

平成 15 年度地域密着型環境研究 (1)

ディーゼル車排出ガス局地汚染物質に関する濃度分布測定手法の検討

Study on Distribution of Local High Concentration due to Diesel Vehicle

米屋 由理	Yuri	YONEYA	竹内 淨	Jo	TAKEUCHI
江田 良将	Yoshimasa	EDA	岩淵 美香	Mika	IWABUCHI
山田 大介	Daisuke	YAMADA	盛田 宗利	Munetoshi	MORITA
原 久男	Hisao	HARA	高橋 篤	Atsushi	TAKAHASHI
石田 哲夫	Tetsuo	ISHIDA	井上 俊明	Toshiaki	INOUE
廣瀬 健二	Kenji	HIROSE			

キーワード：ディーゼル車、局地汚染

Key words : diesel vehicle, local high concentration

1 はじめに

車の走行量の多い大都市の道路沿道において、二酸化窒素や浮遊粒子状物質による著しい局地大気汚染が問題視されている。その原因としてはディーゼル車排出ガスの寄与が非常に大きく、呼吸器疾患や発がん性等の健康影響も懸念されている。

深刻な局地大気汚染を改善するために様々な対策が取られているが、著しい効果をあげるものは無く、今後も環境対策事業を積極的に推進することが重要である。そのためには、大気汚染濃度分布をより詳細に把握しなければならない。

当研究所では、環境省の推進する「地域密着型環境研究」に応募し、「ディーゼル車排出ガスを主因とした局地汚染の改善に関する研究」を平成 14 年度から 3 年計画で、(独)国立環境研究所、(独)産業技術総合研究所及び(独)産業医学総合研究所と共同で実施している。本研究では平成 14 年度に引き続き、ディーゼル車走行量の多い東京大師横浜線(産業道路)にある池上新町交差点周辺の大気汚染分布の現状を把握することを目的として、大気汚染物質調査を行なったので報告する。



産業道路交通量調査
 エアロゾルセンサー、PTIO (NO₂、NO_x) ; 2 2 地点
 窒素酸化物、浮遊粒子状物質、元素状炭素 ; 3 地点
 ビデオカメラ ; 2 地点
 * 風向風速計 ; 1 地点



図 1 調査地点

* 公害部交通環境対策課

2 調査方法

2.1 測定期間

2003年12月5日(金)～12日(金)

2.2 調査地点及び分析項目

調査地点を図1に示した。なお、各分析項目の地点数は次のとおりである。

- (1) 自動測定機による窒素酸化物濃度、浮遊粒子状物質濃度、炭素成分濃度：3地点
- (2) 風向風速計：1地点
- (3) エアロゾルセンサーによる粒子状物質濃度：22地点
- (4) PT10法による窒素酸化物濃度：22地点
- (5) 粒径別粒子状物質濃度：3地点
- (6) 揮発性有機化合物：3地点
- (7) ビデオカメラによる自動車走行量調査：2地点

2.3 試料採取方法及び分析方法

(1) 各成分の自動測定

窒素酸化物濃度は化学発光方式の窒素酸化物計(株)堀場製作所 APNA360)を用いて、1時間平均値の連続測定を行なった。浮遊粒子状物質濃度は線式浮遊粒子状物質計(DKK(株)DUB12型)を用いて、1時間値の連続測定を行なった。炭素成分濃度は熱分離式の炭素成分自動連続分析計(R&P社製 Series5400)を用いて、PM2.5中の元素状炭素及び有機炭素濃度を2時間毎に測定した。

(2) 風向風速

プロペラ式風向風速計(光進電気工業(株)製 MVS330)を用いて、1時間毎の移動平均値を測定した。

(3) エアロゾルセンサーによる粒子状物質濃度

独立行政法人国立環境研究所が開発したエアロゾルセンサー^{1),2)}を用いた。

(4) 窒素酸化物濃度

PT10法を用いて、24時間サンプリングを行なった。

(5) 粒径別粒子状物質濃度

ニールサンプラーを用いて、2.5μm以下の粒子と2.5～10μmの粒子を採取した。

採取した粒子から水溶性成分(SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Ca²⁺)、炭素成分(元素状炭素、有機炭素)、金属成分、多環芳香族炭化水素(ベンゾ(a)ピレン、ベンゾ(k)フルオランテン、ベンゾ(ghi)ペリレン)の分析を行なった。

水溶性成分はDX-500(日本ダイオネクス社製)を用いてイオンクロマトグラフ法により測定した。炭素成分はMT-6CHN-コーダー(ヤナコ製)を用いて、600He気流下で有機炭素を、900He-O₂気流下で元素状炭素を測定した。金属成分の測定にはAgilent7500 ICP-MS装置(横河アナリティカルシステムズ(株)製)を用いた。多環芳香族炭化水素の分析には液体クロマトグラフ装置Waters 600(Waters社製)を用いた。

(6) 揮発性有機化合物

キャニスターにより、毎分約3mL、24時間サンプリ

ングを行なった。測定装置は試料濃縮・加熱脱着装置にEntech 7000を、GC/MSにHP6890/5973を用いた。

(7) ビデオカメラによる自動車走行量調査

赤外式ビデオカメラとハードディスク型画像記録レコーダーを用いた。調査は12月5日と7日に行った。

3 結果及び考察

3.1 測定期間中の風向風速及び天気

風向風速の経時変化を図2に示した。北北東、北、北北西の3方向の風が約60%を占めており、ほとんどが北方向の風であった。風速は夜間に強くなり、昼間に弱くなる傾向を示した。

