

平成26年度・平成27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調査技術の開発」

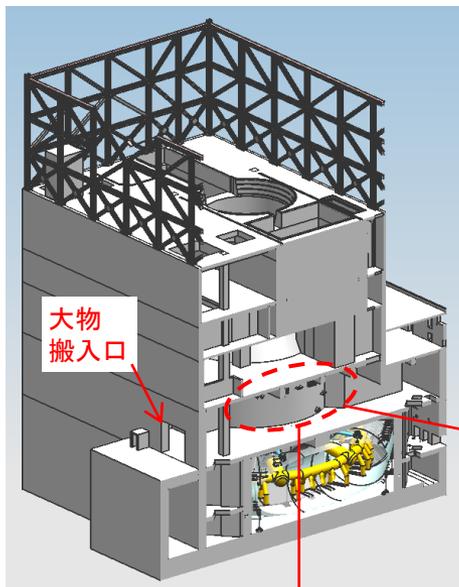
平成28年度 成果報告

平成29年4月20日

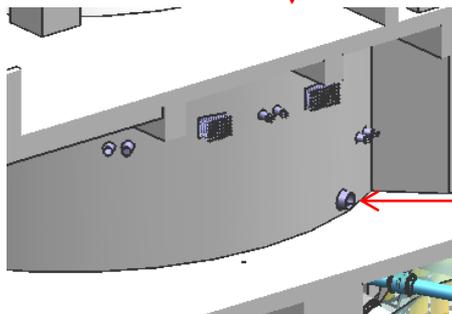
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

1.1 PCVの概略寸法と内部調査の対象部位

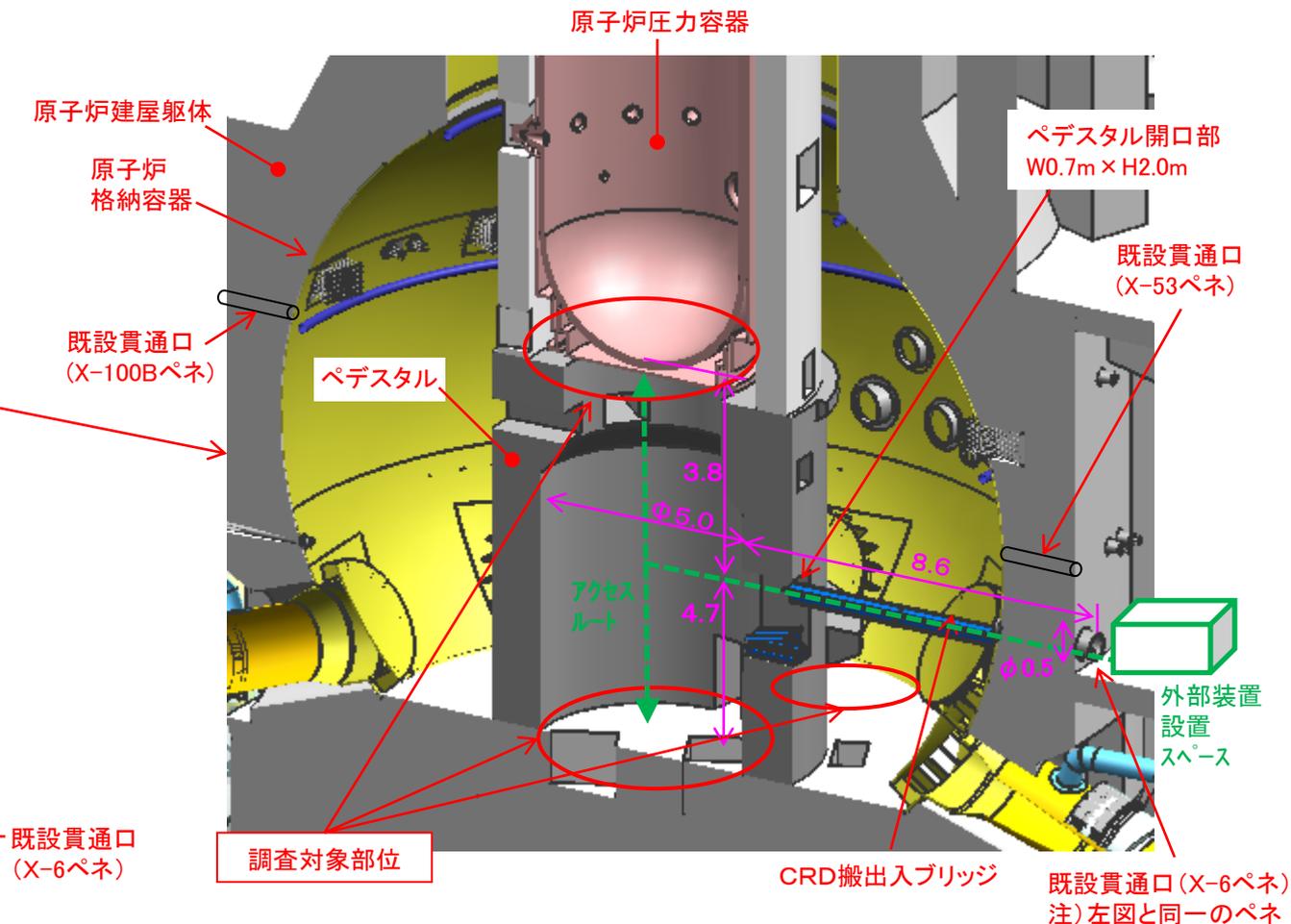
原子炉格納容器(PCV)内部のイメージとその概略寸法及び調査対象部位を示す



【原子炉建屋】



【原子炉建屋1階フロア】



【断面図, 調査対象部位及び概略寸法[m]】

※寸法は1号機ベース

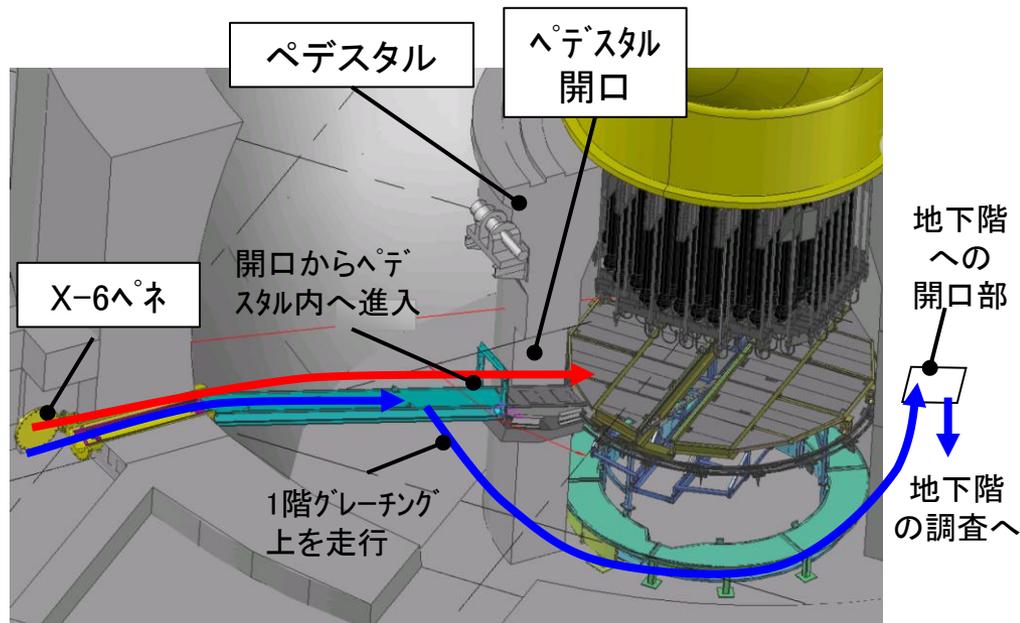
1.2 全体計画(PCV内部調査の目的と目標)

【 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、デブリの可能性の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: →

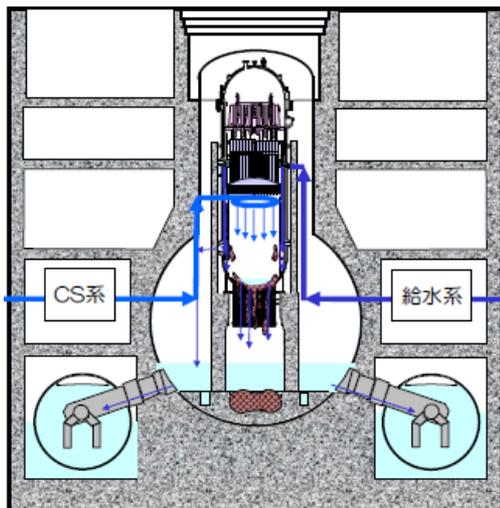
調査のアクセスイメージ:*1

*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

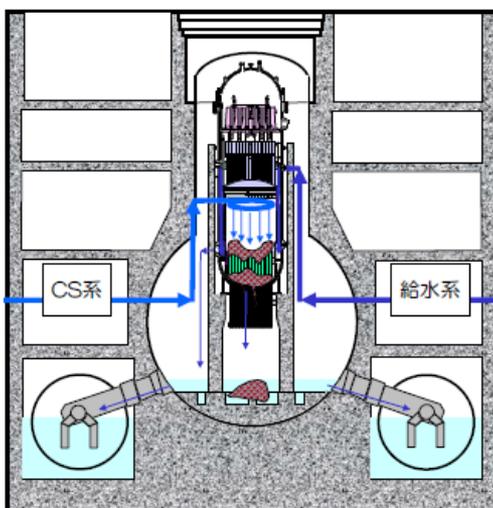
1.3 調査及び調査装置の開発方針

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

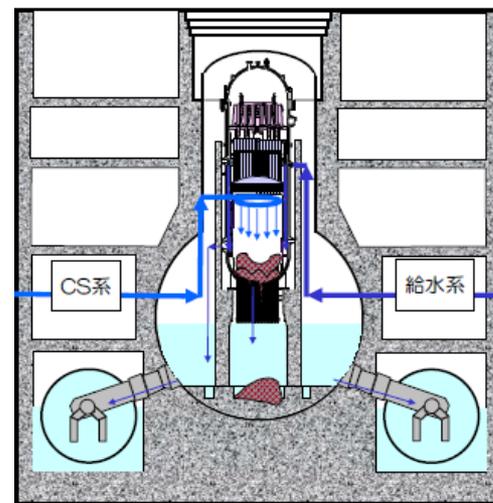
【1号機】



【2号機】



【3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DESTAL外側まで広がっている可能性があり、ペDESTAL外側の調査を優先して開発を推進する

- ・溶融した燃料のうち、一部はRPV下部プレナムまたはPCVペDESTAL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も多くの燃料が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DESTAL外側まで広がっている可能性は低く、ペDESTAL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説明問題に関する検討第1回進捗報告」より抜粋

2.1 1号機(ペDESTAL外調査)の調査ステップ

【調査対象部位】: 格納容器ペDESTAL外

【調査及び装置開発ステップ】

(1) B1調査(ペDESTAL外 1階グレーチング上調査): 平成27年4月実証済

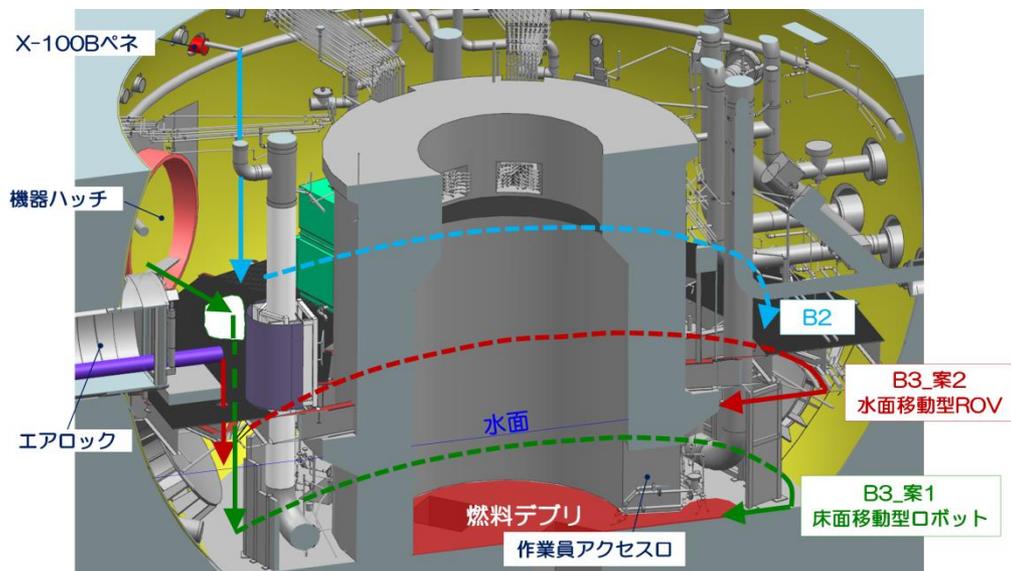
- ・X-100Bを使用し、1階グレーチング上の情報(地下階へのアクセス口や温度/線量)を取得する。

(2) B2調査(ペDESTAL外 地下階状況調査): 平成28年度実証予定

- ・X-100Bを使用し、デブリ取出し方針決定に資する情報を取得する。

(3) B3調査(ペDESTAL外 地下階へのアクセス及び調査): 平成29年度実証開始(目標)

