

微小粒子状物質測定法専門委員会の審議経過報告

第1回 平成21年2月27日

○議事

- (1) 微小粒子状物質測定法専門委員会の設置について
- (2) 微小粒子状物質測定法に関する取組について
- (3) 今後の検討課題について
- (4) その他

○議事概要

事務局より、微小粒子状物質測定法専門委員会の位置付け及び設置の経緯等、微小粒子状物質測定法評価検討会報告を含む微小粒子状物質の測定法に係るこれまでの取組、微小粒子状物質測定法専門委員会の今後の検討課題について説明が行われ、各委員より質疑がなされるとともに、標準測定法の内容及びその満たすべき基本的条件、自動測定法が満たすべき基本的条件、自動測定機の評価方法及び精度管理方法等についての意見が出された。

今回、各委員から出された意見等も踏まえ、事務局において資料を用意し、これらの検討課題について、次回の専門委員会で審議することとされた。

第2回 平成21年4月3日

○議事

- (1) 微小粒子状物質の測定法の基本的考え方及び標準測定法について
- (2) 自動測定機による測定法について
- (3) その他

○議事概要

- (1) 事務局より微小粒子状物質の測定法の基本的考え方及び標準測定法について説明が行われ(別紙1等)、各委員より質疑がなされるとともに、標準測定法の満たすべき基本的条件、サンプリング及び秤量の条件と手順等について意見が出された。
- (2) 事務局より自動測定機による測定法について説明が行われ(別紙2、別紙3等)、各委員より質疑がなされるとともに、自動測定機が満たすべき基本的条件、標準測定法との等価性評価方法、精度管理方法等についての意見が出された。
- (3) 今回、各委員から出された指摘等を踏まえ、事務局において資料を用意し、再度、これらの内容について、次回の専門委員会で審議することとされた。

微小粒子状物質の測定法の基本的考え方及び標準測定法（骨子案）

（第 2 回微小粒子状物質測定法専門委員会・資料 1 要約）

1. 微小粒子状物質（PM_{2.5}）の測定法の基本的考え方

従来、諸外国や我が国で環境基準が設定されてきた粒子状物質（TSP（総浮遊粒子状物質）、PM₁₀（粒径 10 μm ,50 %カット）、SPM（粒径 10 μm 以上 100 %カット）等）の大気中質量濃度の測定法としては、測定原理が最も基本的であるとともに機械的な測定誤差が少ない、ろ過捕集-重量測定法（フィルタ法）が各国で標準測定法とされてきた。

PM_{2.5} においても、フィルタ法は基本的な測定法であり、欧州を含む諸外国においては、標準測定法として米国 EPA の連邦標準測定法（Federal Reference Method, FRM）に準じたフィルタ法が用いられている。また、我が国においても、大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）測定方法暫定マニュアル（H12 年策定、H19 年改定）で FRM に準じた測定法が示され、国及び地方公共団体の調査研究において広く用いられている。

PM_{2.5} 粒子は粗大粒子に比べ湿度や気温等の影響を大きく受けるが、FRM は、水分や半揮発性物質の影響によるデータの差異を極力取り除けるよう細部まで規格化されている測定法である。

以上のことから、我が国の PM_{2.5} 標準測定法として、FRM に準じたフィルタ法を採用することが適当である。

しかしながら、フィルタ法は労力がかかることに加え、得られる測定値が日平均値のみであり、かつ、秤量のため測定結果を得るまでに最短でも数日を要する。したがって、日常的な監視や効果的な対策の検討のために必要となる濃度の時間変動等のリアルタイムでの把握には、自動測定機による測定が有用である。

なお、常時監視において、標準測定法の等価法として自動測定機を用いるにあたっては、標準測定法であるフィルタ法と等価な性能を有すると確認されたものを導入すべきである。

PM_{2.5} の自動測定機は、現在、開発や改良が活発に進められているところであることから、測定原理だけではなく、機種の違いによって標準測定法との等価性は大きく異なる。このため、等価性の評価は、自動測定機の機種ごとに標準測定法との並行測定試験によって行われることが望ましい。このため、適切な試験方法及び運用体制を整備することが必要である。

なお、自動測定機によって得られる 1 時間値については、現段階ではフィルタ法との等価性の確認が困難であるため、参考値として取り扱うことが適当であるが、発生源や長距離輸送による移流の影響を検討するためには、今後とも 1 時間値の精度確保について検討が進められることが望ましい。

