

1号機 PCV内部調査（後半）について

2023年1月26日

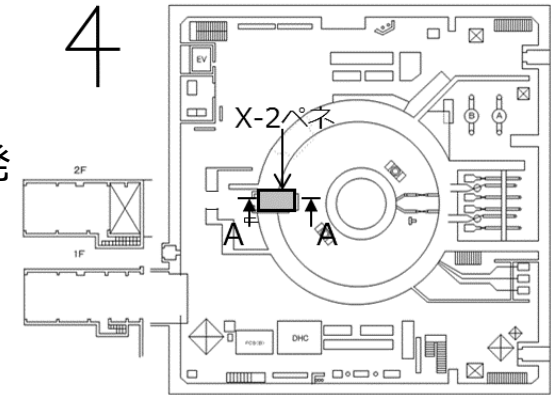
IRID **TEPCO**

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

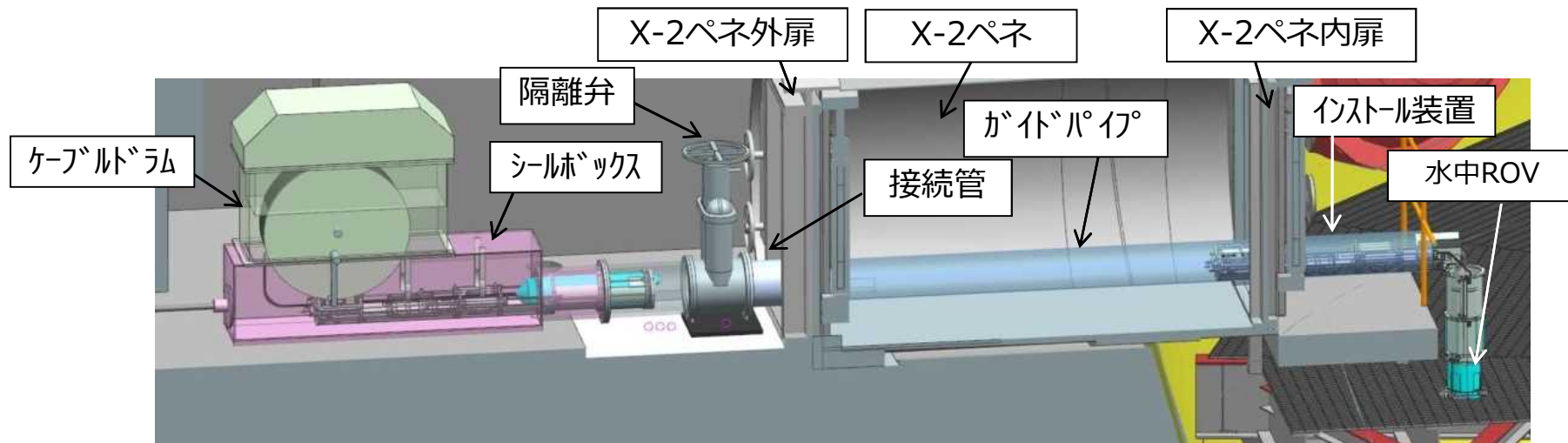
1. 1号機PCV内部調査の概要

- 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）から実施する計画
- 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
- 水中ROV調査ステップ

| | | |
|---------------|----------|-------------------|
| 前半調査 (調査済) | ① ROV-A | 事前対策となるガイドリング取付 |
| | ② ROV-A2 | ペDESTAL外の詳細目視 |
| | ③ ROV-C | 堆積物厚さ測定 |
| 後半調査 | ④ ROV-D | 堆積物デブリ検知・評価 |
| | ⑤ ROV-E | 堆積物サンプリング |
| | ⑥ ROV-B | 堆積物3Dマッピング |
| | ⑦ ROV-A2 | ペDESTAL内部、壁部の詳細目視 |



