びケーブルへの挿入)の観点から、No.9のデプスカメラ No.10のステレオカメラを主案にする。今後、耐放射線性等の確認を行い、調査装置への実装設計を行う。

表18 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 (400g以内)	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+パン走査ユニット(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) USB2.0 ○
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(×)	
6	全方位カメラ	Omni-60	(株)アルゴ	377g (○)	φ106×54 (○)	-	-	USB3.0(×)	
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(×)	
9	TOFデプスカメラ	DCAM710	Vzense Technology	73g (○)	103×33×22 (○)	0.2~8m (○)	200以上(○) (3/30試験完)	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 (○)	130×101×31(△)	0.2~38.4m (○)	200以上(○) (3/30試験完)	1Gbps イーサネット (○)	○

装置搭載性

6.2.4 点群データセンサの検討状況

(5) 点群データセンサの測定原理

点群データセンサ選定結果(表18)のうち、TOF (Time Of Flight)デプスカメラ及びステレオカメラの測定原理を以下に示す。

① TOFデプスカメラの測定原理

TOFデプスカメラは、赤外光を使って距離を計測する技術で、照射した赤外光が被写体に当たり、その反射光が戻ってくるまでの時間により「距離＝光速 × 時間」の公式で、距離を求める。

。



図34 TOFデプスカメラの測定原理

② ステレオカメラの測定原理

ステレオカメラは対象物の距離を取得することが可能であり、2つのカメラで得られた対象物の画素情報にもとづいて、三角測量の原理を用い距離を算出する。

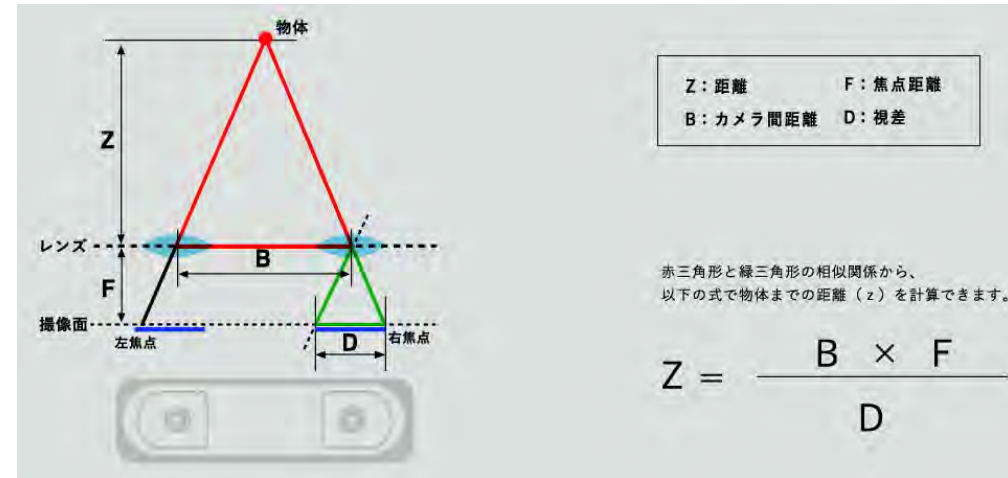


図35 ステレオカメラの測定原理

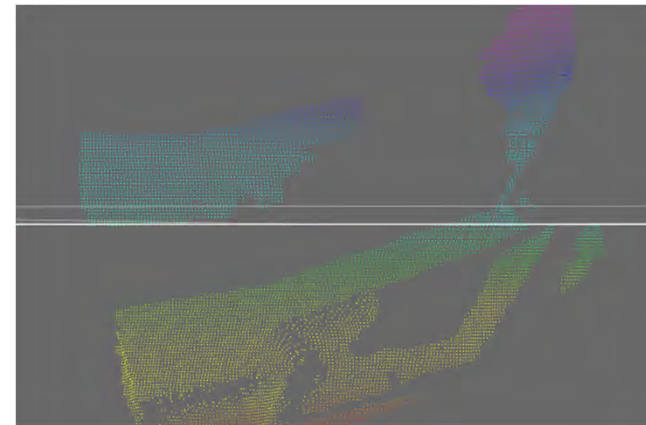
6.2.4 点群データセンサの検討状況

(6) TOFデプスカメラでの点群データ測定(例)

TOFデプスカメラを用いてペDESTAL内構造物の点群データを測定した際のサンプルデータを以下に示します。今後、ペDESTAL内で複数の点群データを測定し、それらを繋ぎ合わせてペDESTAL内全域の点群データの構築が出来るよう検討を行う。



カメラ映像



点群データ

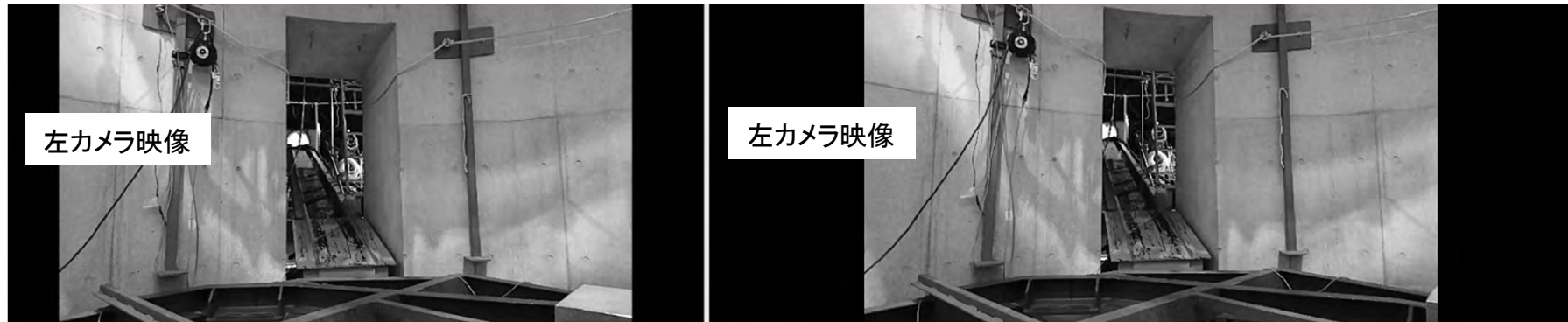
※右の点群データと同一方向を撮影した参考映像

図36 TOFデプスカメラでの点群データ(サンプル)

6.2.4 点群データセンサの検討状況

(7) ステレオカメラでの点群データ測定(例)

ステレオカメラを用いてペデスタル内からのCRD開口の点群データを測定した際のサンプルデータを以下に示す。



点群データを操作し「斜め左から」の点群データ表示画像

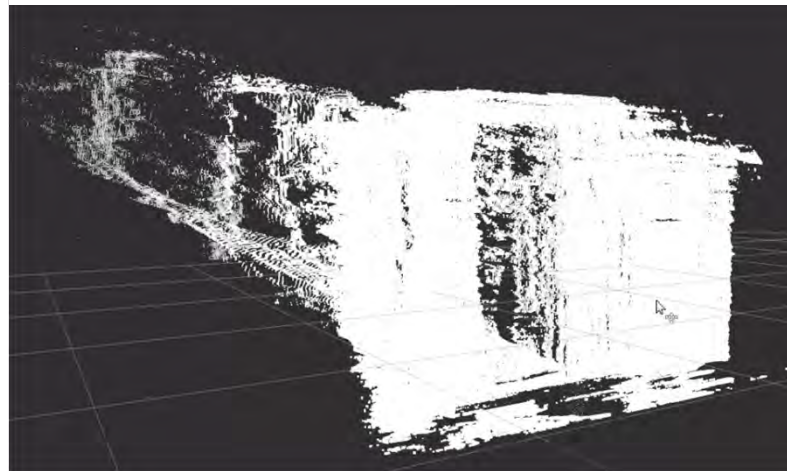


図37 ステレオカメラでの点群データ(サンプル)

6.2.5 放射線センサの検討状況

(1)放射線センサについて

ペDESTAL内調査に適用する放射線検出器の選定に向けて有力な候補検出器である、自己出力型ガンマ線検出器 (SPGD: Self-Powered Gamma ray Detector) の適用性確認を行った。なお、下図に示すようにSPGDは、検出器への電源供給が途絶えても測定可能なパッシブな検出器である。

