

# ドローンを活用した1号機原子炉格納容器内部調査について

2024年9月13日



## 東京電力ホールディングス株式会社

### 1. 調査目的



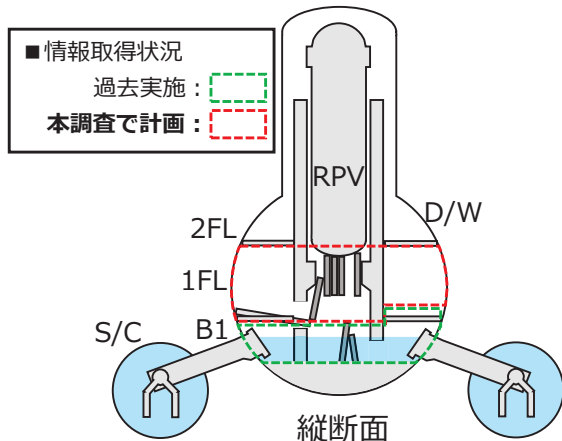
- 今後の廃炉作業に向けて、原子炉格納容器（以下、PCV）内部の状況および燃料デブリへのアクセスルートの構築のための情報の取得が不可欠
- 本調査では、1号機から3号機のうち、**燃料デブリの状況やアクセスルートの情報取得が少ない1号機**をドローン調査の対象とした

デブリ取り出し工法検討に向けた各号機の調査状況

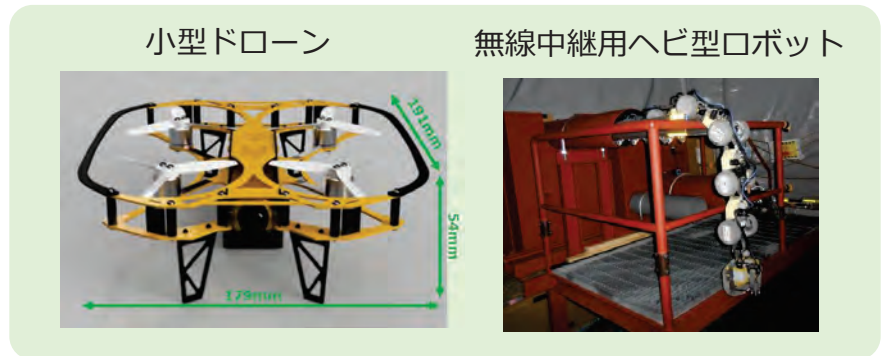
		1号機	2号機	3号機
安全性	作業現場の線量	高い (約600mSv/h)	低い (約5mSv/h)	やや高い (約10mSv/h)
	放射性物質 閉じ込め機能	気密性がやや高い	気密性が高い (水素爆発せず建屋が健全)	気密性が低い
確実性	デブリの状況	情報無	情報有	情報有
	アクセスルート	情報無	情報有	情報有
迅速性		高線量の 配管撤去が必要	作業現場の整備が 進んでいる	格納容器内の 水位低下が必要

## 2. 調査概要

- 1号機PCV内部調査については、燃料デブリの状態を確認するために、水中ROVなどにより主に地下階の調査を実施済
- 燃料デブリ取り出しに向けて、地下階の情報だけでなく、PCV全体の状況も把握する必要があるため、1FLエリアの調査を主とした、“1号機PCV内部気中部調査”を計画
- 本調査は、小型ドローン(合計4機)および無線を中継するヘビ型ロボットを用いて、ペDESTAL外1FLエリアおよび、ペDESTAL内の映像取得を計画



1号機PCV内部調査範囲 概略図



1号機PCV内部気中部調査 調査装置

2

## 3. 調査装置

- PCV内部は狭隘かつ暗所であるため、“小型”で“機動性”、“撮影能力”の高い、下記に示す小型ドローンを採用
- 小型ドローンの無線通信範囲をカバーするために、無線中継器を搭載したヘビ型ロボットを投入
- 水中ROV調査と同様に、X-2ペネにシールボックスを取り付け、PCVの隔離状態を保ったまま、小型ドローンとヘビ型ロボットをPCV内に投入

