

東京電力ホールディングス株式会社  
福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画の  
変更認可申請（2号機原子炉格納容器内部の詳細調査）  
に係る審査について

令和3年2月4日

原子力規制委員会

## 1. 実施計画の変更認可申請

東京電力ホールディングス株式会社から、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号。以下「原子炉等規制法」という。）第64条の3第2項の規定に基づき、「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」（令和3年2月2日付け変更認可。以下「実施計画」という。）について、平成30年7月25日付け廃炉発官30第139号（令和2年9月9日付け廃炉発官R2第95号、令和2年10月15日付け廃炉発官R2第151号及び令和2年11月19日付け廃炉発官R2第188号で一部補正）をもって、2号機原子炉格納容器内部の詳細調査に係る実施計画の変更認可申請書（以下「変更認可申請」という。）の提出があった。

## 2. 変更認可申請の内容

2号機における燃料デブリの分布等を把握するため、原子炉格納容器の内部詳細調査（以下「本調査」という。）を実施する。

本調査では、2号機原子炉建屋1階の原子炉格納容器貫通部X-6ペネトレーション（以下「ペネ」という。）よりアーム型のアクセス・調査装置（以下「調査装置」という。）を投入し、主にペDESTAL内の地下階の堆積物・既設構造物の3次元形状測定、線量測定等を行う（図1～7参照）。

また、本調査に先立ち、調査装置をペDESTAL内に投入する経路を確保するため、当該経路にある干渉物を撤去する作業（以下「アクセスルート構築作業」という。）を行う。

## 3. 審査の視点

原子力規制委員会（以下「規制委員会」という。）は、変更認可申請について、燃料デブリを取り出すために必要な原子炉格納容器の内部状況の情報収集に係る作業であることから、「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」（平成24年11月7日原子力規制委員会決定。以下「措置を講ずべき事項」という。）のうち、「V. 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項」を満たし、核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は原子炉による災害の防止上十分であると認められるかどうか<sup>※1</sup>について、審査を行った。

※1：原子炉等規制法第64条の3第3項

原子力規制委員会は、実施計画が核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物若しくは原子炉による災害の防止上十分でないとき、又は特定核燃料物質の防護上十分でないとき、前二項の認可をしてはならない。

## 4. 審査の内容

措置を講ずべき事項のうち、「V. 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項」では、作業員及び敷地内外の安全の確保を図りつつ、1号炉

から 4 号炉の廃炉をできる限り速やかにかつ安全に実現するために適切な措置を講じることを求めている。これらに加えて、災害の防止等のために必要であると認めるときは、措置を講じることを求めている。

変更認可申請は、以下のとおりとしている。

(1) X-6 ペネ及び X-53 ペネの構造変更

- ① 調査装置の投入に当たって、X-6 ペネの閉止板を開放する。この際、原子炉格納容器内外の隔離の維持、遮へい等による作業上の安全対策及び外部へのガス等の放出防止を目的として、バウンダリとなる一時的な隔離部屋を設ける。
- ② アクセスルート構築作業に伴う原子炉格納容器内の放射性ダスト（以下「ダスト」という。）濃度の上昇抑制対策として、X-53 ペネを貫通してダスト発生箇所等に水を噴霧するためのスプレー治具を設置する。

(2) アクセスルート構築作業

- ① X-53 ペネに設置されている常設監視計器を取り外し、新たな隔離機構を取り付けた後、X-53 ペネ閉止板の開口部の孔径を拡大させ、(1) ② のスプレー治具を設置する（図 1 及び図 2 参照）。
- ② X-6 ペネ閉止板に設置されている隔離機構ユニットを撤去し、隔離部屋（ステージ内隔離部屋、ハッチ隔離部屋及びロボット搬入部屋）を設置する。隔離部屋にハッチ開放装置を搬入し、著しい漏えいがないことを確認した上で、X-6 ペネ閉止板の開放作業を行う（図 1 及び図 3 参照）。
- ③ X-6 ペネ開放後、X-6 ペネ内の堆積物を X-6 ペネ内低圧水除去装置による低圧水並びに X-6 ペネ内堆積物除去装置による高圧水及びアブレシブウォータージェット（以下「AWJ」という。）を用いて除去する（図 4 参照）。
- ④ 堆積物除去後、隔離弁を有する X-6 ペネ接続構造を X-6 ペネに接続する。隔離部屋の一部（ロボット搬入部屋）を撤去し、X-6 ペネ接続構造に遮へい機能を有する接続管及び調査装置を内包するエンクロージャを接続する（図 5 参照）。
- ⑤ エンクロージャ接続後、原子炉格納容器内の干渉物を調査装置に搭載した AWJ により切断し、アクセスルートを構築する。

