

燃料デブリ取り出しの実現に向けた ロボットアーム開発状況

2022年2月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

1.背景、目的

(1) 背景

- これまでのPCV内部調査により、ペデスタル内の底部全体に、小石状・粘土状に見える堆積物が確認されている。
- また、燃料集合体の一部が底部に落下しており、その周辺に確認された堆積物は燃料デブリである可能性が高い。
- 一方、ペデスタル内はグレーチングが脱落している状況であり、ペデスタル底部までアクセス可能な寸法については調査が必要。また、燃料デブリに、どの程度の燃料由来物質が含まれているかは分かっていない。

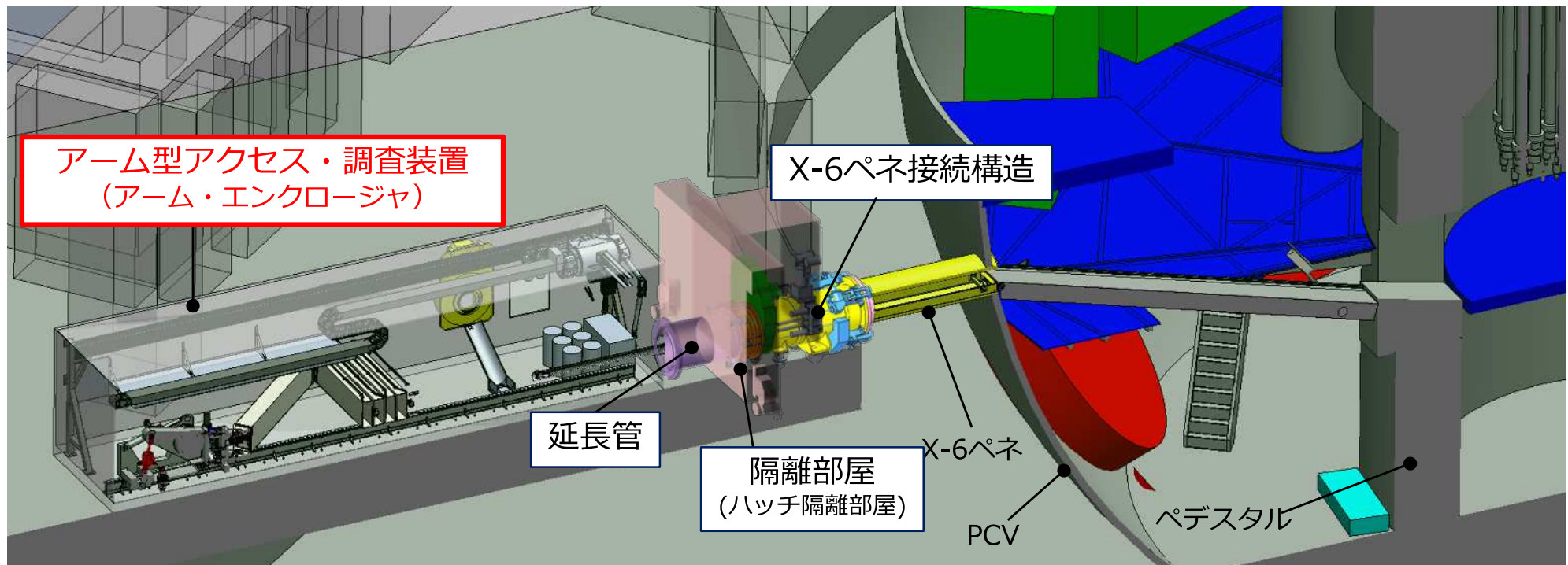
(2) 実施内容

- 遠隔装置（作業用ロボット）を開発して、PCV内部の情報を取得すると共に、試験的に燃料デブリの取出しを行う。

調査内容	具体的な調査項目
・ ペデスタル底部の堆積物へのアクセスに使用可能な空間寸法の取得	・ 目視調査 ・ 3次元形状測定
・ 堆積物中の燃料デブリ有無を推定	・ 中性子束測定 ・ γ 線線量率測定

(3) 目的

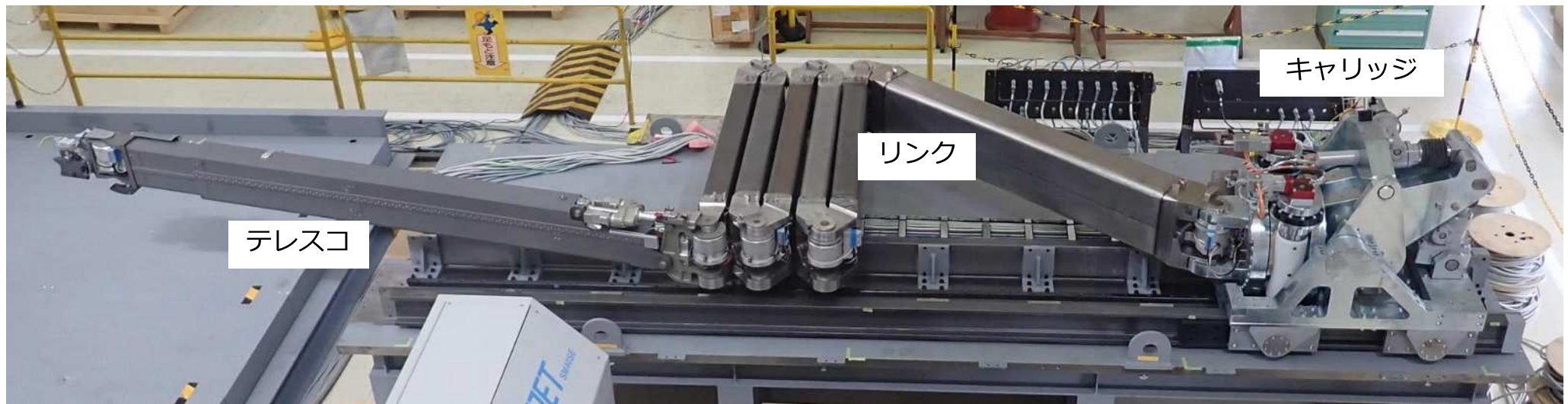
- 装置を現地に適用し、開発した技術が有効であることを確認する
- 開発した技術を、段階的に規模を拡大した取出し装置に反映する
- 開発した技術を、燃料デブリ取扱い方法の検討に反映する