<自己出力型 γ 線検出器 (SPGD) の基本的な構造>

- ①エミッタ, 絶縁材, コレクタで構成
- ②電圧の印加やアンプは不要

<測定原理>

- ①ガンマ線がエミッタ中の電子を弾く
- ②不足した電子を補うためにグランドからエミッタへ電子が流入
- ③この電子の移動によって発生した電流を計測する

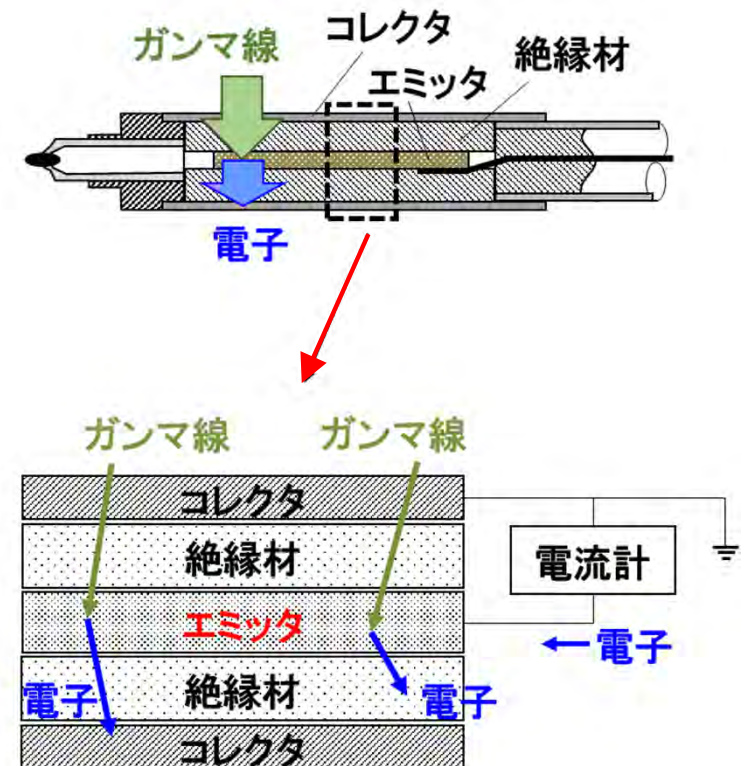


図38 SPGDの構造と測定原理

6.2.5 放射線センサの検討状況

伝送距離: 伝送距離による減衰は軽微であり、300 m伝送でも誤差の範囲で一定

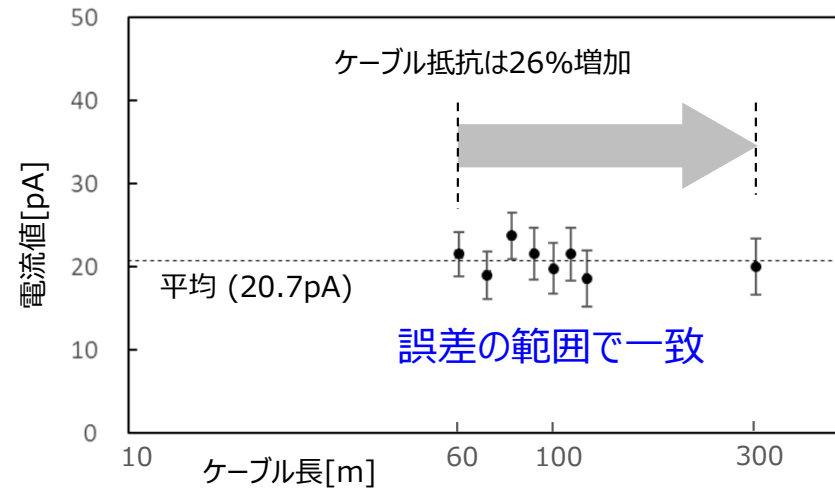


図39 自己出力型ガンマ線検出器の伝送距離

耐ノイズ性: 誘導ノイズ影響は100 Gy/h測定時に誤差5%以下の見込み(高感度型)

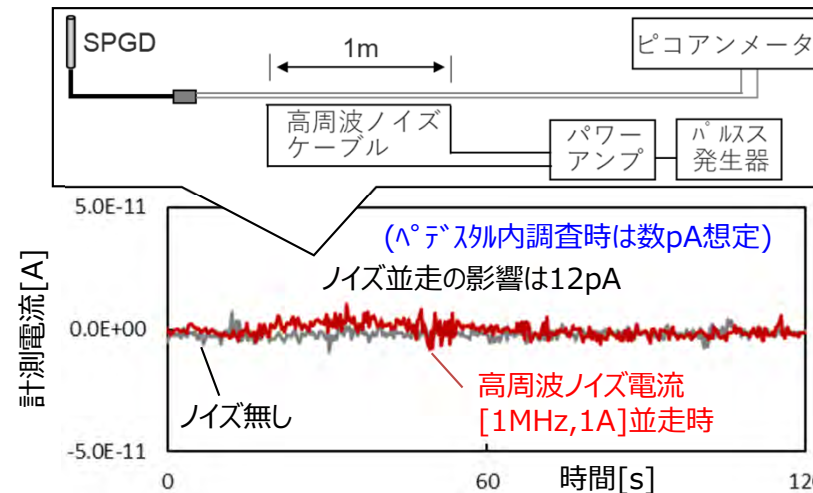


図40 自己出力型ガンマ線検出器の耐ノイズ性

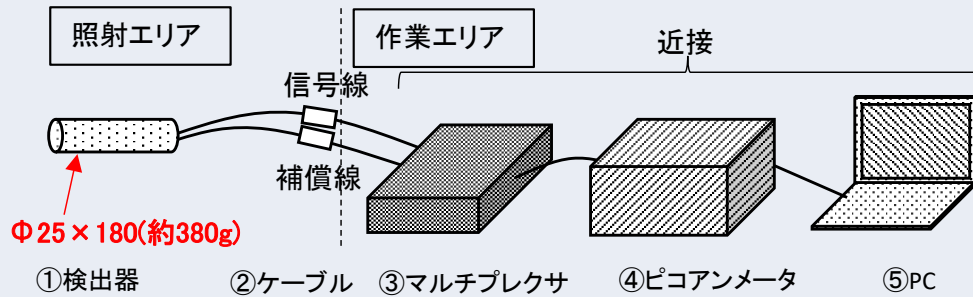
6.2.5 放射線センサの検討状況

(2)放射線センサの要素試験結果を以下に示す。

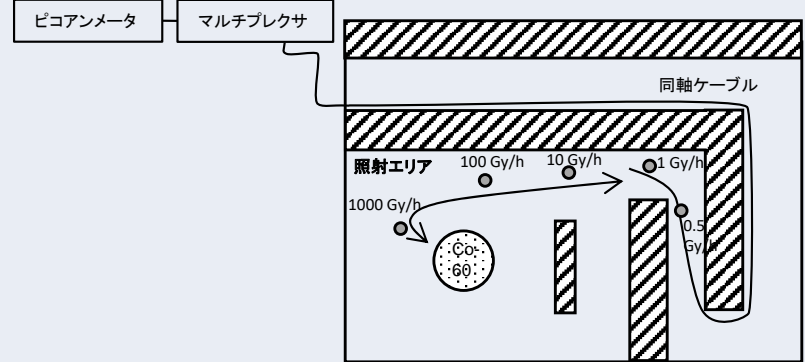
表19 放射線センサ性能確認試験結果

試験概要・結果

装置構成



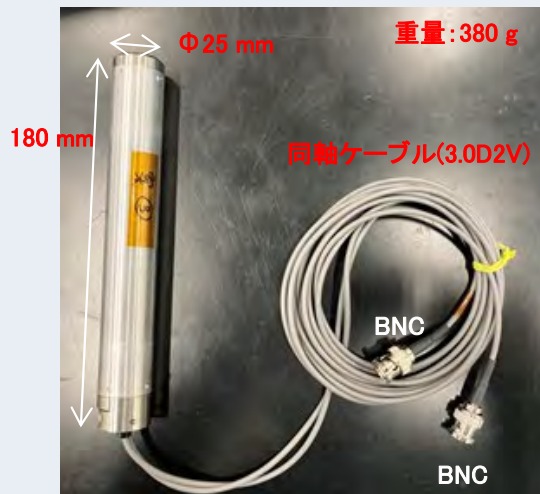
試験配置



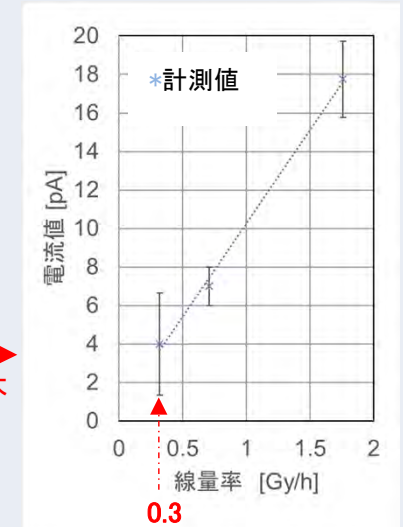
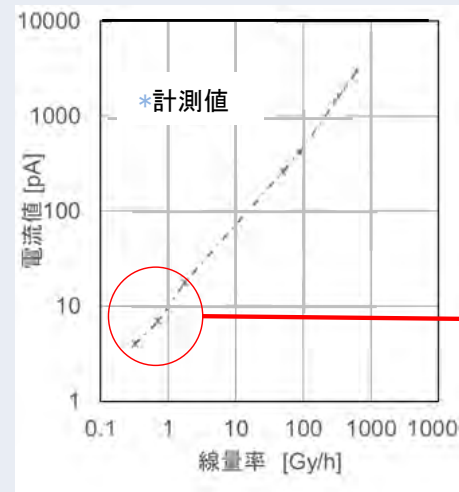
検出器条件

項目	仕様
外側コレクタ材質	アルミ
外側コレクタ材外径 [mm]	25
外側コレクタ材外厚さ [mm]	1.0
絶縁材(ポリイミド)厚さ [mm]	0.2
内部コレクタ(Al)厚さ [mm]	0.05
エミッタ(Pb)厚さ [mm]	0.3
芯棒エミッタ(鉄)径 [mm]	5
SPGD全長 [mm]	180
有感部長 [mm]	100

検出器外観



結果



・最小計測精度として、0.3 Gy/hを計測可能な見通し
 ※PCV内部は1Gy/h以上を想定しており、上記数値であれば問題ないと考えられる

6.2.5 放射線センサの検討状況

(3)放射線センサのケーブル選定結果を以下に示す。

ペDESTAL内調査装置への搭載には、複合ケーブル(図41)内の調査計器用内在チューブ(図42:内径 $\phi 8$)に放射線センサケーブルを挿入させる必要があり、細線化($\phi 2.5$ 以下:現状 $\phi 3$)する必要がある。

