

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。 2001. 6. 6

[技術情報室]

HEPAフィルタ現場試験法

現状調査と試験法の検討

1980年9月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、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番地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)
2001

16A°-シ"

誤

正

1行目 $P_1 (M+m_1) V + m_2 \Delta V_1$ →

式(3.1) $P_2 = \frac{P_1 (M+m_1) V + P_1 m_2 \Delta V_1 + m_2 \Delta V_2 (V + \Delta V_1)}{(V + \Delta V_1 + \Delta V_2) (M+m_1) V}$ →

$P_2 = \frac{P_1 (M+m_1) V + P_1 m_2 \Delta V_1 + m_2 V_2}{(M+m_1) V}$ →

(但 $\frac{\Delta V_2}{V + V_1} = P_2$) →

式(3.3) $\frac{P_2 - P_1}{P_1} = \delta$ →

23A°-シ"

11行目 ±sに 分散は →

12行目 $\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}^{\frac{1}{2}}$ →

$P_1 [(M+m_1) V + m_2 \Delta V_1]$
 $P_2 = \frac{[P_1 (M+m_1) V + P_1 m_2 \Delta V_1 + m_2 \Delta V_2] (V + \Delta V_1)}{(V + \Delta V_1 + \Delta V_2) (M+m_1) V}$

$P_2 = \frac{P_1 (M+m_1) V + P_1 m_2 \Delta V_1 + m_2 \Delta V_2}{(M+m_1) V}$

(但 $\frac{\Delta V_2}{V + \Delta V_1} = P_2 \doteq \frac{\Delta V_{1+2}}{V}$)

$\frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 = \delta$

±sに 標準誤差は

$\sigma = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)} \right]^{\frac{1}{2}}$

HEPA フィルタ現場試験法
現状調査と試験法の検討



実施責任者 関 昭雄*

報告者 江花 稔* 金盛 正至*

期 間 1980年7月1日～1980年8月1日

目 的 HEPA フィルタ現場試験法の技術的基準を検討する。

要 旨

HEPA フィルタ現場試験は、環境への放射性物質の放出を規制量以下に保持し、事故時等においても安全を確保するために必要である。

現場試験を実施する上で必要な基準としては、1)試験用エアロゾル発生器の性能に関する基準、2)エアロゾル濃度測定装置に関する基準及び、3)エアロゾルの採取方法に関する基準、4)現場試験の頻度及び捕集効率等に関する基準がある。これらの基準についてアメリカのANSI N510-1975 Testing of Nuclear Air-Cleaning Systems を基礎として、核燃料施設におけるHEPA フィルタ現場試験に必要な基準について検討した。

さらに、現場試験実施上の問題点としては、多段HEPAフィルタにおける試験法の問題、グローブボックス等の直後にあるHEPAフィルタの試験法の問題、放射性物質による汚染度が高い場合の試験法の問題があり、他施設の状況を調査し試験法を検討した。

* 安全管理部 放射線管理第1課

HEPA フィルタ 現場試験法

目 次

まえがき	1
1. 現場試験法の現状	2
2. 現場試験に必要な装置	3
2.1 エアロゾル発生器	3
2.2 エアロゾル濃度測定装置	9
3. 現場試験の条件	15
3.1 試験用エアロゾル濃度	15
3.2 エアロゾル粒径分布	17
3.3 エアロゾルの混合度及び投入条件	17
3.4 エアロゾルのサンプリング方法	23
3.5 現場試験の頻度及び捕集効率の基準	26
3.6 ま と め	26
4. 実際の現場試験における問題点	32
4.1 グローブボックスのHEPAフィルタ試験	32
4.2 多段HEPAフィルタの試験	35
5. ま と め	39
6. 文 献	40
7. 別添資料	41

ま え が き

原子力施設用の高性能エアフィルター（以下HEPAフィルタと言う）については、その性能について、JISのZ4812-1975（放射性エーロゾル用高性能エアフィルタ）により規格化されている。これにより、製作時の性能については試験確認することができる。しかし、HEPAフィルタを使用する上では、ガスカートとの密着性が十分であるかどうか、あるいはフィルタ移動中並びに設置時に損傷を受けなかったかどうか、つまり、実際に設置された状態においても規定の性能を発揮するかどうか重大な問題となる。このためHEPAフィルタを現場に設置した後にフィルタ装置の現場試験を実施する必要がある。

DOP等の粒子によるHEPAフィルタの現場試験法には何種類かあるが、このうちアメリカの国内規格及び国内（原研）で実施している規格がよく知られている。両者ともアメリカ海軍研究所(NRL)の開発した試験法をもとに標準化している。その他アメリカでは、OAK RIDGE NATIONAL LABORATORYがかなり精力的にHEPAフィルタの効率試験を実施している。またその他にも、LOS ALAMOS SCIENTIFIC Lab, IDAHO NATIONAL ENGINEERING Lab等でも検討を行っている。

国内では先に述べた原研（東海及び大洗）の試験方法があるが、その他に科学技術庁が、日本空気清浄協会に委託して実施した試験法の研究があり、これは昭和45年に原子炉フィルタについて実施され、昭和54年から核燃料施設のフィルタについての試験が開始され現在実施中である。

以上のようにHEPAフィルタの設置後の現場試験法は、HEPAフィルタが放射性物質の環境への流出を防止している最終的な要であるという認識から各原子力施設とも精力的に取り組んでいる。動燃事業団では、大型の核燃料物質及び放射性物質使用施設を有しHEPAフィルタの設置時に個々の施設において現場試験が実施されている。当部としても放射線安全管理の立場からその試験法の技術的検討の実施が必要であると考え。

ここでは科学技術庁の依託研究^{*}の状況をも踏まえて、今後の試験法の確立に資するためHEPAフィルタ現場試験法の調査検討を行った。

* 空気清浄協会受託

1 現場試験法の現状及び試験項目

現在アメリカでは、HEPAフィルタに対してはDOP（ディオクチルフタレイト）、アドソーバに対しては弗化炭素冷媒を検査用物質として使用した試験方法が開発され、標準化されている。

（ANSI N510-1975, Testing of Nuclear Air-Cleaning Systems）。このHEPAフィルタ試験方法は、アメリカ海軍研究所（NRL）が開発したものを基準とし、その後Oak Ridge National Laboratory等が同方法による試験方法を採用した結果最終的にアメリカの標準試験法となったものである。ANSI N510-1975の現場試験法には以下の項目がある。

1. 目視検査

HEPAフィルタ・ハウジング等の損傷の有無、健全性の確認、員数確認等の設置前の検査

2. ダクト・ハウジング漏れ試験

HEPAフィルタ等を取り付けるハウジングあるいは、関連するダクト部の漏れ検査で、フィルタ設置前に実施する。

3. 浜材支持枠の圧力漏れ試験

HEPAフィルタ及び吸着材を取り付ける支持枠からの空気漏れがないか確認する試験で、フィルタ設置前に行う。

4. 空気流量・分布・滞留時間試験

ファンが定格の空気流量を持っているか、フィルタ通過空気流が各フィルタ面で均一となっているか、吸着材での空気滞留時間が規格通りかを確認する試験。

5. エアロゾル混合均一性試験

試験すべきフィルタ類に対してトレーサー（DOPあるいは冷媒ガス）が均一に混合されて流入し試験が信頼に値するものか確認する試験。

6. HEPAフィルタバンク現場漏れ試験

フィルタ類の、受け入れ時及び交換時に実施する試験で、フィルタの損傷の有無の確認、取り付けの適切性、各部（支持枠、ハウジング等）からの漏れの有無確認及びフィルタが一定の性能を保持しているかどうかの確認を行う試験。

特にHEPAフィルタの現場試験という場合は、上記項目のうち、5、6の項目を意味する場合が多い。そこで本報告においても、現場試験法の中で特に問題となる項目を中心として話を進める。

日本国内では日本原子力研究所が、ほぼNRLが開発した試験方法を採用している。本報ではANSIの基準を基礎として、その後の開発状況をも含め技術的な考え方について述べる。

2 現場試験に必要な装置

HEPAフィルタの現場試験を実施する上で必要な装置としては、HEPAフィルタ上流で試験に適したエアロゾルを発生させるエアロゾル発生器と、HEPAフィルタの上流側及び下流側でエアロゾルの濃度を測定する装置の3種が必要であり、以下に各々について述べる。

2.1 エアロゾル発生器

ANSI-510ではDOPエアロゾル発生装置として、§3.9において、1)液体DOPの室温中での圧空吹き出し方式か、2)液体DOPを気化し適当な条件下で凝固したものを使用する方式の2種類を指定しており、かつエアロゾルは、多分散のエアロゾルの使用を規定している。粒子の分布としては

多分散エアロゾルの粒子分布条件

99% が 3.0 μm より小さい

50% が 0.7 μm より小さい

10% が 0.4 μm より小さい

の範囲にある粒子を用いるように記されている。ここで注意しなければならないのは、個別のHEPAフィルタの性能を試験するのに用いるのは、0.3 μm の単分散エアロゾルであり、現場試験法の場合に使用する多分散エアロゾルとは異っている点である。エアロゾル発生器の性能はDOP粒子を圧空により発生させるLaskinノズルの場合5~30psigで動作させて上記の分布をもつエアロゾルを発生させ得る性能があることが必要とされている。

DOP粒子発生装置の中で、代表的なものとしてFig 2.1.1に示すものがある。この装置はNRLにより現場試験用として開発されたものである。装置は、19ℓの容器の中に、6本の噴霧用ノズルがあり、外部に空気圧力計及び空気圧力調整バルブがあり圧空量の調整が可能となっている。圧空はAir inletから供給され、DOP溶液をノズルから噴霧し多分散DOPエアロゾルとして放出する。ノズル1本当りのエアロゾル質量濃度は25psig (1.75kg/cm²)の圧空では5mg/ℓで、85ℓ/minの発生量となる。粒径分布は平均粒径0.5 μm で1 μm 以下の粒子が95%となっている。これはNRLで最近見なおされJ・A・Youngによれば平均粒径0.35 μm 、最大幾何学的標準偏差1.5と報告されている。この装置の原型は、その後使用者によって検討が加えられ、使用しやすいように改良も加えられて新しい製品ができています。主な改良点としては、

- ① ノズル数を増し6本から12本としている。

これは大容量のHEPAフィルタを試験する場合にはどうしてもエアロゾル量が不足するという問題を解決しようという意図から工夫されたものである。

- ② 圧空開閉バルブをノズル1本毎にとりつけている。

NRLの噴霧装置はエアロゾル調整の場合に、単一開閉バルブのために空気容量に応じた微調整がきかないが、各ノズル毎に調整を行うことにより微調整を行うことができる。

ORNLにより製作された12本ノズルのDOP発生装置のノズルをFig. 2.1.2にあげる。

DOP粒子の再現性の問題

DOPのエアロゾルの粒度分布及び濃度は現場試験で常にその再現性が得られなければならない。このためANSI-N510-1975では、前にも述べたとおり、5～30psigにおいて規格(3.9)を満足するエアロゾルを発生するラスキンノズルの使用を指定している。アメリカ標準試験法(1966)では、NRLのDOP発生装置が5～30psigの圧力範囲で使用して十分な再現性が得られると報告されており、かつFig. 2.1.1の製作条件が満たされるならば、下記の5条件を満足することにより、試験の都度の粒度分布測定は実施しなくても良いと勧告している。

- 1) ノズルの形状をFig. 2.1.1の通りにして垂直で使用する。
- 2) 空気の供給を停止したときに、DOP液の位置が、カラー上面以上でかつ上側1in以上ではないけない。
- 3) 圧空が5～30psigである。
- 4) DOPの温度が室温である。
- 5) ノズルとカラーの破片物、ゴミ等が蓄積していない。

従って、指定された規格や、標準試験法にそって、正しい発生装置を使用することにより、DOP粒度分布及び濃度の再現性を確保している。

参考までに、NRLが開発したDOPエアロゾル発生器の性能を示す。Table 2.1.1には、圧空、流量率、質量濃度、光散乱幾何学的平均径(Light Scattering Geometric Mean Diameter)とその幾何平均標準偏差 σ_g の圧空圧力変化に伴う変動を示す。

Table 2.1-1 Performance of a DOP Aerosol Generator ⁷⁾

Pressure (psig)	Flow (lpm)	Mass Concentration (mg/l)	LSGMD (μ)	σ_g
5	33	2.63	0.88	1.61
10	49	4.57	—	—
15	63	5.10	0.84	1.51
20	75	5.10	—	—
25	86	5.00	0.83	1.44
30	97	4.80	—	—

Fig. 2.1.3に圧空空気量とエアロゾル発生量との関係を示す。さらにFig. 2.1.4には、空気流量と空気中濃度の関係を示している。この図によれば約45 ℓ /minから95 ℓ /minの間の空気流量において質量空気中濃度が5 μ g/ ℓ ±10%の間に保持されていることがわかる。

