



JAEA-Testing

2024-002

DOI:10.11484/jaea-testing-2024-002

核燃料物質貯蔵容器の開封点検及び 金属容器詰替え作業報告

Nuclear Fuel Storage Container Opening Inspection and
Metal Inner Container Repacking

許認可申請等対応グループ

Licensing Application Group

大洗研究所

高速炉サイクル研究開発センター

燃料材料開発部

Fuels and Materials Department

Fast Reactor Cycle System Research and Development Center

Oarai Research and Development Institute

August 2024

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Testing

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。本レポートはクリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究開発推進部 科学技術情報課
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section, Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

核燃料物質貯蔵容器の開封点検及び金属容器詰替え作業報告

日本原子力研究開発機構
大洗研究所 高速炉サイクル研究開発センター
燃料材料開発部

許認可申請等対応グループ

(2024年6月4日受理)

平成29年6月6日、日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター（現在は大洗研究所という。）燃料研究棟において、核燃料物質を収納した貯蔵容器を開封し、内容物の性状を確認する作業中、内容物を二重に梱包していた樹脂製の袋が破裂し内容物が飛散したことにより、作業室内が汚染するとともに、室内にいた作業員が被ばくする事故が発生した。

樹脂製の袋が破裂した原因は、封入されていたエポキシ樹脂が α 線により分解され、発生した水素ガス等により内圧が上昇したことによるものと特定された。燃料研究棟で保有していたプルトニウムを封入した貯蔵容器54個は、同様に内圧上昇の可能性があることから、ホットセルにおいて貯蔵容器の内容物を確認するための開封点検を行い、ガスが発生するおそれのある貯蔵容器については内容物の安定化処理を行った。

また、燃料研究棟の所有する核燃料物質は、施設の廃止に向けて集約施設への搬出を計画しており、酸化物原料粉 $\text{Pu}+^{235}\text{U}$: 220 g を超えて封入している9個の貯蔵容器については、移動用キャスクの制限量の220 g 以下とするため、貯蔵容器内の一部の金属容器を取り出し、別の貯蔵容器に詰め替える作業を行った。

本報告書ではそれぞれの作業の詳細について述べるとともに、許認可申請等、事前対応について述べる。

Nuclear Fuel Storage Container Opening Inspection and Metal Inner Container Repacking

Licensing Application Group

Fuels and Materials Department

Fast Reactor Cycle System Research and Development Center

Oarai Research and Development Institute

Japan Atomic Energy Agency

Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received June 4, 2024)

The contamination accident occurred at Plutonium Fuel Research Facility (PFRF) in Japan Atomic Energy Agency (JAEA) Oarai Research and Development Institute on June 6, 2017. During the work of opening the fuel storage container and checking the properties of the contents, the plastic bag that double-packed the inner container burst. The scattering of the fuels contaminated the work room and exposed the worker.

The cause of the plastic bag burst was that the enclosed epoxy resin was decomposed by α -rays and the internal pressure increased due to the generated hydrogen gas.

The 54 storage containers containing plutonium held at PFRF also at risk of increasing internal pressure. Therefore, an opening inspection was conducted to confirm the contents of the storage container in the hot cell. In addition, the contents of storage containers that may generate gas were stabilized.

We are planning to transport the fuel storage containers out to another facility for the decommission of PFRF. The other 9 storage containers include oxide raw material powder: Pu + ^{235}U in excess of 220 g. In order to decrease to less than 220 g (the limit of transport cask), the metal inner containers in the storage container were taken out and repacked in another storage container.

This report describes advance measures such as permit application and the details of about storage container opening inspection and metal inner container repacking.

Keywords: Plutonium, Storage Container, Opening Inspection

目 次

1. はじめに	1
2. 開封点検	2
2.1 開封点検の内容	2
2.1.1 開封点検実施の背景	2
2.1.2 開封点検の詳細	3
2.2 安全な作業方法の確立及び改善	4
2.2.1 開封点検の実施設の選定、作業方法の確立	4
2.2.2 安全性と作業効率を考慮した輸送方法の確立と改善	5
3. 金属容器詰替え作業	6
3.1 金属容器詰替え作業の内容	6
3.1.1 金属容器詰替え作業実施の背景	6
3.1.2 金属容器詰替え作業の詳細	6
4. 開封点検及び金属容器詰替え作業に係る許認可申請等	8
4.1 許認可申請等	8
4.1.1 核燃料物質使用変更許可申請書、保安規定変更認可申請書及び使用前検査	8
4.1.2 設計情報質問書（DIQ）	9
4.1.3 その他下部要領	9
4.2 外部対応	10
4.2.1 原子力規制庁との面談等	10
4.2.2 IAEA への連絡等	10
4.2.3 茨城県等自治体説明	10
5. まとめ	11
謝辞	12
参考文献	12
付録	18

Contents

1. Introduction	1
2. Storage Container Opening Inspection	2
2.1 Contents of Storage Container Opening Inspection	2
2.1.1 Background of Storage Container Opening Inspection	2
2.1.2 Details Storage Container Opening Inspection	3
2.2 Establishing and Improving Safe Working Methods	4
2.2.1 Selection of Facilities and Establishment of Work Methods	4
2.2.2 Establishing and Improving Transportation Methods with Safety and Work Efficiency	5
3. Metal Inner Container Repacking	6
3.1 Contents of Metal Inner Container Repacking	6
3.1.1 Background of Metal Inner Container Repacking	6
3.1.2 Details of Metal Inner Container Repacking	6
4. Application for Permission	8
4.1 Application for Permission	8
4.1.1 Use of a Nuclear Fuel and Operational Safety Program, Pre-Use Test	8
4.1.2 Design Information Questionnaire (DIQ)	9
4.1.3 Other Manuals	9
4.2 External Support	10
4.2.1 Meeting with NRA	10
4.2.2 Contacting the IAEA	10
4.2.3 Explanation of Local Governments such as Ibaraki Prefecture	10
5. Summary	11
Acknowledgements	12
References	12
Appendix	18

執筆者リスト

大洗研究所 高速炉サイクル研究開発センター 燃料材料開発部

前田 宏治

山県 一郎

坪 葉子

藤島 雅継

佐藤 匠

丸藤 崇人（現：プラント技術イノベーション推進室）

大西 貴士

関尾 佳弘

岩本 康弘

黒澤 誠

佐々木 新治

水越 保貴（現：保安全管理部）

鈴木 尚

石川 高史（編集責任者）

磯崎 涼佑

森下 一喜

山口 祐加子

磯崎 美咲

Author list

Fuels and Materials Department
Fast Reactor Cycle System Research and Development Center
Oarai Research and Development Institute

Koji MAEDA
Ichiro YAMAGATA
Yoko AKUTSU
Tadatsune FUJISHIMA
Takumi SATO
Takato MARUFUJI⁺¹
Takashi ONISHI
Yoshihiro SEKIO
Yasuhiro IWAMOTO
Makoto KUROSAWA
Shinji SASAKI
Yasutaka MIZUKOSHI⁺²
Hisashi SUZUKI
Takashi ISHIKAWA*
Ryosuke ISOZAKI
Kazuki MORISHITA
Yukako YAMAGUCHI
Misaki ISOZAKI

* Corresponding author

+ 1 Nuclear Plant Innovation Promotion Office

+ 2 Safety Administration Department

図リスト

Fig. 2-1	プルトニウムを含む貯蔵容器の開封点検及び安定化処理対象の内訳	13
Fig. 2-2	プルトニウムを含む貯蔵容器の開封点検、安定化処理に係る作業内容及び施設間の構内輸送フロー	14
Fig. 2-3	FMF における開封点検作業の様子と内部ガスの放出方法	15
Fig. 2-4	貯蔵容器の輸送に係る安全な作業方法の確立と輸送効率の改善	15
Fig. 3-1	金属容器詰替え作業のフロー図	16

表リスト

Table 2-1	開封点検、安定化処理及び金属容器詰替え作業に係る実績工程表	17
-----------	-------------------------------	----

This is a blank page.

