

管理区域内でのウランの飛散について

平成 20 年 7 月 18 日

株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン

目次

1. 今回の事象の原因分析と対策
 - 1-1 事象の説明
 - 1-1-1 概要
 - 1-1-2 飛散したウランの処置
 - 1-2 測定・分析
 - 1-2-1 飛散したウラン量の評価
 - 1-2-2 身体表面の評価
 - 1-2-3 被ばく線量の評価
 - 1-2-4 外部への放射性物質の放出について
 - 1-2-5 屋外の空間線量率について
 - 1-3 原因分析
 - 1-4 再発防止策
 - 1-4-1 暫定対策
 - 1-4-2 恒久対策
2. 水平展開

< 添付資料 >

- 添付資料 1 ウランが飛散した区域
- 添付資料 2 ウラン粉末飛散の概要説明図
- 添付資料 3 時系列
- 添付資料 4 飛散したウラン量の評価
- 添付資料 5 身体表面の表面ウラン密度測定結果
- 添付資料 6 鼻スミヤ測定結果
- 添付資料 7 第 2 成型室負圧推移 (2008/7/9 04 時 ~ 7/9 07 時)
- 添付資料 8 排気監視用ダストモニタ測定記録 (2008/7/8 05 時 ~ 7/9 07 時)
- 添付資料 9 モニタリングポスト (No.1 及び No.2) の測定記録
- 添付資料 10 点検記録様式
- 添付資料 11 事象発生当日 (7/8) 夜勤の点検記録
- 添付資料 12 原因分析ツリー
- 添付資料 13 原因分析結果
- 添付資料 14 設備組み立て作業中の操作盤カバー

1. 今回の事象の原因分析と対策

1-1 事象の説明

1-1-1 概要

平成 20 年 7 月 9 日（水）午前 5 時 24 分頃、当社（株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン）第 2 加工棟、第 1 種管理区域内の第 2 成型室（添付資料 1）に設置してある二酸化ウランペレットを製造する成型機において、成型作業中にウランの飛散が確認された。

7 月 9 日 03:00～05:10 の間、成型 24 号機のクリーンアップ（取扱うウランの濃縮度が変わる時に行う清掃）を実施した。その際、クリーンアップのために取り外した定量供給フィーダ一点検口蓋の組み付けを行わないまま（添付資料 2）、生産を再開し粉末の投下を開始した（粉末投下時刻：05:13）。粉末投下管の途中にある定量供給フィーダ一点検口が開いていたため、開口部より粉末が飛散し、空气中放射性物質濃度が上昇した（エアモニタ発報時刻：05:24）。

飛散したウラン量は約 9.9×10^5 Bq（二酸化ウラン粉末で約 8g）であり、報告の目安値 3.7×10^5 Bq を超過した。

作業者の内部被ばくは 1.12mSv と評価され、外部被ばくを加えても法令に定める線量限度（50 mSv / 年など）に比べて問題ないレベルであった。

また、周辺環境への放射性物質の放出はなかった。

時系列詳細は添付資料 3 のとおりである。

1-1-2 飛散したウランの処置

飛散したウランをウェスで拭き取った。第 2 成型室内の表面汚染濃度、室内空气中放射性物質濃度は、下記の通り通常の状態へ復帰している。

- ・ 空气中放射性物質濃度：13 時頃に通常のレベル（ $< 3.0 \times 10^{-8}$ Bq/cm³）に戻った
- ・ 表面汚染密度：清掃終了後（14 時頃）、通常のレベル（ < 0.4 Bq/cm²）に戻った。

1-2 測定・分析

1-2-1 飛散したウラン量の評価

添付資料 4 に評価の根拠を示す。目視でウランが確認できない程度のウラン量であり、直接重量を測定することができないため、下記の 2 要素の和としてウラン量进行评估した。

スミヤ法により評価される、床や機器表面に飛散したウラン量

空气中放射性物質濃度測定値より評価される空气中に飛散したウラン濃度

飛散したウラン量は、約 9.9×10^5 Bq であり、ウラン重量換算で約 8g である。また報告の目安値 3.7×10^5 Bq を超過した。

1-2-2 身体表面の評価

ウラン飛散時、当該区域（第 2 成型室）で作業を行っていた作業員 A（1 名のみ）の身体表面の表面ウラン密度測定結果を添付資料 5 に示す。事象発生直後は、第 1 種管理区域内作業着（保護衣）表面及び皮膚表面（首付近のみ）を測定し、作業員にシャワーを浴びさせた後は全て皮膚表面を測定した。測定はサーベイメータを用いた直接サーベイ法により実施した。

事象発生直後は最大で 0.13 Bq/cm^2 (*)の表面ウラン密度が検出されたが、シャワー後は全て検出下限未満（ $< 2.8 \times 10^{-2} \text{ Bq/cm}^2$ ）であった。

(*) 物の表面のウラン密度に関して第 1 種管理区域とする必要のある密度は 0.4 Bq/cm^2 である。

1-2-3 被ばく線量の評価

作業員 A は放管指示により当該区域よりすぐに退避した。作業員 A の被ばくは、法令に定める線量限度（ 50 mSv/年 など）に比べて問題ないことが以下のとおり確認された。

(1) 外部被ばく線量

作業時に着用していた OSL(*)線量計の外部被ばく線量を評価した結果、検出下限値（ 0.1 mSv ）未満であることが確認された。

(*) Optically Stimulated Luminescence：光刺激ルミネセンス

(2) 内部被ばく線量

鼻スミヤを実施し、内部被ばく線量を評価した結果（添付資料 6） 1.12 mSv となった。通常の作業での作業員 A の内部被ばく線量は、1 ヶ月で約 0.05 mSv （表 1）であり、7～9 月の 3 ヶ月間の内部被ばく線量を推定すると、今回の事象による被ばく線量を加味しても $0.05 \text{ mSv/月} \times 3 \text{ 月} + 1.12 \text{ mSv} = 1.27 \text{ mSv/3 月}$ となり、内部被ばくの記録レベル 2 mSv/3 月 (*)を超過しないと推定できる。また、事象の翌日にバイオアッセイ（尿分析）サンプルを採取し尿中の U 分析を実施したが、検出下限値（ $5 \mu\text{gU/L}$ ）未満であった。

(*) 記録レベル：(財)原子力安全技術センター発行「被ばく線量の測定・評価マニュアル（2000）」に記載されている内部被ばくの記録に関する基準。記録レベル未満であれば、「有意な体内汚染なし」あるいは「有意な摂取量なし」として扱える

と記載されている。当社の放射線管理は、この基準を適用している。

表 1 作業員 A の被ばく線量 (2008 年 1-3 月)

