

日本原子力学会 2024年秋の大会
福島第一原子力発電所廃炉検討委員会 企画セッション

IRIDにおける1F廃炉のための ロボット技術開発

令和6年9月13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. 遠隔除染技術開発
3. 原子炉格納容器内部調査技術開発
4. 燃料デブリ取り出し技術開発

目 次

1. はじめに

2. 遠隔除染技術開発

3. 原子炉格納容器内部調査技術開発

4. 燃料デブリ取り出し技術開発

国際廃炉研究開発機構(IRID)概要

1. 名称

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID)

(International Research Institute for Nuclear Decommissioning)

2. 設立

2013年8月1日

3. 組合員 (19法人)

国立研究機関 2

日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所

メーカー等 5

東芝ESS, 日立GE, 三菱重工業、アトックス

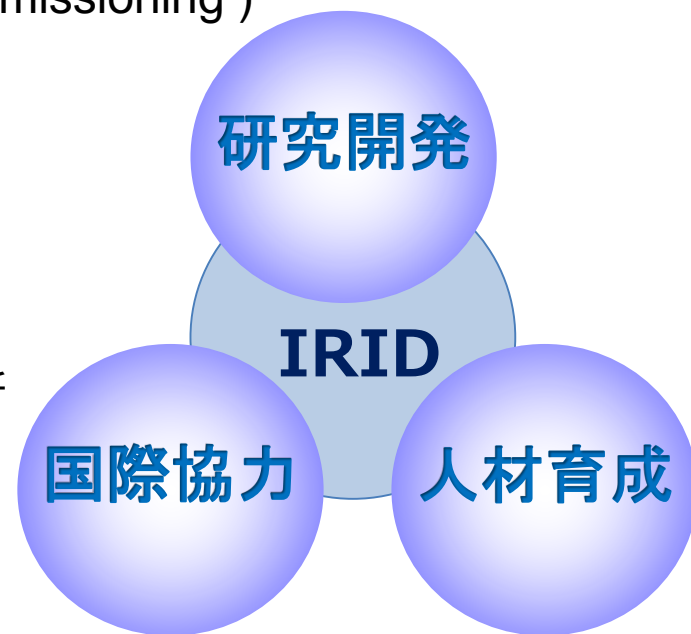
東双みらいテクノロジー

電力会社等 12

北海道電力、東北電力、東京電力HD、中部電力、北陸電力

関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、日本原子力発電

電源開発、日本原燃



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り出した燃料集合体の長期健全性評価

3. 廃棄物対策に係る研究開発

固体廃棄物の
先行的処理手法
技術

固体廃棄物の
処理・処分
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

燃料デブリ取り出し技術

燃料デブリ・炉内構造物取出 臨界管理・基盤技術 小型中性子検出器

燃料デブリ・
炉内構造物
取り出し技術・工法
開発

燃料デブリ・
炉内構造物取出
ダスト集塵
システム

燃料デブリ
収納・移送
・保管技術

燃料デブリ取り出し
安全システム
の開発

環境整備技術

<安定状態の確保>

RPV/PCVの
腐食抑制・耐震性評価

PCV漏えい箇所の
補修・止水及び実規模試験

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>

<直接的調査>

RPV内燃料デブリ検知技術・評価

総合的な炉内状況把握の高度化

PCV詳細調査技術

RPV
内部調査
技術

PCV詳細調査
X-6 α ネ
実証 (自主)

PCV詳細調査
堆積物
実証 (自主)

