

1号機 PCV内部調査（気中部調査）について

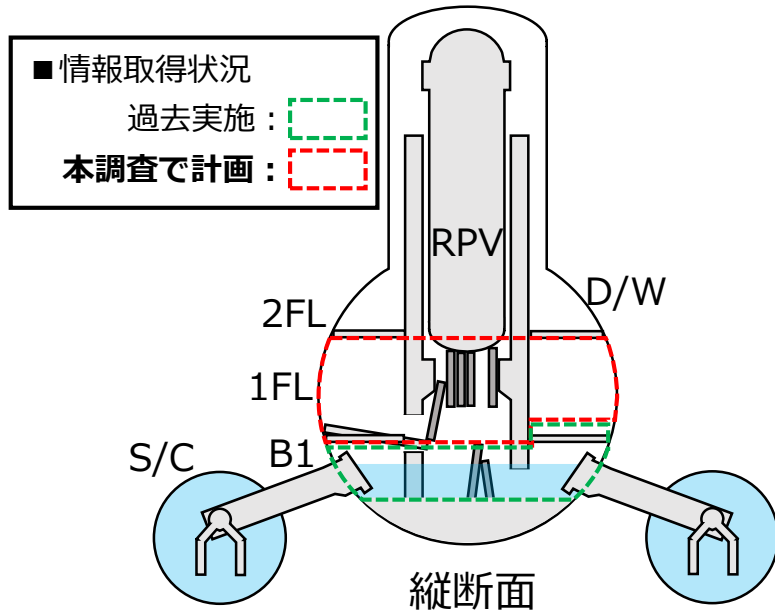
2024年6月27日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

- 1号機原子炉格納容器(以下、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、**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”を実施(2024.2.28,3.14実施)**
- 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内の映像を取得**



1号機PCV内部調査範囲 概略図

小型ドローン



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)
 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)

