

指摘事項No. 1

講ずべき事項「Ⅱ. 3. 原子炉格納施設雰囲気の監視等」についても該当項目とし、適合性に係る説明を追加すること。

【回答】

以下の通り、各講ずべき事項について回答する。

3. 原子炉格納施設雰囲気の監視等

< 1～4号炉 >

○原子炉格納容器内気体の抽気・ろ過等によって、環境へ放出される放射性物質の濃度及び量を監視するとともに、達成できる限り低減すること。

○原子炉圧力容器内・原子炉格納容器内における未臨界状態を監視するとともに、臨界を防止すること。

○試験的取り出し作業はダスト発生量が極めて少ないことから従来同様、1～3号機の原子炉格納容器内の気体を原子炉格納容器ガス管理設備にて抽気・ろ過等を行い、放射線管理関係設備により、放射性物質濃度及び量を監視するとともに、環境へ放出される放射性物質を達成できる限り低減する。

○これまでの原子炉格納容器内部調査において、堆積物はペDESTAL底部に広く堆積していることを確認しており、試験的取り出し作業で回収装置により取り扱う範囲は、堆積物全体に対して相対的に十分小さい範囲で、堆積物の形状変化は生じないことから、未臨界状態に影響を与えるものではない。未臨界状態の監視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おり、また臨界の可能性は極めて低いと考えられるが、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。

指摘事項No.2

講ずべき事項「Ⅱ. 9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理」についても該当項目とし、適合性に係る説明を追加すること。

【回答】

9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

○施設内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、当該廃棄物の発生量を抑制し、放射性物質濃度低減のための適切な処理、十分な保管容量確保、遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。また、処理・貯蔵施設は、十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにすること。

○試験的取り出し作業では別紙-1に示すように真空容器方式の回収装置は水中の粒状の燃料デブリを水ごと約7mL程度回収し、グローブボックス内でろ過作業を行うことで燃料デブリを分取する。ろ過作業では少量の水を加えることから、1回のろ過作業では回収した水を含め、約25mL程度の水が発生する。水は吸水剤で回収し、瓦礫類とする。

指摘事項No. 4

実施計画変更予定範囲として、安全機能を有する設備等の範囲や具体的な仕様について整理すること。

【回答】

試験的取り出し作業で追加となる安全機能を有する設備は閉じ込め機能を有するDPTEコンテナとグローブボックスである。また、安全機能を有するものではないが、別紙-2で示した燃料デブリを収納する容器及び測定に使用する装置について以下に示す。

(1) DPTEコンテナ

DPTEコンテナはDPTEポートに取り付けることで図1のようにDPTEコンテナの蓋とDPTEポートが一体となって開閉し、密閉を維持しながら物を移送することが可能なコンテナである。

燃料デブリをエンクロージャからグローブボックスまで運搬する際に使用する。内部には緩衝容器を固定する治具を設置している。



項目	仕様
寸法, 容量	φ約 320×約 440mm, 約 20L
材質	ポリエチレン

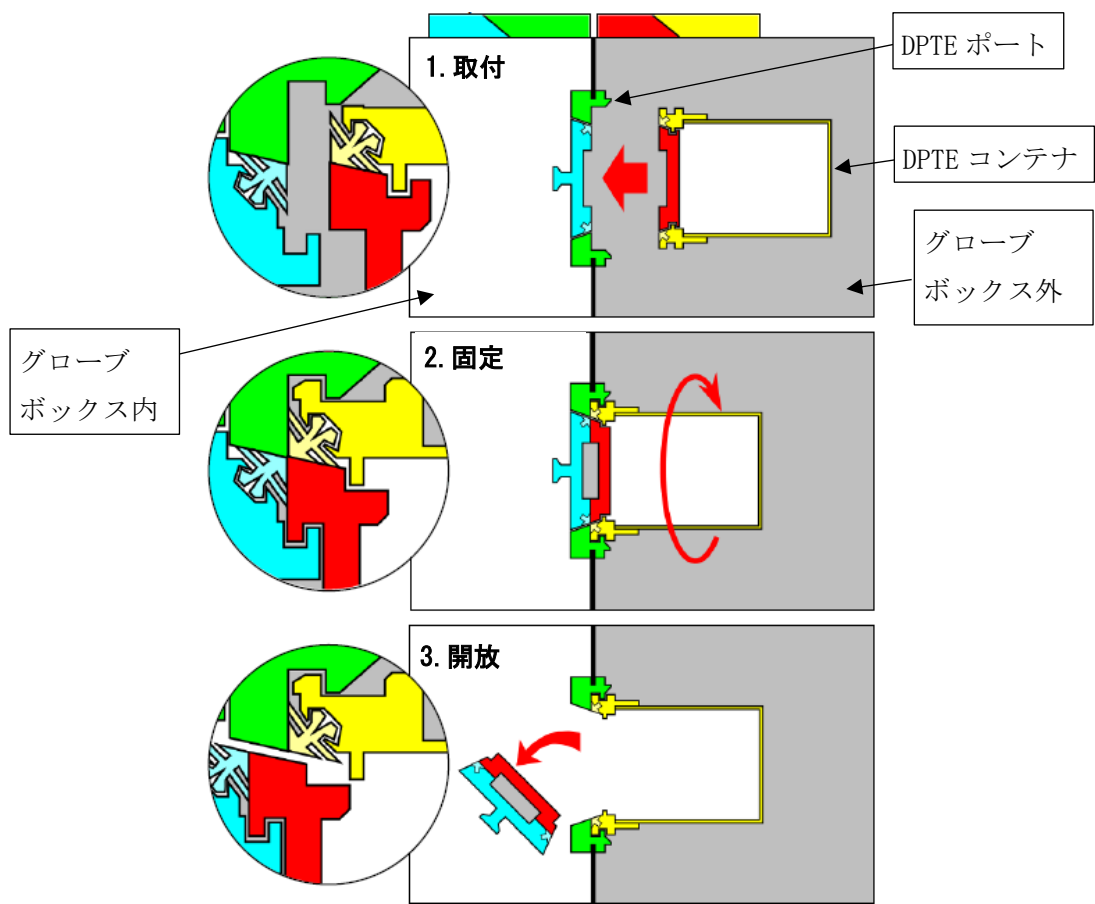


図1 DPTEポートとDPTEコンテナの開閉イメージ

(2) グローブボックス



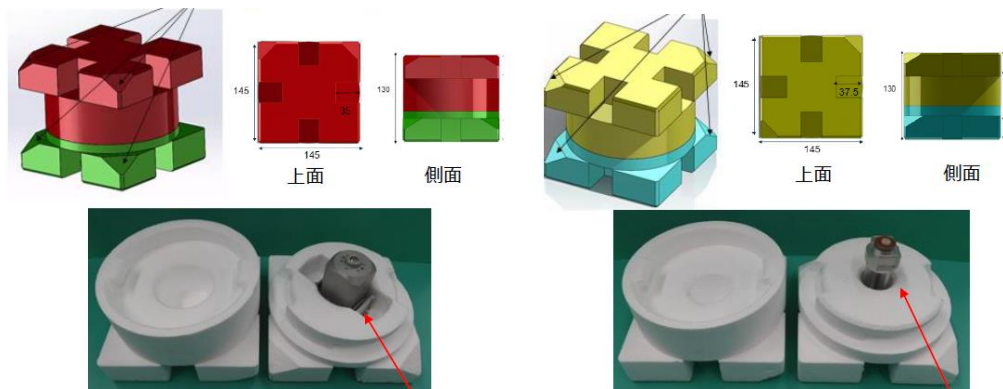
項目	仕様
寸法	約 4.6×約 1.4×高さ 約 2.4m
材質	主要材質：ステンレス鋼

(3) 回収装置

回収装置の仕様は別紙-1 に示した通り。

(4) 緩衝容器

PCV 内でデブリを採取した回収装置を収納する容器。



金ブラシ方式回収容器

真空容器方式回収容器

項目	仕様
寸法	約 145×約 145×高さ 約 130mm
材質	発泡スチロール
機能	運搬時の回収容器の固定

(5) 試料容器



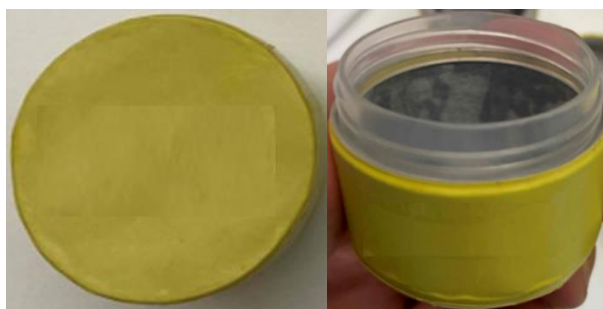
項目	仕様
寸法, 容量	φ 約 30×約 25mm, 約 0.2mL
材質	ポリエチレン
機能	回収装置から取り出した燃料デブリを収納する容器

(6) 密閉容器



項目	仕様
寸法, 容量	φ約 75×約 86mm, 約 50mL
材質	アクリル
機能	燃料デブリから発生する水素濃度を測定する際に収納する容器。燃料デブリが入った試料容器ごと密閉容器に収納し、一定時間経過した後、密閉容器内に充満した水素濃度を水素ガス検知器を用いて測定する。

(7) プラスチック製つぼ型容器



プラスチック製つぼ型容器を上からみた写真 (左)  
プラスチック製つぼ型容器の蓋を開けた状態の写真 (右)

項目	仕様
寸法, 容量	約 φ 47×約 40mm, 約 33mL
材質	ポリプロピレン, 鉛
機能	燃料デブリが入った試料容器をグローブボックスから搬出する際に収納する容器

(8) 運搬容器

項目	仕様
寸法, 容量	約 φ 222×約 216mm, 約 7L
材質	ステンレス鋼
機能	ビニールで密封された燃料デブリを運搬する容器

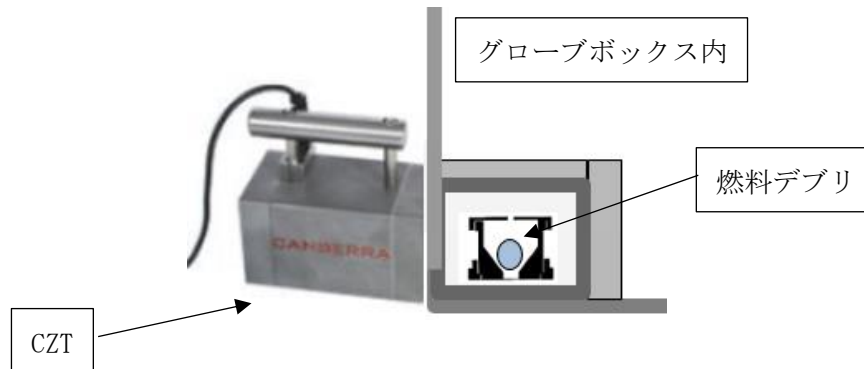
(9) 携帯型蛍光X線分析計 (XRF)



項目	仕様
機能	燃料デブリに含まれる元素を確認
測定範囲	測定可能元素：S～U（特定の元素を除く）



(10) CdZnTe半導体検出器 (CZT)



CZTのイメージ図

項目	仕様
機能	燃料デブリに含まれる $\gamma$ 核種を確認
測定範囲	測定エネルギー範囲：約 30keV～約 3.0MeV

(11) 水素ガス検知器

項目	仕様
機能	燃料デブリから発生する水素量を測定する
測定範囲	約 10～10,000ppm

(12) 電子天秤

項目	仕様
目的	重量測定
測定範囲	秤量：400g, 最小表示：0.01g

指摘事項 No. 6

予定している試験的取り出しの想定回数や設備撤去に係る工程等を含めた全体スケジュールを整理し、資料に示して説明すること。

【回答】

全体スケジュールを下記の通り示す。

今後、現場準備作業を行い、並行してアーム型アクセス・調査装置のモックアップ・習熟訓練及びグローブボックスの習熟訓練を行う。その後、アーム型アクセス・調査装置及びグローブボックスの現地据付作業を行う。現地据付作業後、アーム型アクセス・調査装置の試運転を経て試験的取り出し作業を行う。試験的取り出し作業（デブリ採取）は数回を予定している。調査装置の撤去作業は約3ヶ月程度を見込んでいる。