1. はじめに

平成 28 年度より、日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）大洗研究開発センター（現在は大洗研究所）燃料研究棟において、プルトニウムとウランを封入した貯蔵容器を開封、点検し、貯蔵施設に貯蔵する等の作業を行っていた。平成 29 年 6 月 6 日の作業中、内容物を二重に梱包していた樹脂製（ポリ塩化ビニル製）の袋が破裂し内容物が飛散したことにより、作業室内が汚染するとともに、室内にいた作業員が被ばくする事故（以下「汚染事故」という。）が発生した。

樹脂製の袋が破裂した原因は、「燃料研究棟汚染事故における樹脂製の袋の破裂原因調査報告」¹⁾で報告されているとおり、封入されていたエポキシ樹脂が α 線により分解され、発生した水素ガス等により内圧が上昇したことによるものと特定された。

汚染事故の再発防止のため、原子力機構は「核燃料物質の取扱いに関する管理基準」を制定し、「固体状のプルトニウムを貯蔵する場合、有機物との混在を防止するため、又は空気中で化学的に活性化化学形態を安定な状態にするため、安定化処理を行い、容器に封入する。」など、核燃料物質の使用等を安全に行うための基準を定めた。

燃料研究棟で保有していたプルトニウムを封入した貯蔵容器 70 個のうち、汚染事故の原因となった貯蔵容器を含めた 55 個は、内圧上昇の可能性がある、上述の管理基準を満たさないことから、貯蔵容器の内容物を確認するための開封点検（以下「開封点検」という。）を行い、ガスが発生するおそれのある貯蔵容器については内容物の安定化処理を行った。

また、燃料研究棟の所有する核燃料物質は、施設の廃止に向けて集約施設への搬出を計画している。内圧上昇の可能性がない残りの 15 個の貯蔵容器のうち、酸化物原料粉 $\text{Pu}+^{235}\text{U} : 220 \text{ g}$ を超えて封入している 9 個の貯蔵容器については、上述の搬出に向けて移動用キャスクの制限量の $\text{Pu}+^{235}\text{U} : 220 \text{ g}$ 以下とするため、貯蔵容器内の一部の金属容器を取り出し、別の貯蔵容器に詰め替える作業（以下「金属容器詰替え作業」という。）を行った。

本報告書の構成と内容は以下のとおりである。2 章では、開封点検について作業の内容、安全性と作業効率を考慮した作業方法の改善について述べる。3 章では、金属容器詰替え作業について述べる。4 章では、開封点検及び金属容器詰替え作業の許認可申請等の事前対応について述べる。また、付録では、開封点検及び金属容器詰替え作業に係る許認可申請等の中で実施した原子力規制庁との面談等で使用した資料が掲載されたウェブページの URL をまとめた。

なお、貯蔵容器内容物の安定化処理については別途報告されている^{2), 3)}。

2. 開封点検

2.1 開封点検の内容

2.1.1 開封点検実施の背景

(1) 燃料研究棟における汚染事故

燃料研究棟において、長期間にわたりグローブボックス及びフードに核燃料物質を存在させていたことを改善するため、平成 28 年度より、グローブボックス及びフードの核燃料物質を貯蔵施設に貯蔵する等の管理の改善に向けた作業を実施していた。

平成 29 年 6 月 6 日、フードにおいてプルトニウム及びウランを封入した貯蔵容器を開封し、内部の状態を確認する作業を行っていたところ、貯蔵容器の内容器を二重に梱包していた樹脂製の袋が破裂し、プルトニウム及びウランの一部がフードの外に飛散したことにより、作業室内が汚染するとともに、室内にいた作業員 5 名が被ばくする汚染事故が発生した。

なお、汚染事故の発生した作業室については、平成 29 年 6 月 7 日核燃料物質使用施設等保安規定（以下「保安規定」という。）に基づく立入制限区域に設定し、平成 29 年 7 月 4 日より室内の除染等の現場復旧作業を開始し、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ことに伴い現場復旧作業を完了している⁴⁾。

(2) 汚染事故の原因及び開封点検の必要性

「燃料研究棟汚染事故における樹脂製の袋の破裂原因調査報告」¹⁾で報告されているとおり、樹脂製の袋が破裂した原因は、封入されていたエポキシ樹脂が α 線により分解され、発生した水素ガス等により内圧が上昇したことによるものと特定された。

なお、この封入されていたエポキシ樹脂は、核燃料物質の物性測定のため X 線回折装置に使用した試料であり、装置に装荷する際、核燃料物質の粉末をエポキシ系接着剤により固化したものである。新型燃料開発等のため、過去に繰り返し X 線回折測定が行われていたことから、汚染事故発生時に取り扱っていた貯蔵容器以外にも、エポキシ樹脂を封入した貯蔵容器が存在していた。

汚染事故の再発防止のため、原子力機構では「核燃料物質の取扱いに関する管理基準」を制定し、「固体状のプルトニウムを貯蔵する場合、有機物との混在を防止するため、又は空气中で化学的に活性な化学形態を安定な状態にするため、安定化処理を行い、容器に封入する。」など、核燃料物質の使用等を安全に行うための基準を定めた。

燃料研究棟で保有していたプルトニウムを封入する貯蔵容器の一部は、内容物の性状等の詳細な記録がなく、有機物の混在がないことの確認ができなかった。これら一部の貯蔵容器は内圧上昇の可能性があるため、上述の管理基準を満たさないことから、貯蔵容器の内容物を確認するための開封点検を行った。次項より、開封点検の詳細について述べる。また、開封点検の結果有機物の混在があるなど、ガスが発生するおそれのある貯蔵容器については、内容物の安定化処理を行った。安定化処理の詳細については、別途報告されている^{2), 3)}。

2.1.2 開封点検の詳細

(1) 開封点検の対象

燃料研究棟ではプルトニウムを封入する貯蔵容器を 70 個保有していた。プルトニウムを含む開封点検及び安定化処理対象の内訳を Fig.2-1 に示す。

70 個の貯蔵容器のうち、汚染事故の原因となった貯蔵容器を除いた 69 個は、平成 29 年の汚染事故までに内容物の点検を行っていない貯蔵容器 45 個、点検済の貯蔵容器 24 個に分けられる。

未点検の貯蔵容器 45 個は、以下の 2 種類に分けられる。

- ① 内圧上昇の可能性がある貯蔵容器 36 個
- ② 管理基準に適合する酸化物原料粉を封入した貯蔵容器 9 個
(燃料研究棟における貯蔵の記録から、内容物が化学的に安定な酸化物原料粉であり、内圧上昇の可能性がない。)

また、点検済の貯蔵容器 24 個は、以下の 2 種類に分けられる。

- ③ 点検の結果、内容物を封入していた樹脂製の袋が膨張していた等の貯蔵容器 6 個
- ④ 樹脂製の袋が健全であった貯蔵容器 18 個

さらに、④樹脂製の袋が健全であった貯蔵容器 18 個は、以下の 2 種類に分けられる。

- ④-1 内容物にエポキシ樹脂がないものの化学的に活性な窒化物等、安定化の必要がある貯蔵容器 12 個
- ④-2 管理基準に適合する酸化物原料粉を封入した貯蔵容器 6 個

