

平成28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」

平成30年度分成果報告

令和元年7月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

目次

1. 研究の背景・目的
 - 1.1 本研究が必要な理由
 - 1.2 本研究の成果の反映先と寄与
2. 実施項目とその関連, 他研究との関連, 目標
 - 2.1 本研究の実施項目
 - 2.2 実施項目間, 他研究の関係性
 - 2.3 目標
3. 実施スケジュールと実施体制
4. 実施内容
 - 4.1 実施事項・成果 - 調査計画・開発計画の策定 -
 - 4.2 実施事項・成果 - X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 -
 - 4.3 実施事項・成果 - X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築 -
 - 4.4 実施事項・成果 - アクセス・調査装置 -
 - 4.5 実施事項・成果 - 要素技術の適用性検証 -
 - 4.6 実施事項・成果 - モックアップ試験設備の設計、準備 -
 - 4.7 目標に照らした達成度
5. まとめ

1. 研究の背景・目的

1.1 本研究が必要な理由

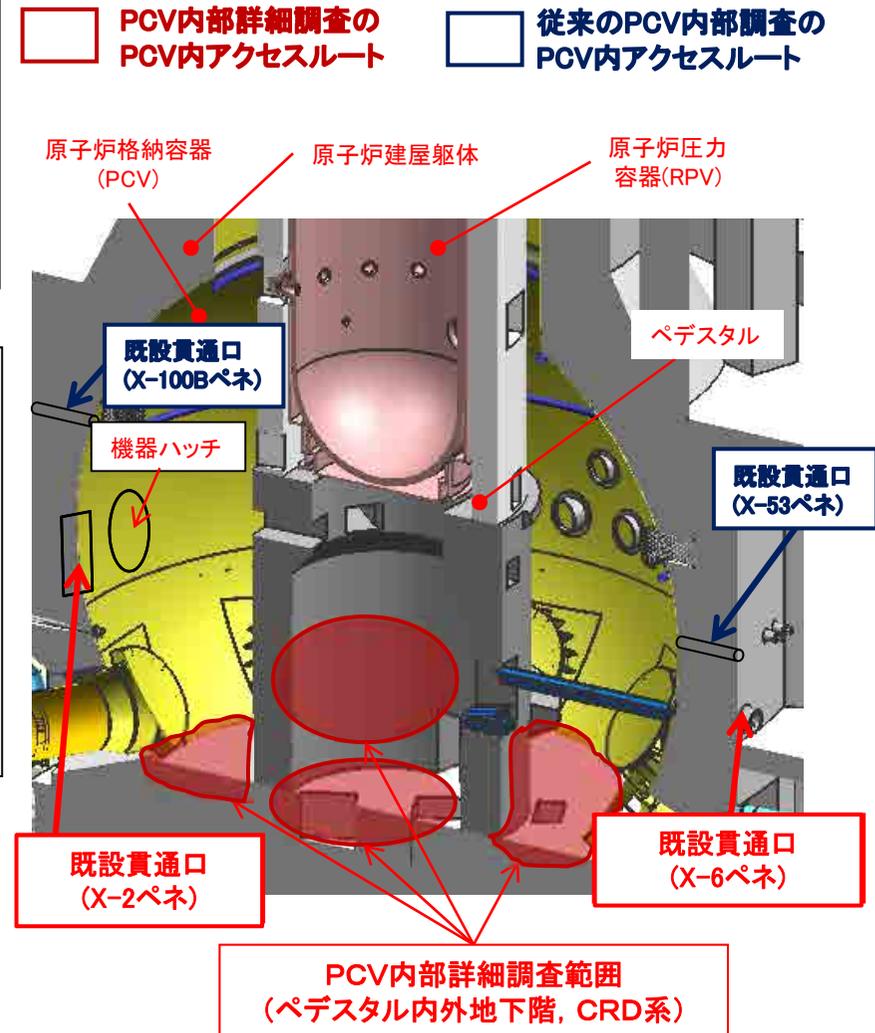
【背景】

PCV内部調査は、国の補助事業でB1/B2調査※(1号機), A1/A2/A2' 調査※(2号機)及び小型遠隔操作ロボット(以下「ROV」という。)による3号機調査がこれまで実施された。これらの調査で、貴重な情報が得られている反面、調査内容に既設貫通口の大きさの制約を受けている。

【目標】

上記の調査に続く「原子炉格納容器(以下「PCV」という。)内部詳細調査(以下、詳細調査)」では、デブリ取出しに向けたニーズに応えるべく、ニーズの再調査/分析に始まり、それを実現するための調査および関連技術の確立を目標とする。なお、詳細調査では燃料デブリ取出しに向けて差し迫っている「燃料デブリ取出し工法確定」、「燃料デブリ取出し装置の詳細設計」及び「燃料デブリサンプリング」に向けた情報の取得を目指した調査装置等の開発を行う。

- ※ B1調査: ペDESTAL外1階グレーチング上調査
- B2調査: ペDESTAL外地下階状況調査
- A1調査: 制御棒駆動機構(以下「CRD」という。)レール状況調査
- A2調査: ペDESTAL内プラットフォーム上調査
- A2' 調査: ペDESTAL内プラットフォーム下調査



【PCV断面図と調査対象部位の概要】

1. 研究の背景・目的

1.2 本研究の成果の反映先と寄与

平成28～29年度 原子炉格納容器内部調査技術の開発



平成29～30年度 原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発(本事業)

調査計画・開発計画の策定

アクセス・調査装置の開発

要素技術の適用性検証



平成30年度 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)

1号機

平成30年度 原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発
(X-6ペネトレーションを用いた内部詳細調査技術の現場実証)

2号機



燃料デブリ取出しの工法・装置等の詳細設計に係る各研究(燃料デブリ取り出し, 耐震, 補修, 臨界管理など)

「燃料デブリ取出し工法確定」, 「燃料デブリ取り出し装置の詳細設計」に向けた情報など

燃料デブリサンプリングに係る研究

サンプリング計画に必要な情報など

2. 実施項目とその関連, 他研究との関連, 目標

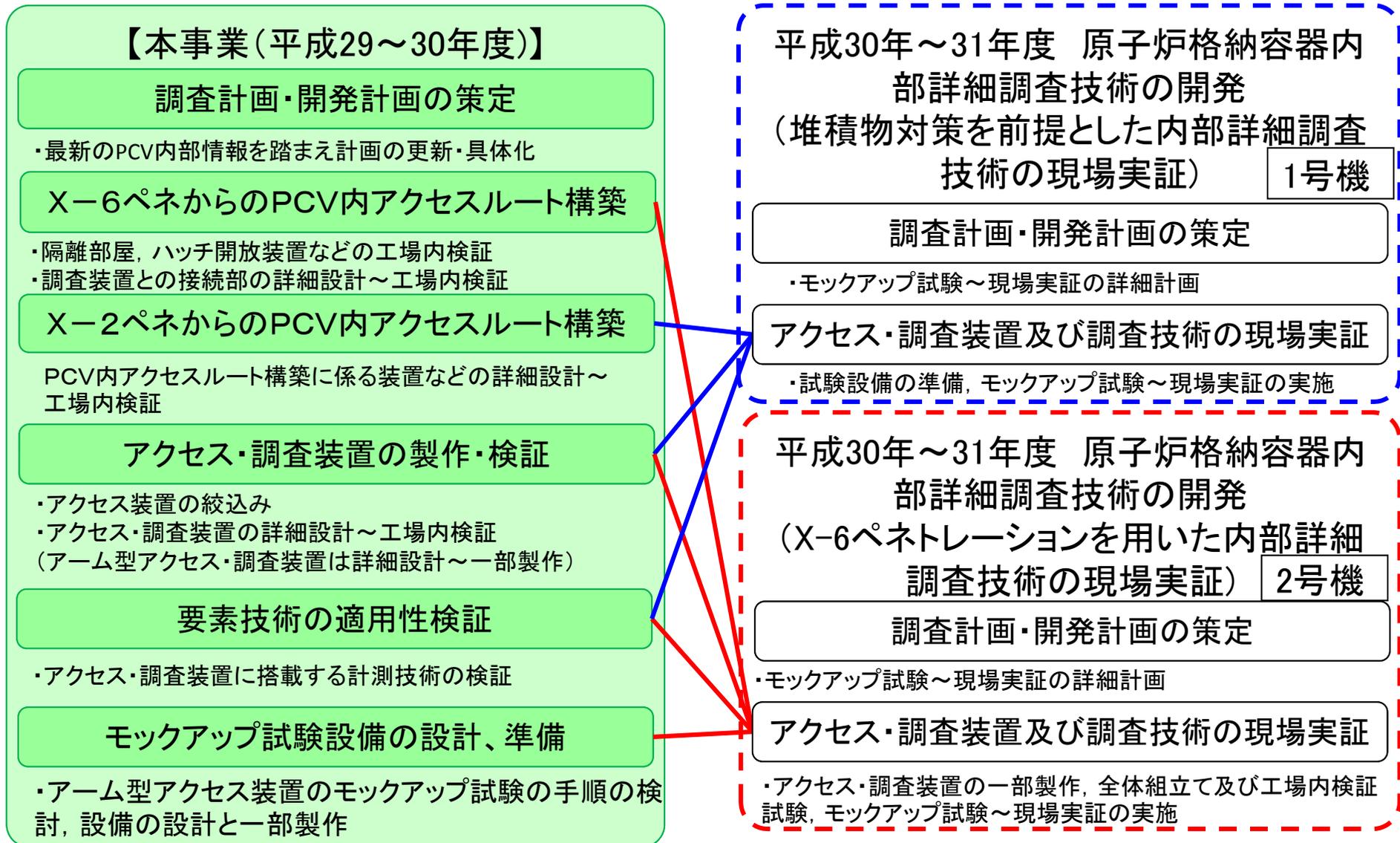
2.1 本研究の実施項目

実施項目		平成30年度実施範囲	本資料の項番
調査計画・開発計画の策定	2号機※	最新の現場状況を踏まえ, 調査計画を継続的に見直し, 具体化・更新	4.1
	3号機	1, 2号機で開発した装置の3号機への適用性について検討し, 開発課題の有無を明確化	
アクセス・調査装置の開発	既設貫通口(X-6ペネ)からのPCV内アクセスルート構築	PCV内アクセスルート構築に係る装置等の設計, 製作及び工場内検証試験の実施	4.2
	既設貫通口(X-2ペネ)からのPCV内アクセスルート構築	PCV内アクセスルート構築に係る装置等の実機プロトタイプ of 工場内検証試験の実施	4.3
	アクセス・調査装置の製作・検証	アクセス・調査装置の実機プロトタイプ of 設計, 製作及び工場内検証試験の実施	4.4
要素技術の適用性検証		アクセス・調査装置に搭載する計測技術の検証試験の実施	4.5
モックアップ試験設備の設計、準備		アーム型アクセス装置のモックアップ試験の手順の検討と設備の設計の終了と一部製作の着手	4.6

※ 1号機の調査計画・開発計画の具体化・更新は平成29年度に実施済

2. 実施項目とその関連, 他研究との関連, 目標

2.2 実施項目間, 他研究の関係性(1/2)



2. 実施項目とその関連, 他研究との関連, 目標

2.2 実施項目間, 他研究の関係性(2/2)

		連携先	連携内容	連携時期	備考
例		・他PJ(具体的名称) ・東京電力 ・NDF 等	・誰が, 誰に, どのような情報を提供したか(誰が, 誰から, どのような情報を受領したか)。 ・誰と誰が, 何について協議・検討・決定したか。 等について, できるだけ具体的に記載。	具体的な時期, 会合等の名称・回数, 等	その他, 連携に関する情報, 課題, 等
実績	1	臨界管理PJ, デブリ取り出しPJ, 炉内状況把握PJ	1号機と3号機のPCV内部調査結果を踏まえ, 1号機PCV内部詳細調査の調査計画の更新と堆積物を局所除去する際の臨界上のリスク回避について協議した。	2017/8/7 2017/8/22	
	2	エネ庁, NDF, 東京電力HD	1号機と3号機のPCV内部調査結果を踏まえ, 1号機PCV内部詳細調査の調査計画の更新について協議した。堆積物サンプリングの要望があった。	2017/8/9	
	3	デブリ取り出しPJ, 炉内状況把握PJ, PCV補修PJ, 東京電力HD, NDF	A2' 調査の結果を基に, PCV内部詳細調査へ向け調査結果がニーズを満足しているか, 新たなニーズが発生したかを議論した。堆積物への接触による状態調査のニーズ等が挙げられた。	PCV内部詳細調査の ニーズ整理会議 (2018/2/9)	
	4	デブリ取り出しPJ, PCV補修PJ, 耐震評価PJ, サンプリングPJ	H28年度までに実施された1~3号機のPCV内部調査結果を基に, ニーズの再整理を行うため, 関連PJに対しニーズの聞き取りを行った。	PCV内部詳細調査の ニーズ聞き取り会議 (1回目:2018/2/20)	
	5	臨界管理PJ, 東京電力HD, NDF	H28年度までに実施された1~3号機のPCV内部調査結果を基に, ニーズの再整理を行うため, 関連PJに対しニーズの聞き取りを行った。	PCV内部詳細調査の ニーズ聞き取り会議 (2回目:2018/2/22)	

臨界管理PJ: 燃料デブリ臨界管理技術の開発
 デブリ取り出しPJ: 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化
 炉内状況把握PJ: 総合的な炉内状況把握の高度化
 PCV補修PJ: 原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の実規模試験
 耐震評価PJ: 圧力容器/格納容器の耐震性・影響評価手法の開発
 サンプリングPJ: 燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けたサンプリング技術の開発

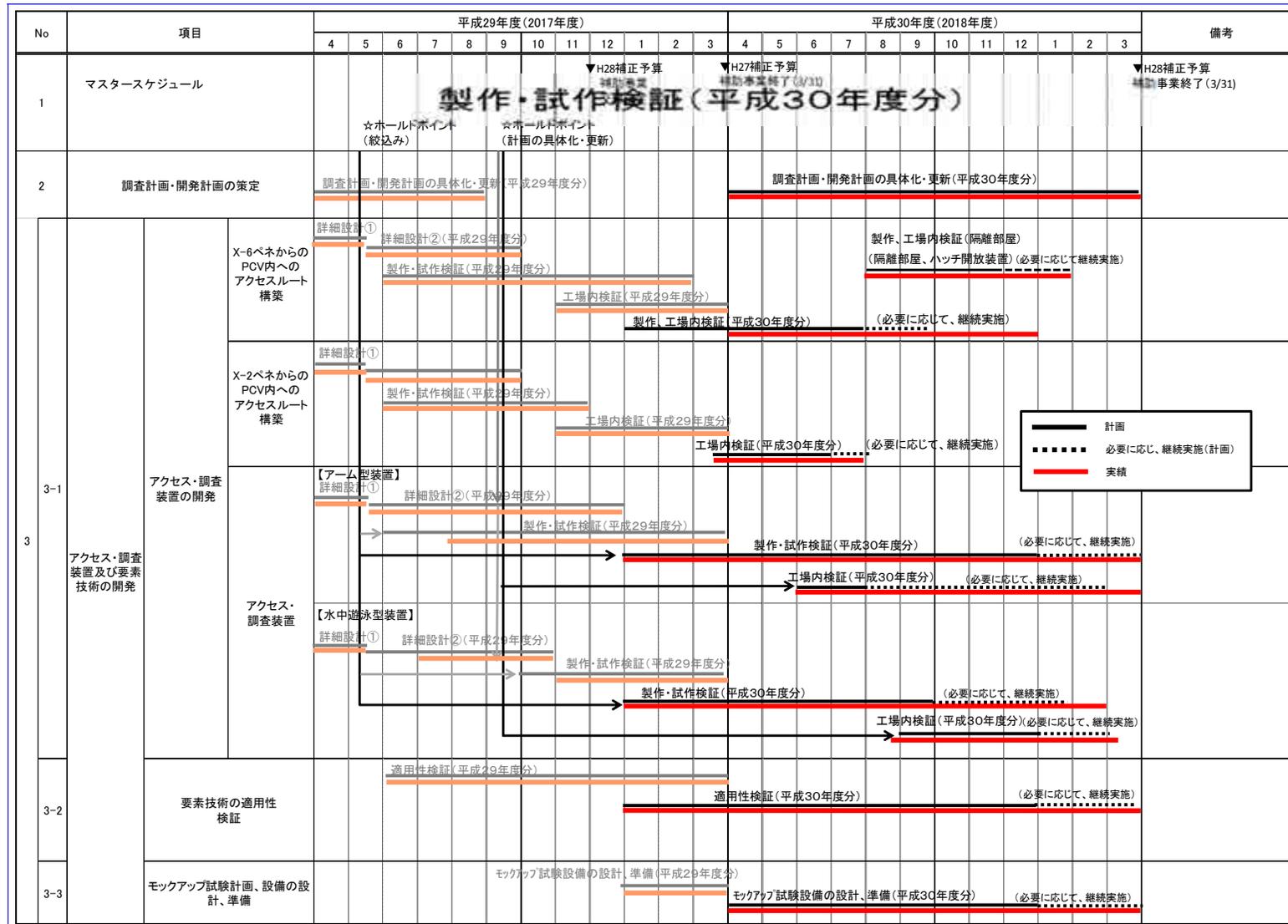
エネ庁: 経済産業省・資源エネルギー庁
 NDF: 原子力損害賠償・廃炉等支援機構
 東京電力HD: 東京電力ホールディングス

2. 実施項目とその関連, 他研究との関連, 目標

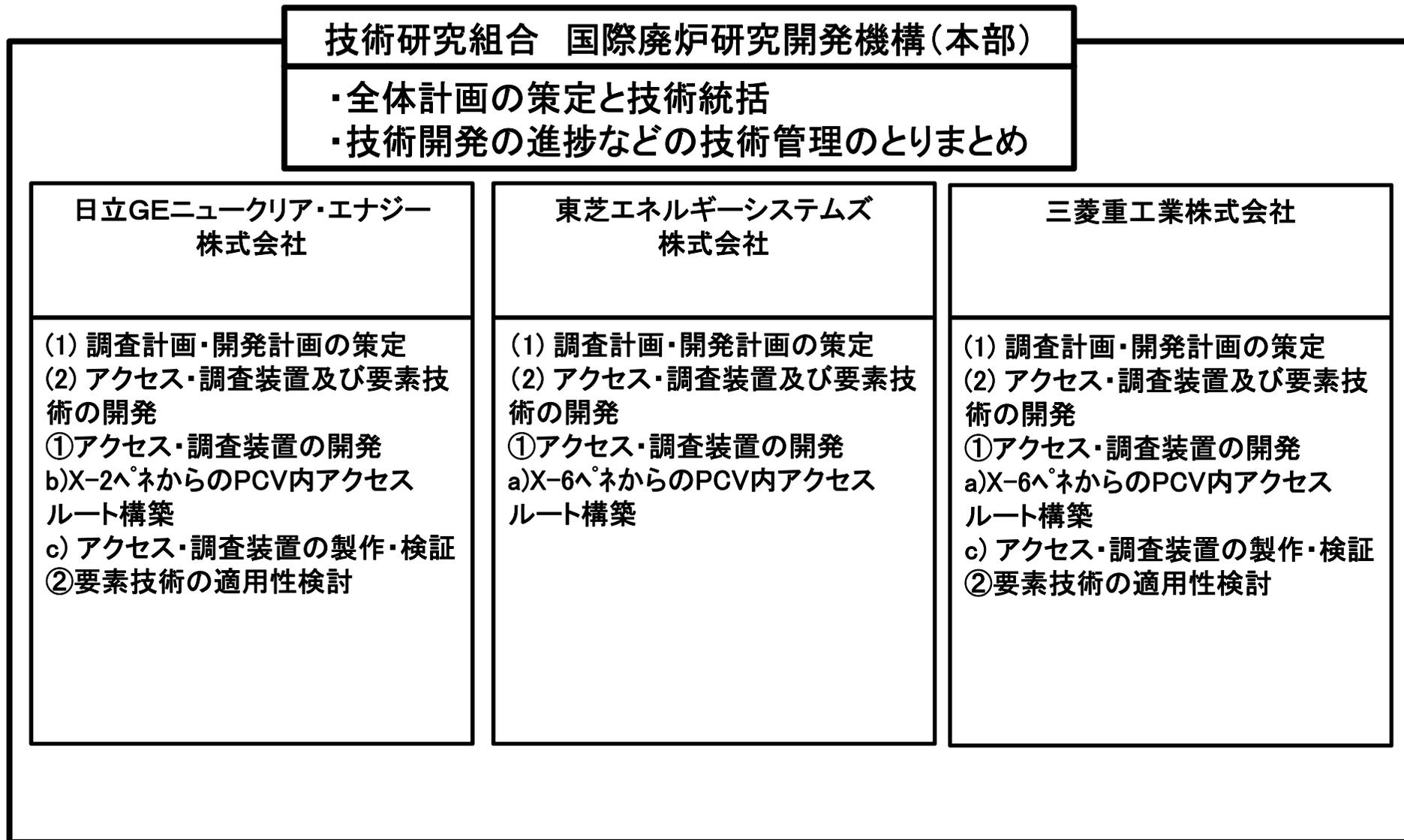
2.3 目標

実施内容		目標達成指標(平成30年度)
調査計画・開発計画 の策定	2号機※	最新の現場状況を踏まえ, 調査計画・開発計画の見直しを行い, 具体化・更新する
	3号機	1, 2号機で開発した装置の3号機への適用性について検討し, 開発課題の有無を明確にする
アクセス・ 調査装置 の開発	X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築	ハッチ開放 PCV内アクセスルート構築に係る装置等の設計・製作と工場内検証試験が終了していること(目標TRL:レベル4又は5)
		新バウンダリ接続 X-6ペネ接続構造の実機プロトタイプ製作と工場内検証試験が終了していること
	X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築	PCV内アクセスルート構築の工場内検証試験が終了していること(目標TRL:レベル4又は5)
	アクセス・調査装置	実機プロトタイプ設計が終了し, 製作と工場内検証試験が終了していること(目標TRL:レベル4又は5)
要素技術の適用性検証		アクセス・調査装置に搭載する計測技術の検証試験が終了していること(目標TRL:レベル4又は5)
モックアップ試験設備の設計、準備		アーム型アクセス装置のモックアップ試験の手順の検討と設備の設計が終了し, 準備に着手していること (目標設定の対象外)

3. 実施スケジュールと実施体制(1/2)



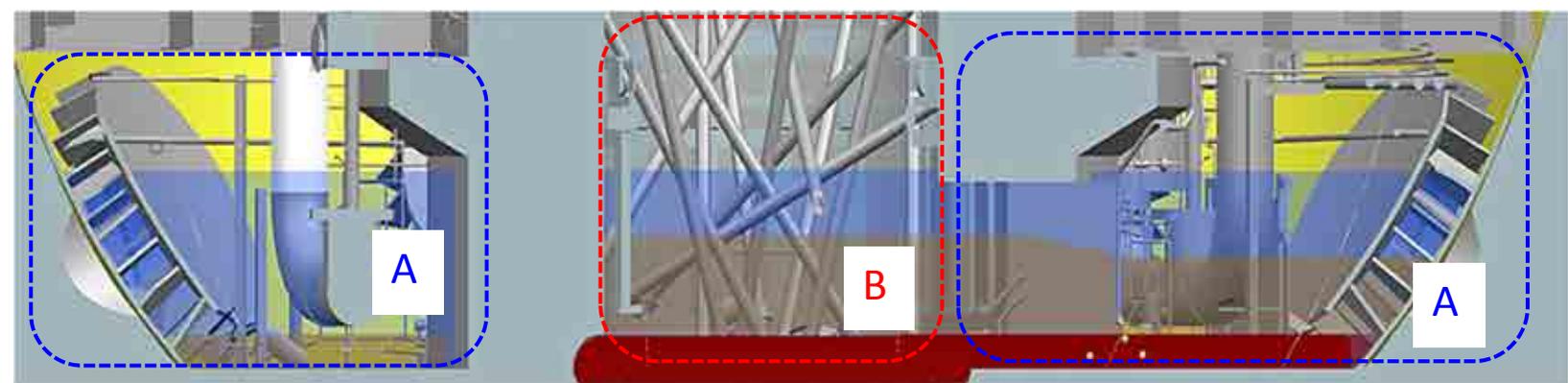
3. 実施スケジュールと実施体制(2/2)



4.1 実施事項・成果 — 調査計画・開発計画の策定(1/4) —

(1) 1号機の調査計画の具体化・更新 (平成29年度実施済)

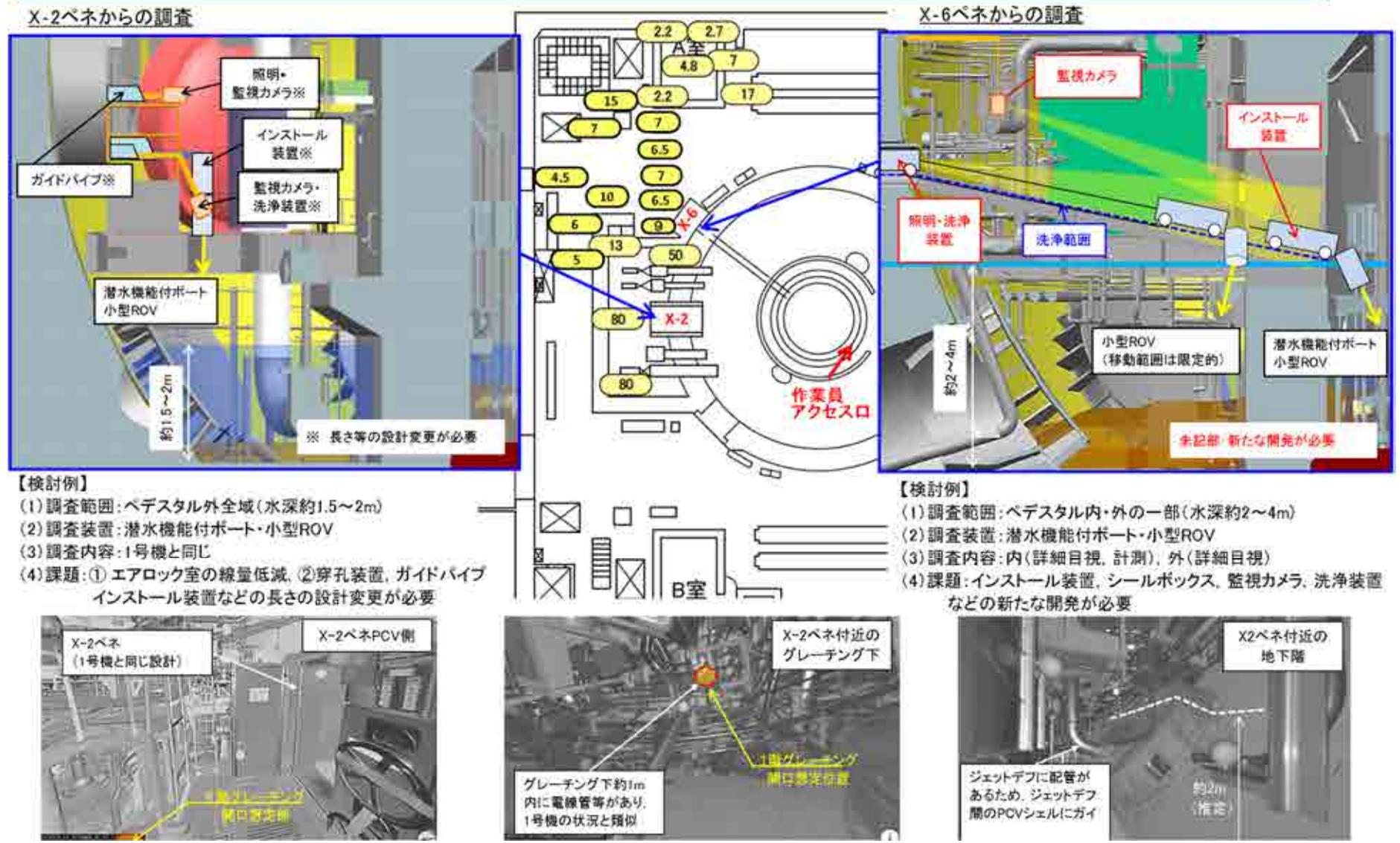
- 1号機は多量の堆積物の存在が確認され、CRDハウジングや炉内機器の脱落の可能性がある。
- 燃料デブリ取出し時(又は前)に堆積物回収と落下物撤去を行う必要があるため、1号機のPCV内部詳細調査の現場実証では、堆積物回収手段・設備の検討と堆積物回収、落下物解体・撤去などの工事計画に係る情報などの情報収集を目指す。