燃料
デブリ性状
把握・分析

燃料デブリ
サフリング・
規模拡大
技術

目 次

1. はじめに

2. 遠隔除染技術開発

3. 原子炉格納容器内部調査技術開発

4. 燃料デブリ取り出し技術開発

遠隔除染技術

開発のニーズ

R/B内の線量が高く容易に人が近づけない。**作業場所の環境改善（線量低減）**が必要。

原子炉建屋（R/B）

使用済燃料プール

PCV

作業、移動エリアの除染

低所(床,下部壁面)用



吸引/ブラスト

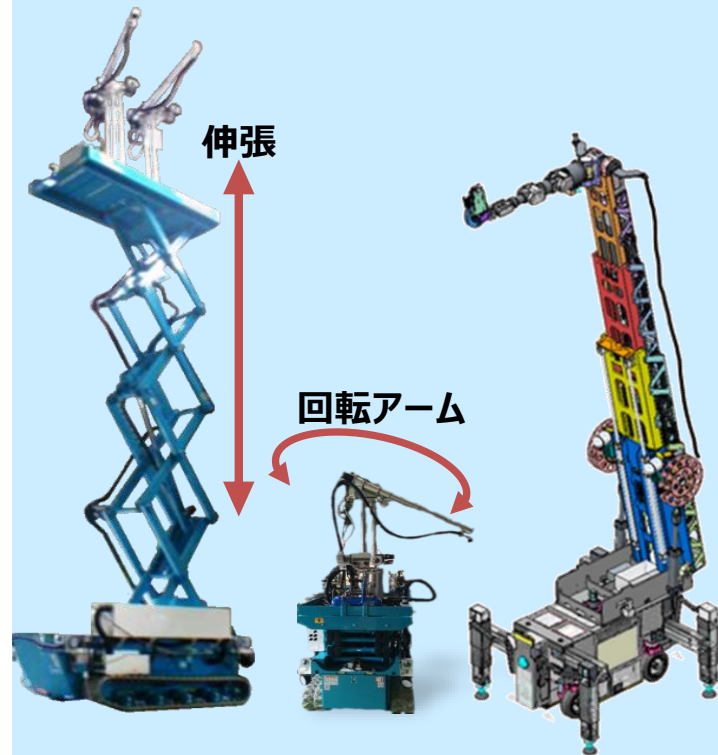


高圧水噴射

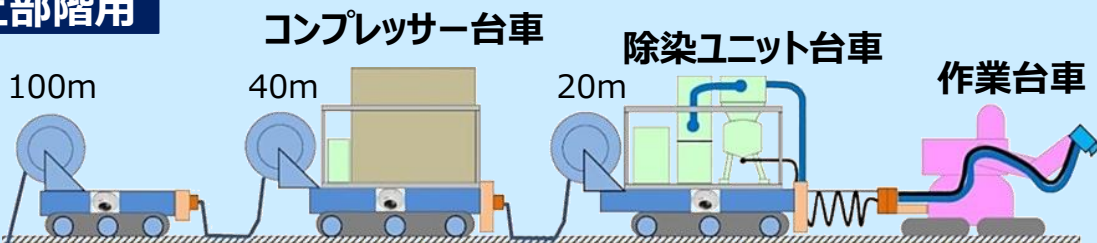


ドライアイスブラスト

高所用



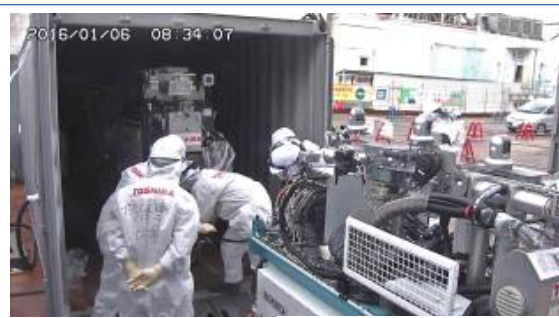
上部階用



遠隔除染技術

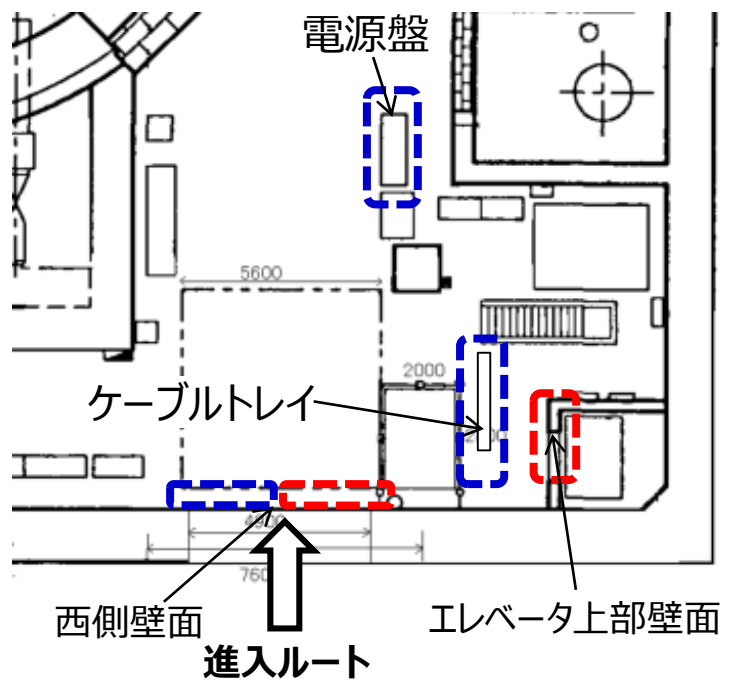
現場への適用（3号機）

2016年1月～2016年2月に
3号機R/B 1階で吸引
除染及びドライアイスブ
ラスト除染を実施。



コンテナから搬出する場面

□ : 吸引 □ : ドライアイス



3号機R/B内への進入風景

目 次

1. はじめに

2. 遠隔除染技術開発

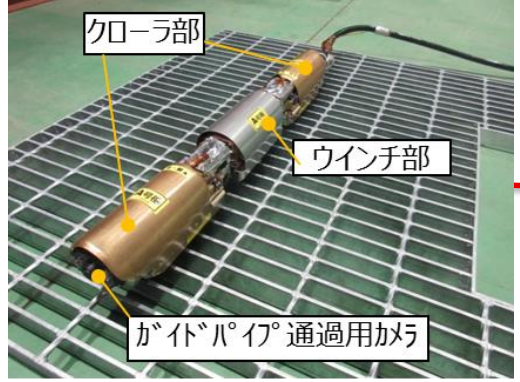
3. 原子炉格納容器内部調査技術開発

4. 燃料デブリ取り出し技術開発

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)

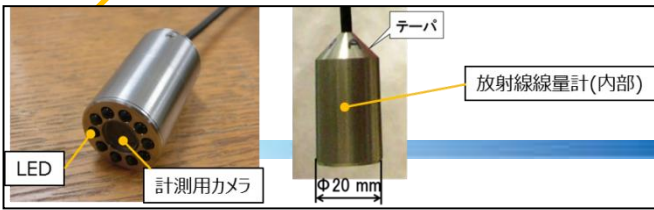
○形状変化型ロボット (B2調査)



I型(ガイドパイプ通過時)
 ↓変形

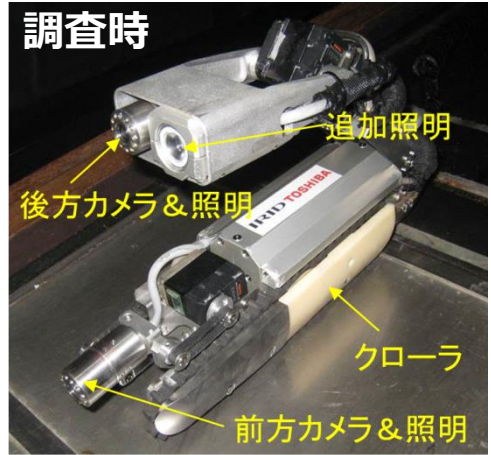
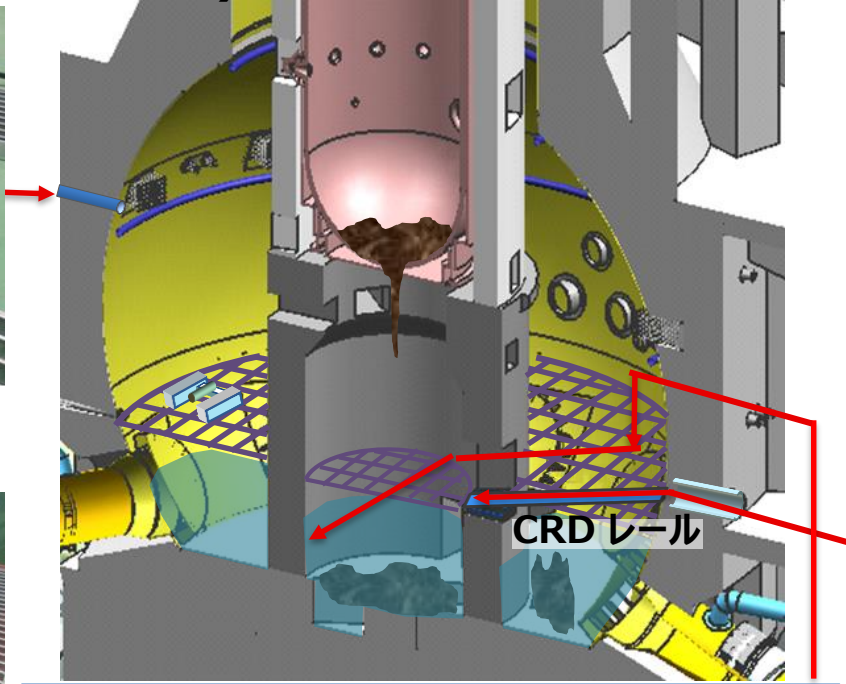


II型(平面走行時)

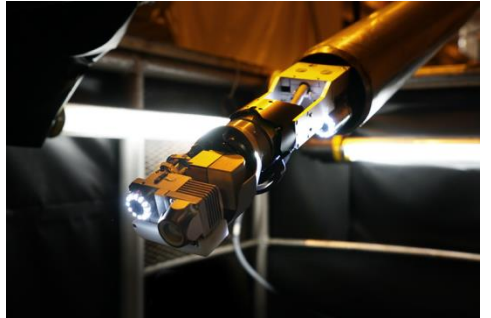


ペDESTル内側の調査 (2号機)

○クローラ型遠隔調査ロボット (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)



○水中遊泳型ロボット

1号機 ペDESTAL外調査(2017.3)

3/18 (土)

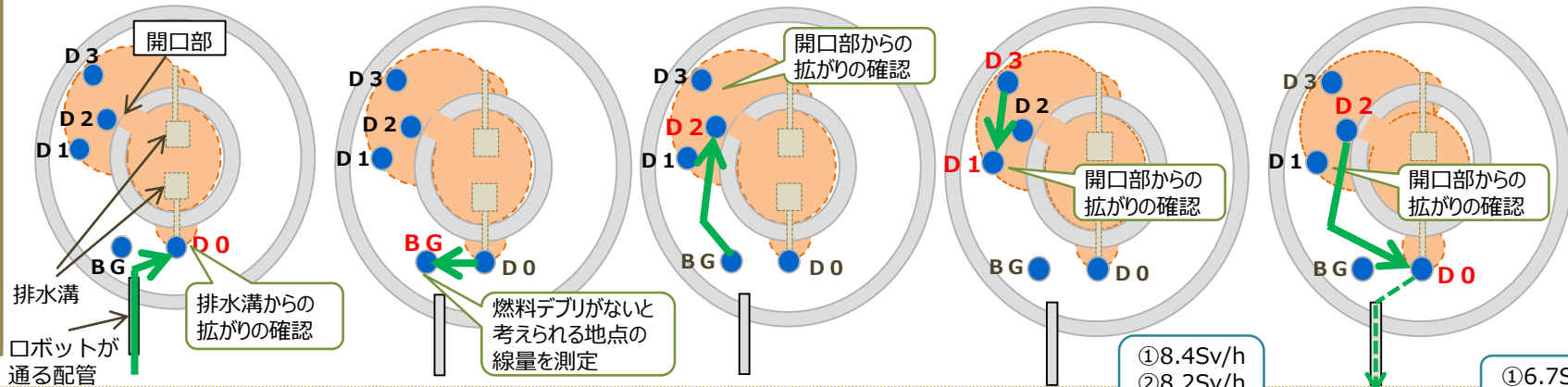
3/19 (日)

