

廃炉に関する基盤研究を通じた創造的人材育成プログラム
-高専間ネットワークを活用した福島からの学際的なチャレンジ-
平成30年度 第1回研究報告会

IRID 研究開発の現状

平成30年8月27日

国際廃炉研究開発機構

(IRID)

開発計画部

奥住 直明

この成果は、経済産業省/廃炉汚染水対策事業費補助金の活用により得られたものです。

無断複製・転載禁止 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

IRIDの研究開発プロジェクト

1. プール燃料取り出しに係る研究開発

使用済燃料プールから取出した燃料集合体の長期健全性評価

2016.3終了

3. 廃棄物 対策に係る 研究開発

固体廃棄物の
処理・処分
技術

固体廃棄物の
先行的処理手法
技術

2. 燃料デブリ取り出しに係る研究開発

除染・線量低減技術

R/B内の
遠隔除染
技術

2016.3終了

<安定状態の確保>

RPV/PCVの
腐食抑制
技術

2017.3終了

RPV/PCVの
耐震性評価
手法

2018.3終了

燃料デブリ取り出し技術

<デブリ取り出し>

燃料デブリ・
炉内構造物取出
臨界管理
技術

燃料デブリ・
炉内構造物取出
**工法・
システム**

燃料デブリ・
炉内構造物取出
基盤技術

環境整備技術

PCV
漏えい箇所の
補修・止水
技術

2018.3終了

PCV内
水循環
技術

PCV
漏えい箇所の
補修技術の
実規模試験

2018.3終了

PCV内
水循環技術
実規模試験

内部調査・分析技術

<間接的調査>

RPV内
**燃料デブリ
検知**
技術

2016.7終了

総合的な
**炉内状況
把握**
の高度化

2018.3終了

<直接的調査>

PCV
内部調査
技術

2018.3終了

PCV
詳細調査
技術

PCV詳細調査
X-6^ハネ
実証

PCV詳細調査
堆積物
実証

RPV
内部調査
技術

燃料デブリ
サンプリング
技術

燃料
デブリ性状
把握・分析

燃料デブリ・
炉内構造物取出
基盤技術
**小型中性子
検出器**

燃料デブリ
**収納・移送
・保管**技術

目次

内部調査、燃料デブリ取り出し技術を中心として

I 今までに分かってきたこと

II 今後取り組むべきこと

①格納容器内部調査

ボート型アクセス装置

アーム型アクセス装置

②原子炉圧力容器内部調査

③デブリ取り出しに係る技術

目次

内部調査、燃料デブリ取り出し技術を中心として

I 今までに分かってきたこと

II 今後取り組むべきこと

①格納容器内部調査

ボート型アクセス装置

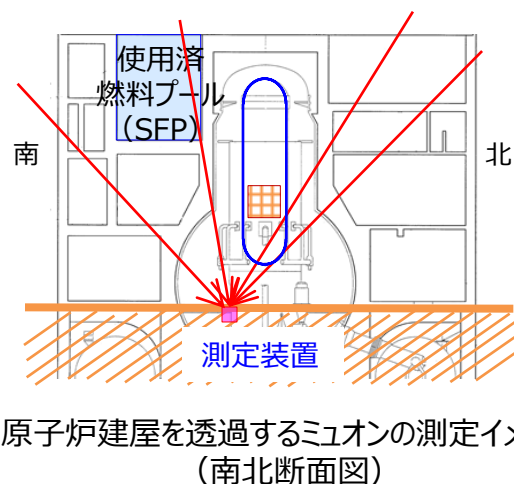
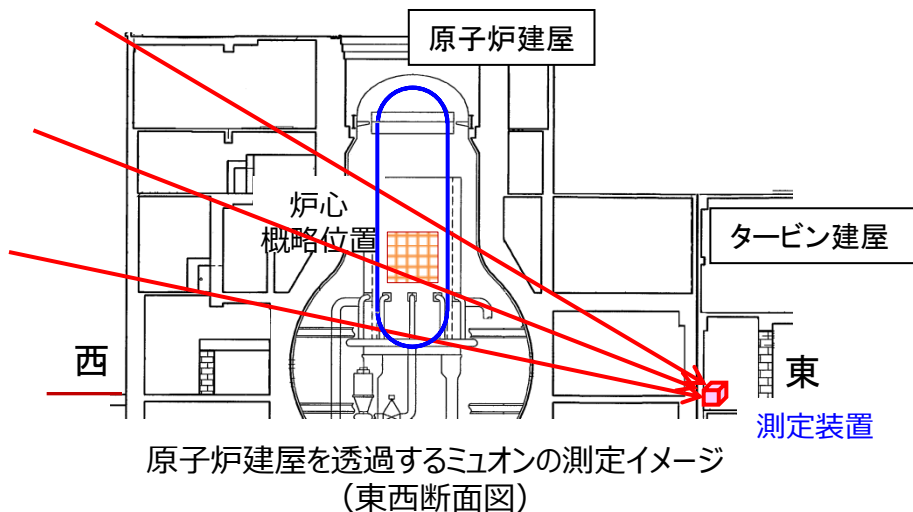
アーム型アクセス装置

②原子炉圧力容器内部調査

③デブリ取り出しに係る技術

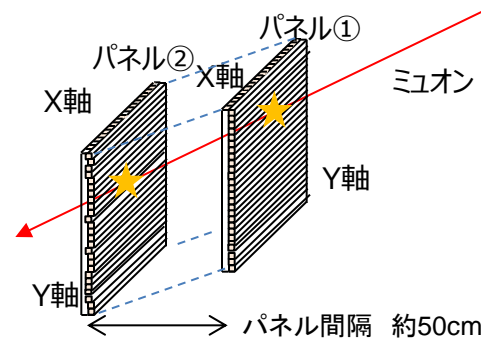
ミュオン透過法による測定

- ミュオンは、宇宙から飛来する放射線が大気と衝突する過程で発生する二次的な宇宙線。エネルギーが高く、物質を透過しやすい。
- 原子炉建屋を透過するミュオン数を測定し、その透過率から原子炉压力容器内の燃料デブリ分布をレントゲン写真のように撮影。（高密度の物質ほど透過しにくく、暗い影になる）



<ミュオン透過法測定装置の計測原理 (イメージ)>

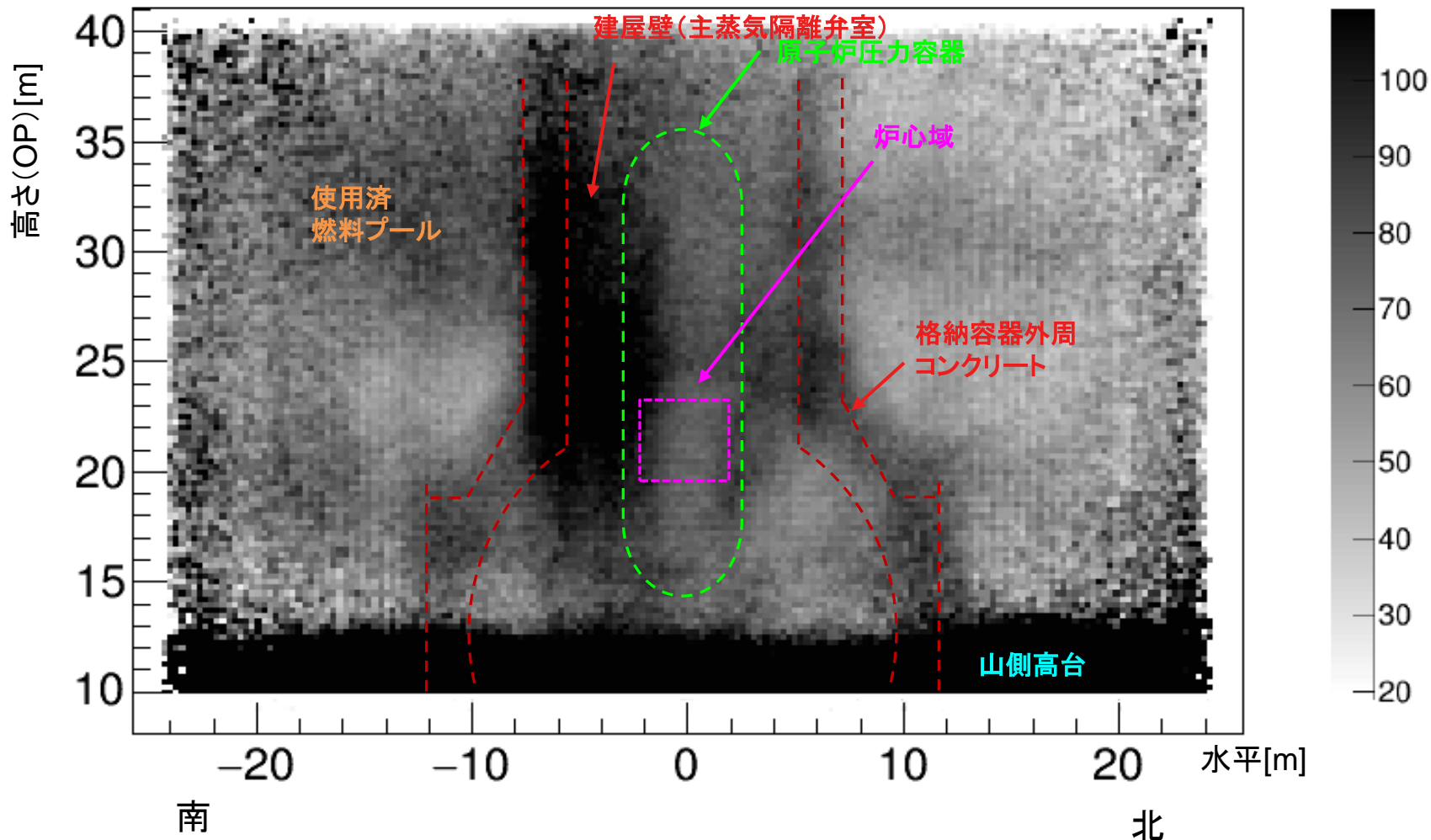
上空から飛来するミュオンを装置内部に配置した2枚のパネル検出器 (プラスチックシンチレータ) で検知し、通過したパネルの座標からミュオンの軌跡を算出。



3号機ミュオン透過法測定結果

(2017年9月8日時点)

密度長
(g/cc・m)



