

1号機 PCV内部調査に向けた準備作業状況について

2021年12月23日

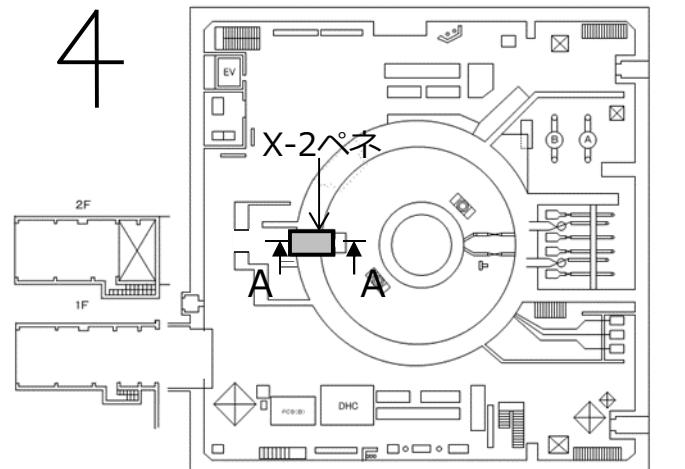


技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東京電力ホールディングス株式会社

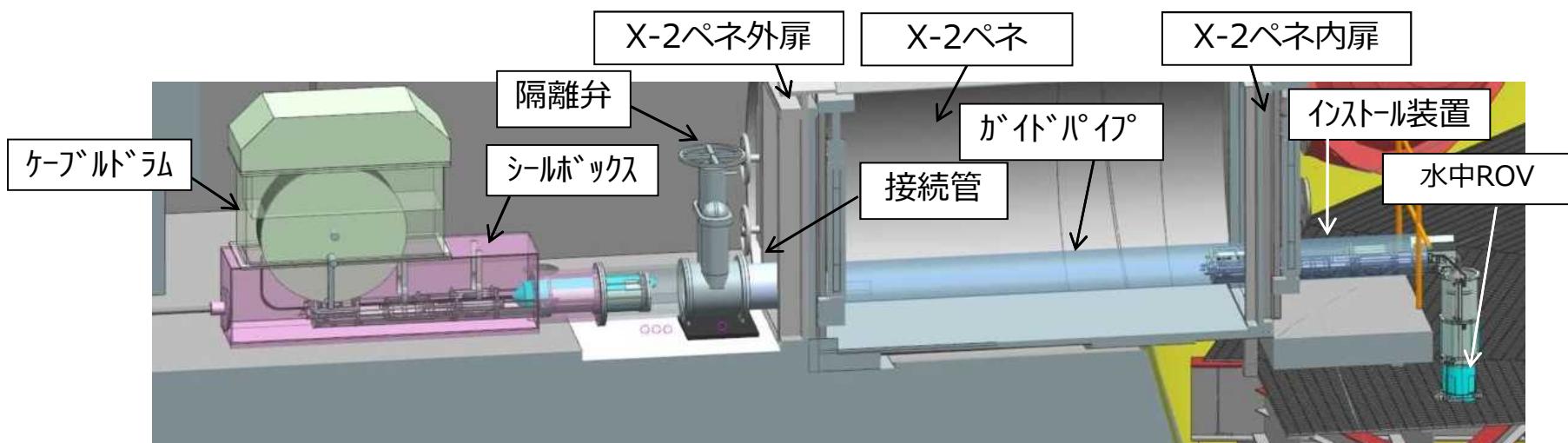
1. X-2ペネからのPCV内部調査装置投入に向けた作業

- 1号機原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査は、X-2ペネトレーション（以下、X-2ペネ）からPCV内に投入する計画
- PCV内部調査に用いる調査装置（以下、水中ROV）はPCV内の水中を遊泳する際の事前対策用と調査用の全6種類の装置を開発
- 各水中ROVの用途
 - ① ROV-A 事前対策となるガイドリング取付
 - ② ROV-A2 ペデスタル内外の詳細目視
 - ③ ROV-C 堆積物厚さ測定
 - ④ ROV-D 堆積物デブリ検知
 - ⑤ ROV-E 堆積物サンプリング
 - ⑥ ROV-B 堆積物3Dマッピング

4



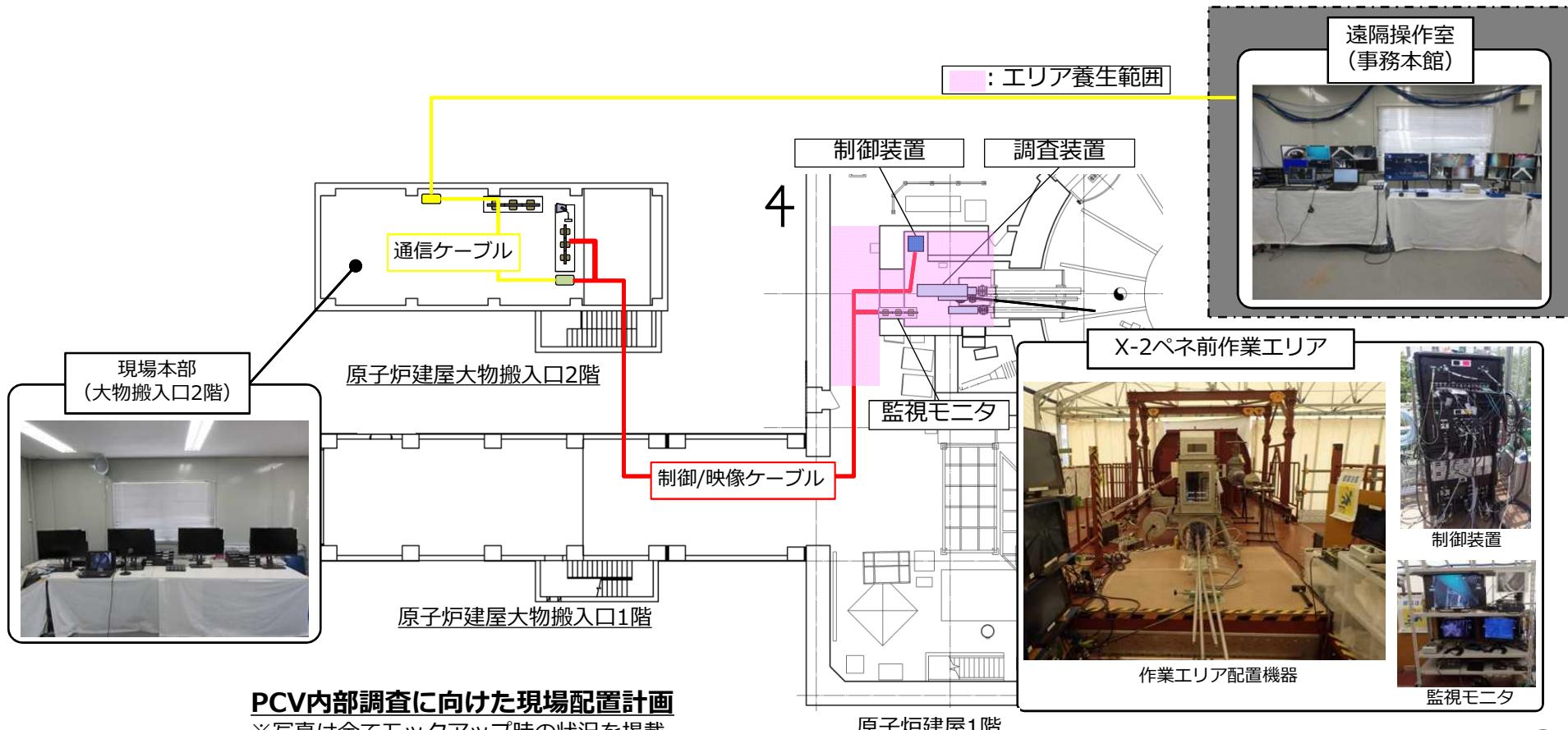
1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

