

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール






区分	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	
				9月	10月				11月			12月	1月	2月	3月		4月以降
燃料デブリ取り出し準備	原子炉建屋内の環境改善	1号	(実績) ○建屋内環境改善(継続) (予定) ○建屋内環境改善(継続)														建屋内環境改善 ・2階格納容器低減の準備作業'20/7/20~'23/7/21 他工事との工程調整のため作業中断中。'22/2/23~'22/9/19 ・RCW入口ロケット配管穿孔'22/10/24~'22/11/14 ・RCW熱交換器(C)入口配管内包水サンプリング'23/2/22 ・RCW熱交換器(C)内包水サンプリング'23/6/21~'23/7/6
		2号	(実績)なし (予定) ○建屋内環境改善(継続)														建屋内環境改善 ・RCW熱交換器(C)内包水サンプリング'21/11/29~'22/1/10 ・1階西側通路MCC撤去 '22/1/11~'22/2/25 ・2階北側エリア除染'23/4/10~'23/10/13 ・原子炉系計装配管の経路整理'23/8/30~'23/9/26
		3号	(実績) ○建屋内環境改善(継続) (予定) ○建屋内環境改善(継続) ○圧力抑制室内滞留ガスパージ														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階北東側エリア除染'22/8/30~'23/2/22 圧力抑制室内滞留ガスパージ'23/10/25~12月末予定
	格納容器内水循環システムの構築	1号	(実績)なし (予定) 圧力抑制室内包水のサンプリング														圧力抑制室内包水のサンプリング (モックアップ) '22/11/1~'23/7/4 '23/7/18~'23/10/13 ・圧力抑制室底部確認、圧力抑制室内包水サンプリング'23/11月予定
		2号	(実績)なし (予定)なし														
		3号	(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)														3号機原子炉格納容器内取水設備設置に係る実施計画 変更申請('21/2/11) →補正申請('21/7/14) →認可('21/7/27) ・取水設備設置'21/10/1~'22/3/31 使用前検査(3号)('22/4/26) ・3号機格納容器内取水設備による圧力抑制室内包水の 品質改善開始'22/10/3~
	燃料デブリ取り出し	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】圧力抑制室内調査技術の開発(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】圧力抑制室内調査技術の開発(継続) ○燃料デブリ取出設備 概念検討(継続)														(継続実施) (継続実施) (継続実施) (継続実施) (継続実施)
		1号	(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)														OPCV内部調査 ・PCV内部調査に係る実施計画変更申請('18/7/25) →補正申請('19/1/16)→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 ・ROV-E調査(1回目)'23/1/31~'23/2/1 ・ROV-E調査(2回目)'23/2/10~'23/2/11 ・ROV-F調査'23/3/4~'23/3/8 ・ROV-A2調査'23/3/28~'23/4/1 O1/2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配管切断時ダスト対策(ウレタン注入)'21/9/8~'21/9/26 ・1/2号機SGTS配管切断'22/5/23~'23/5月中旬 ・1/2号機SGTS配管切断(残り分)M/U'23/1/29~'23/3/3 ・1/2号機SGTS配管切断(残り分①~⑧)'23/4/18~'23/7/14 ・1/2号機SGTS配管切断(残り分⑨)については実施 時期調整中。
		2号	(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)														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) PCV内部調査 PCV内部調査装置投入に向けた作業 試験的取り出し作業(内部調査・デブリ採取)の着手 としては2023年度後半目途に実施する計画。 ・PCV内部調査装置投入に向けた作業'20/10/20~ ・X-6ベネネ堆積物調査(接触調査)'20/10/28、3D スキャン調査:'20/10/30 ・帯電計測計器取外し'20/11/10~ ・X-53ベネネ調査'21/6/29 ・X-53ベネネ調査'21/9/13~'21/10/14 隣接部屋設置作業'21/11/15~

- 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)

