

熊原第17-055号
平成29年11月1日

原子力規制委員会 殿

東京都品川区東品川二丁目2番4号
原子燃料工業株式会社
代表取締役社長 北川 健一

熊取事業所第2加工棟における酸化ウラン粉末の漏えいについて

標記の件について、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第62条の3に基づき、平成29年8月21日付けの熊原第17-047号にて報告しておりますが、その後実施した原因調査の結果と対策について詳細がまとまりましたので、別紙のとおり報告いたします。

別紙：原子力施設故障等報告書

以上

原子力施設故障等報告書

平成 29 年 11 月 1 日
原子燃料工業株式会社

件名	熊取事業所第 2 加工棟における酸化ウラン粉末の漏えいについて
事象発生の日時	発生日時* 平成 29 年 8 月 10 日 (木) 11 時 50 分頃 判断日時 平成 29 年 8 月 10 日 (木) 16 時 55 分 *粉末混合機本体フランジ操作台側に酸化ウラン粉末が漏えいしていることを確認した時刻。
事象発生の場所	第 2 加工棟 第 2-2 混合室 (第 1 種管理区域)
事象発生の原子力施設名称	原子燃料工業株式会社 熊取事業所 第 2 加工棟 成形施設
事象の状況	<p>平成 29 年 8 月 10 日 (木) 午前 11 時 50 分頃、第 2 加工棟第 1 種管理区域内の第 2-2 混合室において、粉末混合機のロードセル交換作業を実施するため、放射線管理に用いる作業環境の空气中放射性物質濃度測定用の器具 (以下「エアースニッフア」とする。) を仮設する作業を実施していた (以下「準備作業」とする。)。その際、粉末混合機本体フランジ操作台側に酸化ウラン粉末が漏えいしていることを、同準備作業を実施していた放管員 1 名が確認した。</p> <p>放射線管理面の初期対応として、空气中放射性物質濃度について、エアースニッフア、α 線連続監視モニタ、換気用モニタで異常のないことを確認した上で、汚染拡大防止措置として粉末混合機と粉末投入機付近を自主的に立入制限するとともに、粉末混合機と粉末投入機周囲を粉末飛散防止用カーテンにより区画した。また、事象発生時に、第 2 加工棟第 1 種管理区域は負圧に維持されており、モニタリングポスト及び排気用モニタの値から周辺環境への放射性物質の放出はないことを確認した。</p> <p>その後、作業員 2 名と汚染拡大防止の指導・助言のための放管員 1 名が適切な保護具を着用して酸化ウラン粉末の回収を行った。回収した酸化ウラン粉末の重量は 0.2 g であった。また、他に酸化ウラン粉末漏えいがないかを確認するため、当該設備の点検を行った。その結果、粉末混合機回転主軸フランジ操作台側においても酸化ウラン粉末が漏えいしていることを確認したため、酸化ウラン粉末を回収したところ、その重量は 18.9 g であった。</p> <p>酸化ウラン粉末の回収後、当該設備及びその周辺の除染と汚染検査を実施し、異常のないことを確認するとともに、放管員 1 名及び作業員 2 名については、作業後に実施した鼻スミヤ、体表面の汚染検査の結果か</p>

	<p>ら、内部被ばく、身体汚染がないことを 15 時 10 分に確認した。なお、後日バイオアッセイ（尿検査）も実施し、内部被ばくのないことを確認した。</p> <p>回収した酸化ウラン粉末の総重量とかさ密度から、放射性物質以外の物質が含まれるものの、大部分はウランを含有する酸化ウラン粉末であることから、保守的に総重量 19.1 g に相当する α 線を放出する放射エネルギーは、3.7×10^5 Bq（ウラン重量で 2.57 gU）を超えると判断した（放射エネルギーについては、2.77×10^6 Bq と評価した。その後、詳細評価を行った結果、最終的に α 線を放出する放射エネルギーは 1.88×10^6 Bq と算出した。）。</p> <p>よって、本事象は核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 62 条の 3 に基づく報告事象と 16 時 55 分に判断し、その旨を原子力規制庁に報告した。</p> <p>また、過去の内部被ばくの記録から、全放射線業務従事者に内部被ばくがなかったことを確認した。</p> <p>その後、原因調査の作業にあたっては、カーテンによる区画範囲から拡大してグリーンハウスを設置して実施した。</p> <p>(詳細別添参照)</p>
<p>事象の原因</p>	<p>酸化ウラン粉末漏えい事象を確認した第 2-2 混合室の粉末投入機及び粉末混合機は、再生濃縮ウラン加工も考慮に含め、ラインの新設等を目的とした加工事業変更許可（平成 4 年 11 月）に基づき設工認（平成 5 年 3 月）を受けて新設したものである。これに基づく新設工事では、再生濃縮ウランの取扱いによる作業員の被ばくの低減を目的に、ラインの自動化を図った。</p> <p>粉末投入機は、囲い式フード内において粉末保管容器からプラスチック袋に密封した酸化ウラン粉末を取り出し、プラスチック袋を開封して粉末投入口を通して粉末混合機に酸化ウラン粉末を投入する設備である。外部被ばく低減の観点から、設備内部にプラスチック袋を自動的に切断するための回転式カッターを収納する設計とした。</p> <p>しかし、当時の適用した設計プロセスにおいて、設計及び施工上の問題点、並びに保守管理上の問題点があった。</p> <p>【設計及び施工上の問題点】</p> <p>当時は、設備の設計段階において、閉じ込め機能に関する要求事項を把握していたものの、その要求事項について、漏れがなく、曖昧でなく、かつ相反することがないことを確認することが不足していた。また、要求事項が適切にアウトプットの形でまとめられていることを検証すること、妥当性確認を可能とするための設計図書や設計仕様書を維持する</p>

ことが不足していた。

粉末投入機の当初設計においては、設備内部へ回転式カッターを収納するため、駆動モーターの一部及び電気配線の収納及び回転式カッターの回転軸シール部から微粉末の移行の可能性を考慮して、粉末投入機の閉じ込め境界として樹脂板（アクリル）の背面カバーを設置した。この背面カバーは、回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保できるように下側に突き出した形状であり電気配線を設備外から引き込むため、背面カバー（突き合わせ接合部）に全ての電気配線を通す配線導入口を設け、配線導入口と電気配線との隙間及び電気配線間の隙間にプラスチック製のシール材を塗布しただけの閉じ込め機能が不十分な構造となった。

設置した背面カバーは、粉末投入機の骨組み部分と背面カバーの間にパッキンを挟み込み、直接ボルトではなくその外側から L 型支持金具を当てて押し付けることによって粉末投入機と固定していた。このため、パッキンの変質により隙間が生じると水平方向のがたつきが発生し得る構造であった。また、背面カバーの接合部は、2つの部材を突き合わせた接合強度の弱い構造（突き合わせ構造）であった。その接合部には専用接着剤を用いておらず、また、接着痕は接合面の 1/3 程度しか確認できない箇所があり接着不十分な状態であったため、長期にわたる使用によりその接着力は弱まった。結果として 2つの部材の接合面がずれてしまい接合部に隙間が生じる要因となった。

その後、平成 8 年 11 月の設工認を受けて粉末投入機を一部改造し、回転式カッターを撤去した。

背面カバー内に回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保する必要がなくなったが、背面カバーはそのまま継続活用し背面カバー内には不要となった電気配線を残した。回転式カッターを撤去したため、回転式カッターの回転軸シール部が酸化ウラン粉末の背面カバーへの移行経路ではなくなったが、投入ガイド及びホッパーの隙間が新たな背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路となった。しかし、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行を想定しておらず、酸化ウラン粉末が滞留する構造を改善する必要があるとの認識はなかった。

【保守管理上の問題点】

背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末は、臨界安全管理のため用いている粉末混合機ロードセルの重量測定の範囲外に存在し測定できない状況であった。

背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、保守を考慮した作業性評価といった閉じ

込め機能等の安全機能への影響に対しての検討についての設計関連図書、それに基づく製作仕様書を保管しておらず、保守管理（シールの点検、交換や背面カバーの点検、清掃）の検討を行ったことを示す記録はなかった。

また、粉末投入機及び粉末混合機の事象発生前の操作期間（平成 29 年 7 月 10 日から 8 月 9 日（事象発生の前日））における日常の保安活動の記録を確認した。操作記録によると、作業ごとに酸化ウラン粉末漏えいの有無に関する項目について、作業者が目視可能な範囲で点検を実施している。しかし、場所の定めはなく、背面カバーを確認項目としていなかった。巡視点検記録によると、毎日 1 回巡視点検者が目視可能な範囲の外観のみ確認しており、酸化ウラン粉末の漏えいの有無を確認項目として定めていない。目視可能か否かにかかわらず、閉じ込め機能を維持する部位は異常がないことを確認する必要がある。しかし、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行を想定しておらず、他の設備機器の背後に位置していることもあり、閉じ込め機能の一部である背面カバーを確認項目としていなかった。施設定期自主検査記録によると、閉じ込め機能として、粉末投入機の最大開口部における風速を確認しているだけであり、背面カバーを確認項目としていなかった。設備点検記録によると、動作機能維持の確認を目的として 3 カ月ごとに実施している。しかし、閉じ込め機能に係る部位の状態を確認項目としていなかった。背面カバーを点検要領及び保全計画の対象として規定しておらず、定期的な補修を実施していなかったため、角型鋼管と背面カバーに挟み込まれたパッキンが変質して固定の緩みが発生した。クリーンアップ作業は、燃料製造プロジェクトの切り替え時に行うものであり、設備内部の酸化ウラン粉末を除去し、設備内部の酸化ウラン粉末の有無の確認は、目視又は空間線量率測定により行う。しかし、目視確認においては、作業者の配置から見える範囲で外観を確認しているだけのため、背面カバーのように他の設備機器の背後に位置しており直接見えない部分を確認項目としていなかった。

上記のことから、背面カバーの点検に関しては、保安活動の観点で必要であるとの認識ではなかった。

また、事象発生当日の作業において、作業管理上の問題点があった。

【作業管理上の問題点】

ロードセルの交換作業の準備（平成 29 年 8 月 10 日）として、背面カバー近傍において放射線管理用器具の仮設作業を実施していた。その際、作業過程において作業者の腕が背面カバーの至近を通過し、背面カバーに接触することにより、背面カバーに外力がかかり、強度が低下し

	<p>ていた背面カバーの接合部に力が伝搬することでズレが発生した。 その結果、背面カバー内に堆積していた酸化ウラン粉末が設備外に漏えいした。</p> <p>以上より、本事象において明らかとなった問題点に対して対策を検討する。いずれも、安全確保を最優先として取り組む姿勢が不十分であった点で共通であると考ええる。</p> <p>(詳細別添参照)</p>
安全装置の種類 及び動作状況	該当せず
放射能の影響	なし
作業員の被ばく	なし
他に及ぼした障害	なし
復旧の日時	当該設備は、再発防止対策実施後に復帰する。
再発防止対策	<p>1. 設計及び施工上の問題点に対する対策 「事象の原因」において挙げた設計及び施工上の問題点を改善するため、以下の対策を講じる。</p> <p>(1) 設備設計管理の改善 (ア) 【問題点】：当時は、設備の設計段階において、閉じ込め機能に関する要求事項を把握していたものの、その要求事項について、漏れがなく、曖昧でなく、かつ相反することがないことを確認することが不足していた。また、要求事項が適切にアウトプットの形でまとめられていることを検証すること、妥当性確認を可能とするための設計図書や設計仕様書を維持することが不足していた。</p> <p>【対策】：現状は、設備設計に関する基準・要領を定めており、設計段階で考慮、検証すべき設計要求事項として以下を規定している。</p> <p>a) 機能及び性能に関する要求事項 b) 加工事業変更許可、設工認等適用される法令・規制要求事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 放射線安全設計 ・ 環境安全設計 ・ 臨界安全設計

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震安全設計 ・ 火災爆発に対する安全設計 ・ その他労働災害防止に対する安全設計 <p>c) 類似設計から得られた情報</p> <p>d) 調達先に関する情報</p> <p>e) 設計に不可欠なその他の要求事項</p> <p>閉じ込め機能が上記 a) から e) に示す設計要求事項のひとつであることを明確にする。また、安全確保最優先の観点から、設計レビューにおいて、設計要求事項に漏れがなく、曖昧でなく、かつ相反することがないことを確認する。</p> <p>(イ) 【問題点】：設備内部へ回転式カッターを収納するため、駆動モーターの一部及び電気配線の収納及び回転式カッターの回転軸シール部から微粉末の移行の可能性を考慮して、粉末投入機の閉じ込め境界として樹脂板（アクリル）の背面カバーを設置した。この背面カバーは、回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保できるように下側に突き出した形状であり電気配線を設備外から引き込むため、背面カバー（突き合わせ接合部）に全ての電気配線を通す配線導入口を設け、配線導入口と電気配線との隙間及び電気配線間の隙間にプラスチック製のシール材を塗布しただけの閉じ込め機能が不十分な構造となった。</p> <p>【対策】：閉じ込め機能を安全機能とする設備に対して、閉じ込め境界に影響を及ぼすような設計を行わない。また、閉じ込め境界を構成する部品には配線導入口を設けない。設計上必要である場合は、閉じ込め機能を維持する措置を講じる。</p> <p>(ウ) 【問題点】：背面カバーは、粉末投入機の骨組み部分と背面カバーの間にパッキンを挟み込み、直接ボルトではなくその外側からL型支持金具を当てて押し付けることによって粉末投入機と固定していた。</p> <p>【対策】：直接ボルト固定すべきところをその外側からL型支持金具を当てて押し付けることによって固定していたため、パッキンの変質により水平方向のがたつきが発生し得る構造であった。設備設計上、背面カバーのような構造は避けるべきであるが、必要である場合はパッキンと垂直な方向からボルトで固定する構造とする。</p> <p>(エ) 【問題点】：背面カバーの接合部は、2つの部材を突き合わせた接</p>
--	--

合強度の弱い構造（突き合わせ構造）であった。

【対策】：閉じ込めの境界で突き合わせ接合が必要な場合は、裏面又は表面から当て板をすることにより補強する構造とする。

(オ) 【問題点】：接合部には専用接着剤を用いておらず、また、接着痕は接合面の 1/3 程度しか確認できない箇所があり接着不十分な状態であった。

【対策】：アクリルやポリカーボネートの接合部に接着剤を用いる場合、材質に応じた専用接着剤を使用する。また、施工後に接着状態を確認し、十分に接着されていることを確認する。

(カ) 【問題点】：背面カバー内に回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保する必要がなくなったが、背面カバーはそのまま継続活用し背面カバー内には不要となった電気配線を残した。回転式カッターを撤去したため、回転式カッターの回転軸シール部が酸化ウラン粉末の背面カバーへの移行経路ではなくなったが、投入ガイド及びホッパーの隙間が新たな背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路となった。

【対策】：現状は、設備の導入・改造・更新時には、当該施設及び他の加工施設に及ぼす影響を考慮することを設計管理基準に定めている。ただし、より具体的な影響の考慮として、新たな設計により改善が可能な部分は改善を行い、不要となった部品、配線・配管類は撤去する。特に酸化ウラン粉末を取り扱う設備では、新たな設計により酸化ウラン粉末の移行経路ができないか確認する。

上記(ア)(イ)(ウ)(エ)(オ)(カ)の内容を設計管理基準及び要領に反映のうえ、設計担当者への教育を行う。また、教育を通じて安全確保を最優先として取り組む姿勢を維持するために、当該事象等の設計に起因する不適合を教育題材として、設計による安全確保の重要性を継承していく。

(2) 当該設備の改善

以上の改善を受けて、当該設備に対しては、設工認申請を行い、背面カバーの撤去及び背面カバーに代わる閉じ込め機能を設置する。

現在の優先的な設計方針として、具体的には、

- ・ 粉末投入機と粉末混合機の間に隙間を生じない構造とするため、フレキシブル継手を用いて粉末投入機と粉末混合機を接合

	<p>する設計</p> <p>とする。ただし、今後の設計過程で構造上困難な場合は、</p> <ul style="list-style-type: none"> 背面カバー撤去後に生じる粉末投入機の投入ガイドと粉末混合機のホッパーの間の隙間に、保護シールを取り付ける設計も検討案として考慮する。 <p>2. 保守管理上の問題点に対する対策</p> <p>「事象の原因」において挙げた保守管理上の問題点を改善するため、以下の対策を講じる。</p> <p>(キ) 【問題点】：背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末は、臨界安全管理のため用いている粉末混合機ロードセルの重量測定の範囲外に存在しており、測定できない状況であった。</p> <p>【対策】：通常の作業時に目視できない場所に、酸化ウラン粉末が堆積する可能性のある部位を設置しない設備構造にする。設計上このような部位が発生する場合は、設計情報のアウトプットに含めるよう設計関連の要領を見直すとともに、当該部位を定期的に清掃することを点検要領又は保全計画に含めるよう必要な要領を見直す。</p> <p>(ク) 【問題点】：背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、保守を考慮した作業性評価といった閉じ込め機能等の安全機能への影響に対しての検討についての設計関連図書、それに基づく製作仕様書を適切に保管しておらず、保守管理（シールの点検、交換や背面カバーの点検、清掃）の検討を行ったことを示す記録はなかった。</p> <p>【対策】：現在の設計管理の要領では、設計段階及び設計変更段階で保守管理に関する検討を行うことを明確に示していないため、</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計段階及び設計変更段階で保守管理に関する検討を行い、点検要領及び保全計画の作成に必要な情報を設計のアウトプットに含めるよう設計管理に係る要領を見直す。 現在の点検要領及び保全計画の実施項目及び実施内容について現時点における保守に係る最新の知見に基づき再評価し、必要に応じて見直す。 前述(カ)の対策に示すとおり、特に酸化ウラン粉末を取り扱う設備では、新たな設計により酸化ウラン粉末の移行経路ができないか確認するよう設計管理に係る要領を見直す。 <p>また、記録として保管する設計関連図書においては、閉じ込め機</p>
--	--

能等の安全機能への影響に対しての検討についての情報を残すよう設計管理に係る要領を見直す。

(ケ)【問題点】: 巡視点検では、巡視点検者が目視可能な範囲で外観を確認しているだけである。目視可能か否かにかかわらず、閉じ込め機能を維持する部位は異常がないことを確認する必要がある。しかし、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行を想定しておらず、他の設備機器の背後に位置していることもあり、閉じ込め機能の一部である背面カバーを確認項目としていなかった。

【対策】: 設計からのアウトプットに含まれる点検箇所のうち、直接見ることが困難な部位については、点検要領に含めて頻度を決めて定期的に点検するよう、保守管理関連の要領を見直す。

(コ)【問題点】: 背面カバーを点検要領及び保全計画の対象として規定しておらず、背面カバー全体に定期的な補修を実施していなかったため、結果として角型鋼管と背面カバーに挟み込まれたパッキンが変質して固定の緩みが発生した。

【対策】: パッキン、フードの点検について、点検が困難な箇所について現状の点検要領を確認し、抜けがある場合は点検要領に反映し、定期的に点検を行う。また、経年劣化を考慮して、保全計画にも反映する。

上記(キ)(ク)(ケ)(コ)の内容に係る設計管理及び保守管理の改善に当たっては、要領を見直すとともに保安規定変更も行うこととする。

3. 作業管理上の問題点に対する対策

「事象の原因」において挙げた作業管理上の問題点を改善するため、以下の対策を講じる。

(サ)【問題点】: 背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、並びにこれらに基づく背面カバーの保守管理を検討した結果に基づき、背面カバーを設計し適切に施工していれば、作業員の身体が背面カバーに接触しても背面カバーのズレは発生しなかった。さらに、作業員が作業環境や設備の状態を事前に想定できていれば、作業員の身体が背面カバーへ接触することを回避できたと考えられる。

【対策】:(工事)作業計画を作成して実施する作業(非常作業)において、放射線管理作業のような定常作業を含む場合、(工事)作業計画に当該定常作業に関する安全上留意すべき事項(設備、

周辺環境及び核燃料物質の状態及び変更点)を記載するよう、(工事)作業計画の作成手順を見直すとともに、当該定常作業の作業標準にも同様の安全上留意すべき事項を記載することにより、作業管理における作業者同士のコミュニケーション向上を図る。

4. 類似設備の総点検

1. から 3. に挙げた問題点と同様の構造を有する既設設備の有無及び閉じ込め機能に関する部位の劣化を確認し、今後の点検、保全の方法の改善に資することを目的として類似設備の総点検を実施した。

点検作業を行うにあたり、点検者による点検結果のばらつきを防止するため、点検のポイントと劣化程度の判定基準を明確にした点検要領を作成した。作成した点検要領は作業計画に添付し、点検者に対して教育を行ってから点検を行った。

(1) 対象設備

日常点検対象の全加工施設のうち非密封の酸化ウラン粉末を取り扱う設備とした。

(2) 設備外への漏えいの有無

(1)に挙げた対象設備について、前面、背面、右面、左面、上面、下面の6方向から、設備外への酸化ウラン粉末漏えいの有無を確認した。隣接設備や壁があり見えない面については、カバーを開けて内側から点検を行った。

点検の結果、対象設備について設備外への酸化ウラン粉末の漏えいがないことを確認した。

(3) 設備内への酸化ウラン粉末の堆積の有無

(1)に挙げた対象設備について、設備内に酸化ウラン粉末が堆積していないか点検を行った。(2)と同様に各面から設備を点検した結果、設備内に酸化ウラン粉末の堆積がないことを確認した。

(4) 構造上の類似点の洗い出し

点検のポイントを設定し、(1)に挙げた対象設備の構造を点検することにより、酸化ウラン粉末漏えい事象のあった粉末投入機との構造上の類似点の洗い出しを行った。点検ポイントの設定は、「事象の原因」の「設計及び施工上の問題点」に示した内容を反映して以下の点とした。

A. 酸化ウラン粉末が堆積する可能性があり、目視できない箇所の

	<p>有無</p> <p>B. 閉じ込め境界への配線導入部の有無</p> <p>C. アクリルまたはポリカーボネートの突き合わせ接着部の有無</p> <p>D. ボルト・溶接・接着以外の固定の有無</p> <p>(2)と同様に各面から設備を点検した結果、上記 A～D の項目について、複数の設備で該当する箇所があることを確認した。</p> <p>(5) 閉じ込めに関する部位の劣化の有無</p> <p>上記(4)で確認した構造上の類似箇所以外であっても、パッキンやコーキング等の閉じ込め機能に関する部位は各設備に存在する。これらの箇所と(4)に示した構造上の類似箇所について劣化の有無を点検した。劣化の点検ポイントを以下に示す。</p> <p>ア. パッキンの劣化</p> <p>イ. コーキングの劣化</p> <p>ウ. ボルトの緩み</p> <p>また、構造上の類似点があった箇所については、以下の観点で劣化の確認を行った。</p> <p>B. 配線導入部シールの劣化</p> <p>C. 突き合わせ接着部の劣化</p> <p>D. ボルト・接着・溶接以外の固定部の緩み</p> <p>構造上の類似点のうち、Aの酸化ウラン粉末が堆積する可能性があり、目視できない箇所についての劣化は上記ア. ～ウ. 及び B～D により確認した。</p> <p>点検の結果、パッキン、コーキング等の劣化が認められる箇所があることを確認した。</p> <p>(6) 今後の対応</p> <p>以上の点検により、点検対象の設備について設備外への酸化ウラン粉末の漏えいがないことを確認した。また、酸化ウラン粉末が堆積している箇所がないことを確認していることから、直ちに酸化ウラン粉末漏えいの可能性がある設備はない。</p> <p>ただし、構造上の類似点のある設備、閉じ込め機能に関する部位の劣化のある設備、点検ポイントとして挙げた以外の点で気付き事項のある設備がある。</p> <p>これらの設備については今後の稼働予定も勘案したうえで、状況に応</p>
--	--

	<p>じて点検箇所及び頻度を見直すとともに、優先順位をつけて順次補修を行う。</p> <p>(7) 東海事業所における点検結果</p> <p>東海事業所においても熊取事業所と同じチェックシートを用いて、類似設備の総点検を実施した。類似設備の抽出方法も熊取事業所と同じであり、点検要領も統一して実施した。点検の結果、熊取事業所と同様に今後の点検、保全方法の改善に反映すべき点が抽出されており、熊取事業所と同様の対応を行う。</p> <p>焙焼炉の一部について、目視できない箇所の酸化ウラン粉末堆積の有無が未確認となっているが、4台ある同タイプの焙焼炉のうち、使用頻度の高い1台について酸化ウラン粉末の堆積のないことを確認した。未確認の残り3台も同様に酸化ウラン粉末の堆積はないものと推測される。</p> <p>現在、東海事業所では、給排気設備のダクトの腐食および隙間の補修のための工事を実施しており、工事の過程で、給排気設備の停止、一時的な給排気設備運転、給排気設備の再停止を行う。今回、この一時的な給排気設備運転の期間に類似設備の点検を実施した。未確認の焙焼炉3台については、ダクト補修工事が完了し、給排気設備の運転再開の後、速やかに点検を行う。</p> <p>(詳細別添参照)</p>
--	---

別添

熊取事業所第 2 加工棟における酸化ウラン粉末の漏えいについて

平成 29 年 11 月 1 日

原子燃料工業株式会社 熊取事業所

目 次

1. 件名	1
2. 事象発生の日時	1
3. 事象発生場所	1
4. 発生状況	1
5. 加工施設の概要	6
6. 原因究明	10
7. 対策の検討.....	25

図

図 1：熊取事業所の加工施設配置図	32
図 2：第 2 加工棟 1 階平面図	32
図 3：酸化ウラン粉末の漏えい確認状況（平面図）	33
図 4：粉末混合機フランジ上の酸化ウラン粉末（粉末混合機本体フランジ操作台側） ..	34
図 5：粉末混合機本体フランジ操作台側で発見した粉末（粉末 A）	34
図 6：粉末混合機フランジ上のウランを含む粉末（粉末混合機回転主軸フランジ操作台側）	35
図 7：粉末混合機回転主軸フランジ操作台側で発見した粉末（粉末 B）	35
図 8：粉末混合機及び粉末投入機、周辺機器の概略図	36
図 9：事象発生後の汚染拡大防止のためのカーテン養生区域及び第 2-2 混合室の粉末混合 機周辺のエアースニッフアの設置位置.....	37
図 10：事象発生日におけるモニタリングポストのトレンドと設置場所	38
図 11：事象発生日における第 2 加工棟の排気用モニタ及び換気用モニタのトレンド	39
図 12：第 2 加工棟における排気用モニタの系統図	40
図 13：事象発生日における α 線連続監視モニタのトレンド	41
図 14：調査作業のためのグリーンハウスの設置範囲	42
図 15：平成 19 年 4 月以降の空气中放射性物質濃度測定結果	43
図 16：平成 19 年 4 月以降の表面密度測定結果	43
図 17：事象発生以降のモニタリングポストトレンド	44
図 18：事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド	45
図 19：燃料集合体加工工程の概要	53
図 20：粉末調整工程（第 2-2 混合室）の概略図	54
図 21：粉末混合機と粉末投入機の接続部の主要構造	55
図 22：粉末投入機の詳細構造	56
図 23：投入ガイド及び周辺の構造図	57
図 24：背面カバーの接合部及びシール部	58
図 25：背面カバー（片方）の詳細図	58
図 26：当該設備の複数ユニットの評価体系	59
図 27：粉末投入機及び粉末混合機の構造（側面図及び上視図）	60
図 28：粉末 A の状況（1）	61
図 29：粉末 A の状況（2）	61
図 30：粉末 B の状況（粉末混合機背面側から）	61
図 31：粉末 B の状況（図 6 拡大図）	61
図 32：粉末 C の状況（1）	61
図 33：粉末 C の状況（2）	61
図 34：8 月 10 日 除染前表面密度測定結果	62

図 35 : 8 月 10 日除染後表面密度測定結果	63
図 36 : 設備の健全性調査対象箇所一覧	64
図 37 : 背面カバーのズレ (1)	65
図 38 : 背面カバーのズレ (2)	65
図 39 : 背面カバーのがたつき概略図	65
図 40 : 取り外した背面カバー片側断面	66
図 41 : 取り外した背面カバーの突き合わせ	67
図 42 : 漏えい箇所付近の汚染検査結果	68
図 43 : エアースニッフア仮設作業.....	69
図 44 : フレキシブル継ぎ手を採用する設計	70
図 45 : 保護シールを採用する設計.....	70

表

表 1：熊取事業所の緊急対策組織.....	71
表 2：事象の時系列表	72
表 3：漏えい箇所の調査結果.....	73
表 4：類似設備に関する調査結果（熊取事業所）	75
表 5：類似設備に関する調査結果（東海事業所）	78
表 6：原因と対策の対応.....	82
表 7：第 2 加工棟における酸化ウラン粉末の漏えいに係る実施計画.....	84

添付

- 添付 1：放管員、作業員の内部被ばくの確認状況
- 添付 2：漏えいしたウランの放射エネルギーの評価について
- 添付 3：粉末投入機及び粉末混合機について
- 添付 4：熊取事業所の調査体制
- 添付 5：漏えい箇所の詳細調査結果
- 添付 6：酸化ウラン粉末が漏えい発生した箇所の概要
- 添付 7：背面カバーについて
- 添付 8：回収した粉末 B 及び粉末 C の化学分析結果
- 添付 9：巡視及び操作記録確認結果及び記録様式、点検ポイント
- 添付 10：酸化ウラン粉末漏えい類似設備の点検要領

1. 件名

熊取事業所第2加工棟における酸化ウラン粉末の漏えいについて

2. 事象発生の日時

事象発生の日時（※1）：平成29年8月10日11時50分頃

※1 粉末混合機本体フランジ操作台側に酸化ウラン粉末が漏えいしていることを確認した時刻。

法令に基づく判断日時：平成29年8月10日16時55分

〔 ・回収した酸化ウラン粉末の総重量とかさ密度から α 線を放出する放射エネルギーが、 3.7×10^5 Bqを超えると判断したこと。〕

3. 事象発生場所

原子燃料工業株式会社 熊取事業所

第2加工棟 第2-2混合室（第1種管理区域）

（図1及び図2参照）

4. 発生状況

4.1. 発生事象

平成29年8月10日11時50分頃、第2-2混合室（図2参照）において、粉末混合機の保守、点検作業の一環として質量管理インターロック機構の構成部品であるロードセルの交換作業（※1）を実施するため、事前に放射線管理に用いる作業環境の空气中放射性物質濃度測定用の器具（以下「エアースニッフア」という。）を仮設する作業（※2 以下「準備作業」という。）を実施していた。この時、粉末混合機本体フランジ操作台側に酸化ウラン粉末（以下「粉末A」という。）が漏えいしていることを、同準備作業を実施していた環境安全部の放射線管理作業員（以下「放管員A」という。）が確認した（図3と図4参照）。直ちに上長（主任）に連絡し、連絡を受けた上長から担当部長に連絡し、担当部長は核燃料取扱主任者、所長へと連絡した。酸化ウラン重量等の詳細が不明な状況ではあったが、まずは社外通報先（原子力規制庁事故対処室、現地規制事務所）に電話による通報連絡を実施した。さらに12時14分に緊急対策本部に準じた体制とするため、情報1係、2係及び総務広報係を招集するとともに、関係先への通報活動を開始した。熊取事業所の緊急対策組織を表1に示す。その後、緊急対策本部の指示に従い、粉末Aの回収作業及び当該設備の点検を行った。

上記の指示に従い、燃料製造部の作業員2名（作業員B及び作業員C）が全面マスク等の保護具を着用し粉末Aを回収したところ、重量は0.2gであった（図5参照）。

また、当該設備の点検を行ったところ、同日13時20分頃、粉末混合機回転主軸フランジ操作台側においても酸化ウラン粉末（以下「粉末B」という。）が漏えいしていることを確認した（図6参照）。同様に緊急対策本部の指示を受け、保護具着用の上、粉末Bを回収したところ、重量は18.9gであった（図7参照）。

上記 2 箇所で発見した酸化ウラン粉末の位置関係を図 3 に示す。したがって、粉末混合機上で回収された漏えいした酸化ウラン粉末の総重量は、19.1 g であった。

- ※1 粉末混合機は核的制限値（質量制限）を設定した設備である。当該設備では、取り扱う酸化ウラン粉末の重量測定を 3 台のロードセル（荷重を電気信号に変換し、重量を検出するセンサー）を用いて行っている。ロードセルは計測器として登録・管理しており、年 1 回校正が必要である。ロードセルの交換作業は、その校正のための取外し及び校正済ロードセル取付け作業であって、粉末混合機をジャッキアップして作業を実施する。例年、この作業は（工事）作業計画を作成して 8 月頃に実施している。
- ※2 ロードセル交換作業場所は、粉末投入機の背面部にあり、ここに立ち入るには隣接する粉末搬送機の囲い式フード内を通過する必要がある。この囲い式フード内では核燃料物質を容器内で取り扱っているが、作業者が囲い式フードの中を通過して、出入口扉を開閉することから出入口扉に近い作業場所の作業環境測定が必要となる。作業環境測定の作業標準に則って実施するエアースニッフア（作業環境中の空気に含まれる放射性物質をろ紙に捕集させるための装置）の仮設作業は、その作業環境測定を行うための準備であって、ロードセル交換作業前に行う。

4.2. 事象発生時の作業状況

第 2-2 混合室（図 2 参照）では、本設備を用いた粉末調整作業を本年 7 月 10 日から 8 月 7 日までの 29 日間において 33 シフト勤務（16.5 日）で合計約 20 トンについて実施し、次工程への酸化ウラン粉末の移送を 8 月 8 日に終了した。このため、酸化ウラン粉末を粉末混合機本体フランジ操作台側上に発見した当日は、粉末混合機内には酸化ウラン粉末は無かった。保守、点検作業の一環として質量管理インターロック機構の構成部品であるロードセルの交換作業を実施するために、事前に粉末混合機上に作業場所における空气中放射性物質濃度測定用のエアースニッフアを仮設する作業を実施していた。粉末混合機のロードセルの位置及びエアースニッフアの仮設位置を図 8 に示す。

準備作業に当たっては、作業標準及び（工事）作業計画に基づく必要な保護具（綿手袋、ゴム手袋、半面マスク）を着用していた。給排気設備を通常どおり運転しており、第 2 加工棟第 1 種管理区域の負圧を維持していた。

4.3. 発生場所における放射線及び汚染の状況

事象発生直後に、図 9 に示す粉末混合機周辺に常設しているエアースニッフアのろ紙を α 線サーベイメータで測定した結果、通常の変動範囲内であったことから空气中への酸化ウラン粉末の飛散がなかったことを確認した。ただし、酸化ウラン粉末の回収作業などで空气中放射性物質濃度や表面密度が上昇する可能性があるため、粉末投入機及び粉末混合機を設置している第 2-2 混合室中 2 階への関係作業員以外の者の立入りを制限した。次に、酸化ウラン粉末の飛散による汚染拡大防止の応急措置のため、粉末投入機及び粉末混合機のメンテナンス用に常設している酸化ウラン粉末飛散防止用カーテン（以下「カーテン」

という。)により粉末混合機の区画(以下「カーテン養生区域」という。)を設けた(図9参照)。さらに、酸化ウラン粉末の吸入防止及び汚染拡大防止のため、作業標準に基づき立入制限した区域への入域時には半面マスクと靴カバー、カーテン養生区域への入域時には全面マスク、タイベック、ゴム手袋及び靴カバーを着用することとした。酸化ウラン粉末発見直後から粉末混合機の除染作業終了の期間において、第2-2混合室内の空气中放射性物質濃度を α 線連続監視モニタ(※1)により監視を行った。

モニタリングポスト(※2)及び第2加工棟の排気用モニタ(※3)の指示値は、本事象の発生の前後で変化はなかった。図10にモニタリングポストの指示値のトレンドと設置場所、図11及び図12に第2加工棟の排気用モニタの指示値のトレンドと系統図を示すが、大きな変化はなかった。

発生場所における空气中放射性物質濃度については、酸化ウラン粉末発見前から粉末混合機の除染終了の期間において、換気用モニタ(※4)及びカーテン養生区域内の α 線連続監視モニタ(エアースニッフア No.78)の指示値は通常の変動範囲内であった。図11に換気用モニタの指示値のトレンド、図13に α 線連続監視モニタにおける指示値のトレンドを示すが、大きな変化はなかった。

粉末混合機周辺に常設しているエアースニッフアのろ紙を天然核種の減衰後に放射能測定装置で測定した結果、最大 3.19×10^{-8} Bq/cm³ で通常範囲(昨年実績の最大は約 1.5×10^{-7} Bq/cm³、社内管理値は $< 2.40 \times 10^{-7}$ Bq/cm³) 内であり、空气中濃度限度の 3×10^{-6} Bq/cm³ 未満であることを確認した。

粉末混合機の除染作業が終了した直後に、粉末混合機周辺の床面の表面密度(※5)を測定した結果、最大 104 mBq/cm² で通常範囲(昨年実績の最大は約 240 mBq/cm²、社内管理値は < 400 mBq/cm²) 内であり、表面密度限度の 4,000 mBq/cm² 未満であることを確認した。また、8月14日に第2-2混合室内各所の表面密度(※5)を測定した結果、最大 118 mBq/cm² で通常範囲(昨年実績の最大は約 240 mBq/cm²、社内管理値は < 400 mBq/cm²) 内であり、表面密度限度の 4,000 mBq/cm² 未満であることを確認した。これらの結果から、除染などの作業によりカーテン養生区域外には酸化ウラン粉末が飛散しなかったことを確認した。

なお、その後の調査作業のため、8月11日に当初のカーテンによる区画範囲から拡大してグリーンハウスを設置した(図14参照)。

- ※1 α 線連続監視モニタは、酸化ウラン粉末を取り扱う設備の近傍に常設しているエアースニッフアのろ紙を α 線サーベイメータで常時測定し、その測定値を監視盤にて表示させるとともにチャート紙に記録する装置である。空气中放射性物質濃度が通常の変動範囲を超えて上昇した場合は、警報を発する機能を有する。
- ※2 モニタリングポストは、熊取事業所の敷地境界付近における γ 線量を常時測定し、その測定値を監視盤にて表示させるとともにチャート紙に記録する装置である。 γ 線量が社内管理値を超えた場合は、警報を発する機能を有する。

※3 排気用モニタは、建屋から周辺環境に放出している排気に含まれる放射性物質をろ紙に捕集させ、そのろ紙の放射エネルギーを連続測定し、その測定値を監視盤にて表示させるとともにチャート紙に記録する装置である。放射エネルギーが社内管理値を超えた場合は、警報を発する機能を有する。

建屋から放出する排気は、高性能エアフィルタを通過した放射性物質を除去後の空気である。

※4 換気用モニタは、酸化ウラン粉末を取り扱う部屋からの排気に含まれる放射性物質をろ紙に捕集させ、そのろ紙の放射エネルギーを連続測定し、その測定値を監視盤にて表示させるとともにチャート紙に記録する装置である。放射エネルギーが社内管理値を超えた場合は、警報を発する機能を有する。

換気用モニタで測定している排気は、高性能エアフィルタを通過させる前の空気である。

※5 表面密度は、以下の式により算出する。

表面密度 (Bq/cm²) = (スミアろ紙により採取した試料の計数率 (cpm) - バックグラウンド計数率 (cpm)) / (スミアろ紙の拭き取り面積 (100 cm²) × スミアろ紙の拭き取り効率 (50%) × 線源効率 (25%) × 測定器の機器効率 (%) × 60)

4.4. 作業者の被ばく及び作業環境の状況

作業者の被ばくを防止するため、酸化ウラン粉末を取り扱う作業における放射線管理として、作業員には作業環境に応じた防護具を着用させ、空气中放射性物質濃度の上昇等の異常な事象が発見された場合には、α線連続監視モニタの警報吹鳴の有無及び指示値の確認、近傍のエアスニフアのろ紙測定、身体汚染測定、吸入摂取量の評価をするための鼻スミアの採取等を実施することを作業標準に定めている。

今回の酸化ウラン粉末漏えい事象においては、放管員 A は、酸化ウラン粉末が漏えいしていることを発見し、その直後にα線連続監視モニタの警報吹鳴がないこと及び指示値が1~5 cpm程度で通常範囲であることを確認した。その後、放管員 A は、第2-2混合室近傍から退避し、必要な連絡を実施した。

放管員 A は、万一のウランの吸入防止のため発見前から半面マスクを着用していたこと及び粉末混合機近傍のα線連続監視モニタの警報吹鳴はなく指示値も通常範囲であり、粉末混合機周辺に酸化ウランの飛散がなかったことから吸入摂取のおそれはなく、また連絡を受けて退避場所に駆けつけた上長らが作業状況や目視による衣服への汚染を確認した結果から、身体汚染のおそれはないと判断した。放管員 A には身体汚染等の影響はないと判断したことから、引き続き作業に従事させることとした。その後、退避場所で全面マスク等を着用後に粉末混合機近傍のエアスニフアのろ紙測定を実施した。

カーテンによる粉末混合機の区画設置にあたっては、作業員 B 及び C が退避場所で全面マスクを着用後に実施した。

漏えいした酸化ウラン粉末の回収作業及び設備の除染作業に係わった放管員 A、作業員 B 及び C は全面マスクを着用しており、作業終了直後にサーベイメータにより身体汚染を測定した結果問題ないことを確認した。さらに作業後に放管員 A、作業員 B 及び C の内

部被ばく確認のため、放射能測定として鼻スミア法及びバイオアッセイ法（尿中ウラン分析）を適用した。測定の結果、いずれも放射能量は検出下限未満であり、放射能は検出されなかった（添付 1 参照）。

酸化ウラン粉末漏えいの発生時点では漏えい時期が特定できていなかったため、過去に遡って、作業者の内部被ばく状況と作業環境について調査を実施した。

粉末混合機を設置した平成 5 年から平成 29 年 6 月までの放射線業務従事者全員の内部被ばく線量評価記録を調査し、2 mSv/3 ヶ月を超えた実績がないことを確認した。以上のことから、粉末混合機を設置して以降、放射線業務従事者の内部被ばくがないことを確認した。

また、平成 29 年 8 月 10 日以前の空气中放射性物質濃度及び表面密度について、保安規定に基づき保管している放射線管理記録を調査した。その結果、記録が保存されている平成 19 年 4 月以降の放射線管理記録に内部被ばくに影響する法令限度値を超える測定値はなく、作業環境に問題がなかったことを確認した（図 15 及び図 16 参照）。

今回の酸化ウラン粉末漏えい事象においては、空气中放射性物質濃度は上昇しておらず、防保護具を着用していたことで吸入摂取のおそれがないと判断した。しかしながら、今回の事象を踏まえた改善事項として、酸化ウラン粉末漏えい事象においては、空气中放射性物質濃度、表面密度等の作業環境中の状態を問わず、発見者及び当該区域にいた作業者の退避、身体の汚染測定、鼻スミアの採取を確実に実施する手順を定めることにより、きめ細やかな放射線業務従事者の被ばく管理を徹底することとする。

4.5. 本事象発生の時系列

本事象発生から法令報告事象として報告するまでの時系列を表 2 に示す。

4.6. 法令報告に係る通報の状況

回収した酸化ウラン粉末に対して α 線サーベイメータによって放射線を測定したところ有意な α 線を検出した。また、この酸化ウラン粉末を円柱状の容器に入れ、かさ密度を測定した結果、1.8 g/cm³ であった。ペレット加工に用いる酸化ウラン粉末のかさ密度は 1.9~3.0 g/cm³ であって、回収した酸化ウラン粉末のかさ密度はこれを下回るものの、大部分はウランを含有する酸化ウラン粉末であると判断した。本来不純物分析を行い、回収した酸化ウラン粉末中のウラン量を特定すべきであるが、第 2 分析室では酸化ウラン粉末を取り扱えない状態（※1）であったことから、回収した総重量 19.1 g 全てが酸化ウラン粉末であると保守的に仮定することとした。その仮定に基づき算出した α 線を放出する放射能量は 2.77×10⁶ Bq（ウラン 1 g 当たりの放射能（比放射能）は、加工事業変更許可に基づく値 1.44×10⁵ Bq/gU を用いた。）となり、法令報告事象となる 3.7×10⁵ Bq を超える結果となった。このことから、平成 29 年 8 月 10 日 16 時 55 分、本事象を核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 62 条の 3 の規定に基づく報告事象（※2）と判断した。

以上のことを 16 時 58 分原子力規制庁に電話により連絡し、17 時 30 分その旨を記載し

た FAX を送信した。

その後、回収した酸化ウラン粉末の濃縮度及びウラン含有率の分析結果を基にして詳細評価を行った結果、最終的に α 線を放出する放射エネルギーは 1.88×10^6 Bq (ウラン 1 g 当たりの放射能(比放射能)は、濃縮度の分析結果に基づき加工事業変更許可に基づく値 1.44×10^5 Bq/gU を換算した値 1.18×10^5 Bq/gU を用いた。) と算出した (算出根拠は添付 2 参照)。

- 1 給排気設備の局所排気ダクトの更新工事を実施し、平成 29 年 7 月 28 日に使用前検査を受検した。平成 29 年 8 月 25 日に合格証の交付を受けウランの取扱いが可能となった。
- 2 核燃料物質の加工の事業に関する規則第 9 条の 16 第 1 項第 8 号に規定する核燃料物質等の管理区域内で漏えいした α 線を放出する放射性物質が 3.7×10^5 Bq を超えるもの。

4.7. 環境への影響

酸化ウラン粉末発見時、第 2 加工棟の給排気設備を通常どおり運転し、第 1 種管理区域内の負圧を正常に維持しており、モニタリングポスト及び排気用モニタの指示値は通常の変動範囲内であった。よって、本事象発生時の環境への影響はない(図 10 及び図 11 参照)。

また、事象発生以降も第 2 加工棟は給排気設備を運転しており、第 1 種管理区域内の負圧を正常に維持し続けている。モニタリングポスト、排気用モニタの指示値は通常の変動範囲内で推移している(図 17 及び図 18 参照)ことから、事象発生以降、環境への影響はない。

5. 加工施設の概要

5.1. 熊取事業所における加工工程の概要 (図 19 参照)

本加工施設では、燃料集合体の製造を行っており、取り扱う酸化ウラン粉末は濃縮度 5% 以下である。原料として入荷した酸化ウラン粉末を限定した区域に閉じ込め、粉末調整のため混合、圧縮成形を経て圧粉ペレットとする。成形した圧粉ペレットは、可燃性ガスを使用した還元雰囲気内で高温焼結し、研磨、洗浄後、寸法、外観検査等を行い焼結ペレットとする。

次に焼結ペレットを必要数量並べて、あらかじめ下部側の端栓を溶接した被覆管に挿入し、必要に応じ乾燥させた後、上部側の端栓を溶接して密封し燃料棒とする。この燃料棒について、寸法検査、X線検査、ヘリウムリーク検査、外観検査等を行う。

次に燃料棒を、支持格子等の燃料集合体部品を用いて組み立てて燃料集合体とする。この燃料集合体について、寸法検査、外観検査等を行い、輸送容器に梱包し出荷する。

なお、これら一連の工程において、非密封の酸化ウラン粉末、二酸化ウランペレット等は、飛散及び汚染のおそれがあるため、第 1 種管理区域において、密封した燃料棒、燃料集合体は第 2 種管理区域において取り扱う。

注：第 2 種管理区域：放射性物質を密封して取り扱い又は貯蔵し、汚染の発生のおそれのない区域 (以下「汚染のおそれのない区域」という。)

第 1 種管理区域：汚染のおそれのない区域以外の区域

5.2. 本事象が発生した工程の概要

本加工施設では、成形施設は第 2-1 混合室及び第 2-1 ペレット室の第 1 ラインと第 2-2 混合室及び第 2-2 ペレット室の第 2 ラインの 2 ラインある。本事象は、第 2 ラインの第 2-2 混合室の粉末調整工程の粉末投入機及び粉末混合機で発生した。当該設備・機器を含むこの工程での酸化ウラン粉末の取扱いを以下に示す。また、粉末調整工程の概略を添付 3 及び図 20 に示す。

なお、第 2 加工棟の第 2-2 混合室の粉末混合機及び粉末投入機は、平成 4 年 11 月の加工事業変更許可に基づき平成 5 年 3 月の設計及び工事の方法の認可（以下「設工認」という。）を受けて設置し、その後、平成 8 年 11 月の設工認を受けて設備変更を実施し、さらに平成 15 年 12 月の加工事業変更許可に基づき核的制限値の記載を見直した。

粉末調整、圧縮成形を行うため、原料貯蔵設備に貯蔵している酸化ウラン粉末を収納した粉末保管容器を、粉末保管パレットに 4 缶積載した状態で原料搬送設備により第 2-2 混合室に搬送する。第 2-2 混合室に搬送した粉末保管パレットを、粉末缶昇降リフトによって周回コンベア部まで搬送し、粉末缶移載機により粉末保管容器 1 缶ごとに粉末投入機の囲い式フード内に搬送する。

その後、作業者が粉末投入機の囲い式フード内において粉末保管容器からプラスチック袋に密封した酸化ウラン粉末を取り出し、プラスチック袋を開封して粉末投入口を通して粉末混合機に酸化ウラン粉末を投入する。本作業を数十回繰り返して所定の酸化ウラン粉末を充填し、また工程から発生した再利用する酸化ウラン粉末、さらに成形性及び成形密度を調整する添加剤も合わせて粉末混合機に投入し、混合して粉末調整を行う。

次に、粉末調整を終えた粉末混合機内の酸化ウラン粉末を、粉末搬送機によって繰り返し供給瓶まで搬送し、その後、供給瓶に貯留した酸化ウラン粉末を粉末取出配管部を通して圧縮成形工程へ供給する。

粉末混合機、粉末投入機、周辺機器の概要を図 8 に示す。

5.3. 本事象が発生した設備・機器の構造

(1) 粉末混合機

鋼製の円錐形状の密閉容器であり、上下部には閉じ込め弁を設置し、上部には粉末混合機に酸化ウラン粉末を投入するための粉末投入機を接続し、下部は酸化ウラン粉末を取り出すための粉末搬送機を接続できる構造としている。

また、粉末投入機との接続部には、粉末投入機から投入される酸化ウラン粉末を設備内に取り込むために、上部にステンレス製のホッパーを設置している。粉末投入機と粉末混合機は、酸化ウラン粉末投入時の粉末混合機内ウラン重量の秤量のために構造上独立している。粉末混合機と粉末投入機の接続部分の主要構造を図 21 に示す。

(2) 粉末投入機

構造部材として角型鋼管を骨組みとして、側面及び天井部は透明な樹脂板、床面のステンレス板で構成し、粉末混合機への投入口にはステンレス製の投入ガイドを設置している。粉末投入機の詳細構造を図 22 に示す。

5.4. 本事象が発生した設備・機器の安全設計

(1) 閉じ込め機能に係わる設計の考え方

本加工施設の安全機能を有する設備は、取り扱うウランの形態等により適切な閉じ込めの機能を有したものを設置する。加工施設内の設備・機器を閉じ込めの観点で分類すると①のとおりであり、閉じ込めの機能が必要な設備・機器における具体的な安全設計は②のとおりである。

① 設備・機器の閉じ込めに関する分類

- (ア) 酸化ウラン粉末を容器で閉じ込める設備・機器
- (イ) 酸化ウラン粉末を囲い式フードで閉じ込める設備・機器
- (ウ) 酸化ウラン粉末を容器又は囲い式フード以外の設備で閉じ込める設備・機器
- (エ) 圧粉ペレット又は焼結ペレットを取り扱う設備・機器
- (オ) 被覆管に密封したウラン（燃料棒）を取り扱う設備・機器
- (カ) 被覆管に密封したウラン（燃料集合体）を取り扱う設備・機器
- (キ) 可燃性ガスを取り扱う設備・機器
- (ク) 気体廃棄物を処理する設備・機器
- (ケ) 液体廃棄物を処理する設備・機器
- (コ) 固体廃棄物を処理する設備・機器
- (サ) その他核燃料物質を直接取り扱わない設備・機器

② 閉じ込めに関する安全設計

- (ア) 容器をパッキン付き蓋等で密閉し飛散を防止する構造とする
- (イ) 囲い式フードを排気系統に接続し、開口部風速又は内部の負圧を維持する
- (ウ) 設備本体の構造を漏えいのない構造とする
- (エ) 取扱い・搬送時の落下を防止する構造とする
- (オ) 可燃性ガスの漏えい、空気混入を防止する構造とする
- (カ) 高性能エアフィルタ、排風機及びダクトからなる排気設備を設ける
- (キ) 排気設備により空気中のウラン濃度を濃度限度以下にし、室内を負圧に維持する
- (ク) ウランを含む液体を取り扱う設備は、耐食性のある材料で造り、漏えいを防止する構造とする

5.3 で記した当該設備は、上記の①の（イ）（ウ）及び②の（イ）（ウ）を考慮した

設計としている。

粉末投入機は、内部を負圧とするため側面に設置している局所排気により、最大開口部での風速が 0.5 m/秒以上に維持できる設計としている。また、粉末混合機についても、投入作業時においては浮遊した酸化ウラン粉末が設備外へ移行することがないように、上部から局所排気している。

図 21、図 23 に示すように粉末投入機と粉末混合機は、酸化ウラン粉末投入時の粉末混合機内ウラン重量の秤量のために構造上独立しており、粉末投入機と粉末混合機の接合部である投入ガイドとホッパーには僅かな隙間がある。そのため、背面側の隙間には背面カバー（粉末投入機の一部）を設置し、それ以外の前面及び側面の隙間については保護シールを取り付けている。なお、背面カバーは、図 24 に示すように透明樹脂板（アクリル製）を接着した台形の断面形状を有した構造であり、図 25 に示す同構造の 2 個を接合し、一部をシリコン樹脂によってシールしている。

(2) 臨界安全管理に係わる設計の考え方

本加工施設において核燃料物質を取り扱う安全機能を有する設備は、機器等の破損、故障、誤動作あるいは操作員の誤操作を想定した場合に、核燃料物質が臨界に達するおそれがないようにするため、次の基本的考え方により臨界安全設計を行っている。

- ・ 加工施設で取り扱う核燃料物質は、濃縮度が 5%以下の酸化ウラン粉末であり、設備・機器は濃縮度が最も高い 5%の条件で未臨界を確保する。
- ・ 核燃料物質の取扱い上の一つの単位を単一ユニットとし、これに、核的制限値を設定することにより臨界を防止する。
- ・ 単一ユニットの設備・機器のうち、形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について適切な核的制限値を設け、これが困難な場合にあっては、ウランの質量に適切な核的制限値を設ける。
- ・ 二つ以上の単一ユニットが存在する場合については、ユニット相互間における間隔を維持すること等により臨界を防止する。
- ・ 核的制限値の維持・管理については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が起こらない限り臨界に達しない設計とする。

上記に示す基本的な考え方に基づき、当該設備における臨界安全設計では、粉末投入機と粉末混合機の 2 つの設備を合わせて単一ユニットとして、以下の核的制限値を設定している。

核的制限値：50 kg-U235 以下、 $H/U \leq 1.0$

（減速条件（ $H/U \leq 1.0$ ）を制限し、酸化ウラン粉末を 1,130 kg 以下で取り扱う）

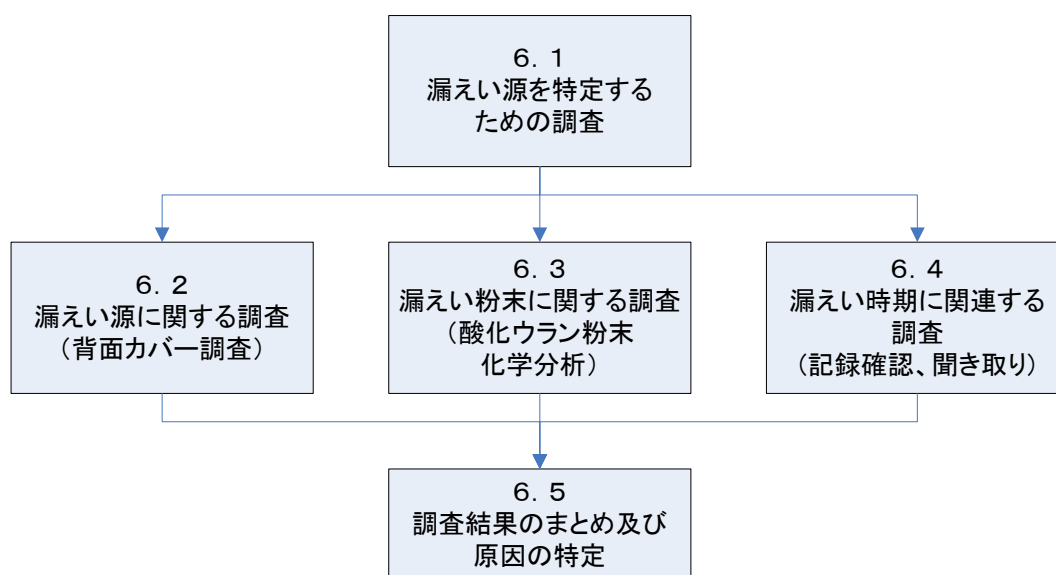
なお、複数ユニット評価における粉末投入機と粉末混合機のウラン存在領域を図 26 に示す。

6. 原因究明

本事象の原因究明の調査に当たり、熊取事業所の調査体制として添付4に示す事業所対策本部を設置した。

また、原因究明の方針の内容とフローを以下にまとめる。

- ・ (6.1項) 酸化ウラン粉末漏えいの直接原因の検討の起点を明確にするため、漏えい源を特定する。漏えい源の特定には、漏えいした酸化ウラン粉末の位置、堆積状況及びそれらと構成部品の接合部との位置関係から漏えい源を推定するとともに、閉じ込め境界を構成する全ての部品及び部品との接合部からの漏えいの有無を網羅的に調査することで漏えい源を決定する。漏えい源が特定されたことを通じて、原因究明に必要な調査を実施する(6.2～6.4項)。
- ・ (6.2項) 漏えい源となる構成部品の構造、劣化の程度、他設備との接合状態等を観察し、漏えいに直接影響した要因を特定する。また、設備内から漏えい源への酸化ウラン粉末の移行経路及び漏えい源となる構成部品の過去の設計・施工の状況についても調査し、当該設備の閉じ込め機能に対する設計の考え方を調査する。
- ・ (6.3項) 漏えいした酸化ウラン粉末の堆積時期を推定するため、酸化ウラン粉末の化学分析(濃縮度、不純物含有率、ウラン含有率)を実施する。
- ・ (6.4項) 漏えいの発生時期及び発生原因を検討するため、当該設備や関係するウランの取扱い等の点検記録、操作記録など保守管理記録を調査するとともに、関係者への聞き取りを実施する。
- ・ (6.5項) 上記の調査で得られた事実を基にして合理的な考察を加えることにより、酸化ウラン粉末漏えい事象の経緯を明らかにし、事象発生の原因を特定する。



原因究明のフロー

6.1. 漏えい源を特定するための調査

(1) 漏えいした酸化ウラン粉末の状況調査

漏えい源を特定するため、漏えいした酸化ウラン粉末の位置、量及び堆積形状、並びに漏えいした酸化ウラン粉末と周辺設備との位置関係等を調査した。調査の結果、以下の事実が得られた。

- ① 粉末 A (0.2 g) は粉末混合機の上部蓋 (半球状) の端位置にあり (図 27、図 28、図 29 参照)、粉末 B (18.9 g) は上部蓋の頂上部に位置しており (図 27、図 30、図 31 参照)、粉末 A が粉末 B の上部蓋において斜め下方に位置していることを確認した。なお、粉末 A 及び粉末 B は平成 29 年 8 月 10 日に回収後、スクラップとして取り扱い、その一部を成分分析に使用し、残りを貯蔵施設に保管した。
- ② 粉末 A は、ウランが存在しない投入口開閉バルブ動力部の直下に位置していることを確認した (図 27 参照)。
- ③ 粉末 B の直上には、背面カバー内に酸化ウラン粉末 (以下「粉末 C」という。) が約 90 g 堆積し、粉末 C は背面カバー接合部付近で窪んでいることを確認した (図 32、図 33 参照)。なお、粉末 C は平成 29 年 8 月 13 日に回収後、スクラップとして取り扱い、その一部を成分分析に使用し、残りを貯蔵施設に保管した。
- ④ 粉末 B は、粉末混合機主軸フランジ上の端に堆積していた。粉末 B の堆積形状について、粉末混合機主軸フランジ側は回収時に凹部が生じたが概ね円錐形状を維持し (図 30 参照)、操作台側は粉末混合機主軸フランジ端より一部こぼれ落ちて崩れた形状となっていた (図 31 参照)。なお、粉末 B の堆積している近傍にはバルブの開閉等に用いる圧縮空気伝達用エアチューブを配置していたが、その上に酸化ウラン粉末の堆積は認められなかった (図 31 参照)。

(2) 漏えい現場の汚染調査

粉末混合機上で発見された酸化ウラン粉末があった場所以外に、漏えい又はその痕跡が見られないか調査するため、スミア法による表面密度 (※1) の測定を行った。平成 29 年 8 月 10 日に漏えいした酸化ウラン粉末を回収後、周囲の汚染状況を把握するため、漏えいを発見した粉末混合機の上蓋の表面密度を測定した。また、粉末混合機の周辺の作業架台、床についても表面密度を測定した。なお、酸化ウラン粉末回収時には、漏えいした酸化ウラン粉末を全量回収するためにウエスは用いずに刷毛とヘラを使用し、周囲に酸化ウラン粉末が飛散しないように回収作業を行ったことを聞き取りにより確認した。