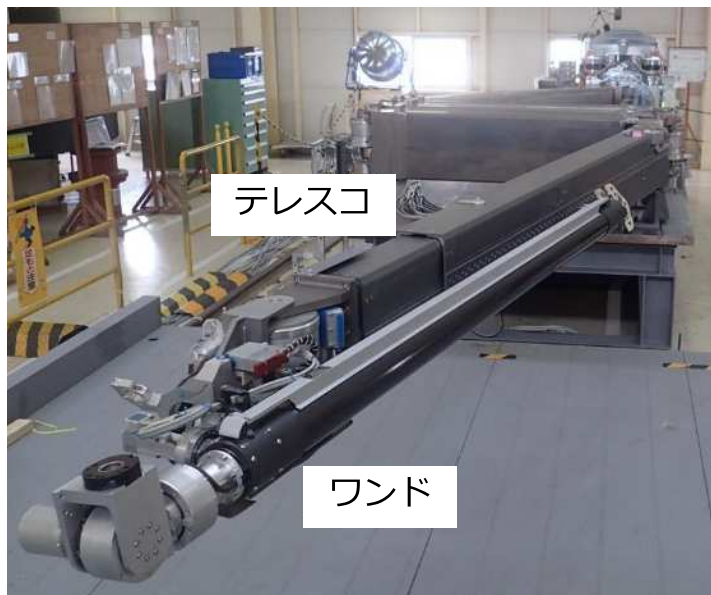
調査内容	具体的な調査項目
アーム型アクセス・調査装置	・ X-6ペネよりペDESTAL内にアクセスする装置、先端にセンサを搭載
X-6ペネ接続構造	・ PCVバウンダリ構築及びアーム通過性確保（隔離弁搭載）
延長管	・ 遮へい及びアーム通過性確保
隔離部屋	・ X-6ペネ蓋開放時（X-6ペネ接続構造設置前）のPCVバウンダリ構築、遮へい

3.アーム型アクセス・調査装置

No.3



【機能】 センサ及びツールを搭載してPCV内にアクセスし、アクセスルートの構築と内部の調査を行う



- 全長：約18 m(ワンドを除く)
- 質量：4.6ton
- 主要材料：ステンレス鋼、アルミ
- 搭載可能センサ：ガンマセンサ、レーザスキャナ
中性子センサ、カメラ
- 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
- 累積線量：1 MGy

4.エンクロージャ

No.4



【機能】

アーム型アクセス装置及び保守用マニピュレータを搭載し、X6ポートに接続することによりPCVバウンダリを形成



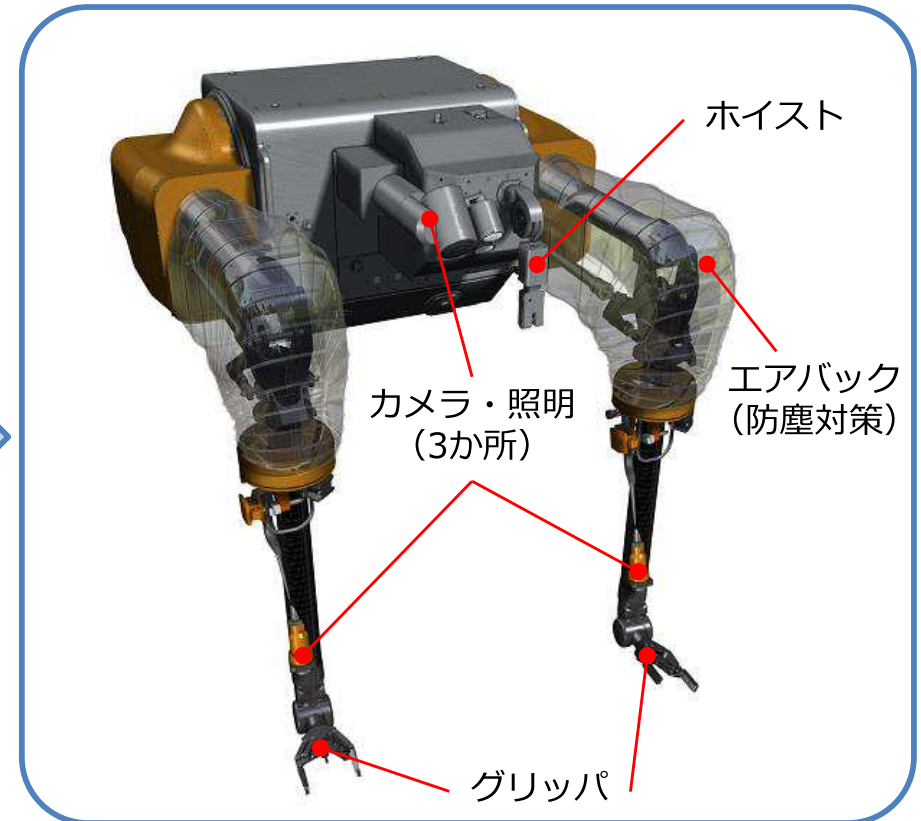
- 寸法：8.8m×2.4m×2.2m
- 質量：約30トン（アーム含む）
- 主要材質：ステンレス鋼（SUS316L相当）
- 設計圧力：-5～+10 kPaG
- 漏洩率：0.05vol%/h以下

5.保守用マニピュレータ

操作アーム (@コントロールルーム)



現場アーム (@エンクロージャ)



- 英国メーカー (RACE) で開発されたマニピュレータ
- コントロールルームに設置された操作アームをオペレータがコントロールし、エンクロージャ内の現場アーム (デクスター) を操作する
- オペレータは複数のモニタを確認しながら操作