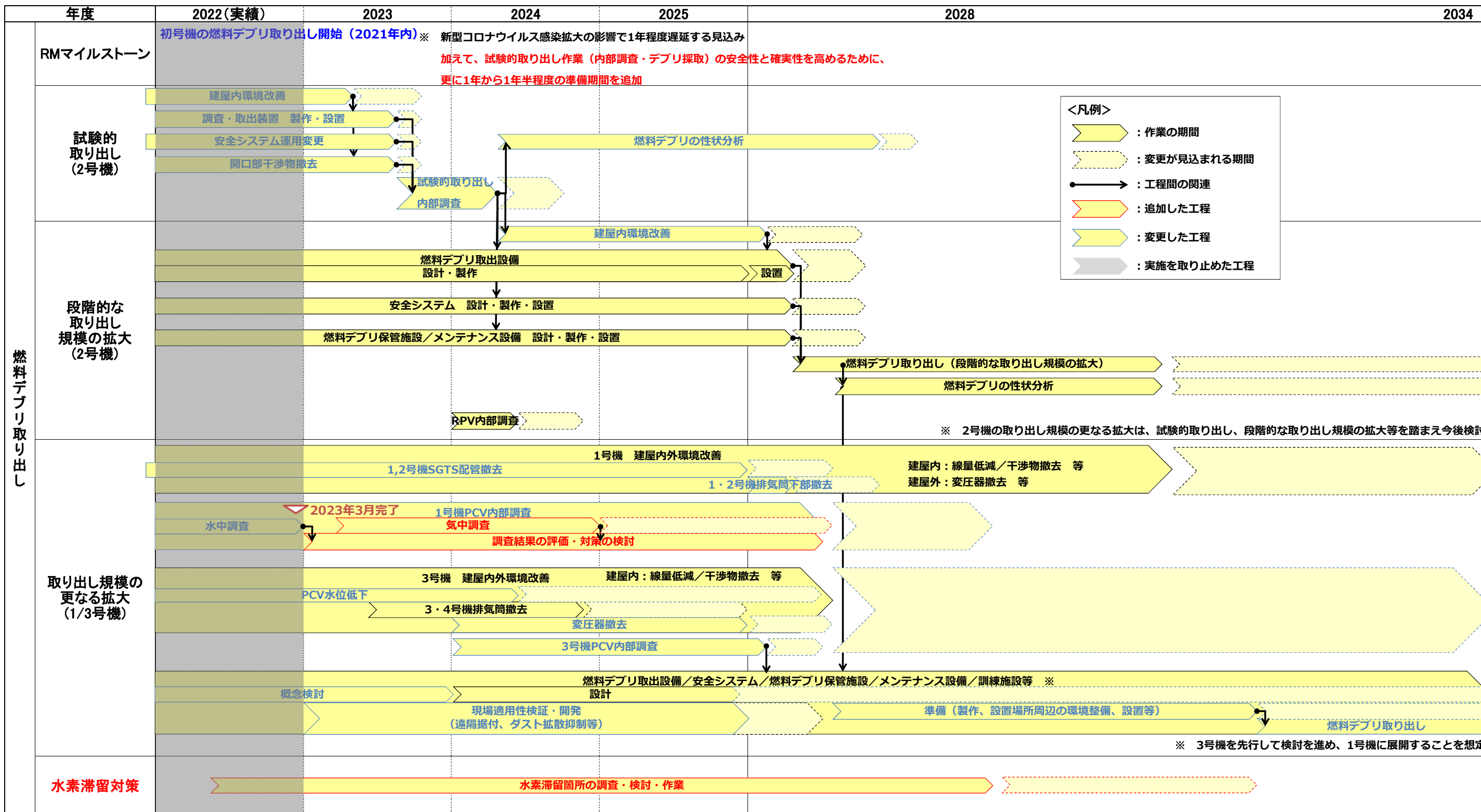
燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

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	9月	10月					11月			12月	1月			2月			3月			4月以降	備考		
				24	1	8	15	22	29	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中		下	
廃炉中長期実行プラン2023 目標工程	R/V/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)																						現場作業	
			(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)																							
●燃料デブリの処理・処分方法の決定に向けた取り組み	取出後の燃料デブリ安定保管	燃料デブリ性状把握	(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)																							検討・設計
			(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																							
●段階的な取り出し規模の拡大(2号機)	燃料デブリ臨界管理技術の開発	燃料デブリ性状把握	(実績) ○2号機原子炉建屋内調査(地下階三角コーナの状況確認) (予定)																							現場作業
●段階的な取り出し規模の拡大(2号機)	燃料デブリ臨界管理技術の開発	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)																							検討・設計
			(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)																							
●段階的な取り出し規模の拡大(2号機)	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)																							検討・設計
			(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)																							
●段階的な取り出し規模の拡大(2号機)	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(完了)																							検討・設計
			(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)																							

凡例

 : 検討業務・設計業務・準備作業
 : 現場作業予定
 : 機器の運転継続のみで、現場作業(工事)がない場合
 : 記載以降も作業や検討が継続する場合は、端を矢印で記載
 : 工程調整中のもの

