

東京多摩地域における微小および粗大粒子の無機イオン成分の キャラクターゼーション

10MB-003 宮永雅之
指導教員 松田和秀

1. 背景・目的

大気中の粒子状物質は、粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 付近を境に大きく性質が異なっており、 $2.5 \mu\text{m}$ 以上の粗大粒子と $2.5 \mu\text{m}$ 以下の微小粒子($\text{PM}_{2.5}$)に分けられる。この $\text{PM}_{2.5}$ は浮遊粒子状物質(SPM)とは別に、2009年9月に環境基準が設定され、全国的にその関心が高まっている。そのため、多くの機関によって調査が行われ、その組成や質量濃度の経年変化等の報告は多くされている。しかしながら、 $\text{PM}_{2.5}$ の挙動の特徴化を行うためには、 $\text{PM}_{2.5}$ と密接な関係があると考えられる粗大粒子についても測定する事が重要である。

そこで、本研究では、東京多摩地域の微小および粗大粒子の長期間の連続した測定を行い、無機イオン成分の特徴化および高濃度要因の解析を行った。

2. 研究方法

東京多摩地域に位置する明星大学3号館屋上において、 $2.5 \mu\text{m}$ カットインパクト付ローボリュームエアサンプラー(LV)を用いて粗大粒子と微小粒子の分別捕集を2009年8月より行った。大気試料の捕集は1週間毎に 20L min^{-1} で行った。また、同地点において、アンダーセンサンプラーを使用した粒径分布の測定を2010年6月から実施した。測定は 28.3L min^{-1} で毎月1度、1週間サンプリングで行った。これらの捕集後のフィルターは直ちに外気から遮断し、乾燥後に冷蔵保存し、後日、超純水へ無機イオンを抽出して、イオンクロマトグラフにより無機イオン成分 (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+) を分析した。さらに、 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度の測定を、フィルター振動法 $\text{PM}_{2.5}$ モニター(TEOM Series 1400a, SES付, センサー部 35°C 加熱)を用いて、2008年10月から連続測定を開始した。解析に用いた期間は、行政の年度評価に合わせて、2009年4月から2011年3月の1時間値を使用した。また、解析に用いた気象データは直近の常時監視局(愛宕測定局)の2009年1月から2011年6月のデータを使用した。

3. 研究結果および考察

3.1 環境基準評価

図1に2009年度、2010年度における $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度の日平均値を示す。 $\text{PM}_{2.5}$ の環境基準は「1年平均値が $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下(長期評価基準)、かつ、1日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下(短期評価基準)」である。環境基準の評価にはそれぞれにデータの完全度の基準が定められている。長期評価基準は250日以上の日平均値データ、短期評価基準では日平均値が20時間以上とされている。さらに、短期評価基準では、年間データの高い値から2%を除外した98%値を短期評価基準と比較と定められている。明星大学の測定データは、夏季の異常値を欠損としても2009年度は326日分、2010年度は277日分のデータがあり、これら比較条件を満たしていた。

評価の結果、2009年度では長期評価基準は年平均値 $15.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、環境基準に近い値を示した。また、短期評価基準は年間を通して $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり環境基準を達成していることがわかった。2010年度では長期評価基準は年平均値 $13.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、環境基準を達成していることがわかった。また、短期評価基準は年間を通して $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり環境基準を達成していることがわかった。

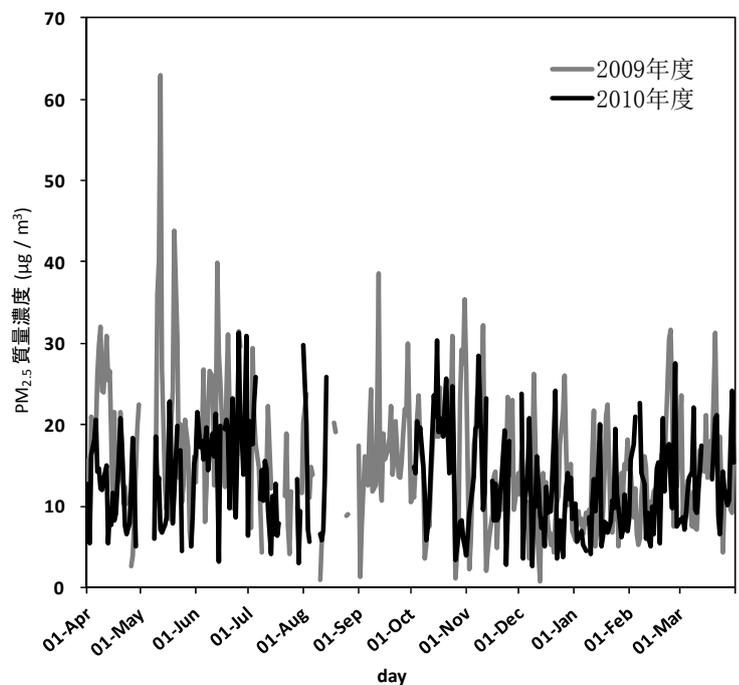


図1 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度 日平均値
(2009年度、2010年度)