- ① 表面密度測定の結果を図 34 に示す。測定結果から、粉末 A 及び粉末 B を発見した位置の付近において、上記の回収作業方法により僅かに酸化ウラン粉末が飛散して付着したことを示す極めて低い汚染箇所 (緑色の箇所) があるものの、汚染箇所は粉末 A 及び粉末 B の 2 箇所だけであったことを確認した。
- ② 測定後にウエスによりふき取り除染し、全ての箇所において 40 mBq/cm² 未満となり社内管理値の 400 mBq/cm² 未満 (昨年の実績の最大は約 240 mBq/cm² であ

った。)となったことを確認した。表面密度測定結果を図 35 に示す。

- ③ 粉末混合機の周辺の作業架台、床は 40 mBq/cm² 未満であり社内管理値の 400 mBq/cm² 未満 (昨年の実績の最大は約 240 mBq/cm² であった。)であることを確認した。

※1 表面密度の算出方法は、前述 4.3 に示す粉末混合機周辺の床面の表面密度の算出方法と同様である。

(3) 設備の漏えい調査

当該設備における漏えい源を特定するため、プラスチック袋に収納していない酸化ウラン粉末を取り扱う箇所の閉じ込め境界を構成する全ての部品及びそれらと他の部品との接合部全てに対して漏えい調査を行った。漏えい調査は、構成部品と接合部に分けて以下の方法で行った。

区分	確認項目	確認の方法
構成部品	破損・き裂・欠損の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・目視及び触診により有害な傷、変形を確認する。 ・接近した直視が困難な場合、近傍でスモークテストを実施し、機器内への煙の流れで破損等の有無を確認する。
構成部品間の接合部	隙間の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・スモークテストを実施し、機器内への煙の流れで隙間の有無を確認する。
	酸化ウラン粉末付着の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・表面密度測定 (スミア法) により付着の有無を確認する。
	取付け不良の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・ボルト接合部分について緩みを確認する。 ・シール、パッキンの劣化、脱落がないことを目視確認する。

対象となる構成部品名を以下に示す。なお、接合部分は、構成部品間の接続を指すものとする。対象箇所の配置を図 36 に、詳細調査結果を添付 5 に示す。

【粉末投入機】

- ① 樹脂板 (操作台側)
- ② 樹脂板 (背面側)
- ③ グローブ (右)
- ④ グローブ (中)
- ⑤ グローブ (左)
- ⑥ フード扉
- ⑦ 粉末投入機底板 (投入ガイド)
- ⑧ 背面カバー

- ⑨ 局所排気ダクト
- ⑩ 角型鋼管

【粉末混合機】

- ⑪ 上蓋
- ⑫ 本体
- ⑬ ホッパー
- ⑭ 仕切り弁
- ⑮ 点検口（大）
- ⑯ 点検口（小）
- ⑰ 窒素パージ配管
- ⑱ 主軸部
- ⑲ 局所排気ダクト

設備の漏えい調査の結果を以下に示す。また、確認結果の一覧を表 3 に示す。

- ・ 背面カバー以外の構成部品及び接合部について破損等、漏えいの可能性を示す異常は認められなかった。
- ・ 背面カバーの接合部（中央接着部分）に隙間が生じていた（図 37、図 38 参照）。

(4) まとめ

(1) ～ (3) の調査結果をまとめ、それらに基づく考察を加える。

酸化ウラン粉末の漏えい源の特定を目的として漏えいした酸化ウラン粉末の状況を調査した結果、背面カバー以外の設備機器及び接合部に酸化ウラン粉末漏えいの可能性を示す異常は認められなかったこと、背面カバー接合部に隙間が生じていたこと、粉末 B (18.9 g) の直上に粉末 C (約 90 g) が堆積している背面カバーを設置しており、堆積している粉末 C は背面カバー接合部付近で窪んでいたことから、漏えい源は背面カバー接合部の隙間であると推定した。

また、粉末 A (0.2 g) が粉末 B の上部蓋において斜め下方に位置していること、粉末 B は概ね円錐形状を維持しているが一部こぼれ落ちて崩れた形状になっていること、粉末 A はウランが存在しない投入口開閉バルブ動力部の直下に位置していることから、粉末 A は粉末 B の一部であると推定した。粉末 B の直上には粉末 C が堆積している背面カバーを設置していることから、粉末 B は粉末 C の一部であると推定した。以上より、粉末 A 及び粉末 B は、背面カバー内に堆積している粉末 C の一部であると推定した。

酸化ウラン粉末漏えいの直接原因を特定するため、前述の推定に基づき、背面カバー接合部に隙間が発生した原因、酸化ウラン粉末が背面カバー内に堆積した経路、酸化ウラン粉末が背面カバー内に堆積した時期、背面カバー内から酸化ウラン粉末が漏えいした時期、を調査する必要があると判断した。

6.2. 漏えい源に関する調査

(1) 漏えい箇所の詳細観察

隙間が発生した原因についての情報を得るため、漏えい箇所である背面カバーを詳細に観察した。なお、背面カバーは、2分割の構造となっており、取付け時に接合している。調査の結果、以下の事実が得られた。

- ① 背面カバーの接合部の外表面に酸化ウラン粉末の付着を確認した。
- ② 粉末 C が堆積する背面カバーの接合部の隙間は、2分割構造の背面カバーの接合面のズレにより発生していることを確認した（図 37、図 38 参照）。
- ③ 背面カバーの接合部には一般的に用いられる角型鋼管等の骨組みや樹脂製のジョイント構造による補強、緩衝を目的とした構成部品の取付けがないことを確認した。
- ④ 背面カバーは、粉末投入機本体の構造部材である角型鋼管と背面カバーの間にパッキンを挟み込み、直接ボルトではなく外側から L 型支持金具を用いて押さえ付けることにより取り付けており、パッキンの押さえ付けが緩まないようにするために取付けボルトを用いて L 型支持金具と角型鋼管を固定していた（図 21、図 23 参照）。そのパッキンは長年にわたる使用により変質しており、その結果として背面カバーの取付けが緩んでしまい水平方向にがたつきが発生していることを確認した（図 39 参照）。なお、取付けボルトの取付け状態について工具を用いて確認したが緩みはなく、背面カバーの水平方向のがたつきは取付けボルトや L 型支持金具の取付け部分の緩み又はひずみによるものではないことを確認した。
- ⑤ 背面カバーと粉末投入機本体の固定について設計図書を確認したところ、上記④の状態と一致していた（図 37 参照）。
- ⑥ 粉末投入機本体から背面カバーを取り外すために L 型支持金具及びその取付けボルトを緩めたところ、背面カバーの接合部が外れ、接合部の接着強度が既に弱まっていることを確認した。
- ⑦ 取り外した背面カバーの接合部を突き合わせたところ、密着した状態で復元することができ、破損した形跡は認められなかった（図 41 参照）。
- ⑧ 背面カバー内には不要となった電気配線を 6 本残しており、背面カバー内の電気配線の端部はセンサーや樹脂製のコネクタが付いたままであること、設備外から電気配線を導入するための配線導入口（最大幅約 40 mm）を背面カバーの接合部に設けていること（図 33 参照）、配線導入口と電気配線の隙間は、樹脂製のシール材を充填して閉止していることを確認した。

なお、背面カバー外の電気配線の端部は、配電盤内で端末処理した状態であった。

- ⑨ 配線導入口に充填している樹脂製のシール材の種類については、新設当時の施工記録を保管していないため、事業所の補修材の在庫のもの（プラスチック製シール材）と外観及び触診により比較をしたところ、色（灰色）が酷似しており柔軟性が同程度であることを確認した。シール材のメーカーに確認したところ、メー

カーが推奨する耐用年数は設備の使用環境に応じて変動するため、一概には断定できないとの回答を得た。設備の保守記録（設備点検記録）を確認したところ、点検要領及び保全計画の対象として規定しておらず、定期的な補修を実施していなかった。

- ⑩ 取り外した背面カバー接合部の表面状態は、素材が破断した形跡はなく接着面は円滑であることを確認した。アクリル専用接着剤を用いたアクリル接着面に見られる溶け込みやそれに伴う気泡といった外観の特徴が認められなかった。また、接着痕は接合面の 1/3 程度しか確認できない箇所があり、接着不十分な状態であった。接着剤の種類については新設当時の施工記録を保管していないこと、接着痕の表面に酸化ウラン粉末が付着しており、正確な観察が困難であることから、特定に至らなかった。
- ⑪ 接合部の外表面の底部には接合部補強の用途で塗布したとみられる樹脂製のシール材が付着していることを確認した（図 40 参照）。
- ⑫ 背面カバーの底部に塗布している樹脂製のシール材の種類については新設当時の施工記録が保管されていないため、事業所の補修材の在庫のもの（シリコン製シール材）と外観及び触診により比較をしたところ、色（白色半透明）が酷似しており柔軟性が同程度であることを確認した。シール材のメーカーに確認したところ、メーカーが推奨する耐用年数は設備の使用環境に応じて変動するため、一概には断定できないとの回答を得た。設備の保守記録（設備点検記録）を確認したところ、点検要領及び保全計画の対象として規定しておらず、定期的な補修を実施していなかった。

以上より、酸化ウラン粉末の漏えい箇所の概要を添付 6 に示す。

(2) 漏えい箇所付近の汚染検査及び観察

背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末の経路を特定するため、背面カバー付近の表面密度を測定した。調査の結果、以下の事実が得られた。

- ① 背面カバーを粉末投入機本体から取り外した後、背面カバーに覆われた空間内の構造部材の角型鋼管及び空間内の天板の鋼板に酸化ウラン粉末の付着を確認したため、スミアろ紙を用いて表面を拭き取り表面密度を測定した。測定の結果、背面カバーに覆われた部位には約 330～42,000 mBq/cm² の有意な汚染を検出した（図 42 参照）。
- ② 背面カバーに覆われた位置のホッパーと投入ガイドの隙間にスミアろ紙を挿入して内壁面を拭き取りしたところ、酸化ウラン粉末の付着を確認したため、表面密度を測定した。測定の結果、約 650～1,800 mBq/cm² の有意な汚染を検出した（図 42 参照）。

(3) 背面カバーの設計に関する調査

漏えい原因の特定のため、背面カバーに関する過去の設計関連図書の記録調査及び当時の設備受注メーカー（設計、製作、据付を実施）、設備管理担当者からの聞き取りにより確認した（添付 7 参照）。

- ① 第 2-2 混合室の粉末投入機及び粉末混合機は、再生濃縮ウラン加工も考慮に含め、ラインの新設等を目的とした加工事業変更許可（平成 4 年 11 月）に基づき設工認（平成 5 年 3 月）を受けて新設し、その後、平成 8 年 11 月の設工認を受けて粉末投入機を一部改造し、約 20 年経過している。
- ② 新設当時は、粉末投入機の投入ガイド上には、付属設備のひとつとして酸化ウラン粉末を収納したプラスチック袋を切断する回転式カッターを設置した。この回転式カッターは、再生濃縮ウランを用いたペレットの加工に備えて作業員の被ばくを低減するため、プラスチック袋を自動切断して酸化ウラン粉末を取り出すことを目的とした。しかし、作業性の問題からほとんど実用することがなかった。
- ③ 新設当時の設計図書より、回転式カッターと駆動モーターを連結する回転軸は回転運動とともに水平方向にスライドする構造であった。酸化ウラン粉末の移行を抑えるため、回転軸の移動経路となる横長の開口部は、スリットの入ったゴムによりシールする構造とした。さらに、微粉末の移行の可能性を考慮し、背面カバーを取り付けた。この背面カバーは、センサーの保護、駆動モーター用の電気配線の収納を行うため、下側に突き出した形状とし、また、背面カバーの接合部には設備外への取出し用の配線導入口を設ける設計とした。この当初設計における背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、保守を考慮した作業性評価といった閉じ込め機能等の安全機能への影響に対する検討についての設計関連図書、それに基づく製作仕様書を保管しておらず、設計段階における保守管理（シールの点検、交換や背面カバーの点検、清掃）の検討を行ったことを示す記録はなかった。
- ④ 当初設計では、回転式カッターの回転軸シール部が酸化ウラン粉末の背面カバーへの移行経路となっていた。その後の設計変更による付属設備撤去に伴い、その移行経路はなくなったが、ホッパーと投入ガイドの隙間に新たな酸化ウラン粉末の移行経路が生じた。不要となった駆動モーター用の電気配線については撤去せず、引き続き、微粉末の移行の可能性を考慮して設置した背面カバーについては継続活用した。この設計変更時においても当初設計と同様に、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、保守を考慮した作業性評価といった閉じ込め機能等の安全機能への影響に対する検討についての設計関連図書、それに基づく製作仕様書を保管しておらず、設計変更段階における保守管理（シールの点検、交換や背面カバーの点検、清掃）の検討を行ったことを示す記録はなかった。また、付属設備の撤去、投入ガイドの寸法形状変更の設計図書等の記録はなかった。
- ⑤ 粉末投入機及び粉末混合機の臨界安全に係る運転管理は、秤量器により事前計量

した粉末保管容器の酸化ウラン粉末の合計を 1,130 kg 以下に管理し、粉末混合機については監視機構（粉末混合機全体をロードセルにより自動計量、監視し、制限値を超過した場合は投入口の閉じ込め弁を閉止するインターロック機構）により連続監視している。

また、粉末投入機については一度に取り扱う酸化ウラン粉末を粉末保管容器 1 缶（酸化ウラン粉末で 25 kg）以下に制限している。

今回の事象で漏えいした酸化ウラン粉末に加え、背面カバー内に酸化ウラン粉末の堆積が認められたことから（合計で約 109 g）、核的制限値及び核的制限値を満足するために設定した運転管理値（1000 kg 以下）を確認したところ、核的制限値及び運転管理値を逸脱することはなかった。しかし、背面カバー内に堆積していた酸化ウラン粉末の量（約 109 g）は、ロードセルによる粉末混合機全体の計量には含まれていなかった。

(4) まとめ

(1) ～ (3)の調査結果をまとめ、それらに基づく考察を加える。

背面カバー接合部に隙間が発生した原因の特定を目的として背面カバーの詳細観察を実施した結果、粉末 C が堆積していた背面カバーは 2 分割構造であり、接合面がズレて、隙間が生じていたこと、背面カバーはボルトによる直接的な取付けではなく間接的な取り付けであり、さらにパッキンが長年にわたる使用により変質したため、背面カバーの取付けが緩んでしまい水平方向にがたつきが発生していたこと、背面カバー接合部は突き合わせ構造であったことに加え接着が不十分な状態であったことから、背面カバー接合部のズレが原因であることを特定した。これより、背面カバー接合部にズレが発生した原因を特定するため、設備の稼働や関連する作業が背面カバー接合部に与える影響を調査する必要があると判断した。

調査の過程で、閉じ込め機能に関して当初設計、設計変更時の以下のことが問題であると判断した。当初設計時には、設置した回転式カッターの回転軸により閉じ込め境界に開口部が生じる構造であったこと、それにより微粉末の移行の可能性を考慮し背面カバーを取り付ける設計としたこと、回転式カッターの駆動モーター用の電気配線の収納を行うため、下側に突き出した形状とし背面カバーの樹脂の接合部の一部に配線導入口を配置して電気配線を取り出す設計としたこと、配線導入口のシール部の構造が十分な閉じ込め機能を有していなかったこと、また設計変更時には、回転式カッターの撤去に伴い電気配線を収納する空間を確保する必要がなくなったが、背面カバーはそのまま継続活用し背面カバー内には不要となった電気配線を残していたことから、設計過程において閉じ込め機能の維持について十分な考慮をしていなかった。

さらに、当初設計、設計変更時ともに、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価、経年劣化の評価、保守を考慮した作業性評価といった閉じ込め機能等の安全機能への影響に対しての検討についての設計関連図書を保管しておらず、設計管理及び設計に基づく保守管理も適切に実施できていなかった。

た。

また、背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末は、臨界安全管理のため用いている粉末混合機ロードセルの重量測定の範囲外に存在し測定できない状況であった。

以上から、酸化ウラン粉末漏えい事象を引き起こすこととなり、根本は当初設計、設計変更時の閉じ込め境界に関する考慮が不足したことに問題があると判断した。

6.3. 漏えいした酸化ウラン粉末に関する調査

(1) 酸化ウラン粉末の成分分析

漏えいした酸化ウラン粉末が背面カバー内に堆積した時期を特定するため、酸化ウラン粉末の成分分析を実施した（添付 8 参照）。

- ・ 回収した粉末 B 及び粉末 C について、濃縮度、不純物含有率、ウラン含有率を化学分析により測定した。なお、粉末 A については、化学分析に必要な量がなかったため分析を実施できなかった。
- ・ 回収した粉末 B 及び粉末 C はそれぞれ均一化して分析した。

それぞれの分析項目について、以下にまとめる。

① 濃縮度

燃料の濃縮度は、燃料集合体の設計変更に伴い変化している。そのため、背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末（粉末 B 及び粉末 C）の平均濃縮度を得ることで、酸化ウラン粉末が堆積した時期を推定できる。

- ・ 濃縮度は、粉末 B が約 4.00 wt%、粉末 C が約 4.38 wt%であった。
- ・ 堆積した酸化ウラン粉末の平均濃縮度は 4.31 wt%であり、設備改造時から現在に至る間に取り扱った酸化ウラン粉末の製造プロジェクト毎の濃縮度を重量で加重平均した値 4.34 wt%とほぼ一致している。

② 不純物含有率

酸化ウラン粉末を用いたペレット加工に使用する添加剤は製造時期により異なるため、不純物含有率から酸化ウラン粉末が堆積した時期を推定できると期待した。しかし、予想以上に添加剤以外の不純物を多く含んでいたため、分析結果から酸化ウラン粉末が堆積した時期を推定することができなかった。

③ ウラン含有率

漏えいした酸化ウラン粉末の量の確定に必要となるため、ウラン含有率の分析を実施した。結果は以下のとおり。

- ・ 粉末 B : 82.45、82.59%、粉末 C : 80.58、83.88%である。
- ・ 粉末 B、粉末 C とともに通常利用する原料粉末のウラン含有率（87.3%以上）と比較しても低く、不純物が多く確認された②の結果と合致した。

(2) まとめ

(1)の調査結果をまとめ、それらに基づく考察を加える。

背面カバー内に酸化ウラン粉末が堆積した時期の特定を目的として、粉末 B 及び粉末 C の成分分析を実施した。成分分析による平均濃縮度（4.31 wt%）と設備改造時から現在に至る間に取り扱った酸化ウラン粉末の平均濃縮度（4.34 wt%）がほぼ一致したことから、設備改造時から現在に至るまでの長期間にわたって酸化ウラン粉末が背面カバー内に堆積したものと推定した。

6.4. 漏えい時期に関する調査

(1) 操作に係る点検記録の調査

酸化ウラン粉末漏えい時期を特定するため、直近のウランの取扱いのあった平成 29 年 7 月 10 日から 8 月 9 日（事象発生の前日）の期間における日常の保安活動における記録の確認及び関係者への聞き取りを行った。その結果、添付 9 に示す操作記録、ウラン挿入量記録、巡視点検記録、施設定期自主検査記録、設備点検記録及びクリーンアップ記録から以下の事実を確認した。

- ① 操作記録によると、粉末混合機及び粉末投入機の操作開始の平成 29 年 7 月 10 日から完了日の 8 月 9 日の期間において、作業者が操作ごとに実施する漏えいに関する点検として、操作前には「負圧の維持」「グローブ手袋の破損」「酸化ウラン粉末の漏えい」、操作中には「負圧の維持」「酸化ウラン粉末の漏えい」を規定どおりに点検しており、点検の結果、酸化ウラン粉末の漏えいはなかった。ただし、作業者の配置から見える範囲で外観を確認しているだけであり、背面カバーのように他の設備機器の背後に位置しており直接見えない部分の点検はできていなかった。結果として、背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末を確認するという保守管理ができていなかった。また、上記の閉じ込め機能に係る点検には、経年劣化を考慮した具体的な確認内容（例えば、パッキンやシール部の状態）となっていなかった。また、ウラン挿入量記録によると、平成 29 年 7 月 10 日から完了日の 8 月 9 日の期間においてウランの取扱いがあった。
- ② 巡視点検記録によると、粉末混合機及び粉末投入機の操作開始の平成 29 年 7 月 10 日から完了日の 8 月 9 日の期間において、毎日 1 回巡視点検を規定どおり実施しており、その際に異常は確認ができていなかった。ただし、前項同様に巡視点検者から見える範囲で外観を確認しているだけであり、点検のポイントには酸化ウラン粉末漏えいに関する内容を含めていない。そのため、背面カバーのように他の設備機器の背後に位置しており直接見えない部分の点検ができていなかった。結果として、背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末を確認するという保守管理ができていなかった。
- ③ 施設定期自主検査記録によると、粉末混合機は質量管理インターロック機構、粉末投入機は閉じ込め機能（最大開口部における風速）を年次の検査項目としている。平成 28 年 11 月 15 日に実施した粉末混合機の質量管理インターロック機構の検査時には、管理機器（ロードセル）の管理番号を確認していた。ロードセルの管理番号のように検査者の配置から見える範囲内で外観を確認しているだけ

であり、背面カバーのように他の設備機器の背後に位置しており直接見えない部分の点検ができていなかった。結果として、背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末を確認するという保守管理ができていなかった。なお、このロードセルは、本事象において酸化ウラン粉末が漏えいした箇所の近傍に配置している。

- ④ 設備点検記録によると、設備の保全計画に基づき定期的に行っている粉末混合機の設備点検記録については、3ヶ月ごとに確認し、平成29年度は4月28日、7月25日に検査しており、ともに異常がなかった。ただし、点検項目はモーター油量、異音、回転部の損傷・摩耗、弁開閉状態の機能維持の観点の内容であり、閉じ込め機能に係るパッキンやシール部の状態についての確認を点検項目として規定していなかった。
- ⑤ クリーンアップ作業は、燃料製造プロジェクトの切り替え時に行うものであり、設備内部の酸化ウラン粉末を除去し、設備内部の酸化ウラン粉末の有無の確認は、目視又は空間線量率測定により行う。目視確認においては、作業者の配置から見える範囲で外観を確認しているだけのため、背面カバーのように他の設備機器の背後に位置しており直接見えない部分の点検ができていなかった。結果として、背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末を確認するという保守管理ができていなかった。なお、平成29年8月1日に実施した燃料製造プロジェクト時切り替え時のクリーンアップ記録によると、確認の範囲において異常は認められなかった。

(2) 設備の動作状況の調査

背面カバー接合部のズレの要因を特定するため、設備を実際に起動させてその動作（機械振動、人の動き）が背面カバー接合部に与える影響を観察した。

- ① 粉末投入機の操作時に作業者は設備に最も接近するため、操作時の状況を模擬して作業者と設備の位置関係を観察したところ、作業者の身体は背面カバーに接触する位置になかった。なお、粉末混合機の操作は遠隔操作パネルを用いることから、粉末混合機の操作時に作業者が背面カバーに接触することはない。
- ② 粉末混合機の運転時の振動、粉末搬送機の結合時の振動、粉末投入機及び粉末混合機のバイブレータの振動を触診により確認したところ、振動は微弱であり、背面カバーの接合部の位置を変化させるものではなかった。

(3) 作業方法の調査

背面カバー接合部のズレの要因を特定するため、本設備に関連する作業が背面カバー接合部に与える影響を調査した。

- ① 本設備を操作する全ての標準的な製造作業（粉末投入作業、粉末混合作業等）及びその他の管理作業（保守管理作業、放射線管理作業）について、作業標準及び記録（（工事）作業計画）から洗い出し、漏えい箇所である背面カバーに接触する可能性のある作業を確認した。確認の結果、事象発生直前の記録（（工事）作

業計画)により、粉末混合機のインターロック機構のロードセルの校正の準備作業を平成 29 年 8 月 10 日に背面カバー近傍で実施することが判明した。そこで、準備作業に関係した放管員 A に聞き取りにより確認したところ、放射線管理用器具(エアースニッフア)の仮設作業の過程で、放管員 A の腕が背面カバーの至近を通過していた。

- ② 放管員 A が事象発生当日に実施した作業方法を聞き取りしたところ、仮設するエアースニッフアのホースを粉末混合機と粉末投入機との角型鋼管(奥行き方向約 67 cm に位置する構造部材)に巻きつけるため、上体を機器の隙間に乗り入れ、さらに右手を伸ばす姿勢であった。また、角型鋼管と背面カバーの端部との最小距離は約 33 cm であった(図 43 参照)。
- ③ 前項の作業方法に基づき当日の作業状況を再現したところ、仮設するエアースニッフアのホースを角型鋼管に接近させ巻きつけようと腕をわずかに屈曲させると、作業者の右手首から右肘部にかけて、背面カバーの端部に接触することを確認した。また、端部に接触すると、中央部の接合部分に力が伝わることを再現できた。
- ④ エアースニッフアの仮設作業については、加工施設における放射線管理業務として規定しており、放管員 A の事象当日の作業は作業標準に従った内容であった。この作業は、測定位置や周辺環境に合わせて最適な状態を考えて対応することとしており、放管員 A は過去に同一の作業を実施したことはあるが今回のような取付方法は初めてであった。また、他の放管員はこの取付方法を行ったことはなかったことを確認した。

(4) まとめ

(1) ～ (3)の調査結果をまとめ、それらに基づく考察を加える。

背面カバーからの酸化ウラン粉末漏えい時期の特定を目的として粉末投入機及び粉末混合機に関する日常の保安活動を確認した結果、事象発生前日までに酸化ウラン粉末漏えいに係わる異常は認められなかった。目視可能な範囲での外観確認ではあるものの、毎日 1 回の巡視点検においても異常は認められなかったことから、事象発生当日に酸化ウラン粉末が漏えいしたと推定した。

また、背面カバー接合部のズレの発生原因の特定を目的として、設備の稼働や関連する作業が背面カバー接合部に与える影響を確認した結果、事象発生当日である平成 29 年 8 月 10 日に実施した粉末混合機のロードセル校正のための準備作業(放射線管理用器具の仮設作業)で作業者の腕が背面カバーの至近を通過していた。再現試験を行い、腕と背面カバーが接触した場合には背面カバー接合部に力が伝搬するため、接合面の接着が弱い場合には、接合部のズレが発生する可能性があるとして推定した。

上記より、背面カバーからの酸化ウラン粉末漏えい時期は平成 29 年 8 月 10 日であり、背面カバー接合部のズレの発生原因は、粉末混合機のロードセル校正のための準備作業(放射線管理用器具の仮設作業)で作業者の腕が背面カバーに接触したことで

あると推定した。

6.5. 調査結果のまとめ及び原因の特定

6.1 から 6.4 の調査結果を基にして合理的な考察を加えることにより、本事象が発生した原因を特定した（下線部が原因に関する記述部分）。

酸化ウラン粉末漏えい事象を確認した第 2-2 混合室の粉末投入機及び粉末混合機は、再生濃縮ウラン加工も考慮に含め、ラインの新設等を目的とした加工事業変更許可（平成 4 年 11 月）に基づき設工認（平成 5 年 3 月）を受けて新設したものである。これに基づく新設工事では、再生濃縮ウランの取扱いによる作業者の被ばくの低減を目的に、ラインの自動化を図った。

粉末投入機は、囲い式フード内において粉末保管容器からプラスチック袋に密封した酸化ウラン粉末を取り出し、プラスチック袋を開封して粉末投入口を通して粉末混合機に酸化ウラン粉末を投入する設備である。外部被ばく低減の観点から、設備内部にプラスチック袋を自動的に切断するための回転式カッターを収納する設計とした。

しかし、当時の適用した設計プロセスにおいて、設計及び施工上の問題点、並びに保守管理上の問題点があった。

【設計及び施工上の問題点】

(ア) 当時は、設備の設計段階において、閉じ込め機能に関する要求事項を把握していたものの、その要求事項について、漏れがなく、曖昧でなく、かつ相反することがないことを確認することが不足していた。また、要求事項が適切にアウトプットの形でまとめられていることを検証すること、妥当性確認を可能とするための設計図書や設計仕様書を維持することが不足していた（6.2(3)）。

粉末投入機の当初設計においては、(イ) 設備内部へ回転式カッターを収納するため、駆動モーターの一部及び電気配線の収納及び回転式カッターの回転軸シール部から微粉末の移行の可能性を考慮して、粉末投入機の閉じ込め境界として樹脂板（アクリル）の背面カバーを設置した。この背面カバーは、回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保できるように下側に突き出した形状であり電気配線を設備外から引き込むため、背面カバー（突き合わせ接合部）に全ての電気配線を通す配線導入口を設け、配線導入口と電気配線との隙間及び電気配線間の隙間にプラスチック製のシール材を塗布しただけの閉じ込め機能が不十分な構造となった（6.2(3)）。

設置した (ウ) 背面カバーは、粉末投入機の骨組み部分と背面カバーの間にパッキンを挟み込み、直接ボルトではなくその外側から L 型支持金具を当てて押し付けることによって粉末投入機と固定していた。このため、パッキンの変質により隙間が生じると水平方向のがたつきが発生し得る構造であった（6.2(1)）。また、(エ) 背面カバーの接合部は、2 つの部材を突き合わせた接合強度の弱い構造（突き合わせ構造）であった（6.2(1)）。その (オ) 接合部には専用接着剤を用いておらず、また、接着痕は接合面の 1/3 程度しか確認できない

箇所があり接着不十分な状態であったため、長期にわたる使用によりその接着力は弱まった(6.2(1))。結果として2つの部材の接合面がずれてしまい接合部に隙間が生じる要因となった。

その後、平成8年11月の設工認を受けて粉末投入機を一部改造し、回転式カッターを撤去した。

(カ) 背面カバー内に回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保する必要がなくなったが、背面カバーはそのまま継続活用し背面カバー内には不要となった電気配線を残した。回転式カッターを撤去したため、回転式カッターの回転軸シール部が酸化ウラン粉末の背面カバーへの移行経路ではなくなったが、投入ガイド及びホッパーの隙間が新たな背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路となった(6.2(3))。しかし、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行を想定しておらず、酸化ウラン粉末が滞留する構造を改善する必要があるとの認識はなかった。

【保守管理上の問題点】

(キ) 背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末は、臨界安全管理のため用いている粉末混合機ロードセルの重量測定の範囲外に存在し測定できない状況であった(6.2(3))。

(ク) 背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、保守を考慮した作業性評価といった閉じ込め機能等の安全機能への影響に対する検討についての設計関連図書、それに基づく製作仕様書を保管しておらず、保守管理(シールの点検、交換や背面カバーの点検、清掃)の検討を行ったことを示す記録はなかった(6.2(3))。

また、粉末投入機及び粉末混合機の事象発生前の操作期間(平成29年7月10日から8月9日(事象発生の前日))における日常の保安活動の記録を確認した。操作記録によると、作業ごとに酸化ウラン粉末漏えいの有無に関する項目について、作業者が目視可能な範囲で点検を実施している。しかし、場所の定めはなく、背面カバーを確認項目としていなかった。巡視点検記録によると、毎日1回 (ケ) 巡視点検者が目視可能な範囲の外観のみ確認しており、酸化ウラン粉末の漏えいの有無を確認項目として定めていない。目視可能か否かにかかわらず、閉じ込め機能を維持する部位は異常がないことを確認する必要がある。しかし、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行を想定しておらず、他の設備機器の背後に位置していることもあり、閉じ込め機能の一部である背面カバーを確認項目としていなかった(6.4(1))。施設定期自主検査記録によると、閉じ込め機能として、粉末投入機の最大開口部における風速を確認しているだけであり、背面カバーを確認項目としていなかった。設備点検記録によると、動作機能維持の確認を目的として3か月ごとに実施している。しかし、閉じ込め機能に係る部位の状態を確認項目としていなかった。(コ) 背面カバーを点検要領及び保全計画の対象として規定しておらず、定期的な補修を実施していなかったため、角型鋼管と背面カバーに挟み込まれたパッキンが変質して固定の緩みが発生した(6.2(1))。クリーンアップ作業は、燃料製造プロジェクトの切り替え時に行うものであり、設備内部の酸化ウラン粉末を除去し、設備内部の酸化ウラン粉末の有無の確認は、目

視又は空間線量率測定により行う。しかし、目視確認においては、作業者の配置から見える範囲で外観を確認しているだけのため、背面カバーのように他の設備機器の背後に位置しており直接見えない部分を確認項目としていなかった。

上記のことから、背面カバーの点検に関しては、保安活動の観点で必要であるとの認識ではなかった。

また、事象発生当日の作業において、作業管理上の問題点があった。

【作業管理上の問題点】

(サ) ロードセルの交換作業の準備（平成 29 年 8 月 10 日）として、背面カバー近傍において放射線管理用器具の仮設作業を実施していた。その際、作業過程において作業者の腕が背面カバーの至近を通過し、背面カバーに接触することにより、背面カバーに外力がかかり、強度が低下していた背面カバーの接合部に力が伝搬することでズレが発生した（6.4(3)）。

その結果、背面カバー内に堆積していた酸化ウラン粉末が設備外に漏えいした。

以上より、本事象において明らかとなった問題点に対して対策を検討する。いずれも、安全確保を最優先として取り組む姿勢が不十分であった点で共通であると考え。

7. 対策の検討

本事象において明らかとなった 6.5 に挙げた問題点に対する対策を 7.1 から 7.3 に示す。7.4 では、7.1 から 7.3 に挙げた問題点を有するか否かの観点で既設設備の総点検を行い、抽出された問題点に対しては改善を実施し、本事象の再発を防止する。7.5 では、それぞれの対策の実施スケジュールを検討した。

以下に、これらの対策の検討結果について述べる。なお、7.1 から 7.3 に挙げた問題点とそれに対する対策を表 6 に示す。また、全ての問題点に対する共通的な対策としては安全確保を最優先として取り組む姿勢が不十分であることへの取り組みが必要であり、近年弊社が発生させた不適合事象に対して取り組みを進めている安全文化醸成活動をさらに見直していかなる場合も安全確保を最優先できるように強力に改善活動を進める。全社的な取り組みの概要を 7.6 に示す。

7.1. 設計及び施工上の問題点に対する対策

6.5 に挙げた設計及び施工上の問題点を改善するため、以下の対策を講じる。

(1) 設備設計管理の改善

(ア) 【問題点】：当時は、設備の設計段階において、閉じ込め機能に関する要求事項を把握していたものの、その要求事項について、漏れがなく、曖昧でなく、かつ相反することがないことを確認することが不足していた。また、要求事項が適切にアウトプットの形でまとめられていることを検証すること、妥当性確認を可能とするための設計図書や設計仕様書を維持することが不足していた。

【対策】：現状は、設備設計に関する基準・要領を定めており、設計段階で考慮、検証すべき設計要求事項として以下を規定している。

- a) 機能及び性能に関する要求事項
- b) 加工事業変更許可、設工認等適用される法令・規制要求事項
 - ・ 放射線安全設計
 - ・ 環境安全設計
 - ・ 臨界安全設計
 - ・ 耐震安全設計
 - ・ 火災爆発に対する安全設計
 - ・ その他労働災害防止に対する安全設計
- c) 類似設計から得られた情報
- d) 調達先に関する情報
- e) 設計に不可欠なその他の要求事項

閉じ込め機能が上記 a) から e) に示す設計要求事項のひとつであることを明確にする。また、安全確保最優先の観点から、設計レビューにおいて、設計要求事項に漏れがなく、曖昧でなく、かつ相反することがないことを確認する。

(イ) 【問題点】：設備内部へ回転式カッターを収納するため、駆動モーターの一部及

び電気配線の収納及び回転式カッターの回転軸シール部から微粉末の移行の可能性を考慮して、粉末投入機の閉じ込め境界として樹脂板（アクリル）の背面カバーを設置した。この背面カバーは、回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保できるように下側に突き出した形状であり電気配線を設備外から引き込むため、背面カバー（突き合わせ接合部）に全ての電気配線を通す配線導入口を設け、配線導入口と電気配線との隙間及び電気配線間の隙間にプラスチック製のシール材を塗布しただけの閉じ込め機能が不十分な構造となった。

【対策】：閉じ込め機能を安全機能とする設備に対して、閉じ込め境界に影響を及ぼすような設計を行わない。また、閉じ込め境界を構成する部品には配線導入口を設けない。設計上必要である場合は、閉じ込め機能を維持する措置を講じる。

(ウ) 【問題点】：背面カバーは、粉末投入機の骨組み部分と背面カバーの間にパッキンを挟み込み、直接ボルトではなくその外側から L 型支持金具を当てて押し付けることによって粉末投入機と固定していた。

【対策】：直接ボルト固定すべきところをその外側から L 型支持金具を当てて押しつけることによって固定していたため、パッキンの変質により水平方向の力がたつきが発生し得る構造であった。

設備設計上、背面カバーのような構造は避けるべきであるが、必要である場合はパッキンと垂直な方向からボルトで固定する構造とする。

(エ) 【問題点】：背面カバーの接合部は、2 つの部材を突き合わせた接合強度の弱い構造（突き合わせ構造）であった。

【対策】：閉じ込めの境界で突き合わせ接合が必要な場合は、裏面又は表面から当て板をすることにより補強する構造とする。

(オ) 【問題点】：接合部には専用接着剤を用いておらず、また、接着痕は接合面の 1/3 程度しか確認できない箇所があり接着不十分な状態であった。

【対策】：アクリルやポリカーボネートの接合部に接着剤を用いる場合、材質に応じた専用接着剤を使用する。また、施工後に接着状態を確認し、十分に接着されていることを確認する。

(カ) 【問題点】：背面カバー内に回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保する必要がなくなったが、背面カバーはそのまま継続活用し背面カバー内には不要となった電気配線を残した。回転式カッターを撤去したため、回転式カッターの回転軸シール部が酸化ウラン粉末の背面カバーへの移行経路ではなくなったが、投入ガイド及びホッパーの隙間が新たな背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路となった。

【対策】：現状は、設備の導入・改造・更新時には、当該施設及び他の加工施設

に及ぼす影響を考慮することを設計管理基準に定めている。ただし、より具体的な影響の考慮として、新たな設計により改善が可能な部分は改善を行い、不要となった部品、配線・配管類は撤去する。特に酸化ウラン粉末を取り扱う設備では、新たな設計により酸化ウラン粉末の移行経路ができないか確認する。

上記(ア)(イ)(ウ)(エ)(オ)(カ)の内容を設計管理基準及び要領に反映のうえ、設計担当者への教育を行う。また、教育を通じて安全確保を最優先として取り組む姿勢を維持するために、当該事象等の設計に起因する不適合を教育題材として、設計による安全確保の重要性を継承していく。

(2) 当該設備の改善

以上の改善を受けて、当該設備に対しては、設工認申請を行い、背面カバーの撤去及び背面カバーに代わる閉じ込め機能を設置する。

現在の優先的な設計方針として、具体的には、

- ・ 粉末投入機と粉末混合機の間に隙間を生じない構造とするため、フレキシブル継手を用いて粉末投入機と粉末混合機を接合する設計（図 44 参照）

とする。ただし、今後の設計過程で構造上困難な場合は、

- ・ 背面カバー撤去後に生じる粉末投入機の投入ガイドと粉末混合機のホッパーの間の隙間に、保護シールを取り付ける設計（図 45 参照）

も検討案として考慮する。

7.2. 保守管理上の問題点に対する対策

6.5 に挙げた保守管理上の問題点を改善するため、以下の対策を講じる。

(キ) 【問題点】：背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末は、臨界安全管理のため用いている粉末混合機ロードセルの重量測定の範囲外に存在しており、測定できない状況であった。

【対策】：通常の作業時に目視できない場所に、酸化ウラン粉末が堆積する可能性のある部位を設置しない設備構造にする。設計上このような部位が発生する場合は、設計情報のアウトプットに含めるよう設計関連の要領を見直すとともに、当該部位を定期的に清掃することを点検要領又は保全計画に含めるよう必要な要領を見直す。

(ク) 【問題点】：背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、保守を考慮した作業性評価といった閉じ込め機能等の安全機能への影響に対するの検討についての設計関連図書、それに基づく製作仕様書を保管しておらず、保守管理（シールの点検、交換や背面カバーの点検、清掃）の検討を行ったことを示す記録はなかった。

【対策】：現在の設計管理の要領では、設計段階及び設計変更段階で保守管理に

関する検討を行うことを明確に示していないため、

- ・ 設計段階及び設計変更段階で保守管理に関する検討を行い、点検要領及び保全計画の作成に必要な情報を設計のアウトプットに含めるよう設計管理に係る要領を見直す。
- ・ 現在の点検要領及び保全計画の実施項目及び実施内容について現時点における保守に係る最新の知見に基づき再評価し、必要に応じて見直す。
- ・ 前述(カ)の対策に示すとおり、特に酸化ウラン粉末を取り扱う設備では、新たな設計により酸化ウラン粉末の移行経路ができないか確認するよう設計管理に係る要領を見直す。

また、記録として保管する設計関連図書においては、閉じ込め機能等の安全機能への影響に対する検討についての情報を残すよう設計管理に係る要領を見直す。

(ケ) 【問題点】：巡視点検では、巡視点検者が目視可能な範囲で外観を確認しているだけである。目視可能か否かにかかわらず、閉じ込め機能を維持する部位は異常がないことを確認する必要がある。しかし、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行を想定しておらず、他の設備機器の背後に位置していることもあり、閉じ込め機能の一部である背面カバーを確認項目としていなかった。

【対策】：設計からのアウトプットに含まれる点検箇所のうち、直接見ることが困難な部位については、点検要領に含めて頻度を決めて定期的に点検するよう、保守管理関連の要領を見直す。

(コ) 【問題点】：背面カバーを点検要領及び保全計画の対象として規定しておらず、背面カバー全体に定期的な補修を実施していなかったため、結果として角型鋼管と背面カバーに挟み込まれたパッキンが変質して固定の緩みが発生した。

【対策】：パッキン、フードの点検について、点検が困難な箇所について現状の点検要領を確認し、抜けがある場合は点検要領に反映し、定期的に点検を行う。また、経年劣化を考慮して、保全計画にも反映する。

上記(キ)(ク)(ケ)(コ)の内容に係る設計管理及び保守管理の改善に当たっては、要領を見直すとともに保安規定変更も行うこととする。

7.3. 作業管理上の問題点に対する対策

6.5 に挙げた作業管理上の問題点を改善するため、以下の対策を講じる。

(サ) 【問題点】：背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、並びにこれらに基づく背面カバーの保守管理を検討した結果に基づき、背面カバーを設計し適切に施工していれば、作業者の身体が背面カバーに接触しても背面カバーのズレは発生しなかった。さらに、作業

者が作業環境や設備の状態を事前に想定できていれば、作業者の身体が背面カバーへ接触することを回避できたと考えられる。

【対策】：(工事) 作業計画を作成して実施する作業（非定常作業）において、放射線管理作業のような定常作業を含む場合、(工事) 作業計画に当該定常作業に関する安全上留意すべき事項（設備、周辺環境及び核燃料物質の状態及び変更点）を記載するよう、(工事) 作業計画の作成手順を見直すとともに、当該定常作業の作業標準にも同様の安全上留意すべき事項を記載することにより、作業管理における作業者同士のコミュニケーション向上を図る。

7.4. 類似設備の総点検

7.1 から 7.3 に挙げた問題点と同様の構造を有する既設設備の有無及び閉じ込め機能に関する部位の劣化を確認し、今後の点検、保全の方法の改善に資することを目的として類似設備の総点検を実施した（表 4 参照）。

点検作業を行うにあたり、点検者による点検結果のばらつきを防止するため、点検のポイントと劣化程度の判定基準を明確にした点検要領を作成した（添付 10 参照）。作成した点検要領は作業計画に添付し、点検者に対して教育を行ってから点検を行った。

(1) 対象設備

日常点検対象の全加工施設のうち非密封の酸化ウラン粉末を取り扱う設備とした。

(2) 設備外への漏えいの有無

(1)に挙げた対象設備について、前面、背面、右面、左面、上面、下面の 6 方向から、設備外への酸化ウラン粉末漏えいの有無を確認した。隣接設備や壁があり見えない面については、カバーを開けて内側から点検を行った。

点検の結果、対象設備について設備外への酸化ウラン粉末の漏えいがないことを確認した。

(3) 設備内への酸化ウラン粉末の堆積の有無

(1)に挙げた対象設備について、設備内に酸化ウラン粉末が堆積していないか点検を行った。(2)と同様に各面から設備を点検した結果、設備内に酸化ウラン粉末の堆積がないことを確認した。

(4) 構造上の類似点の洗い出し

点検のポイントを設定し、(1)に挙げた対象設備の構造を点検することにより、酸化ウラン粉末漏えい事象のあった粉末投入機との構造上の類似点の洗い出しを行った。点検ポイントの設定は、6.5 の「設計及び施工上の問題点」に示した内容を反映して以下の点とした。

A. 酸化ウラン粉末が堆積する可能性があり、目視できない箇所の有無

- B. 閉じ込め境界への配線導入部の有無
- C. アクリルまたはポリカーボネートの突き合わせ接着部の有無
- D. ボルト・溶接・接着以外の固定の有無

(2)と同様に各面から設備を点検した結果、上記 A～D の項目について、複数の設備で該当する箇所があることを確認した。

(5) 閉じ込めに関する部位の劣化の有無

上記(4)で確認した構造上の類似箇所以外であっても、パッキンやコーキング等の閉じ込め機能に関する部位は各設備に存在する。これらの箇所と(4)に示した構造上の類似箇所について劣化の有無を点検した。劣化の点検ポイントを以下に示す。

- ア. パッキンの劣化
- イ. コーキングの劣化
- ウ. ボルトの緩み

また、構造上の類似点があった箇所については、以下の観点で劣化の確認を行った。

- B. 配線導入部シールの劣化
- C. 突き合わせ接着部の劣化
- D. ボルト・接着・溶接以外の固定部の緩み

構造上の類似点のうち、A の酸化ウラン粉末が堆積する可能性があり、目視できない箇所についての劣化は上記ア. ～ウ. 及び B～D により確認した。

点検の結果、パッキン、コーキング等の劣化が認められる箇所があることを確認した。

(6) 今後の対応

以上の点検により、点検対象の設備について設備外への酸化ウラン粉末の漏えいがないことを確認した。また、酸化ウラン粉末が堆積している箇所がないことを確認していることから、直ちに酸化ウラン粉末漏えいの可能性がある設備はない。

ただし、構造上の類似点のある設備、閉じ込め機能に関する部位の劣化のある設備、点検ポイントとして挙げた以外の点で気付き事項のある設備がある。

これらの設備については今後の稼働予定も勘案したうえで、状況に応じて点検箇所及び頻度を見直すとともに、優先順位をつけて順次補修を行う。

(7) 東海事業所における点検結果

東海事業所においても熊取事業所と同じチェックシートを用いて、類似設備の総点検を実施した（表 5 参照）。類似設備の抽出方法も熊取事業所と同じであり、点検要領も統一して実施した。点検の結果、熊取事業所と同様に今後の点検、保全方法の改

善に反映すべき点が抽出されており、熊取事業所と同様の対応を行う。

焙焼炉の一部について、目視できない箇所での酸化ウラン粉末堆積の有無が未確認となっているが、4台ある同タイプの焙焼炉のうち、使用頻度の高い1台について酸化ウラン粉末の堆積のないことを確認した。未確認の残り3台も同様に酸化ウラン粉末の堆積はないものと推測される。

現在、東海事業所では、給排気設備のダクトの腐食および隙間の補修のための工事を実施しており、工事の過程で、給排気設備の停止、一時的な給排気設備運転、給排気設備の再停止を行う。今回、この一時的な給排気設備運転の期間に類似設備の点検を実施した。未確認の焙焼炉3台については、ダクト補修工事が完了し、給排気設備の運転再開の後、速やかに点検を行う。

7.5. スケジュール及び今後の取り組み

今回の対策は、安全機能のうち、閉じ込め機能を主としたものであるが、閉じ込め機能以外にも含めた全ての安全機能に対しても、設計、保守管理に問題がないかを今後確認する。本項において検討した対策について実施スケジュールを表7に記す。

7.6. 保安活動の改善と安全文化醸成活動への反映について

弊社は、昨年11月に熊取事業所第2加工棟において負圧警報発報事象を2度にわたり生じさせ、この際の通報遅れと対策のための工事計画の不適切な審査に対して保安規定違反を受けた。4月には施設定期検査において熊取事業所第2加工棟内第2分析室の排気ダクトの腐食が指摘され、さらに5月にはこの水平展開による点検の結果、東海事業所においてもダクトの腐食事象を発見した。設置から30年近く経過した設備、機器に対して経年劣化を考慮した設備点検を十分行っていなかったことが一つの要因であり、保守管理の見直しが喫緊の課題であることが保安検査において指摘された。相次ぐ保安上のトラブルを真摯に受け止め、社長の指示のもと全社的に再発防止策を進めている中、今回の酸化ウラン粉末漏えい事象が発生した。

弊社としては、本事象の対応として安全確保を最優先に対応を行う方針とした。しかし、この活動において、対策立案のための漏えい原因の調査及び検討内容が当該設備の設置当時及び改造時の設計の問題点の整理に立ち返ることなく、現状の設備の状況に対するものに留まってしまった。これは、相次ぐトラブル発生を反省し、安全確保を最優先とする基本的考え方に沿うものではなかった。このことについて、原子力規制庁からの指摘を受け、核燃料の加工事業許可を受けた事業者としての自らに問いかけて対応する姿勢に欠けていたと認識し、対策を見直すこととした。

その結果、酸化ウラン粉末漏えい事象の原因究明と対策立案の過程において多くの教訓を得ることとなった。そして、これらの教訓を風化させないためにも、今回の対応を教育の題材として組織全体に根付かせ、安全確保最優先の保安活動を行っていくとともにその継続的改善に努めていくこととする。

以上

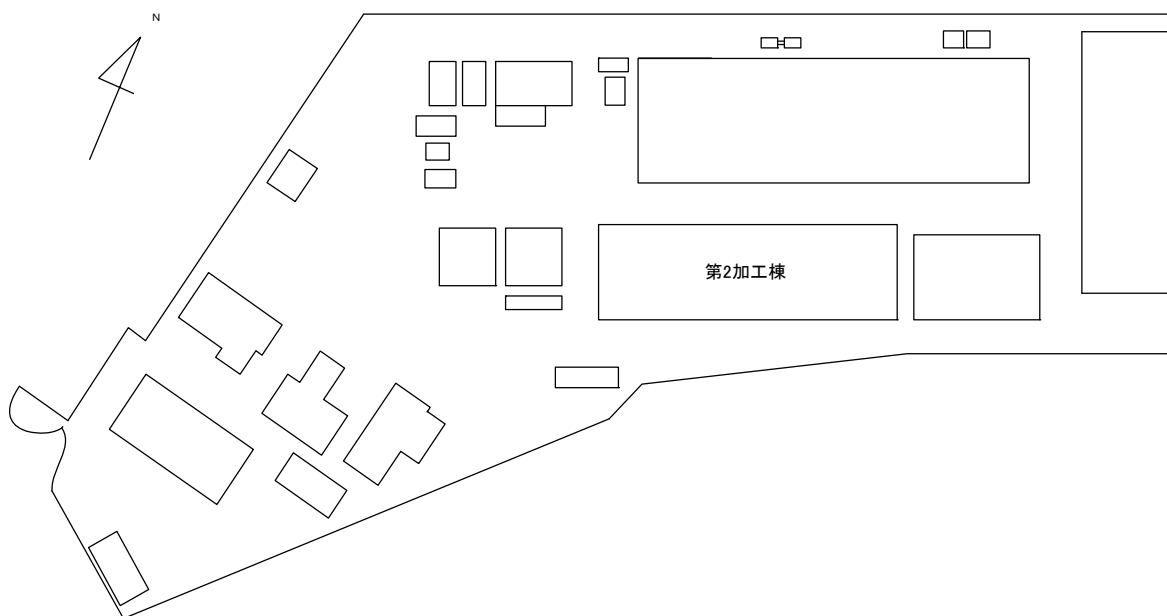


図 1：熊取事業所の加工施設配置図

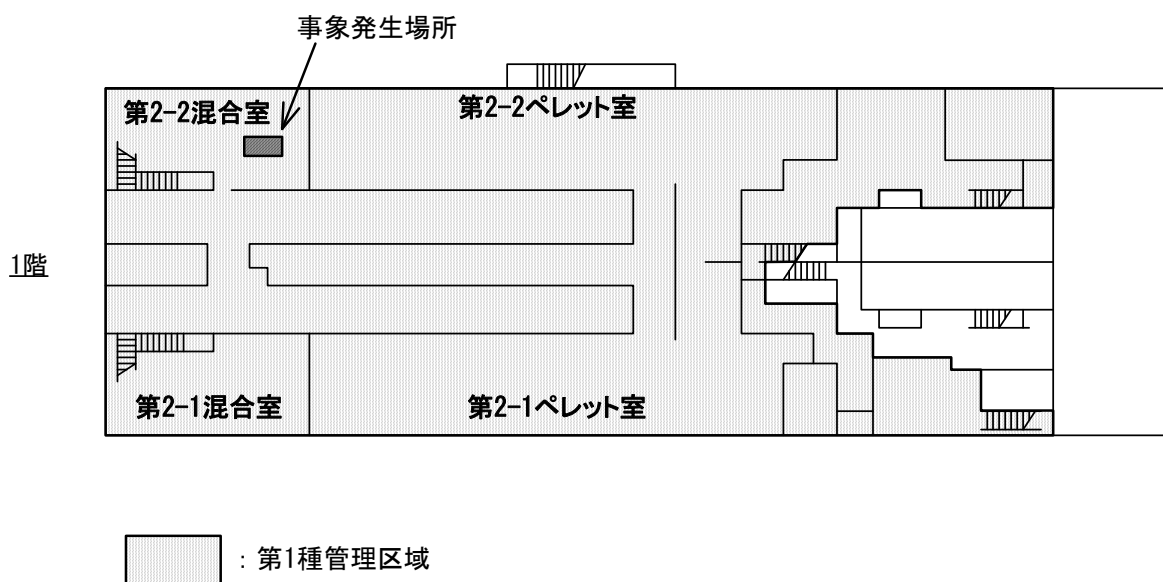


図 2：第 2 加工棟 1 階平面図

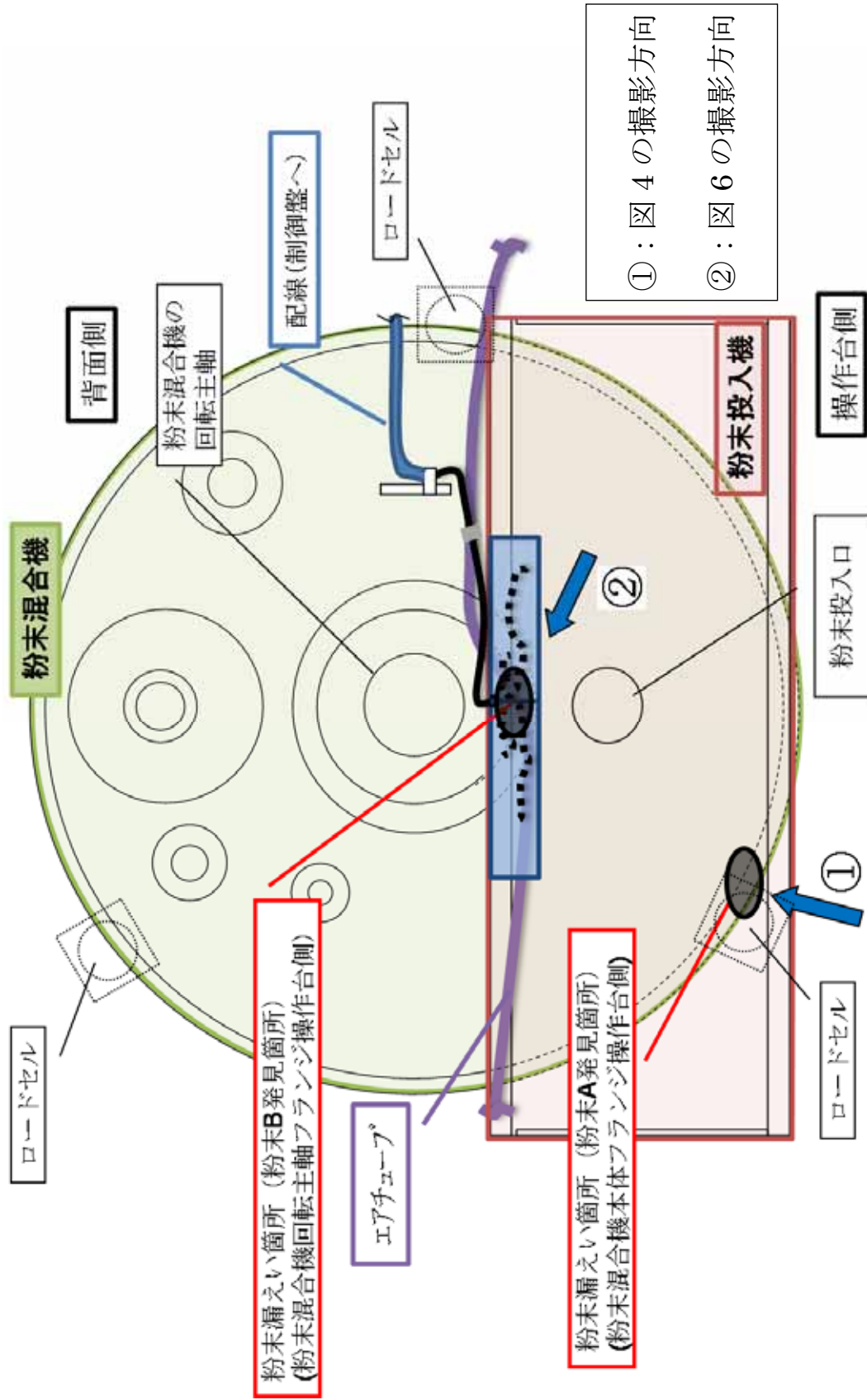


図3：酸化ウラン粉末の漏えい確認状況（平面図）



図 4 : 粉末混合機フランジ上の酸化ウラン粉末 (粉末混合機本体フランジ操作台側)
(粉末 A 発見箇所)



図 5 : 粉末混合機本体フランジ操作台側で発見した粉末 (粉末 A)



図 6 : 粉末混合機フランジ上のウランを含む粉末 (粉末混合機回転主軸フランジ操作台側)
(粉末 B 発見箇所)



図 7 : 粉末混合機回転主軸フランジ操作台側で発見した粉末 (粉末 B)