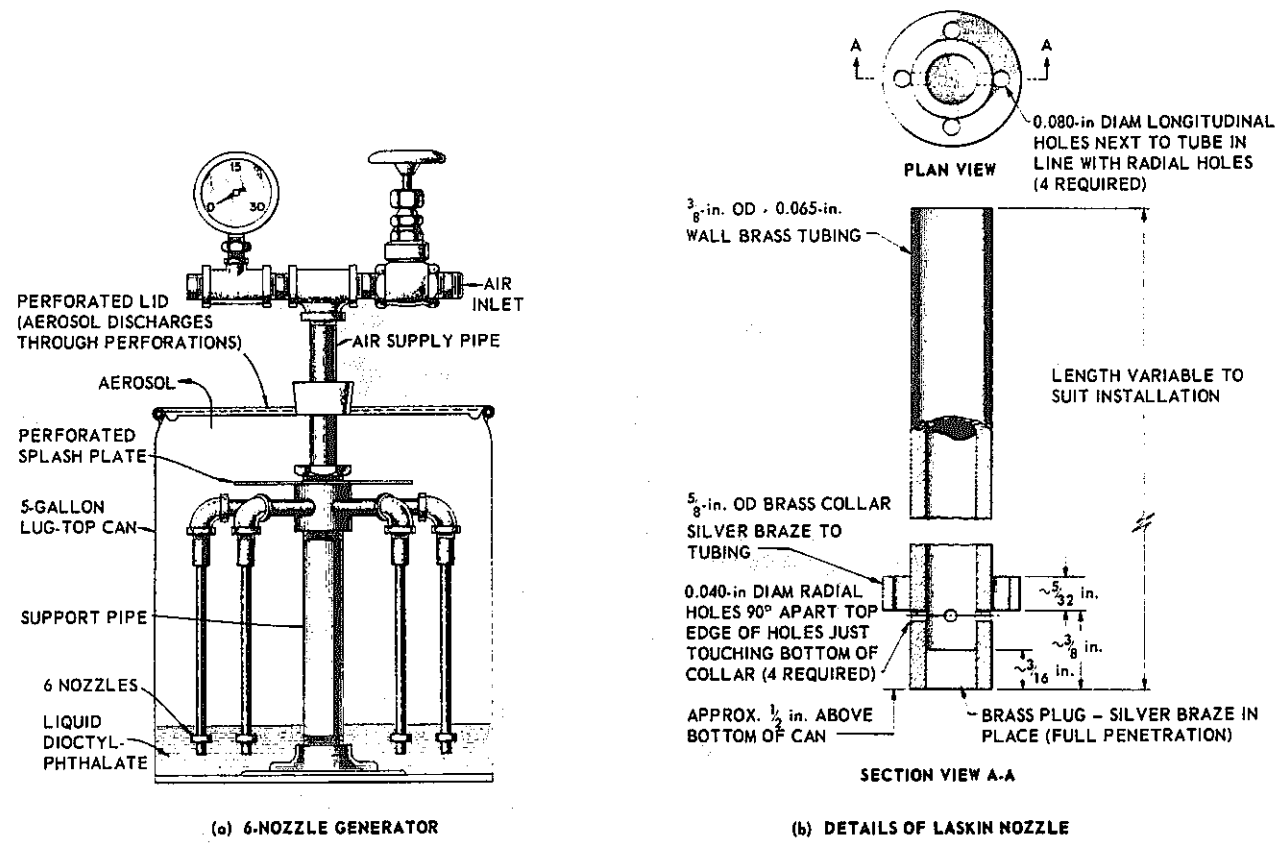


Fig.2.1-1 Air-operated DOP generator.

UNCLASSIFIED
PHOTO 60298

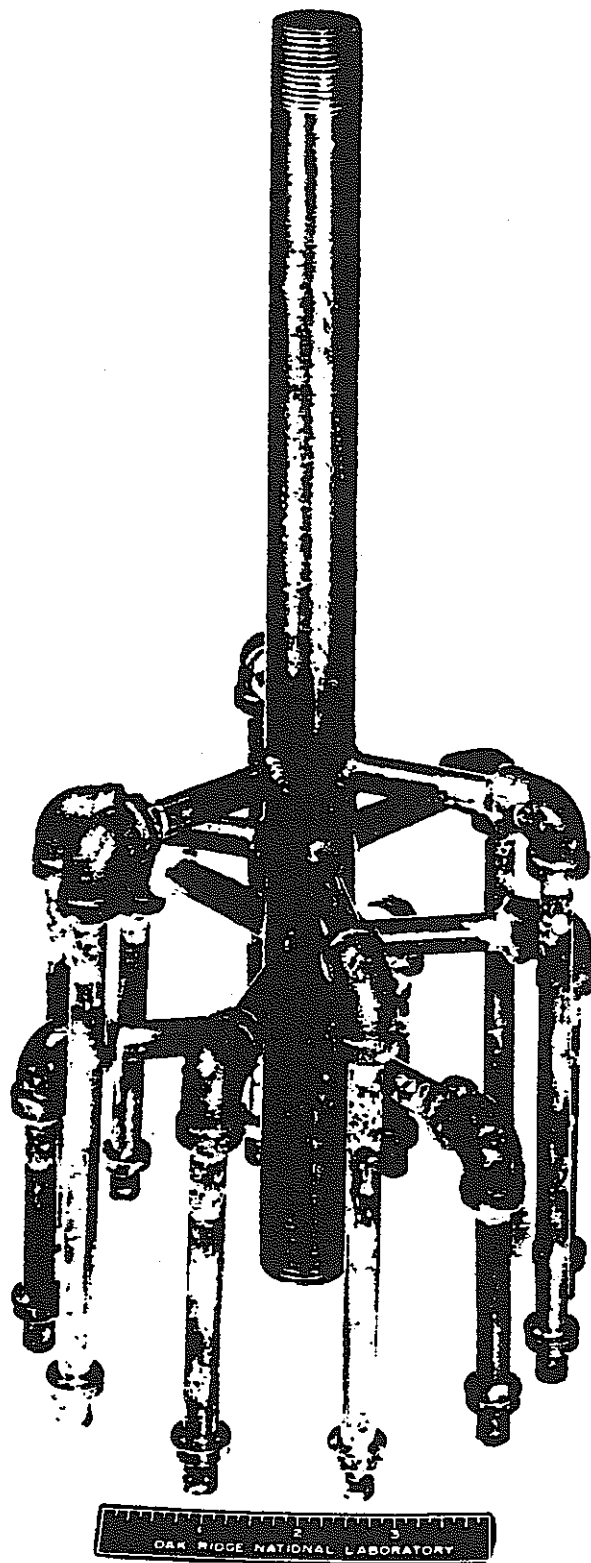


Fig.2.1-2 Twelve-Nozzle Atomizing Unit for an Aerosol Generator.

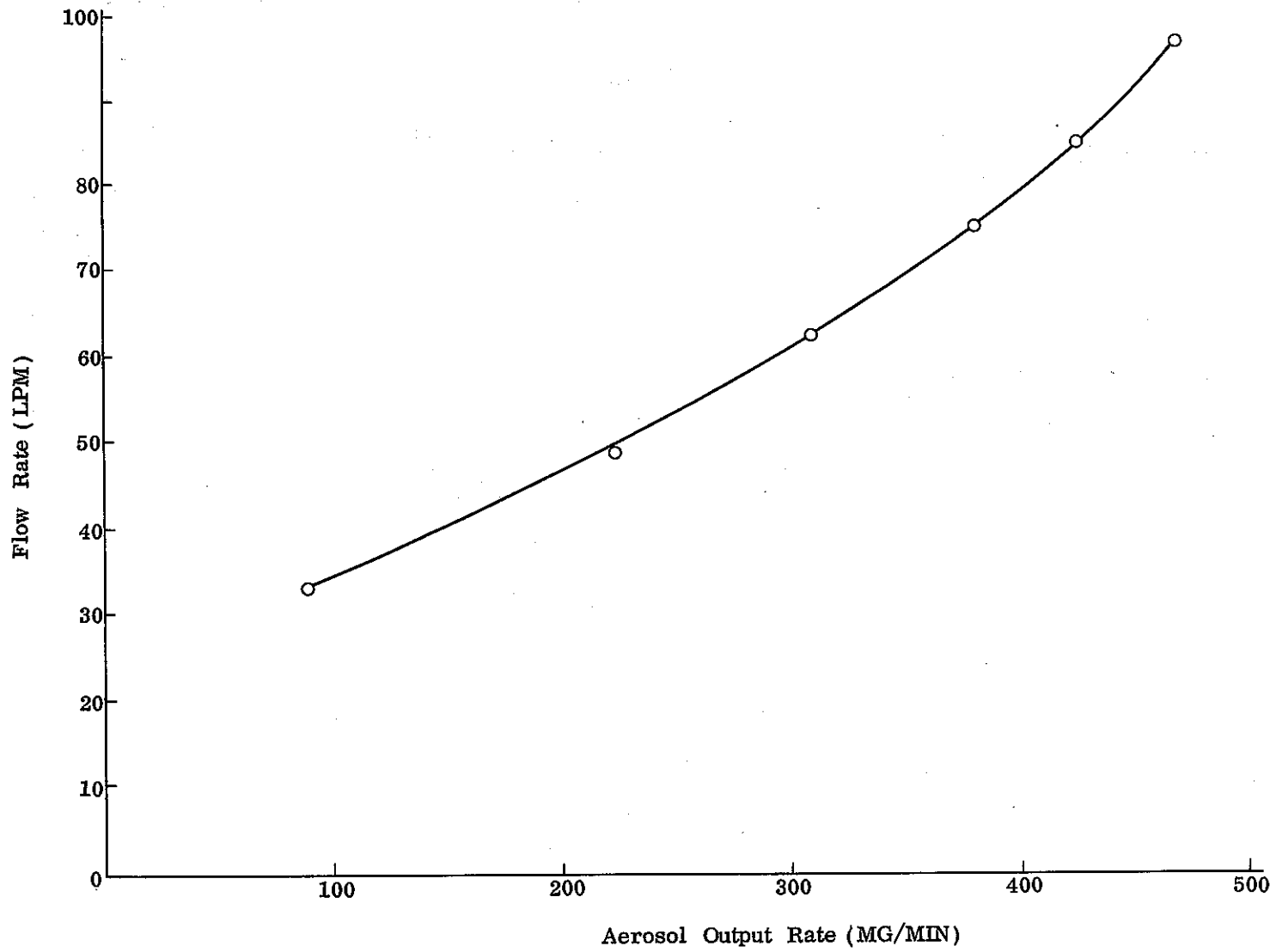


Fig.2.1-3 Flow Rate in mg/min VS. Flow Rate in 1 pm⁷⁾

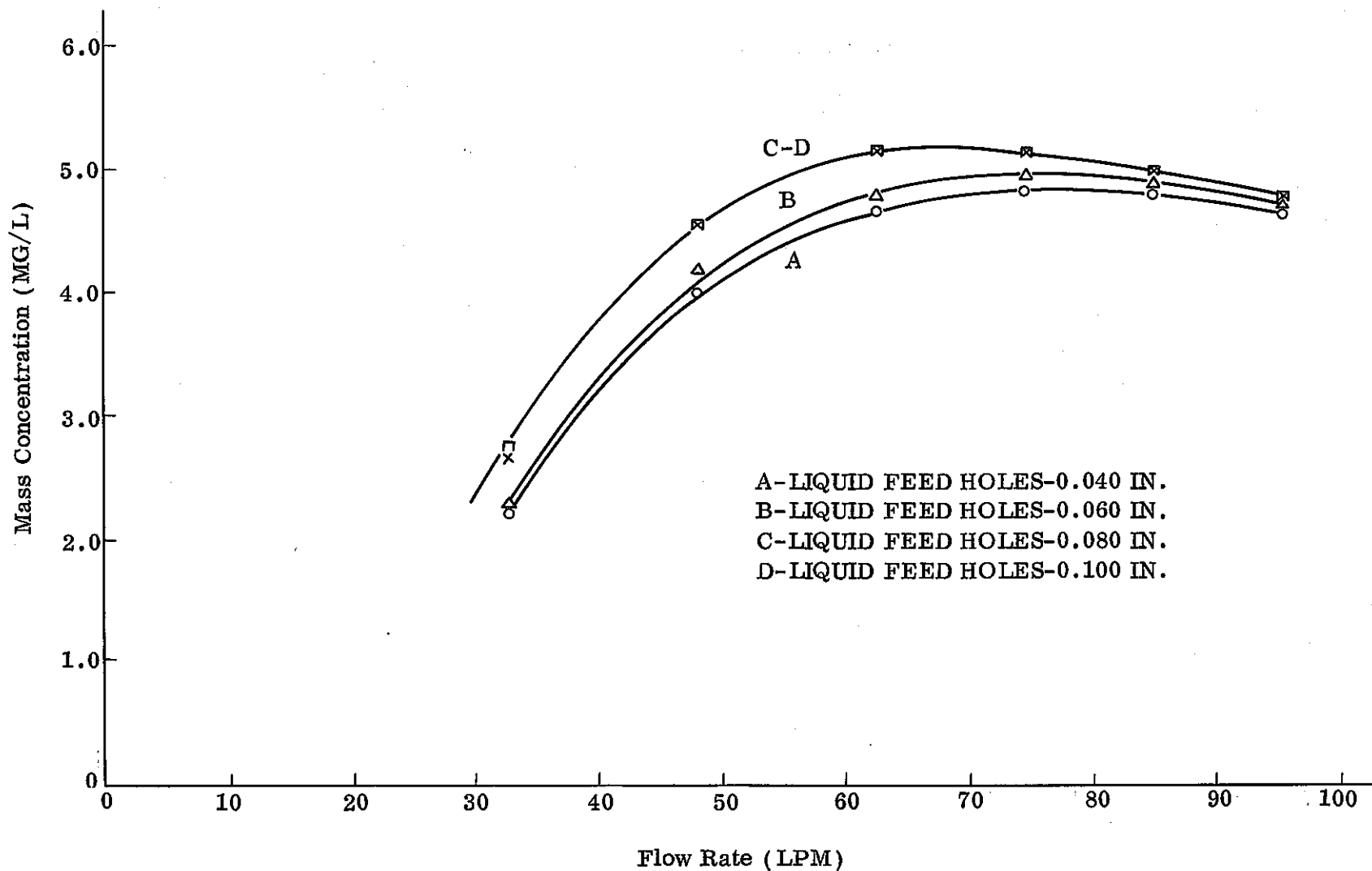


Fig.2.1-4 Mass Concentration as a Function of Flow Rate and Liquid Feed Hole Size 7)

