

福島第一原子力発電所 燃料デブリ取り出し技術開発の状況

令和3年5月26日

国際廃炉研究開発機構（IRID）

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

目 次

1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査
3. 原子炉圧力容器内部調査技術開発
4. 燃料デブリ取り出し技術開発
 - (1)試験的取り出し
 - (2)段階的な取り出し規模の拡大
 - (3)取り出し規模の更なる拡大

目 次

1. はじめに

2. 原子炉格納容器内部調査技術開発

(1)既に終了した調査

(2)今後計画している調査

3. 原子炉圧力容器内部調査技術開発

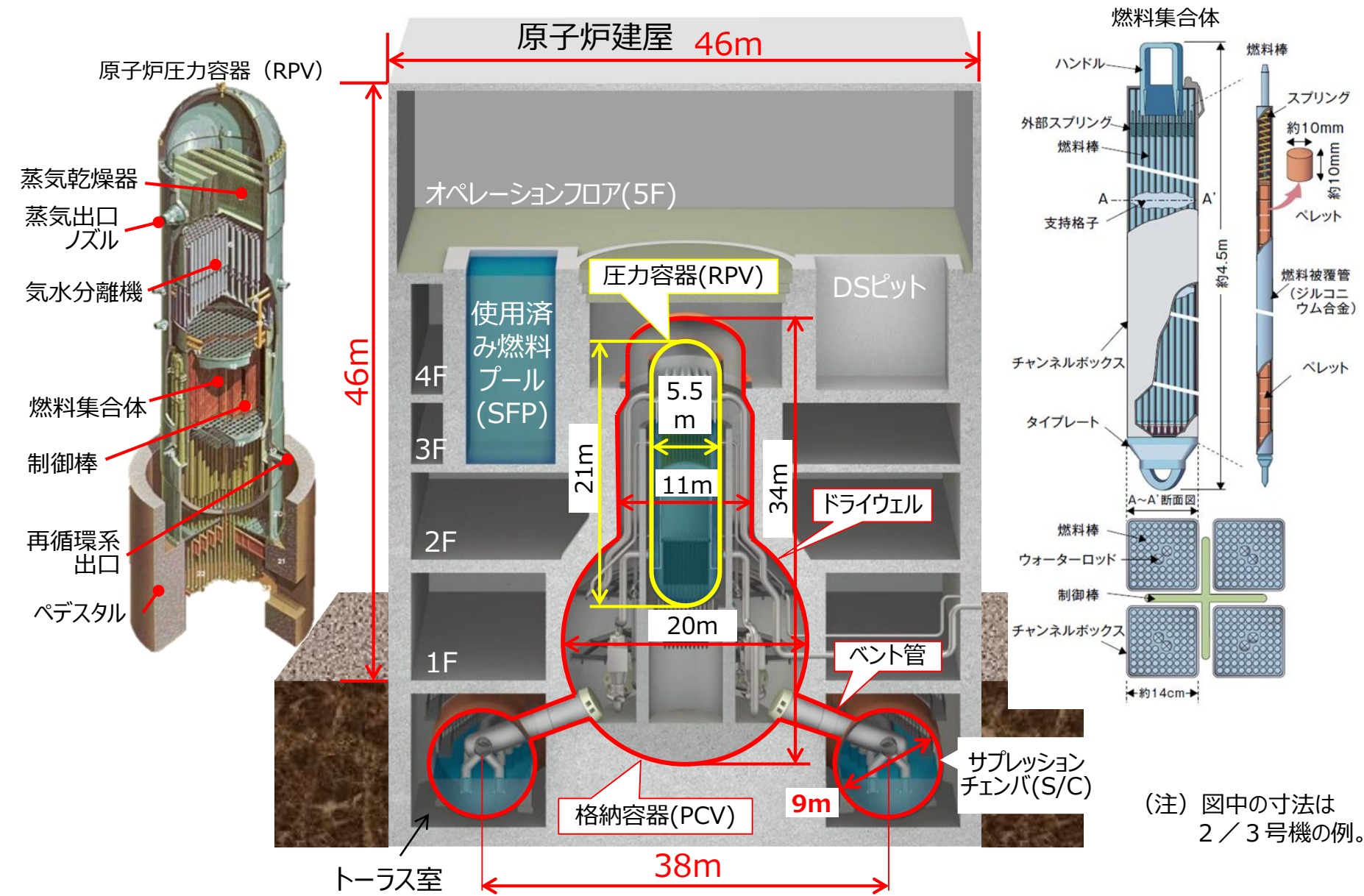
4. 燃料デブリ取り出し技術開発

(1)試験的取り出し

(2)段階的な取り出し規模の拡大

(3)取り出し規模の更なる拡大

沸騰水型原子力発電所の構造



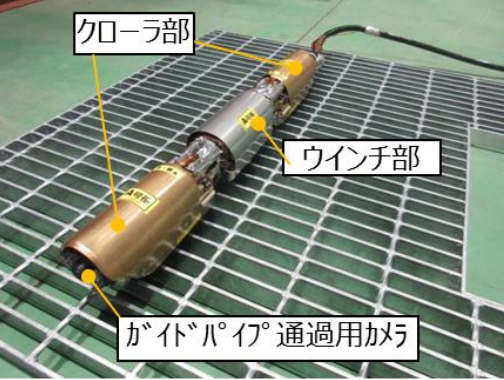
目 次

1. はじめに
- 2. 原子炉格納容器内部調査技術開発**
 - (1)既に終了した調査**
 - (2)今後計画している調査
3. 原子炉圧力容器内部調査技術開発
4. 燃料デブリ取り出し技術開発
 - (1)試験的取り出し
 - (2)段階的な取り出し規模の拡大
 - (3)取り出し規模の更なる拡大

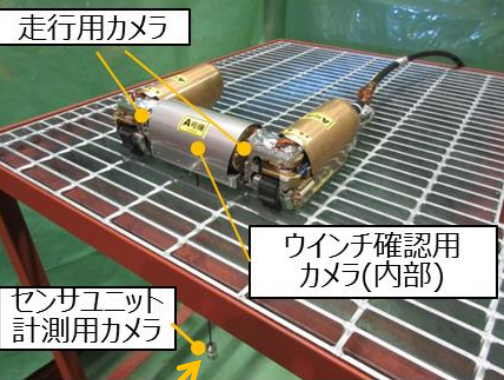
原子炉格納容器内部のロボット等による調査

ペDESTル外側の調査（1号機）

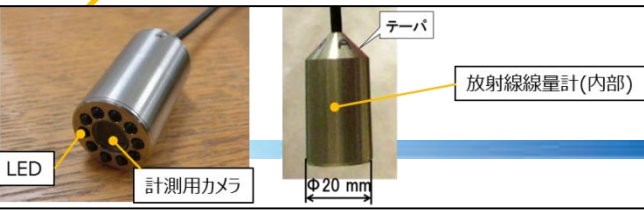
○形状変化型ロボット



I 型(ガイドパイプ通過時)
↓ 変形

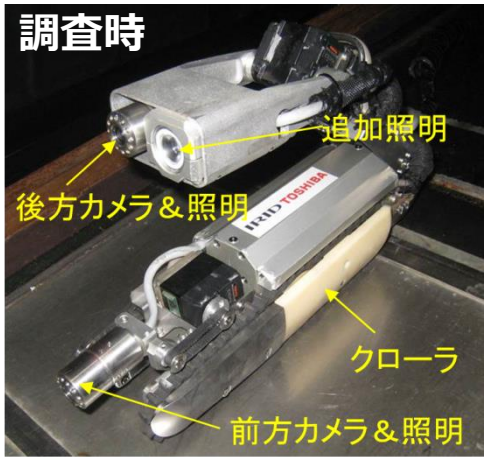
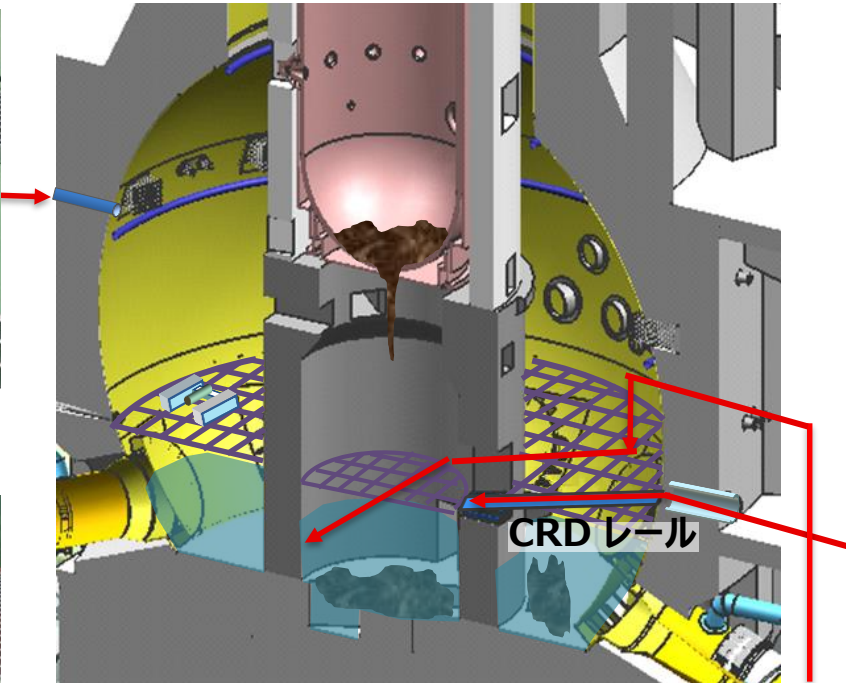


C 型(平面走行時)



ペDESTル内側の調査（2号機）

○クローラ型遠隔調査ロボット



○釣りざお型調査装置



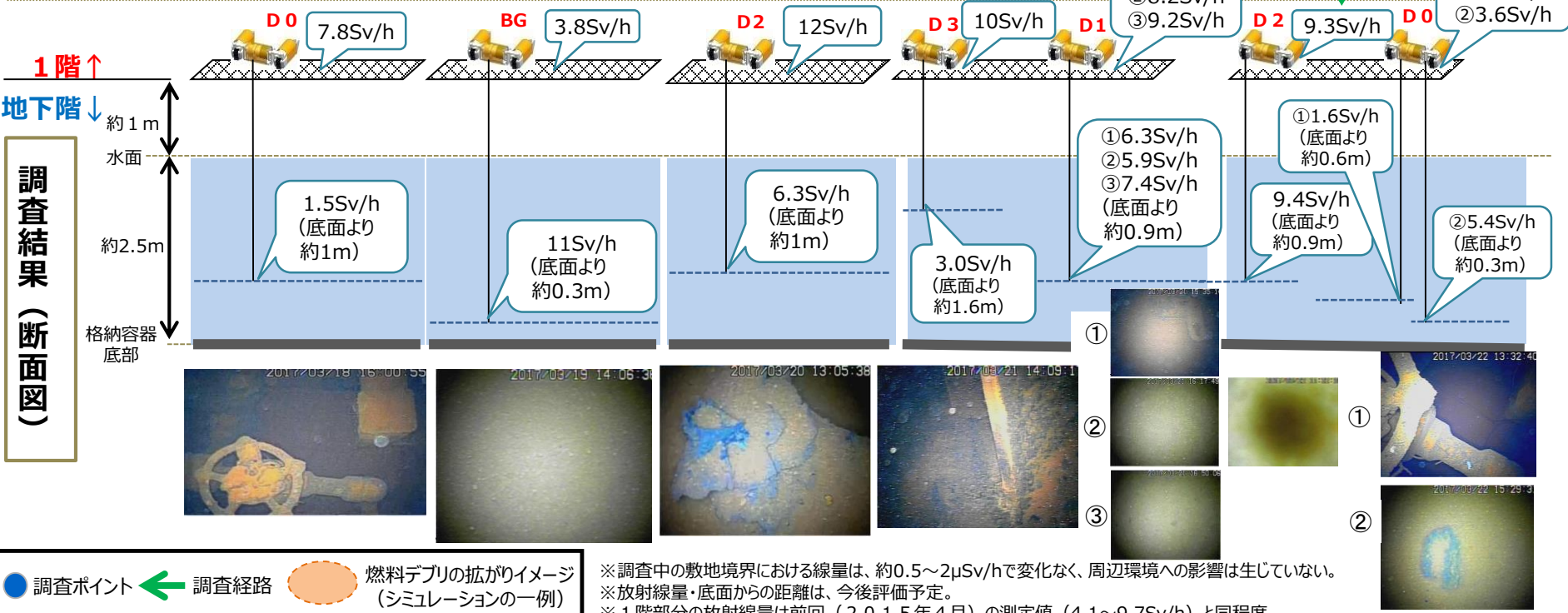
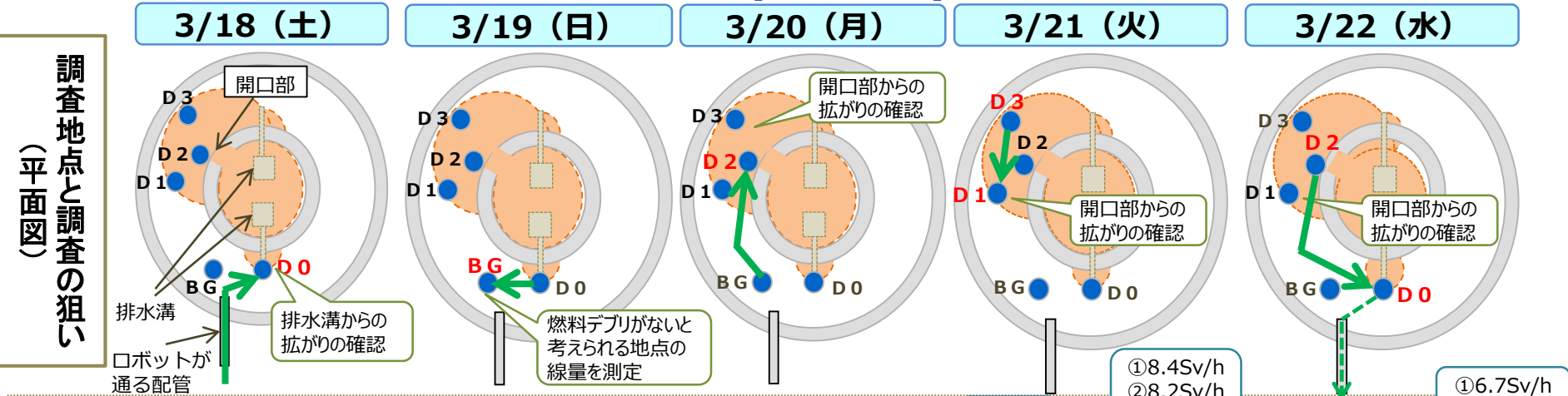
ペDESTル内側の調査（3号機）