- ・エアロックや機器ハッチ等のX-100Bより大きなアクセス口を使用し、デブリ取出し詳細設計に資する情報を取得



B1. ペDESTAL外1階グレーチング上調査(平成27年4月実証済): X-100Bペネ使用

B2. ペDESTAL外地下階状況調査(平成28年度実証目標): X-100Bペネ

B3. ペDESTAL外地下階へのアクセスおよび調査(平成29年度開始目標): エアロック/機器ハッチ等予定

2.2 2号機(ペDESTAL内調査)の調査ステップ

【調査対象部位】: 格納容器ペDESTAL内

【調査及び装置開発ステップ】

(1) A1調査(CRDレール状況調査): 平成25年8月実証済

(2) A2調査(CRDプラットフォーム上調査): 平成29年2月実証済

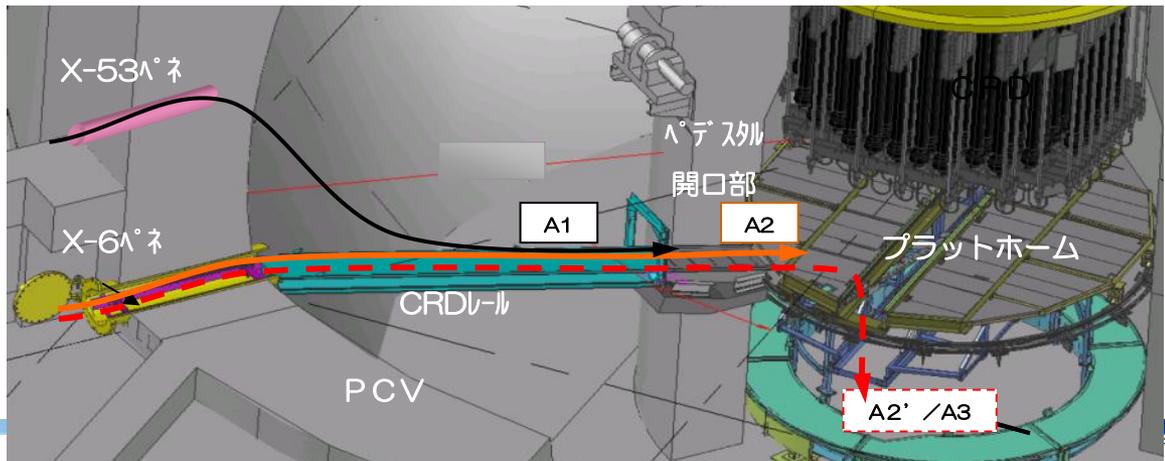
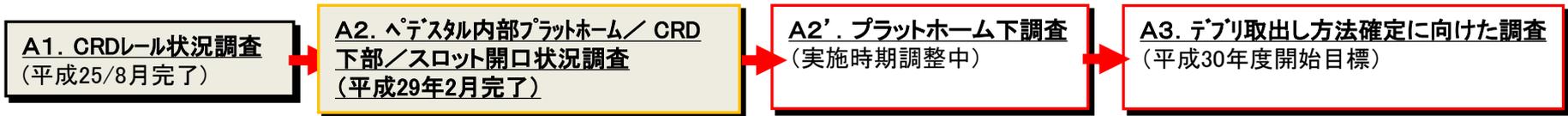
- ・X-6ペネに、φ115mmの開口を設けて調査装置をPCV内に投入。
- ・燃料デブリ取出し方針決定に資する情報の取得。

(3) A2'調査(CRDプラットフォーム下調査): 実施時期調整中

(4) A3調査(ペDESTAL内 地下階へのアクセス及び調査): 平成30年度実証開始(目標)

- ・A2、A2'調査よりも大きなアクセス口(X-6ペネを基本)を設け、デブリ取出し方法確定に資する情報を取得する。

調査ステップ



2.3 3号機(ペDESTアル内調査)の調査ステップ

〈#〉

① PCV内へのアクセス方針の立案:

- 課題: X-6ペネが水没している。
- ペネ選定: 2号と同様、X-53ペネおよびX-6ペネが有望
- PCV内へのアクセス: 水没状態のX-6ペネからのアクセスは、PCV内滞留水の漏えいの危険性が高く、そのリスクを排除することは非常に困難である。そのため、水位コントロールが完了できない状況ではX-53ペネよりアクセスする必要あり。

② 調査／開発方針の立案

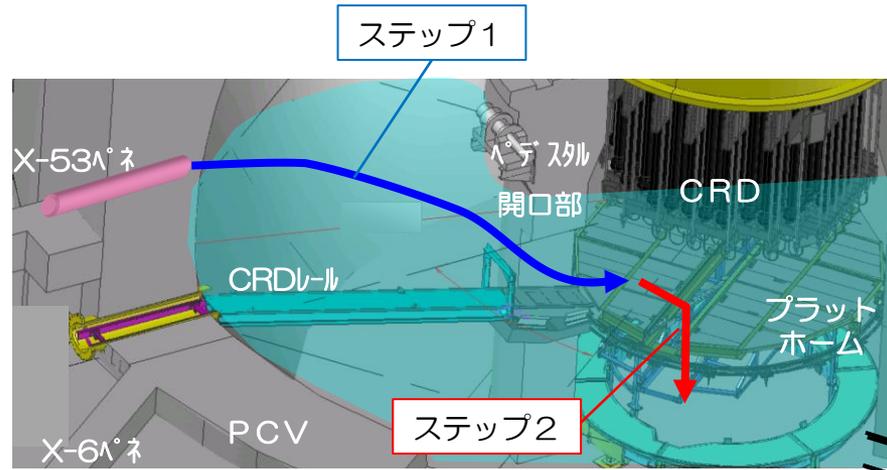
水位コントロールができない段階では、先行して、X-53ペネからの水中調査を実施する計画を立案した。

ステップ	調査内容	目的	調査装置
ステップ1	プラットホーム上の状況調査	<ul style="list-style-type: none"> • 燃料デブリ落下の可能性確認(落下物や開口などの異常) • ペDESTアル地下階のアクセスルートの確認 	水中ROV
ステップ2	ペDESTアル地下階の状況調査	<ul style="list-style-type: none"> • 燃料デブリ落下の可能性確認(既設建造物の損傷状況、落下物の有無) • 燃料デブリ流出の可能性(225°方位の状況確認) 	

調査ステップ(平成29年度前半目標)
(※1)

ステップ1:
プラットホーム上の状況調査

ステップ2:
ペDESTアル地下階の状況調査



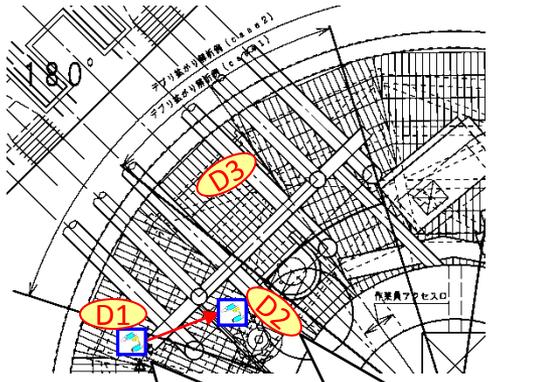
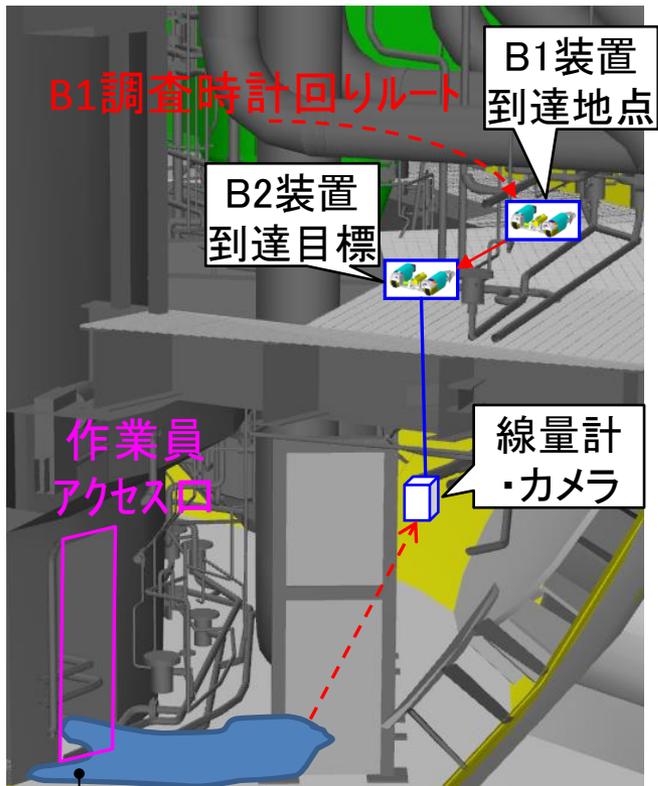
2.4 H28年度の開発項目

No.	項目	略称	H28年度の実施範囲
1	「特定部位へのアクセス・調査装置及びシステムの開発」 及び 「現地実証」	1号機を対象としたペデスタル外調査	B2 PCV内部地下階部分の燃料デブリ広がり調査装置の開発、現地実証。
2		2号機を対象としたペデスタル内調査	A2 装置の設計/製作/検証試験/現地実証
			A2' 装置の設計/製作/検証試験
3		3号機を対象としたペデスタル内調査	— 装置の製作/検証試験
4	「調査計画・開発計画の立案・更新」	調査計画・開発計画	— 最新のニーズ更新/調査計画・開発計画の立案
5		2号機アクセスルートの構築	— 実機計画/実機設計・製作
		1号機アクセスルートの構築	— 実機計画/要素試験
6		計測装置等の開発計画	— 概念設計/要素試験

3.1-1 ペデスタル外地下階調査(B2調査)

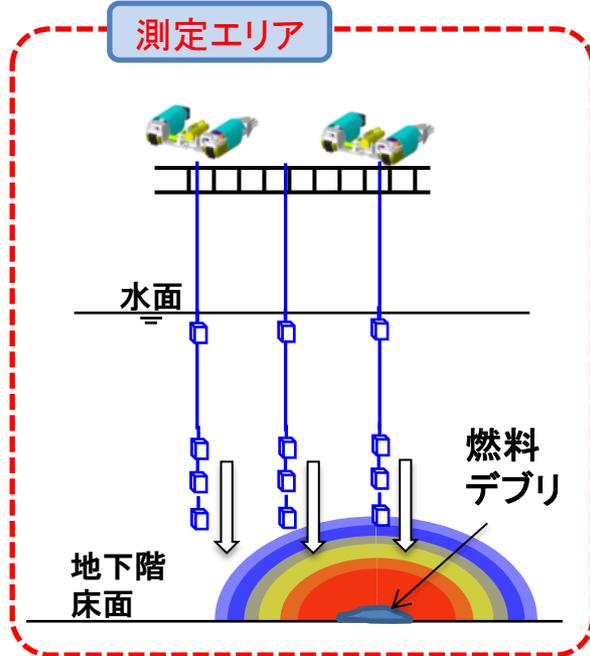
■ 複数の点のカメラ映像および線量率から、燃料デブリの広がり状態を推定

◆ 線量率測定イメージ



B1装置 到達地点 B2装置 到達目標

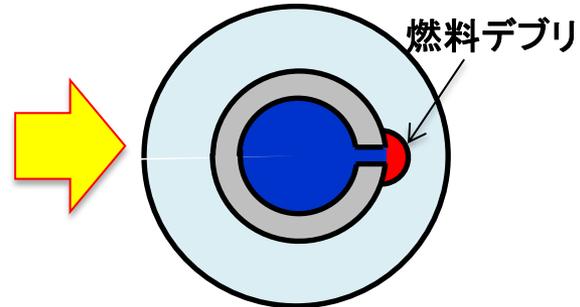
1階グレーチング部分平面図



地下階における二次元的な燃料デブリ拡散状態

◆ 拡散状態推定イメージ

- ・ロボットの平面位置
- ・センサの降下長さ
- ・線量率測定結果
- 【各測定点の上下方向分布※】
- ・目視確認結果



デブリ広がり
作業員アクセス口周辺の
調査イメージ

※シミュレーション結果と比較しパラメータ(燃料広がり、揮発率、体積厚さ、等)を想定

3.1-2 B2調査の製作

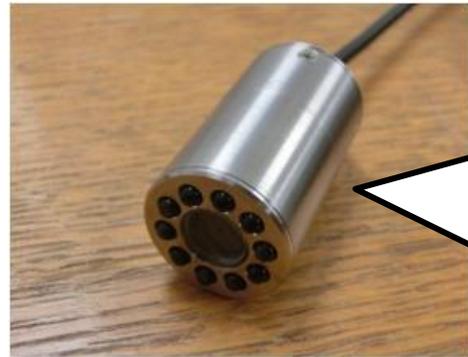
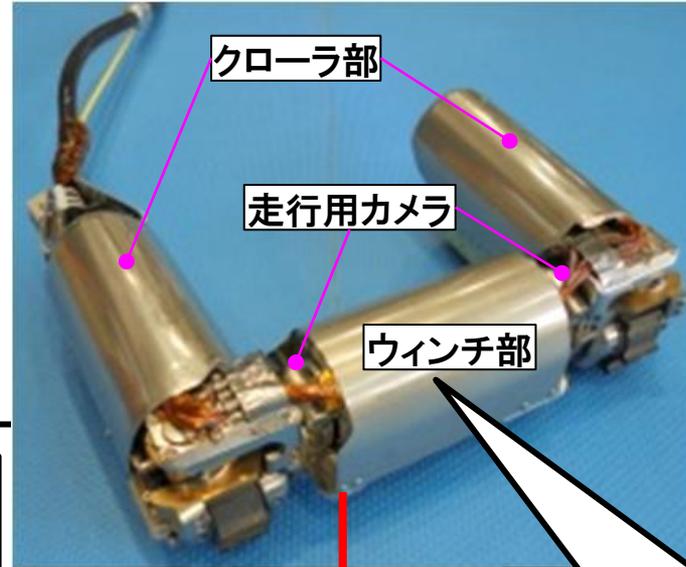
■B1調査装置の形状をベースとし、センサを降下可能な機構を新たに開発

【手段】

- (1) 線量率の3次元的計測
- (2) 水中カメラによる撮影

【性能評価結果】

- (1) 気中、水中の空間線量率分布を測定可能(0.1~10kGy/h)
- (2) 水中カメラで2.6m先の対象物を視認



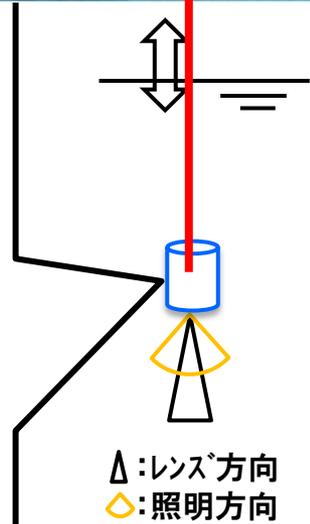
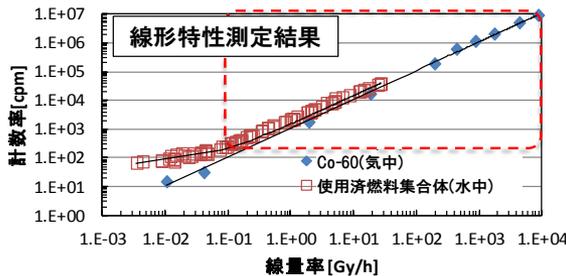
小型カメラ
水中撮像結果



