

3号機 PCV内部気中部調査(マイクロドローン調査)について

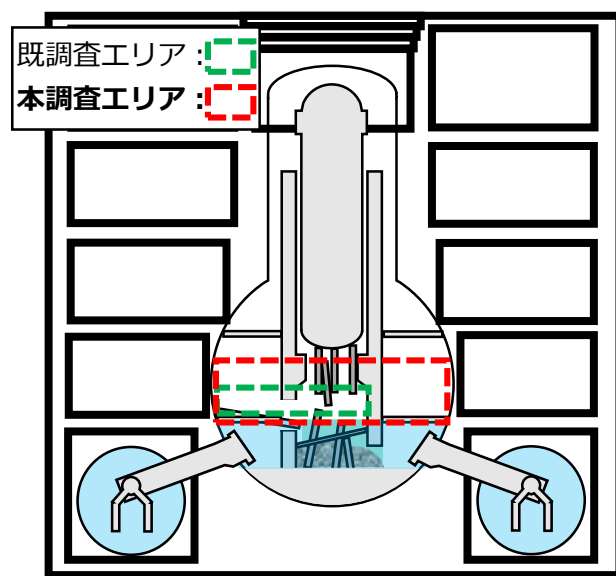
2025年11月27日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

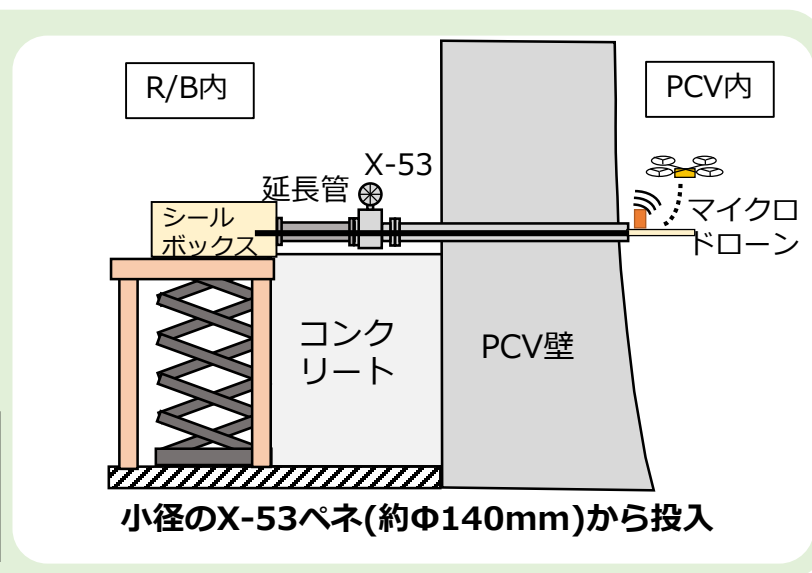
- 3号機については、2025年7月に燃料デブリ取り出しに係る設計検討について公表し、**本格的なデブリ取り出しに向けて、更なるPCV内部の情報収集が求められる**
- しかし、3号機は事故後以降、PCV水位が高い状態が続いたことから、使用可能なペネトレーション(以下ペネ)が限られており、**現状整備されているのは、小径のX-53ペネ (約Φ140mm)のみ**
- そのため、他号機で実績のある調査装置の適用は困難であり、新しく大径のアクセスルート構築が必要であるが、整備に時間を要してしまうため、現状でも実施可能な**超小型の“マイクロドローン”を活用したPCV内部調査を計画**
- 本調査では、2017年に水中ROVで調査したペDESTAL内を更に詳細に調査し、未調査であるD/W 1FLについても調査する計画



3号機PCV内部調査範囲 縦断面概略図



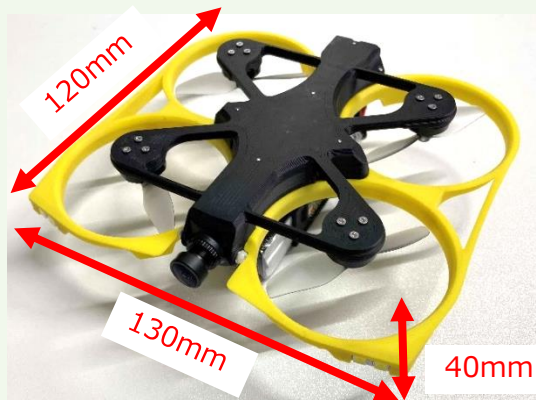
3号機マイクロドローン調査 調査イメージ



(参考) 調査装置について

- PCV内部は狭隘かつ暗所であり、小径のX-53ペネからインストールすることから、“超小型”でありながら、“機動性”、“撮影能力”の高い、下記に示す**マイクロドローン**を採用
- 過去調査と同様に、**X-53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、マイクロドローンをPCV内に投入**
- シールボックス内には合計6機のドローンが格納されており、同時に2機のドローンをPCV内にインストール可能

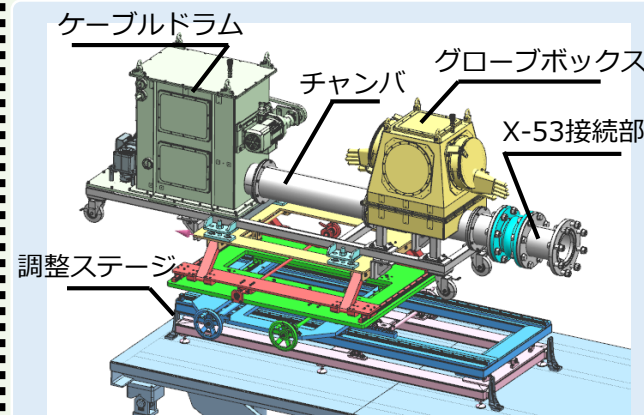
マイクロドローン



サイズ比較：手のひら

用途：カメラによる映像撮影
 寸法：130×120×40[mm]
 重量：95[g](バッテリー込)
 通信方式：無線
 飛行時間：約13分(調査は10分で計画)
 カメラ性能：画質 2.7K フレームレート 60fps
 画角 対角140°、水平135°、垂直107°
 照明：LED左右2灯(計380lm)
 耐放射線性：約200Gy
 備考：IP52相当, 横向き・縦向きカメラの2種

