

都内におけるナノ粒子の連続測定

増田 龍彦 上野 広行 齋藤 伸治 秋山 薫

要 旨

都内における大気中のナノ粒子の実態を把握することを目的に、ナノ粒子測定器を用い一般環境大気（江東（都環研）及び道路沿道（永代通り新川自動車排出ガス測定局（以下、「新川自排局」という。））で個数濃度の連続測定を実施した。その結果、一般環境大気の粒径分布については、夏季にピークが2山に近い形を示し、冬季にはピークの鋭い1山型になるといった季節変化がみられた。また、各月の平均個数濃度は、7月を除いて、概ね $1.0E+4$ 個/ccとなり、粒径が30-500nmの割合は8月に最大(60%)となった。

道路沿道と一般環境大気中の個数濃度との時間的変動を比較した結果、江東（都環研）では、上昇し、夜間に減少するまでの間は、時間的変動は少なくほぼ平坦であったのに対し、新川自排局では、15時付近からやや減少するが、17時付近から再び上昇するといった結果となった。PM_{2.5}の質量濃度では新川自排局の値と江東（大島局）の値は、早朝及び夜間については差がほとんど見られないが、個数濃度ではこれらの時間帯についても新川自排局の値が高かった。両測定地点の個数濃度の平均値は、新川自排局の値は、江東（都環研）での値の1.5倍であり、PM_{2.5}の質量濃度での新川自排局の値は、江東（大島局）での値の1.25倍であった。

キーワード：ナノ粒子、個数濃度、粒径分布、時刻別変化

1 はじめに

大気中の微小粒子であるPM_{2.5}には環境基準が設定され、2011年度から都内において法に基づくモニタリングが開始された。一方、PM_{2.5}より粒径の小さいナノ粒子については環境基準は現在のところ設定されていないが、ナノ粒子は肺胞を通じて脳などの器官に影響を及ぼすとの報告¹⁾もあり、ヨーロッパではナノ粒子に着目した自動車排出ガス規制が始まっている。

しかしながら、わが国ではまだ検討が進んでおらず、大気中における実態についても十分に明らかにされていない。

そこで都内におけるナノ粒子の挙動を把握するため、ナノ粒子測定機器により個数濃度の連続測定を実施した。

2 測定について

(1) 並行測定試験

ナノ粒子測定機器（MSP社製WPS1000XP）の値については、現在のところ正確に標準校正する方法が規格化され

ていない。そのため、当研究所で保有している2台のナノ粒子測定機器（No.68及びNo.69）を用いて、同一地点で同時に測定を実施し、2台の値を確認後、連続測定を実施することとした。

(2) 連続測定

ナノ粒子測定機器を用い、粒径10nm-500nmの範囲で15分間隔、24時間測定を図1に示した地点で以下の測



図1 測定地点

定を実施した。

ア 一般環境大気でのナノ粒子の個数濃度の連続測定

江東（都環研）を測定地点とし、期間は2013年4月から2014年3月までとした。

イ 道路沿道でのナノ粒子の個数濃度の連続測定

江東（都環研）に比較的近傍の自動車排出ガス測定局である新川自排局で実施し、測定期間は、2013年11月1日から2014年1月31日までの3か月測定を実施した。

3 結果と考察

(1) 並行測定試験結果

図2に江東（都環研）において2台のナノ粒子測定機器（No.68及びNo.69）で15分ごとに同時に測定した結果を示す。

並行測定は、2013年6月14日から27日、6月28日から7月5日、7月6日から25日、7月30日から8月4日及び10月1日から23日の期間において実施した。

No.68及びNo.69共に測定粒径範囲10-500nmでの総個数濃度をプロットし回帰直線を求めた。相関係数が0.991となり強い相関がみられる結果が得られていたことから、今回については、2台の機器における機差補正は行わず連続測定を実施することとした。