無線中継用ヘビ型ロボット

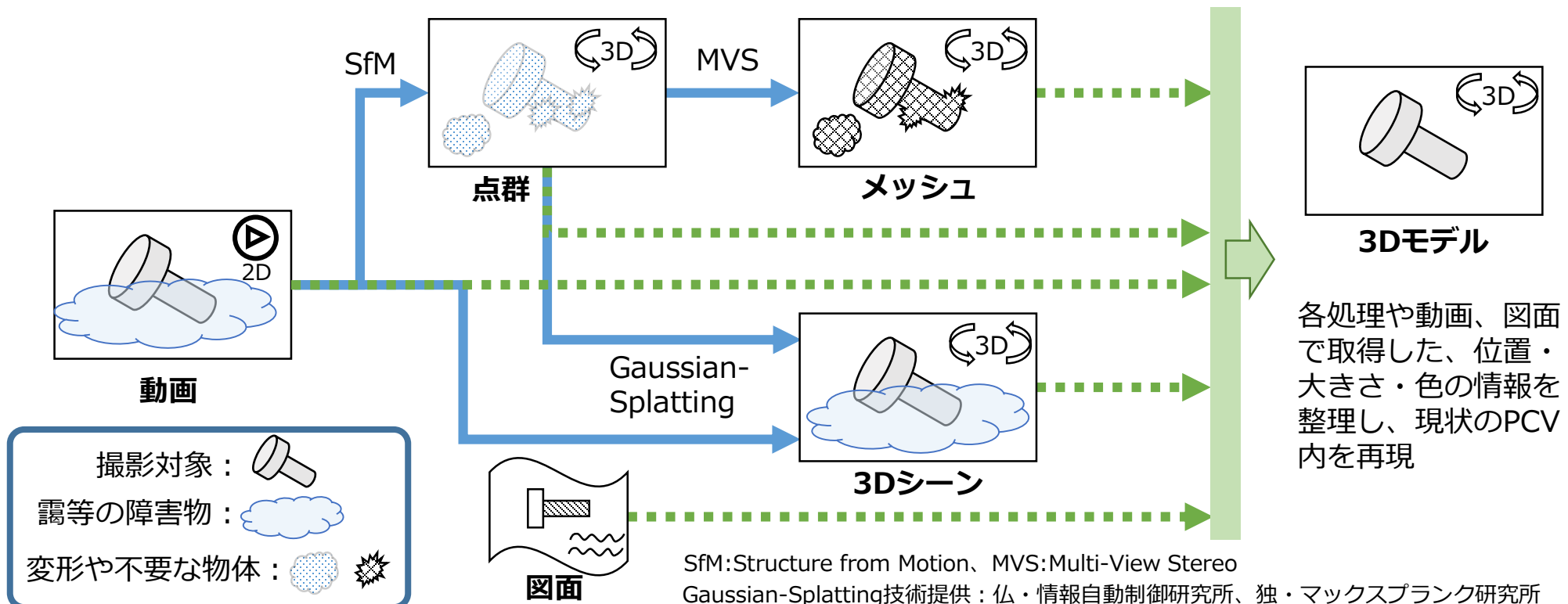


用途：無線中継器の運搬+線量測定
 寸法：2,900×180×165[mm]
 重量：約25[kg]
 搭載機器：ドローン用無線中継器、
 CMOSカメラ×2
 線量計

1号機PCV内部気中部調査 調査装置

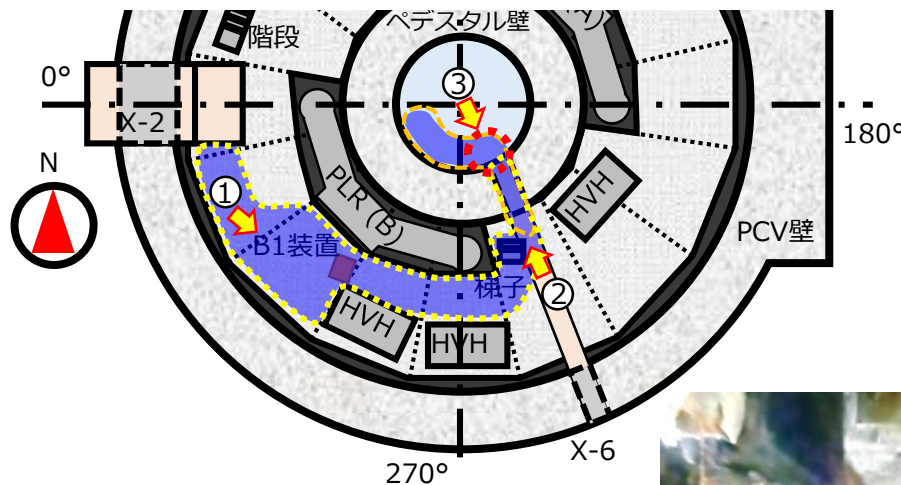
2-1. 小型ドローンで撮影した動画の活用について ～3Dモデル化～

- 撮影した動画に、点群処理(SfM)、メッシュ処理(MVS)、3Dシーン処理(Gaussian-Splatting)を実施
 - **点群データ**：対象を3Dの点の集まりで表現。**大きさや位置関係の情報**を取得可能
 - **メッシュデータ**：点群データの点を繋げて3Dの物体として表現。大きさや位置に加えて、**形状**も把握可能
 - **3Dシーンデータ**：動画をそのまま、3D空間に変換。**3D空間内に動画と同等の色味を表現**できるのが特徴
- 各処理は、動画の写り方や障害物により、**対象の変形や不必要な物体を生成する欠点**がある
- 各処理で得た**有用な情報のみ抽出し、活用しやすい形**にするため、最終的に**3Dモデルへの整理**を計画
- 整理した情報は、今後の燃料デブリ取り出しやPCV内部調査の干渉確認、装置検討等に活用

