



脱硝設備の解体撤去

大島 博文 三代 広昭*
 梶代 甲子男** 浅野 孝**

東海事業所技術開発推進部 (元東海事業所転換技術開発部)

*東海事業所環境施設部 (同上)

**東海事業所プルトニウム燃料工場製造加工部 (//)

資料番号: 70-3

Decommissioning of Pu Contaminated Glove Box System

Hirohumi Oshima Hiroaki Miyo* Kashio Kashiro**
 Takashi Asano**

(Technology Development Coordination Division, Tokai Works, Formerly, Conversion Technology Development Division, Tokai Works.

*Waste Plants Operation Division, Tokai Works. Formerly, ditto.

**Production Division, Plutonium Fuel Plant, Tokai Works. Formerly, ditto.)

東海事業所プルトニウム燃料第二開発室に設置されていた脱硝設備の解体撤去を昭和63年1月から平成元年1月にわたって実施した。本作業は、作業員の被ばく低減と無災害を重点とし、綿密な作業計画の立案、作業方法の改良および厳重な作業環境管理のもとにグローブボックス (容積107m³) をグリーンハウスで囲い、その中でエアラインスーツを着装した作業員が直接作業により、グローブボックスおよび内装機器を切断、解体したものである。解体に先立つグローブボックス内の除染法として従来は離法を確立し、さらに解体時の外部被ばくの低減、内部被ばくの撲滅、無災害の達成のための解体技術を確立した。

その結果、内部被ばくも無く、外部被ばくについても計画値を越えることなく作業を終了することができた。

1. はじめに

動力炉・核燃料開発事業団東海事業所のプルトニウム燃料第一、第二開発室には、現在約1,100m³のグローブボックスが設置されている。これらのグローブボックスは、使用目的の達成や変更等により解体撤去を表1に示すように順次行ってきた。

昭和52年に容積4m³の廃棄物焼却用グローブボックスを解体撤去したのが最初であった。

以来、解体工法、放射線防護方法等について各種の試験を実施するとともに、経験を積み重ね解体撤去技術を蓄積してきた。今回実施した脱硝設備 (以下「本設備」という) の解体撤去は、過去に実施してきた解体撤去に比べグローブボックス (以下「GB」)

表1 グローブボックス解体撤去実施例

年度 昭和	場 所	グローブボックス 容積 (m ³)	解体作業期間 (月)
52	プルトニウム燃料第一開発室, F-04室	4	2
53	プルトニウム燃料第二開発室, F-104室	89	8
54	プルトニウム燃料第一開発室, R-125室	65	11
55	プルトニウム燃料第二開発室, A-104室	47	9
56	プルトニウム燃料第一開発室, R-116, 120室	10	6
56	プルトニウム燃料第一開発室, R-135, 2, 3室	11	4
58	プルトニウム燃料第二開発室, A-104室	68	11
61	プルトニウム燃料第二開発室, C-101室	12	2
63	プルトニウム燃料第二開発室, F-104室	107	13