計量管理規定変更申請(保障措置)は試験的取り出し作業の約1ヶ月前までに申請する予定である。核物質防護については本変更申請に伴う変更はない。

	2023年度	2024年度
	▽7月現在	
アーム型アクセス・調査装置、グローブボックス装置開発	モックアップ・習熟訓練 (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		

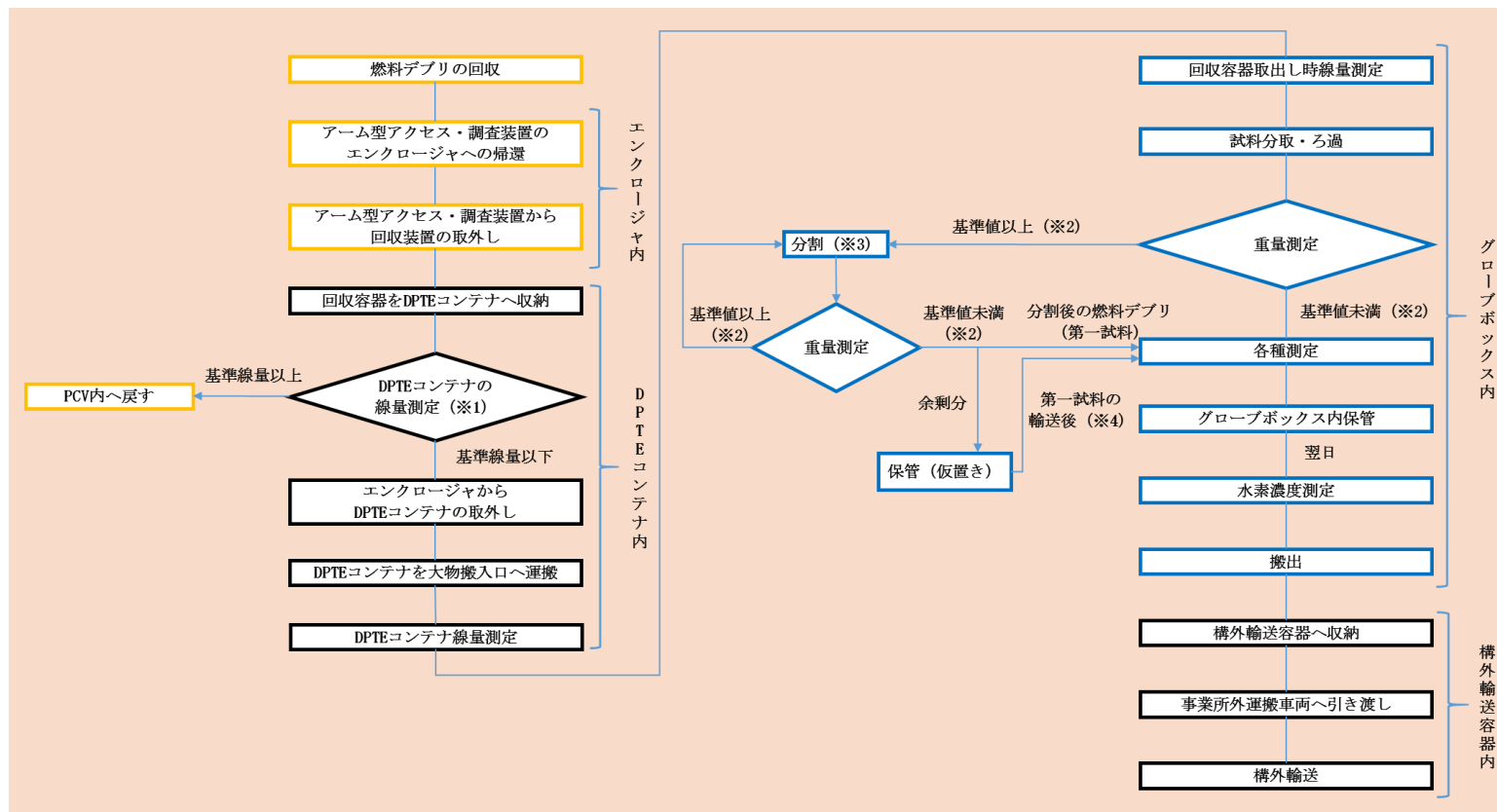
指摘事項No.7

燃料デブリの取り出しから搬出までの取扱いフローを整理し、資料に示して説明すること。

【回答】

燃料デブリの取り出しから搬出までの取扱いフローを別紙に示す。

燃料デブリの回収から輸送までの一連の作業フロー



- ※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 分割を行い基準値未満とならない場合は各種測定を行い搬出を行う。
- ※4 第一試料を輸送後、構外輸送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。

指摘事項No. 11

臨界管理について、PCV外に持ち出す燃料デブリの記載はあるが、PCV内の残っている燃料デブリについても記載すること。

【回答】

指摘事項No. 1の回答で示したように、これまでの原子炉格納容器内部調査において、堆積物はペDESTAL底部に広く堆積していることを確認しており、試験的取り出し作業で回収装置により取り扱う範囲は、堆積物全体に対して相対的に十分小さい範囲で、堆積物の形状変化は生じないことから、未臨界状態に影響を与えるものではない。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おり、また臨界の可能性は極めて低いと考えられるが、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。

指摘事項 No. 12

V 章措置を講ずべき事項の（２）PCV の止水について不要である理由を記載すること。

【回答】

以下の理由からPCV内の止水は不要である。

- ・ PCV内の燃料デブリの回収は別紙－ 1 の通り，アーム型アクセス・調査装置の先端に取り付けた回収装置で行うため，水位を上昇させる必要がない。
- ・ 回収作業に伴うPCVへの注水を行わないため，回収作業による水位の変化が生じないこと。

指摘事項 No. 14

V章措置を講ずべき事項の(6)の災害はより広い意味での災害と捉えて、試験的取り出し作業ではどのような災害が想定されるか、想定される災害に対しての防止対策を記載すること。

【回答】

試験的取り出し作業で想定される災害は火災、作業者の被ばく、燃料デブリの漏えい、燃料デブリの臨界、水素爆発が想定される。これら想定される災害に対して以下に示す対策を講じ、災害を防止する。

1. 火災について

対応方針2.2(7)k. 設計上の考慮のうち火災防止への考慮に示す対策を行う。

2. 作業者の被ばくについて

対応方針2.2(7)f. 作業者の被ばく線量の管理等について示す対策を行う。

3. 燃料デブリの漏えいについて

作業に伴い、燃料デブリを別のバウンダリに移送する際に漏えいのリスクが想定されることから以下に示すバウンダリ間の移送について漏えい対策を示す。

(a)エンクロージャからDPTEコンテナへの移送

燃料デブリをエンクロージャから移送する際は、DPTEコンテナを負圧状態のエンクロージャのDPTEポートに接続し、DPTEコンテナ蓋とDPTEポートが一体となって開閉することで、密閉状態を維持しながら搬出することで漏えい防止を図っている。

DPTEコンテナは対応方針2.2(7)h. 設計上の考慮のうち準拠規格及び基準への考慮で示したように閉じ込め機能を有することを確認している。

(b)DPTEコンテナからグローブボックスへの移送

燃料デブリはDPTEコンテナに搬入されエンクロージャのDPTEポートから大物搬入口2階へ運搬され、グローブボックスへの搬入を行う。搬入作業時はDPTEコンテナを負圧状態のグローブボックスのDPTEポートに接続し、DPTEコンテナ蓋とDPTEポートが一体となって開閉することで、密閉状態を維持しながら搬入することで漏えい防止を図っている。

グローブボックスは対応方針2.2(7)h. 設計上の考慮のうち準拠規格及び基準への考慮で示したように閉じ込め機能を確保する。

(c)グローブボックスから構外輸送容器への移送

燃料デブリはグローブボックス内でプラスチック製つぼ型容器に収納された後、グロー

ブボックスの払出ポートでビニールに入れ溶着することで密封を維持し漏えい防止を図っている。

ビニールで密封された燃料デブリを運搬容器へ収納し、大物搬入口1階まで運搬し、ビニールを構外輸送容器へ移し替える。

#### 4. 燃料デブリの臨界について

対応方針2.2 (1) 未臨界の維持への考慮に示すように試験的取り出しで回収する燃料デブリの量は少量であるため臨界管理上問題にならない。指摘事項No. 11の回答に示すようにPCV内に残存する堆積物の形状変化は生じないことから、未臨界状態に影響を与えるものではない。

#### 5. 水素爆発について

試験的取り出し作業の中で燃料デブリが長時間密封され、容器内水素が充満する可能性があるのはグローブボックスからの搬出後の構外輸送容器収納期間である。構外輸送容器収納前はあらかじめグローブボックス内で水素濃度測定を行い、水素発生量が十分小さいことを確認したのち密封し構外輸送容器に収納するため影響はない。

エンクロージャから搬出時はDPTEコンテナに収納するが、グローブボックスに搬入するまでの時間は構外輸送容器収納期間と比較して短時間であるため、水素発生による影響はない。



指摘事項 No. 15

グローブボックス作業の作業体制を示すこと。

【回答】

下記表に直接作業者の体制案を示す。1班5人体制で作業を行う。

作業内容	作業種	作業体制				
		作業者A	作業者B	作業者C	補助作業者A ※1	補助作業者B ※1
作業準備	作業準備	○	○	○	○	○
試料受入れ	DPTEコンテナ 保持				○	○
	緩衝容器 取出	○				
試料分取	①緩衝容器開封 ②燃料デブリ取出		○			
回収容器の 収納	回収容器の収 納		○			
重量測定	重量測定		○			
試料容器を 払出GBへ移 動	払出GBへの 移動	○				
元素分析	元素分析			○	○	
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		○			
保管	金庫への搬入		○			
水素濃度測 定	金庫からの 搬出	○				
	水素濃度測定	○				
払出GBから 搬出	払出側グローブ作業	○				
	試料保持			○		
	シーラー作業				○	○
運搬容器へ 収納	運搬容器への 収納				○	
片付け	片付け	○	○	○	○	○
受入1回当たりの各作業者の想定被ばく量(mSv)		2.2	2.1	2.8	2.3	2.1

※1 作業者はグローブボックス内作業を行うのに対して、補助作業者はグローブボックスから離れた位置で作業を行うことから作業準備、元素分析、γ線スペクトル測定、片付けにおいて想定被ばく線量は作業者より小さい。

指摘事項 No. 21

ダスト管理エリアの管理方法を示すこと。

【回答】

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する。

ダスト管理エリアの構成イメージを図1に、各構成品の仕様を下記に示す。

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する。

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する。

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、放射性ダスト監視を行う。

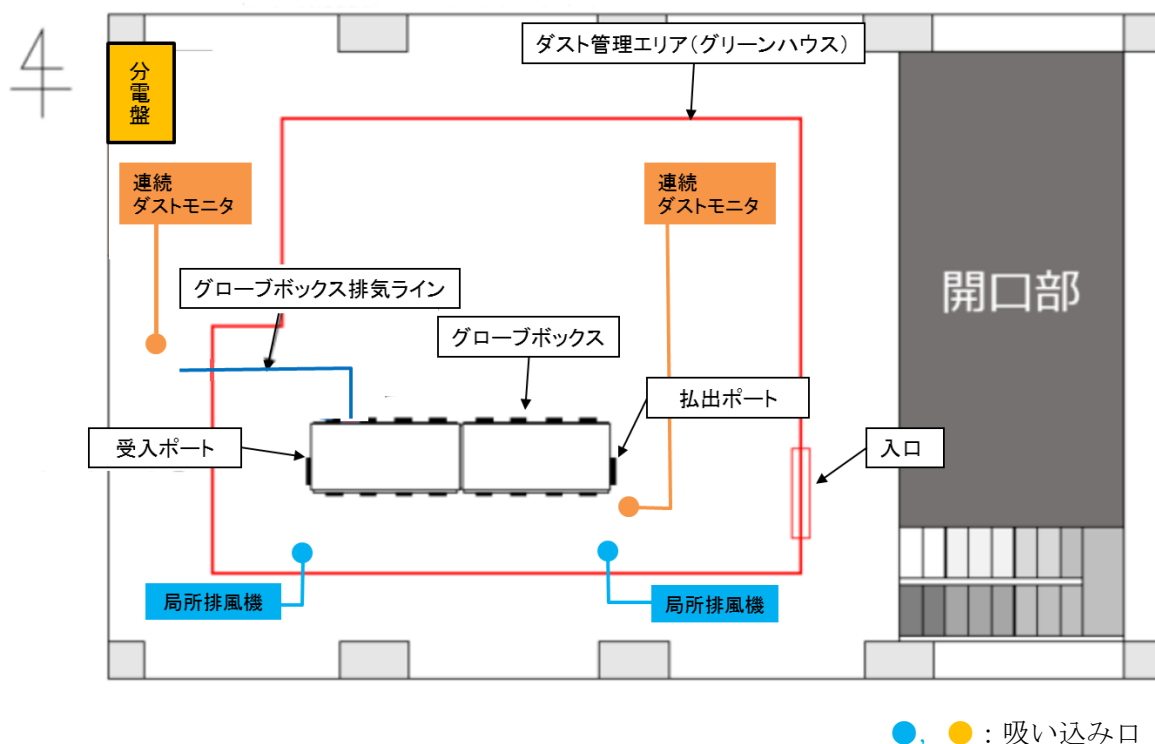


図 1. ダスト管理エリア構成イメージ

ダスト管理エリア (グリーンハウス)