5.保守用マニピュレータ

No.6

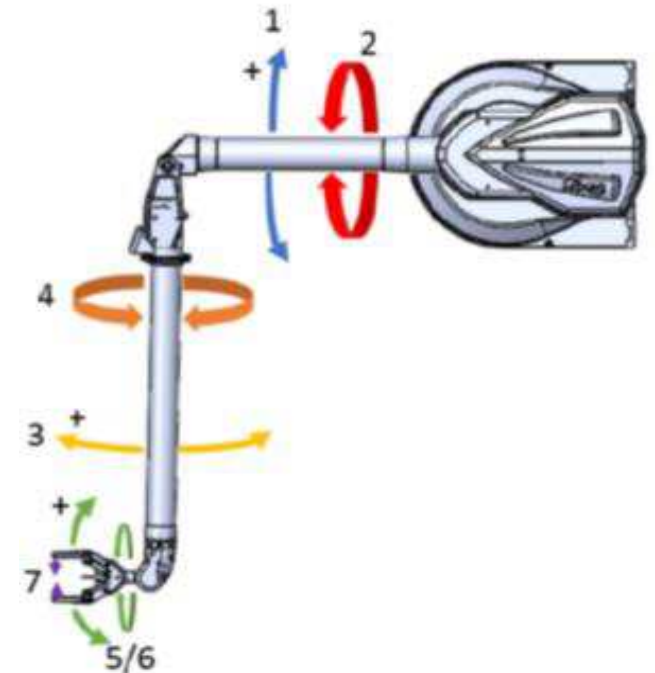


【機能】

アーム型アクセス装置へセンサ等を搭載及び、
アームのメンテナンス作業

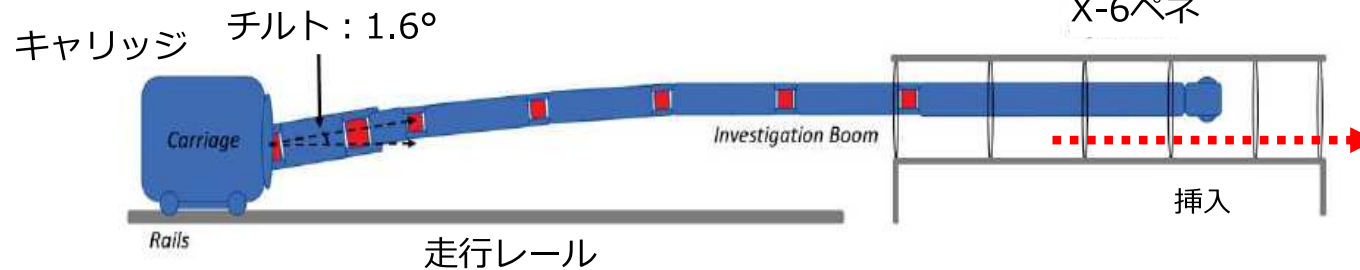
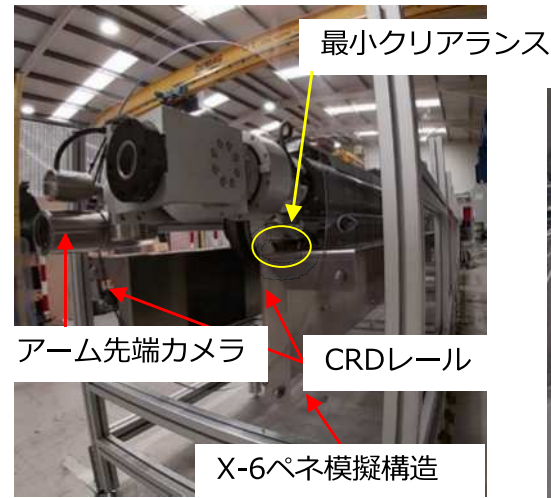
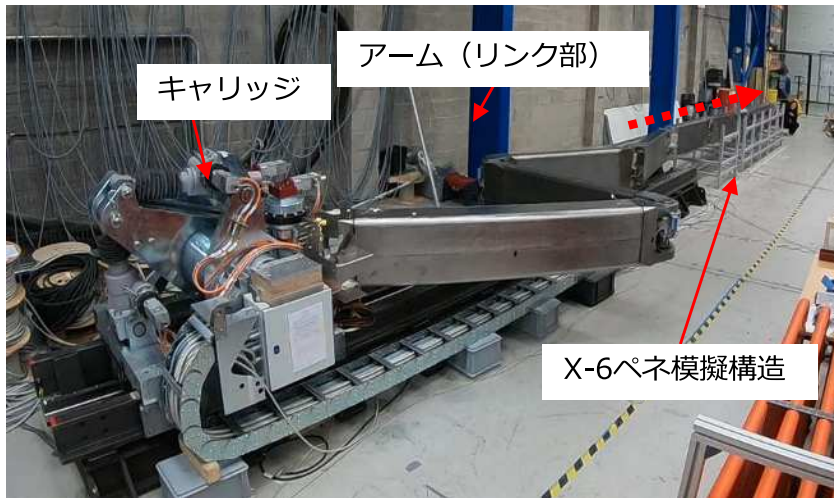
- 質量：約250kg
- 主要材質：アルミニウム、カーボンコンポジット
- 可搬質量：10kg（片腕）

軸	動作	駆動機構
1	肩の上下	ギア
2	肩の左右	ギア
3	腕の前後	ギア/リンクロッド
4	腕の回転	ダブルワイヤ
5	手首の曲げ	ダブルワイヤ
6	手首の回転	ダブルワイヤ
7	グリッパの開閉	シングルワイヤ

