

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
大洗研究開発センターにおける管理区域内の  
汚染及び作業員の被ばく事故について  
(茨城県への報告概要)

平成29年12月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

## 【目次】

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| ・概要                            | ・・・ 1 |
| ・燃料研究棟の概要、作業内容                 | ・・・ 3 |
| ・作業場所における放射線及び汚染の状況、作業員の汚染・被ばく | ・・・ 4 |
| ・法令報告に係る通報の状況                  | ・・・ 5 |
| ・環境への影響                        | ・・・ 6 |
| ・事故発生後の措置                      | ・・・ 7 |
| ・作業員の被ばく評価                     | ・・・11 |
| ・貯蔵容器内容物及び破裂時の状況調査結果           | ・・・13 |
| ・半面マスクの汚染状況調査                  | ・・・17 |
| ・樹脂製の袋が破裂に至った原因                | ・・・19 |
| ・放射性物質の摂取に至った要因の推定結果           | ・・・23 |
| ・安全管理体制の検証                     | ・・・24 |
| ・初動対応状況                        | ・・・30 |
| ・再発防止に向けた水平展開                  | ・・・33 |
| ・まとめ                           | ・・・35 |

## 概要

平成29年6月6日(火)11:15頃、燃料研究棟の108号室(管理区域)で、作業員5名がプルトニウムとウランの入った貯蔵容器をフード(H-1)内で点検していたところ、樹脂製の袋が破裂して汚染、被ばく事故が発生した。

## 背景

- ・燃料研究棟は、高速炉用新型燃料等の研究を行う目的で昭和49年度に建設され、平成25年度に施設の廃止の方針を決定した。
- ・平成29年2月から、核燃料物質の管理状態を改善するための作業の一環として、既存貯蔵容器(80個)の空き容量等の確認作業を開始した。
- ・31個目の確認作業中に発生した。

## 時系列

- 6/6(火) 11:15頃 事故発生
- 6/7(水) 法令報告と判断  
茨城県、関係市町村による立入調査
- 6/19(月) 安全協定に基づく事故故障等報告書提出  
原子炉等規制法第62条の3に基づき原子力規制委員会に報告書を提出
- 6/21(水)、23(金)、28(水)、30(金)  
原子力規制庁による原子炉等規制法第68条第1項に基づく立入検査
- 6/23(金) 茨城県の要請に対する報告書を提出
- 7/4(火) 現場復旧作業を開始  
・フード(H-1)へのアクセスルートを確保

核燃料物質を入れたポリ容器を樹脂製の袋(2重)に入れ貯蔵容器に収納



フード(H-1)内で収納状況を確認するため、貯蔵容器の蓋を開けた。

## 時系列

- 7/5(水) 原子力規制委員会において原子力規制庁が立入検査の結果を報告
- 7/7(金) 燃料研究棟廊下において軽微な汚染を確認(作業を一時中断)
- 7/10(月) 量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所(以下、「量研 放医研」という。)が内部被ばく線量評価結果を公表
- 7/20(木) 貯蔵容器の移動(108号室のフード(H-1)⇒101号室のグローブボックス)
- 7/21(金) 安全協定に基づく事故故障等報告書提出  
原子炉等規制法第62条の3に基づき原子力規制委員会に報告書(第2報)を提出
- 7/24(月) 茨城県原子力安全対策委員会において、これまでの対応状況について報告
- 7/28(金) 108号室フード(H-1)の除染・ペイント固定が終了

## 時系列

- 8/1(火) 108号室床面の汚染検査・除染を開始  
貯蔵容器収納物、飛散物の観察を開始
- 8/2(水) 原子力規制庁が法令報告(第2報)について原子力規制委員会に報告。国際原子力・放射線事象評価尺度(INES)レベル2\*と暫定評価。
- 8/8(火) 茨城県東海地区環境放射線監視委員会
- 8/14(月) 労基署に「実効線量区分労働者数報告」(四半期の定例報告)を提出
- 8/22(火) 108号室床面の汚染検査・除染が終了
- 8/23(水) 108号室壁面、天井面、グローブボックス他構造物等の汚染検査・除染を開始
- 9/8(金) 燃料研究棟101号室にて汚染発生(作業中断)
- 9/8~9/15 101号室で発生した汚染の対応、処置、計画書類の緊急点検
- 9/19(火) 108号室壁面、天井面、グローブボックス他構造物等の汚染検査・除染を再開

\* INESの評価尺度(レベル)と参考事例

|   |             |                                 |
|---|-------------|---------------------------------|
| 7 | 深刻な事故       | チェルノブイリ原子力発電所事故<br>福島第一原子力発電所事故 |
| 6 | 大事故         | ウラル核惨事                          |
| 5 | 広範囲な影響を伴う事故 | スリーマイル島原発事故                     |
| 4 | 局所的な影響を伴う事故 | JCO臨界事故                         |
| 3 | 重大な異常事象     | アスファルト固化処理施設火災爆発事故              |
| 2 | 異常事象        | 関電美浜2号機 蒸気発生器伝熱管損傷              |
| 1 | 逸脱          | 「もんじゅ」ナトリウム漏えい事故                |
| 0 | 尺度以下        | 関電美浜3号機 2次系配管破損死亡事故             |

## 時系列

- 9/29(金) 安全協定に基づく事故故障等報告書提出  
原子炉等規制法第62条の3に基づき原子力規制委員会に報告書(第3報)を提出
- 10/15(日) 108号室の汚染検査・除染を終了
- 10/16(月) 108号室の立入制限区域を解除
- 10/25(水) 原子力規制庁が法令報告(第3報)について原子力規制委員会に報告。報告に対する評価と今後の対応。
- 10/30(月) 茨城県、関係市町村による立入調査

## 作業員の状況

作業員の量研 放医研への入退院の状況は以下のとおり。

| 入院期間      | 人数 | 入院期間        | 人数 |
|-----------|----|-------------|----|
| 6/7~6/13  | 5名 | 9/4~9/8     | 1名 |
| 6/18~6/26 | 5名 | 9/11~9/12*  | 4名 |
| 7/3~7/7   | 3名 | 9/25~9/29   | 1名 |
| 7/24~7/28 | 3名 | 10/16~10/20 | 1名 |
| 8/7~8/11  | 2名 | 11/6~11/10  | 1名 |
| 8/21~8/25 | 1名 | 11/20~11/24 | 1名 |

\*: 定期検診

※作業員の入院は、キレート剤の効果が認められることによるもの。作業員5名とも、体調に特段の変化はない。  
※産業医、保健師、作業員ケアチームが作業員や家族に対して、面談等のケアを実施している。

## 燃料研究棟の概要

- 高速炉用新型燃料等の研究開発を行う目的で昭和49年に竣工。
- プルトニウムを使用した試験は昭和52年に開始。
- 本施設では、ウラン・プルトニウム混合炭化物や窒化物燃料、長寿命マイナーアクチニド核変換用燃料、高速炉用金属燃料といった新型燃料の製造及び物性研究、燃料健全性実証を目的とした照射試験用燃料ピンの製作の他、熔融塩電解による乾式分離技術に係る研究を実施。
- 平成27年度に研究開発を終了。なお、平成25年度に廃止の方針が出され、実験済核燃料物質の安定化処理を実施中であり、廃止措置計画の検討を進めていた。

### 施設概要

建家 2階建、鉄筋コンクリート耐火構造  
 延べ床面積 約1,518m<sup>2</sup>(管理区域は約570m<sup>2</sup>)

### 主要な設備機器

#### 本体施設

グローブボックス 36台、アルゴン循環精製装置 4台、フード 4台



燃料研究棟

## 事象発生状況

- 平成29年2月に原子力規制庁から、以下の状況について改善を求められた。
  - 使用許可申請書上の使用施設で、貯蔵施設ではないにもかかわらず、過去の研究開発で使用した核燃料物質が長期にわたって使用中と称し保管されている
- これを受け、これらの保管されている核燃料物質等について、安定化処理した上で、貯蔵施設で貯蔵している貯蔵容器(80個)の中に追加で収納する作業を予定。
- 貯蔵容器の中には、核燃料物質等を容器に入れ、さらに樹脂製の袋で二重に封入したものを入れている。今回の作業では、108号室のフードにおいて、貯蔵容器を開封し、その中に空きスペースがあるかどうかを点検する作業を実施。
- 平成29年2月から作業を開始し、これまでに80個の貯蔵容器の内30個の貯蔵容器(化学形態、物理的性状が明らかなものを収納)について作業を実施し、31個目の貯蔵容器(複数の化合物が混在した試験済燃料を収納)の開封作業において今回の事象が発生。

### 作業場所における放射線及び汚染の状況

- モニタリングポスト及び燃料研究棟の排気ダストモニタの指示値は、本事故の発生の前後で変化はなかった。
- 発生場所における空気中の放射性物質の濃度については、事故発生時の室内Puダストモニタ No.2(108号室)の指示値は通常の変動範囲内であった。
- 平成29年6月6日13時55分、Puダストモニタ No.2の指示値が約 $5 \times 10^{-8} \text{Bq/cm}^3$ (1週間平均濃度)まで上昇したが、それ以降は上昇しなかった。この値は、法令に定めるPu-239の空気中濃度限度( $7 \times 10^{-7} \text{Bq/cm}^3$ )を一桁下回るものである。その後、Puダストモニタの集塵用フィルタを交換した結果、指示値が通常の変動範囲内まで低下したことを確認した。これ以降、指示値は通常の変動範囲内である。
- 108号室の表面密度については、平成29年6月7日に床面を測定した結果、最大 $55 \text{Bq/cm}^2$ ( $\alpha$ 線)、 $3.1 \text{Bq/cm}^2$ ( $\beta$ ( $\gamma$ )線)の汚染を18時55分に確認した。108号室の線量当量率は、最大で $2 \mu \text{Sv/h}$ であった。
- 108号室へ出入りする管理区域内の廊下及び108号室から建家外への非常口の外側については、汚染がないことを確認した。
- フード(H-1)前床に貯蔵容器から飛散したと思われる粒子を確認した。

### 作業員の汚染・被ばく

- 退室時のグリーンハウス内における身体汚染検査の結果、5名の特殊作業衣等に汚染(最大 $322 \text{Bq/cm}^2$ 以上( $\alpha$ 線))を確認し、うち4名に皮膚の汚染を、うち3名から鼻腔内の汚染(最大 $24 \text{Bq}$ ( $\alpha$ 線))を確認した。
- 皮膚の汚染を伴う作業員はシャワー室で除染を行い、検出限界( $0.013 \text{Bq/cm}^2$ ( $\alpha$ 線))以下であることを確認して管理区域から退域した。1人目の除染開始後、1~2分経過してシャワーの流量が減少した。ホースにより燃料研究棟機械室から工業用水を引き、除染を再開した。
- 作業員5名のうち3名がポケット線量計を装着しており、その読み取り値は $2 \mu \text{Sv}$ 、 $3 \mu \text{Sv}$ 、 $60 \mu \text{Sv}$ であった。
- 作業員5名を核燃料サイクル工学研究所へ搬送し、肺モニタ測定を行った結果、Pu-239とAm-241について、最大でそれぞれ $22,000 \text{Bq}$ 、 $220 \text{Bq}$ と評価されたため、キレート剤(Ca-DTPA)を投与した。
- 平成29年6月7日に作業員5名を量研 放医研に搬送し、肺モニタ測定等を含む医療処置を受けさせた。



