

粉末移し替えフードの搬送コンベヤにおける粉末缶の接触について

平成25年9月

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. 事象概要	1
1.1 事象発生日時	1
1.2 事象発生場所	1
1.3 事象内容	1
(1) 設備の概要	1
(2) 事象の発生	2
(3) 初期対応と通報	2
(4) 周辺環境及び作業者への影響	3
(5) 当該設備の取扱い	3
2. 粉末移し替え作業と搬送コンベヤ	3
2.1 粉末移し替え作業	4
(1) 自動モードによる標準的な作業	4
(2) 手動モード切替え時の作業	4
2.2 搬送コンベヤの構成機器と動作	5
(1) 基本設計	5
(2) 構成機器	5
(3) 駆動系機器の動作条件	6
(4) 自動モードにおける粉末缶の搬送状態	7
3. 事象の整理と原因調査	8
3.1 事象の整理	8
3.2 作業に関する調査	9
(1) 作業におけるヒューマンエラーの調査	9
(2) 作業手順の調査	9
3.3 設備及び粉末缶挙動に関する調査	10
(1) 設備の故障等の点検	10
(2) 設備の動作状況等の調査	10
(3) ストップ2近傍での粉末缶の挙動について	11
(4) 後続缶の接近について	11
(5) 再現試験による検証	12
3.4 原因調査結果のまとめ	12
4. 対策	13

添付資料 1	加工施設の敷地内建物配置図	14
添付資料 2	第 2 加工棟 3 階平面図	15
添付資料 3	設備全景と内容器とプラスチックボトル	16
添付資料 4	粉末移し替えフード及び搬送コンベヤでの粉末の流れ	17
添付資料 5	事象時系列	18
添付資料 6	搬送コンベヤでの粉末缶の配置状態	19
添付資料 7	計量値要確認状態	20
添付資料 8	放射線計測結果	22
添付資料 9	自動モードによる標準的な粉末移し替え作業フロー	24
添付資料 1 0	粉末移し替えフード及び搬送コンベヤ周辺の作業位置	26
添付資料 1 1	自動モードでの設備の動作状況	27
添付資料 1 2	手動モード切替え時の作業フロー	32
添付資料 1 3	手動モード切替え時の設備の動作状況	33
添付資料 1 4	搬送コンベヤの構成機器	34
添付資料 1 5	搬送コンベヤの構成機器ブロック図	35
添付資料 1 6	搬送コンベヤ構成機器並びに駆動系機器動作条件	36
添付資料 1 7	搬送コンベヤでの粉末缶の標準的な動き	38
添付資料 1 8	作業者の動作・操作比較結果	39
添付資料 1 9	事象発生時の搬送コンベヤと作業者の状況	43
添付資料 2 0	搬送コンベヤにおけるセンサの検知範囲	44
添付資料 2 1	ストッパ 2 近傍での粉末缶挙動及び後続缶接近状況	45

1. 事象概要

1.1 事象発生日時

平成 25 年 6 月 13 日（木）11 時 39 分頃（発見）

1.2 事象発生場所

グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン（以下、GNF-J）第 2 加工棟、第 2 - 3 階酸化ウラン取扱室（第 1 種管理区域）の粉末移し替えフードの付属の搬送コンベヤ

1.3 事象内容

(1) 設備の概要

本事象が発生した第 2 加工棟は、敷地の南側に位置しており、ウラン燃料加工の主要工程（入荷～粉末処理～成型～焼結～研削～ペレット検査～装填～溶接～燃料棒検査～組立～集合体検査～荷造・発送）が存在する鉄骨鉄筋コンクリート造の 3 階建て（一部地下 1 階）の建屋である。また、第 2 - 3 階酸化ウラン取扱室は、第 2 加工棟の 3 階に位置しており、ウラン粉末に対し、ペレットに圧縮成型するための前処理である粉末処理を行うとともに、専用の貯蔵場である第 2 酸化ウラン貯蔵場への入出庫を行うための部屋である。今回事象が発生した粉末移し替えフードは、第 2 - 3 階酸化ウラン取扱室に設置されている。

GNF-J は再転換工場から調達したウラン粉末を、承認を受けた NPC 型輸送容器（以下、輸送容器）で運搬し GNF-J に入荷している。輸送容器 1 基中には内容物が 9 個収納されており、各内容物中には、ビニール袋入りのウラン粉末を収納したプラスチックボトル（以下、ボトル）が 3 個ずつ収納されているため、輸送容器 1 基中には 27 個のボトルが収納されている。

GNF-J に入荷した輸送容器は、専用の貯蔵棟に一旦保管された後、輸送容器からウラン粉末が取出され、ウラン粉末は第 2 酸化ウラン貯蔵場に貯蔵される一方、空になった輸送容器は再使用するため再転換工場に返送される。

粉末移し替え作業は、ウラン粉末を第 2 酸化ウラン貯蔵場に貯蔵する際、ビニール袋入りのウラン粉末をボトルから貯蔵用の粉末缶に移し替える作業であり、粉末移し替えフードを用いて行われる。

粉末移し替えフードは、内容物からボトルを取出すための移載部、ボトルからビニール袋入りのウラン粉末を取出し、計量後、貯蔵用の粉末缶に移し替える開梱部、及び粉末缶に蓋を取付ける蓋取付部から構成されている。また、蓋取付け後の粉末缶を第 2 酸化ウラン貯蔵場に移動する搬送コンベヤが付属されている。

内容物の臨界安全管理方法は円筒直径管理であるが、内容物から取出され

たウラン粉末を取扱う開梱部、蓋取付部の臨界安全管理方法はバッチ限量管理であり、1 ボトル或いは1 粉末缶単位で取扱われる。一方、搬送コンベヤは粉末缶を最大2 缶取扱う設計であり、粉末缶同士が相互に一定の離隔距離（30cm 以上）を保つためのインターロックが設置されている。

（添付資料1 に第2 加工棟の敷地内での位置を、添付資料2 に粉末移し替えフードの第2 加工棟内での位置を、添付資料3 に粉末移し替えフード等の外観を、また、添付資料4 に粉末移し替えフードと搬送コンベヤでのウラン粉末の移動状況を示す。）

(2) 事象の発生

本事象は、平成25年6月13日（木）に発生した。当日計画されていた、4 基の輸送容器^(注1)からの粉末移し替え作業のうち、午前中に1 基目の作業を行うために、10時45分頃に作業員A、B が自動モードで粉末移し替え作業を、また、約5分後に作業員C が、第2酸化ウラン貯蔵場への入庫作業を開始した。11時36分頃までに26 個のボトルからの移し替えを終え、引続き当該輸送容器の最後のボトルにあたる27 個目のボトルからの移し替えに取掛かったところ、計量値要確認状態^(注2)となった。このため作業員B は手順に従い手動モードに切替えて計量値を確認し、計量値要確認状態を解消してから自動モードに復帰して作業を続け、移し替えを終えた27 缶目の粉末缶を搬送コンベヤに搬出した。

その直後の11時39分頃に、搬送コンベヤの滞留警報が発報したため、作業員C が搬送コンベヤを確認し、2 つの粉末缶が接触して停止しているのを発見した。なお、接触した粉末缶には、濃縮度4.9%の二酸化ウラン粉末が、それぞれ16.34kg-UO₂及び16.27kg-UO₂ 収納されていた。

（添付資料5 に時系列の詳細を、添付資料6 に搬送コンベヤでの粉末缶の配置状態を、また添付資料7 に入荷した粉末の重量管理方法の詳細を示す。）

（注1）平成25年5月に全78 基入荷した輸送容器で、前日までに53 基からの移し替えが完了していた。

（注2）計量値要確認状態とは、ビニール袋込みの総重量を計量した際、計量値が、正味重量を確認するように手順に定められている値以上である場合をいう。

(3) 初期対応と通報

作業員C は、直ちに粉末缶のうちの下流側の1 缶を搬送コンベヤ先端部へ運び、続けてジブクレーンで隣接する受入計量器へ移動させた。また作業員B は上長である製造1 課課長及び設備技術者へ連絡した。

11 時 45 分頃に現場に到着した製造 1 課課長は、設備技術者とともに以下の事項を確認し、11 時 58 分頃に第 1 事象判断者、核燃料取扱主任者、及びその他の社内関係者に連絡した。

- ・作業者にけがや異常のないこと。
- ・接触した粉末缶 2 缶ともにへこみや破損等の損傷のないこと。
- ・ウラン粉末の漏えいのないこと。
- ・作業員 C が移動させた粉末缶の隔離状態に問題のないこと。

第 1 事象判断者は、連絡責任者を通じて社外関係機関へ即時通報するように指示を行った。また、連絡責任者から指示された副連絡責任者は 12 時 28 分頃にまず電話で、引続きファクシミリで原子力規制庁原子力防災課事故対処室に通報を行った。

なお、接触した粉末缶に収納されていた粉末量は、両粉末缶を合わせても最小臨界質量を超える量ではなく、臨界に必要な減速材（水）も存在していなかったが、核的制限値に係るインターロックが作動すべき状態で作動しなかったことから、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、及び核燃料物質の加工の事業に関する規則第 9 条の 16 の 9 号に基づく報告事項と判断した。

(4) 周辺環境及び作業員への影響

放射線管理担当は、排気筒に設置されている排気中ウラン濃度測定用ダストモニタと敷地境界に設置されているモニタリングポストの値が通常値範囲であり、本事象に伴う放射線による周辺環境への影響がないことを確認した。また、当該設備近傍に設置されている空気中ウラン濃度測定用エアモニタと空間線量測定用熱蛍光線量計の値が通常値範囲であり、作業員の内部・外部被ばくがないことを確認した。

(添付資料 8 に放射線計測結果の詳細を示す。)

(5) 当該設備の取扱い

粉末移し替えフードと搬送コンベヤについては、事象発生時に搬送コンベヤにあった粉末缶 2 缶を、適切に第 2 酸化ウラン貯蔵場に入庫し、設備からウラン粉末を取除いた後、設備の使用を禁止して使用禁止表示を行った。

2. 粉末移し替え作業と搬送コンベヤ

ここでは、粉末移し替え作業の内容と、粉末移し替えフードに付属する搬送コンベヤの機器の構成及びその制御内容について説明する。

2.1 粉末移し替え作業

(1) 自動モードによる標準的な作業

標準的な粉末移し替え作業は、3人の作業員により、設備の運転モードを自動モードにして、次の(a)～(h)の手順で行われる。

- (a) 作業員が輸送容器の内容物を粉末移し替えフードの移載部にセットし、内容物の蓋を取外す。移載部の扉を閉止すると、吸着機がボトルを内容物から取出して反転機に搬送する。
- (b) 反転機がボトルを移載部から開梱部に移す。
- (c) 作業員がボトルの蓋を取外し、ビニール袋入りのウラン粉末をボトルから取出す。
- (d) 作業員がビニール袋入りのウラン粉末を計量器に載せ総重量を計量する。計量値が入荷管理値以下であることを確認後、計量確認ボタンを押すと開梱部奥側のシュートロが開口する。作業員はシュートロを通じてビニール袋入りのウラン粉末を貯蔵用の粉末缶に投入する。
- (e) 作業員が完了ボタンを押すと、粉末缶は蓋取付部に移動する。
- (f) 作業員が蓋取付部で粉末缶に蓋を取付ける。これで搬出準備が完了するので、搬送コンベヤへの搬出ボタンを押す。
- (g) 粉末缶は、搬出条件が整うと搬送コンベヤに搬出され、搬送コンベヤ先端部まで搬送される。作業員が先端部から粉末缶をジブクレーンで吊上げ、受入計量器経由で貯蔵場専用のパレットに収納し、端末で入庫登録を行って第2酸化ウラン貯蔵場に入庫する。
- (h) 上記作業を繰り返す。

(設備でのウラン粉末の移動状況の概略は添付資料4参照。また、自動モードによる標準的な作業ステップの詳細を添付資料9に、作業ステップと作業員の位置の関係を添付資料10に、また、設備の動作状況を添付資料11に示す。)

(2) 手動モード切替え時の作業

上記自動モードによる作業中、(d)の総重量の計量の際、1.3(2)項に記載した計量値要確認状態となる場合がある。この状態になると、作業員が計量確認ボタンを押しても、シュートロが開口しない設計となっており、作業員は、自動モードにおける(d)と(e)の作業に代えて次の(d)'と(e)'に従った作業を実施する。

- (d)' 作業員がビニール袋入りのウラン粉末を計量器に載せ総重量を計量する。計量値要確認状態となった場合は、総重量からビニール袋重量を差引いた

正味重量が入荷管理値以下であることを確認してから、手動ボタンを押して手動モードに切替える。その後、手動モードでシュート口を開き、ビニール袋入りのウラン粉末を貯蔵用の粉末缶に投入する。

- (e) 作業者が自動ボタンと運転ボタンを押すと自動モードに復帰し、粉末缶は蓋取付部に移動する。

(手動モード切替え時の作業ステップの詳細を添付資料 1 2 に、また、設備の動作状況を添付資料 1 3 に示す。)

2.2 搬送コンベヤの構成機器と動作

(1) 基本設計

自動モードにおいて、作業者による粉末缶の搬出準備完了情報（搬出ボタン押下信号）、及び搬送コンベヤでの粉末缶の在荷情報（センサの検知信号）が制御装置に入力され、制御装置が駆動系に動作指令を発信し、動作指令に従って駆動系の各機器が動作することにより、粉末缶が相互に一定（30cm）以上の離隔距離を保ちながら搬送される。

搬送コンベヤに粉末缶は最大 2 缶在荷し、搬送ローラ先端部で粉末缶が在荷センサ 1 で検知される位置（先端部停止位置）と、搬送ローラ中間部で粉末缶が在荷センサ 3 で検知される位置（中間部停止位置）の 2 か所が粉末缶の所定の停止位置となっている。自動モードにおいては、粉末缶はそのいずれかの所定停止位置に停止する。