シールボックス

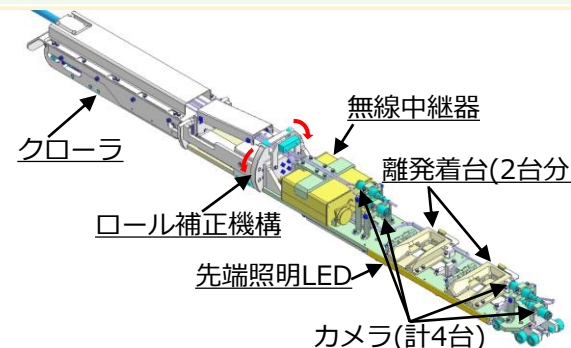


シールボックス本体イメージ

チャンバ内のインストール装置にドローンを搭載し、PCV内に機体をインストールする

グローブボックス内には、待機の機体と充電装置があり、気密状態を保ったまま、離発着台の機体の交換が可能

寸法：約2.6m×0.6m×1.1m
 重量：約325kg



インストール装置イメージ

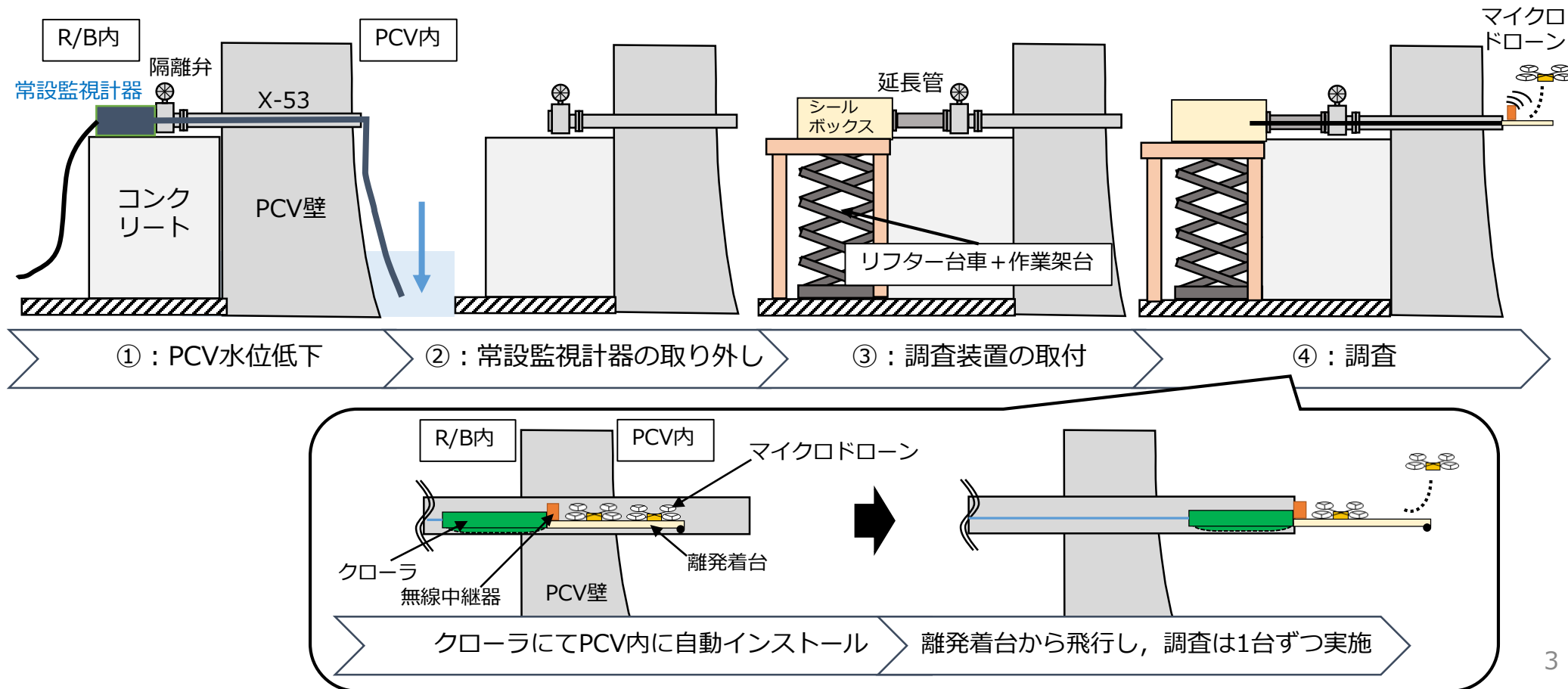
クローラによる自動インストールで作業時の被ばくを低減

同時に2機のドローンをインストール可能

寸法：約1.3m×Φ130mm
 重量：約20kg

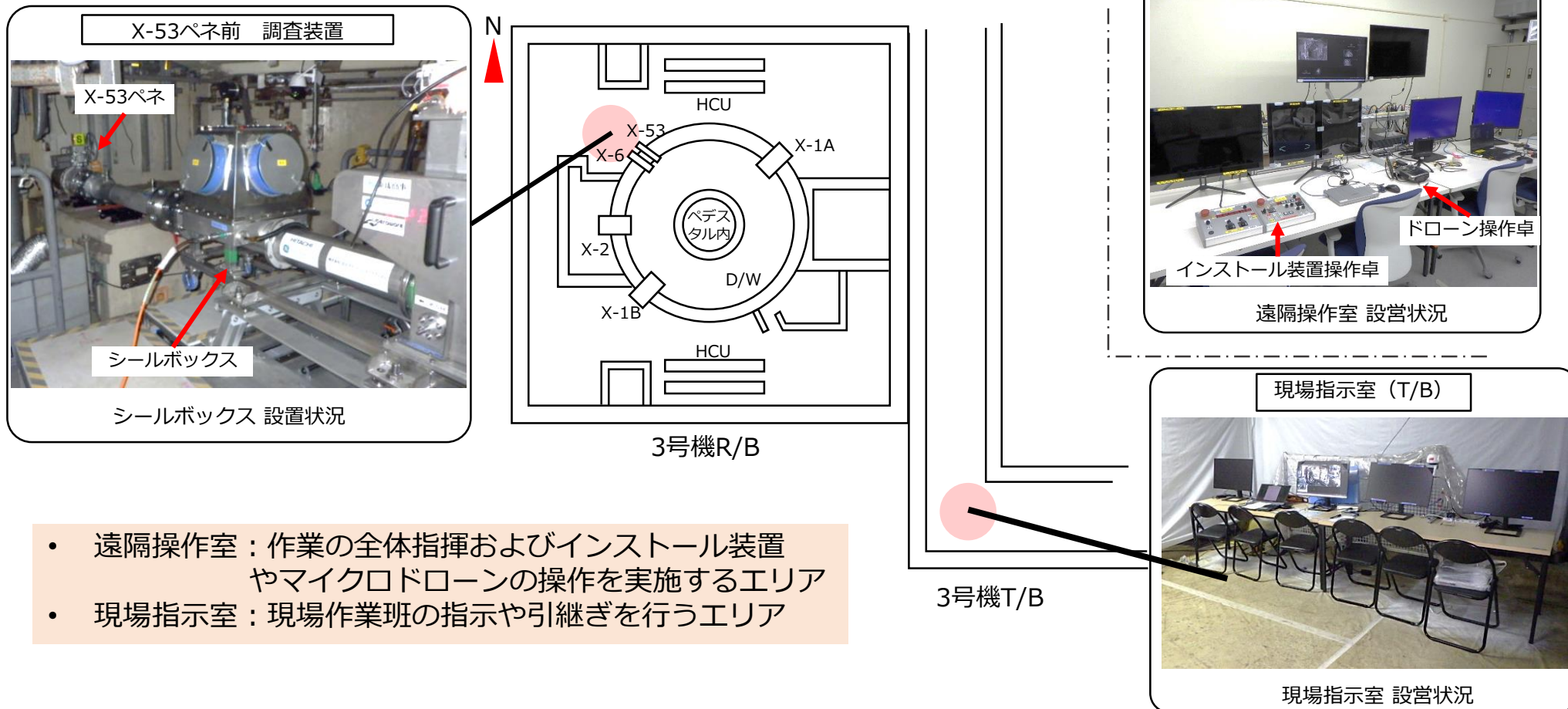
(参考) 作業全体の流れ

- 現状、X-53ペネには、事故後に新設した常設監視計器（水位・温度計）が挿入されている
- また、マイクロドローンをペDESTAL内まで飛行させるためにはPCV内の水位をCRD交換用開口下端まで低下させる必要がある
- そのため、調査の準備ステップとして“PCV水位低下”および“常設監視計器の取り外し”を行い、その後“調査装置の取付”、“調査”を実施する
- 調査終了後は、調査装置を取り外し、常設監視計器は復旧する計画



2. 作業準備状況

- 10月下旬より、1F構内での準備作業を開始しており、**X-53ペネ前の調査装置設置や、遠隔操作室および現場指示室の設営が完了**
- 構外での**M/U・トレーニングも完了**しており、**今後、現場に設置した各機器の動作確認を実施**



3号機 PCV内部気中部調査(マイクロドローン調査)の現場配置(計画)

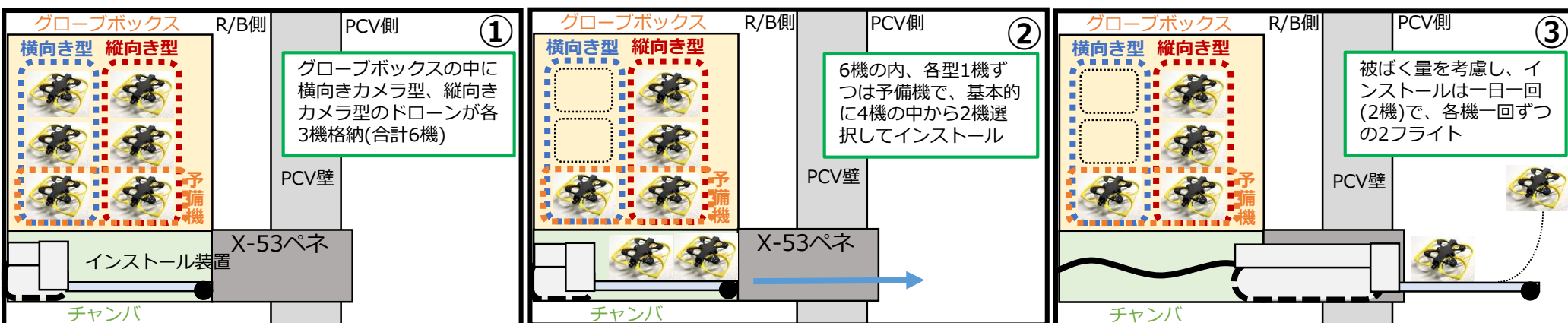
3-1. 調査計画について ～調査全体について①～

- M/U・トレーニングの結果を踏まえ、各フライト毎の調査内容・飛行ルートを策定
- また、作業員の被ばく量やドローンの耐放射線性能を踏まえて、ドローンの運用方法についても策定

【主目的】

今後の堆積物調査や燃料デブリ取り出し横アクセスで重要となる、X-6ペネ周辺やペデスタル内の情報収集

- 取得情報：映像(横向き・縦向き)、線量率(放射線ノイズからの推定)、点群(映像からの解析)



ドローンの運用イメージ：1日1回インストールの2フライトで計画、6機中の2機は予備機

調査日程※1(調査期間：11日、最大フライト数：21回)

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目	10日目	11日目
エリア	ペデ外	ペデ外	ペデ外	ペデ外	ペデ内	ペデ内	ペデ内	追加	追加	追加	追加
種別	初期	点群化	着目点	着目点	初期/点群化	着目点	着目点	追加	追加	追加	追加
1機目	反時計回り (横向き)	南側 (横向き)	南側 (横向き)	CRD開口 (横向き)	初期 (横向き)	下部 (縦向き)	上部① (縦向き)	※2	※2	※2	※2
2機目	時計回り (横向き)	北側 (横向き)	北側 (横向き)	X-6ペネ (横向き)	点群化 (横向き)	中部 (縦向き)	上部② (縦向き)	※2	※2	※2	※3

※1：ドローンの耐放射線性能を踏まえて調査期間を策定。現場状況により順番・日数・内容を変更する可能性有

※2：追加調査については7日目までの調査結果を踏まえて、調査内容を決定する ※3：最終日については、2機目の発着台に線量計を配置するため2機目のフライトは無し

3-2. 調査計画について ～調査全体について②～

- 飛行内容を大別すると、ペDESTAL内、ペDESTAL外 D/W1FL(以降、ペDESTAL外)調査はそれぞれ、“**初期飛行**”、“**点群化用撮影**”、“**着目点調査**”の3つに分けられる
 - ・ 初期飛行：本格的な調査の前に、初飛行エリアの無線通信範囲等について事前調査を実施
 - ・ 点群化用撮影：点群データの精度を向上するために、点群化に注力した映像取得を実施
 - ・ 着目点調査：事前に策定した要調査箇所について、詳細調査を実施
- ペDESTAL外調査、ペDESTAL内調査を実施した後、**PCV内の状況を踏まえた“追加調査”**を実施
 - 追加調査：ペDESTAL外、ペDESTAL内調査で確認された新たな知見や、計画していた日程で調査しきれなかった箇所について再調査を実施

1. ペDESTAL外調査(4日間)

- i. 初期飛行：ペDESTAL外の全周を飛行。PCV壁側、ペDESTAL壁側を注視する2種の飛行を計画
- ii. 点群化用撮影：ペDESTAL外を点群化するために、南側・北側に分けて全体を撮影する
- iii. 着目点調査：南側、北側、X-6ペネ周辺にエリアを分けて、要調査箇所の情報を取得

2. ペDESTAL内調査(3日間)

- i. 初期飛行：ペDESTAL内全周を飛行
- ii. 点群化用撮影：ペDESTAL内を点群化するために、全体を撮影する
- iii. 着目点調査：下部、中部、上部にエリアを分けて、要調査箇所の情報を取得