測定期間中ほとんど降雨はなかった。降雨時間は表1に示した。

表1 降雨期間

期間		降雨
5日	14時	0.5mm
	21時	0.5mm
11日	14～17時	8.0mm
12日	2～5時	11.0mm
	17時	0.5mm

3.2 自動計測機による窒素酸化物濃度、浮遊粒子状物質濃度及び炭素濃度

3.2.1 窒素酸化物の濃度推移

一酸化窒素と二酸化窒素の濃度経時変化を図3に示した。なお、産業道路南側直近の窒素酸化物濃度は、池上自動車排出ガス測定局(池上局)の速報値を用いた。

産業道路沿道北側に位置する地点5(沿道北側)と南側に位置する池上局の一酸化窒素濃度を比べると、北風の時に池上局の方が高く、南風の時に沿道北側の方が高くなった。産業道路北側後背地の地点2(中留公園)は同じ側にある沿道北側と同様の濃度変化を示し、南風の時に差が大きかった。また、産業道路南側後背地の地点17(池上新田公園)は同じ側にある沿道直近の池上局と同様の濃度変化を示し、北風の時に差が大きかった。

二酸化窒素濃度は濃度差及び濃度変化は小さいが、一酸化窒素濃度と同様の結果が得られた。

3.2.2 浮遊粒子状物質の濃度推移

浮遊粒子状物質の濃度経時変化を図4に示した。なお、産業道路南側直近の浮遊粒子状物質濃度は、池上局の速報値を用いた。

産業道路沿道北側に位置する地点5(沿道北側)と南側に位置する池上局の浮遊粒子状物質濃度を比べると、北風の時に池上局の方が高く、南風の時に沿道北側の方が高くなる傾向がわずかに見られた。産業道路北側後背地の地点2(中留公園)は同じ側にある沿道北側と同様の濃度変化を示し、南風の時に差が大きかった。また、産業道路南側後背地の地点17(池上新田公園)は同じ側にある沿道直近の池上局と同様の濃度変化を示し、濃度差はほとんどなかった。

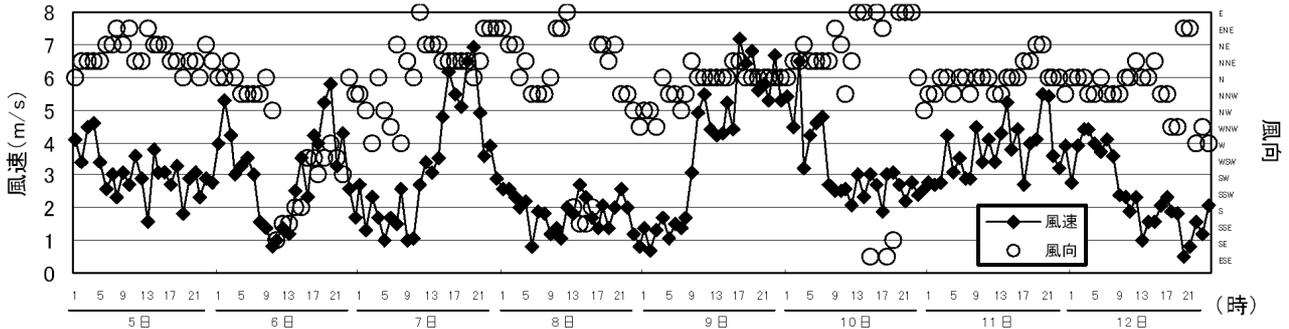


図2 風向風速の経時変化

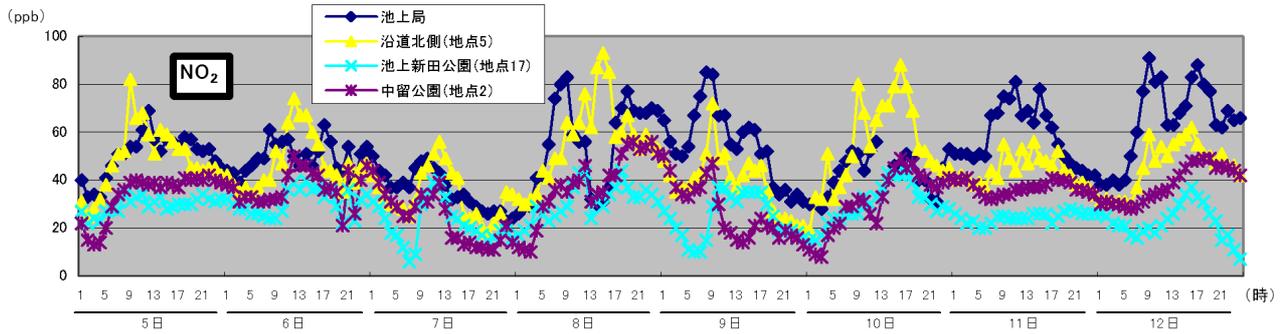
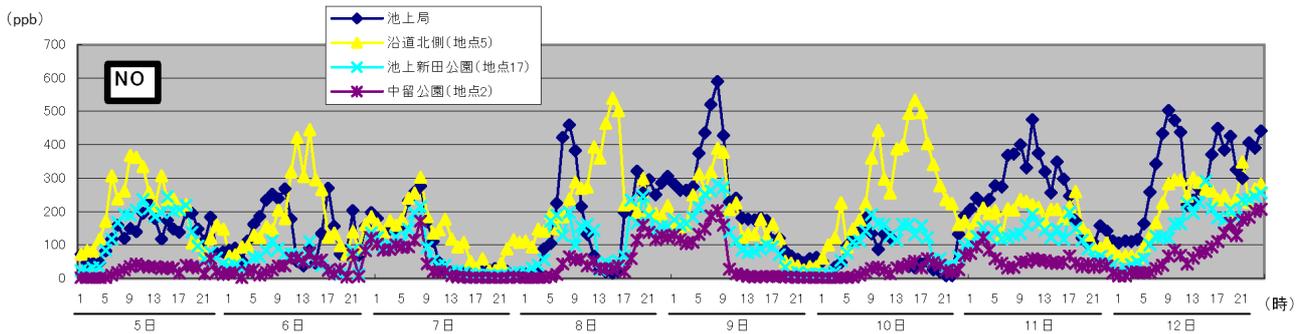


