



JT-60 解体放射化物の収納保管管理

—保管容器等による放射化物の保管—

Storage Management of Disassembled and Radioactive Components of
JT-60 Tokamak Device
- Storage of Radioactive Components by Containers -

西山 友和 三代 康彦 岡野 文範 笹島 唯之
市毛 尚志 神永 敦嗣 宮 直之 助川 篤彦
池田 佳隆 逆井 章

Tomokazu NISHIYAMA, Yasuhiko MIYO, Fuminori OKANO, Tadayuki SASAJIMA
Hisashi ICHIGE, Atsushi KAMINAGA, Naoyuki MIYA, Atsuhiko SUKEGAWA
Yoshitaka IKEDA and Akira SAKASAI

核融合研究開発部門

トカマクシステム技術開発ユニット

Division of Tokamak System Technology
Fusion Research and Development Directorate

March 2014

本レポートは独立行政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。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 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
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata Shirane, 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, 2014

JT-60 解体放射化物の収納保管管理 —保管容器等による放射化物の保管—

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門

トカマクシステム技術開発ユニット

西山 友和、三代 康彦、岡野 文範、笹島 唯之、市毛 尚志
神永 敦嗣、宮 直之、助川 篤彦、池田 佳隆、逆井 章

(2014年1月9日 受理)

臨界プラズマ試験装置(JT-60)では、超伝導コイルを用いる JT-60SA に改修するため、JT-60 本体装置及び周辺設備を解体した。JT-60 の解体品のほとんどが放射化物であり、大型構造物を除いた約 1,100 トン、約 11,500 点の解体品については、輸送用コンテナを利用した保管容器及び密閉容器と呼ばれる専用容器に収納し放射化物保管設備に保管した。これらの放射化物の運搬及び保管においては、1 点毎に放射線障害防止法に定められた測定や記録などの管理が必要である。約 11,500 点にも及ぶ大量の放射化物の管理を確実に実施し、効率よく保管容器等に収納保管するために、バーコードタグ等を用いた管理方法や収納作業手順等を構築し収納保管作業を実施した。

本報告書では、再使用放射化物として JT-60 解体品を保管容器及び密閉容器に収納し、放射化物保管設備に保管する、一連の収納保管管理作業について報告する。

**Storage Management of Disassembled and Radioactive Components of
JT-60 Tokamak Device
- Storage of Radioactive Components by Containers -**

Tomokazu NISHIYAMA, Yasuhiko MIYO, Fuminori OKANO
Tadayuki SASAJIMA, Hisashi ICHIGE, Atsushi KAMINAGA
Naoyuki MIYA, Atsuhiko SUKEGAWA, Yoshitaka IKEDA and Akira SAKASAI

Division of Tokamak System Technology
Fusion Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Naka-shi, Ibaraki-ken

(Received January 9, 2014)

JT-60 tokamak device and the peripheral equipment were disassembled so as to be upgraded to the superconducting tokamak “JT-60SA”. The disassembled components were stored into storage and airtight containers at the radioactive control area. The total weight and the total number of those components are about 1,100 tons and about 11,500 except for large components. Radiation measurements and records of the radioactive components were required one by one under the law of “Act on Prevention of Radiation Disease Due to Radioisotopes, etc.” for the control of transport and storage from the radioactive control area to the other area. The storage management of the radioactive components was implemented by establishing the work procedure and the component management system by barcode tags. The radioactive components as many as 11,500 were surely and effectively stored under the law.

The report gives the outline of the storage of JT-60 radioactive components by the storage containers.

Keywords: JT-60, Radioactive Components, Storage Management, Disassembly

目 次

1. はじめに	1
2. JT-60 の解体収納の基本的考え方	1
2.1 JT-60 概要と解体	1
2.2 解体品の放射化物保管設備	2
3. 放射化物解体品の管理方法	2
3.1 再使用放射化物タグと保管管理台帳による放射化物の管理と表示	3
3.2 保管管理システムによる放射化物の管理	4
4. 保管容器等への収納保管作業	5
4.1 収納保管準備作業（放射化物管理業務）	5
4.2 保管容器等への収納作業	6
4.3 放射化物保管設備への運搬と設置	7
5. 放射化物解体品の収納及び保管状況	7
5.1 保管容器等への収納	8
5.2 放射化物解体品の材質	8
5.3 放射化物解体品の線量当量率	9
6. まとめ	9
謝辞	10
参考文献	10

Contents

1. Introduction	1
2. Basic thinking of disassembly and storage of JT-60 tokamak device	1
2.1 Outline of JT-60	1
2.2 Storage containers for disassembled and radioactive components	2
3. Management of disassembled and radioactive components	2
3.1 Management system by barcode tags and component registers	3
3.2 Storage management system	4
4. Storage work using storage containers	5
4.1 Preparation for storage work	5
4.2 Storage work using storage containers	6
4.3 Transport and installation of storage containers to storage areas	7
5. Present status of disassembled and radioactive components in storage	7
5.1 Storage by storage containers	8
5.2 Materials of disassembled and radioactive components	8
5.3 Dose equivalent rate of radioactive components	9
6. Conclusion	9
Acknowledgements	10
References	10

表リスト

表 1	保管容器及び密閉容器の仕様	11
表 2	保管容器及び密閉容器による放射化物解体品の収納保管状況	11

図リスト

図 1	JT-60 鳥瞰図	12
図 2	JT-60 解体前後の本体室及び組立室の設備設置状態	12
図 3	JT-60 解体品の放射化物保管設備配置図	13
図 4	再使用放射化物タグ	13
図 5	JT-60 解体品の再使用放射化物保管管理台帳様式	14
図 6	保管管理システム構成図	15
図 7	放射化物解体品情報表示画面	15
図 8	放射化物解体品情報登録画面	16
図 9	放射化物解体品情報閲覧画面	17
図 10	解体から収納までの作業フロー図	18
図 11	保管容器等に収納した解体品の管理単位重量分布	19
図 12	解体品メモ様式(保管容器用)	19
図 13	収納管理業務の作業写真	20
図 14	保管容器等に収納した解体品の時系列発生量	21
図 15	保管容器等への収納作業写真	22
図 16	保管容器の閉止措置	23
図 17	密閉容器の密閉措置(溶接)作業写真	23
図 18	保管容器の転倒防止対策	24
図 19	保管容器の運搬及び設置作業写真	25
図 20	保管容器等の保管状態写真	26
図 21	保管容器等への解体品収納状態写真	27
図 22	保管容器等収納解体品の収納重量分布	28
図 23	保管容器の容積収納率	28
図 24	保管容器等収納解体品の材質別重量割合	29
図 25	保管容器等収納解体品の表面線量率分布	30

This is a blank page.

1. はじめに

臨界プラズマ試験装置（JT-60）は、幅広いアプローチ（BA）活動の事業の1つとして超伝導コイルを用いるサテライトトカマク装置（JT-60SA）に改修する。このため、本体室に設置されたJT-60本体装置を始めとする主要な設備機器を解体した。解体作業は、平成21年（2009）年度の解体準備作業を経て、平成22（2010）年度から本格的に実施され、平成24（2012）年10月に無事に完遂した¹⁾。本体室内等の設備機器は、重水素同士の核融合反応で発生した中性子（2.45MeV）により放射化されているため、放射線障害防止法（障防法）に従い解体するとともに、ほとんどの解体品についてはJT-60SAでの再使用や将来のクリアランスを考慮して放射化物保管設備に保管した²⁾。すなわち解体作業で発生した解体品約6,900トンのうち、約9割に当たる約6,100トンが放射化物である。本体装置やNBI加熱装置などの一部を除く約1,100トン、約11,500点の放射化物解体品については、保管容器及び密閉容器に収納し放射化物保管設備に保管した。

放射化物の保管や運搬にあたっては、放射化物解体品1点毎に障防法に則った放射化物の情報記録、線量当量率の測定等を実施し管理する必要がある。解体により大量に発生する放射化物解体品に対して、管理をしながら保管容器等に収納することから、時間を要するとともに、これらを限られた作業スペースで実施しなければならない。このため、収納作業の遅滞とそれに伴う仮置きスペース等の不足による解体作業への影響が懸念された。そこで解体作業開始に先立ち、保管容器等への収納作業の効率化と大量になる放射化物情報の確実な記録等が可能な放射化物の管理方法及び作業手順を検討し、それをJT-60解体作業に適用した。

本報告では、解体品のうち本体装置等の大型構造物に関しては省略し、保管容器及び密閉容器に収納した解体品の収納保管について記述した。2章にJT-60解体収納の基本的な考え方、3章では保管容器等に収納保管する放射化物解体品のタグや計算機等を用いた管理方法、4章では実際に実施した収納保管作業の手順等について報告し、5章では放射化物解体品の収納保管状況を紹介する。

なお、解体作業完遂後の平成25（2013）年4月1日に放射化物の規制を取り入れた障防法が改正・施行され、クリアランス制度が導入されるとともに放射化物の保管等においてより厳密な管理が求められるようになった。解体作業中は、改正前の障防法に従い実施したが、本報告書では放射化物の保管管理の追加等、改正後の内容も加味して記述した。

2. JT-60 の解体収納の基本的考え方

2.1 JT-60 概要と解体

JT-60 は、本体装置などの主要部で直径約15m、高さ約13m、重量約5,000トンになる国内最大のトカマク型核融合試験装置である。JT-60鳥瞰図を図1に示す。本体装置は、超高真空度を保ち高温プラズマを内部に生成する真空容器、強磁場により高温プラズマを閉じ込め・制御するトロイダル磁場コイル（TFC）とポロイダル磁場コイル（PFC）、電磁力などに耐える

ための各種の架台、支持柱等から構成される。本体装置の周辺には、真空容器を超高真空に排気する真空排気設備や真空容器内に燃料を注入するガス注入装置、ペレット入射装置などの本体付帯設備、プラズマを加熱する中性粒子ビーム入射（NBI）加熱装置及び高周波（RF）加熱装置、プラズマの挙動等を計測する計測設備などが配置されている。

JT-60SA に改修するためには、更新される本体装置の他、改造や改修作業に干渉する周辺設備を解体する必要があった。JT-60 解体前後の本体室及び組立室の設備設置状態を図 2 に示す。

