

第4章  
フィルタによる微小粒子状物質（ $PM_{2.5}$ ）  
質量濃度測定方法暫定マニュアル(改定版)  
解説



第4章  
フィルタによる微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）  
質量濃度測定方法暫定マニュアル(改定版)  
解説

目 次

|   |    |
|---|----|
| 1. フィルタによる PM <sub>2.5</sub> 質量濃度測定方法マニュアル作成の趣旨及び経緯 | 1  |
| 2. 用語の定義  | 1  |
| 3. 採取装置の構成(分粒装置)                                    | 1  |
| 3.1 試料大気導入口   | 1  |
| 3.2 分粒装置  | 2  |
| 4. フィルタ   | 4  |
| 5. 採取操作(フィルタの秤量)                                    | 4  |
| 5.1 秤量時の湿度条件  | 4  |
| 5.2 天秤  | 6  |
| 6. 質量濃度算出に用いる大気流量と流量制御                              | 6  |
| 6.1 質量濃度算出に用いる大気流量                                  | 6  |
| 6.2 流量制御  | 6  |
| 7. ブランクフィルタの取り扱い                                    | 7  |
| 8. マスクロージャーモデルを用いた質量濃度結果の地域代表性検証に関する検討              | 7  |
| 9. まとめ  | 8  |
| 10. 資料  | 9  |
| 10.1 秤量時の湿度条件等の違いに関する比較                             | 9  |
| 10.2 質量濃度の地域代表性検証法                                  | 12 |
| 10.3 PM <sub>2.5</sub> 標準測定法の比較                     | 15 |
| 11. 参考資料  | 24 |



## 第4章 フィルタによる微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>） 質量濃度測定方法暫定マニュアル(改定版) 解説

### 1. フィルタによるPM<sub>2.5</sub>質量濃度測定方法マニュアル作成の趣旨及び経緯

現在、わが国においてはSPM濃度の環境基準が1時間値及び1時間値の1日平均値で定められており、1時間毎の測定が可能なβ線吸収法、光散乱法及び圧電天びん法が環境基準を評価する方法として定められているが、これら自動測定機の動的校正や動的試験は、フィルタ法による測定との並行試験によって行われる。また米国において定められているPM<sub>2.5</sub>の環境基準は、フィルタ法による測定を標準測定法として日平均値及び年平均値が定められており [1]、フィルタ捕集による質量測定法は質量濃度測定方法の基本となる測定方法と捉えられる。

このため、環境大気中の微小粒子状物質濃度(PM<sub>2.5</sub>)に関して調査を行う場合の参考として活用されることを目的とし、平成12年に大気中微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）質量濃度測定方法暫定マニュアル（以降「暫定マニュアル」と表記。）が作成された [2]。

今回の改定では基本的に大きな変更はないが、平成12年以後に諸外国にて採用された新たな分粒装置などについての情報等を追加した。

一般環境大気中のPM<sub>2.5</sub>は水分、半揮発性物質等の影響を受け、試料採取中に生じるフィルタやフィルタ上に捕集された粒子へのガス状物質の吸着や、一旦捕集された粒子状成分のうち揮発性の高い成分の揮散など、PM<sub>2.5</sub>質量濃度の測定には様々な影響要因や不確定要素を含んでおり、厳密な意味でのPM<sub>2.5</sub>質量濃度の測定は困難であり未解明な部分も多い [3]。従ってマニュアルの目的は、測定方法を規格化することにより様々な影響要因によるデータ間の質の差異を極力取り除くことにあり、ここでいう測定値の誤差は本マニュアルに示した方法による測定値を標準として、相対的に定義されるものである。

本マニュアルでは、定量下限値及び定量の上限に関しては米国FRM規定(PM<sub>2.5</sub>)に準じた値を採用した。環境省が平成13年度から18年度の6年間に実施した自排局5地点を含む全国19地点の自動測定機によるPM<sub>2.5</sub>濃度測定結果によると、1時間値で200μg/m<sup>3</sup>を超えたのは全体の0.01%以下程度であり、またPM<sub>2.5</sub>濃度は減少傾向にあることから、測定範囲2μg/m<sup>3</sup>～200μg/m<sup>3</sup>はほぼ国内すべての地点に適応できるものと考えられ、自動測定機と同様の測定範囲（2μg/m<sup>3</sup>～200μg/m<sup>3</sup>）を定めている。

なお、本マニュアルは、今後科学的知見の集積等によって、順次改定するものとする。

### 2. 用語の定義

本マニュアルに記載した用語の他、粒子状物質関係の用語として、以下のようなものがある。

#### (1) 浮遊粒子状物質 (SPM)

浮遊粒子状物質とは、大気中に浮遊する粉じんのうち粒径が10μm以下の微細な粒子の総称をいう。但しわが国においてSPMの質量濃度を求める場合は10μm以上の粒子を100%除去する分粒装置を使用して捕集される粒子状物質をいう。

#### (2) PMc (PMcoarse)

(PM<sub>10-2.5</sub>)で表す粗大側粒子状物質。現在、米国において一部PMcの測定が実施されている。

### 3. 採取装置の構成(分粒装置)

#### 3.1 試料大気導入口

試料大気導入口の高さ、試料大気導入口より粒子捕集部(検出部)までの長さ等については、常時監視マニュアル及び諸外国規定を考慮した。本マニュアルでは例として、試料大気導入口がPM<sub>10</sub>インパクトと一体構造となっているものを掲載している。

### 3.2 分粒装置

PM<sub>2.5</sub>に関する国家レベルでの測定法は、米国において1997年に連邦標準法(Federal Reference Method(FRM)40CFR Part50)として初めて示された [1]。このFRMと同等の性能をもつものは連邦等価法(Federal Equivalent Method(FEM))として認定されるため、メーカーの開発はFRMに記載されているWINS(Well Impactor Ninety-Six 湿式サンプリングとも呼ばれる慣性衝突型の分粒装置)を分粒装置として採用する機器が主流となった。このため現在市販されているPM<sub>2.5</sub>採取装置のほとんどが、導入管径や流量制御能力についてWINSインパクトタの仕様に合致するものとなっており、この傾向は自動測定機においても同様である。

暫定マニュアルではFRMに規定されているWINSインパクトタのみについて記載したが、本マニュアルでは、EPAにて新たにFEMに認定されたサイクロン方式(遠心分離型)のVSCC(Very Sharp Cut Cyclone 乾式サンプリングとも呼ばれる)分粒装置についても併せて記載した。

VSCCは、その前段に装着するPM<sub>10</sub>インパクトタとの接続管径、粒子捕集部または検出部への導入管径及び設定流量(16.7L/min)について、完全にWINSインパクトタと互換性を有しているため容易に交換可能である。

本マニュアル記載以外のPM<sub>2.5</sub>分粒装置の仕様として、欧州連合のThe European Standard (BS EN 14907:2005)にて規定されているロウボリウムサンプラ(LVS)用標準インレットを以下に示す(EN 14907ではLVSの他、ハイボリウムサンプラ(HVS)についての規定もある。) [4]。

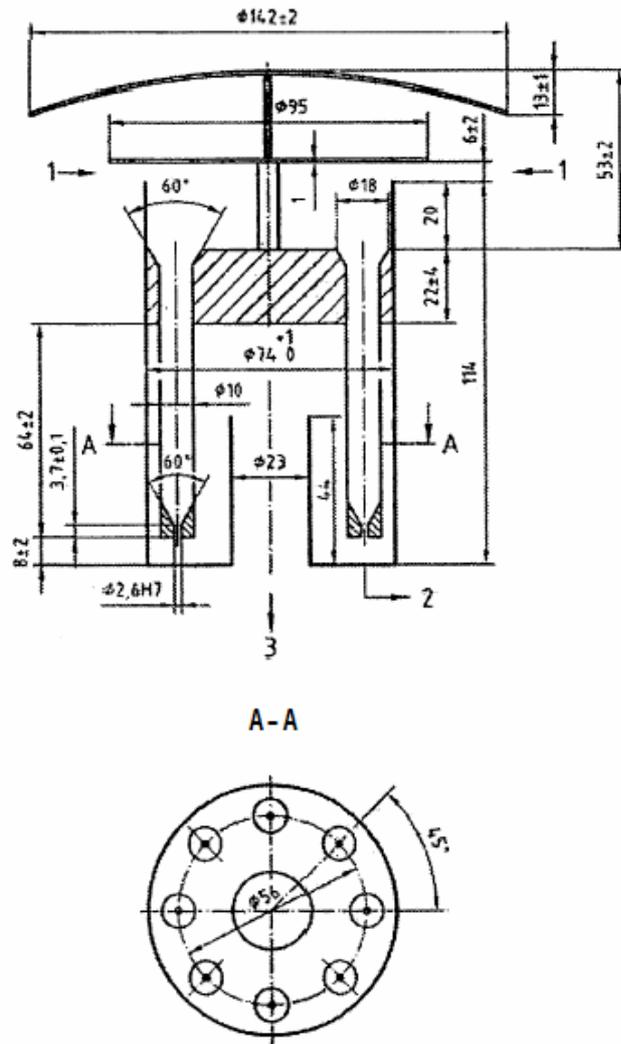


図 3.2-1 EN 14907 LVS インレットのデザイン

- 単位:mm 及び度 (degree)、許容範囲: $\pm 0.2$  mm 及び $\pm 0.5^\circ$
- 規定流量:38.3 L/min
- 材質: ステンレス鋼、アルミニウム合金、または陽極酸化処理アルミニウム
- 1:試料大気導入口、2:インパクトオイル排出口、3:フィルタへ(試料空気)
- 制御流量は欧州連合仕様、米国仕様で異なるため、分粒装置を変更した場合は再設定が必要。

「 Ambient air quality Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM<sub>2.5</sub> mass fraction of suspended particulate matter (The European Standard EN 14907:2005 has the status of a British Standard)」より転載