項目	仕様
寸法	約 6000×約 8500×約 2900 mm, 厚さ：約 0.3 mm
材質	難燃性ビニール

局所排風機

項目	仕様
風量	25m <sup>3</sup> /min 以上
フィルタ	プレフィルタ, HEPA フィルタ

連続ダストモニタ

項目	仕様
測定対象	$\alpha$ 線, $\beta$ 線

『特定原子力施設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』  
 該当項目の整理表（案件：2号機のPCV内部調査及び試験的取り出し作業のうち試験的取り出し）

目次	該当項目	理由
I 全体工程及びリスク評価について講ずべき事項	○	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り、1Fのリスク低減に係るため。
II 設計、設備について措置を講ずべき事項	-	(各項目参照)
1 原子炉等の監視	-	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り、RPV/PCV/SFPの主要パラメータ及び運転状態に影響を与えるものではないため。
2 残留熱の除去	-	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り、RPV/PCV内の燃料デブリ等及びSFP内の燃料体の残留熱の除去に影響を与えるものではないため。
3 原子炉格納施設雰囲気監視等	-※	※「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」で整理する。
4 不活性雰囲気維持	-	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り、RPV/PCV内の可燃性気体の監視・抑制に影響を与えるものではないため。
5 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理	-	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り、SFPからの燃料の取出しに関連する内容ではないため。
6 電源の確保	-※	※「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」で整理する。
7 電源喪失に対する設計上の考慮	-※	※「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」で整理する。
8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理	-※	※「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」で整理する。
9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	-※	※「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」で整理する。
10 放射性気体廃棄物の処理・管理	-※	※「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」で整理する。
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	-※	※「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」で整理する。
12 作業員の被ばく線量の管理等	-※	※「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」で整理する。
13 緊急時対策	-※	※「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」で整理する。
14 設計上の考慮	-	(各項目参照)
① 準拠規格及び基準	-※	※「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」で整理する。
② 自然現象に対する設計上の考慮	-※	※「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」で整理する。
③ 外部人為事象に対する設計上の考慮	-※	※「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」で整理する。
④ 火災に対する設計上の考慮	-※	※「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」で整理する。
⑤ 環境条件に対する設計上の考慮	-※	※「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」で整理する。
⑥ 共用に対する設計上の考慮	-	本変更申請は燃料デブリの試験的取り出しに関する内容であり、試験的取り出し作業に関する装置は複数の施設間で共用をしないため。
⑦ 運転員操作に対する設計上の考慮	-※	※「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」で整理する。
⑧ 信頼性に対する設計上の考慮	-※	※「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」で整理する。
⑨ 検査可能性に対する設計上の考慮	-※	※「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」で整理する。
15 その他措置を講ずべき事項	-	その他措置を講ずべき事項はないため。
III 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項	-	本変更申請によって、「II 設計、設備について措置を講ずべき事項」の変更はないものの、燃料デブリの試験的取り出しに関わる項目については「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」の変更にて整理する。「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」の適切かつ確実な実施にあたり、保安のために必要な措置に変更はないため。
IV 特定核燃料物質の防護	-	本変更申請によって特定核燃料物質の防護に関する変更はないため。
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	○	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。
VI 実施計画を策定するにあたり考慮すべき事項	-	本変更申請は新規に実施計画の変更認可申請を行うことから1～3に非該当であるため。 1. 法第67条第1項の規定に基づく報告の徴収に従って報告している計画等 2. 原子力安全・保安院からの指示に従い、報告した計画等 3. 法の規定に基づき認可を受けている規定等
VII 実施計画の実施に関する理解促進	-	本変更申請によって、理解促進に関する取り組みに変更はないため。
VIII 実施計画に係る検査の受検	-	本変更申請によって、検査受検の考え方に変更はないため。

福島第一原子力発電所  
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  
して求める措置を講ずべき事項について等へ  
の適合性について  
(2号機のPCV内部調査及び試験的取り出し  
し作業のうち試験的取り出し)

令和5年7月  
東京電力ホールディングス株式会社

本資料においては、福島第一原子力発電所の2号機のPCV内部調査及び試験的取り出し作業のうち試験的取り出しに関連する「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。）等への適合方針を説明する。

## 目 次

1 章	特定原子力施設の全体工程及びリスク評価	
1.1	特定原子力施設における主なリスクと 今後のリスク低減対策への適合性.....	1.1-4
2 章	燃料デブリの取り出し・廃炉	
2.1	燃料デブリの取出し・廃炉のために 措置を講ずべき事項.....	2.1-15

# 1 章 特定原子力施設の全体工程及び リスク評価



## 1.1 特定原子力施設における主なリスクと 今後のリスク低減対策への適合性

措置を講ずべき事項

#### I. リスク評価について講ずべき措置

1号炉から4号炉については廃炉に向けたプロセス、燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程、5号炉及び6号炉については冷温停止の維持・継続の全体工程をそれぞれ明確にし、各工程・段階の評価を実施し、特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図ること、特定原子力施設全体及び各設備のリスク評価を行うに当たっては、敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行い、リスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分なものであること。

##### 1.1 措置を講ずべき事項への適合方針

1号炉から4号炉については廃炉に向けたプロセス、燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程、5号炉及び6号炉については冷温停止の維持・継続の全体工程をそれぞれ明確にし、各工程・段階の評価を実施し、特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図る。

特定原子力施設全体及び各設備のリスク評価を行うに当たっては、敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行い、リスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分なものであるようにする。

##### 1.2 対応方針

福島第一原子力発電所内に存在している様々なリスクに対し、最新の「東京電力福島第一原子力発電所 中期的リスクの低減目標マップ（以下「リスクマップ」という。）」に沿って、リスク低減対策に取り組んでいく。プラントの安定状態に向けた更なる取組、発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた取組、ならびに使用済燃料プールからの燃料取り出し等の各項目に対し、代表される様々なリスクが存在している。各項目に対するリスク低減のために実施を計画している対策については、リスク低減対策の適切性確認の視点を基本とした確認を行い、期待されるリスクの低減ならびに安全性、被ばく及び環境影響等の観点から、その有効性や実施の要否、時期等を十分に検討し、最適化を図るとともに、必要に応じて本実施計画に反映する。

東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(固形状の放射性物質以外の主要な目標)

分野 (年度)	液状の放射性物質	使用済燃料	外部事象等への対応	廃炉作業を進める上で 重要なもの
2023	1/3号機PCV水位計の設置・S/C水位を低下	2号機原子炉建屋 オベフロ遮へい・ダスト抑制	陸側遮水壁内のフェーシング範囲 50%へ拡大 【当面の雨水対策】	多核種除去設備等処理水の 海洋放出開始
	原子炉建屋内滞留水の半減・処理	キャスク仮保管設備の増設着手	格納容器内部の閉じ込め機能維持方針 策定(水素対策含む)	2号機燃料デブリ試験的取り出し ・格納容器内部調査・性状把握
	タンク内未処理水(Dエリア)の処理開始		日本海溝津波防溜堤(T.P.約13~16m)設置	
	高性能容器(HIC)内スラリー移替作業		1~3号機原子炉建屋の遠隔による健全 性確認手法の確立・建屋内調査開始	
2024	滞留水中のα核種除去開始	1号機原子炉建屋カバー設置	建物構築物の健全性評価手法の確立	2号機燃料デブリの「段階的な 取り出し規模の拡大」に対する安全対策
2025		6号機燃料取り出し完了/ 5号機燃料取り出し開始		1/2号機排気筒下部の高線量SGTS配管 等の撤去・周辺の汚染状況調査
今後の 更なる 目標	タンク内未処理水(H2エリア)の処理開始	乾式貯蔵キャスク増設エリア拡張	地下水対策 (建屋外壁の止水等)	燃料デブリ分析施設設置(分析第2棟)
2026 ~	プロセス主建屋等ドライアップ	1/2号機燃料取り出し		取り出した燃料デブリの安定な状態での保管
2034	地下貯水槽の撤去	全号機使用済燃料プール からの燃料取り出し		<div style="border: 1px solid red; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> 周辺の地域や海域等への影響を特 に留意すべきリスクへの対策  <div style="border: 1px solid pink; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></div> 留意すべきであるが比較的外部へ の影響が小さいリスクへの対策
	ドライアップ完了建屋の残存スラッジ等の処理			
	原子炉建屋内滞留水の全量処理			
	【実現すべき姿】 タンク残量を含む液状の放射性物質 の全量処理	【実現すべき姿】 全ての使用済燃料の乾式保管	【実現すべき姿】 建物構築物等の劣化や損傷状況に応じ た対策を講じる	【実現すべき姿】 ・多核種除去設備等処理水の計画的 な海洋放出の実施 ・燃料デブリの安定な状態での保管

3

※原子力規制委員会 東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ  
(2023年3月版)より抜粋

※本件に該当する箇所は青枠(□)にて表記する。

## 2章 燃料デブリの取り出し・廃炉

## 2.1 燃料デブリの取出し・廃炉のために 措置を講ずべき事項

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

○燃料デブリなどを含む核燃料物質については、(1)確実に臨界未満に維持し、(2)原子炉格納容器の止水などの対策を講じた上で、(3)安全に取り出し、飛散を防止し、適切に遮蔽、(4)冷却及び貯蔵すること。

○(5)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、(6)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。

### 2.1 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。原子炉格納容器（以下、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、DPTC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

燃料デブリの試験的取り出しについて講ずべき適切な措置は(1)～(4)にて整理する。

(6) 災害の防止について

福島第一原子力発電所（以下、1F）構内の作業において、環境・作業時の装備の影響を考慮した熱中症災害防止対策を講じる。

(7) その他

「Ⅱ 設計、設備について措置を講ずべき事項」のうち、試験的取り出しにおいて適合する必要がある項目を以下に示す。

a. 電源の確保について

試験的取り出しで使用する装置のうち、安全機能として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。

b. 電源喪失について

試験的取り出しの作業は全交流電源喪失時において原子炉圧力容器（以下、RPV）及びPCV内への冷却機能に影響を与えない。

c. 放射性固体廃棄物の処理、保管及び管理について

試験的取り出し終了後、撤去する装置は瓦礫類として1F構内に一時保管する。当該瓦礫類は廃棄物発生量の計画には反映済みであり必要な保管容量は確保されている。

d. 放射性気体廃棄物の処理及び管理について

試験的取り出し時のPCV内における気体廃棄物は既設の原子炉格納容器ガス管理設備において処理を行い、放出される放射性物質の低減を図る。

試験的取り出しで使用する装置から気体を排気する際は、HEPAフィルタを設置した排気系統より排気し、放出される放射性物質の低減を図る。

e. 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について

試験的取り出しではPCV内で燃料デブリの加工を行わず、放射性ダストの発生量が極めて少ないため、敷地周辺に対して放射性被ばくのリスクを与えるものではない。

f. 作業員の被ばく線量の管理等について

燃料デブリの回収作業はアーム型・アクセス調査装置及び双腕マニピュレータを使用した遠隔作業とすることで被ばく低減を図る。

回収した燃料デブリに接近し作業を行う際は、事前の線量測定により作業可能

な線量率であることを確認し、モックアップ及び事前準備により作業時間を短縮することで被ばく低減を図る。

試験的取り出し作業では放射性物質の汚染拡大防止を行う。

g. 緊急時対策について

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する。

h. 設計上の考慮のうち準拠規格及び基準について

(a) DPTEコンテナ

DPTEコンテナは日本産業規格（以下、JIS）に準拠した漏えい確認試験を実施する。

(b) グローブボックス

グローブボックスの漏えい率はJISに準拠する。

i. 設計上の考慮のうち自然現象について

(a) 地震

閉じ込め機能を有する装置は2022年11月16日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ、閉じ込め機能が喪失した場合における公衆への放射線影響より耐震クラスを設定する。