	優先すべき取得情報	調査方法
ペDESTAL外～ 作業員アクセス口 (図中のA)	堆積物回収手段・設備の検討に係る情報 (堆積物の量、由来など) 堆積物回収、落下物解体・撤去などの計画に係る情報 (堆積物下の状況、燃料デブリ広がりなど)	・目視 ・計測※ ・堆積物サンプリング
ペDESTAL内 (図中のB)	堆積物回収、落下物解体・撤去などの計画に係る情報 (ペDESTAL内部の作業スペースとCRDハウジングの脱落状況に係る情報)	・目視 (計測用装置がペDESTAL内に進入できる場合は、計測も実施)

4.1 実施事項・成果 — 調査計画・開発計画の策定(4/4) —

(3) 1号機で開発した装置の3号機に適用する場合の課題



4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —

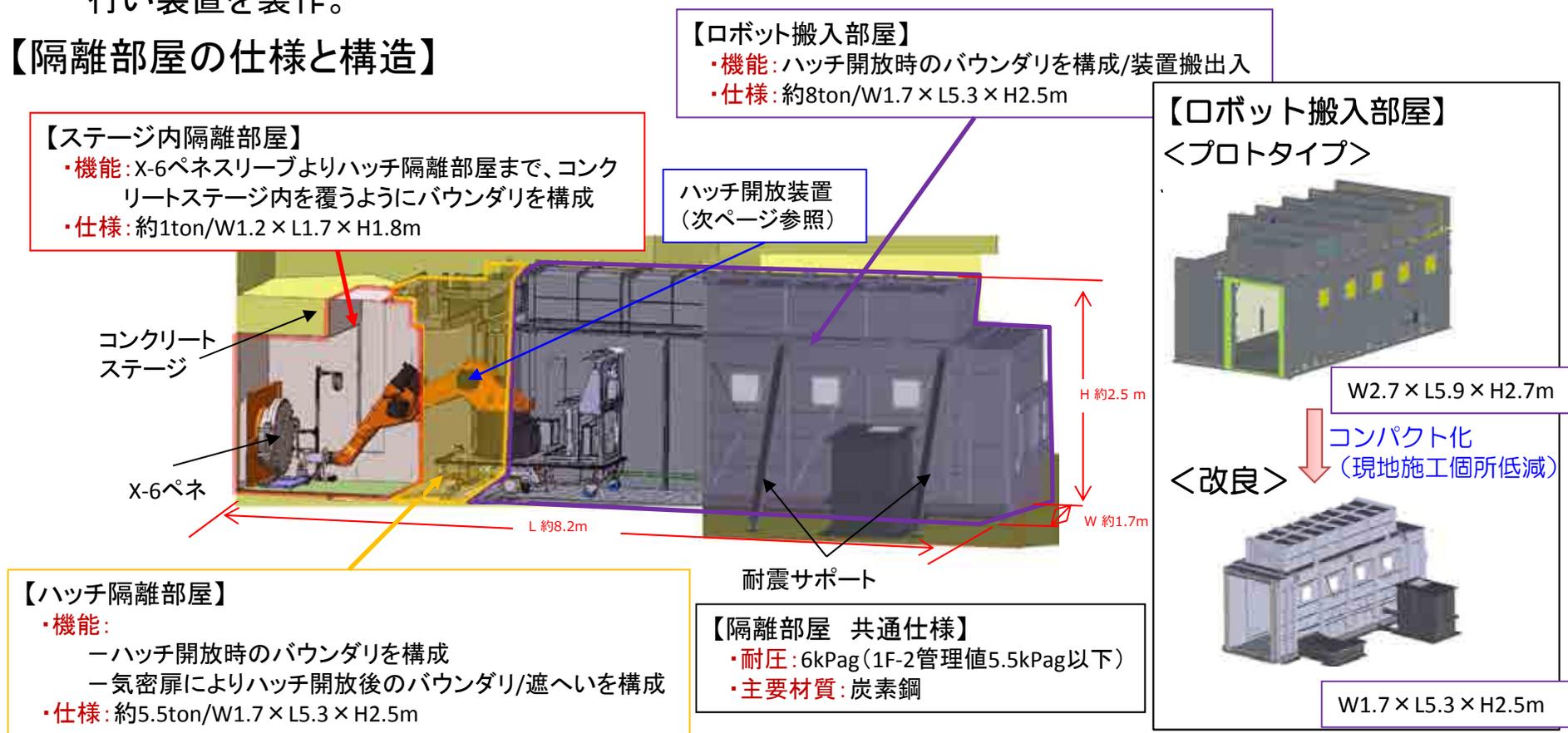
(1) ハッチ開放(1/5) —隔離部屋 設計/製作/工場内検証試験—

【概要】 2号機現場実証において、X-6ペネからPCV内へ調査装置がアクセスするルートを構築するために、PCVバウンダリを確保しながら遠隔でX-6ペネのハッチを開放。

【平成30年度の進捗状況】

- 本事業では、平成29年度「原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発」にて製作した隔離部屋※（プロトタイプ）の改善点を反映し、装置コンパクト化/シール性/耐震性向上等を考慮して改良設計を行い装置を製作。

【隔離部屋の仕様と構造】



※ 隔離部屋とは、ステージ内隔離部屋、ハッチ隔離部屋、およびロボット搬入部屋の総称である

4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —

13

(1) ハッチ開放(2/5) —隔離部屋 設計/製作/工場内検証試験—

【平成30年度実施内容】 工場内検証試験にて搬入/設置が可能なことを確認。また、耐圧漏えい試験にて目標許容漏えい率を達成することを確認。なお、現場実証に向けて作業手順の課題を抽出及び対策を実施。

【ステージ内隔離部屋】

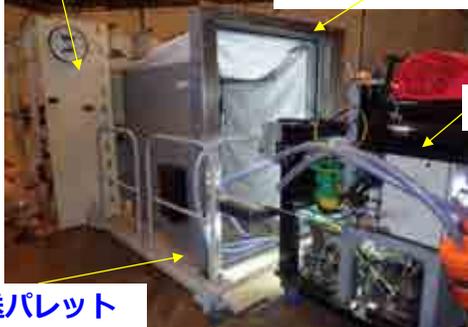
・試験概要1: 遠隔搬送可能なことを確認。

コンクリートステージ

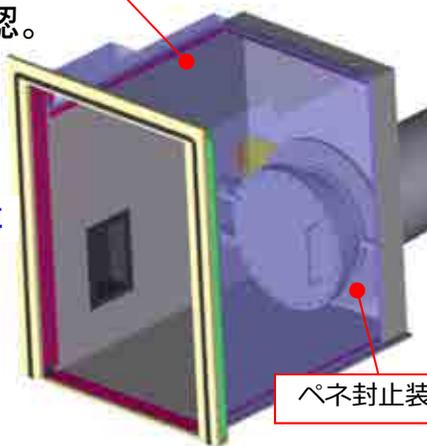
ステージ内隔離部屋

搬送台車

搬送パレット



シート式アイソレータ



ペネ封止装置

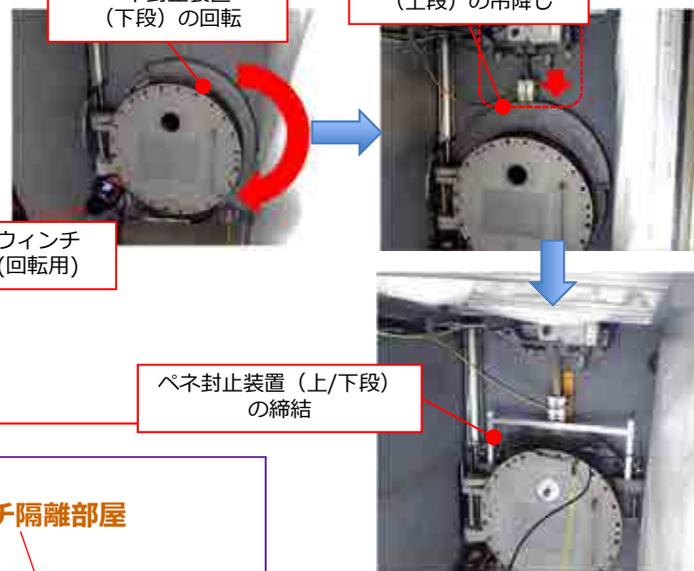
・試験概要2: ペネ封止装置を遠隔設置可能なことを確認。

ペネ封止装置
(下段)の回転

ペネ封止装置
(上段)の吊降し

ウインチ
(回転用)

ペネ封止装置(上/下段)
の締結



【ハッチ隔離部屋/ロボット搬入部屋】

・試験概要: 作業員による搬入/設置が可能なことを確認。

ハッチ隔離部屋

ハッチ隔離部屋



ステージ内隔離部屋/ハッチ隔離部屋接続後



ロボット搬入部屋

ハッチ隔離部屋/ロボット搬入部屋接続後

4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —

(1) ハッチ開放(3/5) -ハッチ開放装置 工場内検証試験-

【平成30年度の実施内容】

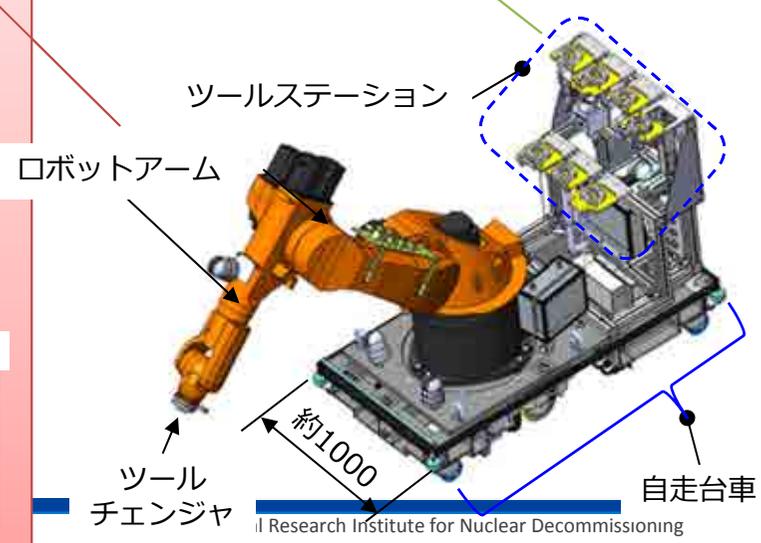
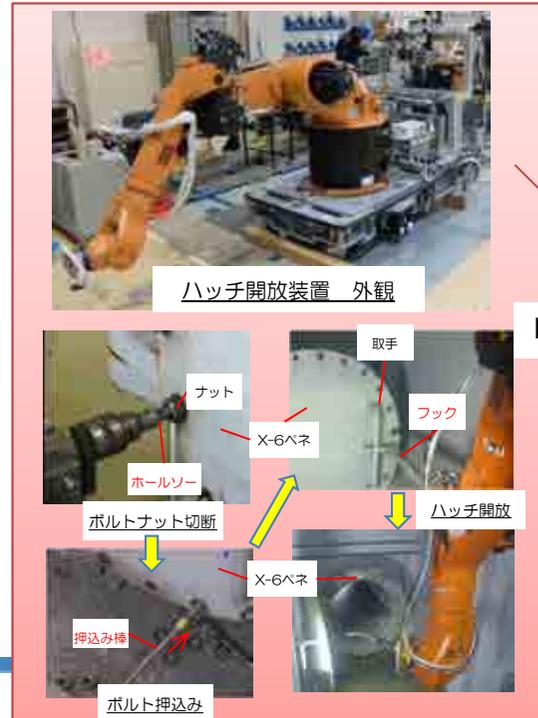
- ハッチ開放装置は、平成29年度「原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発」にて機能検証を完了。本事業では、隔離部屋と組合わせて工場内検証試験を実施し(次頁参照)、現場実証に向けて作業手順の課題抽出及び対策を実施。

【ハッチ開放装置の仕様と構造】

- 要求機能
X-6ペネハッチを開放するために必要な下記作業を遠隔で実施可能なこと。

- ボルトナットの切断
- ボルト押込み
- ボルトナットの回収
- ハッチの開放
- フランジ面清掃

- 機器仕様
 - 寸法:
約 W1 × L2 × H1.6 m
 - 重量:
約 2.3 ton



4.2 実施事項・成果 - X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 -

(1) ハッチ開放(4/5) -ハッチ開放装置 工場内検証試験-

【ハッチ開放装置搬入/設置】

・試験概要: ロボット搬入部屋へ搬入/設置可能なことを確認。

ロボット搬入部屋



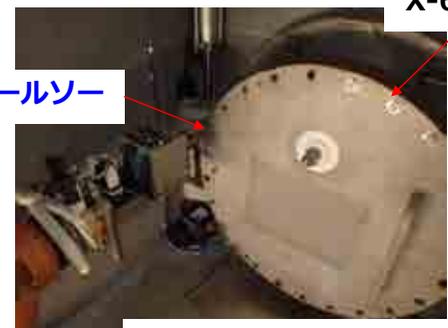
A矢視

【ハッチ開放作業】

・試験概要: 隔離部屋内において、遠隔でハッチ開放作業が可能なことを確認。

X-6ペネ

ホールソー



ホールソーによるボルトナット切断



フック

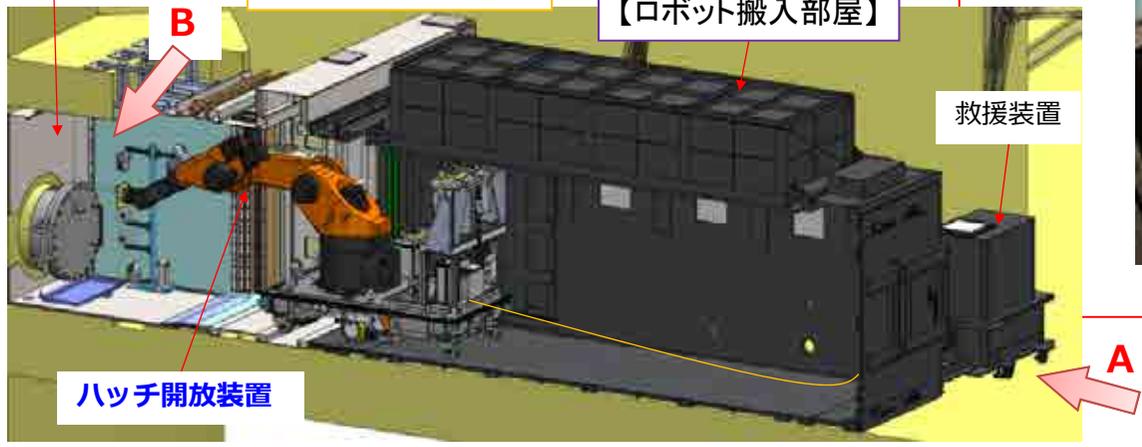
フックによるハッチ開放

B矢視

【ステージ内隔離部屋】

【ハッチ隔離部屋】

【ロボット搬入部屋】



救援装置

ハッチ開放装置

A

4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —

(1) ハッチ開放(5/5) — リスク対策(設計への反映): 代表例 —

装置		主なリスク (想定されるトラブル)	対策(設計に反映)
隔離部屋	ステージ内隔離部屋	線量が高く搬入不可	高線量下においては、エアーキャスター方式により遠隔で搬入する
		ペネ外面のサビ等の凹凸によりシール不可	事前に、ペネ外面を清掃し錆を落とすことでシール性を確保する
	ハッチ隔離部屋	線量が高く搬入不可	設置前にステージ内隔離部屋内に遠隔で遮へい体を設置し線量低減を行う
		駆動部の故障で気密扉が開閉不可	隔離部屋外側より手動でも開閉できる構造とする
	ロボット搬入部屋	線量が高く搬入不可	設置前にステージ内隔離部屋内に遠隔で遮へい体を設置し線量低減を行う
共通	各部屋の現地接続部がシール不可	当該部は2重パッキン構造とし、現地での漏えい確認を行う	
ハッチ開放装置		高線量により動作しなくなる	耐放射線性の高い部品を選定し必要に応じて遮へいを行う
		ボルトナットの固着によりハッチが開かない	ホールソーによりボルトナットのネジ部を切断除去する
		ハッチの固着によりハッチが開かない	ハッチの固着を解除するために、クサビ式の固着解除装置を準備しておく

作業ステップ毎のリスクを網羅的に分析し、設計に反映
リスク分析例(ルート構築)

設計反映への対象

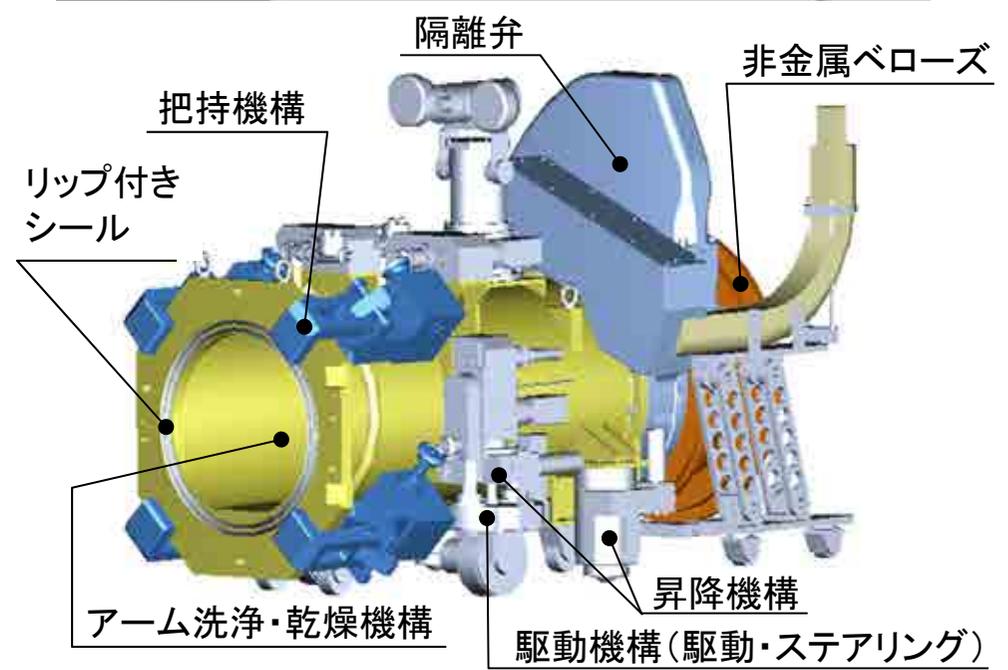
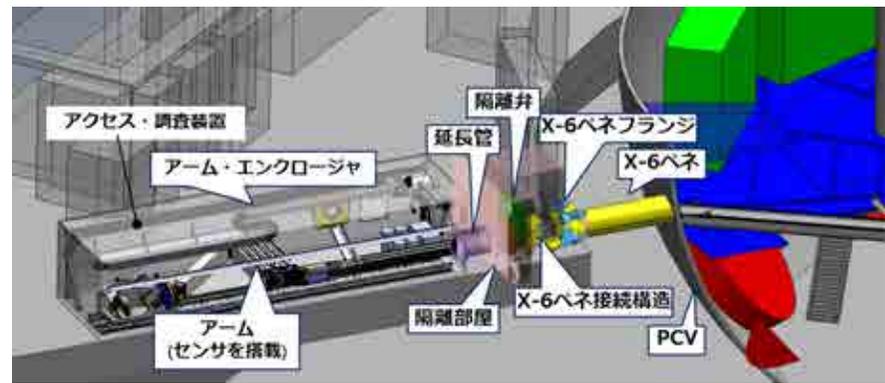
4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —

(2) X-6ペネ接続構造(1/5) —設計/製作/工場内検証試験—

【概要】 ハッチ開放後の新バウンダリを形成するX-6ペネ接続構造の設計，製作を行い，現場実証に向けた工場内検証試験(機能試験)を完了した

【X-6ペネ接続構造の仕様と構造】

- 寸法：1850L×1065W×1486H(mm)
- 質量：約1600 kg
- 主要材質：SUS304/アルミ合金
- 機能：把持機能、駆動・ステアリング機能、昇降機能、隔離機能、アーム洗浄・乾燥機能
- 隔離弁：空気作動振子弁、内径550mm
- 耐圧：10 kPaG



4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —
 (2) X-6ペネ接続構造(2/5) —設計/製作/工場内検証試験—

要求機能	供用期間	機構/部位	要求仕様	適合性確認結果	
アクセスルート構築	1年	把持機構	2.5ton/機, 把持力の把握	○	検証試験による確認
	5日	駆動機構・昇降機構	X-6ペネへの接近, 軸調整, フランジ面合わせが可能	○	検証試験による確認
アクセスルートおよびPCVバウンダリの維持	1年	接続管本体・フランジシール部	JSME準用クラス3相当, 溶接施工・検査	○	施工・検査記録による確認
			二重シール	○	検証試験による確認
	隔離弁	許容漏洩率0.05vol%/h以下	○	検証試験による確認	
	アーム洗浄・乾燥機構	アームの洗浄・乾燥 (排水がエンクロージャ側に流出しない)	○	検証試験による確認	
	ベローズ	PCVバウンダリの維持	○	検証試験による確認	
アクセスルート撤去	(1年後使用)	把持機構	緊急時の把持解除	○	検証試験による確認
		駆動機構	アクセスルート撤去 (遠隔離脱・帰還)	○	耐放射線性試験による確認

※○: 適合性確認済み

4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —

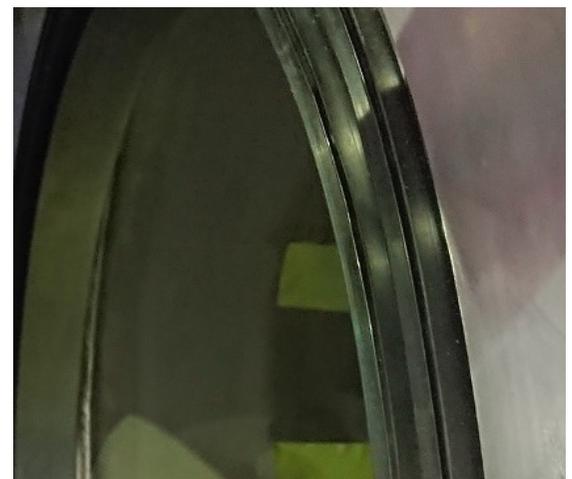
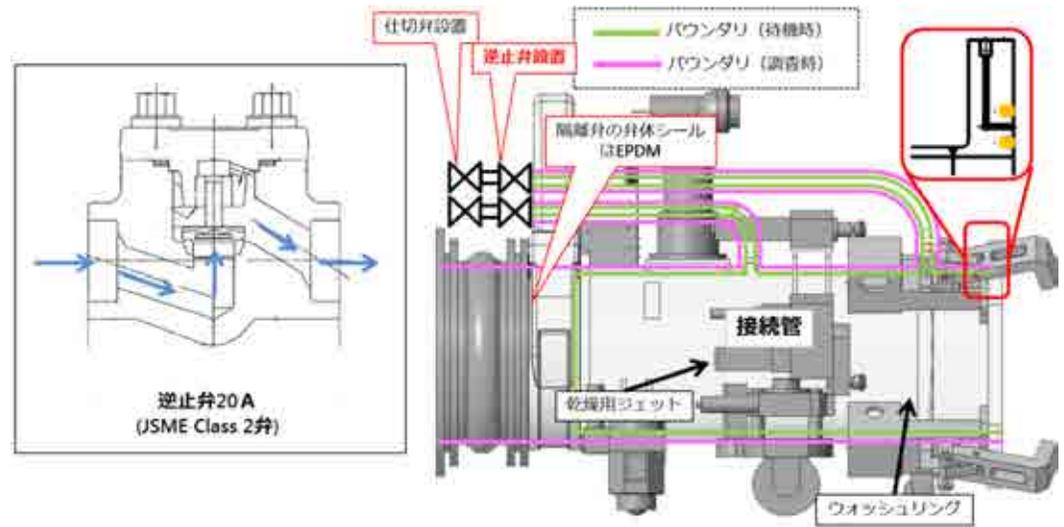
(2) X-6ペネ接続構造(3/5) —設計/製作/工場内検証試験—

【接続構造本体】

- JSME準用クラス3相当で設計
- 本体と連通する洗浄水配管および窒素ガス配管に、逆止弁(JSMEクラス2弁)を設置してバウンダリ範囲とした

【シール部設計】

- X-6ペネフランジ面の凹凸が不明であることを考慮し、追従性が高いリップ付きシールを採用



リップ付きシール(EPDM)

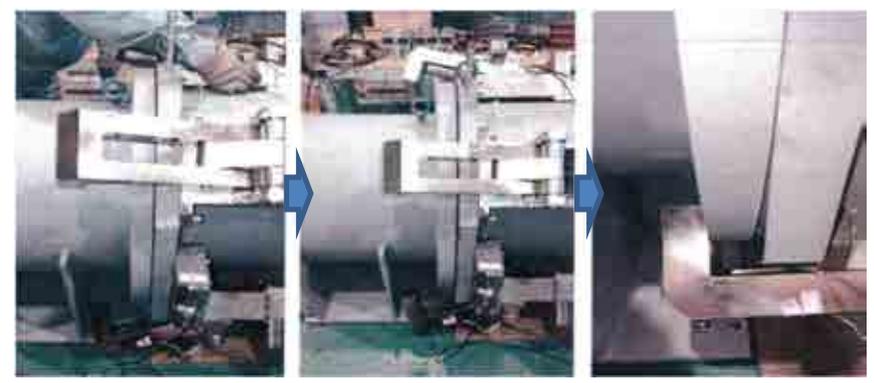
	Oリング	リップ付シール	インフラートシール	液状ガスケット
図				
長所	—	・凹凸への対応代2mm	・凹凸への対応代2mm	実際の凹凸になじんで接着(対応代不明)
短所	・機械加工面のシール用、規格のままでは凹凸への対応代なし	—	・継続的ガス圧供給が必要	・リークチェック不可(単独の場合) ・塗布量管理、清浄度管理が困難 ・せん断で剥がれる ・耐放射線性が不明
キズへの対応	○	○	○	△
シール間加圧	シール間加圧	シール間加圧	シール間加圧	△
評価	△	◎	○	△ (左記シールと同時使用が必要)

4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —

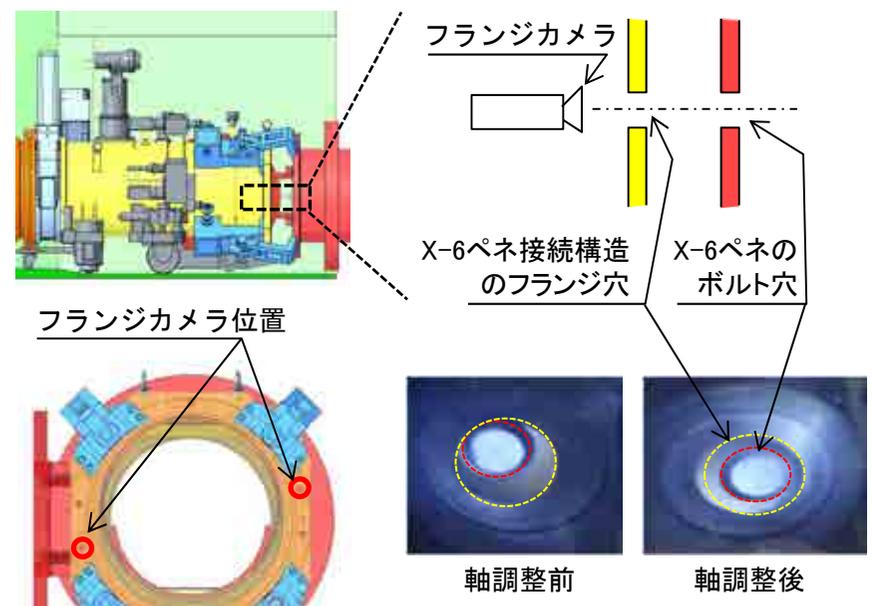
(2) X-6ペネ接続構造(4/5) —設計/製作/工場内検証試験—

【把持機構・軸調整機構】

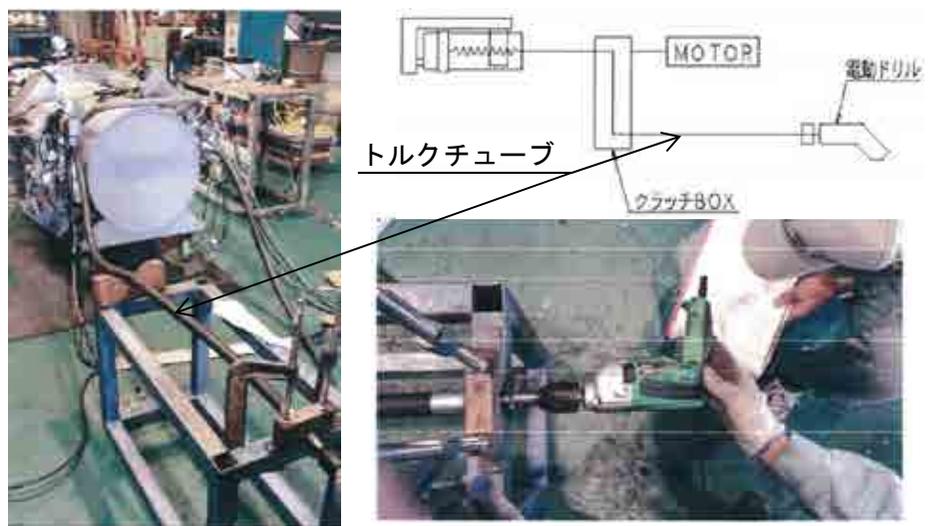
- 所定の把持力(2.5tonf/機)で把持が可能であることを確認
- X-6ペネの点群データ分析等によりX-6ペネ傾きを想定し、装置の姿勢制御と、フランジカメラ視野により軸調整できることを確認(下図参照)
- 把持機構の故障リスクに対し、別機構(トルクチューブ)による把持開放が可能であることを確認



