

供用終了グローブボックスの気密試験

(業務報告)

2000年5月

核燃料サイクル開発機構
東 海 事 業 所

本資料の全部または一部を複写・複製・転写する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4-49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2000

供用終了グローブボックスの気密試験

(業務報告)

実施責任者 伊藤 正徳*
報告者 嘉代 甲子男*, 松本 正喜*
荻谷 尚司**, 仲田 啓二**
合田 正彦***

要旨

プルトニウム燃料施設に設置されているグローブボックスは、負圧維持及び気密検査を行い密閉構造であることを確認してから使用を開始している。

しかし、使用開始後については日常の負圧維持の確認は行っているが、気密性については確認していないのが現状である。

そこで、プルトニウム燃料第三開発室で実施しているペレット製造工程設備の更新に伴い解体撤去するグローブボックスを使用して、供用終了後の気密試験を行った。

試験は、許認可上の判定基準との比較及び新設時の測定データとの比較等を考慮して、新設設備の施設検査に用いられている漏れなし容器法により実施した。また、合わせて気密試験前のグローブボックス負圧喪失時におけるグローブボックス外への放射性物質の漏洩状況についても確認した。

その結果、グローブボックス負圧喪失時の放射性物質の漏洩については、本試験では最大21日間放置した場合においてもグローブボックス外への放射性物質の漏洩は確認されなかった。

また、本試験のメインテーマである気密試験において、漏れなし容器法による測定結果は0.025 vol%/hであり、施設検査時の判定基準(-0.04~0.06 vol%/h)内であることが確認できた。

なお、今回の測定結果は、漏れなし容器の持つ誤差($\pm 0.041 \text{ vol}/\text{h}$)範囲内であるため、新設時の施設検査記録(0.019 vol%/h)との比較においても有意な差がないことから、設置後10年経過してもグローブボックスの閉じ込め性能に問題のないことを確認した。

* Puセンター 製造加工部 製造第二課

** 検査開発(株)

*** 木村化工機(株)

Air-tighten test for used glove boxes

Director : Masanori ITOH*¹

Kashio KASHIRO*¹, Masaki MATSUMOTO*¹

Takashi OGIYA*², Keiji NAKATA*²

Masahiko GOHDA*³

Summary

All of the glove boxes in Plutonium Fuel Fabrication facilities are operated after confirming their condition by conducting negative pressure maintenance test and air-tighten test. Although we check the negative pressure maintenance condition before operating glove boxes in a daily basis, we have not been conducted the air-tighten test.

Hence, we have conducted air-tighten test using the glove box that will be dismantled in the near future. In order to compare the present data to the criteria of licensing and to the measurement data for new glove box, the test was conducted by leak tightness vessel which is used the competent authority's test for newly constructed equipments.

We also have confirmed the leakage condition in case failure of keeping negative pressure.

The main results are as follows

1. No leakage was detected after leaving the glove box 21 days in case failure of keeping negative pressure condition.
2. The measurement result of the air-tighten test was 0.025 vol%/h, and it was confirmed that this result is within the range of licensing criteria (-0.04~0.06 vol%/h).
3. The measurement result was also within the error of leak tightness vessel, and it was confirmed that the air-tighten condition was in force within this past 10 years after installing this glove box (the corresponding value for used the competent authority test for newly constructed equipments was 0.019 vol%/h).

*¹ Plutonium Fuel Center

Plutonium Fuel Fabrication division Process Engineering Section

*² Inspection Development Co., LTD.

*³ Kimura Chemical Plants Co., LTD.

目 次

1. はじめに	1
2. 試験対象グローブボックスの概要	2
2.1 グローブボックスの使用経緯	2
2.2 グローブボックス設置状況	2
2.3 グローブボックスの構造	2
3. 気密試験の概要	2
3.1 表面密度測定	2
3.1.1 測定機器仕様	2
3.2 リーク率測定	3
3.2.1 リーク率測定方法の選定	3
3.2.2 漏れなし容器法の概要	3
4. 気密試験手順	3
4.1 表面密度測定	3
4.2 リーク率測定	4
5. 試験条件	5
5.1 表面密度測定	5
5.2 リーク率測定	6
6. 試験結果	6
6.1 表面密度測定結果	6
6.2 漏れなし容器によるリーク率の測定結果	7
7. 結果の評価	7
7.1 表面密度	7
7.2 リーク率測定	7
8. まとめ	8

1. はじめに

プルトニウム燃料施設では、プルトニウム等の核燃料物質の取扱いについてはグローブボックス等により、飛散を防止した状況によって取り扱うこととなっている。

そのため、グローブボックスの閉じ込め性能については科学技術庁の施設検査項目となっており、漏れなし容器法によって基準漏れ率以下であることを確認して使用を開始している。

しかし、使用開始後のグローブボックスでは、その設備状況から漏れなし容器法による気密試験は困難であるため、日常の負圧維持状況の確認のみ行っているのが現状である。

そこで、核燃料施設の安全性研究の課題として、長期間使用したグローブボックスの気密試験を行うことにより、使用中における気密に係る安全性の確認を行うこととした。

今回の気密試験では、プルトニウム燃料第三開発室のペレット製造工程設備を包蔵するために設置されていたグローブボックスの更新に伴い、製造工程から分離したグローブボックスを解体グローブボックスに移動・搬入したのち、漏れなし容器法による気密試験を行った。

また、付加的な試験として、分離したグローブボックスは負圧が維持されない状態となるため、その内部にある放射性物質が常圧においてグローブボックス外へ漏洩しないかを確認した。

本報告書では、供用終了時のグローブボックスを使用しての気密試験の方法及びその結果について報告する。

2. 試験対象グローブボックスの概要

2.1 グローブボックスの使用経緯

気密試験に使用したグローブボックスは、昭和62年度に高速増殖炉用燃料製造のために設置した成型設備、整列設備、均一化混合設備及び造粒設備を包蔵したもので、約11tのnMOXの燃料製造を行った。

2.2 グローブボックス設置状況

ペレット製造工程の標準的なグローブボックス設置状況は、上部に核物質等を運搬する受払搬送グローブボックスをもち、その下部に各設備を包蔵するグローブボックス2基が接続されている。今回の試験では、その全てが標準的な設置状況にあるものであった。図-1にグローブボックス設置状況を示す。

2.3 グローブボックスの構造

- ・寸法(標準型) : 3m(L) × 1m(W) × 3m(H) (設備包蔵グローブボックス1基)
- ・材質 本体 : SUS304
- パネル : アクリル
- グローポート : ベークライト
- ・使用圧力 : -30mmH₂O
- ・グローブボックス給排気