(b) 地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）

閉じ込め機能を有する装置は津波、豪雨、台風、竜巻の影響を受けない原子炉建屋内に設置する。

j. 設計上の考慮のうち外部人為事象について

閉じ込め機能を有する装置は原子炉建屋内で使用することで外部人為事象に対する安全性を確保する。

k. 設計上の考慮のうち火災について

試験的取り出しの作業において火気作業は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する。また、火災検知及び消火を目的として監視カメラ、消火器を設置する。

l. 設計上の考慮のうち環境条件について

閉じ込め機能を有する装置は使用場所である原子炉建屋内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する。



- m. 設計上の考慮のうち運転員操作について  
運転員（作業員）の誤操作を防止するために、適切な操作方法、状態監視及び機器配置により安全機能の維持を行う。
  
- n. 設計上の信頼性について
  - (a) DPTEコンテナ  
DPTEコンテナはJISに準拠した漏えい確認試験記録を確認することで、閉じ込め機能の信頼性を確保する。
  - (b) グローブボックス  
グローブボックスの漏えい率はJISに準拠した設計とすることで、閉じ込め機能の信頼性を確保する。
  
- o. 設計上の検査可能性について
  - (a) DPTEコンテナ  
DPTEコンテナは出荷時の漏えい確認試験記録を確認する。
  - (b) グローブボックス  
グローブボックスは現地据え付け時に漏えい確認試験を行う。

## 2.2 対応方針

燃料デブリを安全に取り扱うため試験的取り出しで使用する設備及び各作業の手順においては、以下を適切に考慮したものとする。

### (1) 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している。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<sup>\*1</sup>）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、別紙-1 に示す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。

なお、2019年のPCVペデスタル底部堆積物接触調査時において、原子炉格納容器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優位な変化がなかったことを確認している。

※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

(2) 原子炉格納容器の止水への考慮

2.1(2)に記載の通り、試験的取り出し時にPCVの止水は不要である。

(3) 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。取り出し作業に関する準備作業から搬出作業までの一連の作業内容を別紙-2に示す。

資機材搬出入時にエンクロージャのポートを開ける場合は、DPTEコンテナを取り付け、事前にエンクロージャ内を負圧化することで放射性物質の飛散防止を図る。具体的な取り出し作業の流れと漏えい確認のポイントについては、別紙-2に示す。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。

回収した燃料デブリの重量測定や線量測定はグローブボックス内で作業を行う。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計量、測定を行い構外の分析施設に輸送する。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」に準拠して設計され、負圧化することで放射性物質の飛散防止を図る。グローブボックスは内部の圧力が大気圧に近づいた場合、警報を発することで閉じ込め機能の監視を行う。

(4) 冷却及び貯蔵への考慮

試験的取り出しでPCVから回収する燃料デブリは少量であり、その発熱量もわずかであることから冷却は行わない。

別紙-2に示すように試験的取り出しの作業ステップの中でグローブボックス内に設置した金庫内に分析のための仮置きを行うが、回収した燃料デブリは構外分析施設へ輸送するため、グローブボックス内に貯蔵は行わない。

- (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への考慮
- 燃料デブリの試験的取り出しについて講ずべき適切な措置は(1)～(4)で整理している。
- (6) 災害の防止への考慮
- 試験的取り出し作業では原子炉建屋内で全面マスク、アノラックを着用して作業を行うことで熱中症リスクが増加するため、福島第一原子力発電所共通の熱中症対策として、以下の5つの対策を実施する。
- a. 作業前の体調確認  
チェックシートを用いて、体調確認を実施する。
  - b. 気温が低い時間帯での作業  
夏季は14～17時の屋外作業は原則実施せず、早朝もしくは夕方に作業を実施する。
  - c. クールベスト着用  
体温を下げるため、クールベストを着用する。
  - d. 未経験者の識別  
過去の熱中症発生が1F構内にて夏場作業の経験がない事例が多いことから、未経験者を識別し、体調管理について特に注意を払う。
  - e. アノラック着用の短時間化  
Rゾーン入域直前（チェンジングプレイス）にアノラック着用することで、着用時間を短時間にする。
- (7) その他
- a. 電源の確保への考慮  
DPTE コンテナはコンテナ蓋の開閉に電源を必要としないため、非常用電源は考慮しない。  
グローブボックスは所内共通電源から受電する。電源の喪失時においても手動の弁操作により閉じ込め機能を維持できる設計であることから非常用電源は考慮しない。
  - b. 電源喪失への考慮  
2.1(7)b.に記載の通り、試験的取り出しの作業は全交流電源喪失時においてRPV及びPCV内への冷却機能に影響を与えるものではない。

c. 放射性固体廃棄物の処理，保管及び管理への考慮

試験的取り出し終了後，使用した各装置はPCV バウンダリを構成する隔離弁である接続構造及びステージ内隔離部屋，ハッチ隔離部屋を除き撤去する。撤去作業においてはPCV バウンダリが維持されるように漏えい確認を行う。使用した各装置に対しては汚染が拡大しないように適切な養生を行い，搬出する。撤去作業の詳細を別紙-3に示す。また，グローブボックスについても試験的取り出し終了後に撤去する。

各装置は撤去後，瓦礫類として1F構内に一時保管する。撤去対象となる装置について表2-1に示す。撤去対象となる装置は保管計画には反映済である。

表 2-1 試験的取り出しで設置した装置

装置名	容積[m <sup>3</sup> ]	個数
エンクロージャ <sup>※2</sup>	39	1
接続管 <sup>※2</sup>	5	1
スプレー治具	0.2	1
グローブボックス	16	1
合計	61	

※2 エンクロージャ，接続管の容積については2021年1月14日福島第一原子力発電所2号機原子炉格納容器内部詳細調査補足説明資料より

d. 放射性気体廃棄物の処理及び管理への考慮

試験的取り出し作業で気体廃棄物を発生させるのは，PCV内，エンクロージャ，グローブボックスにおける作業であり，それぞれで以下の処理を実施することで放出される放射性物質の低減を図る。

(a) PCV内作業

試験的取り出し時のPCV内における気体廃棄物は既設の原子炉格納容器ガス管理設備において処理を行う。

(b) エンクロージャ作業

エンクロージャから気体を排気する際は，HEPAフィルタを設置した排気系統より原子炉建屋内に排気する。排気時には連続ダストモニタを設置し，排気エリアの放射性ダスト濃度を監視する。

(c) グローブボックス作業

グローブボックス内からの排気はHEPAフィルタを通じて原子炉建屋内へ排気する。グローブボックス作業時は排気口付近に連続ダストモニタを設け放射性ダスト濃度を監視する。

e. 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への考慮

認可済みのアクセスルート構築作業時の影響評価（実施計画V添付資料-7別添-9）は $8.0 \times 10^{-4}$ mSvである。試験的取り出し作業は別紙-1に記載した装置を使用し、燃料デブリの加工は行わないことから、ダスト発生量はアクセスルート構築作業時と比べて極めて小さく、敷地周辺に対してアクセスルート構築作業時を超える放射性被ばくのリスクを与えるものではない。

なお、2019年のPCVペDESTAL底部堆積物接触調査時において、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動がなかったことを確認している。

f. 作業員の被ばく線量の管理等への考慮

(a) エンクロージャ周りの作業

X-6ペネ周辺の環境線量率を図2-1に示す。燃料デブリの回収作業はアーム型アクセス・調査装置を、エンクロージャ内での回収装置の取り扱い等は双腕のマニピュレータを使用した遠隔作業とする。

エンクロージャから燃料デブリを搬出する際はDPTEポートを使用し、遠隔作業で燃料デブリを回収した回収容器を緩衝容器に収納し、緩衝容器をDPTEコンテナに移す。DPTEコンテナの表面線量を測定し、後段の作業が可能な線量率であることを確認した後、作業員がアクセスする。

作業員はモックアップ及び事前準備により作業時間を短縮することで被ばく低減を図る。

エンクロージャ周辺の作業エリアはダストモニタホース、連続ダストモニタを設置し、汚染拡大防止を目的とした放射性ダスト監視を実施する。モニタリング箇所は図2-2に示す。なお、作業に当たっては養生や局所排風機を設置し、汚染拡大防止を考慮しつつ作業する。

作業員は原子炉建屋内ではRゾーン装備（全面マスク、カバーオール、アノラック上下）にて作業する。Rゾーンから退域時のアノラック脱衣については、脱衣前に除染・汚染検査を実施し、着脱補助員が脱衣助勢することで、身体汚染防止を図る。

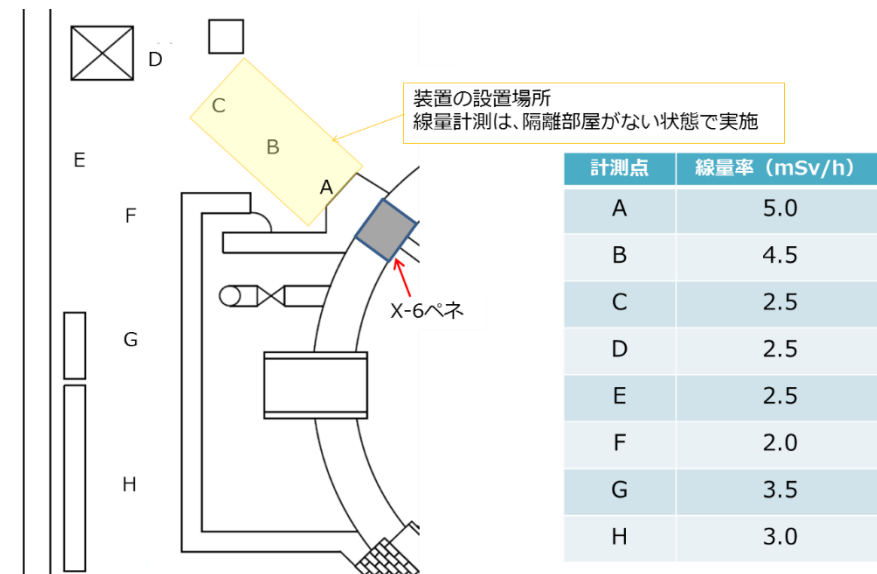


図 2-1 X-6 ペネ周辺の環境線量率 (2021 年 11 月計測)

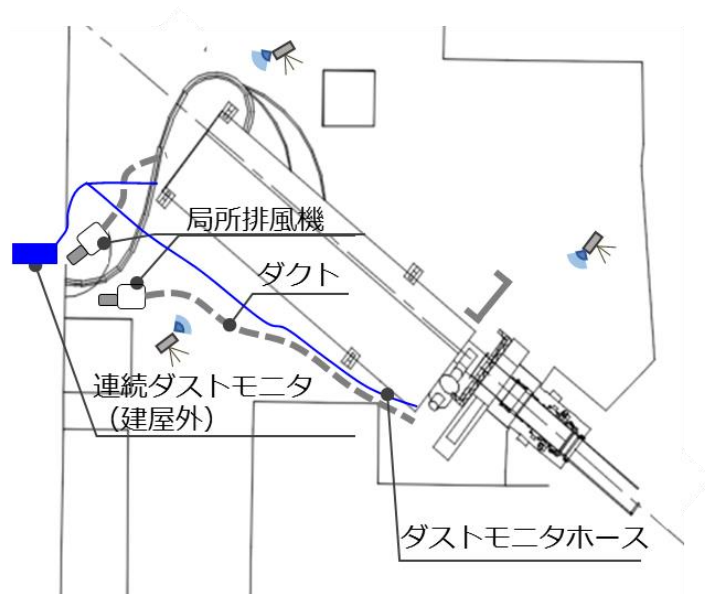


図 2-2 エンクロージャ周辺の作業エリアのモニタリング (イメージ)