- 平成 29年6月7日13時00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に基づく法令報告事象と判断した。

## 【判断根拠】

- 作業員5名の核燃料サイクル工学研究所において実施した肺モニタの測定結果から、Pu-239及びAm-241について、最大で22,000Bq及び220Bqと評価されたことから、管理区域に立ち入る放射線業務従事者について計画外の被ばくがあったときの報告基準である5mSvを超え、又は超えるおそれがあること。
  - 作業員5名の汚染状況から、108号室の床等の表面密度が保安規定に定める立入制限区域指定基準 ( $\alpha$  核種: 4Bq/cm<sup>2</sup>) を超えるおそれがあること。
- 以上のことを、13時27分、原子力規制庁に報告した。



法令報告(第1報)を6月19日に、法令報告(第2報)を7月21日、  
法令報告(第3報)を9月29日に原子力規制委員会に提出

- 事故発生時、燃料研究棟の給排気系設備は運転を継続し、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燃料研究棟の排気ダストモニタの指示値は通常の変動範囲内であった。よって、本事故発生時の環境への影響はなかった。
- 事故発生以降も継続して燃料研究棟の給排気系設備を運転しており、管理区域内の負圧を正常に維持し続けている。また、燃料研究棟のPuダストモニタ、排気ダストモニタ及び敷地境界のモニタリングポストの指示値は通常の変動範囲内であった。以上のことから、施設外部への影響はない。



## 安全確保のための処置

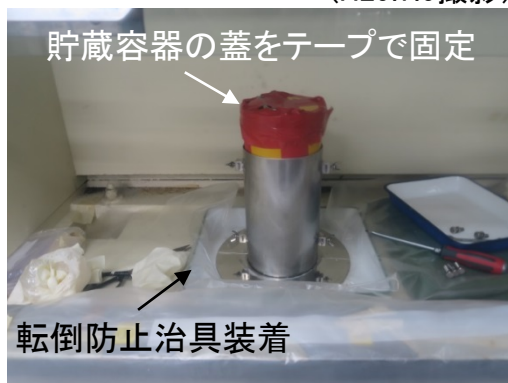
- 作業員の歩行による汚染拡大・飛散防止のために、化学雑巾を用いて床の拭き取りを行い、フードまでのアクセスルートを確認した(7月4日)。
- フード内の貯蔵容器の蓋をガムテープで固定し、貯蔵容器に転倒防止治具を取り付けた(7月6日)。
- 108号室のフード内の貯蔵容器を搬出し、101号室のグローブボックスへの搬入を行った(7月20日)。
- 事象直後に緊急に設置したグリーンハウスから汚染管理の強化を図ったグリーンハウスへ更新した(7月20日)。

(H29.7.20撮影)



更新したグリーンハウス

(H29.7.6撮影)



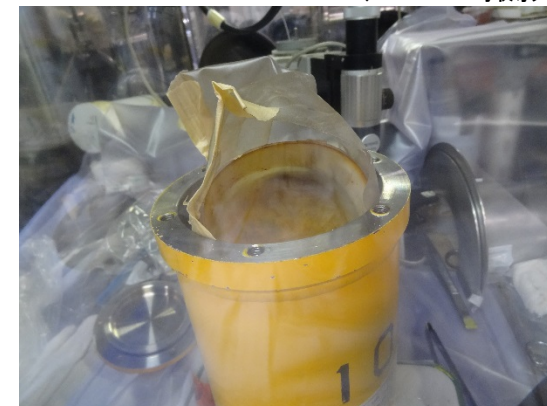
フード内での貯蔵容器の  
保管状況

(H29.7.20撮影)



グローブボックス搬入後の  
貯蔵容器の保管状況

(H29.7.20撮影)



貯蔵容器の状況  
(グローブボックス搬入後に確認)

## フード(H-1)と108号室の床の汚染検査・除染

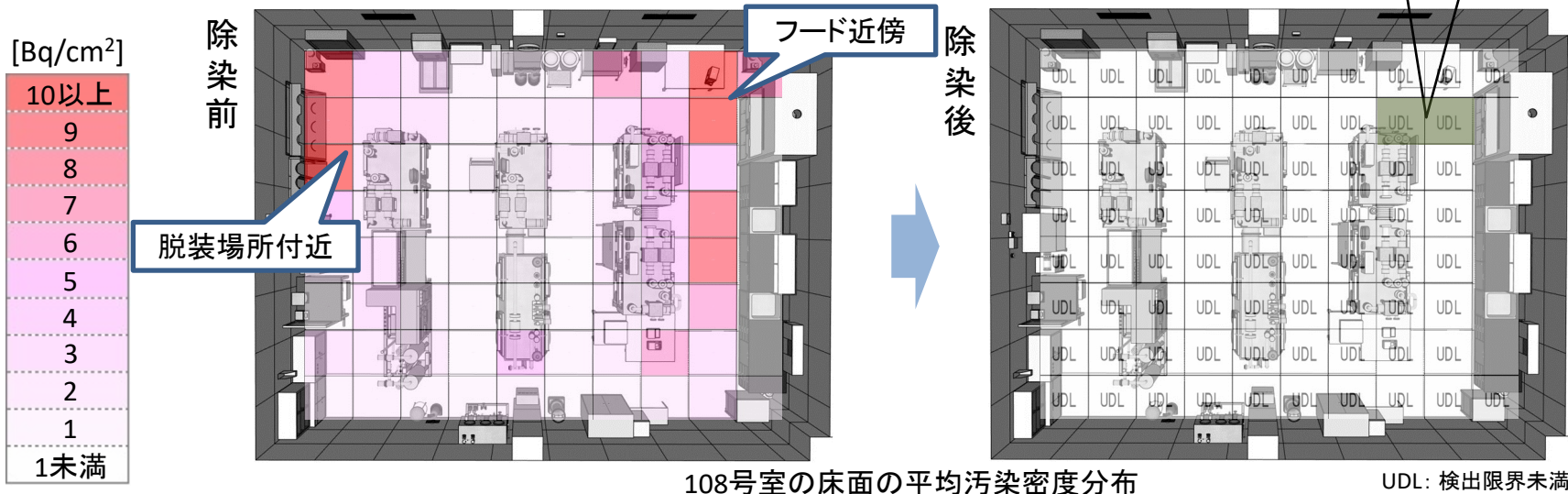
### (1) フード(H-1)の汚染検査・除染

- 内表面については、ストリッパブルペイント(剥離性塗膜材)による除染(汚染箇所ToStrリッパブルを塗布し、固化後、剥離する。)及び濡れウエスによる拭き取り後、表面密度の低下を確認し、再度ストリッパブルペイントを塗布し、残った汚染を固定。
- 外表面については、表面密度を検出限界未満まで除染できたことを確認。

### (2) 108号室の床の汚染検査・除染

- フード(H-1)近傍と脱装場所付近が高濃度に汚染されていることを確認。
- 濡れウエス等により除染。残った固着汚染部は、粘着テープで固定し(右写真)、ビニルシートで養生。

粘着テープによる固着汚染部(図中■内)の固定(数字は表面密度[cpm])



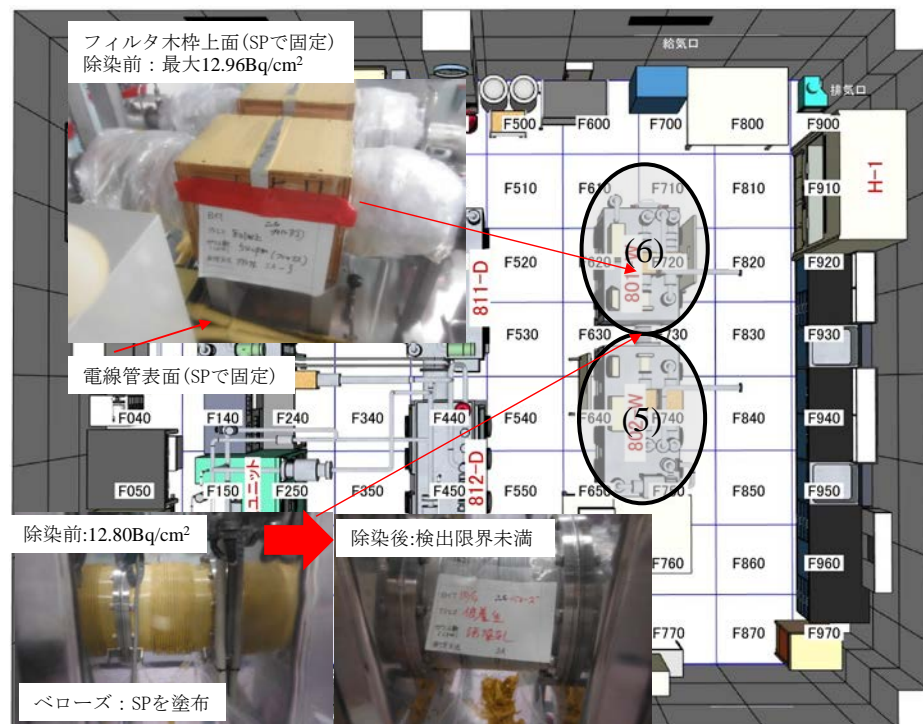
## 108号室の壁、天井、グローブボックス等の汚染検査・除染

### (1) 108号室の壁、天井の汚染検査・除染

- 壁、天井ともに、フード近傍のエリアに若干高い傾向を確認したが、このエリア以外の表面密度は低かった。
- 両者とも、濡れウエスによる拭き取り後の化学雑巾のダイレクトサーベイによる汚染検査で遊離性の汚染が検出限界未満であることを確認。