○水中遊泳型ロボット

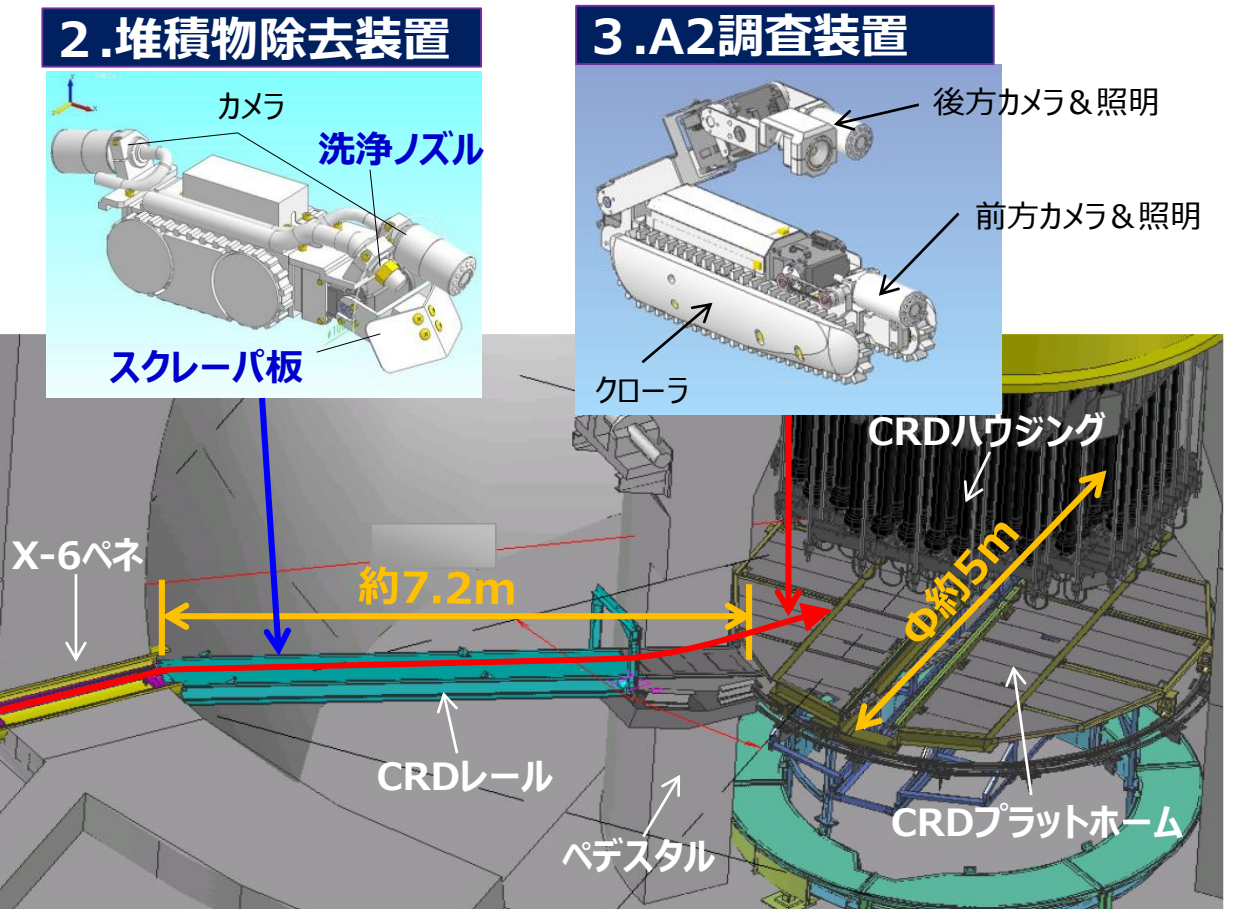
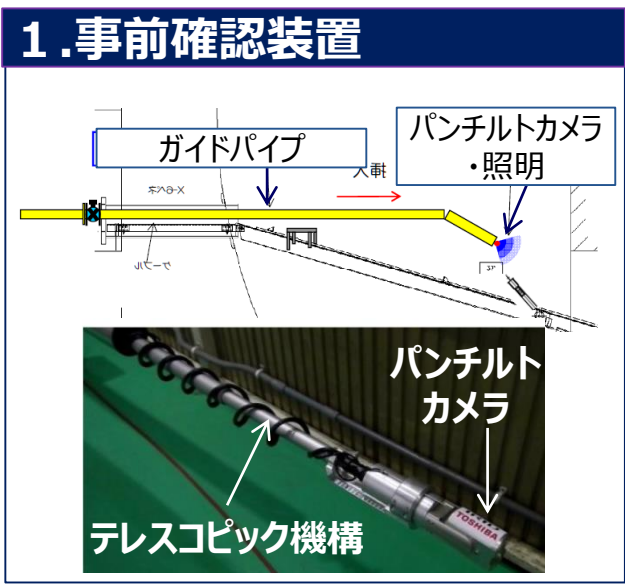
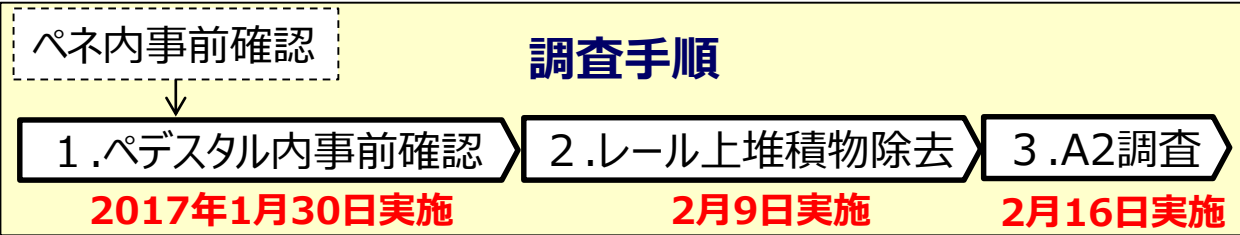
1号機 ペデスタル外調査(2017.3)

調査地点と調査の狙い
(平面図)



2号機 ペDESTAL内上部調査(2017.1~2)

- 【調査方法】
- カメラによる撮影
- 【実施時期】
- 2017年1~2月



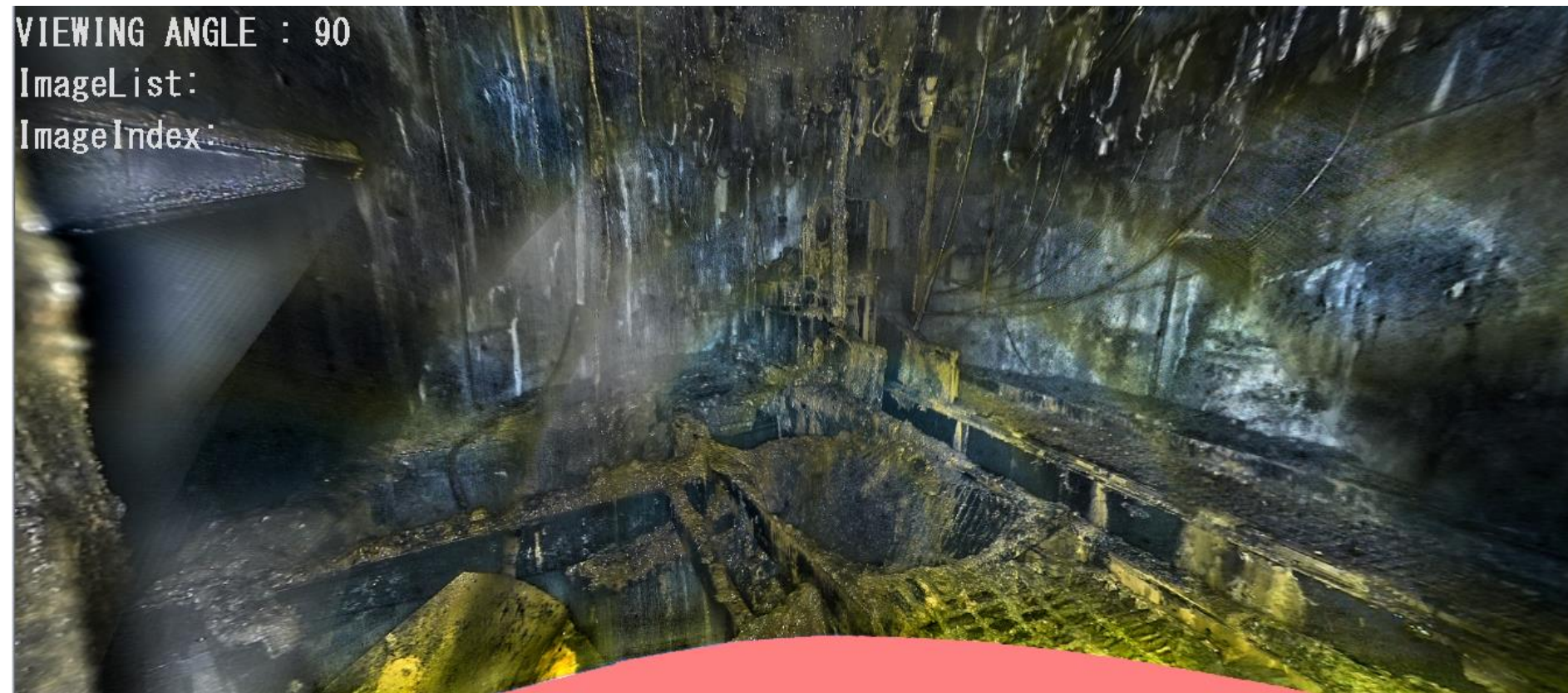
2号機 ペデスタル内上部調査(2017.1~2)

ペデスタル内 上部 (画像処理後)

VIEWING ANGLE : 90

ImageList:

ImageIndex:



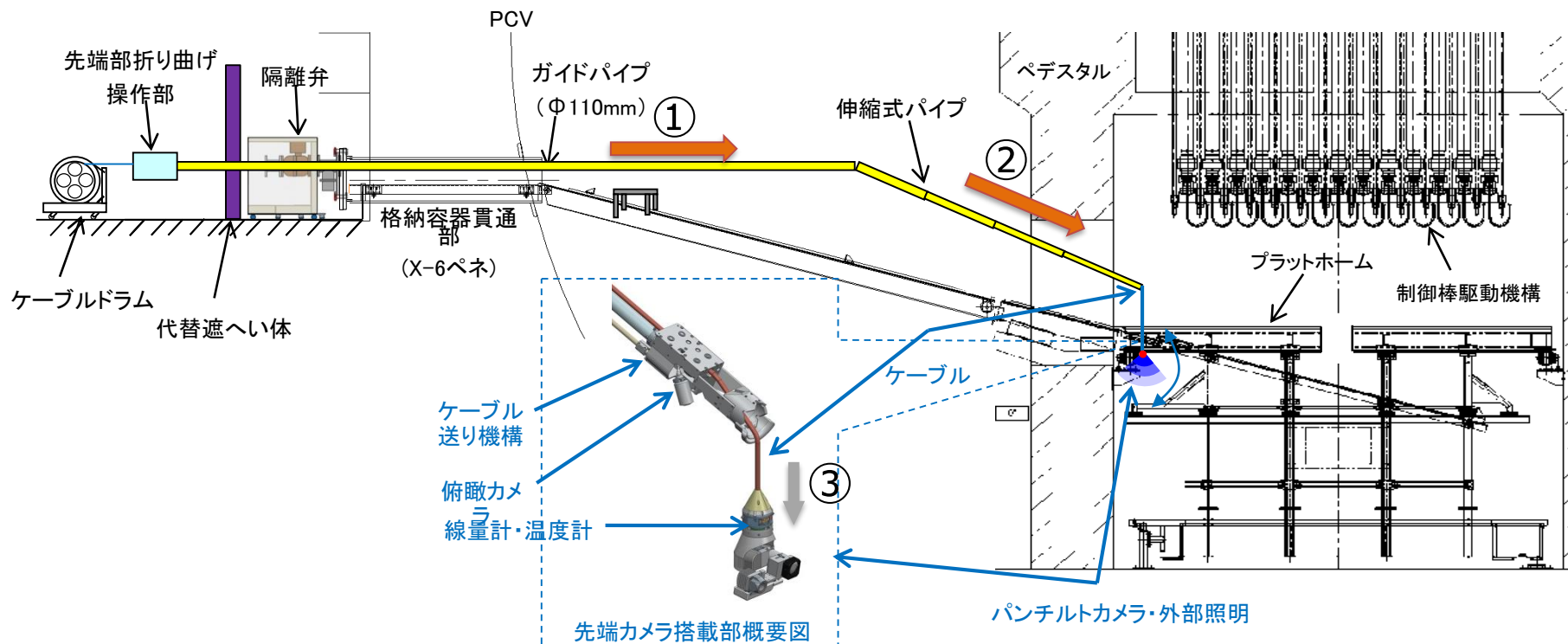
2号機 ペDESTAL内下部調査(2018.1)

■調査内容

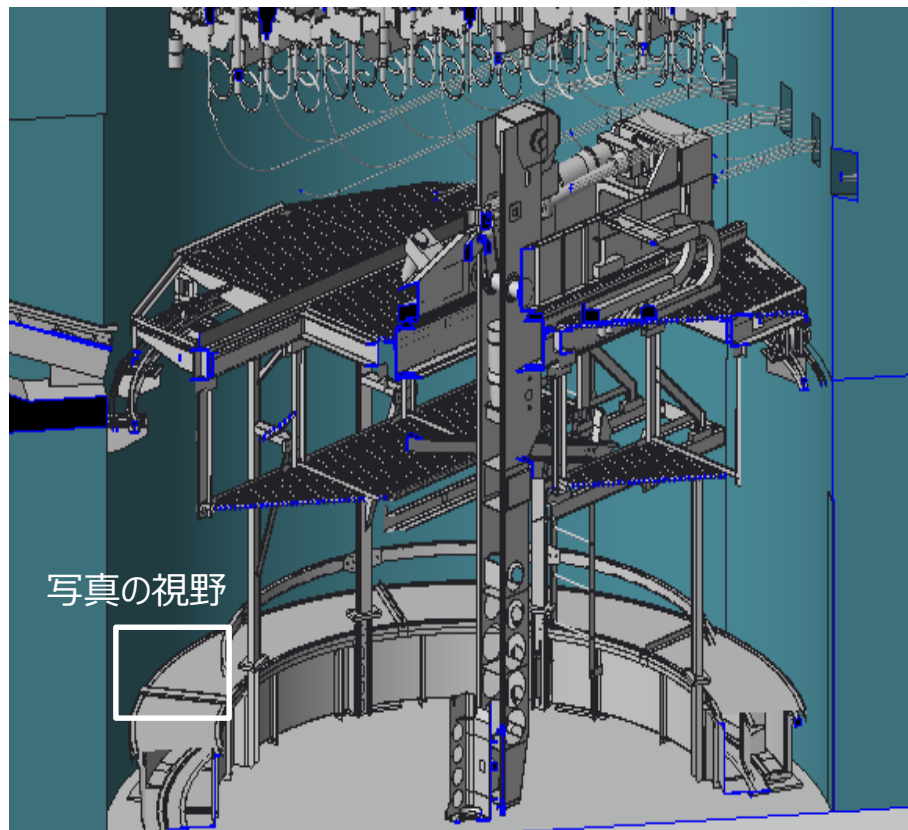
プラットフォーム下の状況確認

■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 ペデスタル内下部調査(2018.1)