2. 標準測定法

標準測定法であるフィルタ法は、サンプラにより一定流量でフィルタ上に試料を捕集し、その後、一定の秤量条件の下で、試料採取前後のフィルタの重量差を求めることで、質量濃度を算定する方法である。

標準測定法は 2-1 に示す基本的条件を満たすべきとし、そのサンプリング及び秤量の手順は 2-2 に示すとおりとする。

2-1 標準測定法を満たすべき基本的条件

- 分粒装置の特性は 50%カットオフ径が $2.5 \mu\text{m}$ であること。また、分粒装置の性能としては、JIS Z 8851 で規定されている規格 (50 %分粒径が $2.5 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$ 、80 %分粒径に対する 20 %分粒径の比で規定する傾きが 1.5 以下) を満たすこと。
- フィルタ保持部と外気との許容温度差は $\pm 5^\circ\text{C}$ とすること
- フィルタの材質は十分な強度を持つ PTFE (ポリテトラフルオロエチレン) と同等であること
- 吸引流量は原則として、分粒装置の設定流量とし、実流量制御及び実流量表示を行うこと
- フィルタのコンディショニング及び秤量の条件については温度 $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $35 \pm 5\%$ とし、コンディショニング時間は 24 時間以上とする。また、秤量に用いる天秤の感度は $1 \mu\text{g}$ 感量のものを用いること
- 測定濃度範囲は $2 \sim 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が測定可能であること

2-2 標準測定法のサンプリング及び秤量の条件と手順

(1) サンプラ及びサンプリング手順

ア サンプラ

図 1 に掲げる構成のものとし、試料大気導入口、試料大気導入管、分粒装置、フィルタ保持部、フィルタの材質、吸引ポンプ、温度計、大気圧計、流量制御器、表示部、記録部の満たすべき規格及び条件等について記載。

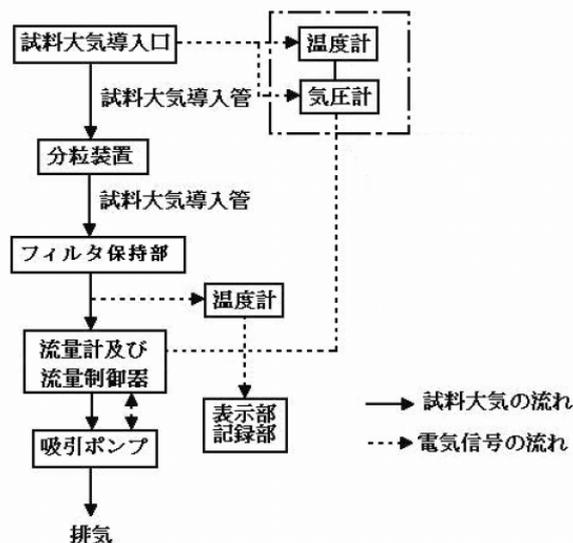


図 1 PM_{2.5} サンプラの基本構成

イ サンプリング手順

(i) サンプラの設置と漏れ試験

サンプラを設置方法及び漏れ試験の実施方法について記載。

(ii) フィルタの設置とサンプリング条件設定

フィルタ固定後の操作手順、サンプリング条件設定、記録事項等について記載。

(iii) サンプリングの開始と終了

資料大気の採取時間、確認が必要な作動状況、記録が必要な各種パラメータ等について記載。

(iv) サンプルの回収と運搬

フィルタホルダからのフィルタの回収方法、容器への保管方法、運搬方法及び秤量までの保管方法等について記載。

(2) 秤量条件及びその手順

ア 秤量条件

フィルタの秤量条件(コンディショニング時も含む)及びコンディショニング時間、秤量に用いる天秤の感度等について記載。

イ 秤量の手順

(i) ラボブランクの用意

ラボブランク用フィルタを用いた秤量値の補正について記載。

(ii) フィルタの秤量操作

フィルタの秤量操作の詳細について記載するとともに、秤量の手順、必要な記録事項、秤量後の保管方法等について記載。

(3) 質量濃度の算定

次式により質量濃度を算定する。

$$C = \frac{(We - Wb - WL)}{V}$$

C : $PM_{2.5}$ の質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

We : 採取後のフィルタの質量 (μg)

Wb : 採取前のフィルタの質量 (μg)

WL : ラボブランク用フィルタの(採取後秤量値－採取前秤量値)の算術平均値 (μg)

