

## 川崎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

(1998 ~ 2002)

Measurement of Metal Composition and Source Identification of Coarse and Fine Particles in Kawasaki City during 1998-2002

山田 大介	Daisuke	YAMADA
鈴木 隆生	Takao	SUZUKI
米屋 由理	Yuri	YONEYA
岩淵 美香	Mika	IWABUCHI
高橋 篤	Atsushi	TAKAHASHI
原 美由紀	Miyuki	HARA
松尾 清孝	Kiyotaka	MATSUO
井上 俊明	Toshiaki	INOUE

キーワード：粒子状物質、粗大粒子、微小粒子、金属成分、寄与率

Key words : particulate matter, coarse particles, fine particles, metal composition, contribution rate

## 1 はじめに

大気中の浮遊粒子状物質による汚染に関しては、年平均値は改善の方向にあるものの、大都市圏においては環境基準達成率が低い状況である。平成 14 年度においても、一般環境大気測定局（一般局）9 局と自動車排出ガス測定局（自排局）9 局のうち、環境基準を達成したのはそれぞれ 1 局のみであった。したがって、各種発生源における粒子状物質の排出状況、環境への寄与率などの実態を明らかにし、より適切な対策による環境濃度の低減を図る必要がある。

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。そして、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、昭和 62 年度から実施している<sup>1)</sup>。平成 10 ~ 14 年度においても、大気中の粒子状物質を粗大、微小粒子に分級捕集し、粒子濃度、イオン成分、炭素成分の分析結果については川崎市公害研究所年報の第 30 号に報告済みであるが<sup>2)</sup>、さらに金属成分について分析し、これらのデータを元にケミカル・マス・バランス法（CMB 法）により粗大粒子及び微小粒子の発生源寄与率の推定を試みた。

## 2 調査方法

## 2.1 調査期間及び調査地点

## 2.1.1 調査期間

平成 10 年 4 月から平成 15 年 3 月までの 5 年間にわたって、毎月 1 回 6 日間ずつ実施した。

## 2.1.2 調査地点

道路沿道大気測定地点として、産業道路の上を首都高速横羽線が高架で走っている池上自動車排出ガス測定局（池上）とし、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）、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）の計 4 地点とした。



図 1 市内の大気測定地点

## 2.2 試料採取及び分析方法

## 2.2.1 試料採取

大気中の粒子状物質の捕集には、アンダーセン・ローポリウム・エア・サンプラー（以下 A L V と略）を用いた。今回の調査では、1 段目（空気動力学径  $dp_{50} = 11 \mu\text{m}$ ）、2 段目（空気動力学径  $dp_{50} = 2.1 \mu\text{m}$ ）及びバックアップフィルターを用いて 2 段捕集で実施した。捕集用フィルターには石英繊維フィルター（パルフレックス 2500 QAT-UP）を用い、28.3L/min の空気吸引量で 6 日間捕集した。

分析用試料は粗大粒子として 2 段目フィルター（2.1 -  $11 \mu\text{m}$ ）及び微小粒子としてバックアップフィルター（ $2.1 \mu\text{m}$  以下）を用いた。

### 2.2.2 金属成分の分析方法

金属成分 14 項目(Na、Mg、Al、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb)において、平成 10~12 年度の試料については ICP 発光分析装置(島津社製 ICPS-7500)で、平成 13~14 年度の試料については ICP 質量分析装置(横河 Agilent 社製 Agilent 7500C)で分析した。

分級捕集したフィルター1/2 試料をテフロンビーカーに入れ、フッ化水素酸 5mL でろ紙を溶かした後、沸騰水浴上で加熱してフッ化水素酸を蒸発させた。残った粒子状物質に硝酸 5mL と過塩素酸 3mL を加えて蓋をし、200 に加熱して有機物を分解した。試液の色が褐色から透明もしくは薄黄色になったら蓋をはずし、200 で加熱して 1 滴程度になるまで蒸発させた。それに 0.5%硝酸を 10mL 加えて沸騰水浴上で 1 時間加熱した後、0.5%硝酸で 20mL に調製した物を分析用試料とした。これを適度に希釈した物を用い、平成 10~12 年度の試料では ICP 発光分析装置で、平成 13~14 年度の試料では ICP 質量分析装置で各金属成分を定量した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 平成 10~14 年度の平均金属濃度

平成 10~14 年度の粉じん中の金属成分の平均濃度について、粗大粒子では図 2 に、微小粒子では図 3 に示した。粒子状物質に含まれている金属成分の総濃度を比較すると、粗大粒子のほうが高かった。粗大粒子中の金属の総濃度は南部の池上と田島で 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  と高く、中原で 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、麻生で 2.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  と中部北部の順に低下した。主な成分は、Na、Mg、Al、K、Ca、Fe であった。また、粗大粒子中の金属成分の割合は、池上で 16%、田島で 22%、中原と麻生が 19%となった。

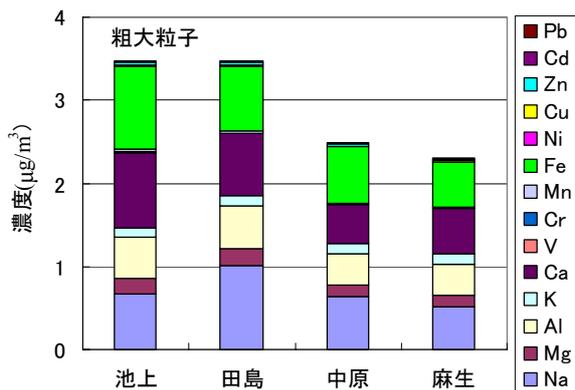


図 2 平成 10~14 年度の粗大粒子に含まれる金属成分の平均濃度

微小粒子中の金属の総濃度は、自排局の池上で 2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  と高く、田島と麻生で 1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中原で 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  と一般局 3 地点ではほぼ同程度であった。主な金属成分として、粗大粒子であげたもの他に Zn があった。また、微小粒子中の金属成分の割合は、池上で 4.9%、田島で 6.2%、中原で 6.4%、麻生で 7.2%となり、粗大粒子のものと比較して構成比率は低かった。

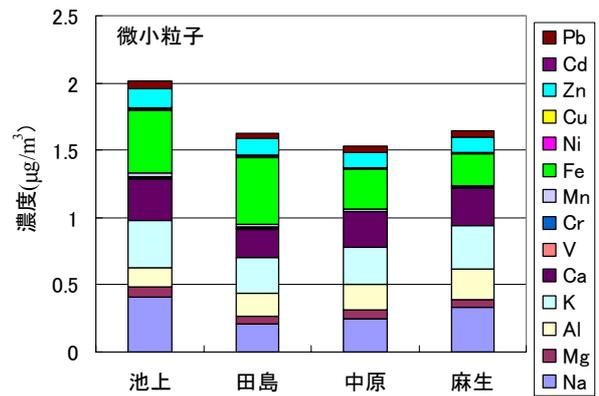


図 3 平成 10~14 年度の微小粒子に含まれる金属成分の平均濃度

### 3.2 金属成分の経年変化

粒子状物質中の金属成分において主要な構成源である Na、Mg、Al、K、Ca、Fe、Zn について、粒径ごとに分けて分析した。

#### 3.2.1 Na (図 4)

Na は粗大粒子側に多く含まれていた。粗大粒子では、田島が最も濃度が高かった。また、田島では平成 11 年度に高濃度を示した後、平成 12 年度に一気に減少し、以後は若干の上昇傾向にあった。他の測定地点も、平成 12 年度以後は若干の上昇傾向にあった。

微小粒子では、池上と田島では一定の濃度で推移したが、中原と麻生では平成 13 年度に高値を示した。

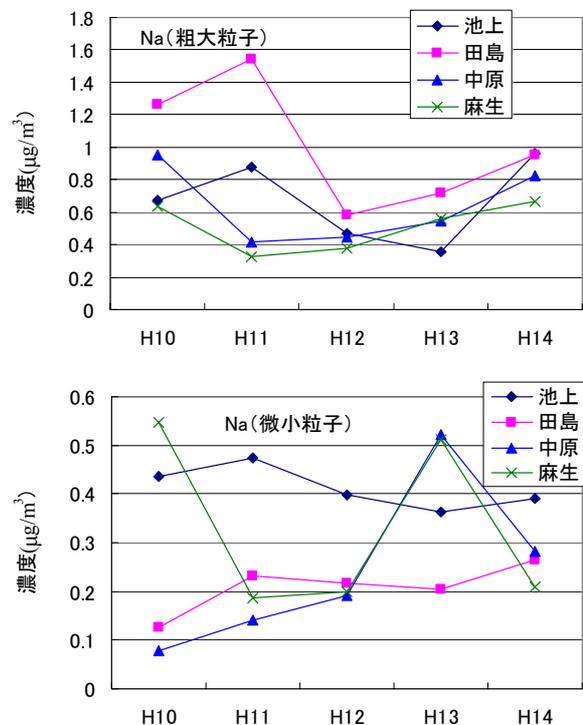


図 4 Na の経年推移

#### 3.2.2 Mg (図 5)

Mg は粗大粒子に多く含まれていた。粗大粒子では池上と田島で高く、中原と麻生では低めであった。また、全地点でほぼ一定の濃度で推移した。微小粒子では、平成 10~13 年度まで各測定地点とも一定の濃度で推

