

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の状況

2025年4月24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

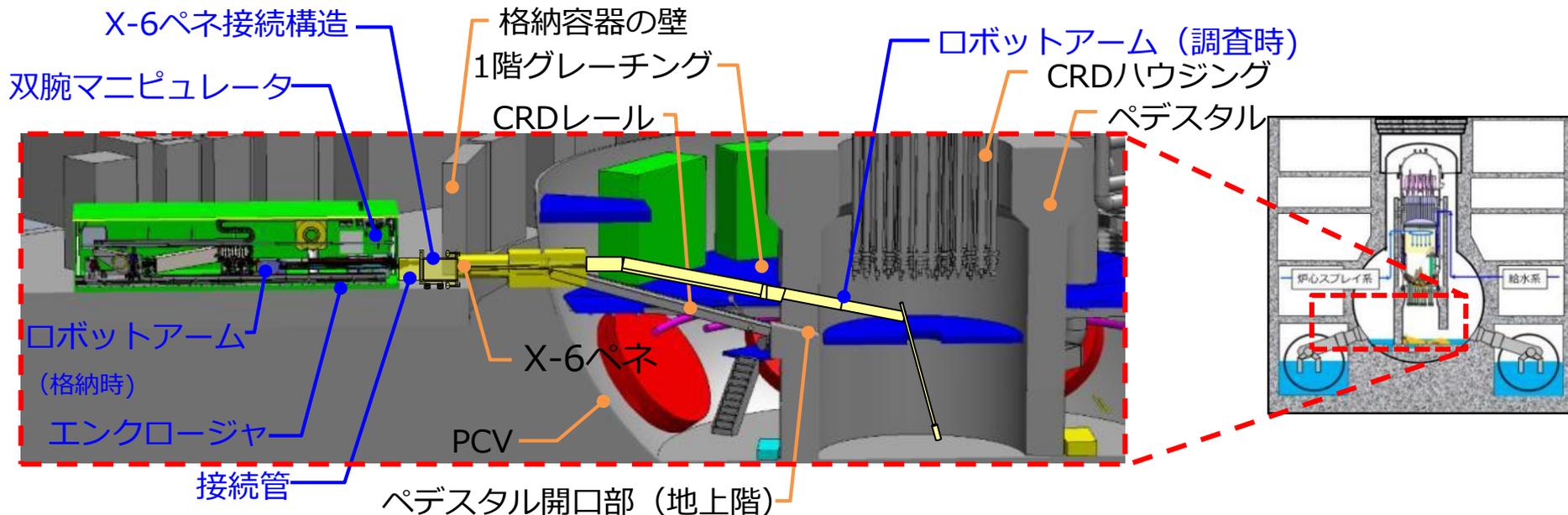
<設置済み>

- 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
- テレスコ式装置

<今後設置予定>

- 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）

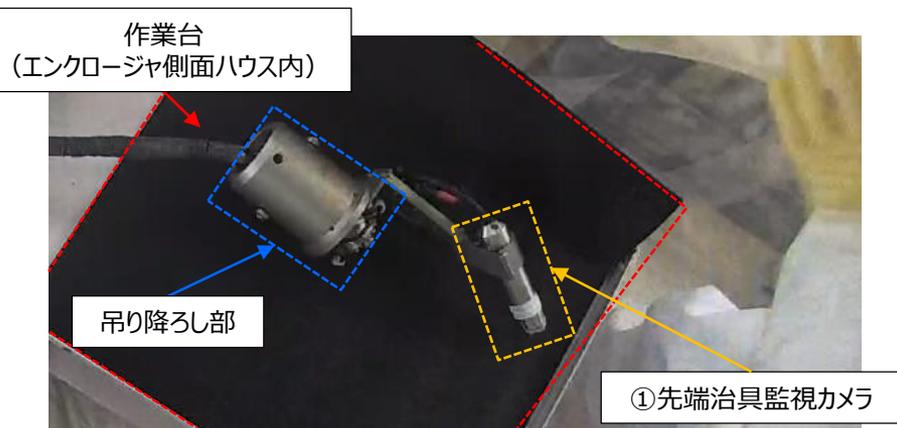
- 上記設備を設置した後、アーム型装置をX-6ペネからPCV内に進入させ、PCV内障害物の除去作業を行いつつ、内部調査や試験的取り出しを進める計画