V : 積算実流量 (m^3)

(4) 校正方法等

流量計及び天秤の校正方法について記載。

3. 一般的事項

3-1 サンプラの設置

サンプラ装置が設置面等から舞い上がる粉じんの影響を受けないようにするため

の試料大気導入口の高さの条件や、周辺に他の設置物等がある場合にとるべき離隔等について記載。

3-2 試料大気導入管の設置条件

大気導入口から粒子捕集部までの間に、吸着等による $PM_{2.5}$ 粒子の損失を防ぐための条件について記載。

自動測定機による測定法及びその等価性評価方法（骨子案） （第 2 回微小粒子状物質測定法専門委員会・資料 2 要約）

1. 等価法として自動測定機が満たすべき基本的条件

標準測定法の等価法としての自動測定機が満たすべき基本的条件は、標準測定法を踏まえ、次に掲げるものが適当である。

- 測定される物理量が質量と一定の関係にあること、又は測定される物理量と質量との補正関係（光散乱法などの場合）が明確であること
- 分粒装置の特性は 50%カットオフ径が 2.5 μm であること。また、分粒装置の性能としては、JIS Z 8851 で規定されている規格（50 %分粒径が 2.5 $\mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$ 、80 %分粒径に対する 20 %分粒径の比で規定する傾きが 1.5 以下）を満たすこと。
- 自動測定機の平均化時間は 24 時間とすること
- 測定濃度範囲は日平均値として 3~200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が測定可能であること
- 各測定原理に基づく点検及び校正に係る技術的方法が確立されており、定期的な点検により測定値の恒常性が維持されること
- 同機種種の自動測定機を複数台同時に測定（並行測定）したときの日平均値の差が一定の範囲にあること
- 吸引流量は分粒装置の設定流量とし、実流量制御及び実流量表示を行うこと
- 除湿装置の装着等、相対湿度の変化による質量濃度の変化を抑制するための機能を有することが望ましいこと
- 標準測定法との並行測定試験で良好な直線関係を有すること。また、フィルタ法との並行測定試験によって得られた日平均値とフィルタ法との指示差が一定の範囲にあること。

2. 自動測定機の標準測定法との等価性評価

2-1 等価性評価の基本的考え方

標準測定法であるフィルタ法の等価法として自動測定機を用いる場合には、上述の基本的条件を満たすことが必要であることに加え、等価性を確認するための適切な評価方法を確立する必要がある。

等価性評価の基本的な考え方は、予め定められた条件下において、基準となる標準測定法に基づく測定結果と評価対象となる測定機との並行測定試験結果が、評価方法に規定される許容範囲にあるか否かを判断することである。なお、評価にあたっては、PM_{2.5}測定法の基本的考え方にも記述されているとおり、機種ごとに行うこととする。

自動測定機の等価性を評価するためには、変化しうる全ての条件において標準測定法との並行測定試験を実施することが最良の方法であるが、そのような条件を人工的に作り出すことは現時点では困難であるため、フィールドでの実環境大気による並行測定試験を行うことが最も有効な方法と考えられる。なお、並行測定試験の実施条件については、試験実施主体の負担を考慮し、許容可能な範囲で簡略化することが必要である。

2-2 評価方法

(1) 試験方法

ア 並行測定試験の実施条件

(a) 実施場所

機器を設置し、試験を行う場所について記載。

(b) 実施期間

試験を行う季節について記載。

(c) 試験に用いる機器の台数

標準測定法で用いるサンプル及び自動測定機の設置台数について記載。

(d) 機差

測定期間中に必要な有効データの割合について記載。

(e) 機器の設置方法

均一性の高い試料を得るとともに、それぞれの機器の測定値に影響が出ないための機器の設置方法について記載。

(f) 試料採取（測定）時間

標準測定法及び自動測定法の試料採取時間について記載。

イ 評価に用いるデータの精査と必要データ数

(a) 評価に用いるデータ（有効データ）

複数台の同一機種で測定を行うことになるが、同じ日の測定値が離れていた場合は有効と見なすことができないため、標準測定法及び自動測定法のそれぞれについて、データを棄却する場合の数値条件及び比較に用いる測定値の算出方法について記載。