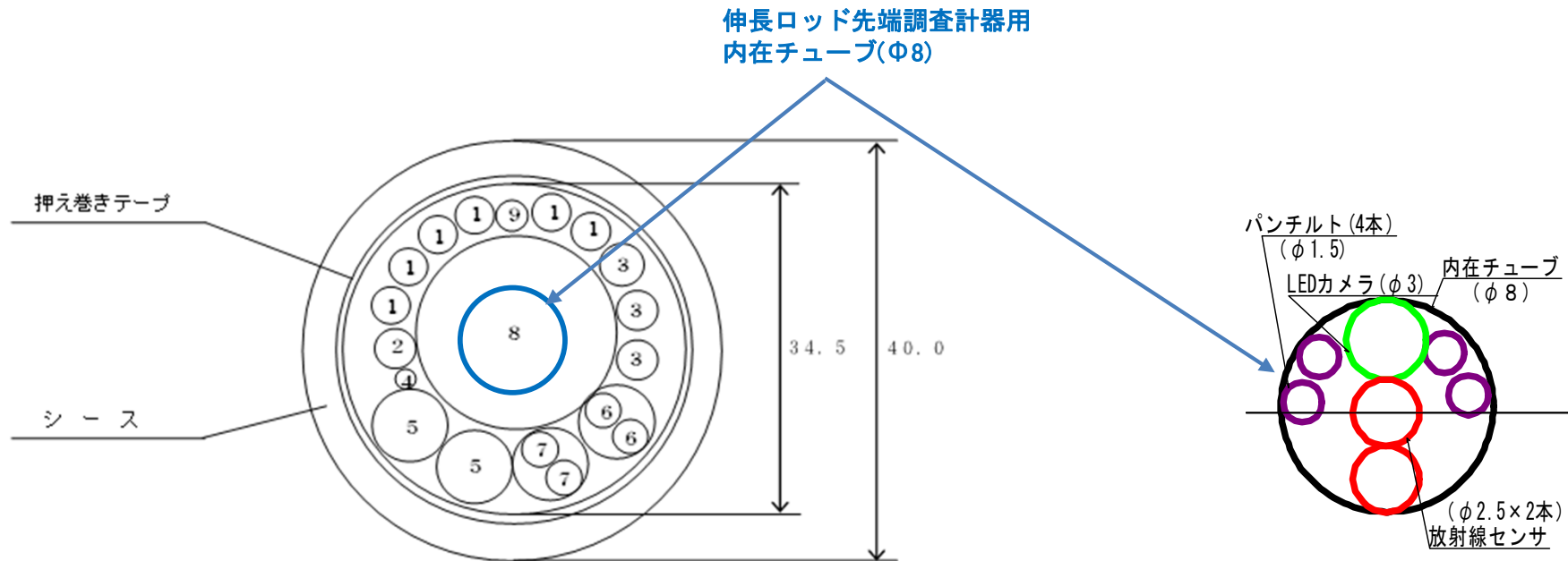


図41 調査装置用複合ケーブル断面図

図42 内在チューブ断面図

6.2.5 放射線センサの検討状況

このため、現状のケーブル(φ3:1.5D2V)と同等の性能を有する細線ケーブルを選定するためのケーブル細線化確認試験(表20)を実施し、感度(照射時の電流値)、ケーブル振動の影響、誘導ノイズ影響を評価した。その結果、φ2.5(RG316/U)を選定した。(図43)

表20 放射線ケーブル細線化確認試験結果

項目	サマリ
(1)感度	1/12秒サンプリング(測定)のばらつきはRG-316Uの方が小さく, 1秒サンプリング(推定評価)ではRG-178B/Uの方がばらつきが小さい
(2)振動	RG-316/Uの方が影響が小さい
(3)誘導ノイズ	共に有意な影響は見られない



図43 放射線センサケーブル候補

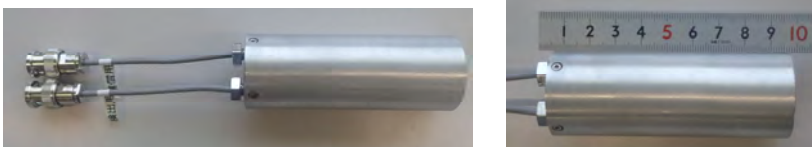
6.2.5 放射線センサの検討状況

(4)放射線センサの製作、評価試験

表21 放射線センサの仕様

項目	変更前	変更後
外側コレクタ材質	アルミ	アルミ
外側コレクタ材外径 [mm]	25	25
外側コレクタ材外厚さ [mm]	1.0	1.0
絶縁材(ポリイミド)厚さ [mm]	0.2	0.2
内部コレクタ(Al)厚さ [mm]	0.05	0.05
エミッタ(Pb)厚さ [mm]	0.3	0.3
芯棒エミッタ(鉄)径 [mm]	5	5
SPGD全長 [mm]	180	100
有感部長 [mm]	100	50

装置搭載可能なように短尺化を行った
(短尺化により有感部長は減少)



【放射線センサの要求仕様】

- ・計測レンジ:1~100Gy/h
 推定線量 ペDESTAL外(8Gy/h(※1),ペDESTAL内(100Gy/h)
 ※1:B1調査計測値(2015/04計測)
- ・寸法/質量:全長100mm以下/質量0.5kg以下
 (調査装置伸長ロッド搭載可能)



【放射線センサの製作】

- ・計測下限0.6Gy/hを確認した。(上限は100Gy以上確認済)
- ・調査装置先端の伸長ロッドに搭載可能な寸法として、
 全長を短縮軽量化(100mm/質量0.3kg)した放射線センサを
 設計・製作した。



【評価試験概要】

- ・調査装置に実装し、複合ケーブル内へのケーブル搭載等組合せ
 を実施し、確認を行う。
- ・また、放射線センサへのノイズ影響等リスク対策についても試験
 で検証していく。

6.2.5 放射線センサの検討状況

(5)放射線センサ開発のリスクと対策を以下に示す。

表22 放射線センサ開発リスクと対策(予定)

No	リスク	対策と検証方法
1	長距離伝送による電流値の低下	検証方法：伝送距離影響試験（伝送距離ごとの電流値の測定）
2	複合ケーブル時に隣接するケーブルからの誘導ノイズによる電流値のドリフト	対策：時定数を延ばすことによる誤差の低減（※影響があった場合） 検証方法：誘導ノイズ試験（隣接するケーブルの電流値/周波数を変えて測定）
3	揺れに伴うノイズ発生	対策：静止時に測定 検証方法：調査装置との組合せ試験（測定を想定した静止状態でのノイズレベル評価）
4	信号線-補償線切替によるノイズの発生	対策(システム)：ch切替が不要となる2ch同時測定オンライン差分計測システムの構築 検証方法：システム検証試験（システム適用の有無で電流値に変化がないことの確認）
5	瞬時事象によるサージノイズの発生	対策(運用)：極端な電流値の変動を評価から除外
6	コモンモードノイズ	対策：トランス・軟磁磁性体の適用 検証方法：調査装置との組合せ試験（測定を想定した状況でのノイズレベル評価）
7	現地環境に依存した電流値ドリフト	対策(運用)：現地で照射エリア侵入前にBGを測定し、非照射時の基準電流値とする
8	電流値の安定までの待ち時間	対策：減衰曲線からの安定電流値の推定 or 最大変動分を誤差とする運用 （※長い待ち時間が必要となった場合） 検証方法：推定方法の実証試験（減衰曲線からの推定可否を確認）
9	ケーブル断線	ケーブル断線判別可能な手法を開発し検証する。

6.2.6 穴カバー設置装置の改善状況


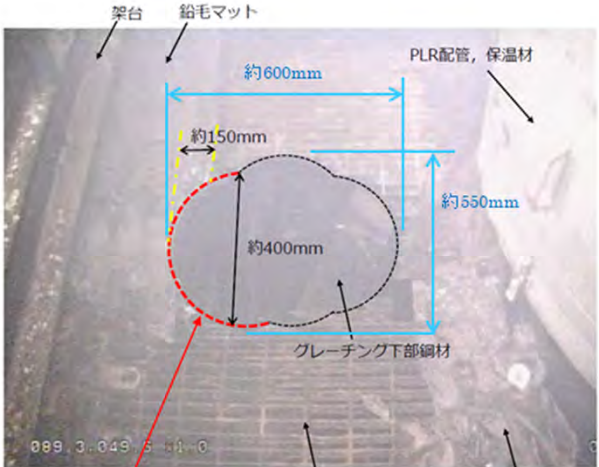
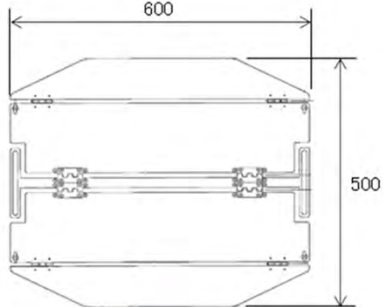
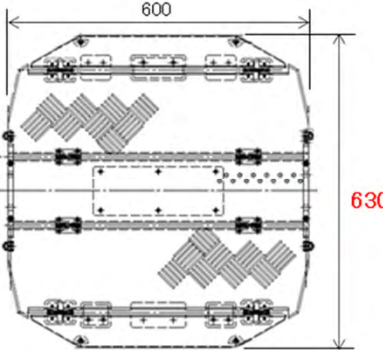
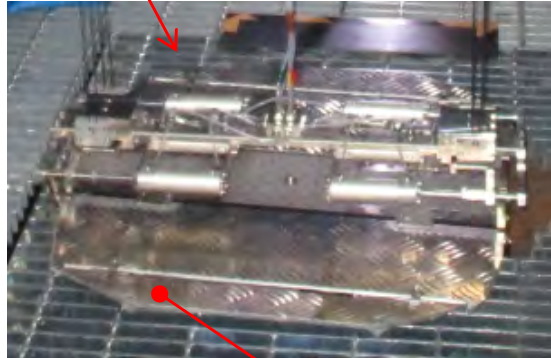
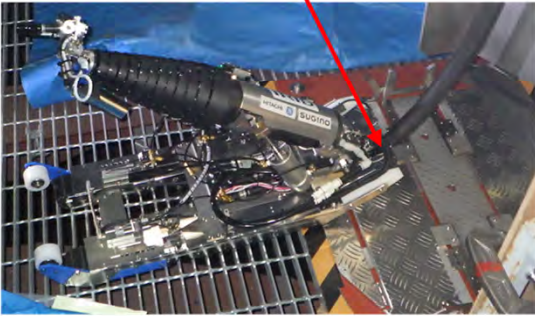
先行事業後の課題及び更なる機能向上として、以下に示す穴カバー設置装置の改良を行った。試験にて、穴カバーの設置性、調査装置の走行性に問題が無いことを確認した。

表23 穴カバー設置装置の改善内容(1)