(2) 構成機器

搬送コンベヤの構成機器^(注3)は、以下の①～⑧である。

(i) 運転モード切替え系機器

- ①操作パネル：運転モード（自動／手動モード）の切替えのための操作盤。

(ii) 入力系機器

- ②搬出ボタン：粉末缶の搬出準備完了情報を制御系に入力するためのボタン。粉末缶は搬出ボタンを押した時点ではなく、搬出ボタンを押した後、搬送コンベヤが空、又は、先端部停止位置にのみ粉末缶が在荷する状態となった時点で搬出される。
- ③センサ：在荷センサ 1 と 3 は粉末缶の停止情報を、また、滞留センサ 2 と 4 は粉末缶の移動情報を制御系に発信する。各滞留センサが 10 秒間粉末缶を検知すると、滞留警報が発報する。

(iii) 制御系機器

④制御装置 : 設備のシーケンス制御を行う。

(iv) 駆動系機器

⑤シャッタ : 粉末移し替えフードの蓋取付部の出口に設置されており、粉末缶搬出時に開く。

⑥搬出ローラ : 粉末移し替えフードの蓋取付部に設置されており、粉末缶搬出時に回転する。

⑦搬送ローラ : 搬送コンベヤのローラで、下流から4ローラ分の先端部とそれ以外の中間部に分かれており、各部独立に回転して粉末缶を搬送する。

⑧ストッパ : 停止中の粉末缶の位置ずれを防止するために3か所に設置されており、ローラとローラの間を上昇・下降し、駆動力は785Nである。

(添付資料14に搬送コンベヤの全体構成を、添付資料15に構成機器のブロック図を、また、添付資料16に構成機器の詳細を示す。)

(注3) 操作パネル、搬出ボタン、制御装置、シャッタ、搬出ローラは搬送コンベヤの関連機器であるが、搬送に関係する機器であるため構成機器に含めた。

(3) 駆動系機器の動作条件

搬送コンベヤ駆動系機器の動作条件は以下の①～④の通りである。

①シャッタ : ・「搬送コンベヤが空、又は、先端部停止位置にのみ粉末缶が在荷」し、搬出ボタンがONの場合に開く。

・粉末缶が中間部停止位置に到達するまで開状態が継続する。

・それ以外の場合には閉じる。

②搬出ローラ : ・「搬送コンベヤが空、又は、先端部停止位置にのみ粉末缶が在荷」し、搬出ボタンがONの場合に回転する。

・搬送コンベヤへの粉末缶の搬出後、回転は停止する。

・それ以外の場合には停止する。

③搬送ローラ : ・「搬送コンベヤが空、又は、先端部停止位置にのみ粉末缶が中間部

在荷」し、搬出ボタンがOFFの場合に停止する。

・先端部及び中間部の両方の停止位置に粉末缶が在荷する場合に停止する。

・それ以外の場合には回転する。

- ④搬送ローラ先端部 :
 - ・ 中間部停止位置に粉末缶が在荷し、かつ先端部停止位置が空の場合に回転する。
 - ・ 粉末缶が先端部停止位置に到達するまで回転が継続する。
 - ・ それ以外の場合には停止する。
 - ⑤全ローラ :
 - ・ 搬出ローラ、搬送ローラ中間部、搬送ローラ先端部とも、手動モードに切替えた時点で回転は停止する。
 - ・ 自動モードに復帰した時点で各ローラの動作条件に従って動作する。
 - ・ 以下のいずれかの組合せでセンサが同時に粉末缶を検知すると、異常在荷状態としてローラの回転は停止する。
 - － 在荷センサ 1 と 滞留センサ 2
 - － 滞留センサ 2 と 在荷センサ 3
 - － 滞留センサ 2 と 滞留センサ 4
 - － 在荷センサ 3 と 滞留センサ 4
 - ⑥ストッパ 3 :
 - ・ 「搬送コンベヤが空、又は、先端部停止位置にのみ粉末缶が在荷」し、搬出ボタンが ON の場合に下降する。
 - ・ 粉末缶が中間部停止位置に到達するまで下降状態が継続する。
 - ・ それ以外の場合には上昇する。(シャッタと連動しており、シャッタ開時に下降、閉時に上昇する。)
 - ⑦ストッパ 2 :
 - ・ 中間部停止位置に粉末缶が在荷し、かつ先端部停止位置が空の場合に下降する。
 - ・ 粉末缶が先端部停止位置に到達するまで下降状態が継続する。
 - ・ それ以外の場合には上昇する。(搬送ローラ先端部と連動しており、ローラ回転時に下降、停止時に上昇する。)
 - ⑧ストッパ 1 :
 - ・ ストッパ 2 と同じ
 - ⑨全ストッパ :
 - ・ ストッパ 3、ストッパ 2、ストッパ 1 とも、自動モード運転開始時に上昇する。
 - ・ 上昇後、各ストッパの動作条件に従って動作する。
- (添付資料 1 6 に駆動系機器の動作条件の詳細を示す。)

(4) 自動モードにおける粉末缶の搬送状態

上記の動作条件に従い、自動モードにおいて、粉末缶は以下の通り搬送される。

(i) 搬送コンベヤに粉末缶が存在しない状態

- ・作業者が搬出ボタンを押すと、搬出ローラが回転してシャッタが開き、粉末缶が搬送コンベヤに搬出される。
- ・搬送ローラ中間部が回転してストッパ 3 が下降し、前進した粉末缶が中間部停止位置まで到達する。粉末缶が在荷センサ 3 に検知された時点で、ストッパ 1、2 が下降し、中間部に加えて先端部の搬送ローラも回転を開始し、先端部停止位置まで搬送される。
- ・先端部停止位置に到達すると粉末缶は停止する。

(ii) 先端部停止位置にのみ粉末缶が存在する状態

- ・作業者が搬出ボタンを押すと、搬出ローラが回転してシャッタが開き、粉末缶が搬送コンベヤに搬出される。
- ・搬送ローラ中間部が回転してストッパ 3 が下降し、前進した粉末缶が中間部停止位置まで到達する。粉末缶が在荷センサ 3 に検知された時点で、搬送ローラが停止してストッパは全て上昇する。

(iii) 先端部停止位置と中間部停止位置に粉末缶が存在する状態

- ・作業者が搬出ボタンを押しても、在荷センサ 1、3 が粉末缶を検知しているため搬出ローラは回転せずシャッタも閉じた状態であり、粉末缶は新たに搬出されない。

(iv) 上記(iii)において先端部停止位置の粉末缶を取去った状態

- ・作業者がジブクレーンで先端部停止位置の粉末缶を取去ると、ストッパ 1、2 が下降し、中間部と先端部の搬送ローラが回転を開始して、中間部停止位置にあった粉末缶は先端部停止位置へ搬送される。
- ・先端部停止位置に到達するまでは、作業者が次の粉末缶の搬出ボタンを押しても、搬出条件を満足しないため、次の粉末缶は搬出されない。
- ・先端部停止位置に粉末缶が到達した時点で(ii)の状態となる。

(添付資料 1 7 に搬送コンベヤでの粉末缶の動きを示す。)

3. 事象の整理と原因調査

3.1 事象の整理

今回の事象は、「搬送コンベヤの運転モードを手動モードから自動モードに復帰して運転を再開した直後に、先端部停止位置と中間部停止位置の間のストッパ 2 近傍で 2 つの粉末缶が接触した」という事象である。このような事象に至った問題点は次の 2 項目に整理できる。

(i) 先行缶の滞留

自動モードでは、粉末缶は先端部と中間部の停止位置以外の場所では停止しない制御であるにも関わらず、先行缶^(注4)が両停止位置の間に停止していた。

(ii) 後続缶の搬出と接近

滞留センサ 2、在荷センサ 3、又は滞留センサ 4 のいずれかのセンサが粉末缶を検知している場合には、後続缶^(注4)が搬送コンベヤに搬出されない制御であるにも関わらず、後続缶が搬送コンベヤに搬出され、先行缶に接触する位置まで搬送された。

上記の原因を究明するため、以下の作業、設備、及び粉末缶挙動に関する調査を実施した。

(注 4) 搬送コンベヤに粉末缶が 2 缶在荷し、両者を区別する必要がある場合に、下流側にある粉末缶を「先行缶」、上流側にある粉末缶を「後続缶」と呼ぶ。

3.2 作業に関する調査

(1) 作業におけるヒューマンエラーの調査

作業者が行った動作・操作について、作業抜けや誤操作等のヒューマンエラーの有無を確認するため、作業分析を実施した。この分析のため、事象発生前の時点からの作業者 A、B、C の実際の作業内容を、聞き取りにより調査するとともに、標準的な作業手順と比較した結果、誤操作や作業抜け等のヒューマンエラーはなかったことが確認された。

(添付資料 1 8 に作業分析の詳細を示す。)

(2) 作業手順の調査

事象が発生した運転モード変更時の作業について、作業者への聞き取りを含めて作業手順を調査した。

その結果、次のことが確認できた。

- いずれの作業者も搬送コンベヤの安全機構であるインターロックを信頼しており、搬送コンベヤの粉末缶の状態に対する注意の必要性についての認識はなかった。
- 粉末移し替えフードが導入された平成 13 年以降これまでの 12 年間に、今回の事象と同様の粉末缶接触事象の発生はなかった。
- 手動モードに切替えた後、自動モードに復帰して運転を再開する際、搬送

コンベヤの状況を確認してから粉末缶を搬出したり、他の作業者に周知・注意喚起してから運転モードを変更する等の、粉末缶の滞留を考慮に入れた作業手順となっていなかった。

3.3 設備及び粉末缶挙動に関する調査

(1) 設備の故障等の点検

- ・搬送ローラの回転不良、ストッパの動作不良、センサの軸ずれや異常検知、制御装置の接続不良等の設備故障や動作不良について点検を行った結果、正常に動作し、異常がないことを確認した。
- ・搬送コンベヤにおいて、粉末缶の進行を妨害する干渉物や干渉痕等がないことを確認した。

(2) 設備の動作状況等の調査

事象発生前から発生直後の間の設備の動作状況等について、聞き取り等による調査と、制御機構に基づく粉末缶の移動状態等を推定・整理した結果は次の通りである。

- ・作業員 C は、25 缶目を先端部停止位置から取去った際に、事象発生時の先行缶である 26 缶目が中間部停止位置にあったことを確認した。以降、滞留警報が発報し、作業員 C が搬送コンベヤを確認するまでの間は、いずれの作業員も搬送コンベヤの状態を確認しなかった。
- ・25 缶目を取去ったため、26 缶目が中間部停止位置から先端部停止位置に向け移動を開始した。
- ・事象発生前に、作業員 B が事象発生時の後続缶である 27 缶目の粉末移し替え作業中、ウラン粉末重量を計量した結果、計量値要確認状態となったため、自動モードから手動モードに切替えた。手動モードに切替えた時点で、搬送ローラが停止し、26 缶目は停止した。
- ・作業員 B は、その後、手動モードから自動モードに復帰して作業を続けた。自動モードへの復帰後、ストッパ及びローラは各センサの検知情報に基づき動作し、手動モード切替え中に停止していた 26 缶目は、先端部停止位置まで搬送されるはずであった。
- ・実際の 26 缶目は、作業員 C が滞留警報により搬送コンベヤを確認した時に、先端部停止位置と中間部停止位置の間のストッパ 2 の上に存在していた。この時、ストッパ 1、2 は下がり、搬送ローラは先端部、中間部ともに停止していた。

(添付資料 1 9 に事象発生時の搬送コンベヤと作業員の状況を示す。)

(3) ストップ 2 近傍での粉末缶の挙動について

設備の動作状況等の調査から、26 缶目は、搬送途中で運転モードが変更されたことに伴い、ストップ 2 近傍で滞留した可能性があるため、運転モード変更に伴うストップ 2 近傍での粉末缶の挙動について調査を行った結果、以下のことが確認された。

- ・自動モードから手動モードに切替えると、その時点で搬送ローラは停止する。その後、自動モード運転の再開に伴い、全てのストップが上昇し、ストップ 2 上に停止していた粉末缶はストップ 2 に持上げられる。
- ・所定停止位置（先端部停止位置／中間部停止位置）でない搬送コンベヤの一部には、センサの粉末缶検知外領域があり、ストップ 2 の近傍にもその検知外領域がある。
- ・自動モード復帰時にストップに持上げられた位置が、センサの検知外領域の場合には、センサは中間部停止位置の在荷が空との信号を発信するため、ストップ 2 は下降せず、粉末缶は持上げられた状態が継続する。
(添付資料 20 に搬送コンベヤでのセンサの検知範囲の詳細を、また、添付資料 21 にストップ 2 近傍での粉末缶の挙動を示す。)

(4) 後続缶の接近について

先行缶がコンベヤに在荷している状況での後続缶の接近について調査を行った結果、以下のことが確認された。

- ・センサの検知外領域で粉末缶（先行缶）がストップ 2 に持上げられて滞留している場合には、搬送コンベヤの在荷は空と認識されているため、搬出ボタンが押されると後続缶は搬出され、搬送ローラ中間部が回転して中間部停止位置に向かって移動する。
- ・ストップ 2 の上昇状態は継続しているが、先行缶の中心位置がストップ 2 よりも下流側にあった場合には、缶は前傾姿勢であるため、搬送ローラ中間部の回転に伴い、持上げられていたストップ 2 から離れて前進する。
- ・一方、先行缶の中心位置がストップ 2 よりも上流側にあった場合には、缶は後ろに傾いているため、搬送ローラ中間部が回転しても、ストップ 2 に持上げられた状態が維持される。
- ・後続缶はストップ 2 上で滞留している先行缶に接近し、中間部停止位置に到達すると、在荷センサ 3 が後続缶を検知してストップ 1、2 が下がり、滞留していた先行缶が移動を開始する。しかし、在荷センサ 3 が後続缶を検知してから先行缶の移動が開始されるまでには、ストップの下降等のために僅かな時間のズレがあるため、その間に後続缶は先行缶に追いつき接触する。
- ・滞留センサ 2 が先行缶を検知すると、在荷センサ 3 は後続缶を検知してい

るため、両センサが同時に粉末缶在荷を検知したことになり、その時点で搬送ローラは停止し、10秒間経過して滞留警報が発報する。
(添付資料2-1にストッパ2近傍で滞留する先行缶への後続缶の接近の状況を示す。)

