

川崎市における粗大粒子(PM_{2.5-10})及び微小粒子(PM_{2.5})の成分組成(2005年度)Analysis of PM_{2.5-10} and PM_{2.5} in the Atmosphere of Kawasaki City (2005)

山田 大介 Daisuke YAMADA
 石田 哲夫 Tetsuo ISHIDA
 井上 俊明 Toshiaki INOUE

要旨

大気中の粒子状物質による汚染状況を把握するため、一般環境3地点(田島、中原、麻生)及び道路沿道3地点(池上、二子、柿生)の計6地点で粒径別にPM_{2.5}(粒径2.5 μ m以下)とPM_{2.5-10}(粒径2.5~10 μ m)のサンプリングを毎月行い、粒子状物質濃度、炭素成分、水溶性イオン成分、金属成分の分析を行った。その結果、2005年度の粒子状物質濃度の年平均値は一般環境で26~36 μ g/m³、道路沿道で37~59 μ g/m³であり、そのうちPM_{2.5}が占める割合がそれぞれ一般環境66~73%、道路沿道70~73%であった。2004年度と比較して、PM_{2.5-10}濃度は、二子と中原で増加し、他の地点は同等か減少していた。PM_{2.5}濃度は、2004年度と比較すると池上と麻生で減少したものの、他の4地点では0.6~2.6 μ g/m³の増加を示した。さらに、PM_{2.5}についてCMB解析により発生源寄与濃度を求めた結果、二子以外の5地点においてはディーゼル車排出粒子よりも二次生成粒子の方が大きな寄与となっていた。また、PM_{2.5}中のディーゼル車排出粒子の寄与濃度は道路沿道で高くなったが、PM_{2.5}中の二次生成粒子の寄与濃度は一般環境と道路沿道ではほぼ同じ濃度であった。

キーワード：粒子状物質、PM_{2.5-10}、PM_{2.5}、成分組成、寄与率

Key words : particulate matter、PM_{2.5-10}、PM_{2.5}、chemical composition、contribution rate

1 はじめに

川崎市では、粒子状物質削減対策の一環として、一般環境大気及び道路沿道大気中の粒子状物質の実態について通年調査を行ってきた。一般環境大気3地点、道路沿道1地点における粒径別粒子状物質のサンプリングは、1987年度から実施している¹⁾。2002年度までは一般環境3地点(田島、中原、麻生)、道路沿道1地点(池上)において、アンダーセンローボリウムエアサンプラーを用いて粒子状物質を粗大粒子(粒径2.1~11 μ m)と微小粒子(粒径2.1 μ m以下)に分級捕集し、その成分組成について調査してきた。その結果、市内大気中の粒子状物質による汚染要因は、ディーゼル車排出粒子から、燃焼時に発生するNO_xやSO₂等のガス状成分が光化学反応で粒子

化する二次生成粒子に移行していることが示唆された²⁾。

2003年度からは、PM_{2.5}の汚染状況をより詳細に調査するために、図1に示すようにこれまでの調査地点に加えて道路沿道2地点(二子、柿生)を追加し、PM_{2.5}サンプラー(ニール・エアサンプラー)を用いて粒子状物質をPM_{2.5-10}とPM_{2.5}に分級捕集した³⁾。これら道路沿道3地点及び一般環境3地点において、粒子状物質濃度、成分組成等について調査を実施している。ここでは、2005年度の調査結果について報告する。

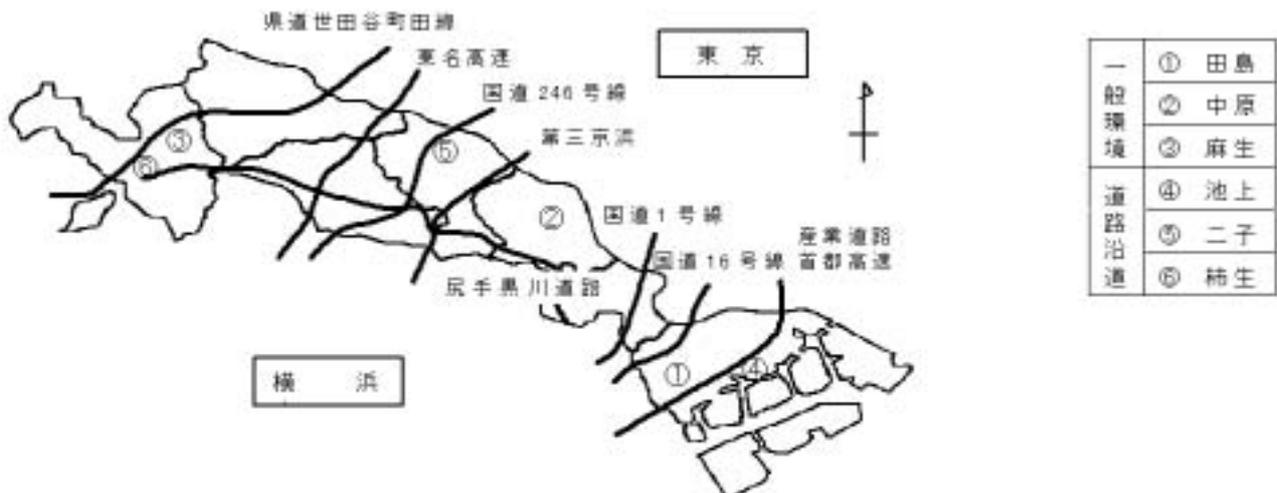


図1 試料採取地点

2 調査方法

2.1 調査期間

2005年4月から2006年3月まで、毎月1回6日間連続サンプリングを実施した。

2.2 調査地点

各試料採取地点を図1に示した。道路沿道大気測定地点として、産業道路の上に首都高速横羽線が高架で走っている所にある池上自動車排出ガス測定局(池上)、国道246号線沿いにある高津区役所建設センターに隣接した二子自動車排出ガス測定局(二子)、及び世田谷町田線と県道上麻生蓮光寺線の交差点付近にある柿生自動車排出ガス測定局(柿生)の3地点とした。一般環境大気測定地点として、川崎市南部の臨海工業地帯に隣接した住宅地域にある川崎市公害研究所屋上(田島)、川崎市中部で南武線と国道409号線との交点にある中原区役所保健福祉センター屋上の中原一般環境大気測定局(中原)、及び川崎市北部の丘陵地で弘法の松公園に隣接している麻生一般環境大気測定局(麻生)の3地点とした。

2.3 試料採取

大気中の粒子状物質の捕集には、ニール・エアサンプラーを用いた。採集用フィルターは石英繊維フィルター(Pallflex2500 QAT-UP)を使用し、20L/minの空気吸引量で6日間連続捕集した。分析用試料はPM_{2.5-10}として2段階フィルター及びPM_{2.5}として3段階目のバックアップフィルターを用いた。

2.4 分析方法

(1) 水溶性イオン成分

水溶性イオン成分8項目の分析は、イオンクロマトグラフィーで行った。試料中のイオン成分は、2005年度の報文に従って抽出した⁴⁾。分析条件の詳細は表1に示した。

表1 イオンクロマトグラフィーの分析条件

陰イオン	
カラム	IonPac AS14
溶離液	3.0 mM Na ₂ CO ₃ /1.0 mM NaHCO ₃
流量	1.2 mL/min
サプレッサー電流	50 mA
サンプル注入量	100 µL

陽イオン	
カラム	IonPac CS12A
溶離液	20 mM メタンスルホン酸
流量	1.0 mL/min
サプレッサー電流	100 mA
サンプル注入量	100 µL

(2) 炭素成分

ヤナコ分析工業(株)製 CHN コーダー MT-6 を用い、2005年度の報文に従って分析した⁴⁾。He 気流中燃焼炉 600°C で揮発した有機物から生成した CO₂ 量から求めた炭素量を有機炭素量(OC)とした。OC 分析後の試料を 900°C、He-O₂ 気流中で燃焼して生成した CO₂ 量から求めた炭素量を

