

核燃料サイクル工学研究所 プルトニウム燃料第二開発室の 管理区域内における汚染について (案)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目 次

1. 概要	P2
2. 事象発生時の状況	P3
3. 事象発生場所の復旧の状況	P25
4. 原因	P31
5. 対策	P35
6. 更なる改善事項の抽出及びその対策	P39
7. 大洗研究開発センター燃料研究棟における 汚染事故を踏まえたプルトニウム燃料技術 開発センターにおける予防処置活動と本事 象における検証	P50
8. 今後の対応	P55

概要

発生日時:平成31年1月30日(水)14:24

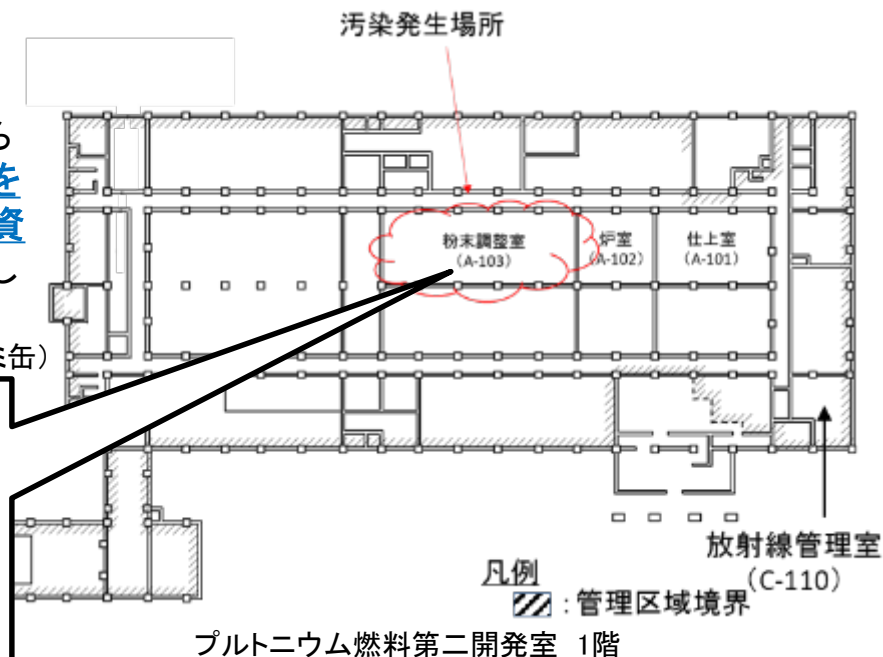
発生場所:核燃料サイクル工学研究所
プルトニウム燃料第二開発室
粉末調整室(A-103)(管理区域)

事象概要:粉末調整室(A-103)のグローブボックスNo.D-8から
プルトニウムとウランの入った貯蔵容器(2本)(注1)を
グローブボックスからバッグアウトする作業(参考資
料-1参照)を行っていたところ、汚染事象が発生し
た。

注1:ステンレス製とアルミニウム製の缶、各1本(以下、ステンレス缶とアルミ缶)

貯蔵容器梱包物(アルミ缶)

汚染発生原因となった貯蔵容器
梱包物(ステンレス缶)



背景

- ・プルトニウム燃料第二開発室では、核燃料物質を収納した貯蔵容器を二重の樹脂製の袋で包蔵し、貯蔵室で貯蔵管理している。この樹脂製の袋の健全性については、管理基準に基づき樹脂製の袋を定期的に交換することで保持している。
- ・事象発生時は、上記の管理基準に基づき貯蔵容器2本について、貯蔵室から粉末調整室(A-103)に運搬し、樹脂製の袋(二重)の交換作業を実施していた。

2. 事象発生時の状況

日付	時間	内容
平成31年 1月30日	13:40頃	核物質管理課員が、プルトニウム燃料第二開発室プルトニウム・ウラン貯蔵室内の棚から樹脂製の袋の交換が必要な貯蔵容器2本(アルミ缶、ステンレス缶)の取出作業を開始。
	13:55頃	核物質管理課員が、運搬車を用いて、プルトニウム・ウラン貯蔵室から粉末調整室(A-103)に貯蔵容器2本を運搬する。
	14:00頃	核物質管理課員が運搬車から貯蔵容器2本を取出し、廃止措置技術開発課員に引き渡す。粉末調整室(A-103)のグローブボックスNo.D-8において、廃止措置技術開発課員3名で貯蔵容器のバッグイン作業を開始。 同室で6名が他作業を実施。
	14:10頃	グローブボックスNo.D-8において、貯蔵容器のバッグアウト作業を開始。
	14:20頃	バッグアウト物(ステンレス缶)の二重梱包を実施したところ、二重目の樹脂製の袋表面より汚染を検出。
	14:24	α線用空気モニタ(α-8)警報吹鳴。 作業員はバッグアウト物を大きなビニル袋に収納し、同室内の安全な場所(風上)に退出し、相互汚染検査、汚染部位の簡易固定を開始。
	14:27	α線用空気モニタ(α-10)警報吹鳴。
	14:45	プルトニウム燃料技術開発センターに現場指揮所を設置。
	14:50	粉末調整室(A-103)の空气中放射性物質濃度が立入制限区域の設定基準を超える可能性があることから、同室を立入制限区域に設定。
	14:57	モニタリングポスト及びステーションの値に変動がないことを確認。(警報吹鳴時以降のトレンドも確認)
	14:58	核燃料サイクル工学研究所に現地対策本部を設置。
	15:00頃	作業員9名を隣室の炉室(A-102)へ退出させるため、炉室(A-102)の養生を開始。

日付	時間	内容
平成31年 1月30日	15:12	プルトニウム燃料第二開発室の排気モニタに異常のないことを確認。
	15:20頃	炉室(A-102)の養生が終了したことから、作業員9名の炉室(A-102)への退出を開始。(15時22分頃、9名全員の退出を完了)
	15:22	立入制限区域を設定することとなったことから、本事象が法令報告に該当するものと判断。
	15:29	廊下に退出するためのグリーンハウス設置を指示。
	15:36	本事象が法令報告に該当するものと判断したことを原子力規制庁へ報告。
	16:00頃	汚染拡大防止のための粉末調整室(A-103)、炉室(A-102)の扉の目張りを終了。
	16:22頃	炉室(A-102)での汚染処置を終了次第、順次、仕上室(A-101)へ退出開始。
	16:31	廊下のグリーンハウスへの受入準備が完了。
	17:33頃	作業員1名が仕上室(A-101)から退出開始。
	18:14頃	2名の身体汚染検査及び鼻スミヤに異常のないことを確認。
	18:30頃	2名の身体汚染検査及び鼻スミヤに異常のないことを確認。
	18:57頃	3名の身体汚染検査及び鼻スミヤに異常のないことを確認。
	19:08頃	2名の身体汚染検査に異常のないことを確認。 作業員全員が仕上室(A-101)から退出終了。
	19:18	2名の鼻スミヤに異常のないことを確認。(9名全員の身体汚染検査及び鼻スミヤに異常のないことを確認)
	19:50	作業員9名が管理区域から退出完了。

2.2 貯蔵容器のイメージ図



アルミ缶 ステンレス缶
貯蔵容器

貯蔵容器	寸 法	重 量
ステンレス缶	直径：約11cm、高さ：約22cm	約0.5kg
アルミ缶	直径：約12.5cm、高さ：約25cm	約1.9kg

化学名：可塑化ポリ塩化ビニル混合物

成 分：ポリ塩化ビニル 60%～70%

可塑剤 23%～33%

その他 3%～11%

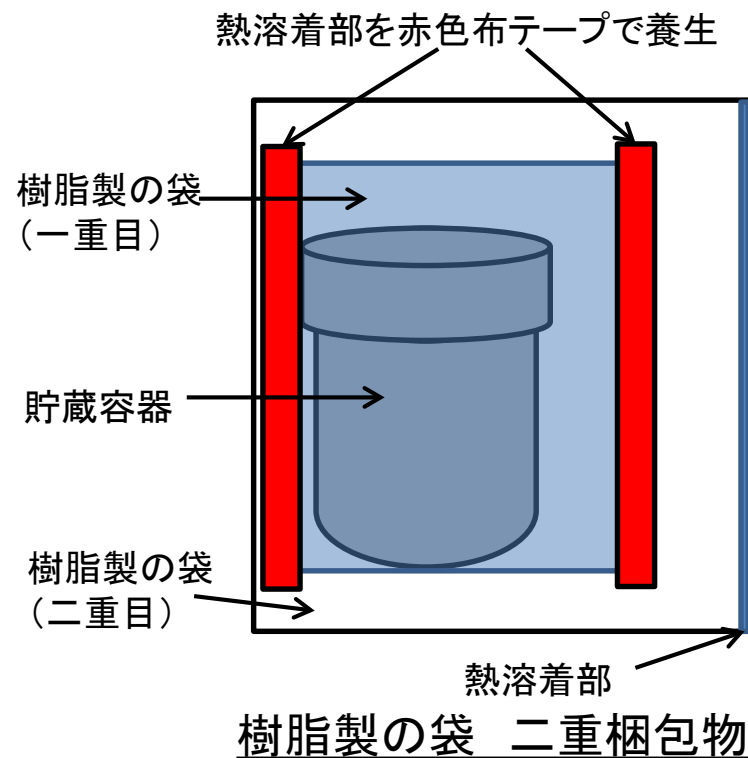
厚 さ：0.3 mm



樹脂製の袋

強度物性
(カタログ値)

引張り強度	1470 N/cm ² 以上
伸び	200 % 以上



2.3 当該事象の発生した貯蔵容器について



(平成31年1月30日 21時40分頃 撮影)

事象発生後の貯蔵容器の状態

樹脂製の袋の交換アイテム(H31.1.30)の情報

核物質防護上の観点から■の箇所は非開示とする

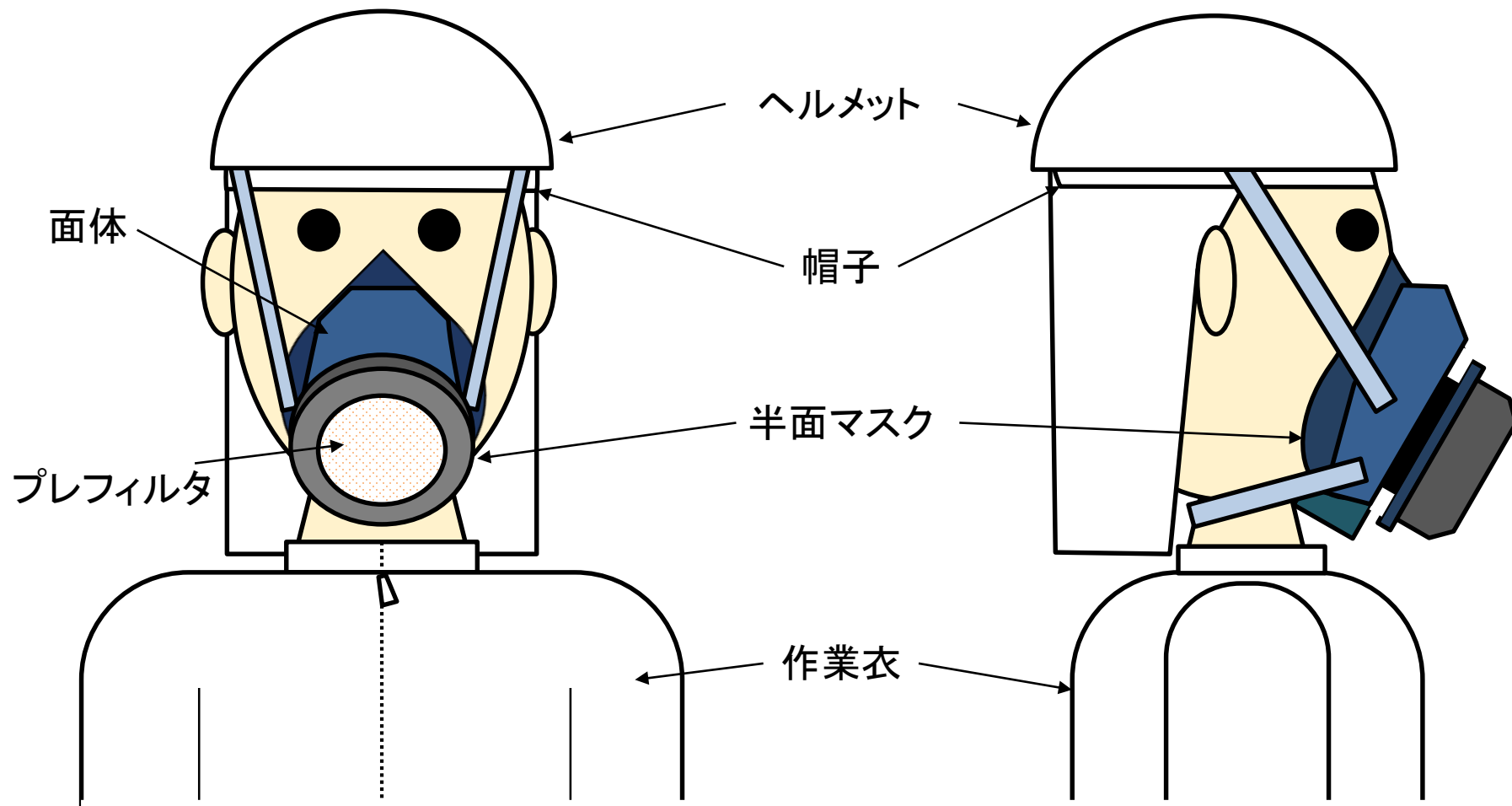
容器材質	内容物	MOX重量(g)	Pu重量(g)	前回の樹脂製袋の交換日
アルミ缶	MOX粉末	■		H26.11.12
ステンレス缶	MOX粉末			H30.3.27



前面



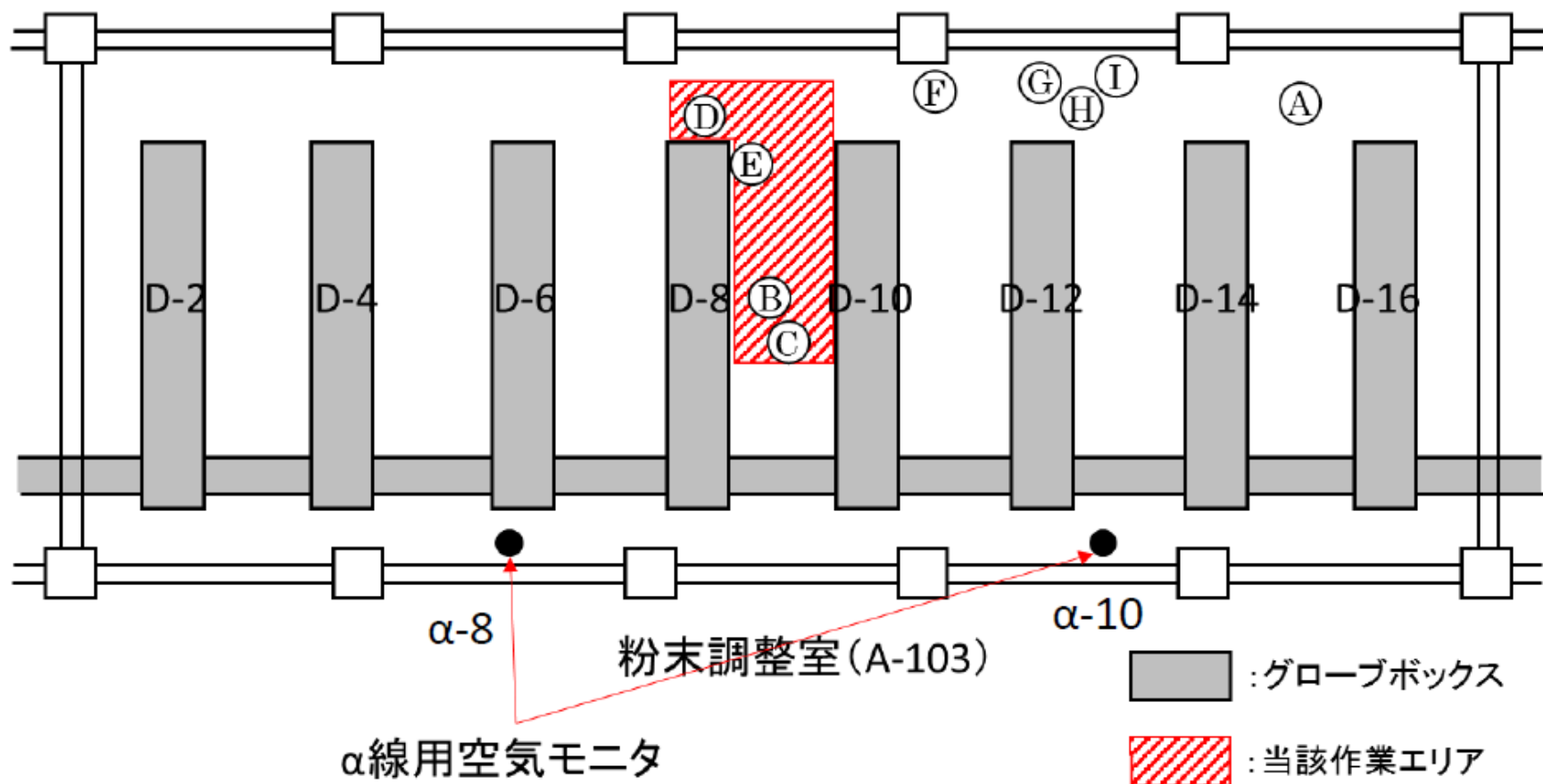
背面



顔部の拡大図

2.5 α 線用空気モニタ(α -8)警報吹鳴時の人員配置

- | | |
|--------------------|--------------------|
| (A): D-16からD-8へ移動中 | (F): D-16からD-8へ移動中 |
| (B): 二重目溶着主作業 | (G): 運搬作業の待機中 |
| (C): 二重目溶着補助作業 | (H): 運搬作業の待機中 |
| (D): 搬出作業後の後片付け | (I): 運搬作業の待機中 |
| (E): グローブボックス内整理作業 | |

