

## 川崎市における粒径別粒子状物質の成分組成

Chemical Composition of Coarse and Fine Particulate  
in Kawasaki City

吉 田 謙 一	Ken-ichi YOSHIDA
岩 淵 美 香	Mika IWABUCHI
井 上 康 明	Yasuaki INOUE
張 山 嘉 道	Yoshimichi HARIYAMA
佐 藤 静 雄	Shizuo SATOH

キーワード：粒子状物質，粗大粒子，微小粒子，成分組成

Key words : particulate matter, coarse particulate, fine particulate,  
chemical composition

## 1 はじめに

大気中の粒子状物質は硫黄酸化物，窒素酸化物等とともに人の健康に係わる主要な大気汚染物質として注目され，その低減対策が進められてきた。

粒子状物質のうち $10\mu\text{m}$ 以下のものは浮遊粒子状物質として環境基準が定められているが，全国的にみて環境基準の達成状況は極めて低い状況にあり，川崎市においても平成5年度における環境大気測定所9カ所では全て未達成の状況<sup>1)</sup>となっている。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。

粒子状物質の発生源は多方面に渡っており，大気中の粒子状物質の化学組成，粒径分布の特性は気象条件やその発生・生成機構に関係していると考えられ，都市大気中粒子状物質は，粒径 $2\mu\text{m}$ 前後が谷となる2山型となっていると報告<sup>2), 3)</sup>されている。粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の微小粒子は物の燃焼によって発生するものや，ガス状物質が粒子状物質に変化して生成する二次粒子が主なものとされている。これら人為的発生源が起因として生ずる微小粒子と自然界の発生源を起因として生ずる粗大粒子とを別々に評価し，それぞれの環境大気中における汚染特性を把握することが浮遊粒子状物質濃度の低減対策に重要と思われる。

川崎市では粒子状物質対策の一環として種々の調査を行っており<sup>4)~9)</sup>，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も通年調査を実施してきた。平成5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，成分組成などについて調査を実施したのでその結果について報告する。

## 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5年4月から平成6年3月までの1年間にわたって，毎月1回行った。

## 2.1.2 調査地点

調査地点を図1に示した。環境大気測定地点として臨海工業地帯に隣接した川崎市公害研究所（田島），市の中央部に位置する中原環境大気測定所（中原），海岸線から内陸に20数km入った丘陵地で住居地域の麻生環境大気測定所（麻生）及び道路沿道大気測定地点として首都高速横羽線，産業道路に面した池上自動車排ガス測定所（池上）の合わせて4地点とした。

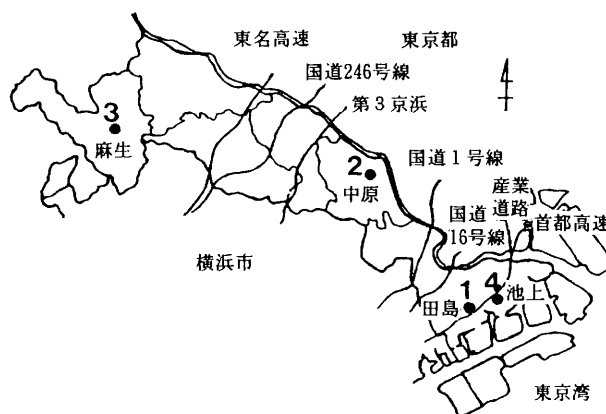


図1 調査地点

## 2.2 試料採取及び分析方法

## 2.2.1 試料採取

環境大気中の粒子状物質の捕集にはアンダーセン・ローボリウム・エア・サンプラー（以下ALVとする）を用いた。ALVは通常8段分級であるが、今回の調査では0段目（空気動力学径 $dp_{50}=11\mu\text{m}$ ）、4段目（ $dp_{50}=2.1\mu\text{m}$ ）及びバックアップフィルターを用いて2段捕集で行った。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4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）を供した。

## 2.2.2 分析方法

分析項目と分析方法については表1に示した。

表1 分析項目及び分析方法

分析項目	分析方法
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>	イオンクロマトグラフ法
Corg, Cel, Ct	元素分析法
Na, Mg, Al, K, Ca V, Cr, Mn, Fe, Ni Cu, Zn, Cd, Pb	原子吸光分光光度法