PCV内部のロボット等による調査

ペDESTル外側の調査（1号機）

○形状変化型ロボット（B2調査）



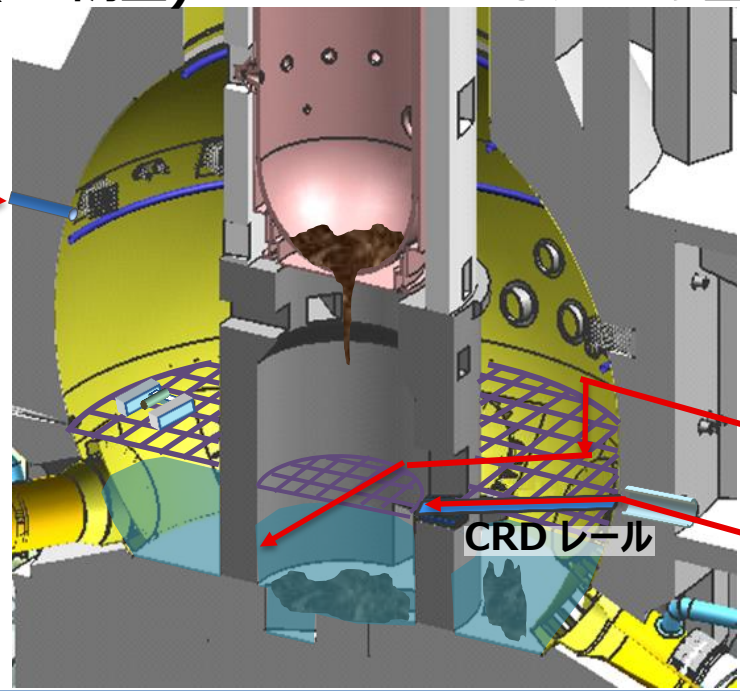
変形



（注）上の写真はB1調査時のロボットです。

ペDESTル内側の調査（2号機）

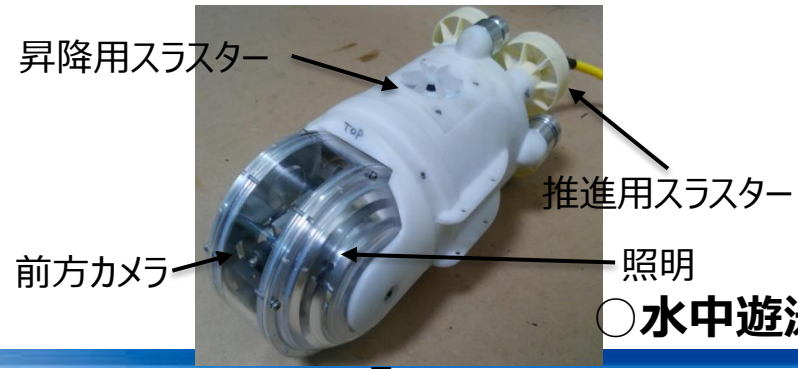
○クローラ型遠隔調査ロボット（A2調査）



○釣りざお型調査装置（A2'調査）

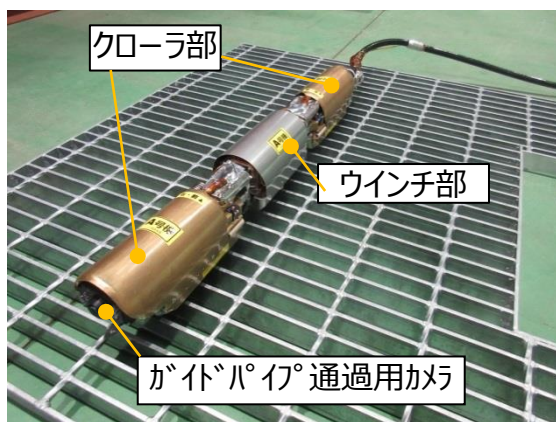


ペDESTル内側の調査（3号機）

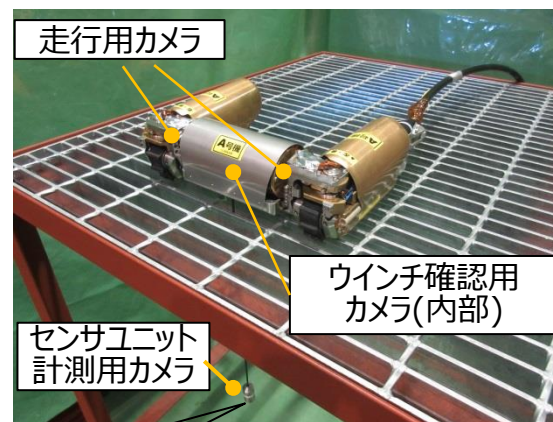


1号機 B2 調査ロボット「PMORPH (ピーモルフ)」

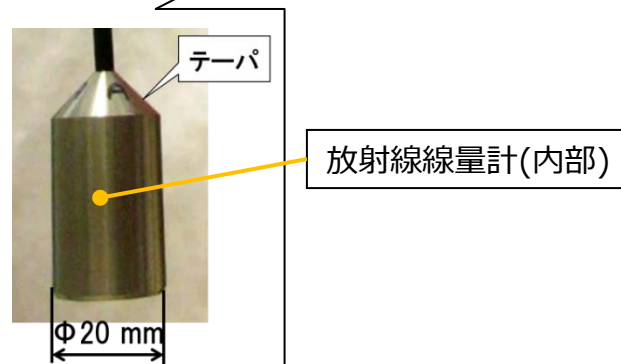
本体寸法	ガイドパイプ走行時：長さ699mm×幅72mm×高さ93mm グレーチング走行時：長さ316mm×幅286mm×高さ93mm
センサユニット寸法	幅20mm×高さ40mm ケーブル：長さ3.5m
重量	約10kg
スペック	カメラ×5、放射線線量計×1
耐放射線性	約1000Sv以上



I型(ガイドパイプ通過時)



II型(平面走行時)



1号機 各調査ポイントの放射線量と画像

3/18 (土)

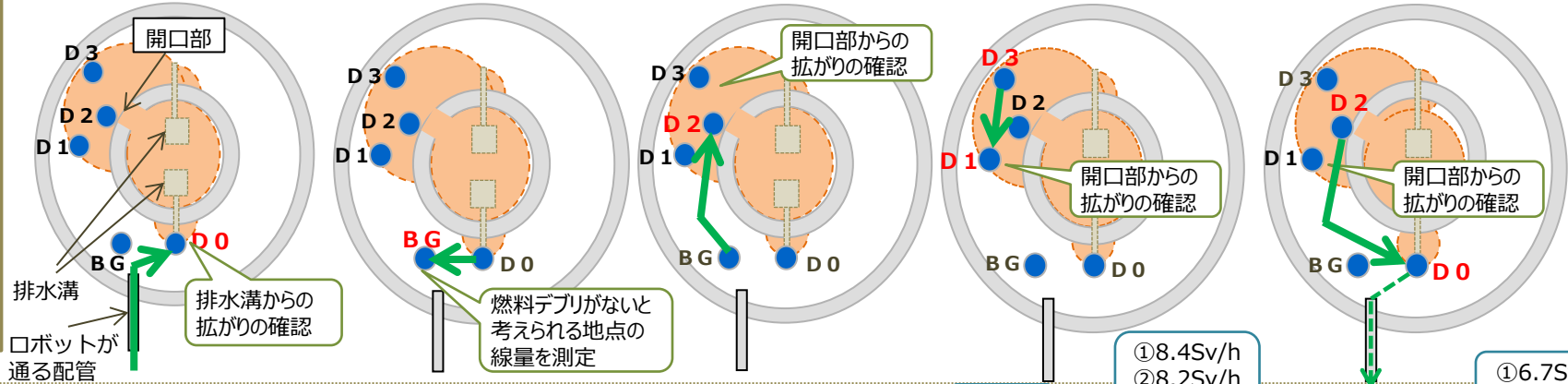
3/19 (日)

3/20 (月)

3/21 (火)

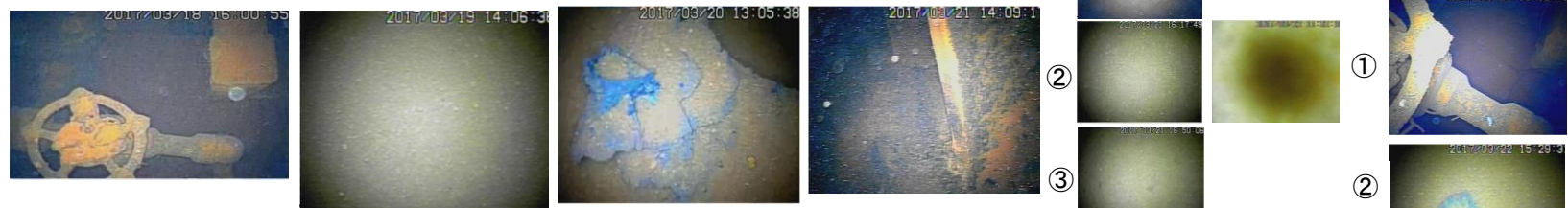
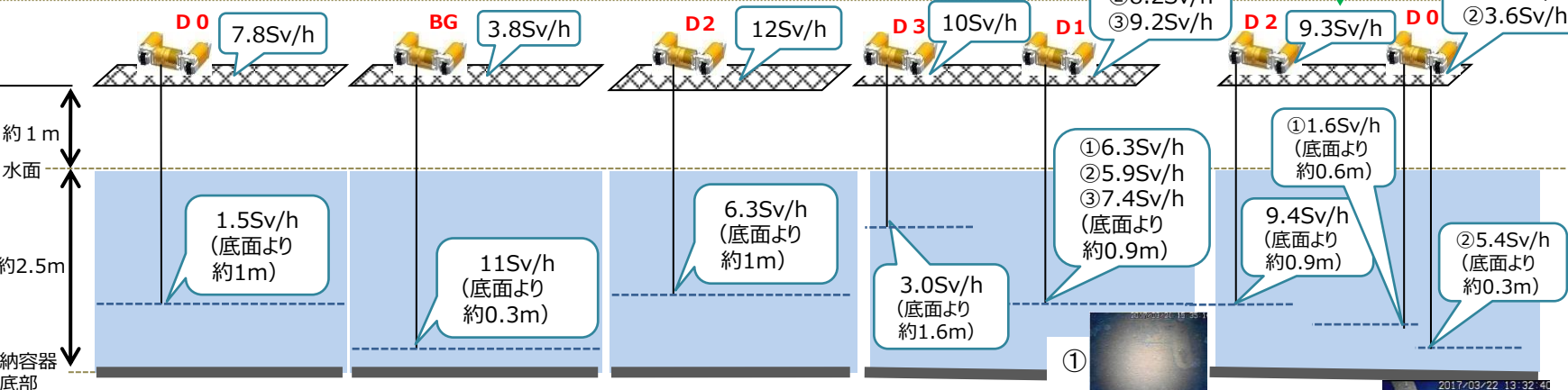
3/22 (水)

調査地点と調査の狙い
(平面図)



1階↑
地下階↓

調査結果
(断面図)



● 調査ポイント ← 調査経路 ○ 燃料デブリの拡がりイメージ (シミュレーションの一例)

※調査中の敷地境界における線量は、約0.5~2μSv/hで変化なく、周辺環境への影響は生じていない。
 ※放射線量・底面からの距離は、今後評価予定。
 ※1階部分の放射線量は前回(2015年4月)の測定値(4.1~9.7Sv/h)と同程度

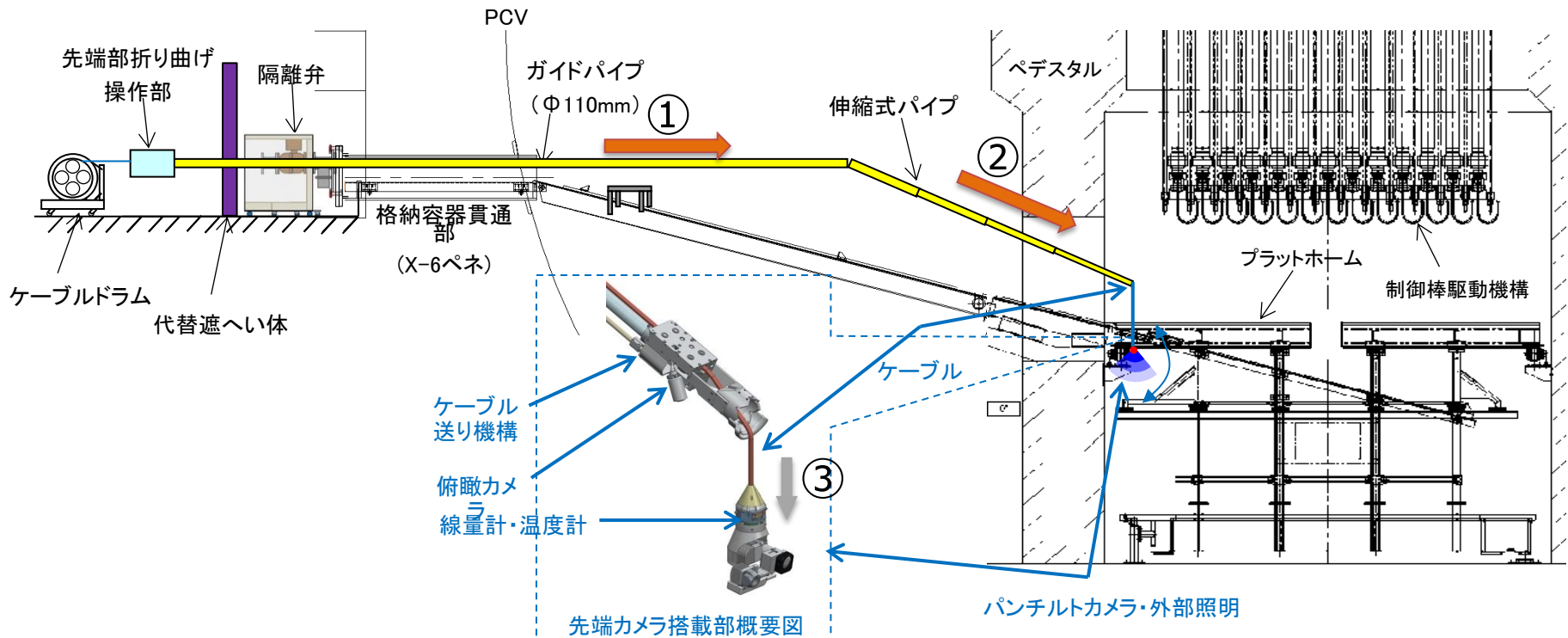
2号機 ペDESTAL内下部調査 (A2'調査)