廃炉中長期実行プラン2023



注:今後の検討に応じて、記載内容には変更があり得る

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

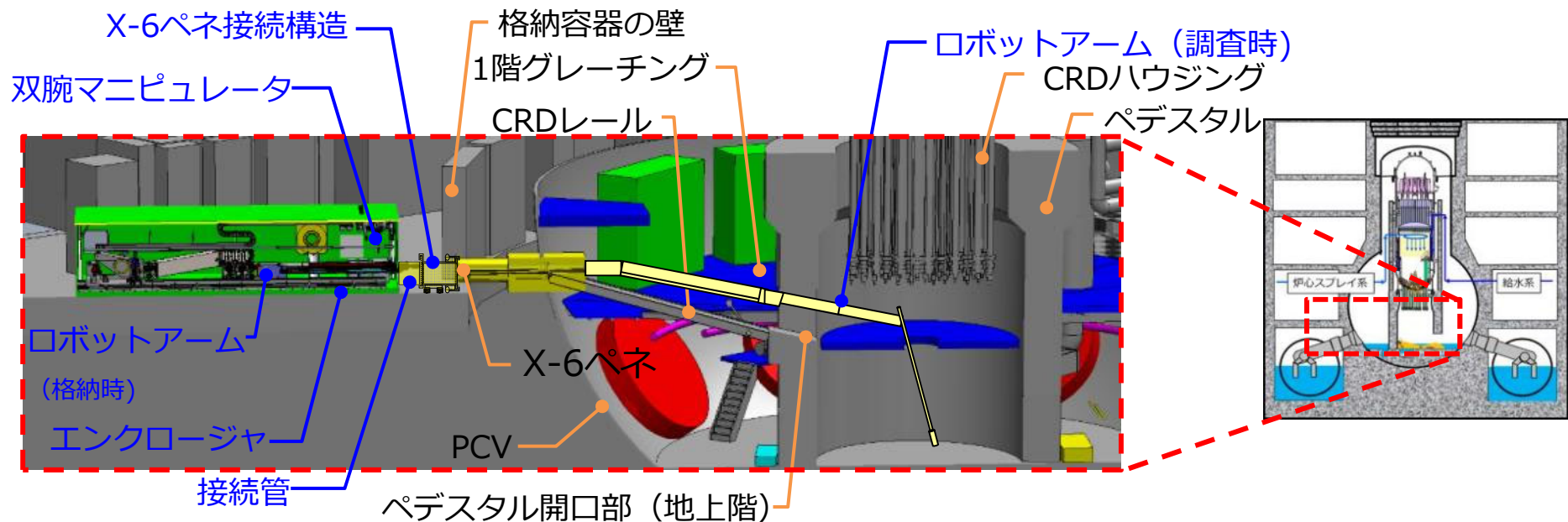
2023年10月26日

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. PCV内部調査及び試験的取り出しの計画概要

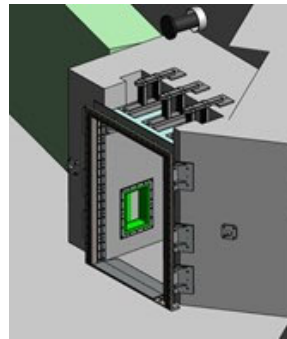
- 2号機においては、PCV内部調査及び試験的取り出し作業の準備段階として、作業上の安全対策及び汚染拡大防止を目的として、今回使用する格納容器貫通孔（以下、X-6ペネ）に下記設備を設置する計画
 - X-6ペネハッチ開放にあたり、PCVとの隔離を行うための作業用の部屋（隔離部屋）
 - PCV内側と外側を隔離する機能を持つ X-6ペネ接続構造
 - 遮へい機能を持つ 接続管
 - ロボットアームを内蔵する金属製の箱（以下、エンクロージャ）
- 上記設備を設置した後、アーム型装置をX-6ペネからPCV内へ進入させ、PCV内障害物の除去作業を行いつつ、内部調査や試験的取り出しを進める計画



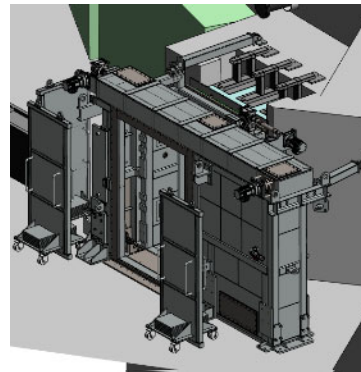
2号機 内部調査・試験的取り出しの計画概要

2 - 1. 現場作業の進捗状況

- X-6ペネ開放時のバウンダリとなる隔離部屋を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう作業する。
- これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する。



隔離部屋①の設置

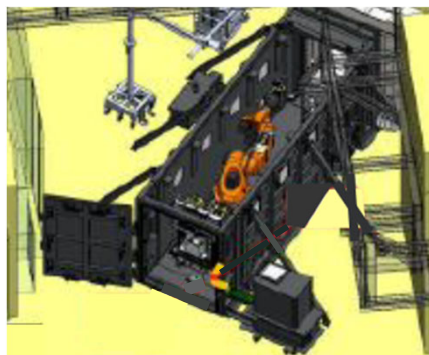


隔離部屋②の設置

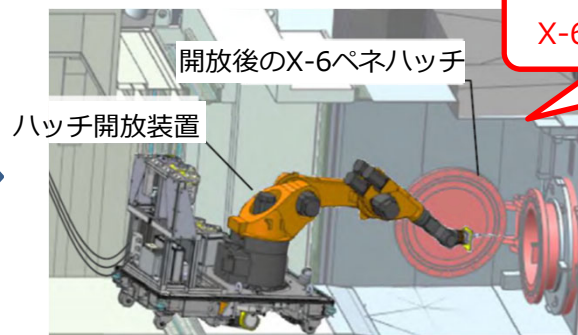


隔離部屋③の設置

※ロボットアーム設置前まで使用



ハッチ開放装置の
隔離部屋③への搬入



ハッチ開放装置による
X-6ペネハッチ開放

赤枠内：現在の状況
X-6ペネフランジ面他清掃作業実施中

次工程へ
X-6ペネ内堆積物除去

- X-6ペネハッチのボルト除去 (完了)
- ハッチ開放 (完了)
- ハッチ把手の切断 (完了)
- ペネフランジ面他清掃 (実施中)

2 - 2. 現場作業の進捗状況 (X-6ペネハッチ開放)

- X-6ペネハッチの除去対象ボルト全24本の除去が完了したことから、ハッチ開放作業を実施。
- フックツールを使用し、ハッチを約10度開いた状態で、ハッチ全開放に干渉するハッチの把手を切断。
- 把手切断後、ハッチ全開放 (約90度開放) を実施。全開放後、ダストの上昇等、異常がないことを確認。



X-6ペネハッチ開放作業中



X-6ペネハッチ開放後(約10度)



X-6ペネハッチ開放後(約90度)