(b) 評価に必要なデータ数

(a) に記載した処理を行った上で、評価に必要な有効データ数について記載。

(2) 評価方法

評価に用いるために精査したデータについて、回帰計算を行い、その結果得られた回帰式の傾き、切片及び相関係数について、いずれも一定の基準内にあった自動測定機を標準測定法の等価法として位置づけることとし、その具体的数値について記載。

3. 自動測定機の精度管理方法

3-1 校正方法等

自動測定機の校正方法について、校正用粒子を使用した標準測定法との同時測定（動的校正）及び等価入力を用いた静的校正について記載した上で、等価と確認された自動測定機の動的校正における位置づけ等についても記載。

3-2 自動測定機の精度を確保するための点検項目

通常メンテナンス時に必要な点検項目について記載。

自動測定機並行測定試験の追加調査結果（概要）
 （第2回微小粒子状物質測定法専門委員会・参考資料3 抜粋）

【測定機器一覧】

除湿の種類	測定原理	測定対象	機種名	PM ₁₀ 分粒装置	PM _{2.5} 分粒装置	除湿方法、他	設置台数
希釈法	β線吸収法 (24時間連続採取機器)	PM _{2.5}	O	FRMインパクト	FEM-VSCCサイクロン (16.7 L/min) *ただし、ろ紙を通過する試料量は4L/min	乾燥清浄空気による常時希釈、 希釈倍率:2.0(24時間連続採取)	除湿有:1 除湿無:1
	β線吸収法		P		FEM-VSCCサイクロン (16.7 L/min)	乾燥清浄空気による常時希釈、 希釈倍率:2.0	除湿有:1 除湿無:1
拡散管	TEOM	PM ₁₀ PM _{2.5}	Q	FRMインパクト	バーチャルインパクト (16.7 L/min) *ただし、ろ紙を通過する試料量は3 L/min	拡散除湿管、常時作動 検出部温度 30℃	1台
	光散乱	PM ₁₀ PM _{2.5} PM ₁	R*	TSP	光学分級(1.2 L/min)	拡散除湿管 相対湿度 60%以上にて作動	夏季:1 冬季:2
加熱法	ハイブリッド (β線+光散乱)	PM _{2.5}	S	FRMインパクト	FEM-VSCCサイクロン (16.7 L/min)	相対湿度 40%以下を維持するように加熱	2台
	β線吸収法		T			温度 45℃を維持するように加熱	2台
	β線吸収法 (FEMクラスⅢ認証機)		U			相対湿度 35%以下を維持するように作動	2台
	β線吸収法		V			温度 35℃を維持するように加熱	除湿有:1 除湿無:1
	β線吸収法		W			FRM-WINSインパクト (16.7L/min)	相対湿度 50%以下を維持するように加熱