図3 窒素酸化物濃度の経時変化

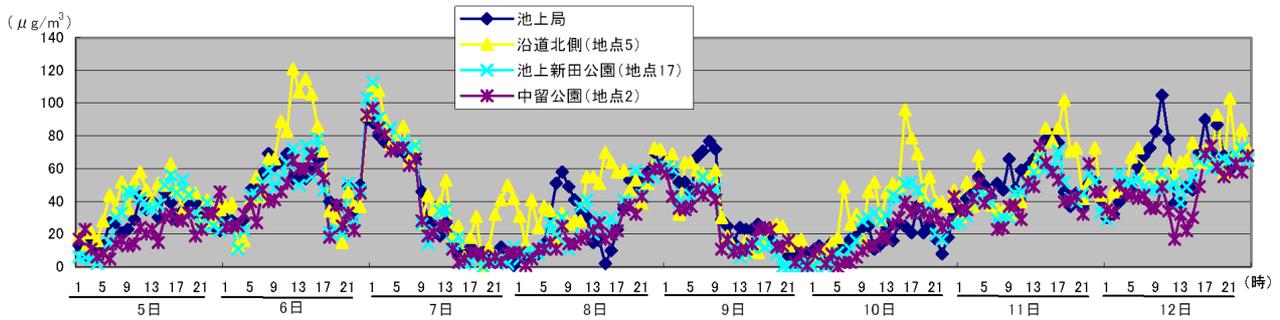


図4 浮遊粒子状物質濃度の経時変化

3.2.3 元素状炭素及び有機炭素の濃度推移

元素状炭素及び有機炭素の濃度経時変化を図5に示した。

産業道路沿道北側直近の地点5（沿道北側）の元素状炭素濃度は風速が弱まると高くなり、南風の時には濃度の上昇が強くなった。産業道路南側後背地の地点17（池上新田公園）は沿道北側直近の地点5と同様の濃度変化を示したが、風向が北風の時に濃度の上昇が

強くなった。地点2（中留公園）については他の2地点と異なる濃度変化を示した。

有機炭素濃度については、3地点とも非常によく似た増減傾向を示した。濃度は地点5（沿道北側）、地点17（池上新田公園）、地点2（中留公園）の順に低くなった。また、南風の時には地点5（沿道北側）と地点17（池上新田公園）の濃度差が大きくなった。

