



グローブボックス用遠隔取扱治具の開発

富田 豊 根本 剛 出沼 昭生
都所 昭雄

東海事業所核燃料技術開発部

資料番号：97-13

Development of Remote Handling Tools for Glove Box

Yutaka Tomita Takeshi Nemoto Akio Denuma
Akio Todokoro

(Nuclear Fuel Technology Development Division, Tokai Works)

先進的核燃料リサイクル技術開発の一環として、MOX燃料スクラップ中に存在するAmの溶媒抽出法による分離回収試験を実施する予定であるが、グローブ操作時の ^{241}Am の γ 線による手首部および全身の被ばくの低減化が大きな課題である。根本的な防護対策としてグローブボックス用の遠隔操作可能な多関節型取扱治具の試作機を製作して基本機能試験を実施し、グローブボックスシステムで ^{241}Am のような高線量物質の取扱いが可能な遠隔取扱治具の技術的見通しを得た。

1. はじめに

従来から考えられている核燃料サイクルでは、使用済核燃料の再処理によって長半減期のマイナーアクチニド元素は高レベル放射性廃棄物に移行しているが、動燃事業団では廃棄物処理の負担の軽減化、核不拡散性の向上のためにマイナーアクチニド元素も積極的にリサイクルする先進的核燃料リサイクル技術開発を進めている。

転換技術開発室では、先進的核燃料リサイクル技術開発の一環として、Amを照射試験試料の製造用原料として供給するため、平成8年度からMOX燃料スクラップ中に存在するAmの抽出剤としてCMPO溶媒を用いた湿式分離プロセスであるTruex法によって分離回収試験を実施する予定である。この分離回収試験において、グローブ操作時の ^{241}Am の γ 線による手首部および全身の被ばくの低減化が大きな課題である。従来のように鉛入りグローブの使用や作業時間の管理等による防護対策では、試験内容やAmの取扱量によっては、限界がある。根本的な防護対策としては、グローブボックス用の遠隔操作可能な取扱治具が考えられる。この種の治具としてはグローブボックス内ロボットとマスタースレイブマニプレータが

開発されている。グローブボックス内ロボットは、通常本体ごとグローブボックス内に設置するので、本体が核物質等により汚染されるためにメンテナンスが困難である。マスタースレイブマニプレータは、本体をグローブボックス天井から挿入設置するので、グローブボックス内上部のスペースを有効に利用できない。また、Am分離回収試験用グローブボックスは、重量物運搬用の天井クレーンを設置するため、マスタースレイブマニプレータは使用することができない。以上のようにグローブボックス内ロボット、マスタースレイブマニプレータとも特有の欠点を持つことから、メンテナンスが容易でグローブボックス上部のスペースを有効に利用できる多関節型遠隔取扱治具の開発を目的として試作機を製作した。次に試作機を使用して $\text{Am}(\text{OH})_3$ を回収した金属フィルター(Am量：7g/batch)の移動等の作業を行う上で必要な基本機能を確認するための基本機能試験を実施した。

本報告では、試作したグローブボックス用遠隔取扱治具の概要および基本機能試験結果について報告する。

2. 設計方針

設計にあたり、以下の設計方針に基づき設計を行った。

- ① いずれのグローブポートにも取り付けが可能であり、かつ既存のグローブポートに容易に取り付け取り外しができる構造とする。
- ② 作業者の被ばく低減のため、グローブボックスから離れた位置で操作可能な取扱治具とする。
- ③ 機能としては人の手で扱える大きさのサンプルビン、小型バルブ等について「つかむ」「運ぶ」「回す」等の基本的な操作ができる。
- ④ 定常的な作業は、あらかじめプログラムされた内容で動作し、非定常的な操作はオペレーターがボックス内の操作対象物を見ながら操作盤の操作によって作業できるようにする。

3. 遠隔取扱治具の概要

前述の設計方針にそって製作した本治具のシステム概略図を図1に示す。大別すると機構部と制御部から構成されている。各々の概要について以下に述べる。

(1) 機構部

- ① 本治具の機構部は、肩（ねじり、伸縮）、肘（旋回）、腕（ねじり）、手首（旋回、ねじり）、ハンド（開閉）の合計7自由度で構成されているため動作範囲が広い。機構部の外観および仕様をそれぞれを図2および表1に示す。
- ② 駆動方式として外部モータからのワイヤー方式を採用した場合、配線が複雑になることやワイヤー方式特有の関節部のねじれが生じるために本治具では肩の関節は手動方式、肘・腕・手首は内蔵モータ直結のギヤー方式、ハ

