

# グローブボックスの負圧試験

1989年3月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配布するものです。従って、その取扱いには十分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用等には事業団の承認が必要です。

## グローブボックスの負圧試験

永木 裕\* 浅野 孝\*

佐藤清志\* 猿田哲也\*\*

### 要 旨

本負圧試験はグローブボックスの負圧管理をより合理的に実施するために、グローブボックスを構成する機器のうち、負圧の維持に関連する機器の動作とグローブボックスの負圧値および換気（排気）風量の関係などについて試験したものである。

本試験によりグローブボックスの負圧のメカニズムを把握することができ、今後の負圧管理およびグローブボックス作業の安全確保に役立つものと考えられる。

また本試験で使用したグローブボックスは容積が $1\text{m}^3$ でダクトおよび付属機器の構成については、プルトニウム転換施設で実際に使用されているものと同じものとした。ここでは、この模擬グローブボックスを用いて実施した負圧試験の内容および成果について報告する。

---

\* 東海事業所 転換技術開発部 技術課

\*\*原子力技術部

## 目 次

1. まえがき	1
2. 試験機器構成	2
3. 管理基準値に対する確認試験	3
3.1 グローブボックスの排気風量	3
3.1.1 予備調査	3
3.1.2 排気風量とグローブボックスの負圧変動に関する試験	3
3.1.3 排気風量と製品粉末の挙動	6
3.1.4 排気風量とポート開口部の流線	8
3.2 グローブボックスの負圧	10
3.2.1 予備調査	10
3.2.2 グローブボックス負圧30 mmH <sub>2</sub> Oの効果	10
3.3 グローブボックスのバイパス風量	11
3.3.1 予備調査	11
3.3.2 バイパスダンパーの役割	12
3.3.3 バイパスラインの風量について	12
3.4 グローブボックスの消火用窒素ガス流量について	13
3.4.1 予備調査	13
3.4.2 消火用窒素ガス流入によるグローブボックス負圧および排気風量の変化	13
3.4.3 消火能力について	14
4. 負圧管理の確認試験	15
4.1 試験方法	15
4.2 試験結果	15
5. グローブボックスの定量的な負圧調整試験	17
5.1 負圧調整に必要な知識(データ)	17
5.2 試験結果	18
5.3 排気風量とフィルタ目詰まりの定量化	20
5.4 負圧調整のシミュレーション	22
引用文献	23

## 1. まえがき

核燃料取扱い施設に設置されているグローブボックス・フードなどの負圧管理は、従来専門運転員の経験に基づき、負圧値主体で実施されてきている。

施設内で取扱う核燃料物質の形状やグローブボックス内機器からの負圧への影響、異常事象発生時における核燃料物質のグローブボックス外への漏洩等を考慮した場合、負圧値と併せ換気（排気）風量に着目した管理が効果的である。

本報告は、模擬グローブボックスを用いて負圧値と換気風量の定量化、並びに通常の運転状態では確認することが出来ない未経験事象に対しての負圧値と換気風量の変化、さらに定常状態への復旧手法等についてまとめたものである。

## 2. 試験機器構成

### (1) 模擬グローブボックス機器仕様

本試験では図-1に示すグローブボックスの構成とした。このダクトのルート、フィルタ、バルブなどの配置については、プルトニウム転換技術開発施設に設置されているグローブボックスの中で最も代表的な構成のものを採用した。以下に試験に用いた模擬グローブボックスの仕様を示す。

#### ① グローブボックス

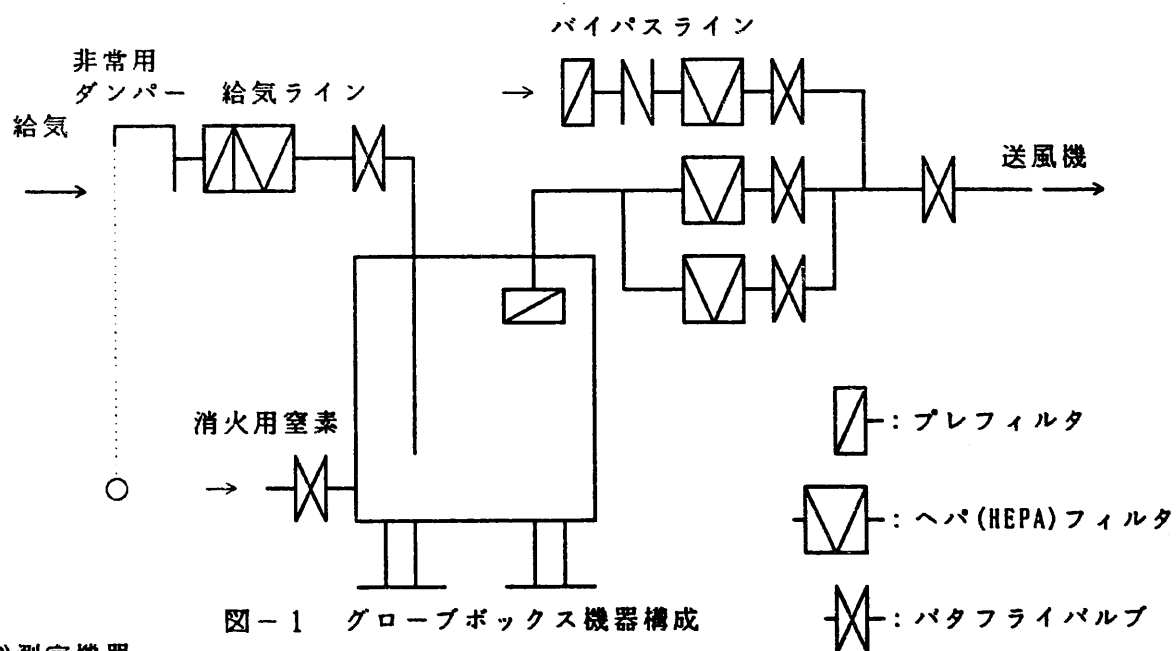
- ・ 容量 1 m<sup>3</sup> 7インチポート
- ・ 材質 SUS 304

#### ② 送風機

- ・ 出力 3.7 kW
- ・ 能力 50 m<sup>3</sup>/min、150 mmH<sub>2</sub>O

#### ③ ダクト、バルブ

- ・ 材質 PVC



### (2) 測定機器

#### ① 微差圧計

- ・ マノスターゲージ 0 ~ 100 mmH<sub>2</sub>O

#### ② 風速計

- ・ Tr式微風速計 0.05 ~ 2.5 m/s

### 3. 管理基準値に対する確認試験

グローブボックスの換気（排気）風量は、どのような考え方で定められているのか明確でなかった。また負圧管理上、排気風量の大小がグローブボックスにもたらす効果についても定量的に把握する必要がある。そこでまずグローブボックスの負圧管理に関する文献などの予備調査から始め、模擬のグローブボックスを用いて管理基準値に対する確認試験を実施した。

#### 3.1 グローブボックスの排気風量

##### 3.1.1 予備調査

###### (1) 排気風量の設定値

グローブボックスの排気風量は下記の最大風量が設定値となる。

- ①グローブボックスの換気回数10回/h
- ②グローブボートの開口部線速0.75 m/s
- ③必要冷却風量（発熱体がある場合）

模擬グローブボックスの容積は1 m<sup>3</sup>であり①で計算すれば10 m<sup>3</sup>、②では約60 m<sup>3</sup>となり、③の発熱体がないものとするれば必要な排気風量は60 m<sup>3</sup>となる。

###### (2) 設定値の根拠

設定値の根拠としては、従来、下記に示す理由からとされている。

- ①換気回数が少ないとグローブ操作に伴う負圧変動に対し、定常負圧への回復が遅いため。
- ②作業内容、取り扱う物質形態によっても異なるが、粉末が飛散しない程度。
- ③万一、グローブが1個外れた場合でも最低ポート部での線速が45 m/min以上。