※ペネを右から見た状況

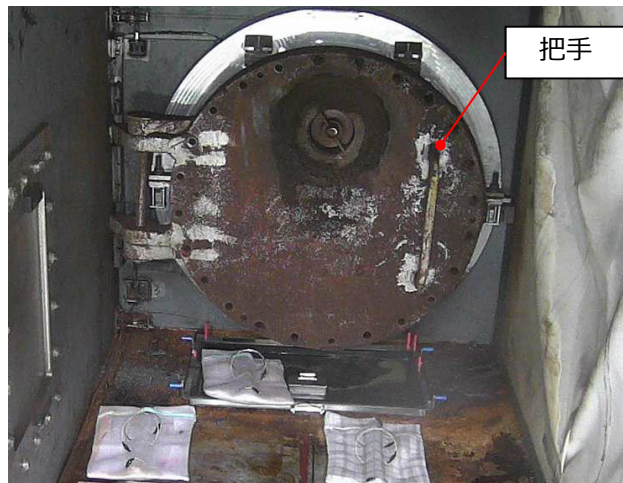


X-6ペネハッチ開放後(約90度)

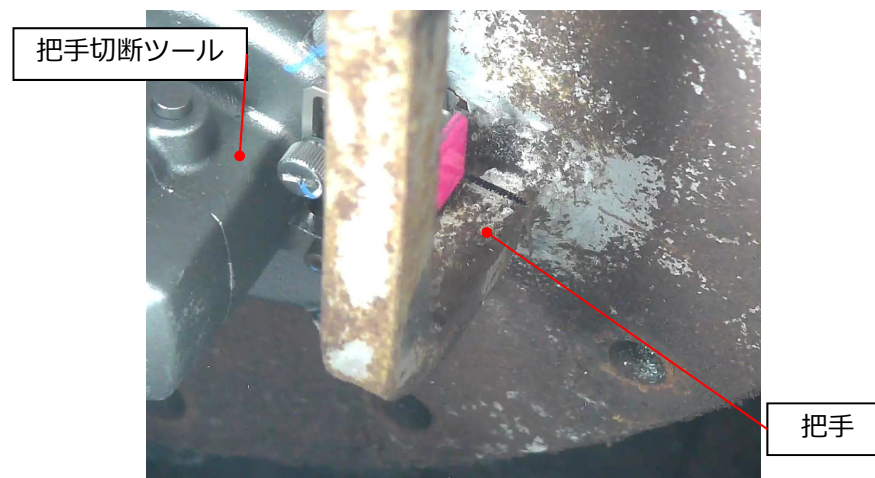
※ペネを正面から見た状況

参考. X-6ペネハッチ把手切断の状況

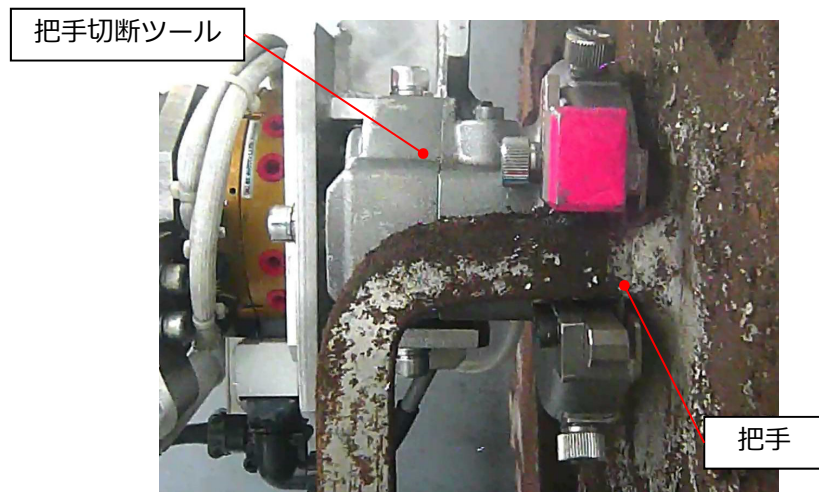
- ハッチを約10度開いた状態で、ハッチ全開放に干渉するハッチの把手を把手切断ツールを使用し切断。
- 切断した把手は回収容器内に回収済み。