(注) この他に1件の実施例がある。

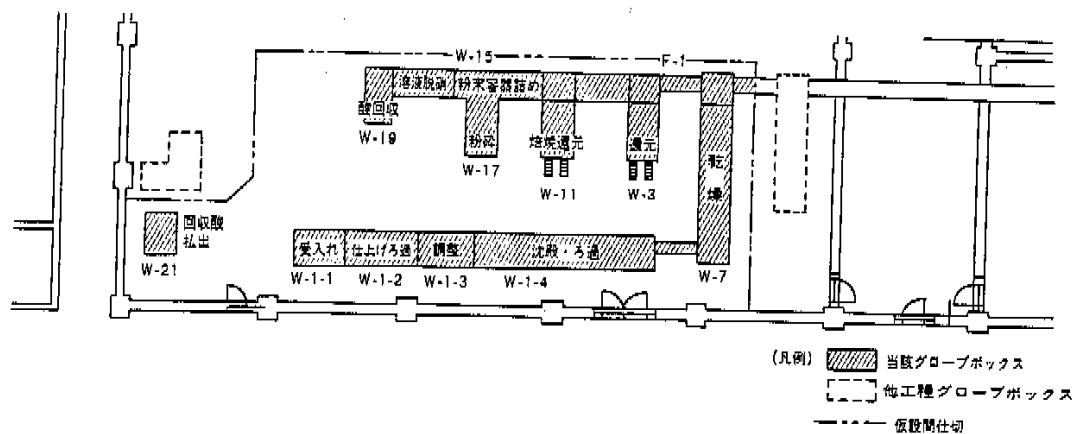


図1 グローブボックス配置図

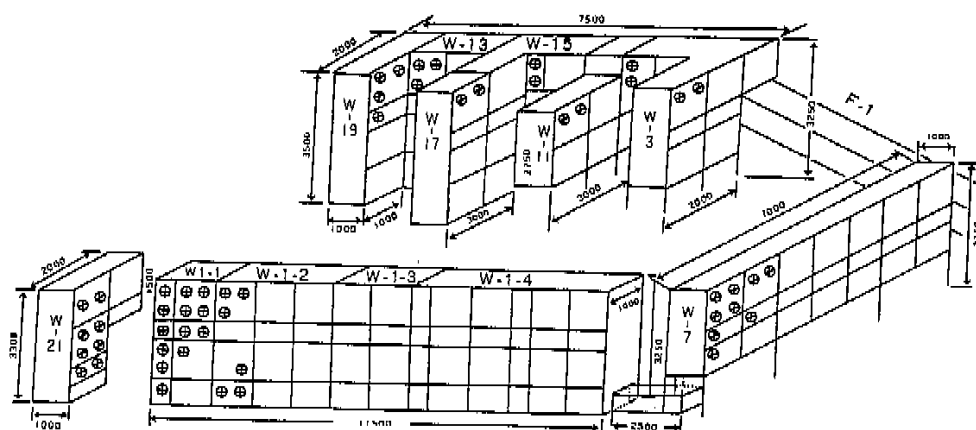


図2 グローブボックス概略図

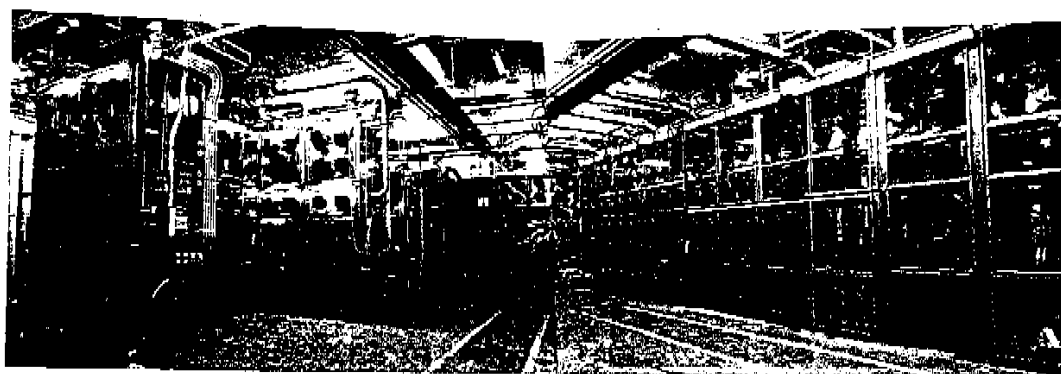


写真1 脱硝設備全景

という)内の残存放射エネルギーが高く、かつ解体する設備規模が最大であるため、これまで蓄積した技術にさらに改良を加えて実施した。

本報告では、これらの改良点を中心に報告する。

2. 脱硝設備使用の経緯

本設備は、プルトニウム燃料第二開発室のF-104室に昭和53年にプルトニウム・ウラン混合転換技術の開発を目的として設置された。

昭和54年より昭和59年までに再処理工場で精製した硝酸プルトニウム溶液を用い、0.8トンのプルトニウムをマイクロ波加熱直接脱硝法によりPu・U混合酸化物粉末に転換し、その後プルトニウム燃料のスクラップ回収のため使用してきた。

本設備では、溶液受入、貯留、粉末取扱いおよび回収酸処理等プルトニウムの溶液から酸化物までを大量に取り扱ってきたが、約9年間にわたる技術開発に使用した結果、新しい設備に更新するため、解体撤去することとした。

図1に本設備のGBの配置図を、図2にGBの概略図を示す。

3. 解体撤去

3.1 解体撤去の基本方針

本設備の解体撤去が過去に実施した解体撤去と異なる点は以下のとおりである。

- (1) 大量のプルトニウム溶液および粉末を取り扱ってきたため、GB内の残存放射エネルギーが高い。
- (2) 解体規模が107m²と最大である。
- (3) 作業場所が狭いため、グリーンハウス(以下「GH」という)の設置面積が限定される。

上記の点を考慮し、今回の解体撤去を実施するにあたって以下の安全目標を設定し、作業方法を検討した。

- (1) 作業員の外部被ばく線量を極力抑える。
- (2) プルトニウム等の内部被ばく“ゼロ”を目指す。
- (3) 廃棄物発生量を少なくする。
- (4) 一般災害(高所作業による落下、怪我、火災等)の発生“ゼロ”を目指す。

＊グリーンハウス(GH)とは、グローブボックス解体撤去等特殊作業時に発生する汚染を封じ込めるために設置するもので、除染用、解体用に分けて作製する。いずれも鉄パイプで骨組みし、防酸ビニルシートで作製したテントを用い、GBを囲うようにする。

前記の前提条件を踏まえて、解体撤去計画を作成した。その基本方針は以下のとおりである。

- (1) 解体作業の前段階として実施するGB内の除染作業については、極力作業員が高線量のGBに接する時間を少なくできる方法として、従来の拭き取り除染法から浸膜はく離除染法にする。ただし浸膜は

く離除染法については、GB内の除染法として採用するのは初めてであるため、本除染の前に先行試験を実施し、綿密な除染工法を確立する。除染作業はGB規模が大きいため、除染用のGHを3基設置し、併行作業で実施する。

(2) 除染終了後の独立作業は、GB排気ダクトがステンレス鋼であるため、事前にモックアップ試験を実施し、切断工法を確立した後で実施する。

(3) 解体用GH設置にあたっては、離れた位置にある1基のGBを移動させてまとめ、2つのGHとする。また各GHが大きくなることから、GH内の換気量を増すため、排気プロアを従来の2台から3台にするとともに、排気プロア間にインタロックを設け、夜間時に故障等で排気プロアが停止した場合でも他の排気プロアが起動し、常時GH内負圧が維持できるようにする。この排気プロアは、非常用発電機に接続する。

(4) エアラインスーツ作業員の呼吸用空気供給のために専用のコンプレッサを設置する。万一、停電等によりコンプレッサが停止した場合を想定し、空気ポンプを設置する。この空気ポンプラインの開閉は全箇所、手動バルブとする。電磁弁等を用いないのは、故障により電磁弁が作動せず、作業員への空気供給が断たれる場合を想定したものである。