月	内部被ばく線量(mSv)					外部被ばく線量(B)(*5) (mSv)	実効線量 (C)=(A)+(B) (mSv)
	空气中放射性物質濃度(*1) (Bq/cm ³)	滞在時間 (h)	呼吸率(*2) (cm ³ /h)	実効線量係数(*3) (mSv/Bq)	内部被ばく線量(A)(*4) (mSv)		
1月	2.66E-08	21.0	1.2E+06	6.80E-03	0.005	< 0.1 (*6)	< 0.207
2月	3.94E-08	147.0	1.2E+06	6.80E-03	0.047		
3月	4.29E-08	158.2	1.2E+06	6.80E-03	0.055		
計		326.2			0.107	< 0.1	< 0.207

(*1) 第 2 成型室内の当該期間中における空气中放射性物質濃度

(*2) 被ばく線量の測定・評価マニュアル (2000)

(*3) 科学技術庁告示 13 号「核燃料物質の加工の事業に関する規則等の規定に基づき、線量当量限度等を定める件」別表第 1 の第 2 欄、吸入摂取した場合の実効線量係数

(*4) 内部被ばく線量(mSv) = 空气中放射性物質濃度(Bq/cm³) × 滞在時間(h) × 呼吸率(cm³/h) × 実効線量係数(mSv/Bq)

(*5) 当該期間中、着用していた OSL 線量計により外部被ばく線量を評価

(*6) 外部被ばく線量は、3 月単位で評価。

1-2-4 外部への放射性物質の放出について

ウラン飛散時、当該区域 (第 2 成型室) の負圧は保たれており、室内の空気が外部に漏えいしていないことを確認した (添付資料 7)。以降、負圧が保たれていることを継続して確認した。

また、排気中放射性物質濃度を連続測定、監視を行っている排気監視用ダストモニタの測定記録 (2008/7/8 05 時 ~ 7/9 07 時) を確認した。その結果、事象発生時また発生後における測定値は、事象発生前 24 時間の測定値の推移と比較しても上昇する傾向などは見られず、排気中放射性物質濃度に変化はなかった (添付資料 8)。

1-2-5 屋外の空間線量率について

屋外の敷地境界付近で空間線量率を監視しているモニタリングポスト (2ヶ所、No.1 及び No.2) の測定記録を添付資料 9 に示す。ウラン粉末飛散時及びその後の測定値は、上昇している傾向は見られなかった。

1-3 原因分析

作業者は下記手順(*1) に従い設備のクリーンアップを実施し、クリーンアップ作業後の点検および組み立て作業後の点検記録(*2) を作成することとなっている。また手順ではクリーンアップ作業後の点検および組み立て作業後の点検は2人確認(作業者自身による点検と別の点検者による点検)を実施することとなっている。

(*1) 作業手順

MSP5620000-00005 ロータリープレスのクリーンアップ

(*2) 記録様式

MSP5620000-00014 ロータリープレスペレット成型作業(添付資料10)

クリーンアップ作業・組み立て作業の流れを整理すると次のようになる。

クリーンアップ作業準備

クリーンアップ作業実施

クリーンアップ作業についての作業者自身の点検

クリーンアップ作業についての点検者の点検

組み立て作業実施

組み立て作業についての作業者自身の点検

組み立て作業についての点検者の点検

作業後の整理、作業終了

成型作業再開

添付資料11に当日の点検記録を示す。作業者Aは、作業手順(ロータリープレスのクリーンアップ)に従い、クリーンアップ作業を実施し、クリーンアップ作業後の作業者による点検、点検者による点検を完了し、その結果が点検記録に記載されている。組み立て作業については、作業者自身による点検、点検者による点検欄が共に空欄になっており、この状態で次の作業が開始されていた。

今回の事象が発生するに至った根本原因を追求するため、不適合の原因分析方法の一つである、J-HPES(*3)手法を用いて、直接原因 間接的原因 根本的原因とツリー分析を行った(添付資料12)。

(*3) ヒューマンファクター分析・評価手法(財団法人 電力中央研究所により開発)

Japanese Version of Human Performance Enhancement System

ツリー分析結果により抽出された要因を添付資料 13 に整理する。

個人的要因として、経験が少ない作業が重なったこと（夜勤、1 人作業等）による不安・緊張・戸惑い、技術・環境要因として、蓋を閉め忘れた場合に粉末が投下できないフェールセーフなシステムになっていなかったこと、2 人確認が次の作業に進むためのホールドポイント(*4)として機能しなかったこと、組織的要因として、作業者の訓練期間は十分であり 1 人作業でも問題ないと判断したこと等が挙げられた。

(*4) 次の作業に進む前に必要な要件が満たされていることを確認するポイント

以上の分析の結果、根本原因を特定し、対策をとることとした。

< 根本原因 >

蓋を閉め忘れた場合に粉末が投下できないフェールセーフなシステムになっていなかったこと

2 人確認が次の作業に進むためのホールドポイントとして機能しなかったこと

経験が少ない作業が重なったこと（夜勤、1 人作業等）による不安・緊張・戸惑いから、ヒューマンエラーを起こしやすい状況であったこと

< 対策 >

フェールセーフ機能の導入

確認作業の高度化によるホールドポイントの明確化

教育実施による作業ミス発生リスク低減と作業管理システムの改善

1-4 再発防止策

1-4-1 暫定対策

(1) 点検口蓋の施錠管理

暫定対策として、点検口蓋を施錠し、鍵は管理者（製造部製造1課長）の管理とし、点検口を開けて閉めるまでは管理者あるいは管理者代行者が立ち会い、閉め忘れがないことを確実にする。

(2) 確認作業の高度化（不履行防止）

原因分析の結果、本事象の原因のひとつに、設備組み立て作業後の確認そのものの失念（不履行）が挙げられる。そこで、設備組み立て作業後の確認不履行の防止策として、設備の再稼働時には、第三者（点検者）による設備組み立て後の確認を確実にする手順を導入する。具体的には、当該設備（成型機）へ粉末を投入するスイッチに点検者の氏名が表示されたカバーを設置し、そのカバーが組み立て作業の完了を確認した点検者によって取られない限り操作できない手順とする（添付資料14）。

(3) 教育の実施

上記の手順の変更に伴い、関連する作業の手順書を改訂し、作業員への教育を実施する。

(4) 事象についての周知

当社社長より全従業員へ、事象の周知および再発防止に向けたメッセージを発信する。

1-4-2 恒久対策

(1) フェールセーフ機能の導入

点検口の蓋が閉じていないと、粉末が投下できないようなフェールセーフ機能を導入する。

(2) 教育の実施

ウランを取り扱う作業におけるホールドポイントの重要性、初動対応、連絡体制等に関して、作業員への教育を徹底する。

(3) 作業管理システムの改善

1人作業時のサポート要員の確保や、経験の少ない作業（夜勤、1人作業等）が重ならないようなシフト体制等を検討する。

2. 水平展開

ウラン粉末を取り扱う設備の密閉状態を非密閉状態とする作業においては、設備組み立て作業後に密閉状態であることを、フェールセーフ機能により確保する、または作業者本人および第三者により確認（2人確認）する手順としている。

