

東京都区部におけるナノスケール粒子の実態把握に関する研究

鶴丸 央

【要約】PM_{2.5}の中でもさらに微小な粒径範囲に分布する大気中ナノスケール粒子の環境動態を把握するため、2018年4月から2021年5月までの期間観測を実施した。東京都区部におけるナノスケール粒子は、夏季を除き20-40 nmの範囲にピークをもつ一山型の粒径分布を示し、粒子個数濃度は年々減少している傾向を示した。ガス状成分がナノスケール粒子を形成する新粒子生成イベントは、年間を通して観測され、夏季及び冬季に高い頻度で見られた。

【目的】

微小粒子状物質（粒径2.5 μm未満の粒子）よりもさらに微細（1-100 nm）な超微小粒子（ナノスケール粒子）は、粒径の減少に伴って単位体積あたりの個数濃度が増加する他、呼吸器系のより深いところまで入り込むことからその環境動態に関心が寄せられている。欧州では、自動車排ガスについて、ナノレベルの粒子に着目した粒子個数規制を既に開始している。このような状況を踏まえ、東京都内におけるその実態と挙動の把握、及びデータの蓄積のため、大気中のナノスケール粒子の個数濃度の連続測定を実施した。また、ガス状成分がナノスケール粒子を形成するプロセスである新粒子生成イベントに注目し考察した。

【方法】

ナノスケール粒子は、2018年4月から2019年12月にかけてMSP社製WPS 1000XP（以下WPS）、2020年11月から2021年5月にかけてTSI社製SMPS3938NL89（以下SMPS）を用いて東京都環境科学研究所屋上（6F相当）で測定した。インパクタにより粗大粒子（WPSでは10 μm以上、SMPSでは1 μm以上の粒子）を除去した後、微分型移動度分級器により分級した粒子を凝結粒子カウンタで計測することで粒径区画（WPSは直径10-470 nmまで96の粒径区画、SMPSは直径10-500 nmまで128の粒径区画）ごとの粒子個数濃度を測定した。また、WPSはレーザー散乱式粒子計測機により直径350-10000 nmの粒子を24の粒径区画で測定した。

【結果の概要】

- (1) 3月から5月までを春季、6月から8月までを夏季、9月から11月までを秋季、12月から翌2月までを冬季とし、年度ごとの各季節における粒径分布の平均を図1に示す。2019年6月及び7月、2020年1月から10月にかけては装置不調のため欠測である。粒子個数濃度は夏季に最も高く、次いで冬季に高い傾向が見られた。春季、秋季及び冬季では20-40 nmをピークとする一山型の粒径分布をとる傾向を示した。夏季は20 nm付近と40 nm付近にピークを2つもつ二山型の粒径分布をとる傾向を示した。また、秋季及び冬季には粒子個数濃度が年々減少する傾向が見られた。
- (2) 続いて、Kulmala et al., 2012¹⁾の手法に従い、ガス状成分が新たにナノスケール粒子を形成する新粒子生成イベントの判別を行った。環境省常時監視マニュアル²⁾に従い、一日20時間以上データを取得した日を有効測定日とし、有効測定日あたりの新粒子生成イベントの回数を図2上図に示す。また、新粒子生成イベント発生後に粒子が成長した時間の割合を図2下図に示す。新粒子生成イベントは年間を通して起こっており、太陽光のある日中だけでなく夜間にも観測された。最も新粒子生成の頻度が高かったのは夏季で、次いで冬季に多かった。夏季は新粒子生成の頻度が高いが粒子成長の時間が短く、一方で冬季は夏季よりも新粒子生成の頻度は低いと粒子成長の時間が長い。東京都において近年夏季よりも冬季におけるPM_{2.5}の高濃度事例が多く見られ、新粒子生成及び粒子成長との関連が示唆されることから、今後高濃度PM_{2.5}事例へのナノスケール粒子の関与を定量的に明らかにすることを目標とする。