(5) 再現試験による検証

上記の推定通りに実際に事象が発生するかどうかを検証するため、模擬の粉末缶を使用して再現試験を実施した。再現試験では、粉末缶(先行缶)が搬送コンベヤを移動中に、缶の中心がストッパ2よりも上流側でかつ缶の後端が在荷センサ3よりも下流側の範囲に差掛かった時に自動モードから手動モードに切替え、再度自動モードに復帰した後に、後続缶の搬出ボタンを押し、その後の状況確認を行った。その結果、今回の事象と同様に、後続缶は搬送コンベヤに搬出され、先行缶に後続缶が接触して停止する状況が確認できた。

3.4 原因調査結果のまとめ

作業と設備並びに粉末缶挙動に関する原因調査結果を整理すると、接触に至るまでの状況は以下の通りとなる。

- ・手動モードに切替えるとその時点で搬送ローラは停止するので、ストッパ2の上を通過中であった先行缶はストッパ2上で停止した。
- ・所定停止位置(先端部停止位置/中間部停止位置)でないストッパ2の近傍には、センサの粉末缶検知外領域がある。
- ・手動モードから自動モードに復帰すると全てのストッパが上昇し、ストッパ2上で停止していた先行缶はストッパ2に持ち上げられたが、そこはセンサの検知外領域であったため、缶が持ち上げられた状態が継続した。
- ・先行缶がストッパ2に持ち上げられた状態で後続缶の搬出ボタンが押されたが、先行缶はセンサの検知外領域で停止しており、かつ後ろに傾いていたので、搬送ローラ回転後もその位置に滞留し続け、後続缶が中間部停止位置に到達した直後に2つの粉末缶は接触した。

このような状況が発生した原因は次の2つと考えられる。

- ・先行缶と後続缶の2缶が在荷する搬送コンベヤにおいて、センサに粉末缶検知外領域があり、その領域に先行缶が滞留している状態で作業者が搬出ボタンを押すと、後続缶が搬送コンベヤに搬出されて前進し、粉末缶同士の離隔距離を保てなくなるシステムであったこと。
- ・粉末缶同士の離隔距離を保てなくなるシステムであることを考慮に入れず、作業者が搬送コンベヤの粉末缶在荷状態を確認してから後続缶を搬出する手順となっていなかったこと。

4. 対策

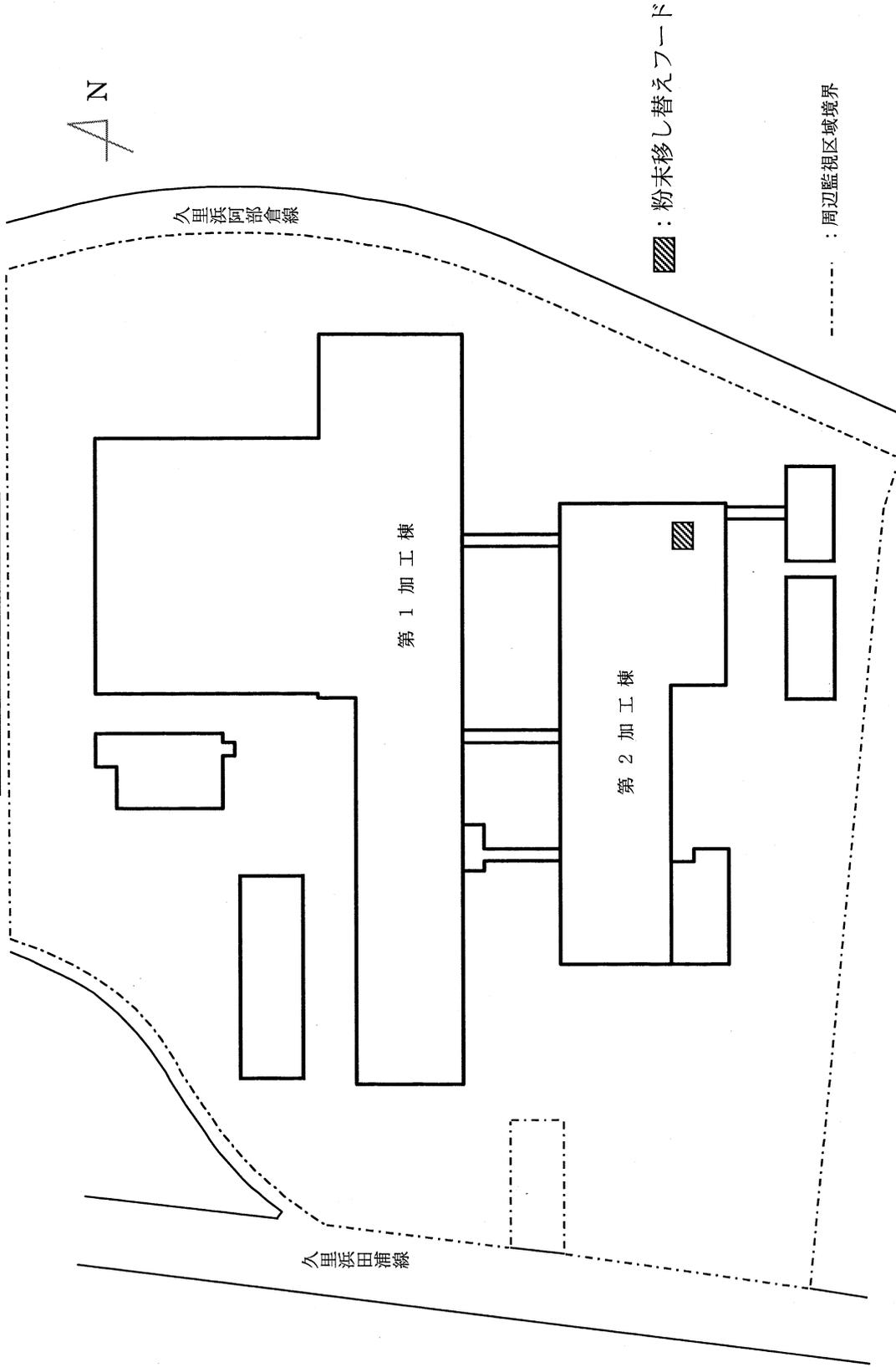
3.4項に基づき、粉末移し替えフードの搬送コンベヤにおける粉末缶の接触事象に対する再発防止策は、粉末缶同士の離隔距離の確保を確実なものとするための以下の(1)～(3)とする。また、(1)～(3)に加え、臨界安全管理はウラン加工施設では最も重要な安全管理項目であるという意識を今一度高めるための施策(4)も併せて実施する。

- (1) 自動モードで作業を行う場合、或いは運転モードを変更する場合のいずれの場合においても、粉末缶を搬送コンベヤに搬出する前には、搬送コンベヤに粉末缶がないことを確認してから後続缶を搬出する手順とする。(運転モードによらず、搬送コンベヤでは最大で1缶しか取扱わない運用とする。)
- (2) 搬送コンベヤの全域が検知できるようにセンサを設置して粉末缶在荷を検知し、搬送コンベヤに粉末缶が在荷している場合には、搬出ボタンを押しても後続缶が搬出されないように、所定の手続きを経て設備を変更する。
- (3) 上記(2)の設備変更は今後半年程度を目途として実施することとするが、変更が完了するまでの間は、上記(1)の手順における確認作業を2人の作業者によって行うこととする。また、この2人確認作業をより確実なものとするため、粉末缶の搬出ボタンを増設し、搬送コンベヤを確認した2人の作業者が各々搬出ボタンを押さないと搬出指令が発せられないようにする。
- (4) 作業者に対し、今回の事象の原因と対策について周知するとともに、設備の臨界安全管理の方法と注意すべき点等に関する特別教育を実施する。

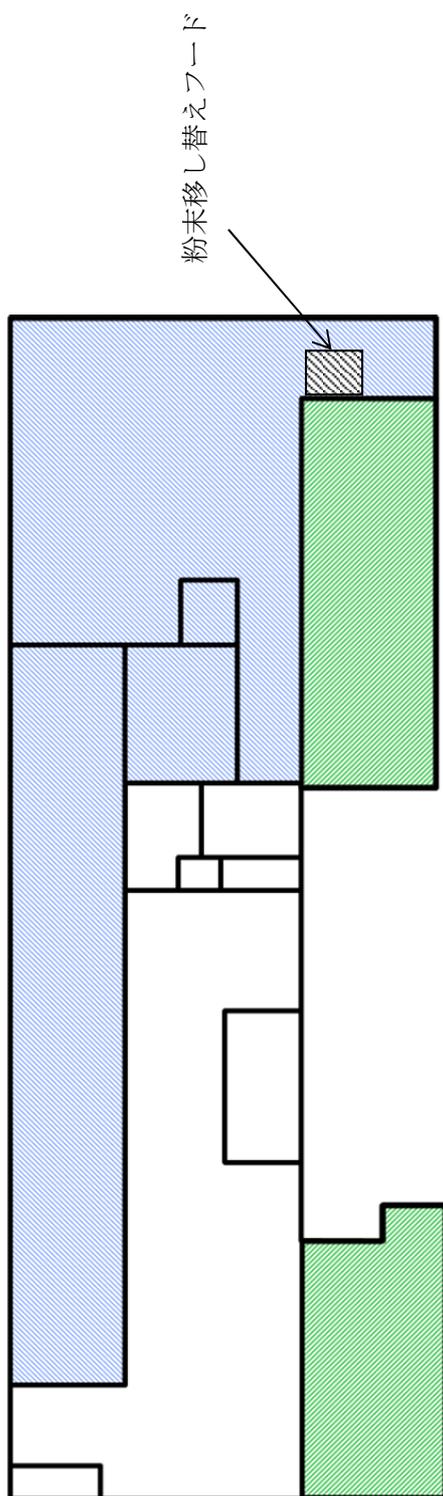
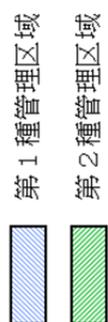
なお、臨界安全管理のために離隔距離を管理して自動搬送している他の設備を対象に、センサの検知外領域で離隔距離を保てなくなるシステム上のリスク、並びに確認作業手順の適切性について調査を行った。その結果、加工工程用の粉末缶に粉末を移し替えるために使用する「粉末移し替え用フード」に関しては、1缶単位での取扱いであるが、手動モードに切替えた後自動モードに復帰する際に、作業者が誤操作を行うと、粉末缶が設備から排出される前に後続缶が搬入される可能性のあることを確認した。そこで、手動モードに切替えた後自動モードに復帰する際の作業手順を見直し、後続缶を搬入する前に先行缶が設備から排出されていることを2人の作業者で確認するように作業手順を変更して作業者に教育・周知した。また今後、粉末移し替えフードと同様に、設備の変更を行うこととする。

以上

加工施設の敷地内建物配置図



第2加工棟3階平面図



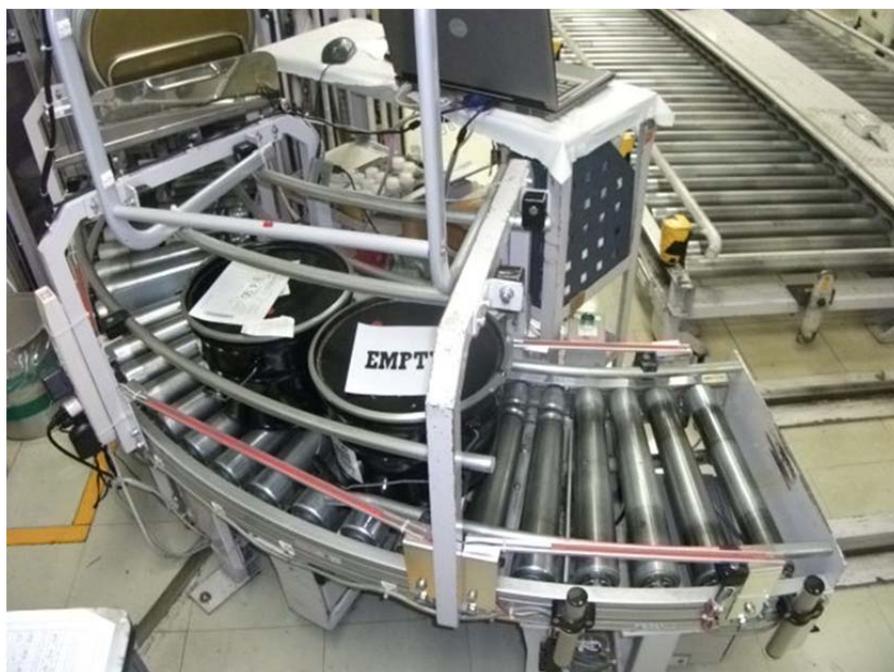
設備全景と内容器とプラスチックボトル

名称	外観	
設備		
	設備右前方から	設備左前方から
内容器		<p>内容器 搬送台 (スキッド)</p>
	搬送台 (スキッド) に載った内容器	
プラスチック ボトル		
	蓋を取り付けた状態のボトル	

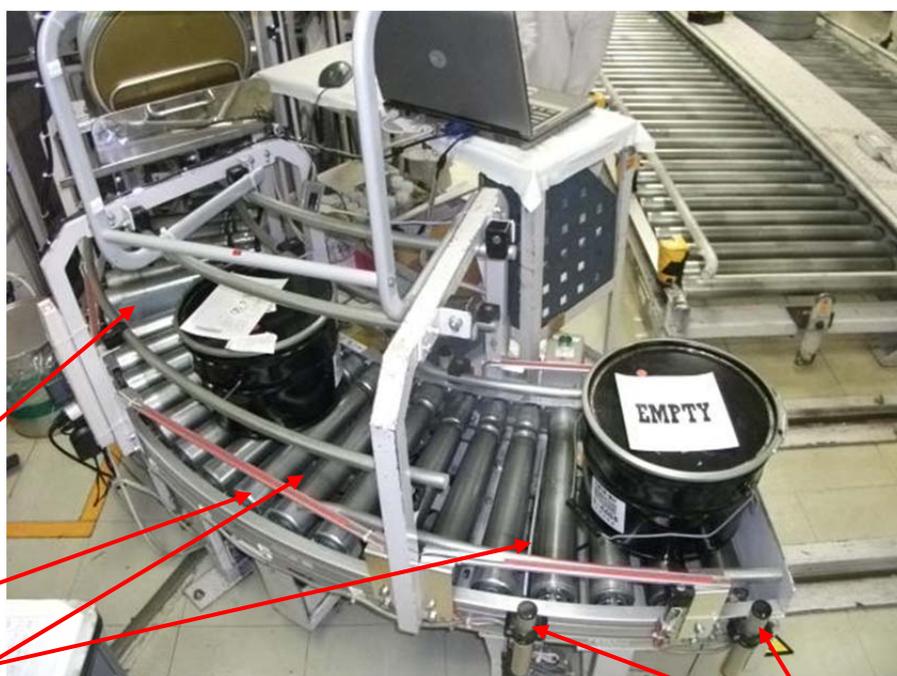
事象時系列6月13日(木)