WINS インパクトはインパクト用フィルタ及びオイルを用いるため、PM<sub>2.5</sub>質量濃度測定の外に成分分析を実施する場合には不相当であり、かつ保守点検時の清掃作業が複雑で、消耗品の交換も必要となる。一方VSCCは、WINS インパクトと比較するとオイルの管理がなく清掃のみのため、今後広く普及するものと考えられる。

当初FRMに規定されていたインパクト用オイル(テトラメチルテトラフェニルトリシロキサ(市販品の一例：Dow Corning 704))が低温高湿度の条件下で、オイルの凝結、結晶化が生じる場合がみられたとして、新たにセバシン酸ジオクチル(DOS、市販品の一例：Octoil®-S Diffusion Pump Fluid)が承認されている。

粒子状物質をPM<sub>c</sub>とPM<sub>2.5</sub>に分離採取するPM<sub>2.5</sub>バーチャルインパクトは、原理的にインパクトと類似しているが、PM<sub>c</sub>も捕集して濃度測定できる利点があり、今後期待される分粒装置である。

PM<sub>2.5</sub>分粒装置にサイクロンを使用する場合PM<sub>c</sub>の質量濃度を測定することはインパクトと同様できないが、除去粒子溜めに捕集されたPM<sub>c</sub>の質量測定と成分分析を行うことで、PM<sub>c</sub>の成分割合を把握することは可能となる。

#### 4. フィルタ

PM<sub>2.5</sub>の質量濃度測定に用いるフィルタとして米国で指定している規格を例示する。

＜質量濃度測定に使用するフィルタの規格の一例＞

##### (1) フィルタ

形状：円形サポートリングを有するPTFE製フィルタ  
サイズ：直径46.2±0.25mm  
材質：PTFE  
ポアサイズ：2μmφ  
フィルタの厚み：30～50μm

##### (2) サポートリング

材質：ポリメチルペンテンまたは同等の性能を持つもの  
厚み：0.38±0.04mm  
外径：46.2±0.25mm  
幅：3.68mm

現在米国規格を満たしている市販品として、PM<sub>2.5</sub>エアーマニタリング用フィルタ(ワットマン社製)等があるが、あくまで一般に入手できるものとして記載したものであり、これを推奨するものではない。これと同等もしくは同等以上の性能を持つものを用いてよい。

現在市販されているサポートリング付きPTFE製フィルタには、サポートリングに吸湿性の高い材質が使用されているものがある。フィルタのコンディショニングルームは恒温、恒湿に保たれているので、採取の前後の秤量条件は同一であり問題は生じないが、異なる条件のコンディショニングルームにおいて秤量を実施する場合は、ブランク値が大きく変化する可能性があるため留意する必要がある。

#### 5. 採取操作(フィルタの秤量)

##### 5.1 秤量時の湿度条件

PM<sub>2.5</sub>の主要部分を占める微小粒子は、主に物の燃焼過程や大気中の反応性の高いガス状成分の光化学反応等により二次的に生成したものから成るとされており、水可溶性が高く吸湿性、潮解性を有する粒子も多く存在する。従ってフィルタの秤量値は、フィルタのコンディショニングルームの湿度条件によって変化することが予想され、また潮解性を示す硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウム、塩化ナトリウム等を多く含むと、湿度の履歴によってはヒステリシス効果の影響を受ける。

ここでヒステリシス効果とは、粒子状物質を捕集したフィルタのコンディショニングにおいて、秤量室の相対湿度の増減に対してPM<sub>2.5</sub>質量が可逆的に増減せず、相対湿度の変化の履歴により、

同一フィルタの同一湿度における秤量値が一致しない現象を指す。

硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウム、塩化ナトリウムはそれぞれ相対湿度80%、62%、75%付近で潮解するとされている。フィルタ上に捕集されたこれら成分に潮解が起こると、相対湿度50%では内包した水分はほとんど蒸発しないが、相対湿度を30%程度まで下げると内包していた水分が蒸発するため、単純に相対湿度50%でコンディショニング後に秤量した結果と、一旦相対湿度30%付近にてコンディショニングした後、再度相対湿度50%にてコンディショニング後に秤量した結果は異なる値を示す。

ヒステリシス効果については、本調査研究においても検証されており、検証結果について「10. 資料 10.1 秤量時の湿度条件等の違いに関する比較」に示した。

また相対湿度  $50 \pm 5\%$  の条件による秤量値は、相対湿度  $35 \pm 5\%$  の秤量値に比べて一般的に高めの値を示す。本調査研究における平成 16 年度試料を用いた検証実験では、35%から 50%に湿度変化させた場合の質量濃度の変化量は、最大で  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  程度の差が確認された。

以前は、大気中微小粒子状物質中における吸湿性の低い一次粒子（EC 等）の割合が高く、吸湿性・潮解性を持つ二次粒子の割合は低かったものと推察されるが、近年は、一次粒子濃度の減少に伴い吸湿性・潮解性を有する二次粒子の占める割合が相対的に高くなり、秤量時の湿度影響をより受けるようになってきていると考えられる。

これら粒子の吸湿性、潮解性が秤量値にあたる影響を定量的に求めることは一般的に困難であり、米国における標準法ではこれら粒子の吸湿性、潮解性の影響を極力排除するために、秤量条件として温度  $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、湿度  $35 \pm 5\%$  が規定されている。現在の EU 規定は温度  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度  $50 \pm 5\%$  であるが、同様の問題から湿度  $35 \pm 5\%$  への改定の動きがある。データの再現性を考慮すれば、秤量の湿度条件は低い値が望ましく、諸外国とのデータ比較の点からも温度  $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、湿度  $35 \pm 5\%$  の秤量条件が望ましいと考えられる。

わが国における SPM 測定(標準測定法)では、「温度  $20^\circ\text{C}$ 、湿度 50%の恒温恒湿状態に維持された部屋又はデシケータで、16~48 時間放置して恒量とした後、最小読み取り単位が  $0.01\text{mg}$  以下の感度を有する精密天秤を用いて秤量する。」(「環境大気常時監視マニュアル」より)としている。また JIS Z 8703 「試験場所の標準状態」では、標準状態の温度は試験の目的に応じて  $20^\circ\text{C}$ 、 $23^\circ\text{C}$  又は  $25^\circ\text{C}$  のいずれかとし、標準状態の湿度は相対湿度 50%又は 60%のいずれかとするとしている。なお、JIS Z 8703 に対応する ISO 554 (Standard atmospheres for conditioning and/or testing) によれば、推奨される標準状態は温度  $23^\circ\text{C}$ 、相対湿度 50%としている。また、JIS Z 8808(排ガス中のダスト濃度の測定方法)では秤量は室温( $5 \sim 35^\circ\text{C}$ )、相対湿度 50%前後で行うことが望ましいとしている。

以上のようにわが国においては、温度  $20^\circ\text{C}$  前後、相対湿度 50%前後の条件による秤量が従来から行われてきており、平成 12 年度版暫定マニュアルでは、わが国の気象条件(年平均湿度は 60%程度)等を考慮し、またマニュアル普及の観点から各調査研究機関で即時実施可能な条件として、温度  $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、湿度  $50 \pm 5\%$  が規定された。但しフィルタの恒量と秤量操作が同一条件で行われることが望まれることとし、恒温恒湿状態に維持されたフィルタコンディショニングルーム内に天秤も設置されており、フィルタの恒量から秤量までの操作が同一環境で実施されることを前提とし、デシケータの使用については記述していない。

温度  $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$  の設定は、SPM 測定(標準測定法)に規定する温度  $20^\circ\text{C}$  に対して  $+0.0 \sim 3.0^\circ\text{C}$  の正の差を許しているが、SPM 測定(標準測定法)との比較を行う場合、 $+0.0 \sim 3.0^\circ\text{C}$  の温度差による秤量誤差は十分小さいものとして設定された。

今回の改定にあたり、わが国の気象条件(年平均湿度は 60%程度)等を考慮し、また現状にて温度  $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、湿度  $35 \pm 5\%$  の秤量条件に対応できる国内の調査研究機関はごく限られること。温度  $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、湿度  $35 \pm 5\%$  のコンディショニングルームの導入にあたってのインフラ上の問題、マニュアルの普及性等を勘案し、本マニュアルでは過渡的な措置として温度  $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、湿度  $50 \pm 5\%$  を規定した。

この秤量条件は、現行の SPM 測定(標準測定法)と同一条件であり、SPM との比較を容易として

いる。

本マニュアルの記述は過渡的な措置であり、 $35\pm 5\%$ の湿度条件による調査研究を否定するものではない。 $50\pm 5\%$ の湿度条件による結果は、 $35\pm 5\%$ の値に対して一般的に高めの値を示すため、調査結果を過小評価する恐れはすくないが、現状においては秤量（質量濃度）結果には秤量条件を必ず明記し、誤解を招かないように配慮する必要がある。

## 5.2 天秤

$1\ \mu\text{g}$ 感量の天秤の使用が望ましいが、わが国において $1\ \mu\text{g}$ 感量の天秤を有している調査研究機関は少なく、マニュアル普及の観点から過渡的な措置として $10\ \mu\text{g}$ 感量の天秤の使用についても記載した。しかし本調査研究結果からも $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度は低下傾向にあり、測定誤差の少ない $1\ \mu\text{g}$ 感量天秤の速やかな普及が望まれる。

## 6. 質量濃度算出に用いる大気流量と流量制御

### 6.1 質量濃度算出に用いる大気流量

わが国では従来より吸引大気流量の表示について、 $20^\circ\text{C}$ 、1気圧に換算したものをを用いている。一方米国は、 $\text{PM}_{10}$ に関しては $25^\circ\text{C}$ 、1気圧換算であるが、 $\text{PM}_{2.5}$ については採取時の気温、気圧条件にて吸引した流量（実流量）で表示しており $\text{PM}_{10}$ についても改定が検討されている。また、EUは $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ とも実流量を用いている。

