

JAERI-Tech  
2002-026



JP0250169



グローブボックス801-W及び802-Wの解体撤去作業

2002年 3月

大内 正市・黒澤 誠・阿部 治郎  
岡根 章五・薄井 洸

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。  
入手の問合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

**This report is issued irregularly.**

**Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan.**

**© Japan Atomic Energy Research Institute, 2002**

編集兼発行 日本原子力研究所

グローブボックス 801-W 及び 802-W の解体撤去作業

日本原子力研究所大洗研究所管理部

大内 正市・黒澤 誠・阿部 治郎

岡根 章五・薄井 洸

(2002年 1月 28日 受理)

日本原子力研究所大洗研究所の燃料研究棟 108号室(分析室)に設置されているウラン・プルトニウム分析試料の秤量等を行うグローブボックス 801-W 及び電位差滴定法によりウラン・プルトニウムの定量を行うグローブボックス 802-W の2台は、設置後 25年以上経過しており老朽化が著しいため、解体撤去を実施して更新することとした。本報告書は一連のグローブボックス解体撤去作業における技術的知見、評価及び作業内容をまとめたものである。

Scrap of Gloveboxes No. 801-W and No. 802-W

Shoichi OHUCHI, Makoto KUROSAWA, Jiro ABE,  
Shogo OKANE and Takeshi USUI

Department of Administrative Services  
Oarai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received January 28, 2002)

Both gloveboxes No. 801-W for measuring samples of uranium or plutonium and No. 802-W for analyzing the quantity of uranium or plutonium are established at twenty five years ago in the analyzing room No. 108 of Plutonium Fuel Research Facility. It was planned to scrap the gloveboxes and to establish new gloveboxes. This report describes the technical view of the scrapping works.

Keywords: Glovebox, Scrap, Plutonium, Decontamination, Plutonium Fuel Research Facility

## 目 次

1. まえがき .....	1
2. グローブボックスの概要及び解体撤去計画 .....	2
2.1 グローブボックスの概要 .....	2
2.2 解体撤去計画 .....	2
3. グローブボックス除染 .....	3
4. 解体撤去作業に伴う安全評価 .....	4
4.1 放射能閉じ込め機能の確保 .....	4
4.2 作業者の被ばく評価 .....	5
4.3 排気筒出口の放射能濃度 .....	6
4.4 作業安全管理 .....	7
5. 解体撤去作業 .....	8
5.1 作業体制 .....	8
5.2 グローブボックスの切離し及びグリーンハウス設置 .....	8
5.2.1 グローブボックスの切離し .....	8
5.2.2 グリーンハウス設置 .....	9
5.3 グローブボックス解体撤去 .....	9
5.4 グリーンハウス解体撤去 .....	10
5.5 廃棄物管理 .....	10
5.6 放射線管理 .....	11
5.6.1 放射線管理の方法 .....	11
5.6.2 空气中放射能濃度と表面密度 .....	12
6. まとめ .....	12
7. あとがき .....	13
謝 辞 .....	13
参考文献 .....	13

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Outline of the Gloveboxes and Plan of Scrap .....	2
2.1 Outline of the Gloveboxes .....	2
2.2 Plan of Scrap .....	2
3. Decontamination of the Gloveboxes .....	3
4. Safety Evaluation of Scrapping Works .....	4
4.1 Holding Radioactivity in the Gloveboxes .....	4
4.2 Evaluation for Contamination of Worker .....	5
4.3 Radioactivity of Stack .....	6
4.4 Safety Control of Works .....	7
5. Scrapping Works .....	8
5.1 System of Works .....	8
5.2 Separation of the Gloveboxes and Set of Greenhouse .....	8
5.2.1 Separation of the Gloveboxes .....	8
5.2.2 Set of Greenhouse .....	9
5.3 Scrap of the Gloveboxes .....	9
5.4 Scrap of Greenhouse .....	10
5.5 Control of Radioactive Waste .....	10
5.6 Radioactive Control .....	11
5.6.1 Method of Radioactive Control .....	11
5.6.2 Air Radioactivity and Surface Density .....	12
6. Conclusion .....	12
7. Finally .....	13
Acknowledgments .....	13
References .....	13

## 表・図・写真リスト

表 5.1	グローブボックス解体撤去作業の実績工程	14
表 5.2	グローブボックス解体撤去に使用した資材の内訳	14
表 5.3	グローブボックス解体撤去作業による廃棄物発生量	15
表 5.4	廃棄物収納容器の内容物	15
図 2.1	グローブボックス 801-W 及び 802-W の配置	16
図 2.2	グローブボックス 801-W の概略構造と仕様	17
図 2.3	グローブボックス 802-W の概略構造と仕様	17
図 3.1	グローブボックス 801-W 内の表面密度マップ (スミヤ法)	18
図 3.2	グローブボックス 802-W 内の表面密度マップ (スミヤ法)	19
図 3.3	グローブボックス 801-W 内の表面密度マップ (直接サベイ法)	20
図 3.4	グローブボックス 802-W 内の表面密度マップ (直接サベイ法)	21
図 3.5	グローブボックス 801-W 内の表面密度マップ【スケルトン除染】	22
図 3.6	グローブボックス 802-W 内の表面密度マップ【スケルトン除染】	23
図 3.7	グローブボックス 801-W 内の表面密度マップ【汚染固定後】	24
図 3.8	グローブボックス 802-W 内の表面密度マップ【汚染固定後】	25
図 4.1	108号室(分析室)内グリーンハウスの配置	26
図 4.2	グローブボックス内面除染後の表面密度マップ	26
図 5.1	グローブボックス解体撤去作業手順	27
図 5.2	グローブボックス間の分離	28
図 5.3	グリーンハウスの概略構造	29
図 5.4	グローブボックス解体時の人員配置	30
図 5.5	グローブボックス本体の切断	30
図 5.6	グローブボックス解体廃棄物の搬出方法	31
図 5.7	108号室(分析室)内放射線管理機器の配置	32
図 5.8	グリーンハウス(GH-1)内の空气中放射能濃度と表面密度	32
写真 5.1	解体前のグローブボックス 801-W 及び 802-W	33
写真 5.2	排気第1系統から切り離し	34
写真 5.3	移動兼昇降治具による架台の撤去	34
写真 5.4	グローブボックス切離し後の状態	34
写真 5.5	グリーンハウスの廃棄物搬出ポート	35
写真 5.6	グローブボックス本体の切断	35

## List of tables, figures and photos

Table-5.1	Schedule of scrap .....	14
Table-5.2	List of materials to scrap .....	14
Table-5.3	Waste volume of scrap .....	15
Table-5.4	Kinds of waste in receptacle .....	15
Fig. -2.1	Layout of gloveboxes No. 801-W and No. 802-W .....	16
Fig. -2.2	Specification of glovebox No. 801-W .....	17
Fig. -2.3	Specification of glovebox No. 802-W .....	17
Fig. -3.1	Surface density map of glovebox No. 801-W (Point survey) .....	18
Fig. -3.2	Surface density map of glovebox No. 802-W (Point survey) .....	19
Fig. -3.3	Surface density map of glovebox No. 801-W (Direct survey) .....	20
Fig. -3.4	Surface density map of glovebox No. 802-W (Direct survey) .....	21
Fig. -3.5	Surface density map of glovebox No. 801-W <b>【Skeleton contamination】</b> .....	22
Fig. -3.6	Surface density map of glovebox No. 802-W <b>【Skeleton contamination】</b> .....	23
Fig. -3.7	Surface density map of glovebox No. 801-W <b>【Fixed contamination】</b> .....	24
Fig. -3.8	Surface density map of glovebox No. 802-W <b>【Fixed contamination】</b> .....	25
Fig. -4.1	Layout of greenhouse in room No. 108 (analysis room) .....	26
Fig. -4.2	Surface density map of gloveboxes .....	26
Fig. -5.1	Process of scrapping works .....	27
Fig. -5.2	Separation of gloveboxes .....	28
Fig. -5.3	Outline of greenhouse .....	29
Fig. -5.4	Layout of worker at scrap .....	30
Fig. -5.5	Cut of glovebox .....	30
Fig. -5.6	Method for taking out scrap from greenhouse .....	31
Fig. -5.7	Layout of equipment for surveying radioactivity .....	32
Fig. -5.8	Air radioactivity and surface density in greenhouse .....	32
Photo-5.1	Before scrap of gloveboxes No. 801-W and No. 802-W .....	33
Photo-5.2	Separate from No. 1 exhaust .....	34
Photo-5.3	Removal of support .....	34
Photo-5.4	Situation after separation of gloveboxes .....	34
Photo-5.5	Port for taking out scrap from greenhouse .....	35
Photo-5.6	Cut of glovebox .....	35



## 1. まえがき

燃料研究棟は、ウラン・プルトニウム混合炭化物及び窒化物燃料などの高速炉用新型燃料の研究開発のために大洗研究所に建設され、1974年に竣工し、実験設備やプルトニウム等取扱用グローブボックスについて順次整備が進められてきた。現在、燃料研究棟には1975年代前半に整備されたグローブボックスが多く、それらは約25年が経過して老朽化が著しくなっている。特に今回更新するグローブボックスは、化学薬品による腐食等が顕著に現れてきており、老朽化の進展に伴うアクリル窓の亀裂発生、パッキンの劣化による気密低下など、安全性に係る顕著な事象の発生を契機に解体撤去し、更新することとした。

本報告書は、燃料研究棟で計画されている高経年化対策計画の一環として実施したグローブボックス2台の解体撤去作業について記述したものである。

プルトニウム等を取り扱ったグローブボックスの解体撤去作業については、既に経験を有しているほか、原研の他施設においても実績がある。今回撤去対象となるグローブボックスは汚染レベルが低いため、解体作業の条件としては有利である。しかし、作業スペースが狭く、解体撤去期間が短いという制約があり、作業計画の緻密化と作業効率の向上が要求された。今後類似の作業が増える状況が十分に考えられ、本報告が少しでも多方面で活用されることを期待したい。

## 2. グローブボックスの概要及び解体撤去計画

### 2.1 グローブボックスの概要

今回解体撤去の対象となるグローブボックスは、108号室（分析室）に設置されたグローブボックス 801-W（ウラン・プルトニウム試料の秤量用）及びグローブボックス 802-W（ウラン・プルトニウム試料の定量分析用）の2台である。これらのグローブボックスはプルトニウム等取扱用として設置されたものであり、相互の使用目的により連結ポート（トランスファーポート）で連結されている。解体撤去するグローブボックスの配置を図 2.1 に、グローブボックス 801-W 及び 802-W の概略構造と仕様を、それぞれ図 2.2 及び図 2.3 に示す。

グローブボックス 801-W は、ウラン・プルトニウム分析試料の秤量を行うため化学天秤等の計量装置があり、グローブボックス 802-W には、ウラン・プルトニウムの定量を行うため電位差滴定装置が設置されている。これらの装置では酸やアルカリの化学薬品を用いて試料調整を行うため、腐食防止の観点から、グローブボックスの内面にはエポキシ樹脂塗装が施されている。

### 2.2 解体撤去計画

グローブボックスの解体撤去に関する計画でのグローブボックスの解体撤去時期については、更新するグローブボックスの製作・据付等の作業日程を考慮して、平成12年12月末までに終了することを目標とした。解体撤去作業に先立ち、グローブボックス内部の除染及び内装機器の撤去作業等（3. 項参照）については、職員等によってあらかじめ実施することとした。本解体撤去作業に要する全工程日数は30日（1週5日間作業として1.5ヶ月）と見込まれ、その内訳は以下のとおりである。

1) 教育訓練及び準備作業等	5日間
2) グローブボックス独立及びグリーンハウス設置	8日間
3) グローブボックス解体撤去	5日間
4) グリーンハウス解体撤去	7日間
5) 廃棄物搬出及び整理作業等	5日間

### 3. グローブボックス除染

グローブボックス本体の解体撤去作業に先立ち、グローブボックス内にある電気計装類、化学天秤等の計量装置及び電位差滴定装置等を撤去してから、グローブボックス内の除染作業を実施した。以下に除染作業の手順を示す。

#### (1) 表面の粗雑な汚染の除去

- ① むれウェスでグローブボックス内面を拭き取った後、スミヤ法により汚染測定を行い表面密度マップを作成した。(図 3.1 及び図 3.2 のカッコ内数値を参照)。特に、床面及び窓面のパッキン部において汚染レベルの高い値 ( $300 \text{ Bq/cm}^2$  以上) を示した。
- ② 表面密度マップを参考にしながら、汚染レベルの高い箇所(床面等)を重点的に中性洗剤の水溶液を含むスポンジで洗浄した後、剥離塗料型化学除染剤(商品名:レムパック)を用いて除染した。なお、レムパックはキレート効果によって汚染物を取り除く除染剤であり、広く用いられている。
- ③ 中性洗剤及びレムパックで除染後、スミヤ法により汚染測定を行い表面密度マップを作成した。(図 3.1 及び図 3.2 参照)。今後は表面密度マップを詳細化するため、 $\alpha$ 線直接サーベイ法においても汚染測定を行い表面密度マップを作成した。(図 3.3 及び図 3.4 参照)。

図 3.1 及び図 3.2 から分かるように、中性洗剤及びレムパック除染により、表面の粗雑な汚染の除去に対しては高い除染効果を示した。しかし、未だ部分的に汚染レベルの高い箇所(図 3.3 及び図 3.4 中の床面部とグローブポートを参照:  $1300 \text{ Bq/cm}^2$  以上)があり、床面において汚染レベルが高いのは、床面に塗装されているエポキシ樹脂の内部にまで汚染が浸透して、レムパックでは除去しきれないところが残ったためによるものと考えられる。

#### (2) 固定された汚染の除去

- ① エポキシ樹脂の内部に固定された汚染の除去に対しては、強力塗料剥離剤(商品名:スケルトン)を用いて除染することにした。
  - ② スケルトンは、グローブボックス内面に塗装されているエポキシ樹脂を溶解剥離する性質を持っているので、樹脂塗装面がふやけてから樹脂を剥がして除染した。
  - ③ 汚染レベルの高いグローブポート(ベークライト樹脂製)及び窓面(アクリル樹脂製)の一部については、スケルトンの性質から樹脂系のものを溶解させてしまう可能性が高いため、スケルトンを使用せずにレムパックを用いて除染した。
- スケルトン及びレムパック除染後、 $\alpha$ 線直接サーベイ法により汚染測定を行い表面密度マップを作成した。(図 3.5 及び図 3.6 参照)。
- ④ スケルトンを用いて除染した床面は、除染効果が極めて高く  $10 \text{ Bq/cm}^2$  以下までに汚染を除去することができた。レムパックを用いて除染したグローブポートについては、除染効果があまり見られなかった。

### (3)汚染固定

- ① 汚染レベルが目標値のほぼ 40 Bq/cm<sup>2</sup> 以下まで除染できたことを確認し、スプレー式水性ペイントにより汚染固定を行った。
  - ② ペイントが固化した後、 $\alpha$ 線直接サーベイ法により汚染測定を行い、表面密度マップを作成した。(図 3.7 及び図 3.8 参照)
- 汚染固定後の表面密度は、グローブポート部を除いてはほとんどが 0.2 Bq/cm<sup>2</sup> 未満となった。

## 4. 解体撤去作業に伴う安全評価

グローブボックスの解体撤去作業を安全かつ円滑に進めるために、平成 7 年度に実施された「111-W 及び 112-D グローブボックスの解体撤去作業」に関する報告書(非公開: JAERI-memo 07-161)を参考にして、事前の安全評価を実施した。主として、以下に記述する放射能の閉じ込め機能、作業者の被ばく、周辺環境への影響、作業安全上の措置について評価した。

### 4.1 放射能閉じ込め機能の確保

グローブボックス本体の解体はグリーンハウスを設置して行うため、解体作業に伴って飛散する放射性物質の閉じ込めに係るグリーンハウスの機能、構造及びグリーンハウス内排気の方法について述べる。

グリーンハウス設置の概略を図 4.1 に示す。グリーンハウスを 3 室構造とし、汚染レベルの高い方から順次、汚染レベルが低くなる順に GH-1 (解体作業を行う室)、GH-2 (汚染をチェックする室)、GH-3 (作業者が入退出する室) と呼称する。グリーンハウス外(実験室側)への汚染拡大を防止するためには、下記の基本要件を満たすことが重要である。