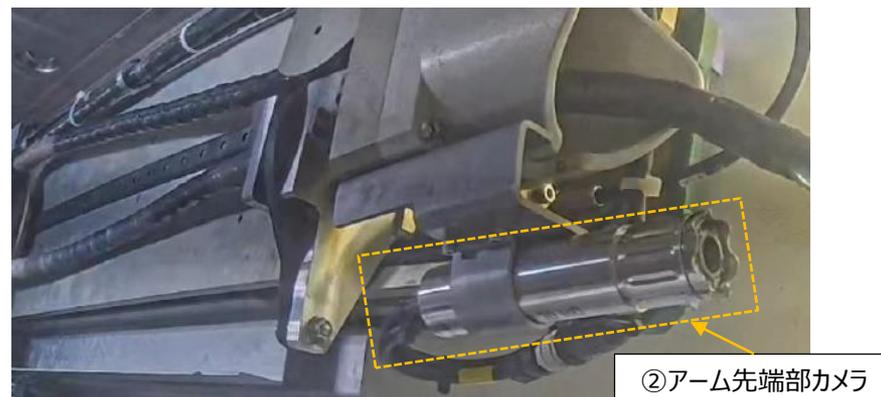
2号機 内部調査・試験的取り出しの計画概要

2-1. テレスコ式装置による取り出し作業の状況（カメラ及び先端治具交換） **TEPCO**

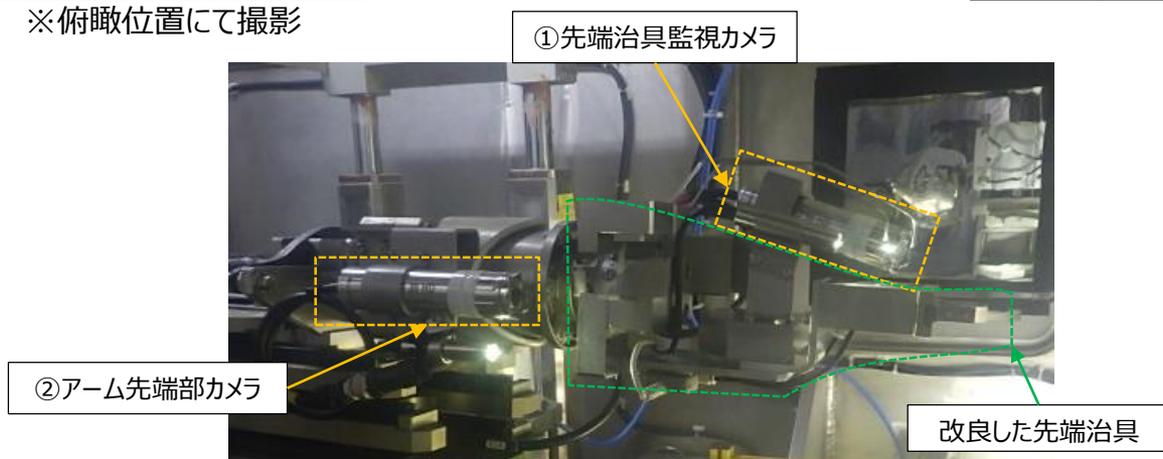
- テレスコ式装置押し込みパイプ等の実機を用いた作業員の現場確認及び作業訓練を実施
- テレスコ式装置本体のカメラ（①先端治具監視カメラ、②アーム先端部カメラ）および改良した先端治具への交換作業を行い、正常に動作することを確認。
- その後、テレスコ式装置全体の動作確認やカメラ等の交換作業用ハウスの撤去作業を実施



交換した①先端治具監視カメラ
※俯瞰位置にて撮影



交換した②アーム先端部カメラ



交換したカメラ①②・改良した先端治具

2-2. テレスコ式装置による取り出し作業の状況（取り出し作業着手）

- エンクロージャの漏えい確認や取り出し作業に向けた事前検討や手順書の最終確認を実施
- 4月15日から2回目の燃料デブリの取り出し作業に着手。X-6ペネ接続構造の隔離弁の開操作を行い、ガイドパイプの挿入作業を実施