### (2) グローブボックス等の汚染検査・除染

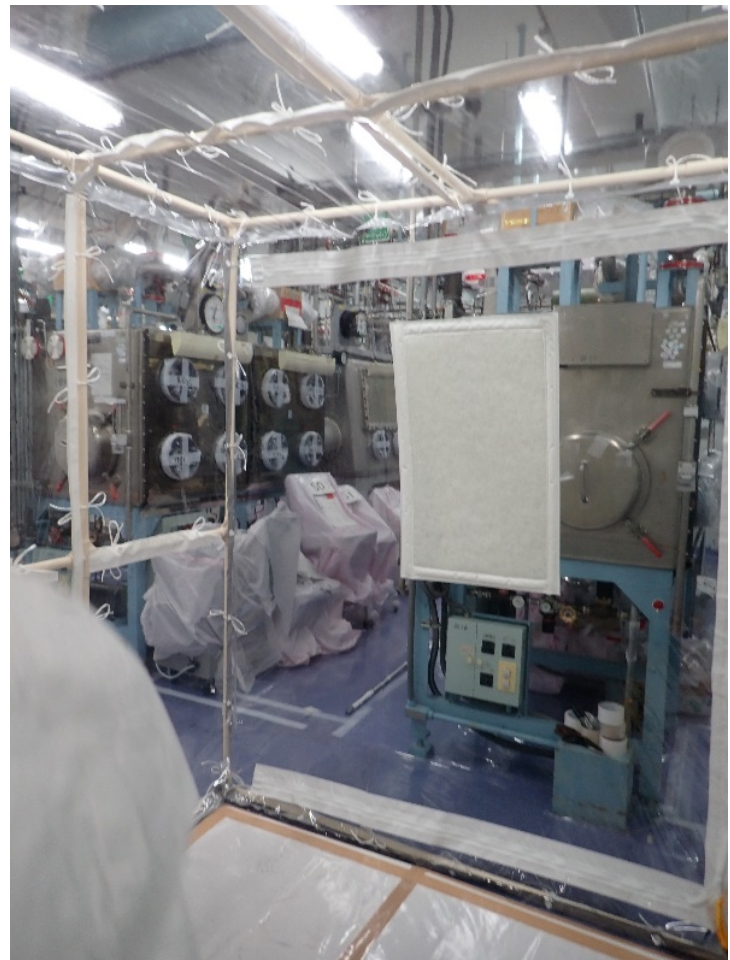
- 設置されている機器についても化学雑巾を用いた拭き取りにより汚染検査を行い、濡れウエスで拭き取ることにより除染した。
- 除染できなかった部位についてはストリップابلペイントや粘着テープにより固定した。
- Ar ガス雰囲気ユニット表面は除染できたが、当該装置の形状が複雑であることから、深部に汚染が存在する可能性も考えられたため、外側にフレームを組み、ビニルシートにより養生した。





## 立入制限区域の解除

- (1) フード(H-1)及び108号室の床、壁、天井、グローブボックス等の除染作業終了後、同室内を区分し、1週間にわたり最終的な汚染検査を行った結果、108号室全域の表面密度が検出限界未満であることを確認した。
- (2) 上記の汚染検査の結果により、立入制限区域指定の基準である「表面密度( $\alpha$ )が $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ を超え、又は超えるおそれがある場合」に該当しなくなったことから、平成29年10月16日、保安規定に基づく立入制限区域を解除した。
- (3) 108号室内の全域が核燃料物質で汚染したことを踏まえ、立入制限区域解除後においても、当面の間、汚染管理を向上させ、軽微な汚染等が生じた場合においても十分管理できるよう対応する。



## 外部被ばくに関する評価結果

### (1)外部被ばくによる実効線量の評価

- 光刺激蛍光(OSL)線量計による測定
  - 作業員A,B,C,D: 検出下限値(0.1mSv)未満
  - 作業員E: 線量計表面に付着した汚染の影響で評価不能
- 電子式ポケット線量計(EPD)による測定(5名中3名が着用)
  - 作業員B:  $2 \mu\text{Sv}$ 、作業員D:  $3 \mu\text{Sv}$ 、作業員E:  $60 \mu\text{Sv}$
- 以上の結果から、作業員5名全員について、記録レベル(0.1mSv)未満と評価した。

### (2)体表面汚染による皮膚被ばく線量の評価

- 作業員全員の特殊作業衣及び4名に皮膚汚染が確認されたため、これらの汚染による皮膚の被ばく線量を保守的な仮定により評価
- 事故発生から管理区域退域まで
  - 汚染密度 $1,000\text{Bq}/\text{cm}^2$ (最も汚染密度の高いOSL線量計ケース表面の値)が皮膚に直接付着し、事故発生から全員の除染が完了し管理区域を退域するまでの最大時間(7.67時間)、皮膚被ばくが継続と仮定
  - 評価結果: 最大 $83 \mu\text{Sv}$
- 管理区域退域から量研 放医研での除染完了まで
  - 量研 放医研での受入時の皮膚汚染(最大 $140\text{cpm}$ , 換算値 $0.44\text{Bq}/\text{cm}^2$ )が管理区域退域後、汚染情報の公表時刻まで継続(約22時間)と仮定
  - 評価結果: 最大 $0.11 \mu\text{Sv}$
- 以上の結果から、作業員5名全員について、記録レベル(0.1mSv)未満と評価した。

## 内部被ばくに関する評価結果

- 原子力機構は、内部被ばくに対する診察、処置を受けさせるため、量研 放医研へ作業員を入院させた。
- 量研 放医研における診察、処置の一部として、内部被ばく線量の測定・評価が実施された。このうち、バイオアッセイ試料(便)の分析については、量研 放医研からの依頼により原子力機構が実施した。
- その後、量研 放医研から必要な情報を入手し、内部被ばく線量の評価の内容を確認し、その上で放射性物質の摂取に至った原因の推定結果や108号室の放射線管理情報等の調査結果も考慮して原子力機構として内部被ばく線量の評価を行い、法令に基づく被ばく線量の記録を行った。結果は放医研と同等であり、その概要は下表の通り。

| 預託実効線量*             | 人数  |
|---------------------|-----|
| 100 mSv以上 200 mSv未満 | 1 名 |
| 10 mSv以上 50 mSv未満   | 2 名 |
| 10 mSv未満            | 2 名 |

\* 50年間の預託実効線量

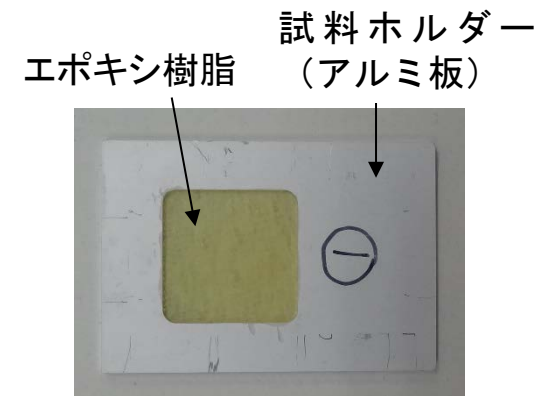
- 5名の作業員のうち1名が法令に定める線量限度(5年間につき100 mSv及び1年間につき50 mSv)を超過しており、また保安規定に定める警戒線量(20mSv/年及び13mSv/3ヶ月)を超過した作業員も認められたことから、保安規定に従い当該者の放射線作業を制限する措置を講じた。



## 帳票・記録類による貯蔵容器内容物の調査結果

計量管理帳簿、燃料研究棟の月報、技術レポート、点検記録等の資料の調査及び燃料研究棟に係る職員(退職者含む)への聞き取り調査により明らかになったことは以下のとおりである。

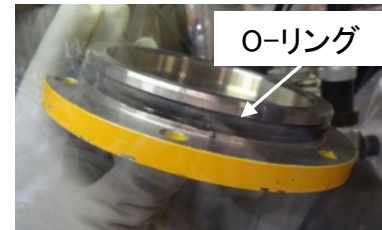
- 当該貯蔵容器内の核燃料物質は、天然ウラン(U)とプルトニウム(Pu)である。Puは同位体組成の異なる5種類が混在しており、その平均同位体組成を推定した。
- 当該貯蔵容器内の核燃料物質は、X線回折測定済試料を集めたものである。
- 燃料研究棟のX線回折測定用試料の特徴として、核燃料物質の粉末をエポキシ樹脂系の接着剤(主剤と硬化剤の2液混合型)と混合し、アルミニウム製の試料ホルダーに固定する方法を用いていた。樹脂固化物部分の寸法は、約20×20mmの四角形で、厚さ1.5mm程度の平らな形状である。
- この核燃料物質(樹脂固化物)はポリ容器に収納され、樹脂製の袋で二重に梱包した状態で、平成3年10月に貯蔵容器に入れられた。
- 平成8年7月に貯蔵容器の蓋を開封した際に、袋の膨張とポリ容器底部破損が確認され、梱包更新(詰替え)が行われた。それ以後、内部の確認がされた記録類は見つかっていない。



X線回折測定用試料の例

## 貯蔵容器内容物の観察結果

- 貯蔵容器内面 ①
  - 異物等の混入は無いが、蓋のO-リングが裂けるように破損
- 樹脂製の袋 ②
  - 一重目(内側)は二重目(外側)より上下に長く、二重目頂部を突き破るように上へはみ出していた
  - 一重目は側面溶着部に沿って縦に開口
- ポリ容器 ③
  - 変色と脆化はあるが、破損は無し
  - 蓋と本体は紙テープで固定してあったが境目でテープが破断
- ポリ容器の内容物 ④
  - X線回折測定済試料(樹脂固化物)が、ポリ容器の高さの2/3程度まで収納
  - ほぼ完全な形状のものと割れたかけらが混在
  - 底部付近に細かいかけら ⑤ と粉末が存在  
→300 $\mu$ mのメッシュ(目開き)のふるいで分別した粉末は、樹脂固化物に比べてごく少量
  - いくつかサンプル採取した樹脂固化物1個あたりの線量当量率は、約5~220  $\mu$ Sv/h
- フード前の床から回収した飛散物 ⑥
  - 大小の樹脂固化物が存在



① 貯蔵容器蓋の内面の状態



② 二重目袋頂部の開口の状態

② 破裂後の一重目と二重目の袋の状態



③ ポリ容器外観 ④ ポリ容器内部の収納状態



⑤ 細かいかけら

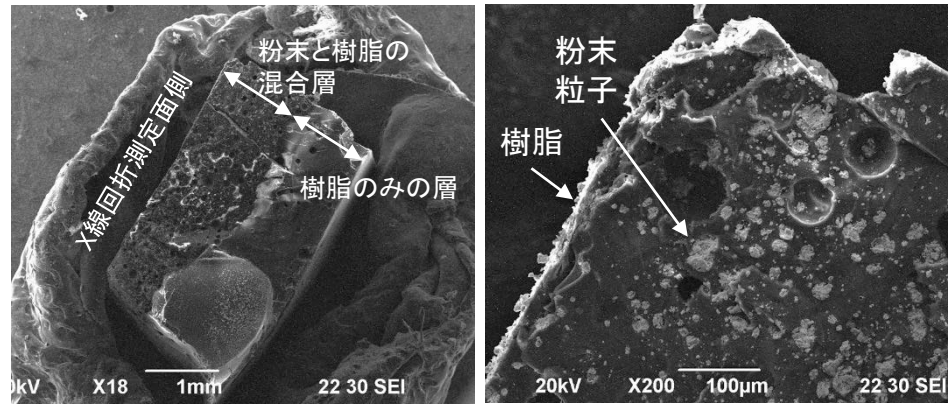


⑥ フード前の床のシートから回収した飛散物

## 貯蔵容器内試料の分析結果

### ➤ 樹脂固化物 ㊸

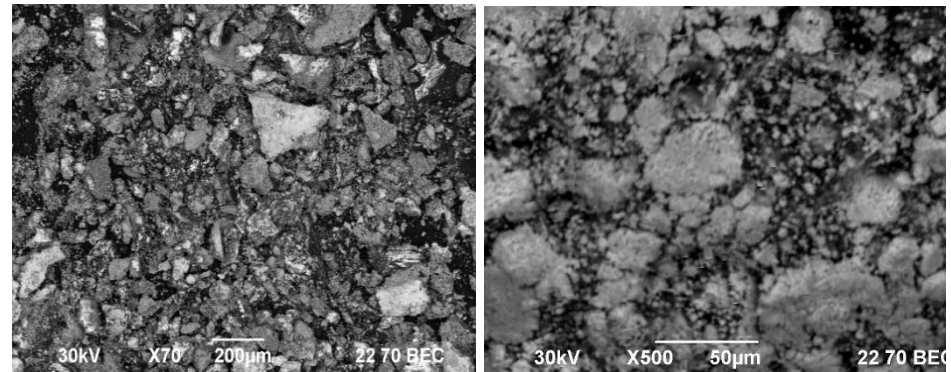
- 線量当量率の低、中、高(約10~220 $\mu$ Sv/hの範囲)の3種類の樹脂固化物断面を電子顕微鏡とX線元素分析で観察・分析
- 断面は樹脂と粉末を混合した層と、樹脂のみの層の二層
- 分散している粉末粒子の大きさは数 $\mu$ m~50  $\mu$ m超まで分布(右の画像では平均約20  $\mu$ m)
- 低線量当量率試料はほぼUのみ