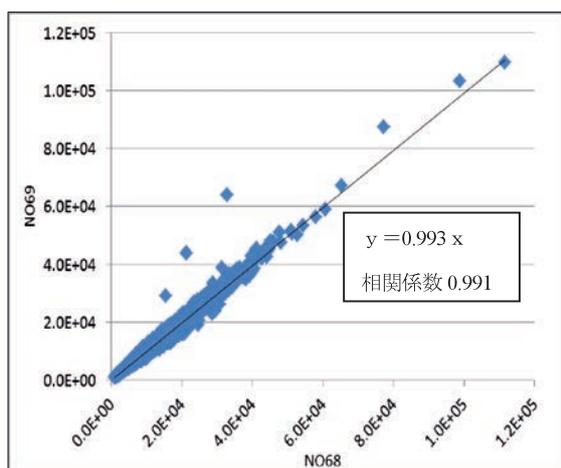


図2 2台のナノ粒子測定機器での並行試験結果

(2) 連続測定結果

ア一般環境大気でのナノ粒子の個数濃度の連続測定

① 粒径別平均個数濃度

図3に10-500nmの各月の平均粒径分布を示す。4月から6月は、ピークがやや平坦な1山型、7月及び8月は、ピークが20-30nm及び40-50nm付近の2山型に近い

い形であり、10月から12月は、20-30nm付近にピークのある1山型、1月については、1山型ではあるが10月から12月のものと比べてややピークが鋭くなっているといった季節変動がみられ、昨年の夏季及び冬季の結果²⁾とほぼ同様の傾向を示した。