これらについては試料採取時の気温及び大気圧をモニターし、記録することにより相互に換算が可能であり、今回の改定では、諸外国の動向等を考慮し「実流量」とした。

測定地点間の質量濃度の比較、あるいは過去の国内SPMデータとの比較を精度よく行いたい場合には標準状態( $20^\circ\text{C}$ 、1気圧)を用いたほうが良い。他方、諸外国のデータとの比較を行う場合は実流量を用いる方が適当であり、調査の目的によって選択すべき性質のものである。測定結果を示す場合に、流量表示法としてどちらを採用しているかを明記するとともに、採取時の平均気温や平均気圧等情報を併記して、換算可能とすることが望ましい。

### 6.2 流量制御

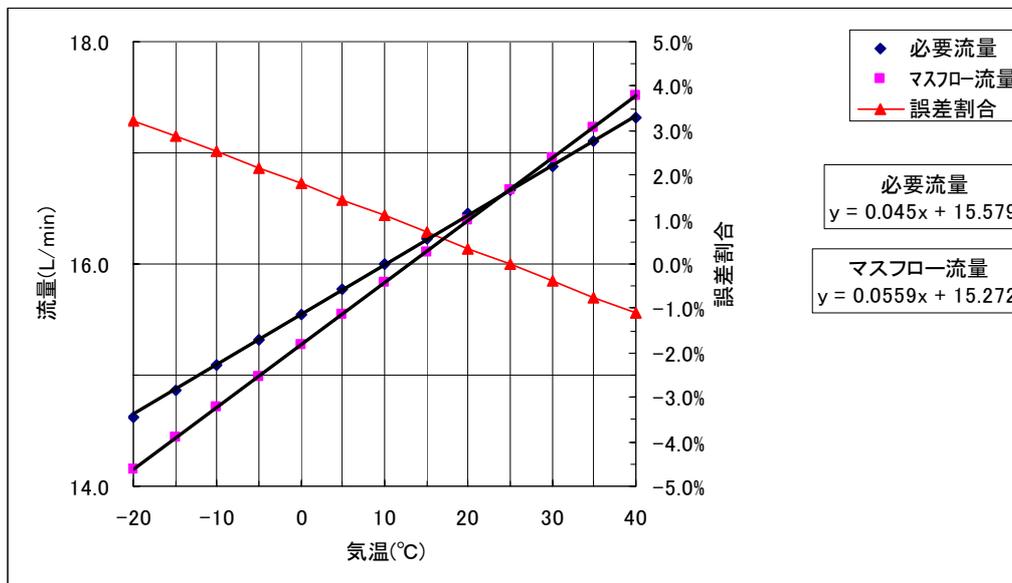
分粒装置がその分粒特性を保つためには流量制御も実流量で行われるべきものであり、採取時の大気温度、大気圧を用いたフィードバック制御による実流量制御が実行できることが望ましいが、一般に流量の制御には質量流量計(マスフローメーター)を用いた質量流量制御器(マスフローコントローラ)が使用されており、質量流量値の出力設定条件と分粒装置の設計条件が一致していれば、その誤差は(大気温度の変化の幅にもよるが)およそ数%程度である(WINSインパクトを例とすると、 $-10^\circ\text{C}\sim 35^\circ\text{C}$ の気温の変化に対する流量誤差は $2.5\%\sim 0.7\%$ 程度)。

本マニュアルにおいて流量制御に関しては $\pm 5\%$ 以内の流量誤差を許容していることから、マスフローコントローラ単体による流量制御も十分に $\pm 5\%$ 以内に収まるものと考えられ、実用上問題ないものとしてマスフローコントローラ単体による制御も記述した。以下にWINSインパクトを例とした場合の誤差を示した。

表 6. 2-1 WINS インパクトの気温別必要流量と、  
設計条件に一致させたマスフローコントローラの実吸引流量との誤差割合

| 気温(°C) | 気温(K) | 粘度<br>( $10^{-3} \text{g/cm}\cdot\text{s}$ ) | 2.5 $\mu\text{m}$ , 50%<br>カットに必要な流<br>速<br>(cm/s) | 必要吸引流<br>量(L/min) | 25°C, 1atmにて<br>16.7L/minに設定され<br>たマスフローコントロ<br>ーラの実吸引流量<br>(L/min) | 流量差<br>(L/min) | 必要流量<br>に対する<br>誤差割合<br>(%) |
|--------|-------|--|--|-------------------|---|----------------|-----------------------------|
| -20    | 253   | 16.2   | 2031   | 14.6              | 14.2  | 0.5            | 3.2%                        |
| -15    | 258   | 16.4   | 2064   | 14.9              | 14.4  | 0.4            | 2.9%                        |
| -10    | 263   | 16.7   | 2096   | 15.1              | 14.7  | 0.4            | 2.5%                        |
| -5     | 268   | 17.0   | 2128   | 15.3              | 15.0  | 0.3            | 2.2%                        |
| 0      | 273   | 17.2   | 2160   | 15.6              | 15.3  | 0.3            | 1.8%                        |
| 5      | 278   | 17.5   | 2192   | 15.8              | 15.6  | 0.2            | 1.4%                        |
| 10     | 283   | 17.7   | 2223   | 16.0              | 15.8  | 0.2            | 1.1%                        |
| 15     | 288   | 18.0   | 2254   | 16.2              | 16.1  | 0.1            | 0.7%                        |
| 20     | 293   | 18.2   | 2285   | 16.4              | 16.4  | 0.1            | 0.4%                        |
| 25     | 298   | 18.4   | 2315   | 16.7              | 16.7  | 0.0            | 0.0%                        |
| 30     | 303   | 18.7   | 2345   | 16.9              | 16.9  | -0.1           | -0.4%                       |
| 35     | 308   | 18.9   | 2375   | 17.1              | 17.2  | -0.1           | -0.7%                       |
| 40     | 313   | 19.2   | 2405   | 17.3              | 17.5  | -0.2           | -1.1%                       |

図 6. 2-1 WINS インパクトの気温別必要流量と、  
設計条件に一致させたマスフローコントローラの実吸引流量との誤差割合



\*気圧は 1 気圧にて変化しないものとした。

## 7. ブランクフィルタの取り扱い

ラボブランク、トラベルブランクに関する取り扱いに関しては、「有害大気汚染物質測定マニュアル」に用いられている手法を参考に、暫定マニュアル策定時に設定された定量下限値  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  等に基づき、判定条件を設定した。

## 8. マスクロージャーモデルを用いた質量濃度結果の地域代表性検証に関する検討

フィルタ法による質量濃度の地域代表性検証手法の一つとして、成分分析値を用いた質量濃度推定手法モデル(Chemical mass closure model)がある。このモデルは、粒子状物質の質量濃度と幾つかの主要成分(特定のイオン成分、有機炭素、無機炭素、特定の金属成分)との関係を統計的に求めておき、以後の測定において成分測定データからを推定し測定質量濃度の妥当性が評価できるというものである。質量濃度推定のために各成分結果に与える係数は、成分元素の環境大気中における代表的化学形態、特定の発生源の影響及び過去の分析結果の集積に基づく知見等により決定される。

代表的な手法として、以下の2つのモデルが知られている。

(1)Harrison らによる英国 PM<sub>2.5</sub>組成に対応したモデル [5]

(2)EPA「VISIBILITY MONITORING GUIDANCE」に記載されているモデル [6]

これらのモデルにより求めた粒子状物質の質量濃度の推定値を実測値と比較することにより、その試料がこれまでのその測定地域での粒子状物質の性状を代表しているかどうかの判定がある程度可能となる。厳密には測定地点、季節などにより粒子状物質の性状は異なる場合があるが、およその地域代表性の検証及び異常値の判断に関して有効な手法である。

しかしながら上記モデルはいずれも諸外国(Harrison:英国、EPA:米国)の気候風土におけるモデルであり、わが国の実態とは異なる部分もあることが想定されるため、わが国の気候風土に合致したモデルが必要である。ここでは本調査研究において全国 16 箇所で 5 年間にわたって行った調査結果から、わが国の状況に適応したマスクロージャーモデルを検討し、その結果を本解説書 10.資料の 10.2 に「質量濃度の代表性検証法」として示した。質量濃度の代表性検証の 1 手法として活用されたい。

掲載したモデルは全国一律モデルであるため、調査地域によっては合致しない可能性がある。また水分影響についても考慮していないため、秤量時の湿度、フィルタの湿度履歴(PM<sub>2.5</sub>ヒステリシス効果の確認)等に留意する必要がある。

## 9. まとめ

一般環境大気中の PM<sub>2.5</sub>の質量濃度は、程度の差はあるものの水分や半揮発性物質等による影響を受けるため、厳密な意味での質量濃度の測定は困難であり、未解明な部分も多い [3]。

現在わが国を含む諸外国において、PM<sub>2.5</sub>に関する調査研究が活発に行われており、これらの知見の集積により PM<sub>2.5</sub>質量濃度測定法の精度向上が期待されている。

参考として 10.資料 10.3 に米国、欧州、日本の PM<sub>2.5</sub>標準測定法の比較表を掲載した。

## 10. 資料

### 10.1 秤量時の湿度条件等の違いに関する比較

#### (1) 方法

環境制御チャンバー内の温湿度を次のように調整して、チャンバー内に保存したPM<sub>2.5</sub>試料を秤量した。

①室温：21.5℃（チャンバー内の室温）

②相対湿度：30、40、60、80、60、40、30、20%へと変化させた。

室温一定（設定値21.5℃）の条件下で目標とする相対湿度値を設定し、設定条件が実現されると24時間以上維持する。この後、試料を順次秤量し、すべての秤量が終了すると次の目標条件を設定し移行する。