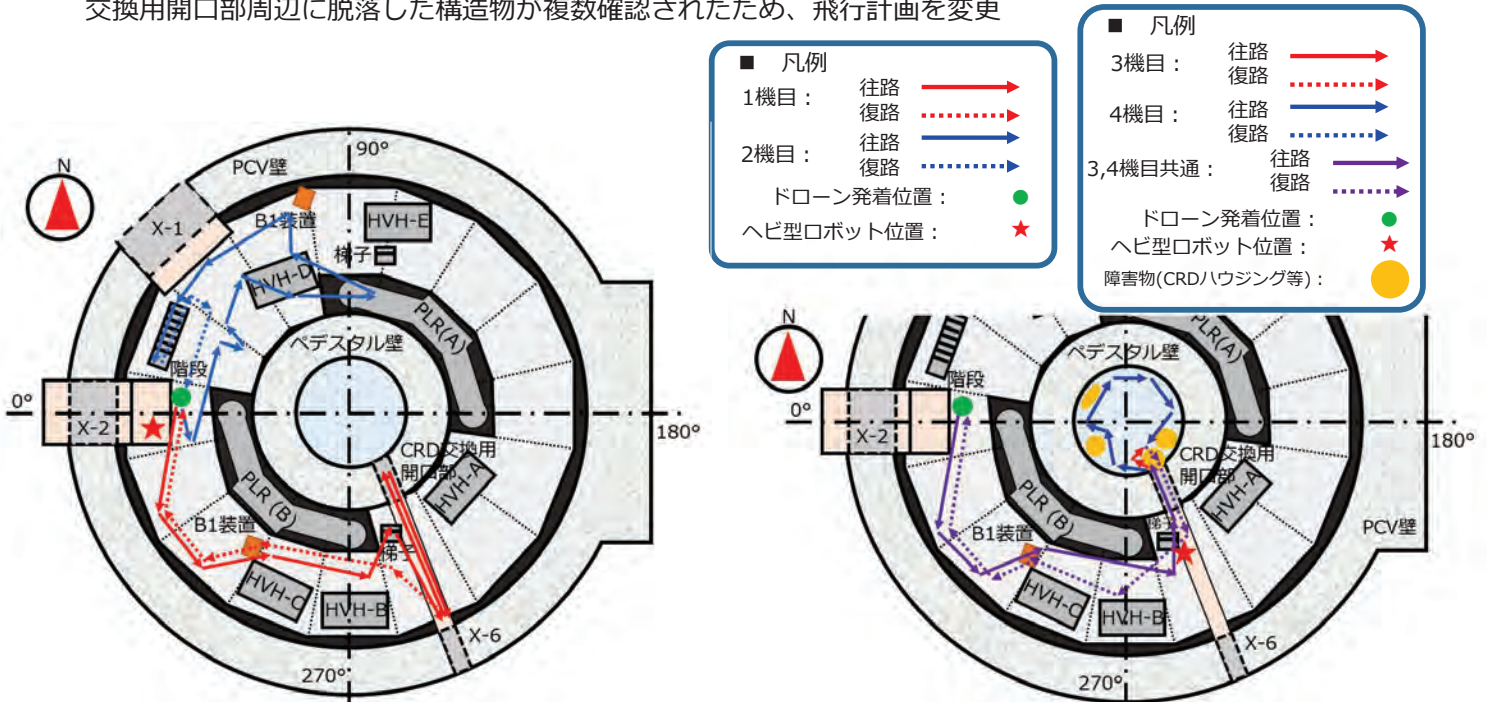
小型ドローン	無線中継用ヘビ型ロボット	シールボックス
	<p>X-2ペネからの昇降試験</p>	<p>ヘビ型ロボット投入口 (φ約0.25m) X-2ペネ外扉 ドローン投入口 (φ約0.33m) 未使用 (φ約0.21m) X-2ペネ隔離弁の用途イメージ</p>
<p>用途：カメラによる映像撮影 寸法：191×179×54[mm] 重量：185[g](バッテリー込) 通信方式：無線 飛行時間：約8分(調査は5分×4機で計画) 搭載機器：照明(90lm(45lm×2))、 超高感度カメラ(正面のみ)</p> <p>カメラスペック ・画質：Full HD・画角：水平131°垂直80°対角144° ・撮影距離：3m程度・フレームレート：60fps 耐放射線性：約150Gy 選定理由：小型かつ、狭隘箇所の飛行における制御性能が高く、高精度な映像を取得できるため</p>	<p>用途：無線中継器の運搬+線量測定 寸法：2,900×180×165[mm] 重量：約25[kg] 通信方式：有線 搭載機器：ドローン用無線中継器、CMOSカメラ×2 線量計 耐放射線性：約249Gy 選定理由：X-2ペネの手すりを乗り越え、 グレーチングに昇り降りするため</p>	<p>ドローン用S/B ヘビ型ロボット用S/B</p> <p>S/B取り付けモックアップ</p>

3



## 4. 調査範囲

- ペDESTAL外については、1,2機目で飛行しており、概ね計画通りのルート进行
- ペDESTAL内については、3,4機目で飛行しており、3機目でペDESTAL内全周を飛行する計画であったが、CRD交換用開口部周辺に脱落した構造物が複数確認されたため、飛行計画を変更



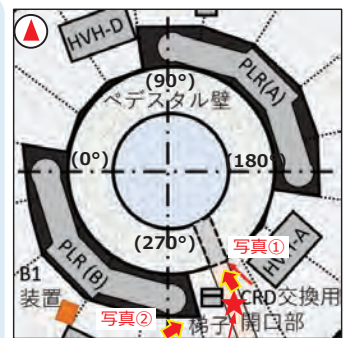
2024.2.28実施 ペDESTAL外調査ルート

2024.3.14実施 ペDESTAL内調査ルート

4

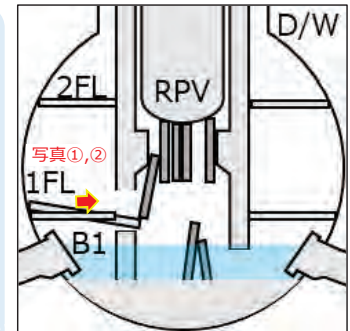
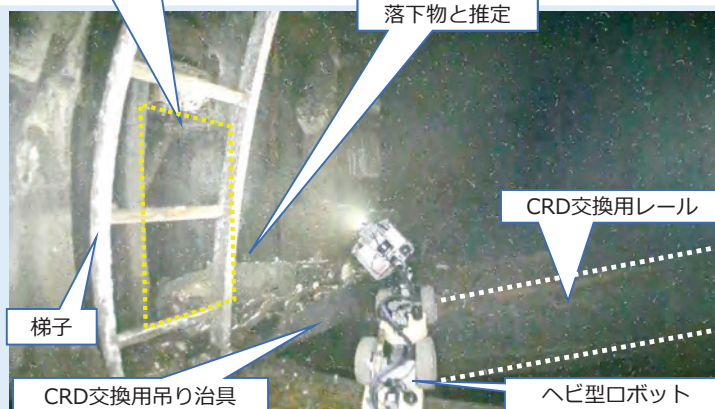
## 5. 調査結果 (ペDESTAL外 開口部付近)