(3) 内部詳細調査

アームの関節を折り畳んだ調査装置を伸展させ、原子炉格納容器内にアクセスし、堆積物・既設構造物の 3 次元形状測定及び線量測定を行う。調査装置は先端に測定器を搭載し、調査項目ごとに測定器を取り換える（図 6 及

び図7参照)。

(4) 被ばく低減対策

本調査中は原則として遠隔による操作とするとともに、仮設遮へいの設置及び作業時間管理にて被ばく低減に努める。また、X-6 ペネ接続構造内で、調査装置に対して窒素を原子炉格納容器の方向に噴射し、調査装置の汚染防止を図る。

隔離部屋の空気置換等で発生する排気については、フィルタにてダストの除去を行う。当該排気を隔離部屋外に排出する際には排気中のダストのモニタリングを行い、原子炉建屋内の作業員に対して、著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する。

(5) 構造強度及び耐震性

スプレイ治具を取り付ける X-53 ペネのシール部及び調査装置等を取り付ける X-6 ペネのシール部は、これまでの原子炉格納容器内圧力の実績最高値(2015年4月の8.44 kPa g<sup>\*2</sup>)を考慮の上、製品に対する許容圧力(10 kPa g)を定めて必要な強度を有する設計とし、製造時の耐圧・外観試験により、許容圧力に耐えることを確認するとともに、設置作業時にも取付け部等に漏えいがないことを確認する。

また、X-6 ペネ接続構造は、本調査中にバウンダリに万一損傷が生じた場合には、調査装置を原子炉格納容器から引き抜き、X-6 ペネ接続構造の隔離弁を閉止することで、原子炉格納容器バウンダリを維持できる構造としている。このため、基準地震動 Ss に対して、X-6 ペネ及び X-6 ペネ接続構造が健全であることを評価により確認している。

※2:「g」はゲージ圧を示す。

(6) アクセスルート構築作業時の影響評価

アクセスルート構築作業により、対象物表面に付着した放射性物質が浮遊し、原子炉格納容器内のダスト濃度が一時的に上昇する可能性がある。当該作業時に原子炉格納容器内の気体が環境中に放出された場合、放射性核種の放出量及び敷地境界での実効線量については、周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないことをダスト飛散評価により確認している。