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. ROV-E調査中断に伴う状況と今後の対応

■ これまでの状況

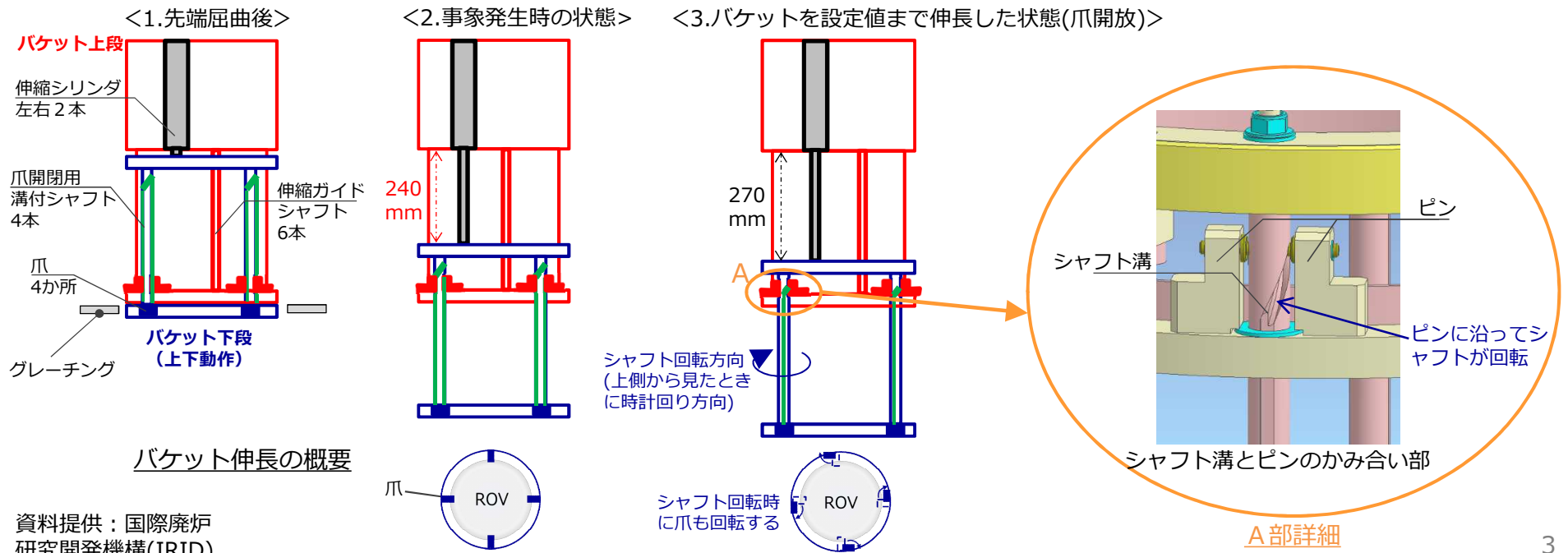
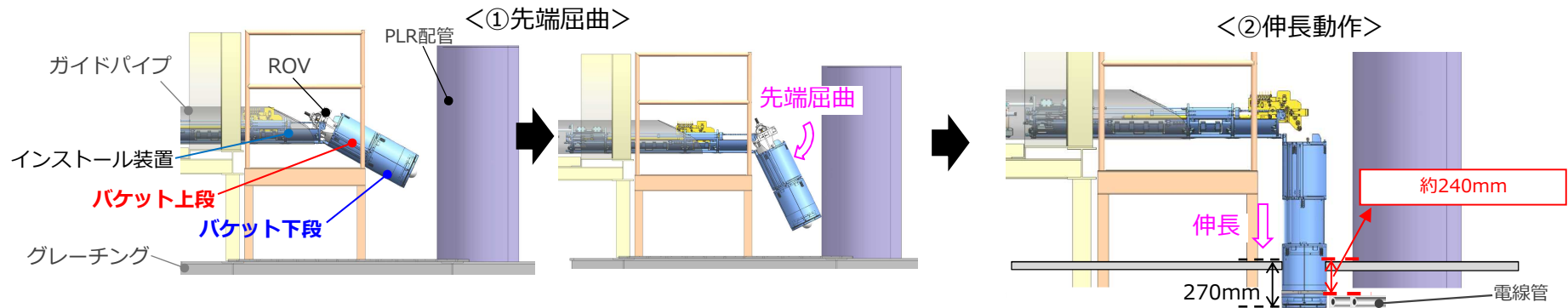
- 1月12日にROV-Eによる堆積物サンプリング調査を開始
- 同日, ROV-Eのインストール中に, インストール装置の屈曲部(バケット)が, 指定の位置まで伸びない事象が発生したため, 当該調査を中断し, ROV-Eのアンインストールを実施
- 1月13日, 14日にかけて, ROV本体ならびにインストール装置の点検を実施したが, 装置各部について異常は確認されなかったことから, バケット摺動部の異物の噛み込みによる一過性の事象と推定
- 調査に際してはシールボックス等を隔離弁から切り離し, 移動した状態で実施
- 1月18日から, 約2週間程度かけて, 切り離したシールボックス等を取り付ける作業を開始
 - ＜主な作業＞
 - ①シールボックス・隔離弁との芯出し, ②ROV-Dの搬入・設置,
 - ③ガイドパイプとの芯出し, ④ROV-Dの取外し, ⑤ROV-Eの設置, 動作確認, ⑥再現性確認

■ 今後の対応

- 現状のインストール装置を再使用して, 再度PCV内に投入し, 事象発生時と同様の装置・環境での再現性確認を実施
- ROV-Eの調査の再開にあたっては, 再現性確認において, 異常が無いことを確認したうえで開始する計画

3. トラブルの概要

- ROVのインストールについては、インストール装置を用いて行い、ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運んだ後、バケット部の先端屈曲および伸長動作を行う操作である
- 通常はバケット部の伸長動作時に設定値（270mm）まで伸ばすことで爪が開放され、ROVの吊り降ろしが可能となるが、240mmまでしか伸長動作しなかったもの ※先端屈曲と伸長動作は水圧駆動による



4. 再現性確認及び原因調査

- 1月13,14日にかけてトラブルの再現性確認及び要因分析に基づく原因調査を実施
- 調査に際してはシールボックス等を隔離弁から切り離し、移動した状態で実施
- 目視確認及びインストール装置単体の動作確認を行い、装置各部に異常は確認されなかった