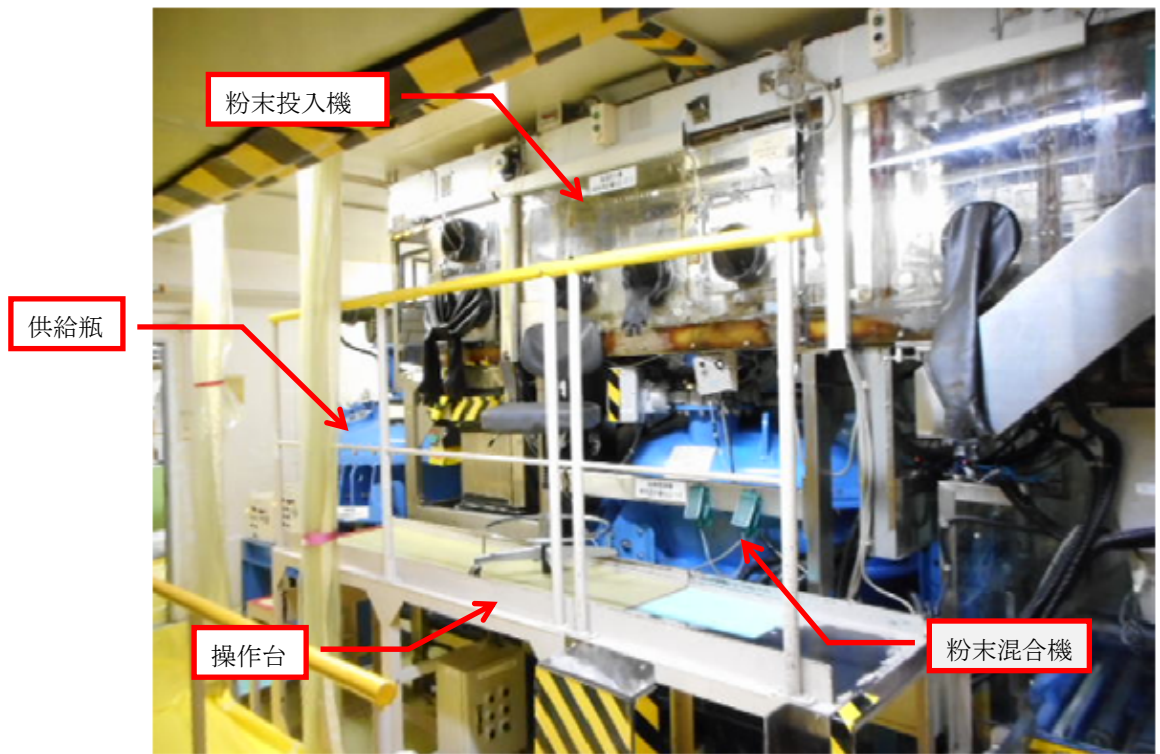
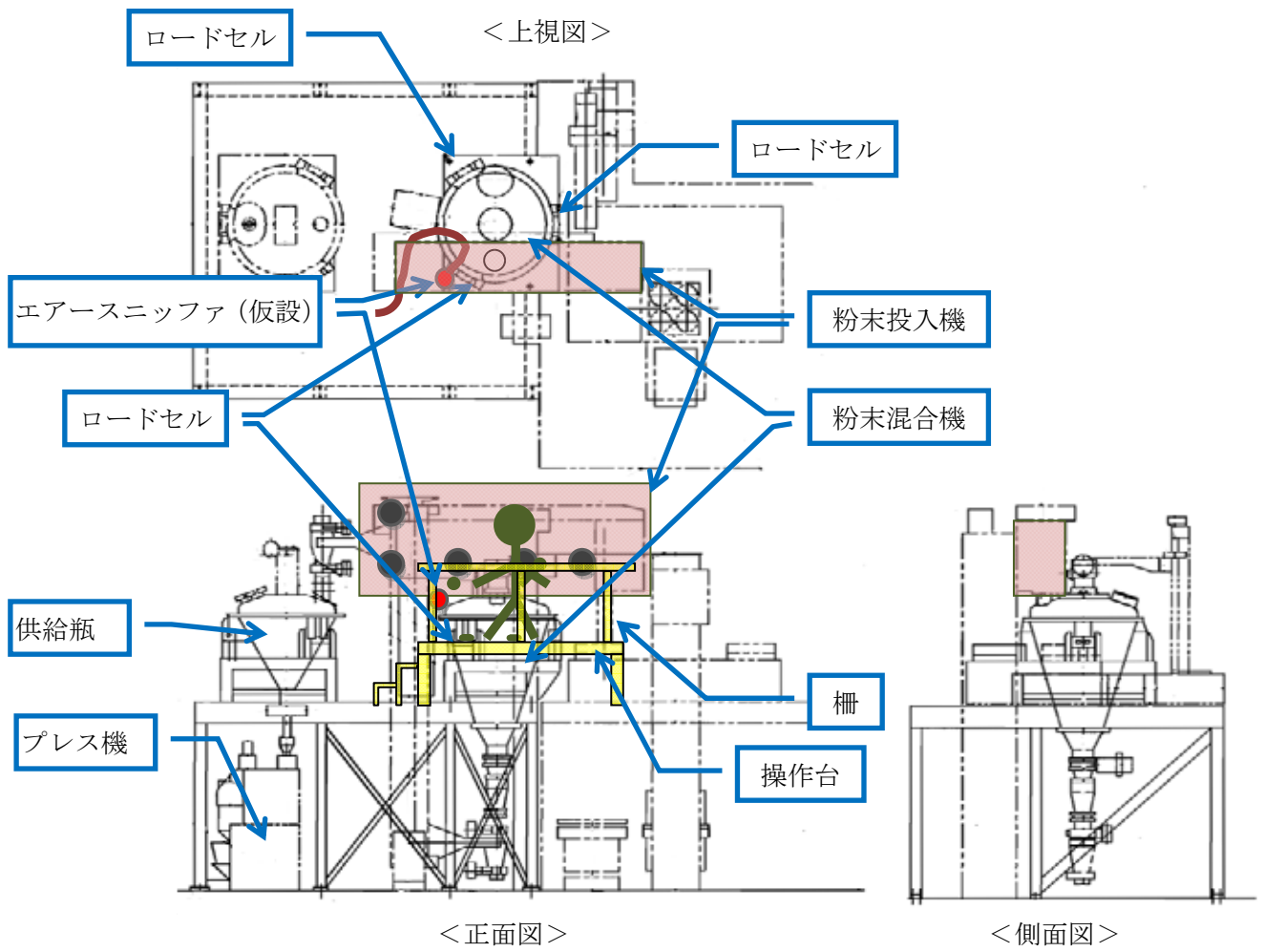
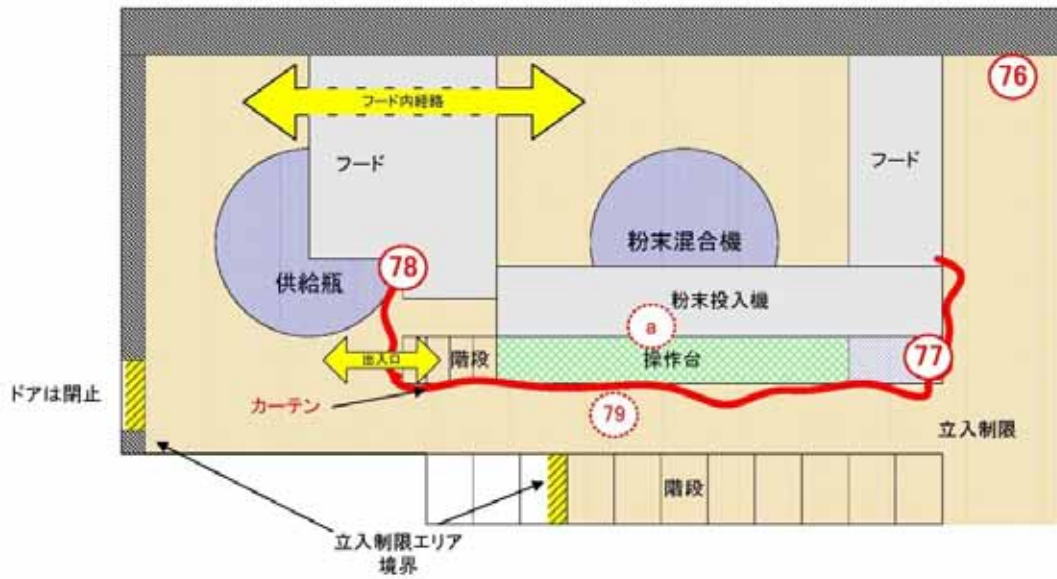


図 8 : 粉末混合機及び粉末投入機、周辺機器の概略図



⑦⑥～⑦⑨ : 常設のエアースニッフア、(a) : 仮設したエアースニッフア

図 9 : 事象発生後の汚染拡大防止のためのカーテン養生区域及び第 2-2 混合室の粉末混合機周辺のエアースニッフアの設置位置

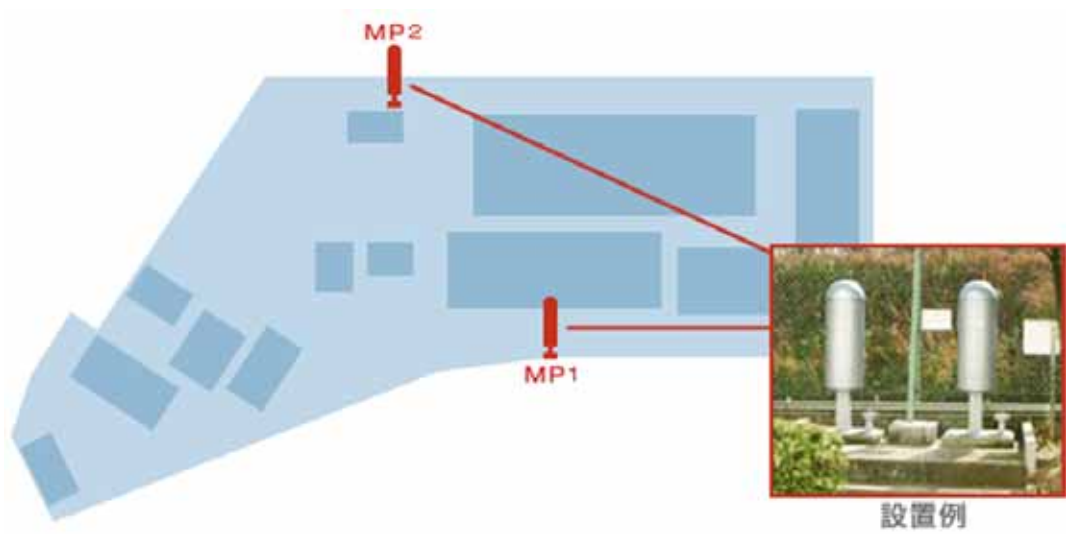
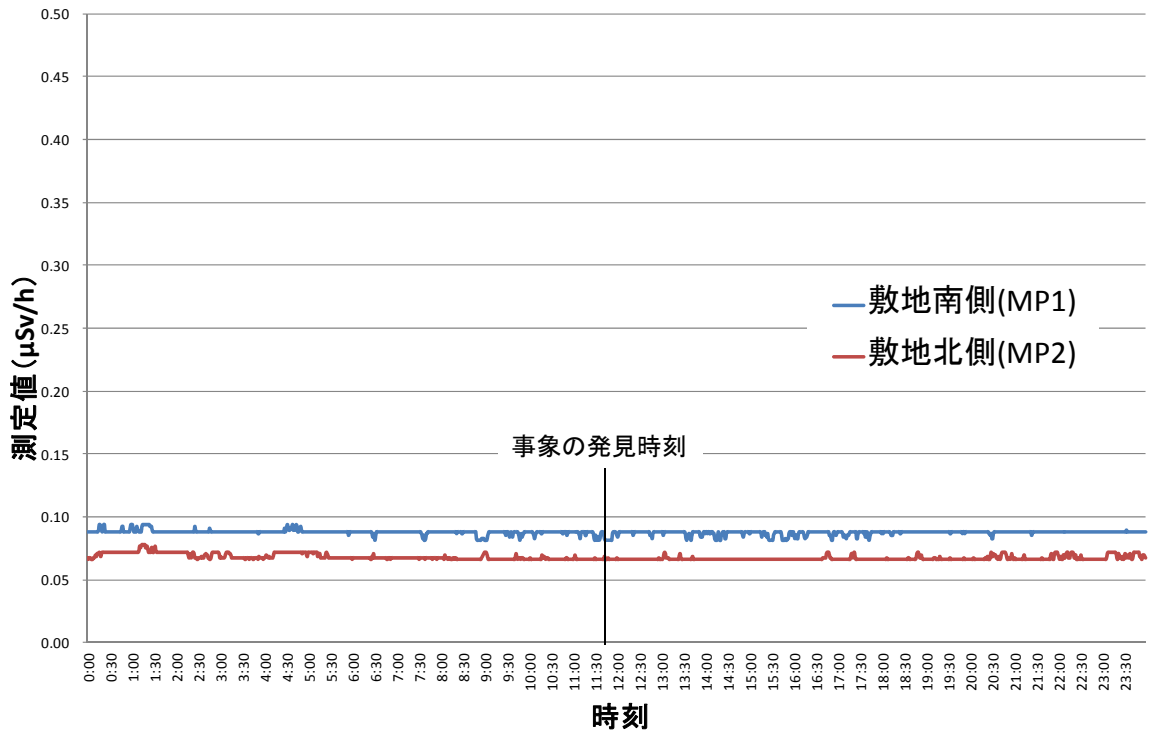


図 10 : 事象発生日におけるモニタリングポストのトレンドと設置場所

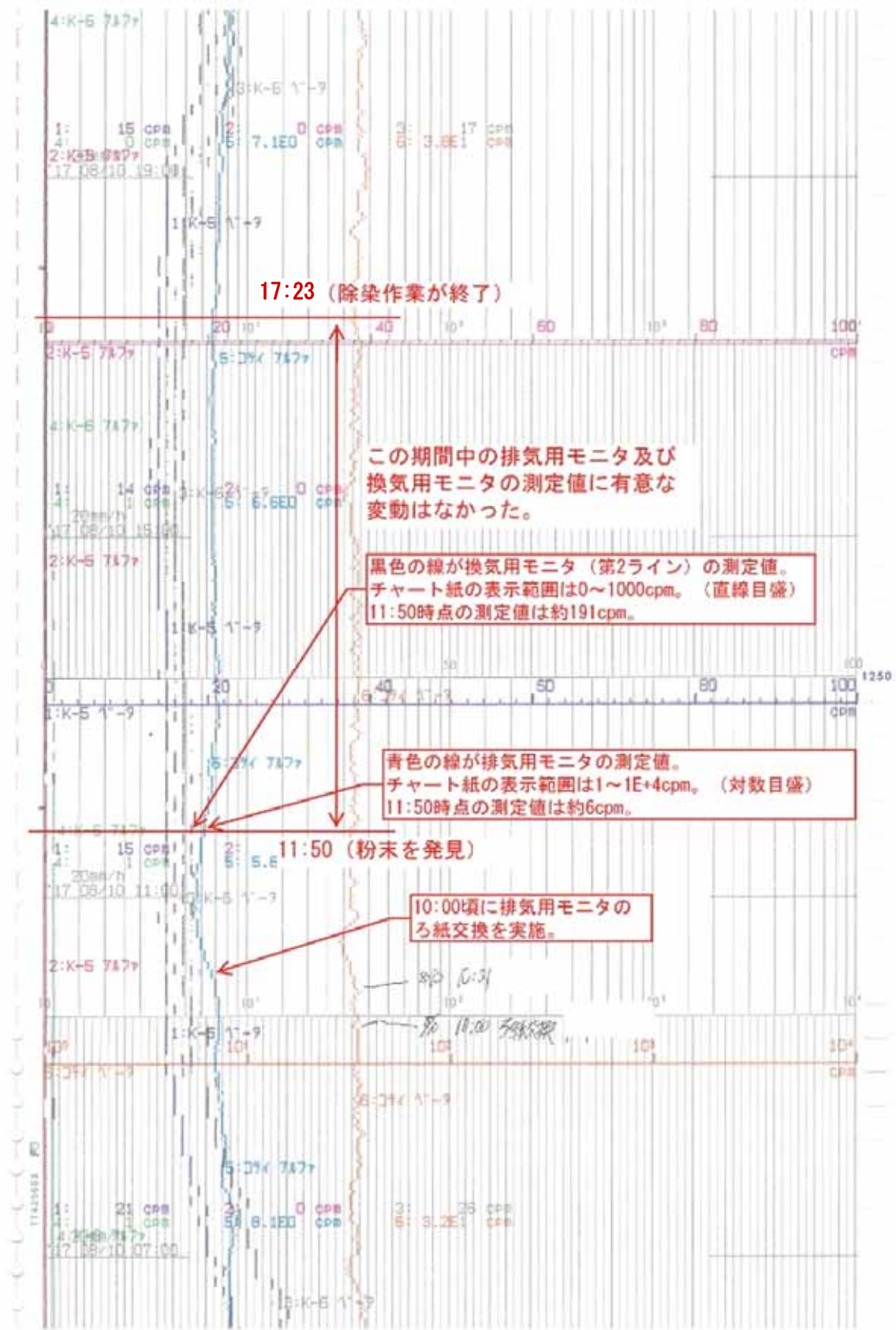


図 11：事象発生日における第 2 加工棟の排気用モニタ及び換気用モニタのトレンド

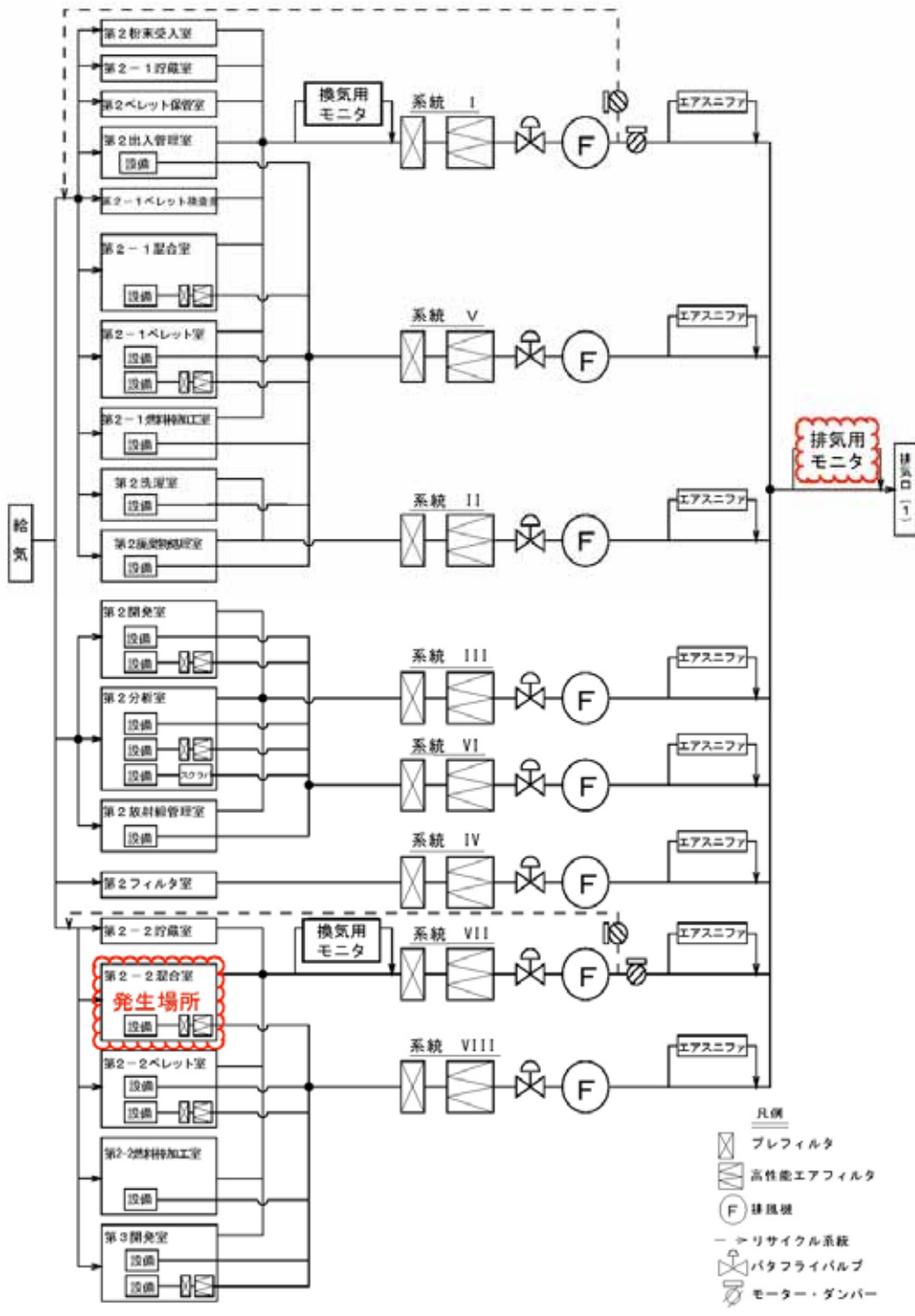


図 12：第 2 加工棟における排気用モニタの系統図

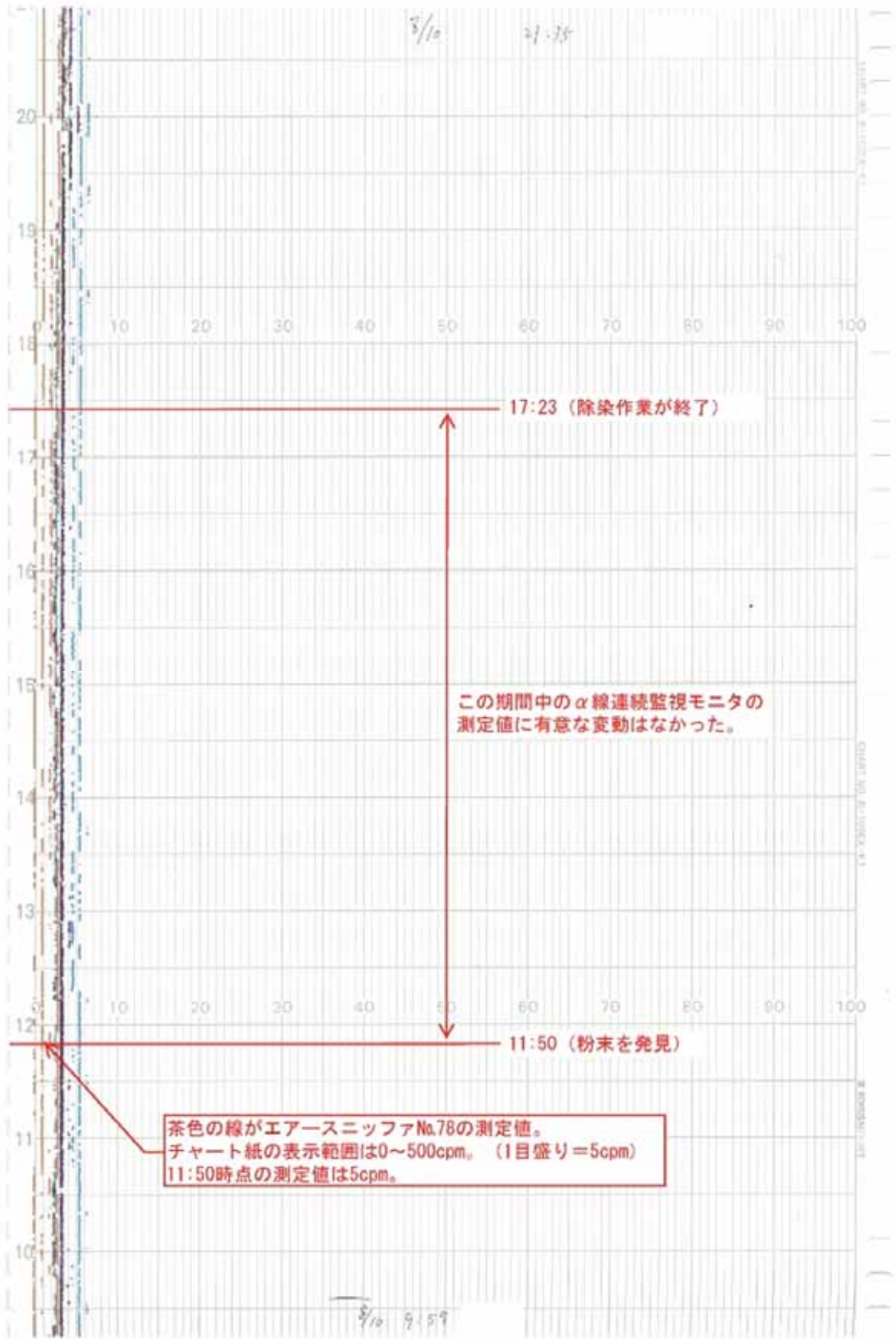
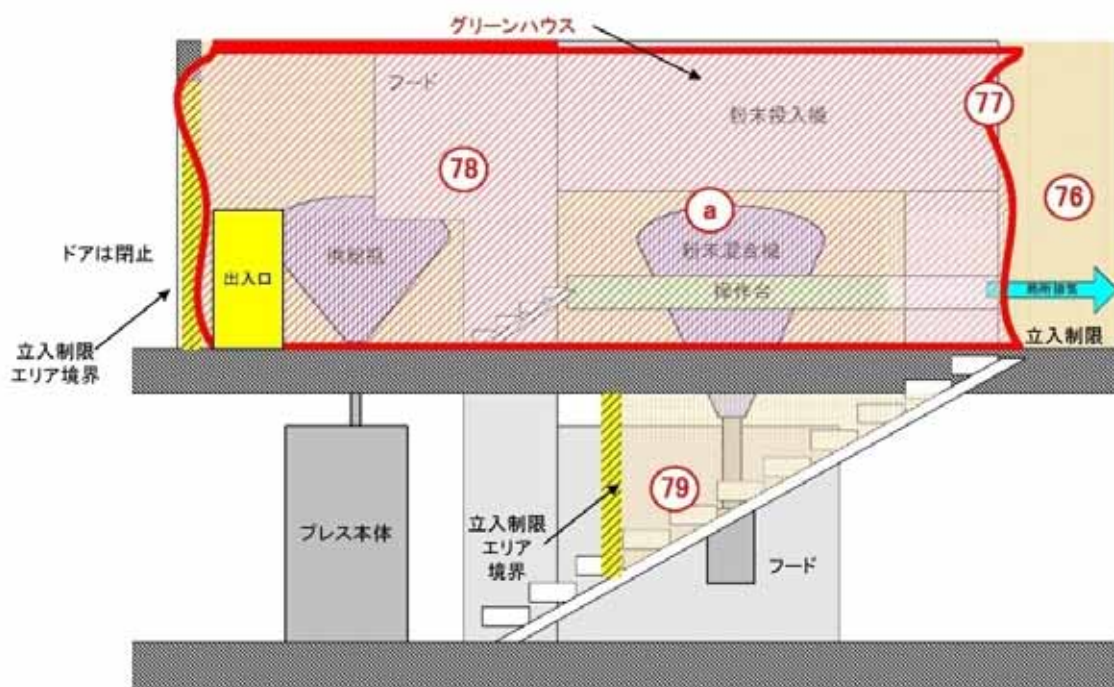
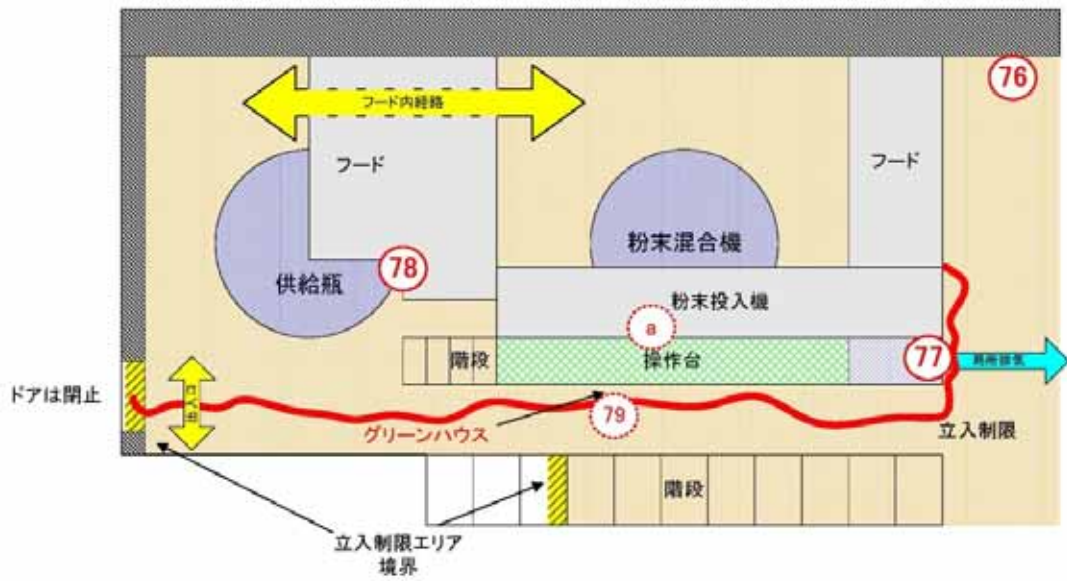


図 13：事象発生日におけるα線連続監視モニタのトレンド



⑦⑥～⑦⑨ : 常設のエアースニッフア、①a : 仮設したエアースニッフア

図 14 : 調査作業のためのグリーンハウスの設置範囲

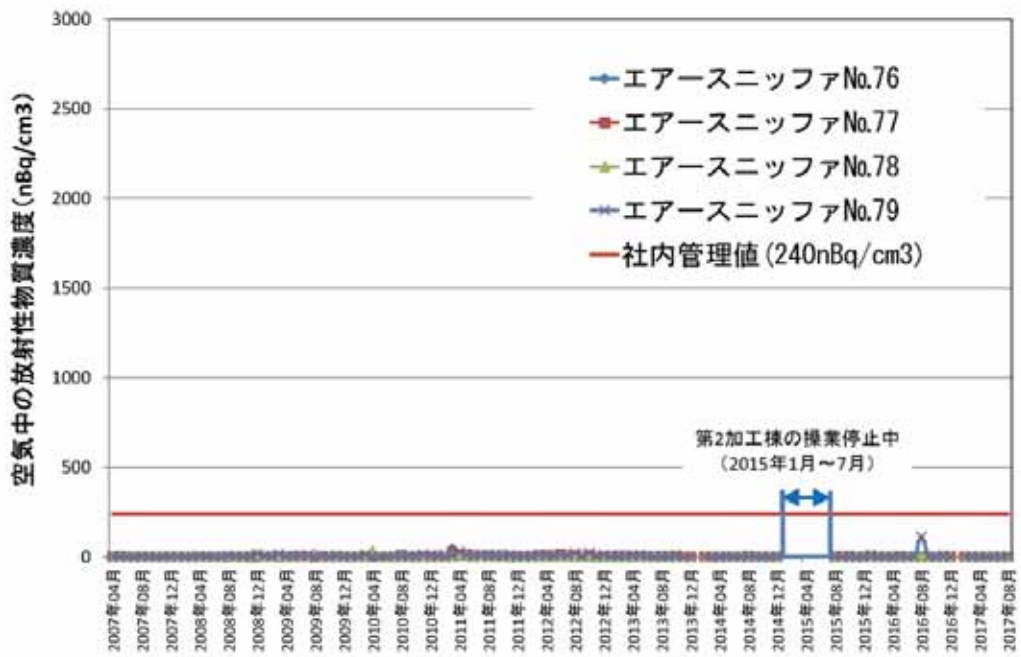
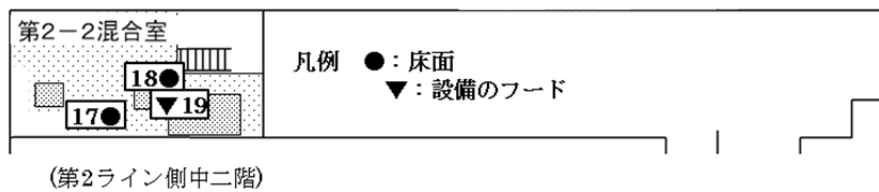
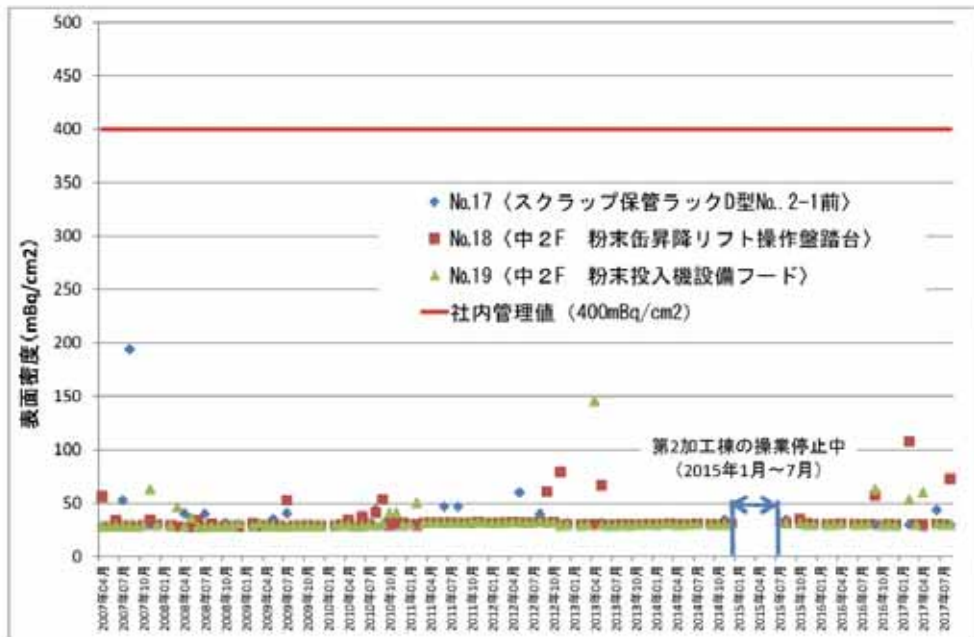


図 15 : 平成 19 年 4 月以降の空气中放射性物質濃度測定結果



粉末混合機周辺の表面密度測定位置

図 16 : 平成 19 年 4 月以降の表面密度測定結果

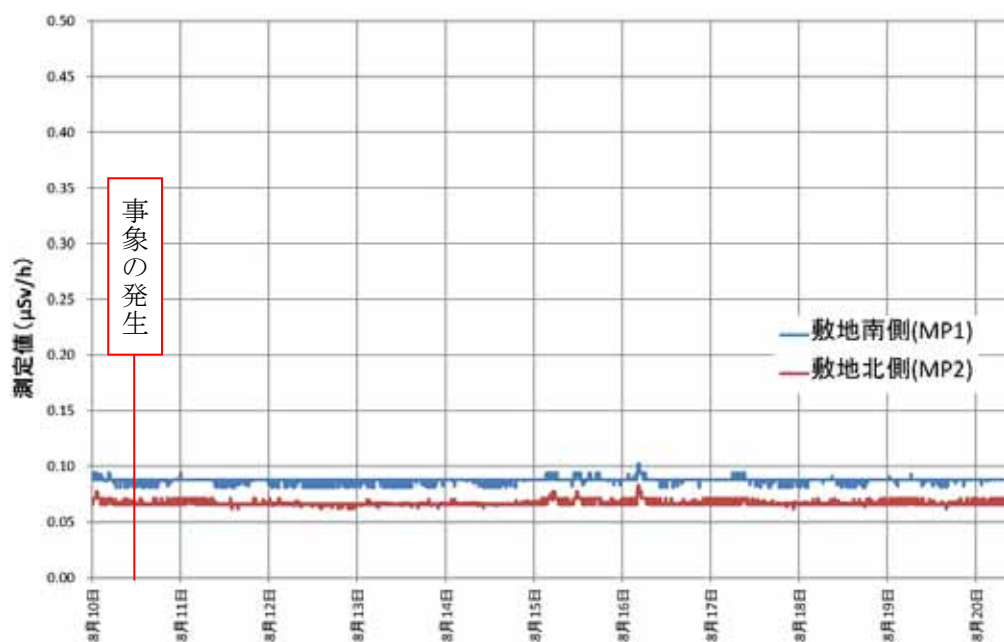
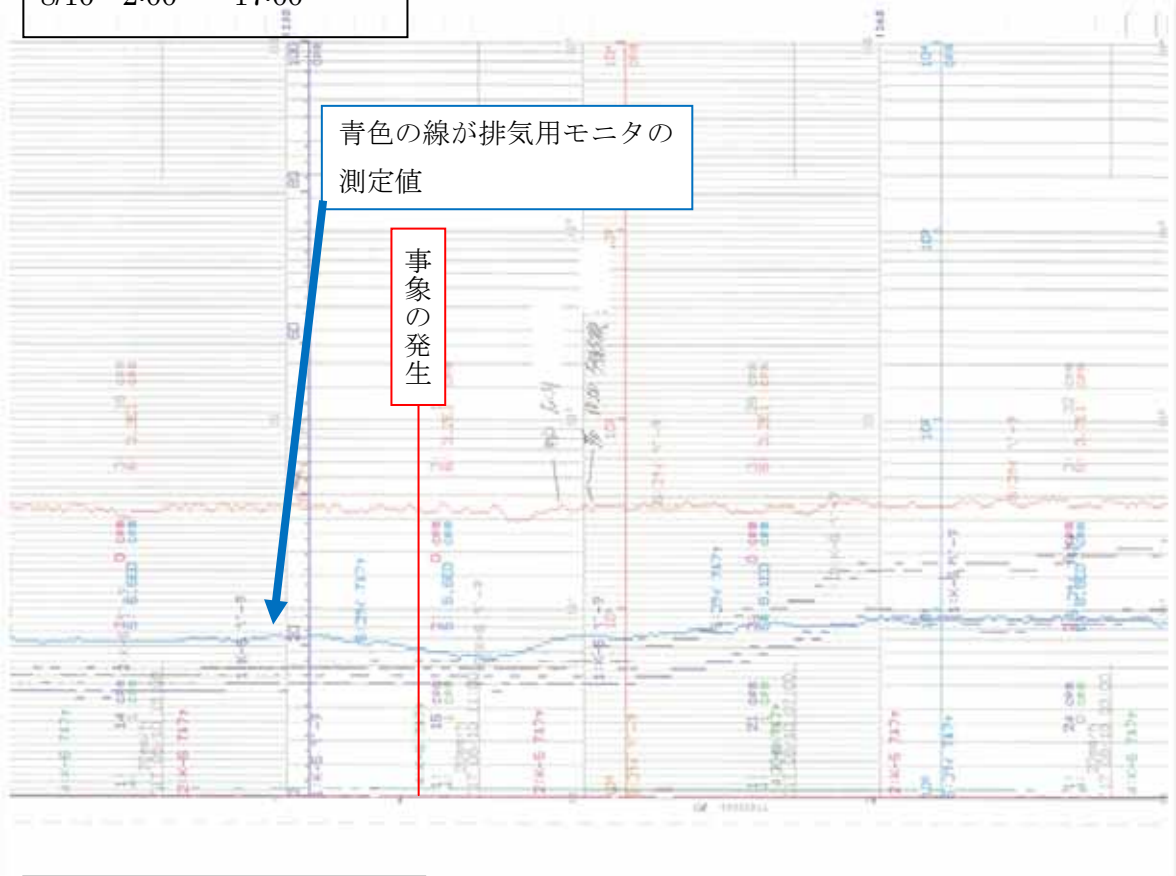


図 17：事象発生以降のモニタリングポストトレンド

8/10 2:00 ~ 17:00



8/10 17:00 ~ 8/11 8:00

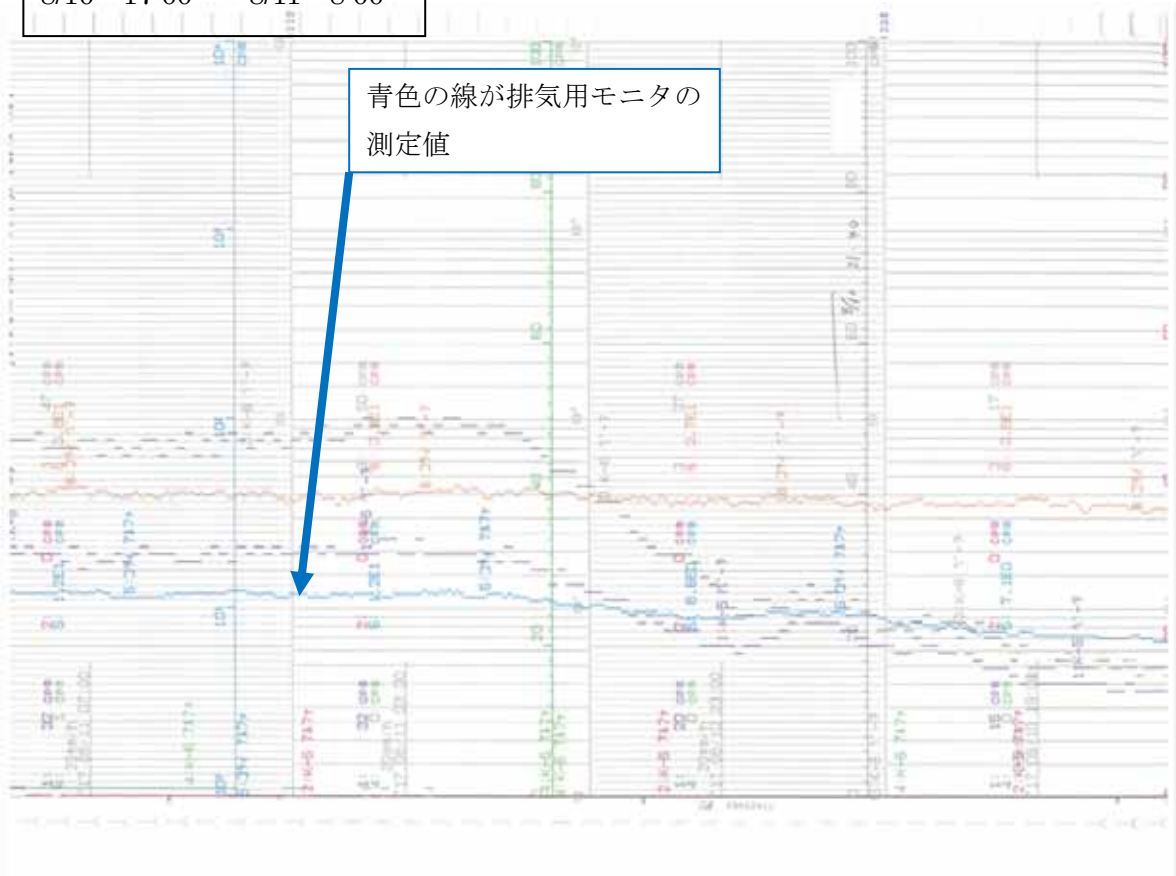


図 18 : 事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド(1/8)

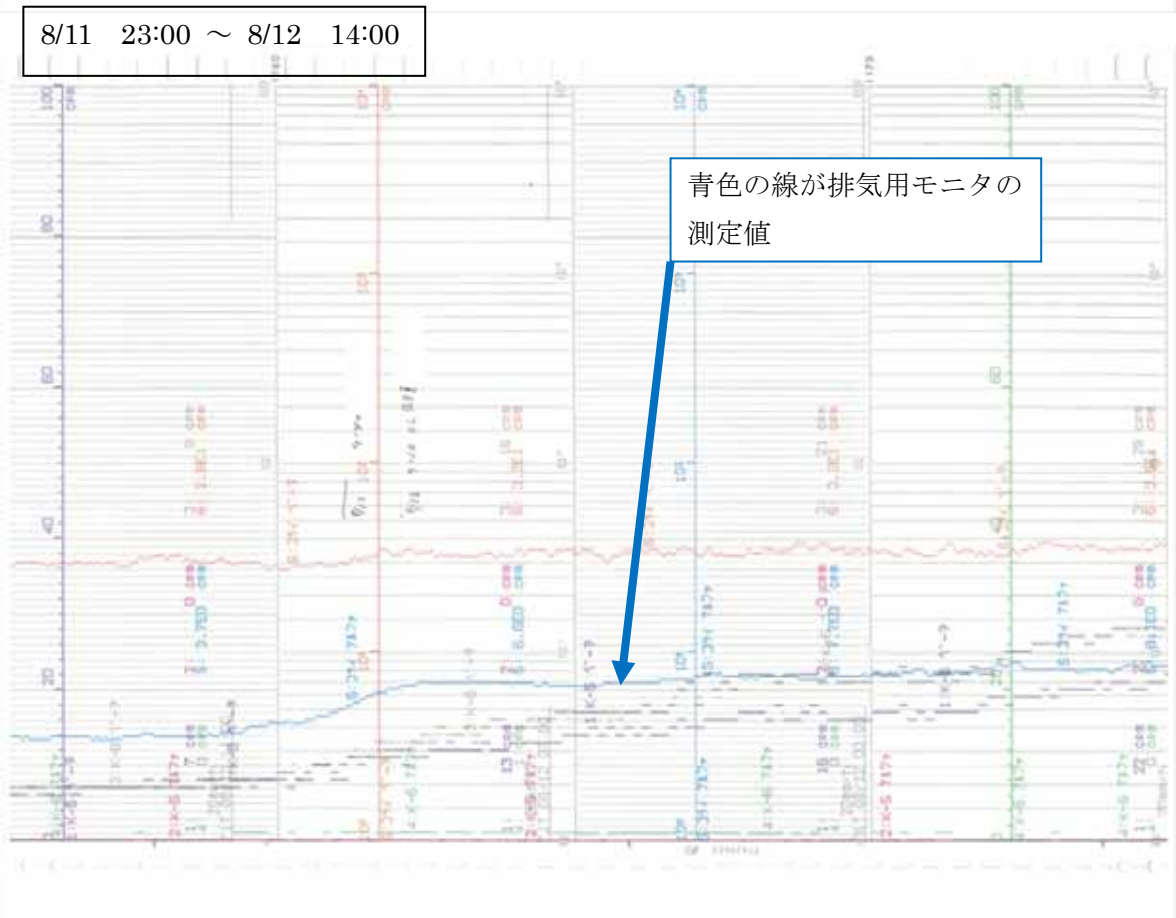
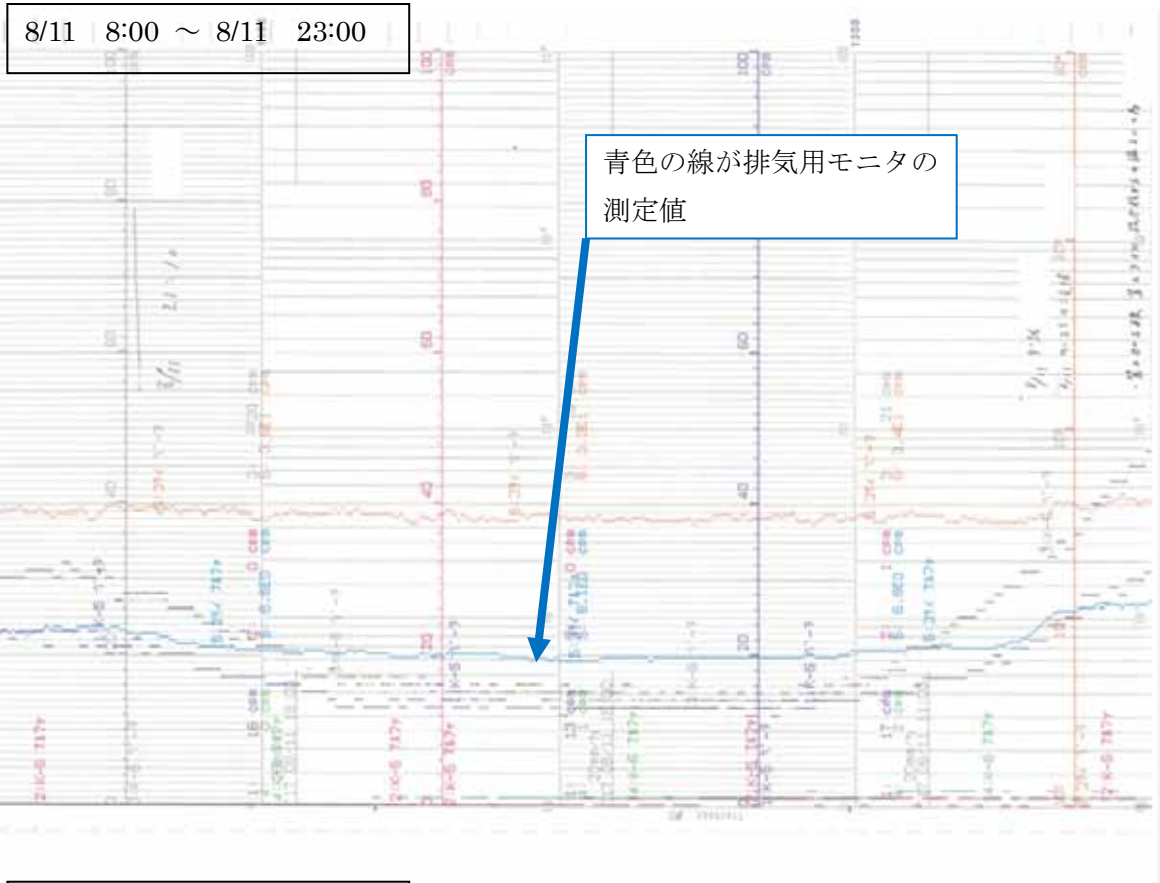
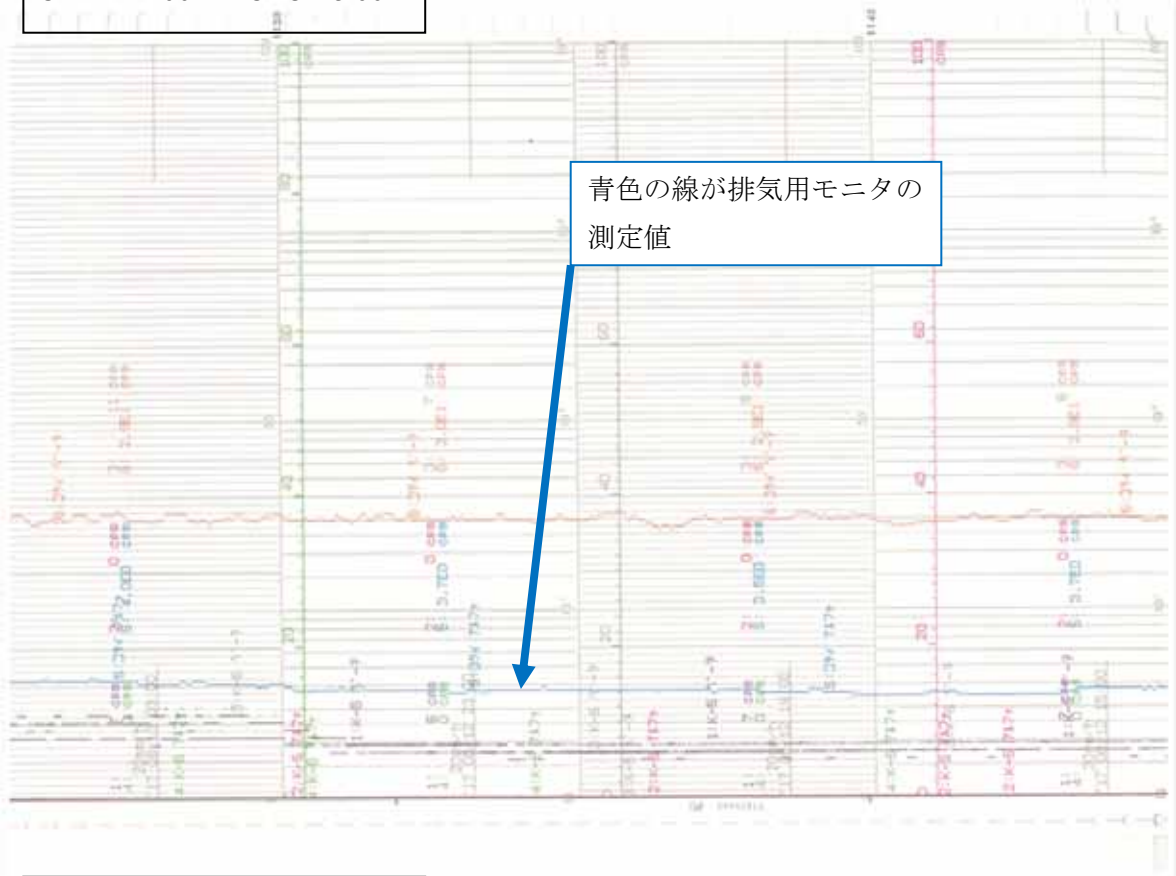


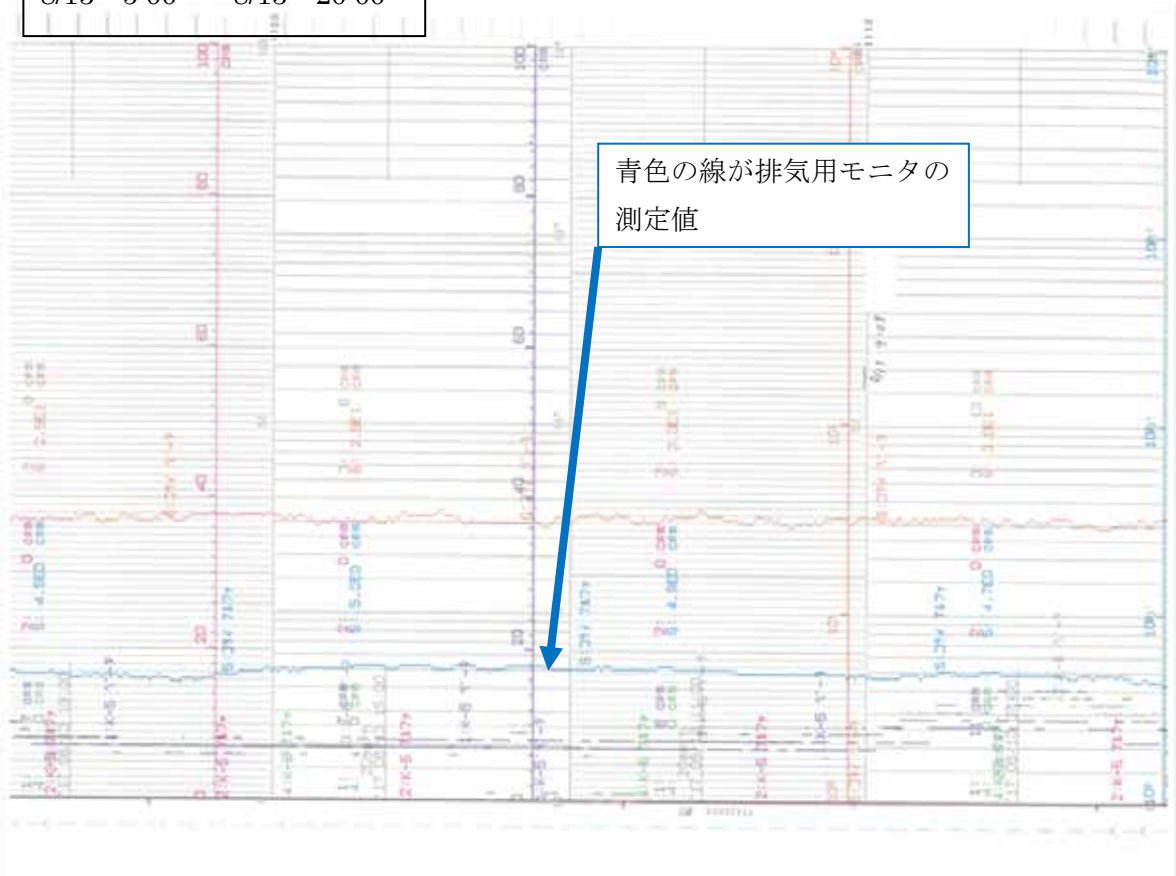
図 18 : 事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド (2/8)

8/12 14:00 ~ 8/13 5:00



青色の線が排気用モニタの測定値

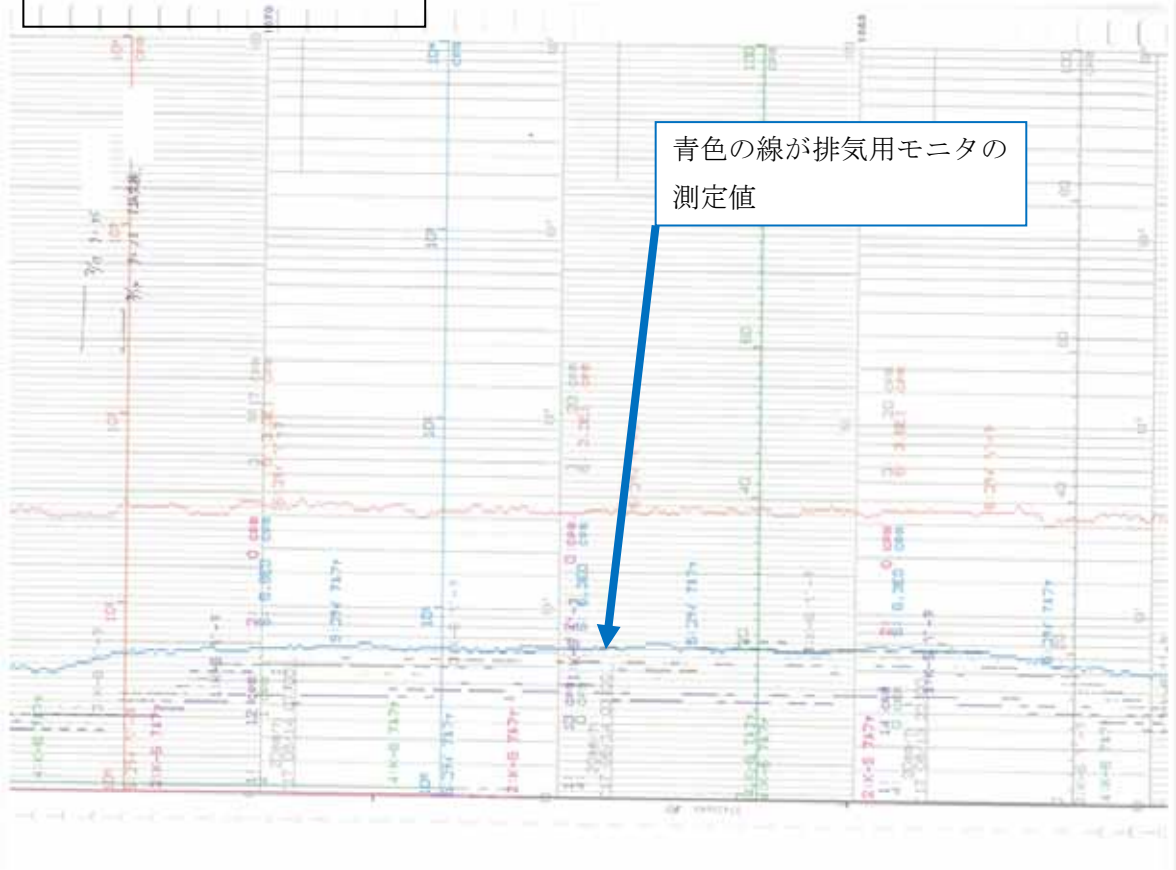
8/13 5:00 ~ 8/13 20:00



青色の線が排気用モニタの測定値

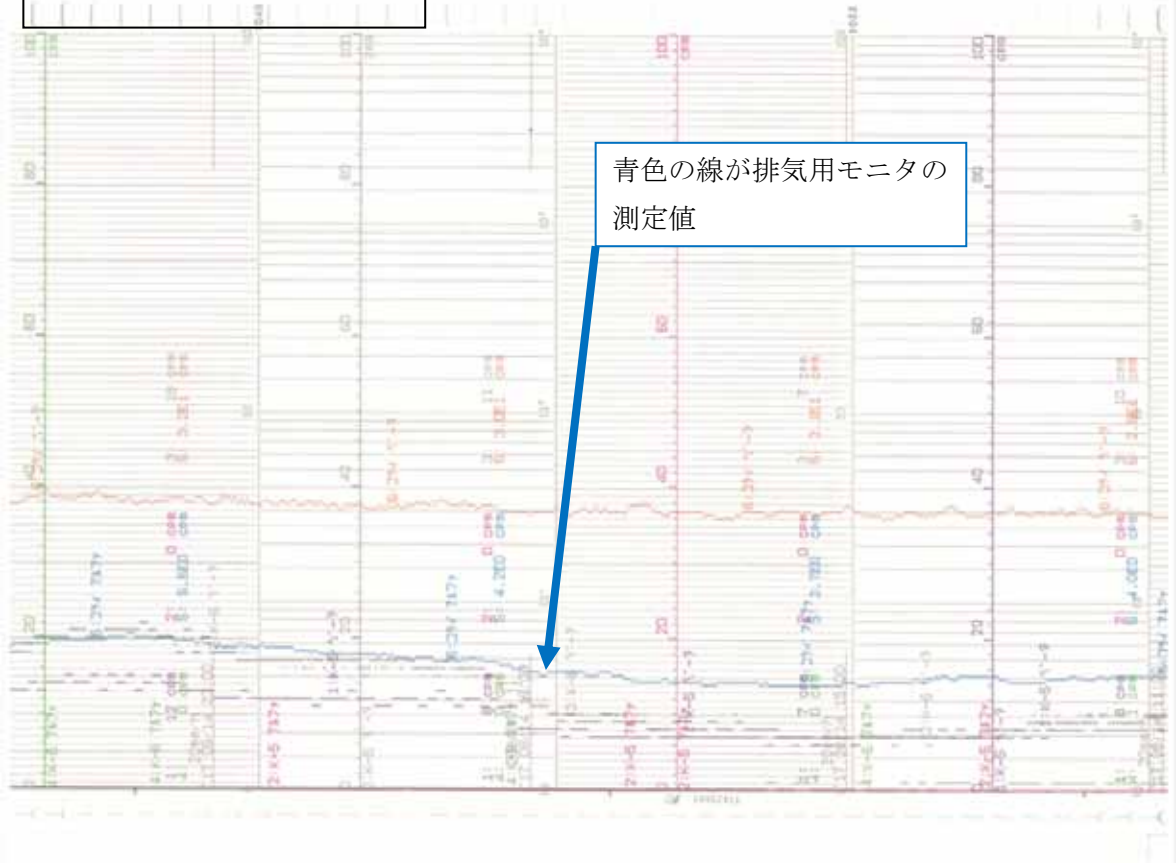
図 18 : 事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド (3/8)

8/13 20:00 ~ 8/14 11:00



青色の線が排気用モニタの
測定値

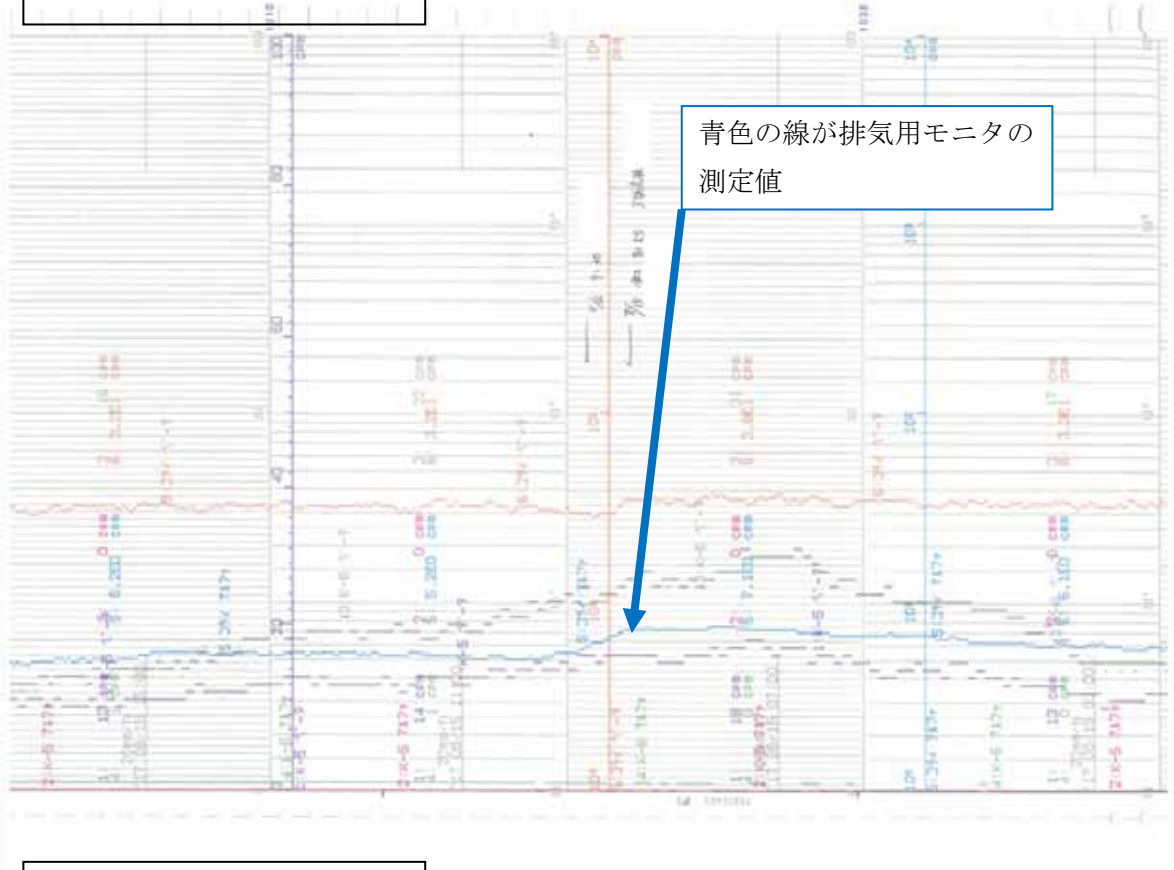
8/14 11:00 ~ 8/15 2:00



青色の線が排気用モニタの
測定値

図 18 : 事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド (4/8)

