福島第一原子力発電所　1号機原子炉格納容器内部調査（水中ROV-A2）の再開予定について

＜　参　考　資　料　＞
２０２２年５月１６日
東京電力ﾎｰﾙﾃﾞｨﾝｸﾞｽ株式会社
福島第一廃炉推進カンパニー

■ 1号機については、原子炉格納容器（以下、PCV）内にある堆積物の回収手段ならびに回収する設備の検討を行うこと等を目的に、PCV内部の調査を実施し、堆積物の量や由来などの情報を得ることを計画しており、用途別に開発した遠隔操作ロボット（以下、水中ROV）を用いて、『ペデスタル※1内外の詳細目視調査』や『堆積物厚さ測定』『堆積物デブリ検知』『堆積物サンプリング』『堆積物3Dマッピング』等の調査を順次実施する予定です。これらの調査に先駆け、2月8～10日にかけて水中ROV-AによるPCV内部への『ガイドリング※2』設置作業等を実施しました。　＜2月10日までにお知らせ済み＞

■ 水中ROV-A2を用いた『ペデスタル外周部の詳細目視調査』については、水中ROV-Aの作業で得られた知見･対策、ならびに実際の調査と同じ条件･手順による事前投入確認等を行ったうえで、3月14日から実施しましたが、3月16日に発生した福島県沖地震の影響によるものと思われるPCV内の水に濁り、および緩やかなPCV水位の低下傾向等を受けて、一時的に調査を中断しました。また、3月29日時点で、水中ROV-A2に搭載されたカメラ3台に映像不良を確認したことから、調査を中断しました。　＜3月31日までにお知らせ済み＞

■ 水中ROV-A2のカメラに水が浸入した推定原因を踏まえ、再発防止対策（スライド4～8参照）を講じるとともに、調査に必要なPCV水位を安定的に確保できることを確認したうえで調査を再開いたします。　＜4月14日にお知らせ済み＞

- 水中ROV-A2の調査再開に向けて、5月9日に原子炉注水量を増加（3.9→6.0m3/h）し、調査に必要なPCV水位の確保に取り組んでいるところであり、これまでの原子炉注水量の増減時の実績を踏まえると、PCV水位（計算水位）は、不確かさを含むものの、3月16日に発生した福島県沖地震前の水位と同等程度まで上昇しているものと評価しています。

- また、本日（5月16日）水中ROV-A2をPCV内に投入する等の準備作業等が整ったことから、実際の調査と同じ条件･手順により各機器の電源を投入した上で、 X-2ペネトレーション※3からPCV側に水中ROV-A2を投入し、異常なく各機器が動作することを確認しました。

- これらの事前準備が完了したことから、明日（5月17日）水中ROV-A2による『ペデスタル外周部の詳細目視調査』を再開する予定です。調査においては、ペデスタル外周部における「既設構造物の状態確認」および「堆積物の広がり状況等の確認」に加え、今後、水中ROV-Dにおいて実施予定の「堆積物デブリ検知（核種分析･中性子束測定）」の調査範囲絞り込みを目的に、中性子束測定を実施する予定です。（スライド3参照）