を元素状炭素量(EC)とした。

(3) 金属成分

金属成分14項目(Na、Mg、Al、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb)について、ICP質量分析装置(Agilent 7500C)で分析した。

分級捕集した試料を2005年度の報文と同様にしてフッ酸・過塩素酸分解し、ICP質量分析装置で各金属成分を定量した⁴⁾。

(4) 発生源寄与率の推定

大気環境中の粒子状物質における各種発生源からの寄与を推定するため、各種発生源から排出される粒子状物質の含有成分組成と大気環境中の粒子状物質の濃度及びその含有成分を用いて、CMB法により発生源寄与濃度及び寄与率を計算した。

主要発生源種として、土壌系粒子、海塩粒子、固定発生源(鉄鋼系粒子、石油燃焼粒子、焼却炉粒子)、ディーゼル車排出粒子の6種を設定した。また、SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、有機炭素濃度(OC)のうち、それぞれの主要発生源分を差し引いた濃度を二次生成粒子とした。なお、未知(不明)粒子濃度は、粒子状物質濃度から6発生源種及び二次生成粒子の合計濃度を差し引いた値とした。これらの計算の元となった発生源データを表2にあげる^{5,6)}。なお、表内のECは元素状炭素を、OCは有機炭素を示す。

表2 CMB解析に用いた発生源データ

	自然発生源		人為的発生源		
	土壌	海塩	鉄鋼	焼却炉	石油燃焼
一次発生源					移動発生源
Na	0.011	0.3042	0.014	0.107	0.03
Al	0.062	0.0000033	0.01	0.0097	0.0079
K	0.01	0.011	0.013	0.146	0.0064
Ca	0.051	0.012	0.045	0.087	0.0037
V	0.00023	0.00000058	0.00013	0.000002	0.0074
Mn	0.0016	0.00000058	0.022	0.000094	0.000083
Fe	0.086	0.00000029	0.157	0.011	0.0096
Zn	0.0013	0.00000029	0.052	0.044	0.0009
EC	0.023	0	0.0084	0.028	0.371
二次発生源					
SO ₄ ²⁻	0.0028	0.0768	0.41	0.11	0.22
NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0
NH ₄ ⁺	0.038	0	0.0057	0	0.001
OC	0.038	0	0.026	0.013	0.029

出典：川崎市における浮遊粒子状物質調査、川崎市公害研究所年報、27、12~25(2000)⁵⁾

3 結果及び考察

3.1 粒子状物質濃度

各測定地点におけるPM_{2.5-10}、PM_{2.5}、PM₁₀(PM_{2.5-10}とPM_{2.5}の合計)の2005年度の経月推移を図2に示した。また、4月の麻生と7月の中原は、サンプラーの不調により欠測とした。

PM_{2.5-10}では全地点で4月と7月に高濃度を示し、さらに二子では11月に最高濃度を示した。一般環境3地点では、南部の田島が高濃度で、北部の麻生が低濃度で推移した。中原と麻生の推移パターンは似ているものの、田島の推移パターンはやや異なっており、濃度推移の変化が激しかった。それに対して道路沿道3地点では、二子と池上が高濃度で推移したが、柿生は一般局の田島や中原よりも低濃度で推移した。全地点で4月に高濃度を示した。また、年間平均濃度は二子、池上、田島の順に

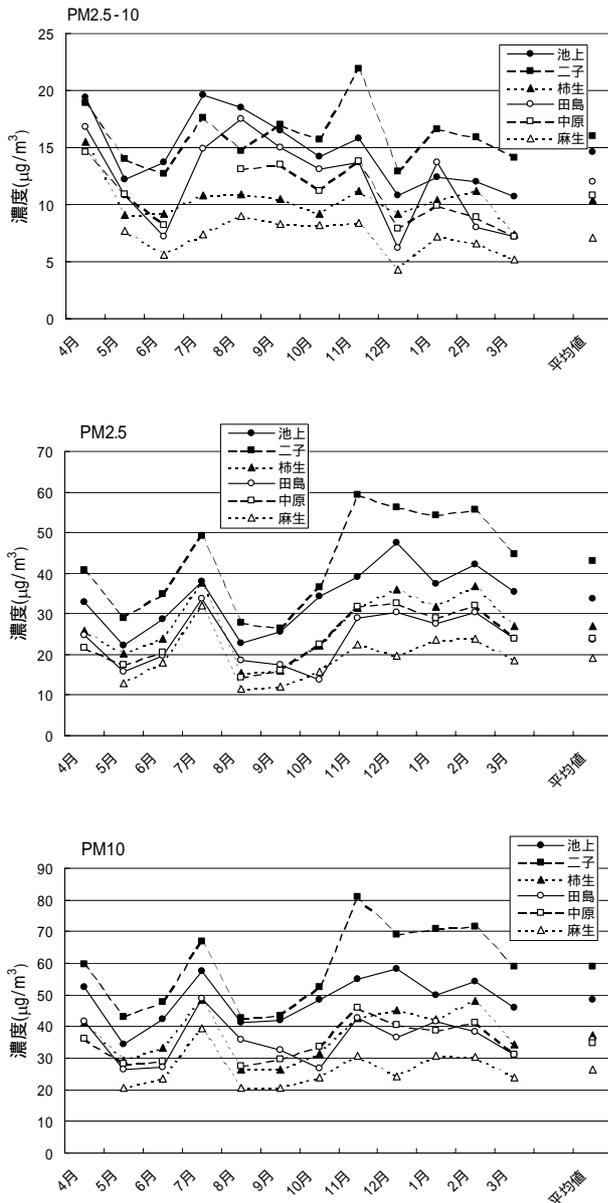


図2 粒径別粒子状物質の経月推移

高くなった。

PM2.5では、7月と初冬に高濃度を示した。測定地点ごとの経月推移を比較すると、濃度の上下はあっても相似形の推移パターンを示した。特に道路沿道の二子と池上の濃度が高く、両者のバックグラウンドの濃度が高いことを示した。

図3に粒径 2.1~11 μm の粗大粒子(2003年度からPM2.5-10)と粒径 2.1 μm 以下の微小粒子(2003年度からPM2.5)の経年変化を示した。

PM2.5-10では、一般環境3地点は田島が若干濃度が高いものの、3地点とも同じ増減パターンを示した。道路沿道の3地点は、一般環境と違ってそれぞれの増減パターンが大きく異なっていた(図3)。

微小粒子では、一般環境3地点の経年変化はよく似た推移パターンを示した(図3)。道路沿道の池上は、1998年度に一般環境の倍近い濃度を示したが、2003年度以降

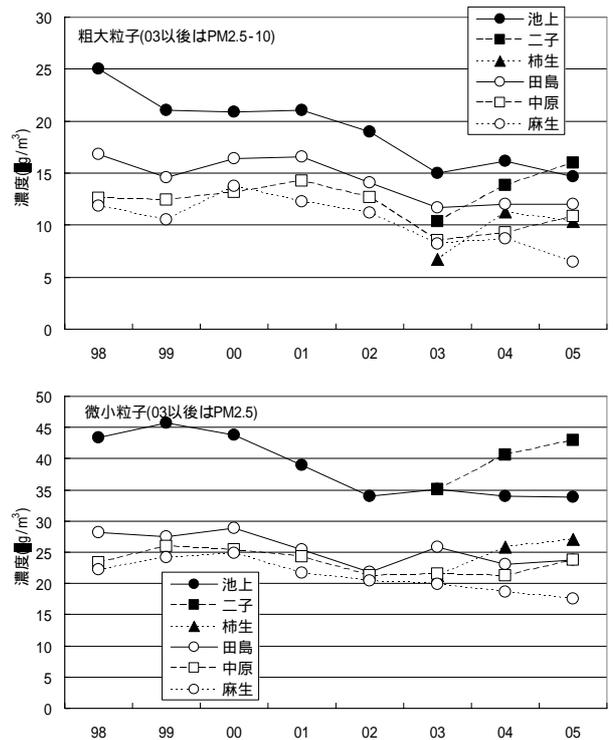


図3 粒径別粒子状物質の経年変化

は一般環境との濃度差が縮まった。

2004年度と比較すると、PM2.5-10は二子と中原で増加し、田島では増減がなく、他の3地点で減少していた。PM2.5では、池上と麻生で減少したものの、他の4地点では0.6~2.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の増加を示した。