#### (1)グリーンハウス内換気回数の確保と負圧維持

グリーンハウスの換気は通常局所排気装置を設けて行うが、グリーンハウスを設置する近隣に既設の排気第 2 系統(実験室フードの排気系で 2 系列の H E P A フィルタが設置)があるため、これを利用してグリーンハウスの換気を行う。GH-3 のプレフィルタから実験室内の空気を取り込み、GH-2 を経由して、GH-1 からプレフィルタと既設の H E P A フィルタを介しながら排気第 2 系統で排気する。グリーンハウス内の換気回数を 1 時間当たり 10 回以上確保するとともに負圧の維持を前提においた。

#### (2)作業者退出時の汚染管理

GH-1 における解体作業者が退出する際は、GH-1 で作業装備の表面を除染しサーベイメータにより汚染測定を行ってから、GH-2 で装備を脱着し身体の汚染測定を行い、最後はグリーンハウス外へ出る前に GH-3 で身体の汚染測定を行い汚染のないことを確認して退出する。このように、グリーンハウスを 3 室構造にして二重三重の汚染チェックを行うことにより、汚染拡大を

防止する。

### (3) グリーンハウス障壁の多重化と強度維持

グリーンハウスの障壁を多重化することにより、グリーンハウスの気密性を高めて汚染の漏えいを防止する。特に汚染レベルが高くなると予想される GH-1 には多重化が必要である。また、グリーンハウス内の負圧を維持するため、その負圧に耐えられる強度を持った障壁の材料及び構造を考慮する。

## 4.2 作業者の被ばく評価

### (1) 外部被ばく評価

事前に除染を行ったグローブボックスの表面線量当量率は、実測で  $0.8 \mu\text{Sv/h}$  である。解体撤去作業は 20 日間を予定しており、1 日の作業時間を 5 時間としてこれを累積すると、 $0.08 \text{ mSv}$  となる。これは放射線作業従事者の実効線量限度 ( $50 \text{ mSv/年}$ ) を十分に下回ることから、作業者の外部被ばく上の問題はない。

### (2) 内部被ばく評価

グローブボックス内面除染後における切断する面の表面密度マップを図 4.2 に示す。この測定結果から残存するプルトニウムの量及びグローブボックスの表面密度を算出し、グリーンハウス内の空気中放射能濃度及び作業者の内部被ばくを評価する。なお、 $\alpha$  放射能は全てが Pu-239 として評価した。

#### 1) グリーンハウス (GH-1) 内の空気中放射能濃度

グリーンハウス内の空気中放射能濃度 (C) を下記の式により求める。

$$C (\text{Bq}/\text{cm}^3) = (S \times a \times q) / (V \times N \times T)$$

$$\left[ \begin{array}{l} S : \text{グローブボックス内の最大表面密度 (Bq}/\text{cm}^2) = 40 \\ a : \text{1 日当たりの切断面積* (cm}^2) = 5.6 \times 10^3 \\ q : \text{切断時の飛散率}^{(1)} = 2 \times 10^{-4} \\ V : \text{GH-1 の容積 (cm}^3/\text{回)} = 2.64 \times 10^7 \\ N : \text{GH-1 の換気回数 (回}/\text{h)} = 10 \\ T : \text{1 日の作業時間 (h)} = 5 \end{array} \right.$$

\*: 1 日当たりの切断面積は、2 台のグローブボックスの切断作業に 5 日間要するものとして、グローブボックスの寸法 (cm) は、801-W が幅 135 × 高さ 90 × 奥行 90、802-W が幅 180 × 高さ 90 × 奥行 90 (中に仕切板 90 × 90) で、切断片の大きさを (cm) を約 15 × 50、切断巾を 1 cm として計算したものである。

グリーンハウス内の空気中放射能濃度は  $3.4 \times 10^{-7} (\text{Bq}/\text{cm}^3)$  となり、法令に定める放射線業務従事者に係る Pu-239 の空気中濃度限度 ( $8 \times 10^{-8} \text{ Bq}/\text{cm}^3$ ) を超えると推定される。したがって、GH-1 内における解体作業中の呼吸保護具は、安全性及び作業性を考慮して「大洗研究所放射線安全取扱手引 (内部被ばくの防護)」に定められた基準に基づきエアライン全

面マスクとする。

## 2) 作業者の内部被ばく

前項の条件下で、作業者がエアライン全面マスクを着用してグローブボックス解体作業に従事（2時間/日×5日）する場合の内部被ばくによる実効線量（ $E_i$ ）は、下記の式により求める。

$$E_i(\text{mSv}) = e \times I$$

$$= e \times (C \times B \times t / F)$$

$e$  : 実効線量係数<sup>(2)</sup> (mSv/Bq) =  $3.2 \times 10^{-2}$  [Pu-239]

$I$  : 吸引摂取量 (Bq) =  $4.1 \times 10^{-3}$

$$\left[ \begin{array}{l} C : \text{空气中放射能濃度 (Bq/cm}^3\text{)} = 3.4 \times 10^{-7} \\ B : \text{作業者の呼吸量}^{(3)} \text{ (cm}^3\text{/h)} = 1.2 \times 10^6 \\ t : \text{全作業時間 (h)} = 10 [2\text{h/日} \times 5\text{日}] \\ F : \text{エアライン全面マスクの防護係数} = 1000 \end{array} \right]$$

上記の計算より、本解体作業期間中における作業者の内部被ばくによる実効線量（ $E_i$ ）は  $1.3 \times 10^{-4}$  mSv となり、法令で定める放射線業務従事者に係る線量限度（実効線量限度：50 mSv/年）に対し十分低い値である。

## 4.3 排気筒出口の放射能濃度

グリーンハウス内の空気は、グリーンハウスの排気系 HEPA フィルタでろ過後、既設排気第2系統のフィルタ（2段）を経由して排気筒から大気中に放出される。ここでは、既設排気第2系統の2段のHEPAフィルタによって放射能が捕集されるものとして、グローブボックス解体作業による1日（作業時間：5時間）の排気筒出口における放射能濃度（ $C$ ）を下記の式により求める。

$$C (\text{Bq/cm}^3) = \{(S \times A \times q) / (V \times t)\} \times (1 - \eta)$$

$$\left[ \begin{array}{l} S : \text{グローブボックス内の最大表面密度 (Bq/cm}^2\text{)} = 40 \\ A : \text{1日当たりの切断面積 (cm}^2\text{)} = 5.6 \times 10^3 \\ q : \text{切断時の飛散率} = 2 \times 10^{-4} \\ V : \text{排気筒排気風量 (cm}^3\text{/h)} = 1.9 \times 10^{10} \\ t : \text{排気運転時間 (h)} = 5 \\ \eta : \text{フィルタの捕集効率} = 99.97\% \end{array} \right]$$

上記計算より、排気筒出口における放射能濃度（ $C$ ）は  $4.7 \times 10^{-14}$  Bq/cm<sup>3</sup> であり、法令で定める周辺監視区域外における Pu-239 の空气中の3ヶ月間の平均濃度限度（ $3 \times 10^{-9}$  Bq/cm<sup>3</sup>）と比較して十分に低い値であり、周辺環境に与える影響は無視できる。

#### 4.4 作業安全管理

##### (1)火災の防止

機器の解体及び溶断時には、火花や切断片の飛散の少ない工具を使用するとともに、被切断物の周囲には可燃物を置かないようにして消火器を用意する。また、必要に応じて切断作業場の周囲には防災シートを設ける。

##### (2)人身事故防止

高所における作業及び機器工具を用いた切断作業に当たっては、安定した足場を確保すること及び適切な防護具の着用を講ずる等により、作業者の安全を確保する。

##### (3)緊急時措置

緊急時における大洗研究所核燃料物質使用施設保安規程等に基づき作成したマニュアル等を作業場に表示するとともに、作業者に周知徹底する。

##### (4)保安教育訓練

関係法令及び規程類について、燃料研究棟の出入管理、解体撤去作業に係る注意事項、放射線管理上の履行事項、放射線防護具の着脱訓練、核防護教育、非常時の措置要領等の教育訓練を実施する。

## 5. 解体撤去作業

解体撤去するグローブボックスの外観を写真 5.1 に、グローブボックス除染を含めた本解体撤去の作業手順を図 5.1 に示す。以下に解体撤去に係る一連の作業内容、廃棄物管理及び放射線管理について記述する。

### 5.1 作業体制

グローブボックス本体の解体撤去作業に先立って、グローブボックス内の内装機器の撤去及び除染を実施した。主としてプルトニウム技術開発室員が行い、新型燃料燃焼研究グループ員の助言を受けながら実施した。

解体撤去作業体制は、安全の確保と作業の円滑化を図るために、特定施設（給排気運転管理）、放射線管理施設（放射線管理）担当者の助言と指導を得ながら行った。また、作業期間中は作業日報、週間作業予定表等の書類を提出させ、作業開始前及び作業終了後のミーティングを実施して作業の進捗状況の把握を行いつつ安全の確保を図った。

### 5.2 グローブボックスの切離し及びグリーンハウス設置

除染及び汚染固定作業が完了した 2 台のグローブボックス本体の解体撤去作業は、11 月 28 日から実作業が開始された。本解体撤去作業における実績工程を表 5.1 に示す。グローブボックスの排気系配管を排気第 1 系統の排気ダクトから切離し、さらに 2 台のグローブボックスを連結しているポートのフランジ部を外してグローブボックスを各々分離し、その上でグローブボックスを包み込むような形でグリーンハウスを設置した。以下にグローブボックスの切離し及びグリーンハウス設置に係る作業内容について記述する。

#### 5.2.1 グローブボックスの切離し

グローブボックスを切り離す前に、電気配線、アルゴンガス配管、酸素分析用配管等の付帯設備を撤去した。

グローブボックスの給排気配管、HEPA フィルタ（排気側）、微圧計等の各種計器類を撤去してグローブボックスを排気ダクトから切り離した（写真 5.2 参照）。プルトニウム等による汚染が予想される配管等の撤去に当たっては、クローズド法によって作業を行った。次いで、図 5.2 に示すように、グローブボックス本体に移動兼昇降治具を取り付けた上で、2 台のグローブボックスをつなぐ連結ポート（フランジ構造）をクローズド法によって分離し、各グローブボックスを独切り離した。次に、グローブボックスを移動兼昇降治具（写真 5.3 参照）により上昇させて架台を撤去し、グローブボックス本体を床面に降ろした（写真 5.4 参照）。



### 5.2.2 グリーンハウス設置

グローブボックスの独立及び架台の撤去後、グリーンハウスの設置が行われた。設置したグリーンハウスの概略構造を図 5.3 に、全体のレイアウトについては図 4.1 に示す。

グリーンハウスが設置される床面のエリアに、GH-1 及び GH-2 には「3重」、GH-3 には「2重」の酢酸ビニールシートを貼り、GH-1 のグローブボックス設置エリアはさらにベニヤ板を敷いてから、1.5 インチ鋼管及びクランプを用いてグリーンハウスの骨組みを組み立てた。予め製作しておいた酢酸ビニール製のテントを、GH-1 及び GH-2 には「2重」、GH-3 には「1重」にして骨組みに取り付け、床面に貼りつけた酢酸ビニールシートに張り合わせてグリーンハウス内の気密を保持した。テントの取り付け終了後、グリーンハウスの付帯設備となる以下の装置類を図 4.1 に示すように設置した。

- ① グローブボックスの解体廃棄物を搬出するための「廃棄物搬出ポート」(写真 5.5 参照)
- ② 解体状況を監視するための「監視窓」
- ③ グリーンハウス内の差圧を監視するための「マノメータ式差圧計」
- ④ グリーンハウス内の負圧を維持するための「排気ポート」
- ⑤ 解体用電動工具を使用するための「電気コード」
- ⑥ エアラインマスクに圧縮空気を供給するための「エアホース」

グリーンハウスの設置が終了した後、グリーンハウス内換気の風量測定を行った。グローブボックスの解体作業場所 GH-1 の容積は約  $51\text{m}^3$  であり、換気回数 10 回/h 以上を確保するためには  $510\text{m}^3/\text{h}$  以上換気する必要がある。風量測定は GH-3 入口のプレフィルタ表面 (面積:  $0.5\text{m}^2$ ) で行い、風速に換算して  $0.28\text{m}/\text{sec}$  以上になるよう排気第 2 系統のダンパー (HEPA フィルタ出口付近) で調節した。初期の実測では約  $0.8\text{m}/\text{sec}$  であり換気回数を十分に確保することができた。また、グリーンハウス内の負圧は  $30\text{Pa}$  程度であり、グリーンハウスの強度が十分に保たれていることも確認した。

### 5.3 グローブボックス解体撤去

グローブボックス解体時の人員配置を図 5.4 に示す。グローブボックスの下部に防災シートを敷き、1 人が切断しもう 1 人は切断のサポートをしながら午前、午後と 2 班編成にして 2 人がベアで解体作業を行った。主に丸のこ防塵カッター (チップソー) を用い、図 5.5 に示すように比較的汚染の高いグローブポート及び窓面のパッキン部を避けて切断した。

これらの解体作業手順を以下に示す。

- ① 前処理として、グローブ及び息継ぎ用 HEPA フィルタの撤去
- ② グローブポート部を残すように窓面のアクリル板 (厚み:  $10\text{mm}$ ) を切断
- ③ 天井部のステンレス鋼板 (厚み:  $4\text{mm}$ ) を切断
- ④ 連結ポート部を残すように側面部のステンレス鋼板 (厚み:  $4\text{mm}$ ) を切断
- ⑤ 床面部のステンレス鋼板 (厚み:  $4\text{mm}$ ) を切断

グローブボックスの天井及び床部のステンレス鋼板を切断する際チップソーの摩耗が予想外に

大きかったため、グローブボックスの解体に約40枚を用いた(写真5.6参照)。今回のグローブボックス解体撤去作業に使用した資材の内訳を表5.2に示す。防護資材においては、タイベックス2重、ゴム手4重の重装備であったため、多数の資材を用いた。

グローブボックスの解体廃棄物は、図5.6に示すように、200ℓ鋼製ドラム缶内にセットされた廃棄物収納容器(内容器と受容器)に収納し、PVCバッグで溶封処理した後内容器の蓋を閉め、最後に200ℓ鋼製ドラム缶の蓋をして放射性廃棄物処理施設へ搬出した。

#### 5.4 グリーンハウス解体撤去

グローブボックス本体の解体と解体片の収納が終了した後、除染可能な器具類については除染を行ってグリーンハウス外に搬出したが、電動工具等の複雑な構造の機器類については除染が困難なため、廃棄物として処分した。グローブボックスの解体撤去を完了した後、グリーンハウス内の除染と撤去作業を実施した。

これらの除染及び撤去作業手順を以下に示す。

- ① ぬれウェスでグリーンハウス内を除染後、スミヤ法による汚染検査
- ② ペイント固定後、スミヤ法による汚染検査
- ③ グリーンハウス内張テント(GH-1, GH-2)の切断廃棄
- ④ 汚染検査後、廃棄物搬出ポートの撤去
- ⑤ グリーンハウス外張テント(GH-1, GH-2, GH-3)の切断廃棄
- ⑥ グリーンハウス骨組の解体
- ⑦ 床面養生シートの切断廃棄

グリーンハウスの解体時において飛散等による汚染拡大を防止するため、内張テントにペイント固定処理をした。固定後の表面汚染密度は、GH-1においては最大0.11 Bq/cm<sup>2</sup>で他0.04 Bq/cm<sup>2</sup>未満、GH-2においては最大0.06 Bq/cm<sup>2</sup>で他0.04 Bq/cm<sup>2</sup>未満であった。グリーンハウス内張テント撤去後の外張テントにおいては全て0.04 Bq/cm<sup>2</sup>未満であった。内張テントは $\alpha$ 固体廃棄物、外張テントは $\beta \cdot \gamma$ 固体廃棄物として処分した。