- 写真①：ペDESTAL外から見たCRD交換用開口の様子。開口部前には落下物があるものの、ペDESTAL壁に大きな損傷はない。既設構造物は経年劣化と考えられる変色があるが、概ね形を保っている



ヘビ型ロボット待機位置  
1号機PCV内1FL 拡大図(概略)

- 写真②：CRD交換用開口部前のヘビ型ロボットを俯瞰した写真。2月28日の調査でCRD交換用レール周辺に、目立った障害物が確認されなかったため、計画通りヘビ型ロボットにてCRD交換用レールから無線中継を実施



1号機PCV内縦断面図(概略)

※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

画像処理：東京電力ホールディングス(株)

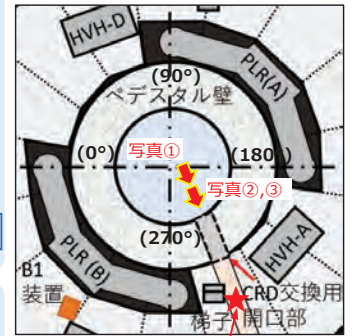
5



## 5. 調査結果

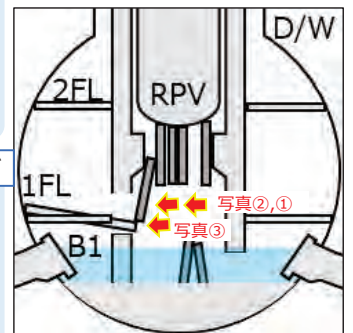
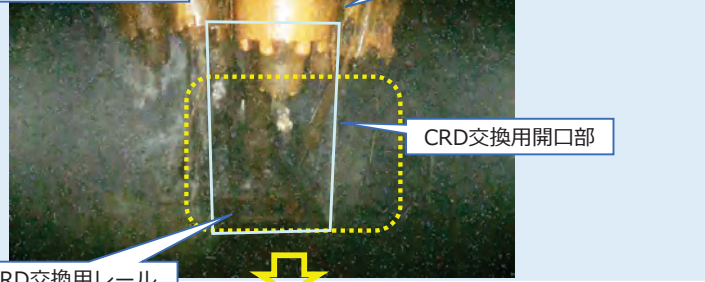
### (ペDESTアル内 CRD交換用開口部付近のCRDハウジング)

- 写真①：CRD交換用開口部付近をペDESTアル内から撮影した写真。赤点線部が開口部を塞いでいる脱落したCRDハウジングである。



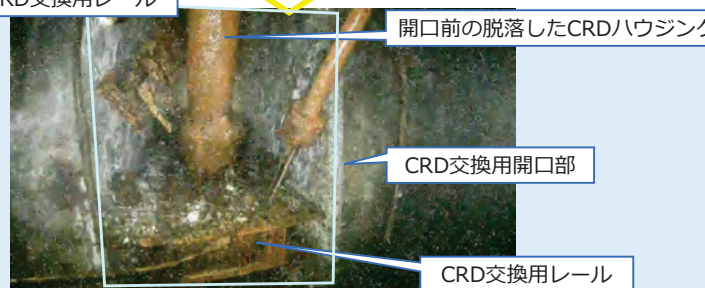
ヘビ型ロボット待機位置  
1号機PCV内1FL 拡大図(概略)

- 写真②：写真①の黄色点線枠の写真。脱落したCRDハウジングは1つでは無く、複数のCRD関連機器がまとまって脱落している。



1号機PCV内縦断面図(概略)

- 写真③：写真②の黄色点線枠の写真。脱落したCRDハウジングの下部はCRD交換用レールの上には落下していると推定。



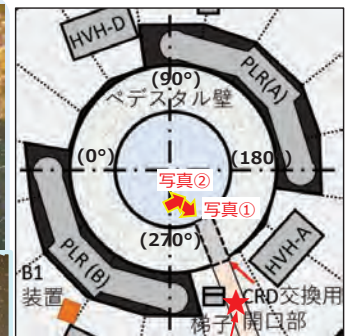
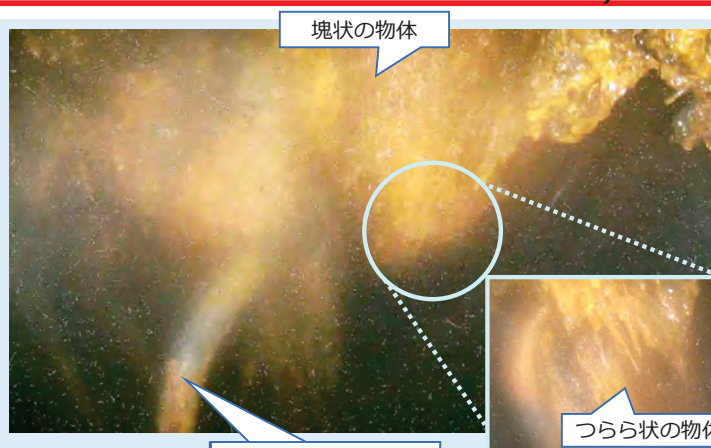
※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