8/15 2:00 ~ 8/15 17:00



8/15 17:00 ~ 8/16 8:00

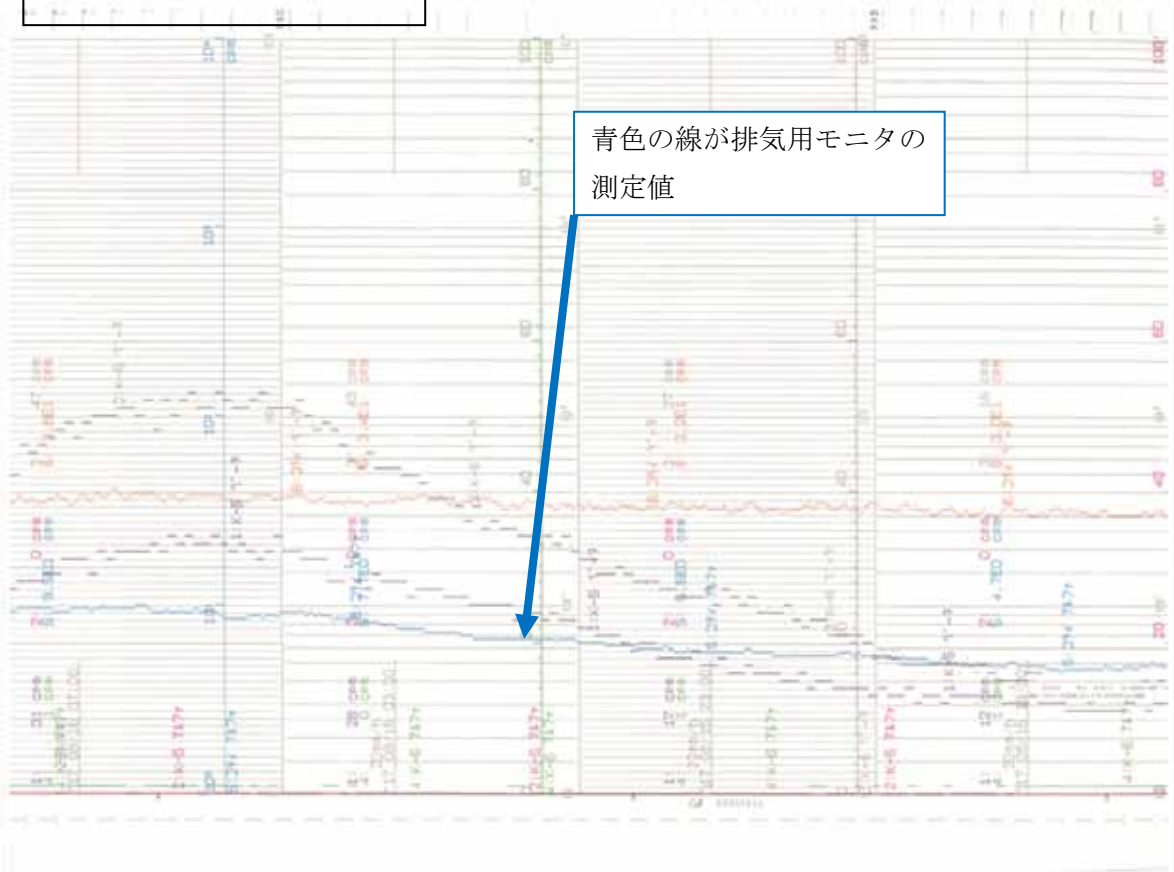
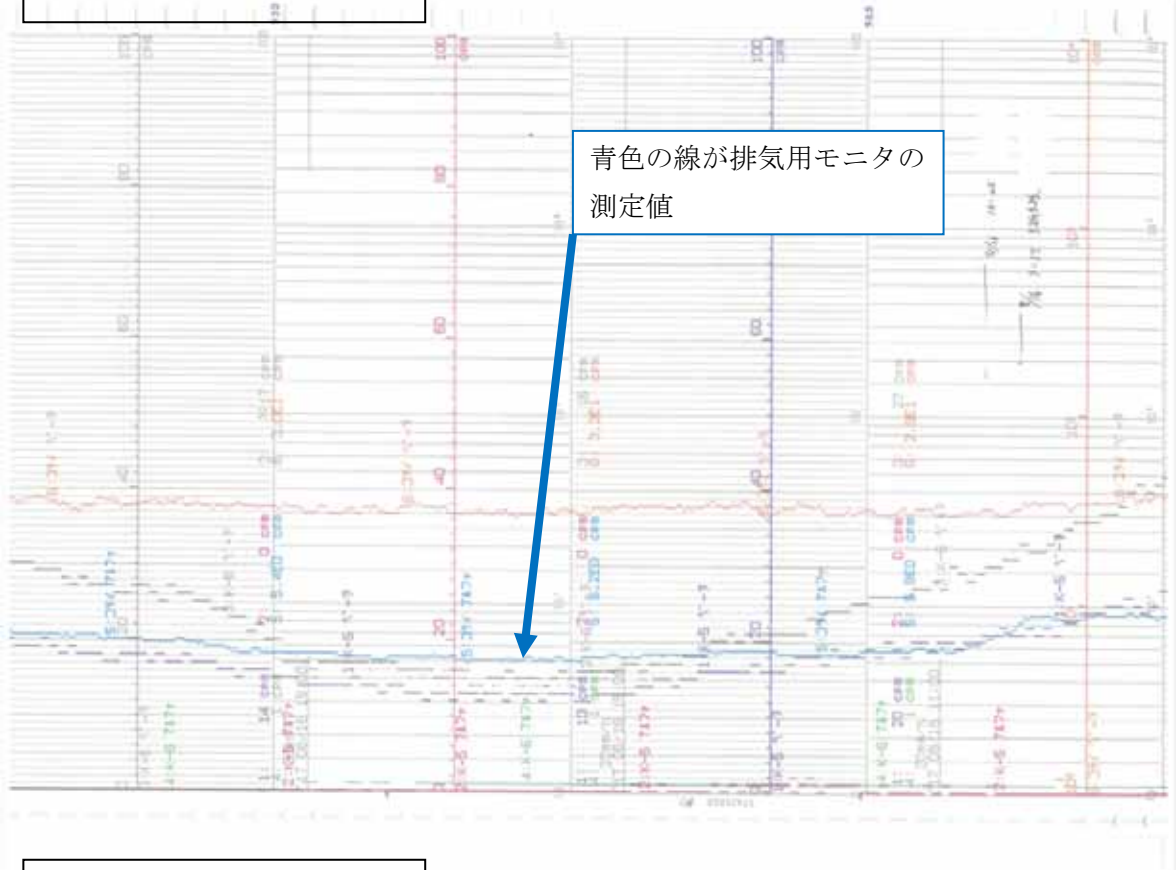


図 18 : 事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド (5/8)

8/16 8:00 ~ 8/16 23:00



8/16 23:00 ~ 8/17 14:00

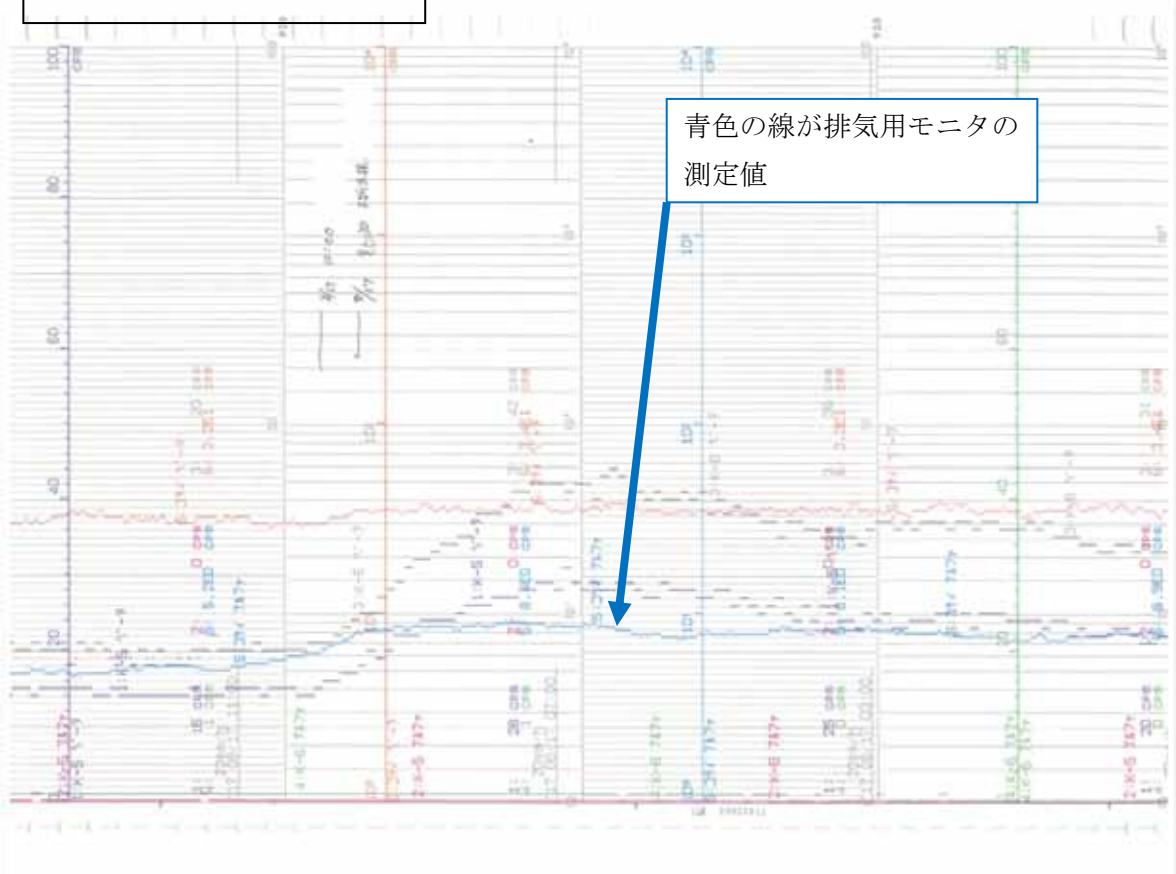
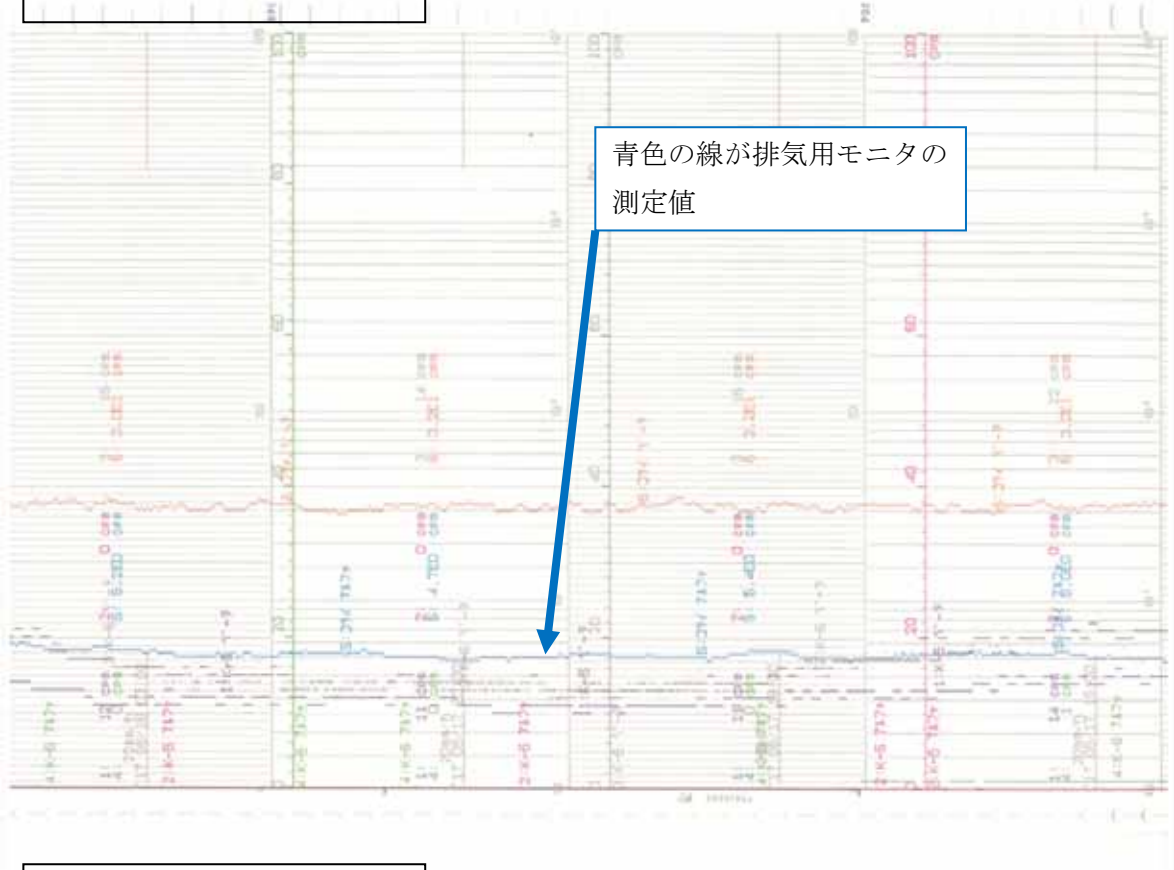


図 18 : 事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド (6/8)

8/17 14:00 ~ 8/18 5:00



8/18 5:00 ~ 8/18 20:00

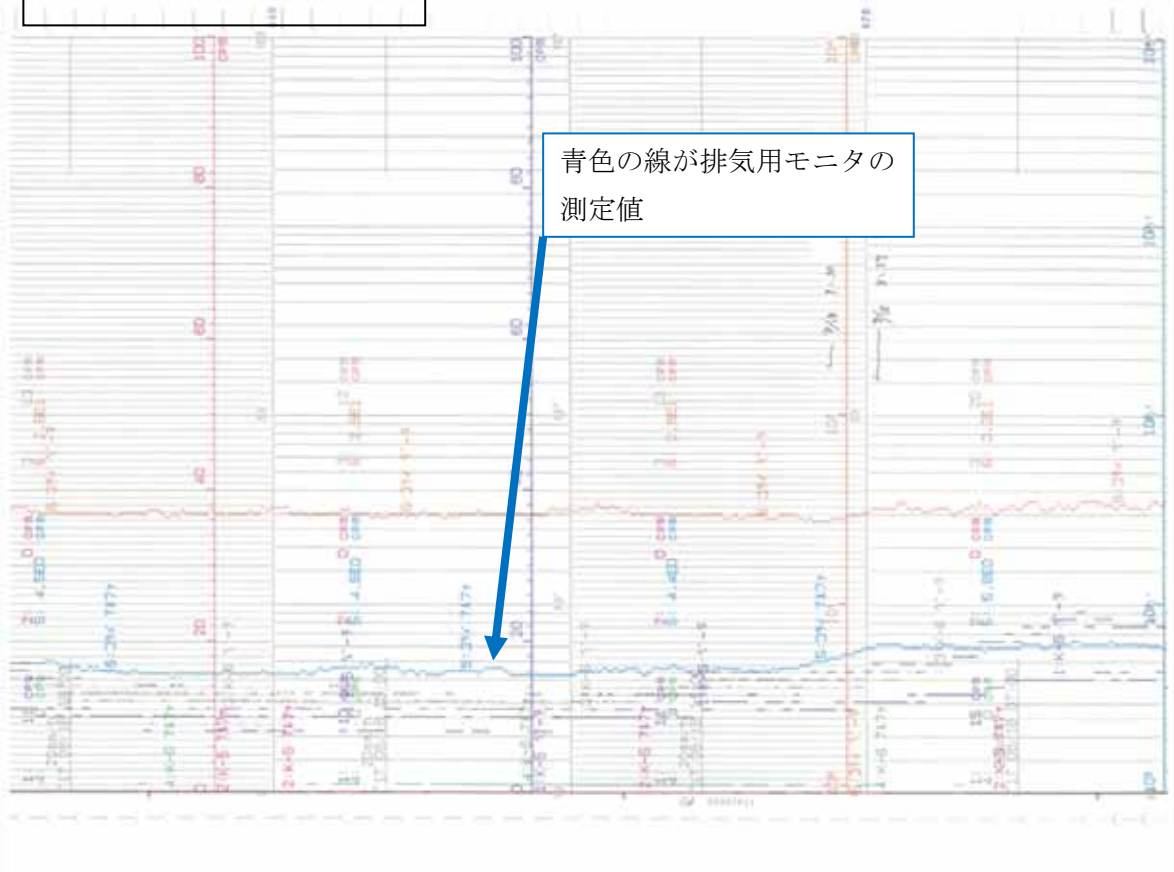
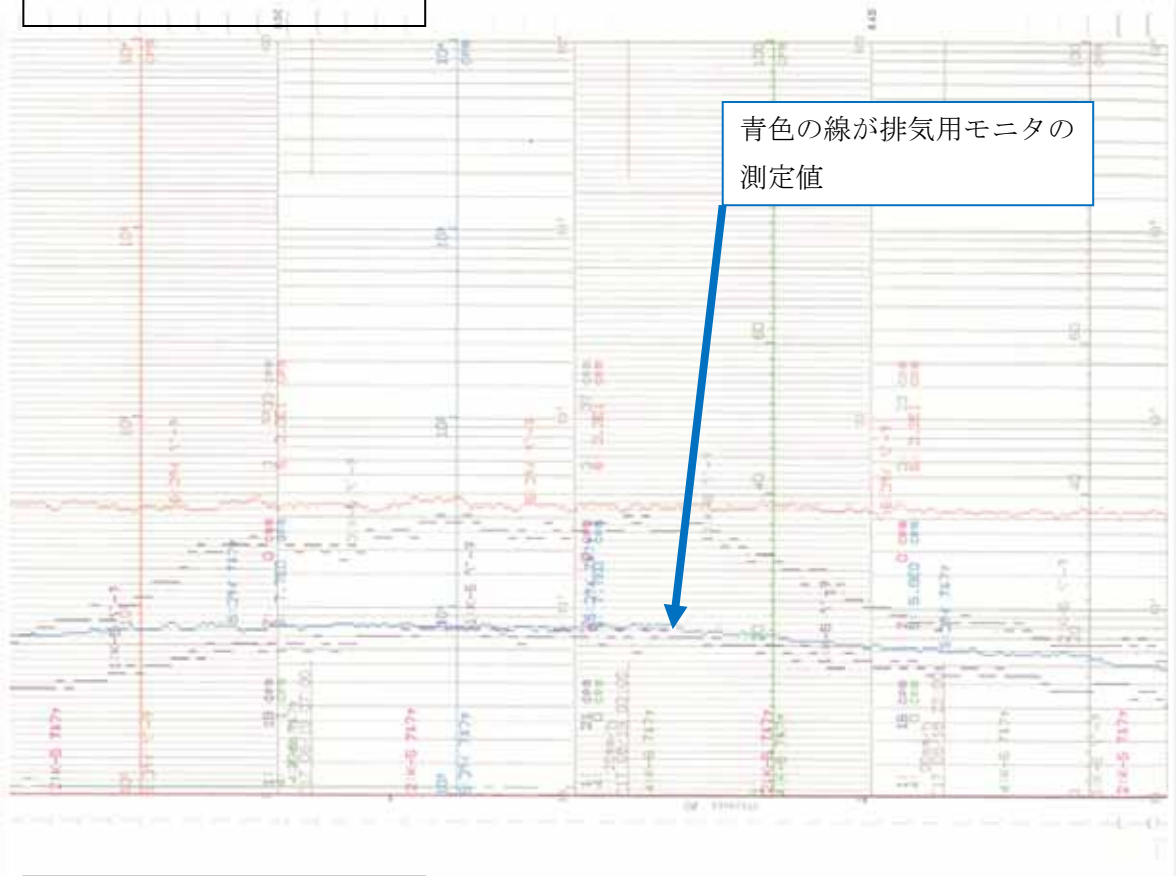


図 18 : 事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド (7/8)

8/18 20:00 ~ 8/19 11:00



8/19 11:00 ~ 8/20 2:00



図 18 : 事象発生以降から 8 月 20 日迄の第 2 加工棟排気用モニタトレンド (8/8)

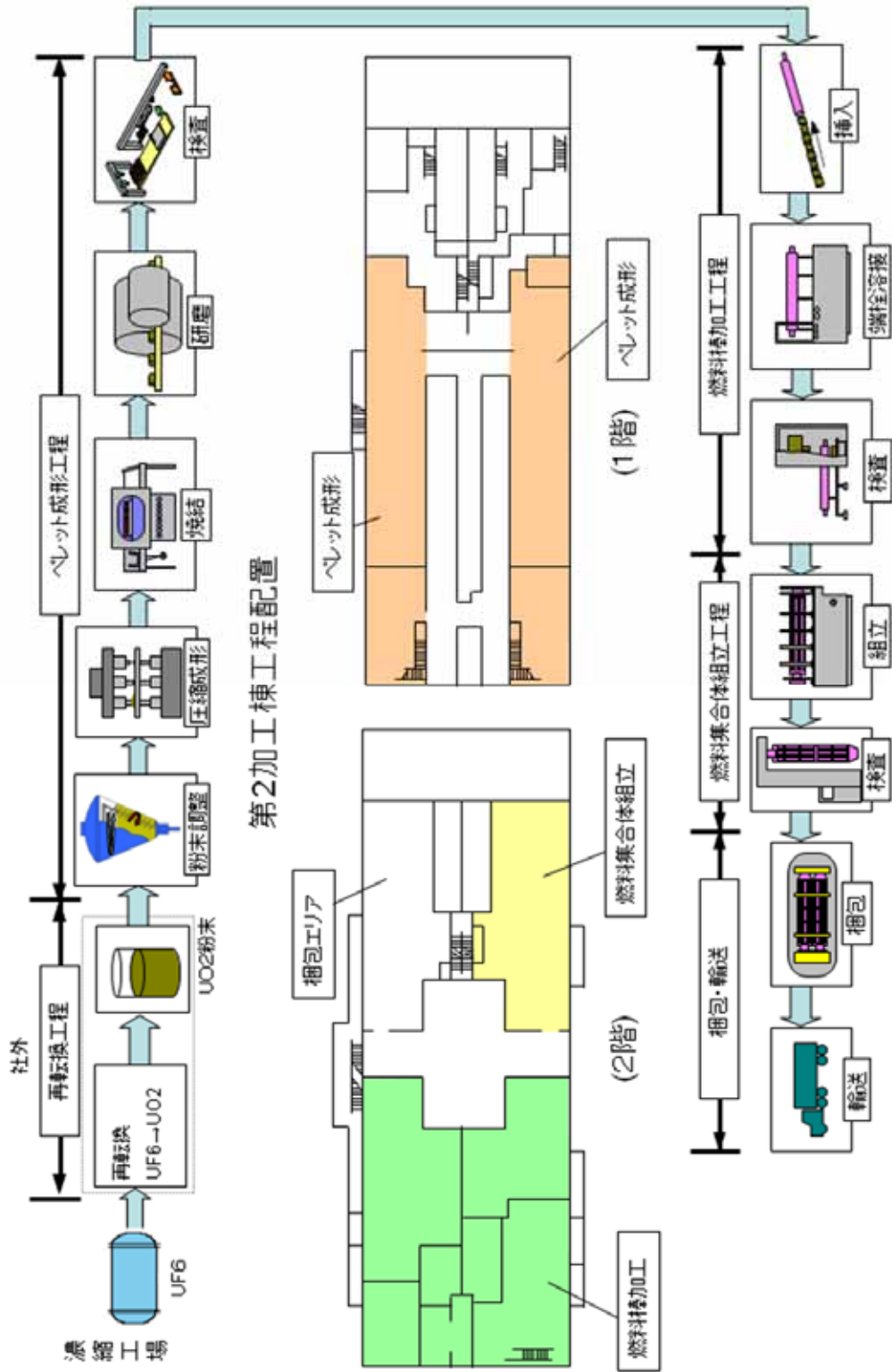


図 19：燃料集合体加工工程の概要

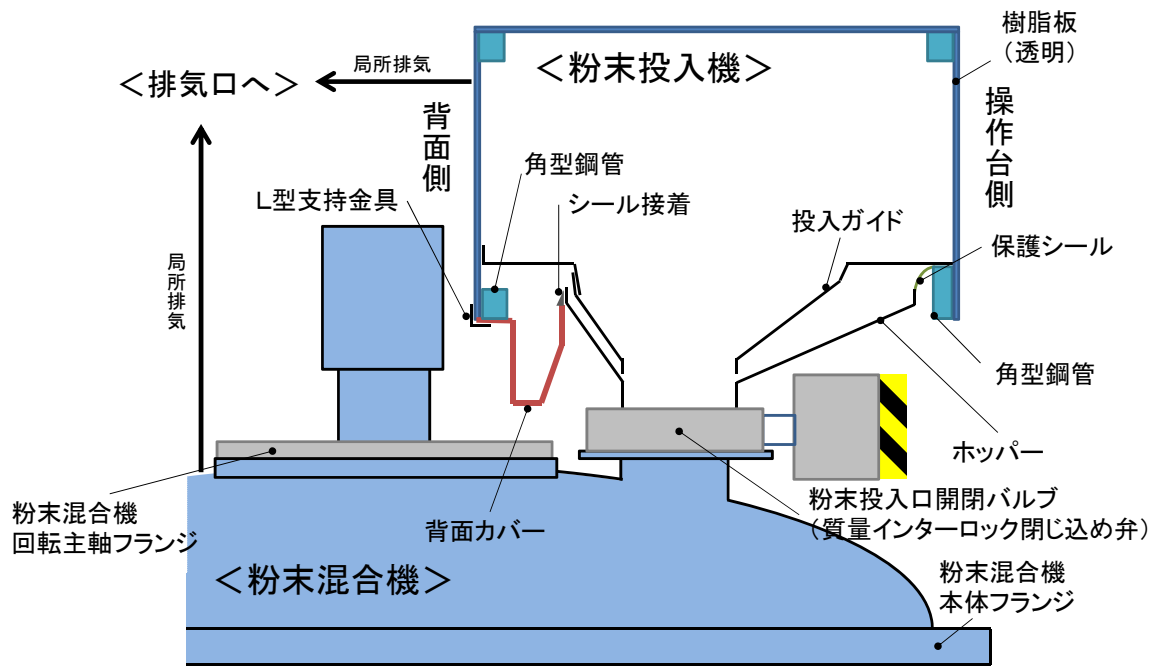
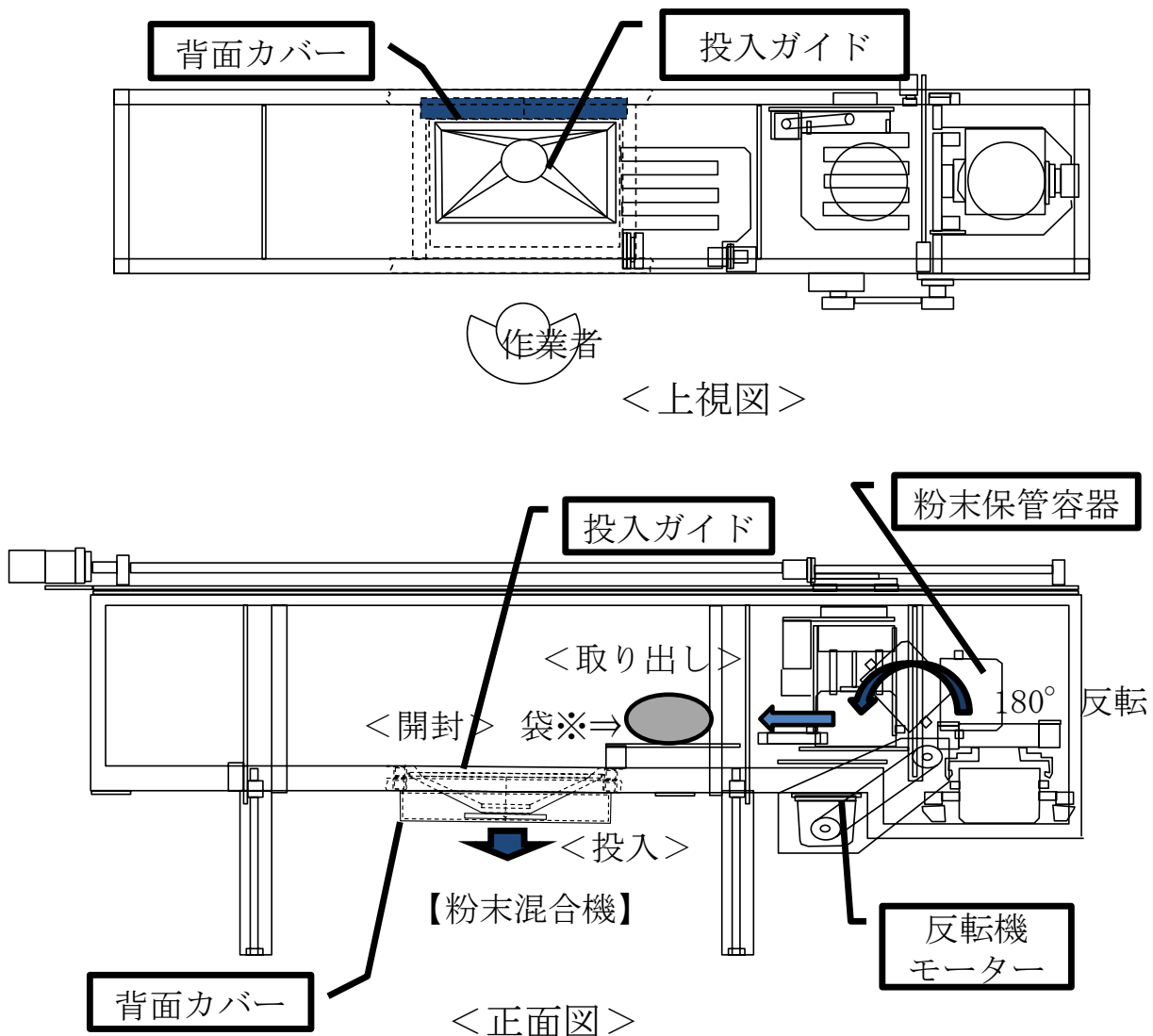
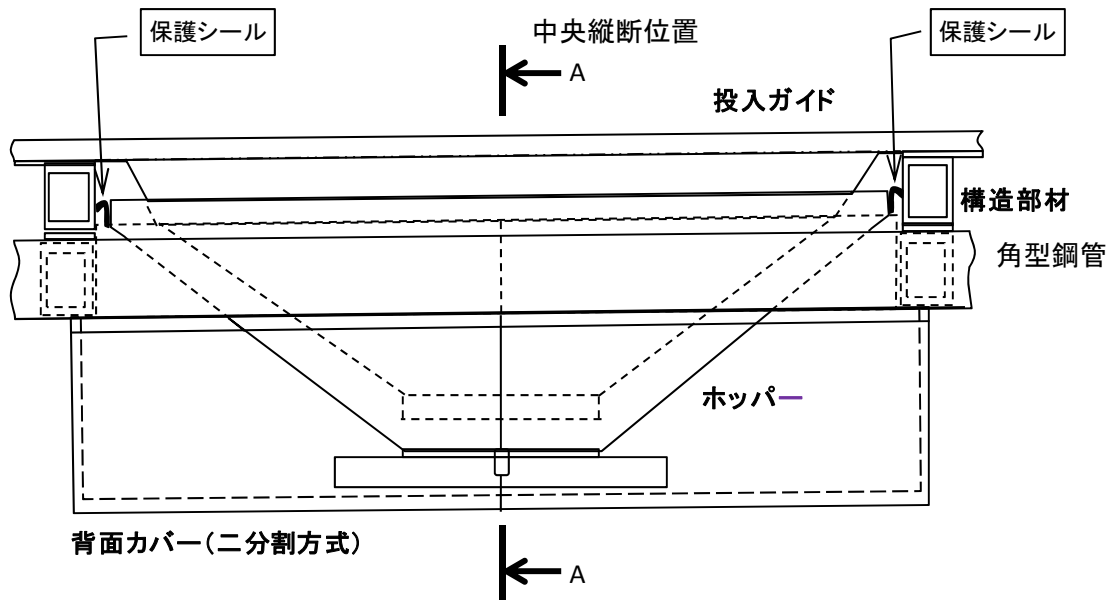


図 21：粉末混合機と粉末投入機の接続部の主要構造



※プラスチック袋に密封した酸化ウラン粉末または添加剤

図 22 : 粉末投入機の詳細構造



<正面図>

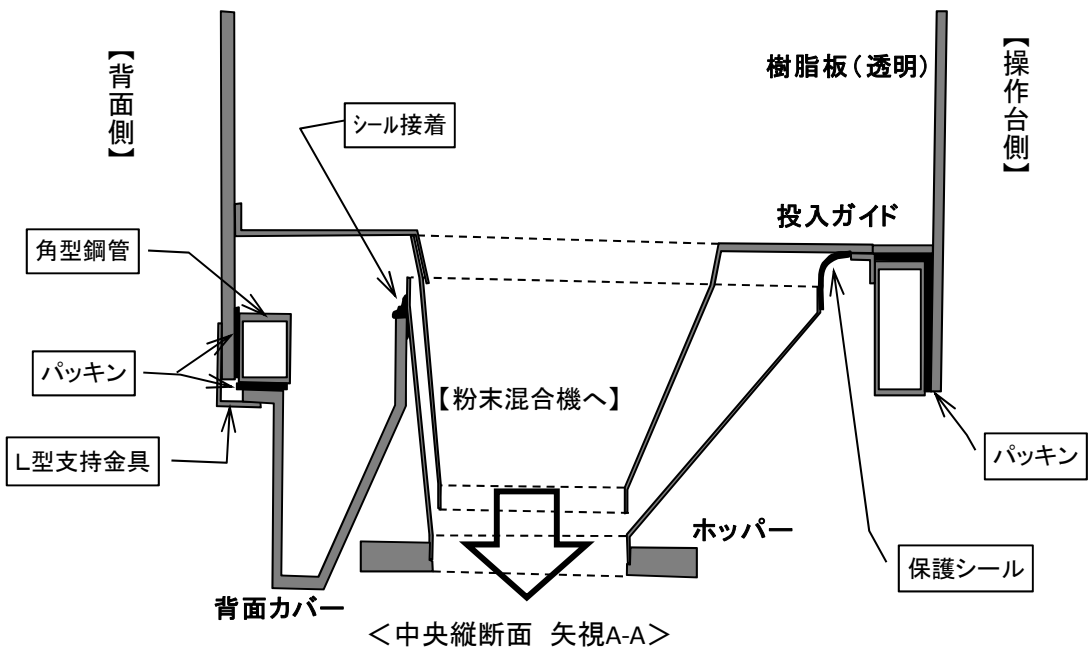


図 23 : 投入ガイド及び周辺の構造図

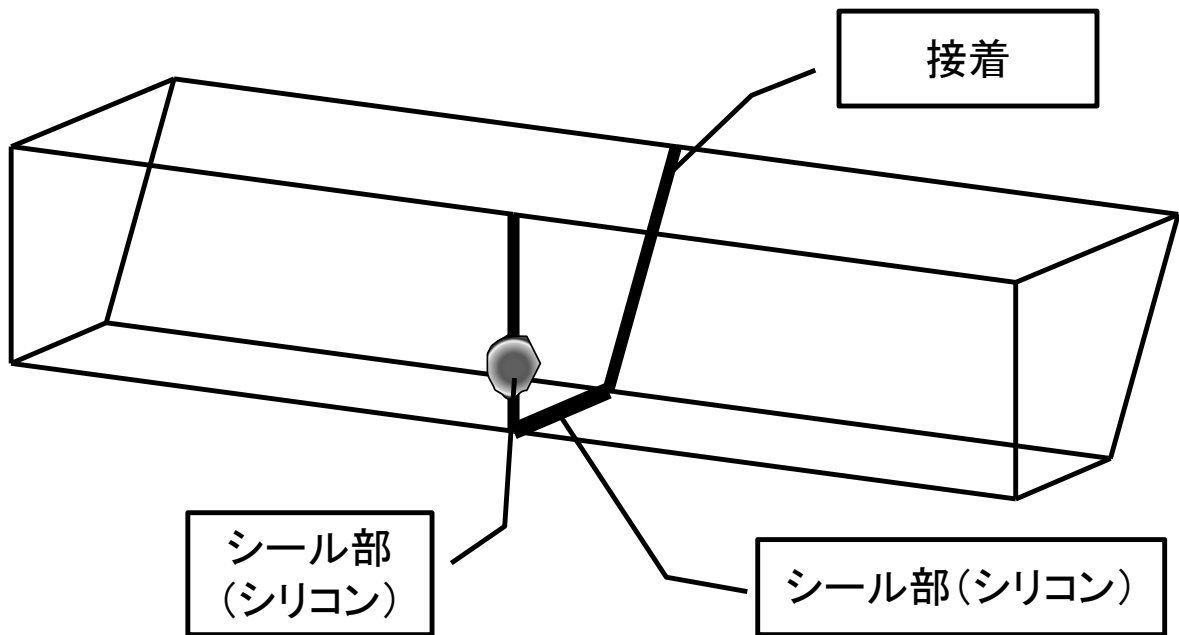


図 24 : 背面カバーの接合部及びシール部

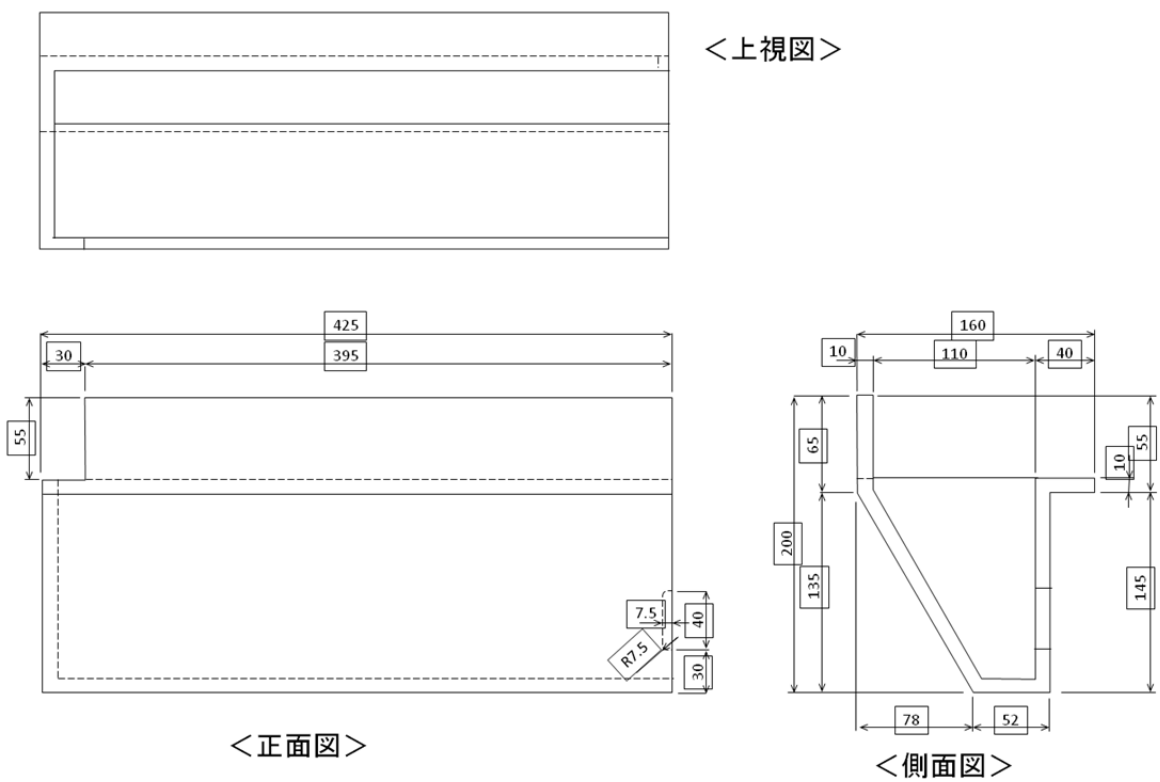


図 25 : 背面カバー (片方) の詳細図

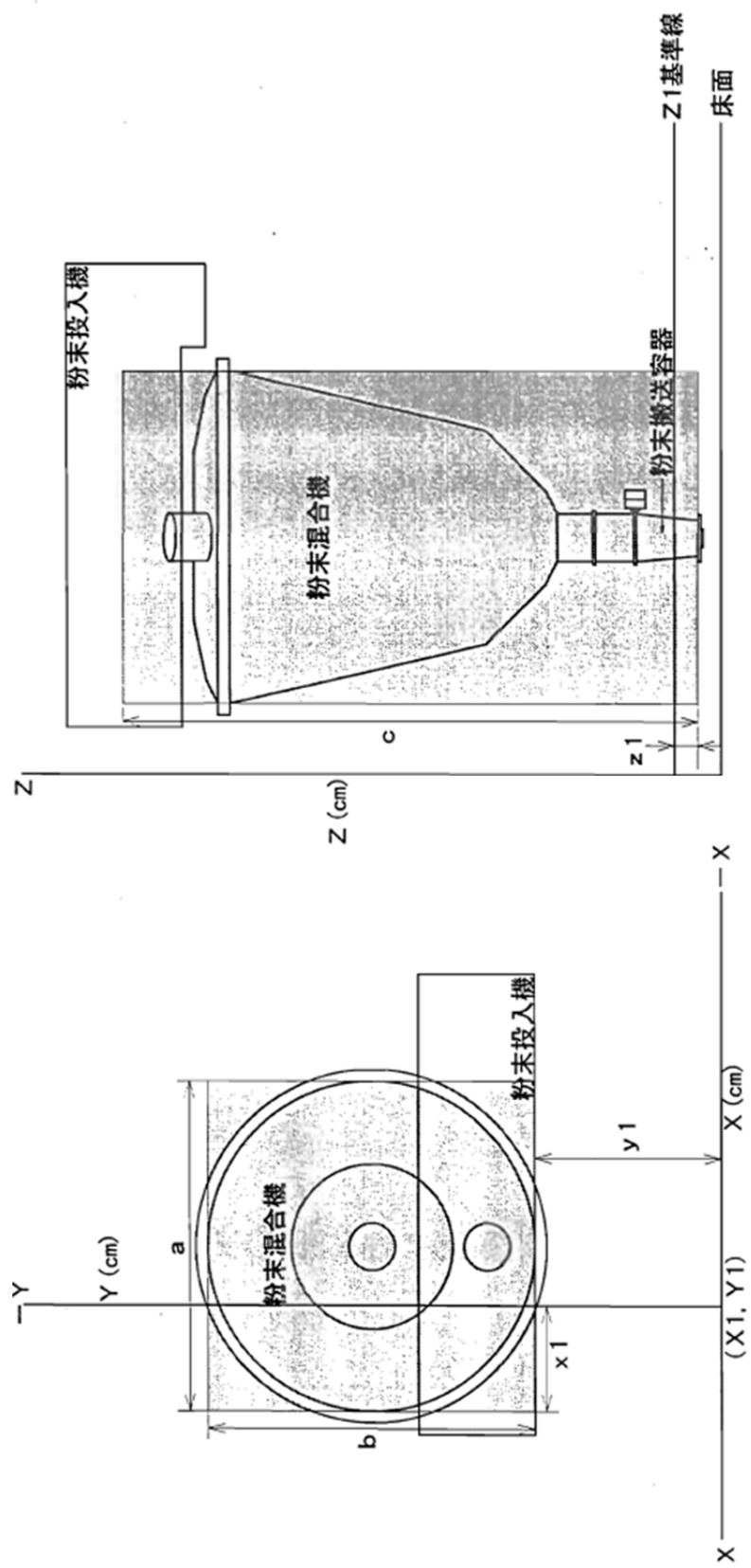


図 26：当該設備の複数ユニットの評価体系

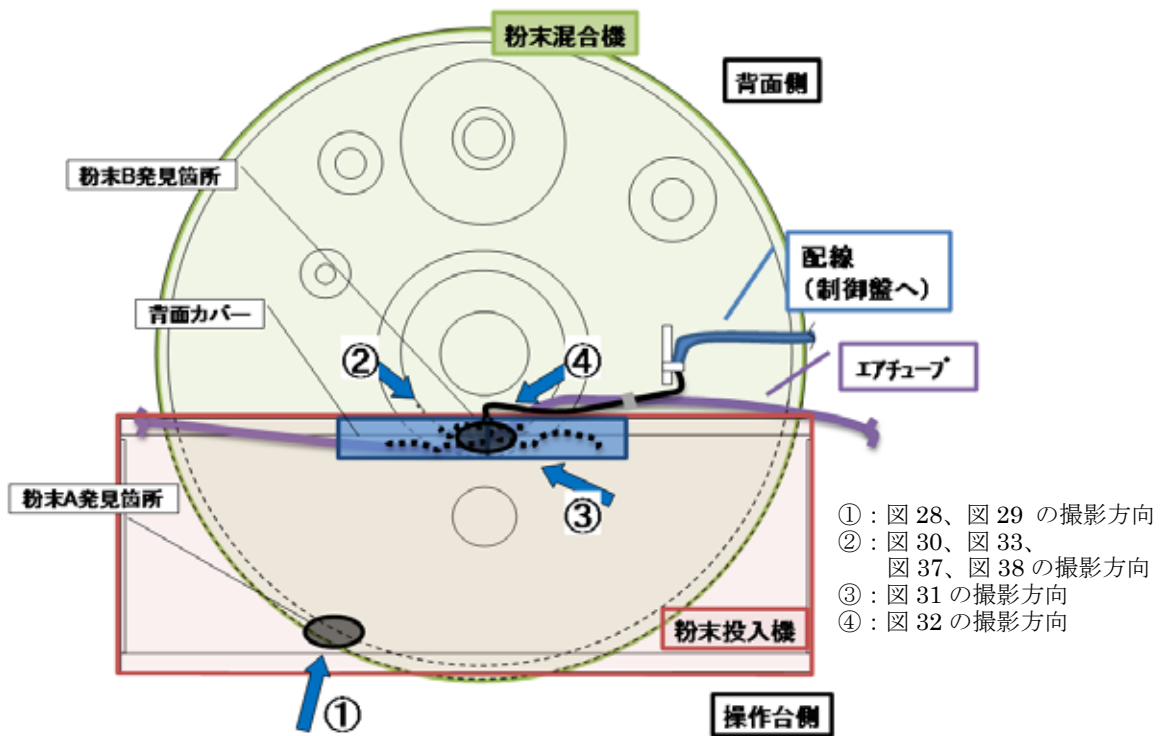
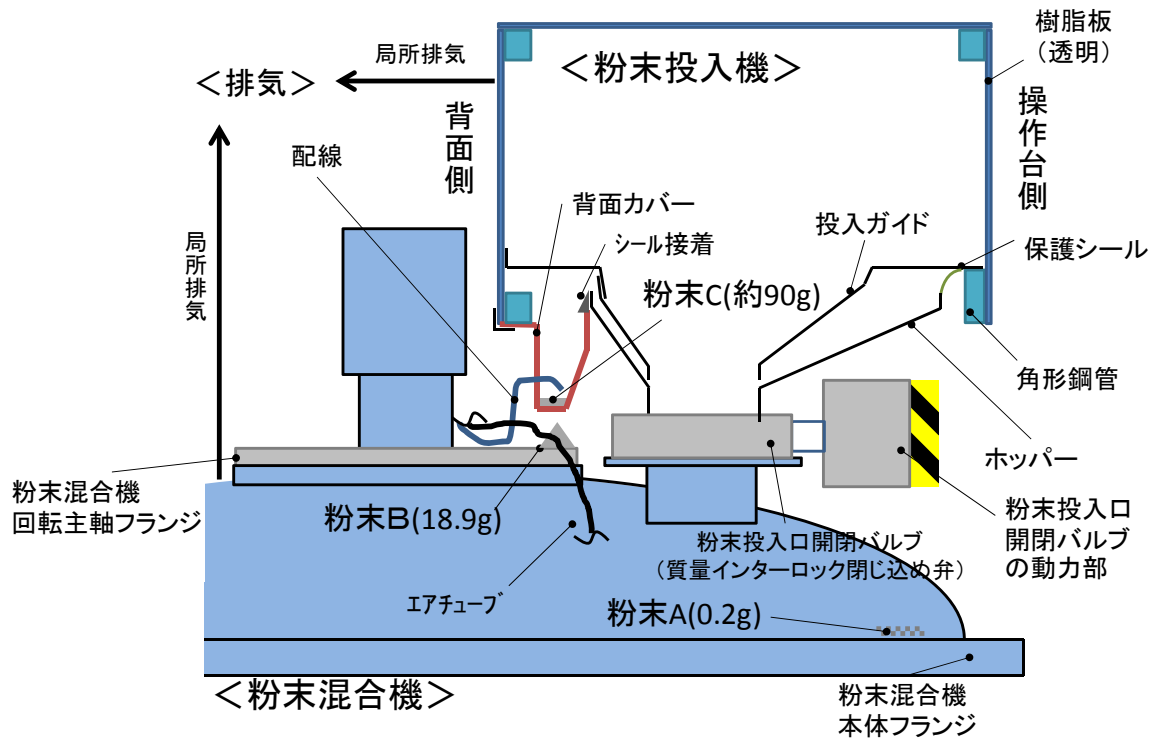


図 27 : 粉末投入機及び粉末混合機の構造 (側面図及び上視図)



図 28 : 粉末 A の状況 (1)



図 29 : 粉末 A の状況 (2)



図 30 : 粉末 B の状況 (粉末混合機背面側から)



図 31 : 粉末 B の状況 (図 6 拡大図)



図 32 : 粉末 C の状況 (1)



図 33 : 粉末 C の状況 (2)

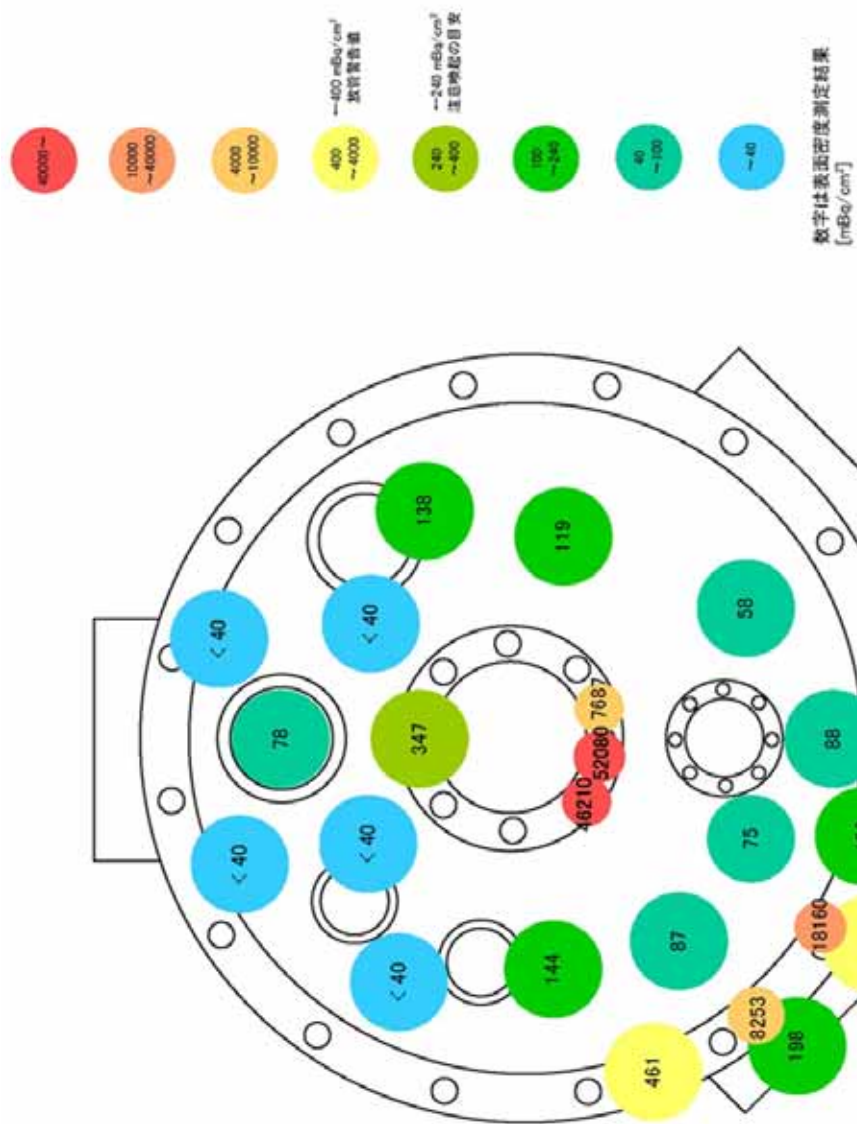


図 34 : 8 月 10 日 除染前表面密度測定結果

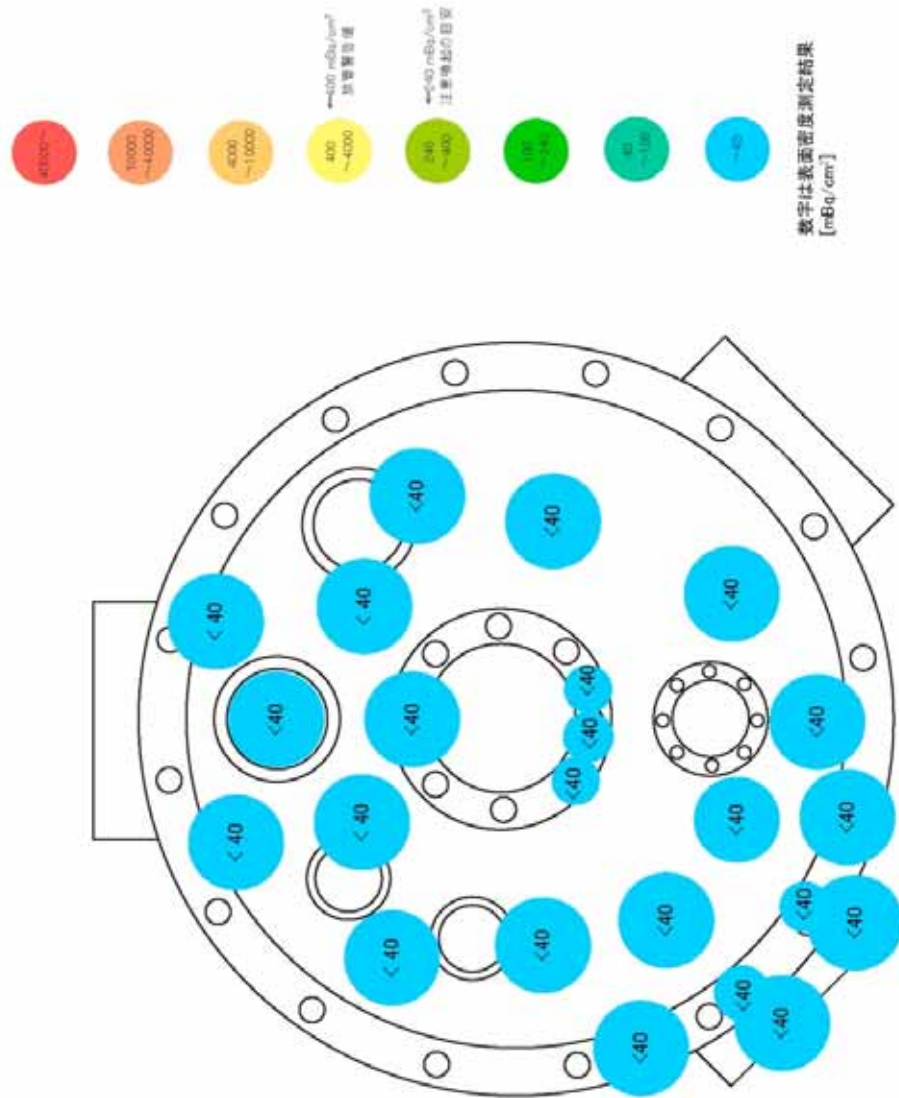


図 35 : 8 月 10 日除染後表面密度測定結果

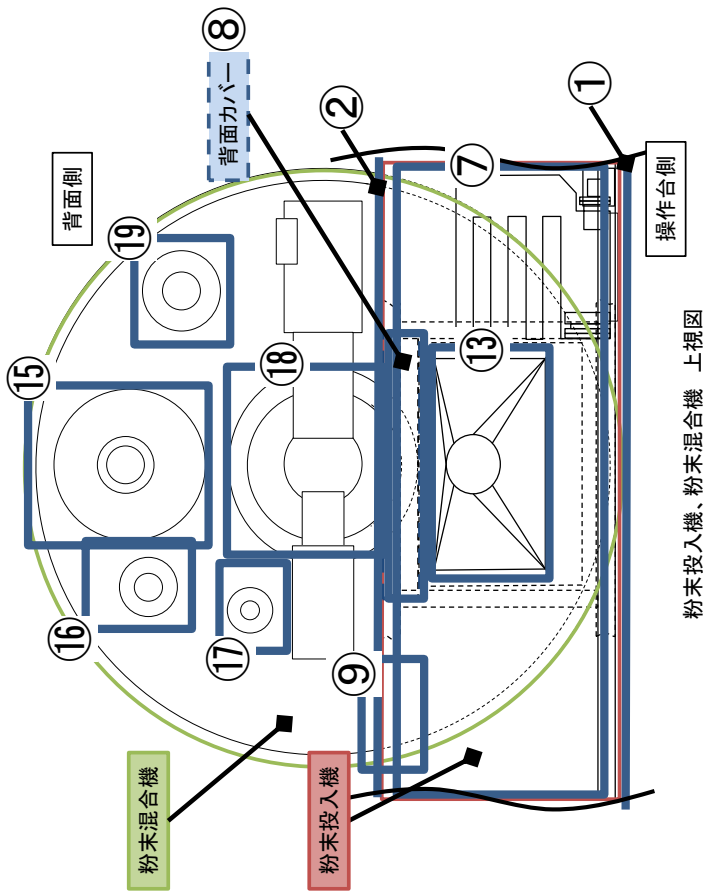
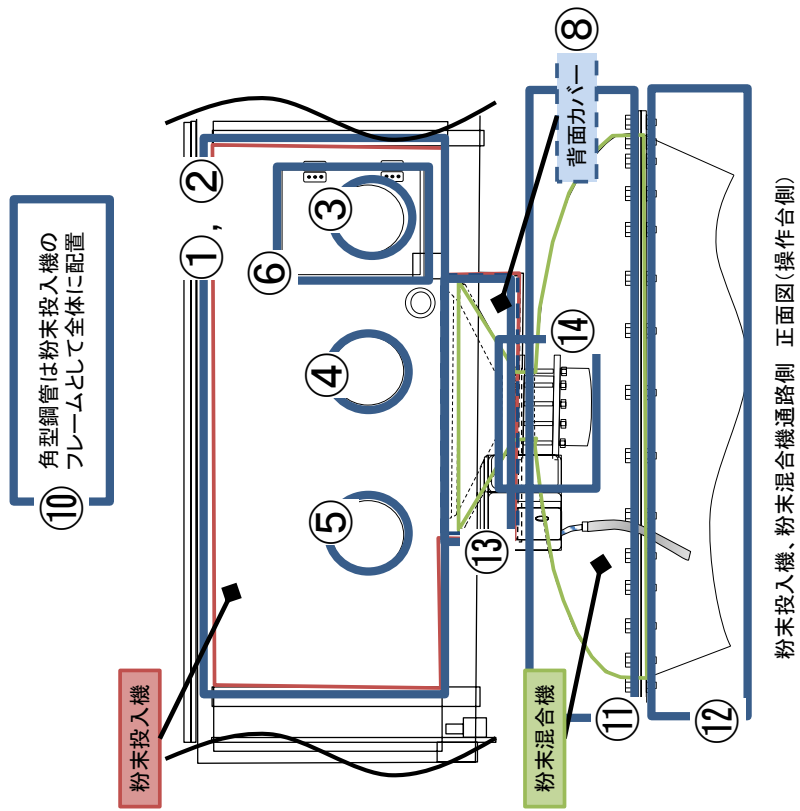


図 36 : 設備の健全性調査対象箇所一覧



図 37 : 背面カバーのズレ (1)

図 38 : 背面カバーのズレ (2)