以上の貯蔵容器のうち、①、③及び④-1 の貯蔵容器計 54 個については内圧上昇の可能性があり、貯蔵容器の開封時に樹脂製の袋が破裂するおそれがあることから、大洗研究所内にある照射燃料集合体試験施設（以下「FMF」という。）のホットセルにおいて開封点検を行うこととした。

なお、燃料研究棟のグローブボックス内に気密環境下で貯蔵容器の蓋を開放して内部を点検できる耐圧チャンバー（開封チャンバー）を設置して開封点検を行う方法についても検討したが⁴⁾、より安全性の高いホットセル内での点検を選定した。

その他の管理基準に適合する貯蔵容器、②及び④-2 の貯蔵容器計 15 個は燃料研究棟にて開封点検を行うこととした。

なお、②及び④-2 の貯蔵容器計 15 個のうち、9 個については酸化物原料粉 $\text{Pu}+^{235}\text{U} : 220\text{g}$ を超えて封入しているため、3 章で述べる金属容器詰替え作業を行うこととした。

また、汚染事故の原因となった貯蔵容器 1 個は燃料研究棟にて安定化処理した後、貯蔵することとした。

(2) 貯蔵容器の開封点検、安定化処理に係る作業内容及び輸送フロー

開封点検、安定化処理に係る燃料研究棟、FMF 及び照射燃料試験施設（大洗研究所内にある照射済燃料の使用施設。以下「AGF」という。）における作業内容及び施設間の構内輸送フローを Fig.2-2 に示す。

内圧上昇の可能性がある貯蔵容器 (54 個) については、FMF において開封点検を行うこと

とした。当該貯蔵容器については、燃料研究棟において貯蔵容器の外観の確認、表面汚染検査及び貯蔵容器の固定ボルトの締め付け確認（搬出前点検）を行った後、FMFに輸送した。

FMFにおいて、ホットセル内で貯蔵容器の開封、内容物の確認及び収納を行った後、開封点検後の輸送を行った。

FMFでの開封点検の中で、内容物の樹脂製の袋が膨張していた貯蔵容器（5個）については、内部ガスの開放（樹脂製の袋に針で穴をあける。）に伴いFMFホットセル内の照射済燃料由来の放射性物質（核分裂生成物。以下「FP」という。）により内容物が汚染されるため、AGFに輸送し安定化处理を行った後、AGFにて貯蔵した²⁾。

一方、内容物の樹脂製の袋が膨張していなかった貯蔵容器（49個）については、燃料研究棟に輸送し、FMFへの貯蔵容器の輸送前に実施した搬出前点検と同じく、貯蔵容器の外観の確認、表面汚染検査及び貯蔵容器の固定ボルトの締め付け確認（搬出後点検）を行った後、燃料研究棟にて貯蔵した。その後、内容物が窒化物等の化学的に活性な物又はエポキシ樹脂を含む物については、燃料研究棟で安定化处理を行った後、燃料研究棟にて貯蔵した³⁾。

管理基準に適合している貯蔵容器（15個）については、燃料研究棟内で開封点検を行い、貯蔵した。許認可申請等を含めた以上の作業実績の工程表を、Table 2-1に示す。

2.2 安全な作業方法の確立及び改善

開封点検については安全性を考慮した施設の選定、作業方法の確立を行った。また、開封点検に伴う施設間の貯蔵容器の輸送作業については、安全性と作業効率を考慮した作業方法の確立と改善を行った。以下にその内容を述べる。

2.2.1 開封点検の実施施設の選定、作業方法の確立

貯蔵容器の開封点検においては、貯蔵容器の内圧が上昇している可能性があったことから、開封の際に内容物の樹脂製の袋が膨張し、内部ガス（エポキシ樹脂の α 線による分解で発生した水素ガス等）が放出されるおそれがあった。また、内部ガスの放出に伴って内容物の核燃料物質が放出されることで、作業員の被ばくや周囲が汚染するおそれがあった。作業員の被ばく防止、放出されたガスの閉じ込め及び負圧維持の観点から既存設備の評価を行い、FMFのホットセルを選定した。

開封点検を実施したFMFのホットセルは、マニプレータを用いた遠隔操作により、作業員の被ばくを防止できる。また、ホットセル内部は不活性ガス（窒素）により常時酸素濃度100 ppm以下で管理されており、貯蔵容器の内部ガスが瞬時解放されてもセル内負圧は通常運転時の変動内に維持され、水素濃度は爆発下限値未満になると評価した。

また、作業方法についても安全面の改善を図った。ホットセル内で樹脂製の袋を破裂させないように、貯蔵容器の蓋を固定しているボルトについて、蓋が完全に開放されない程度に緩め、隙間から内容物を確認し、樹脂製の袋が膨れている場合は針を用いて遠隔でガスを放出させる作業手順を策定した（Fig. 2-3参照）。ガスの放出に伴い放出される燃料粒子は局所排気装置のフィルタで除去して内部ガスを排出することで、作業員及び公衆に対する被ばく等の影響を防止した。

これらの対策により、54 個の貯蔵容器について開封点検を行い、そのうち 5 個の貯蔵容器についてガスの放出を行ったが、作業員及び公衆に過度な被ばく等はなく、作業を完了した。

2.2.2 安全性と作業効率を考慮した輸送方法の確立と改善

開封点検に伴う施設間の貯蔵容器の輸送作業については、安全にかつ短期間で輸送を実施するため、輸送方法の改善を図った。

開封点検を行う貯蔵容器のうち、内圧上昇の可能性が高い貯蔵容器については、輸送中の容器の破損により内容物が放出されるなどの異常発生を想定し、遮蔽能力と包蔵性が高い既存のキャスク（FMF で管理しているもの。以下「キャスク」という。）を利用する作業手順を確立した。燃料研究棟は、開封点検の実施に係る核燃料物質の使用変更許可を得るまでは、キャスクの取り扱いはなく、輸送用車両に貯蔵容器を積載するために必要な設備を有していなかった。開封点検作業にあたり、あらかじめ輸送用車両に積載したキャスクを Fig. 2-4 に示す可動式クレーン設備（門型クレーン）により開放し、貯蔵容器を格納した後、キャスクで封入し、輸送を行った。この作業方法により、作業員の負傷、過度な被ばく、環境への放射性物質の漏えい等の異常は発生しなかった。

キャスクは、クレーン設備を要する程の重量物であり、また取扱い方法が複雑であるため、安全性等を考慮して 1 日の作業で貯蔵容器 1 個の輸送が限度であった。そこで、開封点検を行う貯蔵容器のうち、内圧上昇の可能性が低い貯蔵容器については Fig. 2-4 に示す輸送効率化のための輸送容器（令和元年度第 11 回（令和元年 11 月 21 日）大洗研究所使用施設等安全審査委員会承認済の容器。以下「簡易輸送容器」という。）を用いて輸送を行った。簡易輸送容器は貯蔵容器を収納した状態で 55 kg 以下であることから、複数の作業員による手作業又はリフター（高さ調節可能な台車）により取り扱うことができる。キャスクによる輸送に比べて作業時間を短縮でき、1 日の作業で貯蔵容器 2 個の輸送が可能となった。また、キャスクに比べて容易に取り扱うことが可能なことから安全性が向上した。