L=2.6m



L=50cm

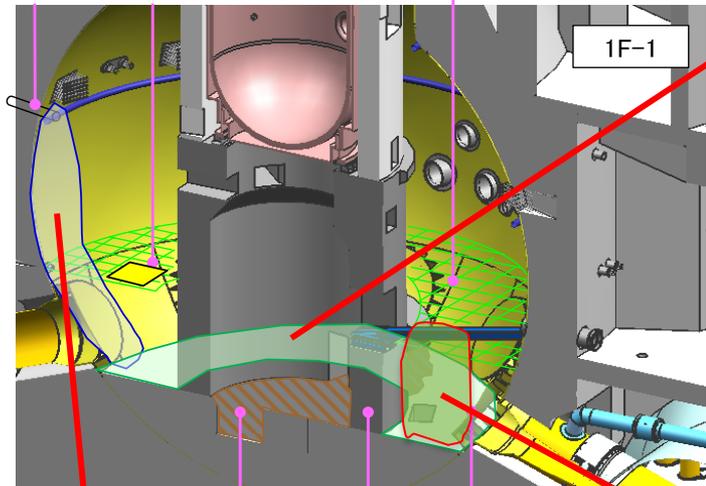


※寸法: φ20×40mm
総画素数: 32万画素, LED: 8個

3.1-3 B2調査装置のモックアップ性能評価

■PCVの分割模擬体を用いて試験を実施。実機実証に向け動作確認と課題抽出。

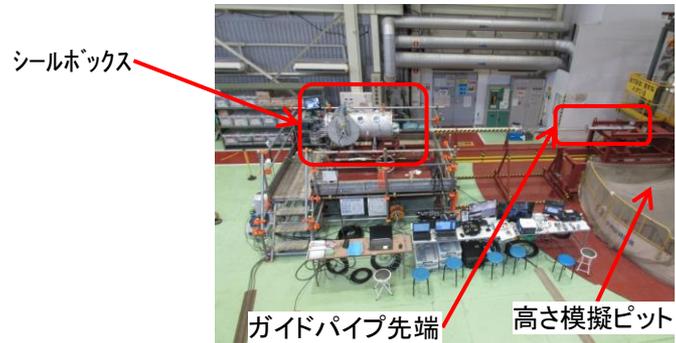
X-100B 地下階開口部 1階グレーチング



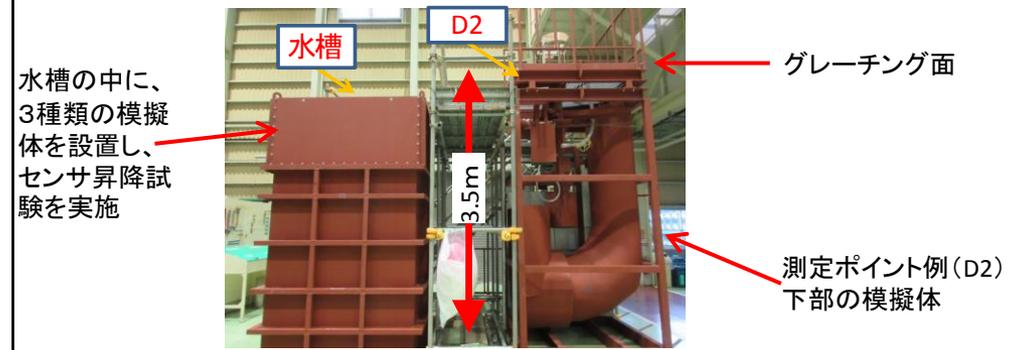
燃料デブリ 想定位置
ペDESTAL
地下階

名称/目的	②平面模擬体1階グレーチング上の移動検証
模擬範囲	1階グレーチング(X-100B下) ~約1/3周(時計回り)

名称/目的	①高さ模擬体 / エントリ・回収時の検証
模擬範囲	X-100B ~1階グレーチング



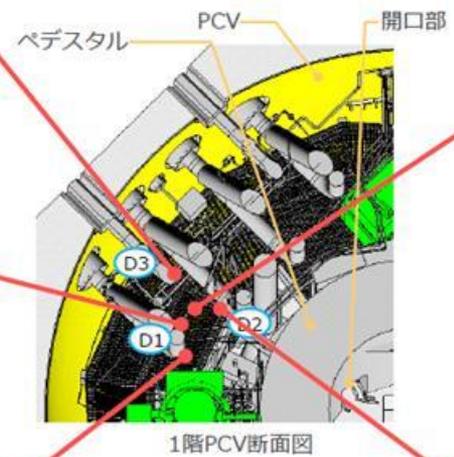
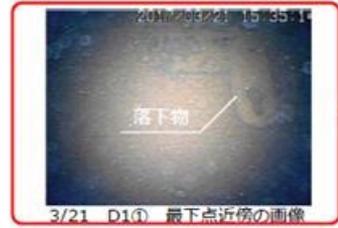
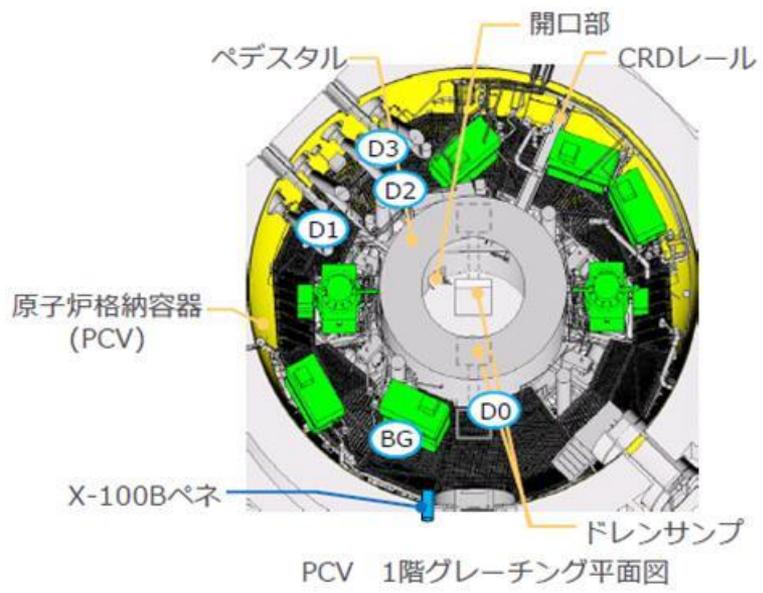
名称/目的	③地下階模擬体(3種類)/地下階へのセンサ昇降性検証
模擬範囲	1階グレーチング~地下フロア面(構造物は適宜変更可)



3.1-4 B2調査装置の実証試験結果(1)

■平成29年3月18日～22日に、1号機において実証試験を実施。

■撮影した代表的な画像は以下の通り



・詳細な計測ポイントは現在評価中

水中取得画像

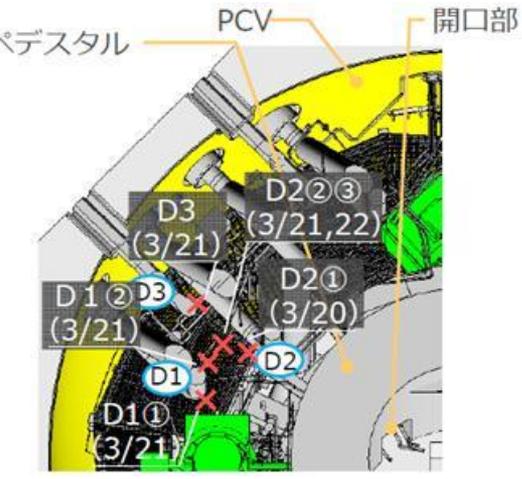
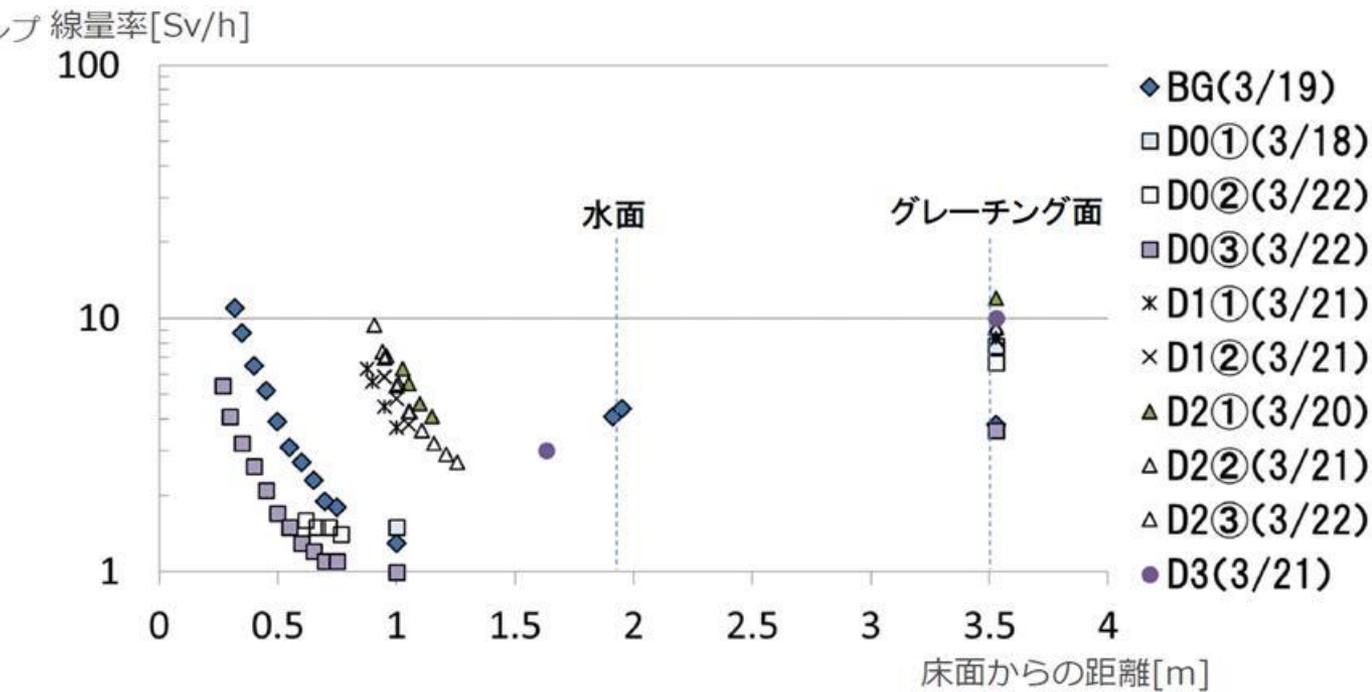
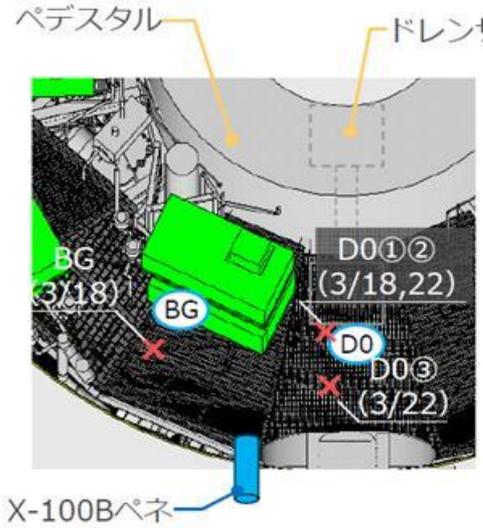


■成果概要

- ペDESTAL開口部近傍のPCV底部の状況を初めて撮影することに成功。
- PCV底部、配管等に堆積物を確認。(今後、画像の評価・堆積物の分析予定)
- 構造物の損傷状況は前回調査時(2015年4月)と大差ないことを確認

3.1-5 B2調査装置の実証試験結果(2)

5つのエリアで計10点、計測を実施



成果概要

- PCV底部に近づくほど線量が上昇する傾向を確認。
- グレーチング上の線量は前回調査時(2015年4月)と大差ないことを確認

3.2-1 ペDESTAL内部プラットフォーム状況調査(A2調査)

(1) 装置概要

X-6ペネに開口（内径約Φ115mm）を開けて、PCV内にガイドパイプを挿入し、計測器を搭載した自走装置を下ろし、レール上を通過してペDESTAL内のCRDプラットフォーム上を調査するクローラ型装置。

(2) 本事業での実施範囲及び成果概要(その1)

① X-6ペネ遠隔穴あけ装置の開発

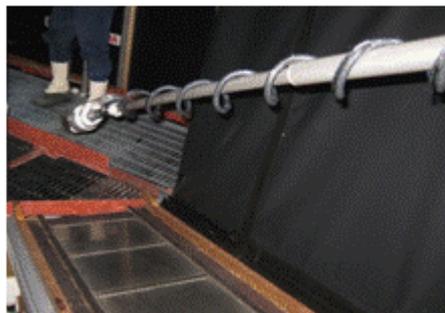
- 超高線量環境下であるX-6ペネに開口を開けるため、遠隔穴あけ装置を開発し、2016/12に現地実証試験を完了した。

② A2調査装置 現地実証試験の完了

- 開発した装置の現地実証試験（ペDESTAL内事前確認2017/1/30、堆積物除去2017/2/9、ペDESTAL内調査2017/2/16）を完了し、下記データを取得した。
 - ・ CRDレール上の画像データ、温度、線量
 - ・ ペDESTAL内の画像データ



