

大気中の微小粒子状物質 (PM2.5) 実態調査

政策調整部環境科学研究所 浦垣 充朗

1 はじめに

PM2.5 (注1) 標準測定法においては、2.5 μm 以上の粒子状物質を分粒装置で除去している一方で、ガス成分の影響については考慮されていないため、フィルター上に捕集された PM2.5 は常にガス成分にさらされている (図1)。

(注1) 大気中に浮遊する 10 μm 以下の浮遊粒子状物質、いわゆる SPM の中でも人体に対する影響が特に大きいとされている粒径 2.5 μm 以下の粒子状物質のこと。PM2.5 と表記される。

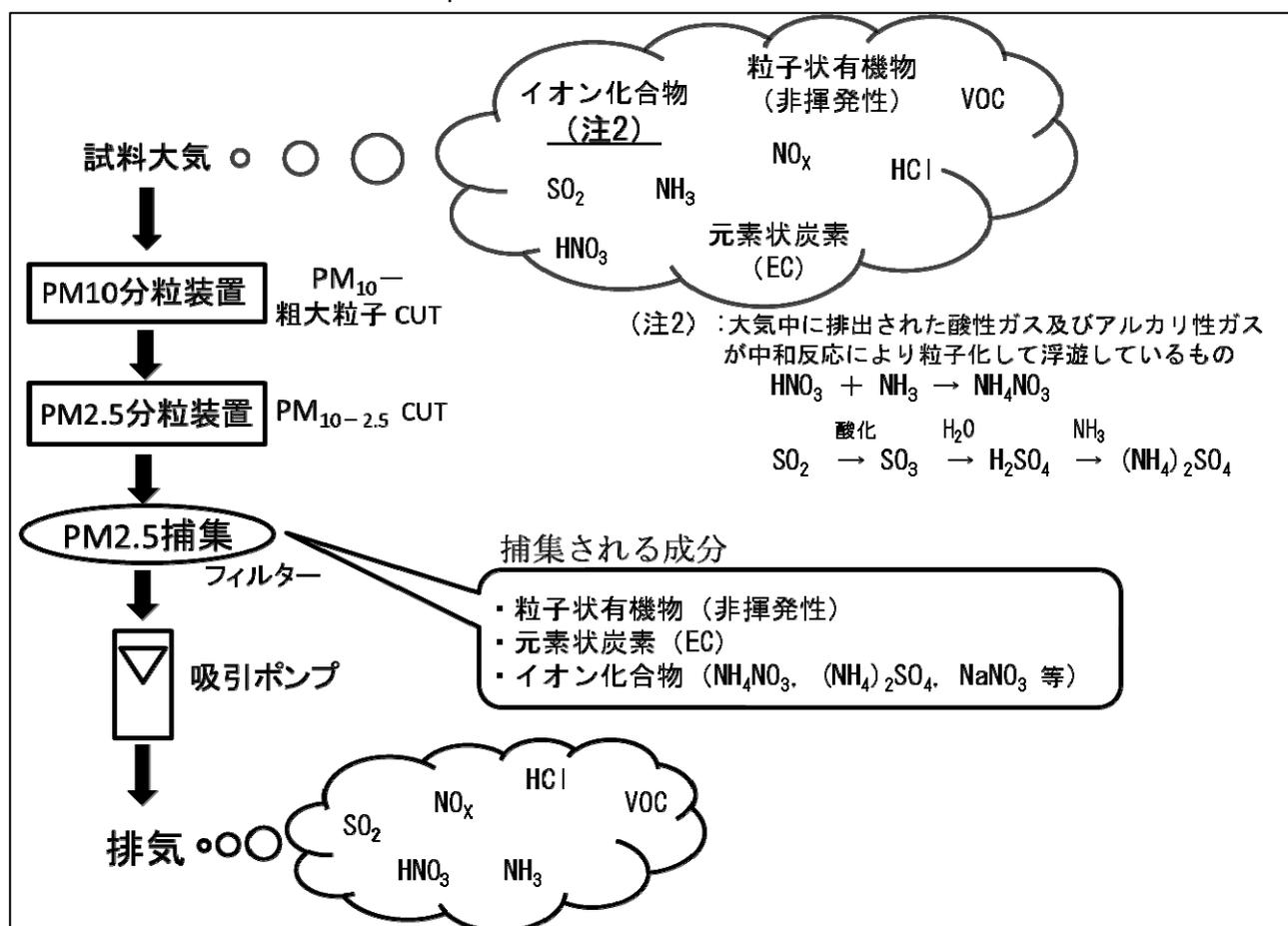


図1 標準測定法 (フィルター捕集法) によるサンプリング

試料大気中の酸性ガス及びアルカリ性ガスは、フィルターを通過する際に、捕集された PM2.5 に吸着又は化学反応を引き起こす可能性が考えられる。その場合、フィルター上に捕集された PM2.5 の各成分濃度は、過大あるいは過小に評価されていることになる。

当研究所では、ガス成分と PM2.5 の分離捕集法について、神奈川県公害防止推進協議会浮遊粒子状物質対策検討部会を通じて、神奈川県及び川崎市と共同で検討を行ってきた。今回、標準測定法とガス - 粒子分離捕集法の比較により、PM2.5 の実態について調査した結果を報告する。

