

## 2号機燃料デブリの試験的取り出しに関する実施計画の 変更認可申請について

2023年9月11日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社

1. 試験的取り出しに係る実施計画手続きについて
2. 燃料デブリ取り出しの全体像
3. 燃料デブリ取り出しの進め方のイメージ
4. 過去の2号機格納容器内部調査の成果
5. 試験的取り出しの概要
6. 試験的取り出しの作業ステップ
7. 実施計画変更認可申請（既認可と今回申請）範囲の比較表
8. 試験的取り出しに対する措置を講ずべき事項の該当項目
9. 措置を講ずべき事項の適合方針
10. 措置を講ずべき事項の対応方針
  - 10-1. 未臨界の維持への考慮
  - 10-2. 取り出し作業時の安全，飛散防止及び遮蔽への考慮
  - 10-3. 自然現象に対する設計上の考慮（耐震クラス）
11. 試験的取り出しに係る技術会合・審査面談スケジュール

# 1. 試験的取り出しに係る実施計画手続きについて

- 2号機においては、燃料デブリの段階的な取り出し規模の拡大に向け、原子炉格納容器（以下、PCV）内の情報を収集しつつ、少量の燃料デブリの取り出し（試験的取り出し）を行う計画

➤ 2021年2月4日 2号機PCV内部調査に係る実施計画の認可を取得

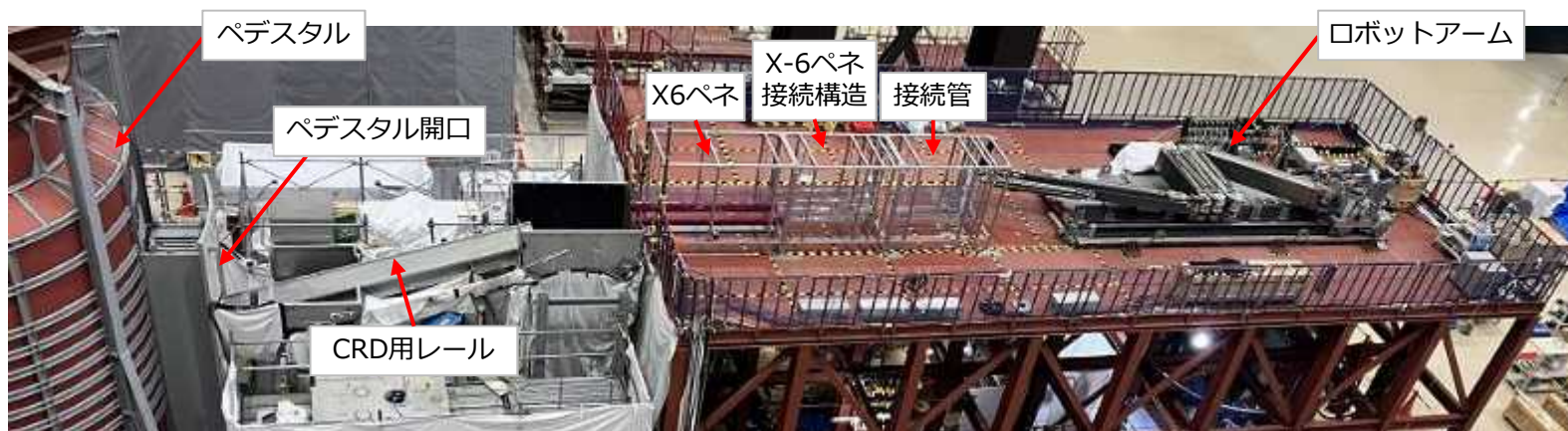
＜申請内容＞

- PCV内部調査に向けた作業の内容（干渉物等の除去作業等）
- 作業に伴う影響評価

- 2023年8月4日に2号機燃料デブリ試験的取り出しの実施計画変更認可申請を実施

＜申請内容＞

- 燃料デブリの試験的取り出し時の作業内容
- 燃料デブリの輸送準備

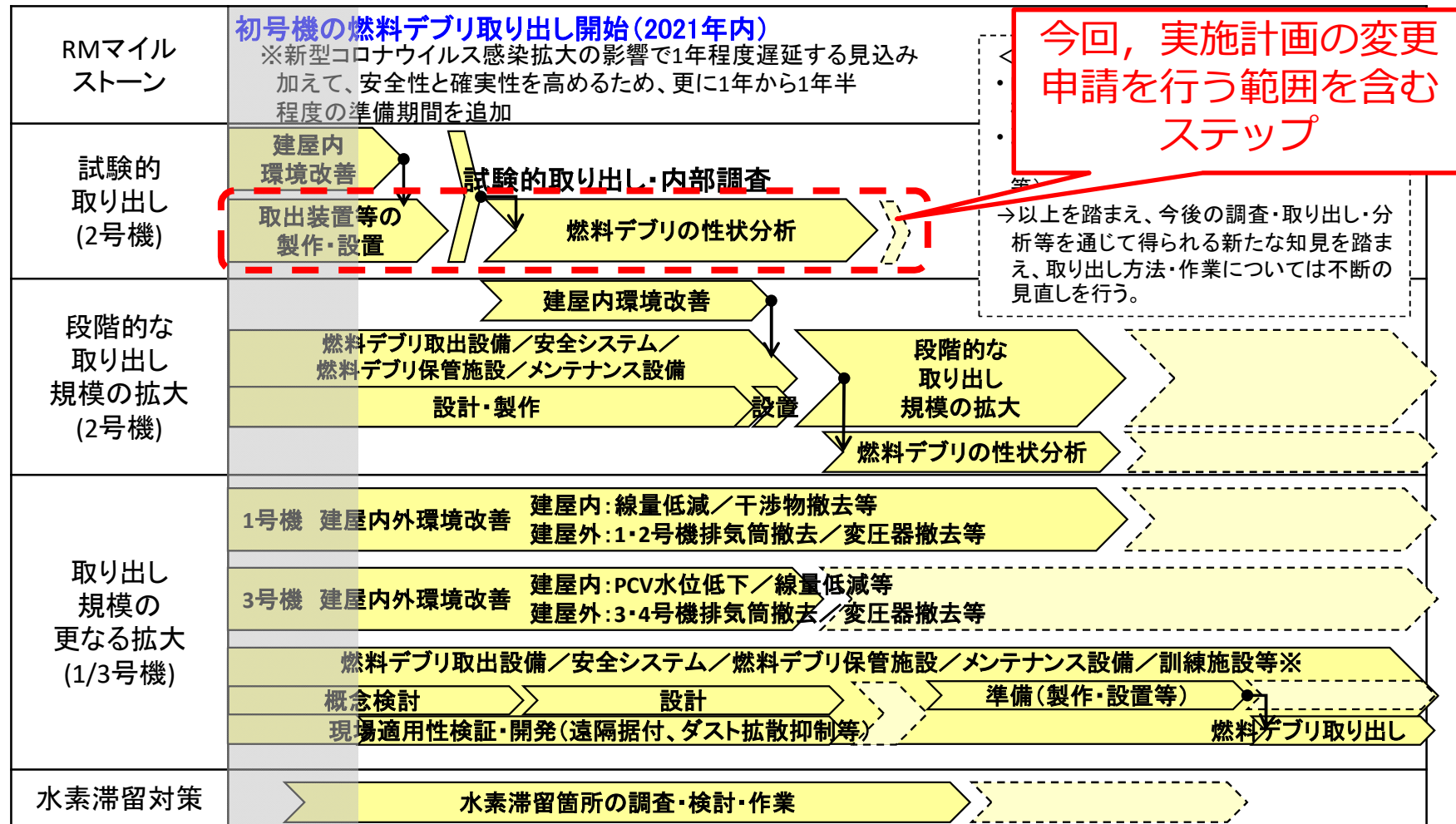


開発中のロボットアーム（モックアップ状況）

## 2. 燃料デブリ取り出しの全体像

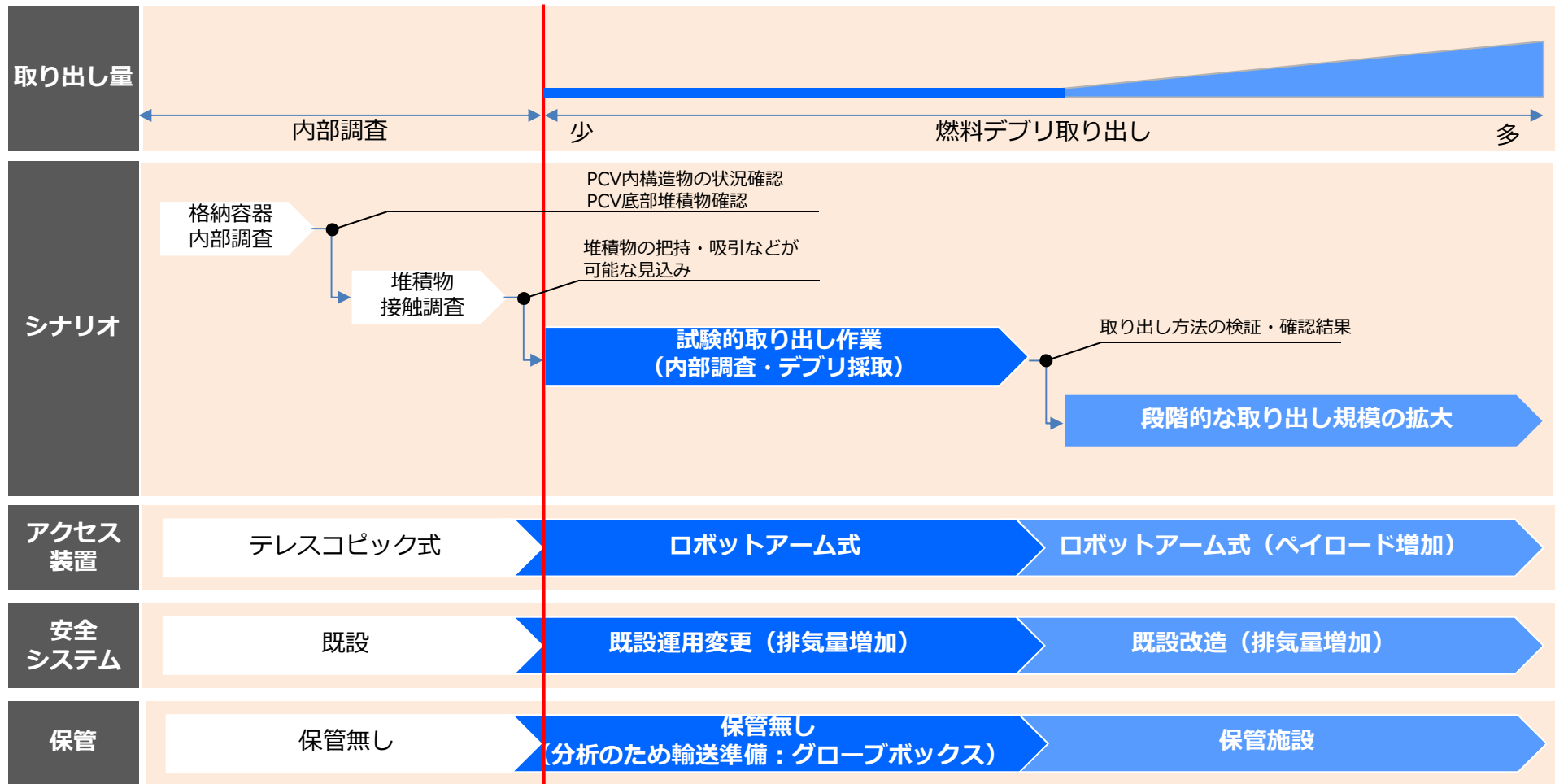
- 燃料デブリの取り出しについては、取り出しの初号機を2号機とし、試験的取り出しから開始し、その後、段階的に取り出し規模を拡大していく計画