輸送の効率化により当初 1 年以上と見込まれていた 54 個の貯蔵容器の輸送を、作業員の負傷等のトラブルなく、約 7 か月で実施した。

3. 金属容器詰替え作業

3.1 金属容器詰替え作業の内容

3.1.1 金属容器詰替え作業実施の背景

燃料研究棟の所有する核燃料物質は、施設の廃止に向けて集約施設への搬出を計画している。管理基準に適合している貯蔵容器 15 個のうち、9 個については酸化原料粉 $\text{Pu}+^{235}\text{U}$: 220 g を超えて封入している（貯蔵容器には、酸化原料粉を封入した金属容器を複数収納した状態で保管している）。これら 9 個の貯蔵容器については、核燃料物質の集約施設への搬出に使用する、移動用キャスクの $\text{Pu}+^{235}\text{U}$ 制限量 : 220 g 以下とする必要がある。

また、核燃料物質を封入した貯蔵容器は、集約施設へ搬出するまでの間、外観、内容物の状況等を定期的に点検する必要がある。平成 29 年の汚染事故以前は、フード内において貯蔵容器内に収納されている金属容器 ($\text{Pu}+^{235}\text{U}$: <150 g) を取り出し、これらをグローブボックスに搬入して取り扱っていた。汚染事故以降は、汚染の拡大、作業者の被ばくを防止するため、貯蔵容器に収納されている核燃料物質を取り出す場合、気密設備であるグローブボックスにおいて行うこととなった。燃料研究棟のグローブボックスは、溶液状の核燃料物質を取り扱うことを想定し、核燃料物質の取扱量をすべて $\text{Pu}+^{235}\text{U}$: 220 g（プルトニウムの溶液系の核的制限値⁶⁾）以下として核燃料物質使用変更許可を取得している。

移動用キャスクの制限及びグローブボックスの取扱量の制限から、貯蔵容器内の一部の金属容器を取り出し、別の貯蔵容器に詰め替え、1 個の貯蔵容器に封入する核燃料物質を $\text{Pu}+^{235}\text{U}$: 220 g 以下とするための金属容器詰替え作業を行う必要がある。燃料研究棟の核燃料物質使用変更許可については、金属容器詰替え作業を行うグローブボックスに対する核燃料物質の取扱量の制限量を、一時的に $\text{Pu}+^{235}\text{U}$: 300 g（酸化原料粉は乾燥した固体であるため、プルトニウムの乾燥系の核的制限値を 2,600 g 以下⁶⁾とした）以下に変更する申請を行った。

3.1.2 金属容器詰替え作業の詳細

金属容器詰替え作業のフロー図を Fig.3-1 に示す。作業の流れは以下のとおりとした。

- ① 貯蔵庫から貯蔵容器を移送し、グローブボックスにバッグイン
- ② 貯蔵容器を開け、金属容器一部を取出し
- ③ 金属容器の一部を取り出した後の貯蔵容器をバッグアウトし、貯蔵庫に移送し貯蔵
- ④ 空貯蔵容器をバッグインし、取り出した金属容器を収納
- ⑤ 金属容器入りの貯蔵容器をバッグアウトし、貯蔵庫に移送し貯蔵

金属容器詰替え作業中は、以下の臨界防止の措置を講ずることとした。

- 金属容器詰替え作業を行うグローブボックスが設置されている作業室では、その他の核燃料物質を使用しない。
- 貯蔵容器を乾燥系グローブボックスで取り扱うことから、水を取り扱わない。
- グローブボックスにバッグインする貯蔵容器は、空容器を含め 1 容器のみ取り扱う。

また、被ばくの防止の観点から、貯蔵容器の開封はグローブボックス内で行い、貯蔵容器から取り出した金属容器の開封を行わないこととした。

特に内部被ばくの防止の措置については、貯蔵容器の移送作業、貯蔵容器のバッグイン・バッグアウト作業及び貯蔵容器内の金属容器の取扱い作業のすべてにおいて、作業者は全面マスクを着用することとした。

許認可等の対応が完了した後、約 2 週間で作業を無事完了した。許認可申請等を含めた作業実績の工程表を、Table 2-1 に示す。

4. 開封点検及び金属容器詰替え作業に係る許認可申請等

開封点検及び金属容器詰替え作業を実施するにあたり、核燃料物質使用変更許可申請等の許認可申請を実施した。その際、原子力規制庁、IAEA 等の外部組織に対し、事前の申請内容の説明や申請後の質問対応、報告を行った。

なお、原子力規制庁との面談等で使用した資料が掲載されたウェブページの URL を付録に示す。

4.1 許認可申請等

4.1.1 核燃料物質使用変更許可申請書、保安規定変更認可申請書及び使用前検査

(1) 核燃料物質使用変更許可申請書

変更前の核燃料物質使用変更許可申請書の許可の範囲では、開封点検及び金属容器詰替え作業を実施することができなかつたため、核燃料物質の使用目的、使用の方法に当該作業を追加した^{7), 8), 9)}。使用の方法に関しては当該作業実施の背景、作業手順の詳細（汚染発生時の対応含む）、安全評価結果、安全対策を記載した書類を添付した。

安全評価としては、当該作業で核燃料物質を取り扱う場合に、人が常時立ち入る場所、管理区域境界及び周辺監視区域境界の各実効線量が線量限度を超えないことについて確認した結果を記載した。安全対策としては、放射性物質等の閉じ込めについて、セル、グローブボックス、キャスク、貯蔵容器で担保するとし、被ばく対策についてはグローブボックスの含鉛アクリル窓、全面マスクの着用、作業時間の管理により担保とした。

金属容器詰替え作業に関しては、さらに未臨界性評価を行った。変更前の核燃料物質使用変更許可申請書では、グローブボックスの未臨界性評価として、単一ユニットと複数ユニットそれぞれ評価していた。単一ユニットについては燃料研究棟のグローブボックスの核的制限値がすべて $\text{Pu}+^{235}\text{U}$: 220 g 以下であり、TID-7016 Rev.1⁶⁾に示されている溶液系の制限値 (220 g) と同等であり核的に安全であるとしていた。複数ユニットについては、計算コード (KENO-IV) を用いて、単一ユニットのグローブボックスがすべて平面上において無限に格子配列されているものと仮定して解析を行っていた。各グローブボックスには制限値の 220 g のプルトニウム (溶液系) を配置して評価し、十分に未臨界であるとしていた。

金属容器詰替え作業にあたっては、未臨界性について再評価を行った。単一ユニットについては、作業を行うグローブボックス 1 台について、乾燥系で $\text{Pu}+^{235}\text{U}$: 300 g を核的制限値とした。TID-7016 Rev.1 に示されている乾燥系の制限値 (2,600 g) 以下であり核的に安全であるとした。複数ユニットについては、最新の計算コード (KENO-VI) を用いて、変更前と同様単一ユニットのグローブボックスがすべて平面上において無限に格子配列されているものと仮定して解析を行った。グローブボックス 1 台には 300 g のプルトニウム (乾燥系) を配置し、それ以外のグローブボックスには 220 g のプルトニウム (溶液系) を配置して評価し、十分に未臨界であることを確認した。

(2) 保安規定変更認可申請書

核燃料物質使用変更許可申請書の変更内容を保安規定変更認可申請書にも反映するため変更認可申請を行った。核燃料物質を取り扱う作業における安全性を確保するための制限について、全面マスクの着用の徹底、グローブボックスからバッグアウトする前の汚染検査等を行うとともに、十分な力量を持った者を作業に充てるとして、必要な力量を明記した。