#### (2) 試料

環境省の「ディーゼル排気粒子暴露評価検討調査」で平成14年度に得られた試料を秤量測定に用いた。

#### (3) 結果と考察

①本実験中の温度湿度をモニターした結果、チャンバー内の気温は21.5±0.2℃の範囲に、また、相対湿度は設定値に対してほぼ±0.5%の範囲に制御されていた。

②試料を環境制御チャンバー内に保存し、設定温度を21.5℃にして、相対湿度を①30%から順次②40%、③60%、④80%、⑤60%、⑥40%、⑦30%、⑧20%と変化させて、得られた秤量結果から計算したPM<sub>2.5</sub>濃度と相対湿度の関係を図10.1-1～図10.1-5に示した。図中の相対湿度35%及び50%の値はそれぞれ前後の濃度からの内挿値である。

③相対湿度の違いによる秤量値の差については、特に60%から80%への湿度増加に対する質量の増加率がより顕著である。これは60%から80%の湿度範囲で潮解する硫酸塩や硝酸塩などが潮解し、より多く水分を吸収したためと考えられる。

④相対湿度30%時のPM<sub>2.5</sub>濃度を基準として、湿度変化に対するPM<sub>2.5</sub>濃度の増減は試料毎に増加濃度は異なるが、30%から50%への変化に対して全平均値で、1.1 μg/m<sup>3</sup>、高温多湿の条件下での採取である夏季についてみると2.0 μg/m<sup>3</sup>の増加であった。また、一度80%まで湿度を上げた後50%にした場合は、30%時の濃度に対して全平均値で12.2 μg/m<sup>3</sup>、夏季では23.1 μg/m<sup>3</sup>の濃度増となった。このように、低湿度(30%)から50%へ変化する場合より、一旦高湿度(80%)で恒量にさせた後50%へ下げた場合の方が濃度の増加は大きく、ヒステリシス効果が見られた。

これは硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウム、塩化ナトリウムはそれぞれ相対湿度80%、62%、75%付近で潮解するとされ、これらの塩がこのヒステリシス効果の原因と考えられる。

⑤相対湿度50%(30%→50%の変化)での秤量値は、相対湿度30%での秤量値と比較して、変化率としては全平均値、夏季ともに4%程度高濃度になった。

⑥ヒステリシス効果によるPM<sub>2.5</sub>の濃度差は、相対湿度30%の場合全平均で μg/m<sup>3</sup>、夏季の値では1.4 μg/m<sup>3</sup>、同様に、相対湿度50%の場合は、全平均で 4.2 μg/m<sup>3</sup>、夏季で6.3 μg/m<sup>3</sup>であった。50%の場合と30%の場合でのヒステリシス効果の差は、全平均で1.8 μg/m<sup>3</sup> (5.7%)、夏季で4.9 μg/m<sup>3</sup> (10.5%)であり、試料ろ紙の保管時等の相対湿度の履歴や組成により、秤量値が複雑に変化することが伺えた。

#### (4) 結論

都市域の一般環境で採取されたPM<sub>2.5</sub>試料について、気温21.5℃の条件で秤量値と試料ろ紙コンディショニング時の相対湿度との関係を測定し、以下の結論を得た。

①相対湿度の増減に対してPM<sub>2.5</sub>濃度は、可逆的に増減せずヒステリシス効果が認められた。相対湿度の違いによる秤量値の差については、特に60%から80%への湿度変化に対する秤量値の増加率が、60%以下での増加率と比較して大きく、この湿度範囲で潮解する硫酸アンモニウムや硝酸アンモニウムなどが潮解し、より多く水分を吸収したためと考えられた。

②試料を低湿度側あるいは高湿度側の条件から変化させて設定湿度にして秤量した場合、低湿度

側から設定値に変化させた場合より、高湿度側から設定値に変化させた場合の方が、秤量値は高くなる傾向が見られた。また試料採取時の湿度の履歴やPM<sub>2.5</sub>の組成の違いなどにより、秤量値は複雑に変化することが伺えた。

- ③PM<sub>2.5</sub>試料の秤量は、温度湿度が制御された環境で試料採取後じん速に実施する必要があり、採取時の温度湿度の記録が重要である。

表10.1-1 相対湿度の変化によるPM<sub>2.5</sub>質量濃度の増加量(氷川測定局(東京都)14年度)

| フィルタ番号        | 相対湿度 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | μg/m <sup>3</sup> |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|
|               | 30%  | 35%  | 40%  | 50%  | 60%  | 70%  | 80%  | 70%  | 60%  | 50%  | 40%  | 35%  | 30%  |                   |
| 1: Spring-08  | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 21.0 | 20.9 | 24.6 | 28.3 | 26.6 | 24.9 | 24.2 | 23.4 | 23.3 | 23.2 | 22.5              |
| 2: Spring-09  | 24.6 | 24.6 | 24.6 | 24.8 | 24.9 | 28.5 | 32.1 | 30.5 | 28.9 | 28.1 | 27.4 | 27.2 | 27.0 | 26.5              |
| 3: Spring-10  | 26.5 | 26.5 | 26.5 | 26.8 | 27.1 | 30.3 | 33.8 | 32.2 | 30.8 | 30.0 | 29.3 | 29.2 | 29.1 | 28.5              |
| :Mean-Spring  | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.2 | 24.3 | 27.8 | 31.3 | 29.8 | 28.2 | 27.4 | 26.7 | 26.6 | 26.4 | 25.8              |
| 4: Summer-08  | 62.1 | 62.1 | 62.1 | 64.3 | 66.5 | 82.8 | 99.1 | 90.3 | 81.5 | 74.0 | 66.5 | 65.4 | 64.3 | 63.5              |
| 5: Summer-09  | 40.9 | 40.9 | 40.9 | 43.2 | 45.4 | 55.2 | 65.1 | 59.6 | 54.1 | 48.9 | 43.8 | 42.8 | 41.7 | 40.7              |
| 6: Summer-10  | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 39.1 | 40.7 | 48.3 | 51.9 | 48.6 | 45.3 | 42.6 | 39.8 | 39.2 | 38.6 | 38.2              |
| :Mean-Summer  | 46.8 | 46.8 | 46.8 | 48.9 | 50.9 | 61.4 | 72.0 | 66.1 | 60.3 | 55.2 | 50.0 | 49.1 | 48.2 | 47.4              |
| 7: Autumn-08  | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 27.4 | 28.9 | 32.0 | 35.0 | 32.9 | 30.9 | 29.2 | 27.6 | 27.1 | 26.6 | 25.0              |
| 8: Autumn-09  | 16.6 | 16.6 | 16.6 | 17.0 | 17.4 | 19.4 | 21.5 | 21.1 | 20.7 | 19.9 | 19.2 | 19.1 | 18.9 | 18.2              |
| 9: Autumn-10  | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.8 | 28.4 | 30.8 | 32.8 | 31.8 | 30.8 | 30.1 | 29.4 | 29.2 | 29.1 | 28.7              |
| :Mean-Autumn  | 23.2 | 23.2 | 23.2 | 24.1 | 24.9 | 27.3 | 29.8 | 28.6 | 27.4 | 26.4 | 25.4 | 25.1 | 24.9 | 23.9              |
| 10: Winter-08 | 23.5 | 23.5 | 23.5 | 24.9 | 26.3 | 31.0 | 35.8 | 33.4 | 30.9 | 29.7 | 28.5 | 28.5 | 28.5 | 27.8              |
| 11: Winter-09 | 18.2 | 18.2 | 18.2 | 18.1 | 18.0 | 20.4 | 22.9 | 22.3 | 21.8 | 21.0 | 20.2 | 20.3 | 20.3 | 20.3              |
| 12: Winter-10 | 53.6 | 53.6 | 53.6 | 56.9 | 60.3 | 69.8 | 79.4 | 73.3 | 67.2 | 63.7 | 60.2 | 59.7 | 59.2 | 57.8              |
| :Mean-Winter  | 31.8 | 31.8 | 31.8 | 33.3 | 34.8 | 40.4 | 46.0 | 43.0 | 40.0 | 38.1 | 36.3 | 36.2 | 36.0 | 35.3              |
| :Mean-All     | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 32.6 | 33.7 | 39.3 | 44.8 | 41.9 | 39.0 | 36.8 | 34.6 | 34.2 | 33.9 | 33.1              |

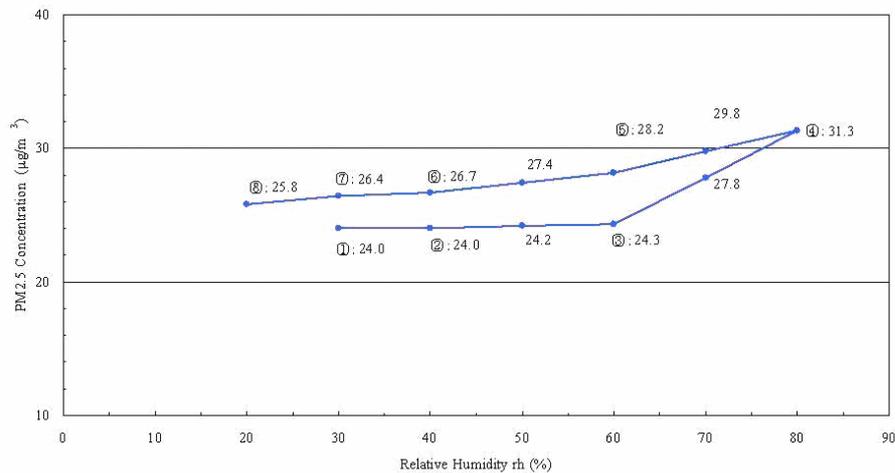


図10.1-1 相対湿度の変化とPM<sub>2.5</sub>濃度秤量値の関係(02春季)  
(図中の数値は全3試料の平均値)