遠隔穴あけ装置



ペDESTAL内事前確認装置



堆積物除去装置

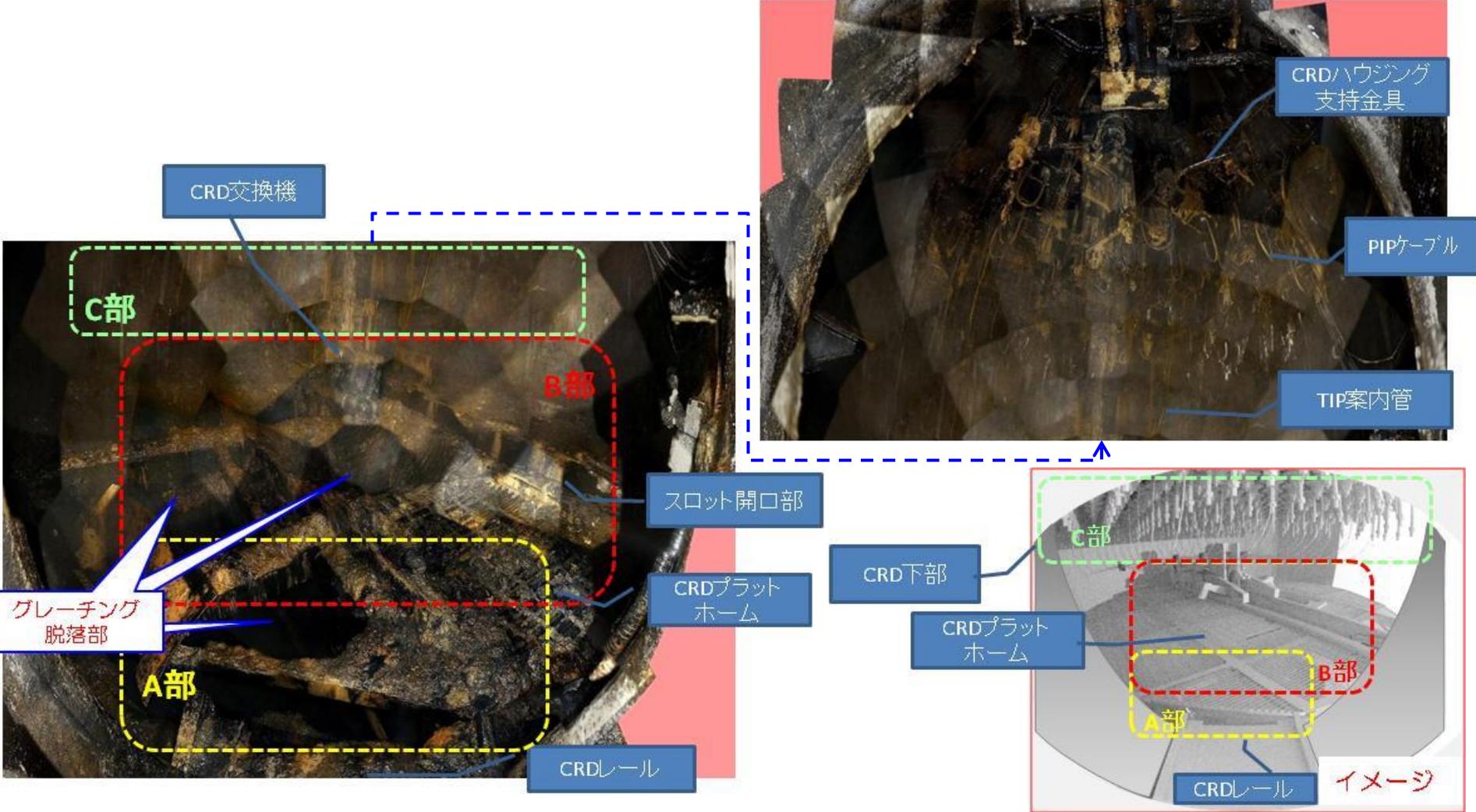


A2調査装置

3.2-2 ペデスタル内部プラットフォーム状況調査(A2調査)

(2) 本事業での実施範囲及び成果概要(その2)

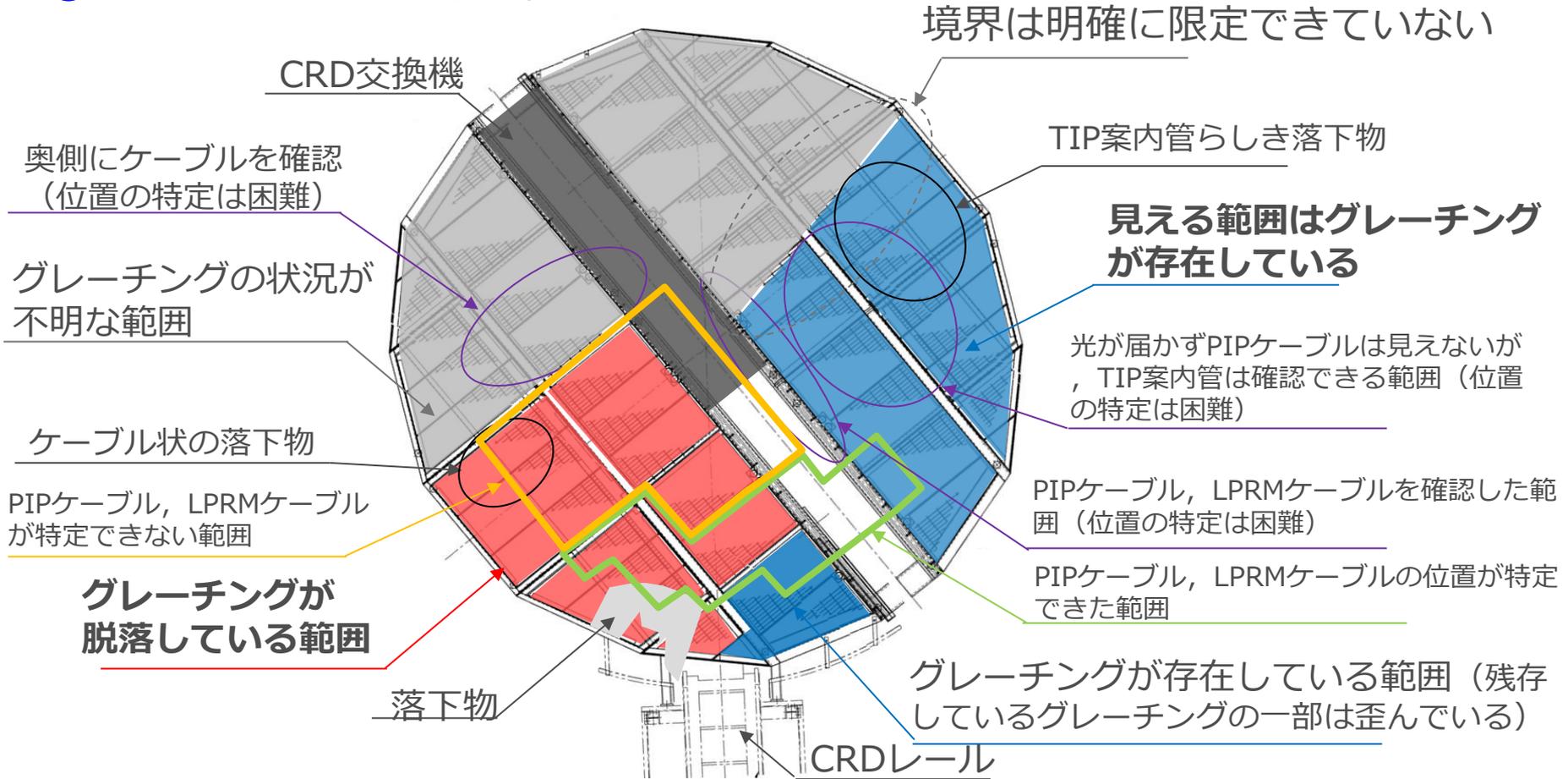
③ 現地実証試験時に得られたペデスタル内の画像データ



3.2-3 ペDESTAL内部プラットフォーム状況調査(A2調査)

(2) 本事業での実施範囲及び成果概要(その3)

④ ペDESTAL内の確認結果まとめ*



CRDプラットフォーム上に、グレーチングの脱落部や堆積物が確認されたものの、既設構造物の大規模な損傷は確認されなかった。

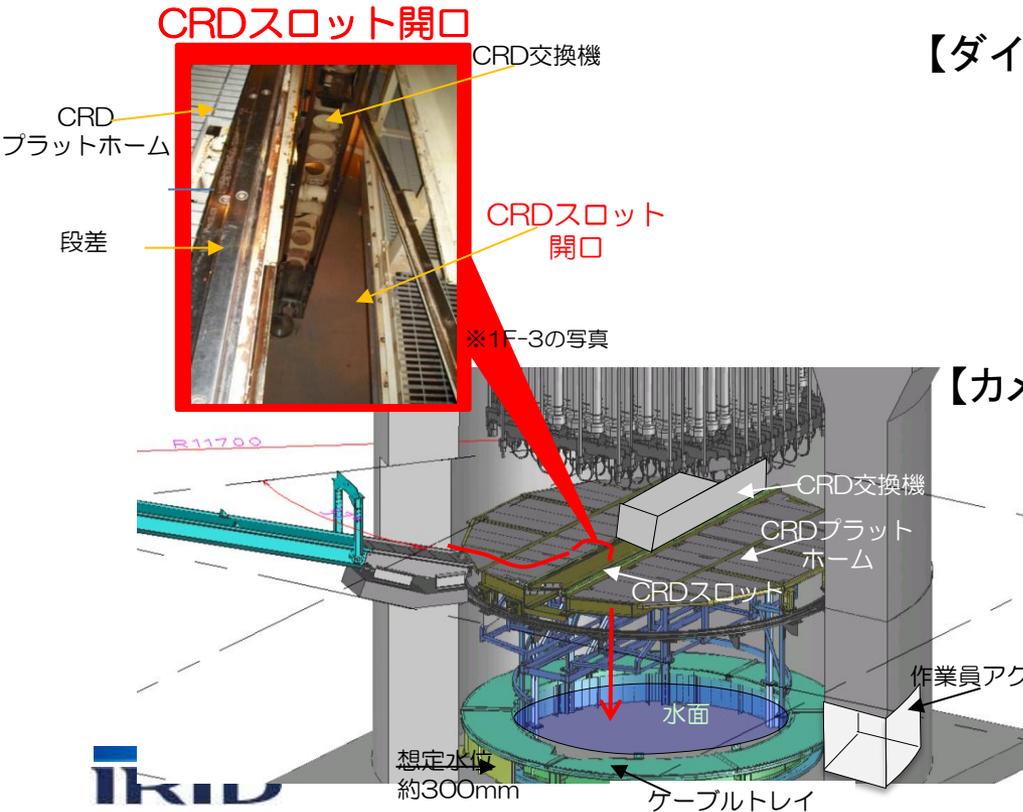
3.2-4 プラットホーム下調査(A2')装置の開発

(1) 調査概要

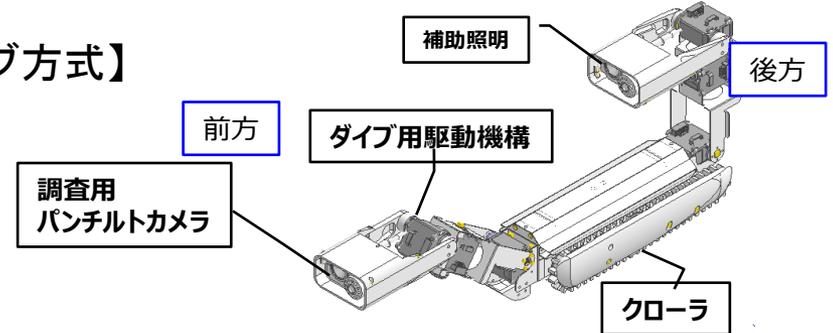
CRDプラットフォームの開口部よりペDESTAL底部にアクセスし、プラットフォーム下の構造物の損傷状況、さらに、燃料デブリのおおよその状況をカメラ映像により推定する。

(2) 本事業での実施範囲及び進捗状況(A2調査実施前)

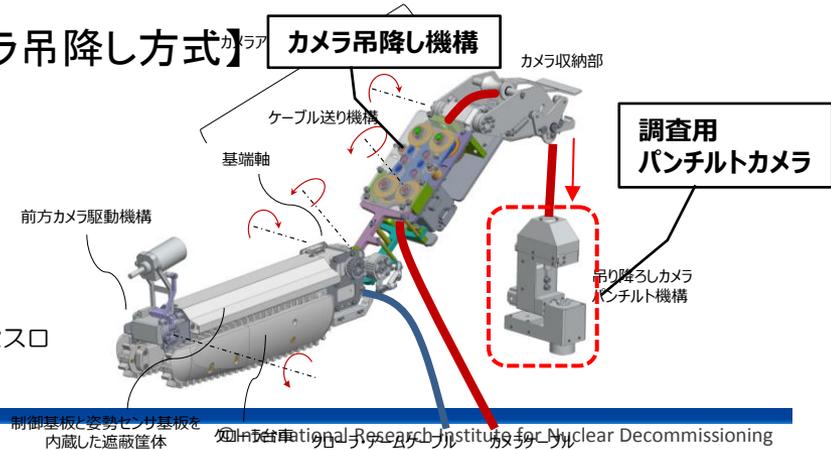
(i) ペDESTAL底部を調査するためにダイブ方式／カメラ吊降し方式の装置構想の検討を進め要素試作を実施した。検討の結果、より確実性の高いカメラ吊降し方式を採用することとした、A2調査の結果を反映し、装置の最適化を進めていくこととした。



【ダイブ方式】



【カメラ吊降し方式】



3.2-5 プラットホーム下調査(A2')装置の開発

(2)本事業での実施範囲及び進捗状況(A2調査実施後)

(ii) A2調査の結果、当初計画していた自走式の小型クローラによる走行が困難であること、および、CRDプラットフォームのグレーチング部に開口があることが判明した。そのため、装置コンセプトを下記の通り見直した。