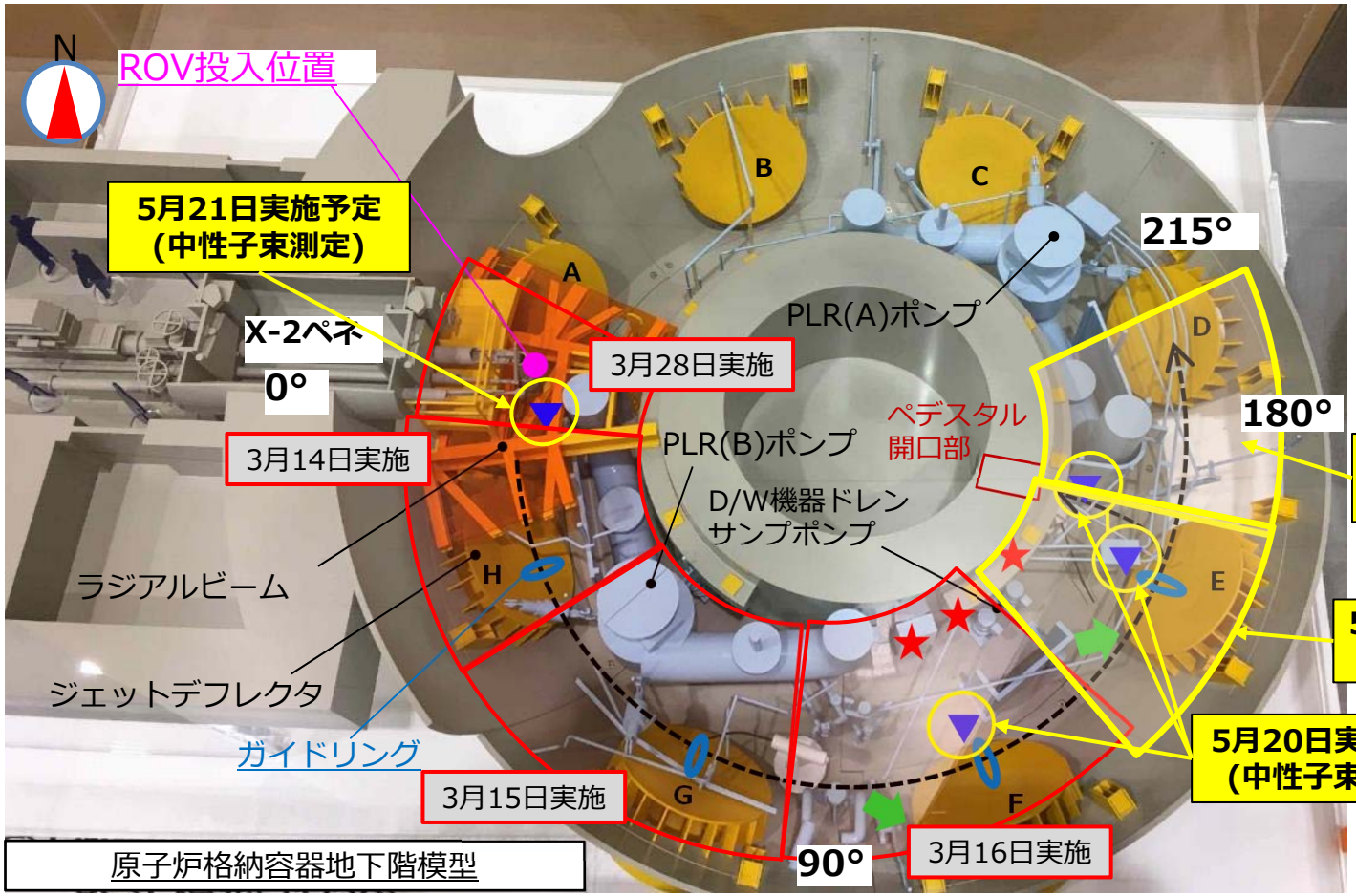
- また、調査にあたっては、PCV内の気体が外部へ漏れないようバウンダリ※4を構築した上で作業を実施することとしており、モニタリングポストやダストモニタのデータ、プラントパラメータを確認するとともに、安全を最優先に慎重に調査を進めてまいります。

※1 ペデスタル：原子炉圧力容器下部にある作業用の空間･土台
※2 ガイドリング：水中ROVのケーブル絡まり防止を目的に設置するリング
※3 X-2ペネトレーション：作業員通行用の貫通口
※4 バウンダリ：PCV閉じ込め機能

ペデスタル外周部詳細目視調査における調査箇所およびスケジュール

<主な調査箇所>

- 既設構造物の状態確認
- 堆積物の広がり状況･高さ･傾斜確認
- ペデスタル開口部付近の状況及び開口部近傍のコンクリート壁状況（★箇所）
- ジェットデフレクター付近の堆積物状況（ ⬇ 箇所）
- 堆積物上の中性子束測定（▼箇所）



原子炉格納容器地下階模型

※
調査スケジュールは
調査の進捗状況により
変更となる場合がある

※
5月22日調査予備日

※
5月23日調査完了
(ROV引き上げ)予定

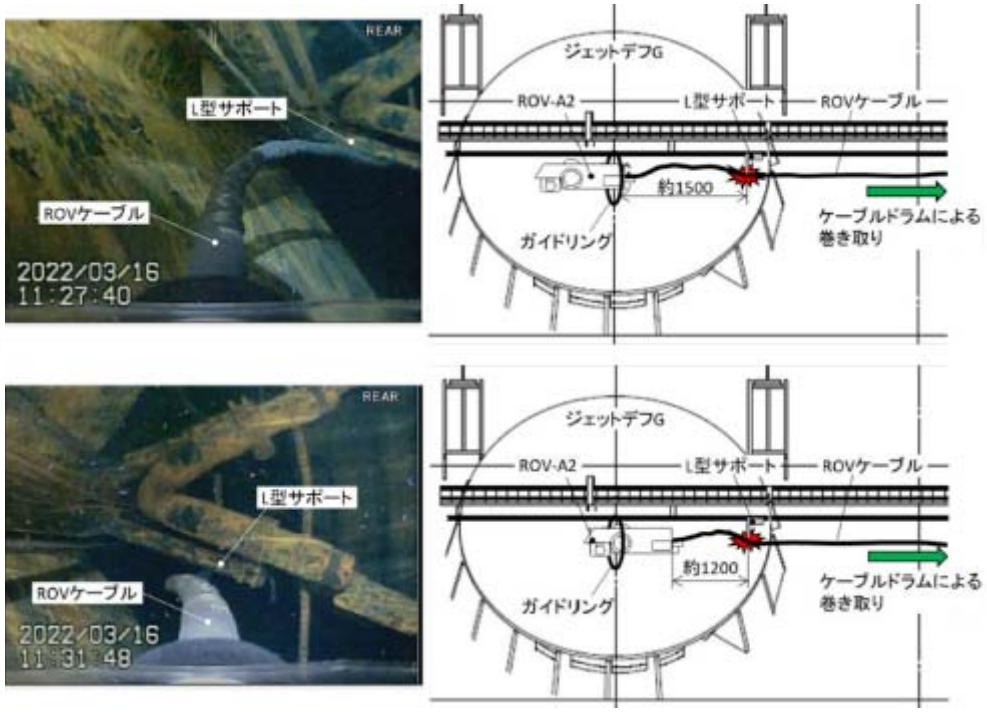
資料提供：国際廃炉
研究開発機構(IRID)