■調査内容

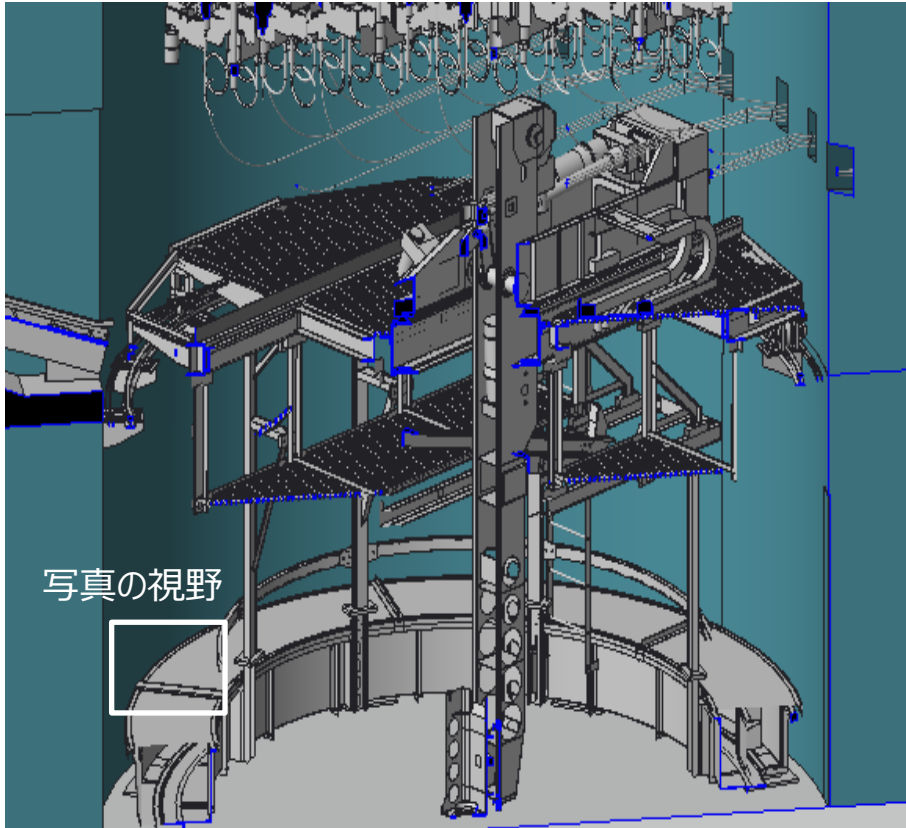
プラットホーム下の状況確認

■調査手順

- ①ガイドパイプ挿入 ⇒
- ②伸縮式パイプ伸展 ⇒
- ③パンチルトカメラ吊降し ⇒
- ④調査



2号機 ペDESTAL内下部調査結果



2号機格納容器内底部
(鳥瞰イメージ)

画像：2号機格納容器内底部,
ペDESTAL内 内壁付近



3号機 格納容器内調査 水中ROV



推進用スラスタ

中性浮力ケーブル

項目	仕様
外形寸法	外径：φ125mm 全長：約300mm
重量	約2000g（気中）
耐放射線性	200Gy



前方カメラ

照明

後方カメラ

照明

3号機 格納容器内調査結果

2. 調査結果

2.3. ペDESTAL内下部



作業員アクセス開口部
180°
プラットフォーム
フレーム
撮影エリアC1
撮影エリアC5
撮影エリアC3
撮影エリアC4
撮影エリアC2
90°
0°

撮影エリアC1
<カメラ向き：下方>
堆積物（小石状）

撮影エリアC2
<カメラ向き：水平>
グレーチング
落下物
堆積物（砂状）

撮影エリアC3
<カメラ向き：上方>
塊状の堆積物

撮影エリアC4
<カメラ向き：下方>
塊状の堆積物

撮影エリアC5 <カメラ向き：下方>
旋回レールブラケット
堆積物
作業員アクセス開口部の方向

■ 砂状、小石状や塊状の堆積物を確認
■ 作業員アクセス開口部は視認できなかった（近傍に堆積物を確認）

株式会社
画像提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）
画像処理：東京電力ホールディングス株式会社（IRID）

「3号機原子炉格納容器内部調査について(2017年11月30日 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議(第48回) 報告資料)」より抜粋

目次

内部調査、燃料デブリ取り出し技術を中心として

I 今までに分かってきたこと

II 今後取り組むべきこと

① 格納容器内部調査

ボート型アクセス装置

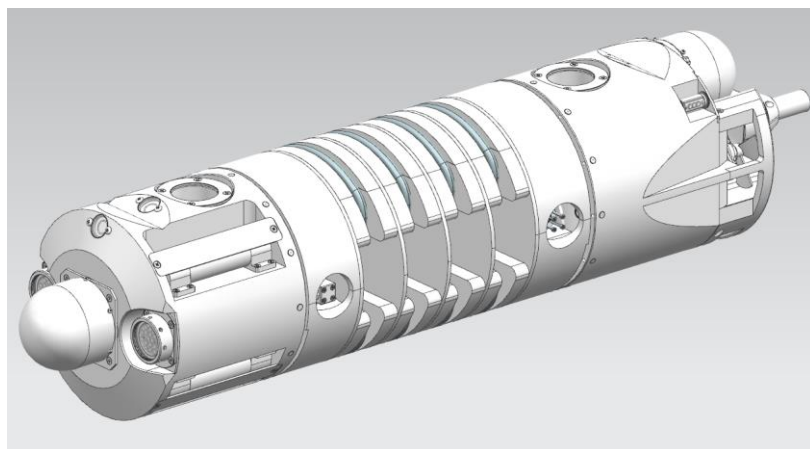
アーム型アクセス装置

② 原子炉圧力容器内部調査

③ デブリ取り出しに係る技術

ボート型アクセス装置

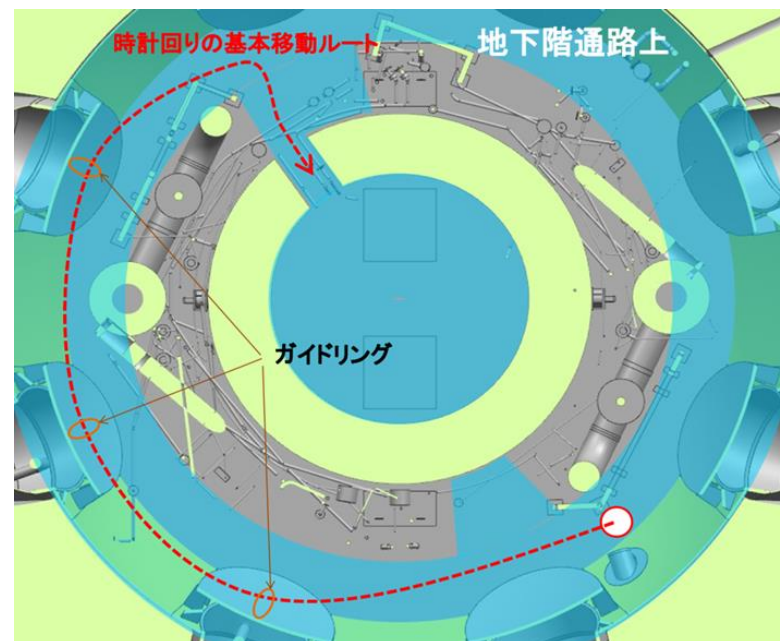
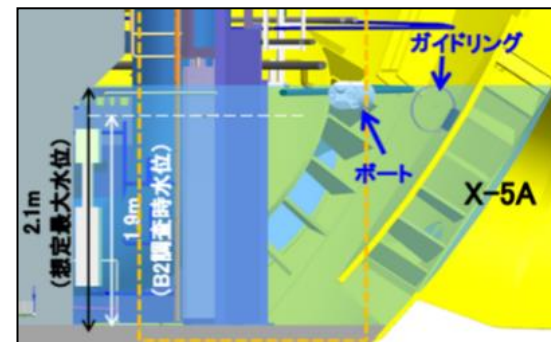
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作中



ガイドリング取付用の例

- 直径: $\phi 25\text{cm}$
- 長さ: 約1.1m
- 推力: 25N以上

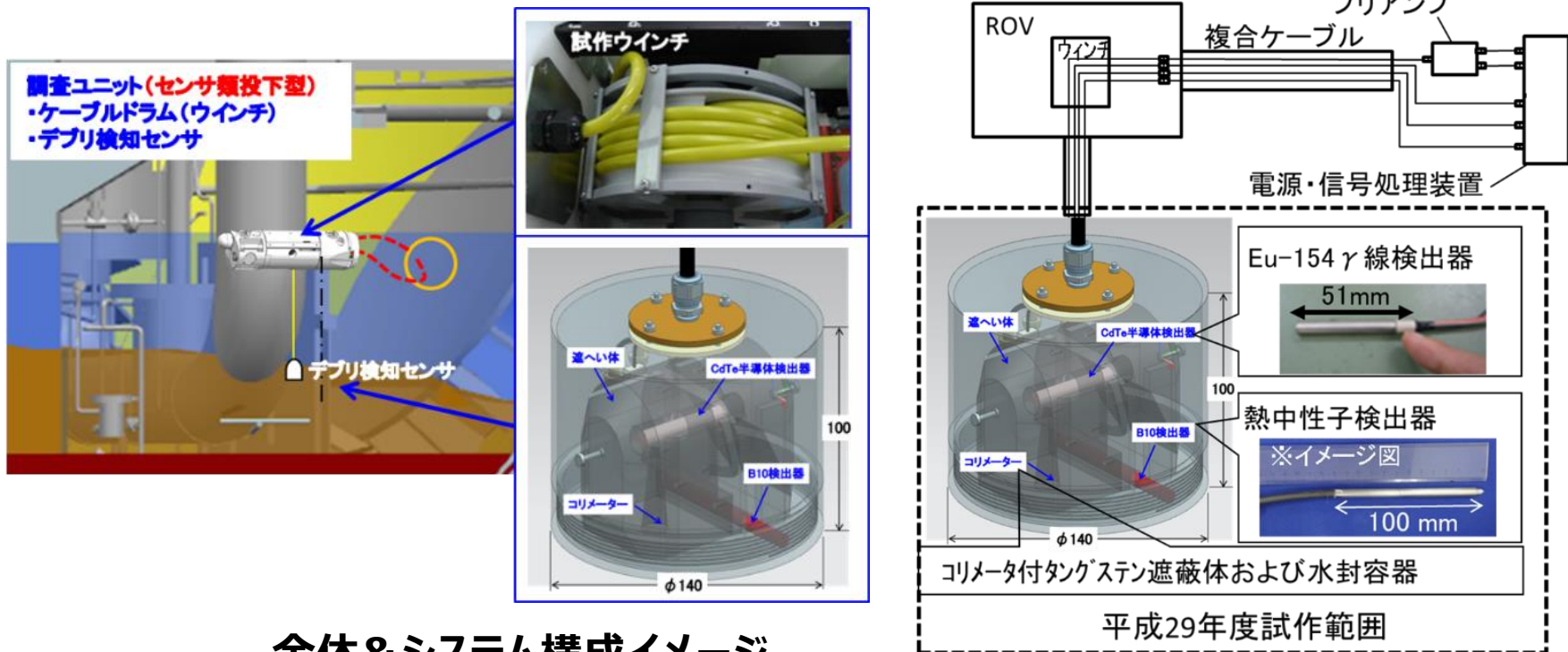
ボート型アクセス装置外観



ボート型アクセス装置の動線

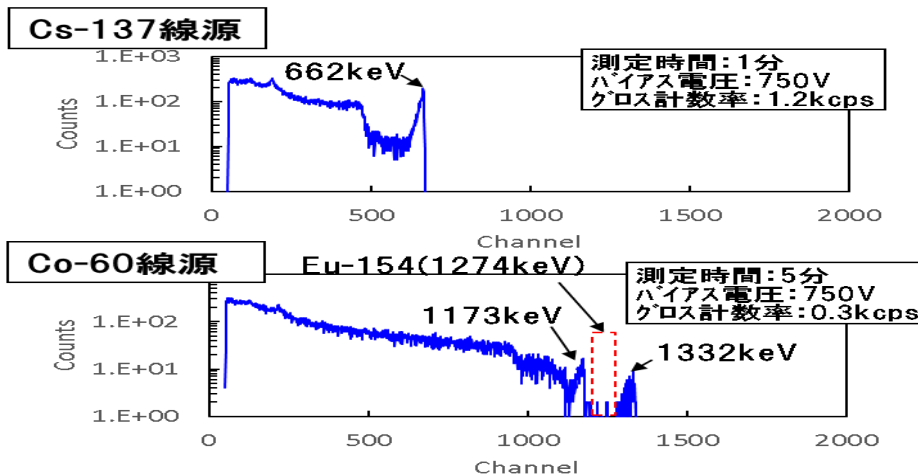
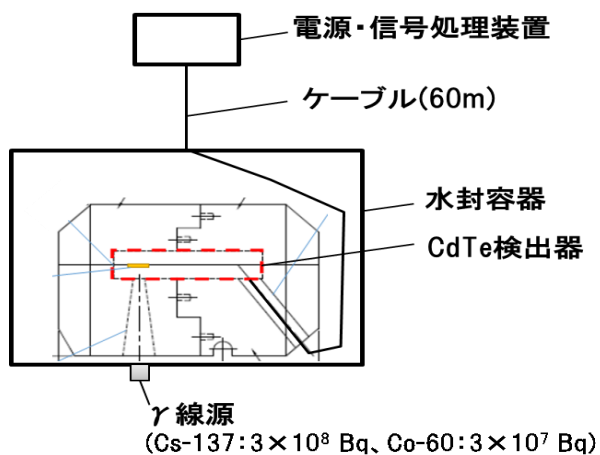
デブリ検知技術