3.2 水溶性イオン成分濃度

各測定地点におけるPM2.5-10とPM2.5の水溶性イオン成分の年平均濃度を図4に、年平均イオン当量比を図5に、経月推移を図6~9に示した。

年間平均濃度を見ると、図4よりPM2.5-10では Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} が高くなった。 Na^+ と Cl^- は海岸線に近い池上と田島で高く、北部に向かうに従って低下していった。また、 Ca^{2+} も同様に南部で高く、北部で低くなる傾向を示した。その他の成分は北部の柿生と麻生で若干低くなる傾向にあったが、他の4地点では差異はほとんどなかった。南部から北部のそれぞれの地域で道路沿道と一般環境の総イオン濃度を比較しても、大きな差は見られなかった。

PM2.5では、図4より全地点で NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- といった二次生成粒子の構成成分が大半を占めた。そのうち、 SO_4^{2-} の標準偏差 σ は0.38であり、 NO_3^- の σ は0.92であったことから、 NO_3^- のほうが地域差が大きいものと思われた。PM2.5の総イオン濃度及び二次生成粒子は、市内中部で高く、南部と北部で低下していた。南部から北部のそれぞれの地域で道路沿道と一般環境の総イオン濃度を比較すると、道路沿道が一般環境よりも12~24%程度高くなった。

イオン当量比(図5)を見ると、PM2.5-10では全地点で陽イオンと陰イオンがほぼ同程度となり、陽イオンと

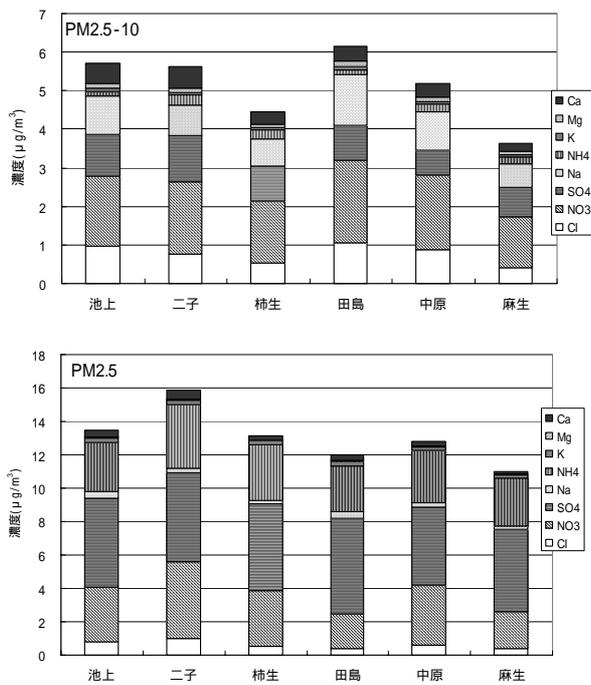


図4 年間平均水溶性イオン成分濃度

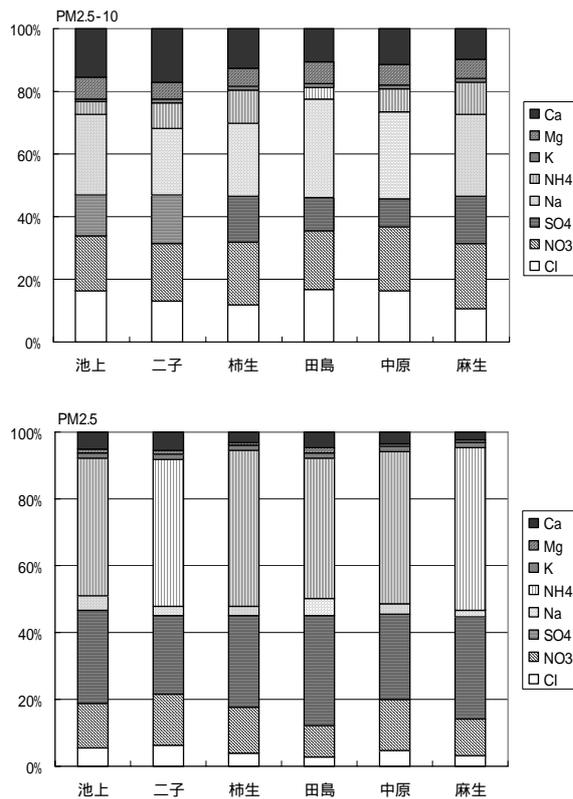


図5 年間平均イオン当量比

陰イオンのバランスが取れていた。また、陽イオンでは Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} が多くを占めており、陰イオンでは Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} がそれぞれ同程度となった。海塩粒子の指標となる Na^+ は、対になる Cl^- よりも全地点で過剰となった。

PM2.5 では、南部では陽イオンと陰イオンのバランスが取れているが、北部に向かうにつれて陽イオンの割合が増加する傾向にあった。また、陽イオンでは NH_4^+ が、

陰イオンでは SO_4^{2-} と NO_3^- が多くを占めていた。 NH_4^+ の割合は全地点ともあまり変化はないが、 SO_4^{2-} は南部の池上と田島が高く、 NO_3^- は中部の二子で高くなった。

PM2.5-10 中の総イオン成分濃度は、全地点で春から秋にかけて高めに推移し、12月に減少する傾向にあった(図6、7)。通常、4月は黄砂の影響を受けて高濃度を示すが、2005年度は例年ほどの高濃度を示さなかった。全地点で春から秋にかけて Na^+ 、 Cl^- が高濃度となり、特に川崎南部で高い傾向にあったが、これは南方向の風によって海塩粒子が飛散したためと思われる。冬期では Na^+ が減少し、 SO_4^{2-} が増加していたが、 SO_4^{2-} の高濃度は二子、柿生、麻生といった川崎北部～中部で顕著であった。

PM2.5 中の総イオン成分濃度は、全地点とも夏期の7月及び12月を除く冬期に高くなっていた(図8、9)。7月は、例年と同様に陰イオンに SO_4^{2-} が、陽イオンにそのカウンターイオンとなる NH_4^+ が高濃度となっていた。冬期は、陰イオン中では SO_4^{2-} が減少したが NO_3^- と Cl^- が大幅に増加しており、そのためにイオン成分濃度が増加していた。また、PM2.5 中のイオン成分は、その殆どを二次生成粒子の主成分である SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ で占められていた。