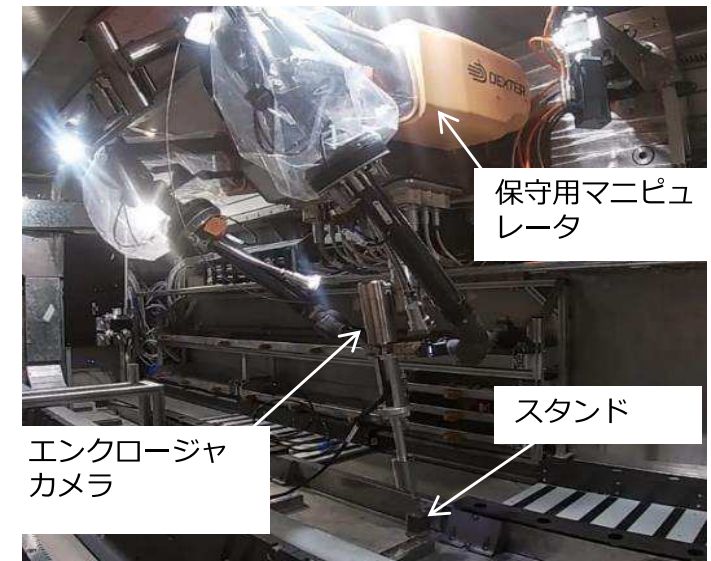


6.試験状況 6.1 英国の試験

■ アーム動作



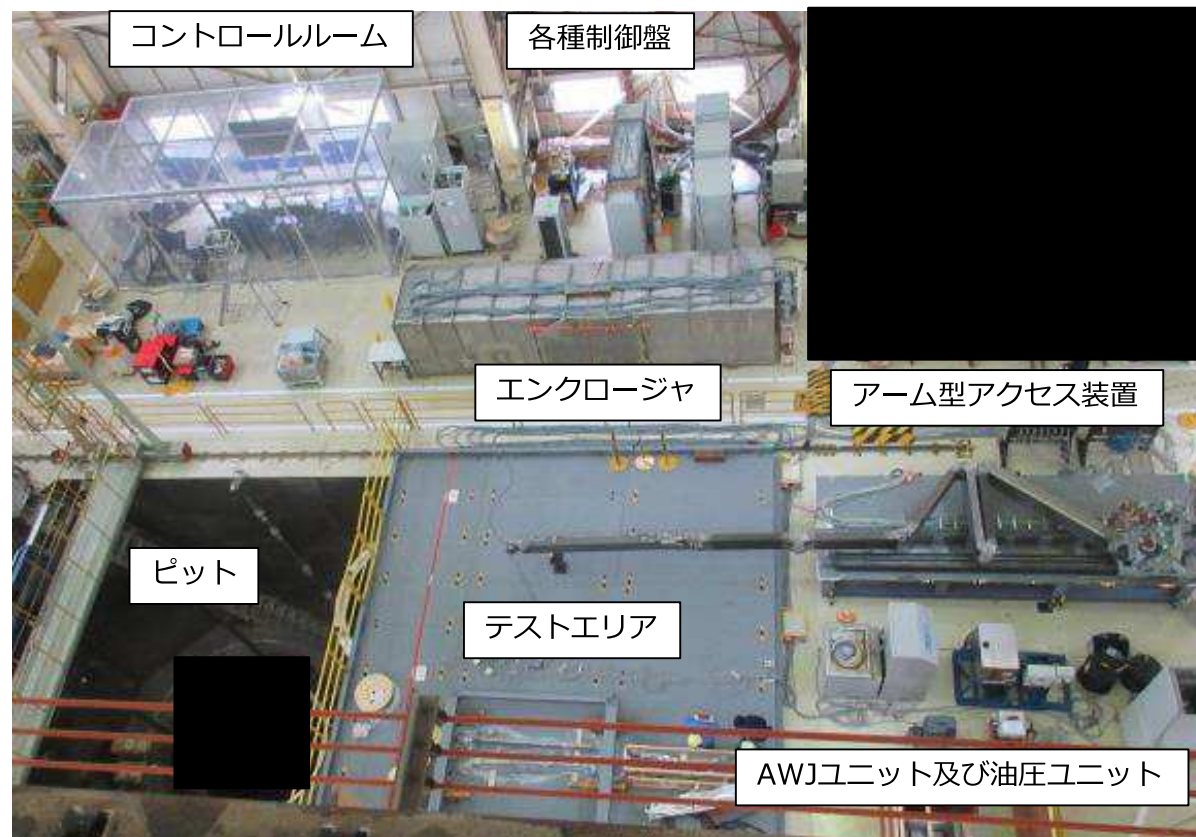
- ・ アーム各軸の単体動作、パラメータのチューニング
- ・ エンクロージャ内にアームを組込み
- ・ X-6ペネ模擬構造の通過試験
- ・ 保守用マニピュレータによるエンクロージャ内操作