(5) 解体作業を監視するため、モニタテレビを設置する。解体エリアが広く、またGB等が大型のため、監視所からGB等の裏側の作業が死角となり、十分な監視ができなくなるのを防ぐためである。

(6) 解体作業は、特殊放射線作業として実施することとし、被ばく防止対策、安全対策を盛り込んだ作業計画を作成、関係部署の承認の下に実施する。

(7) 解体作業を前、後期に分け、前期の解体作業が終了した段階で評価し、後期の計画を作成するようにする。

(8) 解体作業時に発生する廃棄物はできる限り細区分し、各種の廃棄物を混同しないようにする。

以上の内容を盛り込んで解体撤去の作業手順を作成した。

3.2 作業内容

解体撤去における作業手順を図3に示すとともに、主要な作業項目について以下に述べる。

3.2.1 GBの独立・移動

GBは原則として、給排気系により内部の空気を換気しながら室内空気に対する負圧を約30mm H₂Oに保持されている。

このため、GBには排気ダクトがGB天井に設置

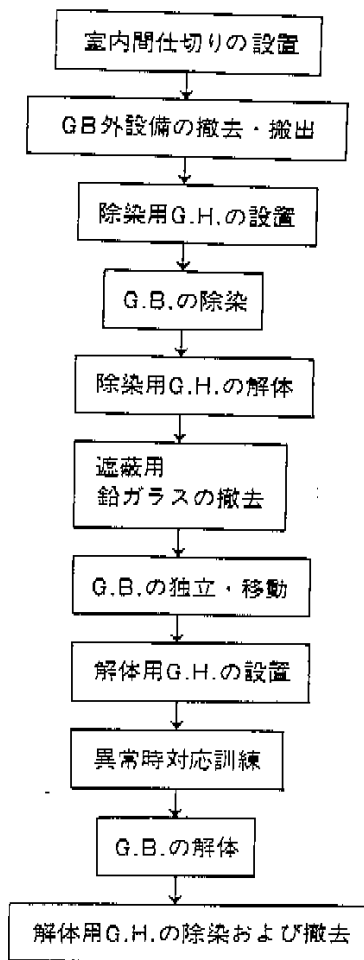


図3 解体撤去作業手順

されている。また、GB間を結ぶ溶液移送配管、さらには消火系配管等各種の配管が設置されている。解体用GHを設置するためにはこれらのダクト、配管類を切断・撤去しなければならない。この作業をGBの独立という。

GB排気ダクトの切断については、今回初めてステンレス製の排気ダクトを切断した。排気ダクトは、GB内の汚染された空気を排気するのに用いられており、ダクト内はプルトニウム等によって汚染されている。切断時にダクト内部の汚染された空気が外部に漏れないようビニルバッグで切断部を密封し、その中で作業を実施するが従来の排気ダクトは塩ビ製であり、切断は糸ノコにより実施してきた。

今回の排気ダクトはステンレス製であり、糸ノコによる切断は容易でないことが予想された。そこで

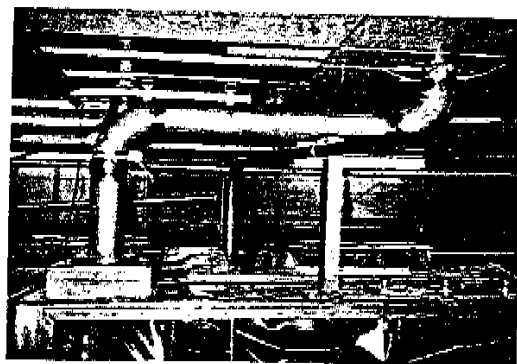
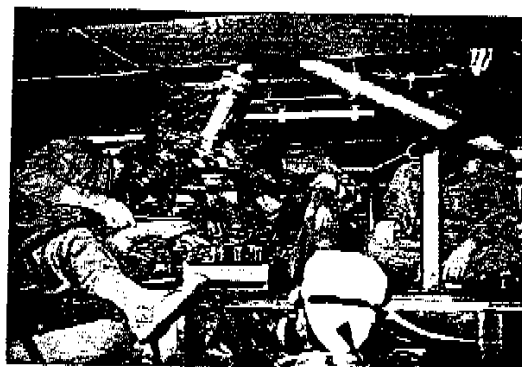
写真2 グローブボックス
排気ダクト設置状況