遠隔操作室の状況



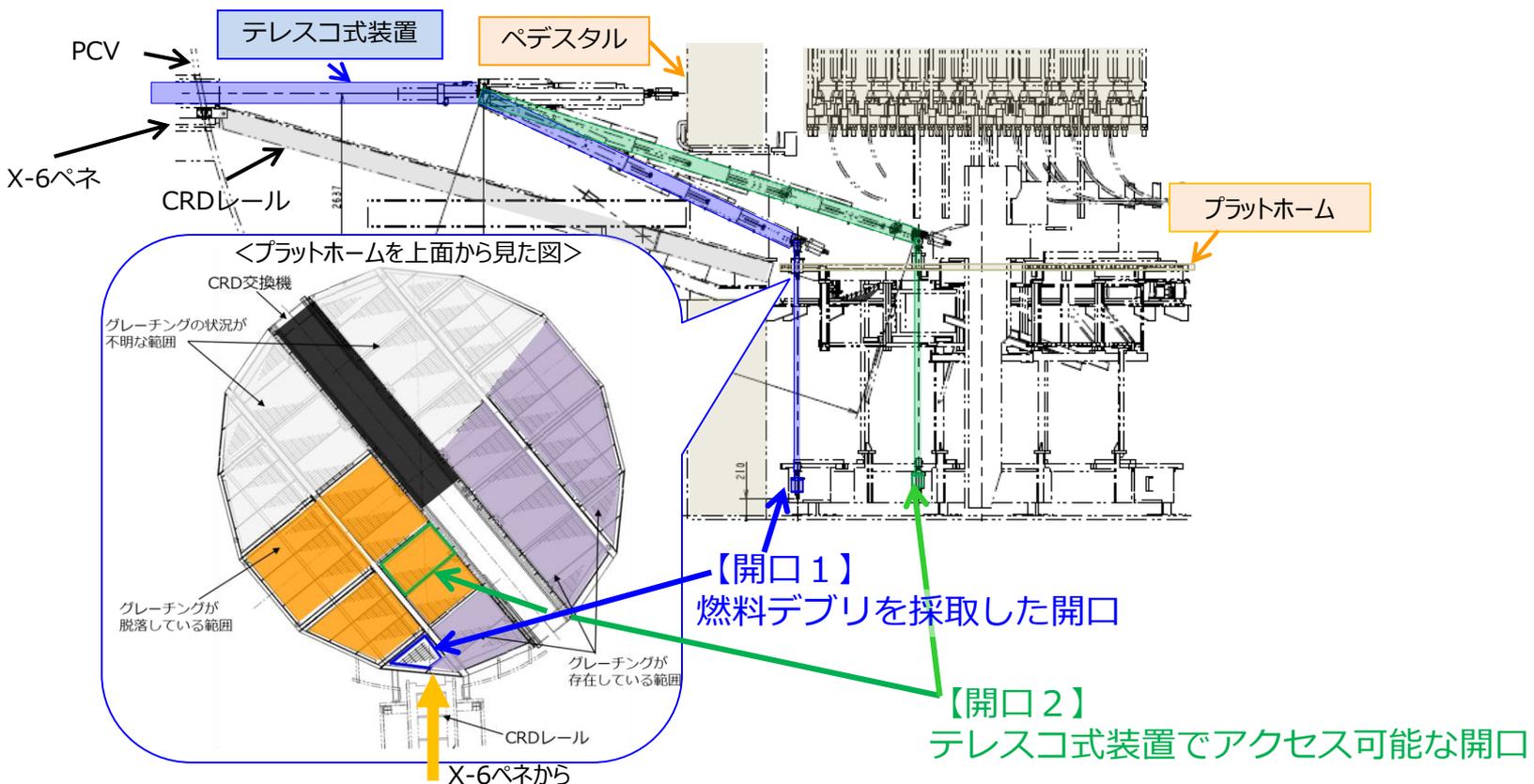
先端治具が隔離弁を通過する状況



ペDESTアル壁面付近まで挿入した状況

参考. テレスコ式装置による取り出し作業の作業計画

- テレスコ式装置でペDESTAL底部へのアクセスが可能なプラットフォームの開口は2箇所（下図の開口1，2）
- 2024年10月の作業時は、ペDESTAL内（CRDレール側）の一番手前の開口1より先端治具を吊り降ろし、燃料デブリを採取
- さらに奥側の開口2については、過去の調査においても詳細は確認できていない状況
- ペDESTAL内の状況の把握及び初回の採取位置とは異なる位置から採取という観点で2回目の取り出し作業を計画
 - ① プラットホーム上の開口2の状況を調査
 - ② 開口2から燃料デブリの採取を計画。ただし、開口2は過去の調査からプラットフォーム上のグレーチングの残存を把握しているため、取り出し作業当日に開口2の状況を確認し、開口2からペDESTAL底部へのアクセス可否を判断
 - ③ 開口2からペDESTAL底部へのアクセスが困難な場合は、前回と同様に開口1に先端治具を吊り降ろし、ペDESTAL底部からデブリを採取

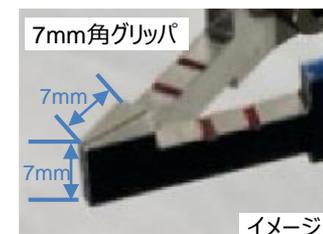
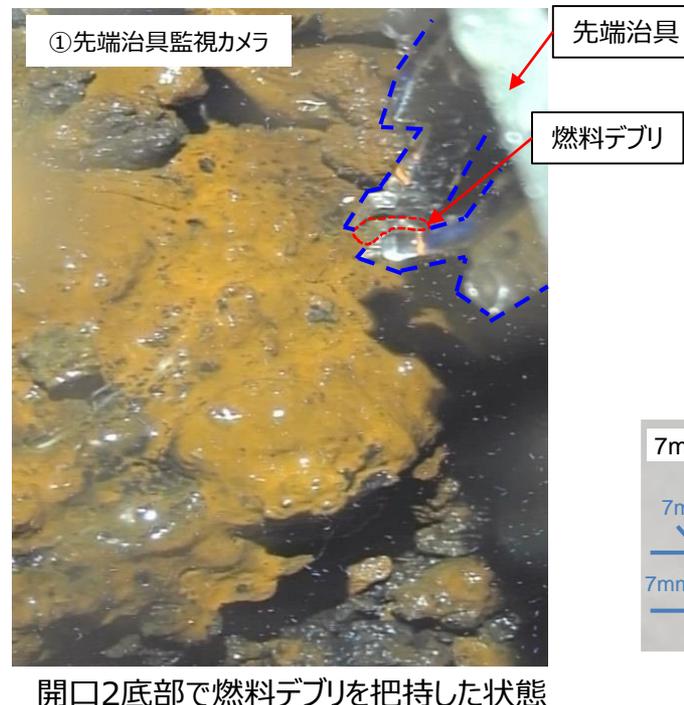


2-3. テレスコ式装置による取り出し作業の状況（燃料デブリ把持）

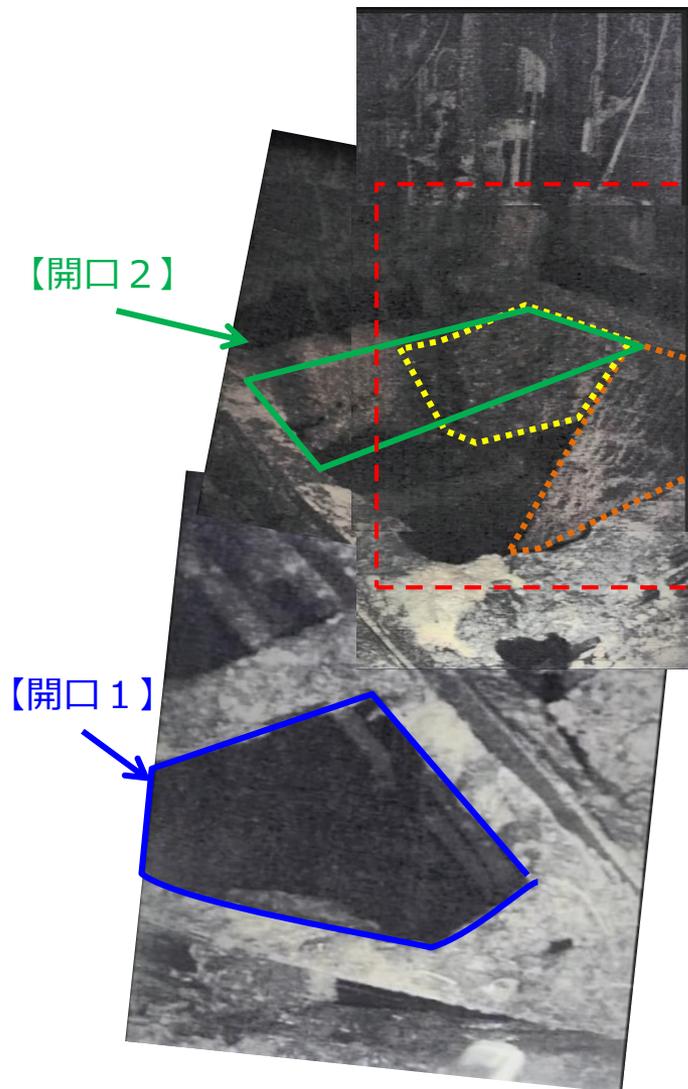
- 4月17日にペDESTAL内のプラットホーム開口2の状況からアクセスできると判断し、開口2からペDESTAL底部へ先端治具の吊り降ろしを行い、燃料デブリの把持を実施。
- その後、テレスコ式装置が燃料デブリを把持した状態でペDESTAL外まで（把持作業開始前）の位置に戻す操作を実施