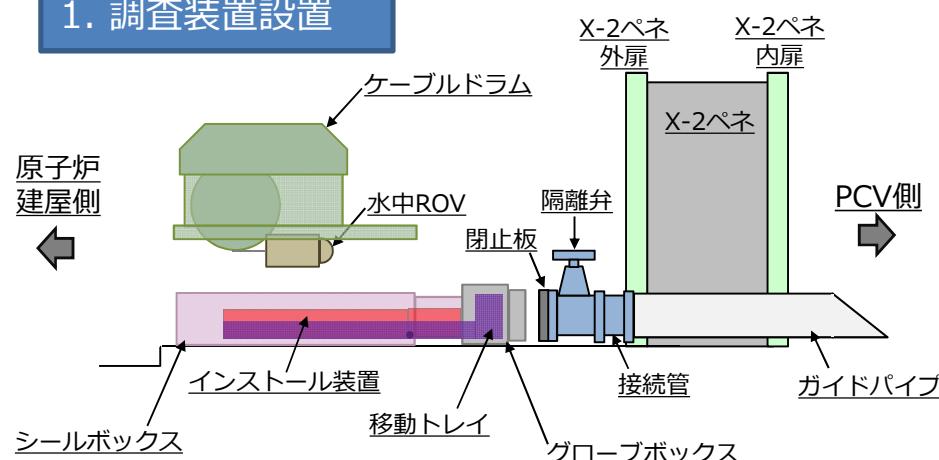
2. PCV内部調査に向けた作業状況

- 11月5日からPCV内部調査開始に向けたエリア再養生等の作業を開始
- シールボックスの設置を12月8日、ROV-A用ケーブルドラムの設置を12月16日、翌17日には水中ROVがPCV内に円滑に投入できるかの動作確認を問題なく完了
- 平行して実施していた現場本部、遠隔操作室の機材設置作業についても12月14日に完了
- PCV内部調査開始は2022年1月中旬を目指し、引き続き今後は装置の動作確認等の作業を予定