規制委員会は、本調査を実施するにあたり、作業員及び敷地内外の安全の確保並びに災害の防止等のために必要な措置について、以下のとおり確認した。

(a) バウンダリの確保によるダストの放出抑制

- 原子炉格納容器内部からのガス等の放出を防止するため、X-6 ペネに隔離部屋、気密扉、ロボット搬入部屋等を設置し、X-6 ペネ開放後は X-6 ペネ接続構造、接続管、エンクロージャ等を設置するとともに、接続部に 2 重 O リング等を使用することにより、原子炉格納容器内と外部とを隔離するためのバウンダリを構築し、気密性が確保できる構造としていること。
- アクセスルート構築作業に伴うバウンダリの変更時には、バウンダリの内部又は 2 重 O リング間に窒素加圧を行い、漏えいがないことを確認することにより、常にバウンダリが維持できること。
- 仮に本調査中にエンクロージャ等のバウンダリに損傷が生じた場合には、速やかに調査装置を回収して隔離弁を閉止するとともに、漏えい箇所の接続部のボルトの増し締め、コーキング等による封止措置を実施することとしていること。また、隔離弁のない X-6 ペネ内の堆積物除去作業時に隔離部屋等のバウンダリに損傷が生じた場合には、漏えい箇所の接続部のボルトの増し締め、コーキング等による封止措置を実施することとしていること。
- アクセスルート構築作業及び本調査に伴いダストが発生した場合に速やかに検知できるよう、2 号機の原子炉格納容器ガス管理設備及び原子炉建屋排気設備のフィルタ入口側に追設する仮設ダストモニタ、バウンダリの接合部近傍にモニタリング用ホースの吸い込み口を設置する仮設ダストモニタ等によるダストの測定を実施し、ダスト濃度の監視を行うこと。また、短時間の作業から開始してダスト濃度に異常がないことを確認しながら作業を実施することとしていること。
- 隔離部屋の空気置換や作業エリアに設置する局所排風機からの排気の際にフィルタによる放射性物質のろ過を実施すること等、ダストの発生及び放出を極力抑制するための対策がとられること。

(b) X-6 ペネ及び X-53 ペネのシール部の構造強度・耐震性

- X-6 ペネ及び X-53 ペネに新たに接続するシール部について、原子炉格納容器内圧力は 2015 年以降低下傾向にあり、2020 年以降は 1~5 kPa g 程度で推移していることから、現状の原子炉格納容器内圧力より十分余裕を持った許容圧力 (10 kPa g) に耐える構造強度を有する設計としており、当該シール部を含む機器の製造時及び設置作業時にも許容圧力に耐えること及び漏えいがないことを確認することとしていること。また、現状の原子炉格納容器内圧力についても ±5.5 kPa g を運用範囲としていることに加え、アクセスルート構築作業時の AWJ の使用による原子炉格納容器内圧力上昇への影響を極力抑えるため、AWJ の使用時間を調整することとしていることから、原子炉格納容器内圧力の上昇に

よるバウンダリの損傷防止が図られること。

- X-6 ペネ接続構造及びスプレイ治具について、それぞれ接続する X-6 ペネ及び X-53 ペネの付け根部を含めて耐震性評価を実施し、基準地震動 Ss に対して健全であることを確認しており、両機器が有する隔離弁の健全性が維持されることから、異常時においても原子炉格納容器内と外部との隔離が早期に復旧可能であること。

(c) アクセスルート構築作業時の敷地境界の実効線量への影響

アクセスルート構築作業時の影響については、以下のとおり評価を行ったこと。

- 実際の作業の進め方に合わせて、当該作業を「X-6 ペネ内堆積物除去」、「ケーブル・レールガイド切断」、「制御棒駆動機構（以下「CRD」という。）レール切断」、「CRD レールつり治具切断」及び「電線管切断」の 5 ステップに大きく分け、各作業でのダスト浮遊量、建屋外への放出量及び敷地境界での実効線量を評価したこと。
- ダストに含まれる放射性物質について、過去の 2 号機原子炉格納容器内の放射性物質濃度の実測値を踏まえて、セシウム (Cs-134 及び Cs-137)、 $\alpha$  核種 (Am-241) 及び  $\beta$  核種 (Sr-90) の濃度を設定したこと。
- 1 号機原子炉格納容器内での AWJ 作業時の知見を踏まえて実施した試験の結果に基づき、AWJ の噴流が壁面等に当たって発生するダスト浮遊量を考慮したこと。
- 重力沈降によるダスト浮遊量の減少及び放出経路（原子炉格納容器ガス管理設備フィルタ及び狭隘な漏えい箇所）での捕集による建屋外への放出量の減少を考慮したこと。

上記のとおり、可能な範囲で現実的な条件を設定して評価した結果、年間の実効線量は約  $8.0 \times 10^{-4}$  mSv になるとしており、有意な放射線被ばくのリスクの上昇はないこと。

また、現地作業を進めるに当たっては、少ない作業量から開始し、時間当たりの放出量を確認しながら作業を進めることにより、敷地境界の実効線量への寄与を極力抑制するための対策がとられること。