- これまでの調査で視認した堆積物中の**燃料デブリ**を検知するための**放射線計測技術**を開発中
- **Eu-154 γ 線検出器**（CdTe半導体検出器）と**熱中性子検出器**（B10検出器）を**併用**し、確実なデブリ検知を目指す

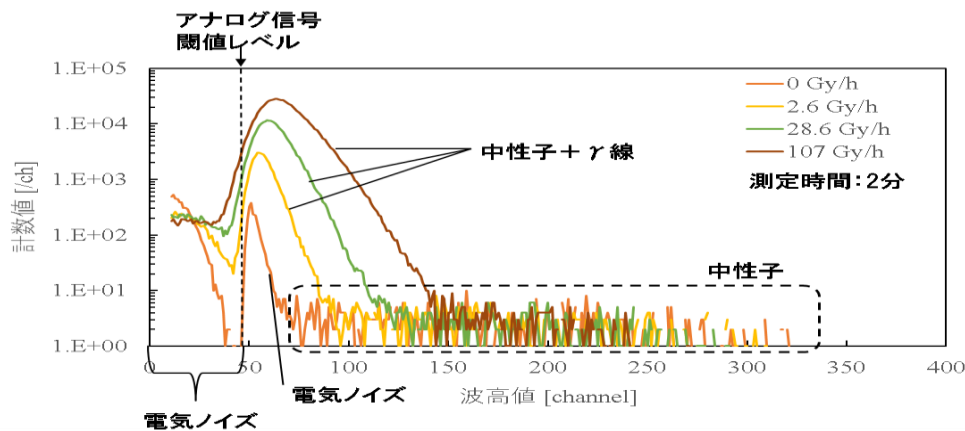
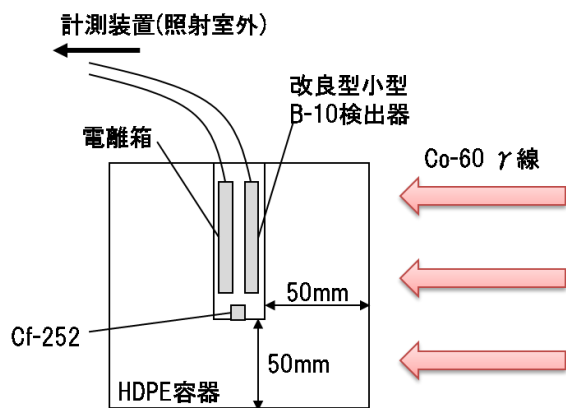


全体&システム構成イメージ

デブリ検知技術



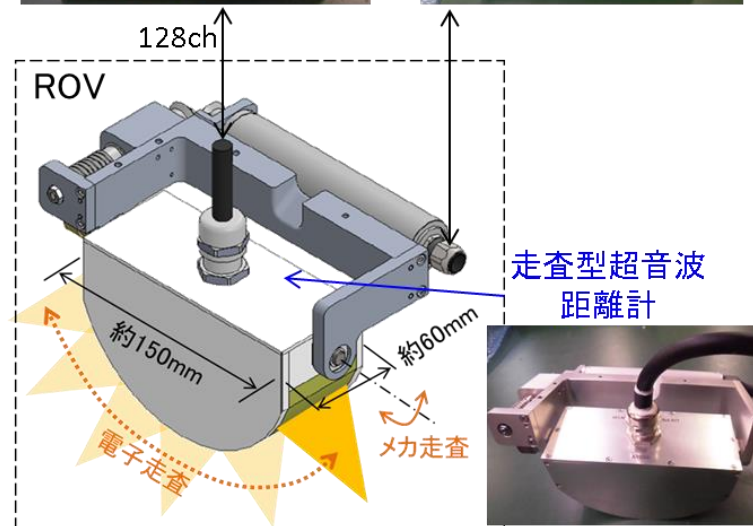
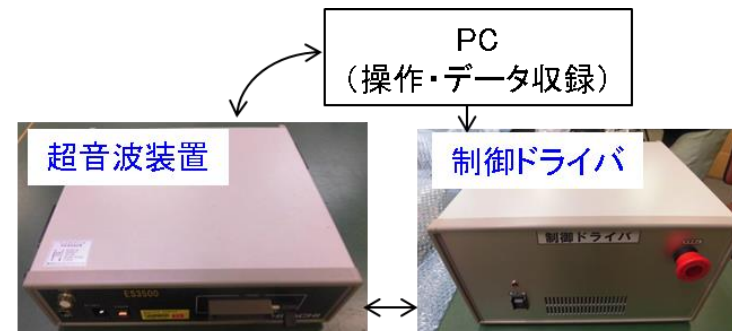
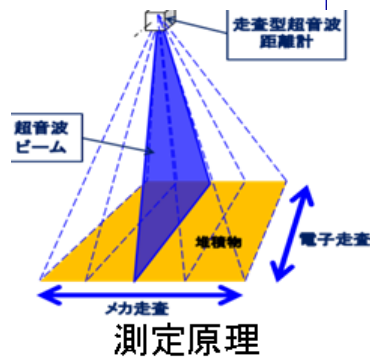
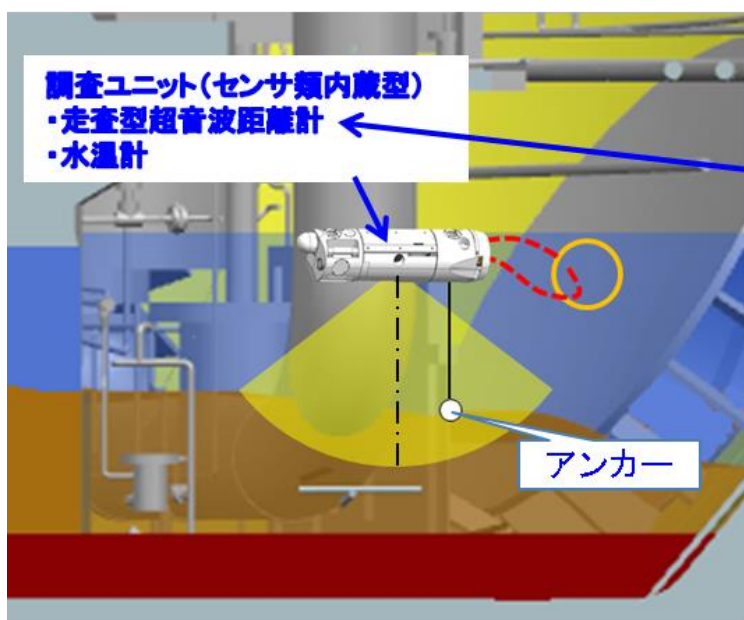
(a) CdTe半導体検出器の単体試験結果例



(b) B10検出器の単体試験結果例

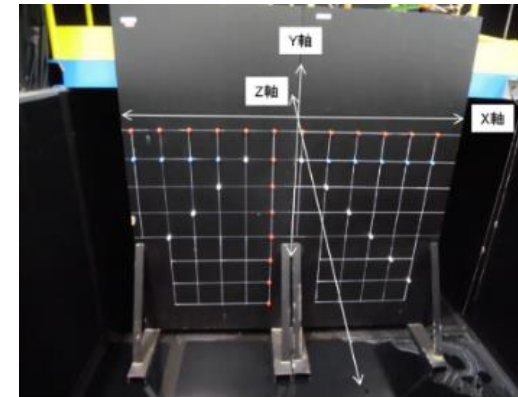
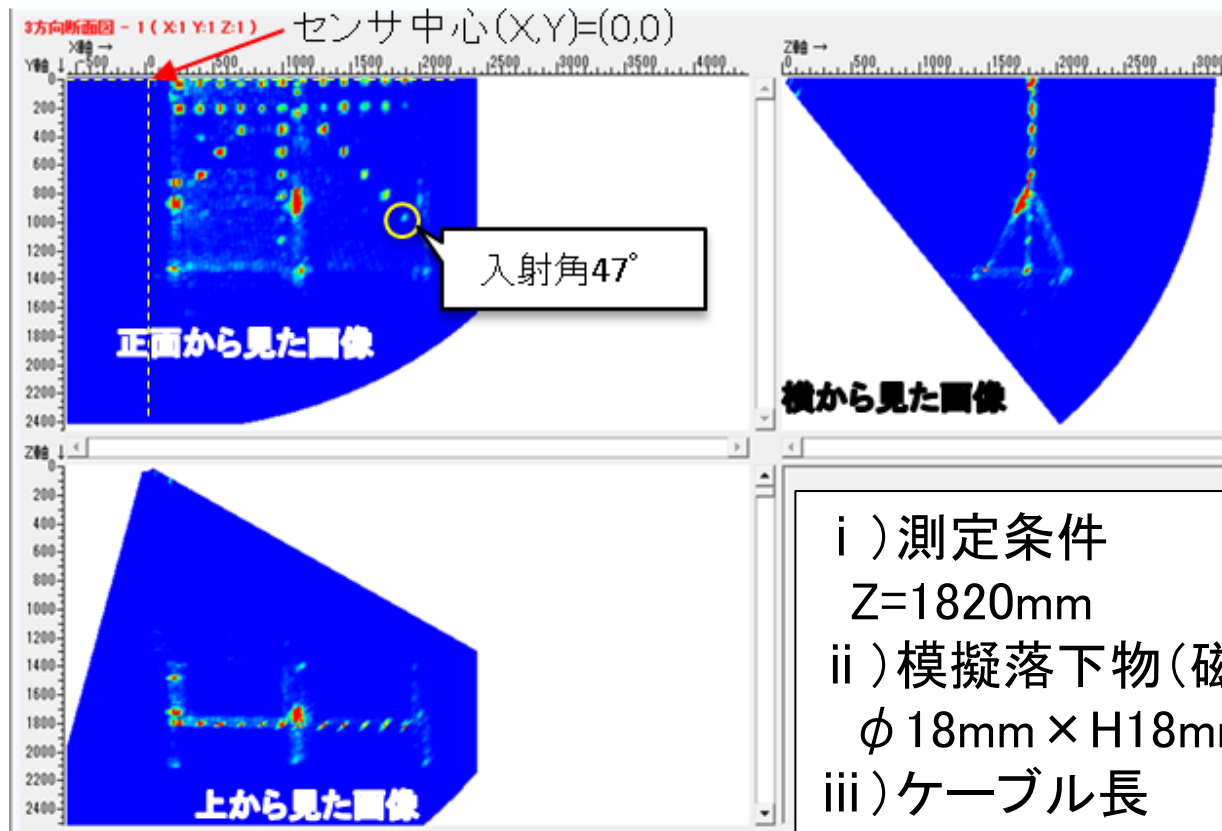
形状計測技術

■ 形状計測の技術開発 (走査型超音波距離計)