3/20 (月)

3/21 (火)

3/22 (水)

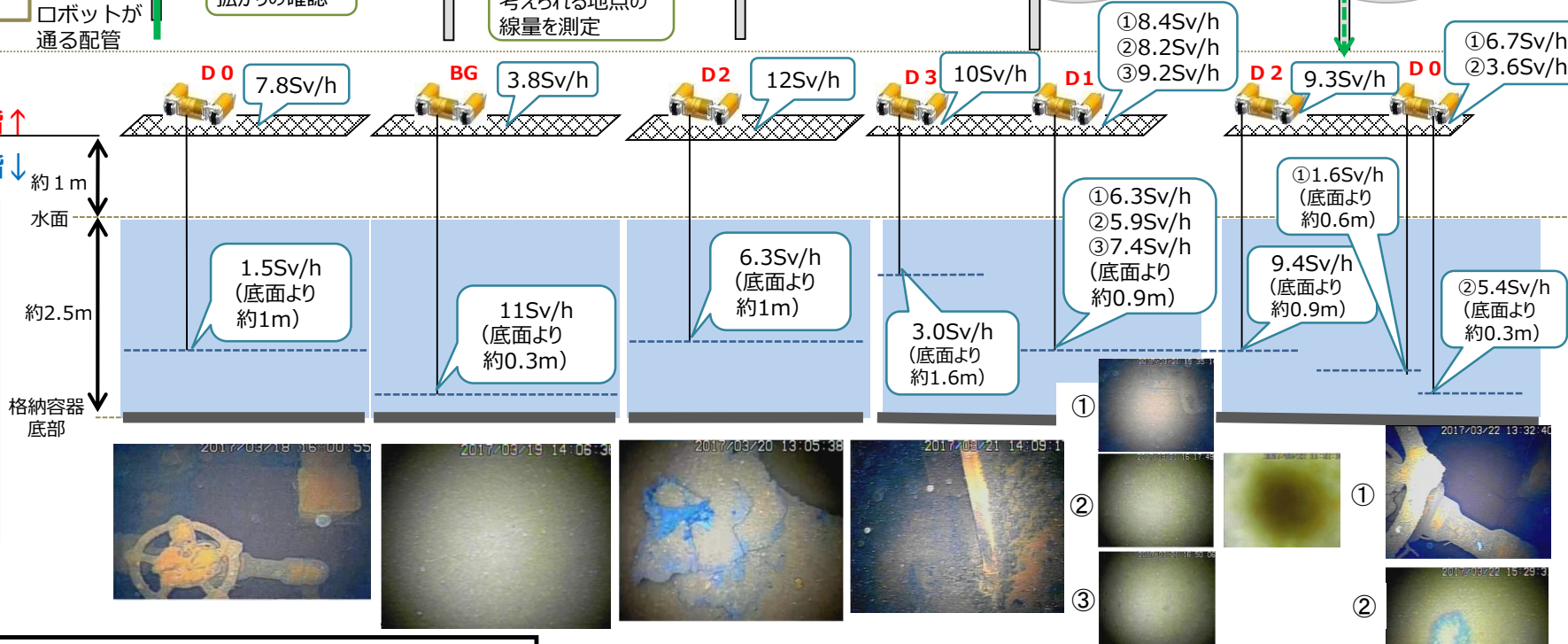
調査地点と調査の狙い
(平面図)



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0.5~2 μ Sv/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

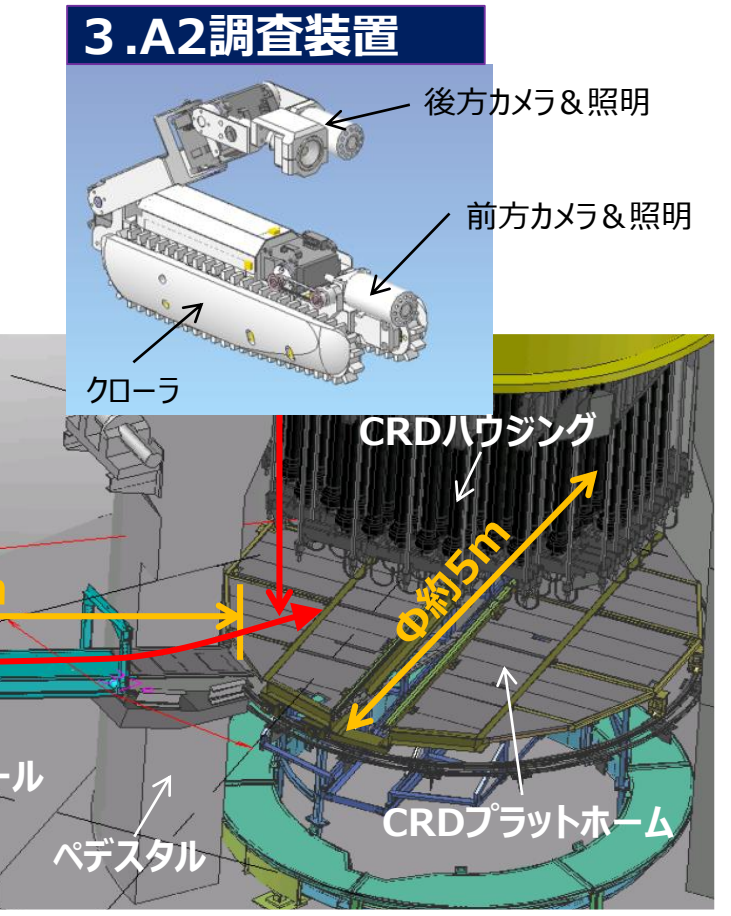
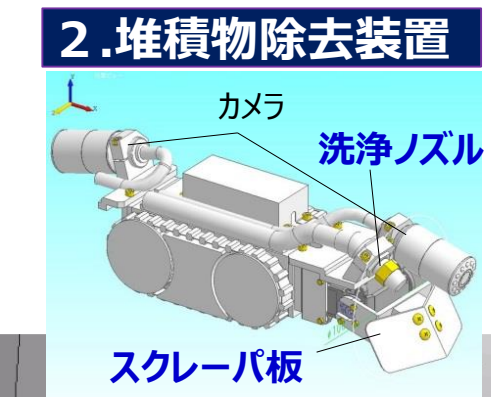
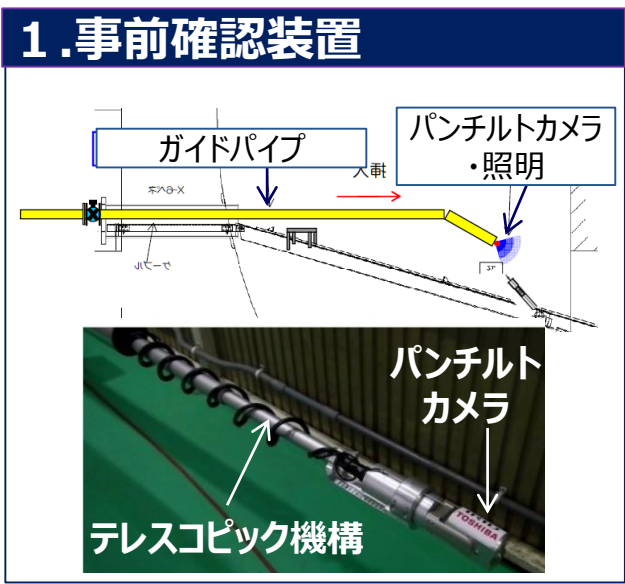
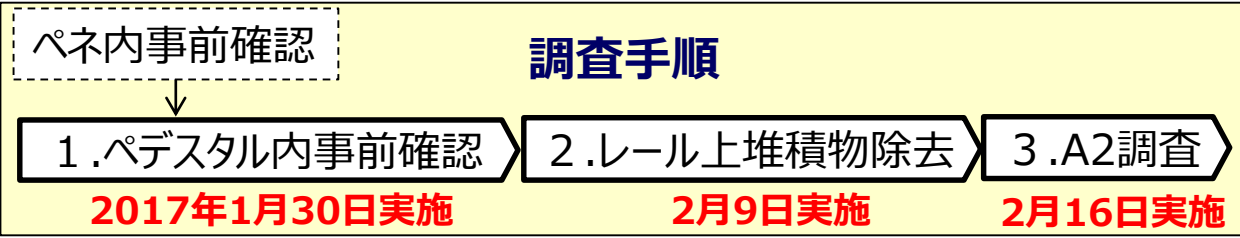
2号機 ペDESTAL内上部調査(A2調査 2017.1~2)

