$PM_{1.0}$ 質量濃度連続観測による $PM_{2.5}$ 高濃度事例発生要因の季節変化に関する検討

鶴丸　央・齊藤伸治

****

【要 約】東京都都心部（江東区）で人為起源粒子として分類される $PM_{1.0}$ 質量濃度の連続測定を 2017 年 11 月から 2020 年 3 月までの期間実施した。東京都内の測定局で 3 箇所以上 $PM_{2.5}$ の短期基準を超過した日を $PM_{2.5}$ 高濃度事例とし、観測された $PM_{1.0}$ と $PM_{2.5}$ の質量濃度の比から、高濃度の原因となる発生源を推定した。$PM_{2.5}$ 高濃度事例は 3 月と 12 月に多くなる二山型の季節変動を示した。$PM_{1.0}$ 及び $PM_{2.5}$ 質量濃度一時間値の比較から、3 月には自然起源物質の寄与が大きく、12 月は人為起源物質の寄与が大きいことが示唆された。

****

【目 的】

$PM_{2.5}$ の長期及び短期の環境基準達成には、$PM_{2.5}$ の構成成分の特定やその発生要因を明確にすることが有効である。大気中に存在する粒子は発生源により粒径の分布に特徴をもつことが知られており、$PM_{2.5}$ に着目した観測手法では粗大粒子の中でも比較的小粒径にピークをもつ黄砂粒子や海塩粒子など自然起源粒子の一部が $PM_{2.5}$ として混入することが知られている。一方、ディーゼル排気粒子や大気中の光化学反応による二次生成粒子といった人為起源粒子は 1.0 μm 以下に偏在することが知られている。カットポイントをより微小粒径側（1.0 μm 以下）にシフトした $PM_{1.0}$ の捕集及び観測を行うことは、自然起源の粒子による影響を取り除いた、発生源ごとの粒子質量濃度の評価に繋がると考えられる。そこで本研究では、$PM_{1.0}$ 自動測定機を導入し、$PM_{2.5}$ 高濃度事例における人為起源粒子の寄与に着目した解析を実施した。

【方 法】

$PM_{1.0}$ 質量濃度は、紀本電子工業社製 PM714 を用いて 2017 年 11 月 1 日から 2020 年 3 月 31 日までの期間東京都環境科学研究所屋上（6F 相当）で測定した。PM_{10} インレットにより 10 μm よりも大きな粒子を除去し、下流の $PM_{2.5}$ サイクロンによって 2.5 μm よりも大きな粒子を除去した。その後バーチャルインパクタによって 1.0 μm から 2.5 μm のものと 1.0 μm よりも小さな粒径に分け、PTFE テープろ紙上に捕集した。捕集された粒子はβ線吸収法によって質量を測定し、一時間ごとにテープろ紙を送ることで自動の連続測定を行った。$PM_{2.5}$ についても、同様の機構を有している PM712 を用いたβ線吸収法により質量濃度の測定を行った。

【結果の概要】

(1) 東京都内の常時監視測定局において 3 箇所以上で $PM_{2.5}$ が短期基準（日平均値 35 μg/m^3）を超過した場合を $PM_{2.5}$ 高濃度事例と設定した。観測期間中において月ごとに $PM_{2.5}$ 高濃度事例を積算した結果（図 1）、東京都における $PM_{2.5}$ 高濃度事例は 12 月と次いで 3 月に最多を示し、冬季（12～翌 2 月）及び春季（3～5 月）に多い二山型の季節変動を示した。一方で夏季（6～8 月）及び秋季（9～11 月）には $PM_{2.5}$ 高濃度事例はほとんど見られなかった。

(2) 続いて $PM_{2.5}$ 及び $PM_{1.0}$ の一時間値を用いた解析を実施した。各月において、$PM_{2.5}$ 高濃度事例が発生した日と発生しなかった日について $PM_{2.5}$ を横軸にとり、$PM_{1.0}$ を縦軸にとった散布図を作成した（図 2 上下に示す散布図）。散布図の傾きは大きくなるほど $PM_{1.0}$ の割合が高く、人為起源粒子が多いことの指標となる。図 2 の黒の折れ線でその月の $PM_{2.5}$ 高濃度事例が発生しなかった日の散布図の傾きを示し、赤のプロットで $PM_{2.5}$ 高濃度事例における散布図の傾きを示す。$PM_{2.5}$ 高濃度事例が発生しなかった日の傾きの値が月ごとに変動していることがわかる。また、$PM_{2.5}$ 高濃度事例が発生した際の傾きは、冬季では発生しなかった日よりも高い値をとる日が多いのに対し、春季では発生しなかった日よりも低い値をとる日が多い傾向が見られた。これらのことから、冬季では人為起源粒子を主要因とする $PM_{2.5}$ 高濃度事例が発生しやすく、春季では自然起源粒子を主要因とする $PM_{2.5}$ 高濃度事例が発生しやすいことが示唆された。