上記の内、②については経験的に10～20回/hが最適とされ、③については、作業者の歩行速度からきているといわれている。

##### 3.1.2 排気風量とグローブボックスの負圧変動に関する試験

グローブボックス作業に伴う負圧の変動幅および定常負圧への回復時間を考慮した場合、安全に作業するために必要な排気風量について試験した。

(1) 試験内容

① グローブの出し入れ試験

排気風量を変化させ通常の作業速度でグローブの出し入れ（両手）を行った。

② 消火用窒素ガス流入試験

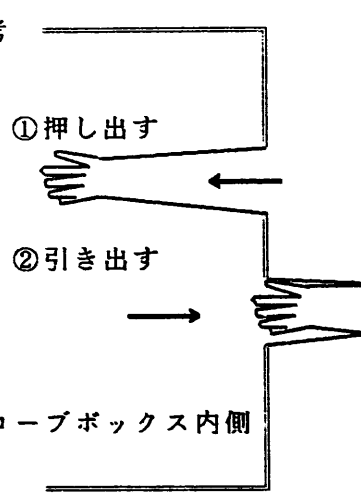
排気風量を変化させ、消火用窒素ガス（24 m<sup>3</sup>/h）を流入した（グローブボックス負圧は一定）。

(2) 試験結果

① グローブの出し入れ試験

グローブの出し入れ試験データ（3回測定の平均値）を表-1および図-2に示す。

表-1 グローブボックスの排気風量と負圧の変動データ

排気風量 (m <sup>3</sup> /h)	操 作	GB 負圧の変化 (mmH <sub>2</sub> O)	備考
(1) 10.5	②⇒①	30 ⇒ 0	
	①⇒②	30 ⇒ 92	
(2) 30.5	②⇒①	30 ⇒ 1	
	①⇒②	30 ⇒ 75	
(3) 60.2	②⇒①	30 ⇒ 12	グローブボックス内側 注：(3)は通常の設定値
	①⇒②	30 ⇒ 59	
(4) 87.6	②⇒①	30 ⇒ 13	
	①⇒②	30 ⇒ 50	

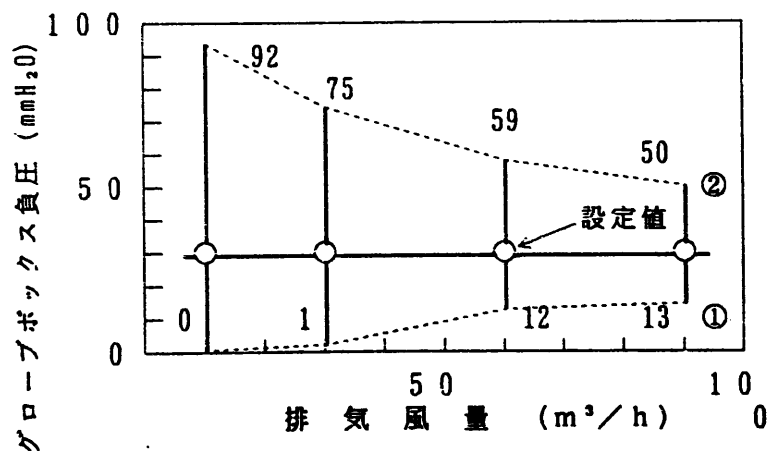


図-2 グローブボックスの排気風量と負圧の変動



負圧の変動幅は排気風量が少ないほど大きく、定常負圧への回復時間は長くなる。また、排気風量が約60 m<sup>3</sup>/h以上では、負圧の変動幅は少なくなり通常の作業モードで、負圧は10 mmH<sub>2</sub>O 以下になることはない。

②消火用窒素ガス流入試験

次に消火用窒素ガスを流入した場合のグローブボックスの負圧変動と排気風量の関係について、表-2 および図-3 に示す。

表-2 グローブボックスの排気風量と負圧の変動

設定風量 (m <sup>3</sup> /h)	GB 負圧の変化 (mmH <sub>2</sub> O)	流入後の排気風量 (m <sup>3</sup> /h)
(1) 9.9	30.0 ⇒ 3.0	24.0
(2) 23.5	30.0 ⇒ 10.0	31.7
(3) 30.2	30.0 ⇒ 13.0	37.9
(4) 60.0	30.0 ⇒ 20.0	67.0
(5) 76.3	30.0 ⇒ 20.0	82.0
(6) 87.6	30.0 ⇒ 21.5	93.3

注：(4)は通常設定値

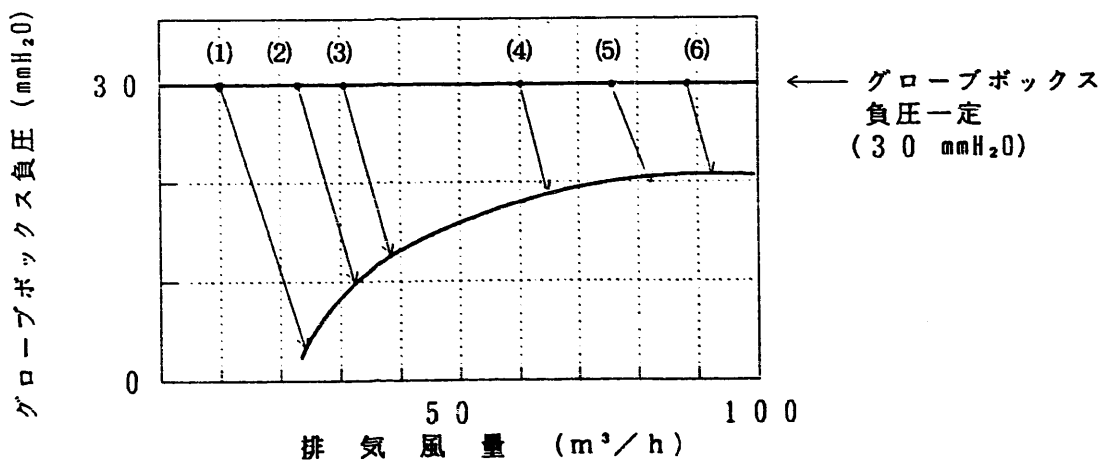


図-3 グローブボックスの排気風量と負圧の変動

グローブボックスの負圧を一定にし排気風量を変化させ、窒素ガスを流入すると排気風量が少ないほど負圧は低下するが60 m<sup>3</sup>/hを超えると負圧は20 mmH<sub>2</sub>O で一定となり、ほぼ排気風量の基準設定値と一致する。

グローブボックス作業による試験①および②の試験結果から3.1.1項の(1)で求める排気風量（模擬グローブボックスの場合60 m<sup>3</sup>/h）は最適といえる。

## 3.1.3 排気風量と製品粉末の挙動

グローブボックス内で取り扱う混合酸化物（MOX）粉末の挙動および排気フィルタに捕集されるMOX粉末の粒子径の関係を把握するために次に示す検討および試験を実施した。

## (1) 検討および試験内容

## ① MOX粉末の沈降速度

ストークスの式を用いて排気風量の各設定方法について平均流速を算出した。

・ 計算式：ストークスの式

$$U_m = g (\rho_p - \rho) D_p / 18 \mu$$

終末沈降速度  $U_m$  : cm/s、重力加速度  $g$  : 9.8 m/s<sup>2</sup>

MOX粉末の理論真密度  $\rho_p$  : 11.03 g/cm<sup>3</sup>

空気密度  $\rho$  :  $1.2 \times 10^{-3}$  g/cm<sup>3</sup>、空気粘度  $\mu$  :  $1.8 \times 10^{-4}$  g cm/s

粒子径  $D_p$  : cm、模擬グローブボックス容積 : 1 m<sup>3</sup> (立方体)