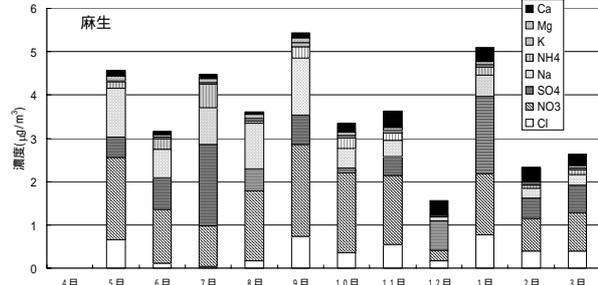
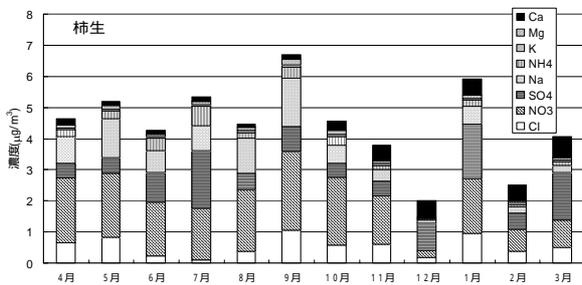
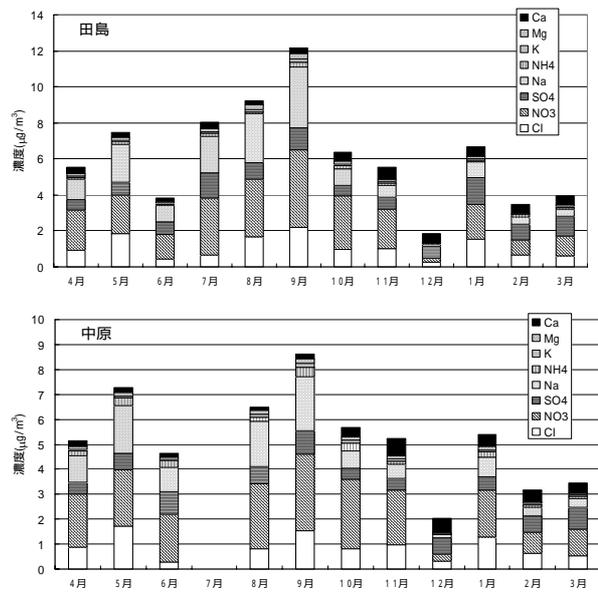
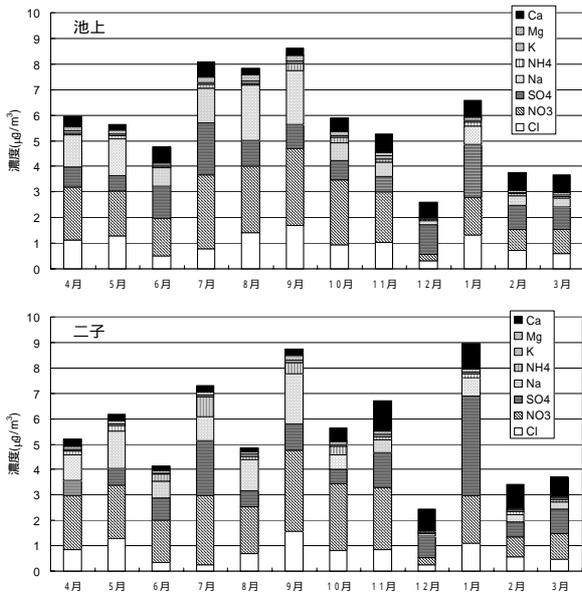


図6 PM_{2.5-10}中のイオン成分の経月推移 (道路沿道)

図7 PM_{2.5-10}中のイオン成分の経月推移 (一般環境)

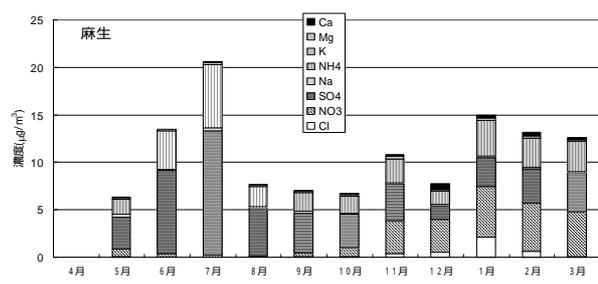
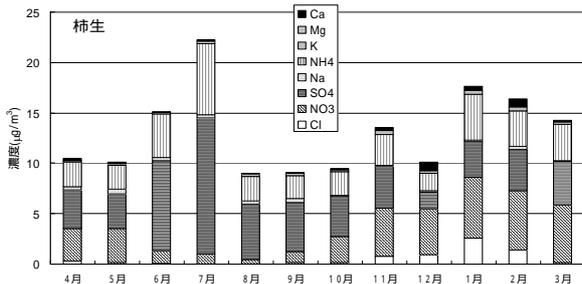
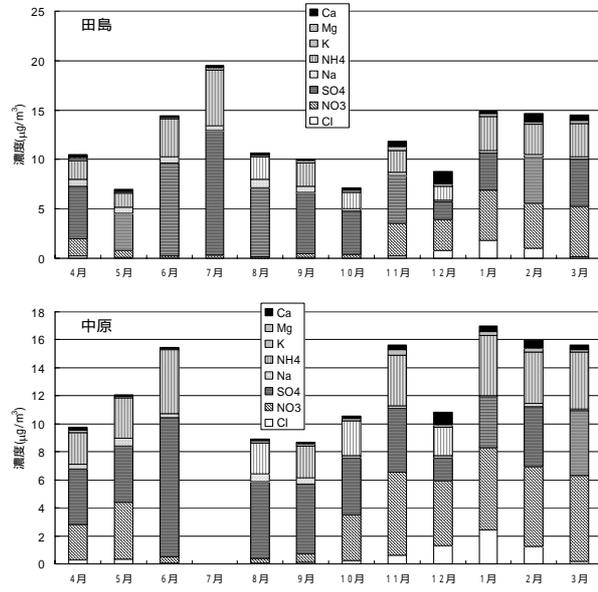
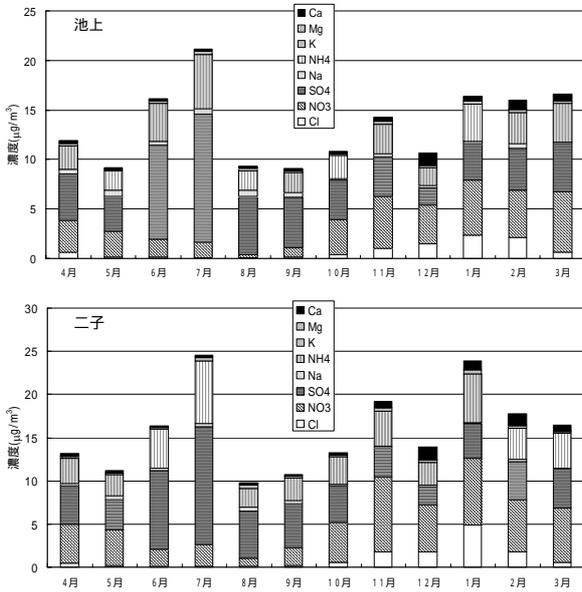


図8 PM_{2.5}中のイオン成分の経月推移 (道路沿道)

図9 PM_{2.5}中のイオン成分の経月推移 (一般環境)

3.3 炭素成分濃度

各測定地点におけるPM_{2.5-10}とPM_{2.5}の炭素成分の年間平均濃度を図10に示した。総炭素濃度は二子が最も高く、池上、柿生がそれに次いだ。一般環境3地点では、田島と中原は同程度であったが、麻生は若干低かった。

PM_{2.5-10}についてみると、道路沿道3地点の平均がOCで0.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ECで0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、一般環境3地点の平均はOCで0.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ECで0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とどちらも道路沿道で高くなった。最も高かったのは、OCでは二子の0.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、ECでは池上の0.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、OC/ECをみてみると、道路沿道の平均OC/ECは1.95、一般環境の平均OC/ECは2.31となったことから、PM_{2.5-10}ではOCの寄与が大きく、特に一般環境でその傾向が強かった。

PM_{2.5}についてみると、道路沿道3地点の平均がOCで3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ECで6.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、一般環境3地点の平均がOCで1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ECで2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とどちらも道路沿道で高くなった。最も高かったのはOCでは二子の4.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、ECでも二子の9.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