【参考】水中ROV-A2の調査結果(4月14日お知らせ済み)

水中ROV-A2のカメラに水が浸入した原因を調査した結果、以下を確認しました。

- ■ 水中ROV-A2本体：損傷は確認されなかった（外観目視点検、漏えい確認）
- ■ 水中ROV-A2のケーブル（外観目視点検、漏えい確認）：
  - ・水中ROV-A2本体から約2.5mまでの範囲のケーブル被覆にしわが多く発生
  - ・ケーブル被覆のしわの範囲内に損傷4箇所を確認、うち2箇所が被覆を貫通
- ■ 調査（遊泳）中の状況（動画映像確認）：
  - ・ジェットデフレクター※1G付近のL型サポート※2にケーブルが掛かる

写真1.ケーブル被覆のしわの状況



写真･図2.ケーブル被覆がL型サポートに掛かっている状況

【参考】水中ROV-A2(カメラ)に水が浸入した推定原因(4月14日お知らせ済み)

調査結果を踏まえ、以下の理由によりカメラに水が浸入したものと推定しました。

① 水中ROV-A2の巻き上げ作業*に伴い、水中ROV-A2のケーブル被覆が、ピンチローラーでしごかれることにより、ケーブル被覆にしわが発生し、巻き上げ作業を繰り返すことで、しわが水中ROV-A2本体側に集約

② ケーブル被覆のしわが、調査時、ジェットデフレクターG付近にあるL型サポートに掛かり、ケーブル被覆が損傷（貫通）し、ケーブル被覆内に水が浸入

③ 3月16日の地震以降に実施した、一時的な水中ROV-A2の巻き上げ作業やPCV水位確認作業にあたり、水中ROV-A2が垂直（吊り下ろし）姿勢となり、この際、ケーブル被覆内に浸入していた水が、ケーブル被覆内を伝い、水中ROV-A2（カメラ）に至った

＊工場での動作確認、現場での事前動作確認･詳細目視調査において実施

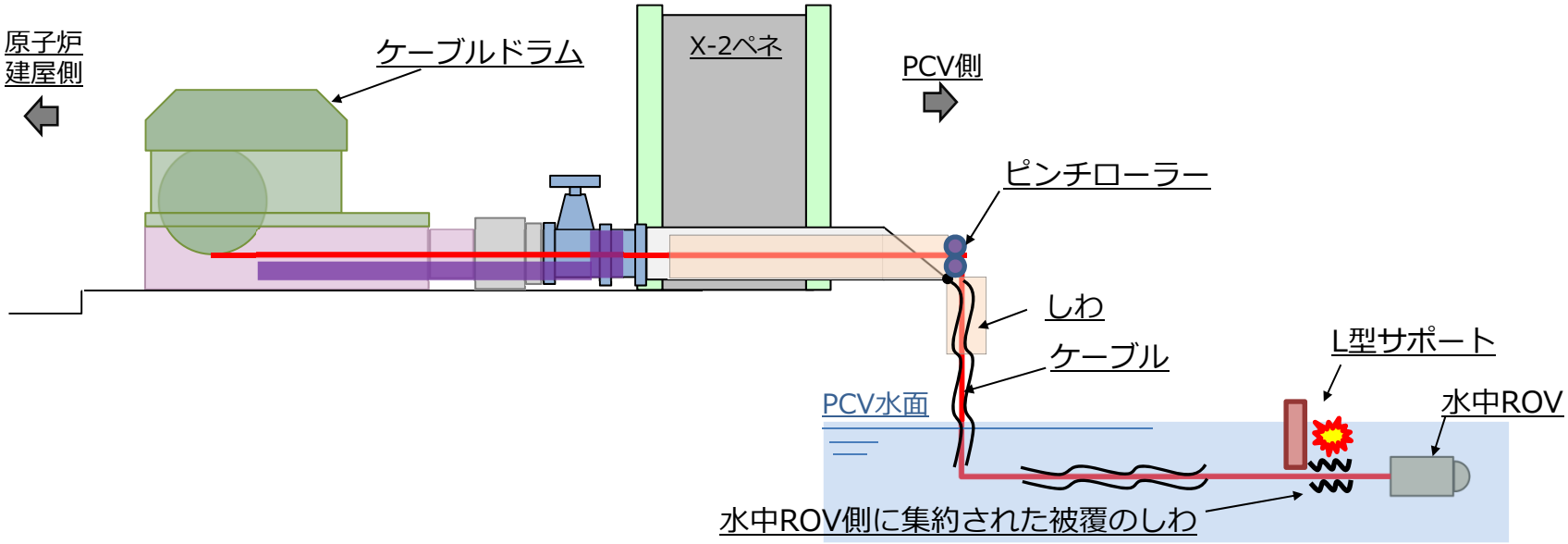


図1.水が浸入した推定原因（イメージ図）

【参考】水中ROV-A2(カメラ)への水浸入の再発防止対策(1/2)(4月14日お知らせ済み)