(d) 放射性液体廃棄物及び放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

- アクセスルート構築作業（X-6 ペネ内堆積物の除去作業及び AWJ による干渉物切断作業）及び本調査において使用され原子炉格納容器内に排出されるろ過水については、建屋滞留水として処理されることとなるが、1 日当たりの使用量の最も多い X-6 ペネ内堆積物の低圧水による除去作業でも約 22 m<sup>3</sup>/日（作業期間は 2 日間）であり、また全作業

での使用量は合計約 251 m<sup>3</sup>と想定していることから、滞留水処理への影響は軽微であること。

- アクセスルート構築作業及び本調査において使用された後の隔離部屋、調査装置等については、今後、約 90 m<sup>3</sup>のがれき類として表面線量率に応じた想定発生量に計上するとしており、十分な保管容量が確保されること。また、当該がれき類について、実施計画Ⅲ章第 3 編 2.1「放射性廃棄物等の管理」の規定に従い、表面線量率に応じたエリアにおいて保管し、定期的に巡視・保管量の確認等を行うことにより、保管・管理が行われること。
- アクセスルート構築作業で発生する X-6 ペネ内堆積物、干渉物等の固体廃棄物については、ほぼ全量を原子炉格納容器底部（ペDESTAL外）に落下・蓄積させることとしているため、現状では原子炉格納容器外での保管・管理が不要であること。

(e) 作業員の被ばく低減対策

- 作業員の被ばく低減のため、事前に模擬訓練を行い作業の習熟度の向上を図るとともに、調査中は原則として遠隔操作にて作業を実施するとしていること。
- 装置等の接続・取り外し等は有人作業で実施するが、仮設遮へいの設置、作業制限エリアの設定、作業時間の管理等により可能な限り被ばくを低減するための措置が講じられること。
- 作業員の内部被ばく防止のため、原子炉建屋内では R ゾーン装備（全面マスク、カバーオール及びアノラック上下）で作業するとともに、R ゾーンからの退域時には除染及び汚染検査を実施し、着脱補助員がアノラック脱衣を助勢することにより、身体汚染を防止する対策がとられること。
- ロボット搬入部屋からの装置の搬出時には作業員が入室するため、入室前に当該部屋内の窒素を空気に置換するとともに、当該部屋内のダストをフィルタでろ過して排気することにより、当該部屋内及び作業エリアのダスト濃度の低減が図られること。また、空気置換後に作業エリア及び当該部屋内のダスト濃度を測定して入室可能であることを確認するとしており、作業員がダストを取り込むことによる内部被ばくを防止するための措置が講じられること。
- 調査装置を原子炉格納容器内から引き抜く際には、X-6 ペネ接続構造から窒素を噴射して調査装置表面に付着したダストを原子炉格納容器内に戻すことにより、調査装置の表面線量率を低減させ、調査装置を内包するエンクロージャを取り扱う作業員の被ばくを極力低減する対策がとられること。

(f) 作業員の災害防止対策

- 作業員の災害防止のため、隔離部屋の内部での作業の際には、窒素加圧環境から空気置換した後に酸素濃度を測定し、十分な酸素濃度があることを確認してから作業を開始するとしていること。また、夏場の高温環境下等において R ゾーン装備で作業をする際には、作業員の体調確認、早朝・夕方気温が低い時間帯のみでの作業実施、クールベストの着用、アノラックの着用時間の短縮化等により、作業員の熱中症発症を極力防止する対策がとられること。
- 水素爆発の懸念については、既に X-6 ペネを加工した実績（2016 年 12 月）があり問題なく加工が完了していること、また本調査で使用する X-6 ペネ及び X-53 ペネともに原子炉格納容器側が常時開放された状態であり当該ペネ内は窒素で置換されていると考えられることから、水素滞留のリスクはないと判断できること。さらに、現在の原子炉格納容器内の水素濃度は約 0.1%（令和元年 10 月から令和 2 年 10 月の 1 年間の実績最大値は 0.11%）と低濃度であるとともに、隔離部屋又はエンクロージャの内部の空気が全量原子炉格納容器に流入した場合でも酸素濃度は約 2%と低濃度であり、水素爆発の条件（水素濃度 4%かつ酸素濃度 5%以上）より十分低いことから、水素爆発の懸念はないと判断できること。