グローブボックスの給排気は、下部の設備包蔵グローブボックスに給気口があり、受払搬送グローブボックスから排気する構造となっている。

3. 気密試験の概要

気密試験は、試験対象とするグローブボックスをペレット製造工程から切り離し、負圧維持されなくなった状況において、グローブボックス外への放射性物質の漏洩の有無をダイレクトサーベイ法及びスミヤ法により、グローブボックス6基の表面密度測定を行った。その後、グローブボックス1基については、解体設備内に搬入した後、漏れなし容器法によるリーク率の測定を行った。

3.1 表面密度測定

3.1.1 測定機器仕様

1) α線サーベイメータ

- ・型式 : ZD-TCS-215C
- ・検出下限値 : 2.0×10^{-2} Bq/cm²

2) 放射能測定器

- ・型式(本体) : TDC-105
- (検出器) : ZDS-451FU
- (測定箱) : ZDS-451B
- ・検出下限値 : 2.4×10^{-2} Bq/cm²

3.2 リーク率測定

3.2.1 リーク率測定方法の選定

本試験では、長期間使用したグローブボックスが新設時の気密検査の判定基準である0.1 vol%/h以下であることを確認するとともに使用開始前に実施した施設検査時の検査記録と比較して漏れ率の変化があるか否かも確認するため、新設時の気密試験方法となっている漏れなし容器法により行った。

3.2.2 漏れなし容器法の概要

1) 測定の原理

測定対象グローブボックスと漏れなし容器を接続し、両者を減圧（負圧）状態として、測定開始時及び一定時間放置後の両者の圧力及び温度変化から、グローブボックス内空気の漏れ率を計算により求める。

2) 使用機器の仕様等

(1) 漏れなし容器 [容器番号：106-05]

①容積：約19ℓ

②漏れ率：0.001 vol%/h以下

(2) 温度計

ベックマン温度計（最小目盛り：0.01°C）

(3) マノスター/ゲージ

①最大目盛：20mmH₂O

②最小目盛：0.2 mmH₂O（最小読み取り値：0.1 mmH₂O）

4. 気密試験手順

図-2に気密試験フローを示すとともに、作業項目毎の詳細な手順について以下に示す。

4.1 表面密度測定

表面密度測定については以下の手順により、成型グローブボックス2基、整列グローブボックス2基、均一化混合グローブボックス1基及び造粒グローブボックス1基の合計6基実施した。

1) グローブボックスの分離

グローブボックスの分離作業は、当該グローブボックスに接続されている配管及びケーブル等を切り離したのち、資材搬送連絡管内に二重蓋構造の分離栓を取り付け、受払搬送グローブボックスから切り離す。また、グローブボックス給気口は分離前にバルブを閉じる。図-3に分離状況を示す。

2) 密閉バッグ養生

分離したグローブボックス全体を覆うようにビニル製の密閉バッグを取り付ける。バッグには、あらかじめ内部のエアサンプリングができるように給気口及びサンプリング口を取り付けておく。図-4に密閉バッグ取付け状態を示す。

3) 放置

分離したグローブボックスは、密閉バッグを取り付けた状態で解体設備へ移動する間放置する。各グローブボックスの放置時間は、解体作業の状況によって変動する。

4) 密閉バッグ内のエアサンプリング

各時間放置後、密閉バッグ内のエアサンプリングを行う。

エアサンプリングは、解体設備に設置してあるエアスニッファヘッドをインラン用に変更し、密閉バッグのサンプリング口にビニルホースで接続して吸引採取する。サンプリング時間は、密閉バッグとグローブボックスの空間容積を2回以上換気することで16時間行う。

5) 空気中放射性物質濃度測定

一定時間サンプリング後、エアスニッファヘッド内の濾紙を取り出し、放射能測定器（ α 線）で測定し、汚染の有無を確認する。

6) 密閉バッグ内のダイレクトサーベイ

放射能測定器で空气中放射性物質濃度に異常のないことを確認後、密閉バッグの一部を切り裂いて α 線サーベイメータを用い密閉バッグ内側及びグローブボックス表面のダイレクトサーベイを行う。

7) 密閉バッグの除去

ダイレクトサーベイにより異常のないことを確認後、密閉バッグを除去する。

8) グローブボックス表面の汚染検査

グローブボックス表面の汚染検査は、スミヤ法によって行う。

スミヤ採取部位としては、グローブボックスとアクリルパネルの取付けパッキン部及びグローブポートの取付けパッキン部を重点的に行うとともにパネル表面についても採取する。

スミヤ採取部位の詳細を図-5に示す。

4.2 リーク率測定

漏れなし容器によるリーク率測定は、造粒グローブボックスを対象として以下の手順で実施する。

1) 解体設備内への搬入

表面密度測定の終了した造粒グローブボックスをビニルバッグ交換方式によって解体設備内へ搬入する。

2) グローブの気密栓への交換

造粒グローブボックスは、押し込み式ポートを採用しているため、グローブの取り付けられているポートへは施設検査時と同様に気密栓を取り付ける。

3) 分離部分及びポート部分の密閉

受扱搬送グローブボックスとの分離部分は、造粒グローブボックス本体のリーク試験に影響を与えないように、鋼製の蓋とパッキンによって密閉する。

また、ビニルバッグの取り付けてあるバッグアウトポートも同様にして密閉する。図-6に鋼製蓋の取付け状況を示す。

4) ハロゲンリーク法による養生部の漏えい確認

分離部分等の密閉箇所及び分離した配管部分に漏えいのないことをハロゲンリーク法により確認する。図-7にハロゲンリーク確認状況を示す。

5) 漏れなし容器によるリーク試験

造粒グローブボックスと漏れなし容器を接続し、科学技術庁の施設検査時の条件と同じく初期試験負圧を約60mmH₂Oに調整したのち、1時間放置する。

その間、15分毎にグローブボックスの負圧、グローブボックスと漏れなし容器の差圧及び温度を測定する。図-8にリーク試験状況を示す。

5. 試験条件

5.1 表面密度測定

表面密度測定における各グローブボックスの放置条件を下表に示す。

各グローブボックスの放置条件

設備名称	放置時間	Pu滞留量(g)	負圧状況	内部コーティング	備考
成型設備(1)	41 h	896.04	大気圧	ペイント固定あり	
成型設備(2)	42 h	1059.33	同上	同上	
整列設備(1)	45 h	299.51	同上	同上	
整列設備(2)	24 h	212.22	同上	同上	
均一化混合設備	37 h	316.25	同上	同上	
造粒設備	504 h	418.14	同上	ペイント固定なし	リーク率測定対象