6.試験状況 6.2 神戸の試験

■ 試験内容

- 単体機能試験
- アームとセンサの組み合わせ試験
- アームとツールの組みわせ試験
- AWJによる干渉物の切断試験



6.試験状況 6.2 神戸の試験

No.9

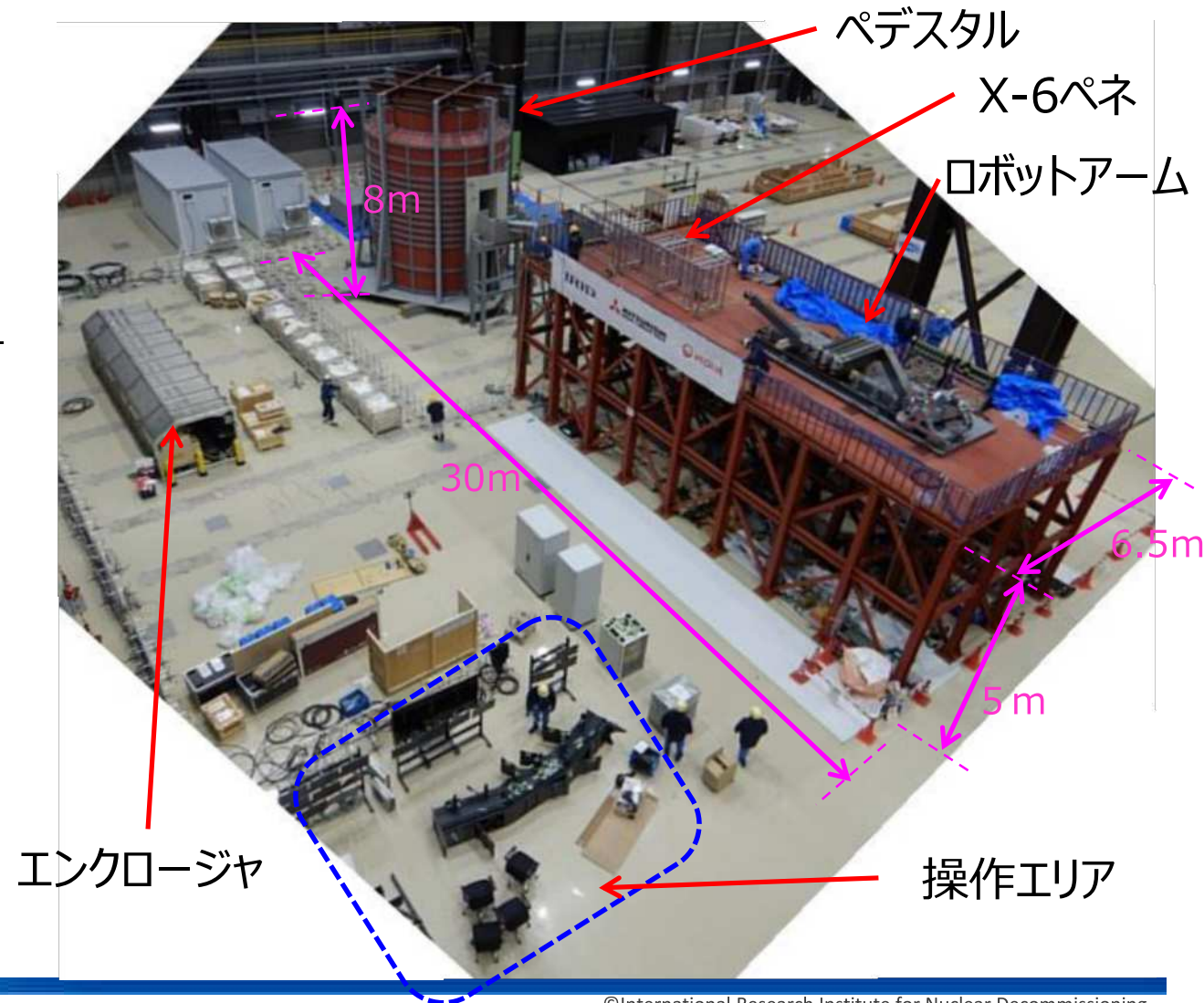
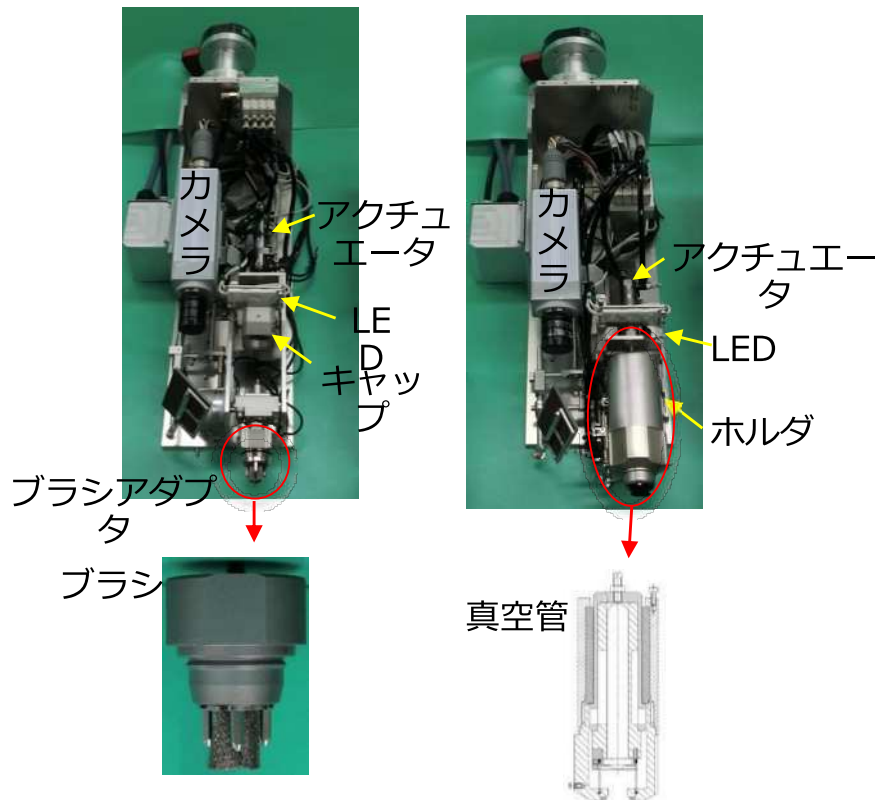
- ・保守用マニピュレータのトレーニング



6.試験状況 6.3 楯葉の試験

■ 実機環境を模擬して、総合試験を実施

- X-6ペネ通過、干渉物撤去、ペデスタル内アクセスのワンスルー
- ペデスタル上部、下部調査（レーザスキャナ、VTセンサ、ガンマセンサ、中性子センサ）
- 試験的取出し（サンプリングツール）



7. 経緯 全体計画(PCV内部調査の目的と目標)