【調査方法】

- カメラによる撮影

【実施時期】

- 2017年1~2月

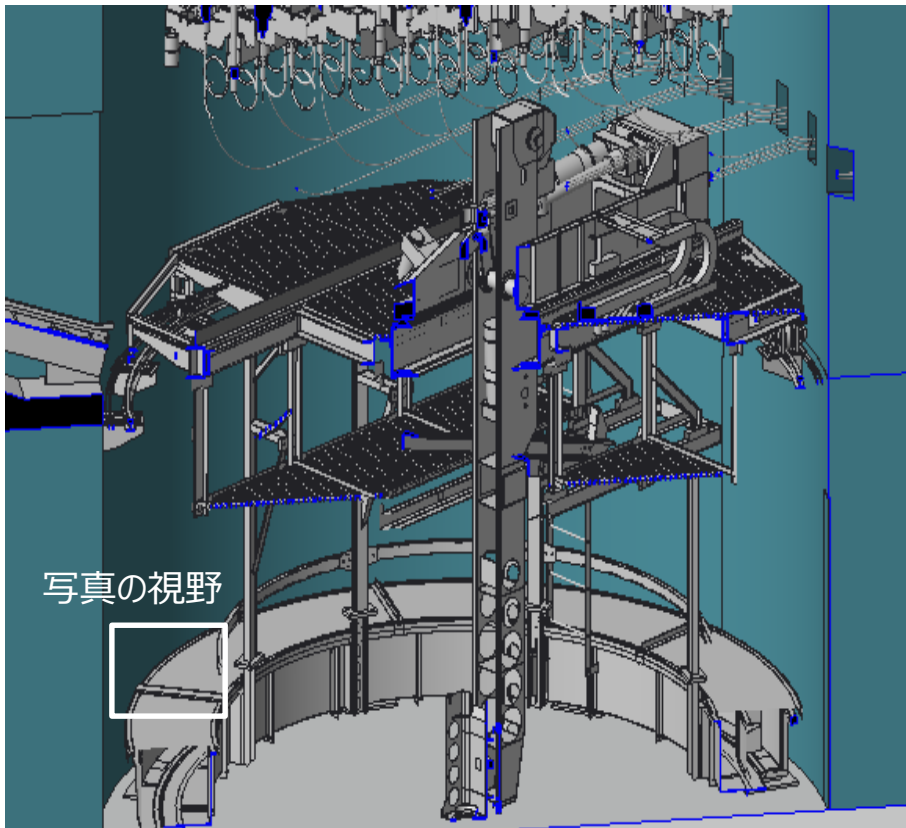


2号機 ペデスタル内上部調査(A2調査 2017.1~2)

ペデスタル内 上部 (画像処理後)



2号機 ペデスタル内下部調査(A2'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)

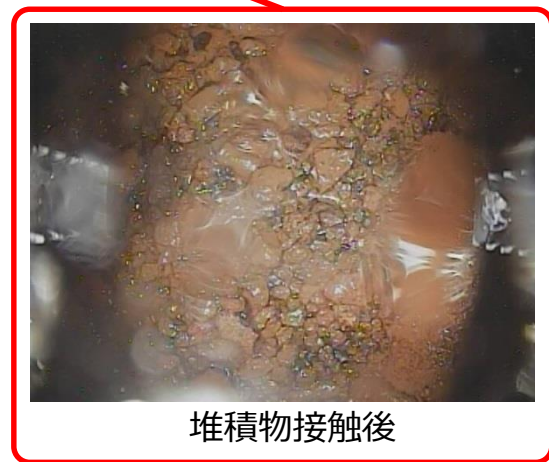
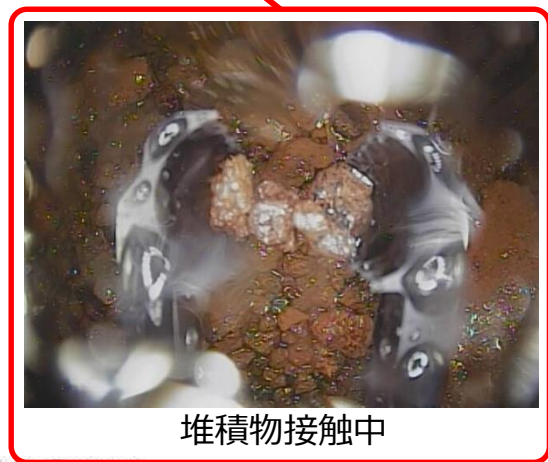
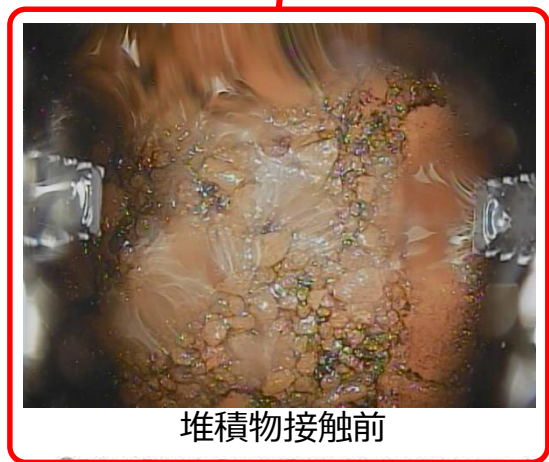
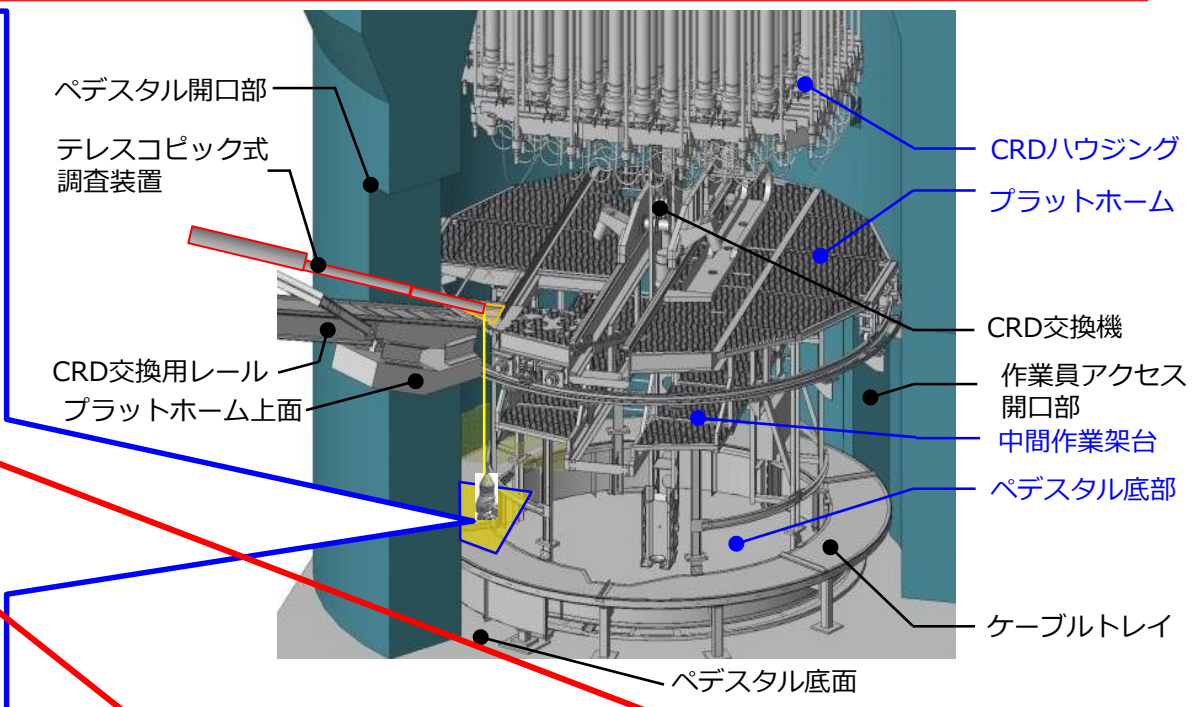
画像：2号機格納容器内底部，
ペデスタル内 内壁付近



