

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

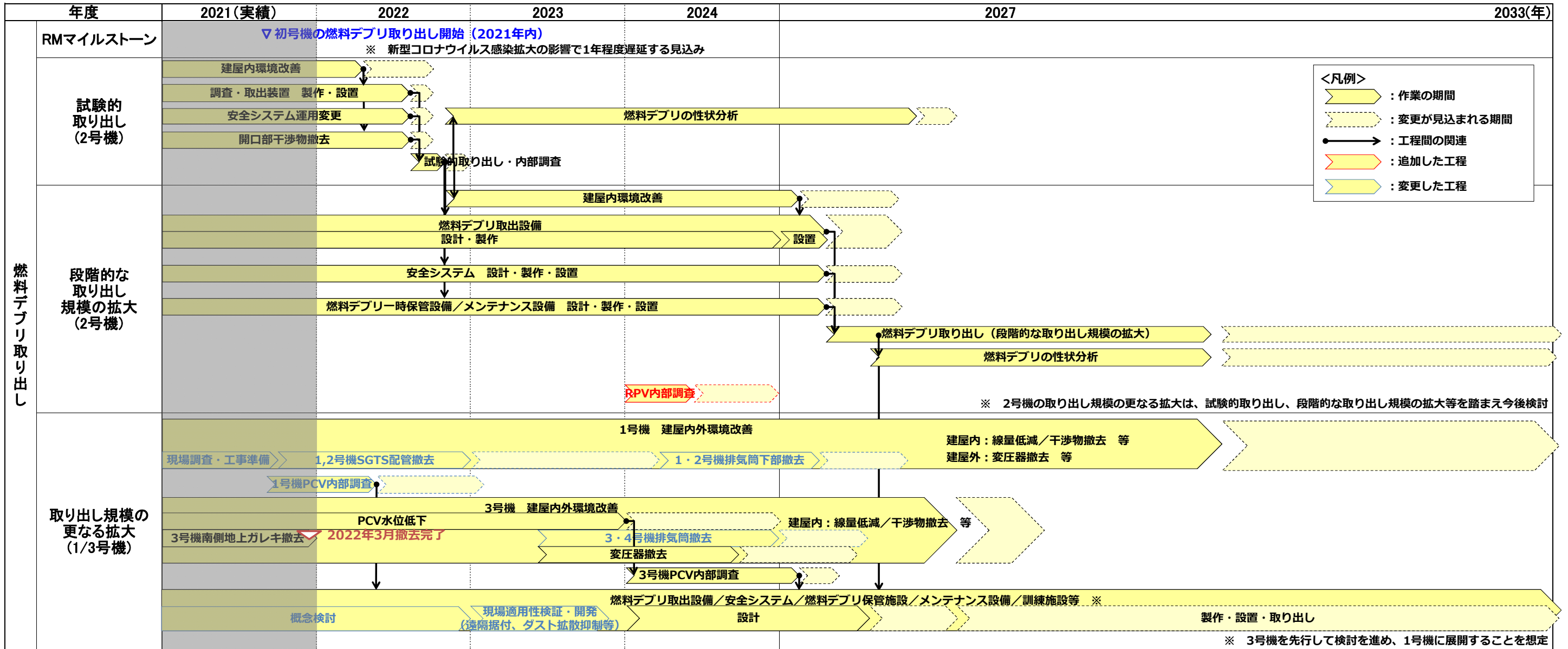
| 分野名 | 実施計画 | 作業内容 | これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定 | スケジュール | | | | | | | | | | | | 備考 | | | | |
|--|-------------|--|---------------------------------------|---|-------------------------|---|---|---|-------------------|--|----|--|----|--|----|---|--|---|------|--|
| | | | | 12月 | 1月 | | | | 2月 | | 3月 | | 4月 | | 5月 | | 6月 | | 7月以降 | |
| ●初号機の燃料デブリ取り出しの開始 ●取り出し規模の更なる拡大(1/3号機) ●段階的な取り出し規模の拡大(2号機) | 原子炉建屋内の環境改善 | 1号機 (実績) ○建屋内環境改善(継続) (予定) ○建屋内環境改善(継続) | 環境作業 2階総量低減に向けた準備作業 | 最新工程反映 | | | | | | | | | | | | 建屋内環境改善 ・2階総量低減の準備作業'20/7/20~'23/1月中旬 他工事との工程調整のため作業中断中。'22/2/23~'22/9/19 ・RCW入口ホッパ配管穿孔'22/10/24~'22/11/14 ・RCW熱交換器内包水サンプリング'22/11月 ・1階北側エリア総量低減'22/7/20~'22/9/9 | | | | |
| | | | | 2号機 (実績)なし (予定) ○建屋内環境改善(継続) | 環境作業 | 最新工程反映 | | | | | | | | | | | | 建屋内環境改善 ・R-6大物搬入口2階高へい設置 '21/11/23~'22/1/10 ・1階西側連絡MC撤去 '22/1/11~'22/2/25 ・2階北側エリア除染'23/2月~ | | |
| | | | | | | 3号機 (実績) ○建屋内環境改善(継続) (予定) ○建屋内環境改善(継続) | 検討・設計 環境作業 | 最新工程反映 | | | | | | | | | | | | 建屋内環境改善 ・北西エリア機器撤去および除染 '21/7/12~'22/1/10 ・北側エリア仮設置へい設置'22/1/11~'22/3/22 ・北西エリア機器撤去'22/4/18~'22/7/14 ・1階北東南東エリア除染'22/8/30~'23/1月 |
| | | 格納容器内水循環システムの構築 | 1号機 (実績)なし (予定) 圧力抑制室内包水のサンプリング | 環境作業 | 最新工程反映 | | | | | | | | | | | | 圧力抑制室内包水のサンプリング ・原子炉冷却浄化系逆止弁開放(モックアップ'22/11月1日~) ・圧力抑制室底部確認、圧力抑制室内包水サンプリング | | | |
| | | | | | 2号機 (実績)なし (予定)なし | 環境作業 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 3号機 (実績) ○原子炉格納容器水位低下(継続) ○圧力抑制室内包水の品質改善(継続) (予定) ○原子炉格納容器水位低下(継続) ○圧力抑制室内包水の品質改善(継続) | 環境作業 | 3号機格納容器内取水設備の運転開始 | | | | | | | | | | | |
| | 燃料デブリの取り出し | 共通 (実績) ○【研究開発】格納容器内部詳細調査技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器内部調査技術の開発(継続) ○燃料デブリ取出設備 概念検討(継続) (予定) ○【研究開発】格納容器内部詳細調査技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器内部調査技術の開発(継続) ○燃料デブリ取出設備 概念検討(継続) | 検討・設計 | | | | | | | | | | | | | (継続実施) (継続実施) (継続実施) (継続実施) (継続実施) | | | | |
| | | | | 1号機 (実績) ○原子炉格納容器内部調査(継続) ○1/2号機SGTS配管撤去(継続) (予定) ○原子炉格納容器内部調査(継続) ○1/2号機SGTS配管撤去(継続) | 環境作業 | PCV内部調査 | | | | | | | | | | | | OPCV内部調査 PCV内部調査に係る実施計画変更申請('18/7/25) →修正申請('19/1/18)→認可('19/3/1) 【主要工程】 ・PCV内部調査装置投入に向けた作業'19/4/8~'21/10/14 ・PCV内部調査'21/11/5~ ・ROV-Aガイドリング取付'22/2/8~'22/2/10 ・ROV-A2調査'22/3/14~'22/5/23 ・ROV-C調査'22/6/7~'22/6/11 ・ROV-D調査'22/12/6~'22/12/10 ○1/2号機SGTS配管撤去 1/2号機SGTS配管撤去(その1)に係る実施計画変更申請('21/3/12)→認可('21/8/26) 【主要工程】 ・1/2号機SGTS配管切断時ガスト飛散対策(ワレタン注入)'21/9/8~'21/9/26 ・1/2号機SGTS配管切断'22/5/23~'23/5月中旬 PCV内部調査に係る実施計画変更申請('18/7/25) →修正申請('20/9/9)認可('21/2/4) | | |
| | | | | | | 2号機 (実績) ○原子炉格納容器内部調査(継続) (予定) ○原子炉格納容器内部調査(継続) | 検討・設計 環境作業 | PCV内部調査 ロボットアームの性能確認試験・モックアップ・訓練(国内) | | | | | | | | | | | | 時期調整中 ・1号機PCV内作業時のガスト飛散事象を踏まえて、2号機においてもガスト低減対策を検討中。2号機PCV内部調査は2022年内開始を目指す試験的取り出しと合わせて実施すること検討中。 ・PCV内部調査装置投入に向けた作業'20/10/20~ ・X-6ベネ内堆積物調査(接触調査)'20/10/28、3Dスキャン調査:'20/10/30 ・施設監視計器取外し'20/11/10~ ・X-53ベネ調査'21/6/29 ・X-53ベネ孔径拡大作業'21/9/13~'21/10/14 ・隔離部屋設置作業'21/11/15~ |
| | | | | 3号機 (実績) (予定) | 環境作業 | | | 1/2号機SGTS配管撤去(残り分) 最新工程反映 | | | | | | | | | | | | |

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

| 分野名 | 実施工程 | 作業内容 | これまで1ヶ月の動きと今後6ヶ月の予定 | 12月 | | | | | | | 1月 | | | | | | | 2月 | | | | | | | 3月 | | | | | | | 4月 | | | | | | | 5月 | | | | | | | 6月 | | | | | | | 7月以降 | | | | | | | 備考 |
|-------------|--------------------|--------------------|--|-------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|---|----|----|----|---|----|----|----|----|---|----|----|----|--------|----|----|----|---|----|----|----|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|----|
| | | | | 18 | 25 | 1 | 8 | 15 | 22 | 29 | 5 | 12 | 19 | 26 | 2 | 9 | 16 | 23 | 30 | 6 | 13 | 20 | 27 | 3 | 10 | 17 | 24 | 31 | 7 | 14 | 21 | 28 | 4 | 11 | 18 | 25 | 3 | 10 | 17 | 24 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリ取り出し準備 | RPV/PCV健全性維持 | 圧力容器/格納容器の健全性維持 | (実績) ○腐食抑制対策 ・窒素ハブリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施 (継続) (予定) ○腐食抑制対策 ・窒素ハブリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施 (継続) | 現場作業 | 腐食抑制対策（窒素ハブリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (継続実施) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリ取り出し準備 | 炉心状況把握 | 炉心状況把握 | (実績) ○事故関連factデータベースの更新(継続) ○炉内・格納容器内の状態に関する推定の更新(継続) (予定) ○事故関連factデータベースの更新(継続) ○炉内・格納容器内の状態に関する推定の更新(継続) ○2号機燃料取扱機操作室調査の実施 | 現場作業 | 2号機原子炉建屋内調査（地下階三角コーナの状況確認） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | 事故関連factデータベースの更新 炉内・格納容器内の状態に関する推定の更新 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (継続実施) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | 2号機燃料取扱機操作室調査の実施 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (継続実施) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリ取り出し準備 | 取出後の燃料デブリ安定保管 | 燃料デブリ性状把握 | (実績) ○【研究開発】燃料デブリ性状把握のための分析・推定技術の開発 ・燃料デブリ性状の分析に必要な技術開発等(継続) (予定) ○【研究開発】燃料デブリ性状把握のための分析・推定技術の開発 ・燃料デブリ性状の分析に必要な技術開発等(継続) | 現場作業 | 【研究開発】燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発 ・燃料デブリ性状の分析に必要な技術開発等 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (継続実施) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリ取り出し準備 | 燃料デブリ臨界管理技術の開発 | 燃料デブリ臨界管理技術の開発 | (実績) ○【研究開発】臨界管理方法の確立に関する技術開発 ・未臨界度測定・臨界近接監視のための技術開発(継続) ・臨界防止技術の開発(継続) (予定) ○【研究開発】臨界管理方法の確立に関する技術開発 ・未臨界度測定・臨界近接監視のための技術開発(継続) ・臨界防止技術の開発(継続) | 現場作業 | 【研究開発】「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」の一部として実施 ・未臨界度測定・臨界近接監視のための技術開発 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (継続実施) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | ・臨界防止技術の開発 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (継続実施) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリ取り出し準備 | 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 | 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 | (実績) ○【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 粉状・スラリー・スラッジ状の燃料デブリ対応(継続) 燃料デブリ乾燥技術/システムの開発(継続) (予定) ○【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 粉状・スラリー・スラッジ状の燃料デブリ対応(継続) 燃料デブリ乾燥技術/システムの開発(継続) | 現場作業 | 【研究開発】粉状・スラリー・スラッジ状の燃料デブリ対応 (粉状及びスラリー・スラッジの調査、分析等) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (継続実施) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | 【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 (乾燥技術/システムの開発) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | (継続実施) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 検計・設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

○原子炉建屋内調査（地下階三角コーナの状況確認）
22/12/2～23/1/11（片付け含む）

最新工程反映



注：今後の検討に応じて、記載内容には変更があり得る

1号機 PCV内部調査（後半）について

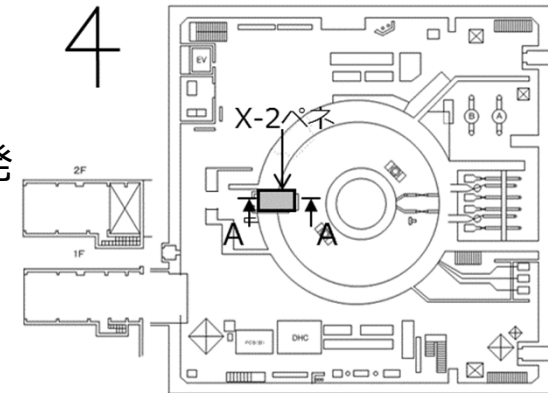
2023年1月26日

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

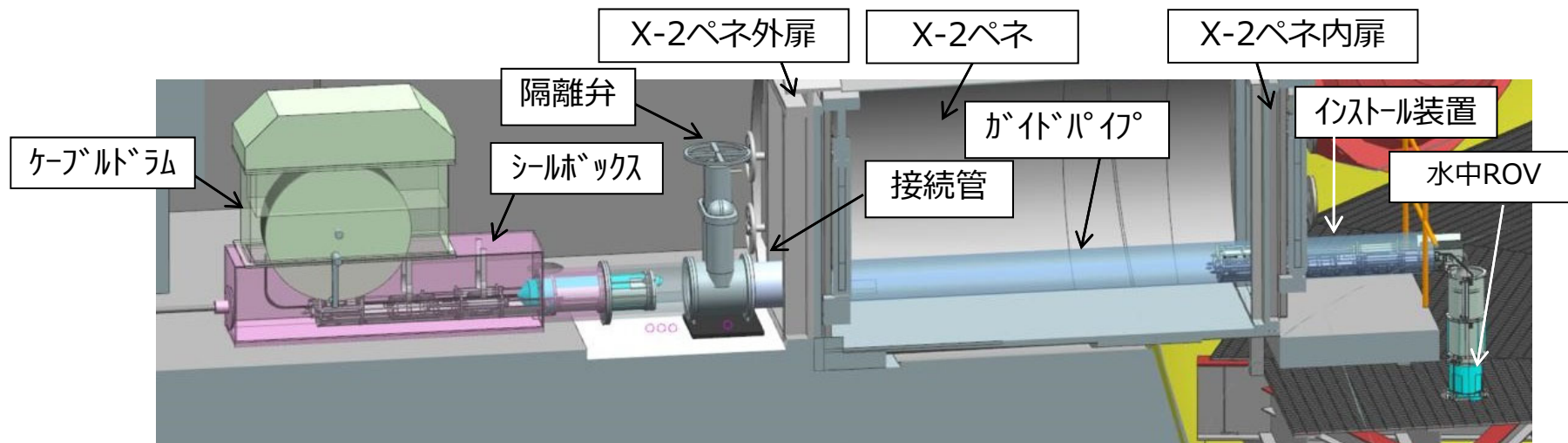
1. 1号機PCV内部調査の概要

- 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



1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置

| | | |
|---------------|----------|-------------------|
| 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 |



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

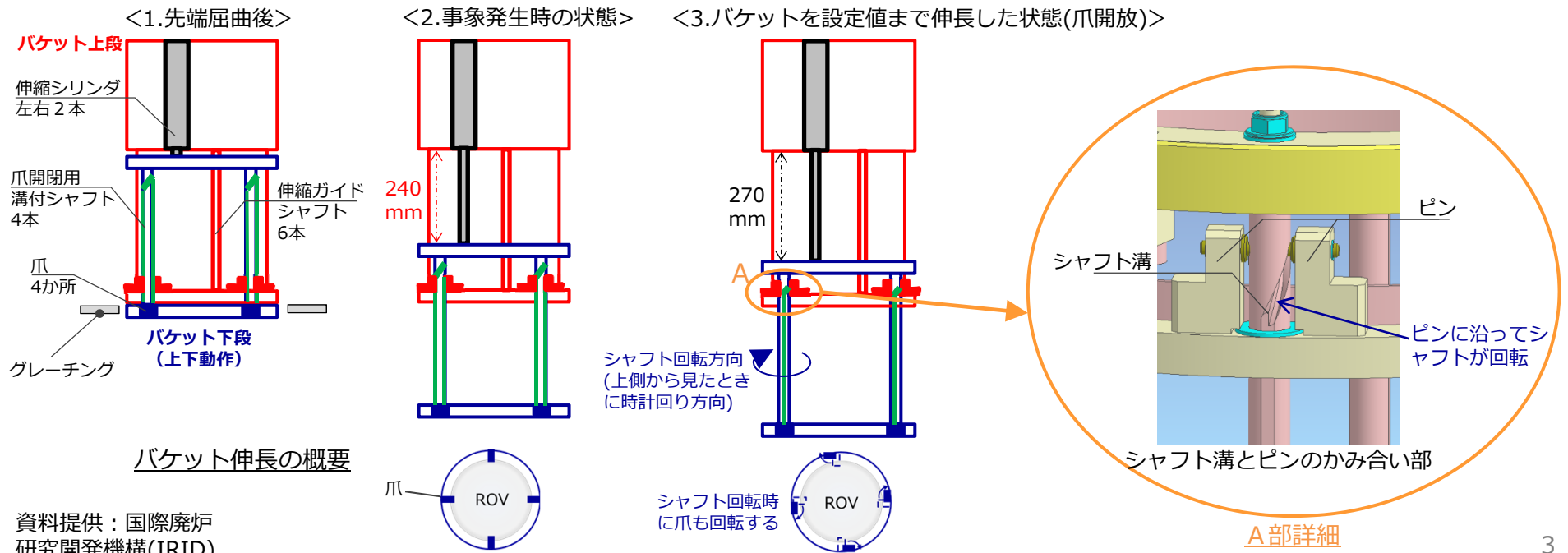
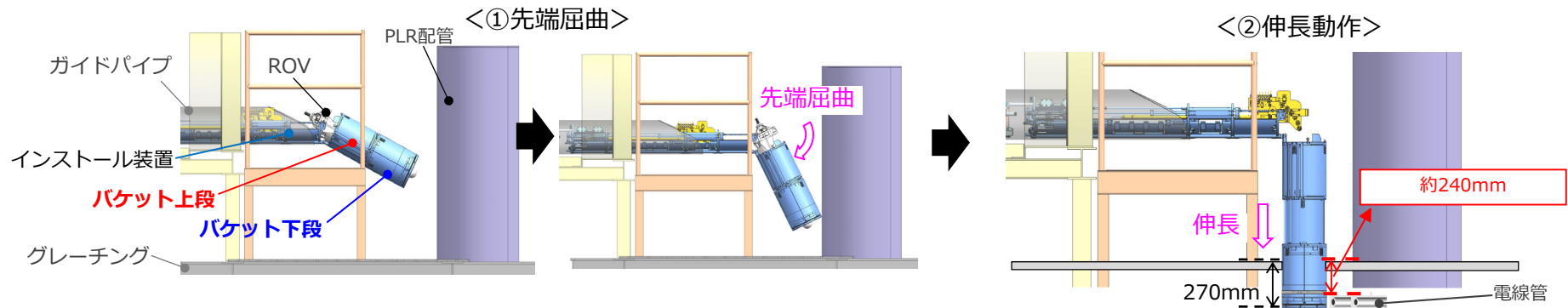
- 1月12日にROV-Eによる堆積物サンプリング調査を開始
- 同日, ROV-Eのインストール中に, インストール装置の屈曲部(バケット)が, 指定の位置まで伸びない事象が発生したため, 当該調査を中断し, ROV-Eのアンインストールを実施
- 1月13日, 14日にかけて, ROV本体ならびにインストール装置の点検を実施したが, 装置各部について異常は確認されなかったことから, バケット摺動部の異物の噛み込みによる一過性の事象と推定
- 調査に際してはシールボックス等を隔離弁から切り離し, 移動した状態で実施
- 1月18日から, 約2週間程度かけて, 切り離したシールボックス等を取り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