(g) 火災対策

- 隔離部屋、調査装置等を構成する部品について、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、やむを得ず使用するシール部材、油脂類等の可燃物については、その材質、物量及び使用場所を踏まえ、火災が発生した場合でも初期消火が可能となるよう、可燃物 1 か所からの発火を消火するために必要な能力を持つ消火器を作業エリアに複数配備するとしており、火災の発生防止及び影響を軽減するための措置が講じられること。
- 工事用機材として作業エリアに持ち込む紙ウエス、養生シート等の可燃物については、搬入する量を必要最小限とするとともに、作業終了ごとに不要物を搬出するとしており、作業エリア内の可燃物の量を極力低減する対策がとられること。
- 作業エリアに監視カメラを配置することにより、原子炉建屋外にある作業員の待機場所である現場本部から監視して火災を検知するとしており、火災発生時に速やかな初動対応が可能となるよう対策が講じられること。

以上より、作業員及び敷地内外の安全の確保並びに災害の防止等のために必要な措置がとられていると判断できることから、措置を講ずべき事項「V. 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項」を満たしていると評価する。

#### 5. 審査の結果

変更認可申請は、措置を講ずべき事項を満たしており、核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は原子炉による災害の防止上十分であると認められる。

なお、本調査終了後に引き続いて実施予定の燃料デブリの試験的取り出しについては、本申請には含まれていないことから、今後申請がなされた際に審査を行う。

以上

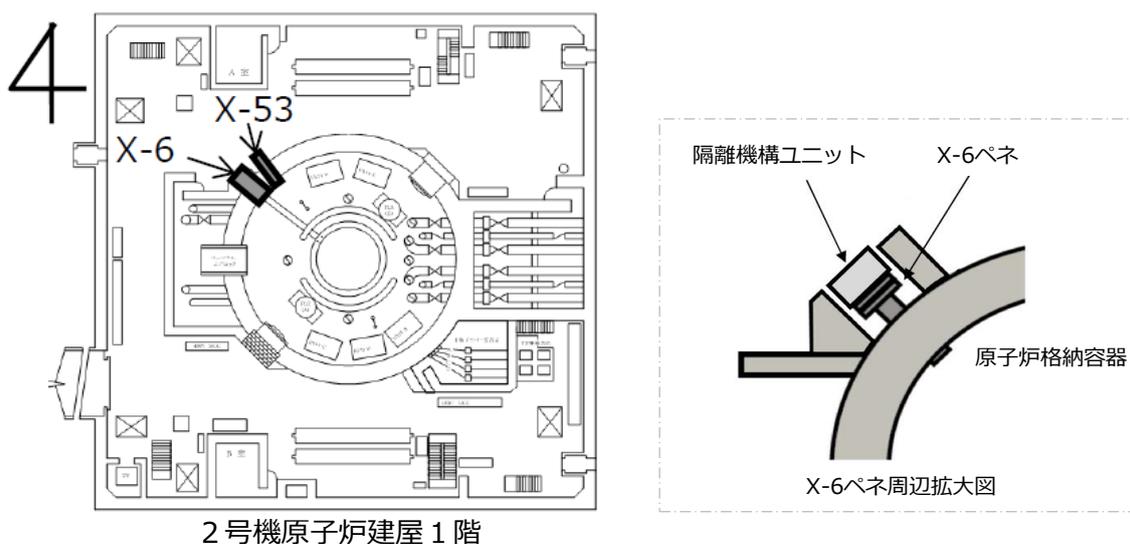


図1 X-6 ペネ及びX-53 ペネ（2号機原子炉建屋1階）※

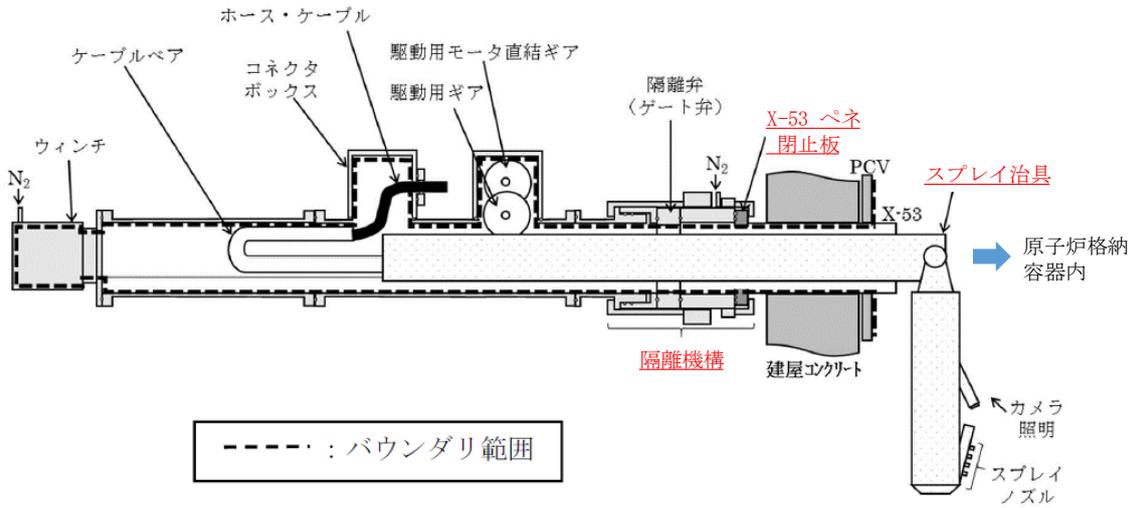


図2 X-53 ペネに設置するスプレイト具の構造概略図※

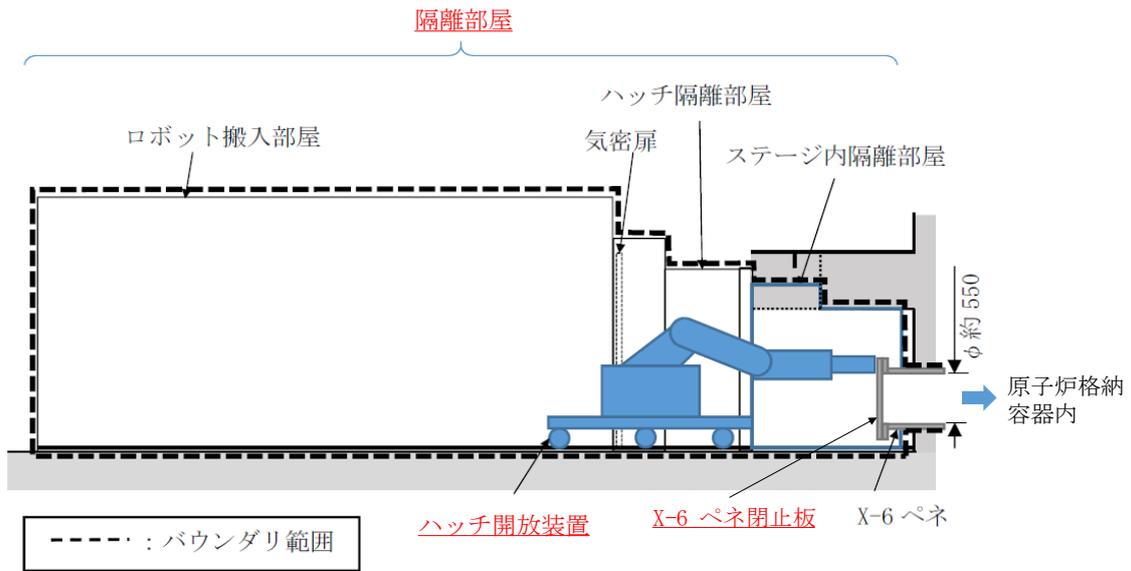


