

福島第一原子力発電所 1号機原子炉格納容器内部調査 (ROV-A2) の実施状況 (3月14～16日の作業状況)

< 参 考 資 料 >
2022年3月24日
東京電力ホールディングス株式会社
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DESTAL※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DESTAL外周部の詳細目視調査』を開始するにあたっては、水中ROV-Aの作業で得られた知見を活かし、各機器のノイズ伝搬ラインを可能な限り遮断する等の対策を講じるとともに、3月10日に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、PCV側に水中ROV-A2を投入し、各機器が異常なく動作することを確認しています。
- これらの準備作業が完了したことから、3月14日にX-2ペネトレーション※³から水中ROV-A2を投入し、ペDESTAL外周部における「既設構造物の状態確認」「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。
(以上、3月14日にお知らせ済み)

-
- 3月14～16日にかけて、スライド4（赤枠）に示す範囲において「既設建造物の状態確認」「堆積物の広がり状況等の確認」を実施し、以下の状況を確認しました。
 - ① 原子炉再循環系（以下、PLR）（B）配管・ポンプやジェットデフレクター※4、ペDESTAL基礎部等の既設建造物において、外観上で大きな損傷は確認されていません（スライド5～10参照）
 - ② PLR（B）入口弁付近にある鉛毛マット※5の下部（PCV底部）およびジェットデフレクター（F）付近において、塊状の堆積物が確認されました（スライド5写真3,スライド10写真2参照）
 - ③ ジェットデフレクター（H,G,F）裏側（圧力抑制室側）において、堆積物が確認されました（スライド6,8,9参照）
 - ④ ジェットデフレクター（F）裏側（圧力抑制室側）において、圧力抑制室と繋がるベント管から、気泡のようなものが連続的に出てくる状況が確認されました（スライド9写真2参照）
 - ⑤ ジェットデフレクター（G）付近において、干渉物が確認されました（スライド7,8参照）
 - これらの確認された状況について今後評価するとともに、必要に応じて今後実施予定の水中ROV-B,C,D,Eにおいて、追加調査をしてまいります。
 - なお、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※6を構築した上で作業を実施しており、作業開始前から現在において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に有意な変動は確認されておらず、周辺環境への放射線影響は発生しておりません。

-
- その後、3月16日に発生した福島県沖地震を受けて、3月17日に遠隔操作室ならびに現場（X-2ペネトレーション前・現場本部）において、作業員の安全を確認しながら各機器の動作確認等を行い、各機器が正常に動作することを確認しました。
 - また、3月18,22日に水中ROVによる目視確認等により、PCV内の水に濁りがあること、および緩やかであるもののPCV水位が低下傾向（3月16～17日に計算上で一時的に約20cm低下、その後3月22日までにさらに約20cm低下）であることを確認しています。
 - この状況を踏まえ、水中ROVによる調査（遊泳）に必要なPCV水位を確保することを目的に、昨日（3月23日）午後0時3分、原子炉注水量を増加（ $3.5\text{m}^3/\text{h} \rightarrow 5.5\text{m}^3/\text{h}$ ）しました。
 - また、同日（3月23日）水中ROVが受ける放射線量を抑制することを目的に、水中ROVをPCV内から一時的にPCV外に回収し、午後3時26分に隔離弁を閉にしています。
 - 地震発生以降においても原子炉注水は継続的に実施しており、燃料デブリの冷却についても問題なく継続しており、プラントパラメータの監視により異常等がないことを確認しています。
 - 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した上で、水中ROVをPCV内に投入し、水の濁り状況を確認し、詳細目視調査の再開時期を判断していく予定です。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。

※1 ペDESTAL：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 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