<目視確認>

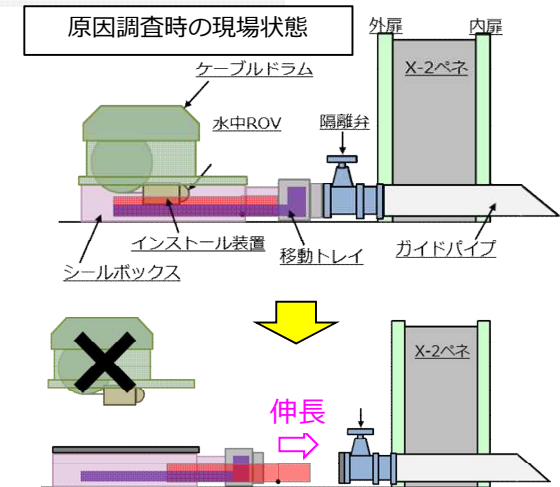
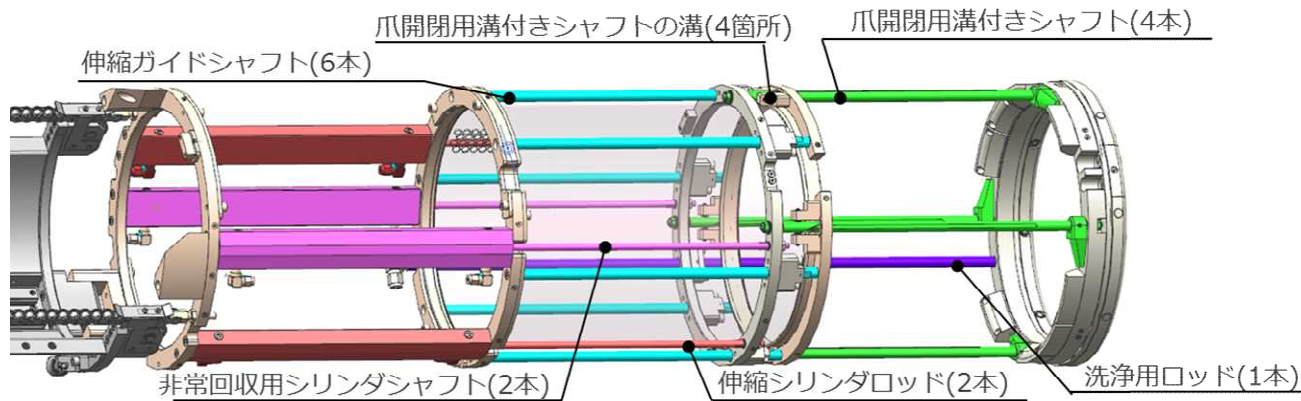
- ROV本体 (要因1,2)
- 非常用回収用シリンダ軸のストップ位置 (要因5)
- 伸縮シリンダの水系統 (要因6)
- バケツ摺動部 (要因7)

<目視確認及びインストール装置動作確認>

- 爪開閉用溝付きシャフトおよび溝部 (要因3,4,9)

<予備品交換>

- 手押しポンプ (要因8)