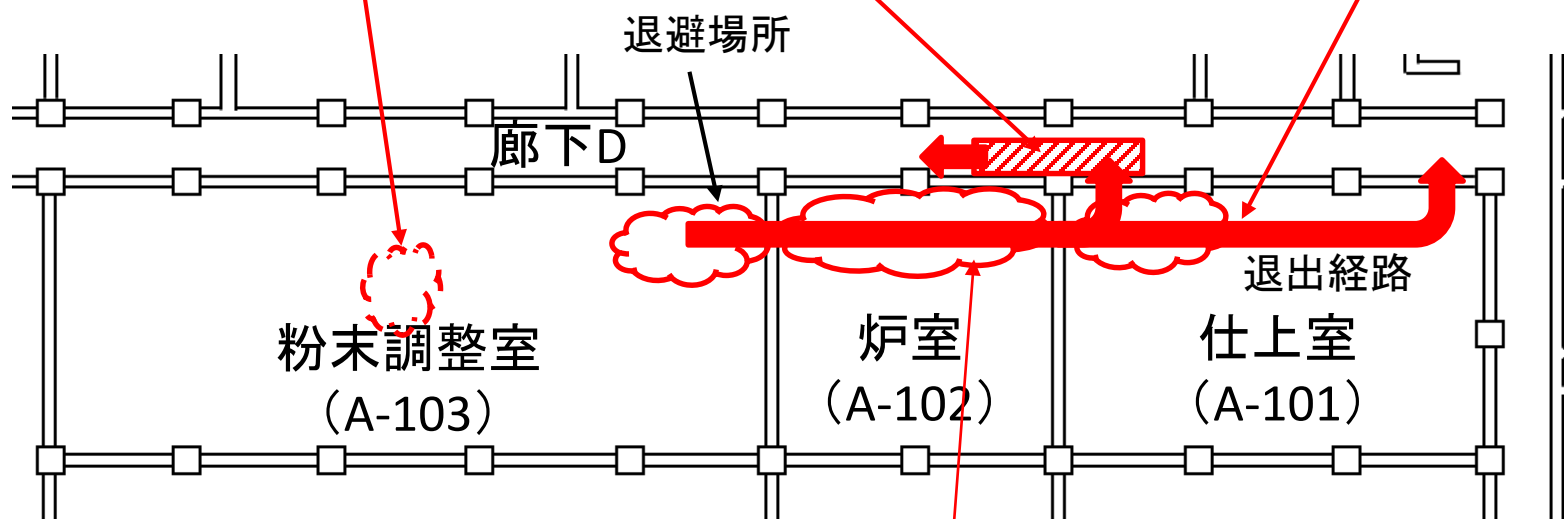




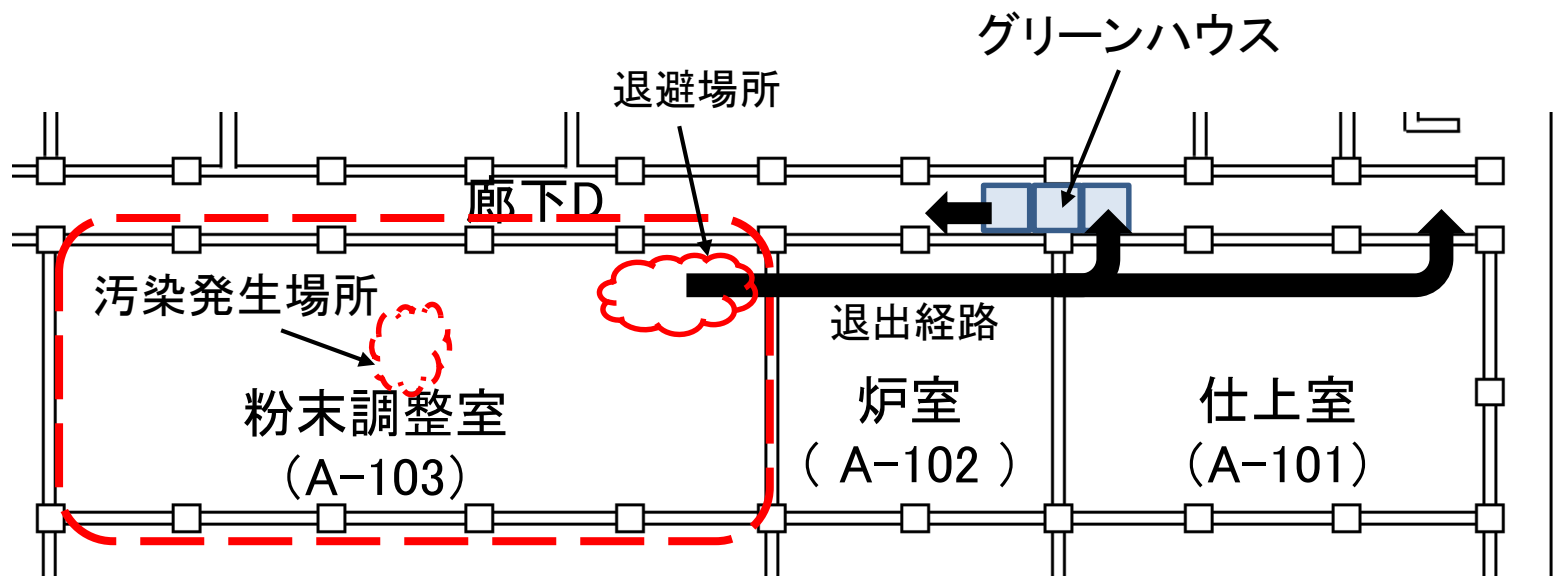
グリーンハウス

汚染発生場所

作業衣の脱装及び半面マスクから
全面マスクへの交換



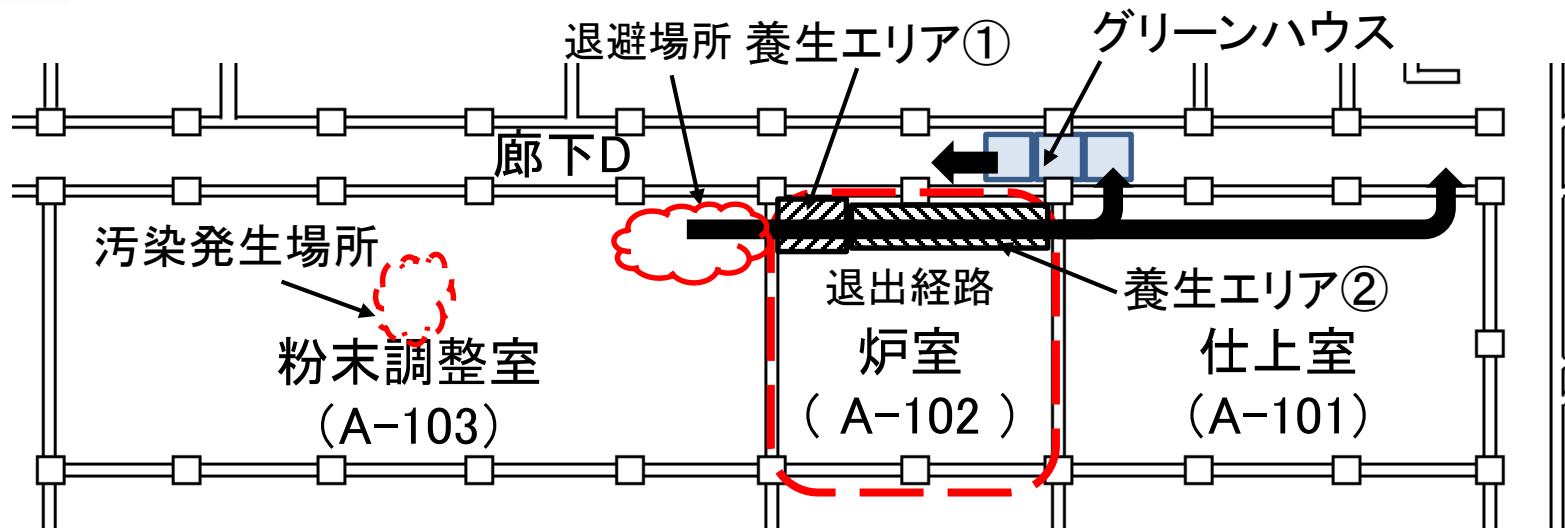
二重目の作業衣の着装



α線用空気モニタの吹鳴後

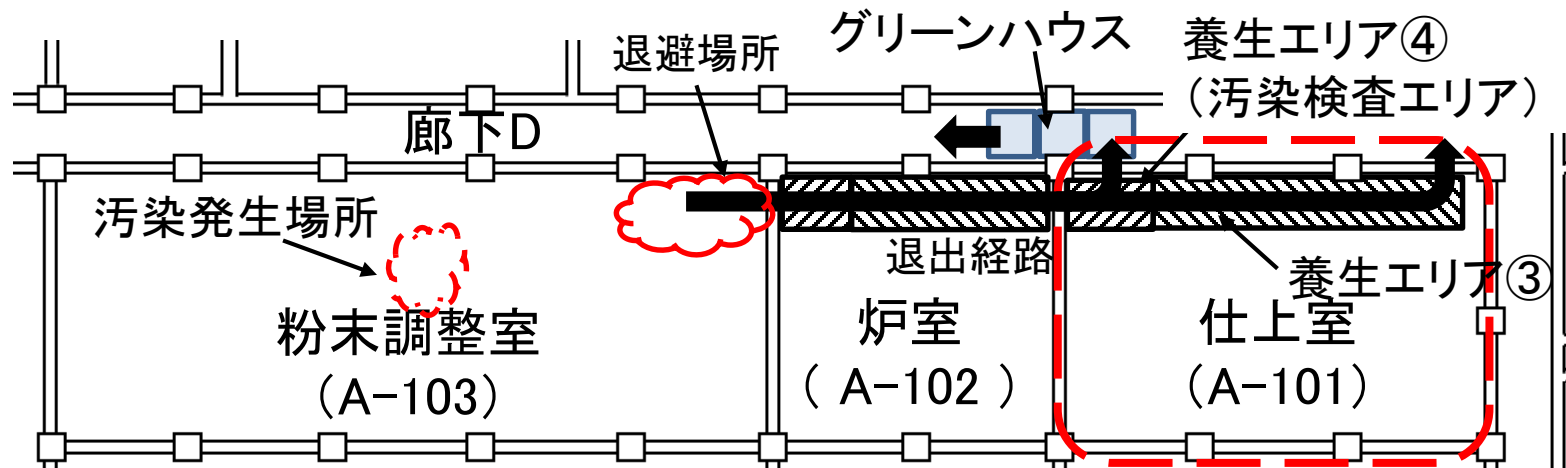
- ・作業員9名は、部屋の風上側に退避し、簡易な身体汚染検査に基づき、可能な範囲で主要な汚染箇所の固定措置を実施した。
- ・作業員9名は、汚染発生から約1時間後、粉末調整室(A-103)から炉室(A-102)に順次退出した。

速やかな退出が必要であった。



- ・A-103から退出した作業員9名は養生エリア①で待機した。
- ・1人目の作業員EはA-102では身体汚染検査を受けずA-101へ移動した。
- ・残りの作業員8名は養生エリア②に順次移動し、作業衣の脱装や汚染固定の方法を決めるための放管員による簡易な身体汚染検査を受け、汚染が確認された部位に、追加で汚染の固定を行った。
- ・うち作業員7名は、高いレベルの汚染箇所の固定措置のみを行い、作業衣の上に二重目の作業衣を着用させることで汚染拡大防止を行った後、A-101に移動した。(1人目の作業員EのA-101における身体汚染検査及び汚染箇所の固定措置に時間を要したため。)
- ・作業員Bは簡易な身体汚染検査及び追加の汚染の固定をした後、仕上室(A-101)に移動した(その後二重目の作業衣を着用)。

養生エリア①が狭くクロスコンタミした可能性あり

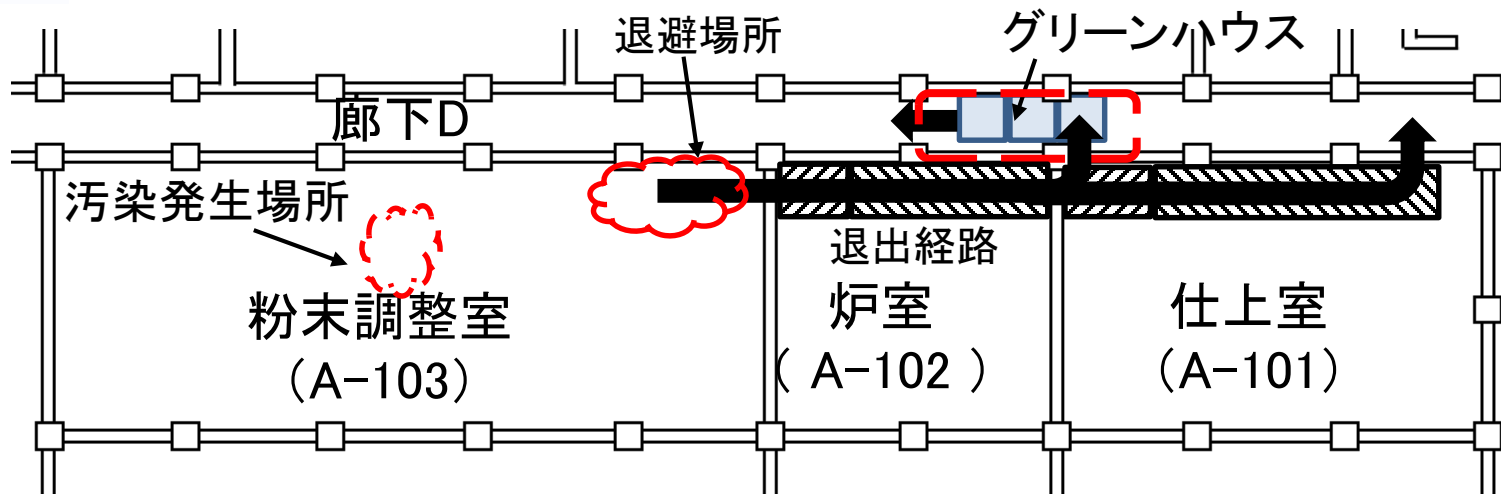


- ・作業員Eは、汚染検査エリアで放管員による簡易な身体汚染検査を受け、追加の汚染固定を行った後、装備の脱装(頭部・顔面の汚染検査、半面マスクから全面マスクへの交換を含む)及び脱装後の放管員による身体汚染検査を受けた。
- ・残りの作業員8名(作業員E以外)は、汚染検査エリアで装備の脱装(頭部・顔面の汚染検査、半面マスクから全面マスクへの交換を含む)及び脱装後の放管員による身体汚染検査を受けた。
- ・作業員6名(作業員A,B,C,E,F,G)脱装後の身体汚染検査で頭部(顔面、頭髮含む)、首、上半身(下着)、下半身(下着)、手、足が検出下限値未満*¹であることを確認した後、グリーンハウスへ移動した。
- ・残りの作業員3名(作業員D,H,I)は、養生エリア③内で再度、念のため放管員による再度の身体汚染検査を受け、検出下限値未満*¹であることを確認後、順次、廊下に退出した。

皮膚汚染なしの判断に資する重要な検査であったにもかかわらず、検出下限値未満であることを担保すべき測定であるという認識が不足しており、クロスコンタミのリスクのある環境であり、記録も作成していない。また、ここでの測定は、測定距離、間接法の併用が手順書通り行われず不十分な点があった。

*¹ 核燃料サイクル工学研究所で、身体汚染検査における検出下限値として、 α 線用サーベイメータによる表面密度測定の管理上の検出下限値0.04 Bq/cm²を統一的に用いている。なお、この検出下限値は法令に定める表面密度限度(4 Bq/cm²: α 線)の100分の1。

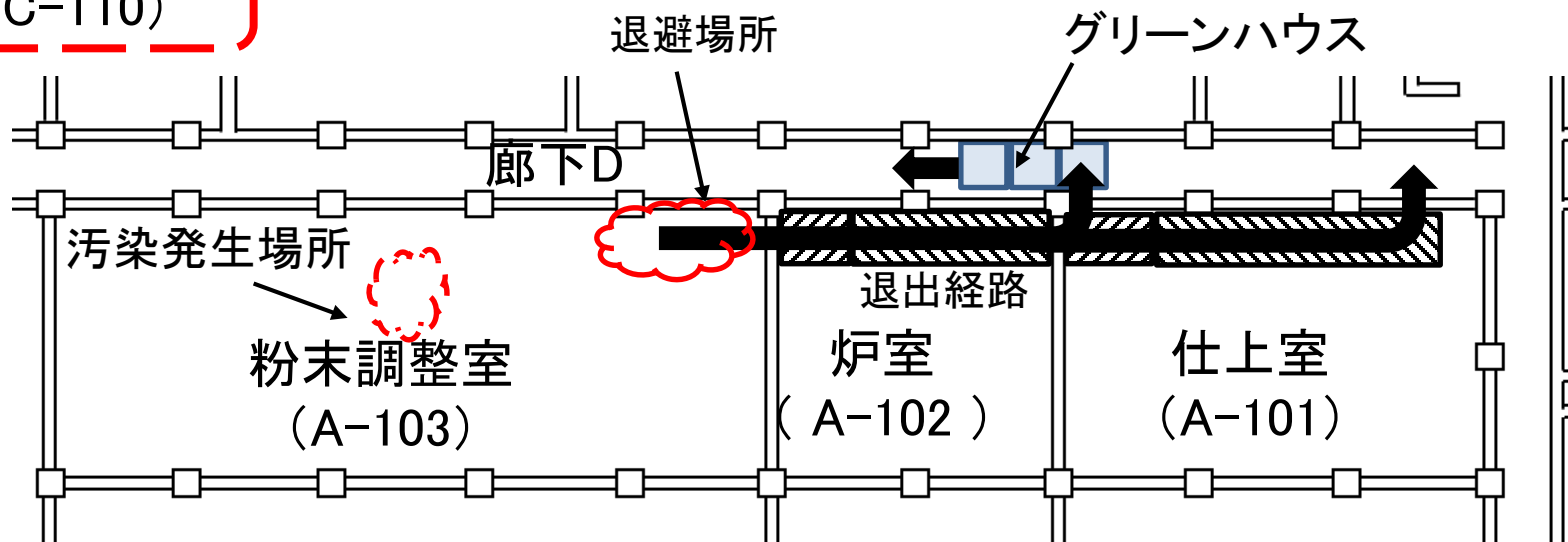
2.7 作業員の退出プロセス(4/5) グリーンハウス



- ・作業員6名(作業員A,B,C,E,F,G)は、グリーンハウス1及び2(GH-1・GH-2)では下着の状態、グリーンハウス3(GH-3)では新しい作業衣を着用した状態で身体汚染検査を受けた。
- ・GH-1において、作業員Eの帽子及び作業員Cの左腕部の下着(Tシャツ)と皮膚から有意な値(サーベイメータの指示値で約500 dpm)を検出したが、**偽計数と判断**された。
- ・作業員Cについては、GH-1において皮膚の当該部位を拭き取り検出下限値*¹未満であることを確認するとともに、下着(Tシャツ)の当該部位のテープ固定を実施し、GH-2において下着(Tシャツ)の脱衣を行った。作業員Eについては、GH-1において帽子の当該部位のテープ固定、GH-2において新しい帽子への交換を行った。作業員C、Eについて、GH-1での身体汚染検査ではこれらの偽計数と判断した部位以外は検出下限値*¹未満であり、さらにGH-2、3での**身体汚染検査でも検出下限値*¹未満**であった。
- ・作業員A,B,F,GのGH-1,2,3での**身体汚染検査は、検出下限値*¹未満**であった。
- ・GH-3での身体汚染検査後、廊下へ退出した