2.2 解体品の放射化物保管設備

本体室等から解体・撤去し発生した放射化物解体品（以降、「解体品」は放射化物の解体品を指す。）は、再使用放射化物として管理区域に指定した放射化物保管設備に保管した。JT-60 解体品の放射化物保管設備配置を図 3 に示す。本体装置は、展示を兼ねて JT-60 機器収納棟に保管した。NBI 加熱装置タンクなどは、JT-60 発電機棟等を一時的に管理区域とすることで、そこに解体品の保管を行うこととした。その他の解体品は「保管容器」、または、トリチウム汚染の恐れがあるものは「密閉容器」と呼ばれる容器に収納し、保管容器は屋外の保管用地(1)、密閉容器は JT-60 機器収納棟内に保管した。なお、保管容器は、将来、屋内の放射化物保管設備に移設する予定である。

保管容器は、国際規格 ISO-CSC（同様の JIS 規格として JIS Z 1618 が制定されている）による輸送用コンテナを採用した。輸送用コンテナは汎用品のため、新規に容器を製作するより低コストであり、かつ運搬や固定のための治具類も豊富である。また、輸送用コンテナは、壁パネル材に 2mm 厚の高耐候性鋼板を使用しており耐蝕性に優れているとともに、15 年から 20 年程度の耐久性も持ち合わせている。強度は、積み重ね強度が総重量の 9 倍の荷重（JIS 規格）、側壁強度が最大荷重の 60% まで耐えうる設計となっている。さらに、耐震強度についても、水平加速度 0.3G に対する転倒モーメントと自重のバランス評価を行い、転倒しないことを確認した。輸送用コンテナは、解体品の収納作業の効率化及び収納率の向上を図るため、天井が開閉可能なオープントップコンテナとし、長さ 20 フィートと 40 フィートの 2 種類の輸送用コンテナを用いた。屋外での保管となるため気温変動による結露防止対策として、ベンチレーターの設置、内面に耐水無臭ベニア板の取り付け、天蓋には SVR 塗装（吸湿塗料）を施した。

密閉容器は、保管容器で使用される長さ 20 フィートの輸送用コンテナの内部にステンレス鋼板を内張して、溶接接続による金属密閉構造とした。解体品を収納する際は、未溶接のステンレス製の蓋を開放し、収納完了後にステンレス鋼製上蓋を全周溶接により金属密閉処置を行い、最後に輸送用コンテナの天蓋を閉じる。保管容器及び密閉容器の仕様を表 1 に示す。

3. 放射化物解体品の管理方法

JT-60 の解体で発生した解体品は、本体室の前室である組立室にて保管容器等に収納し、収納が完了した保管容器等は、車両にて組立室から搬出して放射化物保管設備に保管する。この一連の流れにおける放射化物の搬出及び保管の際には、放射化物を適切に管理するため、障防

法及び所内の放射線障害予防規程（予防規程）に従った測定や記録の作成等が必要である。すなわち放射化物の搬出時には、「放射化物確認測定の実施」「機器名、搬出先、放射化物確認測定結果等の必要事項の記録（搬出の記録）」、放射化物を保管する際には「機器番号、保管方法等の必要事項の記録（保管の記録）」「放射化物である旨と必要事項の表示（保管の表示）」を単位毎に実施する必要がある。

1 万点を超える解体品を円滑に収納保管するためには、効率的で確実な必要事項（情報）の取得と記録・表示が求められる。放射化物の保管の表示は、感圧紙を用いた記録票を用いて、必要な事項を記入し放射化物に貼り付ける方式を採用している。しかしながら、今回のようにJT-60 解体で発生する大量で多種多様な複雑な形状の解体品を保管容器内に保管する場合には、収納する機器同士の接触等により記録票が外れてしまう恐れがあり、新たな方式を考案する必要があった。

本章では、放射化物の管理記録の効率化と確実な記録の保存及び表示を実現するために構築した、再使用放射化物保管管理台帳（保管管理台帳）と再使用放射化物タグ及び保管管理システムを用いた解体品の管理方法について報告する³⁾。

3.1 再使用放射化物タグと保管管理台帳による放射化物の管理と表示

保管容器に収納する解体品への保管の表示は、固有の番号（タグ番号）のみとし、表示が必要な詳細の情報は、保管管理台帳に記録することとした。

タグ番号は、タグ番号が記載された再使用放射化物タグを解体品に貼り付けることにより表示する。再使用放射化物タグを図4に示す。再使用放射化物タグは、タグ番号の他、放射化物である旨の表示とタグ番号を読み込めるバーコードが印刷されている。長期間保管した後でも表示内容が認識できるように、耐久性が優れ粘着力も高い工業用バーコードシールを採用した。ケーブルなど接着する面積が少なく、貼り付けが困難な場合は、再使用放射化物タグを貼ったプレートを針金により取り付ける。放射化物の保管において表示の必要がある事項は、バーコードを次項に記す保管管理システムを用いて読み取ることにより、パソコンの画面上に表示することで代用する。

保管管理台帳は、保管容器等の容器ごとに、収納した解体品の情報を一覧表化したもので、タグ番号にて照合することにより、必要な情報を確認することができる。JT-60 解体品の再使用放射化物保管管理台帳様式を図5に示す。また、放射化物の保管の表示に必要な項目の他、ほぼ同じ内容である搬出の記録も兼ねることにより、二重の記録を減らし効率化を図った。さらに、将来のクリアランス等を考慮した情報も記録した。記載項目は以下の通りである。下線の項目は、放射化物の搬出の記録及び保管の表示として必須の項目である。

① 機器に関する情報

機器番号、管理担当課、管理責任者、名称（設備名、機器名）、員数、主材質
発生場所、規制物質の有無

② 収納保管に関する情報

容器番号、使用状況、保管状況（搬出先）、タグ番号、概略寸法、概略外容積、重量
核種、数量[Bq]、測定年月日、測定者、測定器（型番）、測定値

なお、放射化物の保管の記録については、予防規程に定められた様式に従い作成し管理した。

3.2 保管管理システムによる放射化物の管理

計算機サーバーに解体品の情報を登録することにより、確実な管理と迅速な記録作成を可能とする保管管理システムを開発した。以下に開発仕様を示す。

① 開発言語

Java 言語

② 開発環境

OS : Microsoft®Windows Server® 2008 Standard Edition(X86/5Cal/40GB ブート)

日本語版

DBMS : Microsoft®SQLServer™2008 ExpressEdition

JDK : JDK 1.5.0 以上

AP サーバー : Tomcat 5.5 以上

保管管理システムは、保管管理システムサーバー1台と管理者用パソコン2台から構成される。保管管理システム構成図を図6に示す。保管管理システムサーバーは、ローカルネットワーク上に接続されたクライアントパソコンからの登録操作により解体品の情報をデータベース化し、そのデータを基に、クライアント側から要求される閲覧、検索や保管管理台帳作成などの出力等を提供する。クライアントパソコンからサーバーへのアクセスは、Webブラウザを介して実施され、情報保護のため、ユーザ登録によるIDとパスワードの認証機能を持たせた。サーバーに登録されたデータは、消失しないよう外付け型ハードディスクに定期的に自動でバックアップされる。

管理者用パソコンは、バーコードスキャナにより、再使用放射化物タグのバーコードを読み取り、該当する解体品の情報を画面上に表示する。放射化物機器情報表示画面を図7に示す。ネットワーク環境が整っていない放射化物保管設備でも表示できるように、保管管理システムサーバーからデータをあらかじめ管理者用パソコンにダウンロードして使用する。放射化物機器情報登録画面を図8に示す。新規の情報登録では、大量の情報を多数の作業員が操作することから、入力ミスの削減と入力操作の省力化を図るため、タグ番号等の重複登録チェック機能の導入や、あらかじめ入力する内容が限られている項目については選択入力式の採用を実施した。また、CSV形式のデータをインポートして登録する機能も取り入れた。放射性物質の量については、登録された材質などの情報を基に自動で算出する。機器情報閲覧画面を図9に示す。閲覧画面では、ある条件で検索した情報のみを表示し、その内容をMicrosoft Excel形式で出力しファイル保存や印刷することが可能であり、既に保管した解体品の情報を分析するうえで、非常に有効である。また、容器番号で検索することにより表示された情報を保管管理台帳の様式で出力することが可能である。

4. 保管容器等への収納保管作業

保管容器及び密閉容器に収納する解体品は、解体後組立室に仮置きし、放射化物の表面線量率測定や放射化物管理に必要な情報の取得及び記録（以下「放射化物管理業務」という）をしたうえで、保管容器等に収納する。これらの作業を実施するには、解体品を組立室の床面上に仮置きする必要があるが、保管容器等と併せた必要スペースの制限から組立室に持ち込める解体品の量が限られる。また、オープントップコンテナを利用した保管容器等への収納では、クレーンの使用が必須であるが、解体作業との兼ね合いから使用が制約される。加えて、本体室における JT-60 本体装置等の解体作業は、数か所の輻輳作業を行うため、本体室から組立室への放射化物解体品への搬送が集中・過多となる可能性がある。このように組立室での収納作業を効率よく円滑に進めることが、一連の解体作業を円滑に進めていくうえで非常に重要である。

本章では、作業の効率化等を考慮しながら実施した解体品の収納作業や保管容器等の保管方法等について報告する。

4.1 収納保管準備作業（放射化物管理業務）

保管容器等への収納作業では、放射化物管理業務を原子力機構にて行い、解体品の移動や収納などの作業は外注業者（軽量、小型の解体品は原子力機構でも実施）が実施した。また、放射化物管理業務では、3.1 項に示す保管管理台帳記載項目のうち、機器に関する情報については、解体品に詳しい機器担当者が取得し、収納保管に関する情報は、組立室での放射化物管理業務を実施するために関係ユニットメンバーを横断的に組織化した「収納管理班」が、測定等を実施し記録した。解体から保管容器等に収納するまでの作業フローを図 10 に示す。