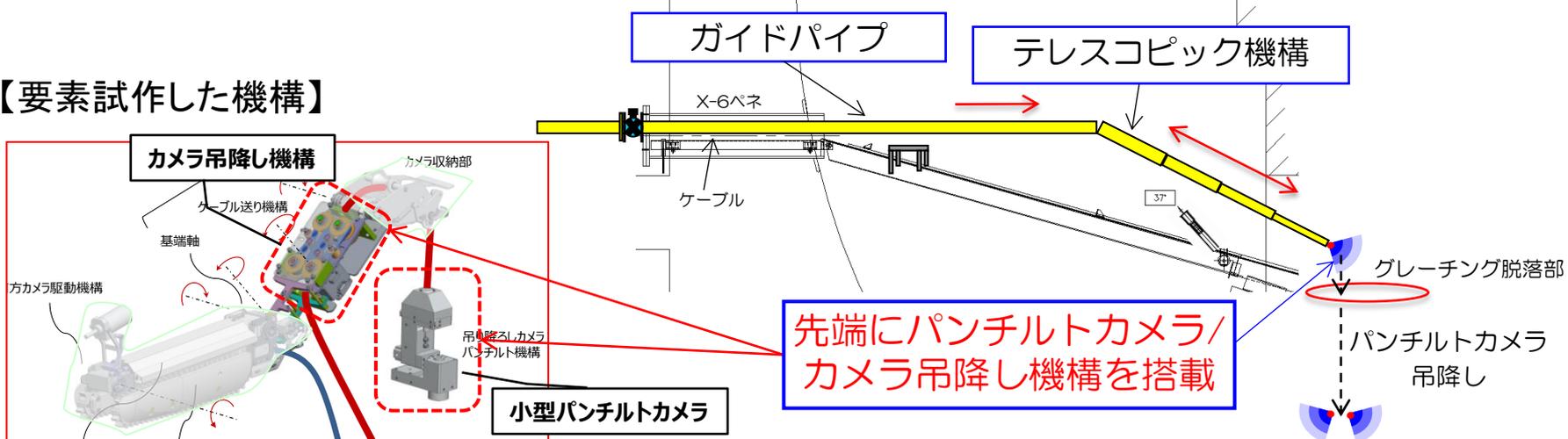
➤ペDESTAL内アクセス方式

- ・ 自走式装置よりも確実なガイドパイプ方式(A2調査のペDESTAL内事前確認装置の改良型)を採用し装置の設計を進める。
- ・ (i)で要素試作の実績がある小型パンチルトカメラ/カメラ吊降し機構の設計を流用して効率的に開発を進める。

➤CRDプラットフォーム下へのアクセス箇所

確認されたグレーチングの脱落部よりCRDプラットフォーム下にアクセス

【要素試作した機構】



3.3-1 3号機(ペDESTアル内調査)の調査装置の開発

(1) 調査概要

X-53ペネからPCV内へ進入し、水中でCRDレーン上を移動して、ペDESTアル内部の状況を確認する。

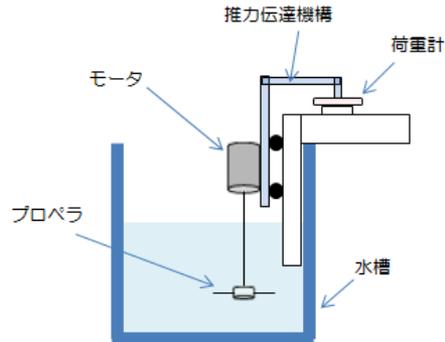
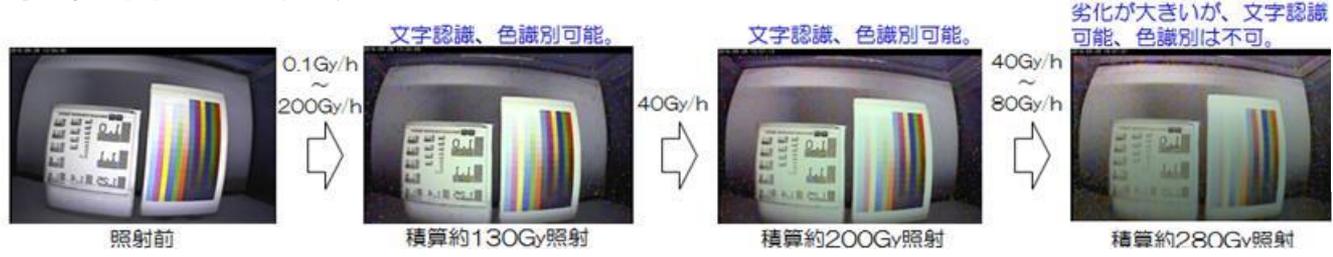
(2) 本事業での実施範囲及び進捗状況

(i) 調査計画を以下の通り立案した。

CRDプラットフォーム上、CRDハウジング下端水中ROV引掛かりのリスクが低いと考えられるプラットフォーム上、CRDハウジング下端の調査を行い、ペDESTアル内の損傷状況の確認を行うとともに、ペDESTアル地下階へのアクセスルート有無の確認を行う。

(ii) 開発課題として、PCV内のアクセス性、視認性、装置回収不可時の対策等課題を抽出し開発計画に反映。

(iii) スラスタ推進力測定や照射試験等の要素試験を実施し、開発計画に反映



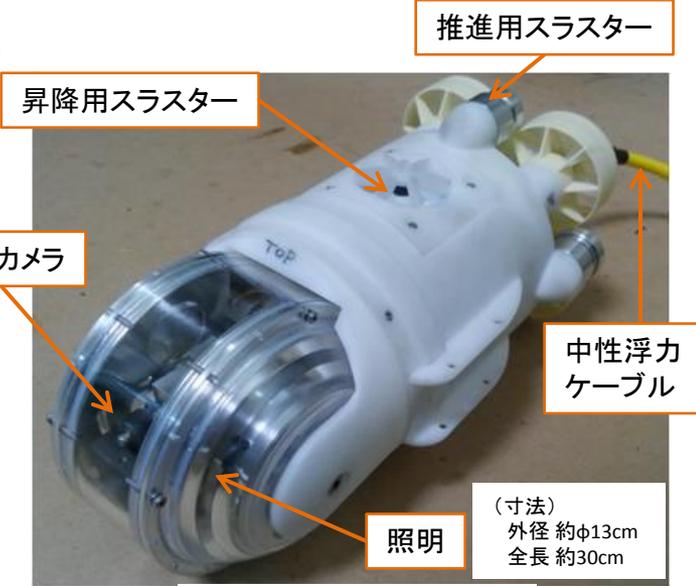
3.3-2 3号機(ペDESTアル内調査)の調査装置の開発

(2)本事業での実施範囲及び進捗状況(つづき)

(iv)水中を遊泳可能な装置試作中(右図)

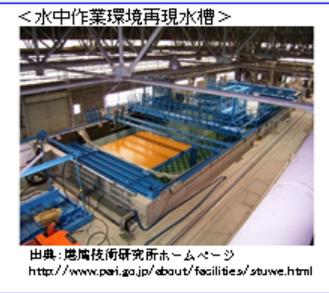
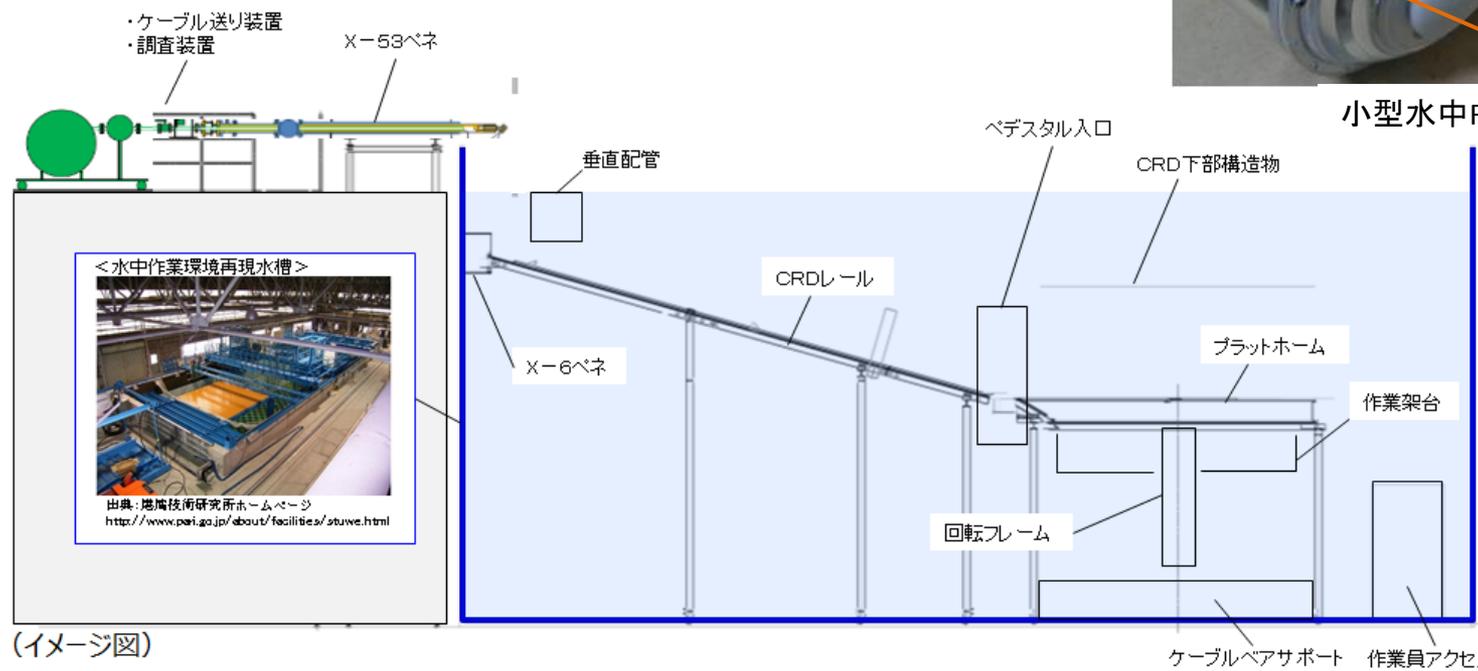
(v)水中ROV遊泳試験計画を立案

PCV内構造物の実物模擬体を用いた検証試験
を実施予定



小型水中ROV写真(*1)

*1: 水中ROVに浮力体を付けていない状態での写真です。

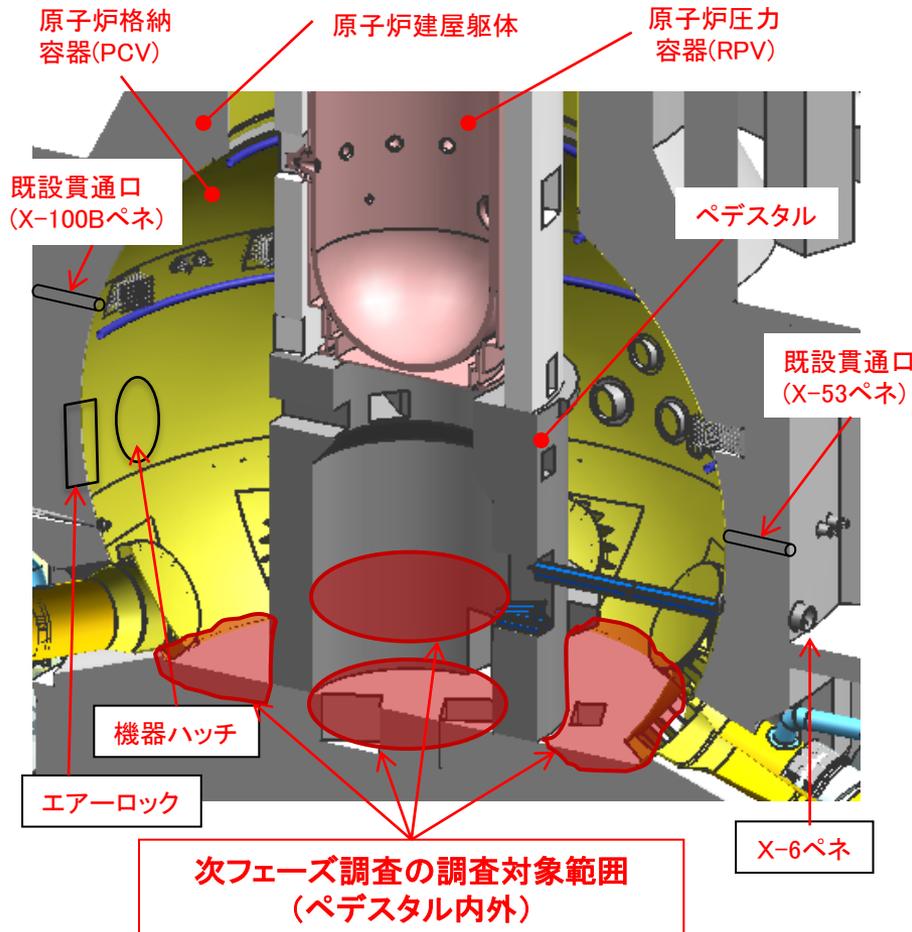


(イメージ図)

3.4-1 調査計画・開発計画(1/4):最新ニーズによる調査項目

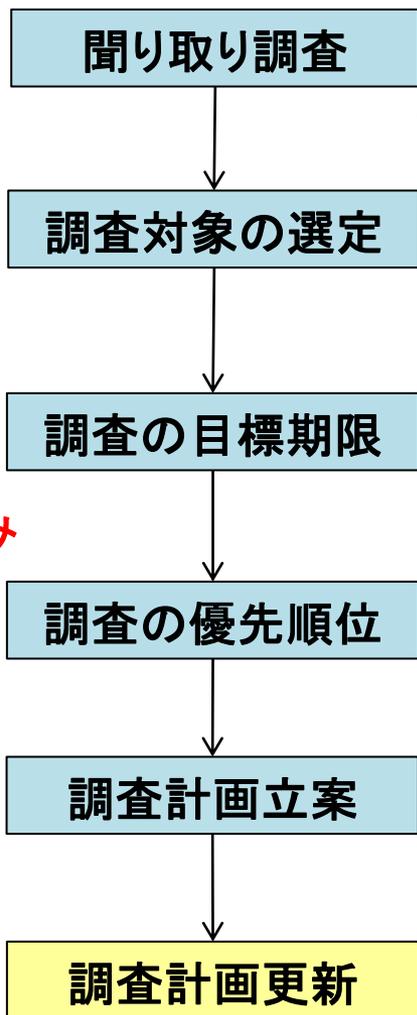
(1) 目的: デブリ取出しに向けて差し迫っている「デブリ取出し工法確定」や「取出し装置等の詳細設計」に資する情報取得