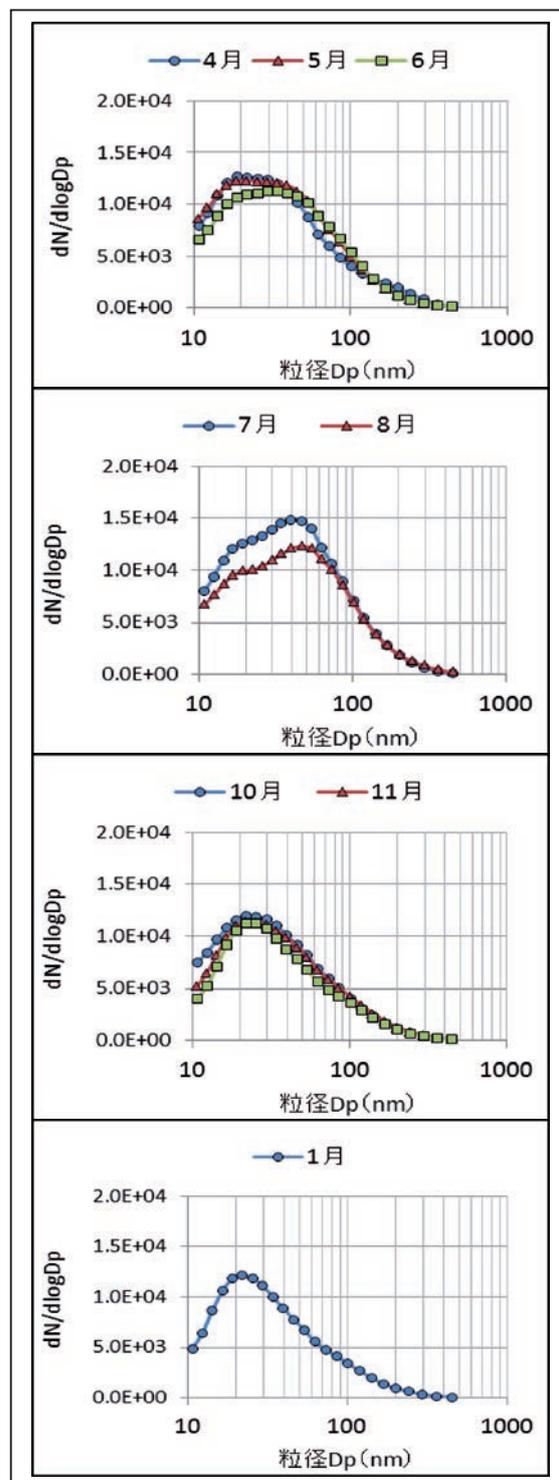


図3 各季節の粒径分布

① 月別平均個数濃度

夏季の測定では、粒径分布のピークが 15~20nm 及び 40~50nm 付近にある 2 山型に近い形を示したことから、粒径を 30nm 以下及び 30-500nm に区分し、それぞれの月別平均個数濃度、30-500nm の粒子の割合及び平均気温を図 4 に示す。10-500nm の範囲の各月平均個数濃度は、7月を除いて概ね 1.0E+4 個/cc 前後であった。また、10-500nm における粒子の個数濃度に占める 30nm 以上の粒子の割合は、46~60%であった。

計測機器の修理で欠測であった 9月、2月及び3月を除くと、この割合は、平均気温が最も高かった 8月に最も高くなるという結果であった。

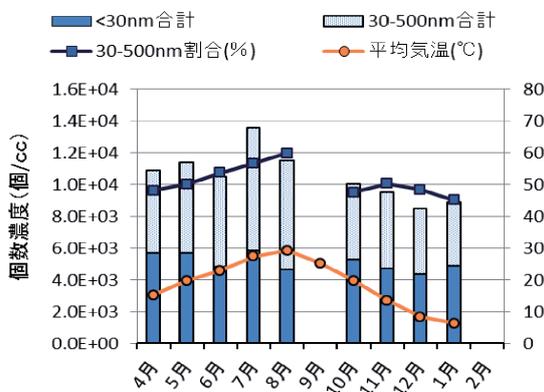


図 4 月別平均個数濃度

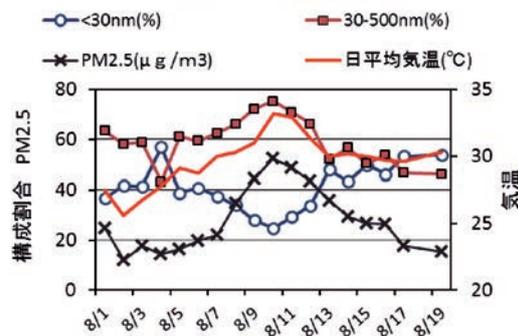


図 5 8月の個数濃度割合の変化

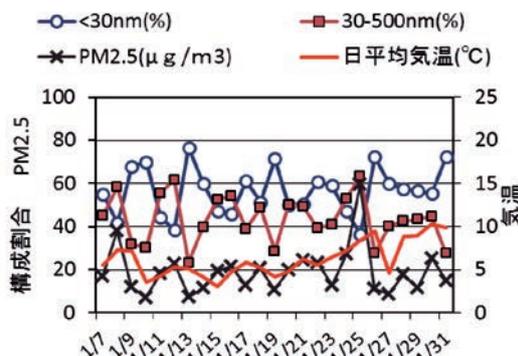


図 6 1月の個数濃度割合の変化

そこで 8月の結果について、各粒径区分の個数濃度の割合と日平均気温及び PM_{2.5}濃度の関係を図 5 に示した。PM_{2.5}の値については、江東(都環研)に近傍の一般環境大気測定局である大島局の値を使用した。

日平均気温が最も高い 8月 10日に 30nm 以上の区分の個数濃度の割合が最高となり、同様に PM_{2.5}の濃度も最高となっていた。一方、30nm 以下の割合については、気温変化とは逆の挙動を示した。ナノ粒子は全体の約 7割を揮発性粒子が占めている³⁾ことから、夏季の高温による 30nm 以下の粒子の揮散等の影響が考えられる。