2.2 エアロゾル濃度測定装置

(1) 性能について

ANSI-N510-1975では(Photometer, Penetrometerと言われている)近前方光散乱型エアロゾル測定器で下記の5条件に適合するものを利用するよう勧告している。

- ① 試験エアゾルの濃度を、最低でも $10^{-3} \mu\text{g}/\ell$ (空気)の試料が測定できかつこの濃度で最も高感度のスケールになっているとき最小目盛が濃度1%であること。
- ② DOPの濃度で、試験に用いられている装置の検出限界の 10^5 倍の濃度が測定可能なこと。
- ③ 1000cfm以上の大型装置の試験を行う場合は、最低でも1cfm以上のサンプリング流量であること。
- ④ 最低の検出限界濃度から測定できる最大濃度まで直線応答で測定できること。
- ⑤ 内部校正装置を持っていること。

(2) 測定装置の概要

これらの条件に適合するホトメータとしては、アメリカ、日本国内等で各種の製品が製作されており、規格に適合するものを選択すれば良い。この種の測定器の他にレーザパーティクルカウンタ及びピエゾ粉じん計等の製品がある。まず第一に光散乱式の製品から概要を記す。

1) 光散乱式

Fig 2.2.2に示すように通常 1)光散乱箱 2)光源 3)光学系 4)光電子増倍管 5)指示部 6)表示メータから構成される。Fig 2.2.1はORNLで使用されている前方散乱型ホトメータの概念図である。試料空気は左側のチェンバーの中を流れるが、その中に右側チェンバー内の光源からレンズによって集光された光が導入され内部にあるエアロゾルにより前方に散乱される。散乱された光はチェンバー外に設置されている光電子増倍管により検出される仕組みになっている。光電子増倍管からの出力がメータ上に指示されるようになっている。光源からの直接光は光電子増倍管に入らないように遮光されている。Fig 2.2.2はTDA製の前方散乱型ホトメータのブロックダイヤグラムである。側方散乱型ホトメータの概念図はFig 2.2.3に示すが、光源からの散乱光を 90° 方向にて確認するようになっている点が異っている。一般には前方散乱型が側方散乱型より感度が100~10000倍であると言われているが市販されている製品は両者とも $10^{-3} \sim 10^3 \mu\text{g}/\ell$ 程度の感度域となっている。

ホトメータの選択上の便宜を考え、Table 2.2.1に各社の製品の比較表を示す。

Table 2.2.1 エアロゾル濃度測定装置比較表

種類 項目	前方散乱			側方散乱		レーザーパーティクルカウンタ	
				135°	70°		
型	TM-2000(PPI社)	TDA-2C(ATI社)	225/519(ROYCO)	AP-634(柴田化学)	KC-01(柴田化学)	226(ROYCO社)	TSI-600(日立DECO)
測定範囲 (測定時間)	$10^{-3} \sim 10^2$ mg/m ³	$10^{-3} \sim 10^2$ mg/m ³	$3.5 \times 10^2 \sim 3.5 \times 10^9$ (10分間) (1分間) コ/m ³	$10^{-4} \sim 10^2$ (1分間) mg/m ³	$0 \sim 10^3$ コ/m ³	$0 \sim 8 \times 10^{11}$ (5秒) コ/m ³	$0 \sim 10^{12}$ (1分) コ/m ³
吸引流量	28ℓ/min	28ℓ/min	0.01cfm~0.1cfm	3~30ℓ/min	1~10ℓ/h	0.3ℓ/min	0.07~1.1cc/min
校正装置	内蔵	内蔵	-	内蔵	内蔵	内蔵	-
清浄装置	内蔵	内蔵	-	-	シースエア方式	シースエア方式	-
表示	対数5桁	直線目盛	6桁(2チャンネル)	5桁(2チャンネル)	5桁	6桁	4桁×5チャンネル
寸法等	携帯用	12kg	24kg	40kg	11kg	25kg	大型
粒径範囲	-	-	0.3μm以上又は 0.5μm以上8レンジ	0.3μm以上	0.3~5μm 5レンジ	0.12~6.12μm以上 16レンジ	0.075~0.8μm 2レンジ

ロ) レーザー式

レーザーパーティクルカウンタを用いたエアロゾル測定法が開発されており、特に多段のHEPAフィルタの場合におけるその有効性が言われている。つまり、従来からのフォトメータは $\sim 10^5$ 程度のダイナミックレンジであり、かつ検出濃度も $\sim 10^{-3} \mu\text{g}/\ell$ 程度であるのに比較してレーザーパーティクルカウンタは、単一の粒子でも検出可能な程検出限界が良いため、従来HEPAフィルタ1段毎の試験しか実施できなかったのが、HEPAを多段(~ 2 段)にして多段のフィルタを同時に測定ができるという点からである。つまり従来からの1段毎のフィルタ試験では、捕集効率の悪い粒子群があった場合には、その粒子群に対する総合捕集性能が悪化する可能性があったので、その面での性能試験が必要であったが、1段目の試験では、単一分散エアロゾルの分布を変化させて試験する等の技法が必要となり、困難な面が多くあった。しかし、レーザーパーティクルカウンタを用いて、総合捕集効率を1度に測定することによりその困難は除かれ、比較的簡単に精度のよい測定が実施できる可能性がある。

UNCLASSIFIED
ORNL-LR-DWG 77999

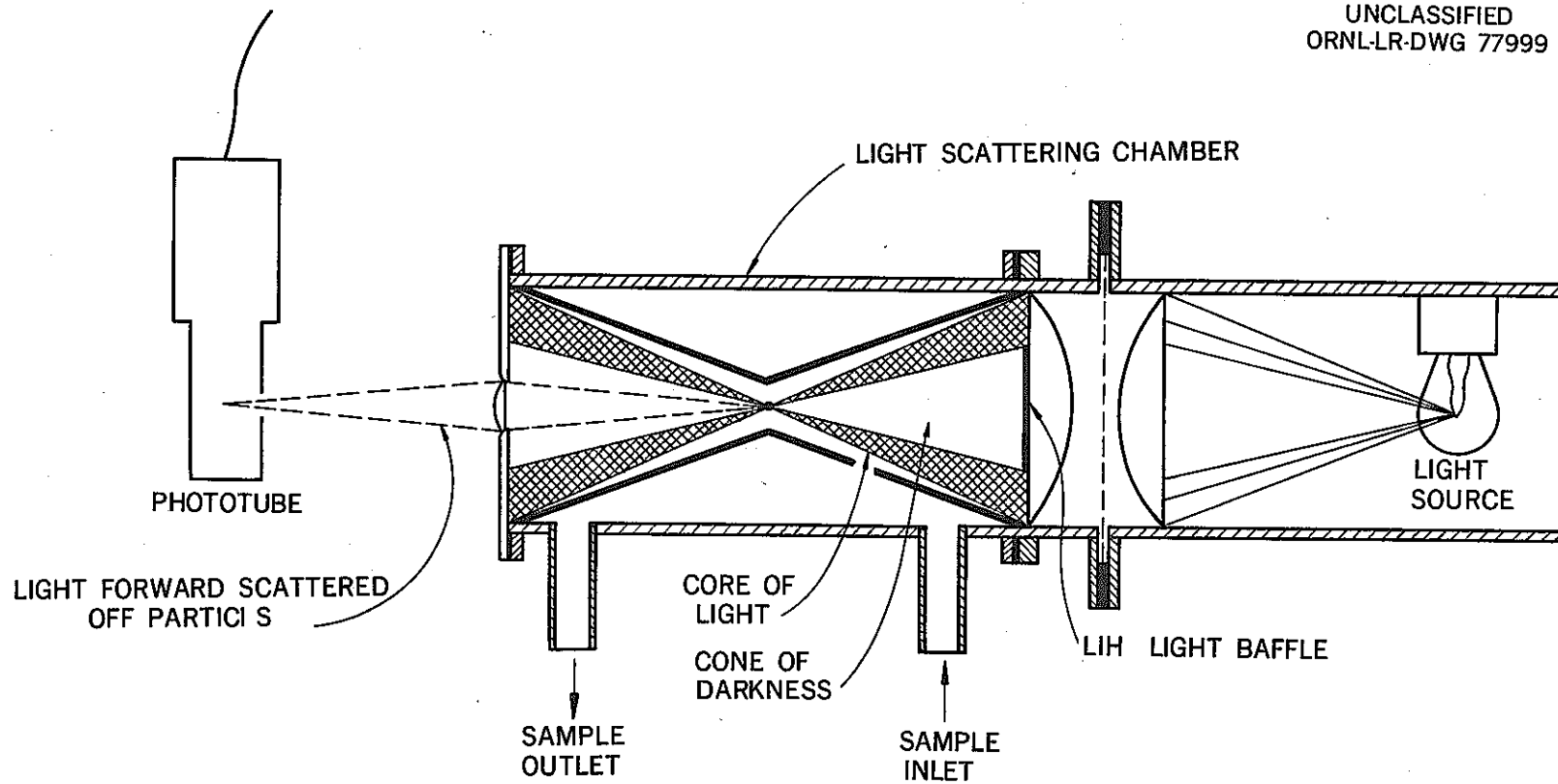


Fig.2.2-1 Cross Section of a Forward Light Scattering Photometer.