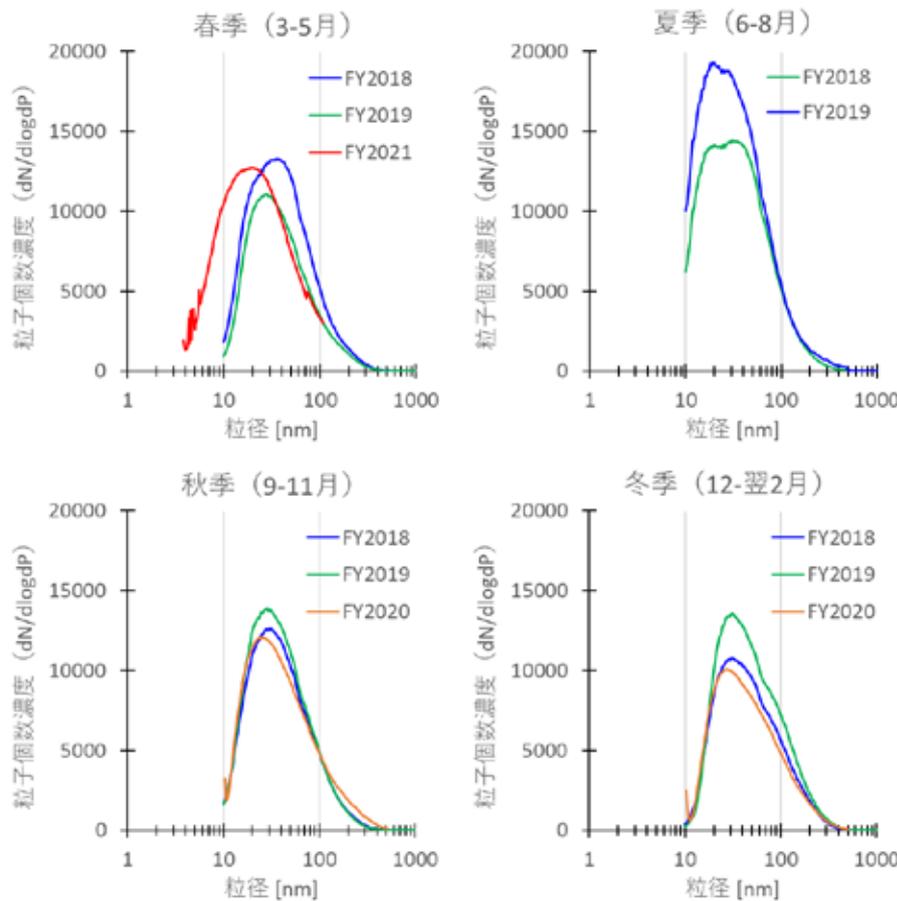


図 1 年度ごとの各季節における粒径分布の平均。春季、秋季及び冬季では 20-40 nm をピークとする一山型の粒径分布をとる傾向が見られる。夏季は 20 nm 付近と 40 nm 付近にピークを2つもつ二山型の粒径分布をとる傾向を示した。また、秋季及び冬季には粒子個数濃度が年々減少する傾向が見られた。

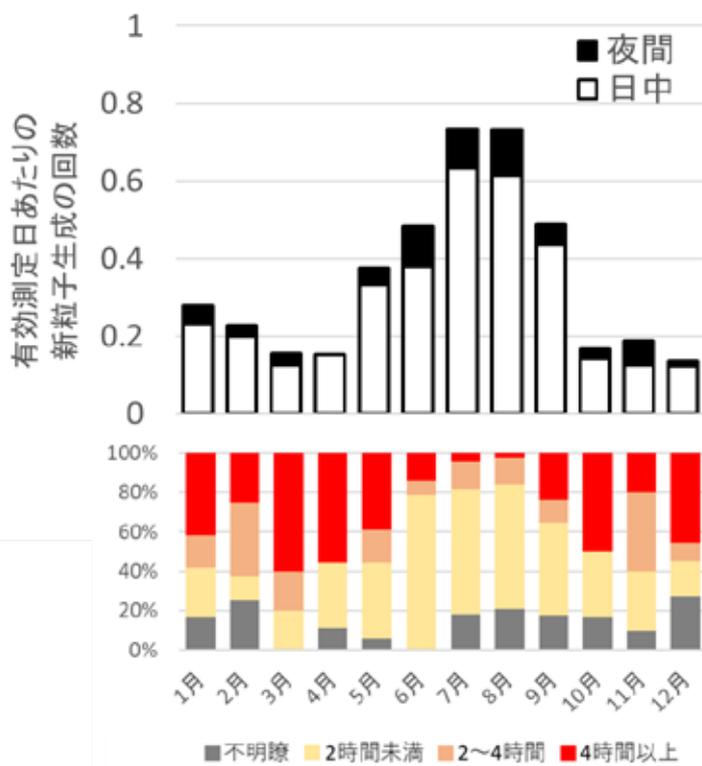


図 2 有効測定日あたりの新粒子生成イベントの回数(上図)及び各新粒子生成イベントの粒子成長時間が占める割合(下図)。新粒子生成イベントは年間を通して見られ、太陽光のある日中だけでなく夜間にも観測された。夏季は新粒子生成イベントの頻度が高いが粒子成長の時間が短く、冬季は夏季よりも新粒子生成の頻度は低い粒子成長の時間が長い傾向が見られた。

【参考文献】 1) Kulmala et al., Nature Protocols, 7, 1651-1667, 2012.

2) 環境省大気常時監視マニュアル第6版 (https://www.env.go.jp/air/osen/manual_6th/)