画像処理：東京電力ホールディングス(株)

## 5. 調査結果

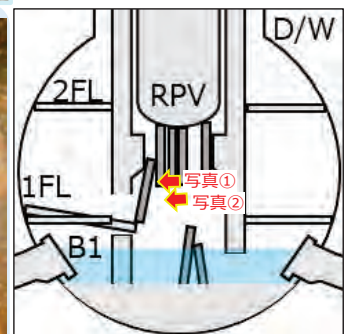
### (ペDESTアル内 CRD交換用開口部付近の塊状の物体)

- 写真①：CRD交換用開口部付近の脱落しているCRDハウジングの上部の塊状の物体。塊状の物体の中にはつらら状になっている部位がある。上部に集中して固まっていることから、上方より移行してきたものと推定。



ヘビ型ロボット待機位置  
1号機PCV内1FL 拡大図(概略)

- 写真②：CRD交換用開口部付近の脱落しているCRDハウジングよりもペDESTアル内側にある塊状の物体。CRD関連機器にぶら下がるように固まっている。写真①と同様に、上方より移行してきたものと推定。



1号機PCV内縦断面図(概略)

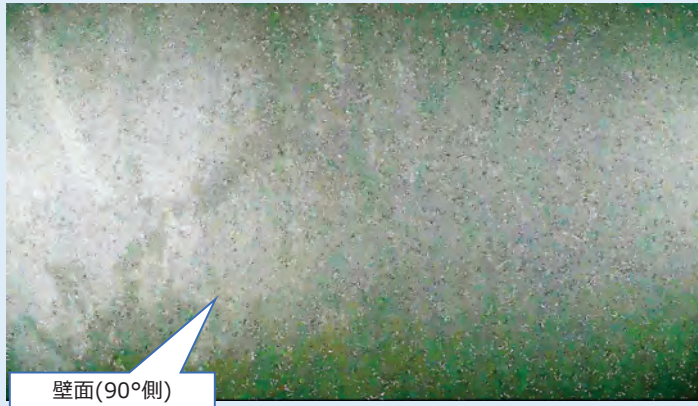
※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

画像処理：東京電力ホールディングス(株)

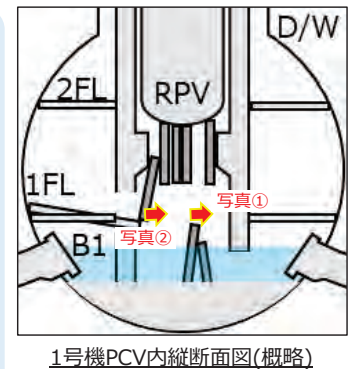
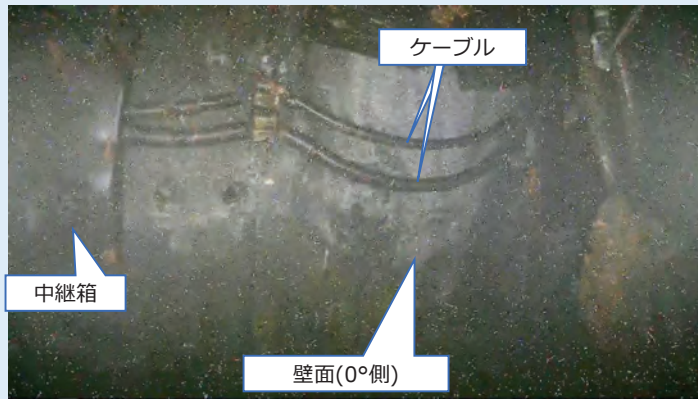


### 5. 調査結果 (ペDESTAL内 ペDESTAL壁面)

■ 写真①：ペDESTAL内 90°側のペDESTAL壁面の様子。一部変色がみられるものの、著しい損傷は確認されず、コンクリートが残存している。なお、当該壁面には、震災前より既設設備はないため、機器は確認されていない。



■ 写真②：ペDESTAL内 0°側のペDESTAL壁面の様子。写真①と同様に一部変色があるが、著しい損傷は無く、コンクリートが残存している。また、ケーブルの中継箱等が確認されており、変色及び変形していると推定。

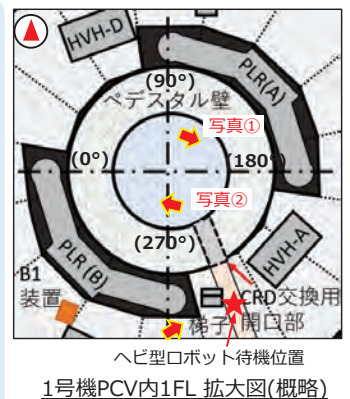
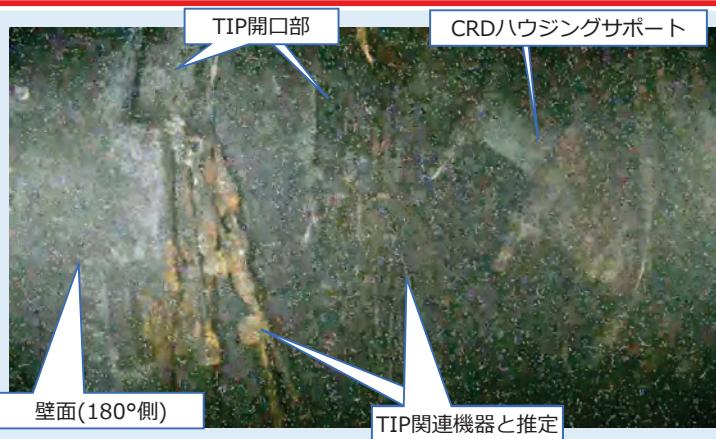


