JAEA-Technology
2016-039
DOI:10.11484/jaea-technology-2016-039

プルトニウム研究１棟廃止措置準備作業

Preliminary Missions for the Decommissioning of the Laboratory Building No.1 for the Plutonium Research Program

瀬川 優佳里　堀田 拓摩　北辻 章浩　熊谷 友多
青柳 登　中田 正美　音部 治幹　田村 行人
岡本 久人　大友 隆　染谷 和宏　永井 勲
渡邉 雅之

Yukari SEGAWA, Takuma HORITA, Yoshihiro KITATSUJI, Yuta KUMAGAI
Noboru AOYAGI, Masami NAKADA, Haruyoshi OTOBE, Yukito TAMURA
Hisato OKAMOTO, Takashi OHTOMO, Kazuhiro SOMEYA, Isao NAGAI
and Masayuki WATANABE

原子力科学研究部門
原子力基礎工学研究センター
原子力化学ディビジョン

Nuclear Chemistry Division
Nuclear Science and Engineering Center
Sector of Nuclear Science Research

March 2017
Japan Atomic Energy Agency
日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

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。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ（http://www.jaea.go.jp）
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2017

JAEA-Technology 2016-039

プルトニウム研究１棟廃止措置準備作業

日本原子力研究開発機構　原子力科学研究部門
原子力基礎工学研究センター　原子力化学ディビジョン

瀬川 優佳里、堀田 拓摩、北辻 章浩、熊谷 友多、青柳 登、
中田 正美、音部 治幹[+1]、田村 行人[*1]、岡本 久人[+2]、
大友 隆[+2]、染谷 和宏[※1]、永井 勲[*2]、渡邉 雅之

（2016 年 12 月 15 日　受理）

本報告書は、プルトニウム研究１棟の廃止措置に関して施設利用者である研究グループが主体的に取り組んだ準備作業についてまとめたものである。プルトニウム研究１棟は、平成 25 年度から推進された原子力機構改革において、廃止措置対象施設の一つに選定された。廃止措置の決定により、それまで施設を利用してきた研究グループは、実験器具及び測定機器を撤去し、核燃料物質の一部及び放射性同位元素を他施設へ運搬する必要が生じた。

放射化学研究グループでは、廃止措置準備を円滑に実施するため平成 27 年 4 月に「プルトニウム研究１棟使用機器撤去作業チーム」を立ち上げ、使用機器の撤去、薬品の処分、放射能汚染した可能性がある水銀の安定化処理、核燃料物質の安定化処理、核燃料物質・放射性同位元素の他施設への運搬グローブボックス汚染状況の調査について計画を立案し実施した。核燃料物質の使用の許可に関わる作業を除き、作業は平成 27 年 12 月に完了した。本報告書では、今後の老朽化施設廃止の際に役立てられるように、これらの作業について細目立てし、詳細に報告する。

原子力科学研究所 ：〒319-1195　茨城県那珂郡東海村大字白方 2-4
＋1　燃料・材料工学ディビジョン
＋2　原子力科学研究所 福島技術開発試験部
※1　技術開発協力員
＊1　原子力エンジニアリング
＊2　放射線利用振興協会

JAEA-Technology 2016-039

Preliminary Missions for the Decommissioning of the Laboratory Building No.1 for the Plutonium Research Program

Yukari SEGAWA, Takuma HORITA, Yoshihiro KITATSUJI, Yuta KUMAGAI,
Noboru AOYAGI, Masami NAKADA, Haruyoshi OTOBE[+1], Yukito TAMURA[*1],
Hisato OKAMOTO[+2], Takashi OHTOMO[+2], Kazuhiro SOMEYA[※1],
Isao NAGAI[*2] and Masayuki WATANABE

Nuclear Chemistry Division, Nuclear Science and Engineering Center
Sector of Nuclear Science Research
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 15, 2016)

The laboratory building No.1 for the plutonium research program (Bldg. Pu1) was chosen as one of the facilities to decommission by Japan Atomic Energy Agency Reform in September, 2013. The research groups, users of Bldg. Pu1, were driven by necessity to remove used equipment and transport nuclear fuel to other facilities from Bldg. Pu1.

Research Group for Radiochemistry proactively established the Used Equipment Removal Team for the smooth operation of the removal in April, 2015. The team classified six types of work into the nature of the operation, removal of used equipment, disposal of chemicals, stabilization of mercury, stabilization of nuclear fuel, transportation of nuclear fuel and radioisotope, and survey of contamination status inside the glove boxes. These works were completed in December, 2015. This report circumstantially shows six works process, with the exception of the approval of the changes on the usage of nuclear fuel in the Bldg. Pu1 to help prospective decommission.

Keywords : Decommissioning, Preliminary Mission, the Laboratory Building No.1 for Plutonium Research Program

＋1 Fuels and Materials Engineering Division
＋2 Department of Fukushima Technology Development, Nuclear Science Research Institute
※1 Collaborating Engineer
＊1 Nuclear Engineering, Ltd.
＊2 Radiation Application Development Association

目次

1　はじめに ---------- 1
1.1　作業概要 ---------- 1
1.2　体制 ---------- 2
1.3　関係課室との連絡会議 ---------- 2
2　使用機器の撤去作業 ---------- 3
2.1　概要 ---------- 3
2.2　作業の体制 ---------- 3
2.3　スケジュールによる作業の分類 ---------- 3
2.3.1 撤去作業準備フェーズ ---------- 3
2.3.2 核燃料物質安定化処理フェーズ ---------- 4
2.3.3 最終フェーズ ---------- 4
2.4　移設 ---------- 4
2.5　放射能汚染した試験機器等の廃棄 ---------- 4
2.6　施設の設備 ---------- 5
3　薬品の処分 ---------- 6
3.1　概要 ---------- 6
3.2　廃薬品回収 ---------- 6
3.3　搬出作業 ---------- 6
3.3.1 一般薬品 ---------- 6
3.3.2 毒物及び劇物 ---------- 7
3.4　毒物劇物保管庫の廃止 ---------- 7
4　放射能汚染した可能性がある水銀の安定化処理 ---------- 8
4.1　概要 ---------- 8
4.2　背景 ---------- 8
4.3　安定化処理方法 ---------- 8
4.4　硫化水銀の廃棄処分 ---------- 9
4.5　作業上の注意点 ---------- 9
5　核燃料物質の保管に係る安定化処理 ---------- 10
5.1　概要 ---------- 10
5.2　背景 ---------- 10
5.3　核燃料物質の分類と作業計画の作成 ---------- 10
5.4　核燃料物質を含む廃液及び廃棄物の処理法 ---------- 11
5.4.1 作業方法 ---------- 11
5.4.2 硝酸系・過塩素酸系のプルトニウム廃液の固化処理 ---------- 11
5.4.3 ウラン溶液の固化処理 ---------- 11
5.5　プルトニウム及び濃縮ウラン硝酸塩の安定化処理 ---------- 11

5.5.1 硝酸プルトニウムの安定化処理 ---------- 11
5.5.2 濃縮ウラン硝酸塩の安定化処理 ---------- 12
5.6 二酸化プルトニウムの含水率及び吸湿性 ---------- 12
5.6.1 加熱乾燥法による含水率測定 ---------- 12
5.6.2 二酸化プルトニウムの吸湿試験 ---------- 13
6 核燃料物質及び放射性同位元素の運搬 ---------- 14
6.1 概要 ---------- 14
6.2 核燃料物質の運搬 ---------- 14
6.2.1 運搬計画及び運搬の実施 ---------- 14
6.2.2 運搬に使用するため借用した物品 ---------- 14
6.3 放射性同位元素の運搬 ---------- 15
6.3.1 第 4 研究棟への運搬 ---------- 15
6.3.2 NUCEF への運搬 ---------- 15
7 グローブボックスの汚染状況の調査 ---------- 16
7.1 概要 ---------- 16
7.2 グローブボックス内汚染状況調査 ---------- 16
7.2.1 作業要領の作成 ---------- 16
7.2.2 グローブボックス内表面密度測定 ---------- 16
8 おわりに ---------- 17
8.1 廃止措置準備作業のまとめ ---------- 17
8.2 作業を振り返って ---------- 17
8.2.1 目標の公言とリーダーシップ ---------- 17
8.2.2 PDCA を回す会議 ---------- 17
8.2.3 物品を管理する責任 ---------- 18
謝辞 ---------- 19
参考文献 ---------- 19
付録 1 放射性汚染水銀の硫化水銀化処理作業手順書 ---------- 46
付録 2 核燃料物質保管容器内容物確認作業要領 ---------- 49
付録 3 プルトニウム研究 1 棟核燃料・放射性同位元素安定化処理作業要領 ---------- 51
付録 4 プルトニウム研究 1 棟核燃料・放射性同位元素安定化処理作業要領追補版 ---------- 59
付録 5 核燃料物質運搬における防護措置報告書 ---------- 61
付録 6 プルトニウム研究 1 棟グローブボックス内表面密度測定作業手順書 ---------- 63

Contents

1 Introduction ---------- 1
1.1 Outline of preliminary missions ---------- 1
1.2 Organization ---------- 2
1.3 Meeting among all sections concerned ---------- 2
2 Work for takeout of used equipment ---------- 3
2.1 Outline ---------- 3
2.2 Organization for takeout work ---------- 3
2.3 Takeout work categorized by the schedule ---------- 3
2.3.1 Phase of preliminary work for takeout items ---------- 3
2.3.2 Phase of nuclear fuel stabilization processing ---------- 4
2.3.3 Final phase ---------- 4
2.4 Relocation ---------- 4
2.5 Disposal of the radioactive contaminated equipment ---------- 4
2.6 Facilities attached to buildings ---------- 5
3 Disposal of chemicals ---------- 6
3.1 Outline ---------- 6
3.2 Assemble of waste chemicals ---------- 6
3.3 Work for takeout items ---------- 6
3.3.1 General reagents ---------- 6
3.3.2 Poisonous and deleterious substances ---------- 7
3.4 Elimination of the poisonous and deleterious substances vault ---------- 7
4 Stabilization processing of radioactive pollution mercuries ---------- 8
4.1 Outline ---------- 8
4.2 Background ---------- 8
4.3 Stabilization method ---------- 8
4.4 Disposal of the mercury sulfide ---------- 9
4.5 Notice on the work ---------- 9
5 Stabilization of stored nuclear fuel ---------- 10
5.1 Outline ---------- 10
5.2 Background ---------- 10
5.3 Classification of nuclear fuel and work planning ---------- 10
5.4 Disposal of waste containing nuclear fuel ---------- 11
5.4.1 Method ---------- 11
5.4.2 Solidification of nitric acid or perchloric acid series plutonium solutions ---------- 11
5.4.3 Disposal of uranium waste liquid ---------- 11

5.5 Stabilization of nuclear fuel ---- 11
5.5.1 Stabilization of plutonium nitrate ---- 11
5.5.2 Stabilization of enriched uranium nitrate ---- 12
5.6 Moisture content and hygroscopic property of plutonium dioxide ---- 12
5.6.1 Measuring moisture content by ustulation method ---- 12
5.6.2 Hygroscopic property of plutonium dioxide ---- 13
6 Transportation of nuclear fuel and radioisotope ---- 14
6.1 Outline ---- 14
6.2 Transportation of nuclear fuel ---- 14
6.2.1 Transportation plan and enforcement ---- 14
6.2.2 Borrowed items for use in transportation ---- 14
6.3 Transportation of radioisotope ---- 15
6.3.1 Transportation to the laboratory building No.4 ---- 15
6.3.2 Transportation to the NUCEF ---- 15
7 Survey of contamination status inside the glove boxes ---- 16
7.1 Outline ---- 16
7.2 Survey of contamination status inside the glove boxes ---- 16
7.2.1 Create a working guideline ---- 16
7.2.2 Measuring surface activity inside the glove boxes ---- 16
8 Conclusion ---- 17
8.1 Conclusion of preliminary missions for the decommissioning ---- 17
8.2 Retrospect and proposal ---- 17
8.2.1 The professed goals and leadership ---- 17
8.2.2 Conference where deploying PDCA ---- 17
8.2.3 Responsibilities on the ownership of experimental equipment and materials ---- 18
Acknowledgement ---- 19
References ---- 19
Appendix 1 Manual of stabilizing radioactively-contaminated mercury by sulfurizing ---- 46
Appendix 2 Inspection manual of casks for nuclear fuel ---- 49
Appendix 3 Manual of stabilizing nuclear fuel and radioisotope ---- 51
Appendix 4 Manual of stabilizing nuclear fuel and radioisotope, supplement ---- 59
Appendix 5 Report of protection on transportation of nuclear fuel ---- 61
Appendix 6 Manual of measuring surface activity inside the globe boxes ---- 63

表リスト

Table 1　廃止措置準備作業スケジュール ---------- 20
Table 2　プルトニウム研究１棟使用機器撤去作業チーム構成員 ---------- 21
Table 3　プルトニウム研究１棟廃止措置準備作業分担者 ---------- 22
Table 4　主な廃棄物と移設品 ---------- 23
Table 5　核燃料物質・放射性同位元素の運搬当日の作業工程 ---------- 24
Table 6　グローブボックス内汚染状況調査結果 ---------- 25

図リスト

Fig. 1　使用機器搬出作業フロー ---------- 26
Fig. 2　薬品の整理・廃棄手続き作業フロー ---------- 27
Fig. 3　放射能汚染した可能性がある水銀の安定化処理作業フロー ---------- 28
Fig. 4　核燃料物質の安定化処理作業フロー ---------- 29
Fig. 5　硝酸プルトニウム安定化処理作業手順 ---------- 30
Fig. 6　濃縮ウラン硝酸塩安定化処理作業手順 ---------- 30
Fig. 7　加熱乾燥法による含水率測定の作業手順 ---------- 30
Fig. 8　湿度による核燃料物質含水率の変化 ---------- 31
Fig. 9　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-L） ---------- 31
Fig. 10　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-K） ---------- 32
Fig. 11　グローブボックス内表面密度測定箇所（11-2C） ---------- 32
Fig. 12　グローブボックス内表面密度測定箇所（11-2B） ---------- 33
Fig. 13　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-O） ---------- 33
Fig. 14　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-J） ---------- 34
Fig. 15　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-M） ---------- 34
Fig. 16　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-N） ---------- 35
Fig. 17　グローブボックス内表面密度測定箇所（14-V） ---------- 35
Fig. 18　グローブボックス内表面密度測定箇所（14-W） ---------- 36
Fig. 19　グローブボックス内表面密度測定箇所（14-X） ---------- 36
Fig. 20　グローブボックス内表面密度測定箇所（14-2A） ---------- 37

写真リスト

Photo 1　実験棚等の搬出作業前 ---------- 37
Photo 2　実験棚等の搬出作業中 ---------- 38
Photo 3　実験棚等の搬出作業後 ---------- 38
Photo 4　使用機器のトラックへの積み込み作業 ---------- 39

Photo 5　廃棄薬品の箱詰め作業 ---------- 39
Photo 6　廃棄薬品の汚染検査作業 ---------- 40
Photo 7　汚染検査済み廃棄薬品のビニール袋による養生 ---------- 40
Photo 8　シュウ酸プルトニウム濾過前 ---------- 41
Photo 9　シュウ酸プルトニウム濾過後 ---------- 41
Photo 10　硝酸ウラニル（濃縮）の安定化処理作業（加熱） ---------- 41
Photo 11　硝酸ウラニル（濃縮）の安定化処理作業（加熱後乾燥） ---------- 42
Photo 12　硝酸ウラニル（濃縮）の安定化処理作業後 ---------- 42
Photo 13　二酸化プルトニウムの加熱乾燥作業 ---------- 43
Photo 14　加熱乾燥作業途中 ---------- 43
Photo 15　加熱乾燥作業後 ---------- 43
Photo 16　RI 運搬車荷台へのＩ型運搬容器の固縛状況 ---------- 44
Photo 17　RI 運搬車の見張り人搭乗車両の伴走 ---------- 44
Photo 18　交差点への見張り人の配置 ---------- 45
Photo 19　αサーベイメータを用いた計数率測定 ---------- 45

1　はじめに

本報告書は、プルトニウム研究 1 棟の廃止措置に向けた準備作業として、これまで施設を利用してきた研究グループが携わった作業をまとめたものである。

プルトニウム研究 1 棟は、プルトニウム取り扱い技術の確立とその基礎物性に関する研究の実施を目的とした施設である。昭和 36 年に当時の日本原子力研究所 東海研究所に竣工されてから昭和 39 年の増設を経て、約半世紀にわたりプルトニウムを主に取り扱った放射化学研究、物理化学研究、燃料化学研究及び分析化学研究が行われ、数多くの研究成果を生み出してきた。平成 17 年に日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構の 2 法人の統合により日本原子力研究開発機構（以下「機構」という。）が発足し、統合による事業の合理化と融合相乗効果を目指した研究施設の整理及び施設の機能移転が検討された。そのなかでプルトニウム研究 1 棟は、設備及び建屋の老朽化のため、平成 26 年度末をもって核燃料物質及び放射性同位元素（RI）を使用した研究活動を終了することとされた。一方、平成 25 年 9 月の日本原子力研究開発機構改革（以下「機構改革」という。）において、プルトニウム研究 1 棟を含む 6 施設の廃止が決定された。

施設の廃止措置に先立ち、施設を利用し研究活動を行っていた研究グループには、使用機器の撤去、薬品の処分、放射能汚染された可能性がある水銀の安定化処理、核燃料物質の安定化処理、核燃料物質及び放射性同位元素の他施設への運搬、グローブボックスの汚染状況調査などの作業が求められた。原子力基礎工学研究センター原子力化学ディビジョン放射化学研究グループでは廃止措置の決定を受け、平成 26 年度から研究グループの使用機器の撤去作業に着手した。廃止措置準備作業が本格的に動き出した平成 27 年 4 月には原子力基礎工学研究センターを中心に「プルトニウム研究 1 棟使用機器撤去作業チーム（以下「機器撤去作業チーム」という。)」を立ち上げた。管理区域内での大掛かりな作業であること、また、昭和 36 年から使用された実験器具や物品が数多くあることから、目標期間内に要求されるすべての作業を終えるためには、当該施設の施設管理者や移転先の施設管理者との調整が必要となった。連絡協議会を定期的に開催し、グループやディビジョンを超えた連携・協力体制を構築した。目標期間内である平成 27 年 12 月に、核燃料物質の使用の許可の変更手続きを要する機器及び核燃料物質（本報告書執筆時においては変更手続き中）を除いて、研究グループの全ての管理物品の撤去を完了した。

本報告書では、安全に留意しトラブル（事故）等もなく定められた期間内に作業を終るための工夫を、各作業について細目立てし詳細に作業内容を記録した。

1.1　作業概要

当初の廃止措置計画では、平成 26 年度末に研究のための施設利用を停止し、平成 29 年中の核燃料物質の他施設への運搬に向け、安定化処理等の必要な処置を行うこととしていた。しかし、プルトニウム研究 1 棟を「核燃料物質の使用等に関する規則」いわゆる新規制基準へ対応させるため、施設管理者の福島技術開発試験部と施設利用者の原子力基礎工学研究センターとで行われた検討により、研究グループは、より早期の施設利用停止と核燃料物質の処置の完了

が要求されることとなった。施設管理者と研究グループの協議の結果、施設利用の終了を平成26年12月に前倒しし、その後速やかに核燃料物質の安定化処理を行うこととした。一方、管理区域内の整理整頓の励行の観点からは、使用の終了した装置機器の速やかな撤去が求められた。以上のことから、施設の廃止措置に向けて試験研究の終了、使用機器の撤去、核燃料物質の安定化処理、核燃料物質等の運搬を短期間に遅滞なく完了させる必要が生じた。