- 09:40 頃 粉末移し替え作業を実施する為、作業員 A 及び B は粉末移し替えフードの、作業員 C は第 2 酸化ウラン貯蔵場の始業点検と作業準備を開始した。
- 10:45 頃 作業員 A 及び B が自動モードで 1 輸送容器目の粉末移し替え作業を開始した。
- 10:50 頃 作業員 C が作業に加わり第 2 酸化ウラン貯蔵場への粉末缶入庫作業を開始した。
- 11:36 頃 作業員 C が搬送コンベヤの先端部に到達した粉末缶（作業 25 缶目）に対して第 2 酸化ウラン貯蔵場への入庫作業を行った。
- 同時刻 27 個目のプラスチックボトルからの移し替え作業中、作業員 B が総重量が計量値要確認状態であることを確認したため、風袋重量（ビニール袋重量）を差引いた正味重量が入荷管理値を超えていないことを確認し、設備を手動モードに切替えて次ステップへ進めた後、自動モードに復帰させた。
- 11:39 頃 搬送コンベヤの滞留警報が発報したため、作業員 C が搬送コンベヤを確認したところ、搬送コンベヤの中間部で粉末缶 2 缶（26 缶目と 27 缶目）が接触している状態で停止しているのを発見した。
- 同時刻 作業員 C が接触している粉末缶のうち 1 缶を速やかに取除き離隔距離約 1m を確保した。
- 11:40 頃 作業員 B が製造 1 課課長及び設備技術者へ連絡した。
- 11:45 頃 製造 1 課課長及び設備技術者が現場に到着した。
製造 1 課課長が当該設備の使用禁止を指示した。
- 11:53 頃 製造 1 課課長が製造 1 課担当課長へ連絡した。
- 11:58 頃 製造 1 課課長が第 1 事象判断者へ連絡した。第 1 事象判断者は連絡責任者経由で社外関係機関へ即時通報するよう指示した。
- 12:00 頃 製造 1 課課長が連絡責任者へ連絡した。
- 12:00 頃 製造 1 課担当課長が、保安巡視を行っていた原子力規制委員会横須賀原子力規制事務所の保安検査官と、同行していた核燃料取扱主任者へ口頭連絡した。
- 12:05 頃 保安検査官と核燃料取扱主任者が現場に到着した。
- 12:28 頃 連絡責任者から指示された副連絡責任者が、原子力規制庁原子力防災課事故対処室へ事象を電話で通報した。
- 12:50 頃 副連絡責任者がファクシミリによる第 1 報を事故対処室へ発信した。
- 14:35 頃 副連絡責任者がファクシミリによる第 2 報を事故対処室へ発信した。
- 17:51 頃 副連絡責任者がファクシミリによる第 3 報（最終報）を事故対処室へ発信した。

搬送コンベヤでの粉末缶の配置状態



事象発生時の粉末缶の配置状態 (空缶を使用した模擬再現状況)



上昇している
ストッパ

ローラ

下降している
ストッパ

正常時の粉末缶の配置状態 (参考図)

センサ

計量値要確認状態

グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン（以下、GNF-J）では、入荷した粉末は、入荷時のプラスチックボトルに収納されていた粉末単位で加工工程用の粉末缶（以下、5 ガロン缶）に移し替え、粉末処理を行った後に成型工程に供給している。この粉末処理工程では、成型のための潤滑剤を 5 ガロン缶単位で添加・混合しているが、それに加えて乾式回収^(注1)されたウラン粉末（乾式回収粉末）を添加・混合する場合もある。

ここで、5 ガロン缶中のウランの臨界安全管理方式はバッチ管理方式であり、1 缶中の最大粉末重量は、下表 1 のバッチ限度量以下で取扱うことが保安規定で定められている。

乾式回収粉末を添加する場合には、添加した状態でバッチ限度量以下とする必要があるため、バッチ限度量から添加する乾式回収粉末量を差引いた重量よりも、プラスチックボトルに収納されている粉末重量が多い場合には、乾式回収粉末を添加する前に、5 ガロン缶中の粉末の一部を抜取って重量を調整することが必要となる。

この重量調整作業を GNF-J で行わないようにするために、あらかじめ想定されている最大の乾式回収粉末添加重量を添加してもバッチ限度量を超過しないように重量を定め、これを表 1 に示す入荷管理値としている。そして、GNF-J はウラン粉末の出荷元である再転換工場（グローバル・ニュークリア・フュエル・アメリカズ）に対して、プラスチックボトルに収納する正味の UO_2 粉末重量が入荷管理値以下となるように収納することを契約の中で求めている。

表 1 バッチ限度量と入荷管理値（単位：kg- UO_2 ）

濃縮度 (%)	バッチ限度量 ^{注2)}	入荷管理値
3.0 以下	44.5	18.5
3.0 を超え 3.6 以下	31.1	18.5
3.6 を超え 4.0 以下	25.7	18.5
4.0 を超え 4.6 以下	20.2	18.5
4.6 を超え 5.0 以下	18.1	16.4

入荷管理値は正味（ウラン粉末（ UO_2 ）のみ）の重量に対して要求されている値であるが、粉末移し替えフード内では、ウラン粉末はビニール袋に入れたまま取扱うため、ビニール袋込みの総重量を測定して、総重量がこの値以下か超過しているかを確認することになっており、総重量が入荷管理値を超過した場合を「計量値要確認状態」と呼んでいる。計量値要確認状態となった場合には、プラスチックボトル毎に発行される ID カードに記載されている、出荷元で計測したビニール袋の重量を差引き、正味のウラン粉末重量を確認して

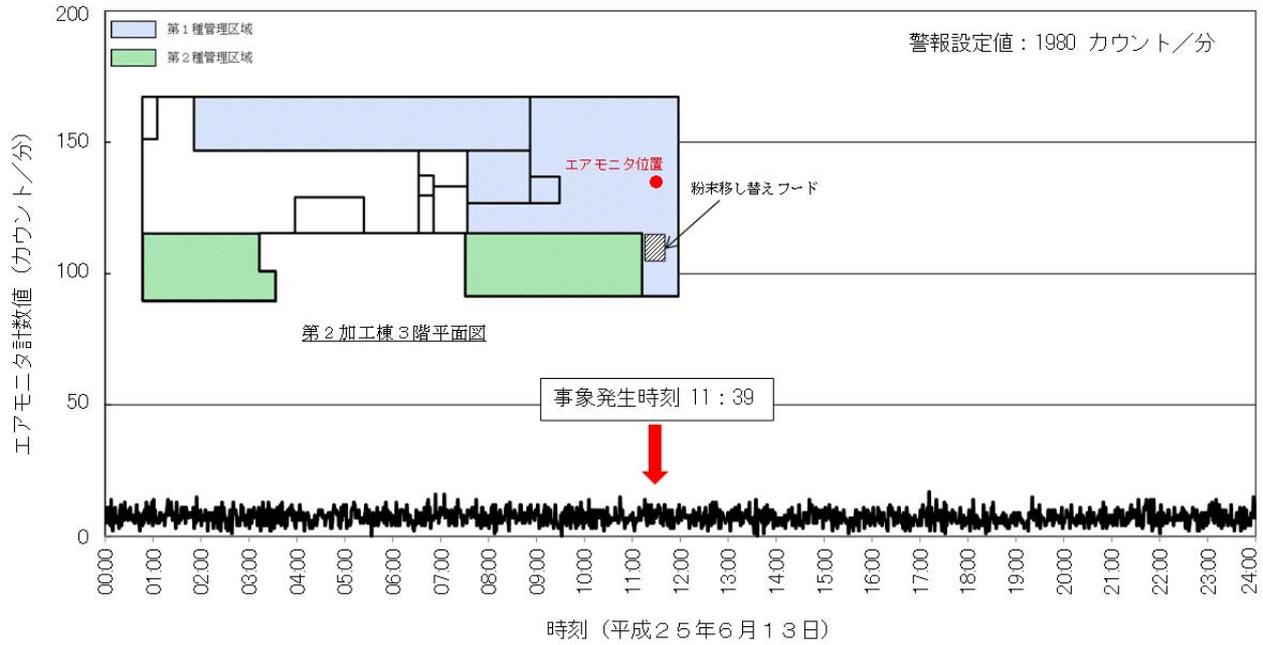
入荷管理値以内であれば作業を進めることができる手順となっている。但しその場合には、一旦手動モードにしてシュート口を開き、ビニール袋入りウラン粉末を粉末缶に収納する操作を行ってから、自動モードに復帰して作業を続ける必要がある。なお、この入荷管理値は上述の通り、GNF-Jの工程内での取扱い時の利便性（粉末重量調整作業の発生防止）の観点で設定されているものであって、入荷管理値を超過してもバッチ限度量以下であれば安全上の問題は発生しないため、計量値要確認状態での正味重量確認は一人の作業員で行っている。

今回の事象では、ビニール袋込みの総重量が入荷管理値（濃縮度が4.9%であったため、16.4kg）を超えていた（16.43kg）ため計量値要確認状態となったが、作業員はビニール袋の重量（87g）を差し引くと正味重量は入荷管理値内であることを確認したため、手動モードに切り替えて工程を進める操作を行った。

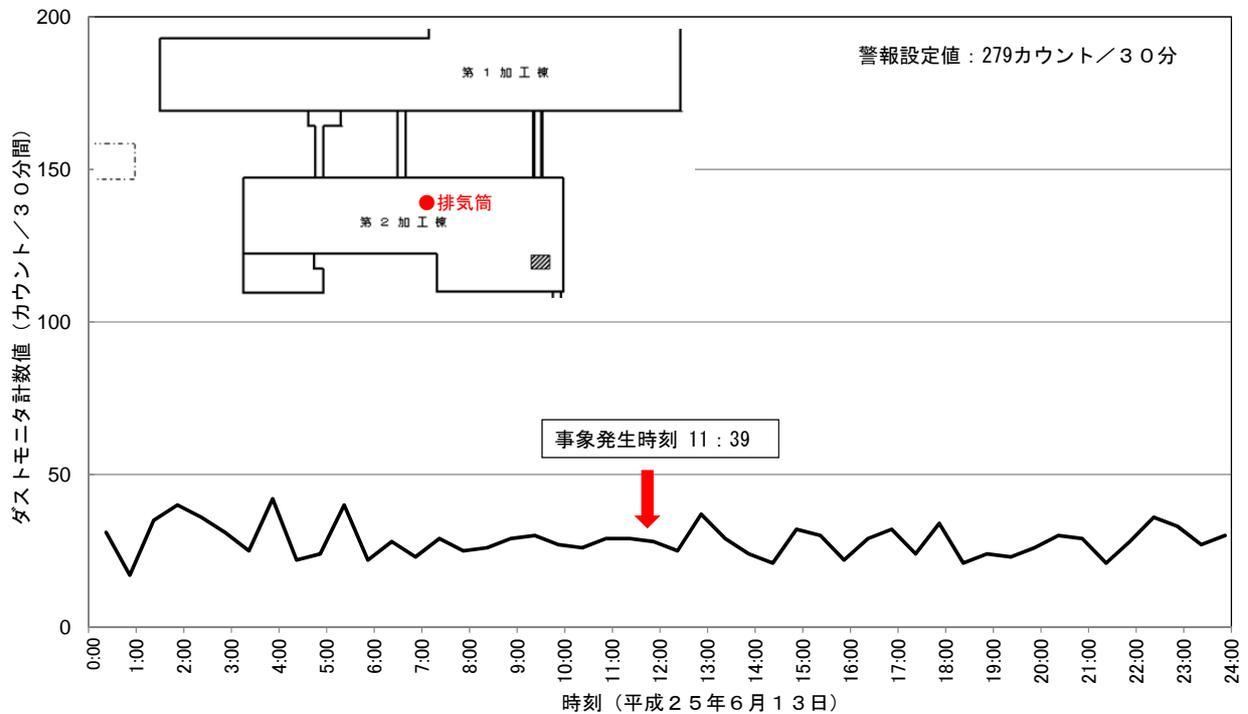
（注1）加工中に割れや欠け等の機械的欠陥で製品ペレット仕様外となったペレットは、ウランスクラップとして製品から取除かれる。このウランスクラップをGNF-Jでは酸化処理を行って U_3O_8 の微粉末とし、再転換工場から入荷した UO_2 粉末に添加・混合して再利用している。このウランスクラップの酸化処理のことを乾式回収と呼んでいる。

（注2）バッチ限度量は、加工事業変更許可申請書及び保安規定で定められている臨界安全管理上の制限値であり、誤って2バッチの粉末が一体化しても、最小臨界質量以下となるように、最小臨界質量の45%をバッチ限度量としている。

