JAEA-Technology
2011-015

高圧圧縮装置における安定運転のための設備改善

Improvement for the Stable Operation in the Super Compactor

須藤 智之　三村 竜二　石原 圭輔　里見 慎一
明道 栄人　門馬 利行　小澤 一茂

Tomoyuki SUDO, Ryuji MIMURA, Keisuke ISHIHARA, Shinichi SATOMI
Masato MYODO, Toshiyuki MOMMA and Kazushige KOZAWA

東海研究開発センター
原子力科学研究所
バックエンド技術部

Department of Decommissioning and Waste Management
Nuclear Science Research Institute
Tokai Research and Development Center

June 2011
Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

JAEA-Technology

JAEA-Technology 2011-015

高圧圧縮装置における安定運転のための設備改善

日本原子力研究開発機構　東海研究開発センター
原子力科学研究所　バックエンド技術部

須藤 智之・三村 竜二・石原 圭輔・里見 慎一
明道 栄人・門馬 利行+・小澤 一茂

(2011 年 4 月 1 日受理)

高減容処理施設の高圧圧縮装置は、原子力科学研究所に保管されている低レベル固体廃棄物のうち、原子炉施設等から発生した金属廃棄物について最大約 2,000 t の圧縮力で高圧圧縮処理を行うことにより放射性廃棄物を 1/3～1/4 に減容するものである。

本装置における模擬廃棄物を使用した試験運転により、圧縮前後の廃棄物を移送するための動作機構並びに圧縮工程で生じた不良圧縮体の搬出作業において、安定運転を達成する上で改善が必要な技術的課題が確認された。

本稿では、本装置の安定運転に向けてこれらの課題に対して行った設備改善内容及びその結果について報告する。

原子力科学研究所：　〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4
＋　経営企画部

Improvement for the Stable Operation in the Super Compactor

Tomoyuki SUDO, Ryuji MIMURA, Keisuke ISHIHARA, Shinichi SATOMI
Masato MYODO, Toshiyuki MOMMA+ and Kazushige KOZAWA

Department of Decommissioning and Waste Management
Nuclear Science Research Institute, Tokai Research and Development Center
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received April 1, 2011)

The super compactor in the Advanced Volume Reduction Facilities (AVRF) treats metal wastes mainly generated from research reactors in the Nuclear Science Research Institute of JAEA. Those wastes are compacted from one third to one fourth with maximum 2,000-ton force.

In the trial operation using simulated wastes, some technical problems were found to be improve for the stable operation.

One problem is the motion mechanism for carrying wastes before and after compaction.

The other problem is the mechanism for treating the irregular supercompacted products.

In this report, we describe the detail and the result of improvement on those problems for the stable operation in the super compactor.

Keywords：Advanced Volume Reduction Facilities, Super Compactor, Stable Operation

＋ Policy Planning and Administration Department

目次

Contents

図表写真リスト

Figure, Table and Photo List

1. はじめに

1.1 背景

原子力科学研究所（旧「日本原子力研究所　東海研究所」）では、研究・開発により発生した低レベル放射性固体廃棄物（以下、「廃棄物」という。）を対象に、将来の浅地中埋設処分に対応可能な廃棄体とすること及び廃棄物を減容することを目的とした高減容処理施設を建設整備した[1)]。現在、原子力科学研究所に保管されている廃棄物の累積保管量は保管廃棄施設の保管能力に近づいている状態であり、廃棄物の減容が最重要課題となっている。

高減容処理施設では施設に搬入した廃棄物に対してあらかじめ材質分別、切断等の前処理を行った後、廃棄物の材質及び性状等に応じて高圧圧縮又は溶融による減容処理を行う。処理後の廃棄物は、当面保管廃棄施設に保管し、最終的には、含まれる放射性物質の種類及び放射能濃度に応じて廃棄物埋設施設に埋設処分される。

高圧圧縮処理は主に原子炉施設等から発生した配管及び形鋼等の金属廃棄物を高い減容率で減容することとしており、原子炉由来であることから、核種と放射能濃度の評価が比較的容易であり、作製される廃棄体は早い段階で埋設処分される計画である。そのため、高減容処理施設においては高圧圧縮処理を当面の減容化並びに廃棄体化のための主力の処理手段として位置付けており、その安定運転は計画的な埋設処分の実現及び原子力科学研究所における保管能力の逼迫状況改善のための重要事項である。

1.2 模擬廃棄物による試験運転

高減容処理施設の高圧圧縮装置（以下、「本装置」という。）では、操作技術の習熟、安定した放射性廃棄物の処理（ホット運転）開始に向けた課題の抽出及びその対策の実施を目的とし、模擬廃棄物を使用した試験運転を平成 15 年２月から平成 20 年９月まで行い、約 500 本の処理を実施した。

試験運転の過程において、本装置の安定運転を達成するための改善が必要な以下の技術的課題が確認された。

①圧縮前後の廃棄物を移送するための圧縮座の動作機構に係る課題

②圧縮工程で生じた不良圧縮体の搬出作業に係る課題

本稿では、これらの課題に対して行った設備改善の内容及びその結果について報告する。

2. 高圧圧縮装置の概要

高減容処理施設の高圧圧縮装置は油圧駆動による三軸圧縮方式により、200L ドラム缶に収納した廃棄物を水平方向（X 軸方向）及び奥行き方向（Y 軸方向）並びに垂直方向（Z 軸方向）に圧縮するものである。

本装置は圧縮機構の中心となる高圧圧縮機（成形金型、縮径金型、垂直金型等)、圧縮座、排気ブロア、油圧ユニット、高圧圧縮処理後の廃棄物（以下、「圧縮体」という。）を仮置きする圧縮体仮置きラック等から構成される。本装置の概念図を図 1 に示す。

本装置の圧縮機構は、原子炉施設等から発生する配管及び形鋼等の金属廃棄物に対し、有効な減容効果を得るために、垂直方向で最大約 2,000 t の圧縮力を持つ。また、廃棄物を 200L ドラム缶ごと圧縮し、再び 200L ドラム缶に充填するために、水平方向及び奥行き方向への圧縮機能を持つ。この結果、本装置により圧縮処理を行った圧縮体はペレット状に成形される (図 2、写真 1.1、1.2)。本装置における圧縮機構の概念図を図 3 に示す。

本装置における運転手順の概要を以下に示す。また、詳細を付録に示す。

①200L ドラム缶に収納した廃棄物を搬入台車等によりチャンバ内に搬入する。

②廃棄物受入位置（以下、「受入位置」という。）に到達した廃棄物を搬入ホイストにより吊り上げ、搬入台車から圧縮座上に移載する。

③圧縮座ごと廃棄物を受入位置から廃棄物圧縮位置（以下、「圧縮位置」という。）に移送する（奥行き方向への移送)。

④圧縮位置に到達した廃棄物を成形金型により奥行き方向に圧縮（成形圧縮：最大約 200 t）する。

⑤縮径金型により水平方向に圧縮（縮径圧縮：最大約 500 t）する。

⑥垂直金型により垂直方向に圧縮（垂直圧縮：最大約 2,000 t）する。

⑦垂直圧縮完了後、圧縮座ごと圧縮体を圧縮位置から受入位置に移送する。

⑧受入位置到達後、圧縮体を搬入ホイストにより吊り上げ、重量測定器上に移載する。

⑨重量測定器及び高さ測定器により圧縮体の重量及び高さを測定する。

⑩高さ方向に最も効率的な充填割合を自動計算した上で、圧縮体をドラム缶に最大 4 体収納し、高圧圧縮済保管体（以下、「保管体」という。）を作製する。

3. 課題

3.1 圧縮座の動作機構に係る課題

圧縮座は圧縮時に圧縮荷重を受ける受け台であり、ドラム缶に収納した廃棄物を圧縮位置へ移送し、圧縮体を受入位置へ移送するものである。

圧縮機構のうち、成形圧縮は成形金型による片側からの圧縮であるため、廃棄物と圧縮体の奥行き方向の中心位置にずれ（約 100㎜）が生じる（図 3 参照）。圧縮完了後、搬入ホイストにより圧縮体の移載を行うには、搬入ホイストの把持中心と圧縮体の中心を合わせる必要があるため、「上座」と「下座」の二層に分割された構造の圧縮座を成形圧縮時にスライドさせることにより奥行き方向の中心位置補正を行っていた（図 4 参照）。