解体後、切断した解体品については、切粉の除去や錆が発生しやすい材質の場合は切断面への防錆措置等を実施した。また、密閉容器へ収納する解体品は、収納するまでの運搬中にトリチウム汚染が拡散しないように、配管等開口部の閉止措置や養生を施した。さらに、管理する放射化物の数を減らし放射化物管理業務の負担を軽減するために、名称、主材質及び発生場所が同じである複数の解体品においては、固縛等により一体化が図れるものは纏めることにより 1 つの管理する放射化物として収納した。複数の解体品を纏めて管理し収納した解体品は、保管容器等に収納した解体品全体（約 11,500 点）の約 44%（約 5,000 点）を占め、そのうちの約 10%は、細かなサポート類やボルトなどの部品などをドラム缶又はペール缶の金属製容器に入れて収納し、それ以外は、細管やケーブルなどを被覆付きの番線で固縛した。一方、クレーンの制約により解体品の運搬作業が滞らないように出来る限り解体品重量を人力又は台車などで運搬できる重量となるようにした。この結果、厚生労働省が重量物取扱い作業に際して推奨している人力のみで取り扱う重量制限 55kg 以下を満たす解体品が約 70%を占めた。保管容器等に収納した解体品の重量分布を図 11 に示す。機器担当者は、管理する解体品毎に機器情報を取得し、収納管理班へ情報を引き継ぐため「解体品メモ」に記入し解体品に貼り付ける。解体品メモの様式を図 12 に示す。解体品メモが貼り付けられた解体品は、組立室に運搬される。

組立室に移動された解体品は、収納管理班により、放射化物測定、重量測定、再使用放射化物タグの貼り付け等を実施し、その結果などの必要事項を解体品メモに追記する。放射化物測

定では、解体品全数の表面線量率と表面密度を測定した。表面線量率は NaI シンチレーション式サーベイメータ、表面密度は GM 管式表面汚染検査計及びトリチウム汚染の可能性のある解体品は、 2π ガスフロー検出器も用いて測定した。その後、繊維強化プラスチック製の絶縁材など収納および保管容器の運搬時の衝撃により破損等の恐れがあるものは、養生等による保護措置を実施した。保管容器等の収納状態と解体品の大きさ、形状等から収納する保管容器または密閉容器を決定したら、解体品に貼り付けられていた解体品メモを取り外して収納する容器の番号を記入し、保管容器等に収納する。すべての項目が記入された解体品メモを用いて、収納管理班が保管管理システムに情報を登録し、一通りの放射化物管理業務が完了する。放射化物管理業務の作業写真を図 13 に示す。

保管容器等へ収納した解体品の時系列発生量を図 14 に示す。保管容器に収納する解体品は、解体作業準備期間であった平成 22 (2010) 年 1 月から発生し、密閉容器に収納する解体品は、同年 9 月から発生した。本体装置周辺のケーブル類など比較的小物の機器を解体した周辺設備等解体作業期間では、一月あたりの解体品の発生量が多く、平成 22 (2010) 年 5 月から 9 月の 5 ヶ月間で約 4,300 点の解体品を収納した。本期間は最多で 6 名の収納管理班員にて対応し、1 日 (9:30~17:00) の放射化物測定の実施点数は最大で約 170 点にも上った。

4.2 保管容器等への収納作業

保管容器等は、2.2 節で述べたようにオープントップコンテナを採用しているため、天蓋を開放し、容器の上部からクレーンを使用して解体品を収納した。クレーンは、備え付けの天井クレーンの他に、収納作業用に電動式クローラクレーン (吊り上げ荷重 2.9 トン×作業半径 1.4m) 1 台を準備し使用した。

収納作業では、解体品の収納位置の調整や解体品から吊り具を取り外すために、保管容器等内で作業する必要がある。保管容器等内への入域は、容器上部の高所からアクセスする必要があるとともに、解体品が収納されていくと、容器内では解体品の上に乗っての作業となり、荷崩れ等による落下や足などを挟むなどの危険が生じる。そこで、保管容器等周りにアクセス用の足場や親綱を設けて安全帯を装着して作業し、解体品の上に足場板を敷いて足場を安定させるなどの安全対策を実施して作業した。

保管容器の最大総重量 (保管容器の自重も含める) は、輸送用コンテナの仕様である約 30 トンであるが、解体品の収納では 20 トン以下の制限を設けた。これは、保管用地(1)に保管容器を 2 段積みで設置する際、吊り上げ荷重が 50 トンのラフタークレーンを用いるため、その定格荷重から決定した。重量制限を超えない場合は、容積上収納可能な範囲まで収納した。密閉容器については、吊り上げ荷重 100 トンの天井クレーンが設置されている JT-60 機器収納棟に保管するため、輸送用コンテナの最大総重量 (密閉容器の自重も含める) である 30 トン以下まで収納可能とした。収納作業中は、ポータブル重量計により保管容器等の重量を常時計測し、規定の重量以上にならないように管理した。ポータブル重量計は、保管容器等の下部の 4 隅に計量台を配置し、その合計の重量が指示計に表示される。また、計量台それぞれの重量値も表示可能である。解体品を収納した保管容器等は、解体品の収納状態によって重心が移動しているため、当初は、チェーンブロックにて保管容器等の水平度を調整しながら地切りし振れ

を防止した。しかし、その後は各計量台のそれぞれの重量を確認し、4隅の重量差が極力少なくなるように解体品の収納位置を調整することにより、平面上での重心の移動が抑えられるようにしたため、輸送用コンテナ専用のスプレッダーなどを使った効率良い吊り上げが可能となった（スプレッダーとは、輸送用コンテナの運搬に一般的に使用されるもので、クレーンの巻き上げ、巻き下げ操作で四隅に付いたロックピンが輸送用コンテナ上部の隅金具で固定・解除する構造となった吊り治具）。これらにより、高所でのチェンブロック操作や吊り具の着脱をすることなく、保管容器等の移動が可能となり、効率、且つ安全な作業に寄与した。保管容器等への収納作業写真を図 15 に示す。

4.3 放射化物保管設備への運搬と設置

解体品の収納が完了した保管容器は、天蓋を閉し、ロッキングロックハンドルの固定処置を施した。また、屋外保管での紫外線による開口扉や天蓋のゴム製シール部の劣化を防ぐため、シール部を覆うようにアルミテープを貼り付け遮光した。保管容器の閉止措置を図 16 に示す。密閉容器は、輸送用コンテナ内に内張りしたステンレス鋼製容器の上蓋を溶接して密閉措置し、浸透探傷試験により溶接欠陥や割れ等が無いことを確認後、輸送用コンテナの天蓋を閉した。密閉容器の密閉措置（溶接）作業写真を図 17 に示す。これらの措置を施した後、車両に積載し、障防法の運搬の基準に従い放射化物保管設備に運搬した。

保管容器を保管する保管用地(1)では、保管容器を最高で 2 段積みで設置し、機器収納棟に保管する密閉容器は、最高で 3 段積みで設置した。保管容器は、たわみ防止のため、アスファルト舗装の地面に H 型鋼を保管容器の長手方向の両端と中央の位置に計 3 本を敷き、その上に 1 段目（下側）の保管容器を設置した。両端の 2 本の H 型鋼にはボトムストッカーが取り付けしており、保管容器の隅金具をボトムストッカーに埋めて固定する。密閉容器の 1 段目は、機器収納棟の床面に直接設置した。段積みした保管容器等の転倒防止対策として、上下間の固定は、上段と下段の隅金具にシングルスタッカーを取り付けた。また、汎用品のブリッジフィッティングを用いた転倒防止金具を製作し、最上段の隣り合った保管容器等間を固定した。保管容器の転倒防止対策を図 18、運搬及び設置作業写真を図 19 に示す。

保管された保管容器及び密閉容器については、月例自主点検及び予防規程に則った年 2 回以上の定期自主点検により、定期的に容器の外観や閉止措置等の確認等を実施している。

5. 放射化物解体品の収納及び保管状況

平成 21 年度から平成 24 年度までの約 3 年に亘る JT-60 の解体収納作業において、約 12,800 点、重量約 5,400 トンの解体品が発生した。そのうち、約 11,500 点（重量約 1,100 トン）の解体品を保管容器及び密閉容器に収納し放射化物保管設備に保管した。保管容器は 88 台、密閉容器は 12 台を使用した。保管容器及び密閉容器による解体品の収納保管状況を表 2、保管容器及び密閉容器の保管状態写真を図 20 に示す。

本章では、保管管理システムに登録された解体品の情報等を基に保管容器及び密閉容器の収

納及び保管状況について紹介する。

5.1 保管容器等への収納

保管容器及び密閉容器への解体品収納状態写真を図 21、収納重量割合を図 22 に示す。

20 フィートの保管容器は、4.2 節で述べたとおり、輸送用コンテナの最大総重量約 30 トンに対し、20 トンの重量制限を設けて収納した。保管容器自重を除くと収納可能な解体品重量は約 17 トンであるが、収納重量 15 トン以上で収納作業を終了した保管容器は、72 台中 30 台であった。そのうち、10 台程度は重量制限により収納を完了したが、容積上、ほぼ満杯付近まで収納したため、20 トンの重量制限が保管容器の収納率に影響を与えることは無かった。なお、収納重量 10 トン以下の 12 台には、仮置きエリアや保管容器の運搬の工程などの都合上、重量、容積ともに若干余裕のある状態で収納を完了した容器が半数近く含まれる。40 フィートの保管容器は、20 フィートの保管容器に比べて内容積は広いが自重が多い分、収納できる解体品重量が約 14.5 トンと少ない。よって、重量制限により収納が終了する可能性が高いが、今回の収納作業では、10 トン以上の解体品を収納した保管容器は 16 台中 3 台のみであった。これは、収納する解体品を大型のヤグラやステージ、長尺の配管などに限定して使用したこと、組立室での収納では保管容器内の空いた空間に他の小物の解体品を詰め込むように収納したが、半分の 8 台が JT-60 機器収納棟にて大型ヤグラの収納に使用したため、他の解体品を混在して収納できなかったことから、図 23 に示すように 20 フィートの保管容器に比べて容積収納率が低い状態で収納を完了せざるを得なかったためと考えられる。なお、容積収納率は、収納した解体品の材質別重量から比重を用いて換算した容積と各容器の内容積の比を表している。

密閉容器は、JT-60 機器収納棟での本体装置の保管にともない、保管できる台数が限られていることから効果的に使用できるように、収納重量 10 トン以下の 4 台（図 22 参照）を除いては、ほぼ容積上、満杯まで収納した。