遠隔操作室の状況



➤ 2024年9月のカメラ映像



※カメラ映像の貼り合わせによる合成図

➤ 2025年4月のカメラ映像



※カメラ映像の貼り合わせによる合成図

- テレスコ式装置のアーム先端部カメラにより開口2周囲の映像撮影に成功
- 開口2にグレーチングが残存していたものの、先端治具を吊り降ろせる開口があることを確認

- ペDESTAL底部での燃料デブリ採取の状況は以下の通り



①ペDESTAL底部の状況



②デブリの把持前



③把持したデブリの持ち上げ



④先端治具の移動



⑤先端治具吊上げ

•開口2底部の映像取得及び
デブリ採取に成功。

2-4. テレスコ式装置による取り出し作業の状況（運搬用ボックスへの収納） **TEPCO**

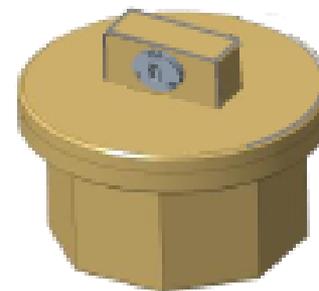
- 4月21日、燃料デブリの線量率計測を行い、回収可否の判断基準「線量率24mSv/h（20cm位置）以下」であることを確認
- 4月22日に把持した燃料デブリを運搬用ボックスに回収



採取した燃料デブリを運搬用ボックス（底部）へ収納した状況（4月22日）



先端治具が燃料デブリを把持している状況
（4月22日エンクロージャ上部から撮影）



運搬用ボックス
（イメージ）

2-5. テレスコ式装置による取り出し作業の状況（取り出し作業完了）

- 4月23日、エンクロージャ側面ハッチを開放後、エンクロージャ外へ運搬用ボックスを取り出し、建屋内運搬容器へ収納（「燃料デブリを建屋内運搬容器へ回収」=「試験的取り出し作業の完了」）
- グローブボックスに搬入し重量測定等を実施。引き続き、構外輸送に向けた準備を進める予定。

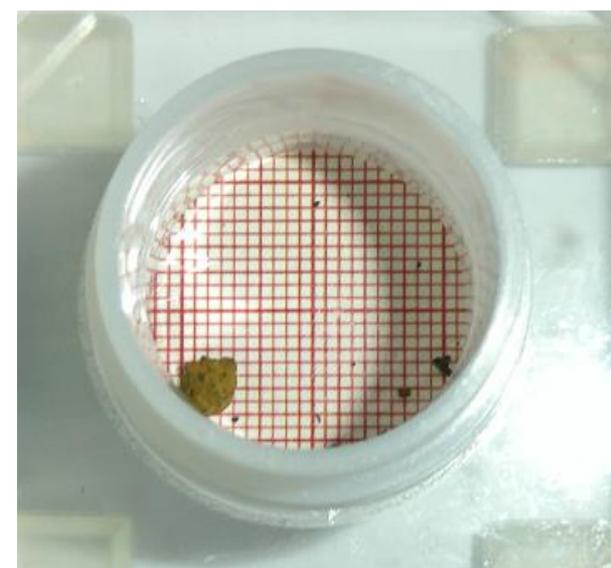
【測定結果】 重量：約0.2g， γ スペクトル分析： ^{154}Eu 検出あり，線量率(@20cm) γ ：0.1mSv/h， β ：4.5mSv/h
※BG：0.1mSv/h



エンクロージャ側面ハッチから
運搬用ボックスを取り出す様子



運搬用ボックスを建屋内運搬容器へ
収納する様子



グローブボックス内で試料容器に
収納した状況

3. 燃料デブリの分析フロー

- 燃料デブリ取得箇所状況の把握、燃料デブリの生成過程の推定を目的に分析を行う。
- 分析フローは基本的には1回目と同様とし、分析の進捗を踏まえ適宜見直す。
- 今後、追加分析を踏まえて、1年～1年半程度かけて分析を実施し、結果の取りまとめを行う予定。

【福島第一原子力発電所2号機】

燃料デブリ輸送

【JAEA大洗研】

大洗研：大洗原子力工学研究所
 原科研：原子力科学研究所
 NDC：MHI原子力研究株式会社
 NFD：日本核燃料開発株式会社

- 燃料デブリに含まれる主要な結晶相の種類、存在割合を評価するために、NDCにおけるXRDを用いた結晶構造の分析を追加予定。
- 分析対象核種を追加するために、NDCに放射能分析を追加予定。

非破壊分析※1

【SPring-8】

固体分析※1
(機械分析)

溶液分析※1
(化学分析)