圧縮を行うと、ドラム缶の塗装片、金属片、鉄粉や塵埃等が発生する。これらが、圧縮座の上座と下座のスライド部に侵入すると摺動抵抗が大きくなり、最終的にはスライド部の動作不良をもたらすことが試験運転において顕在化した。この場合、交換部品である圧縮座上座の交換が望ましいが、圧縮座上座は高価なため、これまでは動作不良を未然に防止するため、メンテナンス作業の一環として年２回程度、スライド部に堆積した塵埃等の除去を行ってきた。

圧縮座のメンテナンス作業は圧縮座の上座及び下座の分解が必要となるが、作業スペース及び作業性の観点から狭隘なチャンバ内での実施は困難なため、チャンバ天井部を開放して、圧縮座をチャンバ外に搬出する必要がある。この結果、以下の問題が生じる。

①作業には約１ヶ月の期間を要するため、大幅な処理量の低下をもたらす。

②チャンバ外への圧縮座の搬出及びチャンバ外での分解作業は、汚染拡大防止及び運転員の被ばく管理等の放射線管理上の特別な管理が必要となる。

③圧縮座は重量物であり、その吊り上げ及び搬送に際しては、落下による負傷等のリスクが潜在しており、これに対する労働安全上の特別な管理が必要となる。

これらの問題を根本的に解決するためには、圧縮時の塵埃等の発生を防止すること又は圧縮座のスライド機構自体を改善し、塵埃等のスライド部への堆積が影響しないようにする必要がある。

3.2 不良圧縮体の搬出作業に係る課題

本装置の圧縮過程において、廃棄物は成形圧縮、縮径圧縮、垂直圧縮の三軸圧縮（図 3 参照）により、ほぼ円筒状の圧縮体となる（写真 1.1、1.2 参照）。ところが、試験運転の過程において、ドラム缶への廃棄物の充填量並びに充填状態が原因で加圧方向に対する廃棄物の抵抗が大きくなった場合には、成形又は縮径圧縮が完了できなくなり、不良圧縮体が発生することが確認された（図 5 参照）。

当該事象は、廃棄物のドラム缶への充填方法を改善することにより、発生頻度が下がることが確認されたが、完全に防止することは困難である。

正常に圧縮が完了した圧縮体は形状が一定となるが、不良圧縮体は成形圧縮又は縮径圧縮が完了していないため、定形に成形されない（写真 2.1～2.3 参照）。圧縮体の移載を行う搬入ホイストは定形の圧縮体を把持する機能を有していることから、不良圧縮体を把持することができず、処理工程が停止する。この結果、以下の問題が生じる。

①不良圧縮体は搬入ホイストで把持することができないため、運転員がチャンバ内に入室し、成形又は縮径圧縮されたドラム缶をバンドソー等の回転機器等により切断した上で搬出し、廃棄物をドラム缶へ再収納する必要がある。

②狭隘なチャンバ内でのドラム缶の切断作業は作業性が悪く、作業に時間を要するため、運転員の被ばく管理等の放射線管理上の特別な管理が必要となる。また、安定した作業スペースを確保できない状態で回転機器等を使用するため、負傷等のリスクが高くなり、労働安全上の特別な管理が必要となる。

これらの問題を解決するため、切断作業の負担低減、作業スペースの確保等の観点での設備改善が必要となる。

4. 設備改善

4.1 設備改善概要

3.で抽出された 2 件の技術的課題に対し、平成 20 年 10 月から 12 月にかけて、圧縮座の動作機構に係る改善及び不良圧縮体の搬出作業に係る改善を実施した。

(1) 圧縮座の動作機構に係る改善

圧縮座のメンテナンス作業が必要となる根本的な原因は、圧縮時に発生する塵埃等が圧縮座のスライド部へ堆積するためである。塵埃等は廃棄物が金型と接触する際には必ず発生するものであり、発生そのものを防止することは極めて困難である。これより、圧縮座のスライド機構について改善の検討を行った。

塵埃等が圧縮座のスライド部へ堆積することにより、スライド部の動作不良をもたらすことから、スライド機構を廃止し、圧縮座を一体構造とすれば根本原因が解決され、動作不良を完全に防止できる。一方、圧縮座のスライド機構の本来の目的は、奥行き方向における搬入ホイストの把持中心と圧縮体の中心を一致させることであったため、圧縮座を一体構造とした場合、圧縮座のスライド機構とは別な方法によって、これらの中心を一致させる必要がある。このため、奥行き方向における中心位置補正方法について検討を行った。

中心位置補正については、圧縮体の移載を行う搬入ホイストを奥行き方向へ可動できるように改善すれば課題は解決するが、奥行き方向への装置の拡大が必要となるため、設置スペース、費用の観点から実施は不可能であることが分かった。検討の結果、奥行き方向に可動する圧縮座の位置を補正することで、搬入ホイストの把持中心と圧縮体の中心を一致させることが最も効率的であることが分かった。圧縮座の位置補正としては、圧縮完了後、圧縮座が受入位置に到着した際に圧縮位置側に約 100㎜ 移動する機構とし、新設するメカニカルストッパ及びセンサ（磁気近接スイッチ）に停止機能を持たせた（図 4 参照）。

本改善は圧縮座の構造の変更は必要となるが、他の機器への大きな変更がないため、比較的安価で実施が可能である。また、今後メンテナンスが必要となる交換部品は汎用品であり、且つ交換が容易なメカニカルストッパ及びセンサとなり、メンテナンス性に優れているため適当であると判断した。

(2) 不良圧縮体の搬出作業に係る改善

設備改善の検討は切断作業の負担軽減、作業スペースの確保の二つの観点から行った。

1) 切断作業の負担軽減

切断作業が必要となる根本的な原因は、不良圧縮体が定形に成形されていないため、搬入ホイストにより把持し吊り上げることができず、作業工程が停止することである。

このため、不良圧縮体がいかなる形状であっても、把持し、吊り上げられるように専用の把持治具（以下、「不良圧縮体把持治具」という。）を製作した（図 6、写真 3 参照）。不良圧縮体把持治具の特徴としてはアームの可動域を拡張したことで、水平方向に拡大した不良圧縮体でも把持が可能になった。また、油圧による把持機構を導入したことで、把持力が向上し、確実に把持できるようになった。

この結果、不良圧縮体把持冶具により不良圧縮体を吊り上げ、圧縮座から搬入台車に移載し、安全且つ容易にチャンバ外へ搬出することが可能になった。不良圧縮体の搬出概念図を図７に示す。

2）作業スペースの確保

不良圧縮体把持冶具の製作に併せて、不良圧縮体の搬出作業における作業性を向上させるため、作業スペースの拡張として、チャンバ天井蓋上部にグリーンハウスの増設を行った。

この結果、チャンバ天井蓋上部エリアでの不良圧縮体の吊り上げ作業が可能になり、運転員が狭隘なチャンバ内に入室し、重量物（本体重量：約 150kg）である不良圧縮体把持冶具の取り扱いを行う必要がなくなったため、不良圧縮体の搬出作業に係る作業性及び安全性が向上した。また、グリーンハウスを設置したことにより、不良圧縮体搬出作業時の汚染拡大防止にもつながった。

4.2 設備改善効果

圧縮座の動作機構及び不良圧縮体の搬出作業に係る技術的な課題に対し、実施した設備改善の結果及びその効果を以下に示す。

(1) 圧縮座の動作機構に係る改善

圧縮座を一体構造とすることにより、塵埃等の堆積による圧縮座のスライド部の動作不良を完全に防止でき、課題の根本的な解決につながった。

この結果、圧縮座のメンテナンス作業の必要がなくなったため、作業に要していた約２ヶ月（約１ヶ月×年２回）の期間を処理に充てることが可能になり、処理量が約２割向上した。

また、チャンバ外への圧縮座の搬出作業及びチャンバ外での分解作業の必要がなくなったことから、汚染拡大防止及び運転員の被ばく管理等の放射線管理上の特別な管理、重量物の吊り上げ及び搬送時の落下による負傷等の労働安全上のリスクが低減された。

さらに、動作不良発生時には製作品である圧縮座上座の交換が必要であったが、設備改善後は万一故障が発生した場合でも汎用品であるメカニカルストッパ又はセンサの交換で済むため、交換部品に係るコストが約 1/10 に、交換作業に係る人工が 1/20 となり、設備の維持・管理コストの削減にもつながった。

設備改善前後における圧縮座のメンテナンス作業並びに交換部品の交換作業に係る人工の比較を表１に示す。

本改善後、圧縮座、メカニカルストッパ及びセンサが円滑且つ正常に作動し、搬入ホイストで廃棄物及び圧縮体を正常に把持し、移載できることを確認した。

(2) 不良圧縮体の搬出作業に係る改善

新たに製作した不良圧縮体把持冶具により、不良圧縮体をチャンバ外へ安全に搬出することが可能となったため、運転員がチャンバ内にて、成形又は縮径圧縮されたドラム缶を回転機器等により切断する必要がなくなった。