2 調査方法

ガス - 粒子分離捕集法では、PM2.5 分粒装置と捕集フィルターの間ハニカム形状のデニューダー（ガス除去管）を2つ設置することで、ガス成分を除去することを検討した。上段のデニューダーはクエン酸をコーティングすることでアルカリ性ガス（NH₃）の除去を、また下段のデニューダーは炭酸ナトリウム及びトリエタノールアミンをコーティングすることで酸性ガス（SO₂, NO_x, HNO₃, HCl 等）の除去ができるように処理を行った（図2）。なお、デニューダーを用いたとしても、大気中で粒子化したイオン化合物（NH₄NO₃ 及び (NH₄)₂SO₄）を除去することは不可能である。

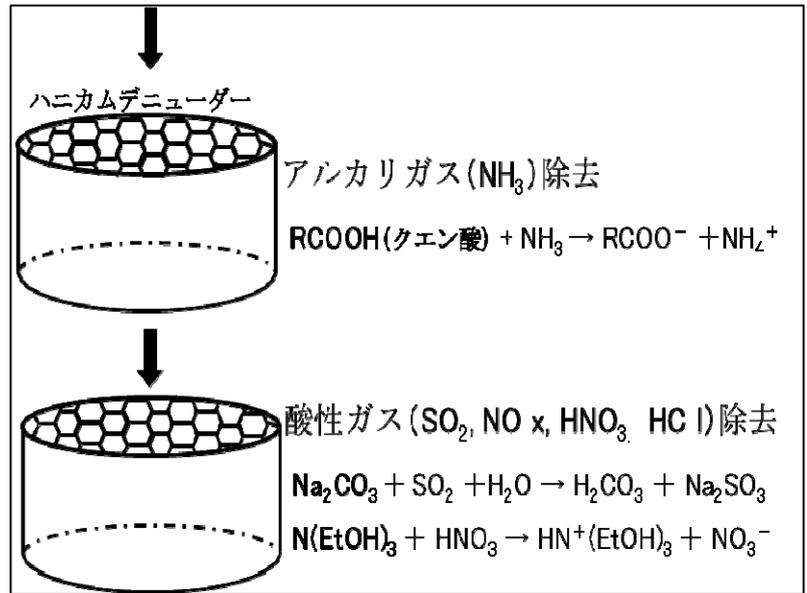


図2 ガス - 粒子分離捕集法の原理

3 調査期間及び分析方法

環境科学研究所屋上において、平成22年7月26日～8月9日の期間について、標準測定法とガス - 粒子分離捕集法を併せて行った。サンプリングは48時間（期間とについては72時間）連続捕集して行った（2～3日おきにフィルター交換）。

イオン成分については、フィルターに捕集されたイオン化合物を超純水で抽出した後、イオンクロマトグラフにより同定・定量を行い、炭素成分については熱・光学補正炭素分析装置を用いて分析を行った。