推定原因を踏まえ、以下の再発防止対策を講じることとしました。

■ L型サポートへのケーブルの掛かり回避対策＊

① 水平方向での回避対策として、ジェットデフレクターGのガイドリングを通過しないルートに変更（図1参照）

② 垂直方向での回避対策として、L型サポート付近を遊泳する際には、L型サポートおよびその他の干渉物等との間隔を確認しながら、可能な範囲で深く潜水（通過）（図2参照）

なお、上記対策を講じた上においても、ケーブルの掛かりが確認された場合、水中ROV-A2の前進･左右への遊泳･潜水等により、掛かりの解消を試みることとし、解消されない場合のみ、ケーブル巻き上げ作業を慎重に実施する手順に変更。

＊今後投入する水中ROV-A2においても、本体から約1mの範囲において、工場での動作確認に伴い発生したわずかなしわがある

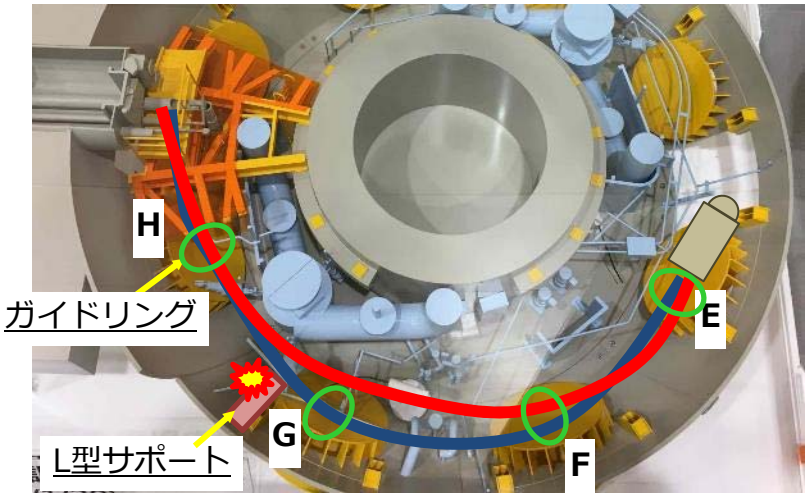


図1.水平方向での回避対策（イメージ図）

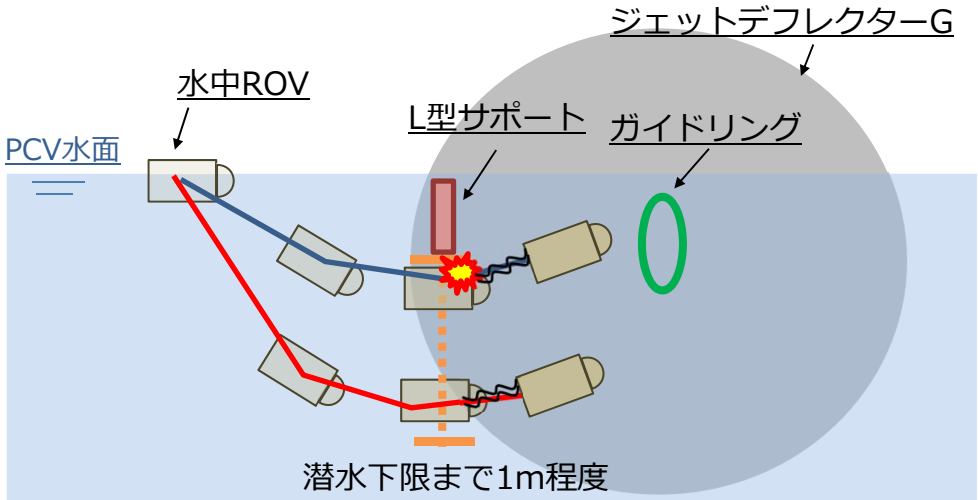


図2.垂直方向での回避対策（イメージ図）

凡例(図1,2共通)　：従来の遊泳ルート　：変更後の遊泳ルート：

■ ケーブル被覆に発生するしわの発生抑制対策（水中ROV-A2巻き上げ作業の回数低減）

① 従来、調査前に実施するPCV内への水中ROV-A2投入動作確認後、水中ROV-A2を隔離弁の外側まで巻き戻していた作業手順を、巻き戻さずその場（ガイドパイプ内）に留めておく作業手順に変更

② 水中ROV-A2投入以降、調査完了までの間、吊上げ･吊り下ろしを行わない

また、異常の兆候を早期に把握することを目的に、調査ステップ毎に、ケーブルの状態ならびにカメラの曇りの状況等の確認を行う手順を新たに追加。

■ 水中ROV-A2を用いたペデスタル外周部の詳細目視調査の再開（PCV水位の回復）を目的に、本日（4月14日）午後0時14分から、原子炉への注水量を4.0m^3/hから6.0m^3/hに変更しました。