【PCV内部調査の目的】

燃料デブリの取出しに先立ち、PCV内の状況を把握することが重要であり、PCV内の状況を把握するための調査技術の開発を目的とする。

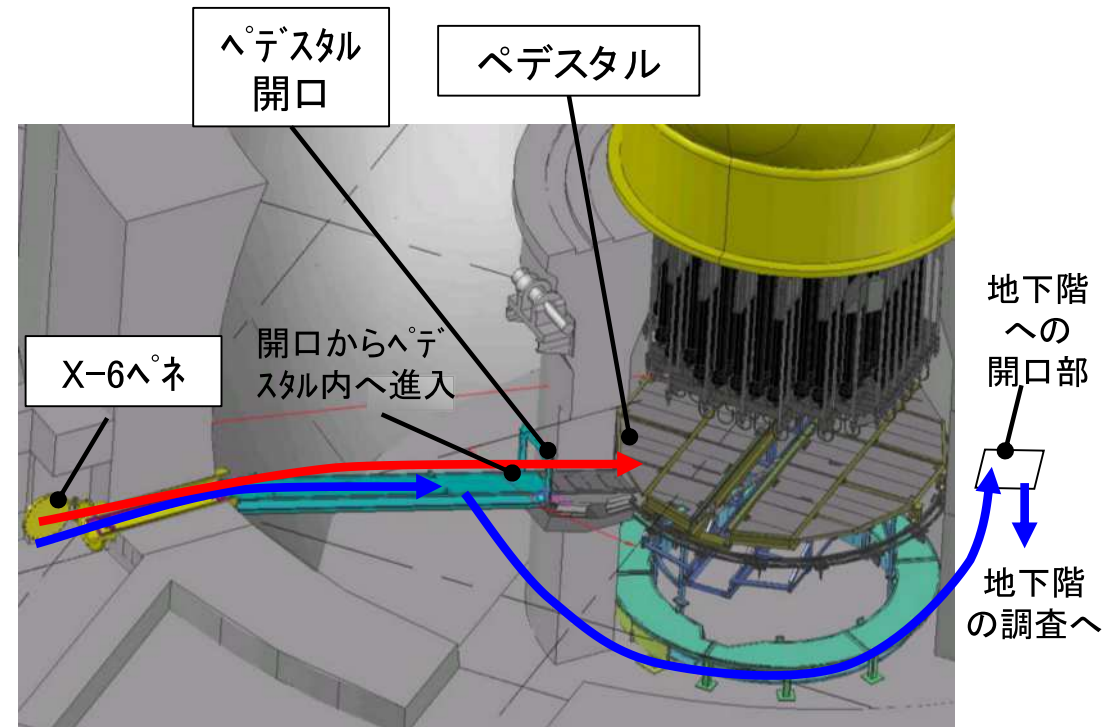
【PCV内部調査の目標】

燃料デブリは、RPVを經由してPCV内に存在すると推定されており、PCV内部映像を取得する計測器、デブリの可能性がある溶融物を検知する計測器、および、調査対象部位へアクセスする装置の開発を目標とする。



以下の実施を開発の最終ゴールと位置づける。

- ①溶融物 計測装置の開発
- ②アクセス装置(ペDESTAL内)の開発
- ③アクセス装置(ペDESTAL外)の開発
- ④上記装置の現場実証試験



ペDESTAL内のアクセス: →

ペDESTAL外のアクセス: →

調査のアクセスイメージ:*1

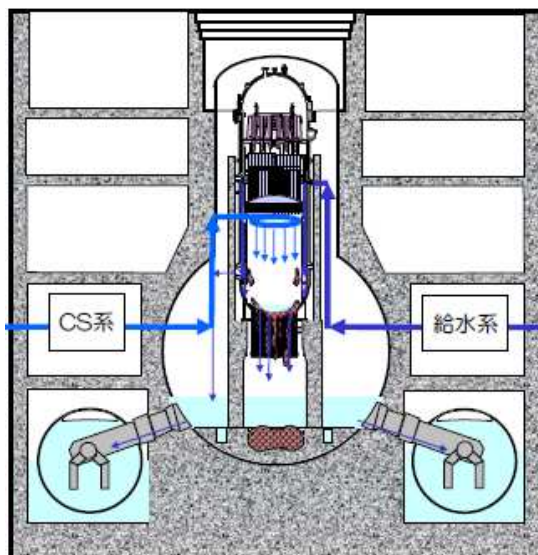
*1: 本アクセスルートは、今後の検討により変更の可能性あり

7. 経緯 調査及び調査装置の開発方針

No.12

1～3号機の炉心・PCVの状況推定(*1)より、開発方針を以下に設定

【1号機】

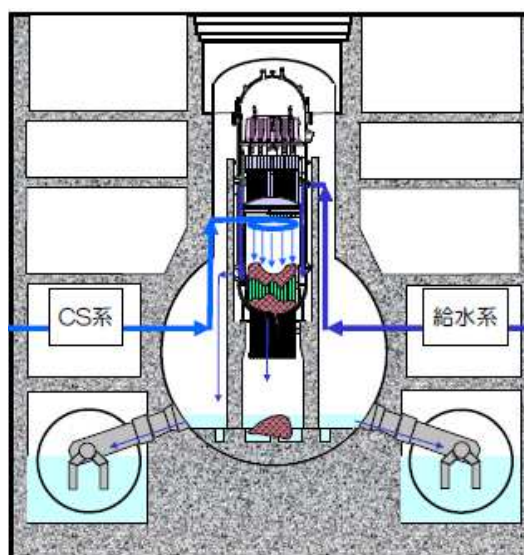


・溶融した燃料は、ほぼ全量がRPV下部プレナムへ落下しており、元々の炉心部にはほとんど燃料が存在していない

↓ 開発方針

・燃料デブリがペデスタル外側まで広がっている可能性があり、ペデスタル外側の調査を優先して開発を推進する

【2号機】



・溶融した燃料のうち、一部はRPV下部プレナムまたはPCVペデスタルへ落下し、燃料の一部は元々の炉心部に残存していると考えられる
・尚、3号機では従来の予測より、多くの燃料がPCV内に落下していると推定。

↓ 開発方針

・1号機と比べると、燃料デブリがペデスタル外側まで広がっている可能性は低く、ペデスタル内側の調査を優先して開発を推進する
・尚、3号機はPCV内の水位が高く、1・2号機で使用予定のペネが水没している可能性があり、別方式を検討する必要がある。

*1:【出展元】東京電力ホームページ(平成25年12月13日)「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討第1回進捗報告」より抜粋

7. 経緯 PCV内部調査の計画立案(調査ニーズ整理)