No.	項目	先行事業時の状況	改善内容	確認結果
1	ワイヤ部見直し	<p>滑車からワイヤが外れゆるみ、吊りバランスが崩れた</p>  <p>ワイヤのゆるみ発生</p>	<p>・ステンレスワイヤロープ(Φ2)からケブラー芯入りコード(Φ2.2(耐荷重300kg))に変更</p>	<p>昇降操作を繰り返し実施し(10回程度)ワイヤのゆるみがないことを確認した。</p>  <p>ワイヤのゆるみ無</p>
2	滑車部見直し		<p>・滑車形状をシャフトとローラ別型から一体型に変更</p>	<p>昇降操作を繰り返し実施し(10回程度)滑車に噛み込みがないことを確認した。</p>  <p>滑車部 シャフトとローラ別型から一体型に変更</p>

6.2.6 穴カバー設置装置の改善状況

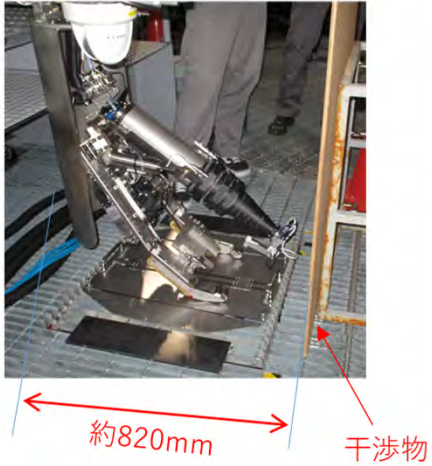
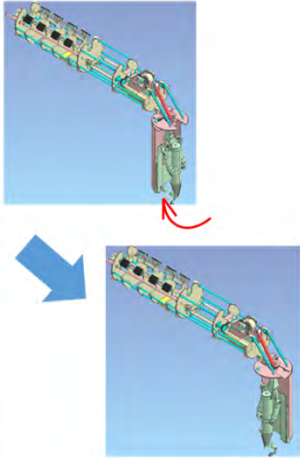
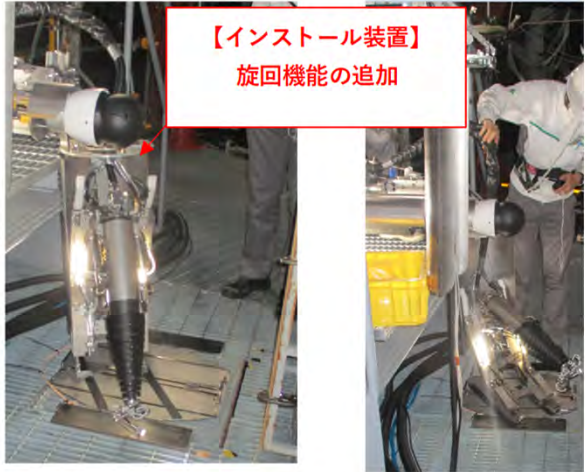
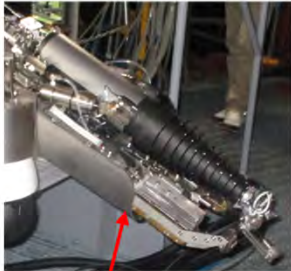
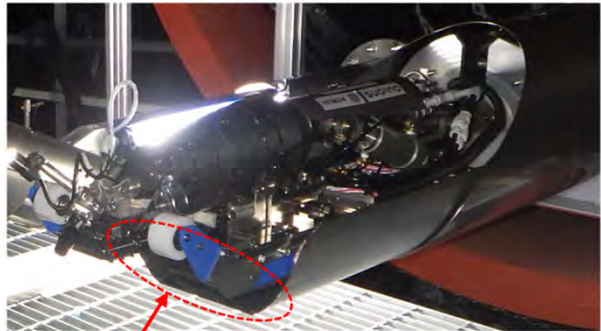
表24 穴カバー設置装置の改善内容(2)

No.	項目	先行事業時の状況	改善内容	確認結果
3	穴カバーの強度・質量・材質、形状見直し	<ul style="list-style-type: none"> 調査装置走行時、穴カバー取っ手プレートが強度不足により曲がった。 走行時に滑りが発生したため、カバー表面の材質見直しが必要。 現地(先行事業後の2021年6月18日に作業)でのグレーチング穴径拡大に伴う、穴カバー径拡大が必要。  	<ul style="list-style-type: none"> 穴カバーの板厚を3t⇒6tに変更 表面形状を縞鋼板タイプにて製作し、カバー上の走行性を確認 穴カバーの形状を拡大  <p style="text-align: center;">↓</p> 	<p>調査装置にて穴カバー表面上を走行し、変形や走行性、設置性に問題がないことを確認した。</p> <p>穴カバー設置装置での取付性も問題無</p>  <p>調査装置着座後の干渉、走行性も問題無</p> 

6.2.7 インストール装置の改善状況

先行事業後の課題及び更なる機能向上として、以下に示すインストール装置の改良を行った。
試験にて、調査装置のインストール・回収性に問題が無いことを確認した。


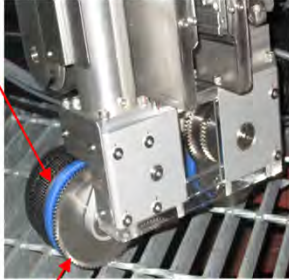
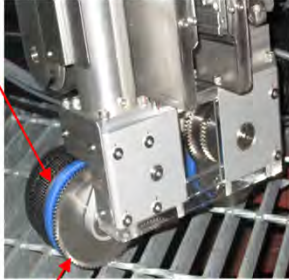

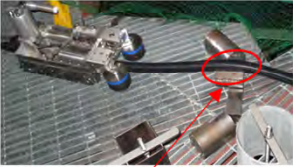
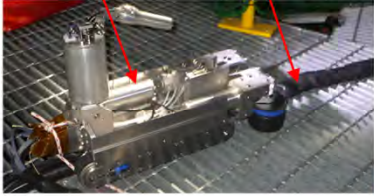



表25 調査装置用インストール装置の改善内容

No.	項目	先行事業時の状況	改善内容	確認結果
1	旋回機能の追加	<p>インストール箇所が狹隘部のため、インストールが困難であった。</p>  <p>約820mm 干渉物</p>	<p>「Rガイド」と「ラック&ピニオン」取り付けにより90° 旋回機能を追加</p> 	<p>インストール装置に旋回機能を追加したことにより、調査装置のインストールが可能であることを確認した。</p>  <p>【インストール装置】 旋回機能の追加</p>
2	スコップ部の切欠追加	<p>インストール・回収時に装置がずれる事象が発生した。</p>	<p>スコップ部に切欠を追加する。</p>  <p>スコップ部に切欠を追加する</p>	<p>インストール装置先端スコップ部に切欠きを設けたことにより、インストール・回収時の装置安定性が向上(ずれ防止)し、屈曲・押し出しの回数が低減され作業時間の短縮に繋がった。</p>  <p>スコップ部に切欠き追加</p>

6.2.8 ケーブル送り装置の改善状況

先行事業後の課題及び更なる機能向上として、以下に示すケーブル送り装置の改良を行った。試験にて、インストール時のローラ部干渉回避、ケーブル送り・解除機能、昇降時に干渉が無いことを確認した。

表26 ケーブル送り装置の改善内容

No.	項目	先行事業時の状況	改善内容	確認結果
1	ローラ部 歯車見直し	<p>ケーブル送り装置のインストール時、ローラ部歯車がグレーチングに干渉する可能性有</p>  <p style="text-align: center; border: 1px solid red; padding: 2px;">干渉懸念</p>	<p>ローラ直径はφ90mmであるため、歯車径をそれ以下の寸法に変更(φ90⇒84mm)し、干渉を無くす</p>	<p>90° 屈曲したインストール装置からケーブル送り装置を吊降し、着座時にローラ部がグレーチングに干渉しないことを確認した。</p> <p style="text-align: center; color: red;">ケーブル送り装置用インストール装置</p>  <p style="text-align: center; color: red;">ローラ</p>  <p style="text-align: center; color: red;">歯車径をローラより小さくした</p> 
2	ケーブル送り装置のローラ部 ストロークUP	<p>残置B1調査装置等にケーブルが引っ掛かった際、ケーブル送り装置にて解除が困難</p>  <p style="text-align: center; border: 1px solid red; padding: 2px;">ケーブル解除要</p>	<p>ケーブル送り機構部の昇降ストロークを50mm⇒80mmに変更し、ケーブルの解除が可能にする</p>	<p>ケーブル送り機構部の昇降ストロークを50mm⇒80mmに変更したことにより、構造物にケーブルが引っ掛かった際の解除が可能であることを確認した。</p> <p style="text-align: center;">ケーブル送り装置 複合ケーブル</p>   <p style="text-align: center; color: yellow;">複合ケーブルを把持し 引っ掛かりを解除</p>  

6.2.9 シールボックス(ケーブルドラム含)の検討状況

以下のシールボックスに関する設計・製作を行い、各装置と組み合わせてにおいて、操作性に問題が無いことを確認した。

今後は、モックアップ試験にて搬入・設置の確認を実施する。

(1)ケーブル送り装置用シールボックス(ケーブルドラム含)【250A】(図44参照)

(2)穴カバー設置装置用シールボックス【350A】(図45参照)

(3)調査装置用シールボックス(ケーブルドラム含)【350A:(2)設置後入替】(図46参照)

250A:(X-2ペネに作られた直径250mmの貫通孔)

350A:(X-2ペネに作られた直径350mmの貫通孔)