(b) グローブボックス作業

グローブボックスでの各作業の詳細及び被ばく線量管理への考慮 (事前の線量測定及びモックアップ, 事前準備) は別紙-4 に示す。

グローブボックスは 2 号機原子炉建屋大物搬入口の 2 階に設置する。大物搬入口 2 階の環境線量率を図 2-3 に示す。グローブボックス周辺はダスト管理エリアとして設定する。ダスト管理エリアはグローブボックスから漏えいがあった場合

の汚染拡大防止を目的として設定する。

大物搬入口 2 階の作業監視について図 2-4 に示す。グローブボックス作業時には、グローブボックス内は常に負圧が維持されている。ダスト管理エリア内には連続ダストモニタを設置し、汚染拡大防止を目的とした放射性ダスト監視を実施する。また、床面養生や局所排風機を設置し汚染拡大防止を考慮する。

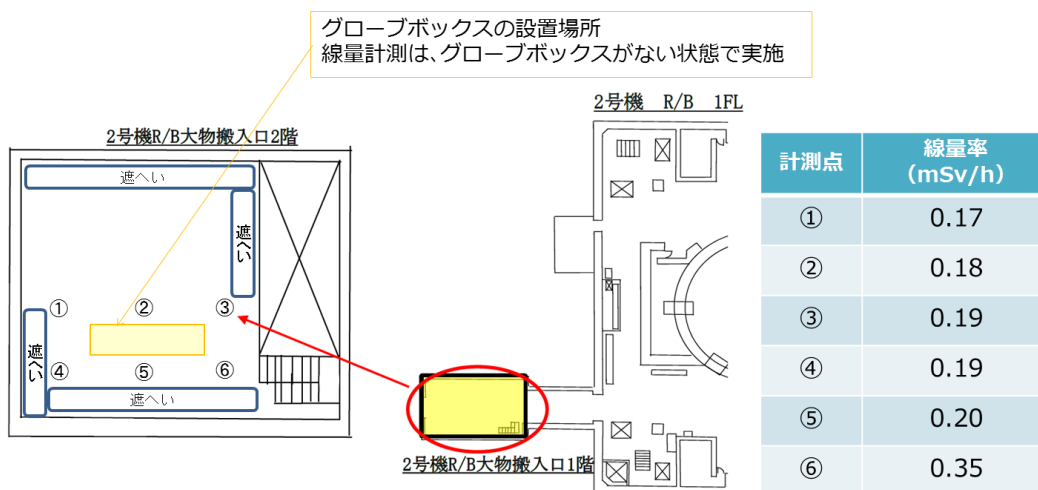


図 2-3 大物搬入口 2 階の環境線量率 (2021 年 12 月計測)

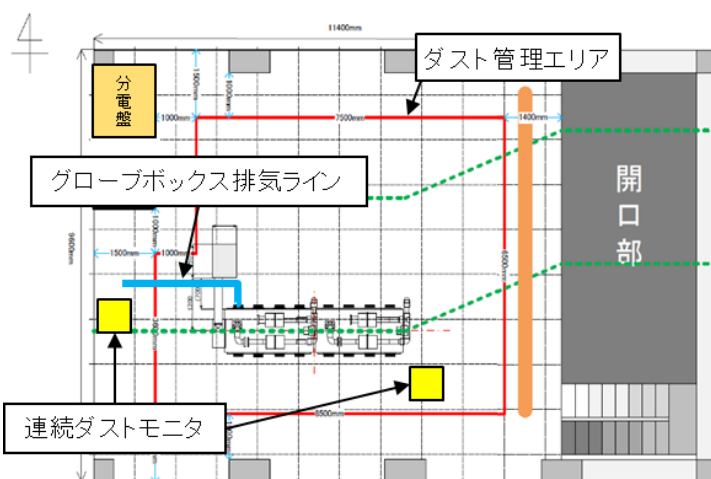


図 2-4 大物搬入口 2 階のモニタリング (イメージ)

g. 緊急時対策への考慮

緊急時の避難指示は緊急放送により周知するが、緊急放送が聞こえるエリアにある原子炉建屋外の現場指揮所の作業員から、緊急放送が聞こえないエリアである原子炉建屋内の作業員に対して、作業のために設置した仮設通信設備により避難を指示する。

h. 設計上の考慮のうち準拠規格及び基準への考慮

(a) DPTEコンテナ

DPTEコンテナは「JIS Z 2332 圧力変化による漏れ試験方法」に準拠した漏えい確認試験を行い、著しい漏えいがないことで閉じ込め機能を有することを確認している。

(b) グローブボックス

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」に準拠することで閉じ込め機能を確保する。

i. 設計上の考慮のうち自然現象への考慮

(a) DPTEコンテナ

DPTEコンテナで扱う燃料デブリは数gであり、閉じ込め機能が喪失したとしても公衆への放射線影響は限定的であるが、地震時に転倒が生じないように考慮して作業する。

DPTEコンテナは津波、豪雨、台風、竜巻の影響を受けにくい、原子炉建屋内で使用する。

(b) グローブボックス

グローブボックスは2022年11月16日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえて、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を確認することで耐震クラスを評価し、耐震性を確認している。

グローブボックスは津波、豪雨、台風、竜巻の影響を受けにくい、原子炉建屋内に設置する。

j. 設計上の考慮のうち外部人為事象への考慮

閉じ込め機能を有する装置であるDPTEコンテナ及びグローブボックスは原子炉建屋内で使用する。原子炉建屋は物的障壁を持つ防護された区域内であり、接近管理、入退域管理を行うことで、第三者の不法な接近等に対して防御する。

k. 設計上の考慮のうち火災防止への考慮

試験的取り出しの作業において火気作業はないが、火災発生の防止及び影響軽



減のために実用上可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用する。

火災が発生した場合は早期に検知が出来るように、作業エリアに監視カメラを配置し、現場本部から作業エリアを監視する。また、火災が発生した場合の初期消火が可能なように作業エリア近傍に消火器（A-3, B-3 相当）を複数配備する。

エンクロージャ内に収納された資機材・ケーブルは窒素を充填することで発火しないようにする。また、作業用資機材として紙ウエス、養生シートは可燃物となる可能性があるが、搬入する量を必要最小限とし、作業終了後、不要な資機材は搬出することで火災の発生を防止する。

グローブボックスの構成部品や持ち込む資機材については基本的に不燃性又は難燃性のものとしている。一部のシール材において可燃性のものが存在するが少量であり、火災が発生したとしてもグローブボックス内は窒素を充填することで、グローブボックス外は消火器で消火は可能である。グローブボックス内に持ち込む機材においても一部可燃性のもの（容器、ウエス等）が存在するが持ち込む量を必要最低限の量とし、グローブボックス周辺においても余分な量を持ち込まない。

#### 1. 設計上の考慮のうち環境条件への考慮

##### (a) DPTEコンテナ

DPTEコンテナを使用する原子炉建屋北西エリアから南西エリア及び大物搬入口の環境線量率はサーベイ記録から0.17～5.0mSv/hであり、収納する燃料デブリは約6mSv/hである。DPTEコンテナに使用する材料は、耐放射線性が100Gy以上の材料を選定しており、放射線の影響は極めて小さい。

##### (b) グローブボックス

グローブボックスを使用する原子炉建屋大物搬入口2階の環境線量率はサーベイ記録から0.17～0.35mSv/hであり、取り扱う燃料デブリは約6mSv/hである。グローブボックスに使用する材料は、耐放射線性が10000Gy以上の材料を選定しており、放射線の影響は極めて小さい。

#### m. 設計上の考慮のうち運転員操作への考慮

試験的取り出しで使用する装置のうち、運転員操作について考慮が必要なものはPCV内で燃料デブリの回収を行う回収装置、燃料デブリの測定を行うグローブボックスである。それぞれ以下の誤操作防止対策を実施する。

##### (a) 回収装置

別紙－1に示す操作方法及び状態監視により誤操作を防止する。

- (b) グローブボックス
  - 別紙－４に示す操作方法（作業内容）により誤操作を防止する。
  - 閉じ込め機能を維持する弁はグローブボックス天井部に配置することで不用意な接触による誤操作を防止する。
  
- n. 設計上の考慮のうち信頼性への考慮
  - (a) DPTEコンテナ
    - DPTEコンテナは、出荷時に「JIS Z 2332 圧力変化による漏れ試験方法」に準拠した漏えい確認試験を実施し、閉じ込め機能の信頼性を確保する。
  - (b) グローブボックス
    - グローブボックスの漏えい率は「JIS Z 4808 放射線物質取扱用グローブボックス」に準拠することで信頼性を確保する。
  
- o. 設計上の考慮のうち検査可能性への考慮
  - (a) DPTEコンテナ
    - DPTEコンテナは、出荷時に「JIS Z 2332 圧力変化による漏れ試験方法」に準拠した漏えい確認試験を実施し、その記録を確認する。
  - (b) グローブボックス
    - グローブボックスは現地据付時に「JIS Z 2330 非破壊試験－漏れ試験方法の種類及びその選択」に準拠した漏えい確認試験を実施し、閉じ込め機能が維持されていることを確認する。

回収装置の概要

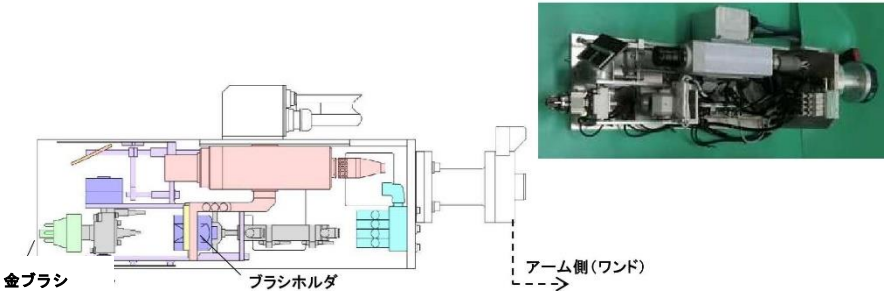
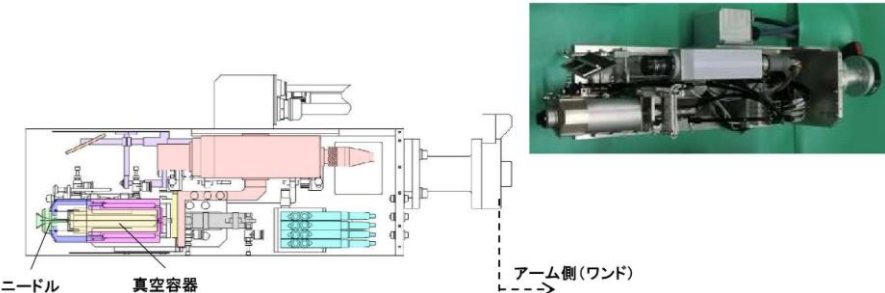
1. 装置概要

回収装置の仕様を表2.1-1に示す。回収装置は、アーム型アクセス・調査装置の先端に取付け、遠隔操作にてPCV内の燃料デブリを回収する装置である。回収する量は数gとし、多量の燃料デブリを回収しないように設計されている。

金ブラシ方式は工具の先端に金属の線材を束ねブラシ状にしたものを取り付け、これを燃料デブリに押し当てることにより小石状・粒状の燃料デブリを絡めとり回収する方式である。

真空容器方式は採血等で用いられる真空容器で吸引する方式であり、先端にニードル（注射針）を取り付け、真空容器を押し込むことで採血の要領で水と粒状の燃料デブリを吸引する方式である。

表2.1-1 回収装置の仕様

方式	概要
<p>金ブラシ方式</p> <p>粒状の燃料デブリ (φ2mm程度)を回収</p>	<p>先端の金ブラシにてPCV内の燃料デブリを回収する</p> 
<p>真空容器方式</p> <p>水中の粒状の燃料デブリ (φ2mm以下)を水ごと回収</p>	<p>真空容器内にPCV内の燃料デブリを吸い込んで回収する</p> 