表 廃炉中長期実行プラン2023上の位置付け



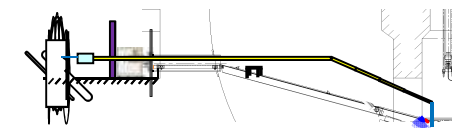
### 3. 燃料デブリ取り出しの進め方のイメージ

- 試験的取り出しから着手し、その結果を踏まえて方法を検証・確認した上で、段階的に取り出し規模を拡大していく、「ステップ・バイ・ステップ」の一連の作業として進める

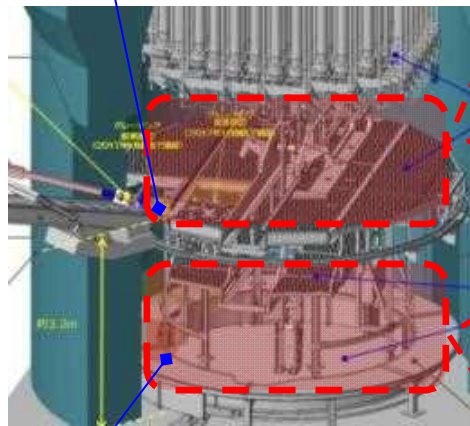


## 4. 過去の2号機格納容器内部調査の成果

- ペDESTAL内のプラットフォーム上および地下階へアクセスすることが可能なことを確認
- プラットホーム上及び地下階に堆積物が存在しており、一部は把持して動かせることを確認



①



② ペDESTAL内概要図

2018年1月



ペDESTAL内プラットフォーム上調査結果



ペDESTAL内地下階調査結果

2019年2月



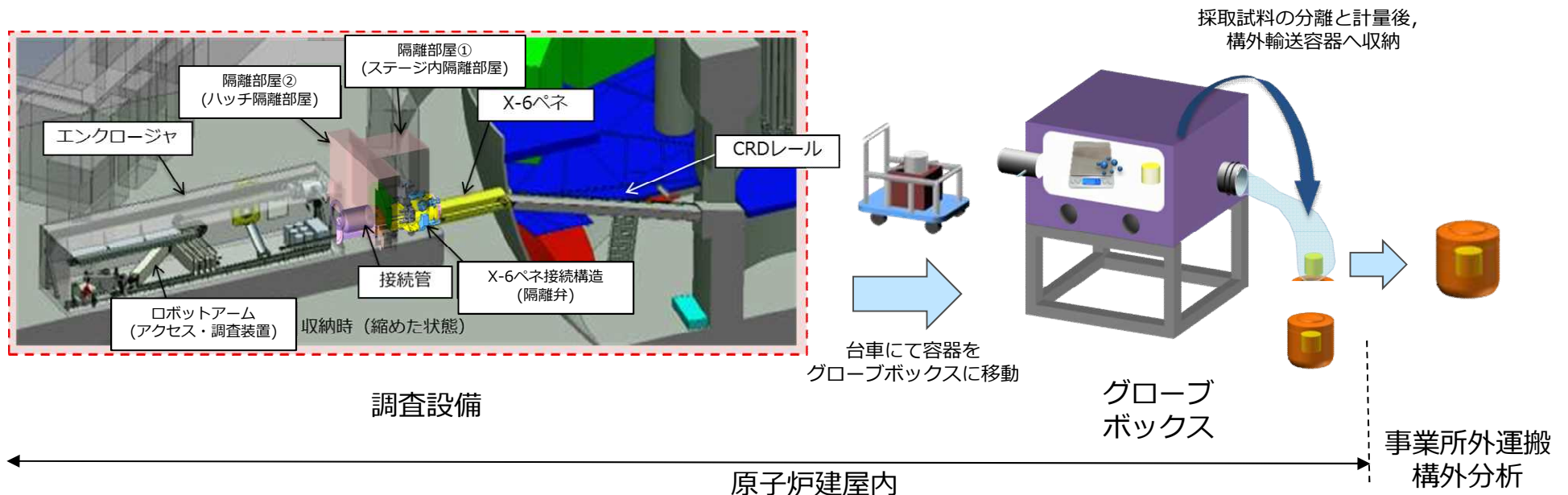
プラットフォーム上堆積物の把持状況  
(概要図①の付近)



地下階堆積物の把持状況  
(概要図②の付近)

## 5. 試験的取り出しの概要

- 燃料デブリ取り出しを進めるにあたり、燃料デブリの分布と既設建造物の状態等を把握するため、PCV内部の調査及び試験的取り出しの実施を計画
- 試験的取り出しはPCV内部調査に使用する調査設備を用い、少量の燃料デブリを取り出す
  - 取り出した燃料デブリは構外分析施設へ輸送し、性状把握を実施
  - 試験的取り出しは将来的な取り出し装置の検証や確認も目的としており、得られる知見により将来的な取り出し作業の安全性向上を図る
- なお、試験的取り出しに際して扱う燃料デブリは少量であり、加工を行わないことから敷地境界線量評価に影響を与えるものではない



(注記) ・CRD：制御棒駆動機構

# 6-1. 試験的取り出しの作業ステップ (1/2)

## 1. 隔離部屋設置



- ハッチ開放にあたり事前に隔離部屋を設置

## 2. X-6ペネハッチ開放

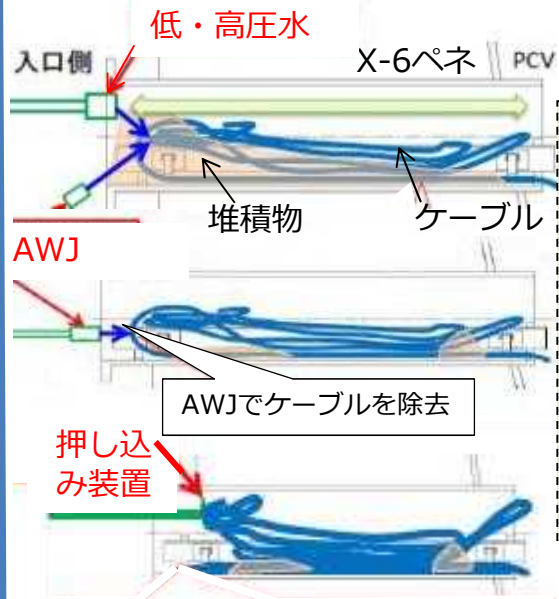
ハッチ開放装置



- ハッチ開放装置によりハッチを開放

## 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



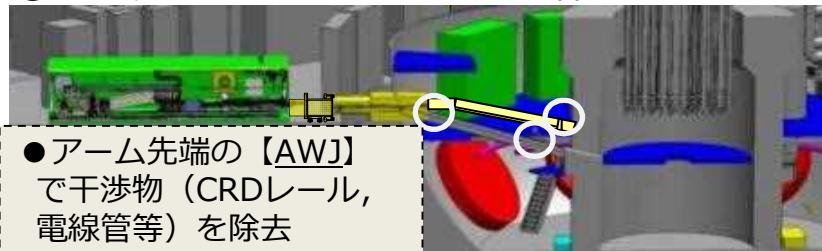
- 【低・高圧水】で堆積物の押し込み
- 【AWJ】でケーブル除去
- 【押し込み装置】でケーブルを押し込み

## 4. ロボットアーム設置

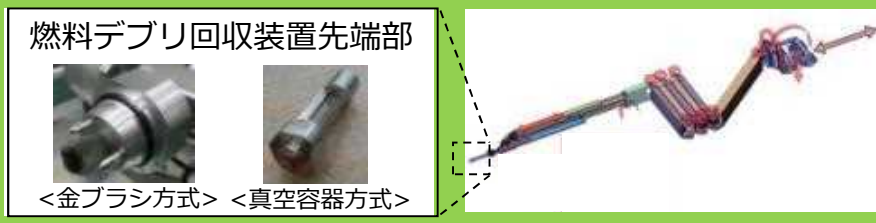


## 5. 試験的取り出し作業 (内部調査・デブリ採取)

### ①ロボットアームによるPCV内部調査



### ②ロボットアームによるデブリ採取



(次スライドへ)

- (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

認可取得済み

今回の申請範囲



## 6-2. 試験的取り出しの作業ステップ (2/2)

- 試験的取り出し後の燃料デブリについては、汚染拡大の防止及び遮へいにより、作業員および外部への影響がないよう取り扱う計画で検討中

(前スライドより)

### 6. 燃料デブリ回収装置先端部の収納

- エンクロージャ内で双腕マニピュレータにより容器へ収納

### 7. 建屋内運搬容器へ収納・線量計測

- エンクロージャ内で構内輸送用容器へ線量計測後収納
- 汚染拡大防止を図りながら取外し

### 8. グローブボックス受入・計量

- 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計量、容器への収納を実施

### 9. 容器の取出し・輸送容器へ収納・搬出

- 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出し
- 構外輸送容器へ収納し、輸送車両へ積載

※輸送前に、輸送物の表面線量・汚染密度等を測定し、法令基準以下であること確認

今回の申請範囲

### 10. 事業所外運搬及び構外分析

## 7. 実施計画変更認可申請（既認可と今回申請）範囲の比較表

	既認可（内部調査）	今回申請（試験的取り出し）
試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）にて使用する装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>①隔離部屋</li> <li>②ハッチ開放装置</li> <li>③堆積物除去装置</li> <li>④X-6ペネ接続構造(隔離弁)</li> <li>⑤接続管</li> <li>⑥エンクロージャ</li> <li>⑦ロボットアーム （アクセス・調査装置）</li> <li>⑧双腕マニピュレータ</li> </ul>	<p>左記④～⑧は継続使用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑨燃料デブリ回収装置 （金ブラシ型，真空容器型）</li> <li>⑩グローブボックス</li> <li>⑪建屋内運搬容器（DPTEコンテナ）</li> </ul>
敷地境界線量評価	<p>・周辺の公衆に対し，著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。</p> <p>&lt;PCV内の放射性ダスト濃度が一時的に上昇する可能性のある作業&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) AWJによるX-6ペネ内堆積物除去</li> <li>(2) AWJによる干渉物除去</li> </ul> <p>※実施計画に影響評価を記載済</p>	<p>・周辺の公衆に対し，著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。</p> <p>&lt;主な作業&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 燃料デブリ取り出し（数g程度，数回）</li> <li>(2) 燃料デブリの輸送（加工しない）</li> </ul> <p>2019年のPCVペDESTAL底部堆積物調査時において，ペDESTAL内地下階堆積物を把持して動かした際にPCVガス管理設備ダストモニタ，ガス放射線モニタの指示値に有意な変化がなかったこと，且つ，試験的取り出しでは，取り扱う燃料デブリの量が少量であり，加工を行わないことから，左記のAWJ作業と比べて周辺環境への影響が十分に小さいと考えている。</p>

## 8. 試験的取り出しに対する措置を講ずべき事項の該当項目

- 措置を講ずべき事項の該当項目については、下記の通りの整理と考えており、燃料デブリの取り出しに係る内容を中心に、ご説明させて頂き、その他の項目についても引き続き、審査面談でご説明させて頂く