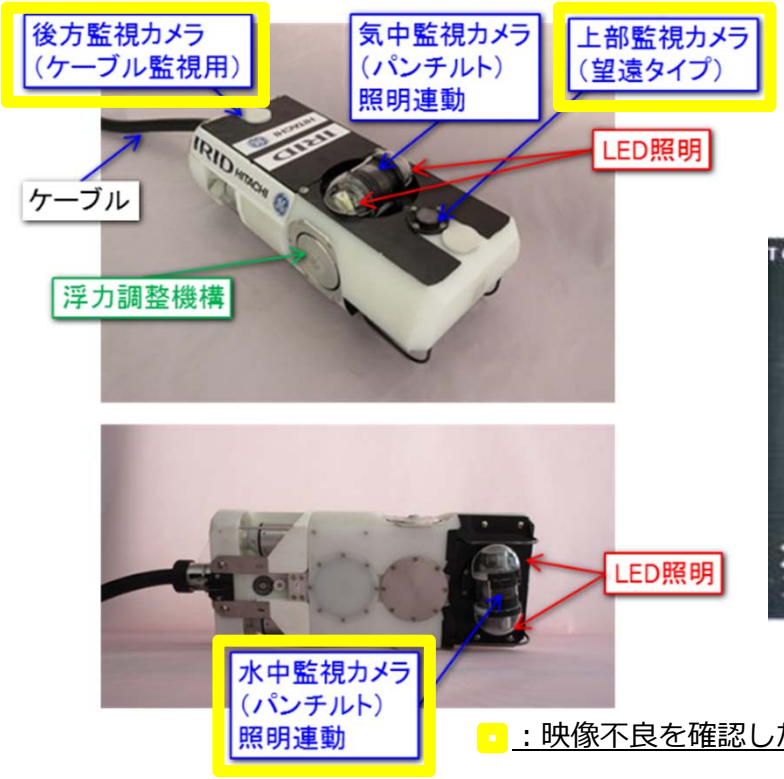
■ 今後、水中ROVによる調査に必要なPCV水位を安定的に確保できることを確認するとともに、水の濁り状況を確認したうえで、詳細目視調査を再開する予定です。

■ 引き続き、安全を最優先に慎重に調査を進めてまいります。

(スライド4)
※1 ジェットデフレクター：PCVと圧力抑制室を繋ぐ配管のPCV側に設置してある円盤状の鋼材
※2 L型サポート：配管やケーブルを支持するL字型の支持物

【参考】水中ROV-A2の映像不良等の状況(4月14日お知らせ済み)

- 2月8日から10日にかけてROV-Aによるガイドリング4個所の取付を完了
- 3月14日からROV-A2によるペデスタル外周の詳細目視調査を開始
- 3月16日まで調査を継続していたが，福島県沖を震源とする地震影響と考えられるPCV水位の低下が確認されたことから，調査を一時中断
- 3月23日以降，原子炉注水流量の変更操作を継続して実施し，調査に必要な水位確保を目指したが，3月29日時点において水中ROVのカメラに映像不良（浸水によるものと推定）を確認したことから調査を中断
- 現在，代替のROV-A2の投入や，浸水箇所の調査を含めた今後の対応について検討中