## ② 気流検査器による発煙の観察および流線測定

・ 気流検査器：北川式 ガス検知管

・ 風速計：熱線 (Tr) 式微風速計

## (2) 検討結果

## ① MOX粉末の沈降速度

グローブボックス内の上昇する空気流よりMOX粉末の沈降速度が小さければ排気フィルタに捕集されるものとする、ストークスの式より各設定条件で捕集されるMOX粉末の粒径は表-3のようになる。

表-3 排気風量と捕集される粒子径

排 気 風 量	平均流速 (cm/s)	捕集される粒子径
・ 換気回数が10回/hの場合	0.28	3 μm以下
・ ホト 開口部の線速0.75 m/s	1.66	7 μm以下
・ 必要冷却風量	2.01	8 μm以下
備考 ①及び②は1 m <sup>3</sup> の模擬グローブボックスの場合		
③は例として脱硝工程グローブボックスの必要冷却風量の場合		
・ グローブボックス寸法 (m) : 2.0(l) × 3.4(h) × 1.2(w)		
・ 必要冷却風量 (m <sup>3</sup> /h) : 180		

②気流検査器による発煙の観察および流線測定

模擬グローブボックス内の流線観察および流速測定を実施した結果を図-4および表-4に示す。

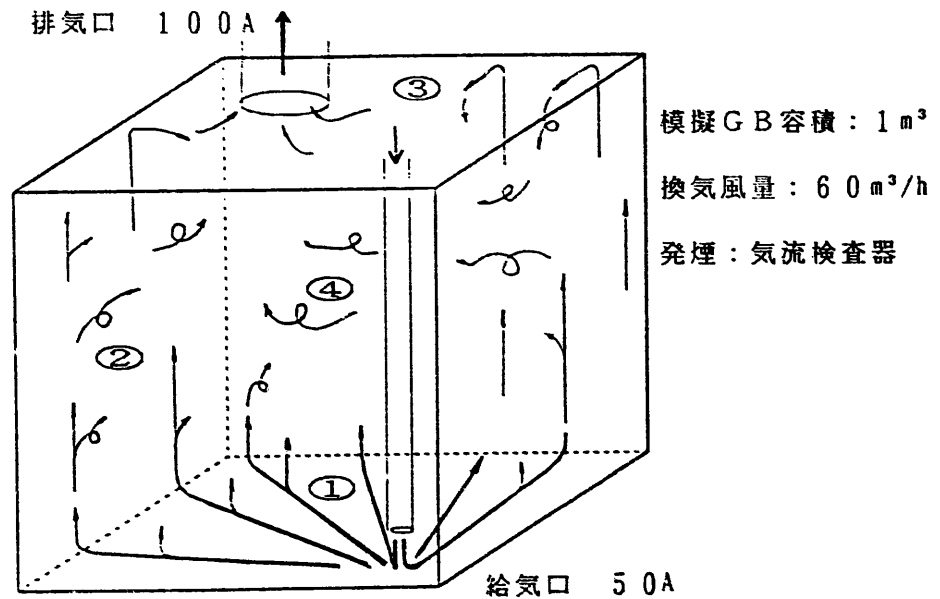


図-4 グローブボックス内流線

表-4 グローブボックス内流速分布

位置	流速の目安	備考
① 床部	平均流速の約10倍	平均流速 = 1.67 (cm/s)
② 壁際	平均流速の7~8倍	
③ 天井	平均流速の3~5倍	
④ 中央部	淀んでいる状態	

以上の結果から粒径が数十 $\mu\text{m}$ までのMOX粉末がグローブボックス上部へ吹上げられる。その内 $7\mu\text{m}$ 以下の粉末は排気フィルタに捕集され、 $7\mu\text{m}$ 以上のものは機器の上や床部に落ちてくることが考えられる。

また、グローブボックス内流線や流速の分布を変える因子としては、給気吹き出し口から床部までの間隔(図-5のhで示す)、配管径および機器の配置などが挙げられる。グローブボックスの設計に際しては十分な配慮が必要である。

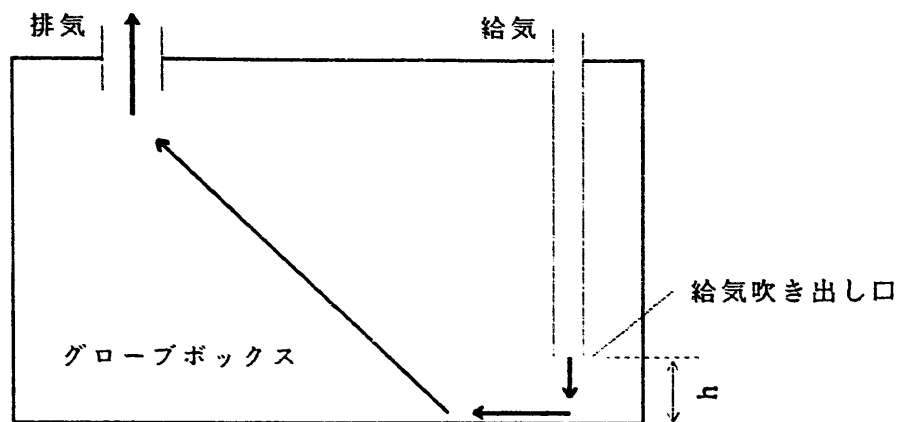


図-5 給気吹き出し口略図

### 3.1.4 排気風量とポート開口部の流線

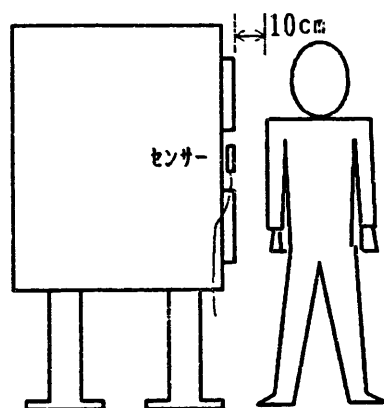
グローブボックスの排気風量を決定する要因の一つに、グローブが脱落した場合でもポート開口部の流速は $0.75\text{ m/s}$ 以上を確保することとなっている。また、この数値は作業者が開口部近くを通常の歩行速度で移動したときに生ずる外乱でも逆流しないと言われている。

そこで、実際に作業者が通常のスPEEDで歩くと、その側面ではどの程度の空気流を生ずるのか。またポート開口部からの逆流の有無について試験した。

#### (1) 試験内容

##### ① 歩行による発生する流線の測定

グローブボックスの近傍を作業者が歩いた時に生ずる空気流速を図-6のように測定した。



測定対象者：3名

グローブボックスとの間隔：10 cm  
(風速計センサー)

風速計：熱線式風速計

図-6 流線測定略図

## ② ポート開口部での流線観察

グローブを取り外し、ポート開口部に気流検査器を用いて発煙させ、その近傍（間隔：約10cm）を歩いたときの流線の乱れについて観察した。

## (2) 試験結果

## ① 歩行による発生する流線の測定

作業者の歩行速度および歩行によって発生する流線測定の結果を表-5に示す。

表-5 歩行速度と空気流速

作業者	10mの歩行時間(秒) / 空気流速(m/s)		
	1回目	2回目	3回目
A	7.58 / 0.5	7.60 / 0.5	7.46 / 0.5
B	7.16 / 0.5	7.71 / 0.6	7.87 / 0.6
C	8.00 / 0.4	8.09 / 0.5	7.87 / 0.4
平均歩行速度：1.3 (m/s) 平均空気流速：0.5 (m/s)			

作業者の歩行によって発生する空気流は、試験の結果約0.5 m/sであった。従ってポート開口部の線速が0.75 m/s あればグローブボックスの近傍（10 cm程度）を歩いてもポート内の空気が外へ出ることはない。