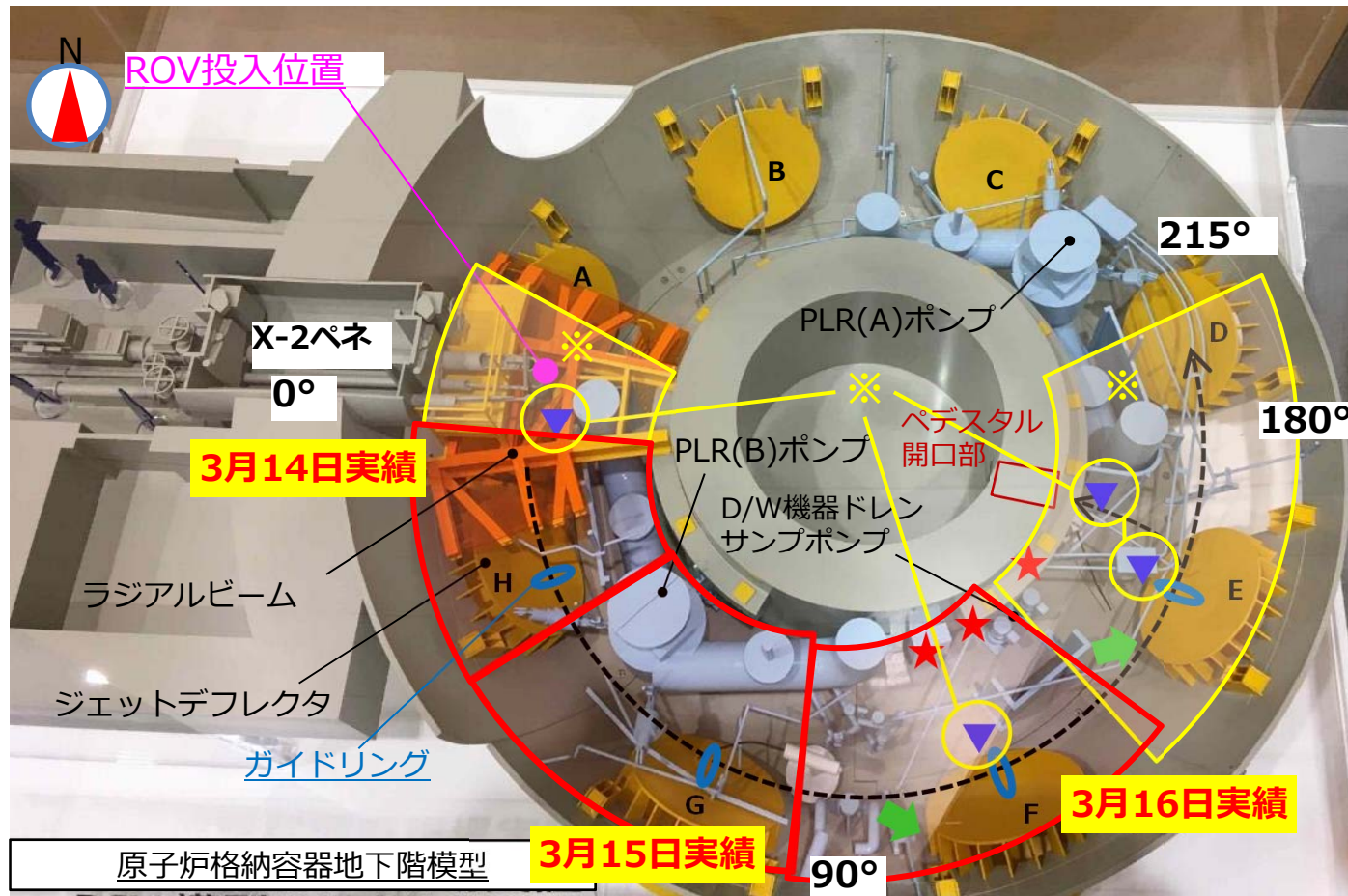
※5 鉛毛マット：遮へい用の鉛材および鉛材を包む布材

※6 パウダリ：PCV閉じ込め機能

ペDESTアル外周部詳細目視点検の調査箇所およびスケジュール

<主な調査箇所>

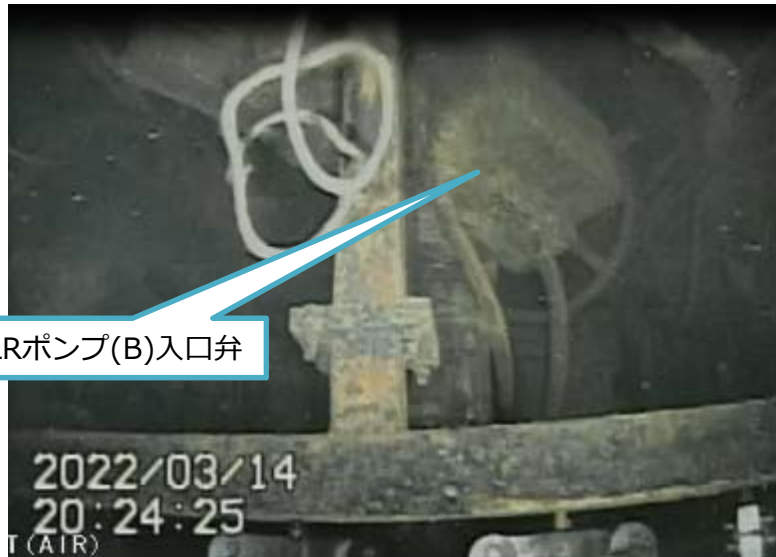
- 既設建造物の状態確認
- 堆積物の広がり状況・高さ・傾斜確認
- ペDESTアル開口部付近の状況及び開口部近傍のコンクリート壁状況（★箇所）
- ジェットデフレクター付近の堆積物状況（▼箇所）
- 堆積物上の中性子束測定（▽箇所）



※調査スケジュール調整中

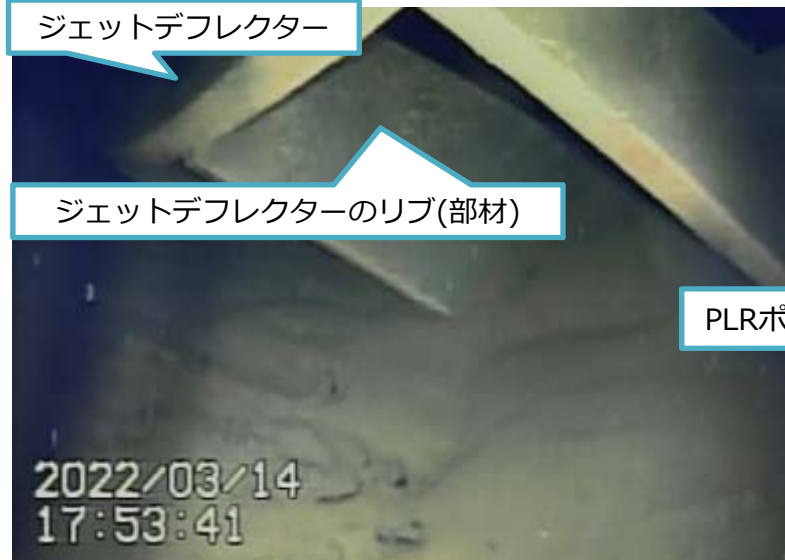
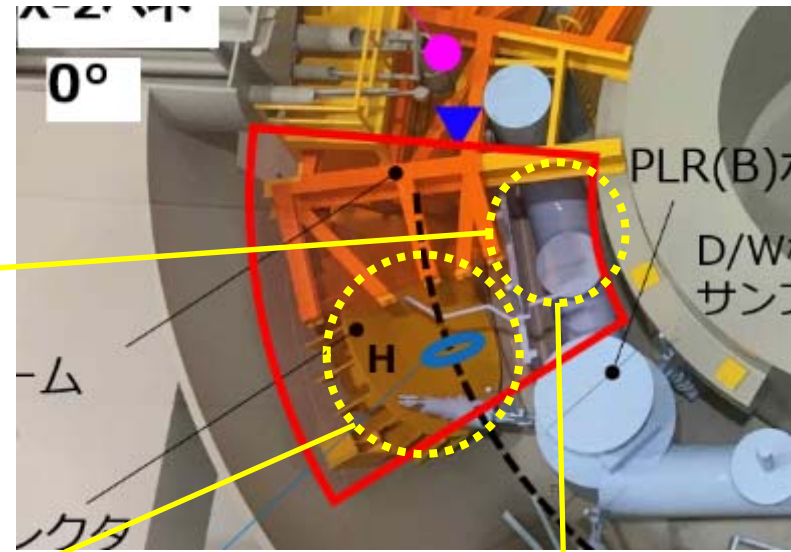
資料提供：
国際廃炉研究
開発機構(IRID)

PLRポンプ(B)付近およびジェットデフレクター(H)付近の状況(3月14日調査分①)



PLRポンプ(B)入口弁

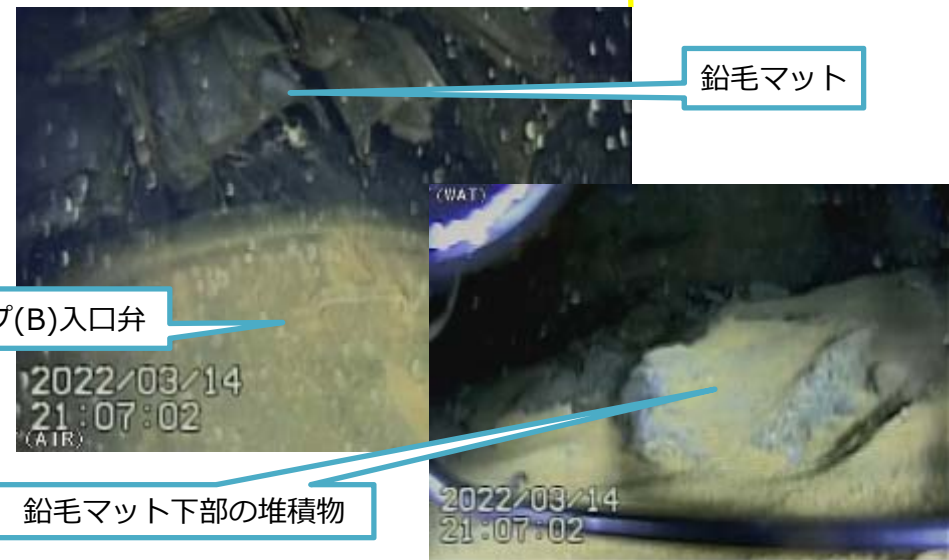
写真1. PLRポンプ(B)入口弁付近の状況



ジェットデフレクター

ジェットデフレクターのリブ(部材)

写真2. ジェットデフレクター(H)底部付近の状況



鉛毛マット

PLRポンプ(B)入口弁

鉛毛マット下部の堆積物

写真3. PLRポンプ(B)入口弁付近の状況

ジェットデフレクター(H)付近の状況(3月14日調査分②)