## (1) 水溶性イオン成分

分級捕集したろ紙1/4試料を三角フラスコに入れ、超純水20mlで完全に含浸（約3分間）させた後、1分間超音波抽出を行い、振とう後、更に超音波で1分間抽出を行った。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。これらの分析では抽出液を5mlディスプレイザブルシリンジに取り、メンブランフィルター（ミリポア社製 マイレクス-GC, 0.22 $\mu\text{m}$ ）で粒子状物質を除去し、イオンクロマトグラフ装置（横河電機製 Model IC7000）で分析を行った。

## (2) 炭素分析

白金製ホルダーの中に分級捕集したろ紙1/8試料を入れ、He気流中、燃焼炉550°Cで揮発・分解した加熱生成物を酸化炉850°Cで酸化し生成したCO<sub>2</sub>から求めた炭素量を有機炭素（Corg）とした。引き続き900°C、He-O<sub>2</sub>気流中で燃焼し生成したCO<sub>2</sub>から求めた炭素量を元素炭素量（Cel）とし、これらを合計したものを総炭素量（Ct）とした。分析装置はCHN計（柳本製 MT-3）を用いた。

## (3) 金属成分

分級捕集したろ紙1/2試料をフッ酸及び硝酸・過塩素酸分解後、原子吸光分光光度法で分析を行った。分析装置は偏光ゼーマン原子吸光分光光度計（日立製 180-80形）を用いた。

## 3 結果及び考察

## 3.1 粒子状物質

粗大、微小粒子の年平均濃度とその割合を表2に示した。粗大、微小粒子濃度とも道路沿道地点の池上が最も高く、ついで環境大気地点の田島、中原、麻生の順であった。池上においては、環境大気3地点に比較して粗大、微小粒子とも約2倍高い濃度を示した。このことは、周辺の幹線道路を走行する自動車から排出される粒子状物質が直接影響していること、また、走行する自動車からの巻き上げによる粒子状物質の影響も受けていると思われる。粗大、微小粒子濃度を比較してみると、各地点とも微小粒子の方が2倍程度高い値を示した。更に粗大、微小粒子濃度割合は、4地点とも同じであることから、川崎市内などの都市地域における粒子状物質汚染は、自動車走行によって発生する粒子状物質が広範囲に影響し、しかもその寄与率が高いことを示していると考えられる。

表2 粗大、微小粒子及び粒子状物質の年平均濃度

地点	(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	粗大粒子	微小粒子	粒子状物質
田島	16 (35.6)	29 (64.4)	45
中原	15 (34.9)	28 (65.1)	43
麻生	14 (35.0)	26 (65.0)	40
池上	28 (35.0)	52 (65.0)	80

注：( )内は総量に対する割合 (%) を示す

次に、市内4地点の調査結果について平成5年度南関東一都三県二市SPM検討会で実施した南関東地域の調査結果<sup>10)</sup>（平成5年度全調査地点の平均値は粗大21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、微小34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）と比較したところ、市内の大気中の粒子状物質濃度は、池上のように自動車排出ガスの影響を強く受けて高い濃度を示す地点が見られるものの、環境大気地域では南関東地域と同程度の濃度レベルであった。

各調査地点での粒径別粒子状物質濃度の経月推移を図2に示した。

粗大、微小粒子濃度の経月推移は各調査地点とも類似しており、平成5年度の粒子状物質濃度は12月から2月にかけて高くなっており、10月から12月にかけて高くなる例年のパターンとは異なっていた。この年の気象状況は春から秋にかけてほぼ全国的な低温傾向が続き、夏には記録的な低温や多雨、日照不足に見舞われ、12月初旬頃まで曇や雨の多い日が続き中旬以降になって冬型の気圧配置となった<sup>11)</sup>。このため例年10月から12月にかけて大気汚染物質の冬期高濃度が出現しているが、平成5年度は10月から12月の高濃度の出現回数が少なく、冬期の高濃度が12月から2月に出現したためと考えられる。

例えば、各地点で最高濃度を示した1月の粗大、微小粒子濃度は、それぞれ池上で $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $87\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、田島で $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $55\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中原で $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $54\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、そして麻生で $11\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $43\mu\text{g}/\text{m}^3$ の順であった。この月の各地点での微小粒子濃度は、年平均濃度の約1.7~1.9倍に達した。