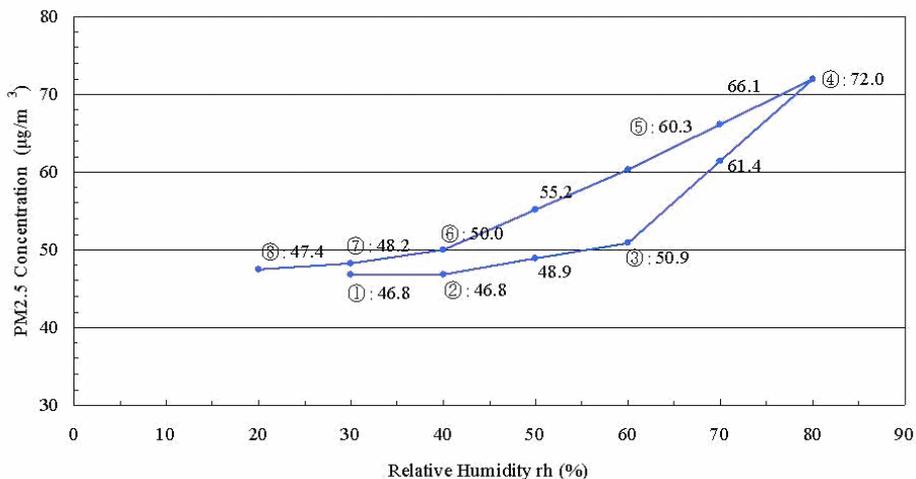


図10.1-2 相対湿度の変化とPM<sub>2.5</sub>濃度秤量値の関係(02夏季)  
(図中の数値は全3試料の平均値)

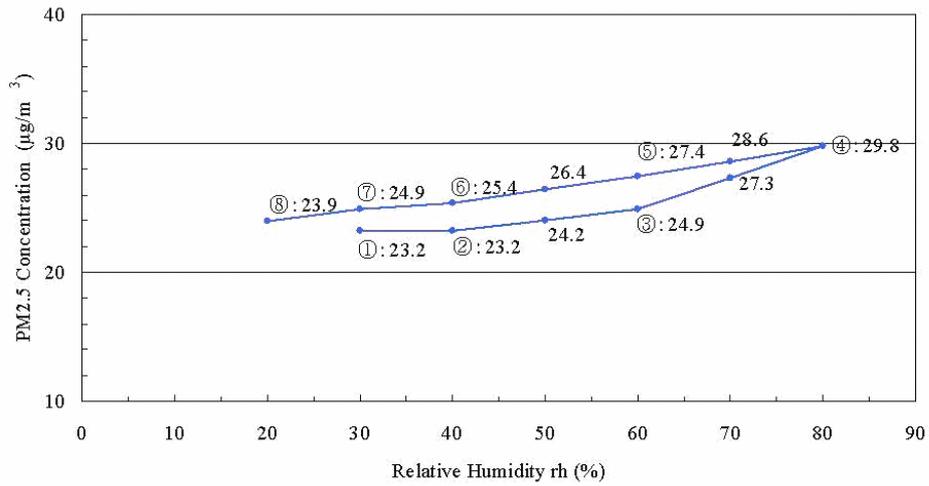


図10.1-3 相対湿度の変化とPM<sub>2.5</sub>濃度秤量値の関係(02秋季)  
(図中の数値は全3試料の平均値)

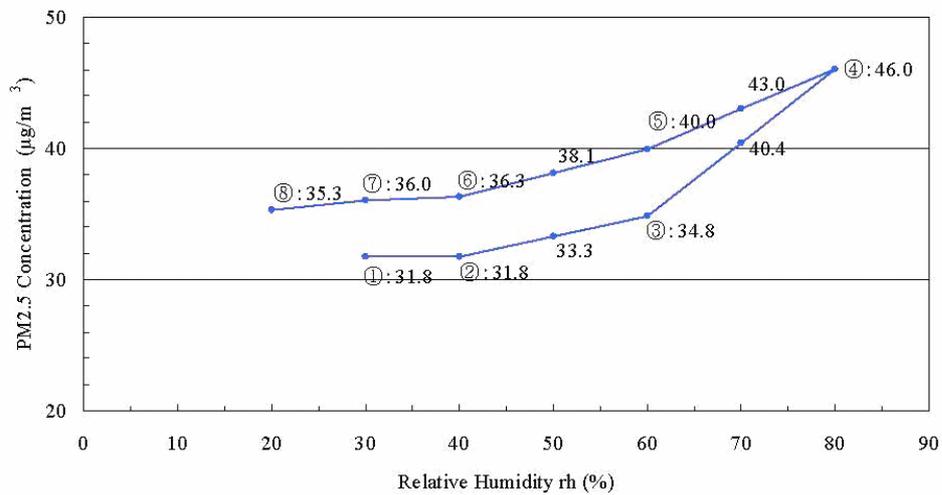


図10.1-4 相対湿度の変化とPM<sub>2.5</sub>濃度秤量値の関係(02冬季)  
(図中の数値は全3試料の平均値)

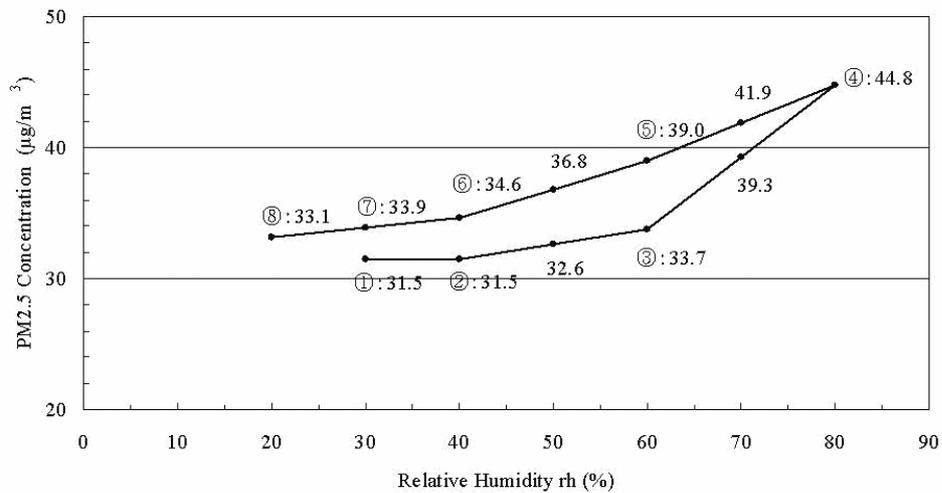


図10.1-5 相対湿度の変化とPM<sub>2.5</sub>濃度秤量値の関係(02全季節)  
(図中の数値は全12試料の平均値)

## 10.2 質量濃度の地域代表性検証法

本手法はマスクロージャーモデル(Chemical mass closure model)の手法を用いて、質量濃度の測定値の地域代表性について検証(異常値判定)を行うものである。

試料の採取から秤量(分析)に至る操作が適正に行われ、本手法による代表性検証結果が以下に示した許容差の範囲内にある場合、測定結果は試料採取時における測定地域の濃度を概ね代表していると考えてよい。

検証結果が許容範囲から外れる場合は、試料採取中に通常とは異なる何等かの影響を受けた可能性があるものと考えられ、影響要因の把握が必要となる。

調査結果の解析に採用するデータに関する許容誤差等は調査目的によって異なるため、本手法による質量濃度の代表性検証結果が、必ずしもデータの却下理由となるわけではない。

本手法は、成分測定を伴う質量濃度測定値に関する、地域代表性を検証するための一手法として活用されたい。

### (1) 質量濃度の代表性検証のための前提条件

①吸引量が適正であること。

試料採取量が、採用する成分分析法による定量が可能なだけ確保できるように設定されている必要がある。

②分析感度が、成分分析マニュアルに示された要求感度を満たしていること。

③試料採取後、速やかに分析が実施されていること。

採取試料の長期保存は構成成分の量的質的变化を伴うため、試料採取より1ヶ月程度で分析が完了することが望ましい。

④採取試料は分析に供するまで冷暗保存されていること。

### (2) イオンバランスによるマスクロージャーモデル適応判断

陰イオン( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )及び陽イオン( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )の分析結果について、陰イオンと陽イオンの等量濃度それぞれの合計の比が、0.8~1.2の範囲にあること。

$$\langle \text{陰イオン等量濃度合計} / \text{陽イオン等量濃度合計} = 0.8 \sim 1.2 \rangle$$

上記範囲から外れている場合、以下に示す項目についてのチェックを行う。

①イオン成分分析結果のチェック

(a)試料の前処理操作の確認

(b)分析装置の感度、ばらつき、フィルタブランク値などの確認

(c)成分濃度結果算出に至る数値操作の確認

上記①に関して問題が確認された場合、修正処置された結果について再度イオンバランスの確認を行う。再計算されたバランスが上記範囲から外れている場合、以下の②,③に示す項目についてのチェックを行う。

②試料採取期間中に通常と異なる周辺状況が確認されているか、採取記録(野帳)の確認、採取者よりの聞き取りなどを行う。

③試料採取期間中の天候異常(強風による土壌の巻き上げ、黄砂など)が確認されているか、採取記録(野帳)の確認、採取者よりの聞き取り、気象庁ホームページの閲覧などを行う。

②,③項等に関して影響を受けたと判断される場合、その情報を測定結果表等の備考欄等に記載することが望ましい。

なお、イオンバランスが上記許容範囲から外れている場合は、マスクロージャーモデルの適応は行わない。また、イオンバランスによる適応可否の判断は、すべてのイオン成分を用いているわけではないため、未測定成分(炭酸イオンなど)が多量に存在する場合などは許容範囲から外れる可能性がある。