主要な
分析結果

μ-XAFS
μ-XRF
μ-XRD

微小結晶
構造
U等の価数

SEM-WDX
TEM-EDX
SIMS

燃料成分元素組成
U同位体比
元素、化合物分布
放射能濃度

ICP-MS
放射能分析

【JAEA原科研】

ICP-AES
TIMS
放射能分析

主要元素組成
U同位体比
放射能濃度

【NDC】

XRD

ICP-MS
ICP-AES
放射能分析

元素組成
U同位体比
放射能濃度
結晶構造

【NFD】

SEM-EDX
TEM-EDX
ラマン分光

U結晶構造、
組成、
元素分布

※1 各分析の概要及び目的を参考資料に記載

4. 工程

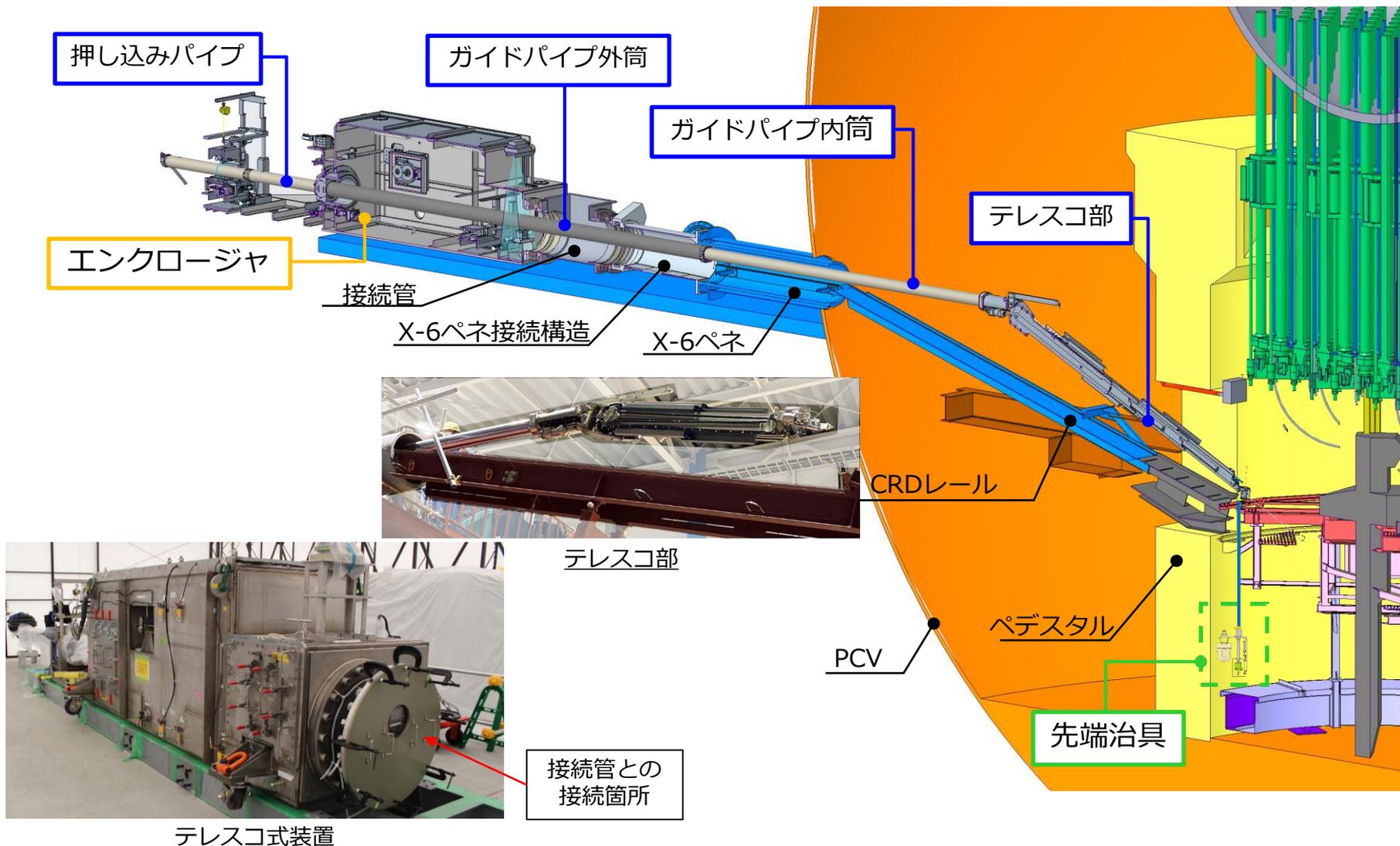
- テレスコ式装置による追加の燃料デブリ採取に向けて、先端治具の吊り降ろしを安定させるための改良及び工場での検証を実施。また、前回の作業実績を踏まえた作業員の習熟訓練を実施。
- 福島第一の現場にてテレスコ式装置の実機を用いた現場確認及びテレスコ式装置本体のカメラ（先端の2台）及び先端治具の交換作業を実施。
- 4月15日より2回目の取り出し作業に着手し、4月17日に開口2からペDESTAL底部にアクセスし燃料デブリを把持、4月23日に建屋内運搬容器に収納し2回目の取り出し作業が完了。現在、構外輸送に向けた準備を進めているところ。
- ロボットアームについては、試験中に確認された経年劣化箇所を踏まえ、類似箇所の部品交換等を含めて全体点検を実施中。なお、テレスコ式装置カメラの不具合事案を受けて、対応について水平展開すべく検討を進めているところ。
- テレスコ式装置での燃料デブリの追加採取及びロボットアームの試験状況を踏まえ、安全かつ慎重に試験的取り出しを進めるべく、今後の工程等の詳細について精査していく。

		2024年度	2025年度			
		第4Q	第1Q	第2Q	第3Q	第4Q
テレスコ式装置	堆積物除去作業 装置製作・設置準備等	2回目準備				
	デブリ採取		2回目			
ロボットアーム	ワンスルー試験・試験結果に応じた 必要な追加開発や点検・保守等					
	設置準備等・アクセスルート構築					
	内部調査・デブリ採取					

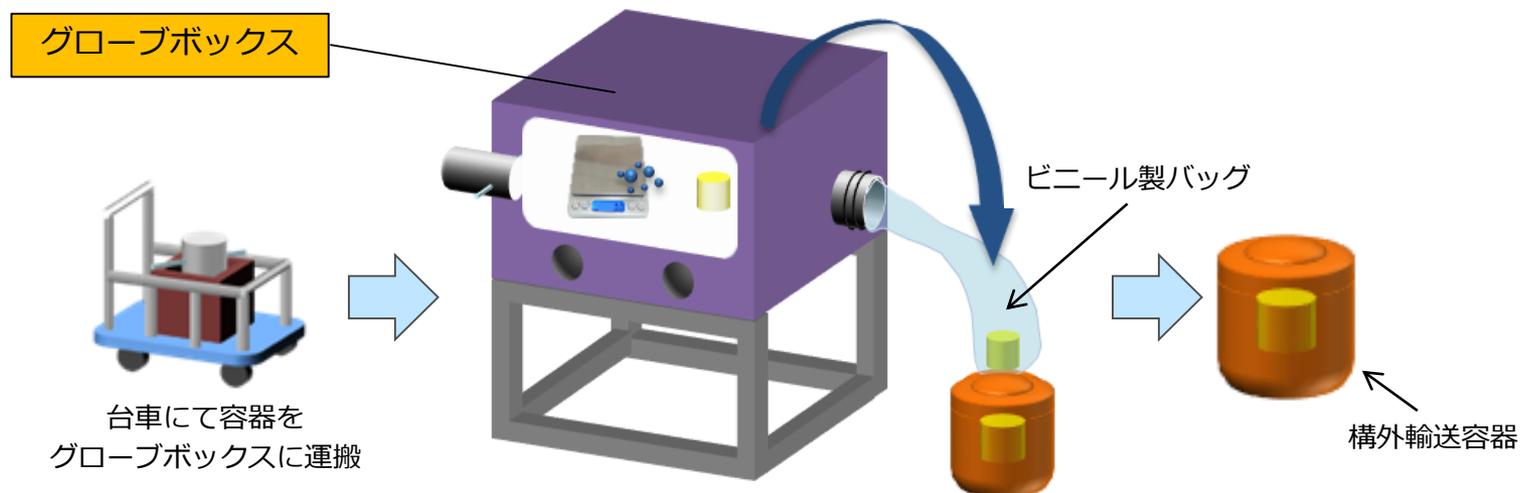
: これまでの実績
 : 開始時期と終了時期は精査中

参考. テレスコ式装置による追加の燃料デブリ採取

- 燃料デブリは多様な性状や分布が想定され、サンプル数を増やし知見を拡充するため、追加の燃料デブリ採取作業については採取実績があり、現在現場に設置しており使用できる環境にあるテレスコ式装置を使用する方針。



