

1号機 PCV内部調査（後半）について

2022年12月20日

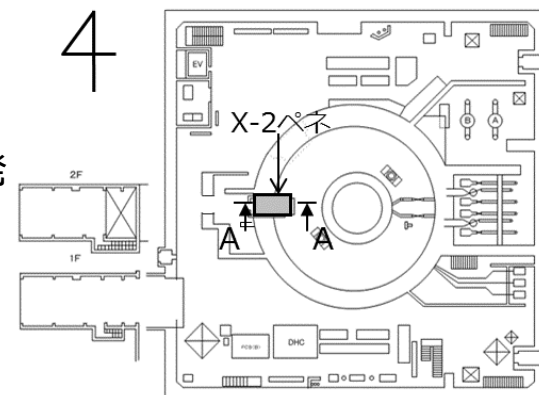
IRID **TEPCO**

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

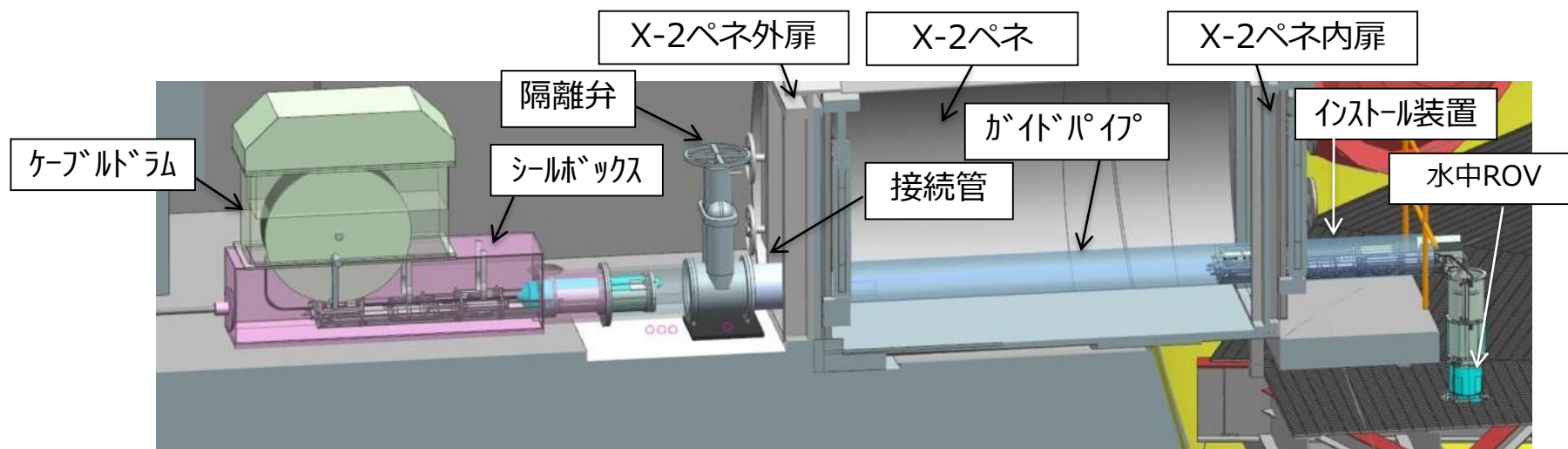
1. 1号機PCV内部調査の概要

- 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



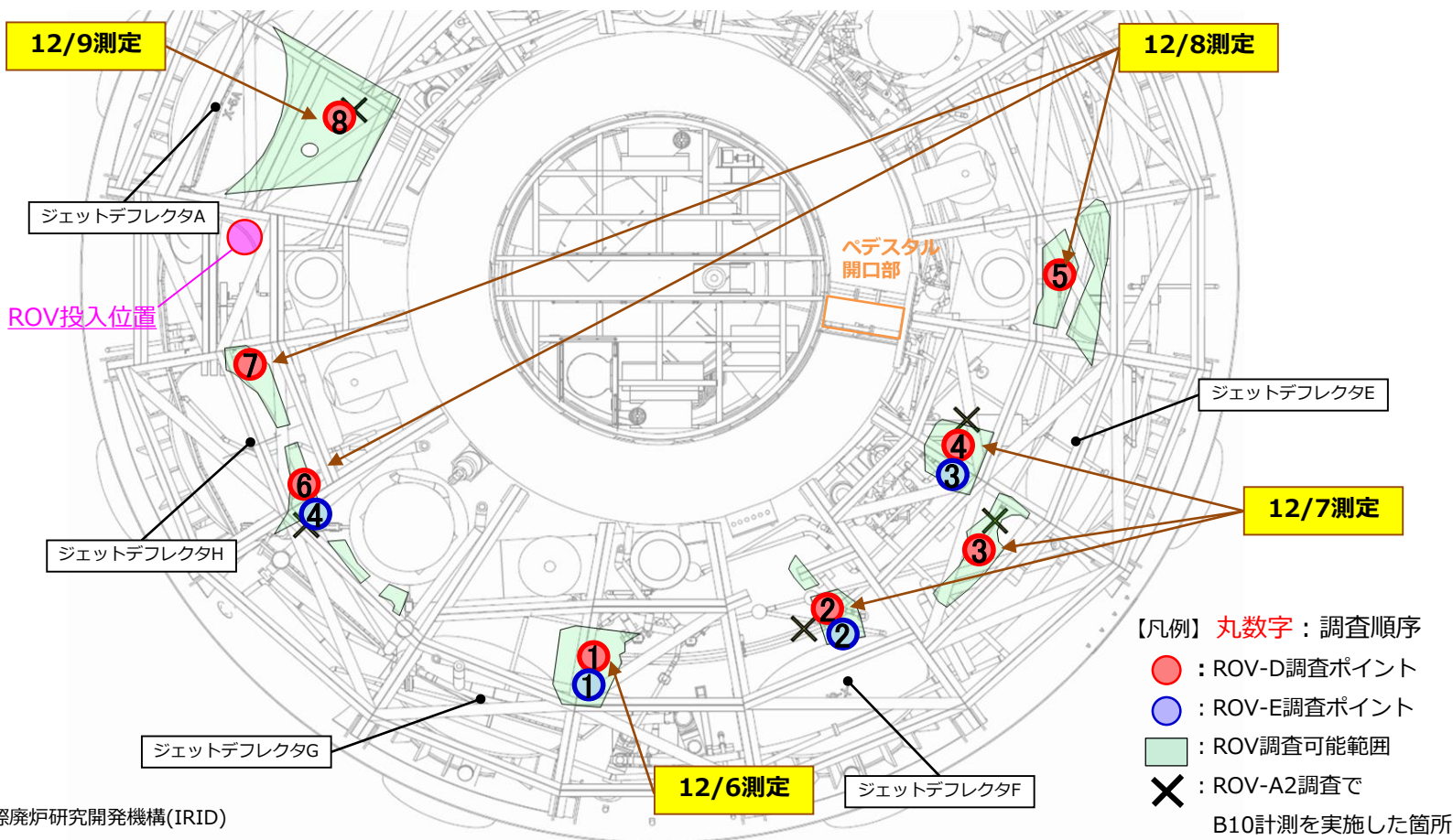
1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

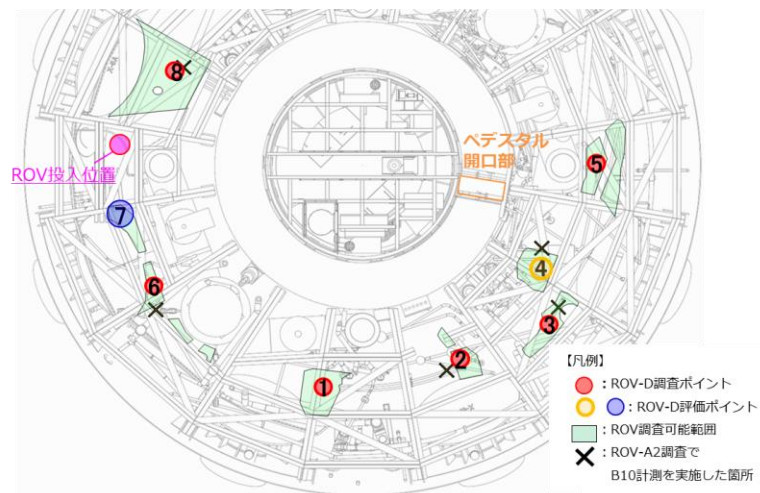
2. PCV内部調査の状況

- 11月28日、調査再開に必要なPCV水位の確保を目的とし原子炉注水量の変更を実施、PCV水位の確保が確認できたことから、12月6日からROV-Dによる堆積物デブリ検知を開始
- 12月9日にかけて計画した調査を完了したことから、翌10日にROV-Dのアンインストールを実施
- 現在、後続号機であるROV-Eの投入に向けた装置の動作確認を実施中、2023年1月中下旬からのROV-Eによる堆積物サンプリング開始を目指す