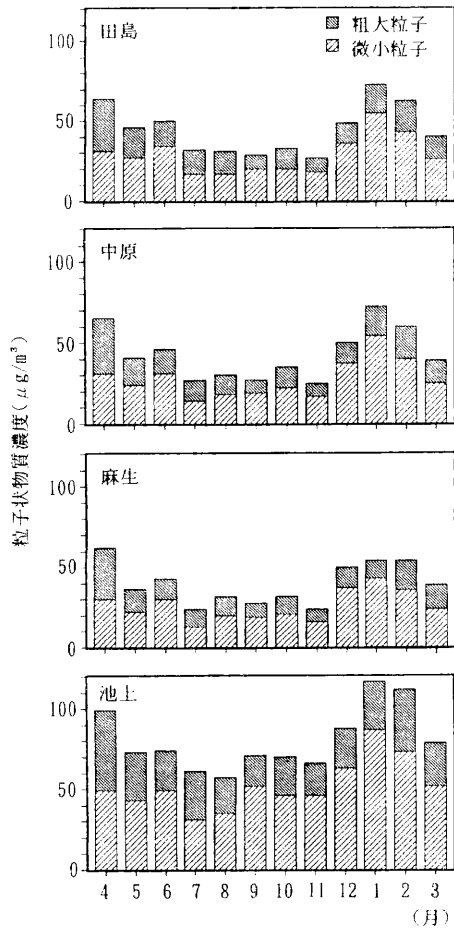


図2 粗大、微小粒子濃度の経月推移

### 3.2 粒径別粒子状物質中の水溶性イオン成分

イオン成分(4成分： $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ )の粗大、微小粒子別の年平均濃度及び全てのイオン成分濃度に対する各イオン成分濃度の割合を表3に示した。

$\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ とも微小粒子側の濃度が高く、道路沿道地点の池上が環境大気3地点に比べ濃度が高かった。粗大、微小粒子別にその割合をみると、粗大粒子側においては道路沿道の池上で $\text{SO}_4^{2-}$ が、環境大気地点では $\text{NO}_3^-$ の割合が高く、微小粒子側においては道路沿道の池上、環境大気地点とも $\text{SO}_4^{2-}$ の割合が高かった。 $\text{NH}_4^+$ は明らかに微小粒子側の濃度が高く、微小粒子中に占める割合も $\text{SO}_4^{2-}$ に次いで高かった。

次に、各イオン成分の経月推移をみると、 $\text{SO}_4^{2-}$ 成分濃度は各地点とも春期が高く、冬期が低くなる変動パターンを示しており、年間を通して微小粒子の占める割合が多かった(図3)。微小粒子中の $\text{SO}_4^{2-}$ 成分は、 $\text{SO}_2$ ガスの酸化に伴う $\text{H}_2\text{SO}_4$ が $\text{NH}_3$ との中和反応に

より二次生成された $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 粒子が考えられる。

$\text{NO}_3^-$ 成分濃度は各地点とも季節変動が大きく春期・冬期に高く、夏期に低くなる変動パターンを示しており、粗大、微小粒子の割合は夏期には粗大粒子が、冬期には微小粒子の占める割合が多かった(図4)。冬期における微小粒子中の $\text{NO}_3^-$ 成分は、 $\text{NO}_x$ ガスの酸化に伴う $\text{HNO}_3$ ガスと $\text{NH}_3$ ガスとの中和反応により二次生成された $\text{NH}_4\text{NO}_3$ が、また夏期の粗大粒子中の $\text{NO}_3^-$ 成分は、 $\text{HNO}_3$ ガスと海塩粒子との反応による $\text{NaNO}_3$ と考えることができる。夏期の微小粒子中の $\text{NO}_3^-$ 成分があまり存在しなかったのは $\text{NH}_4\text{NO}_3$ が熱解離して、粒子としての存在割合が少なかったためと推定される。

$\text{Cl}^-$ 成分濃度は各地点とも冬期に高くなる変動パターンを示しており、春期・夏期には粗大粒子が、冬期には微小粒子の占める割合が多かった(図5)。粗大粒子中の $\text{Cl}^-$ 成分が春期・夏期に高いのは、東京湾に面した川崎市のこの季節には南よりの風向により、一次粒子である海塩粒子による $\text{NaCl}$ の割合が多くなったためと考えられる。また、冬期における微小粒子中の $\text{Cl}^-$ 成分は、 $\text{HCl}$ ガスと $\text{NH}_3$ ガスとの中和反応により二次生成された $\text{NH}_4\text{Cl}$ が考えられる。春期・夏期に微小粒子中に $\text{Cl}^-$ 成分があまり存在していないのは、夏期における $\text{NO}_3^-$ 成分と同様に、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ が熱解離して、粒子としての存在割合が少なかったためと推定される。