移したが、平成 14 年度に池上と中原で上昇し、田島と麻生で低下した。

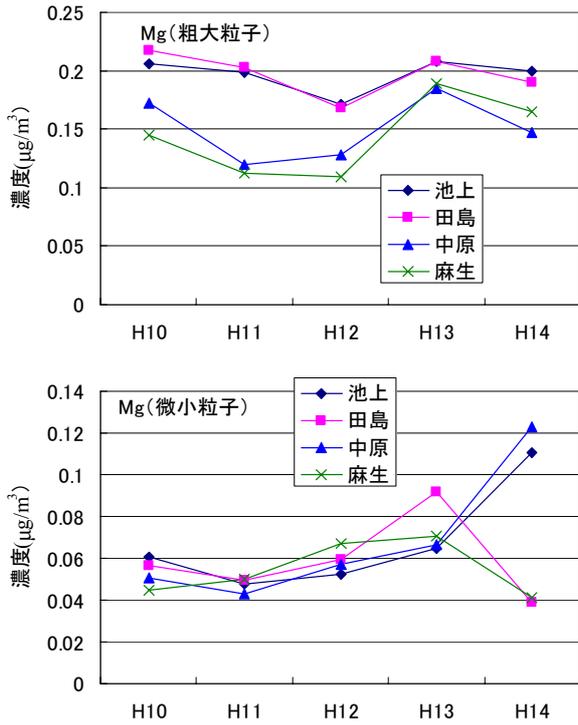


図 5 Mg の経年推移

3.2.3 Al (図 6)

Al は粗大粒子に多く含まれていた。粗大粒子では、平成 11 年度は池上と田島で高く、中原と麻生で低くなったが、他の年度では全測定地点でほぼ同程度の濃度で推移した。