1) 放置時間

本試験は、グローブボックスの解体・撤去作業の一連の流れに沿って行ったため作業の状況によって放置時間が変動した。

通常では、工程からグローブボックスを分離し、移動するまで1~2日であるが、造粒グローブボックスについては解体作業の遅れによって21日間放置することとなった。

2) プルトニウム量

プルトニウム量は、各グローブボックス内に滞留していた量をそのままの状態で分離・移動したものである。グローブボックス1基の最大で約1060g・Puであった。

3) 負圧状況

分離したグローブボックスは、数分で負圧が0まで上昇するため、試験時間としては負圧状況にある時間を無視した。

(この負圧上昇の原因としては、グローブボックスの分離作業に使用する二重蓋構造の分離栓が、分離時に割りだす蓋と蓋の真空状態を解消するため、解体対象グローブボックス側に残る蓋にはリークノズルが取り付いているためである。

なお、漏れなし容器によるリーク試験時には、当該ノズルに気密プラグを取り付けた。)

4) 内部コーティング

各グローブボックスは、解体時の放射性ダスト低減のために分離前にグローブボックス内部に水性ペイントを塗布し、汚染を固定した状態である。

しかし、造粒グローブボックスについては、漏れなし容器によるリーク試験を行うため、パネルのパッキン等に付着したペイントがリーク箇所の閉塞要因となることを考慮し、ペイントの塗布を行わなかった。

5.2 リーク率測定

- ① 初期負圧 : 60 mmH₂O
- ② 測定時間 : 1時間
- ③ 温度 : 23.68°C

6. 試験結果

今回の気密試験における表面密度測定及びリーク率測定結果を以下に示す。

6.1 表面密度測定結果

各グローブボックスの気密バッグ内空気中放射性物質濃度、グローブボックス表面のダイレクトサーベイ及びスマヤ測定結果を表-1に示す。

この結果、6基のグローブボックスとも表面密度測定においては、各測定器の検出下限値以下であった。

6.2 漏れなし容器によるリーク率測定結果

漏れなし容器による測定結果の詳細を添付資料-1に示す。

本試験による造粒グローブボックスのリーク率は、 $0.025\text{ vol\%}/\text{h}$ であり、漏れなし容器の判定基準 $0.1\text{ vol\%}/\text{h}$ 以下であることを確認した。

また、使用した漏れなし容器の校正記録を添付資料-2に示す。

7. 結果の評価

7.1 表面密度

当初、本試験での放置日数は、解体作業の都合上から約2日間の予定であったが一部作業の遅れにより、造粒グローブボックスでは21日間の放置データを取得することとなった。その結果、21日間負圧ゼロの状態でグローブボックスを放置してもグローブボックス外への汚染の漏えいはなかった。また、放置時間1日～2日間の5回の繰り返し試験でも汚染は検出されなかった。

これらの結果から、施設排気系に何らかの不具合が発生して、グローブボックスの負圧が維持されなくなったとしても容易に放射性物質がグローブボックス外に漏えいするとは考えられない。

ただし、今回の試験状態と通常のグローブボックス使用状態では、以下に示す相違点がある。

- ① 本試験では、グローブボックス排気系は含まれておらず、金属製のダクトと高性能フィルタの取り合い部分であるビニルバッグの取付け部が試験されていないこと。
- ② グローブボックス内部は清掃し、ペイント固定した（6基のうち5基をペイント固定）ため、通常使用状態よりも空気中放射性物質濃度が低い。

今後この部分について追加試験を行い漏えいのないことが確認できれば、本試験で21日間放置しても漏えいのなかった事実からして放置条件が変化（揮発性ガス等の発生による内圧の上昇等）しない限り長期間グローブボックス自体で安全を確保することが可能であろう。

7.2 リーク率測定結果

試験の結果としては、リーク率 $0.025\text{ vol\%}/\text{h}$ であり、施設検査の合格基準値（ $-0.04\sim0.06$ ）内であることを確認した。

また、試験に使用した造粒グローブボックスの施設検査時の測定記録は、受扱搬送グローブボックスと一緒に測定して、 $0.019\text{ vol\%}/\text{h}$ であることから、長期使用によってリーク率が上昇したように見受けられるが、漏れなし容器法による測定誤差は一般的に $0.041\text{ vol\%}/\text{h}$ とされているため、両測定結果ともに誤差範囲であり、グローブボックス設置後約10年が経過しても、その閉じ込め性能は健全性を維持しているものと思われる。