放射化学研究グループは、速やかに作業することで分任管理者としての研究グループ員の施設管理業務の負担を減らし、研究業務の効率化を図るため、プルトニウム研究1棟からの使用機器搬出完了目標を平成27年度内と定めた。プルトニウム研究1棟での実験停止前の平成26年度から撤去計画の立案と撤去作業を開始した。平成27年度には機器撤去作業チームを立ち上げ、目標期間内の平成27年12月に研究グループとしての作業をほぼ終了した。作業を開始した平成26年度からの作業経過をTable 1に示す。

1.2　体制

Table 2に示す使用機器撤去チームは、作業主体の研究グループと施設管理を行う福島技術開発試験部ホット使用施設管理課の人員で構成された。実際には、作業の大きさに応じて機器撤去作業チーム以外に放射化学研究グループの者や過去に在籍した者（Table 3）に協力を求めた。

1.3　関係課室との連絡会議

廃止措置に向け、平成27年4月から研究グループが主体的となり関係者会議を開催した。会議では主として作業の進捗状況の報告及び情報共有とそれ以降の作業計画について打合せした。他施設への実験機能移転を円滑に進めるため、核燃料物質の移動先の一つであるバックエンド研究施設（BECKY）の福島技術開発試験部BECKY技術課を含む関係者全員によって構成される「BECKY技術課、ホット使用施設管理課、基礎工センターグループ連絡会議」を作業の区切りごとに開催した。また、作業主体である研究グループのみの「放射G分析G合同連絡会議」を月1回のペースで開催した。

2　使用機器の撤去作業

2.1　概要

プルトニウム研究 1 棟の廃止措置を進めるための廃止措置準備作業として、研究グループが使用してきた試験機器及び物品の撤去及び整理作業を実施した。本章では、プルトニウム研究 1 棟において研究グループが使用していた試験機器等のうち、管理区域内で使用し、放射性物質による汚染がないことが確認できた物の管理区域外への搬出及び撤去作業、また管理区域外で使用した物の撤去作業と、それに伴う移設作業についても詳述する。施設に付属する使用設備の撤去準備に関しては、研究グループが担当する作業についてのみ記述した。なお、ここでは詳述しないが、移設先（管理区域・非管理区域）の整理作業については、本章に記す作業方法に準じて移設に先立って実施した。

2.2　作業の体制

物品の撤去作業は、「使用機器撤去チーム」以外のグループ員にも協力を仰いだ。作業員の時間的な負担を考慮し作業回数を可能な限り減らした。一方で 1 回の作業量は多くなるため、効率的な汚染検査方法及び搬出経路について放射線管理部 放射線管理第 2 課（プルトニウム研究 1 棟の区域放管）及び施設管理者とそれぞれ事前に打合せをした。管理区域内から搬出した物品は、管理区域外に仮置き用のスペース及び棚等を確保して仮置きした。プルトニウム研究 1 棟及び第 1 研究棟内に仮置きする際は、物品の転倒防止措置等を図り安全に留意した。搬出した物品のうち、再使用する移設物品は移設先へ、再使用しないことにした物品は撤去品等として所定の手続き後に一時物置場へ運送した。

2.3　スケジュールによる作業の分類

試験機器等の撤去作業は 3 つのフェーズにまとめ、プルトニウム研究 1 棟での研究活動が続いている期間「撤去作業準備フェーズ」、実験を終了し核燃料物質の安定化処理を進めた期間「核燃料物質安定化処理フェーズ」、安定化処理を終えすべての物品の搬出を終了させるまでの期間「最終フェーズ」とした。以下の項でフェーズ毎の作業内容を示す。

2.3.1　撤去作業準備フェーズ（平成 26 年 4 月～12 月）

廃止措置の決定を受け、ホット使用施設管理課および関連する研究グループによる話し合いにより、平成 26 年 12 月 18 日までにプルトニウム研究 1 棟での核燃料物質及び放射性同位元素を使用する全ての研究活動を終了することとした。この撤去作業準備フェーズでは、核燃料物質の使用を終了して保管庫に収納する作業を行った。実験計画を考慮し、使用の終了した核燃料物質を順次、廃棄又は保管した。管理区域内において、研究に使用せず放射性物質を取り扱った履歴がない又は、放射性物質による汚染がないことが確認できた実験機器を管理区域外に搬出するとともに、キャビネットや実験台内の不要な消耗品の処分を進めた。火災対策の観点から可燃性の消耗品を必要最小限だけ残し、管理区域内から搬出した。このような比較的負担の少ない作業は、通常の研究業務の間に 1～2 時間程度の時間を作り、少

しずつ進めた。保管場所として第 1 研究棟内の居室を 1 室確保して使用した。大型実験機器等の移設先の検討・確保も同時に実施した。必要に応じて移設先の実験室内の整理整頓を進めた。

2.3.2　核燃料物質安定化処理フェーズ（平成 27 年 1 月～9 月）

研究活動を終了し、核燃料物質の安定化処理作業を行った期間である核燃料物質安定化処理フェーズには、核燃料物質の安定化処理に使用する物だけを残し、研究に使用し放射性物質による汚染がないことが確認できた装置機器を搬出した。この時期に開催されるようになった関係者会議で年内の作業終了が明確な目標として掲げられ、使用機器撤去チームが立ち上げられた。4 月から 6 月は体制づくりに専念し、作業は主に廃薬品処分手続きに留まった（薬品処分については 4 章で詳述する）。7 月以降は、ガラス器具などの実験消耗品の処分を終え、それらを収納したキャビネットや保管庫、実験台を搬出した。他施設への移転後も使用予定のある装置機器は、プルトニウム研究 1 棟内に居室棟に一時保管することとし、キャビネット等の整理によりスペースを確保した。

2.3.3　最終フェーズ（平成 27 年 9 月～12 月）

このフェーズは、核燃料物質の安定化処理を終え、研究グループが使用する全ての物品が撤去対象となった段階を指す。核燃料物質の使用の許可の変更を必要としない物品のうち、放射性物質による汚染がないことが確認できたものの搬出を 12 月までに終えた（Photo 1-3）。

2.4　移設

物品の再使用の検討は、有効利用を念頭に置き、使用耐用年数、移設費用と新規購入費用等を判断材料とした。再利用の見込みがないと判断された物品は不要決定手続きをした。移設先の整理も含めて最終的な処分物品及び撤去品の主なものを Table 4 に、手続きに関する作業フローを Fig. 1 に示す。大型物品の移設や廃棄物の運搬は東海管理センター 管財課（平成 28 年 7 月 1 日より東海管理センター 経理課と統合され、「東海管理センター 経理課」となっている）に依頼した。この場合、運搬当日のトラックへの物品の積み込みをグループ員が協力した（Photo 4）。

2.5　放射能汚染した試験機器等の廃棄

放射性物質を使用した履歴のある試験機器及び物品、又は汚染検査によって汚染が確認されたものは「原子力科学研究所放射線安全取扱手引」の放射性廃棄物の取扱いに従って分類及び手続きを行い、放射性廃棄物としてバックエンド技術部 放射性廃棄物管理第 1 課に引き渡し、保管廃棄した。材質ごとに分類してビニール袋に小分けするなどし、重量及び表面線量率を測定した後に 200 L ドラム缶に収納した。放射性廃棄物減容化のために機器を分解してレベル区分及び性状に応じて分類し、再利用可能なものは汚染のないこと確認したあと、管理区域外に搬出した。

2.6　施設の設備

流し台及び付属実験台、グローブボックス、フード、エアコン（空調）の撤去は、施設廃止措置計画に基づき対処することとなった。ただし、実験台やグローブボックスおよびフード内部の撤去可能な物品は研究グループの責任で撤去した。グローブボックス内の物理的にバッグアウトできない装置は、グローブボックス解体時に処分することとなった。機器類の撤去後のグローブボックスについて内部の除染を施設管理者が実施することとなった。そのためのグローブボックス内の汚染レベル調査を研究グループが実施した汚染状況調査の詳細については 7 章で述べる。

3　薬品の処分

3.1　概要

本章では、プルトニウム研究 1 棟で保管していた薬品のうち、使用履歴から放射性物質による汚染が無いことが明らかなものの処分手順について、保管方法が厳しく定められている毒物及び劇物と一般薬品に分けて詳述する。毒物劇物保管庫の廃止手続きについても記述した。

3.2　廃薬品回収

原子力科学研究所では、保安管理部 安全対策課が取りまとめている廃薬品回収が年に 2 回ある。Fig. 2 には廃薬品の回収手続き及び作業の流れを示した。作業の計画は廃薬品回収の日程に合わせた。主な作業は薬品の棚卸と廃薬品調査のリスト作成であった。このリストと廃棄する薬品の安全データシート（以下「SDS」という。）は、原子力基礎工学研究センター 研究推進室で取りまとめられ原子力科学研究所内で情報共有される。この際、再利用希望のあった薬品は希望課室に譲渡した。回収対象薬品リストが確定されたのち、廃薬品の汚染検査と搬出作業を行い、回収業者に引き渡した。1 回目の回収（平成 27 年 10 月 28 日）では 440 本の薬品を引き渡した。作業量の都合から残り薬品 286 本に関しては、2 回目の回収（平成 28 年 1 月 26 日）で引き渡した。

プルトニウム研究 1 棟の管理区域内に保管されていた薬品のうち、使用済水銀のみが放射能汚染した可能性があった。この放射能汚染した可能性がある水銀については、放射性廃棄物として保管廃棄するために、安定化処理する必要があることから第 4 研究棟へ移動させた（この安定化処理作業は第 4 章に詳述する）。

3.3　搬出作業

管理区域内の薬品を管理区域外へ搬出する際には、区域放管による汚染検査を受け汚染のないことを確認する。廃薬品数量の多さを考慮すると、回収当日の汚染検査は難しいため、区域放管と搬出作業と汚染検査の方法を検討した。作業方法は、管理が厳しく定められている毒物および劇物（「毒物及び劇物取締法」に定められる薬品を指す。）とそれ以外の一般薬品との 2 つに大別し搬出することとした。以下の項にそれぞれの作業を記す。

3.3.1　一般薬品

一般薬品は、回収日前に汚染検査し管理区域外に仮置きした。

汚染検査では、1 本ずつスミヤによる自主検査で汚染のないことを確認し、搬出しやすいように箱詰めした（Photo 5-6）。液状の薬品の収納容器には、飛散・漏出防止の観点から蓋つきのコンテナを用いた。箱詰めした廃薬品を汚染検査室へ運び、区域放管による汚染検査を受けた。汚染のないことが確認されたものは管理区域外へ搬出し、転倒防止措置をして仮置きした。廃薬品回収当日は仮置き場から回収場所へ運搬した。

3.3.2　毒物及び劇物

毒物及び劇物は、原子力科学研究所の規則により安全対策課に届出のある鍵付きの保管庫で保管することと定められている。この条件を満たす管理区域外の保管庫には、プルトニウム研究 1 棟にある毒物劇物を仮置きできるほどの収納力がなかったため、管理区域内に保管しかつ回収時間に間に合うような作業手順を区域放管と打合せにより決定した。

箱詰めまでの作業は一般薬品と同様に行った。毒物及び劇物を収納した箱は、汚染検査室で区域放管により汚染のないことの確認を受けたあと、ビニール袋で外側から十分に養生し、回収日まで管理区域内の毒物劇物保管庫で施錠保管した（Photo 7）。養生により箱とその中の薬品は、管理区域内の保管庫に戻しても汚染されることがなくなる。ここまでの作業を回収日前までに終わらせた。回収当日は、汚染検査室にて養生の外側から区域放管による検査で汚染のないことを確認し、搬出後回収場所へ運搬した。

3.4　毒物劇物保管庫の廃止

毒物及び劇物は、毒劇法第十一条において盗難、紛失を防止する措置を講じなければならないと定められている。これを受け、原子力科学研究所では「原子力科学研究所医薬用外毒物劇物危害防止等管理要領」において、保管庫などの設置または廃止する場合には、取扱責任者（課長等、ここではグループリーダー）が安全対策課長に事前に通知することが決められている。2回目の廃薬品回収後、プルトニウム研究1棟で毒物劇物の使用および保管はなくなったため、平成 27 年 12 月 21 日付でプルトニウム研究 1 棟の使用室及び保管庫を廃止することとし、その旨を業務連絡書により関係者に通知した。

4　放射能汚染した可能性がある水銀の安定化処理

4.1　概要

本章では、放射能汚染水銀の安定化処理法について詳述する。プルトニウム研究 1 棟の管理区域に長期保管されていた放射能汚染した可能性がある金属水銀（約 35 kg）をバックエンド技術部 放射性廃棄物管理第 1 課に引き渡すため、第 4 研究棟に運搬した後、硫黄粉末と混合して硫化水銀とする安定化処理を実施した。本作業は平成 28 年 5 月から開始し、平成 29 年 1 月に作業を完了する予定である。

4.2　背景

プルトニウム研究 1 棟での研究活動が終了したため、実験室に保管されていた薬品の処理・処分が進められた。薬品の中には長期保管された金属水銀があり、放射能汚染している可能性があったため、放射性廃棄物として放射性廃棄物管理第 1 課に引き渡し、保管廃棄することとなった。放射能汚染した金属水銀を放射性廃棄物として放射性廃棄物管理第 1 課に引き渡すには、硫黄粉末と反応させて安定な硫化水銀にする「安定化処理」を行った後、金属缶内にセメント固化して封入し、200 L ドラム缶に収納しなければならない。このため、管理区域内のフード等で処理する必要があったが、廃止措置準備が進んでいたプルトニウム研究 1 棟のフードでは作業できず、第 4 研究棟 419-421BC 号室のフードにて実施することとなった。プルトニウム研究 1 棟から第 4 研究棟への水銀の運搬にあたっては、事前に施設管理者と区域放管に確認を取った。運搬時に水銀が漏出しない強固な容器を用意し、区域放管の表面汚染及び表面線量測定により、運搬の許可を得た。

4.3　安定化処理方法

平成 28 年 4 月に放射性廃棄物管理第 1 課、ホット使用施設管理課及び放射化学研究グループが廃棄物処理法に関する協議を行った。金属水銀を硫黄粉末と混合する硫化処理により、安定な固体とする汚染水銀の安定化処理方法を採用することとした。平成 16 年に第二廃棄物処理棟分析室で行われた汚染水銀の硫化処理方法を参考にして、作業手順書を作成した（付録 1）。

安定化処理作業フローを Fig. 3 に示す。作業に先立ち第 4 研究棟 419-421BC 号室の作業環境測定項目に水銀を追加し、作業者は特定化学物質取扱者として水銀を登録した。全ての作業は二人一組で行った。

第 4 研究棟において硫化処理する前に、水銀中の混入物除去を目的にプルトニウム研究 1 棟において水銀の濾過及び洗浄を行った。濾過は、中心に針穴を開けた円形濾紙と金網をロートにセットし、水銀を注いだ。洗浄は、水銀 200 ml に洗浄液（0.1 M 硝酸）を 150 ml 加え、よく振盪した。振盪後、洗浄液を完全に取り除いた。これを 3 回繰り返した。

平成 28 年 5 月から硫化処理作業を開始し、最初の 2 週間は作業手順の構築と撹拌方法の検討を行った。その結果、水銀と硫黄粉末が混ざりやすくほぼ自動で撹拌でき、密封しているため、作業者や作業場所が汚染する可能性が低いロータリーエバポレーターを撹拌作業に用いることとした。また、ロータリーエバポレーター用フラスコには容積 1 L のものを用いることに

し、一度の処理水銀の量を 600 g とした。ロータリーエバポレーターは作業完了後汚染物として、200 L ドラム缶に収納し廃棄することとした。

4.4　硫化水銀の廃棄処分

硫化処理して金属缶（容積 2 L のブリキ缶）中でセメント固化した後は、ビニール袋に封入し 200 L ドラム缶に充填した。ドラム缶に充填する際に、重量と表面線量を測定し記録した。

4.5　作業上の注意点

金属水銀及び硫黄粉末を混合する硫化処理において、他の報告書や論文等では放射能汚染した金属水銀と硫黄の反応により発熱・発火する場合があることが報告されている [1)]。これは高速せん断プロペラなどによって撹拌することで、金属水銀と硫黄の反応が急激に進むためと考えられている。しかし、高速せん断プロペラほどではないが勢いよく撹拌するエバポレーターを使用した硫化処理では、発熱・発火現象は確認できなかった。放射能汚染水銀にはアマルガム化した各種金属が含まれている可能性がある。これら金属状態の元素の中には、硫黄との反応により発熱・発火するものもあると考えられる。今回処理した放射能汚染水銀は微量金属の分析に用いられてきたものであり、硫化処理前に濾過と洗浄を行っているため、不純物が少ない。このことから放射能汚染した金属水銀は、硫黄との急激な反応によって発熱・発火するのではなく、金属水銀中でアマルガム化した各種金属元素が発熱・発火の原因となると考えられる。今後他施設で金属水銀を使用する場合は使用履歴の記録を正確に残し、汚染水銀の処理にあたっては処理中の発熱・発火について注意深く検討することが必要である。

5　核燃料物質の保管に係る安定化処理

5.1　概要

本章では、プルトニウム研究 1 棟においてこれまで研究に使用してきた核燃料物質を対象に実施した、廃液の処理、他施設での保管のために必要な硝酸塩の安定化処理及び含水率測定について詳述する。核燃料物質安定化処理作業フローを Fig. 4 に示す。硝酸プルトニウムは高温加熱により安定した化学形である酸化プルトニウムに変換した。プルトニウムの含水率測定を行うとともに、保管時の含水率の変化、加熱乾燥法による水分の除去について検討した。また、核燃料物質を用いた実験等で発生した廃液を全て固化処理した。

5.2　背景

放射化学研究グループでは、プルトニウム研究 1 棟において天然ウラン及びプルトニウムを用いた種々の溶液化学実験を行ってきた。特に、プルトニウムを対象とした電気化学及び分光測定などの研究では、硝酸・過塩素酸など種々の溶液組成の核燃料物質を用いてきた。また、保管している核燃料物質には酸化物や金属の化学形が多い。プルトニウム研究 1 棟の廃止措置にあたって将来のアクチノイド研究のあり方を検討し、使用計画のある核燃料物質は移転先施設に移すことにした。

一方、プルトニウム研究 1 棟には各研究グループが所掌している将来の使用計画のない核燃料物質が多数存在した。平成 22 年 3 月に開催された「第 8 回廃止措置計画検討委員会」において、計量管理されている核燃料物質については原則、廃棄物化を行わないこととされた。そのため原子力科学研究所では、不用核燃料物質及び放射性同位元素の保管場所及び費用も含めた処置計画を早急に策定するため、不用核燃料・RI 処置検討 WG を組織した。平成 22 年 3 月に開催された「第 4 回不用核燃料・RI 処置検討 WG」において、保障措置上の管理強化の観点から核燃料物質の種類ごとに、定められた保管施設で一括管理する方針が示された。このため、各研究グループが所掌する将来の使用計画のない核燃料物質は、定められた保管施設に保管することとなった。実験廃液など再利用が不可能なものは処理後廃棄することとした。

一括管理の保管場所となっている施設は、保管可能な核燃料物質の化学形が定められている。今回の核燃料物質を保管する施設には、プルトニウム及び濃縮ウランの硝酸塩については保管許可が無いため、これらを酸化物など、保管できる化学形に変換する必要があった。また、臨界安全の観点から保管するプルトニウムの含水率を 16%以下と定めている施設もあった。このため、保管施設の要件に合わせた核燃料物質の安定化処理を行った。

5.3　核燃料物質の分類と作業計画の作成

最初に、長期保管されてきた核燃の内容物確認作業を行い、今後他施設へ移動して使用する核燃料物質と使用計画がない不用核燃料との仕分け作業を行った。また、実験にともない発生した核燃料物質を含む廃液・廃棄物の分類も行った。核燃料物質の内容物確認作業は「核燃料物質保管容器内容物確認作業要領」（付録 2）に従った。内容物確認作業により、これらの核燃料の性状（長期間の保管による化学形変化の可能性など）及び保管状態（容器の材質、PVC バ