また、チャンバ天井蓋上部にグリーンハウスを設置し、作業スペースの拡張を行うことで、運転員がチャンバ内にて、重量物である不良圧縮体把持冶具を取り扱う必要がなくなった。

これらの結果、狭隘なチャンバ内での作業が大幅に低減され、作業性及び安全性が向上することで、運転員の被ばく管理等の放射線管理上の特別な管理並びにチャンバ内作業における負傷等の労働安全上のリスクが低減された。

本改善後、試験運転で作製した不良圧縮体を使用して模擬搬出試験を行い、不良圧縮体を円滑且つ安全にチャンバ外へ搬出できることを確認した。

5. まとめ

高減容処理施設の高圧圧縮装置について、模擬廃棄物を使用した試験運転で確認された技術的な課題に対し、本装置の安定運転に向けた設備改善を実施した。

このうち、圧縮座の動作機構に係る課題については、圧縮座のスライド機構をやめ、一体構造とすることにより、塵埃等による動作不良を防止し、圧縮座のメンテナンス作業負担を低減した。この結果、設備の維持・管理コストが削減されるとともに、処理量が約２割向上した。また、汚染拡大防止及び運転員の被ばく管理等の放射線管理上の特別な管理、重量物の吊り上げ及び搬送時の落下による負傷等の労働安全上のリスクが低減された。

また、不良圧縮体の搬出作業に係る課題については、不良圧縮体把持治具の製作並びに作業スペースの拡張を行うことにより、狭隘なチャンバ内での作業が大幅に低減され、不良圧縮体を安全且つ容易にチャンバ外へ搬出することが可能になった。この結果、運転員の被ばく管理等の放射線管理上の特別な管理並びにチャンバ内作業における負傷等の労働安全上のリスクが低減された。

これらの設備改善により、放射性廃棄物の処理開始に向けた本装置の安定運転の実現につながった。

謝辞

本稿の作成及び設備改善に際して、貴重なご意見をいただいた三菱重工業株式会社の石飛龍彦氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

1) 樋口秀和　他："高減容処理施設の建設整備及び運転管理について", JAEA-Technology 2007-038 (2007).

表 1　設備改善前後の人工の比較

項目	設備改善前		設備改善後	
圧縮座のメンテナンス作業	3人×20日	60人日	3人×0日	0人日
交換部品の交換作業	3人×20日	60人日	3人×1日	3人日

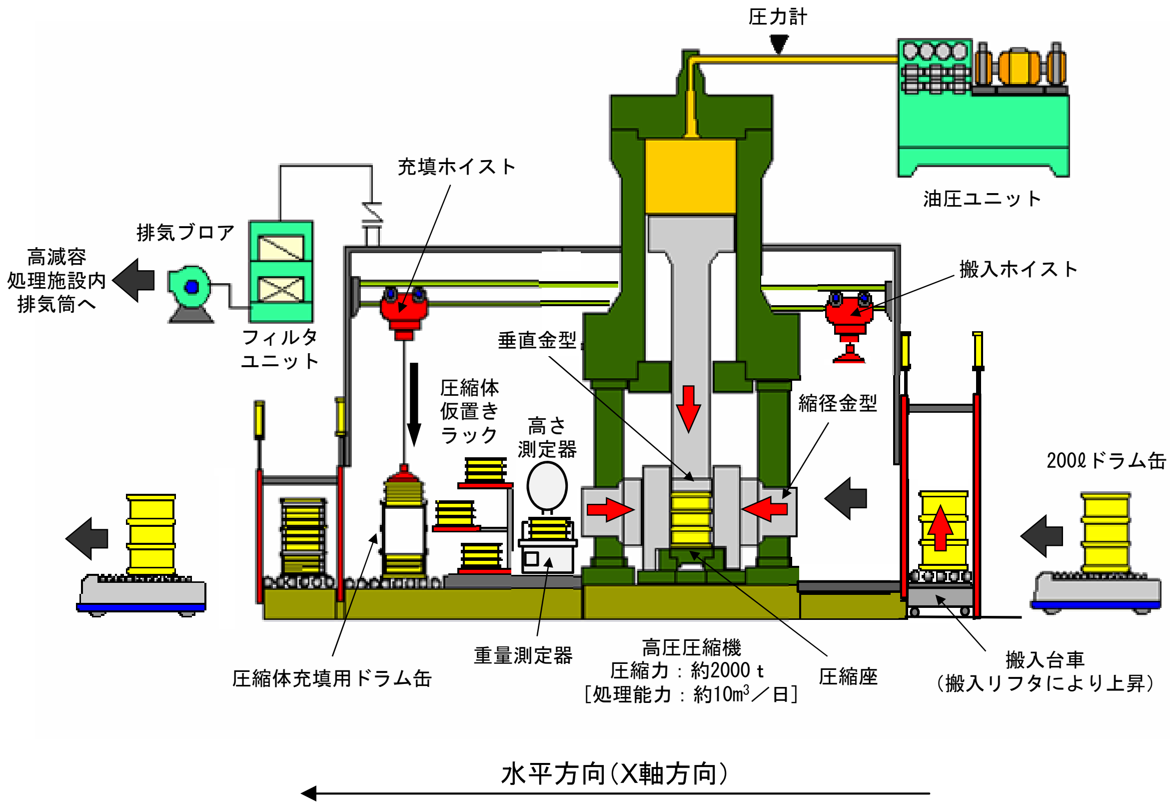


図 1　高圧圧縮装置概念図

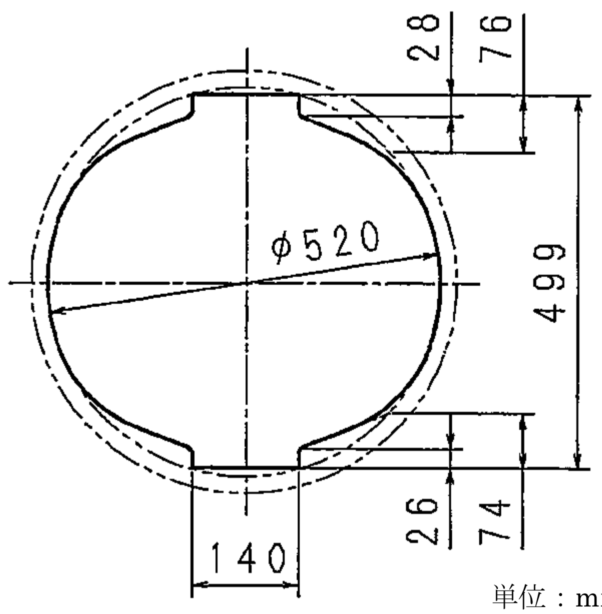
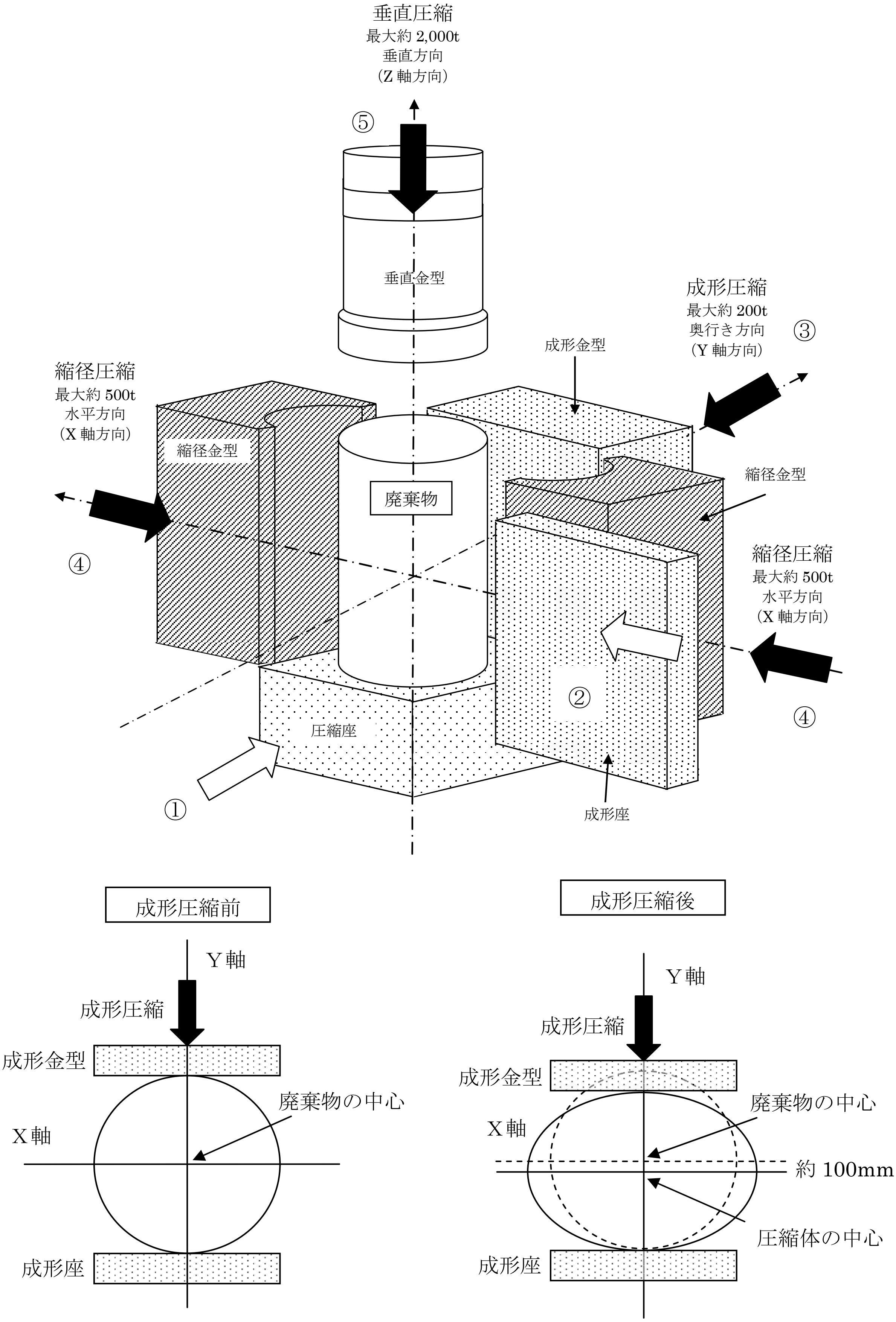