* Rは冬季にF値を変更。

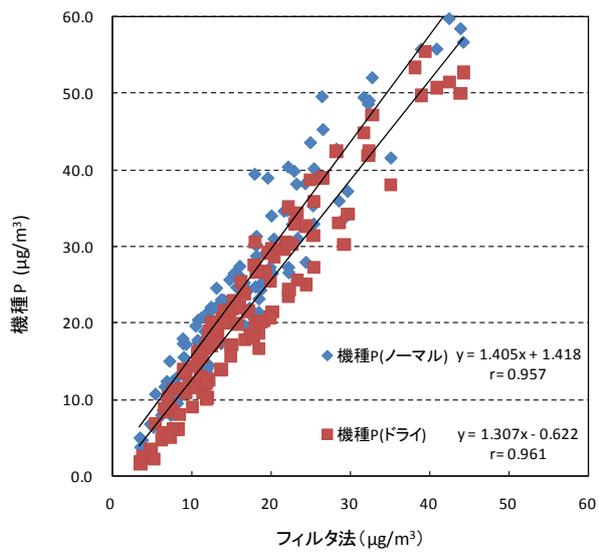


図1 標準測定法と自動測定機 (P) との相関

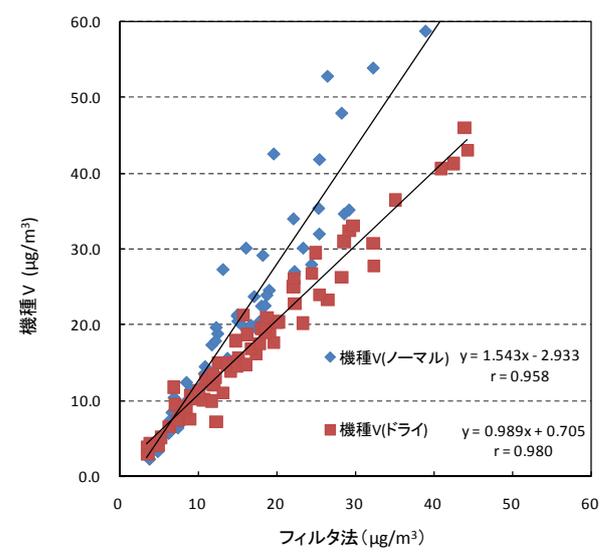


図2 標準測定法と自動測定機 (V) との相関

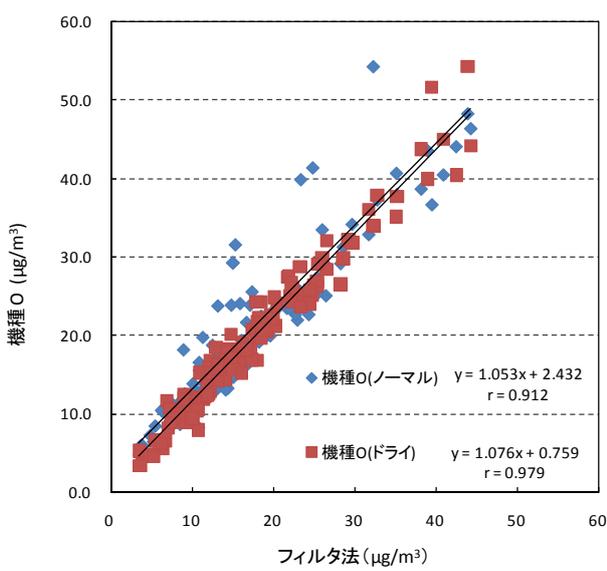


図3 標準測定法と自動測定機 (O) との相関

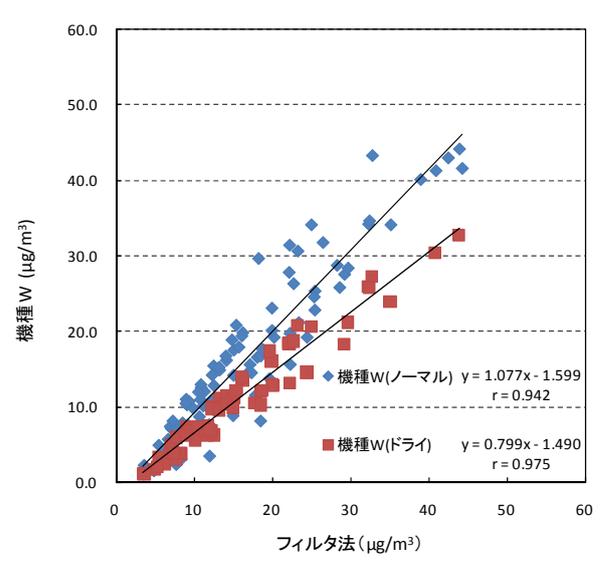


図4 標準測定法と自動測定機 (W) との相関

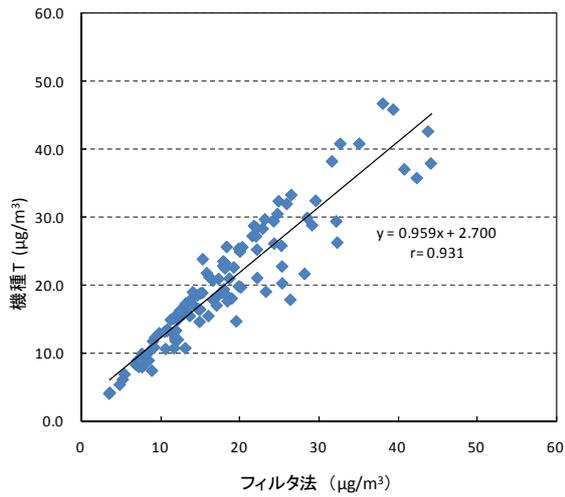


図5 標準測定法と自動測定機 (U) との相関

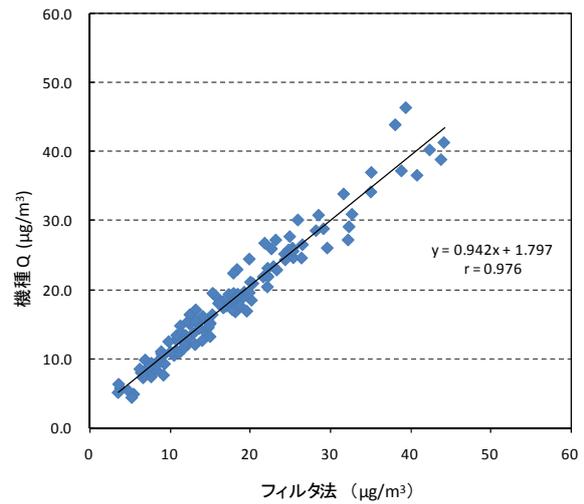


図6 標準測定法と自動測定機 (T) との相関