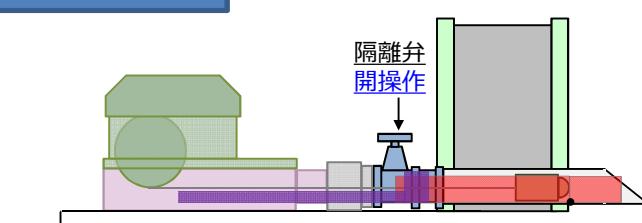


3. PCV内部調査の主な作業ステップ

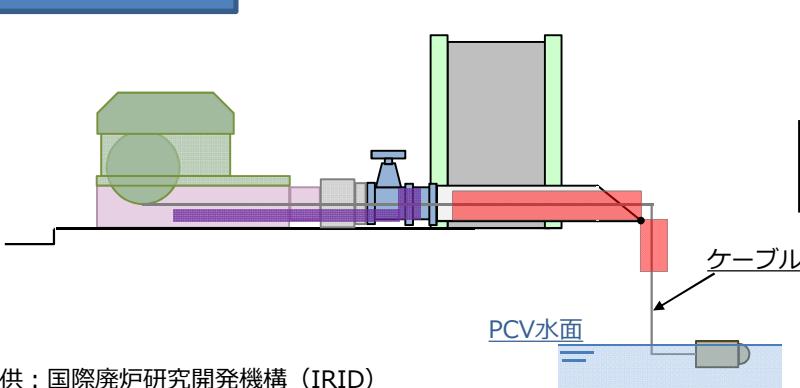
1. 調査装置設置



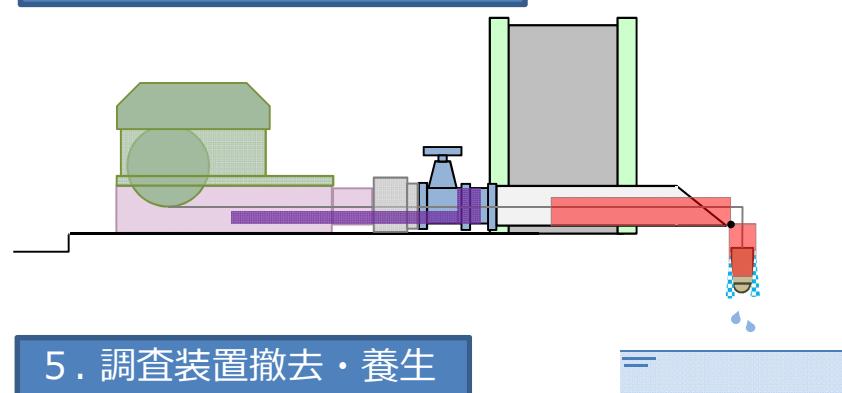
2. 水中ROV投入



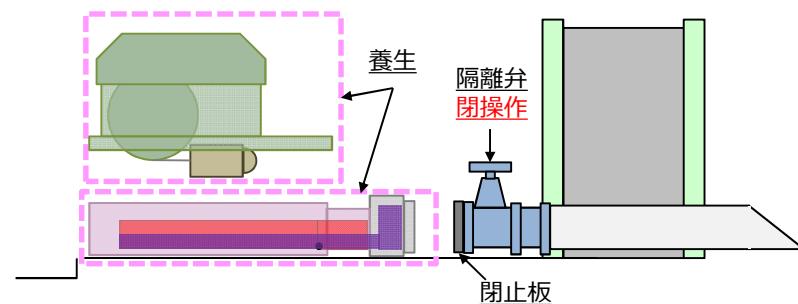
3. PCV内部調査



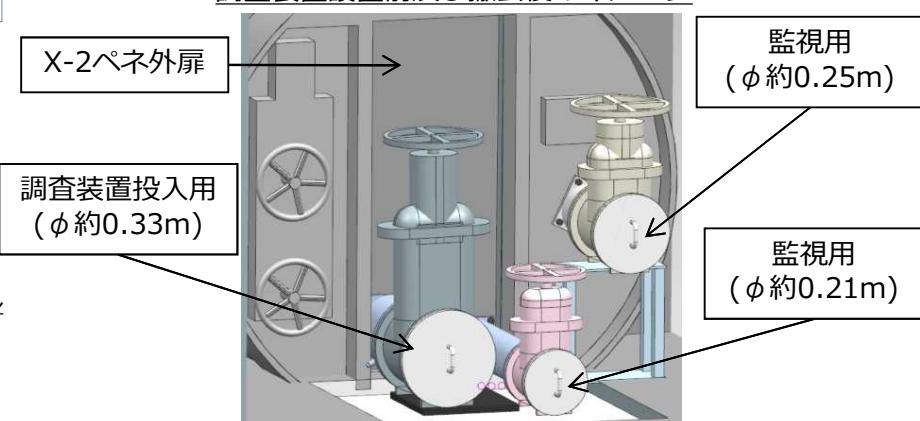
4. 水中ROV洗浄、回収



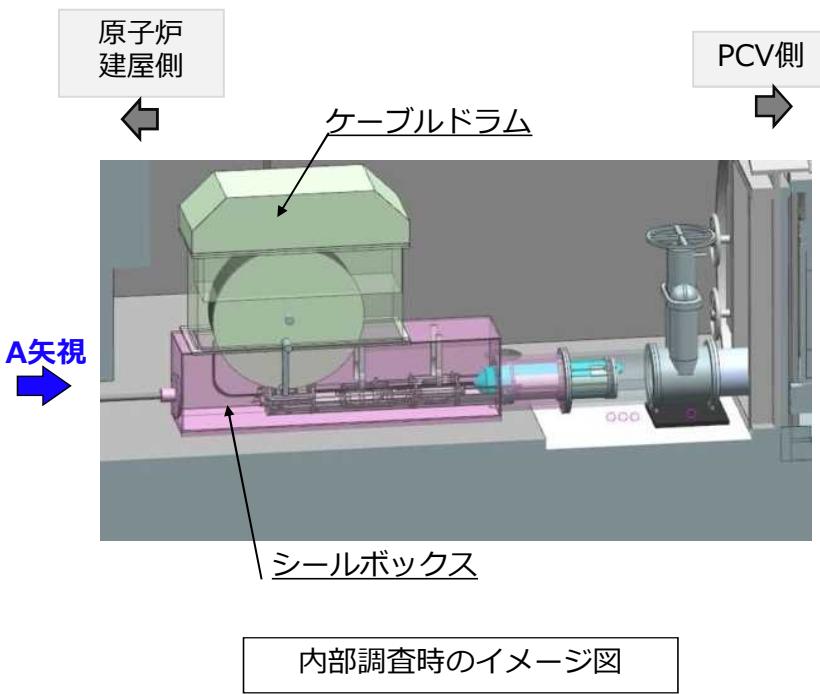
5. 調査装置撤去・養生



調査装置設置前及び撤去後のイメージ



4. シールボックス及びケーブルドラム設置状況



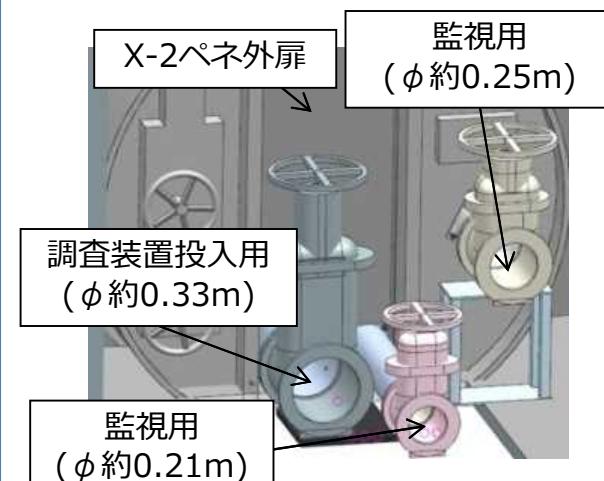
5. 今後の予定

| 作業項目 | 2021年度 | | | | | | 2022年度 | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|--|-----|---|----|----|--|----|----|----|----|----|------|--|
| | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | |
| ガイドパイプ 設置 (3箇所) | ガイドパイプ挿入 ↓ 資機材搬出・片付け | | | | | | | | | | | | | |
| 準備 作業 | | エリア再養生 ↓ 現場本部、遠隔操作室機材設置 ↓ シールボック又他装置搬入・設置 ↓ 装置動作確認 | | | | | | | | | | | | |
| 1号 PCV内 部調査 | | | | 【ROV-A】南側ガイドリング取付 ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-A2】ペデスタル外周調査 ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-C】堆積物厚さ測定 ↓ 段取り替え ↓ 後半調査に向けたトレーニング | | | 段取り替え ↓ 【ROV-D】燃料デブリ検知 ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-E】堆積物サンプリング1回目 ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-E】堆積物サンプリング2回目 ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-B】堆積物3Dマッピング ↓ 段取り替え ↓ 【ROV-A2】ペデスタル内調査 ↓ 調査装置撤去・片付け | | | | | | | |
| | | | | 前半調査 | | | | | | | | | 後半調査 | |