(2) 実施時期: 18年度



次フェーズPCV内部調査の調査項目【次頁のニーズ表から抽出】	
ペDESTAL内外のデブリの分布	ペDESTAL外へ流出した燃料デブリ分布 (厚さ、広がり)
	ペDESTAL内の燃料デブリ分布 (厚さ、広がり)
	地下階の燃料デブリの冷却状態 (気中露出部の有無) 2号機のみ
シェルアタックの有無	シェルアタックの状況、漏洩範囲
デブリによる浸食深さ/事故時の熱履歴 コンクリート強度	ペDESTAL壁面の浸食深さ
	ペDESTAL内外壁の割れ・剥離
CRD系の状態	CRD系の損傷状態 (CRDハウジングの脱落、冷却水の滴下)

3.4-2 調査計画・開発計画(2/4):【参考】ニーズ分析表

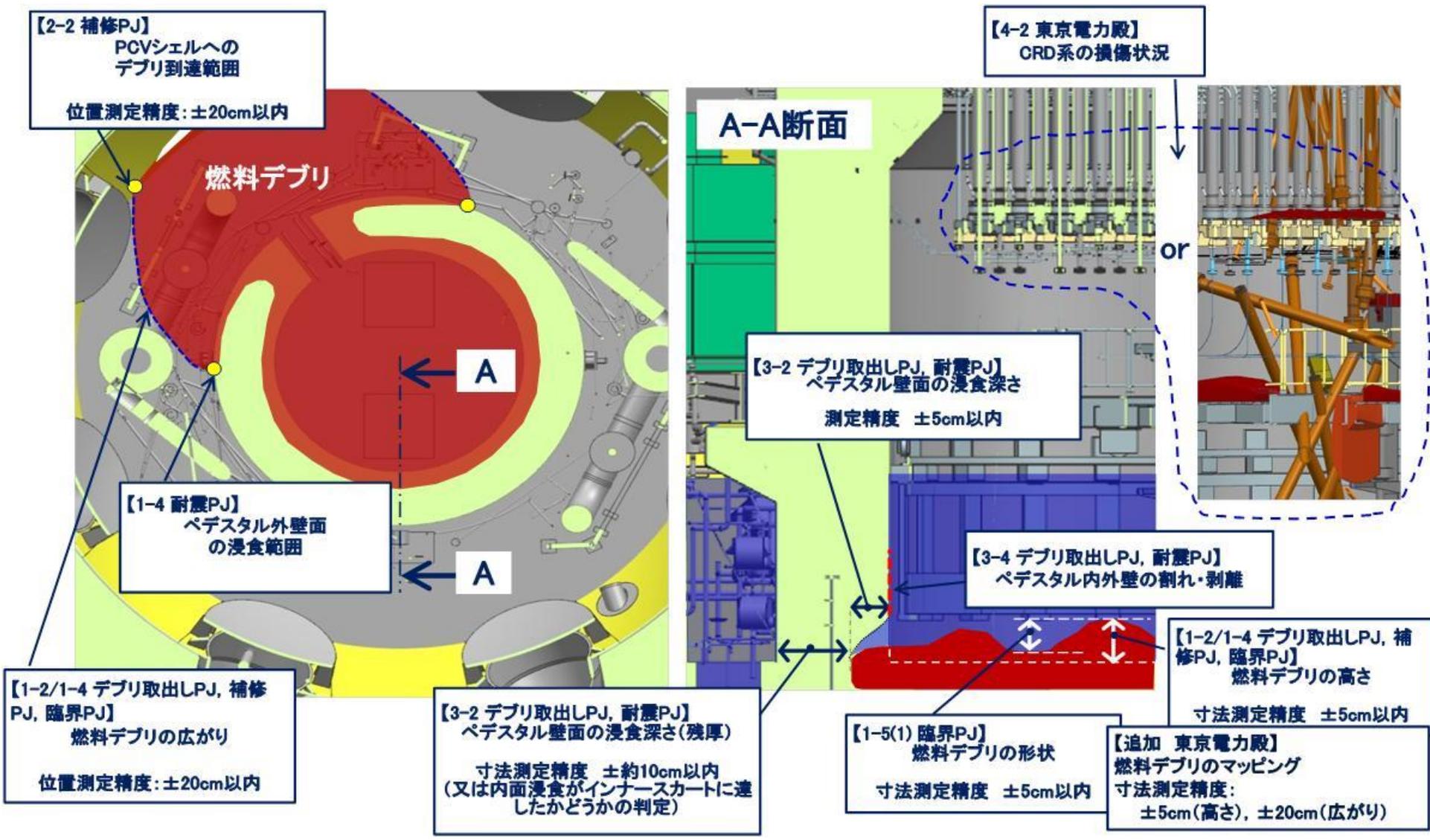


絞込み

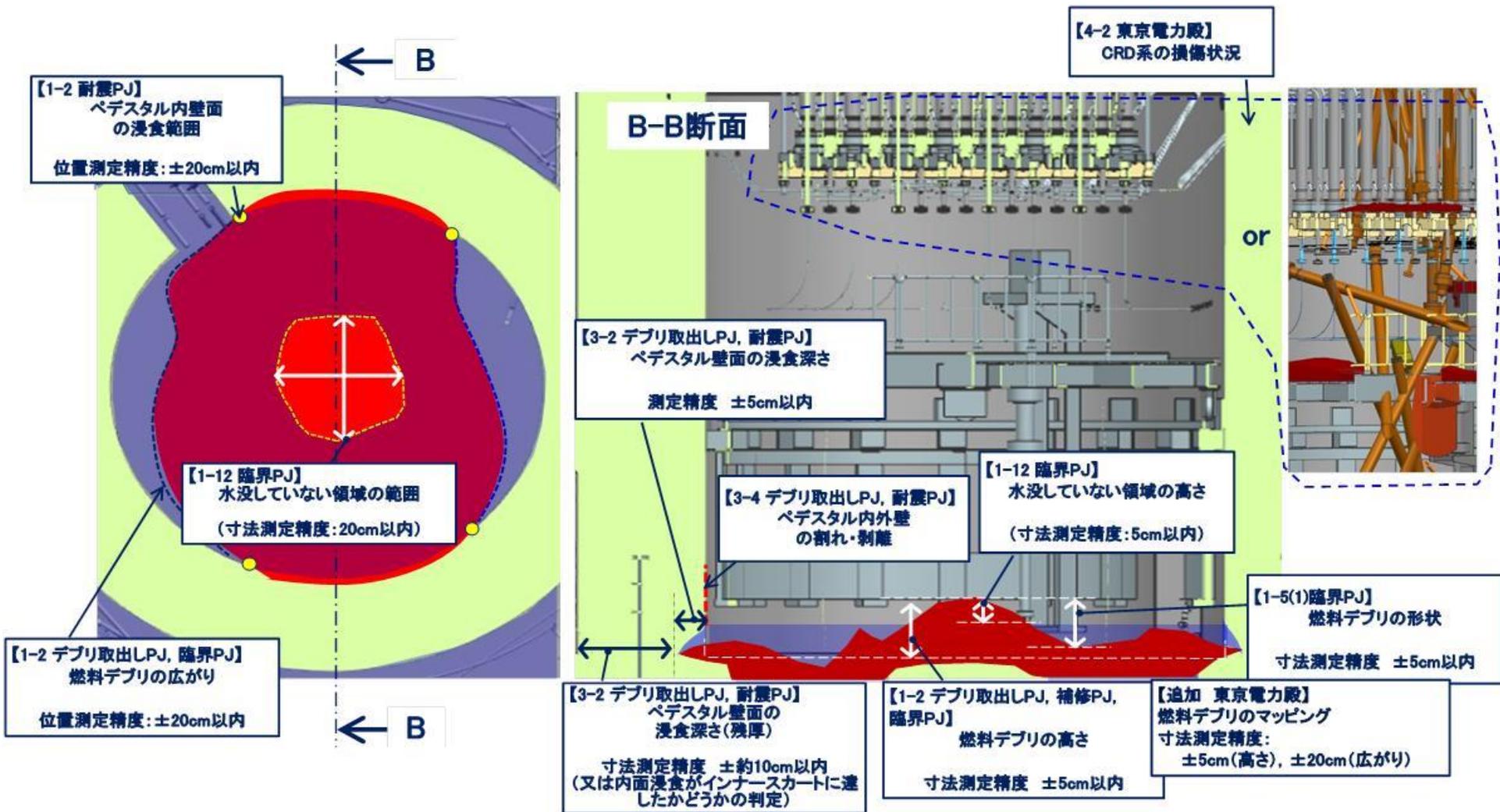
前頁⑱の表

調査対象	調査項目	調査方法	調査期間	調査担当者	調査結果	調査費用	調査リスク	調査効果	調査評価
調査対象1	調査項目1	調査方法1	調査期間1	調査担当者1	調査結果1	調査費用1	調査リスク1	調査効果1	調査評価1
調査対象2	調査項目2	調査方法2	調査期間2	調査担当者2	調査結果2	調査費用2	調査リスク2	調査効果2	調査評価2
調査対象3	調査項目3	調査方法3	調査期間3	調査担当者3	調査結果3	調査費用3	調査リスク3	調査効果3	調査評価3
調査対象4	調査項目4	調査方法4	調査期間4	調査担当者4	調査結果4	調査費用4	調査リスク4	調査効果4	調査評価4
調査対象5	調査項目5	調査方法5	調査期間5	調査担当者5	調査結果5	調査費用5	調査リスク5	調査効果5	調査評価5
調査対象6	調査項目6	調査方法6	調査期間6	調査担当者6	調査結果6	調査費用6	調査リスク6	調査効果6	調査評価6
調査対象7	調査項目7	調査方法7	調査期間7	調査担当者7	調査結果7	調査費用7	調査リスク7	調査効果7	調査評価7
調査対象8	調査項目8	調査方法8	調査期間8	調査担当者8	調査結果8	調査費用8	調査リスク8	調査効果8	調査評価8
調査対象9	調査項目9	調査方法9	調査期間9	調査担当者9	調査結果9	調査費用9	調査リスク9	調査効果9	調査評価9
調査対象10	調査項目10	調査方法10	調査期間10	調査担当者10	調査結果10	調査費用10	調査リスク10	調査効果10	調査評価10

3.4-3 調査計画・開発計画(2/4):1号機の調査内容



3.4-4 調査計画・開発計画(3/4):2号機の調査内容

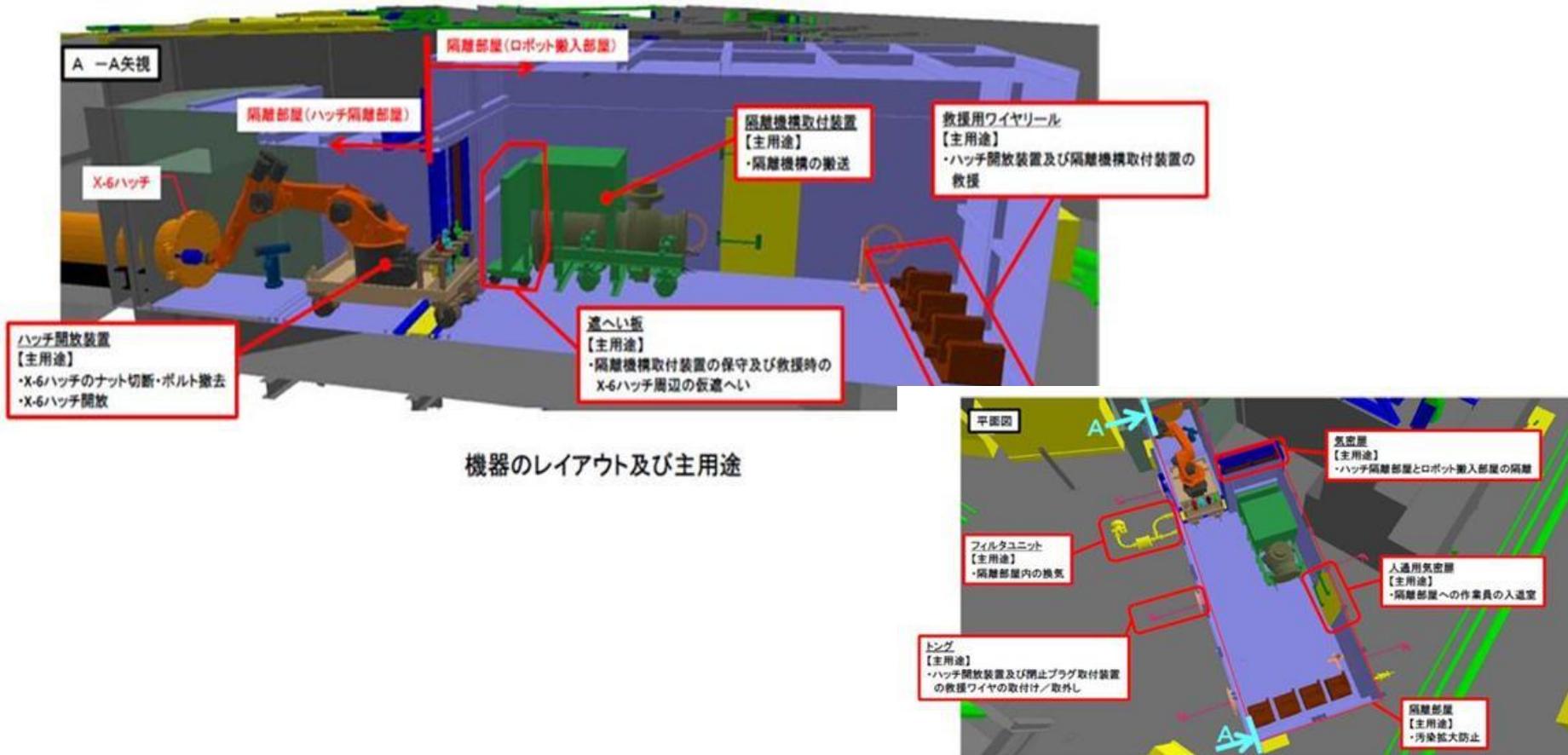


3.5-1 アクセスルート構築(1/4):アクセスルートの候補検討

		X-1ペネ (機器ハッチ)	X-2ペネ (エアロック)	X-6ペネ (CRD交換ハッチ)
最大想定ルート径		大口径	約30cm	約50cm
アクセス性 記号の意味 ○:直接アクセス可 △:直接アクセス不可	ペDESTAL内	△(ペDESTAL外から内部へアクセス)	△(ペDESTAL外から内部へアクセス)	○(ペDESTAL内部へ直接アクセス)
	ペDESTAL外	○	○	○
18年度の調査を想定した場合のルート構築の実現性 記号の説明 ○:2018年度の調査間に合う可能性があり、検討中 △:技術的課題が大きく開発に時間を要し、実現性は低いと判断	1号機	△ 作業エリア; ~3mSv/h 湾曲した面の溶接、遮へいブロック撤去などの開発に時間を要する	○(候補) 作業エリア; ~3mSv/h (HPCI室境界への遮へい設置後) 技術的課題が明確で、概念設計実施中	○(候補) 作業エリア: >50mSv/h Case-1: 2号機並みに線量低減し、2号機のルート構築技術を有効活用 Case-2: フル遠隔によるルート構築 技術的成立性検討済
	2号機	△ 作業エリア; ~7mSv/h 湾曲した面の溶接、遮へいブロック撤去などの開発に時間を要する	△ 作業エリア; ~30mSv/h 凹凸面でのバウンダリ構築などの開発に時間を要する	○(候補) 作業エリア: ~5mSv/h 遠隔化/遮へい等の対策を検討し、概念設計済