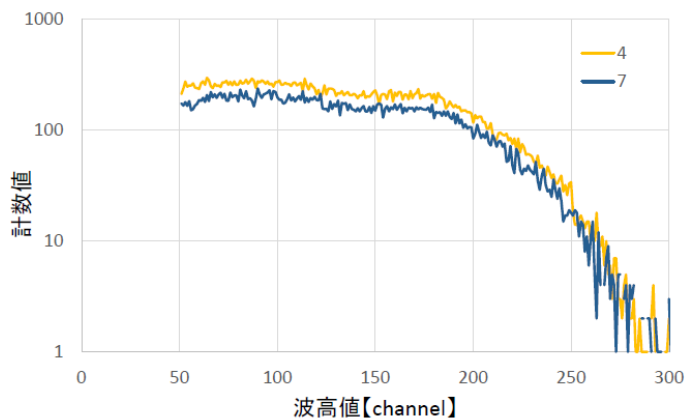


3. ROV-D (堆積物デブリ検知) 評価2ポイント速報

- 調査ポイント④,⑦において、熱中性子束及びEu-154を確認
- デブリの存在の有無に関する有効なデータの取得ができたことから、引き続き、残り6箇所において評価を実施する

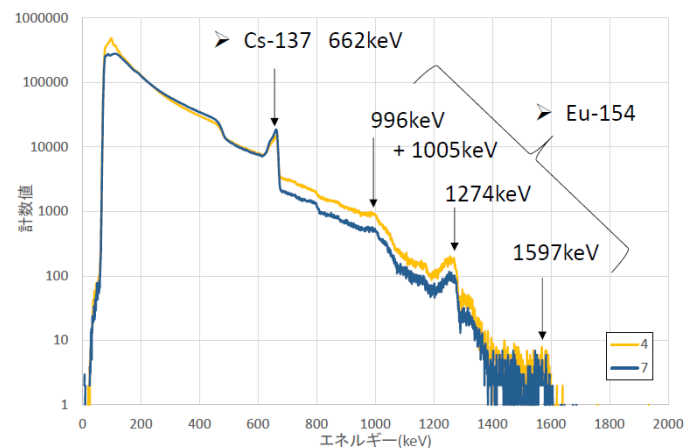


【中性子束測定結果】



測定位置	ポイント④	ポイント⑦
合計カウント数	25,224	18,997
熱中性子束 (nv)	58.9	44.3

【γ線核種分析結果】

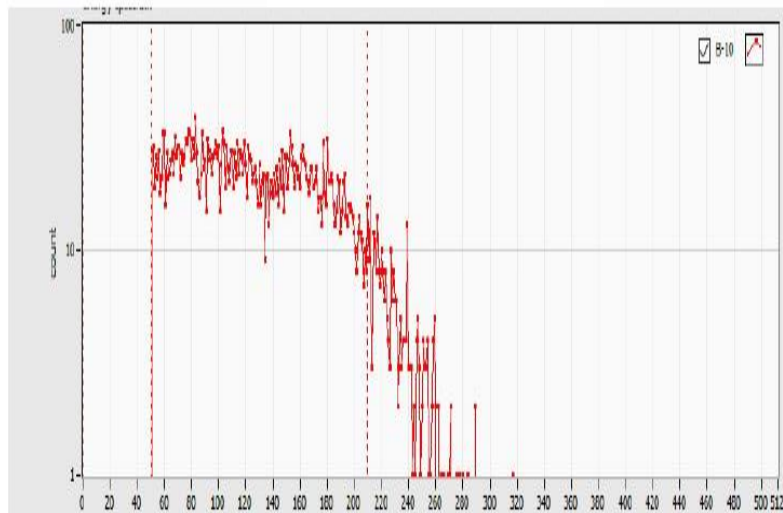


測定位置		ポイント④	ポイント⑦	
合計カウント数		57,921,013	51,024,138	
Cs-137	662(keV)	ネットカウント数	2.77E+05	4.09E+05
	1274(keV)	ネットカウント数	5.47E+03	2.88E+03
Eu-154	1000(996+1005)(keV)	ネットカウント数	6.77E+03	4.01E+03
	1597(keV)	ネットカウント数	1.50E+02	8.02E+01