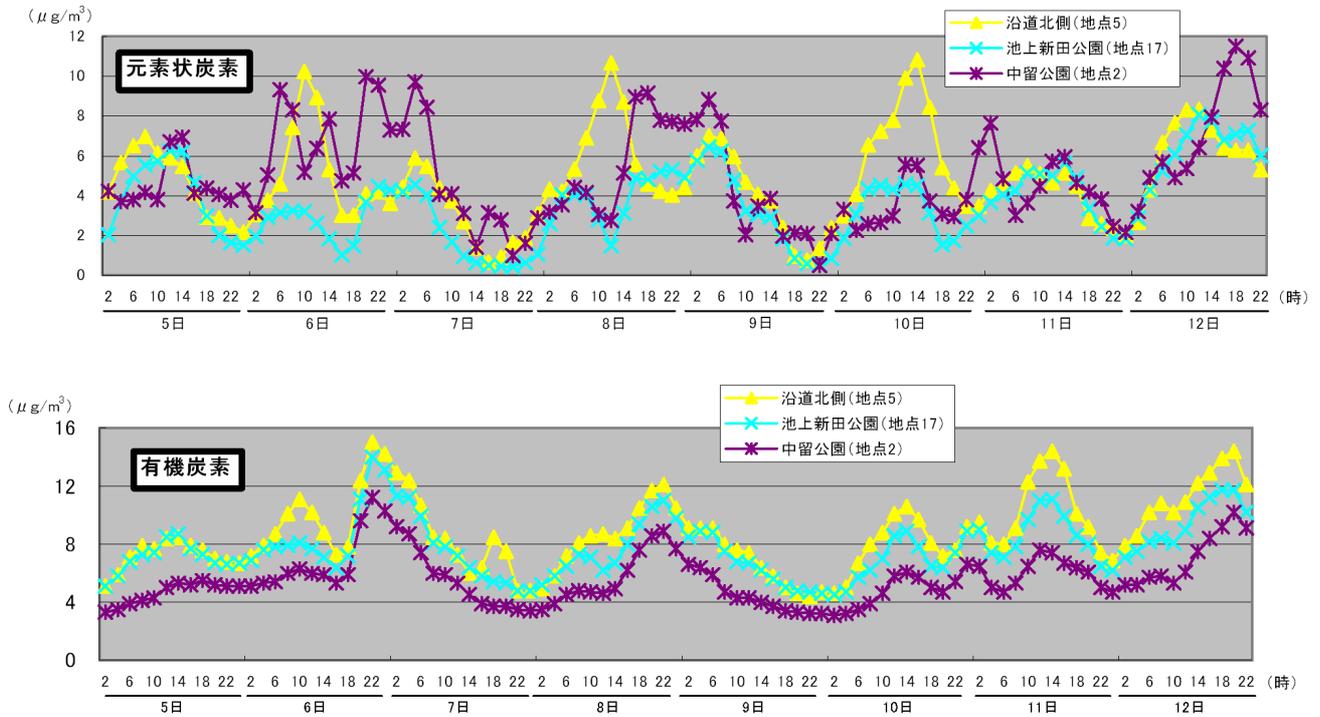


図5 炭素成分濃度の経時変化

表2 12月7日、9日の揮発性有機化合物濃度

12月7日		$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	池上局	池上新町公園(地点17)	中留公園(地点2)	中原局	
1,3-ブタジエン	0.49	0.59	0.24	0.14	
ベンゼン	2.8	2.3	2.0	1.9	
トルエン	15	8.5	8.2	8.6	
エチルベンゼン	3.6	1.8	1.7	2.2	
m,p-キシレン	2.6	1.3	1.2	1.5	
スチレン	0.38	0.31	0.31	0.18	
o-キシレン	1.8	1.0	0.98	1.1	
1,3,5-トリメチルベンゼン	0.42	0.32	0.34	0.33	
1,2,4-トリメチルベンゼン	1.7	1.3	1.3	1.3	

12月9日		$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	池上局	池上新町公園(地点17)	中留公園(地点2)	中原局	
1,3-ブタジエン	0.27	0.26	0.11	0.091	
ベンゼン	1.9	1.6	1.2	1.1	
トルエン	11	9.9	9.6	7.6	
エチルベンゼン	2.7	2.1	1.9	2.0	
m,p-キシレン	1.6	1.4	1.2	1.0	
スチレン	0.21	0.23	0.20	0.12	
o-キシレン	1.2	1.1	0.93	0.75	
1,3,5-トリメチルベンゼン	0.38	0.34	0.32	0.19	
1,2,4-トリメチルベンゼン	1.3	1.3	1.2	0.68	

3.3 揮発性有機化合物及び粒径別粒子状物質中の成分濃度

3.3.1 揮発性有機化合物及び粒子状物質中の多環芳香族炭化水素濃度

12月7、9日の揮発性有機化合物濃度を表2に示した。この内、1,3-ブタジエンとベンゼン濃度のグラフを図6に示した。また、PM2.5濃度を図7に、PM2.5中のベンゾ(a)ピレン、ベンゾ(k)フルオランテン、ベンゾ(ghi)ペリレンの濃度を図8に示した。ニールサンプラーによるPM2.5の試料採取期間を表3に示した。なお、地点2(中留公園)は産業道路から177m、地点17(池上新田公園)は176mの所に位置している。

ほとんどの成分で道路沿道にある池上局が一番高い値を示した。全ての成分で道路北側後背地の地点2(中留公園)では池上局よりも低い値を示し、1,3-ブタジエンとベンゼンは一般環境大気測定局である中原局と同等の値を示した。それに対し、道路南側後背地の地点17(池上新田公園)ではほとんどの成分で池上局と同等または低い値を示したが、12月7日の1,3-ブタジエン濃度は高い値を示した。今回測定した成分はディーゼル自動車排出ガス中に含まれるものであり、風向による差があるものの、1,3-ブタジエン以外の成分は道路沿道から遠ざかる程低い値を示した。

3.3.2 粒子状物質中の炭素成分及びイオン成分濃度

PM2.5中の元素状炭素、有機炭素、陰イオン及び陽イオン濃度を図9に示した。

元素状炭素及び有機炭素濃度は道路沿道にある池上局で高く、後背地である地点2(中留公園)と地点17(池上新田公園)で低くなった。アンモニウムイオン、塩化物イオン及び硝酸イオンでわずかながら同じような傾向が見られたが、その他の成分では3地点でほとんど差は見られなかった。