※ II章の措置を講ずべき事項のうち、試験的取り出しに適合する必要がある項目は、「V.燃料デブリの取り出し・廃炉のために措置を講ずべき事項」で整理

措置を講ずべき事項に該当する項目	状況	ご説明内容/予定
I 全体工程及びリスク評価について講ずべき措置	説明中	燃料デブリの取り出しに係る内容であり、1Fのリスク低減に係るため、実施計画に記載
II 設計、設備について措置を講ずべき事項	説明中	ダスト発生量が極めて少ないことから従来同様、既設設備により気体の処理や放射性物質濃度の量や監視を行い、環境への放出を出来る限り低減
3 原子炉格納施設雰囲気監視等	説明中	
6 電源の確保	説明中	使用する装置のうち、閉じ込め機能を有する装置は必要な電源を受電可能とする
7 電源喪失に対する設計上の考慮	説明中	全交流電源喪失時において原子炉圧力容器及びPCV内への冷却機能に影響を与えない
8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理	説明中	取り出し終了後、撤去する装置は瓦礫類として1F構内に一時保管する
9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	説明中	回収装置で燃料デブリごと回収した水は燃料デブリと分取し、吸水剤で回収し瓦礫類で処理
10 放射性気体廃棄物の処理・管理	説明中	PCV内における気体廃棄物や試験的取り出しで使用する装置から排気する気体は、フィルタで処理後に排気し、放出する放射性物質を低減
11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等	説明中	燃料デブリの加工は行わないことから、ダスト発生量は極めて小さく、敷地周辺に対して既認可のアクセスルート構築作業時を超える放射性被ばくリスクを与えるものではない。
12 作業員の被ばく線量の管理等	説明中	燃料デブリの回収は遠隔作業により被ばくを低減、回収した燃料デブリに接近する作業は、モックアップ等により作業時間を短縮
13 緊急時対策	説明中	緊急時は特定原子力施設内にいるすべての人に対し緊急放送等により避難指示を実施
14 設計上の考慮	説明中	DPTEコンテナ：日本産業規格(以下、JIS)に準拠した漏えい確認試験を実施 グローブボックス：漏えい率はJISに準拠
① 準拠規格及び基準	説明中	
② 自然現象に対する設計上の考慮	説明中	閉じ込め機能が喪失した場合における公衆への被ばく影響より耐震クラスを設定
③ 外部人為事象に対する設計上の考慮	説明中	閉じ込め機能を有する装置は原子炉建屋内で使用し、外部人為事象に対する安全性を確保
④火災に対する設計上の考慮	説明中	火気作業を実施しない方針とし、実用上可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用
⑤環境条件に対する設計上の考慮	説明中	原子炉建屋の放射線に関する環境条件を考慮し、閉じ込め機能の維持可能な装置を使用
⑦運転員操作に対する設計上の考慮	説明中	適切な操作方法、状態監視及び機器配置により誤操作を防止し、安全機能を維持
⑧信頼性に対する設計上の考慮	説明中	JISに準拠した漏えい確認試験の実施や、JISに準拠した漏えい率の設計とすることで信頼性を確保
⑨検査可能性に対する設計上の考慮	説明中	出荷時の記録確認や現地据え付け時に漏えい確認試験を実施
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	今回説明	本変更申請は燃料デブリの試験的取り出しに係る内容であるため、実施計画に記載

## 9. 措置を講ずべき事項の適合方針

### 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

- 燃料デブリなどを含む核燃料物質については、**確実に臨界未満に維持し、原子炉格納容器の止水などの対策を講じた上で、安全に取り出し、飛散を防止し、適切に遮蔽、冷却及び貯蔵**すること。
- 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。
- 上記に加えて、**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。

#### <措置を講ずべき事項への適合方針>

##### (1) 未臨界の維持について

試験的取り出しは、先行して実施する内部調査に引き続き実施する。PCVより回収する燃料デブリの量を少量に制限することで未臨界を維持する。

##### (2) 原子炉格納容器の止水について

試験的取り出し時はPCVの止水が不要である。

##### (3) 取り出し作業時の安全、飛散防止及び遮蔽について

作業時の安全の観点より作業員が回収した燃料デブリに接近する際には事前に線量を測定する。また、接近する際は仮設遮蔽へいを活用し作業員の被ばく低減を図る。飛散防止の観点より燃料デブリは閉じ込め機能を有する装置（エンクロージャ、DPTEコンテナ、グローブボックス）内で回収、移送、測定等の作業を行う。

##### (4) 冷却及び貯蔵について

試験的取り出しで取り扱う燃料デブリの量は冷却への対策を講じる必要のない少量とする。  
回収した燃料デブリは貯蔵せず、構外分析施設へ輸送する。

##### (5) 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の適切な措置について

試験的取り出しは作業を通して得られる情報、経験等は今後の燃料デブリ取り出し作業を安全かつ確実に行うために活用する。

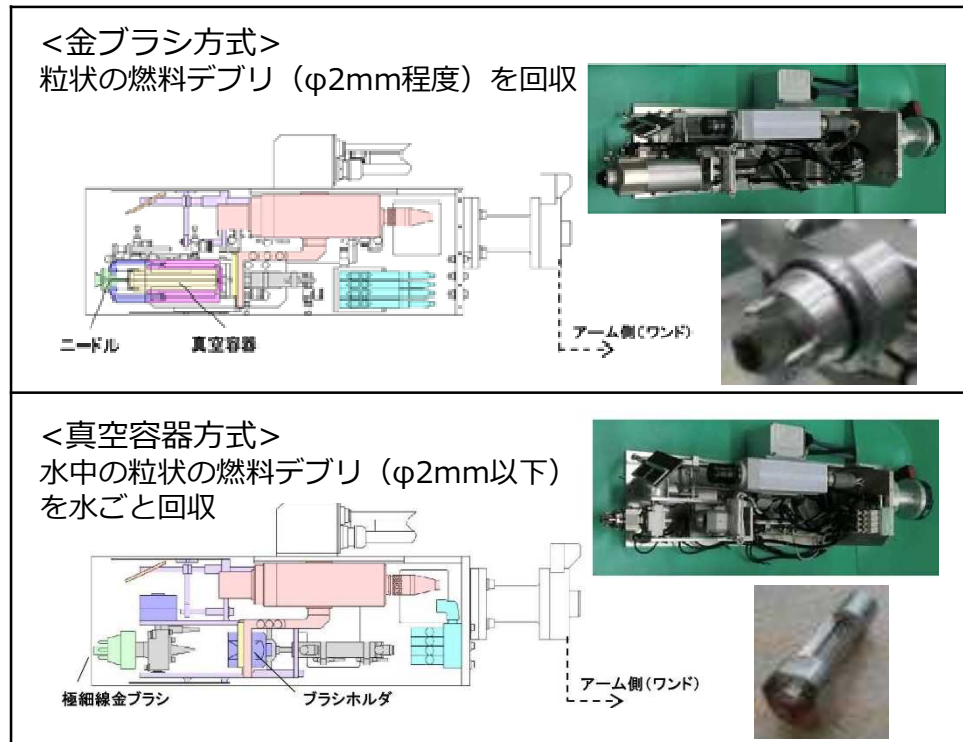
##### (6) 災害の防止について

火災、作業員の被ばく、燃料デブリの漏えい、燃料デブリの臨界、水素爆発に対して適切な対策を講じ災害を防止する。

# 10-1. 措置を講ずべき事項の対応方針 未臨界の維持への考慮

- 試験的取り出しにおいては、**数gの量を数回取り出す**ことを予定
- 2号機に装荷されていた燃料のU-235ペレット最高濃縮度（未照射）は4.9wt%であり、臨界の最小質量30.2kg（U-235濃縮度5wt%：日本原子力研究開発機構の臨界安全ハンドブック・データ集※1）に対して試験的取り出しで扱う量は臨界管理上、問題とならない量となる
- また、現在、臨界検知のために原子炉格納容器ガス管理設備ガス放射線モニタによるXe-135濃度監視を実施しているが、試験的取り出し作業中も本監視を継続し、緊急時には原子炉圧力容器・格納容器ホウ酸水注入設備によりホウ酸水を注入する
- 回収装置の設計においては、**1回の燃料デブリの回収量が数g以下となる装置**とし、金ブラシ方式と真空容器方式を採用することにより燃料デブリの取扱量を制限する

<燃料デブリ回収装置先端部>



ロボットアームによるデブリ採取

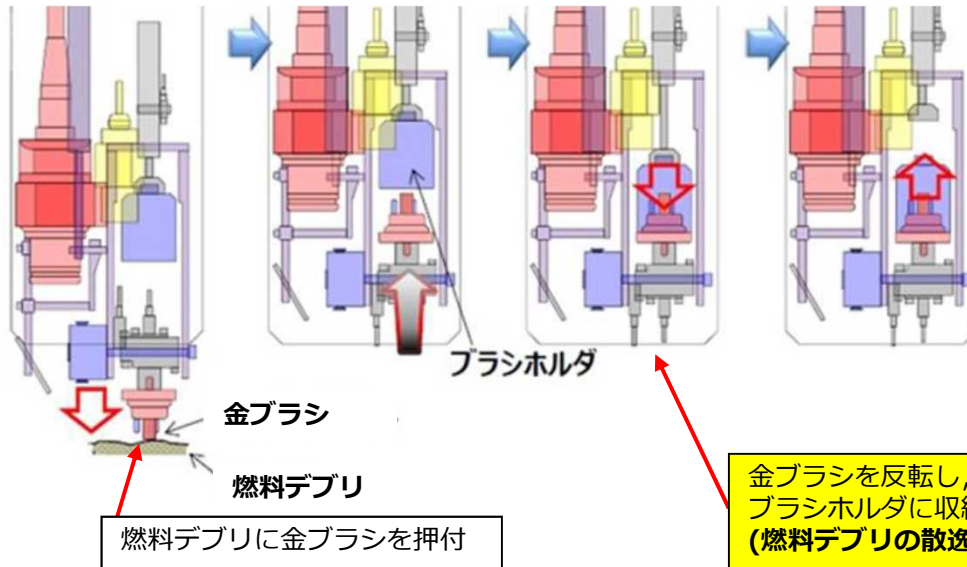


(※)写真中の窪み(深さ2.6mm)に鉛玉を充填した場合の採取量

※1 臨界安全ハンドブック・データ集第2版 2009 日本原子力研究開発機構

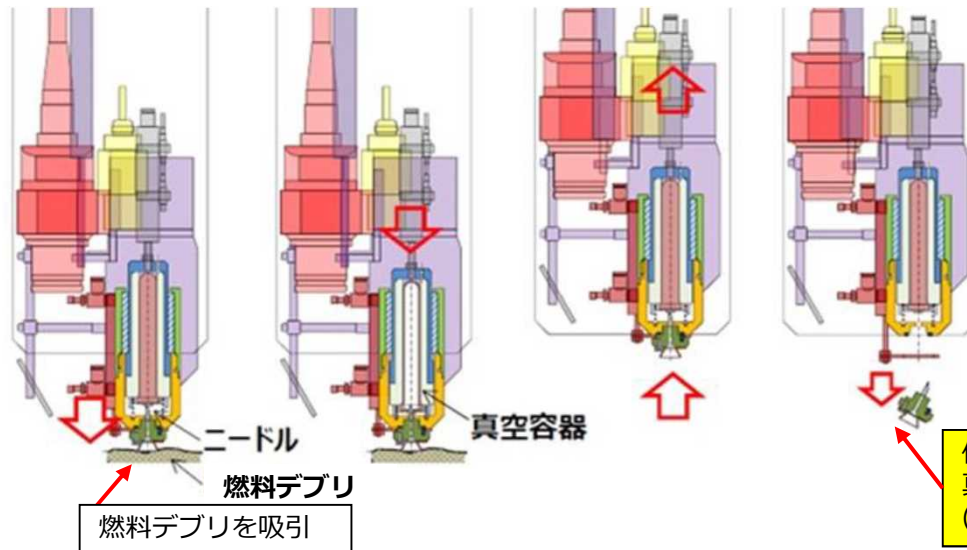
## 【参考】燃料デブリ回収手順

### (1) 金ブラシ方式



- ① アーム型アクセス・調査装置を操作し回収装置を燃料デブリ回収位置まで移動
- ② 金ブラシを降下させ燃料デブリに金ブラシを押付
- ③ 金ブラシを引き上げた後, 金ブラシを反転
- ④ ブラシホルダを降下させ, 金ブラシを収納
- ⑤ ブラシホルダを回収装置から切り離す
- ⑥ アーム型アクセス・調査装置を操作しエンクロージャまで戻す