### (3) 質量濃度の推定

(1),(2)の条件を満たしている測定結果について、以下に示す表及び計算式を用いて、成分濃度から質量濃度を推定する。

表 10.2-1 質量濃度の推定に係わる係数

| 粒径       | 項目             | 成分                            | 係数          |
|----------|----------------|-------------------------------|-------------|
| PM2.5    | イオン成分          | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 1.375       |
|          |                | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 1.29        |
|          | 海塩粒子           | Na <sup>+</sup>               | 2.5         |
|          | 炭素成分           | OC                            | 1.4         |
|          |                | EC                            | 1.0         |
|          | 土壌成分<br>[SOIL] | Al                            | 1.89 (9.19) |
|          |                | Ca                            | 1.40        |
|          |                | Fe                            | 1.38        |
|          |                | Si                            | 2.14        |
|          |                | Ti                            | 1.67        |
| 煙[SMOKE] | K              | 1.4([K]-0.6[Fe])              |             |

質量濃度推定式(M)

$$M = 1.375[\text{SO}_4^{2-}] + 1.29[\text{NO}_3^-] + 2.5[\text{NA}^+] + 1.4[\text{OC}] + [\text{EC}] + [\text{SOIL}]$$

[SOIL] については、以下の条件より選択する。

①採取に石英繊維以外のフィルタを使用しており、Si分析値がある場合

$$[\text{SOIL}] = 1.89[\text{Al}] + 1.40[\text{Ca}] + 1.38[\text{Fe}] + 2.14[\text{Si}] + 1.67[\text{Ti}]$$

②Si分析値が無い場合

$$[\text{SOIL}] = 9.19[\text{Al}] + 1.40[\text{Ca}] + 1.38[\text{Fe}] + 1.67[\text{Ti}]$$

\*採取時にバイオマス燃焼(野焼き、森林火災など)の影響を受けていると判断される場合は、推定式(M)に以下の項を加える。

$$[\text{SMOKE}] = 1.4([\text{K}] - 0.6[\text{Fe}])$$

注)OC に与えている係数は最低限の値である。現在米国 EPA では係数 1.5 が検討されている。

### (4) 推定質量濃度(M)による秤量質量濃度の代表性の検証

秤量により求めた質量濃度と、(3)において推定した質量濃度(M)の比が 0.8~1.2 の範囲にあること。

$$\langle \text{秤量質量濃度} / \text{推定質量濃度(M)} = 0.8 \sim 1.2 \rangle$$

上記範囲から外れている場合、以下に示す項目についてチェックを行う。

#### ①秤量質量濃度結果のチェック

- (a)採取前後のフィルタ秤量に係わる記録の確認
- (b)採取装置の吸引流量が正常な値であるか、採取装置の運転記録の確認
- (c)秤量質量濃度結果算出に至る数値の操作の確認

#### ②炭素、金属成分分析結果のチェック

- (a)試料の前処理操作の確認
- (b)分析装置の感度、ばらつき、フィルタブランク値などの確認
- (c)成分濃度結果算出に至る数値の操作の確認

①,②に関して問題が確認され、修正処置された結果について、再度推定質量濃度(M)による秤量質量濃度の代表性の検証を行う。再計算結果が上記範囲から外れている場合、③,④に示す項目についてのチェックを行う。

③試料採取期間中に通常と異なる周辺状況が確認されているか、採取記録(野帳)の確認、採取者よりの聞き取りなどを行う。

④試料採取期間中の天候異常(黄砂など)が確認されているか、採取記録(野帳)の確認、採取者からの聞き取り、気象庁ホームページの閲覧などを行う。

③,④項に関して影響を受けたと判断される場合、その情報を測定結果表等の備考欄等に記載することが望ましい。

日本では季節により黄砂影響を受けることがある。推定質量濃度(M)は黄砂影響を反映できないため、黄砂影響を受けた場合は推定質量濃度(M)は秤量質量濃度より小さくなる。またカルシウム濃度の上昇も見られる(但し、通常時のカルシウム濃度を把握している場合)。

試料採取期間に黄砂影響を受けた可能性があり(気象庁ホームページ上で即日確認可能。)、推定質量濃度(M)は秤量質量濃度より小さく、さらに複数の調査地点において採取を実施している場合、他の地点においても同様の傾向が見られる場合は黄砂と判断することとし、備考欄に記載することが望ましい。

わが国の夏季は特に高温多湿であり、近年においては気温 35℃以上、相対湿度 70～80%となることも珍しくない。硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウム及び塩化ナトリウムはそれぞれ相対湿度 80%、62%及び 75%付近で潮解するとされており、フィルタ上に捕集された PM<sub>2.5</sub>に含まれるこれら成分に潮解が起こると、その後相対湿度 50%の環境に置かれても内包した水分はほとんど蒸発しない。米国における報告の例では、硫酸アンモニウムが多い場合には室温 22℃、相対湿度 35%のコンディショニングをおこなっても、なお相当量の水分が内包されるとしている。本モデルでは水分影響について考慮していないため、水分影響が大きい場合、推定質量濃度(M)は秤量質量濃度より小さくなる。秤量時の湿度、フィルタの湿度履歴等に注意し、水分影響によると判断される場合は、備考欄等に記載することが望ましい。

なお、本モデルは全国を一様に調査した結果を元にしていないものではないため、測定地域の環境によってはその地域の状況を反映した正常な試料であっても、この代表性検証における許容範囲を外れる場合もあり得る。

### 10.3 PM<sub>2.5</sub> 標準測定法の比較

表 10.3-1 米国、欧州、日本の PM<sub>2.5</sub> 標準測定法の比較表

| 国名       | USA  | 日本  | EU   |
|----------|--|---|--|
| 規格       | Federal register 40 CFR Part 50<br>VI Reference Methods for the Determination of Particulate Matter as PM10 and PM2.5 in the Atmosphere<br>B 40 CER Part 50, Appendix L-<br>New Reference Method for PM2.5 | 大気中微小粒子状物質 (PM2.5) 質量濃度測定方法マニュアル (フィルタによる微小粒子状物質 (PM2.5) 質量濃度測定方法マニュアル) | BS EN 14907:2005<br>Ambient air quality-Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM2.5 mass fraction of suspended Particulate matter |
| 発行日      | 1997年6月18日 (金)   | 平成19年(2007年)  | 2005年  |
| 発行       | Environmental Protection Agency (EPA)  | 環境省   | The European Standard EN 14907:2005 has the status of a British Standard   |
| 測定方法     | ロウポリウムエアサンプラ捕集による重量測定法   | 米国規格に準拠   | ロウポリウムエアサンプラ(LVS)を使用した捕集による重量測定法(吸引流量 2.3m <sup>3</sup> /h)  |
| 分粒特性     | 2.5 μm 50%カット<br>分粒特性曲線を指定<br>インパクター方式(形状を指定)<br>同一性能であれば認可可能  | 米国規格と同一<br>米国規格と同一<br>米国規格と同一   | 2.5 μm 50%カット<br>標準インレットの設計図を掲載<br>同一性能であれば認可可能  |
| 測定範囲     | 定量下限 2 μg/m <sup>3</sup><br>定量上限 200 μg/m <sup>3</sup><br>(フィルタの圧力損失の増大等による流量制御の維持により決まる)  | 米国規格と同一<br>米国規格と同一  | 定量下限 1 μg/m <sup>3</sup><br>定量上限 120 μg/m <sup>3</sup><br>(石英繊維フィルタなどで捕集されたものについてF200 μg/m <sup>3</sup> 程度まで拡大解釈してもよい)   |
| サンプリング時間 | 23~25時間  | 24±1時間  | 24±1時間<br>正確度±5min   |
| QA・QC    | 正確さ  | 米国規格と同一<br>米国規格と同一<br>米国規格と同一   | QA/QCについてはサンプリングシステムのメンテナンス校正として、吸引流量、気温、気圧センサ、天秤、秤量室の温度、温度センサーフィルタブランクについて規定  |
|          | 精度   | 変動係数10%以上が品質目標  |  |

|              |   |   |   |   |
|--------------|---|---|---|---|
| サイズ          | 円形<br>46.2mm±0.25mm   | フィルタホルダの規定としてフィルタの捕集有効面積がフィルタ面積の7割程度確保されるものが多い。 | 円形で捕集面34~41mm                           | 円形で捕集面135~143mm                         |
| 材質           | ポリテトラフルオロエチレン(PTFEテフロン)製<br>リング付<br>・支持リング:ポリメチルペンテン(PMP)または、同等な科学的に安定な材質<br>厚み 0.38±0.04mm<br>外径46.2mm±0.25mm<br>幅 3.68mm(±0.00,-0.51mm)   |   | ガラス繊維製、石英繊維製、PTFE製、PTFEコーティングガラス繊維製とする。 | ガラス繊維製、石英繊維製、PTFE製、PTFEコーティングガラス繊維製とする。 |
| ポアサイズ        | 2μm   |   |   |   |
| フィルタ厚み       | 30~50μm   |   |   |   |
| 最高圧損         | 16.72/minで清浄空気を吸引した時<br>30cm Aq以下   | 米国規格と同一   |   |   |
| 最大吸湿能        | 相対湿度40%条件で24時間暴露後の重量増分が10μgを超えないこと  |   |   |   |
| 捕集率          | 0.3μmの空気動力学的粒子を用いて標準流量で吸引した時 99.7%以上  | 米国規格と同一   | 0.3μmの空気動力学的粒子に対して99.5%以上の捕集効率をもつ       | 同左                                      |
| フィルタ重量の安定性試験 | ①カセットケースにフィルタをいれ25cmの高さから2回落下させたあとのフィルタサンブルのはく離が、20μgを超えないこと(はく離試験)<br>②40℃の条件下で48時間暴露後に、再質量した時の重量変化が20μgを超えないこと<br>【温度安定性試験】試験は、製造メーカーのロットの0.1%以上または10枚のいずれか大きい方で行う。<br>③アルカリ度<br>20μg(等価量)/g以下であること |   |   |   |