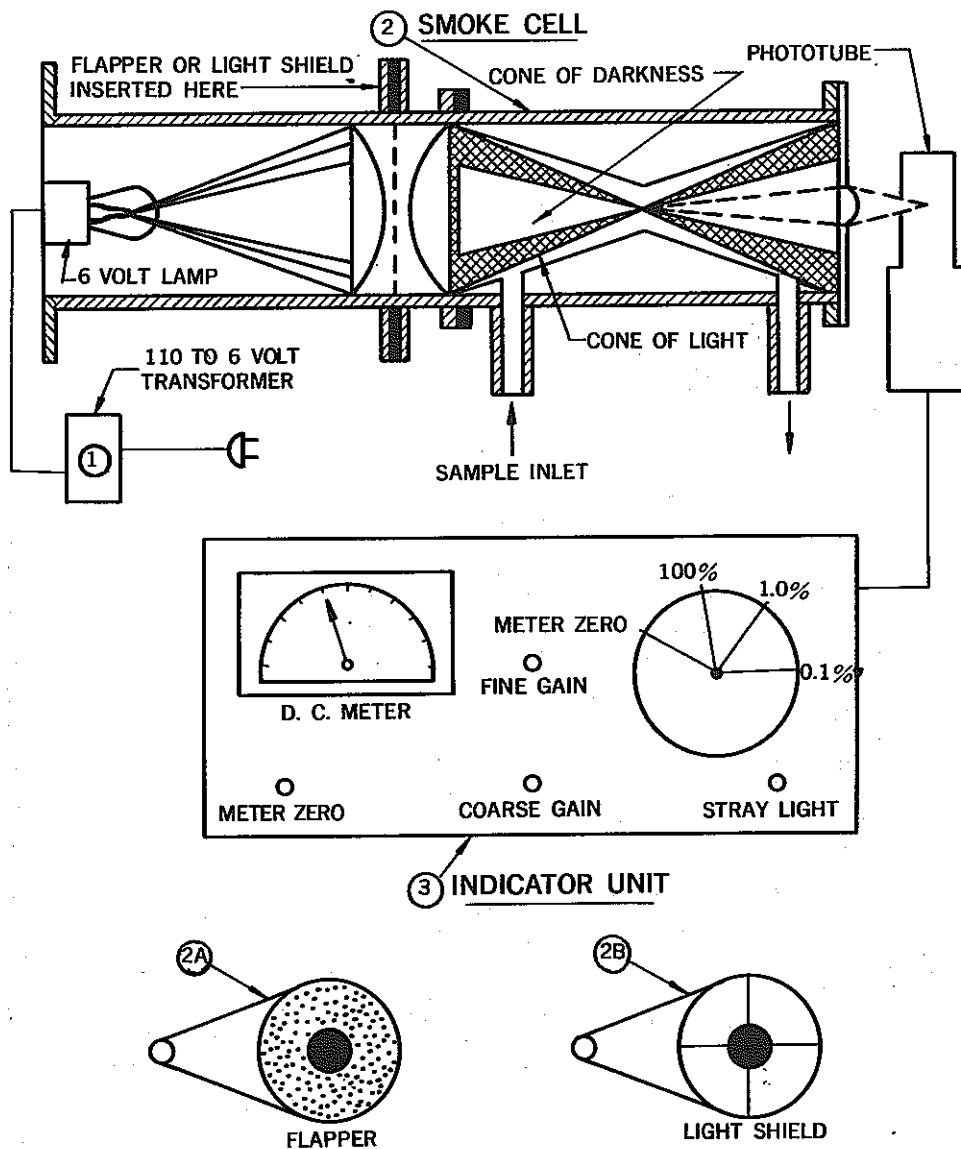


Fig.2.2-2 Details and Controls for the T.D. Associates Smoke Photometer¹²⁾

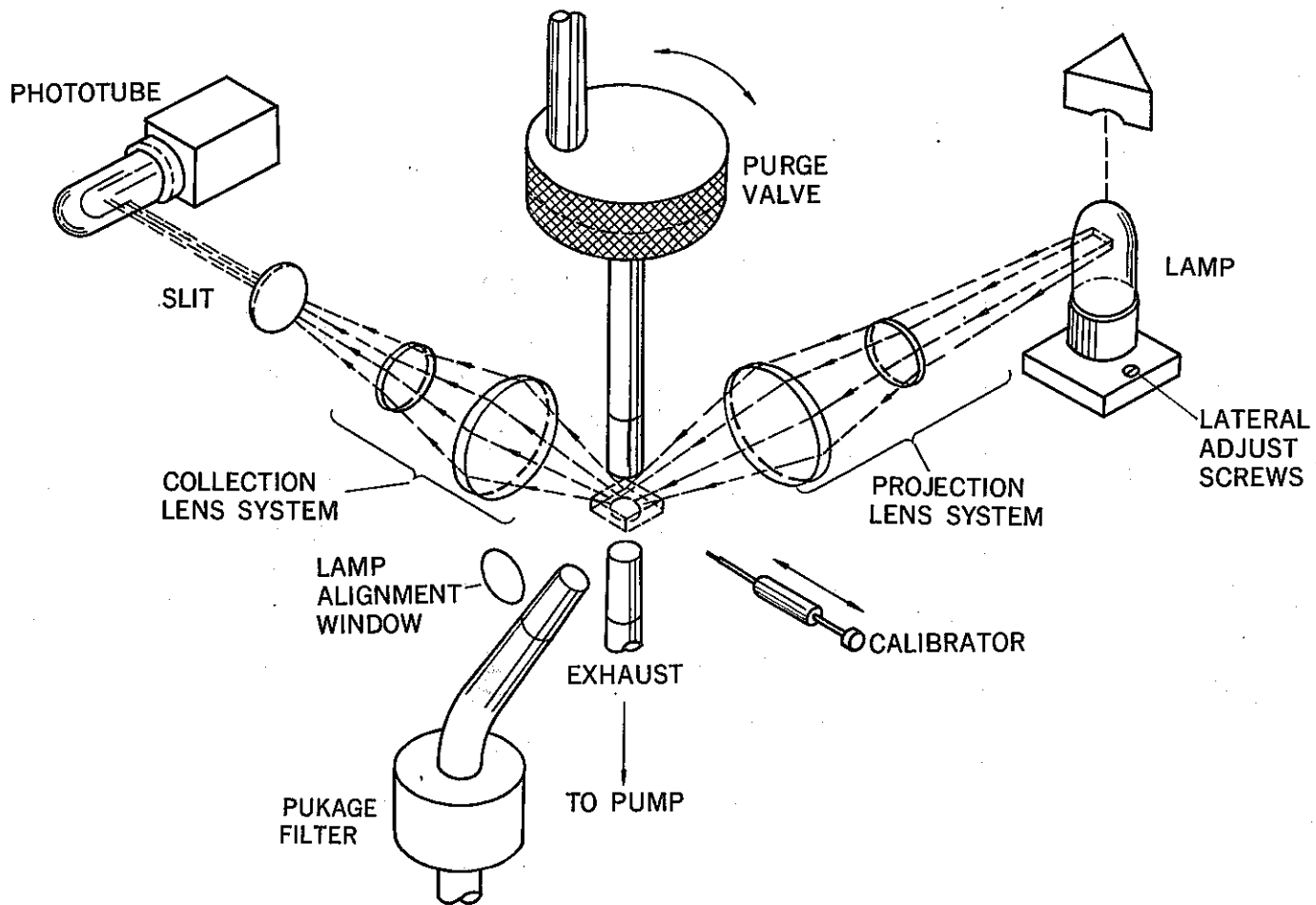


Fig. 2.2-3 Optical System-Model 230 Photometer¹⁶⁾

3. 現場試験の条件

現場試験を実施する上では、対象とする HEPA フィルタ によって、試験条件すなわち規模、設置条件、漏れ率の許容範囲が異なっているため試験に際しては要求されるさまざまな条件を満足するように測定をし、あるいは確認したりする必要がある。試験条件として確認の必要な項目としては

- ① 試験用エアロゾル濃度
 - ② エアロゾル粒径分布
 - ③ エアロゾル混合度
 - ④ エアロゾルのサンプリング方法
- の4項目がある。

以下に ANSI 及び国内での最近の試験結果に従って整理する。

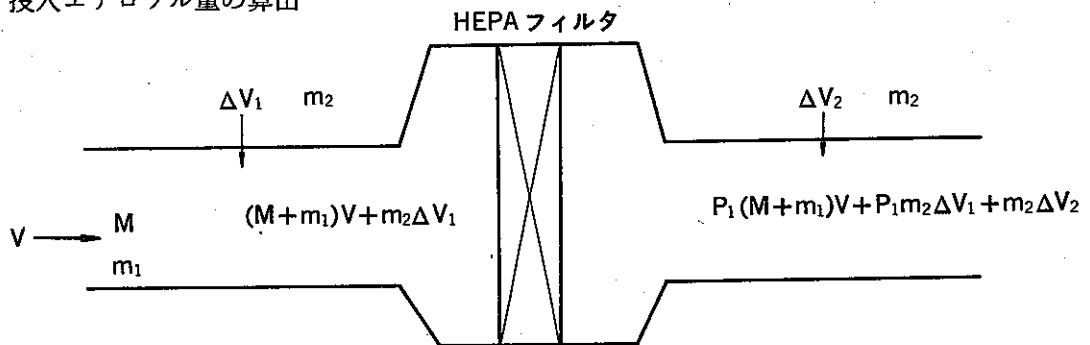
3.1 試験用エアロゾル濃度

HEPA フィルタ現場試験に使用すべき DOP 粒子の発生量（濃度）は、下記の5項目を考慮して決定する必要がある。

イ) 考慮すべき項目

- ① 被試験用フィルタにおける空気流量
- ② 測定すべき捕集効率の有効桁数
- ③ 使用するホトメータの測定範囲（感度）
- ④ 下流側の漏洩空気量（ダクト外から内へ）
- ⑤ エアロゾルバックグラウンド

ロ) 投入エアロゾル量の算出



ダクト空気流量	V	m^3/h
HEPA フィルタ上側漏洩空気量	ΔV_1	m^3/h
" 下側 "	ΔV_2	m^3/h
上側DOPエアロゾル濃度	M	mg/m^3
試験空気流中のエアロゾルバックグラウンド	m_1	mg/m^3
大気中 の "	m_2	mg/m^3
HEPA フィルタ透過率	P_1	

見かけの透過率

P_2

図に示しているように、上流側エアロゾル量は $P_1 (M+m_1) V + m_2 \Delta V_1$, 下流側エアロゾル量は $P_1 (M+m_1) V + P_1 m_2 \Delta V_1 + m_2 \Delta V_2$ となる。 $\Delta V_1, \Delta V_2 < V$ かつ $P \cdot P_\ell \ll 1$ として無視すると

$$P_2 = \frac{P_1 (M+m_1) V + P_1 m_2 \Delta V_1 + m_2 \Delta V_2 (V+\Delta V_1)}{(V+\Delta V_1+\Delta V_2) (M+m_1) V} \quad \dots\dots (3.1)$$

$$P_2 = \frac{P_1 (M+m_1) V + P_1 m_2 \Delta V_1 + m_2 V_2}{(M+m_1) V} \quad \left(\text{但} \frac{\Delta V_2}{V+V_1} = P_\ell \right)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{m_2}{M+m_1} P_\ell \quad \dots\dots (3.2)$$

フィルタ総合透過率の誤差 δ は

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1} = \delta \quad \dots\dots (3.3)$$

と表現されるが、このことより、投入すべきエアロゾルの

$$M > \frac{100}{\delta} \cdot \frac{P_\ell m_2}{P_1} - m_1 \quad \dots\dots (3.4)$$

条件として(3.4)式が導かれる。

大気中エアロゾル濃度として 0.3 mg/m^3 (22, 23) と仮定し、 $m_1 = m_2$ として仮に計算すると、測定すべき HEPA フィルタ総合透過率に対する必要な投入エアロゾル濃度は次のようになる。

ハ) 算出例

試験に必要なエアロゾル濃度 ($P_\ell = 10^{-4}$)

測定すべき HEPA フィルタ 装置総合透過率 P_1	試験用エアロゾル必要濃度 mg/m^3	
	$\delta < 1\%$	$\delta < 5\%$
10^{-5}	300	60
10^{-4}	30	6
10^{-3}	3	0.6

この計算は P_ℓ の値によって大きく違ってくるので、現場試験の場合には十分注意する必要がある。

3.2 エアロゾル粒径分布

HEPA フィルタを試験する粒子としては、 $0.3 \mu\text{m}$ の粒子を用いるべきである。という指適もある。その理由は、 $0.3 \mu\text{m}$ の粒子が、慣性衝突による捕集に対しては小さすぎブラウン運動による捕集には大きすぎるとい理由で捕集され難いという理由からであり、HEPA フィルタの性能検査も $0.3 \mu\text{m}$ 粒子を用いて実施するように定められている。その意味では、 $0.3 \mu\text{m}$ 単分散粒子と多分散粒子の違いに関して把握しておく必要がある。この問題に関しては ORNL⁵⁾ 及び LASL²⁵⁾ で行われた試験があるのでその内容を紹介する。ORNL では、 $0.3 \mu\text{m}$ の単分散エアロゾルによりチェック済みの HEPA フィルタについて、多分散エアロゾルによる試験を行った結果、両者の測定値の間の平均偏差は 0.003% 、標準偏差も 0.005% であるという結果がでてい
る。^{5), 24)}

LASL においては、H, J, EHinger らが $0.3 \mu\text{m}$ 単分散エアロゾルと、多分散エアロゾルの両方を用いて HEPA フィルタの透過効率試験をした結果、単分散エアロゾルによる測定結果と比較し、多分散エアロゾルの透過率の方が約 10% 程度低くなったとしている。しかし、現場試験法という観点からみれば、この程度の違いはそれ程重要なものでないと考えられるので多分散のエアロゾルを用いて試験を行うのが良い。

多分散のエアロゾルを利用するにあたっては、§ 2.1 で述べた多分散エアロゾルの粒子分布条件を満足する必要がある。

多分散エアロゾルの粒子分布条件

99%が $3.0 \mu\text{m}$ より小さい

50%が $0.7 \mu\text{m}$ より小さい

10%が $0.4 \mu\text{m}$ より小さい

3.3 エアロゾルの混合度及び投入位置

エアロゾルをサンプリングするためには、十分混合され、その点における代表的なエアロゾルであると考えられるエアロゾルをサンプリングする必要がある。

一般には、ダクト中において、ある一定の距離を拡散させることにより均一に混合されたエアロゾルを得るのが望ましい。しかしながら混合のために必要な距離は長く、現場では設計段階から考慮されていた場合を除いて確保できないことが多い。そういう場合は混合を促進するための手段をとる必要がでてくる。そこで混合が十分であるかどうかとはどういう基準で判断することができるかについて述べ、さらに、混合が不十分な場合にとるべき対策について述べる。

1) エアロゾル投入位置について

試料用エアロゾル投入位置の目安について論じている文献は少ないが、 $L \geq (5 \sim 6) D$ が1つの目安と考えられる。Fig 3.3.1は、アメリカの NRTS においてフィルタの設置上示されている図である。その他に参考にすべき規準としては JIS-Z4812 があり、現場条件に合わせて計算するのも良い。しかし実際には1つの試料投入上の1つの目安であって、測定データから

判断した方がより明確と言える。測定は、フィルタ直前のダクトの垂直面において試料をまったくランダムに10点以上採取して、ダクト壁の近くまで含めて有意な濃度変化がないことを確認すれば良い。またフィルタ下流でも十分にフィルタ面から離れた位置において同様の評価を行い代表性を確認すれば良い。

ロ) エアロゾルの投入が制限される場合

実際には現場設置上の制限から、運転状態と同じ状況ではサンプリングポイントの代表性が十分でない場合も多くそのような場合には、ディスク、ミクシングファン等で混合した方が良い。木谷らは、3種類のエアロゾル投入ノズルを用いて、投入ノズルの形状、混合手段(オリフィス・ミクシングファン)、及びエアロゾル投入位置が、エアロゾル混合に及ぼす効果について調査している。木谷らの用いた試験装置の概念図を Fig 3.3.2 に示す。試料空気はミクシングファン・オリフィス、整流格子を通して導入されている。試験結果を Table 3.3.1 及び Table 3.3.2 に示すが、ミクシングファン単独使用の場合の効果はあまり大きくないが、オリフィスと併用することにより混合効果を良くすることができる。しかし、オリフィスを使用することは圧損を増加させるし、さらに採取点に注意を払わないと、採取データをより悪化させることもあり得る。そこで次の § 3.4 に述べるように、多点サンプリングにより平均する方法が考えられる。

