

我が国の PM_{2.5} 質量濃度測定におけるフィルタ法と自動測定法の比較検討結果の現状と課題

○渡邊一朗¹⁾, 倉重千恵子²⁾

¹⁾財団法人日本環境衛生センター, ²⁾ムラタ計測器サービス株式会社

1. はじめに

わが国では浮遊粒子状物質 (SPM) の常時監視が行われているが、近年ではより微小な粒子状物質である PM_{2.5} が健康影響等の面から問題となっている。PM_{2.5} の曝露量と健康影響等との関連を明らかにするためにも PM_{2.5} の質量濃度や構成成分を、精度よく信頼性の高い方法で観測する必要があるが、現段階では検討途中の課題も多い。本稿では 2007 年 7 月に環境省が報告した「微小粒子状物質曝露影響調査報告書 (環境省, 2007a, 以下「報告書」)」および「大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 測定法暫定マニュアル改訂版 (環境省, 2007b)」のうち「自動測定機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訂版解説 (以下「解説」)」の中からこれまでの検討結果をとりまとめ、今後の課題を述べた。

2. PM_{2.5} 質量濃度測定方法の比較検討

2.1. TEOM と SASS サンプラの比較

PM_{2.5} の質量濃度測定方法には大きく分けてフィルタによる測定と自動測定機による測定の 2 つがあり、以前から両者の値は季節により異なることが指摘されている。また、自動測定機にも測定原理の違いでベータ線吸収法 (BAM)、フィルタ振動法 (以下「TEOM」 (Tapered Element Oscillating Microbalance))、光散乱法等がある。報告書ではフィルタ法として成分分析試料採取用大気サンプラ (以下「SASS」 (Speciation Air Sampling System)) を、自動測定機として TEOM を使用して両者の測定値の比較を行っている。一般に PM_{2.5} の測定には FRM (Federal Reference Method) に規定された WINS (Well Impactor Ninety-Six) インパクトが使われることが多いが、SASS には SCC (Sharp Cut Cyclone) が使われている。図 1 に SASS と FRM サンプラの同時並行測定の結果を示した。測定は夏季と冬季に行い、2 つのサンプラの測定結果は概ね一致した結果が得られている。したがって、その後の検討では TEOM との比較には SASS を用いている。なお、TEOM の捕集部は 50 °C 加温である。

図 2 に TEOM と SASS の質量濃度の比を示した。また、図 3 に非都市部の例として東北地方、都市部の例として関東地方で測定した SASS と TEOM の質量濃度差と主要な半揮発性物質の濃度を示した。TEOM/SASS 比は一般局であっても、都市部と非都市部では季節ごとに傾向が異なっている。すなわち、都市部の一般局では夏季に 1 に近いものの、その他の季節では約 0.8 となり、SASS に比べて TEOM の方が低い。この傾向は自排局でも同様であったが、非都市部の一般局では春季にやや低いのを除き、他の季節では 1 に近かった。都市部である関東地方の一般局で夏季以外に TEOM と SASS の濃度差が大きい理由として報告書では、他の地域に比べて PM_{2.5} 中に硝酸塩 (NO₃) などの半揮発性物質を多く含んでいることにより、TEOM の加熱により揮散する量が多くなっていることが要因の一つとしている。また、非都市部である東北地方で夏季以外の季節でも TEOM と SASS の差が

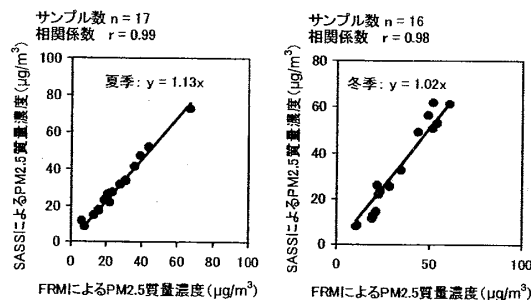


図 1. FRM サンプラと SASS の同時測定による PM_{2.5} 質量濃度比較 (平成 12 年度に実施)

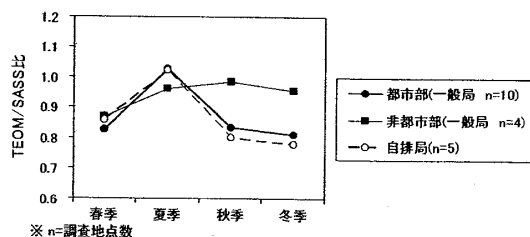


図 2. 質量濃度 TEOM/SASS 比の季節変動 (平成 13~18 年度の平均)

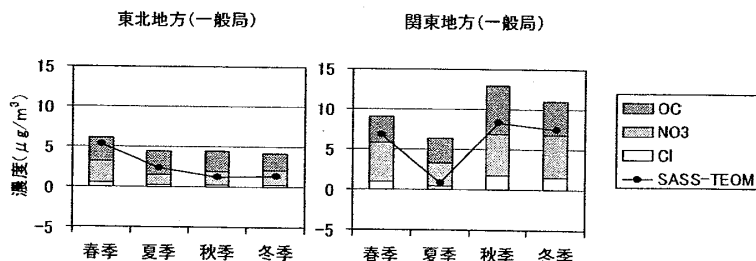


図 3. SASS と TEOM の質量濃度差と主要半揮発性物質の濃度 (平成 13 年~18 年度の平均)