4 結果

(1) 質量濃度の比較

標準測定法とガス - 粒子分離捕集法を比較調査した結果を図3に示す。ガス - 粒子分離捕集法によるサンプリングの方が、標準測定法よりも質量濃度が高くなる傾向が確認された。つまり、ガス成分と粒子状物質を分離せずにサンプリングした場合は、質量濃度を実態よりも過小に評価していることが分かった。

また、過小評価の程度については光化学オキシダント濃度との相関が見られ、標準測定法ではオキシダント濃度が高い時に、質量濃度を大幅に過小評価していることが確認された。

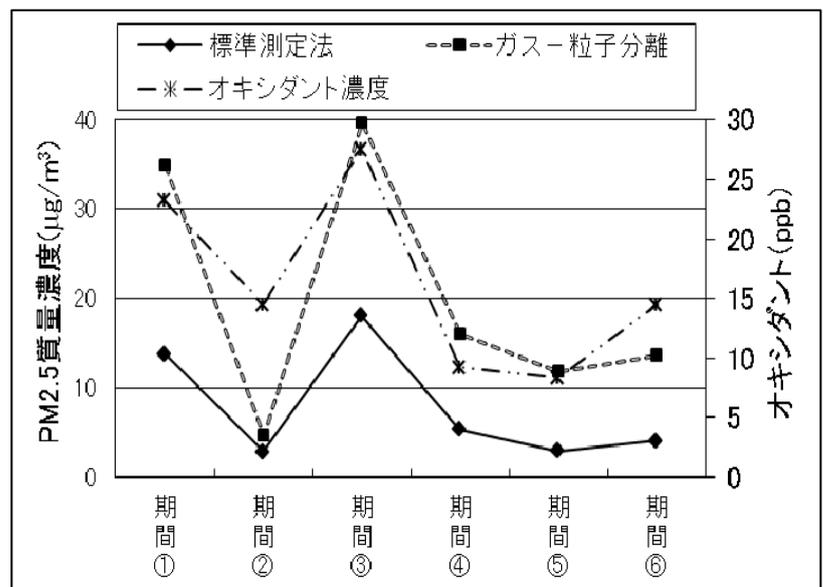


図3 PM2.5 質量濃度とオキシダント濃度の期間変動

(2) イオン化合物濃度の比較

標準測定法はガス-粒子分離捕集法と比べて、 NO_3^- は低く SO_4^{2-} は高くなる傾向が見られた(図4、図5)。このことから、標準測定法ではフィルター上で $2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + 2\text{HNO}_3$ (ガス) 及び $\text{NaNO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHSO}_3 + \text{HNO}_3$ (ガス) の反応が起こった結果、 NO_3^- は HNO_3 ガスとして脱離し、 SO_2 ガスは SO_3^{2-} イオンとしてフィルターに固定されたものと考えられる。

(その後、光化学オキシダントによる酸化又は水中 DO により $\text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$)

