

道路沿道地域におけるナノ粒子の実態把握に関する調査研究

石井克巳 竹内和俊 渡邊剛久 市川有二郎

1 はじめに

大気汚染の主要問題として取り組まれてきた SPM (粒径 $10\mu\text{m}$ 以下) は、固定及び移動発生源の各種規制強化等の対策により、2007 年度に初めて首都圏全域の測定局の環境基準が達成され、その後もほぼ達成を維持している。その一方で、人体への有害性は微細な粒子ほど影響が大きいことが指摘されており、SPM よりも微小な PM_{2.5} (粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下) の新たな環境基準が 2009 年 9 月に告示された。さらに近年は、より微細なナノサイズの粒子 (ナノ粒子: 粒径 50nm 以下) が肺胞を通過して体内器官に沈着し、高い有害性を示すとの報告もあり注目されている。

PM_{2.5} については一般局と自排局との差がなくなってきており、自動車排ガスの様々な規制の効果によるものと考えられているが、ナノ粒子は今のところ沿道でそれほど減少していないとの報告もある。このような状況において、2008～2012 年度に県内の幹線道路沿道を対象とし、ナノ粒子の汚染状況を把握するための調査を行った。その結果、夏季、冬季における粒径分布についてデータが得られ、道路沿道における夜間から早朝にかけての大型ディーゼル車の交通量や気温の影響が示唆される特徴のあるデータが得られた。ただし、経年的な傾向の把握は不十分であることから、引き続きナノ粒子の汚染状況のモニタリングを行い、汚染状況の推移と最新排ガス規制による影響の検証などを行うことを目的とした調査を実施した。

2 調査方法

2・1 調査地点および期間

調査地点である 2 つの測定局の位置関係を図 1 に示す。野田宮崎自排局 (以下、自排局という) は道路端からの距離が自排局の中でも短く (6m)、自動車排ガスの影響をより反映したデータが得られると考えられること、また近隣に後背地と見なされる野田一般局 (以

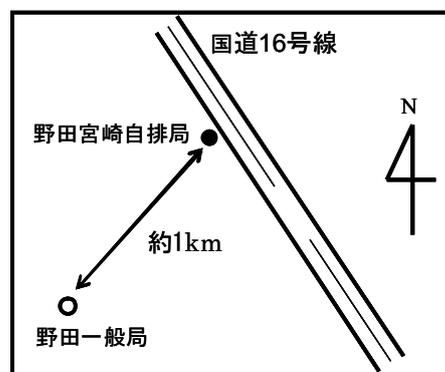


図 1 調査実施測定局の位置関係概

表 1 調査実施期間

年度	時季	測定期間
2009	冬季	2010/1/14 ~2/2
2010	夏季	2010/7/23 ~8/23
2011	冬季	2012/1/12 ~2/8
2012	夏季	2012/7/23 ~8/28
2013	夏季	2013/8/9 ~8/28
	冬季	2014/1/23 ~2/11

下、一般局という) が設置されているため、2009 年度から両局で調査を継続して実施している。2013 年度に加えてこれまでに調査を実施した期間を表 1 に示す。冬季は大気が安定すること、夏季は光化学反応による二次粒子生成により粒子濃度が高くなると考えられる。このため 2012 年度まで冬季と夏季を隔年で 1 ヶ月程度の調査を実施してきたが、2013 年度から経年的なデータを得ることを主眼としたため、冬季と夏季の両季とし、測定期間は半月程度に短縮した。

2・2 調査方法

・粒径ごとの粒子数濃度測定 :

測定装置 SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer: TSI 社製 3034, 測定粒径範囲 $10\sim 487\text{nm}$, 54ch, 1scan/3min) を両局に設置し、粒径分布を 1 時間値にまとめて求めた。SMPS は並行測定により機差補正を行った。

・総粒子数濃度 (沿道からの拡散測定) :