ッグの健全性など）を記録した。

プルトニウム研究 1 棟における核燃料物質安定化処理作業は、廃液及び廃棄物処理、安定化処理作業を含めた「プルトニウム研究 1 棟 核燃料・放射性同位元素安定化処理作業要領」（付録 3）を作成し、これに沿って行った。また、同作業要領に記載のない硝酸プルトニウムの安定化作業に関しては、「プルトニウム研究 1 棟 核燃料・放射性同位元素安定化処理作業要領 追補版」（付録 4）を作成し、これに従った。作業手順の詳細は両要領を参照されたい。

5.4 核燃料物質を含む廃液及び廃棄物の処理法

実験により発生した核燃料物質を含む廃液は以下の手順で固化処理した後、廃棄した。

5.4.1 作業方法

グローブボックス及びフードでの作業は、「プルトニウム研究 1 棟設備の取扱マニュアル」に従って行った。作業の前に、汚染拡大防止策として、グローブボックス及びフード周辺を酢酸ビニルシートで養生した。作業後に発生する可燃物は金属容器に収納し、廃棄物容器は必要最低限とした。充填済の廃棄物容器は速やかにグローブボックスから搬出し、α廃棄物容器に収納することとした。

5.4.2 硝酸系・過塩素酸系のプルトニウム廃液の固化処理

グローブボックス内の実験により発生したプルトニウム廃液は、安定化処理を行った上で固化処理しなければならない。廃液は硝酸、過塩素酸系などの酸を含むため中和した。また、廃棄物量を低減させるため、余分な水分の除去を目的に廃液を自然減容させた。減容後の廃液は、セメント固化するためポリ瓶に移した。水を加えると固まるインスタントセメント粉末を 0.1~3L 広口ポリ瓶に入れ、グローブボックス内に搬入した。セメント 1 kg あたり水 150 mL を加え、そこにプルトニウム廃液を混合・撹拌し固化するまでグローブボックス内において静置した。固化後、グローブボックスから固化体を搬出し 2 重 PVC バッグ梱包して 200 L のステンレス製廃棄物容器へ収納した。

5.4.3 ウラン廃液の固化処理

グローブボックス内での実験で発生したウラン廃液及び残渣の固化処理は、前項のプルトニウムに準じて行った。フード内のウラン廃液及び残渣は、ポリ瓶に入れてセメント固化し 200 L ドラム缶に収納した。

5.5 プルトニウム及び濃縮ウラン硝酸塩の安定化処理

プルトニウム及び濃縮ウラン硝酸塩は安定化のため酸化処理を行った。

5.5.1 硝酸プルトニウムの安定化処理

硝酸プルトニウムの安定化処理の作業手順を Fig. 5 に示す。硝酸プルトニウムはグローブボックス内において、100 mL ビーカーに分取し 1 M 硝酸を少量ずつ加えながら完全に溶解

させた。必要に応じてグローブボックス内のホットプレートを用いて加温した。分取したプルトニウムの 2 倍当量のシュウ酸を含む 1 M 硝酸溶液を加え、10 分程度反応させシュウ酸プルトニウム沈殿を生成した。沈殿を孔径 0.45 μm のメンブレンフィルタを用いて濾過してシュウ酸プルトニウム濾物を回収した（Photo 8-9）。シュウ酸プルトニウム濾物を、石英ビーカーに移しカンタルスーパー電気炉により 1000℃で 4 時間加熱して、完全に酸化させた。この酸化プルトニウムをガラスバイアル瓶に移し秤量した後、グローブボックスから 2 重 PVC バッグ梱包して搬出した。保管状況を記録した後、金属容器に入れ核燃料物質保管庫に保管した。この作業によって発生した廃液は 5.4.2 に記した方法で処理した。

5.5.2　濃縮ウラン硝酸塩の安定化処理

濃縮ウラン硝酸塩の安定化処理の作業手順を Fig. 6 に示す。濃縮ウラン硝酸塩はグローブボックス内において、バイアル瓶からビーカーに移して秤量し、元素重量を確認した。0.1 M 硝酸を少量ずつ加えて完全に溶解し、グローブボックス内のホットプレートを用いて余分な硝酸溶液を蒸発させた。ホットプレートの加熱温度を上げ硝酸を分解し、冷却後に酸化物残渣を秤量した。重量変化が無くなるまで加熱及び冷却を繰り返した。ガラスバイアル瓶に試料を移し、保管状況の記録及びグローブボックスから 2 重 PVC バッグ梱包して搬出した。搬出後は金属容器に入れ核燃料物質保管庫に保管した（Photo 10-12）。

5.6　二酸化プルトニウムの含水率及び吸湿性

保管する核燃料物質の含水率の制限がある施設では、購入時の証明書などで含水率が証明できるもの及び高温熱処理したものを除き、保管時の含水率を測定する必要がある。二酸化プルトニウムの含水率測定方法を確立した後、保管対象のプルトニウムの含水率を実測した。

5.6.1　加熱乾燥法による含水率測定

加熱乾燥法による含水率測定の作業手順を Fig. 7 に示す。最初に、二酸化プルトニウム含水率測定法として加熱乾燥法の適用の妥当性について、予備検討を行った。予備検討には、1000℃で 2 時間熱処理した二酸化プルトニウムを用いた。この二酸化プルトニウムの含水率は 0%と考えても良い。最初に、ビーカーに 100 mg 程度分取し重量を測定した。その後、蒸留水を 30 mg 加えて十分含水させた。次に、ホットプレートで 350℃、30 分加熱乾燥させた後放冷し、重量を再度測定した。（Photo 13-15）予備検討の結果、初期重量と乾燥後重量とが一致したため、本加熱乾燥条件により二酸化プルトニウムに含まれる水分は完全に除去可能であることが確認できた。この結果から、加熱乾燥法による含水率測定は妥当と結論した。

次に、加熱乾燥法により実試料の含水率測定を行った。測定対象の核燃料物質の一部又は全部をバイアル瓶に分取し、重量を測定した。次に核燃料物質が入ったバイアル瓶を、ホットプレートを用いて 350℃で 30 分加熱した後、十分に冷ましてから重量を測定した。最初に測定した重量から加熱後の重量を差し引く事で、核燃料物質中の含水量を算定し、含水率を算出した。

5.6.2　二酸化プルトニウムの吸湿試験

保管条件により、二酸化プルトニウムの含水率が制限値である 16%を超える可能性の有無を調べるため、吸湿試験を行った。加熱乾燥法により含水率を確認した核燃料物質を試料とした。バイアル瓶の蓋を開放したままグローブボックス内に約二週間静置した。質量変化及び室内の湿度を毎日測定する事で吸湿による重量変化を確認した。室内及びグローブボックス内部の湿度はあまり差がないものとして考えた。結果を Fig. 8 に示す。期間を通して含水率は 2%~4%の範囲におさまり、16%を超えることはなかった。

以上の事から、通常の室内条件では二酸化プルトニウムの吸湿性は低く、含水率は 16%よりも低く保たれており、保管可能な状態であると結論した。

6　核燃料物質及び放射性同位元素の運搬

6.1　概要

本章では、プルトニウム研究 1 棟から各施設への核燃料物質及び放射性同位元素の運搬作業について詳述する。プルトニウム研究 1 棟の廃止措置を進めるためには、プルトニウム研究 1 棟に保管されている核燃料物質及び放射性同位元素を他の施設に移さなければならない。今後の使用計画及び核燃料物質の種類により、3 施設への輸送を行った。移送先施設の許認可変更が必要なものを除き、核燃料物質及び放射性同位元素の運搬は、平成 28 年 10 月 24 日までに完了した。

6.2　核燃料物質の運搬

前章で記したように、将来の使用計画のない核燃料物質の内、天然ウランや濃縮ウランなどのウラン系核燃料物質についてはホットラボにおいて一括管理することとなった。平成 27 年 10 月 1 日にウラン系核燃料物質のプルトニウム研究 1 棟からホットラボへの輸送を他研究グループの核燃料物質も併せて実施した。

6.2.1　運搬計画及び運搬の実施

核燃料物質を運搬するためには、綿密な運搬スケジュールを計画する必要がある。運搬先の施設によっては、前章で記した核燃料物質の安定化処理作業が必要となる場合がある。また、その施設の許認可変更が必要な場合もあり、かなりの時間を費やすことになる。

核燃料物質の運搬に先立ち、輸送対象物の性状、及び保管状況を、前章に記した核燃料物質の内容物確認作業により確認した。次に、運搬先施設の施設管理者との打ち合わせを行い、核燃料物質の安定化処理作業の必要性の有無や核燃料物質の保管に伴い必要な許認可変更手続きを確認し、運搬時期を決定した。また、運搬先施設での保管方法（バッチ数、保管棚及び保管容器）、核燃料物質の査察に対応し易い保管方法などを検討した。

運搬の実施にあたって、搬出放射性物質等運搬記録票を起票し、各関係課室に提出した。また、「原子力科学研究所核燃料物質等周辺監視区域内運搬規則」に基づき運搬容器を選定し、未照射燃料管理課が所有している事業所内運搬用容器として登録済みの I 型運搬容器を使用することとした。核燃料物質運搬における防護措置報告書（付録 5）を作成し、所内運搬規則上の防護措置の方法を決定した。運搬には RI 運搬車を使用し、RI 運搬車荷台への固縛は Photo 16 のように行った。また、無線連絡手段を確保し、見張り人搭乗車両の伴走（Photo 17）及び交差点へ見張り人の配置を行った（Photo 18）。RI 運搬車の運転者及び同乗者はヘルメット、安全靴、OSL バッチ及びポケット線量計を着用した。当日の運搬作業工程を Table 5 に記す。

6.2.2　運搬に使用するため借用した物品

正門警備室から借用：RI 運搬車、無線機、縄張り用ロープ

危機管理課から借用：縄張り用ロープ、立入禁止標識、カラーコーン、赤色合図灯

6.3　放射性同位元素の運搬

プルトニウム研究 1 棟で実施していた研究活動を他の施設で継続するため、実験に使用する放射性同位元素の運搬を行った。放射化学研究グループでは、使用目的により Pa-231 を第 4 研究棟へ、その他の放射性同位元素を他グループの放射性同位元素と共に NUCEF へそれぞれ運搬した。

6.3.1　第 4 研究棟への運搬

平成 27 年 11 月 19 日にプルトニウム研究 1 棟から第 4 研究棟へ Pa-231 を運搬した。「原子力科学研究所核燃料物質等周辺監視区域内運搬規則」に基づき運搬容器の選定を行い、事業所内運搬容器として登録済みの I 型運搬容器を使用して運搬した。台車を使用し徒歩による運搬とした。台車に I 型運搬容器をバンドで固縛し、二人で運搬作業を行った。

6.3.2　NUCEF への運搬

平成 28 年 10 月 24 日にプルトニウム研究 1 棟から NUCEF へ、Am-241、Np-237 などの放射性同位元素を運搬した。「原子力科学研究所核燃料物質等周辺監視区域内運搬規則」に基づき運搬容器の選定を行い、事業所内運搬容器として登録済みの II 型運搬容器を 2 個及び、I 型運搬容器を 3 個使用し、II 型運搬容器は分析化学研究グループが所有している、外寸 φ 300 mm×高さ 300 mm、重量 230 kg の鉛遮蔽付き容器であったため、ハンドリフターやチェーンブロックを使用し RI 運搬車への積み下ろしを行った。

7　グローブボックスの汚染状況の調査

7.1　概要

本章では、グローブボックス内除染・汚染固定作業に先立って実施したグローブボックス内表面密度測定作業について記す。プルトニウム研究 1 棟には多数のグローブボックスがあり、様々な用途・使用形態で使用されてきた。そのため、グローブボックス内の汚染状況はグローブボックス毎にそれぞれ異なる。内装品撤去後のグローブボックス内の汚染レベルとして、各グローブボックスの床面の汚染レベルが高いと推測される一ヶ所を抽出し、表面密度をスミヤ法により測定した。グローブボックスの使用履歴によって、α線では 0.84 ~ 7.7×10^4 Bq/cm^2、β（γ）線では BG ~ 6.5×10^3 Bq/cm^2 と汚染レベルには大きな差があった。

7.2　グローブボックス内汚染状況調査

施設廃止措置の準備として、グローブボックスの内装機器の撤去を行った。撤去不可能な大型装置を含むグローブボックスを解体までの間安全に管理するためには、グローブボックス内の汚染レベルを下げるとともに、遊離性の汚染を固定化する必要がある。この除染・汚染固定作業は、汚染レベルにより作業手順が異なるため個々のグローブボックス内汚染レベルの情報が必要とされた。そこで、グローブボックス内の汚染状況を表面密度測定により確認した。

7.2.1　作業要領の作成

汚染状況調査に先立ち、作業要領を作成した（付録 6）。また以下に作業手順の概略を示す。作業の前に、汚染拡大防止対策としてグローブボックス及びフード周辺を酢酸ビニルシートで養生した。作業後に発生する可燃物は金属容器に収納した。満杯になったグローブボックス内の廃棄物容器は速やかにグローブボックスから搬出し、α廃棄物容器に収納することとした。

7.2.2　グローブボックス内表面密度測定

スプーン型のスミヤ濾紙及びポリ袋を用意し、グローブボックスに搬入する前に、グローブボックス名及びスミヤ番号を記入した。スミヤ濾紙とチャック付ポリ袋をグローブボックスに搬入し、Fig. 9-20 に示した測定箇所（×）を 10 cm ×10 cm の範囲でスミヤした。測定箇所は、グローブボックスの中央部若しくは汚染レベルが高いと推測される箇所とした。採取したスミヤ濾紙をポリ袋に収納し、二重 PVC バッグ梱包して搬出した。試料をフードへ移し、梱包及びポリ袋を開封してスミヤ濾紙を取り出した。取り出したスミヤ濾紙は汚染を防止するために、α線が透過できる厚さのマイラーフィルムで挟み測定試料とした。フィルムを切り分け、α線及びβ（γ）線の計数率をシンチレーション式サーベイメータ及び GM 管式サーベイメータによりそれぞれ測定した（Photo 19）。

測定結果を Table 6 に示す。α線及びβ（γ） 線計数率はシンチレーション式サーベイメータの表面密度の換算係数を 2.9×10^{-1} Bq/min とし、GM 管式サーベイメータを 8.3×10^{-2} Bq/min とし、測定面積は 100 cm^2、拭き取り効率は 0.1 として算出した。

8　おわりに

8.1　廃止措置準備作業のまとめ

放射化学研究グループはプルトニウム研究 1 棟の利用者として廃止措置に携わった。主な作業は使用機器の撤去、薬品の処分、放射能汚染した可能性がある水銀の安定化処理、核燃料物質の安定化処理、核燃料物質及び放射性同位元素の運搬、グローブボックスの汚染状況の調査であり、プルトニウム研究 1 棟での研究活動の状況に沿って実行し、目標期間内に作業をほぼ完了できた。

8.2　作業を振り返って

使用機器撤去作業の開始は平成 26 年度であるが、その他の作業はプルトニウム研究 1 棟での研究活動終了後の平成 27 年度からである。この 9 ヶ月間という短い期間でほぼすべての作業を終えることができたのは、作業主体の明確な目標設定、協力関係の確立、情報共有の場の設定、作業手順書の作成というような、簡単であるが一般的には面倒に思われがちなところについて、手を抜かなかったことによるものと考えられる。

8.2.1 目標の公言とリーダーシップ

使用機器撤去チームの団結力は高かった。これには三つの理由が考えられる。一つ目の理由は、明確な目標を共有できていたことである。「今年（平成 27 年）中にプル棟（プルトニウム研究 1 棟の略称）から撤退する。それが目標だ。」連絡会議や作業のたびに繰り返し確認された。この目標設定は、分任管理の負担を早期に解消することが、長期的にみて研究グループの成果の最大化につながるとの判断に基づいている。明確な目標とグループメンバーの長期的な負担減を考慮したことで、タイトなスケジュールであってもモチベーションを損なわずに協力して達成できたのだと思われる。

二つ目は、モチベーションの維持のために、達成感を共有できるような作業配分が意識的にされていたことである。例えば、搬出において作業回数を減らすことは、作業員の時間的な負担軽減のみが目的でなく、みんなで協力して作業を推し進めたという成功体験を分かち合い結束を高めるという目的があった。さらに、「おおきな作業をみんなで」行うことで短時間のうちに大きな変化すなわち成果がもたらされるため、視覚的にも大きな満足感が得られた。

三つめの理由として、グループリーダーが積極的に作業していたことが挙げられる。大型機器の搬出などの大掛かりな作業は必ず一緒に作業を行い、作業のない期間でも少なくとも月 1 回は必ず現場に立ち寄り、常に最新の状況の把握に努めていた。一緒に作業をしていて無理な指示を与えられたことは一度もなかった。現場側と指示側に認識の隔たりがなかったことも、作業効率を高め迅速かつ安全な作業の完遂に繋がっていたのではないかと思われる。

8.2.2 PDCA を回す会議

本作業を計画どおりに終えることができたのは、ステークホルダーである『BECKY 技術課、ホット使用施設管理課、基礎工センターグループ連絡会議』を持ち、PDCA（Plan→Do

→Check→Action）サイクルを回す役割を果たしていたためであると考えられる。この会議は、大きな作業の前後など必要なタイミングに開催された。議題は、作業や手続きの進捗状況の報告とそれを受けた作業計画が主であった。また、細かい作業方針を決めるような打合せは個別に行われ、会議は決まったことを確認し合う場とされていた。このように打合せと会議とを区別することは、PDCA を回す一つの工夫ととらえることができる。会議前に打合せを済ませることで事前準備を促し、会議の進行を円滑かつ時間どおりとすることができる。もし、会議で何から何まで決めようとしていたならば、会議は長時間となり、最悪の場合には計画が全く進まないということもあり得た。ひとつの仕事を計画的に完遂するためには、組織を機能させる工夫がなされた会議が重要であると言える。

8.2.3 物品を管理する責任

廃止措置準備作業でしばしば困惑させられたのが、管理区域内にあって誰がどのように使ったか分からないもの（装置や薬品）である。例えば、実験室に長期保管されていた放射能汚染した可能性がある水銀は試薬瓶にメモ程度の性状の記述はみられたが、誰がいつどのような実験に使用したのかという重要な情報が失われていた。使用履歴の分からない装置・薬品は主に二つの理由から作業の妨げになった。

一つ目は、作業者の被ばくの危険性を正確に把握できないことである。金属製の装置などは遮蔽効果もあり汚染の有無の判断が難しい。そのため、汚染を想定した装備で作業に臨まなければならず、作業が可能な場所も限られた。二つ目は、放射性廃棄物が増えることである。汚染の可能性のあるものは全て放射性廃棄物として処分する。この場合には、養生した場所を用意し、できる限り解体分別をして素材ごとにドラム缶やカートン等に収める必要があるため、労力がかかる。水銀に関しても、自己吸収があるために汚染検査は難しく、結局放射性廃棄物として扱った。こちらに関しても、4 章で示したとおり、長期に渡り処理作業を必要とした。使用履歴が明らかで、汚染のないことが証明できれば、再利用も可能となる。

これらのほかにも、他の課室が資産管理しているものが残されている場合があり、廃棄手続きの際に混乱をもたらす原因となった。資産の所有者が責任をもって処分する、引き継ぐ場合は相手に了承を得て移管などの手続きを済ませるまでを是非とも実行してほしい。

謝辞

本作業の実施にあたり、本報告書に示したとおり関係各所から全面的な支援と協力を得た。Table 2 の皆様には、機器撤去作業チームとともに現場での作業にご協力いただいた。チーム設定等の体制づくりには、福島研究開発部門 廃炉国際共同研究センター 木村貴海センター長代理（作業開始当時の原子力化学ユニット長）、原子力基礎工学研究センター 山本正弘副センター長、森田泰治副センター長にご支援いただいた。また、作業が円滑にできるように、搬出物品の仮置き場所の確保については原子力基礎工学研究センター研究推進室 金山貴博氏（退職）、放射線管理については放射線管理第 2 課 プルトニウム研究 1 棟区域放管の方々にご協力いただいた。放射性廃棄物管理第 1 課の里山朝紀課長、並びに課員の方々には硫化処理した水銀の廃棄方法についてご教示していただいた。核燃料物質の輸送等には、BECKY 技術課 梅田幹課長及び課員の方々、また未照射燃料管理課 長島久雄課長及び課員の方々にそれぞれご協力していただいた。

ここに記して感謝の意を示す。

参考文献

1) Lawrence N. Oji, “Mercury Disposal via Sulfur Reactions”, Journal of Environmental Engineering, 124, (10), pp. 945-952 , (1998).