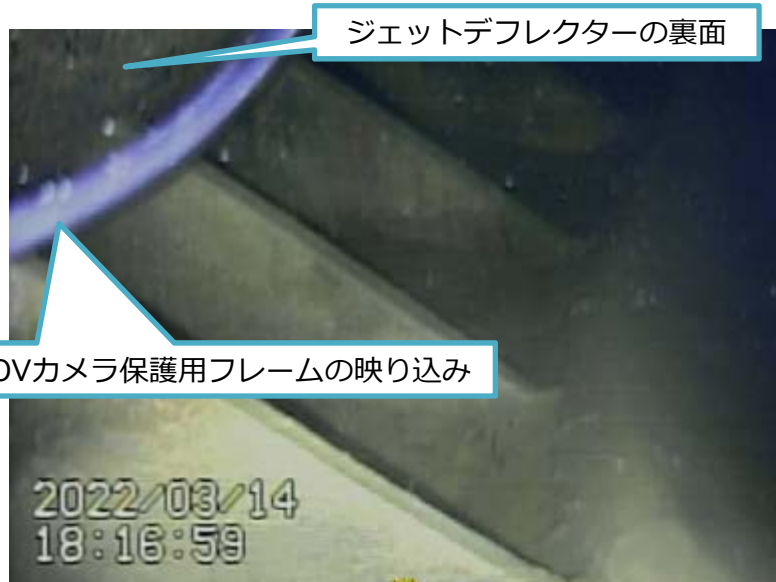


写真1.ジェットデフレクター(H)裏側の状況①

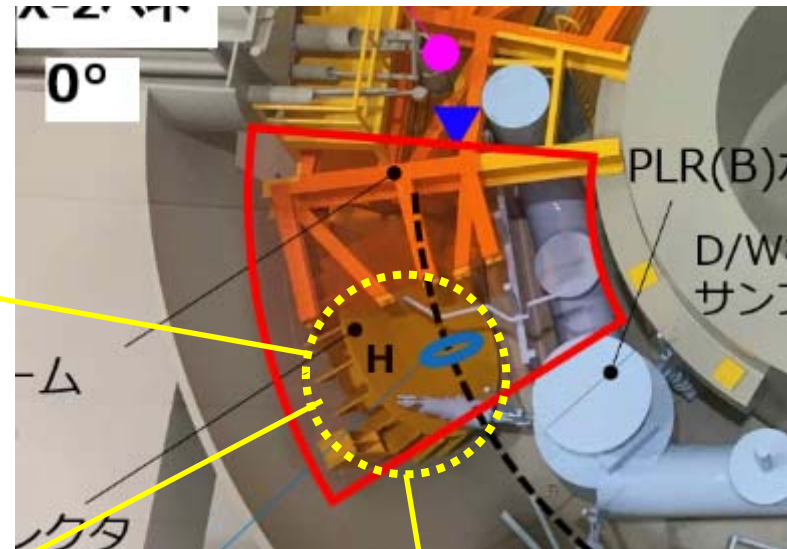


写真2.ジェットデフレクター(H)裏側の状況②



写真3.ジェットデフレクター(H)裏側の状況③

ジェットデフレクター(G)付近の状況(3月15日調査分①)

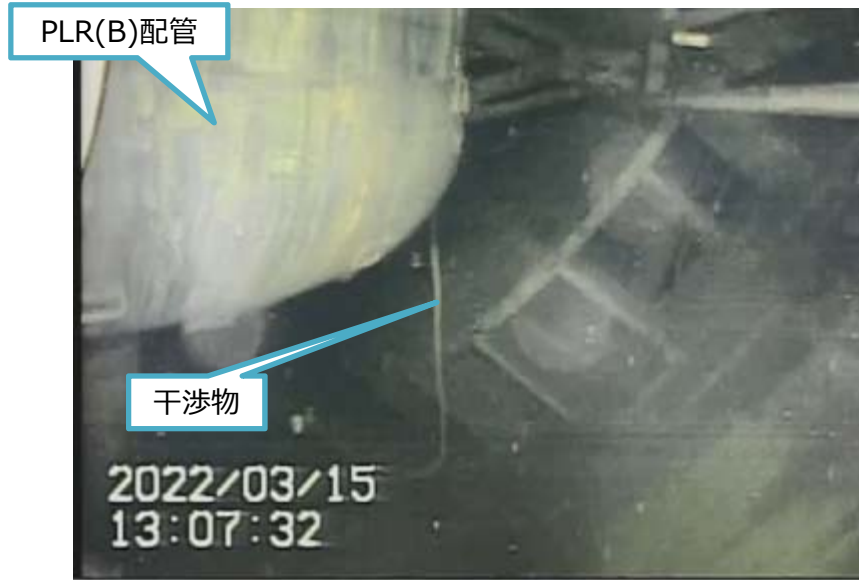


写真1.ジェットデフレクター(G)俯瞰

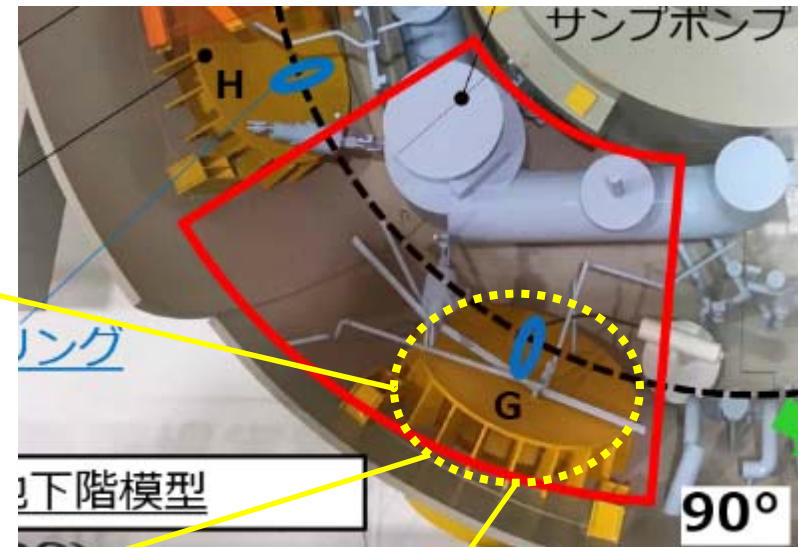


写真2.ジェットデフレクター(G)付近の状況



写真3.ジェットデフレクター(G)裏側の状況

PLRポンプ(B)付近およびジェットデフレクター(G)付近の状況(3月15日調査分②)



写真1. PLRポンプ(B)出口弁付近の状況

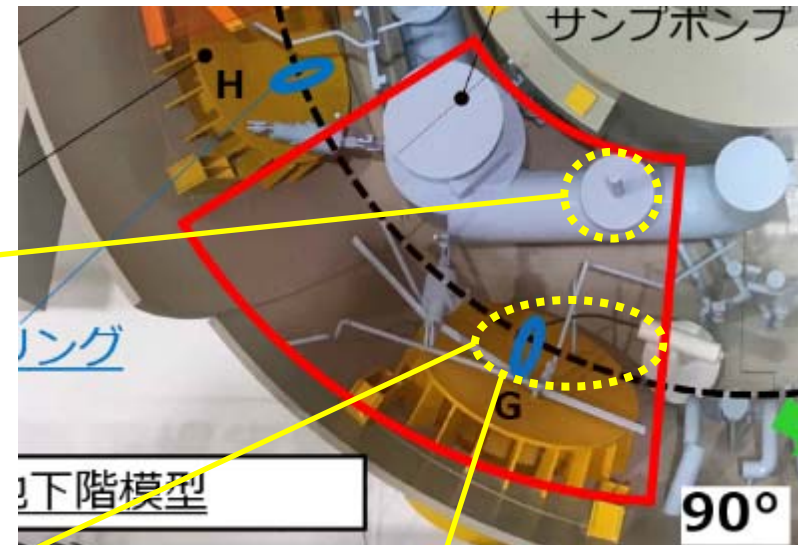


写真2. ジェットデフレクター(G)底部付近の状況①



写真3. ジェットデフレクター(G)底部付近の状況② 8

ジェットデフレクター(F)付近の状況(3月16日調査分①)



写真1.ジェットデフレクター(F)俯瞰

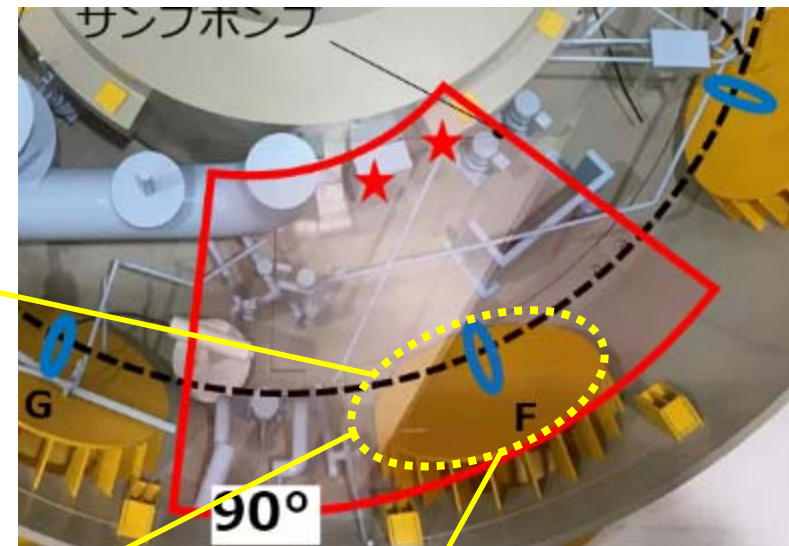


写真2.ジェットデフレクター(F)裏側の状況①



写真3.ジェットデフレクター(F)裏側の状況②

ペDESTAL付近およびジェットデフレクター(F)付近の状況(3月16日調査分②)