しかし本事象は、ウラン粉末を取り扱う工程における設備組み立てを含むクリーンアップ作業（定常作業）の不備に伴い発生したため、作業ミスによる同様の事象の発生を防止する観点より、他のすべてのウラン粉末取り扱い作業を対象に水平展開した。

具体的には、フェールセーフ機能の必要箇所への導入、確認作業の高度化での対応を検討した。

<フェールセーフ機能の導入>

フード外でのウラン粉末飛散リスクのあるすべての作業、および、フード内であっても取り扱う粉末の量や飛散エネルギーを考慮した飛散リスクの高いすべての作業について、フェールセーフ機能の有無を確認し、未導入箇所については新たに当該機能を導入する。

<確認作業の高度化>

フード内での飛散リスクのある作業については、フェールセーフ機能の利用あるいは設備組み立て状態の確実な確認作業を徹底する。それには、確認作業自体の不履行を防止すること、確認作業の質向上があり、の対応としては、分解した箇所が確実に組み立てられているかを分かりやすく表示するなどの可視化（見える化）を進め、確認行為の不履行を防止する。の対応として、写真などを用いた分かりやすいチェックリストの使用により、確認作業の質向上を図る。

なお、本水平展開で実施するフェールセーフ機能の導入、確認作業の高度化については、保安品質保証システムに基づく設備デザインレビュー委員会及び放射線安全委員会にてその内容の妥当性、有効性を充分審議し、実行に移すものとする。

以 上

添付資料1 ウランが飛散した区域

- 第1種管理区域
- 第2種管理区域

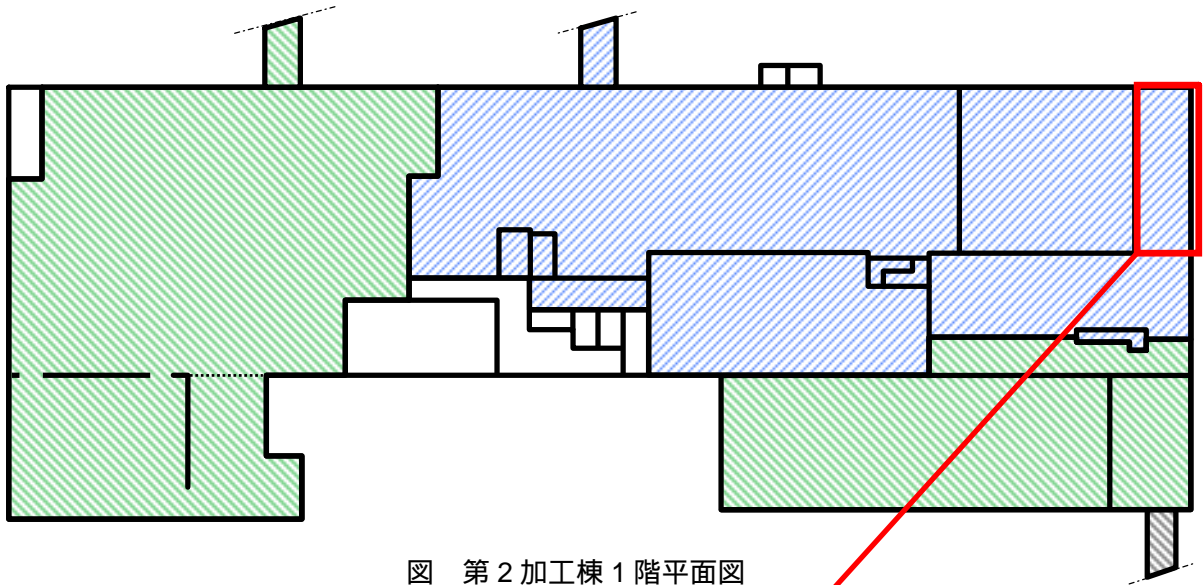


図 第2加工棟1階平面図

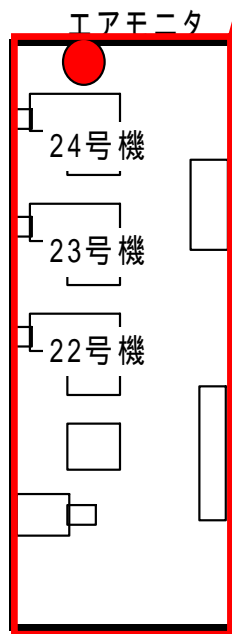
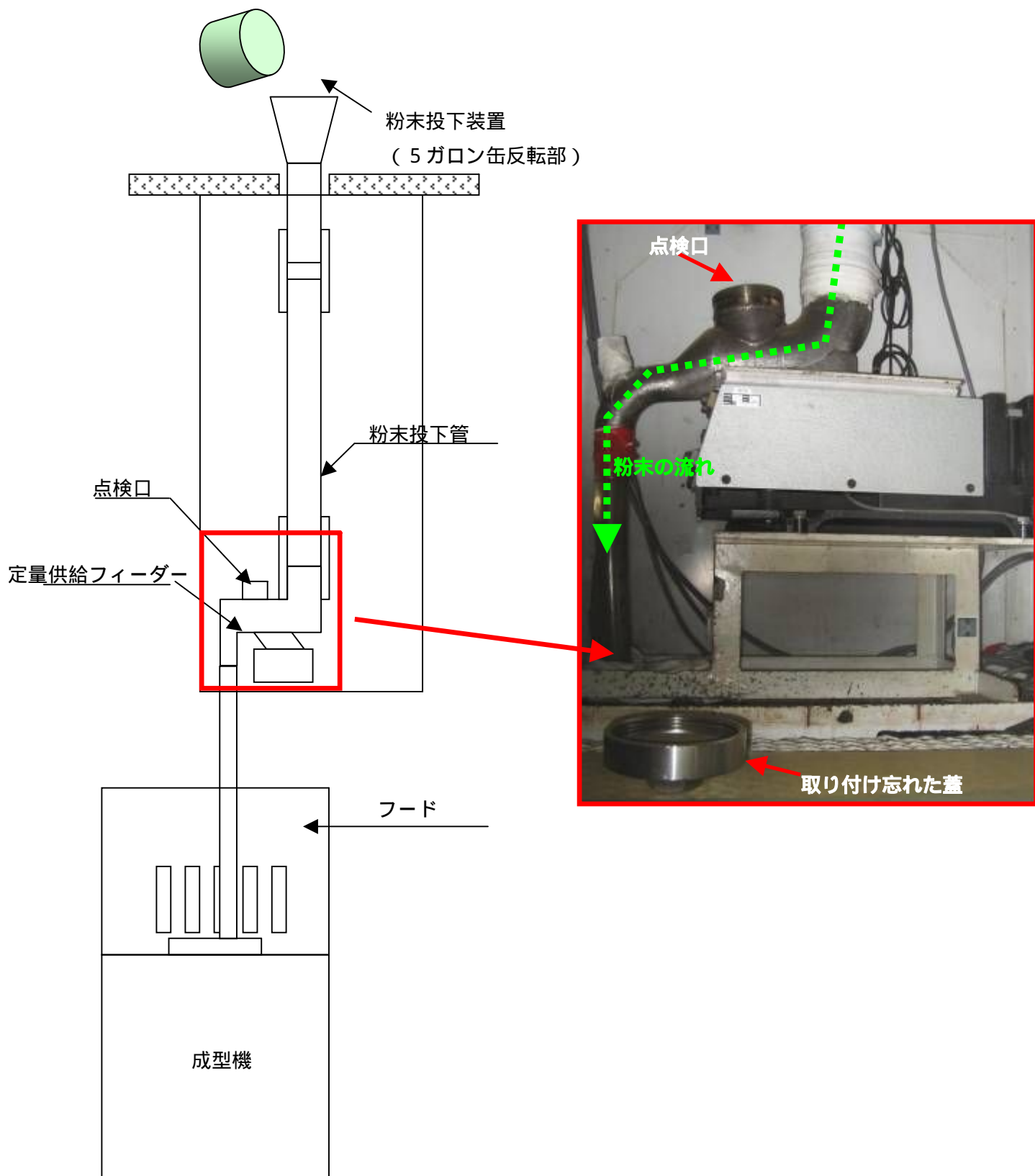