注) 今後の検証作業により改造の可能性有

## 2. 燃料デブリ回収手順

### (1) 金ブラシ方式

- ・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させる。
- ・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。
- ・金ブラシを引き上げた後、金ブラシを反転させる。
- ・ブラシホルダを降下させ、金ブラシを収納する。
- ・ブラシホルダを回収装置から切り離す。
- ・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る。

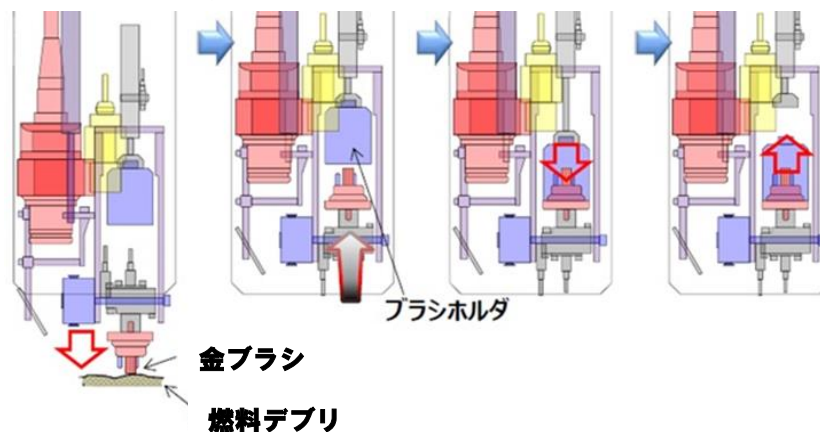


図2.1-1 金ブラシ方式の動作

燃料デブリ回収の際には装置に取り付けたカメラによりその位置を確認するとともに、金ブラシの動きを視認することで、作業者の誤操作を防止する。また、回収後はブラシホルダに金ブラシを格納することで、その後の操作時の燃料デブリの拡散を防止する。

## (2)真空容器方式

- ・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させる。
- ・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する。
- ・真空容器を引き込み、ニードルを切り離す。
- ・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る。

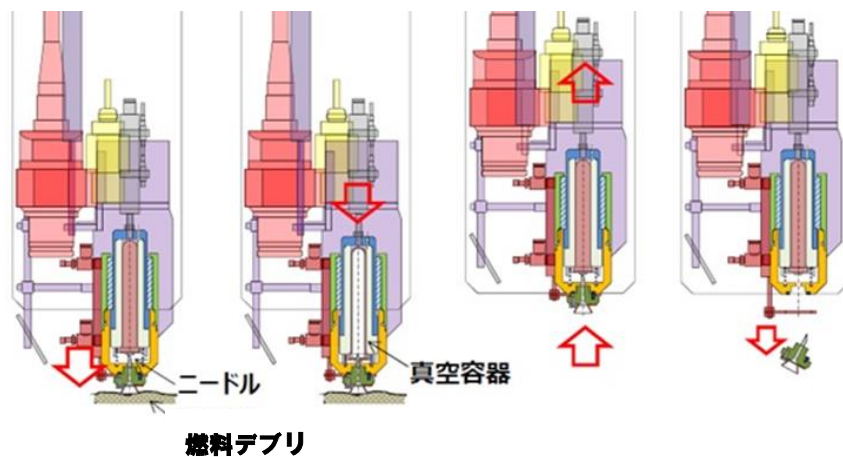
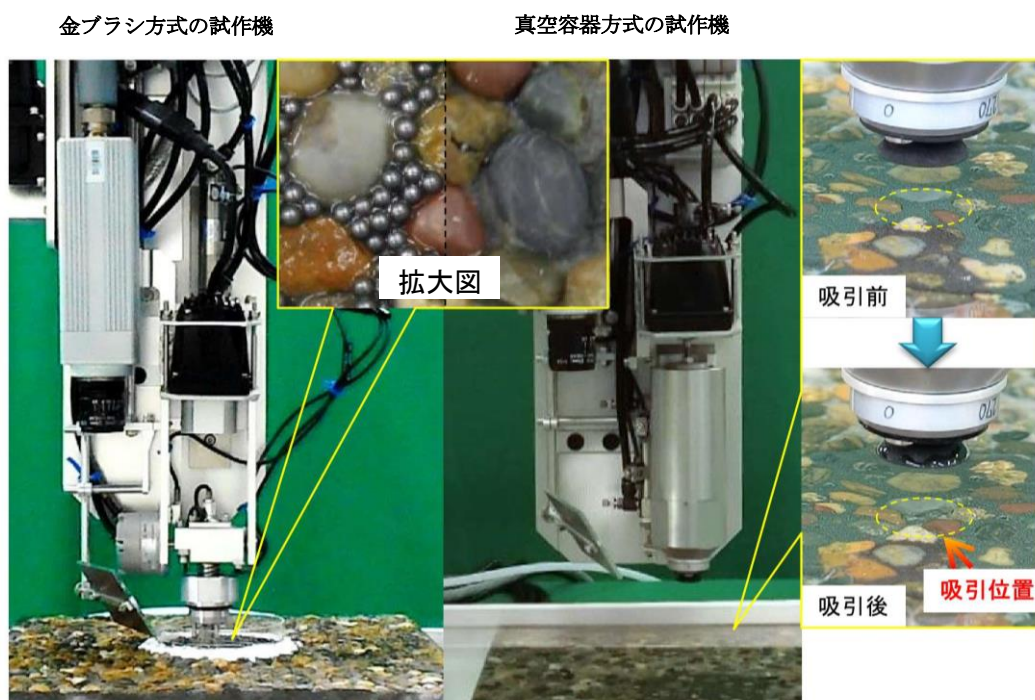


図2.1-2 真空容器方式の動作

燃料デブリ回収の際には金ブラシ方式同様，装置に取り付けたカメラによりその位置を確認するとともに，ニードルの動きを視認することで，作業者の誤操作を防止する。ニードルは使用後は切り離すことで，先端に付着している燃料デブリが予期せぬところに拡散しないようにする。

### 3. 燃料デブリ回収試験

燃料デブリ回収量が数 g 以下となることを確認するために鉛球を使用した模擬試験を実施した。試験結果を図2.1-3に示す。回収量は最大でも2.606 g であり数 g 以下の回収量となることを確認した。



(※) 写真中の窪み(深さ2.6mm)に鉛玉を充填した場合の採取量

回収量計測結果 (金ブラシ方式)

φ 1.0mm 鉛球	φ 2.0mm 鉛球
0.560g	1.215g

回収量計測結果 (真空容器方式)

φ 0.35mm 鉛球	φ 1.0mm 鉛球
2.606g	0.467g

図 2.1-3 燃料デブリ回収試験結果

#### 4. 環境条件への考慮

回収装置を使用するPCV内の圧力は0～5.5kPa、降雨状態であり、過去のPCV内部調査結果より線量率は最大100Gy/hと想定している。回収装置は取り出し作業ごとに交換し、取り出し作業は4時間/回を想定していることから、400Gy以上の耐放射線性を有し、PCV内の圧力、降雨状態で使用可能な機器から選定する。

試験的取り出しの作業ステップ

1. 作業開始時の状態

試験的取り出しは、内部調査に引き続き実施する。試験的取り出し開始時の設備構成を図2.2-1、表2.2-1に示す。

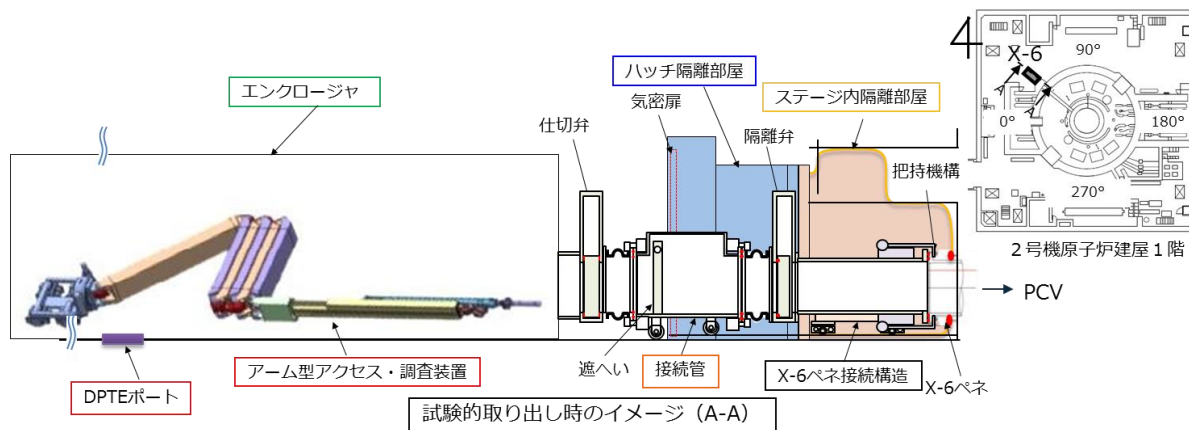


図 2.2-1 試験的取り出し時の設備構成

表 2.2-1 試験的取り出し時の設備について

X-6 ペネ接続構造	X-6 ペネ閉止板開放後、ペネフランジに接続しバウンダリを構成する装置。隔離弁を具備している。
接続管	後続の設備を接続するための装置、開閉式の遮へいを具備している。
アーム型アクセス・調査装置	伸長式のロボットアームで、先端に燃料デブリ回収装置を取付け、PCV 内部の燃料デブリを回収する。
エンクロージャ	アーム型アクセス・調査装置を収納するエンクロージャで、調査時にバウンダリを構成する。 DPTE コンテナと接続するポートを有しており、回収した燃料デブリはこのポートから搬出する。

2. 作業ステップ

試験的取り出しの作業ステップを表2.2-2に示す。回収装置等のエンクロージャへの搬入やデブリのエンクロージャからの搬出は、DPTEポートを用いて行う。DPTEポートを使用する際は、隔離弁を閉めた後、エンクロージャ内を負圧にすることで放射性ダストのエンクロージャ外への放出を抑制する。



表 2.2-2 試験的取り出しの作業ステップ(1/5)

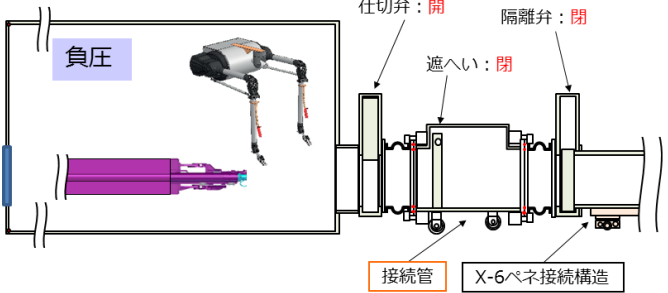
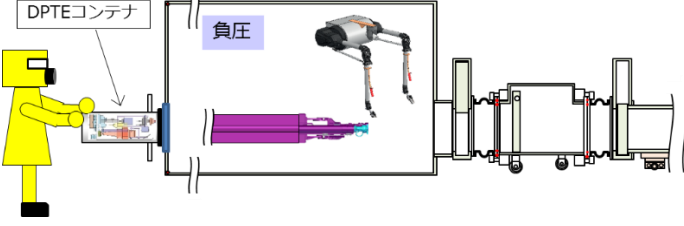
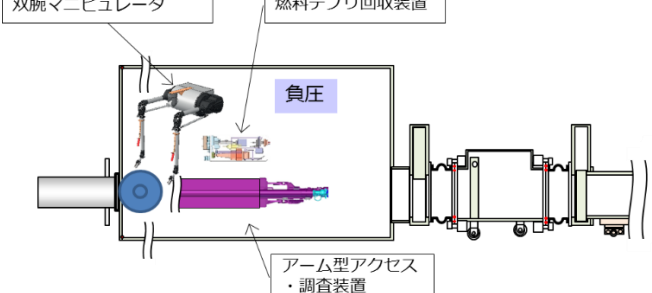
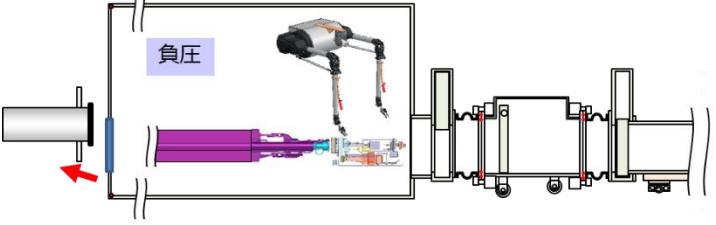
No	作業ステップ図	作業内容
1	<p>エンクロージャ内を負圧にする</p> 	<p>隔離弁を閉じた状態でエンクロージャ内を負圧にする。</p>
2	<p>DPTE コンテナの取り付け</p> 	<p>作業員が燃料デブリ回収装置の入った DPTE コンテナを、エンクロージャの DPTE ポートに取り付ける。</p>
3	<p>燃料デブリ回収装置の搬入</p> 	<p>双腕マニピュレータを操作し、DPTE ポートを開放し、中から燃料デブリ回収装置を搬入する。</p>
4	<p>燃料デブリ回収装置の取り付け、DPTE コンテナ取り外し</p> 	<p>燃料デブリ回収装置を双腕マニピュレータを使用してアーム型アクセス・調査装置（以下、アーム）の先端に取り付ける。DPTE ポートを閉じ、DPTE コンテナを取り外す。</p>