※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

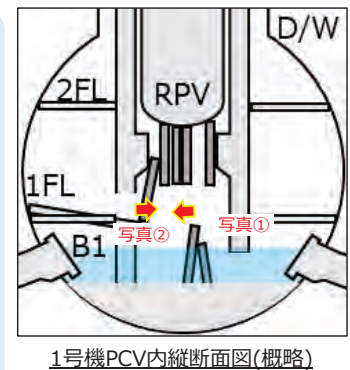
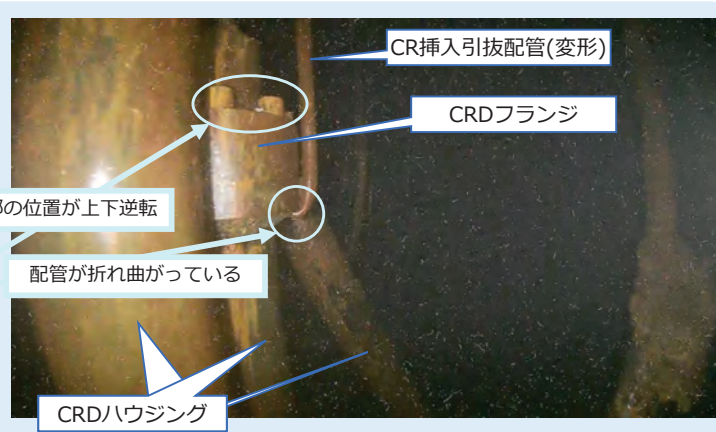
画像処理：東京電力ホールディングス(株)

### 5. 調査結果 (ペDESTAL内 構造物)

■ 写真①：ペDESTAL内 180°付近の様子。既設のTIP開口部があり、TIP関連機器と推測される機器が下方方向に垂れている。ペDESTAL壁面については、0°および90°付近と同じく著しい損傷は確認されていない。



■ 写真②：正位置と上下逆転しているCRDハウジング。挿入引き抜き配管が変形している。



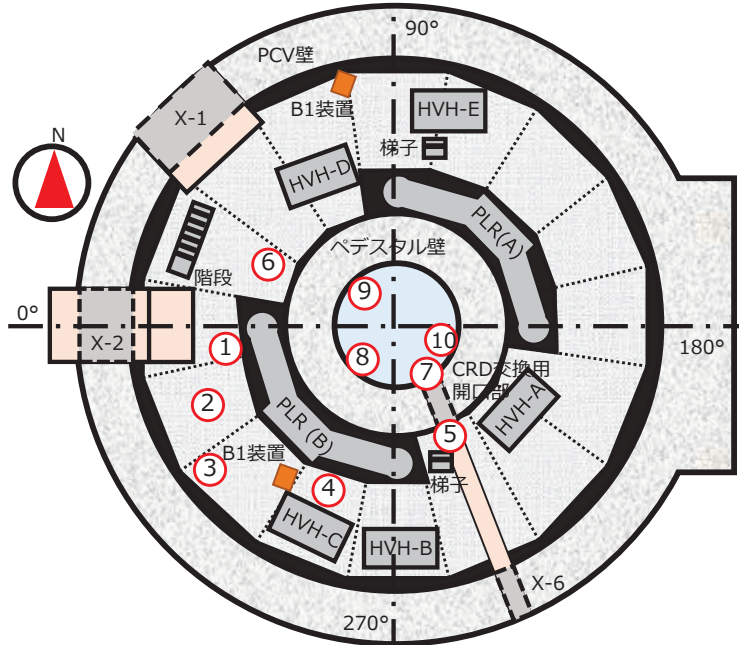
※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

画像処理：東京電力ホールディングス(株)



## 6. PCV内の主要な落下物について

- ペDESTAL外側のグレーチング上には、過去の調査でも確認されている、鉛遮蔽マット等の落下物を確認
- CRD交換用開口部前にはCRDレールを吊るためのチェーンブロックと思われる落下物を確認
- ペDESTAL内ではCRD交換用開口部周辺以外にも、CRD関連機器と思われる脱落した構造物を、壁側に複数確認