(3) 使用前検査及び使用前確認

金属容器詰替え作業にあたっては、新規制基準の適用により使用前検査及び使用前確認を行った。

金属容器詰替え作業に係る許認可申請において、上述のとおり、グローブボックスの最大取扱量の変更を行っており、それに伴い未臨界性について再評価している。使用前検査及び使用前確認では「使用施設等の技術基準に関する規則」第4条第1項第2号（核燃料物質の臨界防止）に係り、複数ユニットの評価においてグローブボックス間の距離（端面間距離）が130 cm以上であることを条件としていることから、燃料研究棟内のすべてのグローブボックス間の距離が130 cm以上であることを確認した。

なお、過去に燃料研究棟においてグローブボックスの増設等で使用前検査（施設検査）を行い、グローブボックス間の距離を確認している箇所については、過去の検査記録を確認した。また、廊下を挟んで隣り合うグローブボックスについては、廊下の幅が130 cm以上あることを竣工図により確認した。その他のグローブボックス間の距離については、検査当日の現場の実測にて確認した。

原子力規制庁の検査官は、使用前検査の受検の際に随行し検査の様子を確認した上で、使用前確認として使用前検査の記録（検査計画書、検査要領書、検査成績書及び検査合格書）を確認し、使用前確認証を発行した。

4.1.2 設計情報質問書（DIQ）

IAEAと国との保障措置に係る取り決めとして、施設の設計情報等を記載した設計情報質問書（以下「DIQ」という。）を提供することとなっている。核燃料物質使用変更許可申請及び保安規定変更認可申請に伴い、DIQの内容についても、核燃料物質の使用の目的、使用場所の名称、最大使用量等について変更を行った。

4.1.3 その他下部要領

核燃料物質使用変更許可申請書及び保安規定変更認可申請書の内容をもとに、燃料研究棟、FMF、AGFを所掌する課毎に、作業制限、詳細な作業手順、ホールドポイント等を明確にした作業要領を策定した。

4.2 外部対応

4.2.1 原子力規制庁との面談等

許認可申請に関連し、開封点検及び金属容器詰替え作業について、変更の内容、作業手順の詳細、安全性の評価について適時原子力規制庁と面談を行い、許認可を受けた。開封点検の核燃料物質使用変更許可申請においては、核燃料物質使用施設としては初めて公開審査会合にて審査を受けた。

面談時に使用する資料として、申請前、申請直後の内容説明に関しては、図表、概念図を用いて変更内容の理解を促すための資料を作成した。申請後の質問・コメント対応に関しては、原子力規制庁内で作成する許認可の審査の結果をまとめる資料（審査書）の参考となるよう、正確な文章による回答資料を作成した。

4.2.2 IAEA への連絡等

作業の内容、DIQ の変更内容について IAEA への説明を実施し、了解を得た。開封点検に関してはプルトニウムを含む貯蔵容器の輸送を数十回計画したため、作業内容等を IAEA 主催の会合（Research Reactor and Critical Assemblies-Working Group Meeting、Damaged Core Sub-Group Meeting）で説明した。また、輸送を実施した日には IAEA へ輸送実績を報告し、年 1 回実施する IAEA 査察においても、貯蔵容器の非破壊分析を実施した。

4.2.3 茨城県等自治体説明

許認可申請にあたっては、茨城県、大洗町、鉾田市等の各自治体へ、大洗研究所の自治体等対応担当部署である総務・共生課の協力のもと、変更内容及び作業内容の説明を行い、了解を得た。

5. まとめ

燃料研究棟で保有していたプルトニウムを封入した貯蔵容器 70 個のうち、内容物に有機物が混在するなど内圧上昇の可能性のある 54 個について、FMF で開封点検を行い、AGF (5 個) 及び燃料研究棟 (49 個) で内容物の安定化処理を行い、それぞれの施設に貯蔵した。また、汚染事故の原因となった貯蔵容器 (1 個) の内容物は燃料研究棟で安定化処理を行い、貯蔵した。管理基準に適合している貯蔵容器 (15 個) については、燃料研究棟内で開封点検を行い、貯蔵した。これらの対応により、燃料研究棟で保有していた貯蔵容器及び収納されている核燃料物質のすべてが安全かつ安定な状態であることを確認した。今後も定期的な点検等により、貯蔵容器及び内容物が健全であることを確認することで安全かつ安定な状態で貯蔵することができると思われる。

内圧上昇の可能性がない酸化物原料粉を封入した 15 個の貯蔵容器のうち、Pu+²³⁵U : 220 g を超えて封入している 9 個の貯蔵容器については、封入量を Pu+²³⁵U : 220 g 以下とするため、必要な許認可手続きを実施した後に金属容器詰替え作業を行った。燃料研究棟で保有している貯蔵容器はすべて Pu+²³⁵U : 220 g 以下となったため、既存のキャスク等 (Pu+²³⁵U 制限量 : 220 g 以下) を用いた輸送が可能となり、燃料研究棟の廃止に向けた核燃料物質の払い出しが円滑に実施できるようになった。

貯蔵容器の開封点検については、FMF のホットセルにおいて遠隔作業で開封することで安全に作業を完遂することができた。貯蔵容器の輸送においては、既存のキャスクを用いて 54 個の貯蔵容器を輸送しなければならなかったため、当初は作業期間が 1 年以上掛かると予想されたが、簡易輸送容器を製作し、輸送に係る設備と作業方法を見直すことで作業期間の短縮化及び作業の効率化を図った。その結果、作業者の被ばくや負傷等のトラブルなく、約 7 か月で完遂することができた。今回実施した輸送方法の改善は、廃止措置において核燃料物質を集約施設へ搬出する際にも適用できると考えられる。

許認可申請等については、本報告書に実際に行った許認可申請等の内容に加え、付録として原子力規制庁の面談で使用した資料が掲載されたウェブページの URL を示した。今後、原子力機構における廃止措置に関連して様々な許認可申請等が行われる際に、本報告書が参考になるものと期待される。特に、原子力規制庁等との面談においては正しく情報を伝え、正確に理解されることが議論、審査の前提である。法令等に基づく規制要求に対して過不足のない情報を分かりやすい資料で説明することが重要であり、その点からも当該資料は有用であると考えられる。

以上の対応により、汚染事故からの早期復旧を実現するとともに、一連の作業を通じて安全な貯蔵容器及び核燃料物質の取扱いや核燃料物質の輸送に係る技術的な知見を得ることで、燃料研究棟の廃止措置の着実な遂行に貢献できた。これら知見は他の核燃料物質使用施設の廃止措置においても有効に活用されるものと考えられる。