㊸ 樹脂固化物の断面全体像(左)と拡大像(右)の例  
(線量当量率の高い試料、約220 $\mu$ Sv/h)

### ➤ ふるい分けた粉末成分 ㊸

- 粉末粒子の大きさは、1  $\mu$ m程度から300  $\mu$ mに近いものまでである。  
(体積的には数十 $\mu$ m以上の成分が大部分)
- 多くの分析点ではU/(U+Pu)比は0.8 $\pm$ 0.1の範囲
- X線回折により、酸化物のほか炭化物が含まれていることを確認
- ふるい分けた粉末にも樹脂と炭化物が含まれていることから、粉末成分は樹脂固化物を酸化加熱処理したものではなく、樹脂固化物から崩れ落ちた細かい成分と推測



㊸ 粉末成分の観察像(左:低倍像、右:高倍像)

### ➤ 飛散物

- 樹脂固化物と同様に粉末粒子が分散しており、樹脂固化物のかけらであることを確認

### ➤ その他

- UとPu以外の金属元素では、研究の過程で添加した微量のNi(ニッケル)、希土類のSm(サマリウム)等を検出



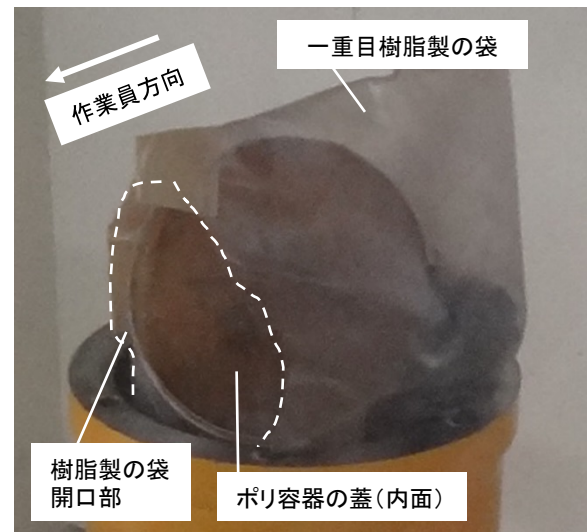
## 破裂時の状況調査結果

### (1)聞き取り調査内容

- 貯蔵容器の6本のボルトを順に緩めていく過程で蓋が浮き上がってきていた。ボルトを4本外した後、残り2本を緩める際に「シュ」と内圧の抜ける音を聞いており、その際に容器と蓋の隙間のスミヤを採取して汚染がないことを確認した。
- 片手で蓋の取手を持ちながら、残り2本のボルトを指で交互に緩めていき、2本のボルトのネジ山が容器から外れた時点で破裂音とともに蓋が浮き上がった。作業員が聞いた破裂音は「パン」と1回である。
- 破裂後に養生シート上の飛散物を見た際に「何かで固めてあるものと思った」。

### (2)作業員が撮影した貯蔵容器の写真

- 貯蔵容器上端から樹脂製の袋がはみ出ており、破裂の開口部は袋の側面に沿って縦に裂けるように破損している。破裂に伴う開口部は作業員側を向いており、作業員が左腹部に風圧を感じたとの証言と整合している。
- 袋の内側に見える大きな円形状のものは、ポリ容器の蓋であり、作業員の証言では上下が逆さまになった状態で、写真に見えているのは蓋の内面側である。



樹脂製の袋の破裂後に作業員が撮影した写真を拡大  
(袋の側面の一部分が縦に裂けるように破損)

## 推定原因調査のための半面マスクの測定・分析

(半面マスクの構造や測定の詳細は次ページ参照)

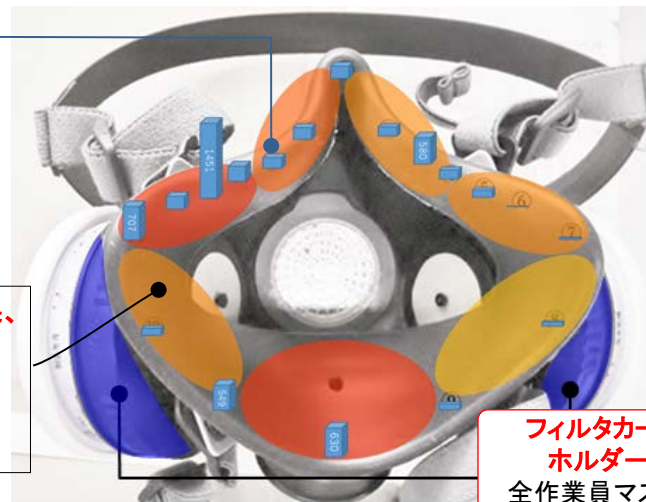
### ●作業員E作業時装着マスク測定結果

ペンシル型測定器測定結果  
及びスミヤ測定結果

給排気弁測定結果



棒グラフ：ペンシル型測定器によるα線測定結果(cpm)

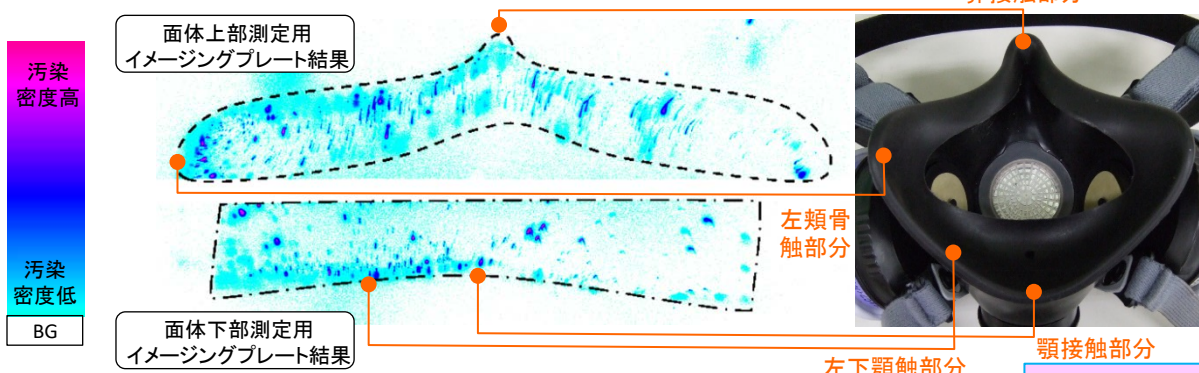


カラーチャート：マスク面体のスミヤ測定結果、給排気弁のスミヤ測定結果

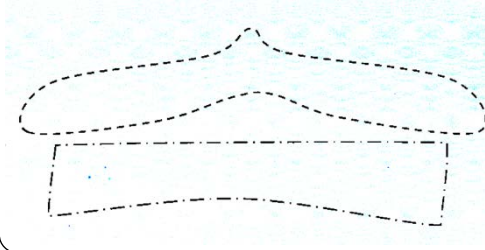


フィルタカートリッジホルダー(内部)  
全作業員マスクでBGLレベルであり、フィルタの健全性が確認できた。

イメージングプレート測定結果



《比較》作業員A作業時装着マスク



作業員Eが作業中に着用していた半面マスクの面体接顔部は、左頬骨及び左下顎接触部分で密度の高い汚染が確認された。また、面体全体が広く汚染しており、接顔部に入り込んだ汚染が半面マスク内に侵入したことが確認された。



聞き取りの結果と合わせて要因分析した結果、破裂時に直接浴びたPu等の粒子及び顔面に付着した汚染がマスク面体と顔面の隙間に入り込み、内部被ばくを引き起こしたと推定される。

## 推定原因調査のための半面マスクの測定・分析

### ●半面マスクの構造



マスク前面



マスク前面(フィルターカートリッジ取り外し状態)