8. まとめ

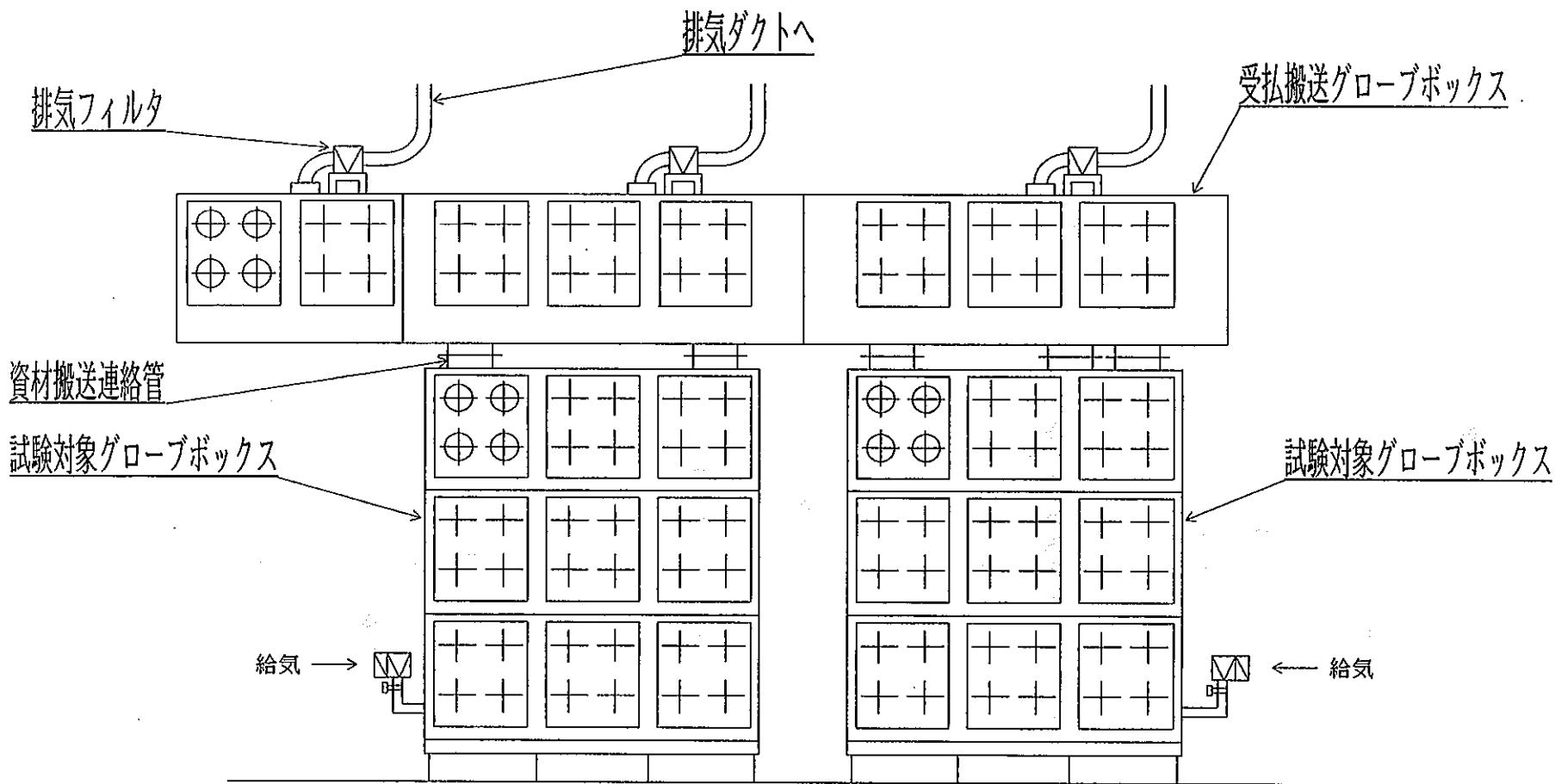
今回の気密試験では、6基のグローブボックスを対象とした負圧喪失時の放射性物質漏えいの有無と1基のグローブボックスの漏れなし容器法によるリーク率測定を実施した。

その結果、放射性物質の漏えいは、測定データ全てにおいて検出下限値以下であるとともに、漏れなし容器法によるリーク率測定データについても、施設検査の合格基準内であり、約10年使用したグローブボックスでも初期の閉じ込め性能が維持されていることが確認できた。

これにより、当初の目的を一応達成したが、本試験において確認範囲外となった排気ダクト系からの漏えい確認及び漏れなし容器法によるリーク率測定の繰り返し試験については今後実施する必要性があると考える。

また、今後第二開発室では、設置後20～30年経過したグローブボックスの解体が予定されており、その場合にも同様な気密試験を実施し、データの蓄積を図っていく必要があると思われる。

最後に、本試験の実施にあたって漏れなし容器の支給等、協力を頂いた技術部施設保全課の諸氏に厚くお礼申し上げます。



(凡例)