把持機構 把持動作



フランジカメラ視野による軸調整



トルクチューブによる把持開放

4.2 実施事項・成果 — X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築 —

(2) X-6ペネ接続構造(5/5) —設計/製作/工場内検証試験—

【アーム洗浄・乾燥機構】

- コイン型ノズル, 圧力0.4MPaG, 流量25L/minの条件で、良好な洗浄効果が認められた
- エアノズル数2ヶ, N2圧力0.06MPaG, N2流量90L/minにおいて、アームを伝い流れ込む水量を無しにできた
- 今後、アームの実形状を考慮した評価が必要



コイン型
CVVP9080



スプレー型
NZRVFS1-2.0



アーム洗浄状況



No. 1洗浄後



No. 3洗浄後

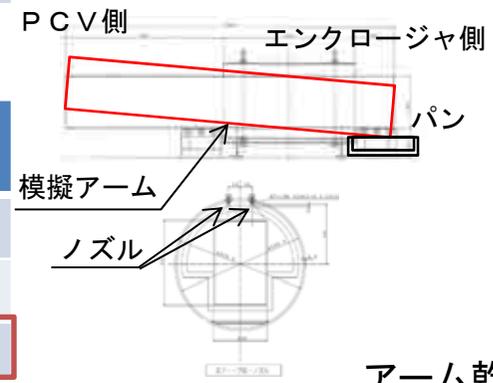
アーム洗浄試験

アーム洗浄試験結果

No.	ノズル形状	圧力 [MPaG]	流量 [L/min]	総量[m ³] (20分洗浄)	洗浄結果
1	コイン型	0.4	25	0.5	良好
2	スプレー型	0.2	24	0.48	ノズル間洗い残しあり
3	スプレー型	0.1	18	0.36	洗浄不完全

アーム乾燥試験結果

No.	ノズル数	N2圧力 [MPaG]	N2流量 [L/min]	流入量[L] (アーム1m分)	N2導入量 [Nm ³ /回]
1	6	0.3	200	9.8	15.9
2	2	0.2	150	0	9.0
3	2	0.06	90	0	2.9



流入水量の計測

アーム乾燥試験

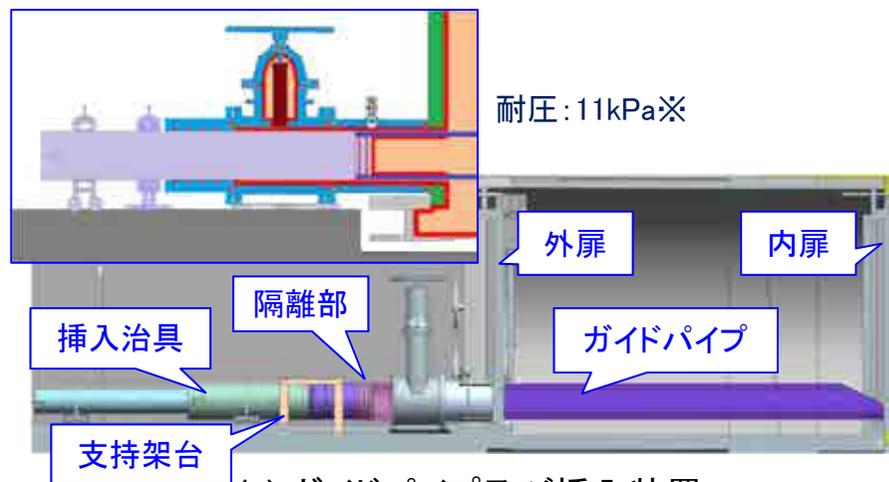
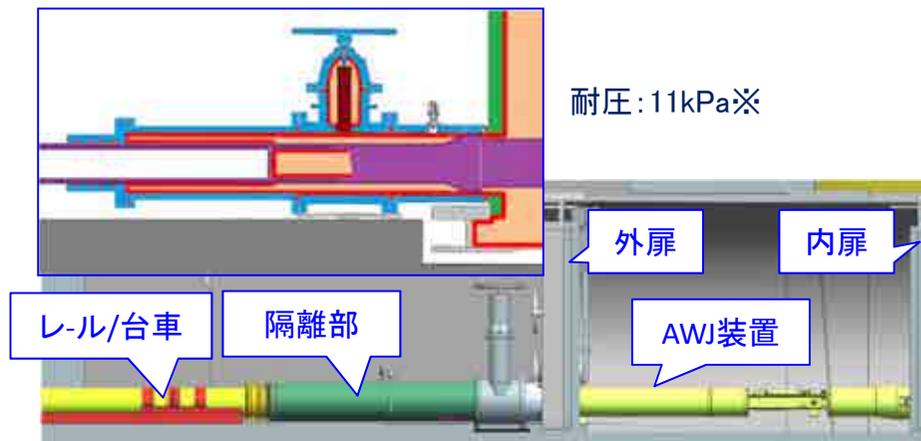
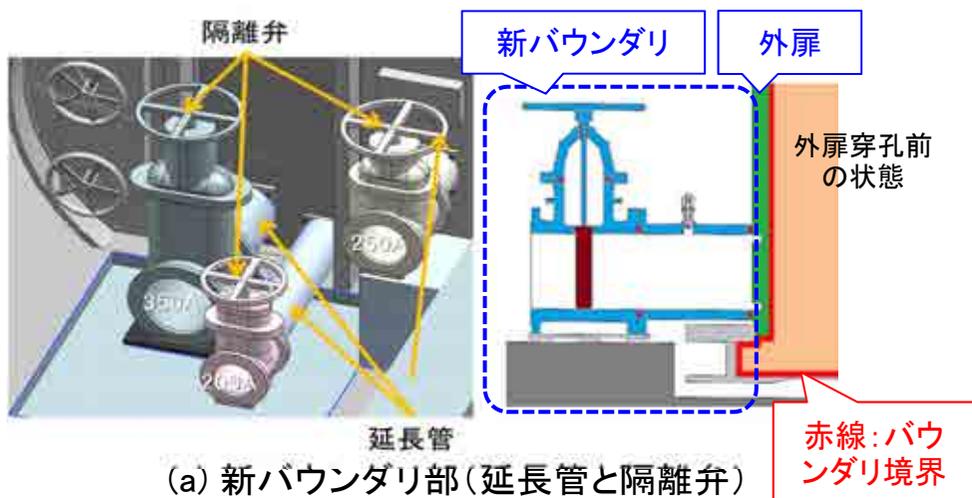
4.3 実施事項・成果 — 設計 —

— X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築(1/6) —

【目的】1号機のX-2ペネからPCV内へのアクセスルート構築のために、PCV内部と隔離した状態で新バウンダリ接続、X-2ペネ孔開け、PCV内干渉物の撤去、ガイドパイプ取付を行う

【新バウンダリ部と装置類の仕様と構造】

耐圧:11kPa(発泡漏れ試験で漏れなし)



4.3 実施事項・成果 — X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築(2/6) —

— リスク対策(設計への反映) —

区分	主なリスク(想定されるトラブル)	対策(設計に反映)
新バウンダリ接続	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する
	隔離弁の下に除振マウント付受台を設置できない	受け台を低めに製作し、シムで高さ調整可能な構造にする
外扉貫通穿孔	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする
内扉貫通穿孔等	外枠やリブに堆積したガーネット※でAWJ※ヘッドが旋回せず切断できない	ガーネットの堆積を考慮したノズル旋回構造にする
	シリンダに水圧がかからず、AWJヘッドの向き調整やテレスコ伸縮ができない	水圧ホース接続部に外れ防止機能付カラを採用する
	AWJ装置の旋回軸が変形し、回収できない	強制的に引抜くと旋回軸がフリとなる構造にする
	AWJヘッドのテレスコ機構が変形し、回収できない	テレスコの強度確保とAWJヘッド部と干渉物との接触検知で、テレスコへの異常負荷を防止する
その他	内外扉の穿孔でエアロック室内の雰囲気気線量率が上昇し、作業できない	穿孔後のエアロック室内の雰囲気気線量率を解析し、遮へいを準備する
	作業中に摺動部シールからPCVガスが漏れいし、汚染が拡大する	エアロック室のハウス化とフィルタ付局所排風機による換気で室外への汚染拡大を防止する
	特定できない配管があり、切断の判断ができない	切断対象の管が電線管であることを図面と写真で確認する

作業ステップ毎のリスクを網羅的に分析し、設計に反映

リスク分析例(新バウンダリ接続)

作業ステップ	対象部位	想定されるトラブル	対策(設計に反映)	設計反映	実施状況	実施予定	実施済
1	内扉へのガス	ガスが作業機に付着し、作業機が動かなくなる	ガスが作業機に付着しないよう設計する	○	○		
2	内扉へのガス	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
3	外扉へのねじ穴加工	ねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
4	外扉へのねじ穴加工	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		
5	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
6	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
7	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
8	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
9	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
10	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
11	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
12	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
13	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
14	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
15	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
16	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
17	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
18	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
19	外扉へのねじ穴加工	ハンディタイプねじ穴加工機で加工したねじ穴の垂直度の精度が低い	ねじ穴に固定する機器等はねじ穴の垂直度を考慮し設計する	○	○		
20	延長管	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		
21	延長管	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		
22	延長管	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		
23	延長管	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		
24	延長管	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		
25	延長管	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		
26	延長管	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		
27	延長管	延長管のリングが破損し、バウンダリ機能が低下する	コアヒットがリングと接触しない構造(角溝)にする	○	○		

設計反映への対象

※ AWJ: アブレイシブウォータージェット、ガーネット: AWJで使用する研磨材(アブレイシブ)

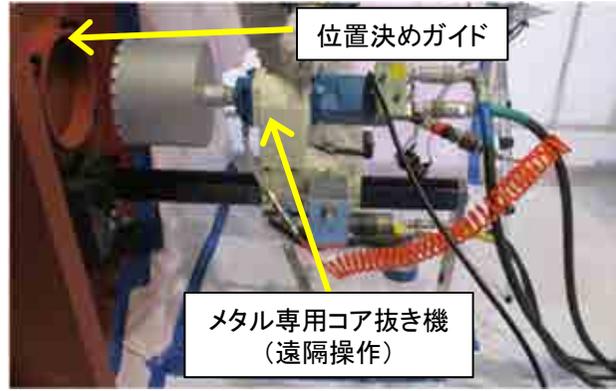
4.3 実施事項・成果 — X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築(3/6) — — 製作・工場内検証(新バウンダリ接続)—

- 作業手順を確認しながら工法・装置類と手順の課題を抽出し、対策を行った
- 発泡漏れ試験で接続部の漏えい有無を確認できることを確認した

a) ボルト穴加工

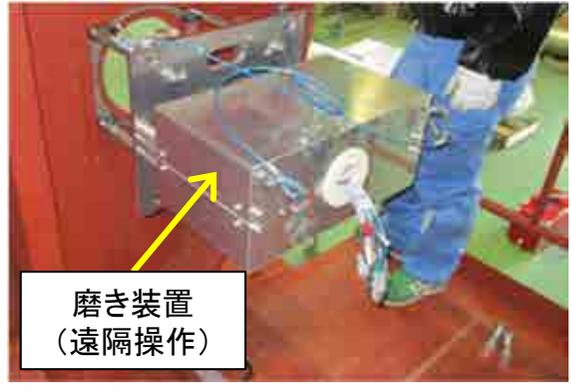


b) 非貫通穿孔



【課題】位置決めガイドでコアビットが抜けなくなる事象が発生
【対策】野書き位置に穿孔する方法に変更

c) 表面磨き(塗装除去)



【課題】装置をボルトで固定できない事象が発生
【対策】ボルト穴の加工精度を考慮した固定構造に変更

新バウンダリ接続後の状態

d) 延長管ボルト締結



【課題】シール性の再現性が低い
【対策】メタルOリングから耐放射線性ゴム(EPDM)製Oリングに変更し、延長管の溝をL形溝から角溝に変更

e) 隔離弁ボルト締結



図4.3-1 新バウンダリ接続の作業ステップ

4.3 実施事項・成果 — X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築(4/6) —

—製作・工場内検証(エアロック外扉の貫通穿孔)—

- 作業手順を確認しながら工法・装置類や手順の課題を抽出し、対策を行った
- 外扉貫通穿孔の施工条件の検証と隔離した状態で穿孔できることを確認した

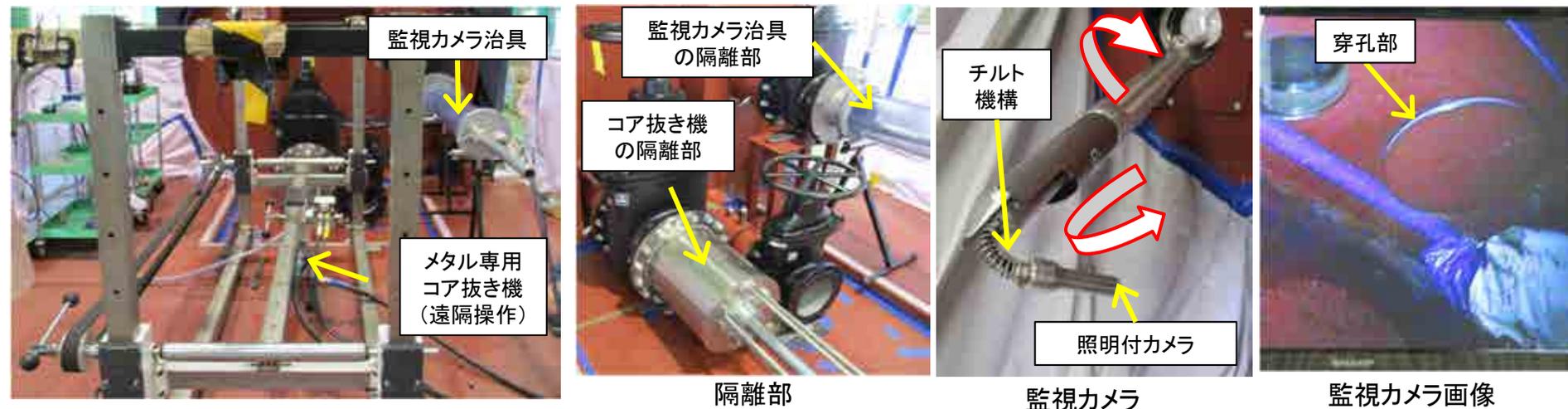
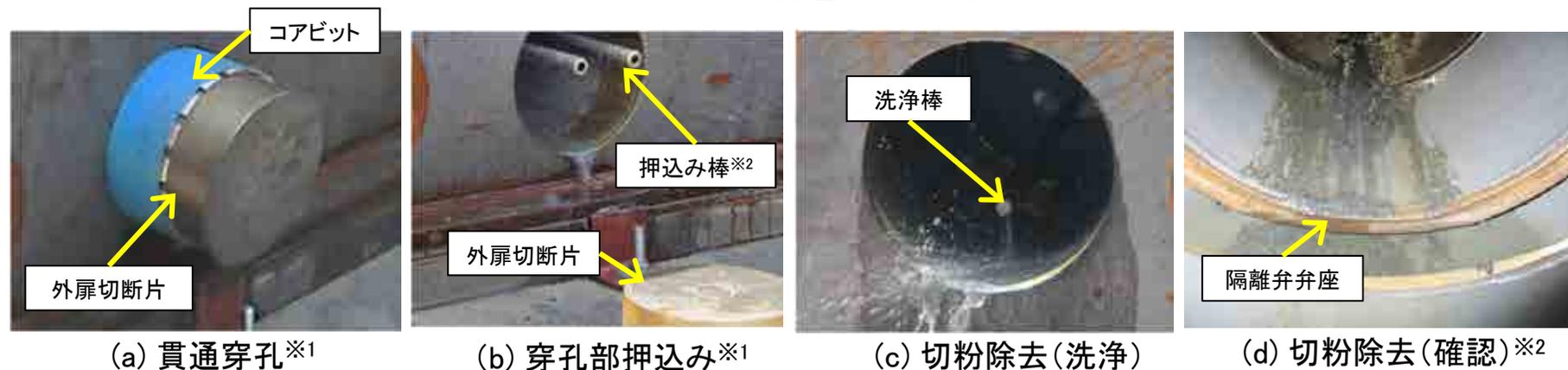


図4.3-2 外扉貫通穿孔時の状況



※1: 監視カメラを用いて、穿孔部の状況、押し込み後の切断片の状況などを確認する
 ※2: モックアップ試験では押し込み棒に内視鏡カメラを組み込み、切粉除去の状況を確認する予定

【課題】コアビットを引抜く際に、切粉が隔離弁まで移動する
【対策】洗浄方式に変更(上図)

【課題】弁座の溝に入った切粉を取り除けない
【対策】ソフトシールバルブに変更

図4.3-3 貫通穿孔後の主な作業ステップ

4.3 実施事項・成果 — X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築(5/6) — —製作・工場内検証(エアロック内扉の貫通穿孔他) —

- 作業手順を確認しながら工法・装置類や手順の課題を抽出し、対策を行った
- AWJ施工条件の検証と隔離した状態でAWJ装置を挿入できることを確認した



【対策1】AWJヘッドの高さ調整できる機能を追加
 【対策2】AWJヘッド/横リブ間に隙間を設けた構造に変更

図4.3-4 250A用AWJ装置内扉穿孔時の状況

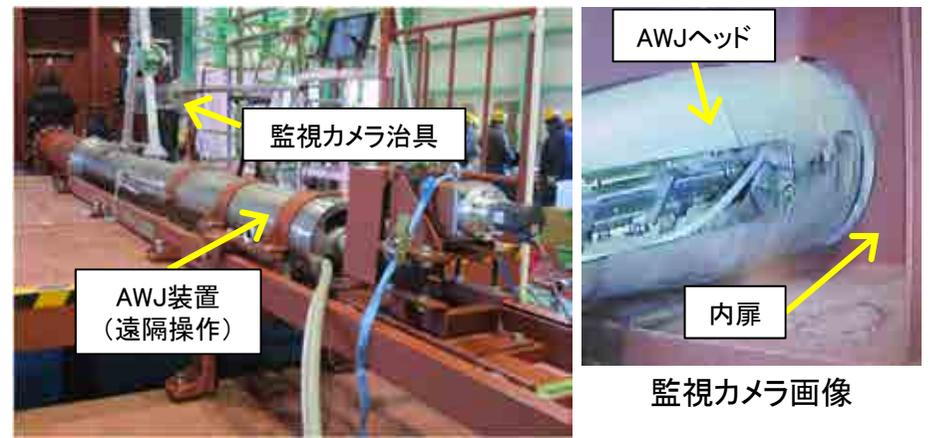
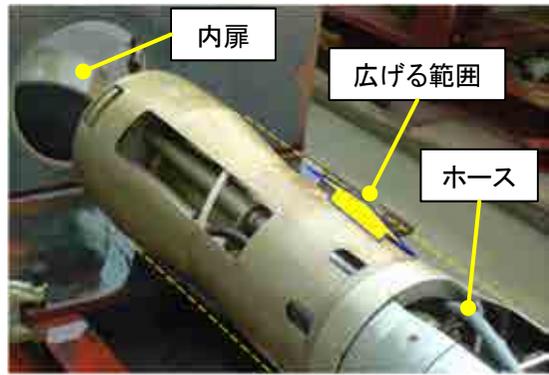


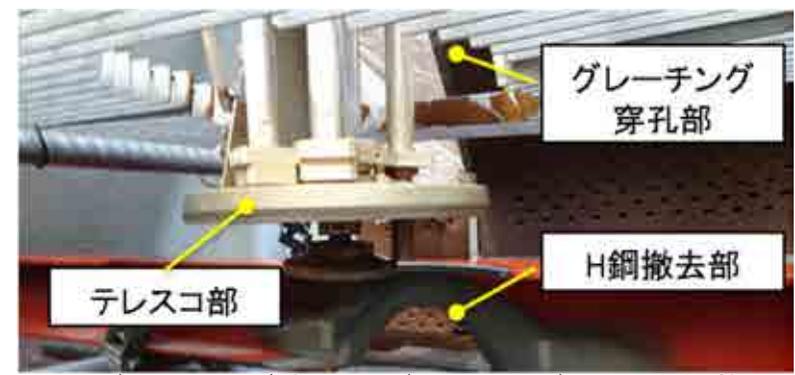
図4.3-5 350A用AWJ装置内扉他穿孔時の状況



(a) 内扉穿孔



(b) 手摺撤去



(c) グレーチング穿孔とグレーチング下干渉物撤去

【課題】AWJヘッド回転時の高圧ホース等への負荷が大きい
 【対策】AWJヘッドを先端部の外径に合わせて広げ、高圧ホース等の収納空間を確保

【課題】グレーチング上からAWJヘッドの設定状況を確認できない
 【対策】テレスコ部に監視カメラを追加

図4.3-6 AWJ施工条件検証試験結果例(350A)

4.3 実施事項・成果 — X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築(6/6) — —製作・工場内検証(ガイドパイプ挿入)—

27

- 隔離した状態でガイドパイプを挿入できることを確認した
- 課題はなかったが、調査装置側の要望により350Aガイドパイプ外径を変更した



図4.3-7 350A用ガイドパイプ挿入時の状況



図4.3-7 ガイドパイプ挿入後の状態

【まとめ】

- 1号機向けにX-2ペネからのPCV内アクセスルート構築に係る装置類の詳細設計と製作を行い、工場内検証(機能試験)を実施した
- 工場内検証では作業手順を確認しながら、PCV内部と隔離した状態での作業性と切断条件の確認、工法・装置類や手順の課題の抽出と対策を行った

【今後の対応】

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で行うモックアップ試験で対策の検証などを行い、1号機での現場実証を行う)

4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

(1) アーム型装置(1/8) —概要—

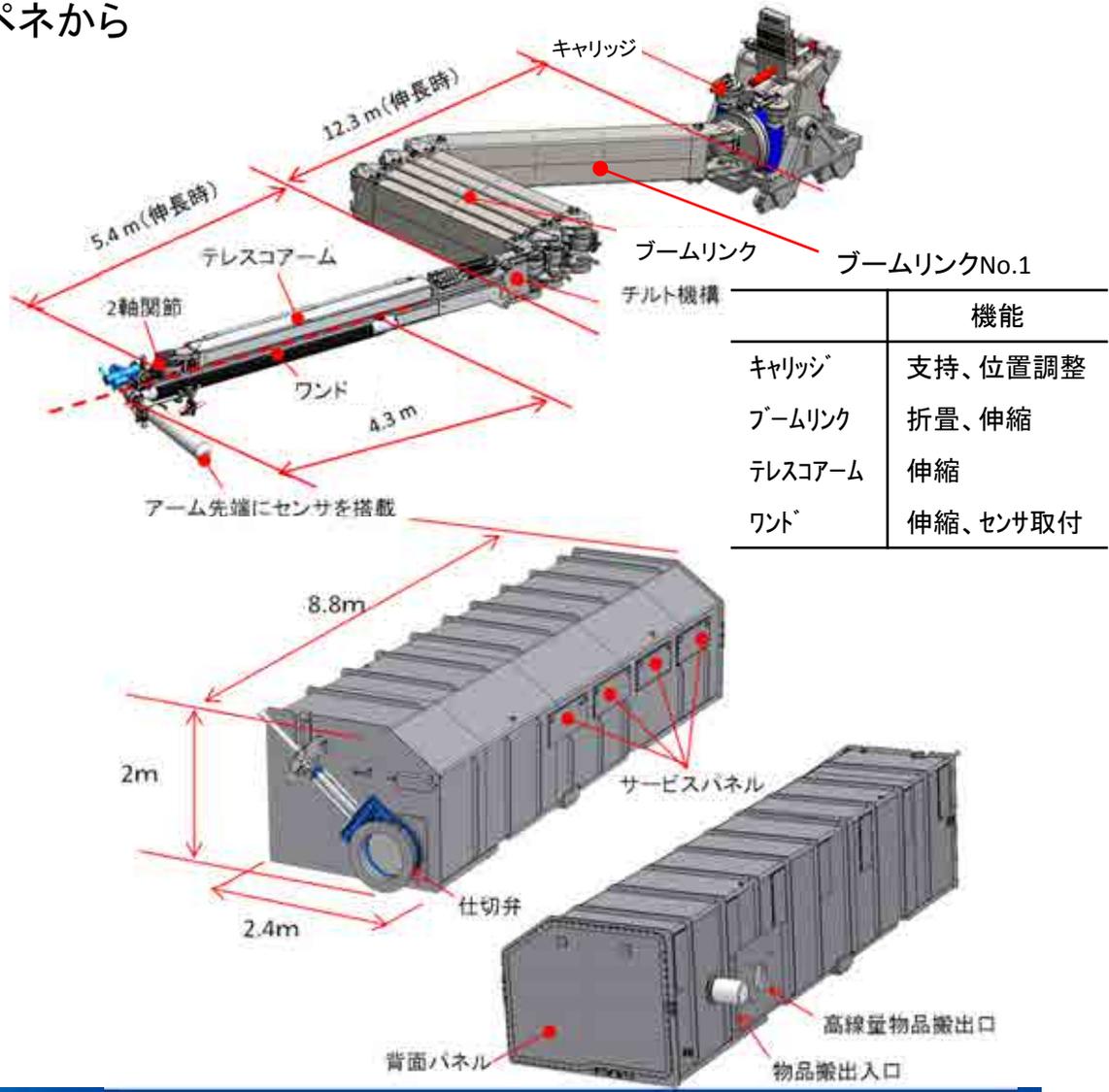
【概要】2号機の現場実証において、X-6ペネからPCV内にアクセスする調査装置

【アーム型装置の仕様と構造】

- ✓ 搭載可能センサ 10 kg以下
- ✓ 搭載工具 切断・把持ツール, ウォータージェット切断ツール
- ✓ アーム長 22 m
- ✓ 押付け力 400 N
- ✓ 位置決め精度 ±100 mm
- ✓ 繰返し精度 ±100 mm
- ✓ 累積線量 1 MGy
- ✓ 付属設備 カメラ, 照明

【アームエンクロージャの仕様と構造】

- ✓ 外板 天井及び側板 厚さ10 mm
底板 厚さ25 mm
- ✓ 質量 約30トン
- ✓ 主要材質 ステンレス鋼(SUS316L相当)
- ✓ 設計圧力 -5~+10 kPaG
- ✓ 漏えい率 0.05 vol %/h
- ✓ 付属設備
保守用双腕マニピュレータ, 仕切弁, カメラ, 照明, 線量計