#### 5.5 廃棄物管理

本解体撤去作業に伴って発生する廃棄物は、「大洗研究所放射線安全取扱手引(放射性廃棄物の分類)」に基づいて処理した。本解体撤去作業で発生した廃棄物発生量をまとめて表5.3に示す。廃棄物収納容器に収納した $\alpha$ 固体廃棄物においては、表5.4に示すように、ステンレス鋼等の金属とアクリル板等の非金属に大分類して収納した。廃棄物を低減化するためグローブボックス本体の解体片を細断し、廃棄物収納容器(200ℓ鋼製ドラム缶内の受容器:約120ℓ)への充填率を高めて収納したが、結果としては表5.3に示すように発生量が10缶(約1.2 m<sup>3</sup>)となった。また、 $\alpha$ 固体廃棄物の不燃性カートンボックスにおいては、約120個と可燃性に比べて数多く発生した。この理由としては、グリーンハウスの内張テント(酢酸ビニールシート)は通常可燃性廃棄物として処分するが、表面汚染をペイント固定したため不燃性として処理したことによるもの

である。

これらのグローブボックス解体撤去で発生した廃棄物は、大洗研究所の放射性廃棄物処理施設に運搬され処理処分される。

## 5.6 放射線管理

今回のグローブボックス解体撤去作業の放射線管理に係る作業体制、放射線管理機器の配備、作業者の放射線管理、解体作業時の空气中放射能濃度及び表面密度について以下に記述する。

### 5.6.1 放射線管理の方法

#### (1) 作業体制

本解体撤去作業における放射線管理は、原研側放射線管理係員（放管員）1名と作業担当会社の放射線管理担当者の2名によって行われた。解体作業中の放射線管理は、作業環境における空气中放射能濃度、作業者の身体汚染及び作業現場とその周辺の表面汚染の測定であり、ダストモニタの監視や濃度評価結果の検討を行った。作業担当会社の放射線管理担当者は、退出作業者の身体サーベイ、グリーンハウス内部及び周辺の汚染検査、廃棄物搬出作業時の汚染検査、フィルタろ紙の交換及びダストモニタの監視を担当した。

#### (2) 放射線管理機器の配備

今回の解体作業中における空气中放射能濃度は、事前評価において濃度限度を超えることが予想されたため、グリーンハウスによる放射能の閉じ込めと内部被ばく防止の観点から、放射線管理機器等を図5.7に示すように配備して、作業中の空气中放射能濃度の監視を行った。解体作業を行ったGH-1においては、グリーンハウス内にモニタリング箇所を解体場所（ $M_1$ ）と廃棄物搬出ポート付近（ $M_2$ ）に、サンプリング箇所を排気ポート付近（ $S_1$ ）に、グリーンハウス外にはモニタリング箇所を解体場所付近（ $M_3$ ）に設置した。GH-2及びGH-3では、サンプリング箇所をグリーンハウス内（ $S_2$ ,  $S_3$ ）に、モニタリング箇所をグリーンハウス外の入退室口付近（ $M_4$ ）に設置した。

#### (3) 作業者の放射線管理

解体作業者は、エアライン全面マスク等の放射線防護具及び防護衣を装着して108号室（分析室）の出入口ドアから入り、グリーンハウス（GH-3）の入退室口を通過してGH-2を経由し、GH-1内に置かれたグローブボックスの解体作業を行う。作業終了後は、GH-1のエリアでぬれウェスにより放射線防護具及び防護衣の表面を除染してからアノラックスーツ等を脱着し、身体汚染検査により汚染のないことを確認してGH-2エリアに入る。GH-2エリアでタイベックスーツ等を脱着し、GH-3エリアで全面マスクを脱着してから再度身体汚染検査を行い、汚染のないことを確認してGH-3から退室する。最後にハンドフットクロスモニタ（HF CM）により汚染検査を行い、作業者の放射線管理を図った。

### 5.6.2 空気中放射能濃度と表面密度

解体作業中の GH-1 の空気中放射能濃度は、事前評価（4.2 項参照）では  $3.4 \times 10^{-7}$  Bq/cm<sup>3</sup> 程度となる可能性があり、法令で定める放射線業務従事者に係る Pu-239 の空気中濃度限度 ( $8 \times 10^{-8}$  Bq/cm<sup>3</sup>) を超えるおそれがあるため、作業者はエアライン全面マスクにアノラックスーツを着用して作業を行った。

グリーンハウス（GH-1）内における空気中放射能濃度と表面密度の測定結果を図 5.8 に示す。空気中放射能濃度は、モニタリングによる指示値とサンプリングによる測定データがほぼ同値を示し、表面密度に対しては同様な傾向を示した。解体作業及び解体片の整理時において空気中放射能濃度が上昇し、事前評価による空気中放射能濃度 ( $3.4 \times 10^{-7}$  Bq/cm<sup>3</sup>) に対して  $5.5 \times 10^{-6}$  Bq/cm<sup>3</sup>、実効線量 ( $1.3 \times 10^{-4}$  mSv) に対して  $2.1 \times 10^{-3}$  mSv と約 20 倍近く上回ったが、法令に定める放射線業務従事者に係る実効線量限度 (50 mSv/年) に対し十分低い値であった。

## 6. まとめ

今回のグローブボックス解体撤去作業は、工程的に厳しかったがほぼ予定どおり終了した。今回の作業を通じて、以下に示すような経験と知見を得ることができた。

- (1) グローブボックス内の除染作業においては、エポキシ樹脂用を使用した剥離剤「スケルトン」の有効性を確認した。しかし、除染効果は極めて高いという利点はあるが、使用する際はグローブ等に付着させないように十分に注意をする必要があることが分かった。
- (2) グローブボックス本体のステンレス鋼板の切断作業においては、予想以上にチップソーが摩耗したため、多数の資材と作業時間を必要とした。放射線被ばくの観点から解体作業時間をできるだけ短縮するためには、用いる切断工具について工夫の余地があることが分かった。
- (3) 表面の粗雑な汚染の飛散を防止するため、グリーンハウスの内張テント(酢酸ビニールシート)にペイント固定を行ったが、 $\alpha$  の不燃性廃棄物の発生量が多くなったため、今後は汚染固定方法等を検討し廃棄物を低減していく必要がある。

## 7. あとがき

燃料研究棟が建設整備されて約25年が経過した。平成13年6月時点で合計35台のプルトニウム取扱用グローブボックスを有しているが、その大半は建家竣工に併せて整備されてきたもので、いずれ老朽化の時期を迎えることになり、老朽化と今後の研究の展開を考慮すると、グローブボックスの解体撤去の機会はさらに増える可能性が十分にある。そのため、今回の解体撤去作業を通じて得られた知見や技術を継承していく必要があり、今後のグローブボックスの解体撤去に役立てば幸いである。なお、本解体撤去作業を直接実施した業者は千代田メンテナンス㈱である。

## 謝 辞

本報告書の作成にあたり、グローブボックス解体撤去作業の遂行に密接に関連して作業に携わった新型燃料燃焼研究グループの関係各位、区域放射線管理係の関係各位及び工務課の関係各位に感謝します。

## 参考文献

- (1) 泉幸男他「照射燃料切断時におけるFPの飛散率とサンプリング用捕集材の捕集効率」保健物理 Vol. 3, p295-299 (1978)
- (2) 日本アイソトープ協会「作業員による放射性核種の摂取についての線量係数」ICRP Pub. 68 (1996)
- (3) 日本アイソトープ協会「作業員による放射性核種の摂取の限度」ICRP Pub. 30 (1983)



表 5.3 グローブボックス解体撤去作業による廃棄物発生量

区分	収納容器	種類	内容物	発生量	
α 廃棄物	カートンボックス(赤)	可燃	タイバックスーツ、ゴム手、紙ウェス	37 個	0.74 m <sup>3</sup>
	カートンボックス(白)	不燃	グリーンハウス内張テント、アノラックスーツ、ジャバラ	124 個	2.48 m <sup>3</sup>
	廃棄物収納容器	不燃	表 5.4 参照	10 缶	1.20 m <sup>3</sup>
β・γ 廃棄物	カートンボックス(赤)	可燃	紙ウェス、布手	26 個	0.52 m <sup>3</sup>
	カートンボックス(緑)	難燃	グリーンハウス外張テント、ゴム手	63 個	1.26 m <sup>3</sup>
	カートンボックス(白)	不燃	塩ビパイプ、マスクフィルタ	17 個	0.34 m <sup>3</sup>
	ペール缶(青)	不燃	アルゴンガス配管、酸素分析用配管	13 缶	0.26 m <sup>3</sup>
			合 計		6.8 m <sup>3</sup>

表 5.4 廃棄物収納容器の内容物

	内容物	材質	総重量	主核種	α放射能量	表面線量当量率
1	排気ダクトの切断片	SS	180Kg	<sup>239</sup> Pu	8.5×10 <sup>4</sup> Bq	0.2 μSv/h
2	グローブボックス窓面 & グローブポートの切断片、グローブ	アクリル ベークライト ネオプレンゴム	70Kg	<sup>239</sup> Pu	1.3×10 <sup>6</sup> Bq	0.3 μSv/h
3	グローブボックス本体の切断片	SUS	120Kg	<sup>239</sup> Pu	4.0×10 <sup>5</sup> Bq	0.2 μSv/h
4	グローブボックス本体の切断片	SUS	115Kg	<sup>239</sup> Pu	4.0×10 <sup>5</sup> Bq	0.2 μSv/h
5	グローブボックス窓面 & グローブポートの切断片	アクリル ベークライト	70Kg	<sup>239</sup> Pu	9.3×10 <sup>5</sup> Bq	0.5 μSv/h
6	グローブボックス本体の切断片	SUS	120Kg	<sup>239</sup> Pu	3.9×10 <sup>5</sup> Bq	0.3 μSv/h
7	グローブボックス本体の切断片	SUS	135Kg	<sup>239</sup> Pu	3.9×10 <sup>5</sup> Bq	0.3 μSv/h
8	グローブボックス本体の切断片	SUS	105Kg	<sup>239</sup> Pu	3.9×10 <sup>5</sup> Bq	0.3 μSv/h
9	グローブボックス本体の切断片	SUS	110Kg	<sup>239</sup> Pu	3.9×10 <sup>5</sup> Bq	0.3 μSv/h
10	GB 本体 切断片 電動工具	SUS SS	100Kg	<sup>239</sup> Pu	1.9×10 <sup>5</sup> Bq	0.3 μSv/h