## ② ポート開口部での流線観察

気流検査器を用いての試験では、図-7に示すようにポート内（図の点線部内側）の煙が作業者の歩行によって外に出ることはなかった。しかし工程室内は換気によって風速が0.2～0.3 m/s 程度の箇所が多いことからポート開口部付近で設定風量である0.75 m/s を超える可能性はあり、万一に備えグローブボックス廻りを歩く場合は、グローブボックスとの間隔と歩行速に十分な注意が必要である。

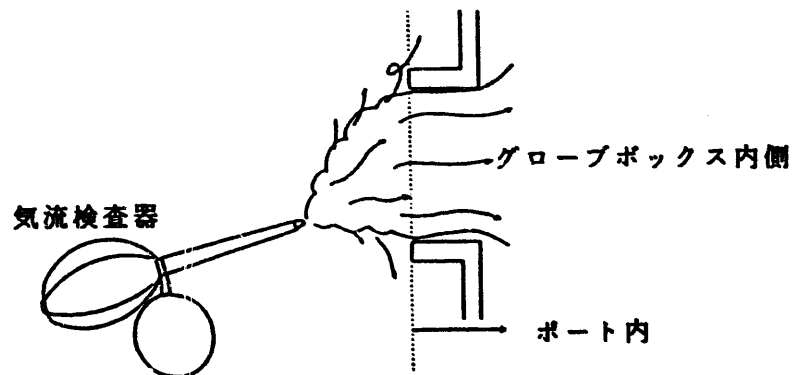


図-7 ポート開口部での流線観察

## 3.2 グローブボックスの負圧

## 3.2.1 予備調査

## (1) グローブボックス負圧の設定値

グローブボックスの負圧は、グローブボックスの設置室に対して25～35 mmH<sub>2</sub>Oである。

## (2) 設定値の根拠

従来からの設定値に対する理由を以下に示す。

①内圧（負圧）が低いとグローブボックスの経時変化リークに対する防護性能が低下する。

②負圧が高すぎるとグローブボックスの強度やグローブの操作性に問題がある。

上記①、②の理由から経験的に-20～-40 mmH<sub>2</sub>O が最適とされている。

3.2.2 グローブボックス負圧30 mmH<sub>2</sub>O の効果

グローブボックスは負圧に保つことにより、万が一グローブに亀裂が生じたり、脱落した場合にグローブボックス内の放射性物質を作業環境に漏洩させないためのものである。負圧のグローブボックスは、グローブが脱落すると圧力損失（抵抗）の大きい給気フィルタ（給気口）からは給気されず、ポート開口部から空気が入ってくる。この場合、ポート部に殆ど抵抗がないのでグローブボックス負圧はゼロになり、その分グローブボックスの排気風量は増加することになる。そこで、グローブボックスの負圧値とその効果について試験した。

## (1) 試験内容

①グローブボックスの負圧設定値を変化させ、グローブ一個脱落時における排気風量の増加量を測定した。

②排気風量を変化させ、①を行った。

## (2) 試験結果

試験①および②の結果を図-8に示す。

グローブ1個脱落時のポート開口部での線速はグローブボックスの負圧値に比例して増加する。これはグローブボックス内の空気が外へ出にくくなり安全側に働いていることになる。また排気風量の設定値を変えて試験したが、風量の増加量は排気風量の増減では大きな影響を受けず、負圧設定値に依存することが判った。

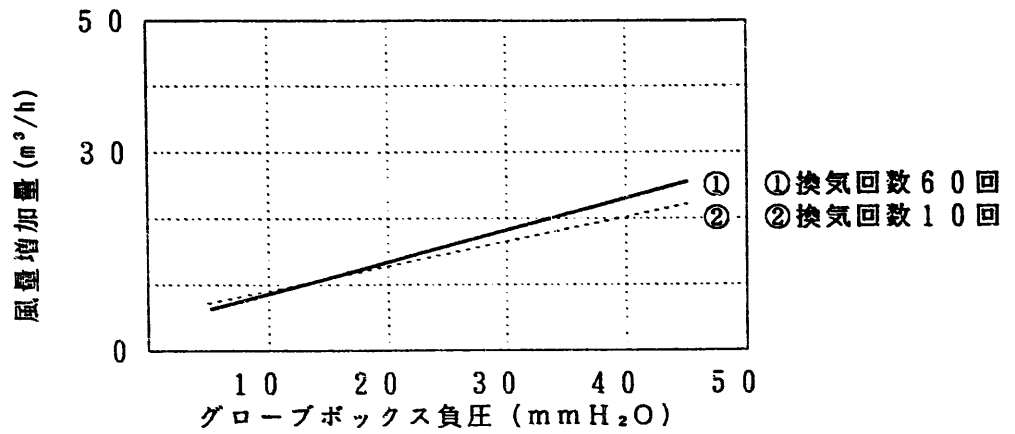


図-8 グローブボックス負圧値と風量増加量 (ポート1個開口時)

### 3.3 グローブボックスのバイパス風量

#### 3.3.1 予備調査 (図-9 参照)

##### (1) バイパス風量の設定値

バイパス風量はグローブボックスの排気風量の50%に設定している。

##### (2) 設定値の根拠

バイパスラインに設置されているバイパスダンパー (圧力調整ダンパー) はグローブの出し入れやフィルタの目詰まりによるグローブボックスの圧力変動を自動的に制御すると共に爆発などによる急激な圧上昇の際に安全弁の役割を果たすと言われている。しかしバイパスラインの風量に関しては明確になっていない。

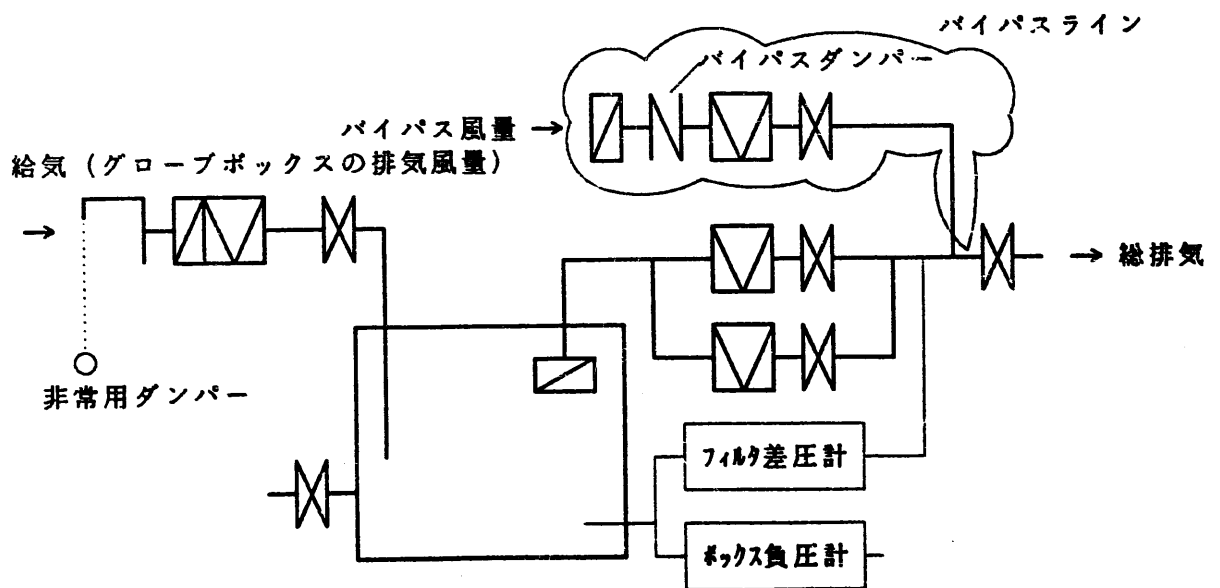


図-9 グローブボックスのバイパスライン

### 3.3.2 バイパスダンパーの役割

バイパスダンパーの効果については、模擬グローブボックス試験により下記の事項が確認できた。

- ①グローブの出し入れによるグローブボックスの負圧変動緩和に関しては、バイパスダンパーが所定の負圧を維持（現状では10mmH<sub>2</sub>O程度）するように働いている。
- ②グローブの脱落を想定した場合にポート開口部の風量が増加するがこの増加分だけバイパスの風量が減少する。従ってグローブボックス系（グローブボックス排気風量+バイパス風量）としての風量の変化はなく、他のグローブボックスへの影響を緩和している。