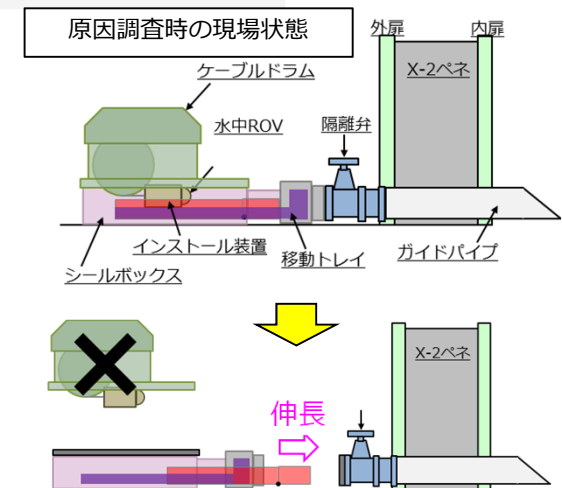
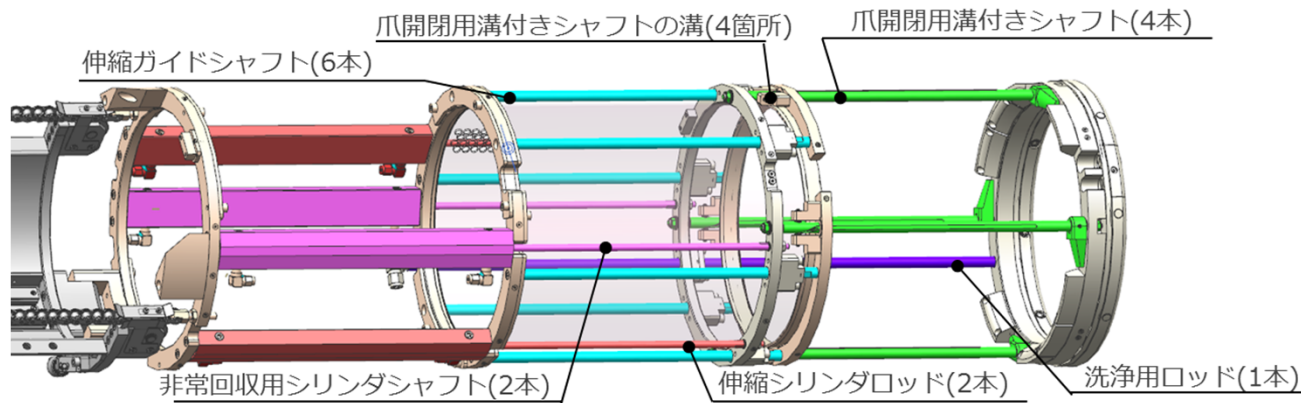
- ROV本体 (要因1,2)
- 非常用回収用シリンダ軸のストップ位置 (要因5)
- 伸縮シリンダの水系統 (要因6)
- バケツ摺動部 (要因7)

<目視確認及びインストール装置動作確認>

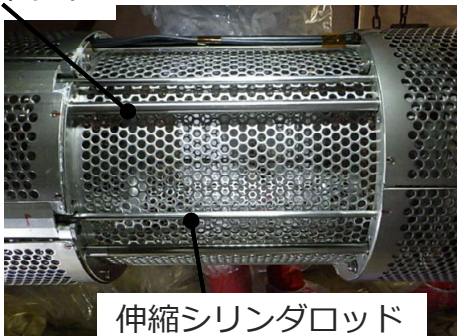
- 爪開閉用溝付きシャフトおよび溝部 (要因3,4,9)

<予備品交換>

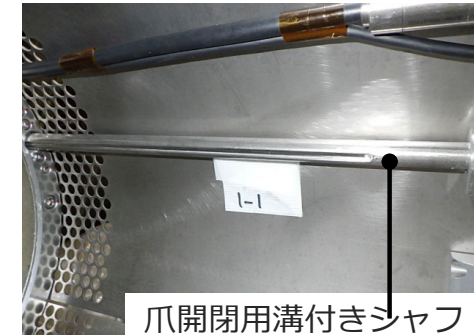
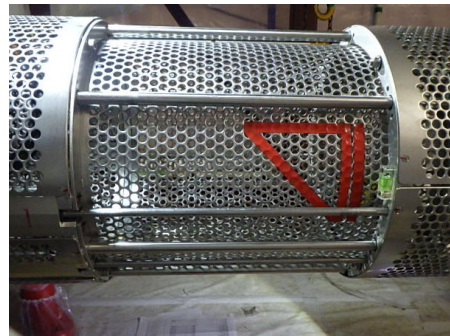
- 手押しポンプ (要因8)



伸縮ガイドシャフト



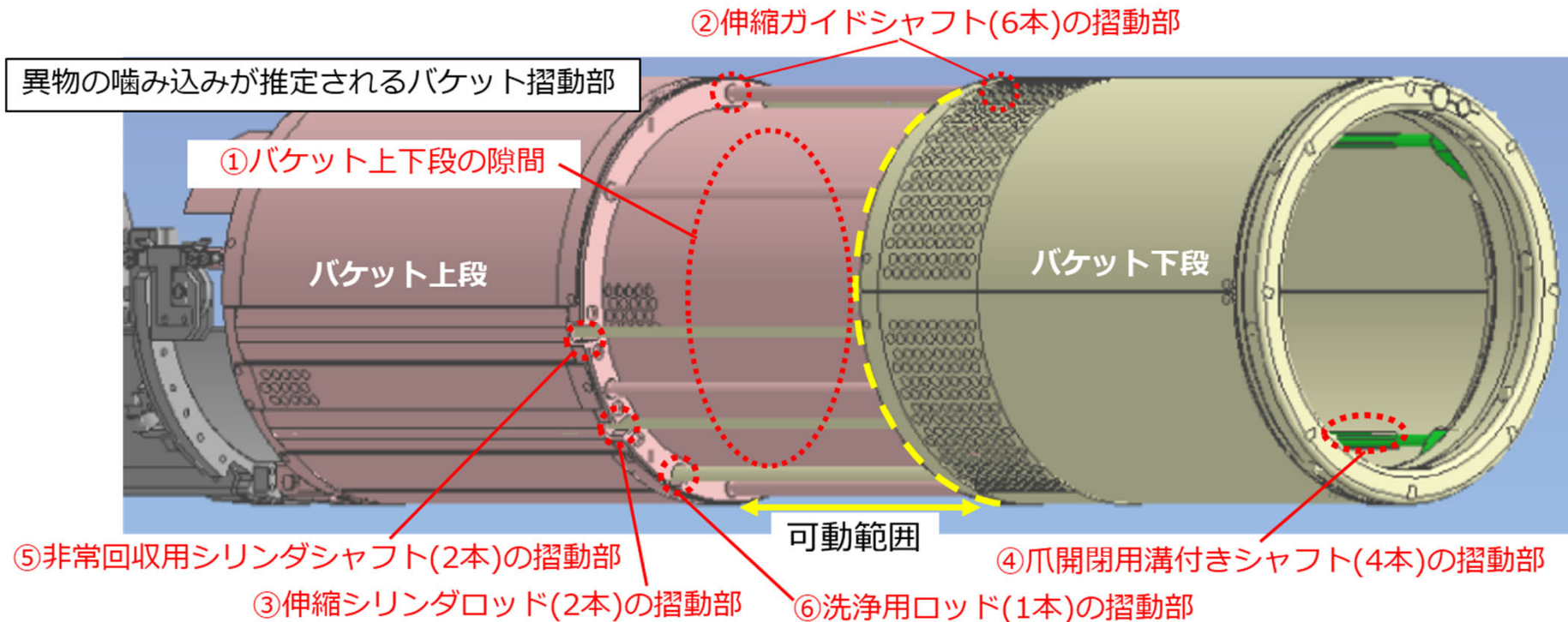
伸縮シリンダロッド



爪開閉用溝付きシャフト

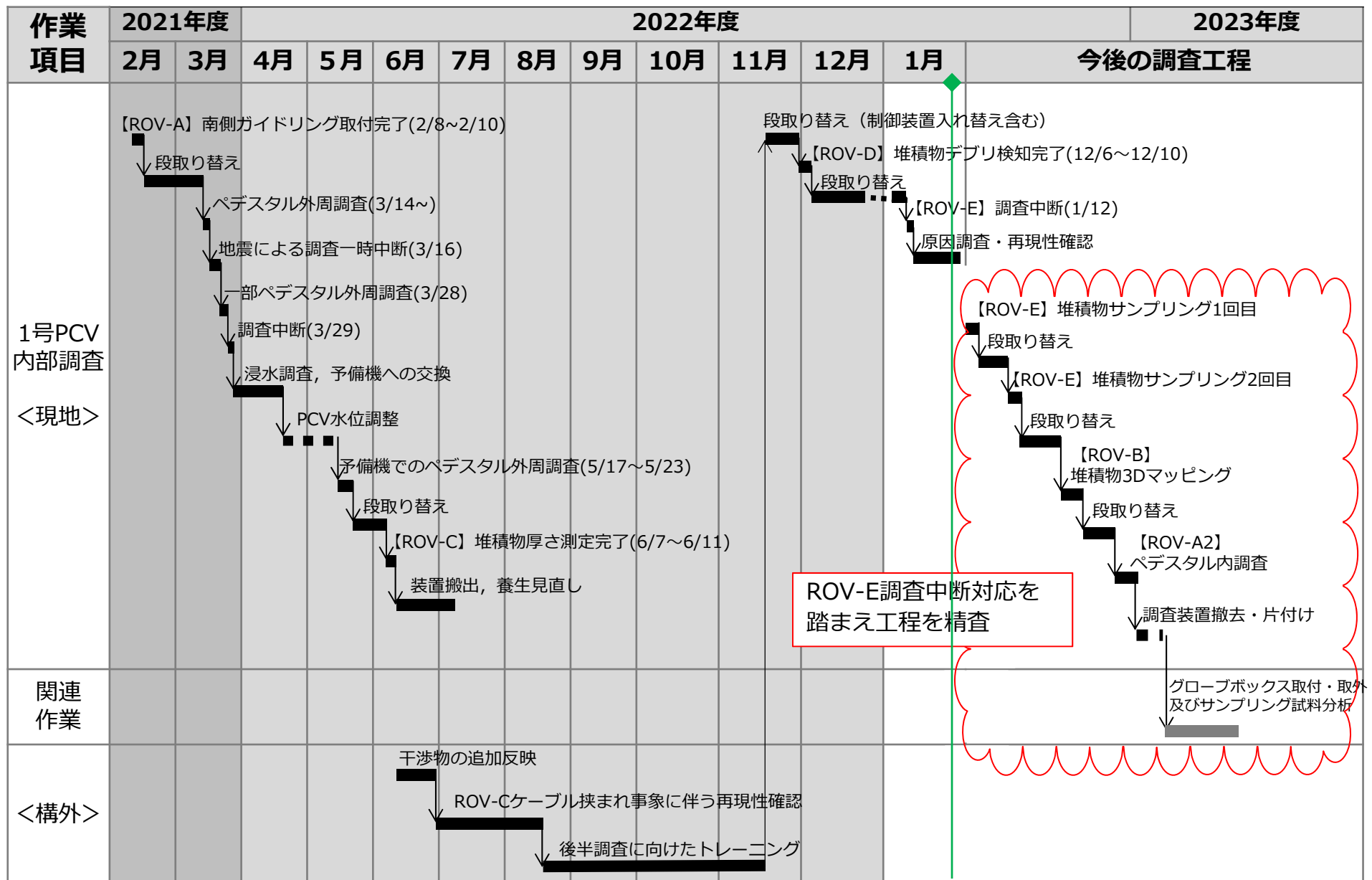
5. 推定原因

- 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

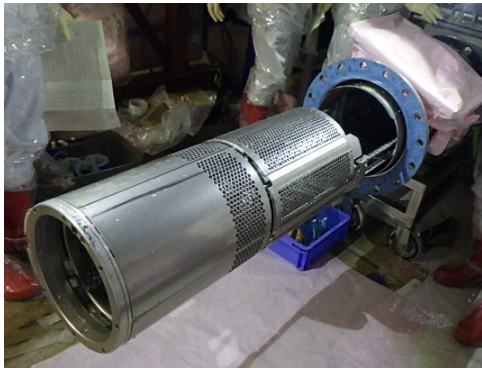
| 推定要因 | | 調査内容 | 調査結果 ×：要因ではない △：要因の可能性有 | |
|---------------|---|---------------------------------|-------------------------------|--|
| ROVとの複合要因 | 1 | ROV本体がバケット内部で斜めになり干渉 | ・目視確認 (本体に接触跡の有無を確認) | × (1/13確認済) 異常なし |
| | 2 | ROV本体のサンプリング装置が飛び出たしまいバケット内部で干渉 | ・目視確認 (サンプリング装置に接触跡の有無を確認) | × (1/13確認済) 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

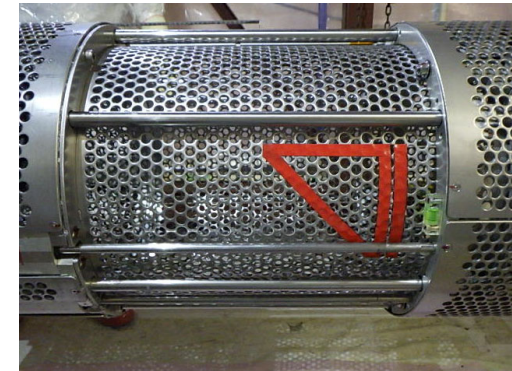
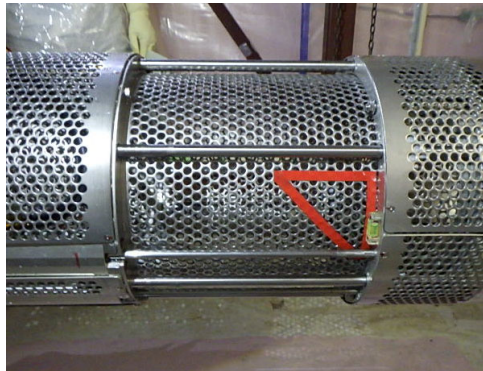
全景



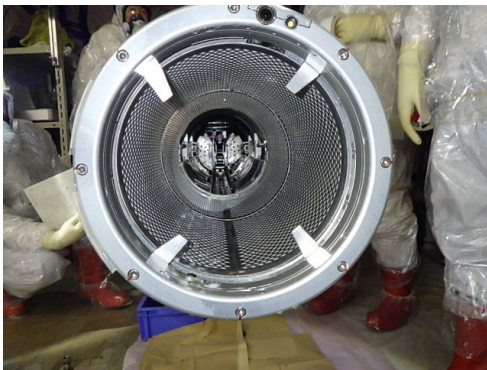
<トラブル発生位置で一旦停止>
240mm伸長動作



バケツ部



爪

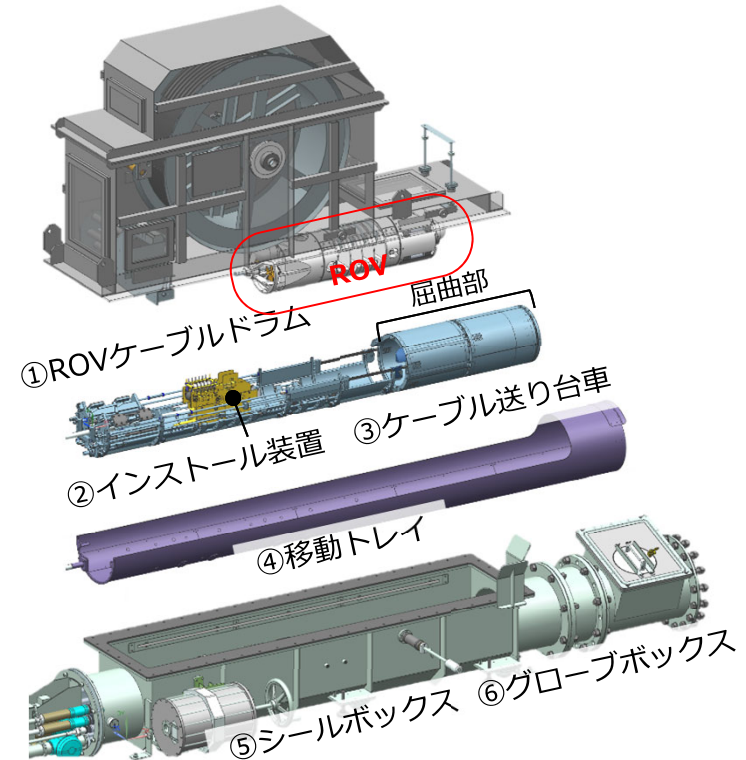
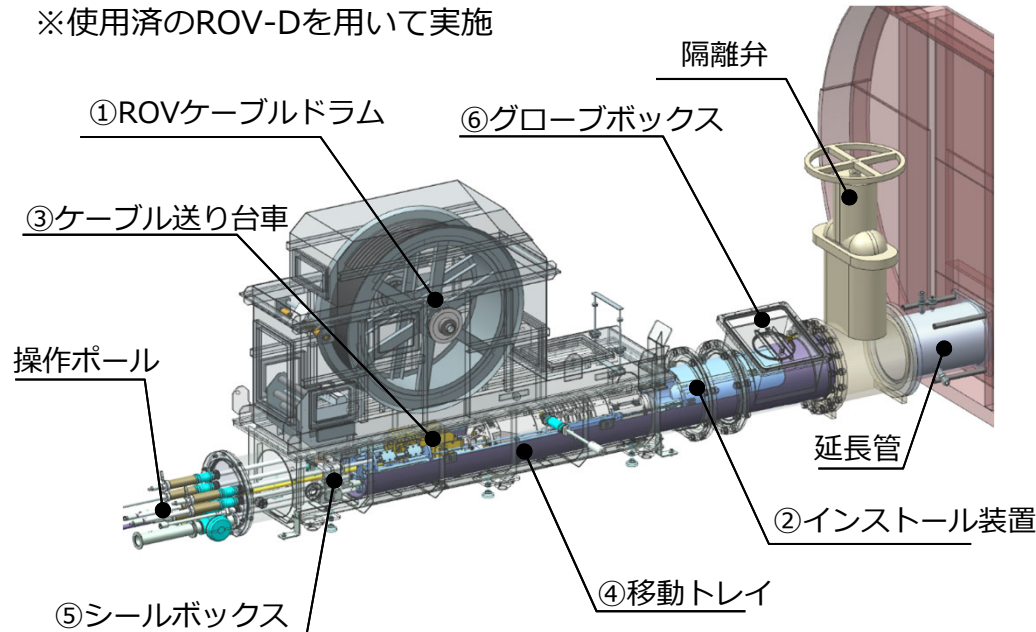