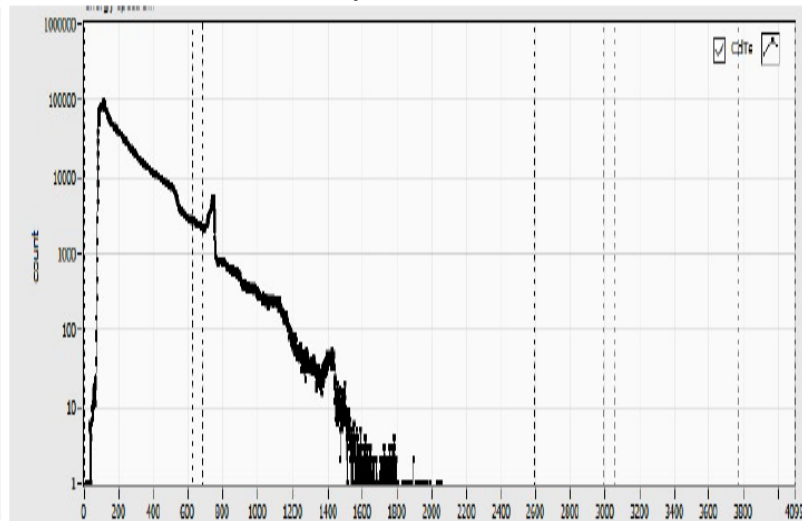
4. ROV-D (堆積物デブリ検知) 取得データ 調査ポイント①,②

調査ポイント①

【中性子束測定】

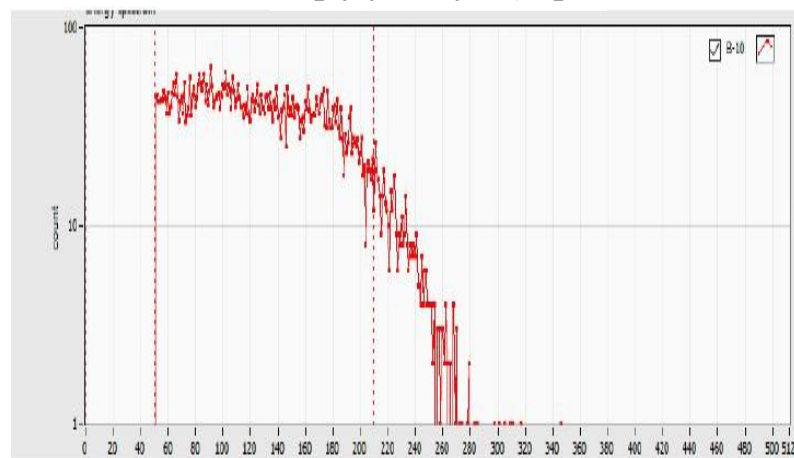


【γ線測定】



調査ポイント②

【中性子束測定】



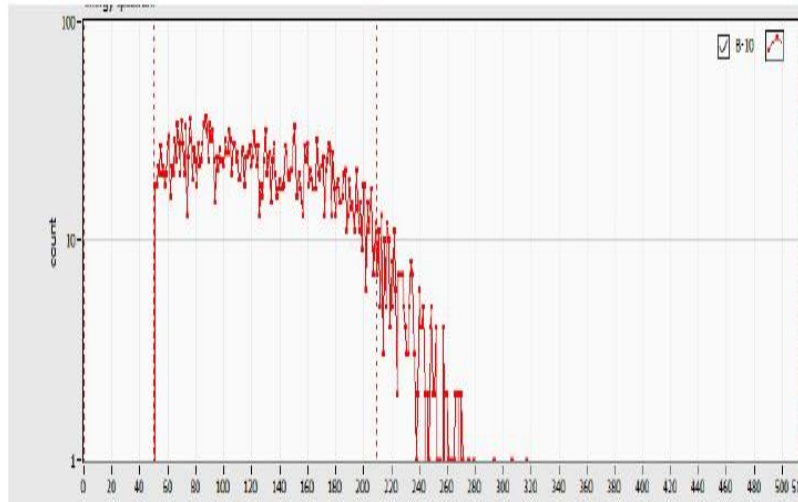
【γ線測定】



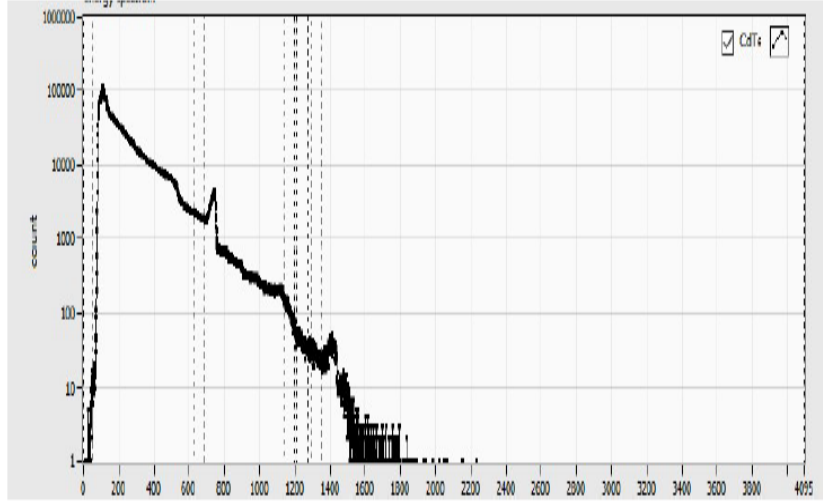
4. ROV-D (堆積物デブリ検知) 取得データ 調査ポイント③,⑤

調査ポイント③

【中性子束測定】

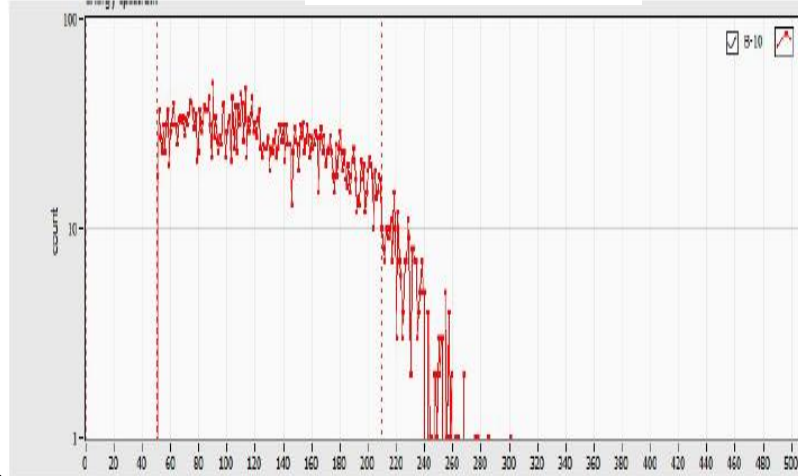


【γ線測定】