伸縮ガイドシャフト



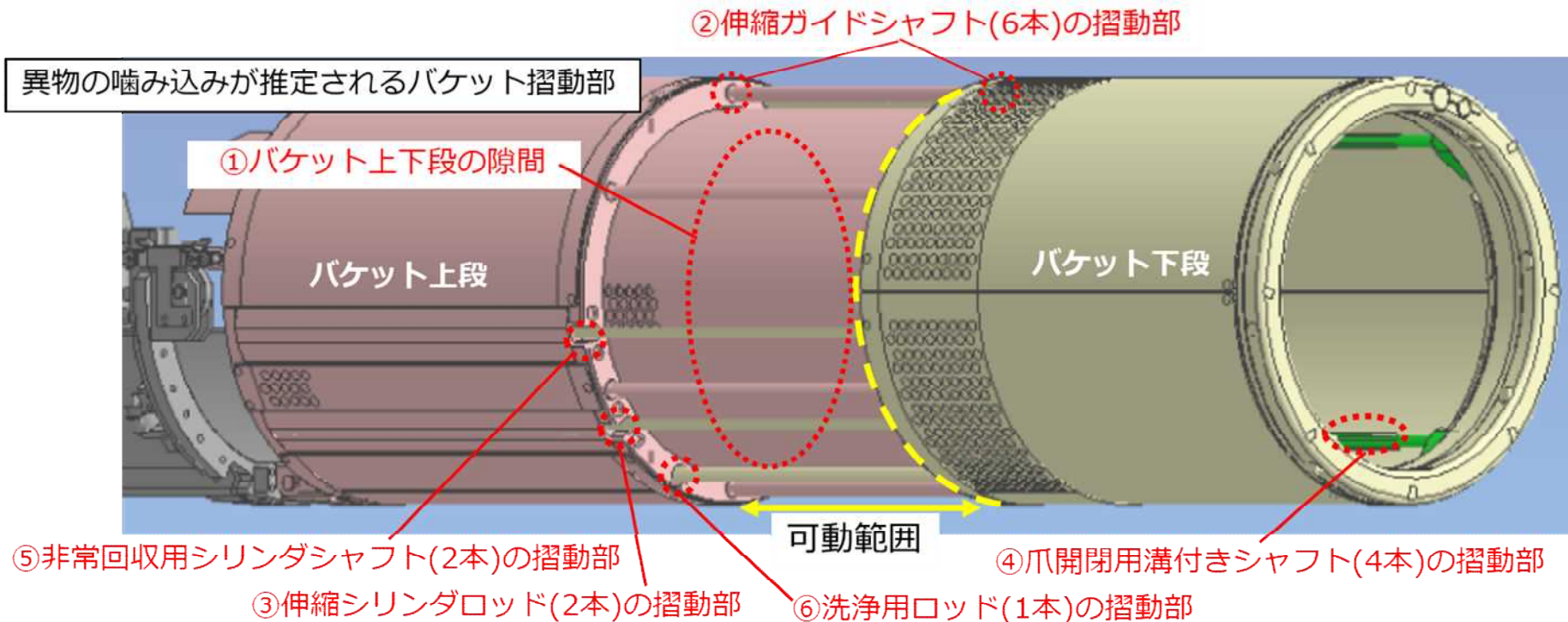
伸縮シリンダロッド



爪開閉用溝付きシャフト

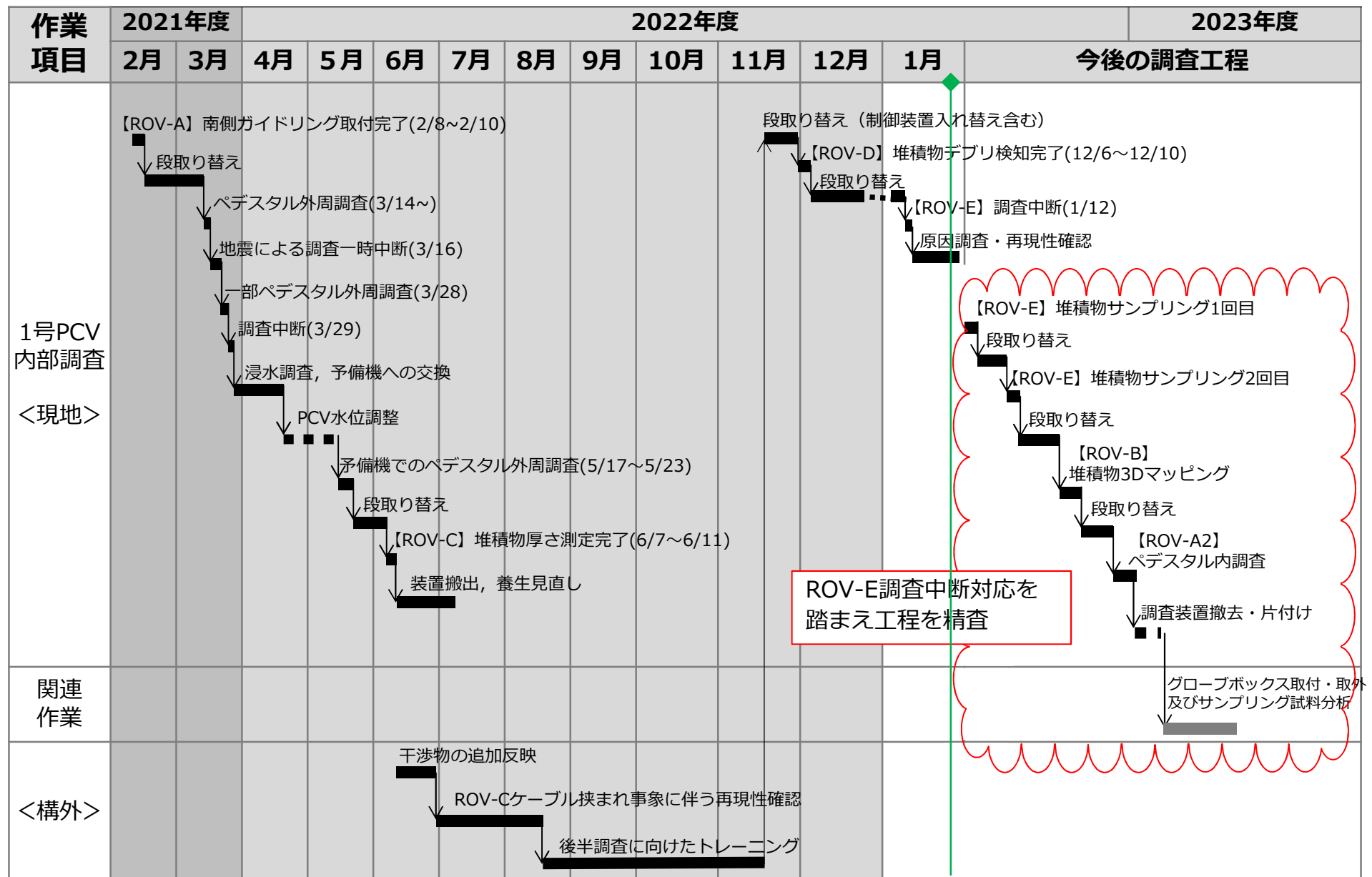
5. 推定原因

- 再現性確認においてトラブルの再現がなかったことから、インストール装置バケット摺動部への異物の噛み込みによる一過性の事象と推定
- 発生メカニズムとしては、バケット摺動部に一時的に異物の噛み込みが発生したことで、バケット下段の伸長動作が阻害され、その後ROVアンインストール作業中に異物の噛み込みが解消され、再現性確認においてトラブルが再現しなかったものとする