No.13

ニーズ元への聞き取り調査、東京電力とNDFのニーズ分析結果*2、*3をもとに、調査項目、調査の目的、必要性及び目標期限を整理した

PCV内部調査に係るニーズの分析と検討				【注記】本検討は、調査項目と時期の必要性を検討したものであり、その実現性は別途検討が必要である。										R0 : 2015/12/18 R1 : 2016/2/19		IRID																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
PCV 内部調査 関連ニーズ	調査項目	燃料デブリの量、位置、性状、核分 裂生成物分布の把握※1		調査の目的と必要性 (記号 ○: 必要*2, △: 望ましい)										調査の目標期限 (記号 ○: 必要*2, △: 望ましい)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
				燃料デブリ取出し工法に係る技術要件※1										デブリ取出し 方針決定 (～17年夏頃)	初号機デブリ取出し 工法確定【改訂1】	デブリ取出し 詳細設計	デブリ取出し 許認可申請	デブリ取出し 開始 (21年12月)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		燃料デブリ取出し時の安全確保										燃料デブリ取出し方法					燃料デブリ取出し方法に係る技術要件※1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
実施調査による検定		解析	検証及び実 験による検 定	PCV・建屋の健全性	放射線管理 *3	冷却機能の維持	閉込め機能の構築	作業時の被ばく低減	労働安全の確保	燃料デブリ取出し機器・装置の開発	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置の検証	燃料デブリ取出し機器・装置

*1 東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2015 ～2015年中長期ロードマップの改定に向けて～、2015年6月26日、原子力損害賠償・廃炉等支援機構

*2 第9回 燃料デブリ取出し委員会 資料1-1 「RPV/PCV内部調査のニーズについて、2016年1月20日、東京電力株式会社」

*3 第9回 燃料デブリ取出し委員会 資料1-2 「燃料デブリ取り出しに向けた内部調査、2016年1月20日、原子力損害賠償・廃炉等支援機構」

7. 経緯 計測装置等の開発計画:アクセス装置候補概要

No.14

	水中遊泳型(X-2ペネ利用)	床面移動型(X-6ペネ利用)	アーム型(X-6ペネ利用)
説明図	① 走査型超音波距離計 ② γ線量計 ③ カメラ 調査ユニット 1-2/4 燃料デブリの高さ測定(①) 1-2/4 燃料デブリの広がり 1-4 ペDESTAL外壁面の浸食範囲 2-2 PCVシェルへのデブリ到達範囲 X-2ペネ付近(地下階ルート) 基本ルート ペDESTAL内へのルート 外壁面接近ルート例 ケーブル干渉防止治具	調査装置 穿孔部 支援装置 X-6ペネ ルート例(点線) 滞留水 ペDESTAL 調査装置 ケーブルトレイ 3次元VT/中性子センサ etc	各種センサ収容Box ペDESTAL内側へのアクセスイメージ ペDESTAL外側へのアクセスイメージ 直進部:最大5m 縦旋回・テレスコピックアーム部:3.6~8.5m 横旋回部:1.2m 縦旋回・スライドアーム部:4.5m グレーチングカッター(水圧駆動式) ソナー設置点 計測範囲シミュレーション(ペDESTAL外の計測の場合) グレーチング切断状況
耐放射線性(センサ部除く)	~100Gy/h(積算約1,000Gy) (約1ヶ月間の使用を想定:水中~0.5Gy/h)		100~3,000 Gy/h (積算:1000kGy)
外形	直径約25cm×全長約60~110cm	高さ約29cm以内 幅約33cm以内	全長24m, 断面 130mm×400mm
基本動作	推進、併進、潜水 (干渉物回避に必要な動作)		
ケーブル牽引力	最大100N以上(ペDESTAL1周移動に必要なケーブル牽引力:約20N(実験値))	調査装置:約1kg以下 支援装置:約5kg以下	50kg/450N
			精度 約20mm (繰り返し再現性あり)

前記、調査ニーズ整理以降、プロジェクトの設計開発の各段階（下記段階）におけるレビュー会や毎月実施されるプロジェクト会議等の検討の場で、関係者より、ニーズの抽出の機会を設け、必要に応じ設計への反映を実施してきている。

- ・プロジェクトにおける基本方針（全体計画・概念設計）の確認時
- ・要求仕様の具体化（基本設計・詳細設計）の確認時
- ・要求仕様への適合性確認試験法案の確認時
- ・適合性確認試験結果の評価確認時

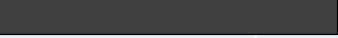
また、国内試験以降、実際に現場で実機操作を担務する9名の東電社員も体制に含め、試験を進めており、操作者目線での具体的ニーズ（カメラ設置位置追加、物品搬出入箇所
の干渉防止策、確認モニタ数追加、操作手順等）を取り込み、試験を継続している。

今後、本プロジェクトの試験的取出し装置の開発した技術や確認された課題については、次のプロジェクトである「段階的に規模を拡大した取出し装置」に反映していく方針である。

以降 参考資料

スケジュール、試験メニュー

No.17

	2021年	2022年	備考
英国での製作、試験			
神戸での検証試験	▼ 7/10（神戸着） 		
梶葉での検証試験		▼ 2月上旬（梶葉着） 	
トレーニング			
PCV内部調査 試験的取出し			

試験分類	試験項目	英国	神戸	梶葉
エンクロージャ	バウンダリ漏洩確認	○	○	
	パラメータ調整	○		
アーム	X6ペネの通過動作	△	△	○
	アーム位置の校正		○	
	ペDESTAL内側下部の調査動作			○
	PCV内障害物の撤去（グレーチング）		△	○
	試験的取出し			○
保守用 マニピュレータ	センサ・ツールとアームの接続、搬出入	△	△	○
	外部ケーブルのアームへの取付/取外し	△	△	○
	カメラ/照明の遠隔メンテナンス	△	△	○
	アームのリカバリー、引き抜き			○