6.2.9 シールボックス(ケーブルドラム含)の検討状況

(1)ケーブル送り装置用シールボックス(ケーブルドラム含)【250A】

(2)穴カバー設置装置用シールボックス【350A】

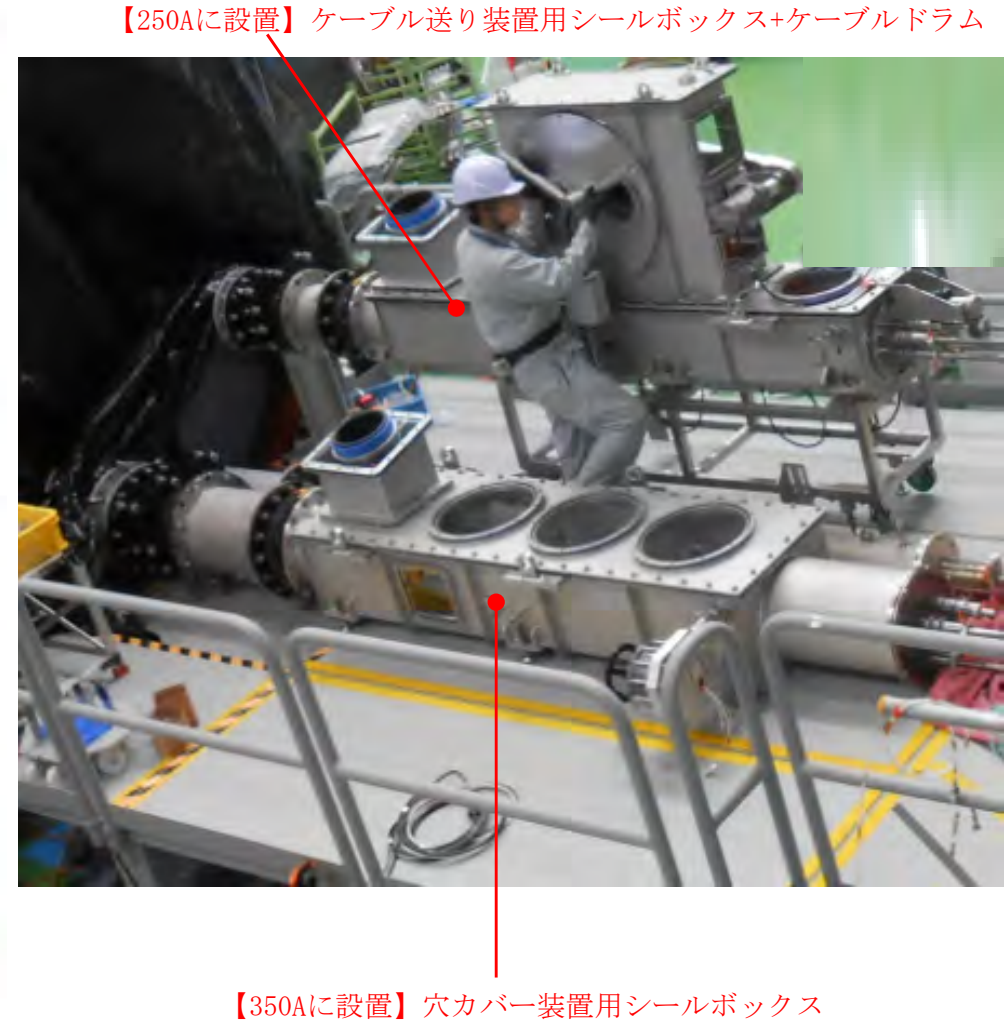
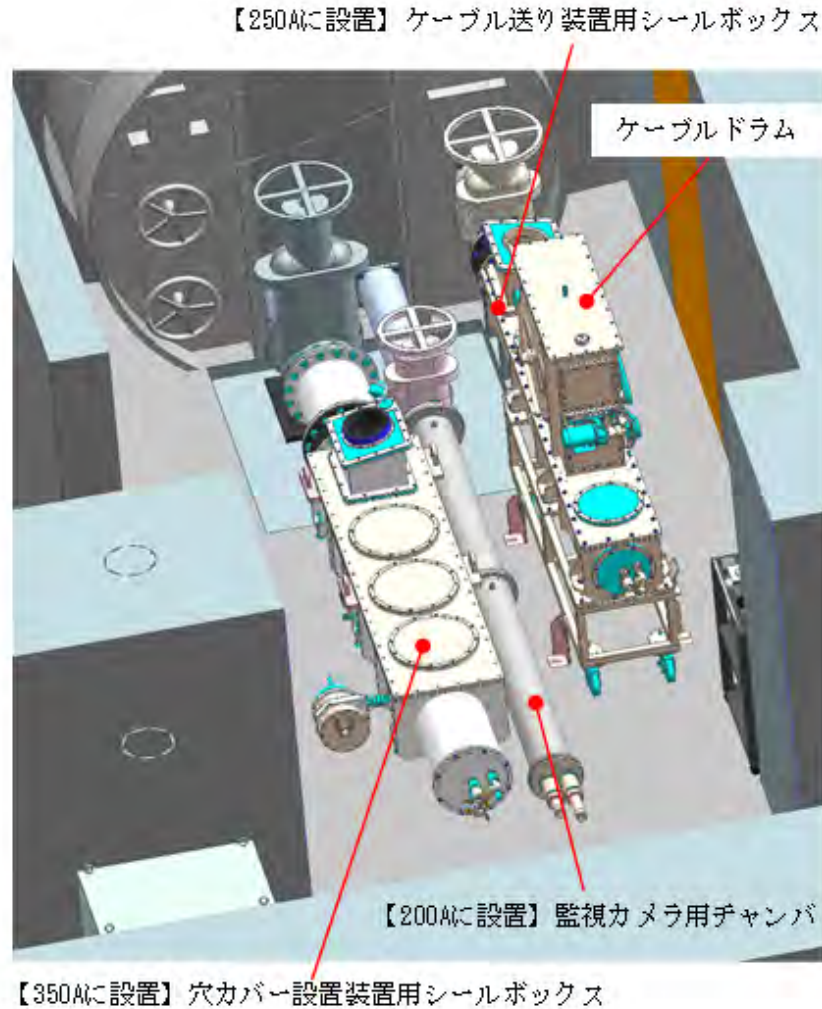


図44 ケーブル送り装置用シールボックス・穴カバー設置装置用シールボックスの設置状況

6.2.9 シールボックス(ケーブルドラム含)の検討状況

(3)調査装置用シールボックス(ケーブルドラム含)【350A:(2)設置後入替】

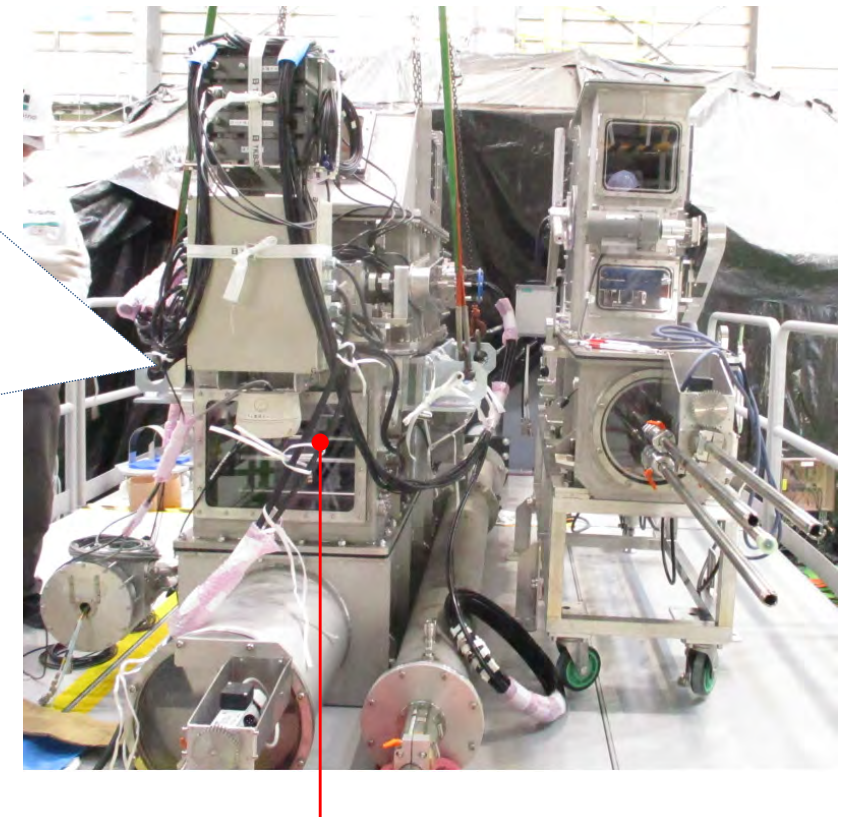
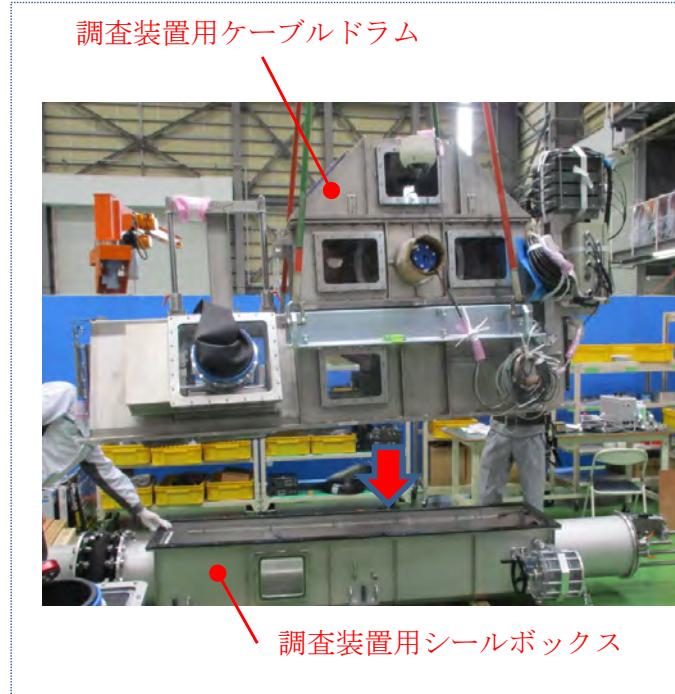
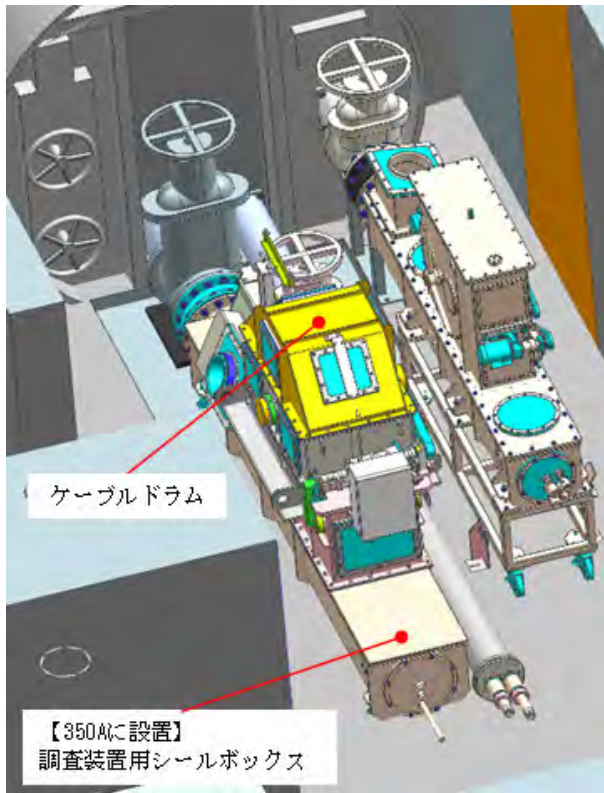