3.5-2 アクセスルート構築(2/4):2号機アクセスルート検討(X-6ペネ)

X-6ペネのサイズをもっとも有効に利用できる工法としてハッチ開放を採用。H27年度までに要素試作した実績をもとに、H28年度は実機装置の詳細設計と要素試験を実施し、実機製作を開始した。なお、H29年度は実機装置の完成、単体組合せ試験、フィードバック（試験結果およびA2調査）を実施予定。

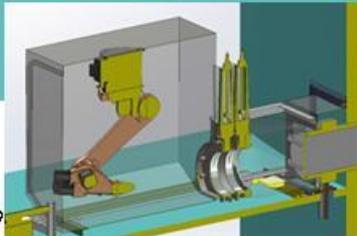
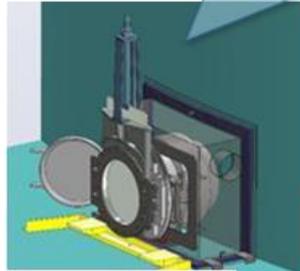
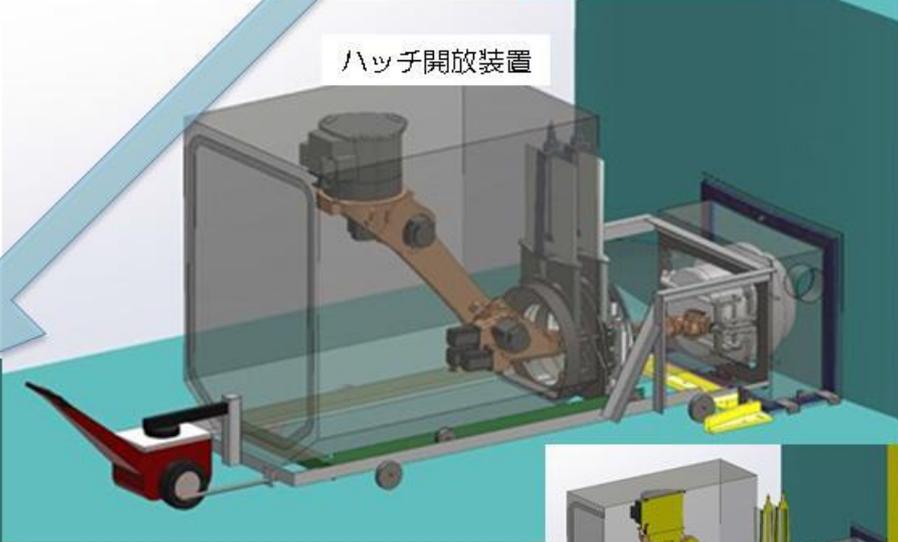
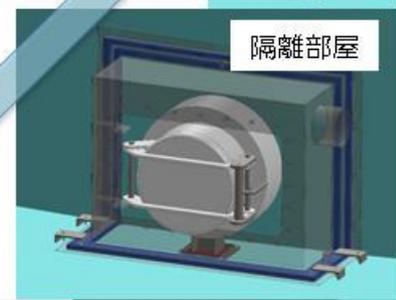
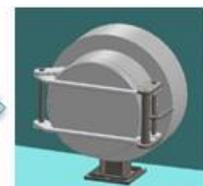


3.5-3 アクセスルート構築(3/4):1号機アクセスルート検討(X-6ペネ)

2号機に適用する隔離弁設置工法・技術を有効に利用しつつ、1号機X-6ペネ周辺への環境線量を考慮して、遠隔で実現できる工法・技術を開発する。

<遠隔で実施する作業項目>

- 1) 干渉物（遮蔽リング等）の撤去
- 2) ペネスリーブの閉止
- 3) 隔離部屋の設置
- 4) ハッチ開放装置の設置
- 5) X-6ハッチの開放
- 6) ハッチのシールとして使用していたOリングの撤去
- 7) ペネ内の遮蔽体の処理（切削・撤去）
- 8) シール面の清掃
- 9) 隔離弁の設置
- 10) ハッチ開放装置の撤去
- 11) 調査、サンプリング
- 12) ペネ開口の閉止
- 13) 隔離部屋の撤去



隔離弁設置状態

注) 本図では遮蔽リング撤去を省略している

3.5-4 アクセスルート構築(4/4):1号機アクセスルート検討(X-2ペネ)

- 新バウンダリ部の範囲: 隔離弁～延長管/エアロック外扉接続部(耐圧11kPa, 図1参照)
- 新バウンダリ接続部の構造: 機械締結(メタルリング: 図1参照)
- 地震対策: 隔離弁と床面をアンカーで固定
- 最大ルート径: 約0.3m(図2参照)
- ルート数: 3箇所(350A、250A、200A: 図2参照)

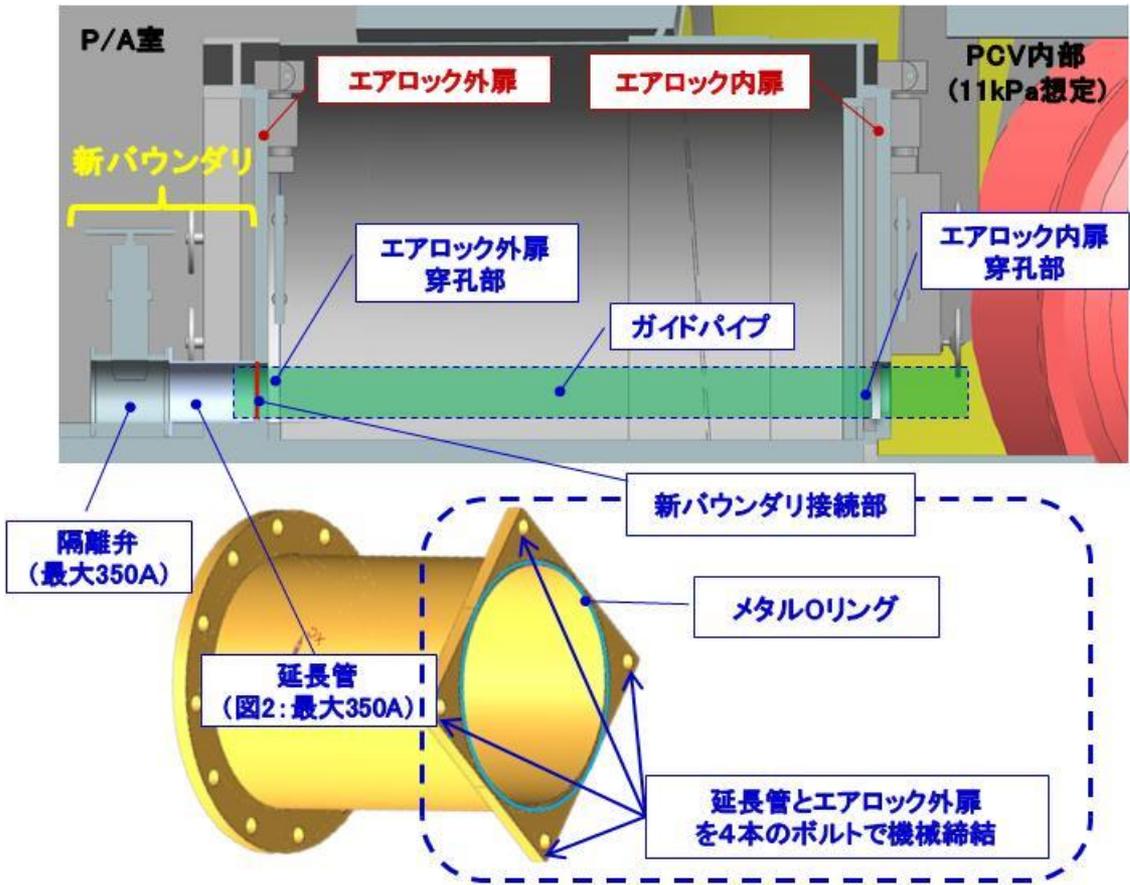


図1 PCV内アクセスルート(X-2ペネ)の基本構造

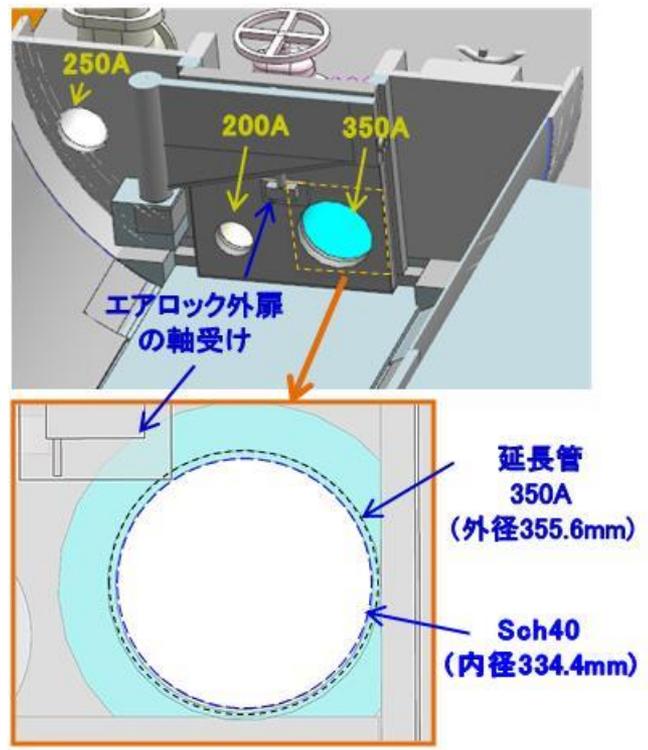
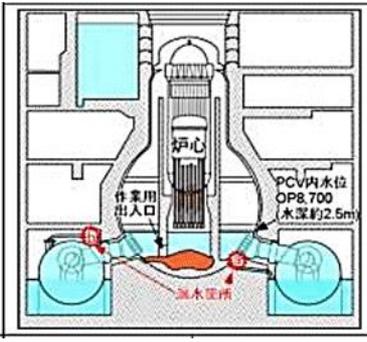
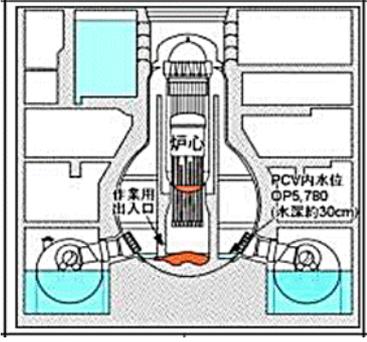
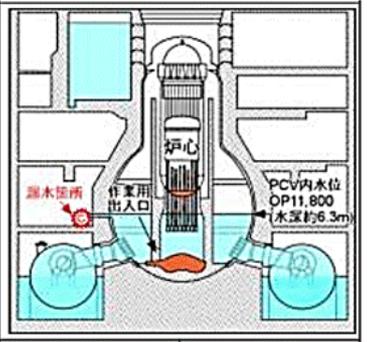


図2 エアロック外扉に設置可能な最大配管口径

3.6-1 計測装置等の開発計画(1/3):アクセス装置候補選定

(#)

号機毎の格納容器の特徴(*1)		1号機	2号機	3号機
				
地下階 の状況	燃料デブリの分布(*1)	ほぼ全量が下部プレナムに落下し、RPV ペDESTAL外側にも移行している	大部分が下部プレナムに落下し、RPV ペDESTAL外側への移行の可能性があるが、その程度は小	大部分が下部プレナムに落下し、RPV ペDESTALへの移行の程度は、1号機と2号機の間
	水位(*1)	約2.5m	約0.3m	約6.3m
	温度	10~40℃	10~40℃	10~40℃
	湿度	100%(推定)	100%(推定)	100%(推定)
	雰囲気空間線量率	水中 0.5Sv/h	気中30~100Gy/h(*3)	水中0.3Gy/h
	燃料デブリの表面線量率	~300Gy/h	100~400Gy/h(*3)	100~300Gy/h
	視程	水中1~2m程度	気中1~2m程度	水中1~2m程度
	その他	浮遊性堆積物が沈殿	霧	浮遊性堆積物が沈殿
調査時の地下階アクセス範囲		ペDESTAL内外	ペDESTAL内(*2)	ペDESTAL内(*2)
想定される地下階アクセス装置		水中遊泳型、アーム伸縮型	床面移動型、アーム伸縮型	水位調整計画と3号機調査を踏まえ別途検討

*1: 原子力損害賠償・廃炉等支援機構HP2016.7.20「東京電力ホールディングス(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2016」より引用