また、OC/ECの濃度比をみると、道路沿道で0.51~0.76、一般環境では0.90~0.92となり、道路沿道でより小さくなった。OC/ECが小さいほどディーゼル車の影響が大きいといわれており、この結果は道路沿道でより強くディーゼル車の影響を強く受けていることを示した。

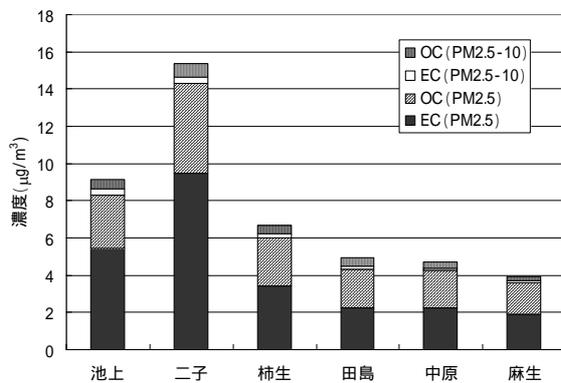


図10 年平均炭素成分濃度

次いで、炭素成分の経月推移を図11~14に示した。PM_{2.5-10}では、中部から北部にかけて比較的似た推移パターンであった(図11、12)。道路沿道では、柿生で夏期のECが増加せず、他の2地点と異なる推移パターンを示した。一般環境では南部の田島で夏期にOCとECが共に増加し、他の2地点と異なる推移パターンを示した。

PM_{2.5}では、OCは、道路沿道の3地点で高濃度を示した(図13、14)。また、6地点とも5~7月にかけてゆっくり増加し、8月に減少してから、11~12月にかけて高濃度を示した。特に二子で他の地点の倍近い濃度を示した。ECでは、一般環境3地点がよく似た推移パターンを示し、道路沿道の柿生も若干濃度が高いながら一般環境によく似た推移パターンを示した。それに対して、自動車交通量の大きい二子と池上は全く異なる推移パター

ンを示し、濃度も非常に高くなった。このことは、一般環境や柿生と比べて、池上や二子では自動車、特にディーゼル車から排出されるECの影響が非常に大きいことを示唆していた。

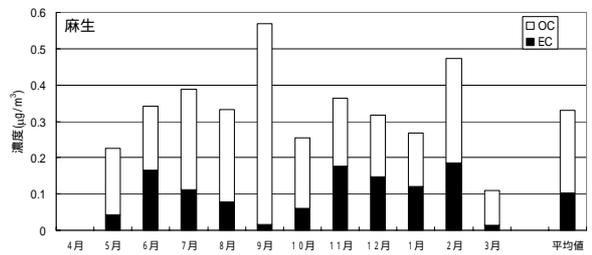
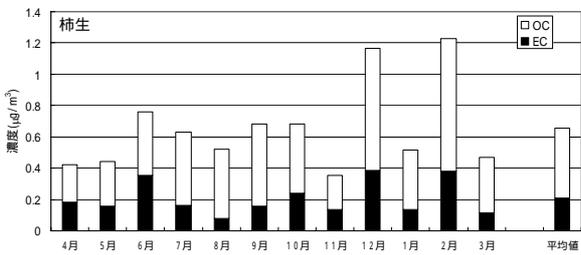
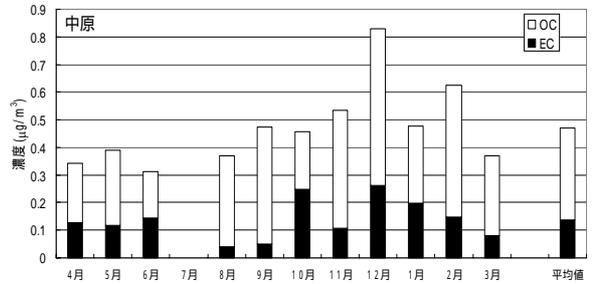
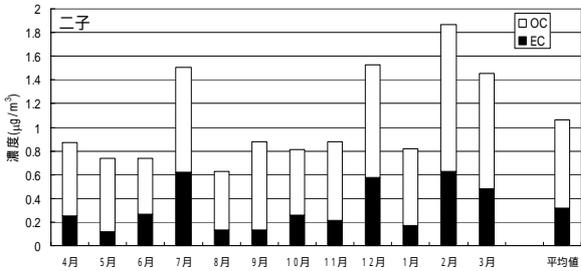
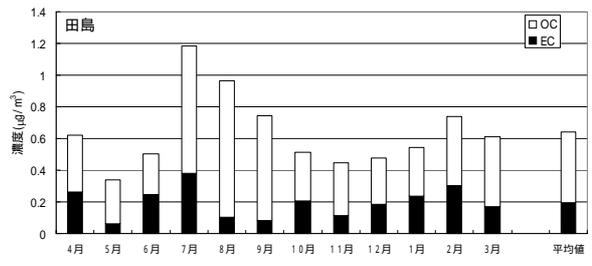
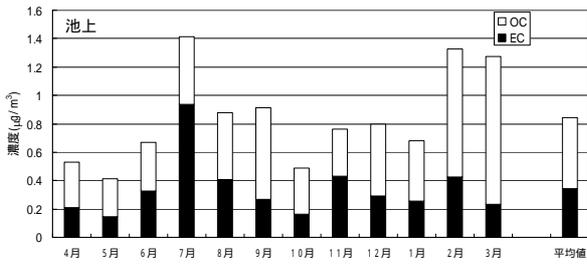


図 11 PM2.5-10 中の炭素成分の経月推移 (道路沿道)

図 12 PM2.5-10 中の炭素成分の経月推移 (一般環境)

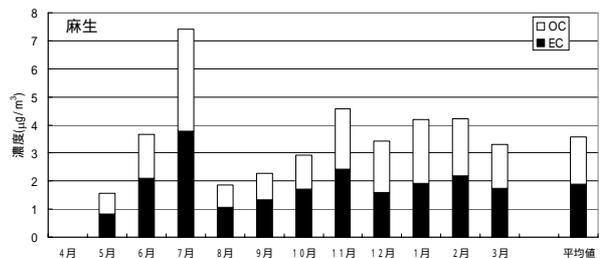
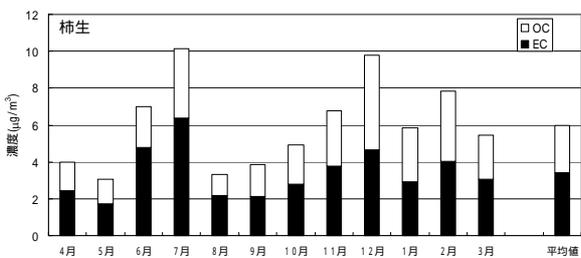
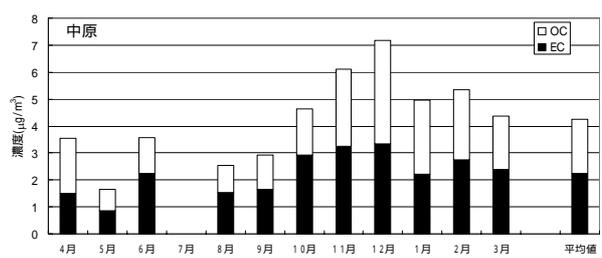
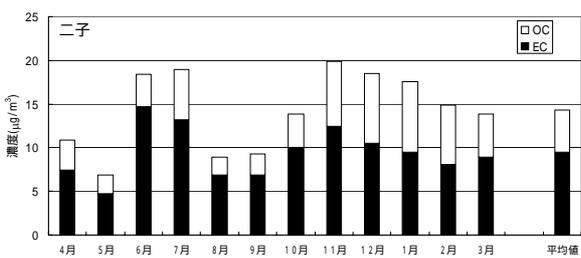
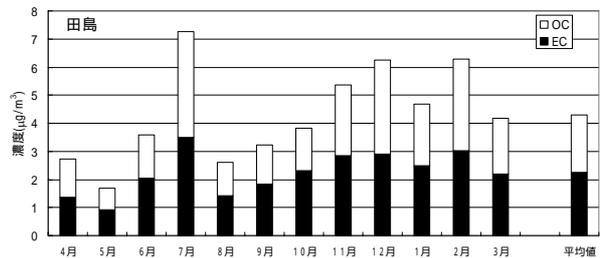
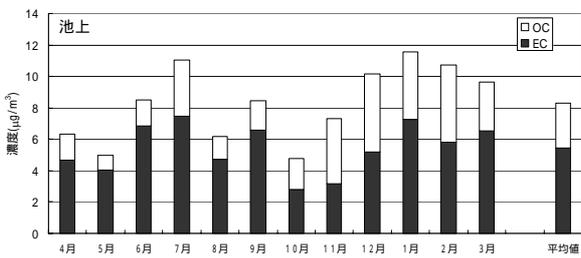