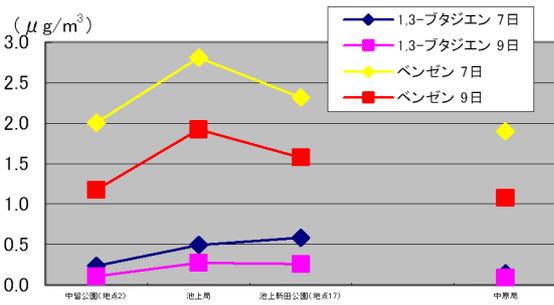


図6 1,3-ブタジエン及びベンゼン濃度

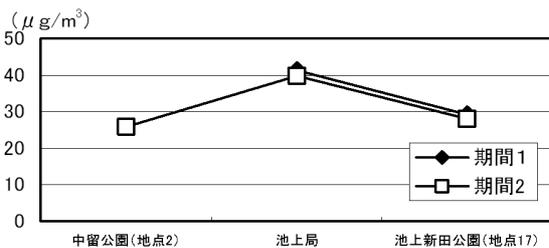


図7 PM2.5濃度

表3 ニールサンプラーによるPM2.5の採取期間

	開始日	終了日
期間1	12月5日	12月8日
期間2	12月8日	12月11日

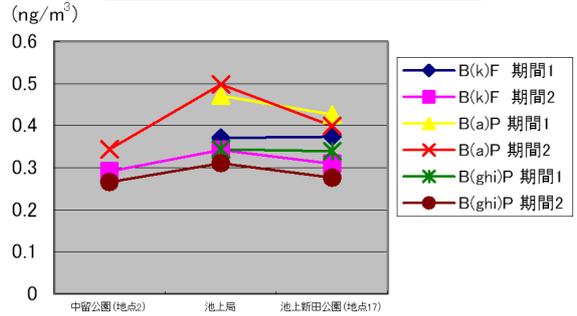


図8 PM2.5中の多環芳香族炭化水素濃度

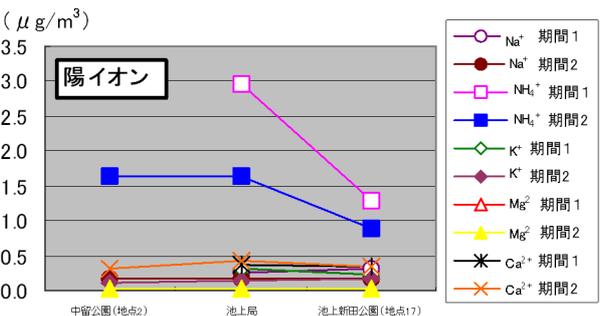
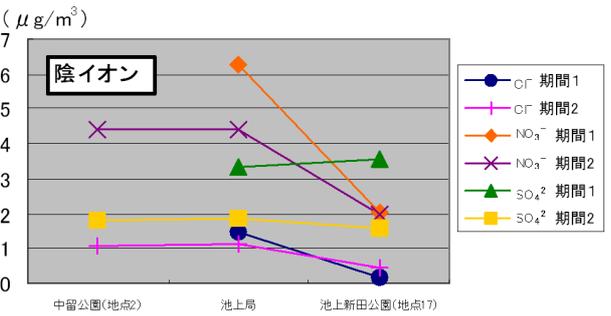
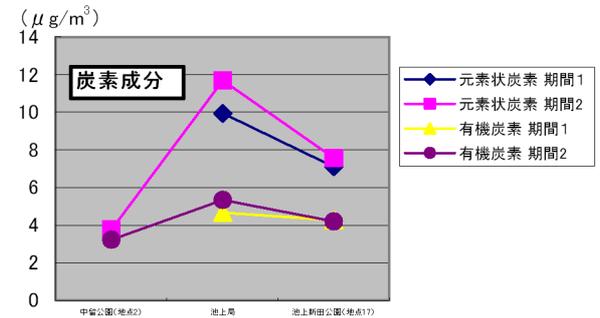


図9 PM2.5中の炭素成分及びイオン成分濃度

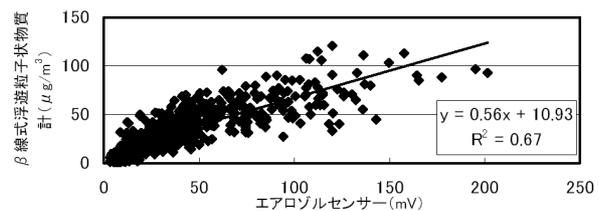


図10 エアロゾルセンサーとβ線式浮遊粒子状物質計との比較

3.4 窒素酸化物及び粒子状物質の濃度分布

局地大気汚染に対する対策を立てるためには、大気汚染物質の濃度分布を一目で把握できるような手法を確立しなければならない。そのためには、時間分解能が高くどこにでも設置できるような小型の簡易サンプラーと、汚染状況の面的把握のために地図上にわかりやすく濃度を示すことが必要である。今回、窒素酸化物濃度の調査で用いたPTIO法は、サンプラーが約10cm四方と小さいためどこにでも簡単に設置することができ、また24時間サンプリングで行うため、1日毎の濃度把握が可能である。また、独立行政法人国立環境研究所が開発したエアロゾルセンサー^{1)~3)}は約20cm四方と小型であり、1~10 μ mの粒子を最小時間1分毎連続測定できる時間分解能が非常に高い簡易な光散乱式パーティクルカウンターである。出力信号はアナログ電圧で粒子数に比例する。エアロゾルセンサーによるアナログ電圧と線式浮遊粒子状物質計による浮遊粒子状物質濃度との関係を図10に示した。これらのサンプラーを図1の22地点に設置し、データ処理の段階でコンター図を用いることにより大気汚染濃度分布の面的な把握を行った。

3.4.1 窒素酸化物濃度及び粒子状物質濃度の経日変化

一酸化窒素の濃度コンター図を図11、二酸化窒素の濃度コンター図を図12、粒子状物質の濃度コンター図を図13に示した。これらの試料採取期間は午前10時から翌日午前10時までの24時間である。

一酸化窒素濃度についてはどの期間も交差点付近の濃度が一番高く、次に産業道路沿いに高くなった。道路から離れた後背地では風速が強くなるほど濃度は低くなった。それに対し、交差点付近の濃度は風速が強くてもあまり濃度は低下せず、走行量の影響が強いことが示唆された。

二酸化窒素の濃度分布はどの期間も一酸化窒素と同様、交差点付近の濃度が一番高く、次に産業道路沿いに高くなった。交差点付近の濃度についても一酸化窒素と同じような傾向が見られたが、後背地については一酸化窒素より風速の影響は弱く、やや走行量の影響を受けているのが見受けられた。これは、自動車から排出された一酸化窒素が大気中を漂う間に酸化されて二酸化窒素に変化している時間差が生じていることによるものと考えられる。

粒子状物質の濃度分布についても一酸化窒素、二酸化窒素と同様、交差点付近の濃度が一番高く、次に産業道路沿いに高くなった。ところが、一酸化窒素や二酸化窒素と異なり、交差点付近及び後背地のどちらも走行量の影響はあまり受けておらず、風速による影響の方が強いことがわかった。しかし、12月8日から9日のように風速が弱くてもほとんど濃度が上昇しないこともあり、粒子状物質濃度は局地による汚染よりも広域大気汚染の影響が非常に強いことが考えられる。