図 第2加工棟1階 第2成型室（上図の拡大図）

添付資料2 ウラン粉末飛散の概要説明図



添付資料 3 時系列

7月8日	23:00	夜勤者シフト入り（第2成型室の作業者は1名）
	23:30	始業点検終了、成型作業開始
7月9日	3:00	成型作業終了、クリーンアップ開始（取り扱うウランの濃縮度が変わる時に行う）
	5:10	クリーンアップ終了
	5:13	成型作業開始
		最初の粉末を投下し、成型条件の調整を開始
	5:24	エアモニタ発報
	5:25	放射線管理担当員（放管員）現場確認
		作業員へ退避指示（作業員はエアモニタ発報に気づかず）
		第2成型室 立入禁止措置
		放管員よりシフトマネージャー（SM）(*1)へ連絡
	5:33	作業員に対する身体汚染検査、鼻スミヤ検査、シャワー浴び
	5:40	SMによる飛散箇所確認（作業員の聞き取り調査に基づき、SMが現場を確認）
		粉末定量供給フィーダーの点検口の蓋が開いていることを確認
		点検口の蓋を閉めた（SM）
	6:00 頃	SMより放射線管理課長に電話連絡
		目視確認ではウランによる汚れがないことを報告
		第2成型室の負圧が保たれており、室内の空気が外部に漏えいしていないことを確認（以降、負圧が保たれていることを継続して確認）
		鼻スミヤ検査測定中、結果待ちであることを報告
	7:00 頃	SMより放射線管理課長に鼻スミヤ結果が記録レベル以下であることを電話報告
		C情報であると判断（放射線管理課長、SM）
	7:40	製造1課長にSMより状況説明
	8:40	放射線管理課長より核燃料取扱主任者（核取）へ報告
		放射線管理課長より環境安全部長へ報告
		製造1課長より製造部長へ報告
	8:45	核取、放射線管理課長、製造1課長、放管員による現場確認
		目視確認でウランが確認されなかったためC情報であると判断（核取）
		飛散ウラン量確定のために、第2成型室内のスミヤ測定および空気中ウラン濃度評価を指示（核取）
	9:30～14:00	飛散したウラン粉末の除去(14:00 スミヤ結果確認をもって除去作業終了)
	11:55	核取より横須賀オフサイトセンター（OFC）への第一報（電話連絡）
		C情報であると判断されること、状況を説明
	12:15	METI 防災課から核取へ電話での問い合わせ
		核取より OFC への第一報と同じ内容を説明
		目視によりウランが確認されなかったこと、飛散したウラン量はグラムオーダーと推定されること、現在飛散ウラン量を評価確定中であることを補足。
	13:50	OFC 検査官来社
		事象説明
	14:30～15:30	浦賀警察署来社 事象説明に合流
	15:40～16:10	OFC 検査官 現場確認（第2成型室）
	15:30～17:00	神奈川県警来社（浦賀警察署と合流して状況確認）
	17:00	OFC 検査官、浦賀警察署、神奈川県警帰社
	17:00 過ぎ	METI 保安院訪問、事象説明（環境安全部長他）
	21:18	飛散ウラン量の確定
	21:19	保安院に電話報告：ウラン飛散量が法令報告の目安値を超過
7月10日	1:30	排気中ウラン濃度に異常がなく、周辺環境への影響がなかったことを確認

(*1) シフトマネージャーの役割：

夜間・休日における管理者代行および社外（原子力安全・保安院、OFC等）への連絡責任者

添付資料 4 飛散したウラン量の評価

計測器名: カウンター 5
 機器効率: 0.456
 拭取り効率: 0.5
 換算係数: 0.00292 Bq/cm²/cpm
 計測時間: 1 分
 BG計数値: 3 cpm

PP-	採取場所名称	清掃前		清掃後		U放射能量 (Bq)		
		計数値 (Gross cpm)	表面密度 (Bq/cm ²)	計数値 (Gross cpm)	表面密度 (Bq/cm ²)	面積 (cm ²)	U放射能量 (Bq)	
22	搬送フード 上部	11	0.02	2	0.00	3280	86	
	机上	14	0.03	23	0.06	4800	0	
	作業部床	24	0.06	29	0.08	11110	0	
	本体上部	33	0.09	10	0.02	11000	739	
	搬送フード 上部	86	0.24	6	0.01	13000	3037	
23	搬送フード 上部	45	0.12	3	0.00	16254	1993	
	搬送フード 上部	22	0.06	7	0.01	3280	144	
	机上	20	0.05	8	0.01	4800	168	
	作業部床	70	0.20	57	0.16	11110	422	
	本体上部	75	0.21	68	0.19	11000	225	
24	搬送フード 上部	132	0.38	12	0.03	13000	4555	
	搬送フード 上部	108	0.31	5	0.01	16254	4889	
	本体上部		2130	6.21	126	0.36	2800	16385
			3863	11.27	112	0.32	2800	30668
			736	2.14	57	0.16	2800	5552
			1652	4.82	51	0.14	2800	13090
	搬送フード 上部		2690	7.85	11	0.02	4064	31787
			1588	4.63	11	0.02	4064	18712
			1730	5.04	94	0.27	4064	19412
			1857	5.41	50	0.14	4064	21441
	搬送フード 上部		969	2.82	119	0.34	4064	10086
			2021	5.89	19	0.05	4064	23755
			689	2.00	22	0.06	4064	7914
			1201	3.50	18	0.04	4064	14037
			721	2.10	14	0.03	3800	7845
他	机上	443	1.28	118	0.34	4000	3796	
	作業部床	404	1.17	78	0.22	26000	24750	
	定量供給フイダー		2686	7.83	70	0.20	330	2520
			1378	4.02	22	0.06	3958	15673
			5652	16.50	113	0.32	990	16014
			3759	10.97	14	0.03	2200	24058
	7870	22.97	6	0.01	2200	50518		
1	アルコール箱上部	492	1.43	9	0.02	3600	5077	
2	エアモータ上部	165	0.47	3	0.00	1750	828	
3	キャビネット上部	411	1.19	14	0.03	16000	18548	