図45 調査装置用シールボックスの設置状況

6.2.10 監視カメラの検討状況

(1)監視カメラの検討状況を以下に示す。

先行事業後の更なる機能向上として、視野範囲拡大のための監視カメラ屈曲部追加の改良を行い、試験にて視認性に問題が無いことを確認した。

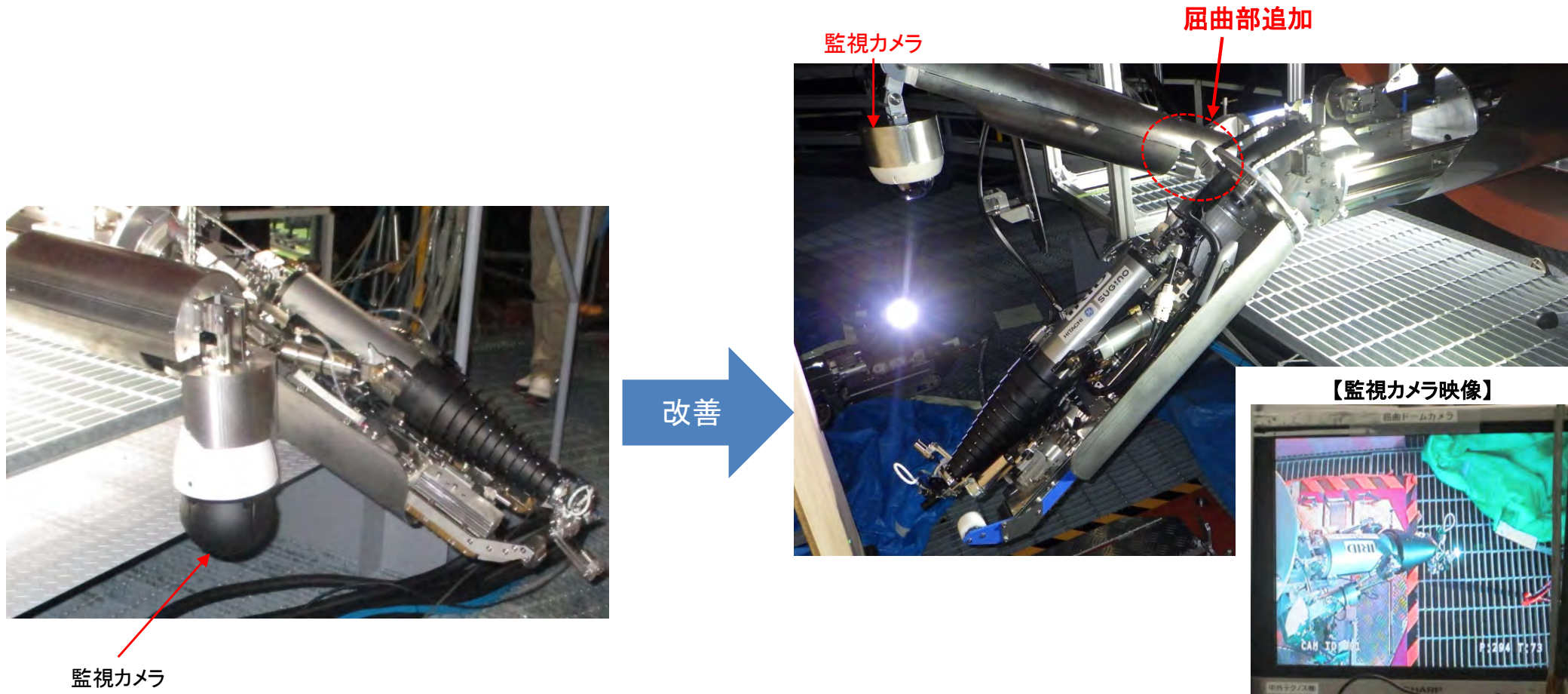
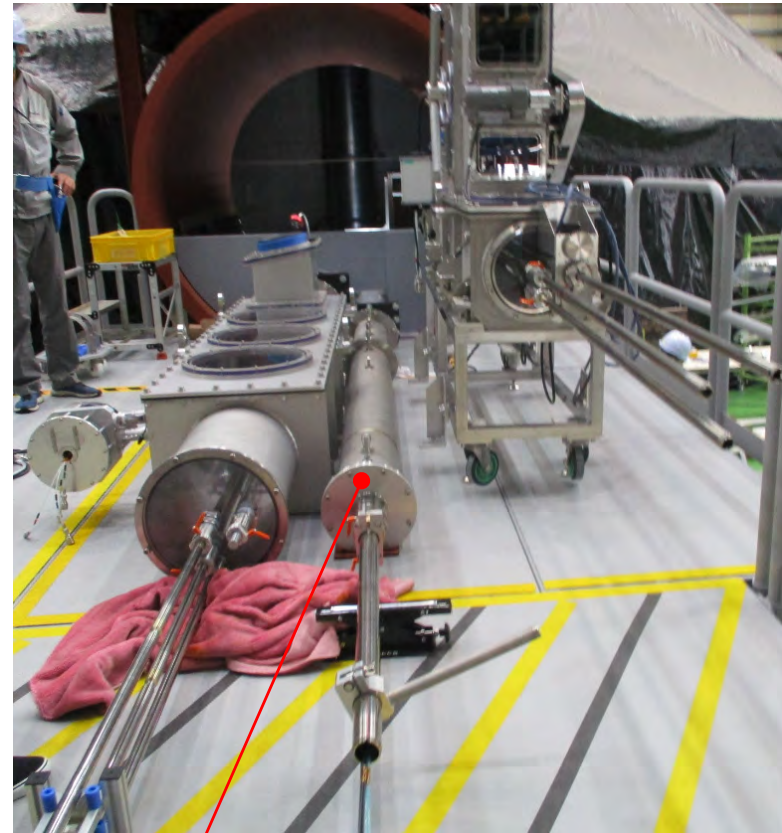
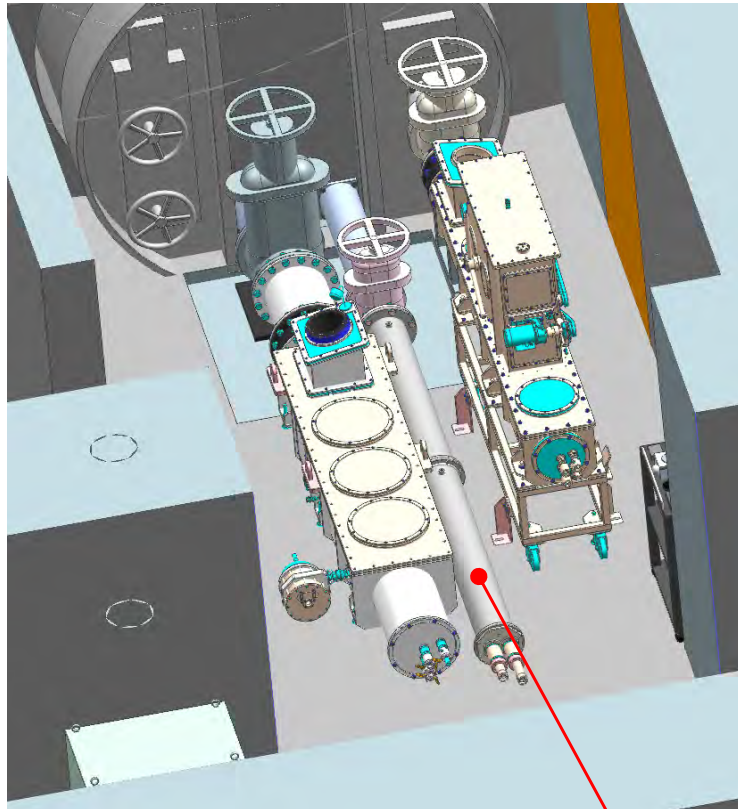


図46 監視カメラの検討状況

6.2.10 監視カメラの検討状況

(2)監視カメラ用チャンバの検討状況を以下に示す。

監視カメラ用チャンバに関して、エアロック室内に配置可能な寸法にて製作を進めた。
チャンバ内に監視カメラを設置し、操作性に問題が無いことを確認した。



【200Aに設置】 監視カメラ用チャンバ

図47 監視カメラ用チャンバの検討状況

6.3 モックアップ試験計画

モックアップ試験計画については、実機環境を模擬した試験設備を準備し、モックアップ試験を実施する。(モックアップ試験は2022年度実施予定)