写真1.ペDESTAL基礎部付近の状況①

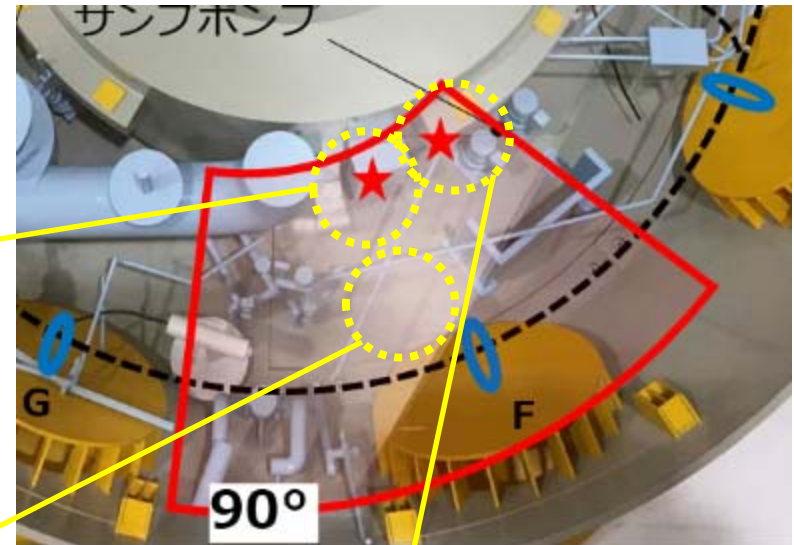


写真2.ジェットデフレクター(F)付近の状況

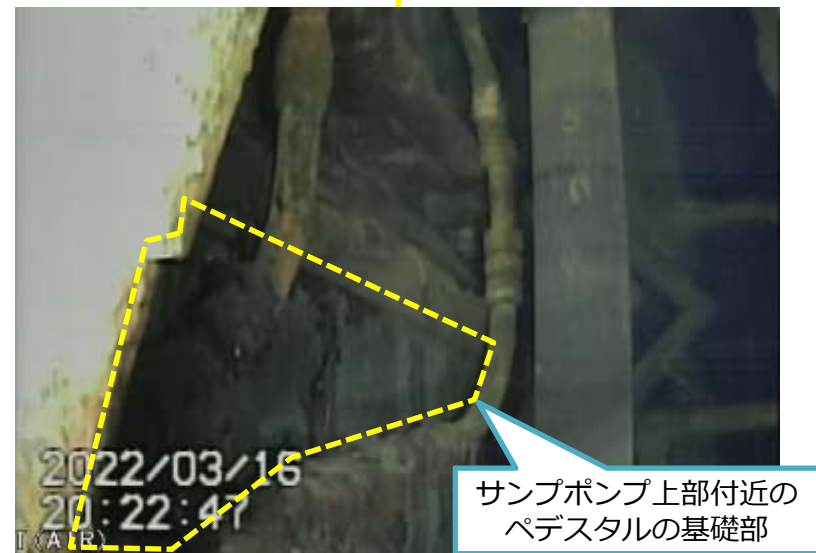


写真3.ペDESTAL基礎部付近の状況②

時系列 (3月14～16日)

【3月14日】

午前10時5分 PCV内部調査の準備作業開始(各機器の電源を順次投入)

午前10時58分 水中ROV-A2に内蔵されている線量データや水中ROVのカメラモニタのタイムスタンプが正確に表示されていることを確認

午前11時13分 **PCV内部調査(ROV-A2)開始**(X-2ペネトレーションに設置している隔離弁開)

午後2時36分 水中ROV-A2がPCV内の水面に着水完了

午後4時6分～午後4時21分 水中ROV-A2の動作確認(異常無し)

午後4時43分～午後10時21分 水中ROV-A2による詳細目視調査

【3月15日】

午前9時49分 PCV内部調査の準備作業開始(各機器の電源を順次投入)

午前10時53分～午前11時19分 水中ROV-A2の動作確認(異常無し)

午前11時24分～午後10時36分 水中ROV-A2による詳細目視調査

【3月16日】

午前10時1分 PCV内部調査の準備作業開始(各機器の電源を順次投入)

午前10時51分～午前11時11分 水中ROV-A2の動作確認(異常無し)

午前11時22分～午後10時23分 水中ROV-A2による詳細目視調査

作業体制等（3月14～16日）

■ 作業体制

PCV外部(X-2ペネ)前：8人/班×6班

現場本部：監理員等約10人

遠隔操作室：操作員4人（班長1人,操作者3人）/班×4班+監視員18人

■ 装備

PCV外部(X-2ペネ)前：R装備(アノラック,カバーオール,全面マスク,ヘルメット,綿手袋,ゴム手袋3重,靴下3重,靴カバー,R靴)

現場本部：Y装備(カバーオール,全面マスク,ヘルメット,綿手袋,ゴム手袋2重,靴下2重,Y靴)

■ 線量

計画：3mSv/日・人

APD設定値：1.5mSv

実績(個人最大)：ガンマ0.57mSv、ベータ0mSv（3月14日実績）

ガンマ0.12mSv、ベータ0mSv（3月15日実績）

ガンマ0.15mSv、ベータ0mSv（3月16日実績）

【参考】作業の様子（3月14日調査分）



写真1.遠隔操作室における作業の状況



写真2.水中ROVの吊り下ろし状況



写真3.PCV底部水面への着水時の状況



写真4.吊り下ろし地点での状況

【参考】 1号機PCV内部調査前の動作確認

■ 日時

3月10日 午後0時59分～午後8時56分

■ 目的

- 1号機PCV内部調査（水中ROV-A2を用いたペDESTAL外周部詳細目視点検）の事前準備として、ケーブルドラム及びシールボックスの接合部や、隔離弁とグローブボックスの接合部において、PCVの閉じ込め機能を確保したうえで、X-2ペネ内外扉間に水中ROV-A2を投入し、調査に使用する各機器が正常に動作することを確認すること。

■ 結果

- 実際の調査と同じ条件と手順により各機器の電源を投入し、線量計データや監視モニター等各機器に不具合はなく、正常に動作することを確認。
- X-2ペネ内外扉間にて、機器の動作確認を目的にB10検出器（中性子検出器）を起動したところ、最大10カウント毎分の指示を確認。なお、X-2ペネの外側では検出されなかったことから、中性子検出器が正常動作し、中性子を計測したものと考えている。過去（2018年6月）の調査においてX-2ペネ付近の中性子線測定において有意な値は確認されなかったことを確認しているが、今回改めて3月11日にレムカウンタによる測定を行った結果、X-2ペネの外扉のごく近傍にて $0.25\mu\text{Sv/h}$ が測定されたが、そこから離れると $0.00\mu\text{Sv/h}$ であり、作業環境において中性子の影響があるところは非常に限定的で、作業員や周辺環境への影響がないことを確認。