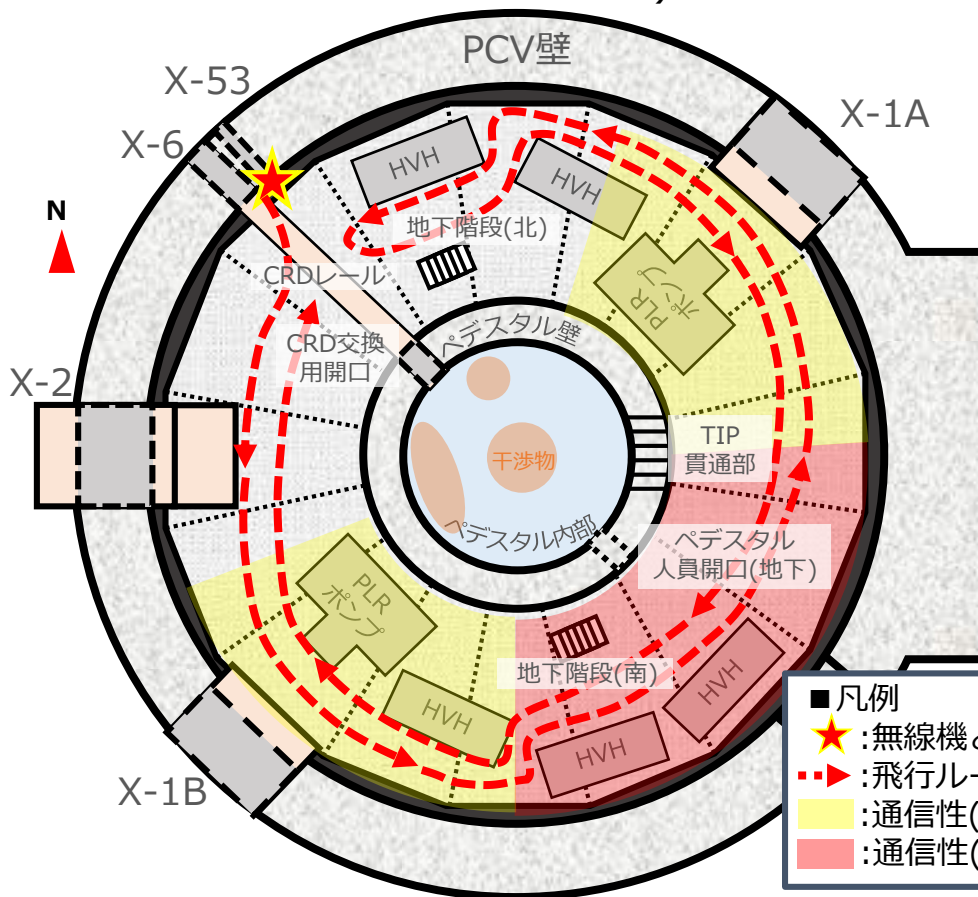
3. 追加調査(4日間)

- i. 新たに確認された特異点・新知見の追加調査
- ii. 上記ペDESTAL外、ペDESTAL内調査で確認しきれなかった箇所の追加調査

4-1. 調査計画について ～ペデスタル外調査① 初期飛行～

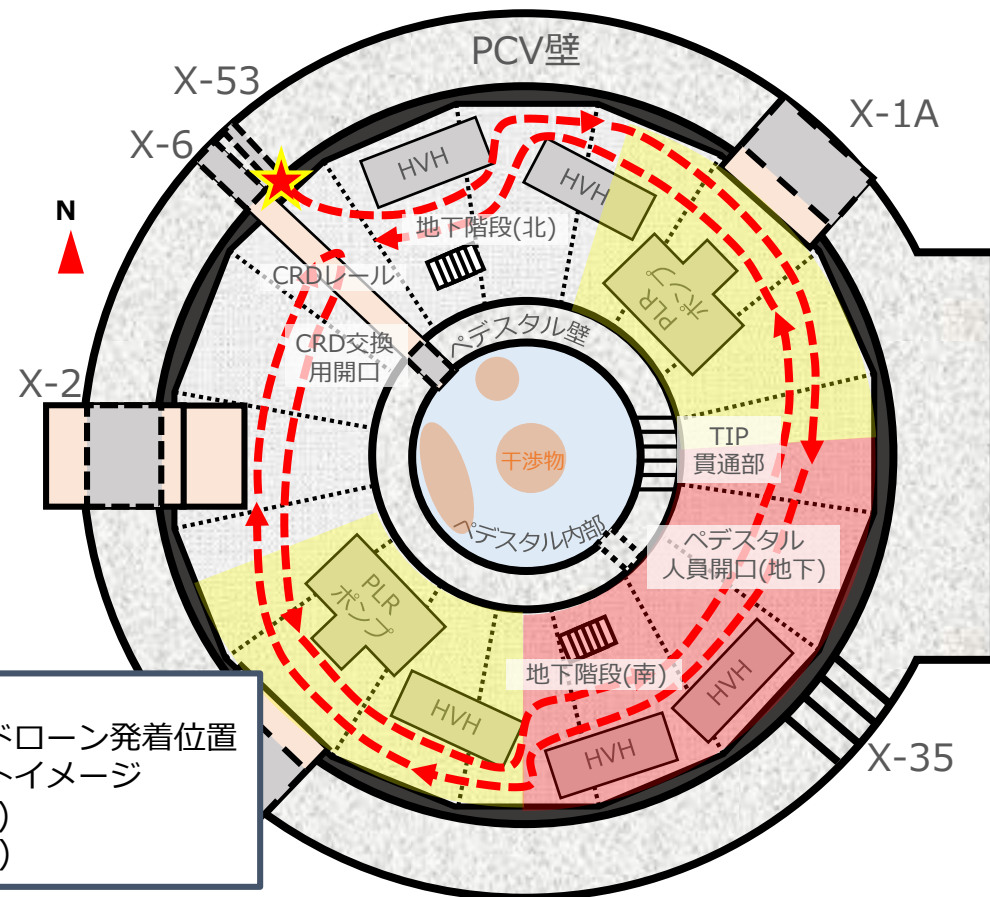
1日目:1機目、2機目

- 3号機においてドローン調査を実施するのは初めてのため、**各状態を確認するための“初期飛行”**を実施
- 初期飛行では、**実環境における無線の通信範囲※1、飛行時間の目安、干渉物の有無を確認**
- ペデスタル外の広い空間を飛行することから、全体を把握できるように**横向きカメラ型マイクロドローン**を活用し、**反時計回り・時計回り各1回の2フライトを予定**(反時計回りはPCV壁方向、時計回りはペデスタル壁方向を注視して飛行)



3号機D/W1FL 平面概略図 飛行ルート案(反時計回り)

※1: 5号機での通信確認で全域飛行可能なこと確認済



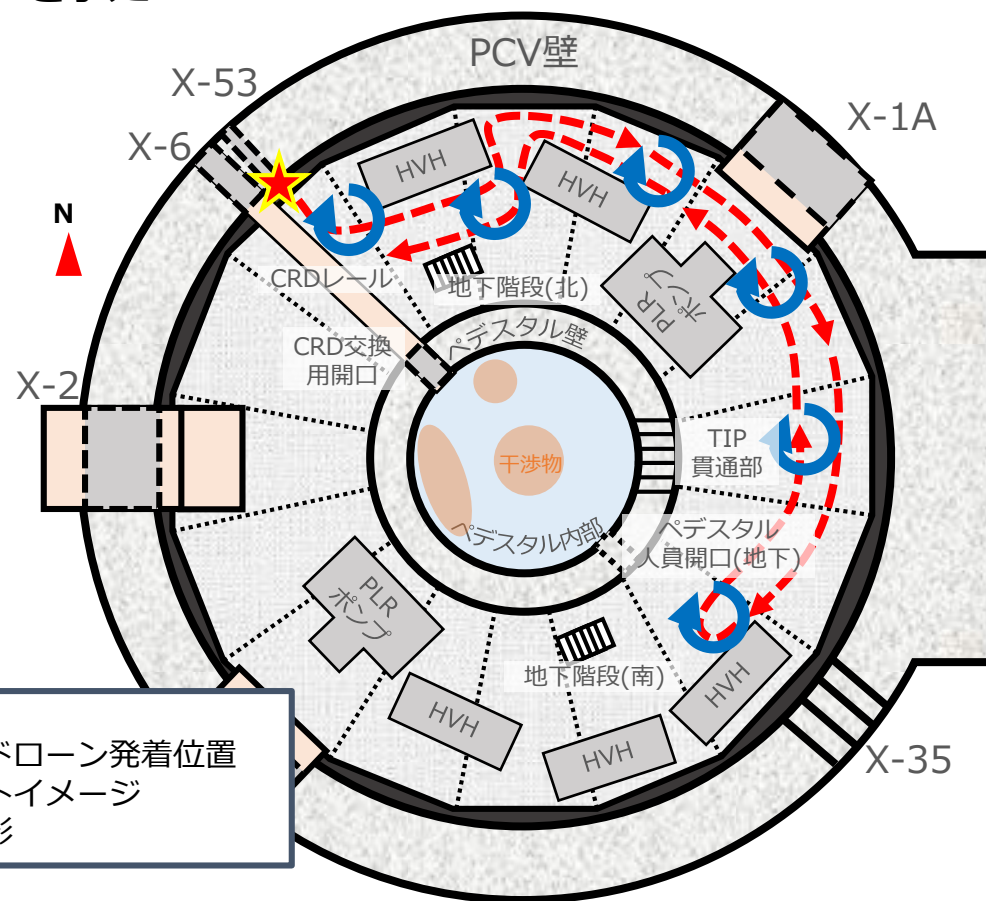
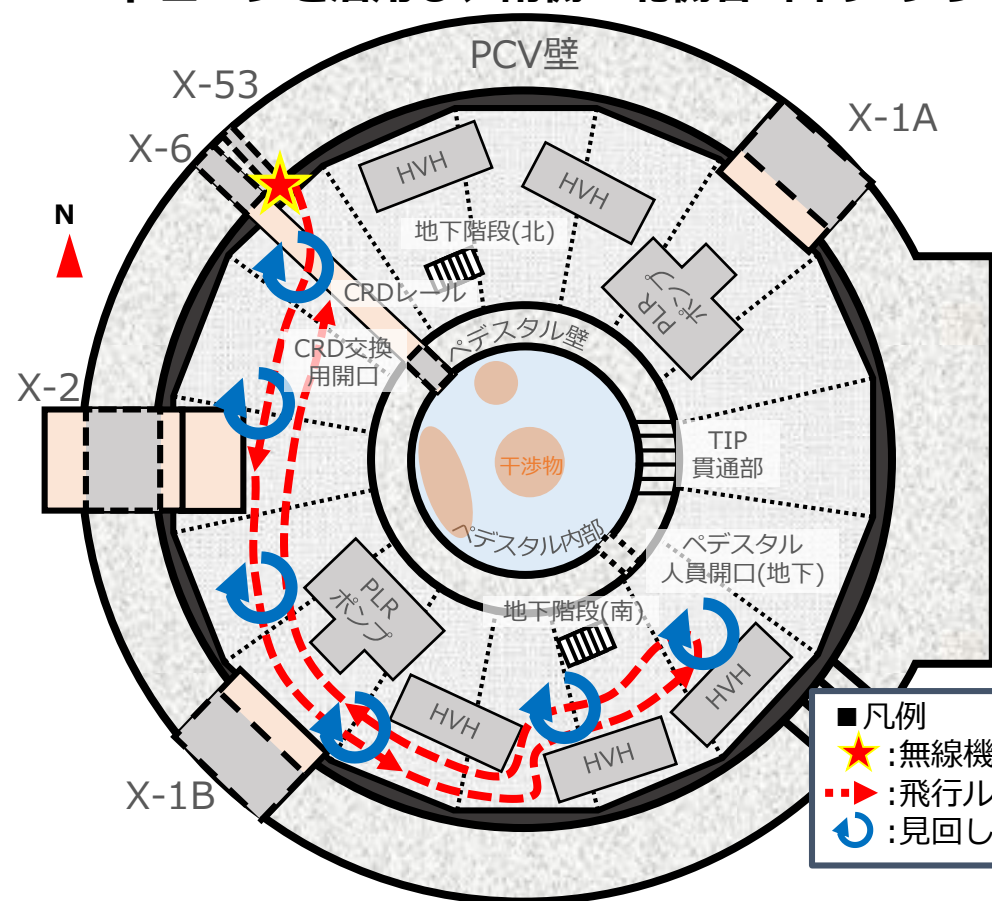
3号機D/W1FL 平面概略図 飛行ルート案(時計回り)