$\text{NH}_4^+$ 成分濃度は各地点とも $\text{NO}_3^-$ 成分濃度と同様に春期・冬期が高く、夏期が低くなる変動パターンを示しており、年間を通じてほとんど微小粒子で占められていた(図6)。 $\text{NH}_3$ ガスは酸性ガス( $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{HCl}$ など)との中和反応により $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ など微小の二次生成粒子を生成する。そして気温の低い冬期には粒子としての割合が多くなるが、気温の高い夏期には少なくなり、気相( $\text{NH}_3$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{HCl}$ など)としての存在割合が多くなるといえる。

ちなみに、各地点での微小粒子中の $\text{SO}_4^{2-}$ 成分濃度の最高値を出現したのは6月で $5.47\sim 7.23\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ の3成分の最高値は1月に集中し $\text{NO}_3^-$ は $4.85\sim 5.94\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $\text{Cl}^-$ は $4.43\sim 6.35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $\text{NH}_4^+$ は $4.35\sim 5.47\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

表3 粗大、微小粒子中のイオン成分の年平均濃度

地点	粗大粒子				微小粒子			
	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{NH}_4^+$
田島	0.63 (17.0)	0.90 (24.3)	0.82 (22.2)	0.03 (0.8)	3.29 (35.8)	1.87 (20.3)	1.28 (13.9)	2.12 (23.0)
中原	0.51 (16.3)	0.88 (28.2)	0.62 (19.9)	0.03 (0.9)	2.89 (37.4)	1.51 (19.6)	0.90 (12.4)	1.83 (23.7)
麻生	0.50 (18.0)	0.86 (30.9)	0.45 (16.2)	0.04 (1.4)	2.93 (36.6)	1.57 (19.6)	1.05 (13.1)	1.91 (23.8)
池上	1.05 (22.9)	0.91 (19.8)	0.95 (20.7)	0.03 (0.7)	3.90 (36.7)	2.16 (20.3)	1.39 (13.1)	2.45 (23.0)