ここでの身体汚染検査は、皮膚汚染なしの判断に資する重要な検査のひとつとなったが、偽計数判断の根拠となるαスペクトル測定を行わず、また記録も作成していない。

放射線管理室
(C-110)



- ・作業員9名は全面マスクをずらして鼻スミヤを採取した。
- ・採取した鼻スミヤ試料を α 線用放射能測定装置で測定し、検出下限値未満^{*2}であることを確認した後全面マスクを脱装した。
- ・その後、退出モニタ(ハンドフットクローズモニタ)での汚染検査を実施した後、管理区域より退出した。

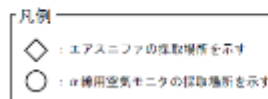
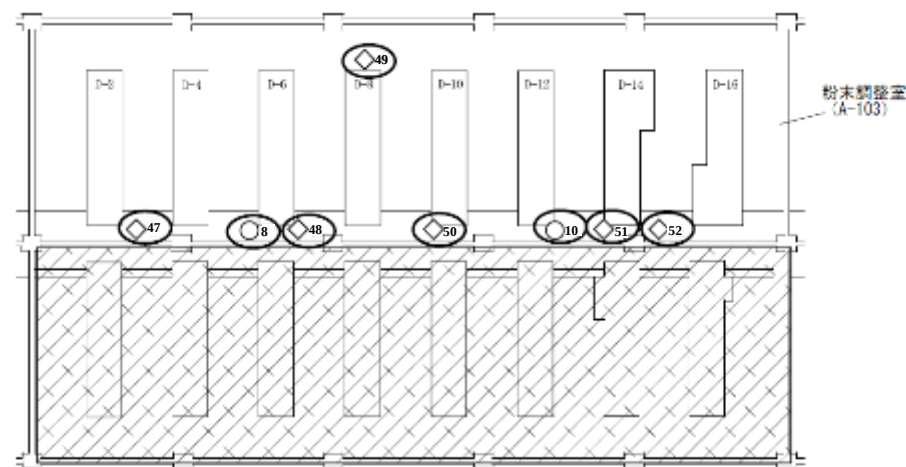
管理区域退出前に、最終的に皮膚汚染がないことを確認するための身体汚染検査を放管室等で実施しなかった。また、念のためのシャワーや拭き取りの実施を検討しなかった。

^{*2} 核燃料サイクル工学研究所で、鼻腔汚染検査(鼻スミヤ)における検出下限値として、 α 線用放射能測定装置による鼻スミヤ試料測定(測定時間:5分)の管理上の検出下限値0.07 Bqを統一的に用いている。

① 粉末調整室(A-103)内の空気汚染の状況(1/2)

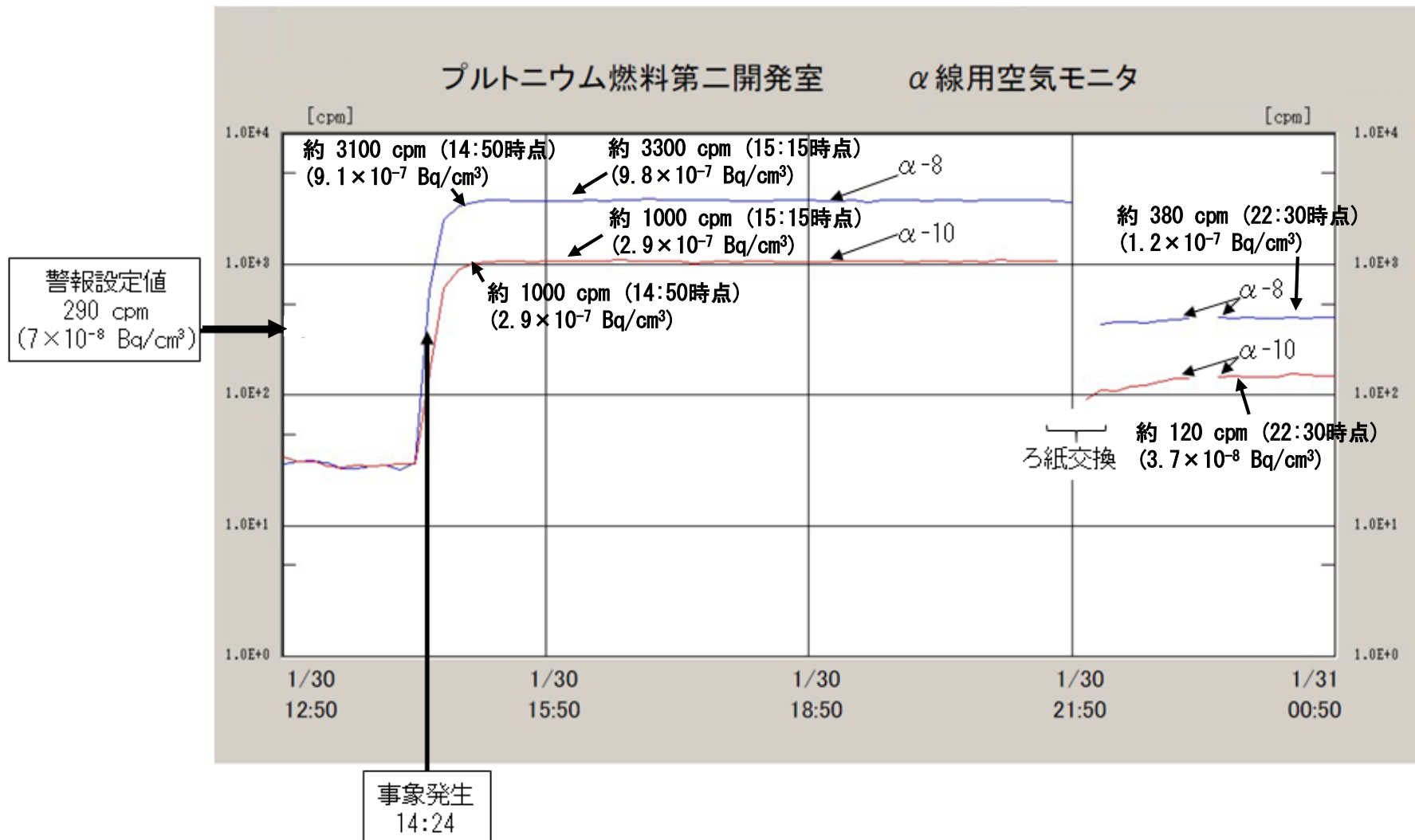
空气中放射性物質の濃度

- 1月30日 事象発生時に、 α 線用空気モニタ($\alpha-8$ 、 $\alpha-10$)の指示値が約3100 cpm及び約1000 cpm(1週間の平均濃度として評価した値でそれぞれ $9.1 \times 10^{-7} \text{Bq/cm}^3$ 、 $2.9 \times 10^{-7} \text{Bq/cm}^3$)に上昇(警報設定値: $7 \times 10^{-8} \text{Bq/cm}^3$)
- その後は安定し、ほとんど変動がない状態($\alpha-8$: $9.8 \times 10^{-7} \text{Bq/cm}^3$ 、 $\alpha-10$: $2.9 \times 10^{-7} \text{Bq/cm}^3$)を継続
- 同日21時45分頃、 α 線用空気モニタ($\alpha-8$ 、 $\alpha-10$)のろ紙を交換した結果、指示値が約380 cpm及び約120 cpmまで低下
- α 線用空気モニタ($\alpha-8$ 、 $\alpha-10$)のろ紙及びエアスニファ(A/S-47、A/S-48、A/S-49、A/S-50、A/S-51、A/S-52)のろ紙を交換し測定した結果、最大で $3.0 \times 10^{-6} \text{Bq/cm}^3$ (A/S-49)を確認



粉末調整室(A-103)の α 線用空気モニタ、及びエアスニファの位置

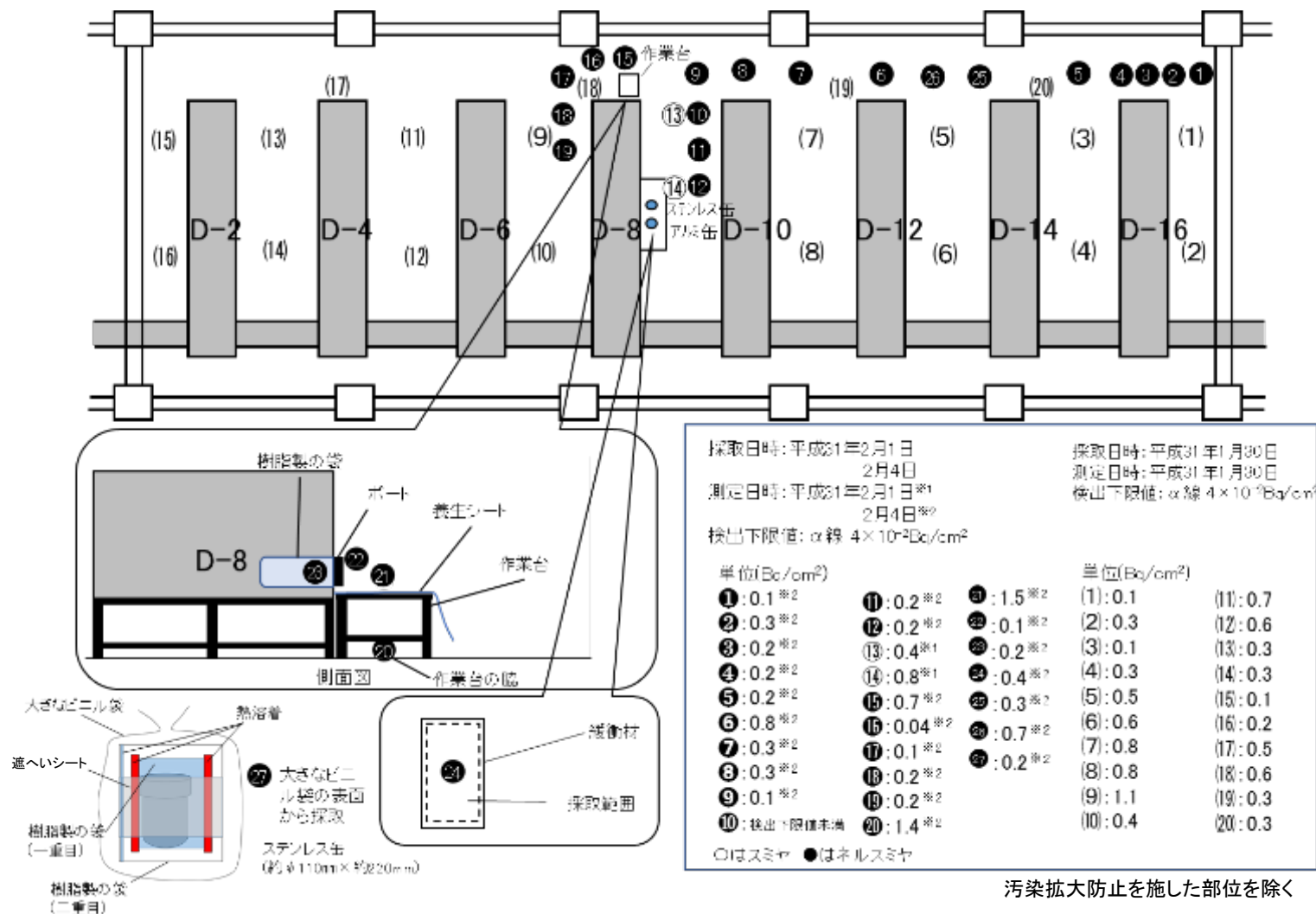
① 粉末調整室(A-103)内の空気汚染の状況(2/2)



α 線用空気モニタ(α -8、 α -10)指示値のトレンド

② 粉末調整室(A-103)内の表面汚染の状況

粉末調整室(A-103)の床面、作業台等の汚染検査(スミヤ法)の結果、汚染拡大防止措置を施した部位を除き、最大で $1.5\text{Bq}/\text{cm}^2$ (α 線)(作業台上)を確認した。



粉末調整室(A-103)の床面の汚染検査の結果(2月4日 17時現在)

③ 粉末調整室(A-103)以外の管理区域内の汚染の状況

○退出経路の汚染状況

- 退出経路として使用した炉室(A-102)のエアスニファ(A/S-53)のろ紙及び仕上室(A-101)のエアスニファ(A/S-55、A/S-56)のろ紙を交換し測定した結果(採取日時;1月25日10時00分～1月30日21時45分)、いずれも管理目標値(7×10^{-8} Bq/cm³)以下を確認

○その他の汚染状況

以下のことから、汚染は施設内の管理区域の限定された範囲に留まっていることを確認

- 平成31年1月30日、グリーンハウスから全員退出した後に、グリーンハウスの内側18点及び外側周辺の床面17点について実施した汚染検査(スミヤ法)の結果、全て管理目標値(検出下限値(α :0.04Bq/cm²))に同じ)以下を確認した。
- 1月25日～2月1日の期間に施設内の α 線用空気モニタ、エアスニファのろ紙に捕集された空气中放射性物質(全 α 放射能)を測定した結果、全て管理目標値以下を確認した。なお、粉末調整室(A-103)に接している粉末調整室(F-103)及びフィルタ室(C-215)のろ紙から検出下限値を超える値を検出した(最大で α : 1.4×10^{-8} Bq/cm³(管理目標値の1/5))。それらの部屋の床・壁・天井の表面密度測定の結果は全て管理目標値(検出下限値(α :0.04Bq/cm²))に同じ)以下であった。
- 1月25日～2月22日の期間に同施設排気モニタのろ紙に捕集された排気中放射性物質を測定した結果、検出下限値(α : 1.5×10^{-10} Bq/cm³)未満であった。

(1) 身体汚染の状況 ①

- 粉末調整室(A-103)内で作業員自らが作業衣表面等の汚染検査を行い、レベルの高い箇所にテープ等により汚染拡大防止措置をした。この粉末調整室(A-103)内での身体汚染検査と汚染拡大防止措置は退避前の簡易的なものであり、汚染検査の結果は、記録はしていない。
- 炉室(A-102)又は仕上室(A-101)への退出後、作業衣の脱装方法、汚染固定方法を判断するため、おおよその汚染範囲やそのレベルの把握を目的とした身体汚染検査を実施した。この結果、全員の手部(RI用ゴム手袋又はビニル袋での養生の表面)、RI作業靴、作業衣及び一部の作業員の帽子に汚染が認められた。これらの汚染は最大で $1.2\text{Bq}/\text{cm}^2$ (α 線)であったが、この値はテープ固定の下及びビニール袋養生の内部(両手部)の汚染は含まれていない。このため今回の事象にかかる身体汚染の最大値ではない。また、作業員9名のうち5名の半面マスクのプレフィルタに最大で $0.13\text{Bq}/\text{cm}^2$ (α 線)値を検出した。
- 炉室(A-102)又は仕上室(A-101)での汚染検査については、炉室(A-102)内で記録担当者が汚染部位及び測定値を記録したメモをもとに、一連の汚染検査が終了した後、主要な汚染部位と最大値を記載した記録を作成した。

(1) 身体汚染の状況 ②

- 仕上室(A-101)における、作業衣・半面マスクの脱装後の作業員の頭部(顔面、頭髮含む)、首、上半身(下着)、下半身(下着)、手、足の汚染検査の結果、全員、検出下限値*¹未満であった。

*¹ 核燃料サイクル工学研究所で、身体汚染検査における検出下限値として、 α 線用サーベイメータによる表面密度測定の実用上の検出下限値0.04 Bq/cm²を統一的に用いている。なお、この検出下限値は法令に定める表面密度限度(4 Bq/cm²: α 線)の100分の1。

- 仕上室(A-101)での放管員による身体汚染検査を終了した作業員9名のうち6名はグリーンハウスに退出し、1段目及び2段目のグリーンハウス(GH-1及びGH-2)で下着の状態で、3段目のグリーンハウス(GH-3)では新しい作業衣を着用した状態で、廃止措置技術課員による身体汚染検査を受けた。このうち1段目のグリーンハウス(GH-1)内の簡易な身体汚染検査において、作業員Eの帽子及び作業員Cの左腕部の下着(Tシャツ)と皮膚から有意な値(サーベイメータの指示値で約500 dpm)を検出したが、一連の汚染検査の状況や過去の経験などをもとに偽計数であると判断し、念のため下着の脱衣、皮膚の当該部位の拭き取り、帽子の交換を行った。グリーンハウス内で身体汚染検査を受けた6名全員について、偽計数と判断した部位以外は検出下限値*¹未満であった。