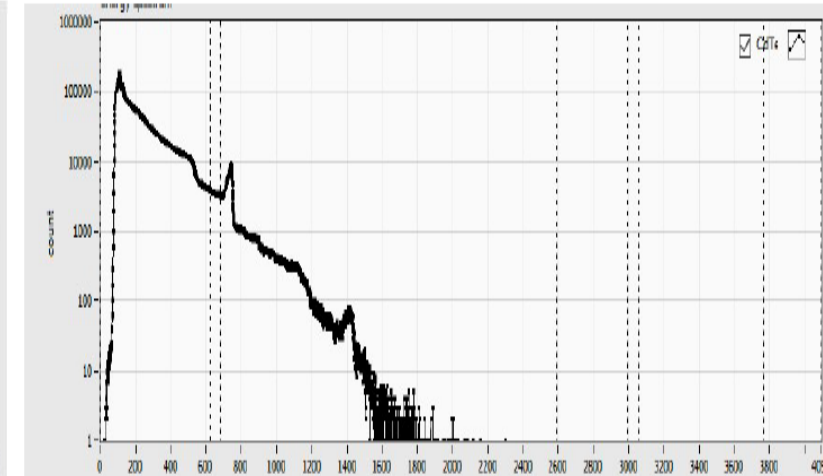


調査ポイント⑤

【中性子束測定】



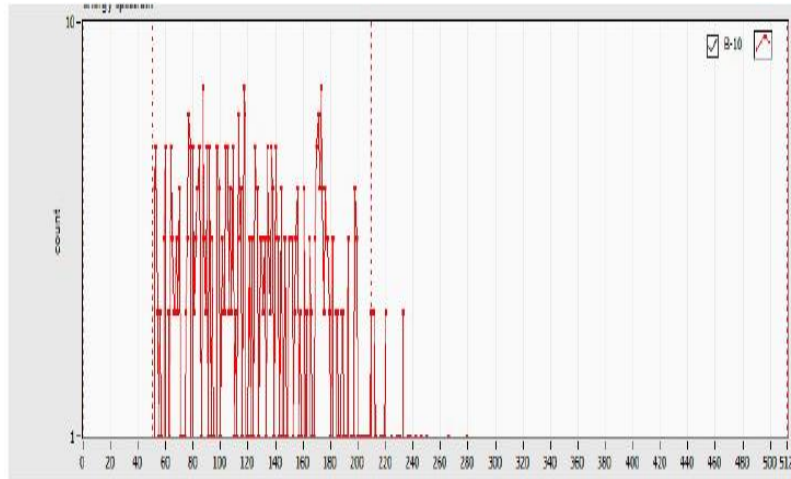
【γ線測定】



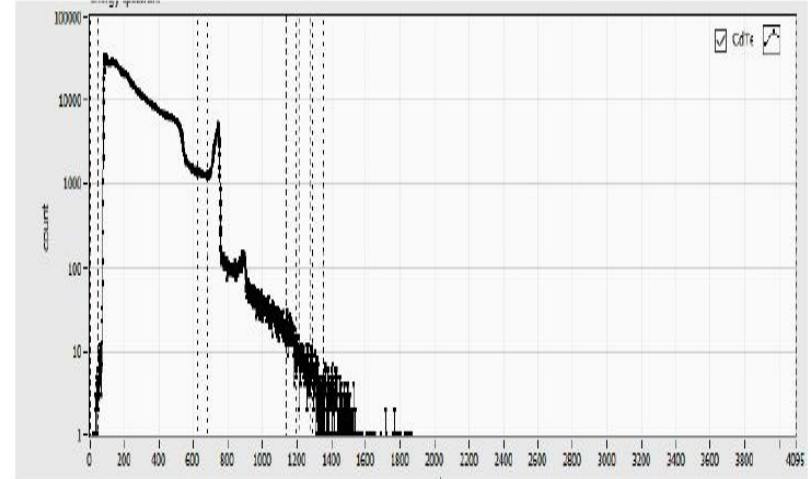
4. ROV-D (堆積物デブリ検知) 取得データ 調査ポイント⑥,⑧

調査ポイント⑥

【中性子束測定】

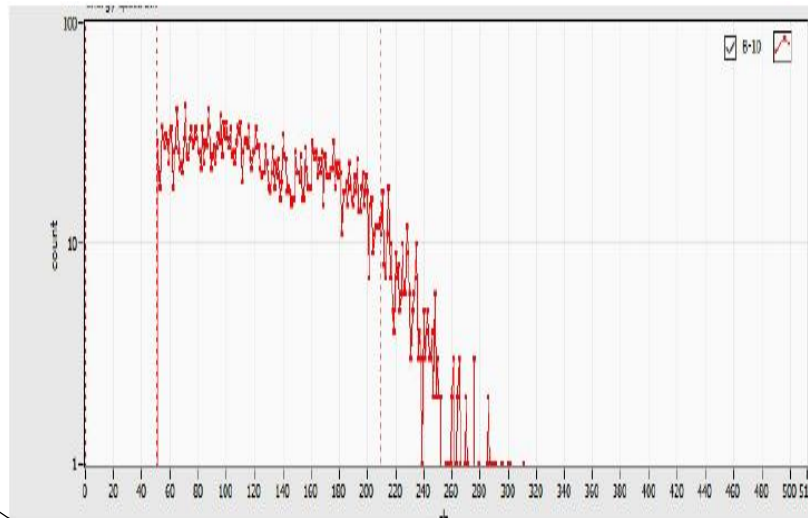


【γ線測定】

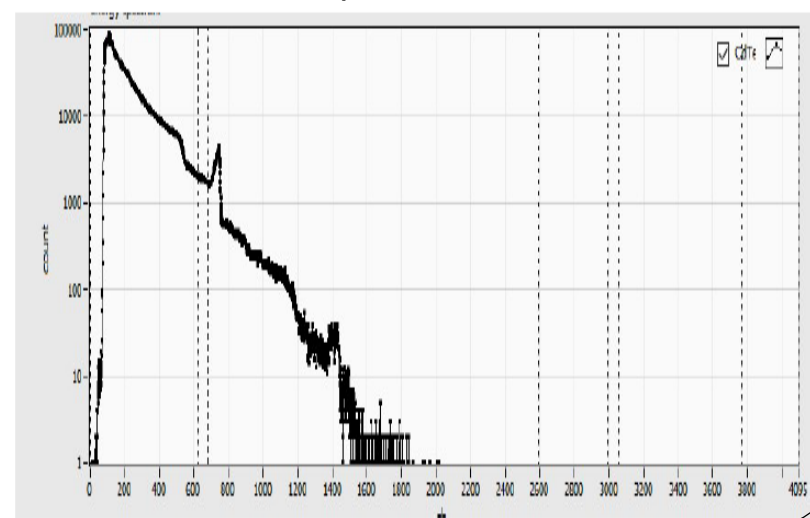


調査ポイント⑧

【中性子束測定】

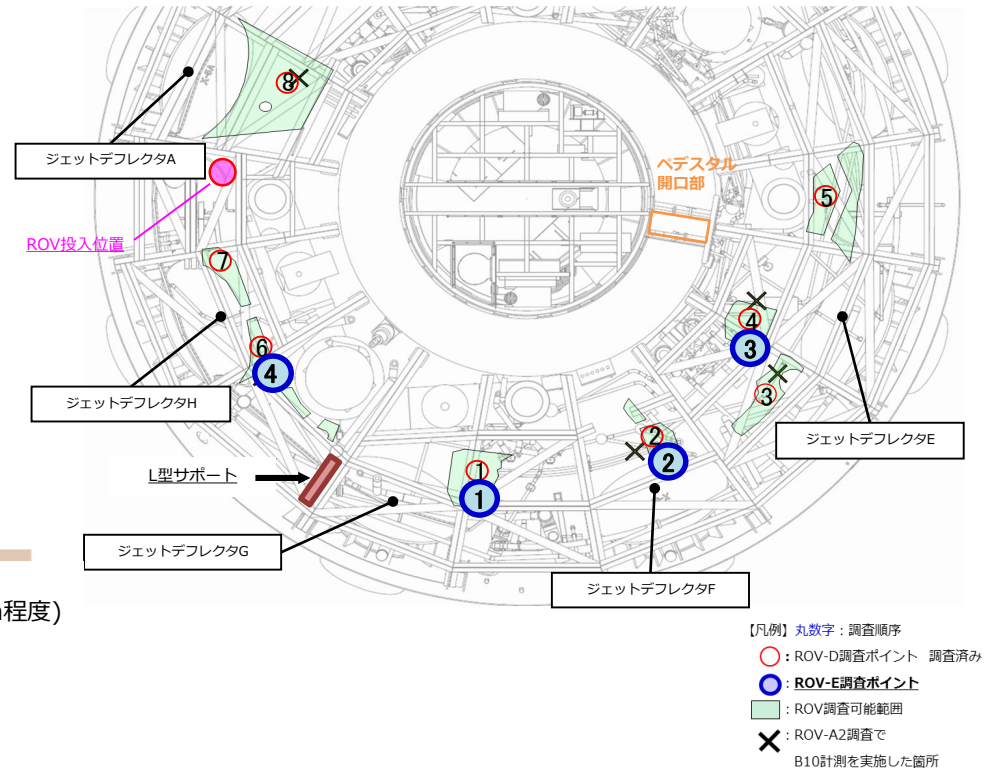
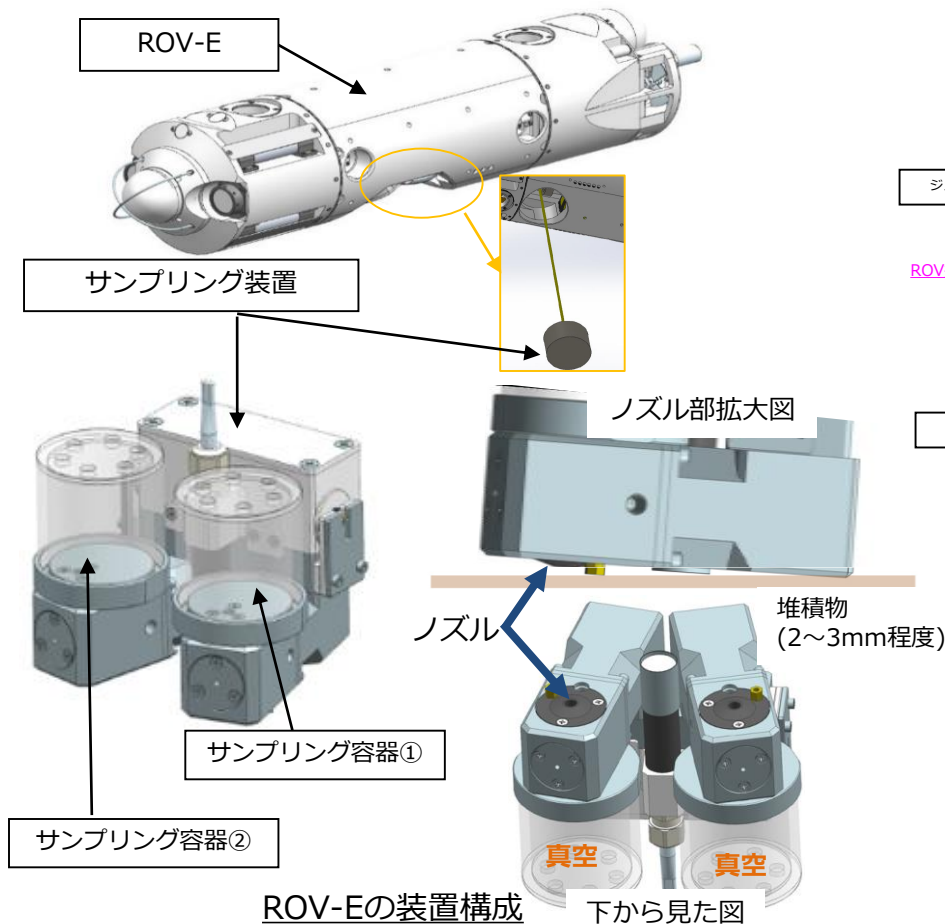