Table 1　廃止措置準備作業スケジュール

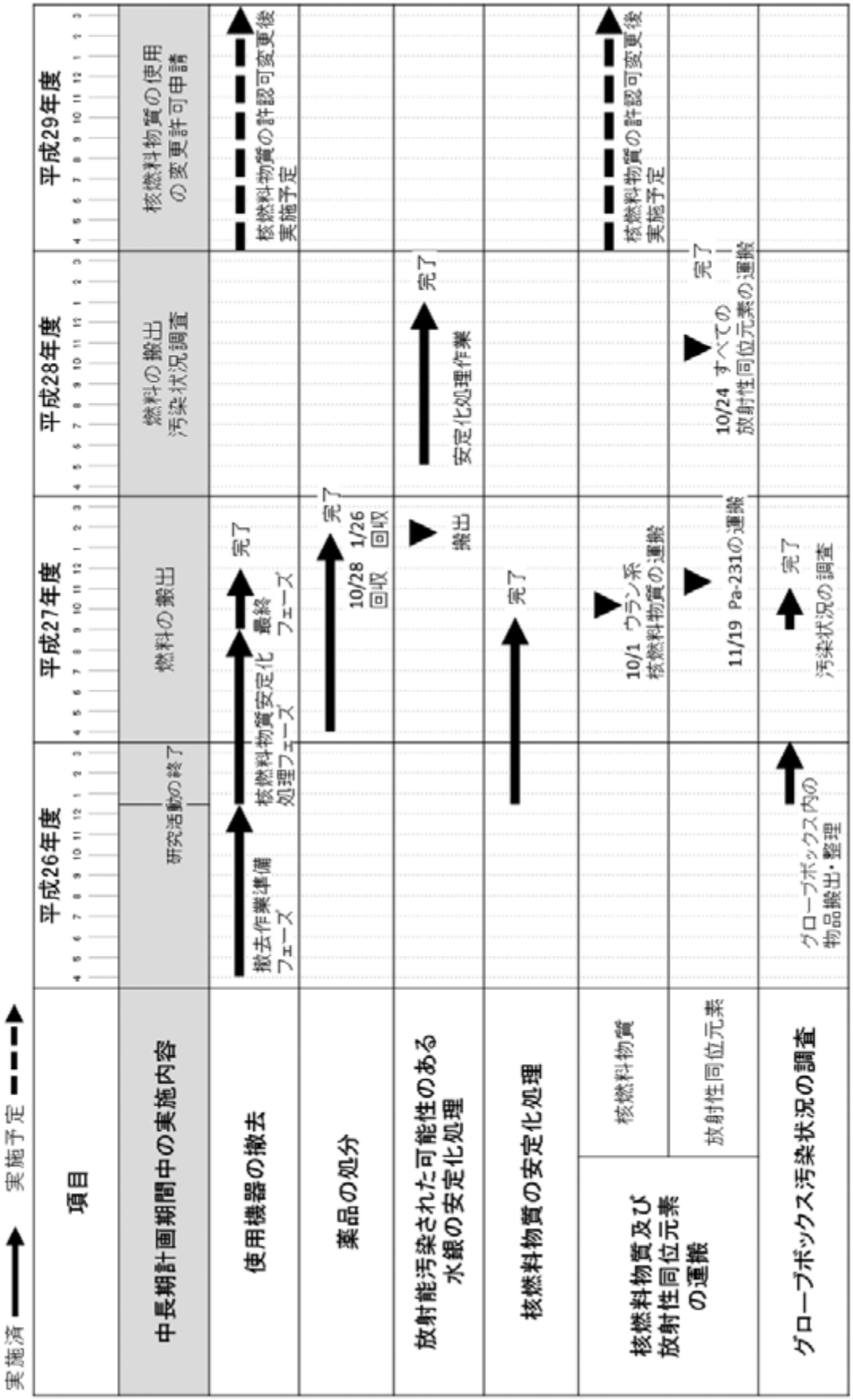


Table 2　プルトニウム研究 1 棟使用機器撤去作業チーム構成員

氏名	所属				職制
北辻　章浩 （チームリーダー）	原子力科学 研究部門	原子力基礎工学 研究センター	原子力化学 ディビジョン	分析化学研究グループ 放射化学研究グループ	グループリーダー （兼務）
渡邉　雅之	〃	〃	〃	放射化学研究グループ	グループリーダー
青柳　登	〃	〃	〃	〃	
熊谷　友多	〃	〃	〃	〃	
瀬川　優佳里	〃	〃	〃	〃	
堀田　拓摩	〃	〃	〃	分析化学研究グループ 放射化学研究グループ	（兼務）
中田　正美	福島研究 開発部門 原子力科学 研究部門	廃炉国際共同 研究センター 原子力基礎工学 研究センター	燃料デブリ 取扱・分析 ディビジョン 原子力化学 ディビジョン	燃料デブリ分析グループ 放射化学研究グループ	（兼務）
音部　治幹	原子力科学 研究部門	原子力基礎工学 研究センター	燃料・材料工学 ディビジョン	燃料高温科学研究グループ	
田村　行人	〃	〃	〃	〃	役務 （退職）
岡本　久人	原子力科学 研究部門	原子力科学 研究所	福島技術 開発試験部	ホット使用施設管理課	課長
大友　隆	〃	〃	〃	〃	課長代理
染谷　和宏	〃	〃	〃	〃	
永井　勲	〃	〃	〃	〃	役務

Table 2、Table 3 の所属は、報告書執筆時（平成 28 年度）のものとした。兼務箇所のある者については、放射化学研究グループの兼務のみを示し、それ以外の場合は本務のみとした。また、退職されている場合は、退職時の本務を記し、既に退職されたことを明記した。

Table 3　プルトニウム研究１棟廃止措置準備作業分担者

氏名	所属				職制
日下　良二	原子力科学研究部門	原子力基礎工学研究センター	原子力化学ディビジョン	放射化学研究グループ	
松田　明子	〃	〃	〃	〃	事務
伊奈川　潤	〃	〃	〃	〃 分析化学研究グループ	（兼務）
永石　隆二	福島研究開発部門 原子力科学研究部門	廃炉国際共同研究センター 原子力基礎工学研究センター	廃棄物処理処分ディビジョン 原子力化学ディビジョン	保管機器健全性評価グループ 放射化学研究グループ	（兼務）
有阪　真	〃	〃	〃	保管機器健全性評価グループ 放射化学研究グループ	（兼務）
半澤　有希子	原子力科学研究部門	原子力基礎工学研究センター	原子力化学ディビジョン	分析化学研究グループ	
浅井　志保	〃	〃	〃	〃	
蓬田　匠	〃	〃	〃	〃	
大内　和希	〃	〃	〃	〃	
林　博和	原子力科学研究部門	原子力基礎工学研究センター	分離変換技術開発ディビジョン	MA 燃料サイクル技術開発グループ	グループリーダー
佐々木　祐二	〃	〃	〃	群分離技術開発グループ	
白数　訓子	〃	〃	燃料・材料工学ディビジョン	燃料高温科学研究グループ	
千葉　力也	〃	〃	〃	〃	派遣
飛田　勉	〃	〃	〃	〃	役務
伊藤　昭憲	〃	〃	〃	〃	役務
熊耳　康宏	〃	〃	〃	〃	派遣
安藤　太一	〃	〃	〃	〃	役務
須藤　彩子	福島研究開発部門	廃炉国際共同研究センター	事故進展挙動評価ディビジョン	燃料溶解挙動解析グループ	
宮部　昌文	〃	〃	燃料デブリ取扱・分析ディビジョン	燃料デブリ分析グループ	
加藤　政明	〃	〃	〃	〃	
倉田　正輝	福島研究開発部門	廃炉国際共同研究センター	事故進展挙動評価ディビジョン		ディビジョン長

Table 4　主な廃棄物と移設品

搬出日	主な廃棄物及び移設品	搬出元
26.　5.　16	【移設】蛍光光度計、物理実験台	Pu1 棟
6.　27	【産廃】木製テーブル台、実験消耗品、ガラス製デシケーター×6 個、実験器具消耗品（鉄・プラ）木製棚、整理棚×3（金属混合）【撤去品】電子天秤、敷板、実験器具付属品、棚、棚板、業務用乾燥機	研 1 棟
7.　17	【撤去品】デジタルマルチ温度計、ポテンショスタット、油回転真空ポンプ、電解酸化還元装置、マイクロチューブポンプ、デジタルメモリースコープ、フラクションコレクター、分析用試料粉砕機、試料保管用冷凍庫	研 1 棟
7.　28	【産廃】高温振とう機、X 線フィルム保存箱分解済 【撤去品】X 線フィルム保存箱（鉛板等）	Pu1 棟
8.　28	【移設】蛍光イメージング分光、超臨界水分測定装置	Pu1 棟
9.　16	【産廃】壁掛け時計、キーボード×7、簡易 HD、乾燥機、電気ストーブ、デュワー瓶、ハードディスク×10、電話機、ネットワークハブ、プリンタ、ガラス実験器具、OA デスク、コンセントタップ、椅子、【撤去品】パラフィンブロック、硬質ポリエチレン板、電気ストーブ、OA デスク、椅子（金属部分）	Pu1 棟 研 2 棟
9.　17	【産廃】ガラス実験器具、実験消耗品、棚×2、【撤去品】X 線フィルム保存箱（鉛板等）	Pu1 棟
10.　8	【産廃】パソコンモニター、キーボード、プリンタ、陶器製実験器具、【撤去品】プリアンプリファイヤー、ポテンショスタット、記録計、バーチカルペンレコーダー	Pu1 棟
10.　31	【撤去品】脱気系実験用簡易 GB、ポーラログラフィックナナライザー、ハイパーピュアゲルマニウム、中性子計測計、オシロスコープ、回転リングディスク電極、プレアンプ、pH メーター、テデクターバイアスサプライ、タイマー/スケーラー、シングルチャネルアナライザー、クーロンメーター、紫外線強度計、ハイボルテージパワーサプライ、ポテンシオ/ガルバノスタット、速中性子比例計数管	Pu1 棟
11.　21	【産廃】ガラス実験器具、ビニールシート、ビニールチューブ、実験消耗品 【撤去品】金属ゴミ、ケーブル類	Pu1 棟
12.　12	【産廃】パソコン×2、工具収納ケース 【撤去品】フーリエ変換赤外分光光度計、エキシマレーザー励起色素レーザー装置、ピュア Ge 半導体検出器、サーモエリート、DC 電源、低温循環恒温槽、油回転真空ポンプ、蒸留水製造装置、フラクションミニコレクター、XY レコーダー、ノート型パソコン、光音響分光測定装置、超音波分散機、MCA 監視システム付属品、オートデシケーター、レーザー誘起光音響分光測定装置、MCA、レーザー誘起分光測定装置、物理実験台等	Pu1 棟
12.　19	【産廃】パソコンモニター、実験器具、椅子、実験消耗品、業務用エアコン室外機、業務用エアコン室内機×2、漏斗台、ガラス器具乾燥棚、試料かくはん機 【撤去品】ウォーターバス、椅子、実験台、扇風機	研 4 棟
27.　1.　29	【移設】化学実験台×3	Pu1 棟
2.　13	【産廃】パソコン×2、パソコン周辺機器、パソコン 11 台、繊維類（軍手等）、ビニール 【撤去品】作業台、実験器具、実験用ビニール、プリンタ、空気清浄機 2 台、ガラス器具、pH メーター	研 2 棟 研 4 棟
2.　20	【産廃】椅子、PC 用フロッピー類、減圧ポンプ、デュワー瓶	
7.　2	【撤去品】解体済作業台、キャビネット、デシケーター、実験用椅子、実験台、物理実験台、超純水製造装置、ポンプ、遠心機、電気炉・ルーペ・スターラー、ファンクションジェネレーター・分極特性自動測定装置、ポテンションスタット・電気分解試験装置、MCA・多重波高分析装置、クーロンメーター、天秤、高温水槽・低温振とう恒温水槽	研 2 棟 研 4 棟
7.　17	【撤去品】椅子、金属ゴミ（解体）、鉄くず等	研 4 棟
7.　14	【産廃】業務用冷蔵庫	研 1 棟
8.　17	【撤去品】物理実験台、化学実験台、試料棚、実験台、金属顕微鏡	研 1 棟
8.　18	【撤去品】化学実験台、低温乾燥機、器具整理棚、実験備品、実験装置、PC 棚、実験台	
8.　28	【産廃】椅子、デシケーター、ポリタンク、ガラス器具、キーボード、プリンタ、ガラス器具、ルーター、プラスチックデシケーター、実験消耗品、pH メーター、塩ビ製保管ケース、ガラス器具、実験消耗品 【撤去品】測定装置類、糸鋸、鉄くず、椅子、実験用消耗品	Pu1 棟 研 1 棟
10.　30	【産廃】オシロスコープ、ルーター、キーボード、マウス、フロッピーディスク、外付けハードディスク、純水製造装置、PC 周辺機器、プラスチックデシケーター、PC モニター、ガラス器具、アクリル製 GB、ガラス器具、実験消耗品、プリンタ、パソコン×3 【撤去品】超音波洗浄機、精密温度計、攪拌機、真空ポンプ、電子天秤、ロータリーエバポレーター、低温循環水槽、アルミホイル、ロッカー	研 1 棟 研 2 棟 研 4 棟
11.　18	【移設】スチール試薬棚、ガラス器具	Pu1 棟
12.　4	【撤去品】極紫外分光装置、分析用データ処理システム、極紫外分光装置用ターゲットチェンバー、真空計	研 4 棟
28.　1.　1	【産廃】プラスチックケース、アクリル板 【撤去品】作業台、キャビネット	Pu1 棟

Pu1 棟　：プルトニウム研究 1 棟
研 1 棟　：第 1 研究棟
研 2 棟　：第 2 研究棟
研 4 棟　：第 4 研究棟

Table 5　核燃料物質・放射性同位元素の運搬当日の作業工程

時刻	運搬作業内容
9:00	プルトニウム研究 1 棟において KY/TBM・リスクアセスメントの実施、打ち合わせ
9:50	RI 運搬車などの借用
10:00	RI 運搬車が車庫から出発。ホットラボにて I 型運搬容器（空）の積み込み
11:20	RI 運搬車がホットラボから出発
11:30	プルトニウム研究 1 棟に RI 運搬車が到着
11:50	RI 運搬車に積み込んだ I 型運搬容器（空）をプルトニウム研究 1 棟に搬入
13:05	核燃料物質保管庫の鍵を借りる
13:10	核燃料物質保管庫から運搬する核燃料物質を取り出し、汚染検査後に I 型運搬容器へ収納
13:45	I 型運搬容器を搬出し RI 運搬車の荷台に固縛。車両の線量当量率、表面密度測定
14:30	RI 運搬車及び伴走車がプルトニウム研究 1 棟からホットラボへ出発 交差点見張り人は各自担当する交差点に待機（無線機の動作確認） 無線機により運搬責任者から未照射燃料管理課課長へ出発の連絡 無線機により運搬責任者から核物質管理課課長へ出発の連絡
14:45	ホットラボに RI 運搬車が到着 無線機により運搬責任者からホット使用施設管理課課長へ到着の連絡 無線機により運搬責任者から核物質管理課課長へ到着の連絡
15:05	RI 運搬車に積み込んだ I 型運搬容器をホットラボへ搬入
15:15	保管室に収納
16:00	RI 運搬車及び無線機を返却

Table 6　グローブボックス内汚染状況調査結果

部屋番号	グローブボックス	α		β（γ）	
		cpm	Bq/cm^2	cpm	Bq/cm^2
101	12-L①	2.8×10^6	7.7×10^4	8.5×10^5	6.5×10^3
	12-L②	3.5×10^5	9.8×10^3	5.0×10^4	3.8×10^2
	12-K	1.8×10^4	5.0×10^2	4.0×10^3	30
102	11-2B①	1.2×10^2	3.4	50	0.42
	11-2B②	1.4×10^2	4.0	20	0.17
	11-2C	60	1.7	1.5×10^3	11
103	12-O	5.0×10^3	1.4×10^2	9.0×10^2	6.8
	12-J①	3.0×10^2	84	1.8×10^3	14
	12-J②	30	0.84	1.5×10^2	1.1
106	12-M①	4.0×10^5	1.1×10^4	7.3×10^4	5.6×10^2
	12-M②	4.5×10^3	1.3×10^2	7.0×10^2	5.3
	12-N①	2.6×10^5	7.4×10^3	4.2×10^4	3.2×10^2
	12-N②	5.0×10^4	1.4×10^3	7.0×10^3	53
107	14-V①	4.4×10^2	13	30	0.25
	14-V②	1.4×10^2	4.0	20	0.17
	14-W①	85	2.5	20	0.17
	14-W②	2.7×10^2	7.9	≒0.0	≒0.0 (BG)
	14-X①	2.4×10^2	6.8	60	0.50
	14-X②	1.1×10^3	31	20	0.17
108	14-2A①	2.9×10^5	8.4×10^3	1.2×10^4	99
	14-2A②	1.2×10^5	3.3×10^3	1.2×10^4	99
	14-2A③	3.5×10^4	1.0×10^3	1.8×10^3	15