シリコン製シール材

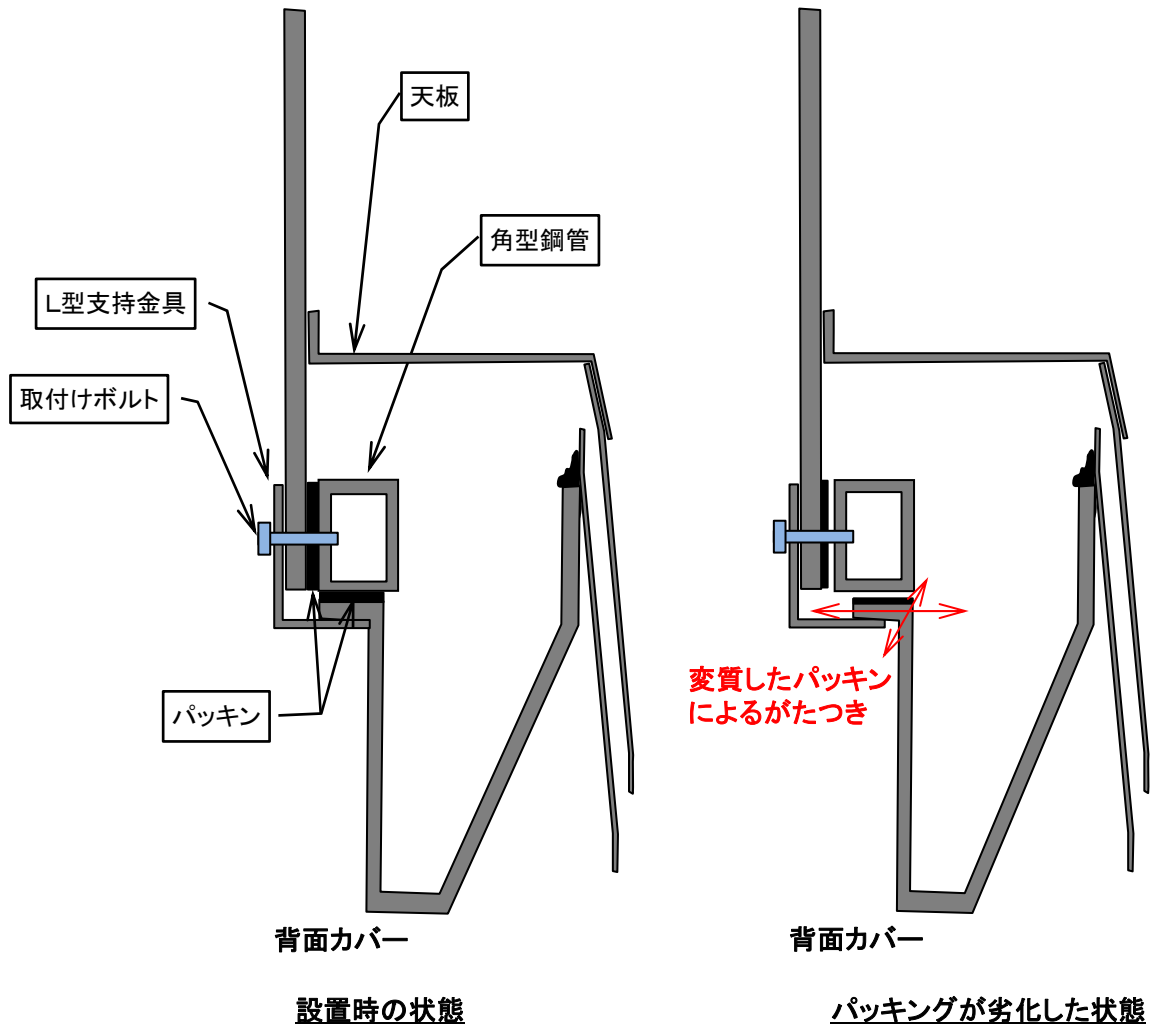


図 39 : 背面カバーのがたつき概略図

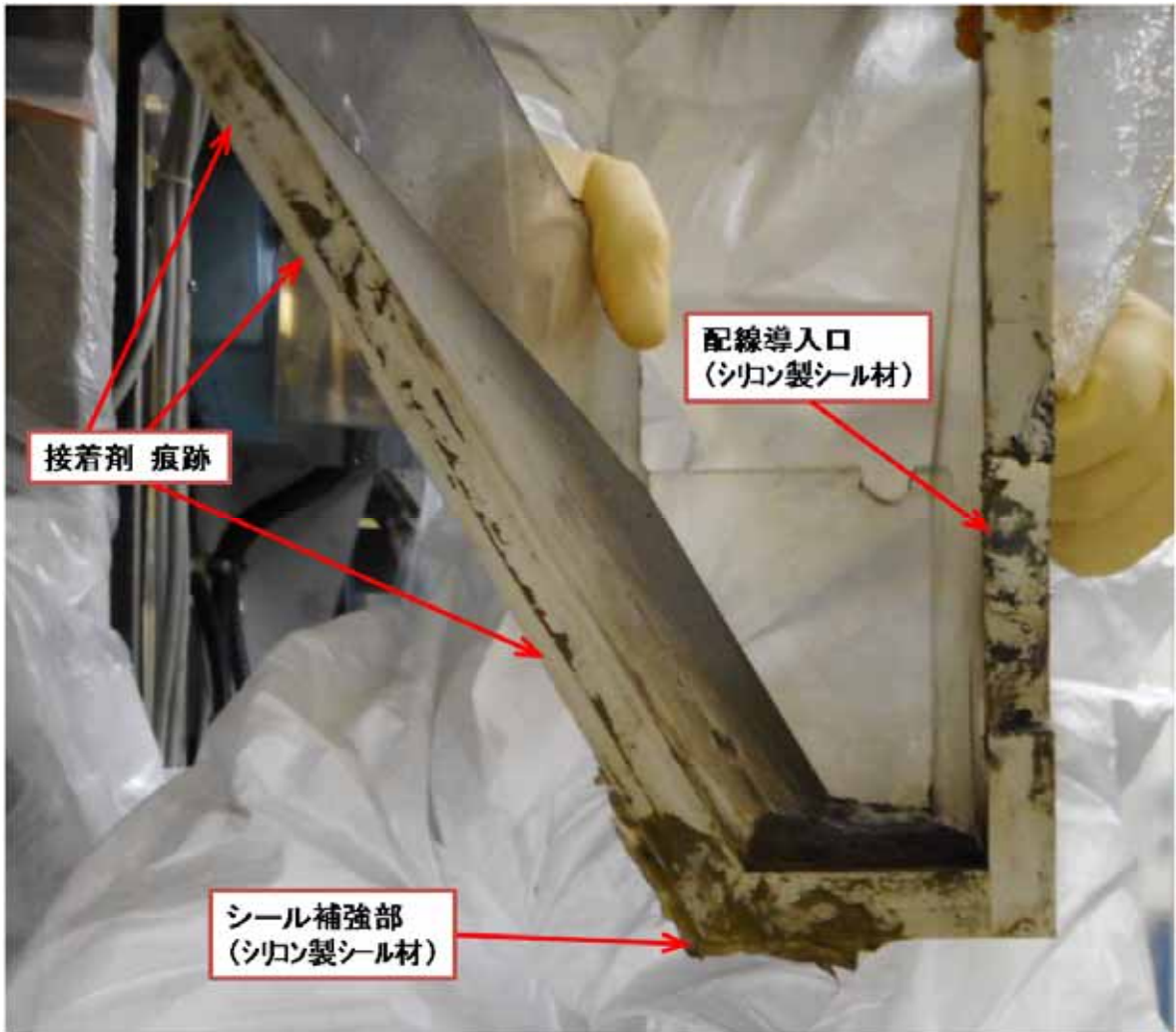


図 40 : 取り外した背面カバー片側断面

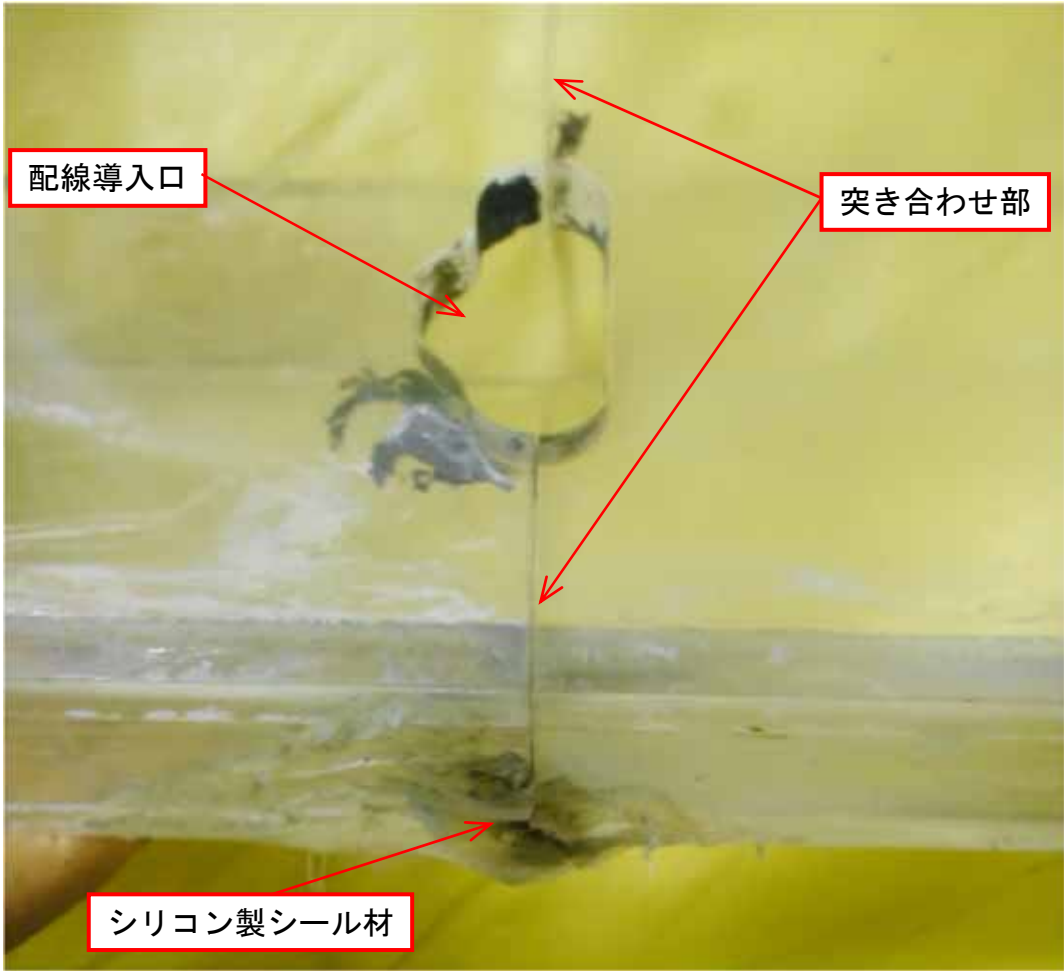
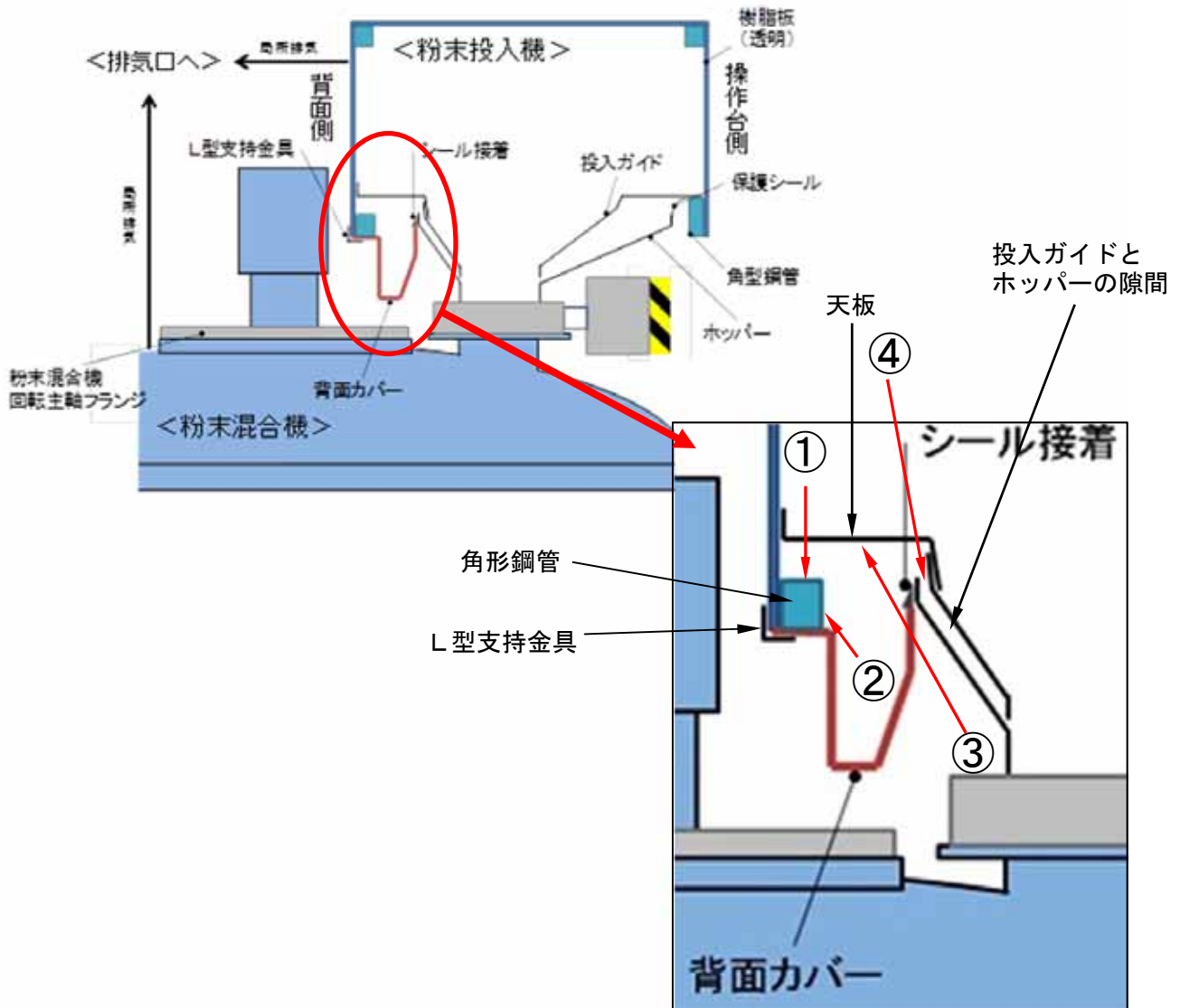


図 41 : 取り外した背面カバーの突き合わせ



表面密度の測定箇所		測定結果
①	背面カバーに囲まれた空間内の角形鋼管 (上面)	約 34,000 mBq/cm ²
		約 42,000 mBq/cm ²
②	背面カバーに囲まれた空間内の角形鋼管 (操作台側の側面)	約 5,400 mBq/cm ²
		約 15,000 mBq/cm ²
③	背面カバーに囲まれた空間内の天井部の鋼板	約 850 mBq/cm ²
		約 330 mBq/cm ²
④	投入ガイドとホッパーの隙間内部	約 650 mBq/cm ²
		約 1,800 mBq/cm ²
		約 1,700 mBq/cm ²

図 42：漏えい箇所付近の汚染検査結果

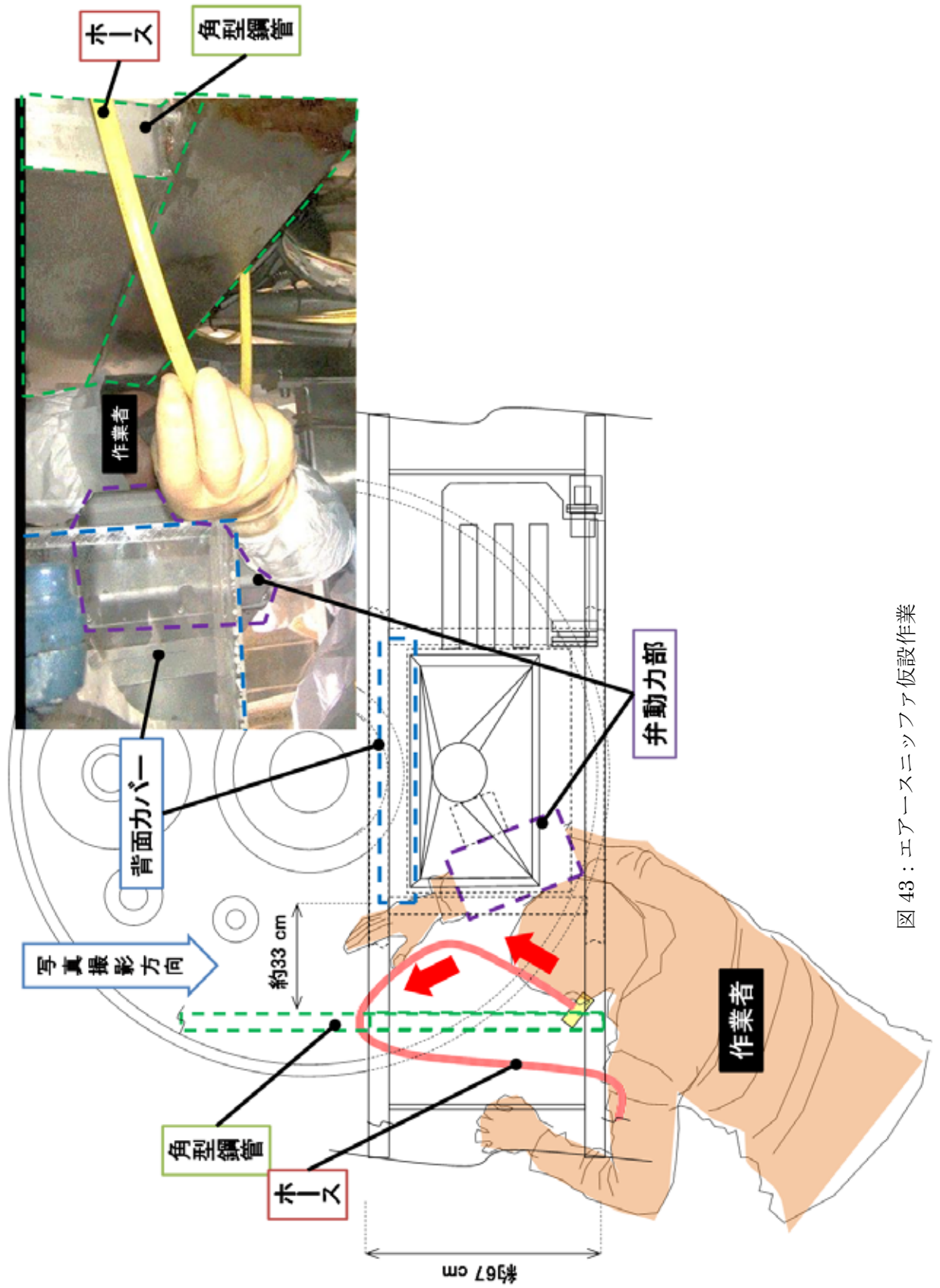


図 43：エアースニッフア仮設作業

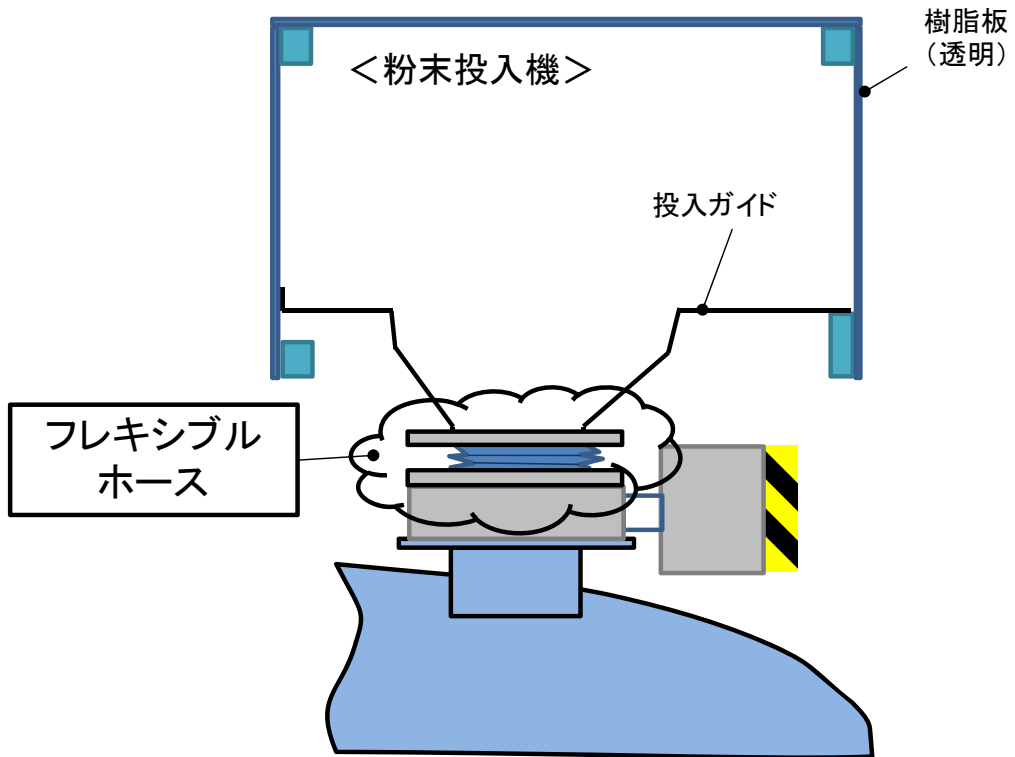


図 44 : フレキシブル継ぎ手を採用する設計

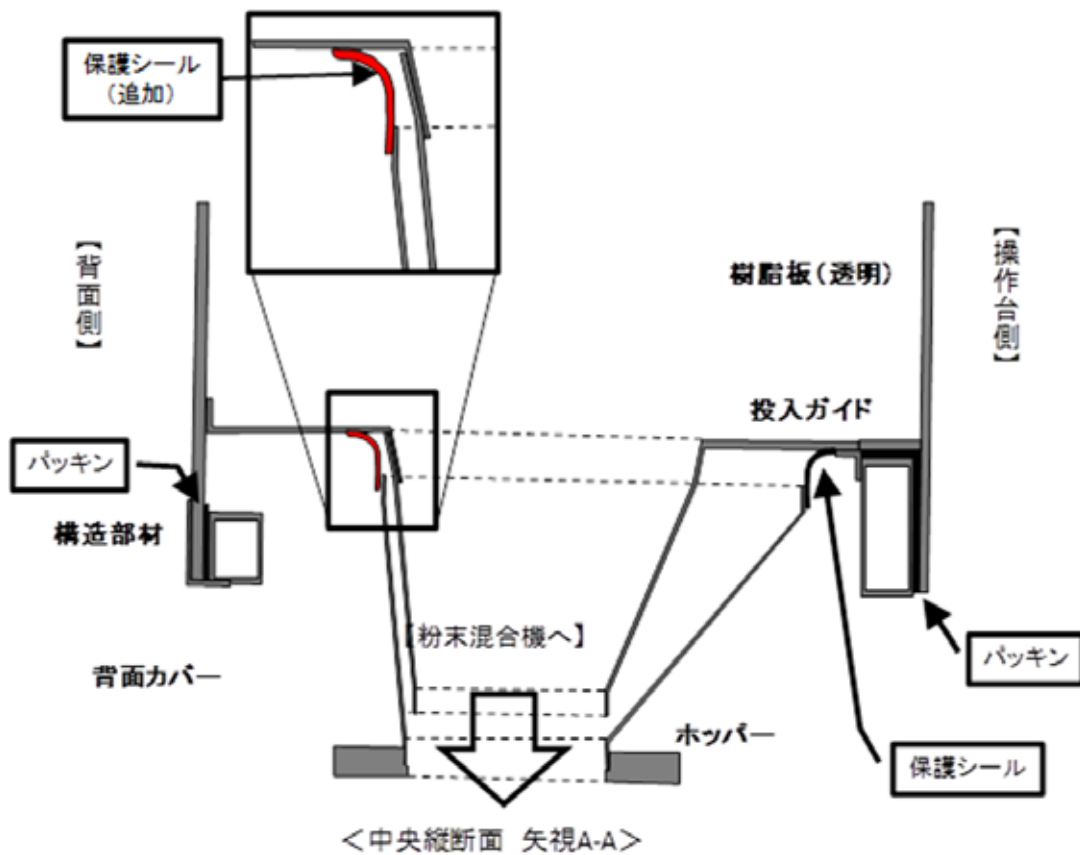


図 45 : 保護シールを採用する設計

表 1：熊取事業所の緊急対策組織

緊急対策本部		
緊急対策本部長 緊急対策副本部長 本部長付 核燃料取扱主任者 核物質防護責任者	情報 1 係	1. 本社指令の伝達 2. 本社への情報伝達 3. 国等社外関係機関への通報・連絡 4. 各種情報の収集
	情報 2 係	1. 原子力災害合同対策協議会での情報交換・相互協力
	総務広報係	1. 所内への周知及び要員の呼集 2. マスコミ対策 3. 異常事態が発生した場合における当該異常事象に関する広報 4. 他の係に属さない事項
	放管係	1. 事業所内外の放射線・放射能及びその他異常事象の状況把握 2. 被ばく管理・汚染管理
	技術係	1. 事故状況の把握 2. 事故影響範囲の推定 3. 事故拡大防止対策の検討
	工務係	1. 施設設備の整備・点検・応急復旧
	救護消火係	1. 被災者の救助・医療措置 2. 消防機関と協力しての消火活動
	警備誘導係	1. 事業所内の警備 2. 非要員の避難誘導
	調達係	1. 復旧資機材の調達
	除染係	1. 放射性物質の汚染除去

表 2：事象の時系列表

時刻	内容
11:50	第 2-2 混合室粉末混合機本体フランジ操作台側において、放管員 A が粉末状の物質を発見、事象発生直後に粉末混合機周辺を立入り制限。その後、担当部長に連絡し、核燃料取扱主任者、所長に連絡。 α線連続監視モニタの警報吹鳴がないことを確認。 一時退避後、エアースニッフアのろ紙の測定を開始。
12:04	原子力規制庁事故対処室、現地規制事務所へ電話による通報連絡
12:14	情報 1,2 係及び総務広報係招集
12:19	粉末混合機周辺カーテン区画実施完了。エアースニッフアのろ紙の測定結果及び α 線連続監視モニタ値が異常ないことを確認
12:20	モニタリングポストに異常ないことを確認 (No.1 : 0.085 μSv/h, No.2 : 0.068 μSv/h)
12:22	FAX 第 1 報発信 → 12:32 FAX 着信確認
12:25	第 2 加工棟排気用モニタが通常値であることを確認 (α 線 : 6.5 cpm)
12:30	汚染の範囲を同定、200 mm×65 mm
12:39	発見された酸化ウラン粉末重量を測定 0.2 グラム
12:44	FAX 第 2 報発信 → 12:58 FAX 着信確認
13:20	粉末混合機回転主軸フランジ操作台側にも酸化ウラン粉末発見
13:25	酸化ウラン粉末回収作業員 3 名の鼻スミアを指示
13:45	FAX 第 3 報発信 → 14:10 FAX 着信確認
14:10	粉末混合機回転主軸フランジ操作台側で発見された酸化ウラン粉末重量 18.9 グラム
14:19	FAX 第 4 報発信 → 14:43 FAX 着信確認
15:10	作業員 3 名の鼻スミアの結果検出限界以下、内部被ばくなし
16:02	FAX 第 5 報発信 → 16:30 FAX 着信確認
16:55	法令報告事象と判断
17:23	粉末混合機の除染完了
17:30	FAX 第 6 報発信 → 17:41 FAX 着信確認及び法令報告事象と判断した旨の報告を受領したとの連絡を受ける。

表 3：漏えい箇所の調査結果 (1/2)

No.	構成部品		確認事項／結果		
			接合不良※	き裂	欠損
①	粉末投入機	樹脂板（操作台側）	—	無	無
②		樹脂板（背面側）	—	無	無
③		グローブ（右）	—	無	無
④		グローブ（中）	—	無	無
⑤		グローブ（左）	—	無	無
⑥		フード扉	無	無	無
⑦		粉末投入機底板（投入ガイド）	無	無	無
⑧		背面カバー	有	無	無
⑨		局所排気ダクト	無	無	無
⑩		角型鋼管	—	無	無
⑪	粉末混合機	上蓋	無	無	無
⑫		本体	無	無	無
⑬		ホッパー	無	無	無
⑭		仕切り弁	—	無	無
⑮		点検口（大）	無	無	無
⑯		点検口（小）	無	無	無
⑰		窒素パージ配管	無	無	無
⑱		主軸部	無	無	無
⑲		局所排気ダクト	無	無	無

※ 当該構成部品における接合不良

表 3：漏えい箇所の調査結果 (2/2)

No.	構成部品間の結合部分	確認事項／結果		
		隙間	取付状況	粉末付着
①-④	④樹脂板（操作台側）－④グローブ（中）	無	良	無
①-⑤	④樹脂板（操作台側）－④グローブ（左）	無	良	無
①-⑥	④樹脂板（操作台側）－④フード扉	無	良	無
①-⑩	④樹脂板（操作台側）－④角型鋼管	無	良	無
②-⑨	④樹脂板（背面側）－④局所排気ダクト	無	良	無
②-⑩	④樹脂板（背面側）－④角型鋼管	無	良	無
③-⑥	④グローブ（右）－④フード扉	無	良	無
⑦-⑩	④粉末投入機底板（投入ガイド） －④角型鋼管	無	良	無
⑦-⑬	④粉末投入機底板（投入ガイド） －④ホッパー	無	良	無
⑧-⑩	④背面カバー－④角型鋼管	無	良	無
⑧-⑬	④背面カバー－④ホッパー	無	良	無
⑪-⑫	④上蓋－④本体	無	良	有※1
⑪-⑭	④上蓋－④仕切り弁	無	良	有※1
⑪-⑮	④上蓋－④点検口（大）	無	良	無
⑪-⑯	④上蓋－④点検口（小）	無	良	無
⑪-⑰	④上蓋－④窒素パージ配管	無	良	無
⑪-⑱	④上蓋－④主軸部	無	良	有※1
⑪-⑲	④上蓋－④局所排気ダクト	無	不良※2	無
⑬-⑭	④ホッパー－④仕切り弁	無	良	無

※1：汚染を確認したが、本体及び接合部に異常は見られず。近傍に存在していた粉末 B 由来と推測する。

※2：8 本中 2 本のフランジ固定ボルトに若干のゆるみ（工具により増し締め可能）がみられたが、接合面に汚染はなかった。

表 4：類似設備に関する調査結果（熊取事業所）

No.	設備名	粉末漏 えいの 有無	粉末滞留 の有無		目視不可 で粉末堆 積可能性 有無	シール 部 劣化 有無	配線導入部		突き合わせ		ボルト/溶接/接着 以外の固定		閉じ込め 機能への 影響有無	備考
			目視可 能場所	目視不 可場所			構造 有無	劣化 有無	構造 有無	劣化 有無	構造 有無	劣化 有無		
1	焙焼炉（焙焼炉 No.2-1）	無	無	無	有	無	無	—	無	—	無	—	無	
2	コンベア（焙焼炉 No.2-1）	無	無	無	有	有※1	有※2	無	有	無	有※3	無	無	※1：パッキン欠け、ボルトア クセス不可箇所あり、※ 2：コーキングなし箇所あ り、※3：パッチ錠
3	粉末取扱機（焙焼炉 No.2-1）	無	無	無	無	有※1	有	無	有	無	無	—	無	※1：パッキン隙間、コーキ グ変色
4	研磨屑乾燥装置（焙焼炉 No.2-1）	無	無	無	有	有※1	有	有※2	有	無	有※3	無	無	※1：パッキン隙間、コーキ グ欠落、ボルト隙間、※2： コーキング変色、※3：パ ッチ錠
5	粉末取扱フード（焙焼炉 No.2-1）	無	無	無	無	有※1	有※2	無	有	無	有※3	無	無	※1：パッキン欠落、※2： コーキングなし箇所あり、 ※3：パッチ錠
6	破砕装置（焙焼炉 No.2-1）	無	無	無	無	有※1 ※2	有	無	有	無	無	—	無	※1：パッキン欠落、コーキ グ欠け、※2：パッキンなし 箇所あり
7	粉末缶移載機（粉末缶搬送機No.2-1）	無	無	無	無	無	無	—	無	—	無	—	無	
8	粉末混合機（粉末混合機No.2-1）	無	無	無	無	無	無	—	無	—	無	—	無	
9	粉末投入機（粉末混合機No.2-1）	無	無	無	有	有※1 ※2	有	無	有	無	無	—	無	※1：パッキン欠落、コーキ グ欠け、※2：パッキンなし 箇所あり
10	フード（粉末搬送機 No.2-1）	無	無	無	無	有※1	有	無	無	—	無	—	無	※1：パッキン欠落
11	供給瓶（供給瓶No.2-1）	無	無	無	無	無	無	—	無	—	無	—	無	
12	粉末取出配管（供給瓶No.2-1）	無	無	無	無	有※1	無	—	有	無	無	—	無	※1：パッキン欠落
13	プレス（プレスNo.2-1）	無	無	無	無	無	有	無	無	—	無	—	無	
14	粉末投入台（粉末混合設備No.1）	無	無	無	無	有※1	有※2	無	無	—	無	—	無	※1：パッキン隙間、パッキ ン欠落、コーキング劣化、※ 2：コーキングなし箇所あり

No.	設備名	粉末漏えいの有無	粉末滞留の有無		目視不可で粉末堆積可能性有無	シール部	配線導入部		突き合わせ		ボルト/溶接/接着以外の固定		閉じ込め機能への影響有無	備考
			目視可能場所	目視不可場所		劣化有無	構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無		
15	粉末混合機(フード付)(粉末混合設備No.1)	無	無	無	無	有※1	有	無	有	無	無	—	無	※1:パッキン欠落、パッキン変色、※2:コーキングなし箇所あり
16	大型供給瓶(粉末混合設備No.1)	無	無	無	無	有※1 ※2	有	無	有	無	無	無	無	※1:パッキン欠落、※2:パッキンなしの箇所あり
17	粉末供給機(粉末混合設備No.1)	無	無	無	無	有※1	有	無	有	無	無	無	無	※1:コーキング欠落
18	粉末搬送配管(粉末混合設備No.1)	無	無	無	無	無	有	無※1	有	無	無	—	無	※1:コーキングなしの箇所あり
19	粉末取出し台(粉末混合設備No.1)	無	無	無	無	有※1	有	無※2	有	無	無	—	無	※1:パッキン欠落、※2:コーキング欠落
20	グローブボックスNo.1	無	無	無	無	無※1 ※2	有	無※3	有	無	無	—	無	※1:パッキンなしの箇所あり、※2:テープでシール、※3:コーキングなしの箇所あり
21	焙焼炉(焙焼炉No.1)	無	無	無	無	有※1	有	有※2	有	無	無	—	無	※1:パッキン欠け、コーキング欠け、※2:コーキング劣化
22	プレス(プレスNo.1)	無	無	無	無	有※1	有	無	有	無	無	—	無	※1:パッキンなしの箇所あり
23	粉末供給機(プレスNo.1)	無	無	無	無	有※1	有	無	有	無	無	—	無	※1:パッキンなしの箇所あり
24	粉末集塵機(プレスNo.1)	無	無	無	無	有※1	有	有※2	有	無	無	—	無	※1:コーキング劣化、※2:コーキング欠落
25	研磨屑乾燥機No.1(センタレス研削設備No.1)	無	無	無	有	無	有※1	無	有	無	有	無	無	※1:コーキングなしの箇所あり
26	グローブボックスNo.2(分析設備)	無	無	無	無	無	無	—	無	—	無	—	無	
27	試料取扱ボックス(分析設備)	無	無	無	無	無	無	—	無	—	無	—	無	
28	試料調整用フード	無	無	無	無	無※1	有※2	無	有	無	無	—	無	※1:テープ養生箇所あり、※2:コーキングなしの箇所あり
29	粉末調整用フード	無	無	無	無	有※1	有	無	有	無	無	—	無	※1:パッキン欠落
30	プレス	無	無	無	無	有※1	有	無	有	無	無	—	無	※1:コーキング欠落

No.	設備名	粉末漏えいの有無	粉末滞留の有無		目視不可で粉末堆積可能性有無	シール部劣化有無	配線導入部		突き合わせ		ボルト/溶接/接着以外の固定		閉じ込め機能への影響有無	備考
			目視可能場所	目視不可場所			構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無		
31	スクラップ処理装置	無	無	無	無	有※1	有	有※2	無	—	無	—	無	※1:パッキン欠落、コーキング劣化、※2:シール欠落
32	試料調整用フードNo.2	無	無	無	無	無	有	無	無	—	有※1	無	無	※1:パッキン錠
33	粉末取扱フード	無	無	無	無	無	有	無	有	無	無	—	無	
34	試験設備フード	無	無	無	無	有※1	有	無	有	無	無	—	無	※1:パッキン劣化

表 5：類似設備に関する調査結果（東海事業所）

No.	設備名		粉末漏えいの有無	粉末滞留の有無		目視不可で粉末堆積可能性の有無	シール部	配線導入部		突き合わせ		ボルト/溶接/接着以外の固定		閉じ込め機能への影響の有無	備考
				目視可能場所	目視不可場所		劣化有無	構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無		
1	混合機No.1	混合機No.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
2		粉末缶投入装置No.1のフード部	無	無	無	有	無	有	無	無	無	無	無	無	
3	粉末調整ボックスNo.1	粉末調整ボックスNo.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
4	プレスNo.1	プレスNo.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
5		ホッパー	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
6	混合機No.2	混合機No.2	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	
7		粉末缶投入装置No.2のフード部	無	無	無	有	無	有	無	無	無	無	無	無	
8	粉末調整ボックスNo.2	粉末調整ボックスNo.2	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
9	プレスNo.2	プレスNo.2	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
10		No.2ホッパー	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
11	研磨洗浄装置No.2	粉末取扱ボックスNo.8	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
12	粉末作業ボックスNo.1	粉末作業ボックスNo.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
13	粉末作業ボックスNo.3	粉末作業ボックスNo.3	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
14	焙焼炉No.1	焙焼炉No.1	無	無	未	有	無	有	無	有	無	無	無	無	下面の目視不可部は後日点検
15		入口ボックス	無	無	無	無	無	有	無	有	無	無	無	無	
16		出口ボックス	無	無	無	無	無	無	有	無	有	無	無	無	
17		排出部コンベア	無	無	無	無	無	無	有	無	有	無	無	無	無
18	スクラップウラン粉末混合機No.1	スクラップウラン粉末混合機No.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
19		スクラップ投入ボックスNo.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
20		スクラップ取出ボックスNo.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	

No.	設備名		粉末漏えいの有無	粉末滞留の有無		目視不可で粉末堆積可能性の有無	シール部	配線導入部		突き合わせ		ボルト/溶接/接着以外の固定		閉じ込め機能への影響の有無	備考
				目視可能場所	目視不可場所		劣化有無	構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無		
43	昇降装置	昇降装置													
44	粉末移送容器	粉末移送容器	無	無	無	無	有	有	無	有	無	無	無	無	
45		粉末移送容器受け台													
46		篩別機 R I													
47		架台													
48		投入ボックス R I	無	無	無	有	有	有	無	有	無	無	無	無	点検口パッキン劣化
49	粉末作業ボックス R I No.1	粉末作業ボックス R I No.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
50	プレス R I	プレス R I	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
51		ホッパー	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	
52	研磨洗浄装置 R I	粉末取扱ボックス R I No.2	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
53	焙焼炉No.3	焙焼炉No.3	無	無	無	有	有	有	無	有	無	無	無	無	点検口パッキン劣化
54		入口ボックス	無	無	無	有	有	有	無	有	無	無	無	無	作業扉パッキン劣化
55		出口ボックス	無	無	無	無	有	有	無	無	無	無	無	無	作業扉パッキン劣化
56	粉末調整ボックス R II	粉末調整ボックス R II	無	無	無	有	無	有	無	無	無	無	無	無	
57	混合機 R II No.1	混合機 R II No.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
58		粉砕機 R II	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
59	篩別機 R II	篩別機 R II	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	
60	混合機 R II No.2	混合機 R II No.2	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
61		移動ホッパー R II	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
62		昇降旋回リフター	無	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	カバーボックス上面のリフトマスト貫入部にすきまあり。
63	混合機 R II No.2	ホッパー R II	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	

No.	設備名		粉末漏えいの有無	粉末滞留の有無		目視不可で粉末堆積可能性の有無	シール部劣化の有無	配線導入部		突き合わせ		ボルト/溶接/接着以外の固定		閉じ込め機能への影響の有無	備考
				目視可能場所	目視不可場所			構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無	構造有無	劣化有無		
64		フイター R II	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
65		粉末取扱ボックス R II No.1	無	無	無	無	無	有	無	有	無	無	無	無	
66		粉末採取ボックス R II	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
67	粉末作業ボックス R II No.1	粉末作業ボックス R II No.1	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
68	プレス R II	プレス R II	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
69	焙焼炉No.4	焙焼炉No.4	無	無	未	有	無	有	無	有	無	無	無	無	下面の目視不可部は後日点検
70		入口ボックス	無	無	無	無	無	有	無	有	無	無	無	無	
71		出口ボックス	無	無	無	無	無	無	有	無	有	無	無	無	
72	焙焼炉No.5	焙焼炉No.5	無	無	無	無	無	有	無	有	無	無	無	無	
73		粉末取扱ボックス R II No.2													
74		乾燥機 R II													
75	スクラップウラン粉末混合機 R II	スクラップウラン粉末混合機 R II	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
76		スクラップ投入ボックス R II	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	無	
77		スクラップ取出ボックス R II	無	無	無	無	無	無	有	無	無	無	無	無	

表6：問題点と対策の対応

記号	問題点	設計	保守管理	作業管理	対策
ア	当時は、設備の設計段階において、閉じ込め機能に関する要求事項を把握していたものの、その要求事項について、漏れがなく、曖昧でなく、かつ相反することがないことを確認することが不足していた。また、要求事項が適切にアウトプットの形でまとめられていることを検証すること、妥当性確認を可能とするための設計図書や設計仕様書を維持することが不足していた。	○	—	—	閉じ込め機能が設計要求事項のひとつであることを明確にする。また、安全確保最優先の観点から、設計レビューにおいて、設計要求事項に漏れがなく、曖昧でなく、かつ相反することがないことを確認する。
イ	設備内部へ回転式カッターを収納するため、駆動モーターの一部及び電気配線の収納及び回転式カッターの回転軸シール部から微粉末の移行の可能性を考慮して、粉末投入機の閉じ込め境界として樹脂板（アクリル）の背面カバーを設置した。この背面カバーは、回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保できるように下側に突き出した形状であり電気配線を設備外から引き込むため、背面カバー（突き合わせ接合部）に全ての電気配線を通す配線導入口を設け、配線導入口と電気配線との隙間及び電気配線間の隙間にプラスチック製のシール材を塗布しただけの閉じ込め機能が不十分な構造となった。	○	—	—	閉じ込め機能を安全機能とする設備に対して、閉じ込め境界に影響を及ぼすような設計を行わない。また、閉じ込め境界を構成する部品には配線導入口を設けない。設計上必要である場合は、閉じ込め機能を維持する措置を講じる。
ウ	背面カバーは、粉末投入機の骨組み部分と背面カバーの間にパッキンを挟み込み、その外側からL型支持金具を当てて押し付けることによって粉末投入機と固定していた。	○	—	—	設備設計上、背面カバーのような構造は避けるべきであるが、必要である場合はパッキンと垂直な方向からボルトで固定する構造とする。
エ	背面カバーの接合部は、2つの部材を突き合わせた接合強度の弱い構造（突き合わせ構造）であった。	○	—	—	閉じ込めの境界で突き合わせ接合が必要な場合は、裏面又は表面から当て板をすることにより補強する構造とする。
オ	接合部には専用接着剤を用いておらず、また、接着痕は接合面の1/3程度しか確認できない箇所があり接着不十分な状態であった。	○	—	—	アクリルやポリカーボネートの接合部に接着剤を用いる場合、材質に応じた専用接着剤を使用する。また、施工後に接着状態を確認し、十分に接着されていることを確認する。
カ	背面カバー内に回転式カッターの電気配線を収納する空間を確保する必要がなくなったが、背面カバーはそのまま継続活用し背面カバー内には不要となった電気配線を残した。回転式カッターを撤去したため、回転式カッターの回転軸シール部が酸化ウラン粉末の背面カバーへの移行経路ではなくなったが、投入ガイド及びホッパーの隙間が新たな背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路となった。	○	—	—	現状は、設備の導入・改造・更新時には、当該施設及び他の加工施設に及ぼす影響を考慮することを設計管理基準に定めている。ただし、より具体的な影響の考慮として、新たな設計により改善が可能な部分は改善を行い、不要となった部品、配線・配管類は撤去する。特に酸化ウラン粉末を取り扱う設備では、新たな設計により酸化ウラン粉末の移行経路ができないか確認する。
キ	背面カバー内に堆積した酸化ウラン粉末は、臨界安全管理のため用いている粉末混合機ロードセルの重量測定範囲外に存在しており、測定できない状況であった。	—	○	—	通常の作業時に目視できない場所に、酸化ウラン粉末が堆積する可能性のある部位を設置しない設備構造にする。設計上このような部位が発生する場合は、設計情報のアウトプットに含めるよう設計関連の要領を見直すとともに、当該部位を定期的に清掃することを点検要領又は保全計画に含めるよう必要な要領を見直す。

記号	問題点	設計	保守管理	作業管理	対策
ク	背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、保守を考慮した作業性評価といった閉じ込め機能等の安全機能への影響に対する検討についての設計関連図書、それに基づく製作仕様書を保管しておらず、保守管理（シールの点検、交換や背面カバーの点検、清掃）の検討を行ったことを示す記録はなかった。	—	○	—	現在の設計管理の要領では、設計段階及び設計変更段階で保守管理に関する検討を行うことを明確に示していないため、 ・設計段階及び設計変更段階で保守管理に関する検討を行い、点検要領及び保全計画の作成に必要な情報を設計のアウトプットに含めるよう設計管理に係る要領を見直す。 ・現在の点検要領及び保全計画の実施項目及び実施内容について現時点における保守に係る最新の知見に基づき再評価し、必要に応じて見直す。 ・現在の設計関連の要領を見直し、前述(カ)の対策に示すとおり、特に酸化ウラン粉末を取り扱う設備では、新たな設計により酸化ウラン粉末の移行経路ができないか確認することとする。 また、現在の設計管理の要領を見直し、記録として保管する設計関連図書については、閉じ込め機能等の安全機能への影響に対する検討についての情報を残すこととする。
ケ	巡視点検では、巡視点検者が目視可能な範囲で外観を確認しているだけである。目視可能か否かにかかわらず、閉じ込め機能を維持する部位は異常がないことを確認する必要がある。しかし、背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行を想定しておらず、他の設備機器の背後に位置していることもあり、閉じ込め機能の一部である背面カバーを確認項目としていなかった。	—	○	—	設計からのアウトプットに含まれる点検箇所のうち、直接見ることが困難な部位については、点検要領に含めて頻度を決めて定期的に点検するよう、保守管理関連の要領を見直す。
コ	背面カバーを点検要領及び保全計画の対象として規定しておらず、背面カバー全体に定期的な補修を実施していなかったため、結果として角型鋼管と背面カバーに挟み込まれたパッキンが変質して固定の緩みが発生した。	—	○	—	パッキン、フードの点検について、点検が困難な箇所について現状の点検要領を確認し、抜けがある場合は点検要領に反映し、定期的に点検を行う。また、経年劣化を考慮して、保全計画にも反映する。
サ	背面カバーへの酸化ウラン粉末の移行経路の検討、背面カバーの機械強度評価及び経年劣化の評価、並びにこれらに基づく背面カバーの保守管理を検討した結果に基づき、背面カバーを設計し適切に施工していれば、作業者の身体が背面カバーに接触しても背面カバーのズレは発生しなかった。さらに、作業者が作業環境や設備の状態を事前に想定できていれば、作業者の身体が背面カバーへ接触することを回避できたと考えられる。	—	—	○	（工事）作業計画を作成して実施する作業（非定常作業）において、放射線管理作業のような定常作業を含む場合、（工事）作業計画に当該定常作業に関する安全上留意すべき事項（設備、周辺環境及び核燃料物質の状態及び変更点）を記載するよう、（工事）作業計画の作成手順を見直すとともに、当該定常作業の作業標準にも同様の安全上留意すべき事項を記載することにより、作業管理における作業者同士のコミュニケーション向上を図る。

表7：第2加工棟における酸化ウラン粉末の漏えいに係る実施計画

	8月	9月	10月	11月	12月
0 社外報告、等	▼ 事象発生 ▼ 法令報告 (事象の状況)			▽ 法令報告 (原因・対策)	
1 事象の状況確認	—————				
2 原因究明					
1-2 漏えい源の特定	—————				
1-3 漏えい原因の究明	—————				
3 対策の検討					
3-1 総点検類以設備※	—————				
3-2 設備の改善(当施設設備)		—————			
3-2 設備+保守管理の改善		—————			
4 対策の実施					
4-1 総点検類以設備※		—————			
4-2 設備の改善(当施設設備)				—————	—————
4-3 設備+保守管理の改善				—————	—————
5 水平展開				—————	—————

2018.3 完了予定

2018.3 完了予定

※ 東海事業所への水平展開も含む

添付 1：放管員、作業員の内部被ばくの確認状況

1. 鼻スミアによる評価結果

1.1. 評価結果

	放管員 A	作業員 B	作業員 C
α 線計数値[Count/10min]	1	0	5
正味計数率：N(cpm)	検出下限未満	検出下限未満	検出下限未満
放射能：A(Bq)	1.6 Bq 未満		
摂取量：I(Bq)	62 Bq 未満		
実効線量(mSv)	0.42 mSv 未満		
備考	記録レベル未満		

参考 内部被ばくの記録レベル： 0.5 mSv/回

1.2. 測定・評価条件

測定機器名：低バックグラウンド放射能測定装置

試料計測時間：T _s (min)	10
BG 計数値：N _b (cpm)	0.0
BG 計数時間：T _b (min)	80
計数効率：ε _i	0.196
線源効率：ε _s	0.5
拭き取り効率：F	0.1

検出下限計数率：N _d (cpm)	0.9
検出下限放射能：A _d (Bq)	1.6

1.3. 算出式

・ 検出下限計数率の算出式

$$N_d = \frac{K}{2} \left[\frac{K}{T_s} + \sqrt{\left(\frac{K}{T_s}\right)^2 + 4 \times N_b \left(\frac{1}{T_s} + \frac{1}{T_b}\right)} \right]$$

・ 放射能（検出下限放射能）の算出式

$$A \text{ or } A_d = \frac{N \text{ or } N_d}{60 \times \epsilon_i \times F \times \epsilon_s}$$

E：内部被ばくによる実効線量当量(mSv)

A：鼻スミアの放射能

40：摂取量推定の補正定数

e：実効線量係数(6.8×10⁻³ U-234)

・ 内部被ばくの算出式

$$E = I \times e$$

$$I = A \times 40$$

I：摂取量(Bq)

2. バイオアッセイ法（尿中ウラン分析）

1名の放管員、2名の作業員について、漏えいした酸化ウラン粉末の回収及び設備の除染作業終了後24時間以内の尿を採取し、尿中に含まれるウランの濃度を蛍光分析法により測定した。

表に示すとおり、いずれの作業員についても尿中からは有意なウランの検出はなかった。

	放管員 A	作業員 B	作業員 C
尿中ウラン量(μg/L)	検出下限未満	検出下限未満	検出下限未満

検出下限：10 μg/L

添付 2：漏えいしたウランの放射エネルギーの評価について

1. 粉末混合機上で回収した酸化ウラン粉末の放射エネルギー

粉末混合機上にある酸化ウラン粉末を手作業で回収し秤量した酸化ウラン粉末量にウランの比放射エネルギーをかけて放射エネルギーを評価した。

なお、保守的な評価とするため、回収した酸化ウラン粉末は全てウランとして評価した。

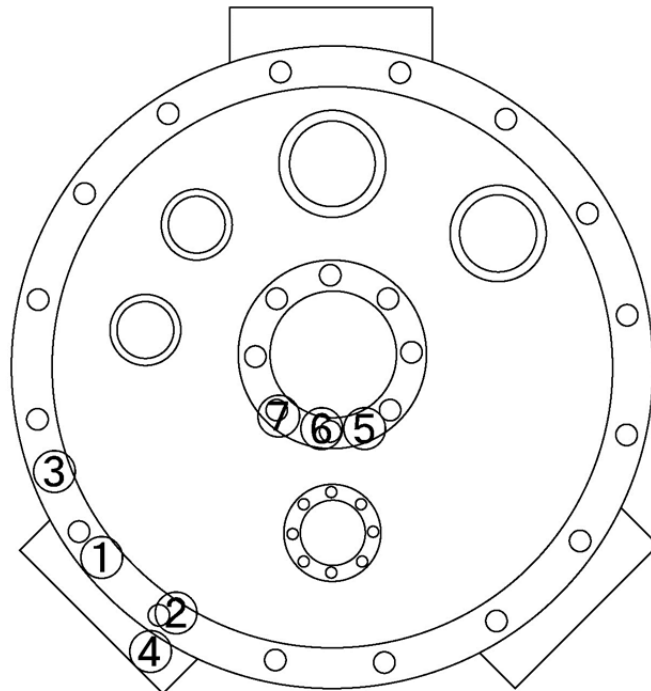
回収場所	本体フランジ操作台側	回転主軸フランジ操作台側
回収量(g)	0.2	18.9
比放射エネルギー(Bq/gU)	1.44×10 ⁵	
放射エネルギー(Bq)	2.88×10 ⁴	2.73×10 ⁶
総放射エネルギー(Bq)	2.75×10 ⁶ Bq	

2. 粉末混合機上で回収できなかった酸化ウラン粉末の放射エネルギー

酸化ウラン粉末を回収した後に粉末混合機上をスミア法により表面密度を測定し、有意な表面密度が検出された箇所の表面密度に面積をかけてウラン量を算定し、粉末混合機上で回収できなかった酸化ウラン粉末の放射エネルギーを評価した。

測定場所*	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
表面密度(mBq/cm ²)	7.84E+3	1.77E+4	6.02E+1	8.60E+2	7.28E+3	5.16E+4	4.57E+4
面積(cm ²)	100	100	624	624	100	100	100
放射エネルギー(Bq)	784	1770	38	537	728	5160	4570
総放射エネルギー(Bq)	1.36×10 ⁴ Bq						

*測定場所は下図に示すとおり。



1. 及び 2. で評価した放射エネルギーを合計すると 2.77×10⁶ Bq となる。

3. 漏えいした酸化ウラン粉末の成分分析結果を反映した放射エネルギーの再評価

本報告書 6.3 (1)項の酸化ウラン粉末の成分分析の結果、回転主軸フランジ操作台側で回収した粉末 B は濃縮度 4.00wt%、ウラン含有率は 82.45%,82.59%というものであった。

この結果に基づいて、1. で評価した放射エネルギーを、濃縮度 4%での比放射エネルギーとウラン含有率を考慮した回収量で再評価した。

なお、保守的な評価とするため、ウラン含有率は高い方を採用した。

回収場所	本体フランジ操作台側	回転主軸フランジ操作台側
回収量(g)	0.17	15.61
濃縮度 4%のときの 比放射エネルギー(Bq/gU)	1.18×10 ⁵	
放射エネルギー(Bq)	1.95×10 ⁴	1.85×10 ⁶
総放射エネルギー(Bq)	1.86×10 ⁶ Bq	

なお、2. 及び 3. で評価した放射エネルギーを合計すると 1.88×10⁶ Bq となる。

添付 3：粉末投入機及び粉末混合機について

粉末投入機及び粉末混合機の設備構成及び位置関係を図 1 に示す。本設備は、粉末投入機内で粉末保管容器からプラスチック袋に密封した酸化ウラン粉末を取り出し、粉末投入機内でプラスチック袋を開封して粉末投入口を通して粉末混合機に酸化ウラン粉末及び添加剤を供給し、粉末混合機内で酸化ウラン粉末を混合する装置である。

粉末投入機は、構造部材として角型鋼管を骨組みとして、側面及び天井部は透明な樹脂板、床面のステンレス板で構成し、粉末混合機への投入口にはステンレス製の投入ガイドを設置している。

粉末混合機は、ナウターミキサー式であり、粉末混合機内の攪拌機を自転と公転することにより酸化ウラン粉末と添加剤を均一に混合する（図 2 参照）。粉末混合機は、鋼製の円錐形状の密閉容器であり、上下部には閉じ込め弁を設置し、上部には粉末混合機に酸化ウラン粉末を投入するための粉末投入機を接続し、下部は酸化ウラン粉末を取り出すための粉末搬送機の粉末搬送容器を接続できる構造となっている。また、粉末投入機との接続部には、粉末投入機から投入される酸化ウラン粉末を粉末混合機内に取り込むために、上部にステンレス製のホッパーを設置している。

粉末投入機と粉末混合機は、酸化ウラン粉末投入時の粉末混合機内ウラン重量の秤量のために構造上独立しており、粉末投入機と粉末混合機の接合部である投入ガイドとホッパーには僅かな隙間がある。そのため、背面側の隙間には背面カバー（粉末投入機の一部）を設置し、それ以外の前面及び側面の隙間については、保護シールを取り付けている。背面カバーは、透明樹脂板（アクリル製）を接着した台形の断面形状を有した構造であり、同構造の 2 つの部材を突き合わせ接合し、一部をシリコン樹脂によってシールしており、粉末投入機本体の構造部材である角型鋼管と背面カバーの間にパッキンを挟み込み、外側から L 型支持金具を用いてパッキンを押さえ付けることにより取り付けしており、パッキンの押さえ付けが緩まないようにするために取付けボルトを用いて L 型支持金具と角型鋼管を固定している。

粉末混合機及び粉末投入機の臨界安全に係る運転管理は、秤量器により事前計量した粉末保管容器の酸化ウラン粉末の合計を 1,130 kg 以下に管理し、粉末混合機については監視機構（粉末混合機全体をロードセルにより自動計量、監視し、制限値を超過した場合は投入口の閉じ込め弁を閉止するインターロック機構）により連続監視、確認している。具体的には、添加剤を含む投入量を 1,000 kg 以下で取り扱い、質量インターロックの設定値を 1,000 kg としている。また、粉末投入機において一度に取り扱う酸化ウラン粉末を粉末保管容器 1 缶（酸化ウラン粉末で 25 kg）以下に制限している。なお、粉末搬送容器は、粉末搬送容器昇降リフトによって支持されており、搬送時を除き粉末混合機に接続していないため、酸化ウラン粉末投入時の自動計量に影響を及ぼさない。

粉末投入機は、気体廃棄設備による閉じ込め機能（局所排気）を有しており、閉じ込めの境界を粉末投入機の囲い式フード構造とし、内部を負圧に維持するため側面に設置している局所排気により、最大開口部での風速が 0.5 m/秒以上に維持する。また、粉末混合機は、投入作業時において浮遊した酸化ウラン粉末が設備外へ移行することがないように、上部から局所排気している。