資料提供：国際廃炉研究開発機構(IRID)

(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）

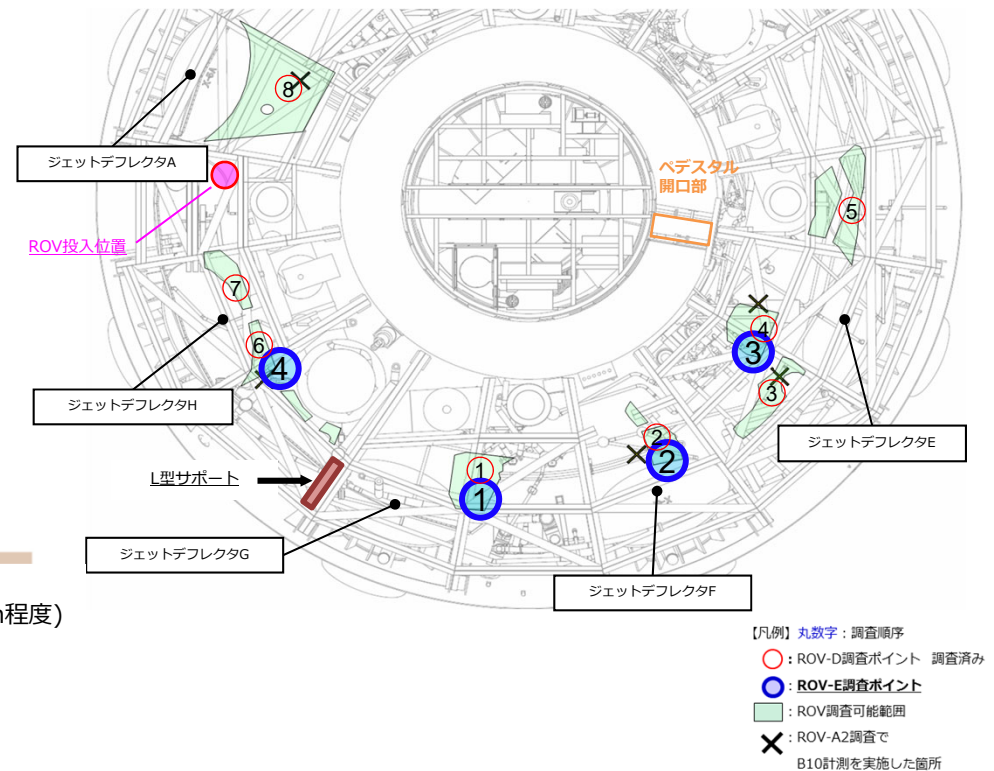
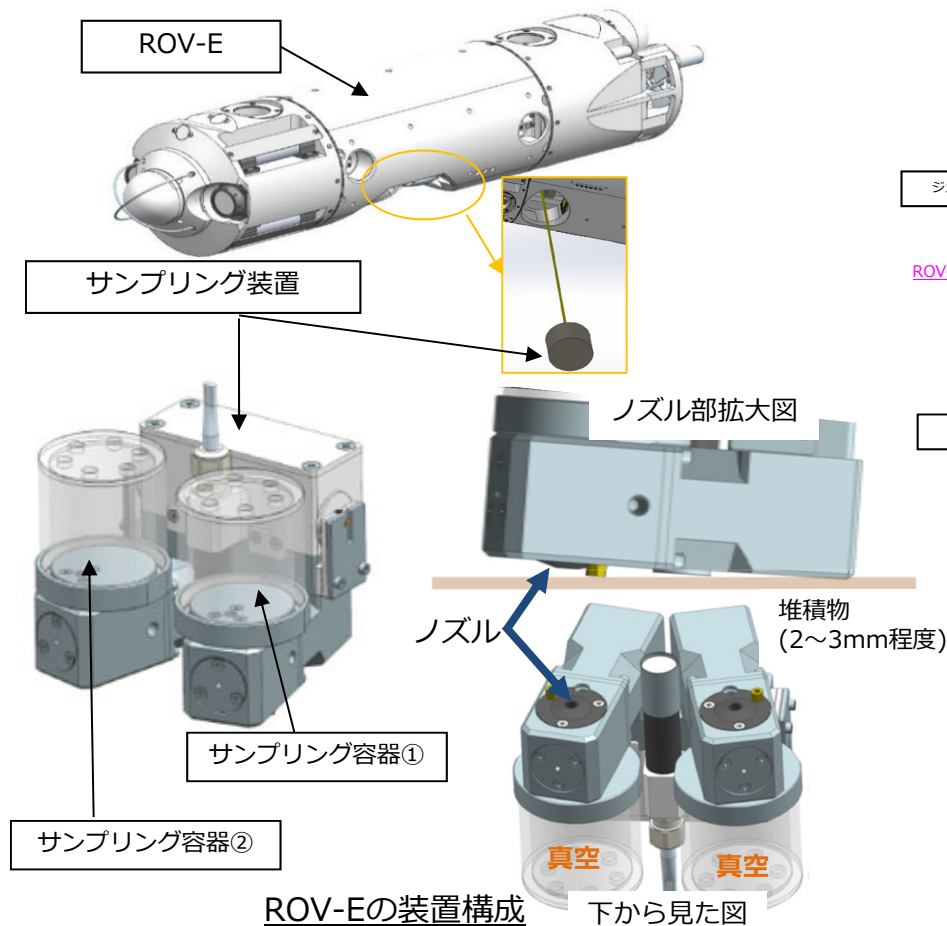
※使用済のROV-Dを用いて実施



| 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

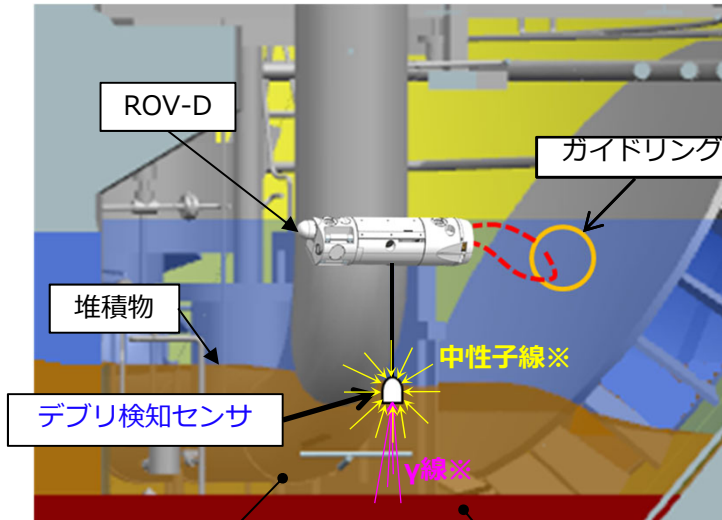
- ROV-Eによる堆積物サンプリングは、ペDESTAL外周部4箇所を計画
- サンプリング装置は2個のサンプリング容器を搭載し、1台の装置で2箇所サンプリングが可能
- 2箇所サンプリング後、ROV本体または、サンプリング装置を交換後に、残りの2箇所をサンプリングする
- 吸引式によるサンプリングを計画しており、サンプリング装置を堆積物表層に吊り降ろし、真空状態にしたサンプリング容器内にノズルを介して堆積物を吸引する



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



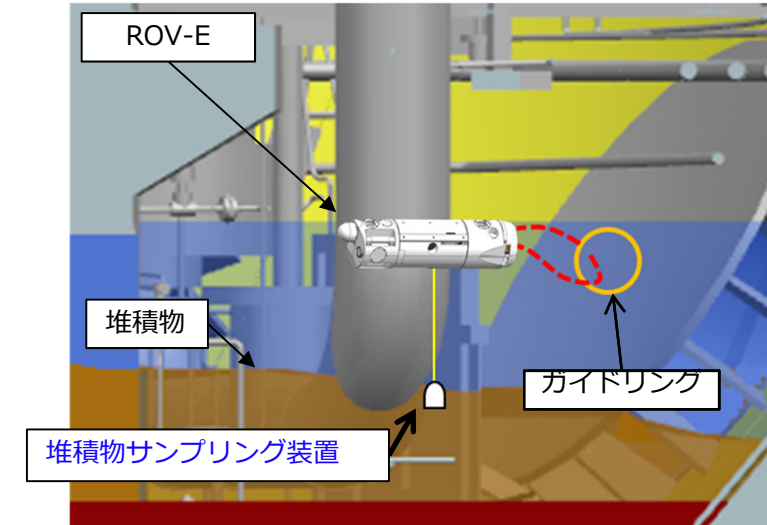
センサ吊り降ろし中



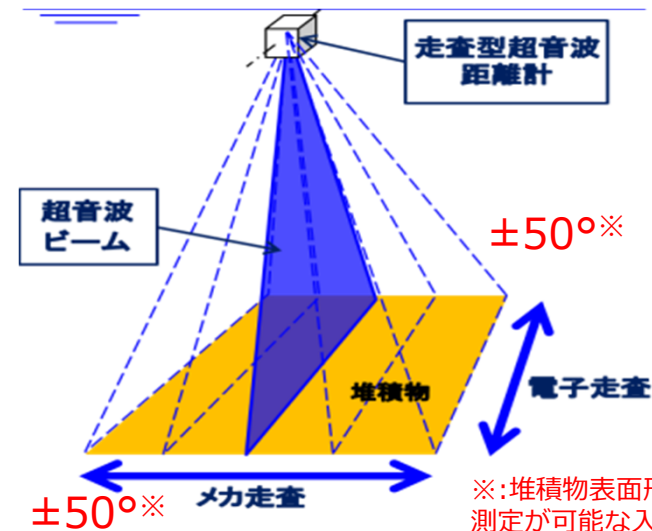
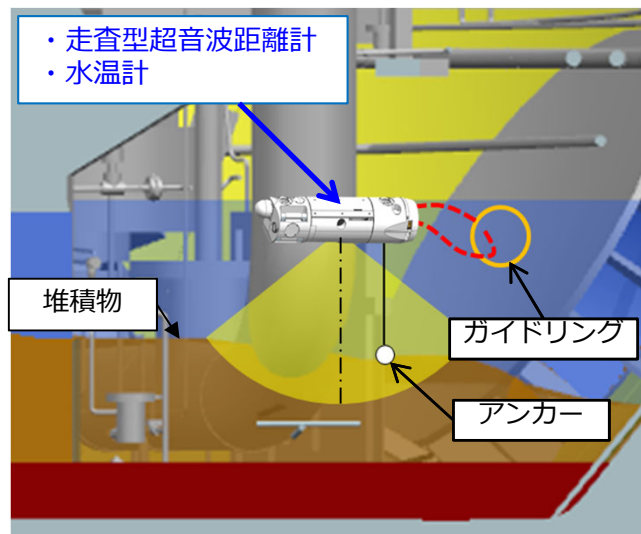
センサ吊り降ろし後

※ 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)

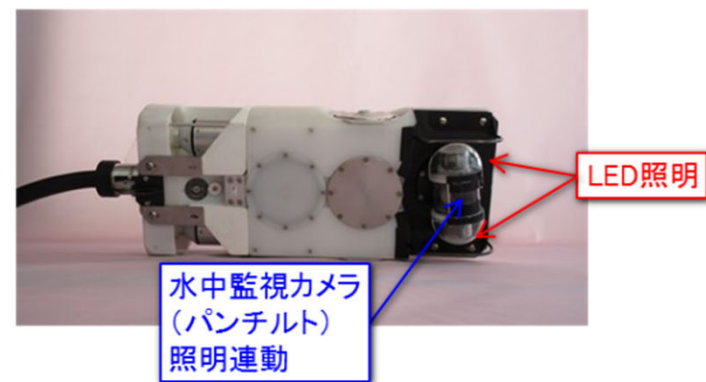
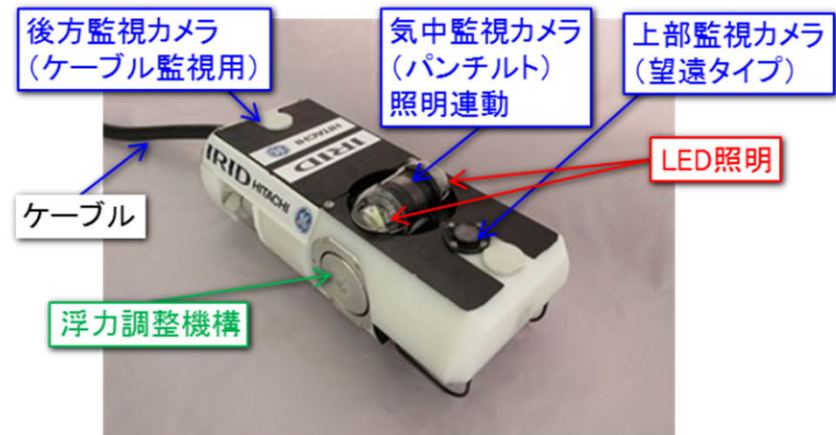
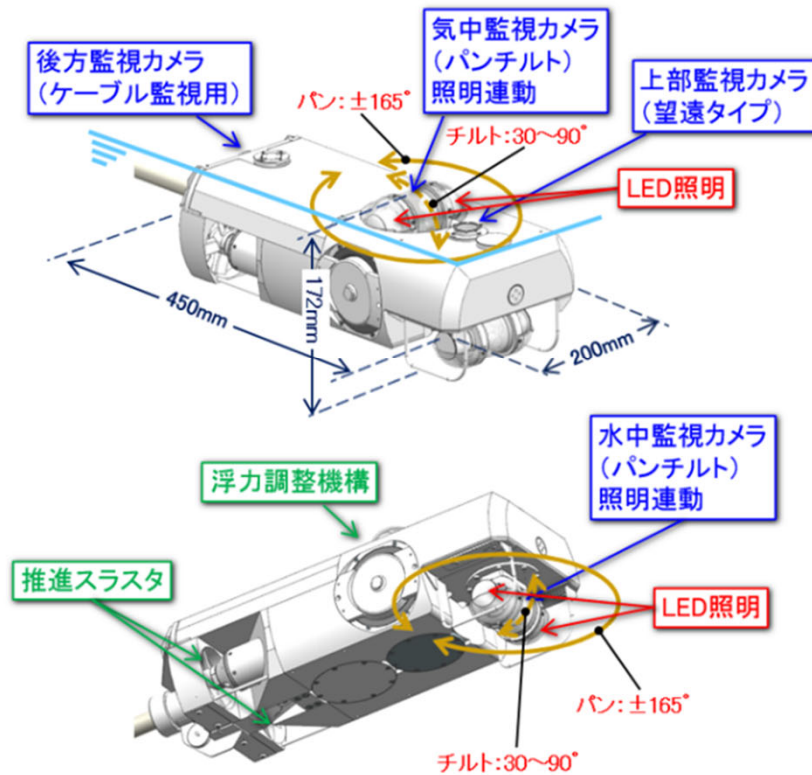


※: 堆積物表面形状と落下物高さ測定が可能な入射角

(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（※アタリできた場合） |
| | 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 |

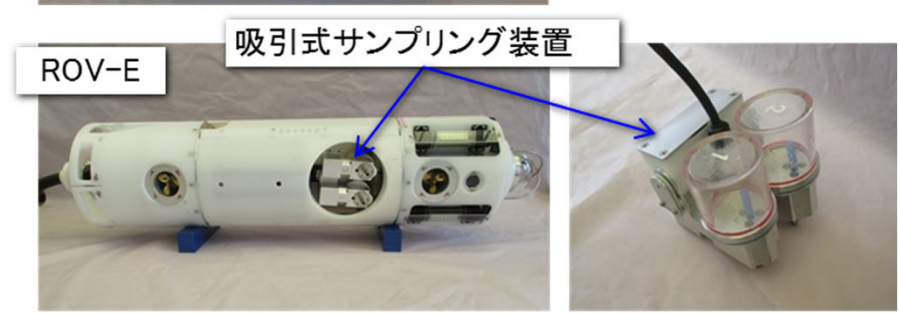
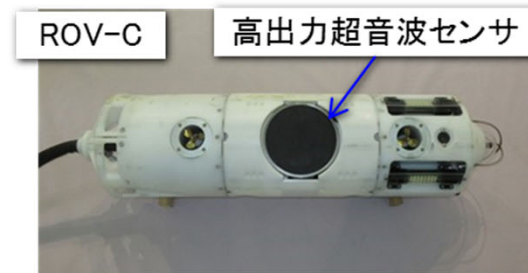
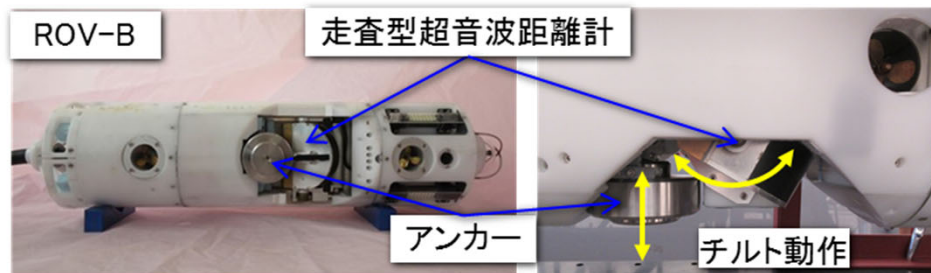
推力：約50N 寸法：直径φ20cm×長さ約45cm