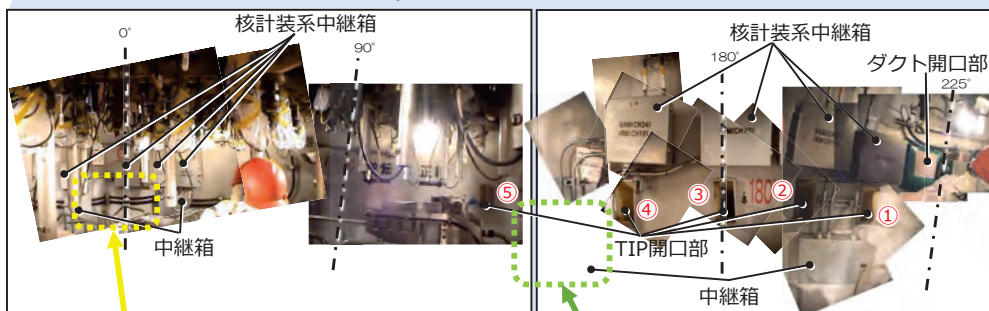


※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

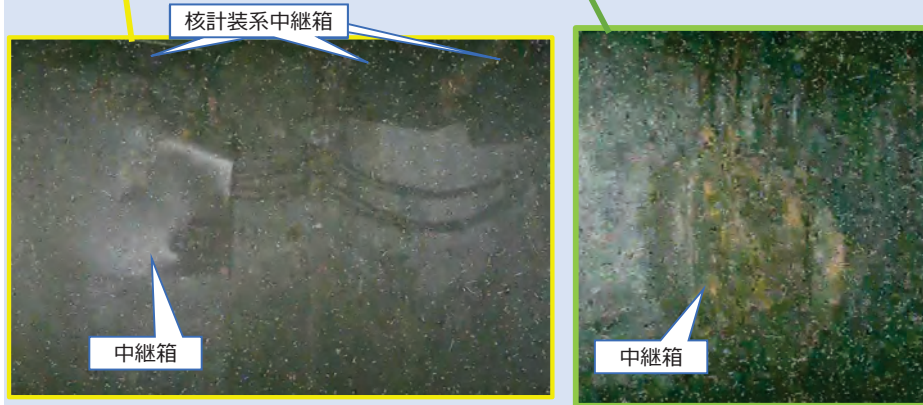
画像処理：東京電力ホールディングス(株)

## 7. 震災前の写真との比較(ペDESTAL内 中継箱、TIP開口部)

### ■ ペDESTAL壁面の中継箱

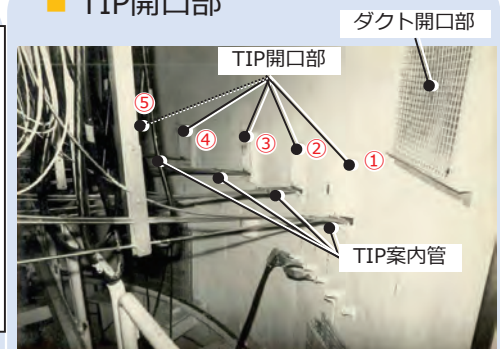


【震災前：定期検査時】ペDESTAL内壁面(左：0°~90°付近、右：180°~225°付近)

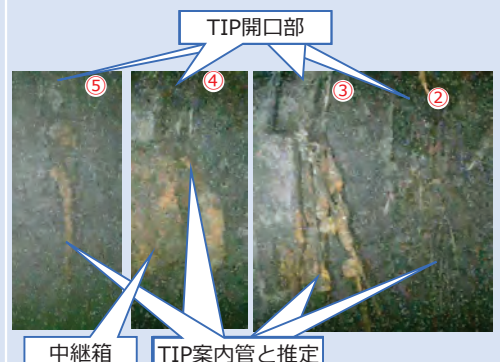


ペDESTAL内中継箱の状態(左：0°付近、右：180°付近)

### ■ TIP開口部



【震災前：建設時】TIP開口部(180°付近)



TIP開口部の状況(180°付近)

※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

画像処理：東京電力ホールディングス(株)



## 7. 震災前の写真との比較(FDW系統の配管、CRD関連機器)

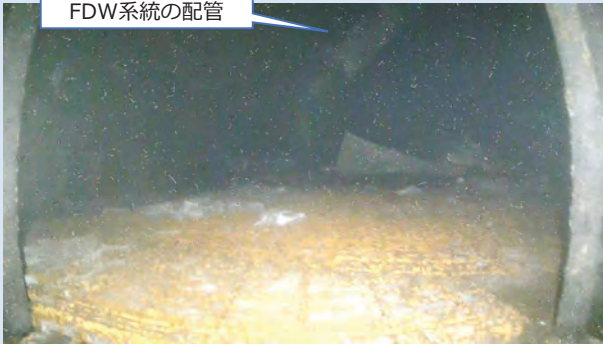
### ■ ペDESTAL外 2FL FDW系統配管

FDW系統の配管



【震災前：定期検査時】FDW系統配管

FDW系統の配管



2FLの状況

### ■ ペDESTAL内 CRD関連機器

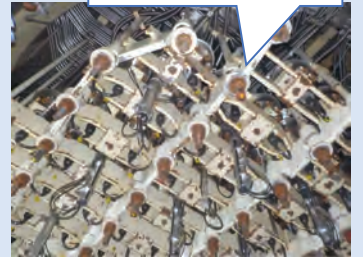
CRDハウジング

CRDハウジングサポート



CR挿入引抜配管

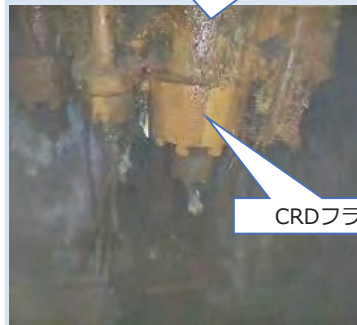
CRDフランジ



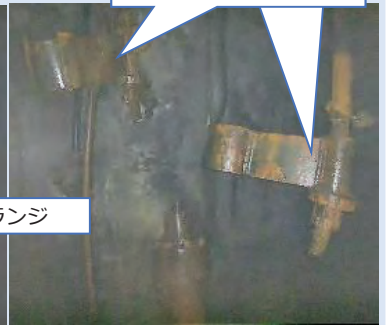
CRD関連機器(左：震災前：定期検査時、右：5号機)