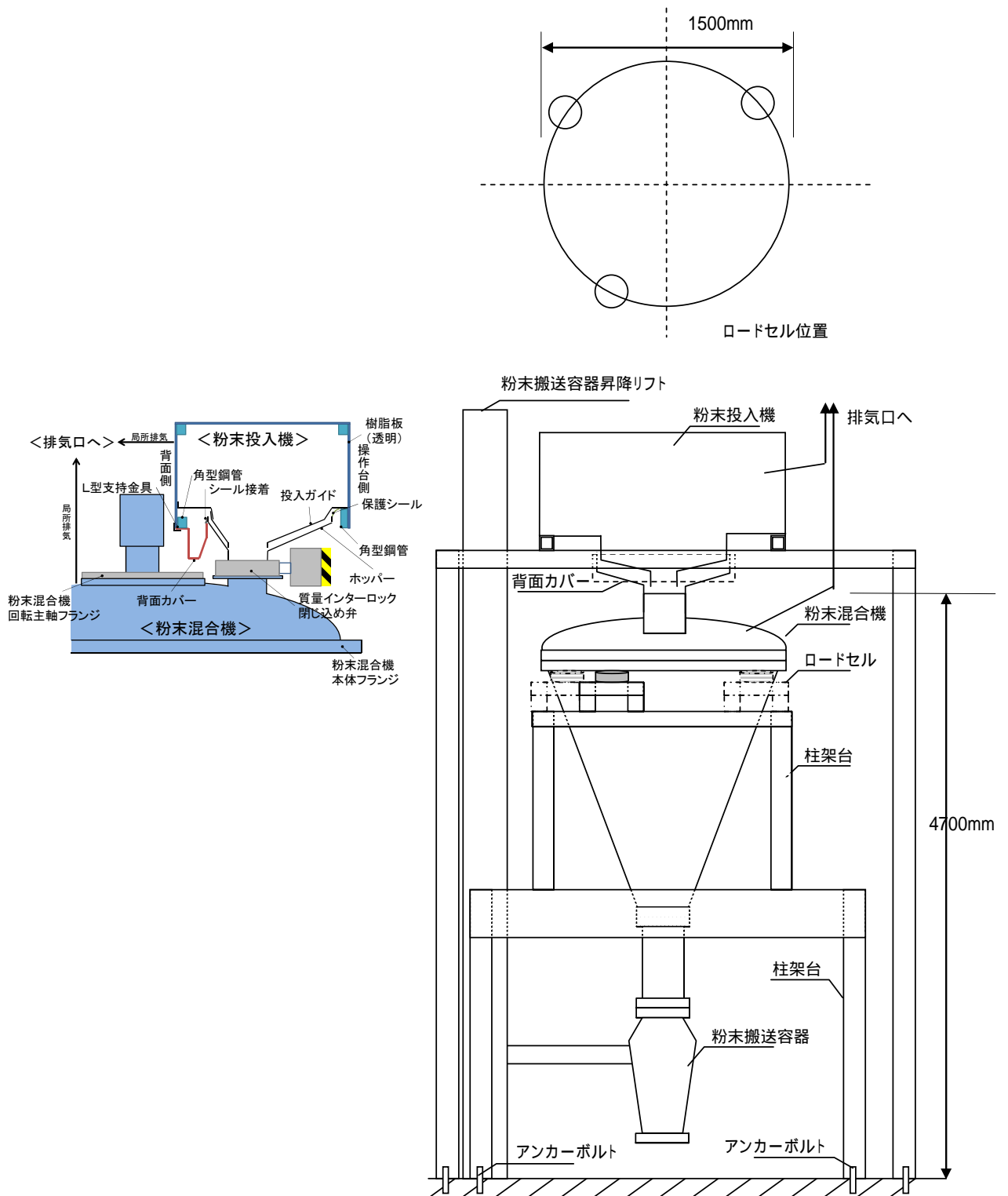


図 1 粉末投入機・粉末混合機 概略図

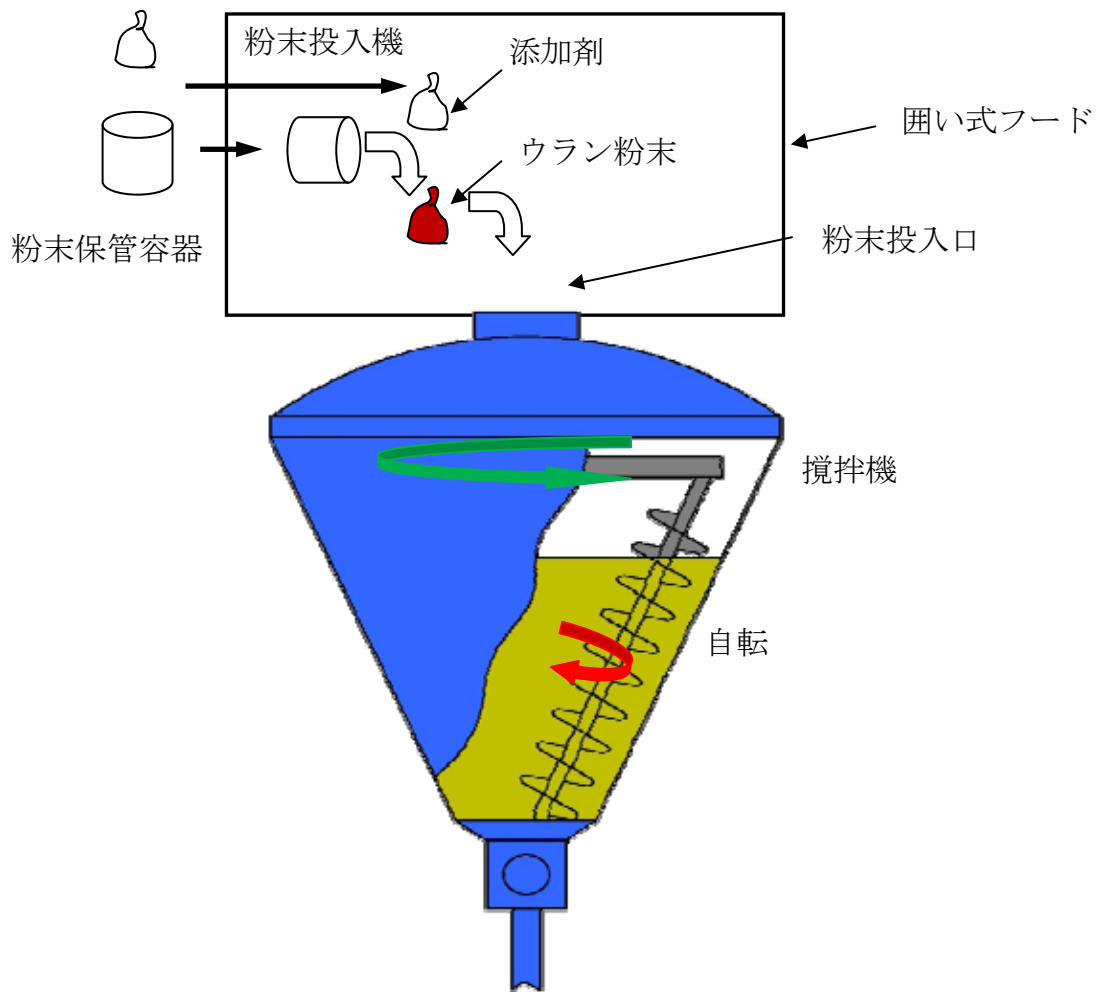
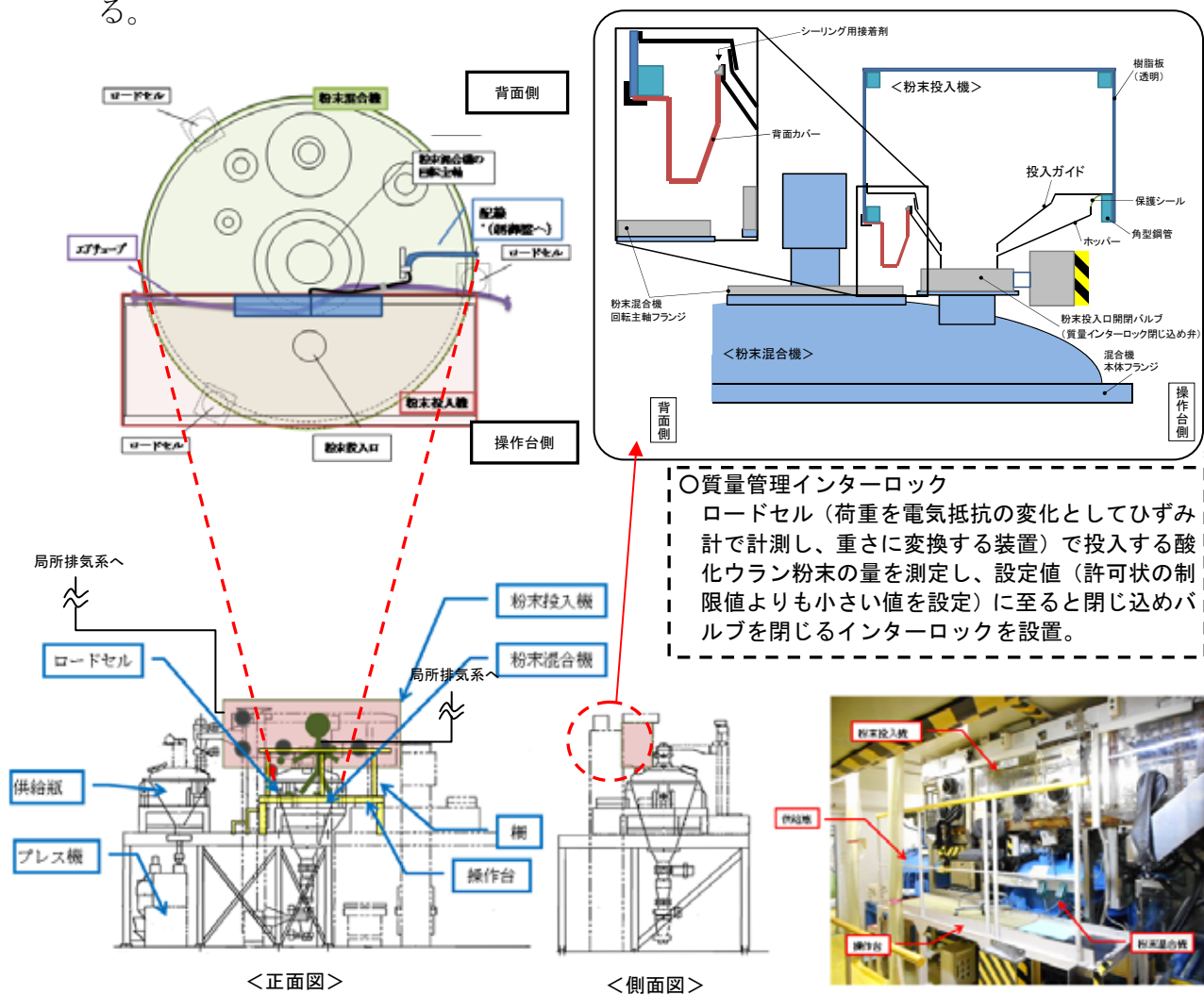


図 2 粉末混合機の構造

粉末投入機及び粉末混合機の概要

○機器の概要

この機器は、酸化ウラン粉末の粉末投入機の下に粉末混合機を配置する構造であり、両機器は、粉末投入機の下部にあるステンレス製のガイドを粉末混合機上部にあるステンレス製ホッパー（漏斗状の部品）に差し込み、その周囲をパッキン、バルク状のシール部分（背面カバー）、保護シールで覆い、密封性を確保している。



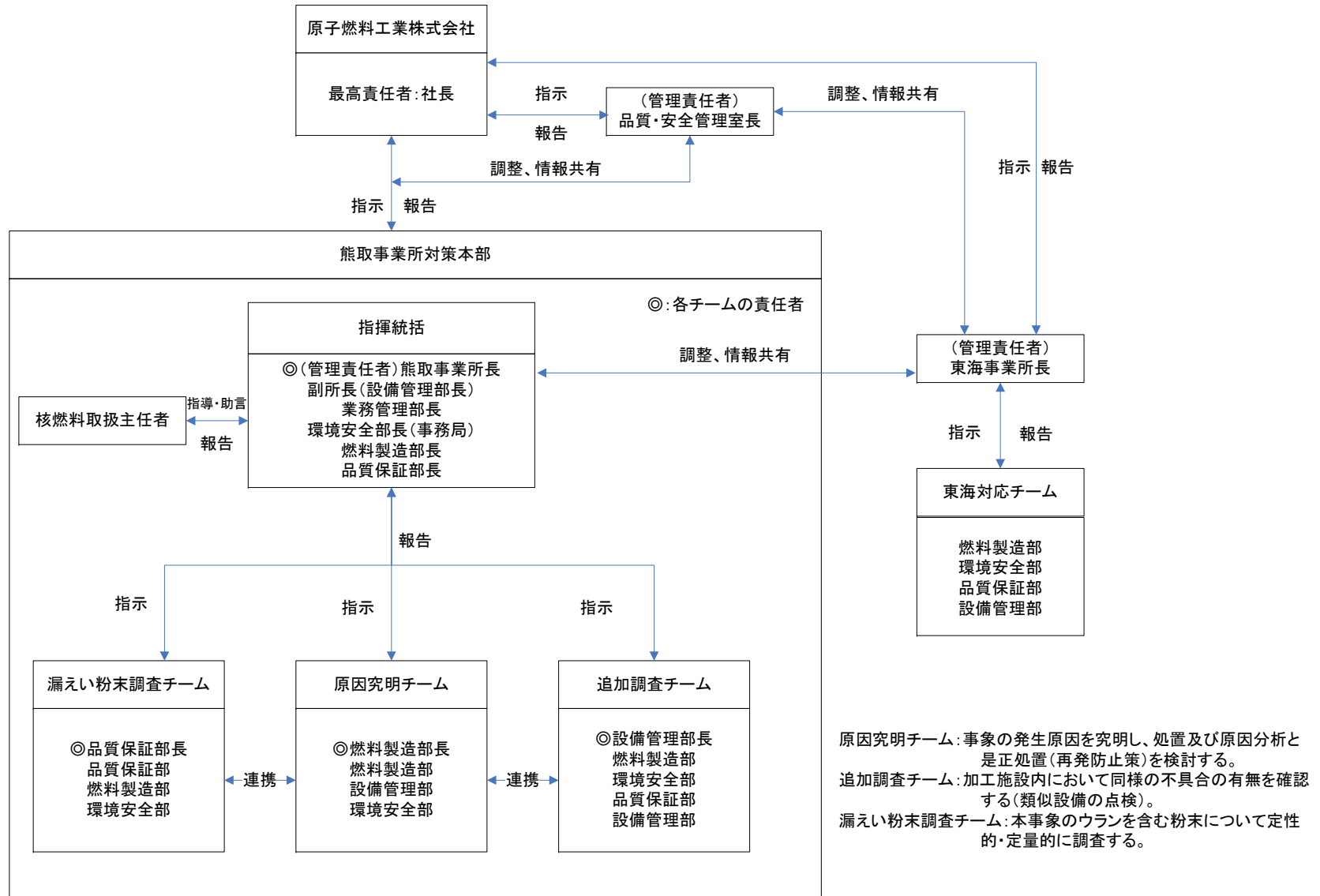
○臨界防止対策

この機器では、粉末混合機に投入する酸化ウラン粉末の質量を管理することによる臨界防止対策を講じている。具体的には、放射線業務従事者の手動により、粉末投入機から投入する酸化ウラン粉末の秤量は粉末混合機に付属するロードセルにより計量し、過投入を防止するインターロック等を備えている。

○閉じ込め機能

粉末投入機と粉末混合機は、それぞれ局所排気系に接続している。

添付 4：熊取事業所の調査体制



添付 4-1

添付 5：漏えい箇所の詳細調査結果

本文 6.1 (3) に挙げた、粉末投入機及び粉末混合機で閉じ込め境界を構成する全ての部品及びそれらと他の部品との接合部について、漏えい調査を行った。本項ではその結果を示す。

構成部品の確認

【粉末投入機】

① 樹脂板（操作台側）（図 1 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

② 樹脂板（背面側）（図 2 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

③ グローブ（右）（図 3 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

④ グローブ（中）（図 4 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑤ グローブ（左）（図 5 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑥ フード扉（図 6 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑦ 粉末投入機底板（投入ガイド）（図 7 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑧ 背面カバー（図 8 参照）

破損・き裂・欠損の有無

背面カバー（中央接着部）にズレが生じていることを確認した。

背面カバー自体の破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑨ 局所排気ダクト (図 9 参照)

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑩ 角型鋼管 (図 10 参照)

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

【粉末混合機】

⑪ 上蓋 (図 11 参照)

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑫ 本体 (図 12 参照)

構成部品の確認

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑬ ホッパー (図 13 参照)

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑭ 仕切り弁 (図 14 参照)

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑮ 点検口 (大) (図 15 参照)

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑯ 点検口 (小) (図 16 参照)

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑰ 窒素パージ配管 (図 17 参照)

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑱ 主軸部（図 18 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

⑲ 局所排気ダクト（図 19 参照）

破損・き裂・欠損の有無

目視及び触診の結果、破損・き裂・欠損は無く健全であった。

構成部品間の結合部分の確認

① 樹脂板（操作台側） — ④ グローブ（中）（図 20 参照）

（ア） 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

（イ） 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

（ウ） 取付け不良の有無

シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

① 樹脂板（操作台側） — ⑤ グローブ（左）（図 21 参照）

（ア） 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

（イ） 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

（ウ） 取付け不良の有無

シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

① 樹脂板（操作台側） — ⑥ フード扉（図 22 参照）

（ア） 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

（イ） 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

（ウ） 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全で

あることを確認した。

① 樹脂板（操作台側） — ⑩ 角型鋼管（図 23 参照）

（ア） 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

（イ） 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

（ウ） 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

② 樹脂板（背面側） — ⑨局所排気ダクト（図 24 参照）

（ア） 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

（イ） 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

（ウ） 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

② 樹脂板（背面側） — ⑩ 角型鋼管（図 25 参照）

（ア） 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

（イ） 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

（ウ） 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

③ グローブ（右） — ⑥ フード扉（図 26 参照）

（ア） 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑦ 粉末投入機底板（投入ガイド） — ⑩ 角型鋼管（図 27 参照）

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑦ 粉末投入機底板（投入ガイド） — ⑬ ホッパー（図 28 参照）

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑧ 背面カバー — ⑩ 角型鋼管（図 29 参照）

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑧ 背面カバー — ⑬ ホッパー (図 30 参照)

(エ) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(オ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定 (スミア法) 結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(カ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑪ 上蓋 — ⑫ 本体 (図 31 参照)

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定 (スミア法) の結果、上蓋の一部に酸化ウラン粉末が付着していることを確認した。ただし、接合部自体には汚染が確認されなかった。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑪ 上蓋 — ⑭ 仕切り弁 (図 32 参照)

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定 (スミア法) の結果、上蓋の一部に酸化ウラン粉末が付着していることを確認した。ただし、接合部自体には汚染が確認されなかった。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑪ 上蓋 — ⑮ 点検口 (大) (図 33 参照)

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑪ 上蓋 — ⑯ 点検口（小）（図 34 参照）

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑪ 上蓋 — ⑰ 窒素パージ配管（図 35 参照）

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑪ 上蓋 — ⑱ 主軸部（図 36 参照）

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定（スミア法）の結果、上蓋の一部に酸化ウラン粉末が付着していることを確認した。ただし、接合部自体には汚染が確認されなかった。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

⑪ 上蓋 — ⑲ 局所排気ダクト (図 37 参照)

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定 (スミア法) 結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

8 本中 2 本のフランジ固定ボルトに若干の緩み (工具により増し締め可能) を確認した。シール及びパッキンの劣化、脱落が無いことを確認した。

⑬ ホッパー — ⑳ 仕切り弁 (図 38 参照)

(ア) 隙間の有無

スモークテストの結果、接合部における設備内外面での空気の流れは無く、隙間は無かった。

(イ) 酸化ウラン粉末付着の有無

表面密度測定 (スミア法) 結果に異常は無く、酸化ウラン粉末が付着していないことを確認した。

(ウ) 取付け不良の有無

取付けボルトの緩み、シール及びパッキンの劣化、脱落が無く、取付け状態は健全であることを確認した。

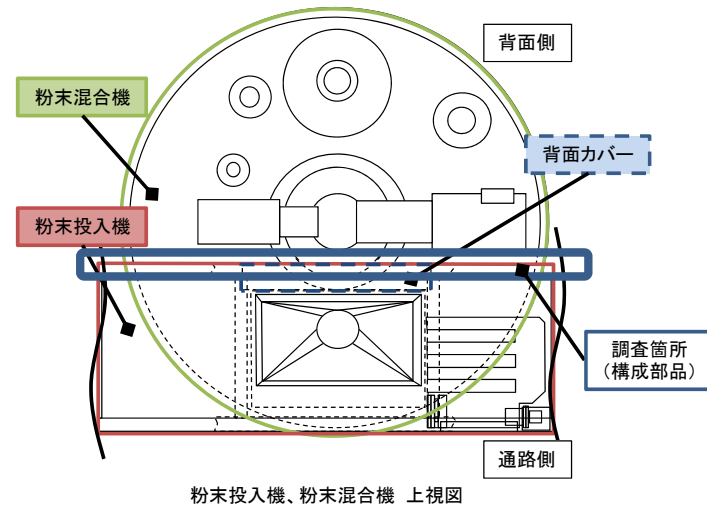
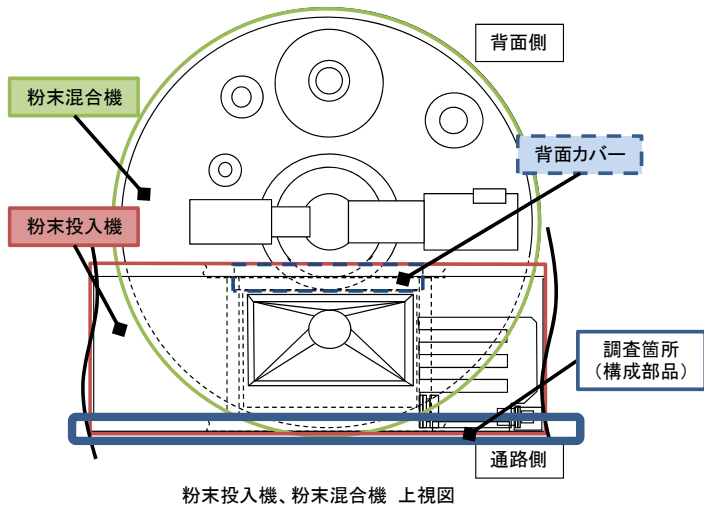
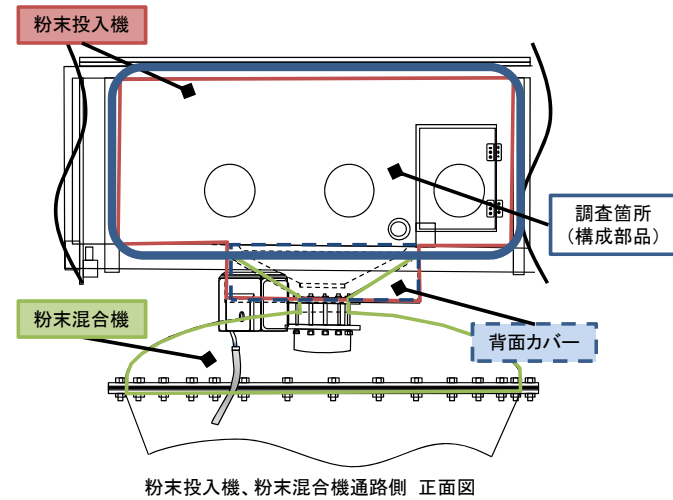
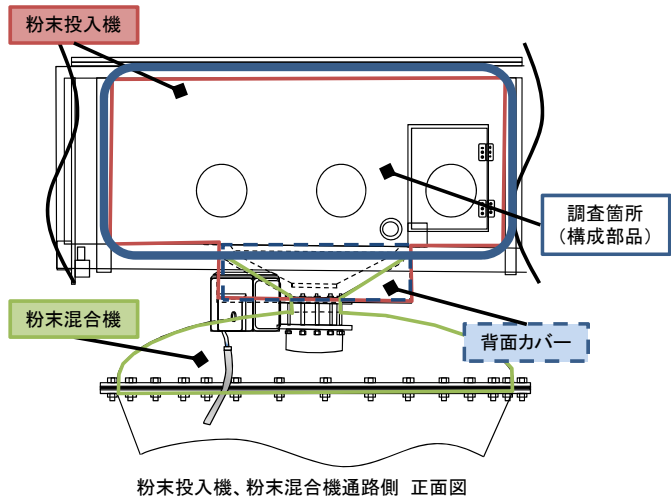


図 1 樹脂板 (操作台側) の配置図

図 2 樹脂板 (背面側) の配置図

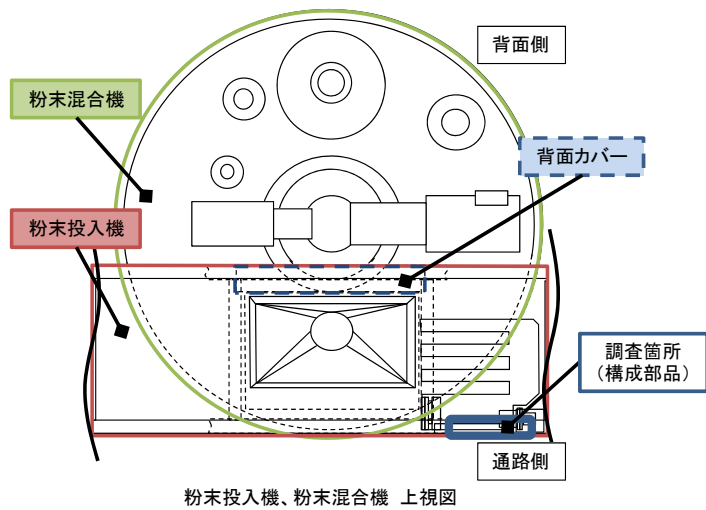
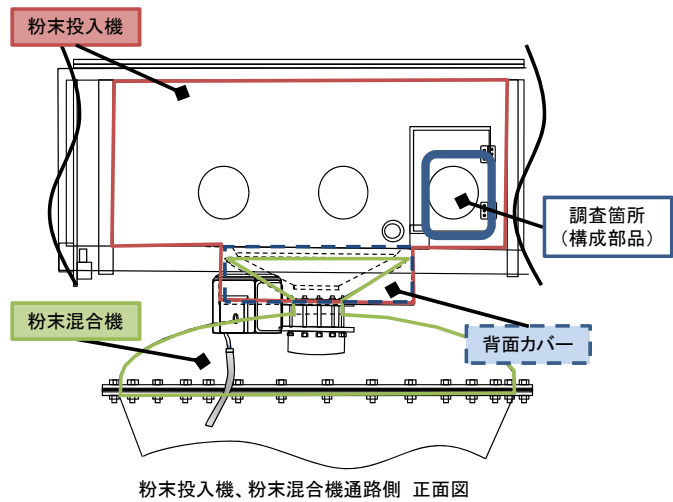


図3 グローブ（右）の配置図

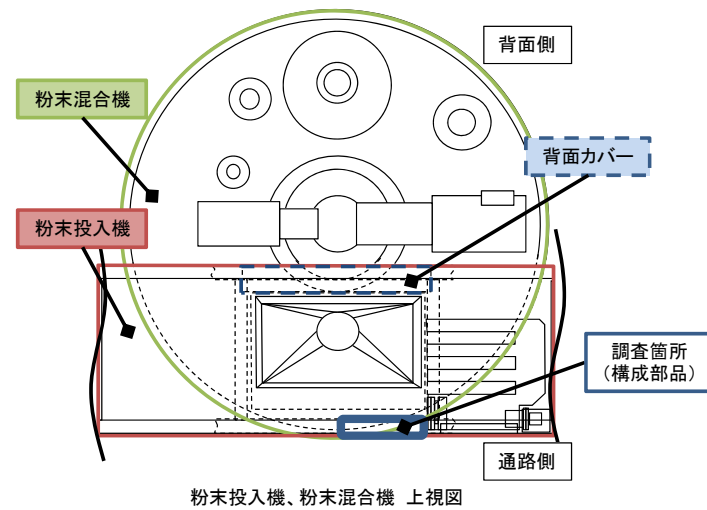
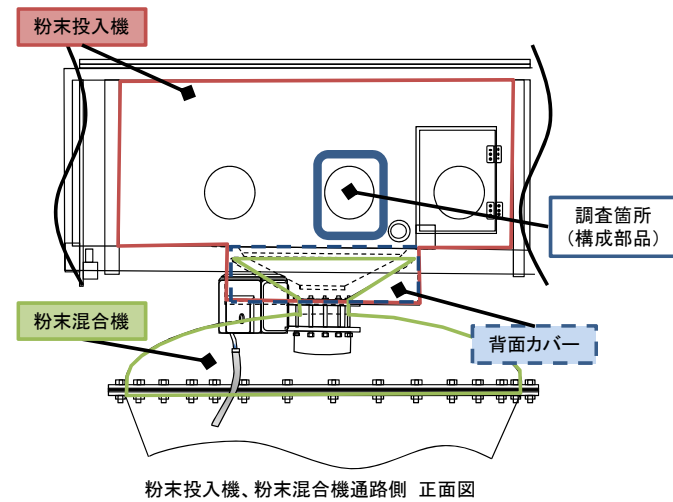


図4 グローブ（中）の配置図

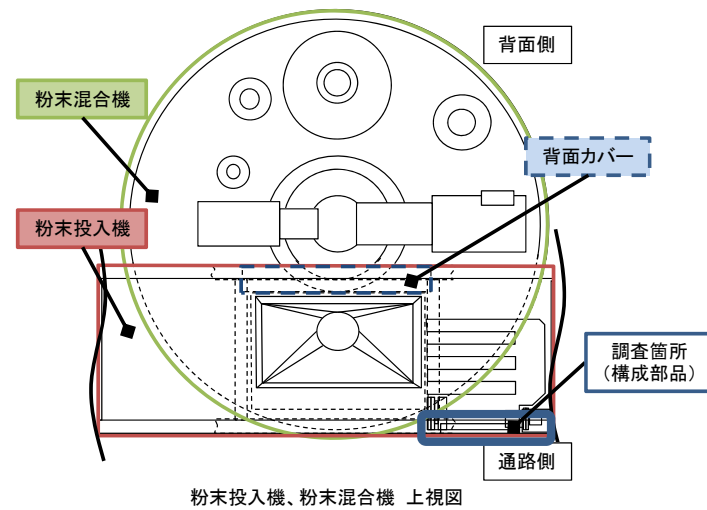
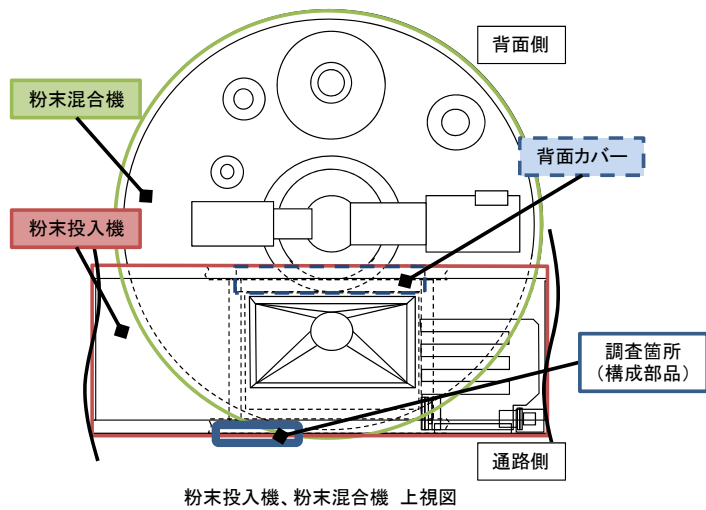
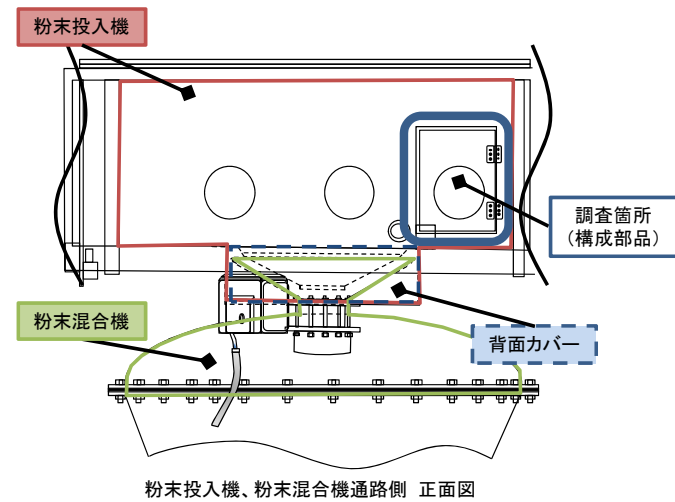
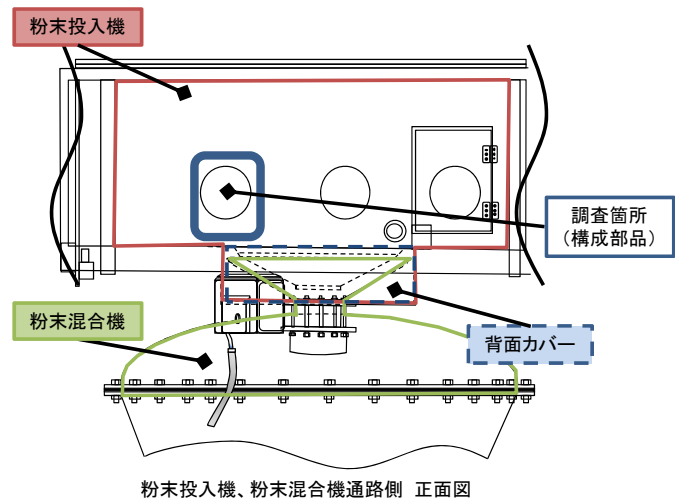


図 5 グローブ (左) の配置図

図 6 フード扉の配置図

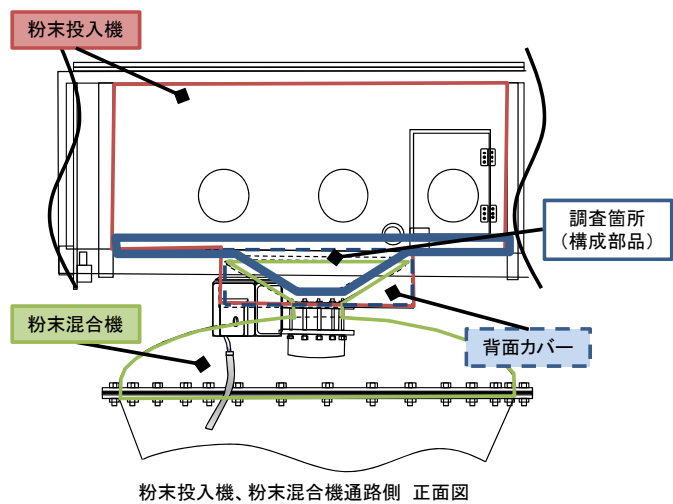


図7 粉末投入機底板（投入ガイド）の配置図

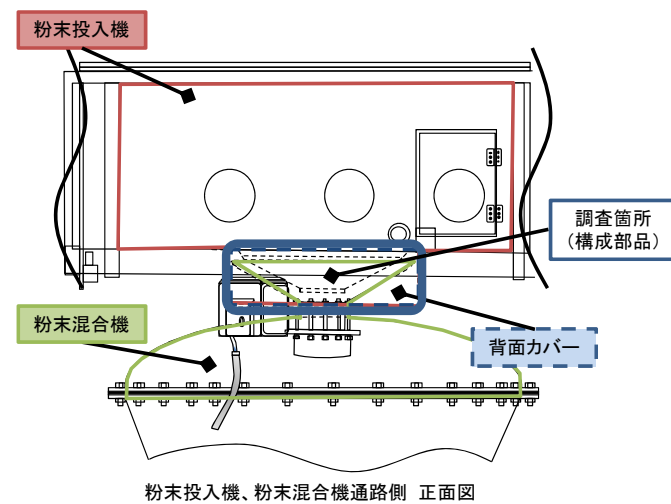
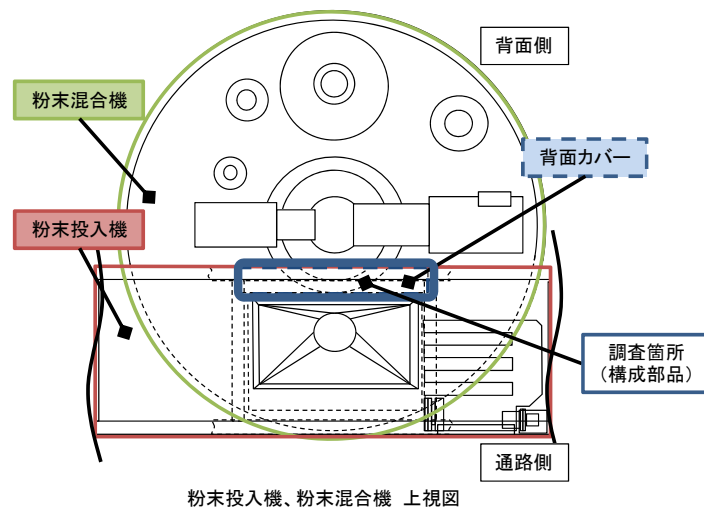
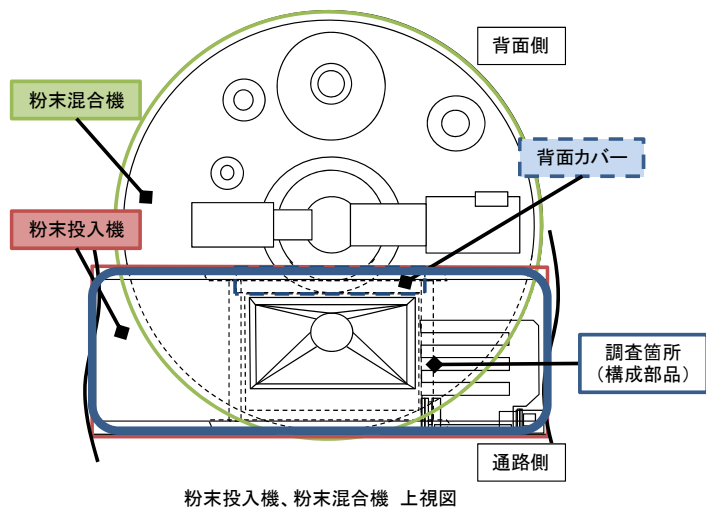


図8 背面カバーの配置図



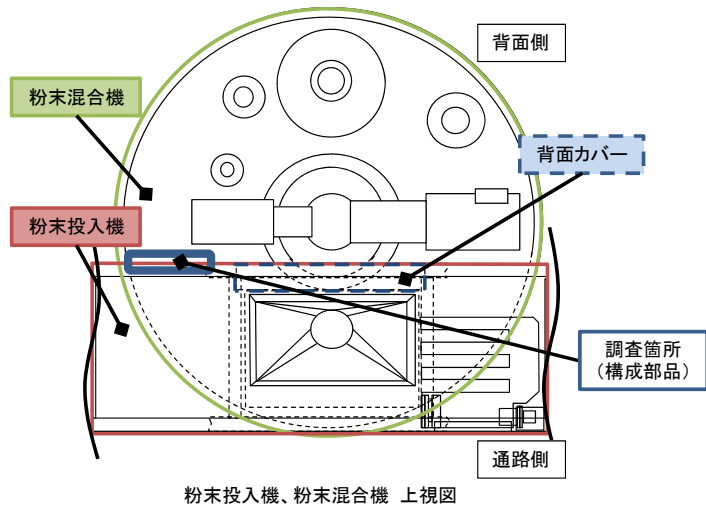
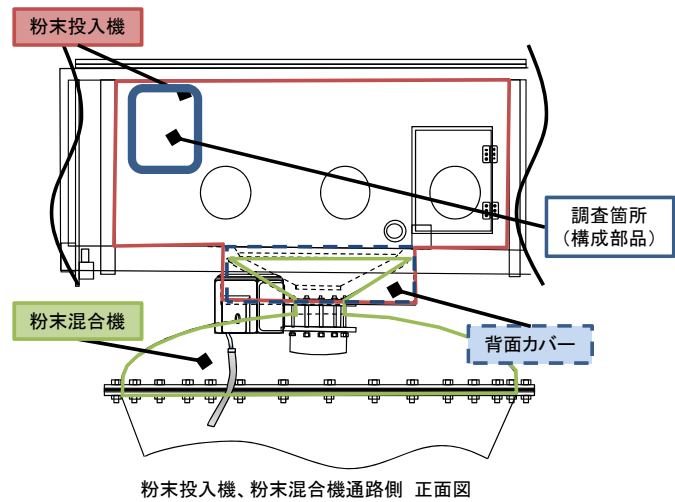


図 9 局所排気ダクトの配置図

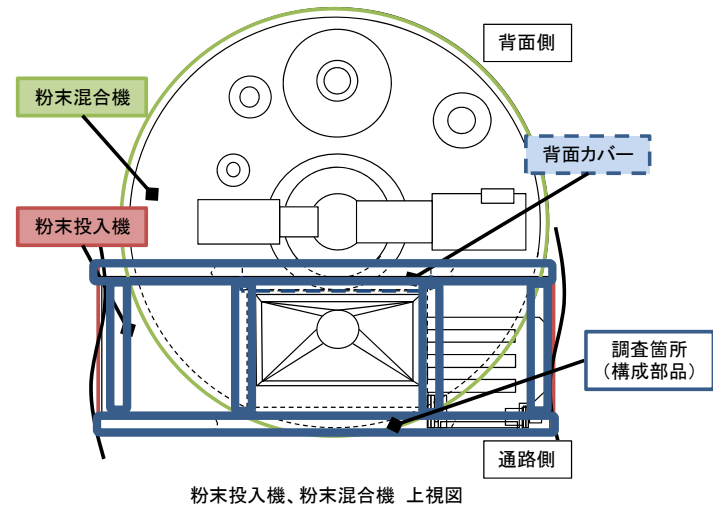
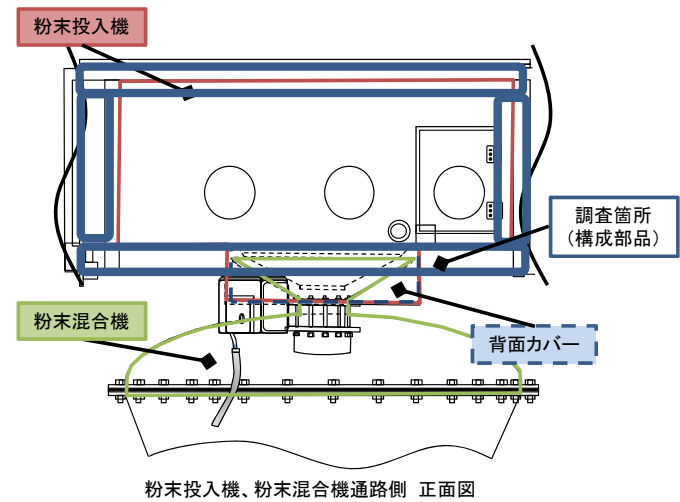


図 10 角型鋼管の配置図

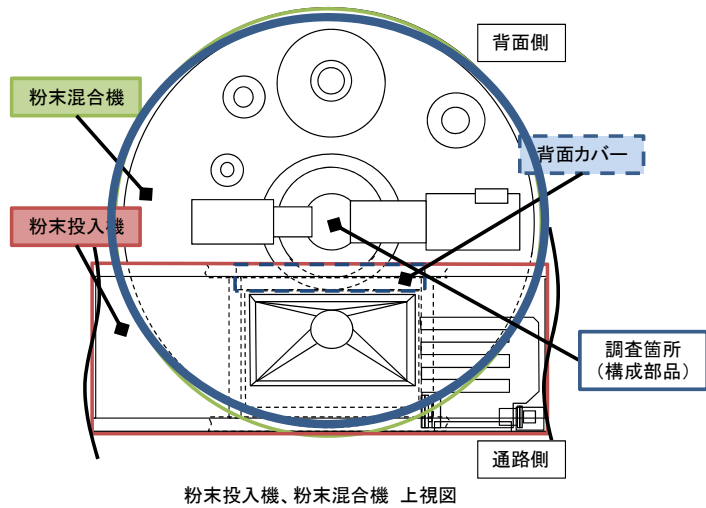
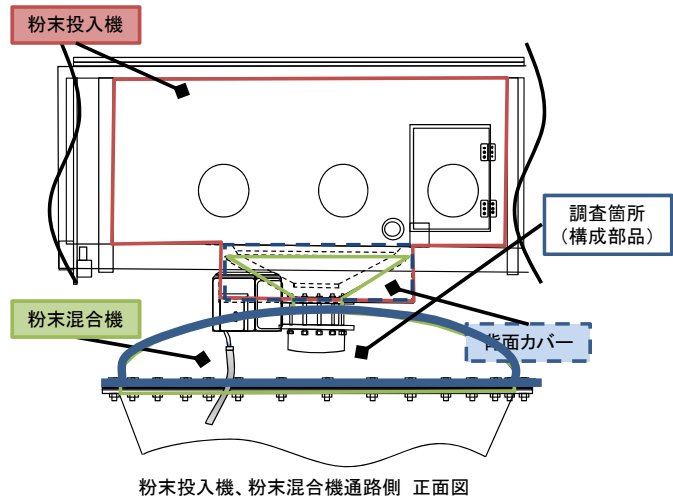


図 11 粉末混合機上蓋の配置図

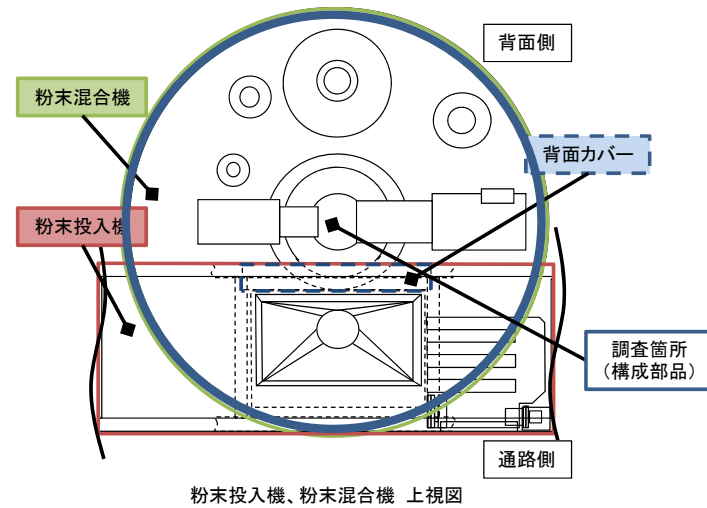
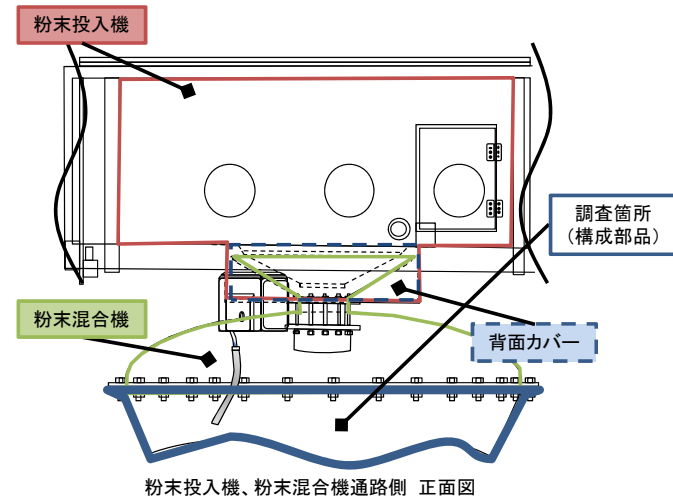


図 12 粉末混合機本体の配置図

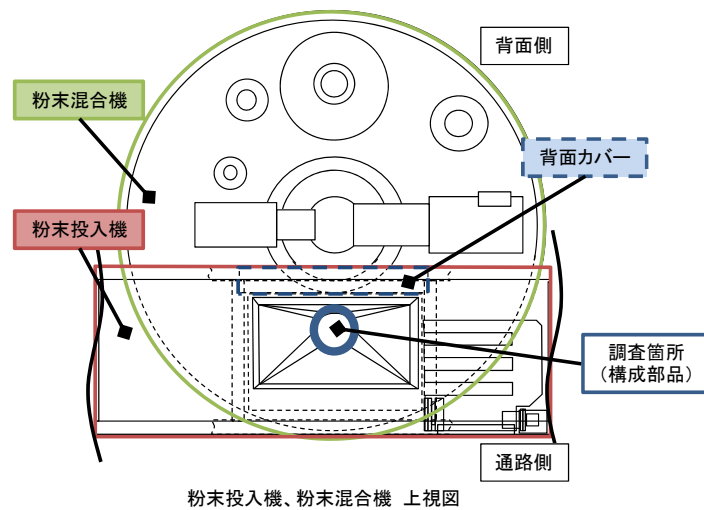
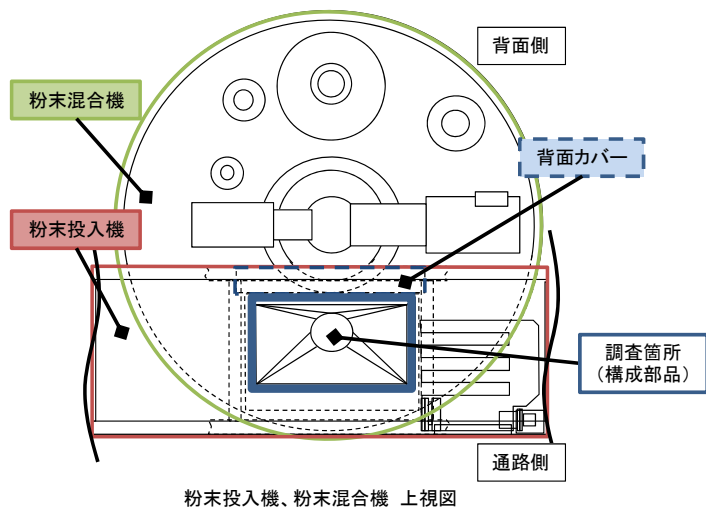
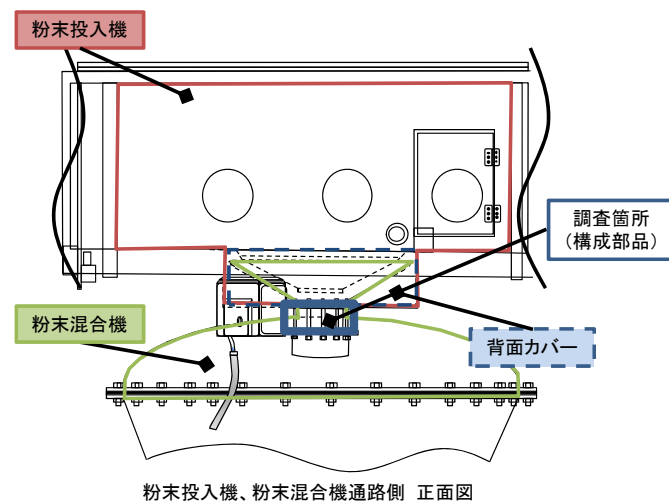
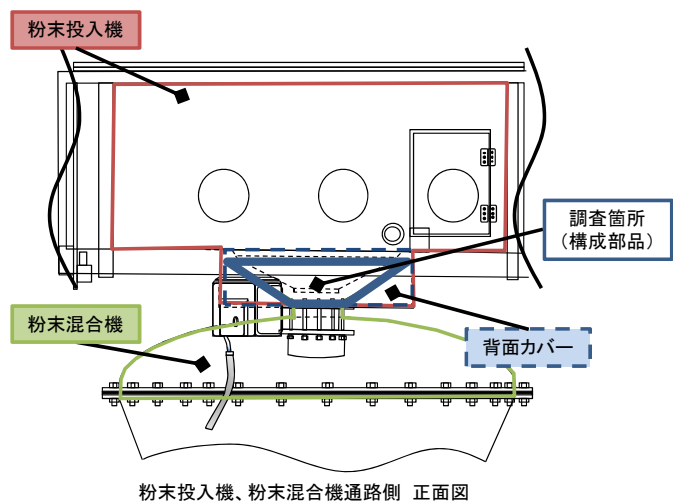


図 13 ホッパーの配置図

図 14 仕切り弁の配置図

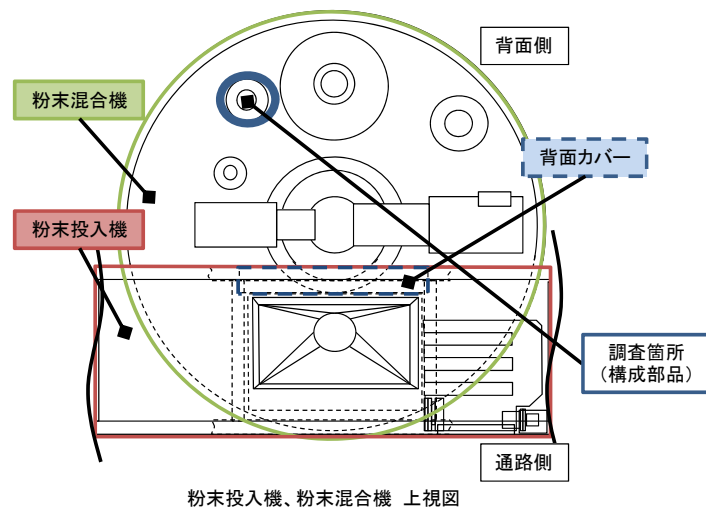
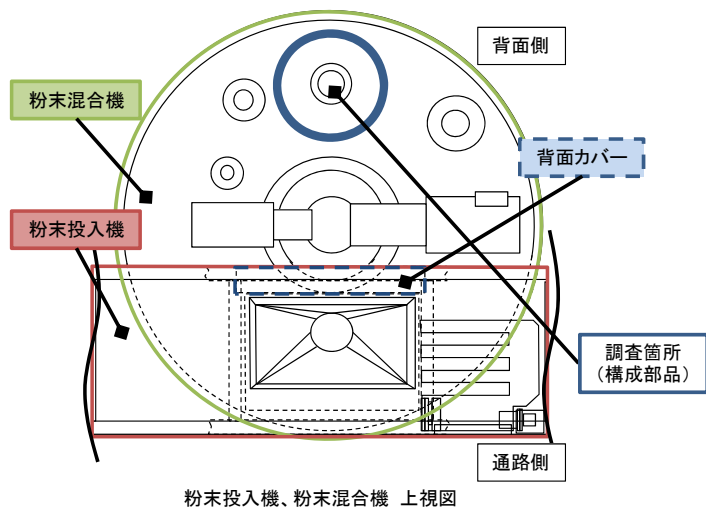
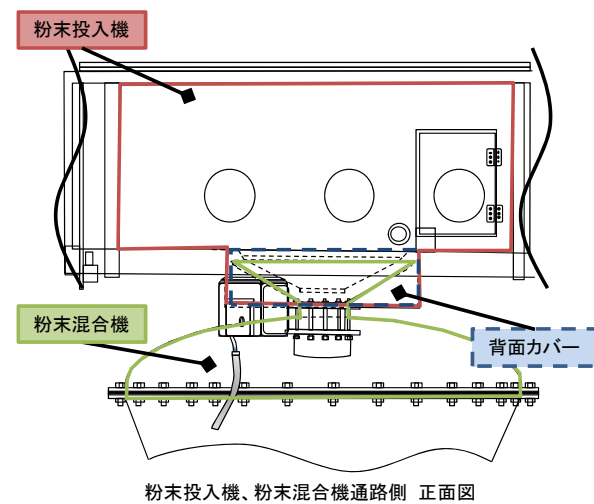
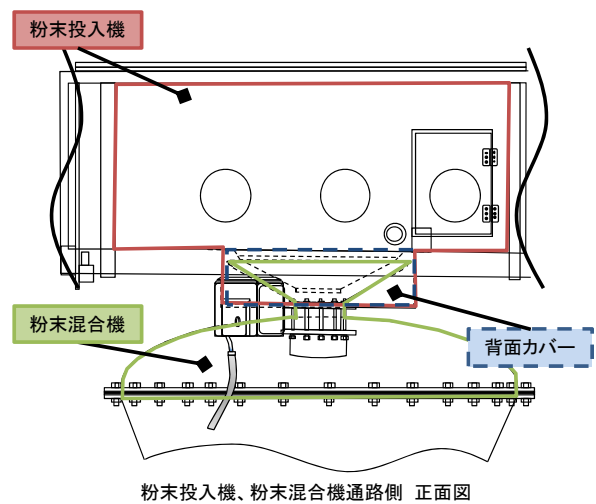


図 15 点検口 (大) の配置図

図 16 点検口 (小) の配置図

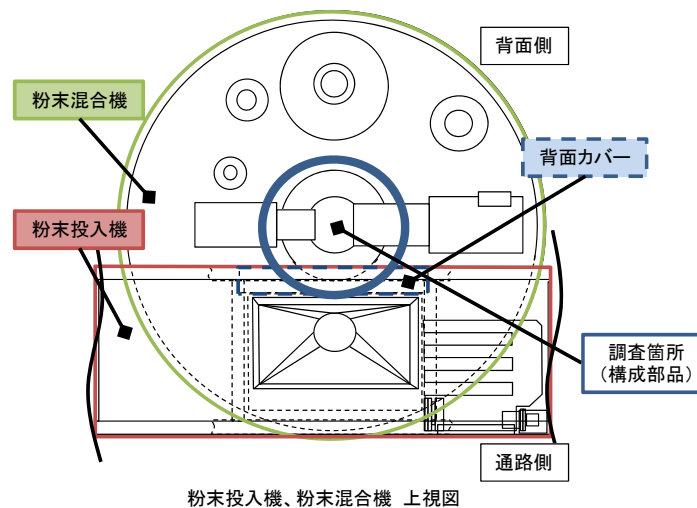
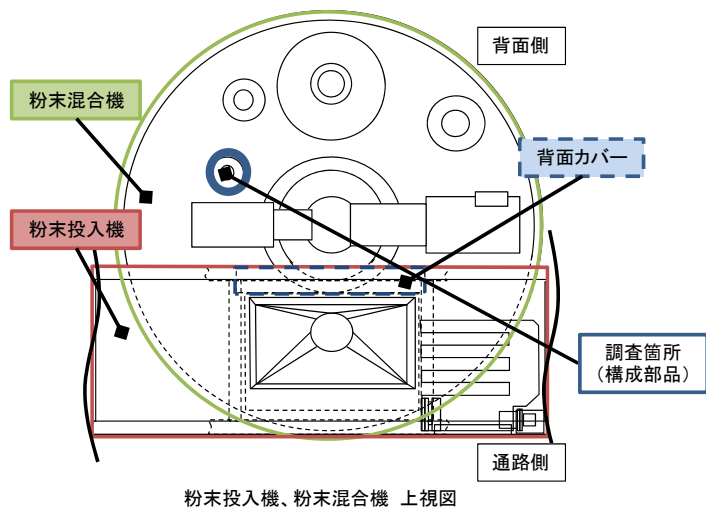
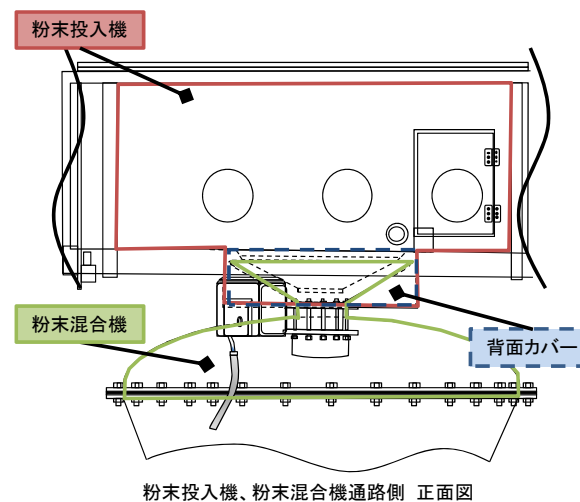
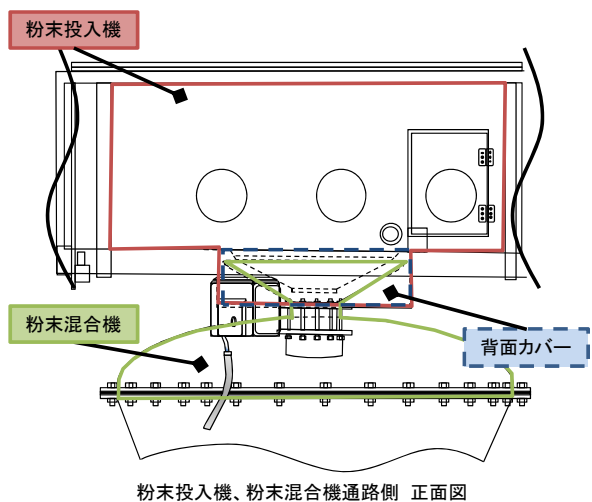