(注) 各作業の実施時期については計画であり、現場作業の進捗状況によって時期は変更の可能性あり。

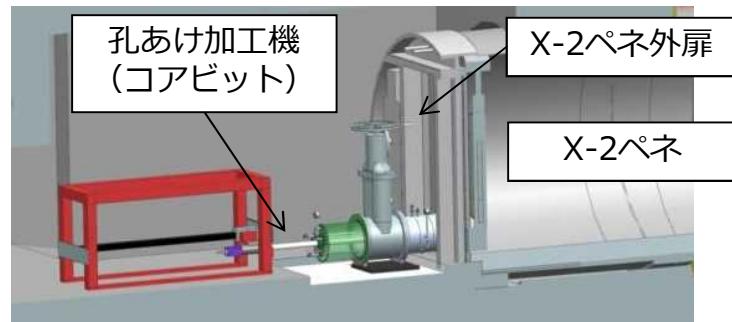
(参考) PCV内部調査装置投入に向けた主要作業実績

1. 隔離弁設置（3箇所） 2019.5.10完了



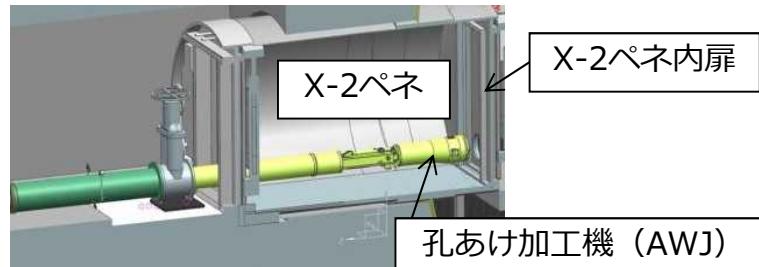
隔離弁設置時のイメージ図
※実際は隔離弁は全閉
()内は切削径

2. 外扉切削（3箇所） 2019.5.23完了



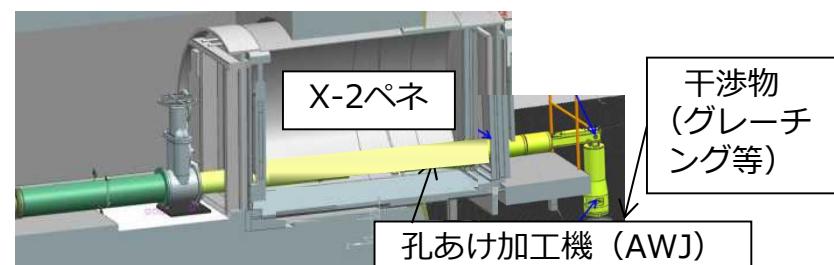
外扉孔あけ時のイメージ図

3. 内扉切削(AWJ)（3箇所） 2020.4.22完了



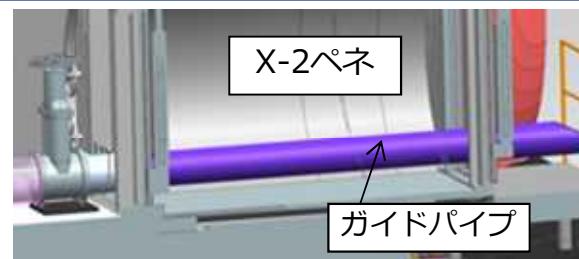
内扉孔あけ時のイメージ図

4. PCV内干渉物切斷 2021.9.17完了



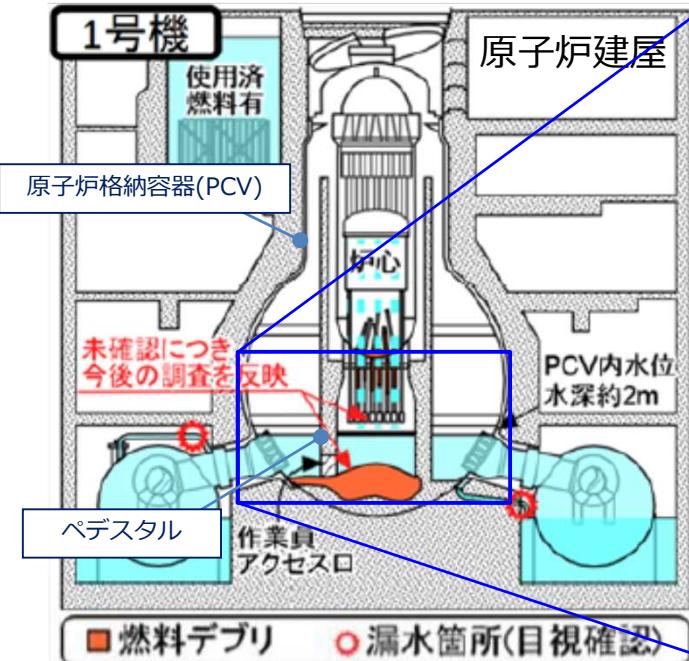
PCV内干渉物切斷時のイメージ図

5. ガイドパイプ設置（3箇所） 2021.10.14完了

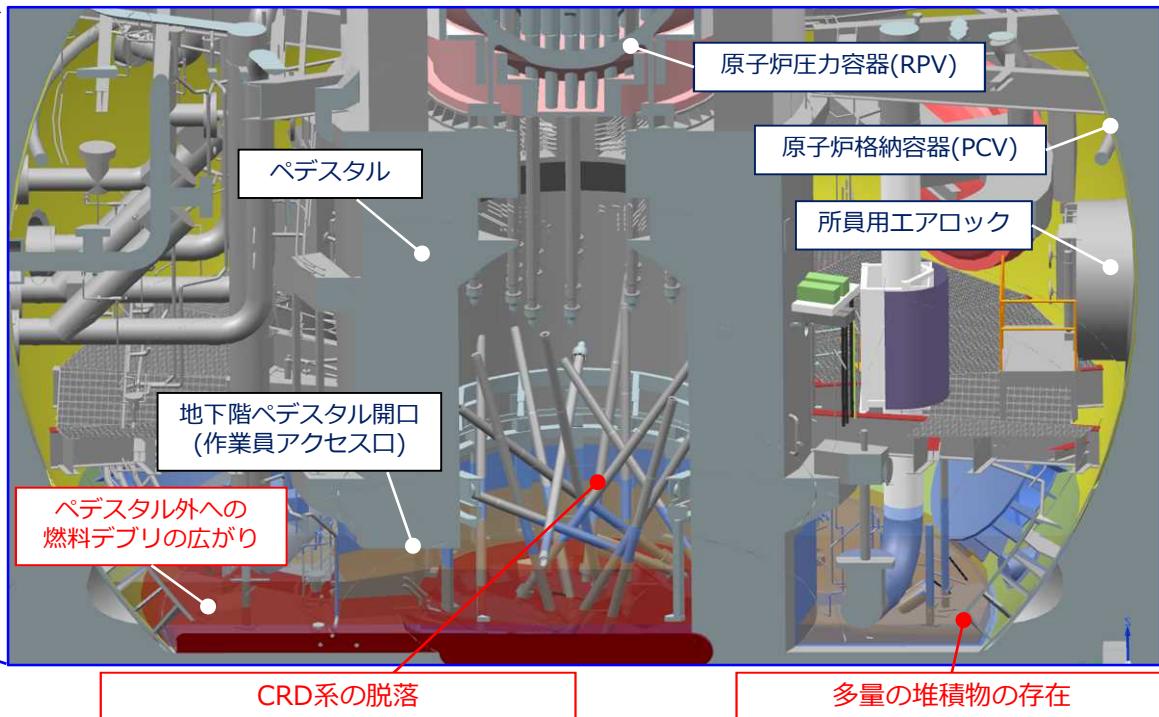


ガイドパイプ設置時のイメージ図

(参考) PCV内部調査の背景

1号機の炉内の状況^{※1}

これまでの解析と調査に基づく現状の推定



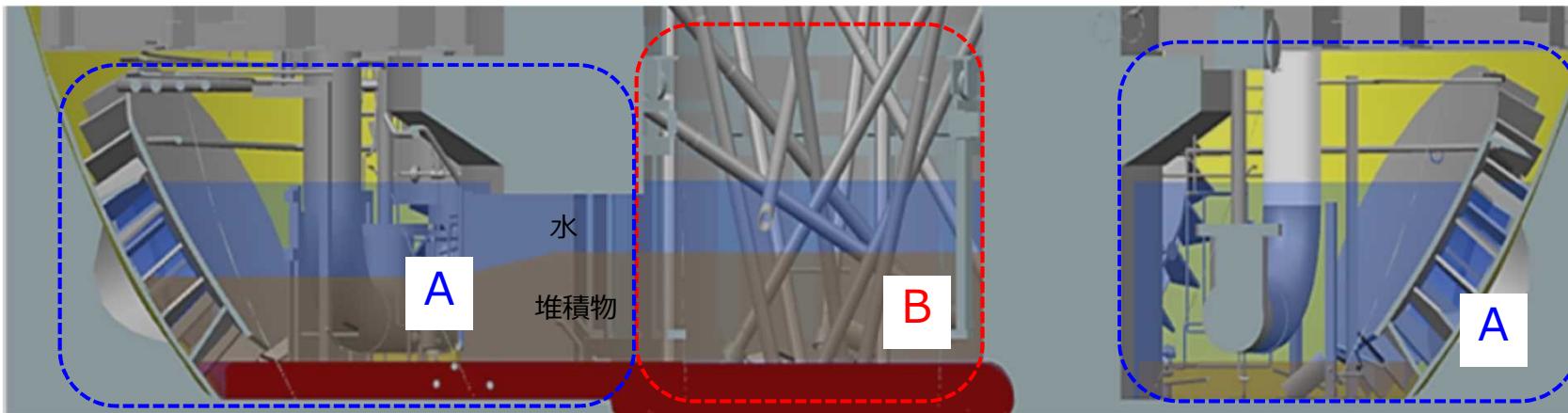
※1 出典：「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2018」、NDF、2018年10月2日

1号機PCV内部調査の背景

これまでの調査（2017年3月時のペデスタル外調査）によりPCV地下階には堆積物が存在していることが分かっており、今後の燃料デブリ取り出しに向けて、堆積物を含む地下階の詳細な状況の確認が必要となっている。

(参考) PCV内部調査の目的

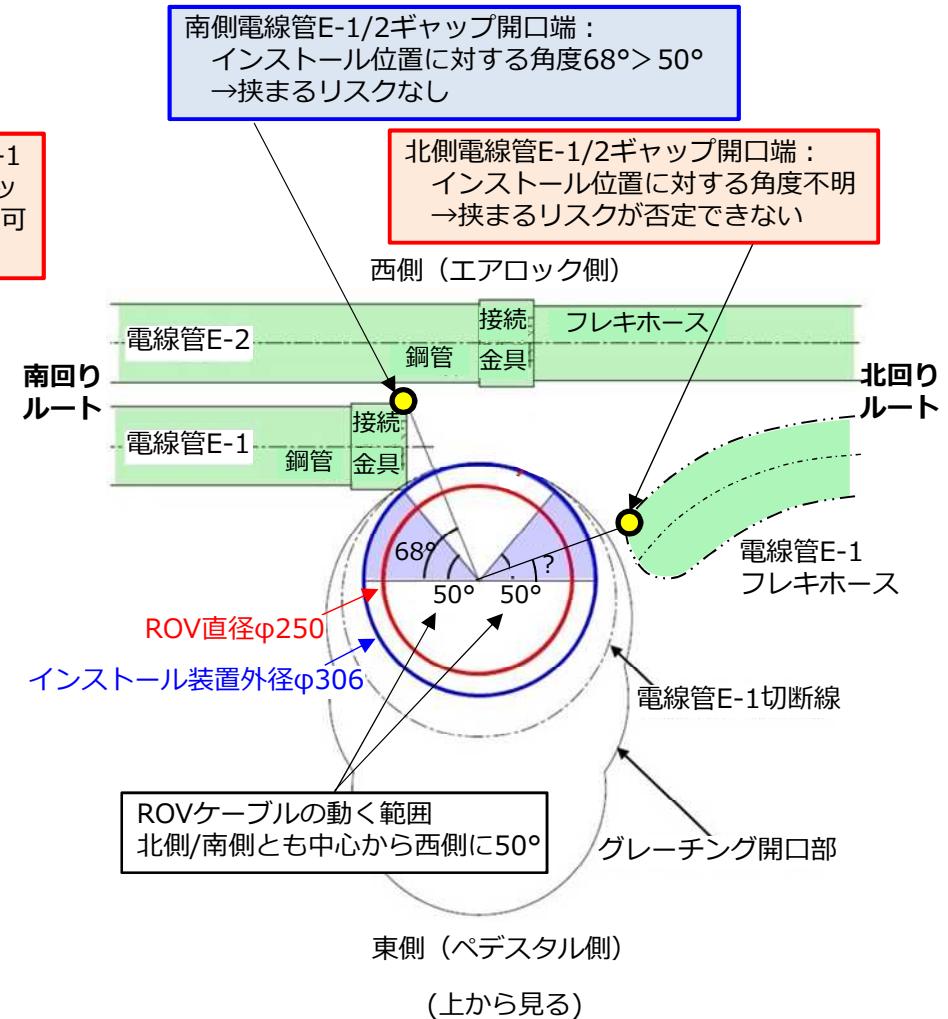
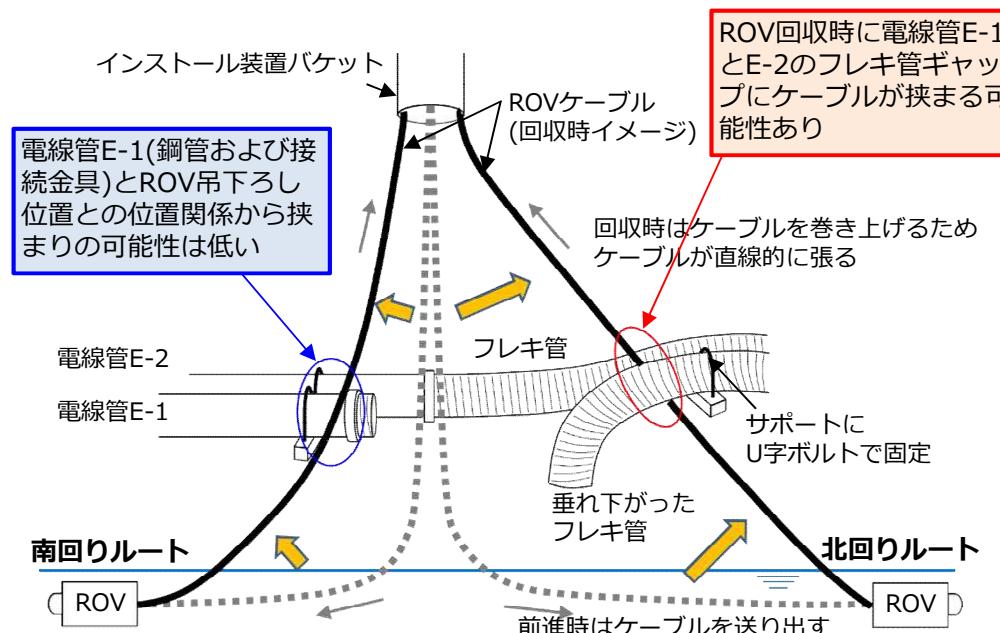
1号機PCV内部調査においては、X-2ペネからPCV内地下階に水中ROVを投入し、ペデスタル外の広範囲とペデスタル内の調査を行い、堆積物回収手段・設備の検討や堆積物回収、落下物解体・撤去などの工事計画に係る情報収集を目指す