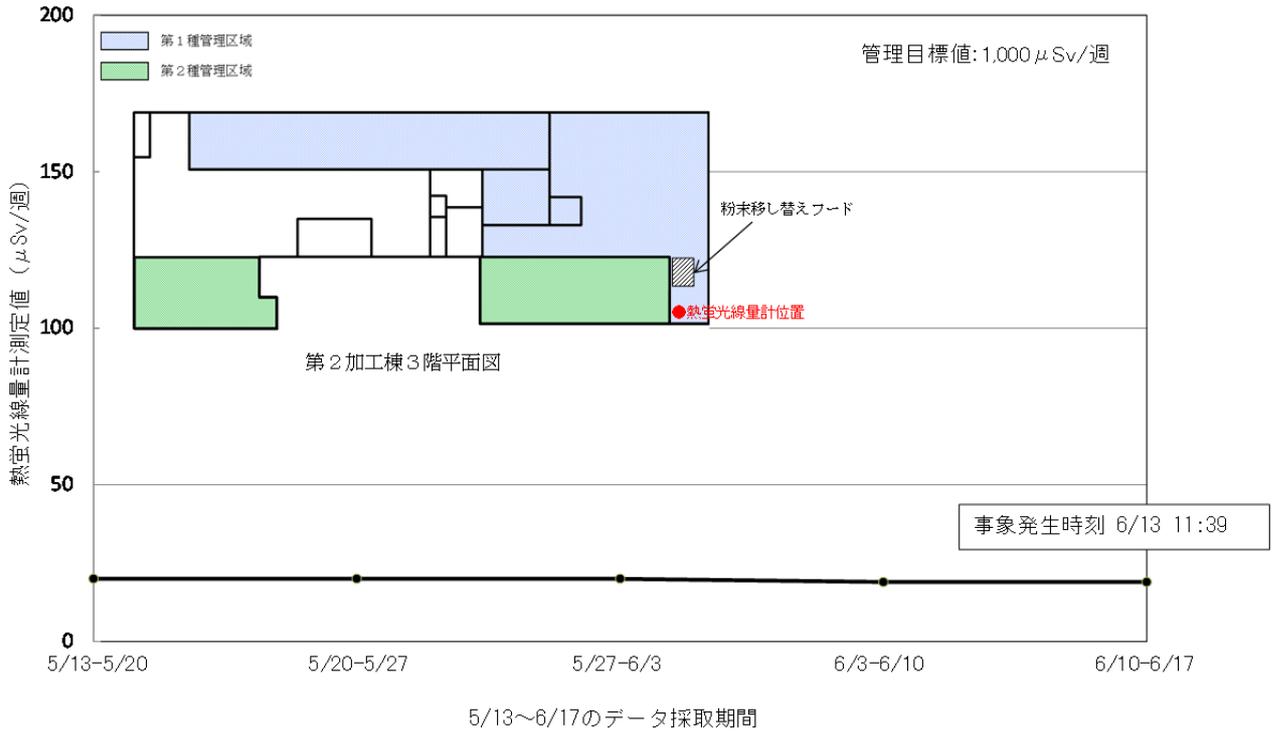
放射線計測結果



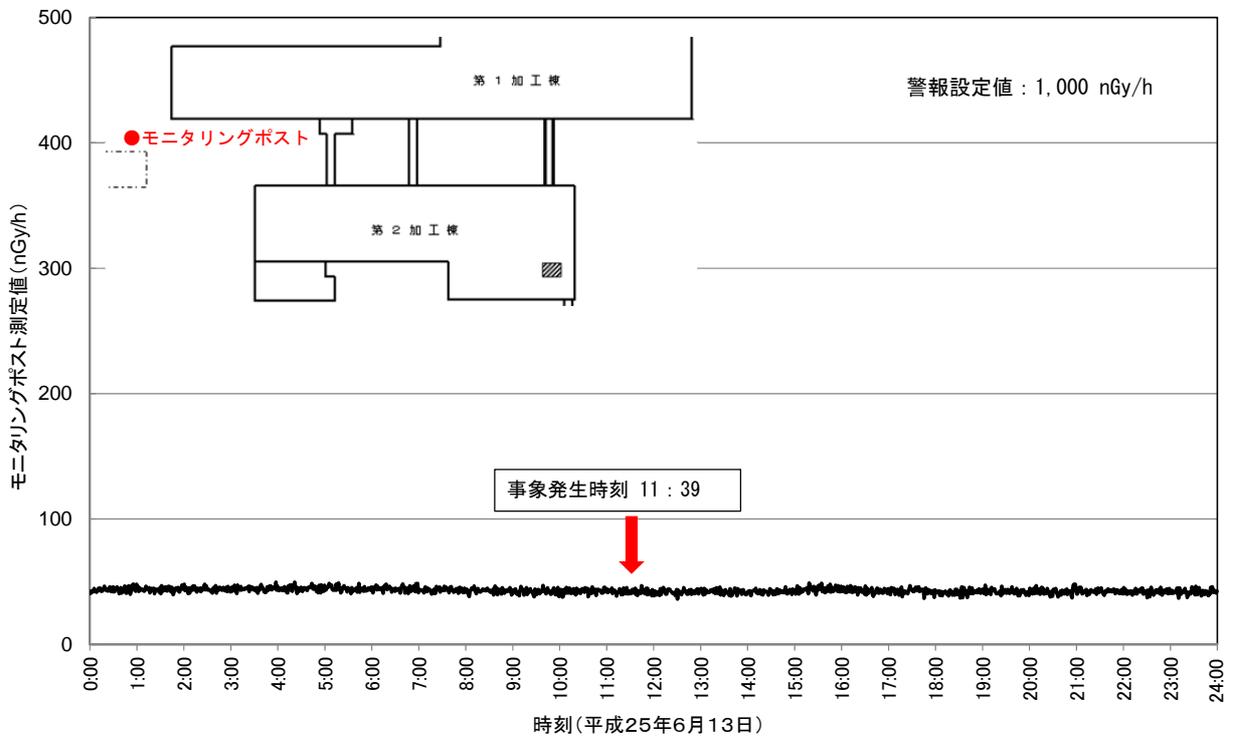
粉末移し替えフード近傍のエアモニタ計測値



第2加工棟排気筒 ダストモニタ計測値



粉末移し替えフード近傍の熱中子線量計測定値



モニタリングポスト計測値

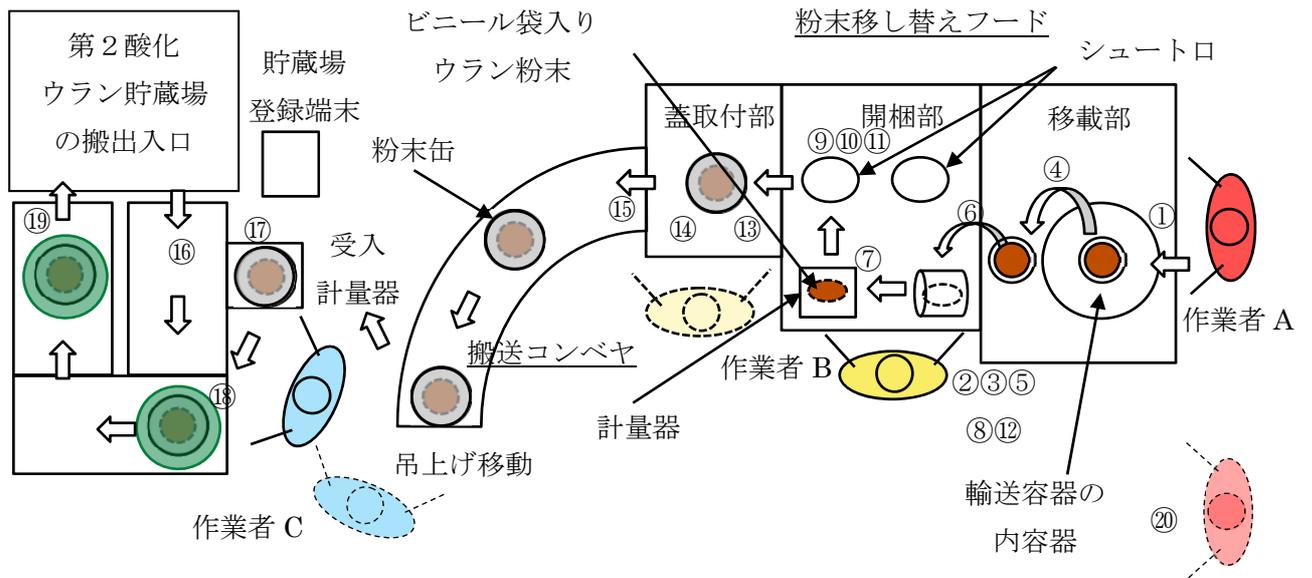
自動モードによる標準的な粉末移し替え作業フロー

	作業・動作名称 ^(注)	作業／設備動作内容	備考
①	内容器セット【A】	リフタで1階から搬送されてきた内容器を、手押し台車で移動させ、粉末移し替えフードの移載部にセットし、内容器の蓋を取外す。	内容器にはプラスチックボトルが3本収納されているので、②～⑭の操作を3回繰返したら、空になった内容器を移載部から取出し、次の内容器を移載部にセットする。
②	挿入記録システムへの情報取込み【B】	内容器に入っているプラスチックボトル毎に発行されるID番号と重量(出荷元データ)が記録されているIDカードを、バーコードリーダーで読んで挿入記録システムに情報を取込む。	
③	自動モード運転開始操作【B】	操作パネルの自動ボタンと運転ボタンを押す。	
④	ボトル取出し【設】	移載部の吸着機がプラスチックボトルを1個吸着して内容器から取出し、粉末移し替えフードの開梱部に搬入するための反転機に搬送する。	
⑤	反転操作【B】	反転機を反転させるために、操作パネルのシュート回転ボタンを押す。	
⑥	開梱部への搬入【設】	反転機が反転してプラスチックボトルが開梱部に搬入される。	
⑦	ボトル開梱とウランの計量操作【B】	ねじ込み式のプラスチックボトルの蓋を開けてウラン粉末の入ったビニール袋を取出し、開梱部に設置されている計量器に載せて計量開始ボタンを押す。	
⑧	計量値確認操作【B】	計量器が安定してOKランプが点灯したら、値を確認してから計量確認ボタンを押す。	
⑨	シュート口開放【設】	開梱部の奥側の左右のシュート口が開く。	
⑩	粉末缶への投入【B】	ウラン粉末の入ったビニール袋を左側のシュート口経由で、開梱部の下側にセットされている空缶に入れる。	空の粉末缶はあらかじめ作業員Aが準備しておく。

	作業・動作名称	作業／設備動作内容	備考
⑪	空ボトルの処理【B】	空になったプラスチックボトルに蓋をつけて、右側のシュート口経由で空ボトルを一時的に収納する場所に入れる。	
⑫	開梱作業完了操作【B】	操作パネルの作業完了ボタンを押す。	
⑬	開梱部操作完了【設】	開梱部の左右のシュート口が閉まり、⑥で反転した反転機も戻る。また、ウラン粉末の入った粉末缶が開梱部の下側から粉末移し替えフードの蓋取付部に移動する。	移載部の吸着機が④の動作を繰り返す。
⑭	搬送コンベヤへの搬出【B】	蓋取付部に移動した粉末缶に蓋を取付けてから搬送コンベヤに搬出するための搬出ボタンを押す。	作業員 B は⑤に戻り次のボトルの開梱作業を行う。
⑮	搬送コンベヤ上の搬送【設】	蓋取付部のシャッターが開いて、ウラン粉末の入った粉末缶は搬送コンベヤ上を移動して先端部まで搬送される。	2 缶目以降は、先端部に粉末缶がある場合には中間部までしか搬送されず、中間部に粉末缶がある場合には蓋取付部のシャッターが開かない。
⑯	空パレットの準備【C】	第 2 酸化ウラン貯蔵場の酸化ウラン保管棚収納用の空のパレットを第 2 酸化ウラン貯蔵場から出庫しておく。	
⑰	受入計量【C】	ジブクレーンで搬送コンベヤの先端部から粉末缶を吊上げ、受入計量器に載せて計量する。	計量値は第 2 酸化ウラン貯蔵場の重量管理システムに取込まれる。
⑱	パレットへの粉末缶収納【C】	ジブクレーンで受入計量器から粉末缶を吊上げ、酸化ウラン保管棚収納用のパレットに入れて、第 2 酸化ウラン貯蔵場登録端末から入庫登録する。	
⑲	貯蔵場への入庫【設】	粉末缶の入ったパレットが第 2 酸化ウラン貯蔵場に入庫する。	次の粉末缶に対して⑯からの作業を行う。
⑳	空容器の汚染検査【A】	①の備考に記載した、空になった内容器を手押し台車でフリーローラコンベヤ上に移動させ、表面汚染検査を行う。	汚染検査後の空内容器はリフトで 1 階へ搬送する。

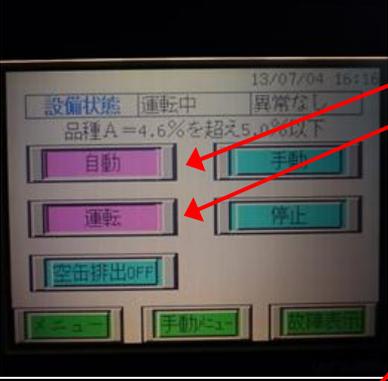
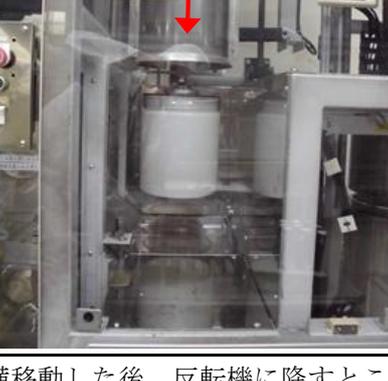
(注) 作業・動作名称欄の【A】【B】【C】はそのステップが各作業者の手動作業によって行われ、【設】はそのステップが設備によって自動的に行われることを示している。