- 採取した燃料デブリは、テレスコ式装置またはロボットアームのエンクロージャから搬出する際に線量測定を行い、原子炉建屋内に設置するグローブボックスまで運搬し、グローブボックス内で各種測定を行う。測定後、汚染拡大防止措置を実施し、構外運搬を行う。



- 内部を負圧にしたグローブボックスに受入
- グローブボックス内で各種測定、容器への収納を実施
- ビニール製バッグにて汚染拡大防止を図りながら容器を取り出し
- 構外輸送容器へ収納し、輸送車両へ積載

- 試験的取り出しで採取した燃料デブリは、構外分析施設（JAEA大洗）に輸送予定。
- 法令上の各種試験条件に置かれた場合に、輸送容器の密封性能が失われないことを確認。
- 試料容器（ポリエチレン製）収納された燃料デブリは、つぼ型容器（ポリプロピレン、鉛製）に収納された状態でポリ塩化ビニール樹脂製の袋に密封した上で輸送容器に収納する。
- また、輸送前に燃料デブリを収納した状態で表面線量率及び表面汚染密度が基準値を下回ることを確認。
- 事故等が発生した場合においても、放射性物質が漏えいしないよう対策を講じている。
- 万が一漏えいした場合には、放射線測定を行い、ロープや標識で区画し立ち入りを制限し、除染することで、公衆への被ばくを抑制する。また、関係機関へ速やかに連絡する。
- 輸送に従事する者に教育及び訓練を実施。

法令上の技術基準

項目	内容
放射エネルギー	A2値比の総和が1以下 (約 3.7×10^{10} Bq)
線量当量率	輸送物表面 : 2mSv/h以下 輸送物表面から1m : 100 μ Sv/h
表面汚染密度	アルファ核種 : 0.4Bq/cm ² それ以外 : 4Bq/cm ²
輸送容器の試験条件	自由落下試験、圧縮試験、貫通試験等



A型輸送容器

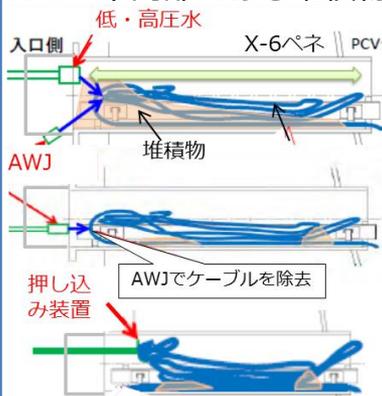
試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）の主なステップ

1. 隔離部屋設置

2. X-6ペネハッチ開放

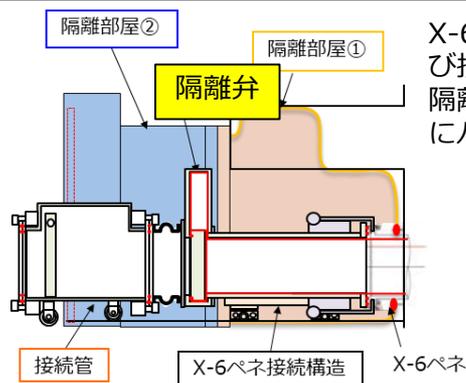
3. X-6ペネ内堆積物除去

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

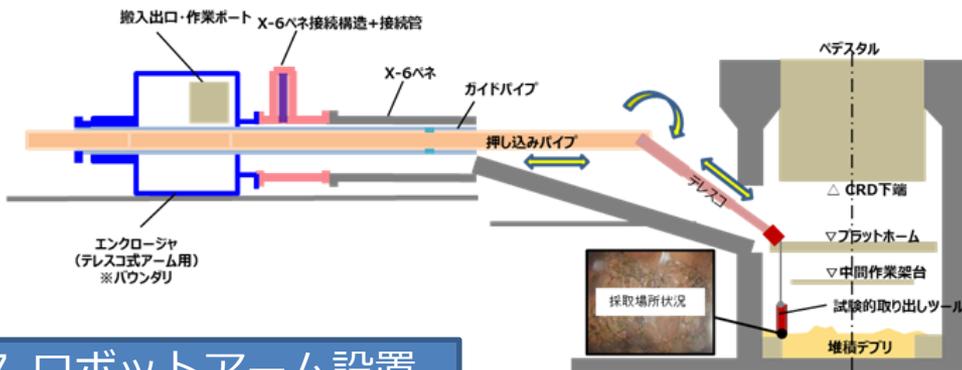
4. X-6ペネ接続構造及び接続管設置



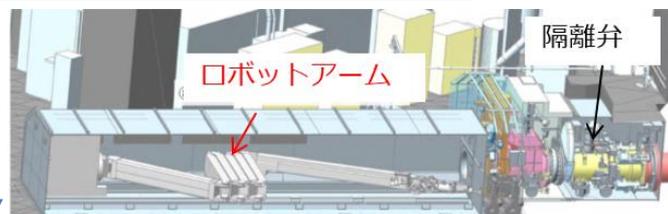
X-6ペネに接続構造及び接続管を取り付け、隔離部屋から接続構造にバウンダリを変更