3.2 無機イオン成分の特徴

2009年8月から2011年8月まで粗大粒子とPM_{2.5}中の無機イオン成分の測定を行った結果、104サンプルの有効データを得た。

無機イオン成分の月平均値を、図1にPM_{2.5}、図2に粗大粒子をそれぞれ示した。図1から、PM_{2.5}の無機イオン成分では、SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺の3成分が90%以上を占めていた。このことから、多摩地域のPM_{2.5}の無機イオン成分の主な成分はこの3成分と考えられる。SO₄²⁻は全無機イオン成分の51%を占めており、夏季には70%以上を占めていることが分かった。一方、NO₃⁻は全無機イオン成分の21%を占めていた。しかし、冬季には40%以上に増加した。同様にCl⁻、NH₄⁺の2成分にも夏季に他の季節と比べ低い値となり、秋季から春季にかけて濃度が上昇していく傾向がみられた。これは、NH₄NO₃、NH₄Clが半揮発性の物質であり、夏季のような高温期では大気中でガス化し粒子となっていない可能性と、サンプリング期間の揮発による損失(アーティファクト)があった可能性があると考えられる。また、TEOMで測定されたPM_{2.5}の質量に対する無機イオン成分が占める割合は測定期間中において、約48%であった。次に、図2から、粗大粒子の無機イオンは、測定期間においてNO₃⁻が最も高く、40%以上を占めていた。このNO₃⁻とnss-SO₄²⁻の人為起源である成分が50%以上を占めていることがわかった。また、海塩成分は30%程度を占めることがわかった。

また、アンダーセンサンプラーで測定された粒径分布については、PM_{2.5}側では0.6~0.8μm付近に最も高いピークを示し、その主な成分はSO₄²⁻とNH₄⁺であった。また、粗大粒子側では4~6μmに最も高いピークを示し、主な成分はCa²⁺であった。その一方で、NO₃⁻については、夏季には約4μm付近にピークを示したが、気温が低くなる秋季から、約4μmと0.6~0.8μm付近の二つにピークを示し、季節によって異なる前者と同様の結果を示した。

3.3 1月・2月の急激な濃度変化の要因解析

粗大粒子中の無機イオン成分と微小粒子中の無機イオン濃度は1月と2月で2倍以上の濃度差を測定した。当該期間において、粗大および微小粒子中の無機イオン成分の割合は変化が見られなかったが、NO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺濃度が大きく増加しており、(NH₄)₂SO₄粒子やNH₄NO₃粒子の増加が示唆された。これら成分の高濃度要因を気象データや流跡線解析を用いて解析を行った。結果、1月と比べて2月は気温が高く、日射量の最大値が高いことがわかった。増加していた粒子は二次生成粒子であることから、1月より気温や日射量の高い2月では、粒子化が促進された可能性が考えられた。また、風速では大きな差は見られなかったが、2月の無機イオン成分濃度が高い週に風速が低い傾向があった。これは、風速が低いことによって大気が停滞し濃度が上昇した可能性が考えられた。そこで、PM_{2.5}濃度が特に高濃度であった時刻に後方流跡線解析を行った結果、大きく気流が停滞していることがわかった。これらは気流の停滞によって成分濃度が上昇する可能性を示唆するものであった。

以上のことから、高気温や気流の停滞などの気象条件の違いから二次生成粒子が増加し当該期間に急激な濃度差が生じたと考えられた。さらに、1月は、粗大と微小ともに、年始に東京における人為活動の低下により他の週と比べて濃度が低下する傾向があり、これが1月の濃度が低い要因の一つであると考えられた。

【謝辞】 粒子状物質の測定に関し、ご協力をいただいた明星大学、松田研究室の皆様へ感謝いたします。

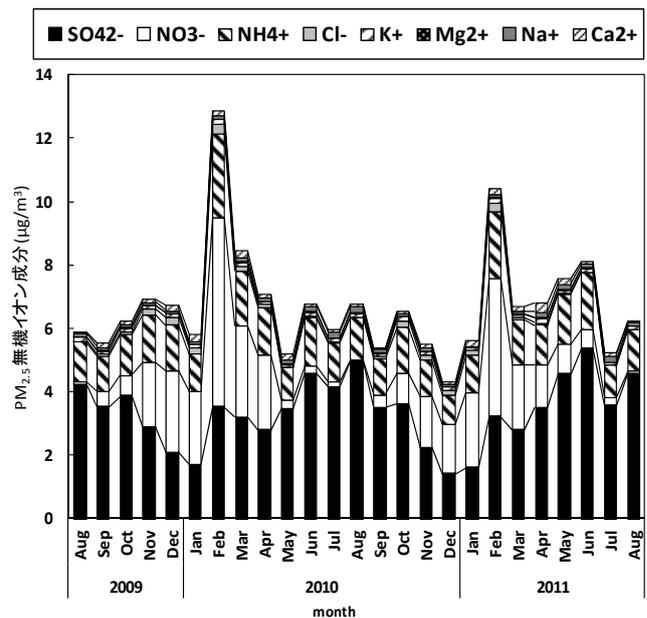


図1 微小粒子中無機イオン成分 月平均値

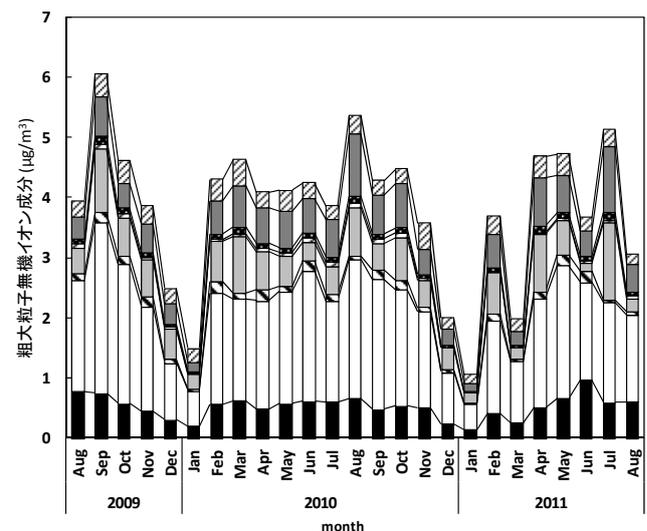


図2 粗大粒子中無機イオン成分 月平均値