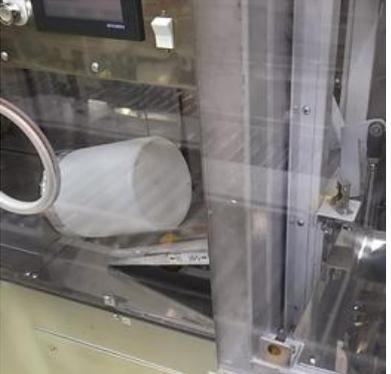
粉末移し替えフード及び搬送コンベヤ周辺の作業位置

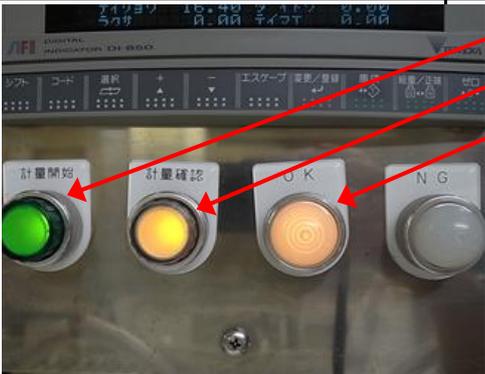


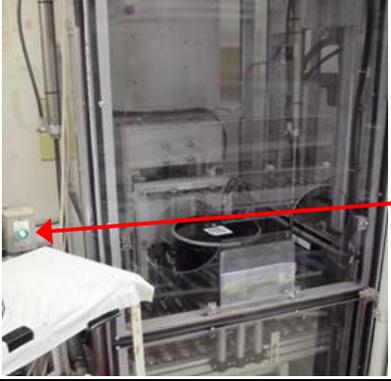
(注) 図中の①～⑳の番号は、添付資料9の当該ステップ番号の作業・動作が行われる近傍位置を示している。

自動モードでの設備の動作状況 ^(注1)

(注2)	作業・動作名称	動作状況	
① 内容器セット			
		リフタで3階に搬送されてきた内容器	移載部に搬入される内容器
			
		移載部にセットされた内容器	
③ 自動モード運転開始操作			<p>自動ボタン 運転ボタン 吸着機</p>
		自動ボタンと運転ボタン	
④ ボトル取出し			
		ボトルを内容器から取出すところ	横移動した後、反転機に降すところ

	作業・動作名称	動作状況	
⑤	反転操作		<p>シュート回転ボタン</p>
反転操作用シュート回転ボタンの位置			
⑥	開梱部への搬入		
		反転機に降されたボトル	反転途中
			
		開梱部に搬入されたところ	
⑦	ボトル開梱とウランの計量操作		
		ボトルから袋を取出しているところ	袋を計量器に載せたところ

	作業・動作名称	動作状況	
⑧	計量値確認操作	 <p>計量開始ボタン 計量確認ボタン OKランプ</p>	
		右から2番目のOKランプが点灯した状態	
⑨	シュート口開放		
		奥側の左右のシュート口が開いた状態	
⑩	粉末缶への投入		
		袋を左のシュート口に入れようとしている状態	
⑪	空ボトルの処理		
		空になったボトルを右のシュート口に入れようとしている状態	

	作業・動作名称	動作状況	
⑫	開梱作業完了操作		作業完了ボタン
		作業完了ボタンの位置	
⑬	搬送コンベヤへの搬出		搬出ボタン
		搬送コンベヤに搬出するための搬出ボタン	
⑭	空パレットの準備		
		酸化ウラン保管棚収納用パレット	パレットの蓋を開けた状態
⑮	受入計量		
		粉末缶を受入計量器で計量している状態	

	作業・動作名称	動作状況	
⑱	パレットへの粉末缶収納		
		パレットに缶を収納している状態	貯蔵場登録端末で入庫登録
⑲	貯蔵場への入庫		<p data-bbox="1023 880 1289 947">第2酸化ウラン貯蔵場 登録用端末PC</p>
		パレットが第2酸化ウラン貯蔵場に入庫する状態	
⑳	空容器の汚染検査		
		表面汚染検査のための、ろ紙による内容器表面の拭取り	

(注1) 実作業を模擬して撮影したものであり、ウラン粉末が入ったビニール袋の代わりに、布が入ったビニール袋を使用している。

(注2) 番号 (①②・・・) は添付資料9のステップ番号に対応している。

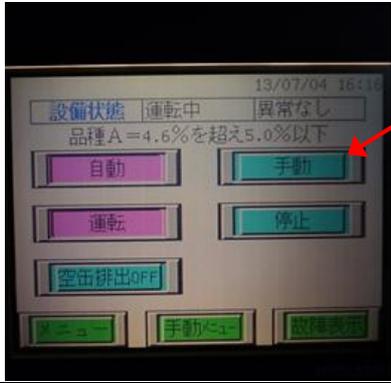
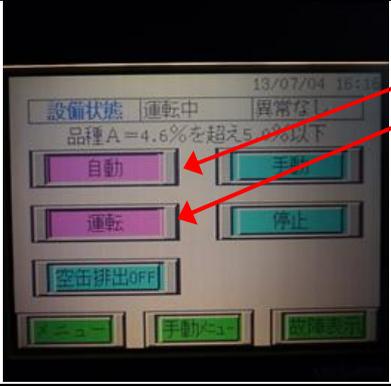
手動モード切替え時の作業フロー

(注*1)	作業・動作名称(注*2)	作業/設備動作内容	備考
⑦	ボトル開梱とウランの計量操作【B】	ねじ込み式のプラスチックボトルの蓋を開けてウラン粉末の入ったビニール袋を取出し、開梱部に設置されている計量器に載せて計量開始ボタンを押す。	(添付資料9の⑦の再掲)
⑧'	計量値確認操作と手動モード切替え操作【B】	計量器が安定してNGランプが点灯したら、IDカード上のビニール袋の重量を差引いた正味のウラン粉末重量が入荷管理値以内であることを確認し、手動ボタンを押す。次に、手動運転メニュー画面に入って開梱部の奥側の左右のシュート口を開ける操作を行う。	NGランプが点灯したら計量値要確認状態となる。 正味のウラン粉末重量が入荷管理値を超過している場合には、そこで作業を停止し、課長に報告して指示を受けることが手順書で規定されている。
⑨' = ⑨	シュート口開放【設】	開梱部の奥側の左右のシュート口が開く。	
⑩' = ⑩	粉末缶への投入【B】	ウラン粉末の入ったビニール袋を左側のシュート口経由で、開梱部の下側にセットされている空缶に入れる。	空の粉末缶はあらかじめ作業員 A が準備しておく。
⑪' = ⑪	空ボトルの処理【B】	空になったプラスチックボトルに蓋をつけて、右側のシュート口経由で空ボトルを一時的に収納する場所に入れる。	
⑫'	自動モードへの復帰操作【B】	自動ボタンを押してから運転ボタンを押す。	自動モード運転⑫における作業完了ボタン操作に相当する。
⑬	開梱部操作完了【設】	開梱部の左右のシュート口が閉まり、⑥で反転した反転機も戻る。また、ウラン粉末の入った粉末缶が開梱部の下側から粉末移し替えフードの蓋取付部に移動する。	移載部の吸着機が④の動作を繰返す。 (添付資料9の⑬の再掲)

(注*1) 手動モード中のステップには「'」を付けて表す。なお、⑨' ⑩' ⑪' と自動モードでの⑨ ⑩ ⑪との作業/設備動作内容は同一である。

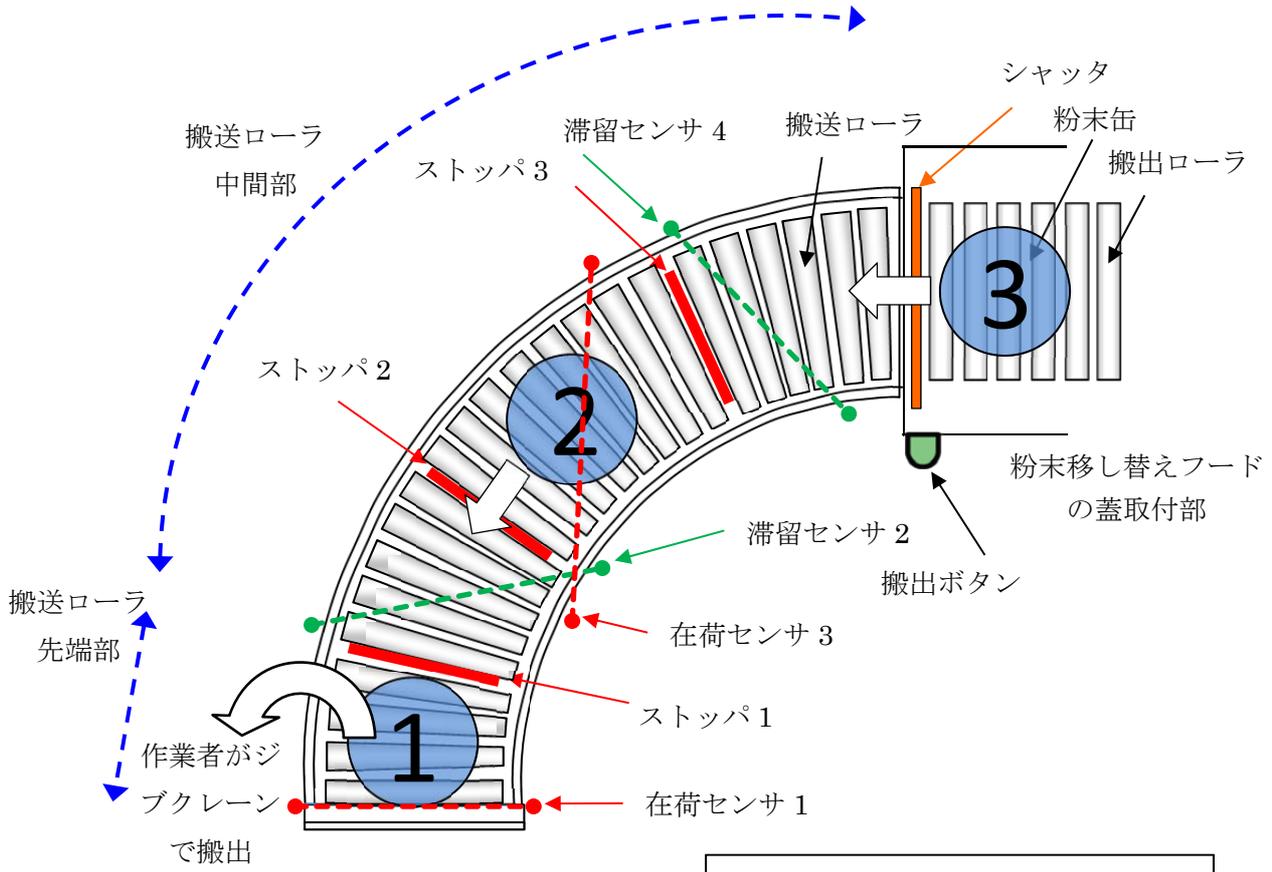
(注*2) 作業・動作名称欄の【A】【B】【C】はそのステップが各作業員の手動作業によって行われ、【設】はそのステップが設備によって自動的に行われることを示している。

手動モード切替え時の設備の動作状況

(注)	作業・動作名称	動作状況	
⑧'	計量値確認操作 と手動モード切 替え操作		<p>NGランプ</p>
		<p>一番右のNGランプが点灯した状態</p> 	<p>手動ボタン</p>
⑫'	自動モードへの 復帰操作		<p>自動ボタン 運転ボタン</p>
		<p>自動ボタンと運転ボタン</p>	

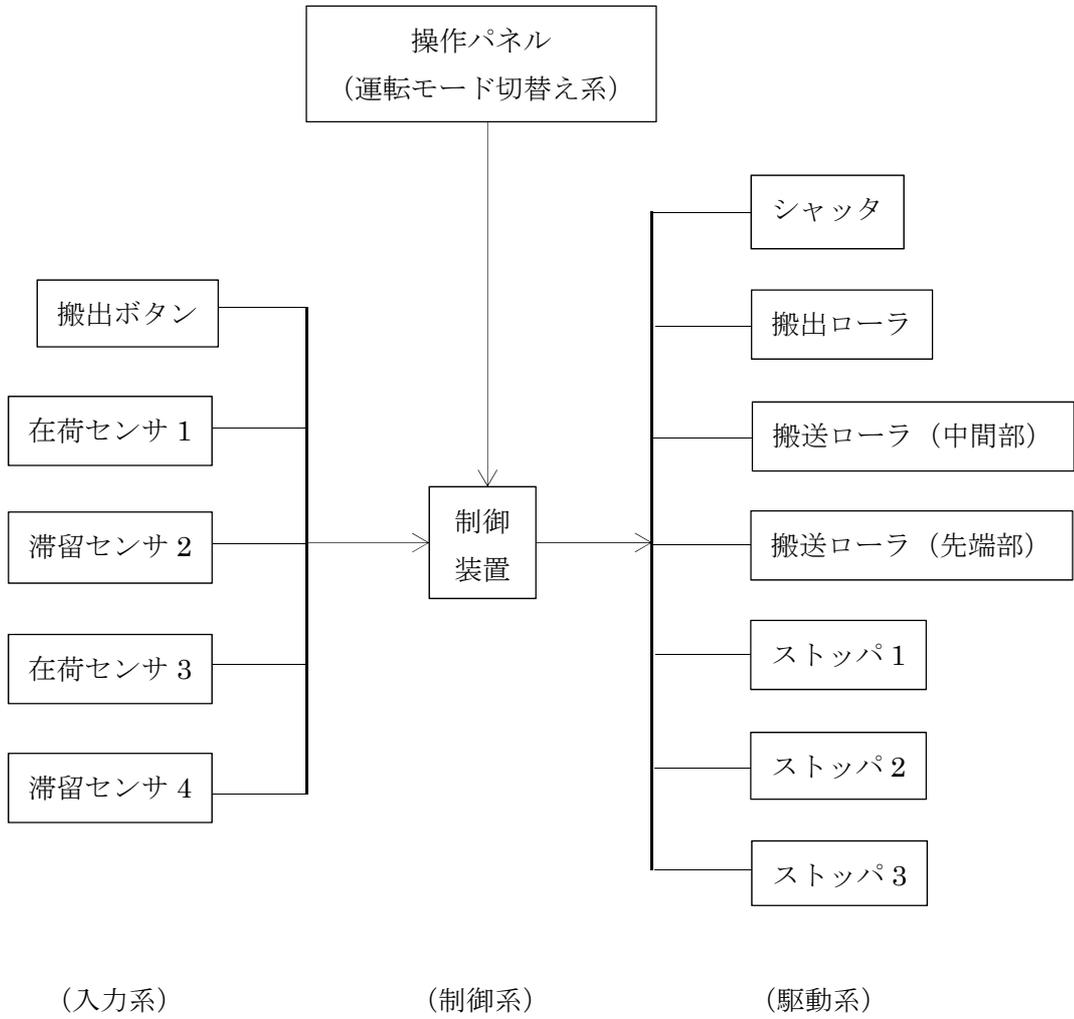
(注) 番号 (⑧'、⑫') は添付資料 1 2 のステップ番号に対応している。