写真の視野

2号機格納容器内底部
(鳥瞰イメージ)

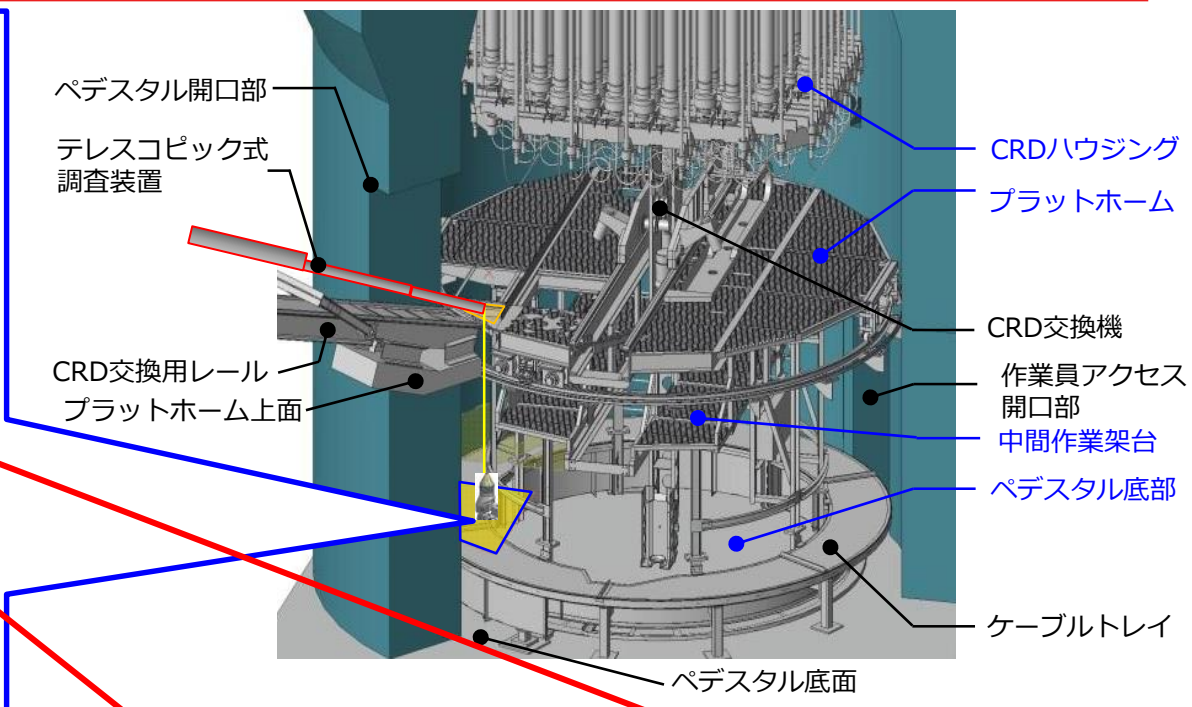
画像：2号機格納容器内底部，
ペデスタル内 内壁付近



PAN -087

TILT +071

2号機 ペデスタル内下部調査(2019.2)



堆積物接触前



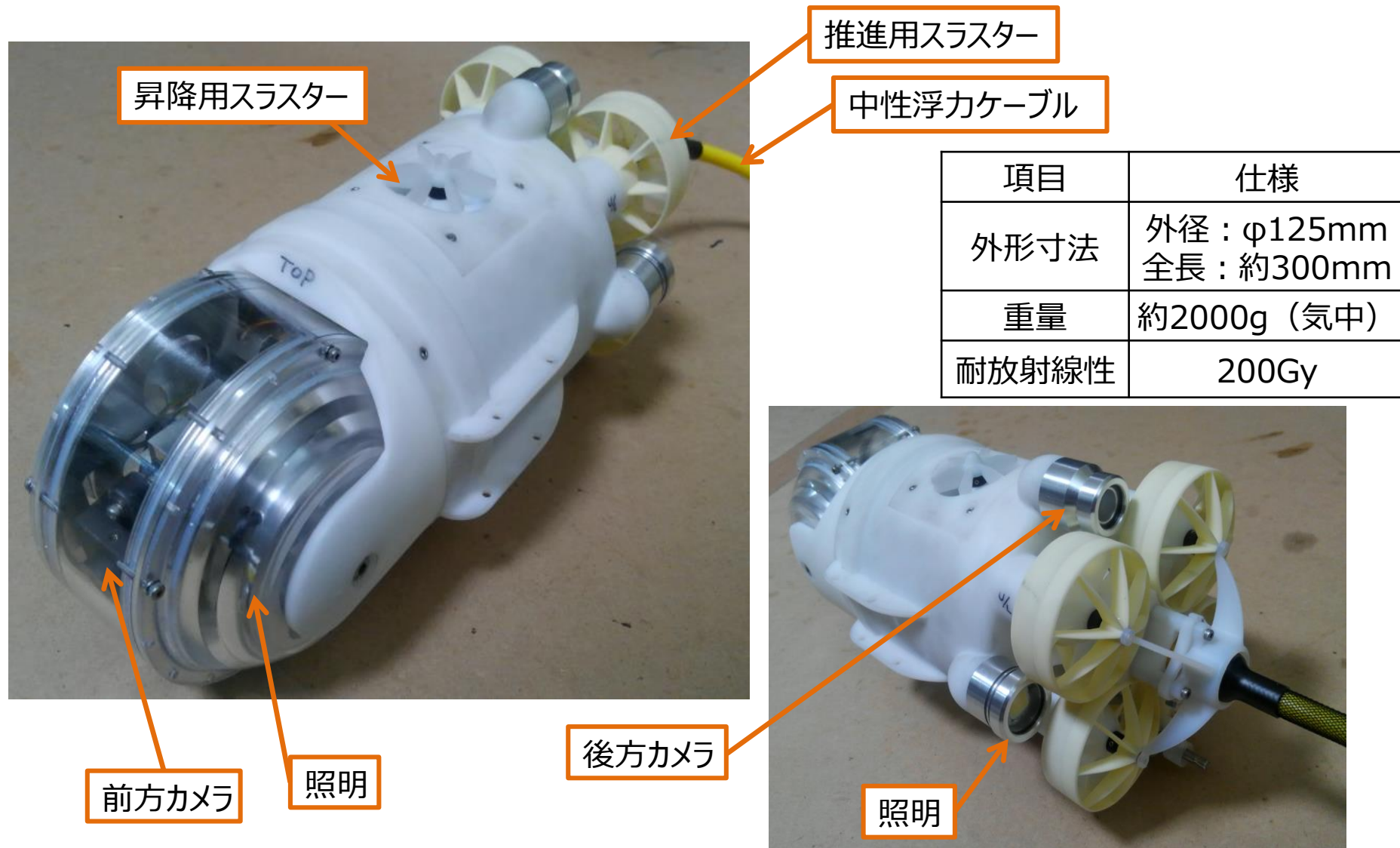
堆積物接触中



堆積物接触後

2号機 ペデスタル内下部調査(2019.2)

3号機格納容器内調査 水中ROV



3号機 格納容器内調査結果

2. 調査結果

2.3. ペデスタル内下部

IRID
TEPCO



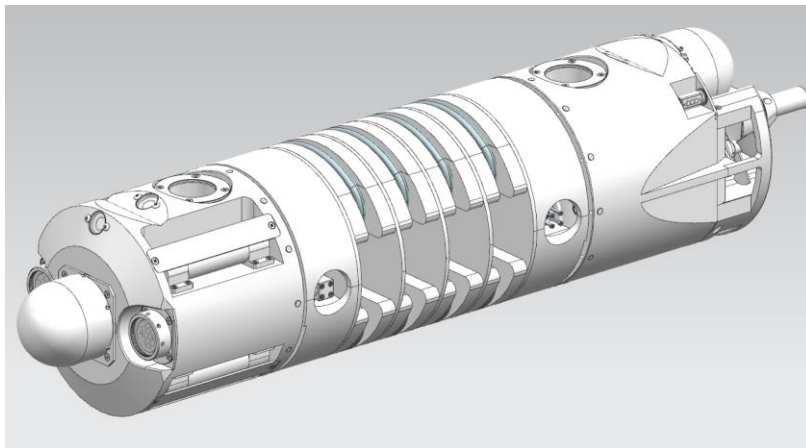
「3号機原子炉格納容器内部調査について（2017年11月30日 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第48回）報告資料）」より抜粋

目 次

1. はじめに
- 2. 原子炉格納容器内部調査技術開発**
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査**
3. 原子炉圧力容器内部調査技術開発
4. 燃料デブリ取り出し技術開発
 - (1)試験的取り出し
 - (2)段階的な取り出し規模の拡大
 - (3)取り出し規模の更なる拡大

ボート型アクセス装置

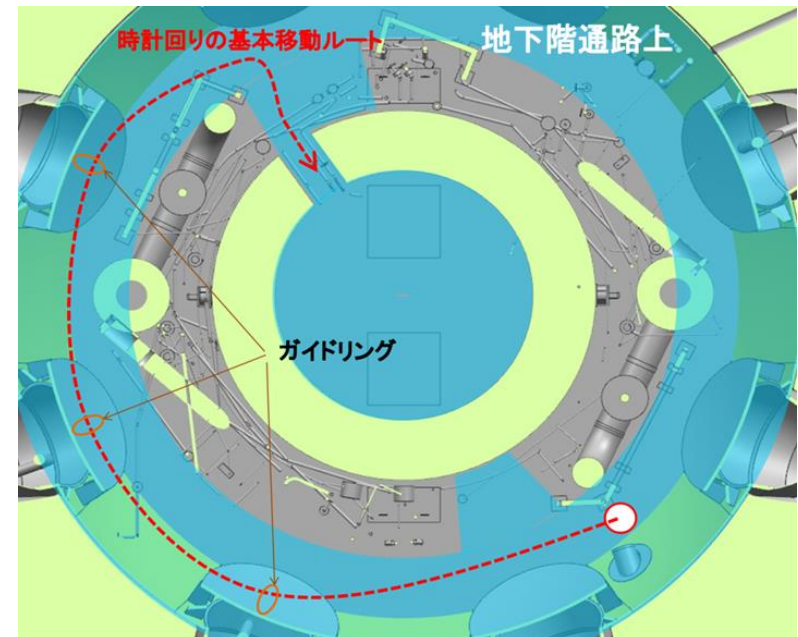
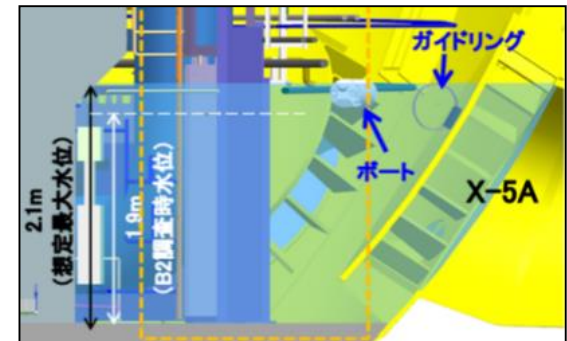
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作中