5. テレスコ式装置設置

6. 試験的取り出し作業（テレスコ式装置によるデブリ採取）

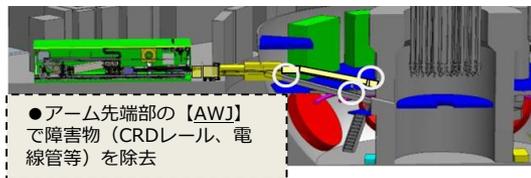


7. ロボットアーム設置



8. ロボットアームによる内部調査・デブリ採取

①内部調査



②ロボットアームによるデブリ採取



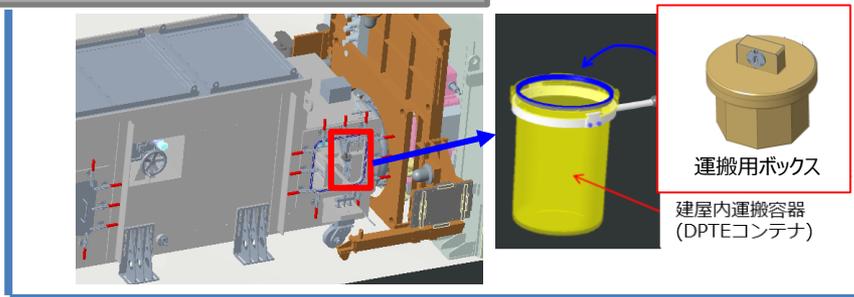
(注記)

- ・ 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

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

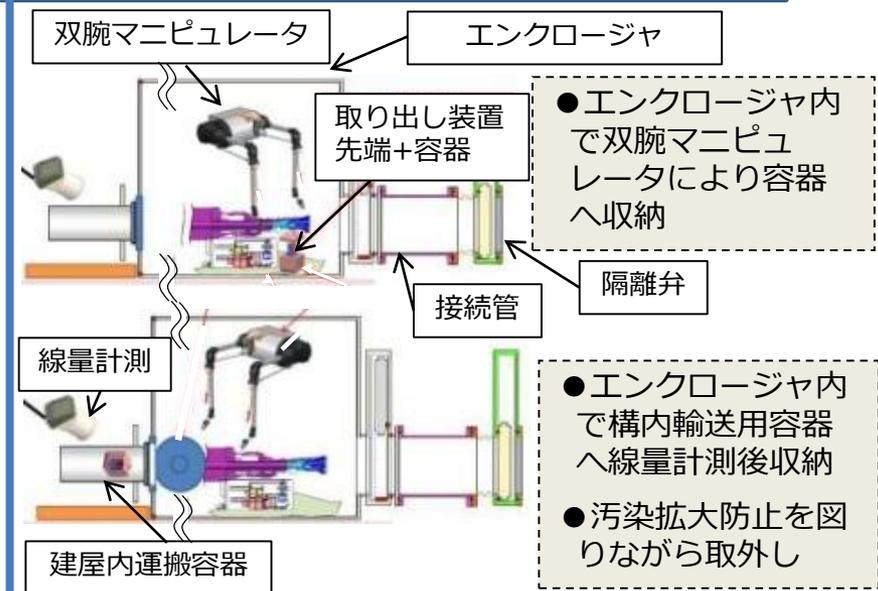
↓(前スライド ステップ6より)

9-1. 燃料デブリの収納



↓(前スライド ステップ8より)

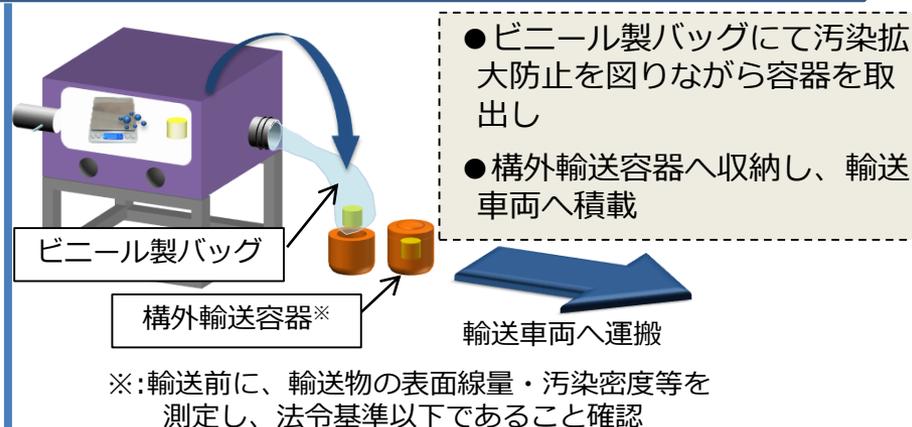
9-2. 燃料デブリ回収装置先端部の収納 構内輸送用容器へ収納・線量計測



10. グローブボックス受入・計量



11. 容器の取出し・輸送容器へ収納・搬出



12. 構外輸送及び構外分析

(注記)
 ・DPTEコンテナ：Double Porte pour Transfert Etancheの略
 コンテナの蓋とグローブボックスのダブルドアが一体となって開閉することで、密閉を維持しながら物を移送することが可能なコンテナ

参考：環境への影響について（1/2）

- 試験的取り出し作業については、格納容器内の気体が外部へ漏れないようバウンダリを構築して作業を実施します。
- 作業前後でモニタリングポスト／ダストモニタのデータに有意な変動がないことを確認します。
- 敷地境界付近のモニタリングポスト／ダストモニタのデータはホームページで公表中です。

参考URL：https://www.tepco.co.jp/decommission/data/monitoring/monitoring_post/index-j.html
<https://www.tepco.co.jp/decommission/data/monitoring/dustmonitor/index-j.html>

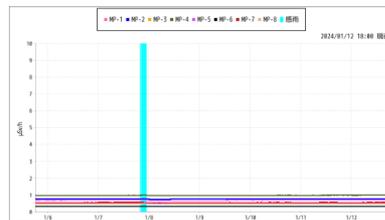
福島第一原子力発電所敷地境界でのモニタリングポスト計測状況

福島第一原子力発電所の敷地境界にあるモニタリングポスト（MP-1～8）において測定している。空気中の放射性物質の測定結果をお知らせいたします。

既設モニタリングポストデータ
計測地点



計測グラフ



MP単位：μSv/h 風速単位：m/s
○計測値（2024/01/12 18:00）

MP-1	MP-2	MP-3	MP-4	MP-5	MP-6	MP-7	MP-8	風向	風速	備考
0.517	0.783	0.490	0.987	0.703	0.315	0.566	0.530	北北西	1.4	無