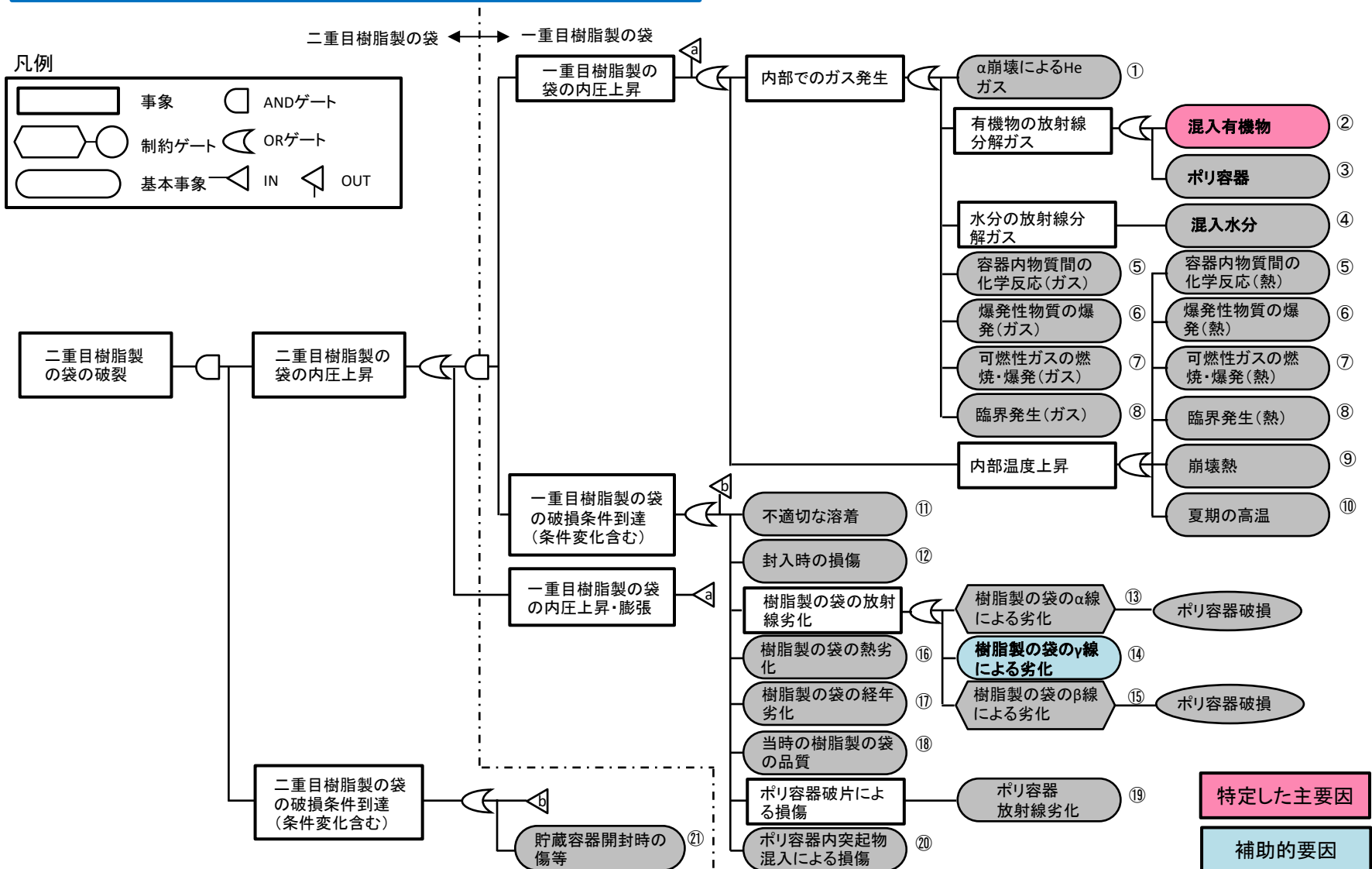
マスク着用者側

### ●測定概要

| 実施項目  | ペンシル型測定器による面体接顔部の汚染のα線測定                                 | イメージングプレートによる面体(顔側)のα線汚染分布測定   | フィルタカートリッジホルダー(内部)から採取したスミヤのα線測定            | 面体(顔側)から採取したスミヤと給排気弁のα線測定   |
|-------|--|--|---|---|
| 目的    | 面体接顔部の汚染の相対強度分布測定による、汚染侵入の痕跡調査                           | 面体(顔側)の汚染の詳細分布測定による、汚染侵入の痕跡調査  | フィルタの健全性の確認                                 | 面体(顔側)の汚染の相対強度分布測定による、汚染侵入の痕跡調査   |
| 方法    | ペンシル型検出器による面体接顔部18カ所の汚染のα線直接測定                           | イメージングプレートを用いたα線測定による面体(顔側)上の汚染の付着位置の測定  | 左右のフィルタカートリッジホルダー(内部)の汚染のスミヤ採取と採取したスミヤのα線測定 | 面体(顔側)7カ所の汚染のスミヤ採取と採取したスミヤのα線測定及び取り外した給排気弁のα線測定   |
| 作業状況等 | <p>測定箇所</p> <p>ペンシル型測定器</p> <p>測定箇所(全18カ所)及び測定の様子</p>    | <p>頭部マネキン</p> <p>面体上部測定用イメージングプレート</p> <p>装着方向</p> <p>半面マスク</p> <p>面体下部測定用イメージングプレート</p> <p>測定の概略図</p> | <p>スミヤ採取の様子</p>                             | <p>面体のスミヤ採取範囲</p> <p>面体のスミヤ採取範囲(全7カ所)</p>   |
| 結果    | 作業員B,D,Eの作業中及び作業員Eの交換後のマスクを測定し、いずれも汚染を検出(例 作業員Eの作業中のマスク) | 作業員A以外の作業員の作業中及び交換後のマスクで、汚染分布を検出(例 作業員Eの作業中のマスク)   | <b>全作業員マスクでBGLレベルであり、フィルタの健全性が確認できた。</b>    | スミヤ：作業員B,D,Eの作業中及び作業員Eの交換後のマスクを測定し、いずれも汚染を検出<br>給排気弁：全てのマスクの給排気弁を測定し、作業員C,D,Eの作業中のマスクで汚染を検出(例 作業員Aの作業中のマスク) |

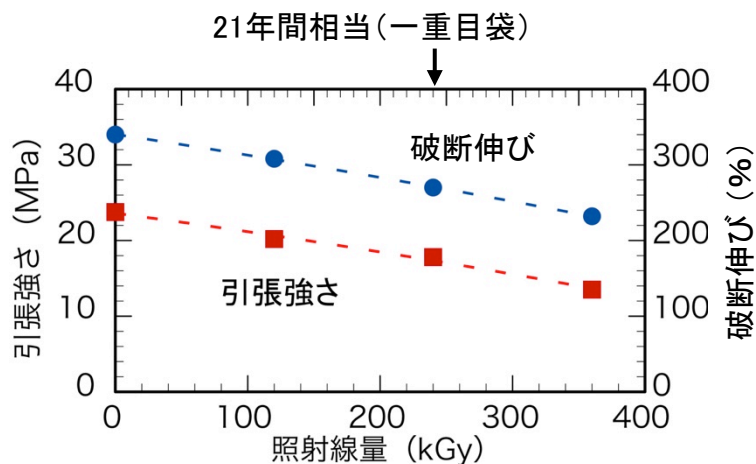


## 貯蔵容器内容物の観察・分析結果を反映



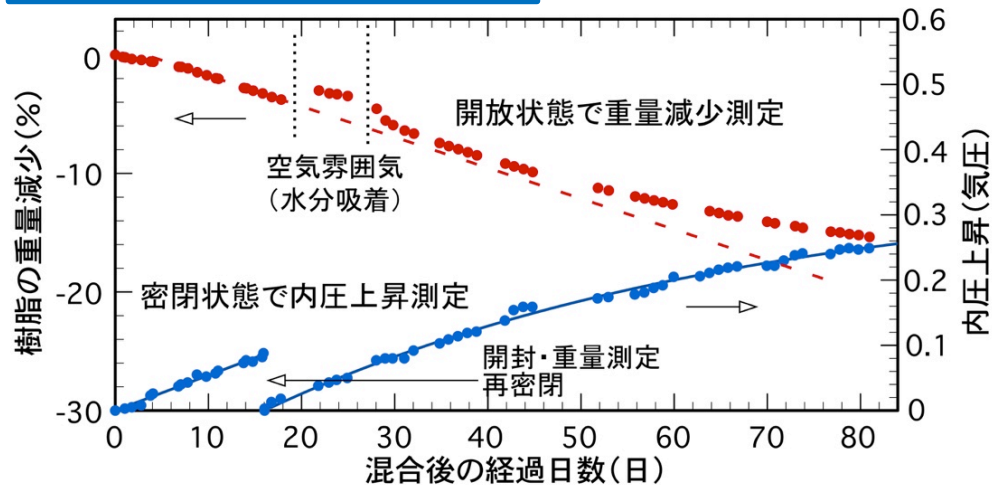
①～⑧:「内部でのガス発生」に係る要因、⑤～⑩:「内部温度上昇」に係る要因(⑤～⑧:「内部でのガス発生」及び「内部温度上昇」に係る要因)、⑪～⑳:「一重目樹脂製の袋の破損条件到達(条件変化を含む)」に係る要因

## γ線照射による袋の強度劣化



・樹脂製の袋の引張強さと破断伸びは、照射線量にほぼ比例して劣化

## エポキシ樹脂のα線分解



・半減期の短いキュリウム(Cm)含有粉末とエポキシ樹脂を混合・固化して試験を実施した結果、α線分解により重量が減少し、ガスが発生。樹脂の分解が進むにしたがい、ガス発生は鈍化する。貯蔵期間中のガス発生量評価に反映。

## 袋二重梱包状態での破裂試験

- ・金属製容器に収納された二重梱包の樹脂製の袋を加圧した後、蓋を開放する試験を行い、破裂・破損の様子を観察(図1参照)
- ・γ線照射で劣化させた樹脂製の袋は、内圧が2.5気圧程度以上の場合に事故容器と類似した袋の破損状態を再現した。(図2参照:内圧4気圧の例、外側袋は頂部が開口、内側は溶着部が開口)

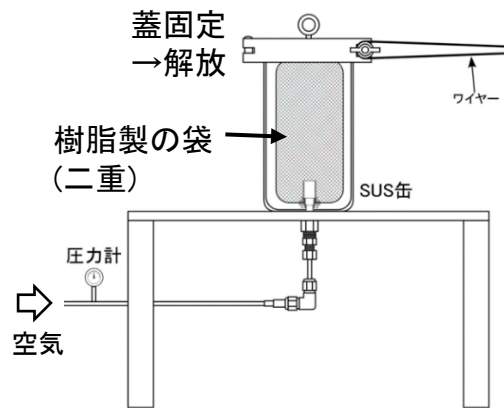


図1 試験の概略図



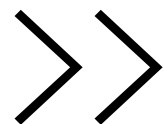
図2 試験後の樹脂製の袋の写真例 (上図:二重目, 下図:一重目)

## エポキシ樹脂・ポリ容器・吸着水分の $\alpha$ 線分解

樹脂製の袋の内圧上昇の3つの推定要因(混入有機物、ポリ容器、吸着水分の $\alpha$ 線分解)のうち、貯蔵容器内容物の観察・分析結果と検証試験結果により、**混入有機物(エポキシ樹脂)の $\alpha$ 線分解によるガス発生が主要因と特定した。**

エポキシ樹脂の $\alpha$ 線分解によるガス発生量の計算値  
(梱包更新後の21年間)

| Pu同位体組成                 | 樹脂内の粉末平均粒子径*1<br>( $\mu\text{m}$ ) | ガス発生量<br>(L)*2 |
|-------------------------|------------------------------------|----------------|
| 混在状態の推定平均組成<br>(Am除去なし) | 10                                 | 79.5           |
|                         | 20                                 | 48.2           |
|                         | 35                                 | 26.2           |
| 同<br>(Am除去あり)           | 35                                 | 22.4           |



ポリ容器の $\alpha$ 線分解による  
ガス発生量の計算値

0.18 L

吸着水分の $\alpha$ 線分解による  
ガス発生量の計算値

0.09 L

\*1 電子顕微鏡による観察で平均粒子径22  $\mu\text{m}$ と36  $\mu\text{m}$ の2例を確認。  
粒子径がガス発生量に大きく影響する( $\alpha$ 線エネルギーの減衰)。