※各シャフト,ロッドの位置については実際の位置とは異なり,模式的に示したものの

6. 1号機PCV内部調査全体工程



(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) 再現性確認及び原因調査まとめ

| 推定要因 | | 調査内容 | 調査結果 ×：要因ではない △：要因の可能性有 | |
|---------------|---|---------------------------------|-------------------------------|--|
| ROVとの複合要因 | 1 | ROV本体がバケット内部で斜めになり干渉 | ・目視確認 (本体に接触跡の有無を確認) | × (1/13確認済) 異常なし |
| | 2 | ROV本体のサンプリング装置が飛び出たしまいバケット内部で干渉 | ・目視確認 (サンプリング装置に接触跡の有無を確認) | × (1/13確認済) 異常なし |
| インストール装置単体の要因 | 3 | 爪開閉用溝付きシャフトの曲がりや変形 | ・インストール装置単体動作確認 ・目視確認※ | × (1/14確認済) 異常なし |
| | 4 | 爪開閉用溝付きシャフトの溝に異物付着・溝の変形 | ・インストール装置単体動作確認 ・目視確認※ | × (1/14確認済) 異常なし |
| | 5 | 非常回収用シリンダ軸のストッパ位置ずれ | ・目視確認にてケガキ位置を確認 | × (1/14確認済) 異常なし |
| | 6 | 伸縮シリンダの水系統 (チューブ, カプラ) の異常 | ・目視確認 | × (1/14確認済) 異常なし |
| | 7 | バケット摺動部への異物の噛み込み | ・インストール装置単体動作確認 ・目視確認 | △ (1/14確認済) 動作確認及び目視確認において異常は確認されなかったが、事象当日に異物の噛み込みが生じていた可能性は否定できない |
| | 8 | 伸縮シリンダの水系統 (手押しポンプ) の異常 | ・手押しポンプ予備品交換 | × (1/12交換済) |
| | 9 | 爪開閉用溝付きシャフトの溝に入るピンの変形 | ・インストール装置単体動作確認 | × (1/14確認済) 異常なし |

※伸縮ロッドや伸縮ロッドの溝については確認可能な範囲で目視確認を実施

(参考) 再現性確認時の状況写真

- バケットを水平にした状態で、伸縮動作確認を実施し、トラブルは再現せず正常動作であった

全景



<トラブル発生位置で一旦停止>
240mm伸長動作



バケツ部



爪

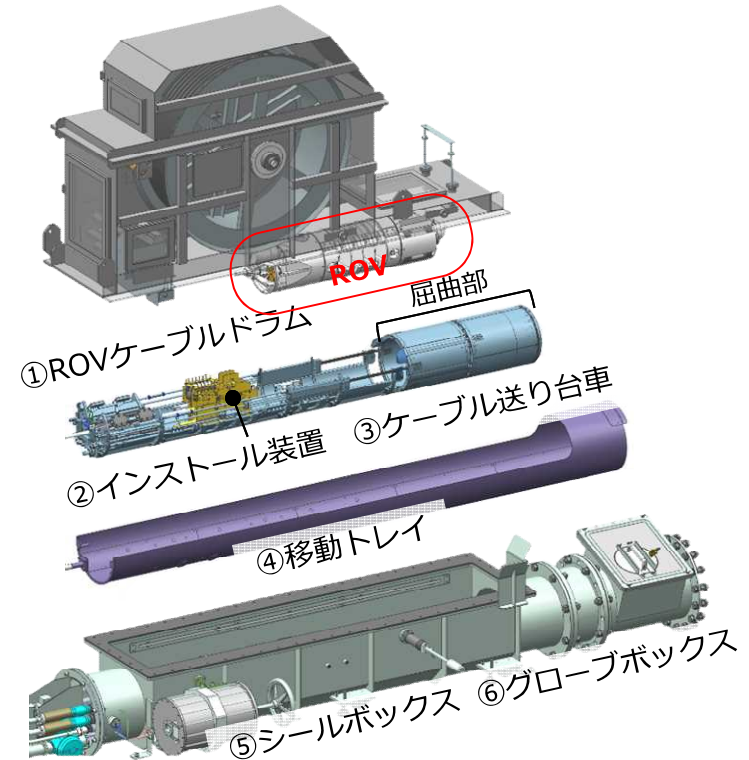
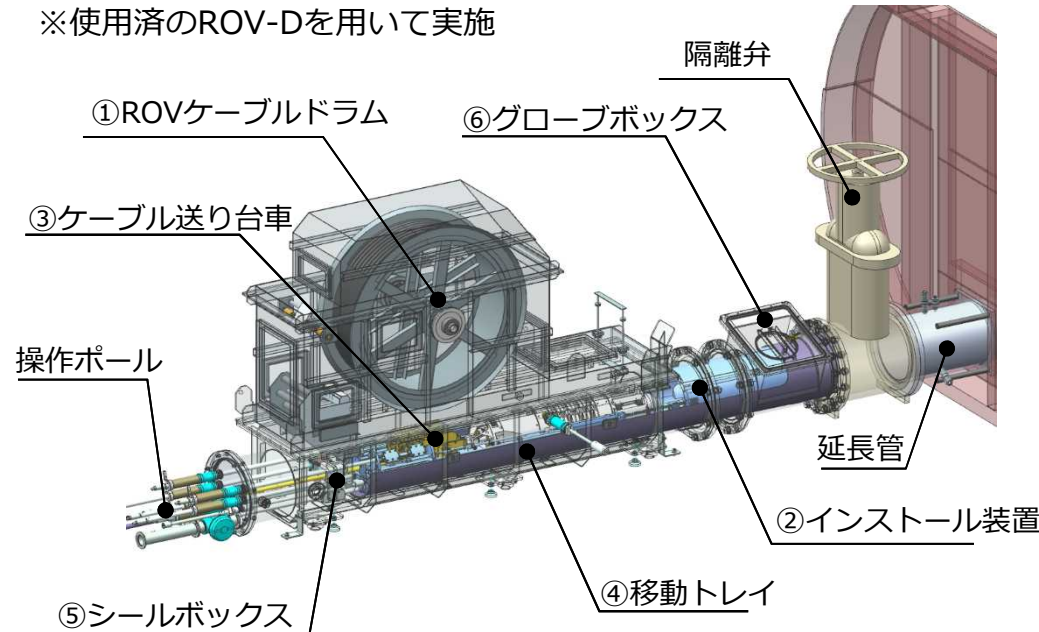


資料提供：国際廃炉研究開発機構(IRID)