微小粒子では、全地点で類似の推移パターンを示した。また、北部で高く、南部にいくに従って低下した。

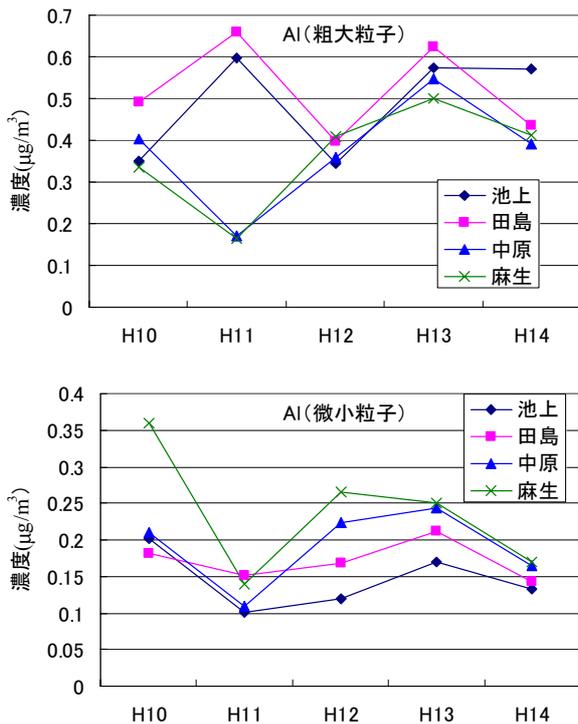


図 6 Al の経年推移

3.2.4 K (図 7)

K は微小粒子に多く含まれていた。粗大粒子では、全ての測定地点で平成 12 年度に低下したが、以後は上昇傾向に転じた。麻生だけ、平成 14 年度に減少した。

微小粒子では、粗大粒子と逆に平成 12 年度にピークを示した。平成 13 年度以降は、測定地点ごとの差が見られなくなった。

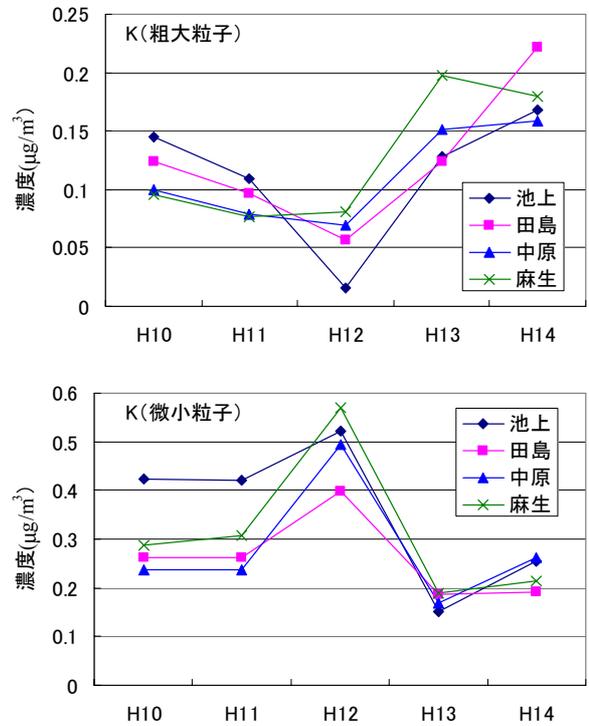


図 7 K の経年推移

3.2.5 Ca (図 6)

Ca は粗大粒子側に多く含まれていた。粗大粒子では、

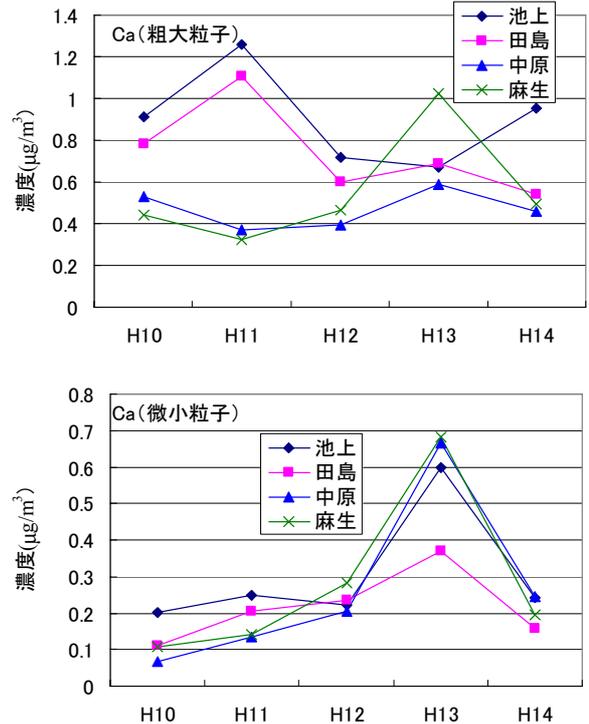


図 6 Ca の経年推移

池上、田島といった南部で高くなった。しかし、平成13年度のみは麻生が最も高くなっていた。

微小粒子では、全測定地点で類似の推移パターンを示し、平成13年度に高濃度を示した。

3.2.6 Fe (図7)

Feは粗大粒子に多く含まれた。粗大粒子では通常は南部で高く、北部で低くなっていたが、平成11年度では逆転していた。

微小粒子でも南部で高い傾向を示した。

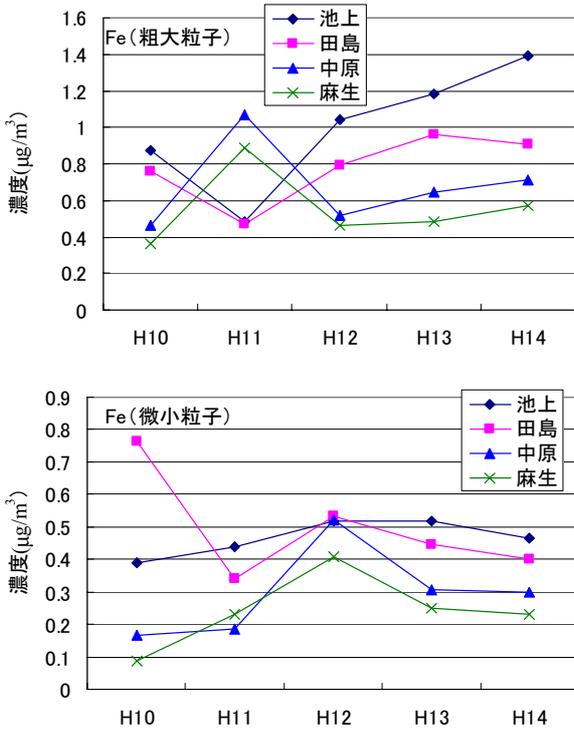


図7 Feの経年推移

3.2.7 Zn (図8)

Znは、微小粒子で高くなった。粗大粒子では、全測

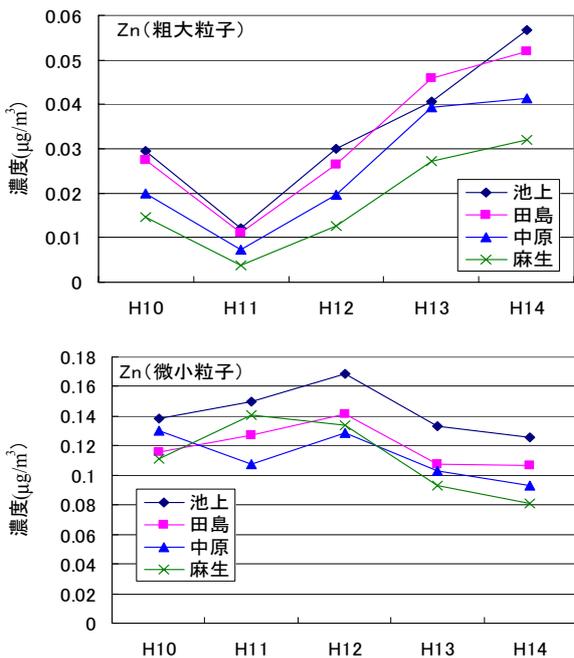


図8 Znの経年推移

定地点共通で平成11年度に最も低くなり、それ以降で上昇傾向を示した。また、池上や田島といった南部で高く、北部では低くなった。

微小粒子では、全測定地点で若干の減少傾向を示した。また、粗大粒子のものと同様に南部で高く、北部で低くなる傾向にあった。

以上より、粗大粒子側に多く含まれていた金属成分はNa、Mg、Al、Ca、Feであり、微小粒子側に多く含まれていたのはK、Znであった。増加傾向にあるのは粗大粒子ではK、Fe、Znであり、微小粒子では特になかった。また、全体的に池上(自排局)や田島(一般局)といった南部で高濃度を示す金属が多かったが、これは海岸に近いために粗大粒子では海塩粒子の影響及び微小粒子では京浜工業地帯の工場群から排出された固定発生源由来粒子の影響を受けたためと思われる。

3.3 平成10~14年度平均の金属成分の月別推移

平成10~14年度の月別平均濃度を算出し、測定地点ごとに金属成分の経月推移パターンを分析した。

3.3.1 Na (図9)

粗大粒子では、全地点で4月と7~10月にかけて高くなり、特に田島で高濃度を示した。粗大粒子中のNaは主に海塩粒子に由来するため、南風の吹く夏期は、海塩粒子が市内に吹き込まれるために海岸に近い田島でNaが増加したと思われる。11月以降は濃度も低く、地点による濃度差も小さくなった。微小粒子では、一般局3地点では濃度の大小はあるが、7月以降に若干濃度があがる傾向にあった。池上は、粗大粒子とよく似た推移パターンを示した。

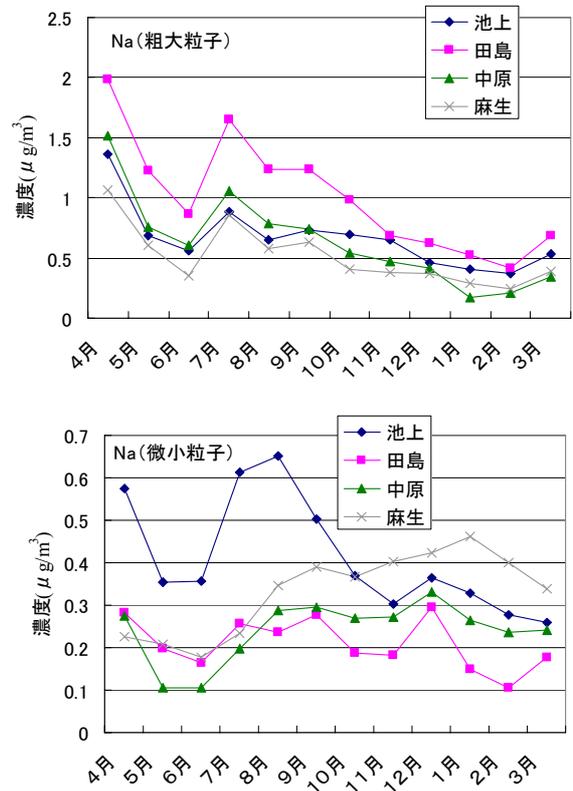


図9 Naの経月推移

### 3.3.2 Mg (図10)

粗大粒子では、Mg は全地点で4月に最も高くなり、6月で減少すると以後はほぼ一定の濃度で推移した。

微小粒子では、やはり4月に高濃度を示したが、5月以降は全地点で  $0.05\mu\text{g}/\text{m}^3$  前後に減少し、以後は一定の濃度で推移した。

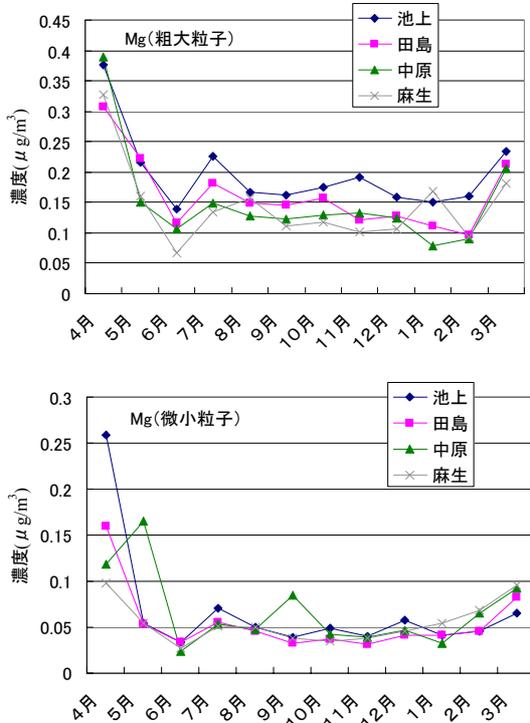


図10 Mgの経月推移

### 3.3.3 Al (図11)

粗大粒子中のAlは、全地点で類似の推移パターンを示した。濃度が高くなるのは3月と4月であり、夏期

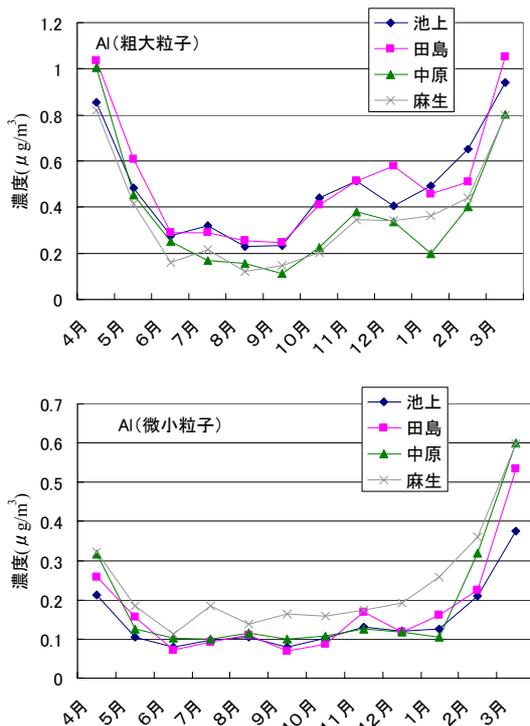


図11 Alの経月推移

は濃度が減少した。

微小粒子では、全地点で3月に高濃度を示し、5～1月にかけて  $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$  前後で推移した。また、年間を通して麻生が若干高めに推移していたが、全地点でほぼ類似の推移パターンを示した。