※2: 現場状況により調査の順番・内容を変更する可能性有

4-2. 調査計画について ～ペデスタル外調査② 点群化用撮影～

2日目:1機目、2機目

- 映像から生成する点群データの精度を向上するために、**点群化に注力した映像取得を実施**
- ペデスタル外全体を撮影するために、広範囲を画角に入れたスローペースの飛行と、各ポイントでの見回し撮影を実施(ポイント数は調査時の靄の量や光の届く範囲で増減)
- ペデスタル外の広い空間を飛行することから、全体を把握できるように**横向きカメラ型マイクロドローン**を活用し、**南側・北側各1回の2フライトを予定**



- 凡例
- ★:無線機とドローン発着位置
 - :飛行ルートイメージ
 - ⌚:見回し撮影

3号機D/W1FL 平面概略図 飛行ルート案(南側)

3号機D/W1FL 平面概略図 飛行ルート案(北側)

※:現場状況により調査の順番・内容を変更する可能性有

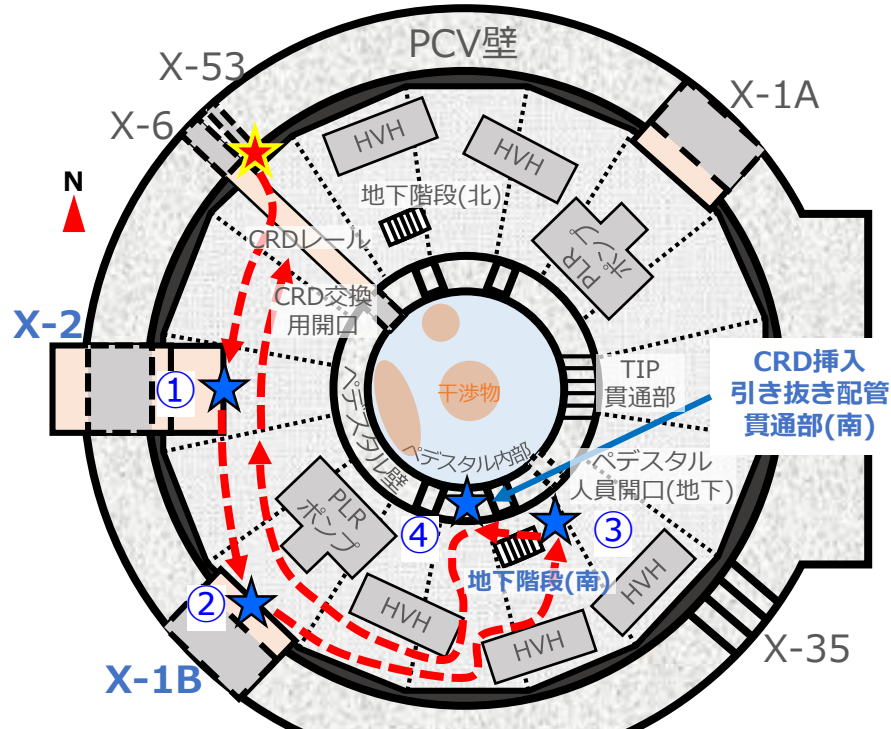
4-3.調査計画について ～ペデスタル外調査③ 着目点調査(南側)～

3日目:1機目

■ 南側調査では、下記ポイントについて詳細な映像取得を計画

着目点	内容	活用先
① X-2ペネ	周辺の干渉物の有無、状態(損傷、劣化)	PCV内アクセス性検討
② X-1Bペネ	周辺の干渉物の有無、状態(損傷、劣化)	PCV内アクセス性検討
③ 地下階段(南)	周辺の干渉物の有無、状態(損傷、劣化)	D/W地下階アクセス性検討
④ CRD挿入引き抜き配管(南)	状態(損傷、劣化)、付着物の有無(損傷していた場合)	燃料由来物質の流出状況確認

■ ペデスタル外の広い空間を飛行することから、全体を把握できるように**横向きカメラ型マイクロドローン**を活用し**1フライトを予定**



3号機D/W1FL 平面概略図 飛行ルート案

各箇所のイメージ(5号機の写真)



① X-2ペネ(扉開)



② X-1Bペネ



③ 地下階段(南)



④ CRD挿入引き抜き配管(南)

■ 凡例

★:無線機とドローン発着位置、--▶:飛行ルートイメージ

★:着目点

① : X-2ペネ、② : X-1Bペネ

③ : 地下階段(南)、④ : CRD挿入引き抜き配管(南)

※ : 現場状況により調査の順番・内容を変更する可能性有

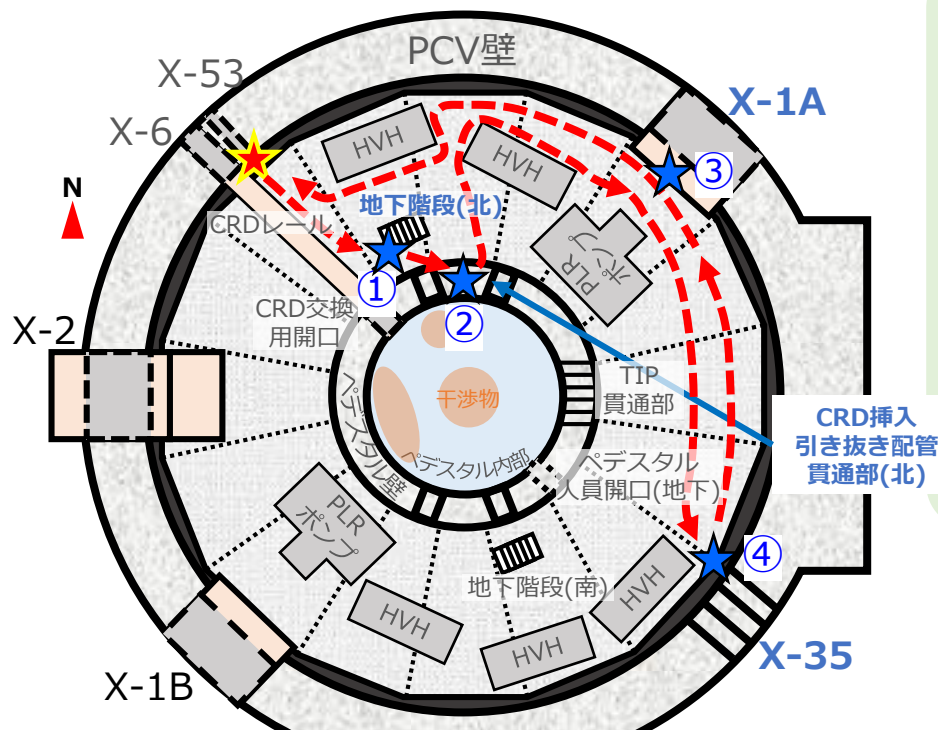
4-4.調査計画について ～ペデスタル外調査④ 着目点調査(北側)～

3日目:2機目

■ 北側調査では、下記ポイントについて詳細な映像取得を計画

着目点	内容	活用先
① 地下階段(北)	周辺の干渉物の有無、状態(損傷、劣化)	D/W地下階アクセス性検討
② CRD挿入引き抜き配管(北)	状態(損傷、劣化)、付着物の有無(損傷していた場合)	燃料由来物質の流出状況確認
③ X-1Aペネ	周辺の干渉物の有無、状態(損傷、劣化)	PCV内アクセス性検討
④ X-35ペネ	周辺の干渉物の有無、状態(損傷、劣化)	PCV内アクセス性検討

■ ペデスタル外の広い空間を飛行することから、全体を把握できるように**横向きカメラ型マイクロドローン**を活用し**1フライトを予定**



各箇所のイメージ(5号機の写真)



■ 凡例

★:無線機とドローン発着位置、●→:飛行ルートイメージ

★:着目点

①:地下階段(北)、②:CRD挿入引き抜き配管(北)

③:X-1Aペネ、④:X-35ペネ

※:現場状況により調査の順番・内容を変更する可能性有

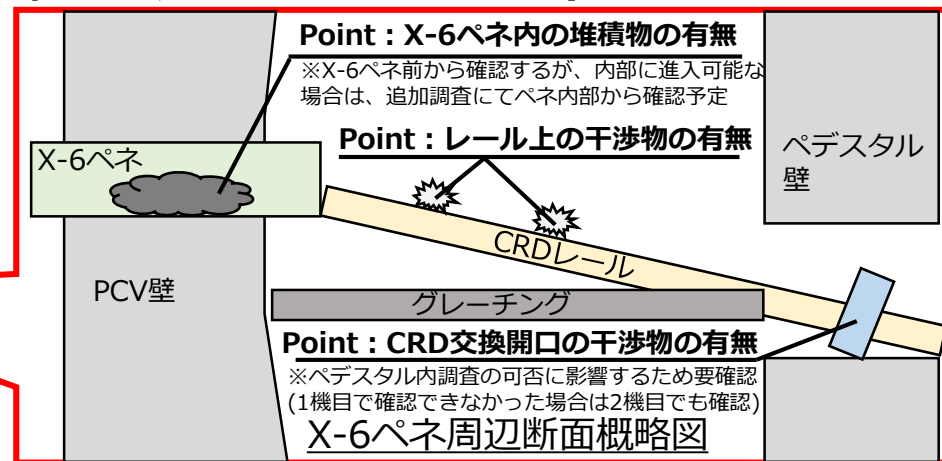
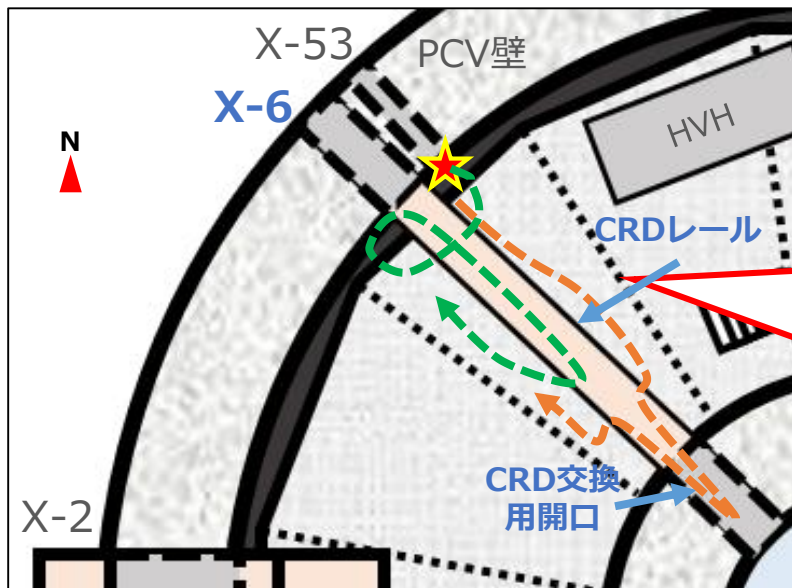
4-5.調査計画について ～ペデスタル外調査⑤ 着目点調査(X-6ペネ周辺)～