### 3.3.3 バイパスラインの風量について

前述したようにバイパスの風量が、あらゆる外的要因による影響を緩和する働きをしている。そこでバイパス風量の効果について試験した。

#### (1) 試験内容

グローブボックスのバイパス風量を変化させ、消火用窒素を流入してグローブボックスの負圧変動を測定した。

- ・グローブボックス条件：負圧30mmH<sub>2</sub>O、排気風量60m<sup>3</sup>/h
- ・消火用窒素流量：24Nm<sup>3</sup>/h

#### (2) 試験結果

試験結果を表-6に示す。

表-6 バイパス風量と負圧の変化

バイパス風量 (m <sup>3</sup> /h)	グローブボックス負圧の変化 (mmH <sub>2</sub> O)	
	消火用窒素流入前	消火用窒素流入後
0	30	16.5
30	30	20.0
60	30	20.0

バイパス風量を増加していくと負圧の変動は小さくなる。しかしバイパス風量が基準値である30m<sup>3</sup>/h（排気風量60m<sup>3</sup>/hに対して50%）を超えると負圧変動を



緩和する働きは停止する。従って負圧変動緩和の面からは30 m<sup>3</sup>/hで充分である。

またグローブボックスの異常時（グローブポートの脱落など）においても排気風量がHEPAフィルタの性能を担保する風量（Bサイズの場合：90 m<sup>3</sup>/h）を超えてはならないことから、バイパス風量は30 m<sup>3</sup>/hが最適であるといえる。

### 3.4 グローブボックスの消火用窒素ガス流量について

#### 3.4.1 予備調査

##### (1) グローブボックス負圧の設定値

グローブボックスの消火用窒素ガス流量は1系統（60 m<sup>3</sup>/h）当たり24 N m<sup>3</sup>/hである。

##### (2) 設定値の根拠

グローブボックス内火災の消火用および不活性ガス雰囲気用の純ガス系にはバルブの後にオリフィスを設け、急激にガスの放出を行ってもグローブボックスの排気風量以下におさえ正圧になるのを防止する流量とされている。

#### 3.4.2 消火用窒素ガス流入によるグローブボックス負圧および排気風量の変化

##### (1) 試験内容

模擬グローブボックスに消火用窒素ガスを流入したときのグローブボックス内の負圧および排気風量の変化について試験した。

##### (2) 試験結果

試験結果を表-7に示す。

表-7 窒素流入による負圧、排気風量の変化

	定常状態	窒素バルブ「開」	更に非常用ダンパー「閉」
GB負圧	30 mmH <sub>2</sub> O	20 mmH <sub>2</sub> O	96 mmH <sub>2</sub> O
GB排気風量	60 m <sup>3</sup> /h	67 m <sup>3</sup> /h (N <sub>2</sub> =24 m <sup>3</sup> /h)	24 m <sup>3</sup> /h (N <sub>2</sub> =24 m <sup>3</sup> /h)

(窒素流量：24 m<sup>3</sup>/h)

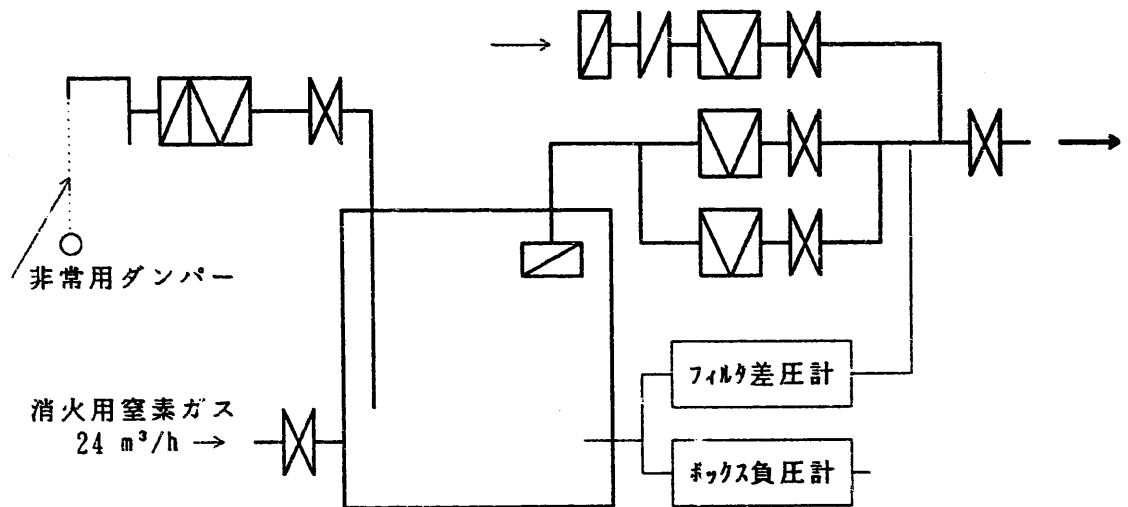


図-10 グローブボックスの非常用ダンパーおよび窒素ガスノズル

①定常状態から所定の消火用窒素ガスを流入すると、グローブボックス負圧は20 mmH<sub>2</sub>O 程度になる。

②非常用ダンパー「閉」の操作を先に行うとグローブボックスの負圧変動は大きくなり100 mmH<sub>2</sub>O の指示計が振り切れてしまった。

マニュアルでは非常用ダンパー「閉」の操作を先に行うが負圧変動を極力小さくしたい場合には、グローブボックスの負圧を確認しながら消火用窒素「開」の操作を先に行えばよい。

またグローブボックス内火災で排気フィルタが目詰まりを起こした場合、消火用窒素バルブ「開」の操作を先に行なえる範囲について試験した結果グローブボックス負圧が6 mmH<sub>2</sub>O 以上であれば正圧にならないという結果を得た。しかし消火窒素バルブを「開」にする場合にはグローブボックス負圧計を確認しながら操作するように心掛ける必要がある。

### 3.4.3 消火能力について

この設定窒素量はどの程度の消火能力を有しているのか。非常用ダンパーを使用しない状態（表-7参照）について考えると、グローブボックス排気量67 m<sup>3</sup>/h中に窒素24 m<sup>3</sup>/hが含まれていることになり、消火剤としての窒素量は計算上36 vol %となる。この窒素量は施設で最も多く使用されている可燃性物質のエタノール等について消火可能な量である（エタノールの消火に必要な窒素vol % = 33、参考文献：平野敏右著／燃焼学）。

### 4. 負圧管理の確認試験

負圧を維持管理するために、施設の専門運転員が有している知識は、施設の異常を実際に経験したものではなく、主に機器の性能や構造などから得られる知識とグローブボックスの負圧調整操作などの経験から蓄積された知識である。そこでこれらの未経験知識についての正当性を確認するために模擬のグローブボックスを用いて検証試験を実施した。