自排局を中心に図 2 示した 5 地点の調査地点を設定

した。測定装置 CPC (Condensation Particle Counter: TSI 社製 3007, 測定粒径範囲 10~1000nm, 総個数濃度測定, 1回の測定継続時間約 4 時間) を 3

表 2 CPC 測定条件

CPC No.	測定位置 (図中No.)	測定方法	測定時間
A	②	固定して測定	朝 (5~9時) 日中 (13~17時) 各1回
B	①③	15分ごとに2地点を移動測定	
C	④⑤	30分ごとに2地点を移動測定	

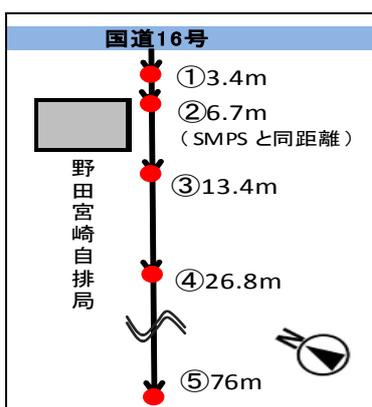


図 2 CPC 測定地点

台使用し, 表 2 の条件で行った。測定は SMPS 測定を実施している期間中に, 早朝, 昼間時間帯別に 1 日ずつ行った。

3 結果

3・1 粒径別粒子数濃度

粒径別の平均粒子数分布を図 3 に示す。経年的な変化を見るために 2009~2013 年度調査をまとめて示した。これまでの傾向として, 以下の点があげられる。

- ①自排局の方が一般局よりも全体的に個数濃度が高い。
- ②自排局においては, 夏季よりも冬季のナノ粒子の粒径域である 50nm 以下の粒径の個数濃度が特異的に高くなる。