5.2 放射化物解体品の材質

保管容器及び密閉容器に収納した解体品の主材質別重量割合を図 24 に示す。なお、複数の材質で構成される解体品は、重量割合が多い材質を主材質として評価した。保管容器で物量が多い材質は、ステンレス (SUS) 鋼であり、次いで、一般構造用圧延 (SS) 鋼、高マンガン鋼、銅、鉛、ポリエチレンの順となっている。SUS 鋼及び SS 鋼は、ヤグラやステージ類、配管類など多種多様の部材として使用されている。特に、TFC 及び PFC の磁場により強磁場環境である本体装置近傍の機器は、非磁性体である SUS 鋼が多く使われている。同じく非磁性体の高マンガン鋼は、本体装置のほとんどで使用されている材質であり、その付属部品であるボルトや支持構造物などを保管容器に収納した。銅は、TFC、PFC に電力を供給するフィード線や RF 加熱装置の導波管など、ポリエチレン及び鉛は、計測機器等の中性子遮蔽材などの材質として使用されたものである。

密閉容器は、真空容器内と同じ雰囲気と接続されていた機器が主な対象となるため、真空容器と取り合う計測機器や真空配管の材料である SUS 鋼が約 9 割を占めた。その他、真空ポンプや真空容器内の作業器具などの SS 鋼、真空容器内に入退域する施設である管理出入口の壁

材に使われていたアルミニウム等の材質の解体品を収納した。

5.3 放射化物解体品の線量当量率

保管容器等に収納した解体品の表面線量当量率分布を図 25 に示す。保管容器に収納した解体品は、大半が JT-60 本体設備の周辺に設置されていた機器等であるため、バックラウンドレベル及びその近傍である $0.15 \mu\text{Sv/h}$ 以下が約 70% を占めている。密閉容器は、真空容器近傍に設置されている機器が多いことから、保管容器に比べて線量が高い傾向を示している。なお、解体品の最大線量当量率は、保管容器に収納した解体品が $4.0 \mu\text{Sv/h}$ 、密閉容器に収納した解体品が $9.5 \mu\text{Sv/h}$ であった。

6. まとめ

JT-60 の解体で発生した解体品を障防法に従い必要な情報等を適切に管理しながら、保管容器等に効率よく収納し保管する必要があるため、JT-60 解体品独自の管理方法を構築するとともに、実際の解体後から保管容器等に収納するまでの情報収集や記録方法について効率的な作業手順等を検討し、保管容器等への収納作業を実施した。

JT-60 の解体作業では、放射化された解体品を放射化物保管設備に保管した。そのうち、約 9,300 点の解体品は、計 88 台の保管容器に収納して保管用地(1)に保管した。また、約 2,200 点のトリチウム汚染の恐れがある解体品は、計 12 台の密閉容器に収納し、JT-60 機器収納棟に保管した。

放射化物の管理では、放射化物の搬出や保管に必要な情報を纏めて保管管理台帳により管理するとともに、解体品への放射化物の表示は、再使用放射化物タグの貼り付けによるタグ番号のみとし、その番号から保管管理台帳の情報を照合する仕組みとした。また、保管管理システムを開発し、計算機サーバーにて大量の情報を管理するとともに、その情報を基に保管管理台帳の作成や再使用放射化物タグのバーコードを利用した解体品の情報表示などの機能を設けることにより、情報記録の効率化を図った。

実作業においては、保管容器等に収納するまでに実施する必要がある放射化物の測定や情報の収集、記録等の放射化物管理業務では、本業務を専門におこなう「収納管理班」を発足させ担当ユニット横断で対応するとともに、可能な限り解体品を纏めて管理するなど作業の円滑化を図った。また、保管容器等の運搬ではスプレッターを使用したり、保管容器等の設置については転倒防止を施工するなどの安全対策をおこない作業を実施した。

以上の対策を講じた結果、約 3 年に亘った JT-60 解体作業において、保管容器等への収納保管作業の遅れやそれに伴う仮置きスペースの不足などにより解体作業工程が遅延するようなこともなく、円滑且つ無事故で解体品の収納保管作業を遂行することができた。また、将来のクリアランスへの対応を念頭に障防法に則った放射化物の記録及び表示が実施され、現時点においても情報等の管理が確実に実施されている。

謝 辞

JT-60 解体作業に先立ち、放射化物解体品の管理方法等についてご検討いただいた「収納管理サブワーキンググループ」の皆様、また、JT-60 解体作業における放射化物解体品の収納保管作業について、円滑、且つ無事故・無災害での作業にご尽力頂いた原子力機構及び解体作業実施メーカー（㈱日立製作所、日本アドバンステクノロジー㈱）の関係者の皆様に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1)岡野文範 他：“JT-60 トカマク解体の完遂”，JAEA-Technology 2013-031 (2013).
- 2)A.Sukegawa et al.：“Management of radioactive materials for the disassembly of JT-60U fusion tokamak device”，Proceedings of 19th International Conference on Nuclear Engineering(ICONE-19) (ISBN 978-4-88898-204-7),p.43834 (2011).
- 3)西山友和 他：“JT-60 解体に伴う放射化物解体品の保管管理”，平成 22 年度熊本大学総合技術研究会報告集(CD-ROM), 11P-241 (2011).

表 1 保管容器及び密閉容器の仕様

容器種類 項目		保管容器		密閉容器
		(長さ) 20 フィート	(長さ)40 フィート	
外法寸法	L	6,058 [mm]	12,192 [mm]	5,882 [mm]
	W	2,438 [mm]		2,303 [mm]
	H	2,591 [mm]		2,218.5 [mm]
内法寸法 (内容積)	L	5,888 [mm]	12,017 [mm]	5,879 [mm]
	W	2,308 [mm]	2,312 [mm]	2,300 [mm]
	H	2,387 [mm]	2,333.5 [mm]	2,215.5 [mm]
	Vol	32.4 [m ³]	64.8 [m ³]	30.0 [m ³]
最大総重量 [kg] (自重を含む重量)		30,480 [kg] *		30,000 [kg]
最大積荷荷重 [kg]		27,380 [kg] *	25,080 [kg] *	約 27,000 [kg]
主材質		高耐候性鋼板		SUS304

※輸送用コンテナの仕様値であり、JT-60 解体品の収納においては最大総重量を 20,000 [kg] 以下と定めている (4.2 節参照)。

表 2 保管容器及び密閉容器による放射化物解体品の収納保管状況

容器種類 項目	保管容器		密閉容器	計
	20ft 容器	40ft 容器		
使用台数	72 台	16 台	12 台	100 台
解体品総点数	約 8,800 点	約 500 点	約 2,200 点	約 11,500 点
解体品総重量	約 800 トン	約 150 トン	約 150 トン	約 1,100 トン
	約 950 トン			