### (2) 真空容器方式



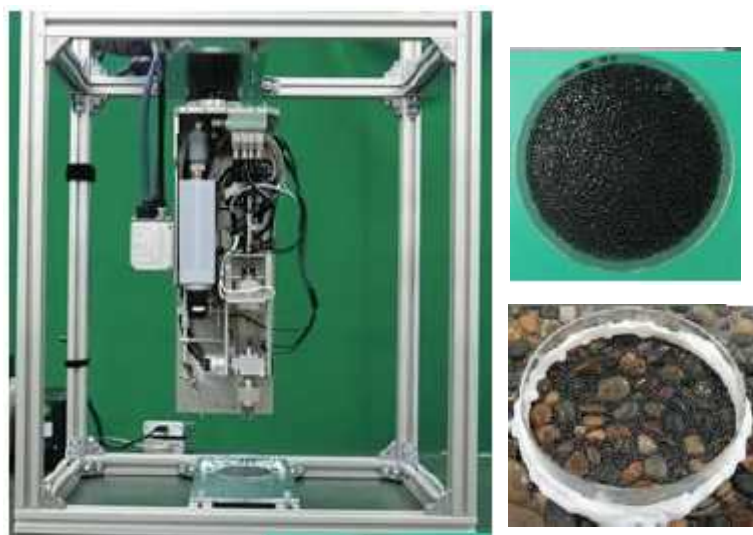
- ① アーム型アクセス・調査装置を操作し回収装置を燃料デブリ回収位置まで移動
- ② 先端を燃料デブリに接触させた状態で真空容器を押し込み吸引
- ③ 真空容器を引き込み, ニードルを切り離す
- ④ アーム型アクセス・調査装置を操作しエンクロージャまで戻す

## 【参考】燃料デブリ回収試験

- 試験的取り出しでは極めて少量の燃料デブリを採取する計画であり、過去のPCV内部調査にて2mm程度の砂粒状の堆積物を確認している現状を踏まえ、小さい粒径を設定
- 回収装置にて、模擬燃料デブリの回収試験を実施
- 試験条件
  - ✓ 装置は実機相当の試験機を使用
  - ✓ 底面はPCV底部の調査結果より平らな状態と凸凹した状態を模擬
  - ✓ 模擬デブリは、砂粒状のデブリの回収を想定し鉛玉2mm, 1mm, 0.35mmを使用
    - \* 最小径は試験上の取り扱い性を考慮して0.35mm, その中間にあたる1mmの3種類で模擬



2号機ペDESTAL底部の状況  
(2018年PCV内部調査)



試験装置

### ■ 試験結果

試験結果は真空容器方式の凸凹面の試験で粒径0.35mmの 때가最大となり約2.6g となった。

回収量計測結果

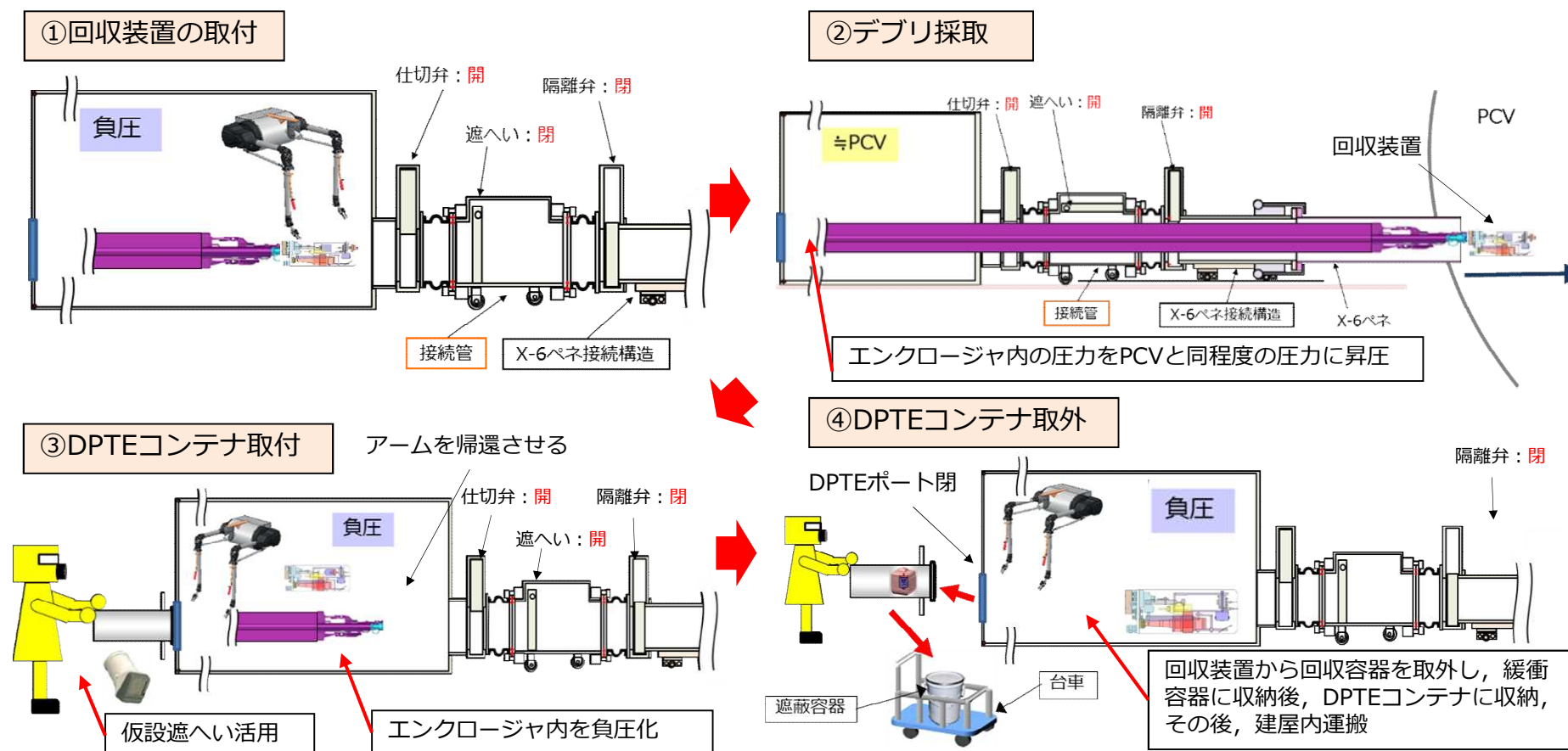
鉛粒径 (mm)	φ0.35	φ1.0	φ2.0	粒径混合
金ブラシ	約0.15g	約0.56g	約1.2g	約0.65g
真空容器	約2.6g	約0.47g	-※	約0.67g

※ノズル径の制約から回収できず

## 10-2. 措置を講ずべき事項の対応方針

### 取り出し作業時の安全、飛散防止及び遮蔽への考慮

- 試験的取り出しにおいては、先行する内部調査で設置したアーム型アクセス・調査装置を使用し、取り出し作業を行う
- 燃料デブリを収納したDPTE コンテナに接近し作業を行う際は、DPTE コンテナの表面線量を測定し、作業可能であること確認し、仮設遮へいを活用してアクセスする
- DPTEコンテナは「JIS Z 2332 圧力変化による漏れ試験方法」に準拠した漏れ確認試験を行い、著しい漏れがないことを確認し、閉じ込め機能を確保する



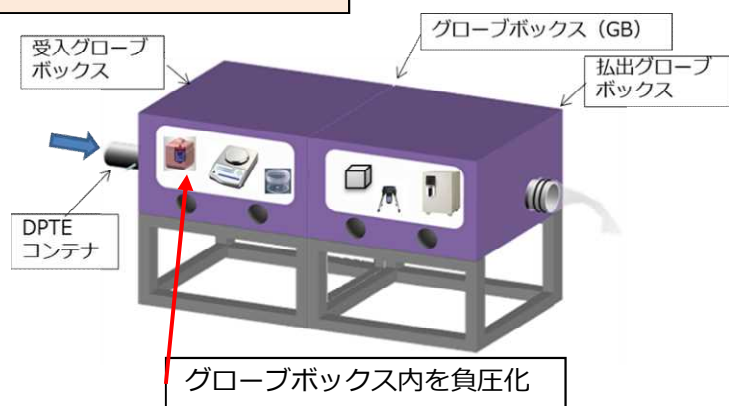


## 10-2. 措置を講ずべき事項の対応方針

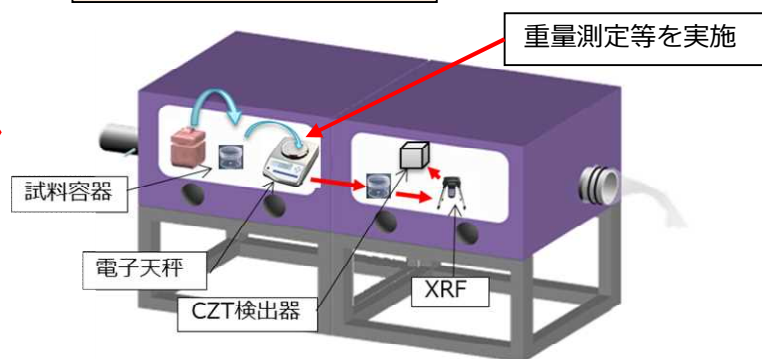
### 取り出し作業時の安全、飛散防止及び遮蔽への考慮

- グローブボックスでは、回収した燃料デブリを回収容器から取り出し重量測定、線量測定を行い構外の分析施設に輸送する
- グローブボックスの漏えい率は「JIS Z 4808 放射性物質取扱作業用グローブボックス」に準拠して設計し、**作業中負圧化することで放射性物質の飛散防止を図る**
- 閉じ込め機能の維持のため、グローブボックス内の圧力を監視し、大気圧に近づいた場合は警報が発報し、異常を検知する
- 電源喪失時は手動弁の閉操作により閉じ込め機能を維持する