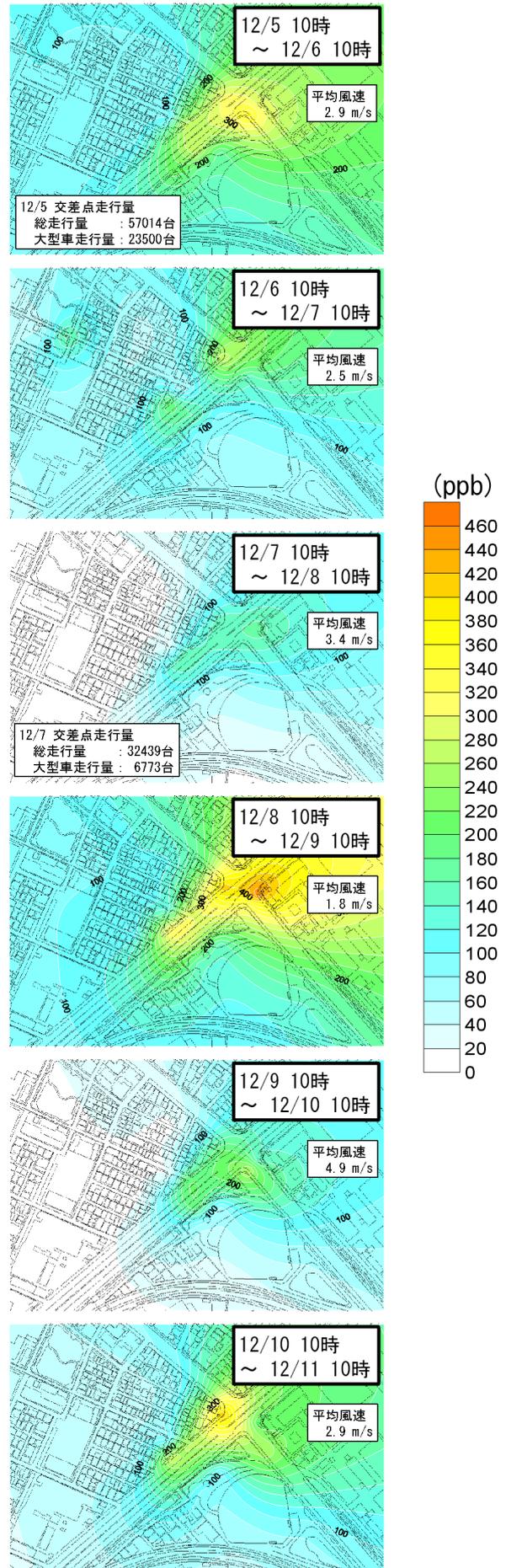


図 11 一酸化窒素濃度

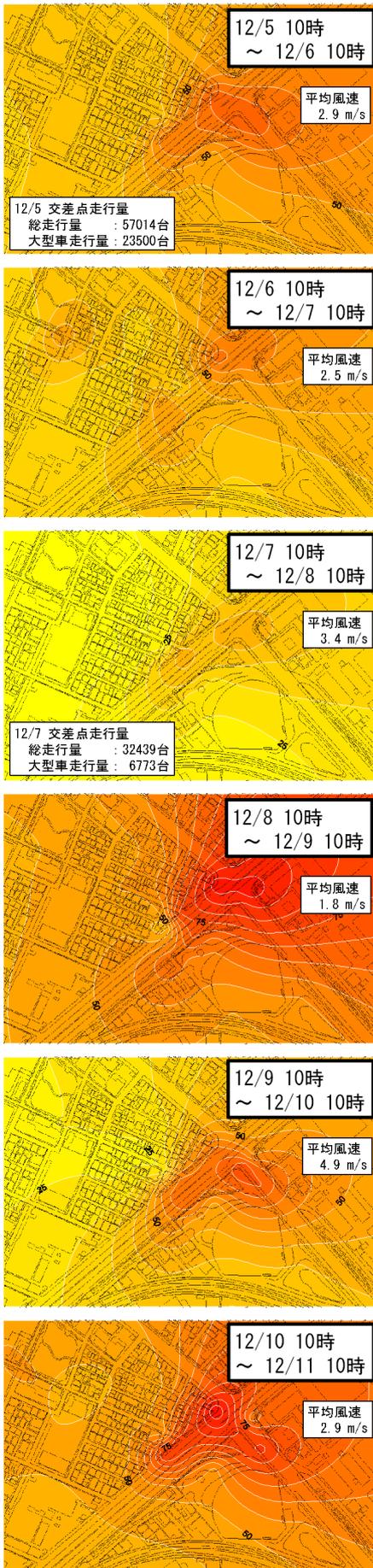


図 12 二酸化窒素濃度