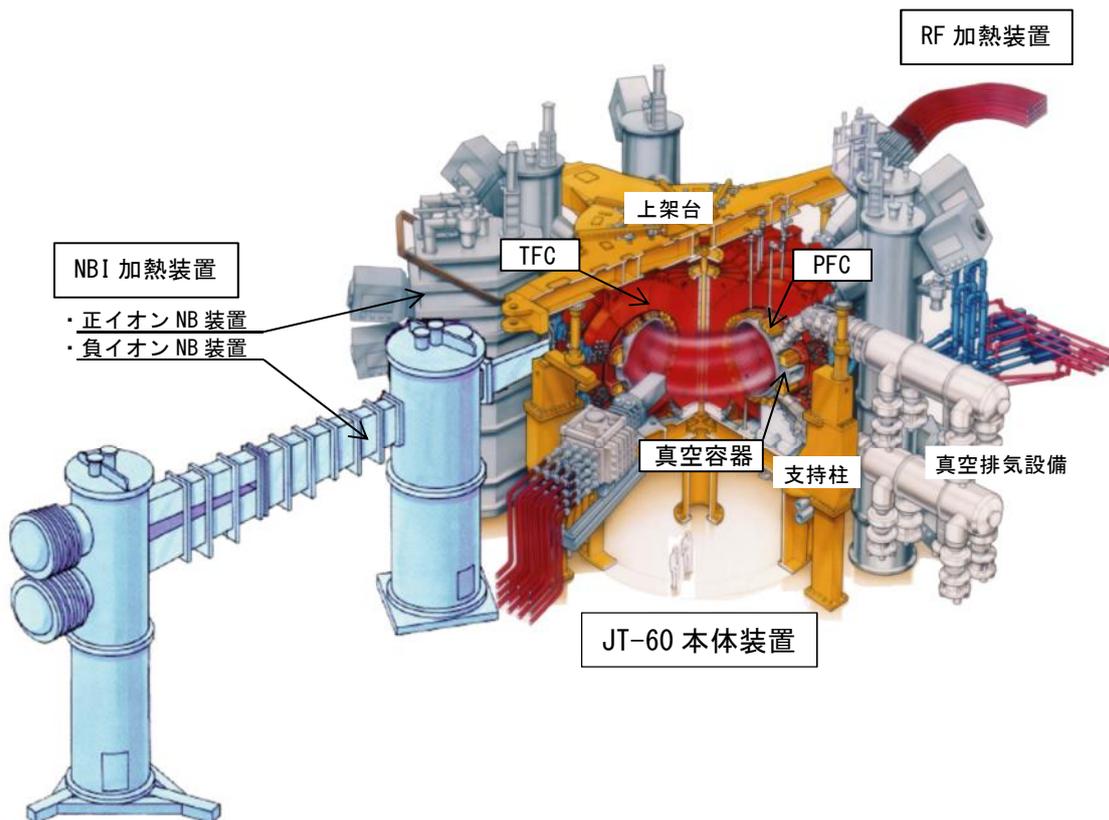


図1 JT-60 鳥瞰図

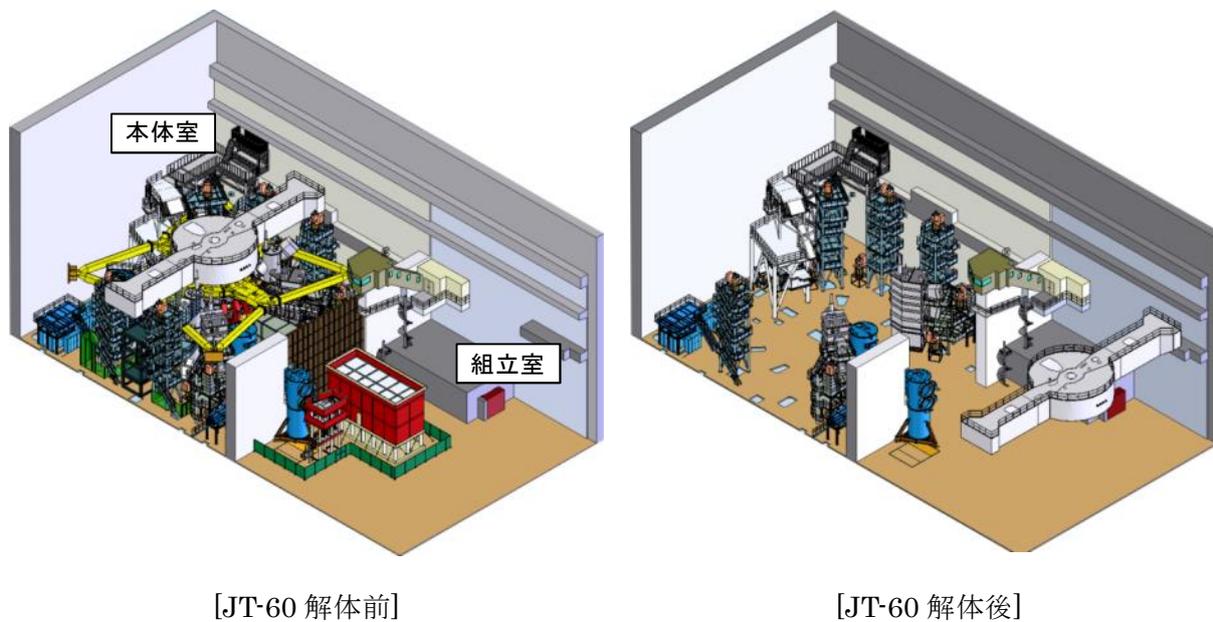


図2 JT-60 解体前後の本体室及び組立室の設備設置状態

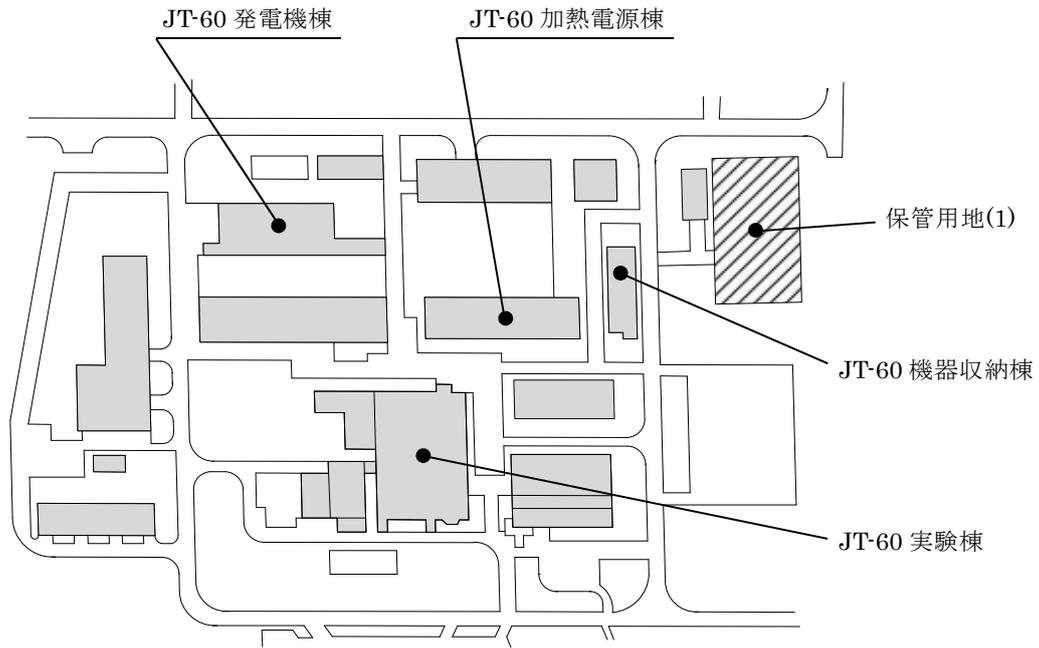


図3 JT-60 解体品の放射化物保管設備（管理区域）配置図



(サイズ W 45mm × H 30mm)

図4 再使用放射化物タグ

再使用放射化物保管管理台帳												区域管理者														
容器番号 使用状況		収納品重量[g]		数量[Bq]		保管状況(搬出入)																				
機器情報		名称		管理責任者		放射化物及び搬出測定情報		表面密度測定(β)				備考														
No	機器番号	タケ 番号	管理 担当課(室)	設備名	機種名(品名)	員数	縦格寸法[m]	縦格 外容積 [m ³]	重量 [kg]	主材質	発生場所 (領域)		核種	数量[Bq]	規制 物質 有無	総重量測定(γ)	測定 年月日	測定者	測定器 (装置)	測定値 [μSv/h]	測定 年月日	測定者	測定器 (装置)	測定値 [Bq/cm]		
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										
31																										
32																										
33																										
34																										
35																										
36																										
37																										
38																										
39																										
40																										

図 5 JT-60 解体品の再使用放射化物保管管理台帳様式

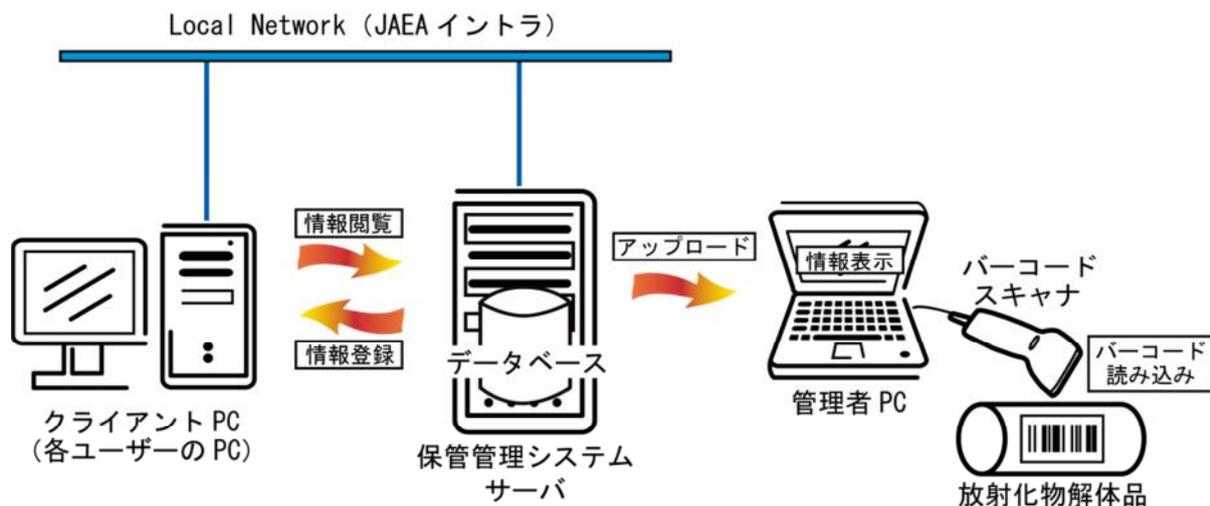


図 6 保管管理システム構成図

保管管理システム 機器情報バーコード検索

バーコード検索 読み取ったバーコードに対応する機器情報の検索を行います。
検索条件のタグ番号へ入力を行うか、タグ番号を選択してバーコードの読み取りを行ってください。

検索条件入力

タグ番号

バーコード読み取りと同時に検索を行う(Enterキーで検索)
 検索と同時に機器を読み取り済みにする
 読み取り済みの機器も追加登録を行う

1件の機器情報がヒットしました。

検索結果

機器情報 読取り済み

容器番号 放射性物質の量[Bq]

機器番号 物品管理責任者

設備名

機器名(品名) 員数

概略寸法[m] 概略外容積[m3] 実重量[kg]

主材質 発生場所 規制物質の有無

関連図面番号 PDF名

備考

放射化物測定情報

線量当量率測定 測定年月日 測定機型番γ

測定者 測定値γ [μ Sv/h]

測定値γ (at10cmの測定値) [μ Sv/h]

表面密度測定 測定年月日 測定器型番β

測定者 測定値β [Bq/cm²]

区分(A, B, C)

図 7 放射化物解体品情報表示画面

ホーム 西山 友和 (管理ユーザ) ログアウト

保管管理システム

TOP > 機器情報・放射化物測定情報 登録・検索 > 機器情報登録

(*) がついている項目は入力必須です。

○機器情報

機器番号 (*)	H1119-00001
タグ番号	5000
物品管理責任者 (*)	西山友和
設備名	ガス循環系
機器名 (品名)	ガス配管(#5)
台数	1
概略寸法[m]	φ0.3×0.2
概略外容積[m ³]	0.014
実質量[kg]	15
主材質	SUS304
発生領域	本体室領域2
規制物質有無	無
容器番号	20-0001
備考	
関連画面番号	1119D1009

[印刷](#)

○放射化物測定情報

総量当量率測定	測定年月日	2011/07/20
	測定者	三代康彦
	型番	NaI-04
	測定値	0.10
	測定値(at10cmの測定値)	
表面密度測定	測定年月日	2011/07/20
	測定者	笹島唯之
	型番	SB-04L
	測定値	<0.4
区分	A	

[印刷](#) [戻る](#)