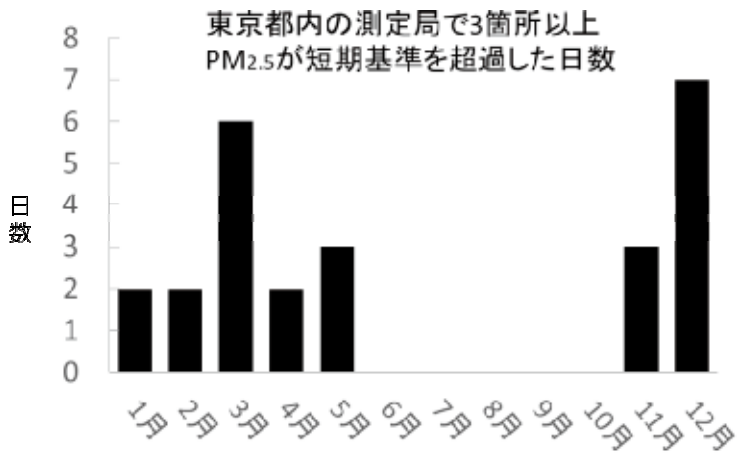

図 1 全観測期間中の各月において東京都内の測定局で 3 箇所以上 $PM_{2.5}$ が短期基準を超過した日数
冬季に分類される 12 月と、春季に分類される 3 月に多く発生する傾向が見られた。

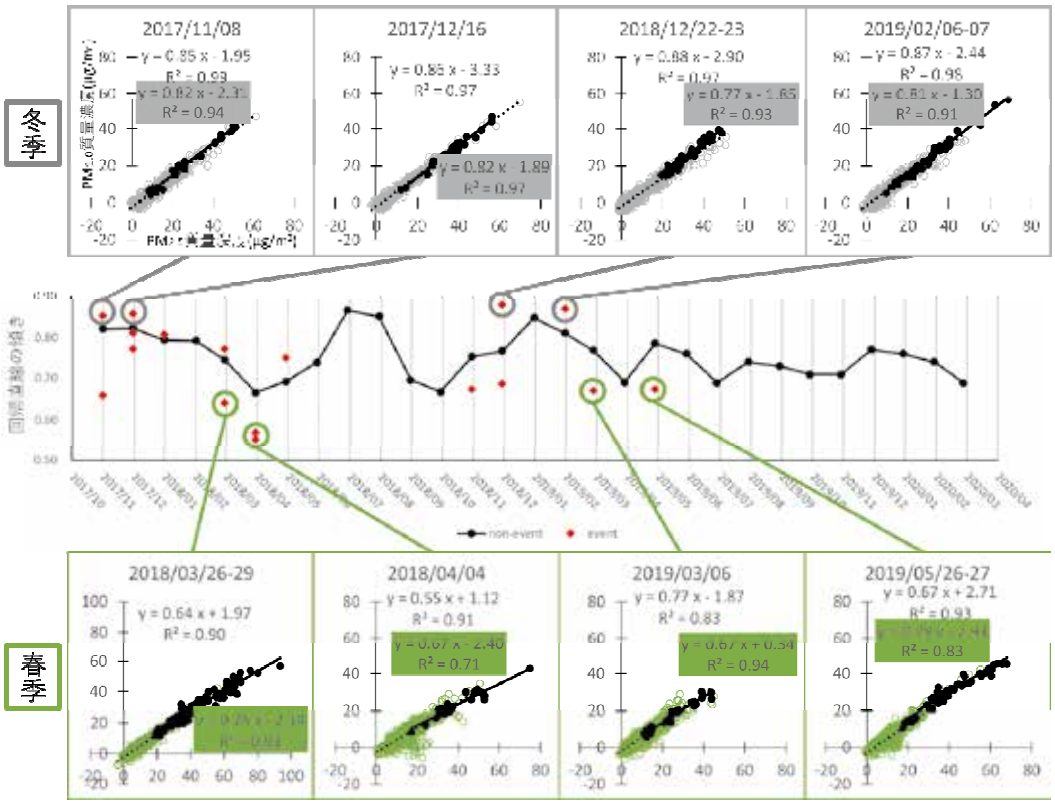

図 2 中央の折れ線グラフでは $PM_{2.5}$ 高濃度事例非発生時（non-event; 黒の折れ線）と発生時（event; 赤の点）における $PM_{2.5}$ と $PM_{1.0}$ の質量濃度 1 時間値の散布図の回帰直線の傾きを示す。また、冬季・春季における代表的な $PM_{2.5}$ 高濃度事例について $PM_{2.5}$ と $PM_{1.0}$ の質量濃度 1 時間値の散布図を上下に示す。散布図において、色付きのプロット及び破線はその月における $PM_{2.5}$ 高濃度事例非発生時のデータを示し、黒のプロット及び実線は $PM_{2.5}$ 高濃度事例発生時のデータを示す。
冬季の $PM_{2.5}$ 高濃度事例では非発生時でも高い回帰直線の傾きが見られ、発生時にはさらに高い値を示し、人為起源物質の寄与が大きいことが示唆された。春季の $PM_{2.5}$ 高濃度事例では反対に非発生時で回帰直線の傾きは低く、発生時ではさらに低い値が見られることから自然起源物質の寄与が大きいことが示唆された。