写真3 排気ダクト切断状況

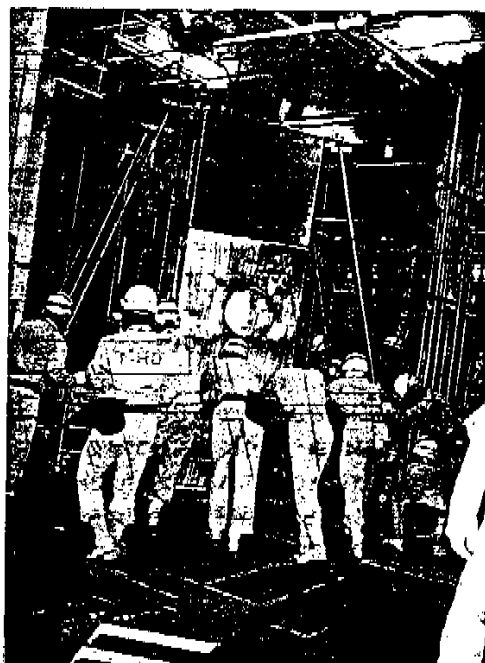


写真4 グローブボックス移動状況

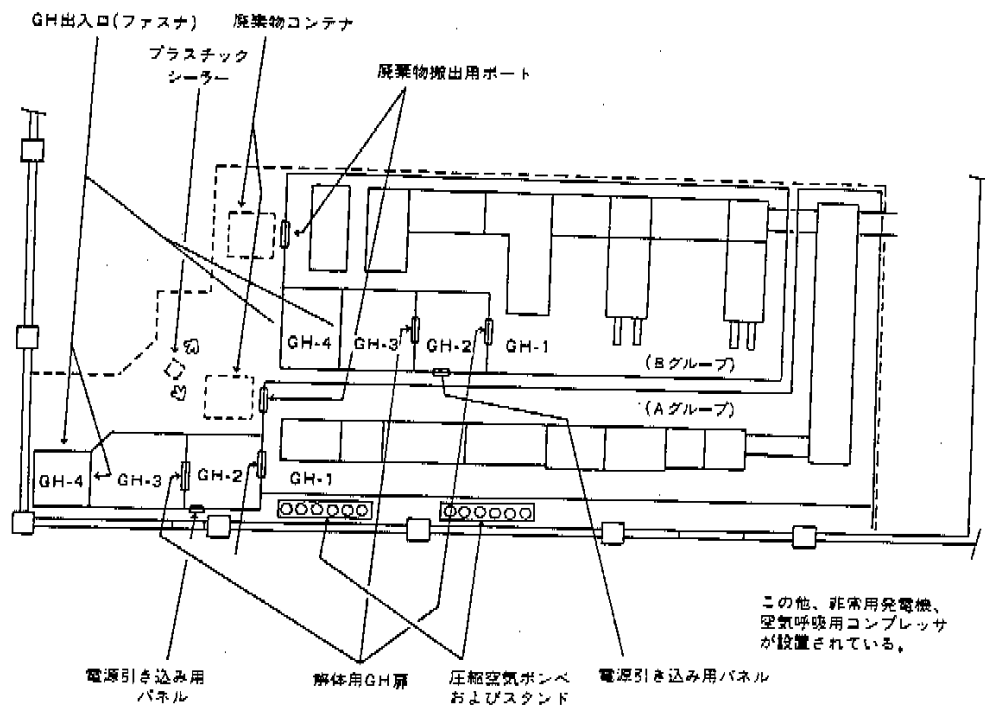


図4 解体撤去時の機器類の配置状況(1階)

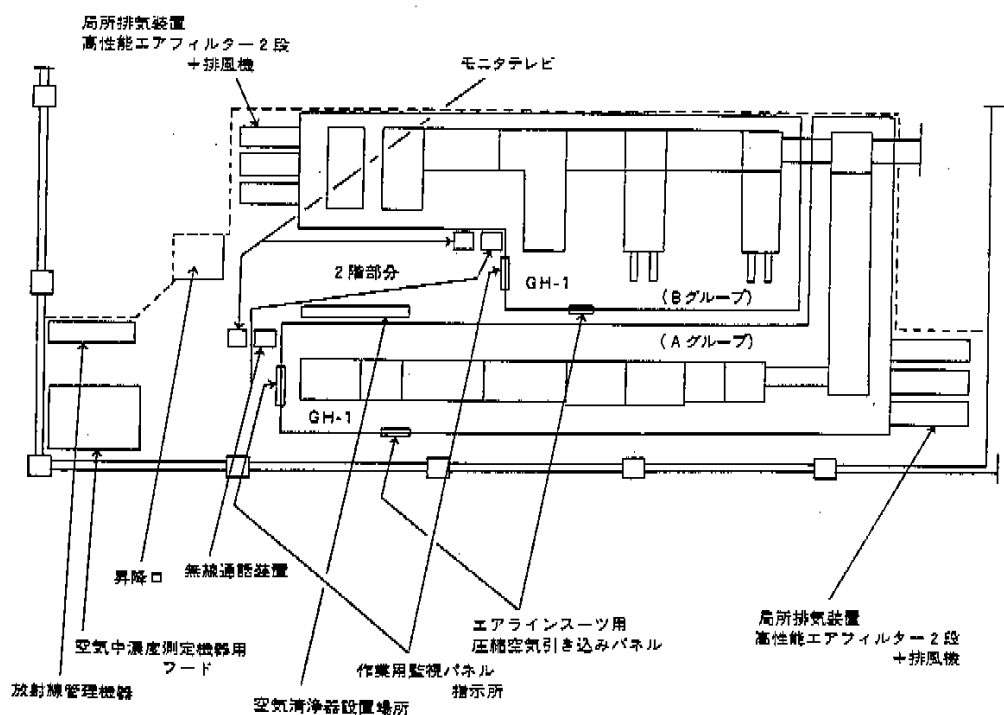


図5 解体撤去時の機器類の配置状況(2階)

事前にモックアップ試験を実施し、切断方法、切断工具を考案し、実施した（写真2、3に排気ダクトの設置状態、排気ダクトの切断作業状態を示す）。

また、解体用 GH を設置するにあたり、今回のように解体撤去対象の GB が離れた位置にある場合には（図1、GB の配置図参照）、作業の効率化を図るため、独立させた GB を他の GB 近傍まで移動し GH を共用させるようにする（写真4、GB の移動風景）。

3.2.2 付属機器類の据え付け

解体用 GH 設置後、解体作業時に必要となる放射線管理機器、GH 内の負圧を確保するための排気ブロアの設置、空気供給用のコンプレッサ、GH 内作業員と指揮所間の連絡に使用する無線通話装置の設置、さらには作業監視用モニターテレビ、非常用空気ボンベ等を設置する。