(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



2号機原子炉建屋内調査 (地下1階アクセス性検討のための状況確認)

2023年1月26日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 背景および調査目的

背景

- 当社は「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討」として、事故進展の解明にかかる取組みを継続。
- 事故進展にかかる多くの情報は廃炉作業の進捗とともに取得していくが、原子炉建屋内の事故の痕跡を留める場所については、事故時の情報が失われる前に先行して調査を行い検討に役立てることを計画し、「福島第一原子力発電所事故調査中長期計画」として公表。
- 2号機においては、津波到達前後を含め約3日間作動していたRCIC※の停止原因の解明が検討課題の一つとなっているが、RCIC室は地下1階にあるため、アクセスが困難な状況。他の設備を含めた地下1階の調査を行うため、地下1階へのアクセス方法を検討中。

調査目的

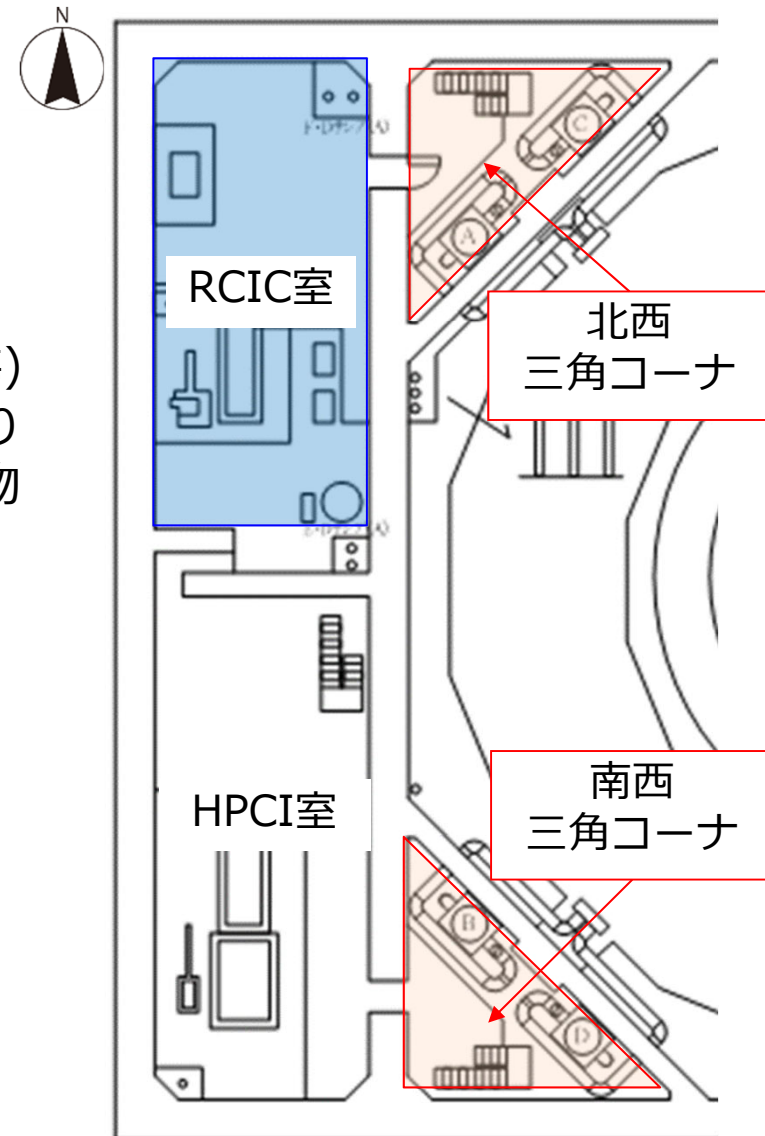
- 今回は、将来的にRCICを含む地下1階設備を調査するための事前調査として、原子炉建屋地下1階へのアクセス方法検討に資する情報を取得することを目的とし、地下1階三角コーナの状況を確認する。

※RCIC：原子炉隔離時冷却系（Reactor Core Isolation Cooling system）。
通常システムによる原子炉への給水が出来なくなった時、原子炉の蒸気を駆動源とするポンプによって給水するシステム。

2. 事前調査の概要

TEPCO

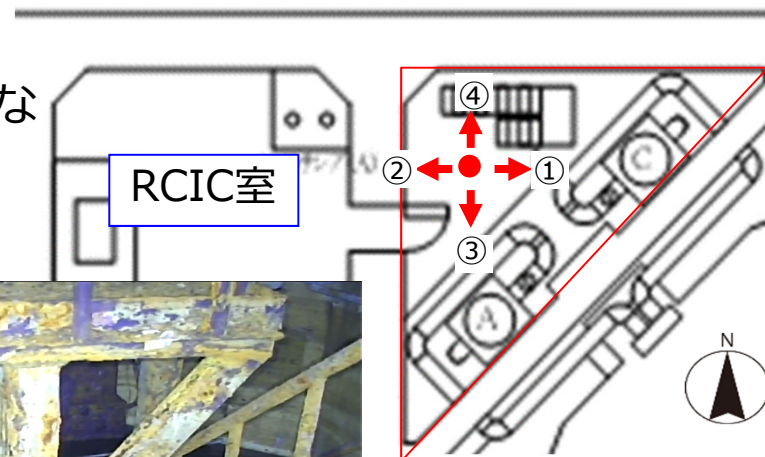
- 調査対象エリア
 - 2号機原子炉建屋地下1階
北西三角コーナ／南西三角コーナ
- 調査方法
 - 比較的線量が低いエリア（1階フロア等）から調査装置（カメラ、線量計）を吊り降ろし、三角コーナの状況確認（干渉物の有無等）および線量率調査を行う。
- 調査期間
 - 2022年12月



2号機原子炉建屋地下1階概略図

3. 確認結果；北西三角コーナ（1/3）

- 三角コーナ内の既設設備の状況を確認
 - ・ RCIC室へのアクセスの障害になるような機器の損傷がないことを確認



● : カメラ投入箇所
(2022年12月8日撮影)



①東 (RHRポンプ(C))



②西 (階段、空調設備)



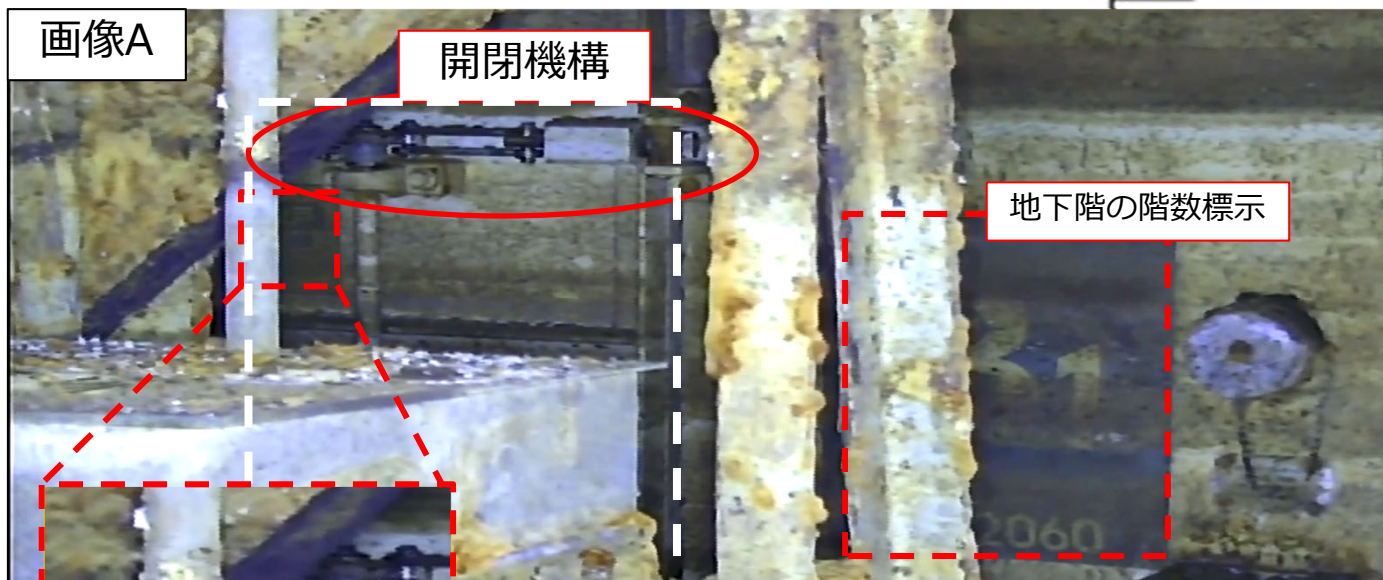
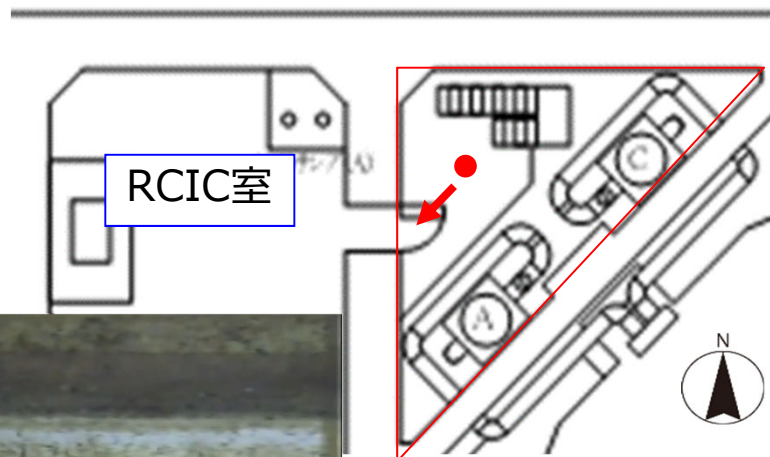
③南 (RHRポンプ(A))



④北 (オイルクーラー)

3. 確認結果；北西三角コーナ（2/3）

- RCIC室扉の状況を可能な範囲で確認
 - ・ 扉上部の開閉機構を確認（画像A）
 - ・ 扉開閉用のハンドルを確認（画像B）
 - RCIC室扉は閉状態であり、確認できた範囲では大きな損傷はないと推定



3. 確認結果；北西三角コーナ（3/3）

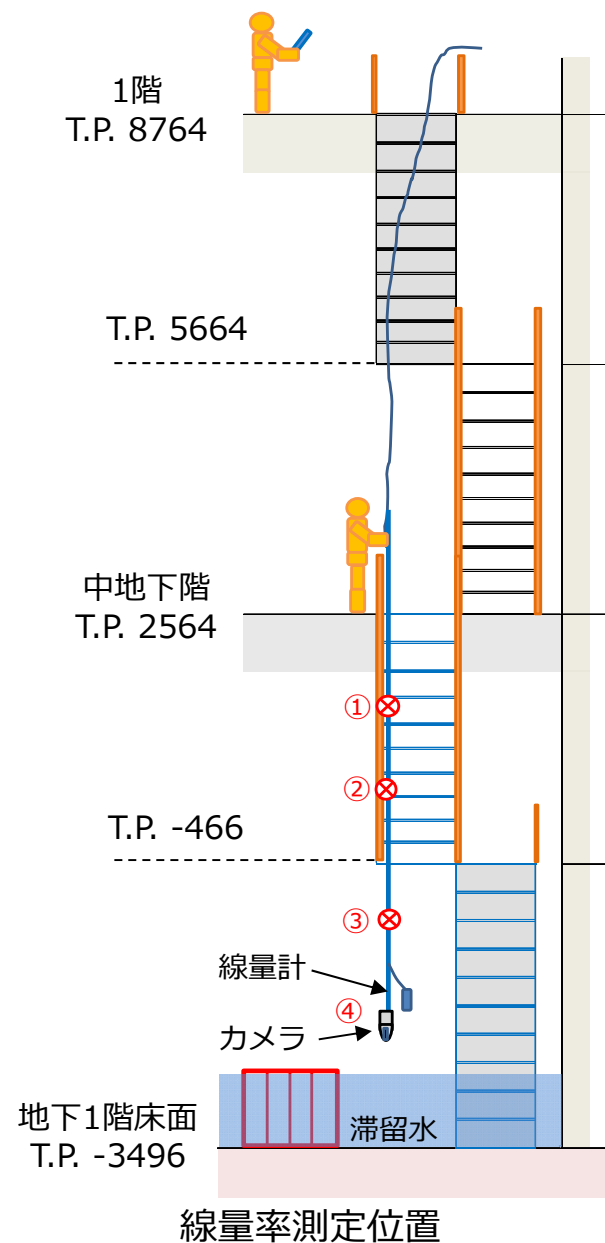


■ 中地下階近傍～地下1階の線量率測定を実施※

※12/9の測定結果を踏まえ、広範囲の線量計を用いて再度測定を実施

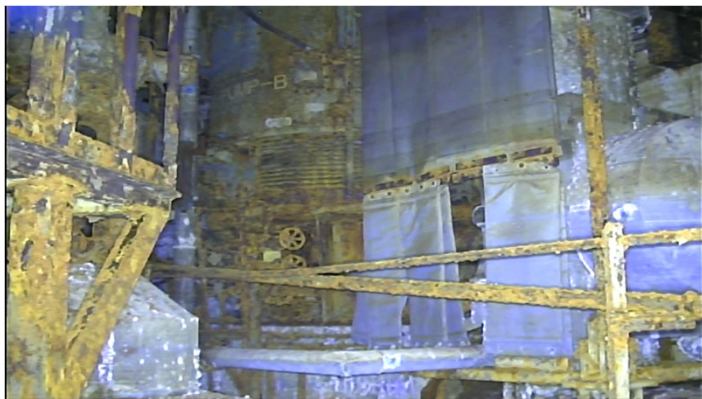
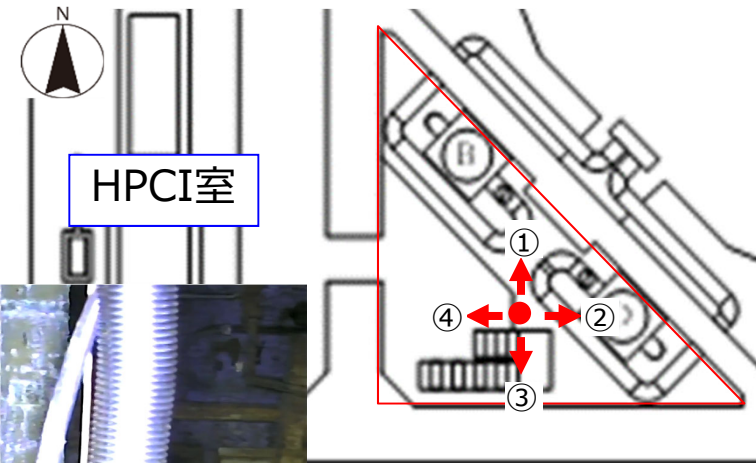
| 測定点 | 測定位置 | 空間線量率 [mSv/h] |
|-----|-----------------|------------------|
| ① | 地下1階床面から約5000mm | 77 |
| ② | 地下1階床面から約4000mm | 225 |
| ③ | 地下1階床面から約2500mm | 230 |
| ④ | 地下1階床面から約1600mm | 205 |

測定日：2022年12月16日



4. 確認結果；南西三角コーナ（1/3）

- 三角コーナ内の既設設備の状況を確認
 - HPCI室へのアクセスの障害になるような機器の損傷がないことを確認



①北（RHRポンプ(B)）



②東（RHRポンプ(D)）



③南（階段、オイルクーラー）



④西（壁面、制御盤）

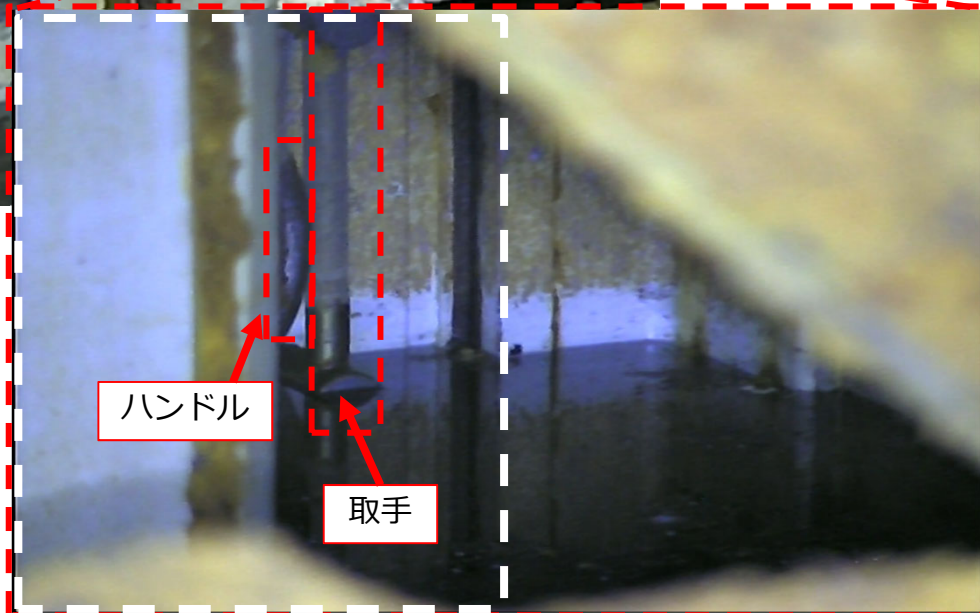
● : カメラ投入箇所
(2022年12月22日撮影)

4. 確認結果；南西三角コーナ（2/3）

- HPCI室扉の状況を可能な範囲で確認
 - 水密扉のハンドルと取手を確認
 - HPCI室扉は閉状態であり、確認できた範囲では大きな損傷はないと推定

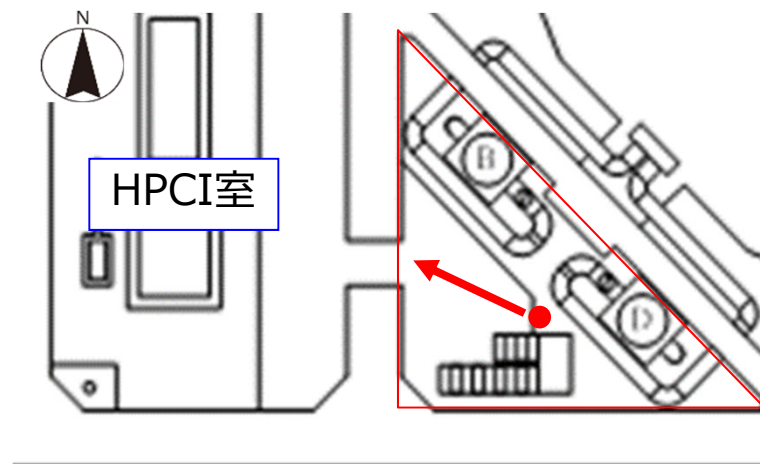


制御盤
(前頁画像④)