: 高性能エアフィルタ

: プレフィルタ

図-1 グローブボックスの設置状況

表面密度測定
リーク率測定

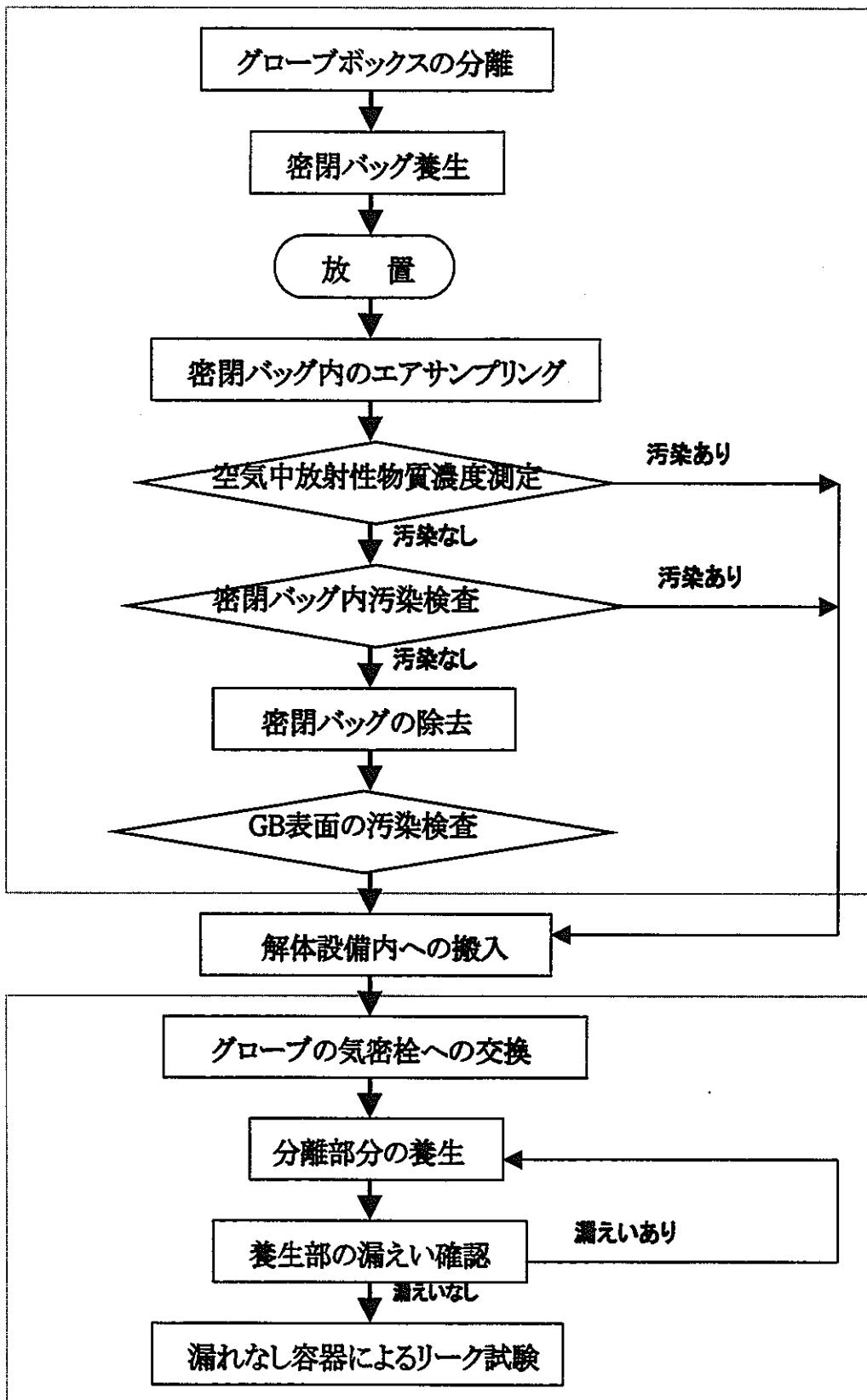


図-2 気密試験フロー