大きくならないのは、他の地域に比べて $PM_{2.5}$ 濃度が相対的に低く、またその構成成分である揮発性物質の濃度が低く TEOM の加熱によって揮散する量が少ないことが要因の一つとしている。測定原理が異なる手法で、同時に並行測定した $PM_{2.5}$ の測定結果には差がみられ、その差は季節による違いが大きい。したがって報告書ではそれぞれの装置の特徴を理解した上で得られた濃度を評価する必要があるとしている。

2.2. TEOM、BAM およびフィルタサンプラの比較

自動測定機は近年、感度向上やアーティファクトを低減させるなどの改良が進んでいる。わが国では SPM のモニタリングに BAM が普及しているが、感度が低いことが以前から指摘されていた。そこで、感度向上のためにテープろ紙の材質をガラス繊維からポリテトラフルオロエチレン製に変更したり、ろ紙の厚さをより薄くしたりするなどの改良がおこなわれ、従来よりも約 3～5 倍の感度向上が図られている。

また、TEOM は捕集部を含む振動子の部分を一定の温度に保つことにより、安定した測定を可能としているが、前述したとおり寒候期には半揮発性成分が揮散することにより、過小評価することが問題となっていた。そのため、水分影響を取り除くために除湿装置を取り付け、捕集部の加温温度を低下させたり、揮発成分の損失を補正する装置 (Filter Dynamics Measurement System; FDMS) を取り入れたりするなどの改良がおこなわれている。

これらの機器を評価するために、解説においてはパイロット調査を平成 18 年の冬季に神奈川県横浜市内で行い、フィルタサンプラとの並行測定を行っている。比較対象としたのは TEOM1400a (50 °C 加温)、TEOM8500 (FDMS/TEOM)、S 社製 BAM 式 $PM_{2.5}$ 自動測定機および $PM_{2.5}$ ロウポリウムエアサンプラ (以下「 $PM_{2.5}$ LV」)。FRM 仕様に準拠) である。

図 4 にその結果を示した。TEOM1400a はこれまで記載した記述と同様傾向であったが、半揮発性物質の影響を補正する TEOM8500 (FDMS/TEOM) は $PM_{2.5}$ LV と良好な関係が得られ、値のばらつきも小さかった。S 社製 BAM 式 $PM_{2.5}$ 自動測定機も $PM_{2.5}$ LV と良好な関係を示し、従来よりも低濃度での安定性が格段に向上していることが伺えるとされている。ただし、本調査結果は冬季のものであり、高温高湿度の夏季においても同様の比較検討を行うことが望まれるとしている。

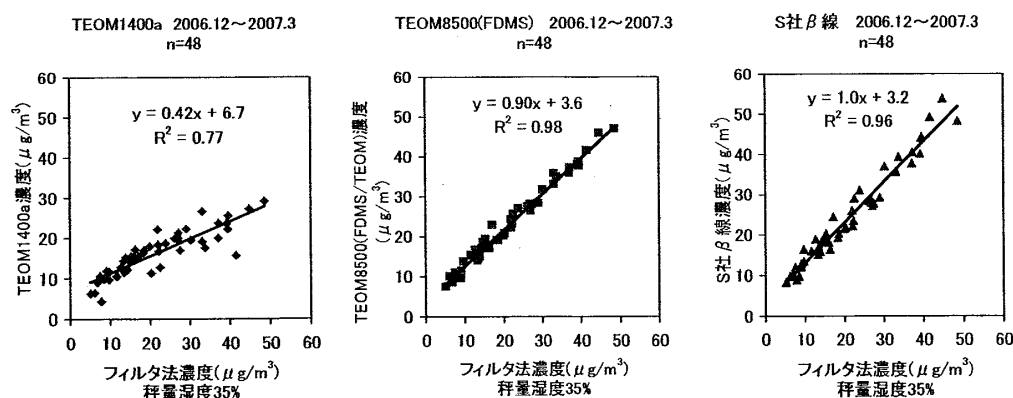


図 4. 平成 18 年冬季における $PM_{2.5}$ LV と自動測定機による $PM_{2.5}$ 質量濃度 (24 時間平均値) の比較

3. 今後の課題

報告書では、 $PM_{2.5}$ モニタリングを行うにあたり、フィルタ法では多くの労力を必要とし、かつ得られる結果が日平均値で数日を経てからになる一方で、自動測定機はリアルタイムに 1 時間値の濃度変動を把握することができるなどの長所があるとしている。そのため標準測定法との等価性の確保を目指して自動測定機は現在も活発な改良などが行われている。その上で継続的に国内外の技術動向等の収集・把握を進めるとともに、新しい測定機についてはフィールド試験を実施し我が国における有効性や利用可能性の評価を行う必要があること、および、精度管理の検討を含めた測定法のさらなる確立を進める必要があることを今後の課題としている。

BAM 法においては、一部の装置には高湿度条件での水分影響を低減させる機能が付加されており、また米国で FRM と等価な測定法として認定 (FEM Class III) された自動測定機もあるため、これら装置の評価・検討が望まれる。

【参考文献】環境省, 2007a. 微小粒子状物質曝露影響調査報告書。環境省, 2007b. 大気中微小粒子状物質 ($PM_{2.5}$) 測定法暫定マニュアル改訂版。