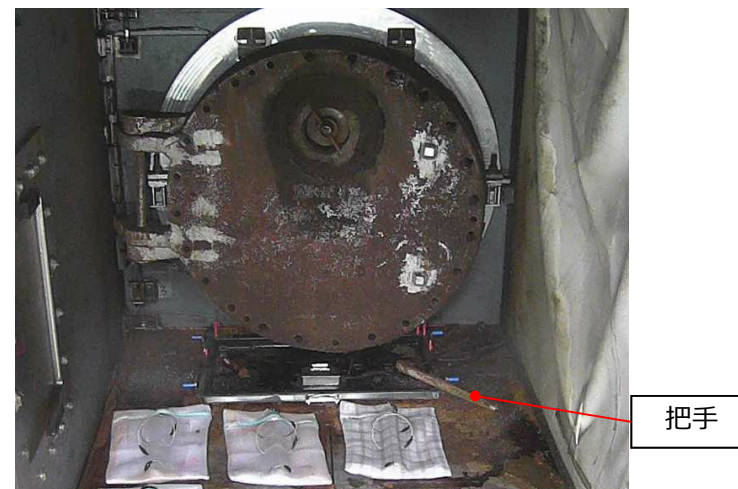
X-6ペネハッチ把手切断前



X-6ペネハッチ把手切断作業中



X-6ペネハッチ把手切断作業中



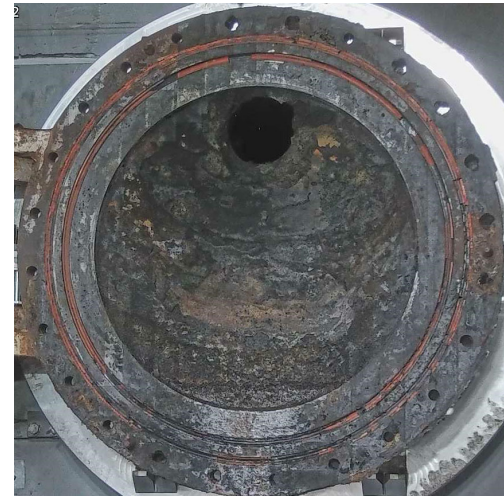
X-6ペネハッチ把手切断後

2 - 3. 現場作業の進捗状況 (X-6ペネハッチフランジ他清掃)

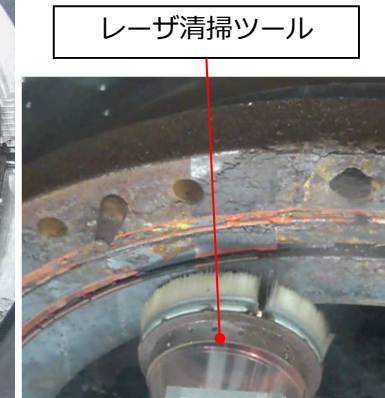
- ハッチ開放後、堆積物除去作業に向けてX-6ペネフランジ面の清掃など装置設置の準備を開始。
- レーザ清掃ツール、バフツールを使用し、フランジ面の清掃を実施中。



X-6ペネフランジ清掃前



X-6ペネフランジ清掃後 (レーザ清掃)



X-6ペネフランジ清掃実施中 (バフ清掃)



X-6ペネフランジ清掃実施中 (バフ清掃)

6. 工程

- ロボットアームについて、2022年2月より実施している現場を模擬した楯葉モックアップ試験を通じて把握した情報と、事前シミュレーション結果との差異を補正することで、燃料デブリ取り出し時の接触リスクを低減するべく、現在、制御プログラム修正等の改良に取り組んでいる。
- また、2023年10月にX-6ペネハッチボルトの除去、ハッチ開放が完了し、堆積物除去作業に向けたX-6ペネフランジ面の清掃を実施しているところ。その後も、X-6ペネ内の堆積物除去作業等を控えており、安全かつ慎重に作業を進める必要がある。
- 他方、ハッチ開放準備作業において確認されたボルトの固着状況等を踏まえると、X-6ペネ内の堆積物が完全に除去できない場合でも、燃料デブリの取り出し可能な手法を検討することが必要。
- これまでも燃料デブリの取り出し手法について様々検討してきたが、過去の調査で用いた実績があり、ペDESTAL底部へのアクセス性が確認できているテレスコ式の装置について、ロボットアームでの内部調査・試験的取り出しを補完する手法として並行して検討を進めている。

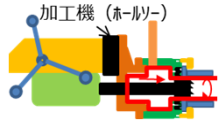
	~2021年度	2022年度	2023年度 ▽10月現在
ロボットアーム・ エンクロージャ装置開発	性能確認試験・モックアップ・訓練（国内）		
・スプレー治具取付作業 ・隔離部屋設置	X-53ペネ孔径拡大作業	隔離部屋設置	スプレー治具取付け
・X-6ペネハッチ開放			
・X-6ペネ内の堆積物除去 ・試験的取り出し装置設置			
試験的取り出し作業 (内部調査・デブリ採取)			