PM2.5サ  
ンブル捕  
集用フィ  
ルタ

|   |   |   |  |   |   |
|---|---|---|--|---|---|
| <p>サンプ<br/>ラの<br/>構<br/>成</p>             | <p>①空気吸入口<br/>②導入管<br/>③分粒装置(インパクター式)<br/>④フィルタホルダー<br/>⑤吸引ポンプと流速制御装置<br/>⑥流量測定装置<br/>⑦外気/フィルタ-表面温度モニター<br/>⑧気圧測定計<br/>⑨タイマー<br/>上記よりなる。これらは、外気環境の影響を受けない構造からなる。その他の機械的、電氣的、電子的な制御系を含む。</p>   | <p>①空気吸入口<br/>②導入管<br/>③分粒装置(インパクター式)<br/>④フィルタホルダー<br/>⑤吸引ポンプと流速制御装置<br/>⑥流量測定装置<br/>⑦外気/フィルタ-表面温度モニター<br/>⑧気圧測定計<br/>⑨タイマー</p>                        | <p>米国規格と同一<br/>米国規格と同一<br/>米国規格と同一<br/>米国規格と同一<br/>米国規格と同一<br/>実流量、もしくは気温20℃、101.3kPaで表示する。<br/>気温、気圧については周辺の気象観測機器データ(1時間値)を用いても良い<br/>米国規格と同一<br/>米国規格と同一</p>  | <p>①空気吸入口<br/>②インパクター式インレット<br/>③導入管<br/>④シースエア<br/>⑤フィルタホルダー<br/>⑥流量測定装置<br/>⑦ポンプ<br/>⑧流量制御装置<br/>⑨気温、気圧、流量測定装置<br/>・インレット、電気制御部は、ステンレスまたは電解研磨アルミニウムを用いる。<br/>・サンプリングシステムは、流量校正、気温、圧力センサーからなる。</p> | <p>①空気吸入口<br/>②インパクター式インレット<br/>③導入管<br/>④フィルタホルダー<br/>⑤流量測定装置<br/>⑥ポンプ<br/>⑦流量制御装置<br/>⑧気温、気圧、流量測定装置</p> |
| <p>サンプ<br/>ラの<br/>性<br/>能<br/>規<br/>格</p> | <p>①吸引流量およびその他の運転パラメーターの自動制御<br/>②デジタル形式で、以下の情報をオペレーターに示せること。<br/>1)最低30秒後の吸引流量<br/>2)サンプリング期間毎の平均吸引流量<br/>3)サンプリング期間の変動係数<br/>4)スベックからはずれた場合 5分間平均(FLAG)<br/>5)総吸引量(30秒毎)<br/>6)気温(30秒毎)</p> | <p>圧損75cmAqで制御可。±2%の制御。24時間変動±4%以内。<br/>同一であるが、詳細についてはふれていない。<br/>・サンプリング中の流量、気温、気圧の表示<br/>・各種パラメータの記録。<br/>インターバル時間は記述していない。<br/>インターバル時間は記述していない。</p> | <p>接続管<br/>・インレットからフィルタホルダーまでの接続管は、粒子ロス、熱的、科学的、静電気の影響を極力受けないものとする。<br/>・接続管は、太陽熱の影響を受けず極力フィルタを気温と同じようにする。<br/>±5℃以内を規準とする。<br/>フィルタホルダー<br/>・ステンレス製または電解アルミ製とする。プラスチックではポリカーボネート製またはPTFE製が使用できる。<br/>・フィルタホルダーは太陽光などの熱の影響を受けないように配置し、気温差5℃以内とする。</p> | <p>同左<br/>同左<br/>同左<br/>同左</p>  |   |

|   |   |  |   |   |
|---|---|--|---|---|
| <p>7) 気温サンプリング期間毎の、最低、最高、平均</p> <p>8) 大気圧(30秒毎)</p> <p>9) 大気圧、サンプリング期間毎の最低、最高、平均</p> <p>10) フィルタ温度(30秒毎)</p> <p>11) フィルタ温度がスペックに含まれない時の情報(30分毎)</p> <p>12) フィルタ温度 最大値、外気温との差</p> <p>13) 日付、時刻</p> <p>14) サンプリングスタート時刻、ストップ時刻の設定</p> <p>15) サンプリングスタート時刻</p> <p>16) サンプリング時間</p> <p>17) 規定からはずれたサンプリング時間</p> <p>18) 電源のダウン、1分未満、スタート時刻</p> <p>19) 気づいた状況、たとえば、サンブラ、周辺状況等について</p> | <p>7) 気温サンプリング期間毎の、最低、最高、平均</p> <p>8) 大気圧(30秒毎)</p> <p>9) 大気圧、サンプリング期間毎の最低、最高、平均</p> <p>10) フィルタ温度(30秒毎)</p> <p>11) フィルタ温度がスペックに含まれない時の情報(30分毎)</p> <p>12) フィルタ温度 最大値、外気温との差</p> <p>13) 日付、時刻</p> <p>14) サンプリングスタート時刻、ストップ時刻の設定</p> <p>15) サンプリングスタート時刻</p> <p>16) サンプリング時間</p> <p>17) 規定からはずれたサンプリング時間</p> <p>18) 電源のダウン、1分未満、スタート時刻</p> <p>19) 気づいた状況、たとえば、サンブラ、周辺状況等について</p> | <p>気温、気圧については周辺の気象観測値(1時間値)を用いても良い。</p> <p>インターバル時間は記述していない。</p> <p>インターバル時間は記述していない。</p> <p>インターバル時間は記述していない。</p>                         | <p>・フィルタサポートはステンレス製、ポリカーボネート製またはPTFE製とする。</p> <p>フリーコントロールシステム</p> <p>吸引流量は、粒径カット特性を保つためにより重要、大気温及び圧をモニタしながら</p> <p>インレット流量を一定に保つ</p> <p>2.3m<sup>3</sup>/h (大気のコンデインションとして)</p> <p>5%の精度</p> <p>平均で2%以内の精度</p> | <p>同左</p> <p>同左</p> <p>30m<sup>3</sup>/h</p> <p>5%の精度</p> <p>同左</p> |
| <p>サンブラの構成</p> <p>認証を要する必要がある構成パーツ</p>  | <p>いずれもISO9001登録施設であることが要件</p> <p>以下のパーツは規格を忠実に再現すること。</p> <p>1) サンブル吸引部</p> <p>2) 吸引口</p> <p>3) 導入管</p> <p>4) インバクター</p> <p>5) フィルタホルダ</p> <p>6) 流速測定アダプタ</p> <p>7) 表面仕上げ加工</p>  |  |   |   |
| <p>サンプリング高さ</p>   | <p>水平状態で、水平支持面より0.2m</p>  | <p>原則として水平状態で、水平支持面より1.5m以上、10m以下。試料大気導入口より粒子捕集部までの最大長さは5m以下とし、PM2.5分粒装置出口より粒子捕集部までの最大長さは1.5m未満。</p>                                       | <p>(インレット~フィルタホルダ管が3m以下であること)</p>   | <p>同左</p>   |
| <p>性能規格</p>   | <p>吸引量: 吸引口から採取される空気の設計流量を16.7L/minとする</p> <p>吸引量制御装置: 必須</p> <p>吸引量調節機能を備えること</p> <p>サンプリングの遮断: 規定流量と10%以上の偏差が60秒以上続く場合は、サンプリングを中断する機能を有する。</p> <p>(一時的な停電による中断は除く)</p>  | <p>流量について数値の記載は無し。</p> <p>マニピュル掲載の通過率曲線図を満足すること。</p> <p>米国規格と同一</p> <p>米国規格と同一</p> <p>記録として残すことを記載。±10%はずれた場合、欠測は、±5%が5分以上続いた場合は参考値扱い。</p> | <p>標準インレット設計に従う。(2.3m<sup>3</sup>/h)</p> <p>米国規格と同一</p> <p>米国規格と同一</p>  | <p>標準インレット設計に従う。(30m<sup>3</sup>/h)</p> <p>同左</p> <p>同左</p>         |

|         |                      |   |                                |                 |    |
|---------|----------------------|---|--------------------------------|-----------------|----|
| サンブラの構成 | 性能規格                 | 流量測定に関する(詳細は省略) ±2%の精度で30秒毎に表示<br>リークテストに関する規定(詳細は<br>・外部への空気のリーク<br>・内部でのフィルタバイパスによるリーク        | 時間の記載なし。<br>マニュアルに沿って行うよう記載。   | マニュアルに沿って行うよう記載 | 同左 |
| サンブラの構成 | 作動範囲                 | 1) -30°C ~ +45°C の範囲<br>2) 相対湿度 0 ~ 100% の範囲<br>3) 気圧 600 ~ 800 mmHg の範囲                        | 具体的な数値は設定せず。                   |                 |    |
| サンブラの構成 | 気温センサー               | -30°C ~ +45°C の範囲を 0.1°C の分解能と ±2.0°C の精度で測定可能  | 周辺の気象観測結果の使用可。                 | 校正器を用いて校正       | 同左 |
| サンブラの構成 | 気圧計                  | 600 ~ 800 mmHg の範囲を 5 mmHg の分解能と ±10 mmHg の精度で測定可能<br>(気温、気圧共に 30 秒毎に計測、採取期間中の最高、最低、平均を表示)      | 周辺の気象観測結果の使用可。<br>時間については記載なし。 | 校正器を用いて校正       | 同左 |
| サンブラの構成 | フィルタ温度の制御            | サンプリング中およびサンプリング後のフィルタ表面温度を 気温 +5°C 以内に制御できること。   | 米国規格と同一                        | 米国規格と同一         | 同左 |
| サンブラの構成 | フィルタ温度計              | -30 ~ +45°C、分解能 0.1°C、精度 ±1.0°C   |                                |                 |    |
| サンブラの構成 | 時計、タイマースystem        | プログラムが組めること。<br>精度 ±1.0 min/月以内   | 性能までは記載せず                      |                 |    |
| サンブラの構成 | サンプリング時間の測定          | ±1.0 分の精度でサンブル捕集時間を測定できること。   | 性能までは記載せず                      |                 |    |
| サンブラの構成 | 外部環境の影響              | 外部環境の影響を遮断できること。  | 米国規格と同一                        |                 |    |
| サンブラの構成 | 電力供給                 | 105 ~ 125 V<br>59 ~ 61 Hz で作動   |                                |                 |    |
| サンブラの構成 | 制御装置とオペレータとのインターフェース | 上述の表示機能、調整機能、設定プログラムの書き込み、異常時の表示、停止機能等をもつこと   | 米国規格と同一                        |                 |    |
| サンブラの構成 | データ出力の要件             | RS232C の通信機能を有すること。<br>データの保存機能を有すること。<br>すべてのデータについて試料採取毎に表示把握できること<br>これら情報の概要と一覧表とする機能を有すること | 米国規格と同一<br>米国規格と同一             |                 | 同左 |