### 3.3.4 K (図12)

粗大粒子では、全地点で4月に高濃度を示した。6月までは全地点とも同程度の濃度で減少したが、以降はばらつくようになった。

微小粒子では4、8、12月に濃度が高くなったが、1年を通してバラつきは粗大粒子より大きくなった。

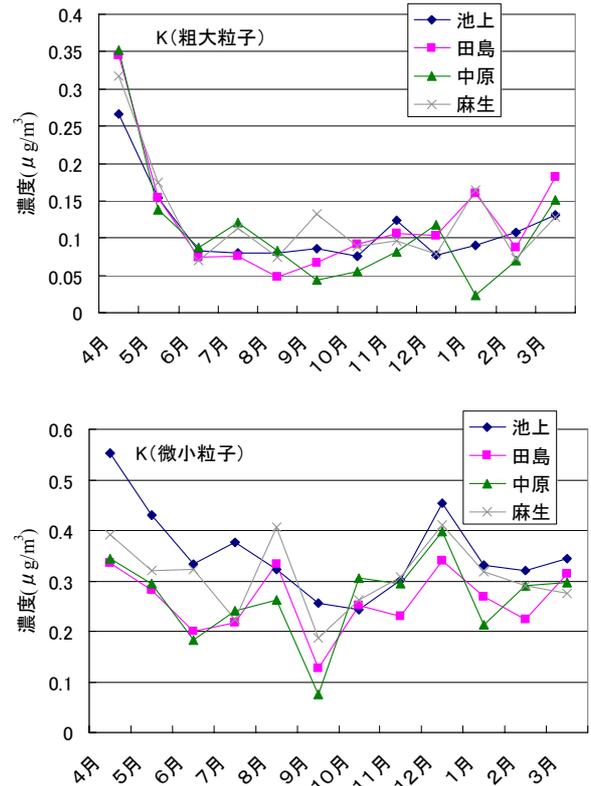


図12 Kの経月推移

### 3.3.5 Ca (図13)

粗大粒子では、どの測定地点でも季節ごとの差はあまり見られなかった。ただ、11月の麻生のみ高濃度が見られるが、これは近隣の建設工事の影響を受けた可能性がある。

微小粒子では、どの地点でも11月以降に濃度が上昇したが、上昇の度合いは北部で高くなった。

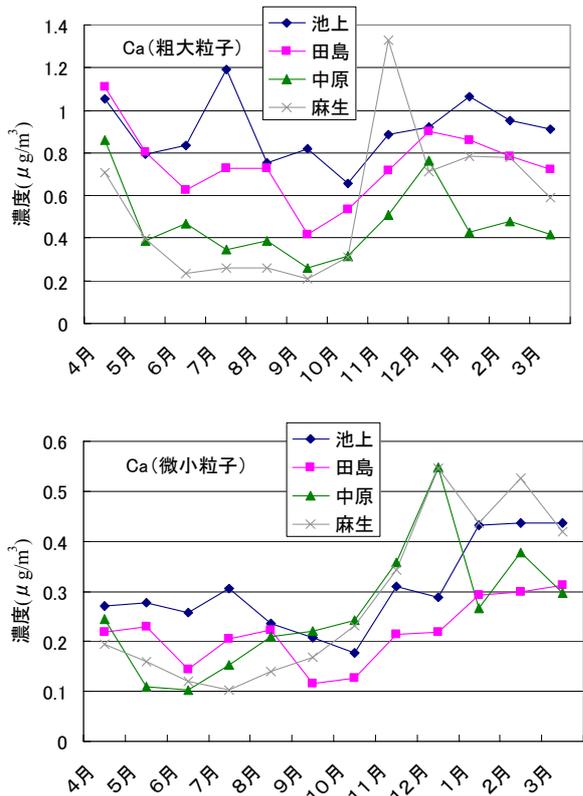


図13 Caの経月変化

3.3.6 Fe (図14)

粗大粒子中のFeは、どの測定地点でもあまり大きな季節差が見られなかった。池上のみ、7月に高濃度と

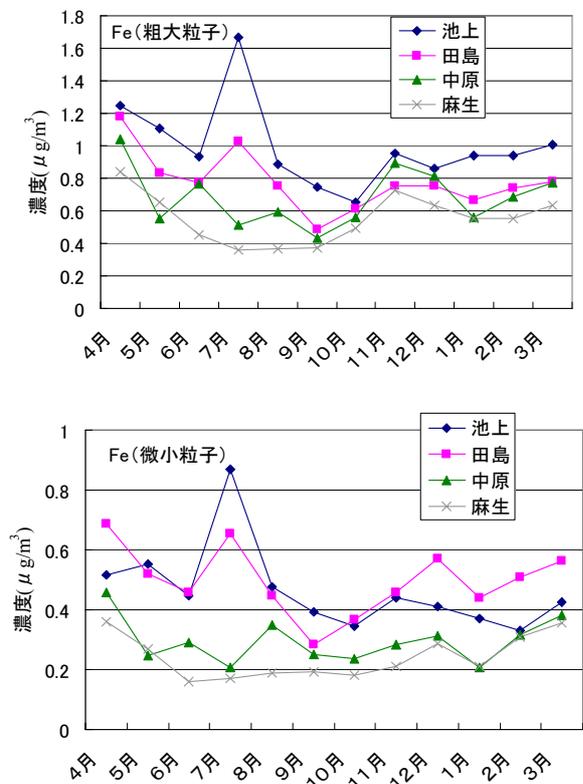


図14 Feの経月推移

なった。

微小粒子では、粗大粒子と同様に大きな季節差が見られなかった。また、池上のみ7月に高濃度となった。

3.3.7 Zn (図15)

粗大粒子では、池上で夏期に落ち込んだものの、秋から冬にかけてピークを形成した。一般局も田島と中原は同様に秋から冬にかけてピークを形成したが、麻生では目立ったピークにはならなかった。

微小粒子では、どの地点でも秋から冬にかけて高濃度になり、類似の推移パターンを示した。

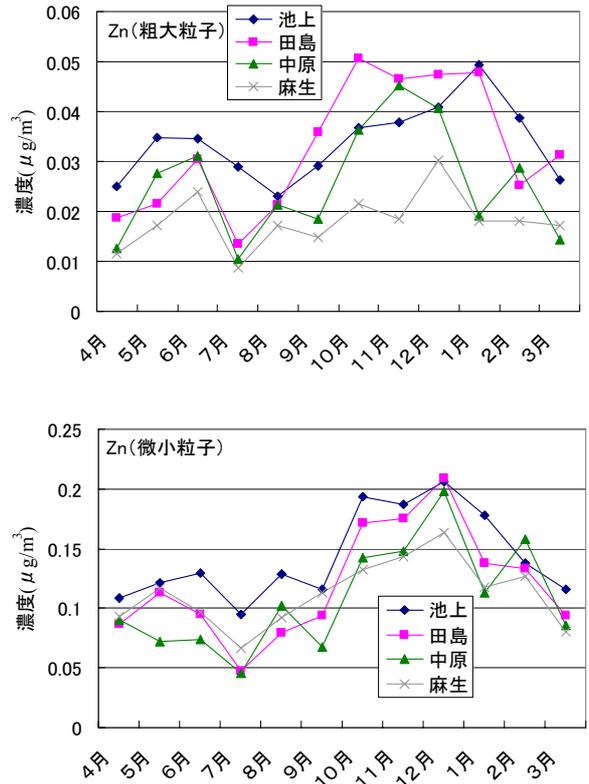


図15 Znの経月推移

以上より、粗大粒子中の金属は春期に高値を示すものとそうでないものに分けられた。春期に高値をしめすものは主に軽金属であり、黄砂の影響を強く受けていると思われた。Ca、Fe、Znはそれらとは異なる推移パターンを描いた。微小粒子中の金属成分は春期に高値を示すNa、Mg、Al、Kと秋期から冬期にかけて高値を示すCaとZn、7月に高値を示すFeに分けられた。

3.4 粒子状物質の粒径別の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率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、重み付け最小自乗法により計算した。また、これら一次発生源の寄与率から一次発生源由来のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、有機炭素濃

度 (OC) を算出し、粒子状物質中のこれらの成分濃度から一次発生源分を差し引いた濃度を二次生成粒子として、その寄与濃度及び寄与率を求めた。なお、未知 (不明) 粒子濃度は、粒子状物質濃度から 7 発生源種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 1 にあげる<sup>3,4)</sup>。なお、表内の EC は元素状炭素を、OC は有機炭素を示す。

表 1 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	固定発生源			移動発生源	
			鉄鋼	焼却炉	石油燃焼	ディーゼル車	
一次発生源粒子	Na	0.011	0.3042	0.014	0.107	0.03	0
	Al	0.062	0.0000003	0.01	0.0097	0.00079	0
	K	0.01	0.011	0.013	0.146	0.00064	0
	Ca	0.051	0.012	0.045	0.087	0.0037	0.00137
	V	0.00023	0.00000058	0.00013	0.00002	0.0074	0
	Mn	0.0016	0.00000058	0.022	0.000094	0.000083	0
	Fe	0.086	0.00000029	0.157	0.011	0.0096	0
	Zn	0.0013	0.00000029	0.052	0.044	0.0009	0.00021
	EC	0.023	0	0.0084	0.028	0.371	0.55
	OC	0.28	7.68	41	11	22	4.4
二次生成粒子	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0	0	0	0	0	0
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3.8	0	0.57	0	0.1	0
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3.8	0	0.57	0	0.1	0
OC	3.8	0	2.6	1.3	2.9	16.8	