謝辞

本報告書に係り、開封点検に係る作業の実施においてご助力いただいた、燃料材料開発部 集合体試験課の田崎正洋氏、嵐田浩司氏、山田和司氏、岩淵仁明氏、燃料材料開発部 燃料研究施設保全課の櫻井千聖氏、株式会社 E&E テクノサービスの深作博信氏、櫻井智氏、深作広和氏、また、金属容器詰替え作業の変更申請等においてご助力いただいた、燃料材料開発部 集合体試験課の上田悟氏、福島廃炉安全工学研究所 戦略推進部の高瀬学氏に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 燃料研究棟汚染事故に関する原因究明チーム，燃料研究棟汚染事故における樹脂製の袋の破裂原因調査報告－有機物の放射線分解によるガス発生と内圧上昇について－，JAEA-Review 2017-038, 2018, 83p.
- 2) 森下一喜，佐藤匠，大西貴士，関崇行，関根伸一，興津裕一，有機物を含有した核燃料物質の安定化处理，JAEA-Technology 2021-024, 2021, 27p.
- 3) 佐藤匠，音部治幹，森下一喜，丸藤崇人，石川高史，藤島雅継，中野朋之，燃料研究棟における実験済核燃料物質の安定化处理， JAEA-Technology 2023-016, 2023, 41p.
- 4) 燃料研究棟汚染事故に関する現場復旧チーム，燃料研究棟汚染事故における現場復旧作業報告，JAEA-Review 2019-001, 2019, 58p.
- 5) 丸藤崇人，佐藤匠，伊東秀明，鈴木尚，藤島雅継，中野朋之，内圧が上昇した核燃料物質貯蔵容器の開封点検用チャンバーの設計，JAEA-Technology 2019-006, 2019, 22p.
- 6) American Nuclear Society Standards Committee, Nuclear Safety Guide, TID-7016, Rev.1, 1961, 42p.
- 7) 開封点検に係る核燃料物質使用変更許可申請書：(30 原機（速材）007) 核燃料物質使用変更許可申請書の一部補正について（大洗研究所（南地区）） 平成 31 年 3 月 5 日，<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA078005055>（参照 2024 年 7 月 4 日）。
- 8) 開封点検に係る核燃料物質使用変更許可申請書：(30 原機（速材）008) 核燃料物質使用変更許可申請書の一部補正について（大洗研究所（北地区）） 平成 31 年 3 月 5 日，<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA078005056>（参照 2024 年 7 月 4 日）。
- 9) 金属容器詰替え作業に係る核燃料物質使用変更許可申請書：(令 03 原機（速材）004) 核燃料物質使用変更許可申請書の一部補正について（大洗研究所（北地区）） 令和 3 年 8 月 6 日，<https://www.da.nra.go.jp/view/NRA077006623>（参照 2024 年 7 月 4 日）。