PAN -087

TILT +071

2号機 ペDESTAL内下部調査(A2"調査 2019.2)TEPCO



3号機格納容器内調査 水中ROV



昇降用スラスタ

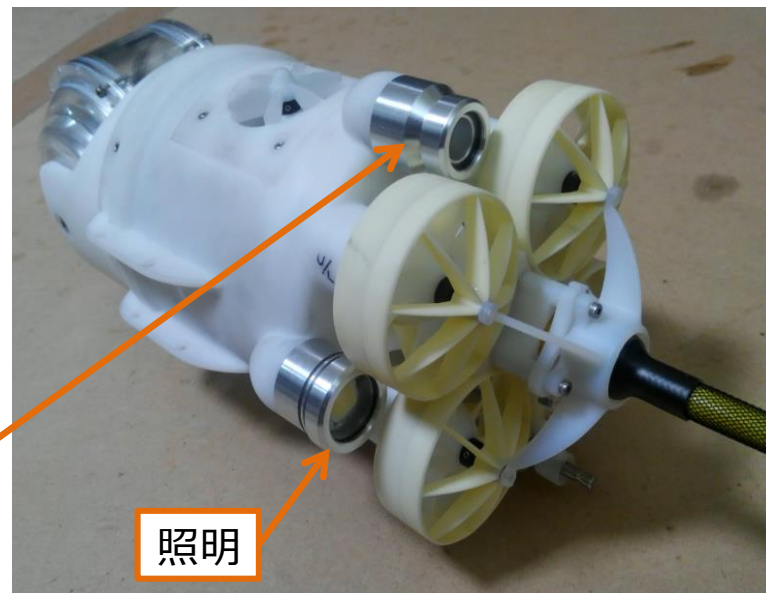
前方カメラ

照明

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 |



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

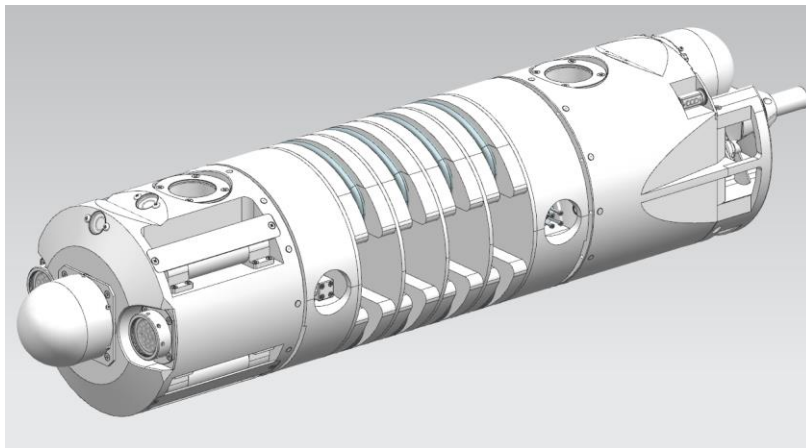
■ 砂状、小石状や塊状の堆積物を確認
■ 作業員アクセス開口部は視認できなかった（近傍に堆積物を確認）

株式会社
画像提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）¹¹
〒100-0001 東京都千代田区千代田1-1-1 電力中央研究所 原子力安全技術センター 3階303号室

「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

ボート型アクセス装置

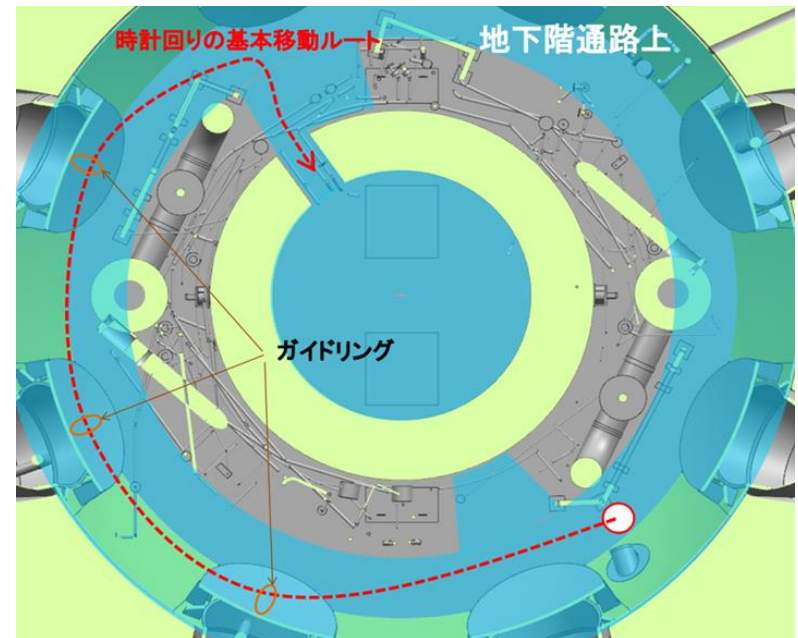
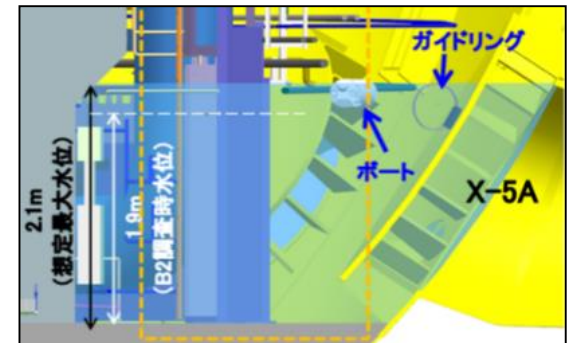
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作