参考. 現地準備作業状況

試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）の主なステップ



0. 事前準備作業



- 事前にスプレイ治具取付事前作業（X-53ペネ孔径拡大）を実施

1. 隔離部屋設置



- ハッチ開放にあたり事前に隔離部屋を設置

2. X-6ペネハッチ開放

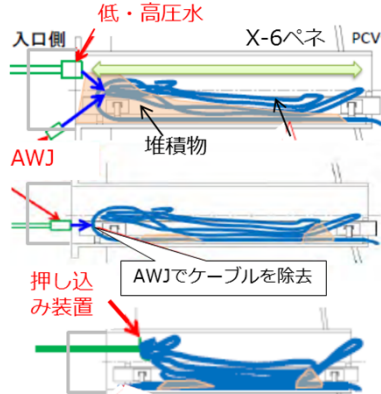
ハッチ開放装置



- ハッチ開放装置によりハッチを開放

3. X-6ペネ内堆積物除去

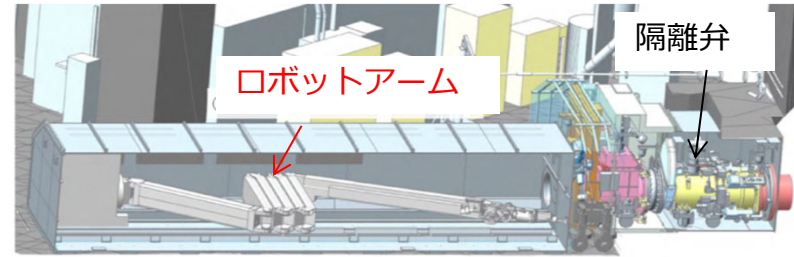
X-6ペネ内部にある堆積物・ケーブル類を除去する



- 【低・高圧水】で堆積物の押し込み
- 【AWJ】でケーブル除去
- 【押し込み装置】でケーブルを押し込み

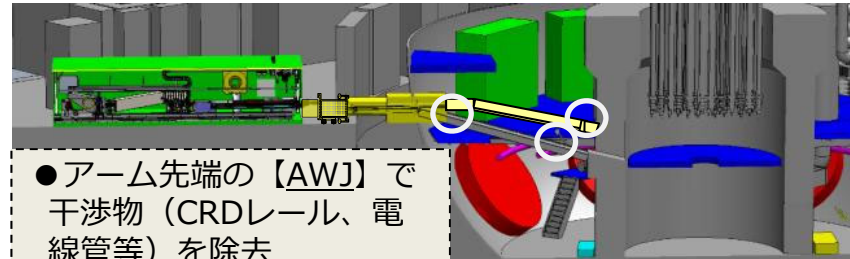
4. ロボットアーム設置

認可済



5. 試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）

① ロボットアームによるPCV内部調査



- アーム先端の【AWJ】で干渉物（CRDレール、電線管等）を除去

② ロボットアームによるデブリ採取

申請予定

燃料デブリ回収装置先端部



<金ブラシ型> <真空容器型>



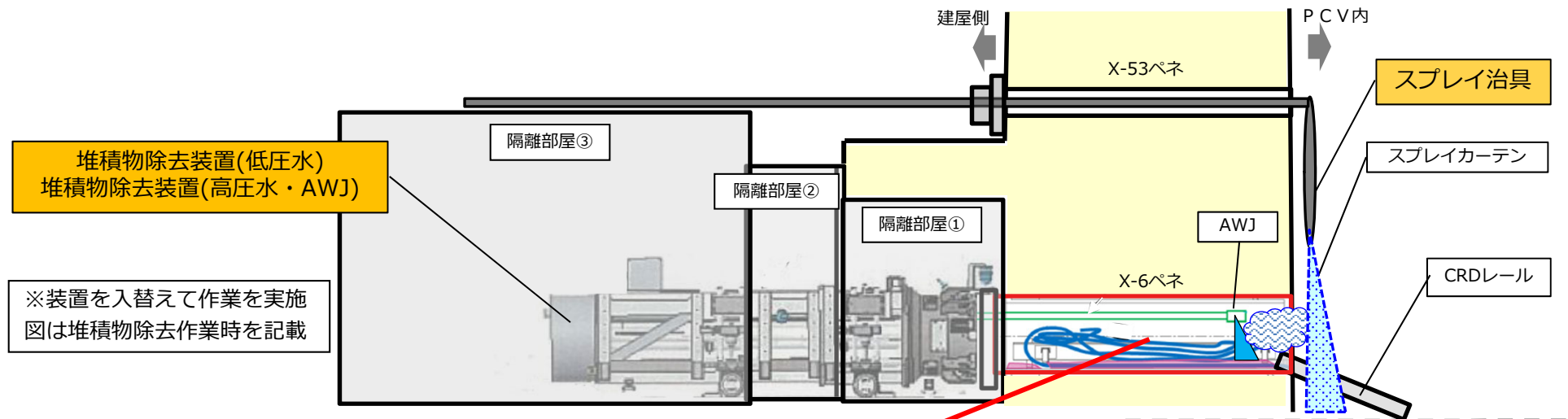
(注記)

- ・ 隔離弁：PCV内/外を仕切るために設置した弁
- ・ AWJ（アブレシブウォータージェット）：高圧水に研磨材（アブレシブ）を混合し、切削性を向上させた加工機

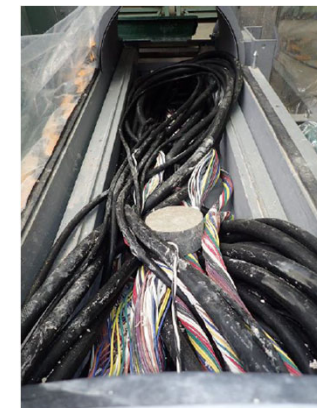
参考. 堆積物除去作業の概要

試験的取り出し作業用のアクセスルートを構築するため、準備工事として以下の項目を実施予定。

- スプレー治具によるPCV内のダスト飛散抑制
- 堆積物除去装置（低圧水）によるX-6ペネ内の低圧水洗浄
- 堆積物除去装置（高圧水・AWJ）を用いてX-6ペネ内の堆積物を除去



X-6ペネ内の状態(模擬)



2号機RPV内部調査に向けた原子炉系計装配管の線量低減 作業前のサンプリング結果について

RPV:原子炉圧力容器

2023年10月26日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 原子炉系計装配管のサンプリング作業（作業概要）