注：( )内は全イオン成分濃度に対する割合(%)を示す

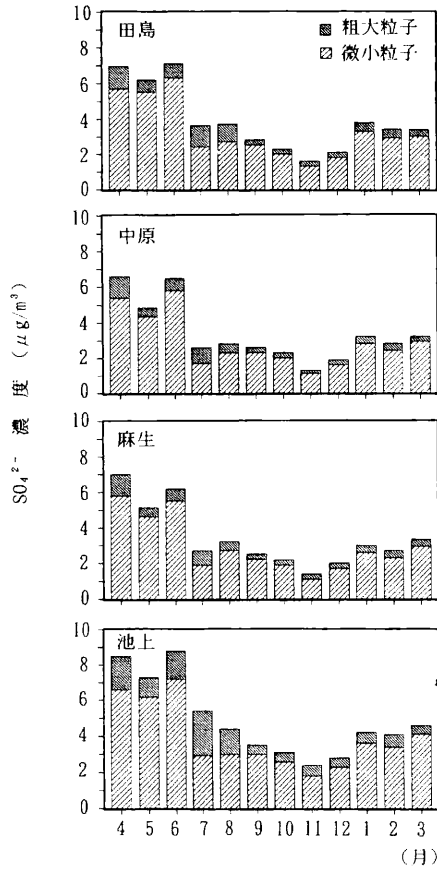


図3 粒径別  $SO_4^{2-}$  濃度の経月推移

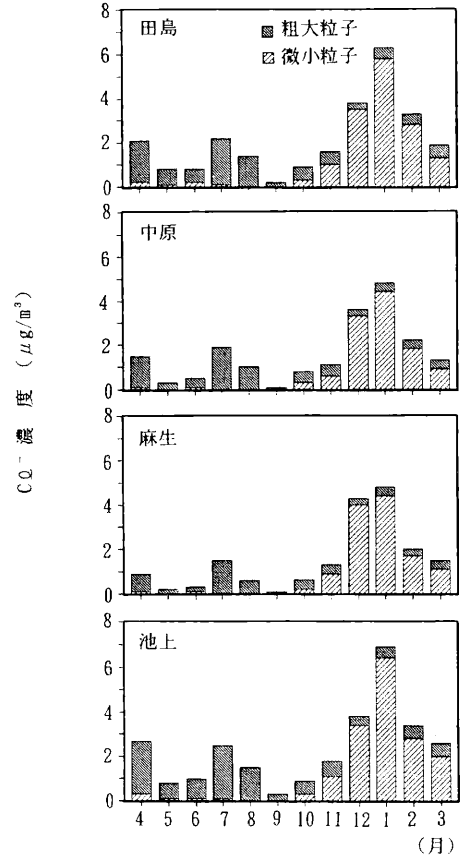


図5 粒径別 CO 濃度の経月推移

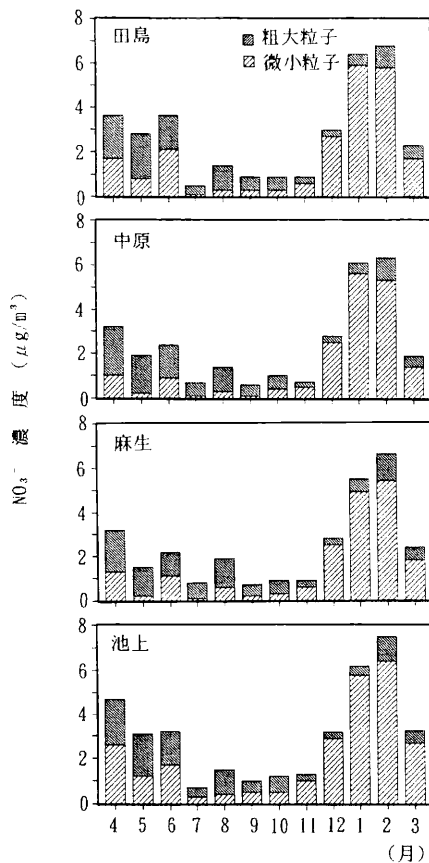


図4 粒径別  $NO_3^-$  濃度の経月推移

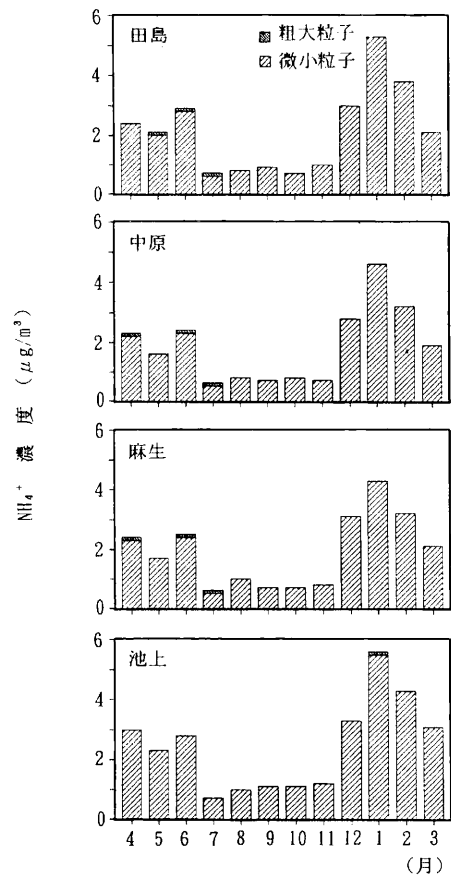


図6 粒径別  $NH_4^+$  濃度の経月推移

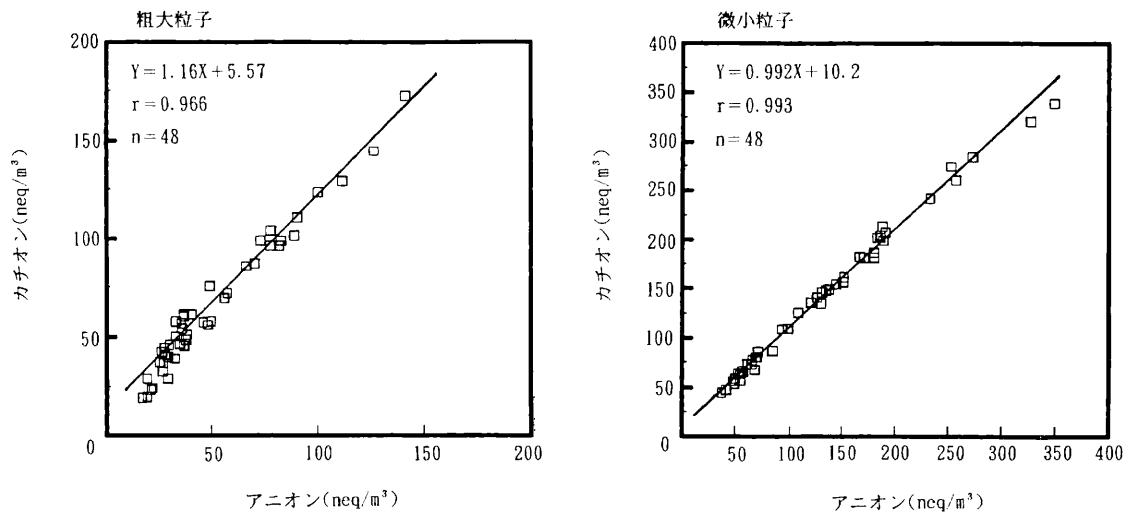


図7 粗大、微小粒子中のアニオンとカチオンの関係

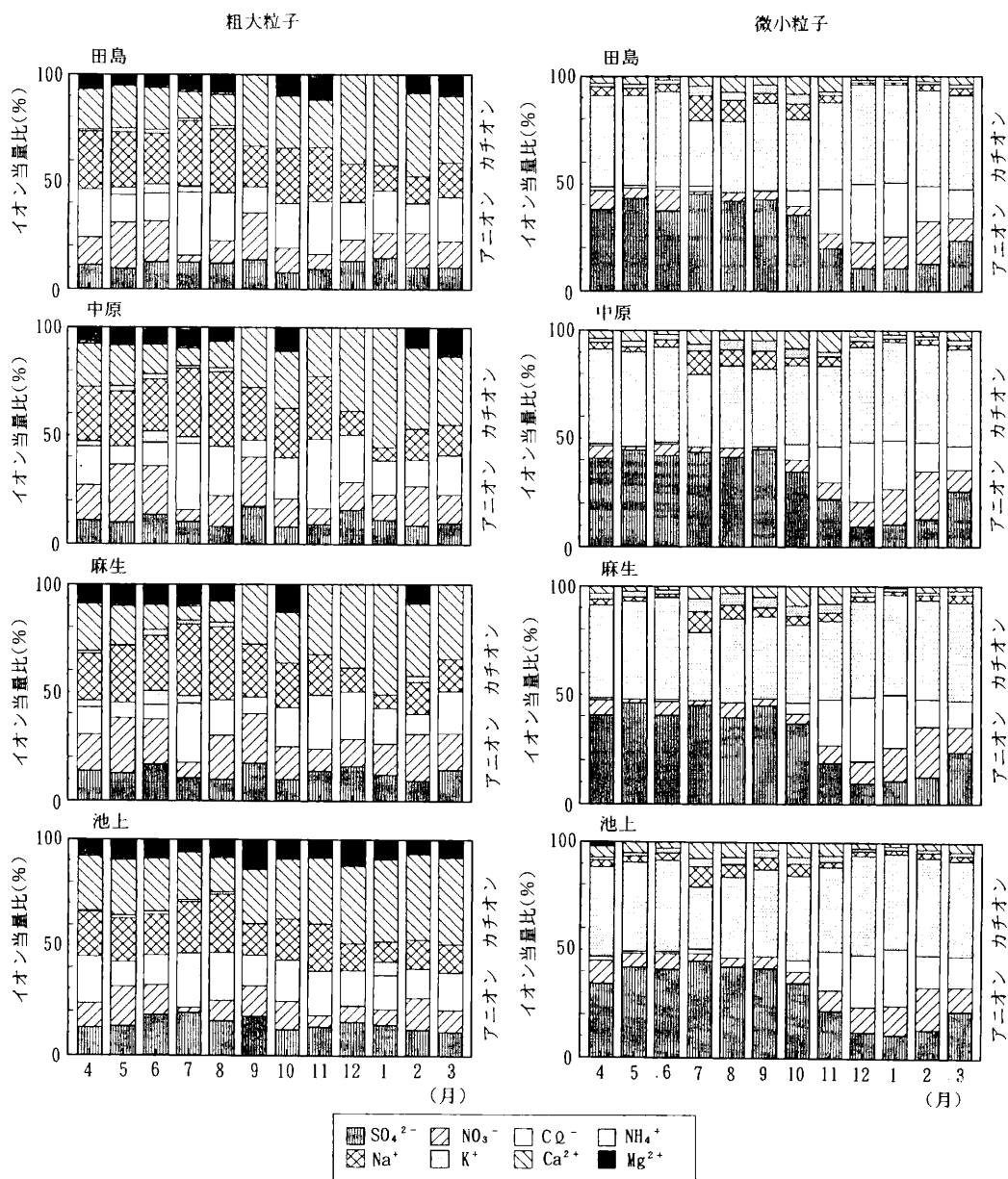


図8 粗大、微小粒子中のイオン当量比

### 3.3 水溶性イオン成分のイオンバランス

図7と図8に粗大、微小粒子中のアニオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ), カチオン ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) のイオン当量関係及びイオン当量比を示した。

粗大粒子におけるアニオンとカチオンのイオン当量の関係は ( $X$ : $\text{Ca}^{2+}$ ,  $Y$ : $\text{Na}^+$ )  $Y=1.16X+15.57$  ( $r=0.966$ ) であり、カチオンが過多であった。