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

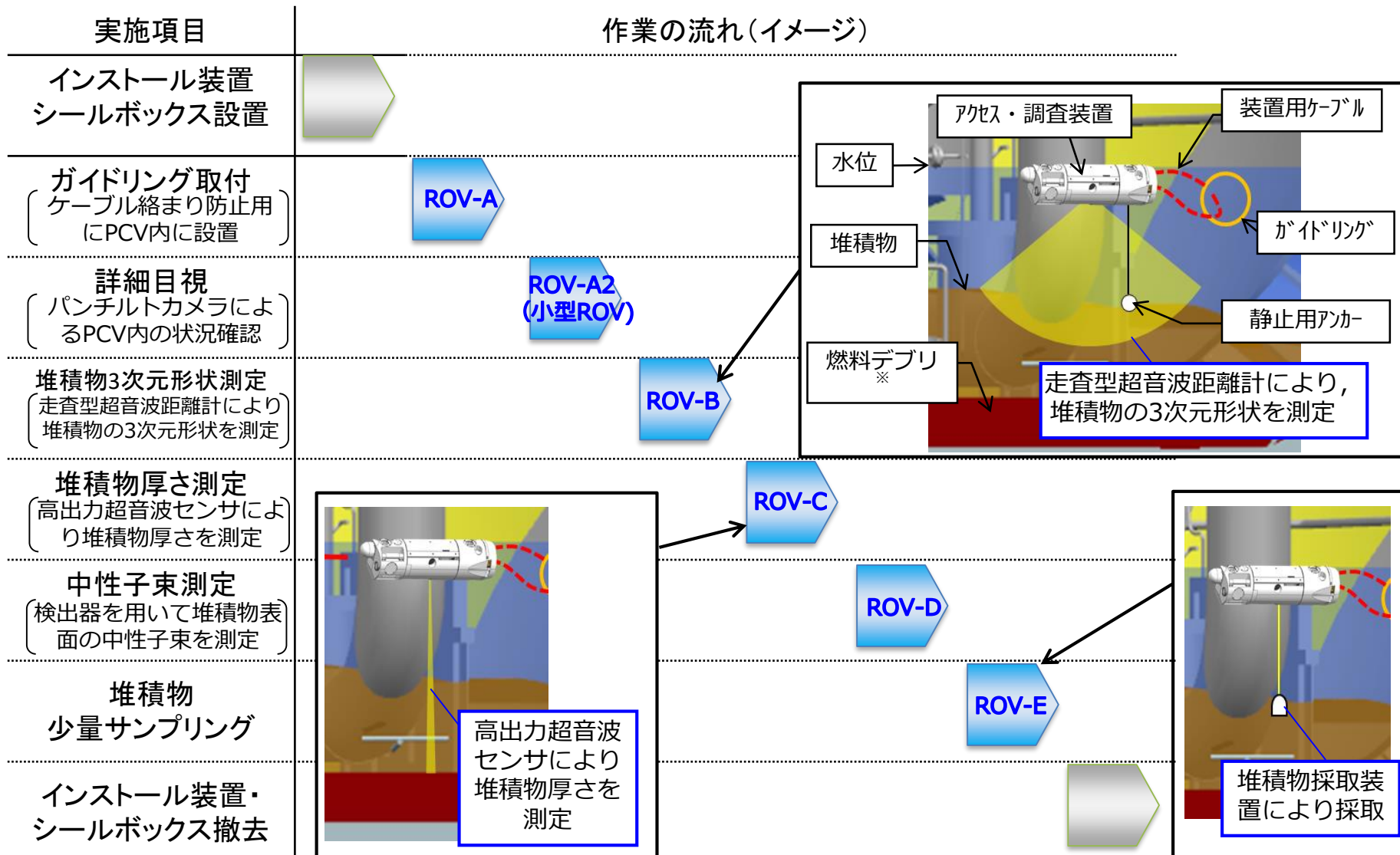
ボート型アクセス装置外観



ボート型アクセス装置の動線

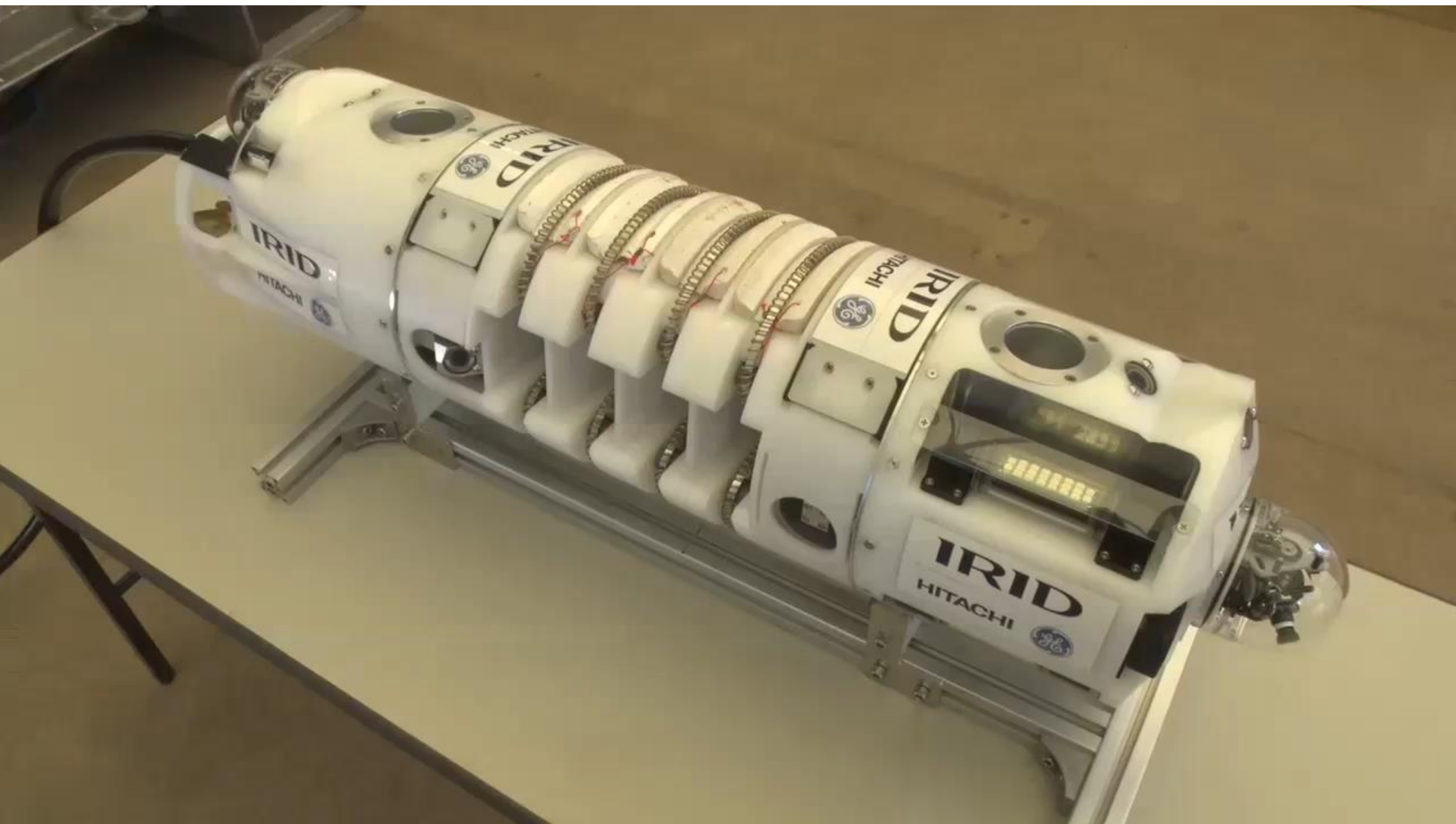
1号機：ボート型アクセス装置(X-2ペネからのPCV内部調査)

■ 潜水機能付ボート型アクセス・調査装置については、機能毎に6種類準備する予定。



※：堆積物の厚さや燃料デブリの有無及び厚さは未知だが、説明のためイメージとして記載

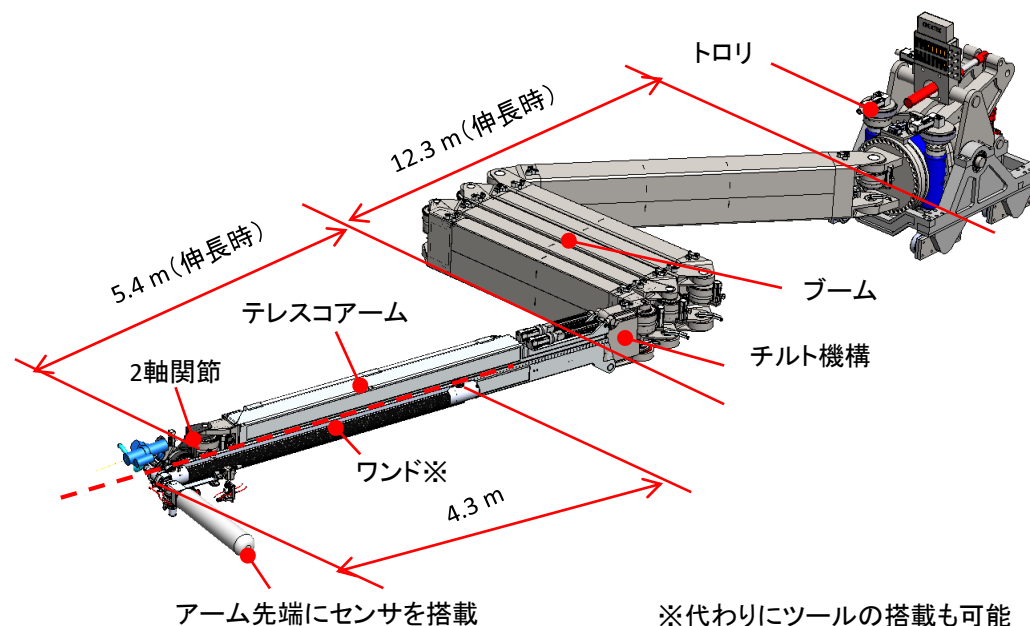
1号機：ボート型アクセス装置



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

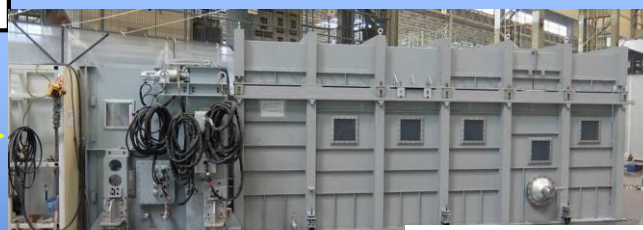
✓ 遠隔でのハッチ開放

隔離部屋

- 搬入/組立/搬出性確認



隔離部屋搬入イメージ



隔離部屋組立状態

ハッチ開放装置

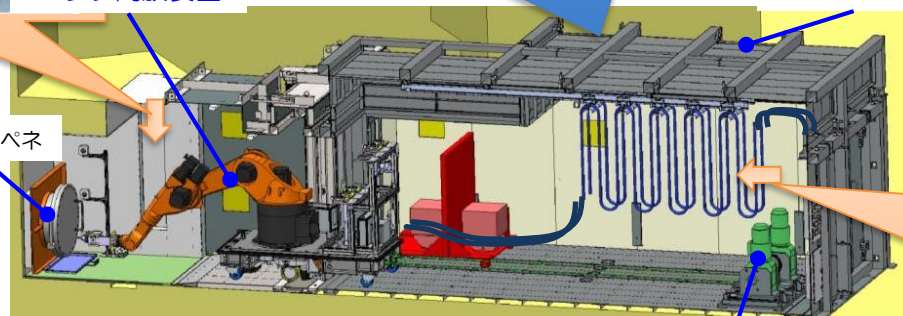
- 開放作業性確認 etc



X-6ペネ

ハッチ開放装置

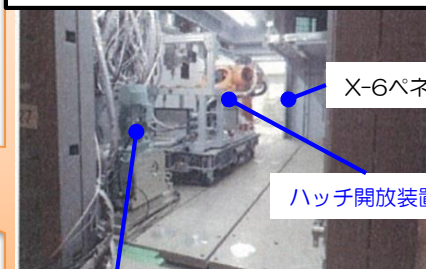
X-6ペネ



隔離部屋

ハッチ開放装置

- 走行性確認 etc



X-6ペネ

ハッチ開放装置

救援用
ワイヤーツール

救援用
ワイヤーツール

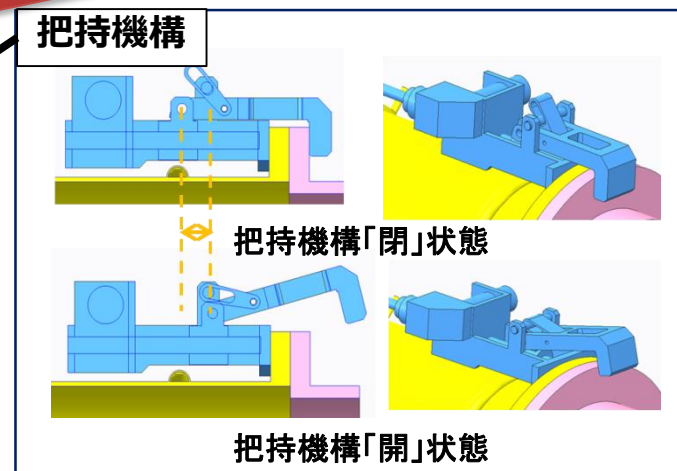
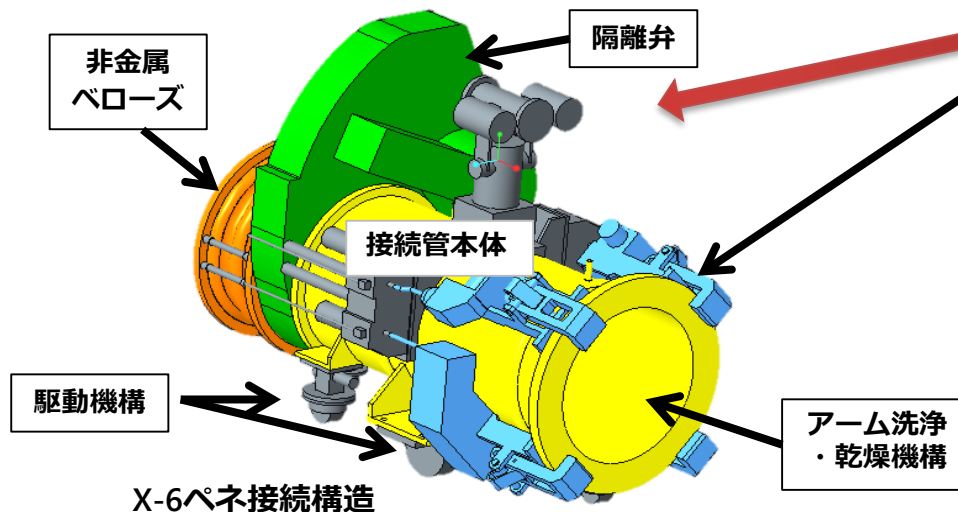
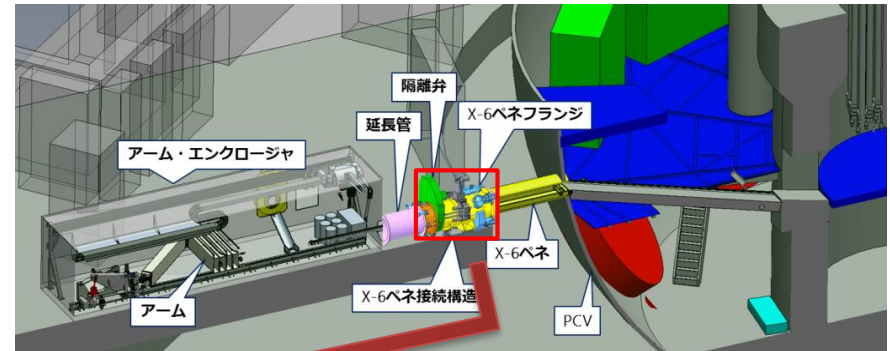
← :カメラ撮影方向