4.4 実施事項・成果 — アクセス・調査装置 —

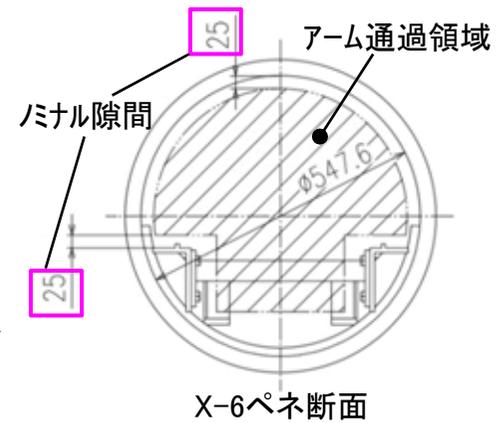
(1) アーム型装置(2/8) — リスク対策(設計への反映) : 代表例 —

区分	主なリスク(想定されるトラブル)	対策(設計に反映)
アームエンクロージャの搬入	搬入スペース不足	事前の現場調査, 搬入方法の検証, アームエンクロージャの寸法を制限する
アームエンクロージャの据付, 延長管との接続	X-6ペネとの偏芯・傾き	偏芯, 傾きを吸収, 調整するためX-6ペネとの間にフレキシブル継手を設置する
X-6ペネ内のアーム移動	X-6ペネ内面との接触	アーム及び延長管にクリアランス確認用の監視カメラを設置する
	干渉物切断時のウォータジェット排水のセル側への流入	PCV側へ流れるようにX-6ペネ接続構造に堰を設置する
PCV内部のアーム移動	干渉物との接触	モータのトルク増大時に非常停止するインターロックを設置する
	ケーブルの引っ掛かり	ケーブルはアーム本体内とアーム上面に配し, 露出を最小限に抑制する
	外部電源喪失	電源を喪失すると作動するブレーキをモータに設置する
	アーム駆動部の単一故障	モータの多重化, または, クラッチによる解放機構を設置する(故障していないモータを使用し, アームを自力回収する運用とする)
	アームの引掛り	ワンドの切り離し機構を設置する
その他	水素爆発	エンクロージャ内を窒素雰囲気化する

4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

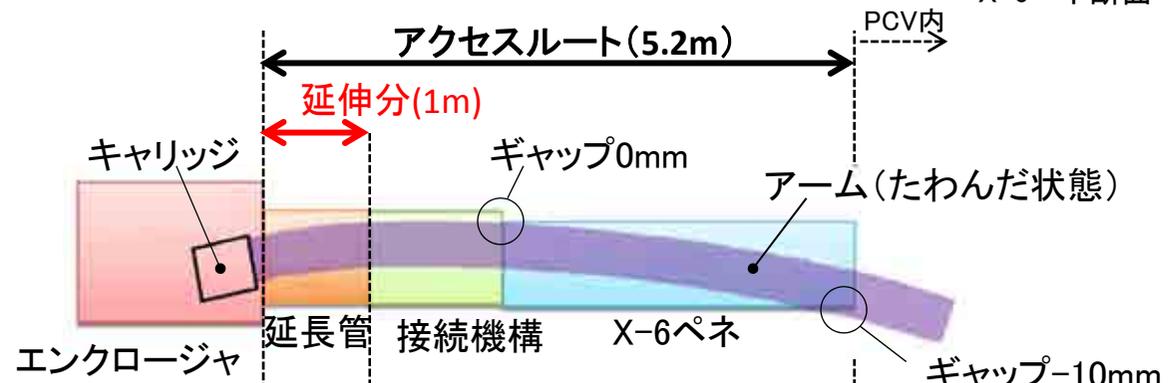
(1) アーム型装置(3/8) —調査用アーム設計変更—

- アームは**厳しい寸法制約(特にX-6ペネ内の通過)**の下で、たわみを少なくする必要あり。
- アクセスルート構築の詳細検討に伴い、**アクセスルートが延伸**。さらなるアームのたわみ抑制が必要となった。
- アームを構成するブームリンクに高強度のステンレス鋼(PH13-8Mo)を適用。薄肉化による軽量化を図るとともに加工を高精度とし、自重によるアーム全体の**たわみを抑制するよう設計変更**した。



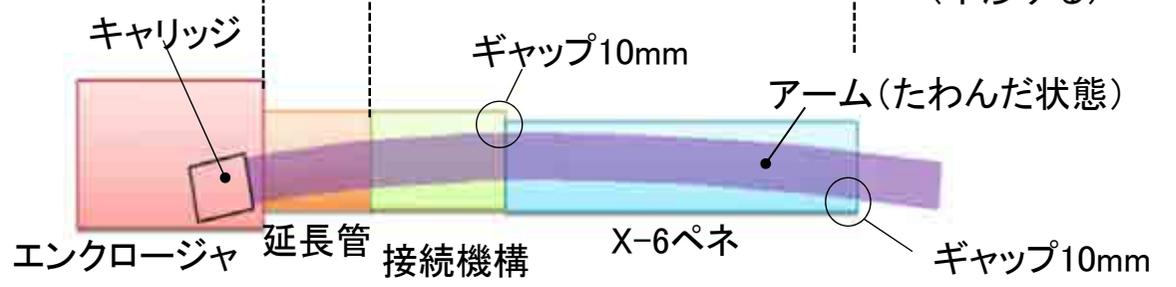
変更前

当初材質：17-4PH鋼



変更後

材質：PH13-8Mo
薄肉軽量化

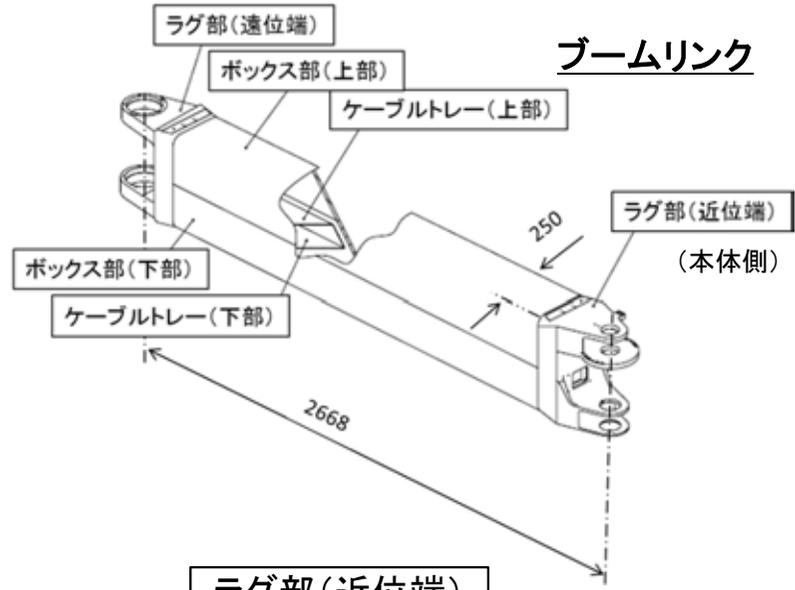


4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

(1) アーム型装置(4/8) —製作(調査用アームのブームリンク)—

ブームリンクの構成

- 軽量化を図るためアームを構成するブームリンクは中空，内部にケーブル配線のためケーブルトレイを配置
- ラグ部はエンクロージャ内でコンパクトに畳み込めるような回転角を満たし，二つの軸受でアームの荷重を支える
- アームたわみは，アームが完成したのちに実際のたわみ量を計測し，補正



ラグ部(遠位端)



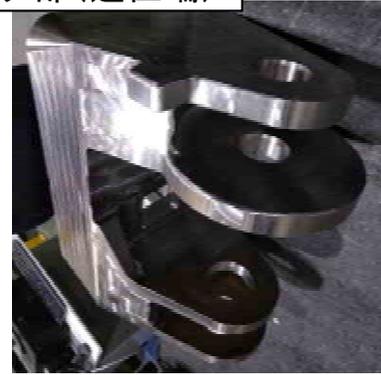
インゴットから削出し

ボックス部



板材を曲げ加工後，電子ビーム溶接(EBW)

ラグ部(近位端)



インゴットから削出し

+
EBW

+
EBW

ボックス部と両ラグ部を溶接し，溶接後熱処理の後，最終仕上げ加工で精度を確保

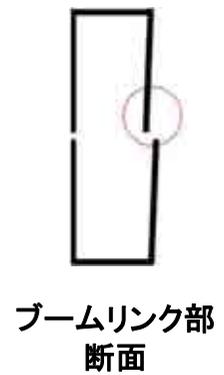
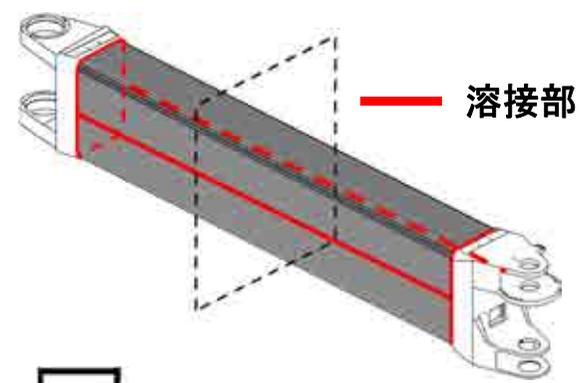
4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

(1) アーム型装置(5/8) —製作(調査用アームのブームリンク)—

ブームリンク製作のポイント

- 高強度ステンレス鋼PH 13-8 Moの曲げ加工精度の確保(拘束治具の設置等)
- ボックス部とラグ部を接続するための溶接部の開先寸法の確保
- 最終機械加工による寸法精度の確保(溶接後の熱処理に伴う変形量等を考慮)

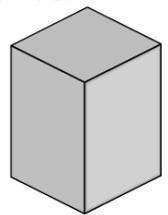
課題(1): 曲げ加工精度、開先寸法の確保



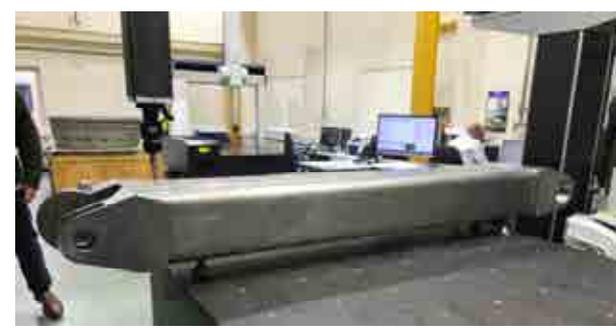
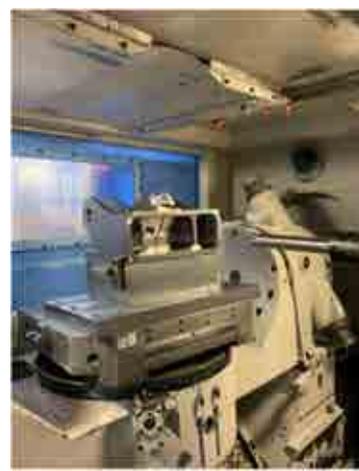
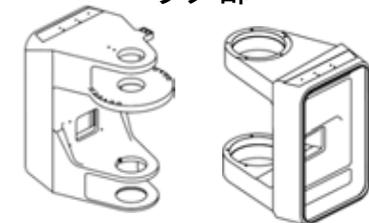
強度が高く硬い材料のため、曲げ加工精度の達成が容易でなく、溶接部(開先)を合わせる要領、及び新たな治具の設計・製作が必要となった。

課題(2): 機械加工による寸法精度の確保

鍛造材(塊)



ラグ部



軽量化のため加工する分量が多いことに加え、材料が硬く、かつ、形状が複雑なため、加工速度を上げることができず、想定以上の時間を要した。

4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置— (1) アーム型装置(6/8) —製作(調査用アーム、エンクロージャ)—

アームの構成部品の製作

・ブームリンクNo.1



・ワンド



・テレスコアーム



・エンクロージャ



X-6[°]ネ側フランジ

4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

(1) アーム型装置(7/8) —検証試験—

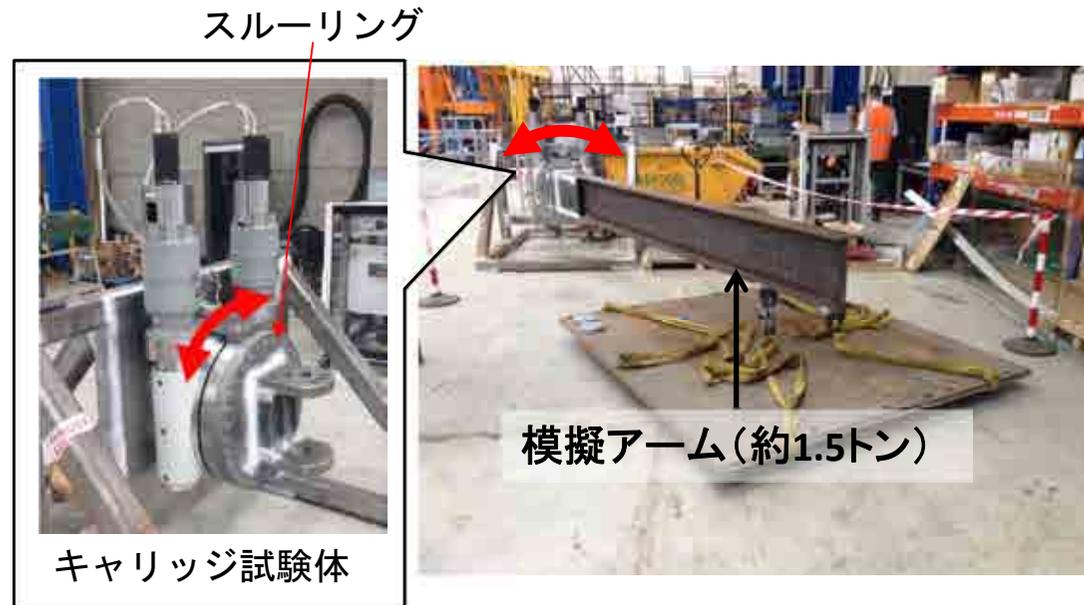
キャリッジの検証試験

目的:

- アームの姿勢を調整するスルーリングが、円滑に作動することを検証するために試験を実施。

試験結果:

- キャリッジ試験体に片持ち荷重で曲げとねじりを負荷した状態で、スルーリングが、旋回角度 0.01° 単位で円滑に作動することを確認した。



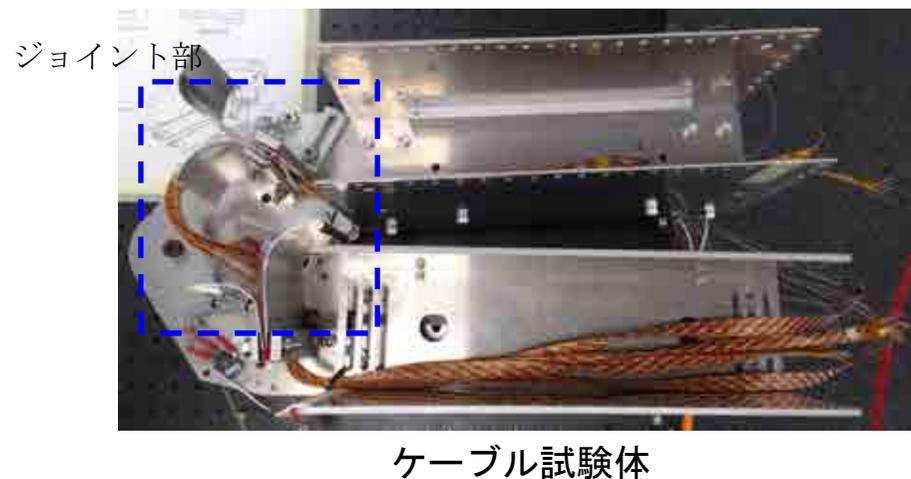
内部ケーブルの検証試験

目的:

- アーム模擬ジョイントを曲げ延ばして内部ケーブルの健全性を検証するための試験を実施。

試験結果:

- アーム模擬ジョイントの曲げ延ばしを繰り返しても、内部ケーブルの導通や絶縁に問題はなく、健全であることを確認した。



4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

(1) アーム型装置(8/8) —検証試験—

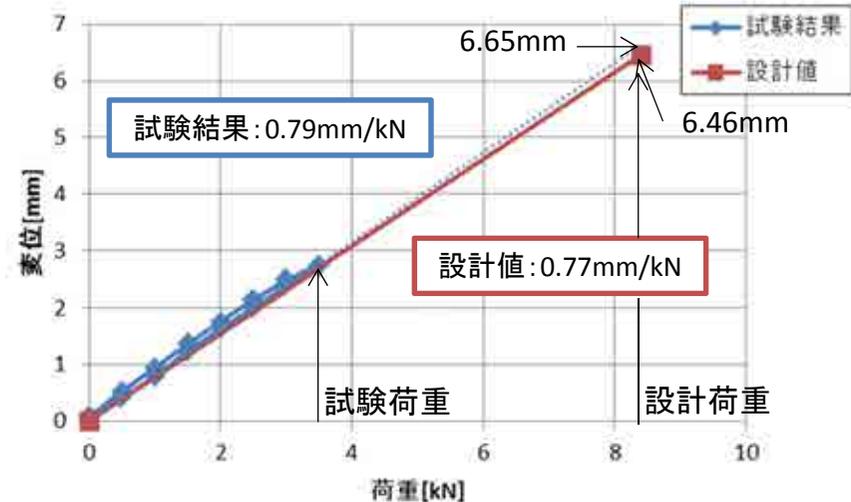
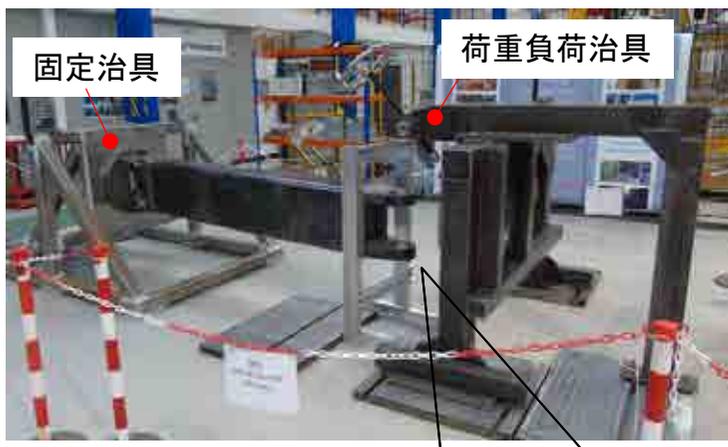
ブームリンク部の検証試験

目的:

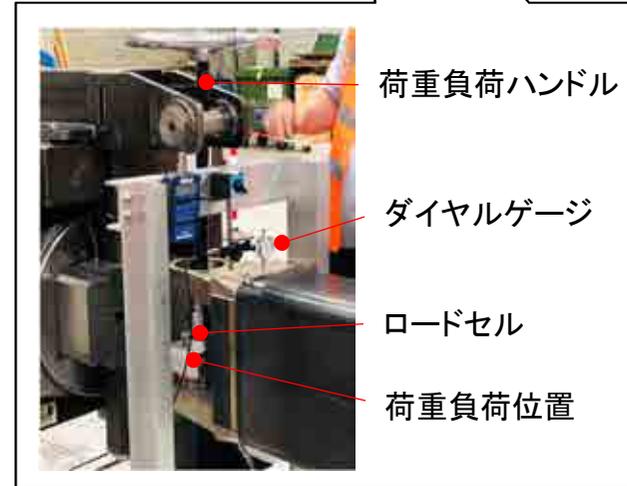
- アーム型装置の技術成立性見通しを得るため、製作したブームリンクNo.1のたわみ量計測および作動試験を実施。

試験結果:

- たわみ量計測では、鉛直荷重を負荷し(右図)、設計と同等の試験結果を得た(下図)。作動試験では、可動範囲を確認するとともに、アクチュエータの最大駆動トルクがアームの駆動トルクに対して十分な裕度があることを確認した。



たわみ試験の結果



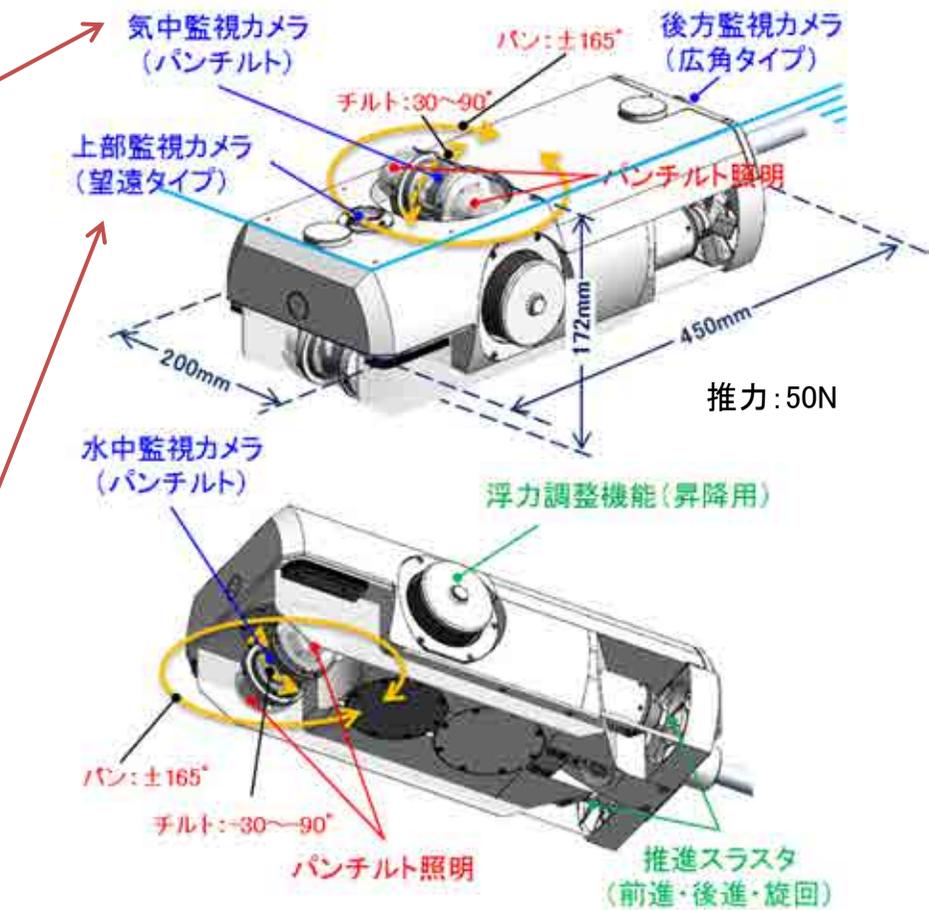
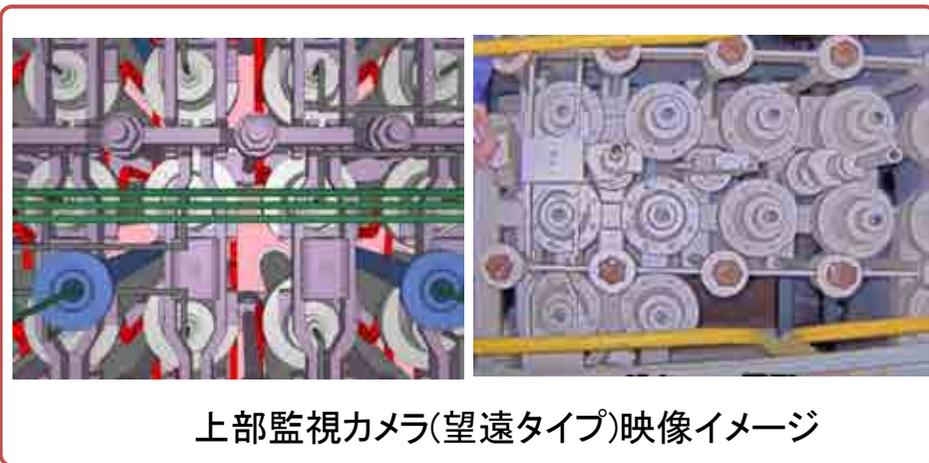
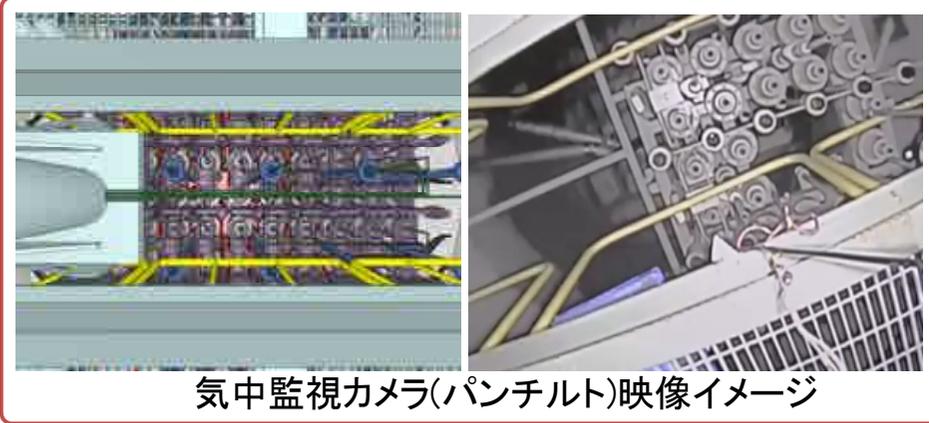
たわみ試験のセットアップ

アクセス・調査装置については、一部製作を行って製作性の確認及び技術検証を行うことで同装置の開発に見通しを得ることができたことから、本事業としての成果は概ね達成した。

4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

(2) 水中遊泳型装置(2/11) —設計—

調査装置	計測器 ※:B2用と同じ	用途
ROV-A2 詳細目視	光ファイバー型γ線量計※, 改良型 小型B10検出器(ROV保護用)	地下階の広範囲とペDESTAL内のCRDハウジングの脱落状況等の目視調査を行う

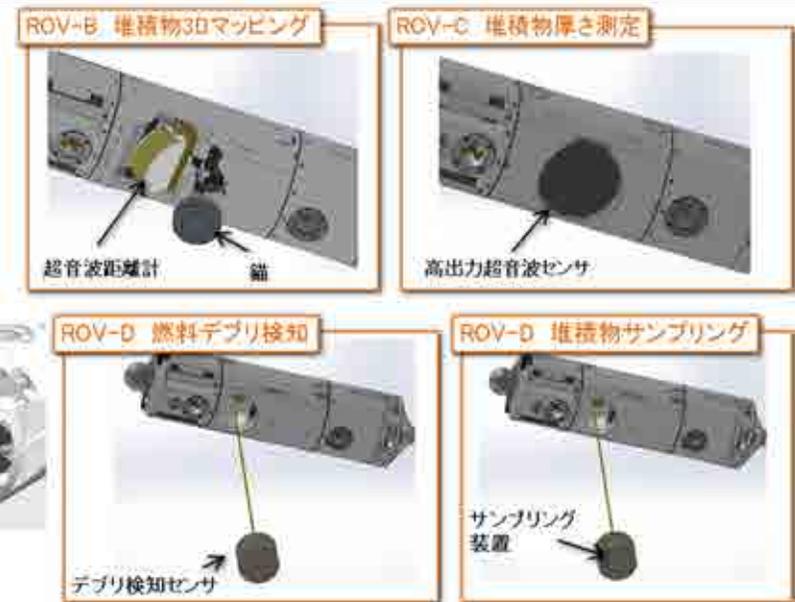
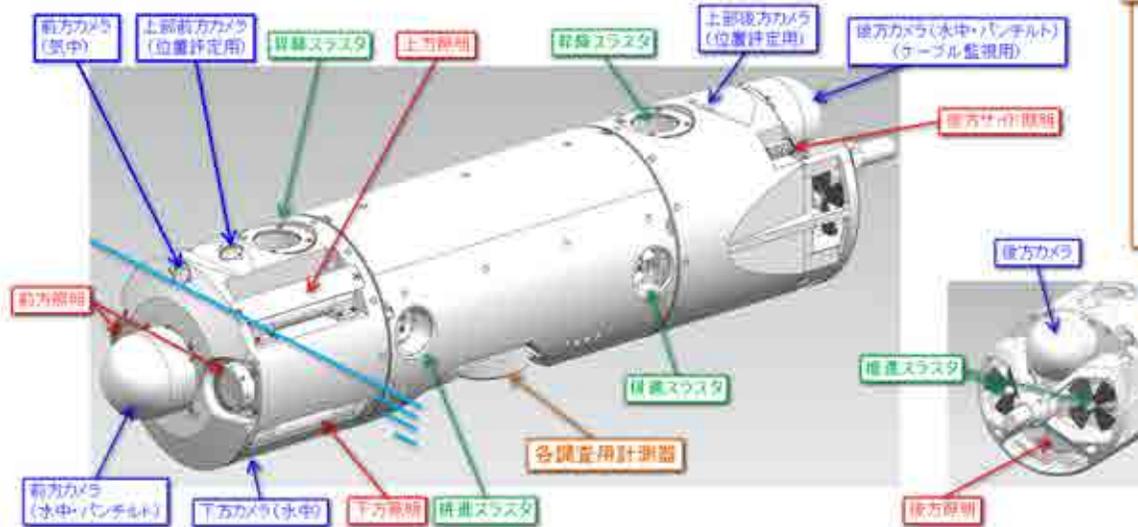