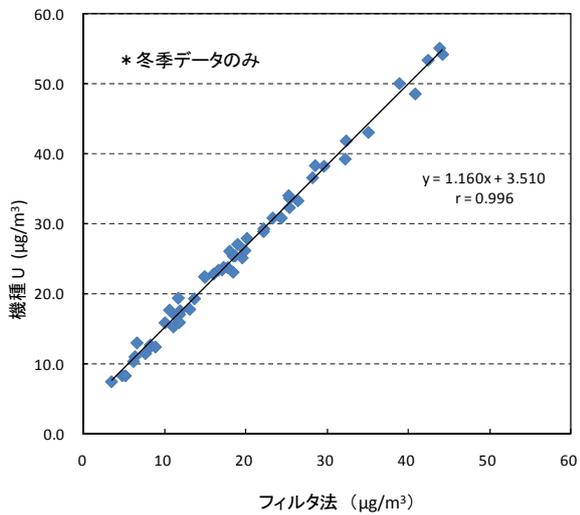


図7 標準測定法と自動測定機 (R) との相関

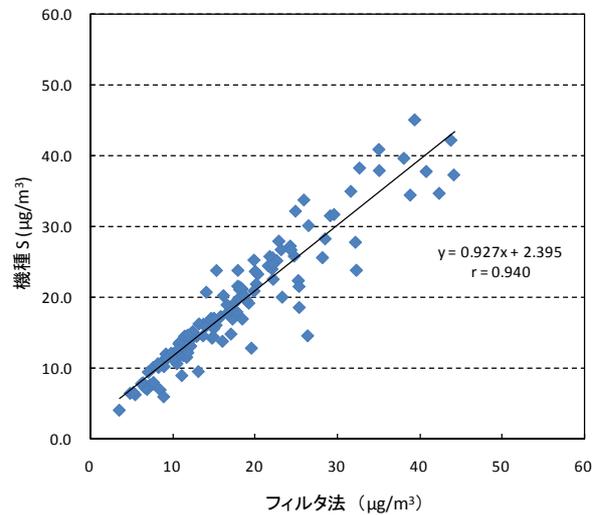


図8 標準測定法と自動測定機 (Q) との相関

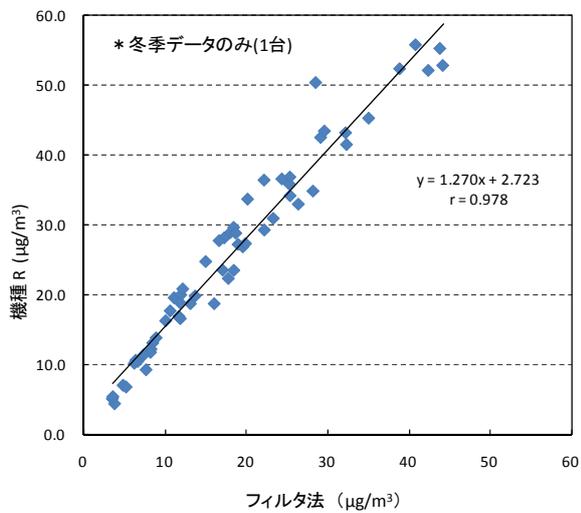


図9 標準測定法と自動測定機 (S) との相関

PM_{2.5} 測定法について

1. フィルタ捕集による測定法

フィルタ上に捕集した粒子状物質の重量を天秤にて測定し、その重量を導入する大気
の流量で除すことにより重量濃度を測定する方法である。この測定法は、質量濃度を測
定するための基本となる測定法として捉えられている。米国においては、連邦標準測定
法（Federal Reference Method。以下「FRM」という。）として、ローボリウムエア
ーサンプラーによる測定法が示されている。