アーム型のアクセスルート

■ 格納容器への接続構造体

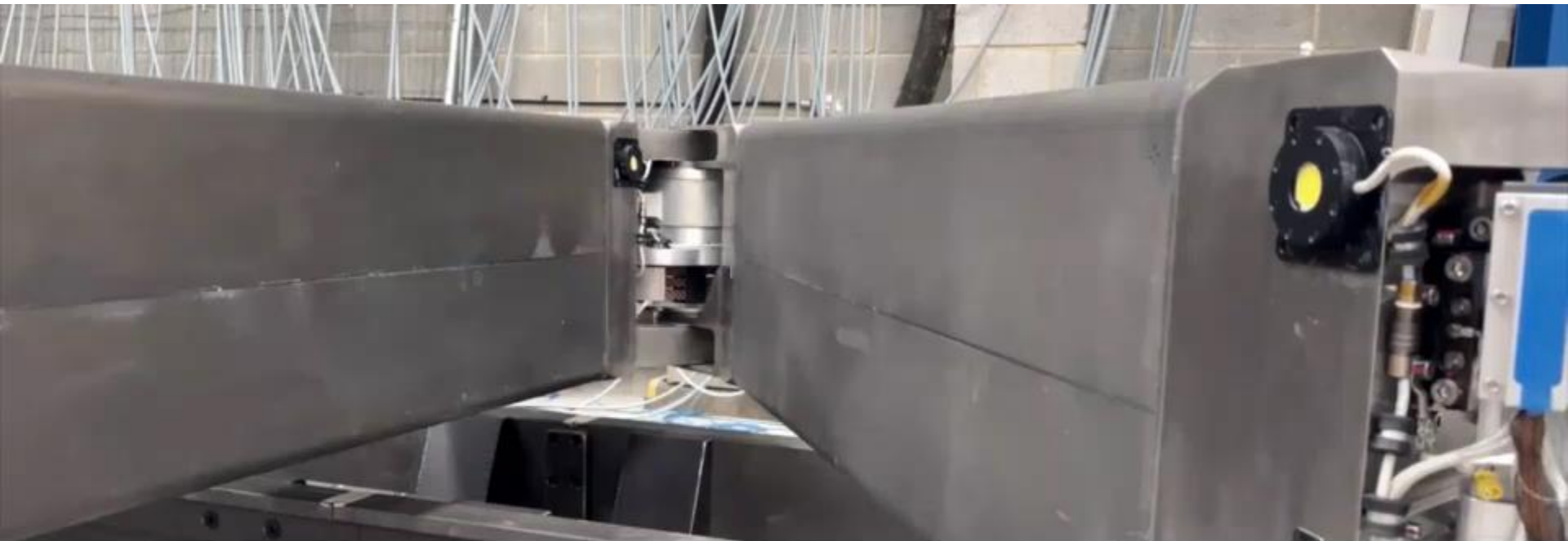
以下の機能等を有する接続構造体を開発中

- ✓ 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

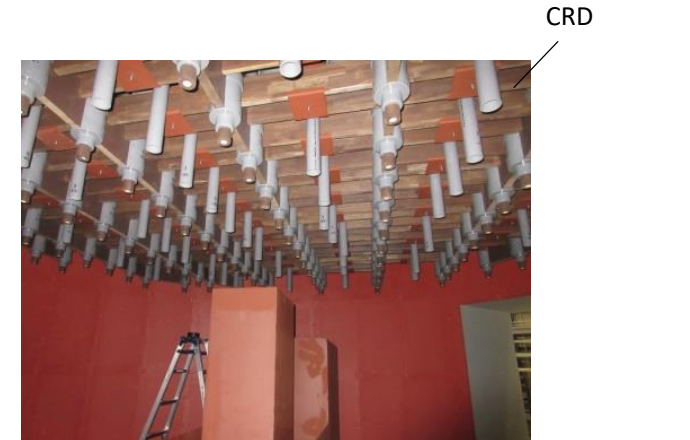
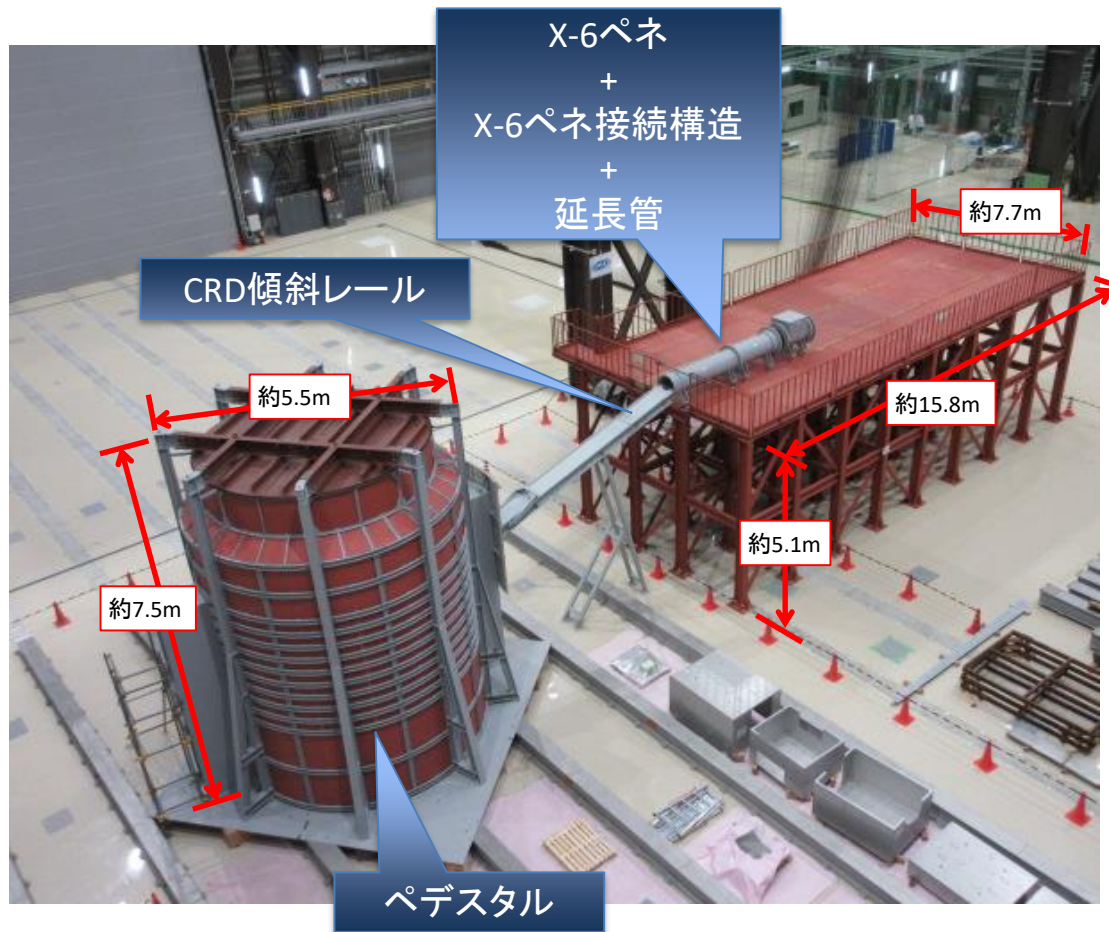
アーム型アクセス装置(動画)



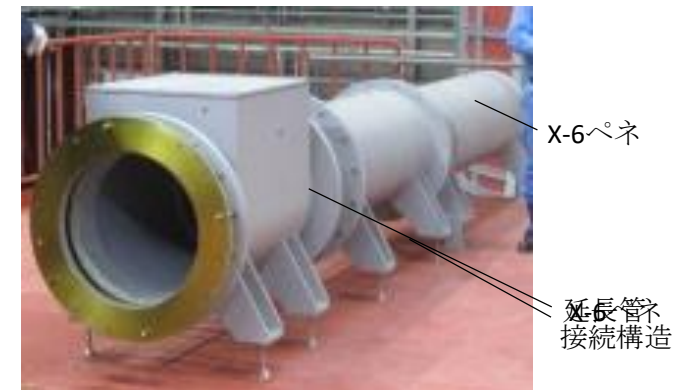
原子炉格納容器内試験的取出し・内部詳細調査技術の開発
燃料デブリへアクセスするロボットアーム等の日英共同開発の状況



モックアップ設備の据付 (JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター)



ペDESTAL内部の様子

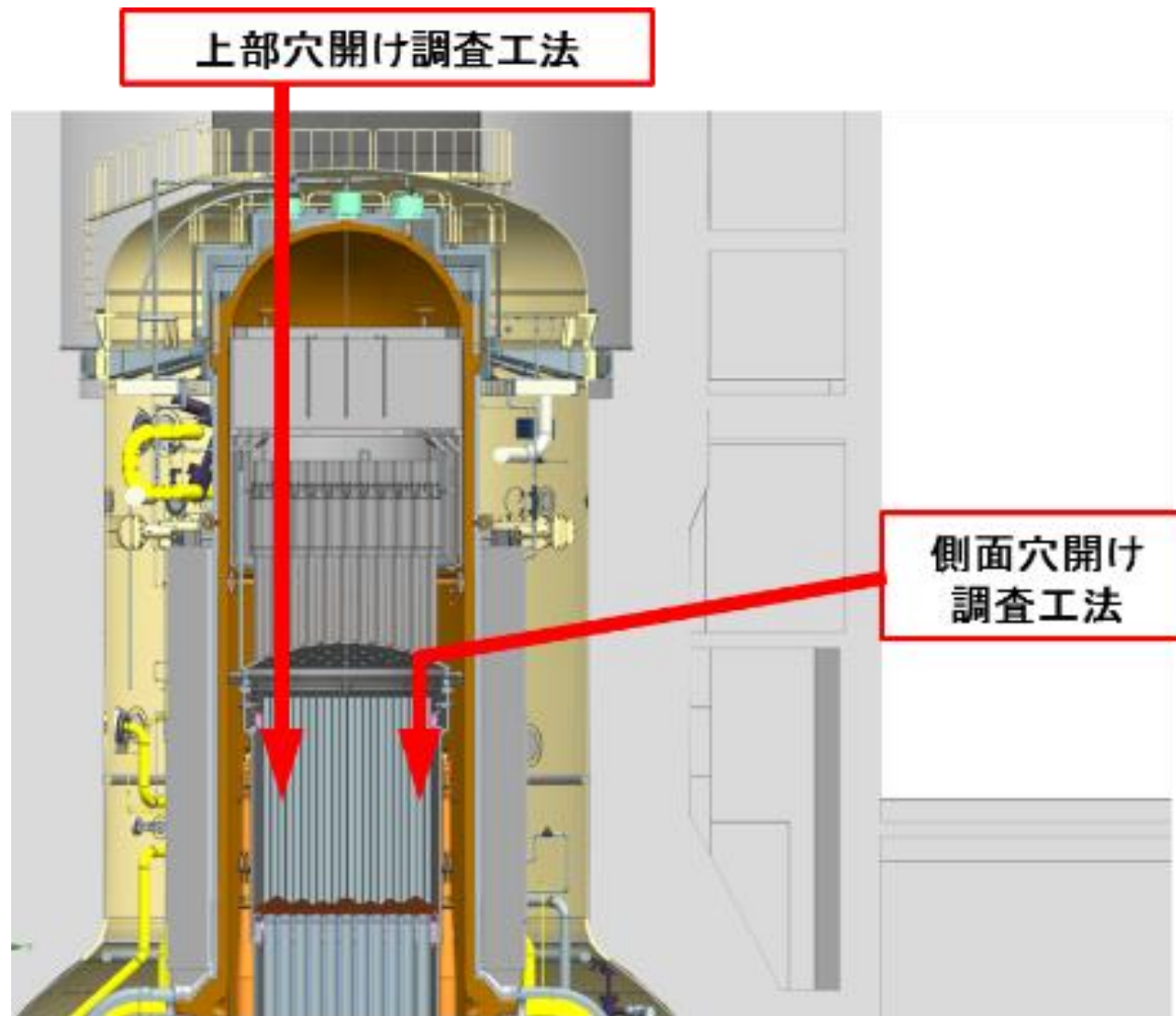


X-6ペネ(接続構造+延長管接続後)の様子

目 次

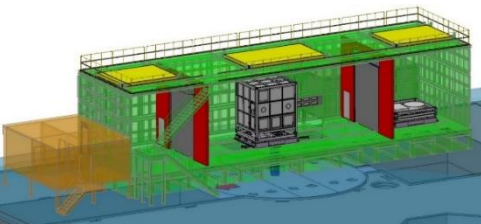
1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査
- 3. 原子炉圧力容器内部調査技術開発**
4. 燃料デブリ取り出し技術開発
 - (1)試験的取り出し
 - (2)段階的な取り出し規模の拡大
 - (3)取り出し規模の更なる拡大

上部穴開け調査工法と側面穴開け調査工法



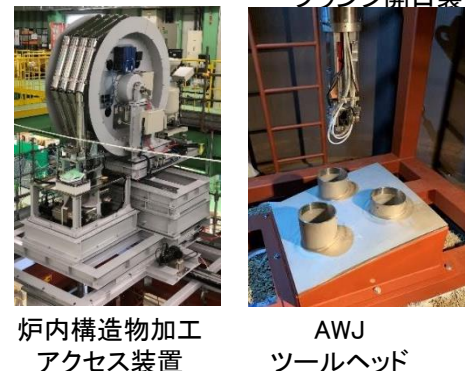
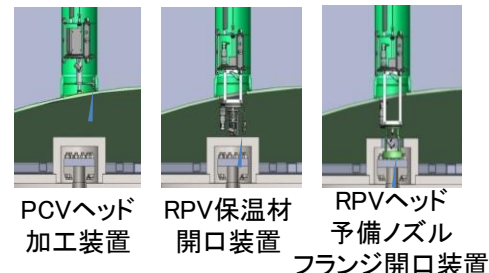
上部穴開け調査工法に係る要素技術