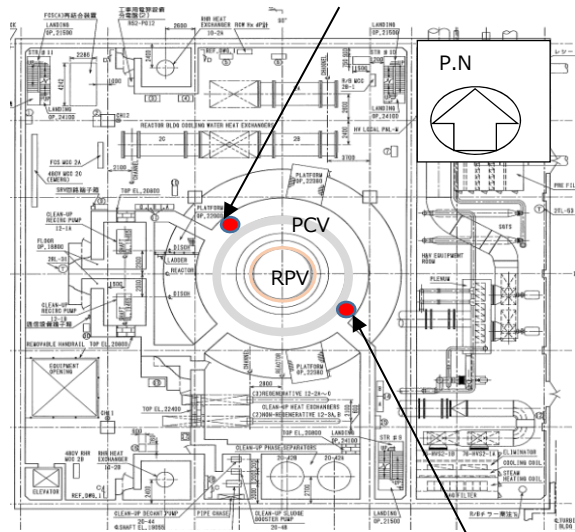
- 2号機原子炉系計装配管を用いたRPV内部調査の作業エリアの線量低減を目的に、原子炉建屋2階のX-28およびX-29ペネトレーションの原子炉系計装配管内の洗浄作業等を実施。
- 事故調査や作業安全の観点から、配管洗浄前に原子炉系計装ラックドレン弁下流から配管内包水のサンプリングを実施。
- なお、サンプリング対象配管は、事故当時にパラメータ指示値を監視していた計器のライン（事故後に水張したラインは除く）、RPV上蓋フランジリーク検出ラインおよびRPV内部調査候補のラインを選定。

実施日：X-28ペネトレーション側サンプリング：8/30

X-29ペネトレーション側サンプリング：9/14

X-28ペネトレーション

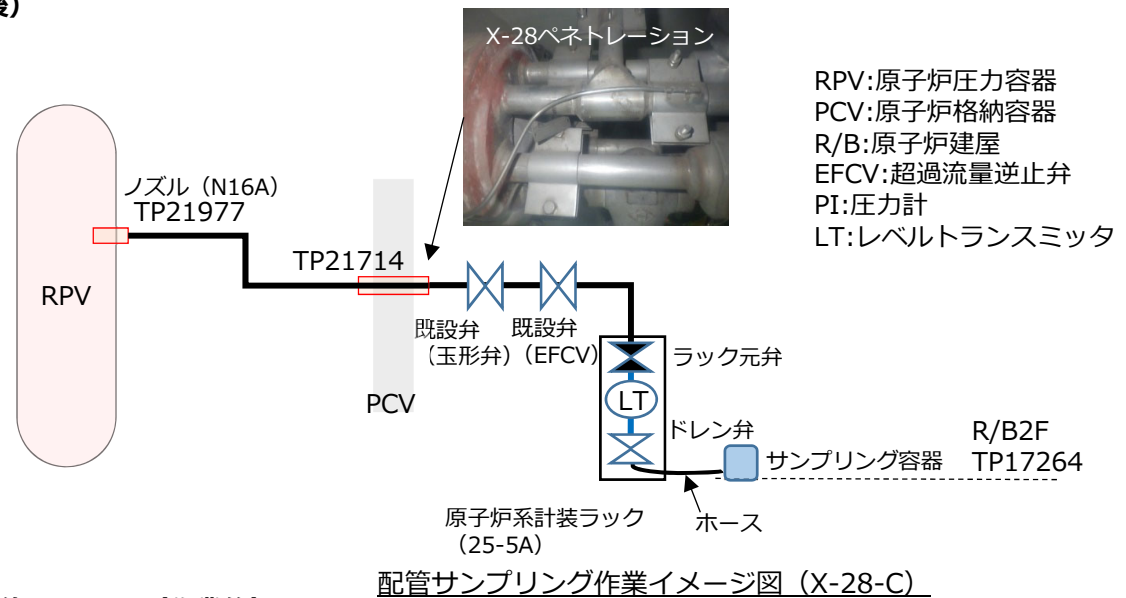
雰囲気線量：約5mSv/h（作業前）→約4mSv/h（作業後）



X-29ペネトレーション

雰囲気線量：約30～50mSv/h（作業前）→約4mSv/h（作業後）

2号機R/B2階 ペネトレーション雰囲気線量



RPV:原子炉圧力容器
PCV:原子炉格納容器
R/B:原子炉建屋
EFCV:超過流量逆止弁
PI:圧力計
LT:レベルトランスミッタ

(補足) 原子炉系計装ラック内の計装配管内包水をサンプリング容器にて採取

2. サンプルング対象配管の選定

事故調査や作業安全の観点から配管内の流体（ガスまたは水）の有無を確認することを目的に配管洗浄前のサンプルング対象配管を選定。



■ 事故当時にパラメータ指示値を監視していた計器のライン

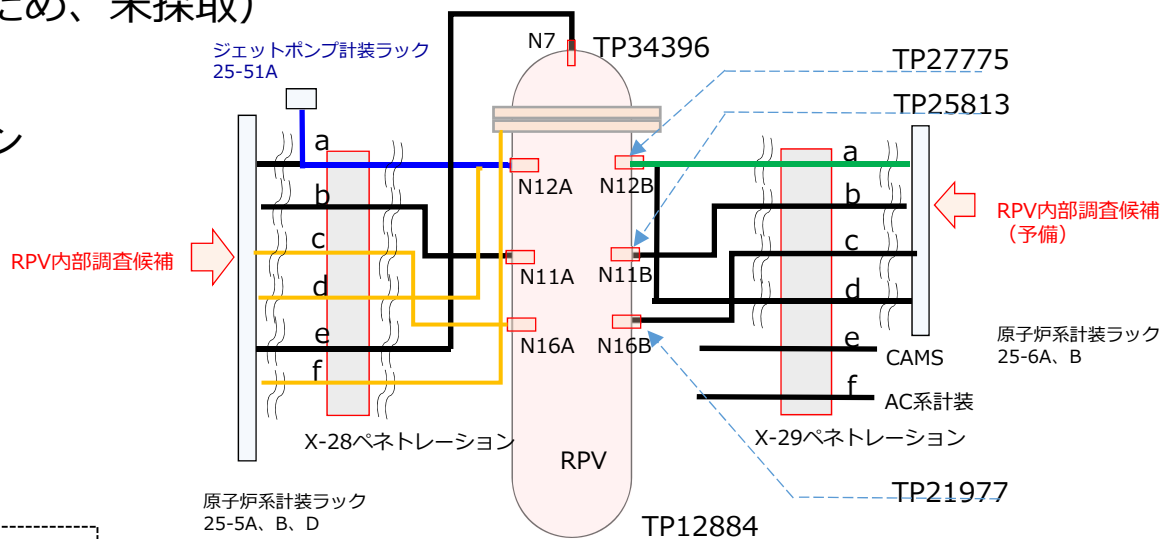
- ・ X-28ペネトレーション：d
(事故後に水張した実績があるaラインは、サンプルング対象から除く)
- ・ X-29ペネトレーション：a
(ガス・水が確認されなかったため、未採取)