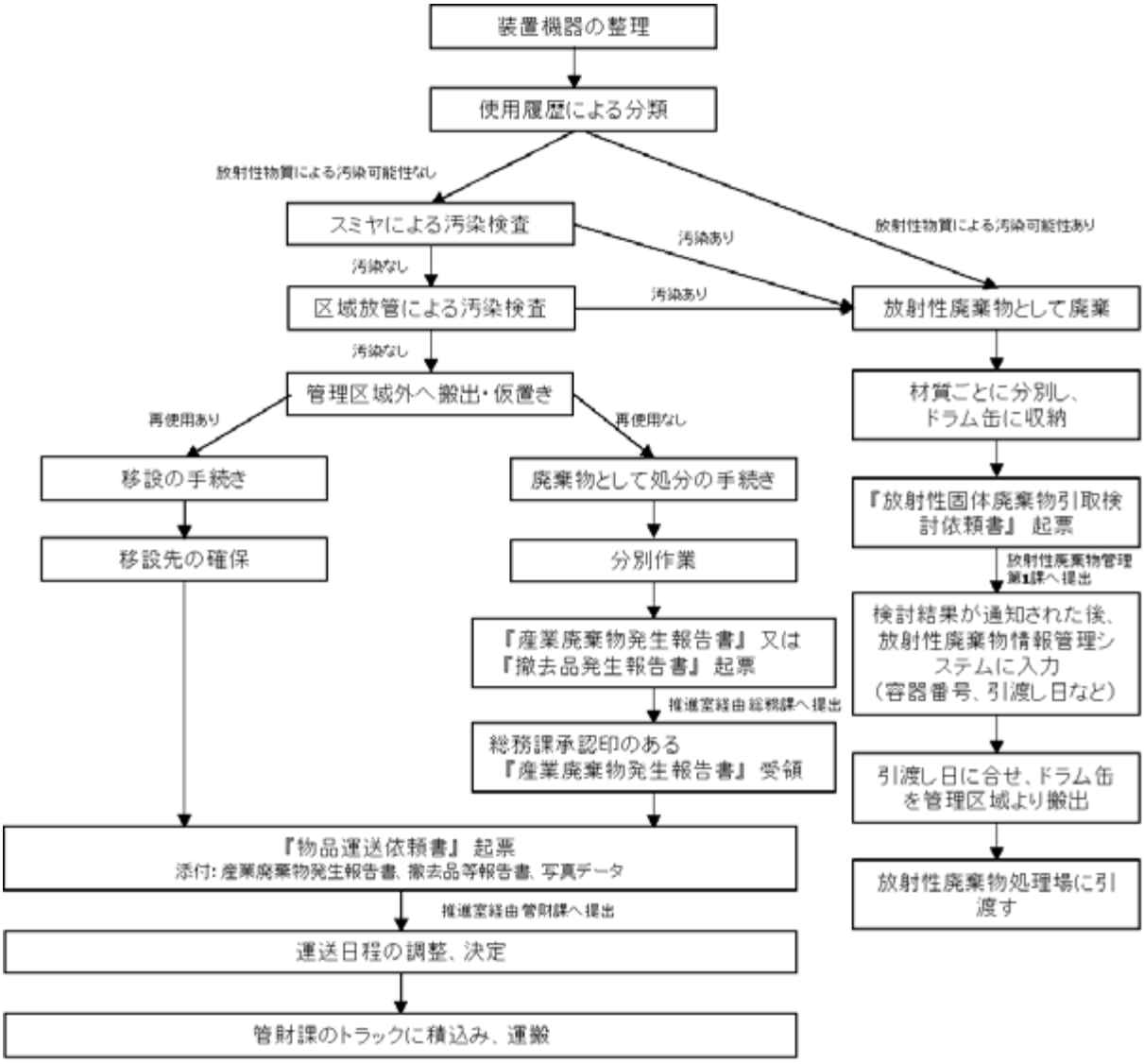


Fig. 1　使用機器撤去作業フロー

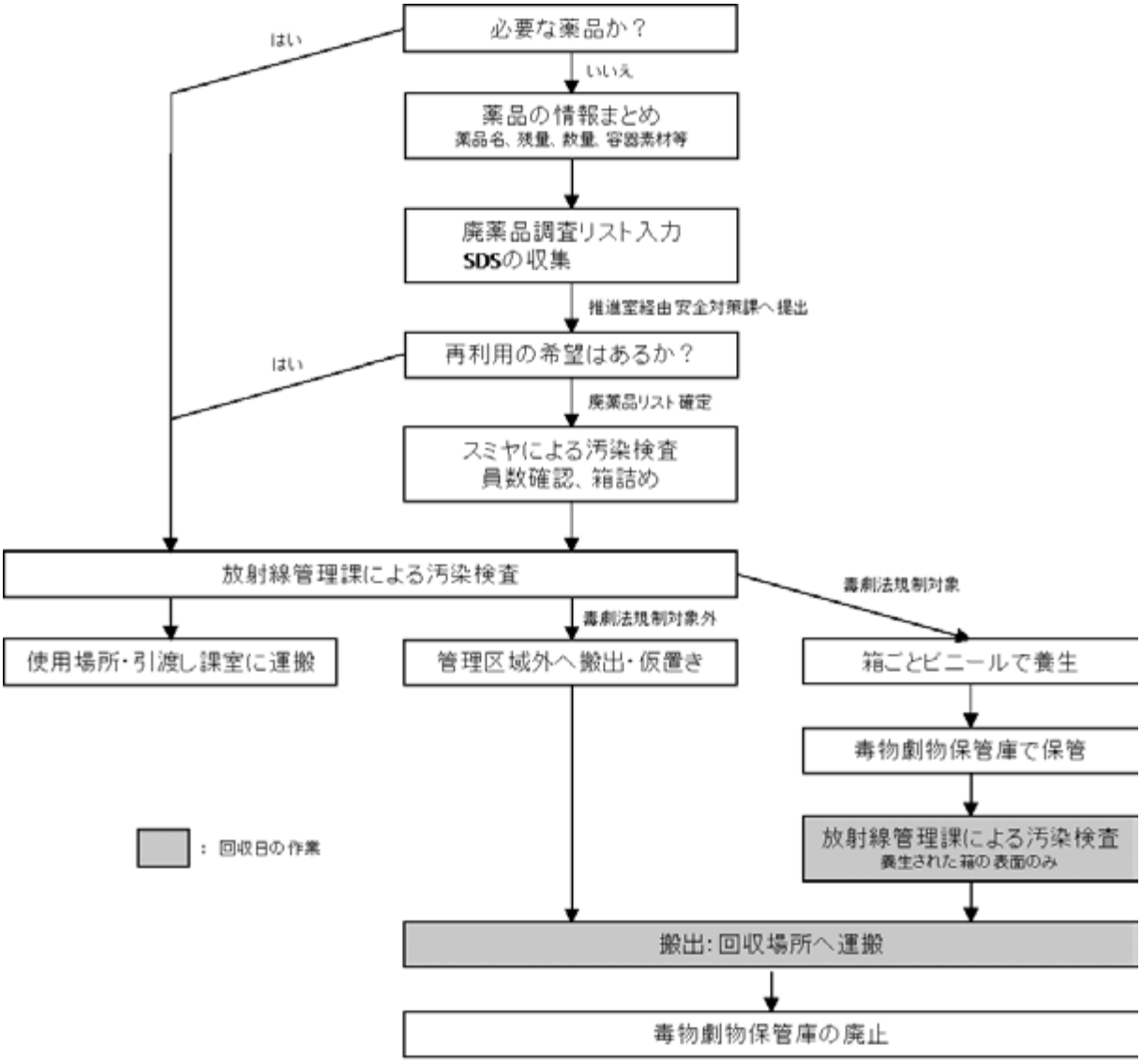


Fig. 2　薬品の整理・処分手続き作業フロー

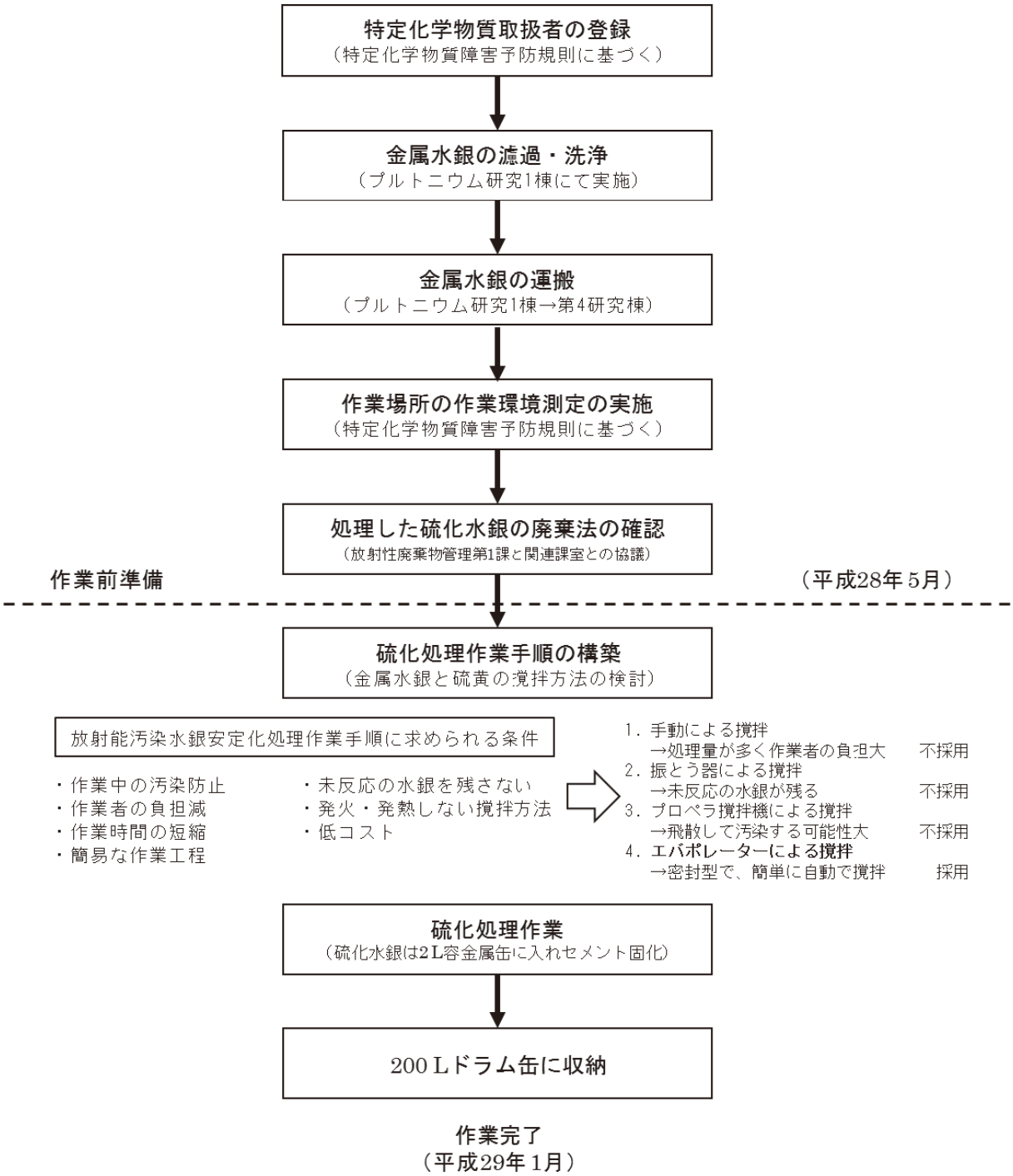


Fig. 3　放射能汚染した可能性がある水銀の安定化処理作業フロー

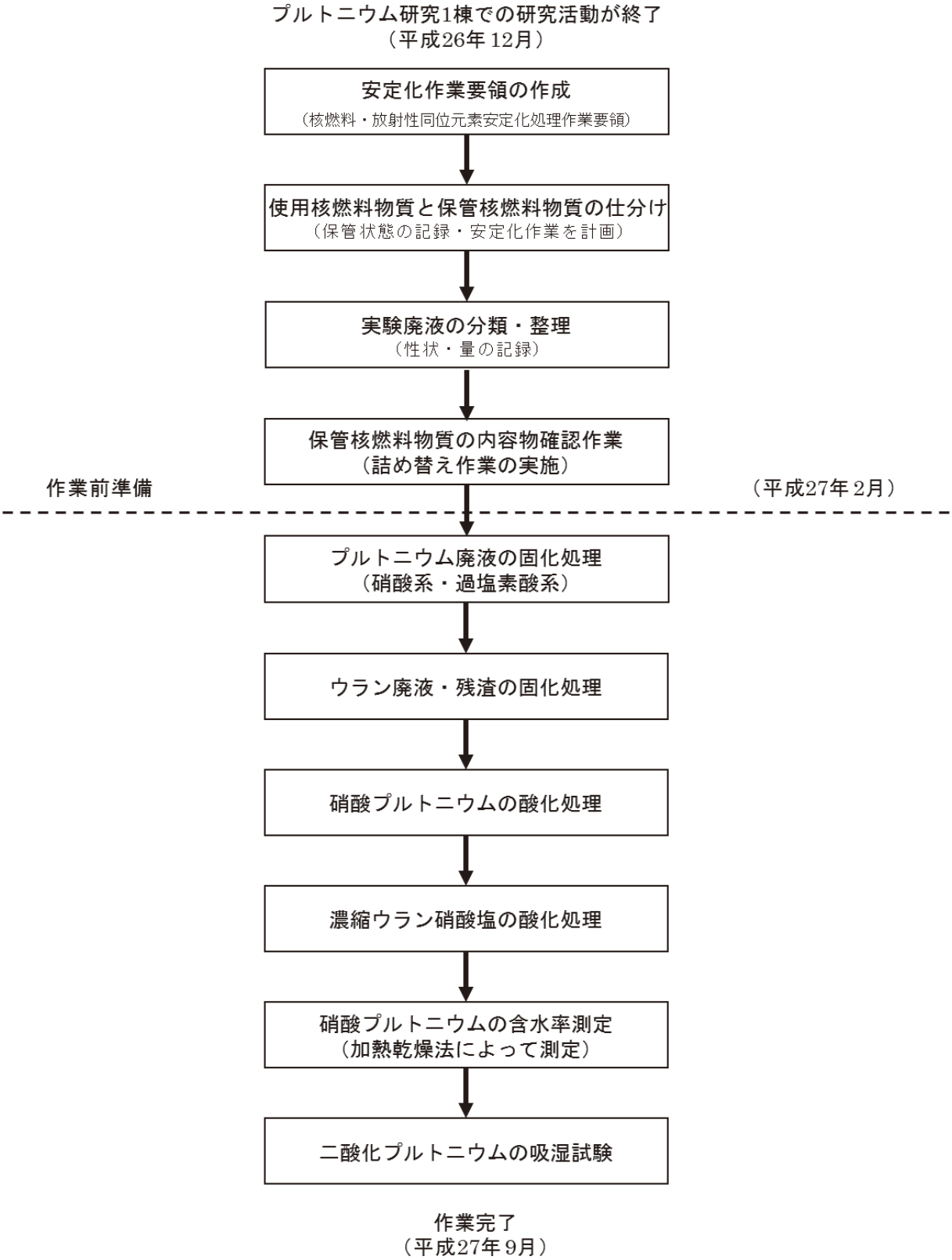


Fig. 4　核燃料物質の安定化処理作業フロー

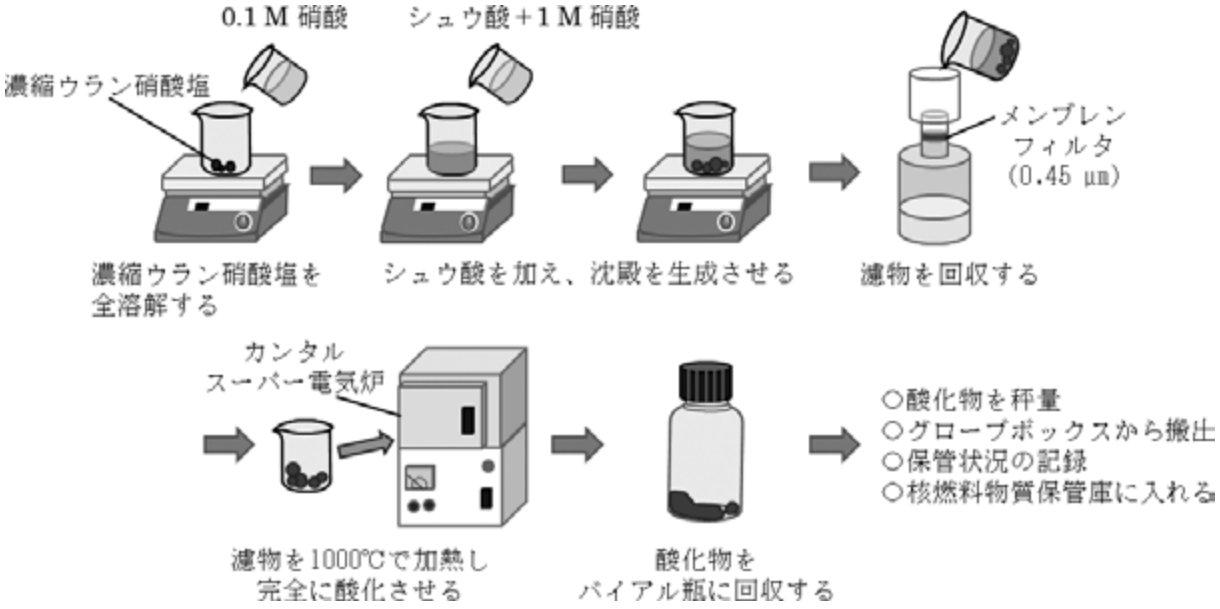


Fig. 5　硝酸プルトニウム安定化処理作業手順

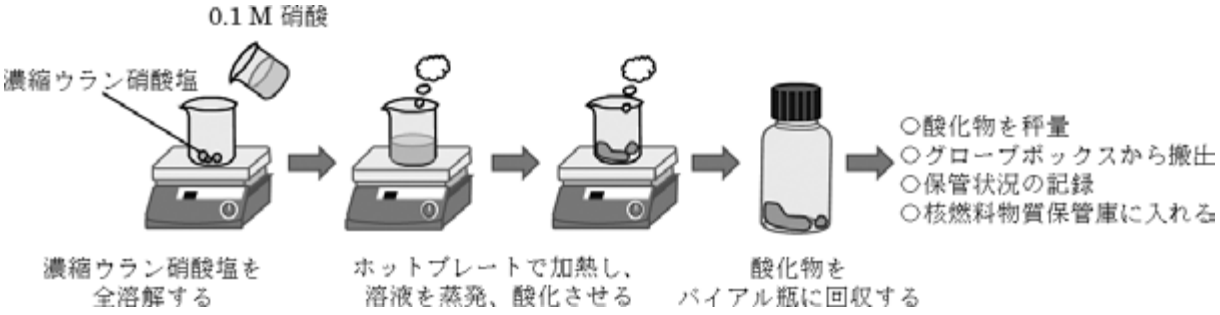


Fig. 6　濃縮ウラン硝酸塩安定化処理作業手順

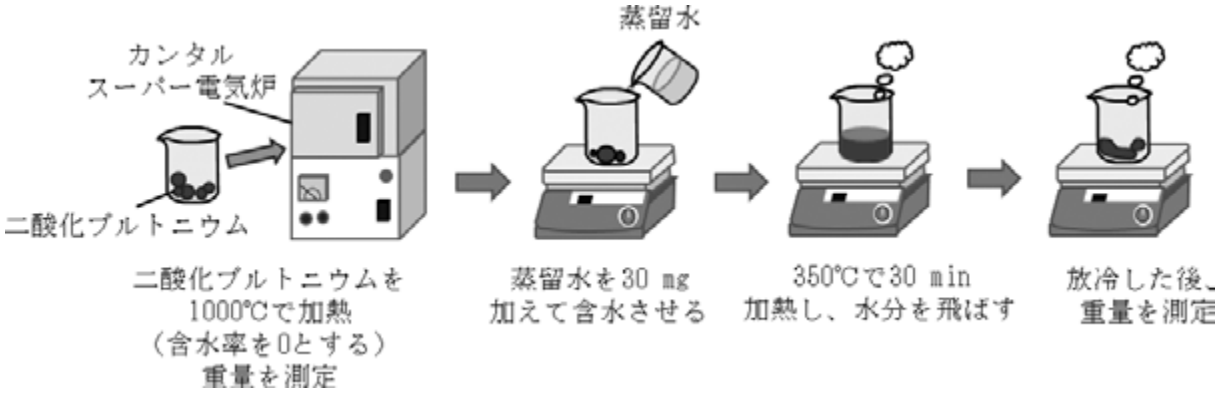


Fig. 7　加熱乾燥法による含水率測定の作業手順

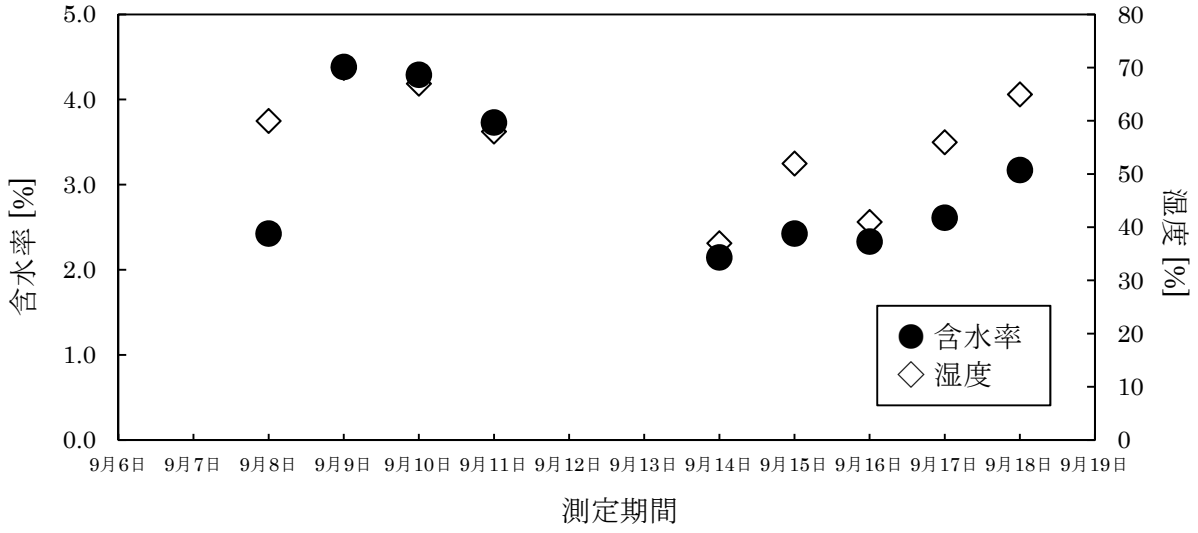


Fig. 8　湿度による核燃料物質含水率の変化

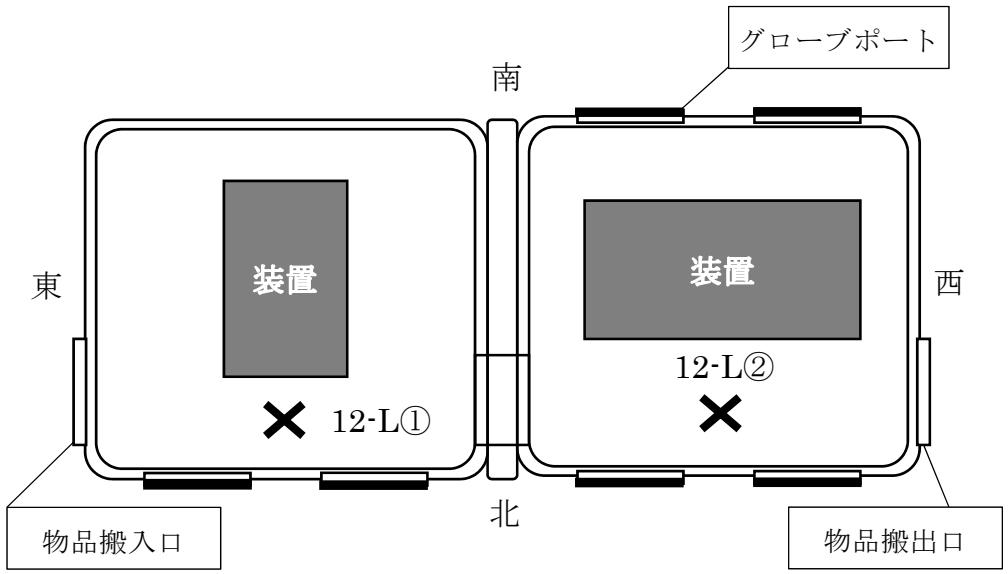
グローブボックス	12-L
部屋番号	101 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 9　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-L）

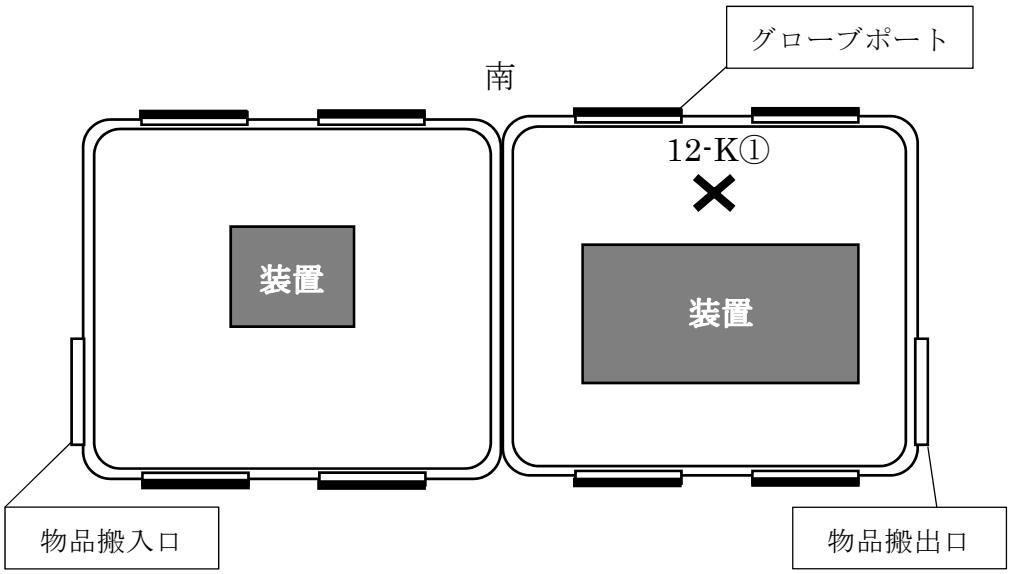
グローブボックス	12-K
部屋番号	101 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 10　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-K）

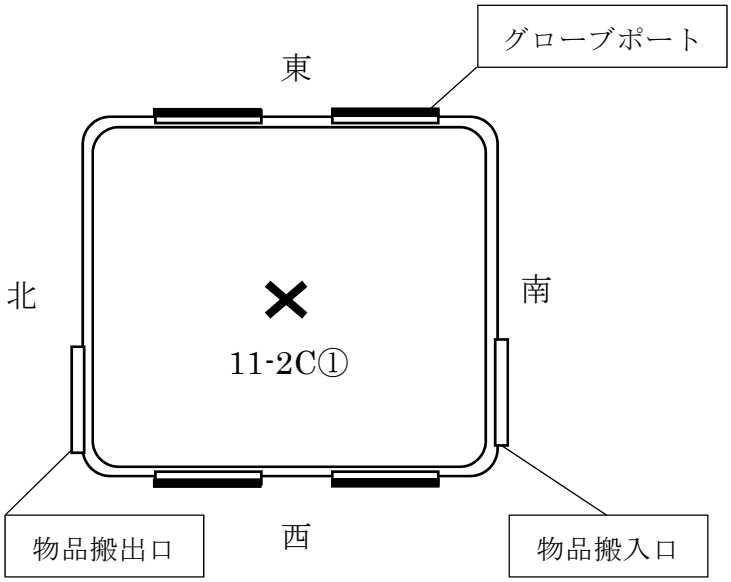
グローブボックス	11-2C
部屋番号	102 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 11　グローブボックス内表面密度測定箇所（11-2C）

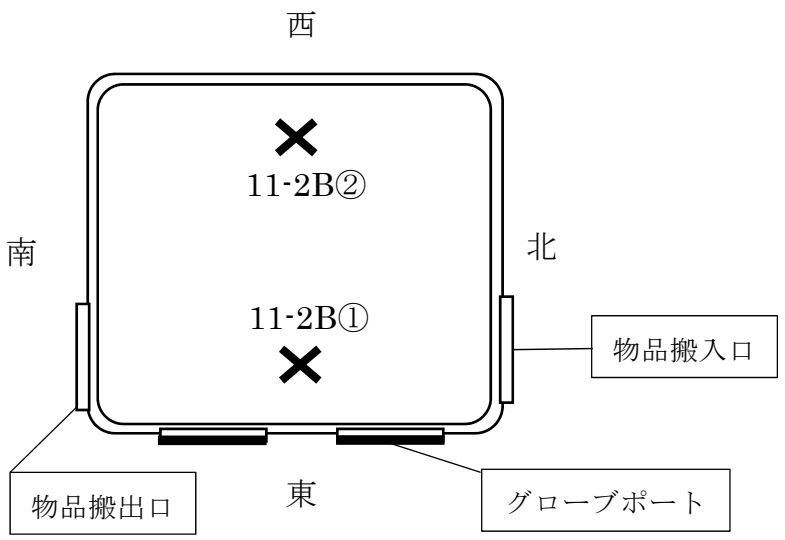