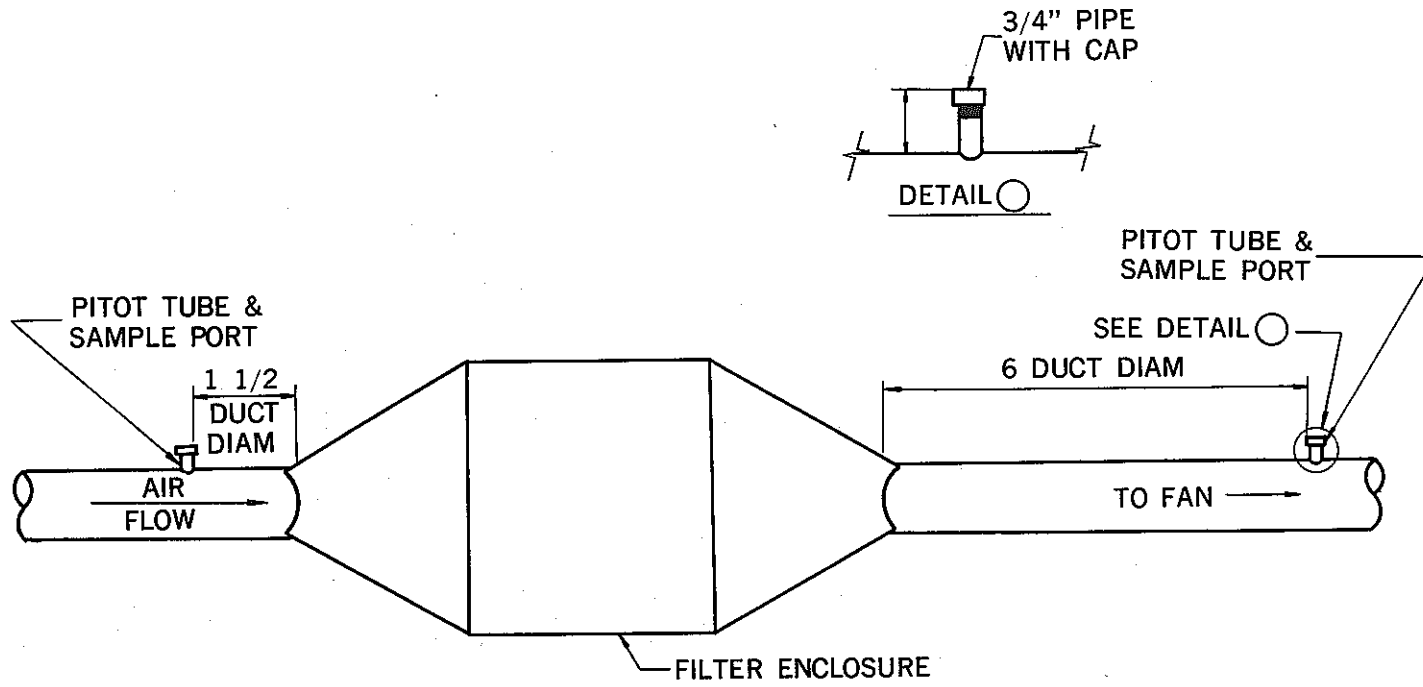


Fig.3.3-1 Typical Pitot Tube-Sample Port¹²⁾

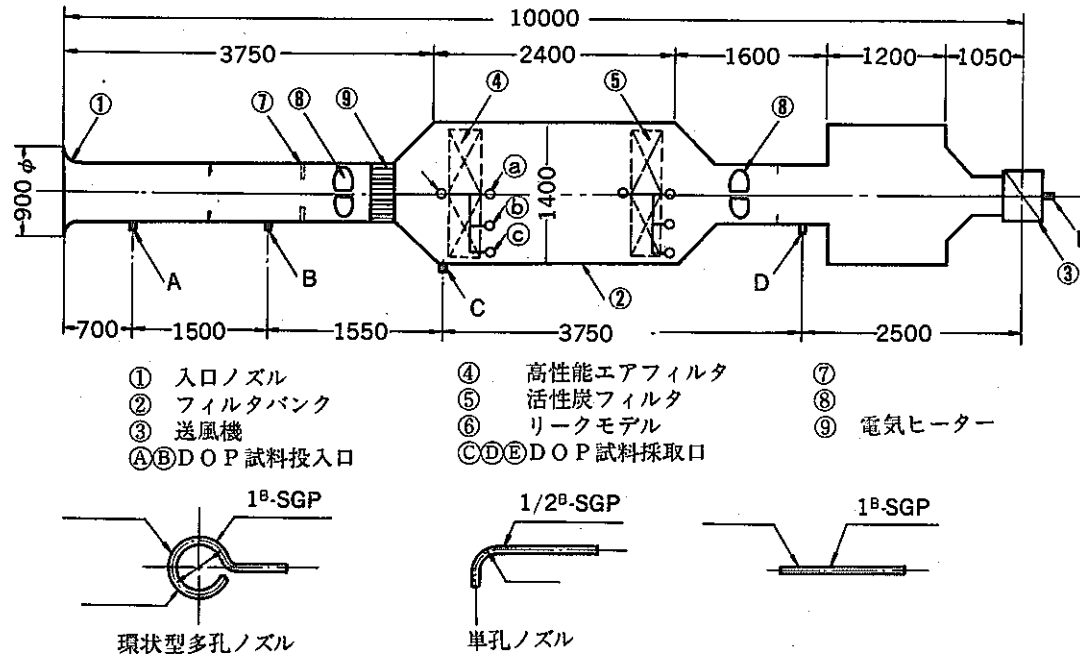


Fig. 3.3.2 原子炉フィルタ試験装置概略図

Table 3.3.1 高性能エアフィルタ上流側における各種混合度の比較

実験番号	試料投入位置		ノズル形状	混 合 手 段				最大偏差	3点採取平均 法の偏差
	A	B		オリフィス(開口比=0.2)		ミクシングファン			
				無	有	無	有		
1	○		環状型多孔	○		○		20 (%)	5.0 (%)
2	○		"		○	○		12	2.7
3	○		"	○			○	17	0.7
4	○		"		○		○	4	0.5
5		○	"	○		○		34	6.2
6		○	"		○	○		7	0.7
7		○	"		○		○	5	0.7
8	○		直線型多孔	○		○		28	7.2
9	○		"		○	○		11	0.8
10	○		"		○		○	4	0.2
11		○	"	○		○		33	1
12		○	"		○	○		19	0.5
13		○	"		○		○	14	0.2
14	○		単 孔	○		○		24	1.5
15	○		"		○	○		13	0
16	○		"		○		○	10	2.2
17		○	"	○		○		167	4.7
18		○	"		○	○		55	0.3
19		○	"		○		○	32	0

A: 試料採取点から約3m上流(L=5D) B: 試料採取点から約1.5m上流(L=2.5D)

Table 3.3.2 高性能エアフィルタ下流側における各種混合度の比較

実験番号	試料採取口位置		リーク位置			混 合 手 段				最大偏差	3点採取平均法の偏差
	D	E	a'	b'	c'	オリフィス(開口比=0.4)		ミクシングファン			
						無	有	無	有		
20	○		○			○				65 (%)	12 (%)
21	○		○			○			○	54	11
22	○		○				○		○	75	17
23	○			○		○			○	66	8.3
24	○				○	○			○	140	12
25	○				○	○			○	42	5.3
26	○				○		○		○	58	3
27		○	○			○			○	4	0.5
28		○		○		○			○	6	0.67
29		○			○	○			○	4	0.33

D：高性能エアフィルタから約3.3下流(ダクト)

F：排風機から約1.6m下流(ダクト)

3.4 エアロゾルのサンプリング方法（多点サンプリング法）

エアロゾルのサンプリングは、一点サンプリングでエアロゾルの代表性が得られない場合多点サンプリングを行うと測定上の誤差を減じ、最終的にはより高捕集効率の測定が行える。

ANSI N510-1975 においても多点サンプリング法を使用することを勧めており、サンプリングデータの採取方法及びデータの整理方法について述べている。それによると、ダクト内の各サンプリング点における濃度を X_1, X_2, \dots, X_n とすると平均濃度 \bar{X} は、

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.5)$$

\bar{X} : 平均濃度 %

X_i : 個別点の濃度

n : 測定点番号

として計算できる。さらに分散 σ は

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}^{\frac{1}{2}} \quad (3.6)$$

となり、さらに透過率の 95% 信頼限界を以下の式により決定できる。

$$P_{95} = 100 \frac{\bar{X}}{C_u} \pm t \frac{100 \sigma}{C_u} \quad (3.7)$$

P_{95} : 95% 信頼レベル

C_u : 上流のエアロゾル濃度

t : 以下の表により決定する。

n	t
10-15	2.2
16-20	2.1
20 <	2.0

木谷らは、多点サンプリング方法のうち、3点サンプリング法による試験を実施し、その結果について述べている。（これは先に述べた混合状況を把握する試験と同一の試験の中で実施された）Table 3.4.1 及び Fig. 3.4.1 に木谷らの試験結果を示す。

Table 3.4.1 3点採取平均法の総合誤差（混合手段を用いない場合）

ノズル	上 流			下 流			3点採取平均法の総合誤差 (a + b)
	DOP粒子投入点	1点採取法の最大偏差	3点採取平均法の最大偏差 (a)	漏洩点	1点採取法の最大偏差	3点採取平均法の最大偏差 (b)	
単 孔	B	167 (%)	11.3 (%)	a'	65 (%)	12 (%)	23 (%)
				b'	66	8.3	20
				c'	140	12	23
	A	24	0.8	a'	65	12	13
				b'	66	8.3	9
				c'	140	12	13
直線多孔	B	33	11.3	a'	65	12	23
				b'	66	8.3	20
				c'	140	12	23
	A	28	4.3	a'	65	12	16
				b'	66	8.3	13
				c'	140	12	16
環状多孔	B	34	0.3	a'	65	12	12
				b'	66	8.3	9
				c'	140	12	12
	A	20	2.2	a'	65	12	14
				b'	66	8.3	11
				c'	140	12	14

DOP粒子投入点 : A 試料採取点前 約1.5 m L/D = 2.5

B " 約3 m L/D = 5

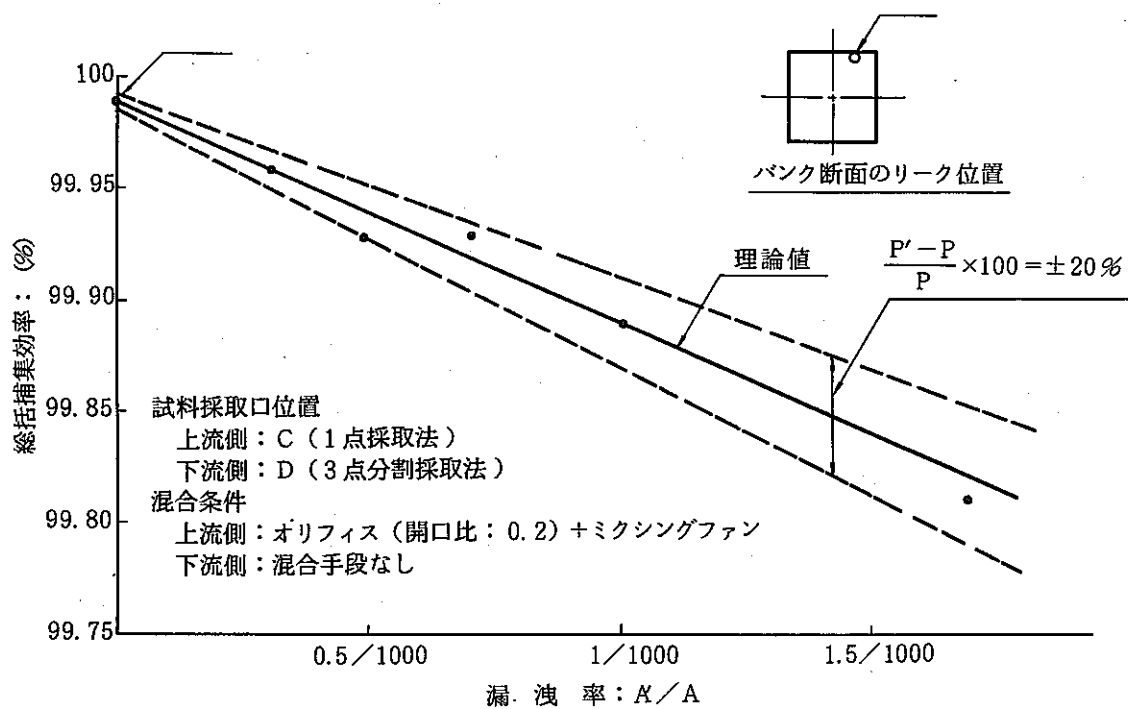


Fig. 3.4.1 3点採取平均法から求めた DOP 粒子による高性能フィルタの総括捕集効率

3.5 現場試験の頻度及び捕集効率の基準

現場試験を実施する基準について ANSI N510 の中では § 3.1 に述べられている。Table 3.5.1 に試験頻度に関する基準を示す。この中で②～⑥及び⑧～⑫は HEPA フィルタと直接の関連はない。現場試験にあたっては、目視検査を実施し、しかるのちに HEPA フィルタリークテストを実施する。試験頻度は、受け入れ時及び HEPA フィルタ交換時、でかつ最低1年に1回の実施を規定している。ここでフィルタ受入時というのは、フィルタ系の大巾な改造を行ったりした場合をも含み、さらにフィルタ据付時には年1回より頻度の高い（半年1回程度）試験を実施すると良いと記されている。