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

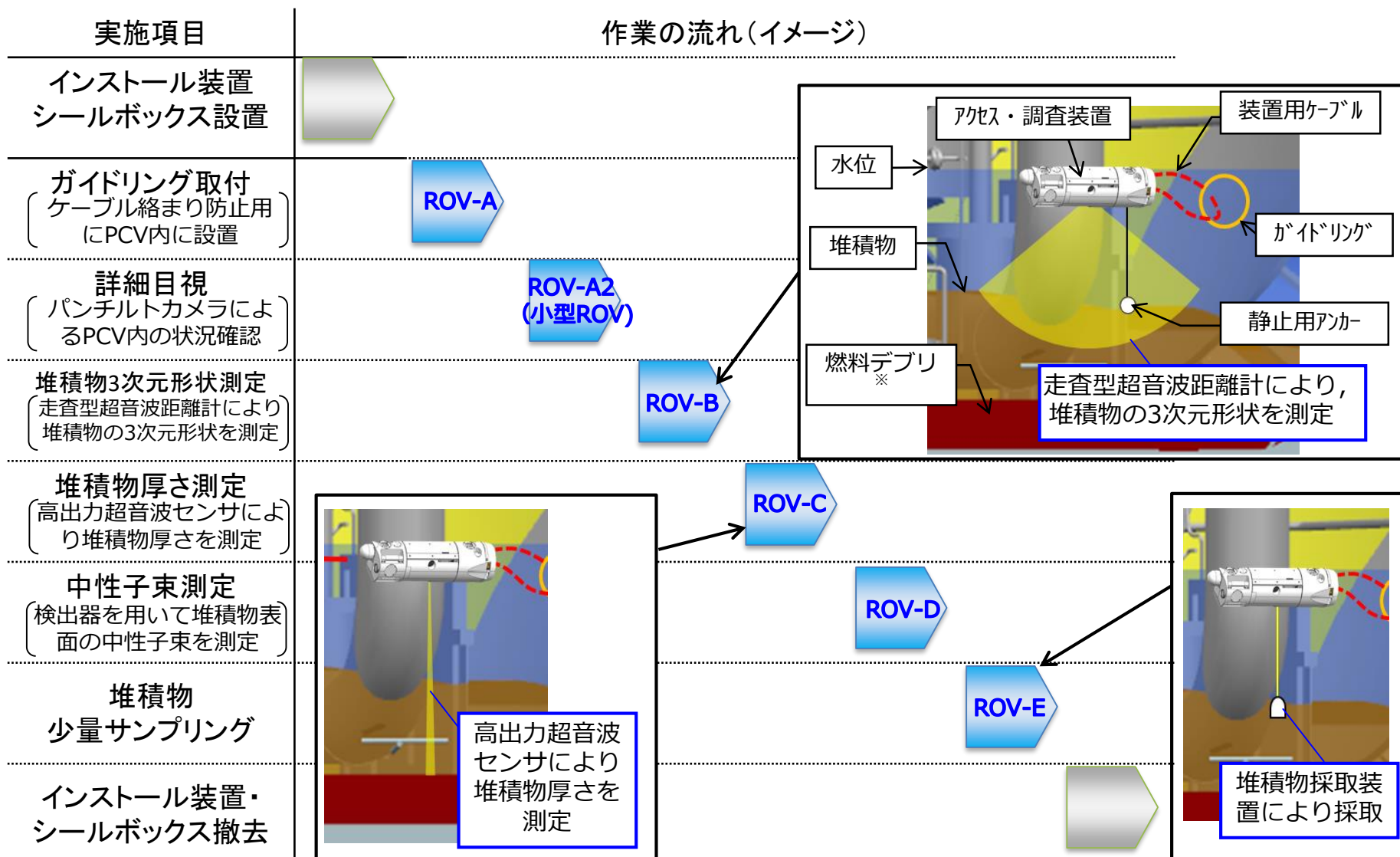
ボート型アクセス装置外観



ボート型アクセス装置の動線

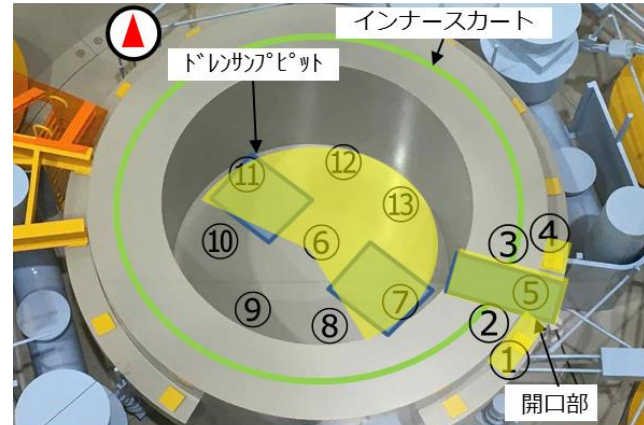
1号機：ボート型アクセス装置(X-2ペネからのPCV内部調査)

■ 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



※：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

【参考】ペDESTAL開口部から撮影した映像のパノラマ画像



7

8

9

10

11

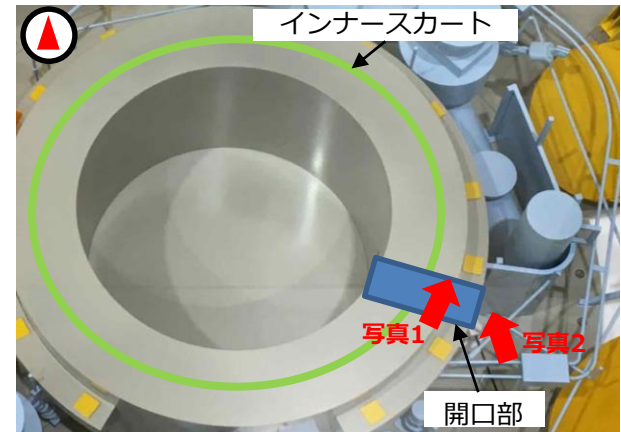
12

13



【参考】ペDESTAL開口部右側のコンクリート残存(1/2)

- ペDESTAL外部から見えているコンクリート残存の可能性の高い部分（事故前に設置されたボルトの締結状態が確認できる。）について、2023/3の調査にて、ペDESTAL壁内部でも対応する部分を確認した
- ペDESTALの外壁開口部右側におけるコンクリートの消失は限定的と考えられる
- 確認された外側の鉄筋は、開口部右7本、左11本。耐震評価においては、開口部とあわせ、角度にして64°に相当するとして設定