- 残りの3名は仕上室(A-101)内の出口付近で、再度、汚染検査を受けたが全員、検出下限値*¹未満であった。

一部偽計数と判断した計数はあったが、その他の複数回の測定において検出下限値を超える値は検出されなかったことをもって皮膚汚染はないと判断した。

(2) 内部被ばくの状況

- 鼻腔汚染検査(鼻スミヤ)の結果、全員検出下限値^{*2}未満であった。また、全員の半面マスクの面体内側も検出下限値(α :0.04 Bq/cm²)未満であった。以上のことから、内部被ばくはないと判断した。

^{*2} 核燃料サイクル工学研究所で、鼻腔汚染検査(鼻スミヤ)における検出下限値として、 α 線用放射能測定装置による鼻スミヤ試料測定(測定時間:5分)の管理上の検出下限値0.07 Bqを統一的に用いている。

(3) 外部被ばくの状況

- 作業員全員が定常モニタリング用の個人線量計(TLDバッジ)を着用していた。事象発生時に着用していた線量計から得られた値は、1月分の積算線量で、9名の個人最大で0.6mSvであった。
- 本事象に係る外部被ばく線量(汚染発生から仕上室(A-101)退出完了までの間の被ばく線量)のみを評価することはできないため、最も線量率の高い粉末調整室(A-103)に、事象発生から仕上室(A-101)退出完了までの時間(約4時間50分)滞在したとの保守的な仮定に基づき評価した結果、本汚染事象に係る線量は 2.6×10^{-2} mSvであったと評価した。

以上のことから、作業員の外部被ばくについては、本事象による影響はなく、当該四半期(平成31年1～3月)における実効線量は、所内規則(放射線管理基準)に定める原因調査レベル(3.7mSv/3月)を十分下回る見込みである。

2.10 放射線管理上の対応に係る

法令報告第一報からの主な変更点

変更の概要とその理由	該当スライド
最終的に皮膚汚染なしと判断したことから、第1報では身体汚染検査の詳細を記載しなかったが、複数回の身体汚染検査の結果でこの判断を実施したものであり、その信頼性に係る重要な根拠として、各検査の手順及び結果の詳細を追記した。(グリーンハウスでの偽計数に係る経緯を含む)	16、17
作業衣脱装前の身体サーベイ記録について、第1報提出後の行動検証により、測定場所及び測定者に誤記があることが判明したことから、訂正した記録に変更した。また、記録作成時点で個々の測定時刻が確認できなかったことから、測定結果の確認時刻を記録した旨を注記として追記した。	—
作業衣の汚染検査結果として記載した最大値は、検査の前に汚染拡大防止措置を施した部位を除いた部分の最大値であったが、身体汚染の最大値であるとの誤解を与える可能性があったため、この点に係る説明を追記した。	16
汚染事象であるため、外部被ばくについては第1報では記載不要と考えたが、作業員の被ばくはなかったことを明確にするため、外部被ばく線量の評価結果を追記した。	18
第1報提出後の保安検査、行動検証等を通じて、空気モニタ警報発生後の放射線管理員の初動対応及び身体汚染検査に係る問題点(場所の選定、測定方法、記録の作成・エビデンスの保管等)が明らかになったことから、現在までに得られた改善が必要な事項の内容と対策の検討結果を追記した。	46～49

3. 事象発生場所の復旧の状況

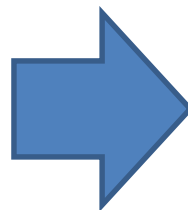
1. 汚染検査・除染作業の概要

- 最初に、床の簡易除染を実施した。
- 天井、壁及び床を基本的に約2m×2m、グローブボックス外表面を3区画、側面を1区画に区画化した。
- 除染前の汚染検査は、区画ごとにネルスミヤ(約10cm角の布)による拭き取りを行い、拭き取った約10cm角の布のダイレクトサーベイによって、表面密度を測定した。
- 除染は、水で湿らせた紙タオルを用いて、管理目標値(0.04Bq/cm²)以下となることを目標に繰り返し実施した。
- 備品・機器類の一部、機器の操作盤等においてスイッチ、表示灯類が入り組んでいるなど拭き残しが生じる可能性がある箇所及び除染しきれなかった床面等については、汚染検査及び除染作業を行った後、ビニルシートで養生した

2. 汚染検査・除染作業の装備

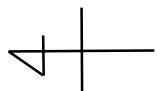
- 全面マスク(電動ファン付き)
- マスクカバー*
- タイベックスーツ(二重or三重*)
- RI用ゴム手袋(三重)
- シューズカバー(三重)

* 天井の汚染検査及び除染作業を行う場合に装着



3. 床面、天井及び壁の汚染検査・除染作業

- 粉末調整室(A-103)内の床面、天井及び壁の除染作業の結果、全ての区画において表面密度が管理目標値($0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$)以下であることを確認した。
- スミヤ法による汚染検査で検出下限値($0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$)を超える値が検出された区画については、ビニルシートで養生した。



D-16 D-14 D-12 D-10 D-8 D-6 D-4 D-2

床36 <0.04 →<0.04	床32 <0.04 →<0.04	床28 <0.04 →<0.04	床24 <0.04 →<0.04	床20 0.07 →<0.04	床16 <0.04 →<0.04	床12 <0.04 →<0.04	床8 <0.04 →<0.04	床4 <0.04 →<0.04
床35 <0.04 →<0.04	床31 <0.04 →<0.04	床27 <0.04 →<0.04	床23 <0.04 →<0.04	床19 0.04 →<0.04	床15 0.04 →<0.04	床11 <0.04 →<0.04	床7 <0.04 →<0.04	床3 <0.04 →<0.04
床34 <0.04 →<0.04	床30 <0.04 →<0.04	床26 <0.04 →<0.04	床22 <0.04 →<0.04	床18 0.04 →<0.04	床14 0.04 →<0.04	床10 <0.04 →<0.04	床6 <0.04 →<0.04	床2 <0.04 →<0.04
床33 <0.04 →<0.04	床29 <0.04 →<0.04	床25 <0.04 →<0.04	床21 <0.04 →<0.04	床17 0.04 →<0.04	床13 0.07 →<0.04	床9 <0.04 →<0.04	床5 <0.04 →<0.04	床1 <0.04 →<0.04

床面

凡例

区画名

除染前又は簡易除染後の数値*

→除染後の数値

* 床面の数値は簡易除染後の数値を示す

東壁

E9-1 <0.04 ↓ <0.04	E8-1 <0.04 ↓ <0.04	E7-1 <0.04 ↓ <0.04	E6-1 <0.04 ↓ <0.04	E5-1 <0.04 ↓ <0.04	E4-1 <0.04 ↓ <0.04	E3-1 <0.04 ↓ <0.04	E2-1 <0.04 ↓ <0.04	E1-1 <0.04 ↓ <0.04
E9-2 <0.04 ↓ <0.04	E8-2 <0.04 ↓ <0.04	E7-2 <0.04 ↓ <0.04	E6-2 <0.04 ↓ <0.04	E5-2 <0.04 ↓ <0.04	E4-2 <0.04 ↓ <0.04	E3-2 <0.04 ↓ <0.04	E2-2 <0.04 ↓ <0.04	E1-2 <0.04 ↓ <0.04

単位: Bq/cm^2
上

下

上 下

天井 D-16 D-14 D-12 D-10 D-8 D-6 D-4 D-2

天36 <0.04 →<0.04	天32 <0.04 →<0.04	天28 <0.04 →<0.04	天24 <0.04 →<0.04	天20 <0.04 →<0.04	天16 <0.04 →<0.04	天12 <0.04 →<0.04	天8 <0.04 →<0.04	天4 <0.04 →<0.04
天35 <0.04 →<0.04	天31 <0.04 →<0.04	天27 <0.04 →<0.04	天23 <0.04 →<0.04	天19 <0.04 →<0.04	天15 <0.04 →<0.04	天11 <0.04 →<0.04	天7 <0.04 →<0.04	天3 <0.04 →<0.04
天34 <0.04 →<0.04	天30 <0.04 →<0.04	天26 <0.04 →<0.04	天22 <0.04 →<0.04	天18 <0.04 →<0.04	天14 <0.04 →<0.04	天10 <0.04 →<0.04	天6 <0.04 →<0.04	天2 <0.04 →<0.04
天33 <0.04 →<0.04	天29 <0.04 →<0.04	天25 <0.04 →<0.04	天21 <0.04 →<0.04	天17 <0.04 →<0.04	天13 <0.04 →<0.04	天9 <0.04 →<0.04	天5 <0.04 →<0.04	天1 <0.04 →<0.04

北壁

下

上

W9-2 <0.04 ↓ <0.04	W8-2 <0.04 ↓ <0.04	W7-2 <0.04 ↓ <0.04	W6-2 <0.04 ↓ <0.04	W5-2 <0.04 ↓ <0.04	W4-2 <0.04 ↓ <0.04	W3-2 <0.04 ↓ <0.04	W2-2 <0.04 ↓ <0.04	W1-2 <0.04 ↓ <0.04
W9-1 <0.04 ↓ <0.04	W8-1 <0.04 ↓ <0.04	W7-1 <0.04 ↓ <0.04	W6-1 <0.04 ↓ <0.04	W5-1 <0.04 ↓ <0.04	W4-1 <0.04 ↓ <0.04	W3-1 <0.04 ↓ <0.04	W2-1 <0.04 ↓ <0.04	W1-1 <0.04 ↓ <0.04

南壁

S4-1 <0.04 ↓ <0.04	S4-2 <0.04 ↓ <0.04	S3-1 <0.04 ↓ <0.04	S3-2 <0.04 ↓ <0.04	S2-1 <0.04 ↓ <0.04	S2-2 <0.04 ↓ <0.04	S1-1 <0.04 ↓ <0.04	S1-2 <0.04 ↓ <0.04
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

下 上

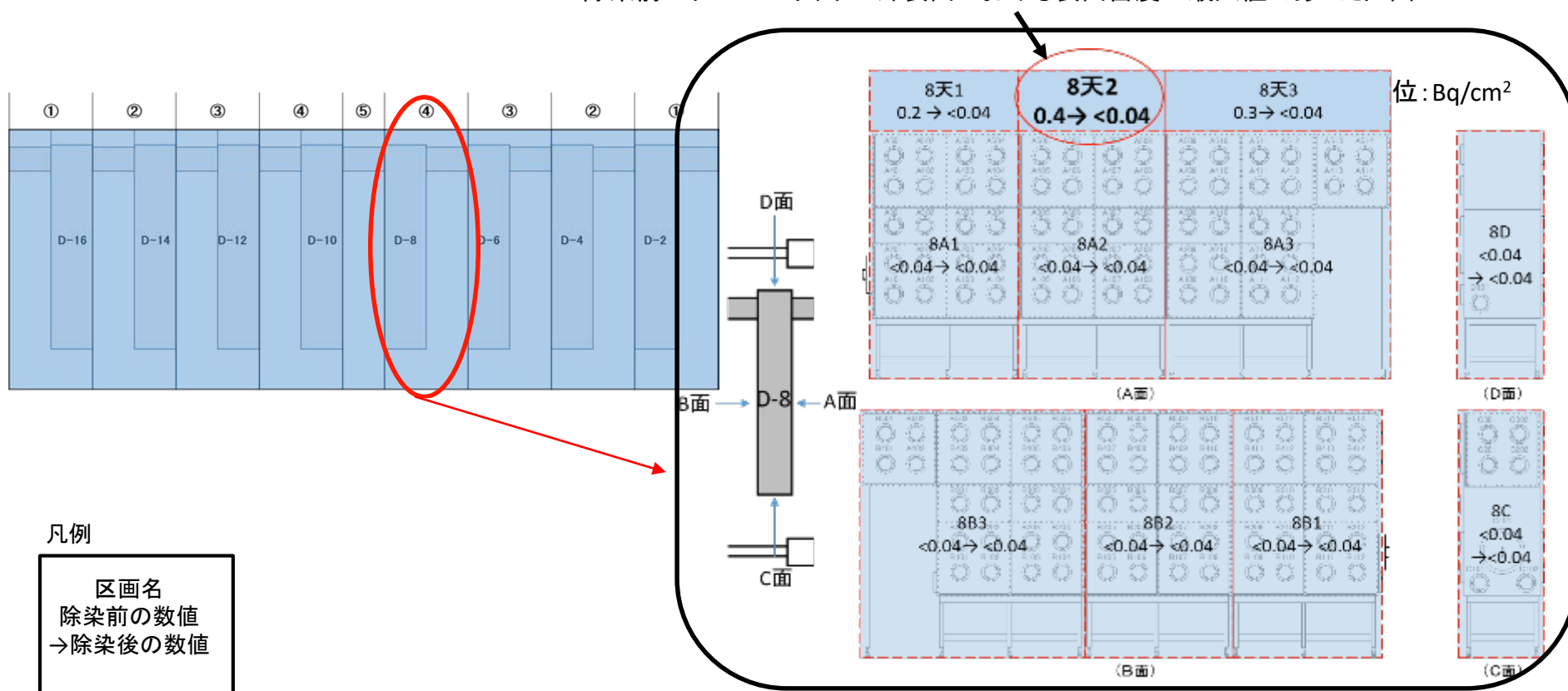
西壁

粉末調整室(A-103)の床面、天井及び壁の除染前後の表面密度

4. グローブボックス外表面の汚染検査・除染作業

- 粉末調整室(A-103)内の全てのグローブボックス外表面の除染作業の結果、全ての区画において管理目標値($0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$)以下であることを確認した。
- スミヤ法による汚染検査で検出下限値($0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$)を超える値が検出された区画については、ビニルシートで養生した。

除染前のグローブボックス外表面における表面密度の最大値であった区画



粉末調整室(A-103)のグローブボックス外表面の除染前後の表面密度

3.2 立入制限区域の解除及び解除後の管理

- 除染及びビニルシート養生による汚染固定後の粉末調整室(A-103)について、
- ① 放射線管理第1課員による汚染検査の結果、粉末調整室(A-103)内の表面密度が管理目標値 ($0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$)以下であること
 - ② α 線用空気モニタ(α -8、 α -10)及びエアスニファの除染が完了し、粉末調整室(A-103)の空气中放射性物質濃度を適切に測定する環境が整ったこと
 - ③ 粉末調整室(A-103)の空气中放射性物質濃度が、管理目標値 ($7 \times 10^{-8}\text{Bq}/\text{cm}^3$)以下であること

を確認したことから、立入制限区域の設定基準である。

- 表面密度が $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ を超え、又は超えるおそれがある場合
- 空气中放射性物質濃度が $7 \times 10^{-7}\text{Bq}/\text{cm}^3$ を超え、又は超えるおそれがある場合

という要件を解除できたと判断し、保安規定に定める手続きを経て、平成31年2月21日に立入制限区域を解除した。



粉末調整室(A-103)の状況

3.3 立入制限区域解除後の粉末調整室(A-103)の管理

- 粉末調整室(A-103)は、核燃料管理者の指示により、当該部屋への入室を自主的に制限し、点検等により入室が必要な場合は、念のため防護装備(全面マスク、シューズカバー等)を装着した上で入室することとした。
- 除染作業については、特殊放射線作業計画を立案し、適切な装備(全面マスク、タイベックスーツ、シューズカバー等)で実施している。除染作業において十分な除染ができない箇所については、塗料等で固定化するなどし、汚染マップにより管理する。また、制御盤類については、盤内部の汚染状況の調査を行ったうえで、除染を含めた措置方法を見直すこともある。なお、除染作業により、汚染が床等に移行する可能性も考えられるため、再度、粉末調整室(A-103)全体の除染作業を行う。
- 除染作業については、2019年6月末までに終了させる計画である。

除染作業スケジュール

作業項目	3月	4月	5月	6月
除染計画の立案及び作業計画の作成				
グローブボックス天板除染				
グローブボックス遮蔽体除染				
グローブボックス下部除染				
装置・盤類調査及び除染				
工程室天井・壁・床・グローブボックス除染				

4. 原因

4.1 汚染発生及び空気汚染への拡大の原因

ステンレス缶の一重目の樹脂製の袋の観察結果(参考資料-2参照)、作業員からの聞き取り及び作業場所における汚染状況(P14参照)により、本汚染事象は以下のように起きたものと考えられる。

- ステンレス缶表面が核燃料物質により汚れた状態でステンレス缶のバッグアウト作業が行われ、その過程で樹脂製の袋に穴が開いたことにより汚染が発生した。
- 樹脂製の袋の穴に気付かずにバッグアウト作業が継続されたとともに、バッグアウト作業後のステンレス缶一重梱包物表面の汚染検査が省略され、引き続き二重梱包作業が行われたことで汚染が拡大し、立入制限区域の設定を必要とする空気汚染に至った。

上記の事象発生原因を基に、バッグアウトしたステンレス缶表面が汚れていた原因、一重目の樹脂製の袋に穴が開いた原因及び汚染を拡大させた原因を考察し、対策を検討した。その対策は、5章に示す。