同様に、1月の結果を図 6 に示す。日平均気温については 10°C を下回っており、30nm 以上の個数濃度の割合は 8月の結果に比べ低い傾向がみられた。また、PM_{2.5}濃度の上昇に伴い、30nm 以上の個数濃度の割合が増加し他方の区分の割合が低くなるという傾向は 8月と同様であった。

② 時刻別個数濃度

さらに、各月を時刻別にみた各区分の個数濃度について図 7 に示す。

30nm 以下については、深夜にかけて最も低く、早朝から上昇し 12時から 15時の間にピークとなりその後減少する傾向がみられた。一方、30nm 以上については、深夜にかけて最も低く、早朝から日中にかけて上昇するという傾向は 30nm 以下と同様であるが、ピークについてはタイムラグがみられ、15時から 19時の間で個数濃度の値がピークとなっていた。また、7月及び 8月に 30nm 以上の個数濃度のピーク値が、他の時期に比べて高いことから、気温の高い夏季において、日中に生成した 30nm 以下の粒子が成長し、増加したことによる影響が考えられる。さらに、日平均気温が最も高かった 8月 10日の各区分の個数濃度の時刻変化を図 8 に示す。30nm 以下については、図 7 の 8月平均では 12時頃にピークであったが、8月 10日では日中一旦減少するが 15時頃から再び上昇し 17時頃にピークとなり、個数濃度は 1.2E+4 個/cc 程度となった。30nm 以上については、8月平均同様 18時頃ピークとなるが個数濃度については、8月平均の約 2.4 倍と高く、夏季の高温の影響が顕著にみられているものと思われる。