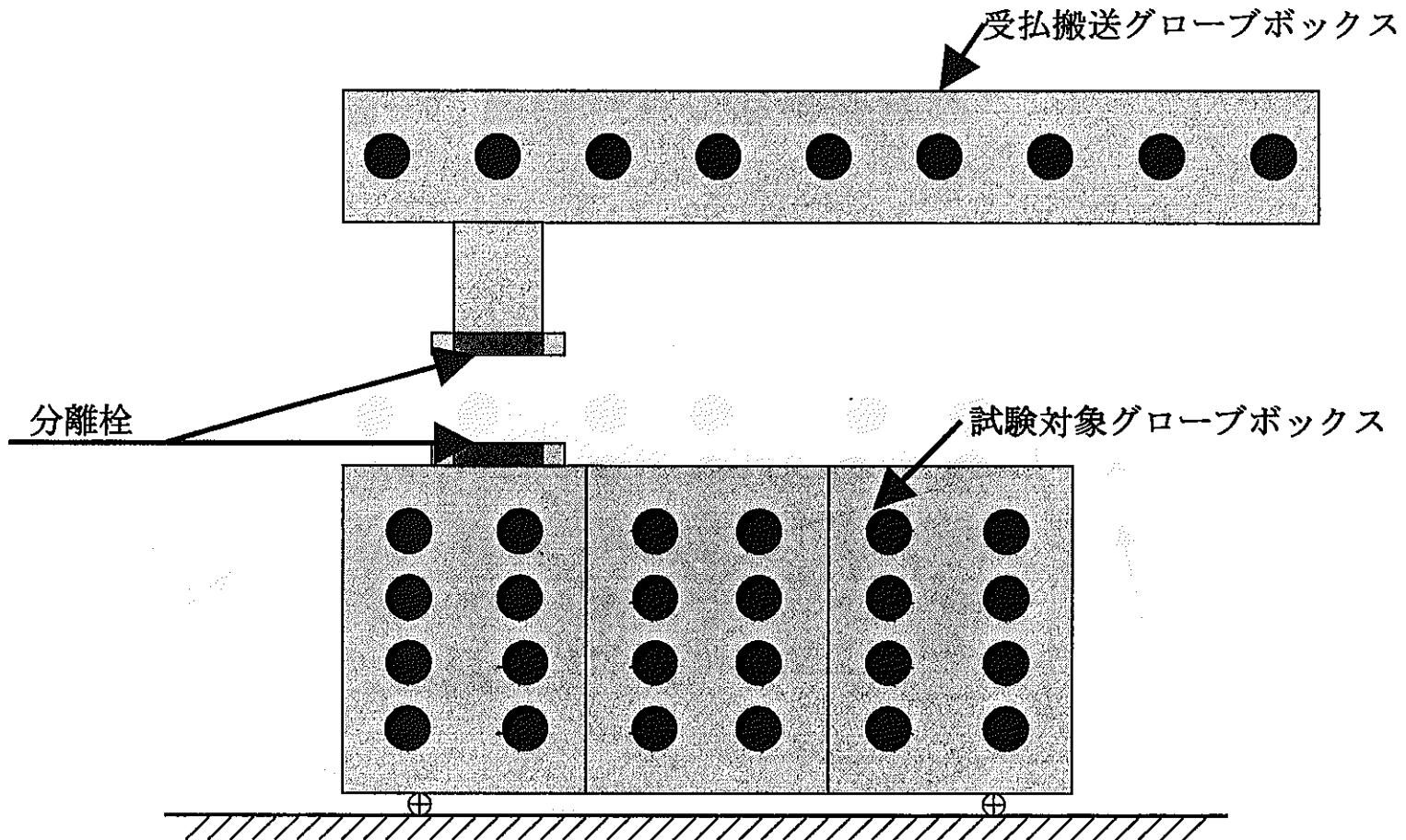


図-3 グローブボックス分離状況

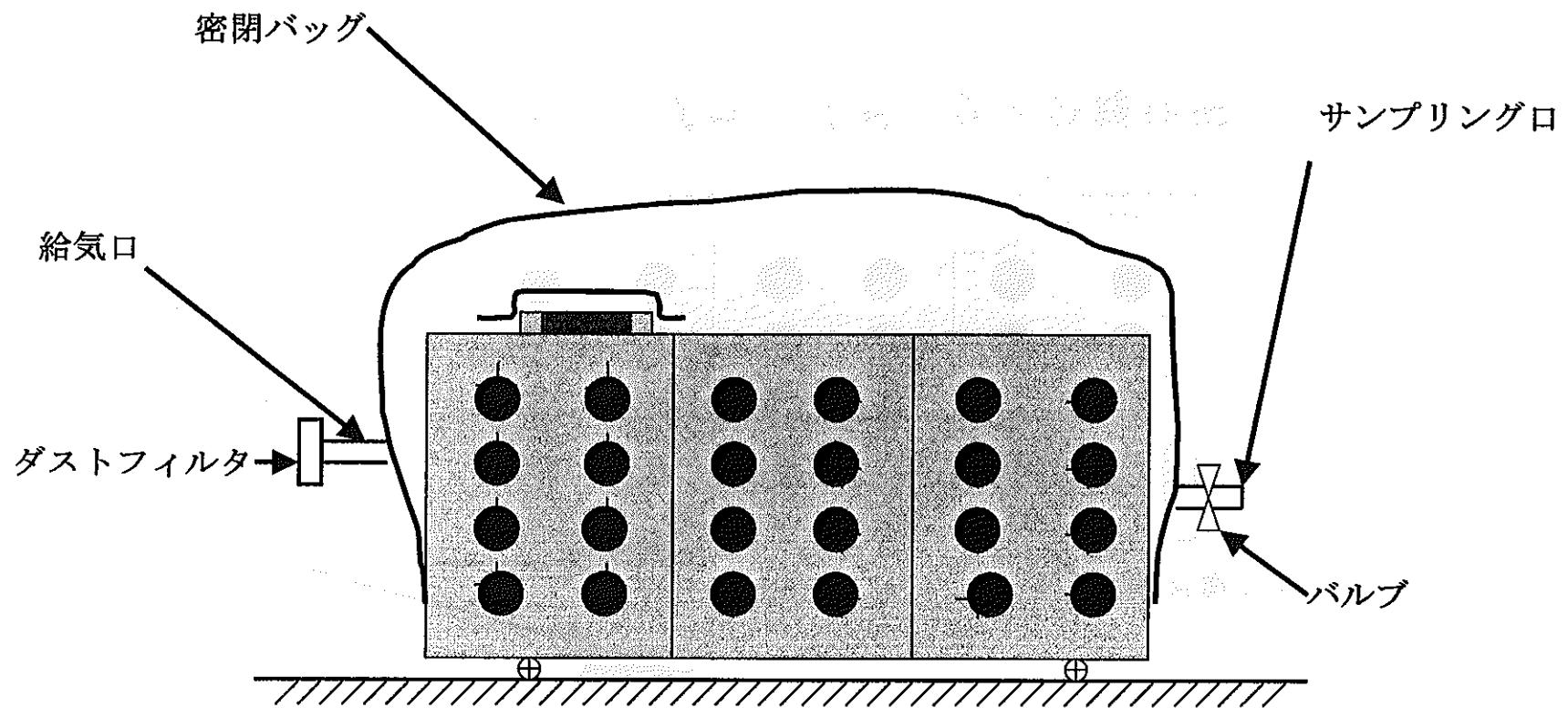
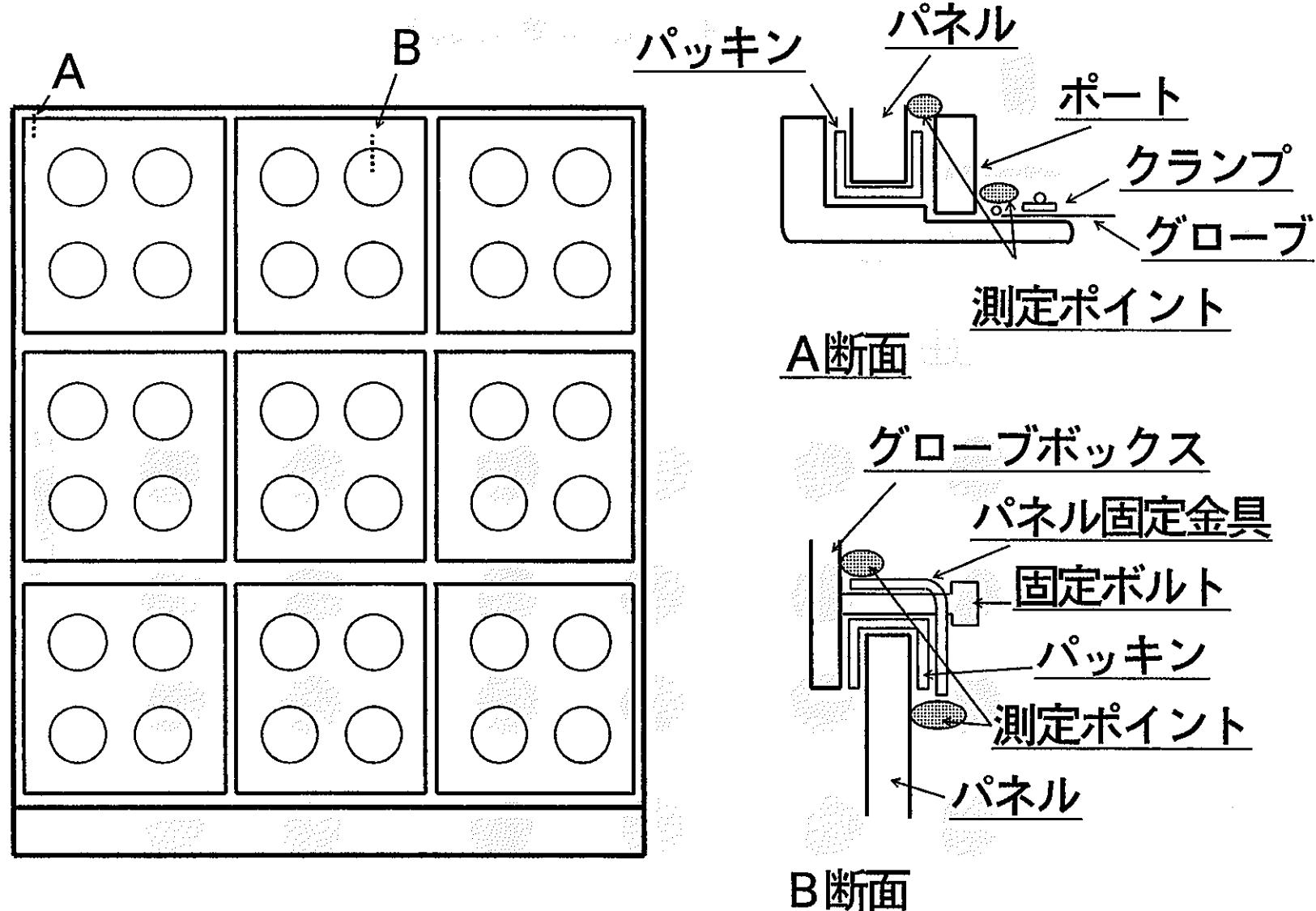


