

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

これまで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小さくなってきており、自動車排ガスに関連する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¹⁾²⁾。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、2013 年度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。本稿では 2014 年度に実施した調査結果の概要を報告する。

2 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

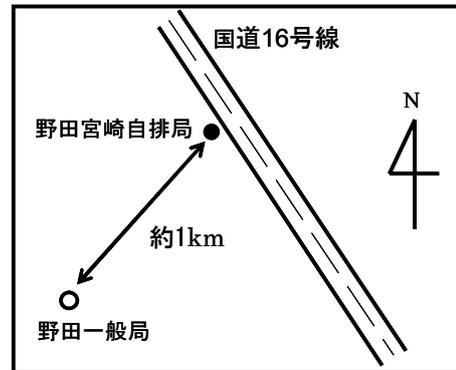


図 1 調査実施測定局の位置関係

表 1 これまでの調査実施期間

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
2014	夏季	2014/7/28 ~8/13
	冬季	2014/1/29 ~2/16

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を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 (以下、一般局という) が設置されていることから、2009 年度より両局で調査を継続して実施している。2014 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。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 年度より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。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が考えられることから粒子濃度が高くなると考えられる。

2・2 調査方法

2・2・1 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 10~487nm, 54ch) を両局に設置し, 粒径分布を 1 時間値として求めた。ただし, 冬季については 3034 の 1 台が不調だったため代替機として TSI 社製 3936(設定測定粒径範囲 15~487nm, 49ch) を一般局で使用した。2 台の SMPS は自排局設置機を基準とし, 並行測定により一般局の機差補正を行った。

2・2・2 総粒子数濃度(拡散分布測定)

図 2 に示したように自排局を含めた 5 つの調査地点を設定した。測定は 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 4~5 時間) を 4 台使用し, 表 2 の条件を基本として測定を行った。測定は SMPS 測定を実施している期間に, 早朝および昼間の時間帯別に行うこととし, 夏季は 2014 年 7 月 29 日(日中), 7 月 30 日(朝), 冬季は 2015 年 2 月 4 日(日中), 2 月 10 日(朝) に実施した。

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 2009~2014 年度調査をまとめて示し

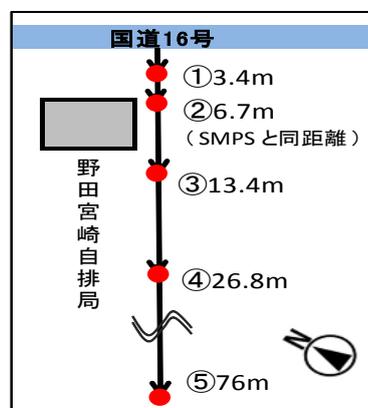


図 2 CPC 測定地点

表 2 拡散分布測定の方法

CPC No.	測定位置 (図中No.)	測定方法	測定時間
A.B.C	①②③	固定して測定	朝(4または5~9時) 日中(13~17時) 各1回
D	④⑤	30分ごとに2地点を移動測定	