これら機器類の設置終了後に解体撤去専用の非常用発電機を設置し、万一、作業中に停電等が発生した場合でも作業員の安全が確保されるように主要な機器に接続する。（図4.5に解体撤去時の機器類の配置状況を示す）

3.2.3 GB 内の除染

GB の解体に先立ち、解体時のプルトニウムの空気中濃度をエアラインスーツで実施できるレベルにするために GB 内の除染を実施した。

本設備は、GB 表面および GB 内の機器表面の放射線量率が高く、従来の拭き取り除染法ではグローブ作業による作業員の外部被ばく線量が大幅に上昇し、かつ除染に使用するウエス等（紙、布）の廃棄物量も大量に発生することが予想された。

そこで、被ばく線量の抑止および廃棄物発生量減少を図るため、各種除染法のなかから塗膜はく離除染法を採用した。

この方法は、除染剤をスプレー等で塗布し、一定時間放置後乾燥した塗膜をはく離し、汚染源を塗膜とともに取り除くものである。

今回実施した塗膜はく離除染法は、以下の手順で実施した。（図6参照）

除染作業は、まずキムタオルで GB 内の塵埃を拭き取る作業から開始する。このとき、GB 内の小物物品を GB の搬出口からバッグアウトする。

その後、GB 内全域にわたり表面汚染密度の測定を行い、バックデータを収集する。

除染剤をスプレー塗布する。表面の凹凸のあるような所には除染剤がより浸透するようにナイロンタワシ等を用いてスクラビングを行う。

乾燥後、生成した塗膜をはく離し、表面汚染密度

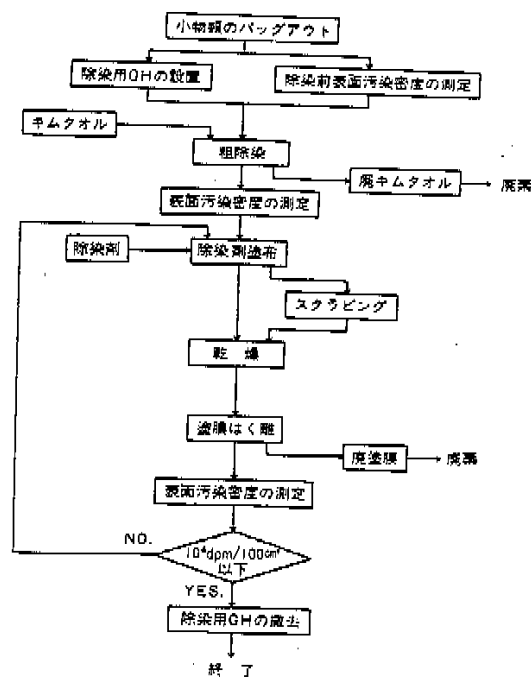


図6 除染作業の手順

を測定する。除染目標値以上の場合には再度除染剤を塗布する。今回の除染作業では、キムタオルによるふき取り除染（粗除染）1回と塗膜はく離法による除染3回でGB内の表面汚染密度を $10^2 \sim 10^4$ dpm/100 cm^2 まで除染することができた。

除染剤を塗布する前に実施した、濡らしたキムタオルでの拭き取りによる粗除染は、乾式系のGBのうち乾燥装置のあるGB（GBNo.W-17）を除いては全般的に除染係数は低く、平均2.1であった。一方、GBNo.W-17では床面、パネル面および機器面での除染係数がそれぞれ他のGBに比べ大きい除染係数が得られた。

これは、他のGBでは溶液あるいは沈着物などが強固に付着しているのに対し、GBNo.W-17では乾燥した酸化物粉末による汚染であるため、拭き取り法でも高い除染効果が得られたためと考えられる。

今回実施した1回の粗除染、3回の塗膜はく離法によって、GB内の表面汚染密度は 2.0×10^4 dpm/100 $\text{cm}^2 \sim 6.1 \times 10^4$ dpm/100 cm^2 の範囲にある。GBNo.W-11（湿式系）およびW-17（乾式系）のステンレス鋼部分の除染効果でも溶液、酸化物粉末と汚染の形態が変化した場合や除染前表面汚染密度が 10^4

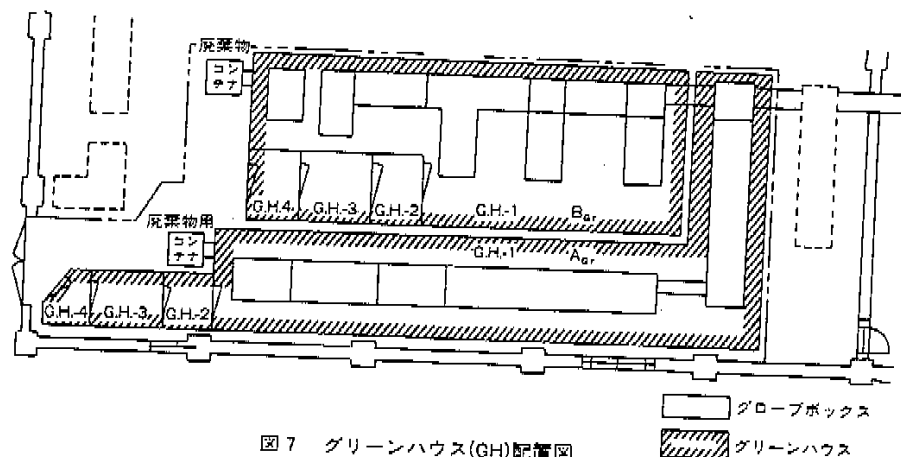


図7 グリーンハウス(GH)配置図

〜 10^4 dpm/100 cm^2 の間で大きく異なっている場合でも除染作業後は、 10^4 dpm/100 cm^2 程度の表面汚染密度であった。

今回の除染作業では、塗膜はく離法の3回目の除染で目標除染レベルに到達したため、4回以上の除染データは得られなかったが、Puで汚染したGB内の除染に塗膜はく離法を採用する場合には、実用上除染可能レベルは除染回数で3回、表面汚染密度で 10^4 dpm/100 cm^2 と考えることができる。