図 13 PM2.5 中の炭素成分の経月推移 (道路沿道)

図 14 PM2.5 中の炭素成分の経月推移 (一般環境)

表3 金属成分の年間平均濃度

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

元素	道路沿道						一般環境					
	池上		二子		柿生		田島		中原		麻生	
	2.5-10	2.5	2.5-10	2.5	2.5-10	2.5	2.5-10	2.5	2.5-10	2.5	2.5-10	2.5
Na	0.807	0.243	0.542	0.184	0.424	0.136	0.963	0.224	0.720	0.159	0.381	0.121
Mg	0.149	0.071	0.128	0.081	0.101	0.052	0.161	0.074	0.119	0.053	0.074	0.038
Al	0.341	0.253	0.392	0.433	0.296	0.232	0.272	0.202	0.263	0.194	0.178	0.133
K	0.240	0.336	0.286	0.284	0.164	0.379	0.192	0.319	0.157	0.278	0.099	0.344
Ca	0.713	0.403	0.590	0.483	0.326	0.215	0.468	0.327	0.364	0.214	0.224	0.144
V	0.001	0.006	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.006	0.001	0.003	0.001	0.003
Cr	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001
Mn	0.022	0.027	0.010	0.015	0.007	0.010	0.014	0.020	0.010	0.012	0.005	0.008
Fe	0.620	0.442	0.642	0.484	0.455	0.340	0.485	0.414	0.386	0.283	0.270	0.217
Ni	0.003	0.005	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.005	0.001	0.002	0.001	0.002
Cu	0.011	0.010	0.031	0.018	0.015	0.009	0.007	0.008	0.008	0.006	0.005	0.004
Zn	0.025	0.070	0.032	0.070	0.017	0.044	0.024	0.068	0.020	0.053	0.013	0.037
Cd	0.0001	0.0004	0.0001	0.0004	0.0001	0.0003	0.0001	0.0004	0.0001	0.0004	0.0001	0.0003
Pb	0.003	0.013	0.006	0.010	0.003	0.008	0.002	0.011	0.003	0.010	0.002	0.008

3.4 金属成分濃度

2005年度の金属成分の年間平均濃度を表3に示した。PM2.5-10、PM2.5の両者で平均濃度が $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越えたのはNa、Mg、Al、K、Ca、Feであった。これらの金属は自然発生源由来である海塩粒子(Na、Mg、K)や土壌粒子(Al、K、Ca、Fe)に多く含まれており、他の金属と比べて環境中に多く存在しているために濃度が高くなったと考えられる。また、K、V、Zn、PbはPM2.5に多く含まれており、それぞれ固定発生源や移動発生源等の人為的発生源の影響と考えられた。

3.5 粒子状物質の各成分の組成

PM2.5-10及びPM2.5中の粒子状物質濃度中に含まれる水溶性イオン成分、炭素成分、金属成分の年平均濃度を図15に、組成比率を図16に示した。

PM2.5-10に占める成分の割合は、図15によりイオン成分が最も高く、35%(柿生)~51%(田島)を占めており、特に一般環境で比率が高くなっていった。次いで高いのは金属成分であり、16%(二子)~22%(田島)であった。地点間で金属成分の割合に大きな差はなかった。OCとECの割合はどちらも小さくなった。

PM2.5でも、図15からイオン成分の割合が最も高く、37%(二子)~57%(麻生)を占めていた。次いで高かったのはECで、9.4%(中原)~22%(二子)を占めていた。イオン成分の割合は一般環境で高く、ECの割合は道路沿道で高くなっていった。また、ECの割合は道路沿道3地点ではそれぞれ異なる値(13~22%)となったが、一般環境3地点ではほぼ等しくなった(9.4~9.8%)。また、金属成分の割合は、一般環境、道路沿道の間を問わず、ほぼ同じ割合となった(5.0~7.0%)。