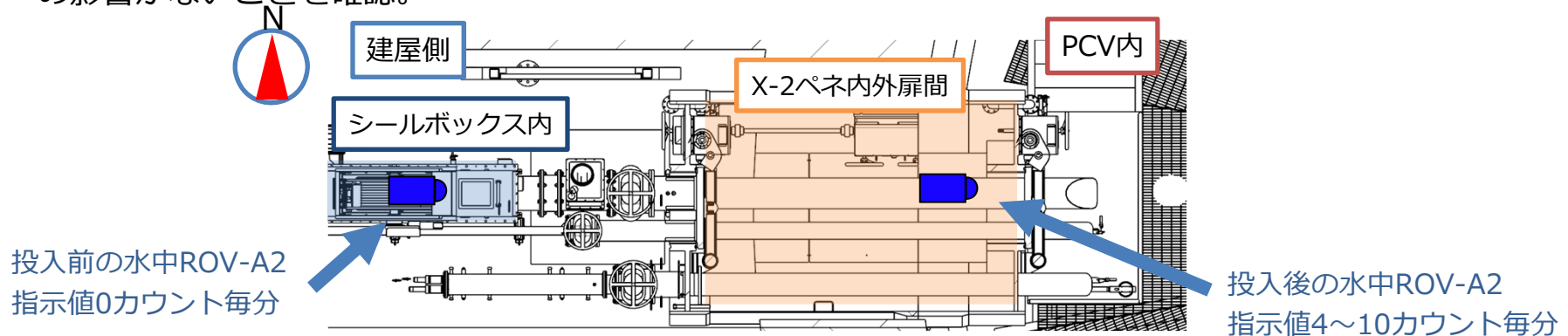


図.PCV内部調査前の動作確認イメージ

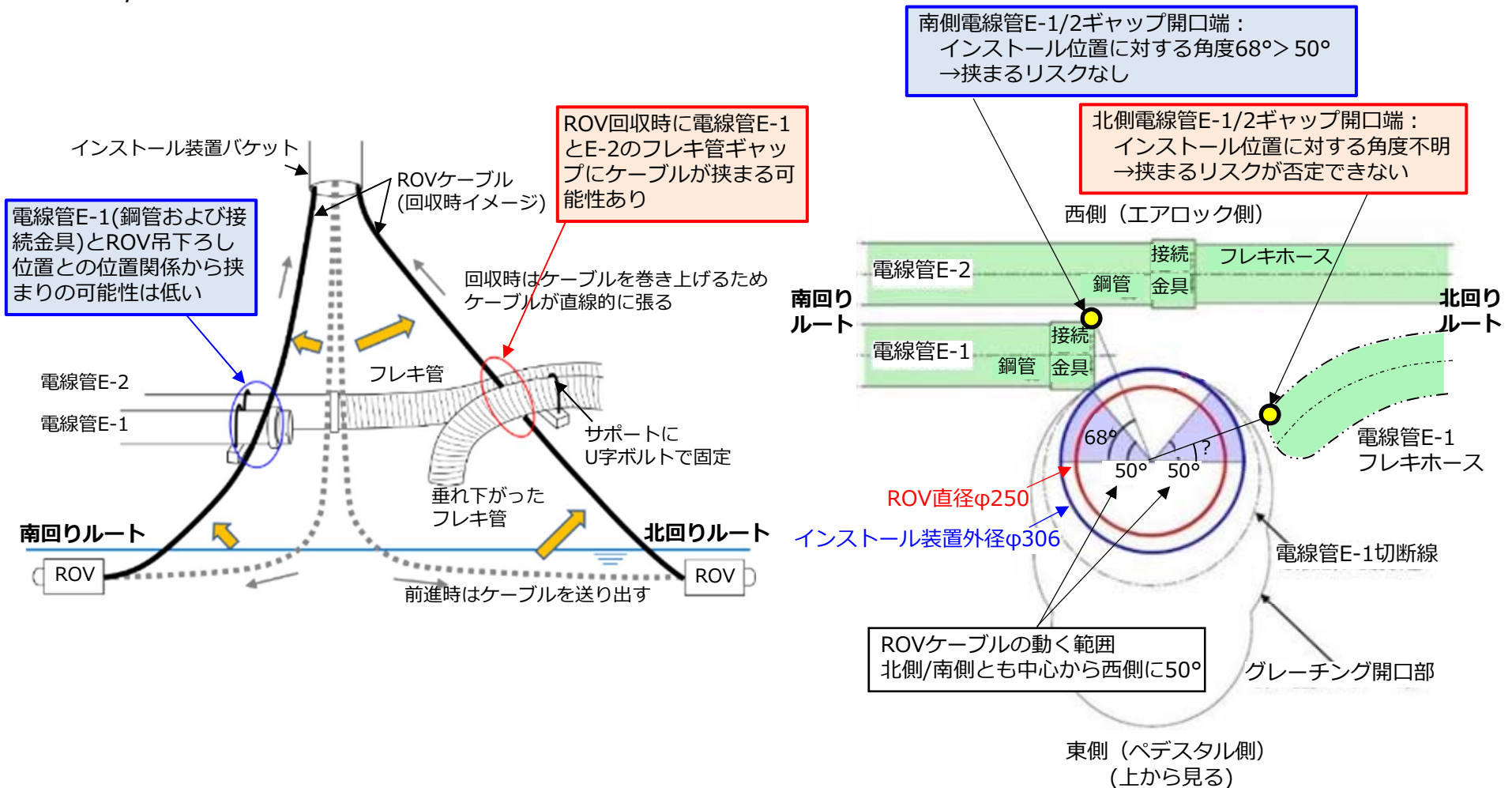
【参考】 想定されるリスクと対策（1/5）

項目	リスク	対策
PCV温度の上昇	水中ROV遊泳に伴う、燃料デブリの冷却状態の変化	PCV内において全体的な温度上昇傾向が確認された場合は、速やかに調査を中断
PCV圧力の低下	隔離弁開放時、隔離弁外側のバウンダリに異常が生じ、PCV内の気体が建屋内に流出	PCV圧力に有意な低下傾向が確認された場合は、速やかに調査を中断※
ダスト濃度の上昇	水中ROV遊泳に伴う、PCV内のダスト挙動の変化によるダスト濃度上昇	PCV内のダスト濃度に有意な上昇傾向が確認された場合は、速やかに調査を中断
水中ROVの引っ掛かり	想定されるリスクと対策（2/5～5/5）参照	