ハンドル

取手



● : カメラ投入箇所
(2022年12月22日撮影)



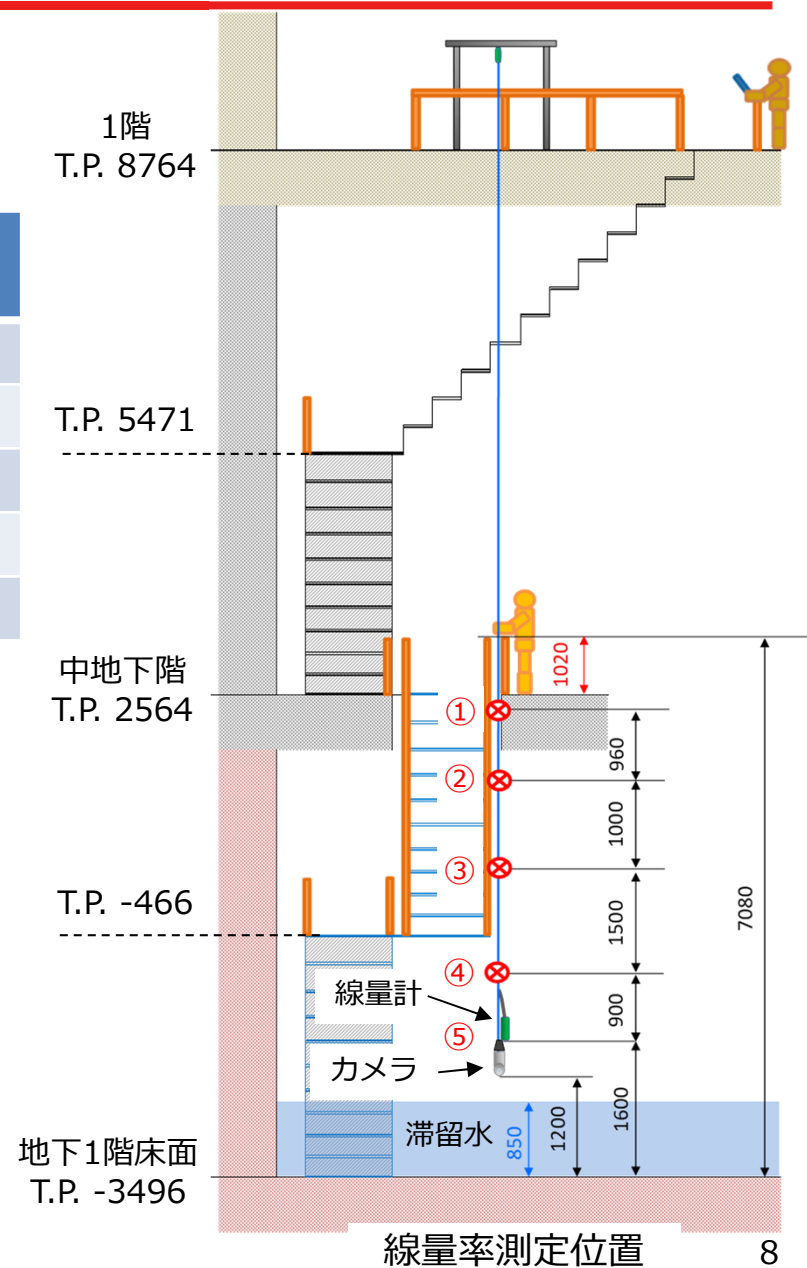
水密扉のハンドルと取手 (例)

4. 確認結果；南西三角コーナ（3/3）

■ 中地下階近傍～地下1階の線量率測定を実施

| 測定点 | 測定位置 | 空間線量率 [mSv/h] |
|-----|-----------------|------------------|
| ① | 中地下階床面付近 | 100 |
| ② | 地下1階床面から約5000mm | 190 |
| ③ | 地下1階床面から約4000mm | 200 |
| ④ | 地下1階床面から約2500mm | 231 |
| ⑤ | 地下1階床面から約1600mm | 203 |

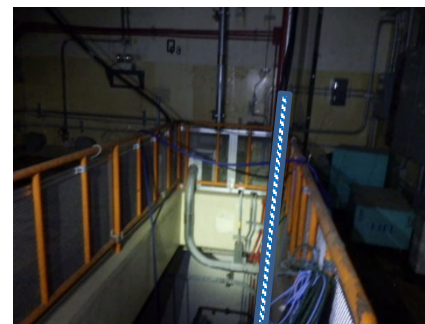
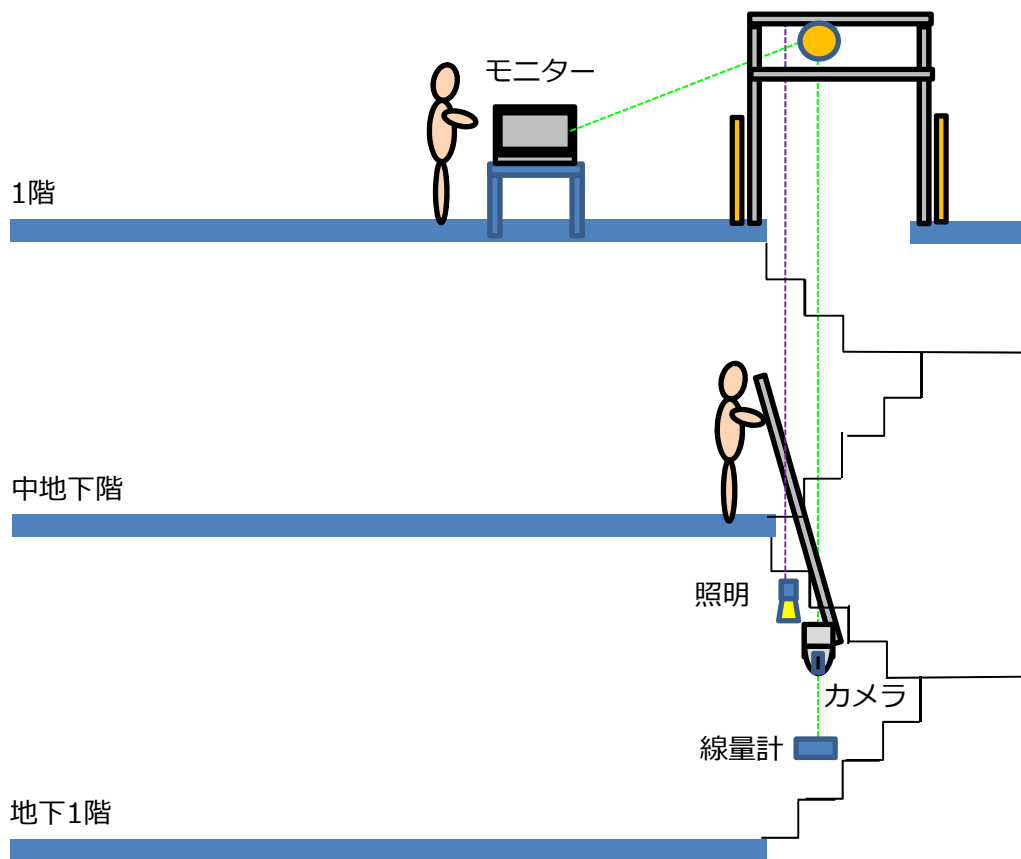
測定日：2022年12月22日



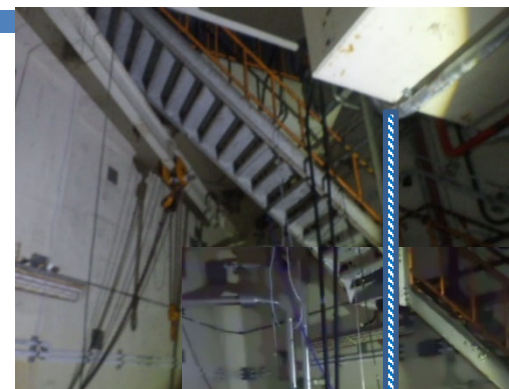
- 2号機原子炉建屋地下1階へのアクセス方法検討に資する情報を取得することを目的として、地下1階三角コーナ（北西・南西）の状況を確認
 - 同エリアに設置されている設備として、RHRポンプ(A)～(D)等に外観上の損傷がないことを確認
 - RCIC室およびHPCI室へのアクセスの障害になるような、機器の損傷等による干渉物がないことを確認
 - RCIC室扉およびHPCI室扉は閉状態であり、確認した範囲では大きな損傷はないと推定

- 本調査で得られた情報等を踏まえ、地下1階へのアクセス方法および調査方法を検討していく

(参考) 調査イメージ



1階（階段室）



中地下階（階段）



地下1階（階段）

(参考) 調査装置の概要

■ 動画撮影装置



| 項目 | 仕様 |
|-------|--------------|
| サイズ | Φ90×273mm |
| 重量 | 2.8kg |
| パン範囲 | 360° (連続) |
| チルト範囲 | 260° (±130°) |

■ 線量率表示器 (2022年12月9日測定で使用)



| 項目 | 仕様 |
|---------|-----------------|
| 検出器種類 | 半導体検出器 (Si) |
| 線量率表示範囲 | 0 ~ 99.99 mSv/h |

■ 線量計 (2022年12月16日、22日測定で使用)



| 項目 | 仕様 |
|---------|---------------------|
| 検出器種類 | 半導体検出器 (Si) |
| 線量率表示範囲 | 1 mSv/h ~ 1000 Sv/h |

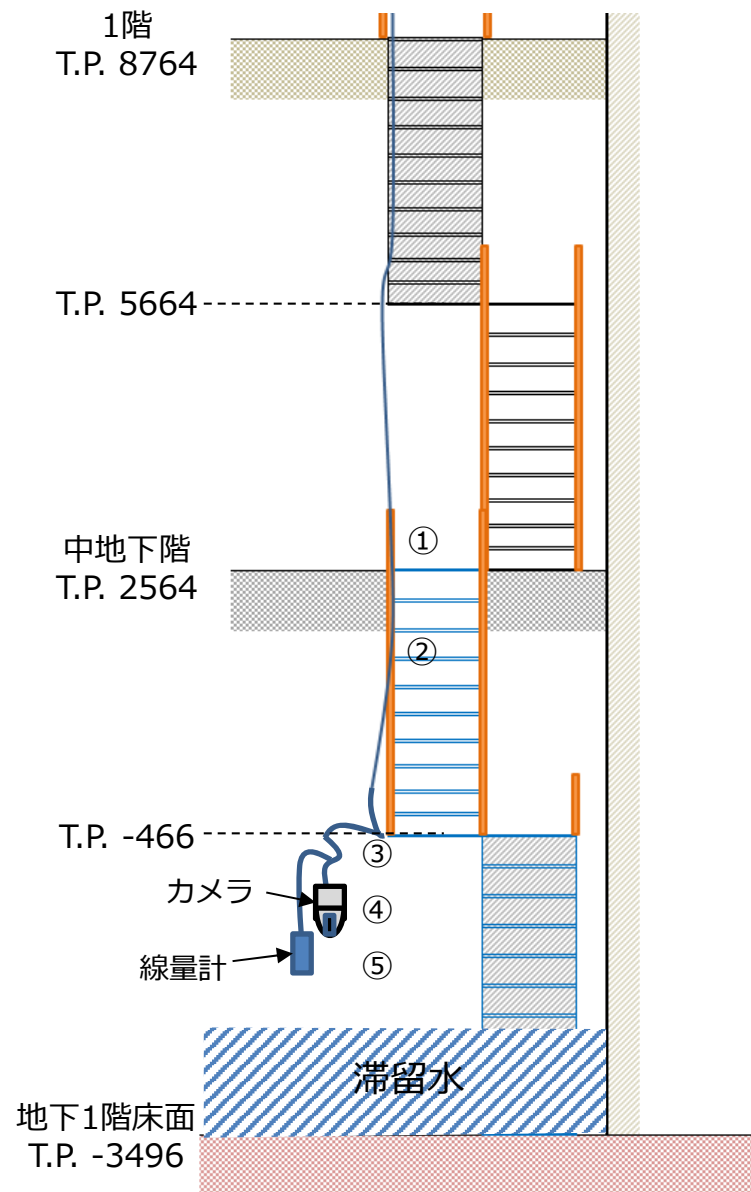
（参考）北西三角コーナ線量率（2022年12月9日測定）



■ 中地下階近傍～地下1階の線量率測定を実施

| 測定点 | 測定位置 | 空間線量率 [mSv/h] |
|-----|-----------------|---------------|
| ① | 中地下階床面 | 41.75 |
| ② | 地下1階天井付近 | 73.77 |
| ③ | 地下1階床面から約2500mm | 100以上 |
| ④ | 地下1階床面から約2000mm | 100以上 |
| ⑤ | 地下1階床面から約1500mm | 100以上 |


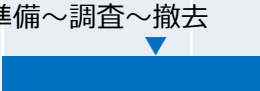
測定日：2022年12月9日



線量率測定位置

（参考）調査工程



| 調査箇所 | 2022年12月 | | | 2023年1月 | | |
|---------|--|--|--|---|--|--|
| 北西三角コーナ | 準備～調査～撤去  | | | | | |
| 南西三角コーナ | | | | 準備～調査～撤去  | | |

▼：調査（状況により複数回実施）

1/2号SGTS配管撤去（その1）の進捗状況

2023年1月26日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

2. SGTS配管切断再開前のウレタン追加注入について

3-1~4. 信頼度向上対策

- ・モックアップ（以下，M/U）実施場所について
- ・M/U概要
- ・M/U工程（案）

4-1~3. 1/2号機周辺工事の進捗状況

- ・工程
- ・1号機Rw/Bガレキ解体前
- ・1号機Rw/Bガレキ解体の進捗状況

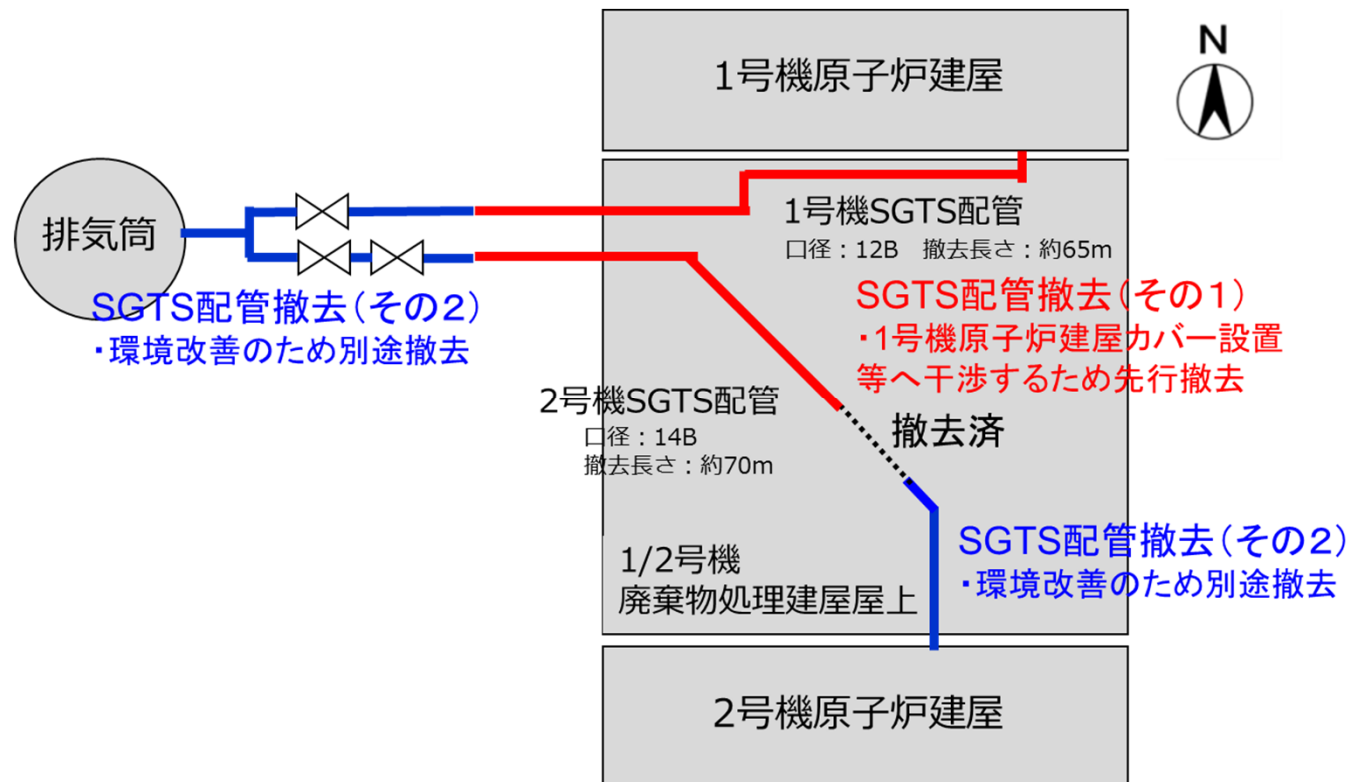
参考資料

- ・1/2号機Rw/B上部のSGTS配管撤去の信頼度向上対策①～③

1. 概要

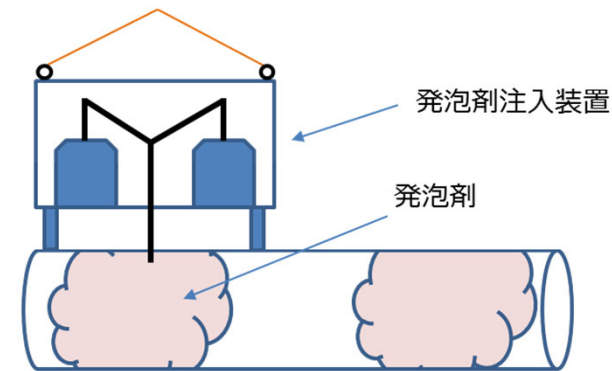
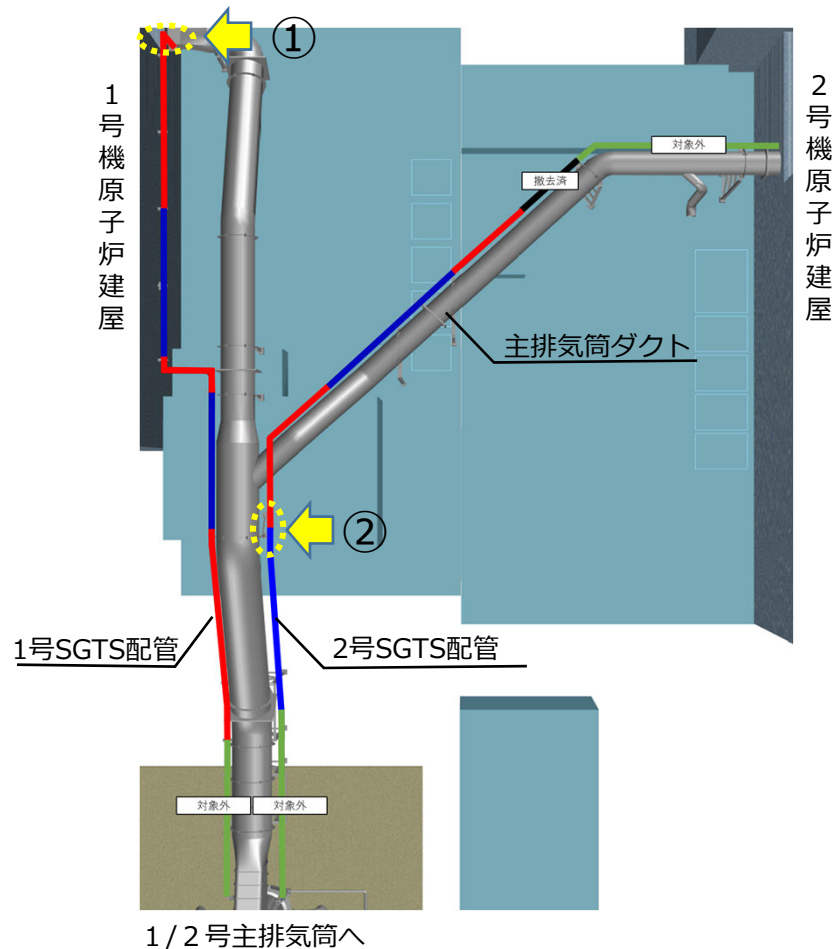
➤ SGTS配管撤去（その1）