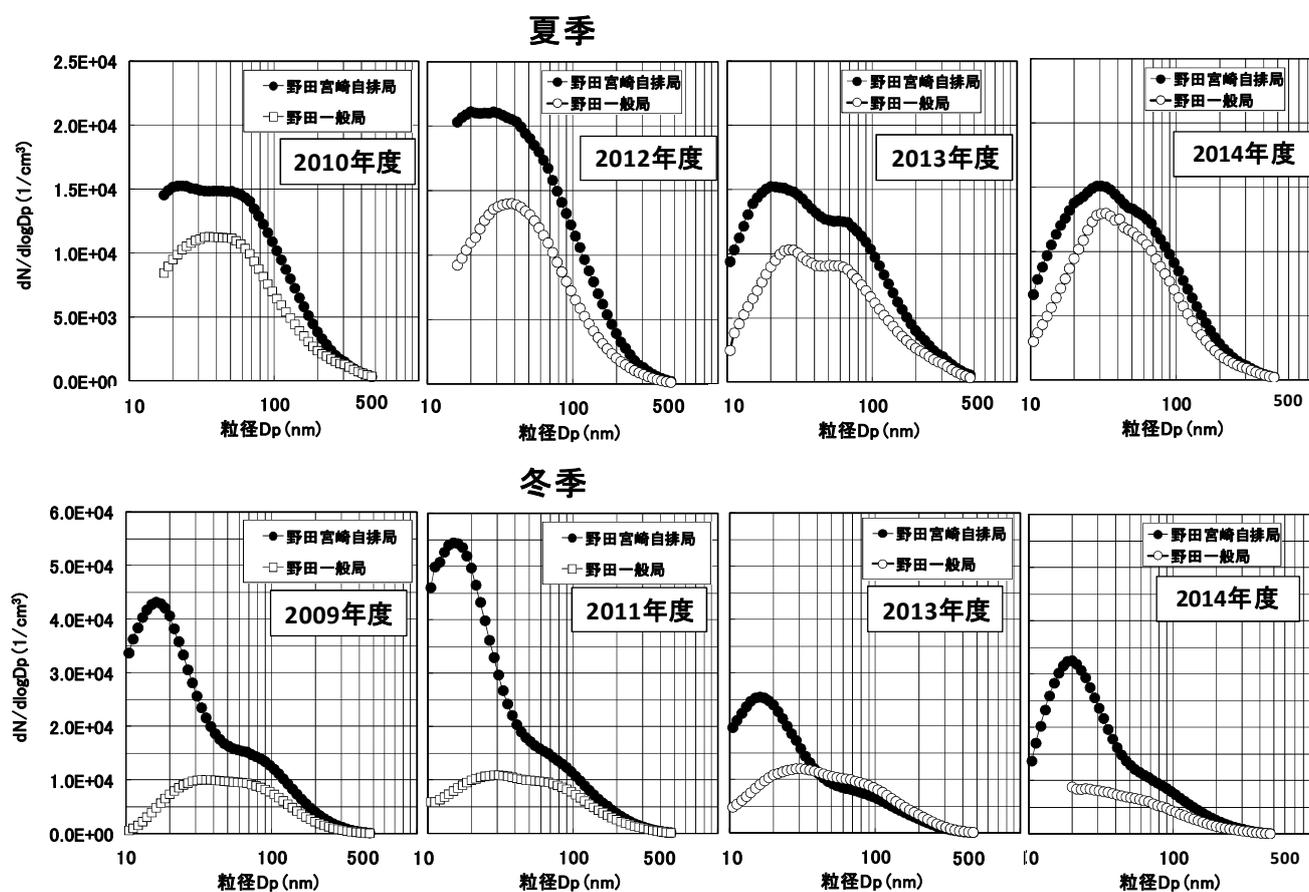


図3 粒径別粒子数濃度(各調査期間平均)

た。なお、2014年度冬季の一般局の粒径20nm以下のデータについては、並行測定による機差が大きく、補正して比較することが困難と考えられたため除外した。2013年度までの傾向として、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。
- ②一般局は自排局に比べると変動は少ない。
- ③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。

①,②は、ディーゼル車排ガスの影響が現れていると考えられ、③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。

2014年度も大まかな傾向は同様であった。経年的な動向を見ると2013年度よりも冬季の自排局はピークトップが高くなっているが、揮発性の高いナノ粒子は調査時の気温に影響されやすく、2014年度の気温の方がやや低めであった影響が考えられた。気象要因を勘案して2009年度から通して見るとナノ粒子濃度は若干低下している傾向があると思われる。夏季の自排局の変動は冬季と比較して大きくはないが、自排局と一般局の差は2012年度以降小さくなる傾向が見られる。

沿道において粒子数濃度と比較的相関の見られるNOx濃度が2009年度から2014年度までに年平均値が4割近く低下していたことから、これらの粒子数濃度の低下傾向は、大型ディーゼル車の最新規制対応車への更新の進展、車種構成変化、自動車交通量の減少傾向等の影響を継続的に受けていることが推定された。