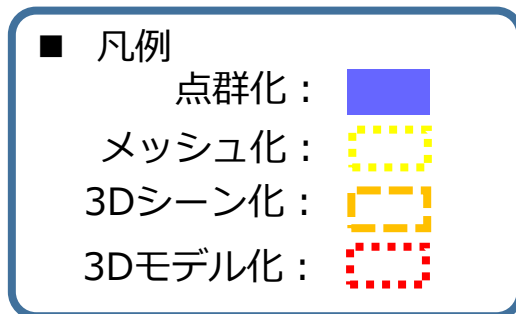


2-2. 小型ドローンで撮影した動画の活用について ～3Dモデル化～

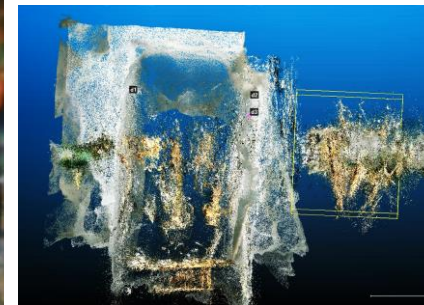
- 霽の影響により、一部映像が不鮮明であったことから、**点群化、メッシュ化、3Dシーン化できたのは、ペDESTAL外側の南側や、CRD交換用開口付近のみ**(4機目のドローン(2024.3.14)の動画を使用)
- 各処理特有の、物体歪みや不必要な物体の生成が確認されるものの、3Dモデル化に影響なし
- 現在、**ペDESTAL内を優先して3Dモデル化を実施中**(3Dモデル化は点群化した範囲を実施予定)
- 今後、各処理の質を向上し、実施可能な範囲を広げるために、霽対策(照明の改良等)について検討予定



矢視①の点群(左)とメッシュ(右)データ比較



矢視②の3Dシーンデータ

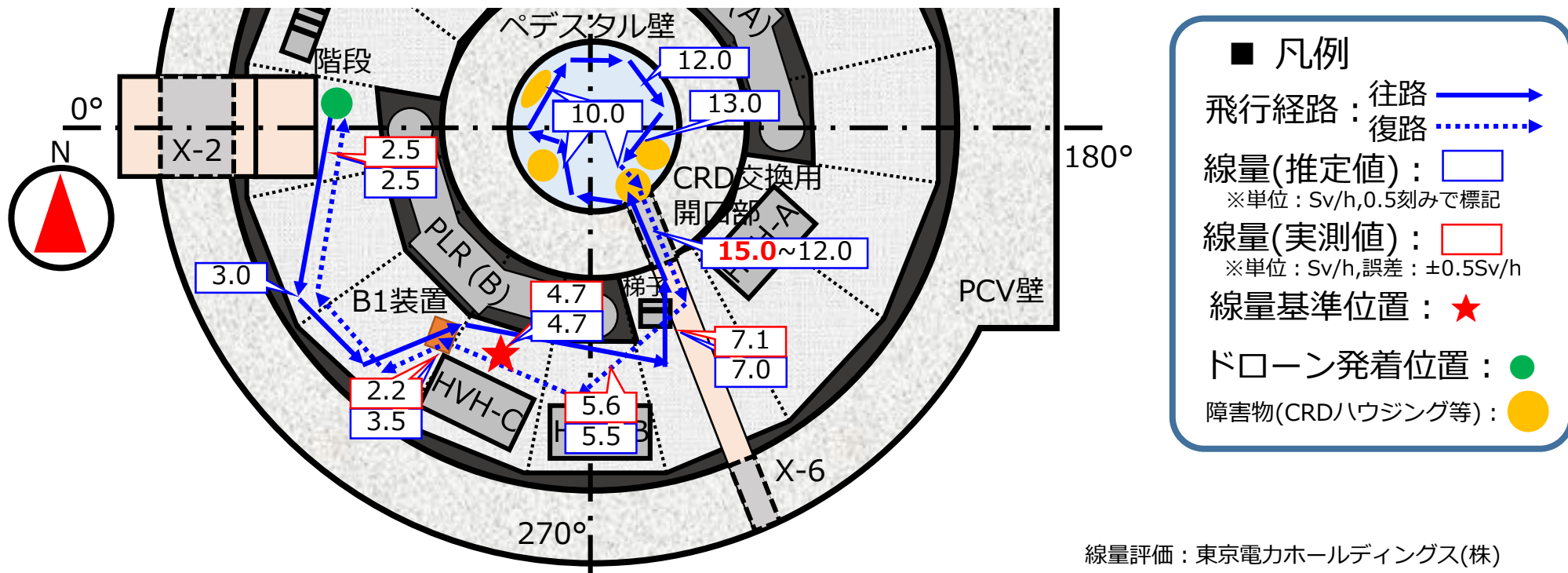


矢視③の点群データ(左)と3Dモデル(右)