\*2 標準状態(0°C、1気圧)での体積

## 袋とOリングのガス透過を考慮

### 【主な計算条件とガス発生量】

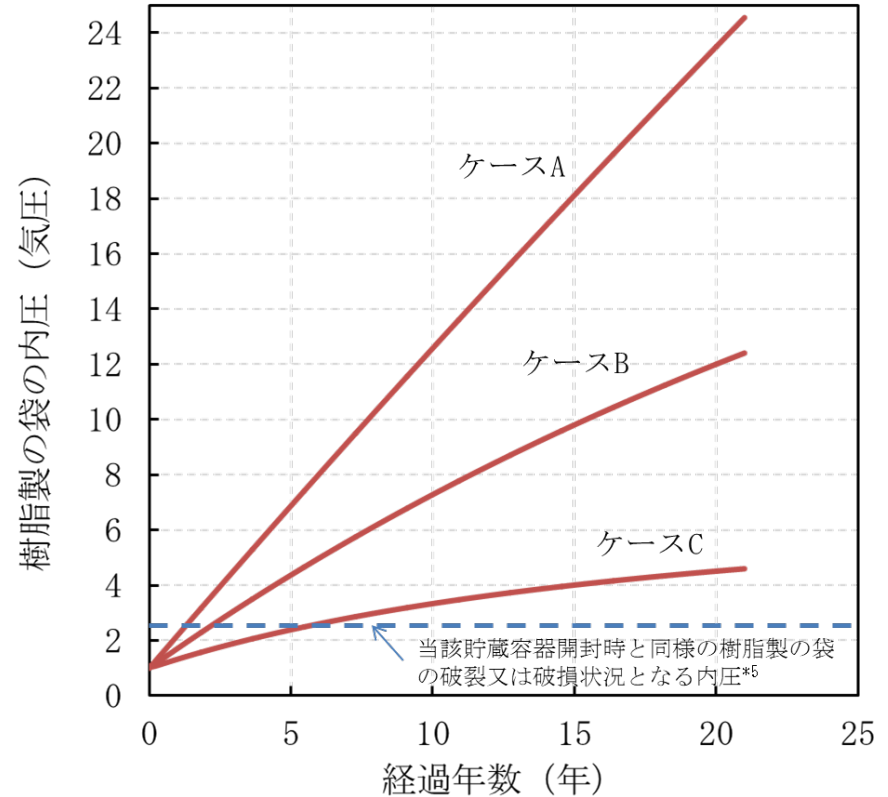
| ケース                |              | A  | B      | C   |
|--------------------|--------------|--|--------|---|
| Pu同位体組成            |              | 平均同位体組成                                    |        |   |
| α線によるガス発生<br>のG値*1 |              | 0.22 (検証試験から)                              |        |   |
| 粉末の平均粒子径           |              | 10 μm                                      | 20 μm  | 35 μm                                       |
| 樹脂製の袋              | ガス透過<br>係数*2 | 2.7 × 10 <sup>-10</sup> (水素) <sup>a</sup>  |        |   |
|                    |              | 3.0 × 10 <sup>-12</sup> (メタン) <sup>a</sup> |        |   |
| O-リング              | ガス透過<br>係数*2 | 1.4 × 10 <sup>-9</sup> (水素) <sup>b</sup>   |        | 3.9 × 10 <sup>-9</sup><br>(水素) <sup>c</sup> |
|                    |              | 3.3 × 10 <sup>-10</sup> (メタン) <sup>b</sup> |        |   |
| 漏洩面積*3             |              | 1 mm幅                                      | 5 mm幅  | 5 mm幅                                       |
| Am除去*4             |              | 無  | 無      | 有   |
| 21年間のガス発生量(25°C)   |              | 87.0 L                                     | 52.8 L | 24.6 L                                      |

- 【出典】 a 住友化学株式会社技術資料, [http://www.sumitomo-chem.co.jp/acryl/03tech/b3\\_gas.html](http://www.sumitomo-chem.co.jp/acryl/03tech/b3_gas.html)  
 T.D. Stark, et al., Geosynthetics International, 2005, 12, No. 1  
 b 桜シール株式会社技術資料, <http://www.sakura-seal.co.jp/category/1981184.html>  
 c 株式会社パッキングランド技術資料,  
<https://www.packing.co.jp/GOMU/kitaitoukasei1.htm>

### 【計算結果】

- 各種計算条件により評価値には大きな幅があるが、発生したガスにより内圧は、樹脂製の袋の破損圧力を超える(袋が破損する領域となる)

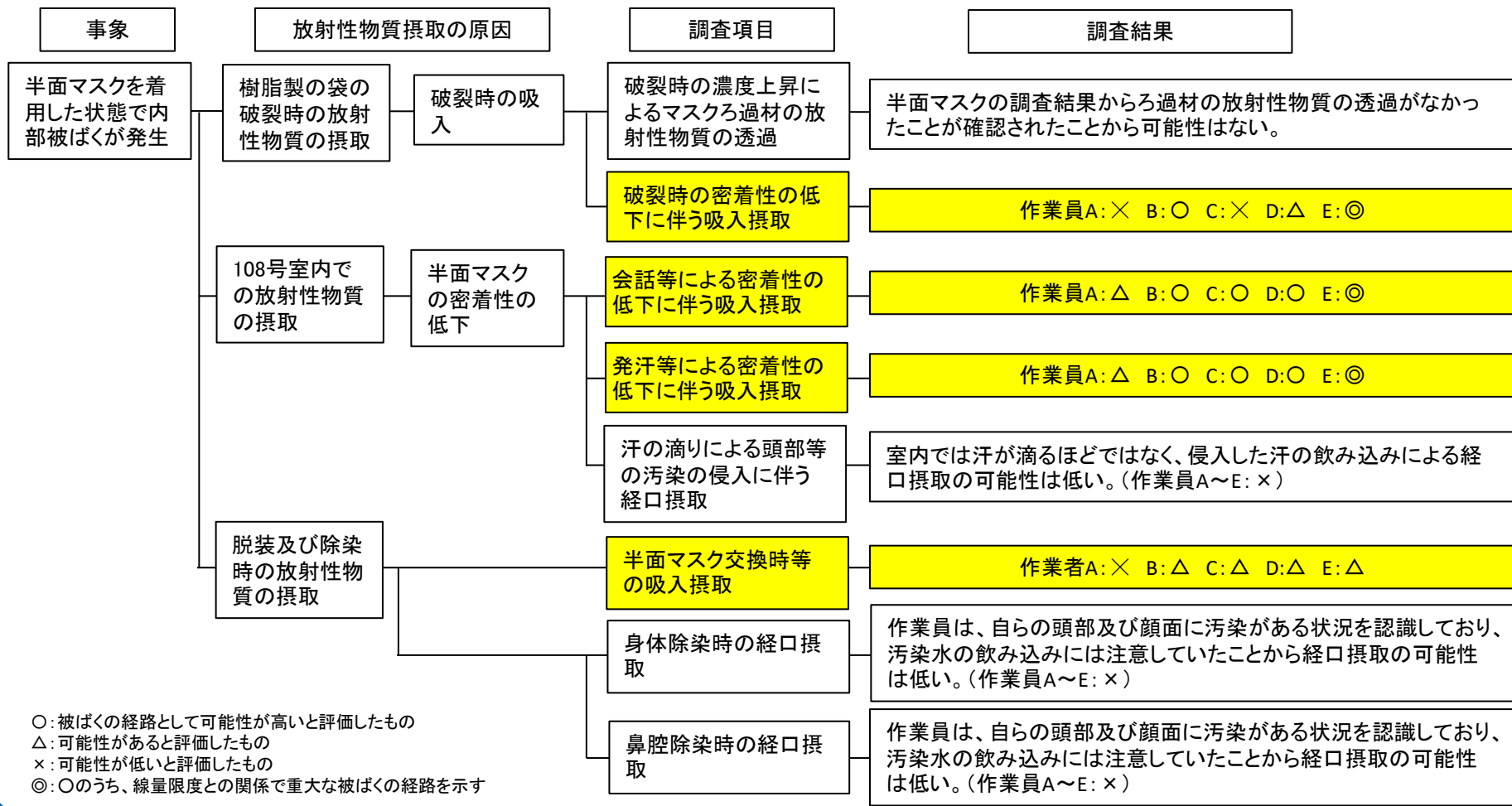
### 【袋の内圧推移計算結果】



- \*1 単位吸収エネルギー(100eV)あたりの生成ガス分子数
- \*2 単位はcc・cm/cm<sup>2</sup>・s・10mmHg。O-リングのガス透過係数は文献によりある程度の差異(幅)があり、今回のO-リングのガス透過係数は約3倍の違いがある。
- \*3 O-リングと密封対象ガスの接触面積のことで、この面積が大きければガスの透過割合も大きくなる
- \*4 容器封入前に、Puの精製(不純物のAmを除去)を実施したかの有無
- \*5 破裂試験において、当該貯蔵容器開封時と同様の樹脂製の袋の破裂又は破損状況となる内圧は、2.5気圧程度以上であった。類似状況等に起因する誤差があると考えられ、およそ2.5気圧以上で破裂すると考えている。この破裂圧力は21年間のγ線照射による袋の劣化を模擬した状態に相当する。

## 被ばく経路の推定に係る要因分析の結果

想定された被ばくのタイミング毎に要因を洗い出し、聞き取りや汚染状況の調査結果等に基づき可能性を判定した。



○:被ばくの経路として可能性が高いと評価したもの  
 △:可能性があると評価したもの  
 ×:可能性が低いと評価したもの  
 ◎:○のうち、線量限度との関係で重大な被ばくの経路を示す

・破裂時及び会話／発汗等による半面マスクの密着性の低下により、顔面等に付着したPu等の放射性物質がマスク面体の接顔部からマスク内へ入りこみ、放射性物質を吸入摂取した可能性が高い。  
 ・脱装時の半面マスクの交換等において、頭部及び顔面に付着したPu等の放射性物質を吸入摂取した可能性がある。



## 原因分析と対策

### 1. 直接的な原因分析と対策

事故発生原因として特定された「樹脂製の袋の破裂の主な要因は「混入有機物(エポキシ樹脂)」の $\alpha$ 線分解によるガス発生によるものであること」及び放射性物質の摂取に至った原因として推定された「顔面等に付着したPu等の放射性物質が接顔部から入り込み、放射性物質を吸入摂取した可能性が高いこと」並びに調査により判明した事実関係(エビデンス)や関係者への聞き取り調査を踏まえ、5項目の問題となる事象を抽出した。その上で、抽出した問題の背後にある要因を分析し、12項目の直接的な原因を明らかにした。また、事故発生後に顕在化した2つの問題事象についても同様に分析を実施し、再発防止策を策定した

### 2. 5つの問題事象

- (1)エポキシ樹脂を除去せず封入し、その情報が引き継がれなかった
- (2)核燃料物質の保管に関し、技術情報が活かされていなかった
- (3)作業計画時、樹脂製の袋の破裂、汚染の可能性を想定していなかった
- (4)蓋の浮き上がり等通常と異なる状態を異常と認識できず作業を継続した
- (5)作業員が事故で飛散した核燃料物質を吸入摂取した