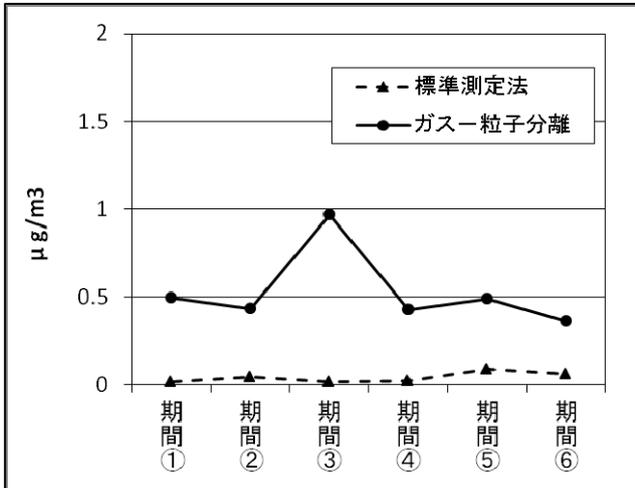


図4 硝酸イオン (NO_3^-) の期間変動

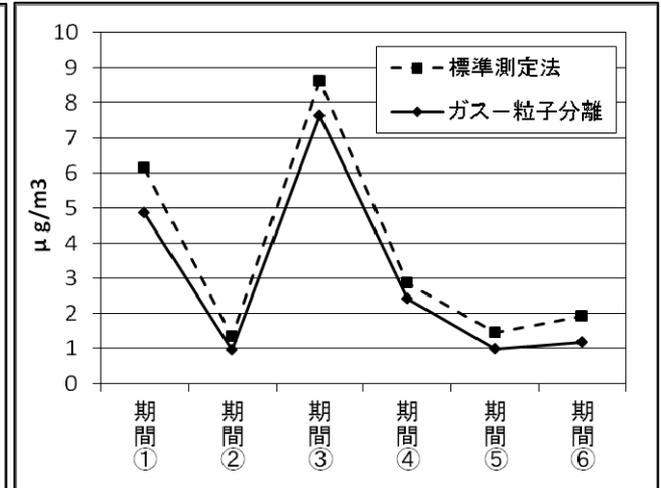


図5 硫酸イオン (SO_4^{2-}) の期間変動

(3) 炭素成分の比較

EC (元素状炭素) 及び OC (有機炭素) 濃度を比較したところ、EC 濃度についてはサンプリング方法による差異は見られなかったが、OC 濃度についてはガス-分離捕集法が標準測定法を上回っていることが確認された(図6、図7)。PM2.5 質量濃度と同様に、オキシダント濃度が高い時に標準測定法の OC 濃度が大幅に低くなる傾向が見られた。マスクロージャーモデル(理論計算)により、OC 濃度(C 元素)から有機化合物濃度(C,H,O 元素)を推測したところ、PM2.5 質量濃度の差異の半分以上を占めていることが分かった。

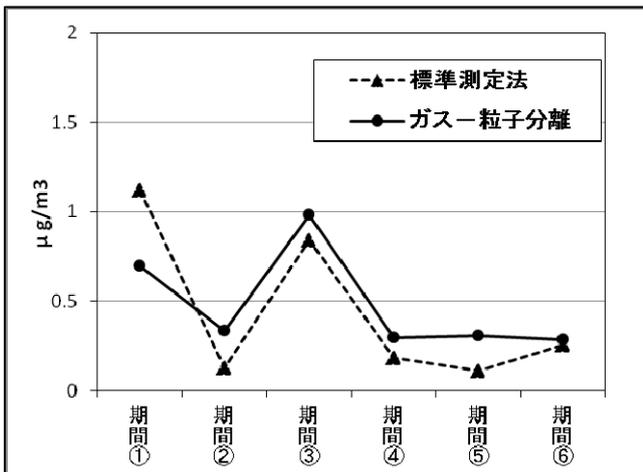


図6 EC (元素状炭素) 濃度の期間変動

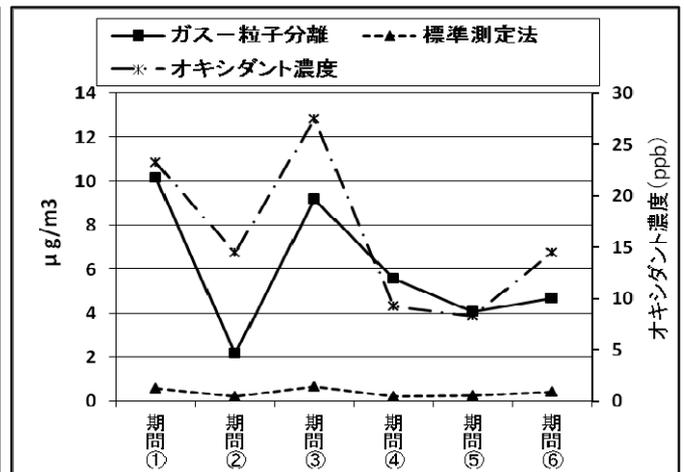


図7 OC (有機炭素) 濃度の期間変動

5 まとめ

標準測定法では、フィルター上の PM2.5 がガス成分によって化学変化していることが確認された。元素状炭素に対するガス成分の影響はないものの、イオン成分については、硝酸イオンと亜硫酸イオンの交換反応が起こっていることが推察された。また、有機化合物の濃度減少が PM2.5 質量濃度を過小に評価させる主な原因だと考えられる。