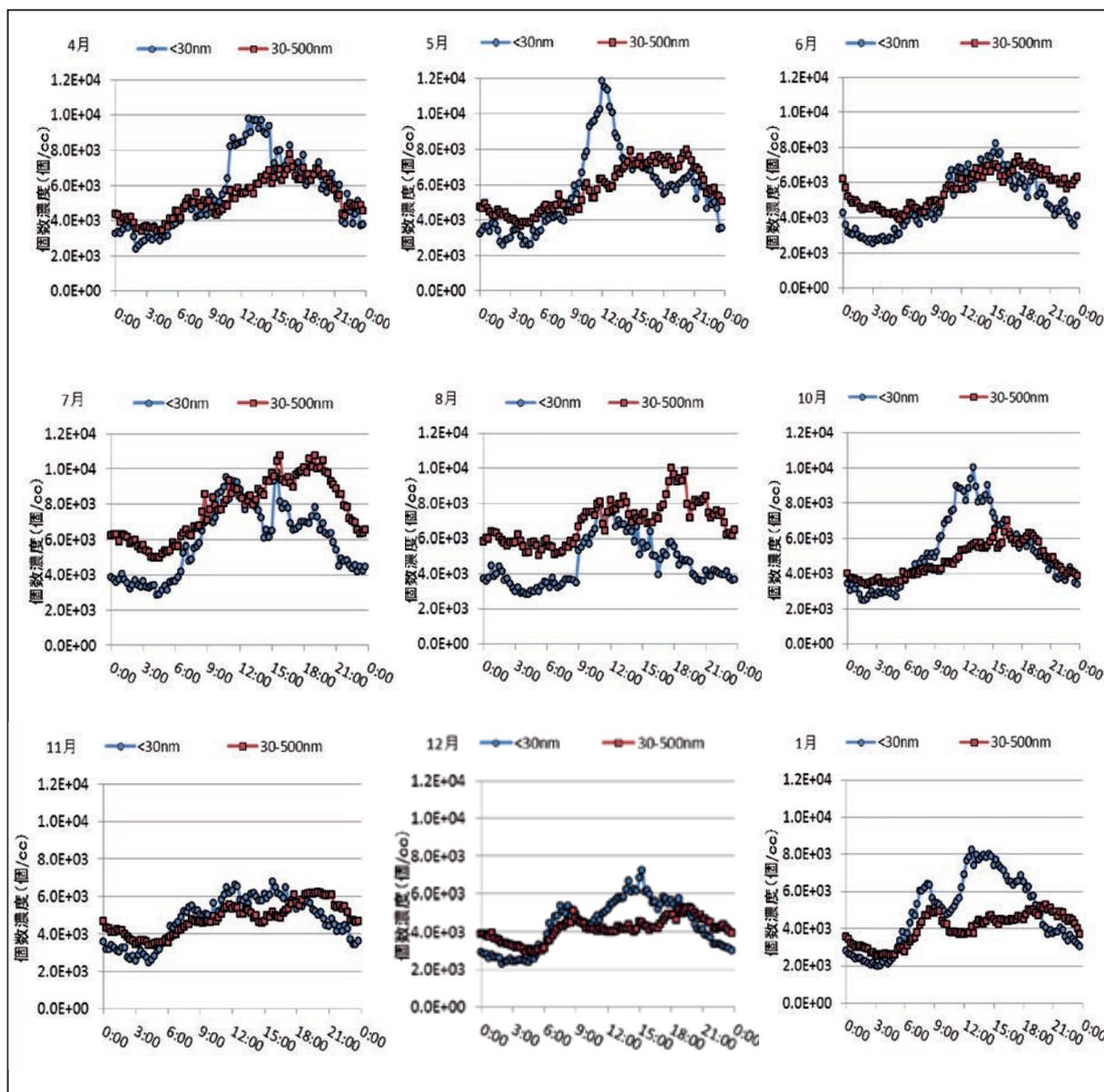


図7 各月の個数濃度の時刻変化

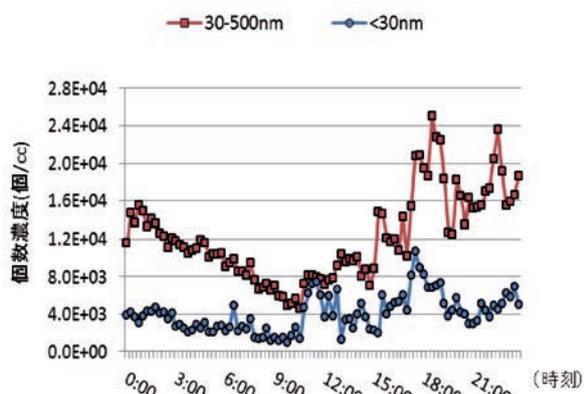


図8 8月10日の個数濃度の時刻変化

イ 道路沿道でのナノ粒子の個数濃度の連続測定

道路沿道でのナノ粒子の挙動を把握するため、新川自排局で、2013年11月1日から2014年1月31日の期間で連続測定を実施し、その結果と江東(都環研)で測定した一般環境大気中のナノ粒子の個数濃度の連続測定結果とを比較した。

① 粒径別平均個数濃度

図9に測定期間中の新川自排局及び江東(都環研)での個数濃度の平均粒径分布を示す。両地点についても粒径が20nm付近にピークが見られる。

また、両測定地点での各粒径ごとの平均個数濃度の差については、新川自排局での値が、江東(都環研)での値の1.4~1.8倍であり、全粒径範囲での平均は1.5倍であった。また、各月ごとの結果では、11月に比べ12月及び1月のほうが新川自排局と江東(都環研)の20-30nm付近でのピーク高の差は大きくなった。