前記フィルタ交換の頻度を決定する上で考慮すべき事項に、HEPA フィルタ設置施設の維持すべき捕集効率の程度がある。通常施設毎に安全審査を実施して最低捕集効率を決定している場合が多いので、フィルタ交換時期も、維持すべき捕集効率とあわせて検討することが必要である。日本原子力研究所では、性能基準及び検査基準として2～3区分を示している。ここでは大洗研究所の区分例を Table 3.5.2 に示す。またフィルタの交換基準については

1. フィルター総合効率の低下
2. 差圧上昇、排風量の低下
3. 放射線レベルの上昇
4. 経年劣化

の4項目をあげている。同様に Table 3.5.3 に大洗研究所の例を示す。

これらの基準を作成する上では、放射性物質の持つ危険度及び、放射能毒性と取扱い量を考慮した区分を作成する必要がある。ここでは Nuclear Air Cleaning Handbook から危険度に対する考え方の1例を Table 3.5.4, 3.5.5 に示す。

フィルタの交換基準を決定する上での総合捕集効率としては、99.9%を採用している施設（原研）もあるが、Nuclear Air Cleaning Handbook (P 233) における指摘から推測しても99.95%以上の基準で管理することも考慮すべきである。

3.6 ま と め

以上 § 3.1 から § 3.5 に示した条件を採用していけば良いと考えられるが、まとめると以下のようになる。

① 試験用エアロゾル濃度

試験用エアロゾル濃度は式(3.4)にて検査に必要な投入量を決定すれば良い。

② エアロゾル粒径分布

§ 2.1 に示す多分散エアロゾルの粒子分布条件に適合するような多分散エアロゾルを用いれば良い。

③ エアロゾル混合度

エアロゾルの混合度は、多点サンプリングによる最大の偏差が20%程度以下になれば良いが、

十分な混合が不可能な場合はサンプリング法を④に示すようにすることにより、代表性のあるサンプリングがなされていると考えるものとする。

④ エアロゾルのサンプリング方法

多点サンプリングによる偏差が20%を越えるような場合には、3点採取平均法を用いれば良く、偏差が20%より小さい場合には単一サンプリングでも良いと考えられる。

Table 3.5-1 Test and Minimum Test Frequency

Test	Section of Standard	Recommended Test Frequency (1)
① Visual Inspection	5	Before any test
② Duct and Housing Leak Test	6	Acceptance (2)
③ Mounting Frame Pressure Leak Test	7	Acceptance (2)
④ Airflow Capacity, Distribution, and Residence Time Tests	8	Acceptance (2)
⑥ Air-Aerosol Mixing Uniformity Test	9	Acceptance (2)
⑦ In-Place Leak Test, HEPA Filters	10	Acceptance, after each filter change, and at least annually (2, 3, 5)
⑧ In-Place Leak Test, Adsorbers	12	Acceptance, after each adsorber change, and at least annually (2, 3, 5)
⑨ Laboratory Testing of Adsorbent	13	Acceptance, before each adsorber change, and at least annually (2, 4, 5)
⑩ Duct Heater Performance Test	14	Acceptance and at 2-year intervals (1)
⑪ In-Place Tests, Moisture Separators	-	Not required
⑫ In-Place Tests, Prefilters	-	Not required

- NOTES: (1) Field tests of motors, valve and damper actuators, and fire protective systems are not included in this standard.
- (2) Acceptance tests to be made after completion of initial construction and after any major system modification or repair.
- (3) More frequent (e.g., 6 months) testing may be required following initial startup of the system until a pattern is established. Tests may be made during a scheduled shutdown, and can often be made without shutting down the entire air cleaning system if proper facilities for test (e.g., prelocated aerosol injection and test ports) are provided.
- (4) Adsorbents must be tested before installation or replacement of adsorbers to establish suitability. Samples for laboratory testing should be taken from the system at the same time as routine in-place testing of the installed system to verify the condition of the adsorbent.
- (5) Periodic in-place leak tests of cells for 100% recirculating systems located within reactor containments are not necessary if the following are complied with:
- Periodic visual inspection and pressure-drop determination in accordance with this standard of HEPA filters and adsorbers are made during scheduled shutdown;
 - HEPA filters are replaced at no more than five-year intervals if dirt build-up, pressure-drop increase or mechanical damage has not required earlier replacement;
 - Adsorbent is sampled and laboratory tests made to confirm performance at scheduled refueling shutdown or at intervals not exceeding 720 hours of system operation for intermittently operated systems or for any system immediately following inadvertent exposure to solvent, paints, or other organic fumes or vapors which could degrade the performance of the adsorbent.

Table 3.5.2 性能基準および検査基準の例

管理区分	維持すべき捕集効率(%)	定期検査	臨時検査
Aランク装置	99.9以上	1年ごと	1. フィルターを交換したとき 2. 火災、大地震等の外的要因 によってフィルター装置の 完全さが危ぶまれるとき 3. その他必要と認めるとき
Bランク装置	99.0以上	2年ごと	

Table 3.5.3 フィルターの交換基準の例

交換因子	交換基準
フィルターの総合捕集効率の低下	効率が別表第1の基準値以下に低下しフィルター装置の修正等を行っても回復しないとき
差圧上昇、排風量の低下	差圧が定格値の2倍以上、もしくは1/2以下に変化したか排風量が基準値以下に低下したとき
放射線レベルの上昇	フィルターケーシング表面の線量率が各施設毎に定めるレベル以上になったとき
経年劣化	2～4年

Table 3.5-4 Classification of isotopes according to relative radiotoxicity based on inhalation hazard "amounts (Ci) equivalent to 1g of Pu-239 (HEP)"

Italicized isotopes are fissile and require special consideration for nuclear safety

Class 1 (Very high radiotoxicity) HEP \leq 0.07	Sr-90+Y-90, Po-210, Po-210+Bi-210, Ra-226, Th-228, U-232, Np-236, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Am-242, Cm-242, Am-243, Cm-243, Cm-244, Cm-245, Cm-246, Cm-247, Bk-249, Cf-249, Cf-250, Cf-251, Cf-252
Class 2 (High radiotoxicity) HEP=0.86 to 17	Na-22, P-32, Ca-45, Sc-46, V-48, Fe-59, Co-58, Co-60, Ni-63, Zn-65, Rb-86, Sr-89, Y-91, Zr-95+Nb95, Ru-103, Ru-106+Rh106, Ag-105, Ag-110, Cd-109+Ag-109, Cd-115, In-114, Sn-113, Sb-122, Sb-124, Sb-125, I-131, Cs-134. Cs-137+Ra-137, Ra-140+La-140, Ce-144+Pr-144, Pm-147, Sm-151, Eu-152, Eu-154, Tm-170, Hf-181, Ta-182, Ir-192, Hg-203, Tl-204, Bi-210, At-244, U-233, Th-234+Pa-234, Np-237, Pu-242
Class 3 (Moderate radiotoxicity) HEP=22 to 220	Be-7, Na-24, S-35, K-42, Ca-47, Sc-47, Sc-48, Mn-52, Mn-54, Fe-55, Mn-56, Cu-64, Ga-72, As-74, As-76, As-77, Se-75. Br-82, Sr-85, Y-90, Nb-95, Mo-99, Pd-103+Rd-103, Rh-105, Pd-109, Ag-111, Cd-115, Sb-122, Te-127, Ba-131, La-140, Ce-141, Pr-142, Pr-143, Nd-147, Ho-166, Sm-153, Ho-170, Lu-177, W-181, W-185, W-187, Re-183, Re-186, Os-191, Ir-190, Ir-192, Ir-194, Pt-191, Pr-193, Au-196, Au-198. Au-199, Hg-197, It-200, Tl-201, Tl-202, Ac-227, pure U-233, U-234
Class 4 (Slight radiotoxicity) HEP > 430	H-3, C-14, F-18, Cl-36, A-37, Cr-51, Ni-59, Ge-71, Kr-85, Tc-98, Tc-99, Ru-97, Rh-103, Te-129, I-129, I-132, Xe-133, Pb-203, U-235, U-236, natural thorium, U-238, natural uranium

"These values are based on inhalation and immersion (for inert gases) hazard only. Other factors that must be considered are criticality, chemical toxicity and reactivity and pyrophoricity.

"HEP=hazard equivalent plutonium
 \leq 500 ppm U-232.

Note : HEP= (2.16×10^4) (CG \times A)

where

CG = μ Ci cin for 40-hr week :

A = gCi or 0.1 whichever is greater

Sample calculation-Determine curc HEP for Am-241

CG 40-hr weak for Am-241 = 6×10^{-12} μ Ci cm

Inverse specific activity (g Ci) = 0.311

* HEP = $2.16 \times 10^4 \times 6 \times 10^{-12} \times 0.311 = 4.03 \times 10^{-4}$

Therefore, 4.03×10^{-4} Ci of Am-241 has the same hazard equivalent potential as 1g of Pu-239.

Surce, Procedures and Proseces for Radiation Protection. Health Physics Manual. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge, Tenn.

Table 3.5-5 Zoning of facilities based on radiotoxicity of materials handled

Radiotoxicity of Isotopes	Quantity of material handled vs radiotoxicity			
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
Very high	>10mCi	10 μ Ci-10mCi	0.1 μ Ci-10 μ Ci	0-0.1 μ Ci
High	>100mCi	100 μ Ci-100mCi	1.0 μ Ci-100 μ Ci	0-1.0 μ Ci
Moderate	>1 Ci	1mCi-1 Ci	10 μ Ci-1mCi	0-10 μ Ci
Slight	>10Ci	10mCi-10Ci	100 μ Ci-10mCi	0-100 μ Ci

"There is an upper limit to the quantity of transuranium elements which should be approved for glove box operations. As a general rule for those isotopes having a gram HEP index number below 10^4 the limiting quantity should be 100mg. (For example, 100mg of Cm-244 penetrates the same hazard equivalent potential as 4.3kg of Pu-239.) Any operation involving more than 100mg of such isotopes should be conducted at facilities with more absolute containment features than are offered by glove boxes alone. This number may require further reduction due to penetrating radiation. One gram of Cf-252, for example, generates a dose rate of 2400 rems/hr at a distance of 1m in air.

Source : Procedures and Practices for Radiation Protection. Health Physics Manual. Oak Ridge. National Laboratory, Oak Ridge, Tenn.

4. 実際の現場試験における問題点

HEPA フィルタが設置されている現場において、実際に試験を実施していく上では、ANSI N 510-1975 に規定されている内容だけでは不十分である。以下に述べる2条件を考慮し決定する必要がある。

- 1) 現場フィルタ系はDOP試験の実施に都合の良い様に投入エアロゾルの混合距離が十分あったり、サンプリングまでの混合距離が十分だったりするとはかぎらない。特に問題となってくるのは、グローブボックスのすぐ後に設置されているHEPAフィルタと多段(2段以上)で設置されているHEPAフィルタの場合である。2つの場合とも、混合距離がとれないので何らかの方法を用いて正確な評価をはかるべきである。
- 2) すでに放射性物質の取り扱いが開始されている場合には、ホトメータ等の測定器がこれらの放射性物質により汚染される可能性がある。

これらの場合について、NUCLEAR AIR CLEANING HANDBOOK等を参考にして問題を整理し、現在実施されている解決手段の例を2~3示す。

4.1 グローブボックスのHEPAフィルタ試験

グローブボックスに取付けられているHEPAフィルタについても、設置時の検査及び、定期的な検査が必要である。ただし、グローブボックス装置は、入気側にHEPAフィルタがあり、内部で高汚染物を取扱っていることが殆どでDOPの導入及び回収に困難の伴う場合が多い。ここでは、グローブボックス特有の問題点について述べる。Fig. 4.1.1に示す、A方式及びB方式は、特別に外部に補助的なポンプ等を使用せずに、グローブボックスの換気設備を利用する方式である。空気の流れはどちらも、HEPAフィルタから吸収された空気が、換気ダクトで排気される様になっているので、グローブボックスのグローブ部分か、(A方式)、あるいはB方式のように特別のDOP投入ノズルからグローブボックス内部へDOPを導入する必要がある。ただし、グローブボックスの内部に以下に示す様な物がある場合は、グローブボックス内にDOPを導入できないので、後に述べるCあるいはD方式を用いる必要がある。

- ① 汚染防止用等の容器に入っておらず開放されている光学レンズ系及びそれを用いた装置
- ② 高研磨面あるいは高精度天秤等の平衡保持部分
- ③ 結晶構造物質等あるいは電導体等でDOPの影響を受けやすいもの