このことは図8の粗大粒子におけるイオン当量比をみると全調査地点とも各月でその比が50%以上となっており、カチオンが過多であることが分かる。その特徴は春期・夏期には  $\text{Na}^+$  が多く、秋期・冬期は  $\text{Ca}^{2+}$  が増加していた。特に冬期はより顕著であり、 $\text{Ca}^{2+}$  の当量比が30~50%程度と大きくなっていった。これは、夏期には南よりの風により、東京湾や相模湾からの海風となって海塩粒子が影響し  $\text{Na}^+$  が多くなり、冬期は内陸部からの北よりの風により土壌粒子が舞い上がり  $\text{Ca}^{2+}$  が多くなったと思われる。

微小粒子におけるアニオンとカチオンのイオン当量の関係は ( $X$ : $\text{Ca}^{2+}$ ,  $Y$ : $\text{Na}^+$ )  $Y=0.992X+10.2$  ( $r=0.993$ ) と全調査地点とも各月でほぼ1:1の対応を示していた。微小粒子中のアニオンとカチオンのイオン当量比は、春期から秋期と冬期とでは大きな差異が各調査地点で同様にみられた。

すなわち、春期から秋期にはアニオンの  $\text{SO}_4^{2-}$  が40%前後、カチオンの  $\text{NH}_4^+$  が30~40%程度とイオン当量比が大きく、この2成分がほぼ1:1の対応を示していた。一方、冬期にはカチオンの  $\text{NH}_4^+$  が40%前後、アニオンの  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  が、それぞれ10~30%程度であり、 $\text{Cl}^-$  成分は春期から夏期に比べて明らかに濃度が高く、その割合も増えていた。