③一般局は自排局に比べると変動は少ない。

①②は, ディーゼル車排ガスの影響が現れていると考えられ, ②はナノ粒子が揮発性の高い成分を多く含むためと推察されている。

2013 年度も大まかな傾向は同様であったが, 若干異なる現象も見られた。顕著な現象として冬季の自排局の粒子数濃度が前年度の半分程度に減少した。これま

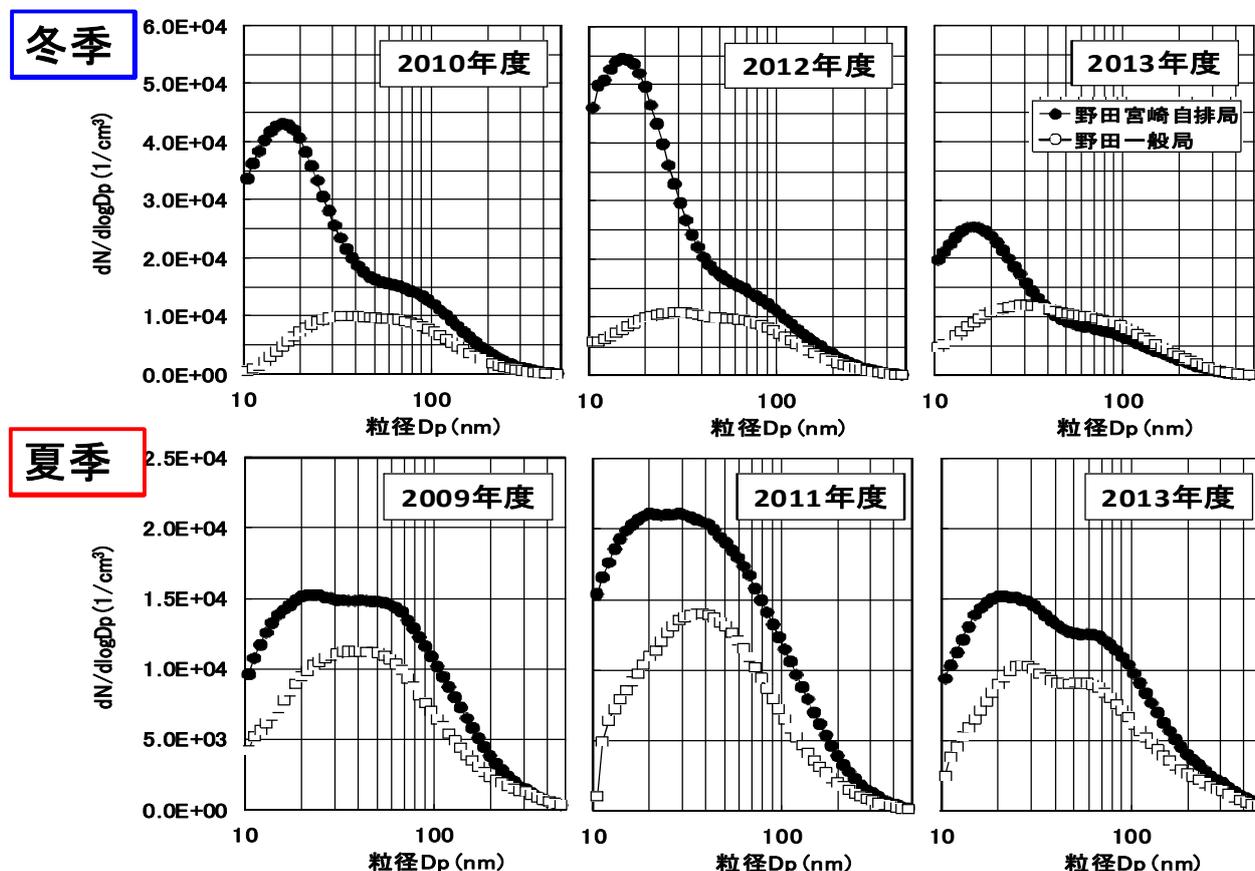


図 3 粒径別粒子数濃度 (調査期間平均)

で冬季における野田宮崎自排局の粒径分布は、高橋らが首都圏幹線道路で長期観測を行った結果¹⁾に近いものであったが、それに比べるとかなり低い濃度となった。また、粒径の一部は一般局の方が濃度の高い領域も出現していた。

濃度減少に影響を与える要因を検討したところ、調査時の気温が 2013 年度はやや高めであったことが確認されたが、風向は年度ごとに大きな変化は見られなかった。他の大気汚染物質との関連を検討したところ、沿道の微小粒子と比較的相関の見られる NO_x 濃度が 2009～2013 年度の間、3 割近く低下していた。このことから、大型車交通量低下、車種構成の変化等の影響を受け、経年的には沿道の粒子数濃度が低下している可能性も考えられたが、今後の推移に留意する必要がある。