■：映像不良を確認したカメラ

正常な状態
（3/14調査初日）

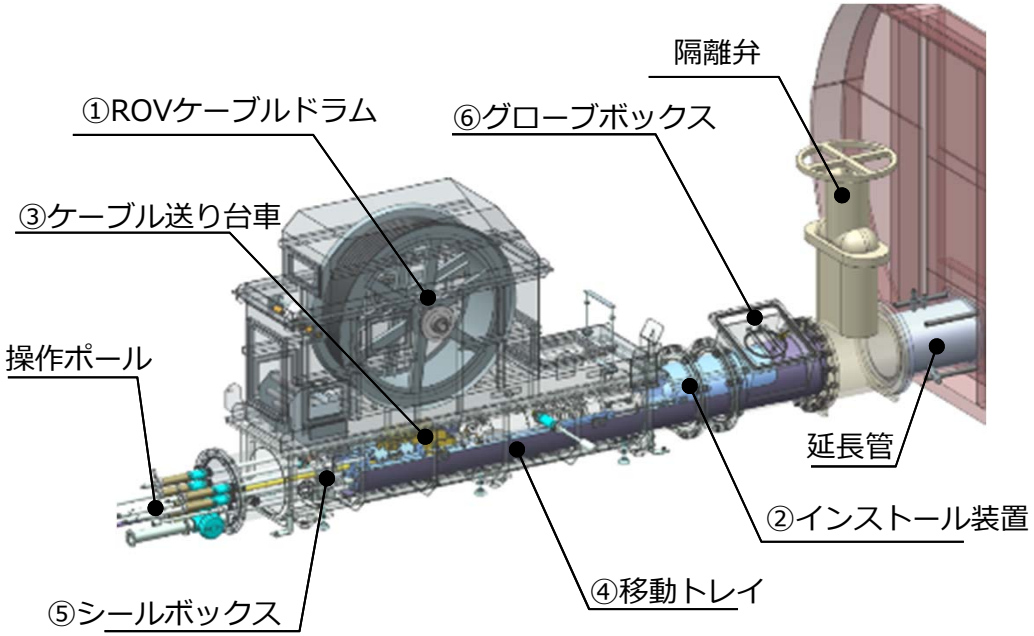
映像不良時の状態
（3/29中断時）

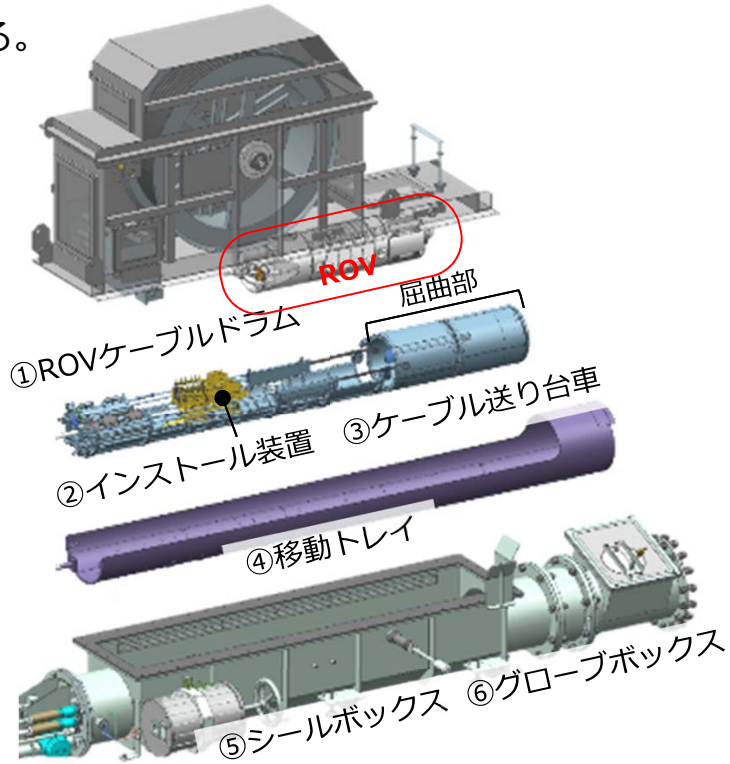
正常な状態との映像比較

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

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。





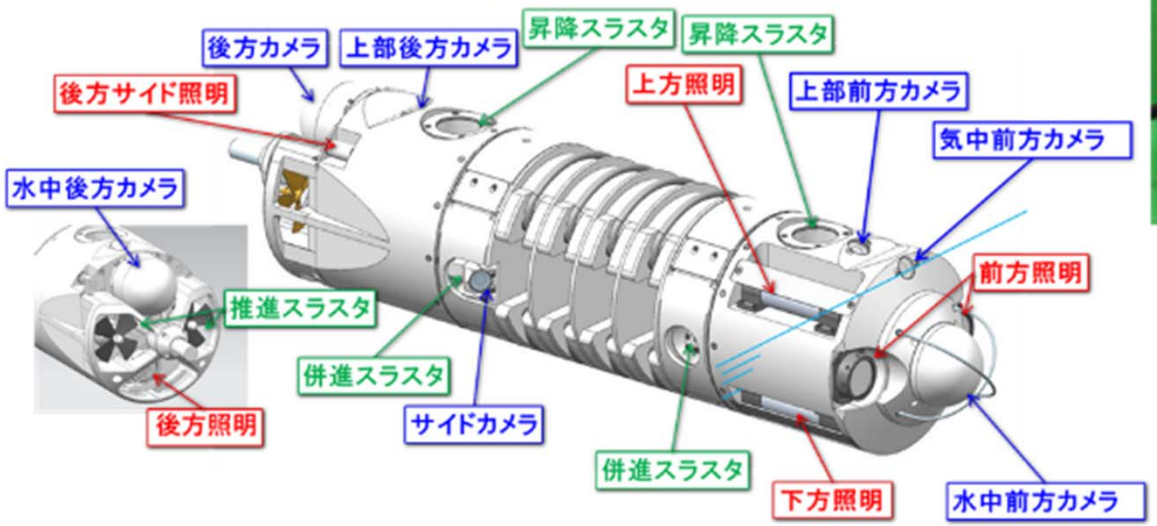
構成機器名称		役割
①	ROVケーブルドラム	ROVと一体型でROVケーブルの送り/巻き動作を行う
②	インストール装置	ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる
③	ケーブル送り台車	ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う
④	移動トレイ	ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置
⑤	シールボックス	ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する
⑥	グローブボックス	ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断

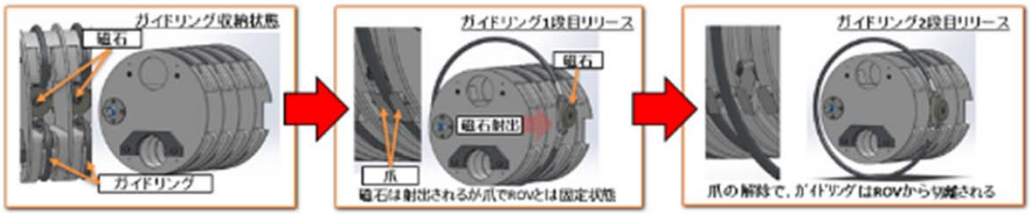
資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）