3.99E+05 (Bq) (A)

PP-	評価方法	面積 (cm ²)	U放射能量 (Bq)
22	表面密度は、番(22号機)のc/up前後の評価値を使用	647592	0
23	表面密度は、番(23号機)のc/up前後の評価値を使用	20520	779
24	表面密度は、番(24号機)のc/up前後の評価値を使用	303850	289241
			2.90E+05

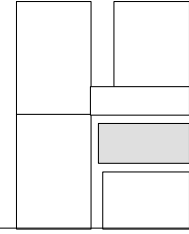
小計(表面汚染) 6.89E+05 (Bq) (C) = (A)+(B)

空气中濃度から算定したU放射能量 (Bq)

エアモータ	3.88E-04	(Bq/cm ³)
体積(第2成型室の全体)	7.86E+08	(cm ³)
U放射能量 (Bq)	3.05E+05	(Bq) (D)

総計
9.94E+05 (Bq) (E) = (C)+(D)

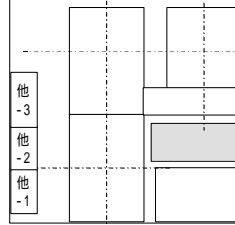
通路側



PP-22・23号機の設備上面図

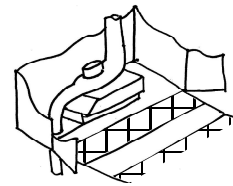
設備の上面を、番号 - に区切ってサンプル採取した。

通路側



PP-24号機の設備上面図

設備の上面を、番号 - に区切ってサンプル採取した。



定量供給フイダー部採取位置

添付資料5 身体表面の表面ウラン密度測定結果

放射線管理課長	担当

身体汚染検査記録

1. 発生状況

発生日時	2008年 7月 9日 (水) 05:24 頃	
所属・社員番号・氏名	製造部 製造1課 ・ XXXXXXXXXX	
発生場所	区域	第1種管理区域 ・ 第2種管理区域 ・ 非管理区域
	室名	第2成型室
区分	身体汚染 ・ 負傷 ・ 病気	
発生時の状況 (作業内容等)	2008年7月8日夜勤にて、成型24号機のクリーンアップを実施した後、取外した定量供給フィーダー点検口蓋の組み付けを忘れたまま、次ロットの最初の缶の粉末投下を開始したため、同定量供給フィーダー点検口より微粉末が飛散し、作業者の体表面に微粉末が付着した。	

2. 汚染検査

検査日時	2008年 7月 9日(水) 05:33 頃					
検査者(所属・社員番号・氏名)	環境安全部 放射線管理課 XXXXXXXXXX					
検査場所	区域	第1種管理区域 ・ 第2種管理区域 ・ 非管理区域				
	室名	第2汚染検査室				
検査部位及び結果	除染前			除染後		
	No.	c/min	Bq/cm ²	No.	c/min	Bq/cm ²
	①	40	1.3 × 10 ⁻¹	①	<9	<2.8 × 10 ⁻²
	②	24	7.5 × 10 ⁻²	②	<9	<2.8 × 10 ⁻²
	③	18	5.6 × 10 ⁻²	③	<9	<2.8 × 10 ⁻²
	④	17	5.3 × 10 ⁻²	④	<9	<2.8 × 10 ⁻²
	⑤	18	5.6 × 10 ⁻²	⑤	<9	<2.8 × 10 ⁻²
	⑥	21	6.6 × 10 ⁻²	⑥	<9	<2.8 × 10 ⁻²
	⑦	21	6.6 × 10 ⁻²	⑦	<9	<2.8 × 10 ⁻²
	⑧	12	3.8 × 10 ⁻²	⑧	<9	<2.8 × 10 ⁻²
	⑨	10	3.1 × 10 ⁻²	⑨	<9	<2.8 × 10 ⁻²
⑩	9	2.8 × 10 ⁻²	⑩	<9	<2.8 × 10 ⁻²	
測定方法	直接サーベイ法					
測定器名	αサーベイメータ (アロカ社製 TCS-222型)					
測定器No.	α : No. WA-3					
判定基準値	ウラン化合物	α : 0.4Bq/cm ²				
備 考						
除染前の値は最大で0.13Bq/cm ² であったが、保護衣を脱衣し、シャワーによる除染を実施した後における値は全て検出下限値未満であった。						
事象発生直後：保護衣表面(~ 、 ~)及び皮膚表面()で測定。 シャワー後 : 全ての検査部位を、皮膚表面で測定。						

添付資料 6 鼻スミヤ測定結果

鼻スミヤ測定結果

表 1. 測定結果

	作業者 A				
計数値(c/10min)	156				
B G(c/10min)	15				
net-cpm	14.1				
放射能(Bq)	4.12				
検出下限計数率(cpm)	2.2				
検出下限放射能(Bq)	0.64				

表 2. 測定時条件

測定定数					
機器効率 (i)	線源効率 (s)	拭取り効率 (F)	試料計測 時間(分) (Ts)	BG計測 時間(分) (Tb)	*BG 計数値 (cpm)
0.456	0.25	0.5	10	10	1.5

* B G は実測値を使用

表 3. 測定時定数

放射線測定器名	検出下限値 (Bq)	検出下限 計数率 (cpm)
カウンタ No. 5	0.64	2.2

式 1. 検出下限計数率算出式 (cpm)

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

Nd: 検出下限計数率(cpm)
k: 定数 (= 3)
Ts: 試料の測定時間 (min)
Tb: B G の測定時間 (min)
Nb: B G の計数率 (cpm)

式 2. 放射能 (検出下限放射能) 算出式 (Bq)

$$A \text{ or } (A_d) = \frac{N \text{ or } (N_d)}{60 \times i \times F \times s}$$

A: 放射能 (Bq)
Ad: 検出下限放射能 (Bq)
N: 測定器の正味計数 (cpm)
Nd: 検出下限計数率 (cpm)
i: 機器効率
F: 拭取り効率
s: 線源効率

式 3. 内部被ばく量算出式 (mSv)

$$E = I \times e$$

(被ばく線量の測定・評価マニュアル(2000))

注) I = A × 40

E: 内部被ばくによる実効線量当量 (mSv)
A: 鼻スミヤの放射能 (Bq)
40: 摂取量推定の補正定数
e: 実効線量係数 (mSv / Bq)
I: 摂取量 (Bq)

表 4. 内部被ばく評価結果

Ns: 鼻スミヤ放射能 (Bq) 【注 1】	摂取量補正 係数【注 2】	e: 実効線量係数 (mSv/Bq) 【注 3】	E: 内部被ばく線量 (mSv) 【注 4】
4.12	40	6.80E-03	1.12