3・2・2 時間別濃度

大気中のナノ粒子とされる粒径 $D_p < 50\text{nm}$ 領域に

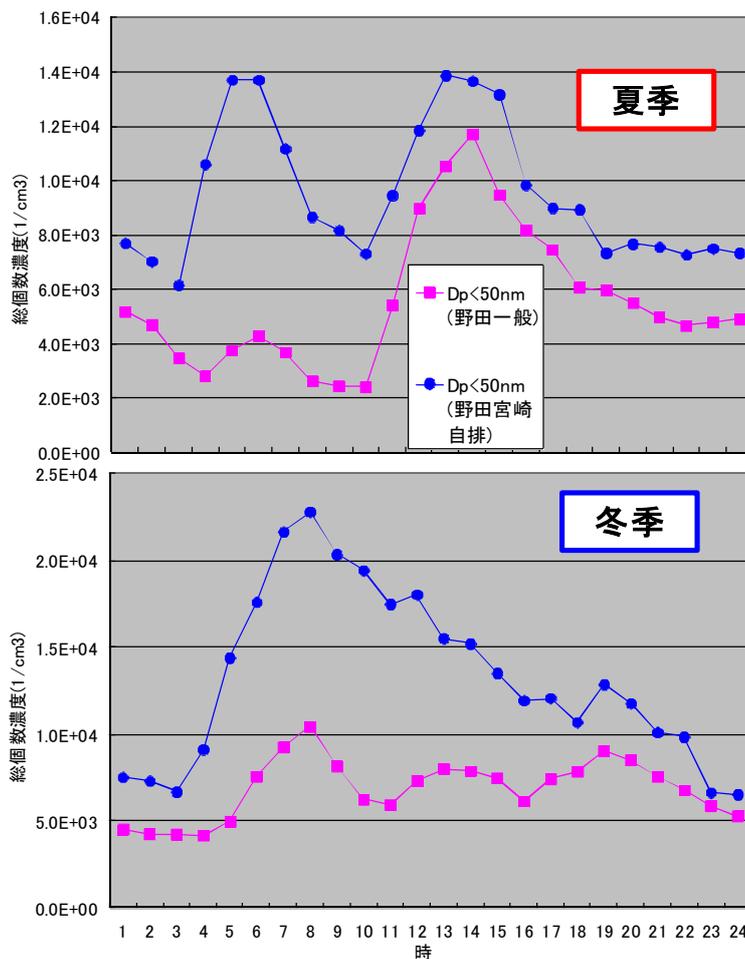


図4 総個数濃度の時間別平均値(2013年度)

ついて、領域内の単位体積あたり総個数濃度の時間別平均値を求め、図4に示した。

冬季は早朝の時間帯に個数濃度の増加が見られ、自排局の方がその傾向が顕著であり大型車交通量の増加と相関が見られること、夏季は日中に一般局の濃度が宮崎自排局の濃度に近くなるため差が非常に小さくなる傾向があり、光化学反応による二次粒子の生成の影響が考えられるなど、これまでの調査と同様の傾向が見られた。3・1の粒径別粒子濃度の結果では、2013年度冬季の自排局は濃度が減少していたため、時間別濃度も全体的に減少傾向であるが、時間帯による増減の傾向については大きな変化は見られなかった。

3・2・3 沿道からの拡散

CPC 測定で得られた沿道から後背地にかけての粒子数濃度変化について、冬季調査における結果を図5に示す。なお、粒子数濃度は1秒ごとに得られるが、1分値に平均化して示した。

昼間の結果は、これまで得られてきた結果と同様に、変動はあるものの沿道に近い測定点の濃度が高く沿道から離れるに従って濃度が減衰している。測定点④、⑤(26.8m,76m)では大きな変動が見られず、この程度の距離があれば自動車排ガスを起因とする道路からのからのナノ粒子の拡散についてはあまり影響がないと推測された。

しかしながら、早朝の結果を見ると、沿道からの距離減衰があまり明確でなく、測定点⑤においてもある程度の幅で変動を繰り返しており、自動車排ガスからのナノ粒子の拡散の影響が示唆される結果となった。全体的な粒子数濃度は低めであった。このように後背地に拡散する状況が多くなると、結果的に沿道の粒子数濃度低下につながることから、2013年度冬季の粒子数濃度分布測定における濃度低下の一つの要因となっている可能性がある。冬季早朝測定時の風速は1m/s以下、風向はNW系と2011年度に実施した調査とあまり変わらない状況であり、どのような条件であればナノ粒子の拡散あるいは滞留が起こりやすくなるのか検討課題として残った。