福島第一原子力発電所敷地境界付近でのダストモニタ計測状況

福島第一原子力発電所の敷地境界にあるモニタリングポスト（MP-1～MP-8）近傍において測定している。空気中の放射性物質濃度の測定結果をお知らせいたします。

計測地点



計測グラフ



敷地境界付近ダストモニタ単位：Bq/cm³ 風速単位：m/s
○計測値（2024/01/12 18:10）

MP1近傍	MP2近傍	MP3近傍	MP4近傍	MP5近傍	MP6近傍	MP7近傍	MP8近傍	風向	風速
1.0E-06	北北西	1.2							

参考：環境への影響について（2/2）

- 試験的取り出し作業については、プラントパラメータの常時監視を行い、作業を実施します。
- 原子炉格納容器内温度のデータはホームページで公表中です。

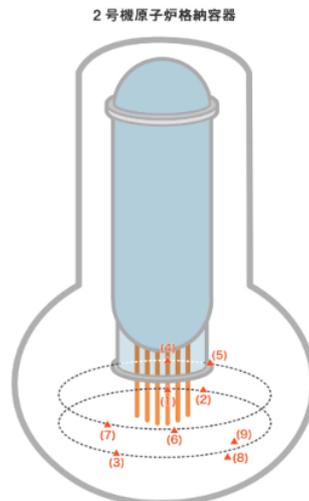
参考URL：https://www.tepco.co.jp/decommission/data/plant_data/unit2/pcv_index-j.html

（参考）ホームページのイメージ

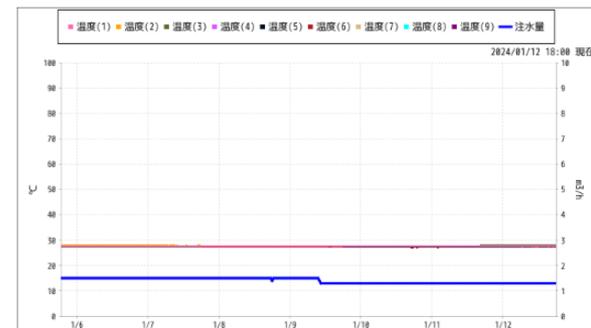
福島第一原子力発電所2号機 原子炉格納容器内温度計測状況

福島第一原子力発電所2号機の原子炉格納容器内温度の測定結果をお知らせいたします。

計測地点



計測グラフ



温度単位:℃、注水量単位: m³/h
○計測値 (2024/01/12 18:00)

温度(1)	温度(2)	温度(3)	温度(4)	温度(5)	温度(6)	温度(7)	温度(8)	温度(9)	注水量
27.5	27.8	27.9	27.7	27.4	27.3	27.2	-	-	1.3

参考. 分析方法略称と分析方法概要 (1/2)

分析方法略称	分析方法名	分析方法概要
ICP-AES	誘導結合プラズマ 発光分光分析	高温プラズマ中に霧状の試料を導入し、発行する光を分光することにより元素特有のスペクトルを得て、元素の定性、定量分析を行う方法。
ICP-MS	誘導結合プラズマ 質量分析	高温プラズマ中に霧状の試料を導入し、試料中の元素をイオン化し、質量分析によりイオンの質量/電荷比 (m/z)におけるイオン数を測定することにより、元素および、その同位体の濃度を測定する方法。
TIMS	表面電離型質量分析	金属フィラメント上に試料を塗布し、真空下で加熱することにより原子をイオン化し、質量分析によりイオンの質量/電荷比 (m/z)におけるイオン数を測定することにより、元素および、その同位体の濃度を測定する方法。
SEM	走査型電子顕微鏡	試料表面に電子線を照射し、表面を観察する装置で、X線分析装置を付帯させることにより、元素分析を行うこともできる。
EDX	エネルギー分散型 X線分析	電子線照射により発生する特性X線を検出し、特性X線のエネルギーで分類し、元素分析や組成分析を行う方法。
WDX	波長分散型X線分析	電子線照射により発生する特性X線を検出し、特性X線の波長で分光して元素分析や組成分析を行う方法。
TEM	透過型電子顕微鏡	薄片化した試料に電子線を照射し、試料を透過した電子や散乱した電子を結像して高倍率で観察する方法で、X線分析装置を付帯させることにより元素分析を行うこともできる。また、回折像から結晶構造を得ることができる。
SIMS	二次イオン質量分析	試料表面にビーム状のイオンを照射し発生した二次イオンを質量分析計で測定することにより、イオンの質量/電荷比 (m/z)におけるイオン数を測定することにより、元素および、その同位体の濃度を測定する方法。
ラマン分光	顕微ラマン分光分析	試料表面に光を照射し、ラマン散乱光を分光して、分子構造、温度、応力、電気的特性、配向・結晶性等の物性を得る方法。従来の光学顕微鏡とラマン分光法とを組み合わせ、 μm オーダーの微小領域の化学形態に関する情報を得ることができる。
X線CT	X線コンピュータ 断層撮影	試料にX線を照射し、透過してくるX線強度をコンピュータに取り込み、三次元的にスキャンすることにより、試料の内部の密度分布を得る方法。異なる密度の相の分布が得られる。

参考. 分析方法略称と分析方法概要 (1/2)

分析方法略称	分析方法名	分析方法概要
XAFS	X線吸収微細構造解析	試料にX線を照射し吸収されるX線のエネルギーを精密に観察し物質の内部構造を分子、原子レベルで分析を行う方法
XRF	蛍光X線分析	試料にX線を照射して発生する、物質に応じて発生するX線（蛍光X線）の波長やエネルギーを測定して構成する元素の含有量を定量分析する方法
XRD	X線回折法	試料にX線を照射して、得られるX線（回折X線）を測定し対象物の結晶構造、結晶方位、結晶格子サイズなどを解析する方法
IP	イメージングプレート	放射線エネルギーを輝尽発光として検出する放射線画像測定器。サンプルの線量分布が取得可能