3.2.4 GBの解体

本設備は規模が大きいため、解体用のGHを図7に示すように2グループ設置し、A、B2班を編成して並行作業で実施した。(図8に作業手順を示す)

GH-1の解体エリアにおける作業は、エアラインスーツを着た作業員がGB窓板パネル(材質、アクリル樹脂)に取り付けてあるグローブの取外しから開始した。次に窓板パネルを外し、その後GB天井部、側面板(ともにステンレス鋼)を電動ニブラ等を用いて切断した。

GB外面を除去した後で内装機器をロータバンドソー等で切断、解体し、残ったGBの底板(ステンレス鋼)は最後に電動ニブラ等で切断した。切断、解体物は、GH-1内に設けた簡易フード内でジスクグラインダを用いて細断した。

細断する大きさは後の処理(溶融等)を考慮して、50cm角以下になるようにした。細断物は酢酸ビニルシート等の可燃物(後の処理が焼却等容易)で養生し、GH-1に接続してある廃棄物用コンテナに収納した。

解体によって発生した廃棄物は、ステンレス鋼や内装機器については不燃物に、窓板パネルやエアラインスーツのスーツカバーは可燃物に、そしてグロ

ーブは難燃物に区分けし、各々の専用容器に収納した。

これら一連の解体作業における安全対策として以下のような措置を講じた。

(1) 放射線安全

外部被ばく線量を極力抑えるために、

① エアラインスーツの上に専用の鉛エプロン、鉛手袋を着用させた。またTLDバッジの測定を半月毎に実施し、被ばく線量が放射線管理基準を越えないように管理した。

② GH内の表面線量率の測定を一作業毎に実施し、場合によっては鉛板等で線源を遮蔽した。

内部被ばくを防止するために

① GH内の空気中プルトニウム濃度の確認等を頻繁に行い、プルトニウム濃度が一定レベルを超えたときは作業を一時中断し、GH内に散水やペイント固定を行う等、厳重な作業環境管理をした。

② 高汚染機器切断時のプルトニウム飛散、粉塵飛散を防止するため、解体用GH内にさらに簡易

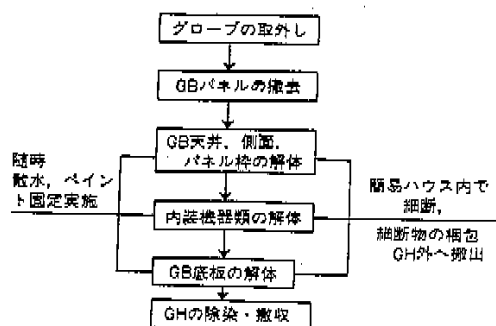


図8 グローブボックスの解体作業手順



写真5 指揮所風景

フード、局所排気装置を設け、GH内のプルトニウム濃度の上昇を防止した。

③ GH外への汚染源の拡散を防ぎ、エアラインスーツのプルトニウム汚染を防止するために、エアラインスーツの上に着るオーバースーツを従来の2重より増し、3重とした。

(2) 一般安全

① 一般災害および放射線災害を防止するため、GH外に指揮所を設けGH内作業を監視するとともに、指揮所からの死角を無くすためにモニタテレビを設置し、無線による作業指示を行った(写真5)。

② 火の粉の発生する切断作業は、防災シートで作製した簡易フード内で実施し、切断作業終了後

は散水を励行し、火災防止を徹底させた。

③ 高所作業における足場の昇降時、エアラインスーツを着用した作業員が滑落しないよう踏板上に滑り防止用テープを貼りつけた。

④ 高所作業時には安全帯を義務づけられているが、エアラインスーツの上から安全帯を着用することができないため、作業台を工夫し、転落防止用の棚をとりつけた。

⑤ ステンレス鋼等の切断片を廃棄物として搬出する際、切り口でエアラインスーツを傷つけないようにするため、スーツカバーによる養生を行った。

3.2.5 放射線管理

(1) 放射線モニタリング

GB解体撤去時の放射線モニタリングは、外部被ばくの低減、内部被ばくゼロを目標とし、空气中プルトニウム濃度、表面汚染密度、放射線線量率について図9に示す測定点を設けて実施した。この測定点については、作業の進捗状況により位置を変更し、測定結果を迅速に作業員に周知するとともに、場合によってはGH外作業員に対し防護具等を着用させた。