*2: A2/A2' 調査または3号機調査でペDESTAL外へのデブリ流出の可能性を判断した場合見直し

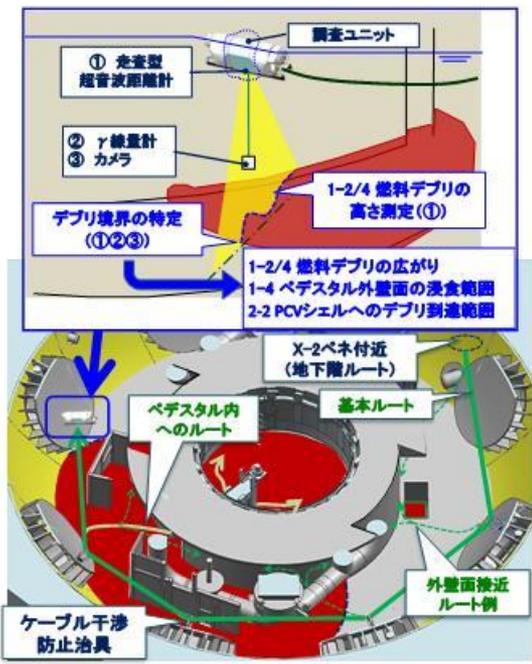
*3: A2/A2' 調査の結果を以て見直し要

3.6-2 計測装置等の開発計画(2/3):アクセス装置候補概要

<#>

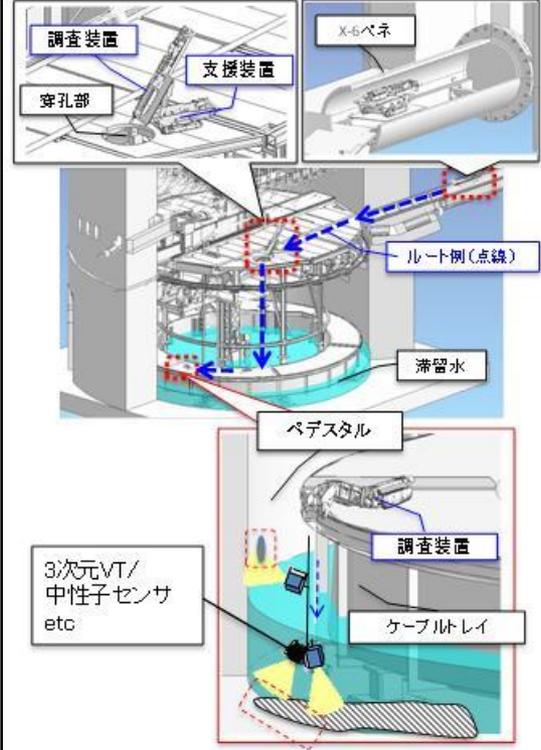
説明図

水中遊泳型(X-2ペネ利用)



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)
外形	直径約25cm×全長約60~110cm
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))

床面移動型(X-6ペネ利用)



外形	高さ約29cm以内 幅約33cm以内
搭載重量	調査装置:約1kg以下 支援装置:約5kg以下

アーム型(X-6ペネ利用)



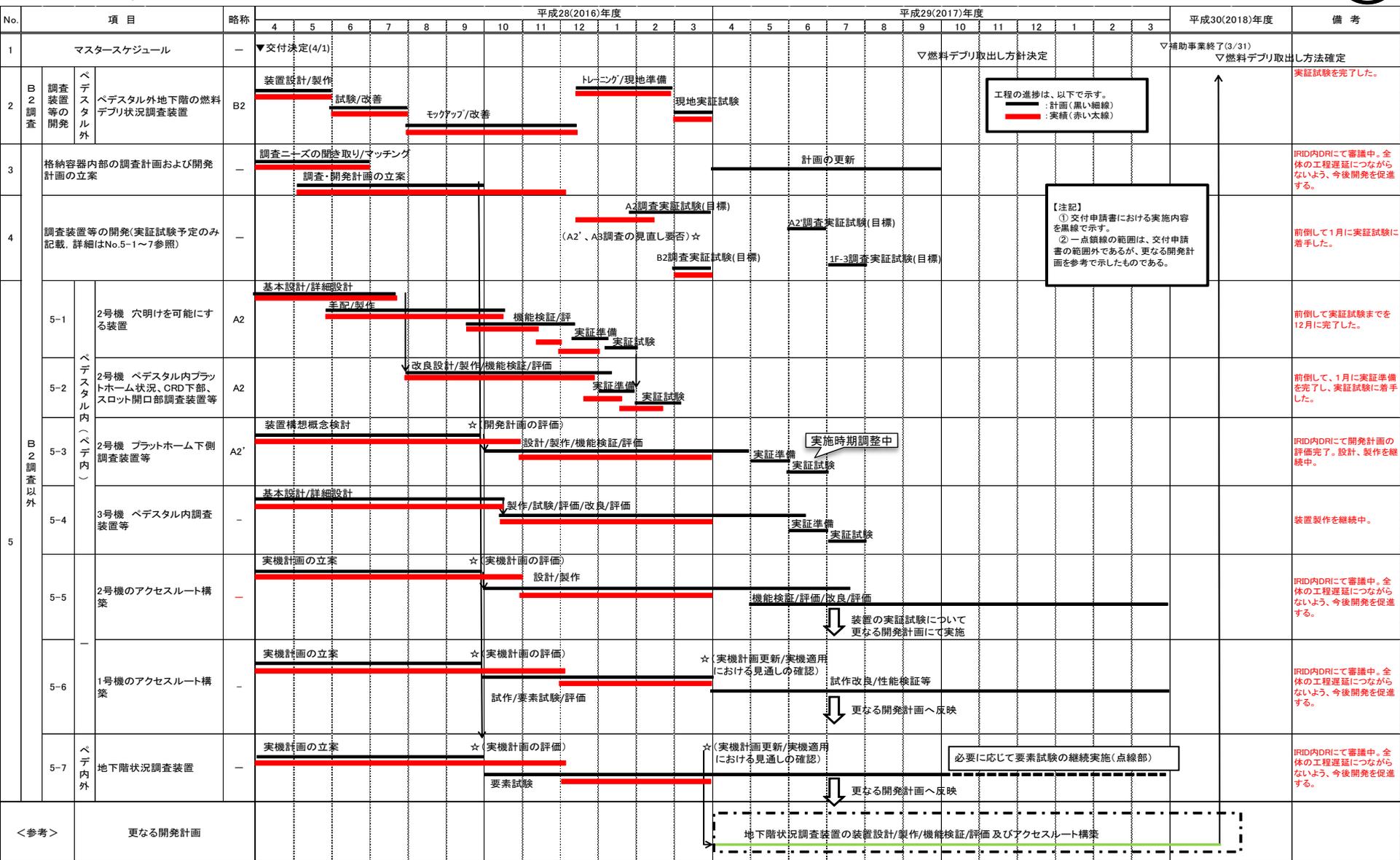
耐放射線性	100~3,000 Gy/h (積算:100kGy)
アーム部外形	全長24m, 断面 130mm×400mm
搭載質量/反力	50kg/450N
精度	約20mm (繰り返し再現性あり)

3.6-3 計測装置等の開発計画(3/3):計測技術組合せ検討

表 アクセス装置・計測技術の適合の可能性

計測技術の分類		計測技術の候補		アクセス装置・計測技術の適合の可能性 (記号:○可能性有、△現時点の情報で判断困難、×可能性低)			備考
				水中遊泳型	床面移動型	アーム型	
寸法・距離・形状測定	・燃料デブリの高さ ・ペDESTAL壁面の浸食深さ ・ペDESTAL壁面の浸食深さ(残厚)又は内面側の浸食がインナースカートに到達したかどうかの判定)	気中用 (2号機のみ)	レーザー光切断法	- (気中部での計測は対象外)	△ (重量(約5kg以下)/サイズによる)	○	
			三次元VTカメラ	- (気中部での計測は対象外)	○	○	
		水中用	超音波法	× (センサ部の長時間姿勢保持困難)	△ (重量(約5kg以下)/サイズによる)	○	
			走査型超音波距離計	○	△ (重量(約5kg以下)/サイズによる)	○	
			衝撃弾性波	○	△ (重量(約5kg以下)/サイズによる)	○	
目視・表面観察	カメラ	○	○	○	市販品		
	水鏡カメラ	○	△ (重量(約5kg以下)/サイズによる)	○			
γ線量率測定	γ線量計	○	○	○	A2/B2開発済		
	γカメラ	△ (センサ姿勢保持時間/サイズによる)	△ (重量(約5kg以下)/サイズによる)	○			
デブリ由来の放射線計測	放射能核種分析	CdTe半導体検出器	○	△ (重量(約5kg以下)/サイズによる)	○		
	γ線エネルギー帯識別	デブリ識別装置	△ (センサ姿勢保持時間/サイズによる)	△ (重量(約5kg以下)/サイズによる)	○		
	中性子検出	中性子検出器	○	○	○		

4. 実施工程



5. 目標達成を判断する指標の達成状況

実施内容	平成28年度目標達成指標	達成状況	課題
「特定部位へのアクセス・調査装置及びシステムの開発」及び「現地実証」	1号機を対象としたペDESTAL外調査 装置の設計/製作を行い、モックアップ体による機能検証の完了、現地実証試験の実施	[目標達成] ・機能検証を完了し、現地実証試験を実施	—
	2号機を対象としたペDESTAL内調査 ・A2調査の完了 ・A2' 調査の計画立案、A2' 調査装置の概念設計の完了、詳細設計の実施、要素試作の完了	[目標達成] ・A2調査の完了 ・A2' 調査/開発計画の立案、詳細設計の実施、要素試作の完了	・A2調査結果のA2' 調査および開発計画へのフィードバック
	3号機を対象としたペDESTAL内調査 ・燃料デブリ取出し方針決定に資する情報を取得するため、ペDESTAL内調査装置について、調査計画の立案、装置の設計・試作を実施	[目標達成] ・調査計画の立案 ・装置の設計完了	・ペDESTAL内の障害物を避けるなどの遊泳試験、および習熟訓練
「調査計画・開発計画の立案・更新」	調査計画・開発計画 最新の現場状況を踏まえ具体化・更新する。また、燃料デブリ取出し方針決定や方法確定に資する調査ニーズを反映し調査・開発計画を立案する	[目標達成] ・燃料デブリ取出しに関連するニーズ元に対して最新ニーズを聞き取りし、それを分析して調査項目に落とし込み、調査計画・開発計画を立案	最新の現場状況やニーズによる見直しの実施
	2号機アクセスルートの構築 最新の現場状況を踏まえ、実機適用計画を立案し、新規ハンダリを構築するための装置の機能検証を完了	[目標達成] ・X-6ペネについて、最新の状況を踏まえて、実機適用計画を立案	立案した実機適用計画に基づいて、機能検証の早期計画立案
	1号機アクセスルートの構築 最新の現場状況を踏まえ、基本計画を立案する	[目標達成] ・2つのルート候補(X-2,X-6ペネ)について検討を行い、先行する2号機での技術の活用も考慮し基本計画を立案	立案した基本計画に基づいて、早期の具体化設計の実施
	計測装置等の開発計画 次フェーズの内部調査も視野に入れ、号機毎または共通してニーズに対応する開発が必要な要素技術を抽出・整理し、既存技術と比較検討した上で要素試験を含め開発計画を立案する	[目標達成] ・上記の調査計画に基づいて、必要なアクセスルート構築・アクセス装置・計測技術の検討を実施し、そこで必要な要素技術を抽出・整理し、既存技術も含めて要素試験を実施	要素試験結果に基づいて、早期の具体化設計の実施

6.研究開発の運営等

①中長期的視点での人材育成

- (実績) ・技術開発において、各社の若手を登用、討議を経験させることで技術レベルの向上と技術伝達を実施。
- ・東大、東北大、京大、東工大、等の「廃炉人材育成プログラム」への協力。
 - ・「サイエンスアゴラ2016(11/5～6@都立産業技術センター)」、「ロボフェスタ福島2016(11/19@ビッグパレットふくしま)」等でのPR

②国内外の叡智の結集

- (実績) ・国内外の関連学会やWSで研究開発成果を公表し、学術関係者の意見を受けた。
- ・廃炉に向けた耐放射線性センサーに関する国際ワークショップ (4/19、いわき)

③情報発信の充実

(実績) 下記を通じて、実施内容、成果などについて、一般の人への情報発信に努めた。

- ・福島第一原発廃炉国際フォーラム(4月10日～11日、スパリゾートハワイアンズ)
- ・IRIDシンポジウム2016 (8月4日、東京大学)
- ・IRIDホームページでの研究開発成果進捗状況の公開(随時)



福島第一原発廃炉国際フォーラム



IRIDシンポジウム2016

7. まとめと今後の対応

(1) まとめ

ペDESTAL内外へのアクセス装置の開発およびこれらの現場実証試験を実施する最終ゴールに対し、以下の技術開発を実施した。特定部位へのアクセス・調査装置及びシステムの開発および現地実証の実施、さらに、次のフェーズの調査計画、開発計画の立案、および更新を実施した。具体的には、下記の成果を得た。

- ・1号機では、ペDESTAL外地下階調査(B2調査)の現地実証試験を実施し、水中映像、線量率分布情報を取得し、B2調査を完了した。
- ・2号機では、ペDESTAL内調査(A2調査)を実施し、CRDレール上の状況および、ペDESTAL内の画像データを取得した。得られたデータを各関係PJにフィードバックする。また、次のステップのA2'調査について、調査計画の立案と要素試作を完了した。今後、A2調査の結果を反映し、調査計画を改訂していく。
- ・3号機では、ペDESTAL内調査装置について、調査装置の構想・概念検討を実施した。
- ・次フェーズの調査計画・開発計画については、デブリ取出し関連のニーズ元から最新のニーズを聞き取り、それを反映して調査計画・開発計画の更新を行った。また、これに基づいて、アクセスルート構築・アクセス装置・計測技術の検討を実施し、必要な要素技術を抽出・整理し、既存技術も含めて要素試験を実施した。

(2) 今後の対応

2号機A2'調査、3号機調査は、現地実証に向けた対応を継続する。また、次フェーズPCV内部調査は、開発の更なる具体化・推進を実施する。