図 17 窒素ページ配管の配置図

図 18 主軸部の配置図

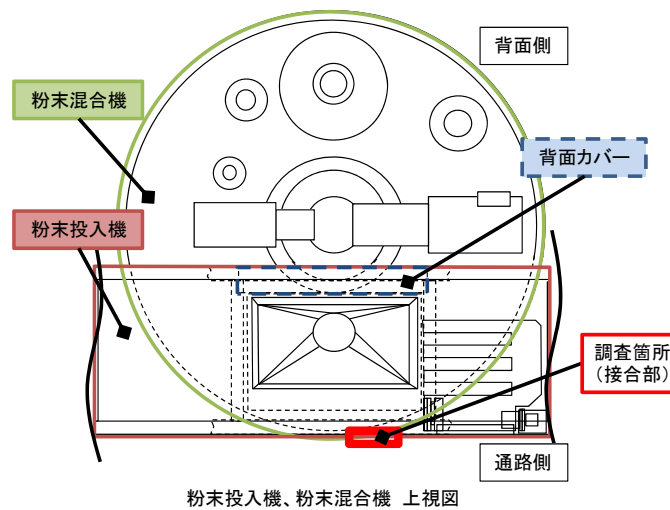
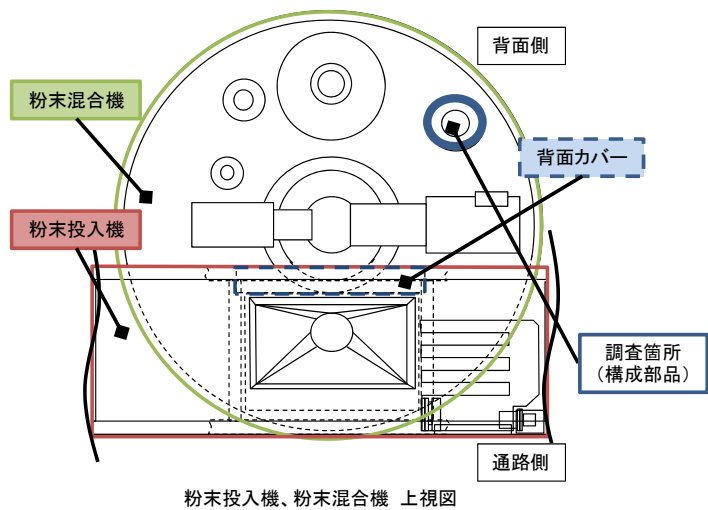
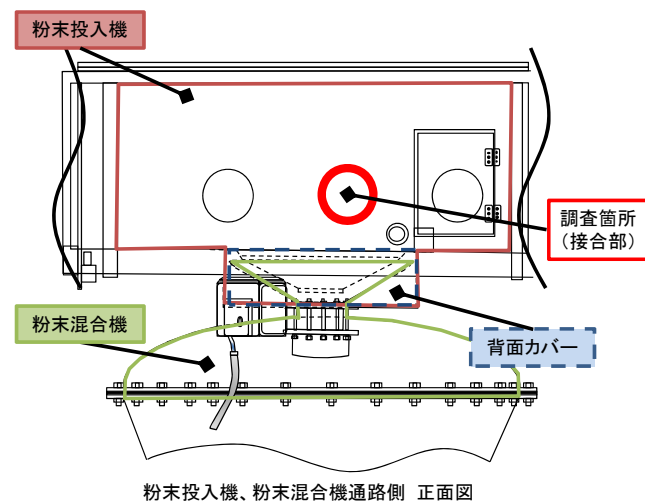
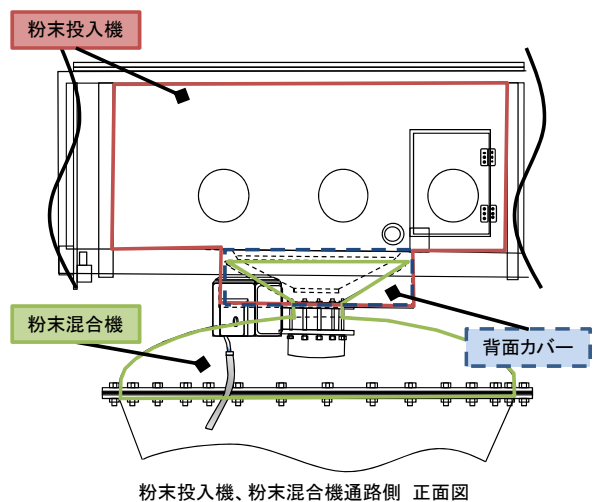
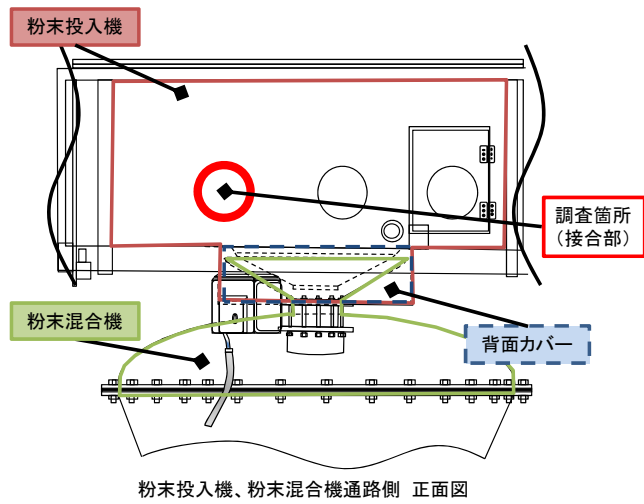
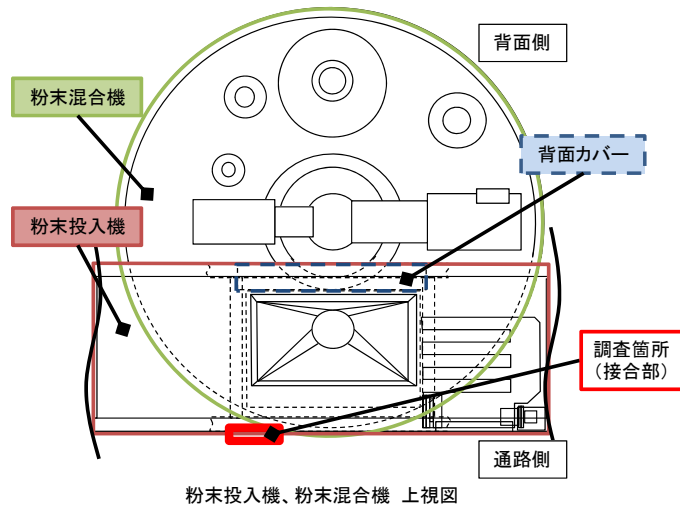


図 19 粉末混合機局所排気ダクトの配置図

図 20 樹脂板（操作台側）ーグローブ（中）接合部

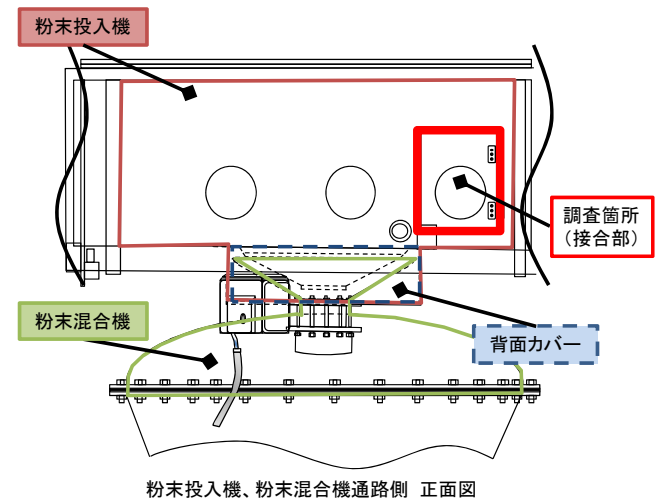


粉末投入機、粉末混合機通路側 正面図

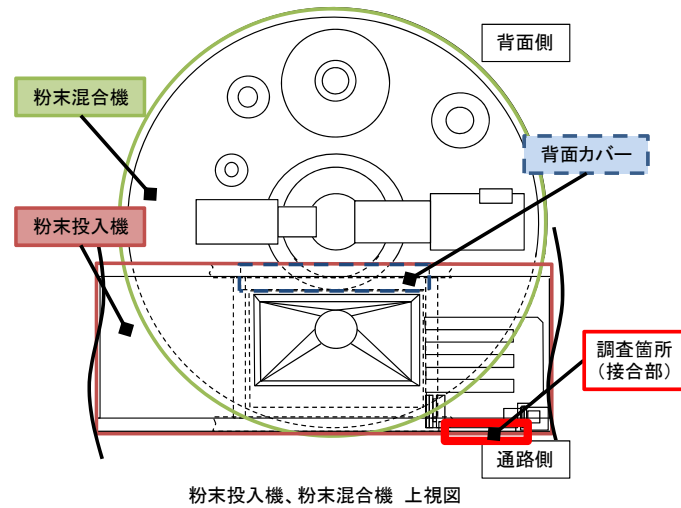


粉末投入機、粉末混合機 上视图

図 21 樹脂板（操作台側）ーグローブ（左）接合部



粉末投入機、粉末混合機通路側 正面図



粉末投入機、粉末混合機 上视图

図 22 樹脂板（操作台側）ーフード扉接合部

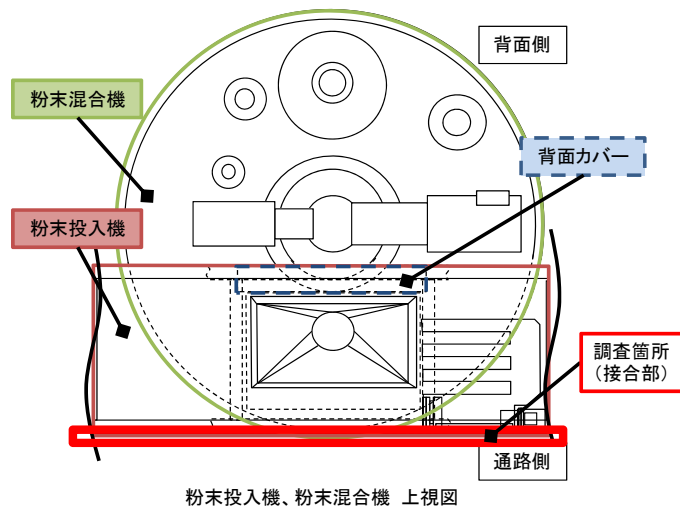
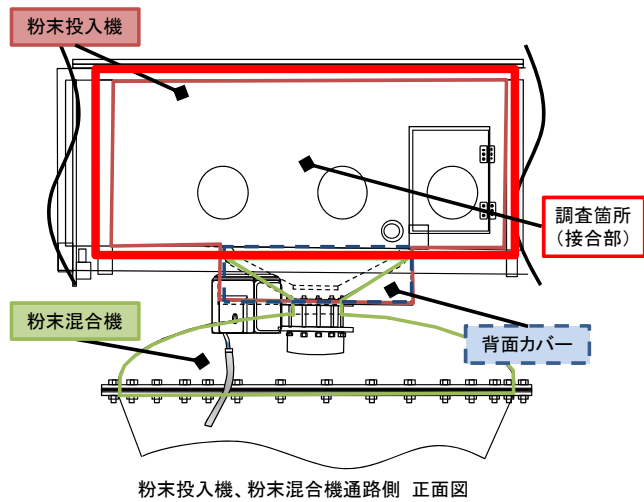


図 23 樹脂板（操作台側）一角型鋼管接合部

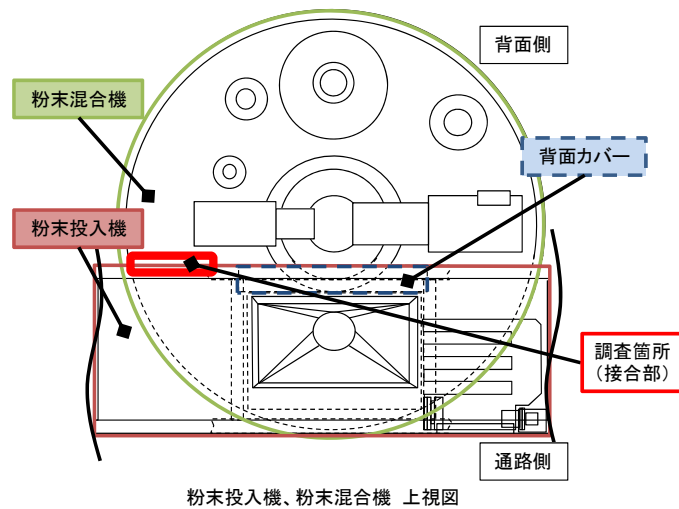
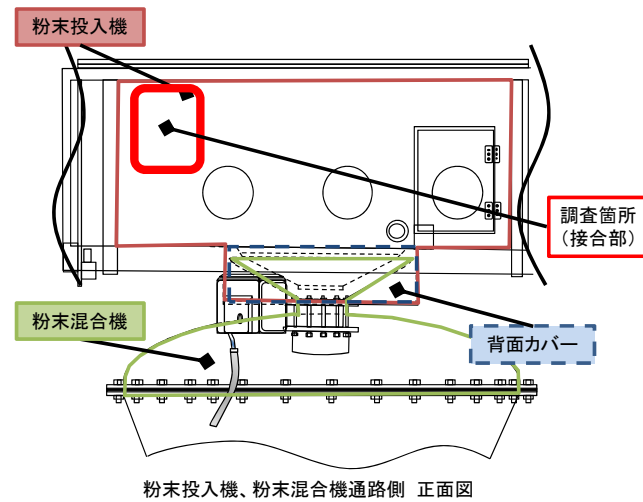


図 24 樹脂板（背面側）粉末投入機局所排気ダクト接合部

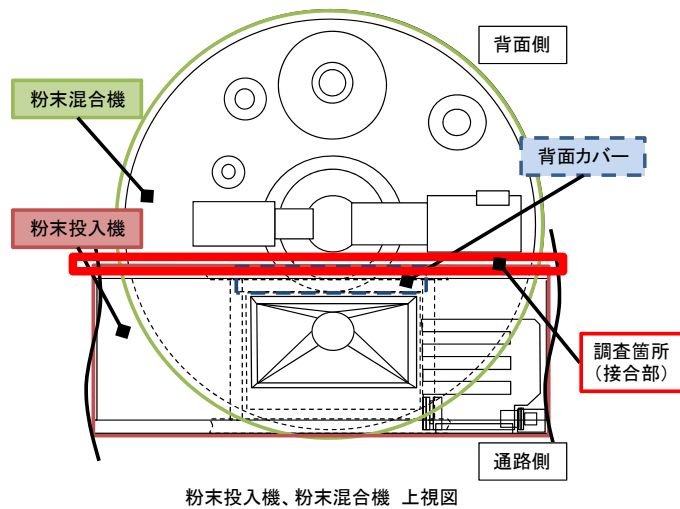
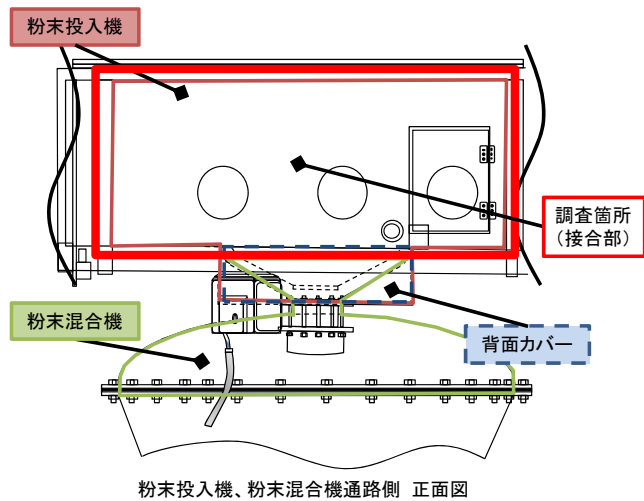


図 25 樹脂板（背面側）一角型鋼管接合部

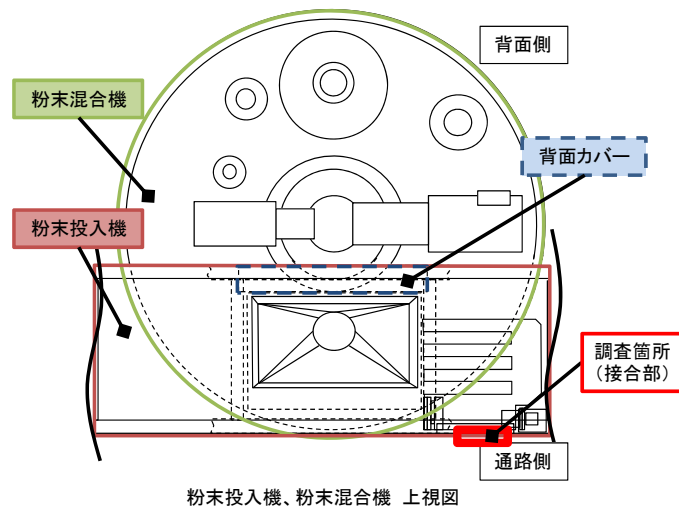
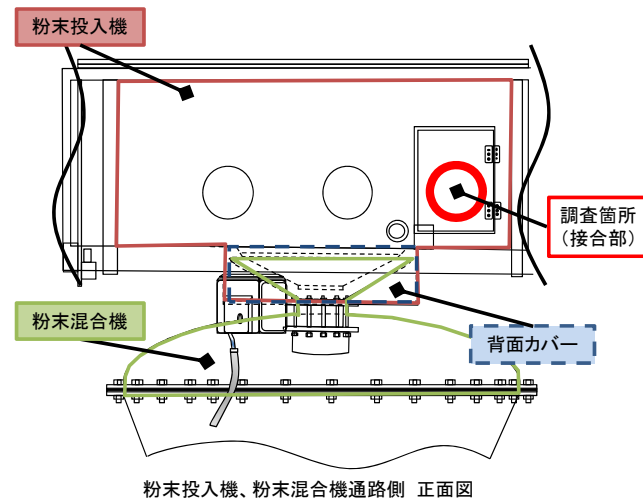


図 26 グローブ（右）フード扉接合部

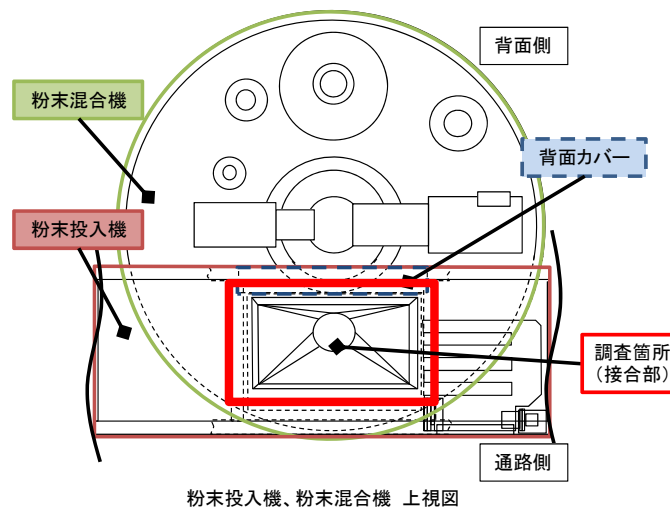
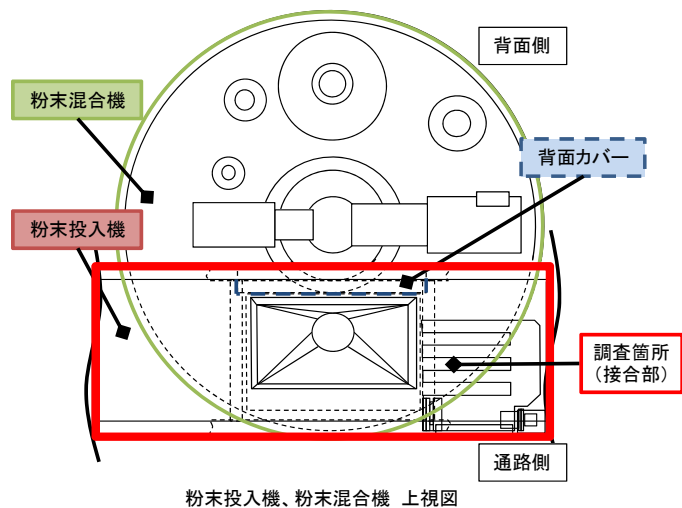
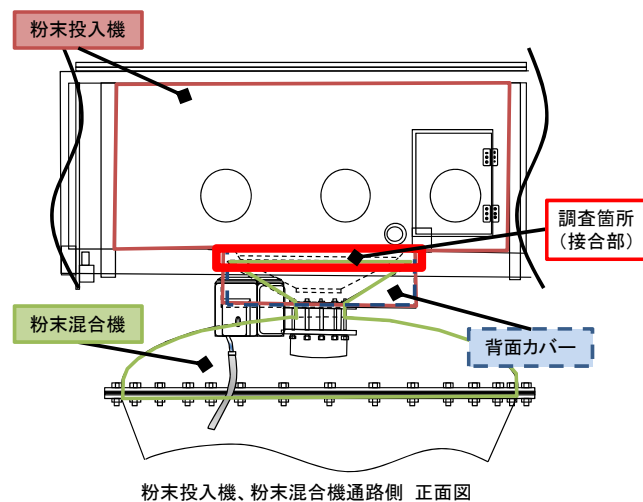
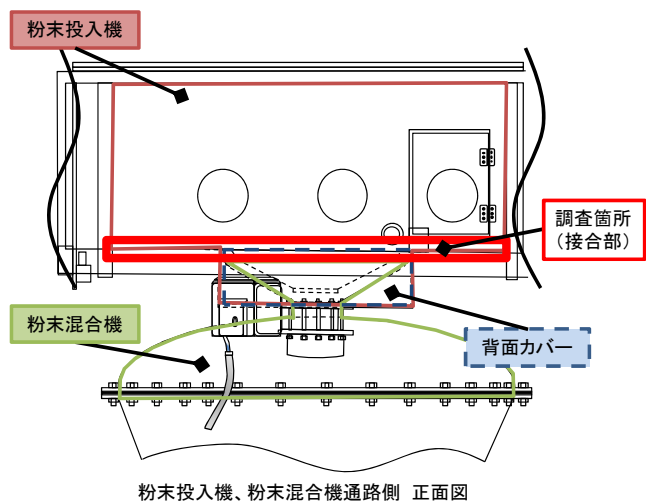
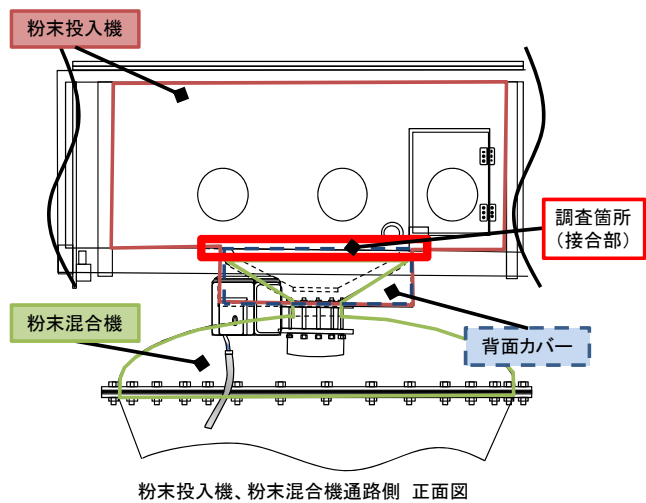
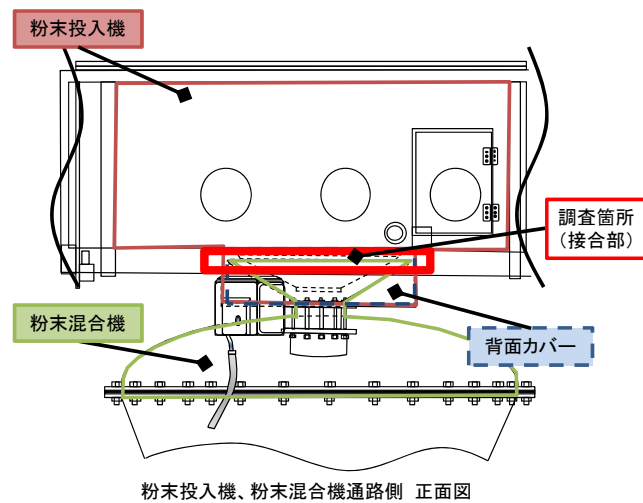


図 27 粉末投入機底板 (投入ガイド) - 角型鋼管接合部

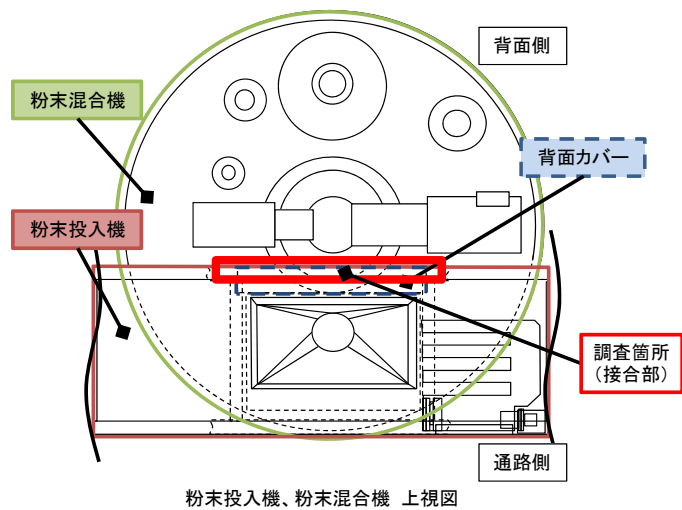
図 28 粉末投入機底板 (投入ガイド) - ホッパー接合部



粉末投入機、粉末混合機通路側 正面図

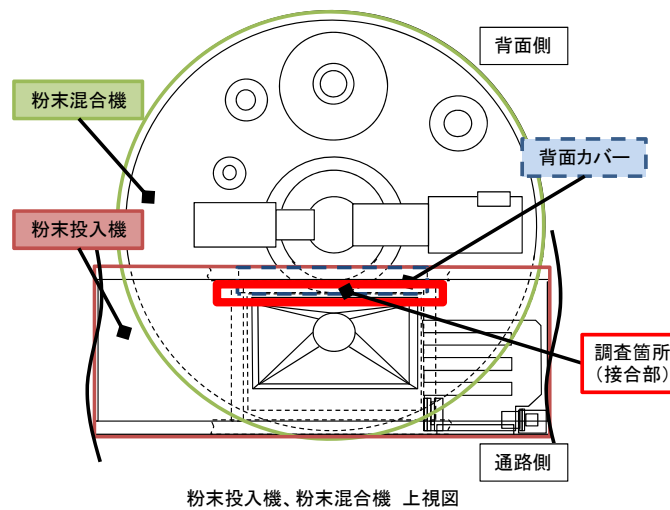


粉末投入機、粉末混合機通路側 正面図



粉末投入機、粉末混合機 上視図

図 29 背面カバー—角型鋼管接合部



粉末投入機、粉末混合機 上視図

図 30 背面カバー—ホッパー接合部

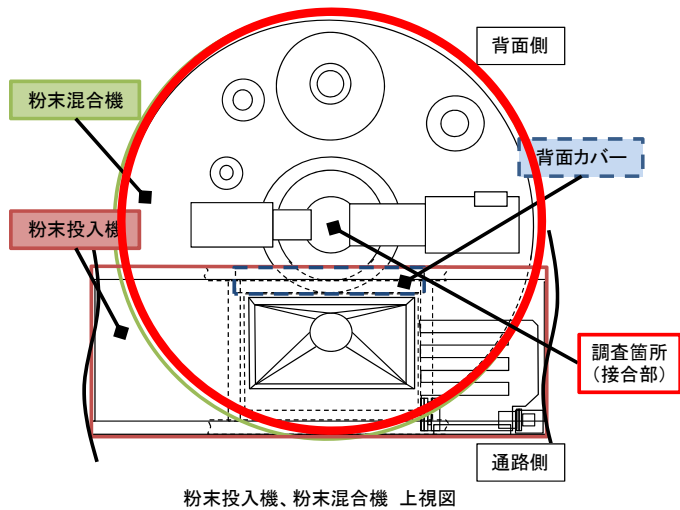
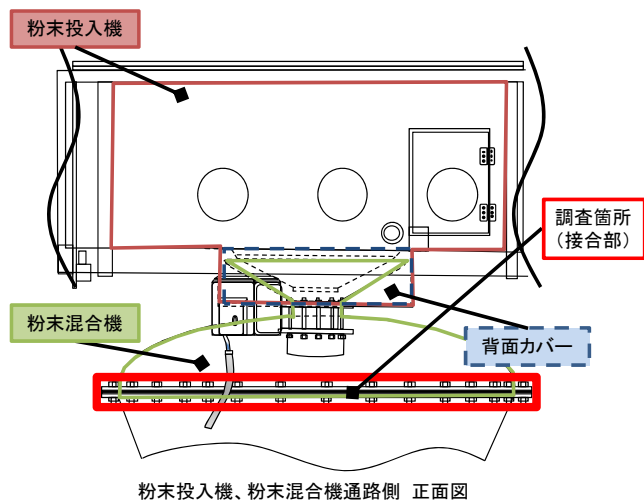


図 31 粉末混合機上蓋－粉末混合機本体接合部

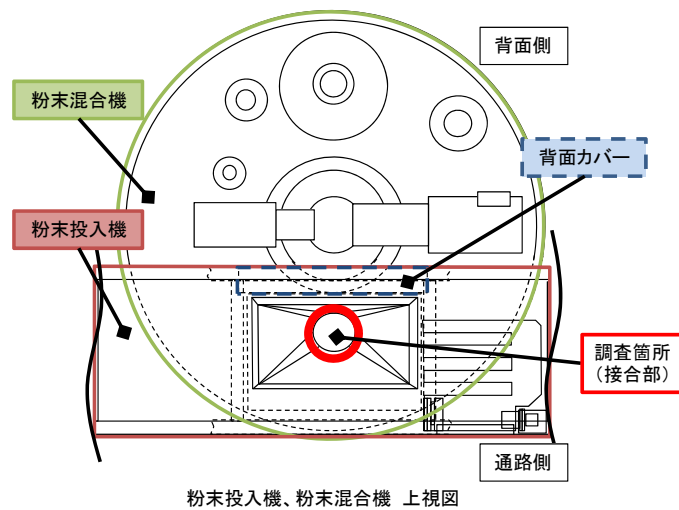
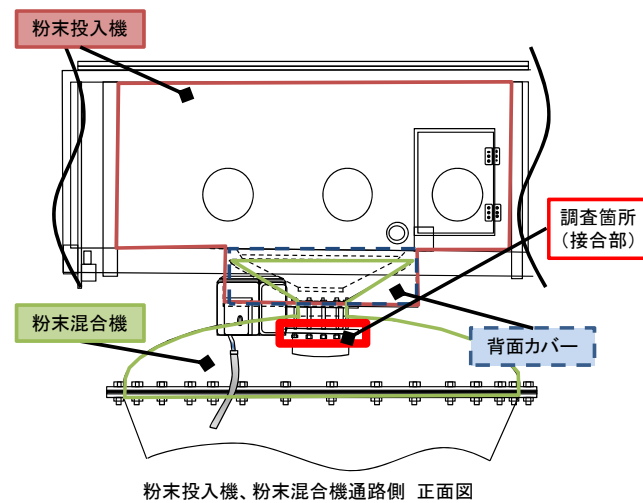
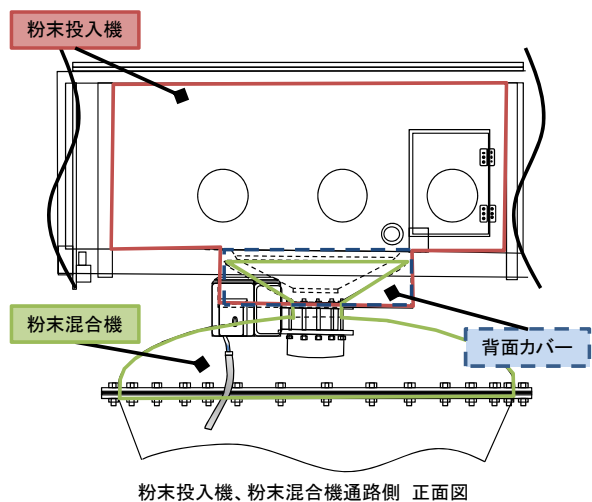
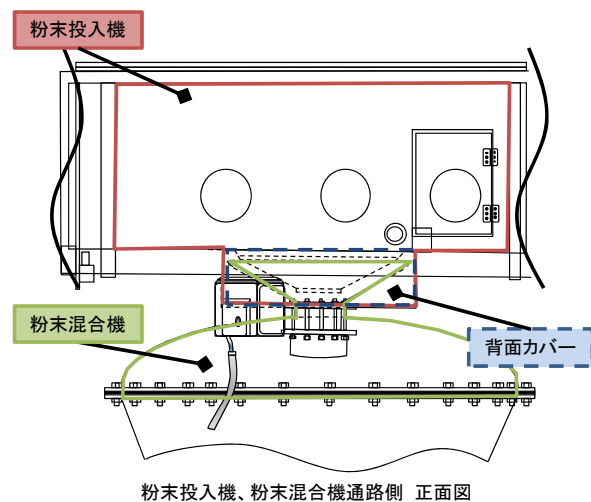


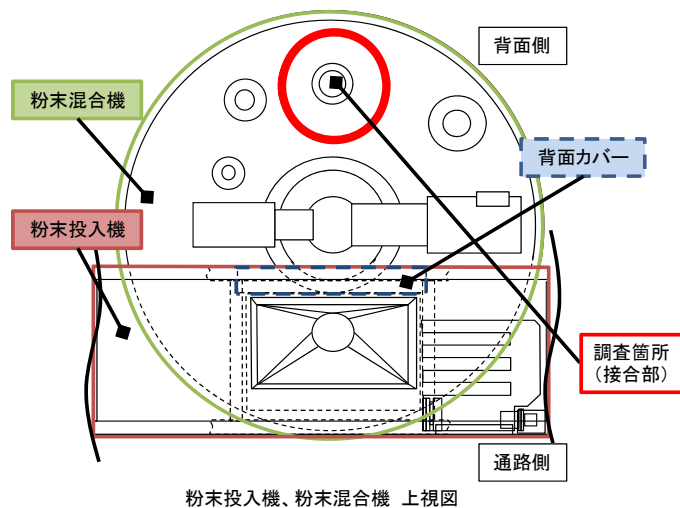
図 32 粉末混合機上蓋－仕切り弁接合部



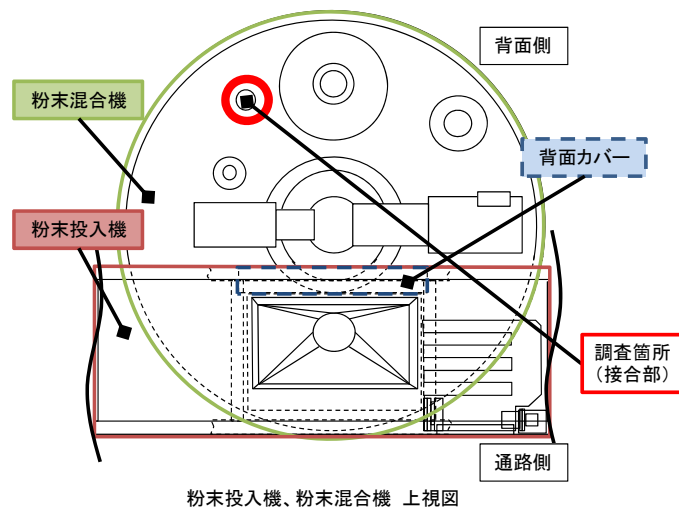
粉末投入機、粉末混合機通路側 正面図



粉末投入機、粉末混合機通路側 正面図



粉末投入機、粉末混合機 上视图



粉末投入機、粉末混合機 上视图

図 33 粉末混合機上蓋一点検口 (大) 接合部

図 34 粉末混合機上蓋一点検口 (小) 接合部

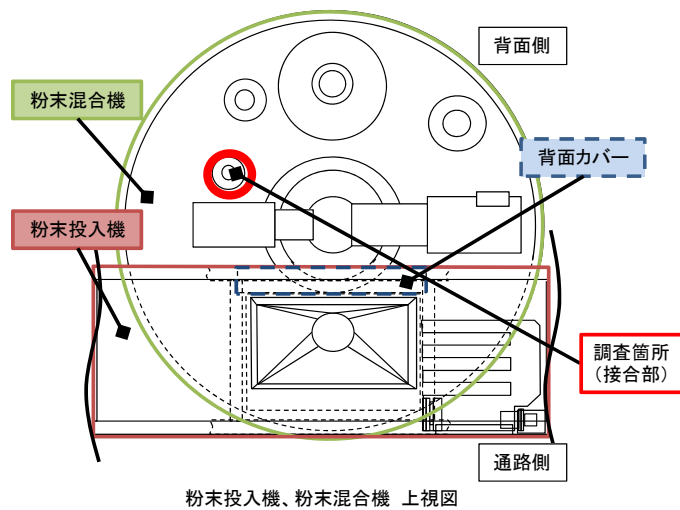
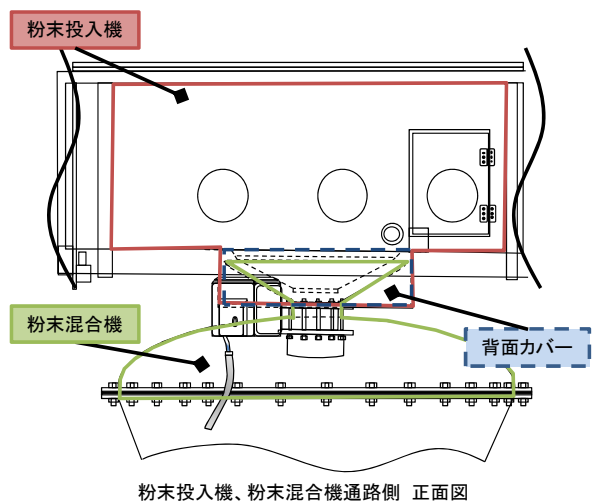


図 35 粉末混合機上蓋-窒素パージ配管接合部

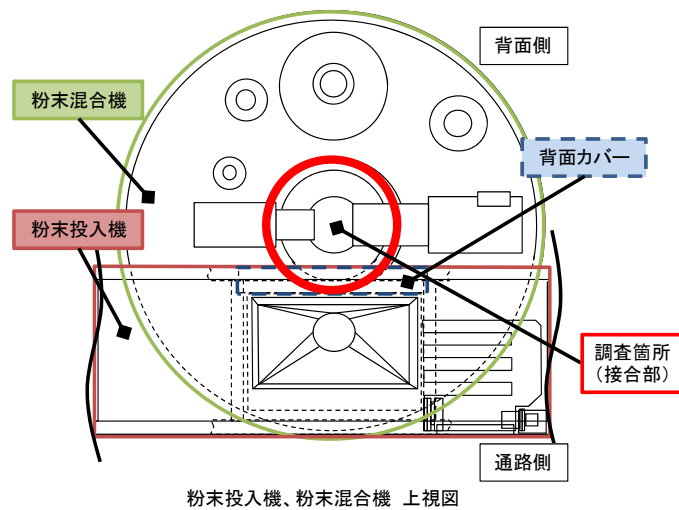
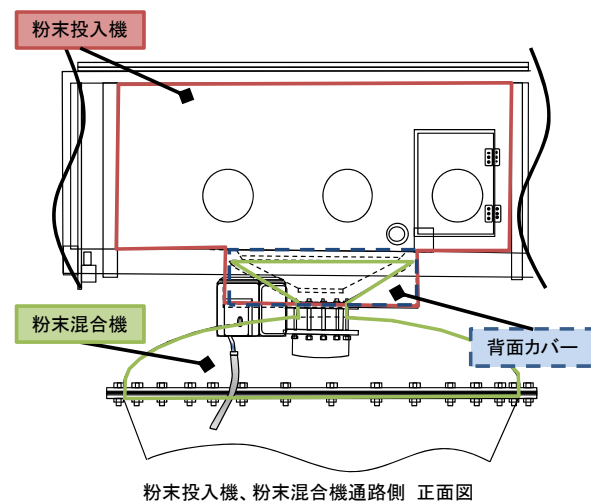


図 36 粉末混合機上蓋-主軸部接合部

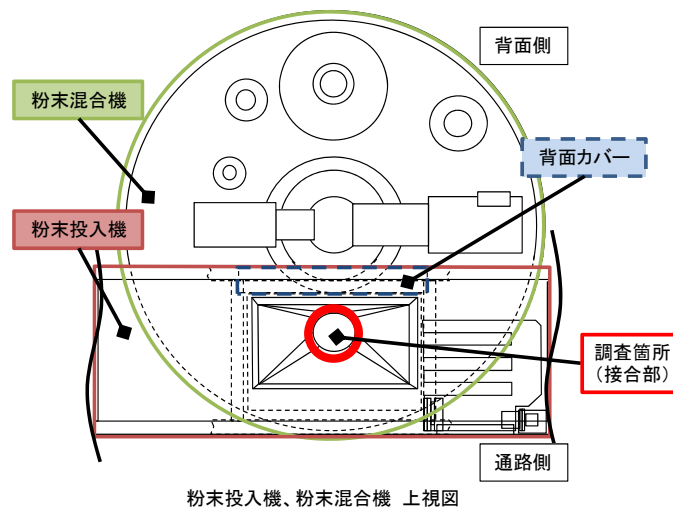
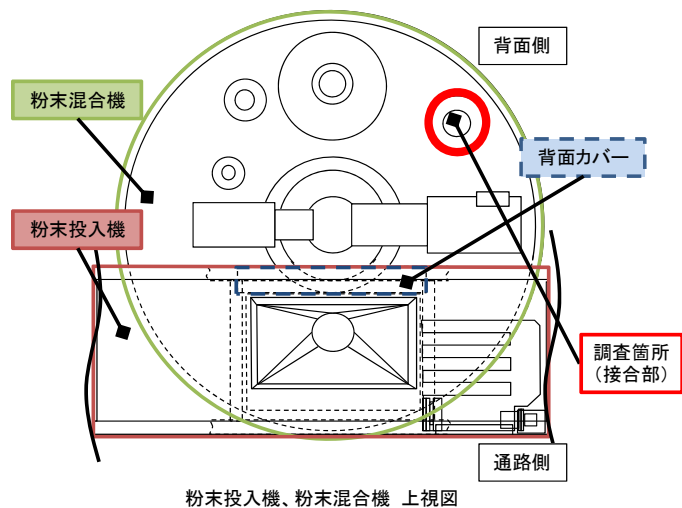
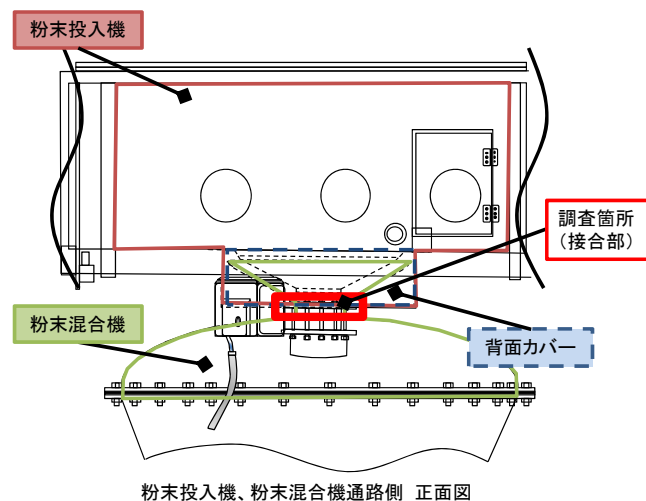
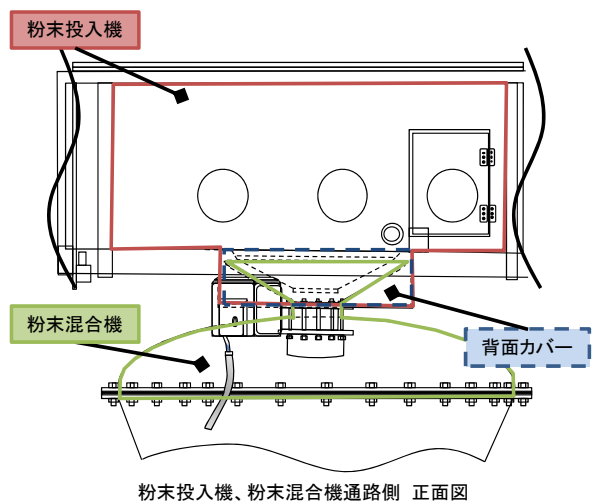


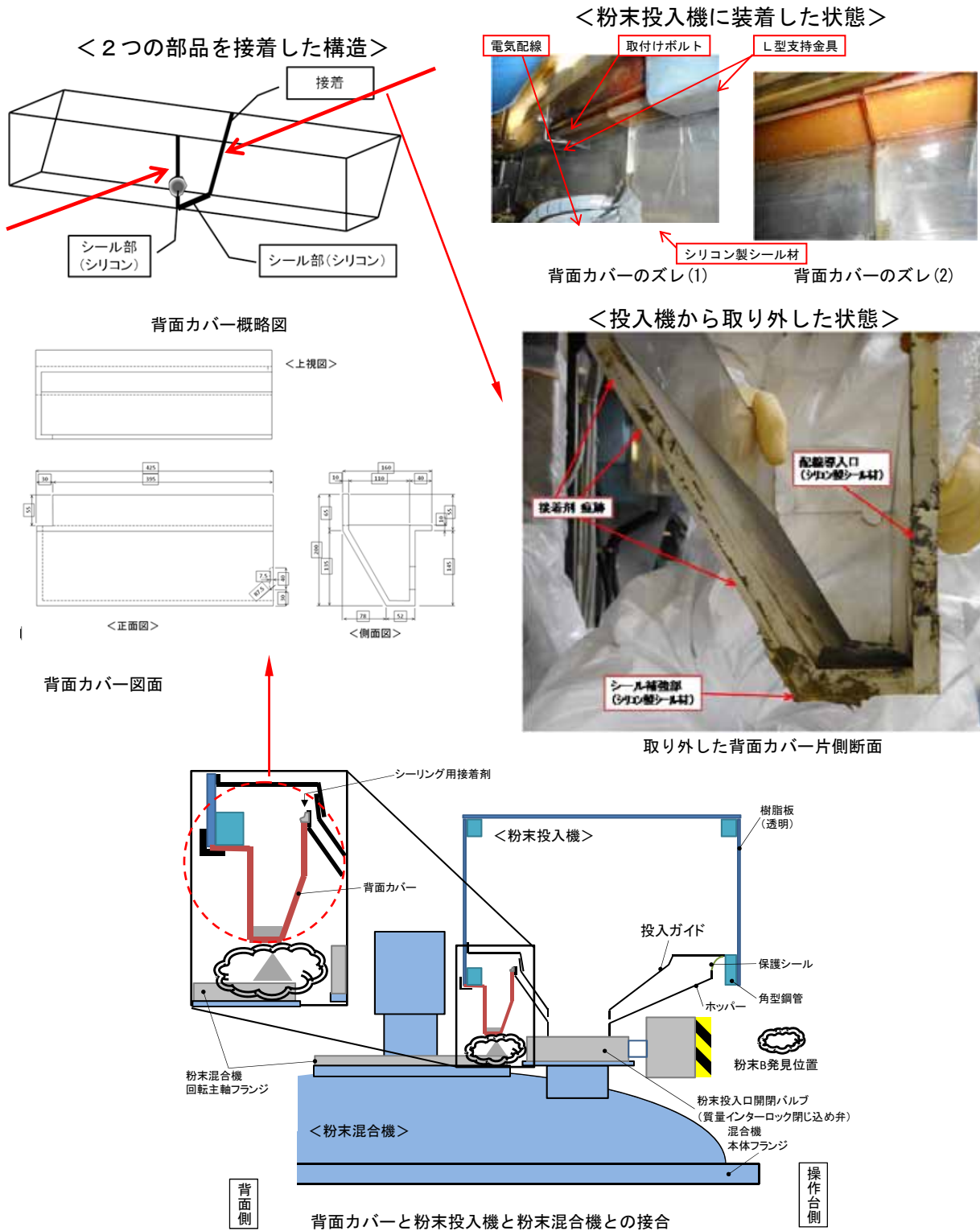
図 37 粉末混合機上蓋-粉末混合機局所排気ダクト接合部

図 38 ホッパー仕切り弁接合部

添付 6 : 酸化ウラン粉末が漏えい発生した箇所の概要

○概要

酸化ウラン粉末の漏えい状況、粉末投入機及び粉末混合機の点検結果から、酸化ウラン粉末の粉末投入機のバルク上の樹脂製カバー（背面カバー）の接合面の隙間より、酸化ウラン粉末が漏えいしたものと特定している。



添付 7：背面カバーについて

1. 背面カバーの機能と構造

1.1 全体の機能と構造

粉末投入機は、平成 5 年設工認申請を行い、同年施設検査の合格により使用を開始し、その後、平成 8 年に同設備内の酸化ウラン粉末の搬送構造の改造のための設工認申請を行い、平成 9 年施設検査の合格により再度使用を開始した。

背面カバーは、粉末投入機に当初設置されていた酸化ウラン粉末プラスチック袋を切断開封するためのカッターの一部やケーブル類を収納することを機能として設置された。その後の改造時に合わせて、カッターを撤去したが、背面カバーは撤去せず、背面カバーを覆う天板と投入ガイドを設置した。新設時及び改造後の粉末投入部周囲及び背面カバーの構造を図 1 及び図 2 に示す。

背面カバーの全体構造は、樹脂板で構成された樋状の容器となっており、二分割容器を中央部で接着接合している。また、接合部付近にケーブル取出し開口部を設け、ケーブルを取り出すとともに、シリコンによりシール処理を行っている。背面カバーの概略図と図面を図 3 及び図 4 に示す。

新設時及び改造時の粉末投入機の概要

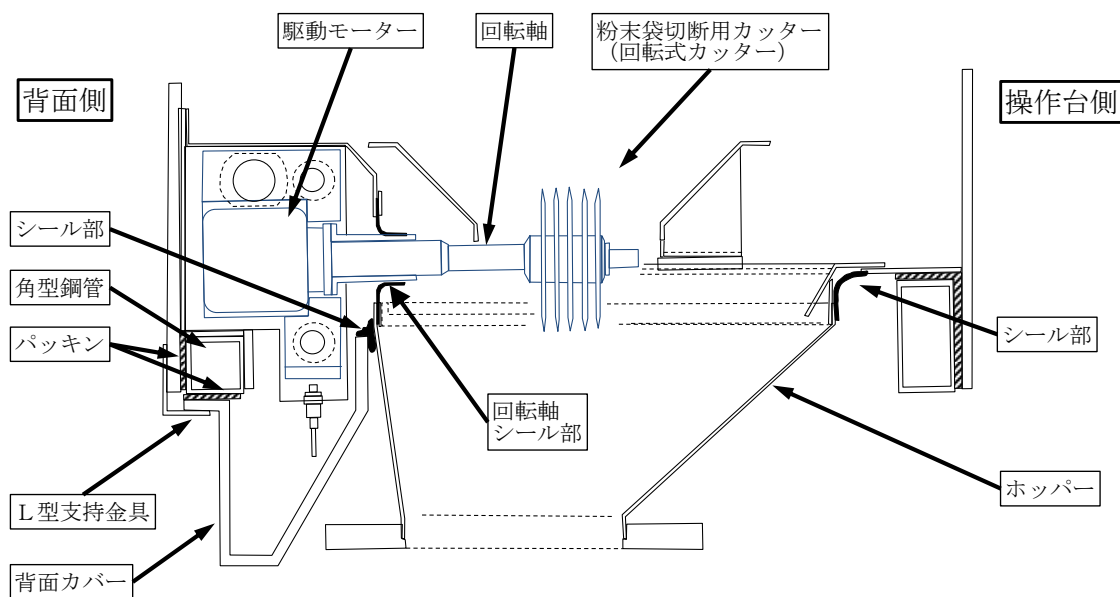


図1 粉末投入部（平成5年申請時、酸化ウラン粉末袋切断用カッター撤去前）

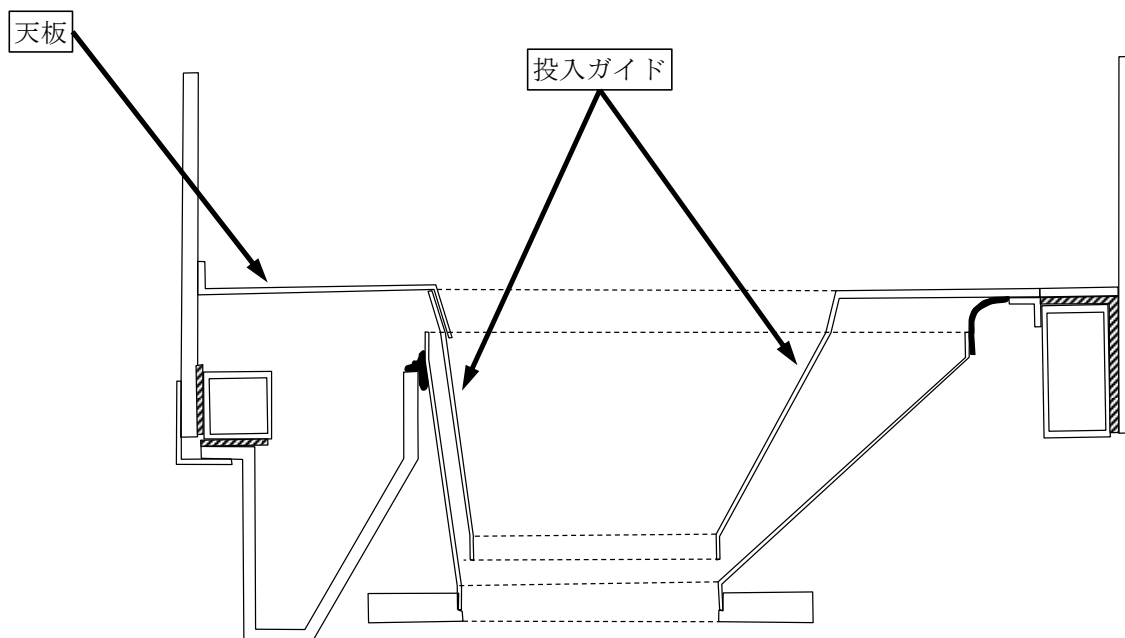


図2 粉末投入部（平成8年申請時、酸化ウラン粉末袋切断用カッター撤去後）

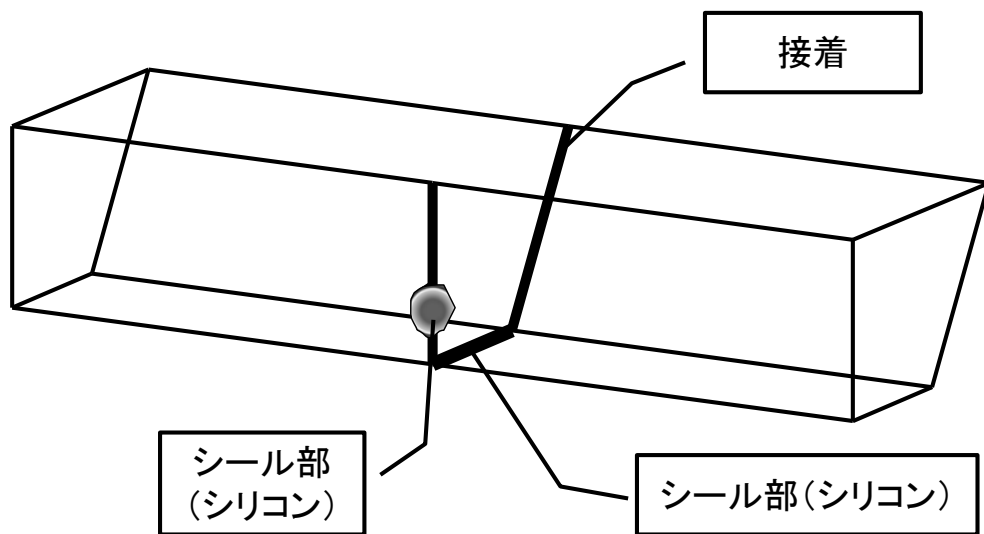


図3 背面カバー概略図

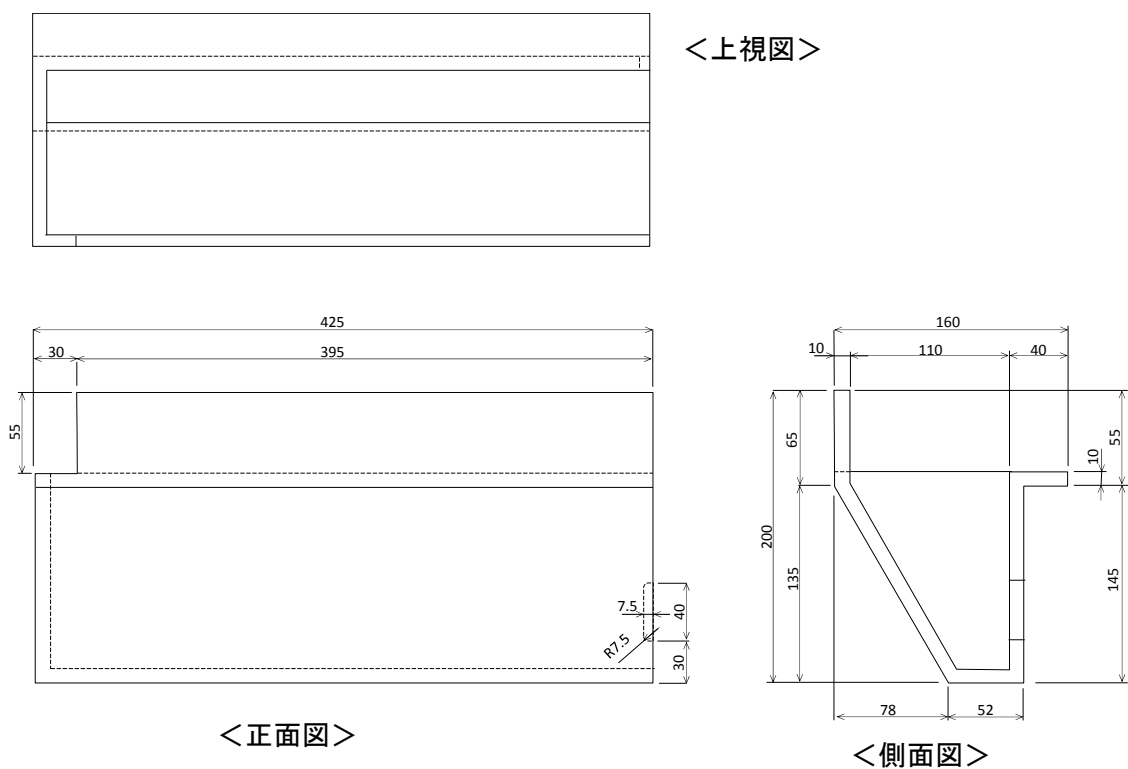
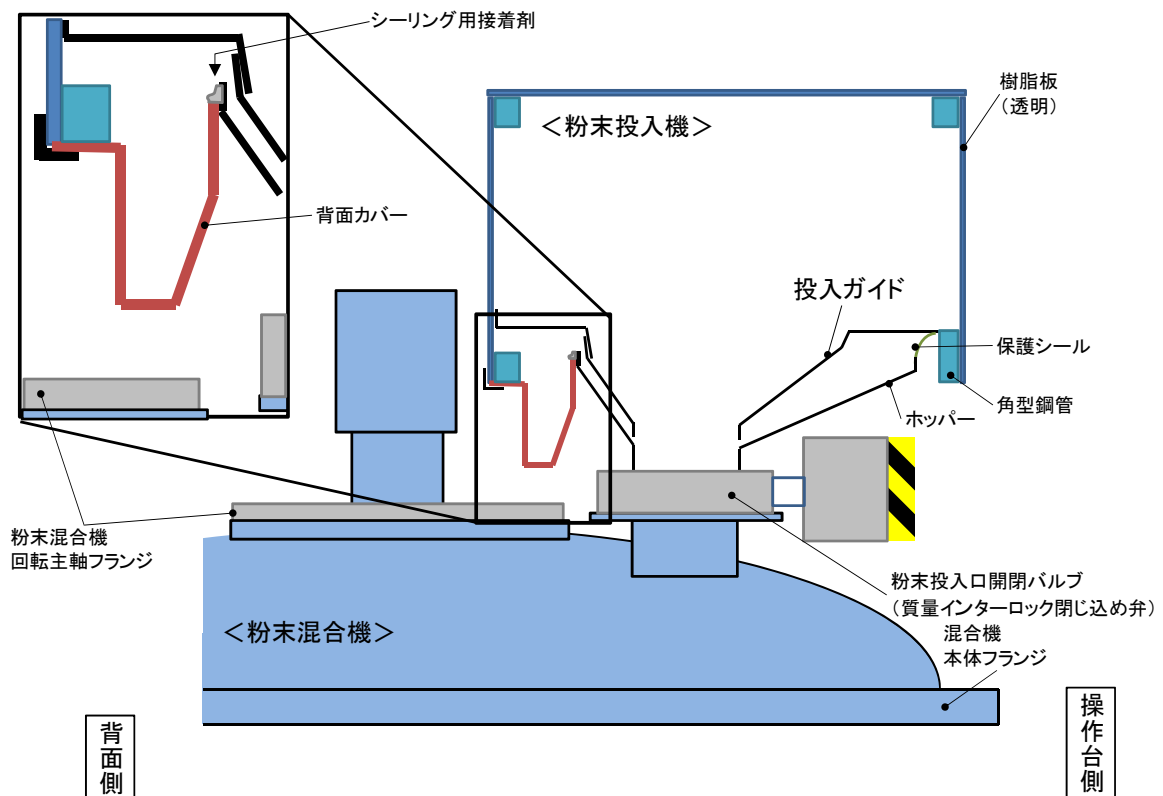


図4 背面カバー図面

1.2 粉末投入機と粉末混合機との接続部の機能と構造

背面カバーは、粉末投入機と混合機全体と接合させることにより、両機器全体としての閉じ込め境界の一部を構成するとともに、酸化ウラン粉末投入時の粉末混合機内ウラン重量の秤量のための縁切りの機能を持たせている。背面カバーの接合状態全体図を図5に示す。具体的な構造としては、粉末投入機本体とは、粉末投入機背面部下端で接合され（図6）、粉末混合機本体とは、ホッパーとシール接着により接合している（図7）。

投入粉末ウラン重量の測定は、粉末混合機に取り付けられている3台のロードセル（最大測定重量3 t/台）により行っている。ロードセル載荷時変位は、3 tで0.16 mmの変位の仕様となっている。実際の酸化ウラン粉末投入時には、粉末混合機重量（約3.5 t）と酸化ウラン粉末重量（最大1 t）の合計が3台のロードセルに載荷されることにより、ロードセルは約0.08 mm変位することになる。これを、ホッパーと背面カバーの変形で吸収することにより、重量測定のための縁切りを行っている。



1

図5 背面カバーと粉末投入機と粉末混合機との接合



図 6 粉末投入機と背面カバーの接合



図 7 背面カバーとホッパーの接合部
(背面カバー取り外し後、一部シーリング接着剤剥離)

2. 背面カバーの安全設計

2.1 閉じ込め設計について

粉末投入機は、気体廃棄設備による閉じ込め機能（局所排気）を有し、閉じ込めの境界を粉末投入機の囲い式フードとする設計である。局所排気により、最大開口部での風速が0.5 m/秒以上に維持できる設計としている。

粉末投入機内に酸化ウラン粉末が投入された後、投入ガイドを通じてほとんどの酸化ウラン粉末が粉末混合機内に落下する。一部の粒径が小さい粉末が滞留し、投入ガイドとホッパーの間の微小なクリアランスを通じて背面カバーに到達した場合のみ、その場で沈降、堆積すると判断していた。

2.2 臨界安全管理について

臨界安全設計では、粉末投入機と粉末混合機の2つの設備を合わせて単一ユニットとして、核的制限値を設定している。

核的制限値：50 kg-U235 以下、 $H/U \leq 1.0$

(減速条件 ($H/U \leq 1.0$) を制限した上で、酸化ウラン粉末を 1,130 kg 以下で取り扱う)