図3 X-6 ペネに設置する隔離部屋の構造概略図※

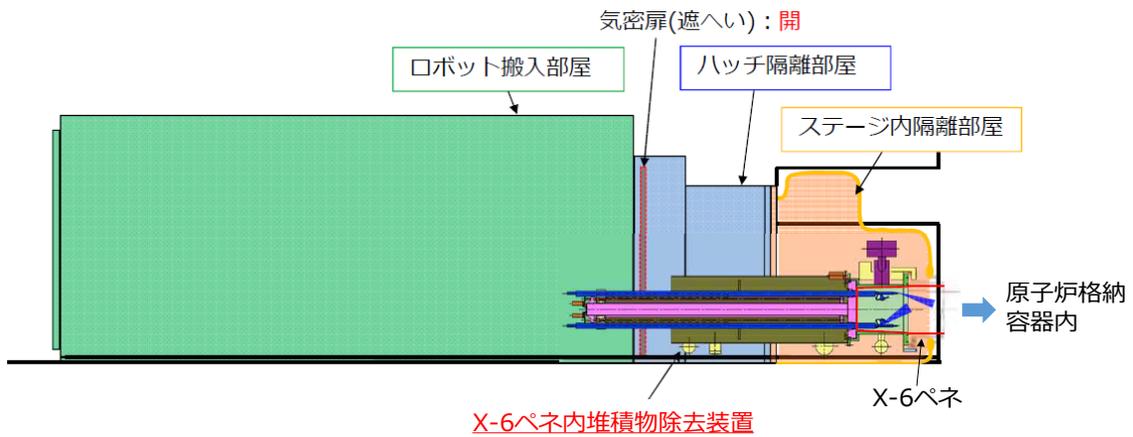


図4 X-6 ペネ内堆積物除去装置の構造概略図※

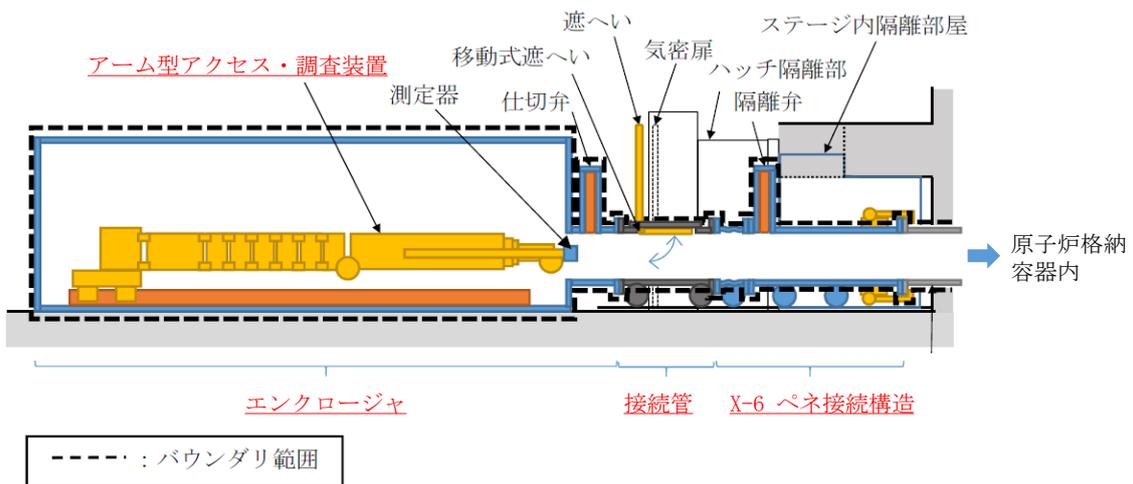


図5 調査装置設置後のバウンダリ構造概略図※

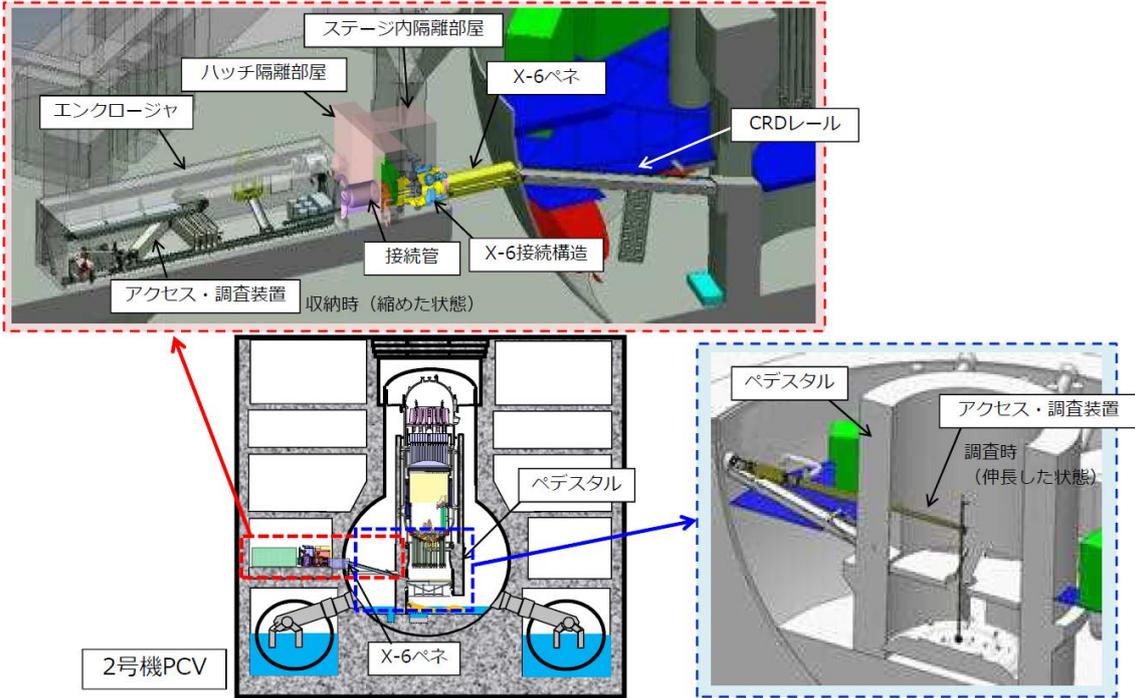


図 6 内部調査時のイメージ※

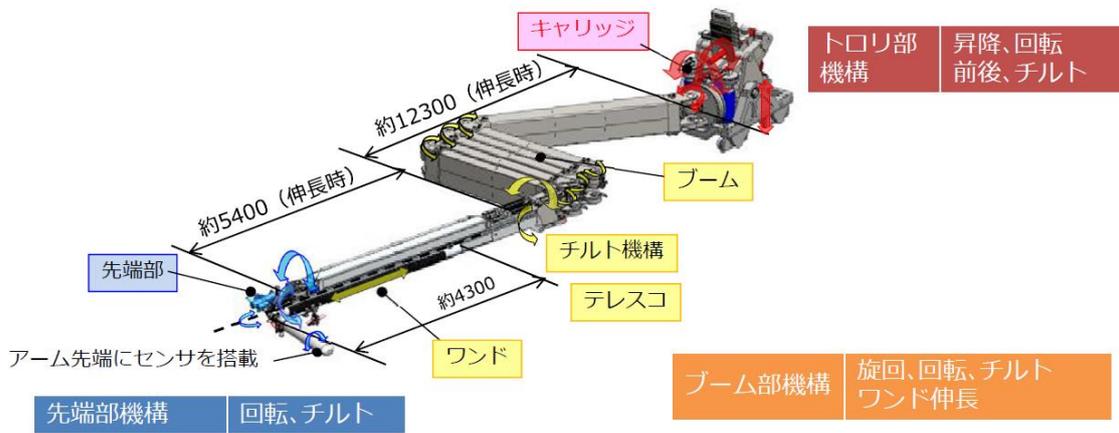


図 7 アクセス・調査装置※

※：東京電力ホールディングス株式会社の資料から抜粋（一部追記）