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)<sup>3)</sup>

### 3.4.1 池上 (南部自排局、図 16)

まず、粗大粒子を見ると、土壌の寄与率が最も高く、その寄与率は年々増加していた。海塩粒子と合わせると、平成 14 年度では自然発生源由来粒子の寄与率は 7 割を越えていた。

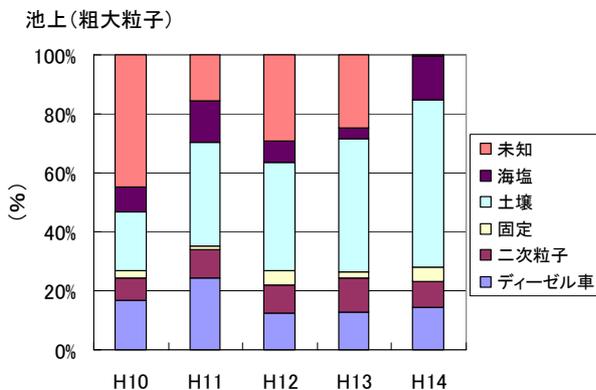
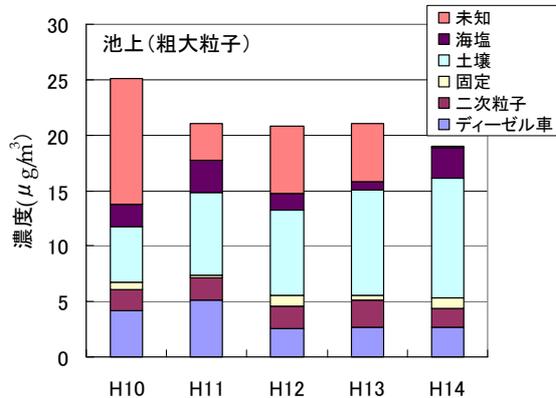


図 16-1 池上の粗大粒子の発生源寄与濃度 (上) と寄与率 (下)

微小粒子ではディーゼル車排出粒子の寄与率が極めて高く現れた。寄与濃度は 17.1～32.0 μg/m<sup>3</sup> で推移しており、寄与率でも 43.9～70.1%と高値を示した。平

成 14 年度でも 58.5%を示しており、二次生成粒子と固定発生源を合わせると、人為的発生源由来粒子の寄与率が 87.0%となった。

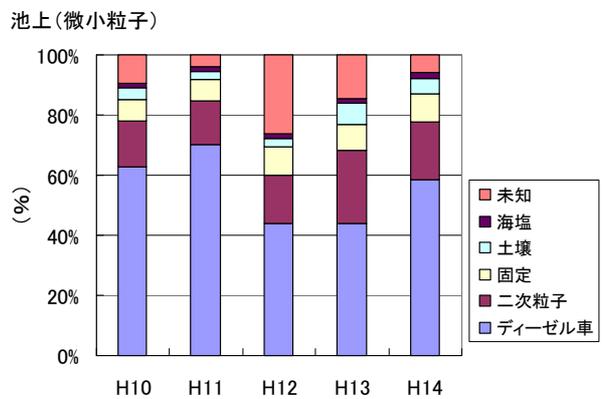
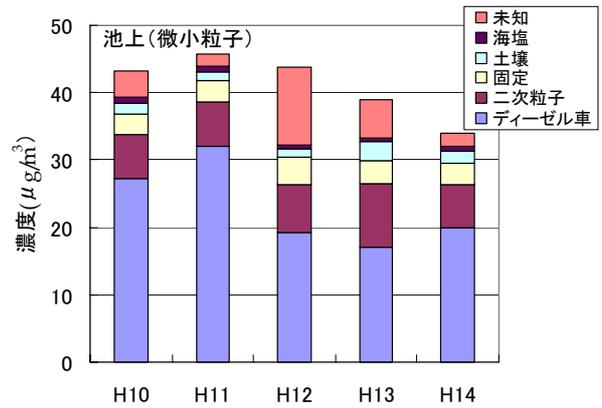


図 16-2 池上の微小粒子の発生源寄与濃度 (上) と寄与率 (下)

### 3.4.2 田島 (南部一般局、図 17)

田島でも、粗大粒子の発生源寄与濃度は平成 11 年度を除いて土壌粒子が大半を占めた。海塩粒子と合わせて自然発生源由来の粒子が常に 5 割以上を占めており、平成 14 年度は 75.1%を占めていた。

微小粒子では、平成 10～11 年度では池上と同様にディーゼル車排出粒子の寄与率が最も高かったが、平成 12 年度以降はディーゼル車排出粒子よりも二次生成粒子の寄与率が高くなった。ディーゼル車排出粒子の寄与濃度は減少傾向にあったが、二次生成粒子は横ばいの傾向にあった。人為的発生源由来粒子の寄与率は常に 6 割を越えており、平成 14 年度では 73.7%を示した。

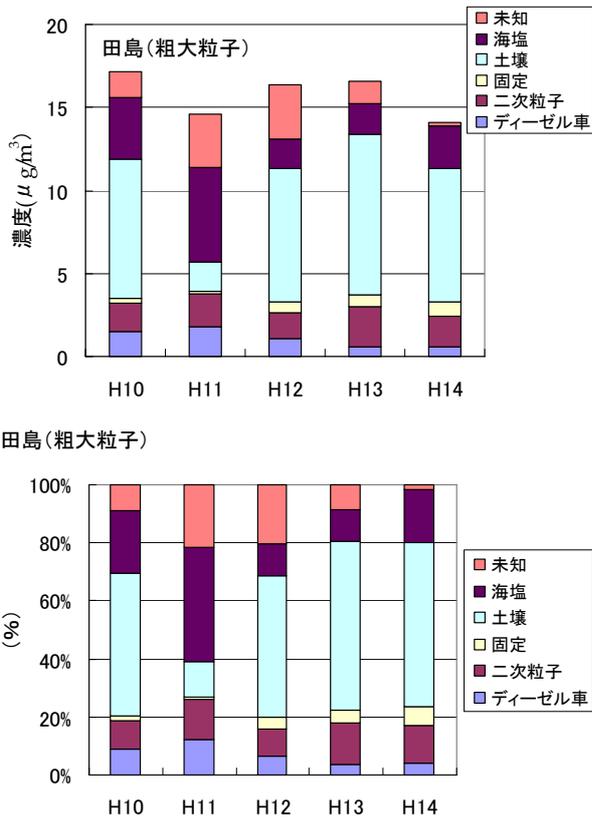


図 17-1 田島の粗大粒子の発生源寄与濃度(上)と寄与率(下)

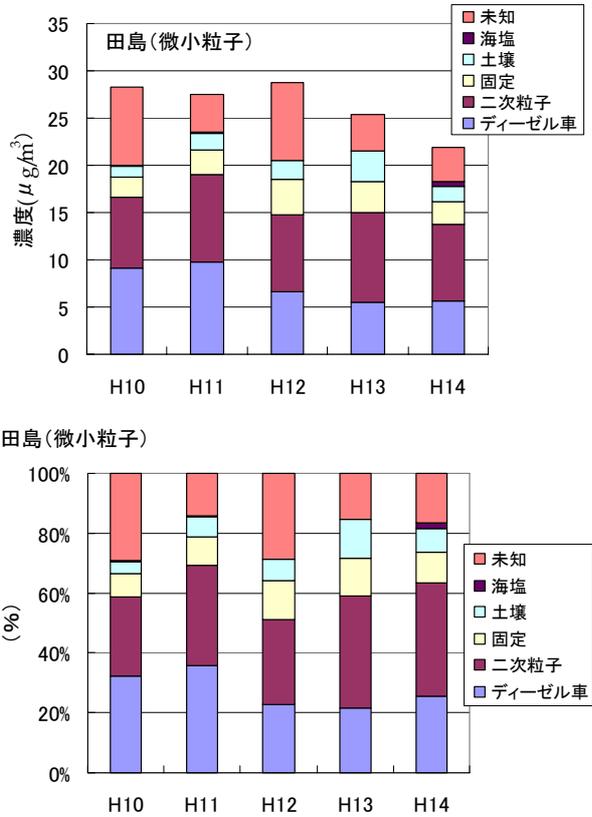


図 17-2 田島の微小粒子の発生源寄与濃度(上)と寄与率(下)

3.4.3 中原(中部一般局、図 18)

粗大粒子では、土壌粒子の寄与率が高値を示し、未知の成分が多かった平成 11 年度を除いて半分近くを

占めていた。海塩粒子と合わせた自然発生源由来粒子の寄与率は、平成 11 年度を除いて 5 割を越えており、平成 14 年度は 66.1%を占めた。海塩粒子の寄与濃度は、