4日目:1機目、2機目

- X-6ペネ周辺調査では、下記ポイントについて詳細な映像取得を計画

着目点	内容	活用先
① X-6ペネ	干渉物の有無、状態(損傷、劣化)、堆積物の有無	PCV内アクセス性検討
② CRDレール	状態(損傷、劣化)、レール上の干渉物の有無	ペデスタル内アクセス性検討
③ CRD交換用開口	内部、付近の干渉物の有無	ペデスタル内アクセス性検討

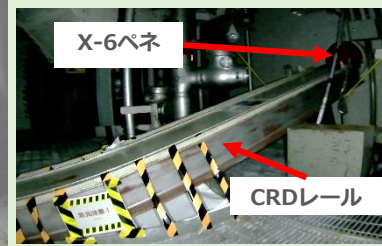
- ペデスタル外の広い空間を飛行することから、**横向きカメラ型マイクロドローン**を活用し、**重要調査箇所のため、X-6ペネ付近とCRD交換用開口付近の各1回で2フライトを予定**



各箇所のイメージ(5号機の写真)



① X-6ペネ



② CRDレール



③ CRD交換用開口

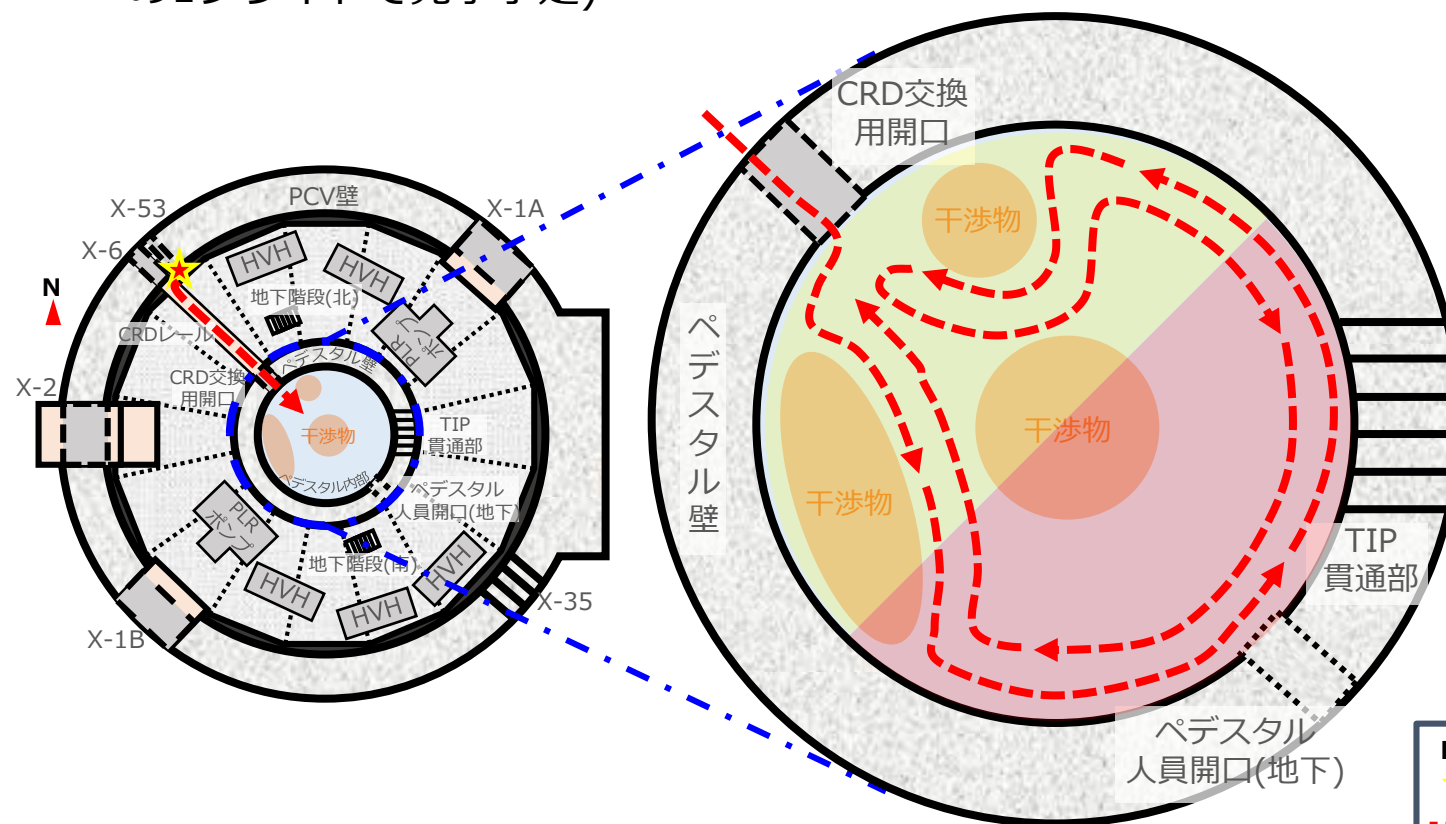
- 凡例
- ★:無線機とドローン発着位置、---:飛行ルートイメージ
 - ★:着目点
 - ①: X-6ペネ、②: CRDレール、③: CRD交換用開口

※:現場状況により調査の順番・内容を変更する可能性有

5-1.調査計画について ～ペデスタル内調査① 初期飛行～

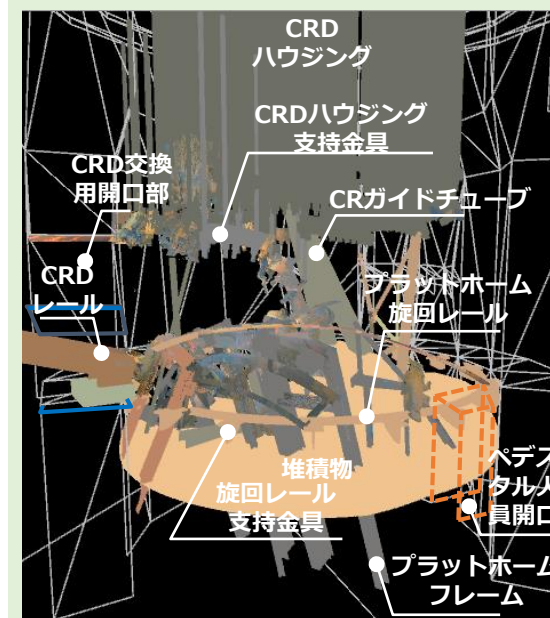
5日目:1機目

- ペデスタル内においても、ドローンの飛行に関する各状態を確認するための“初期飛行”を実施
- ペデスタル外と同様に、**実環境における無線の通信範囲※1、飛行時間の目安、干渉物の有無を確認**
- ペデスタル内は多くの干渉物が確認されており、初めての飛行である事から、全体を把握できるように**横向きカメラ型マイクロドローン**を活用し、**1フライトを予定**(ペデスタル外と異なり狭い空間のため1フライトで完了予定)



3号機D/W1FL 平面概略図 飛行ルート案

過去調査で確認されている干渉物



3号機ペデスタル内3次元復元結果

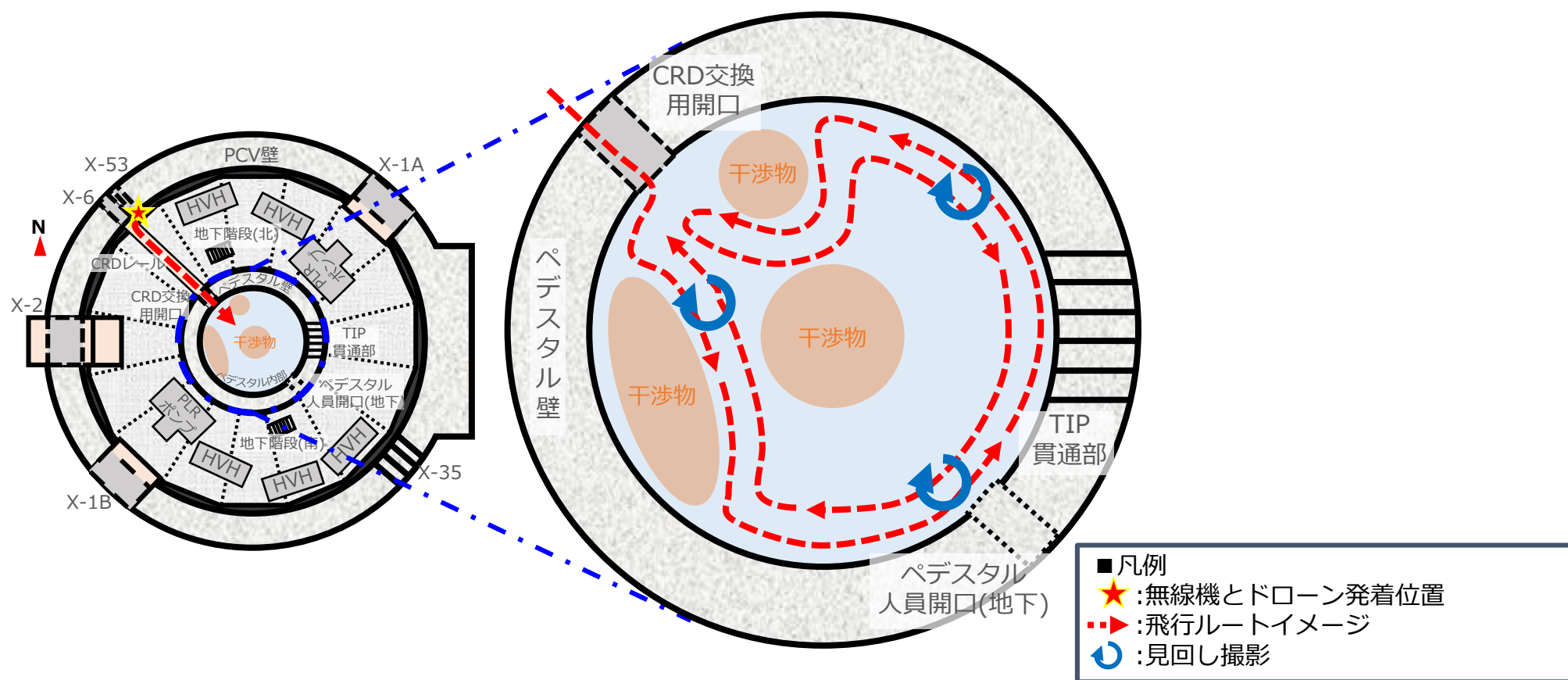
- 凡例
- ★:無線機とドローン発着位置
 - :飛行ルートイメージ
 - 黄色:通信性(中)
 - 赤色:通信性(低)