1/2号機廃棄物処理建屋（以下,1/2号機Rw/B）上部のSGTS配管のうち,1/2号機Rw/B雨水対策工事及び1号機原子炉建屋大型カバー設置工事に干渉する範囲を先行撤去。（現在中断し,信頼度向上対策を実施中。）



2. SGTS配管切断再開前のウレタンの追加注入

- 下記2箇所へ、ウレタンの追加注入を実施する予定。当該箇所は事前にウレタンを注入済みであるが、更なるリスク低減のため追加注入を行う。
- 実施予定：2023年2月中旬
 - ①1号SGTS配管：鉛直配管のためウレタンが流れ落ちているリスクを想定
 - ②2号SGTS配管：干渉物を躲すため、切断位置を数十cm2号機側へ移動する予定。ウレタンが注入された範囲を外れるリスクを想定。



発泡剤注入



写真：2021年9月ウレタン注入時

3-1. 信頼度向上対策

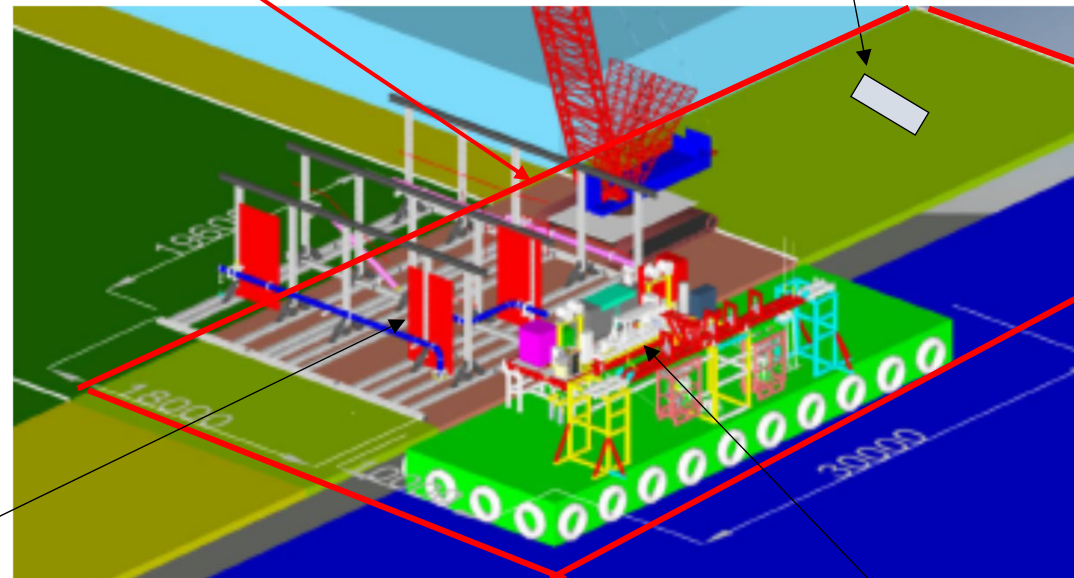
- 構外にて、切断装置の単体切断試験を実施。
(ワイヤーソー、サポート切断装置、及びリカバリー用切断装置)
- 今後、吊天秤へ切断装置の組み込みを行い、模擬配管を用いてM/Uを実施予定。



M/U施設設置エリア



・実作業を模擬し、切断装置の操作者はカメラ画像を見ながら遠隔操作でM/Uを実施する。



M/U施設イメージ図

切断用の模擬配管
(干渉物を模擬する)

切断装置の仮置きエリア

■ M/U概要

- 現場状況を可能な限り模擬し，対策後の切断装置で切断可能であることを確認する。
- また，切断面へ圧縮方向の応力を発生させ，噛み込みが発生するか確認を実施する。（いじわる試験）
- 準備作業を含め，作業の手順，段取りを確認し，現地での作業被ばく低減及び安全で効率的な作業手順を作成する。
- M/Uの結果を基に必要に応じて装置の手直しや手順の見直しを行い，再度確認を実施する。

■ M/U主要確認項目

➤ 配管切断

- ・切断装置（吊天秤）が干渉物を回避し、切断位置にアクセス可能であること。
- ・切断装置（吊天秤）の遠隔操作により、配管切断ができること。
- ・意図的に切断装置を挟み込ませ、バックアップ装置が有効に機能し配管切断できること。

➤ ダスト飛散防止対策

- ・追加した切断装置のダスト飛散防止対策が有効に機能すること。

➤ 緊急離脱

- ・遠隔装置に通信エラーなどを発生させ、緊急離脱が可能であることを確認。

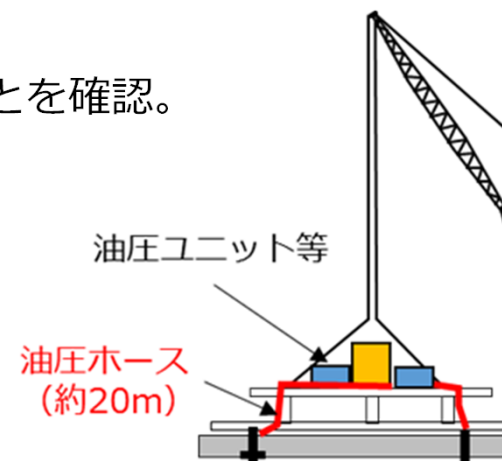
➤ 対策後の切断装置

- ・油圧系統に油漏れがないこと。
- ・遠隔操作により装置の全機器に異常・損傷なく作動すること。
- ・全てのカメラが、遠隔操作により想定箇所をモニター可能なこと。
- ・全ての警報が遠隔操作パネル上で確認出来ること。

■ その他

➤ 環境要因負荷

夜間作業を想定した照明，遠隔監視用カメラの視界についてM/Uを実施する。

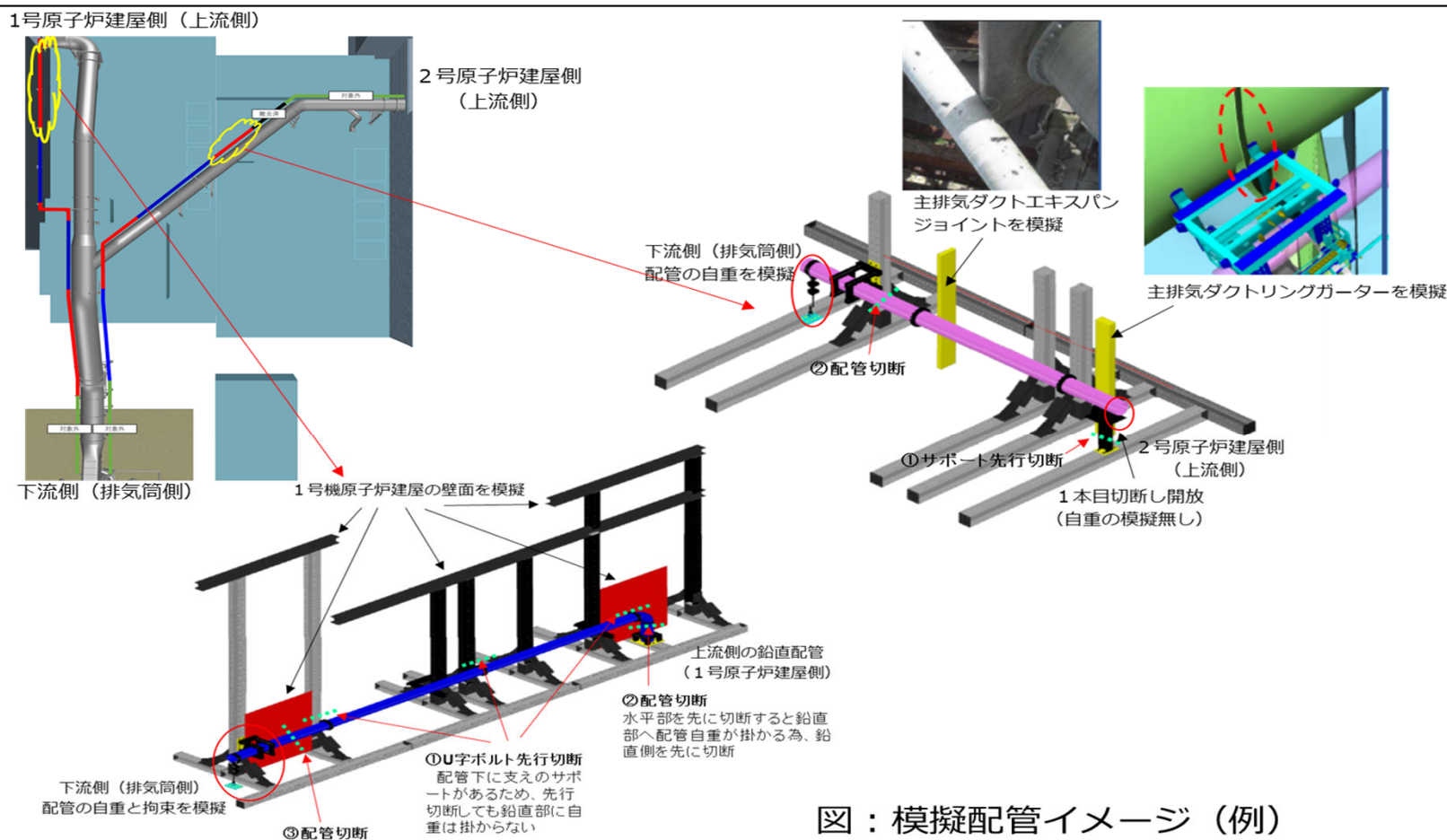


図：吊天秤イメージ

3-3. 信頼度向上対策

模擬配管の製作

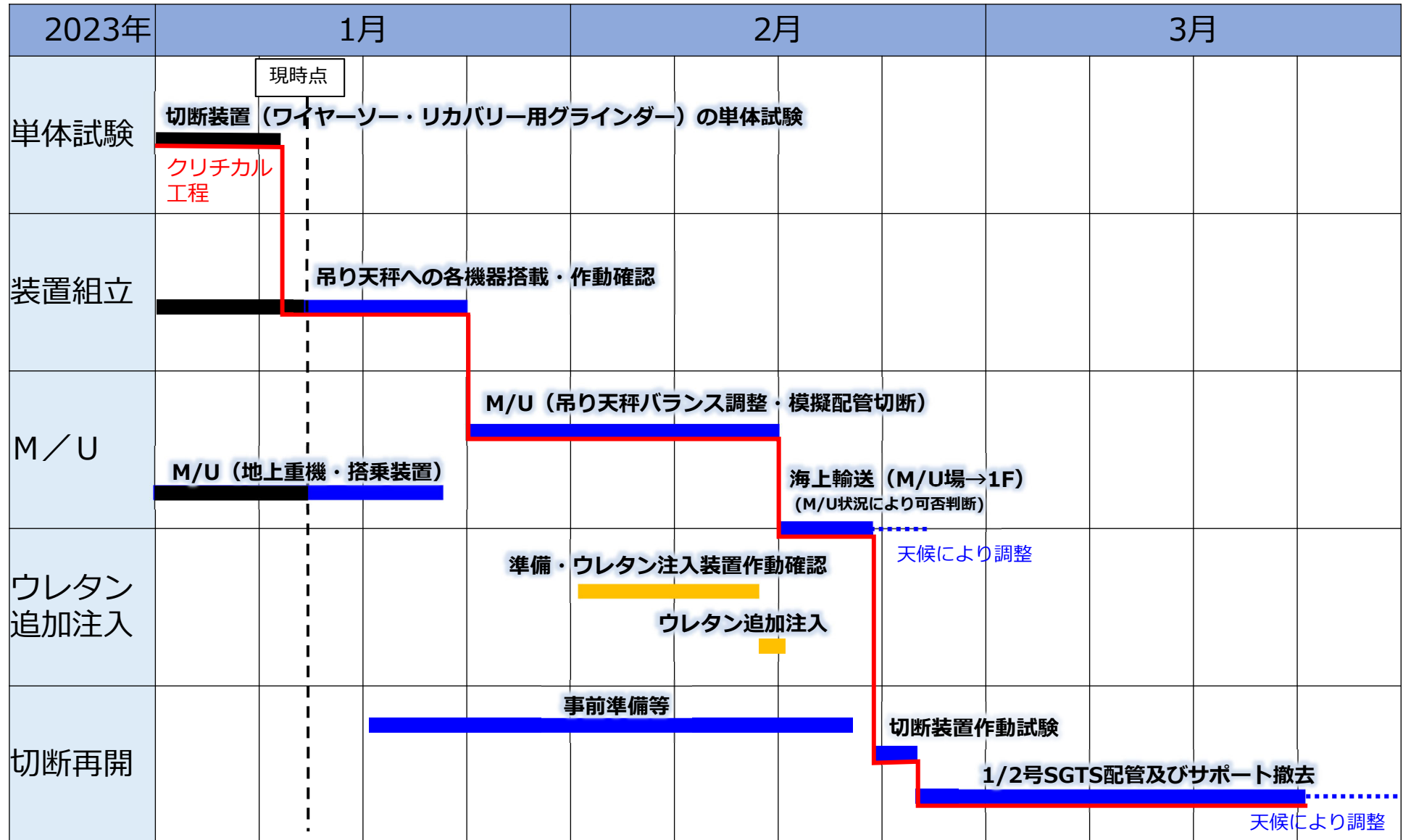
- 現場をスキャンして作成した3D画像を基に、模擬配管を製作する。
- 配管サポートによる拘束状況、及び現場の干渉物を模擬する。
- 配管の自重を模擬するため、模擬配管の端に負荷を掛ける。
- 切断箇所にはウレタンを注入し、現場の条件に近づける。
- 防食テープを巻いた模擬配管を製作し、切断状況を確認する。



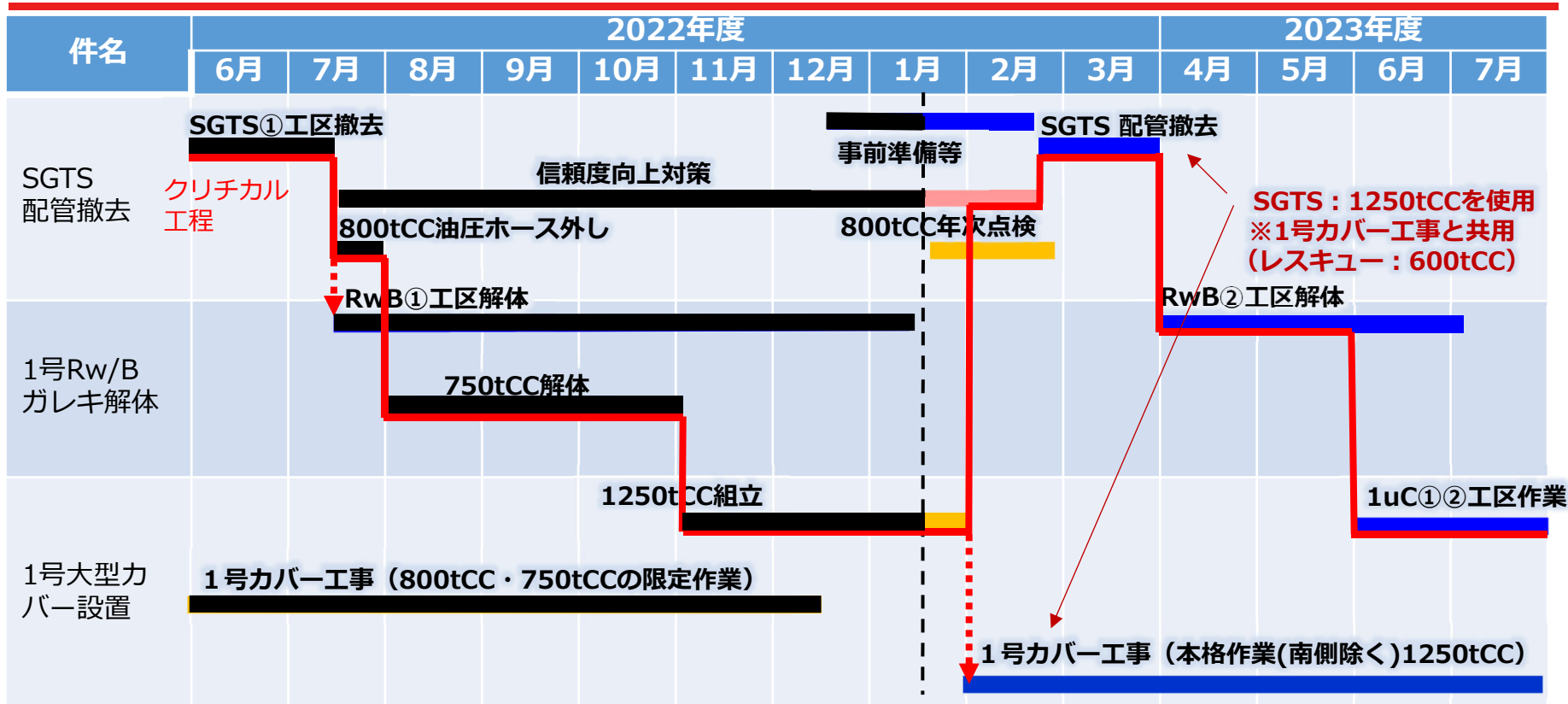
図：模擬配管イメージ (例)