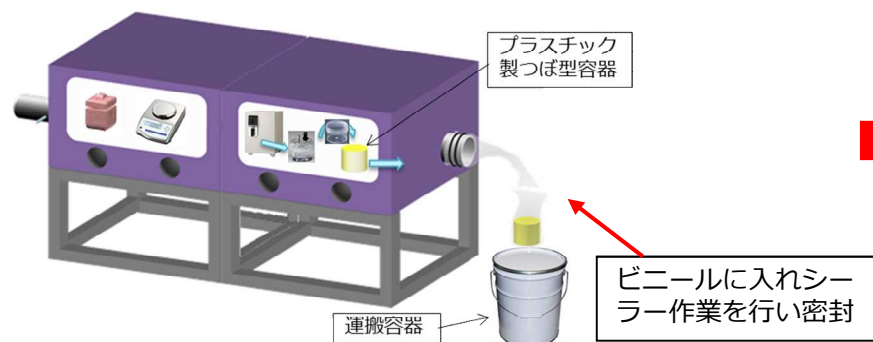
#### ⑤ DPTEコンテナ取付



#### ⑥ 各種測定



#### ⑦ 運搬容器に収納



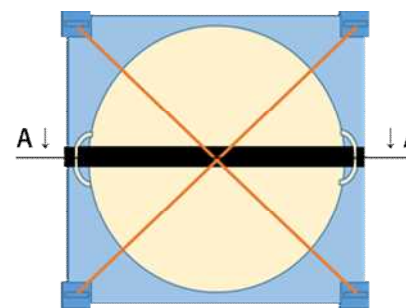
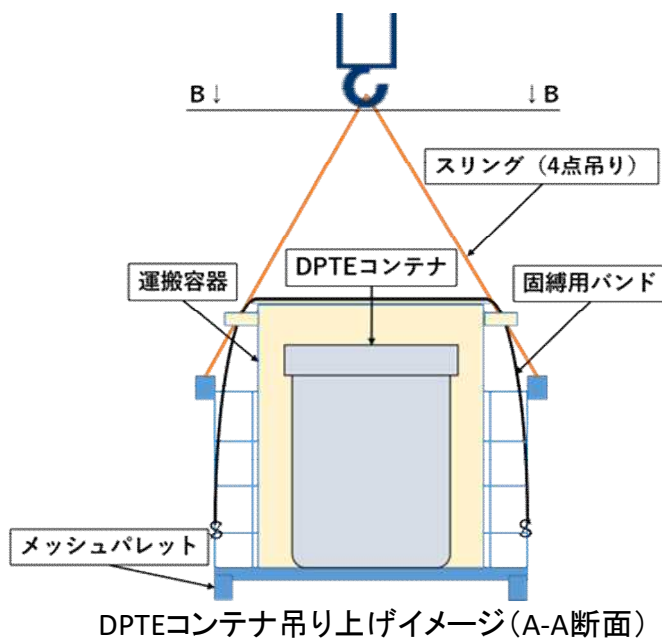
#### ⑧ 事業所外運搬 (認可対象外)

## 【参考】 揚重作業時の落下防止対策

- 燃料デブリを収納したDPTEコンテナはエンクロージャからグローブボックス設置場所への建屋内運搬に際し、電気チェーンブロックによる揚重作業を計画している。

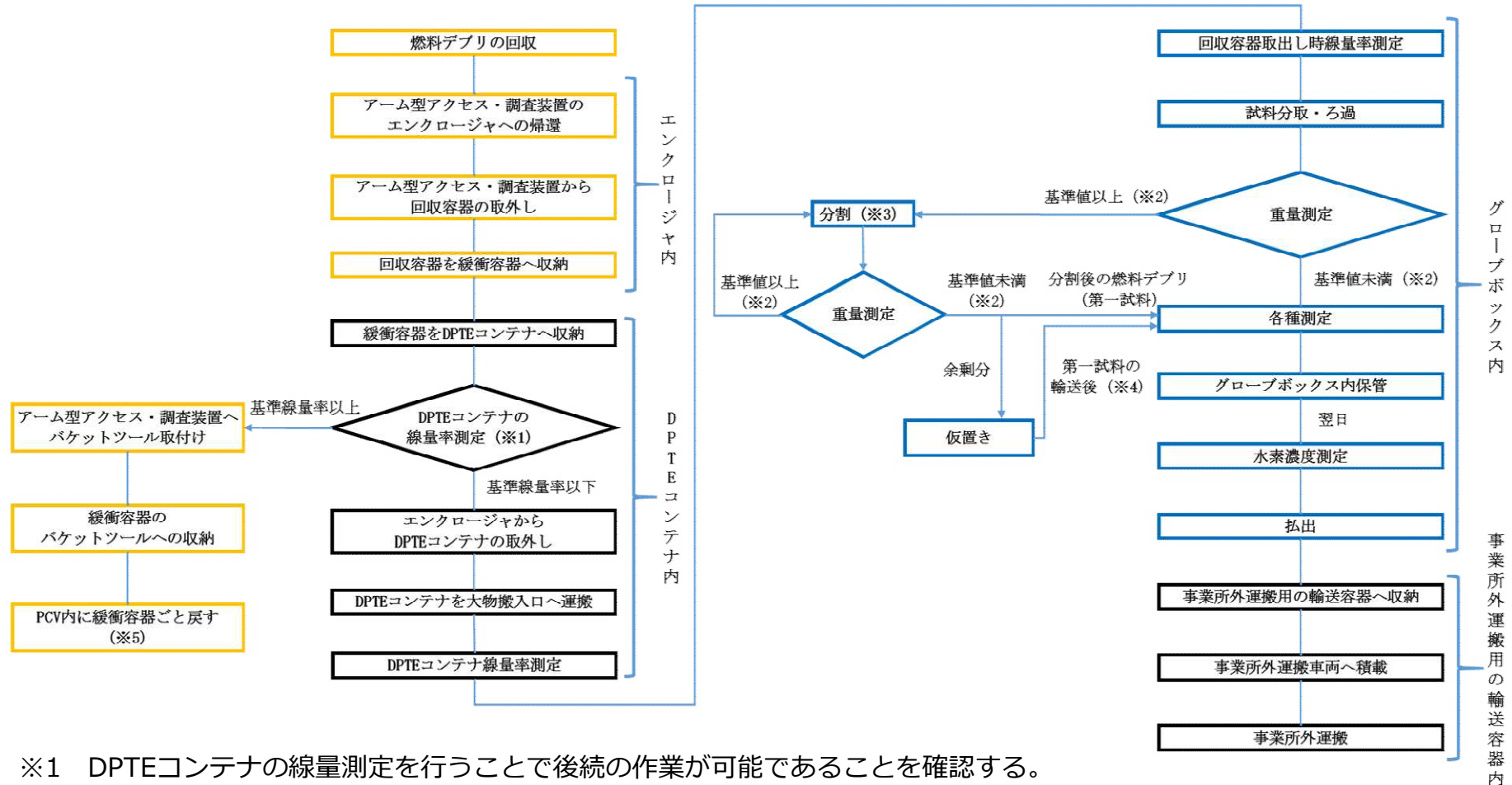
揚重作業は以下の落下防止対策を講じる。

- DPTEコンテナを収納した運搬容器をメッシュパレットに固縛する。
- メッシュパレットを4点吊りする。
- 電気チェーンブロックは定期自主検査及び作業開始前の点検を行い、異常のないことを確認する。



# 【参考】燃料デブリの回収から輸送までの作業フロー

- 作業者の過剰被ばくを防止するため、基準線量超える燃料デブリはPCV内へ戻す
- グローブボックスにて、事業所外運搬可能な重量まで分割する

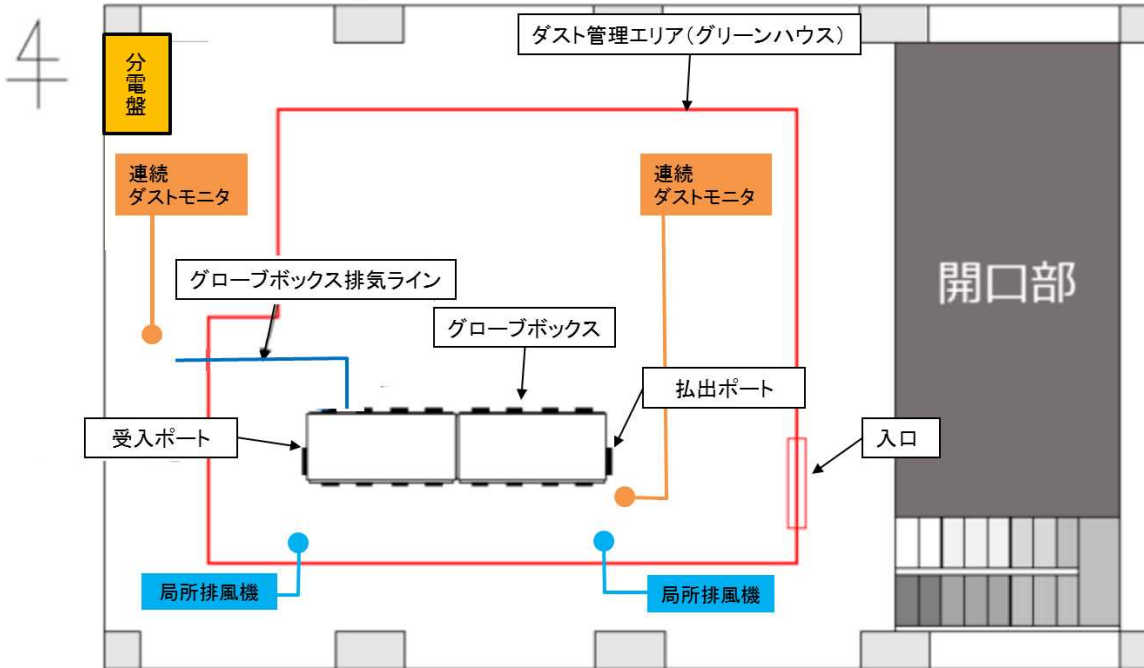


- ※1 DPTEコンテナの線量測定を行うことで後続の作業が可能であることを確認する。
- ※2 A2値または防護対象特定核燃料物質に該当しない重量のうち小さい重量。
- ※3 分割できない場合は各種測定を実施後、燃料成分が少なく事業所外運搬可能な量であることを確認後、払出をする。
- ※4 第一試料を輸送後、事業所外運搬容器が福島第一原子力発電所に戻り次第、各種測定を行う。
- ※5 PCV内へ戻す際は、堆積物がなく未臨界維持に影響のないペDESTAL外のグレーチング上に残置する計画。

## 10-2. 措置を講ずべき事項の対応方針

### 取り出し作業時の安全，飛散防止及び遮蔽への考慮

- グローブボックスから放射性物質が漏えいした際に，汚染拡大防止を行うためグローブボックス周辺に難燃性ビニール，単管パイプを用いたグリーンハウスを設置し，ダスト管理エリアを設定
- ダスト管理エリア周辺に局所排風機を設置し，吸い込み口をグローブボックスの受入ポート，払出ポート付近にそれぞれ設置することによりダスト管理エリア外への放射性ダスト飛散を抑制
- グローブボックス排気ラインはHEPAフィルタ通じて，ダスト管理エリア外へ排気
- 連続ダストモニタはダスト管理エリア内とグローブボックス排気ラインに設置し，放射性ダストを監視し，グローブボックスから放射性物質が漏えいした場合は検知
- グローブボックスから排気される気体による敷地境界線量への影響は約0.002 $\mu$ Sv未満と極めて小さい



ダスト管理エリア構成イメージ

名称	仕様	
局所排風機	風量	25m <sup>3</sup> /min (ダスト管理エリア換気回数は約20回/h※1)
	フィルタ	プレフィルタ・HEPAフィルタ
連続ダストモニタ	測定対象	$\alpha$ 線， $\beta$ 線