【注 1】測定を行った中の最大値 (検出下限値未満の場合は、検出下限値とする。)

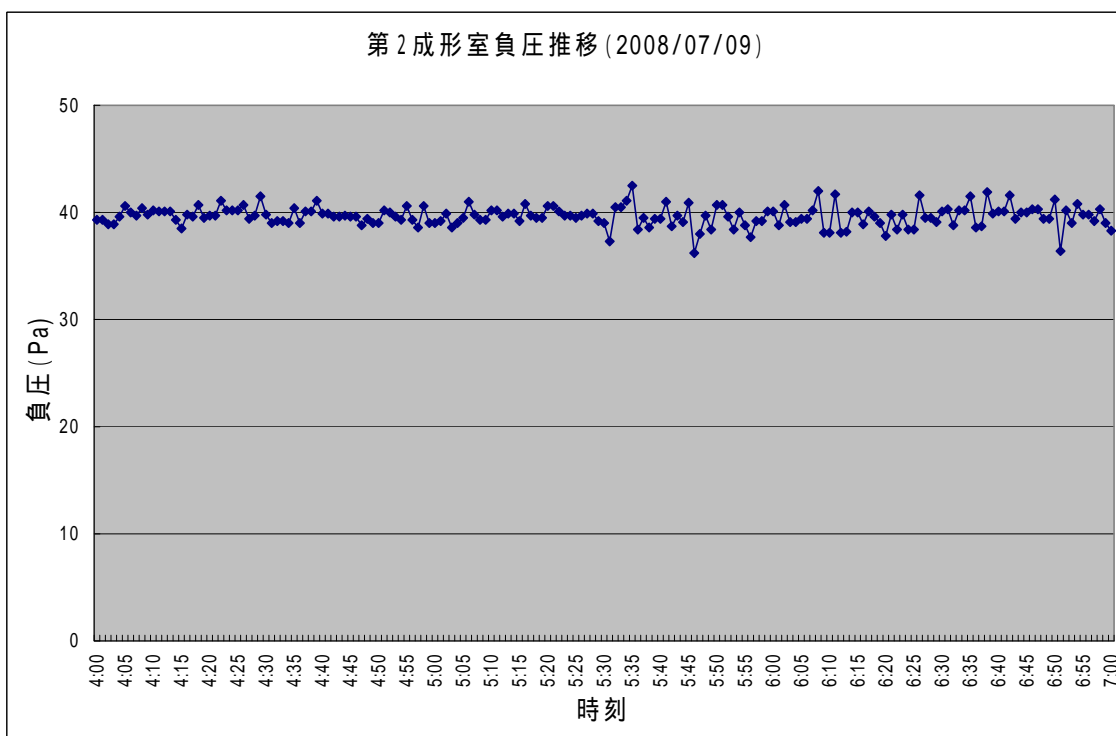
【注 2】摂取量 = 40 × 鼻スミヤ測定値 (プルトニウム以外の核種)

参考文献: 内部被ばくにおける線量当量の測定・評価マニュアル(1988)
(財団法人 原子力安全技術センター)