【γ線測定】



5. 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



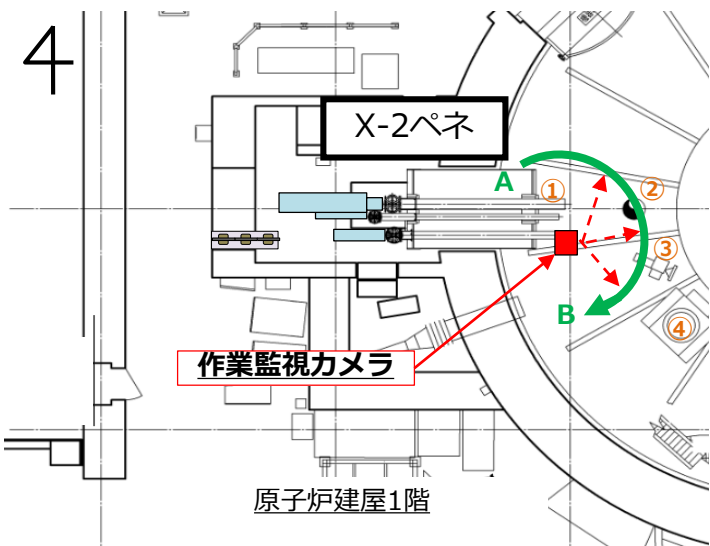
6. PCV内部1FL (気中) 状況

- 12月6日に実施したROV-Dインストール時、作業監視カメラによりPCV内部1FLの状況を撮影



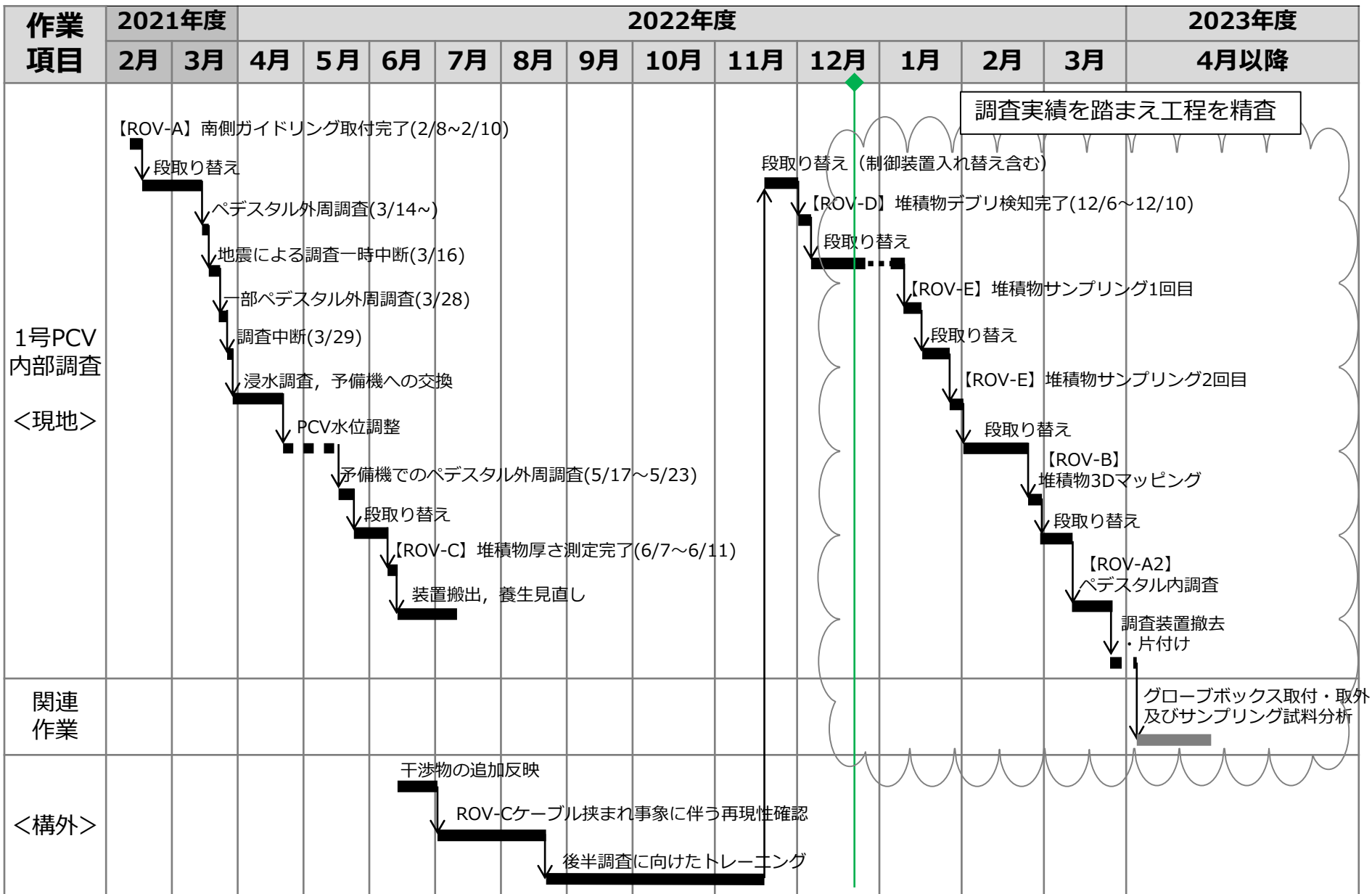
A → B

PCV内部1FL



PCV内部1FLグレーチング上面

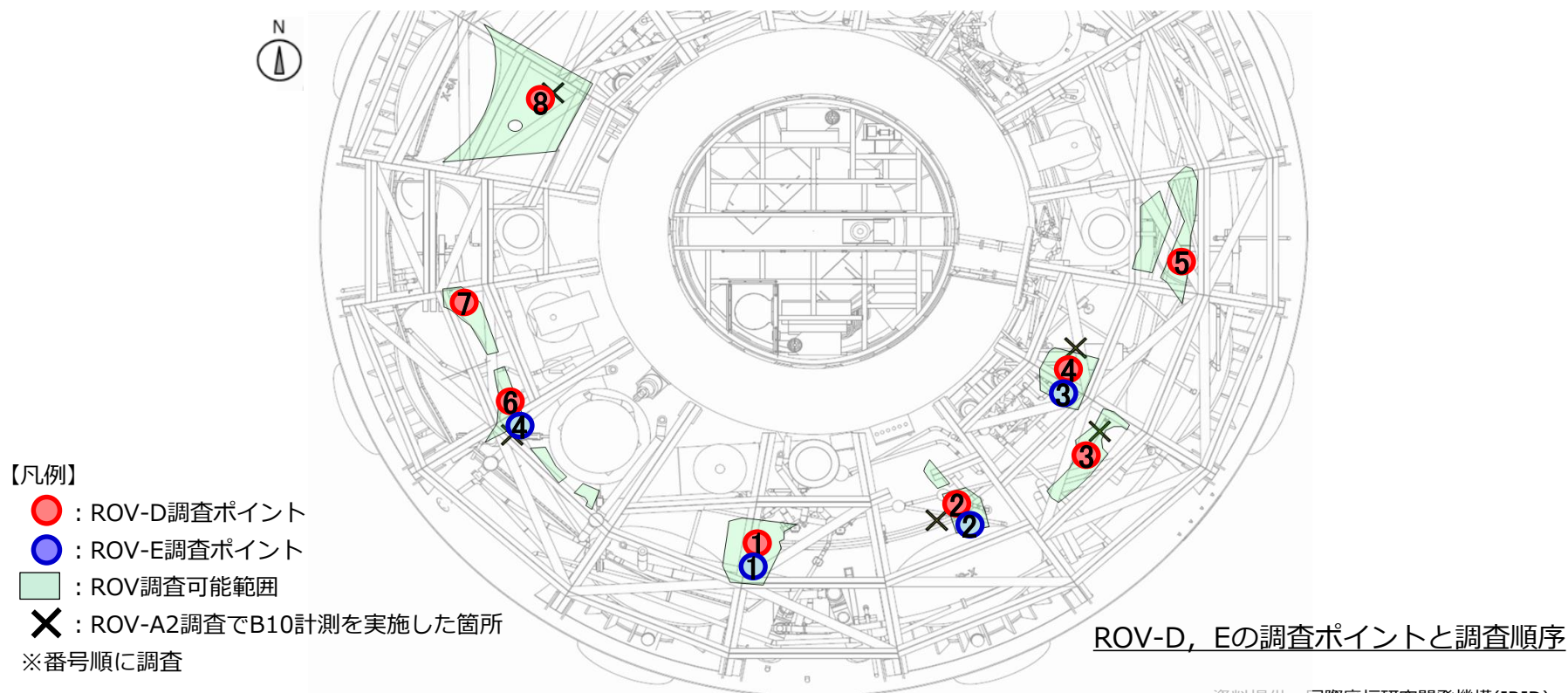
6. 1号機PCV内部調査全体工程



(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) PCV内部調査の状況 (ROV-D,Eの調査計画)