ROVフレームの映り込み



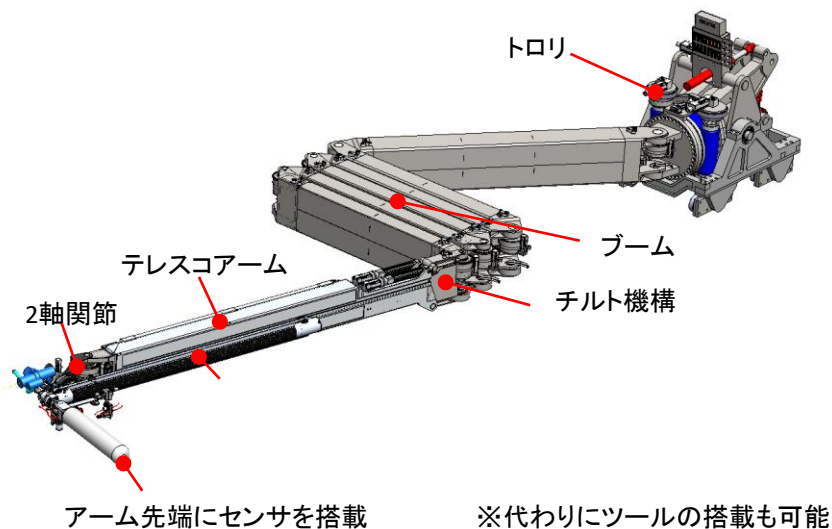
写真1. ペDESTAL開口部内から見えているコンクリート残存部



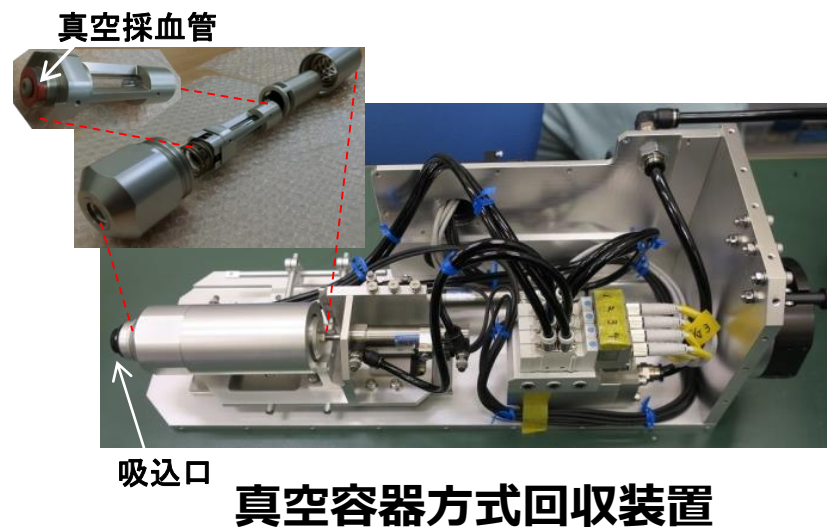
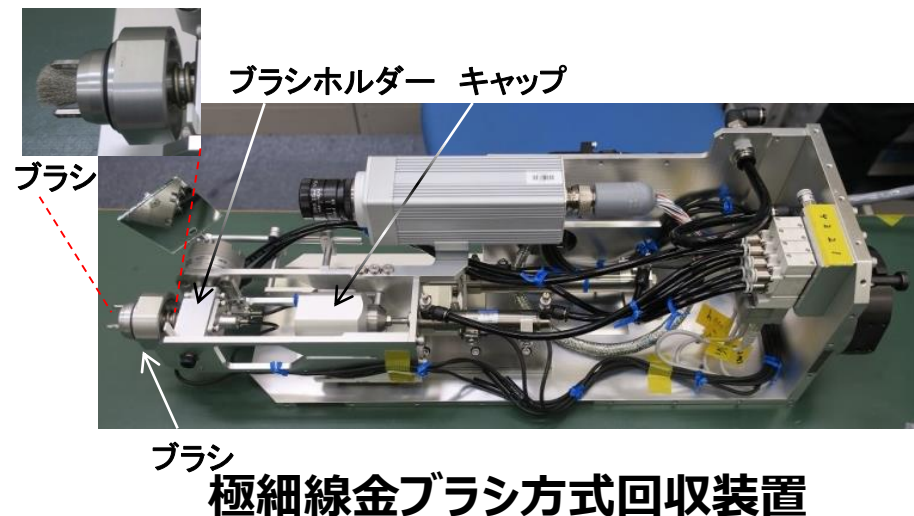
写真2. ペDESTAL外部から見えているコンクリート残存部

燃料デブリ 試験的取り出し

アーム型アクセス装置先端に極細線金ブラシ方式回収装置等を装着



アーム型アクセス装置



アーム型アクセス装置 (ビデオ)