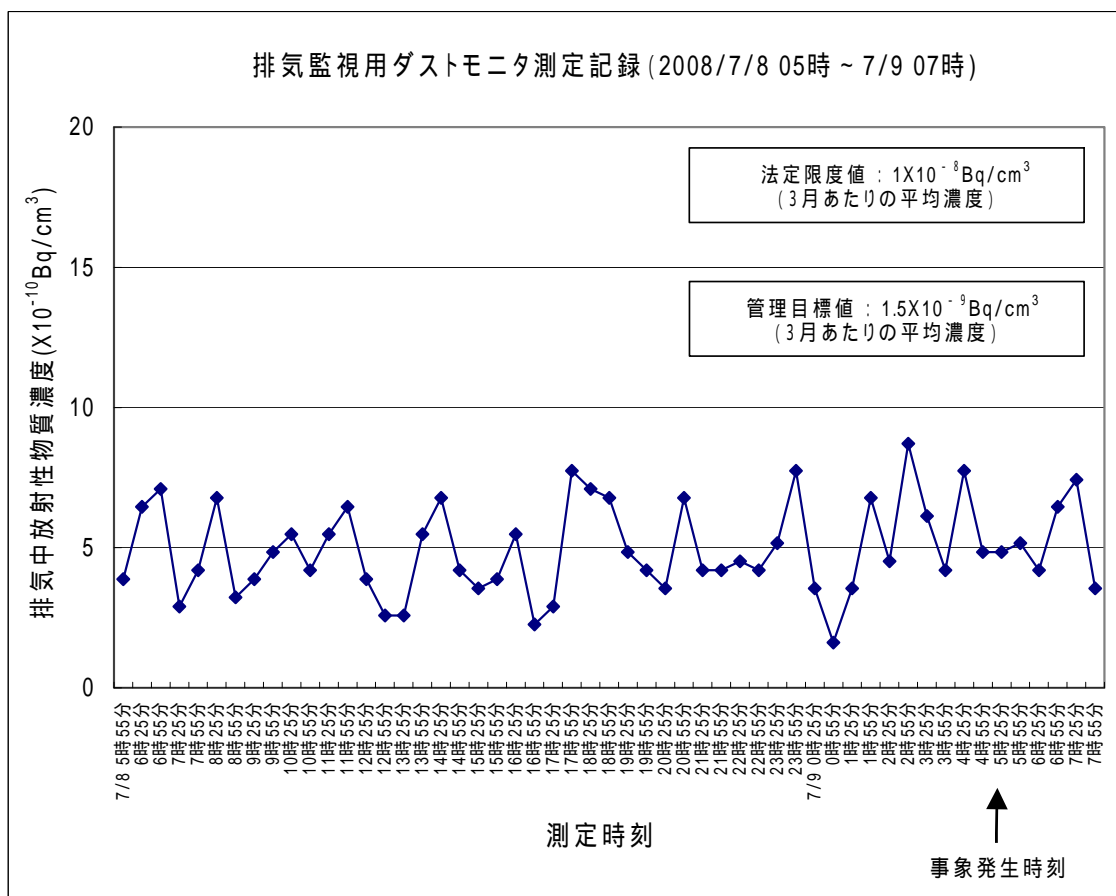
【注 3】線量告示: U234 の吸入摂取した場合における実効線量係数

【注 4】参考 内部被ばくの記録レベル: 2mSv/3月

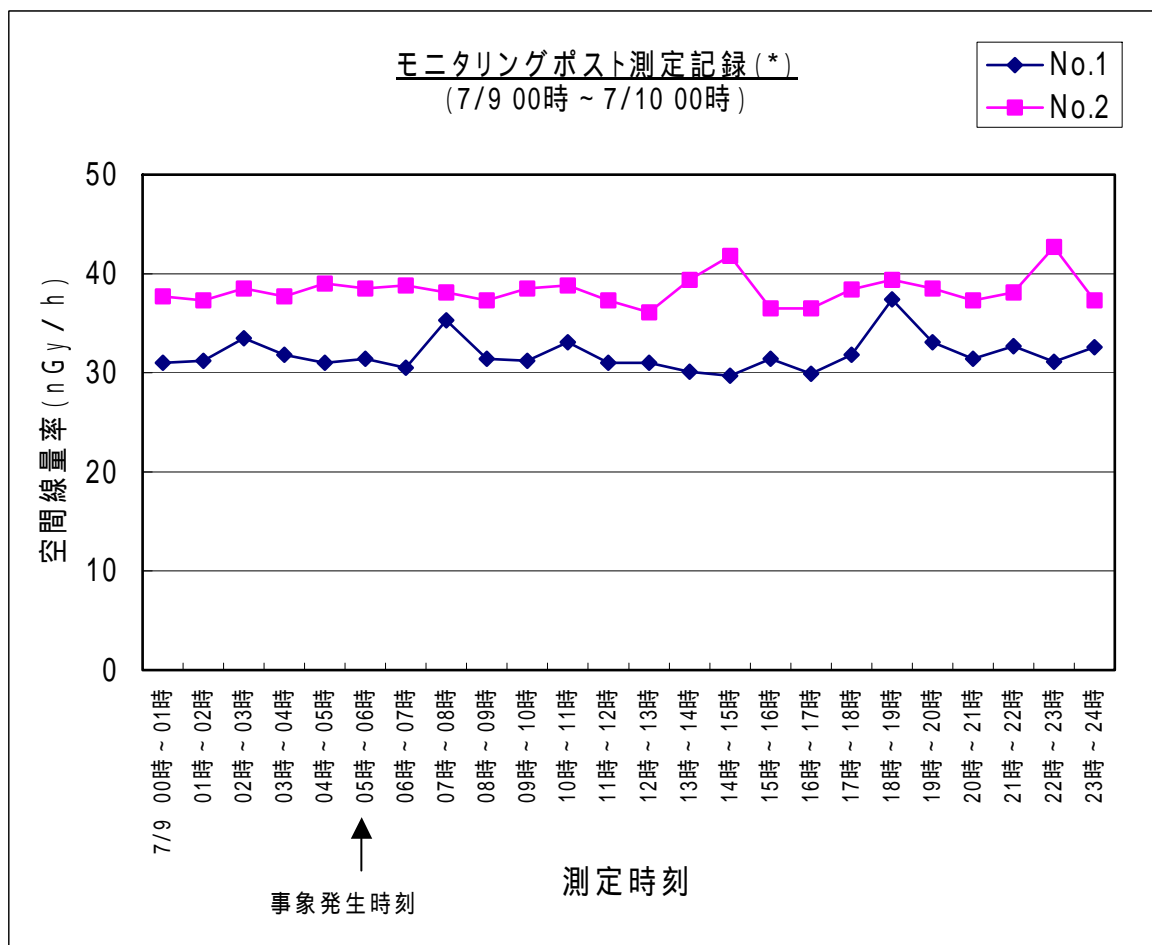
添付資料 7 第 2 成型室負圧推移 (2008/7/9 04 時 ~ 7/9 07 時)



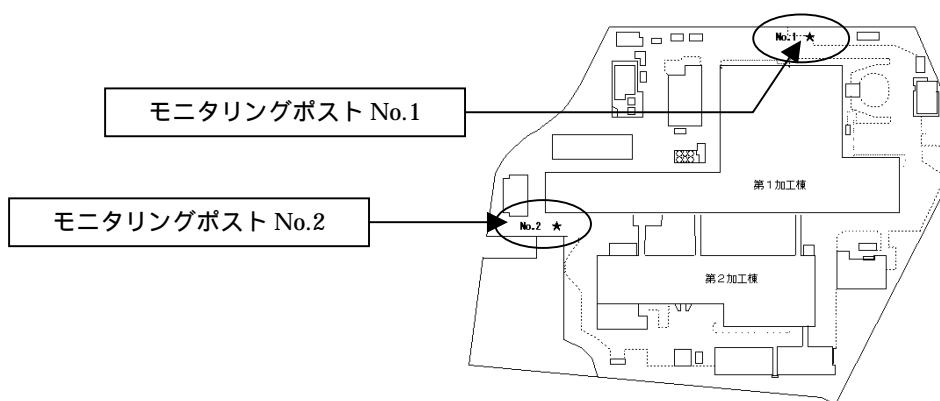
添付資料 8 排気監視用ダストモニタ測定記録 (2008/7/8 05 時 ~ 7/9 07 時)



添付資料9 モニタリングポスト (No.1 及び No.2) の測定記録(*)



(*) モニタリングポストの測定値：各時間帯の中で記録された空間線量率 (nGy/h) の最大値



添付資料 10 点検記録様式

成形工程 作業記録

_____年 _____月 _____日 シフト A C

課長	主任

1. 作業進捗状況(シフト終了時)

ラインNo.	ロット No.	作業状態	ペレット健全性 (シフト開始時)
		開 途 完	良 ・ 否
		開 途 完	良 ・ 否
		開 途 完	良 ・ 否
		開 途 完	良 ・ 否
		開 途 完	良 ・ 否
		開 途 完	良 ・ 否
		開 途 完	良 ・ 否
		開 途 完	良 ・ 否

2. 作業連絡事項

3. 除外時間(作番、作業時間、氏名)

4. クリーンアップ・組み立て箇所及び状況

クリーンアップ作業の点検欄

組み立て作業の点検欄

ライン番号	クリーンアップ箇所及び状況						作業者	点検者	点検結果	組み立て箇所及び点検箇所						作業者	点検者	点検結果
	状況	1	2	3	4	5				6	状況	1	2	3	4			
	未 途中 完								良 ・ 否	未 途中 完								良 ・ 否
	未 途中 完								良 ・ 否	未 途中 完								良 ・ 否
	未 途中 完								良 ・ 否	未 途中 完								良 ・ 否
	未 途中 完								良 ・ 否	未 途中 完								良 ・ 否
	未 途中 完								良 ・ 否	未 途中 完								良 ・ 否
	未 途中 完								良 ・ 否	未 途中 完								良 ・ 否

*クリーンアップ及び点検箇所

- | | | |
|--------------|-------------|------------|
| 1. 粉末供給装置 | 4. 本体及びフード | 6. 胃袋及び点検口 |
| 2. ホース及びシャトル | 成形体取り出し装置 | |
| 3. ダイ・パンチ部 | 5. 造粒機及びフード | |

5. 完了ロット番号

ライン番号	ロット番号	ライン番号	ロット番号

点検項目(上記の点検欄の数字に対応)

6. 稼働ライン指示

KF-2(#21、#22、#23、#24)

KF-1 Gd(#0A、#0C、SP#A)