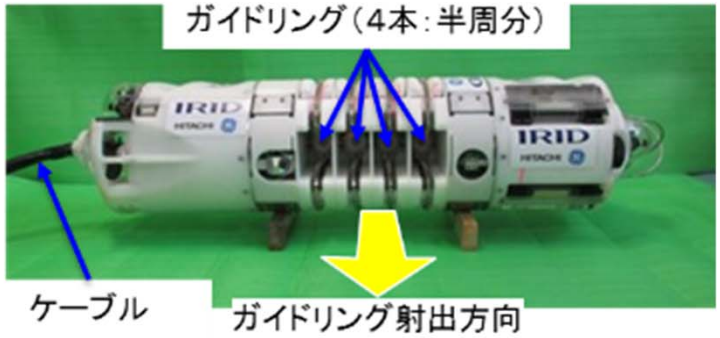
【参考】調査装置詳細　ROV-A_ガイドリング取付用

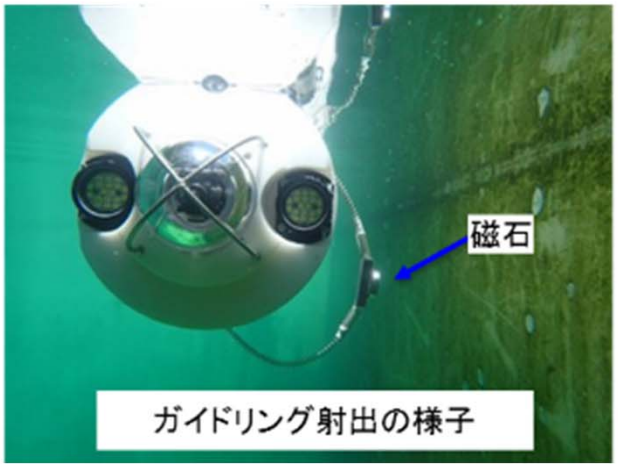
調査装置	計測器	実施内容
ROV-A ガイドリング取付	ROV保護用（光ファイバー型γ線量計※） ※：ペデスタル外調査用と同じ	ケーブルの構造物との干渉回避のためジェットデフにガイドリング(内径300mm(設計値))を取付ける
	員数：北用1台、南用1台　航続可能時間：約80時間/台　最初に投入されるROVであるため低摩擦で比較的硬いポリウレタン製ケーブル(φ24mm)を採用	