- ・汚染拡大防止のための負圧維持・管理システムの検討
- ・装置搬出入方法/装置の検討 等



加工装置

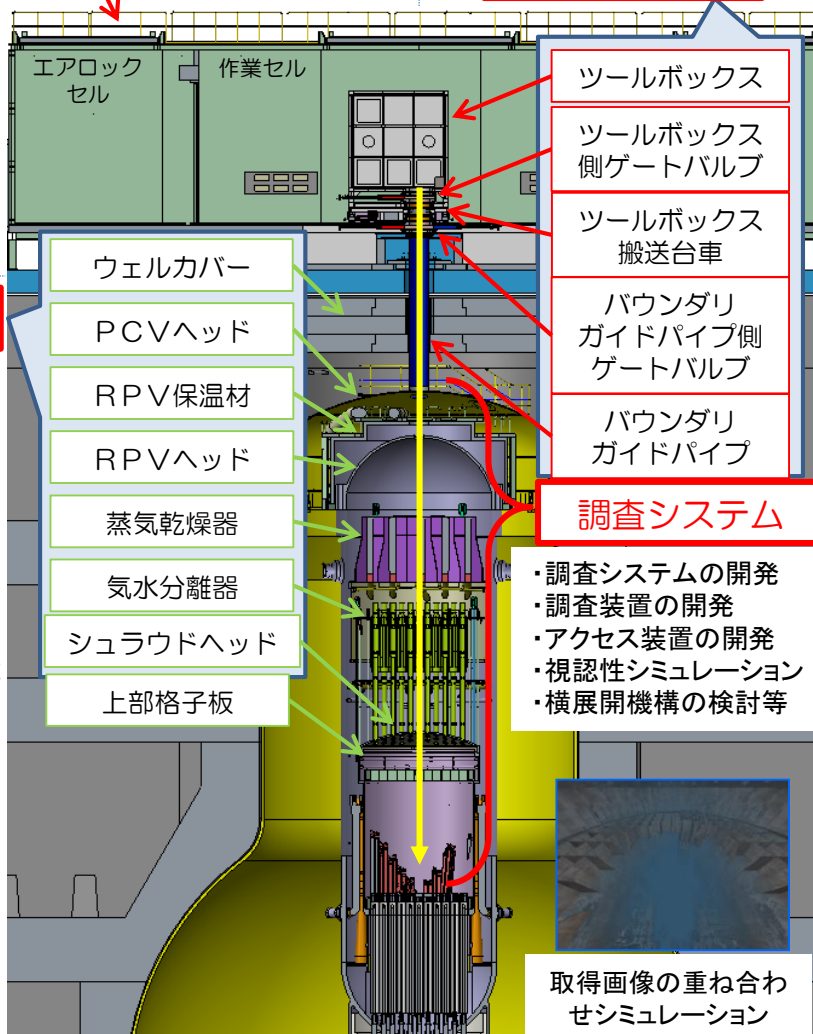
- ・各開口装置の開発
- ・小径穿孔装置の開発 等



炉内構造物加工
アクセス装置

AWJ
ツールヘッド

作業用セル



バウンダリ 機能維持装置

ツールボックス

ツールボックス 側ゲートバルブ

ツールボックス 搬送台車

バウンダリ ガイドパイプ側 ゲートバルブ

バウンダリ ガイドパイプ

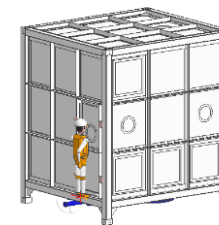
調査システム

- ・調査システムの開発
- ・調査装置の開発
- ・アクセス装置の開発
- ・視認性シミュレーション
- ・横展開機構の検討等

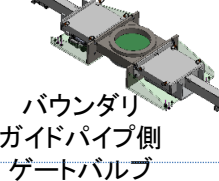


取得画像の重ね合
せシミュレーション

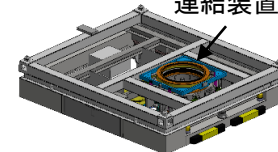
- ・ツールボックスの検討
- ・ゲートバルブの開発
- ・シール機構(樹脂パッキン)の検討 等



ツールボックス



バウンダリ
ガイドパイプ側
ゲートバルブ



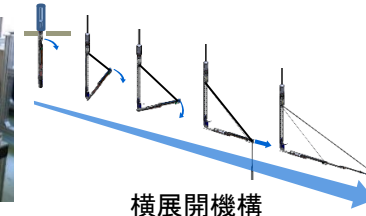
ツールボックス搬送台車



バウンダリガイドパイプ
(PCVヘッド取合部)



吊り下ろし装置



横展開機構

アクセス装置



事前確認用

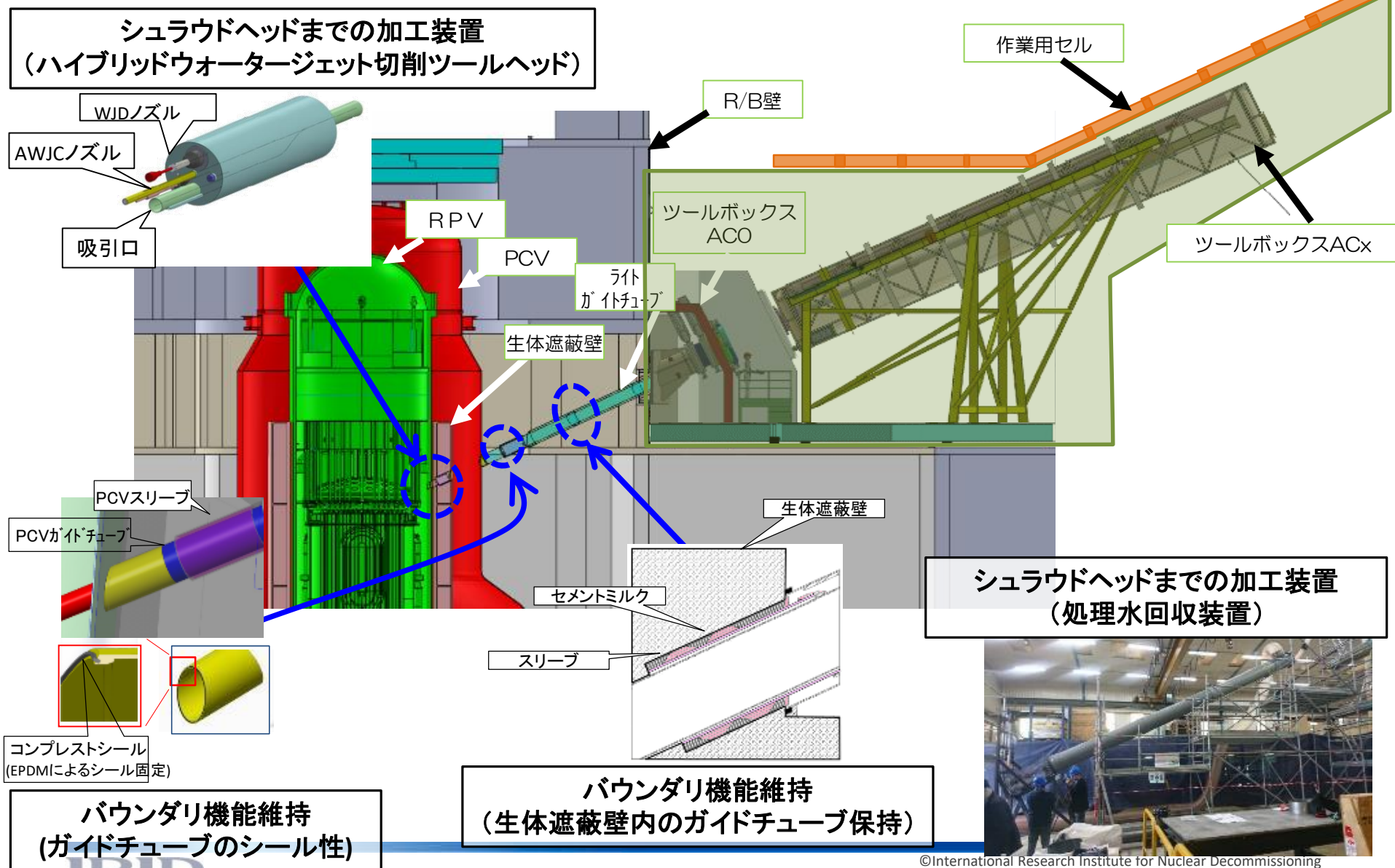


調査装置

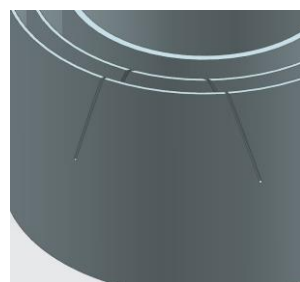
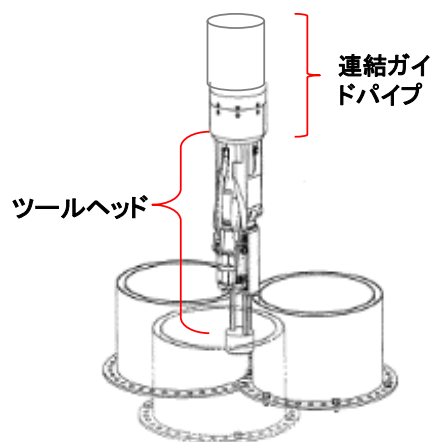


本格調査用

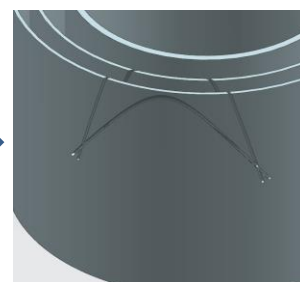
側面穴開け調査工法に係る要素技術



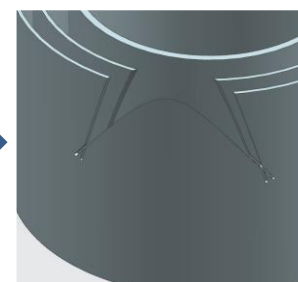
AWJによる気水分離器切断イメージ



鉛直方向切断



水平方向切断



加工片除去



1段分加工完了

気水分離器切断イメージ



加工前の気水分離器模擬体

気水分離器
模擬体
(気水分離器
の外側の2つ
の筒を模擬)

切断深さ



加工後の気水分離器模擬体

ノズル



加工終了後
の状況

目 次

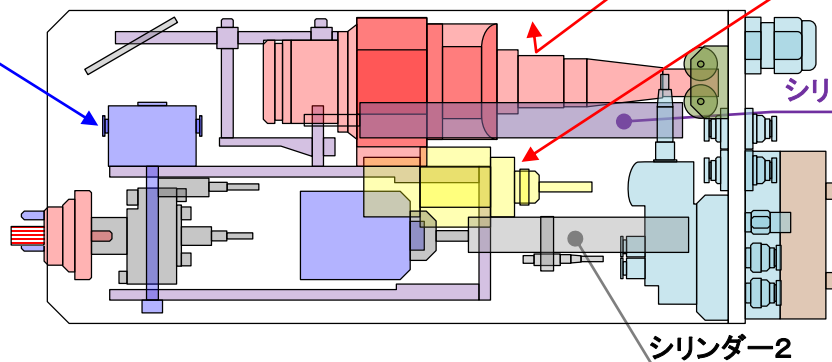
1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査
3. **燃料デブリ取り出し技術開発**
 - (1)試験的取り出し**
 - (2)段階的な取り出し規模の拡大
 - (3)取り出し規模の更なる拡大

格納容器内部詳細調査における試験的取り出し

以下の2種類の試験的取り出し装置を試作.

極細線金ブラシ方式

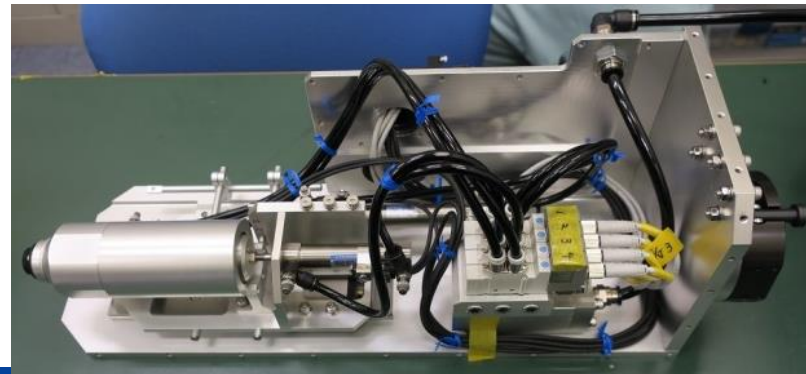
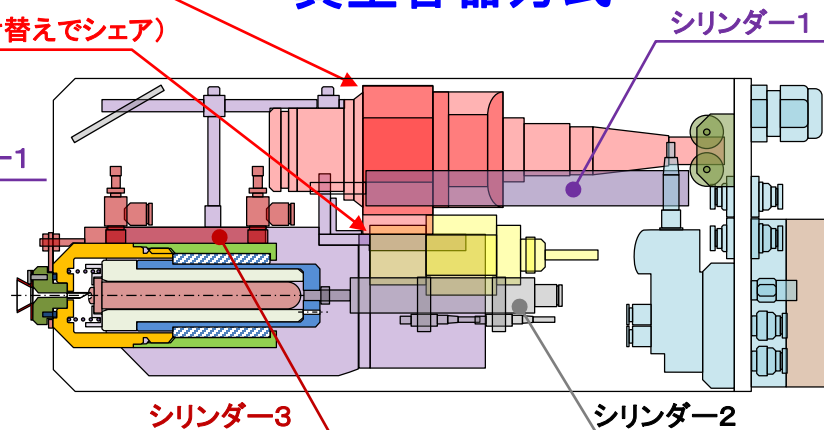
ロータリーアクチュエータ



耐放性カメラ(付け替えでシェア)

ライト(付け替えでシェア)