4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

(2) 水中遊泳型装置(3/11) —設計—

調査装置	計測器	実施内容
ROV-B 堆積物3Dマッピング	・走査型超音波距離計 ・水温計	走査型超音波距離計を用いて堆積物の高さ分布を確認する
ROV-C 堆積物厚さ測定	・高出力超音波センサ ・水温計	高出力超音波センサを用いて堆積物の厚さとその下の物体の状況を計測し、デブリの高さ、分布状況を推定する
ROV-D 堆積物デブリ検知	・CdTe半導体検出器 ・改良型小型B10検出器	デブリ検知センサを堆積物表面に投下し、核種分析と中性子束測定により、デブリ含有状況を確認する
ROV-E 堆積物サンプリング	・吸引式サンプリング装置	堆積物サンプリング装置を堆積物表面に投下し、堆積物表面のサンプリングを行う

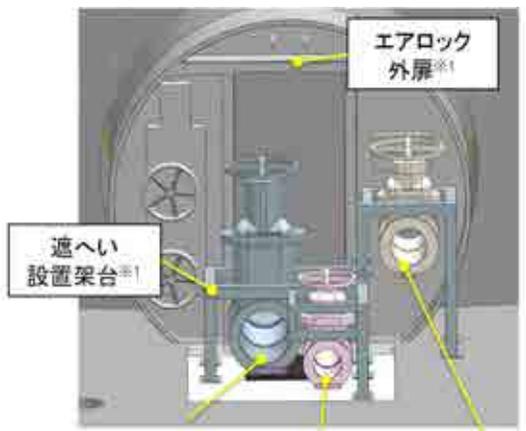
推力:25N 寸法:直径φ25cm×長さ約110cm



4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

(2) 水中遊泳型装置(4/11) —設計—

【調査設備の仕様】



- 350A隔離弁 調査装置 搬出入用
- 200A隔離弁 監視カメラ/ 洗浄装置挿入用
- 250A隔離弁 PCV内照明 挿入用

詳細調査時の各ペネの 主な用途

【ケーブルドラムとシールボックスの 組合状態での仕様】

- ①耐圧:11kPa (発泡漏れ試験で漏れなし)

【主な機能】

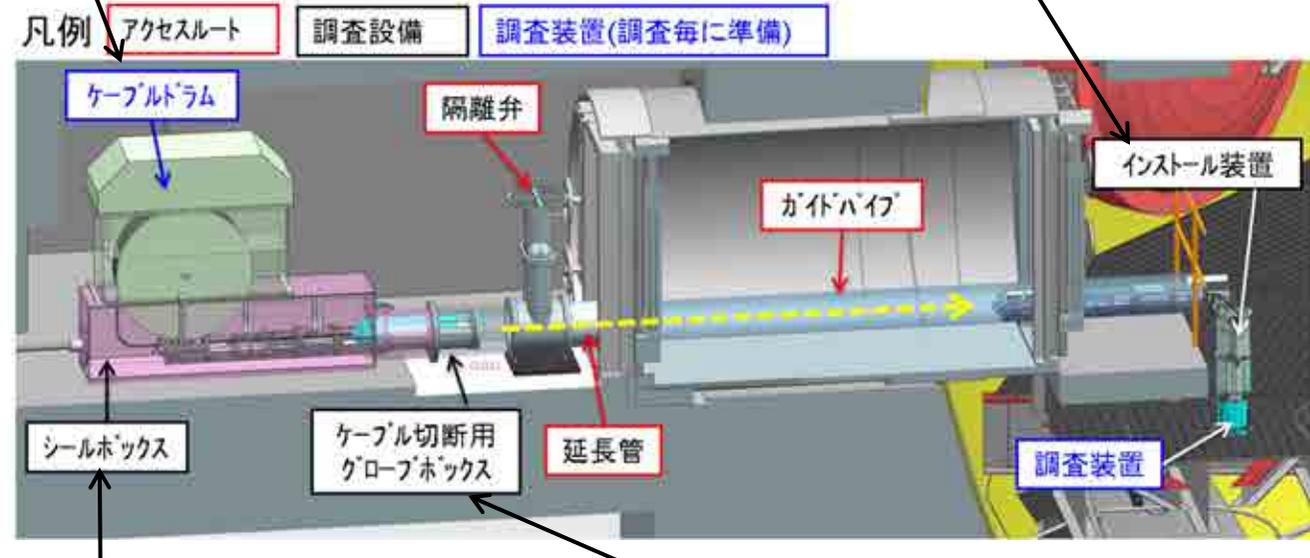
- ・PCV内との隔離(隔離弁全開時)
- ・シールボックスへの調査装置受渡・受取
- ・ケーブル送り・巻取り(遠隔操作)
- ・手動ケーブル巻取り※2
- ・ケーブル監視

※2 通常の操作はモータで行うが、モータが故障した場合は手動でケーブルを巻き取る

【主な機能】

- ・地下階への調査装置の搬入・搬出※1
- ・ケーブル送り(遠隔操作)
- ・地下階照明
- ・地下階ケーブルの監視(ガイドリング取付時のみ)
- ・ケーブルと調査装置の洗浄

※1 通常の操作は水圧で行うが、ポンプが故障した場合はPCV外からのポール操作で装置をアンインストールする



【主な機能】

- ・PCV内との隔離(隔離弁全開時)
- ・ケーブルドラムからの調査装置受取・受渡
- ・隔離弁へのインストール装置の案内
- ・ケーブル監視

【主な機能】

- ・PCV内との隔離(隔離弁全開時)
- ・ケーブル切断(非常回収時)
- ・窒素注入・窒素置換

4.4 実施事項・成果 -アクセス・調査装置 -

(2) 水中遊泳型装置(6/11) -製作-

潜水機能付ボート, 小型ROV計6種類の水中遊泳型調査装置を製作した



(a) ガイドリング取付用
(ROV-A)



(b) 詳細目視用
(ROV-A2)



(c) 堆積物3Dマッピング用
(ROV-B)



(d) 堆積物厚さ測定用
(ROV-C)



(e) 燃料デブリ検知用
(ROV-D)



(f) 堆積物サンプリング用
(ROV-E)

4.4 実施事項・成果 — アクセス・調査装置 —

(2) 水中遊泳型装置(7/11) -製作・工場内検証-

潜水機能付ポートと小型ROVの設計・製作を行い、地下階の広範囲移動とペDESTアル内への進入、インストールなどの工場内検証を実施した

装置類	工場内検証での主な確認項目(判定基準)	工場内検証結果	説明
調査装置 (ケーブルドラム 含)	ガイドリングをジョットデフに設置できること	見通し確認済※	4.4(2) (7/10)
	ペDESTアル外の広範囲を移動できること	見通し確認済※	4.4(2) (8/10)
	ペDESTアル内への進入ができること	見通し確認済※	
インストール装置	ケーブルドラムとインストール装置の送り機構との連動操作でケーブルを送り、回収できること	見通し確認済※	4.4(2) (10/10)
	調査装置を地下階に搬出入できること	見通し確認済※	4.4(2) (10/10)
	調査装置とケーブルを洗浄できること	見通し確認済※	4.4(2) (9/10)
ケーブル切断用 グローブボックス	非常時に調査装置のケーブルを切断できること	見通し確認済※	—
シールボックス	ケーブルドラムと連結した状態でPCV内部と隔離できること (耐圧11kPa)	問題なし	4.4(2) (10/10)
監視カメラ治具 (200A)	グレーチング開口部下側の調査装置のケーブルの状況を監視できること	見通し確認済※	—
照明 (250A)			

※:課題:現場模擬環境下での確認が必要である

4.4 実施事項・成果 —アクセス・調査装置—

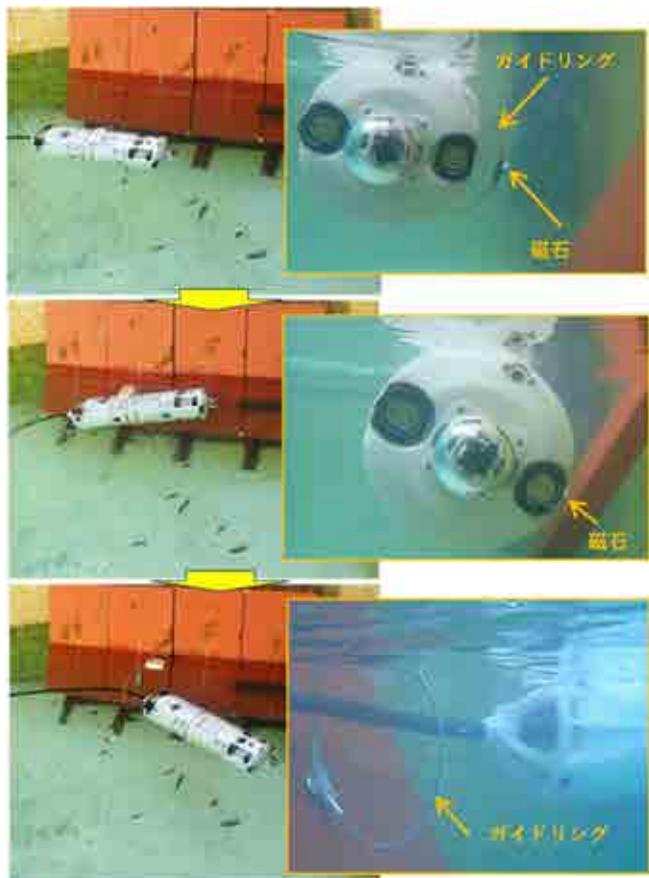
(2) 水中遊泳型装置(8/11) -工場内検証-

【ガイドリング取付】

- 暗闇での視認性を確認し、ガイドリング取付状況を搭載カメラで確認できる見通しを確認した
- 搭載カメラの映像のみでジェットデフへのガイドリング取付けができる見通しを確認した



暗闇での視認性確認



ガイドリング取付

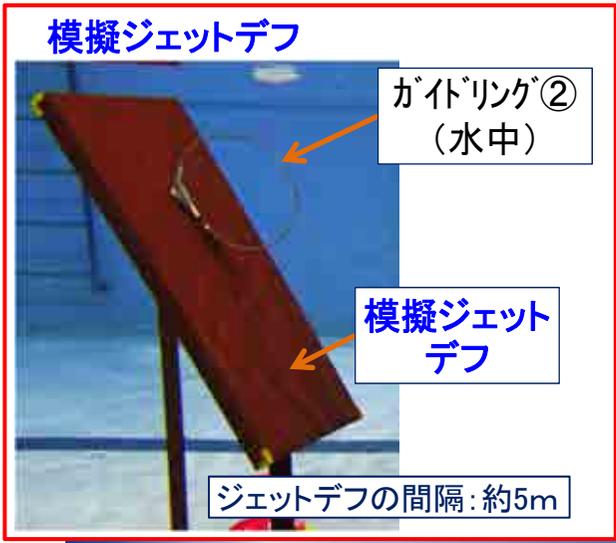
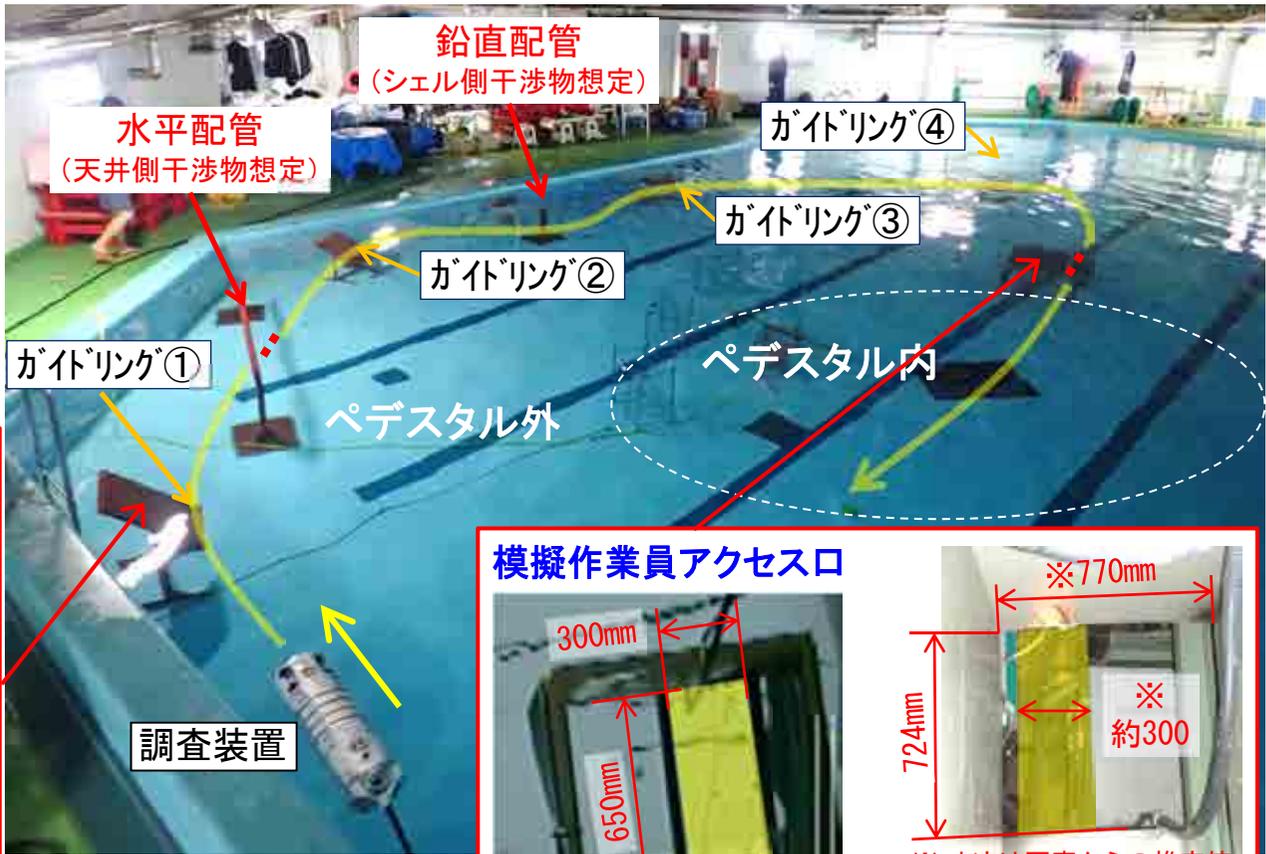
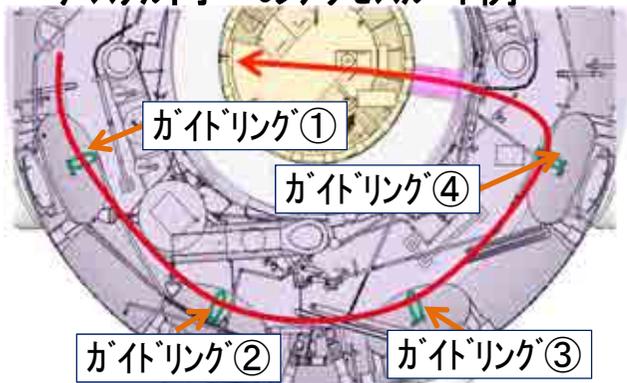
4.4 実施事項・成果 — アクセス・調査装置 —

(2) 水中遊泳型装置(9/11) -工場内検証-

【広範囲移動とペDESTAL内進入】

搭載カメラの映像のみで調査装置を操作し、1号機PCV内地下階模擬空間※を広範囲移動でき、ペDESTAL内へ進入できる見通しを確認した

ペDESTAL内へのアクセスルート例



※: 試験設備の都合上、実機アクセスルートと左右反転した状態で試験を実施

4.4 実施事項・成果 — アクセス・調査装置 —

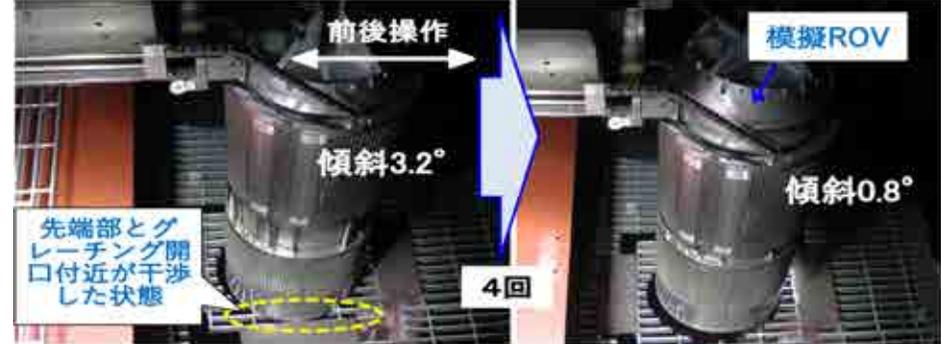
(2) 水中遊泳型装置(10/11) -工場内検証-

【調査装置の地下階搬出入(洗浄含)】

インストール装置で調査装置の地下階搬出入(洗浄含)の見通しを確認した。



a) 先端位置合わせ



【課題】先端部が鉛直に向かないため、グレーチング開口に挿入できない
 【対策】①グレーチング切断径を大きくする、②インストール装置を前後操作し、自重で先端部を鉛直に向かせる(上図)

b) 洗浄



模擬ROVに石灰を塗布し、洗浄性能を確認。凹み部の石灰も洗浄でき、洗浄性能に課題なし

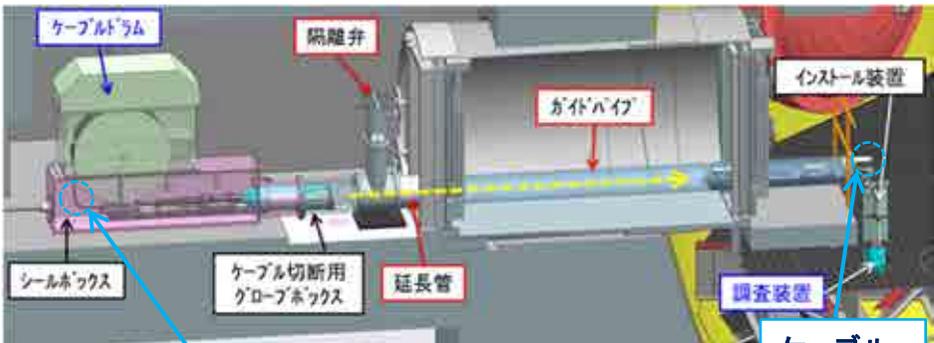


4.4 実施事項・成果 - アクセス・調査装置 -

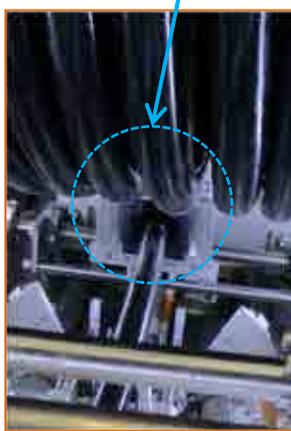
(2) 水中遊泳型装置(11/11) -工場内検証-

【連動操作】

ケーブルドラム, ピンチローラとケーブル送り機構の連動操作でケーブルを地下階に送り, 回収できる見通しを確認した



ピンチローラ



ケーブル送り機構のコントローラ



ケーブルドラム・ピンチローラのコントローラ(連動機能付)

【調査装置の耐圧】

ケーブルドラムとシールボックスを接続した状態で耐圧漏れ試験を実施し, 漏洩しないことを確認した



16:27



17:44

4.5 実施事項・成果
計測技術一覧

— 要素技術の適用性検証(1/22) —

	計測技術	計測目的	搭載予定の アクセス装置	説明
形状・ 寸法 計測技術	超音波ソナー	水中の燃料デブリ等の 3Dマッピング	アーム型(2号機)	4.5(1)(i)
	走査型超音波 距離計	堆積物の3Dマッピング	水中遊泳型(1号機)	4.5(1)(ii)
	光切断法	気中の構造物等の 3Dマッピング	アーム型(2号機)	4.5(1)(iii)
	高出力超音波 センサ	堆積物の厚さ測定 (堆積物下の物体確認)	水中遊泳型(1号機)	4.5(1)(iv)
	低周波超音波 センサ	ペDESTAL壁面の 残厚測定	—(計測技術のみ開発)	4.5(1)(v)
放射線 計測技術	γカメラ	γ線量率分布 (燃料デブリ分布の確認)	アーム型(2号機)	4.5(2)(i)
	CdTe半導体検出器 +改良型小型B10検出器	堆積物内・下の 燃料デブリ判定	水中遊泳型(1号機)	4.5(2)(ii)
位置特定 技術	単眼カメラ (特徴点-画像対応)	調査装置の位置特定	水中遊泳型(1号機)	4.5(3)

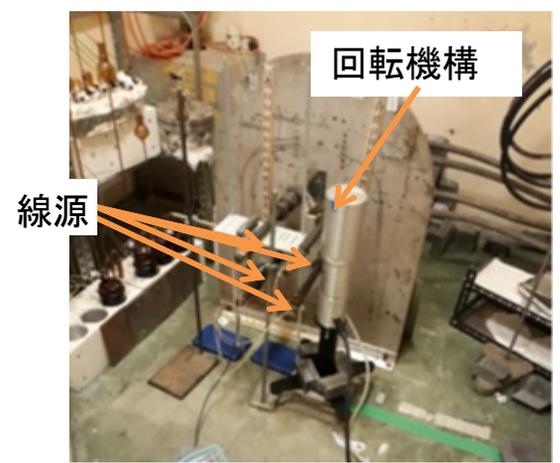
4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(2/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (i) 超音波ソナー

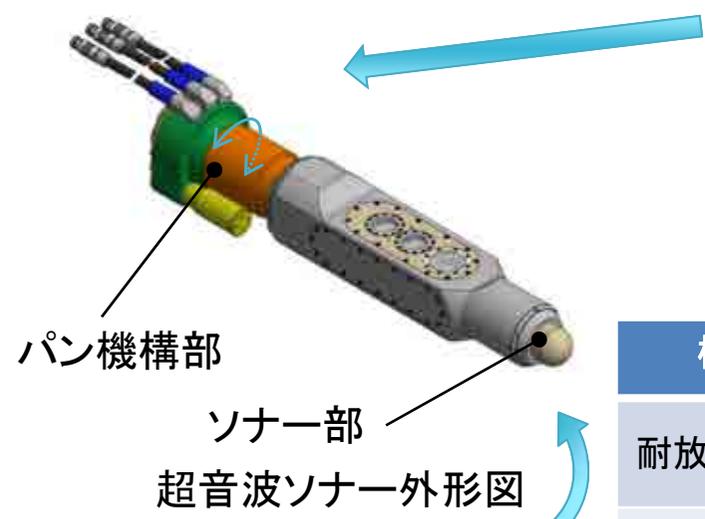
- ソナーの設計及び製作を実施した。
- パン機構はガンマカメラと共通設計とした。
- パン機構、外殻、ソナーヘッド製作を行い、組立(実施中)、確認試験(パン機構の動作確認、最終重量チェック等:実施中)



パン機構の組立



放射線環境下での回転機構の動作特性確認試験



ソナーヘッド

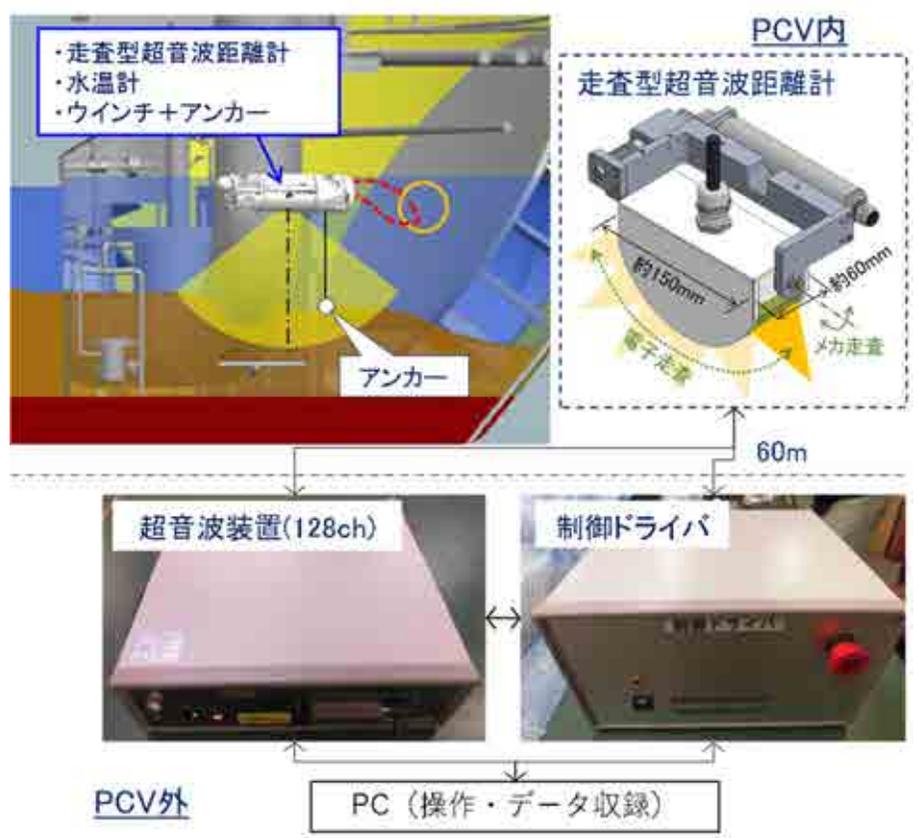
主な機能と検証結果

機能	検証結果
耐放射線性	パン機構含め10kGy以上の耐放射線性を確認
計測性能	水中試験により50mmの分解能を有することを確認
防水性	シール材による防水確保を実施予定

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(3/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (ii) 走査型超音波距離計(1/3)

堆積物3Dマッピングシステムの設計・製作及び適合性検証(単体・組合試験)を実施し、ROVに搭載した状態で計測できる見通しを確認した



適合性検証内容

分類	確認項目
単体試験① (現場実証に適用するセンサ, 計測器と実機仕様と同じケーブル(複合化なし)を接続した状態で行う試験)	測定可能な範囲
	測定精度
	分解能
	測定外乱の影響
単体試験②	3D表示機能
組合試験 (現場実証に適用するセンサ, 計測器をROVと組合せた状態で行う試験)	計測動作の確認、
	ROVの姿勢の影響
	測定外乱の影響

図4.5(1)(ii)-1 堆積物3Dマッピングシステムの構成

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(4/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (ii) 走査型超音波距離計(2/3)

【単体試験①(平成29年度実施)】

堆積物3Dマッピングの測定要領に必要な基本特性を確認し、測定精度がニーズ元要求を満足することを確認した

【単体試験②(3D表示機能)】

調査装置の位置情報をもとに堆積物の3Dプロファイル(超音波3D計測データ)をD/W1階の3D図面に重ねて表示する3次元表示(STL※¹)ソフトを製作した

単体試験結果(平成29年度実施)

項目()内: ニーズ元要求		確認結果
測定可能な範囲	距離	500~3000mm
	入射角	±50° 以内
分解能		3m先の水平方向の分解能は50mm以内, 走査ピッチ間の超音波ビームはラップ
測定精度	鉛直 (±50mm)	高さ: 1.2mm (RMSE) 距離: 2.0mm (RMSE)
	水平 (±200mm)	6.2mm (RMSE)
測定外乱の影響	濁水	視程6cm濁水時の減衰率 -10dB/m※
	電気ノイズ	最大感度, 最大速度のメカ 走査で電気ノイズはない

※濃い濁水中でも距離2200mmまで計測可。

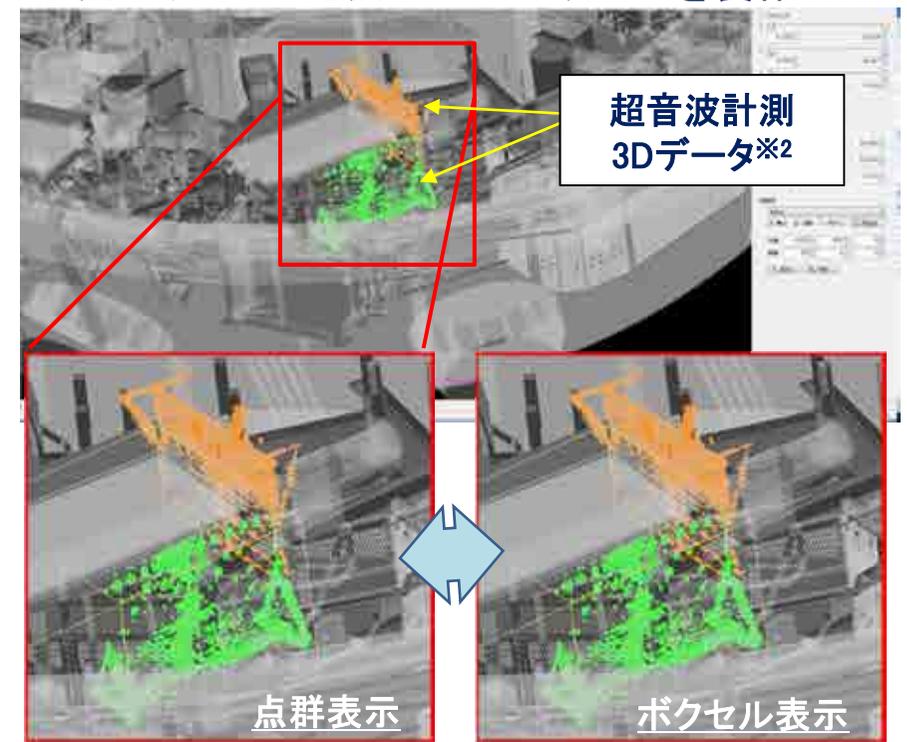


図4.5(1)(ii)-2 3D表示機能

※1 STL: Standard Triangulated Languageの略で三次元形状を表現するデータを保存するファイル保存形式

※2 磁石を貼付た脚付平板の超音波3D計測データ

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(5/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (ii) 走査型超音波距離計(3/3)