搬送コンベヤの構成機器



(注) 図中には示されていないが、操作パネルは粉末移し替えフード開梱部に設置され、制御装置は粉末移し替えフード近傍の電気盤内に設置されている。

搬送コンベヤの構成機器ブロック図



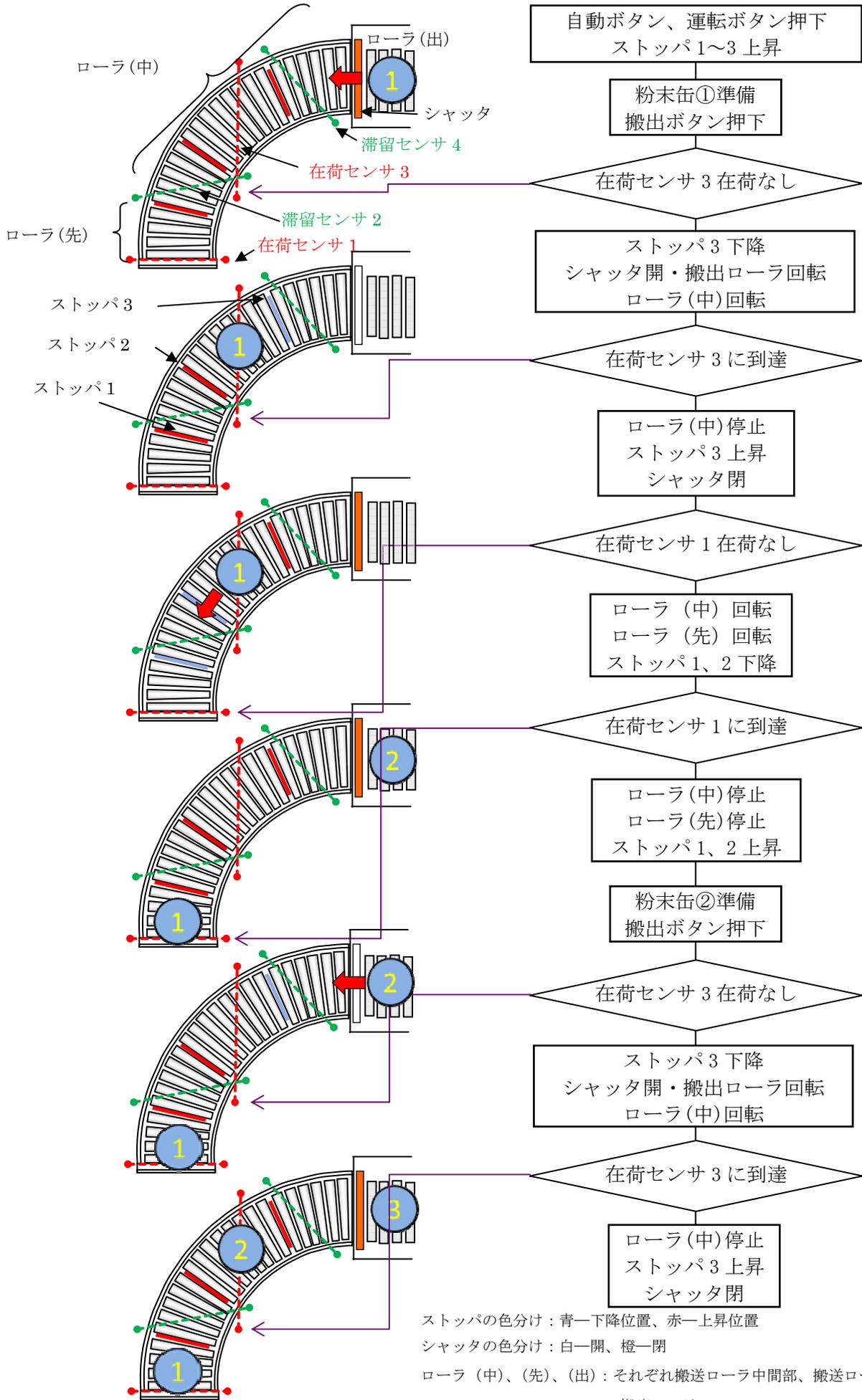
搬送コンベヤ構成機器並びに駆動系機器動作条件

	機器	機器の説明	駆動系機器の動作条件 ^(注)
①	操作 パネル	<p>運転モードを切替えるための操作盤で、自動ボタンと運転ボタンを押すと、それ以降は自動モードで運転が行われ、シーケンス制御による自動運転動作指令が駆動系機器に発信される。</p> <p>一方手動ボタンを押すと、それ以降は手動モードとなり、シーケンス制御による自動運転動作指令が駆動系機器に発信されなくなる。</p>	
②	搬出 ボタン	<p>粉末缶に蓋を取付ける作業が完了し、粉末缶を搬送コンベヤへ搬出できる状態となったという情報を制御系に入力するためのボタン。粉末缶は搬出ボタンを押した時点で搬送コンベヤに搬出されるわけではなく、搬出ボタンを押した後、搬送コンベヤが空、又は、先端部停止位置にのみ粉末缶がある状態となった時点で搬出される。</p>	
③	センサ	<p>4個の赤外線光電センサからなり、在荷センサ1と3は粉末缶が停止位置にあるという情報を、また、滞留センサ2と4は粉末缶が搬送コンベヤ上を停止位置に向かって移動中であるという情報を制御系に入力する。粉末缶は各滞留センサ検知範囲を通常約2秒で通過し、各滞留センサが10秒間粉末缶を検知した場合には、滞留警報が発報する。</p>	
④	制御 装置	<p>プログラマブルロジックコントローラ (PLC) が、入力情報を基に駆動系への動作指令を発信するシーケンス制御を行う。</p>	
⑤	シャッタ	<p>粉末移し替えフードの蓋取付部の出口に設置されており、搬送コンベヤに粉末缶を搬出する際に制御系からの動作指令で開く。</p>	<p>「S1(無)/S2(無)/S3(無)/S4(無)又はS1(有)/S2(無)/S3(無)/S4(無)」で搬出ボタンがONの場合に開く。</p>
⑥	搬出 ローラ	<p>粉末移し替えフードの蓋取付部に設置されており、搬送コンベヤに粉末缶を搬出するために制御系からの動作指令で回転する。</p>	<p>「S1(無)/S2(無)/S3(無)/S4(無)又はS1(有)/S2(無)/S3(無)/S4(無)」で搬出ボタンがONの場合に回転する。</p>

	機器	機器の説明	駆動系機器の動作条件 ^(注)
⑦	搬送 ローラ	搬送コンベヤの回転ローラであり、下流から4ローラ分の先端部とそれ以外の中間部の2区間に分かれており、各区間が制御系からの動作指令で電動モータによって独立して駆動して粉末缶を搬送する。	(中間部) : 「S1(無)/S2(無)/S3(無)/S4(無)又はS1(有)/S2(無)/S3(無)/S4(無)で搬出ボタンがOFFの場合」又は 「S1(有)/S2(無)/S3(有)/S4(無)の場合」に停止する。 (先端部) : 「S1(無)/S2(無)/S3(有)/S4(無)」の場合に回転する。
⑧	ストッパ	停止中の粉末缶の位置ずれを防止するために3か所に設置されており、制御系からの動作指令でローラとローラの間を上昇・下降する。(下降した場合にはストッパ上端がローラよりも下に位置し、粉末缶搬送の障害とならない。)785Nの駆動力の空気圧シリンダで駆動しているため、約80kgまでの重量物が載っていても上昇可能である。粉末缶は、外径約29cm、高さ約22cmの円筒形で空缶重量は約1.8kgであり、ウラン粉末入の今回の粉末缶の総重量は約18.2kgであったため、ストッパが上昇すると持ち上げられる。	(ストッパ3) : 「S1(無)/S2(無)/S3(無)/S4(無)又はS1(有)/S2(無)/S3(無)/S4(無)」で搬出ボタンがONの場合に下降する。 (ストッパ1と2) : 「S1(無)/S2(無)/S3(有)/S4(無)」の場合に下降する。

(注) 各センサの検知状態を次の通り表記することとして、センサの検知状態とシャッタ及び各ローラの動作の関係を記載した。在荷センサ1、滞留センサ2、在荷センサ3、滞留センサ4をS1/S2/S3/S4、在荷あり状態を(有)、在荷なし状態を(無)、と表記する。(例：在荷センサ1、滞留センサ2、在荷センサ3、滞留センサ4、がそれぞれ在荷あり、在荷なし、在荷あり、在荷なし、の場合はS1(有)/S2(無)/S3(有)/S4(無)と表記する。)

搬送コンベヤでの粉末缶の標準的な動き



作業者の動作・操作比較結果

【作業者 A】

事象発生時		標準手動モード作業		差異
作業者の動作・操作	設備の動作	作業者の動作・操作	設備の動作	
手動トラババサを移動部シヤッタ前に移動した		手動トラババサを移動部シヤッタ前に移動する		なし
	移動部のシヤッタ開ボタンが点滅した		移動部のシヤッタ開ボタンが点滅する	なし
シヤッタ開ボタンを押した		シヤッタ開ボタンを押す		なし
	移動部のシヤッタが開いた		移動部のシヤッタが開く	なし
	移動部コンベヤのローラが回転した		移動部コンベヤのローラが回転する	なし
	最後の空の内容器が手動トラババサ上に出てきた		空の内容器が手動トラババサ上に搬送される	なし
最後の空の内容器を手動トラババサ上に引込んだ		空の内容器を手動トラババサ上に引込む		なし
	移動部のシヤッタ閉ボタンが点滅した		移動部のシヤッタ閉ボタンが点滅する	なし
シヤッタ閉ボタンを押した		シヤッタ閉ボタンを押す		なし
	移動部のシヤッタが閉じた		移動部のシヤッタが閉じる	なし
手動トラババサをフリーローラコンベヤ前へ移動させた		手動トラババサをフリーローラコンベヤ前へ移動させる		なし
空の内容器を手動トラババサからフリーローラコンベヤへ搬送した		空の内容器を手動トラババサからフリーローラコンベヤへ搬送する		なし
内容器外観の傷や割れの有無を目視で確認した		輸送容器の定期自主検査として、内容器外観の傷や割れの有無を目視で確認する		なし
空の内容器の内面をろ紙で拭取った		空の内容器の内面をろ紙で拭取る		なし
拭取ったろ紙をαカウンタにかけた		拭取ったろ紙をαカウンタにかけて、空の内容器内面の汚染の有無を検査する		なし
警報音を聞いた				—

【作業者A】 【作業者B】 【作業者C】 に共通して、「事象発生時」の欄は、作業者が実際に行った作業内容／設備の動作を聞き取りによってまとめた。
 【作業者A】 【作業者B】 【作業者C】 に共通して、「標準手動モード作業」の欄は、手順書記載等の標準的な作業方法／設備の動作を記載した。

【作業者 B】

事象発生時		標準手動モード作業		差異
作業者の動作・操作	設備の動作	作業者の動作・操作	設備の動作	
開梱部操作パネルのシユート回転ボタンを押した	反転機が反転し、最後のボトルが開梱部に搬入された	開梱部操作パネルのシユート回転ボタンを押す	反転機が反転し、ボトルが開梱部に搬入される	なし
ボトルの發送元IDシールを剥がした		開梱部に手を入れ、ボトルに添付してある發送元IDシールを剥がす		なし
發送元IDシールを開梱部のフードパネル表面に貼った		開梱部から手を拔出し、發送元IDシールを開梱部のフードパネル表面に貼る		なし
開梱部に手を入れ、ボトルの蓋を開けた		開梱部に手を入れ、ボトルの蓋を開ける		なし
ウラン粉末の入ったビニール袋を取出した		ウラン粉末の入ったビニール袋を取出す		なし
ウラン粉末の入ったビニール袋を秤量器に載せた		ウラン粉末の入ったビニール袋を秤量器に載せる		なし
	秤量器操作パネルの計量開始ボタンが点滅した		秤量器操作パネルの計量開始ボタンが点滅する	なし
計量開始ボタンを押した		秤量器操作パネルの計量開始ボタンを押す		なし
	秤量器操作パネルのNGランプが点灯した		重量が入荷管理値を超えると、秤量器操作パネルのNGランプが点灯する	なし
	計量確認ボタンが点滅した		重量が安定すると計量確認ボタンが点滅する	なし
IDカードでビニール袋重量を確認した		IDカードで風袋重量を確認する		なし
正味重量が入荷管理値以内であることを確認した		正味重量が入荷管理値以内であることを確認する		なし
開梱部操作パネルの手動ボタンを押した		開梱部操作パネルの手動ボタンを押す		なし
開梱部操作パネルの手投入部シヤッタ開ボタンを押した		開梱部操作パネルの手投入部シヤッタ開ボタンを押す		なし
	左のシユート口が開いた		左のシユート口が開く	なし
開梱部操作パネルの袋投入部シヤッタ開ボタンを押した		開梱部操作パネルの袋投入部シヤッタ開ボタンを押す		なし
	右のシユート口が開いた		右のシユート口が開く	なし

