

東京都内における PM_{2.5} 高濃度現象の事例解析

齊藤伸治・鶴丸 央・長田和雄*
(* 名古屋大学)

【要約】都内で測定された大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の 2020 年度における概況をまとめるとともに高濃度となった 2 事例について発生要因を検討した。月ごとの平均濃度で見ると、8 月に都内広域で上昇していた。また、秋から冬にかけては多摩部や檜原測定所に対して区部の濃度が高かった。PM_{2.5} 中主要成分組成は、春から夏は硫酸塩と有機炭素、秋から冬は硝酸塩と有機炭素であった。5 月に発生した高濃度は硫酸イオンが主要成分であったが、ピーク時に水素イオン濃度も増加していることから硫酸粒子の影響が一因と考えられた。一方、1 月に発生した高濃度では硝酸アンモニウム粒子が生成されたことによるものと考えられた。

【はじめに】

東京都環境科学研究所では 2013 年度以降 PM_{2.5} の連続観測を実施し、その主要成分を分析することで高濃度発生要因についての検討を進めてきた。2020 年度において東京都内の複数の常時監視測定局 (一般局, 速報値) で PM_{2.5} の短期基準を超過したのは、2020 年 5 月 2 日と 2021 年 1 月 22 日であった。ここでは、2020 年度を通じた PM_{2.5} の概況を示すとともに、高濃度となった 2 事例について解析した結果を報告する。

【方法】

江東区新砂に位置する東京都環境科学研究所の屋上 (地上 23.5 m) にて PM_{2.5} 及びガス状前駆物質を含む関連物質の観測を実施した。試料の採取方法や各成分の分析手法等については既報を参照されたい¹⁾。

【結果の概要】

- 1) 2020 年に測定された都内の PM_{2.5} 質量濃度を区部一般局、多摩部一般局、檜原測定所、東京都環境科学研究所に分けて図 1 に示す。月平均値の推移ではすべての地域において 8 月が高く、区部一般局と都環研では 11 月から 1 月にかけての秋冬季に濃度が高い傾向にあった。8 月における PM_{2.5} 濃度は全国的に上昇しており、その原因として火山性ガスの影響を受けた可能性が報告されている²⁾。当研究所で採取、分析した PM_{2.5} 中の主要化学成分組成の推移を図 2 に示す。これまでの調査結果と同様に、春から夏にかけては硫酸塩と有機炭素が主要成分で、秋から冬にかけては硝酸塩と有機炭素であることが分かる。
- 2) 2020 年 5 月 2 日に発生した高濃度について、PM_{2.5} 質量濃度を折れ線グラフで、硫酸イオン (SO₄²⁻)、硝酸イオン (NO₃⁻)、アンモニウムイオン (NH₄⁺) 濃度を積み上げ棒グラフで図 3a に、主要イオン成分の当量濃度を図 3b に示す。PM_{2.5} 質量濃度は 2 日 20:00 に一時間値で 55 μg/m³ と最も高くなった。SO₄²⁻ が主要成分であったが、2 日 9:00 頃には NO₃⁻ の濃度上昇も見られた。2 日 20:00 のピーク時に NO₃⁻ は増加しておらず、SO₄²⁻ と H⁺ の濃度が上昇していることから、硫酸粒子の増加が濃度上昇の一因であったと考えられる。硝酸アンモニウム (NH₄NO₃) 粒子の生成について、気温の関数で得られる NH₄NO₃ の平衡定数 K_p に対する実測の NH₃ と HNO₃ の濃度積の比 (K_p 比)¹⁾ を用いて検討した結果を図 3c に示す。5/2 9:00 においては K_p 比が 1 を超えており、NH₄NO₃ 粒子が生成されうる状況にあったと考えられる。
- 3) 2021 年 1 月 22 日の PM_{2.5} 質量濃度は 21 日の午後には高くなり、夕方から夜間にかけて 30 μg/m³ を超える状況だった (図 4a)。22 日の午前中にいったん低下するものの、夜間には再び増加し、23:00 に 58 μg/m³ となった。この間、NH₄⁺ と NO₃⁻ が主要成分であったことから NH₄NO₃ 粒子の生成が高濃度の発生要因と考えられる。濃度が上昇した 21 日~22 日にかけては K_p 比も 1 を超えており (図 4b)、NH₄NO₃ 粒子が生成されやすい状況にあったことが確認できる。NH₄NO₃ 粒子の潮解の目安となる潮解相対湿度 (DRH) と実測の相対湿度 (RH) を図 4c に示す。高濃度となった時間帯の RH は 40%程度と DRH を超える状況にはなかったため NH₄NO₃ 粒子は潮解していないと考えられる。なお、23 日は降雨のため、PM_{2.5} 濃度は急速に低下した。

【参考文献】 1) 齊藤ら：東京都環境科学研究所年報, p-38-39 (2019). 2) 中込ら：全国環境研会誌, 46, 22-27 (2021).