|        |                 |   |              |  |  |
|--------|-----------------|---|--------------|--|--|
| サンプリング | オペレーションマニュアル    | オペレーションマニュアルをそなえること<br>内容は、機器のセットアップ方法<br>キャリブレーション方法<br>メンテナンスマニュアル<br>野外測定方法<br>すべてのパーツのユーティリティ<br>安全対策<br>トラブルシューティング<br>機器の構成ダイヤグラム 等 | マニュアルに従うよう記載 |  |  |
|        | データ報告の要件        | サンブラの性能要件参照   |              |  |  |
|        | 天秤              | ±1μgの読み取り可、使用直前に校正  |              |  | 校正は少なくとも年1回以上トレナポ<br>ルな分銅を用いて校正すること  |
|        | フィルターのコンディショニング | 以下の条件で秤量直前にコンディ<br>ショニングする。   | 米国規格と同一      |  | 100μg以上の感度を有すること   |
|        | ①平均湿度           | 20～23℃  | 21.5±1.5℃    |  | 200μg以内の正確さ  |
|        | ②温度制御           | 24時間にわたり±2℃   | 米国規格と同一      |  | 同左   |
|        | ③平均湿度           | 相対湿度 30～40%<br>サンプリング時の環境大気の相対<br>湿度が、これ以下の場合、その±<br>5%以内かつ20%以上。<br>24時間以上   | 相対湿度 50±5%   |  | 同左   |
|        | ④コンディショニング時間    |   | 米国規格と同一      |  | 同左   |
| 秤量     |                 |   |              |  | 校正を行う、20μg以内の正確さ<br>20℃±1K<br>センサーは不確か±5%以内 ±<br>0.5K以内<br>50±5%RH<br>センサーは不確か±5%以内 ±<br>2.0RH以内 3ヶ月毎にトレナポ<br>ルな標準を用いて校正<br>コンディショニング時間 48時間以上<br>フィルタは、再度12時間以上コン<br>ディショニングし、確認する LVは<br>40kg以内 HVは500μg以内 重量<br>はこの平均値とする<br>一般論<br>このプロセスはすべてに共通<br>天秤室の環境は常にモニタリングし<br>て記録<br>フィルタは常にヒットセット(ステンレスの<br>PTFE)で扱う。<br>天秤とフィルタのコンディショニング<br>は同一にすべき |



|    |                |  |   |   |                        |    |
|----|----------------|--|---|---|------------------------|----|
| 校正 | 校正頻度           | 流速測定装置は、電気・機械的な点検を実施した場合、移動した場合にも校正を実施する。  | 校正手順は、測定装置により異なる。<br>①校正は、サンプ吸引口導管で測定した実際の環境大気の流れ量(Qa)でおこなう。<br>②校正には、認証のある標準器を用いる。<br>標準器は、予測される気温・気圧の範囲で、2%以内の程度が必要。<br>標準器は、少なくとも年1回再校正する。<br>③装置の機械的な校正手順(略)<br>④校正方法の詳細(略) | マニュアルに従って校正するよう記載<br>校正は、実際の環境大気の体積流量でおこなう。 | 少なくとも3ヶ月に1回以上標準器により校正。 | 同左 |
| 校正 | 流量校正の手順        |  |   | 別途規格有                                       |                        | 同左 |
| 校正 | 基準             | 標準器との間に2%以上の差が生じた場合は、新たに多点校正を行い、流速の検証を繰り返す。<br>校正後、新しいフィルタを装着して通常の状態で、流量を測定し、規定より±2%以上異なる場合は、再調整する。  |   |   |                        |    |
| 校正 | 気温、フィルタ-温度、気圧  | 大気温度計、フィルタ温度計、気圧測定機についても定期的な校正と検証を行う。<br>詳細は省略   |   |   |                        |    |
| 校正 | 測定手順 PM2.5測定手続 | ①サンプラの組立て、校正、操作は、マニュアルとQA/QCプログラムに従う。<br>②フィルターの異常についてチェックする。各フィルタにIDを付ける。<br>③コンデンションニング、秤量は上記のとおり。<br>④マニュアルに従い、フィルターをサンプラに装着。<br>⑤サンプラはマニュアルとQA/QCプログラムに従い点検、準備する。<br>⑥希望時間にスタートするようにし、24時間後に停止するようセットする。 | マニュアルに従う  | 同左  | 同左                     | 同左 |

|                    |  |   |  |   |
|--------------------|--|---|--|---|
|                    | <p>⑦サンプリングに関する情報を入力。<br/>       ⑧フィルタは、サンプリング終了後90時間以内にマニュアルに従い取り出す。<br/>       保管容器は金属製とし、フィルタへのコンタミをおこなわないものとする。<br/>       ふたとフィルタは接触しないようにして保管する。<br/>       ⑨測定中の実際のサンプリング量(m3)を記録する。すべての情報、警告情報を記録する。<br/>       ⑩サンプリングの有効性や代表性に関する全要因を記録する。<br/>       ⑪フィルタはコンディショニング開始までの期間、可能な限り低温に維持し、25℃以上にならないようにする。<br/>       ⑫収集後のフィルタは上述のとおりコンディショニングし、直ちに秤量する。ID番号と共に記録する。<br/>       ⑬PM2.5濃度の算出は、以降に示す。</p> | <p>材質の記載無し。<br/>       米国規格と同一<br/>       米国規格と同一<br/>       コンディショニング開始までの期間、4℃にて冷暗保管する。<br/>       米国規格と同一</p>  | <p>記載なし<br/>       保管容器の例としてガラス製ペトリ皿または同等品、保管時、輸送時に用いる。<br/>       米国規格と同一<br/>       米国規格と同一<br/>       フィルタはコンディショニング開始までの期間、23℃以上にならないようにする。<br/>       米国規格と同一</p> | <p>同左<br/>       同左<br/>       同左<br/>       同左<br/>       同左<br/>       同左</p> |
| <p>想定手順</p>        | <p>PM2.5測定手続</p>   |   |  |   |
| <p>サンプリングの保守管理</p> | <p>サンプリングのマニュアルおよびQA/QCプログラムに従って保守管理する。<br/> <math>PM2.5 = (Wf - Wf) / Va</math><br/> <math>PM2.5</math>: PM2.5の質量濃度 <math>\mu g/m^3</math><br/> <math>Wf, Wf</math>: サンプリング前後のフィルタ重量 (<math>\mu g</math>)<br/> <math>Va</math>: 実際に吸引した空気量 <math>m^3</math></p>   | <p>マニュアルに従うよう記載<br/>       米国規格と同一<br/>       米国規格と同一<br/>       米国規格と同一<br/>       マニュアルに従うよう記載<br/> <math>PM2.5 = (We - Wb - WL) / V</math><br/>       米国規格と同一<br/> <math>Wb, We</math>: サンプリング前後のフィルタ重量 (<math>\mu g</math>)<br/> <math>WL</math>: サンプリング前後のラボブランケット重量 (<math>\mu g</math>)の算術平均値<br/> <math>V</math>: 実際に吸引した空気量 <math>m^3</math></p> | <p>マニュアルに従うよう記載<br/>       米国規格と同一<br/>       米国規格と同一<br/>       マニュアルに従うよう記載<br/>       米国規格と同一</p>   | <p>同左<br/>       同左<br/>       同左<br/>       同左<br/>       同左<br/>       同左</p> |
| <p>濃度算出法</p>       |  |   |  |   |
| <p>SOP</p>         | <p>SOPの作成<br/>       記載内容について明示</p>  |   |  |   |

## 11. 参考資料

- 1 U.S.Government(U.S. Government Printing Office). VI Reference Methods for the Determination of Particulate Matter as PM10 and PM2.5 in the Atmosphere. Federal Register B 40 CER Part 50, AppendixL- (New Reference Method for PM2.5)1997
- 2 環境省. 平成 12 年大気中微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)質量濃度測定方法暫定マニュアル.平成 12 年
- 3 Environmental Protection Agency (EPA) . Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter. Policy Assessment of Scientific and Technical Information OAQPS Staff Paper. 2005; EPA-452/R-05-005a December: 2.3.1 Particle Mass Measurement Methods(2-15)
- 4 BRITISH STANDARD(British Standards Institution). Ambient air quality-Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM<sub>2.5</sub> mass fraction of suspended Particulate matter. BS EN 14907 2005
- 5 Roy M.Harrison, Alan M.Jones, Royston G.Lawrence.A pragmatic mass closure model for airborne particulate matter at urban background and Roadside sites. Atmospheric Environment 2003;37:4927-4933
- 6 VISIBILITY MONITORING GUIDANCE EPA-454/R-99-003 June 1999