※隔離弁開放期間中は、緊急時にROVを速やかに回収するとともに隔離弁を閉められる体制を常時確保

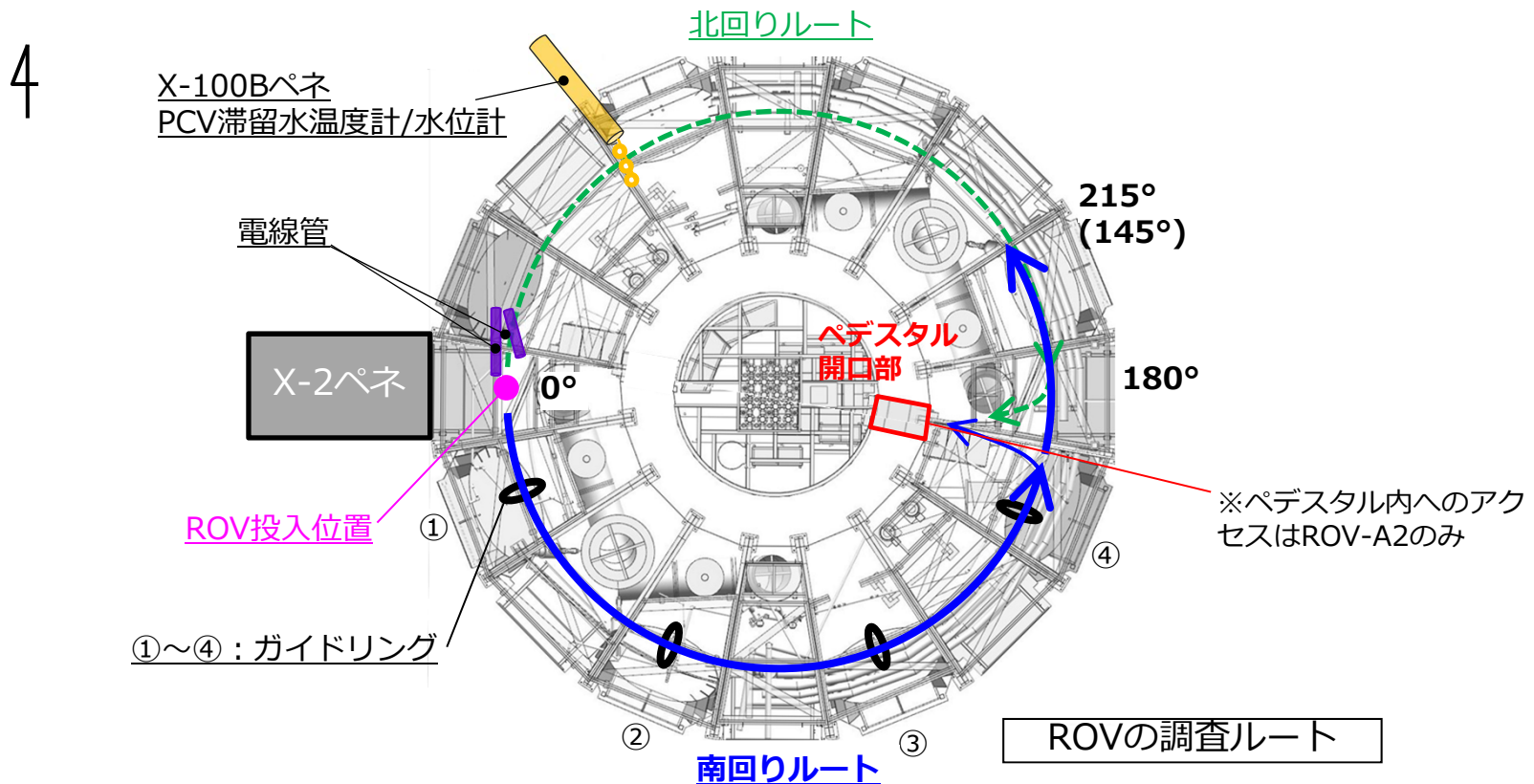
【参考】 想定されるリスクと対策 (2/5)

- 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ケーブルが挟まれるリスクがある
- 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



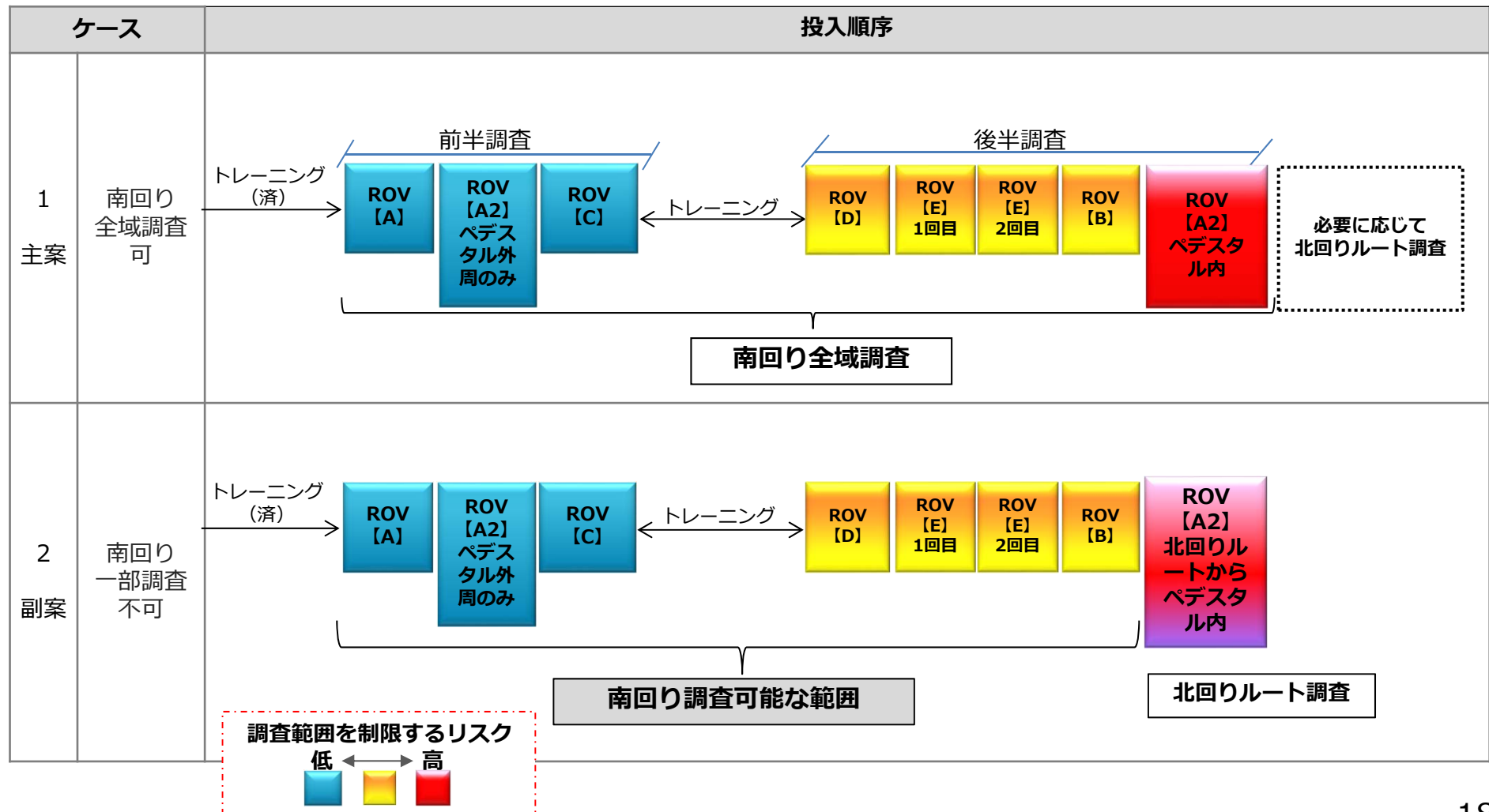
【参考】 想定されるリスクと対策 (3/5)

- 北回りルートでの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DESTALの侵入ができなかった場合は、北回りルートでペDESTAL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