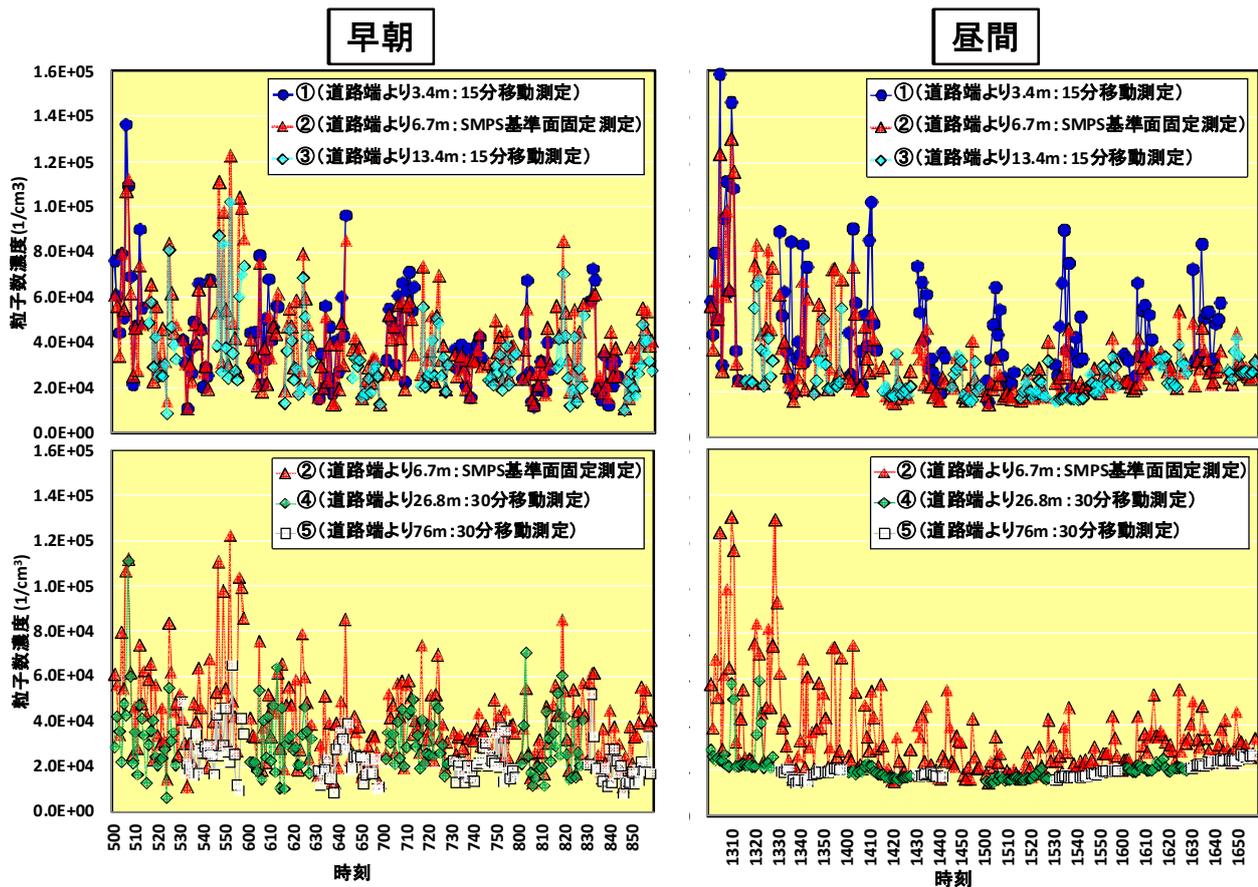


図5 道路沿道から後背地にかけての粒子数濃度経時変化
(2013年度冬季)

4 今後の課題

2013年度冬季調査でこれまでとやや異なる結果も見られたことから、同条件の継続的なモニタリングによる経年的な傾向の把握、自動車交通量、車種構成の変化の影響を検討する。

また、ナノ粒子の健康に対する影響を考慮し、ナノ粒子の高濃度および拡散出現条件、ナノ粒子よりも大

きい粒子径の粒子との関連性についても解析を行う。

引用文献：1) 高橋克行, 長谷川就一, 伏見暁洋, 藤谷雄二, 田邊潔, 小林伸治: 幹線道路沿道における大気中ナノ粒子の粒径分布の長期観測. 第48回大気環境学会講演要旨集, 552 (2007).