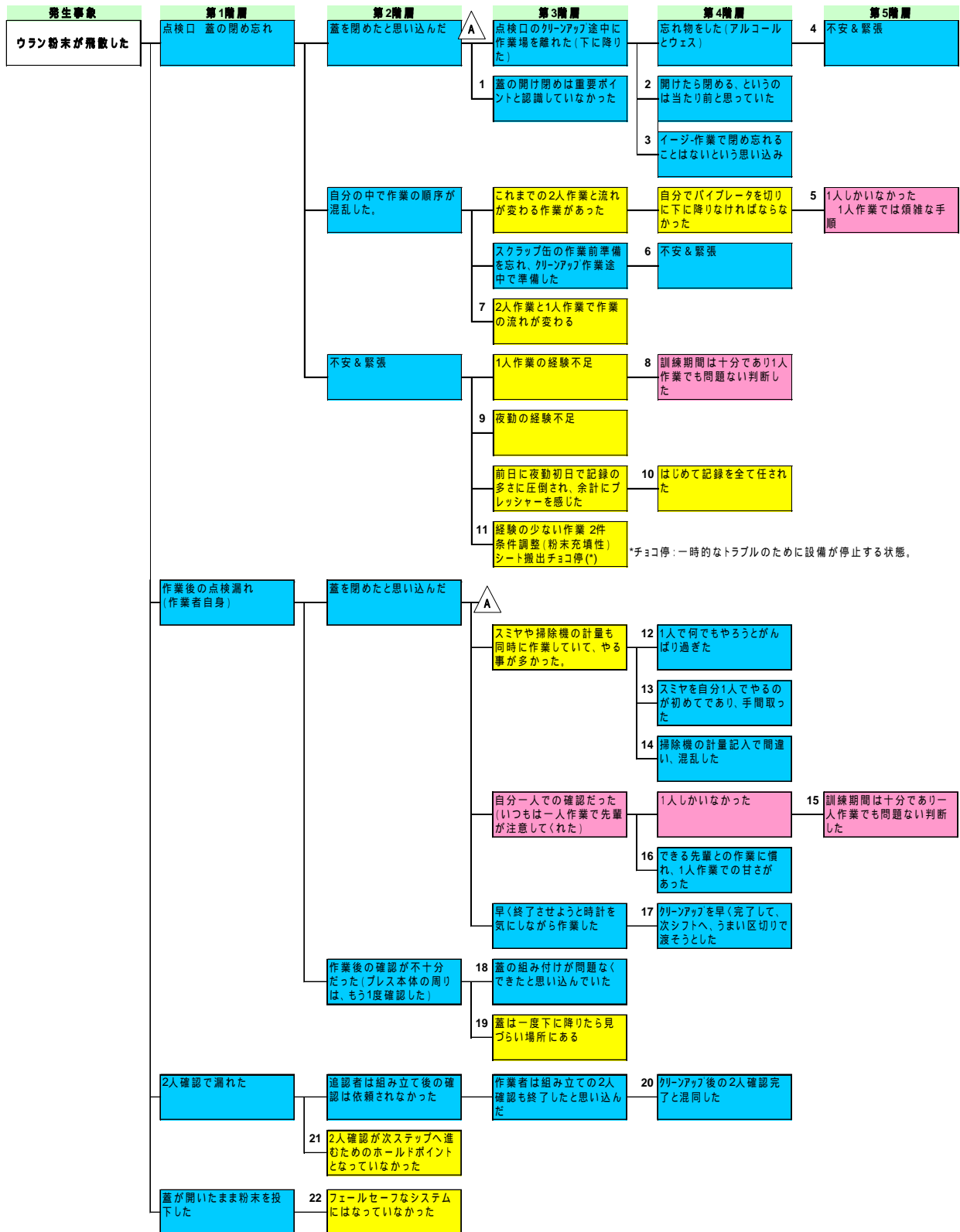
7. 一般連絡事項

年休者

教育 有り ・ 無し

教育内容:

添付資料 12 原因分析ツリー



- 個人的要因
- 技術・環境要因
- 組織的要因
- 経営要因
- 社会要因

注記：ツリーの各枝の最下層の要因に通し番号を付記

添付資料 13 原因分析結果

要因種別	要因	要因番号(*1)	対策(*2)		
個人的要因	蓋の開け閉めは重要ポイントとして認識していなかった	1			
	蓋を閉めたという思い込み	2,3,18,20			
	不安・緊張・戸惑い (経験の少ない作業が重なったことにより)	4,6			
	作業量、作業時間を気にした	12,17			
	作業の手間取り	13,14			
	1人作業での詰め甘さ	16			
技術・ 環境要因	フェールセーフなシステムになっていなかった (蓋を閉め忘れたまま粉末が投下できる)	22			
	経験の少ない作業が重なった	9,10,11			
	2人作業と1人作業とで作業の流れが変わる	7			
	蓋は一度下に降りたら見づらい場所にある	19			
	2人確認が次ステップへ進むためのホールドポイントとなっ ていなかった	21			
組織的要因	第2成型室に1人しかいなかった	5			
	訓練期間は十分であり1人作業でも問題ないと判断した	8,15			

*1：原因分析ツリー（添付資料 12）の各枝の最下層の要因番号。

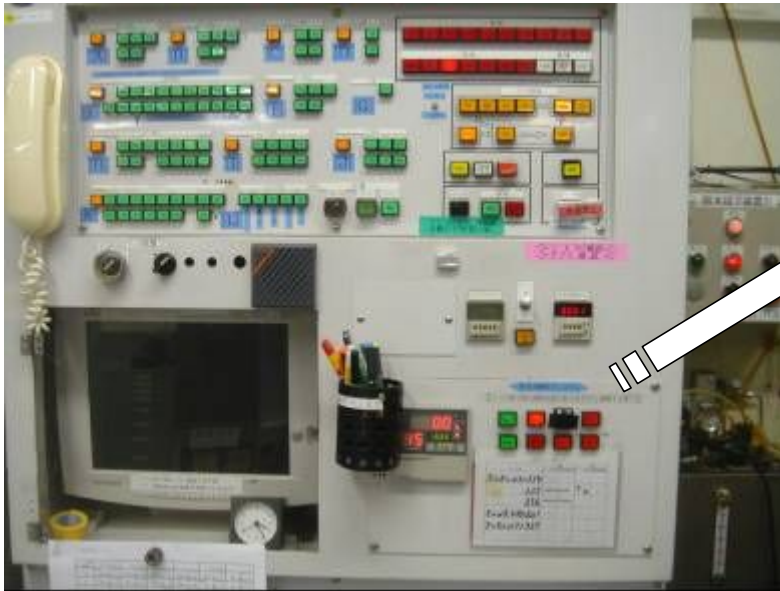
*2：各要因に対して、下記対策の中で有効な対策に を記入。

フェールセーフ機能の導入

確認作業の高度化によるホールドポイントの明確化

教育実施による作業ミス発生リスク低減と作業管理システムの改善

添付資料 14 設備組み立て作業中の操作盤カバー



成型機の粉末投入操作盤



粉末投入釦