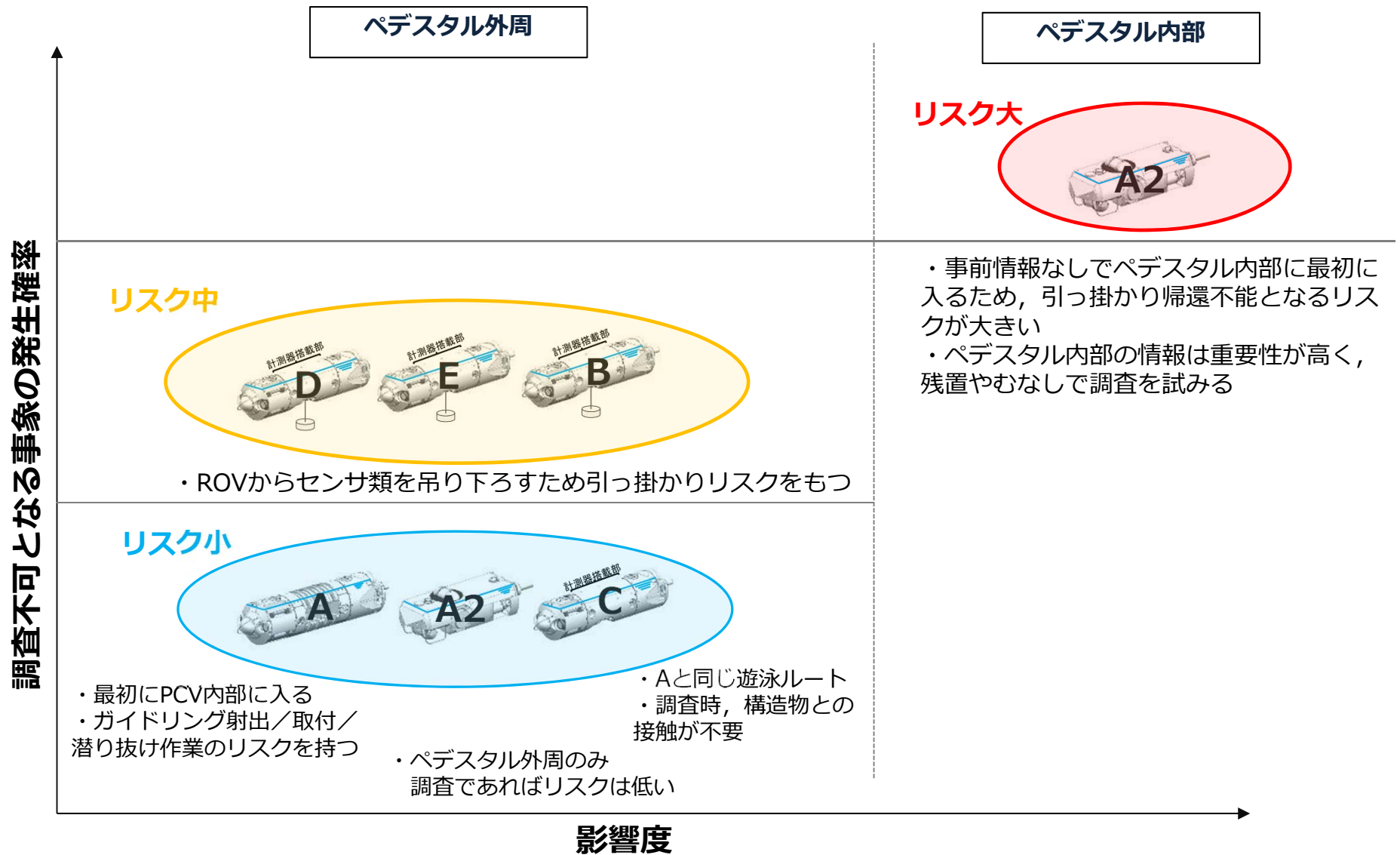


【参考】想定されるリスクと対策（4/5）

- 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DESTAL内の調査はリスクが高いことから調査の最後に計画）

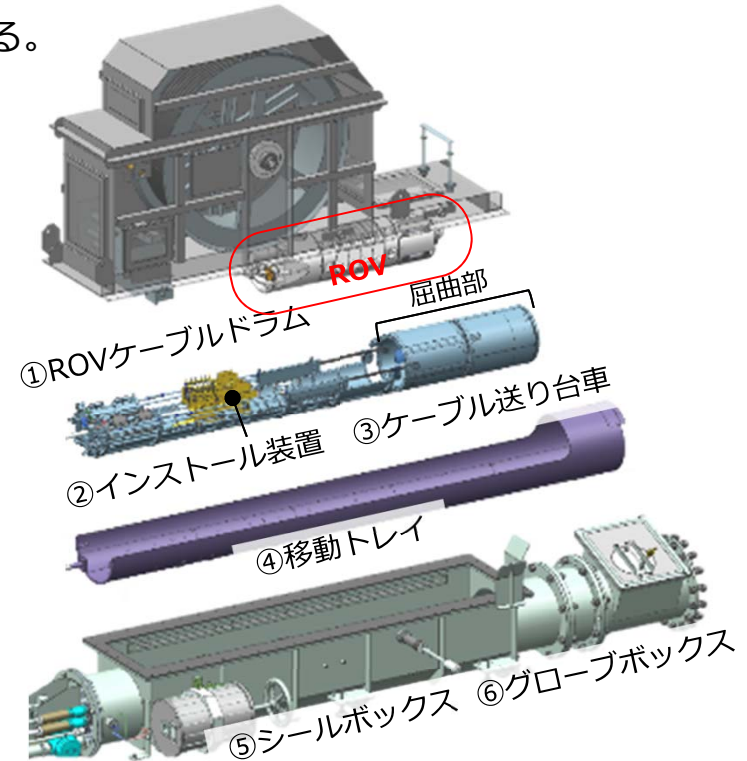
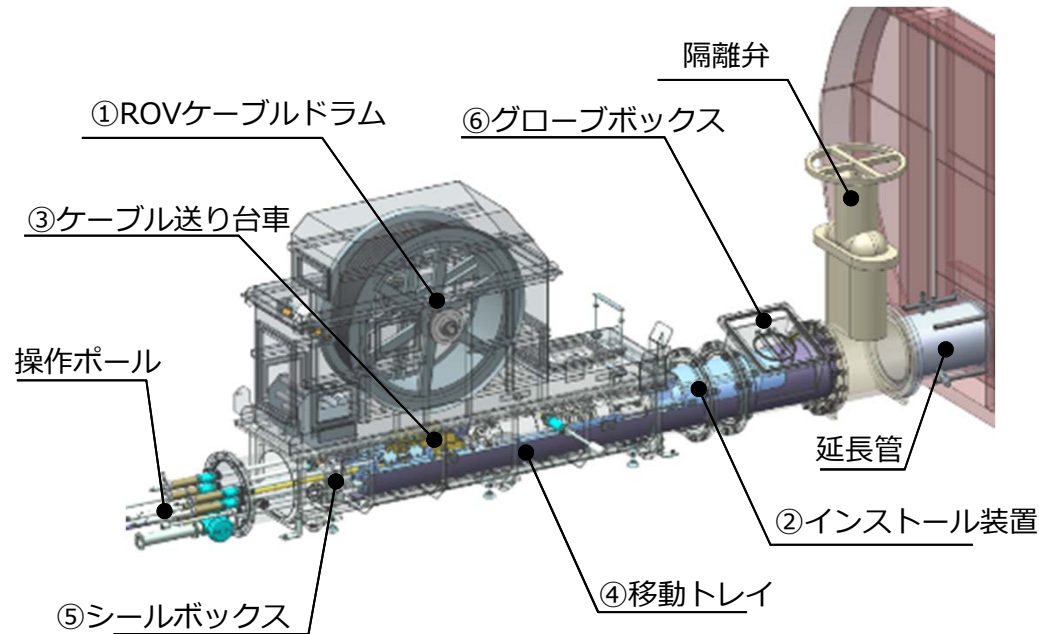


【参考】 想定されるリスクと対策 (5/5)