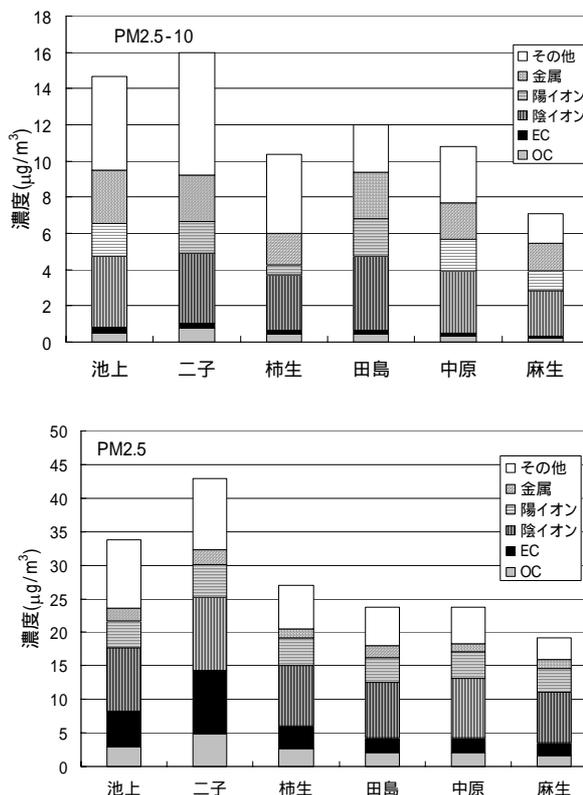


図15 粒子状物質及び各種成分の年平均濃度

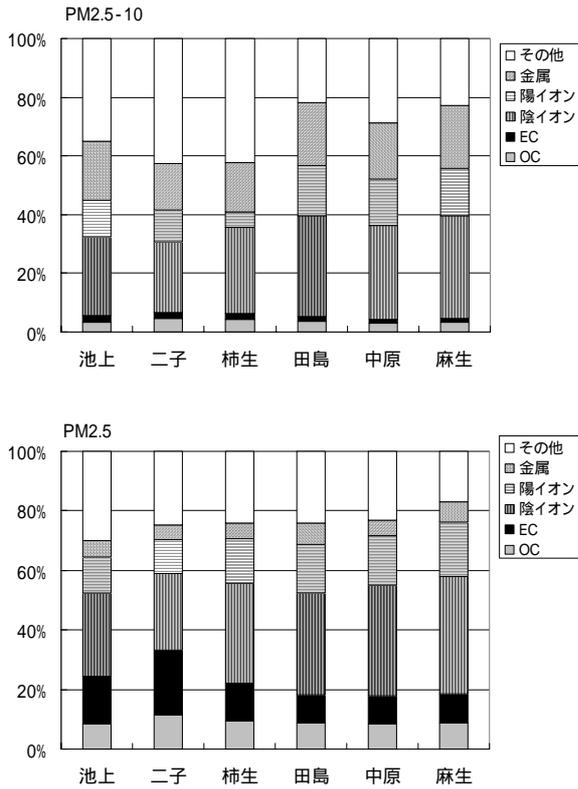


図16 粒子状物質及び各種成分の組成割合

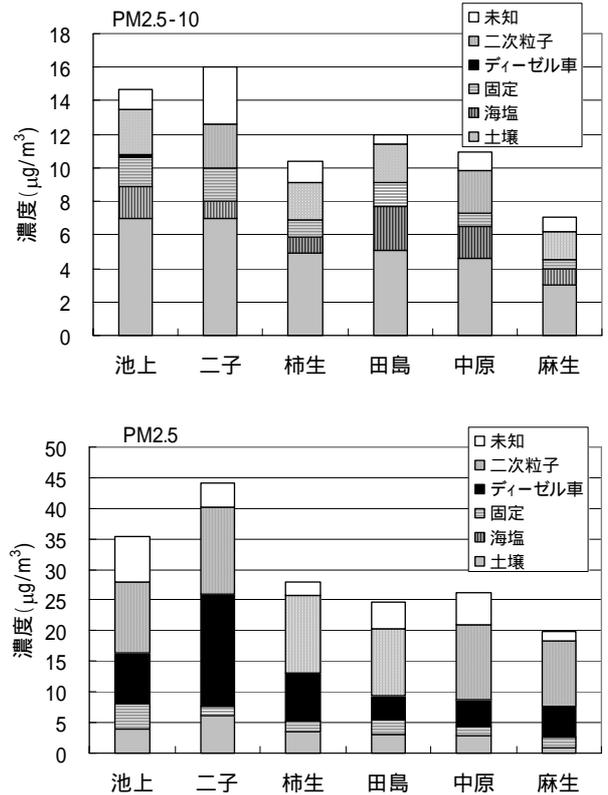


図17 年間平均発生源寄与濃度

3.6 粒子状物質の発生源寄与率の推定

PM2.5-10及びPM2.5の構成成分を元に、CMB解析を用いて発生源を推定した。得られたデータから求めた発生源寄与濃度を図17に、発生源寄与率を図18に示した。

PM2.5-10では土壌粒子の寄与率が最も高く、平均で44%を占めていた(図18)。海塩粒子の平均寄与率は14%であり、両者を合わせた自然発生源由来粒子の寄与率は58%(50~64%)であった。土壌粒子及び海塩粒子の寄与濃度は南部で高く、北部に向かうに従って低下していたが、寄与率では田島が64%と最も高く、池上と中原が60%、柿生と麻生が57%であり、二子が50%と最も低くなった。

PM2.5では、ディーゼル車排出粒子と二次生成粒子の寄与率が高くなった(図18)。固定発生源の寄与率は、工業地帯を抱えている南部の田島と池上で高く、中部の二子と柿生で低くなった。これらディーゼル車排出粒子、二次生成粒子、固定発生源を合わせた人為的発生源由来粒子の寄与率は、平均で75%(68~88%)と7割を越えていた。ディーゼル車排出粒子と二次生成粒子を比較すると、ディーゼル車排出粒子の寄与が高かったのは二子1地点のみであり、残り5地点は二次生成粒子のほうが高かった。寄与濃度を見ると、図17より二次生成粒子は道路沿道の平均が13µg/m³、一般環境の平均が11µg/m³とほぼ同等の濃度であったが、ディーゼル車排出粒子は道路沿道の平均が11µg/m³、一般環境の平均が4.4µg/m³と道路沿道で高濃度を示した。

以上の結果から、PM2.5-10中の発生源種は、自排局と一般局を問わず主に自然発生源由来粒子で占められてお

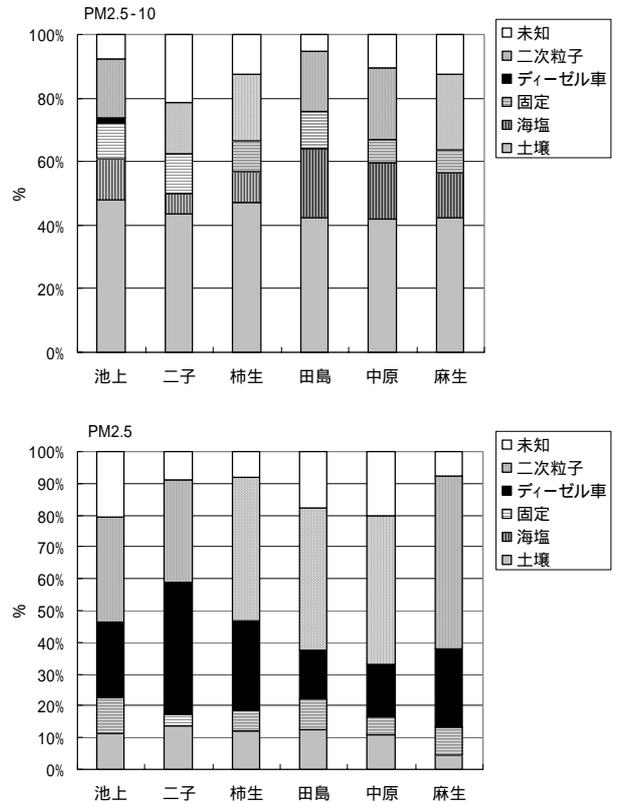


図18 年間平均発生源寄与率

り、その大半は土壌粒子であった。逆にPM2.5中の発生源種は、主に人為的発生源由来粒子で占められていた。ディーゼル車排出粒子は二子を初めとする道路沿道で高く、二次生成粒子は全測定地点で同程度の濃度であった

ことから、ディーゼル車排出粒子は道路沿道に偏在し、二次生成粒子は市内全域にわたって均一に広がっているものと思われた。ディーゼル車排出粒子の汚染は近年低下傾向にあり、平成15年10月に施行されたディーゼル車運行規制を初めとする様々な規制の効果が表れているように思われる⁷⁾。そこで、今後の粒子状物質、特にPM_{2.5}の削減のためには、ディーゼル車排出粒子だけでなく、二次生成粒子の減少を重点的に考える必要がある。川崎市ではバスケット方式により、ばいじん、硫黄酸化物、窒素酸化物、塩化水素の排出量を包括的に管理することで二次生成粒子を削減するための条例(川崎市公害防止等生活環境の保全に関する条例施行規則の別表第8)が定められており、2005年4月1日から既設の工場・事業場に対する猶予期間が終了して完全に施行された。今後は、バスケット方式の効果を検証しつつ、更に効果的に二次生成粒子を抑制する方法を考えていかなければならないと思われる。

4 まとめ

- (1) 粒子状物質濃度を見ると、PM_{2.5-10}は4月と7月に高くなる傾向にあった。PM_{2.5}では7月と秋から初冬にかけて高くなった。7月の高濃度はSO₄²⁻とNH₄⁺の増加のためであり、秋から初冬にかけての高濃度はNO₃⁻とNH₄⁺の増加によるものであった。
- (2) 水溶性イオン濃度を見ると、PM_{2.5-10}ではCl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Na⁺、Ca²⁺が多く含まれていた。総イオン濃度は春から秋にかけて高く推移しており、海塩粒子の流入等の影響が考えられた。PM_{2.5}ではNH₄⁺、SO₄²⁻、NO₃⁻といった二次生成粒子成分が大半を占めた。総イオン濃度は7月にSO₄²⁻の増加で高濃度となり、冬期はNO₃⁻とCl⁻の増加によって高濃度となっていた。
- (3) 炭素成分濃度を見ると、PM_{2.5-10}では道路沿道側で高濃度を示し、OCがECよりも高濃度を示した。PM_{2.5}では、道路沿道側で高濃度を示し、ECがOCよりも高濃度を示した。経月推移を見ると、自動車交通量の大きい二子と池上のECは非常に高濃度で推移し、また他の4地点と全く異なる推移パターンを示した。一般環境3地点と柿生のECは、よく似た推移パターンを示した。
- (4) 金属成分濃度を見ると、PM_{2.5-10}、PM_{2.5}ともNa、Mg、Al、K、Ca、Feが高濃度を示した。また、K、V、