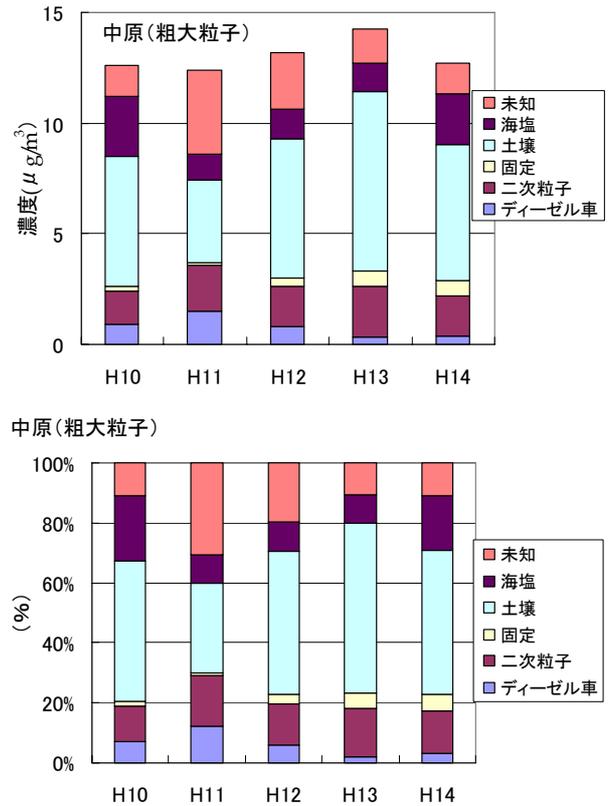


図 18-1 中原の粗大粒子の発生源寄与濃度(上)と寄与率(下)

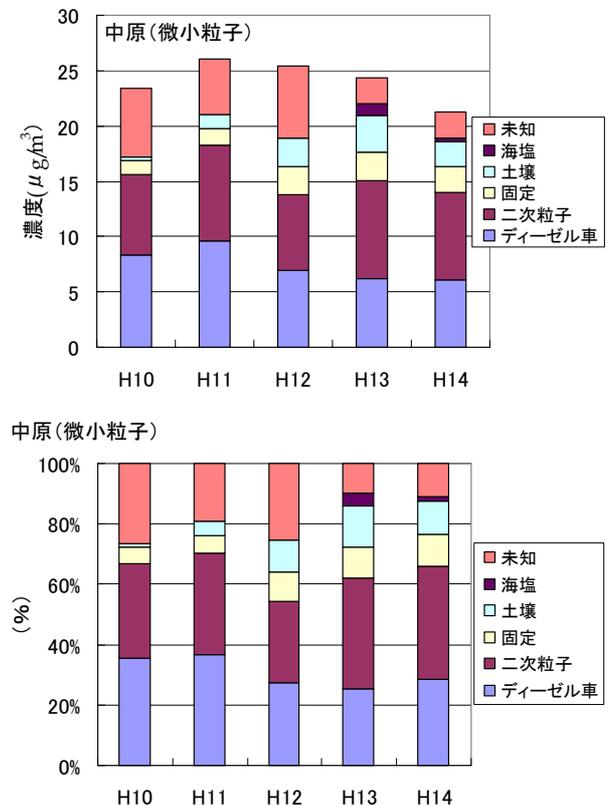


図 18-2 中原の微小粒子の発生源寄与濃度(上)と寄与率(下)

田島と比較すると、海岸から遠ざかったぶん減少した。

微小粒子では、ディーゼル車排出粒子と二次生成粒子の寄与が大きくなった。平成 10～11 年度ではディーゼル車排出粒子の寄与率が高かったが、平成 12 年度に等しくなり、平成 13 年度以降では二次生成粒子の寄与率がディーゼル車排出粒子の寄与率を上回った。さらに固定発生源を加えた人為的発生源由来粒子の寄与率は、常に 6 割を越えており、平成 14 年度では 76.7% を占めた。

3.4.4 麻生(北部一般局、図 19)

粗大粒子では、土壌粒子の寄与率が最も高く、平成 14 年度では 54.4% を占めていた。海塩粒子と合わせると、自然発生源由来粒子の寄与率は常に 4 割以上となり、平成 14 年度では 70.5% を占めた。

微小粒子では、平成 10 年度はディーゼル車排出粒子の寄与率が最も高かったが、平成 11 年度以降は二次生成粒子の寄与率が高くなった。さらに固定発生源を加えた人為的発生源由来粒子の寄与率は常に 6 割を越えており、平成 14 年度では 71.5% となった。

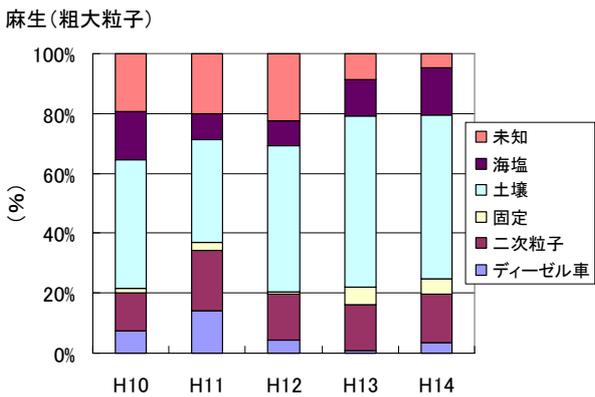
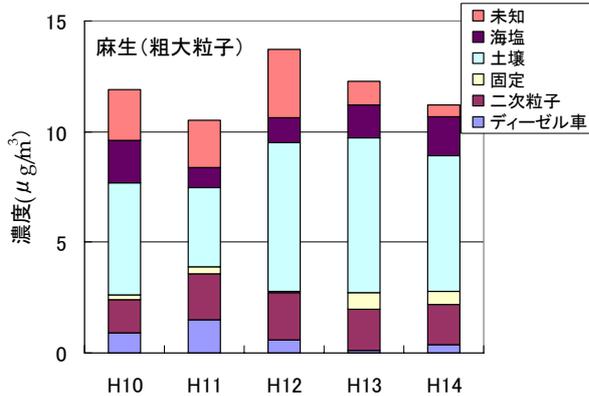


図 19-1 麻生の粗大粒子の発生源寄与濃度(上)と寄与率(下)

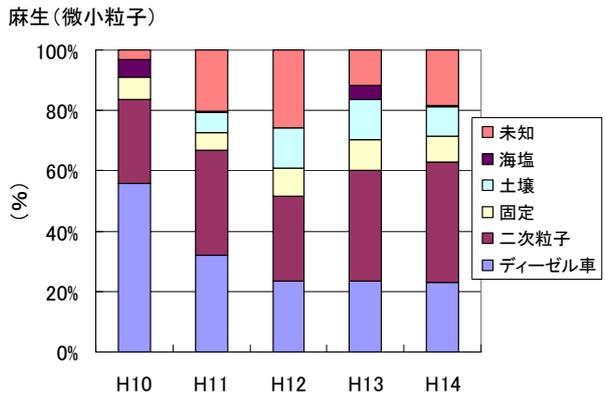
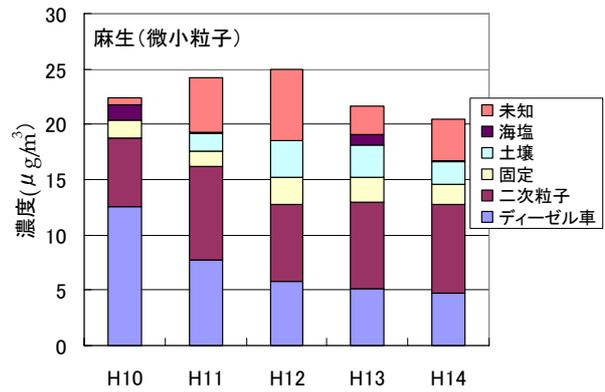


図 19-2 麻生の微小粒子の発生源寄与濃度(上)と寄与率(下)

3.5 各地点ごとの比較

これまでの結果から、粗大粒子の主要な発生源種は土壌粒子と海塩粒子であり、微小粒子の主要な発生源種はディーゼル車排出粒子と二次生成粒子であることがわかった。そこで、上記の成分について、各地点ごとの発生源寄与濃度の経年変化を比較した。

まず、粗大粒子であるが、土壌では池上が最も高くなり、北部にいくに従って低下した(図 20)。また、池上のみ増加傾向にあったが、他の一般局 3 地点は平成 11 年度に一度減少してから増加するといった類似の推移パターンを示した。海塩粒子では、一般局では田島で平成 11 年度にピークが来ている他はよく似た挙動を示し、濃度は田島 > 中原 > 麻生の順になった(図 21)。池上のみ、他の地点と異なる挙動を示した。