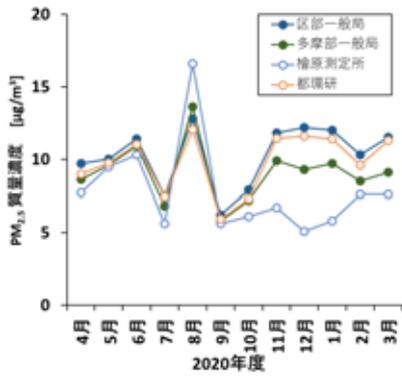


図1 PM_{2.5}質量濃度の月別平均値

すべての地域において8月が高く、区部一般局と都環研では11月から1月にかけての秋冬季に濃度が高い傾向が見られた。

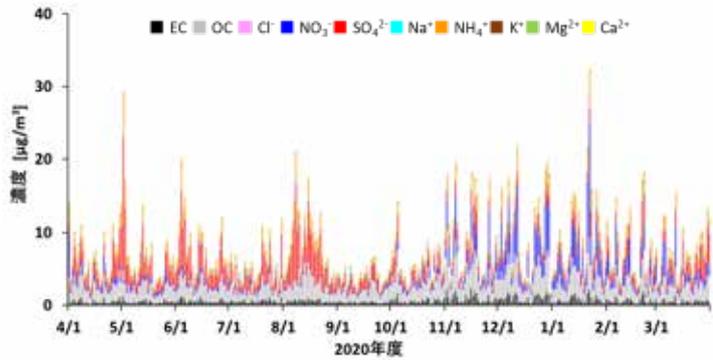


図2 PM_{2.5}の日別化学成分組成

PM_{2.5}中の化学成分組成については、これまでの調査結果と同様に、春～夏は硫酸イオン (SO₄²⁻) と有機炭素 (OC)、秋～冬は硝酸イオン (NO₃⁻) と有機炭素 (OC) が主要成分であった。

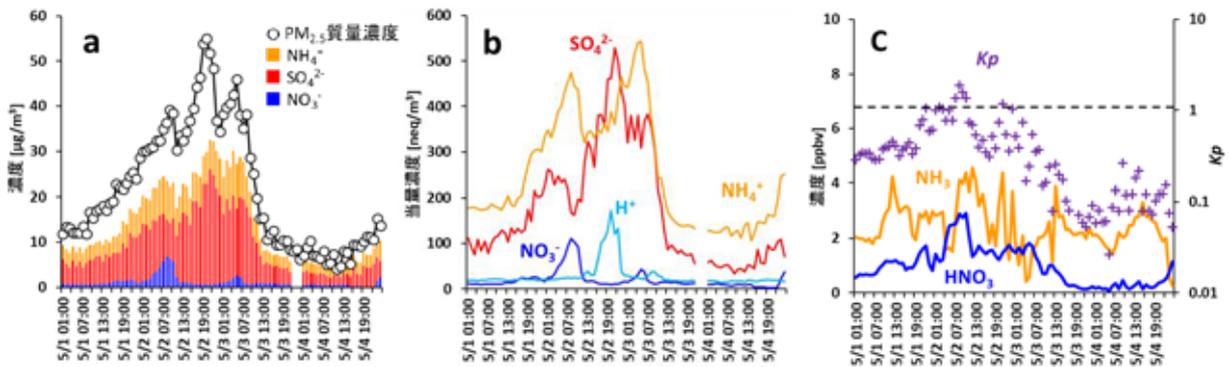


図3 2020年5月2日に発生したPM_{2.5}高濃度事例

a) PM_{2.5}質量濃度は5/2 20:00に55 µg/m³と最も高くなった。SO₄²⁻が主要成分であったが、5/2 9:00頃にはNO₃⁻の濃度上昇も見られた。b) 5/2 20:00のピークではNO₃⁻は増加しておらず、SO₄²⁻とH⁺の濃度が上昇していることから硫酸粒子の増加に起因する濃度上昇と考えられる。c) 5/2 9:00においては、ガス状前駆物質のNH₃とHNO₃の濃度が上昇しており、気温の関数で得られるNH₄NO₃の平衡定数K_pに対する実測のNH₃とHNO₃の濃度積の比 (K_p比)¹⁾も1を超えていることからNH₄NO₃粒子が生成されやすい状況にあったと考えられる。

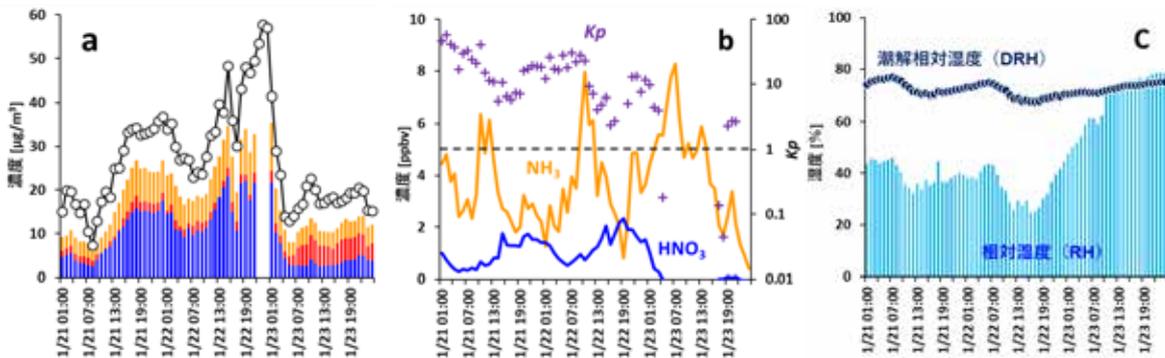


図4 2021年1月22日に発生したPM_{2.5}高濃度事例

a) PM_{2.5}質量濃度は1/21の午後に高くなり、夕方から夜間にかけて30 µg/m³を超える状況にあった。1/22の午前中にいったん低下するものの、22日の夜間に再び増加し、23:00に58 µg/m³となった。この間、NH₄⁺とNO₃⁻が主要成分であったことからNH₄NO₃粒子の生成による高濃度現象と考えられる。b) 濃度が高くなった1/21～22にかけてはK_p比も1を超えており、NH₄NO₃粒子が生成されやすい状況にあったと考えられる。c) 高濃度となった時間帯の相対湿度は40%程度と潮解相対湿度を超える状況にはなかった。1/23に湿度が高くなるがこの時間帯は降水もあり、PM_{2.5}濃度は急速に低下した。