3. 小型ドローンで撮影した動画の活用について ～線量推定～

- 4機目のドローン(2024.3.14)で撮影した動画を基に線量推定を実施
- PCV内の空間線量と映像ノイズの量が、比例関係にあると仮定して評価
 - 耐放射線試験の結果から、当該ドローンの映像は、線量と映像ノイズの量に比例関係があると考えられるが、多種の線源の影響を受けるPCV内での関係性については未確認
- また、PCV内の空間線量の基準として、ヘビ型ロボットがペデスタル外の南側で計測した、線量計の指示4.7Sv/hを使用(下図の★マークの位置)
- CRD交換用開口部内の線量が最も高く、約15.0Sv/hと推定。当該開口部の高所を飛行すると指示が上昇することから、脱落したCRDハウジング上部の塊や、CRD挿入引き抜き配管の影響と推定
- 今後、ドローンに線量計を搭載し、線源について詳細調査を計画



(参考) 今後の内部調査スケジュールについて

■ 気中部調査

- 小型ドローンを用いて気中エリアを調査。2023年度の調査実績を踏まえて、他号機を含めた展開を計画

■ 堆積物採取調査

- 水中ROV調査で確認された、多種多様な堆積物を採取し、分析する計画

■ ベント管・S/C調査

- 水中ROV調査の結果を踏まえ、ベント管・S/Cに堆積物が広がっていないか調査を計画

項目/年度	2023	2024以降		
気中部調査	調査	改修・検討	調査(2回目)	調査結果および検討・M/Uを踏まえて時期調整
堆積物採取調査		検討、設計製作、M/U、訓練		採取調査
				分析
ベント管・S/C内調査		検討、設計製作、M/U、訓練		S/C ベント管内調査

(参考) 調査装置について

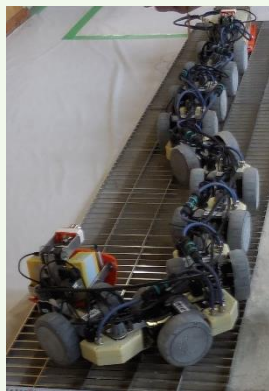
- PCV内部は狭隘かつ暗所であるため、“小型”で“機動性”、“撮影能力”の高い、下記に示す**小型ドローン**を採用
- 高精細な映像を撮影できるため、動画から点群データを生成可能(Structure from Motion技術)
- 小型ドローンの無線通信範囲をカバーするために、**無線中継器を搭載したヘビ型ロボット**を投入
- 水中ROV調査と同様に、**X-2ペネにシールボックスを取り付け**、PCVの隔離状態を保ったまま、小型ドローンとヘビ型ロボットをPCV内に投入

小型ドローン

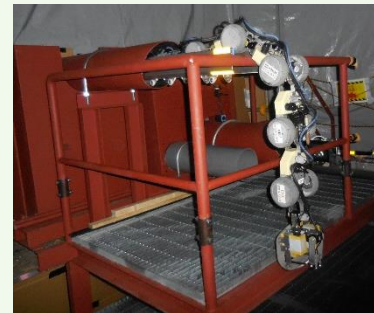


用途：カメラによる映像撮影
 寸法：191×179×54[mm]
 重量：185[g](バッテリー込)
 通信方式：無線
 飛行時間：約8分(調査は5分×4機で計画)
 搭載機器：照明(90lm(45lm×2))、
 超高感度カメラ(正面のみ)
 カメラスペック
 ・画質：Full HD・画角：水平131°垂直80°対角144°
 ・撮影距離：3m程度・フレームレート：60fps
 耐放射線性：約150Gy
 選定理由：小型かつ、狭隘箇所の飛行における制御
 性能が高く、高精細な映像を取得できるため