図 8 放射化物解体品情報登録画面

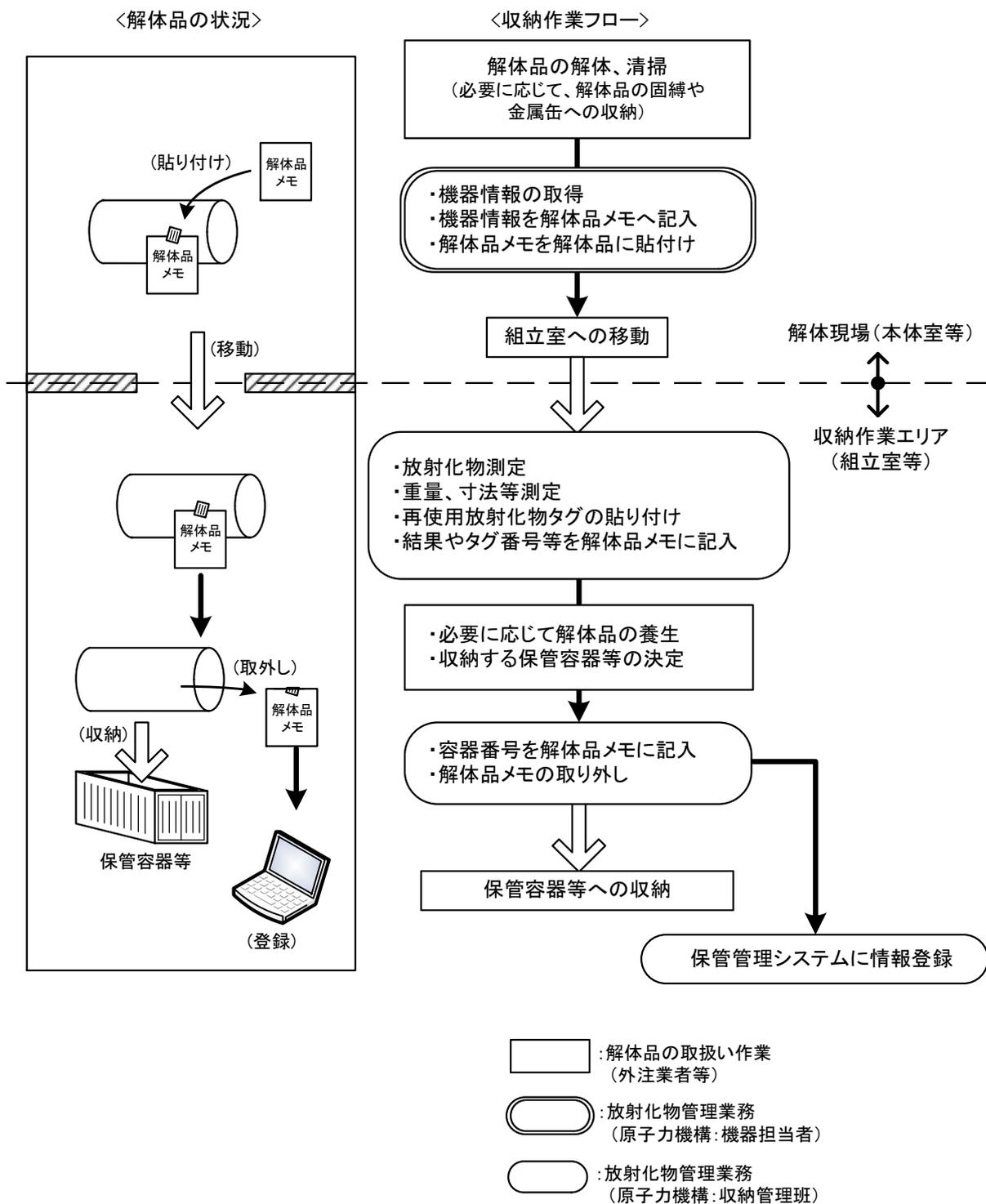


図10 解体から収納までの作業フロー図

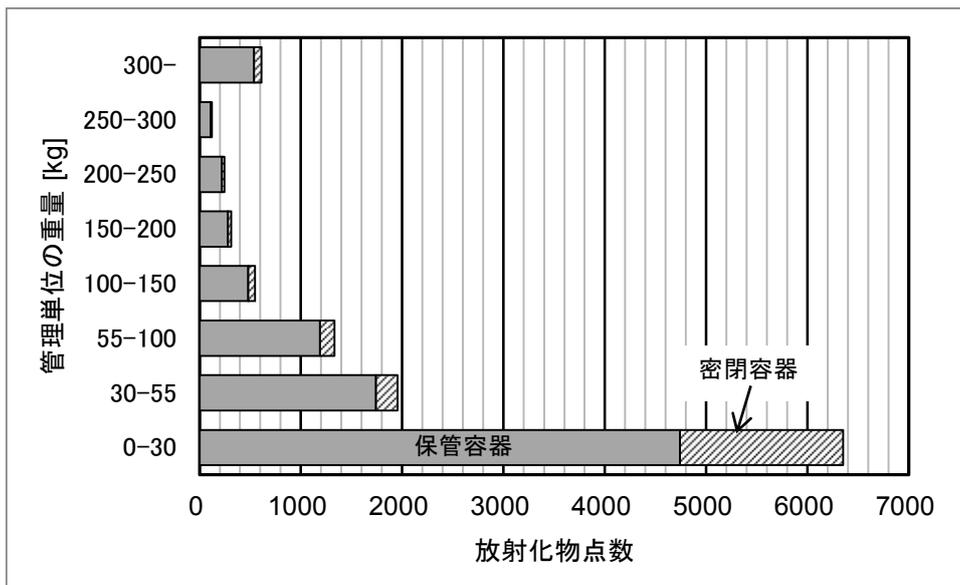


図 11 保管容器等に収納した解体品の管理単位重量分布

(テープ貼り付け面)

保v4

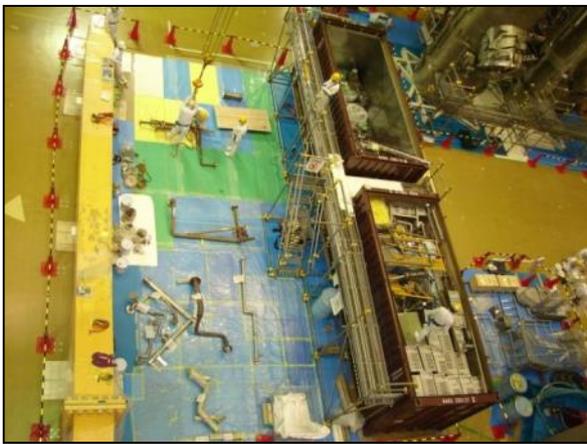
解体品メモ(保管容器用)

【担当グループ記入項目】			
再利用品の清掃を実施後、表面に切粉、屑、塗装片、テープなどが付着していないことを確認			
機器番号※1	—		
管理責任者	設備名		
機器名	員数※2		
概略寸法※3	m	外容積	m ³
主材質※4	SUS316・Inco・SUS304・高Mn鋼・SS41・アルミ・銅・鉛・他金属・保温材・他非金属		
発生領域	本体室(領域1・領域2・領域3・領域4)・組立室・PIG室		
規制物質※5	無・有		
備考			
※1 機器番号は重複しないこと ※2 複数の機器を固縛したり容器に入れた場合は「機器の数」、数え切れない場合は「1式」と記入 ※3 参考寸法、外容積 ①ドラム缶:寸法φ0.6×0.9 外容積 0.25m ³ ②ペール缶:寸法φ0.3×0.4 外容積0.03m ³ ※4 材質が他金属/他非金属の場合は材質名、主材質に他の材質も多く含まれる場合はその材質名を備考に記入(～を含む) ※5 規制物質が含まれる場合は、物質名を備考に記入			
【収納管理班記入項目】			
タグ番号		重量	kg
容器番号	—		
放射化物測定記録 *保安管理課兼務者が実施のこと			
	測定年月日	測定者	測定器
線量当量率※7			測定値
			NaI-
			[μSv/h] (at10cm) [μSv/h]
表面汚染※8			SB- L
			□<0.4 [Bq/cm ²]
※7 表面線量当量率が0.6μSv/hを超えたら、表面から10cm離れた位置で再測定 再測定の結果は、at10cmの()内に記入 ※8 表面汚染密度が0.4Bq/cm ² 以上の場合は、密閉容器に収納 ※9 区分「A」…表面線量当量率又は表面から10cm離れた位置の線量当量率が0.6μSv/h以下の場合 区分「B」…表面から10cm離れた位置の線量当量率が0.6μSv/hを超えた場合			

図 12 解体品メモ様式 (保管容器用)



(1) 組立室に仮置きされた密閉容器(左)と保管容器(右)



(2) 組立室の収納作業エリア



(3) 収納管理業務 (放射化物測定)