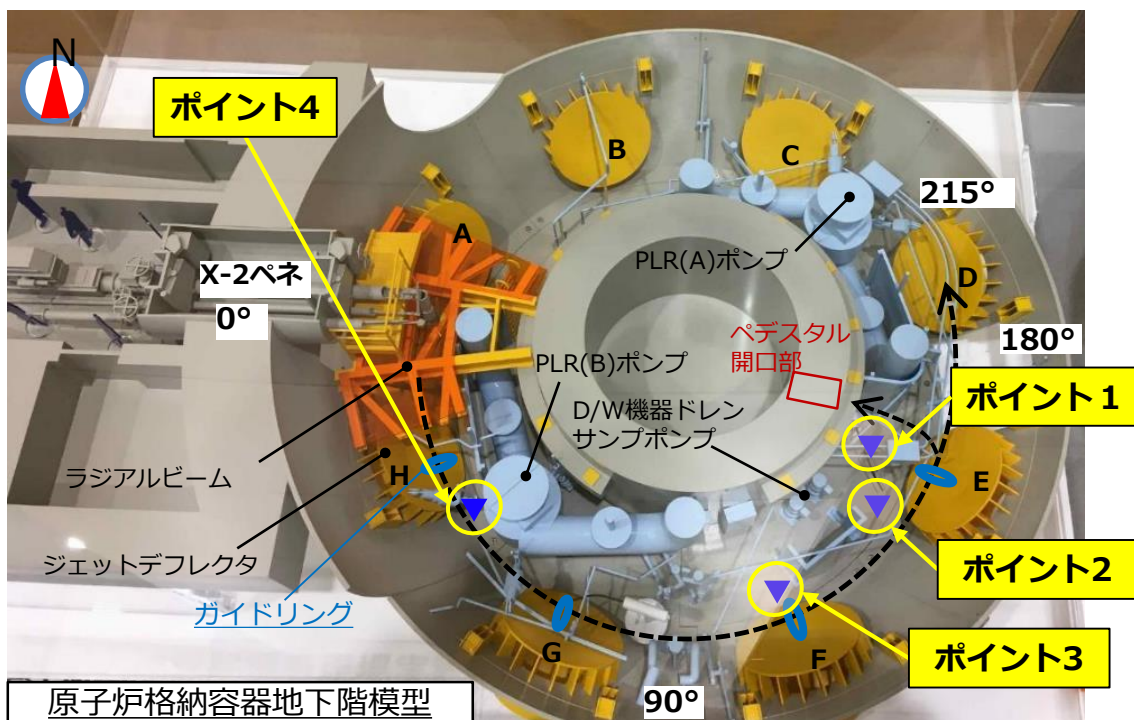
- ROV-Dによるデブリ検知は12月上旬から開始する計画であり、現在は装置の動作確認、遠隔操作室の機材設置作業を実施中
- 後半調査にあたり、調査に必要な水位確保を目的とし、適切な時期に原子炉注水流量の変更操作を計画(2022年3月16日の地震影響によるPCV水位低下を踏まえた対応)
- ROV-Dによるデブリ検知は8箇所、調査結果の評価期間は2～4週間程度を計画
- ROV-Eによる堆積物サンプリングは、2023年1月中旬から調査開始を目指し、ペDESTAL外周部の堆積物表層の4箇所(3,4,5,6)のサンプリングを計画し、ROV-Dの評価結果を踏まえずに実施する
- サンプルは構外分析機関への輸送を計画しており、調査結果の評価は約1年程度を計画



(参考) 調査実績

中性子束測定結果 (5月20日,21日調査分)

- 今回測定したポイント全てにおいて熱中性子束を確認
- ペDESTAL開口部付近で熱中性子束が多く確認されていることから、燃料デブリ由来と推定
- 引き続き、後続号機であるROV-C (堆積物厚さ測定) において堆積物の高さや厚さを確認した上で、ROV-D (燃料デブリ検知) において、堆積物への燃料デブリ含有状況を調査する予定

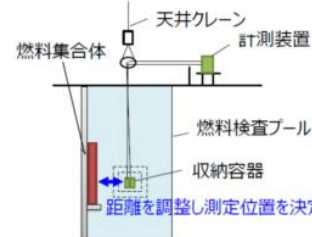


- 熱中性子束は単位時間に単位体積内を熱中性子が走行する距離の総和
- 測定は1箇所あたり60分間
- 測定結果は60分間のカウント数から評価した熱中性子束にて示す

<参考> ROV-A2に搭載のB10検出器による燃料集合体測定結果@NFD

測定方法

- ・燃料軸方向の中心部に設置
- ・燃料最寄位置を含め3つの位置で測定 (線量率: 14.4, 6.5, 1.5 Gy/h)
- ・測定時間: 3分



線量率	線源-検出器距離	熱中性子束評価値※
14.4 Gy/h	約16 cm	8.8×10^1 /cm ² /s
6.5 Gy/h	約33 cm	1.1×10^1 /cm ² /s
1.5 Gy/h	約78 cm	0 /cm ² /s

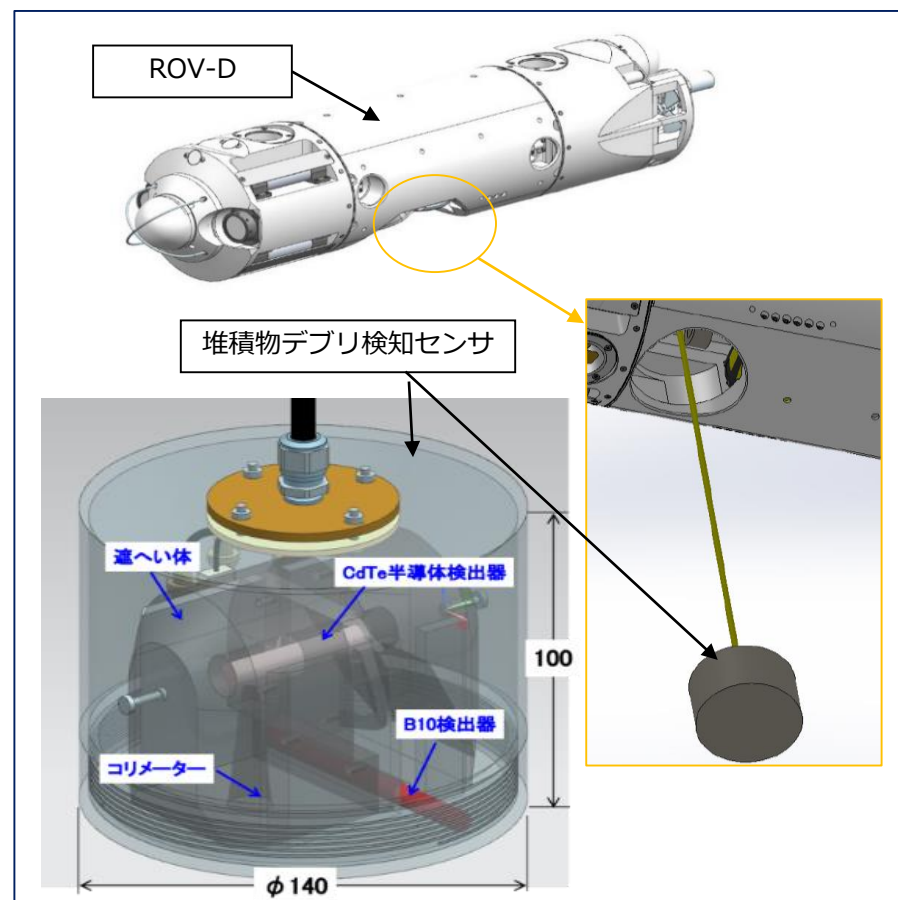
測定位置	ポイント1	ポイント2	ポイント3	ポイント4
熱中性子束 [/cm ² / s]	48.0	29.1	50.2	5.8