推力：約25N　寸法：直径φ25cm×長さ約110cm







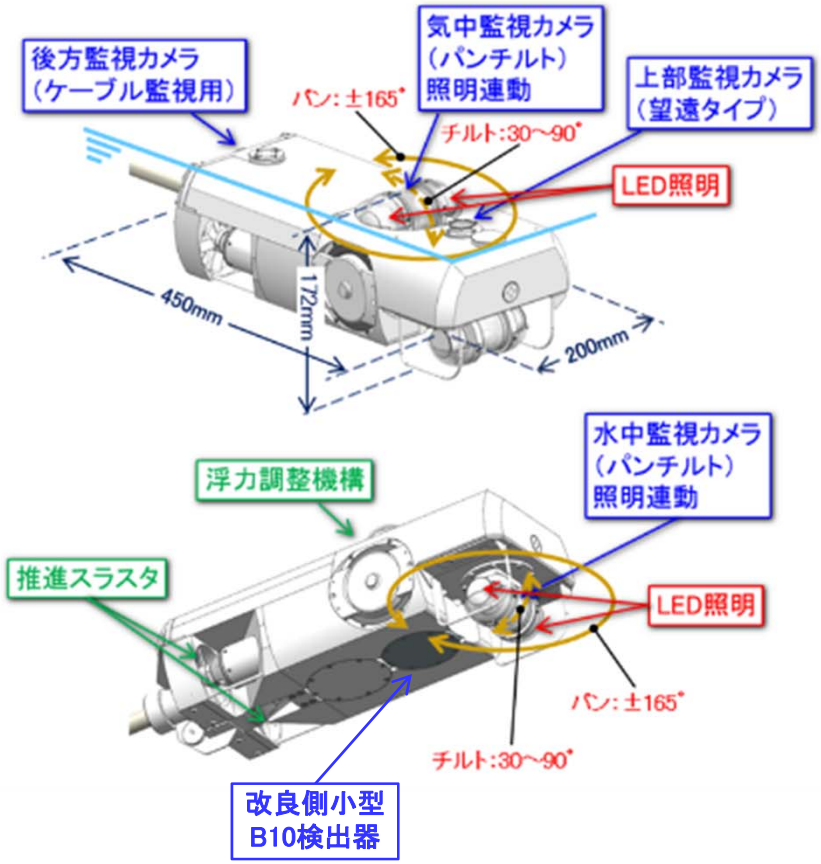


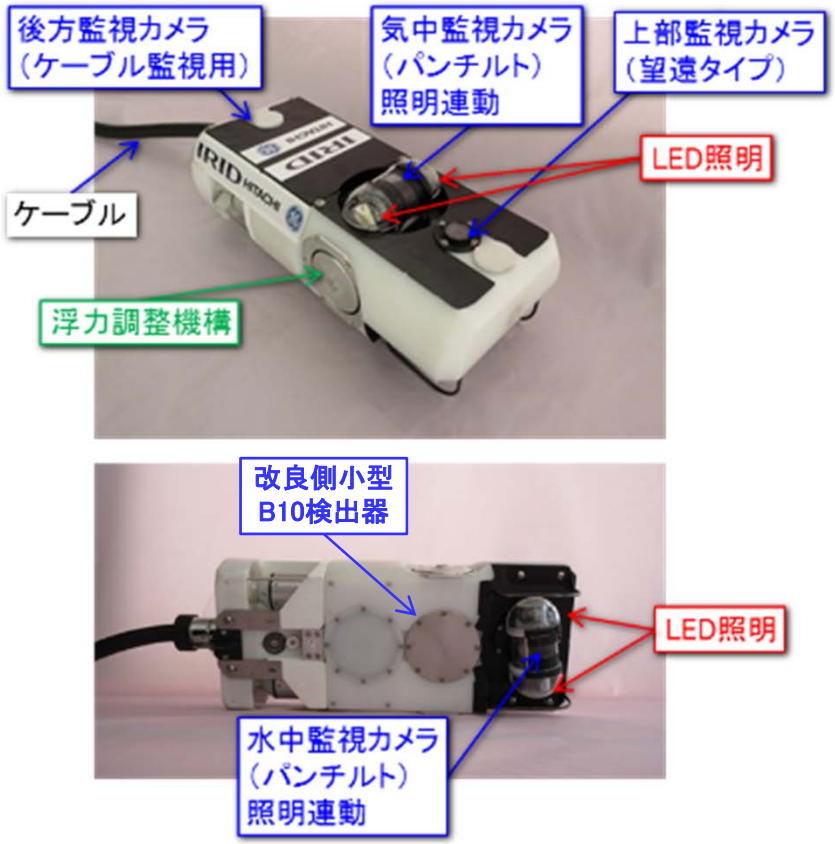
資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）

【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） ※：ペデスタル外調査用と同じ	地下階の広範囲とペデスタル内（※）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）
	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

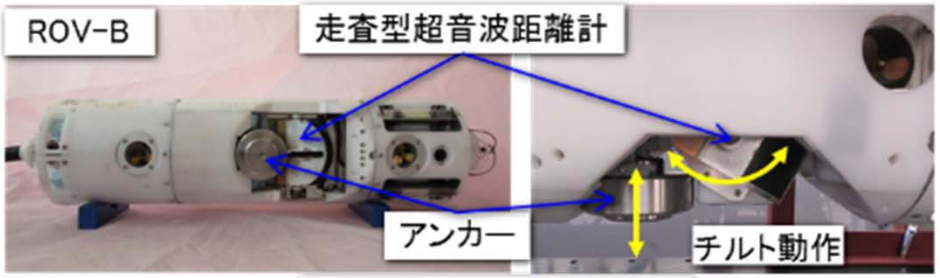


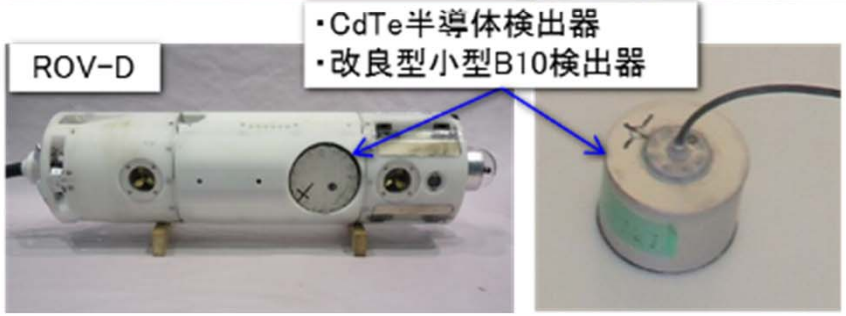


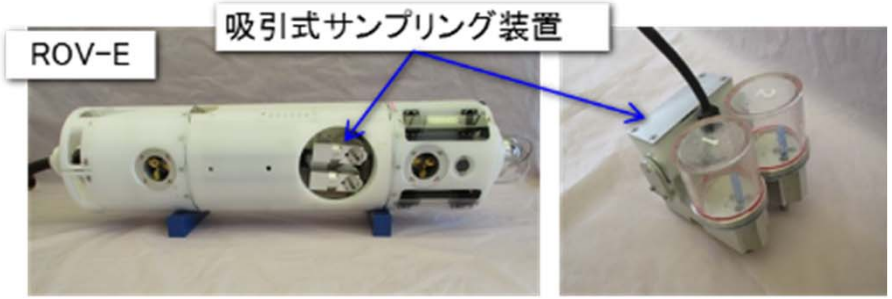
資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）

【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	・吸引式ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ装置	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		







資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）