表 2.2-2 試験的取り出しの作業ステップ(2/5)

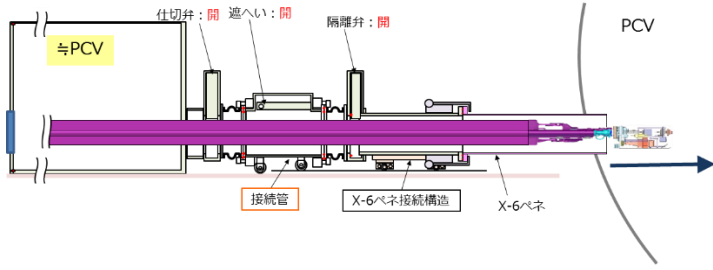
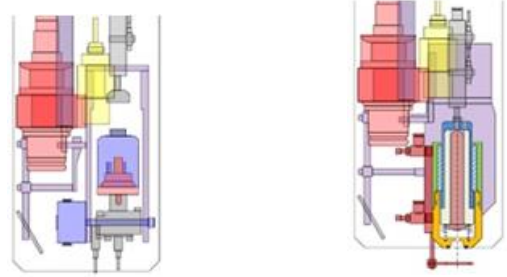
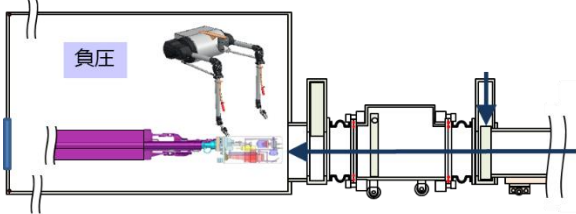
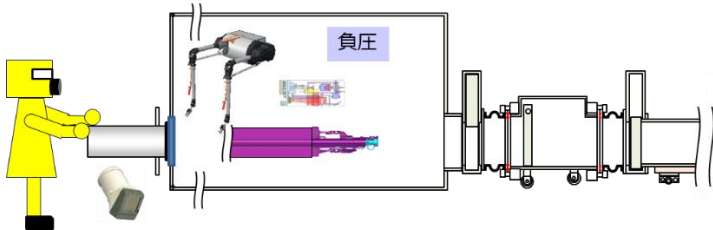
No	作業ステップ図	作業内容
5	<p>燃料デブリ取り出し</p> 	<p>エンクロージャ内の圧力をPCVと同程度の圧力となるように昇圧する。</p> <p>隔離弁を開放し、アームを操作し回収装置をPCV内に挿入しデブリを回収する。</p> <p>(装置の詳細は別紙-1を参照)</p>
6	<p>燃料デブリ回収</p>  <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span data-bbox="384 1234 555 1267">金ブラシ方式</span> <span data-bbox="692 1234 863 1267">真空容器方式</span> </p>	<p>回収装置を燃料デブリに接触させ回収する。燃料デブリ回収後は、金ブラシ方式はブラシにカバーをし、燃料デブリの落下を防止する。真空容器方式は真空容器の中に燃料デブリを入れることで落下を防止する。</p>
7	<p>アームの帰還、隔離弁の閉止</p> 	<p>燃料デブリの回収が終了したら、アームを帰還させる。</p> <p>帰還が完了したのち隔離弁を閉じ、エンクロージャ内を負圧にする。</p>
8	<p>DPTE コンテナの取付け、回収装置の取り外し</p> 	<p>作業員により DPTE コンテナを取り付ける。</p> <p>双腕マニピュレータで回収装置を取り外す。</p>

表 2.2-2 試験的取り出しの作業ステップ(3/5)

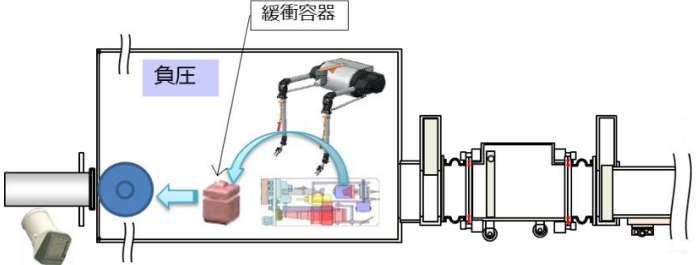
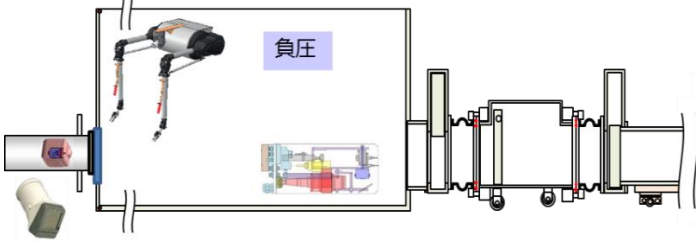
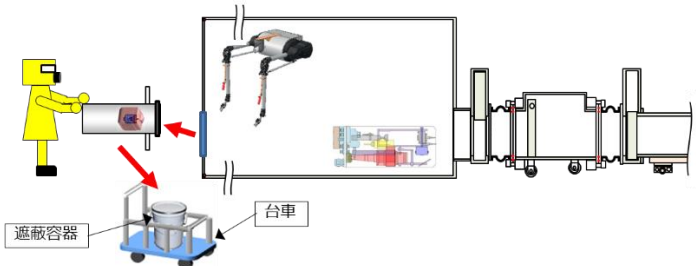
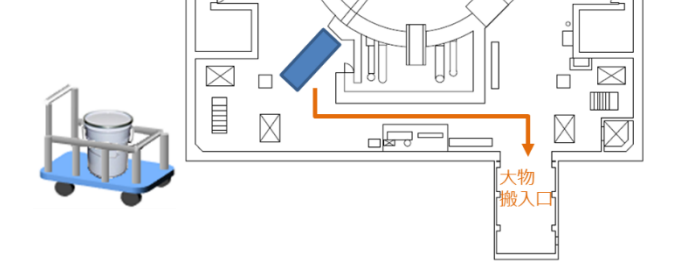
No	作業ステップ図	作業内容
9	<p>緩衝容器収納</p> 	<p>双腕マニピュレータで回収装置から，回収容器を取り外し，緩衝容器に収納する。 緩衝容器を DPTE コンテナに収納する。</p>
10	<p>線量測定</p> 	<p>DPTE コンテナの線量を測定する。基準値以下であることを確認する。 DPTE ポートの扉を閉じる。</p>
11	<p>DPTE コンテナ取り外し</p> 	<p>作業員によりエンクロージャから DPTE コンテナを取り外す。 DPTE コンテナを台車上の遮蔽容器に入れる。</p>
12	<p>建屋内運搬</p> 	<p>台車を用いて，DPTE コンテナを大物搬入口まで移動させる。 大物搬入口 1 階から 2 階へ運搬する。</p>

表 2.2-2 試験的取り出しの作業ステップ(4/5)

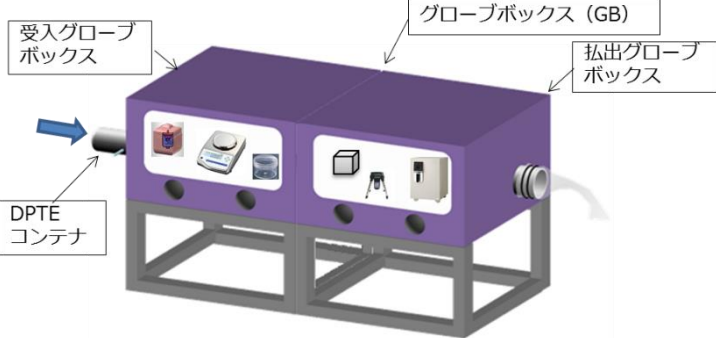
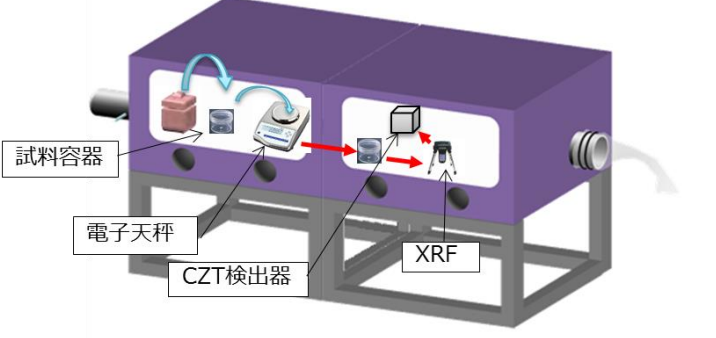
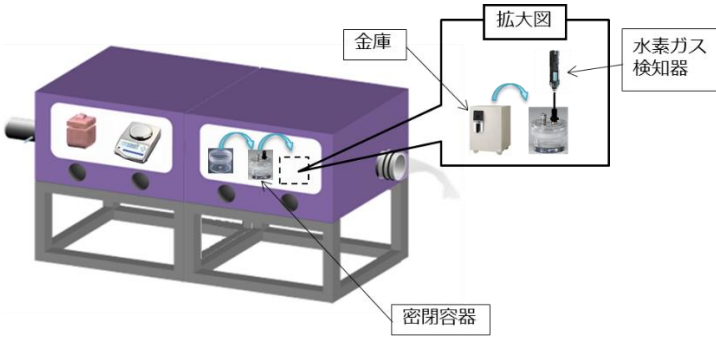
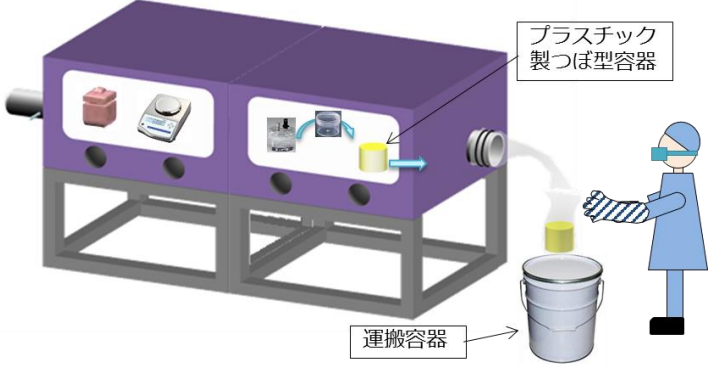
No	作業ステップ図	作業内容
13	<p>グローブボックスへ取付け</p> 	<p>グローブボックス (以下、GB という) 内を負圧にする。 DPTe コンテナを GB に取付ける。 ポートを開け DPTe コ ンテナ内の緩衝容器 を取り出す。</p>
14	<p>試料取り出し，測定</p> 	<p>緩衝容器から回収容 器を取り出す。 回収容器から，試料 容器へ燃料デブリを 取り出し，重量を測 定する。 携帯型蛍光 X 線分析 計 (XRF) で元素分析を 行う。 CdZnTe 半導体 (CZT) 検出器で <math>\gamma</math> 線スペク トルを測定する。</p>
15	<p>水素濃度測定</p> 	<p>試料容器を密閉容器 へ収納し，一定時間 金庫にて施錠して保 管する。保管後，金 庫から取り出し，水 素ガス検知器にて密 閉容器内の水素濃度 を確認する。</p>