4.2 汚染物質の飛散量の評価

- 粉末調整室(A-103)等の汚染検査結果に基づき、不確かさが大きい情報については保守性を考慮して、汚染物質の飛散量を以下の通り評価した。

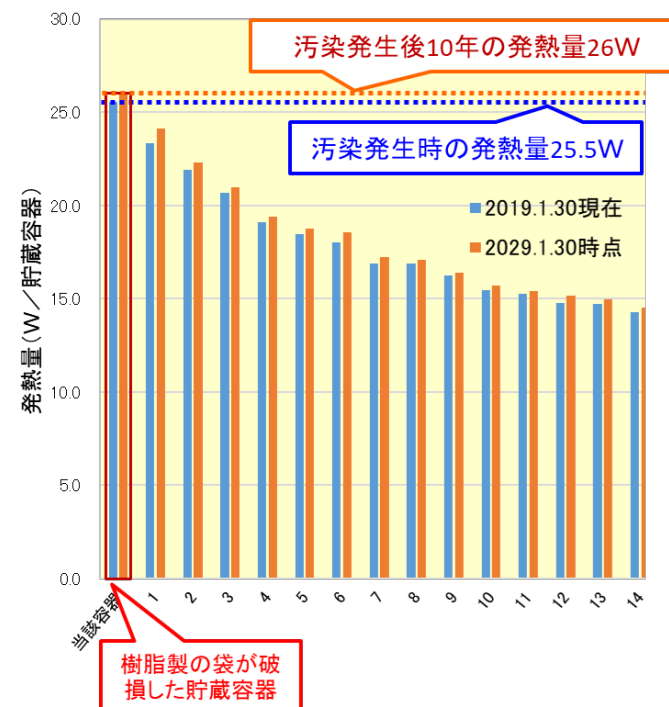
粉末調整室(A-103)における汚染物質の飛散量の評価結果

床、壁、天井、グローブボックス及び周囲の作業台等の表面汚染	床	1.1 MBq	除染前の測定エリア毎の汚染が当該エリアの2倍の面積(表面の凹凸を保守的に考慮)に均等に広がっていると想定
	壁・天井	0.5 MBq	
	グローブボックス	0.5 MBq	
	作業台等	0.1 MBq	局所的に表面汚染密度が高い場所の周囲1 m ² の範囲が同様に汚染していると想定
	計	2.2 MBq	
空気中放射性物質の量		0.6 MBq	放射線管理機器用の吸引口のろ紙の最大値の10倍が放射線管理機器の吸引口、グローブボックスの給気フィルタ、粉末調整室(A-103)の排気口へ移行したと想定
作業員の装備の汚染量		0.2 MBq	身体汚染が身体表面全体に広がっていると想定
計:汚染物質の飛散量		約3MBq(0.2mgPu相当)	

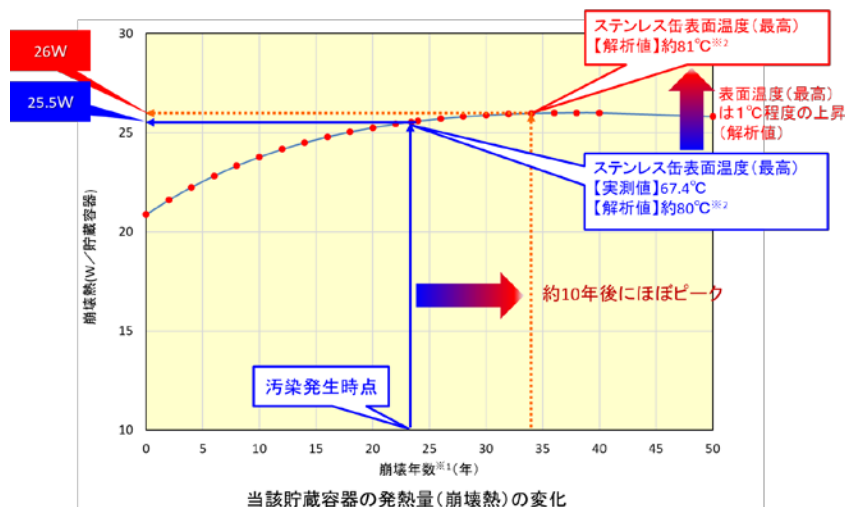
- ステンレス缶の表面をネルスミヤで拭き取り、非破壊分析装置で測定した。その結果より、付着していた汚染物質の量を約30 mgPuと評価した。(参考資料－5参照)
- これらの結果から、ステンレス缶表面全体に付着していた汚染物質の1 %弱程度が飛散したと推定した。

4.3 貯蔵容器の熱解析・評価

- ステンレス缶に充填された核燃料物質の発熱量は、貯蔵中の貯蔵容器で最も高く約25.5 Wであった。①
- この発熱量は、今後10年程度でピークの約26 Wになり、これに伴い、当該ステンレス缶の表面温度は、1 °C程度上昇すると評価された。②(参考資料-6参照)
- 貯蔵中の貯蔵容器から発熱量の高い4本選定し、貯蔵棚内での温度測定を実施した結果、最大で57 °Cであった。③
- これらの結果から、今後の貯蔵容器の貯蔵においては、樹脂製の袋の破損試験結果の範囲内であること確認した。

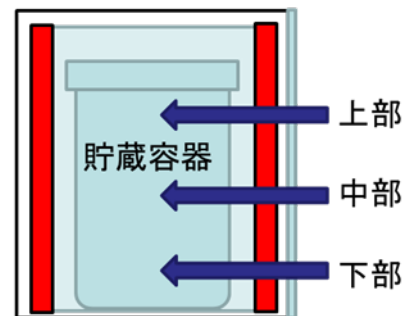


①貯蔵容器毎の発熱量



【測定方法】

樹脂製の袋二重梱包物(貯蔵容器)側面の上部、中部、下部の3個所に対して、接触式温度計で測定



核物質防護上の観点から■の箇所是非開示とする

No	測定結果(°C)			発熱量 (W)	酸化物 重量(g)	Pu量 (g)
	上部	中部	下部			
2	45	57	56	22.3	■	■
3	44	56	53	21.0		
4	48	55	50	19.4		
5	42	47	56	18.8		

※汚染発生時点(2019年1月30日)における発熱量

②当該貯蔵容器の発熱量(崩壊熱)の変化

③貯蔵中の貯蔵容器の温度測定結果

※1) 計算コードORIGEN2を使用して計算した核燃料物質の分析日からの経過年数

※2) 汎用熱流体解析コードANSYS Fluentを使用した、自然対流(グローブボックス内雰囲気の流れ未考慮)を想定した定常状態の熱解析結果

5. 対 策

5.1 バッグアウトした貯蔵容器表面が汚れていたことに対する対策

核燃料物質により汚れたグローブボックスで貯蔵容器（ステンレス缶）を取り扱い、その表面の拭き取り作業を行わず表面が汚れた状態でバッグアウト作業を行ったことに対して、以下の対策を講じる。

- ① 貯蔵容器のバッグアウトは、**汚れが少ないグローブボックスで実施**する。また、当該グローブボックスの汚れを少ない状態に維持するために、**グローブボックス内の清掃又は養生を実施**する。
- ② やむを得ず、核燃料物質により**汚れたグローブボックスでバッグアウトを行う場合は、グローブボックス内のバッグアウトエリアの養生又は汚れを落とした上で作業を実施**する。
- ③ バッグアウト時の**貯蔵容器表面の拭き取りを必ず実施**する。

5.2 樹脂製の袋の梱包物に穴が開いたことに対する対策

樹脂製の袋に穴が開いたことについては、明確に原因を特定することはできなかった。しかし、試験による穴の形状の類似性などから、バッグアウト中にステンレス缶を動かす過程で、熱溶着装置のヘッド部先端に梱包物を接触させたことにより樹脂製の袋に穴を開けたものと推定される。よって、以下の対策を講じる。

- ① バッグアウト作業において、梱包物が突起物等と接触しないように、**熱溶着装置のヘッド部先端及び作業台の養生並びに作業台に突起物を置かないことを徹底する。**
- ② バッグアウト作業では、**むやみに梱包物を動かなさうように手順を見直す。**

5.3 汚染を拡大させたことに対する対策

ステンレス缶一重梱包物表面の十分な外観検査を実施しなかったこと、ステンレス缶の温度を通常と異なる状態と感じたにも関わらず核燃料管理者に連絡しなかったこと、汚染検査を省略したことに対して、以下の対策を講じる。

- ① バッグアウト対象物の**外観検査のタイミング**を手順書で明確にする。
- ② 作業中に通常と異なる状態が認められた場合には、作業を一旦停止し、一人で判断せずに**核燃料管理者に連絡すること及び作業手順のホールドポイント遵守を徹底すること**を教育する。
- ③ 当日の作業において留意すべき事項（発熱量・温度等）について、現場作業員が確実に理解するように、**作業前のミーティングでの確認項目を改善**する。
- ④ 樹脂製の袋に対する**熱の影響に関する教育**を行う。
- ⑤ 常に、樹脂製の袋の損傷による汚染が発生しうるリスクがあることを考慮し、汚染を拡大させない措置として、**局所的に汚染をとどめるための措置を検討**する（例えば、局所排気装置の使用）。

6. 更なる改善事項の抽出 及びその対策

- 汚染発生事象に関しては、その原因を特定し、直接的な原因に対する再発防止対策を策定した。
- 更なる安全性の向上を図るために、汚染発生までの作業の流れと行動及び汚染発生から管理区域退出までの行動についての評価を、客観的な視点も加え実施している。
- 更なる改善事項の抽出に関しては、以下の二つの行動に分けて評価を行っている。
 - 汚染発生までの作業の流れとその行動
 - 汚染発生から管理区域退域までの行動

5.2 汚染発生までの作業の流れとその行動(1/4)

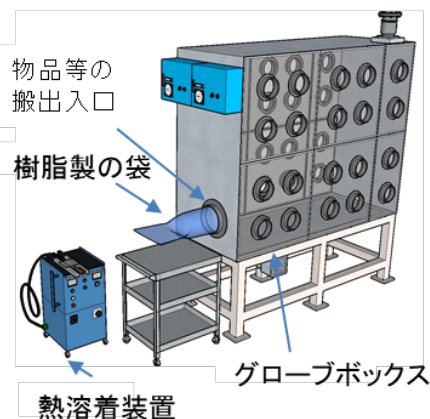
(検証作業中)

【バッグアウト作業】

現在までに確認されている状況と改善が必要な事項	改善の方針
(1) 貯蔵容器のバッグアウト作業中に樹脂製の袋が破れた際に、速やかに予備の樹脂製の袋と交換用のバングを取り付ける必要があるが、マニュアルに記載されておらず、準備されていなかった。 (2) バッグアウト作業中に用いる作業台上の養生(エアキャップ四重及び厚さ3 mmのゴム板)や作業台の縁部及び角部の養生は、樹脂製の袋の損傷に対して更なる改善の余地がある。 (3) バッグアウト作業において樹脂製の袋に入った貯蔵容器がグローブボックス外に引き出された際に、樹脂製の袋の外観点検や汚染検査を行うことがマニュアルに明記されておらず、外観点検や汚染検査が行われずに汚染拡大につながる樹脂製の袋の損傷を見落とすおそれがある。 (4) 通常と異なると感じたら核燃料管理者に連絡することになっていたにもかかわらず、作業を継続してしまったことで、広範囲な空気汚染に至ってしまった。 (5) バッグアウト作業の重要なホールドポイントである汚染検査及び外観点検が、ステンレス缶のバッグアウト作業において遵守されなかったことで、広範囲な空気汚染に至ってしまった。	・予備の樹脂製の袋と交換用のバングを準備することをマニュアルに明記する。 ・作業台の養生方法を、より効果的なものに見直す。 ・樹脂製の袋の汚染の早期発見、汚染の拡大防止等の観点から、ホールドポイントの設定を含め、マニュアルを見直す。 ・貯蔵容器の温度の情報など、現場の安全確保のために必要な情報を適切に伝達できるように、情報伝達方法・教育方法を見直す。 ・マニュアルに記載されている記載事項やホールドポイントを徹底するために、作業指示方法を見直すとともに、効果的な教育・訓練方法を検討する。

(検証作業中)

【バッグアウト作業の改善案】

 : ホールドポイント


従来の手順		改善案の従来の手順との比較	
樹脂製の袋の汚染検査・外観確認を行う。		同左	
必要に応じてステンレス缶表面のふき取りを行う。		ステンレス缶表面のふき取りを 必ず 行う。	
樹脂製の袋を介してステンレス缶をつかみ、引き出し、傷の有無を確認する。	樹脂製の袋 	シワを伸ばす前は外観を十分確認できないため削除	—
樹脂製の袋の中でステンレス缶の向きを90度変え、シワを伸ばす。		同左	
—	—	樹脂製の袋の中が負圧状態でなくなる前に 袋全体の 外観確認及び 汚染検査 を行う。	
熱溶着装置により3列熱溶着(半分)する。	熱溶着装置ヘッド 熱溶着線 	同左	
ステンレス缶を反転させる。		反転操作を原則行わない。	—
熱溶着装置により3列熱溶着(残り半分)する。		熱溶着装置を移動させ、反対側の熱溶着を行う。	
ステンレス缶を反転させる。		反転操作不要	—
熱溶着部の汚染検査を行う。		同左	
3列熱溶着したうち、真ん中の熱溶着部の中央をハサミで切断する。		同左	
切り口に赤色布テープを貼り、赤色布テープ部及びバッグアウト物品の汚染検査を行う。		同左及び 外観確認 を行う。	

5.2 汚染発生までの作業の流れとその行動(3/4)

(検証作業中)

【バッグアウト作業に類似する作業】

現在までに確認されている状況と改善が必要な事項	改善の方針
(1)グローブボックスD-8の搬出入ポートに取り付けられた樹脂製の袋を新しい樹脂製の袋に交換する作業において、取り付けられた樹脂製の袋の端を折り返すことで露出するポート表面の汚染に対し、汚染拡大防止措置が講じられていなかった。	・樹脂製の袋の交換に伴い露出する搬出入ポート表面の汚染の拡大防止措置を検討する。
(2)バッグイン作業においてグローブボックス内で樹脂製の袋をハサミで切断する際、樹脂製の袋の弛みなどにより視認性が悪くなり、誤った場所の切断により樹脂製の袋を損傷し汚染を拡大するおそれがある。	・樹脂製の袋の損傷の防止、汚染時の汚染拡大防止の観点から、ホールドポイントの設定を含めマニュアルを見直す。

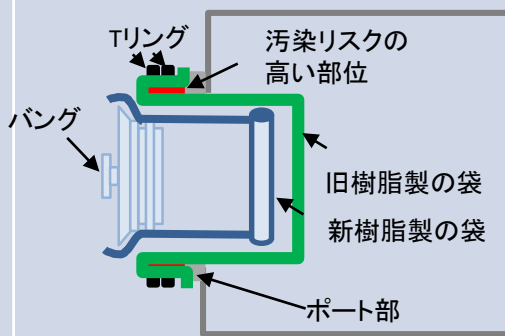
【作業管理体制等】

現在までに確認されている状況と改善が必要な事項	改善の方針
(1)現場責任者がグローブ作業を行っていたため、ホールドポイントとしている汚染検査の実施が省略されていることに気付かなかった。	・請負作業に係る職員の指導方法を見直すとともに、現場の作業管理が徹底できるように現場の作業体制を見直す。

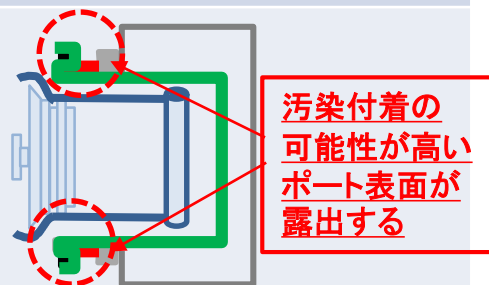
【バッグ交換作業の改善案】

作業の流れ(主要な事項を抽出)

新しい樹脂製の袋を装着した
バングを搬出入用ポートに装着
する。

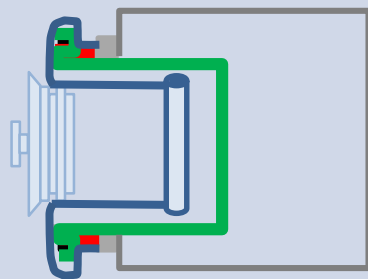


Tリングを1本はずし、旧樹脂製
の袋の端を作業側側に静かに
折り返す。



新しい樹脂製の袋をポートの根
本までかぶせる。

旧樹脂製の袋の折り返した部
分が戻らないように慎重に行い、
片手で押さえながら被せる。



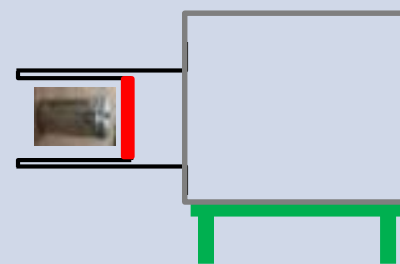
【改善案】

集塵装置の導入等の汚染拡大防止策を検討する。

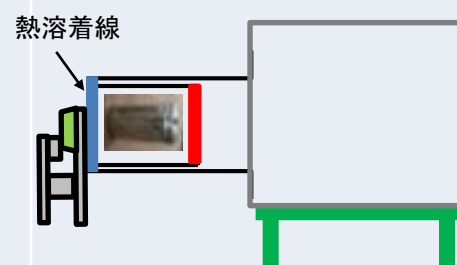
【バッグイン作業の改善案】

作業の流れ(主要な事項を抽出)

樹脂製の袋を折り返し、
物品を挿入する。

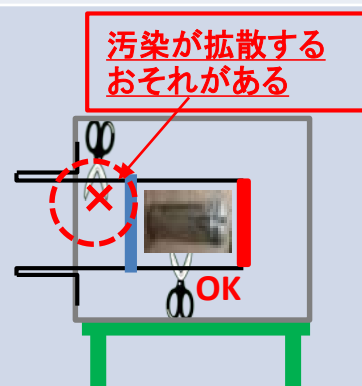


折り返しの端から1~2
cmの部分を熱溶着する。



搬入物品をグローブボッ
クス内に引き入れ、物品
が挿入してある側の樹脂
製の袋をハサミで切り、搬
入物品を取り出す。

開放側の樹脂製の袋を切
らないよう熱溶着部から
3cm位離れたところから
切り離す。



【改善案】

切断前の注意事項を明確にする。

5.3 汚染発生から管理区域退域までの行動(1/5)

(検証作業中)