(参考) ROV-D (堆積物デブリ検知) におけるγ線の核種分析について

- ROV-Dにおける堆積物デブリ検知について、前半調査 (ROV-A2) で確認された、燃料デブリ由来からと想定される中性子束について、γ線の核種分析情報を早期に取得することで計画
- 燃料デブリの主要なγ線源としては、4種類 (Eu-154, Cs-137, Co-60, Sb-125) (「JAEA-Review_2020-004 東京電力ホールディングス (株) 福島第一原子力発電所燃料デブリ等分析について」より)
- 堆積物デブリ検知の判断材料として、Eu-154の検知に加え、中性子束の測定結果を用いることで計画

- **Eu-154** ; FP起源であり、あまり拡散せず燃料帯同位が高い
さらに放出γ線が比較的計測容易であるため、燃料由来の物質の計測に有用である
- **Cs-137** ; 事故時燃料から揮発し放出されたため、燃料由来の物質の判定が困難
- **Co-60** ; FP起源ではなく放射化起源のため、燃料周辺の構造物等に起因するものであり、燃料由来の物質の判定が困難
- **Sb-125** ; Cs-137同様に揮発性が高く、燃料由来の物質の判定が困難

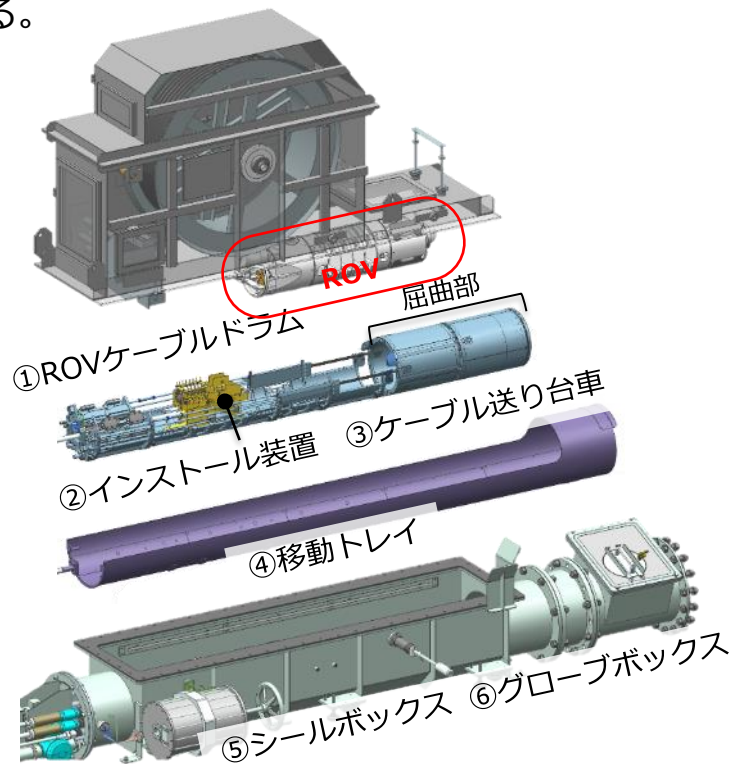
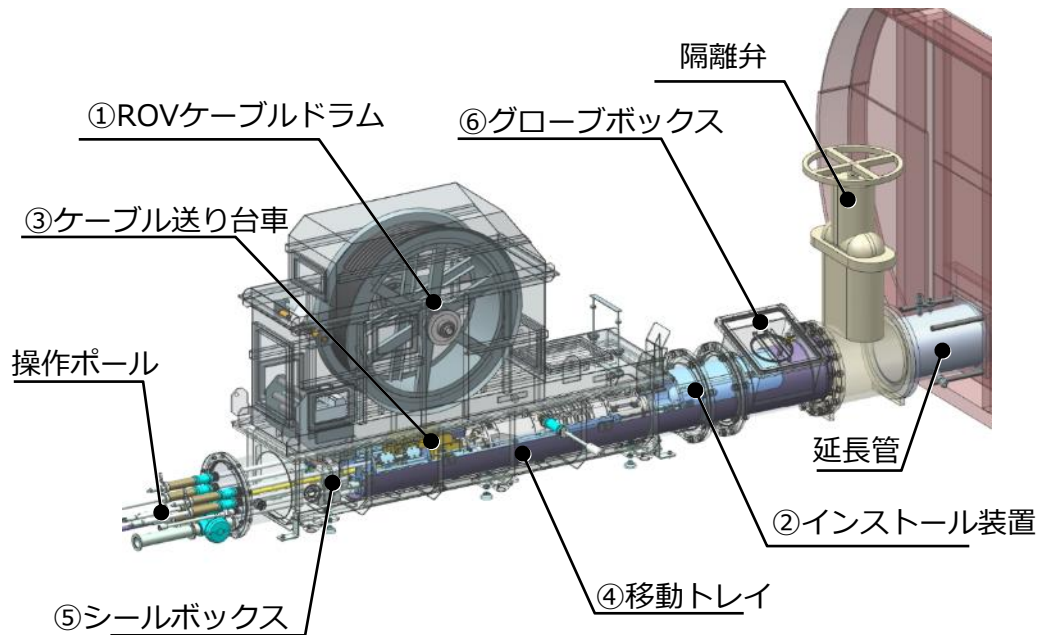
各γ核種における燃料由来の物質検知性



ROV-Dの装置構成

(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。

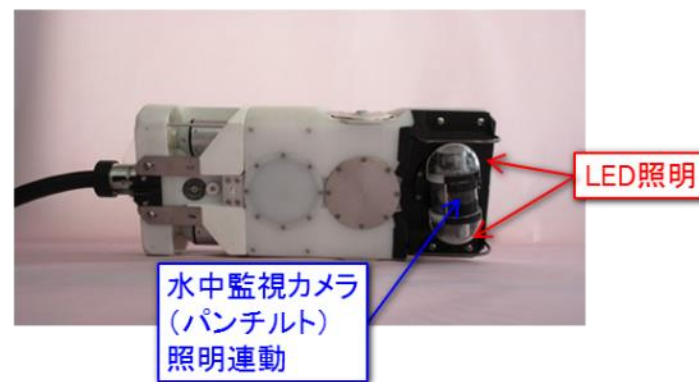
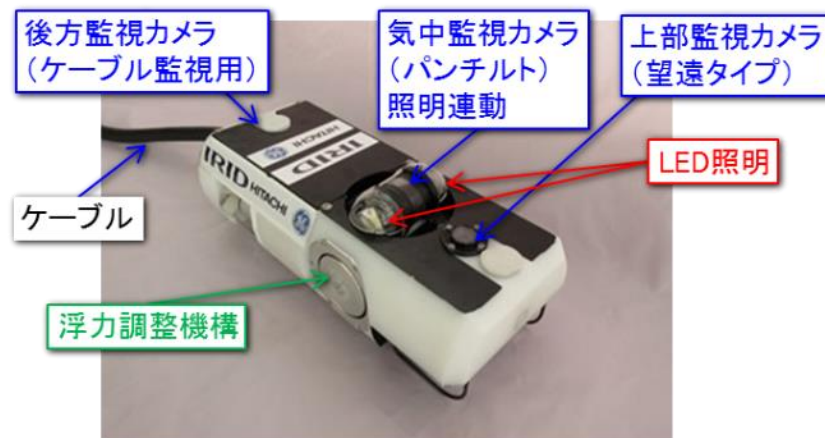
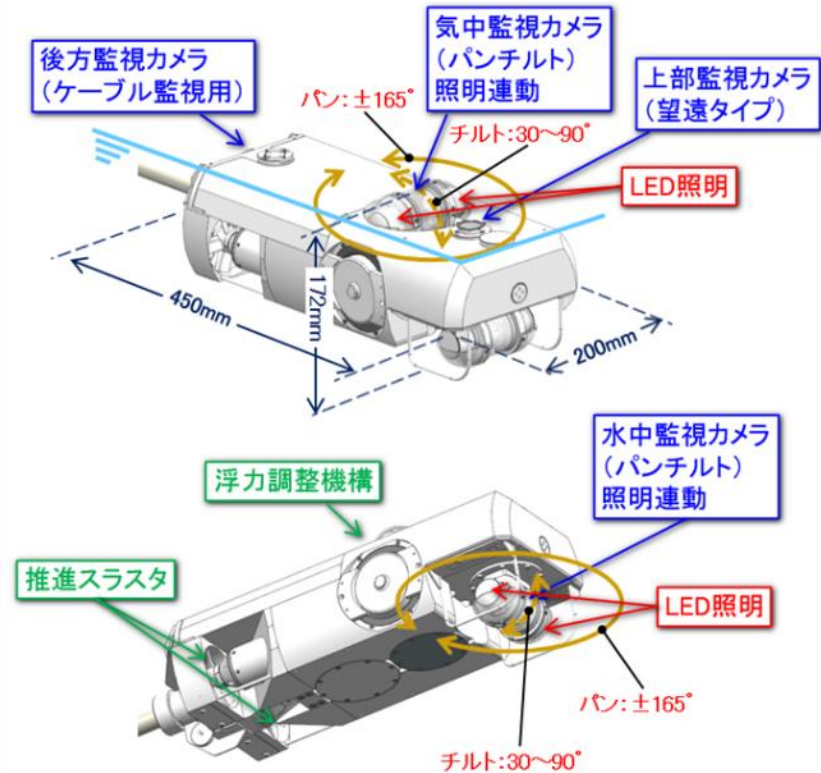