【組合試験(平成30年度実施)】

ROVの姿勢と電気ノイズの影響は小さく3Dデータを収集できること, 点群とボクセルの3D表示ができること, 測定精度がニーズ元要求を満足することなどを確認した

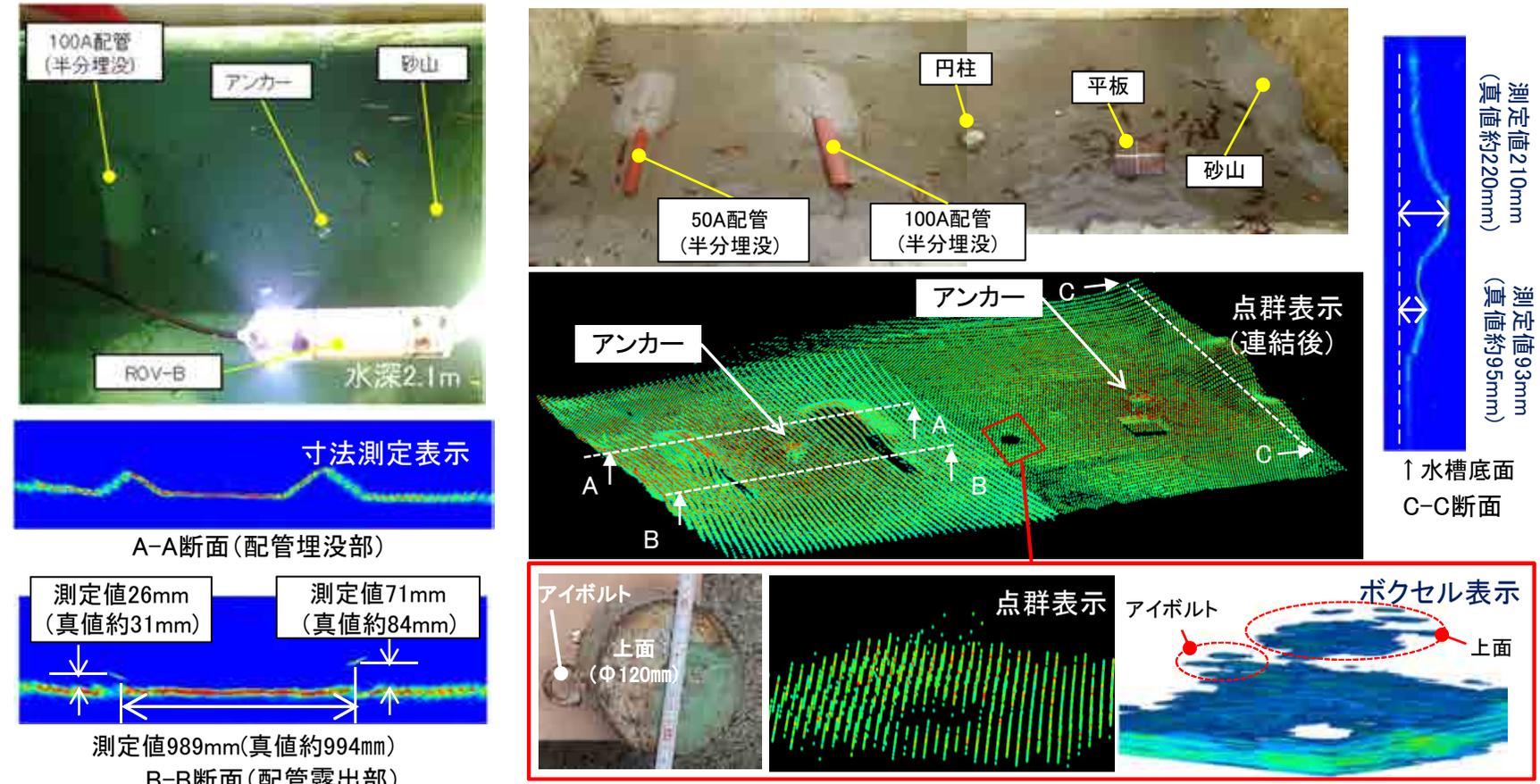


図4.5(1)(ii)-3 堆積物3Dマッピング組合せ試験結果

課題: ガイドリングを通過した条件での測定できることの確認, 実機での3Dデータの重ね合わせなど
対応: モックアップ試験設備で行う組み合わせ試験で確認

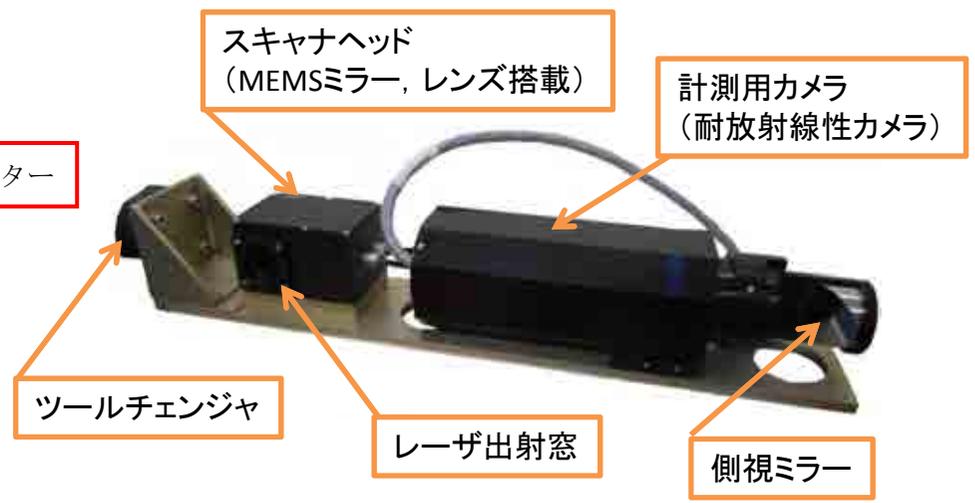
4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(6/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (iii) 光切断法

- 代替カメラ(耐放射線性カメラ)の適合性検証試験(放射線環境下での計測精度検証)を実施し、計測用カメラを選定
- 耐放射線性試験及び摺動試験を実施し、稼働部の光ファイバ被覆を選定
- 実機用機材の製作を実施



放射線影響下(照射室)での計測精度検証



光切断法による形状・寸法計測装置外観



不採用カメラの画像

0.8kGy/h
50°C
ノイズ多い
S/N比小さい



採用カメラの画像

1.0kGy/h
50°C
ノイズ少ない
S/N比大きい



光ファイバ摺動試験

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(7/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (iv) 高出力超音波センサ(堆積物厚さ測定用)(1/4)

堆積物厚さ測定システムの設計・製作及び適合性検証(単体・組合試験)を実施し, ROVに搭載した状態で計測できる見通しを確認した

適合性検証内容

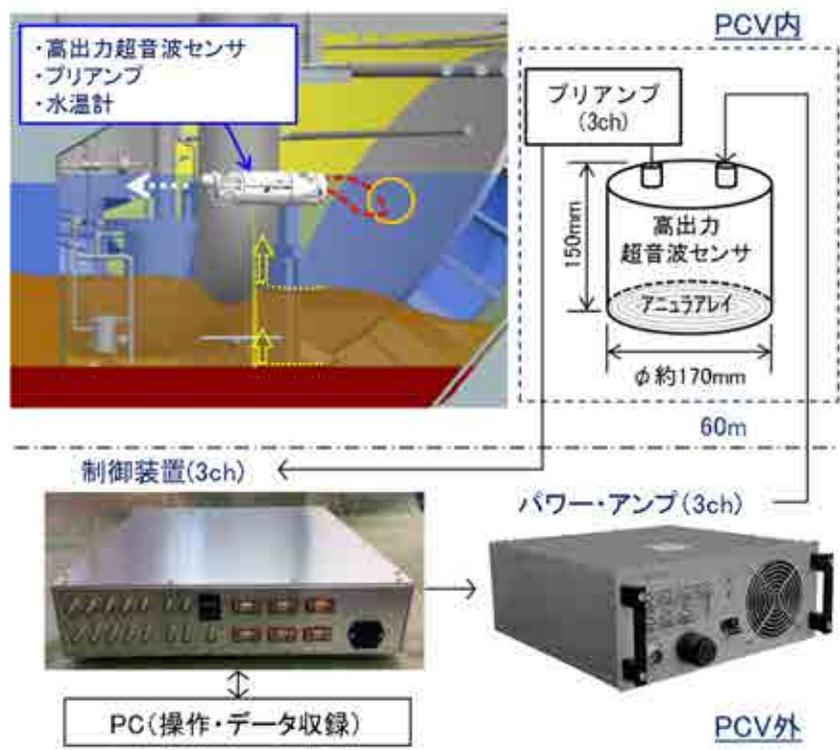


図4.5(1)(iv)-1 堆積物厚さ測定システムの構成

分類	確認項目	
予備試験 (類似センサで行う試験や解析による評価)	堆積物の粒径の影響	
	堆積物内在気泡(水の放射線分解)の影響	
	堆積物内の温度勾配の影響	
	堆積物材質,混合粒径の影響	
単体試験 (現場実証に適用するセンサ(センサ要素含),計測器と実機仕様と同じケーブル(複合化なし)を接続した状態で行う試験)	耐放射線性	プリアンプ センサ
	測定可能な深さ範囲	
	測定精度	
	分解能	
	計測動作の確認、	
組合試験 (現場実証に適用するセンサ,計測器をROVと組合せた状態で行う試験)	ROVの姿勢の影響	
	測定外乱の影響	音響的ノイズ 電気ノイズ

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(8/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (iv) 高出力超音波センサ(堆積物厚さ測定用)(2/4)

単体試験結果(主に平成29年度実施)

確認項目		確認結果(予備・単体試験)
堆積物厚さ測定可能範囲		<ul style="list-style-type: none"> 100kHzの場合:0.04~最大0.5m(但し、粒径400um以上の場合は最大1m) 10kHzパラメトリック計測の場合:100kHzの測定可能範囲より広い
堆積物厚さ測定精度		代表的な粒径と温度での音速適用時の測定精度は±7% (粒径, 温度勾配の影響含)
分解能		方位分解能:56mm,, 時間分解能:43us(約40mm)@100kHz
測定外 乱・環境 因子	堆積物の粒径の 影響	<ul style="list-style-type: none"> 粒径(45~1700um)に起因する測定誤差は±5%程度※ 川砂のような混合粒径であって適用可能である見込み ※ 単一粒径の音速は水の約1.1~1.2倍(粒径で異なる)であるため、実機では暫定的に水の1.15倍(粒径900μm相当)の音速を適用予定
	堆積物内在気泡(水 の放射線分解)の影響	10~100Gy/hのγ線では水の放射線分解に起因する堆積物内在気泡の影響は現れない(図4.5(1)(iv)-2参照)
	堆積物内の温度勾 配の影響	温度勾配に起因する測定誤差は±2.3%程度である (約20℃水温の音速を基準に10℃~40℃を想定)
	電気ノイズ	パラメトリック計測には低周波ノイズの抑制のため十分なアースが必要※
耐放射線 性	プリアンプ	照射で出力波形(10kHz)にノイズ(2MHz)が発生したが、ローパスフィルタで除去でき、照射前の出力波形を再現可能(図4.5(1)(iv)-3参照)
	センサ	照射で14%の感度低下を確認(測定に大きく影響するレベルではない) (図4.5(1)(iv)-3参照)

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(9/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (iv) 高出力超音波センサ(堆積物厚さ測定用)(3/4)

【堆積物内在気泡(水の放射線分解)の影響】

(1) 試験条件

- a) 線量率: 10Gy/h(堆積物表面),
100Gy/h(燃料デブリ表面)
- b) 照射時間: 約8日間

(2) 試験結果

10~100Gy/hのγ線では水の放射線分解に起因する堆積物内在気泡の影響は現れないことを確認

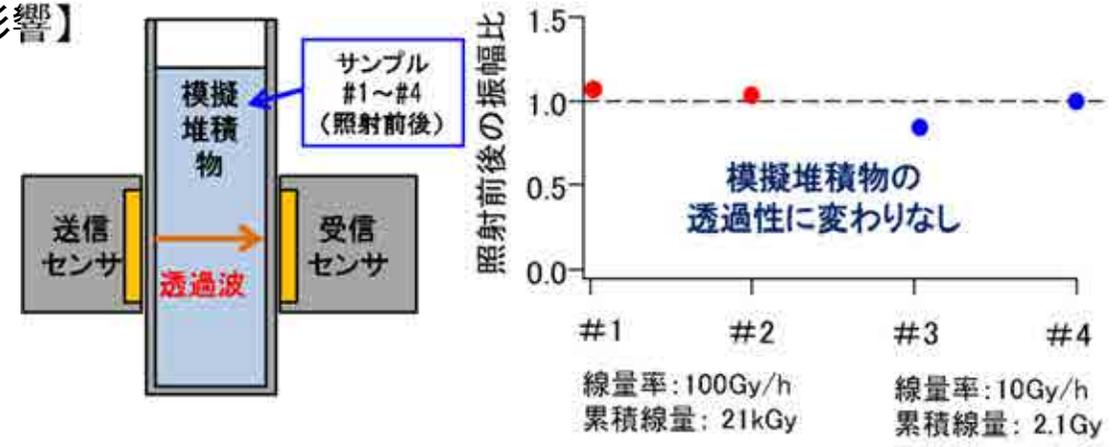


図4.5(1)(iv)-2 超音波の透過性に及ぼす水の放射線分解の影響

【耐放射線性】

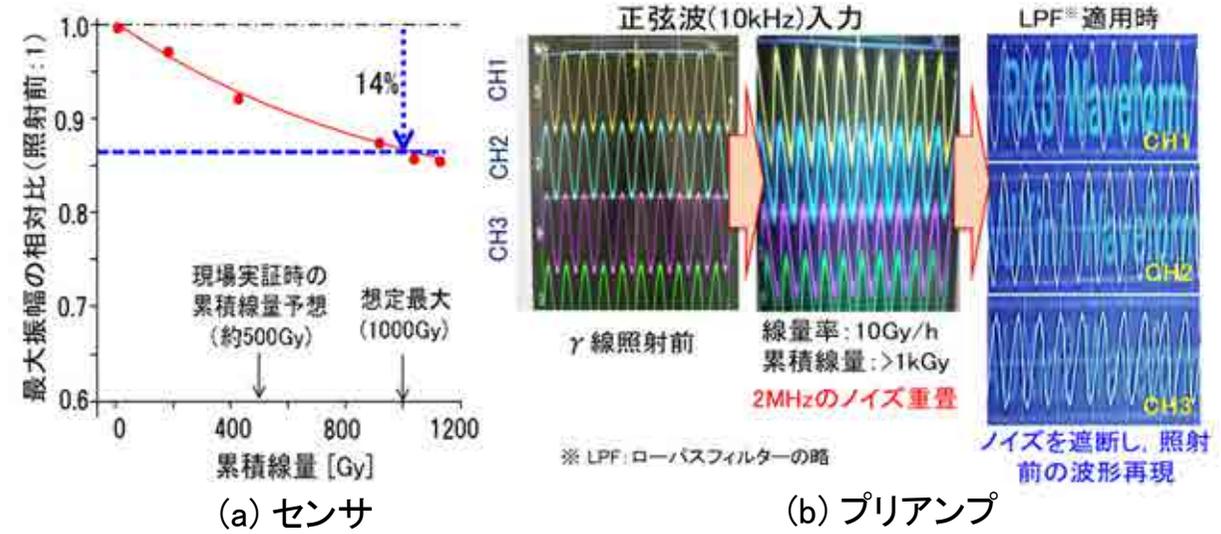
(1) 試験条件

- a) 線量率: 10kGy/h(センサ部環境)
- b) 累積線量: 最大1kGy以上

(2) 試験結果

センサ 照射で14%の感度低下を確認(測定に大きく影響するレベルではない)

プリアンプ 照射で出力波形(10kHz)にノイズ(2MHz)が発生したが, ローパスフィルタで除去でき, 照射前の出力波形を再現できることを確認



(a) センサ

(b) プリアンプ

図4.5(1)(iv)-3 センサとプリアンプに及ぼす累積線量の影響

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(10/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (iv) 高出力超音波センサ(堆積物厚さ測定用)(4/4)

【組合試験(平成30年度実施)】

- 水深2.1mのプールで(a)100kHz基本測定方式と(b)パラメトリック方式の2方式を高速に切替ながら(図4.5(1)(iv)-4) ROVを航行し、厚さ100mmと300mmの模擬堆積物の厚さ測定を実施
- 航行姿勢や外乱ノイズの影響は小さく、堆積物の表面と底面および埋設物を画像化でき、堆積物厚さを測定できることを確認(図4.5(1)(iv)-6)

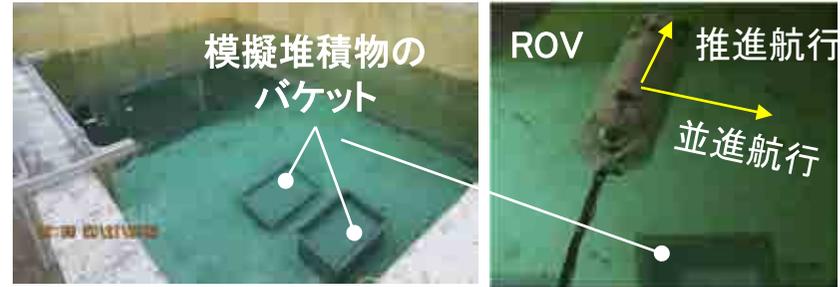


図4.5(1)(iv)-5 試験状況

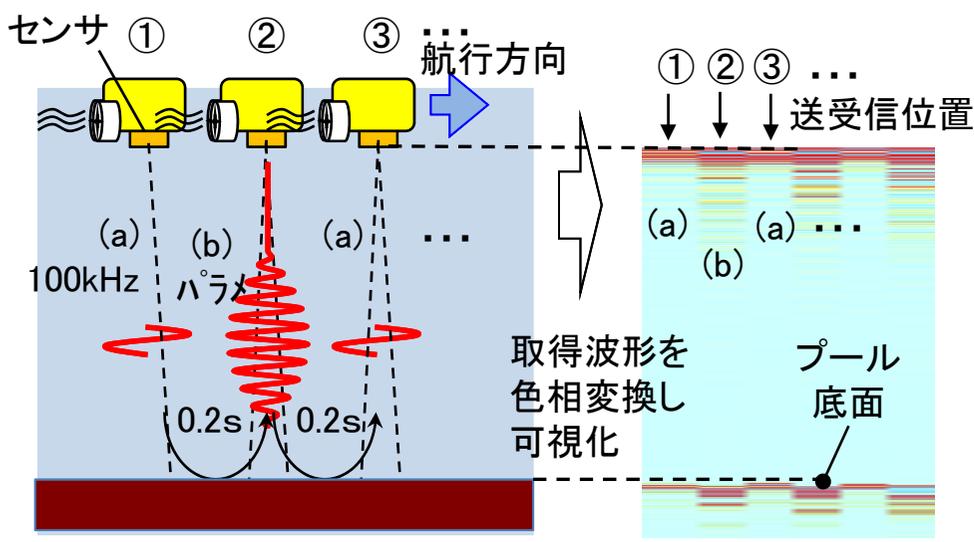


図4.5(1)(iv)-4 組合試験での画像化方式

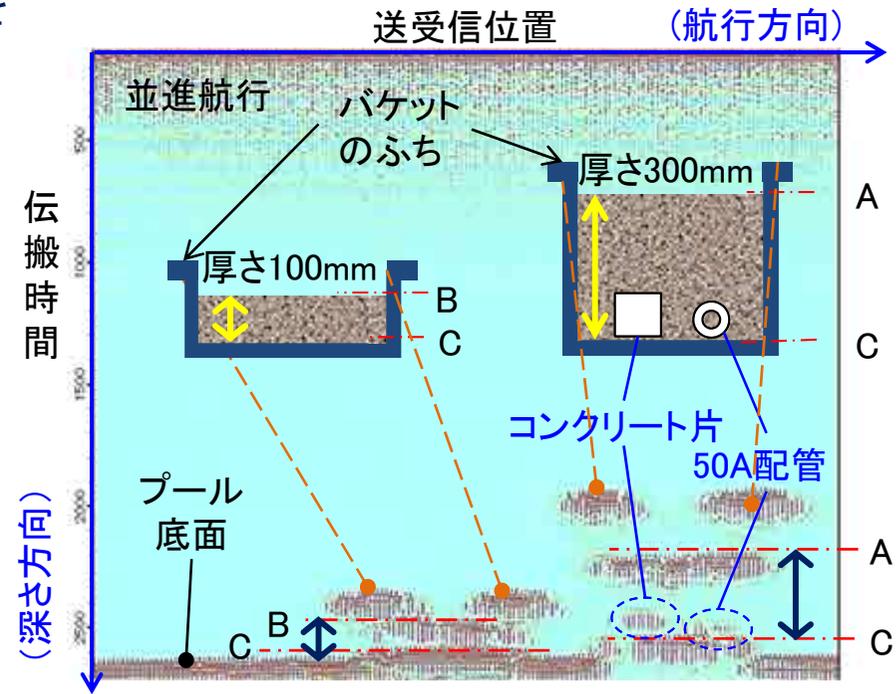


図4.5(1)(iv)-6 堆積物厚さ測定画像例

課題: ROVがガイドリングを通過した条件で測定できることの確認など
 対応: モックアップ試験設備で行う組み合わせ試験で確認

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(11/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (v) 低周波超音波センサ(ペDESTAL壁面残厚測定用)(1/4)

堆積物回収後の調査となるため開発の優先度を下げ、ペDESTAL壁面残厚測定用センサの試作と単体試験のみ実施。この試験で測定条件を検討し、測定性能を確認した。

適合性検証内容

分類	確認項目
単体試験 (実機用を模擬したセンサ、計測器と実機仕様と同じケーブル(複合化なし)を接続した状態で行う試験)	センサ選定
	センサの耐放射線性
	測定条件
	測定可能な残厚範囲
	測定精度
	分解能

【測定原理】

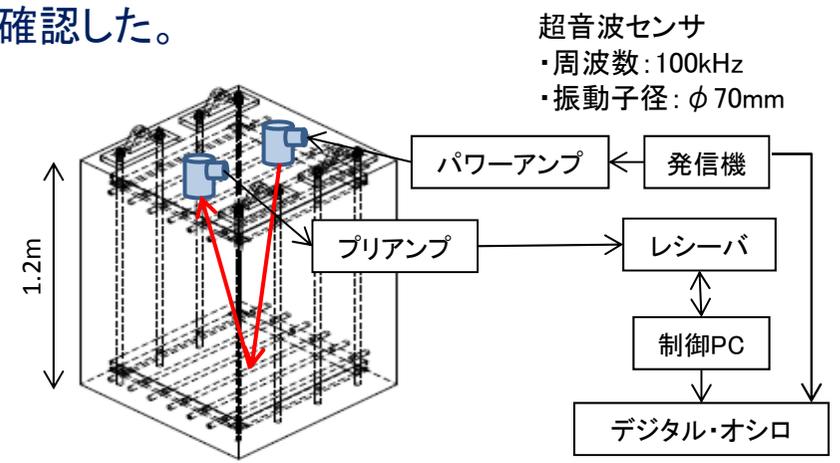
残厚に相当するコンクリート裏面(底面)までのエコー伝搬時間と音速(4km/s)からペDESTAL壁面残厚を計測

【測定上の課題】

底面のエコーの他に、骨材(最大20mmφ)のエコーを受信するため、底面エコーと骨材エコーの識別が課題

【波形の特徴(図4.5(1)(v)-2参照)】

- 高周波数成分の信号(100kHz以上)には骨材エコーが多く、底面エコーが殆ど含まれない
- 低周波数成分の信号(50kHz)には底面エコーが含まれている



超音波センサ
 ・周波数: 100kHz
 ・振動子径: φ70mm

図4.5(1)(v)-1 単体試験の装置構成

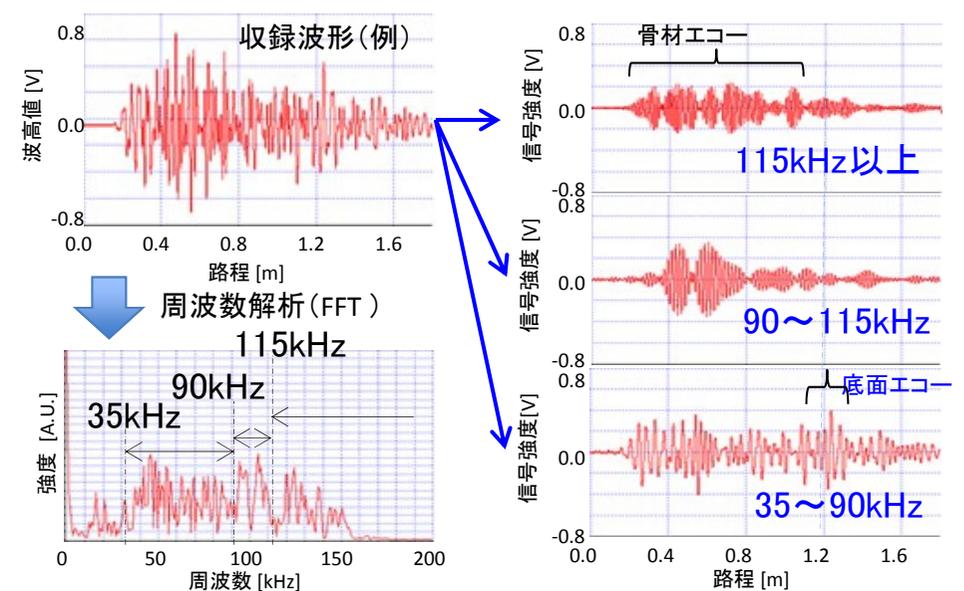


図4.5(1)(v)-2 収録波形、周波数解析結果(例)

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(12/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (v) 低周波超音波センサ(ペDESTAL壁面残厚測定用)(2/4)

単体試験結果(平成29・30年度実施)

確認項目()ニーズ元要求		試験結果まとめ
センサ仕様	共振周波数	100kHz
	振動子径	Φ 70mm(送信用, 受信用)
	耐放射線性	累積1kGy以上(図4.5(1)(v)-3)
測定条件	励振周波数	50kHz
	バンドパスフィルタ(BPF)周波数	透過中心周波数: 50kHz 減衰率: -14dB/oct.
	送受センサ間隔	450mm(図4.5(1)(v)-4参照)
	センサ走査と収録間隔	ペDESTAL外壁面を周方向走査し、50mm間隔で波形収録
	処理	9波形以上を平均化処理(図4.5(1)(v)-5参照)
測定可能残厚範囲(図4.5(1)(v)-6)	インナースカートがない領域	0.3m~1.2m
	インナースカートがある領域	0.3m~0.6m※ ※インナースカートの深さ
測定精度(±100mm)		100mm
分解能	時間分解能	200mm
	方位分解能	400mm

【耐放射線性】

- (1) 試験条件
 - a) 線量率: 10Gy/h(ペDESTAL外)
 - b) 累積線量: 最大1kGy以上
- (2) 試験結果
線量率10Gy/h × 116h(約5日)のγ線照射(累積1.16kGy)で波形に変化はなく, 調査に必要な耐放射線性を持つことを確認