CRDハウジング

CRDハウジングサポート



CRDフランジ



CRD関連機器の状況(左：ハウジング、右：サポート)

※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

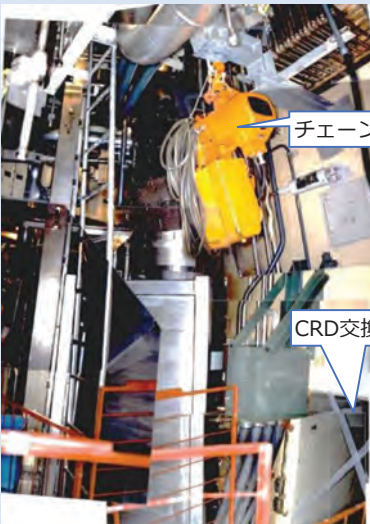
画像処理：東京電力ホールディングス(株)

12

## 7. 震災前の写真との比較(ペDESTAL外 CRD交換用開口部周辺)

### ■ チェーンブロック

チェーンブロック



CRD交換用開口部

【震災前：定期検査時】CRD交換用開口部前 チェーンブロック

CRD交換用開口部

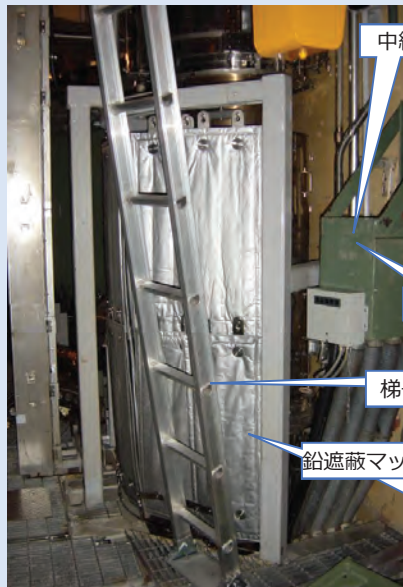
チェーンブロックと推定



CRD交換用開口部前(落下したチェーンブロック)

### ■ 梯子と中継箱

中継箱



中継箱

梯子

鉛遮蔽マット

【震災前：定期検査時】梯子と中継箱

CRD交換用開口部



CRD交換用開口部前の状況(中継箱)



CRD交換用開口部前の状況(梯子)

ヘビ型ロボット

※PCV内で撮影した映像は、放射線の影響によりちらつき、湿度(霧)の影響により白く霧が発生している

画像処理：東京電力ホールディングス(株)

13

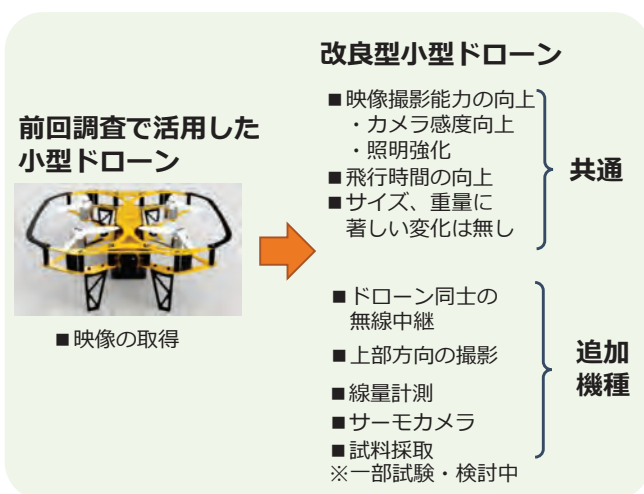
## 8. 今回の調査で得られた知見について

- ドローンの飛行により、PCVガス管理システムおよびオペフロのダストモニタに有意な上昇は確認されなかったことから、**小型ドローンがダスト飛散に与える影響は軽微であると判断**
- ペDESTAL内はCRD関連機器と思われる上部の構造物が複数落下していたことから、同じくドローンでRPV底部を調査するためには、**上部方向を確認する手段が必要**
- 2FL以上にアクセスするためには、**X-1ペネ付近の階段が有効であることを確認**。また、**地下階にアクセスするためには、水中ROV調査のために開けたX-2ペネ前のアクセス口や、地下に降りる梯子が有効であることを確認**
- ドローンに搭載されている自機の温度計の指示を確認したところ、**今回の調査で飛行した範囲については、有意な温度変化は発生しなかった**
- X-2ペネに無線中継器を配置すると、**X-6ペネ周辺まではドローンの通信を維持できることを確認**。ただし、CRD交換用開口内に入ると通信がやや不安定になるため、**ペDESTAL内調査においては、今回と同様なCRD交換用開口部等の有効な箇所からの無線中継が必要**
- PCV内の霧は、照明の性能を著しく低下させ、**視認距離を短くし、カメラに曇りを発生させる要因にもなるため、気中部の調査においては対策が必要**
- 今回使用した小型ドローンのカメラは、耐放射線仕様のカメラではないため、**ペDESTAL内に近づくにつれて放射線ノイズの影響が増加したものの、飛行不可能になるレベルでないことを確認**