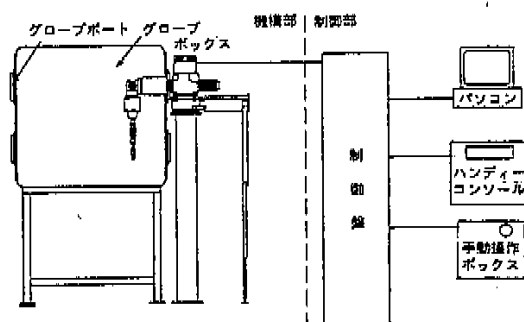


図1 遠隔取扱治具システム概略図

表1 機構部仕様

動作形態		多関節型治具			
設置条件		グローブボックスのポート			
最大可搬重量	爪で挟んでの移動	1 kg			
	吊り下げでの移動	3 kg			
部位	動作	動作範囲	駆動方式	最大動作速度	
肩	ねじり	-180°~+180°	手動	—	
	伸縮	254mm			
肘	旋回	-2°~+91°	モータ	(10°/sec)	
	ねじり	-48°~+42°	モータ	(20°/sec)	
腕	旋回	-44°~+45°	モータ	(15°/sec)	
	ねじり	-91°~+94°	モータ	(20°/sec)	
手首	ねじり	-45°			
	ねじり	-46°~+137°			
ハンド	開閉	50mm	エアシリンダ	—	

※構造が動作位置のため手首の旋回角度によってねじりの動作範囲が異なる

ンドの開閉はエアシリンダを使用した空気圧力方式を採用した。

- ③ 操作対象物の材質や重量に応じて、爪のつかみ圧は空気圧力によって調整できる。
- ④ 本治具においてグローブボックス内の放射性物質によって汚染される部位は爪を含むハンド部のみであり、ハンド部以外は汚染されないようにαタイトブーツでグローブボックス内の気密を保持して放射性物質をグローブボックス外へ漏洩しない構造になっている。αタイトブーツの取り付け方法は写真1に示

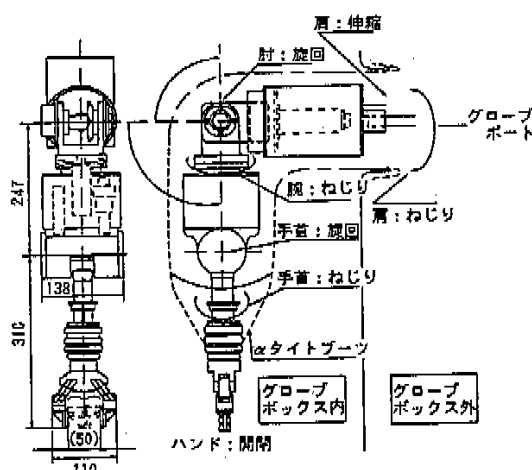
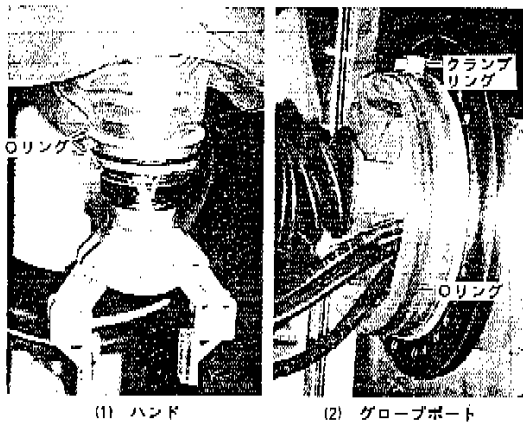


図2 機構部外観図

写真1 α タイトブーツの取付部

すようにハンド部とは2本のOリングによって固定し、グローブポートとはクランプリングとOリングによって固定することでグローブボックス内の気密を保持する。このように、本治具ではハンド部以外の機構部は汚染されないため、本体ごとグローブボックス内の汚染される環境に設置して使用するタイプのロボットと比較するとメンテナンスがはるかに容易である。

- ⑤ ハンド部の α タイトブーツ固定部から分離することができるため、移動型の架台に機構部を設置することで他のグローブポートにも取付けて使用することができるほか、使用しない場合は邪魔にならない場所へ移動することもできる。
 - ⑥ ハンド、爪についても分離できるため、操作対象物の形状に適合したものに交換することができる。
- (2) 制御部
- ① 制御部は制御盤、プログラム作成用パソコン、ハンディコンソールおよび手動操作ボックスから構成されている。制御部の主な仕様を表2に示す。
 - ② 非定常的な操作は作業者がボックス内の操作対象物を見ながら小型の手動操作ボックスの操作によって手動運転を行うことができる。
 - ③ 定常的な作業は、あらかじめプログラムした内容で自動運転することができる。
 - ④ 自動運転に必要な操作はすべてハンディコンソールで行うことができるが、ハンディコンソールの表示画面が小さいため、数百ス