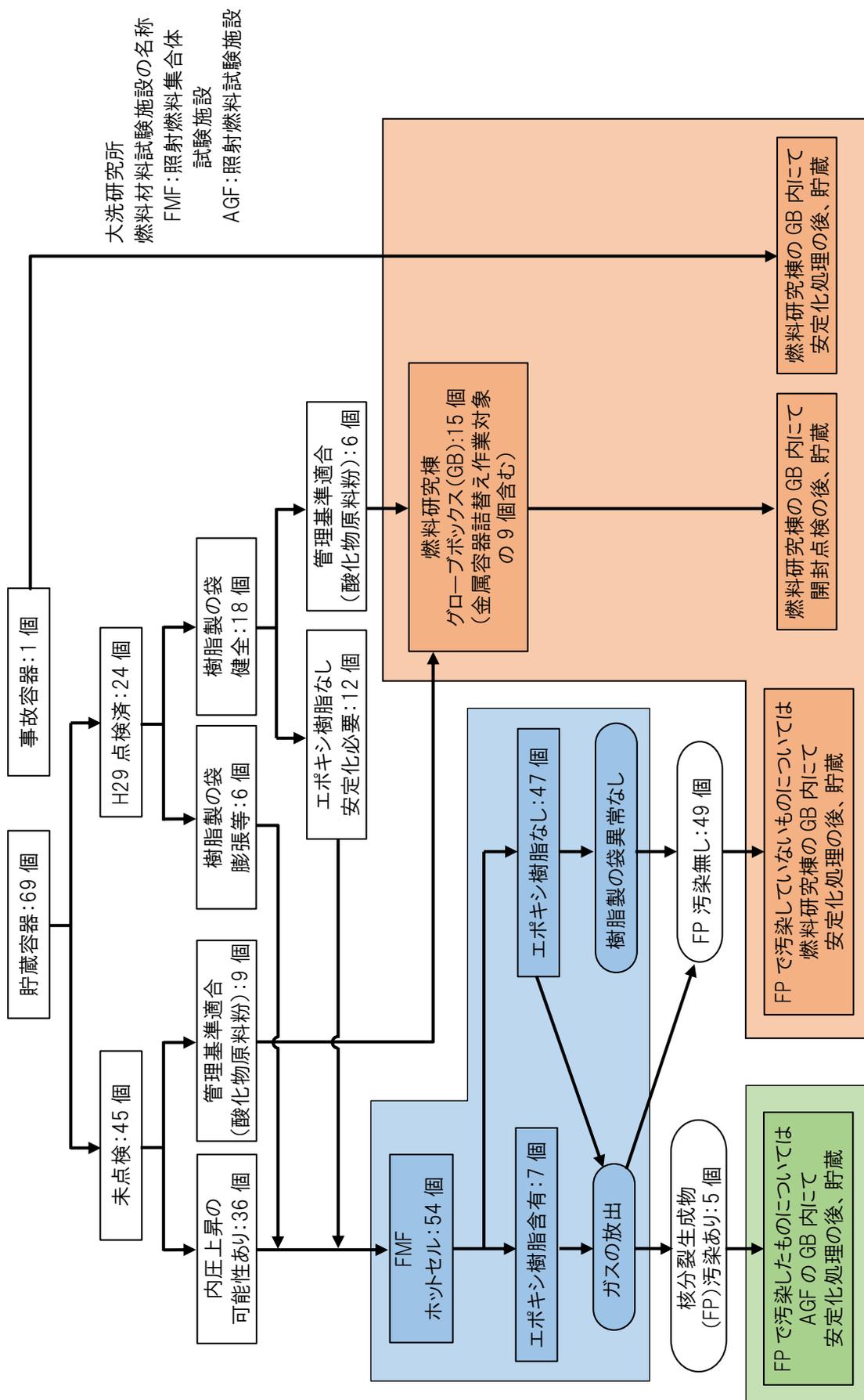


Fig. 2-1 プルトニウムを含む貯蔵容器の開封点検及び安定化処理対象の内訳

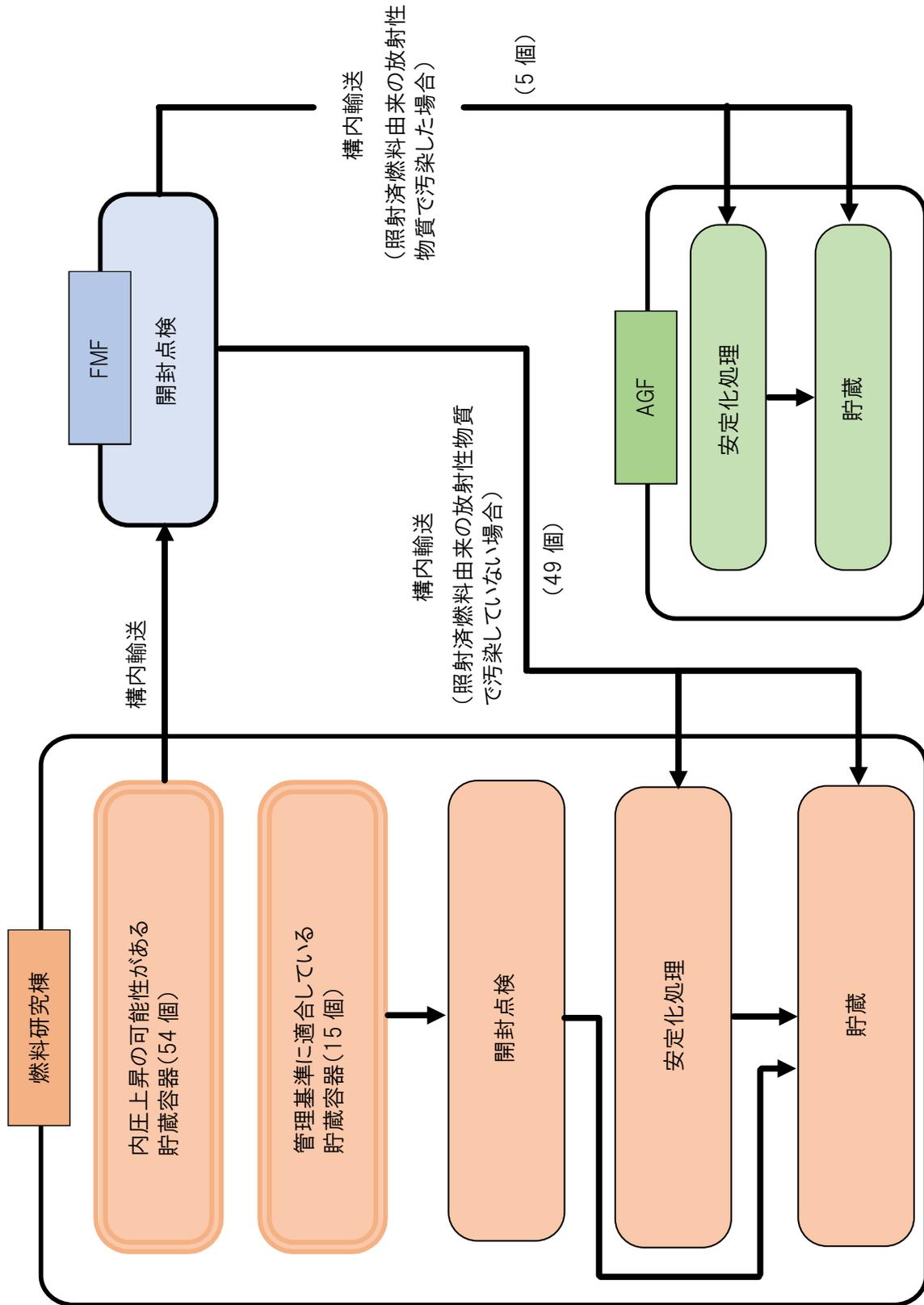


Fig. 2-2 プルトニウムを含む貯蔵容器の開封点検、安定化処理に係る作業内容及び施設間の構内輸送フロー

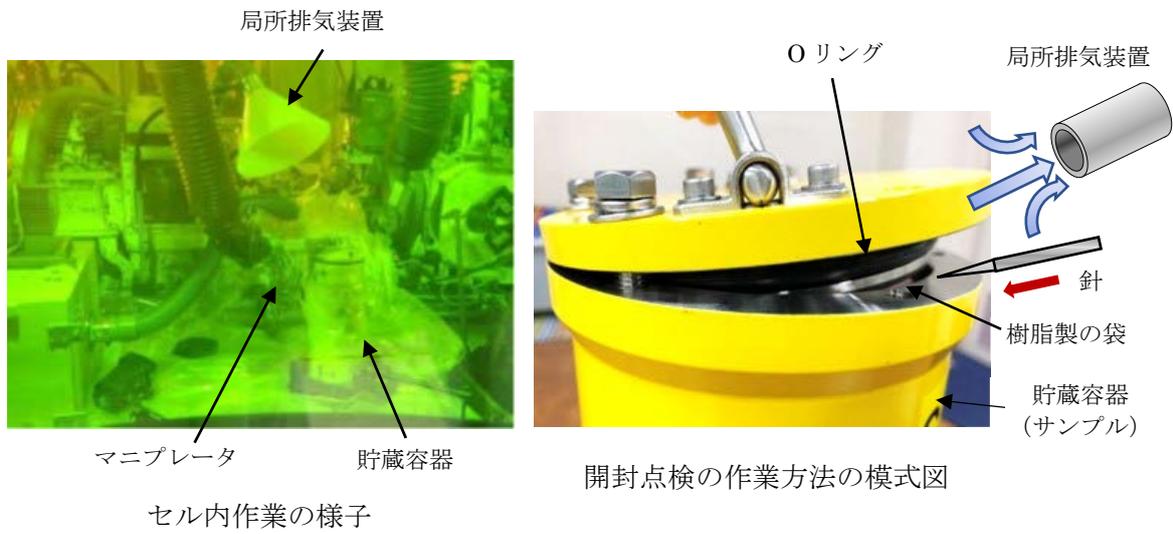
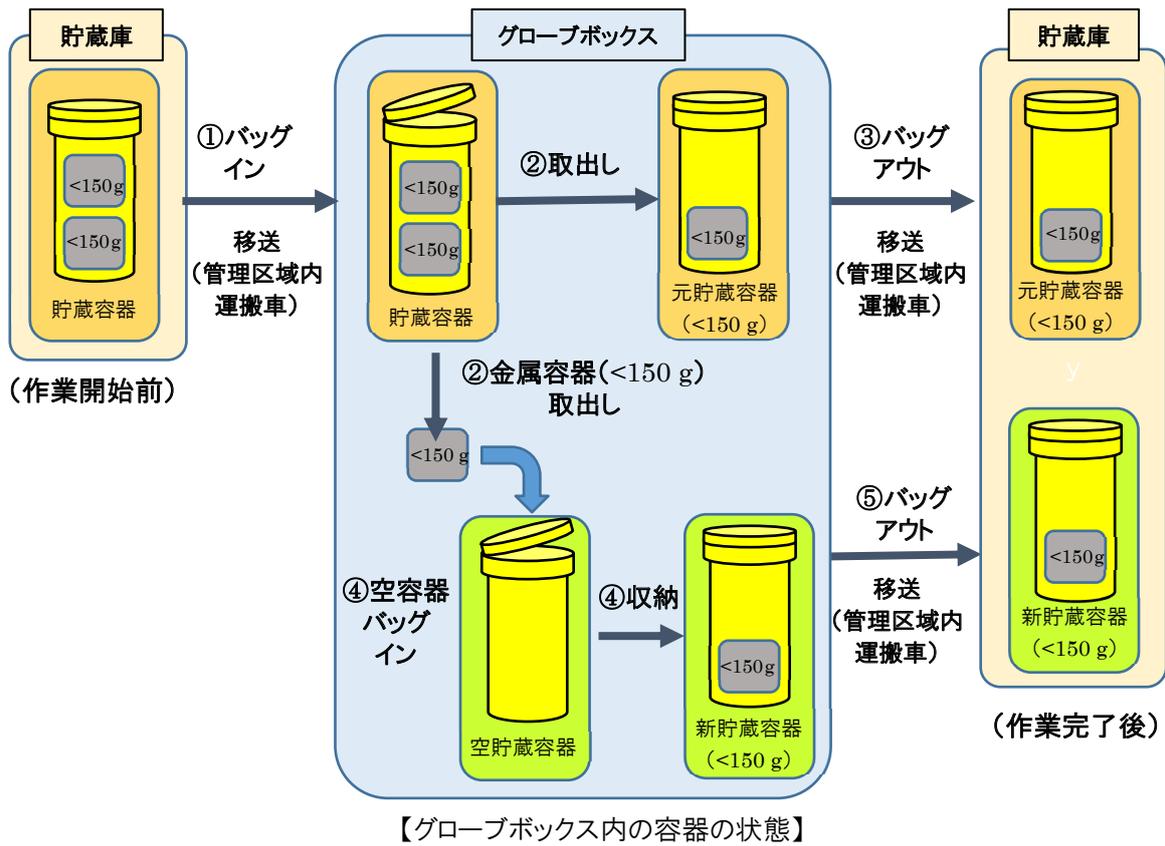