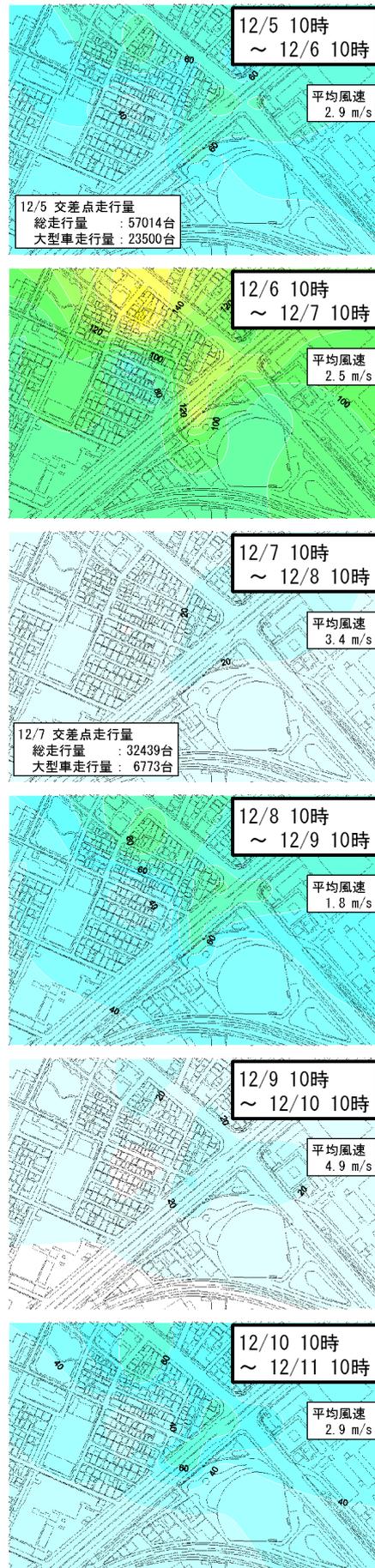


図 13 粒子状物質濃度

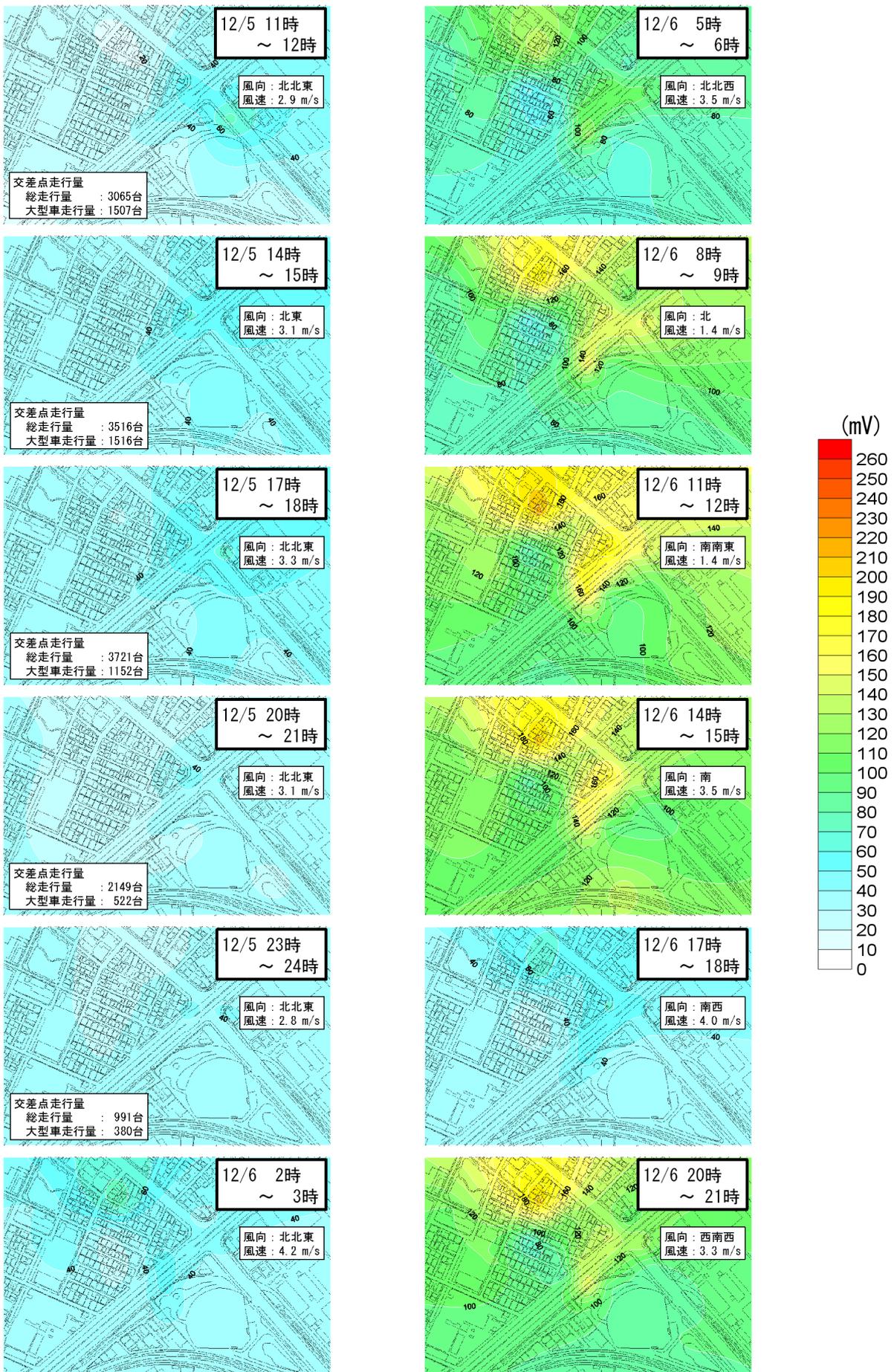
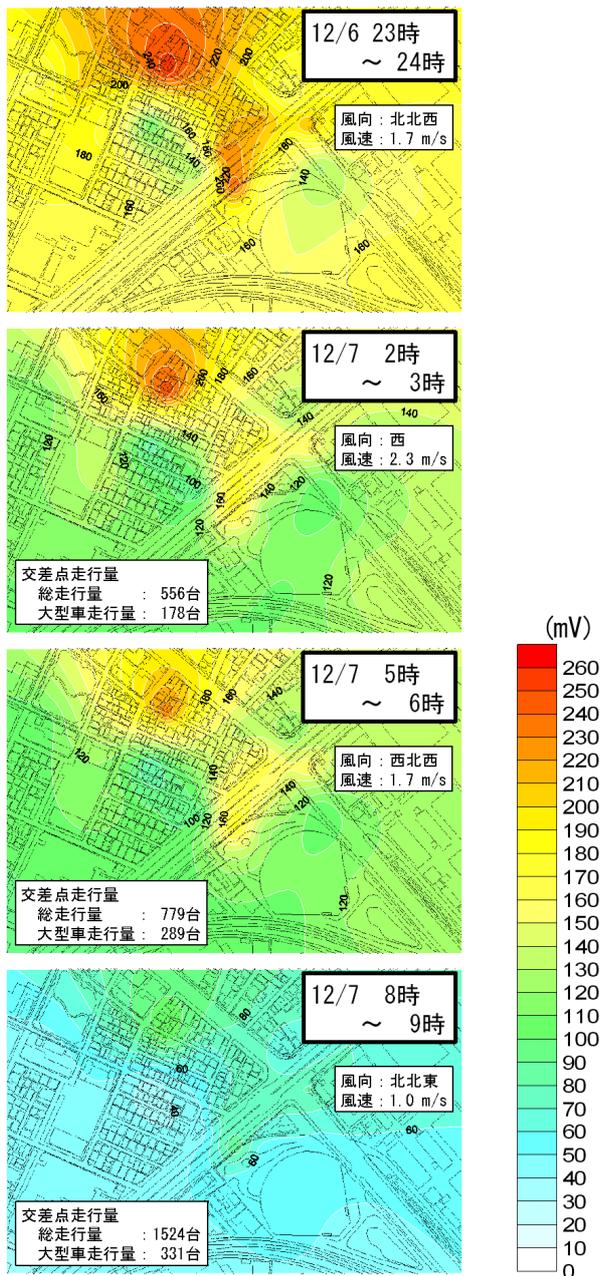