表2 制御部仕様

制御盤の基本機能	
CPU	μ PD70236 (V53) 16MHz
制御軸数	5軸 (モータ4軸、エアシリンダ1軸)
制御モータ	DCサーボモータ
位置検出方式	ロータリエンコーダ
動作方式	PTP制御
外部入出力	16点 (増設可能)
プログラム編集機能	
プログラム容量	1,000ステップ (増設可能)
外部記憶装置	3.5インチ1ドライブ
制御モード	
自動モード	プログラムによる自動運転
手動モード	スイッチによるON/OFF制御
手動操作箱	
軸数	5軸 (モータ4軸、エアシリンダ1軸)
スイッチ	スナップスイッチ
ケーブル長	5 m

テップからなる自動運転用のプログラム作成および編集等の作業は、パソコンを使用して効率的に作業が行えるシステムになっている。

- ⑤ 自動運転中に機構部とボックス内の機器やグローブとの接触の恐れがある場合は、制御盤または手動操作ボックスに取り付けてある非常停止ボタンを押すことで、機構部の動作を止めることができる。
- ⑥ 作業者の被ばく低減のためにグローブボックスから離れた位置で操作できるようにハンディコンソール、手動操作ボックスとともに制御盤と5mのケーブルで接続している。

4. 基本機能試験

本治具の基本機能を確認するために以下の項目について試験を実施した。

(1) 有効動作範囲確認試験

各軸の最大動作範囲を測定して、爪で作業を行うことができる有効動作範囲の確認を行った。測定結果を図3に示す。測定結果から、本治具がグローブボックス内で作業を行うのに必要な動作範囲を十分カバーできることが確認できた。

(2) 位置繰返し精度確認試験

位置繰返し精度を求めるため、プログラムによる自動運転を行った際の治具の位置を測定した。測定回数は20回である。

試験の結果、標準偏差は0.026mmで高い位置繰返し精度を示すことから、自動運転によって定常作業を行うことが可能であることが確認できた。

表3 取扱機能試験結果

作業名	作業方法	作業性の評価
物品の移動	サンプルビン、ポリビン(250ml-1個)を爪で挟み移動する。	重量が約1kgまでは、問題なく移動できる。
液体の移し替え	液体の入ったサンプルビンを爪で挟み、ビーカーに液体を移す。	サンプルビン内の液体をこぼさないようにするためには手首を水平な状態に保ち動作しなければならない。したがって作業範囲が限られる。
小型バルブの開閉	小型バルブのハンドルを爪でつかみ、開閉操作を行う。	治具の手首のねじりによって開閉できるタイプのハンドルが付いているボールバルブならば可能である。
落下液の拭きとり	下段のグローブポートに治具を設置してグローブボックス床面に落下した液体を爪で挟んだ紙タオルで拭き取る。	現状でも拭きとり作業は可能であるが、紙タオルのつかみ方を工夫すれば、さらに作業性が向上する。

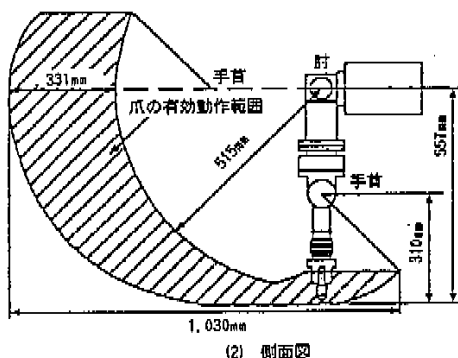
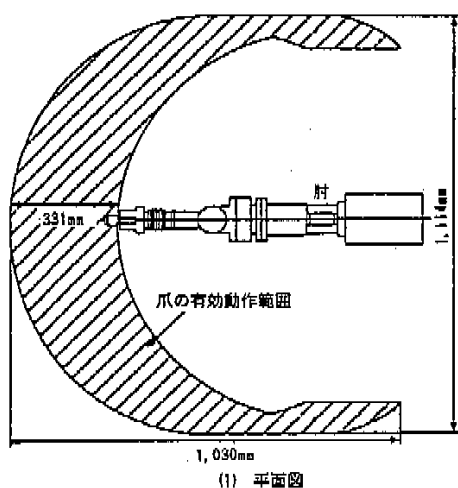


図3 爪の有効動作範囲

(3) 取扱機能試験

設計段階で想定したボックス内で行う代表的な作業について試験を行った。試験方法および作業

評価を表3に示す。試験の結果、作業に必要な基本機能を有していることが確認できた。

5. おわりに

以上のように、グローブボックスシステムで、 ^{241}Am のような高線量物質の取扱いが可能な遠隔取扱治具の技術的な見通しを得ることができた。

今後さらに機能試験を実施し、Am分離回収試験設備完成後は、この設備に本治具を取付けてシステムの検証試験を行い、実際に使用する上での改良点を抽出して、必要に応じて改造を行いながらAm分離回収試験設備に適用する計画である。

最後に本治具の開発にあたり、技術的な助言を頂いた日本放射線エンジニアリング株式会社 三浦信氏、東京精機株式会社 片桐正春氏、腰越金一氏に感謝の意を表します。