Fig. 2-3 FMFにおける開封点検作業の様子と内部ガスの放出方法



Fig. 2-4 貯蔵容器の輸送に係る安全な作業方法の確立と輸送効率の改善



【作業フロー】

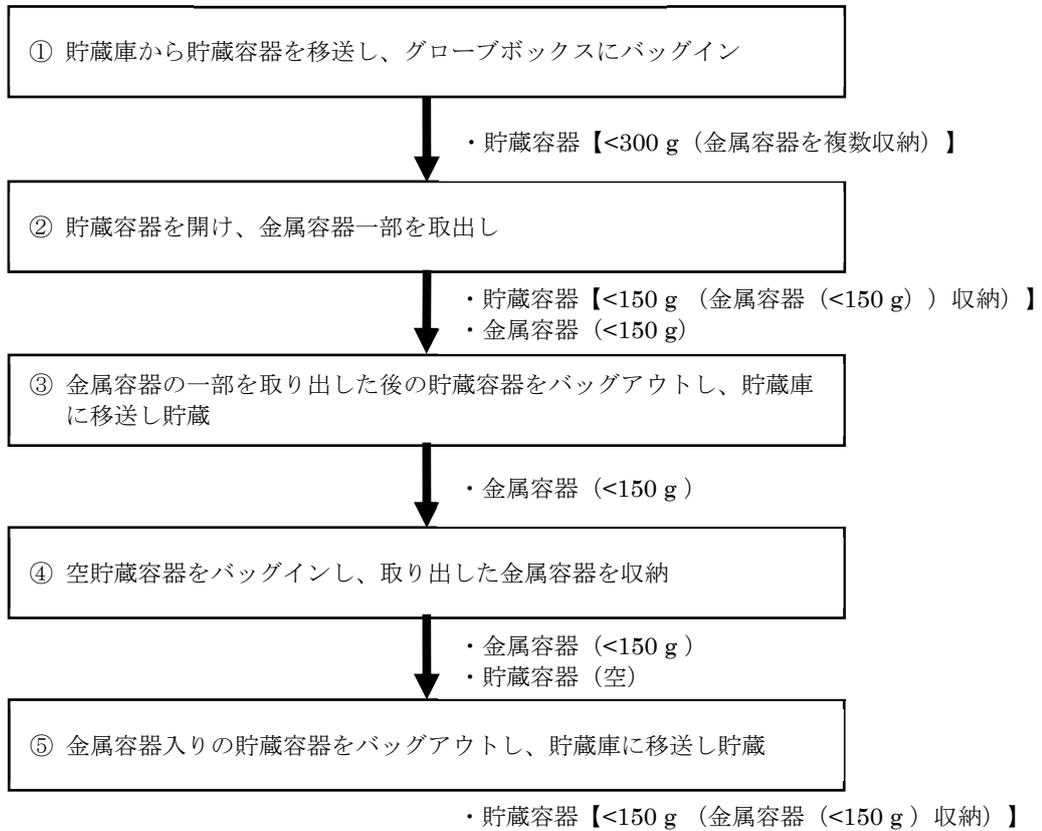


Fig. 3-1 金属容器詰替え作業のフロー図

Table 2-1 開封点検、安定化処理及び金属容器詰替え作業に係る実績工程表

	H30(2018)年度	H31・R1(2019)年度	R2(2020)年度	R3(2021)年度	R4(2022)年度	R5(2023)年度
開封点検 安定化処理	<p>核燃料物質使用変更許可申請</p> <p>保安規定変更認可申請</p> <p>開封点検 (FMF)</p> <p>安定化処理 (AGF)</p> <p>安定化処理 (燃料研究棟)</p>					
金属容器 詰替え作業				核燃料物質使用変更許可申請	保安規定変更認可申請	使用前検査及び使用前確認 金属容器詰替え作業

付録 原子力規制庁との面談等資料リンク一覧
(参照 2024年7月4日)

1. 日本原子力研究開発機構大洗研究所（北地区）燃料研究棟における核燃料物質の貯蔵容器の開封点検に係る使用変更許可申請の方針に係る面談（2018年11月15日）
 - (1) 議事要旨
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000254886.pdf>
 - (2) 資料1
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000254885.pdf>

2. 日本原子力研究開発機構大洗研究所（北地区）燃料研究棟における核燃料物質の貯蔵容器の開封点検に係る使用変更許可申請の方針に係る面談（2）（2018年12月4日）
 - (1) 議事要旨
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000255735.pdf>
 - (2) 資料
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000255734.pdf>

3. 日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）における核燃料物質の貯蔵容器の開封点検に係る使用変更許可申請に係る面談（2019年1月11日）
 - (1) 議事要旨
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000261383.pdf>
 - (2) 資料
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000261377.pdf>

4. 核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合 第256回（2019年1月22日）
 - (1) 議事録
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12348280/www2.nra.go.jp/data/000261492.pdf>
 - (2) 資料
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12348280/www2.nra.go.jp/data/000259385.pdf>
 - (3) 会議映像
https://www.youtube.com/watch?v=_DDmXa4JGJU

5. 日本原子力研究開発機構大洗研究所（北地区・南地区）における核燃料物質の貯蔵容器の開封点検に係る使用変更許可申請に係る面談（2019年02月28日）
 - (1) 議事要旨
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000264545.pdf>

(2) 資料1

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000264544.pdf>

(3) 資料2

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000264543.pdf>

(4) 資料3

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000264549.pdf>

(5) 資料4

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000264548.pdf>

(6) 資料5

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000264547.pdf>

(7) 資料6

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000264546.pdf>

6. 核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 第263回 (2019年3月7日)

(1) 議事録

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12348280/www2.nra.go.jp/data/000265628.pdf>

(2) 資料

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12348280/www.nra.go.jp/data/000263839.pdf>

(3) 会議映像

https://www.youtube.com/watch?v=2SL_8VOJnjU

7. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所の核燃料物質使用変更許可申請等に係る面談 (2020年12月7日)

(1) 議事要旨

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000337061.pdf>

(2) 資料1

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000337060.pdf>

(3) 資料2

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000337063.pdf>

(4) 資料3

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000337062.pdf>

8. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所 (北地区) の核燃料物質使用変更許可申請に係る面談 (2021年6月24日)

(1) 議事要旨

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000357524.pdf>

(2) 資料

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000357523.pdf>

9. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（北地区）の核燃料物質使用変更許可申請に係る面談（2021年7月7日）

(1) 議事要旨

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000359004.pdf>

(2) 資料

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000359045.pdf>

10. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（北地区）における核燃料物質使用施設等保安規定変更認可申請に係る行政相談（2022年3月11日）

(1) 議事要旨

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000384111.pdf>

(2) 資料1

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000384122.pdf>

(3) 資料2

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000384123.pdf>

11. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（北地区）核燃料物質使用施設等保安規定の変更認可申請に係る面談（2022年5月18日）

(1) 自動文字起こし結果

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000391774.pdf>

(2) 資料1

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000391748.pdf>

(3) 資料2

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000391749.pdf>

(4) 資料3

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12301187/www2.nsr.go.jp/data/000391750.pdf>