図 14-1 粒子状物質濃度の経時変化



*12/7 11時～12時は
電池交換のため欠測



図 14-2 粒子状物質濃度の経時変化

3.4.2 粒子状物質濃度の経時変化

粒子状物質の濃度変化をより詳細にみるために、12月5日(金)11時から12月7日(日)15時までの粒子状物質1時間濃度のコンター図を2時間間隔で図14に示した。

12月5日は約3m/sの風が一定して吹いており、濃度も全体的に低く抑えられている。12月6日から7日は風速が0.8～6.9m/sと変化しており、風速が約4m/sを超えると濃度が低くなり、風速が約4m/sを下回ると濃度が高くなる傾向が見られた。しかし、12月7日8～9時のように風速が弱くても濃度が低いことがあった。汚染された大気塊が風に乗って動くことによる広域汚染の影響により、粒子状物質濃度は増減していることが考えられる。また、交差点及び道路沿道における粒子状物質の高濃度は道路から遠ざかるにつれて急激に減少することがわかった。なお、住宅地にある地点9で濃度が非常に高くなっているが、このことについては再度調査が必要である。池上新町交差点付近の粒子状物質濃度の上昇には、広域的な大気汚染の影響による濃度上昇に加え、自動車からの排出によるものが上乗せされることによるものと考えられる。

4 まとめ

- (1) 窒素酸化物及び浮遊粒子状物質濃度は、沿道直近では風向と逆の位置にある地点の濃度が高くなった。北側後背地は沿道北側直近と同様の濃度変化を示し、南風の時に差が大きかった。また、南側後背地は同じ側にある沿道直近の池上局と同様の濃度変化を示し、窒素酸化物濃度は北風の時に差が大きかったが、浮遊粒子状物質濃度はほとんど濃度差がなかった。沿道北側直近の元素状炭素濃度は風速が弱まると高くなり、南風の時には濃度の上昇が強くなった。南側後背地は沿道北側直近と同様の濃度変化を示したが、風向が北風の時に濃度の上昇が強くなった。有機炭素濃度は、3地点とも非常に似た増減傾向を示した。
- (2) ベンゼン、ベンゾ(a)ピレン、ベンゾ(k)フルオランテン、ベンゾ(ghi)ペリレンは道路沿道にある池上局が一番高い値を示した。全ての成分で道路北側後背地では池上局よりも低い値を示し、1,3-ブタジエンとベンゼンは一般環境大気測定局である中原局と同等の値を示した。
- (3) 濃度コンター図を見ると、一酸化窒素濃度については交差点付近の濃度が最も高くなった。道路から離れた後背地では風速の影響が強かった。交差点付近の濃度は走行量の影響が強いことが示唆された。二酸化窒素の濃度分布は一酸化窒素と同様、交差点付近の濃度が最も高くなった。後背地については一酸化窒素より風速の影響は弱く、やや走行量の影響を受けているように見受けられた。粒子状物質の濃度分布については一酸化窒素、二酸化窒素と同様、交

差点付近の濃度が最も高くなった。池上新町交差点付近の粒子状物質濃度の上昇には、広域的な大気汚染の影響による濃度上昇に加え、自動車からの排出によるものが上乗せされることによるものと考えられる。

以上から、池上新町交差点付近のような局地汚染状況を把握するためには、時間分解能の高い小型のサンプラーと濃度コンター図を組み合わせることが有効である。

文 献

- 1) 須賀伸介他：多地点同時大気汚染観測データの機差較正について、第 44 回大気環境学会年会講演要旨集、342 (2003)
- 2) 松本幸雄他：多地点同時測定による沿道の粒子分布の評価、第 44 回大気環境学会年会講演要旨集、451 (2003)
- 3) 松本幸雄他：沿道周辺粒子の多地点同時測定、第 20 回エアロゾル科学・技術研究討論会、73~74 (2003)
- 4) 若松伸司他：ディーゼル車排出ガスを主因とした局地汚染の改善に関する研究、平成 14 年度環境保全研究成果集 () 85-1~85-2 (2004)
- 5) Amir Sapkota and Timothy J. Buckley : The Mobile Source Effect on Curbside 1,3-Butadiene, Benzene, and Particle-Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Assessed at a Tollbooth, Journal of the Air & Waste Management Association, **53**, 740-748(2003)