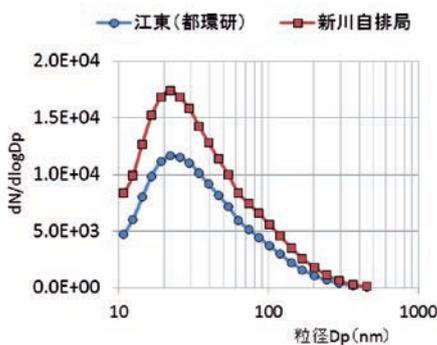


図9 道路沿道と一般環境大気での粒径分布

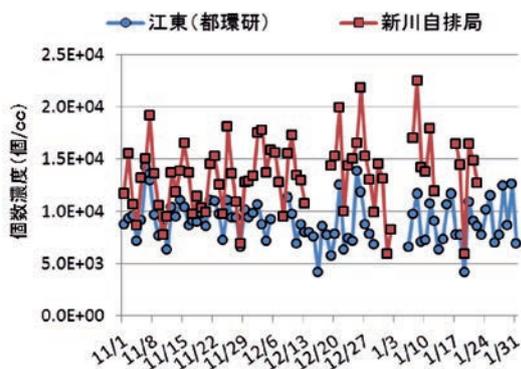


図10 道路沿道と一般環境大気での日平均個数濃度

② 日別平均個数濃度

図10に新川自排局及び江東(都環研)での日ごとの平均個数濃度の比較を示す。道路沿道での日平均個数濃度の変動幅は、江東(都環研)のそれより大きく、日平均個数濃度の値についても年末に近づくとつれ上昇し、正月付近に急減するといった結果となり道路沿道の交通状況の影響が考えられる。また、測定期間中の道路沿道及び一般環境大気中での個数濃度の日平均値は、1.3E+4個/cc及び9.0E+3個/ccで、新川自排局の値は、江東(都環研)の値の約1.5倍という結果であった。

③ 時刻別個数濃度

図11に時刻別にみた平均個数濃度の変化を示す。両測定地点ともに、深夜にかけて値は最も少なく、早朝から上昇に転じた後、日中にピークとなり夜間に向け減少

するといった傾向であった。ただ、江東(都環研)では、値が上昇し、夜間に減少するまでの間は、時間的変動は少なくほぼ平坦であったのに対し、新川自排局での値は、15時付近からやや減少するが、17時付近から再び上昇するといった結果となり、道路沿道の交通状況の影響がみられた。PM_{2.5}の質量濃度では新川自排局の値と江東区大島局での値は、早朝及び夜間については差がほとんど見られないが、ナノ粒子の個数濃度ではこれらの時間帯についても新川自排局の値が高かった。

両測定地点での個数濃度の平均値は、新川自排局の値は、江東(都環研)での値の1.5倍であり、PM_{2.5}における新川自排局の平均値は、江東(大島局)での値の1.25倍であり、自動車排出ガスの影響は粒子重量よりも個数濃度の方がより顕著に表れると考えられる。

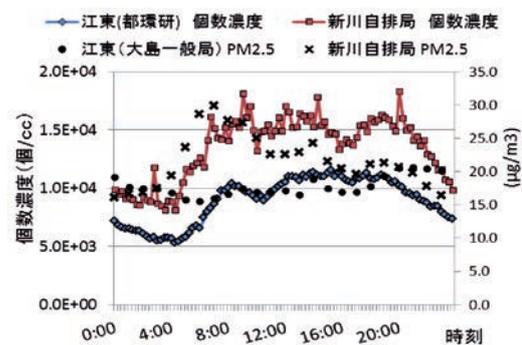


図11 道路沿道と一般環境大気での時刻別個数濃度

4 おわりに

本調査で都内におけるナノ粒子を連続で測定し、一般環境大気中及び道路沿道での個数濃度の挙動について調査した。今回は23区内の一部の地点であったが、今後は、バックグラウンド局や郊外地点等でも測定を実施し、都内全域について実態を把握する必要があると考える。

参考文献

- 1) 武田健ら：ディーゼル排ガスが胎児の脳・生殖系に及ぼす危険性，科学，76，：pp.739-744 (2006)
- 2) 齋藤伸治ら：大気中超微小粒子(ナノ粒子)に関する研究，東京都環境科学研究所年報，pp.70-71 (2013)
- 3) 横田久司ら：大気中超微小粒子(ナノ粒子)に関する研究，東京都環境科学研究所年報，pp.142-143 (2012)