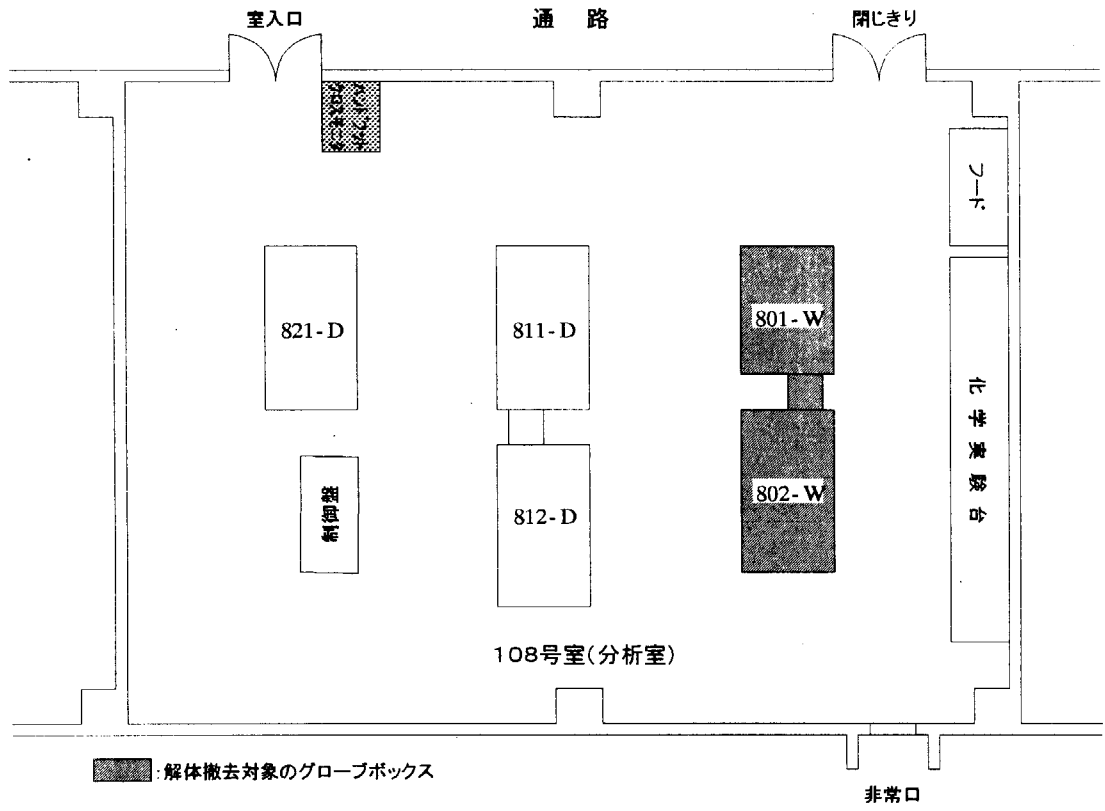


図 2.1 グローブボックス801-W及び802-Wの配置



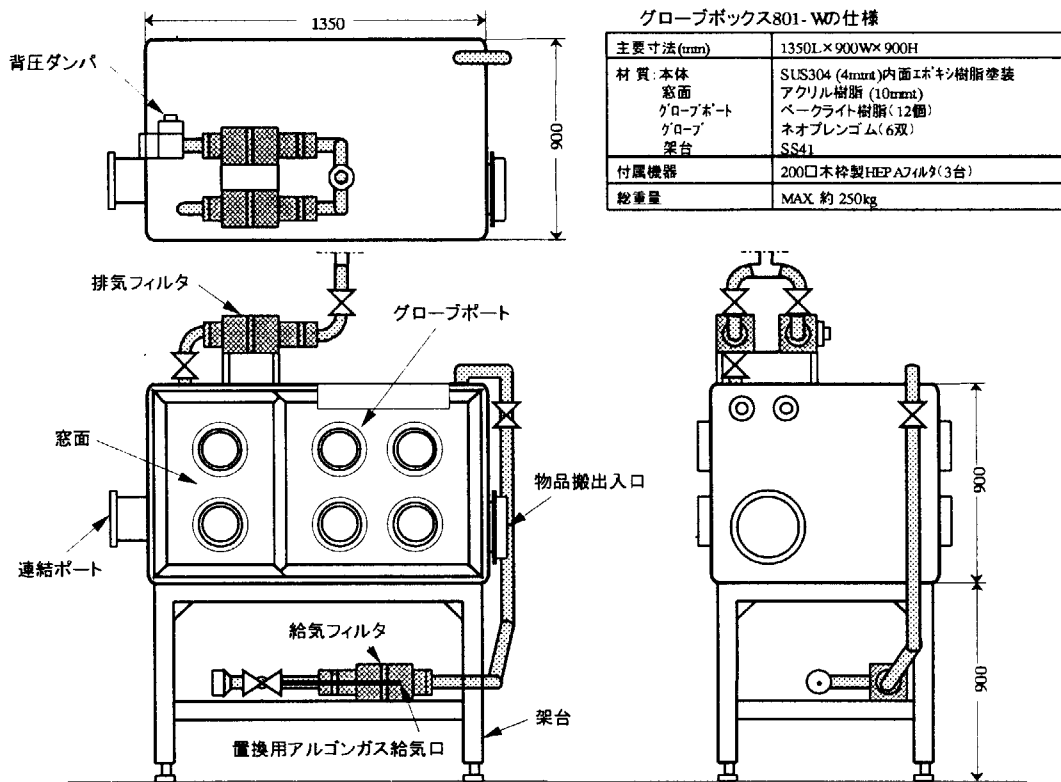


図 2.2 グローブボックス801-Wの概略構造と仕様

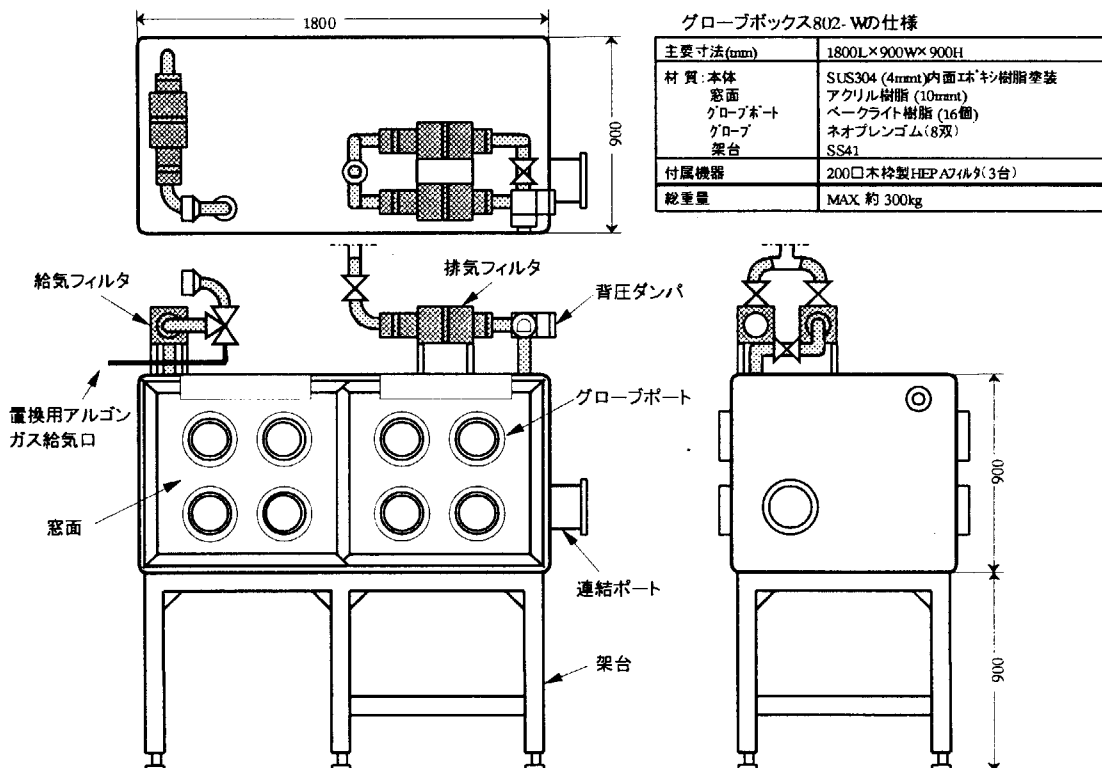
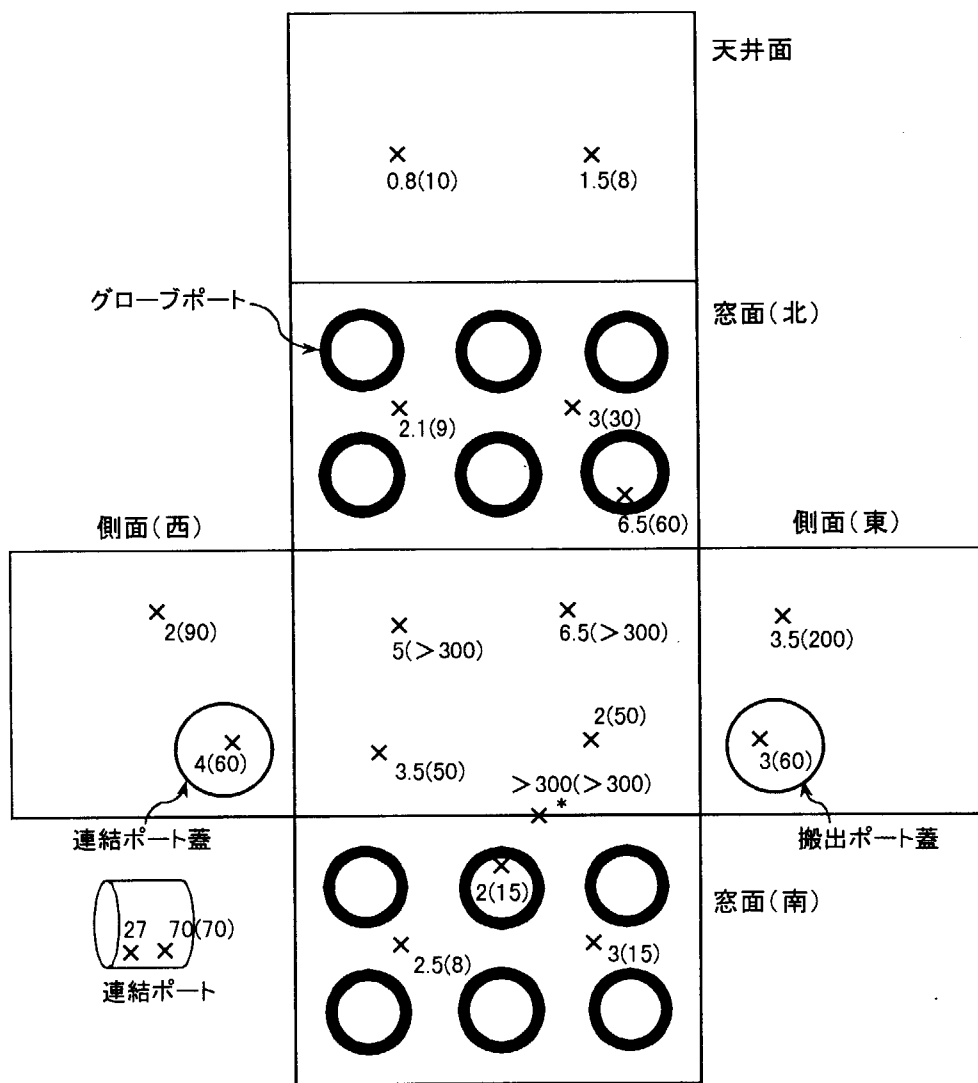


図 2.3 グローブボックス802-Wの概略構造と仕様

$$\text{単位: Bq/cm}^2 = \frac{\text{CPM(実測値)} \times \{1.0 \times 10^{-1} \text{Bq/CPM(換算係数)}\} \times 10 \text{(スミヤ拭き取り効率)}}{100 \text{cm}^2 \text{(スミヤ拭き取り面積)}}$$



注記) ( )内の数値はぬれウェス除染後のデータ  
\*は窓面のパッキン部

図 3.1 グローブボックス801-W内の表面密度マップ(スミヤ法)  
【中性洗剤+レムパック除染】

$$\text{単位: Bq/cm}^2 = \frac{\text{CPM(実測値)} \times \{1.0 \times 10^{-1} \text{Bq/CPM(換算係数)}\} \times 10(\text{スミヤ拭き取り効率})}{100\text{cm}^2(\text{スミヤ拭き取り面積})}$$

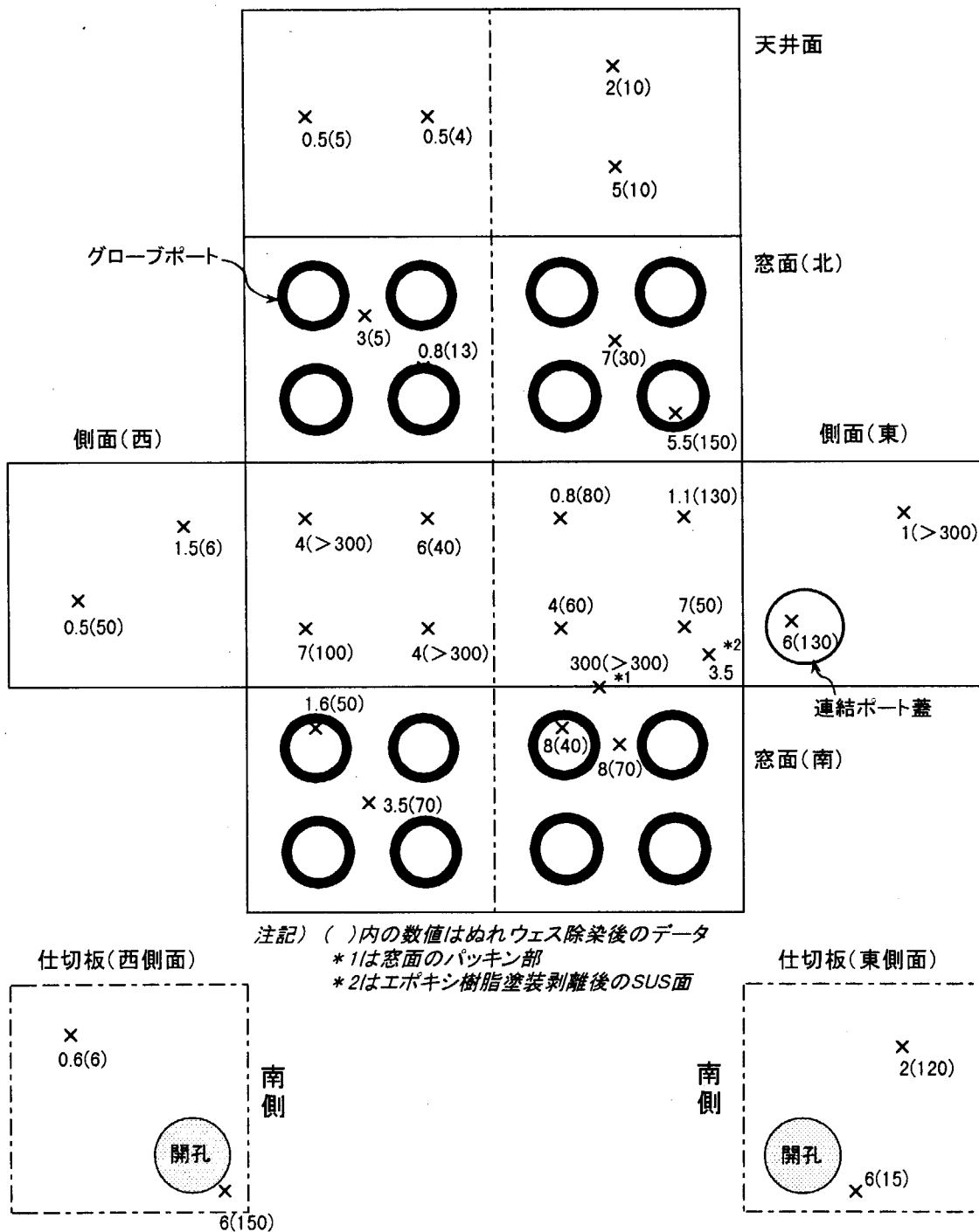
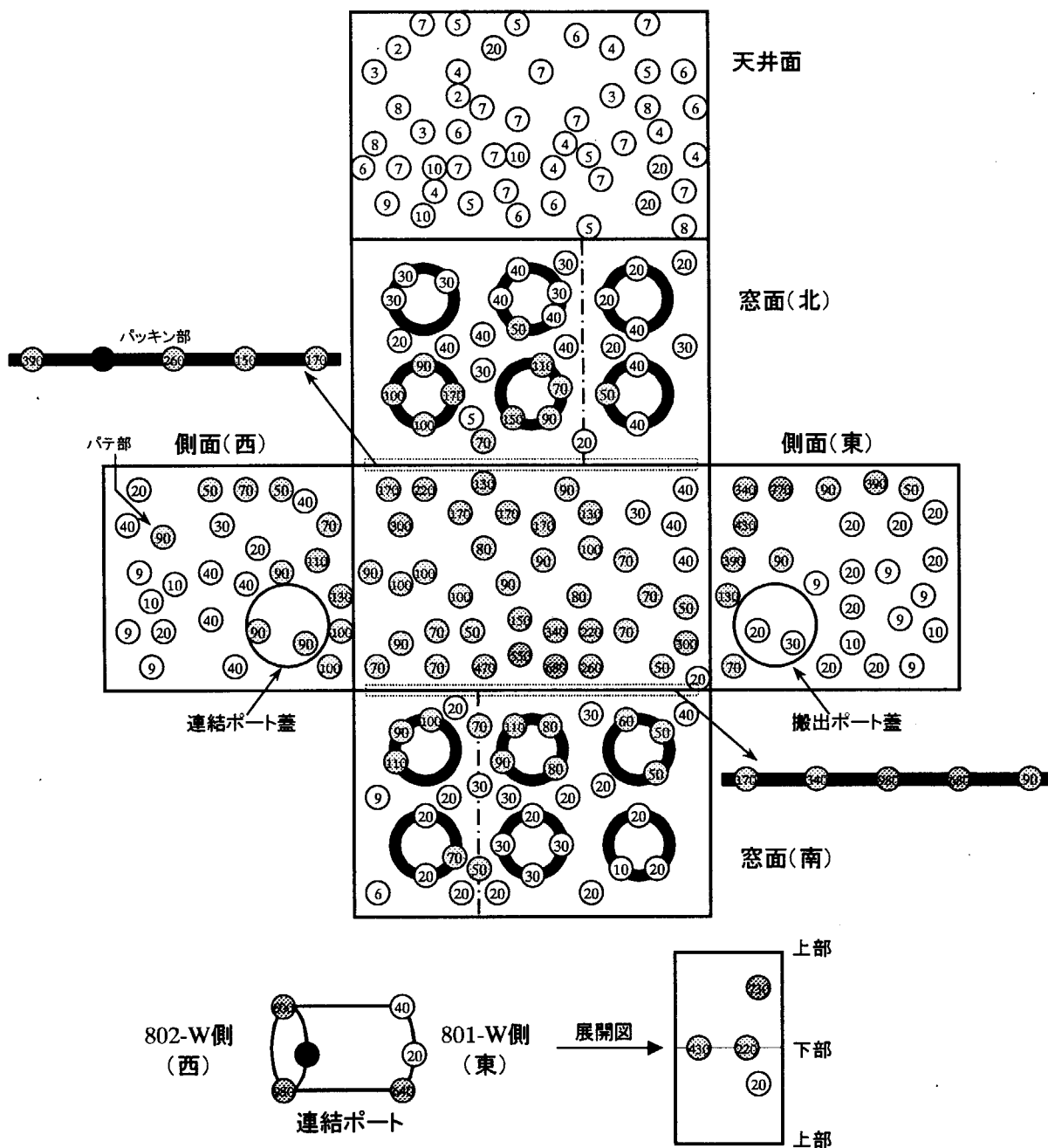


図 3.2 グローブボックス802-W内の表面密度マップ(スミヤ法)  
 【中性洗剤+レムパック除染】

単位: Bq/cm<sup>2</sup> =  $\frac{\text{CPM(実測値)} \times [1.7 \times 10^{-1} \text{ Bq/CPM (換算係数)}]}{4 \text{ cm}^2 \text{ (検出器窓面積2cm}\square\text{)}}$