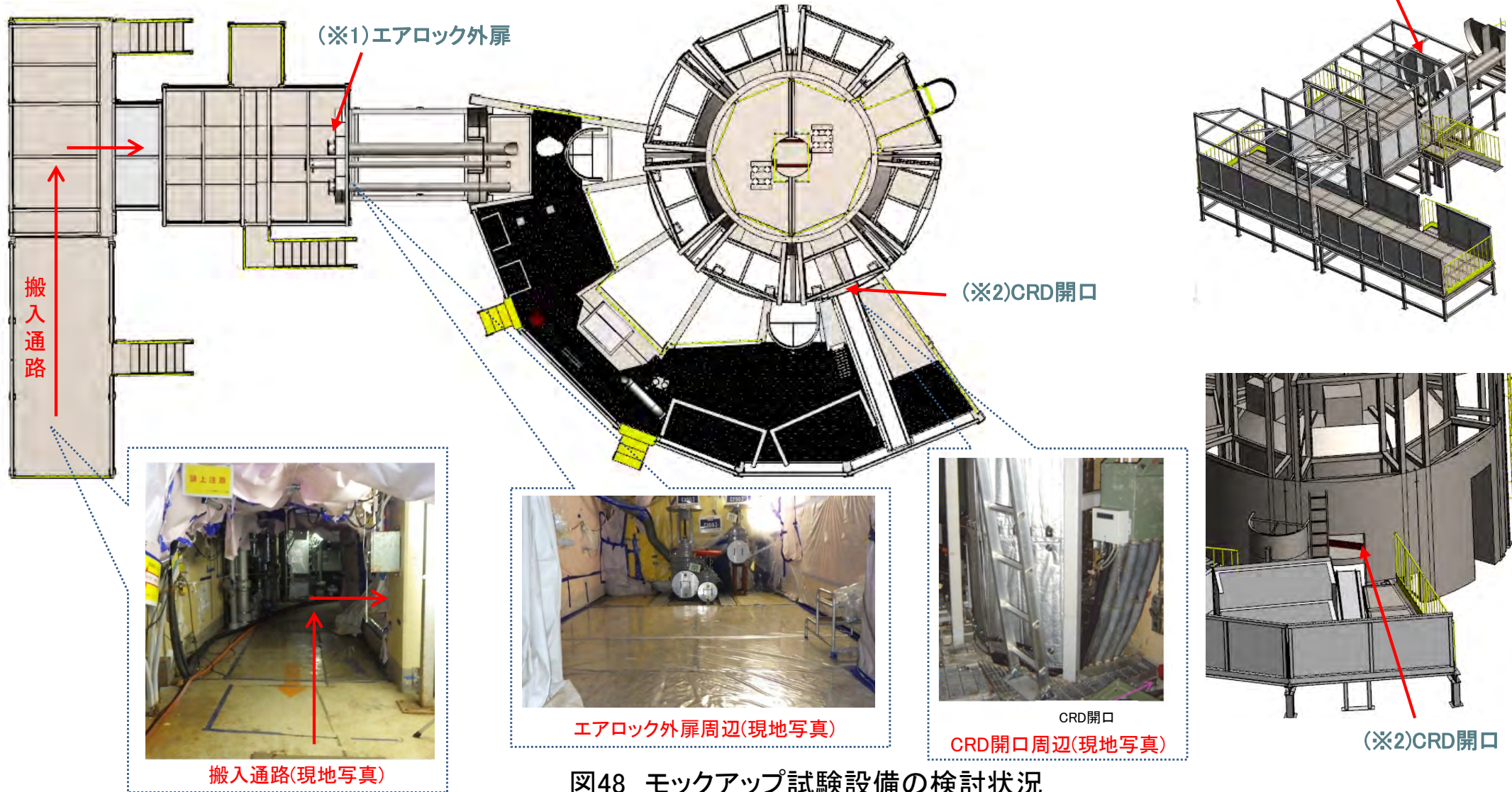


図48 モックアップ試験設備の検討状況

6.4 課題

本事業における作業リスク一覧表を以下に示す。

表28 作業リスク一覧表(その1)

作業ステップ		想定されるリスク	発生頻度	対策
大項目	小項目			
PCV内監視カメラ設置	①屈曲ドームカメラをガイドパイプ内(200A)に通す ②以下ステップ作業を監視できるよう任意の位置にカメラを設置	カメラ操作中周辺の構造物干渉しカメラが破損する	中	レンズが直接破損しないように保護カバー付カメラを選定
PCV内にケーブル送り装置を設置	①インストール装置をガイドパイプ内(250A)に通す	インストール装置押し出し中、手摺とインストール装置が干渉する	大	・最適な監視カメラ位置で操作する ・操作ポールにマーキングを実施し操作要領を明確化する
	②手摺を越えるまでインストール装置押し出し	ケーブルドラムのモータが動作せずケーブル送り装置を吊下せない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
	③インストール装置屈曲	着座時、ケーブル送り装置の歯車部が破損する	中	歯車部径を把持部径より小さくすることにより干渉回避
	④ケーブルドラムを送り、ケーブル送り装置吊下し			
⑤ケーブル送り装置着座				
ROV用開口部の養生	①穴カバー設置装置をガイドパイプ内(350A)に通す	穴カバー設置装置押し出し時、押し出し過ぎ構造物と干渉する	中	押し出し過ぎないように操作ポールにマーキング実施
	②開口部位置まで穴カバー設置装置押し出し			
	③穴カバー吊下し ④穴カバーピンをグレーチング溝に差し込み ⑤把持開放し穴カバー設置 ⑥穴カバー設置装置を引き込み回収	穴カバー設置時、穴カバー位置がずれる	中	・ずれないように屈曲式ドームカメラとケーブル送り装置カメラで監視し位置決めする ・ずれた場合、穴カバーを把持・回収し再度設置する
PCV内に調査装置を設置	①インストール装置をガイドパイプ内(350A)に通す	インストール装置押し出し時、手摺とインストール装置が干渉する	中	・クリアランスを大きく確保できるよう、インストール装置スコップの形状を見直し ・干渉しないよう屈曲式ドームカメラ、ケーブル送り装置カメラで監視する
	②手摺を越えるまでインストール装置押し出し	インストール装置押し出し時、構造物とインストール装置が干渉する	大	押し出し過ぎないように操作ポールにマーキング実施
	③インストール装置屈曲	ケーブルドラムのモータが動作せずケーブル送り装置を吊下せない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
	④ケーブルドラムを送り、調査装置吊下し	調査装置吊下し時、構造物と調査装置先端カメラが干渉する	大	・インストール装置スコップ部に旋回機構を追加し、構造物との干渉を回避する ・干渉しないよう吊下し操作要領を明確化する
	⑤前方クローラ部が接地したら、調査装置を左旋回させながら、吊下し			
⑥調査装置着座				

6.4 課題

本事業における作業リスク一覧表を以下に示す。

表29 作業リスク一覧表(その2)

B2調査：2017年3月実施

作業ステップ		想定されるリスク	発生 頻度	対策
大項目	小項目			
X2ペネ～B1 残置装置まで 走行	①ケーブル送り装置を走行させ、調査装置を俯瞰的に監視できる位置まで移動させる ②ケーブルドラムを送りながら、調査装置をB1残置装置手前まで走行させる ③ケーブルが引っ掛かりそうになったらケーブル送り装置にてケーブル位置を適宜修正する	調査装置走行中周辺構造物と干渉し装置が破損する	中	・干渉物を漏れなく監視できるようカメラ配置計画実施 ・屈曲式ドームカメラ、ケーブル送り装置カメラ、調査装置カメラにて干渉有無を確認しながら走行させる
		グレーチング上を滑り走行・旋回できない	中	クローラ性能を向上させる
		ケーブルドラムのモータが動かずケーブル送り装置が走行できない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
		電気系統トラブルによりケーブル送り装置が走行できない	小	ケーブルドラムを巻き取り、ケーブル送り装置を回収する
		ケーブルドラムのモータが動かず調査装置が走行できない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
		電気系統トラブルにより調査装置が走行できない	小	ケーブルドラムを巻き取り、調査装置を回収する
		ケーブルが手摺等に引っ掛かり、調査装置が走行できない	中	ケーブル送り装置にてケーブルの引っ掛かりを解除する
		PCV内環境(暗所・蒸気)での走行ルートの構造物等が確認できない	小	PCV内調査(B2調査)で実績のあるカメラを採用する
B1残置装置 手前からの ロッド伸長	①レーザーポインタ照射位置を見ながら調査装置を旋回させ、伸長位置を微調整する ②ロッドを規定の起伏角度まで起こす ③ロッド伸長 ④カメラ操作でペDESTALCRD開口前情報を取得 ※：モックアップ試験でペDESTALCRD開口部内側までの視認性を確認する。 ⑤ロッド収縮	ケーブル送り装置が複数ケーブル乗り越え中、転倒する	小	ケーブルドラムを巻き取り、ケーブル送り装置を回収し再設置する
		ロッド伸長時構造物に干渉する	中	・ロッド伸長前、レーザーポインタで伸長位置に干渉物がないか確認する ・インチング操作により周辺に干渉物がないか確認しながら伸長させる
		内包チューブが断線しエアが供給されずロッドが伸長しない	小	・内包チューブにケブラ糸を通し、断線しないようにする ・断線した場合、調査装置を回収する
		内包チューブ断線ならびに電気系統トラブルにより伸長されたロッドが収縮しない	小	機械的にロッド収縮できるようケーブルドラムを巻き取り収縮させる

6.4 課題

本事業における作業リスク一覧表を以下に示す。

表30 作業リスク一覧表(その3)