| | 取得したい情報 | 調査方法 |
|-------------------------------|---|---|
| ペデスタル外～ 作業員アクセス口 (図中のA) | <ul style="list-style-type: none">堆積物回収手段・設備の検討に係る情報 (堆積物の量、由来など)堆積物回収、落下物解体・撤去などの計画に係る情報 (堆積物下の状況、燃料デブリ広がりなど) | <ul style="list-style-type: none">計測堆積物サンプリングカメラによる目視 |
| ペデスタル内 (図中のB) | <ul style="list-style-type: none">堆積物回収、落下物解体・撤去などの計画に係る情報 (ペデスタル内部の作業スペースとCRDハウジングの脱落状況に係る情報) | <ul style="list-style-type: none">カメラによる目視計測 |

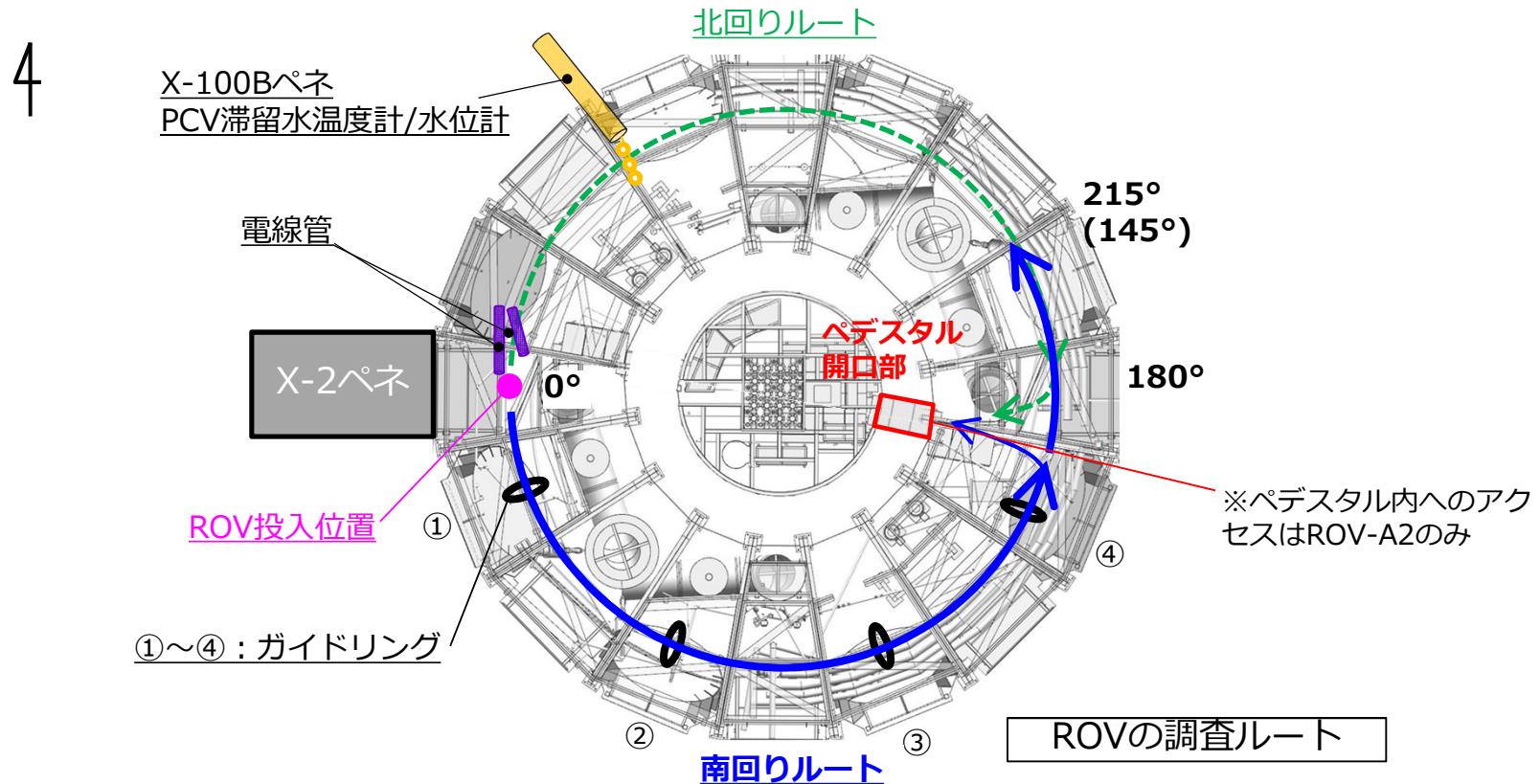
(参考) 北回りルート調査時の水中ROVケーブルが電線管の挟まるリスクについて

- PCV内部調査装置投入に向けた作業時に、干渉物となる電線管を確認しており、北回りルートを調査する際は水中ROVケーブルが挟まるリスクがある
- ROVケーブルが挟まった場合、当該ROVは回収不能となり後続のROVが投入出来なくなることから、北回りルートの調査が実施不可となる



(参考) PCV内部調査の方針

- 北回りルートのROVケーブル挟まれリスクを回避するため、**南回りルート主案とした調査方針**とする
- 南回りルートの調査範囲は約**0°~215°**を目標とし、情報が全て取得できた場合、北回りルートの情報は類推できると判断している
- 南回りルートでペデスタルの侵入ができなかった場合は、北回りルートでペデスタル内調査(ROV-A2)を実施したいと考えている
- 北回りルートの調査成立性については南回りルート調査に併せて**早期に判断する**