走査型超音波距離計の要素試験例

■ 形状計測の技術開発（走査型超音波距離計）



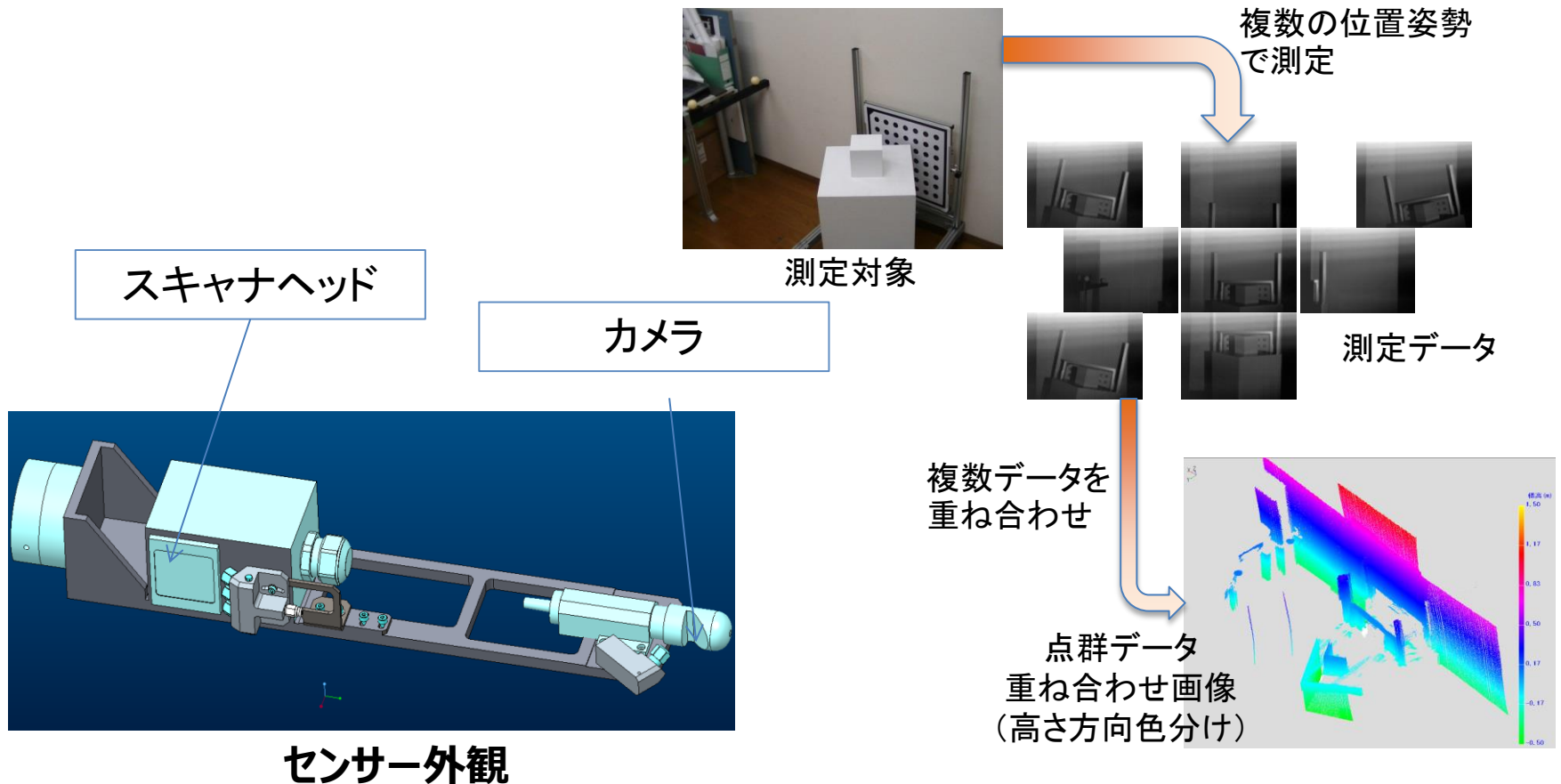
- i) 測定条件
Z=1820mm
- ii) 模擬落下物(磁石)寸法:
φ 18mm × H18mm
- iii) ケーブル長
60m(実機品と同一仕様)

検証試験の例

形状計測技術

■ 形状計測の技術開発 (レーザー光切断法)

検証試験の例(点群データの重ね合わせ性検証)