#### 4.1 試験方法

グローブボックス廻りの異常事象に対する各異常原因を発生させ、このときの指示計の変化について知識獲得結果をもとに確認した。

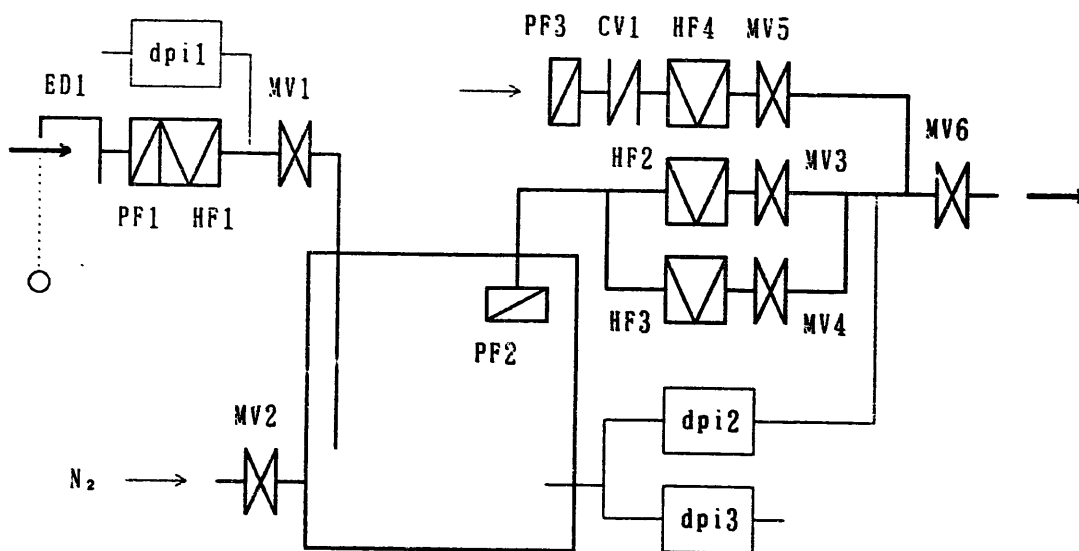


図-1 1 グローブボックス付属機器のTag No

#### 4.2 試験結果

試験結果を表-8に示す(注:表中↑印は、微差圧計の指示値上昇の意)。

表-8 異常原因と計測器の指示傾向(1/2)

異常事象: グローブボックス内圧力上昇						
異常原因	計器名	部屋~給気 フィルタ(dpi1)	排気フィルタ 差圧(dpi2)	G. B 負圧 (dpi3)	G. B 内温度	バイパス 開度(CV1)
給気フィルタ破損(PF1)		↓	↑	↓	-	↓
給気フィルタ破損(HF1)		↓	↑	↓	-	↓
給気バルブ「開」(MV1)		↑	↑	↓	-	↓
排気フィルタ目詰まり(PF2)		↓	↑	↓	-	↑
排気フィルタ目詰まり(HF2・3)		↓	↑	↓	-	↑

排気フィルタ後部ビニルバック破損	↓	↓	↓	-	↓
排気フランジの漏れ、破損	↓	↑	↓	-	↓
G. B、グローブの亀裂、破損	↓	↑	↓	-	↓
消火用窒素配管の破損	↓	↑	↓	-	↓
ポンプ破損G. B内吹き出し	↓	↑	↓	-	↓
G. B内火災フィルタ目詰まり	↓	↑	↓	↑	↓
バイパスフィルタビニルバック破損	↓	↓	↓	-	↓
バイパスバルブ「開」(MV5)	↓	↓	↓	-	↑
バイパスダンパ「開」(CV1)	↓	↓	↓	-	↑
GB排気バルブ「閉」(MV6)	↓	↓	↓	-	↓
バイパスフィルタ破損(PF3)	↓	↓	↓	-	↑
バイパスフィルタ破損(HF3)	↓	↓	↓	-	↑

表-8 異常原因と計測器の指示傾向(2/2)

異常事象：グローブボックス内圧力低下						
異常原因	計器名	部屋～給気 フィルタ(dpi1)	排気フィルタ 差圧(dpi2)	G. B負圧 (dpi3)	G. B内温度	バイパスダンパ 開度(CV1)
給気フィルタ目詰まり(PF1)		↑	↓	↑	-	↑
給気フィルタ目詰まり(HF1)		↑	↓	↑	-	↑
給気バルブ「閉」(MV1)		↓	↓	↑	-	↑
排気フィルタ破損(PF2)		↑	↓	↑	-	↓
排気フィルタ破損(HF2・3)		↑	↓	↑	-	↓
バイパスフィルタ目詰まり(PF3)		↑	↑	↑	-	↓
バイパスフィルタ目詰まり(PF4)		↑	↑	↑	-	↓
バイパスバルブ「閉」(MV5)		↑	↑	↑	-	↓
GB排気バルブ「開」(MV6)		↑	↑	↑	-	↑
バイパスダンパ「開」(CV1)		↑	↑	↑	-	↓

## 5. グローブボックスの定量的な負圧調整試験

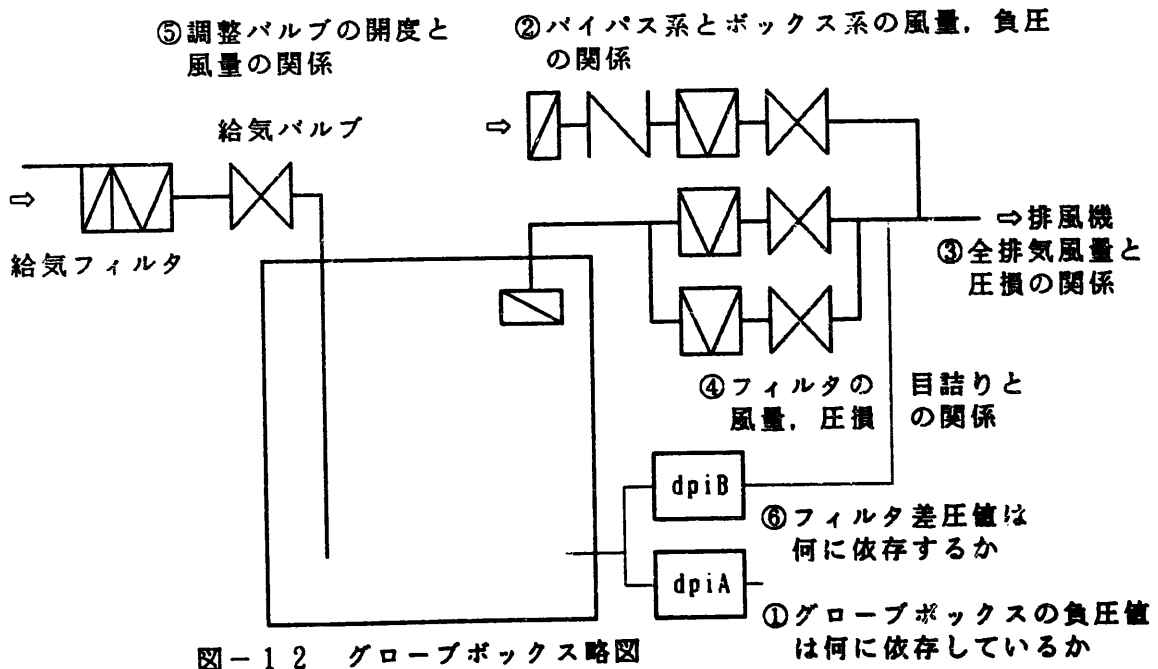
本試験は、模擬グローブボックスを用いて定量的な負圧の調整方法を確立し、現在開発している「運転支援エキスパートシステム」に反映することを目的としている。

従来グローブボックスの負圧調整は給気バルブ（又は排気バルブ）により、グローブボックス負圧値に着目して行われ、それに伴って変化する排気風量およびフィルタの目詰まり評価に関しては不明確であった。

### 5.1 負圧調整に必要な知識（データ）

負圧の調整を定量的に行うためには以下のデータが必要である。

- (1) グローブボックスの負圧値は何に依存しているか。
- (2) バイパス系とグローブボックス系の風量と圧力損失の関係。
- (3) 全排気風量（バイパス系とグローブボックス系の風量の和）と圧力損失の関係。
- (4) フィルタの目詰まりと風量、圧力損失の関係。
- (5) 調整バルブの開度と風量の関係。
- (6) フィルタ差圧値は何に依存しているか。