目 次

1. はじめに

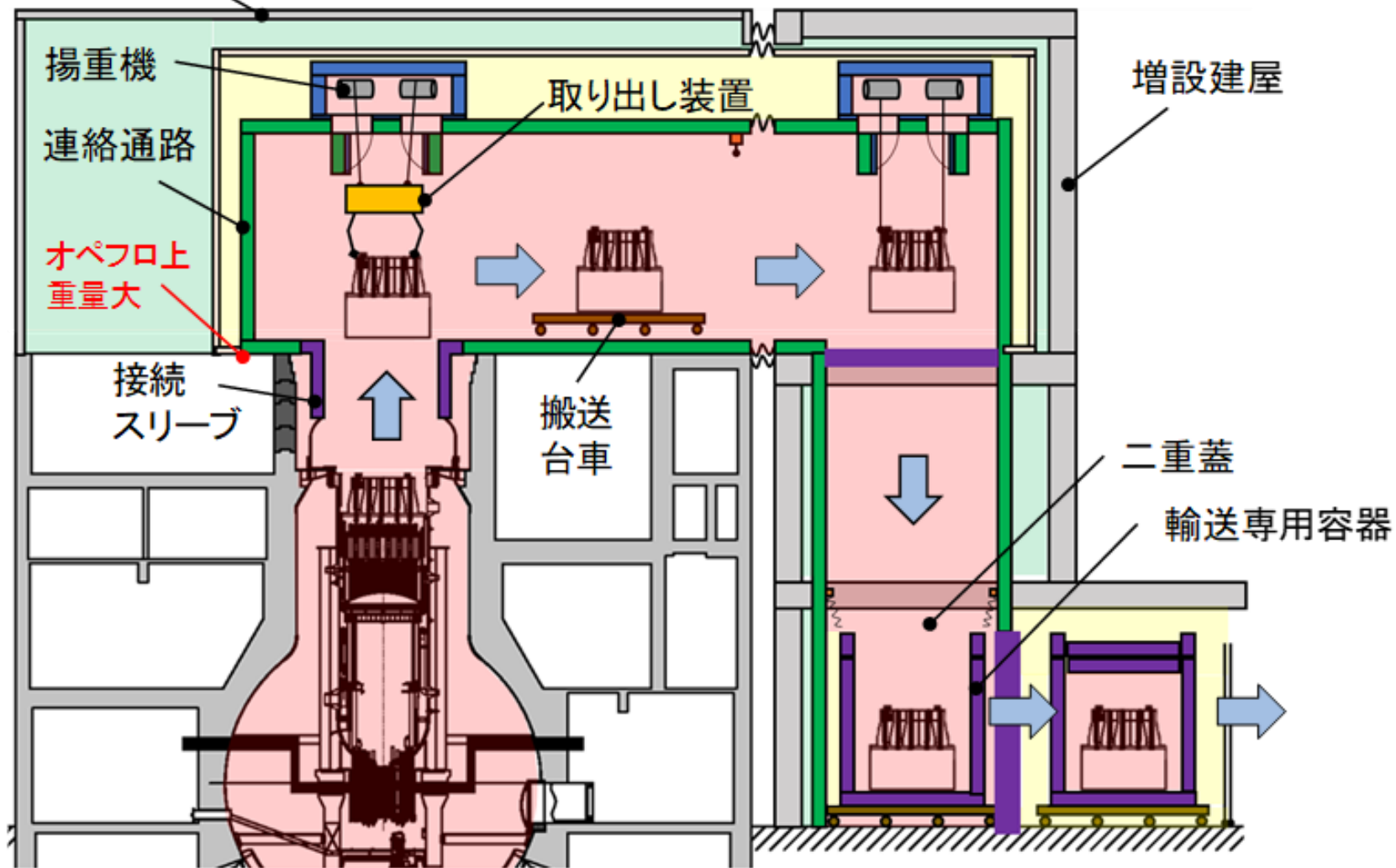
2. 遠隔除染技術開発

3. 原子炉格納容器内部調査技術開発

4. 燃料デブリ取り出し技術開発

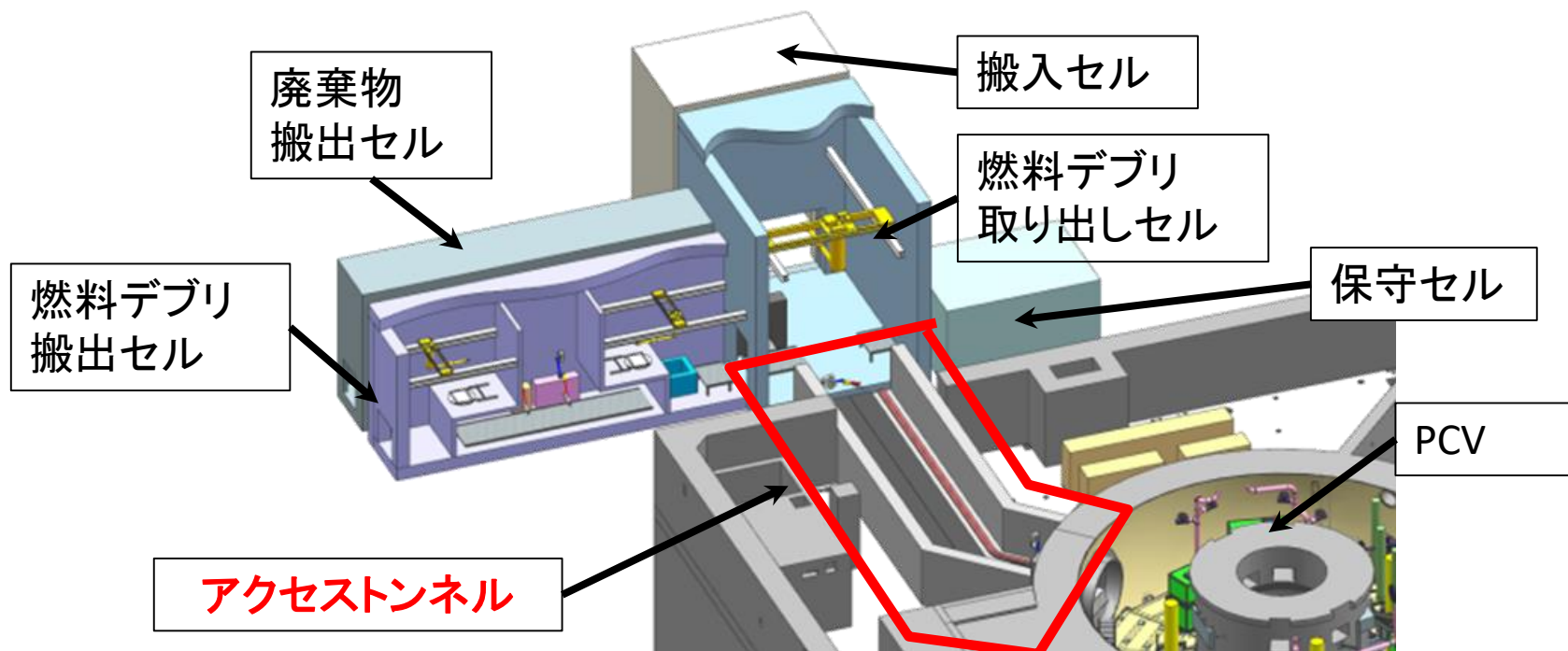
【上アクセス工法の例】：構造物一体撤去・搬出工法

原子炉建屋



【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



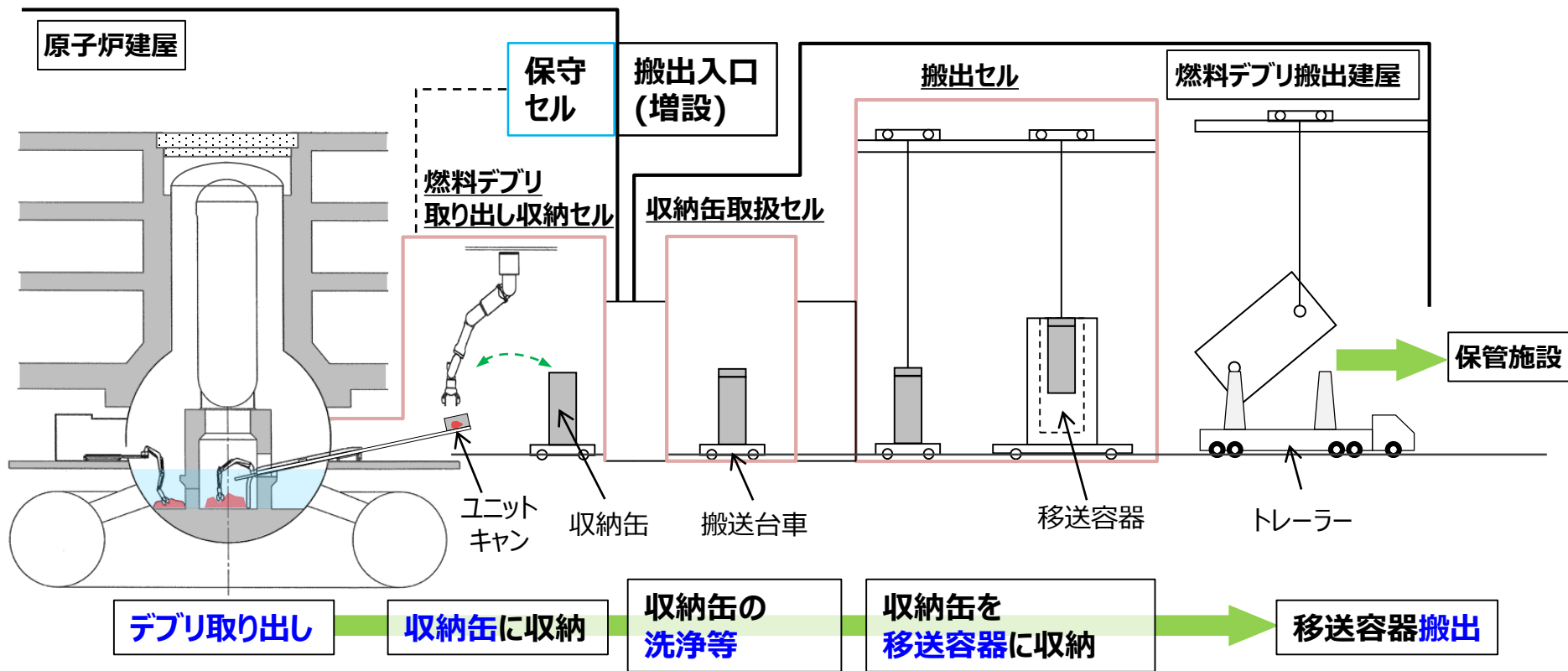
アクセストンネル工法の配置イメージ

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）



デブリ取り出し時の重要項目

1. 閉じ込め

デブリの切削、はつり等を行う際に発生するダストを環境に放出しない。

2. 作業員被ばくの低減

作業時の作業員被ばくの低減を目指す。

3. 臨界防止

デブリ取り出しに伴う形状変化により臨界となるリスク回避。

4. 火災・爆発（不活性化）

デブリの切削、はつり等を行う際に発火、水素爆発防止。

5. 冷却

事故後時間が経過しており、崩壊熱は減少しているが、一定の冷却は必要。

ご清聴ありがとうございました。