【警報発生時の退避指示の状況及び作業員の行動(作業員)】

現在までに確認されている状況と改善が必要な事項	改善の方針
(1) 両手に汚染が検出されていなかった廃止措置技術開発課作業員Fは連絡を担当したが、廃止措置技術開発課チームリーダー及び放射線管理第1課チームリーダー等から、PHSやジェスチャーにより、当該部屋から炉室(A-102)へ退出するよう指示を受けたが、汚染源から離れば良いのか、可能であれば炉室(A-102)へ退出すれば良いのか指示内容が良く分からなかった。作業員Fは、その近傍にいた作業責任者を含む同室作業員にもPHSによる会話の内容が聞こえていると思い込んでいたが、実際には聞こえておらず指示内容が伝わらなかった。 (2) 廃止措置技術開発課作業員A、D、E及びFは、身体汚染の状況から汚染の拡大を心配し、炉室(A-102)への退出を躊躇し、簡易的な汚染固定を優先した。また、作業員B及びCは、他の作業員と行動を共にしようと考えたため退出が遅れた。このため、炉室(A-102)の養生作業終了後に作業員9名全員が粉末調整室(A-103)を退出した。	(1) ・事故時の情報伝達について検討する。(ページング、館内放送等の活用も視野に緊急時の指示の在り方について検討する。) (2) ・ガイドラインに「基本的考え方」として示された内容を手順書に明確に記載する。 ・緊急時に適切な行動(汚染固定措置等)が行えるようにガイドラインそのものを見直す。 ・内部被ばくの防止が最優先であることについて教育を行う。 ・各職位の役割を再認識させ、汚染事象発生時の適切な行動を徹底させる。

5.3 汚染発生から管理区域退域までの行動(2/5)

(検証作業中)

【警報発生後の放射線管理員の初動対応】

現在までに確認されている改善が必要な事項	改善の方針
- 現場指揮所にいた放射線管理第1課長は、事象発生の直後から放射線状況などの情報収集及び現場指揮所内への状況報告を行っていたが、現場の状況などの情報が少なく、汚染した作業員の数や汚染状況の把握ができなかったため、汚染検査等を行う放管員の防護装備の確認・指示ができるようになるまでに、時間を要した。 - 汚染した作業員の人数が多かったため、養生及び防護装備の準備並びに着装が遅れた。 - 放管員が実施した炉室(A-102)のビニールでの床養生の範囲が退避後の作業員9名が待機するには狭かったにもかかわらず、追加で養生をする、床汚染は許容して広い場所での待機を指示する等の対応をせず、作業員を狭い場所に待機させたことから、クロスコンタミネーションが起こった可能性がある。	- 現場と放管、現場指揮所の情報伝達手段を見直す。 - 現場の放管員が主体的かつ速やかに現場状況の把握、状況に応じた養生や防護資機材の準備、防護設備の装着ができるように、手順を見直すとともに教育・訓練等を見直す。 - 各職位の役割を再認識させ、汚染事象発生時の適切な行動を徹底させる。 - 複数者で同時に汚染が発生した場合に備え非常時用防護装備の放射線管理室内での保管数量を増やすとともに、このような場合を想定した備えの重要性に対する意識を放管部署の管理者・放管員が持つように教育・訓練の内容等を見直す。 - 作業員間のクロスコンタミネーションの防止措置を検討し、養生の考え方、方法に関して手順書を見直す。

5.3 汚染発生から管理区域退域までの行動(3/5)

(検証作業中)

【身体汚染検査①】

現在までに確認されている改善が必要な事項	改善の方針
• 作業衣の脱装や汚染固定の方法を決めるための迅速かつ定性的な測定を実施したが、その目的に合った測定方法が「身体汚染時の対応手順書」等に記載されていなかった。 • ガイドラインにはマスクが汚染した場合に交換することは記載されていたが、作業衣の脱装とマスク交換の前後関係については記載がなかった。 • 身体汚染検査での測定において、ガイドライン及び放射線管理第1課「身体汚染時の対応手順書」で規定されている方法（直接法における測定距離、間接法の併用）が徹底されなかった。 • 放管員が身体汚染検査を行った仕上室(A-101)は、作業衣の脱装などによるクロスコンタミネーションのおそれがある環境であった。	• 身体汚染検査の目的による測定の注意点（測定距離、間接法の併用要否等）及び汚染状況による脱装時のマスクの取扱いの相違等、状況別の適用原則を手順書等に明文化するとともに、測定者がそれを適切に理解し実施できるようにする。 • 最終の身体汚染検査を実施する場所の選定の基準を手順書に明記する。

5.3 汚染発生から管理区域退域までの行動(4/5)

(検証作業中)

【身体汚染検査②】

現在までに確認されている改善が必要な事項	改善の方針
- グリーンハウスで実施した身体汚染検査において、検出下限値を超える値が検出された部位について、α線スペクトルの測定による確認をせずにラドン・トロンの子孫核種による偽計数と判断した。 - 身体汚染検査での検出下限値未満の結果をもって皮膚汚染がないと判断し、念のためのシャワーや拭き取り等の処置は行わなかった。	- 検出下限値を超える計数について、自然放射線核種の影響によるものと判断する場合は、測定によるエビデンスをもって判断することを原則とする(判断を急ぐ場合は試料採取のみでも可であることなどを含む)ことを手順書に明記する。 - 汚染状況に応じた追加的な除染措置の必要性を検討し、手順書の見直しを行う。

5.3 汚染発生から管理区域退域までの行動(4/5)

(検証作業中)

【身体汚染検査③】

現在までに確認されている改善が必要な事項	改善の方針
• 複数回の身体汚染検査の結果から皮膚汚染なしと判断したが、記録が作成されていない検査があった。 • 身体汚染検査の記録を作成する際に使用したメモは、少なくとも事象に係る対応が完了するまではエビデンスとして保管することが望ましいが、メモの取扱いに関する規定はなかったことから、廃棄した。 • 鼻スミヤ試料を「身体汚染時の対応手順書」に従い適切に保管せず、従来の運用上の解釈に従い廃棄した。	• 結果が検出下限値未満であった場合も含め、身体汚染検査・鼻腔汚染検査に係る試料、記録、メモの取扱いに関する考え方を整理し、手順書に明記する。特に身体汚染検査については、複数回実施する場合の適切な記録の在り方を盛り込む。
• 身体の広範囲に皮膚汚染のおそれがある事象が発生した場合に、脱装終了後、放射線管理室などの適切な場所で皮膚汚染のないことの最終的な確認プロセス(信頼性の高い身体汚染検査を含む。)を設けるべきだった。 • 放射線管理の目的で行う測定は、測定値の読取りから記録の作成・保管、測定試料の適切な保管・廃棄までの一連のプロセスが、すべて整えられて完了するものであるとのことへの認識が十分に浸透していなかった	• 現用の手順書の規定及びこれまでに実施した訓練での想定・シナリオと、今回の事象の状況(汚染の範囲や対象者数など)を比較し、汚染の状況に応じた適切な対応、信頼性の高い身体汚染検査が実施できるよう見直しを行う。 • 放射線管理員に対し、業務における測定プロセスに対する高い認識を継続的に浸透させるための仕組み(教育・訓練を含む)を検討し、運用する。

7. 大洗研究開発センター燃料研究棟における汚染事故を踏まえたプルトニウム燃料技術開発センターにおける予防処置活動と本事象における検証

核燃料物質の管理

【燃料研究棟事故を受けた主な対策】

核燃料物質の安全・安定貯蔵のため、貯蔵・管理に関する基準の改善

核燃料物質の貯蔵に関する必要な情報の整理・明確化と記録保存の管理を改善

【Puセンターの取り組み】

- ・核燃料物質貯蔵の際の有機物除去のための熱処理、貯蔵容器及びその外側の樹脂製の袋の定期点検はルール化し実施
- ・樹脂製の袋は、点検での異常の他、貯蔵物の熱発生量に応じた交換期限を定めて管理
- ・元々貯蔵容器は金属製であるが、金属製容器の使用等を現場の基準に記載(H30.2)
- ・従前より組成や性状情報は管理
- ・使用履歴等も管理するよう現場の基準を改訂(H30.2)

【Pu-2の事象の分析】

核燃料物質の管理は適切に行われていることを確認。今回事象が発生したステンレス缶について、バッグイン時に樹脂製の袋の膨れは観察されていない。*

※ Pu-2の事象は、交換した新しい1重目の樹脂製の袋に貫通孔が生じたものであり、長期保存のガス発生により樹脂製の袋が破裂したのではない。

核燃料物質の組成・崩壊熱等の記録は管理され、貯蔵容器の点検記録も保存されていることを確認

教育
作業計画・管理

教育の徹底

今回の事故の原因と対策に関する教育

- ・燃料研究棟の事故原因について、業務請負作業者も含めて教育を実施(H30.3)

作業者への燃研棟事故の教育は実施されていることを確認

作業計画の作成方法見直し
取り扱う物質が不明瞭、安全が確認できない場合等の、リスク管理を考慮した基本的考え方を策定

- ・樹脂製の袋の交換は、従来よりグローブボックス内で実施
- ・グローブボックスの物品の出し入れ(バッグイン/バッグアウト)の方法は要領に記載

定常作業で共通要領も整備されており、事前のリスクも検討されていることを確認

ホールドポイントの明確化

手順と異なる事象が発生した場合や異常の兆候を確認した場合の作業停止を作業計画に含む

- ・樹脂製の袋の交換は、グローブボックスを用いてバッグイン/バッグアウトによって行うが、その方法・ホールドポイントは要領に記載

ホールドポイントとしてバッグアウト時の汚染検査を定めていることを確認。しかし、以下の事項について徹底が足りなかったと評価

- ・通常と異なる状態を認知した際に作業を一旦停止し、ルールに基づく核燃料管理者への連絡
- ・ホールドポイントである汚染検査の実施

汚染発生への対応

除染用洗浄設備の点検、管理要領の見直し

身体除染の方法や測定方法に関する手順の明確化

- ・従来よりグリーンハウス(GH)資機材を準備。
- ・従来より半面マスクのマスクメンテナンス、着用時確認を実施。呼吸保護具の点検もルール化して実施。
- ・短時間で設営できるGHを開発・準備(H29.11)
- ・大規模汚染を想定した訓練実施(H30.6)
- ・温水シャワー整備、点検をルール化(H30.3)
- ・頭部除染用の廃液タンク付の流し等を配備(H30.3)
- ・身体除染方法をマニュアルに追記(H30.3)
- ・電動ファン付き半面マスクの導入。(H30.7)
- ・バッグイン/バッグアウト作業等の同室作業者の半面マスク着用をルール化。(H29.12)

新たなルール、防護具や資機材を整備済みであり、訓練も定期的実施していることを確認

- ・汚染管理GH設置は適切。
- ・適切な呼吸保護具の装着、身体への汚染拡大防止の措置により内部被ばく、皮膚汚染等を防止できた。

なお、今回の事象において除染作業、シャワー設備の使用はなかった。

部屋からの退回はマニュアルに従い行っていることを確認したもの、内部被ばくの可能性がある場合の行動の原則についての明確化や、作業者の退出過程での記録方法の明確化するなど、さらなる改善が可能であると評価

検証の結果、燃研棟事故の予防処置は記録等で確認できたものの、作業手順の見直し等、さらなる対策を講じる必要があると評価

(1) ホールドポイント

目的：汚染拡大を防止するため、重要なポイントで立ち止まり確認することを徹底する

ホールドポイント等の遵守、現場責任者の作業管理

問題点	対策
✓ 貯蔵容器の温度が高いことなど、通常と異なる状態を認知したものの作業員間で共有せず、樹脂製の袋の溶着部・手部の汚染検査で異常がないことから、核燃料管理者に連絡しないまま樹脂製の袋の表面の汚染検査をせずに次の作業に移行した。 ✓ 現場責任者はグローブボックス作業をしており、汚染検査の省略を確認し、次の作業への移行を止められる状況になかった。 (作業管理を行う上で適切な作業体制とはなっていなかった。)	✓ 通常と異なる状態を認知した際、作業を一旦停止しその内容について作業員間で共有するとともに、ルールに基づき核燃料管理者に連絡することを再徹底する。 ✓ 現場責任者が作業管理を適切に行えるよう作業計画を立案し、現場責任者は、作業を確認できるような位置で、ホールドポイント等での確認が確実に実施されるよう作業管理を行う。 ✓ 作業における温度管理、作業員への注意喚起等について検討する。



汚染拡大や内部被ばくを防止するため、指揮者(現場責任者、サーベイ指揮者)が何をすべきだったかを含め、今回の汚染をテーマに各職場で事例研究を実施する。

(2) 身体除染の方法や測定方法(1/2)

目的：作業員の内部被ばくを防止するため、速やかな退避、除染等の措置や身体汚染時の測定・記録を適切に行う

① 基本原則の徹底不足(発災場所と管理者・現場指揮所等のコミュニケーション)

問題点	対策
✓ 作業員4名の手に高い汚染が確認され、外との連絡が十分取れなかった。また、管理者・現場指揮所には、現場の状況が十分伝わらず、速やかに退避する旨の指示を伝えられなかった。 ✓ 基本動作マニュアルには、機構のガイドラインの基本的な考え方(内部被ばく防止を汚染拡大より優先、内部被ばくのおそれのある場合の汚染拡大の許容)は必ずしも明示されていない。 ✓ PHSでの連絡、廊下の窓から声と身振りで退出を指示したが、作業員全員には退出の意図、汚染拡大よりも退出を優先してよいとの強い指示が伝わらなかった。 ✓ 退出指示のためページング又は館内放送を使用しなかった。	✓ 空気汚染により内部被ばくの可能性がある場合の行動について、機構のガイドラインで示している退出にあたっての基本的な考え方を再徹底する。 ✓ 事故時の状況把握や退避指示の伝達について検討する。 (例: ページング、館内放送等の活用も視野に、緊急時の指示のあり方について検討する。)

② 放管員の準備(全面マスク・タイベックスーツ)開始の遅れ

問題点	対策
✓ 現場指揮所での情報収集により、警報吹鳴の約1時間後に装備の指示が出された。 ✓ 多くの対応要員が必要となったため、準備していた資機材では足りず、追加資材の準備に若干時間を要した。 ✓ 退避場所(A-102)の養生の範囲が狭く、退出・待機の間クロスコンタミネーションが起こった可能性が高い。 → 資機材整備、定期的な訓練などの対策を講じてきたが、汚染発生状況に応じた対応の観点から、訓練が十分実践的なものになっていなかった。	✓ 退避を伴う場合に、その時点で必要な装備の準備を進めるよう改善する。 ✓ 退出時の適切な養生方法を検討する。 ✓ 汚染の状況に応じた対応要員配置・役割確認、速やかな資機材の準備、養生・グリーンハウス等の場所や方法を確認し、事故対応に活かせるよう、より実践的な訓練を検討し実施する。

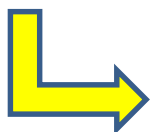
(2) 身体除染の方法や測定方法(2/2)

③脱装順序、汚染検査の方法、詳細な汚染検査の場所の設定がガイドラインと比較して不十分

問題点	対策
顔等の汚染検査の方法が不十分であった(凹凸のある部分の間接法による測定等より詳細な測定が不十分)。	呼吸保護具面体の接顔部や内側の狭隘部等の間接測定法による測定を徹底する。
脱装場所と同一の場所で詳細な汚染検査を実施していた。	最終の汚染検査は、装備の脱装場所ではなく、汚染の可能性のない場所を実施することを徹底する。
最初の1名は、脱装後に頭部の汚染検査をした上で半面マスクを全面マスクに交換したが、2人目以降は、2重目の作業衣着用による汚染飛散防止措置を講じた上で、最初に半面マスクから全面マスクへの交換を行った。	装備の脱装場所や防護装備を外す順番等、内部被ばくの可能性のある場合の処置について再検討する。
グリーンハウスで実施した汚染検査において腕の一部に有意な検出が認められたものの、 α 線スペクトルによる確認をせず、偽計数と判断した。	身体汚染検査の最終的な測定において、万一、有意な検出を認めた場合の措置について、客観的な判断を行うための手順を明確にする(α スペクトルによる定性分析等、確認方法の明確化)

④記録の作成方法に関する事項

問題点	対策
記録者から受け取った汚染状況のメモを記録用紙に転記した後、記録者に記載内容を確認しなかった。	原則として記録者が要領書などに基づく記録を作成することを徹底する。
鼻スミヤ試料は、手順書では指示があった場合に廃棄することになっているが、従来から有意な検出がない鼻スミヤの試料は廃棄するよう運用していた。今回の試料も従来の運用に従い廃棄した。	記録を作成するにあたって用いた試料は、事故・トラブル等の対応が完了するまで保管することを明確化する。



汚染の状況に応じた事故対応に活かせるよう、緊急時に各立場の者が実施すべき事項を意識した、より実践的な訓練を検討し、実施する。

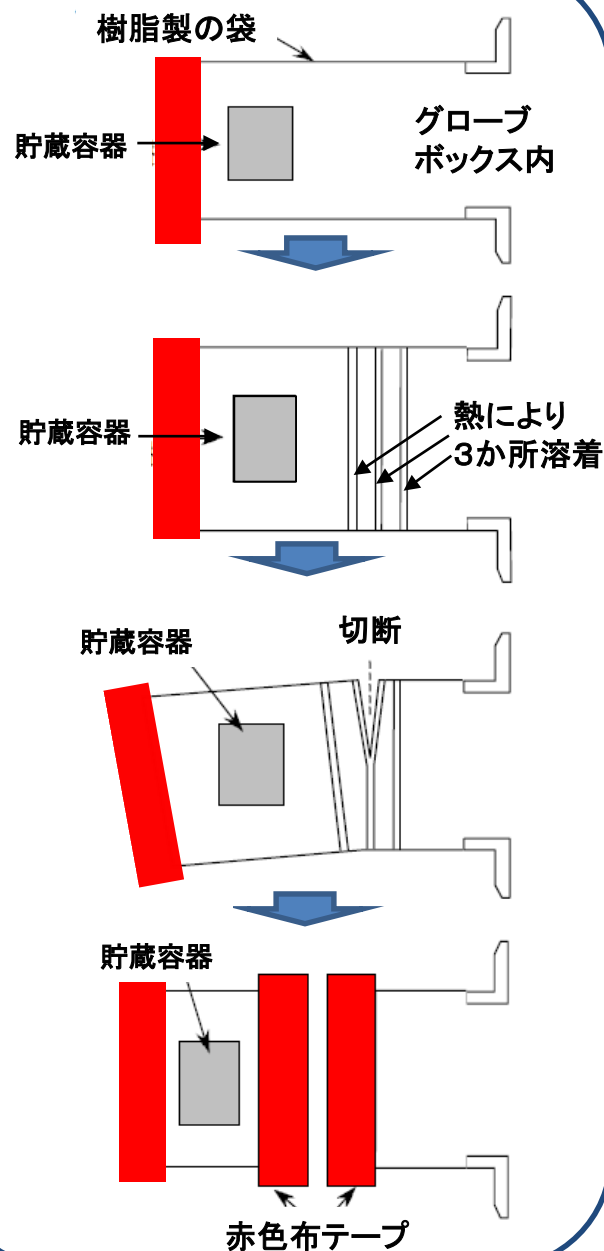
8. 今後の対応

- 平成31年1月30日の事象発生後、事象発生に至る原因の究明及び現場復旧等に取り組んできている。
- 本汚染事象に関しては、調査結果を基に発生原因を推定し、原因に対する再発防止対策を策定した。
- 現場復旧として、粉末調整室(A-103)の汚染検査、除染作業を進め、平成31年2月21日に保安規定に基づく立入制限区域を解除した。
- 粉末調整室(A-103)は、一部ビニルシートで養生している部分も存在しており、特殊放射線作業計画を立案し、2019年6月中旬までに終了させることを目標に除染作業を実施している。
- 更なる安全性の向上を図るために、引き続き行動評価を実施し、改善事項の抽出、対策の追加検討を行っていく。