○ ≤ 40 < ● ≤ 100 < ● ≤ 500 < ● ≤ 1k < ●

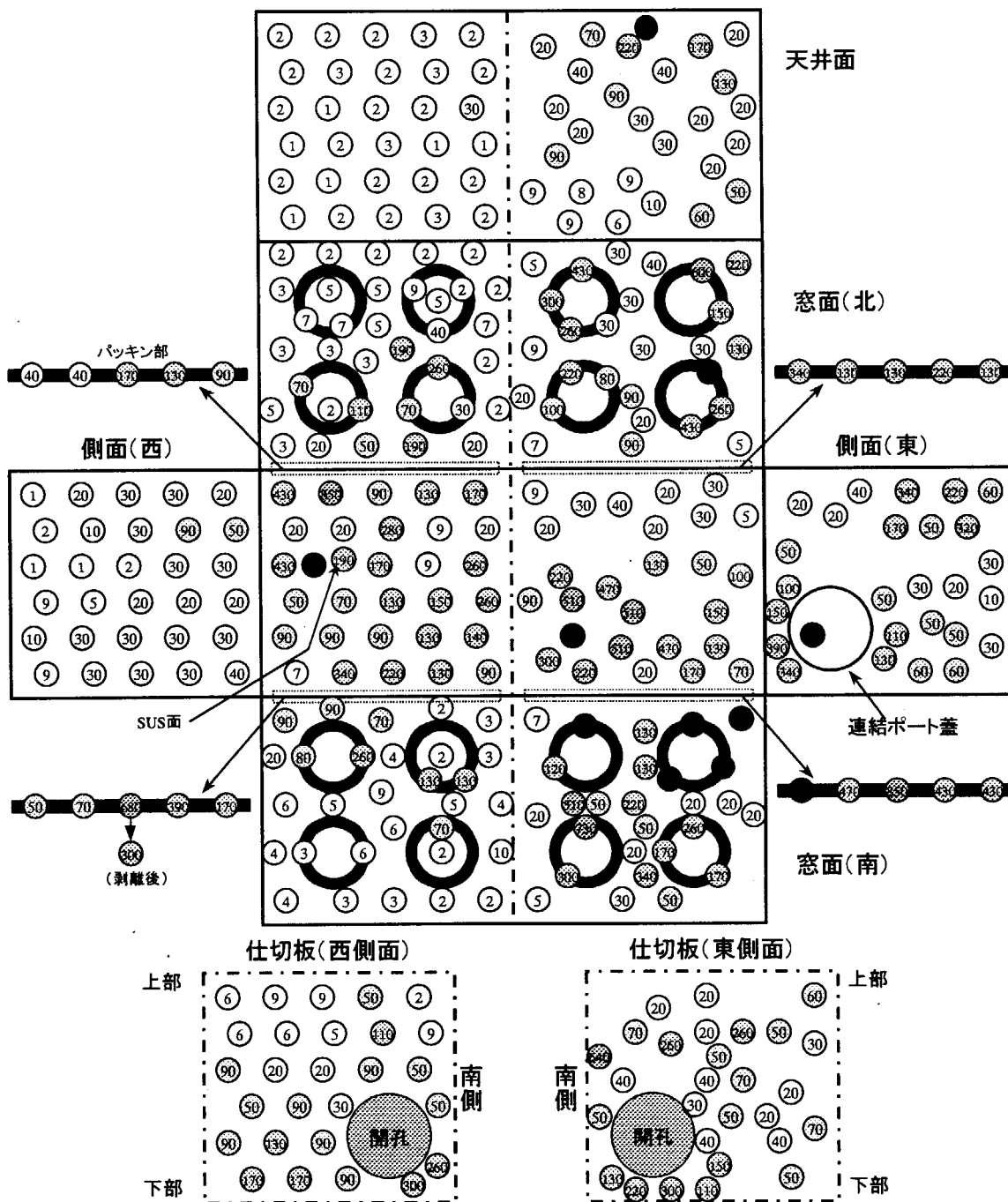


注記) レムパックの範囲は、床面及び立ち上がり部と連結ポート下部

図 3.3 グローブボックス801-W内の表面密度マップ(直接サーベイ法)  
【中性洗剤+レムパック除染】

単位: Bq/cm<sup>2</sup> =  $\frac{\text{CPM(実測値)} \times [1.7 \times 10^{-1} \text{ Bq/CPM (換算係数)}]}{4 \text{ cm}^2 \text{ (検出器窓面積2cm}\square\text{)}}$

○ ≤ 40 < ● ≤ 100 < ⊙ ≤ 500 < ⊚ ≤ 1k < ●

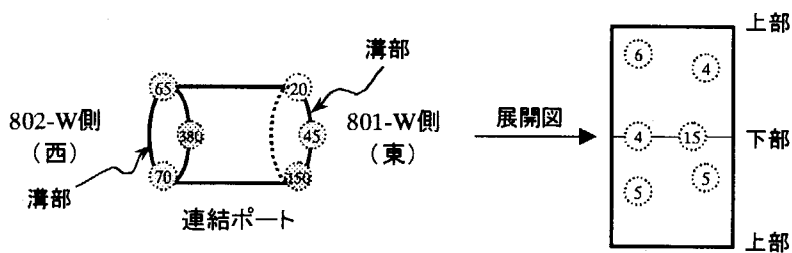
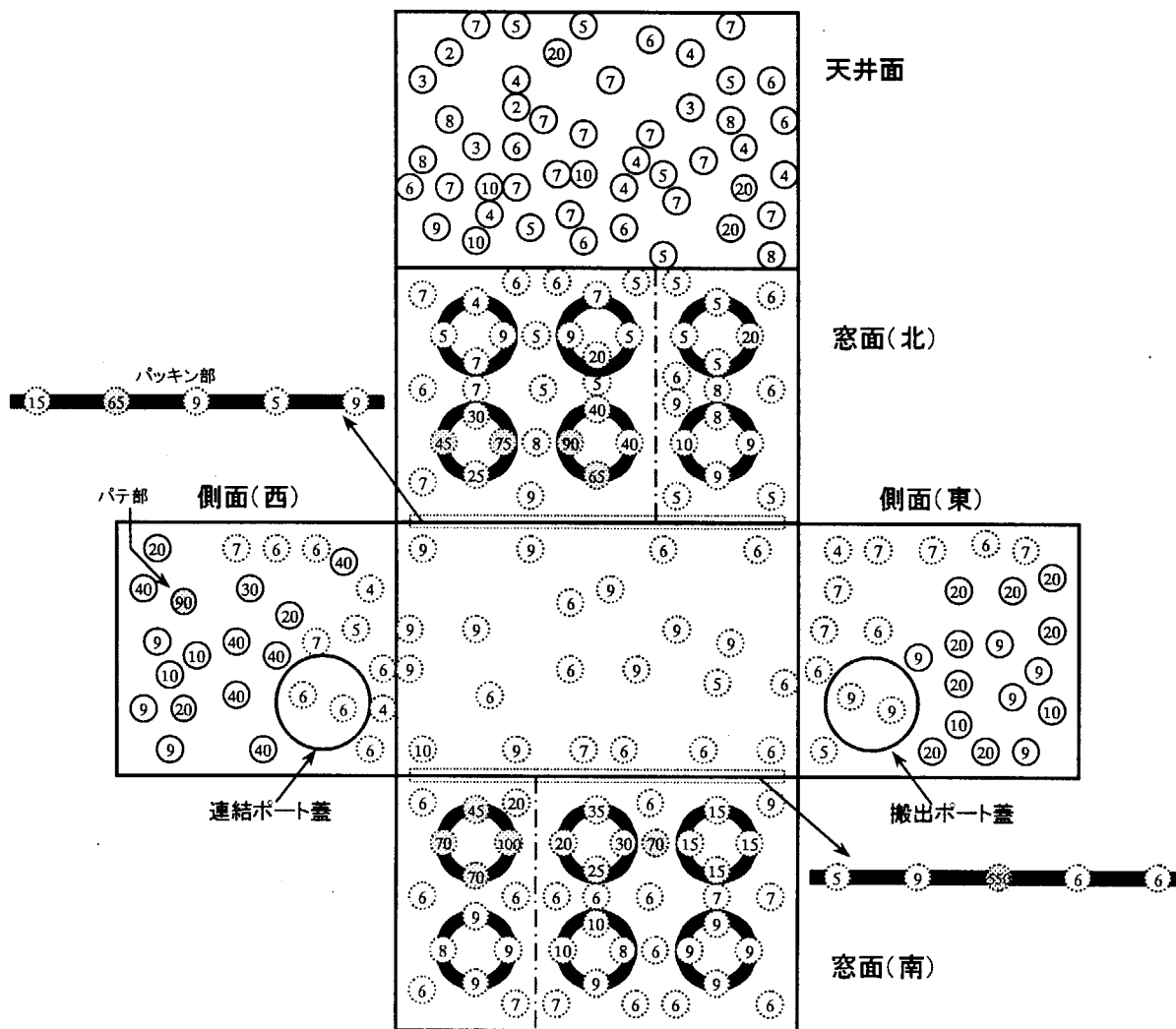


注記) レムパックの範囲は、床面及び立ち上がり部と連結ポート下部

図 3.4 グローブボックス802-W内の表面密度マップ(直接サーベイ法)  
【中性洗剤+レムパック除染】

単位: Bq/cm<sup>2</sup> =  $\frac{\text{CPM(実測値)} \times [1.7 \times 10^{-1} \text{ Bq/CPM (換算係数)}]}{4 \text{ cm}^2 (\text{検出器窓面積} 2\text{cm} \square)}$

○ ≤ 40 < ● ≤ 100 < ● ≤ 500 < ● ≤ 1k < ●

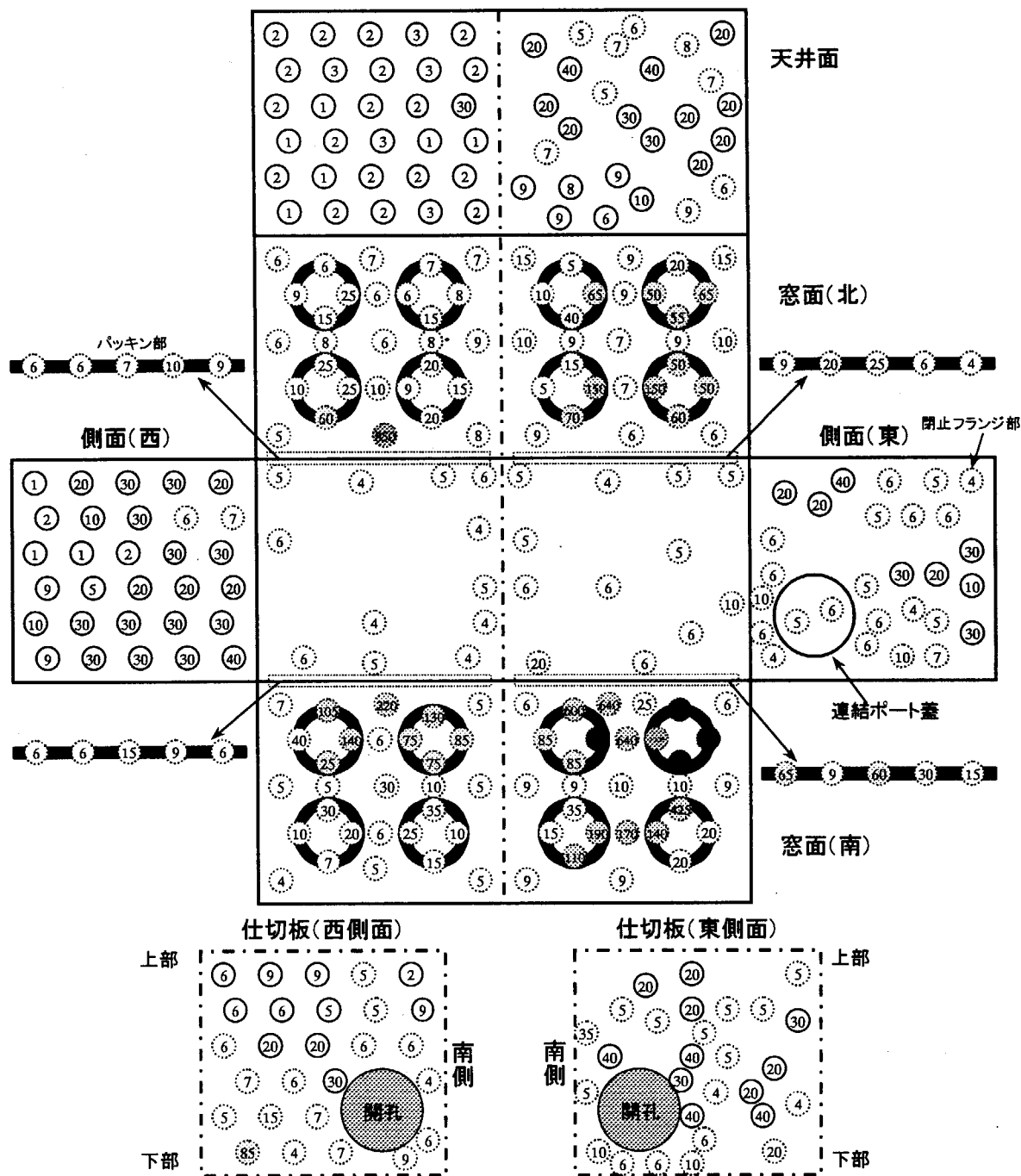


注記) ○ はスケルトン剥離後のデータ(ただし、窓面はレムパック除染後のデータ)  
● は中性洗剤除染後の前のデータ

図 3.5 グローブボックス801-W内の表面密度マップ(直接サーベイ法)  
【スケルトン除染】

単位: Bq/cm<sup>2</sup> =  $\frac{\text{CPM(実測値)} \times [1.7 \times 10^{-1} \text{ Bq/CPM (換算係数)}]}{4 \text{ cm}^2 \text{ (検出器窓面積} 2\text{cm} \square \text{)}}$

○ ≤ 40 < ⊙ ≤ 100 < ⊚ ≤ 500 < ⊛ ≤ 1\* < ●

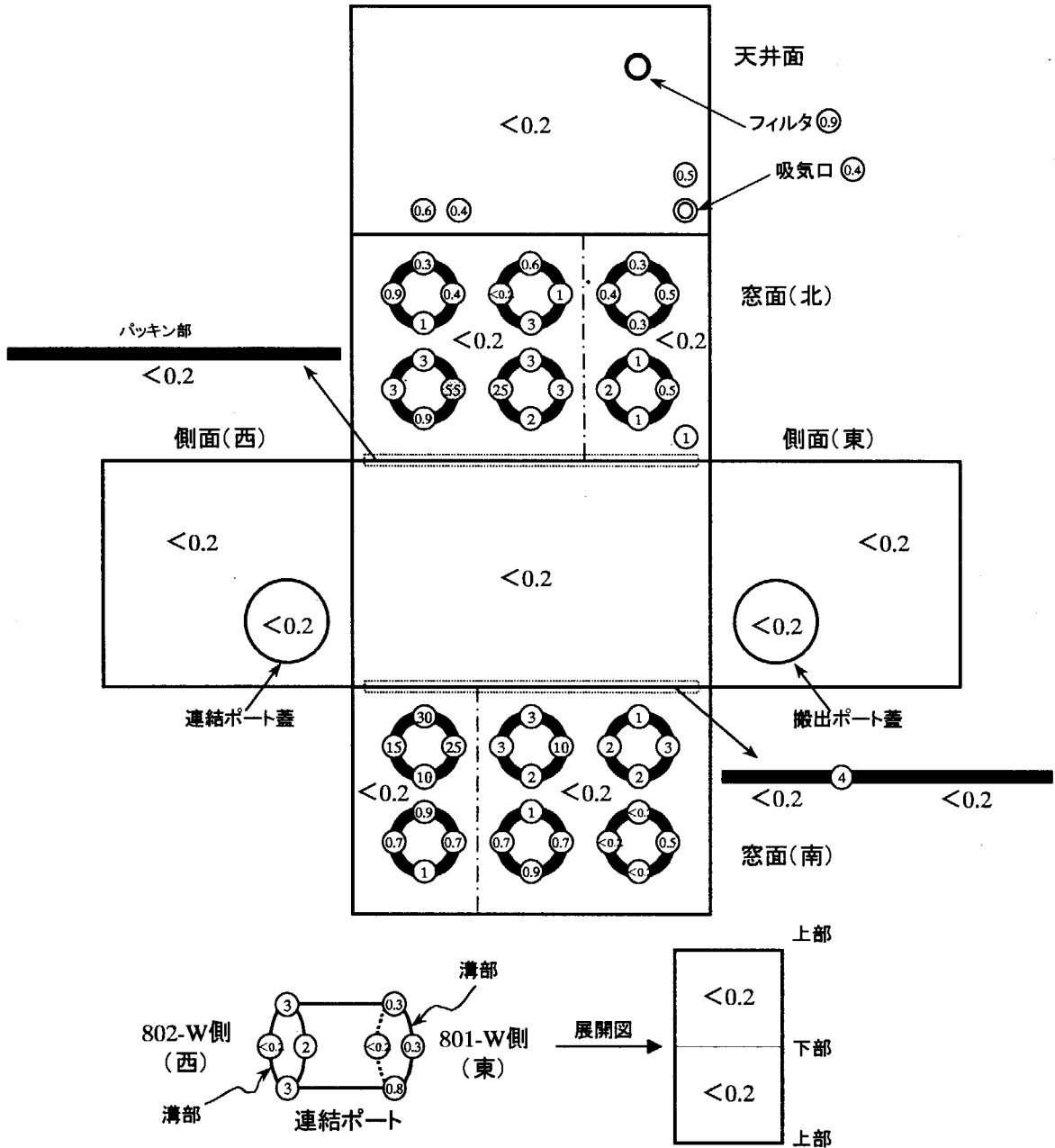


注記) ○ はスケルトン剥離後のデータ(ただし、窓面はレムパック除染後のデータ)  
 ⊙ は中性洗剤除染後の前のデータ

図 3.6 グローブボックス802-W内の表面密度マップ(直接サーベイ法)  
 【スケルトン除染】

単位: Bq/cm<sup>2</sup> =  $\frac{\text{CPM}(\text{実測値}) \times [1.7 \times 10^{-1} \text{ Bq/CPM}(\text{換算係数})]}{40\text{cm}^2(\text{検出器窓面積})}$