無線中継用ヘビ型ロボット



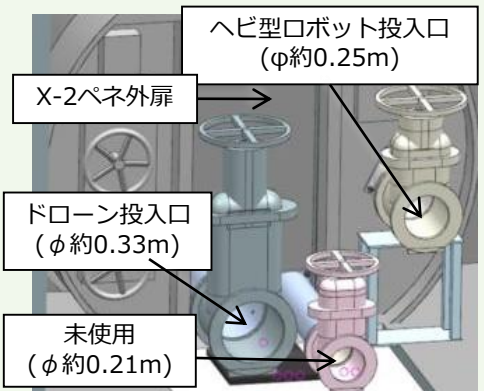
ヘビ型ロボット全体



X-2ペネからの昇降試験

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

シールボックス



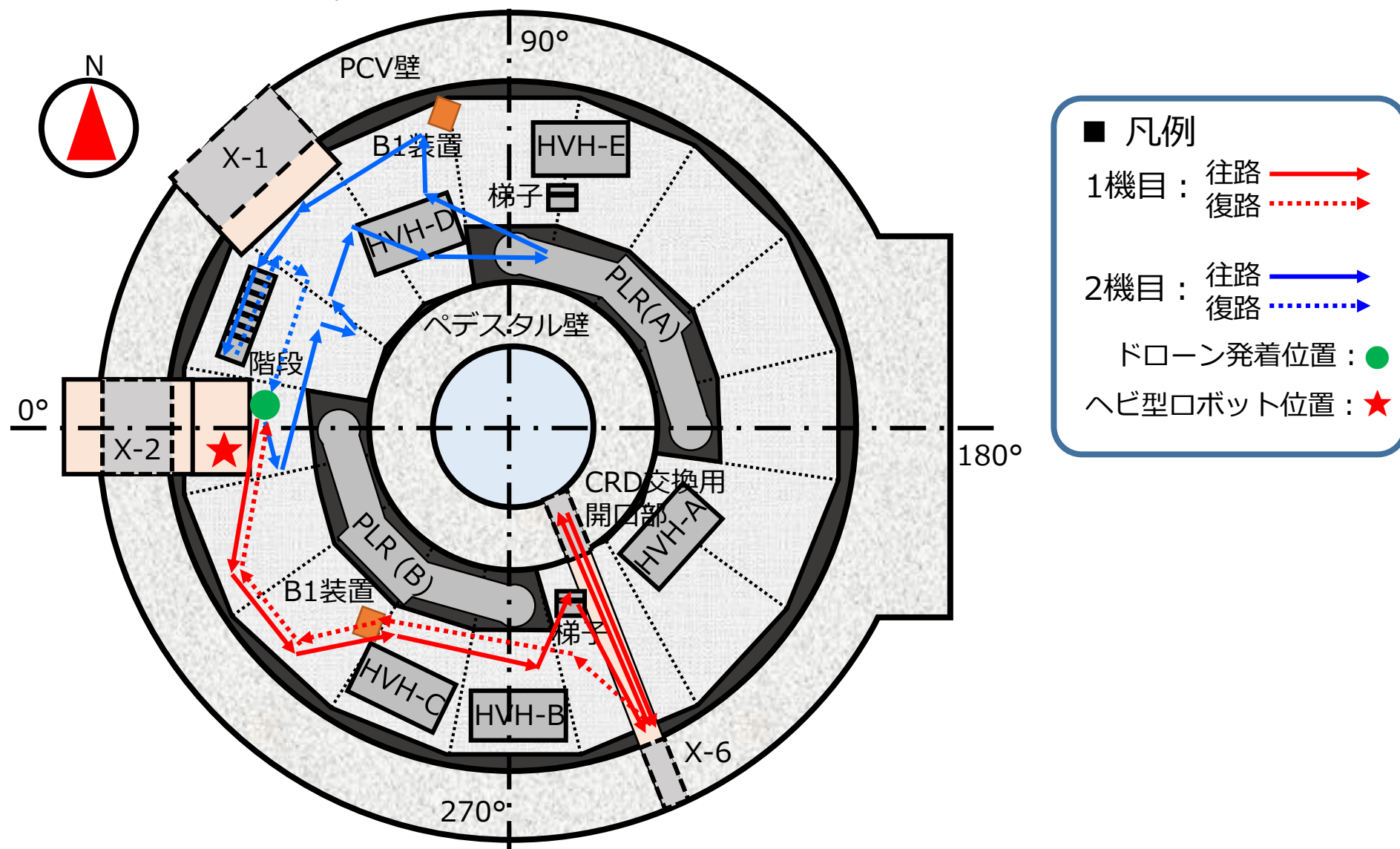
X-2ペネ隔離弁の用途イメージ



S/B取り付けモックアップ

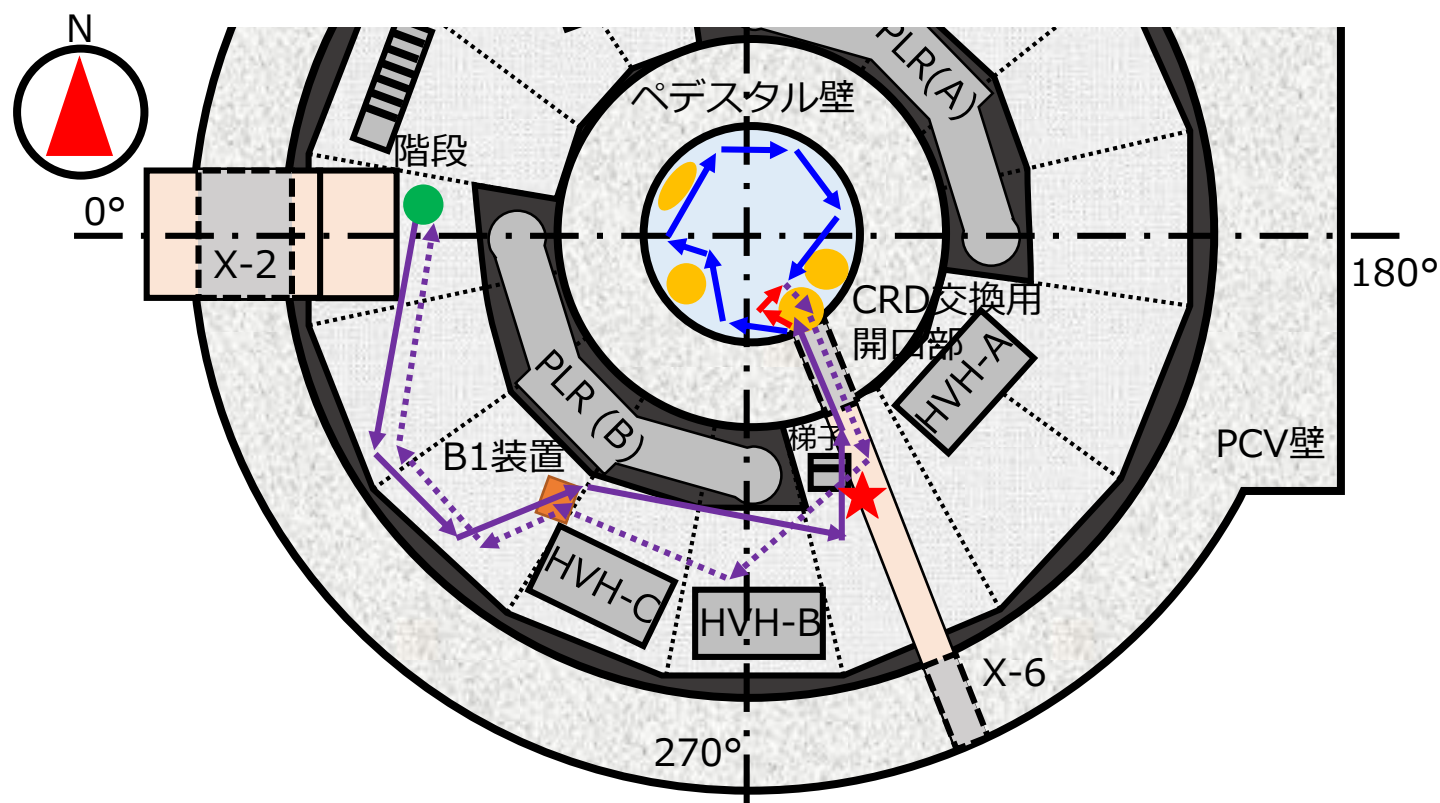
(参考) 飛行ルート実績(ペDESTAL外) 2024.2.28実施

- 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を飛行
- 霧の影響により視認距離が短くなったため、基準となる構造物を画角に入れながら慎重に飛行



(参考) 飛行ルート実績(ペDESTAL内) 2024.3.14実施

- 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
- 3機目にてCRD交換用開口部周辺を入念に確認し、飛行ルートを再策定した後、4機目にてペDESTAL内全周を時計回りで飛行
- ペDESTAL外と同様に、靄の影響により視認距離が短いため、ペDESTAL壁面を基準として画角に入れ、障害物を回避しながら慎重に飛行を実施
- 基本的にペDESTAL底面から約4m(水面から2m)の高さを維持しながら飛行



■ 凡例

- 3機目 : 往路 復路
- 4機目 : 往路 復路
- 3,4機目共通 : 往路 復路
- ドローン発着位置 :
- ヘビ型ロボット位置 :
- 障害物(CRDハウジング等) :