真空容器方式

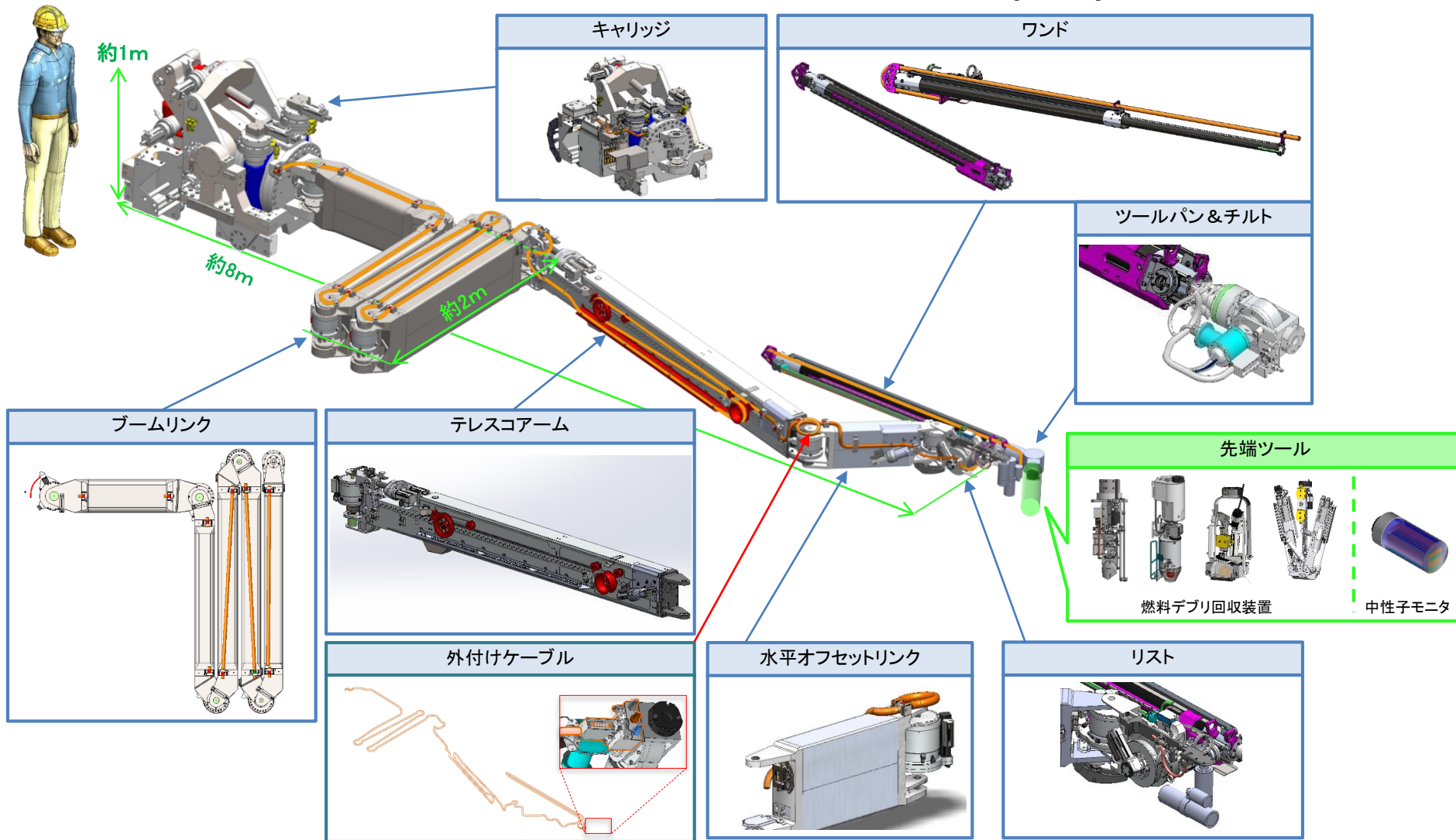


目 次

1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査
3. **燃料デブリ取り出し技術開発**
 - (1)試験的取り出し
 - (2)段階的な取り出し規模の拡大**
 - (3)取り出し規模の更なる拡大

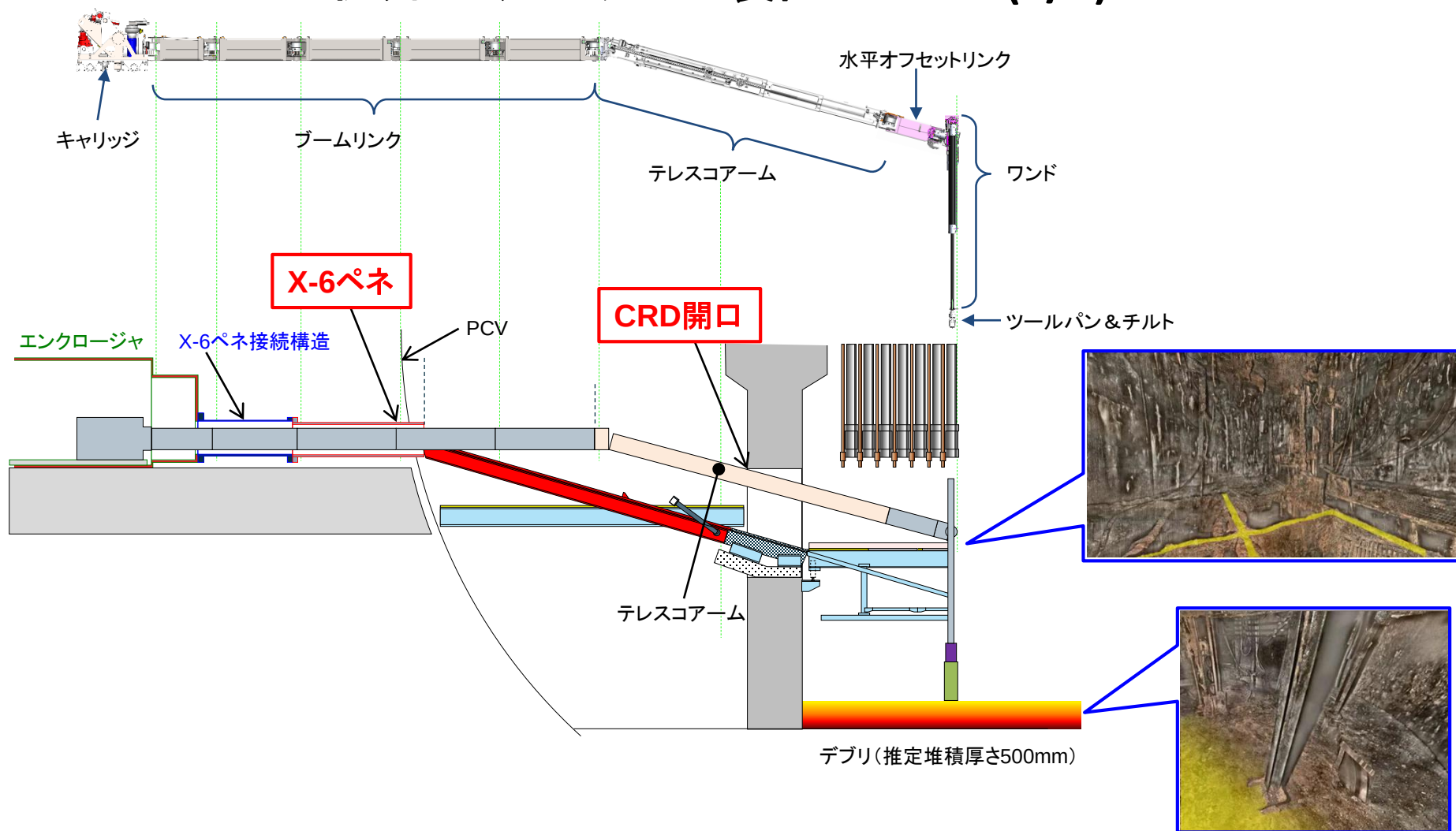
燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し

取り出し用アクセス装置 アーム(1/2)



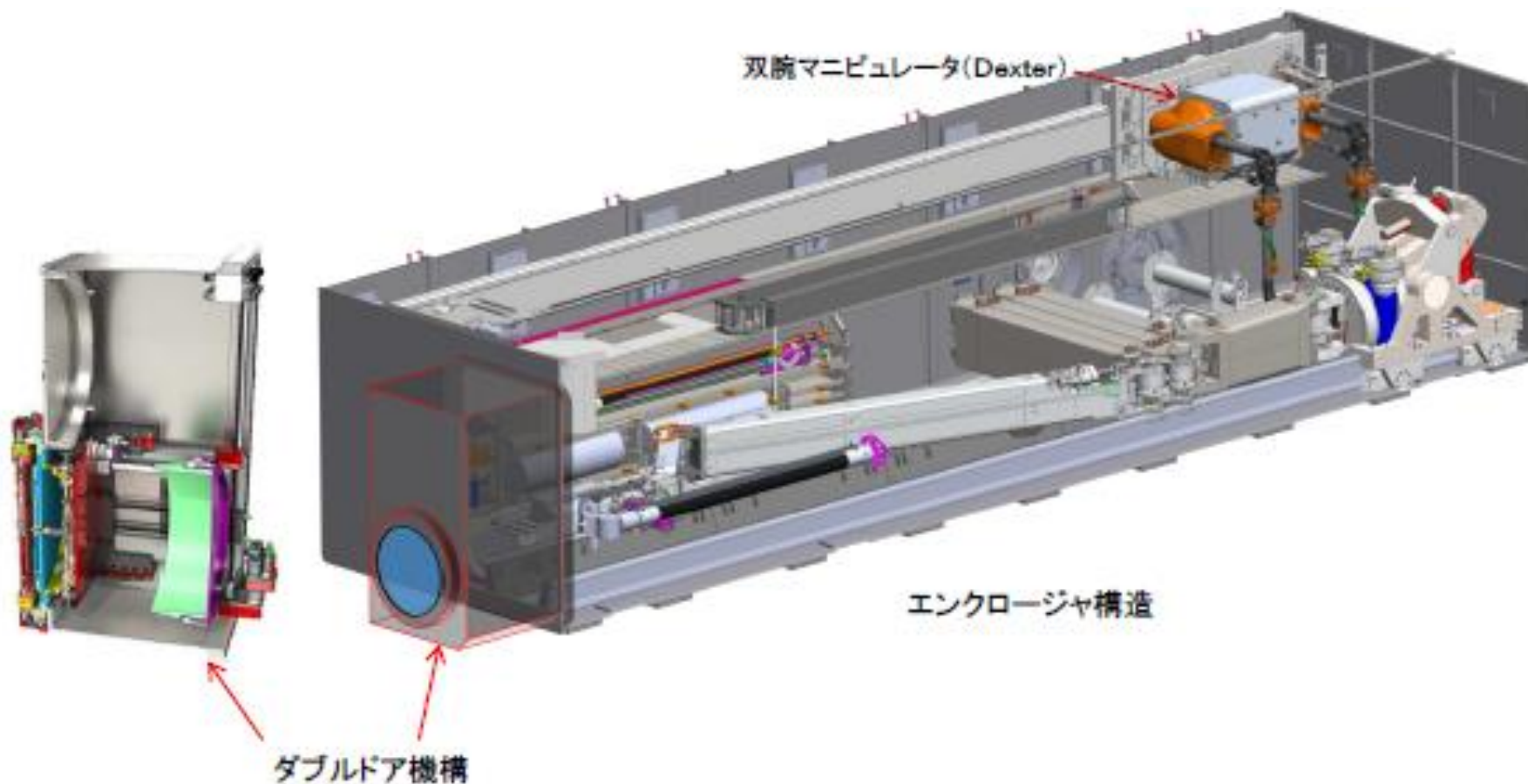
燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し

取り出し用アクセス装置 アーム(2/2)



燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し

エンクロージャ

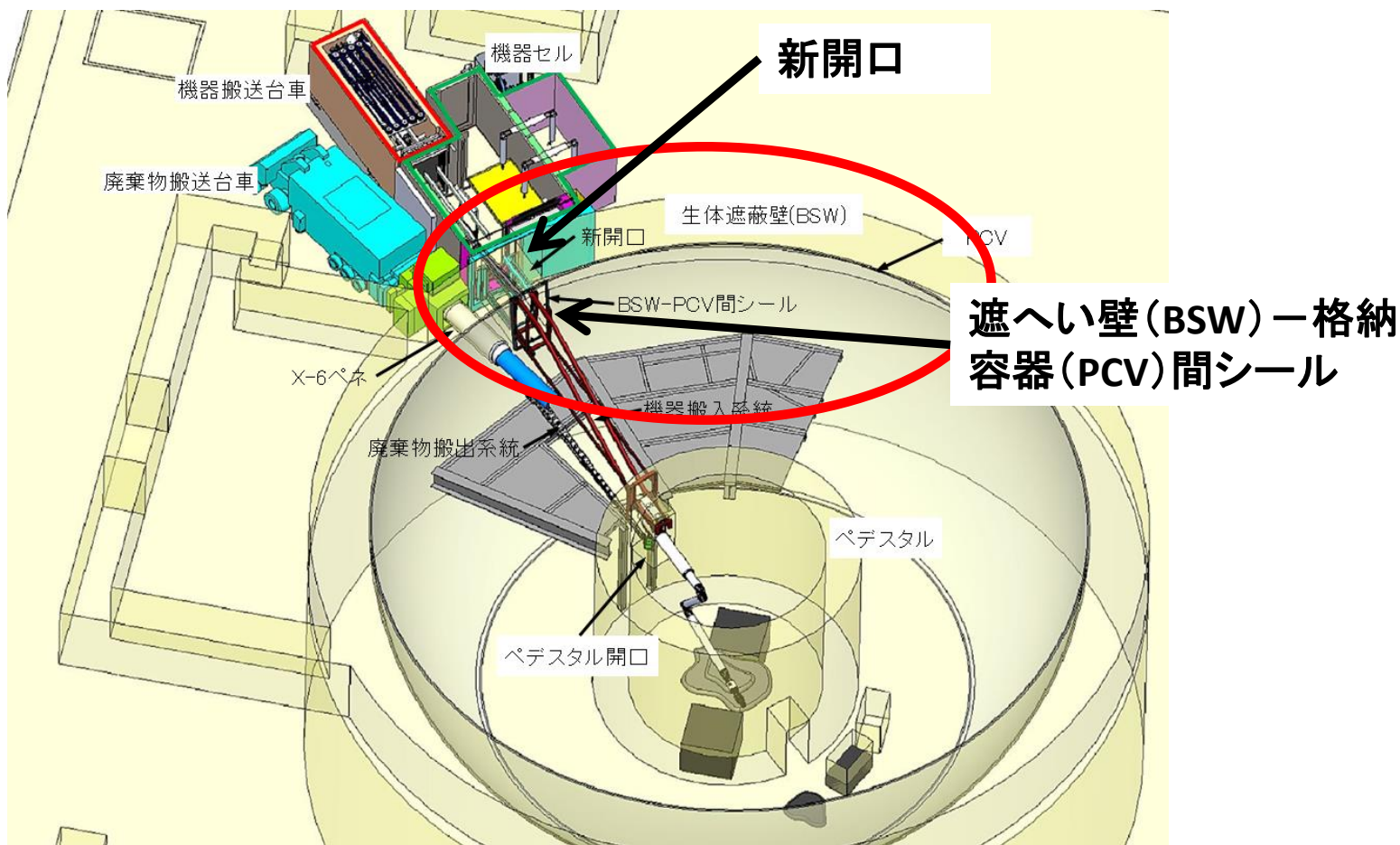


目 次

1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査
3. **燃料デブリ取り出し技術開発**
 - (1)試験的取り出し
 - (2)段階的な取り出し規模の拡大
 - (3)取り出し規模の更なる拡大**