(参考) 調査装置詳細 シールボックス他装置

- 予備機シールボックス等の搬入・交換
- 隔離弁との芯出し
- ガイドパイプとの芯出し※（仮インストール）

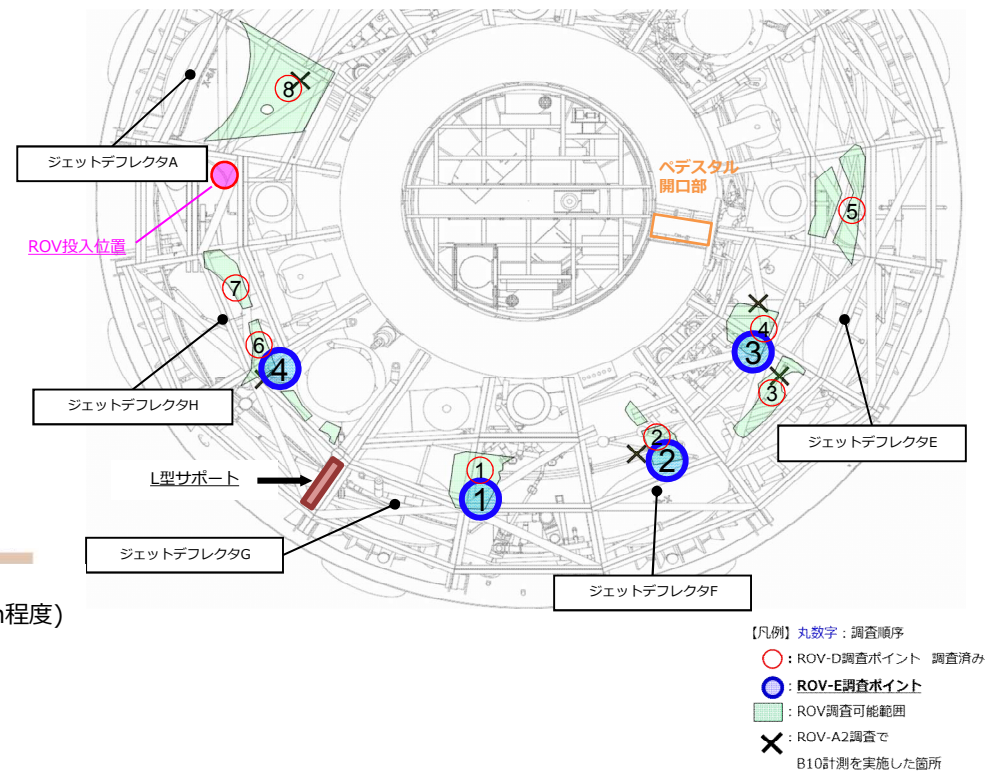
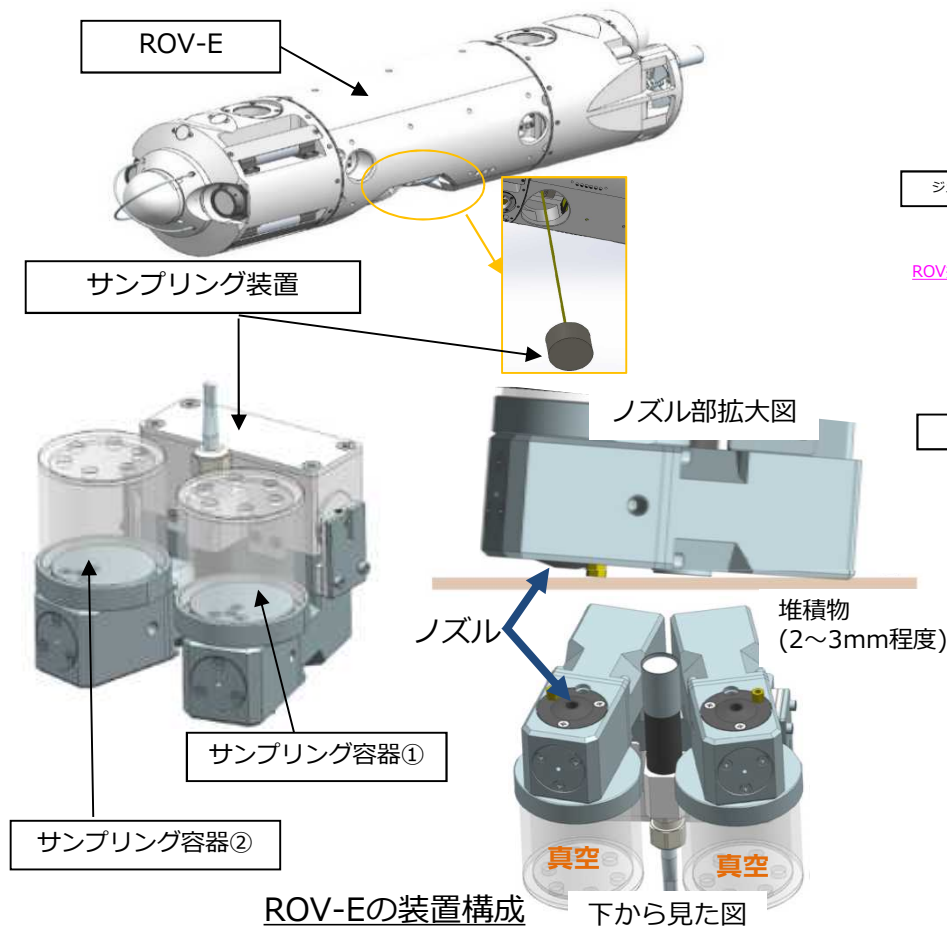
※使用済のROV-Dを用いて実施



| 構成機器名称 | 役割 |
|--------------|--|
| ① ROVケーブルドラム | ROVと一体型で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) ROV-E (堆積物サンプリング) 調査計画