図-4 密閉バッグ取付け状況



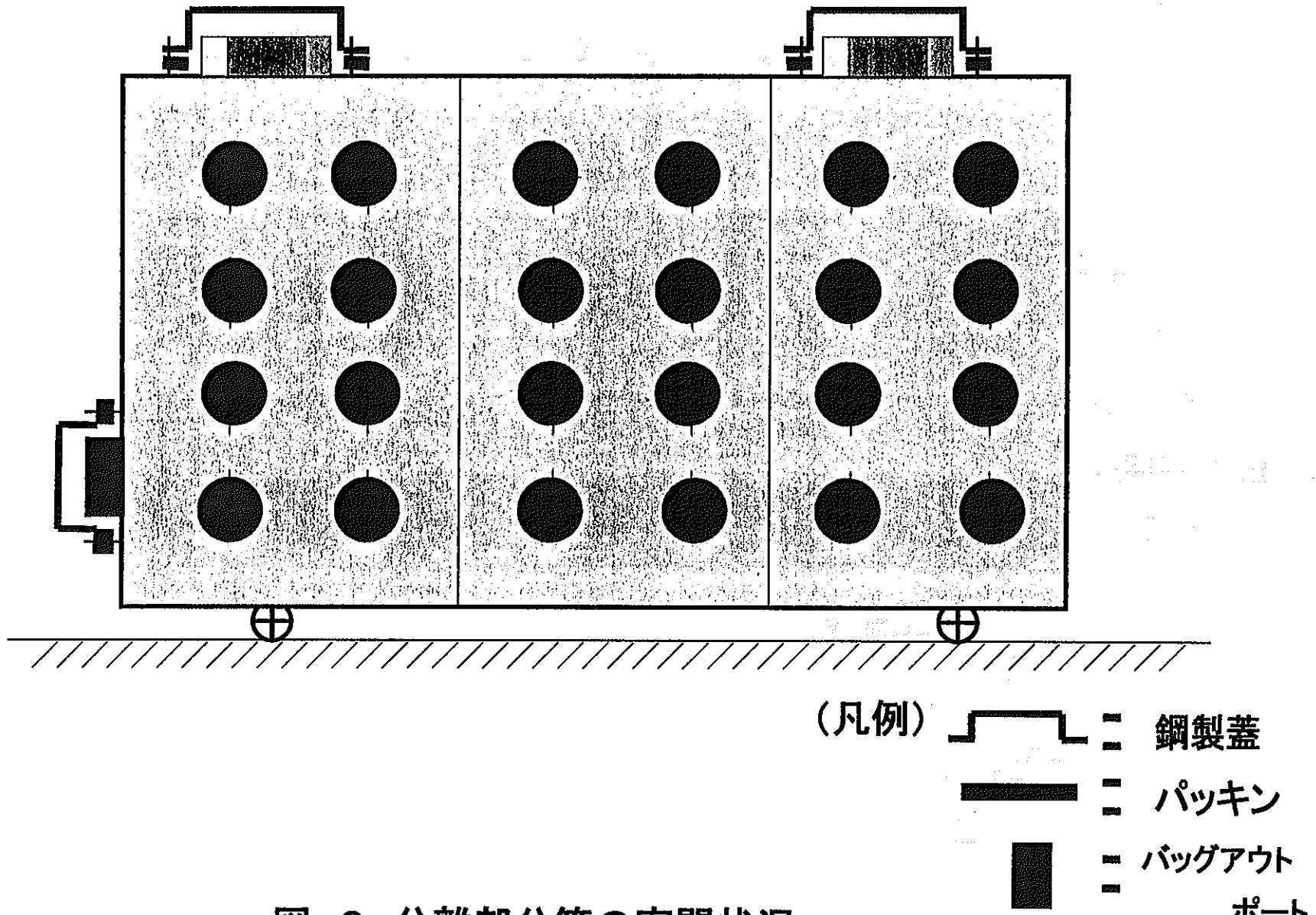


図-6 分離部分等の密閉状況

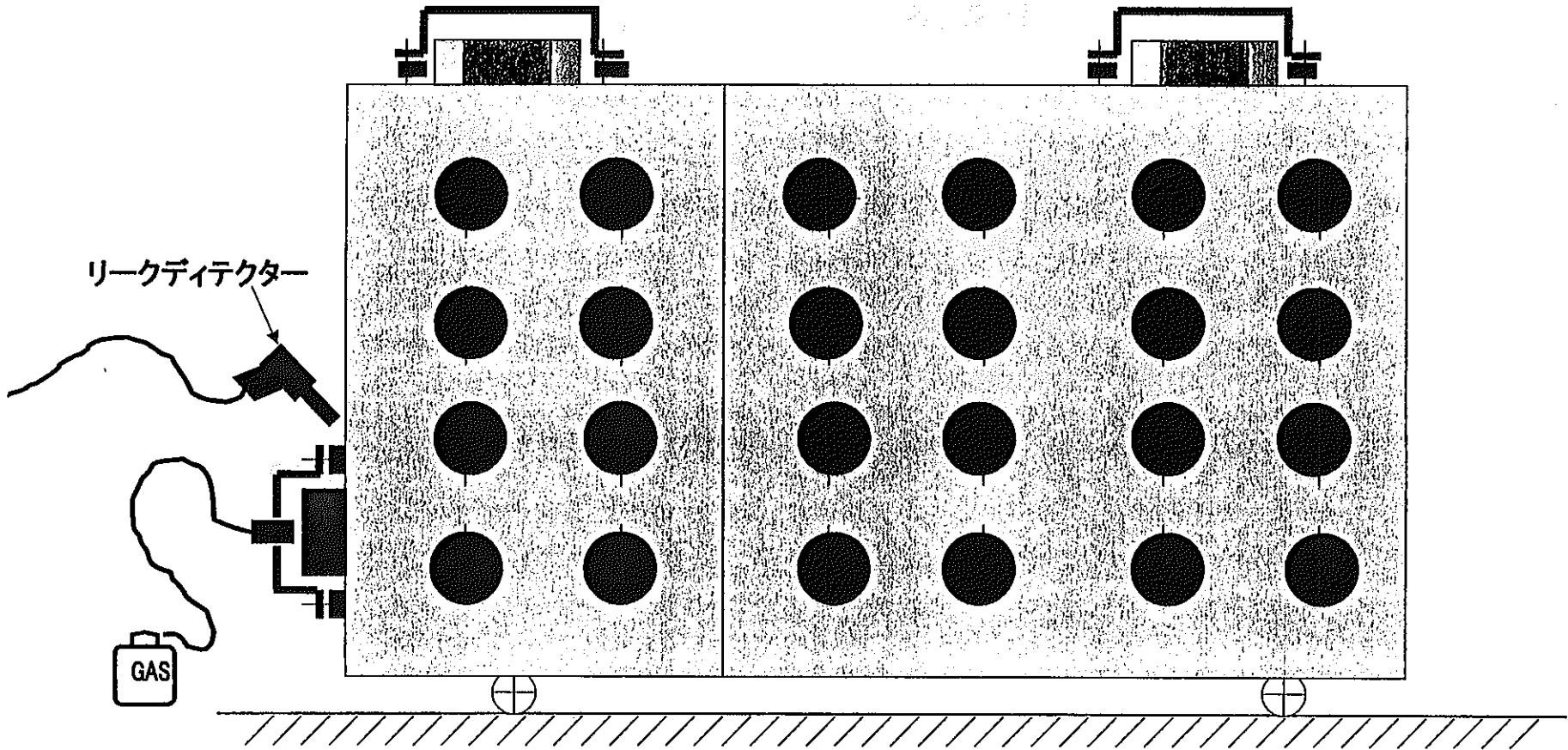


図-7 気密蓋のリーク確認状況

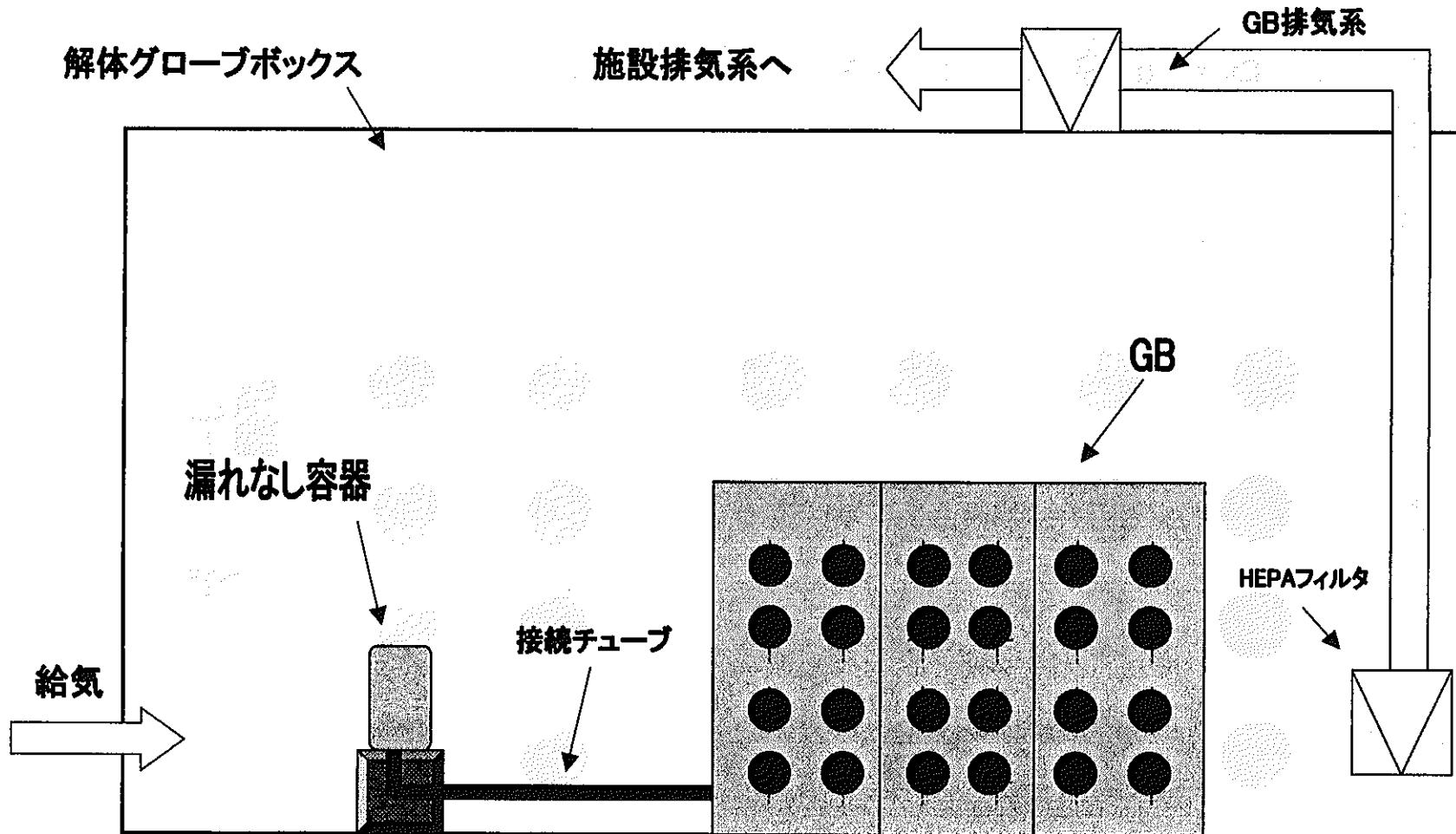


図-8 リーク試験状況

表－1 表面密度測定結果

設備名称	バッグ内空氣中濃度	ダイレクトサーバイ	スミヤ
成型設備(1)	検出下限値以下	検出下限値以下	検出下限値以下
成型設備(2)	同上	同上	同上
整列設備(1)	同上	同上	同上
整列設備(2)	同上	同上	同上
均一化混合設備	同上	同上	同上
造粒設備	同上	同上	同上

添付資料-1

リーク試験記録(漏れなし容器法)

実施場所	核燃料サイクル開発機構 東海事業所 プルトニウム燃料第三開発室		
実施担当	プルトニウム燃料センター 製造加工部 製造第二課		
測定年月日	平成11年10月22日	測定設備	造粒グローブボックス(FPG-07b)

測定記録

測定時刻 t(分)	グローブボックス負圧 Pg,Pgr (mmH ₂ O)	差圧 Pd,Pdr (mmH ₂ O)	漏れなし容器温度	試験体温度
			Tn,Tnr (°C)	Tb,Tbr(°C)
15:22	Pg : 60	Pd : 0	Tn : 23.85	Tb : 23.68
15:37	60	0.2	23.86	23.68