○ ≤ 40 < ⊙ ≤ 100 < ⊚ ≤ 500 < ⊛ ≤ 1\* < ●



注記) <0.2はグローブボックス内バックグラウンド値未満を示す。

図 3.7 グローブボックス801-W内の表面密度マップ(直接サーベイ法)  
【汚染固定後】



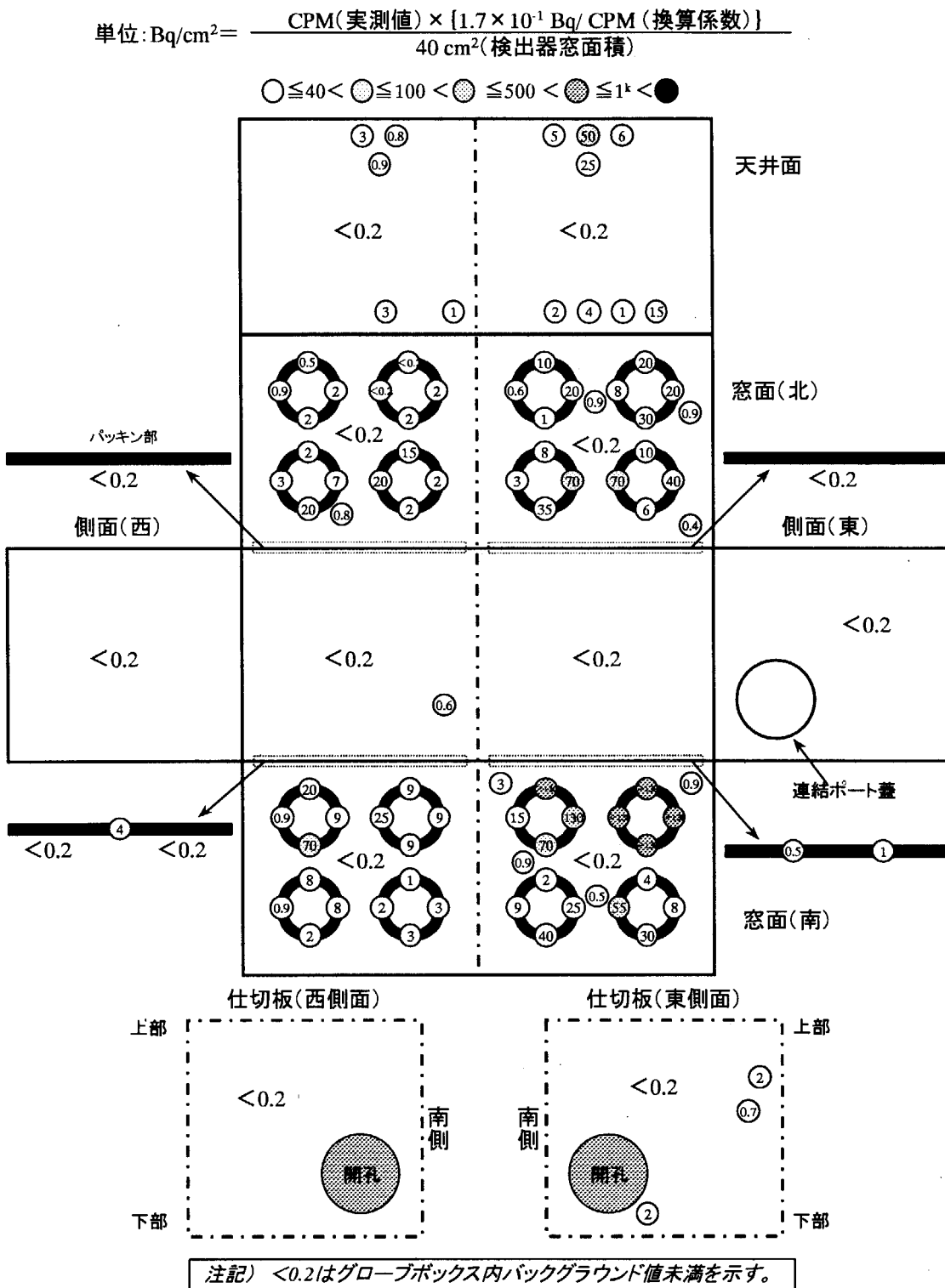


図 3.8 グローブボックス802-W内の表面密度マップ(直接サーベイ法)  
【汚染固定後】

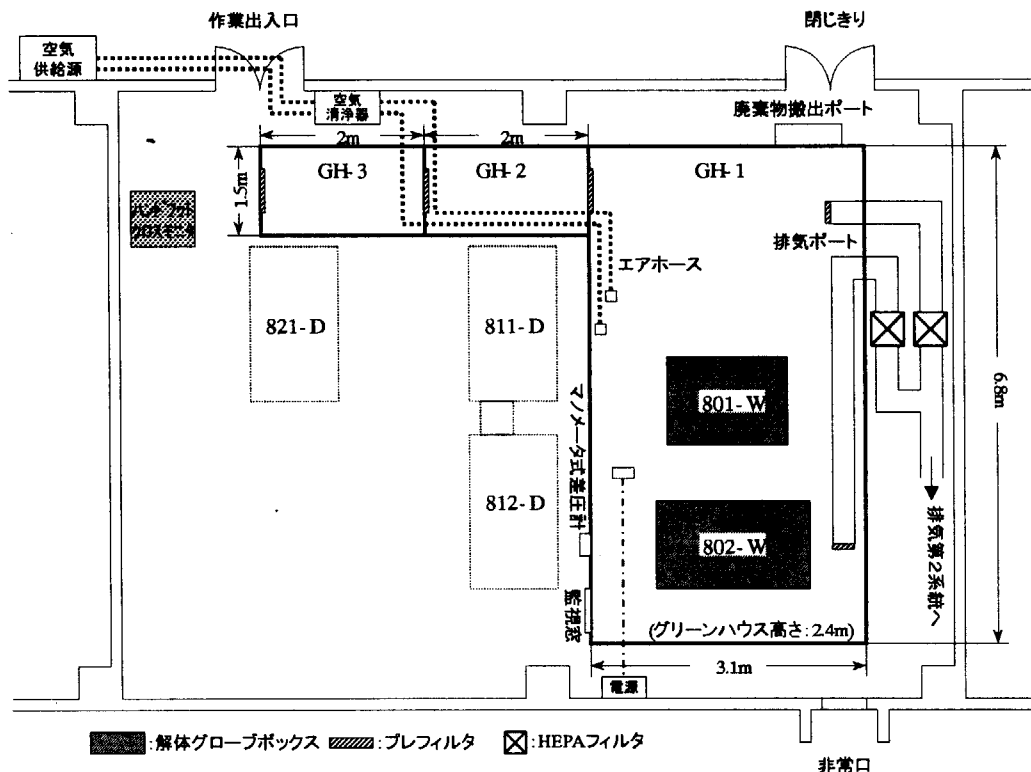


図 4.1 108号室(分析室)内グリーンハウスの配置

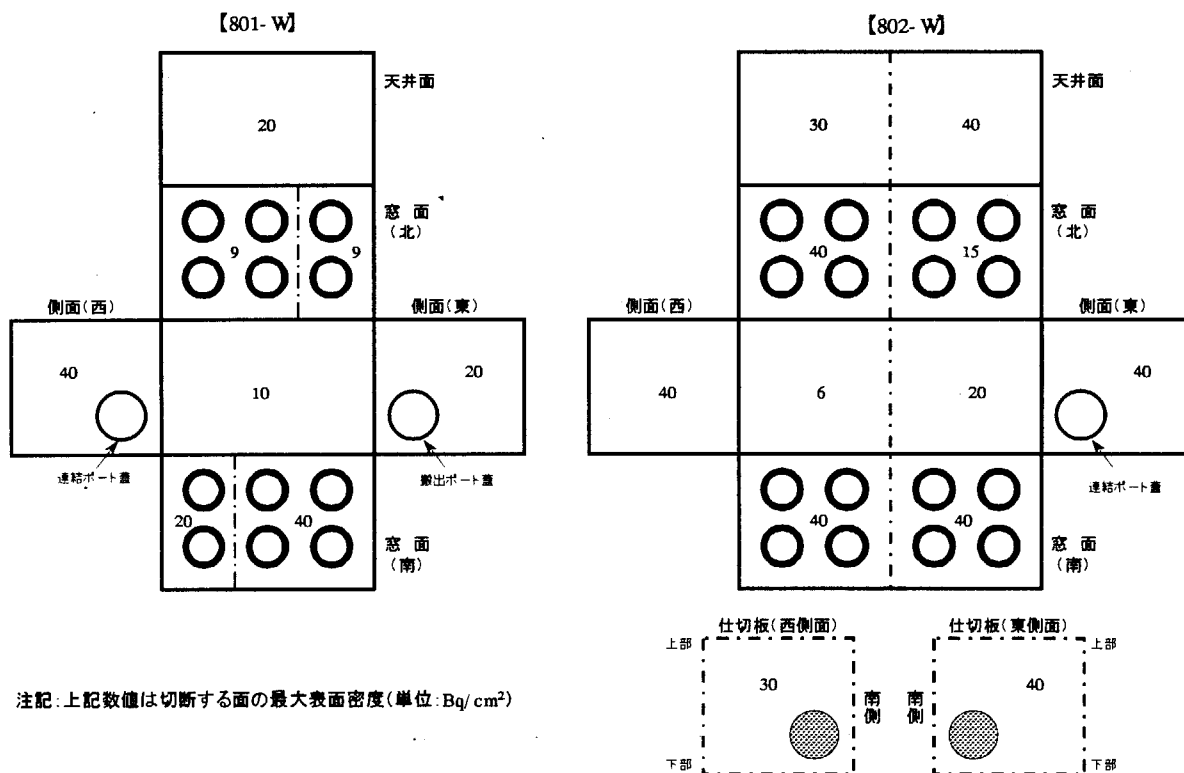


図 4.2 グローブボックス内面除染後の表面密度マップ

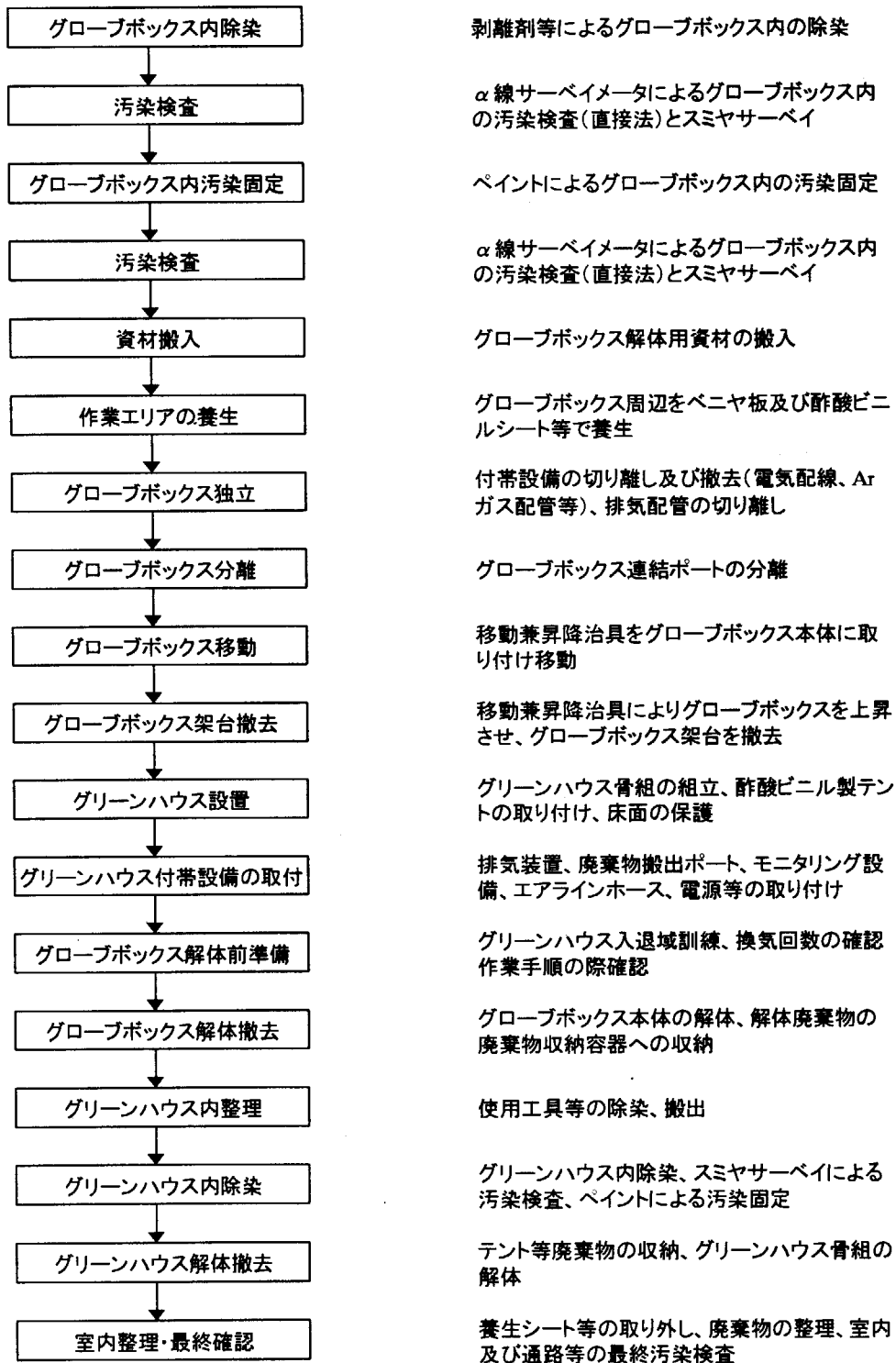


図 5.1 グローブボックス解体撤去作業手順

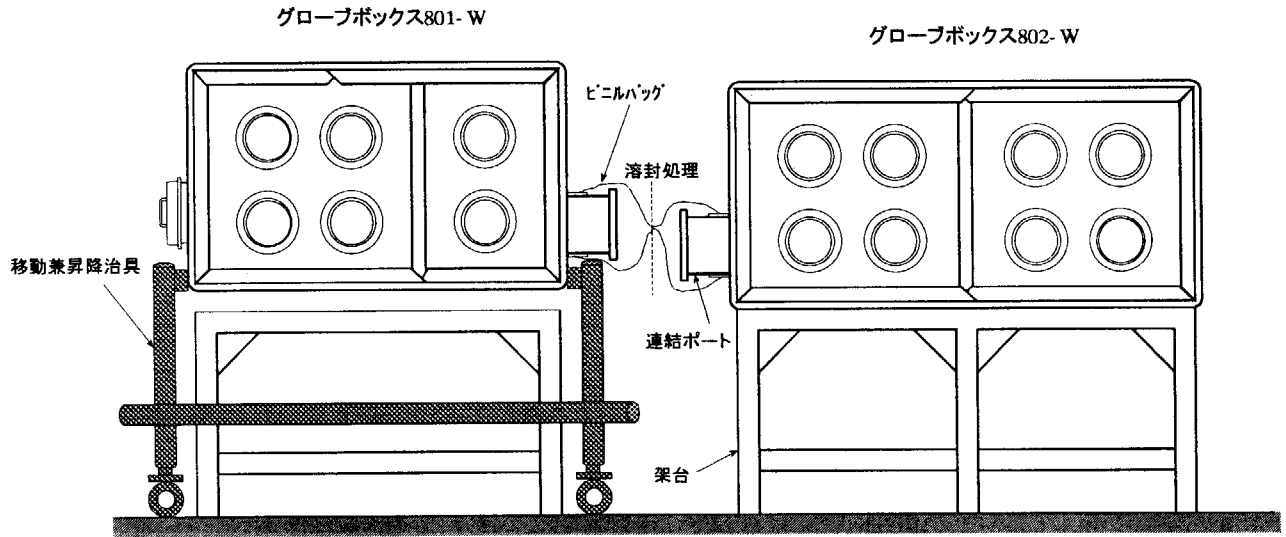


図 5.2 グローブボックス間の分離

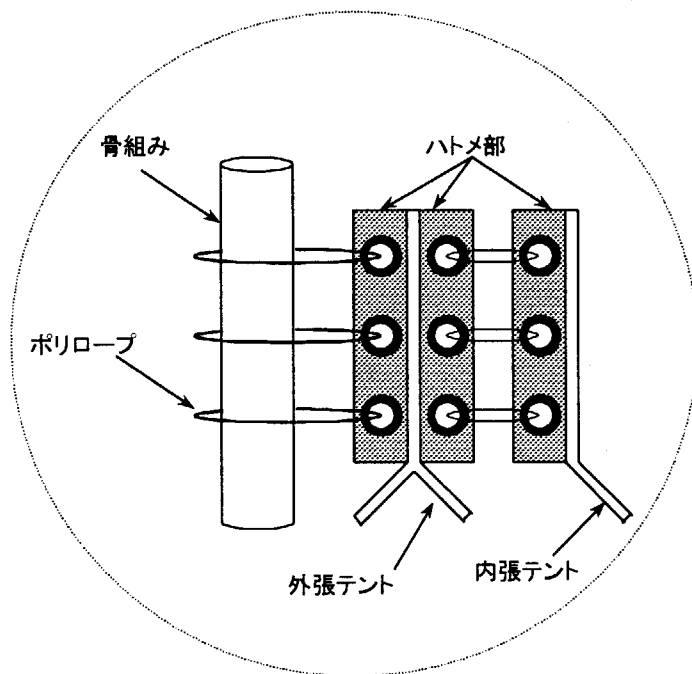
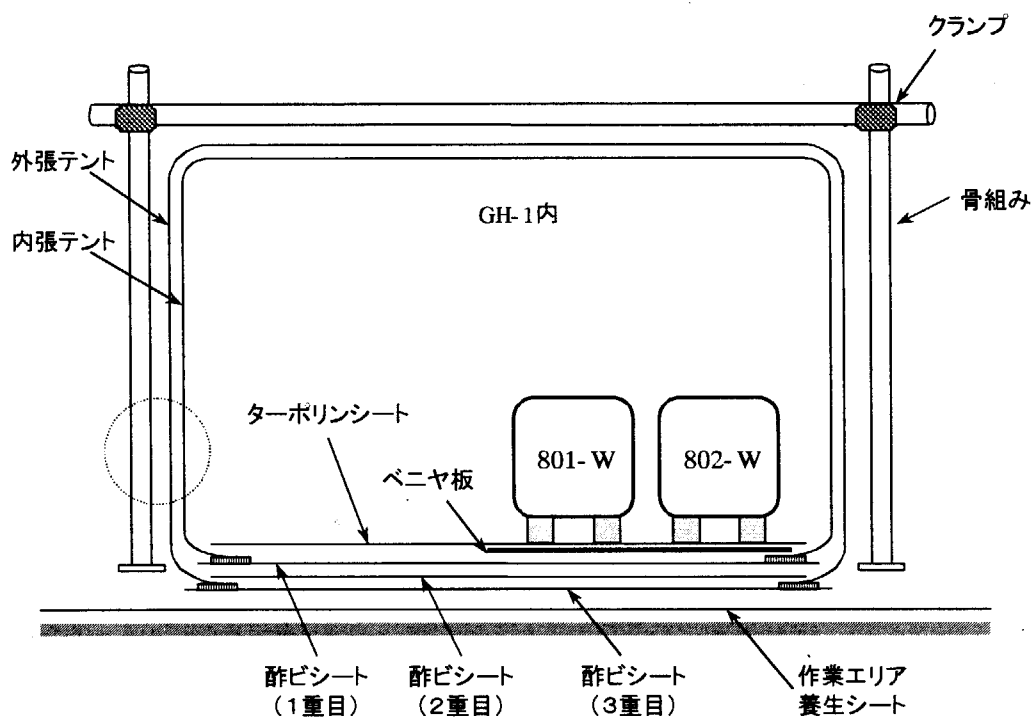