グローブボックス	11-2B
部屋番号	102 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 12　グローブボックス内表面密度測定箇所（11-2B）

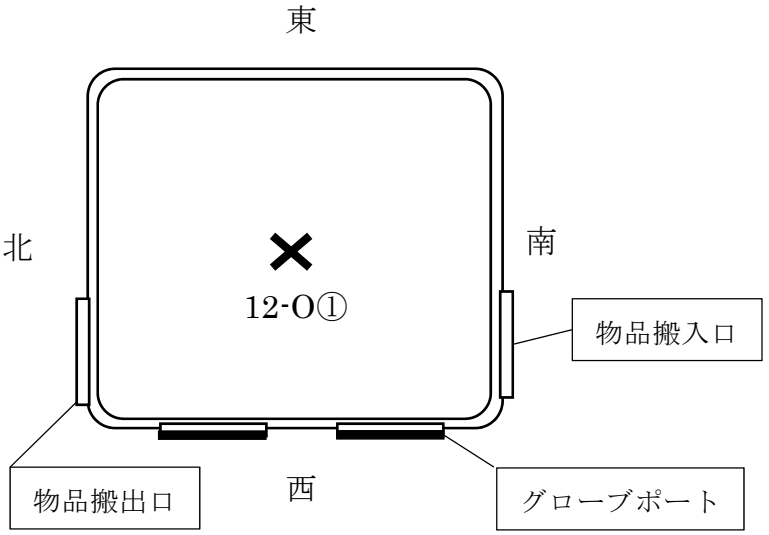
グローブボックス	12-O
部屋番号	103 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 13　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-O）

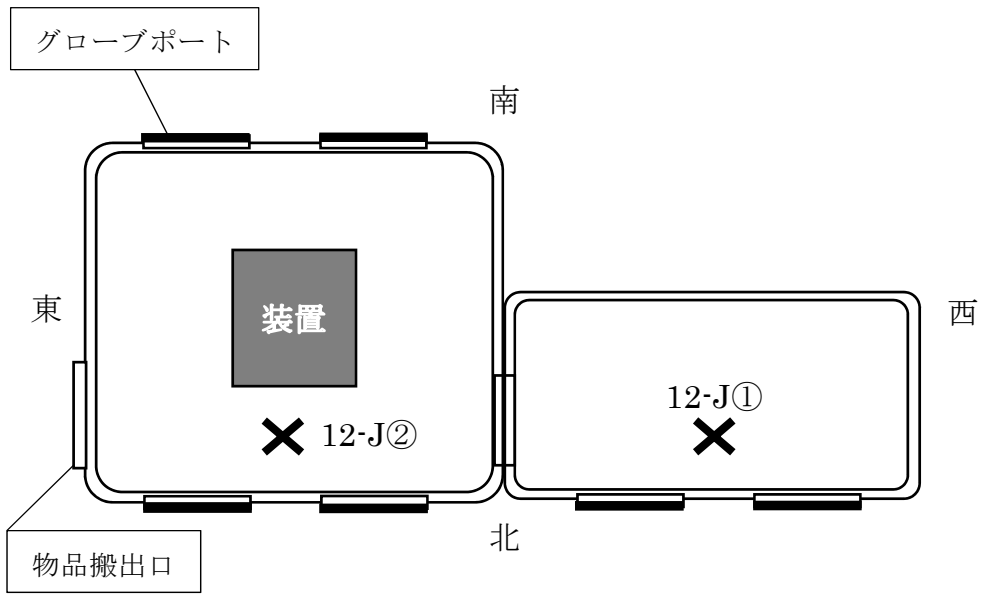
グローブボックス	12-J
部屋番号	103 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 14　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-J）

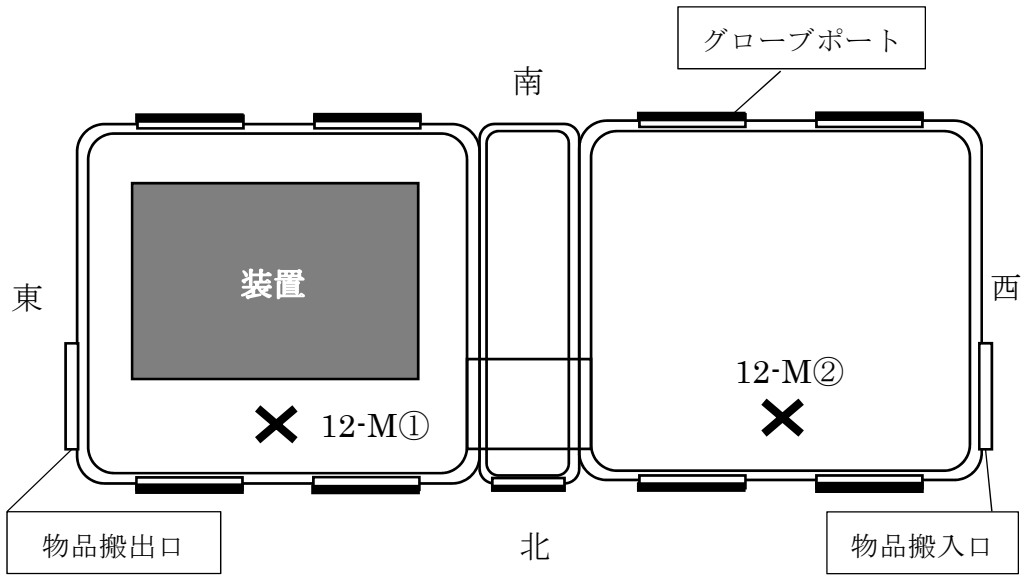
グローブボックス	12-M
部屋番号	106 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 15　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-M）

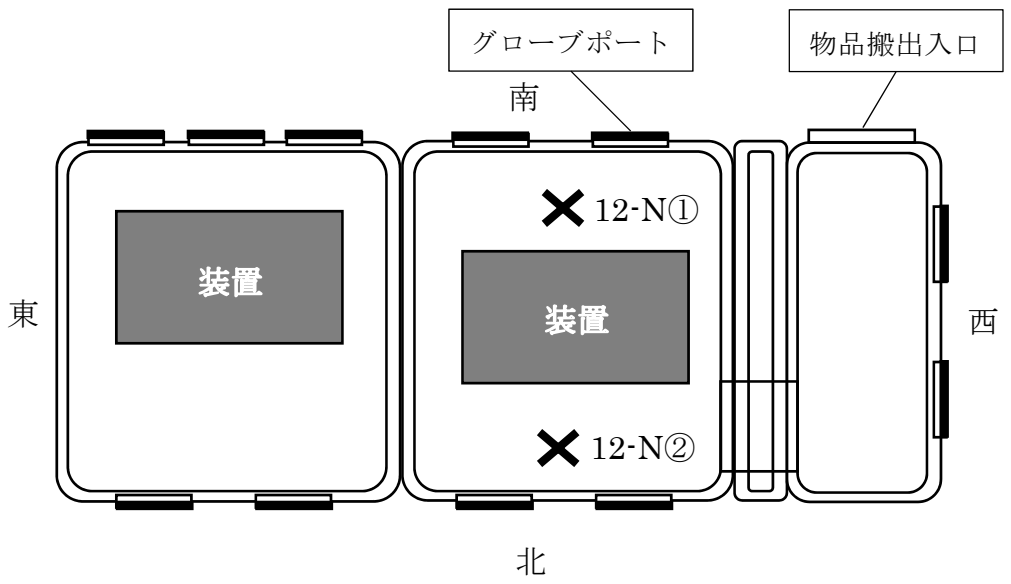
グローブボックス	12-N
部屋番号	106 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 16　グローブボックス内表面密度測定箇所（12-N）

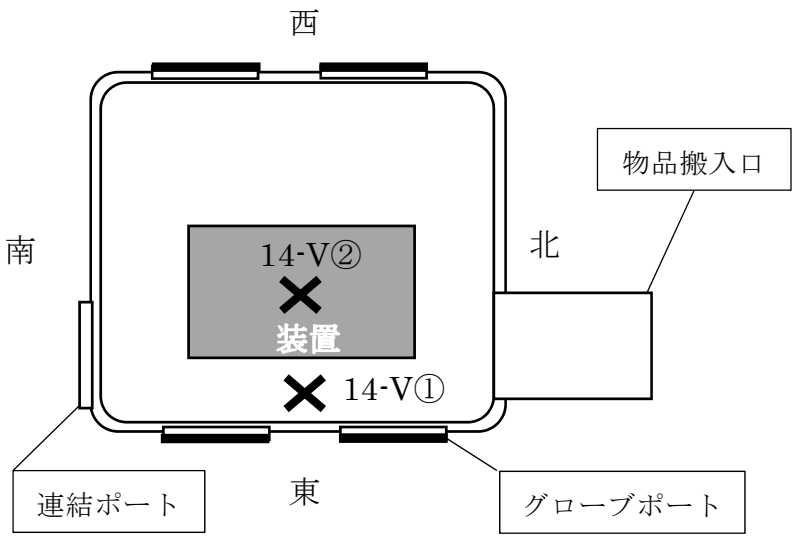
グローブボックス	14-V
部屋番号	107 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 17　グローブボックス内表面密度測定箇所（14-V）

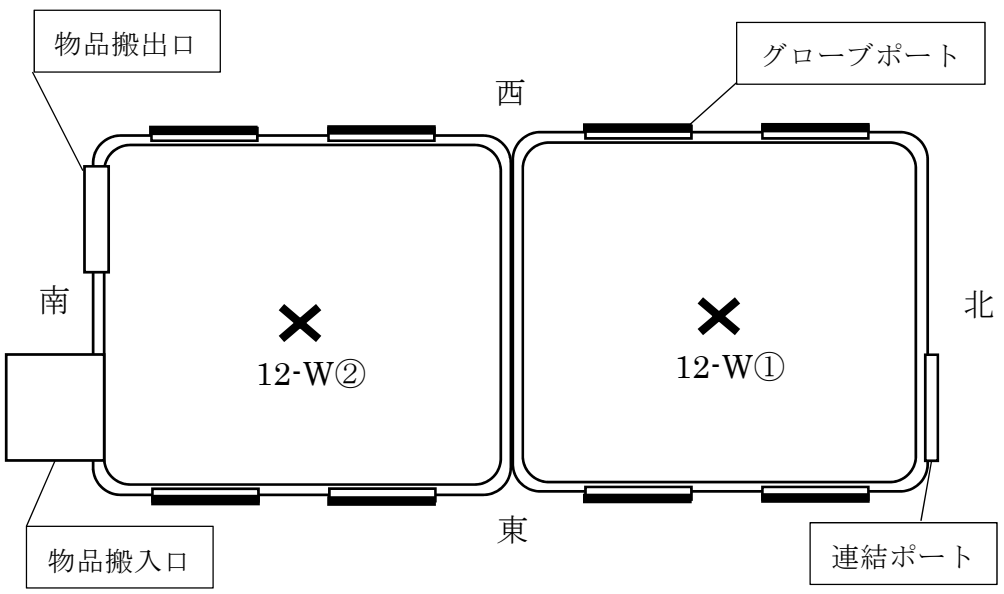
グローブボックス	14-W
部屋番号	107 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 18　グローブボックス内表面密度測定箇所（14-W）