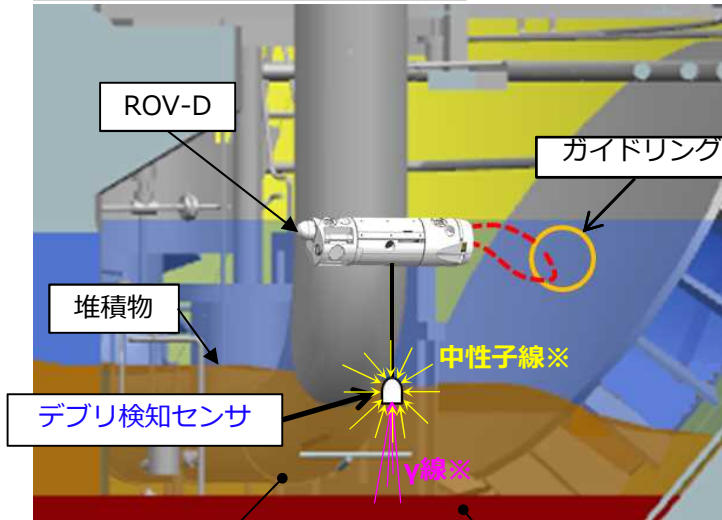
- ROV-Eによる堆積物サンプリングは、ペDESTAL外周部4箇所を計画
- サンプリング装置は2個のサンプリング容器を搭載し、1台の装置で2箇所サンプリングが可能
- 2箇所サンプリング後、ROV本体または、サンプリング装置を交換後に、残りの2箇所をサンプリングする
- 吸引式によるサンプリングを計画しており、サンプリング装置を堆積物表層に吊り降ろし、真空状態にしたサンプリング容器内にノズルを介して堆積物を吸引する



ROV-Eの調査ポイントと調査順序

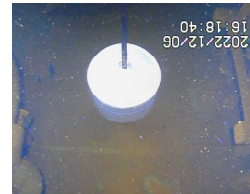
(参考) 各ROVの調査イメージ

ROV-D (堆積物デブリ検知)



一定程度の厚さがある粉状・泥状等の堆積物イメージ
 密度の高い堆積物 (板状・塊状の堆積物) イメージ

デブリ検知センサを堆積物上に吊り降ろし計測を実施



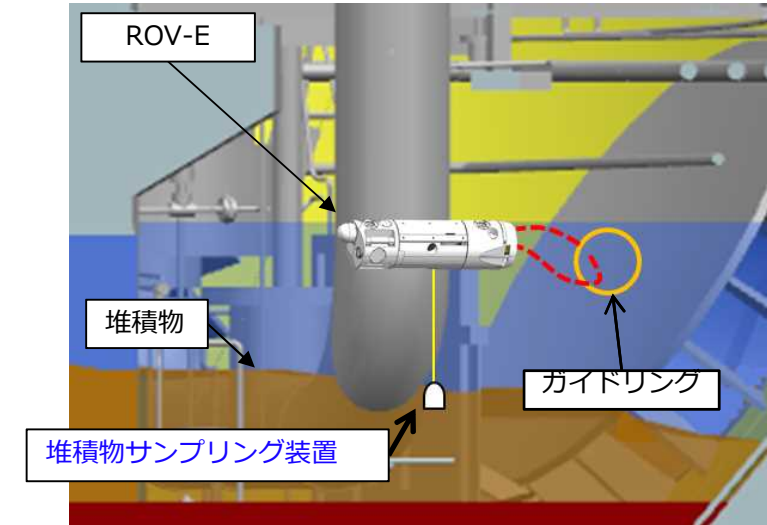
センサ吊り降ろし中



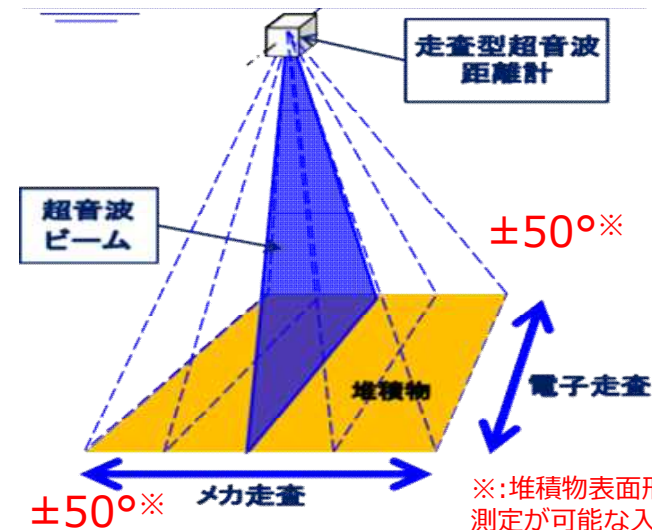
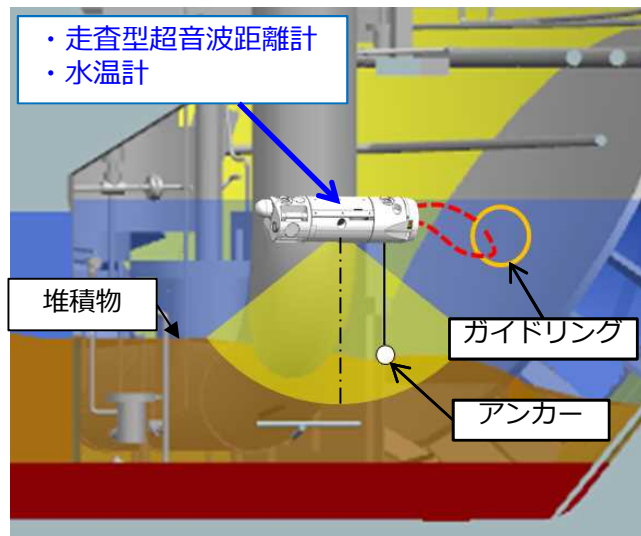
センサ吊り降ろし後