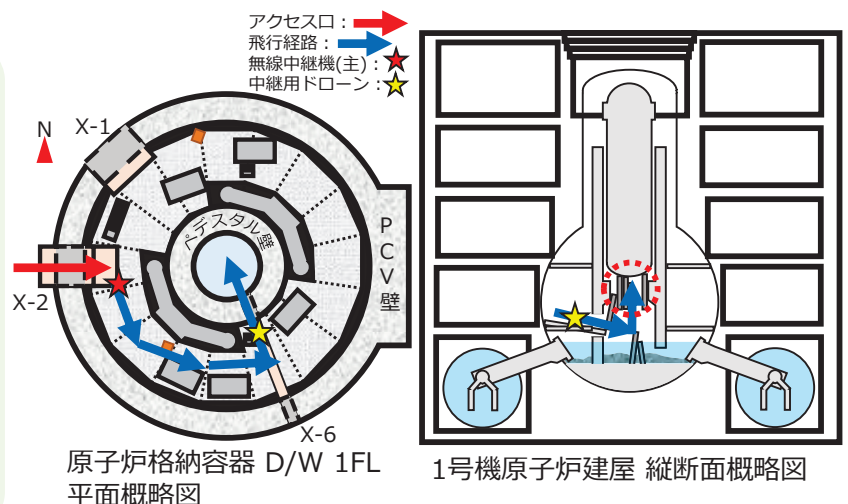
14

## 9. 1号機のPCV内部調査の計画 “改良型小型ドローンによる調査”

- 2024年2,3月に実施した1号機PCV内部気中部調査で得た知見を基に、**小型ドローンの改良を計画**
- 前回の内部調査で活用した機体をアップデートし、**映像撮影能力および飛行時間を向上**
- 更に上部方向の撮影、ドローン同士の無線中継や、線量計測、堆積物の採取等が可能な機種を検討中
- **RPV底部近傍やベント管内の調査や、堆積物の採取・分析を実施予定**



小型ドローンの改良項目



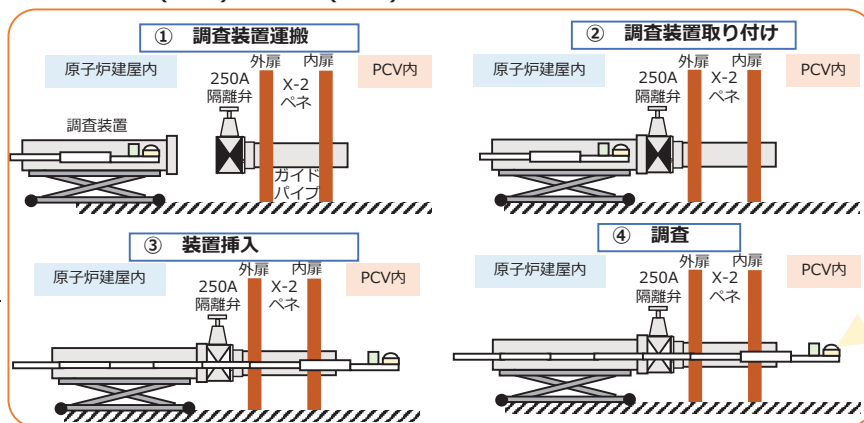
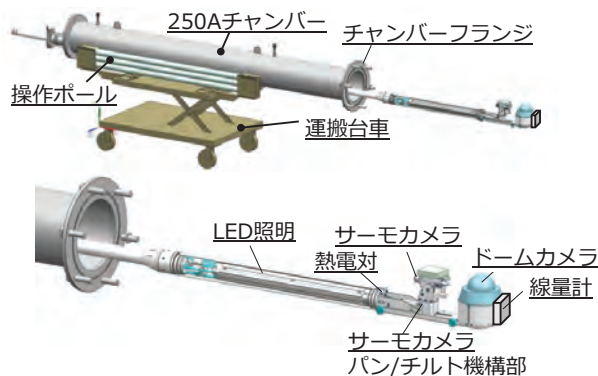
RPV底部近傍調査のイメージ

15



## 9. 1号機のPCV内部調査の計画 “PCV内部環境調査”

- 現在、1号機はPCV水位低下作業を実施しており、**前回の調査時よりも、D/Wの水位が低下している**
- それに伴い、堆積物が部分的に気中露出している可能性があり、**PCV内の空間線量や、靄の量が変化している可能性がある**
- 空間線量や靄の情報は、今後の**調査装置の設計(照明・カメラ等)**やM/U・トレーニングの環境設定に**影響するため**、現状のPCV内部の環境について改めて調査を実施する
- **調査はX-2ペネ周辺で実施し、線量、温度、映像情報を取得予定**
- 一般的に靄は温度変化の影響を受けるため、**夏季(9月)、冬季(2月)の測定を計画**



	2024年度								
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
装置製作	■								
M/U・訓練	■			冬季まで一時中断			■		
現場作業		■ 準備作業	■ 片付け				■ 準備作業	■ 片付け	

夏季調査の結果を踏まえて  
時期調整

16

## 10. 本調査のまとめ

- 本調査では、1号機PCV内（気中部）の状況把握を目的に、小型ドローンおよび無線中継器を搭載したヘビ型のロボットを活用し内部調査を実施した。
- 調査の結果、PCV内の構造物やCRD開口部などの鮮明な映像の取得が可能であり、小型ドローンが有効な手段であることが明らかとなった。
- 今後のさらなる調査に向けて、本調査で得られた知見をもとに調査装置の改良を行い、より広範囲のPCV内状況の取得を計画していく。