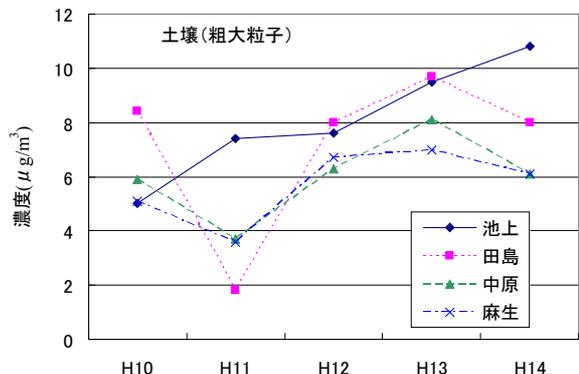


図 20 粗大粒子中の土壌粒子の発生源寄与濃度の経年変化

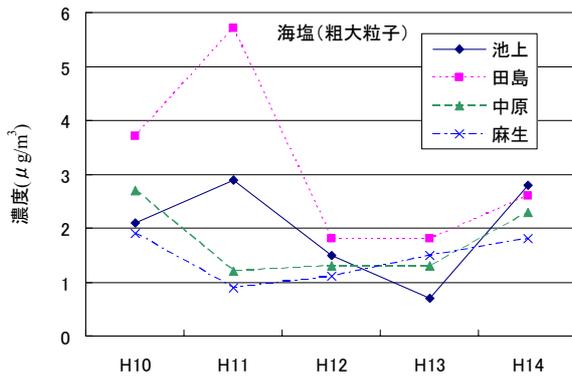


図 21 粗大粒子中の海塩粒子の発生源寄与濃度の経年変化

微小粒子では、ディーゼル車排出粒子は自排局の池上で高値を示した(図 22)。平成 10~14 年度では、11 年度に最高値を示し、12 年度に大きく減少していた。一方、一般局では 3 地点ともほぼ同程度の値で推移しており、若干の減少傾向を示した。二次生成粒子では一般局と自排局の間に明瞭な差は見られなかった(図 23)。また、一般局 3 地点はよく似た推移パターンを示した。

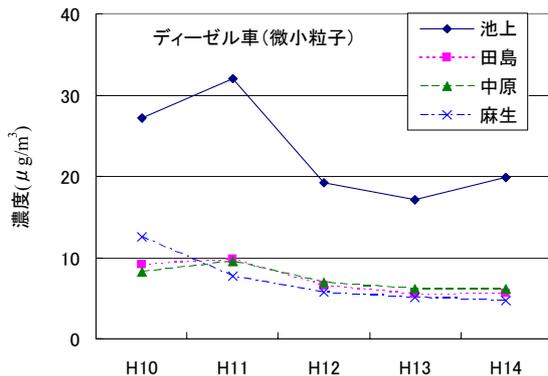


図 22 微小粒子中のディーゼル車排出粒子の発生源寄与濃度の経年変化

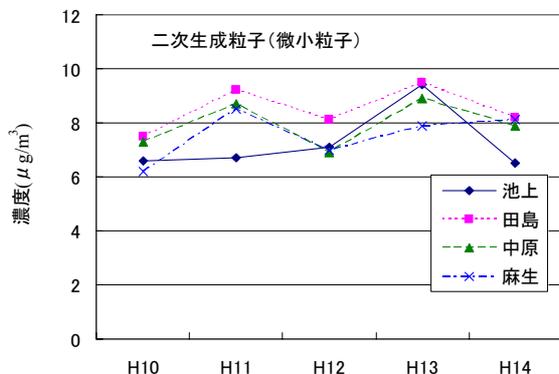


図 23 微小粒子中の二次生成粒子の発生源寄与濃度の経年変化

以上の結果から、粗大粒子中の発生源種は、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り、その大半は土壌粒子であった。逆に微小粒子中の発生源種は、主に人為的発生源由来粒子であるデ

ィーゼル車排出粒子と二次生成粒子で占められていた。ディーゼル車排出粒子は池上で高く、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る。また、ディーゼル車排出ガス粒子の寄与濃度は減少傾向にあるが、これは種々の規制による削減効果によってもたらされた可能性がある。逆に、二次生成粒子の寄与濃度はほとんど変化してないため、一般局では二次生成粒子の寄与が高くなったと思われる。そのため、今後の粒子状物質削減(特に微小粒子)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と思われる。

#### 4 まとめ

- (1) 粒子状物質の金属成分は粗大粒子に多く含まれていた。粗大粒子では川崎市南部で高く、北部で低くなっており、微小粒子では自排局の池上で高く、一般局 3 地点では差はあまり見られなかった。
- (2) 粗大粒子中の主な金属成分は Na, Mg, Al, K, Ca, Fe の 6 種であり、微小粒子中の主な金属成分は粗大粒子のものに Zn を加えた 7 種であった。
- (3) 粗大粒子側に多く含まれていた金属成分は Na, Mg, Al, Ca, Fe であり、微小粒子に多く含まれていたのは K, Zn であった。増加傾向にあるのは粗大粒子では K, Fe, Zn であり、微小粒子では特になかった。
- (4) 発生源寄与率を見ると、測定地点にかかわらず粗大粒子では自然発生源由来粒子の寄与が過半数を占め、特に土壌粒子の寄与が高かった。微小粒子では、人為的発生源由来粒子の寄与が高く、特にディーゼル車と二次生成粒子の寄与が高かった。
- (5) 微小粒子の寄与率において、池上ではディーゼル車の寄与が最も高かったが、一般局では田島と中原で平成 12 年度以降、麻生で平成 11 年度以降は二次生成粒子の寄与が高くなった。
- (6) 粗大粒子中の主要な発生源種である土壌粒子や海塩粒子の寄与濃度は南部で高く、北部で低い傾向にあった。微小粒子中の主要な発生源種であるディーゼル車は自排局の池上で非常に高く、一般局 3 地点は低かった。それに対して、二次生成粒子の寄与濃度は、自排局でも一般局でも特に差は見られなかった。

#### 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、米屋由理、岩淵美香、高橋篤、原美由紀、松尾清孝：川崎市における粒径別粒子状物質の成分組成、川崎市公害研究所年報、30、27~

38(2003)

- 3) 松尾清孝、菊地美加、岩淵美香、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)
- 4) 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)

付表(平成10~14年度の粒径別粒子状物質の各種成分の年間平均濃度(μg/m<sup>3</sup>))