構成機器名称		役割
①	ROVケーブルドラム	ROVと一体型でROVケーブルの送り/巻き動作を行う
②	インストール装置	ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる
③	ケーブル送り台車	ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う
④	移動トレイ	ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置
⑤	シールボックス	ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する
⑥	グローブボックス	ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断

(参考) 調査装置詳細 ROV-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	

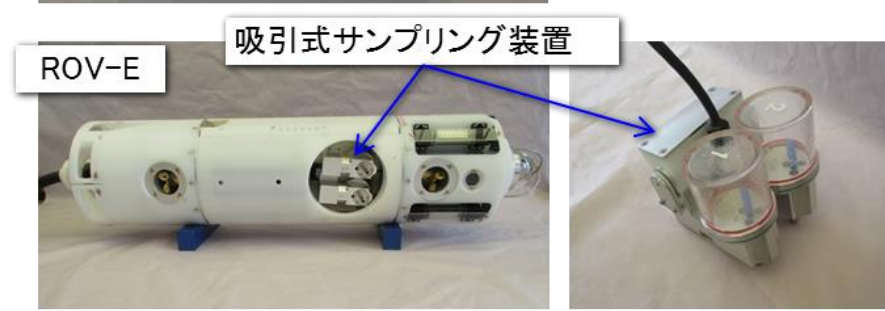
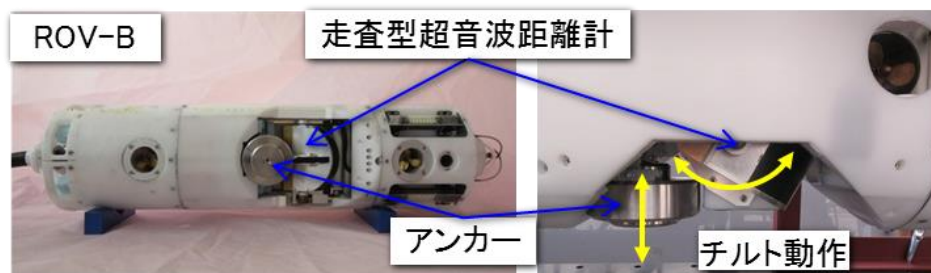
推力：約50N 寸法：直径φ20cm×長さ約45cm



(参考) 調査装置詳細 ROV-B~E_各調査用

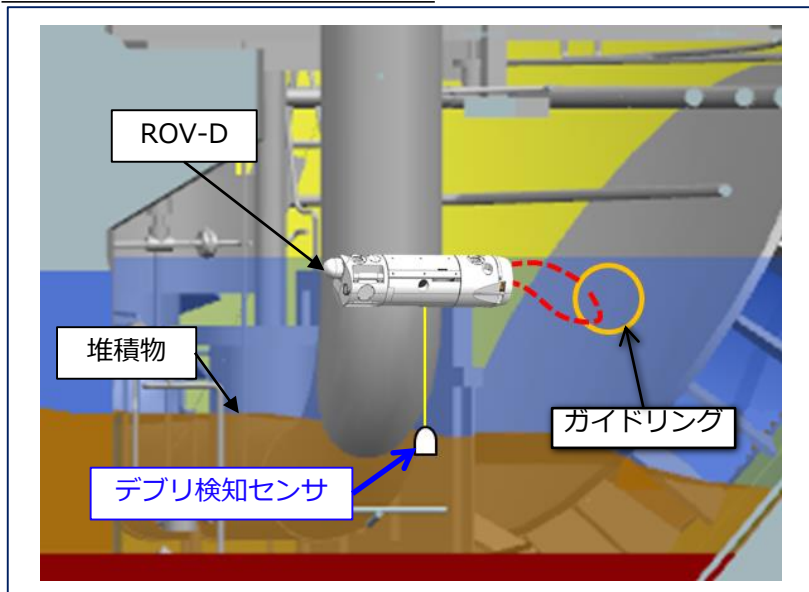
調査装置	計測器	実施内容
ROV-B 堆積物3Dマッピング	<ul style="list-style-type: none"> ・走査型超音波距離計 ・水温計 	走査型超音波距離計を用いて堆積物の高さ分布を確認する
ROV-C 堆積物厚さ測定	<ul style="list-style-type: none"> ・高出力超音波センサ ・水温計 	高出力超音波センサを用いて堆積物の厚さとその下の物体の状況を計測し、デブリの高さ、分布状況を推定する
ROV-D 堆積物デブリ検知	<ul style="list-style-type: none"> ・CdTe半導体検出器 ・改良型小型B10検出器 	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

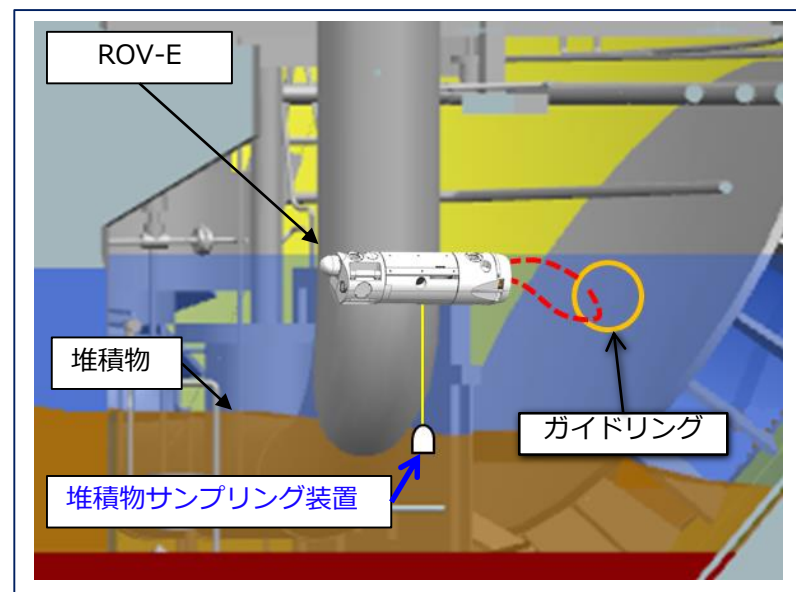


(参考) 各ROVの調査イメージ

ROV-D (堆積物デブリ検知)



ROV-E (堆積物サンプリング)



ROV-B (堆積物3Dマッピング)