※1 高放射性物質取扱施設設計マニュアル※2に記載の換気回数以上  
 ※2 高放射性物質取扱施設設計マニュアル 1985 日本原子力学会

# 10-2. 措置を講ずべき事項の対応方針

## 取り出し作業時の安全, 飛散防止及び遮蔽への考慮



### グローブボックス(GB)作業の作業体制, 想定被ばく線量

作業内容	作業種	作業時間	作業体制				
			作業者A	作業者B	作業者C	補助作業 者A	補助作業 者B
作業準備	作業準備	約70分	○ (0.46mSv)	○ (0.46mSv)	○ (0.46mSv)	○ (0.46mSv)	○ (0.46mSv)
GBへの試料受入れ	DPTEコンテナ取付	約3分				○ (0.31mSv)	○ (0.31mSv)
	回収容器取出	約2分	○ (0.18mSv)				
試料分取	燃料デブリ取出	約6分	○ (0.57mSv)	○ (0.57mSv)			
重量測定	重量測定						
試料を払出GB へ移動	払出GBへの移動	約11分		○ (0.08mSv)			
元素分析	元素分析				○ (1.10mSv) ※1	○ (0.03mSv) ※1	
γ線スペクトル 測定	γ線スペクトル測定						
水素濃度 測定準備	密閉容器への収納	約3分		○ (0.29mSv)			
仮置き	金庫への搬入						
水素濃度測定	金庫からの搬出	約3分	○ (0.26mSv)				
	水素濃度測定						
払出GBから払出	払出側グローブ作業	約7分	○ (0.08mSv)				
	試料保持			○ (0.48mSv)			
	シーラー作業				○ (0.48mSv)	○ (0.48mSv)	
運搬容器へ収納	運搬容器への 収納	約3分				○ (0.20mSv)	
片付け	片付け	約70分	○ (0.46mSv)	○ (0.46mSv)	○ (0.46mSv)	○ (0.46mSv)	○ (0.46mSv)
待機時間における想定被ばく量※2			0.34mSv	0.36mSv	0.35mSv	0.33mSv	0.37mSv
受入1回当たりの各作業者の想定被ばく量			2.4mSv	2.3mSv	2.9mSv	2.3mSv	2.1mSv

### ■ グローブボックス作業における被ばく線量管理

- 作業者はグローブ作業, 補助作業者はグローブボックス外の作業を行う。
- グローブボックス作業内容と被ばく線量低減の観点から5人体制で作業を行う。
- 評価の結果, グローブボックス作業を所定回数実施しても想定被ばく量は年間個人被ばく線量限度以下である。
- 回収した燃料デブリはエンクロージャから搬出する前に, 事前に線量測定を行い作業可能な線量率であることを確認し, 作業者の過剰被ばくを防止する。

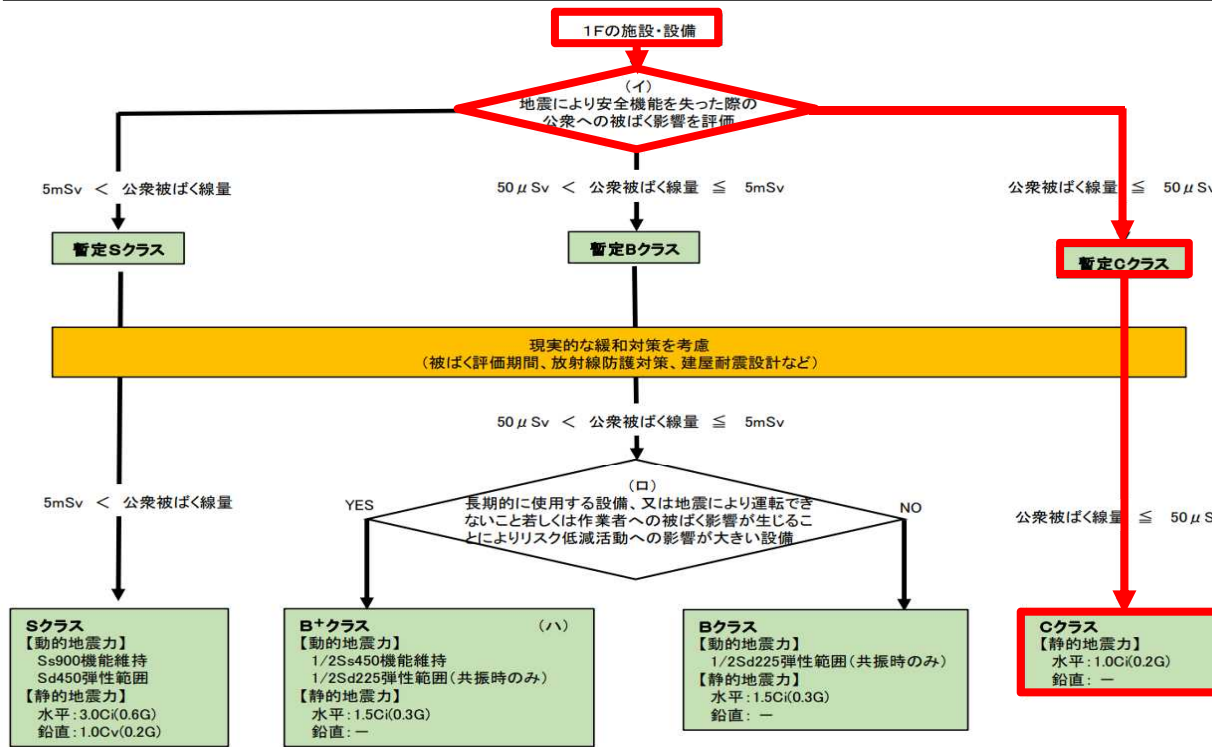
※1 補助作業者は燃料デブリから離れた位置で作業を行うことから想定被ばく線量は作業者より小さい。

※2 それぞれ作業時間が異なるため, 待機時間の想定被ばく量も待機時間に比例して異なる。

# 10-3. 措置を講ずべき事項の対応方針

## 自然現象に対する設計上の考慮（耐震クラス）

- 燃料デブリは湿っており切削・粉砕等の加工を行わないため、ダスト飛散はないと考えているが、保守的に乾いた粉体として公衆被ばく影響を評価。
- 今回申請範囲において安全機能（閉じ込め機能）を有する装置の内グローブボックスについて※1、「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における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」より耐震クラスは「Cクラスと設定」
- 保守的な条件として回収した燃料デブリが搬出されず、全量グローブボックス内に残留している場合を想定。



※1 調査装置は既認可範囲。  
建屋内運搬容器は可搬のため対象外。

設計の進捗、廃炉活動への影響、供用期間などを考慮した上で、施設・設備に適用する地震動及び必要な対策(耐震性の確保や代替策など)を判断 (二)~(ト)

## 10-3. 措置を講ずべき事項の対応方針


### 自然現象に対する設計上の考慮（耐震クラス）

- 放射性物質に基づく評価（地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響）

地震により安全機能（閉じ込め機能）を失った際の公衆被ばく影響評価を保守的な条件を基に実施

- 公衆被ばく線量（大気拡散による被ばく線量）：約 $2\mu\text{Sv}$ （暫定値）

⇒ 公衆被ばく線量  $\leq 50\mu\text{Sv}$

 耐震クラス分類は『Cクラス』

# 1 1. 試験的取り出しに係る技術会合・審査面談スケジュール

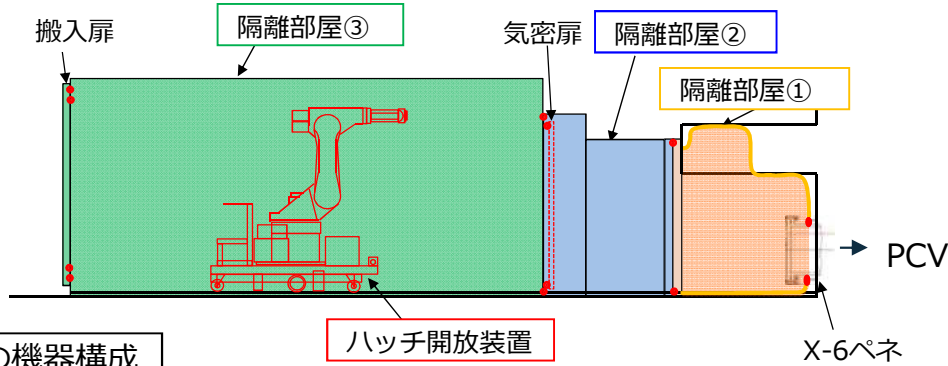
	2023年度	2024年度
アーム型アクセス・調査装置 グローブボックス 装置開発	性能確認試験・モックアップ・訓練（国内） 	
X-6ペネ隔離部屋設置		
X-6ペネハッチ開放		
X-6ペネ内の堆積物除去 アーム型アクセス・調査装置 グローブボックス 装置設置		
試験的取り出し作業 （内部調査・デブリ採取）		
調査装置撤去		
	<p><b>技術会合(1回目)9/11</b></p> <p>▽</p> <p>措置を講ずべき事項への適合性について面談</p> <p></p> <p>面談 ▲ ▲ ▲</p>	



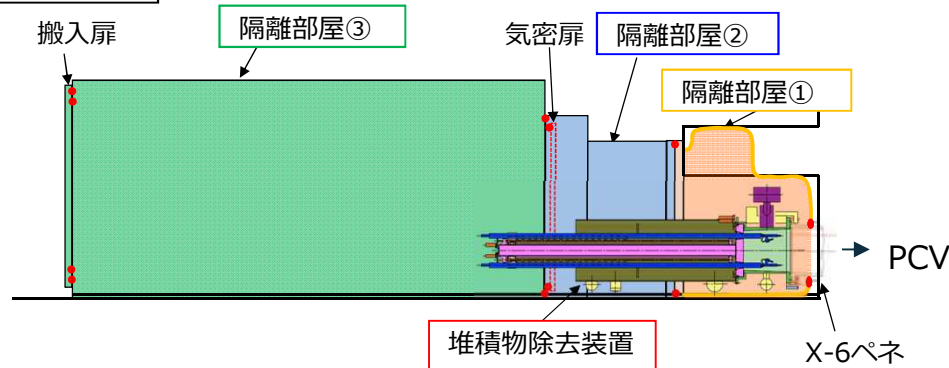
以下参考

# 【参考】 隔離部屋設置・X-6ペネハッチ開放の主な装置

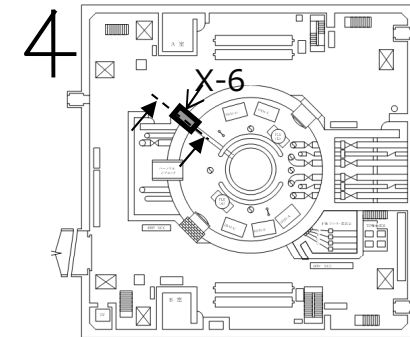
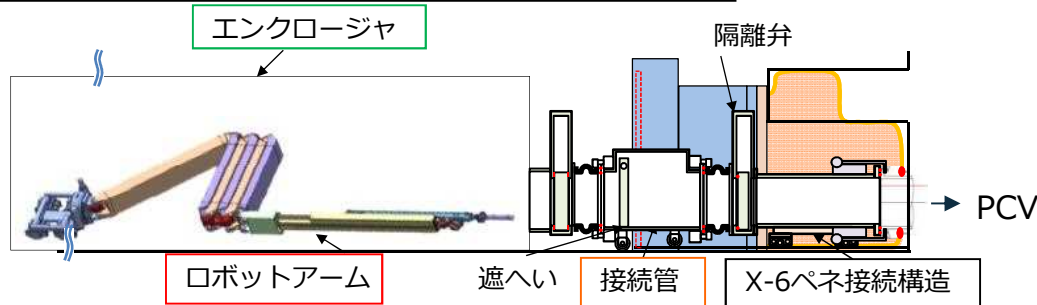
X-6ペネハッチ開放時の機器構成