本試験では実際のグローブボックスに設置されている2個の差圧計（グローブボックス負圧・排気フィルタ差圧）の情報から定量的な負圧調整を実施することを前提とした。

5.2 試験結果

模擬のグローブボックスから、定量的に負圧を調整するのに必要な知識を得ることができた。その内容を次に示す。

- (1) グローブボックスの負圧は設置室に対して  $-2.5 \sim -3.5 \text{ H}_2\text{O}$  (通常  $-3.0 \text{ mmH}_2\text{O}$ ) に維持する。この負圧  $-3.0 \text{ mmH}_2\text{O}$  はグローブボックスの給気フィルタと給気バルブ (配管を含む。) の合計圧力損失に等しい。

グローブボックスの負圧 = 給気フィルタ + 給気バルブ

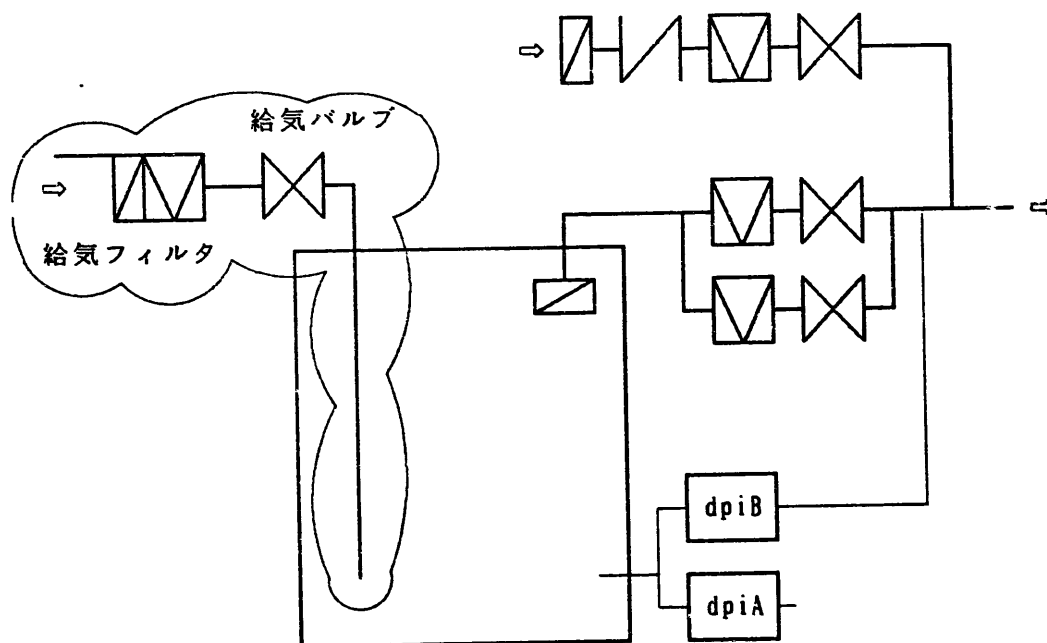


図-13. グローブボックスの給気フィルタおよび給気バルブ

- (2) グローブボックス系全体の圧力損失とバイパス系全体の圧力損失は等しい。その範囲を下図に示す。

グローブボックス系圧力損失 = バイパス系圧力損失

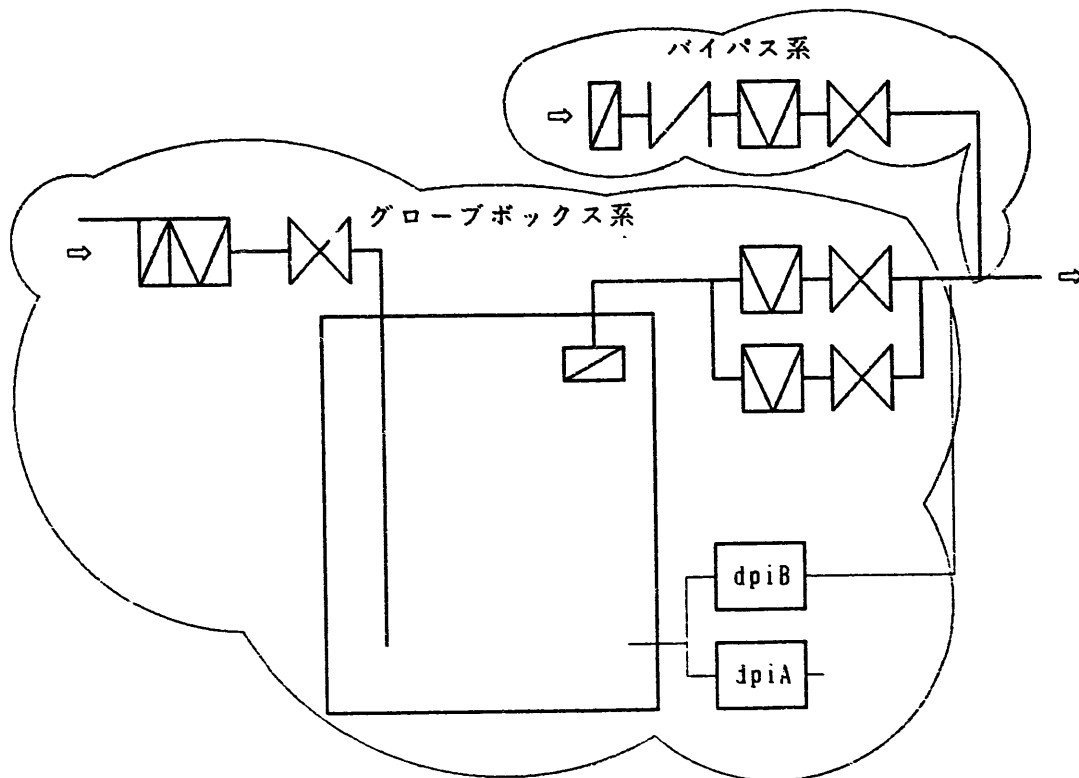


図-14 グローブボックス系およびバイパス系略図

(3)全圧力損失と全排気量には一定の関係があり、一次式で近似することが出来る。

$\begin{aligned} \text{全圧力損失} &= \text{グローブボックス系圧力損失} = \text{バイパス系圧力損失} \\ \text{全排気量} &= \text{グローブボックス排気量} + \text{バイパス排気量} \end{aligned}$
---

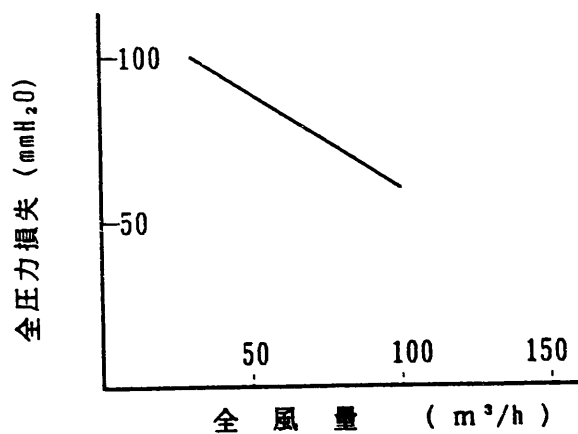


図-15 全風量と全圧力損失の関係

(4)ヘパ(HEPA)フィルタの風量と圧力損失には一定の関係があり、一次式で近似することが出来る。

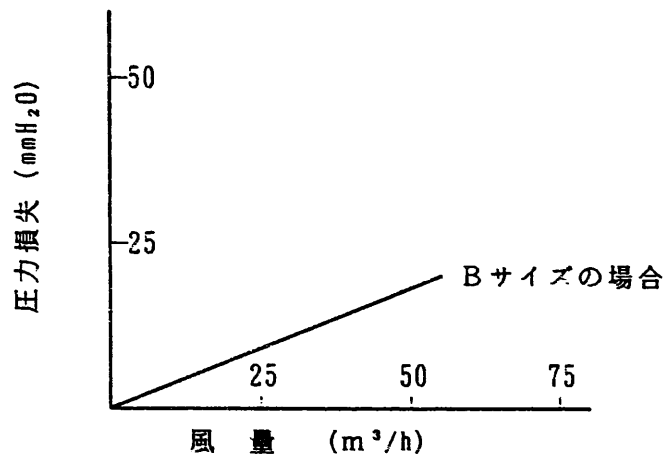


図-16 ヘパフィルタの風量と圧力損失の関係

(5)その他、下記についての知識(データ)を得ることができた。

- ①各フィルタ目詰まりによるグローブボックス系の変化
- ②バルブ開度と風量、圧損の変化
- ③フィルタ差圧計の指示値と配管抵抗について

### 5.3 排気風量とフィルタ目詰まりの定量化

給気フィルタの目詰まりを例にとり、定量的にフィルタ目詰まりを把握する方法について説明する。

(1)グローブボックス系の圧力損失と風量  
の関係から実際の風量を求める。  
(図-17参照)