※1: 5号機での通信確認で全域飛行可能なこと確認済

※2: 現場状況により調査の順番・内容を変更する可能性有

5-2.調査計画について ～ペデスタル内調査② 点群化用撮影～

- ペデスタル内においても、映像から生成する点群データの精度を向上するために、**点群化に注力した映像取得を実施**
- ペデスタル外と同様に、ペデスタル内全体を撮影するために、広範囲を画角に入れたスローペースの飛行と、各ポイントでの見回し撮影を実施(ポイント数は調査時の霧の量や光の届く範囲で増減)
- ペデスタル内の全体を把握できるように、**横向きカメラ型マイクロドローンを活用し、1フライトを予定**(ペデスタル外と異なり狭い空間のため1フライトで完了予定)



3号機D/W1FL 平面概略図 飛行ルート案

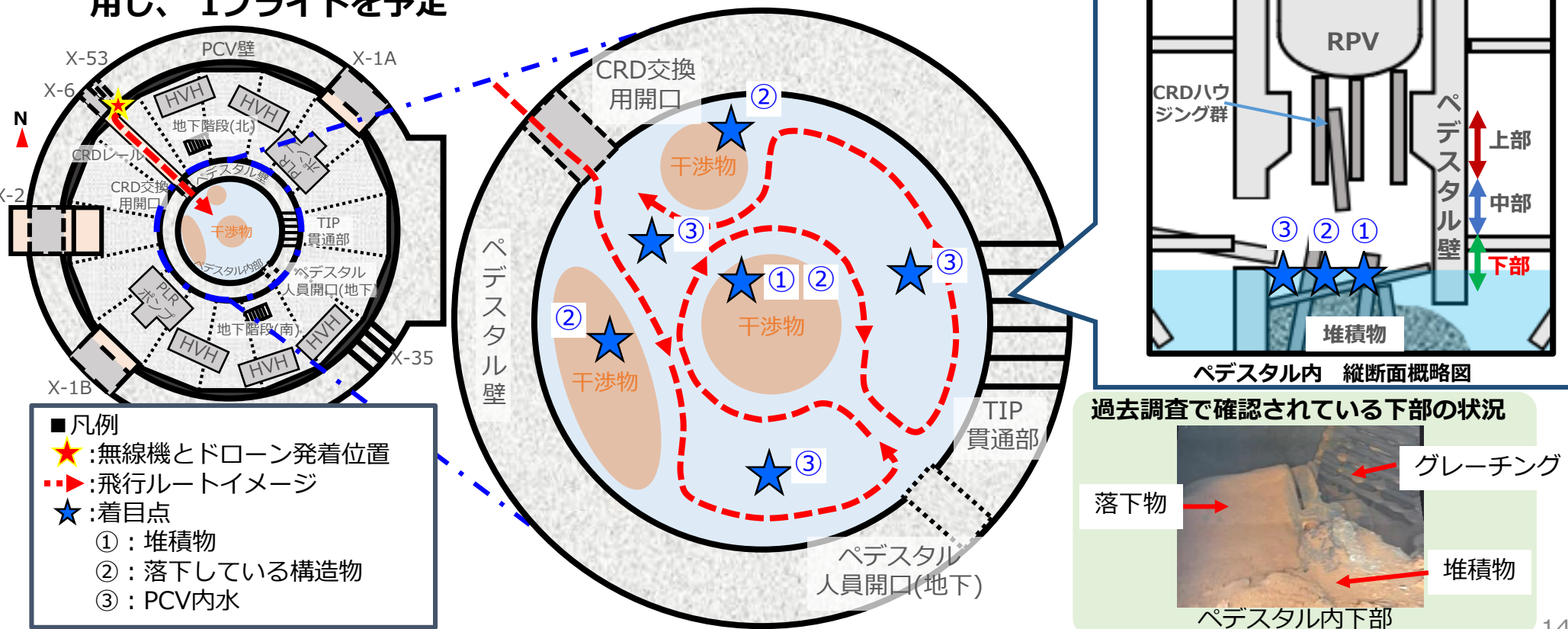
5-3.調査計画について ～ペデスタル内調査③ 着目点調査(下部)～

6日目:1機目

■ 下部調査では、下記ポイントについて詳細な映像取得を計画

着目点	内容	活用先
① 堆積物	堆積物の分布・勾配	取り出し工法検討
② 落下している構造物	種類、落下位置・姿勢、状態(損傷、劣化)	取り出し工法検討
③ PCV内水	水面の高さ、滴下の有無	水位の確認、炉注水の流路確認

■ ペデスタル内は、垂直方向に構造物が配置されているため、縦向きカメラ型マイクロドローンを活用し、1フライトを予定



※:現場状況により調査の順番・内容を変更する可能性有

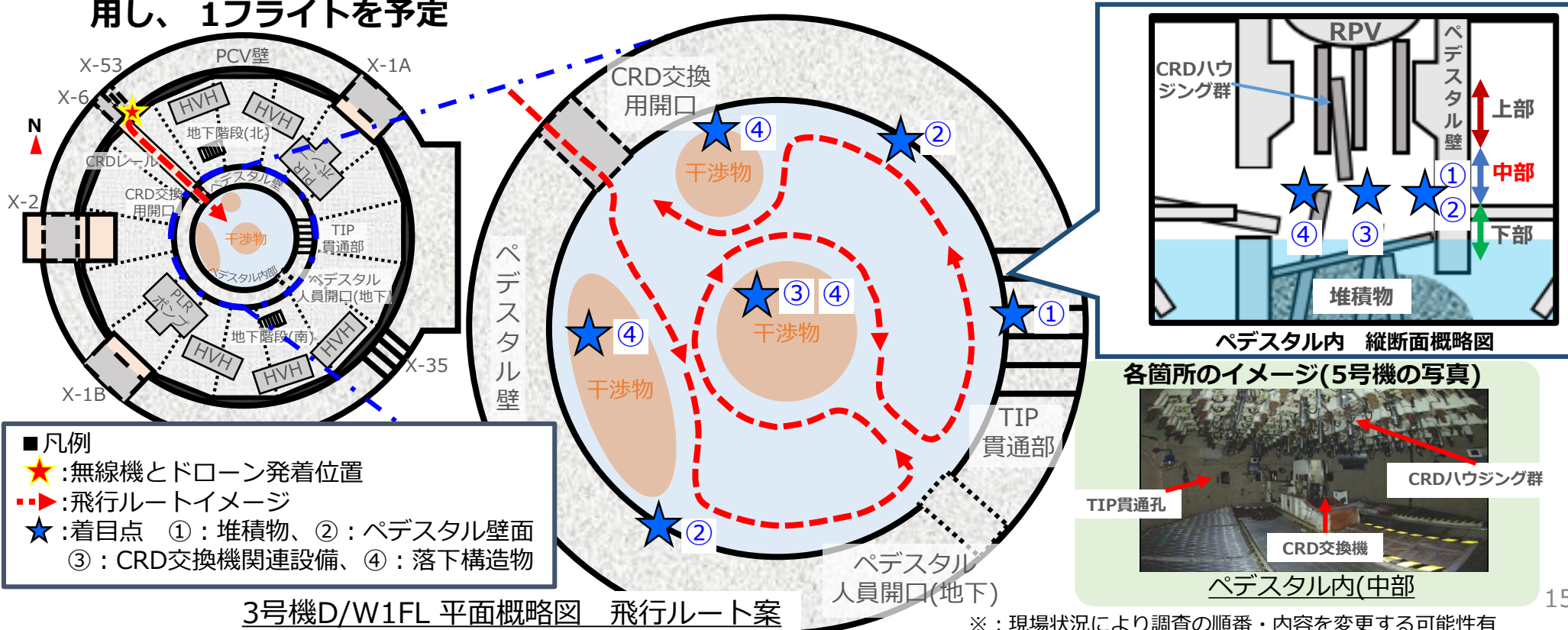
5-4.調査計画について ～ペDESTAL内調査④ 着目点調査(中部)～ TEPCO

6日目:2機目

■ 中部調査では、下記ポイントについて詳細な映像取得を計画

着目点	内容	活用先
① TIP貫通孔	貫通孔およびTIP配管の状態(損傷、劣化)	RPV内アクセス性
② ペDESTAL壁面	壁面の状態(損傷、劣化)	事故の理解(1号機との比較)
③ CRD交換機関連設備	交換機、プラットフォーム等の状態(損傷、劣化)	取り出し工法検討
④ 落下している構造物	種類、落下位置・姿勢、状態(損傷、劣化)	取り出し工法検討