15:52	60	0.5	23.88	23.69
16:07	59	0.5	23.89	23.68
16:22	Pgr : 59	Pdr : 0.5	Tnr : 23.92	Tbr: 23.69

注) 温度変化許容値 : |(Tn-Tnr)-(Tb-Tbr)|=0. 3°C以内

温度変化測定値 : |(23.85-23.92)-(23.68-23.69)|=0. 06°C

漏れ率

$$q = \frac{60}{t} \left(\frac{Pdr}{100} - \frac{(Tn-Tnr)-(Tb-Tbr)}{3} \right)$$

$$q = \frac{60}{60} \left(\frac{0.5}{100} - \frac{(23.85-23.92)-(23.68-23.69)}{3} \right)$$

$$= 0.025 \text{ vol%}/\text{h}$$

結果

良 好 (漏れなし容器判定基準 : 0. 1vol%/h以下)

測定者

嘉代 甲子男

No. _____

検査成績書

核燃料サイクル開発機構 様

件名 洩れなし容器の校正(106-05)

平成 10 年 12 月 25 日

洩れなし容器の気密試験成績表

1.検査対象

洩れなし容器番号: 106 - 05

2.検査日時

平成 10 年 11 月 20 日

3.検査場所

プリトニラム燃料センター
技術部 施設保全課

4.検査担当者

5.判定

合 格