図 2　圧縮体概念図



垂直圧縮
最大約 2,000t
垂直方向
（Z 軸方向）
⑤
垂直金型
成形圧縮
最大約 200t
奥行き方向
（Y 軸方向）
③
成形金型
縮径圧縮
最大約 500t
水平方向
（X 軸方向）
縮径金型
廃棄物
④
縮径金型
縮径圧縮
最大約 500t
水平方向
（X 軸方向）
②
④
圧縮座
①
成形座
成形圧縮前
Y 軸
成形圧縮
成形金型
廃棄物の中心
X 軸
成形座
成形圧縮後
Y 軸
成形圧縮
成形金型
廃棄物の中心
X 軸
約 100mm
圧縮体の中心
成形座

図 3　圧縮機構概念図

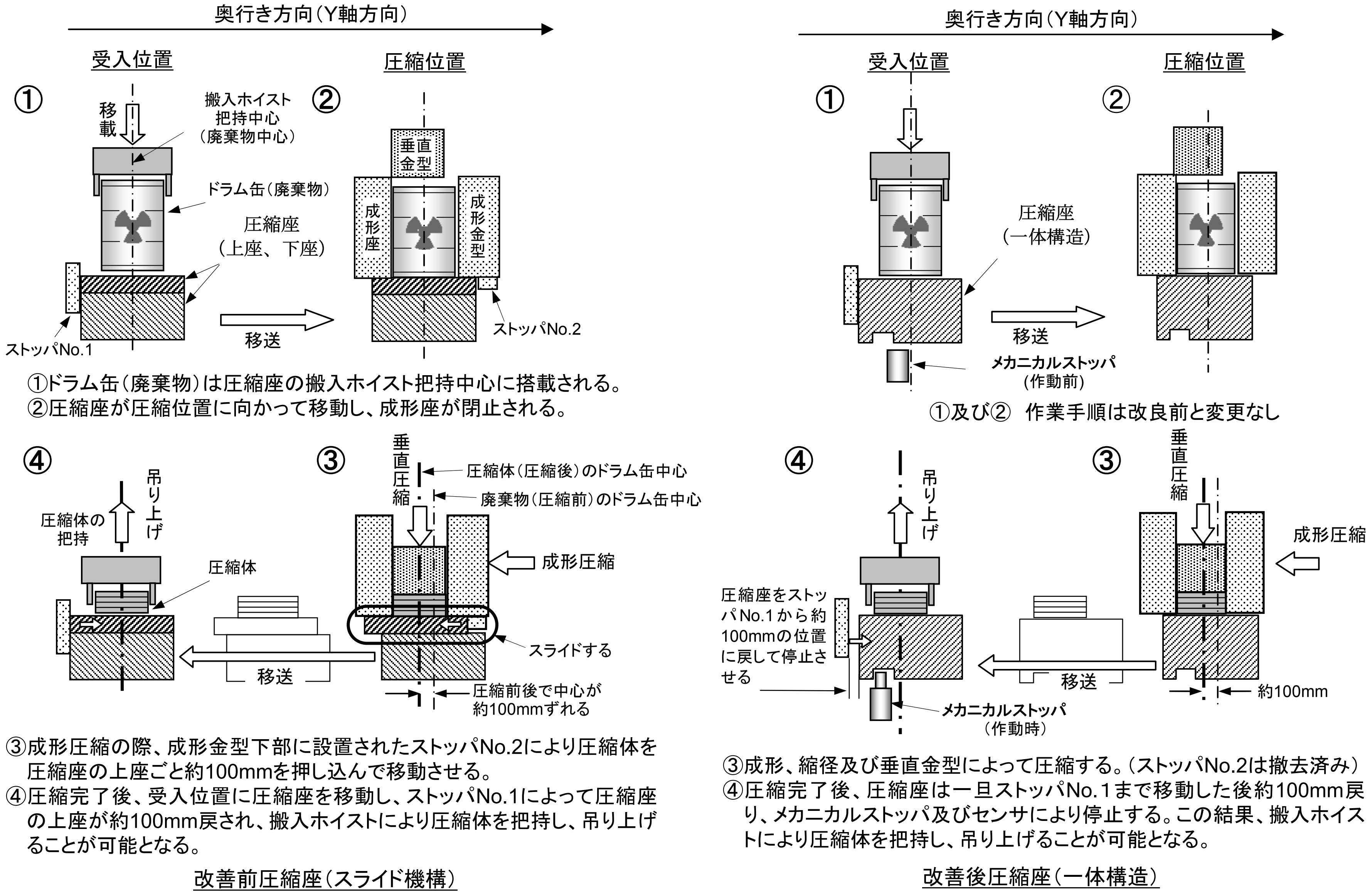


図 4　改善前後の圧縮座の動作機構概念図

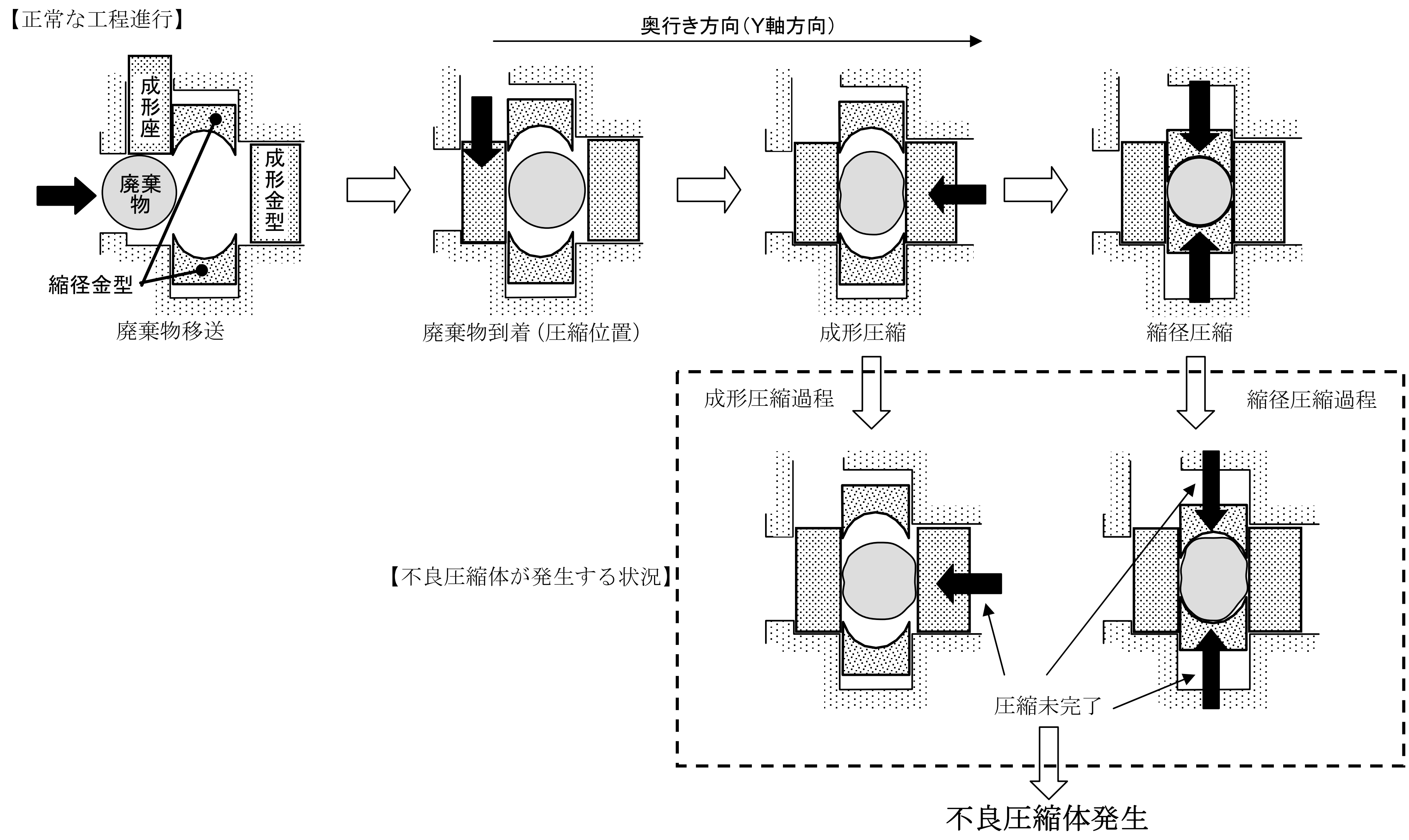
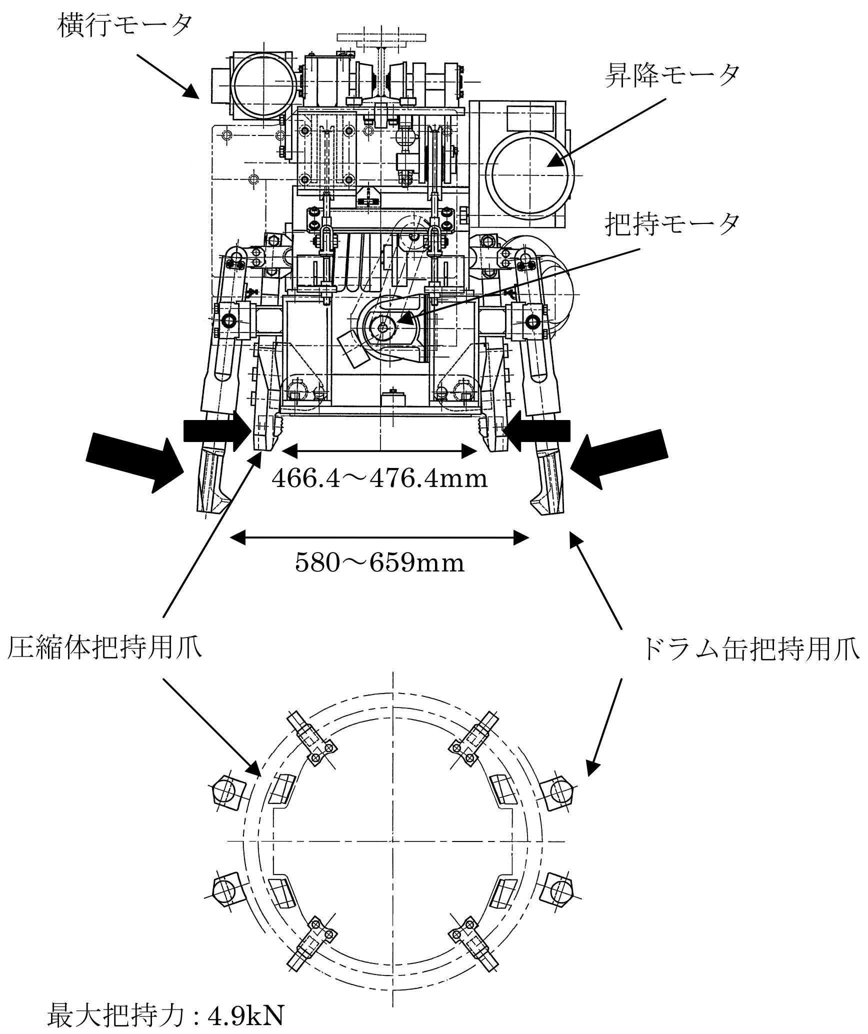
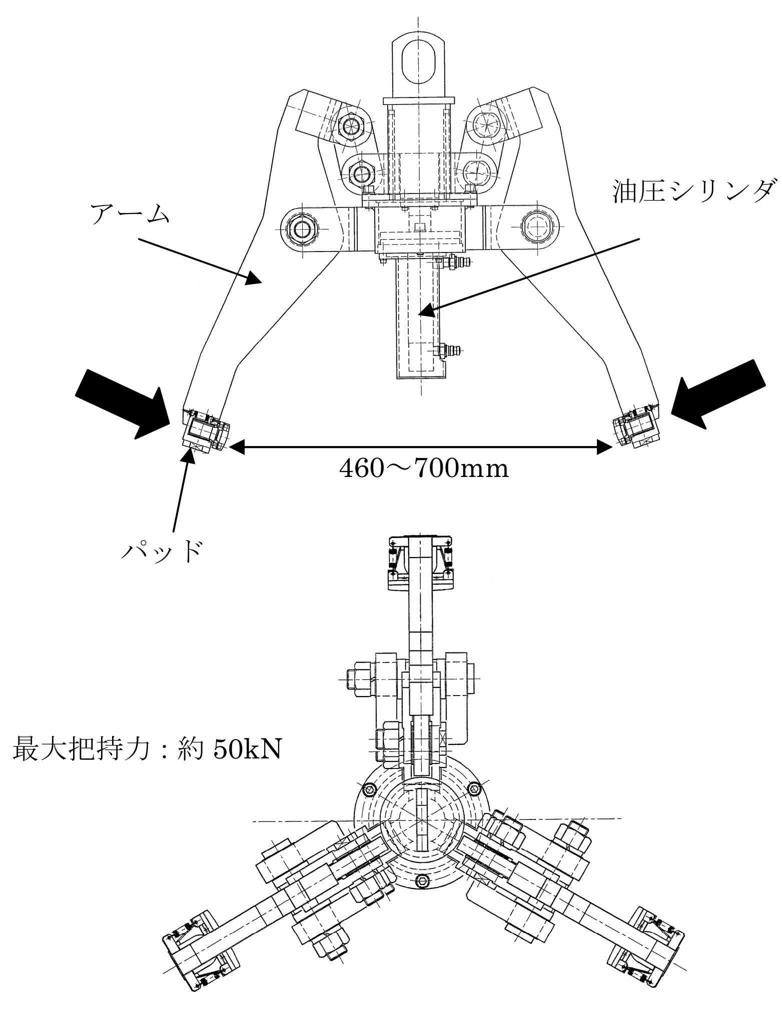