■ ペDESTAL内は、垂直方向に構造物が配置されているため、縦向きカメラ型マイクロドローンを活用し、1フライトを予定



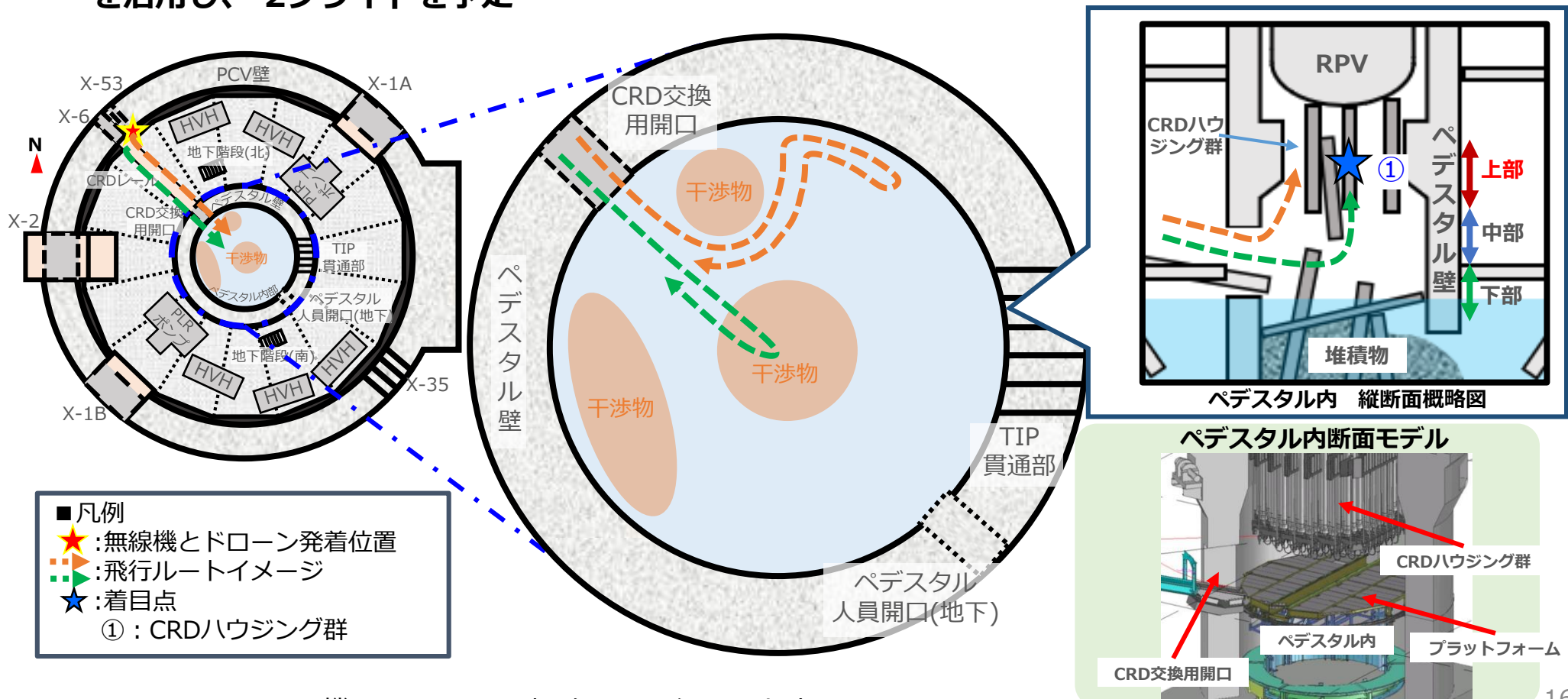
5-5.調査計画について ～ペデスタル内調査⑤ 着目点調査(上部)～ TEPCO

7日目:1機目、2機目

- 上部調査では、下記ポイントについて詳細な映像取得を計画

着目点	内容	活用先
① CRDハウジング群	状態(損傷、劣化)、付着物の有無、欠損位置	RPV内アクセス性、事故の理解

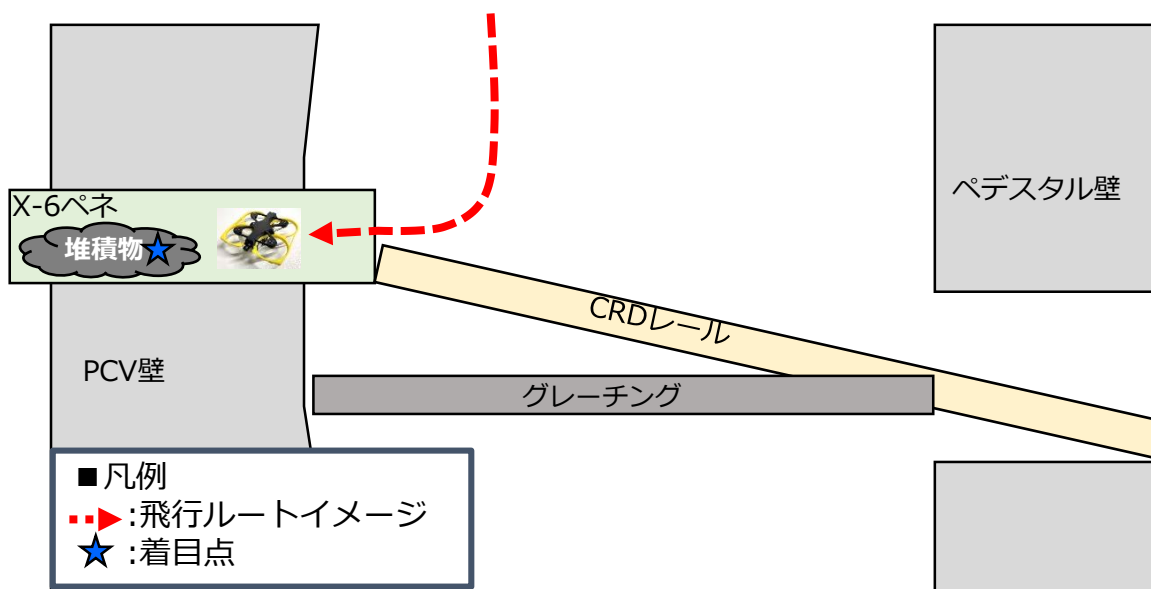
- 上部の確認のしやすさと、干渉物が多く飛行が難しいことから、縦向きカメラ型マイクロドローンを活用し、2フライトを予定



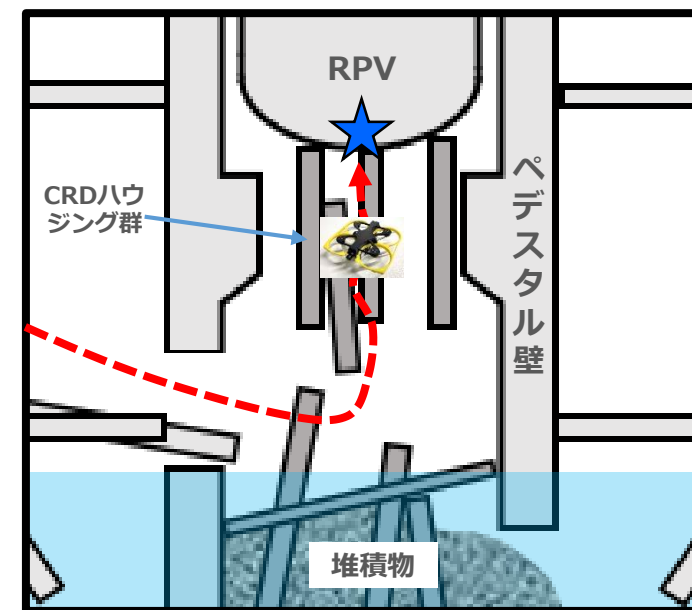
6.調査計画について ～追加調査～

■ 追加調査では下記の調査を計画

- **X-6ペネ内部調査**：4日目に計画している、X-6ペネ前からの同ペネ内部の調査にて、内部が堆積物で塞がっていないことが確認された場合、ペネ内に進入し、より詳細な映像を取得
- **RPV底部調査**：7日目に計画している、ペDESTAL内上部調査にて、RPV底部まで上昇可能なCRDハウジング群の脱落箇所が確認された場合、RPV底部まで上昇飛行し、状態を確認
- **新知見調査**：7日目までの調査で、より調査が必要な新知見や特異箇所が確認された場合、その対象について詳細調査を実施
- **補填調査**：7日目までの調査で、十分に確認できなかった項目について追加で調査を実施する
- **線量率計測**：最終日である11日目は、発着台の2機目の位置に、マイクロドローンではなく線量計を乗せてインストールし、X-53ペネ周辺の線量率を計測する。この線量率の値は、映像からの線量率推定に活用(本計測を実施するため、11日目は1フライトのみとなる)



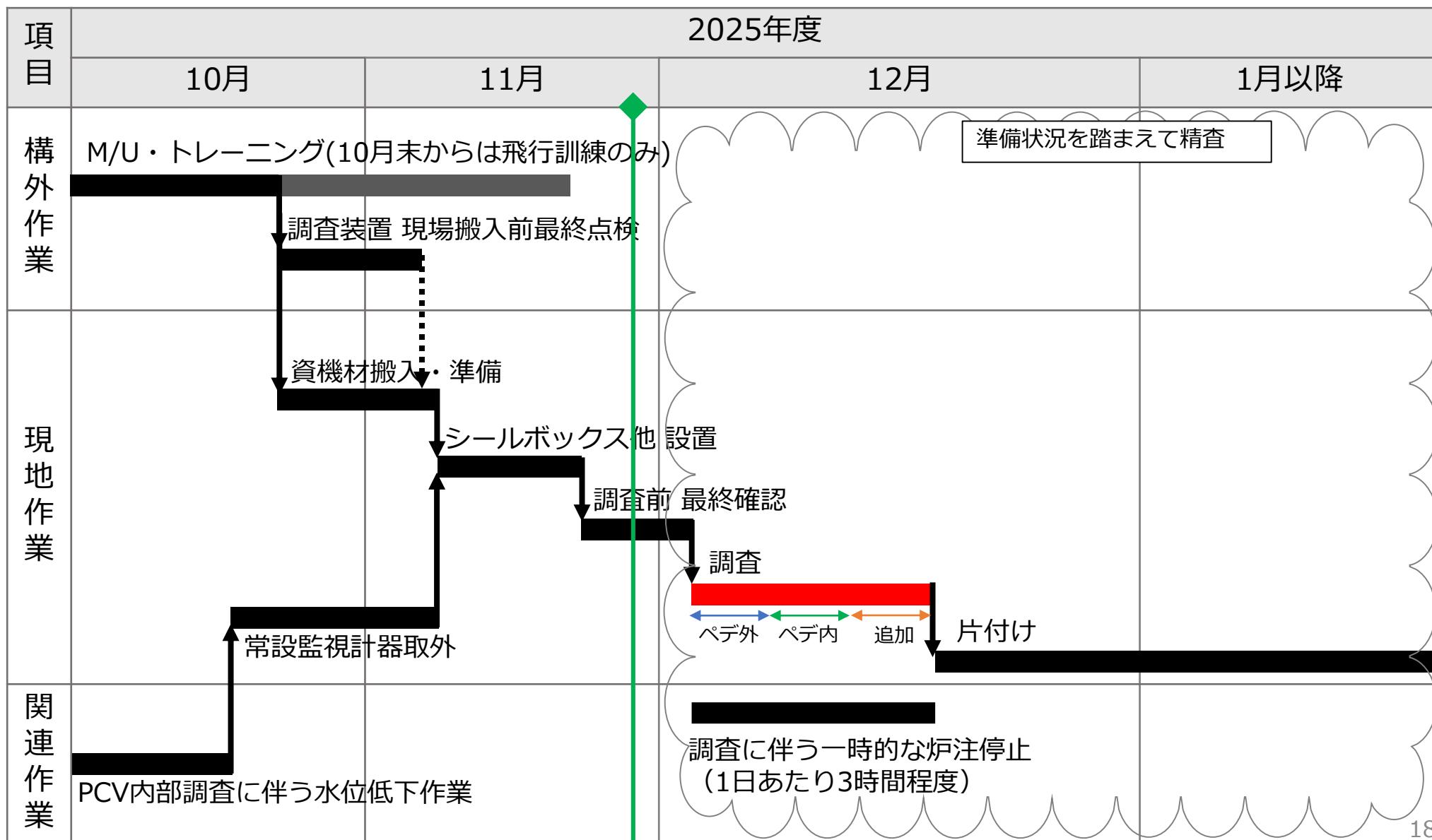
X-6ペネ内部飛行イメージ(X-6ペネ周辺縦断面概略図)