目次

内部調査、燃料デブリ取り出し技術を中心として

I 今までに分かってきたこと

II 今後取り組むべきこと

① 格納容器内部調査

ボート型アクセス装置

アーム型アクセス装置

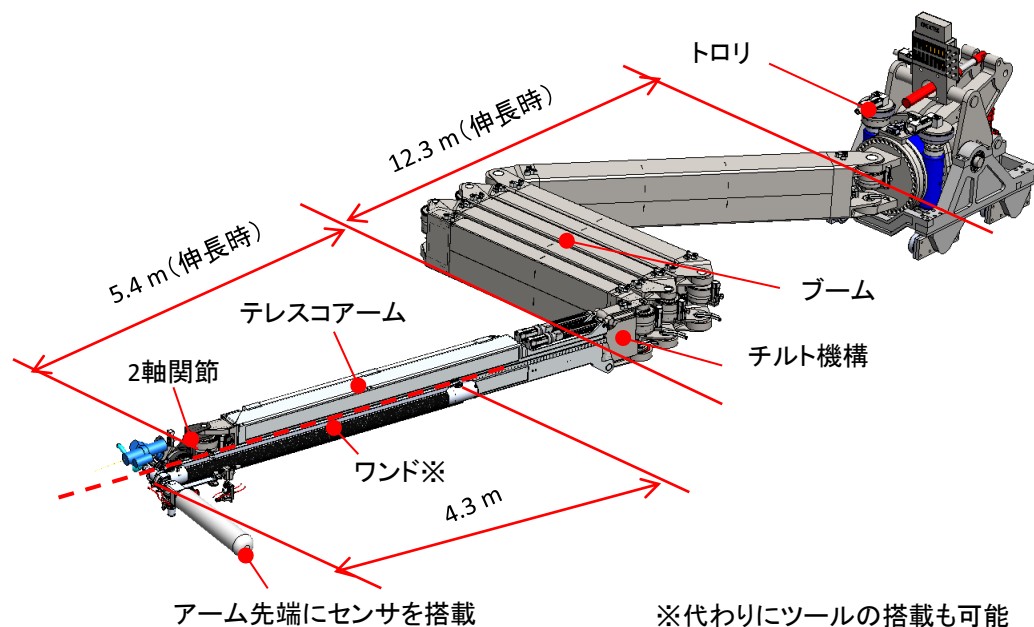
② 原子炉圧力容器内部調査

③ デブリ取り出しに係る技術

アーム型アクセス装置

■ 制御棒駆動機構メンテナンス用の格納容器貫通部（X-6ペネ）を通じて広範囲にアクセス可能なアーム型アクセス装置を製作中

- アーム全長約22 m
- 10 kgまでの調査装置を搭載可能



アーム型アクセス装置

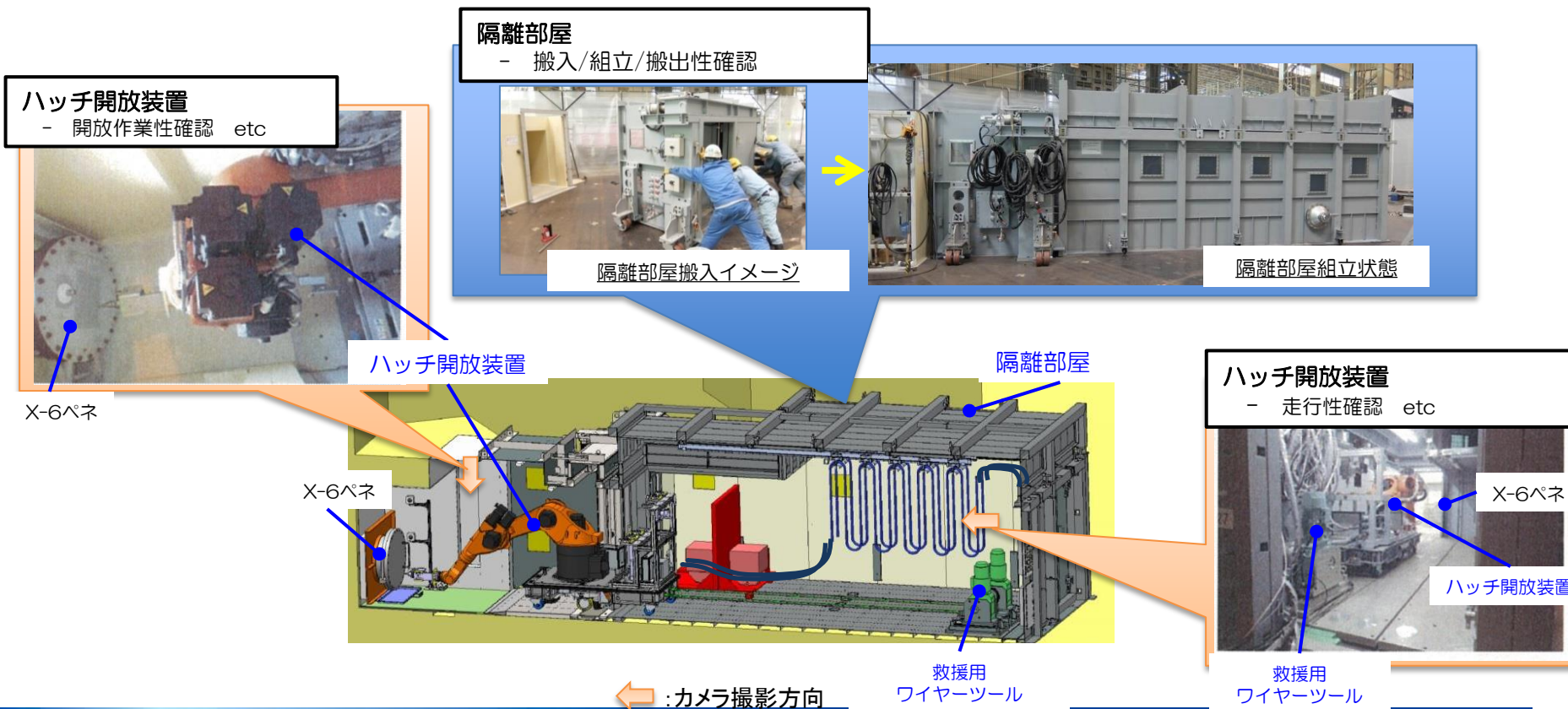
格納容器貫通部ハッチ開放

■ 格納容器貫通部（X-6ペネ）の開放

アーム型アクセス装置を投入するX-6ペネの開放技術を開発中

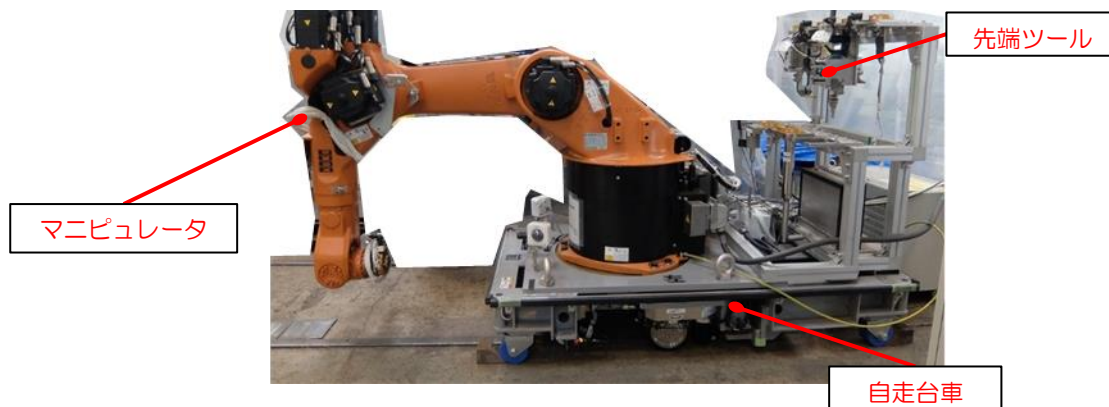
✓ ハッチ開放時の閉じ込め機能

✓ 遠隔でのハッチ開放

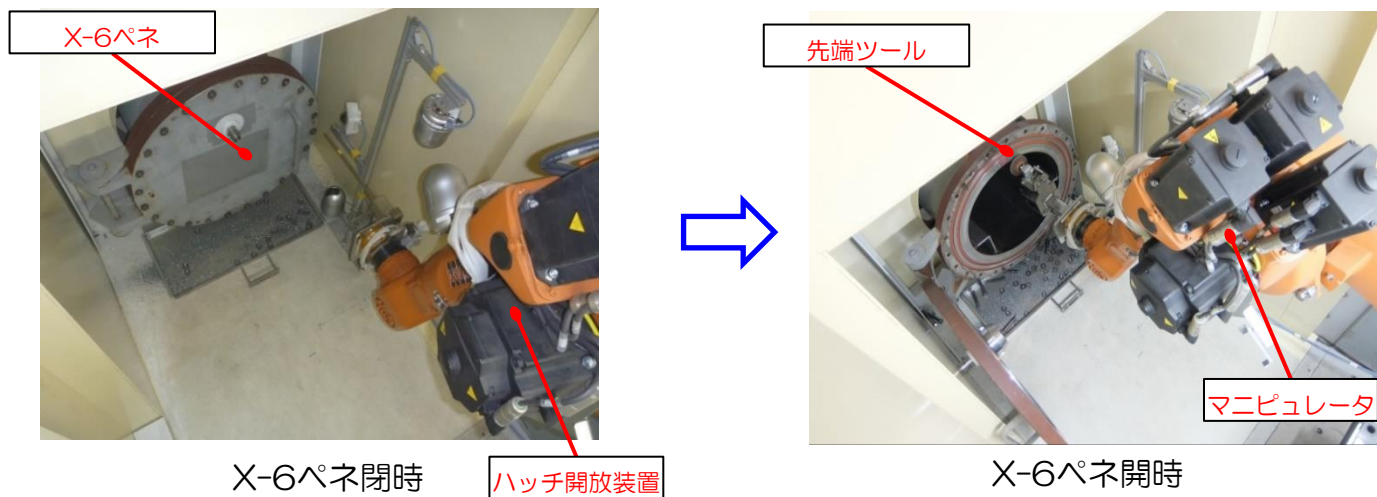


ハッチ開放装置

■ ハッチ開放装置の外観



■ ハッチ開放装置 X-6ペネ開放前後の外観

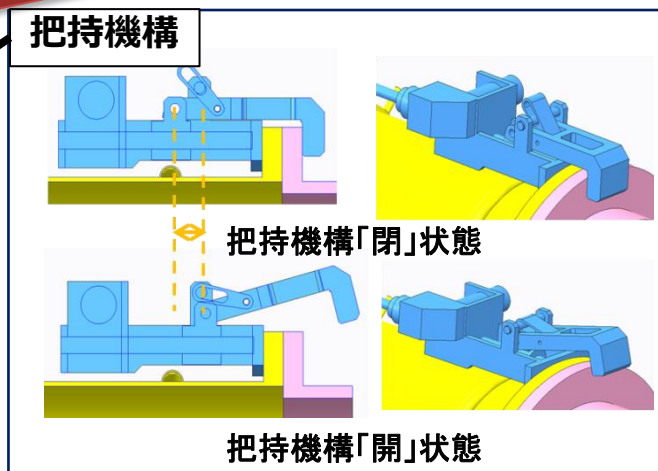
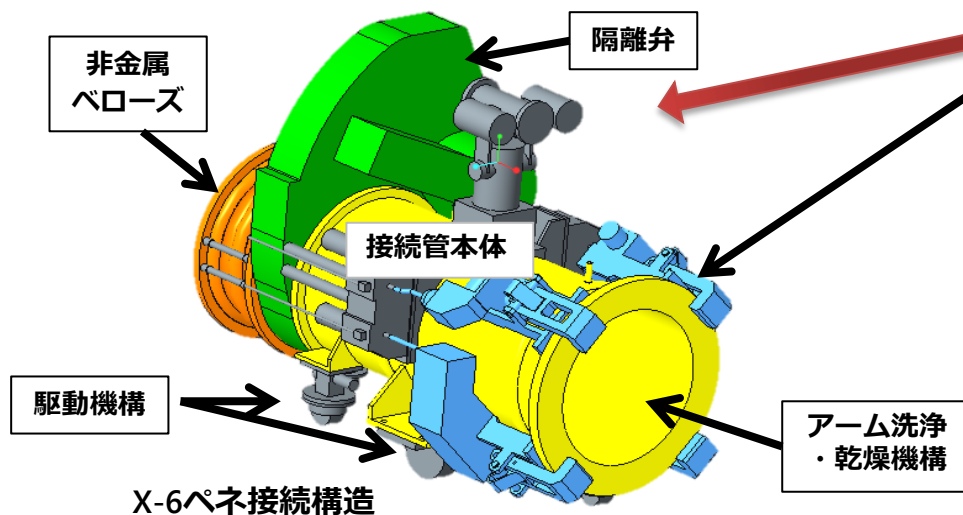
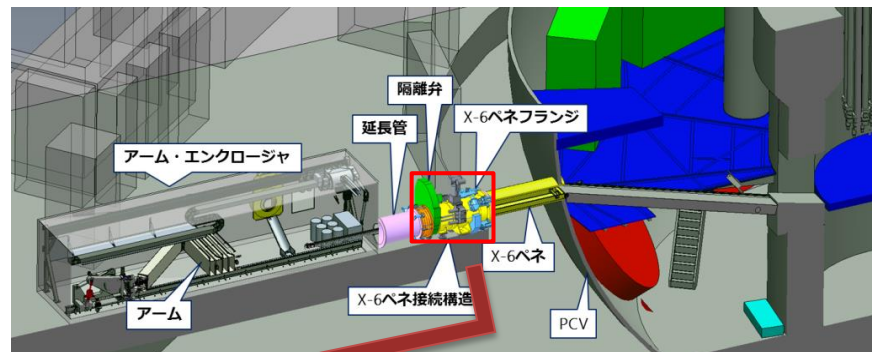


アーム型のアクセスルート

■ 格納容器への接続構造体

以下の機能等を有する接続構造体を開発中

- ✓ 遠隔で既存のペネフランジに接近・取りつく機能
- ✓ 把持機構の耐震性
- ✓ 閉じ込め機能
- ✓ アーム通過性の維持



接続構造体外観

目次

内部調査、燃料デブリ取り出し技術を中心として

I 今までに分かってきたこと

II 今後取り組むべきこと

① 格納容器内部調査

ボート型アクセス装置

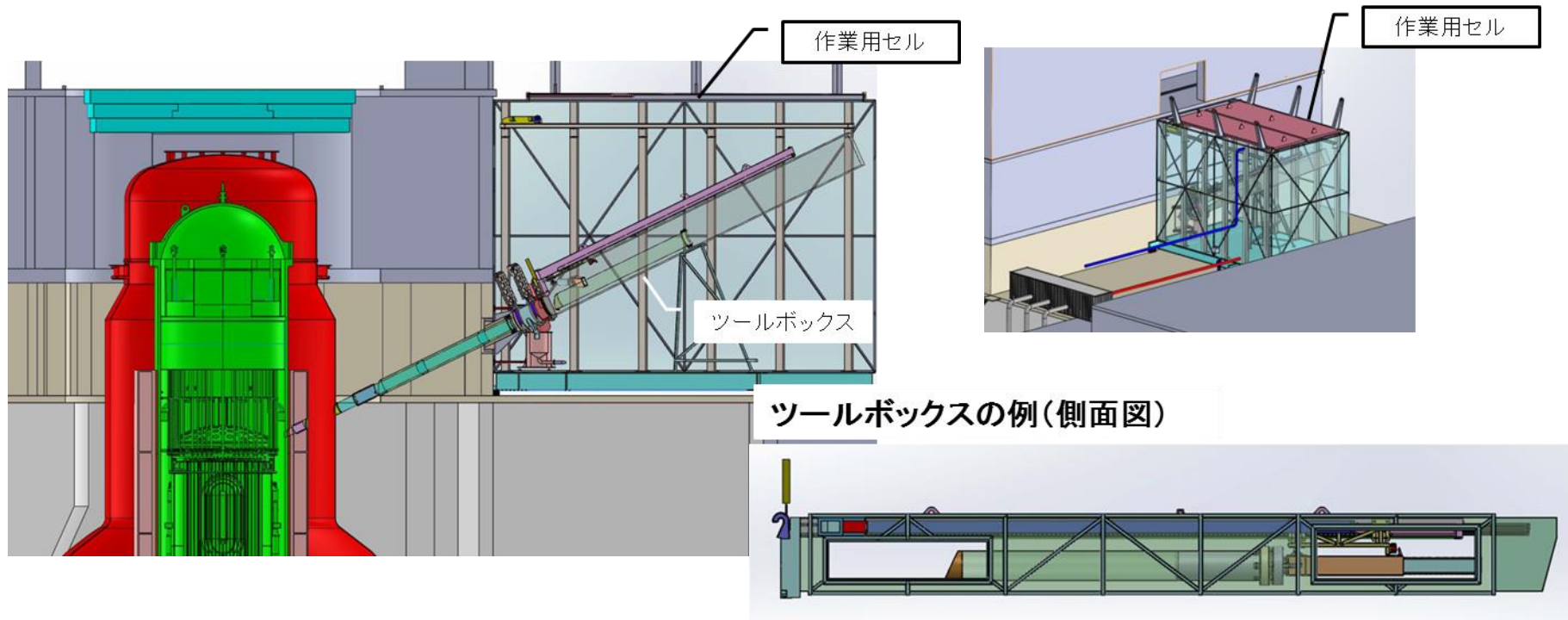
アーム型アクセス装置

② 原子炉圧力容器内部調査

③ デブリ取り出しに係る技術

圧力容器内部調査技術

- 上部から圧力容器にアクセスし内部調査するための要素技術は、今後の装置試作に向け、あらかた検証済
- 加えて側面から圧力容器にアクセスするための要素技術を開発中