■ 楯葉での試験

モックアップ項目	確認項目	アウトプット
X6ペネ通過	・ X6ペネの通過検証（ツール若しくはセンサ搭載状態）	・ 通過時間 ・ 通過手順
PCV内障害物の撤去	・ PCV内障害物の切断検証（CRDレール、CRDレール吊治具、CRD開口配管、グレーチング） ・ 干渉回避（VRシステム、カメラ）検証	・ 切断時間 ・ 切断手順
ペデスタル内側上部調査	・ ペデスタル内側上部の調査検証 ・ 干渉回避（VRシステム、カメラ）検証	・ 調査時間 ・ 調査手順 ・ 干渉回避性能 ・ センサ性能（ノイズ影響）
ペデスタル内側下部調査	・ ペデスタル内側下部の調査検証 ・ 干渉回避（VRシステム、カメラ）検証	・ 調査時間 ・ 調査手順 ・ 干渉回避性能 ・ センサ性能（ノイズ影響）
少量サンプリング調査	・ 少量サンプリング調査検証 ・ 干渉回避（VRシステム、カメラ）検証	・ 調査時間 ・ サンプリング手順

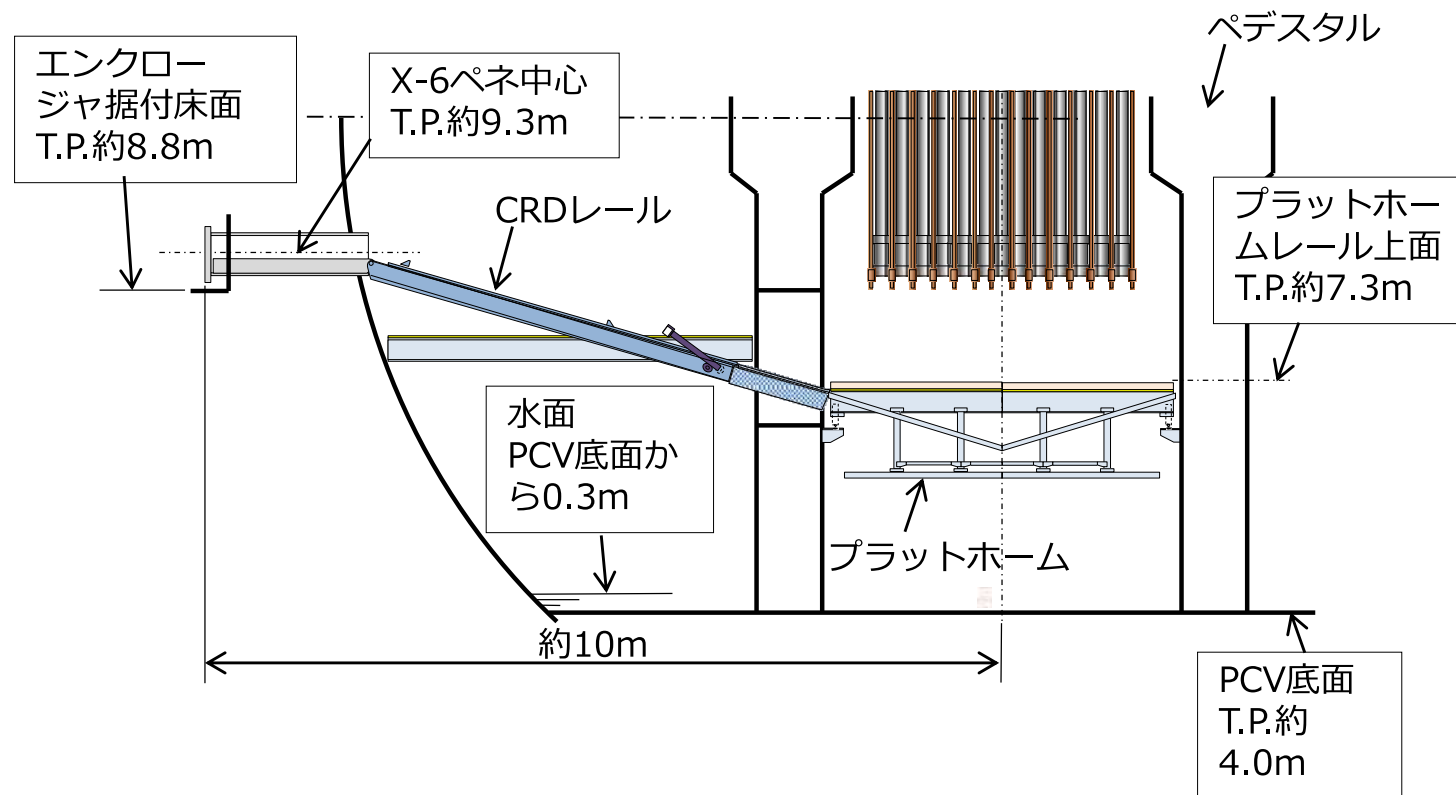
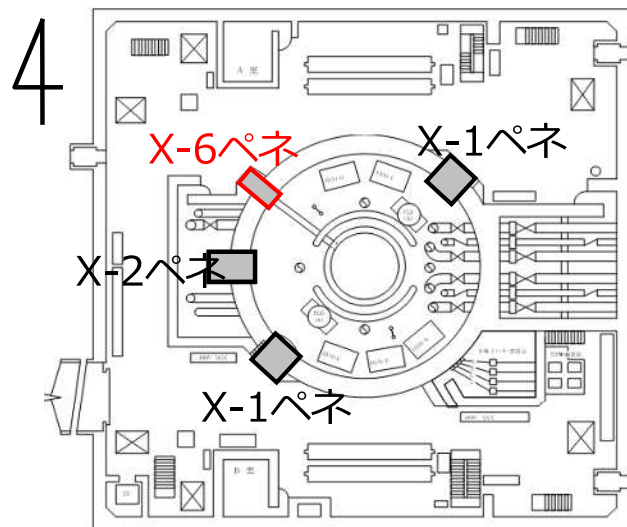
【参考資料】

No.19

■ 楢葉への搬入（アーム装置）



■ 高さ関係図



【参考資料】段階的に規模を拡大した取出し装置－システム全体 イメージ－

No.21