また、GH-1内の汚染はGH-2で留まり、GH-3ではすべての検出限界値以下に管理できた。

(2) 個人被ばく管理

作業員の外部被ばく管理のためTLDバッジおよび指リング線量計を着用した。定期的に交換して

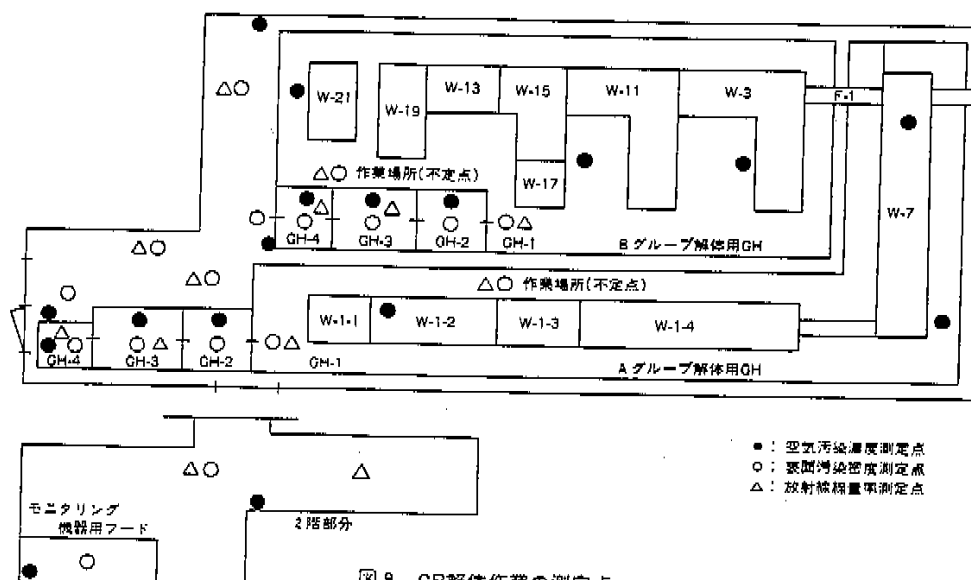


図9 GB解体作業の測定点

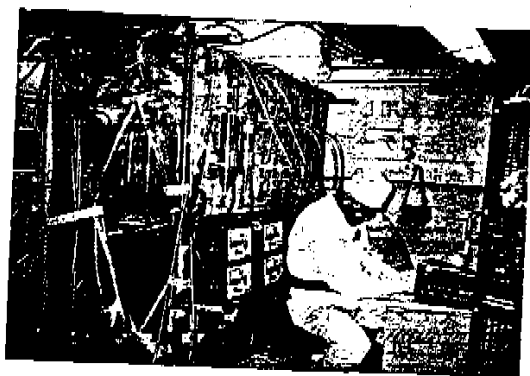


写真6 放射線測定機器設置状況

(1ヶ月用、15日用)被ばく線量を測定する TLD バッジとは別に、今回はポケット線量計を着用し、毎作業終了時に被ばく線量を測定した。1日の被ばく量が多い場合、または3カ月の被ばく線量が管理基準を超える恐れが出た場合等は人員交替等を行い、被ばくの分散化を図るようにした。

(3) 施設の汚染管理

解体作業はGH内で実施されるが、このGHは解体エリアのGH-1および汚染コントロールエリアのGH-2～4によって構成されている。GH-1およびGH-2は汚染濃度の高いエリアであるため、万一、GHが破損した場合でも汚染をGH外へ出さないよう2重構造となっている。

このGHは、解体作業期間中は内部の汚染された空気をGH外へ出さないようにするため、GBと同様常時負圧に管理する必要がある。そこで排風機3台を設置(従来は2台)し、GH内を一定負圧に維持した。また、万一停電等が発生した場合でもGH内の負圧が損われないように、排風機は専用の非常用発電機に接続してある。

このように通常は汚染がGH外に出ることはないが、作業員のGH-1からの退室時に間違えて汚染をもちださないよう、GH-2～4間で靴のはきかえ、サーベイメータによる入念なチェックを行うなど厳重な管理を実施した(図6)。

(4) 防護具

GB解体時に使用した放射線防護具は、内部被ばく防止用としてエアラインスーツ、外部被ばく防止用としてエアラインスーツ用鉛エプロン、鉛手袋である。防護具は、作業環境条件によりどのような防護具を使用するか、その目安値が放射線管理基準により定められている。

内部被ばく防止用の防護具としては、空气中汚染

濃度の低い順から半面マスク、全面マスク、エアラインマスクとなり、最も濃度の高い環境での作業はエアラインスーツの着用となっている。

また外部被ばく防止用として、グローブボックス作業時には、身体に着ける鉛エプロンの他グローブボックス表面に鉛ガラスを貼りつける等、作業員の被ばく防止に努めている。しかし、今回の解体では前記のような防護方法が不可能なため、エアラインスーツ専用の鉛エプロン等を作製し着用させた。

4. 解体撤去の結果および評価

4.1 GB内の除染

塗膜はく離除染法による除染で次のような結果が得られた。過去に解体撤去したGBの空間線量率はおおむね30mR/h位であるが、今回の解体撤去では空間線量率が100倍程度のところが何カ所もあった。このような高線量下での除染後において、GB内の表面汚染密度は 10^{-5} μCi/cm²オーダの結果が得られた。除染係数は 10^4 である。しかし、空間線量率については1/2の減少にとどまった。

これは機器の内面および塔槽の内部の除染ができなかったこと、軽水炉産プルトニウムの取扱いにより、アメリカシウムが蓄積されていたためと考えられる。

	GB内表面汚染密度 (μCi/cm ²)	GB内空間線量率 (mR/h)
除 染 前	1.53	3,000
除 染 後	4.5×10^{-5}	1,500

* 数値はいずれも最大値である。

一方、当初の目標とした廃棄物発生量の低減、外部被ばく線量を極力抑える件について、従来の拭き取り除染法と比較した場合は図10のようになる。

廃棄物発生量については、除染作業による布、紙等の廃棄物が少なくなったため、約1/4に低減できた。また外部被ばくについては、グローブを使った作業が減ったため約1/3に抑えることができた。