側面穴開け調査工法のイメージ

目次

内部調査、燃料デブリ取り出し技術を中心として

I 今までに分かってきたこと

II 今後取り組むべきこと

① 格納容器内部調査

ボート型アクセス装置

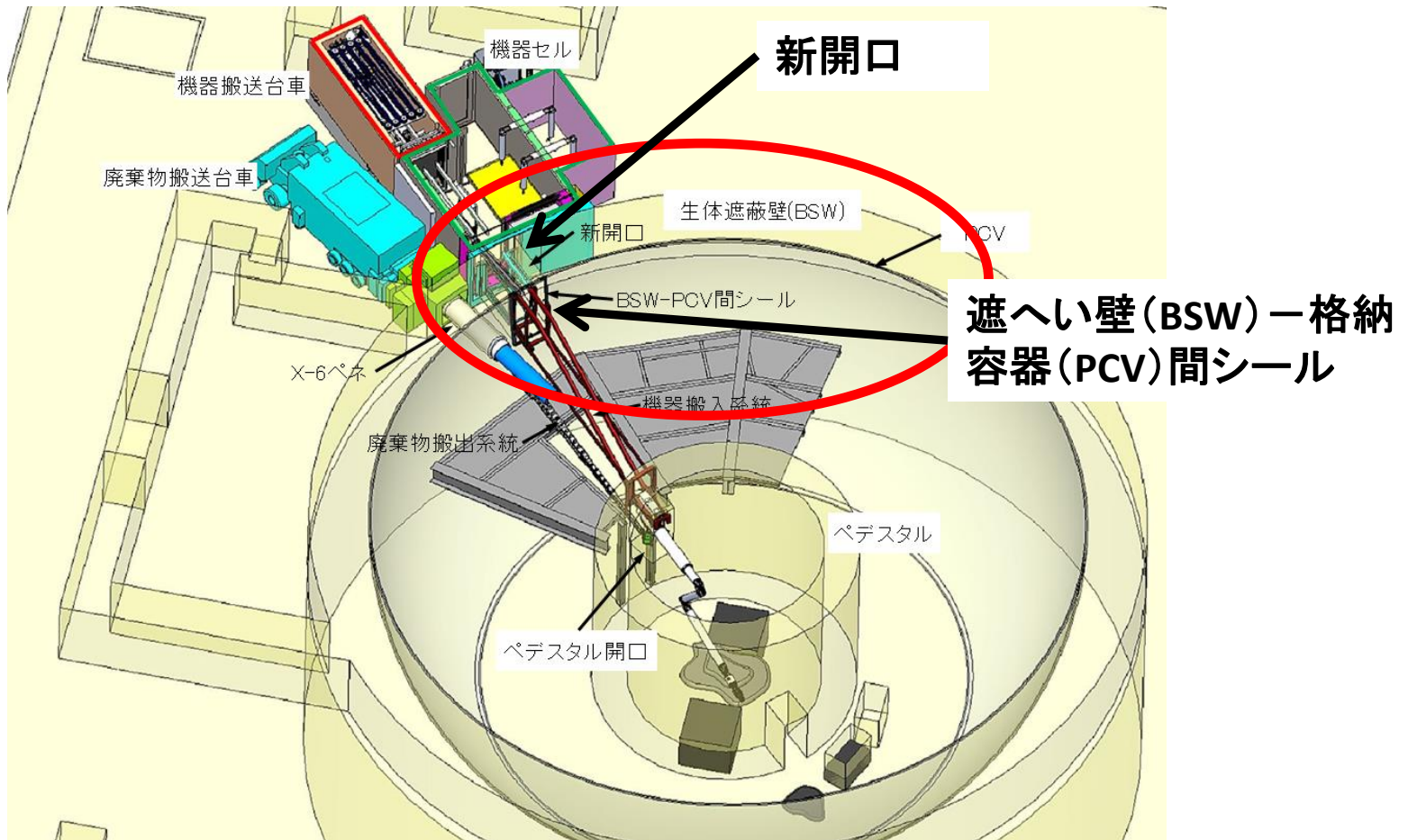
アーム型アクセス装置

② 原子炉圧力容器内部調査

③ デブリ取り出しに係る技術

デブリ取り出しに係る技術

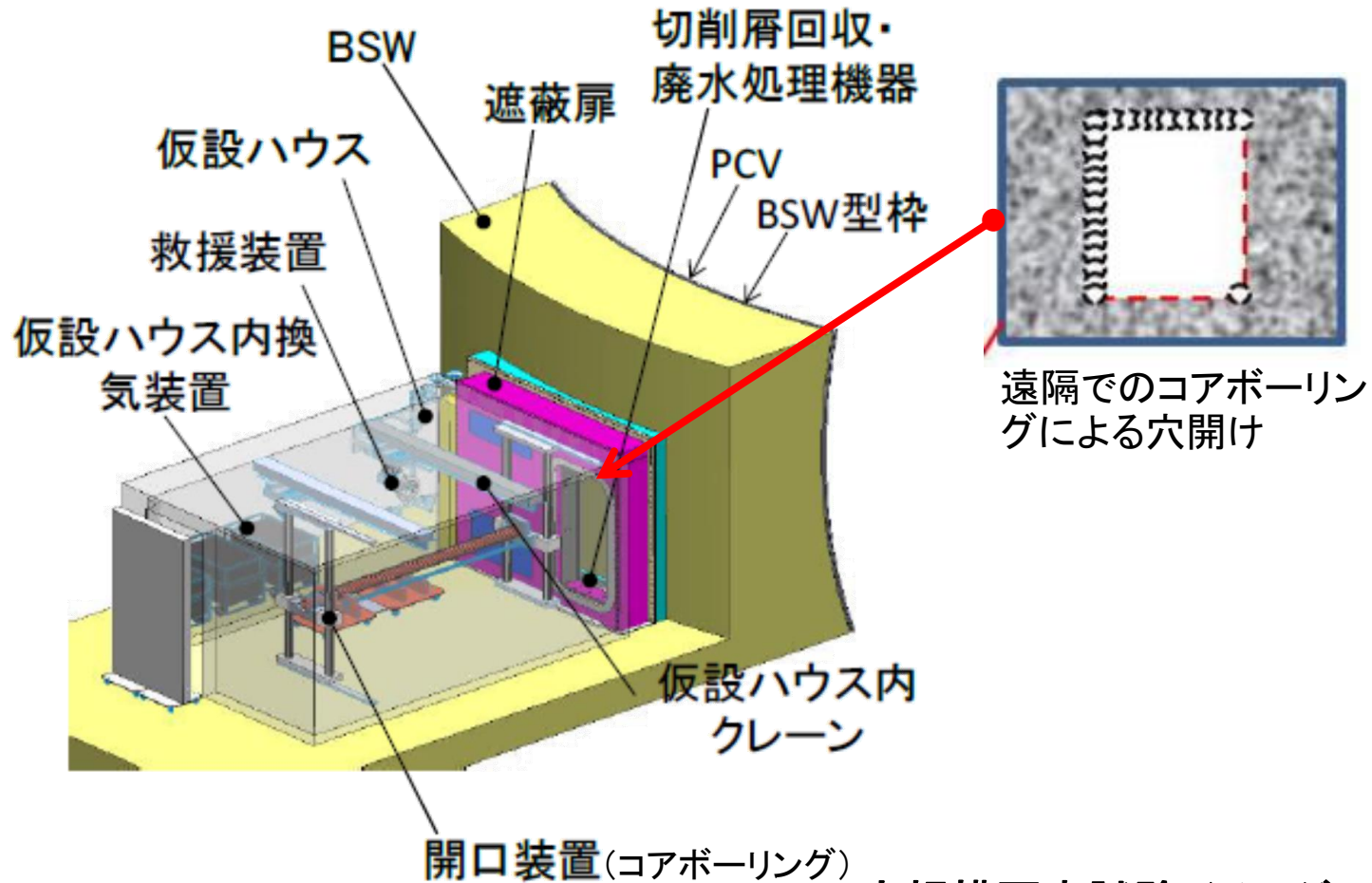
- デブリ取り出しの工法を実現するための要素技術を開発中



横アクセス工法の一例 イメージ

遮へい壁穴開け技術

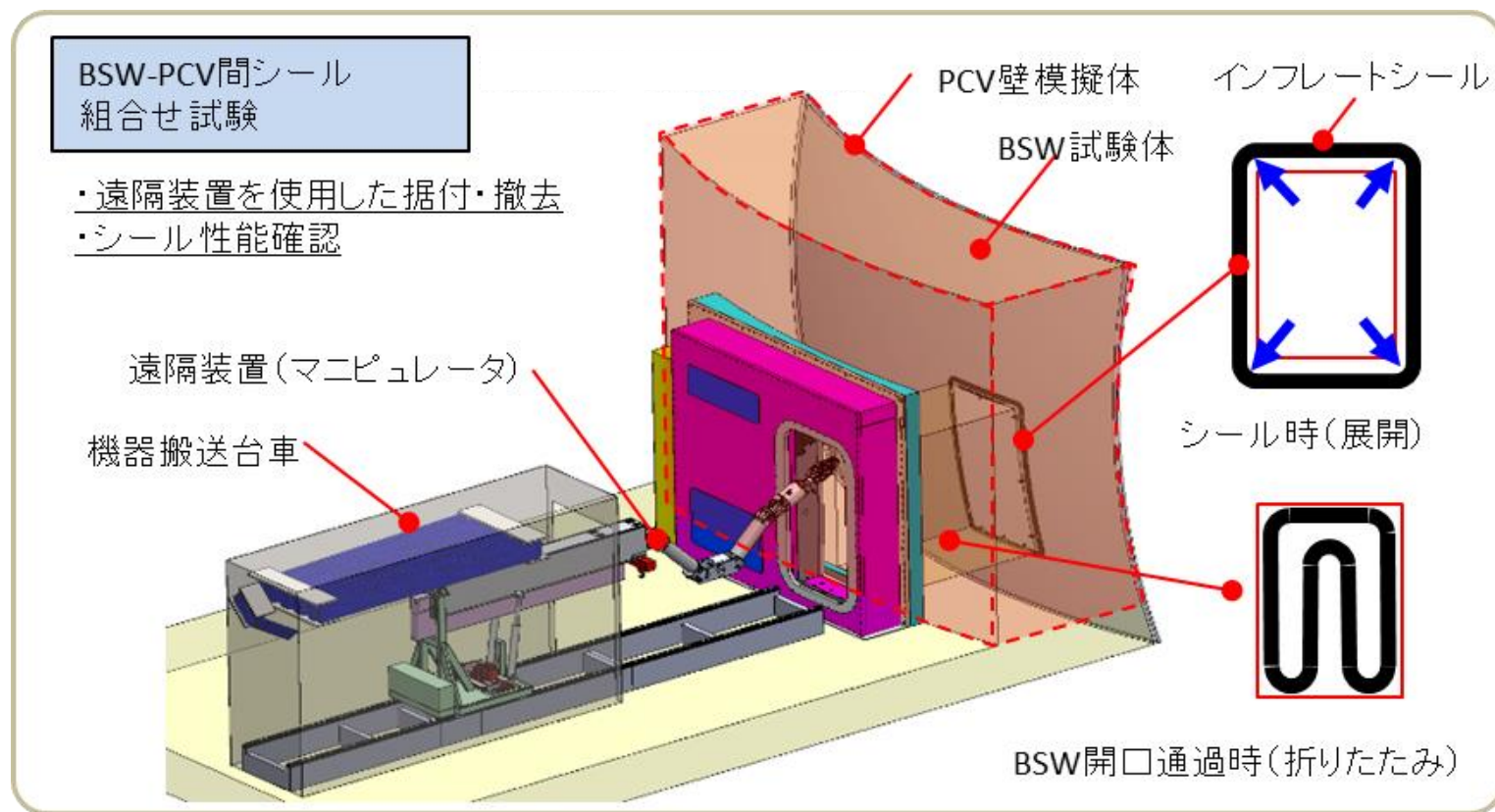
- 厚さ約 2 mの**頑健な鉄筋コンクリート製の遮へい壁**にコアボーリングを使って大きな**開口を設ける技術**を開発中



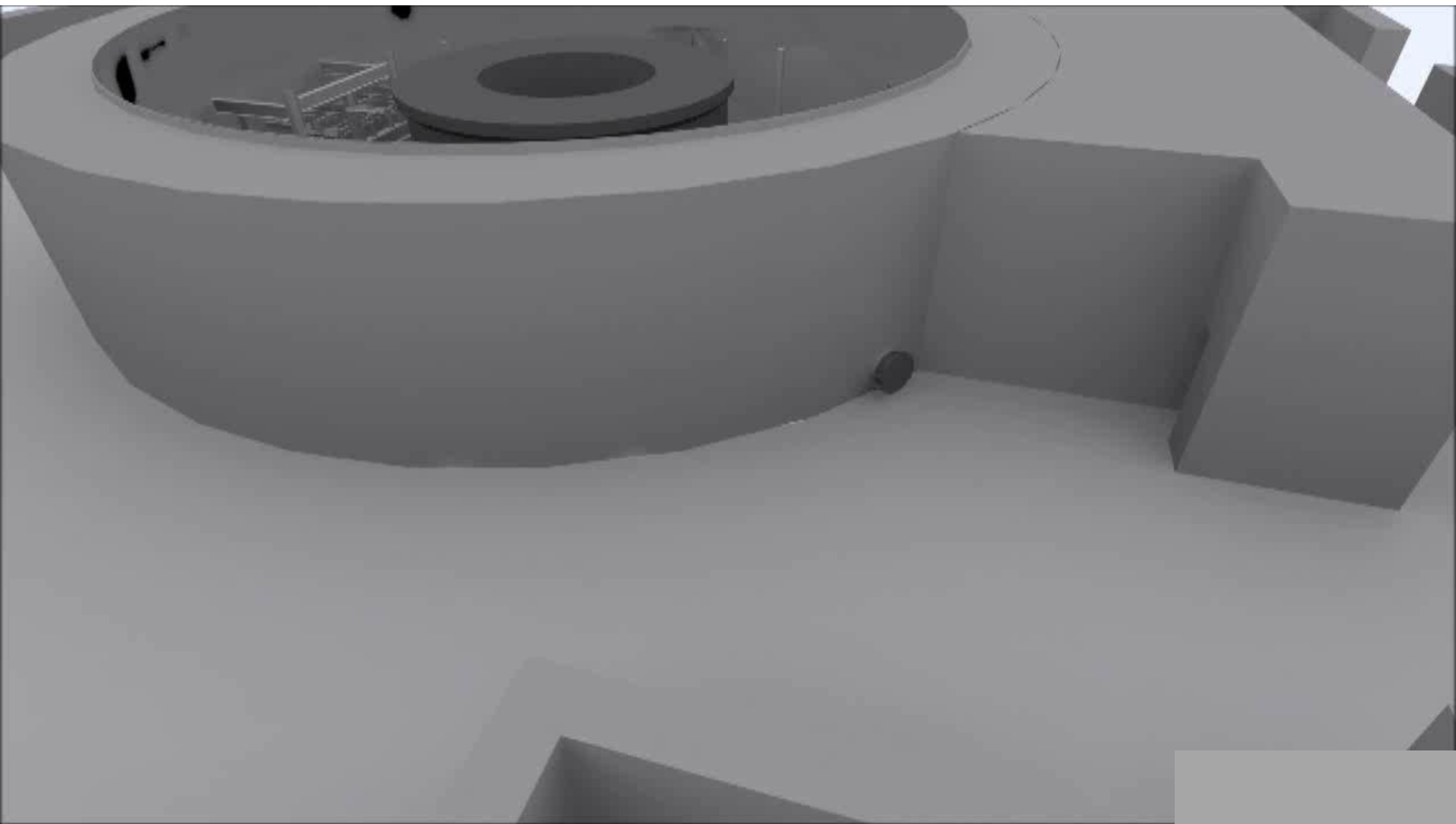
実規模要素試験イメージ

遮へい壁・格納容器間のシール技術

- 遮へい壁に穴を空けたのち、格納容器に開口を設ける際、遮へい壁と格納容器間に閉じ込めのバウンダリを構築する必要有
- **遮へい壁・格納容器間の間隙をシールする技術**を開発中