### 3. 事故発生後に顕在化した2つの問題事象

- (1)除染用シャワーが必要な時に使えなかった
- (2)身体汚染が残存していた

### 4. 組織的な要因分析と対策

明らかにした直接的な原因を踏まえ、その背後にある組織的な要因を抽出するため、根本的な原因分析を実施するとともに、外部有識者を交えた委員会による評価を実施した。分析に当たって、国のガイドラインの「根本原因分析における組織要因の視点」、「JNESの組織要因表(JOFL)」を参考に組織的な要因を分類、整理した。その結果、直接的な原因の背後にある組織的な要因として18項目を抽出し、再発防止策を策定した。



## 直接的な原因と対策の整理①

## (1)直接的な原因12項目

- ① 貯蔵容器に貯蔵した核燃料物質及びその状態の記録を残すことをルール化していなかった。
- ② 炭窒化物燃料等は安定化処理のための酸化加熱処理を徹底してきたことから、X線回折測定済試料も同様に酸化加熱処理するものと考えルール化していなかった。
- ③ 関係者と協議を行わずに、有機物と混在した核燃料物質の酸化加熱処理の中止を決定した。
- ④ 当時の放射線安全取扱手引で「放射線分解によるガス圧の上昇に十分注意する。」と定めていることに反し、酸化加熱処理をしないまま貯蔵していた。
- ⑤ 平成8年に樹脂製の袋の膨張とポリ容器の破損を確認したにもかかわらず、異常状況の回避、その記録を残し定期的な点検を指示する等の改善をしていなかった。
- ⑥ IAEAやDOEで示されたPuの取扱い、貯蔵(保管)に関する技術情報について、業務に反映する必要があったが、当該情報を確認していなかった。
- ⑦ 核燃料物質が飛散し室内が汚染して作業員が被ばくするようなリスクを防止する詳細な作業計画書(非定常作業計画書)を作成していなかった。
- ⑧ 平成29年1月に「原子力規制庁面談情報」が配信されたが、面談結果の周知であったため、添付資料中の「樹脂製の袋の膨れによるものの取扱いに関する情報」に気が付かなかった。
- ⑨ ホールドポイント(作業中断点)を定めていなかったため、異常と認識できず残りのボルトを外して蓋を開けても問題ないと考えてしまった。
- ⑩ 応急的な処置の明確な手順がなかったことから、室内への汚染拡大をさせないため、退室するまで発災時の立ち位置に待機し、汚染部位の拭き取りや固定(封じ込め)及びしめひもの締め付けの調整の処置を行わなかった。
- 11 応急的な処置の明確な手順がなかったことから、半面マスクの交換を優先し、顔面等の汚染部位の拭き取りや固定(封じ込め)の助言を行わなかった。
- 12 グリーンハウスを設置するような事故を想定していなかったことから、資材調達や設営作業に手間取った。

## (2) 事故後に顕在化した原因2項目

- ① 手洗い水の出方が悪くなっていることに気が付いた際に、除染用シャワーが長時間利用できなくなることに気が付かず、適切に補修していなかった。
- ② 身体汚染の除染を行ったのちの汚染検査の際に、時間をかけて $\alpha$ 線のダイレクトサーベイを実施したが、汚染が残っていることに気が付かなかった。

## 直接的な原因と対策の整理②

(3) 上記(1)及び(2)に記載した14項目に対してそれぞれ対策を講ずる必要があるが、直接的な原因のうち、特に深刻と考えられる原因は、以下の貯蔵時とその後の点検時の2点である。

- ① 平成3年、放射線安全取扱手引の要件(貯蔵の条件)に反し貯蔵容器No.1010にX線回折測定済試料を酸化加熱処理せず貯蔵した。
- ② 平成8年、ポリ容器の破損や樹脂製の袋の膨張を確認したにもかかわらず、放射線安全取扱手引の要件(貯蔵の条件)に反し金属容器への変更や点検などの改善及びこれらの情報が継承されなかった。

➡ このため、以下の対策を早急に講ずることとする。

- 核燃料物質の貯蔵の条件である「放射線分解によるガス圧の上昇に十分注意する」ことの趣旨を理解させるために、事故に関する原因(エポキシ樹脂とPuの放射線によるガス発生)と対策を教育する。
- 核燃料物質を安定して保管するために、Puを貯蔵する場合には原則として安定化処理を行うこと、Puを貯蔵した容器の蓋を開け点検を行う際は、セル、グローブボックスその他の気密設備で行うこと及びそれら貯蔵に関する情報として必要な事項を記録として保存することに関して、核燃料物質を安全に取り扱うための原子力機構共通の「管理基準」として策定する。

(4) (3)に加え、以下に示すようにリスクを回避する機会を逸してしまった。

- ① 計画段階において、貯蔵容器の内容物に関する情報を調査したものの、核燃料物質は安定化した状態で保管されていると思い込み、汚染のリスクを防止する詳細な作業計画書を作成していなかった
- ② 点検等の作業中において、貯蔵容器の蓋のボルトを緩めた際、これまでに経験のない蓋の浮き上がりや内圧が抜ける音に対して異常と認識できず、作業を中断できなかった。

➡ 以下の対策を講ずることが、今後同様の事故防止の観点から極めて重要である。

- 内部が確認できず密閉構造である貯蔵容器の蓋を開ける場合、フード以外の密閉状態の作業場所を選択することをはじめ、核燃料物質の安全取扱い、作業方法等の基本的事項を手順に明確にすることにより、リスクを考慮した安全な作業計画を作成できるようにする。
- リスクを回避するため、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に作業を停止するホールドポイント(作業中断点)を作業計画で明確化する。

## 組織的な要因と対策の整理①

## (1)抽出した組織的な要因18項目

- ① 核燃料物質を安全に長期的に貯蔵するための管理基準等の仕組みがないまま運用されていた。
- ② 施設を安全に維持するための作業マニュアル等を制定、改正する文書管理の仕組みが機能していなかった。
- ③ 放射線安全取扱手引の遵守すべき要件に関する保安教育が実施されていることの確認が不十分であった。
- ④ 放射線安全取扱手引について、利用する者が理解できるルールに見直すことが行われていなかった。
- ⑤ 安定化処理の変更に関連して、重要な業務プロセスを変更する場合にその妥当性を確認する仕組みが明確になっていなかった。
- ⑥ 安定化処理に関して、安全確保・維持に対する体制が一体化していない。
- ⑦ 核燃料物質を安全に長期的に貯蔵(保管)することに対する取組に欠けていた。
- ⑧ 予防処置に関する要領で海外情報等から得られた知見を保安活動に反映する仕組みを明確にしていなかった。
- ⑨ 水平展開に関する要領で海外情報等から得られた知見を情報共有する仕組みを明確にしていなかった。
- ⑩ 核燃料物質を安全に取り扱うことに対する慎重さに欠けた。
- 11 ホールドポイント等を含む詳細な作業計画を作成することを明確にする必要があったが、個別業務に係る作業計画の作成手順を明確にしていなかった。
- 12 3H作業の定義、作業手順、ホールドポイントの明確化等、3H作業を計画する際の下部要領等が定められていなかった。
- 13 過去の点検情報に関するコミュニケーションが不足していた。
- 14 安全に関する重要な情報について情報を提供する部署とコミュニケーションが不足していた。
- 15 情報を提供する部署が、安全に関する重要な情報について受信側と適切なコミュニケーションを図るための仕組みが明確でなかった。
- 16 管理者が自ら作業を行ったことで、ラインとしてのチェックや適切な判断を行う役割が果たせる要員配置となっていなかった。
- 17 簡易的な汚染部位の拭き取り除染等を指示する必要があったが、組織としてのチェックや適切な判断を行う役割が機能しなかった。
- 18 室内全域汚染や全身の汚染を伴う事故を想定した定期的な訓練の実施やそれに必要な資機材の整備を含めた手順が明確になっていなかった。

## 組織的な要因と対策の整理②

(2)抽出した18項目の組織的な要因についてJOFLの分類を用いて、以下の8項目に再整理

- ① 業務プロセスに関する妥当性確認の仕組みが明確でない
- ② 施設保安に係る体制が一体化していない
- ③ 核燃料物質の貯蔵に関する技術基準等の仕組みが構築されていない
- ④ 核燃料物質の貯蔵に関する保安教育に対するチェックが十分でない
- ⑤ 国際的基準や他施設の知見を反映する予防処置の取り組みが十分でない
- ⑥ 作業手順等をルール化する仕組みが十分でない
- ⑦ 潜在的なリスクに気付かず、安全確保に対する慎重さに欠けた
- ⑧ 管理者が自ら作業し、管理者としての役割を十分果たせなかった

(3)上記を踏まえ、今回の事故の根本的な原因を特定するため以下の3項目に分類

- ① 業務に対する管理体制(意思決定プロセス)が不明確となっていた
- ② 原子力安全に係る知見を業務に反映する取り組みが不十分であった
- ③ 安全確保に対する慎重さ(常に問いかける姿勢)が足りなかった

(4)上記(3)の①～③が十分でなかった要因を更に深く掘り下げ、下記(a)～(c)に特定

- (a) 保安活動を改善する取組ができていなかった
- (b) 潜在的リスクに対して慎重さが足りなかった
- (c) 上級管理者の役割を果たしていなかった



## 組織的な要因と対策の整理③

### (a) 保安活動を改善する取組ができていなかった

核燃料物質の貯蔵・取扱いに関し、基準類や類似施設の水平展開等から得られる最新の知見の調査・反映及び緊急時対応に際して的確に行動できるよう事前の備えが十分でないなど、保安活動を改善する取組ができていなかった

- ・管理者(部長及び課長)は、施設の保安管理を適切に行うため核燃料物質の貯蔵・取扱いについて最新の知見等が反映されているか、起こり得る事故・トラブルに備え緊急時対応にかかる作業手順等によって明確になっているかなど、レビューを確実に進行。
- ・部長は、複数の組織で共通する不適合や気付き事項を確実に再発防止や未然防止につなげる仕組みを構築する(部レベルの是正措置プログラム(CAP)の実施(充実)や専門家(核取主務者等)の関わり等)。

### (b) 潜在的リスクに対して慎重さが足りなかった

現場作業を計画、実施した際、潜在的リスクに対して慎重さ(問いかける姿勢)が足りず、定常作業としてプルトニウム汚染の可能性がある状態の作業をフードで行ったことなど、誤った判断を避ける取組ができていなかった

- ・管理者(部長及び課長)は、個別業務の計画を策定する手順に従った計画の作成及び妥当性の確認(潜在的リスクの抽出及び処置)を実施していることを複数の視点で確認するなど、潜在的リスクに対する確認を確実にする。
- ・管理者(部長及び課長)は、リスクに対する感受性を高めるため、今回の事故を教訓に、事故の原因がどこにあるかを理解したうえで、事例研究を行い業務に反映する。その際、自らの業務に照らした場合にどのような潜在的リスクがあり、そのリスクを低減・改善するための措置を検討し実践する。