図５　不良圧縮体発生概念図



搬入ホイスト



不良圧縮体把持治具

図 6　不良圧縮体把持治具概念図

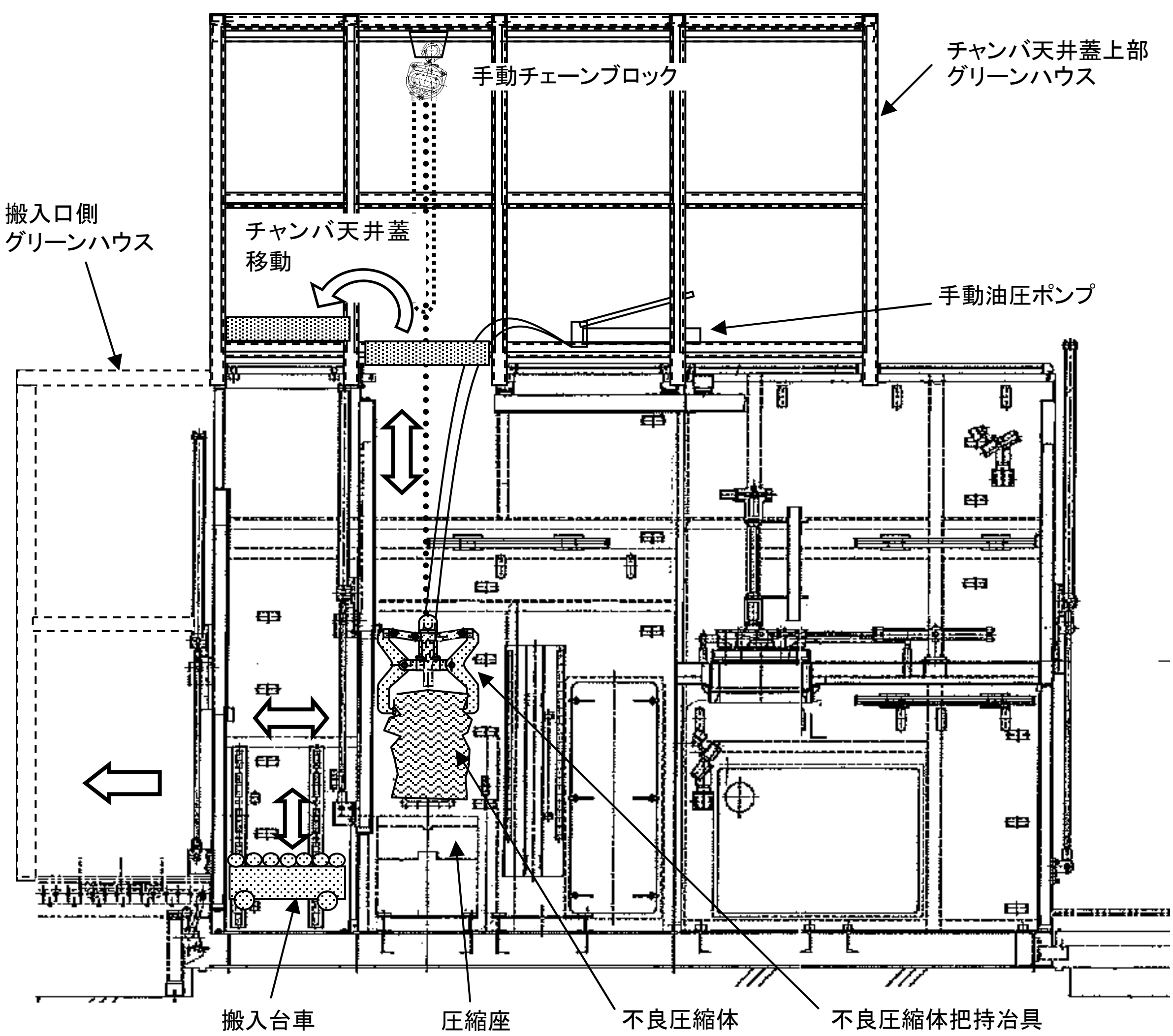


図 7　不良圧縮体搬出概念図

写真 1.1　圧縮体（上面）

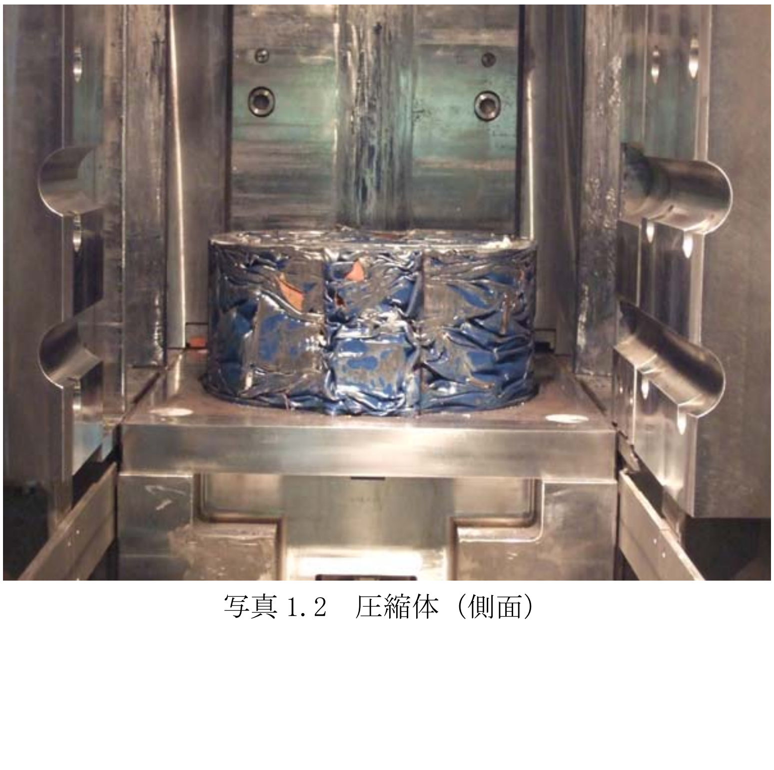


写真 1.2　圧縮体（側面）

写真 2.1　不良圧縮体①

写真 2.2　不良圧縮体②

写真 2.3　不良圧縮体発生状況

写真 3　不良圧縮体把持治具

付録

高圧圧縮装置の運転手順

高減容処理施設の高圧圧縮装置（以下、「本装置」という。）は対象廃棄物の発生施設が多岐に渡り、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律の規制を受ける。その運転手順は原子力科学研究所原子炉施設保安規定、原子力科学研究所核燃料物質使用施設等保安規定及び原子力科学研究所放射線障害予防規程の下部規定である廃棄物処理場本体施設運転手引に従う。

(1) 運転準備工程

①本装置の運転に必要となる電源及び施設の給排気設備の運転状態を確認後、動力盤及び操作盤を起動し、本装置の機器に電源の供給を行う。

②電源の供給を確認後、チャンバ内の負圧を維持するための排気ブロア、油圧機器を駆動するための油圧ユニットを起動する。

③全ての運転準備が完了後、圧縮体を充填するための空ドラム缶を設置する。

(2) 搬入工程

①高減容処理施設で処理を行う廃棄物は容器毎に施設内管理番号が与えられ、施設内データ管理システム（以下、「データ管理設備」という。）にて処理履歴を含めた廃棄物情報が一元管理される。

②廃棄物は高減容処理施設に搬入後、高圧圧縮処理の前段となる前処理設備にて前処理作業（分別・切断等）を行い、処理まで一時保管設備に保管される。一時保管設備はドラム缶を 200L ドラム缶換算で約 1500 本保管することが可能な立体自動倉庫から構成される。

③一時保管設備から自動搬送台車（AGV）により、廃棄物を搬送する（図 A1 参照）。搬送した廃棄物は管理番号、内容物等の廃棄物情報の登録処理を行った後、チャンバ内へ搬入する（写真 A1 参照）。