※ γ線および中性子線の示す範囲はあくまでもイメージです

ROV-E (堆積物サンプリング)



ROV-B (堆積物3Dマッピング)

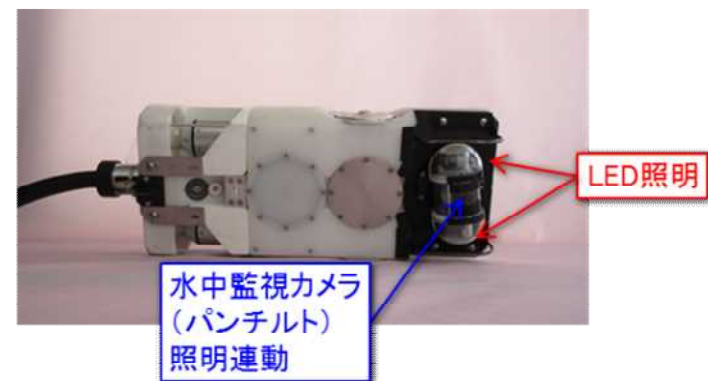
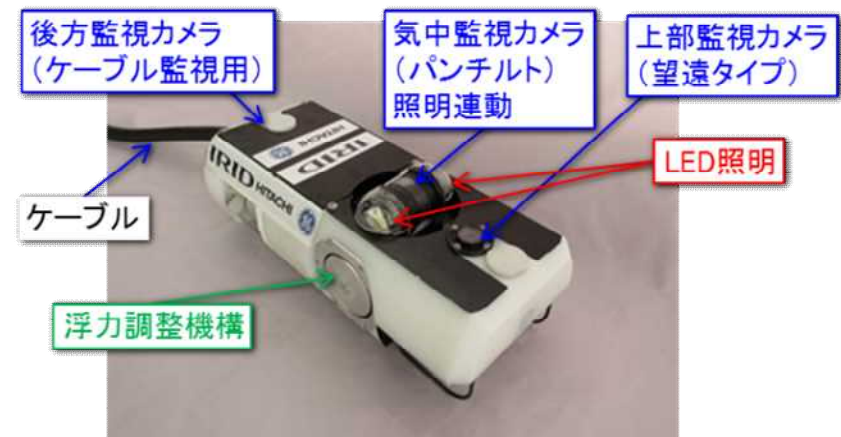
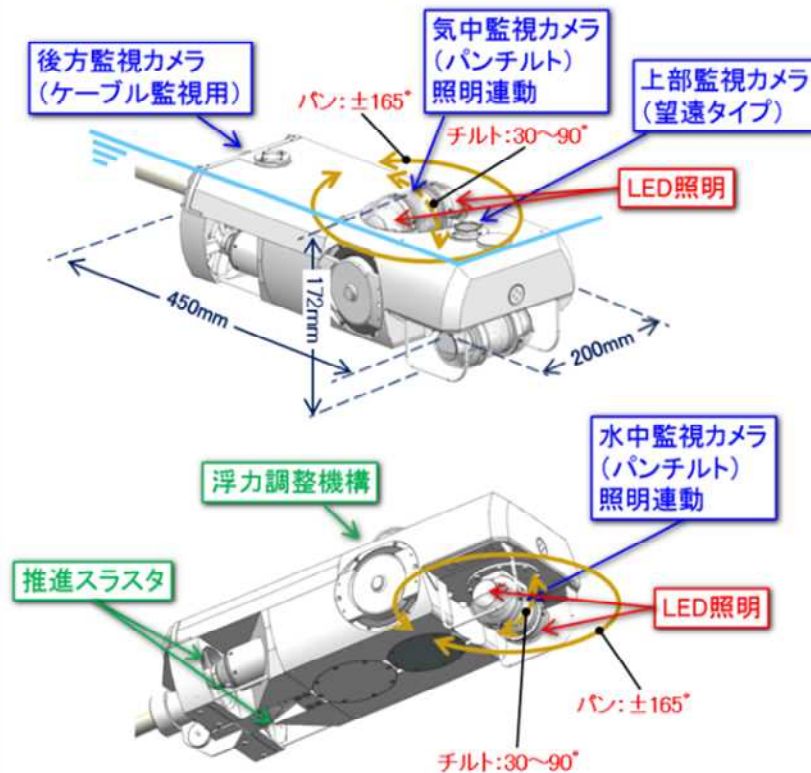


※: 堆積物表面形状と落下物高さ測定が可能な入射角

(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 | 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DESTAL外調査用と同じ | 地下階の広範囲とペDESTAL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（※アセスできた場合） |
| | 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 |

推力：約50N 寸法：直径φ20cm×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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 吸引式カプリング装置 | 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