### (c) 上級管理者の役割を果たしていなかった

長期間にわたり保管してきた核燃料物質のリスク及び緊急時対応に関する課題について上級管理者の把握が不十分であり、必要な安全対策、処置等に係る方針、指示、確認等を行っておらず、役割を果たしていなかった

- ・上級管理者(所長及び部長)は、保安活動における課題を吸い上げ、必要な安全対策、処置等に係る具体的な活動方針(計画)を示し、活動状況を適宜確認し指導するなど、継続的改善が定着する環境をつくる。

## 通報連絡、異常時対応体制の設置状況、立入制限区域の設定

### (1) 通報連絡の状況、異常時対応体制の設置状況

- ① 平成29年6月6日11時15分頃の事故発生後、通報連絡と汚染状況確認、放射線モニタの確認等を経て11時48分頃に燃料研究棟現場指揮所を設置、12時00分到大洗研究開発センター現地対策本部を設置し、異常時対応活動を開始した。
- ② 事故発生当日、現地対策本部では登録人数130名に対し106名が参集、現場指揮所は登録人数53名に対し84名が参集し、平成29年6月8日付けで副理事長を本部長とし、機構本部(役員を含む)、東京事務所、核燃料サイクル工学研究所、原子力科学研究所等から計63名の専門家による体制強化を図り、原因究明や被ばくした作業員のケア等について機構の総力を挙げて対応した。
- ③ 茨城県、立地及び隣接・隣々接自治体への通報連絡は、作業員の身体汚染の可能性を確認したことにより、施設管理上留意すべき事項として、12時27分に運転管理・施設管理等情報(第1報)を発信した。
- ④ 5名の作業員のうち3名の作業員から有意な鼻腔内汚染(最大24Bq( $\alpha$ 線))が確認されたことから、16時27分に108号室を立入制限区域に設定した。これを受け、管理区域に立ち入る者について計画外の被ばくがあったとして、17時05分に通算では第4報となる原子力施設における異常事故等状況通報書(第1報)を発信し、以後は異常事故等状況通報書(第4報)(通算第7報)まで発信している。

### (2) 立入制限区域の設定について

- ① 作業員5名の汚染状況から、108号室の床等の表面密度が保安規定に定める立入制限区域指定基準( $\alpha$ 核種:4 Bq/cm<sup>2</sup>)を超えるおそれがあると判断し、作業員5名の汚染確認後(最大322 Bq/cm<sup>2</sup>以上の特殊作業衣等の汚染及び24 Bqの鼻腔内汚染が確認された作業員Eの汚染検査は16:07から行われた。)、速やかに立入制限区域を設定した。



## 事故発生後の作業員の退域について

事故発生後の作業員の退域に関連する主な原因と対策については下記のとおり

- ① 燃料研究棟でGHを設置するような事故を想定していなかったことから、資材調達や設営作業に手間取った。
  - 管理区域内のある程度の汚染拡大は許容し、身体汚染の飛散を抑制する措置を講じた上で退出基準や汚染拡大の影響を最小限にとどめる方策を定める。
  - 事故を想定し必要となる設備、資機材や要員等を再確認し、それらが常に利用できるよう維持管理することや、実効的な訓練により、速やかな対応が取れる仕組みを構築する。
- ② 燃料研究棟の除洗用シャワーが作業員3人に対して使用できない状況となり、機械室からホースにより工業用水を引き、除染を行った。手洗いの出方が悪くなっていることに気が付いた際に、補修すべきであったが、除染用シャワーが長時間利用できなくなることに気が付かず、適切に補修していなかった。
  - 除染用設備の点検方法及び系統の保守管理に関して、確実な保守管理が行えるよう、作業要領に、除染用設備の点検内容等を追加する改正を行う。
- ③ 燃料研究棟の管理区域から退出する際、作業員の身体除染が不十分であった。シャワーによる除染後の汚染検査の際に、汚染が残っていることに気が付かなかった。
  - 放射線管理マニュアルを改正し、核燃料物質等で身体汚染した場合の身体汚染測定に関する方法や手順、教育訓練の実施を定める。

## 事故対応における情報発信

### (1) 対外的な情報発信

- 事故当日は立入制限区域を設定し、異常事故等状況通報書の第1報を発信した17時05分から約2時間後に記者発表を実施し、「事故の発生日時・内容」「環境への影響の有無」「人的影響」等を公表した。
- 同日23時33分に作業員5名に対する肺モニタ測定結果を確認したことから、その結果を6月7日に公表した。
- 6月9日には、「被ばく作業員の状況」「現場の状況」「時系列」「鼻スミア・肺モニタ測定値とその考え方」「現場の写真」等を整理・公表したが、必要な情報を整理、確認するために要した時間については改善の余地があり、今後実施する事故対応訓練等を通じて改善を図っていく。
- 以降は情報の整理・集約を更に進め、これまでに12回の記者発表を実施した。また、機構ホームページにおいては、本事故についての特設ページを開設し、対外的な情報発信を強化した。



### (2) 作業員の肺モニタ測定結果公表について

- 核燃料サイクル工学研究所において平成29年6月6日23時33分までに作業員に対して肺モニタ測定を実施し、Pu-239とAm-241について、最大でそれぞれ $2.2 \times 10^4$  Bq及び $2.2 \times 10^2$  Bqを確認した。この結果を6月7日に公表したが、6月9日には、量研が放医研での1回目の肺モニタ測定ではPu-239のピークは検出されていないと公表した。
- 6月7日に肺モニタの数値を公表した際には、事故直後の肺モニタ測定結果はキレート剤投与等の医療処置の判断に資するための速報値であり、預託実効線量等はバイオアッセイ等の結果が出るまでは確定することができない旨を公表資料に明記していなかった。この点に関しては、平成29年6月12日に「肺モニタによる測定状況について」を別添資料として公表し、事実関係を整理した。
- 6月7日に公表した肺モニタの数値が過大評価であったことについては、事故発生直後に行う肺モニタ測定の実施目的や不確かさの要因(残存する表面汚染の寄与等)を丁寧に公表資料に記載することが必要であった。本件については、今後の事故対応訓練を通じて必要な改善を図っていく。

## 総点検結果

### 1. 総点検による当該貯蔵容器と同様の可能性のあるものの抽出

機構の核燃料物質の貯蔵容器・保管容器を対象に、プルトニウム(Pu)と有機物との混在等により、当該貯蔵容器と同様の可能性のあるものを抽出。

- ① 対象とする貯蔵容器等の総数は、14,770個。
- ② ①のうち、プルトニウム(Pu)を含む貯蔵容器等であって、有機物の混在又は樹脂製の袋や容器に封入されているおそれがあり、貯蔵容器等内の点検が実施されていないもの(当該容器と同様の可能性のあるもの)は、470個。

### 2. 抽出したものの(470個)の保管状況等

- ① 燃料研究棟にある同種の容器45個については、所定の貯蔵庫に識別して安全に保管されている。これらについては、別途記録等を詳細に確認しており、原因究明と再発防止対策を踏まえ、適切に対応していく。
- ② 燃料研究棟以外にある貯蔵容器等のうちセル、グローブボックスで保管されている290個については、ガス発生のおそれや破裂のおそれ、破裂した場合の危険性の観点で確認、評価し、安全に保管されていることを確認した。
- ③ 燃料研究棟以外にある貯蔵容器等のうち99個については、以下に示すように内容物及び管理状況を確認した。
  - i) ガス発生のおそれのないもの(核燃料物質と有機物が直接接触していない)が19個。
  - ii) ガスの発生を定期点検等で確認しているもの(貯蔵容器等が樹脂製の袋に封入等)が41個。
  - iii) 低Pu富化度のペレットでありガス発生のおそれは低いものが39個。
- ④ 極少量(Pu量;数十 $\mu$ g以下)のPuを含む標準溶液等(アンプルに入った市販品等)が36個。

## 水平展開について

原因究明及び直接的な原因分析の結果及び根本的な原因分析に基づく組織的要因を踏まえ、大洗研究開発センターにおいて是正処置を進めているところ。その結果を基に原子力機構の「安全に関する水平展開実施要領」に従い各拠点に水平展開する(一部実施)。

### ①核燃料物質の管理基準の策定

- 本事故の再発防止対策を反映し、核燃料物質を安全に取り扱うため、核燃料物質の安定化処理、容器の材質等について、原子力機構共通の「管理基準」を策定した。

### ②身体汚染が発生した場合の措置に係るガイドラインの策定

- 核燃料物質等で身体汚染した場合の汚染されたエリアからの退出、身体汚染者の除染及び身体汚染測定に関する方法や手順を検討し、身体汚染が発生した場合の汚染管理を踏まえた措置について、被ばくの防止に関する対策を反映した原子力機構共通のガイドラインを策定した。

### ③緊急時対応設備及び資機材の調査並びに訓練の実施

- 核燃料物質による室内広域汚染及び内部被ばくの対応を的確に実施できるよう、施設ごとに汚染発生時の対応に必要な設備を明確にするとともに、設備の機能維持を確認するための定期的な点検方法について要領書へ計画的に反映する。
- 全拠点の主要な施設(室内広域汚染の発生が考えられる施設)において、グリーンハウスの設置及び身体除染の訓練を実施する計画を立案し、実効性のある訓練を順次実施しており、今後も継続して取り組む。

### ④上級管理者による課題把握と保安活動改善の徹底

- 根本的な原因に係る対策を踏まえ、各拠点において、上級管理者(所長及び部長)は保安活動における課題を吸い上げ、必要な安全対策(リスクを低減・改善するための措置)、処置等に係る具体的な活動方針(計画)を示し、活動状況を適宜確認し指導するなど、継続的改善が定着する環境をつくる。



- 事象発生後、樹脂製の袋の破裂に係る原因究明、作業員の被ばく評価、現場復旧等に取り組んできた。
- 樹脂製の袋の破裂に至った原因を特定したこと、放射性物質の摂取に至った原因を推定したこと、事故発生に至った原因の分析を行って再発防止対策を策定したこと及び現場復旧の見通しを得たことから、それらの結果及び状況を取りまとめ、第3報として9月29日に原子力規制委員会に報告するとともに安全協定に基づく事故・故障等報告書を提出した。
- 原子力規制委員会への法令報告については、10月25日に実施された第46回原子力規制委員会における報告書に対する指摘を踏まえて記載を追加し、改めて一式の報告書として提出した。
- 再発防止対策については、不適合管理の中で原因分析結果に基づく是正処置を実施するとともに各拠点に水平展開を実施していく(一部実施)。
- 原子力機構は、今回の事故を深く反省し、事故発生の防止に向けた取組が十分にできなかったことを重く捉え、経営層自身による安全確保のための活動への関与及び監視並びに専門性を有する人材の育成・確保を一層強化し、原子力機構全体でより慎重な保安活動を徹底し、安全確保に努める。