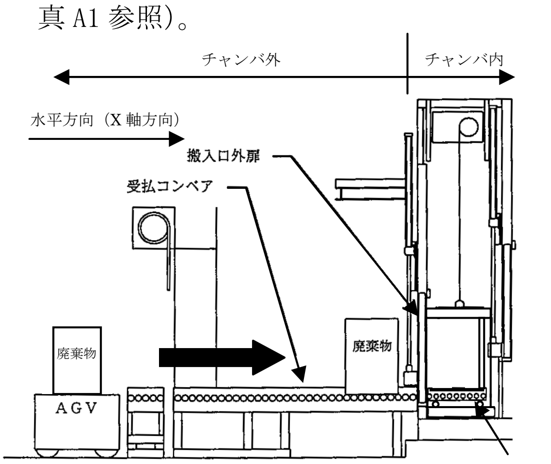


図 A1　自動搬送台車からの廃棄物搬送

写真 A1　チャンバ内へ廃棄物搬入

(3) 圧縮工程

①チャンバ内に搬入した廃棄物を受払コンベアから搬入台車に移載する（図 A2 参照）。

②搬入リフタにより廃棄物を搬入台車ごと、圧縮座と同じ高さまで上昇する（図 A2～A3 参照）。

③搬入台車が圧縮座上を移動し、搬入ホイストの把持中心及び廃棄物の中心が一致する位置（受入位置）で停止する（図 A3～A4 参照）。

④搬入ホイストにより廃棄物を搬入台車から圧縮座に移載する（図 A5 参照）。

⑤圧縮座ごと廃棄物を受入位置から圧縮位置に移送（奥行き方向への移送）する（図 A6 参照）。

⑥廃棄物が圧縮位置に到達後（写真 A2 参照）、圧縮室扉、成形座を閉止する（図 A6 参照）。

⑦廃棄物を成形金型により奥行き方向に圧縮（成形圧縮：最大約 200 t）する（図 A7 参照）。

⑧成形圧縮後、縮径金型により水平方向に圧縮（縮径圧縮：最大約 500 t）する（図 A8 参照）。

⑨縮径圧縮後、廃棄物を垂直金型により垂直方向に圧縮（垂直圧縮：最大約 2,000 t）し、ペレット状の圧縮体とする（図 A9、写真 A3 参照）。

⑩圧縮完了後、各シリンダ、成形座、圧縮室扉を開放する（図 A10 参照）。

⑪圧縮体を圧縮座ごと圧縮位置から受入位置へ移送する（図 A11 参照）。

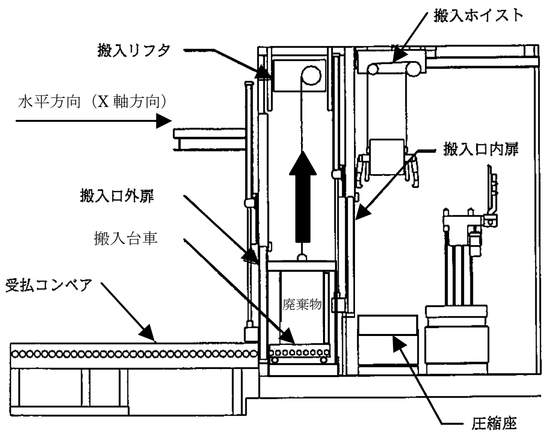


図 A2　搬入リフタにより搬入台車上昇

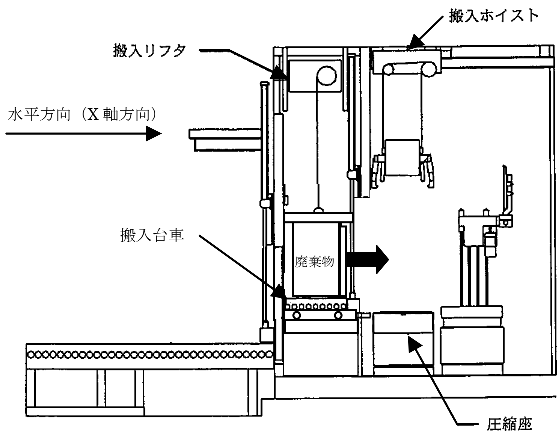


図 A3　圧縮座上へ搬入台車移動

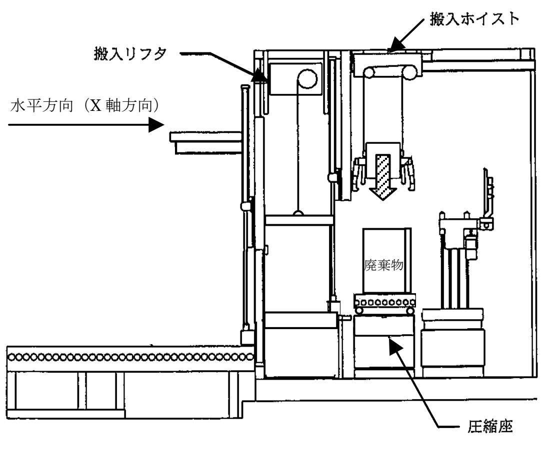


図 A4　搬入ホイストにより廃棄物把持

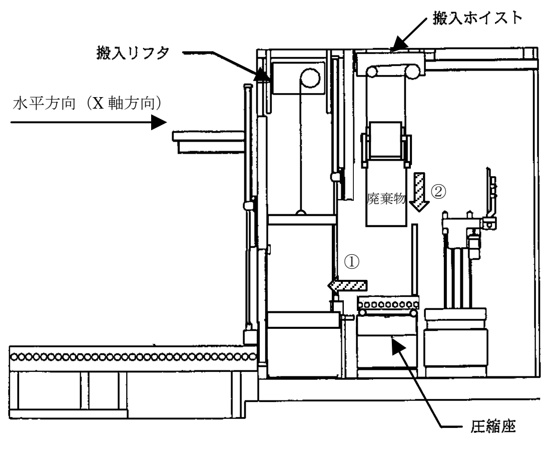


図 A5　圧縮座上へ廃棄物移載

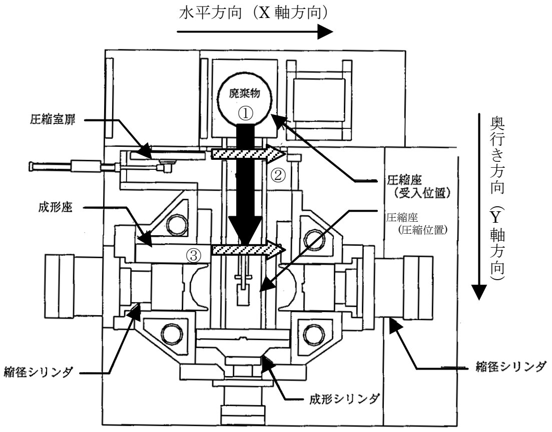


図 A6　圧縮位置へ廃棄物移送(平面図)

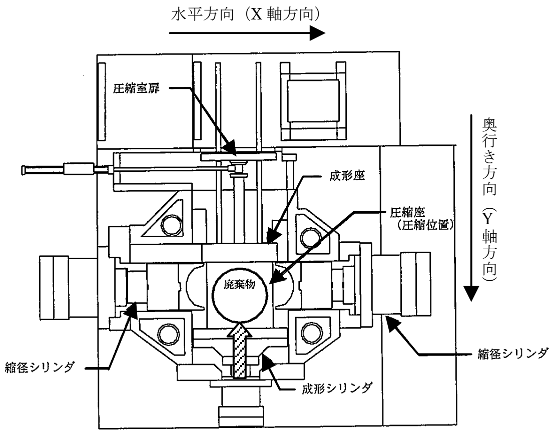


図 A7　成形圧縮（平面図）

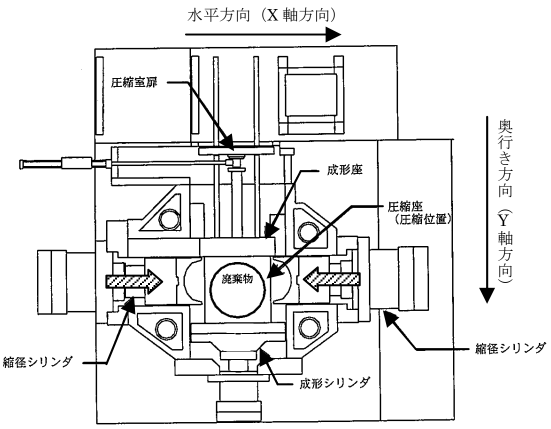


図 A8　縮径圧縮（平面図）

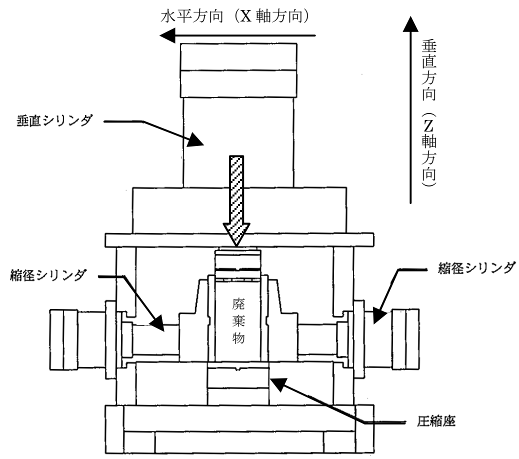


図 A9　垂直圧縮

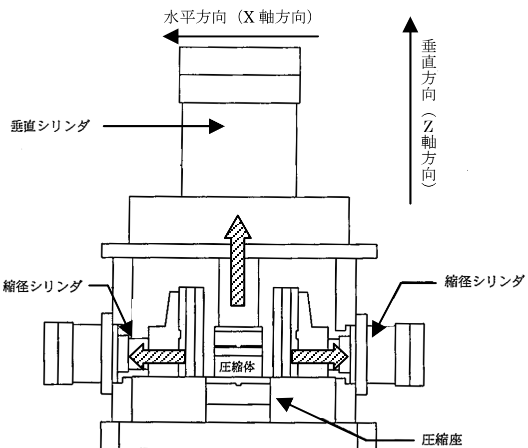


図 A10　シリンダ開放

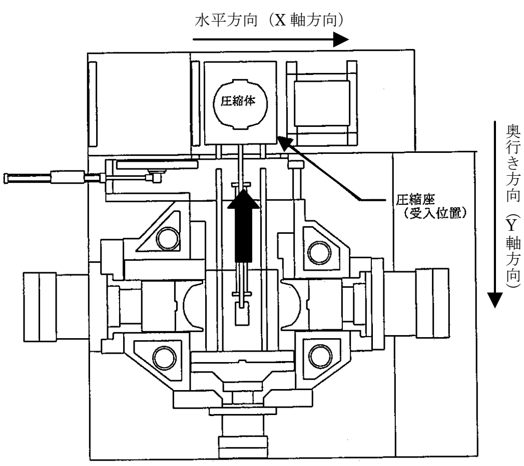


図 A11　受入位置へ圧縮体移送(平面図)