作業ステップ		想定されるリスク	発生頻度	対策
大項目	小項目			
B1残置装置乗越え(往路)	①ケーブル送り装置を調査装置後ろまで移動させ、B1残置装置乗越え時、俯瞰監視できるようにする ②調査装置のB1残置装置乗越え	乗り越え中、バランスを崩し調査装置が転倒する	小	ケーブルドラムを巻き取り、調査装置を回収する
		乗り越え中、周辺構造物(150A配管等)と干渉する	中	ケーブル送り装置カメラでの俯瞰監視、調査装置カメラでの前方確認を実施する
B1残置装置～CRD開口部まで走行	①ケーブルドラムを送りながら、調査装置をCRD開口部前まで走行させる ②ケーブルが引っ掛かりそうになったらケーブル送り装置にてケーブル位置を適宜修正する	調査装置走行中周辺構造物と干渉し装置が破損する	大	・干渉物を漏れなく監視できるようカメラ配置計画実施 ・ケーブル送り装置カメラ、調査装置カメラにて干渉有無を確認しながら走行させる
		グレーチング上を滑り走行・旋回できない	中	クローラ性能を向上させる
		ケーブルドラムのモータが動かずケーブル送り装置が走行できない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
		電気系統トラブルによりケーブル送り装置が走行できない	小	ケーブルドラムを巻き取り、ケーブル送り装置を回収する
		ケーブルドラムのモータが動かず調査装置が走行できない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
		電気系統トラブルにより調査装置が走行できない	小	ケーブルドラムを巻き取り、調査装置を回収する
		ケーブルが手摺等に引っ掛かり、調査装置が走行できない	大	ケーブル送り装置にてケーブルの引っ掛かりを解除する
		PCV内環境(暗所・蒸気)での走行ルートの構造物等が確認できない	小	PCV内調査(B2調査)で実績のあるカメラを採用する

6.4 課題

本事業における作業リスク一覧表を以下に示す。

表31 作業リスク一覧表(その4)

作業ステップ		想定されるリスク	発生頻度	対策
大項目	小項目			
ロッドを伸長し ペDESTAL内 調査	①レーザーポインタ照射位置を見ながら調査装置を旋回させ、伸長位置を微調整する ②ロッドを規定の起伏角度まで起こす ③ロッド伸長 ④カメラ操作をしペDESTAL内情報を取得 ⑤ロッド収縮	ロッド伸長時構造物に干渉する	中	・ロッド伸長前、レーザーポインタで伸長位置に干渉物がないか確認する ・インチング操作により周辺に干渉物がないか確認しながら伸長させる
		内包チューブが断線しエアが供給されずロッドが伸長しない	小	・内包チューブにケブラ糸を通し、断線しないようにする ・断線した場合、調査装置を回収する
		内包チューブ断線ならびに電気系統トラブルにより伸長されたロッドが収縮しない	小	機械的にロッド収縮できるようケーブルドラムを巻き取り収縮させる
		高線量環境下のため、カメラの映像素子が損傷する	小	類似環境(PCV内B2調査)で使用実績がある耐放射線性カメラを選定する
		地震の揺れにより転倒する	小	モックアップ試験で転倒の可能性があるかを検証する
B1残置装置までバック走行	①調査位置から調査装置をバック走行させる ②ケーブル送り装置でケーブルを介錯しながらB1残置装置まで調査装置走行	調査装置走行中周辺構造物と干渉し装置が破損する	大	・干渉物を漏れなく監視できるようカメラ配置計画実施 ・調査装置カメラにて干渉有無を確認しながら走行させる
		グレーチング上を滑り走行・旋回できない	中	クローラ性能を向上させる
		ケーブルドラムのモータが動かずケーブル送り装置が走行できない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
		電気系統トラブルによりケーブル送り装置が走行できない	小	ケーブルドラムを巻き取り、ケーブル送り装置を回収する
		ケーブルドラムのモータが動かず調査装置が走行できない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
		電気系統トラブルにより調査装置が走行できない	小	ケーブルドラムを巻き取り、調査装置を回収する
		ケーブルが手摺等に引っ掛かり、調査装置が走行できない	大	ケーブル送り装置にてケーブルの引っ掛かりを解除する
		PCV内環境(暗所・蒸気)での走行ルートの構造物等が確認できない	小	PCV内調査(B2調査)で実績のあるカメラを採用する

6.4 課題

本事業における作業リスク一覧表を以下に示す。

表32 作業リスク一覧表(その5)

作業ステップ		想定されるリスク	発生頻度	対策
大項目	小項目			
B1残置装置乗越え(復路)	①ケーブル送り装置を調査装置後ろまで移動させ、B1残置装置乗越え時、俯瞰監視できるようにする	乗り越え中、バランスを崩し調査装置が転倒する	小	ケーブルドラムを巻き取り、調査装置を回収する
	②調査装置をバック走行させB1残置装置乗越え	乗り越え中、周辺構造物(150A配管等)と干渉する	中	ケーブル送り装置カメラでの俯瞰監視、調査装置カメラでの後方確認を実施する
B1残置装置～X2ペネまで走行	①ケーブル送り装置をバック走行させB1残置装置乗越え ②調査装置をバック走行させB1残置装置乗越え ③ケーブル送り装置を走行させ、調査装置を俯瞰的に監視できる位置まで移動させる ④ケーブルドラムを巻きながら、調査装置をX2ペネ手前までバック走行させる ⑤ケーブルが引っ掛かりそうになったらケーブル送り装置にてケーブル位置を適宜修正する	調査装置走行中周辺構造物と干渉し装置が破損する	大	・干渉物を漏れなく監視できるようカメラ配置計画実施 ・調査装置カメラにて干渉有無を確認しながら走行させる
		グレーチング上を滑り走行・旋回できない	中	クローラ性能を向上させる
		ケーブルドラムのモータが動かずケーブル送り装置が走行できない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
		電気系統トラブルによりケーブル送り装置が走行できない	小	ケーブルドラムを巻き取り、ケーブル送り装置を回収する
		ケーブルドラムのモータが動かず調査装置が走行できない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
		電気系統トラブルにより調査装置が走行できない	小	ケーブルドラムを巻き取り、調査装置を回収する
		ケーブルが手摺等に引っ掛かり、調査装置が走行できない	大	ケーブル送り装置にてケーブルの引っ掛かりを解除する
		ケーブル送り装置が複合ケーブル乗り越え中、転倒する	小	ケーブルドラムを巻き取り、ケーブル送り装置を回収し再設置する
		PCV内環境(暗所・蒸気)での走行ルート of 構造物等が確認できない	小	PCV内調査(B2調査)で実績のあるカメラを採用する

6.4 課題

本事業における作業リスク一覧表を以下に示す。

表33 作業リスク一覧表(その6)

作業ステップ		想定されるリスク	発生頻度	対策
大項目	小項目			
調査装置回収	①調査装置が回収位置まできたらケーブル巻き上げ ②調査装置がインストール装置スコープ部に収納されたら、インストール装置を屈曲させ水平にする ③調査装置を引き込み回収	ケーブルドラムのモータが動作せず調査装置を巻き上げれない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
穴カバー回収	①穴カバー設置装置をガイドパイプ内(350A)に通す	穴カバー設置装置押し出し時、押し出し過ぎ構造物と干渉する	大	押し出し過ぎないように操作ポールにマーキング実施
	②穴カバー位置まで穴カバー設置装置押し出し ③取っ手を把持できる高さまでワイヤ吊下し ④取っ手を把持 ⑤ワイヤを巻き上げ、穴カバーを設置装置に収納する ⑥穴カバー設置装置を引き込み回収	ワイヤを巻き過ぎ、ワイヤが破断する	中	過巻位置をマーキングする
ケーブル送り装置回収	①ケーブル送り装置が回収位置まできたらケーブル巻き上げ ②ケーブル送り装置がインストール装置スコープ部に収納されたら、インストール装置を屈曲させ水平にする ③ケーブル送り装置を引き込み回収	ケーブルドラムのモータが動作せずケーブル送り装置を巻き上げれない	小	手動でケーブルドラムを操作できるようにする
PCV内監視カメラ回収	①屈曲カメラを引き込み回収	カメラ操作中周辺の構造物干渉しカメラが破損する	中	レンズが直接破損しないように保護カバー付カメラを選定

6.5 目標に照らした達成度

●目標に照らした達成度

要素試験及び装置製作の結果、要求仕様を満足することを確認した。

※調査装置がX-2ペネからPCV内にインストールし、1階グレーチングを走行した上で、ペデスタルCRD開口まで到達出来ること、調査装置に搭載した伸長ロッドを伸長することで、暗所状態のペデスタル内の映像をカメラにて取得できる見通しを得た。

6.6 今後の予定

調査計器(点群データセンサ・放射線センサ)を搭載し動作確認を実施。また総合試験にてリスク抽出と対策を実施。さらに、現場実証に向けてモックアップ試験設備を用い、工場内検証(単体試験)・モックアップ試験にて装置の完成度を高めていく。以下、開発項目と今後の計画を示す。

表34 開発項目と今後の計画

No.	項目	分類	内容	達成事項	今後の計画	
1	アクセス・調査装置の詳細設計、製作、単体試験	ペDESTAL内調査装置	本体	①ペDESTALCRD開口まで走行 ②アクセスルート(350A)から挿入・回収 ③B1残置装置を踏破 ④伸長ロッドは5m,エア駆動,ケーブル内包	工場内検証・モックアップ試験にて機能検証を実施	
			複合ケーブル	①Φ40に細線化		
			点群データセンサ	①実機環境(暗闇、霧、水滴、高放射線)で使用可 ②伸長ロッド先端に搭載可能な寸法、重量		調査装置への実装
			放射線センサ	①最小1Gy/hが計測可能 ②伸長ロッド先端に搭載可能な寸法、重量		調査装置への実装
2		付帯装置	穴カバー設置装置	①ROV用穴を塞げる。 ②穴カバーの遠隔設置・回収可	工場内検証・モックアップ試験にて機能検証を実施	
3			インストール装置	①ペDESTAL内調査装置のPCV内挿入・回収		
4			ケーブル送り装置	①ペDESTAL内調査装置複合ケーブル把持・送り ②搭載カメラでペDESTAL内調査装置の作業監視		
5			シールボックス(ケーブルドラム含)	①ペDESTAL内調査装置複合ケーブル送り・巻取り可 ②気密性確保(バウンダリ部)		
6	監視カメラ		①ペDESTAL内調査装置、付帯装置(穴カバー,インストール,ケーブル送り,など)の作業監視可			
	7		モックアップ試験	試験設備		試験設備準備
8	現場実証の計画	計画	現場実証計画	モックアップ試験計画に着手	モックアップ試験結果を反映した現場実証計画を検討	