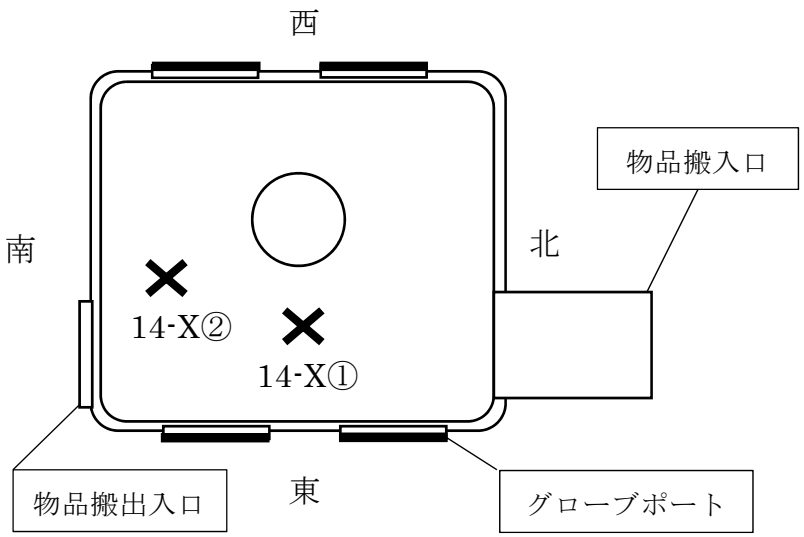
グローブボックス	14-X
部屋番号	107 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 19　グローブボックス内表面密度測定箇所（14-X）

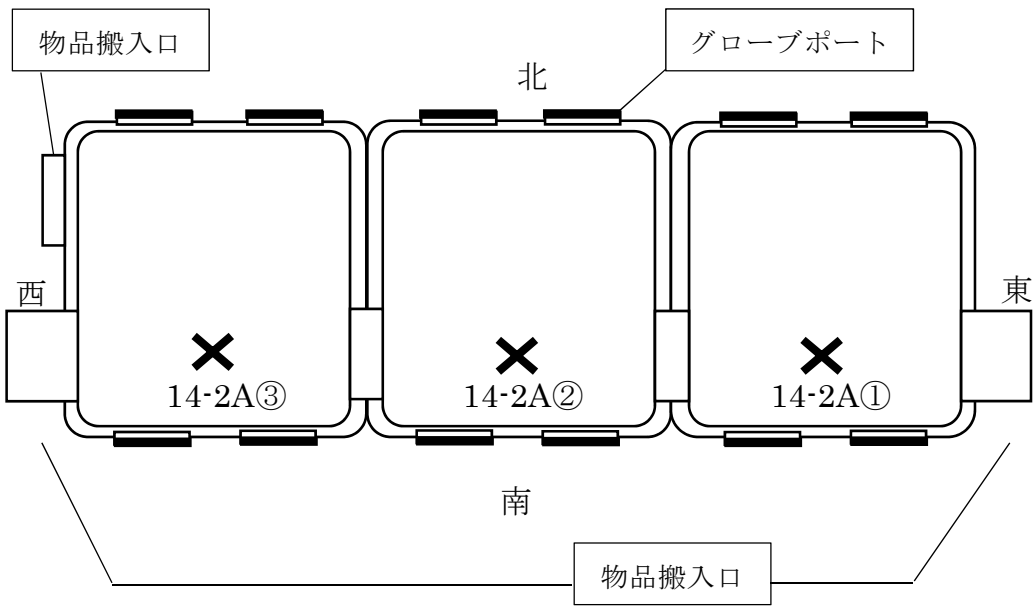
グローブボックス	14-2A
部屋番号	108 号室
表面密度測定箇所(床面図)	

Fig. 20　グローブボックス内表面密度測定箇所（14-2A）

Photo 1　実験棚等の搬出作業前

Photo 2　実験棚等の搬出作業中

Photo 3　実験棚等の搬出作業後

Photo 4　使用機器のトラックへの積み込み作業

Photo 5　廃棄薬品の箱詰め作業

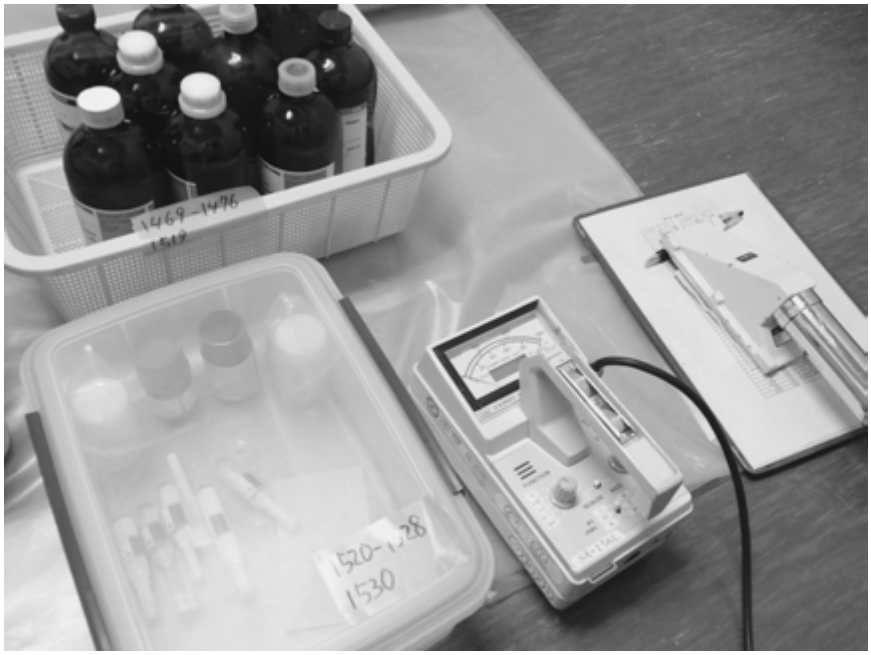


Photo 6　廃棄薬品の汚染検査作業

Photo 7　汚染検査済み廃棄薬品のビニール袋による養生

Photo 8　シュウ酸プルトニウム濾過前

Photo 9　シュウ酸プルトニウム濾過後

Photo 10　硝酸ウラニル（濃縮）の安定化処理作業（加熱）

Photo 11　硝酸ウラニル（濃縮）の安定化処理作業（加熱後乾燥）

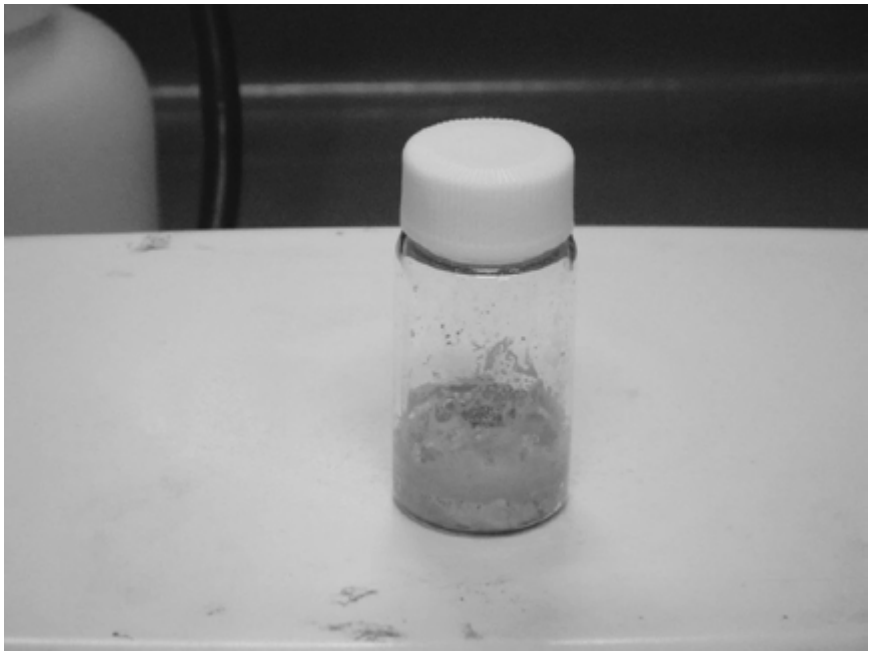


Photo 12　硝酸ウラニル（濃縮）の安定化処理作業後

Photo 13　二酸化プルトニウムの加熱乾燥作業

Photo 14　加熱乾燥作業途中

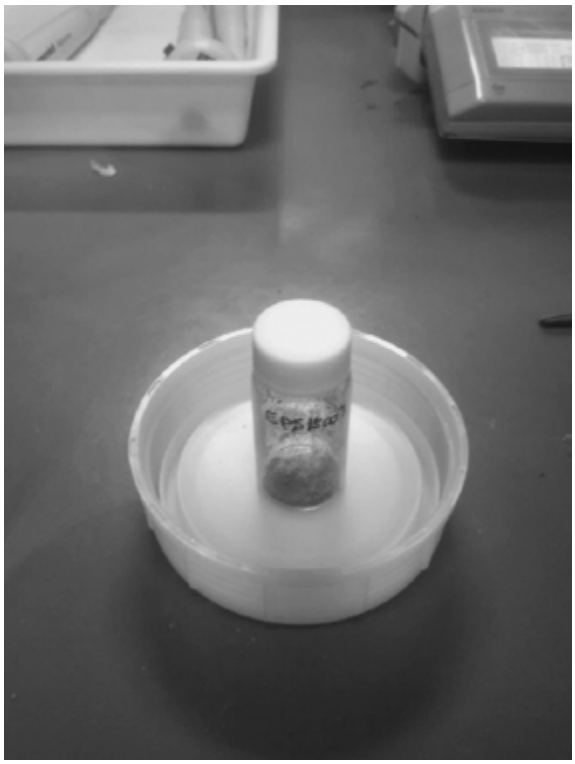


Photo 15　加熱乾燥作業後

Photo 16　RI 運搬車荷台へのＩ型運搬容器の固縛状況

Photo 17　RI 運搬車の見張り人搭乗車両の伴走

Photo 18　交差点への見張り人の配置

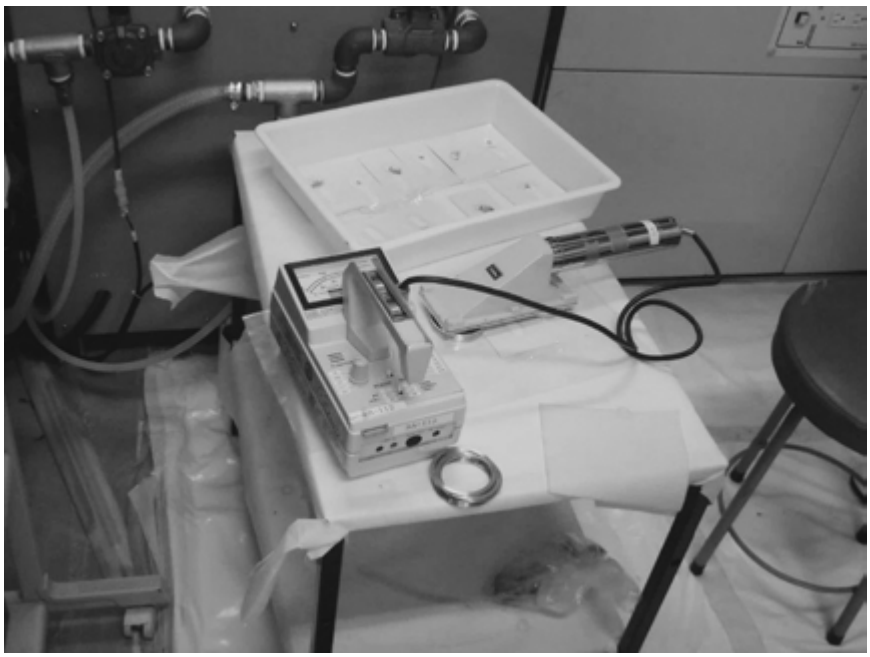


Photo 19　α サーベイメータを用いた計数率測定

付録　1

平成 28 年 5 月 16 日
改定　平成 28 年 6 月 22 日

放射性汚染水銀の硫化水銀化処理作業手順書

放射性物質で汚染した液体状の金属水銀を硫黄粉末と混合することにより、化学的にも安定な固体状の硫化水銀にして保管廃棄する。

1. 処理対象水銀
プルトニウム研究 1 棟の実験室に長期保管していた金属水銀
約 35 キログラム

2. 作業期間及び場所
期間　平成 28 年 5 月から平成 29 年 1 月までの 9 ヶ月間
場所　第 4 研究棟 419 号室　実験フード内

3. 硫化水銀化処理方法
本処理法では、一度に 600 g の水銀が処理でき、処理時間は二日間要する。以下に二日間の作業手順について記載する。実際の作業の様子については写真を参照する。
作業一日目（作業は 09:00 より開始する）
1) 硫黄粉末をふるいにかける。ダマを潰しながら極力全量ふるいにかける。
2) 水銀 600 g を電子天秤ではかり採り、ロータリーエバポレーター用 1000 mL 容フラスコに入れる。
3) ふるいにかけた硫黄粉末 300 g を電子天秤ではかり採り、水銀を入れたフラスコに入れ、手で振って軽く撹拌する。
4) フラスコをエバポレーターにセットし、低速（速度メモリ 1）で撹拌する。
5) 2 時間ほど撹拌した後に、フラスコ底部にこびり付いた硫黄を崩してから中速（メモリ 5~6）で撹拌する。
6) 17:00 頃まで撹拌を続け、一日目の撹拌を終了させる。

作業二日目（作業は 09:00 より開始する）
7) 撹拌を再開する（中速）。
8) 17:00 頃まで撹拌を続け、反応した硫化水銀を金属缶（2L 容）に入れる。
9) 金属缶にある程度の量の硫化水銀が溜まったら、セメントで固める。
10) 2~3 日放置して固めた後、ビニール袋に入れ黄色ドラム缶に詰める。

作業上の注意

○水銀（処理後も含む）の取扱いは、給排気が昼モードの時間帯にのみ行う。

○作業中は綿手袋、腕カバー、ゴム手袋を着用し、ゴム手袋に水銀や硫化水銀が付着した場合は速やかに交換する。

○金属水銀を取り扱う際は、バット等の受けを必ず用いる。

○万が一金属水銀をこぼした場合は、全て回収する。

○水銀が付着した廃棄物は可燃・不燃に分別、可燃物は専用赤ペール缶、不燃物はフード内のポリ袋へ入れる。

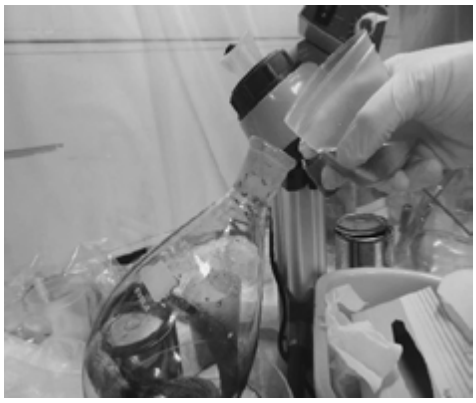
※対応しきれない量の水銀が飛散する等の異常時には速やかに連絡する事
堀田（6550）、 北辻(5517)

以上

(1)

(2)

(2)



(3)

(4)

(8)

(9)

付録　2

核燃料物質保管容器内容物確認作業要領

平成 27 年 5 月 21 日
ホット使用施設管理課

１．　概要

本要領は、プルトニウム研究１棟に保管する核燃料物質（プルトニウム燃料のみ）を次年度、他施設に移送する際に容器の移し替えを行うことから、保管容器内の状態、形状等を確認するものである。

２．　作業日時及び作業場所

日時：平成 27 年 5 月 22 日（金）　9:15～11:30、13:40～16:40(予定)
場所：プルトニウム研究１棟　105 号室及び 109 号室

３．　作業者

燃料高温科学研究グループ：音部、田村
放射化学研究グループ：北辻
分析化学研究グループ：大内
ホット使用施設管理課：大友、染谷、永井

４．　資器材等

布帽子、綿手袋、ゴム手袋、デスクライト、スケール、酢ビシート、靴カバー
サーベイメータ、ポッケット線量計、ＯＳＬバッチ

５．　作業要領

作業は以下の項目に従い実施するものとする。

（１）　作業前打ち合わせ
・作業の役割分担及び作業手順の確認、ＫＹ－ＴＢＭの実施

（２）　作業前準備
・装備の着装。
・作業エリア及び作業台の汚染検査。
・作業台の酢ビシート養生。
・デスクライトを作業台にセット。

（３）　作業
1）保管容器を貯蔵棚から取り出す。
2）保管容器汚染検査。
3）保管容器のＴＡＧの確認。
4）保管容器の開封。（以降、半面マスク及びゴム手袋着用）

5） 密封容器の取り出し。

6） 密封容器の汚染検査。

7） 密封容器番号の確認。

8） 密封容器の外観確認。

9） 密封容器の寸法測定。

10) 密封容器内の状態（充填率等）確認。

11）密封容器の写真撮影。

12）密封容器を保管容器へ収納

13）保管容器の汚染検査。

14）保管容器を貯蔵棚へ収納

15）作業台の汚染検査。

以上の工程を 28 回（保管容器数）繰り返す。

（４） 片づけ

1） 作業台の養生撤去。

2） 作業台、スケール及びデスクライトの汚染検査。

3） 作業台及びデスクライトの片づけ

4） 作業エリアの汚染検査。

5） 装備の汚染検査。

6） 装備の脱装。

7） 退出。

以上

付録　3

プルトニウム研究１棟
核燃料・放射性同位元素安定化処理作業要領

平成２７年２月

基礎工センター
燃料高温科学研究グループ
放射化学研究グループ

施設管理者	分任施設管理者	担当

目　　次

１．目的 ---------- 53
２．対象の核燃料及び放射性同位元素 ---------- 53
３．作業方法 ---------- 53
４．作業安全及び作業実施に関する留意事項 ---------- 57

１．目的

この要領は、プルトニウム研究１棟の核燃料・放射性同位元素の安定化処理作業を安全に実施するために、遵守すべき手順を定めたものである。

２．対象の核燃料及び放射性同位元素

プルトニウム研究１棟の貯蔵庫、保管庫、廃棄物保管室、グローブボックス及びフードに置いてあり、今後の使用が不可能な核燃料・放射性同位元素と、NUCEF の貯蔵庫へ移動するために、含水率が 16wt%以下であることを求められている硝酸プルトニウム。

３．作業方法

グローブボックス及びフードでの作業は、「プルトニウム研究１棟設備の取扱マニュアル（以下、「取扱マニュアル」と記す。）に従って行う。作業に先立ち、汚染拡大防止のためグローブボックス及びフード周辺を酢酸ビニルシートで養生する。作業後、可燃物は金属容器に収納する。廃棄物容器は必要最低限とする。満杯になった廃棄物容器は速やかにグローブボックスから搬出し、α廃棄物容器に収納する。以下に個別の作業手順について記す。

３．１　対象の核燃料及び放射性同位元素の仕分け

プルトニウム研究１棟の貯蔵庫、保管庫、廃棄物保管室にある核燃料や放射性同位元素については、すべて仕分け（今後、他施設へ移動して使用するか、廃棄物にするか）を既に実施してある。これらの仕分けと同様に、平成 26 年 12 月末まで試験中であった核燃料や放射性同位元素についても、音部及び中田、北辻が各自の担当分について仕分けする。この仕分けは、H26 年度に実施されてきた試験作業の後始末分として実施する。

３．２　プルトニウムの処置

①他施設に移動して使用する酸化および金属プルトニウムの処置

安定化処理の必要がない酸化物及び金属プルトニウムは、よく乾燥した状態で、ガラスバイアル瓶等に収納した後、グローブボックスから搬出して 2 重 PVC バッグ梱包し、金属缶に入れて貯蔵庫に移動する。

【グローブボックスから移動する量＝Pu 約○.○ g：対象グローブボックス　12-L、 12-K、12-O、 12-N　：燃料高温科学 Gr】

②他施設に移動して使用するプルトニウム溶液（硝酸系、過塩素酸系など）の処置

他施設に移動して使用するプルトニウム溶液は、電量分析及び放射能測定により、プルトニウム量を定量後、ホットプレートで 70℃に加熱して乾固する。

【グローブボックスから移動する量＝Pu 約○ g/○.○ℓ：対象グローブボックス　14-W、14-2A：放射化学 Gr】

③廃棄物にする金属プルトニウムの処置

廃棄物にする金属プルトニウムは、101 号室グローブボックス 12-L に移動させて、カンタルスーパー電気炉で、空気中 500℃2 時間の熱処理を行って少しずつ酸化させてから、さらに1000℃で 2 時間熱処理を行って、酸化プルトニウムにする。その後、ポリ瓶等に収納して、セメント固化作業を実施する（3.2④参照）。