RPV底部飛行イメージ(ペDESTAL内縦断面概略図)

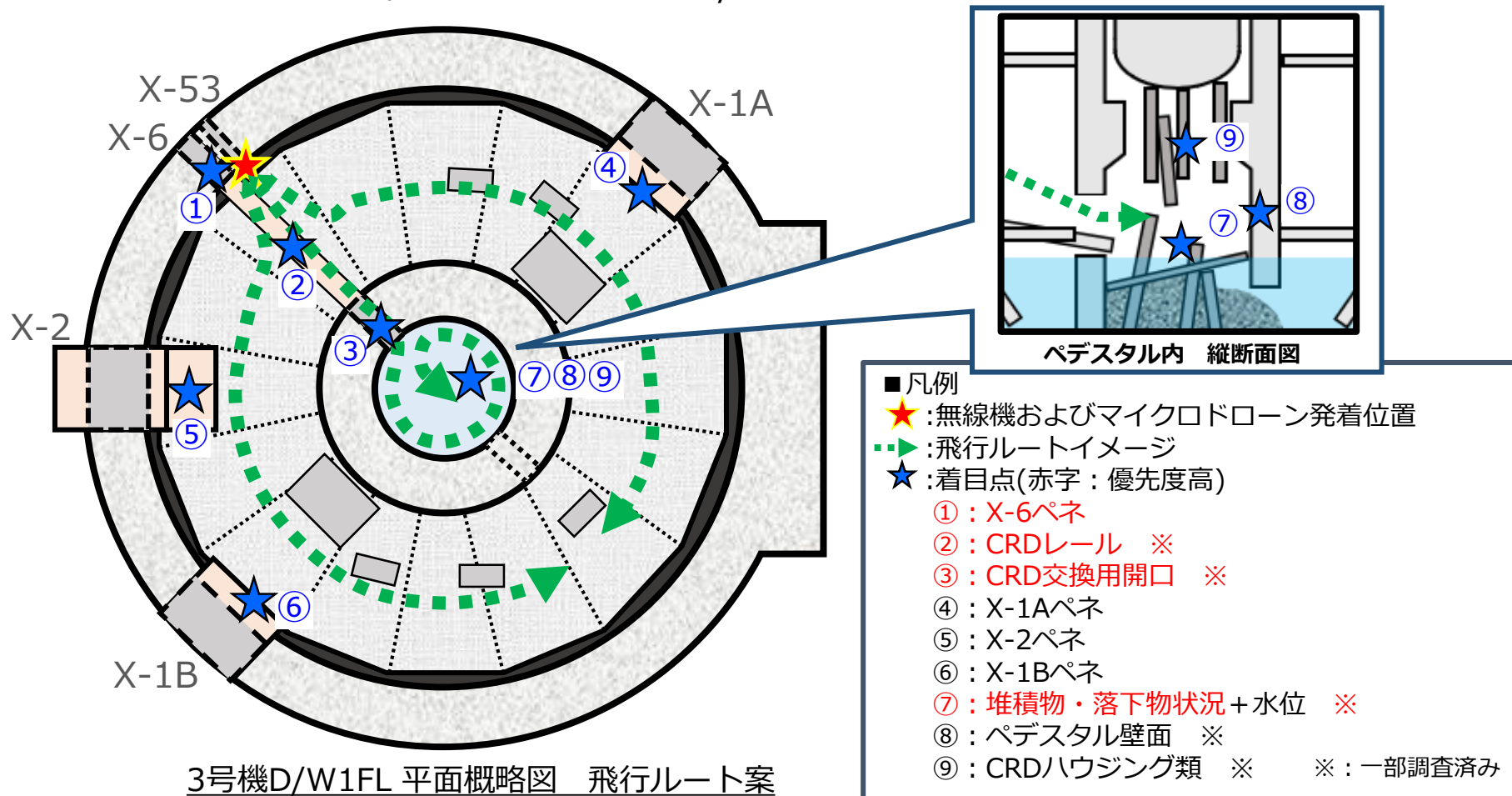
7. 調査工程

■ 早ければ12月初週より調査開始、同月の中旬頃まで実施する計画



(参考) 調査内容について(概要)

- 本調査はマイクロドローンが飛行できる範囲のD/W 1FL、ペDESTAL内の映像取得を計画
- 特に今後の堆積物調査や燃料デブリ取り出し横アクセスで重要となる、X-6ペネ周辺やペDESTAL内の情報収集を主目的として調査
- 1号機のドローン調査同様、映像からの点群化および放射線ノイズを利用した線量率推定を実施予定
- マイクロドローンは操作が難しいため、現場状況次第で調査内容を変更する可能性があるものの、可能な限り多くの情報取得ができるようM/U・トレーニングを実施



(参考) 調査時のリスクについて

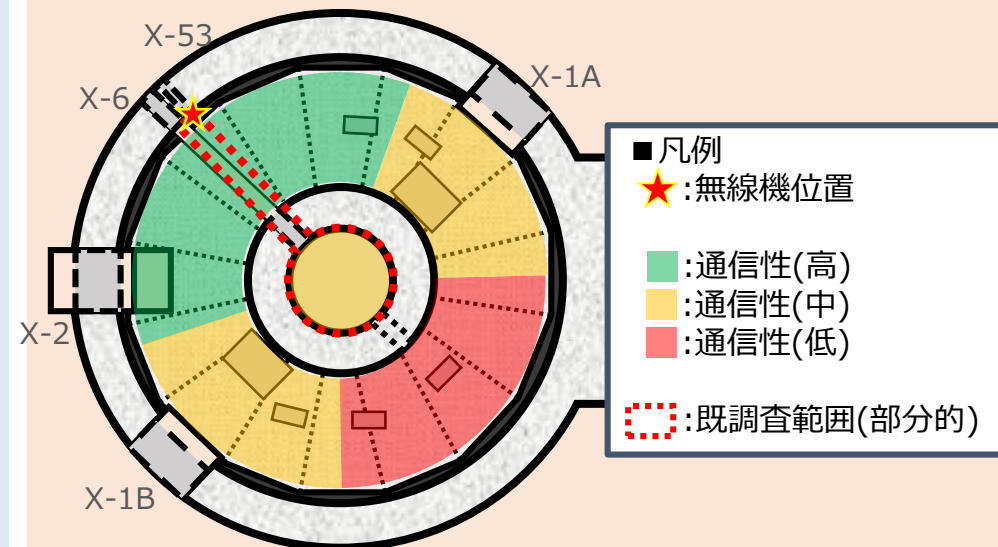
- 調査時のリスクについては、M/U・トレーニング等で検証し、可能な限り低減策を検討
- ただし、調査範囲の縮小や機体の墜落の要因になる**“無線通信状態”や“未踏エリアの干渉物の有無”は実環境でしか確認できない**ため、調査時に検証しつつ、適宜、調査内容を策定する必要がある

検証・対策済みのリスク

- **超小型化に起因するドローンの墜落リスク**
 - ・ マイクロドローンは一般的なドローンと比較して操作が難しく、墜落リスクがある
 - ・ 特に、X-53ペネが小径のため、発着台が小さく、発着付近に既設構造物もあるため、離発着時のリスクが高い
 - ✓ M/U・トレーニングにて操作の習熟を図る
 - ✓ 墜落し残置になった場合でもPCV内の状態に影響は無い
- **現場環境等による映像取得不能リスク**
 - ・ 放射線や霧等の悪条件により、映像が不鮮明、ドローンが故障する可能性がある
 - ✓ 悪条件環境でも接近すれば撮影が可能なこと、PCV内環境への耐性を照射試験、防水・防塵試験にて確認済
 - ・ ドローンの高画質映像を取得するためには、ドローンがシールボックスに帰還する必要がある
 - ✓ 操作者にリアルタイムに伝送される多少画質の低下した映像は保存可能
- **ドローン飛行に伴うダスト飛散リスク**
 - ・ ドローンの飛行原理上、ダスト飛散リスクがある
 - ✓ 超小型のためダウンウォッシュは小さく、PCV内は湿潤環境のためリスクは低い(調査中はダストモニタを監視)
- **PCV内気体の漏洩およびPCV内圧低下リスク**
 - ・ 調査時はPCVバウンダリを開放する必要があるため、PCV内気体の漏洩およびPCV内圧低下リスクがある
 - ✓ 各STEPでシールボックスの気密試験を実施し、漏洩が無いことを確認しながら調査を進める

低減しきれないリスク

- **無線通信に起因するドローンの墜落リスク**
 - ・ 試験でドローンの無線通信性能については確認しているものの、無線は現場環境の影響を強く受けるため、想定よりも飛行できない可能性がある
 - **未確認の干渉物による調査範囲の縮小**
 - ・ 本調査はD/W1FL等の未調査エリアを含むため、想定外の干渉物により、飛行が制限される可能性がある
- ✓ 実調査では無線のレベルを確認しながら飛行し、干渉物の状況を踏まえ、適宜、調査内容を再策定する



3号機D/W1FL 平面概略図

(参考) PCV内部調査に伴う水位低下状況

- 9月1日より実施していた、炉注水量低減によるPCV水位低下作業について、10月3日にホールドポイント（約T.P8000）、10月17日に目標水位（約T.P7300）に到達したことを確認
- 目標水位到達後、10月23日までの1週間において、RPV底部／PCV温度計等の関連パラメータに異常がないことを確認したことから、10月24日から常設監視計器の取り外し作業に着手。
- 今後、現状の水位を維持し、PCV内部調査を実施する計画