堆積物除去時の機器構成



試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）時の機器構成

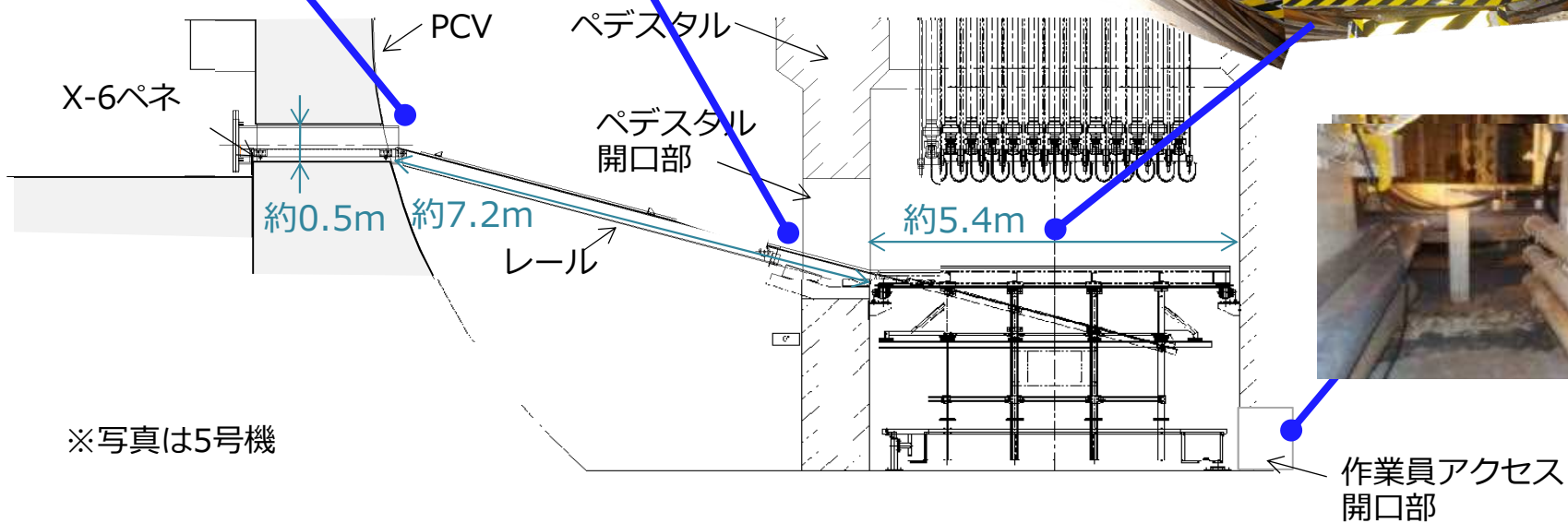


2号機原子炉建屋1階 配置図

- ・ 隔離部屋③  
：エンクロージャ取付前に撤去
- ・ エンクロージャ, ロボットアーム, 接続管  
：試験的取り出し作業終了後に撤去

## 【参考】 X-6ペネについて

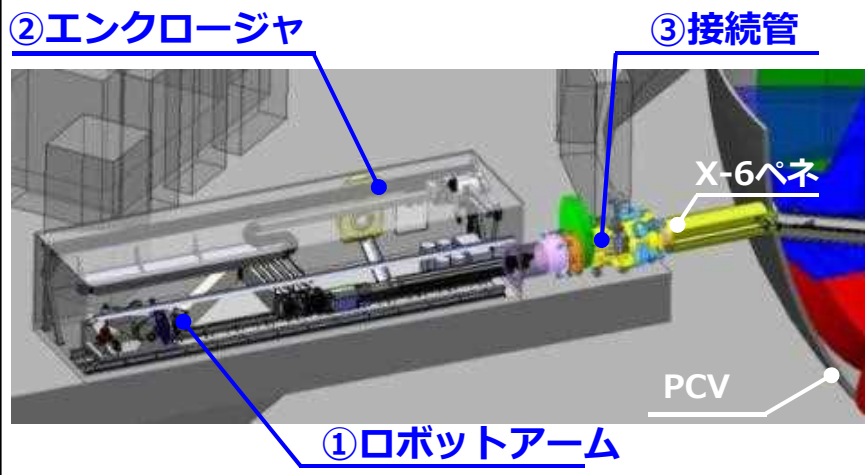
- X-6ペネ：  
元々は、修理・取替のために機器を搬出入するための貫通部。ペDESTAL内部に一直線でアクセス可能であり、ペDESTAL内へのアクセスには好適な貫通部



- **ロボットアーム**で燃料デブリにアクセスし、**金ブラシや真空容器型回収装置**により、**2号機PCV内の粉状の燃料デブリ（数g程度）**を数回取り出す予定
- **IRID(三菱重工担当)**と**VNS(通称OTL※1)**が現在ロボットアームを開発中※2

### <試験的取り出し装置の全体像>

- 試験的取り出し装置は3種類の装置から構成
  - ①ロボットアーム
  - ②エンクロージャ  
(ロボットアームを収納，放射性物質を閉じ込め)
  - ③接続管  
(エンクロージャと格納容器入口X-6ペネを接続)



### <ロボットアーム>

- 先端に取り付ける燃料デブリ回収装置で燃料デブリを取り出すロボットアーム※3
- 伸ばしてもたわまないよう**高強度のステンレス鋼製**
  - ※3：仕様；長さ約22m，縦約40cm×幅約25cm，重さ約4.6t，耐放射線性約1MGy（累積）



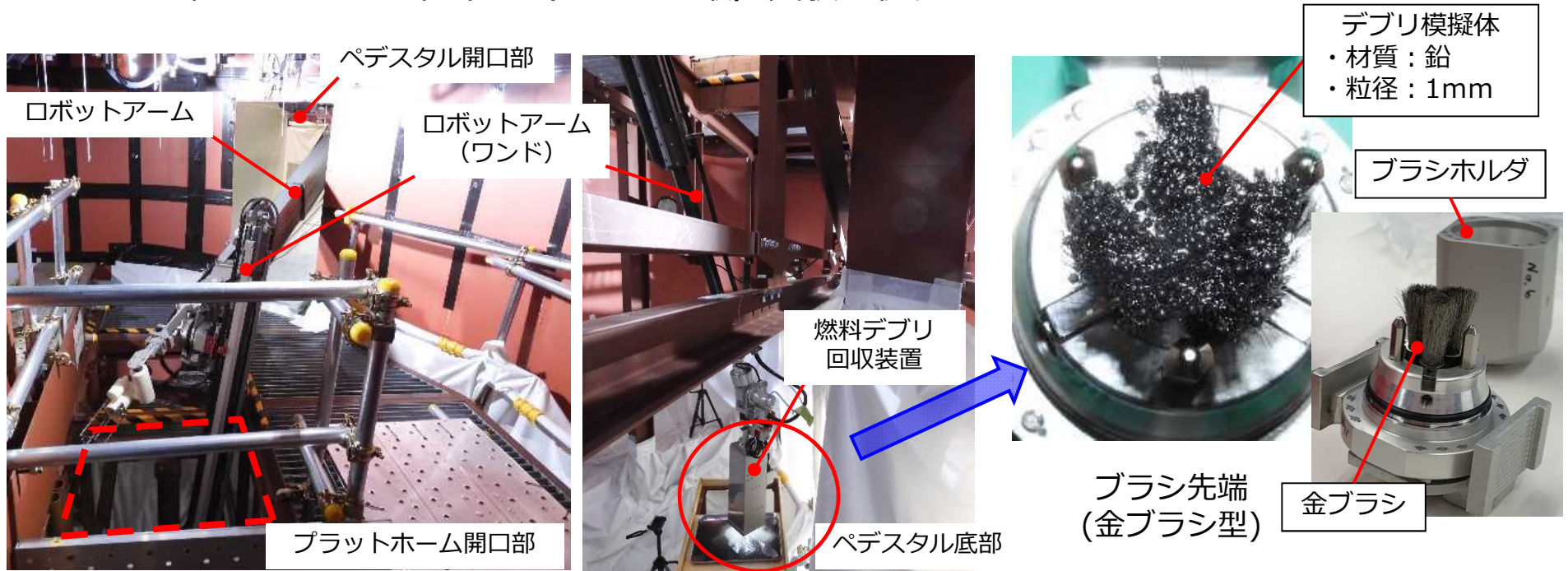
※1：Oxford Technologies Ltdの略。2018年にVeolia Nuclear Solutions (UK) Limited（略称；VNS(UK)）に名称変更（合併）

※2：IRIDより，下記URLに動画「燃料デブリへアクセスするロボットアーム等の日英共同開発の状況」を掲載 <https://youtu.be/8LhDa5z51GQ>

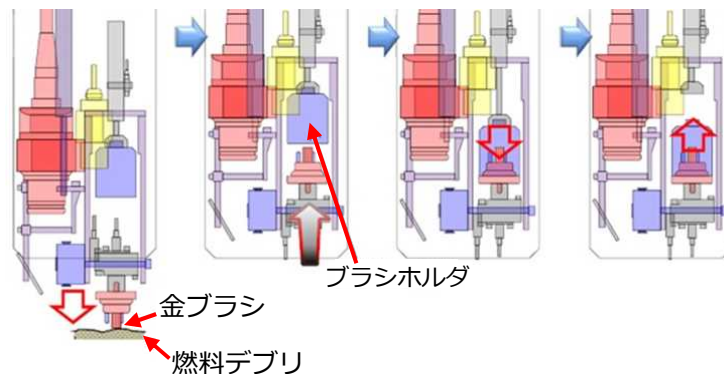
# 【参考】試験的取り出し（デブリ採取）のイメージ （モックアップ試験状況）



## ■ PCV内部へのアクセス性確認（デブリ採取）試験の状況



## ■ 回収装置（金ブラシ型）の動作状況



### <燃料デブリ採取手順>

- ①ロボットアームを操作し、燃料デブリ回収装置を燃料デブリ回収位置まで移動させ、回収位置で金ブラシを降下させ、燃料デブリに金ブラシを押し付ける。
- ②金ブラシを引き上げた後、金ブラシを上下に反転させる。
- ③ブラシホルダを降下させ、燃料デブリが付着した金ブラシを収納する。
- ④ブラシホルダを回収装置から切り離し、ロボットアームを操作し、エンクロージャまで戻る。

【参考】 2号機PCV内部調査  
周辺公衆の影響評価概要

既認可 **TEPCO**

PCV内  
ダスト  
浮遊量

汚染密度

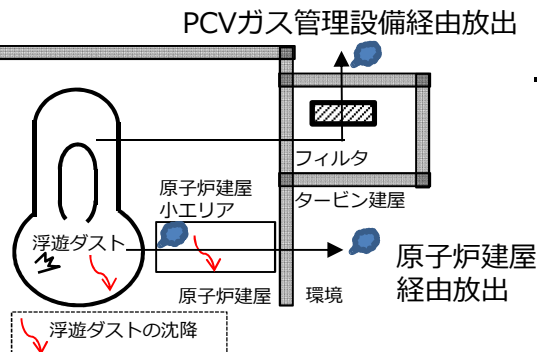
- X-6ペネ前およびPCV内の放射線量率より設定
- 放射性核種の比率は試料分析結果に基づき設定

ダスト発生対象

- 過去のPCV内部調査時の映像, AWJ影響範囲確認結果, 予定作業内容に基づき設定

最もダスト浮遊量が多い作業時にPCVバウンダリが開放する事故を異常事象として想定

放出量



通常時

- 作業全工程を対象に評価
- PCVガス管理設備経由, 原子炉建屋経由の2つの経路より放出

異常時 (バウンダリ施工箇所開放)