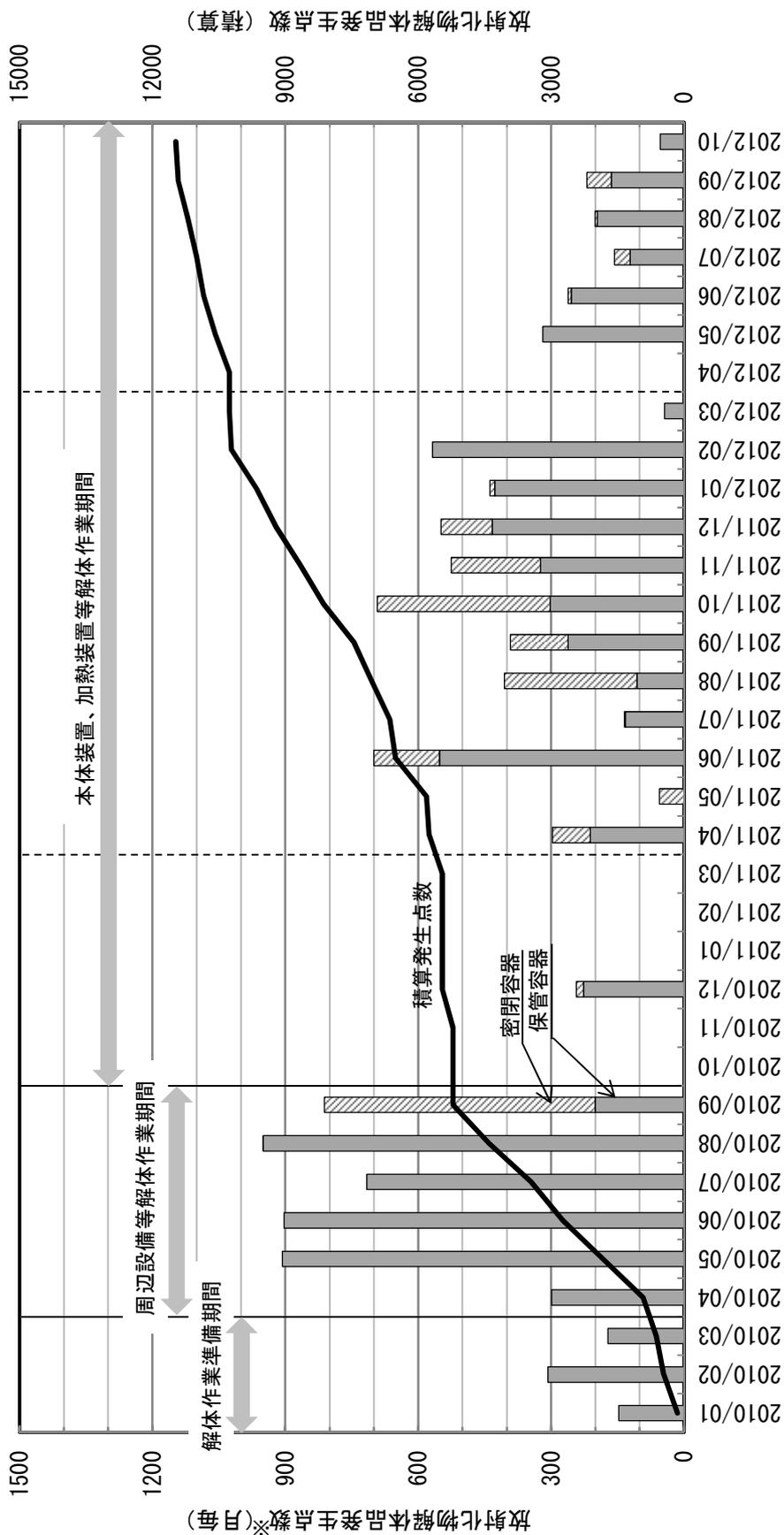


(4) 収納管理業務 (情報の記録等)



(5) 収納管理業務 (保管管理システムへの登録)

図 13 収納管理業務の作業写真



※放射化物測定月を発生月として算出

図 14 保管容器等に収納した解体品の時系列発生量



(1) 天井クレーンによる収納作業



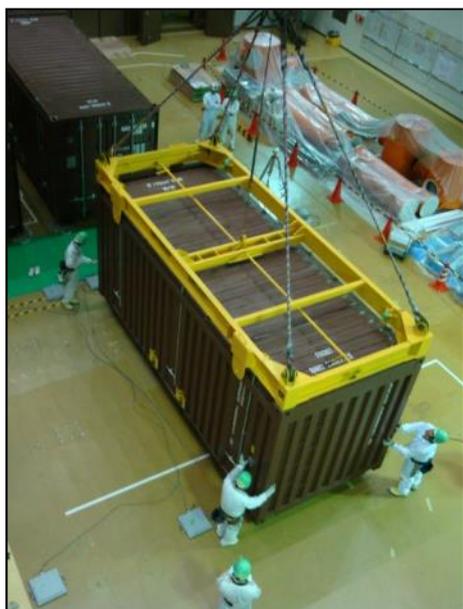
(2) クローラクレーンによる収納作業



(3) 保管容器内での収納作業



(4) ポータブル重量計による重量計測



(5) スプレッターによる保管容器の運搬



(6) 収納が完了した保管容器

図 15 保管容器等への収納作業写真

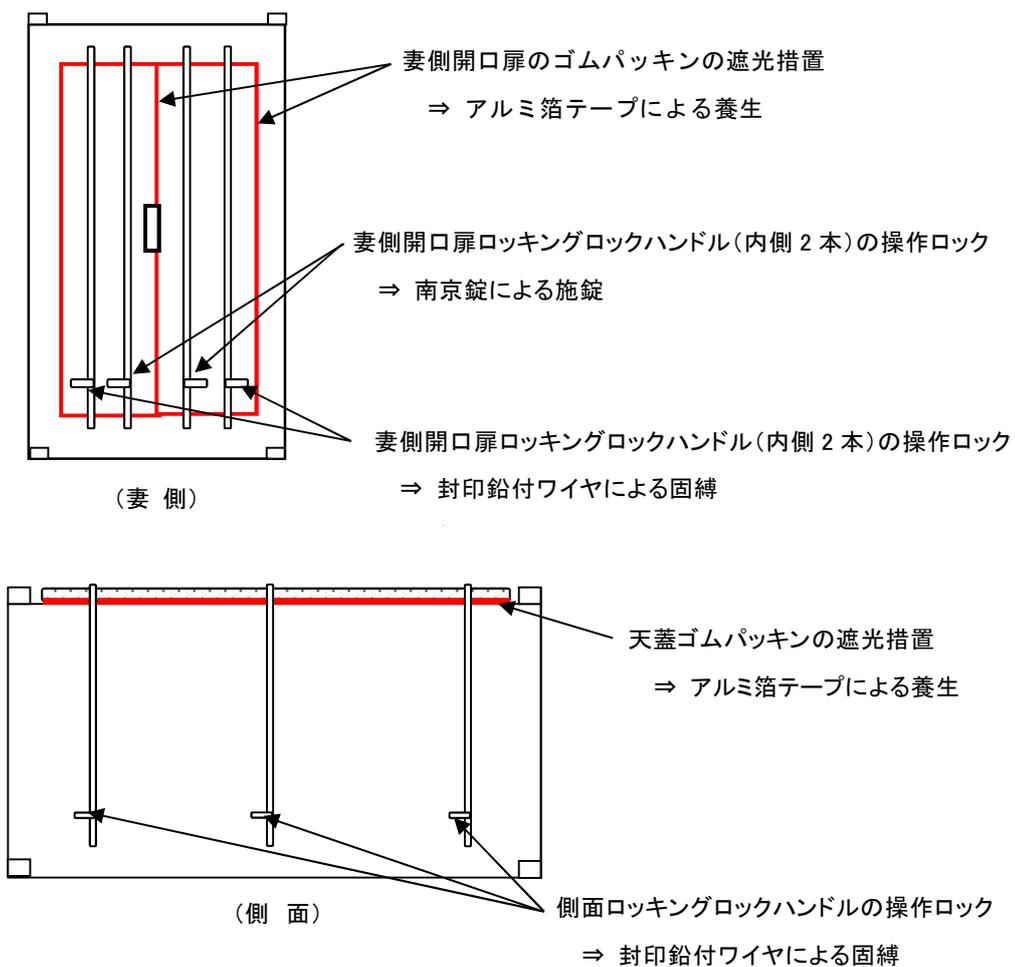


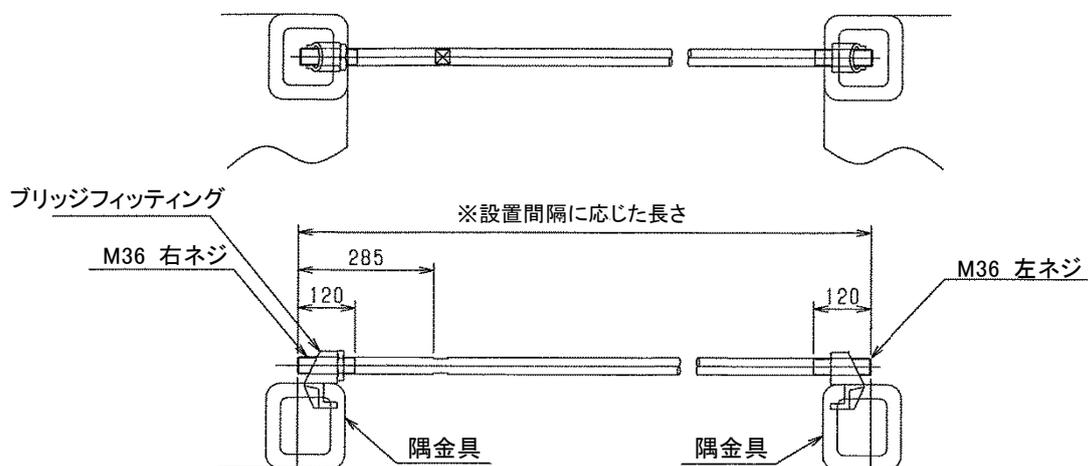
図 16 保管容器の閉止措置



図 17 密閉容器の密閉措置（溶接）作業写真



(1) 転倒防止器具の取り付け位置



(2) 転倒防止金具外形図



(3) 各スタッカー外観写真

図 18 保管容器の転倒防止対策



(1) 保管用地(1)への運搬搬入



(2) 保管容器の吊り上げ



(3) 保管容器の設置作業



(4) 保管容器(40ft)の設置作業

図 19 保管容器の運搬及び設置作業写真



(1) 保管容器（保管用地(1)）

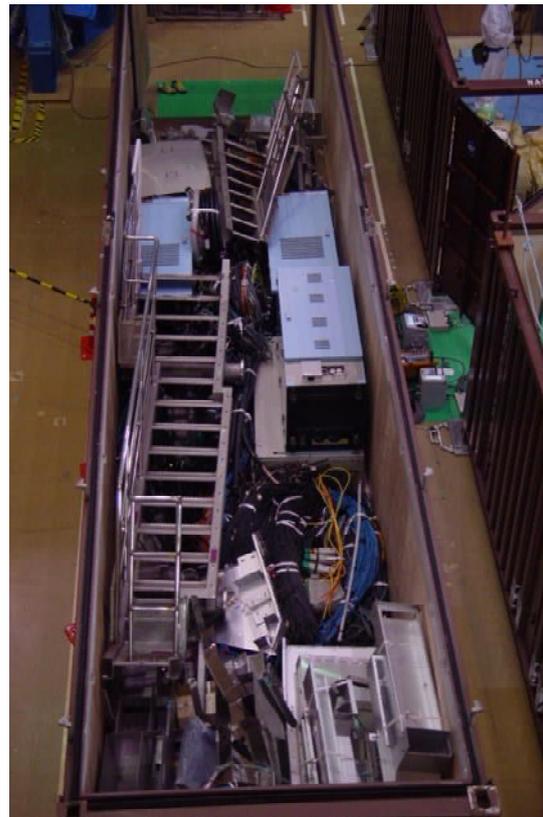


(2) 密閉容器（機器収納棟）

図 20 保管容器等の保管状態写真



(1) 保管容器 (20 フィート)