2. 自動測定機

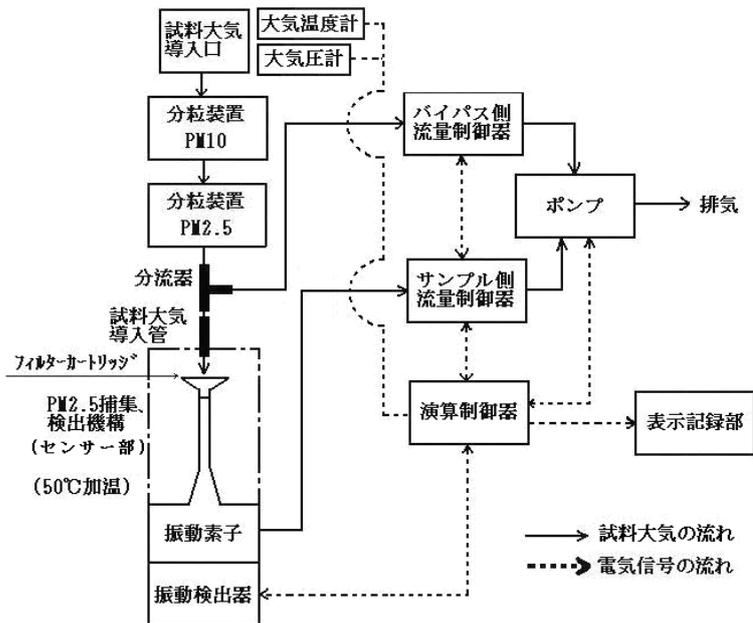
上述のフィルタ捕集による測定法は、手作業による1日単位の測定であり、秤量条件
のコンディショニング等に手間がかかるため、1時間値の測定も可能な自動測定機の開
発が行われている。

米国においては、TEOM等による測定が行われており、2008年3月には初めてFRM
と等価な測定法（Federal Equivalent Method, FEM）としてβ線吸収法のBAM-1020
が承認された。

我が国においては、「PM_{2.5}測定法暫定マニュアル」に基づき、TEOM、β線及び光散
乱による測定が実施されている。

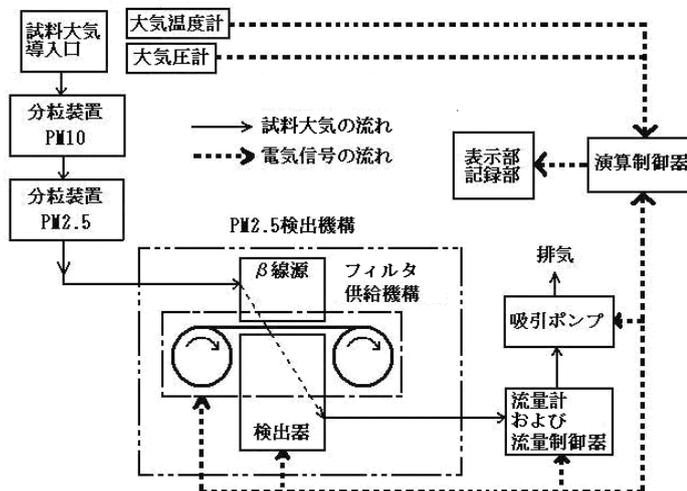
(1) TEOMについて

固有の振動数で振動している円錐状の秤量素子の先端にフィルタが取り付けられ、
フィルタ上に捕集された粒子状物質の質量の増加に伴い、素子の振動周波数が減少す
る原理を用いた測定法。素子が温度影響を受けることから、フィルタ捕集部を含む素
子等を50℃に加温している。フィルタは、1週間程度連続して粒子状物質を捕集して
いる。



(2) β 線吸収について

低いエネルギーの β 線を物質に照射した場合、その物質の質量に比例して β 線の吸収量が増加する原理を用いた測定法。1時間毎にろ紙上に捕集した粒子状物質に β 線を照射し、透過する β 線の強度を測定することで、質量濃度を測定する。



(3) 光散乱について

粒子状物質に、一方から光を照射したときに生ずる散乱光量を測定することにより、大気中の粒子状物質の質量濃度を間接的に測定する方式。粒子状物質による散乱光の強度は粒子状物質の形状、大きさ、屈折率等によって異なるが、これらの条件が同一であれば散乱光の強度は粒子状物質の質量と比例関係があることを利用したものである。