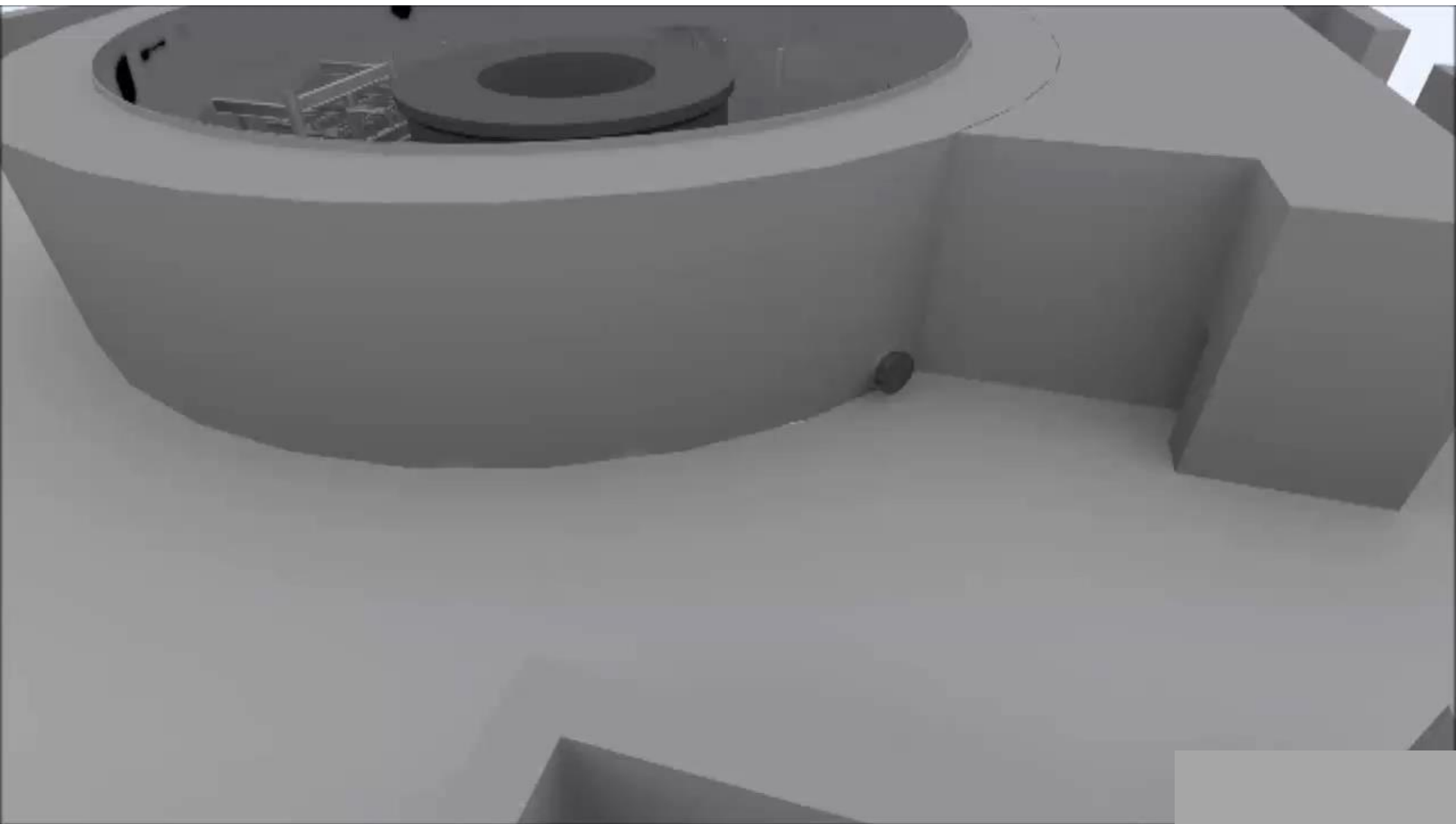
【横アクセス工法】デブリ取り出しに係る技術

■ 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



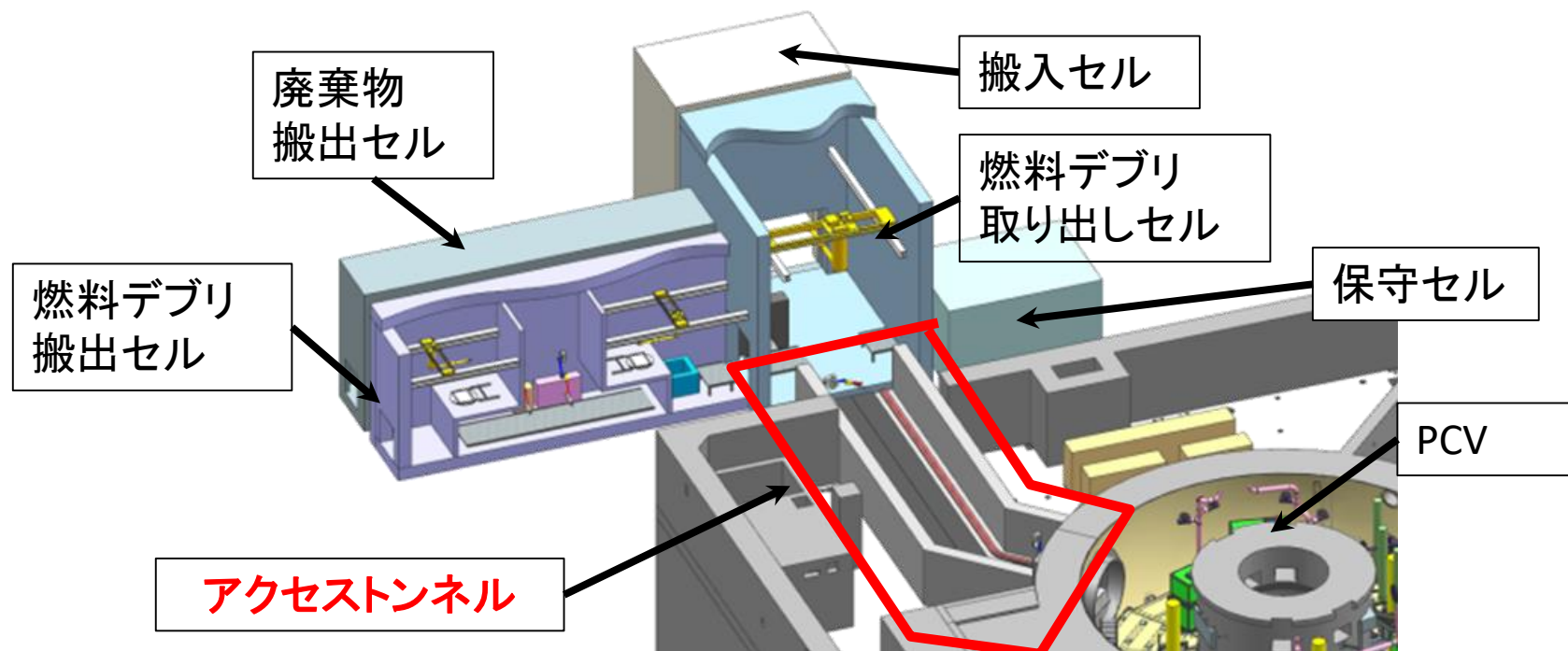
横アクセス工法の一例 イメージ

穴開け～シール設置 取り出し工法への適用イメージ



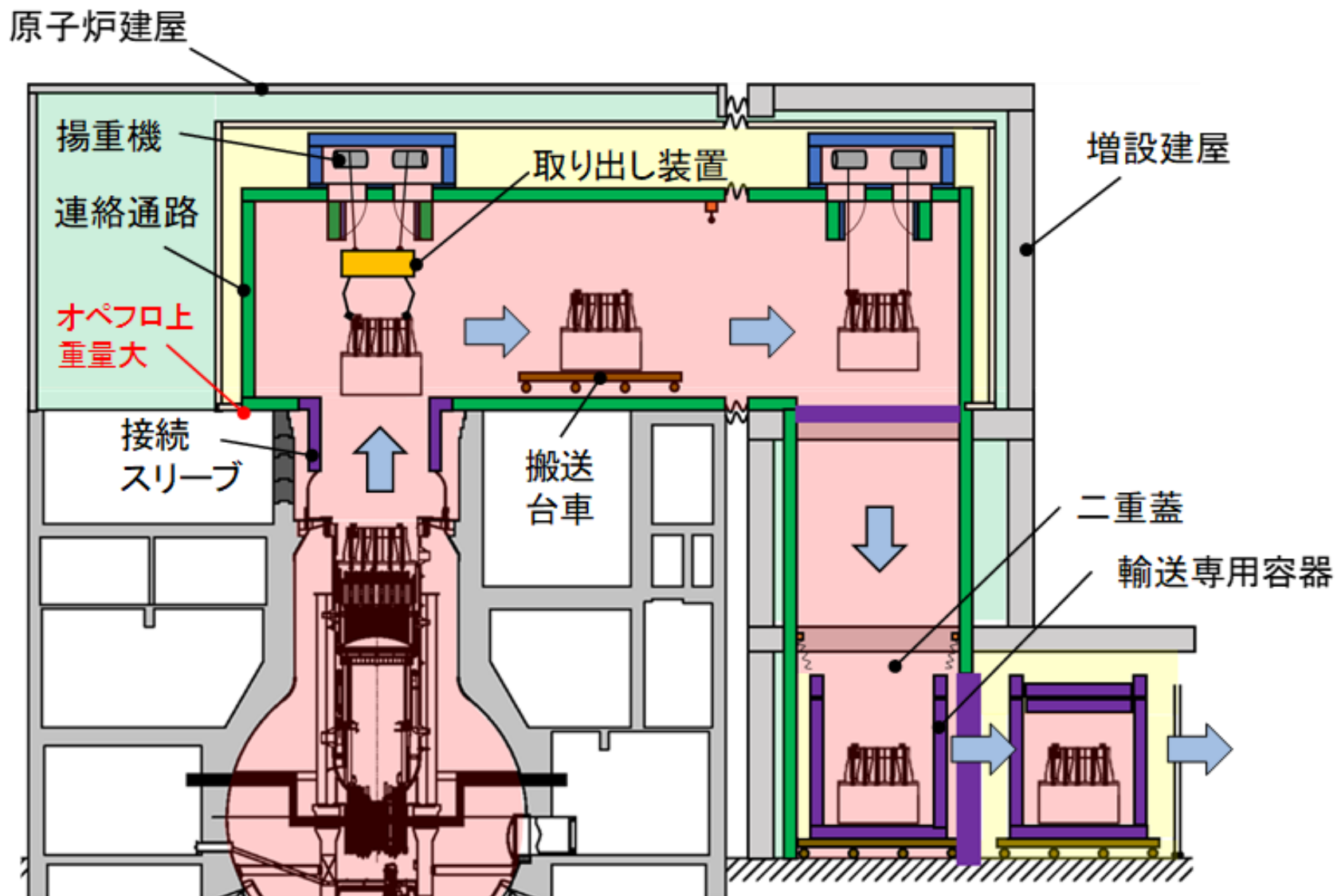
【横アクセス工法】トンネル施工技術

- 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

【上アクセス工法の例】：構造物一体撤去・搬出工法



燃料デブリの切削技術

- 要求事項を満たす切削技術の構成を検討中
- コアボーリング, ディスクソー, 超音波コアドリル, 油圧カッター, チゼル, アブレシブウォータージェット(AWJ), レーザーガウジング 他

チゼル加工



コアボーリング



レーザー加工

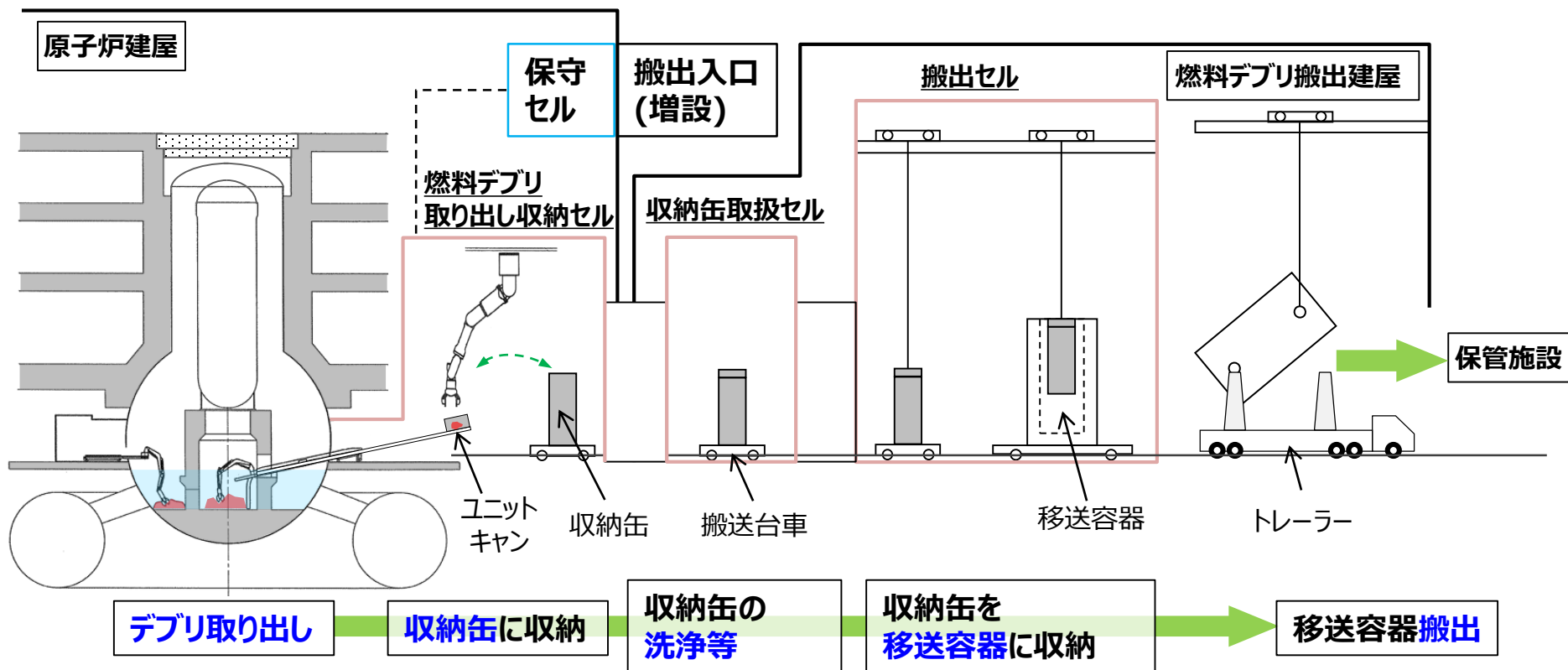


収納・移送・保管技術

収納缶の設計 ⇒ 1F固有の課題に対処

- 燃焼度と濃縮度が高い→**反応度高**
- コンクリートとの溶融生成物→コンクリート中の水分の放射線分解による**水素発生**
- 海水注入、計装ケーブル他との溶融→**塩分**の影響、**不純物**の混入

移送方法（**気中-横アクセス工法**の場合：例）



End of presentation