- 本事象の発生原因、現在までに抽出された更なる改善事項及び燃料研究棟における汚染事故を踏まえた本事象における検証において、人的要因が多く抽出されている。
- 今後、人的要因による間違いを無くしていくためには、教育・訓練を充実させる必要がある。
- 教育・訓練に当たっては、目標達成のために適切な目的を持って実践的な教育・訓練を計画するとともに、目的を理解し意識をもって参加しなければ、教育・訓練の本当の目標は達成されないことを念頭に、再発防止対策の柱の一つとして、今後の教育・訓練の在り方について検討を進める。
- 更に、作業計画立案やKY・TBMに関しても、汚染発生時の対応の観点で適切に実施出来るように対応の検討を進める。
- これらの検討結果については、第3報として取りまとめ平成31年3月末日までに報告する予定である。

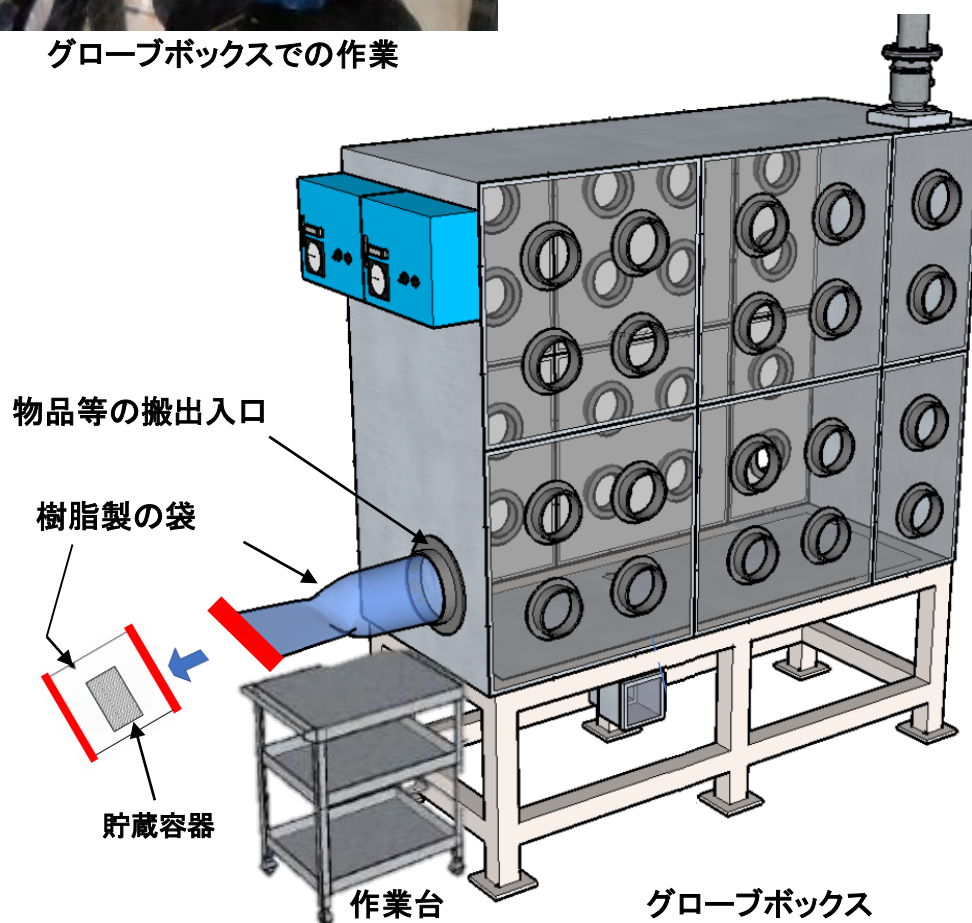
- 参考資料- 1:貯蔵容器のバッグアウト作業イメージ
- 参考資料- 2:ステンレス缶の一重目の樹脂製の袋の観察結果
- 参考資料- 3:樹脂製の袋の再現模擬試験
- 参考資料- 4:樹脂製の袋に対する熱及び錆の影響
- 参考資料- 5:ステンレス缶表面に付着していた汚染物質の量の評価
- 参考資料- 6:貯蔵容器の熱解析・評価
- 参考資料- 7:各職務の役割に対する実施状況の検証

グローブボックスからの搬出



グローブボックスでの作業

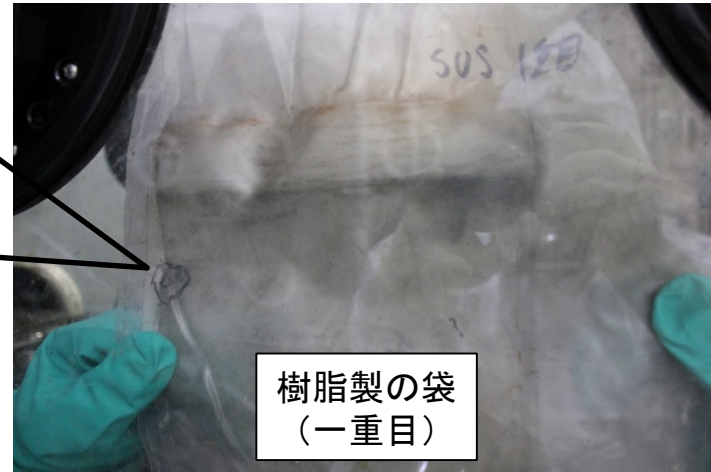
「グローブボックス」とは、核燃料物質をボックス内に閉じ込めて作業する設備。ボックス内の作業を左図のように手袋を介して行う。



ステンレス缶の一重目の樹脂製の袋の観察結果

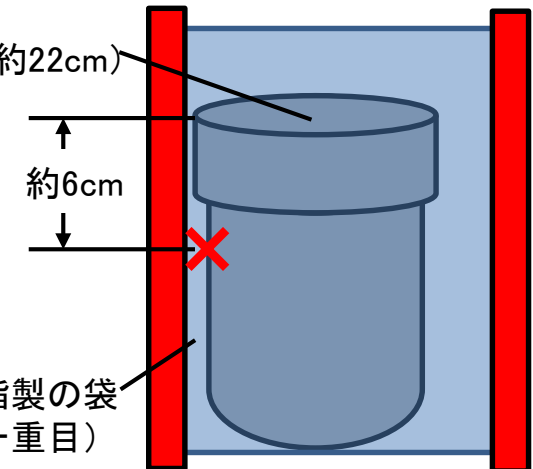


直径約5mmの穴を確認
拡大図(撮影日:2月6日)

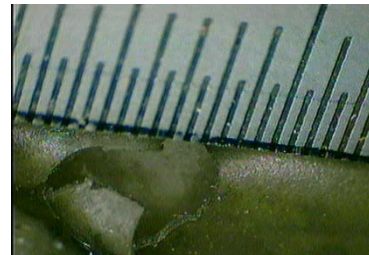


樹脂製の袋
(一重目)

ステンレス缶
(直径:約φ11cm、高さ:約22cm)



樹脂製の袋
(一重目)



別角度から撮影した穴

当日の状況を再現して、樹脂製の袋に熱溶着装置ヘッド部を接触させる試験を行い、汚染事象が発生した樹脂製の袋の穴と比較した。

試験体イメージ

ステンレス缶の重量、温度(約70℃)を模擬

熱溶着部を赤色布テープで養生

ステンレス缶

樹脂製の袋
(一重目)

梱包物

接触対象物



熱溶着装置ヘッド部



サーベイメータヘッド部



ハサミ



作業台

先端部(上)



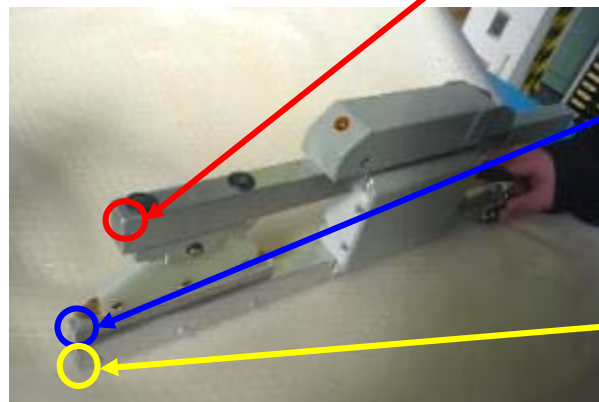
先端部(中)



先端部(下)



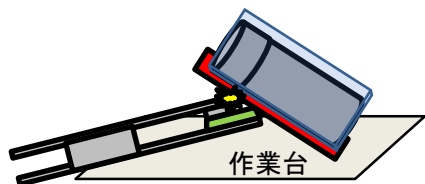
粉末調整室(A-103)で使用していた作業台



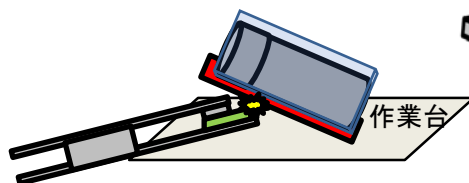
試験に使用した熱溶着装置ヘッド部

(当時使用していたものと同じタイプ)

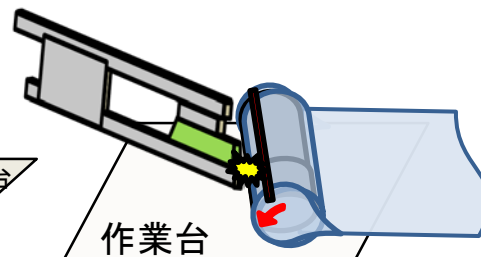
試験パターン



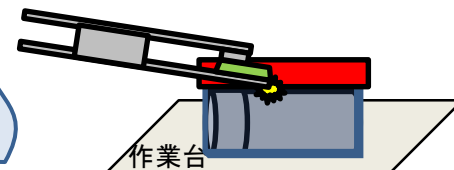
パターン1-1
梱包物を熱溶着装置
ヘッド先端部(上)に接触



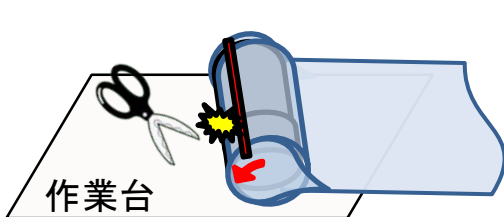
パターン1-2
梱包物を熱溶着装置
ヘッド先端部(中)に接触



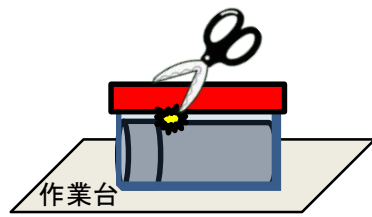
パターン1-3
梱包物を熱溶着装置
ヘッド先端部(中)に接触



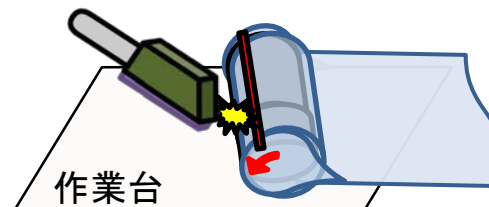
パターン1-4
熱溶着装置ヘッド部の
先端部(下)を梱包物に接触



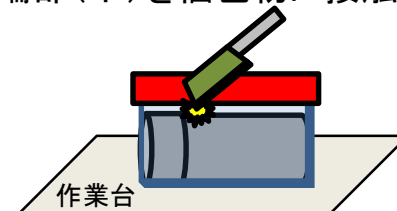
パターン2-1
梱包物をハサミに接触



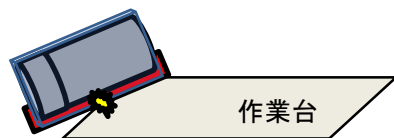
パターン2-2
ハサミを梱包物に接触



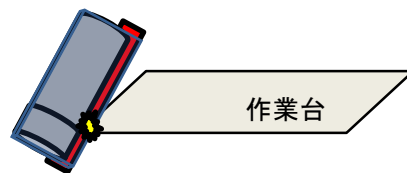
パターン3-1
梱包物をサーバイメータ
ヘッド部に接触



パターン3-2
サーバイメータヘッド部の
先端角部を梱包物に接触



パターン4-1 写真参照
梱包物を作業台端部
に接触

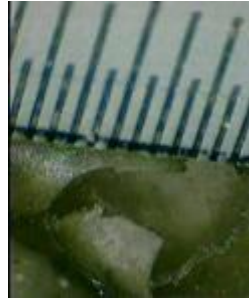


パターン4-2
梱包物を作業台角部
に接触

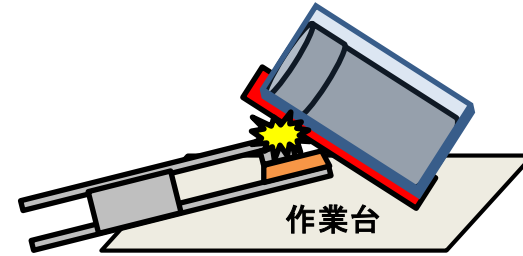
・パターン1-3、2-1及び3-1の試験では、ステンレス缶が樹脂製の袋に包まれた状態もしくは梱包物の状態で、転がすように押し当てた。

樹脂製の袋の再現模擬試験(3/3)

汚染事象が発生した樹脂製の袋の穴(約5mm)



熱溶着装置先端部との接触試験結果(1)



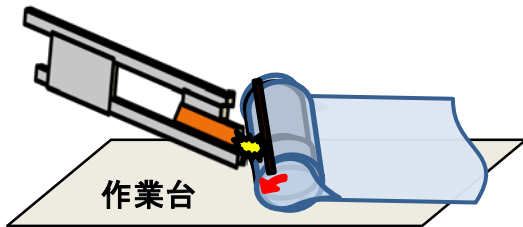
パターン1-1



熱溶着装置ヘッド部との接触イメージ

試験による穴
(約6.65mm)

熱溶着装置先端部との接触試験結果(2)



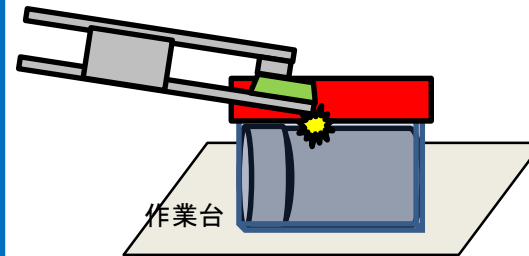
パターン1-3



熱溶着装置ヘッド部との接触イメージ

試験による穴
(約4.90mm)

熱溶着装置先端部との接触試験結果(3)



パターン1-4



熱溶着装置ヘッド部との接触イメージ

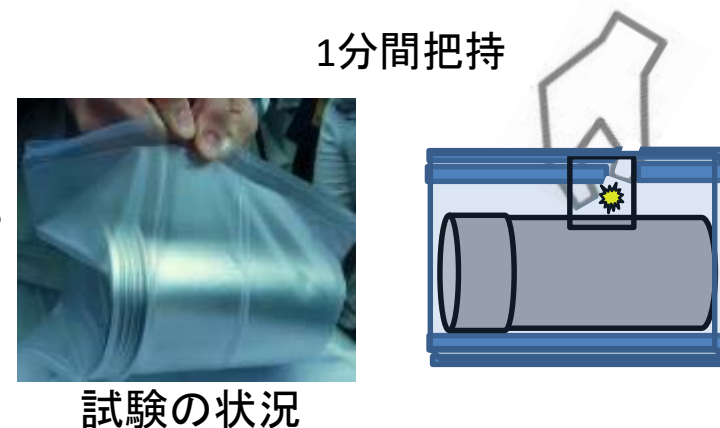
試験による穴
(約4.93mm)

【試験結果】

熱溶着装置のヘッド部先端に接触した際に、汚染事象が発生した樹脂製の袋の穴と類似した穴を確認した。

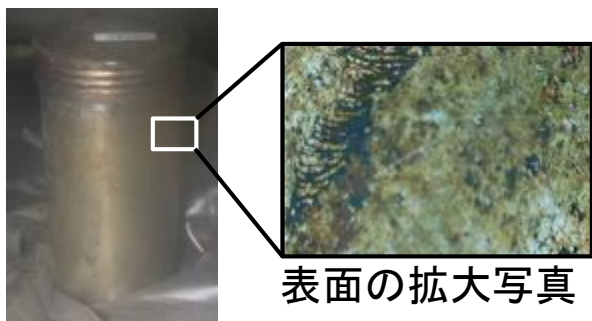
熱の影響

- ステンレス缶の表面温度（最大67℃）及び重量を模擬した環境で、樹脂製の袋の損傷の確認を実施した。
- 温度を約70℃、約80℃、約90℃にしたステンレス缶の端部を把持し、1分間荷重をかけたが、傷及び穴は発生しなかった。



錆の影響

- 錆を模擬したステンレス缶を樹脂製の袋で梱包し、グローブボックスから缶を引き出し、その際に発生する傷の確認を実施した。
- 試験の結果、樹脂製の袋に細かな擦り傷は発生したが、穴までには至らなかった。