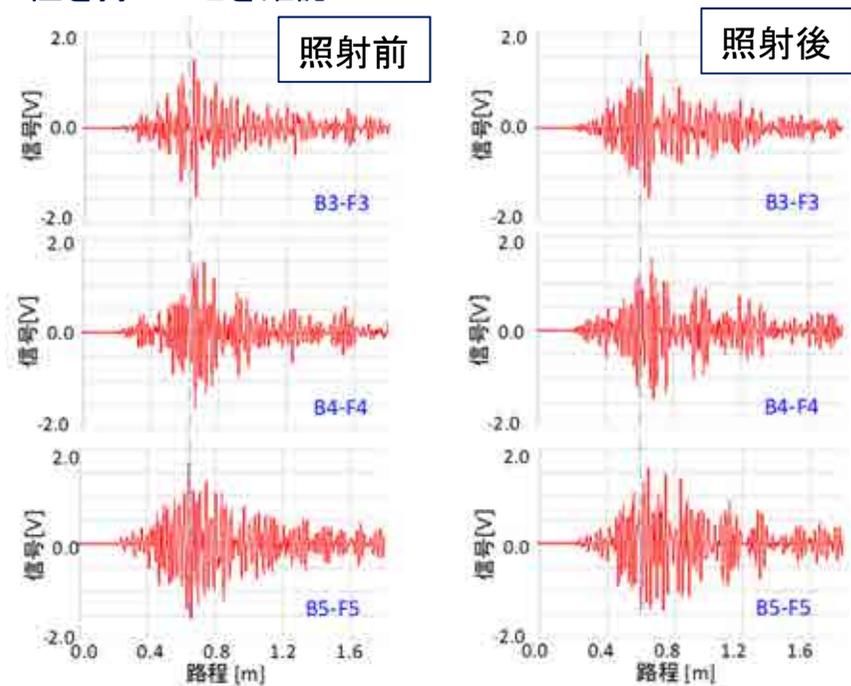


図4.5(1)(v)-3 耐放試験結果例

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(13/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (v) 低周波超音波センサ(ペDESTAL壁面残厚測定用)(3/4)

【送信/受信のセンサ間距離(L)の検討】

エコー信号に低周波成分が多く含まれるような条件で計測・送信センサを共振周波数(100kHz)より低い周波数(50kHz)の電気信号で励振するため、送信と受信のセンサ間距離(L)を大きくする

(同じ面積の音源であれば、低周波(長波長)の超音波の方が放射角が大きくなる性質を活用)

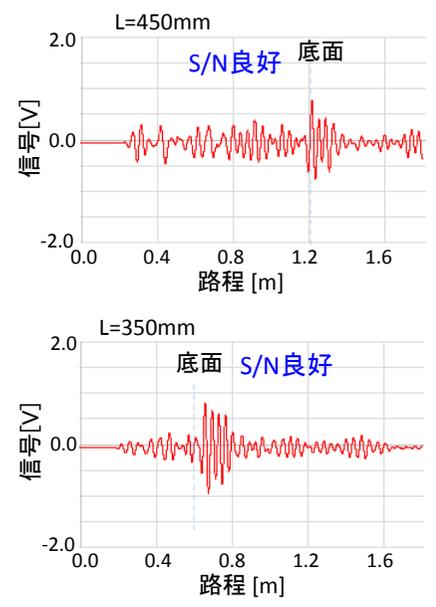
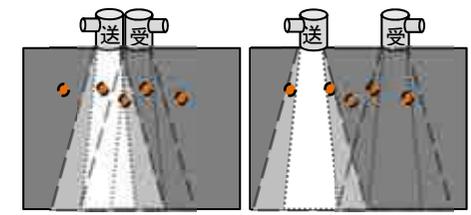
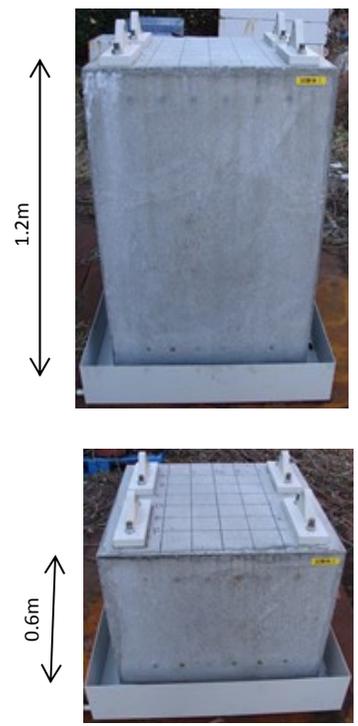
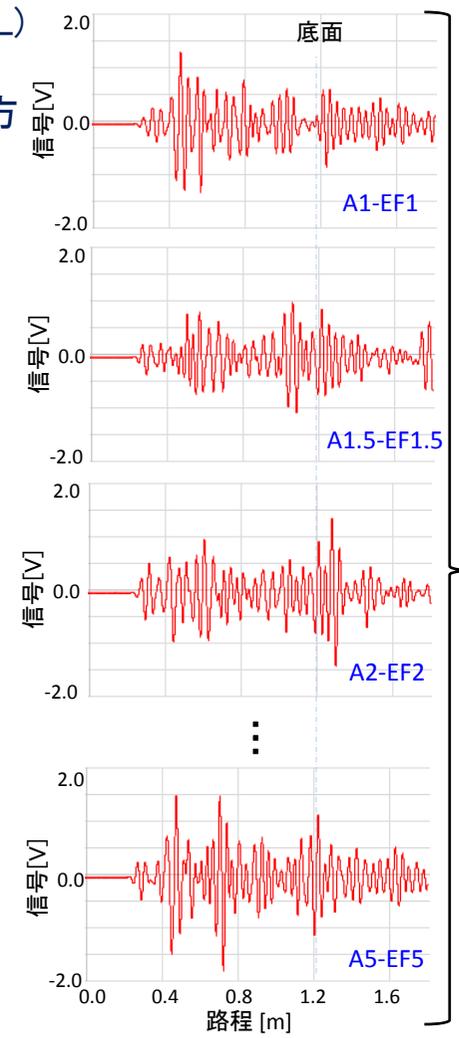


図4.5(1)(v)-4 センサ間距離の検討

【S/Nの向上】

測定場所を変えながら波形を収録して平均化することにより、S/Nの向上を図る



センサ間距離を一定(450mm)とし、50mmピッチで、1.2m厚試験体上面を走査

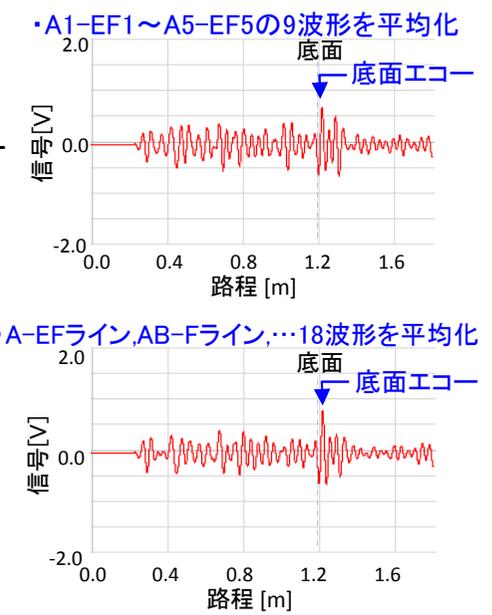
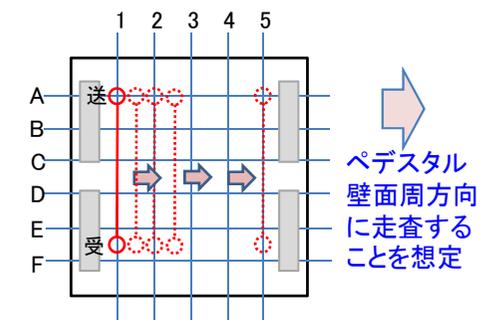


図4.5(1)(v)-5 波形平均化の効果

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(14/22) —

(1) 形状・寸法計測技術 (v) 低周波超音波センサ(ペDESTAL壁面残厚測定用)(4/4)

【ペDESTAL壁面残厚測定可能な範囲】

- 板厚0.6mと1.2mの試験体の底面エコーを受信
- 模擬インナースカートからのエコーを受信し、模擬インナースカート超の底面エコーは受信不可
- 高さ1m以下で路程0.6mにエコーがあればインナースカートは残存、内面浸食はスカートに到達していないと判断
- 不感帯により残厚0.3m以下の残厚測定は不可

<測定可能な残厚範囲>

- インナースカートがない領域: 0.3m~1.2m
 - インナースカートがある領域: 0.3m~0.6m※
- ※ ペDESTAL内面浸食のインナースカートへの到達の有無の判定に適用できる可能性有

【実機適用時の前提】

ペDESTAL壁面基部を含む異なる高さで、センサを周方向に走査する必要があるため、ペDESTAL外壁面の堆積物回収と干渉物の撤去が必要

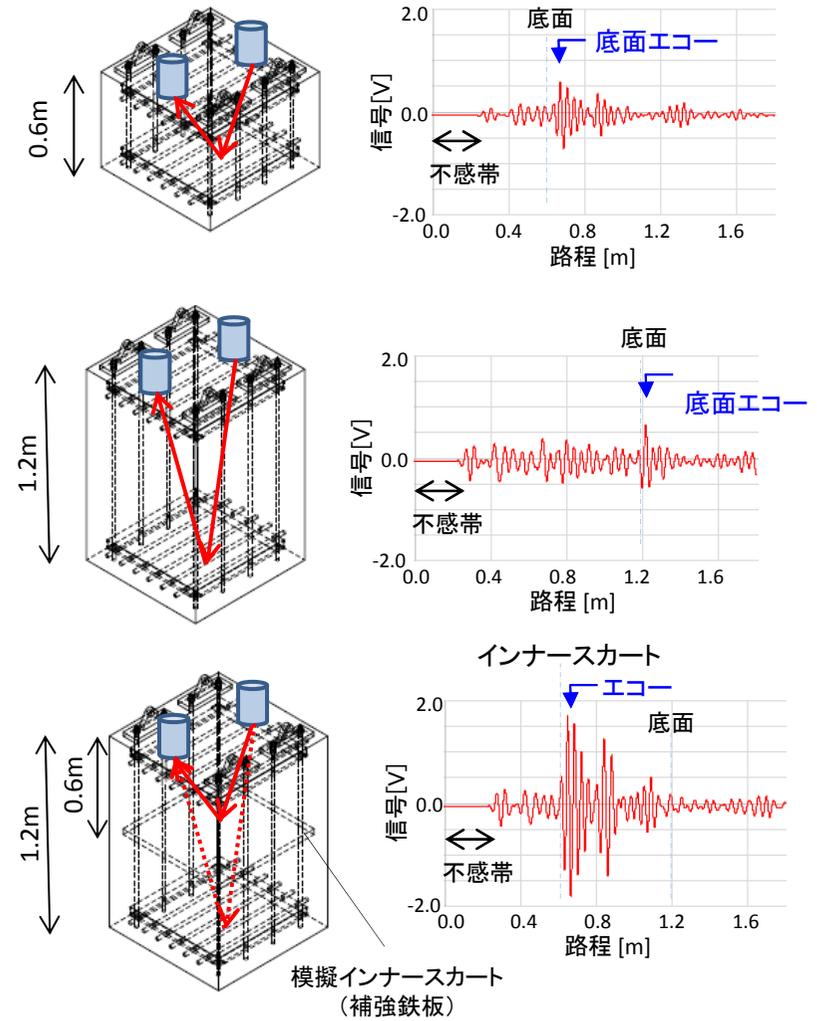
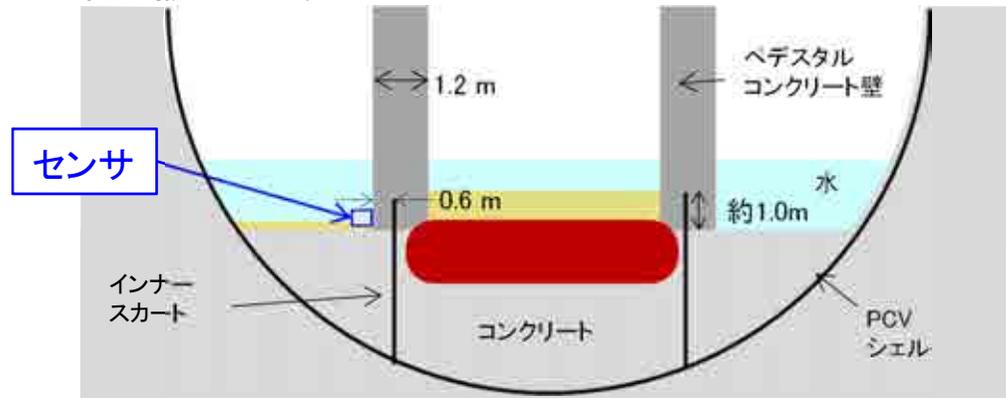


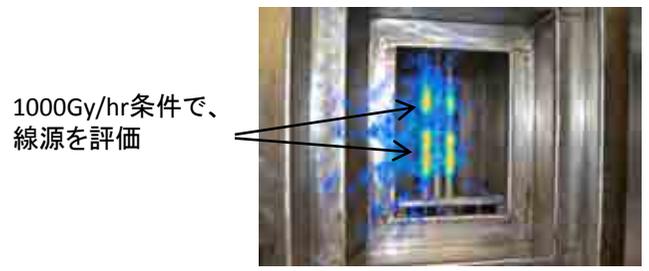
図4.5(1)(v)-6 残厚測定結果

課題: 熱劣化など、実機で想定されるコンクリートの状態での適用性検証
 対応: 1号機PCV内部詳細調査で実施予定の詳細目視結果をもとに試験条件の設定と検証が必要

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(12/18) —

(2) 放射線計測技術 (i) γ カメラ

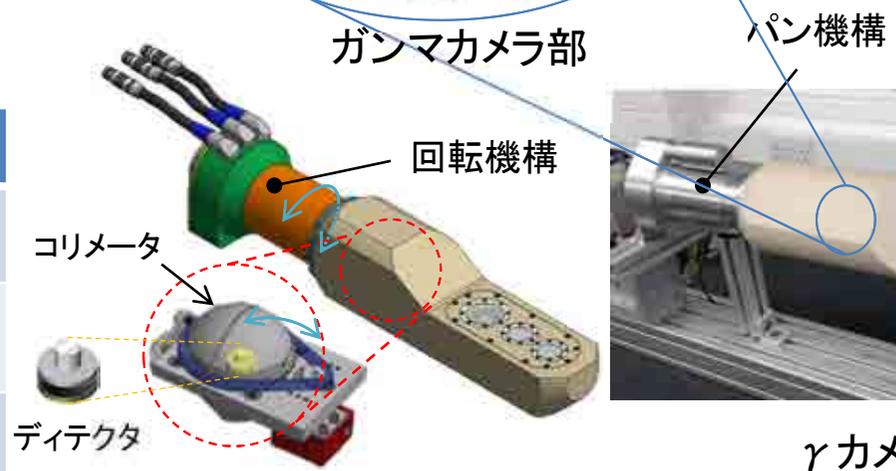
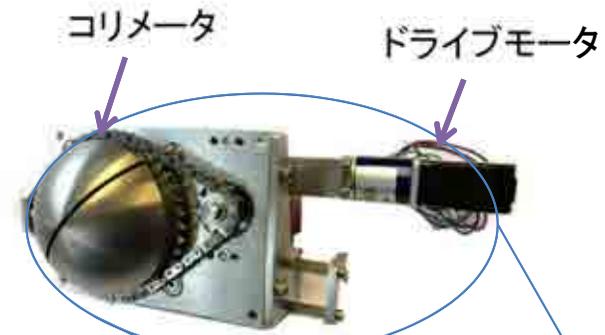
- γ カメラの設計及び製作を実施した。
- パン機構は超音波ソナーと共通設計とした。
- パン機構、外殻、 γ カメラ部の製作を実施し、組立、確認試験(パン機構/コリメータの動作確認、最終重量確認)を実施した。



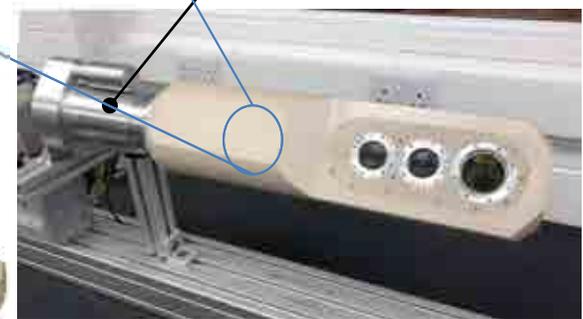
ダイナミックレンジ(上限)確認

主な機能と検証結果

機能	検証結果
耐放射線性	構成部品が10kGy以上の耐放射線性を有することを確認
計測性能	照射試験によりダイナミックレンジ1-1000Gy/hrを確認
防水性	シール材による防水確保を確認予定



γ カメラ外形図



4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(16/22) —

(2) 放射線計測技術 (ii) CdTe半導体検出器・改良型小型B10検出器(燃料デブリ検知用)(1/4)

燃料デブリ検知システムの適合性試験(単体・組合試験)を実施し、ROVに搭載した状態で計測できる見通しを確認した

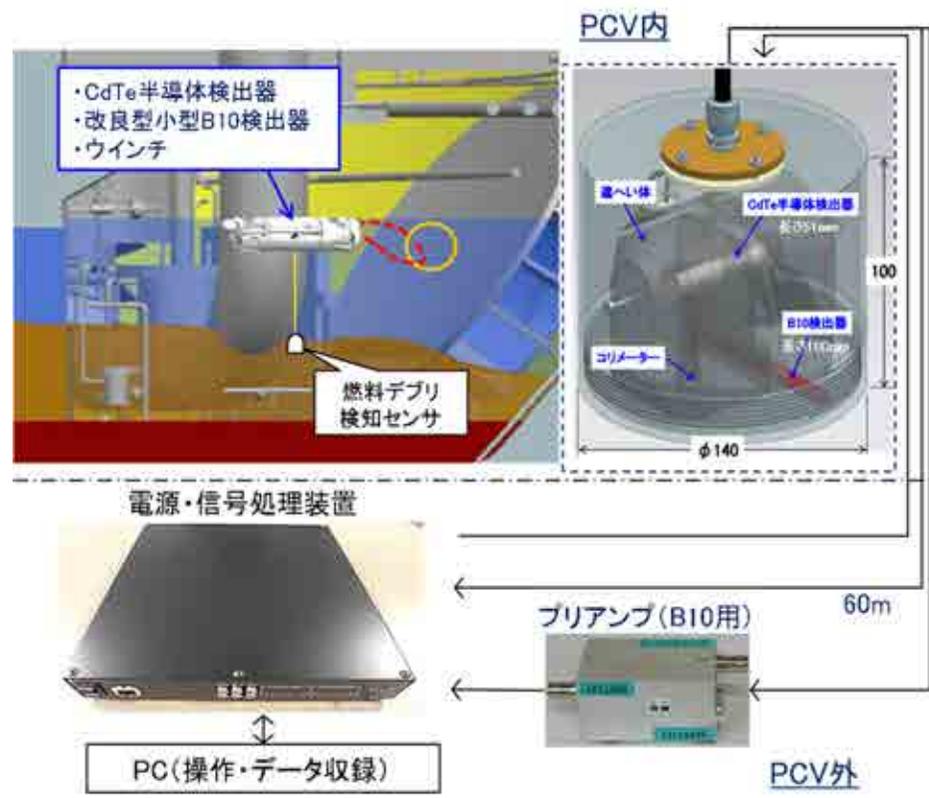


図4.5(2)(ii)-1 堆積物内・下の燃料デブリ検知システムの構成

適合性検証内容

分類	確認項目	
単体試験① (現場実証に適用するセンサ、計測器と実機仕様と同じケーブル(複合化なし)を接続した状態で行う試験)	検出効率	
	γ線核種分析性能	
	中性子検知性能	
	測定外乱の影響	高線量γ線
電気ノイズ		
分極作用		
単体試験②	使用済燃料での応答	
組合試験 (現場実証に適用するセンサ、計測器をROVと組合せた状態で行う試験)	計測動作の確認、	
	ROVの姿勢の影響	
	測定外乱の影響	電気ノイズ

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(17/22) —

(2) 放射線計測技術 (ii) CdTe半導体検出器・改良型小型B10検出器(燃料デブリ検知用)(2/4)

単体試験結果(平成29・30年度実施)

確認項目		確認結果
検出効率	Eu-154	2.2×10^{-4} cps/Bq(誤差±10%)
	Cs-137	1.6×10^{-3} cps/Bq(誤差±14%)
	Co-60	1.8×10^{-4} cps/Bq(誤差±26%)
	熱中性子	0.28 cps/nv (図4.5(2)(ii)-5)
Co-60とEu-154のピーク弁別性		Eu-154のピーク半値幅が33keV以内であり、弁別可(図4.5(2)(ii)-3)
検出限界	CdTe	0.08cps
	改良B10	0.03cps
測定外乱影響	分極作用	測定1時間後も分極発生なし(図4.5(2)(ii)-4)
	高線量γ線の影響	約120Gy/h以下ではγ線と中性子を弁別できる見通し※(図4.5(2)(ii)-6)
	電気ノイズ	ノイズ対策(フェライトコアとグラウンドの統一)でケーブル長60m使用時のノイズを低減できる見通しを確認
使用済燃料での応答		Eu-154と中性子を検知できた(図4.5(2)(ii)-7)

【CdTe検出器の単体試験結果】

コリメータ付タングステン遮蔽体内にCdTe検出器を配置し、ケーブル長60mで各種応答取得

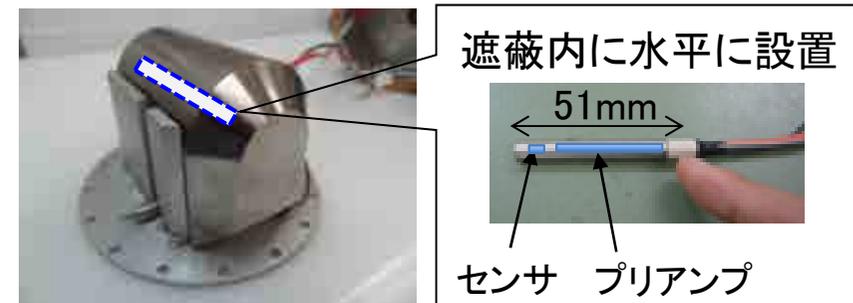


図4.5(2)(ii)-2 タングステン遮蔽体及びCdTe検出器外観

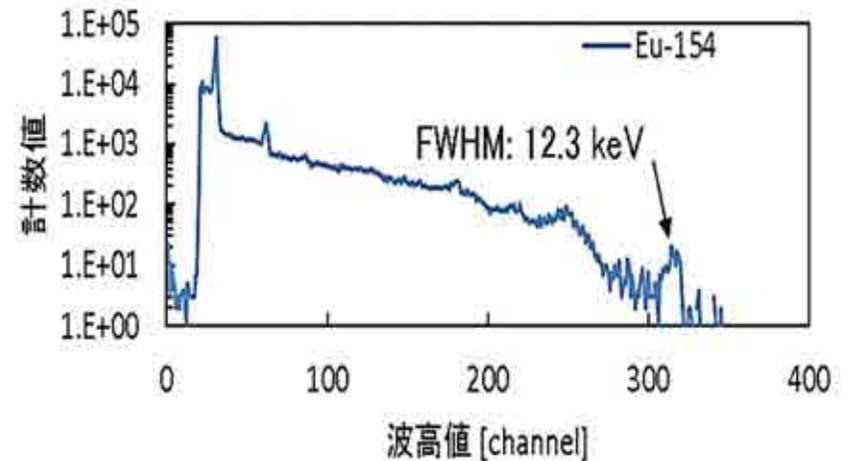


図4.5(2)(ii)-3 Eu-154 γ線測定結果

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(18/22) —

(2) 放射線計測技術 (ii) CdTe半導体検出器・改良型小型B10検出器(燃料デブリ検知用)(3/4)

【CdTe検出器の単体試験結果(続)】

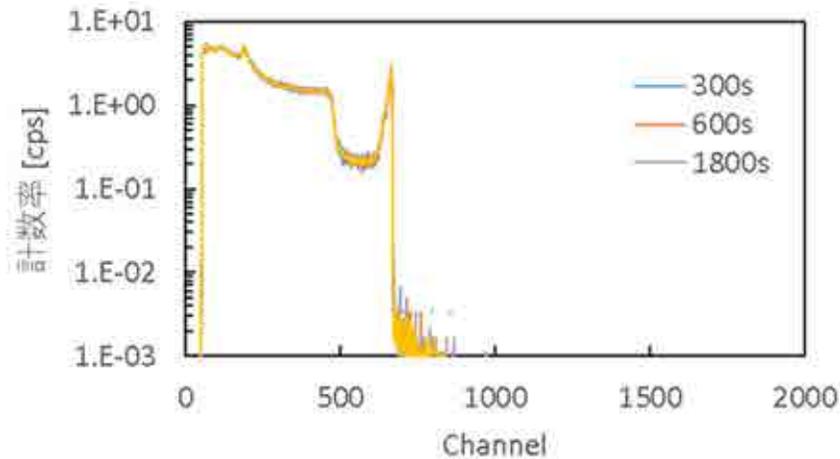


図4.5(2)(ii)-4 分極発生有無の確認結果

【改良型小型B-10検出器の単体試験結果】

- 改良型小型B-10検出器に60m長同軸ケーブルを接続し各種応答取得
- 熱中性子感度の波高値しきい値依存性を取得
- 100Gy/hを超える環境で中性子応答取得

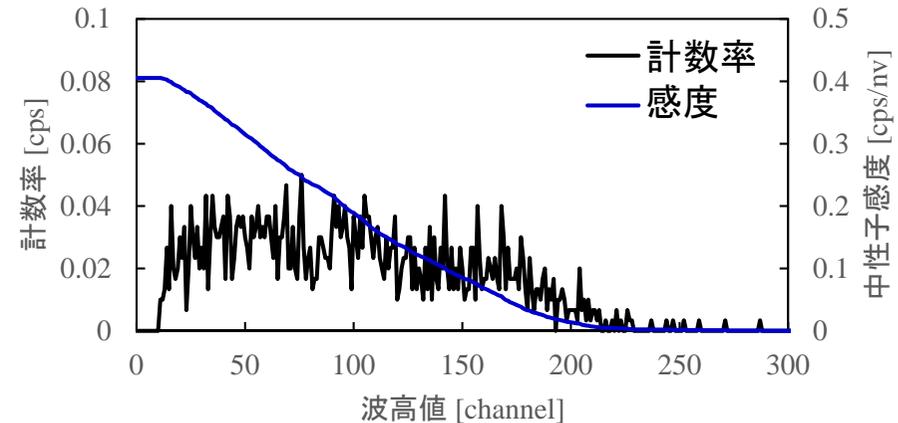


図4.5(2)(ii)-5 Cf-252を用いた中性子測定結果

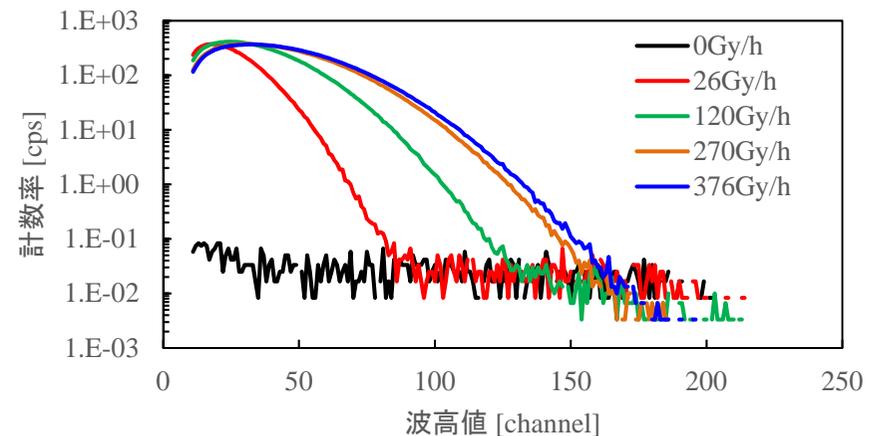
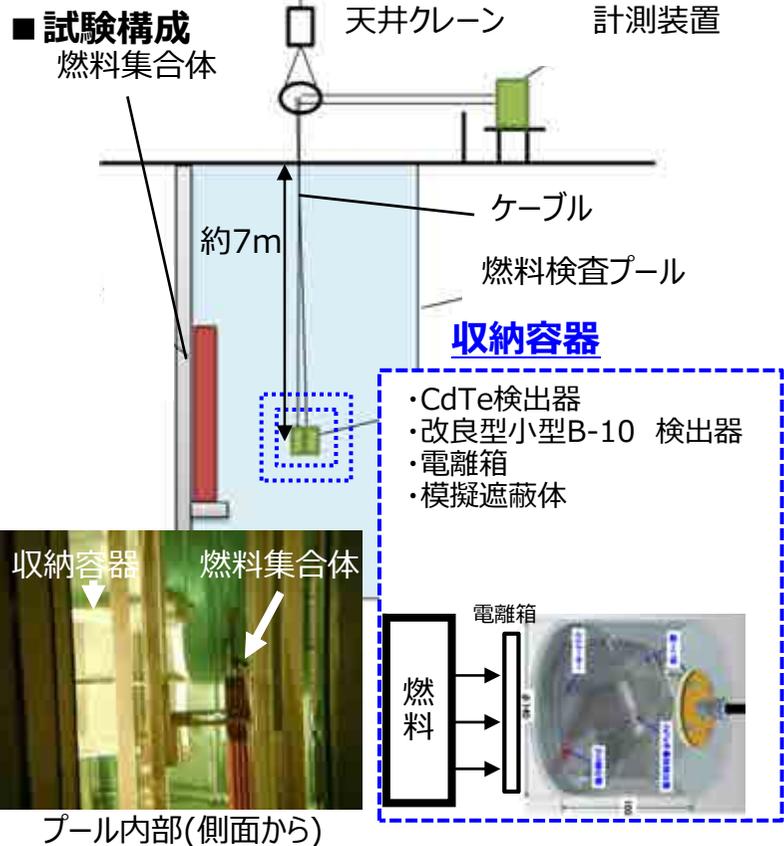