- 最もPCV内浮遊量が多いCRDレール切断作業を対象に評価
- 原子炉建屋経由の経路より放出

被ばく量



被ばく経路

- 大気に放出される放射性核種について, 左記の4つの被ばく経路を設定し敷地境界における実効線量を評価

評価結果

敷地境界実効線量 [通常時]約 $8.0 \times 10^{-4}$ mSv [異常時]約 $1.3 \times 10^{-1}$ mSv

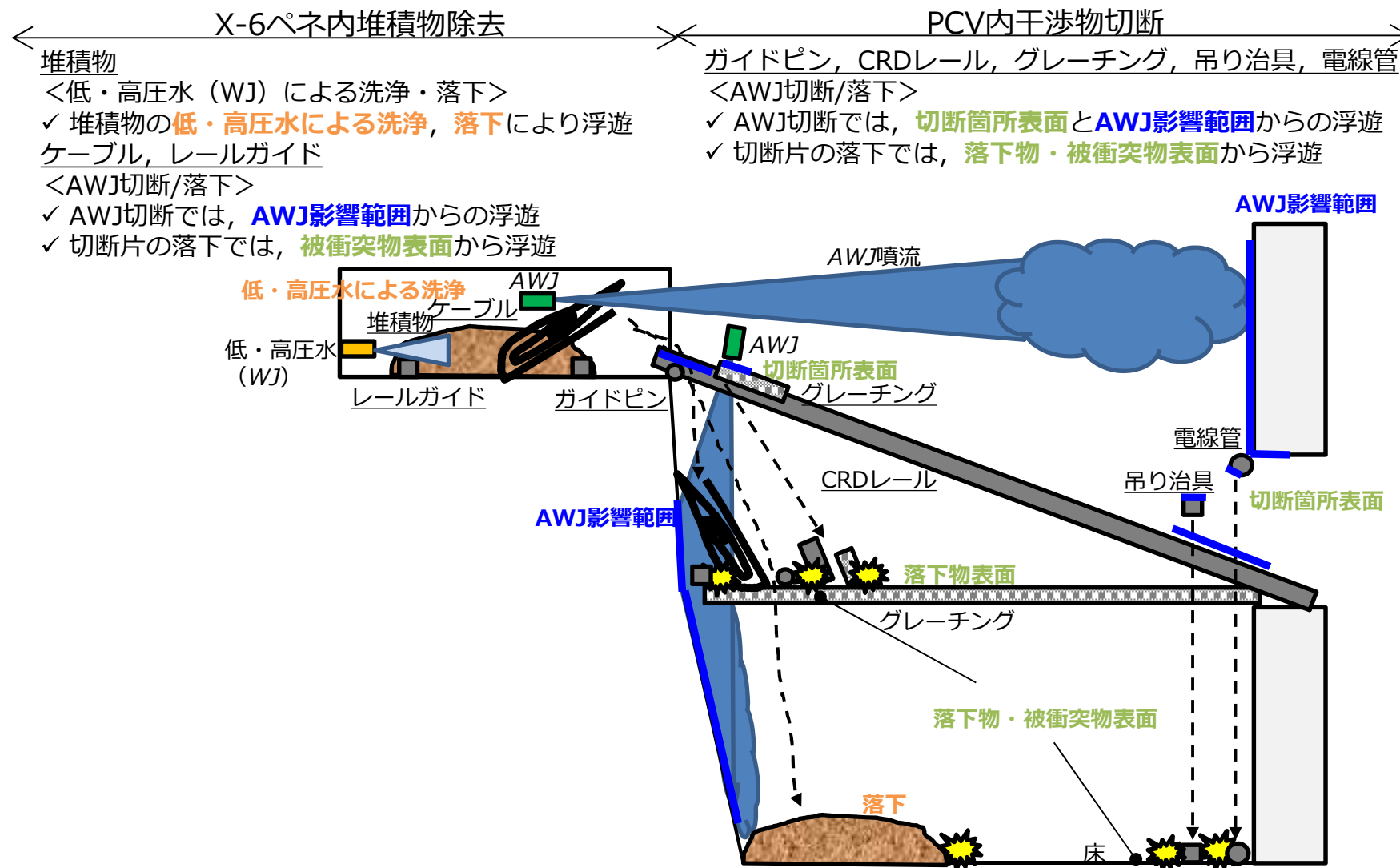
# 【参考】2号機PCV内部調査

## X-6ペネ堆積物除去, 干渉物除去作業の概念図

既認可

TEPCO

- 2号機PCV内部調査のX-6ペネ堆積物除去, 干渉物除去作業におけるダスト浮遊については, 以下のようなケースを想定して評価



【参考】 2号PCV内部調査  
 周辺公衆の被ばく影響評価



X-6ペネ堆積物除去， 干渉物除去作業に伴う放射性核種の放出量および敷地境界での実効線量は， 下記の通りであり， 周辺の公衆に対し， 著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。

(参考) 年間敷地境界実効線量は， 実施計画III章 (2.2) の約0.92mSvに対して， 本作業で想定する約 $8.0 \times 10^{-4}$ mSvを考慮しても， 1mSv未満となる。

通常時

	作業全体
Cs-134放出量	約 $1.6 \times 10^7$ Bq
Cs-137放出量	約 $1.9 \times 10^8$ Bq
α核種 (Am-241) 放出量	約 $1.9 \times 10^6$ Bq
β核種 (Sr-90) 放出量	約 $4.8 \times 10^9$ Bq
<b>敷地境界実効線量</b>	<b>約<math>8.0 \times 10^{-4}</math> mSv</b>

異常時 (PCVバウンダリ機能喪失時)

	CRDレーン切断作業
Cs-134放出量	約 $2.1 \times 10^8$ Bq
Cs-137放出量	約 $2.7 \times 10^9$ Bq
α核種 (Am-241) 放出量	約 $2.7 \times 10^7$ Bq
β核種 (Sr-90) 放出量	約 $6.7 \times 10^{10}$ Bq
<b>敷地境界実効線量</b>	<b>約<math>1.3 \times 10^{-1}</math> mSv</b>



## 【参考】 2号機PCV内部調査 耐震性評価について (1 / 2)

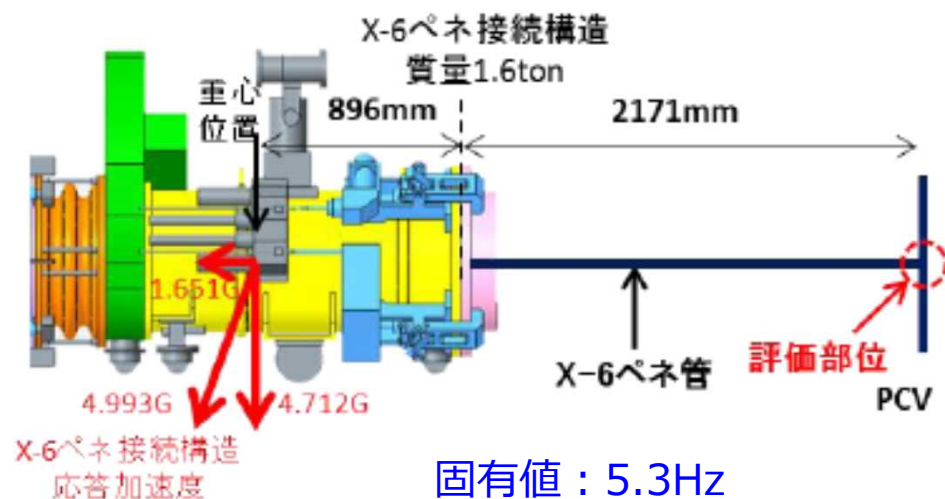
既認可 **TEPCO**

- PCV内部調査でX-6ペネに接続する「X-6ペネ接続構造」は、設備の中でも長期間適用するため、耐震性について以下のように評価している。

- 適用地震波：最大加速度600Gal(Ss)
- 機器減衰：0.5%
- 評価方法

X-6ペネ接続構造は、X-6ペネを介して地震力を受けるため、装置とペネのモデルで固有値解析を行い、応答加速度を算出した。

- X-6ペネの評価



- ペネ付け根部の評価結果 (MPa)

	発生応力	許容応力
引張	0.5	260
曲げ	31.0	260

- ペネフランジの評価結果 (MPa)

	発生応力	許容応力
曲げ	24.0	260

【参考】 2号機PCV内部調査  
耐震性評価について (2 / 2)

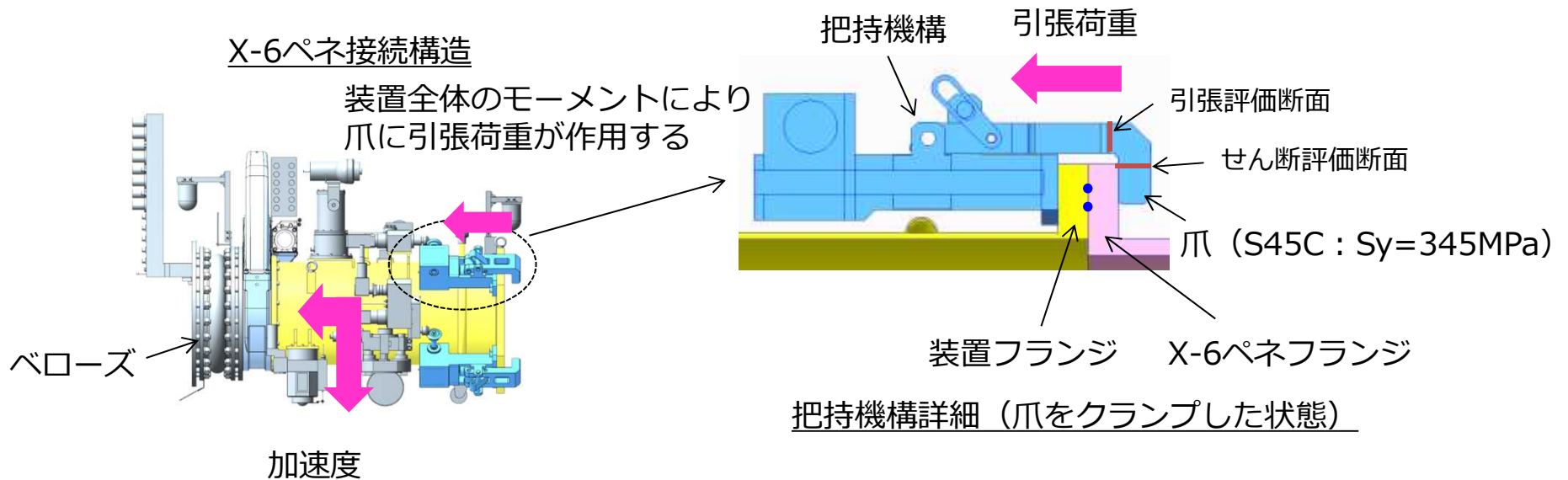


- X-6接続構造の評価

地震による加速度で、X-6ペネ接続構造の爪に作用する引張荷重を算出し、引張及びせん断の発生応力が許容応力以下（弾性範囲内）であることを評価する。なお、後続設備への荷重は装置のベローズで吸収する。

(MPa)

	発生応力	許容応力
引張	24.4	345
せん断	13.1	199



- なお地震が発生した場合は、アームを速やかに回収し、X-6ペネ接続構造の隔離弁を閉とすることで、バウンダリを維持する。