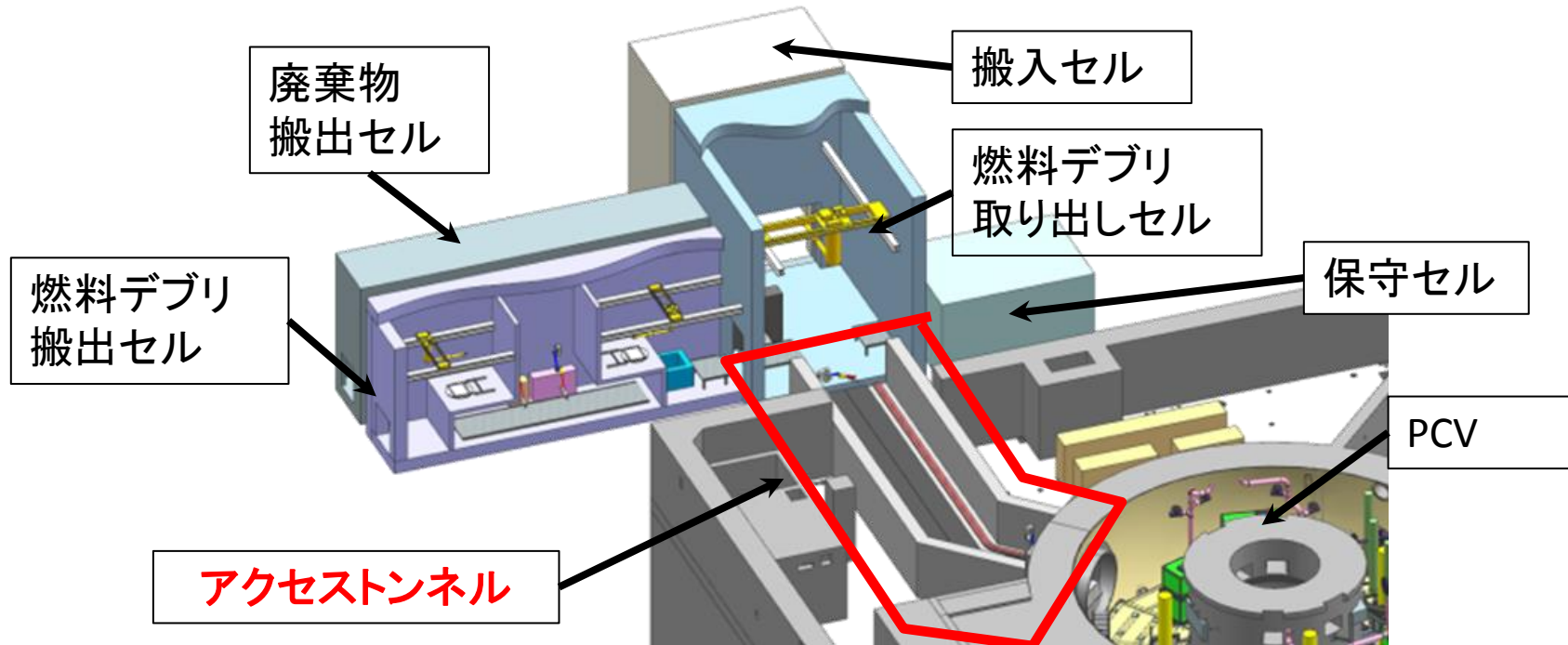


穴開け～シール設置 取り出し工法への適用イメージ



トンネル施工技術

- アクセストンネル工法では、**重量物のトンネル（約800トン）**を原子炉建屋外から**精密な位置制御で送り出し、格納容器へ接続**させる必要有
- 橋梁等の工事で実績がある重量物送り出し工法を応用し、**狭隘部に曲がった形状の重量物トンネルを送り出す技術**を開発中

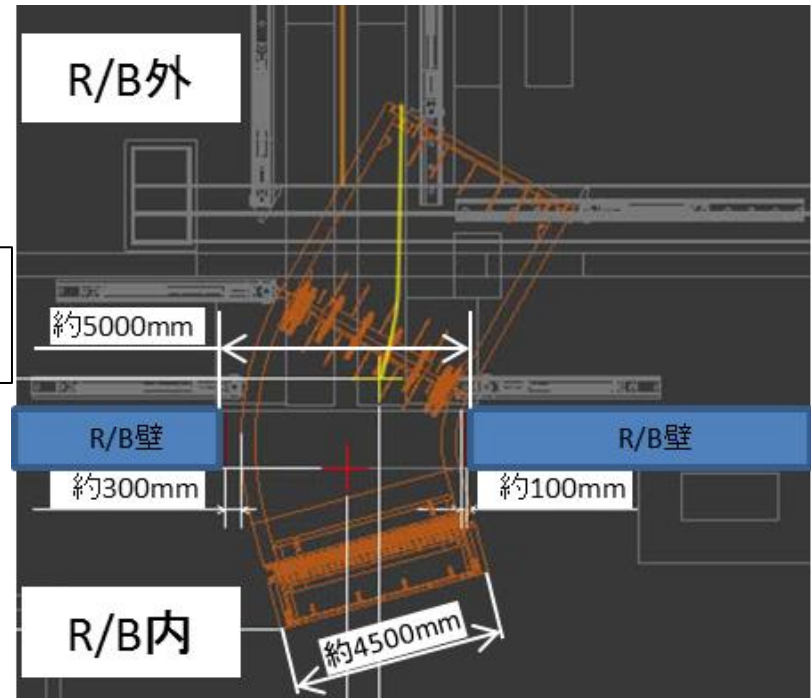
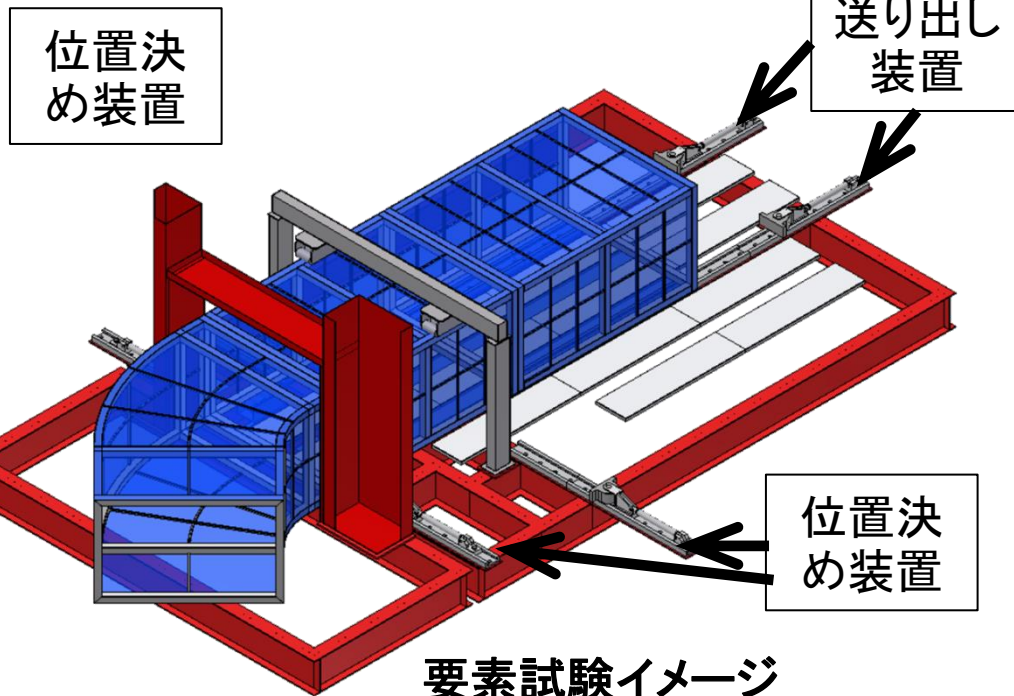


アクセストンネル工法の配置イメージ

トンネル施工技術の要素試験



送り出し工法の例

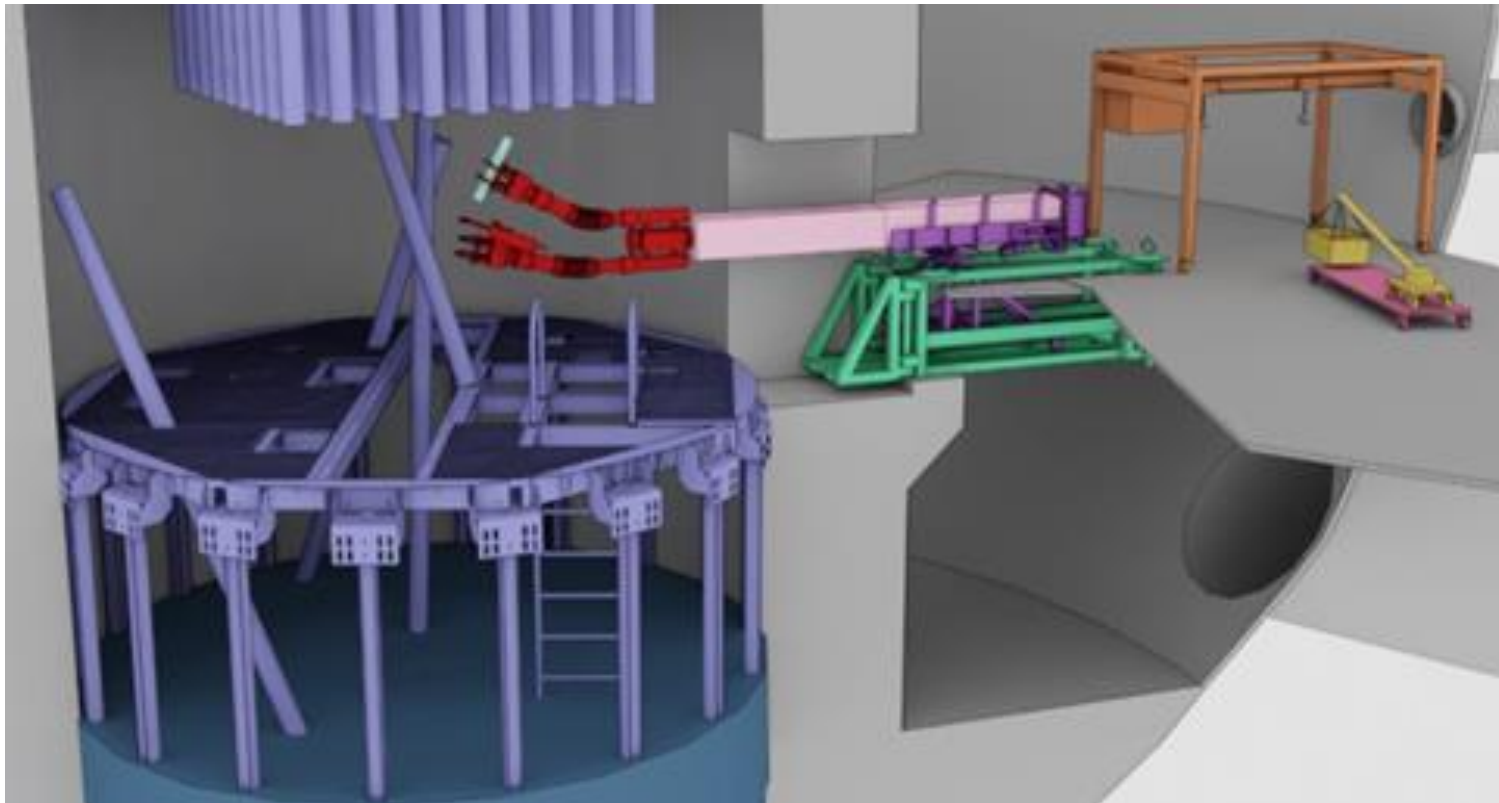


狭隘作業のイメージ

*R/B: 原子炉建屋

干渉物撤去技術

- これまでの内部調査でペDESTAL内にも大量のがれきが散乱している状況が明らかになりつつある
- これら干渉物の撤去技術を開発中



干渉物撤去の要素試験イメージ

ペDESTラル内干渉物撤去 要素試験の様子



まとめ

- 格納容器内部の詳細な状態把握に向けた技術開発に取り組んでおり、調査装置の試作機を製作している。
- 燃料デブリ取り出し工法の実現に向けた各種要素技術を検証中である。



廃炉に向け着実に技術開発を進めていく。