図4.5(2)(ii)-6 Co-60高線量率下での中性子測定結果

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(19/22) —

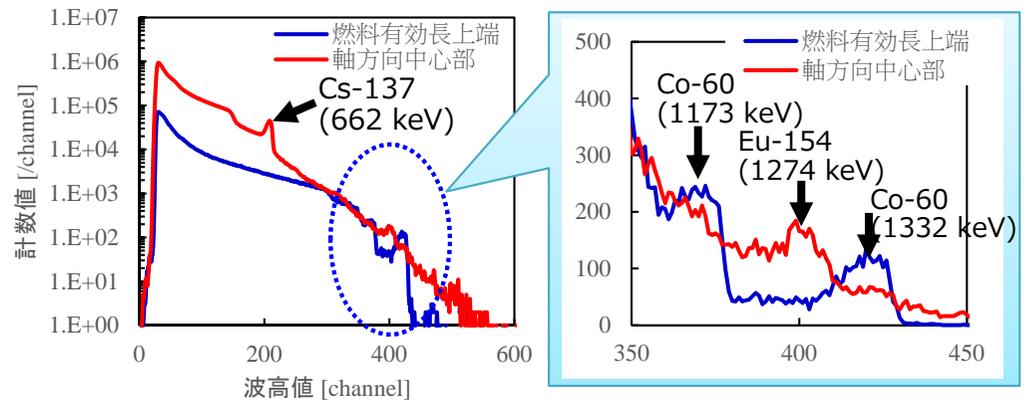
(2) 放射線計測技術 (ii) CdTe半導体検出器・改良型小型B10検出器(燃料デブリ検知用)(4/4)

【使用済燃料集合体での応答】



■ 測定データ

【CdTe半導体検出器】約20Gy/h下でEu-154検知に成功



【改良型小型B-10検出器】約20Gy/h下で中性子検知に成功

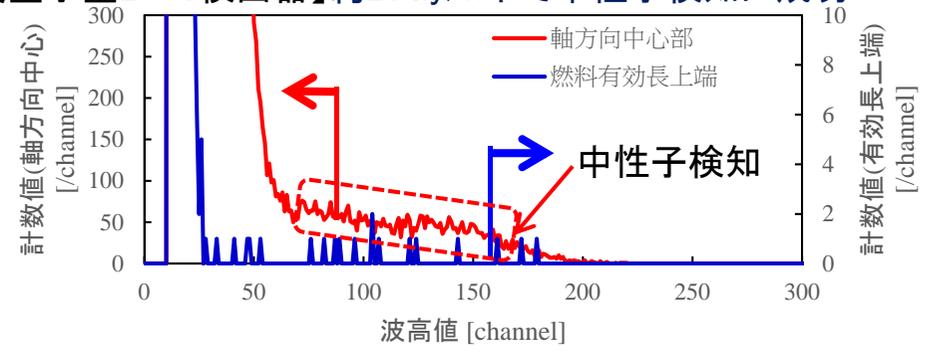


図4.5(2)(ii)-7 使用済燃料集合体での応答確認結果

【ROVとの組合試験】

ROV搭載カメラとLEDによる電気ノイズの発生はなかったが、ケーブルドラムのモータ駆動時にノイズが発生した。測定時はROVを静止するため、ノイズは問題なしと判断

課題: センサ着座可能ポイントの判断基準, 現場の状況に応じた測定時間の設定など
対応: 現場実証の詳細計画で検討

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(20/22) —

(3) 位置特定技術 (i)単眼カメラ (1/3)

位置特定システムの設計・製作および工場内検証(単体・組合試験)を実施し、ニーズ元要求精度(±200mm)内で位置を特定できる見通しを確認した

適合性検証内容

分類	確認項目	確認結果
単体試験	位置特定誤差	図4.5(3)(i)-3,4
	特徴点の視認性	
	ROV姿勢影響	
組合試験	ROV取付位置キャリブレーション	図4.5(3)(i)-5,6
	カメラ歪み補正	

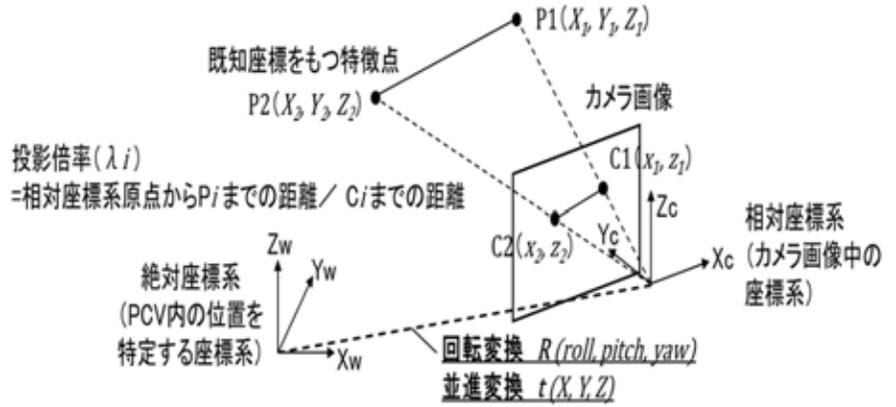


図4.5(3)(i)-1 単眼カメラによる位置特定原理

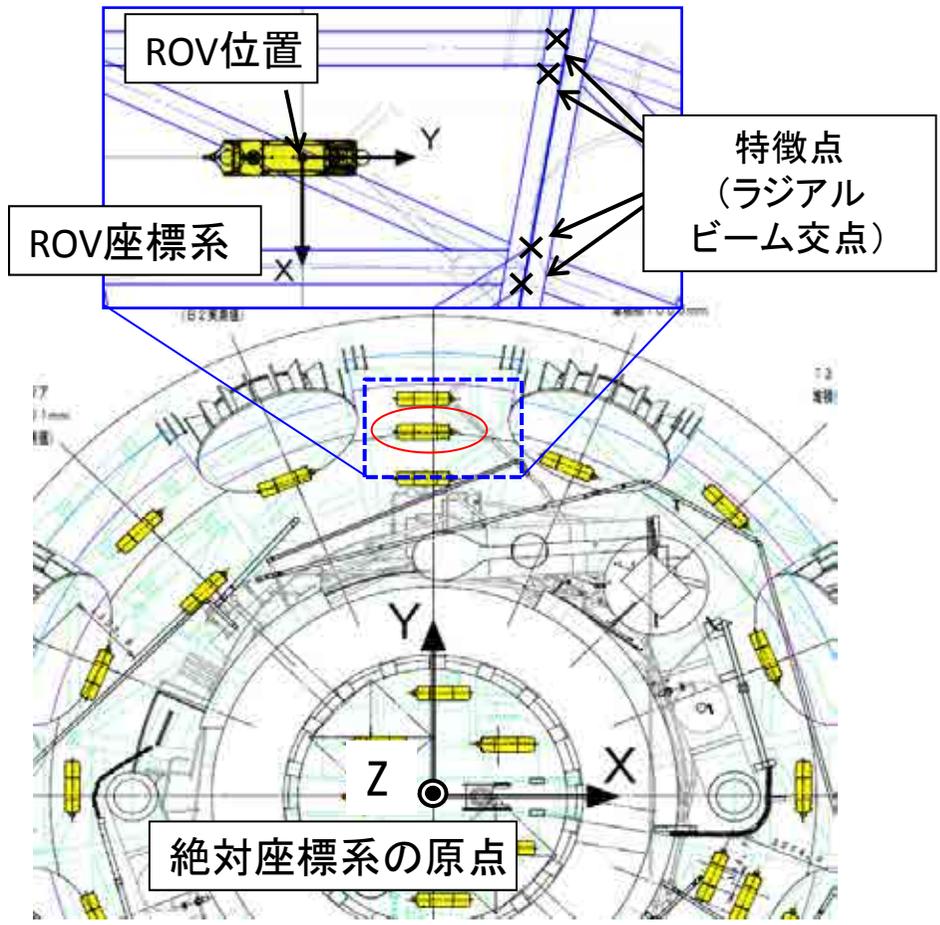


図4.5(3)(i)-2 構造物の特徴点を利用したROVの位置特定方法

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(21/22) —

(3) 位置特定技術 (i) 単眼カメラ (2/3)

【CAD図面による位置特定誤差評価(単体試験)】

- 3D-CAD空間内の特徴点と取得想定画像を用いて位置特定誤差を評価
- 画像中特徴点指定誤差±1画素で最大誤差40mmを確認

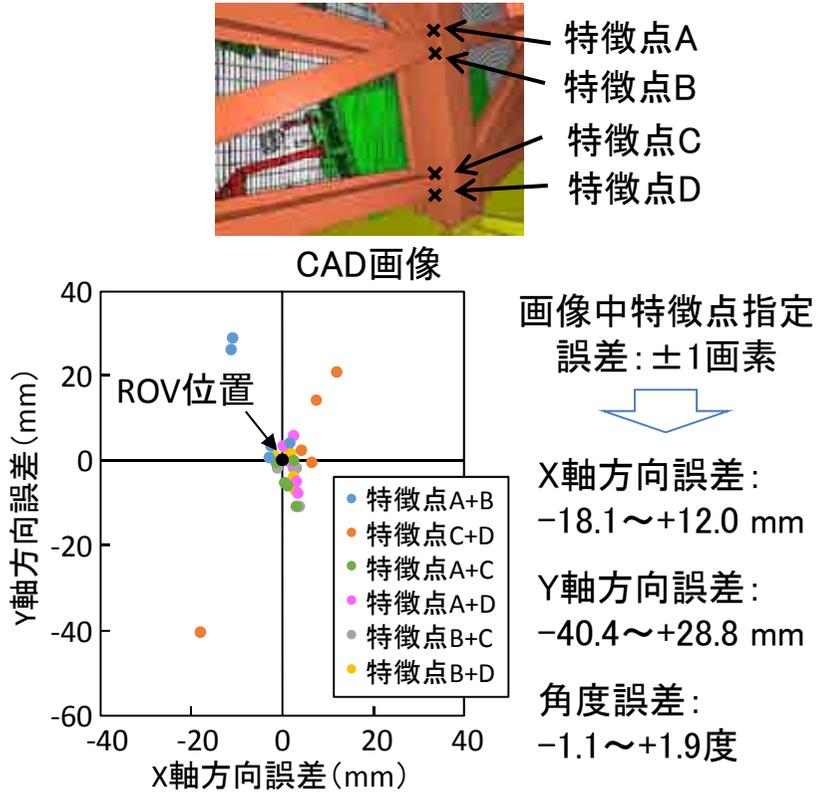


図4.5(3)(i)-3 ROVの位置特定誤差結果例

【実機模擬構造物による評価(組合試験)】

- 実機ラジアルビーム模擬体とROVを測定位置関係を保持して設置し撮像、特徴点の視認可を確認
- 撮像画像からROV位置算出し最大誤差242mmを確認

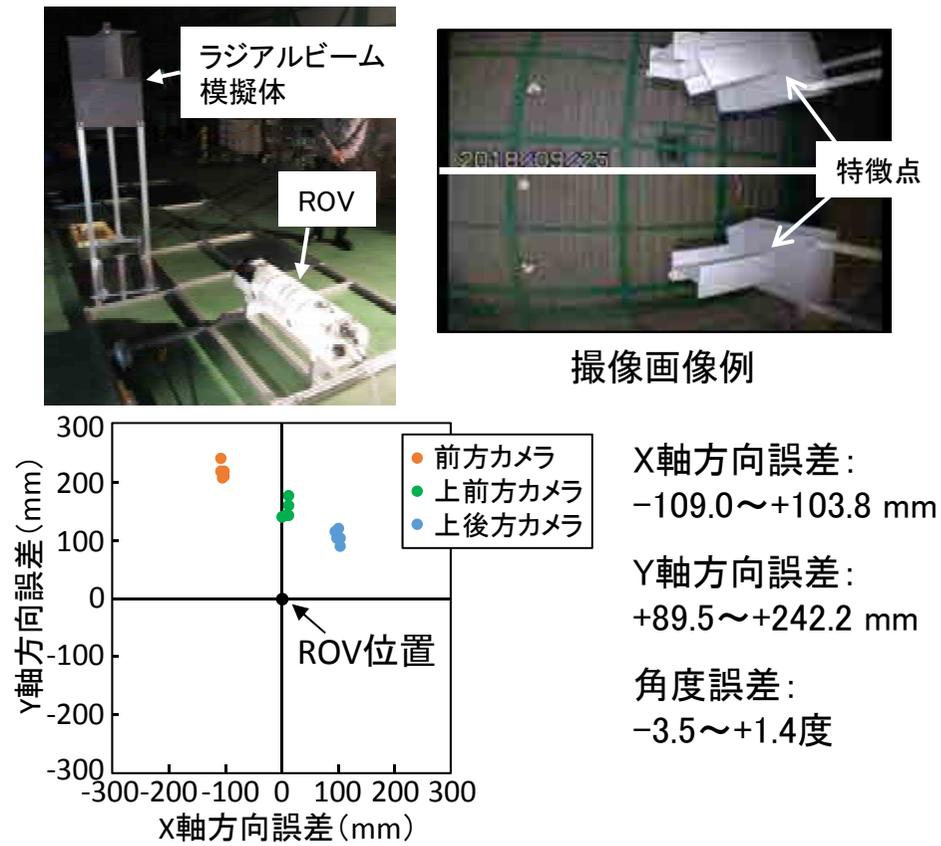


図4.5(3)(i)-4 実機模擬体によるROV位置誤差結果例

4.5 実施事項・成果 — 要素技術の適用性検証(22/22) —

(3) 位置特定技術 (i)単眼カメラ (3/3)

【カメラ歪み補正・ROV取付位置キャリブレーション(組合試験)】

- 歪み補正プレートを用いた画像の歪みと基準プレートを用いた各カメラ位置の補正
- この補正により最大誤差が242→145mmに低減することを確認

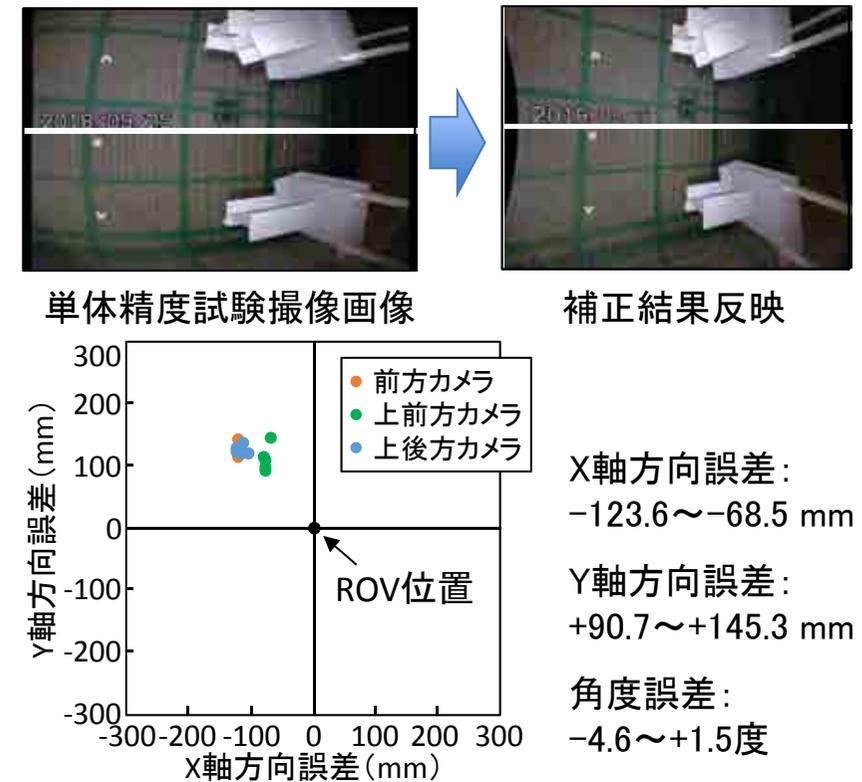
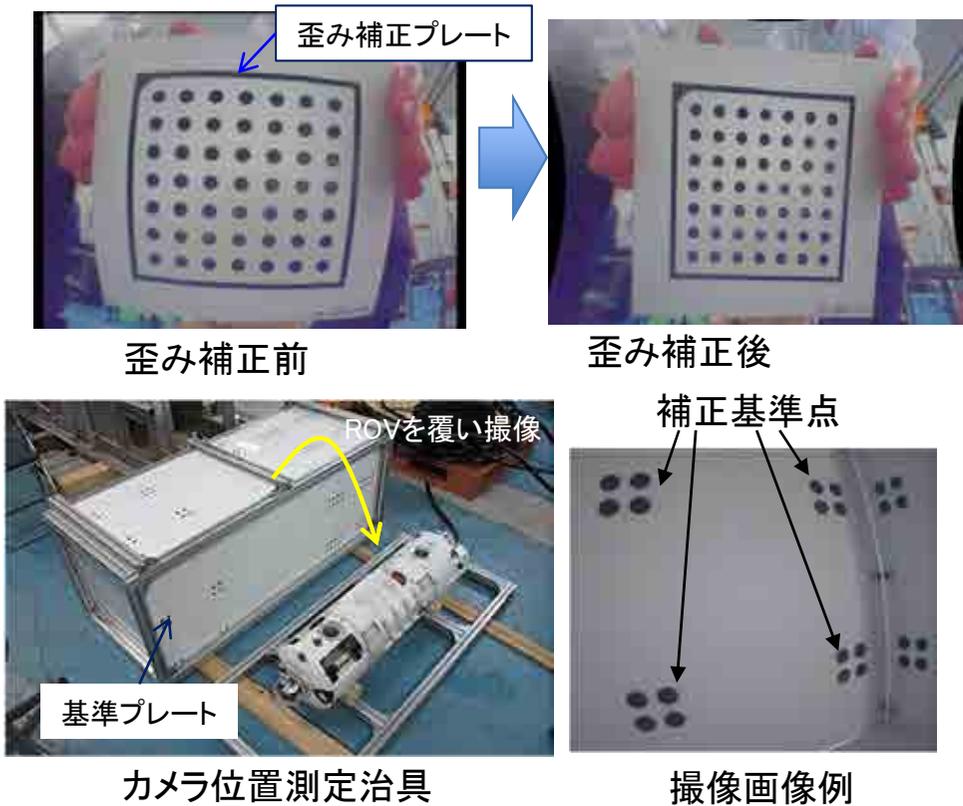


図4.5(3)(i)-5 カメラ歪みおよび位置姿勢算出方法概要

図4.5(3)(i)-6 補正值反映によるROV位置誤差結果例

課題: 視野内の特徴点が電線管等で隠れていた場合の対応など
 対応: 隠れた交点(特徴点)を2本の梁から求める外挿法やジェットデブなどの水中構造物を用いた位置特定など検討する

4.6 実施事項・成果 — モックアップ試験設備の設計、準備(1/3) —

内部詳細調査の確実性を高めるため、実機を一部模擬したモックアップ試験設備によりアーム型アクセス装置の検証を実施する計画である。

本事業において、以下を実施した。

【試験設備の仕様設定、設計】

- モックアップ試験における各試験概要を検討し、試験設備の仕様設定※を行い、設備の設計を実施

※縮尺、模擬範囲、模擬程度(寸法、材質等)

【試験設備の部材手配】

- モックアップ試験設備の設計に基づき、製作に着手(部材手配を実施)

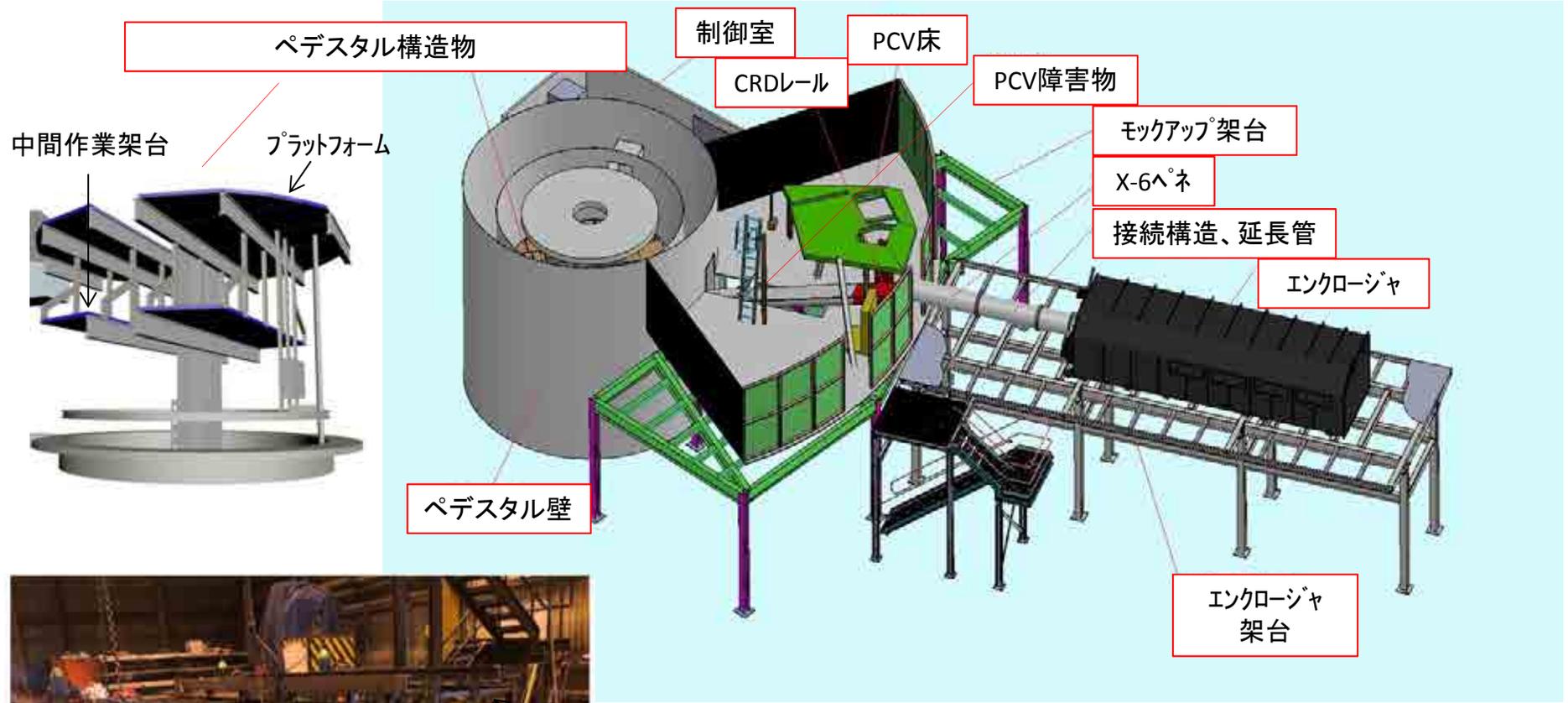
4.6 実施事項・成果 — モックアップ試験設備の設計、準備(2/3) —

モックアップ試験設備(英国)の主要仕様

項目	内容	
縮尺	1/1スケール	
模擬範囲・程度	ペDESTアル内	<ul style="list-style-type: none"> PCV内構造物図面に基づく。 CRD構造は模擬せず, CRD下端を平板で模擬する。 プラットフォームと中間作業架台を模擬する。 事故後の画像に基づき, グレーチング開口部分を模擬する。 グレーチング上は, CRD交換機を模擬する。 地下階はCRD交換機の昇降フレームを模擬する。
	ペDESTアル外	PCV内障害物の切断試験の切断対象となるX-6ペネ出口に配管と梯子等を模擬する。
	X6ペネ, 接続構造, 延長管, CRDレール	「アームのX6ペネ通過性の確認試験」, 「X-6ペネ障害物の撤去試験」のため, 内部構造は可能な限り実機を模擬した形状とする。
模擬範囲・程度	エンクロージャ支持架台	PCV地下階を試験設備の1階とし, X-6ペネ及びエンクロージャの位置を2階とする。このため, エンクロージャ, X-6ペネ, 接続構造, 延長管を支持する架台を設置する。
材質	X-6ペネ, 接続構造, 延長管, グレーチング: 鉄鋼材料 反力, 荷重支持範囲: 鉄鋼材料 強度機能が不要な箇所: 安価な材料(樹脂, 木材等)	

4.6 実施事項・成果 — モックアップ試験設備の設計、準備(3/3) —

モックアップ試験設備の全体図



モックアップ試験設備の製作状況
(ペDESTAL内プラットフォーム)
※左写真は天地逆転の状態

4.6 目標に照らした達成度

実施内容		目標達成指標(平成30年度)	達成度	
開発計画・調査計画 策定の	1号機	最新の現場状況を踏まえ、調査計画・開発計画の見直しを行い、具体化・更新する	達成(平成29年度)	
	2号機		達成	
	3号機	1, 2号機で開発した装置の3号機への適用性について検討し、開発課題の有無を明確にする	達成	
アクセス・ 調査装置 開発の	X-6ペネからのPCV内 アクセス ルート構築	ハッチ開放	PCV内アクセスルート構築に係る装置等の設計・製作と工場内検証試験が終了していること (目標TRL:レベル4又は5)	達成
		新バウンダリ 接続	X-6ペネ接続構造の実機プロトタイプ製作と工場内検証試験が終了していること	達成
	X-2ペネからのPCV内アク セスルート構築	PCV内アクセスルート構築の工場内検証試験が終了していること(目標TRL:レベル4又は5)	達成	
	アクセス・調査装置	実機プロトタイプの設計が終了し、製作と工場内検証試験が終了していること(目標TRL:レベル4又は5)	達成 (アーム型アクセス・調査装置は、一部製作を実施し、製作性の確認及び技術検証を行うことで、開発の見通しを得ることができた)	
要素技術の適用性検証		アクセス・調査装置に搭載する計測技術の検証試験が終了していること(目標TRL:レベル4又は5)	達成	
モックアップ試験計画		アーム型アクセス装置のモックアップ試験の手順の検討と設備の設計が終了し、準備に着手していること (目標設定の対象外)	達成	

5. まとめ

(1) 調査計画・開発計画の策定

2号機の最新のPCV内部調査結果(A2')を踏まえ、2号機の詳細調査の調査・開発計画を更新した

(2) アクセスルートの構築

(a) X-6ペネからのPCV内アクセスルート構築

- 隔離部屋、ハッチ開放装置の設計・製作を行い、工場内検証試験で作業手順の課題抽出及び対策を実施した
- X-6ペネ接続構造の設計、製作を行い、工場内検証試験を完了した

(b) X-2ペネからのPCV内アクセスルート構築

- 工場内検証試験でPCV内部と隔離した状態での作業性と施工条件の確認及び工法・装置類と手順の課題抽出及び対策を実施した

(3) アクセス・調査装置

- アーム型アクセス装置の一部製作を実施し、製作性の確認及び技術検証を実施した
- 水中遊泳型アクセス装置を設計・製作し、工場内検証試験で装置と作業手順の課題抽出及び対策を実施した

(4) 要素技術の適用性検証

- 水中遊泳型に搭載する計測システムを設計・製作し、検証試験で性能を確認した
- アーム型に搭載する計測システムを設計・製作し、検証試験で性能を確認した
- 堆積物回収後に適用予定のペDESTAL壁面残厚測定については、センサ選定と単体試験を実施し、測定可能な範囲などを確認した

(5) モックアップ試験計画

- モックアップ試験設備の設計が終了し、準備を開始した