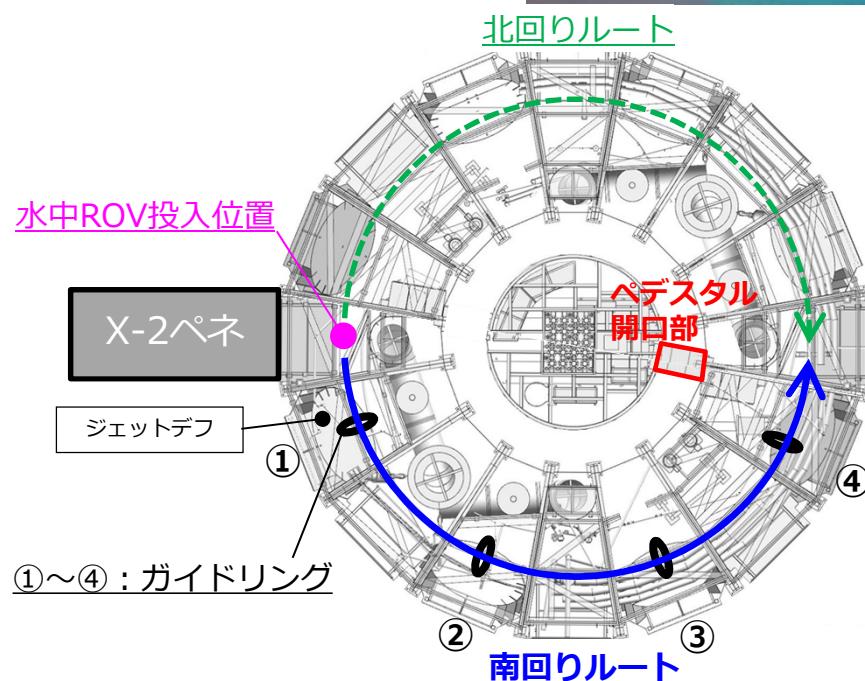
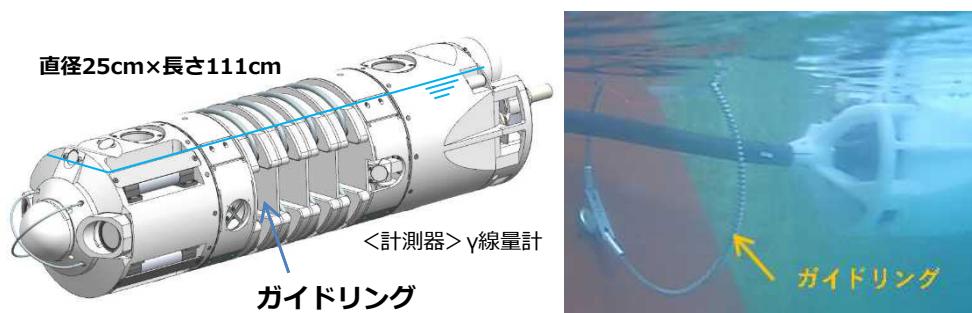


(参考) 調査装置概要

水中ROVは6種類（A/A2/B/C/D/E）を準備し、調査を行う5種類(A2/B/C/D/E)とケーブル引掛けの事前対策用のROV-Aがある

①ROV-A（ガイドリング取付用）

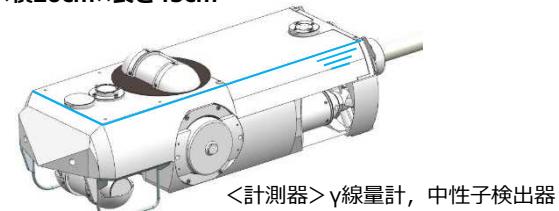
- ・有線型水中ロボットの遊泳機能（スラスターによる推進/旋回/潜航）を阻害する要因は自身の動力・通信ケーブルの構造物等への引掛けが支配的である。
- ・ケーブルがPCV地下階で自由に動いて構造物などに引っ掛からないように、ガイドリング（輪っか）をROVが通過することでケーブルの自由度を制限する。
- ・ROV-Aはガイドリングをジェットデフに取付ける水中ROVである。



②ROV-A2（詳細目視調査用）

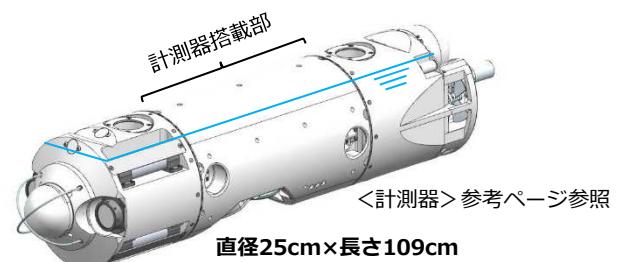
- ・カメラにより映像を取得
- ・6種類のROVの中で唯一ペデスタル内部に侵入するROV
- ・ペデスタル開口部の侵入スペースが不明であるため、極力小型化した設計としている

縦17.5cm×横20cm×長さ45cm

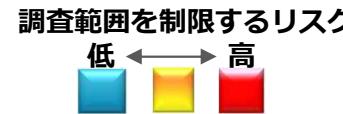


③ROV-B/C/D/E（各調査用）

- ・ROV腹部に各調査用センサ類を搭載したROV



| ROV | 項目 | 計測方法 |
|-----|------------|-------------|
| B | 堆積物3Dマッピング | 走査型超音波距離計 |
| C | 堆積物厚さ測定 | 高出力超音波 |
| D | 燃料デブリ検知 | 核種分析/中性子束測定 |
| E | 堆積物サンプリング | 吸引式サンプリング |

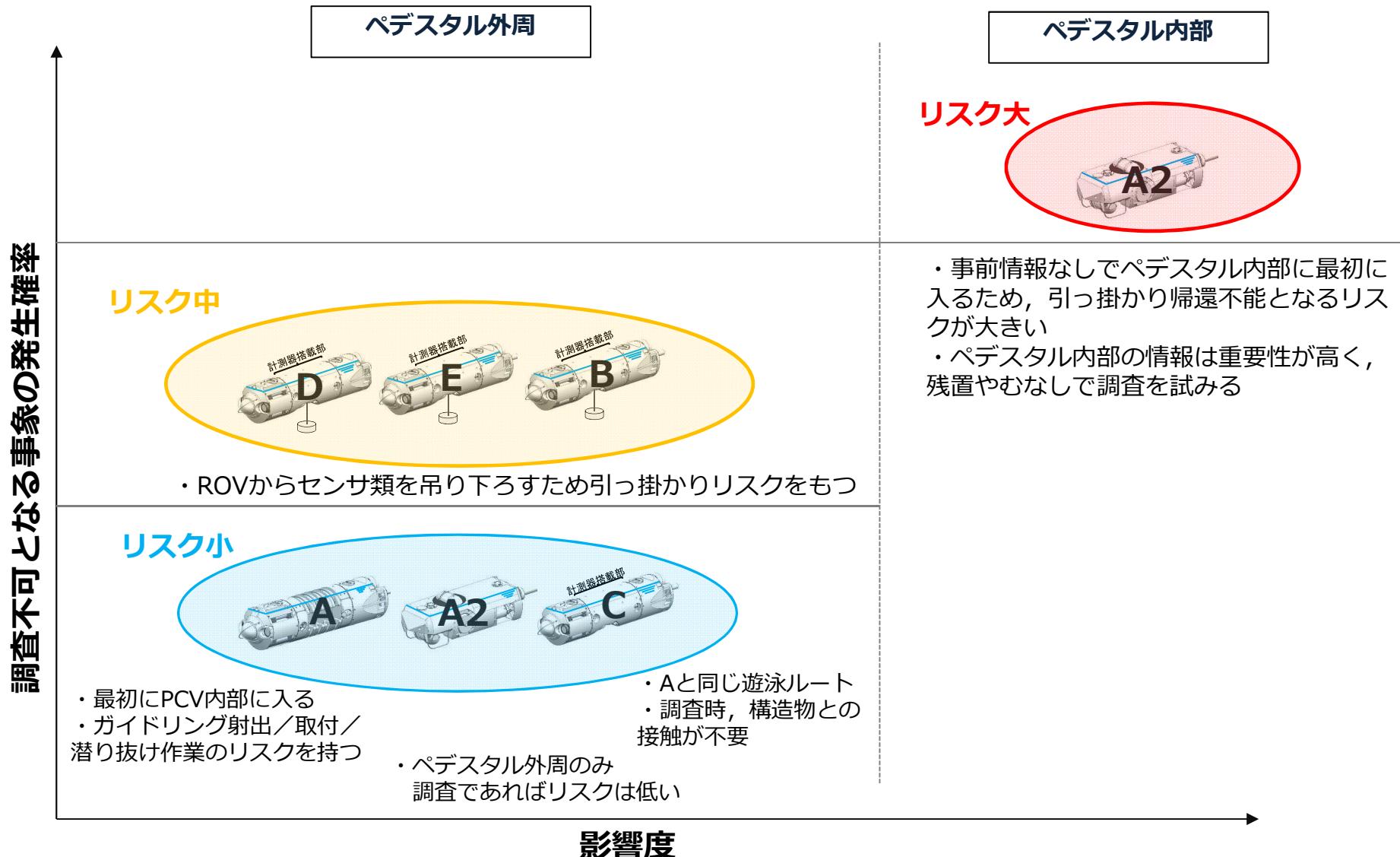


(参考) 水中ROV投入順序

- PCV内部調査は二部構成で計画し、前半後半のROV投入前にそれぞれのトレーニングを行い、トレーニング効果を得やすくすることでROVオペレータの操作ミス防止を図る
- 投入順序は多くの情報を得ることを優先し、調査範囲を制限するリスクの低い装置から投入する（ペデスター内の調査はリスクが高いことから調査の最後に計画）