図 5.3 グリーンハウスの概略構造

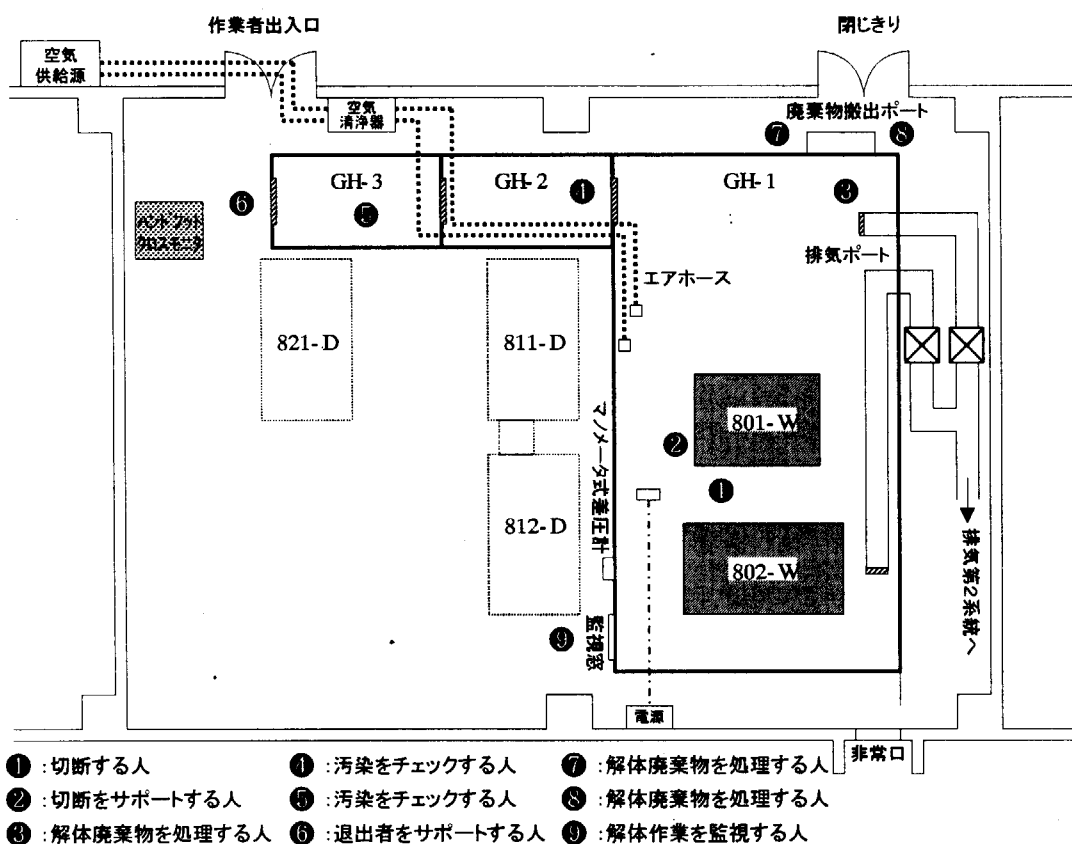


図 5.4 グローブボックス解体時の人員配置

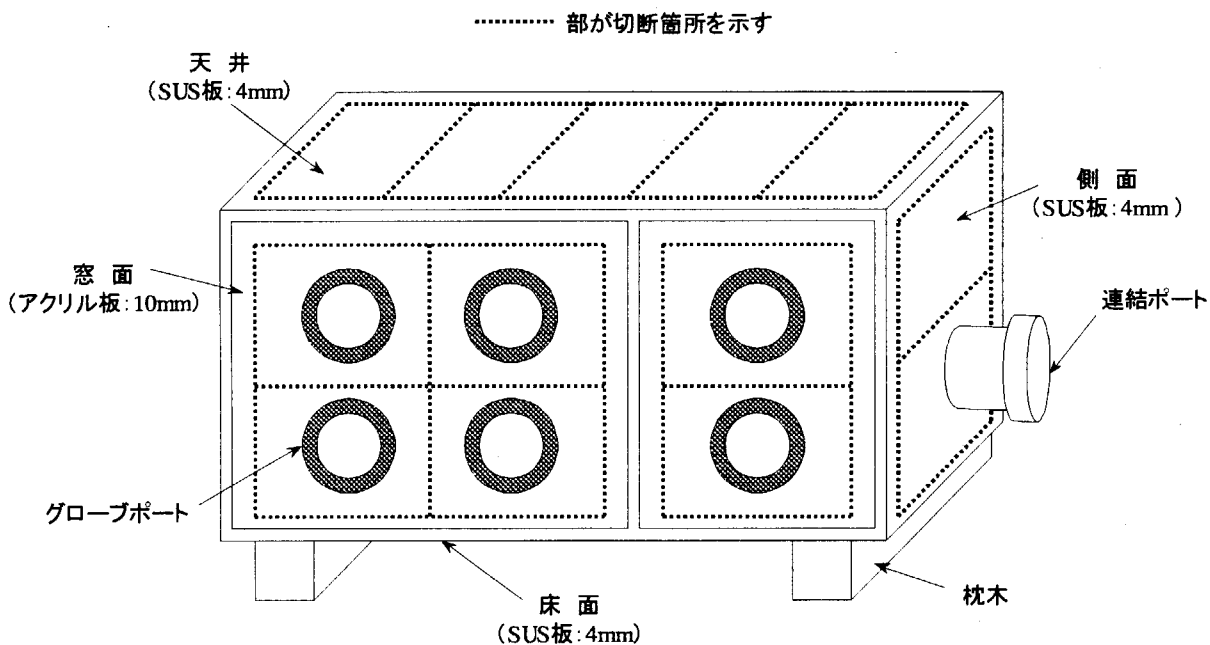


図 5.5 グローブボックス本体の切断

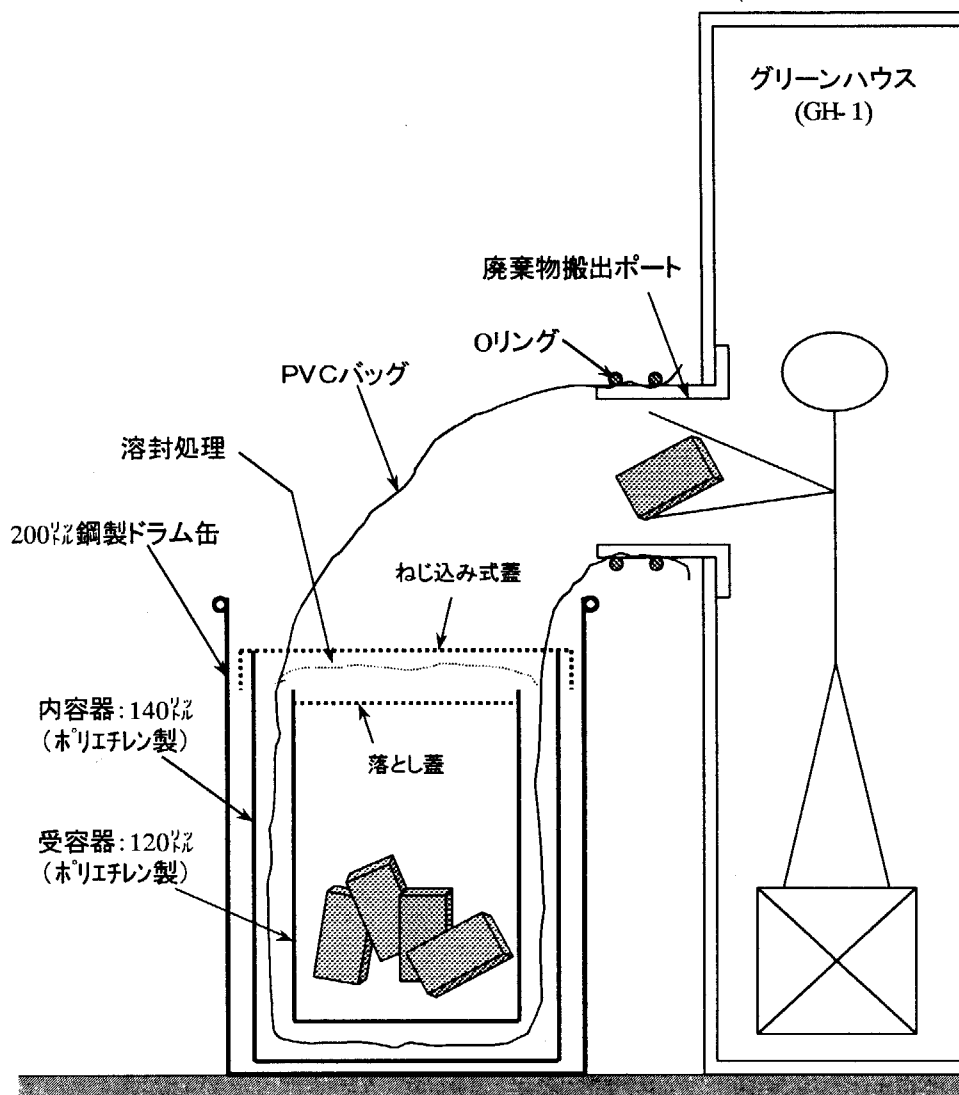


図 5.6 グローブボックス解体廃棄物の搬出方法

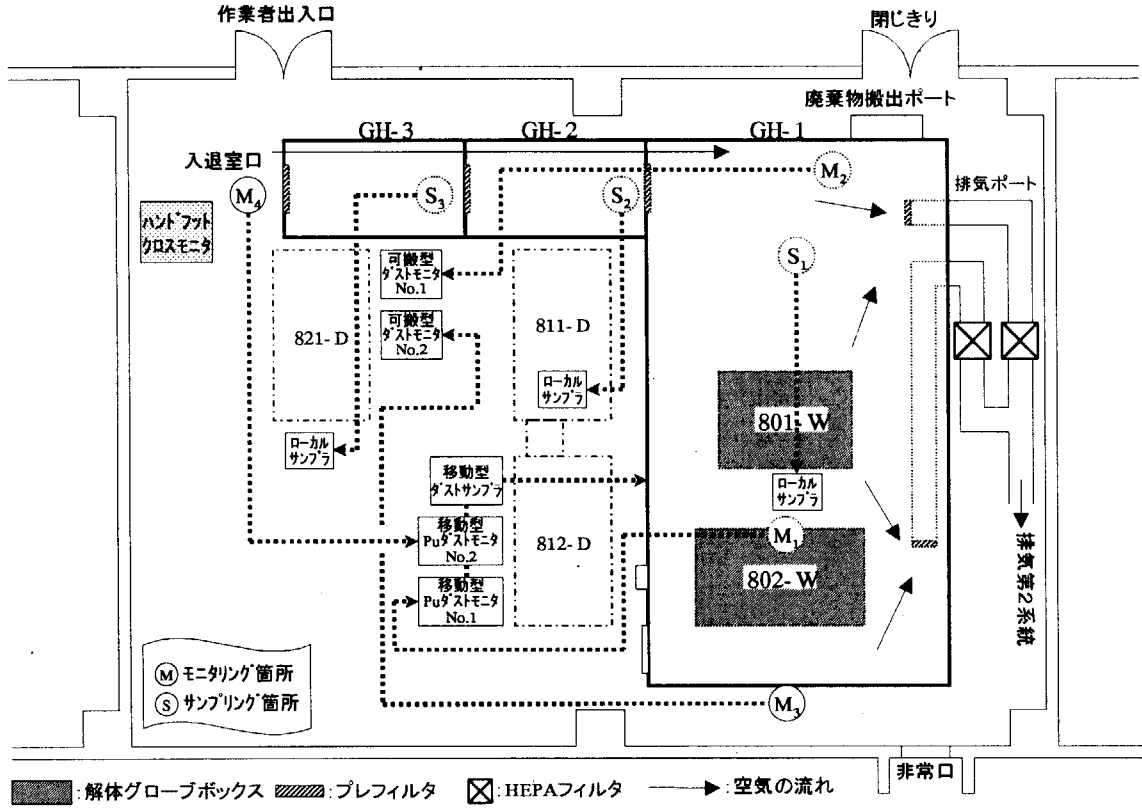


図 5.7 108号室(分析室)内放射線管理機器の配置

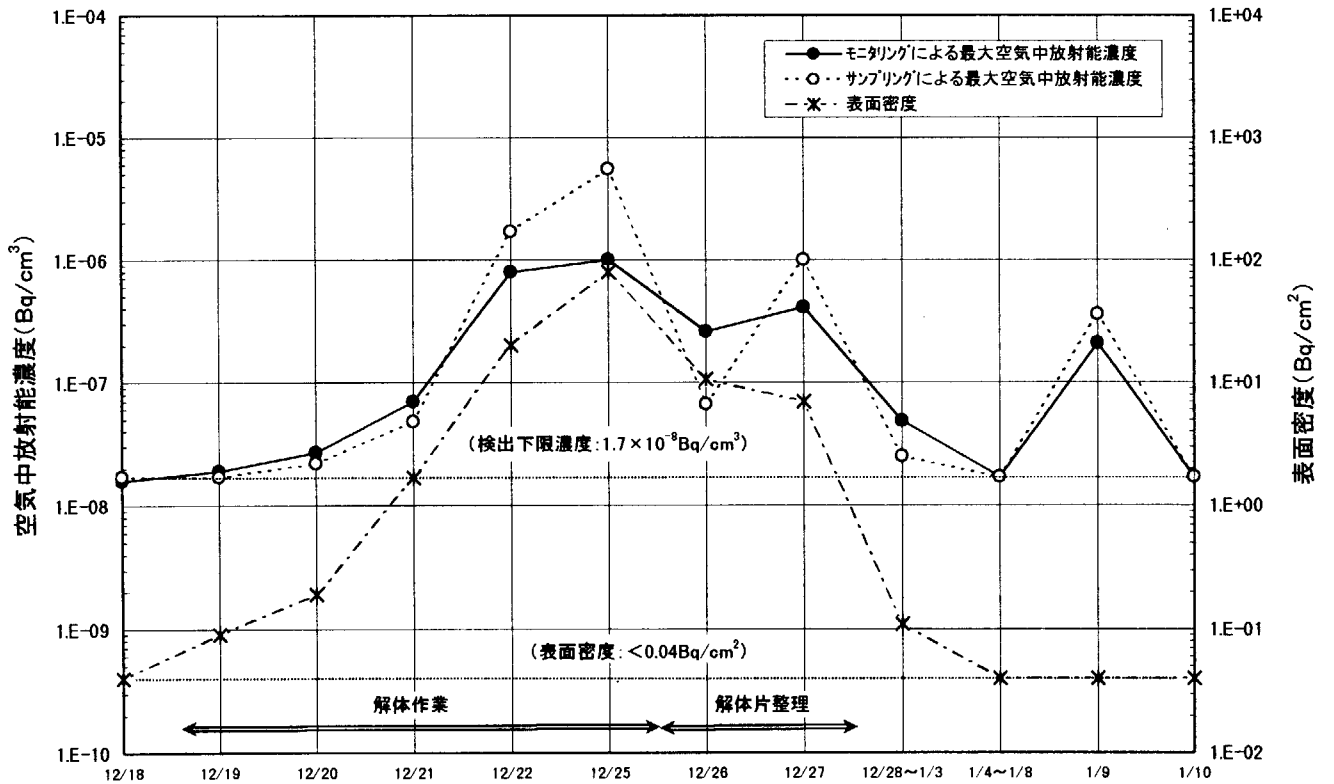


図 5.8 グリーンハウス(GH-1)内の空气中放射能濃度と表面密度



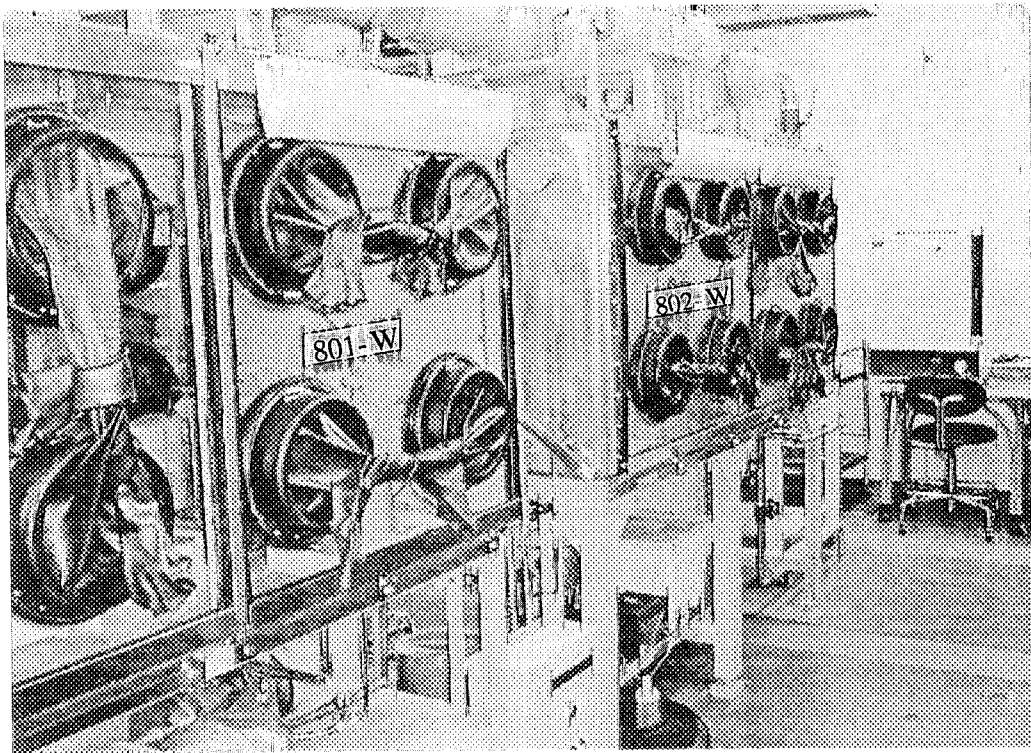
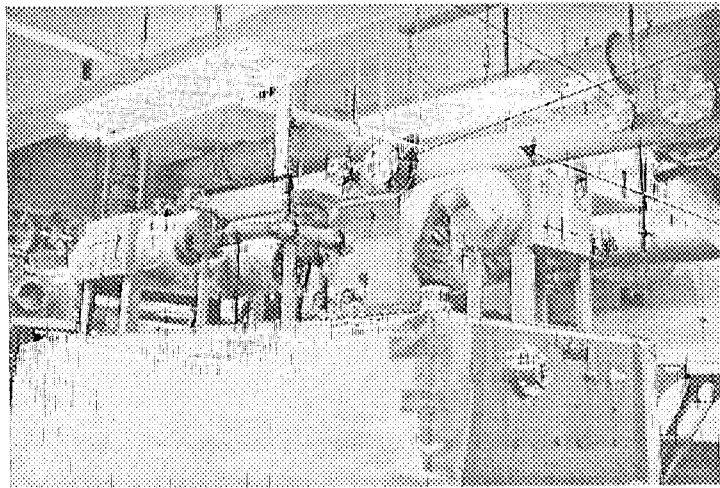


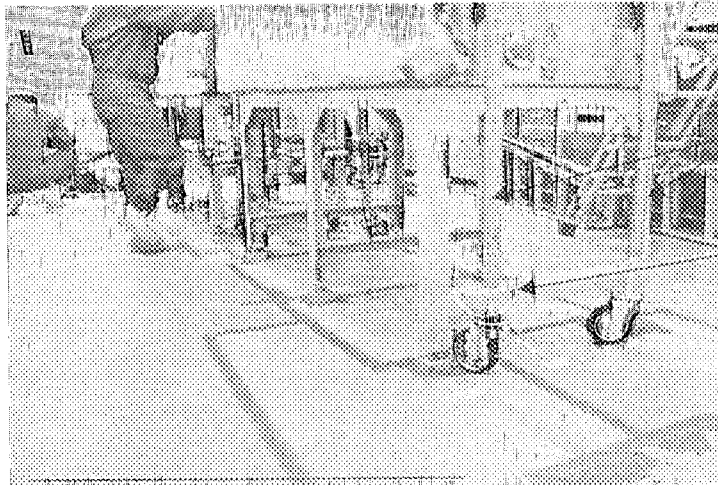
写真 5.1 解体前のグローブボックス801- W及び802- W



切り離し後の  
閉止フランジ

排気ダクト

写真5.2 排気第1系統からの切り離し



移動兼昇降治具

回転させて昇降

写真5.3 移動兼昇降治具による架台の撤去

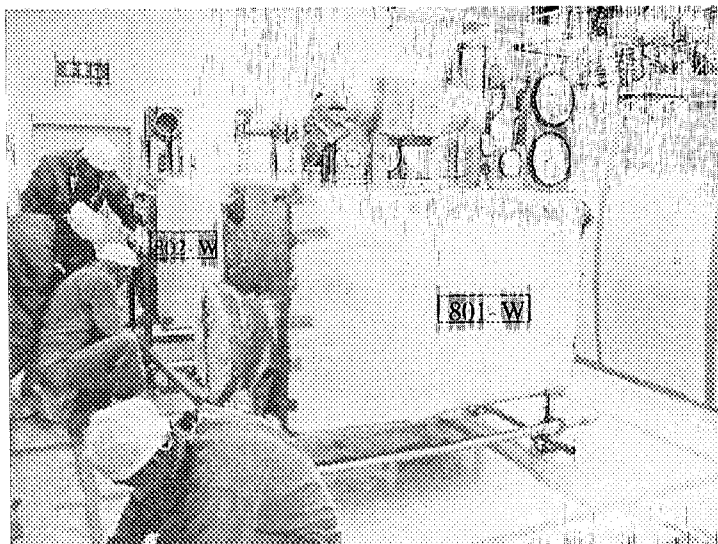


写真5.4 グローブボックス切離し後の状態



写真5.5 グリーンハウスの廃棄物搬出ポート

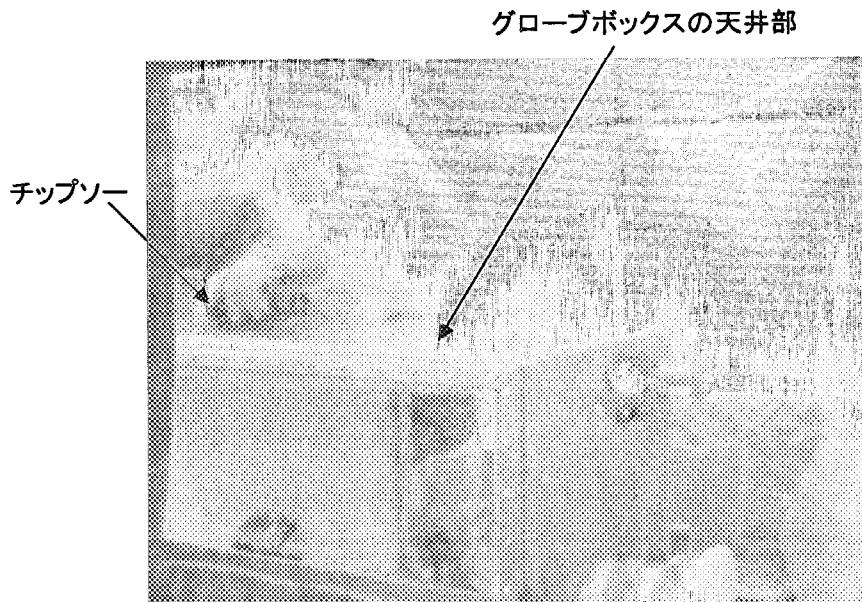


写真5.6 グローブボックス本体の切断

This is a blank page.

# 国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	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
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N	m·kg/s <sup>2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 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 <sup>2</sup>
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	°C	
光束	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>
放射能	ベクレル	Bq	s <sup>-1</sup>
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV = 1.60218 × 10<sup>-19</sup> J  
1 u = 1.66054 × 10<sup>-27</sup> kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バ	b
バ	bar
ガ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラ	rad
レ	rem

1 Å = 0.1 nm = 10<sup>-10</sup> m  
1 b = 100 fm<sup>2</sup> = 10<sup>-28</sup> m<sup>2</sup>  
1 bar = 0.1 MPa = 10<sup>5</sup> Pa  
1 Gal = 1 cm/s<sup>2</sup> = 10<sup>-2</sup> m/s<sup>2</sup>  
1 Ci = 3.7 × 10<sup>10</sup> Bq  
1 R = 2.58 × 10<sup>-4</sup> C/kg  
1 rad = 1 cGy = 10<sup>-2</sup> Gy  
1 rem = 1 cSv = 10<sup>-2</sup> Sv

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 <sup>18</sup>	エクサ	E
10 <sup>15</sup>	ペタ	P
10 <sup>12</sup>	テラ	T
10 <sup>9</sup>	ギガ	G
10 <sup>6</sup>	メガ	M
10 <sup>3</sup>	キロ	k
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h
10 <sup>1</sup>	デカ	da
10 <sup>-1</sup>	デシ	d
10 <sup>-2</sup>	センチ	c
10 <sup>-3</sup>	ミリ	m
10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>-9</sup>	ナノ	n
10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>-18</sup>	アト	a