【廃棄物にする量＝Pu 約○.○ｇ：対象グローブボックス　12-L：燃料高温科学 Gr】

④廃棄物にする酸化プルトニウムの処置

廃棄物にする硝酸プルトニウムと酸化プルトニウムは、各グローブボックス内でポリ瓶の中でセメント固化する。水を加えたら固まるだけのインスタントセメント粉末を入れた 0.1～3ℓ広口ポリ瓶をグローブボックスに搬入して、セメント 1kg あたり水 150mℓを、廃棄プルトニウム（分取・秤量や核燃料管理票（赤タグ）で Pu 1g 以下を担保）と伴に加えて撹拌する。セメント固化後、グローブボックスから搬出して、2 重 PVC バッグ梱包して、105 号室のステンレス製容器へ収納する（3.2⑥参照）。

【廃棄物にする量＝Pu 約○.○ｇ：対象グローブボックス　12-L、 12-K、 12-N：燃料高温科学 Gr】

⑤廃棄物にするプルトニウム溶液（硝酸系、過塩素酸系など）の処置

プルトニウム溶液は、中和し、容器の蓋を外して乾燥させて減容した後、ポリ瓶に入れてセメント固化して、グローブボックスから搬出して、2 重 PVC バッグに梱包し、105 号室のステンレス製容器へ収納する（3.2⑥参照）。

【廃棄物にする量＝既存廃液

Pu 約○.○g 入り約 3ℓ：対象グローブボックス　12-L、 12-K、 12-M：燃料高温科学 Gr

Pu 約○g 入り約 2ℓ：対象グローブボックス　14-W、14-2A：放射化学 Gr

今回の処理によって生じる廃液

Pu 約○.○ g 入り約 1ℓ：対象グローブボックス　12-M：燃料高温科学 Gr

Pu 約○.○ g 入り約 1ℓ：対象グローブボックス　14-2A：放射化学 Gr】

⑥廃棄プルトニウムをセメント固化したポリ瓶のステンレス製容器の処置

プルトニウムをセメント固化したポリ瓶（2 重 PVC バッグ梱包済）を、105 号室のステンレス製容器に収納する場合に、核燃料管理票（赤タグ）等で、ステンレス製容器 20ℓに対して Pu 1g 以下であることを担保できるようにする。放射性廃棄物処理場に確認後、ステンレス製容器内の空きスペースのセメント充填を行う。

⑦硝酸プルトニウムの含水率測定

硝酸プルトニウムを NUCEF の貯蔵庫に移動するためには、含水率が 16wt%以下であることを NUCEF から求められており、それを証明する資料を作成する必要がある。

貯蔵庫にある硝酸プルトニウムの 1 バッチ（5g 以下）を 102 号室 12-O に移動して、100mg 程度分取する。その後、101 号室グローブボックス 12-L（燃料高温科学 Gr 分任管理区域）にある空気雰囲気のカンタルスーパー電気炉で 1000℃2 時間熱処理して全量 PuO_2 にして、熱処理前後の重量変化から含水量を定量する。カンタルスーパー電気炉は、グローブボックス内空気雰囲気開放系であるため、NOx ガスがグローブボックス内に放出される。そのため、試験用の硝酸プルトニウムの量は少ない方がよいが、グローブボックス 12-L の電子天秤の精度(±0.1mg)を考えると、100mg が適当であると考えられる。

硝酸プルトニウムの化学的安定形は、$Pu(NO_3)_4 \cdot 5H_2O$ で含水率 15.60wt％であるため、16wt%以下の結果が得られると予想されるが、もし、結果が 16wt％以上の場合、硝酸プルトニウム全量（約 20g）について、吸着水を除去するために 120℃で熱処理するなどの処理が必要となる。その場合には、放出された NOx ガスを炭酸ナトリウム水溶液中に流通させてトラップする装置を新たに据え付けた 101 号室グローブボックス 12-K の酸素ポテンシャル測定装置で熱処理する。本作業が必要な場合は、別途要領書を作成した後作業を行う。

なお、本含水量測定は、106 号室グローブボックス 12-M の熱天秤を使用して熱重量測定をすると、より精密なデータが得られるが、複雑な操作が必要なため、上記の方法のバッグアップとする。

必要があれば、より正確な含水率資料を作成するために、熱処理前の硝酸プルトニウムおよび熱処理後の二酸化プルトニウム(PuO_2)の同定を 106 号室グローブボックス 12-N の粉末 X 線回折装置で実施する。

【対象グローブボックス　12-N：燃料高温科学 Gr】

３．３　ウランの処置

①他施設に移動して使用するウランの処置

フード内で、ポリ瓶やガラスバイアル瓶などの収納容器の蓋を外して、よく自然乾燥させてから、容器表面の汚染がないことを確認した後に、貯蔵庫または保管庫に移動する。収納容器の蓋を外した場合に、収納容器からの漏えいの拡大防止のために、収納容器に受皿を敷く。

【他施設で使用する量＝U 約○g：対象フード 12H-E1、 14H-2：燃料高温科学 Gr】

②廃棄物にするウランの処置

グローブボックス内の廃棄ウランは、前章の廃棄プルトニウムに準ずる。フード内の廃棄ウランは、ポリ瓶などの容器に入れてセメント固化してから、黄色ドラム缶に移動する。

【廃棄物にする量＝酸化 U 約○ g：対象フード　12H-E1、 11H-3：燃料高温科学 Gr
酸化 U 約○ g：対象フード　14H-E1：放射化学 Gr

今回の処理によって生じる廃液
U 約○.○ g 入り約 1ℓ：対象フード　12E-E1、11H-3：燃料高温科学 Gr
U 約○ g 入り約 1ℓ：対象フード　14H-E1：放射化学 Gr】

３．４　放射性同位元素の処置

①他の施設で使用する放射性同位元素の処置

自然乾燥や、ホットプレートを利用した 70℃加熱による乾固後にグローブボックスから貯蔵庫に移動する。

【移動する放射性同位元素量＝Np 約○.○ g：対象グローブボックス　12-L、12-K、 12-M、12-N：燃料高温科学 Gr

Np 約○.○ g：対象グローブボックス　14-W、14-2A：放射化学 Gr

Pa 約○.○ g：対象グローブボックス　14-2A：放射化学 Gr】

②廃棄物にする放射性同位元素の処置

廃棄プルトニウムと同様に処理する。

【廃棄物にする放射性同位元素量＝Np 約○.○ g：対象グローブボックス　12-L、 12-K、 12-M、 12-N、11-2C：燃料高温科学 Gr

Np 約○.○ g：対象グローブボックス　14-W、14-2A：放射化学 Gr

Am 約○ mg：対象グローブボックス　12-O、 11-2C、フード 12H-E1：燃料高温科学 Gr

Am 約○ mg：対象グローブボックス　14-W：放射化学 Gr】

３．５　ドラム缶への物品の収納

①内部が汚染されている可能性がある黄色ドラム缶の蓋を外す場合には、蓋を外す前に、ドラム缶の周辺をビニールシートで養生してから、黄色ドラム缶内部の汚染確認のため、まず蓋の裏側から少しずつ奥深く行くようにドラム缶の中の汚染をサッサによるスミヤ法でα線サーベイする。特殊作業帽子、特殊作業衣、ゴム手袋、半面マスク、腕カバー、オーバシューズを着用する。α線サーベイメータを携帯する。

内容物が把握されており、すべて適切に処置されていて、前回の作業（1 カ月以内）で内部に汚染がなかったことが確認されている場合は、黄色実験衣、布手袋着用として、ゴム手袋、半面マスク、α線サーベイメータを携帯する。

②黄色ドラム缶に物品を収納する場合には、蓋表面にある表に、物品の材質、重量、主要核種、放射能/20L(Bq)、表面線量当量率、表面密度(Bq/cm^2)、備考を記入する。収納後は、手の汚染検査を実施する。黄色実験衣、布手袋着用として、ゴム手袋、半面マスク、α線サーベイメータを携帯する。

③黄色ドラム缶の収納物の詰め直しなど、黄色ドラム缶の中の物品を出す場合には、黄色ドラム缶を換気のよい実験室に移動して作業する。ドラム缶の内部に汚染がないことを確認後、黄色ドラム缶の中の物品を酢ビ養生シート上に置くか、酢ビ袋に入れる。再度、物品に汚染がないことを確認する。特殊作業帽子、特殊作業衣、ゴム手袋、半面マスク、腕カバー、オーバシューズを着用する。α線及びβγ線サーベイメータ、濡れウエスを携帯する。

④黄色ドラム缶の内部に汚染がある場合には、フード前に黄色ドラム缶を移動して、黄色ドラム缶の周りに酢ビ製の円筒形養生を付けて、円筒形養生の開口部をフードの中に引き込み、蓋をフードの中へ外す。物品をフードの中で除染して、酢ビ袋で 2 重に梱包する。特殊作業帽子、特殊作業衣、ゴム手袋、半面（全面）マスク、腕カバー、オーバシューズを着用する。α線及びβγ線サーベイメータ、濡れウエスを携帯する。

⑤ステンレスドラム缶への収納

ステンレスドラム缶に収納する場合は、基本的には黄色ドラム缶と同様であるが、内容物が把握されており、すべて適切に 2 重 PVC バッグに梱包されている場合は、黄色実験衣、布手袋着用として、ゴム手袋、半面マスク、α線サーベイメータを携帯する。

４．作業安全及び作業実施に関する留意事項

本作業は、2 名以上で実施する。作業前にリスクアセスメント及び KY/TBM の実施等の安全確保を行い、作業時は適切な保護具を着用する。

作業に関して疑義が生じた場合は、無理に判断せず、プルトニウム研究 1 棟関係者内で相談するなどして対応を検討する。

以　上

This is a blank page.

付録　4

プルトニウム研究１棟
核燃料・放射性同位元素安定化処理作業要領
追補版

平成２７年８月

基礎工センター
燃料高温科学研究グループ
放射化学研究グループ

施設管理者	分任施設管理者	担当

１．目的

この要領は、プルトニウム研究１棟の核燃料・放射性同位元素の安定化処理作業を安全に実施するために、遵守すべき手順を定めた「プルトニウム研究１棟　核燃料・放射性同位元素安定化処理作業要領（平成 27 年 2 月制定）」（以下、「本編」とする）において定められていない、硝酸プルトニウムの酸化物化、及び二酸化プルトニウムの含水率測定の手順を補うものである。

２．対象の核燃料及び放射性同位元素

硝酸プルトニウム、及び含水率が明確でない二酸化プルトニウム

３．作業方法

グローブボックス及びフードでの作業に関する一般的事項は、「本編」に従って行う。

３．１　硝酸プルトニウムの酸化物化

①108 号室グローブボックス 14-2A などのグローブボックス内で、硝酸プルトニウムを 100mL のビーカー内に分取し、1M 硝酸をなるべく少量加えて完全に溶解する。必要に応じてホットプレートを用いて加温する。

②プルトニウムの当量の 2 倍のシュウ酸を含む 1M 硝酸溶液を加える。

③生じた沈殿を孔径 0.45μm のメンブレンフィルタを用いてろ過して、シュウ酸プルトニウム沈殿を回収する。

④101 号室グローブボックス 12-L にシュウ酸プルトニウムを移動し、石英ビーカーなどに入れて電気炉で 1000℃に加熱し酸化物化する。

⑤作業で生じた廃液は、「本編」記載の廃棄物にするプルトニウム溶液の手順に従い廃棄する。

３．２　二酸化プルトニウムの含水率測定

①108 号室グローブボックス 14-2A などのグローブボックス内で、二酸化プルトニウムの粉末 100mg～5g 程度をバイアル瓶に分取し、秤量する。

②水分計を用いて、水分測定を行う。

③含水率が 16%を超える場合は、バイアル瓶に入れた二酸化プルトニウムをホットプレート上で 120℃以上に加熱し、付着水を除去する。

④冷却後、バイアル瓶を秤量し、重量変化を調べる。

⑤水分計を用いて水分測定を行い、含水率が 16%を下回っていることを確認する。

⑥加熱乾燥前後の重量変化により、初期の二酸化プルトニウムの含水率が 16%を超えていることが確認された場合、対象のバッチの全量について③の加熱処理を行う。

以　上

付録　5　別記3

平成２７年９月２４日

核物質防護管理者確認印	核物質管理課長との合議

核燃料物質運搬における防護措置報告書

核物質防護管理者　殿

ホット使用施設管理課長　印

原子力科学研究所原子炉施設核物質防護規定第24条第６項及び核燃料物質使用施設等核物質防護規定第24条第６項の規定に基づき、核燃料物質の運搬に係る防護措置について、以下のとおり報告します。

運搬の区別	■：事業所内（搬出元：Ｐｕ研究1棟）　□：事業所外（搬出元：　　） （搬入先：ホットラボ）　（搬入先：　　）
運搬する核燃料物質の種類と数量	■：未照射及び照射済で表面から１mにおける吸収線量率が１Gy/時以下のもの （核種：U-235、U238）（濃縮度：○○%、○○%、○.○%） （重量：○○.○○g、○.○○g、○.○○g） □：照射済のもので表面から１mにおける吸収線量率が１Gy/時を超えるもの （核種：　　）（濃縮度：　　）（重量：　　g）
運搬物の区分	□：区分１　□：区分２　■：区分３　□：区分４（天然ウラン500kg以上）
所内運搬規則上の防護措置の状況 （運搬規則第６条参照）	■：運搬責任者搭乗車両の伴走 ■：運搬物を容易に移動できないような措置 （具体的措置：RI運搬車の荷台に固縛する） ■：無線連絡手段の確保 ■：見張人搭乗車両の伴走 □：容器の施錠及び封印（第2項に該当する場合） （具体的措置：　　） ■：その他の防護措置 （具体的措置：交差点への見張り人の配置）
所内運搬規則上の防護措置の状況 （運搬規則第９条参照）	■：シールのはり付け等の措置　又は　□　見張人による常時監視
	□：吸収材による措置　又は　□　二重の弁等からなる措置 （ただし液体状の場合）
	■：最小臨界量の５０％以下の運搬（主任者等同意は必要なし） □：最小臨界量の５０％を超え最少臨界量未満の運搬 □：最小臨界量以上の運搬（臨界安全解析書を添付すること） （□：原子炉燃料，□：核燃料使用施設等の核燃料） 主任者等同意　印
特記事項	規則上の要求はないが、社会的状況を鑑み交差点への見張り人の配置を行う。

This is a blank page.

付録　6

プルトニウム研究１棟
グローブボックス内表面密度測定作業手順書

平成２７年９月

基礎工センター
燃料高温科学研究グループ
放射化学研究グループ

１．目的

この手順書は、プルトニウム研究１棟のグローブボックス（以下グローブボックス）内の汚染状況を把握するための表面密度測定を安全に実施するために、遵守すべき手順を定めたものである。

２．対象のグローブボックス

プルトニウム研究１棟に設置されたグローブボックス 12-J、 K、 L、 M、 N、 O、 11-2B、 2C、 14-V、 W、 X、 2A
（計１２基）

３．作業方法

グローブボックス及びフードでの作業は、「プルトニウム研究１棟設備の取扱マニュアル（以下、「取扱マニュアル」と記す。）に従って行う。作業に先立ち、汚染拡大防止のためグローブボックス及びフード周辺を酢酸ビニルシートで養生する。

３.１　作業手順

① スミヤろ紙、ポリ袋を準備する。
② スミヤろ紙、ポリ袋をグローブボックスに搬入する。
③ サンプル採取ポイントの床面又は壁面を 10cm×10cm の範囲でスミヤする。
④ 採取したスミヤろ紙をポリ袋に収納する。
⑤ 採取したスミヤろ紙をポリ袋ごとバッグアウトする。
⑥ 採取したスミヤろ紙をフードに移動し、ビニールバッグ及びポリ袋を開封する。
⑦ 採取したスミヤろ紙をフィルムに挟み測定試料とする。
　このとき、スミヤろ紙の汚染の飛散に注意すること。
⑧ フィルムを切り分け、α及びβγ線の計数率を測定する。

３.２　サンプル採取ポイント

各グローブボックスについて床面中央及び汚染レベルが最大と推定される場所の２点とする。

４．作業安全及び作業実施に関する留意事項

本作業は、2 名以上で実施する。作業前にリスクアセスメント及び KY/TBM の実施等の安全確保を行い、作業時は適切な保護具を着用する。

作業に関して疑義が生じた場合は、無理に判断せず、プルトニウム研究１棟関係者内で相談するなどして対応を検討する。

以　上

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表２．基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立方メートル	m^3
速さ，速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m^{-1}
密度，質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	立方メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度[a]，濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率[b]	（数字の）　1	1
比透磁率[b]	（数字の）　1	1

(a) 量濃度（amount concentration）は臨床化学の分野では物質濃度（substance concentration）ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元１をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の１は通常は表記しない。

表３．固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン[b]	rad	1 [b]	m/m
立体角	ステラジアン[b]	sr[c]	1 [b]	m^2/m^2
周波数	ヘルツ[d]	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m\ kg\ s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
仕事率，工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		s A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度[e]	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr[c]	cd
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^{-2}\ cd$
放射性核種の放射能[f]	ベクレル[d]	Bq		s^{-1}
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト[g]	Sv	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
酸素活性	カタール	kat		$s^{-1}\ mol$

(a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
(b)ラジアンとステラジアンは数字の１に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の１は明示されない。
(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能（activity referred to a radionuclide）は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト（PV,2002,70,205）についてはCIPM勧告2（CI-2002）を参照。

表４．単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$m^{-1}\ kg\ s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg\ s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m\ m^{-1}\ s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	$m\ m^{-1}\ s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	$kg\ s^{-3}$
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}$
比熱容量，比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2\ s^{-2}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	$m\ kg\ s^{-3}\ K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3}\ s\ A$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ s\ A$
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ s\ A$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$m\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2\ kg\ s^{-2}\ mol^{-1}$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}\ mol^{-1}$
照射線量（X 線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1}\ s\ A$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2\ s^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=m^2\ kg\ s^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2\ sr)$	$m^2\ m^{-2}\ kg\ s^{-3}=kg\ s^{-3}$
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m^3	$m^{-3}\ s^{-1}\ mol$

表５．SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表６．SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 $hm^2=10^4m^2$
リットル	L, l	1 L=1 l=1 $dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	1 t=10^3 kg

表７．SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10^{-19}J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10^{-27}kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10^{11}m

表８．SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10^5Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg≈133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10^{-10}m
海里	M	1 M=1852m
バーン	b	1 b=100fm^2=$(10^{-12}cm)^2$=$10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	B	
デシベル	dB	

表９．固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10^{-7} J
ダイン	dyn	1 dyn=10^{-5}N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm^{-2}=0.1Pa s
ストークス	St	1 St =$1cm^2\ s^{-1}$=$10^{-4}m^2\ s^{-1}$
スチルブ	sb	1 sb =1cd cm^{-2}=10^4cd m^{-2}
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm^{-2} =10^4lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm s^{-2}=$10^{-2}ms^{-2}$
マクスウエル	Mx	1 Mx = 1G cm^2=10^{-8}Wb
ガウス	G	1 G =1Mx cm^{-2} =10^{-4}T
エルステッド[a]	Oe	1 Oe ≙ $(10^3/4\pi)$A m^{-1}

(a) ３元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≙ 」は対応関係を示すものである。

表10．SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10^{10}Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10^{-4}C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10^{-2}Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10^{-2}Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10^{-9}T
フェルミ		1 フェルミ=1 fm=10^{-15}m
メートル系カラット		1 メートル系カラット= 0.2 g = 2×10^{-4}kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1 cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー），4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	μ	1 μ =1μm=10^{-6}m

（第8版，2006年）