表2 グリーンハウス内汚染状況

空間線量率	GB内の機器表面	最大 5 R/h
	GB内の機器からの距離50 cm	最大 500 mR/h
	GB内部表面	最大 200 mR/h
グリーンハウス内空气中Pu濃度		最大 10^{-8} μCi/cm ³
解体機器の表面汚染密度		最大 0.9 μCi/cm ²

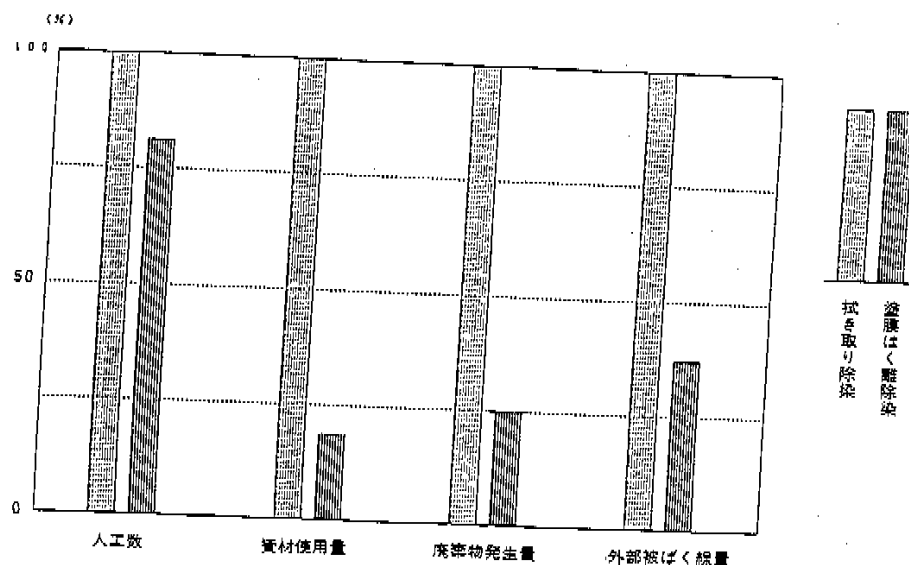


図10 拭き取り除染法との比較結果

以上の点を考慮すると、今回のGBの除染法として初めて採用した被膜はく離除染法は今後のGB、特に高線量下のGBの除染法として有効であることがわかった。

4.2 GBの解体

解体時の作業環境の汚染レベルは表2に示すとおりである。

このようなGH内での作業方法として、被ばく線量の管理値を超えないように自主的な管理レベルを設定するとともに、作業環境中、放射能レベルを上げない方策として、前述した簡易フード、局所排気装置（以下「簡易フード等」という）を設置した。

その結果、図11からもわかるように、簡易フード設置後はGH内の空気汚染密度は安定するとともに低くすることができた。

また、解体作業時のプルトニウム濃度の飛散防止としてスプレー散水、ペイント固定を実施したが、この方法は飛散防止だけでなく、舞い上がったプルトニウム等の粉塵を短時間で抑えるのに極めて有効であった。

被ばくについては、エアラインスーツ作業用に考案した防護具（鉛グローブを使用して作製したエプロン、鉛手袋）の着用により、従来の解体撤去方法で実施したと仮定した場合に比較して著しく低減させることができた。

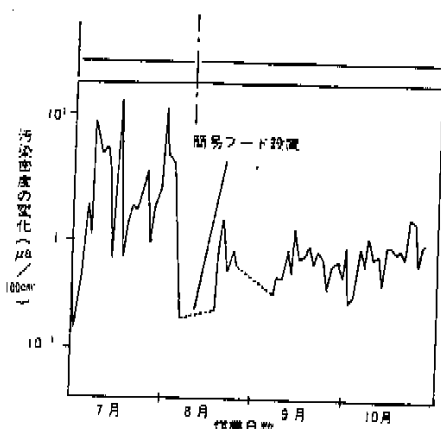


図11 解体用グリーンハウス内空気汚染濃度の推移



写真7 脱硝設備解体撤去後のF-104室内

表3 解体撤去実績

年 月	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	先
脱 染 備														
室内間仕切り														
非汚染機器撤去														
除染用GHの設置														
GB 内 除 染														
除染用GHの解体等														
解体用GHの設置														
GB の 解 体														
解体用GHの除染撤去														
残 処 理														

脱硝設備解体撤去後のF-104室内風景を写真7に示す。

5. まとめ

今回実施したGBの解体撤去は、GB12基、総容積107m³と過去に実施した解体撤去に例をみない設備規模であった。

また、大量のプルトニウムの取り扱いにより、GB内の残存対射能量も多く、放射線量率もアメリカの影響をうけ数R/hと直接作業による解体撤去としては、厳しい環境条件下での作業であった。こ

のため、トラブルをゼロにすることは勿論であるが、作業員の外部被ばく線量をいかに低減することができかに細心の注意を払い、作業計画を作成した。その結果、本報告に記したような対策を講じ、作業期間13カ月、延べ人工数8,000人・日を要した作業を無事故、無災害で終了することができた(表3に解体撤去工程実績を示す)。

今回の解体撤去で得られた知見が今後のGB解体撤去に留まらず、核燃料施設のデコミッショニング技術の確立へ貴重な経験となることを期待する。