ステンレス缶の錆の状況



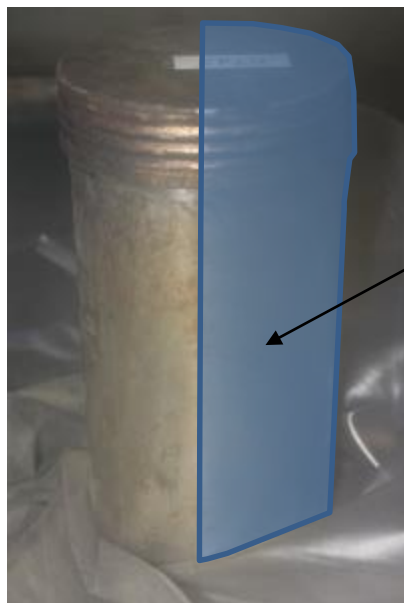
模擬錆缶



試験後の樹脂製の袋

ステンレス缶表面に付着していた汚染物質の量の評価

- ステンレス缶表面を拭き取り、汚染物を採取し非破壊測定を行うことにより、缶表面に付着している汚染物の量を評価した。



ステンレス缶表面の
汚染物を半分拭き取り
採取



熱外中性子測定装置
(プルトニウム240実効質量を測定)



高純度ゲルマニウム検出器
(プルトニウム同位体組成比を測定)



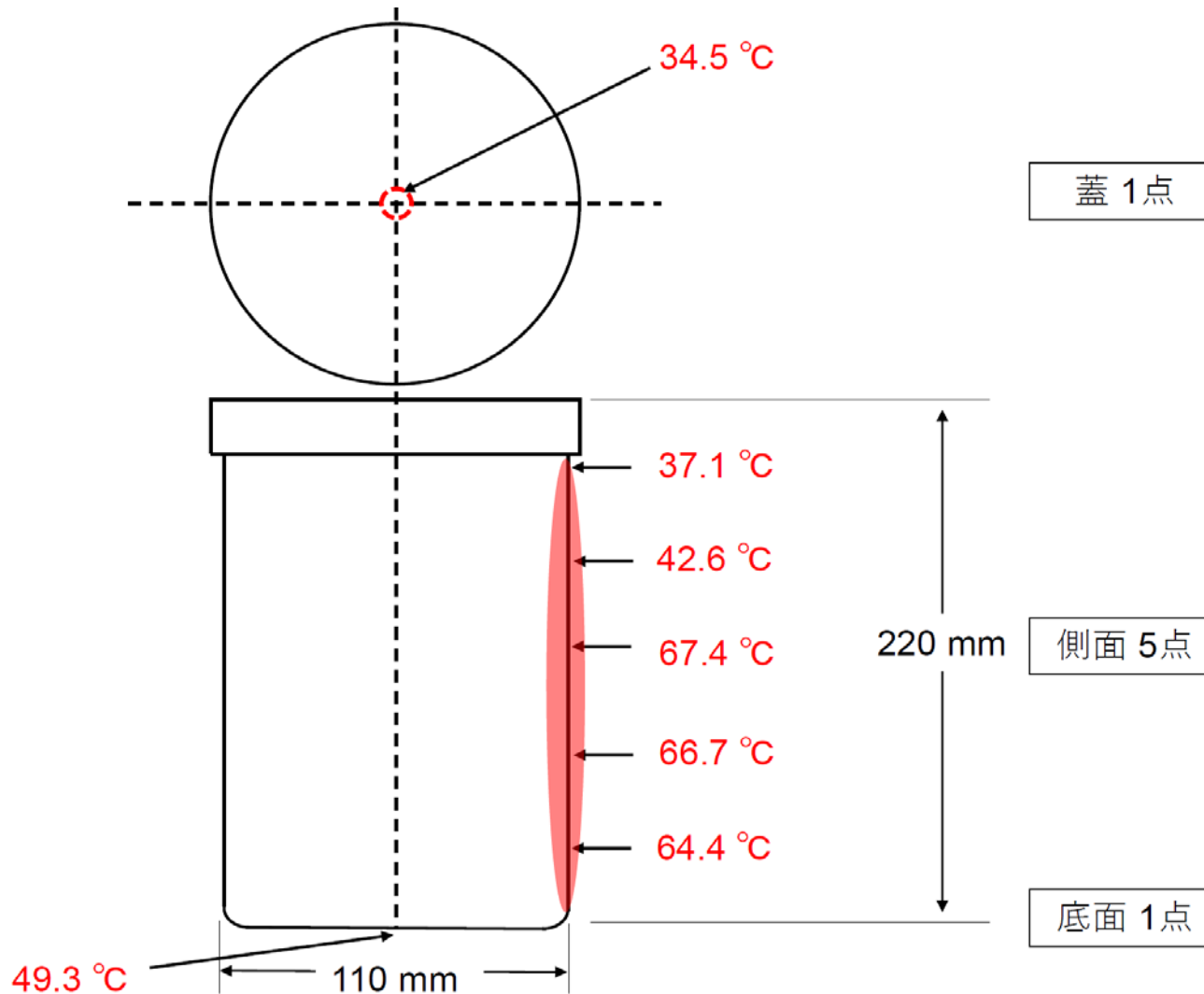
測定結果 : 1.6mgPu

拭き取り効率 : 1/10

ステンレス缶拭き取り面積 : 1/2

全付着量 : 約30 mgPu

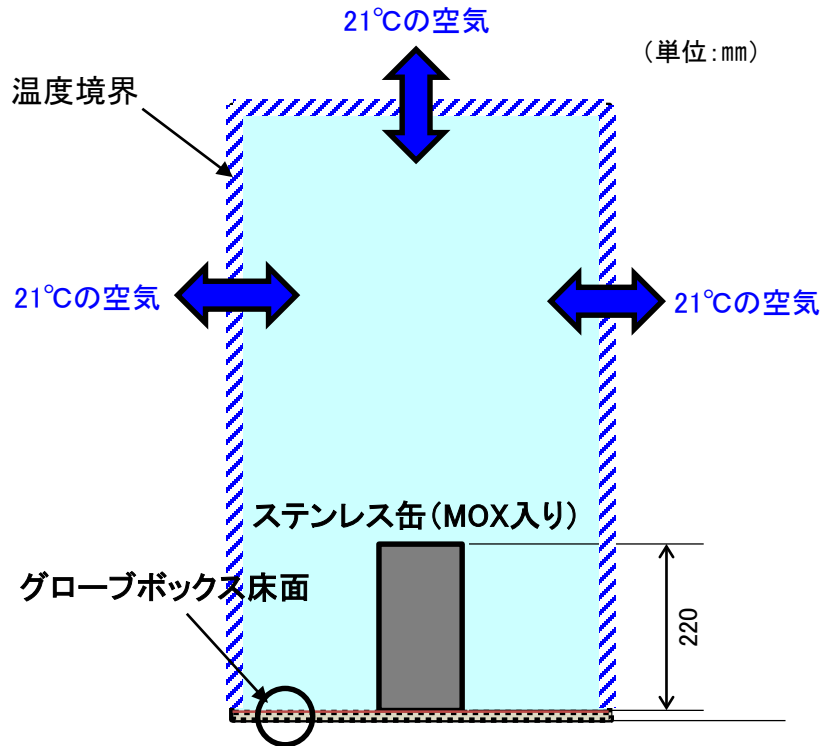
ステンレス缶表面温度測定結果



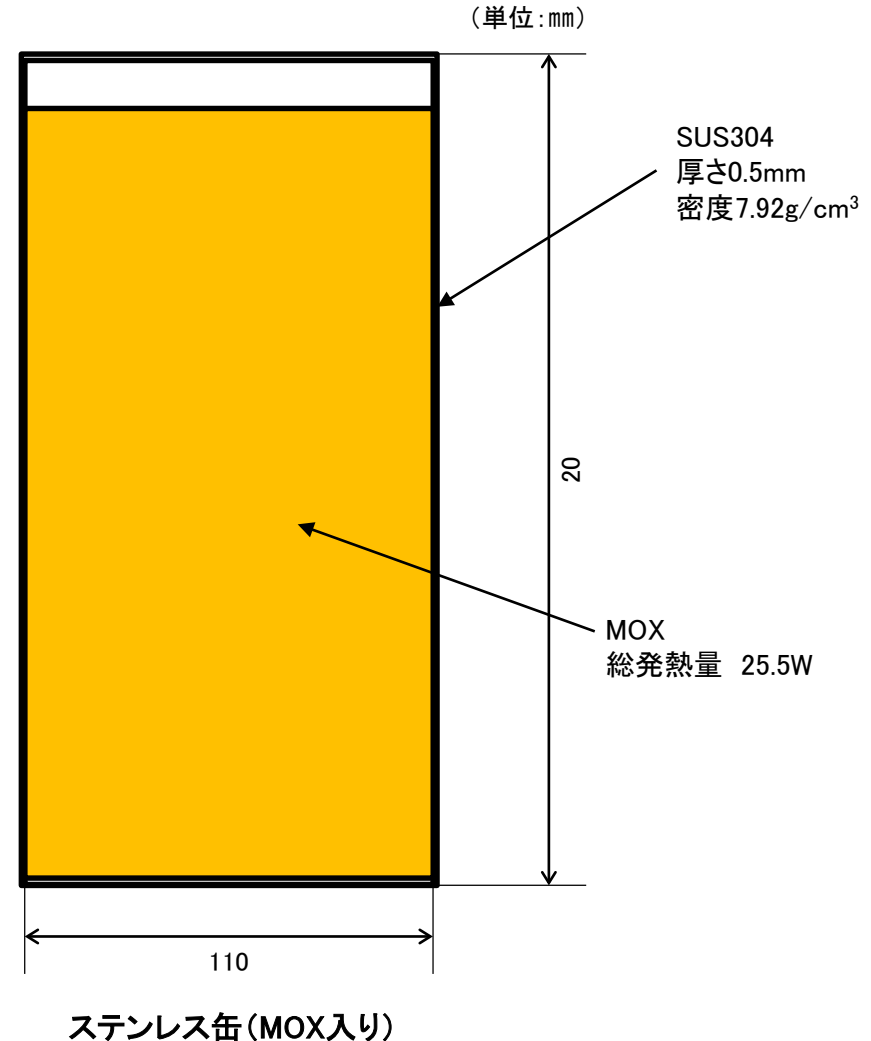
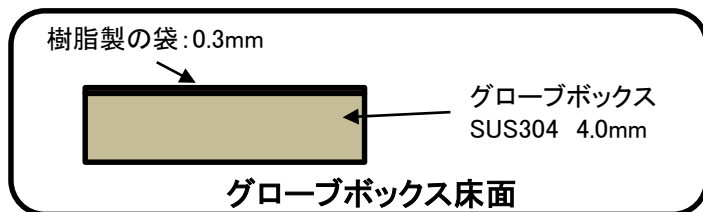
ステンレス缶表面温度測定結果

貯蔵容器の熱解析の概要

汎用熱流体解析コードANSYS Fluentを用いて、自然対流(グローブボックス内の空気の流れは未考慮)を想定した定常状態における当該貯蔵容器(ステンレス缶)の熱解析を実施する。

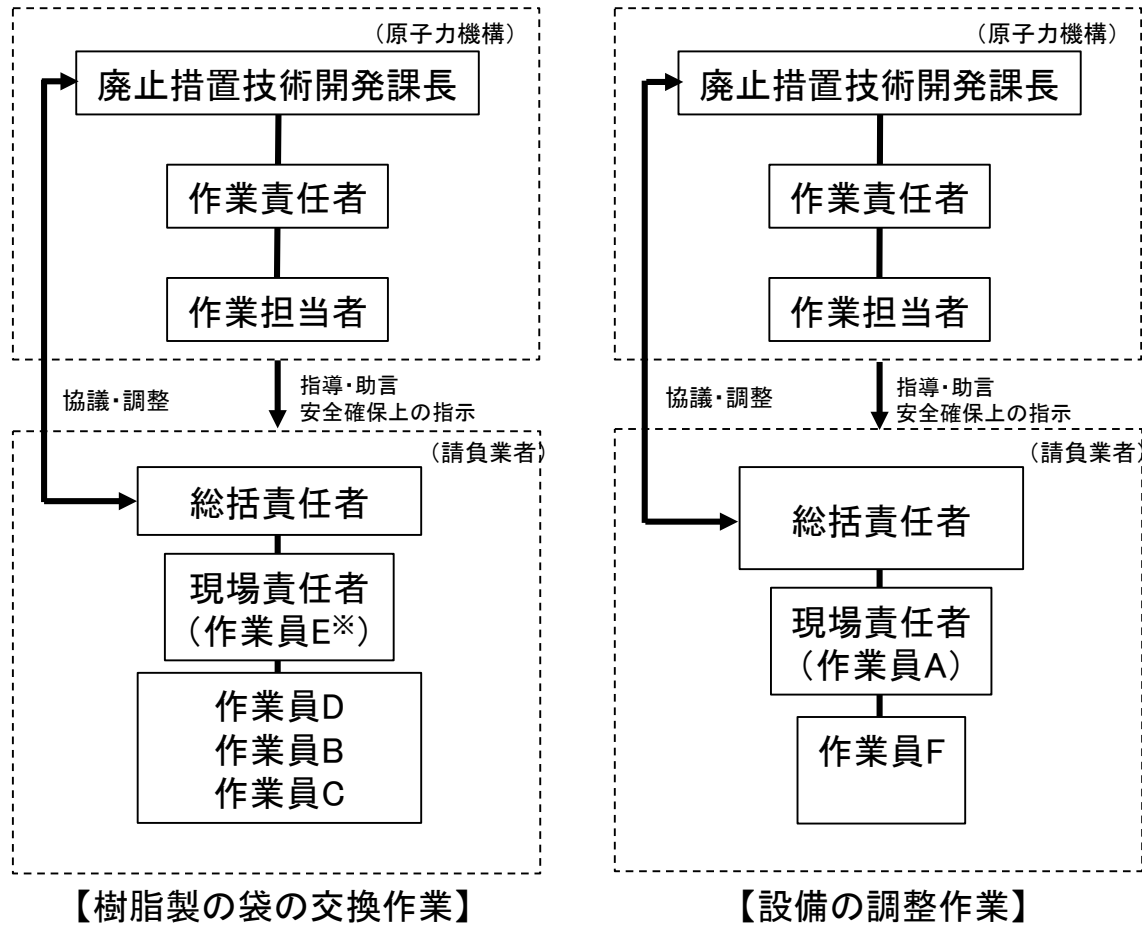


解析モデル(グローブボックス床面を考慮したモデル)



各職務の役割に対する実施状況の検証

作業の体制図



※: 汚染事象発生後の粉末調整室(A-103)内での対応を指揮

各職務の役割に対する実施状況の検証

機構側の各職務に対する実施状況

職名		職務	実施状況
機構側	作業担当課長	請負業者の総括責任者等に対して、関連する研究所の規則や基準類を提示し、請負業者全員に遵守させる。	総括責任者に規則や基準類は提示したが、結果として、請負業者にマニュアルを遵守させることはできなかった。
		請負作業（年間請負作業を除く。）の実施中は、保安立会を実施又は保安立会をしない場合は随時作業現場を巡視し「作業計画書等」の記載事項に逸脱していないことを確認するとともに、保安上必要と認めた場合は現場責任者に対し指導・助言を行う。	今回の作業は、年間請負作業であるため、保安立会いは実施していないが、定期的に現場を巡視し、保安上の助言を行っている。
	作業責任者	作業責任者は、作業担当課長の職務を補佐し作業担当者を指揮・監督する。	作業責任者は、作業開始前のKYに同席し、内容を確認した後、各作業現場を見廻り、安全確保上の指示を行っている。
	作業担当者	作業の進捗状況、工事等の施工管理状況、作業現場の環境管理状況等を適宜確認し、総括的な安全管理を含め作業全体を掌握する。	作業責任者とともに、作業開始前のKYに同席し、内容を確認した後、各作業現場を見廻り、安全確保上の指示を行っている。
		作業担当課長が利用許可した施設・設備等の安全確認をする。	当日、請負側が実施した始業前点検の結果、異常があるとの連絡はなかった。
		請負作業（年間請負作業を除く。）の実施中は、保安立会を実施又は保安立会をしない場合は随時作業現場を巡視し「作業計画書等」の記載事項に逸脱していないことを確認するとともに、保安上必要と認めた場合は現場責任者に対し指導・助言を行う。	今回の作業は、年間請負作業であるため、保安立会いは実施していないが、作業開始前のKYに参加し、内容を確認した後、各作業現場を見廻り、安全確保上の指示を行っている。

各職務の役割に対する実施状況の検証

請負側の各職務に対する実施状況

職名		職務	実施状況
請負側	総括責任者	当該請負作業の履行に当たり、作業担当課長と必要な協議・調整を行う。	請負作業全般について協議・調整を行っている。
		現場責任者が作業者を兼務する場合は、必ず作業担当課長と協議する。	協議した上で、現場責任者が作業者を兼務することとした。
		当該請負作業に係る自社作業員の人員配置、工程管理、作業指示、安全管理等一切の事項を処理する。	請負作業に係る管理業務を遂行した。
		自社作業員に当該請負作業の規則や基準類を遵守させる。	結果として、マニュアルを遵守させることができなかった。
		自社作業員に対する注意喚起及び遵守徹底を図り、安全の確認・確保に努める。	朝会等の場において、注意喚起及び関係法令・規則等遵守徹底を図っていたが、結果として、マニュアルの遵守徹底が不十分であった。
	現場責任者	現場責任者は、作業現場に常駐し、作業管理に責任を持ち、規律の維持、労働災害防止にあたる。	当日、作業現場に常駐していたが、作業管理を十分果たせず、結果として汚染が拡大する事象が生じた。
		作業開始前のTBM等において、作業者の健康状態、作業内容、役割分担、注意事項等を確認する。	作業開始前のTBMにおいてステンレス缶が高線量であることについて周知した。
		作業開始前のKY等において危険ポイントを認識させ、作業中にも適宜、安全を確認する。	作業開始前に行ったKYにおいて、危険要因を抽出し、危険ポイントを認識させた。 なお、作業中の安全確認については、不十分であり、結果として汚染が拡大する事象が生じた。