3・2・2 時間別濃度

大気中のナノ粒子とされる粒径 $D_p < 50\text{nm}$ 領域について、領域内の単位体積あたり総個数濃度($1/\text{cm}^3$)の時間別時間平均値を求め、図4に示した。なお、冬季の一般局については $D_p < 20\text{nm}$ 以下のデータが得られなかったため、過去の3年間の $D_p < 20\text{nm}$ と $20\text{nm} \leq D_p < 50\text{nm}$ の粒子数比から推定した値を使用し、算出した。

2014年度もこれまでと同様の傾向にあり、冬季は早朝の時間帯の個数濃度の増加が顕著に見られ、大型車交通量の増加、気温の低下、逆転層による大気の安定化などが要因として考えられた。夏季は日中に一般局と自排局の濃度がほとんど変わらなくなり、自動車排ガスの直接的な影響は小さくなっており、光化学反応による二次粒子の生成の影響が毎年見られることが確認された。

3・2・3 沿道からの拡散

2014年度調査におけるCPC測定で得られた沿道から後背地にかけての総個数濃度変化の例を図5に示す。なお、総個数濃度は1秒ごとに得られるが、1分値に平均化して示した。

夏季の結果は、これまで得られてきた結果とやや異なる傾向も見られた。昼間はベースの粒子数濃度が2~3万($1/\text{cm}^3$)と高めでそのままの濃度レベルで推移した。早朝は調査開始時にベースの粒子数濃度が5万($1/\text{cm}^3$)程度と高かったがその後徐々に低下し、1万($1/\text{cm}^3$)以下になった。拡散調査時のSMPSの結果では、自排局と一般局の粒子数の差はあまり大きくな

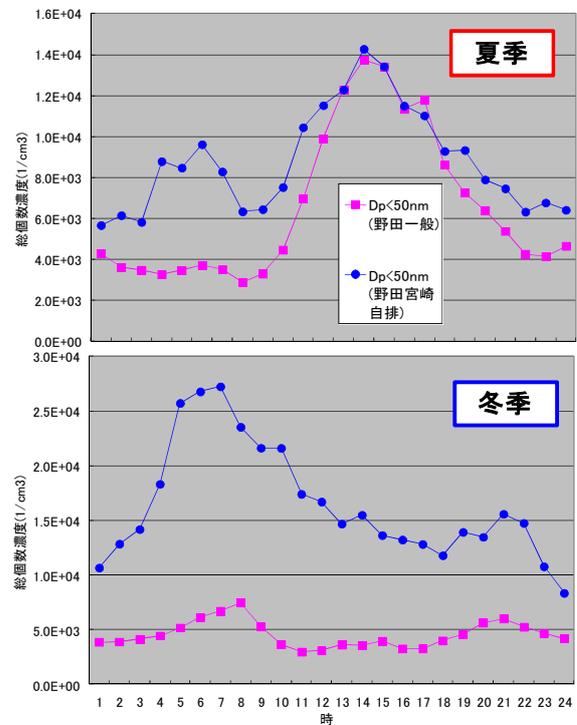


図4 総個数濃度の時間別平均
(2014年度調査期間平均)