年度	SPM	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	総炭素	OC	EC	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	
平成10年度	粗大粒子	251	0.90	0.94	0.95	0.04	0.73	0.06	0.65	4.02	1.55	2.47	0.671	0.206	0.351	0.144	0.911	0.001	0.008	0.030	0.874	0.004	0.016	0.029	0.000	0.015	
	微小粒子	48.3	4.31	2.68	0.98	1.78	0.36	0.31	0.12	20.78	3.92	16.87	0.436	0.060	0.201	0.425	0.201	0.004	0.008	0.038	0.388	0.007	0.015	0.138	0.001	0.048	
池上	合計	68.4	5.22	3.63	1.93	1.82	1.09	0.37	0.77	24.90	5.47	19.33	1.107	0.266	0.552	0.569	1.112	0.005	0.016	0.068	1.262	0.011	0.030	0.167	0.001	0.063	
	粗大粒子	16.8	0.83	1.18	1.03	0.98	0.83	0.06	0.45	0.12	1.57	0.63	0.94	0.264	0.127	0.492	0.123	0.005	0.004	0.016	0.762	0.002	0.008	0.027	0.000	0.009	
田島	微小粒子	28.2	3.51	2.58	1.88	1.76	0.20	0.18	0.09	8.06	2.44	5.62	0.127	0.081	0.126	0.111	0.003	0.006	0.027	0.762	0.008	0.011	0.116	0.001	0.044		
	合計	45.1	4.34	3.69	1.91	1.84	1.04	0.24	0.54	14.94	3.07	6.57	1.391	0.274	0.673	0.385	0.886	0.006	0.010	0.043	1.525	0.008	0.019	0.148	0.001	0.053	
中野	粗大粒子	12.6	0.55	0.97	0.95	0.08	0.64	0.05	0.23	0.99	1.23	0.64	0.59	0.950	0.172	0.402	0.100	0.001	0.009	0.009	0.464	0.004	0.008	0.020	0.000	0.006	
	微小粒子	23.4	3.17	2.10	0.98	1.39	0.16	0.16	0.06	7.99	2.81	5.07	0.718	0.050	0.210	0.216	0.336	0.009	0.001	0.013	1.165	0.001	0.008	0.130	0.001	0.040	
麻生	合計	35.9	3.72	2.10	1.24	1.47	0.80	0.21	0.35	11.11	3.45	5.66	1.228	0.612	0.612	0.336	0.600	0.001	0.002	0.009	0.629	0.005	0.016	0.150	0.001	0.046	
	粗大粒子	11.9	0.56	0.90	0.90	0.09	0.50	0.05	0.26	7.07	1.17	0.62	0.56	0.637	0.145	0.355	0.085	0.000	0.002	0.009	0.365	0.001	0.006	0.015	0.000	0.008	
平成11年度	微小粒子	22.2	3.26	2.34	0.89	1.53	0.16	0.19	0.05	9.92	2.19	7.36	0.547	0.045	0.359	0.288	0.108	0.000	0.002	0.011	0.966	0.001	0.010	0.111	0.001	0.050	
	合計	34.1	3.81	3.24	1.18	1.63	0.66	0.24	0.31	10.79	2.81	7.92	1.184	0.190	0.694	0.383	0.548	0.000	0.003	0.020	4.452	0.003	0.016	0.126	0.001	0.058	
池上	粗大粒子	21.0	0.79	0.92	0.82	0.22	0.56	0.05	0.40	4.87	1.96	2.91	0.879	0.198	0.597	0.109	1.257	0.001	0.009	0.030	0.486	0.004	0.019	0.012	0.000	0.012	
	微小粒子	45.7	3.52	3.24	0.97	2.00	0.28	0.30	0.14	24.26	5.60	18.67	0.475	0.048	0.101	0.421	0.249	0.004	0.011	0.021	0.439	0.008	0.016	0.150	0.001	0.069	
田島	合計	66.7	4.31	4.16	1.79	2.22	0.84	0.35	0.54	0.11	29.13	7.66	21.57	1.365	0.246	0.699	0.530	0.005	0.020	0.051	0.925	0.012	0.035	0.162	0.001	0.081	
	粗大粒子	14.6	0.66	1.12	0.83	0.22	0.65	0.05	0.31	0.09	2.13	1.12	1.01	1.541	0.208	0.660	0.096	0.000	0.006	0.017	0.471	0.002	0.010	0.011	0.000	0.007	
中野	微小粒子	27.4	3.45	3.23	0.95	2.03	0.18	0.20	0.13	9.05	3.30	5.75	0.232	0.049	0.152	0.262	0.205	0.003	0.005	0.018	0.342	0.006	0.012	0.127	0.001	0.063	
	合計	42.0	4.11	4.35	1.89	2.24	0.83	0.25	0.44	11.18	4.42	6.76	1.772	0.252	0.812	0.368	1.311	0.003	0.011	0.035	0.813	0.008	0.022	0.138	0.001	0.070	
麻生	粗大粒子	12.4	0.44	0.90	0.59	0.21	0.49	0.04	0.23	2.06	1.21	0.85	0.451	0.130	0.185	0.079	0.406	0.000	0.003	0.005	1.167	0.000	0.011	0.008	0.000	0.005	
	微小粒子	26.0	2.60	3.09	0.89	1.83	0.13	0.17	0.09	9.20	3.64	5.56	0.195	0.047	0.118	0.231	0.146	0.000	0.004	0.010	0.203	0.002	0.010	0.117	0.001	0.064	
平成12年度	合計	38.4	3.04	3.99	1.47	2.04	0.62	0.21	0.31	0.08	11.26	4.85	6.41	0.605	0.177	0.304	0.310	0.552	0.000	0.004	1.369	0.003	0.021	0.125	0.001	0.068	
	粗大粒子	10.5	0.40	0.96	0.40	0.30	0.37	0.04	0.17	0.05	1.33	1.20	0.63	0.327	0.112	0.163	0.076	0.324	0.000	0.002	0.001	0.888	0.000	0.007	0.004	0.000	0.004
池上	微小粒子	24.2	2.81	2.90	0.83	1.84	0.13	0.19	0.08	7.33	2.93	4.40	0.186	0.050	0.140	0.287	0.143	0.000	0.000	0.008	0.230	0.001	0.008	0.140	0.001	0.078	
	合計	34.7	3.21	3.76	1.23	2.04	0.49	0.23	0.24	0.06	9.16	4.13	5.02	0.512	0.162	0.304	0.363	0.467	0.000	0.003	0.008	1.119	0.001	0.016	0.144	0.001	0.082
田島	粗大粒子	20.8	0.51	0.88	0.51	0.08	0.49	0.04	0.35	3.40	1.87	1.53	0.469	0.172	0.345	0.016	0.718	0.001	0.012	0.054	1.044	0.005	0.018	0.030	0.000	0.018	
	微小粒子	43.8	3.15	2.42	0.49	2.49	0.21	0.23	0.10	15.99	4.88	14.81	0.400	0.053	0.120	0.523	0.222	0.006	0.009	0.049	0.516	0.008	0.012	0.169	0.001	0.063	
中野	合計	64.6	3.65	3.30	1.00	2.57	0.70	0.27	0.45	0.09	19.39	6.35	13.05	0.224	0.465	0.539	0.940	0.000	0.002	0.108	1.561	0.013	0.030	0.173	0.001	0.082	
	粗大粒子	16.4	0.45	0.95	0.47	0.07	0.53	0.04	0.32	0.07	1.69	1.01	0.68	0.583	0.168	0.067	0.601	0.000	0.007	0.036	0.796	0.003	0.010	0.026	0.000	0.007	
麻生	微小粒子	28.8	3.24	2.33	0.44	2.46	0.16	0.20	0.11	6.68	2.55	4.03	0.216	0.060	0.167	0.399	0.237	0.006	0.006	0.039	0.531	0.006	0.011	0.141	0.001	0.056	
	合計	45.2	3.69	3.28	0.91	2.53	0.69	0.23	0.43	0.10	8.38	3.66	4.71	0.799	0.228	0.565	0.465	0.006	0.014	0.074	1.327	0.009	0.021	0.168	0.001	0.064	
平成13年度	粗大粒子	13.2	0.34	0.86	0.31	0.07	0.39	0.03	0.23	0.05	1.69	1.19	0.50	0.445	0.128	0.356	0.089	0.000	0.002	0.025	0.520	0.001	0.020	0.000	0.000	0.006	
	微小粒子	40.2	4.19	4.98	0.58	3.72	0.13	0.23	0.13	0.02	8.61	3.86	5.25	0.141	0.120	0.671	0.698	0.004	0.002	0.034	0.806	0.002	0.011	0.121	0.001	0.104	
池上	合計	25.4	2.69	1.74	0.27	1.95	0.11	0.16	0.08	0.02	6.89	2.75	4.14	0.193	0.057	0.224	0.426	0.003	0.001	0.017	0.520	0.002	0.008	0.129	0.001	0.068	
	粗大粒子	13.7	0.43	0.96	0.30	0.07	0.39	0.04	0.39	0.06	1.65	1.24	0.41	0.381	0.109	0.468	0.462	0.000	0.002	0.020	0.463	0.001	0.007	0.013	0.000	0.005	
田島	微小粒子	24.9	2.98	1.62	0.28	2.24	0.12	0.18	0.13	0.02	5.83	2.41	0.199	0.067	0.266	0.170	0.233	0.002	0.000	0.015	0.409	0.002	0.008	0.134	0.001	0.057	
	合計	38.7	3.29	2.58	0.58	2.11	0.51	0.22	0.52	0.08	7.48	3.65	3.82	0.580	0.177	0.674	0.651	0.745	0.002	0.003	0.035	0.872	0.003	0.015	0.147	0.001	0.062
中野	粗大粒子	21.1	0.72	1.23	0.60	0.10	0.56	0.04	0.49	3.34	1.61	1.73	0.363	0.208	0.573	0.128	0.689	0.002	0.006	0.021	1.186	0.002	0.010	0.041	0.000	0.006	
	微小粒子	38.9	5.29	2.67	0.45	2.24	0.25	0.20	0.19	0.04	13.85	4.08	9.77	0.364	0.065	0.170	0.152	0.599	0.011	0.012	0.25	0.010	0.012	0.133	0.001	0.038	
麻生	合計	59.9	6.01	3.90	1.05	2.34	0.80	0.24	0.68	0.12	17.19	5.69	11.50	0.717	0.272	0.742	0.280	0.000	0.002	0.046	1.703	0.012	0.022	0.173	0.001	0.045	
	粗大粒子	16.6	0.75	1.44	0.60	0.11	0.65	0.05	0.40	0.09	1.72	1.05	0.66	0.715	0.208	0.623	0.124	0.888	0.004	0.007	0.961	0.005	0.009	0.046	0.000	0.019	
平成14年度	微小粒子	25.4	4.82	2.35	0.50	2.13	0.16	0.20	0.14	0.03	6.01	2.40	3.61	0.205	0.092	0.211	0.188	0.371	0.011	0.008	0.271	0.445	0.008	0.009	0.108	0.001	0.036
	合計	42.0	5.57	3.78	0.95	2.24	0.82	0.24	0.54	0.12	7.73	3.46	4.27	0.920	0.299	0.834	0.312	1.059	0.015	0.015	0.040	1.405	0.0				