供用前の検査において確認された、複数ユニット評価における粉末投入機と粉末混合機の範囲を図8に示す。図8から、粉末混合機の直上に位置し粉末投入機の一部である背面カバーは、複数ユニット評価における粉末投入機と粉末混合機の範囲に含まれていることが分かる。

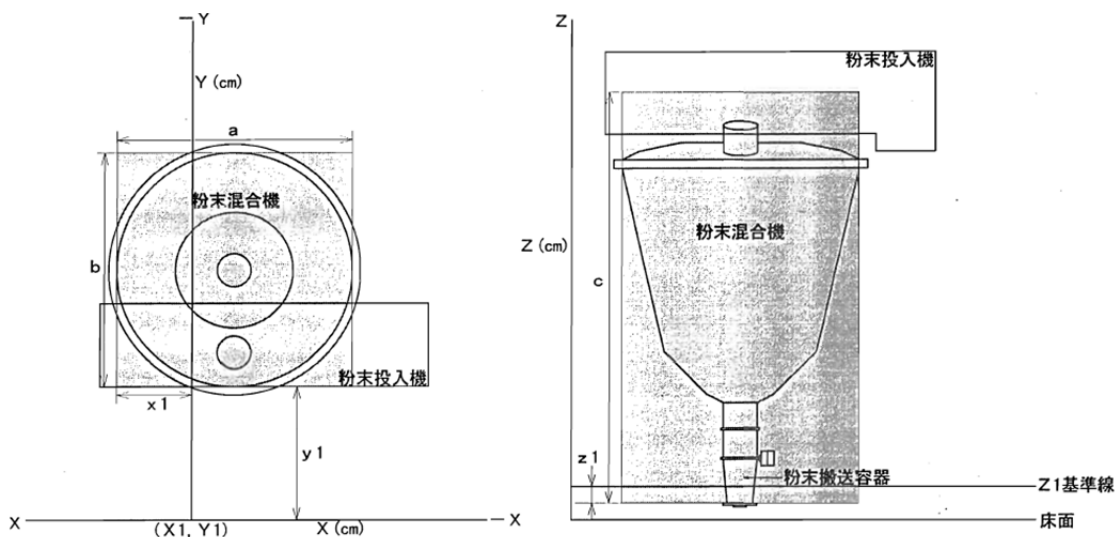


図8 当該設備の複数ユニットの評価体系

粉末投入機においては、1 缶ずつ取り扱う管理方法としている。よって、投入毎の取扱いは 25 kg-UO₂となる (①)。一方、粉末混合機は、添加物を含む投入量を 1,000 kg 以下で取り扱うよう社内管理しており、質量インターロックの設定値も 1,000 kg としている (②)。

ここで、背面カバーの内部に酸化ウラン粉末が充填された状態を仮定する。

背面カバーは、その容積が約 13.3 L*であり、TID-7016 Rev.2 に基づく容積制限値 (19 L) より十分小さい。また、臨界計算コード KENOV.a を用いて評価を行い、中性子実効増倍係数 (Keff+3σ) が 0.95 以下であることを確認した。

*以下のように V1+V2-V3 として算出した

背面カバーV1：

台形断面 (上底：32 mm、下底：110 mm、高さ：145 mm)、長さ：830 mm より
 $(32 + 110) \times 145 \div 2 \times 830 = 8,545 \text{ cm}^3$

背面カバー投入ガイド間スペース V2：

長方形断面 (幅：150 mm、高さ：110 mm)、長さ：830 mm より
 $150 \times 110 \times 830 = 6,848 \text{ cm}^3$

背面カバー内角型鋼管形状 V3：

長方形断面 (幅：50 mm、高さ：50 mm)、長さ：830 mm より
 $50 \times 50 \times 830 = 2,075 \text{ cm}^3$

次に、背面カバー内の酸化ウラン粉末のかさ密度を 1.8 g/cc とし、背面カバーの容積を質量に換算した場合、約 24 kg となる (③)。

①、②に加えて当該の背面カバー内部に酸化ウラン粉末が充填された③を考慮した場合の酸化ウラン粉末量は、以下のとおりとなり、質量の核的制限値を逸脱することはない。

$$\textcircled{1}25 \text{ kg} + \textcircled{2}1,000 \text{ kg} + \textcircled{3}24 \text{ kg} = 1,049 \text{ kg-UO}_2 \leq 1,130 \text{ kg-UO}_2$$

また、複数ユニットに関しては、前述のとおり、複数ユニットの評価にて考慮されている。

以上のことから、背面カバーは臨界安全に影響を与えることはない。

2.3 背面カバーへの酸化ウラン粉末堆積量評価

(1) 酸化ウラン粉末飽和濃度からの堆積量評価

参考文献(1)は、酸化ウラン粉末4.5kgを内蔵した輸送用コンテナを回転、酸化ウラン粉末を攪拌した場合に容器内酸化ウラン粉末濃度がどのように変化するかが求められている(図9)。

この結果から、酸化ウラン粉末は、比較的短時間で、飽和濃度 5 mg/m^3 ($5 \times 10^{-9} \text{ g/cc}$)に達する。酸化ウラン粉末投入作業により、都度、フード内酸化ウラン粉末濃度が飽和濃度に達し、その後、沈降・堆積するとして24年間(平成5年～平成29年)で堆積する酸化ウラン粉末量を次式で求めたところ、4.0gとなる。単純形状の粉末容器であればこのような微量ウランの蓄積と考える。

(酸化ウラン粉末飽和濃度) × (背面カバー体積*1) × (1日の投入回数*2) × (年間操業日数*3) × 24(年) = 4.0 g

*1: 背面カバーの体積 0.0133 m^3

*2: 10回と想定、*3: 250日と想定。

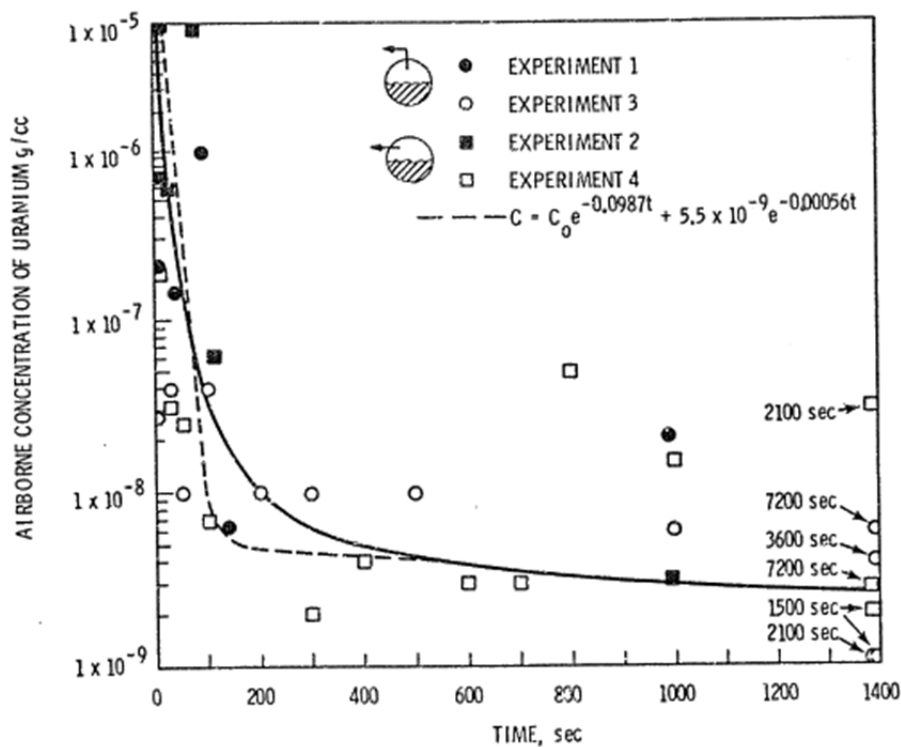


FIGURE 3
URANIUM OXIDE AIRBORNE OVER THE BULK POWDER FOLLOWING DISRUPTION

図9 コンテナ回転後の酸化ウラン粉末濃度変化

(2) 粉末投入機形状の影響

上記のとおり、単純形状の粉末容器を想定した場合の酸化ウラン粉末堆積量を評価した。しかし、実際のフードは、今回の背面カバーのような複雑な形状をしている場合もある。

文献(2)は、酸化プルトニウムのグローブボックス内の移行率を実験的に求めている研究である。通常、グローブボックスの換気回数が増加すれば、移行率は増加するものと考えられるが、当該試験環境(図10、図11)の場合、換気回数が増加しても、必ずしも移行率は増加しないことを示している(図4)。これは、換気回数の増加により、気流が必ずしも排気口に向かう流れとはならないためである。先に述べたように、飽和濃度による堆積ウラン量が微量であっても、フード形状と換気流量の関係により、飽和濃度で算出する堆積量を上回る場合が生じたと考える。

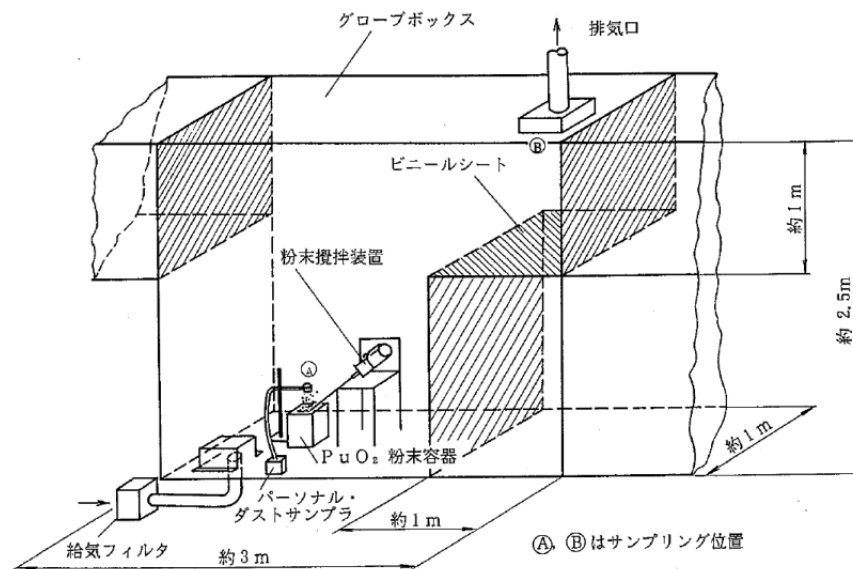


図10 試験体系図

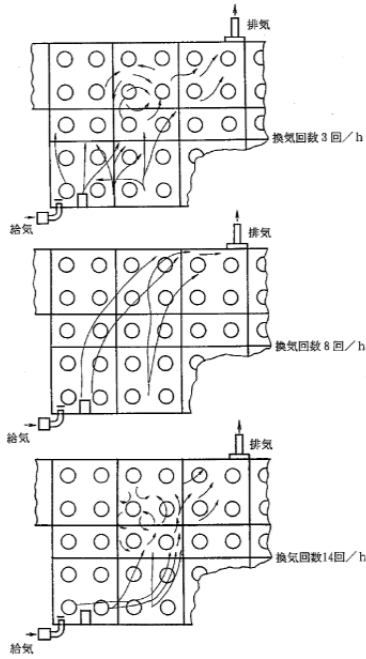


図 11 グローブボックス内の換気回数の気流の変化

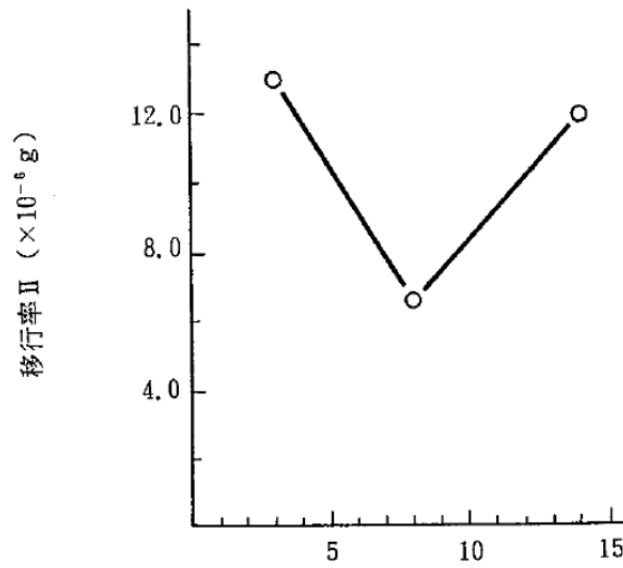


図 12 換気回数の移行率の影響

参考文献

- (1) BNWL-2198“Supporting Information for the Estimation of Plutonium Oxide Leak Rates Through Very Small Apertures”
- (2) PNC-TN8410-91-237”浮遊 PuO_2 エアロゾルのグローブボックス内の挙動研究”

添付 8 : 回収した粉末 B 及び粉末 C の化学分析結果

	粉末 B	粉末 C	分析方法	備考
濃縮度 (wt%) N=2	4.023 3.975	4.382 4.380	質量分析法 (参考 : JIS K01333)	
U 含有率 (wt%) N=2	82.45 82.59	83.88 80.58	滴定法 (参考 : ASTM C 1267)	
不純物 (ppm) N=1			質量分析法 (参考 : JIS K01333)	受け入れ時の 判定基準(代表)
Ag	< 0.2000	< 0.2000		≦ 2
Al	205.1	108.9		≦ 30
B	2.826	1.420		≦ 0.5
Ca	405.4	5596		≦ 25
Cd	< 0.5000	< 0.5000		≦ 0.5
Co	< 4.000	< 4.000		≦ 5
Cr	10.84	51.63		≦ 100
Cu	< 4.000	4.603		≦ 25
Fe	47.85	88.60		≦ 100
Mg	20.63	85.53		≦ 50
Mn	< 10.00	< 10.00		≦ 20
Mo	< 10.00	< 10.00		≦ 25
Na	46.98	53.54		—
Ni	< 12.00	12.14		≦ 100
Pb	< 6.000	< 6.000		≦ 10
Si	132.0	63.98		≦ 100
Sn	< 3.000	< 3.000		≦ 10
V	< 30.00	< 30.00		≦ 10
Zn	80.70	138.6		≦ 50

添付 9 : 巡視及び操作記録確認結果及び記録様式、点検ポイント

1.巡視及び操作記録確認結果

		運転有無	巡視記録		操作記録	
			結果	特記事項	結果	特記事項
平成 28年	4月	×	良	無し	—	無し
	5月	×	良	無し	—	無し
	6月	○ (プロジェクトA)	良	無し	良	無し
	7月	×	良	無し	—	無し
	8月	○ (プロジェクトB)	良	無し	良	無し
	9月	○ (プロジェクトB)	良	無し	良	無し
	10月	×	良	無し	—	無し
	11月	○ (プロジェクトC)	良	無し	良	無し
	12月	×	良	無し	—	無し
平成 29年	1月	○ (プロジェクトD)	良	無し	良	無し
	2月	○ (プロジェクトD)	良	無し	良	無し
	3月	×	良	無し	—	無し
	4月	×	良	無し	—	無し
	5月	×	良	無し	—	無し
	6月	×	良	無し	—	無し
	7月	○ (プロジェクトE)	良	無し	良	無し
	8月	○ (プロジェクトE)	良	無し	良	無し

2.巡視・点検 (チェックシート) 操業日 (1/2)

〔保安規定 第29条〕

要保-105-44 16/34
様式2-5

巡視・点検記録 (チェックシート)

(燃料製造部・操業日) (別紙-4の点検ポイントも参照)

巡視日時: 年 月 日 時 分 ~ 時 分

燃料製造部長	巡視・点検者

巡視エリア	巡視点検設備	巡視点検内容	運転の有無	結果	特記事項
第2-2混合室	混合設備 (粉末混合機No.2-1,粉末搬送機No.2-1他)	・運転有りの場合、燃焼までの工程で操作者が従事していることを確認。	有・無	良・否	
	プレス設備 (供燃機No.2-1,プレスNo.2-1)	・落下ベレット(粉末)の散逸が無く作業終了、直の終了時回収されていることを確認。 ・運転有りの場合、混合から燃焼までの工程で操作者が従事していることを確認。 ・ロボット安全対策(ロックン等)が正常に作動していることを確認。	有・無		
	燃焼設備 (燃焼機No.2-1他)	・運転有りの場合、混合から燃焼までの工程または燃焼から燃焼までの工程で、操作者が従事していることを確認。	有・無		
	保管ラック設備 (ベレット保管ラック型No.2-1,スクラップ保管ラック型No.2-1, F型No.2-1他)	・扉がロックされ人員のみことを確認。(第2-2ベレット室の保管ラックはこの項目で確認) ・スクラップ保管ラック粉末の再入量確認、記入誤りの無いことを確認。	有・無		
第2-2ベレット室	燃焼設備 (燃焼機搬送機No.2-1,連続燃焼機No.2-1,ベレット搬送機No.2-1)	・供給ガス関係が点検されていることを確認。 ・運転有りの場合、混合から燃焼までの工程または燃焼から燃焼までの工程で、操作者が従事していることを確認。 ・ロボット安全対策(ロックン等)が正常に作動していることを確認。	有・無	良・否	
	研砕設備 (セラス研砕機No.2-1)	・運転有りの場合、燃焼から燃焼までの工程で操作者が従事していることを確認。 ・ロボット安全対策(ロックン等)が正常に作動していることを確認。	有・無		
	外観検査設備 (ベレット搬送機No.2-2他)	・運転有りの場合、燃焼から燃焼までの工程で操作者が従事していることを確認。 ・ロボット安全対策(ロックン等)が正常に作動していることを確認。	有・無		
第2-1混合室	混合設備 (粉末搬送機No.1)	・運転有りの場合、混合から燃焼までの工程で操作者が従事していることを確認。	有・無	良・否	
	燃焼設備 (燃焼機No.1,グループボックスNo.1他)	・運転有りの場合、混合から燃焼までの工程または燃焼から燃焼までの工程で、操作者が従事していることを確認。	有・無		
	保管ラック設備 (ベレット保管ラック型No.1,スクラップ保管ラック型No.1, D型No.1)	・扉がロックされ人員のみことを確認。(第2-1ベレット室の保管ラックはこの項目で確認) ・スクラップ保管ラック粉末の再入量確認、記入誤りの無いことを確認。	有・無		
第2-1ベレット室	プレス設備 (供燃機, プレスNo.1, ベレット搬送機No.1他)	・落下ベレット(粉末)の散逸が無く作業終了、直の終了時回収されていることを確認。 ・運転有りの場合、混合から燃焼までの工程で操作者が従事していることを確認。 ・ロボット安全対策(ロックン等)が正常に作動していることを確認。	有・無	良・否	
	燃焼設備 (連続燃焼機No.1, ベレット保管台No.1)	・供給ガス関係が点検されていることを確認。 ・運転有りの場合、混合から燃焼までの工程または燃焼から燃焼までの工程で、操作者が従事していることを確認。	有・無		
	研砕設備 (セラス研砕機No.1, 乾燃機No.1他)	・運転有りの場合、燃焼から燃焼までの工程で操作者が従事していることを確認。	有・無		
	外観検査設備 (ベレット搬送機No.1-2, ベレット搬送機No.2,4他)	・運転有りの場合、燃焼から燃焼までの工程で操作者が従事していることを確認。 ・ロボット安全対策(ロックン等)が正常に作動していることを確認。	有・無		
	第1磨砕装置 (No.1)	・運転有りの場合、K5またはK6で操作者が従事していることを確認。	有・無		
第2-1貯蔵室 第2-2貯蔵室 第2粉末受入室	原料粉末保管設備 (原料保管設備型No.1, 原料保管設備型他)	・入口が確認され設備内の整理整頓されていることを確認。 ・粉末入庫作業有りの場合、操作者が従事していることを確認。	有・無	良・否	
第2ベレット保管室	ベレット保管設備 (ベレット保管ラック型No.1他)	・入口が確認され設備内の整理整頓されていることを確認。	有・無		
第1-3貯蔵庫棟	第1-3貯蔵容器取込保管設備他	・入口扉が確認されていることを確認。	有・無	良・否	
第2商品室	下部容器設備 部品洗浄設備	・下部容器設備扉の整理整頓されていることを確認。 ・部品洗浄設備扉の整理整頓されていることを確認。 ・木箱の保管状態が適切であり、防火対策が実施されていることを確認。	有・無	良・否	
第2-1燃料供給加工室	第2-1挿入設備 (ベレット挿入機No.1, 燃料供給機No.1他)	・運転有りの場合、第2-1燃料供給加工室で操作者が従事していることを確認。 ・ロボット安全対策(ロックン等)が正常に作動していることを確認。	有・無	良・否	
	脱ガス設備 (脱ガス設備No.1, 燃料供給機搬送機No.1,2,8他)	・運転有りの場合、第2-1燃料供給加工室で操作者が従事していることを確認。	有・無		
	上部容器設備 (第二層容器設備No.1, 燃料供給機搬送機No.3他)	・燃料供給機面を点検装置が作動していることを確認。 ・運転有りの場合、第2-1燃料供給加工室で操作者が従事していることを確認。	有・無		

巡視・点検（チェックシート）操業日（2/2）

【保安規定 第29条】

要保-105-44 17/34
様式2-5

巡視エリア	巡視点検設備	巡視点検内容	運用の有無	結果	特記事項
第2-2燃焼制御工室	第2-2挿入設備 (ヘルメット着用車 No.2-1、 燃焼制御車 No.2他)	・運用有りの場合、第2-2燃焼制御工室で操作者が従事していることを確認。 ・運用無しの場合は、土曜日の場合、入口扉が施錠されていることを確認。(※1)	有・無	良・否	
第2燃焼制御保管室	燃焼制御保管設備 (燃焼制御保管用 No.1, No.2他)	・燃焼制御保管室入口が施錠された設備内の整理が施されていることを確認。 ・運用有りの場合、操作者が従事していることを確認。	有・無	良・否	
第2-1組立室	組立設備 (組立機 No.1, No.2他)	・運用有りの場合、操作者が従事していることを確認。	有・無	良・否	
第2集合体保管室	集合体保管設備 (燃焼制御保管用 No.1, No.2他)	・作業終了時、作業の無い時はラック入口扉が閉まっていることを確認。 ・運用有りの場合、操作者が従事していることを確認。	有・無	良・否	
第2梱包室、第2輸送容器保管室	輸送容器保管 (第2-1燃焼制御保管用 No.1, No.2他) 設備、第2-4燃焼制御保管設備	・梱包作業等で使用している時は作業エリアの図が表示されていることを確認。 ・集合体保管設備の積上の異常が無いことを確認。 ・運用有りの場合、操作者が従事していることを確認。 ・木箱の保管状態が適切であり、防火対策が実施されていることを確認。	有・無	良・否	
第2閉扉室	実機設備全体、試験保管棚	・運用有りの場合、第2閉扉室で操作者が従事していることを確認。 ・試験保管用入口(パーテーション)が施錠されていることを確認。 ・運用無しの場合は、入口扉が施錠されていること。(※1)	有・無	良・否	
第3閉扉室	試験保管棚 No.2他	・運用有りの場合、第3閉扉室で操作者が従事していることを確認。 ・試験保管棚 No.2が施錠されていることを確認。 ・運用無しの場合は、入口扉が施錠されていること。(※1)	有・無	良・否	
第2廃棄物処理室、洗濯室	廃棄物処理、洗濯 (洗濯機)	・廃棄物処理表示がされていることを確認。 ・保管場所、作業場所が整理が施されていることを確認。	有・無	良・否	
シャワー室	シャワー設備	以下の点検は、1回/月(原則として第3週)の頻度で実施する。 ・劣化等による破損、電線がはき出し、ケーブルが垂れ下がること。 ・シャワーヘッドが正常に動作していること。 ・水がでること。	有・無	良・否 ※	
第1-1貯蔵容器-集合体保管室	第1-1貯蔵容器保管設備	・粉末・ペレット貯蔵容器 集合体輸送容器の積上の異常が無いことを確認。 ・保管設備周辺の整理が施されていることを確認。 ・運用無しの場合は、入口扉が施錠されていることを確認。(※1)	有・無	良・否	
第1-3倍倍加工室 第1-4倍倍加工室 第1-1資材保管室	その他資材倉庫、 シンプル加工室他	・整理が施され、不要品が無く、ことを確認する。 ・保管品が適切に管理されていることを確認。	有・無	良・否	
ガス基地	第1高圧ガス貯蔵施設 (アンモニア)	・アンモニアガスタンク及びその周辺で異常な設備異常が無いことを確認。 ・ガスの受入時、関係者以外の立ち入り制限の処置がされていることを確認。	有・無	良・否	
	第2高圧ガス貯蔵施設 (N ₂ 、Ar、He)	・液化酸素、液状アルゴン、圧縮ヘリウムに付いた付着物が周辺に整理が施されていることを確認。 ・ガスの受入時、関係者以外の立ち入り制限の処置がされていることを確認。	有・無	良・否	
アンモニア分解装置	アンモニア分解装置	・アンモニアガス分解用及びその周辺設備で異常な設備異常の無いことを確認。 ・可燃性ガス検知装置のフローメーターが正常に動作していること。	有・無	良・否	
全般	保安記録	・各設備で使用されている加工機等の稼働記録を記録簿に記入されていることを確認。 ・保安記録の保管が適切に施されていること。(部長/班長)		良・否	
	設備管理	・各設備の設置及び運用の記録簿又は運用計画の点検記録が整備されていることを確認。 ・各設備の扉のロックがかけられていることを確認。		良・否	
	各設備内	<ul style="list-style-type: none"> ・施設している設備は扉が閉まっていること ・床が濡れ、油漏れの無いこと。 ・危険物、スプレー缶の放置の無いこと。 ・焦げ臭い、煙が出ている等、火災の徴候の無いこと。 ・その他、異常、異音、異臭等五感で感じる異常の無いこと。 		良・否	
		<ul style="list-style-type: none"> ・核物質積上の異常の無いこと。 ①核物質貯蔵庫等の施設 ②核物質貯蔵庫の有無 ③不審者の有無 ④不審物の有無 ⑤核物質貯蔵庫等の保管に関する異常の有無 		良・否 ※	

※1: 入口扉が閉まっている場合は、その理由を特記事項欄に記載する。理由が確認できない場合は、結果は否と、施設する。
※2: 未実施の場合は斜線引きのこと。

3.巡視・点検（チェックシート）非作業日

要保-105-44 18/34
様式2-5

〔保安規定 第29条〕

巡視・点検記録（チェックシート）

（燃料専使直部・非作業日）（別紙-4の点検ポイントも参照）
巡視日時： 年 月 日 時 分 ~ 時 分

燃焼設備長	巡視・点検者

建物	巡視エリア	点検項目	確認の有無	結果	特記事項
第2加工棟	第2-2混合室	混合器設備 (燃料供給機No.2-1, 燃料供給機No.2-1他)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	良・否
		スライス設備 (伊藤機No.2-1, スライスNo.2-1)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	
		燃焼器設備 (伊藤機No.2-1他)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	
	第2-2ペレット室	燃焼器設備 (伊藤機No.2-1, 燃焼器制御No.2-1, ペレット燃焼器No.2-1)	・運転音や、温度チャートが正常に打点していること、温度計読数とデジタル値が警報レベル以下であることを確認。 ・操作盤の警報ランプ、警報ランプの表示の状態を確認。	有・無	良・否
		石籠器設備 (セルス切替器No.2-1)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	
		外循環装置設備 (ペレット燃焼器No.2-2他)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	
	第2-1混合室	混合器設備 (燃料供給機No.1)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	良・否
		燃焼器設備 (伊藤機No.1, グロブホックNo.1他)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	
		保管ランプ設備 (ペレット保管ランプNo.1, スライス保管ランプNo.1, D給No.1)	・扉がロックされる機種のよしことを確認。 (第2-1ペレット室の保管ランプもこの項目で確認)	有・無	
	第2-1ペレット室	スライス設備 (伊藤機No.1, ペレット燃焼器No.1他)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	良・否
		燃焼器設備 (燃焼器制御No.1, ペレット燃焼器No.1)	・運転音や、温度チャートが正常に打点していること、温度計読数とデジタル値が警報レベル以下であることを確認。 ・操作盤の警報ランプ、警報ランプの表示の状態を確認。	有・無	
		石籠器設備 (セルス切替器No.1, 燃料供給機No.1他)	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	
外循環装置設備 (ペレット燃焼器No.1-2, ペレット燃焼器No.2他)		・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無		
第1層夜厚器設備		・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無		
第2ペレット保管室	ペレット保管器設備 (ペレット保管ランプNo.1他)	・入口扉が閉鎖されていることを確認。(※1)	有・無	良・否	
第2-1貯蔵室 第2-2貯蔵室	原料水分保管器設備 (原料水分保管器No.1, 原料水分保管器No.2他)	・入口扉が閉鎖されていることを確認。(※1)	有・無	良・否	
第2-1燃焼排物加工室	第2-1排入器設備 (ペレット排入機No.1, 燃焼排物機No.1他)	・操作盤のランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	良・否	
	脱ガス器設備 (脱ガス器No.1, 燃焼排物機No.1.2他)	・操作盤のランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無		
	上着付器設備 (第二層燃焼器No.1, 燃焼排物機No.2他)	・操作盤のランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無		
第2-3待機室	保管器設備、美観器設備	・入口扉が閉鎖されていること。(※1)	有・無	良・否	
洗濯室	洗濯器設備	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	良・否	
第2浴室	第1浴室浴槽器設備 浴槽洗浄器設備	・操作盤のランプ、警報ランプ等の状態を確認。 (浴槽洗浄器が正常に動作している場合は、ランプ停止文を押し止める) (※1が平日の場合、表示がある場合は空母機起動する) ・木箱の異常状態の発生で、防火弁が閉鎖されていることを確認。	有・無	良・否	
第2-2燃焼排物加工室	細粉排入器設備 (ペレット排入機No.2-1他)	・入口扉が閉鎖されていることを確認。(※1)	有・無	良・否	
第2燃焼排物保管室	燃焼排物保管器設備	・入口扉が閉鎖されていることを確認。(※1)	有・無	良・否	
第2-1組立室	組立器設備	・操作盤の警報ランプ、警報ランプ等の状態を確認。	有・無	良・否	
第2集合体保管室	集合体保管器設備	・集合体保管器入口扉が閉鎖されていることを確認している場合は閉める。	有・無	良・否	
第2組立室、第2輸送容器保管室	燃焼排物保管器設備	・輸送容器の保管状態の確認と輸送容器がある場合。 ・木箱の保管状態の発生で、防火弁が閉鎖されていることを確認。	有・無	良・否	
第1加工棟	第1-1貯蔵室・集合体保管室	貯蔵器設備、燃焼排物保管器設備	・入口扉が閉鎖されていることを確認。(※1)	有・無	良・否
	第1-3浴室加工室 第1-4浴室加工室、第1-1資材保管室	シンプレ管加工室他)	・空母機の異常が無いことを確認(※1が平日の場合、表示がある場合は空母機起動する)。 ・整理器具、荷入れの無いことを確認。	有・無	良・否
	ガス基地	第1高圧ガス貯蔵器設備 (アンモニア) 第2高圧ガス貯蔵器設備 (N ₂ , Ar, He)	・異臭、ガス漏れ、設備に異常の無いことを確認。 ・異臭、ガス漏れ、設備に異常の無いことを確認。	有・無	良・否
周辺	アンモニア分離機	アンモニア分離装置	・異臭、ガス漏れ、設備に異常の無いことを確認。 ・可燃性ガス検知器警報のロータリーが正常に作動していること。	有・無	良・否
	第1-3貯蔵室	貯蔵器設備保管器設備	・入口扉が閉鎖されていることを確認。(※1)	有・無	良・否
全般	各フード	・第1層管理室或フードの扉のロックが作動していないことを確認。		良・否	
	各部屋	(確認している部屋は扉の状況で) ・異音、異臭の無いこと。 ・床つ水漏れ、油漏れの無いこと。 ・危険物、スプレー缶の放置の無いこと。 ・無火災、煙が出ている等、火災の発生が無いこと。 (確認している部屋は扉の状況で) ・移動物・積上上の異常の無いこと。 ①各作業機等の点検 ②燃焼器等の点検 ③不審音の有無 ④不審物の有無 ⑤燃焼排物保管器の異常に関する異常の有無		良・否	

※1: 入口扉が開いている場合は、その理由を特記事項欄に記載する。理由が確認できない場合、結果は否否とし、施設する。

燃料製造部の点検ポイント

(1/4)

工程	点検ポイント	対象設備名
ペレット加工室	・濃縮度の表示の有無 ・加給量表示の有無	
混合 (粉末在昇降リフターから供給瓶)	・設備の種類状況の確認 ・作業者の従事状況の確認 ・混合作業指示書の記入状況の確認 ・スクラップ保管ラックへの挿入記録の記入確認 ・操作盤の警報表示の状況確認 ・フード扉及びラック扉のロック状況の確認 ・停止設備の異常の有無 ・核燃料物質貯蔵上の注意事項の確認 ・その他の異常の有無	・スクラップ保管ラックD型 No. 2-1 ・粉末混合設備 No. 1 (粉末取出し台新設) ・粉末混合機 No. 2-1 ・粉末搬送機 No. 2-1 ・供給瓶 No. 2-1 ・粉末在搬送機 No. 2-1
フリマ	・設備の種類状況の確認	フリマ No. 1
(プレス本体からポート搬送装置)	・作業者の従事状況の確認 ・プレス運転記録 記入状況の確認 ・粉末漏れの有無、落下ペレットの回収状況の確認 ・フード扉のロック状況の確認 ・操作盤の警報表示の状況確認 ・その他の異常の有無	・ペレット検査装置 No. 1 ・ペレット搬送設備 No. 1 ・プレス No. 2-1 ・焼却戸搬送機 No. 2-1
焼結 (入り口有軌道装置から出口有軌道装置)	・設備の種類状況の確認 ・作業者の従事状況の確認 ・温度の表示値確認 ・制御盤への異常の表示及び警報関係の確認 ・ガス流量のチェック状況確認 ・温度チャートの打点状況の確認 ・冷却水、ガスの元々レベルの開閉状況確認 ・核燃料物質貯蔵上の注意事項の確認 ・その他の異常の有無	・連絡焼結部 No. 1 ・ペレット一時保管台 No. 1 ・連絡焼結部 No. 2-1 (計量設備架台)
ガントリー (ポート解体装置からペレット移動装置)	・設備の種類状況の確認 ・操作盤の警報表示の状況確認 ・フード扉のロック状況の確認 ・その他の異常の有無	・ペレット搬送設備 No. 2-1
研磨 (ペレット供給機からペレット採取装置)	・設備の種類状況の確認 ・作業者の従事状況の確認 ・フード扉のロック状況の確認 ・潤滑油漏れ、漏水の有無の確認 ・操作盤の警報表示の状況確認 ・運転記録の確認(簽交換、運転時間等の記入事項) ・その他の異常の有無	・センチレス研削機 No. 1 (計量設備架台) (研削屑回収装置改造) ・乾式機 No. 1 ・ペレット搬送設備 No. 2 (計量設備架台) ・センチレス研削装置 No. 2-1 (計量設備架台)
外観検査 (ペレット採取以降)	・設備の種類状況の確認 ・作業者の従事状況の確認 ・操作盤の警報表示の状況確認 ・フード扉のロック状況の確認 ・その他の異常の有無	・運搬台車 No. 1 ・ペレット検査装置 No. 2 ・ペレット搬送設備 No. 1-2 ・ペレット検査装置 No. 4 ・ペレット搬送設備 No. 2-2 (計量設備架台) ・ペレット運搬台車 No. 3 ・検査設備 (金庫式馬車用研削機)
焙焼	・設備の種類状況の確認 ・作業者の従事状況の確認 ・運転記録の確認 ・スクラップ保管ラックへの挿入記録の記入確認 ・フード扉及びラック扉のロック状況の確認 ・操作盤の警報表示の状況確認 ・温度表示値及び温度チャートの打点状況の確認 ・核燃料物質貯蔵上の注意事項の確認 ・作業者の従事状況 (ペレット) の確認 ・操作盤の警報表示の状況確認 ・水漏れの有無の確認	・グローブボックス No. 1 ・焙焼炉 No. 1 (計量設備架台) ・運搬台車 No. 2 ・焙焼炉 No. 2-1 (計量設備架台) ・スクラップ保管ラックC型 No. 1 ・スクラップ保管ラックD型 No. 1 ・スクラップ保管ラックE型 No. 2-1 ・スクラップ保管ラックF型 No. 2-1 ・磁気装置奥のフード
廃棄物処理、洗濯	・設備の種類状況の確認 ・廃棄物在の識別表示の確認 ・水漏れの有無の確認	・洗濯機

5. 加工施設の操作に係わる記録（操作記録）

保安記録

OP-GL-GL-2559-22

15/64

No.9

年月日	加工施設の操作に係わる記録 「確認及び監視」、「機能の確認」 (保安規定第30,32,33,34条)				部長	G長	主任(主代)	班長									
施設区分	成形				保安上特に管理を必要とする設備												
設備名称	粉末混合機・投入機 (粉末混合機 No.2-1)				部屋名称	第2-2混合室											
記録項目	1(臨)	臨界安全管理表が表示されていることを確認			2(漏能)	負圧が保たれていることを確認											
(視)監視	3(漏)	グローブ手袋の破損の有無を確認			4(視)	フードに破損がないことを確認											
(能)機能	5(視)	ボルト、ワッパ等の落下のないことを確認			6(漏)	粉末の漏れが無いことを確認											
(臨)臨界安全	7(臨)	取扱量が常記録されていることを確認 (混合作業指示書)			8(臨)	混合指示書の総量とロードセル表示値の差が50kg以下の確認											
(漏)漏えい	9(視)	フード扉がロックされていることを確認			10(視)	操作盤に異常表示灯が点灯していないことを確認											
(漏)火災騒音																	
(輸)運搬	11(視能)	外観上問題がないことを確認			12(そ)	設備内外が整理整頓されていることを確認											
(そ)その他																	
記録時期	操作(運転)の前				操作(運転)中				操作(運転)の後								
勤務	確認					記入者		監視		記入者		確認		記入者			
	1	2	3	4	5	時刻	2	6	7	10	時刻	8	9	10	11	12	時刻
昼勤						:					:						:
夜勤						:					:						:
凡例) ✓:異常なし ×:異常あり —:整備,修理,工事 アンダーラインは1の臨界安全管理表確認設備																	
加工施設の操作に係わる記録 「操作(運転)の開始/停止時刻」「操作者及び操作責任者の氏名及び交代時間」 (保安規定別表18)																	
施設区分	成形				保安上特に管理を必要とする設備												
設備名称	粉末混合機・投入機 (粉末混合機 No.2-1)				部屋名称	第2-2混合室											
勤務	操作(運転)開始		操作者交代		操作(運転)停止		操作責任者 別添										
	時刻	氏名	時間及び氏名		時刻	氏名	開始時刻	終了時刻	氏名								
昼勤	:		-----		:		:	:									
夜勤	:		-----		:		:	:									
臨界安全管理に係わる作業記録 (保安規定第33条)																	
設備名:粉末混合機・投入機 (粉末混合機 No.2-1) 室名:第2-2混合室																	
核的制限値:質量制限 50kg-U235以下 H/U≤1.0 (粉末混合機内)						運転管理方法:管理機器(秤量器)により事前計量した単位保管容器の酸化ウランの合計を1,130kg以下に管理すると共に監視機構(管理機器「投入/リブ」)と管理機器「ロードセル」のインターロック機構により連続監視,確認する。											
1	作業前投入する粉末缶の総重量(1バッチ分)が1,130kg以下であること(混合作業指示書で確認)				2	投入する粉末が、原粉または培粉粉であること。											
勤務	作業開始前(直の最初)						作業終了後(直の最後)										
	氏名	1	2		確認時刻	氏名					確認時刻						
昼勤	作業者				:	作業者											
	確認者				:	確認者											
夜勤	作業者				:	作業者											
	確認者				:	確認者											
凡例) ✓:遵守 ×:不適合																	
警報発報の有無(有・無)、確認者() (警報発報の有無を○で囲み、確認者名を記録する) →有の場合は、以下記入し、上長に連絡すること。(但し補修及び検査時等の発報は除く。誤報の場合はその旨を記載する。) 質量インターロックの作動 警報発報時刻() 重量(kg)																	
特記事項 給排気停止 フィルター交換 (←該当するものが有れば○で囲む)																	

=====機密情報管理文書(社外秘)=====

7. クリーンアップ記録

文書名： 濃縮管理要領 文書番号： 原料-002-7 頁： 10

添付 1 クリーンアップチェックシート

クリーンアップチェックシート

プロジェクト名： _____
 濃縮度 (%)： _____

施設名	設備名	クリーンアップの方法					クリーンアップの実施			QA責任者	計量管理責任者	グループ長	班長			
		分解	吸引	拭取	水洗	叩出	取替	※その他	実施日					実施者	確認者	方法
2 1 2 混 合 室	1		○	○								■目視 □測定				
	2		○	○								■目視 □測定				
	3						○					■目視 □測定				
	4						○					■目視 □測定				
	5						○					■目視 □測定				
	6						○					■目視 □測定				
	7						○					■目視 □測定				
	8		○	○								■目視 □測定				

参考：分解（設備等の分解） 吸引（掃除機等での吸引） 拭取（クエス等での拭取） 水洗（部品等の水洗） 叩出（設備等の叩出） 取替（部品等の取替）
 ※その他（装置内にクリーンアップ方法を記入する）（・目視での確認）

：目視（目視での確認） 測定（ダクト、配管等の設備内部をサンプリングで確認。許容値は5 μSv/h以下。濃縮度差が0.05%以下の場合に省略可能。）

注意：各部で測定、運用のクリーンアップチェックシートを変更（設備の追加・削除、方法の変更等）する場合は、【備考】へ変更日、内容、理由を記入すること。

機密情報管理文書(社外秘)

8. 施設定期自主検査記録 (1/2)

様式 2-1		頁	16 / 29	番号	OP-KP-JK-2327-21
施設定期自主検査 質量管理インターロックの作動検査記録 (年次検査)					
検査頻度	年1回		承認	審査	作成
検査日	年 月 日		(検査責任者)	(検査実施責任者)	(検査員)
検査責任者					
検査実施責任者					
検査担当者	担当者名	検査スキル	担当者名	検査スキル	担当者名
検査方法	① 警報検査	・ 混合、移送自動運転操作盤の警報検査ボタンを押して、警報が作動することを確認する。			
	② 作動検査	・ 測定誤差を考慮しても投入量が核的制限値 (1,130kg) 以下となる警報値を設定する。 ・ 模擬信号発生器により、デジタル指示計に警報設定値以下の模擬信号値を与え、徐々に警報設定値に近づくように模擬信号を上げ、インターロックが作動することを確認するとともに、インターロックが作動した時の値を混合、移送自動運転操作盤の表示値 (混合機 No. 2-1 のウラン質量) により確認する。 尚、投入バルブの閉止は目視により確認する。			
評価方法	・ 検査の結果が判定基準を満足しているか評価する。				
判定基準	① 警報検査	・ 警報ランプが点灯し、警報ブザーが吹鳴すること。			
	② 作動検査	・ 核的制限値以下で投入バルブが閉止すること。 ・ 警報設定値と警報作動時の混合、移送自動運転操作盤の表示値との差が、検査時の機器精度以内であること。 ・ 警報 (警報ランプ点灯、警報ブザー吹鳴) が作動すること。			
測定器記録	ロードセル	管理番号		校正日	年 月 日
				有効期限	年 月 日
		管理番号		校正日	年 月 日
			有効期限	年 月 日	
	デジタル指示計	管理番号		校正日	年 月 日
			有効期限	年 月 日	
模擬信号発生器 (測定標準器付属品)	管理番号		校正日	年 月 日	
			有効期限	年 月 日	

検査結果					
検査対象	確認項目	検査結果		判定	
粉末混合機 No. 2-1 (第2-2混合室)	警報検査	警報ランプの点灯	点灯した	・ 点灯しない	良・否
		警報ブザーの吹鳴	吹鳴した	・ 吹鳴しない	良・否
	作動検査	投入バルブの閉止	閉止した	・ 閉止しない	良・否
		警報ランプの点灯	点灯した	・ 点灯しない	良・否
		警報ブザーの吹鳴	吹鳴した	・ 吹鳴しない	良・否
		警報設定値 ¹⁾		1100 kg	良・否
		インターロックの作動値 (評価)	混合、移送操作盤表示値 ¹⁾		kg 機器精度 (±1 kg) 以内であること [1099 ~ 1101]

* 1 警報設定値及び混合、移送操作盤の機器精度の根拠は、別紙-1を参照。
(保安規定 61条 別表13による)

===== 機密情報管理文書 (社外秘) =====

8. 施設定期自主検査記録 (2/2)

様式 2-2		頁	17 / 29	番号	OP-KP-JK-2327-21
施設定期自主検査 質量管理インターロックの作動検査記録 (年次検査)					
検査頻度	年1回		承認	審査	作成
検査日	年 月 日		(検査責任者)	(検査責任者)	(検査責任者)
検査責任者					
検査実施責任者					
検査担当者	担当者名	検査スキル	担当者名	検査スキル	担当者名
検査方法	① 警報検査	・ 混合、移送自動運転操作盤の警報検査ボタンを押して、警報が作動することを確認する。			
	② 作動検査	・ 測定誤差を考慮しても投入量が核的制限値 (1,130kg) 以下となる警報値を設定する。 ・ 模擬信号発生器により、デジタル指示計に警報設定値以下の模擬信号値を与え、徐々に警報設定値に近づくように模擬信号を上げ、インターロックが作動することを確認するとともに、インターロックが作動した時の値を混合、移送自動運転操作盤の表示値 (供給瓶 No. 2-1 のウラン質量) により確認する。 尚、投入バルブの閉止は目視により確認する。			
評価方法	・ 検査の結果が判定基準を満足しているか評価する。				
判定基準	① 警報検査	・ 警報ランプが点灯し、警報ブザーが吹鳴すること。			
	② 作動検査	・ 核的制限値以下で投入バルブが閉止すること。 ・ 警報設定値と警報作動時の混合、移送自動運転操作盤の表示値との差が、検査時の機器精度以内であること。 ・ 警報 (警報ランプ点灯、警報ブザー吹鳴) が作動すること。			
測定器記録	ロードセル	管理番号		校正日	年 月 日
				有効期限	年 月 日
		管理番号		校正日	年 月 日
				有効期限	年 月 日
	デジタル指示計	管理番号		校正日	年 月 日
				有効期限	年 月 日
模擬信号発生器 (源次標準電圧発生器)	管理番号		校正日	年 月 日	
			有効期限	年 月 日	

検査結果

検査対象	確認項目	検査結果	判定	
供給瓶 No. 2-1 (第2-2混合室)	警報検査	警報ランプの点灯	点灯した ・ 点灯しない	良・否
		警報ブザーの吹鳴	吹鳴した ・ 吹鳴しない	良・否
	作動検査	投入バルブの閉止	閉止した ・ 閉止しない	良・否
		警報ランプの点灯	点灯した ・ 点灯しない	良・否
		警報ブザーの吹鳴	吹鳴した ・ 吹鳴しない	良・否
		警報設定値 ^{*1}	1125 kg	良・否
		インターロックの作動値 (評価)	混合、移送操作盤表示値 ^{*1}	機器精度 (±1 kg) 以内であること [1124 ~ 1126]

* 1 警報設定値及び混合、移送操作盤の機器精度の根拠は、別紙-1を参照。

(保安規定 61条 別表13による)

===== 機密情報管理文書 (社外秘) =====

添付 10：酸化ウラン粉末漏えい類似設備の点検要領

1. 点検対象設備

今回実施する点検は、操作記録の点検対象となっている設備のうち、酸化ウラン粉末を直接取扱う設備を対象として実施する。この点は、これまでの考え方と同じであるが、対象設備は実際には取扱う物を考慮して見直しを行い、表 1 に示す設備を対象とした。

2. 点検の考え方

今回の酸化ウラン粉末漏えいの原因を踏まえて安全最優先を念頭に、できることは全て実施するとの考えに基づき対応することとする。今回の酸化ウラン粉末漏えいの原因として、設備構造上の問題（設計上の問題）と経年劣化を踏まえた設備点検上の問題が挙げられている。これを踏まえて、類似設備について設備構造を確認するとともに、パッキンやシール等に劣化がないか確認するための点検を行う。この点検結果により、現状の設備の弱点（より注意深く点検を行うべき部位）を把握する。

得られた情報を基に各対象設備の点検要領と保全計画を作成し、以後はこれらに従い点検、保全を行うことにより、より安全に操業することを目指す。

したがって、今回の点検は安全性向上を目的とする改善のための情報収集である。

3. 点検の方法

点検はチェックシートに従い実施する。設備を前後左右上下の 6 方向から見て、各面について以下の点について確認する。

- 1) 酸化ウラン粉末の設備外への漏えいの有無
- 2) 設備構造の確認
- 3) 部位ごとの劣化の有無

また、上記の各項目について目視できない部分を特定する。目視できない部分については、カバー等設備の一部を取外して確認を行う。

4. 記録の方法

記録はチェックシートに記入することにより行う。チェックシートは設備各面に対する上記 3 点の有無を記録する表と、図面に確認した点を記入するシートで構成している。また、上記の観点で確認された点は写真撮影を行う。

5. 劣化の判定

3 項の 3) で示した劣化の確認については表 2 に示す判定基準に従い判定する。

6. 点検要領

1) 酸化ウラン粉末の設備外への漏えいの有無

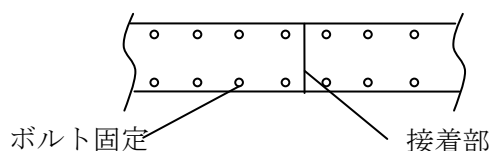
- 設備を各面から目視し、設備外への酸化ウラン粉末の漏えい有無を確認する。点検対象の設備が壁や隣接設備に近接していて直接目視できない場合は、対象の面は目視できない面とする。目視できない面は設備カバーを外す等して確認するなどの方法で、漏えい有無を確認する。壁等との間が狭く人が入れない場合でも、覗くことができる場合は懐

中電灯等を用いて確認することで、目視できる面と判断する。

- 設備の上面が床面から目視できない場合は、脚立等を使用して確認する。
- 設備の下面が床に接地している場合でもフードなど透明のパネルがある場合は、カバーを通して見る事ができるので、目視できる面と判断する。

2) 設備構造の確認

- 設備構造の確認はチェックシートに記載の通りとするが、その部位が外部から直接目視できない場合は全て目視できないものと判断する。
- 構造が分からない場合はその旨チェックシートに記載する。
- その他設備の構造に関して気付き事項がある場合はチェックシートの特記事項欄に記載する。
- 酸化ウラン粉末が堆積する可能性があり目視できない部位とは、フード内が複数の室に分かれている場合で、設備外から内部を目視できない空間等を意味する。
- 突き合わせ接着部とはアクリル等のフードで接着により接合されている部分で、フード内機器の一部をカバーするための突出部、グローブポート、掃除機ホースの導入口等がある。下図のように突き合わせ接着部以外の部分がボルトで固定されている場合は除外する。



- ボルト、溶接、接着以外の接合部とは、フードパネルを挟み込む方法で接合された部分であり、グローブボックスの窓部をクランプで固定している場合などが該当する。なお、フードに取り付けられたメンテ用の扉はこれには該当しない。
- 配線導入部とは、フードに貫通穴をあけて、配線、配管、エアホース等を貫通させた部位が該当する。

3) 部位ごとの劣化の有無

- パッキン、配線導入部の劣化の有無は表 2 に示す判定基準に従い判断する。判定が困難な場合は上長に相談し、判断を仰ぐこと。
- ボルトの緩み、シールの劣化については、直ちに補修が可能な場合は補修してもよい。ただし、チェックシートには劣化の状態を記録し、補修済みであることを記載すること。また、補修前の写真も残しておくこと。
- 上記以外の劣化については、点検者の判断で補修は行わず、上長の判断を仰ぐこと。
- 劣化の有無の点検ができない場合は、その旨チェックシートに記載すること。
- 判定基準により劣化なしと判断した場合でも、気付き事項があればチェックシートに部位と内容を記載し、写真を撮影しておくこと。

表 1： 類似設備に関する調査対象（熊取事業所）（1/2）

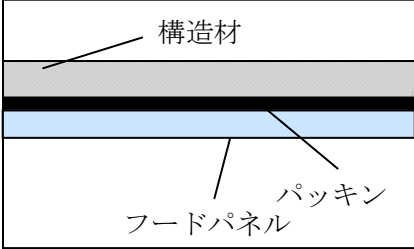
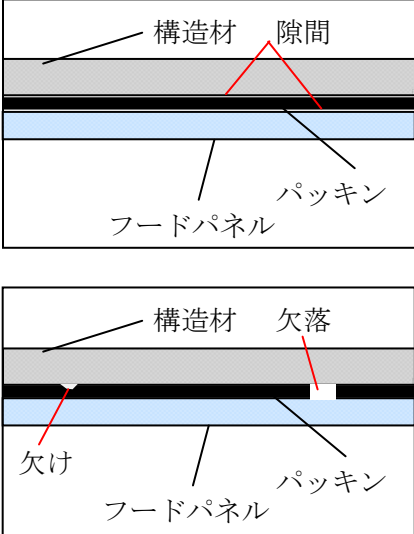
No	設置場所	追加調査対象設備	
1	第 2 加工棟 第 2-2 混合室	焙焼炉 No.2-1	焙焼炉
2			コンベア
3			粉末取扱機
4			研磨屑乾燥装置
5			粉末取扱フード
6			破碎装置
7		粉末缶搬送機 No.2-1	粉末缶移載機
8		粉末混合機 No.2-1	粉末混合機
9			粉末投入機
10		粉末搬送機 No.2-1	フード
11		供給瓶 No.2-1	供給瓶
12			粉末取出配管
13		プレス No.2-1	プレス
14	第 2 加工棟 第 2-1 混合室	粉末混合設備 No.1	粉末投入台
15			粉末混合機（フード付）
16			大型供給瓶
17			粉末供給機
18			粉末搬送配管
19			粉末取出し台
20		グローブボックス No.1	
21	焙焼炉 No.1	焙焼炉	
22	第 2 加工棟 第 2-1 ペレット室	プレス No.1	プレス
23			粉末供給機
24			粉末集塵機
25		センタレス研削設備 No.1	研磨屑乾燥機 No.1

表 1： 類似設備に関する調査対象（熊取事業所） (2/2)

N.	設置場所	追加調査対象設備	
26	第 2 加工棟 第 2 分析室	分析設備	グローブボックス No.2
27			試料取扱ボックス
28	第 2 加工棟 第 2 開発室	試料調整用フード No.1	
29		粉末調整用フード	
30		プレス	
31		スクラップ処理装置	
32		試料調整用フード No.2	
33		粉末取扱フード	
34	第 2 加工棟 第 3 開発室	試験設備フード	

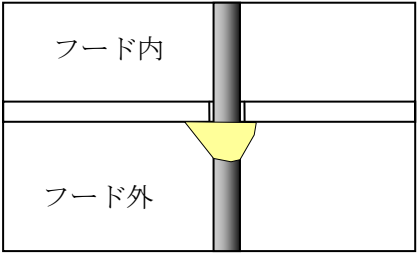
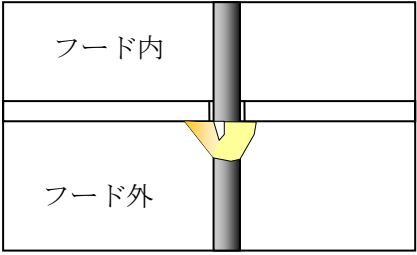
表 2 酸化ウラン粉末漏えい類似設備点検時の劣化判定基準

1. パッキンの劣化判定基準

パッキンの状態	劣化度判定
	<ul style="list-style-type: none"> ● フードパネルとパッキンの間、パッキンと構造材の間に隙間がないと目視で確認できる。 ● パッキンに欠け、欠落がない。 ● パッキンをマイナスドライバー等で押して弾力が確認でき、削れたり欠けたりしない。 ● パッキンをマイナスドライバー等で押した時に、軟化して塑性変形することがない。
	<ul style="list-style-type: none"> ● フードパネルとパッキンの間、パッキンと構造材の間に目視で隙間が確認できる。 ● パッキンに欠け、または欠落部分がある。 ● パッキンをマイナスドライバー等で押した時に弾力がなく、削れたり欠けたりする。 ● パッキンをマイナスドライバー等で押した時に、軟化して塑性変形する。

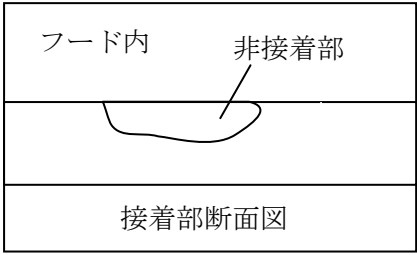
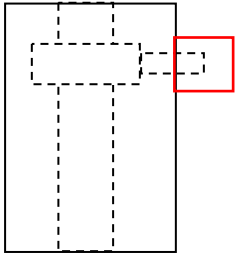
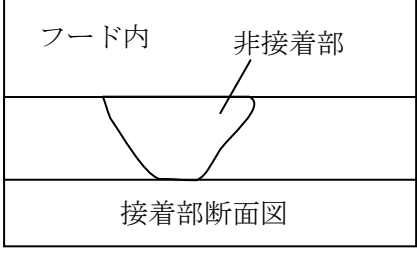
- パッキンの劣化度の判断は目視および触診にて行う。
- 設備本体や配管の金属性フランジの部分等、ゴム製以外のパッキンを使用している場合は、チェックシートにその旨記載する。
- パッキン部分にコーキングが施工されている場合は、6. コーキングの劣化判定基準に従い、判定を行う。

2. 配線導入部シール劣化判断基準

配線導入部シールの状態		劣化度判定
	<ul style="list-style-type: none"> ● シールに弾力があり、触れても容易に欠けることはない。 ● シールに一部欠けている部分があるが、貫通部は塞がっている。 ● 配線を軽くゆすってもシールがフードパネル、配線に密着している。 	無
	<ul style="list-style-type: none"> ● シールに一部欠けている部分があり、貫通部は塞がっていることが確認できない。 ● シールの一部に変色した部分がある。 ● シールに弾力がなく、触れると表面が削れるまたは、欠ける。 ● 配線を軽くゆすると、パネルとの接触部か配線との接触部に隙間ができる。 	有

- 配線導入部のシールの劣化度の判断は目視および触診にて行う。
- シールがフード内にある場合も同様に判定する。
- コネクタを使って配線等を貫通させている場合は、チェックシートにその旨記載する。

3. 突き合わせ接着部の劣化判断基準

突き合わせ接着部の状態		劣化度判定
	<ul style="list-style-type: none"> ● 左図のように非接着部があっても、接着部断面を貫通していない。 ● 接着部分を軽くゆすってもガタがない。 	無
	<ul style="list-style-type: none"> ● 左図のように機器の突出部をカバーするための部分が接着により構成されている場合で、上記と同様に非接着面が接着部断面を貫通していない。 ● 突出部分を軽くゆすってもガタがない。 	
	<ul style="list-style-type: none"> ● 非接着部が接着部断面を貫通している部位がある。 ● 上段の図のような突出部を軽くゆすった時に接着面にガタがある。 	有

- 接着部の劣化度の判断は目視および触診で行う。

4. ボルトの緩み判定基準

ボルトの状態	劣化度判定
<ul style="list-style-type: none"> ● ボルトを手で緩む方向に回しても、回転しない。 ● ボルト頭が取付面に密着している。 	無
<ul style="list-style-type: none"> ● ボルトを手で緩む方向に回すと、回転する ● ボルト頭と取付面の間に隙間がある。 	有

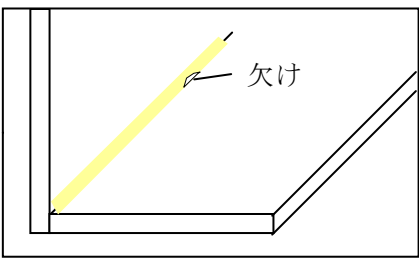
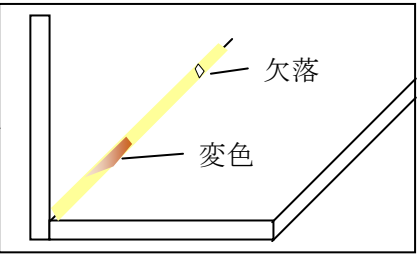
- ボルトの緩みの判断は目視と触診にて行う。

5. ボルト・接着・溶接以外の固定部緩み判定基準

ボルト・接着・溶接以外の固定部の状態	劣化度判定
<ul style="list-style-type: none"> ● 固定部をゆすってもガタがない。 	無
<ul style="list-style-type: none"> ● 固定部をゆするとガタがある。 	有

- ボルト・接着・溶接以外の固定部の緩みの判断は触診にて行う。

6. コーキングの劣化判定基準

コーキングの状態	劣化度判定	
	<ul style="list-style-type: none"> ● シールに弾力があり、触れても表面が削れる、または欠けることはない。 ● シールに一部欠けている部分があるが、接着部は塞がっている。 ● パネルを軽くゆすってもシールがパネルに密着している。 	無
	<ul style="list-style-type: none"> ● シールに欠落している部分があり、接着部が塞がっていることを確認できない。 ● シールの一部に変色した部分がある。 ● シールに弾力がなく、触れると表面が削れるまたは、欠ける。 ● パネルを軽くゆすると、パネルとの接触部に隙間ができる。 	有

- コーキングの劣化度の判断は目視および触診にて行う。