表 2.2-2 試験的取り出しの作業ステップ (5/5)

No	作業ステップ図	作業内容
16	<p>搬出</p> 	<p>試料容器を密閉容器から取り出し、プラスチック製つぼ型容器に移してビニールに入れる。                      GB 外で容器を保持する。                      GB 外でシーラー作業を行い密封する。                      運搬容器へ収納する。</p>

撤去作業の作業ステップ

1. 撤去作業開始時の状態

試験的取り出し終了時の設備設置状況を図2.3-1及び図2.3-2に示す。

撤去作業は、PCVバウンダリとなる隔離弁以降のエンクロージャ及び接続管、X-53ペネに設置したスプレイ治具の撤去を行う。

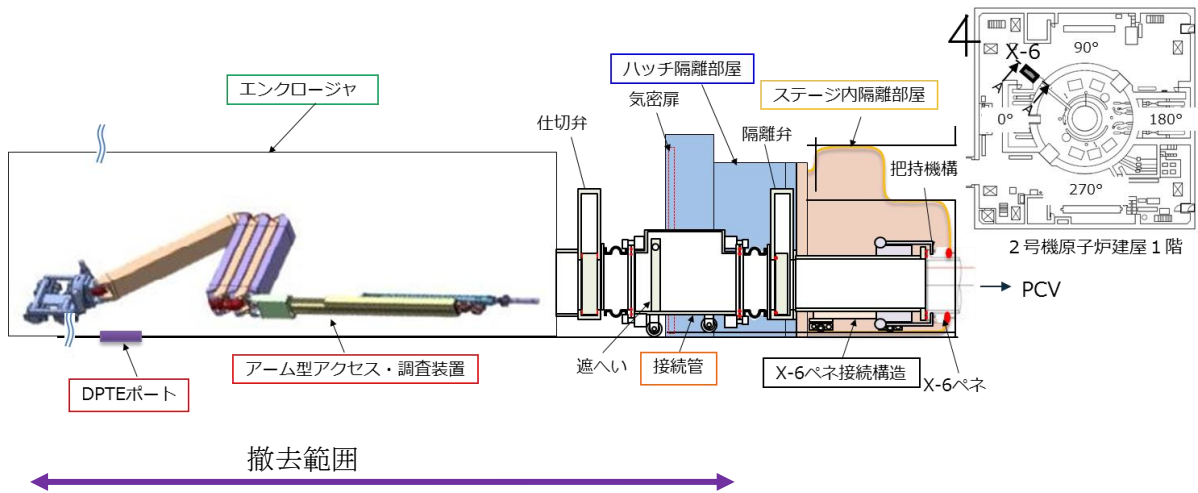


図 2.3-1 試験的取り出し終了時の設備設置状況

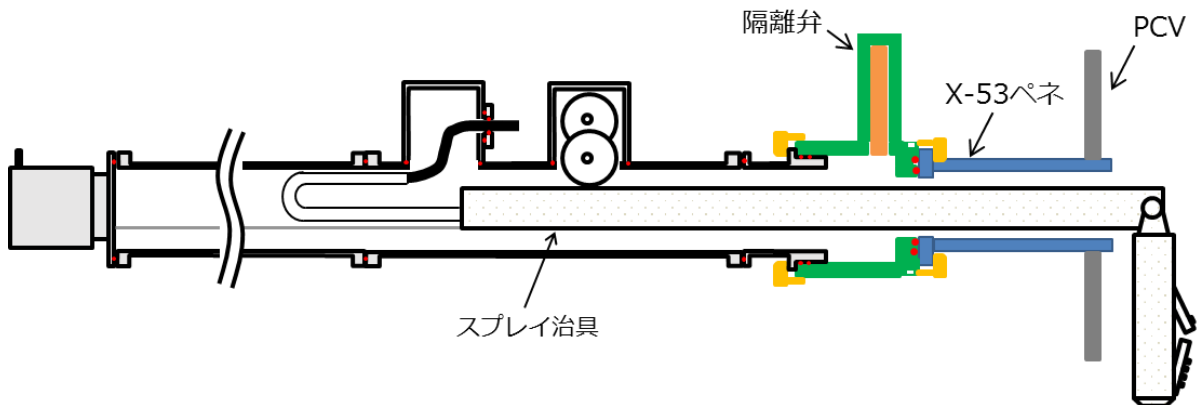


図 2.3-2 スプレイ治具の設置状況

## 2. 作業ステップ

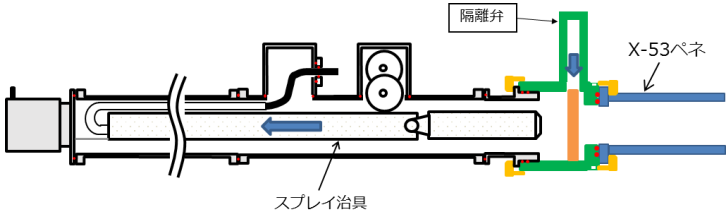
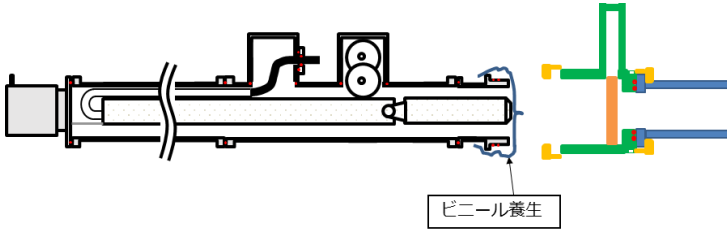
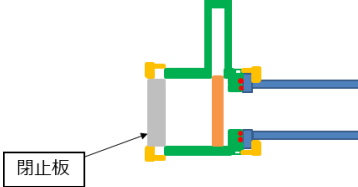
エンクロージャ及び接続管の撤去の作業ステップを表2.3-1に、スプレイ治具の撤去の作業ステップを表2.3-2に示す。

撤去作業においては、PCV バウンダリからの漏えいを発生させないように隔離弁を閉止し作業を行うとともに、撤去物に対しては汚染が拡大しないよう作業時にビニール養生等を実施して作業を行う。

表 2.3-1 エンクロージャ及び接続管の撤去作業ステップ

No	作業ステップ図	作業内容
1		<p>隔離弁を閉止し、漏えい確認を行う。 その後仕切弁を閉止し、エンクロージャと接続管の接続部にビニール養生を設置する。</p>
2		<p>エンクロージャの接続を解除し、ビニール養生する。 エンクロージャを撤去する。</p>
3		<p>接続管と隔離弁の接続部周辺にグリーンハウスを設置する。</p>
4		<p>接続管と隔離弁の接続を解除し接続管の開口部をビニール養生する。接続管を撤去する。</p>

表 2.3-2 スプレイ治具撤去作業ステップ

No	作業ステップ図	作業内容
1		<p>スプレイノズルをPCV内より引抜き隔離弁を閉じる。漏えい確認を実施。</p>
2		<p>スプレイ治具と隔離弁の接続を解除，スプレイ治具を撤去する。スプレイ治具の先端はビニール養生する。</p>
3		<p>隔離弁に閉止板を取り付ける。</p>



## グローブボックスでの作業内容と被ばく低減対策

## 1. グローブボックスでの作業内容

グローブボックス(以下, GB)では, エンクロージャより移送されてきた燃料デブリを回収容器内から取り出し各種測定を行う。

GB で実施する測定項目は以下のとおりである。

## (1) 重量測定

電子天秤を使用し, 燃料デブリの重量測定に活用する。

## (2) 元素分析

携帯型蛍光 X 線分析計(以下 XRF)を使用し, 燃料デブリがどのような元素(U, Zr, Fe など)を含むかを確認, 輸送物の性状把握に活用する。

(3)  $\gamma$ 線スペクトル測定

CdZnTe 半導体検出器(以下 CZT)を使用し, 燃料デブリ中にどのような $\gamma$ 核種(Cs-137, Co-60 など)を含むか確認, 輸送物の性状把握に活用する。

## (4) 水素濃度測定

水素ガス検知器を使用し, 水素発生量を測定, 輸送準備期間, 輸送時の安全性の確認に活用する。

## 2. GB の負圧管理

GB 内は排気ファンによって負圧に維持される。排気ファンは 2 系統設置し, 故障時は切り替え運転ができる設計としている。排気ポートは受入 GB, 払出 GB 毎に設け, HEPA フィルタを設置している。

## 3. 作業時の想定被ばく量と被ばく低減対策

各作業における想定被ばく線量と被ばく低減対策を表 2.4-1 に示す。被ばく量の想定に当たっては以下の条件で算出している。

燃料デブリを数 g 回収する計画であるが, IRID の検討結果において燃焼度約 26GWd/tU の燃料 1g から 20cm の距離では約 6mSv/h になる。GB 内手前 20cm 範囲を作業禁止エリアとし, 作業時の燃料デブリからの線量を 6.0mSv/h として試算した。作業時間は検証試験の実績より保守的に想定している。


表 2.4-1 各作業における想定被ばく量と被ばく低減対策(1/3)

作業	作業内容	作業種	作業時間	想定被ばく量	被ばく低減対策	
1. 試料受入れ		DPTEコンテナ保持	3分	0.4mSv	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> </ul>	
		緩衝容器取出	2分	0.2mSv		
2. 試料分取		<ul style="list-style-type: none"> <li>①緩衝容器開封</li> <li>②燃料デブリ取出</li> </ul>	6分	0.6mSv	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・事前準備</li> <li>・距離確保</li> </ul>	
3. 回収容器の収納		回収容器を緩衝容器に戻す。			回収容器の収納	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・事前準備</li> <li>・距離確保</li> </ul>
4. 重量測定		試料容器に入れた燃料デブリの重量を測定する。			重量測定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・事前準備</li> <li>・距離確保</li> </ul>

表 2.4-1 各作業における想定被ばく量と被ばく低減対策(2/3)

作業	作業内容	作業種	作業時間	想定被ばく量	被ばく低減対策		
5. 試料容器を払出GBへ移動		払出GBへの移動	11分	1.1mSv	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・事前準備</li> </ul>		
6. 元素分析		元素分析				<ul style="list-style-type: none"> <li>① 試料容器をXRFにセットする。</li> <li>② XRFにて分析を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・事前準備</li> <li>・距離確保</li> </ul>
7. γ線スペクトル測定		γ線スペクトル測定				<ul style="list-style-type: none"> <li>① 試料を測定エリアに設置する。</li> <li>② CZTにてγ線スペクトル測定を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・事前準備</li> <li>・距離確保</li> </ul>
8. 水素濃度測定準備		密閉容器への収納	3分	0.3mSv	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・事前準備</li> <li>・試料の遮蔽</li> </ul>		
9. 保管		金庫への搬入				<ul style="list-style-type: none"> <li>容器を密閉し、金庫に入れ保管する。</li> </ul>	
10. 水素濃度測定		金庫からの搬出	3分	0.3mSv	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前準備</li> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> </ul>		
		水素濃度測定				<ul style="list-style-type: none"> <li>① 密閉容器を金庫から取り出す。</li> <li>② 水素ガス検知器を用いて水素濃度を測定する。</li> </ul>	
11. 払出GBから搬出		払出側グローブ作業	7分	0.5mSv	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・事前準備</li> <li>・試料の遮蔽</li> </ul>		
		試料保持				<ul style="list-style-type: none"> <li>① 試料容器をプラスチック製つぼ型容器に入れる。</li> <li>② つぼ型容器をビニールに入れGB外で保持する。</li> </ul>	
		シーラー作業				<ul style="list-style-type: none"> <li>③ GB外でシーラー作業を行い、余剰ビニールを切断する。</li> </ul>	

表 2.4-1 各作業における想定被ばく量と被ばく低減対策(3/3)

作業	作業内容	作業種	作業時間	想定被ばく量	被ばく低減対策
12. 運搬容器へ収納	 <p>ビニール養生されたつぼ型容器を運搬容器に収納する。</p>	運搬容器への収納	3分	0.2mSv	<ul style="list-style-type: none"> <li>・訓練による作業時間の短縮</li> <li>・試料の遮蔽</li> </ul>