■ RPV上蓋フランジリーク検出ライン

- ・ X-28ペネトレーション：f

■ RPV内部調査候補のライン

- ・ X-28ペネトレーション：c



ペネトレーション及びノズル位置の詳細図

- ・ 配管洗浄箇所
X-28:5ライン(a.b.c.d.f)
X-29:3ライン(a.c.d)
- ・ 窒素封入箇所 (作業なし)
X-28:e
X-29:b

- 黄線：サンプルング箇所
- 緑線：サンプルング箇所 (未採取)
- 青線：事故後に水張した箇所
- 黒線：作業なし

3. 原子炉系計装ラックの配管内包水サンプリング結果

- サンプリングしたX-28ペネトレーション側の3ヶ所とも、Cs-137の放射能濃度が高いことを確認。
- RPV上蓋フランジリーク検出（X-28ペネトレーション: f）ラインは、他の2ヶ所に比べ高いことを確認。

目的	分析項目	単位	X-28ペネトレーション cライン (2023年8月30日採取)	X-28ペネトレーション dライン (2023年8月30日採取)	X-28ペネトレーション fライン (2023年8月30日採取)
事故調査 のため	Cs-134	Bq/L	4.63E+05	4.80E+05	8.67E+07
	Cs-137	Bq/L	2.19E+07	2.41E+07	4.55E+09
	Sr-90	Bq/L	4.97E+03	5.07E+03	8.49E+05
	H-3	Bq/L	2.22E+05	2.52E+05	5.13E+06
	全β	Bq/L	2.26E+07	2.45E+07	4.81E+09
	全α	Bq/L	<6.94E+00	<6.94E+00	<1.39E+03
	Co-60※1	Bq/L	<6.88E+03	<4.72E+03	<6.18E+05
	Ru-106※2	Bq/L	<2.37E+05	<2.42E+05	<3.33E+07
	Sb-125※2	Bq/L	<1.52E+05	<1.57E+05	<2.12E+07
	Eu-154※2	Bq/L	<1.77E+04	<1.46E+04	<2.22E+06
	Am-241※2	Bq/L	<2.00E+04	<2.14E+04	<2.86E+06

- ・ 分析項目については、1号RCW熱交換器（C）サンプリングでの実績と今回サンプリングした量・線量を踏まえて決定。
- ・ ※1・2について、Cs濃度が高いため、他の核種の検出限界が高くなり、検出限界以下になったと考えられる。

※1 炉内構造物・PCV内構造物由来のもの
 ※2 核燃料物質・FP等燃料デブリ由来のもの

4. 分析結果の考察（1）

■ 放射能濃度（Cs-137）が高い理由

- 事故時（燃料破損後）の放射性物質が各計装配管内に流入し、汚染したと推定。
- RPV上蓋フランジリーク検出ラインについては、事故時にRPV上蓋フランジにある金属Oリング（内側）を介して、RPV内部の放射性物質が流入したものと推定。
- 濃度差がある理由として、以下の違いや影響が考えられる。
 - RPV上蓋フランジリーク検出ラインは通常時（事故前）水はない状況。一方、原子炉水位計配管には、水位計測のため水張りされた状態にあったことから、配管内の水の有無の違いによるもの。
 - また、事故時の原子炉水位計配管内の水は、蒸発した可能性があるものと、残水として残っている可能性があるものがあり、後者のものに事故時の放射性物質が混入したものと推定。
 - 各ノズルと炉内構造物の位置関係の違いによるもの。

■ X-29ペネトレーション（aライン）からサンプリングできなかった理由

配管洗浄の際、配管が詰まっている兆候が確認されたため、配管内包水を採取できなかったと推定。

- 今回得られたサンプリング結果については、1Fにおける事故調査にも活用していく。

4. 分析結果の考察 (2)

■ RPV上蓋フランジリーク検出ラインへの流入経路

事故時に、RPV上蓋フランジにある金属Oリング（内側）に漏えい経路があり、そこを經由して、RPV内部の放射性物質が流入したものと推定。

【金属Oリング（内側）を介して、流入した理由】

- 配管洗浄を実施したところ、配管ボリューム（約20L）以上の洗浄水が流れたことから、金属Oリング（内側）に漏えい経路があり、RPV内部へ洗浄水が流れたと推定。
（金属Oリング（外側）へ流れた可能性もある）
- なお、配管洗浄前の満水（水頭圧）確認の結果、計装配管などからの漏洩の兆候は確認されていない。