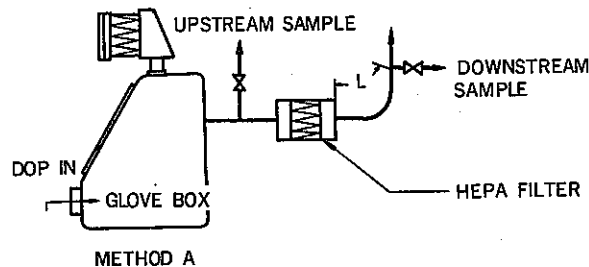
C方式は、グローブボックス内にDOP粒子が付着すると良くない機器、製品等がある場合に用いる方式で、DOP粒子をグローブボックスに投入せずに直接換気配管のHEPAフィルタの手前に投入する方法である。投入にあたっては混合距離Lの条件に注意すべきである。また、換気量によってはDOPがグローブボックス側に逆流することもあり得る方式である。

上記のA、B、Cの3方式では、DOPによる汚染があって不都合だったり、あるいは、HEPAフィルタのみに検査対象を限定する必要がある場合には、D方式を用いるのが良い。この方式では、

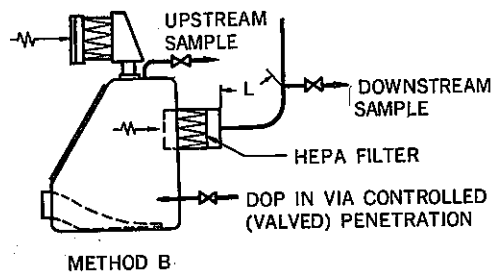
換気ダクト系とグローブボックスの間及び DOP の投入、サンプリング系に対してバルブが取付けてあり相互に空気が出入りすることはない。C方式よりもさらに DOP 汚染を減じたい場合あるいは、グローブボックス内の汚染度が高く、HEPA フィルタの健全性が確認できるまでサンプリング空気を外部に放出することができない様な場合に有効である。しかし、このような場合でもサンプリング空気を換気系へリサイクルするなどの考慮が必要である。

以上試験方法の各ケースについて述べたが、グローブボックス内や、換気系の汚染が高いときは、空気のサンプリングについては測定器の汚染や放射線管理上の検討を十分行なう必要がある。それらの空気のサンプリングについては測定器の汚染や放射線管理上の検討を十分行なう必要がある。

Fig. 4.1.2 にグローブボックスに DOP を導入する場合のノズルの形状について 1 例を示す。

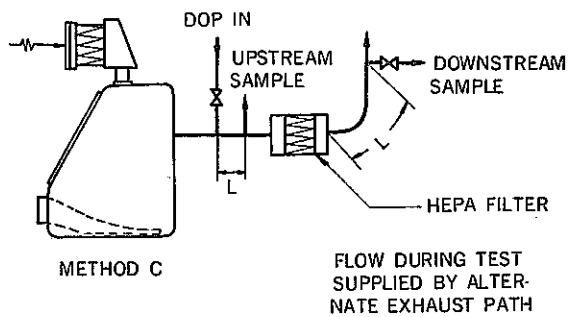


A. グローブボックスと HEPA フィルタが分離している場合

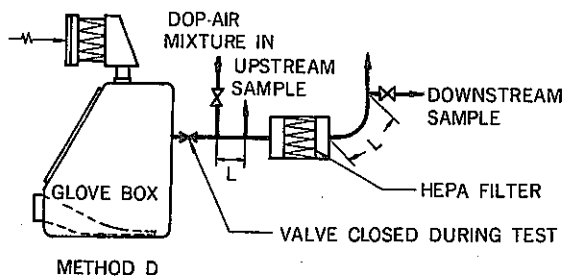


B. グローブボックスと HEPA フィルタが 1 体となっている場合

Fig. 4.1.1(a) グローブボックスの HEPA フィルタ DOP 試験法



C. グローブボックスと HEPA フィルタが独立しており、グローブボックス内に DOP 汚染を避けたい機器等がある場合



D. グローブボックスと HEPA フィルタを分離して試験する必要がある場合

Fig. 4.1.1 (b) グローブボックスの HEPA フィルタ DOP 試験法

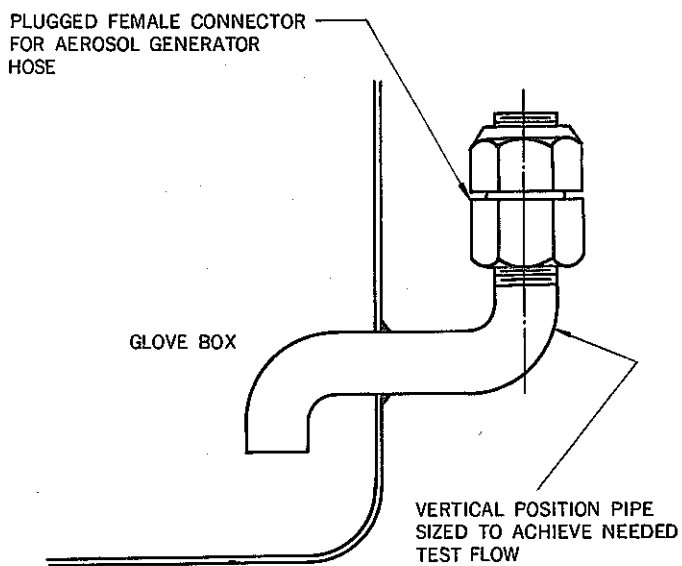


Fig. 4.1.2 グローブボックス内へ DOP を導入するノズルの例

4.2 多段 HEPA フィルタの試験

多段 HEPA フィルタの中でも実際には 2 段 HEPA フィルタが頻繁に用いられており、検査方法も 2 段の場合が基本となってくる。1 段の HEPA フィルタあるいは、グローブボックスに接続されているフィルタを比較すると、1 段目のフィルタを通過した空気を 1 点サンプリングで測定したり、あるいは、2 段目のフィルタに 1 点から均一なエアロゾルを供給することが難しくなることがわかる。これは、一般に、一段目フィルタと 2 段目フィルタの間隔が非常に短いために起きてくる。さらに 2 段フィルタを 1 度に上流側から DOP エアロゾルを流して検査する方法も考えられるが DOP の濃度と、散乱計の感度から考えると 2 段 HEPA フィルタの DF が 10^{-10} 程度となり、フォトメータの検出感度以上の DOP を発生できないことになり困難となる。^注

1) 1 段目のフィルタの後でのサンプリング

1 段目のフィルタの後でのサンプリング方法としては、

- ① ANSI N510-1975 §11 に述べられている多点サンプリング法を用いる。
- ② Fig. 4.2.1(a) に示す様に、2 段目のフィルタをバイパスする仮設ダクトを設け、換気ファンあるいは補助ファンで空気を引く。

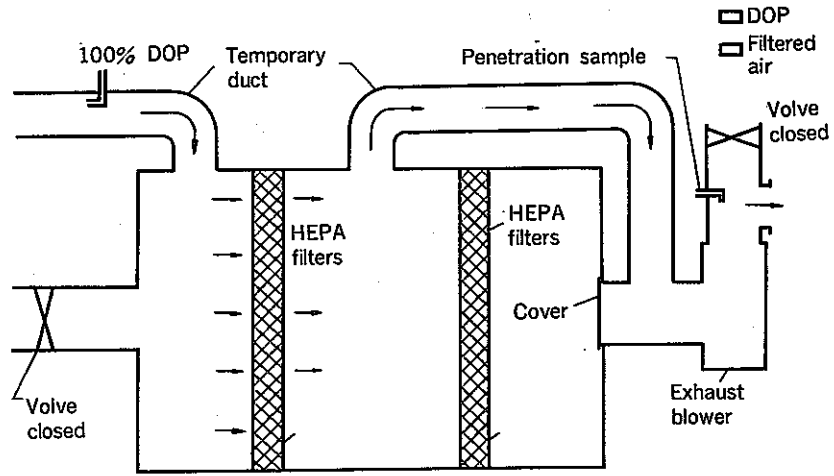
の 2 方式がある。多点サンプリング方式については、§ 3.4 において解説したのでここでは省く。②の方式では、DOP の投入に使用するダクトは図中で×印で Close されている口から投入するか、図示されている DOP 投入口を使用するときは、HEPA フィルタ 2 段目後で、通常ダクトへの流出口をカバーで閉じる必要がある。もちろん、DOP 投入時及びサンプリング時の混合距離については 1 段フィルタ試験の場合と同様な考慮をする必要がある。下流側のサンプリングは図示されている様に、1 段目フィルタから距離をはなしてサンプリングしても良いし、こうすれば混合距離は十分とることができる。

(2) 2 段目のフィルタの試験法

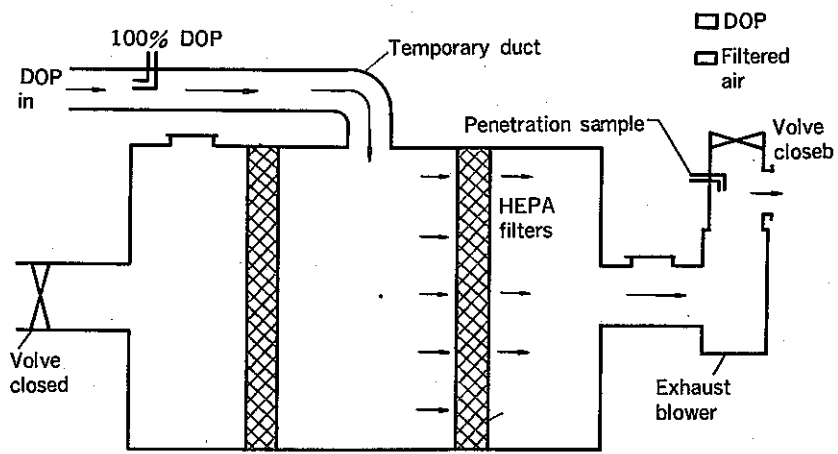
Fig. 4.2.1の(b)に示す図が、2 都目のフィルタを試験する場合の方法である。HEPA フィルタの 1 段目については空気が流れない様に、通常の排気ダクト及び 1 段目フィルタ試験用仮設ダクトを閉じる。次に、2 段目フィルタの手前に仮設ダクトを設け、ここから DOP を投入する。仮設のダクトは混合距離以上に長いダクトを準備し、仮設ダクト途中から上流エアロゾルサンプリングを実施する。この図では、排気ブローの後から DOP エアロゾルを採取することとしている。

この他に 4 段 HEPA フィルタの試験法について、Fig. 2.2.2 から Fig. 4.2.6 までに示す。

注：§ 2.2 で述べたレーザーパーティクルカウンタを用いれば、エアロゾル発生装置として大容量凝縮エアロゾル発生装置でエアロゾルを発生させることにより、2 段 HEPA フィルタを同時に測定し、総合捕集効率を測定できる可能性も検討されている。