3-4. 信頼度向上対策

➤ 今後の工程（案）



4-1. 1/2号機周辺工事の進捗状況

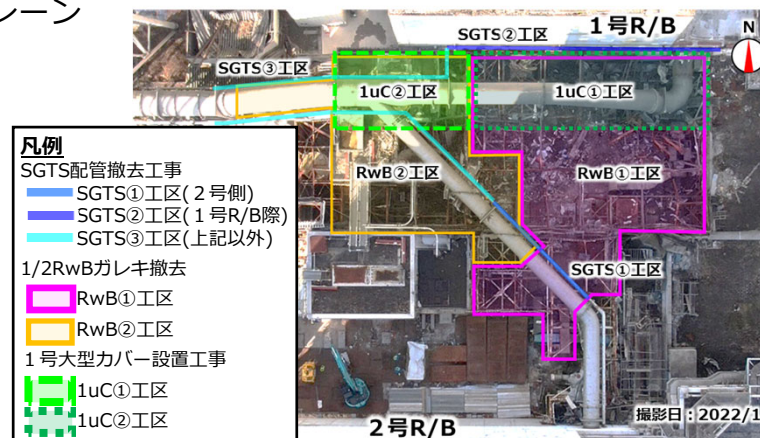


CC : クローラークレーン

○工程は、現場等の状況により見直しを行う。

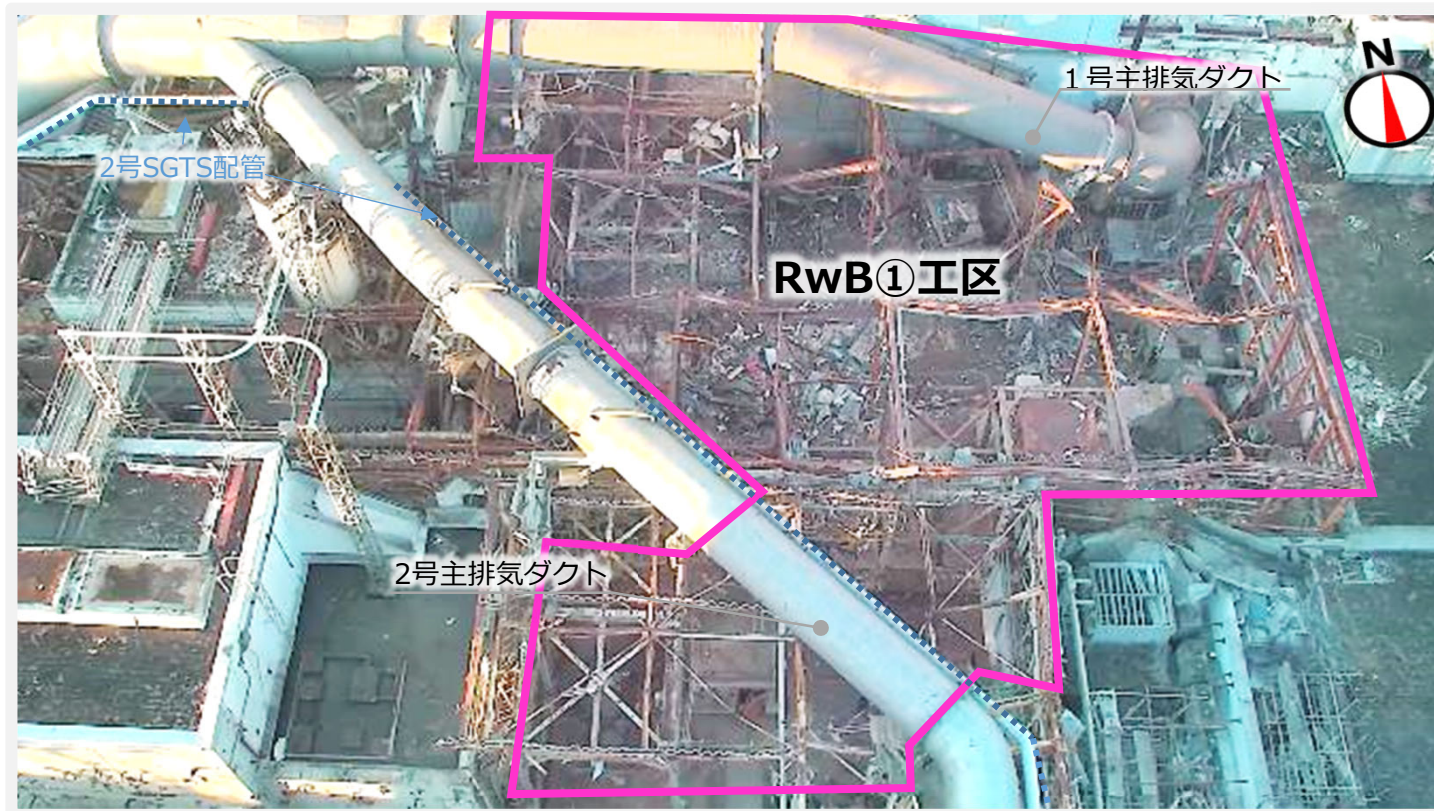
○現状

- ・ 1/2号機Rw/B上部のSGTS配管撤去の信頼度向上対策を実施中。
 - ・ SGTS配管の切断再開時期は、2022年度2月下旬を目標としている。
 - ・ 1/2号機Rw/B上部のSGTS配管撤去期間中、1号大型カバー工事と1250tCCを共用する予定。



4-2. 1/2号機周辺工事の進捗状況

➤ 1号機Rw/Bガレキ解体前



RwB①工区作業内容

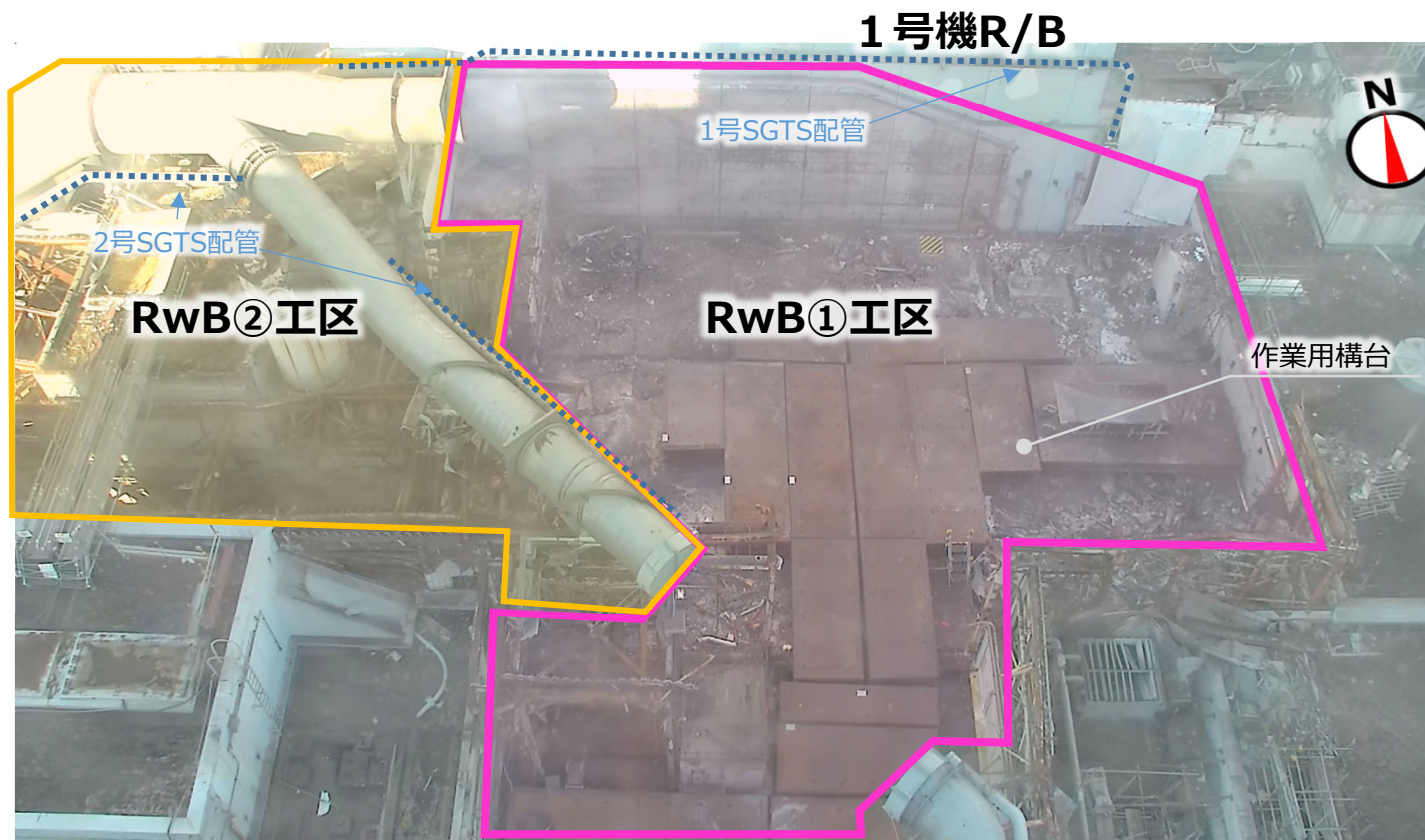
1. 1号主排気ダクト撤去
2. 2号主排気ダクト撤去
3. Rw/B損傷鉄骨解体
4. Rw/Bガレキ撤去
5. 作業構台設置

RwB①工区解体前
(2022年1月撮影)

4-3. 1/2号機周辺工事の進捗状況

1号機Rw/Bガレキ解体の進捗状況

- RwB①工区（SGTS配管撤去再開前に解体可能な範囲）のガレキ解体が完了。
- 当該エリアは、SGTS配管撤去のリカバリー対策で活用すると共に、引き続き床面の清掃や雨水排水ルートへの整備等を進めていく。
- SGTS配管撤去再開後、順次、RwB②工区のガレキ解体を進めていく。



RwB①工区作業内容

1. 1号主排気ダクト撤去
2. 2号主排気ダクト撤去
3. Rw/B損傷鉄骨解体
4. Rw/Bガレキ撤去
5. 作業構台設置

現場状況写真
(2023年1月10日撮影)

参考資料

1/2号機Rw/B上部のSGTS配管撤去の
信頼度向上対策

● 切断装置の改造検討

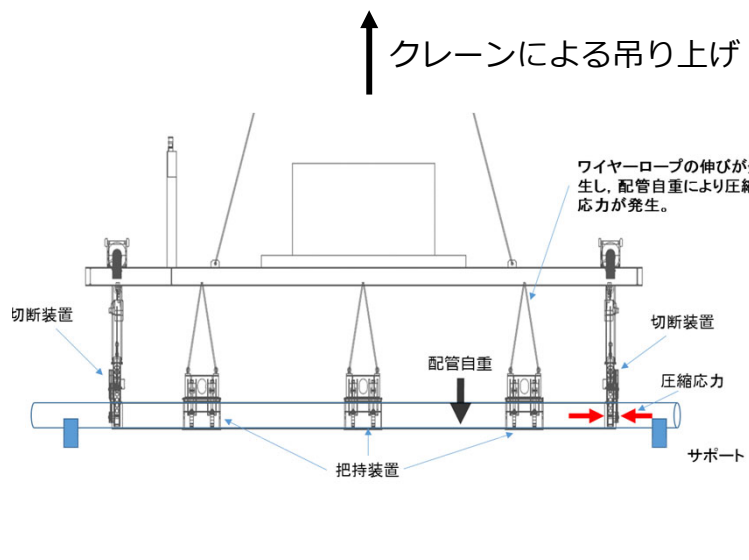
➤ 切断装置（ワイヤーソー）の配管への噛み込み発生について

推定原因

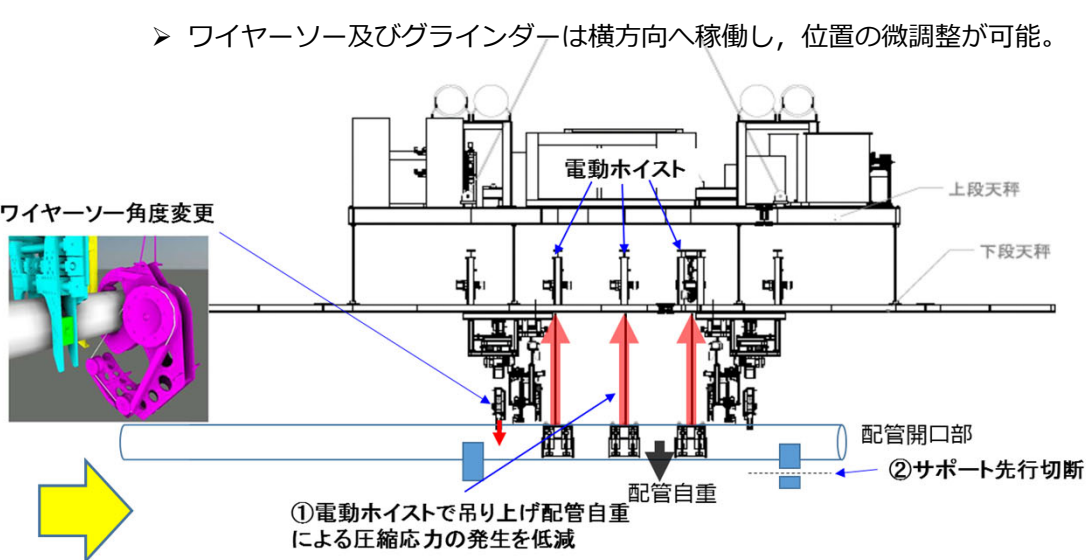
- ・切断が進むにつれ、切断面に配管自重による圧縮応力が発生し、ワイヤーソーの刃が噛み込んだ。
- ・クレーンによる吊り上げだけでは配管自重による圧縮応力の発生の低減効果が十分でなかったと推定。

対策

- ①把持装置に電動ホイストを追加し、配管を水平に維持することで圧縮応力の発生を低減。
 - ②配管サポートを先行切断することで応力の発生を低減。
 - ③切断途中でワイヤーソーの角度を変更し、切断面の接触面積を低減させ摩擦抵抗を低減させる。
- ※③項は前回切断時から継続する対策



図：対策前のイメージ



図：対策後のイメージ

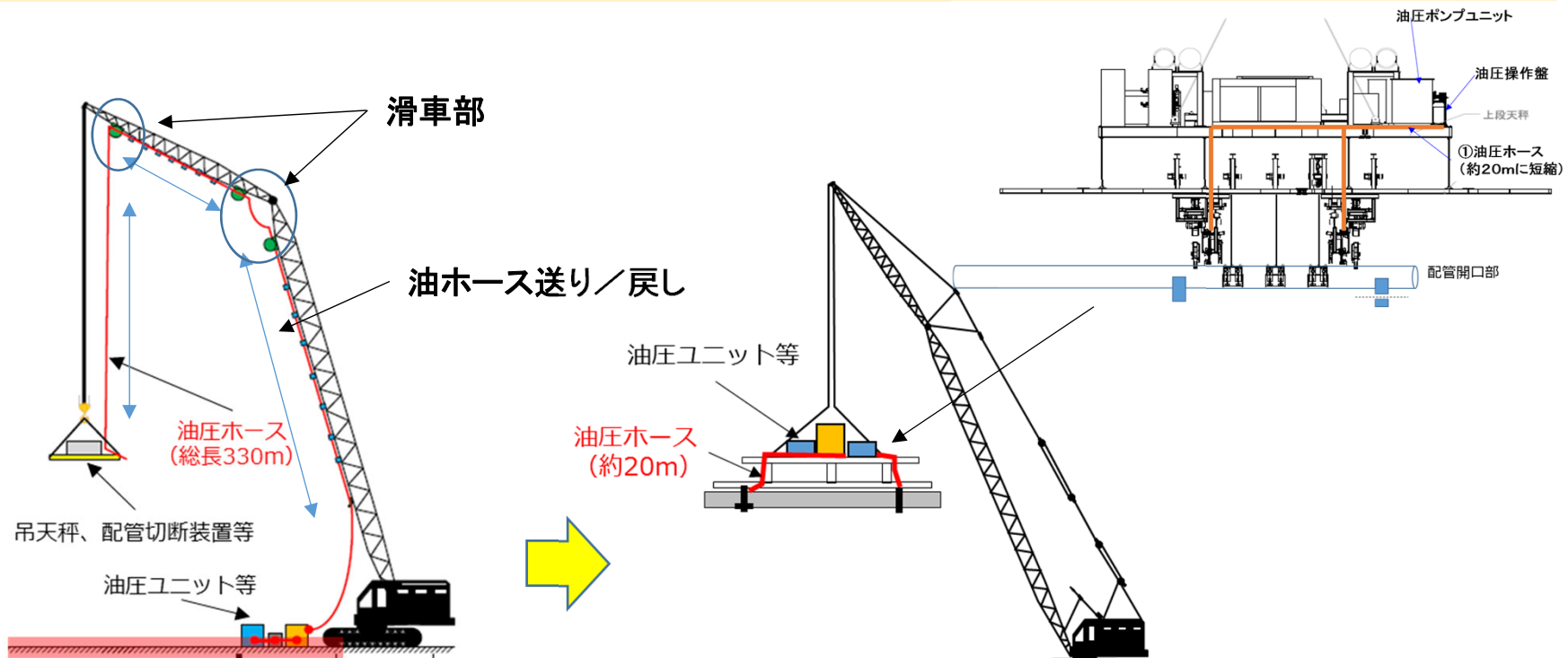
➤ 油圧ホースの油漏れ

推定原因

- ①油圧ホースをクレーンブームに敷設しているため、ホースが長くなり（約330m）、ホースの自重により負荷がかかり、油圧ホースが損傷した。
- ②配管切断装置の吊り上げ下げに合わせ、油圧ホースの送り／戻しを行うため、ホースに負荷がかかり、油圧ホースが損傷した。