(2) 保管容器 (40 フィート)



(3) 密閉容器

図 21 保管容器等への解体品収納状態写真

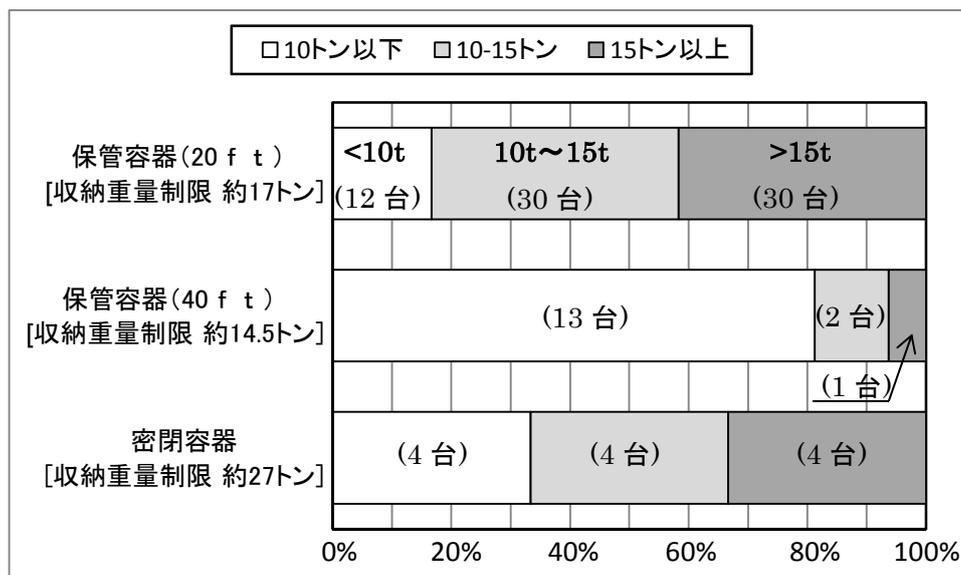


図 22 保管容器等収納解体品の収納重量分布

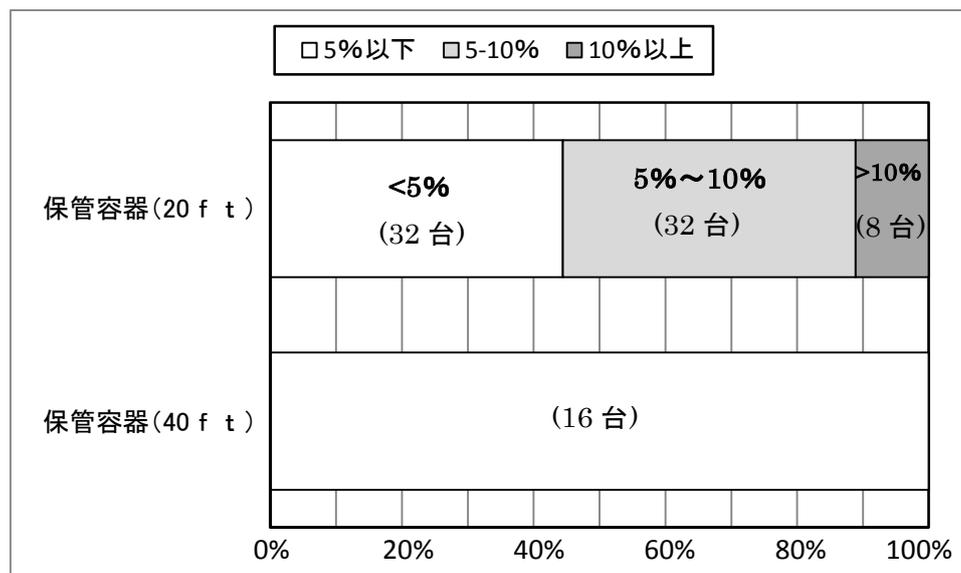
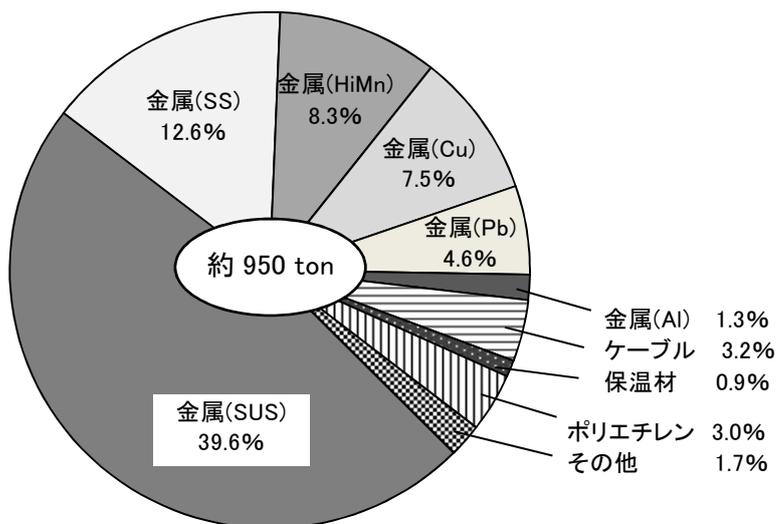
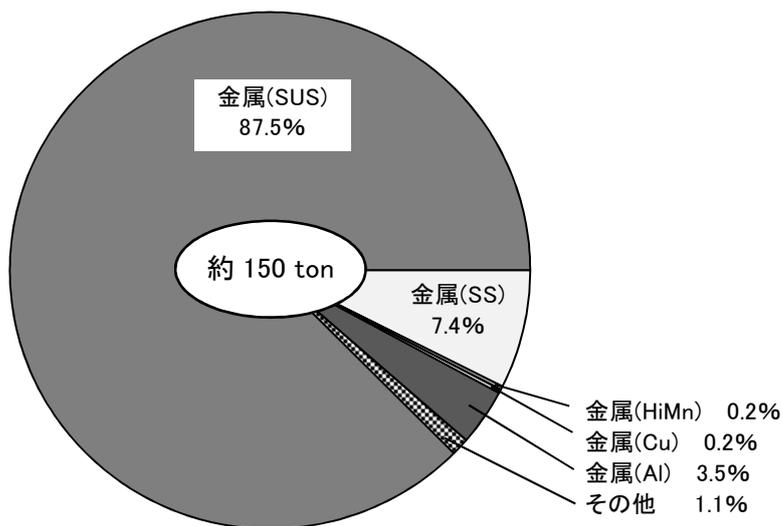


図 23 保管容器の容積収納率



(1) 保管容器



(2) 密閉容器

SUS: ステンレス鋼	Cu: 銅
SS : 一般構造用圧延鋼	Pb: 鉛
HiMn: 高マンガン鋼	Al: アルミニウム

図 24 保管容器等収納解体品の材質別重量割合

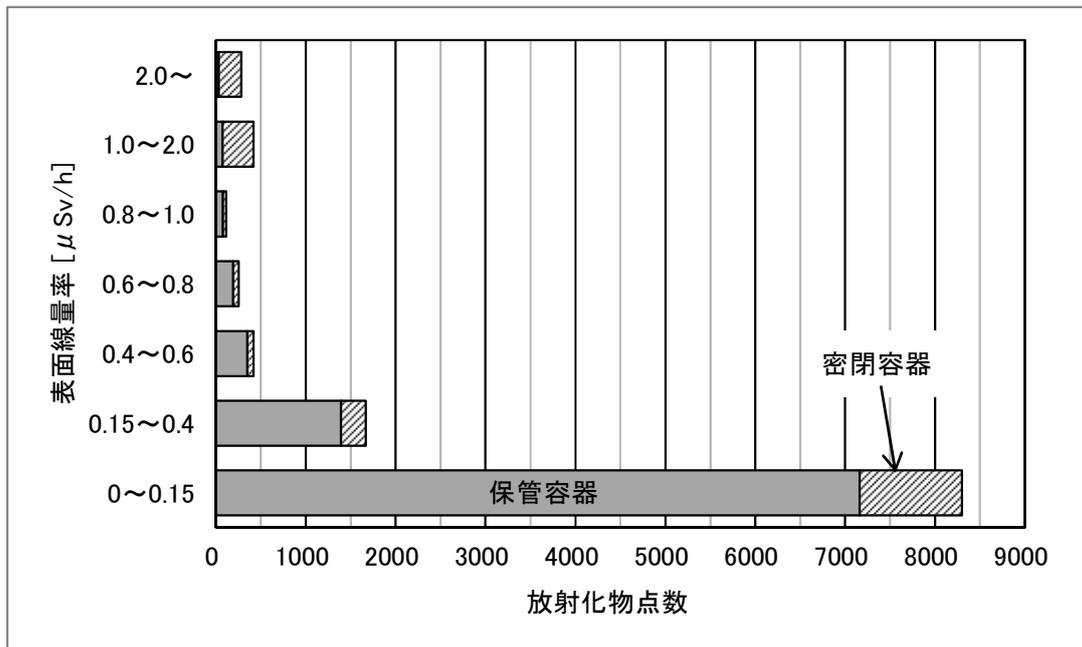


図 25 保管容器等収納解体品の表面線量率分布

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
物質の量	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基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立法メートル	m ³
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
比透磁率 ^(b)	(数字の)	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
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)
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
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N m
仕事率、工率、放射束	ワット	W	J/s
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
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C	K
光照射度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)
放射線量	グレイ	Gy	J/kg
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
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
酸素活性化	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間には同一である。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
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s
表面張力	ニュートンメートル	N m
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s
角加減速	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²
熱流密度、放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²
熱容量、エン트로ピー	ジュール毎ケルビン	J/K
比熱容量、比エン트로ピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³
電表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²
電束密度、電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²
誘電率	ファラド毎メートル	F/m
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol
モルエン트로ピー、モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr
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)
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	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=60s
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/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 dm ³ =10 ³ cm 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=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デジベル	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	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 =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π) A m ⁻¹

(c) 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=1 cGy=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	f	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=200 mg=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	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリ)、4.1868 J (「IT」カロリ)、4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 ⁻⁶ m