「所定の風量チェック」

↓

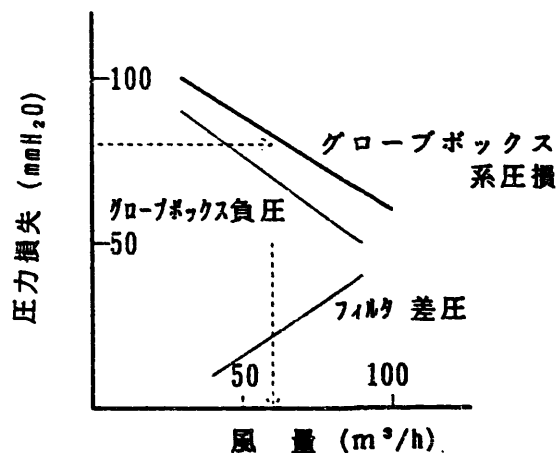


図-17 グローブボックス系の圧力損失と風量の関係



(2)バルブ開度と風量、圧力損失の関係から実際の風量での給気バルブ圧力損失分を求める。(図-18参照)

↓

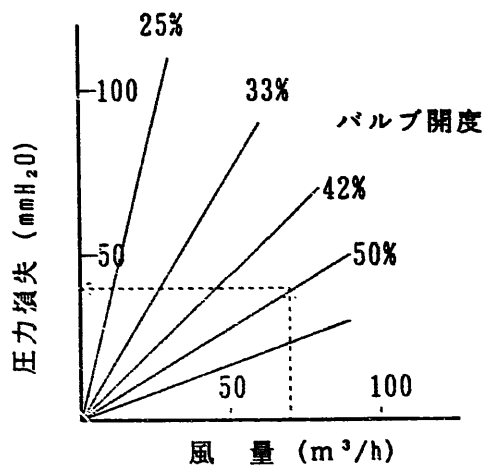


図-18 バルブ開度と風量および圧力損失の関係

(3)グローブボックス負圧値から給気バルブ圧力損失分を差し引き給気フィルタの現在の圧力損失を求める。(図-19参照)

↓

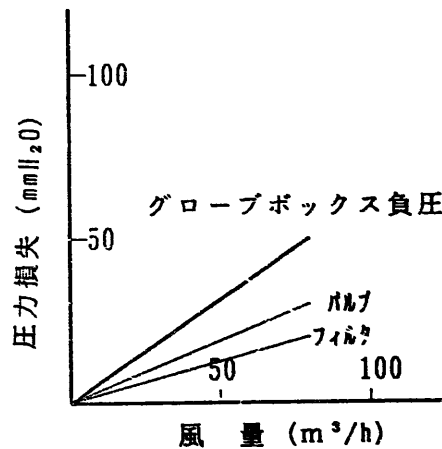


図-19 グローブボックス負圧値の内訳

(4)フィルタの初期状態と現在の圧力損失、実際の風量の関係から実際の圧力損失を求める。(図-20参照)

「フィルタ目詰まりのチェック」

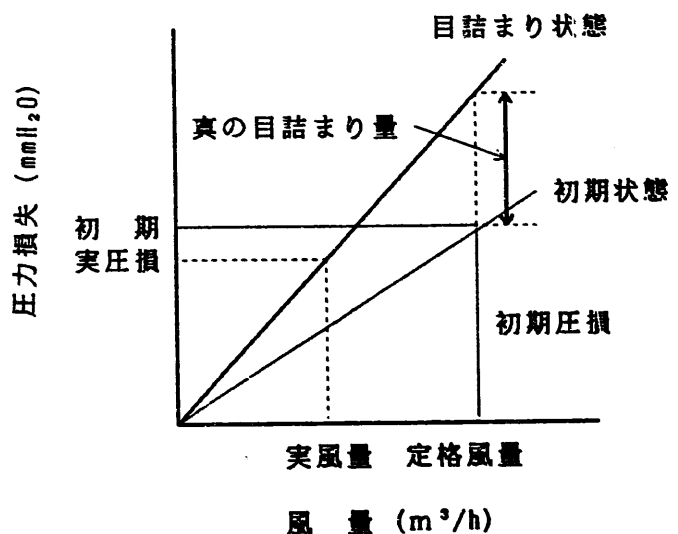


図-20 フィルタ目詰まりの評価

## 5.4 負圧調整シミュレーション

模擬グローブボックス試験から得たデータを基に、負圧調整のシミュレーションを行い最適なグローブボックスの負圧および風量を確保するための対処方法を定量的に提示するものである。

(1)シミュレーションに必要なデータ（バルブ等のTag Noについては図-11参照）

- ①給気バルブ（MV1）動作による圧力損失と風量の関係
- ②排気バルブ（MV4）動作による圧力損失と風量の関係
- ③バイパスバルブ（MV5）動作による圧力損失と風量の関係
- ④給気バルブ（MV1）の各開度における圧力損失と風量の関係
- ⑤排気バルブ（MV4）の各開度における圧力損失と風量の関係
- ⑥バイパスバルブ（MV5）の各開度における圧力損失と風量の関係
- ⑦バイパスダンパ（CV1）の圧力損失と風量の関係

(2)グローブボックスの管理基準（表-9参照）

表-9 グローブボックスの負圧および風量の管理値を下記に示す。

項 目	管 理 値	通 常 値	備 考
負 圧 (mmH <sub>2</sub> O)	25～35	30	—————
風 量 (m <sup>3</sup> /h)	50～60	60	模擬GB1m <sup>3</sup> の場合

(3)負圧、風量の調整方法

グローブボックスの負圧、風量の調整は下記の方法で行い、その結果を対処方法として運転員に提示する。

## ①調整方法1

各フィルタ（給気、排気、バイパス）が目詰まりを起こした場合、各フィルタの後ろのバルブで調整する方法。

## ②調整方法2

各フィルタ（給気、排気、バイパス）が目詰まりを起こした場合、給気バルブで調整する方法。

(4)負圧調整のシミュレーション方法について

システムではグローブボックスの負圧に変動があると、(1)に示すデータを基にシステム内部でバルブ開度を変化させ、圧力損失および風量を計算し、管理基準値内で最も通常値に近くなるようなバルブとその開度を提示する。またフィルタの目詰まりが大きく基準の風量の確保が出来ない場合にはフィルタ交換の指示となる。

引用文献

- (1)安久津英夫他、グローブボックス工学講座：原子力工業 第18巻(1972)
- (2)井伊谷鋼一、集塵技術マニュアル：日刊工業新聞社(1975)
- (3)上滝具貞、粉流体の空気輸送：日刊工業新聞社(1974)
- (4)空気調和・衛生工学会、実用空調・衛生設備設計データブック：春日書房(1982)
- (5)空気調和・衛生工学会、空気調和・衛生工学便覧：第10版 第Ⅱ巻(1982)