【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。

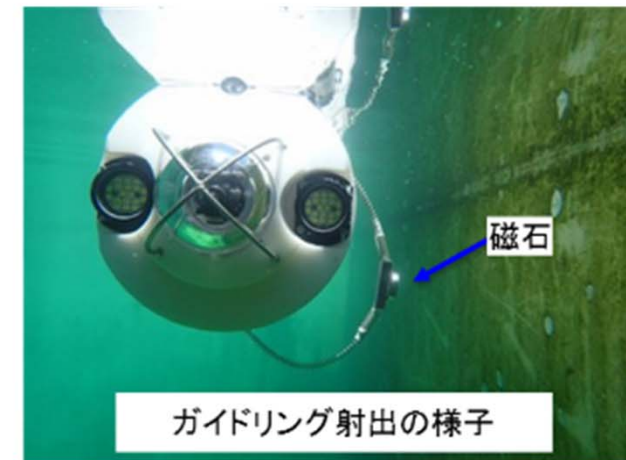
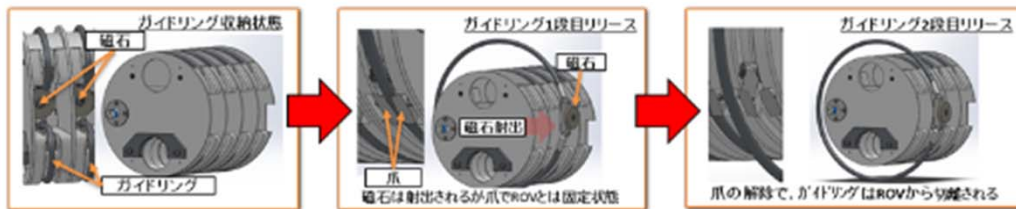
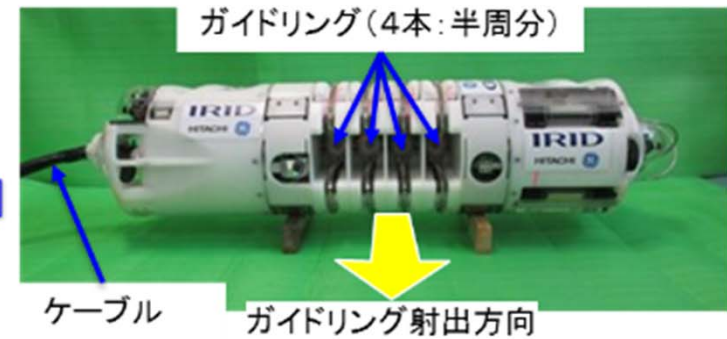
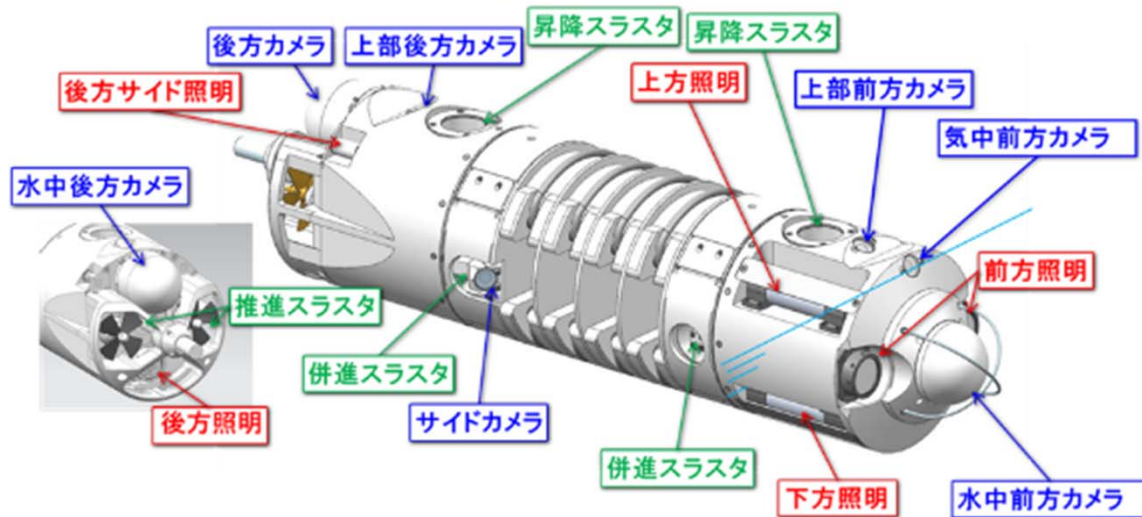


構成機器名称		役割
①	ROVケーブルドラム	ROVと一体型でROVケーブルの送り/巻き動作を行う
②	インストール装置	ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる
③	ケーブル送り台車	ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う
④	移動トレイ	ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置
⑤	シールボックス	ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する
⑥	グローブボックス	ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断

【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DESTAL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

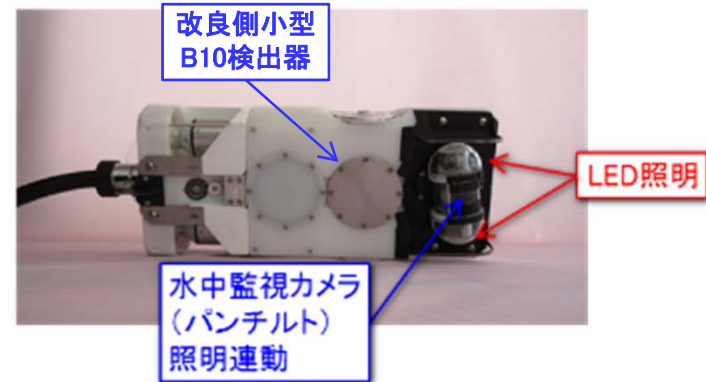
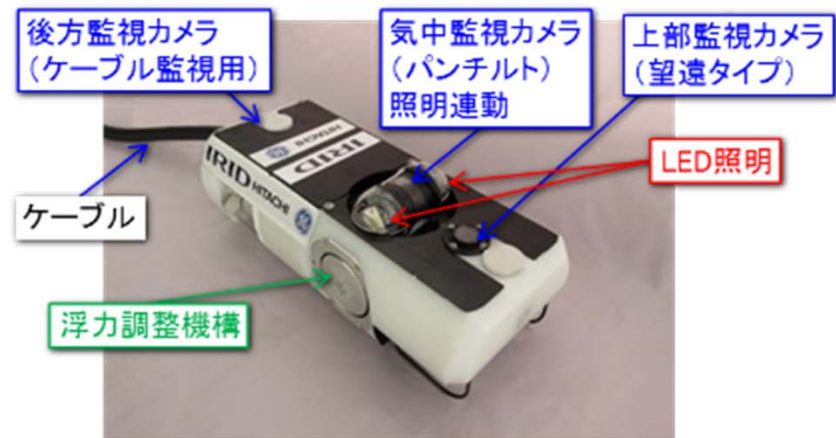
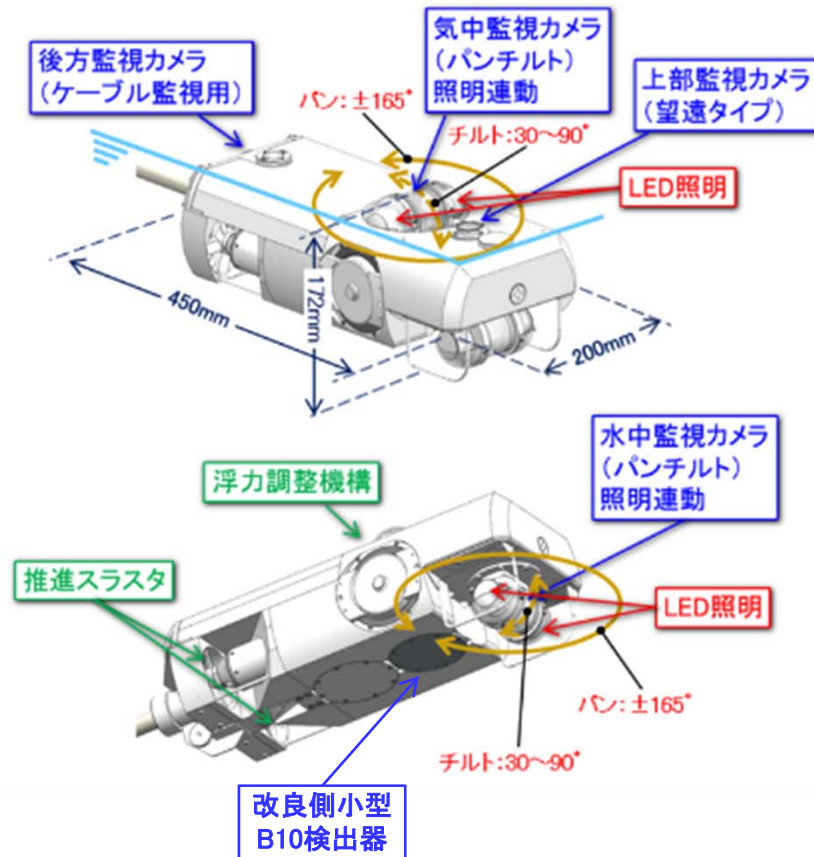
推力：約25N 寸法：直径φ25cm×長さ約110cm



【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



【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"> ・吸引式カップリング装置 	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