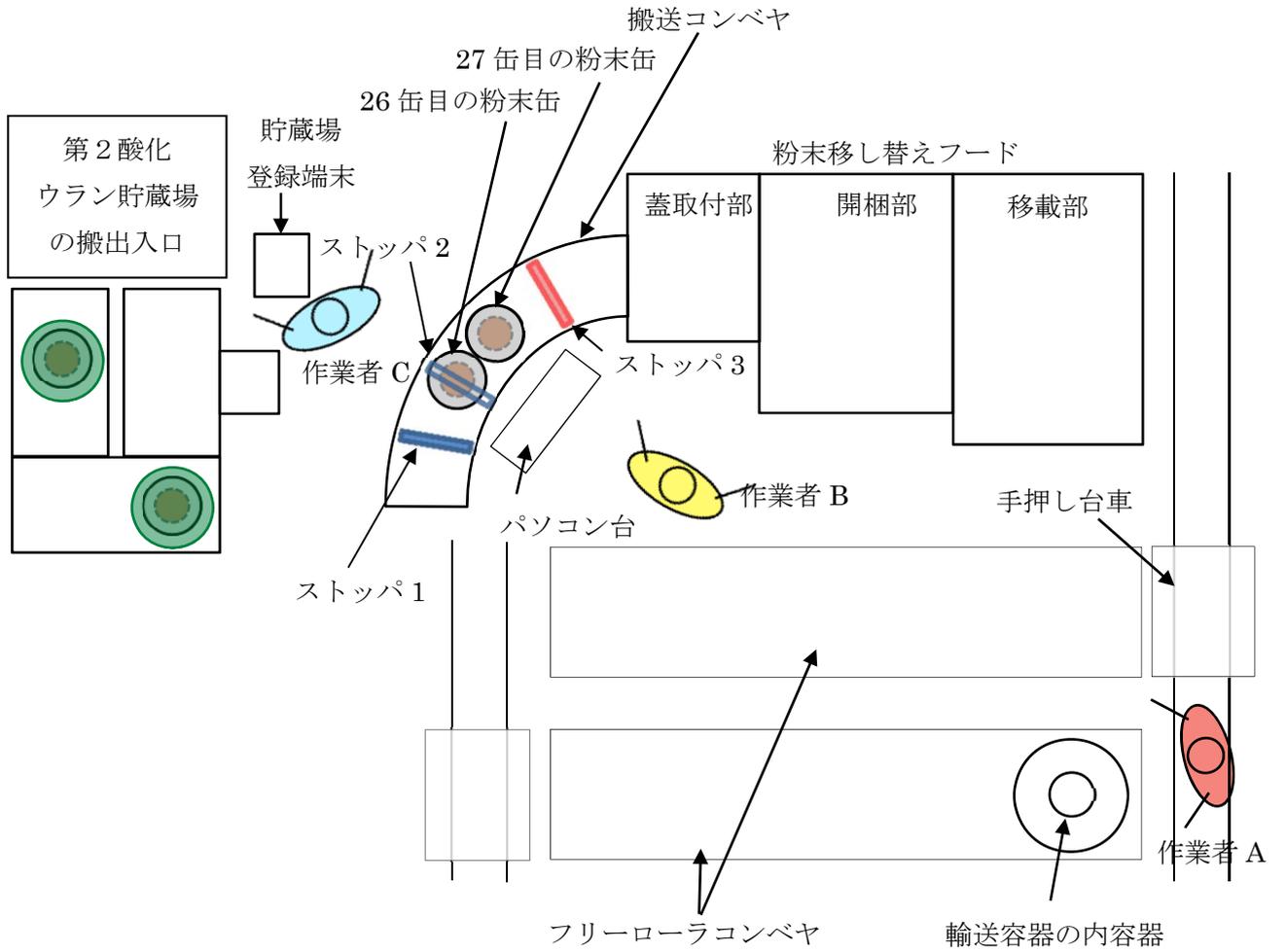
【作業者 B】

事象発生時		標準手動モード作業		差異
作業者の動作・操作	設備の動作	作業者の動作・操作	設備の動作	
ウラン粉末の入ったビニール袋を左側のシュート口へ落とし込んだ		ウラン粉末の入ったビニール袋を左側のシュート口へ落とし込む		なし
空のボトルの蓋を閉めた		空のボトルの蓋を閉める		なし
空のボトルを右側のシュート口へ落とし込んだ		空のボトルを右側のシュート口へ落とし込む		なし
開梱部操作パネルの自動ボタンを押した		開梱部操作パネルの自動ボタンを押す		なし
開梱部操作パネルの運転ボタンを押した		開梱部操作パネルの運転ボタンを押す		なし
空のボトルを開梱部下部の扉から取出して作業台へ運んだ		右側のシュート口から開梱部下部に落としておいた空のボトルを開梱部下部の扉から取出して作業台へ持っていく		なし
アルコールをしみこませたウエスでボトル表面を拭いた		アルコールをしみこませたウエスでボトル表面を拭く		なし
蓋取付部に搬送された粉末缶の蓋を閉めた		蓋取付部に搬送された粉末缶の蓋を閉める		なし
發送元IDシールをフードパネル表面から剥がし、挿入記録システムの端末PC画面上の番号と照合した		發送元IDシールを開梱部のフードパネル表面から剥がし、挿入記録システムの端末PC画面上の番号と照合する		なし
IDカードと發送元IDシールを蓋の上に乗せた		IDカードと發送元IDシールを蓋の上に乗せる		なし
搬出ボタンを押した		搬出ボタンを押す		なし
フリーローラーコンベヤ前でしゃがんだ				—
警報音を聞いた				—

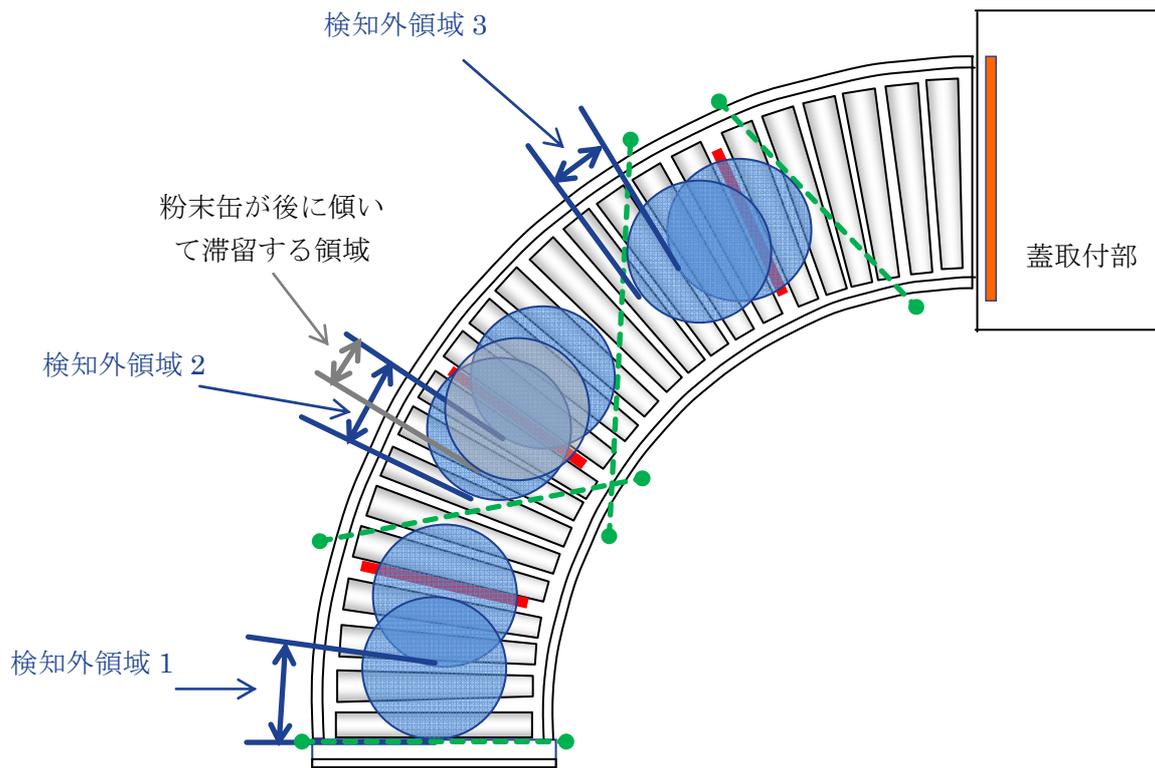
【作業者C】

事象発生時		標準手動モード作業		差異
作業者の動作・操作	設備の動作	作業者の動作・操作	設備の動作	
搬送コンベヤの先端部にあった粉末缶をジブクレーンで吊上げた		搬送コンベヤの先端部の粉末缶をジブクレーンで吊上げる		なし
受入秤量器へ載せた		受入秤量器へ載せる		なし
粉末缶の蓋の上の發送元IDシールとIDカードが一致していることを確認した		粉末缶の蓋の上にある發送元IDシールとIDカードが一致していることを確認する		なし
粉末缶の容器番号をバーコードリーダーで読取った		粉末缶の容器番号をバーコードリーダーで読取る		なし
粉末缶に添付されているIDカードをバーコードリーダーで読取った		粉末缶に添付されているIDカードをバーコードリーダーで読取る		なし
自動粉末倉庫システムの端末PCの重量取込みキーを押した		自動粉末倉庫システムの端末PCの重量取込みキーを押し、総重量を取込む		なし
自動粉末倉庫システムの端末PCに表示された正味重量等をIDカードに記入した		自動粉末倉庫システムの端末PCに表示された正味重量(システム上で総重量から容器重量と發送元から送付されたビニール袋重量を差引いて算出)、作業日、工程名、粉末缶の容器番号をIDカードに記入する		なし
粉末缶をジブクレーンで防水パレットに運び蓋を閉めた		粉末缶をジブクレーンで防水パレットに収納し蓋を閉める		なし
自動粉末倉庫システムの端末PCの登録キーを押した		自動粉末倉庫システムの端末PCの登録キーを押して登録する		なし
警報音を聞いた				—

事象発生時の搬送コンベヤと作業者の状況

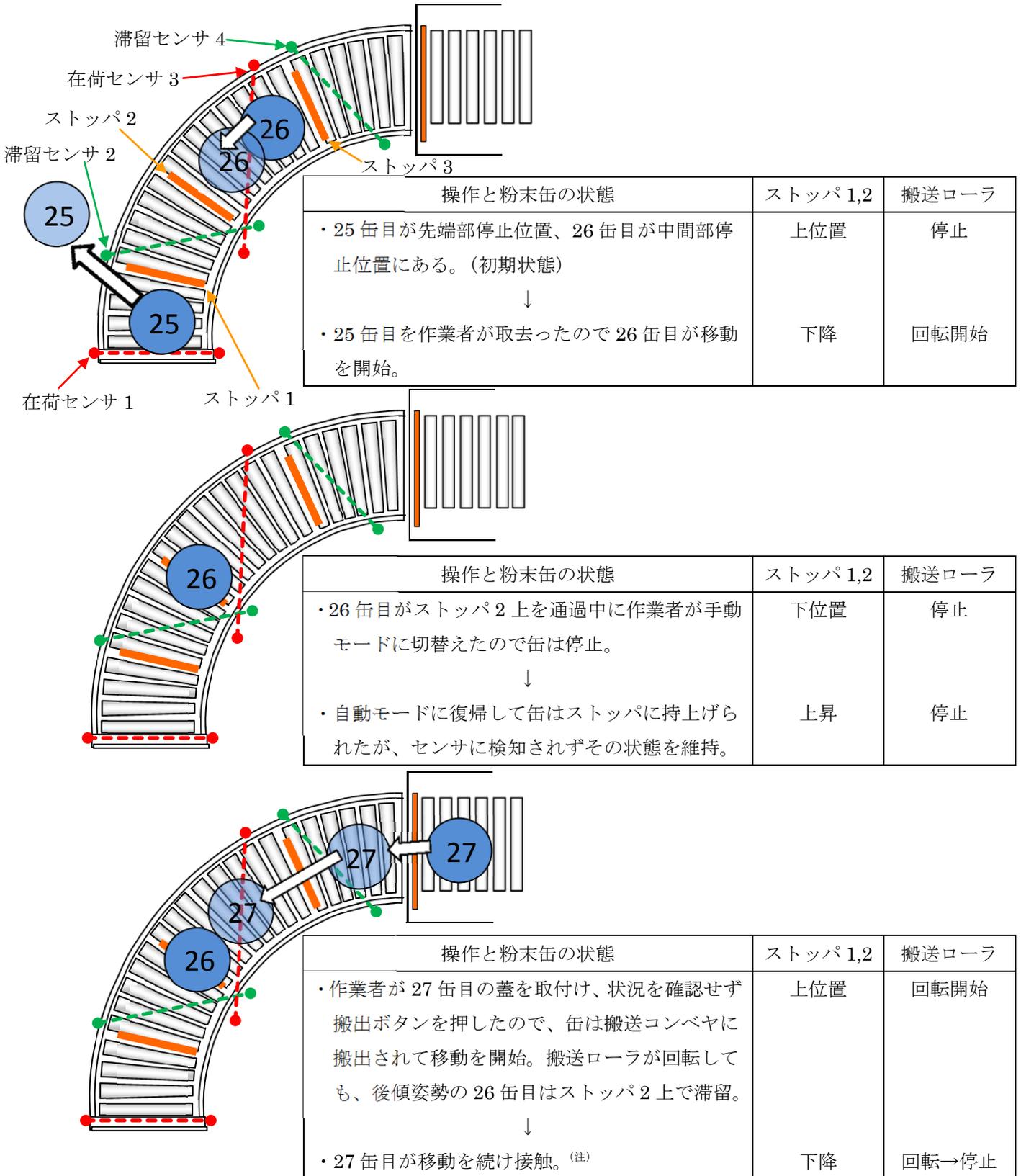


搬送コンベヤにおけるセンサの検知範囲



(各領域を示す両矢印は、缶の前端部の範囲を示している)

ストッパ 2 近傍での粉末缶挙動及び後続缶接近状況



(注) 接触直前に 27 缶目は在荷センサ 3 に検知され、ストッパ 1,2 が下降して 26 缶目が移動を開始するが、ストッパの下降等の時間のズレがあるため、27 缶目は 26 缶目に追いつき接触状態となった。26 缶目は移動を開始した直後に滞留センサ 2 に検知され、滞留センサ 2 と在荷センサ 3 が同時に粉末缶在荷を検知したことにより搬送ローラは停止し、10 秒間経過して滞留警報が発報した。