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局 1985年刊行による。ただし、1 eV および 1 uの値は CODATA の1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表す場合に限り表2のカテゴリに分類されている。
- EC関係理事会指令では bar, barn および「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリに入れている。

## 換算表

力	N (=10 <sup>5</sup> dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

圧	MPa (=10 bar)	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	mmHg (Torr)	lbf/in <sup>2</sup> (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 <sup>3</sup>	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 <sup>-4</sup>	1.35951 × 10 <sup>-3</sup>	1.31579 × 10 <sup>-3</sup>	1	1.93368 × 10 <sup>-2</sup>
	6.89476 × 10 <sup>-3</sup>	7.03070 × 10 <sup>-2</sup>	6.80460 × 10 <sup>-2</sup>	51.7149	1

粘 度 1 Pa·s (N·s/m<sup>2</sup>) = 10 P (ポアズ) (g/(cm·s))  
動粘度 1 m<sup>2</sup>/s = 10<sup>4</sup> St (ストークス) (cm<sup>2</sup>/s)

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 <sup>7</sup> erg)	kgf·m	kW·h	cal (計量法)	Btu	ft·lbf	eV	1 cal = 4.18605 J (計量法) = 4.184 J (熱化学) = 4.1855 J (15 °C) = 4.1868 J (国際蒸気表)
	1	0.101972	2.77778 × 10 <sup>-7</sup>	0.238889	9.47813 × 10 <sup>-4</sup>	0.737562	6.24150 × 10 <sup>18</sup>	
	9.80665	1	2.72407 × 10 <sup>-6</sup>	2.34270	9.29487 × 10 <sup>-3</sup>	7.23301	6.12082 × 10 <sup>19</sup>	
	3.6 × 10 <sup>6</sup>	3.67098 × 10 <sup>5</sup>	1	8.59999 × 10 <sup>5</sup>	3412.13	2.65522 × 10 <sup>6</sup>	2.24694 × 10 <sup>26</sup>	仕事率 1 PS (馬力) = 75 kgf·m/s = 735.499 W
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 <sup>-6</sup>	1	3.96759 × 10 <sup>-3</sup>	3.08747	2.61272 × 10 <sup>19</sup>	
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 <sup>-4</sup>	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 <sup>21</sup>	
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 <sup>-7</sup>	0.323890	1.28506 × 10 <sup>-3</sup>	1	8.46233 × 10 <sup>18</sup>	
	1.60218 × 10 <sup>-19</sup>	1.63377 × 10 <sup>-20</sup>	4.45050 × 10 <sup>-26</sup>	3.82743 × 10 <sup>-20</sup>	1.51857 × 10 <sup>-22</sup>	1.18171 × 10 <sup>-19</sup>	1	

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 <sup>-11</sup>
	3.7 × 10 <sup>10</sup>	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 <sup>-4</sup>	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

グローブボックス801W及び802Wの解体撤去作業

**R100**

古紙配合率100%  
白色度70%再生紙を使用しています