対策

- ①油圧ユニットを天秤に載せることで油圧ホース長を従来の約330mから約20mに短縮し、油圧ホースの送り／戻しを削減する。

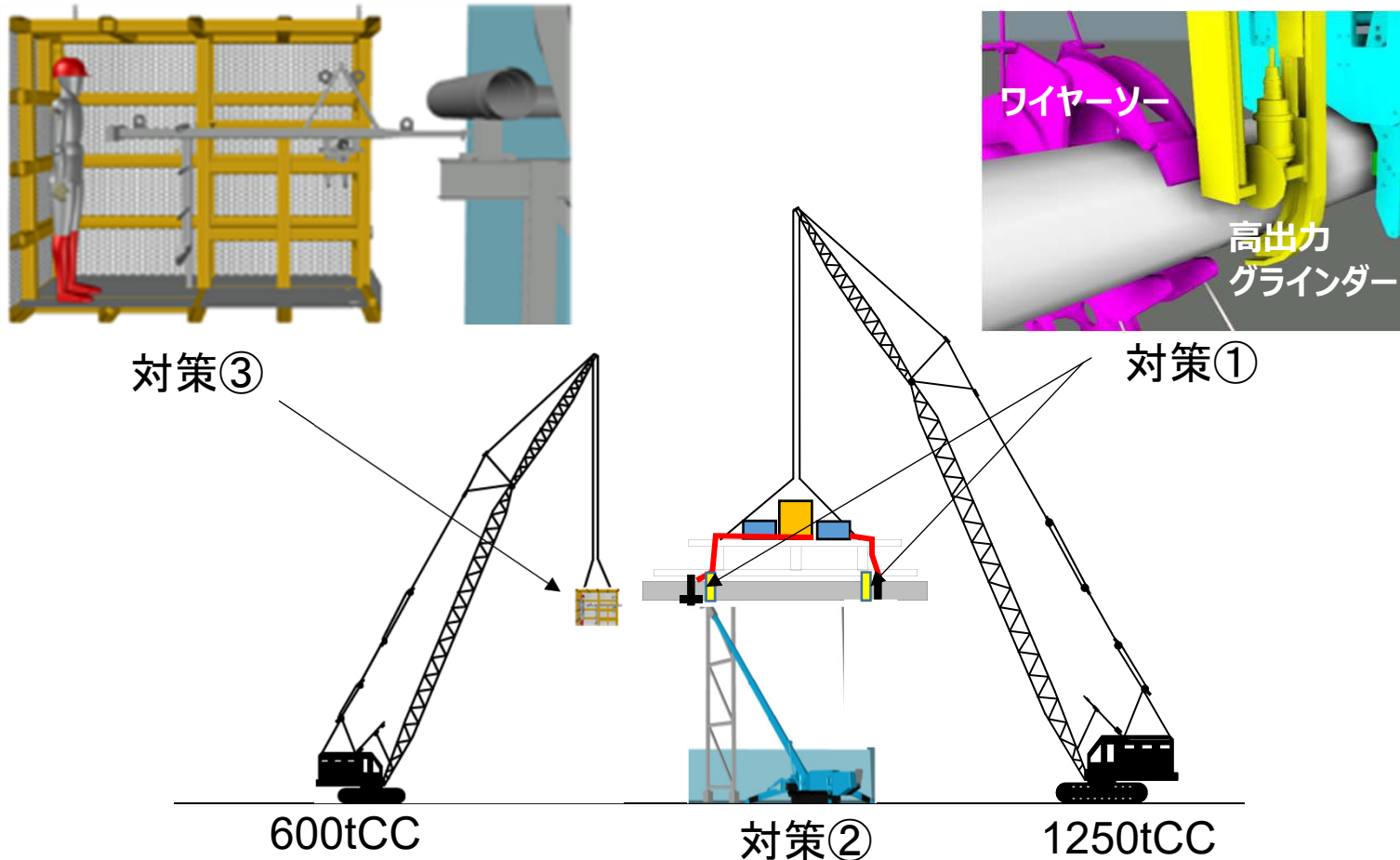


図：対策前のイメージ

図：対策後のイメージ

➤ リカバリー対策

- 対策① ワイヤソー切断で噛み込みが発生した場合、配管の残余分を吊天秤に追設した高出力グラインダーにて切断する。
- 対策② 1 / 2号機Rw/B上部のガレキ撤去が完了している箇所から、地上重機による切断を準備。
- 対策③ 地上重機のアクセスが難しい箇所用には、搭乗設備による切断を準備。



被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の開発

2023年1月26日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門

本資料は、令和3年度開始廃炉・汚染水対策事業費補助金（原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発(被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の開発))事業として実施された成果の一部を含みます。

I 現場のニーズ

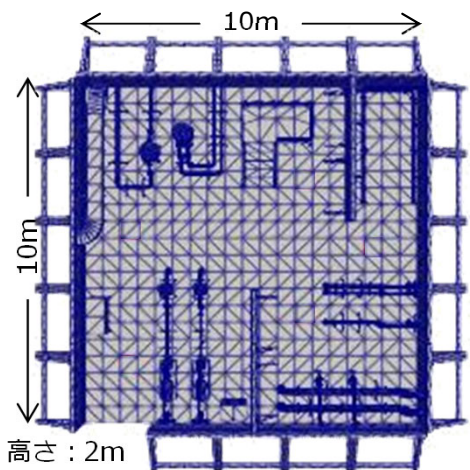
- 今後、燃料デブリ取り出し作業の本格化により原子炉建屋(R/B)内での作業増加が予想される。R/B内での作業を行うためには、**可能な限り作業員の被ばく低減を図り、安全かつ効率的な作業計画を策定**することが必要である。
- そのためには、
 - **環境データ（構造、線量率等）の調査**を効率的かつ精度良く行い、これらのデータを用いて、**的確に線源分布を推定**できるようにする。
 - 的確な線源分布を得ることにより、**機器等の撤去や除染による環境変化に対応しながら効率的な工事計画を策定**することで**効果的な線量低減工事を可能にする**。
 - 効率的な作業計画の策定及び確実な現場作業を実現するために、被ばく低減計画の段階から現場作業、作業結果の評価までを通じた関係者間の情報共有が必要である。そのために、**VR等のデジタル技術によってサイバー空間上に可視化**することが効果的である。

■: <3mSv/h
 ■: <5mSv/h
 ■: <7 mSv/h
 ■: <10mSv/h
 ■: > 10mSv/h
 ■: > 20mSv/h
 ■: > 50mSv/h



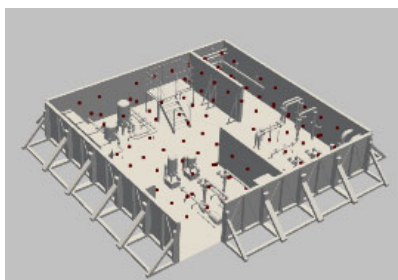
原子炉建屋1階 各エリアの線量率の平均値 単位：mSv/h

○ JAEAの有するシース (逆解析ツール(LASSO))

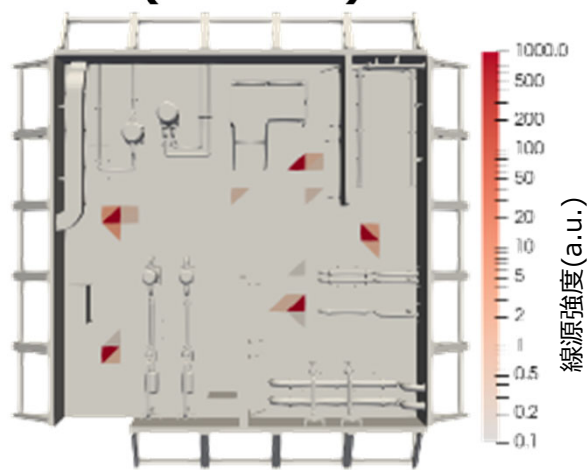
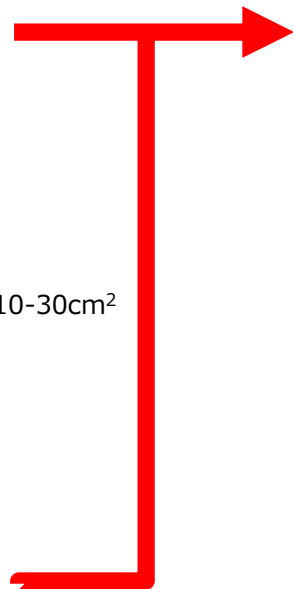


メッシュ数: 約20万、メッシュ大きさ: 約10-30cm²

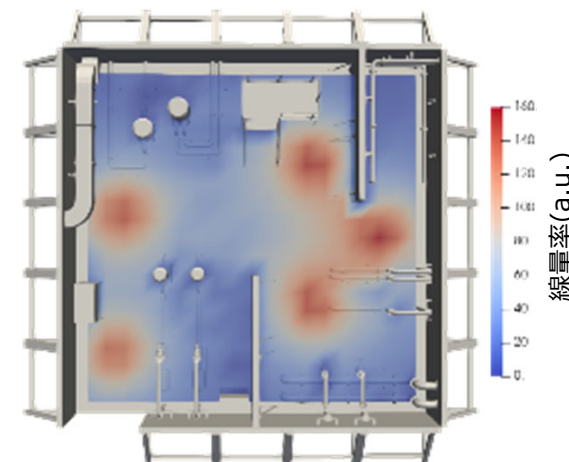
3次元の構造データ
(点群やCADより構築)



線量率計測点(100点)



逆解析で得た線源分布



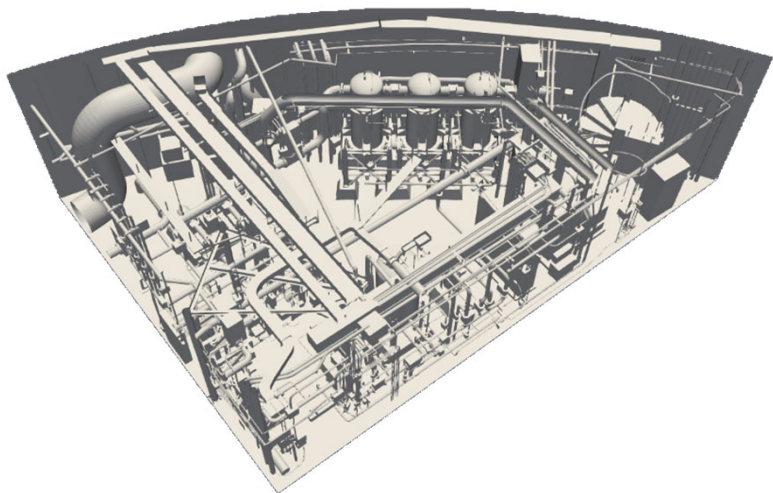
再構築した線量率分布
(未計測点の情報もわかる!!)

1Fのような大きなスケールに適用することができれば、
ニーズに対応できるのでは

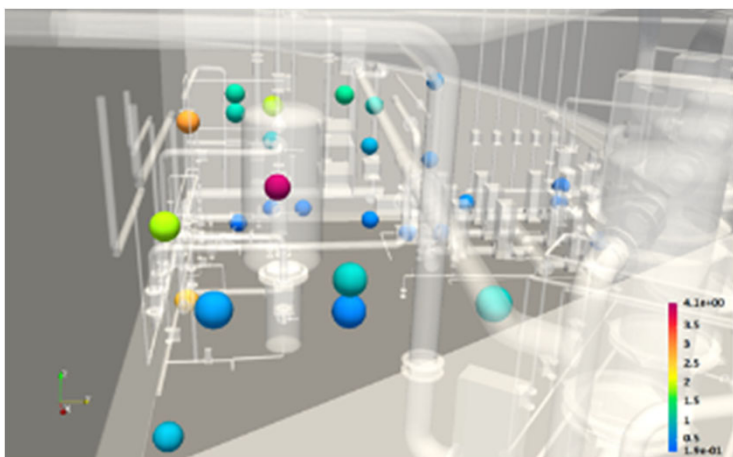
○ 開発戦略

1. 基礎技術(シース)を基に、**実用化に向けたプロトタイプシステムの構築**を目標とする。
 - a. 檜葉(コールド)、JMTR(ホット)を活用して、大規模システム適用技術を開発する。(p.3)
 - b. シミュレーションにより確認する。(p.4)
2. 1Fの現場適用性について評価する。

○ JMTR炉を用いた検証実験

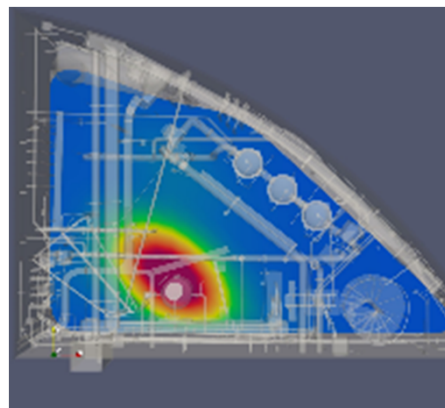


プールカナル循環系機器室 (CAD)

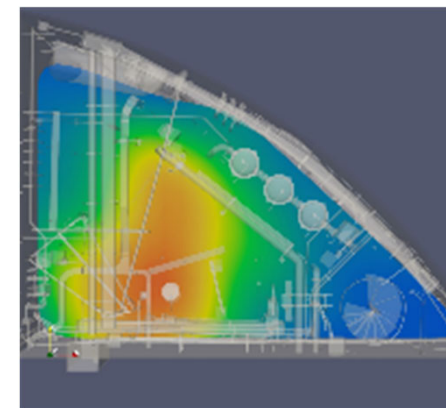


測定点と計測された線量率

現場実測値



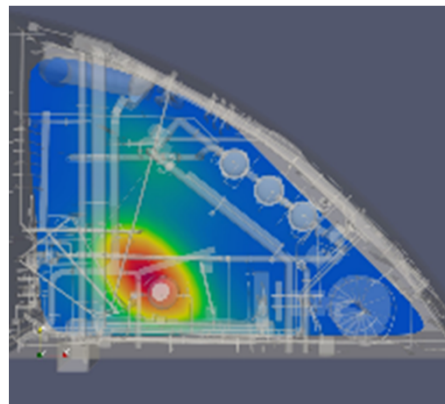
高さ 2m



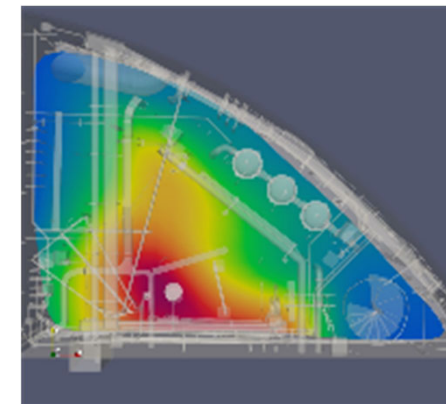
高さ 3m

線量率(a.u.)
0 100

推定(逆解析)値



高さ 2m



高さ 3m

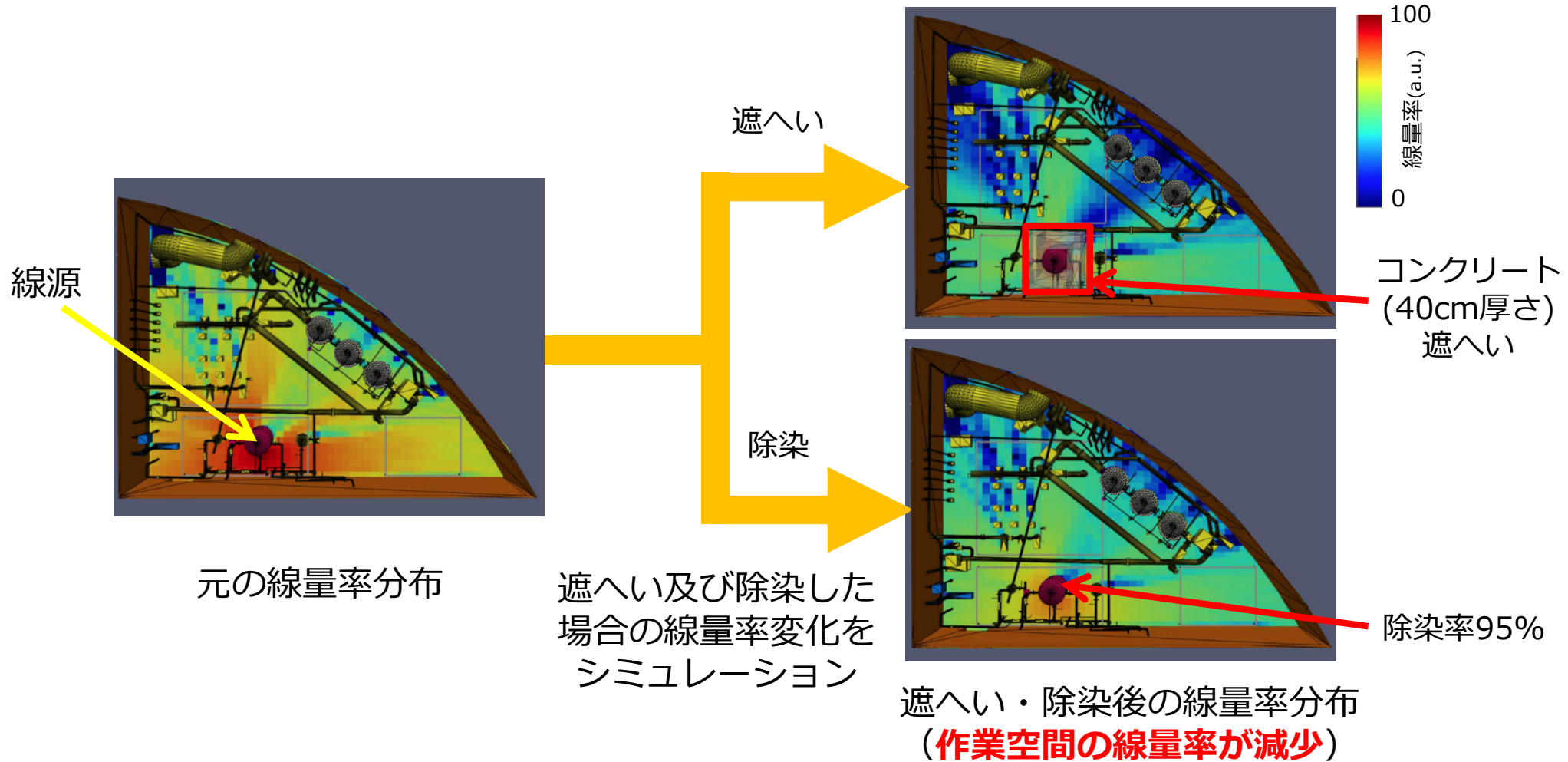
線量率分布の再現性

実用上問題なく再現できることを確認



1F現場への適用を検討中

○ 移動・除染・遮へいなどの線量率低減シミュレーション



- DX技術の応用として、現場目線での線量率低減の具体策につながるためのプロトタイプを作成した。
- 楕葉でモックアップ試験を実施し、有効性を確認予定。
- 1Fの現場適用を目指して開発を進める。

- 燃料デブリ取り出し関連作業への適用を目指して、東京電力とJAEAが緊密な連携体制の下、**被ばく低減のための環境・線源分布のデジタル化技術の開発**を進め、以下の成果が得られたところ。

- 線源・線量率推定プロトタイプシステムの開発
- 実機(JMTR炉)適用によるシステム検証
 - a. 検証実験により現場の線量率を再構築できることを確認
 - b. 線量率低減シミュレーションによる効果を確認
- 1Fの現場適用に向けた開発（実施中）

- 今後、一層の**プロトタイプシステムの高度化**（現場適用性、推定精度及び操作性の向上）を図りつつ、**環境データを充実してR/B全体へ適用**することで、1Fにおける本システムを活用した**被ばく低減のための作業計画の策定に貢献**する。