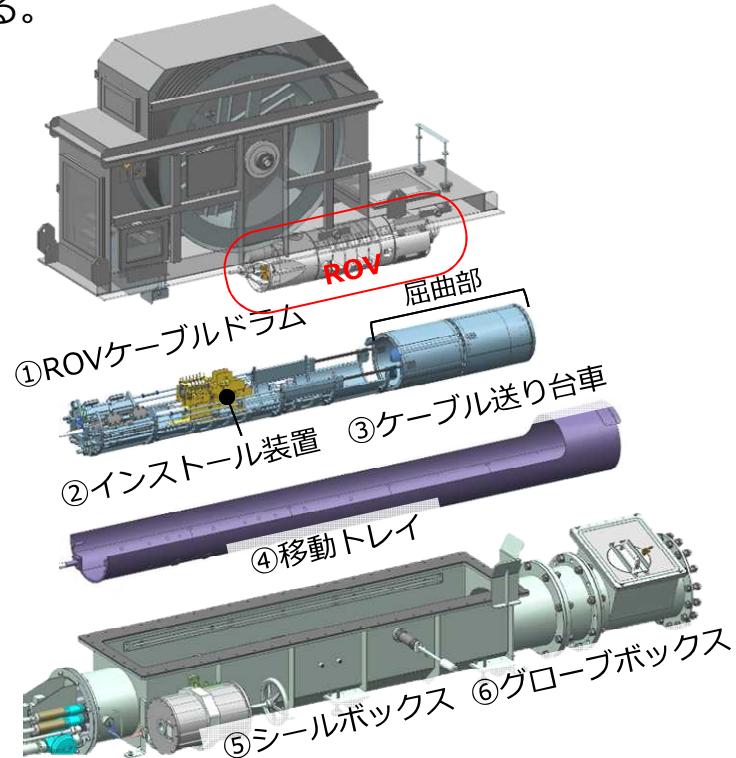
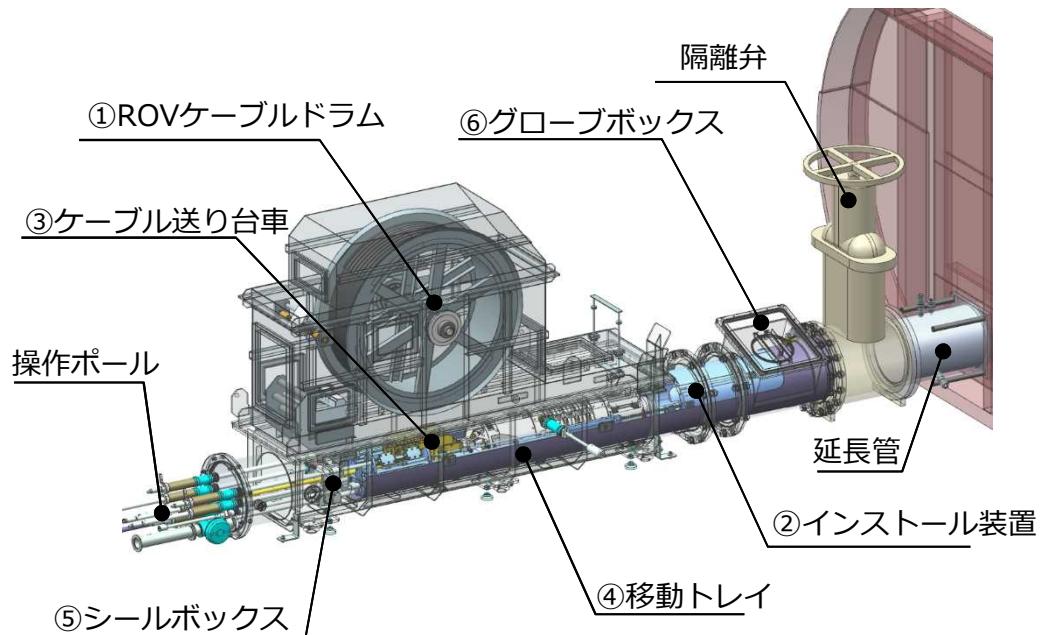
| ケース | | 投入順序 | | | | | | | | |
|---------|-------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 主案 | 南回り 全域調査 可 | <p>トレーニング (済)</p> <p>前半調査</p> <p>後半調査</p> <p>南回り全域調査</p> <p>必要に応じて 北回りルート調査</p> | | | | | | | | |
| 2 副案 | 南回り 一部調査 不可 | <p>トレーニング (済)</p> <p>南回り調査可能な範囲</p> <p>北回りルート調査</p> | | | | | | | | |

(参考) 各ROV固有の調査範囲制限リスク



(参考) 調査装置詳細 シールボックス他装置

ROVをPCV内部にインストール/アンインストールする。
ROVケーブルドラムと組み合わせてPCVバウンダリを構築する。

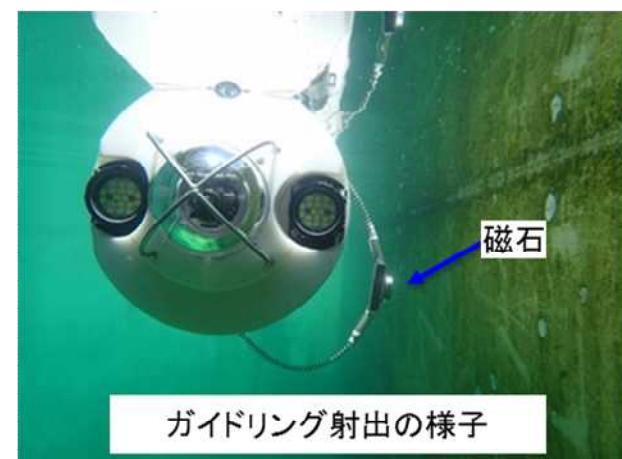
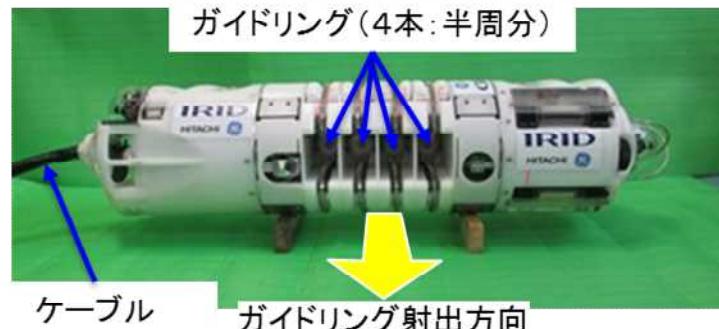
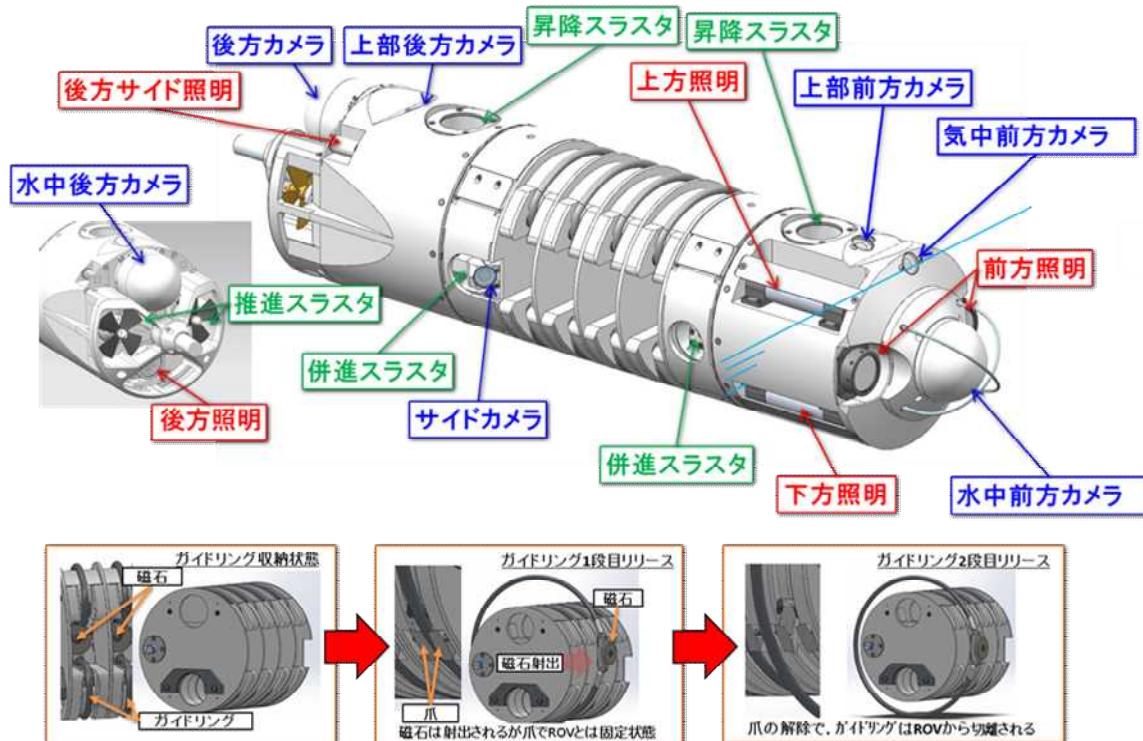