(a) 1 段目のテスト法



(b) 2 段目のテスト法

Fig. 4.2.1 2 段 HEPA フィルタ試験法

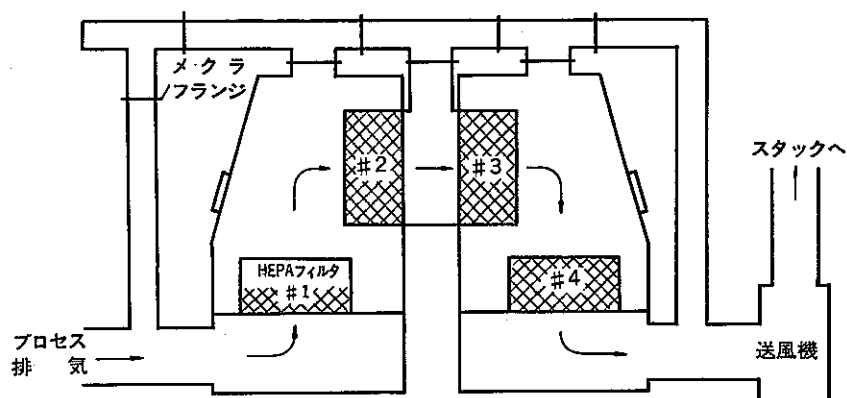


Fig. 4.2.2 プロセス排気系統図

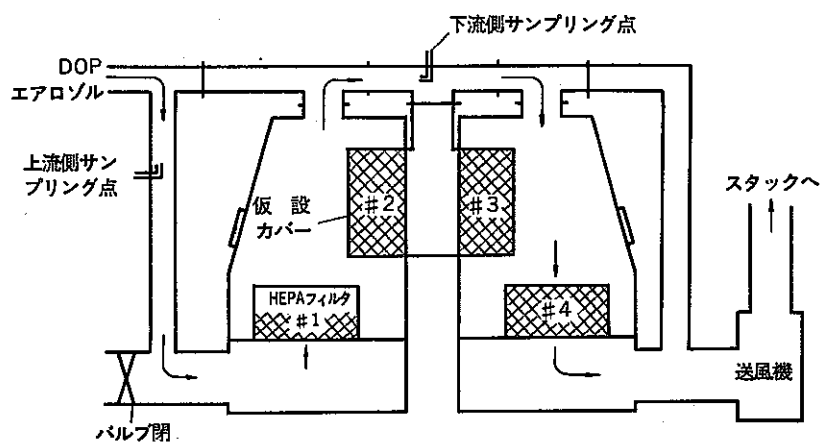


Fig. 4.2.3 第1段目HEPAフィルタのインプレーステスト

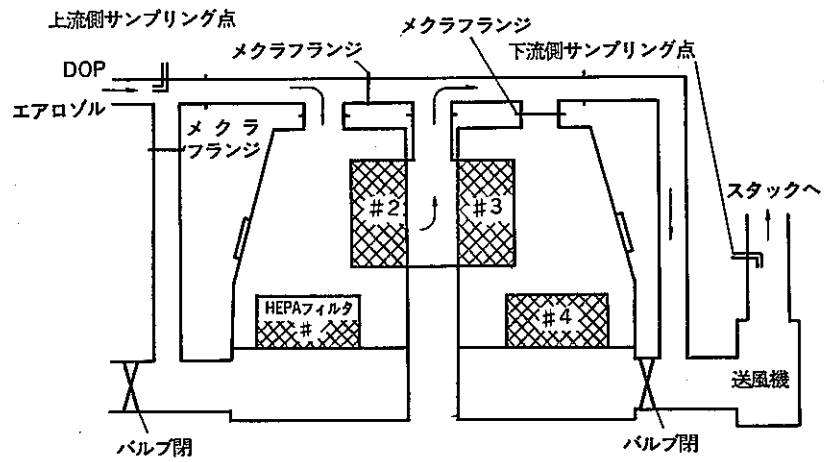


Fig. 4.2.4 第2段目HEPAフィルタのインプレーステスト⁽¹⁾

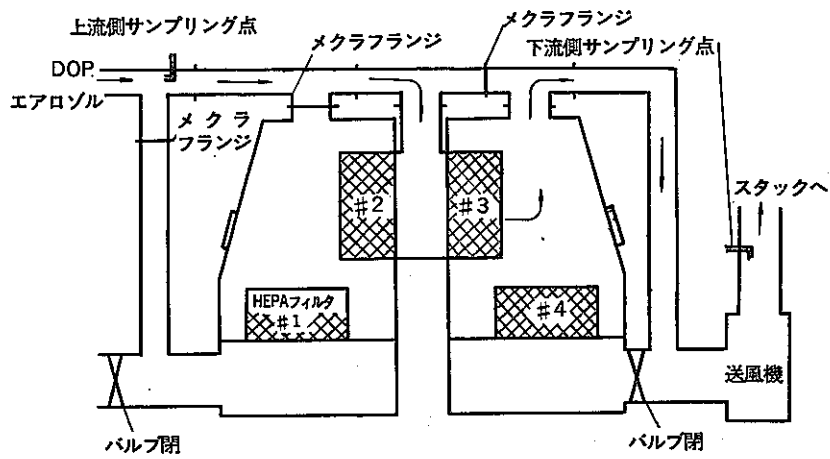


Fig. 4.2.5 第3段目HEPAフィルタのインプレーステスト⁽¹⁾

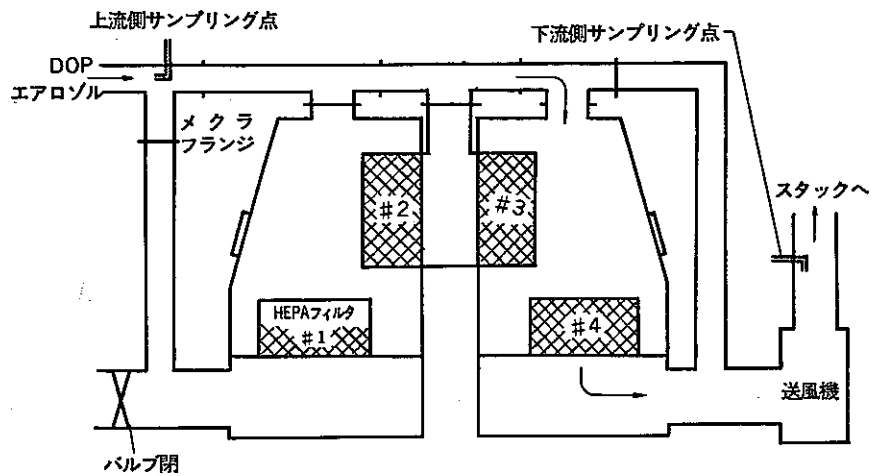


Fig. 4.2.6 第4段目HEPAフィルタのインプレーステスト⁽¹⁾

5. ま と め

以上述べてきたように、現在、アメリカでは国内の HEPA フィルタの標準試験法として

1) ANSI N101.1-1972

Efficiency Testing of Air-Cleaning Systems Containing Devices
for Removal of Particles

2) ANSI N510-1975

Testing of Nuclear Air Cleaning Systems

の2つがあるが、特に原子力施設では2)のN510-1975が適当である。しかし現在我国では、これに相当する基準がなく、フィルタそのものの試験法としてJIS Z4812があるのみである。しかし個別の原子力機関では日本原子力研究所のように独自の基準を作成している機関もある。

現在動燃事業団内では、各施設が独自に納入検査、現場試験を実施しているが、原子力施設におけるHEPAフィルタの管理の重要度に対する認識も高まってきており現状の調査及び検討が必要であろう。現状では現場試験法に対しては、各施設間に統一されたものがないが今後各施設で以下の各項目に対する検討を実施する必要がある。

1) 動燃内部における HEPA フィルタ現場試験法の実態調査

イ) 使用中のフィルタシステムの調査

ロ) 現場試験実施基準の調査

ハ) 現場試験法の基準の検討

ニ) 今後の現場試験法の基準の検討

ホ) 試験方法の規格化、指針等の必要性に対する調査

2) 将来的な問題の検討

イ) 事故時の放出量の評価検討

ロ) 最低減の国家標準等に対する考え方の検討

尚別途 ANSI N510-1975 を訳出しているので参考にされたい。(N851-80-02)

6. 文 献

- 1) ANSI N101.1-1972. Efficiency Testing of Air-Cleaning Systems Containing Devices for Removal of Particles
- 2) ANSI N510-1975. Testing of Nuclear Air-Cleaning Systems
- 3) ORNL-3442 Tests of High-Efficiency Filters and Filter Installations at ORNL; E. C. Parrish, R. W. Schneider
- 4) ERDA 76-21, UC-11, 70 Nuclear Air Cleaning Handbook; C. A. Burchsted, J. E. Kahn, A. B. Fuller; Mar, 1976
- 5) ORNL-NSIC-65 Design, Construction, and Testing of High-Efficiency Air Filtration Systems for Nuclear Application; C. A. Burchsted, A. B. Fuller; Jan, 1970
- 6) MIL-STD-282 Filter Units, Protective Clothing, Gas-Mask Components and Related Products; Performance-Test Method
- 7) JIS Z4812-1975 放射性エーロゾル用高性能エアフィルタ
- 8) 高性能エアフィルタ装置の現場試験および交換保守等に関する技術的基準について; 日本原子力研究所 使用施設等運転委員会 フィルタ専門部会; 1972年9月
- 9) 原子炉・放射性物質取扱施設等の排気系高性能エアフィルタ装置の捕集効率に関する措置について; 日本原子力研究所大洗研究所・管理部安全管理課
- 10) 現場試験法, 高性能エアフィルタの現場試験法に関する研究; 吉田芳和, 池沢芳夫, 塚正夫; 空気清浄第8巻7号 P54, 1971年
- 11) JAERI-memo 3836; DOP エアロゾルによる高性能エアフィルタの現場試験法とその問題点; 池沢芳夫, 吉田芳和; 1970年1月
- 12) SN841-71-09 プルトニウム燃料開発施設における DOP を用いた HEPA フィルタ 現場テスト; 木下 睦 等 1971年3月
- 13) 原子力施設の空気浄化システムのテスト (ANSI N510-1975), N851-80-02

7. 別 添 資 料

(Bibliography)

(REGULATORY GUIDES)

Division 1, Power Reactors

- 1.29 Seismic Design Classification, August 1973.
- 1.33 Quality Assurance Program Requirements, November 1972.
- 1.48 Design Limits and Loadings for Seismic Category 1 Fluid Components, May 1973.
- 1.52 Design, Testing and Maintenance Criteria for Atmosphere Cleanup System Air Filtration and Adsorption System Units of Light-Water-Cooled Nuclear Power Plants, June 1973.
- 1.78 Assumptions for Evaluating the Habitability of a Nuclear Power Plant Control Room During a Postulated Hazardous Chemical Release, June 1974.
- 1.95 Protection of Nuclear Power Plant Control Room Operators Against an Accidental Chlorine Release, February 1975.

Division 3, Fuels and Materials Facilities

- 3.9 Concrete Radiation Shields, June 1973.
- 3.12 General Design Guide for Ventilation Systems of Plutonium Processing and Fuel Fabrication Plants, August 1973.
- 3.14 Seismic Design Classification for Plutonium Processing and Fuel Fabrication Plants, October 1973.
- 3.16 General Fire Protection Guide for Plutonium Processing and Fuel Fabrication Plants, January 1974.
- 3.18 Confinement Barriers and Systems for Fuel Reprocessing Plants, February 1974.
- 3.20 Process Offgas Systems for Fuel Reprocessing Plants, February 1974.

(CODE OF FEDERAL REGULATIONS)

- 10 CFR 20 Standards for Protection Against Radiation
- 10 CFR 50 Licensing of Production and Utilization Facilities
- 10 CFR 100 Reactor Site Criteria

(CODES AND STANDARDS)

American National Standards

- ANSI B31 Pressure Piping
- ANSI N101.6 Concrete Radiation Shields
- ANSI N45.2 Requirements for Quality Assurance Programs for Nuclear Power Plants
- ANSI N509 Standard for Nuclear Power Plant Air Cleaning Units and Components
- ANSI N510 Standard for Testing of Nuclear Air Cleaning Systems
- ANSI N512 Protective Coatings (Paints) for the Nuclear Industry
- ANSI Z9.2 Fundamentals Governing the Design and Operation of Local Exhaust Systems

American Society for Testing and Materials

- ASTM A36 Specification for Structural Steel
- ASTM A240 Specification for Corrosion-Resisting Chromium and Chromium-Nickel Steel Plate, Sheet, and Strip
- ASTM A245 Specification for Flat-Rolled Carbon Steel Sheets
- ASTM A380 Recommended Practice for Cleaning and Descaling Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems
- ASTM A479 Specification for Stainless and Heat-Resisting Steel Bars and Shapes
- ASTM A499 Specification for Hot-Rolled Carbon Steel Bars and Shapes
- ASTM A500 Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes
- ASTM D1056 Specification for Sponge and Expanded Cellular Rubber Products
- ASTM D3467 Method of Test for Carbon Tetrachloride Activity of Activated Carbon
- ASTM D3466 Method of Test for Ignition Temperature of Activated Carbon
- ASTM D2652 Definitions of Terms Relating to Activated Carbon
- ASTM D2854 Method of Test for Apparent Density of Activated Carbon

- ASTM D2862 Method of Test for Particle Size Distribution of Granular Activated Carbon
- ASTM D2866 Method of Test for Total Ash Content of Activated Carbon
- ASTM D2867 Method of Test for Moisture in Activated Carbon
- ASTM E11 Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes
- Air Moving and Conditioning Association
- AMCA 210 Laboratory Methods of Testing Fans for Rating
- AMCA 500 Test Methods for Louvers, Dampers, and Shutters
- AMCA 99 Standards Handbook
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- ASHRAE 52-68 Method of Testing Air Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter
- Institute of Environmental Sciences (formerly American Association for Contamination Control)
- AACC CS-1 Standard for HEPA Filters
- AACC CS-2 Standard for Laminar Flow Clean Air Devices
- AACC CS-6 Testing and Certification of Particulate Clean Rooms
- AACC CS-8 Standard for High Efficiency Gas-Phase Adsorber Cells
- National Fire Protection Association
- NFPA 11A Standard for High Expansion Foam Systems
- NFPA 11B Standard for Synthetic Foam and Combined Systems
- NFPA 12A Standard for Halogenated Fire Extinguishing Agent Systems - Halon 1301
- NFPA 68 Explosion Venting
- NFPA 90A Standard for Air Conditioning and Ventilating Systems
- NFPA 91 Blower and Exhaust Systems, Dust, Stock and Vapor Removal or Conveying
- NFPA 12 Carbon Dioxide Extinguishing Systems
- NFPA 13 Installation of Sprinkler Systems

Underwriters' Laboratories

- UL-586 Safety Standard for High Efficiency Air Filter Units
- UL-900 Safety Standard for Air Filter Units

Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association

- SMACNA Low Velocity Duct Construction Standards
- SMACNA High Velocity Duct Construction Standards
- SMACNA Manual for the Adjustment and Balancing of Air Distribution Systems

Military Specifications

- MIL-F-51068 Filter, Particulate, High Efficiency, Fire-Resistant
- MIL-F-51079 Filter Medium, Fire-Resistant, High Efficiency

ERDA Standards

- RDT E9-1 HEPA Filters
- RDT M16-1 Gas-Phase Adsorbents for Trapping Radioactive Iodine and Iodine Compounds
- RDT M16-3 HEPA Filter Medium, Glass Fiber

American Society of Mechanical Engineers

- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sect. V, Nondestructive Examination.
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sect. III, Nuclear Power Plant Components.
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sect. IX, Welding and Brazing Qualifications.