Zn、PbはPM_{2.5}に多く含まれており、人為的発生源に由来すると思われた。

- (5) 粒子状物質の発生源をCMB法を用いて解析すると、PM_{2.5-10}では土壌粒子や海塩粒子といった自然発生源由来粒子から構成されていた。PM_{2.5}では、ディーゼル車排出粒子や二次生成粒子といった人為的発生源由来粒子が主成分を占めていたが、特に二次生成粒子の寄与が大きく、二子以外の5地点で最も寄与率が大きくなった。また、ディーゼル車排出粒子の寄与は道路沿道に偏在した局地汚染であり、二次生成粒子の寄与は全地点にわたって同程度の濃度を示す広域汚染であった。

文 献

- 1) 早坂孝夫、小池順一、井上康明、黒沢芳則、佐藤静雄：川崎市における大気中の粒径別浮遊粉じんの性状に関する調査研究、川崎市公害研究所、**15**、5～14(1988)
- 2) 山田大介、鈴木隆生、米屋由理、岩渕美香、高橋篤、原美由紀、松尾清孝、井上俊明：川崎市市内における粒径別粒子状物質中の金属成分分析及び発生源寄与率の推定、川崎市公害研究所、**31**、5～16(2004)
- 3) 鈴木隆生、山田大介、米屋由理、高橋篤、井上俊明：川崎市における粗大(PM_{2.5-10})、微小粒子(PM_{2.5})の成分組成(2003年度)、川崎市公害研究所、**31**、71～77(2004)
- 4) 山田大介、鈴木隆生、高橋篤、井上俊明：川崎市における粗大粒子(PM_{2.5-10})及び微小粒子(PM_{2.5})の成分組成(2004年度)、川崎市公害研究所年報、**32**、9～18(2005)
- 5) 松尾清孝、菊地美加、岩渕美香、原美由紀、高橋篤、木所義之：川崎市における浮遊粒子状物質調査、川崎市公害研究所年報、**27**、12～25(2000)
- 6) 柴田幸雄、井上俊明、松尾清孝、林久緒、黒澤芳則、志水正樹、中村清治：固定発生源から排出される煤塵の成分組成について、川崎市公害研究所年報、**11**、59～71(1984)
- 7) 山田大介、鈴木隆生、高橋篤、井上俊明：ディーゼル車運行規制による大気中の微小粒子成分の動向、川崎市公害研究所年報、**32**、5～8(2005)

付表 (平成 17 年度の粒径状粒子状物質の各種成分の年間平均濃度)

	BPM	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	ED	Nb	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Mn	Fe	M	Cu	Zn	Sb	Pb		
海上	PM2.5<10	14.6	1.08	1.01	0.96	0.12	0.89	0.07	0.53	0.14	0.50	0.007	0.149	0.341	0.240	0.713	0.001	0.004	0.032	0.620	0.020	0.011	0.025	0.000	0.003	
	PM2.5-10	33.8	5.95	3.30	3.77	2.87	0.37	0.23	0.38	0.06	2.88	5.43	0.443	0.071	0.243	0.336	0.408	0.006	0.007	0.442	0.005	0.009	0.070	0.000	0.003	
	PM10	48.4	6.44	5.12	1.75	3.08	3.36	0.30	0.82	0.20	3.38	5.77	1.050	0.230	0.584	0.576	1.116	0.008	0.007	0.488	1.062	0.020	0.095	0.000	0.003	
田島	PM2.5<10	12.0	0.81	2.14	1.06	0.13	1.31	0.00	0.39	0.15	0.44	0.20	0.853	0.161	0.272	0.192	0.460	0.001	0.003	0.014	0.485	0.002	0.007	0.024	0.000	0.002
	PM2.5-10	23.7	5.73	2.07	0.37	2.72	0.44	0.54	0.35	0.06	2.07	2.24	0.224	0.074	0.190	0.315	0.307	0.006	0.003	0.000	0.414	0.006	0.008	0.068	0.000	0.001
	PM10	26.7	6.64	4.21	1.44	2.84	1.75	0.32	0.74	0.23	2.51	2.44	1.187	0.235	0.462	0.511	0.798	0.008	0.005	0.034	0.800	0.007	0.014	0.082	0.000	0.004
中原	PM2.5<10	10.8	0.61	1.76	0.89	0.18	0.80	0.07	0.32	0.11	0.31	0.13	0.220	0.119	0.263	0.157	0.364	0.001	0.004	0.010	0.386	0.004	0.008	0.020	0.000	0.003
	PM2.5-10	23.8	4.25	3.30	0.57	2.88	0.26	0.19	0.24	0.04	1.85	2.05	0.158	0.053	0.183	0.278	0.215	0.003	0.002	0.012	0.483	0.002	0.006	0.053	0.000	0.002
	PM10	24.6	4.86	5.06	1.30	3.05	1.16	0.26	0.25	0.15	2.15	2.18	0.878	0.172	0.446	0.436	0.578	0.005	0.003	0.027	0.619	0.002	0.015	0.073	0.000	0.003
一子	PM2.5<10	16.0	1.19	1.89	0.75	0.24	0.81	0.07	0.26	0.11	0.74	0.32	0.542	0.128	0.382	0.164	0.580	0.001	0.002	0.010	0.642	0.004	0.021	0.032	0.000	0.006
	PM2.5-10	42.9	5.33	4.58	1.03	3.76	0.28	0.27	0.53	0.06	4.85	9.45	0.184	0.081	0.420	0.375	0.483	0.003	0.002	0.015	0.482	0.002	0.018	0.070	0.000	0.002
	PM10	59.9	6.52	6.47	1.78	4.00	1.09	0.34	1.08	0.17	5.59	9.77	0.226	0.208	0.813	0.543	1.073	0.005	0.004	0.025	1.126	0.003	0.048	0.100	0.000	0.005
林生	PM2.5<10	10.4	0.88	1.81	0.54	0.24	0.89	0.06	0.32	0.09	0.45	0.21	0.424	0.101	0.286	0.081	0.388	0.001	0.004	0.007	0.425	0.004	0.015	0.017	0.000	0.003
	PM2.5-10	27.0	5.16	3.32	0.57	3.32	0.25	0.24	0.05	0.04	2.59	3.41	0.136	0.052	0.232	0.316	0.215	0.003	0.002	0.010	0.340	0.004	0.009	0.044	0.000	0.008
	PM10	37.4	6.05	4.93	1.10	3.50	0.84	0.30	0.57	0.13	3.04	3.61	0.261	0.153	0.518	0.406	0.542	0.004	0.002	0.017	0.725	0.002	0.024	0.061	0.000	0.011
扇生	PM2.5<10	7.1	0.70	1.21	0.36	0.17	0.57	0.04	0.19	0.07	0.21	0.09	0.381	0.074	0.178	0.348	0.224	0.001	0.004	0.005	0.270	0.000	0.005	0.013	0.000	0.002
	PM2.5-10	19.2	4.81	2.83	0.37	2.82	0.18	0.19	0.14	0.03	1.65	1.79	0.123	0.088	0.127	0.594	0.144	0.008	0.002	0.088	0.417	0.002	0.004	0.037	0.000	0.008
	PM10	26.2	5.60	3.47	0.73	3.08	0.75	0.24	0.35	0.10	1.76	1.82	0.503	0.112	0.304	0.843	0.368	0.009	0.002	0.013	0.488	0.002	0.009	0.050	0.000	0.010