写真 A2　高圧圧縮処理前廃棄物

写真 A3　高圧圧縮処理後圧縮体

(4) 測定工程

①受入位置に圧縮座が到達後、圧縮体を搬入ホイストにより重量測定器上に移載する（図 A12 参照)。

②重量測定器及び高さ測定器により圧縮体の重量及び高さを測定する（図 A13 参照)。測定データはデータ管理設備及び所内廃棄物管理サーバに送信される。

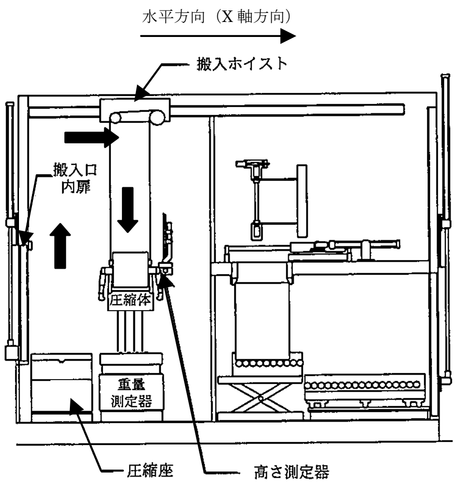


図 A12　圧縮体を測定器へ移載

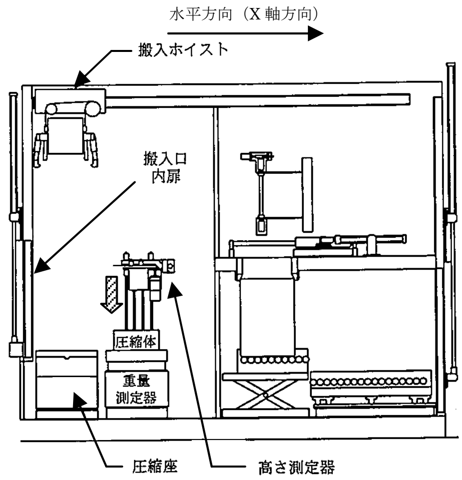


図 A13　重量及び高さ測定

(5) 充填工程

①充填ホイストにより圧縮体を直接ドラム缶に充填を行うか又は圧縮体仮置きラックに一時仮置きを行い、圧縮体の高さに応じて効率よくドラム缶に充填する（図 A14、写真 A4 参照)。

②ドラム缶への圧縮体の充填が終了するまで（圧縮体充填数：最大 4 体)、搬入工程～充填工程を繰り返し、保管体を作製する。

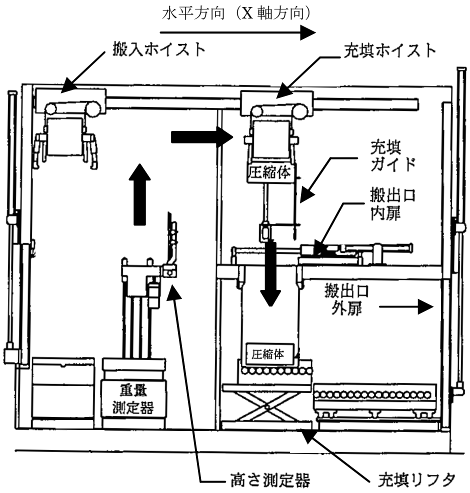


図 A14　圧縮体をドラム缶へ充填

写真 A4　圧縮体をドラム缶へ充填

(6) 搬出工程

①充填リフタが下降し、保管体を充填コンベアから搬出台車に移載する（図 A15 参照）。

②保管体を搬出台車ごとチャンバ外へ搬出する（図 A15～A16 参照）。

③保管体に蓋を設置する（図 A16、写真 A5 参照）。

④保管体の線量測定（図 A16 参照）及びデータ登録を行う。

⑤自動搬送台車により保管体を一時保管設備へ搬送する（図 A17、写真 A6 参照）。一時保管設備に搬送した保管体は高減容処理施設から搬出されるまで保管される。

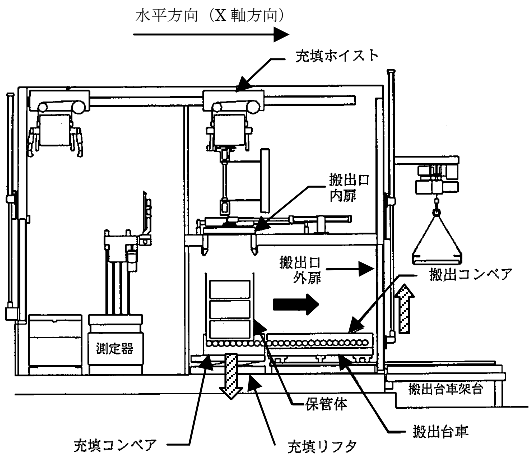


図 A15　チャンバ外へ保管体を搬出

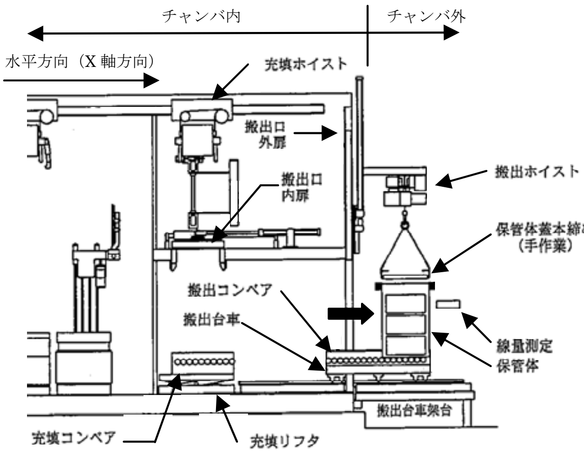


図 A16　保管体の蓋締め及び線量測定

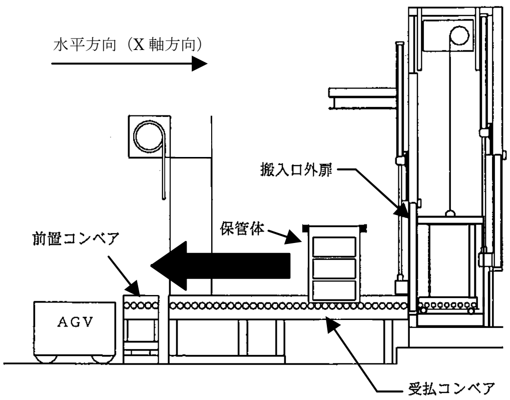


図 A17　保管体の搬送

写真 A5　保管体の蓋締め

写真 A6　保管体の搬送

(7) 運転停止工程

①運転終了後、装置及び機器に異常がないことを確認する。

②油圧ユニット及び排気ブロア、操作盤及び動力盤を順に停止し、電源の立ち下げを行う。

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 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	キログラム毎立法メートル	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} sA
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	m^{-2} sA
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	m^{-2} sA
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} sA
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	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	1h =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	1ha=1hm^2=10^{4}m^2
リットル	L，l	1L=1l=1dm^3=10^{3}cm^3=10^{-3}m^3
トン	t	1t=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	1eV=1.602 176 53(14)×10^{-19}J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10^{-27}kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=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=100kPa=10^{5}Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=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^{4}cd m^{-2}
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm^{-2} 10^{4}lx
ガル	Gal	1 Gal =1cm s^{-2}=10^{-2}ms^{-2}
マクスウェル	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[c]	Oe	1 Oe ≙ (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=1cGy=10^{-2}Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10^{-2}Sv
ガンマ	γ	1γ=1 nT=10-9T
フェルミ		1フェルミ=1 fm=10-15m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
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	1cal=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年改訂）