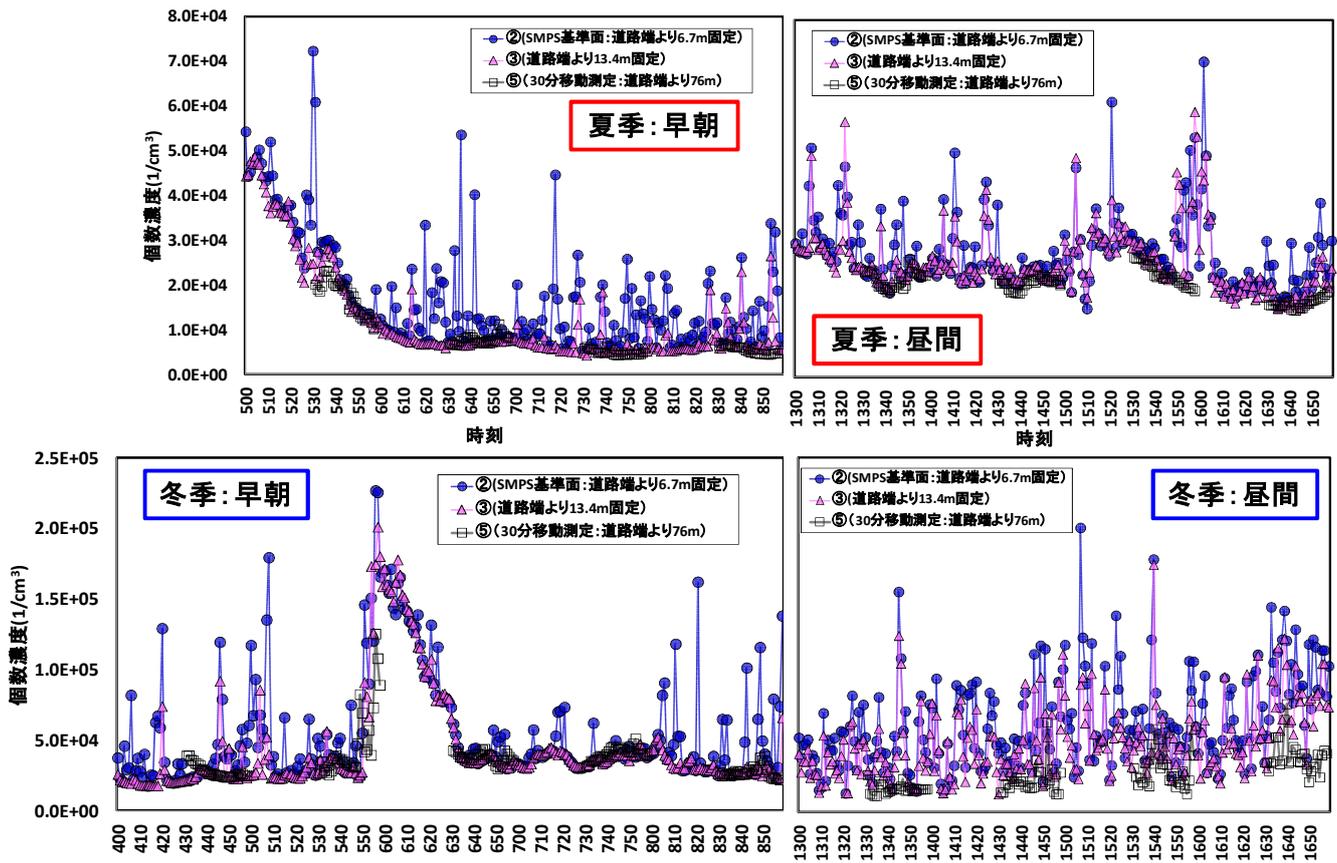


図5 道路沿道から後背地にかけての個数濃度経時変化

かったため、このベース濃度高さと変動は沿道からの自動車排ガスが拡散した直接的な影響よりも、図1のスケールより大きい大気環境中の粒子数濃度変化に依存したものと推定された。

冬季の早朝はベースの粒子数濃度が2~3万($1/\text{cm}^3$)を保ち、6時前に一時的に急上昇する傾向が見られた。この時に②,③の測定地点でも同期して濃度上昇が起り、約40分間高濃度のピークを示した。拡散調査時のSMPSの結果では、自排局と一般局の粒子数の差が大きかったため、この高濃度現象は沿道の自動車排ガスが後背地まで拡散した直接的な影響と考えられた。昼間の結果を見ると、沿道からの距離減衰があまり明確でなく、測定点⑤でもある程度の幅で小刻みな変動を繰り返しており、沿道からの自動車排ガスの後背地への拡散の影響が継続

していたことが示唆された。他の測定期間は風速がcalm~ 1m/s だったが、測定時の風速 $1\sim 2\text{m}$ と若干大きく、風向がE~SSEと道路の斜め風下の状況だったことがこの要因として想定された。

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).
- 2) (独)国立環境研究所: 自動車から排出される粒子状物質の粒子数等排出特性実態調査 報告書 (平成21年度~平成25年度).