| 構成機器名称 | | 役割 |
|--------|------------|--|
| ① | ROVケーブルドラム | ROVと一緒にROVケーブルの送り/巻き動作を行う |
| ② | インストール装置 | ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる |
| ③ | ケーブル送り台車 | ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う |
| ④ | 移動トレイ | ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置 |
| ⑤ | シールボックス | ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する |
| ⑥ | グローブボックス | ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断 |

(参考) 調査装置詳細 ROV-A_ガイドリング取付用

| 調査装置 | 計測器 | 実施内容 |
|---------------------------|--|---|
| ROV-A ガイドリング取付 | ROV保護用（光ファイバー型γ線量計※） <small>※：ペデスタル外調査用と同じ</small> 品数：北用1台、南用1台 航続可能時間：約80時間/台 最初に投入されるROVであるため低摩擦で比較的硬いポリウレタン製ケーブル($\phi 24\text{mm}$)を採用 | ケーブルの構造物との干渉回避のためジェットデフにガイドリング(内径300mm(設計値))を取付ける |

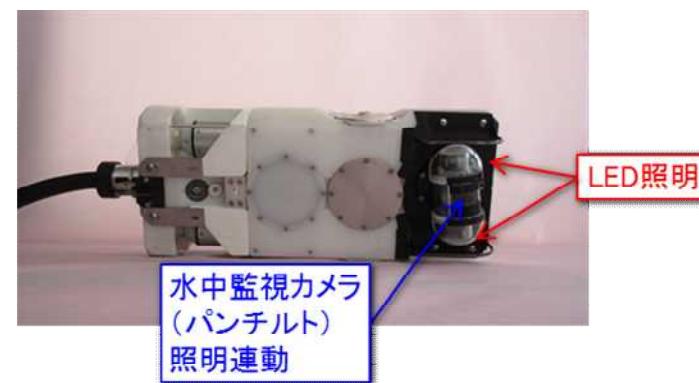
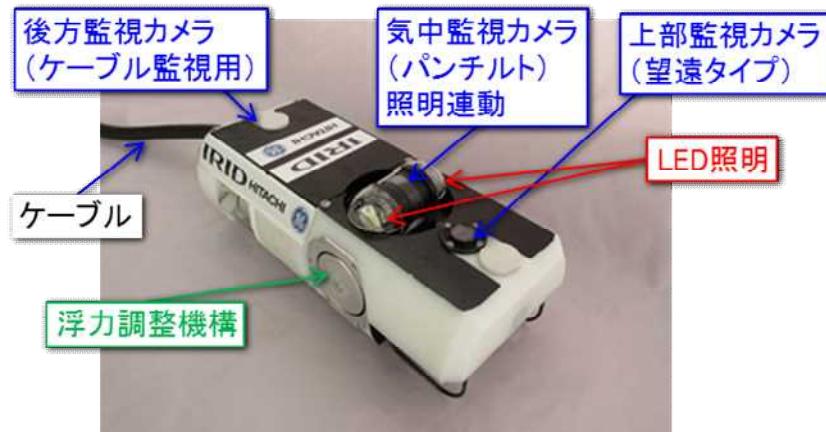
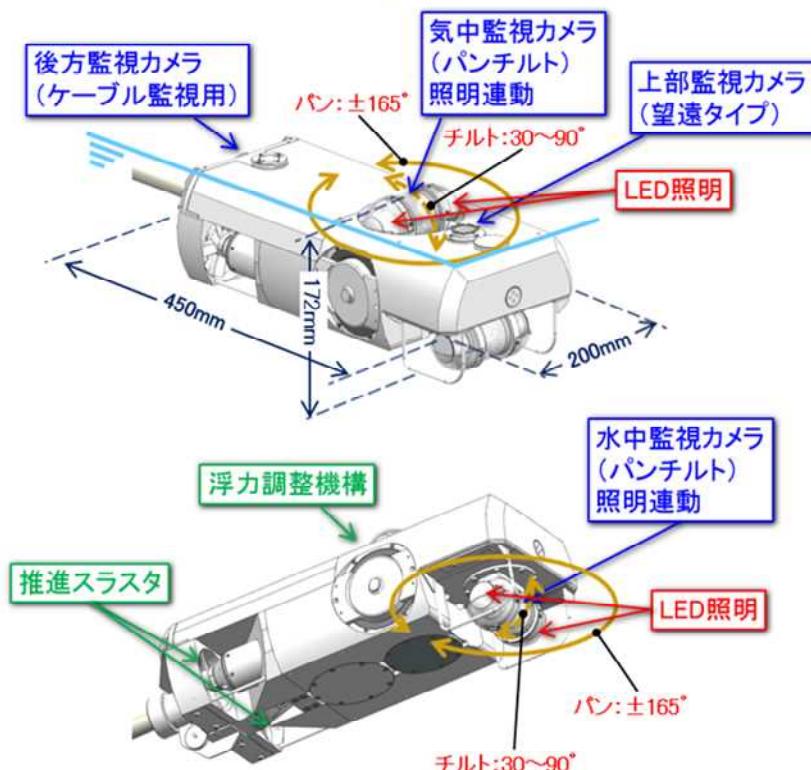
推力: 約25N 寸法: 直径 $\phi 25\text{cm} \times$ 長さ約110cm



(参考) 調査装置詳細 ROV-A2_詳細目視調査用

| 調査装置 | 計測器 | 実施内容 |
|------------------------|--|--|
| ROV-A2 詳細目視 | <p>ROV保護用（光ファイバー型γ線量計※，改良型小型B10検出器） ※：ペデスター外調査用と同じ</p> <p>員数：2台 航続可能時間：約80時間/台 調査のために細かく動くため、柔らかいポリ塩化ビニル製のケーブル(φ23mm)を採用</p> | 地下階の広範囲とペデスター内（※）のCRDハウジングの脱落状況などカメラによる目視調査を行う（※アクセスできた場合） |

推力: 約50N 寸法: 直径 ϕ 20cm × 長さ約45cm



(参考) 調査装置詳細 ROV-B~E_各調査用

| 調査装置 | 計測器 | 実施内容 |
|----------------------------|-----------------------------|--|
| ROV-B 堆積物3Dマッピング | ・走査型超音波距離計 ・水温計 | 走査型超音波距離計を用いて堆積物の高さ分布を確認する |
| ROV-C 堆積物厚さ測定 | ・高出力超音波センサ ・水温計 | 高出力超音波センサを用いて堆積物の厚さとその下の物体の状況を計測し、デブリの高さ、分布状況を推定する |
| ROV-D 堆積物デブリ検知 | ・CdTe半導体検出器 ・改良型小型B10検出器 | デブリ検知センサを堆積物表面に投下し、核種分析と中性子束測定により、デブリ含有状況を確認する |
| ROV-E 堆積物サンプリング | ・吸引式サンプリング装置 | 堆積物サンプリング装置を堆積物表面に投下し、堆積物表面のサンプリングを行う |

員数：各2台ずつ 航続可能時間：約80時間/台 調査のために細かく動くため、柔らかいポリ塩化ビニル製のケーブル(ROV-B : φ33mm、ROV-C : φ30mm、ROV-D : φ30mm、ROV-E : φ30mm)を採用