### 3.4 粒径別粒子状物質中の炭素成分

各調査地点での粗大、微小粒子中の炭素成分の年平均濃度及び組成割合を表4に示した。

表4 粗大、微小粒子中の炭素成分の年平均濃度と組成割合

地点	粗大粒子				微小粒子				
	Corg	Ce $\ell$	Ct	Corg/Ce $\ell$ (比率)	Corg	Ce $\ell$	Ct	Corg/Ce $\ell$ (比率)	Ct/総Ct
田島	1.1 (45.8)	1.3 (54.2)	2.4	0.85	2.8 (28.3)	7.1 (71.7)	9.9	0.39	(80)
中原	1.2 (56.0)	1.2 (50.0)	2.4	1.00	2.9 (29.0)	7.1 (71.0)	10.0	0.41	(81)
麻生	1.2 (54.5)	1.1 (50.0)	2.2	1.09	2.8 (31.8)	6.0 (68.2)	8.8	0.47	(80)
池上	2.1 (35.6)	3.8 (64.4)	5.9	0.55	5.2 (18.4)	23.0 (81.6)	28.2	0.23	(83)

注: Ct/総Ct=Ct(微小粒子)/(Ct(粗大粒子)+Ct(微小粒子)) $\times$ 100

注: CorgとCe $\ell$ ( )内は各粒子中の全炭素成分濃度に対する割合(%)を示す。

粒子状物質中の炭素成分の80~83%(Ct/総Ct)は、微小粒子中に含まれていた。微小粒子中の総炭素成分(Ct)に占める元素炭素成分の割合は道路沿道地点の池上で82%と高く、環境大気地点では68~72%であった。有機炭素成分とディーゼル自動車の排出粒子の指標成分とされている元素炭素成分との濃度比(Corg/Ce $\ell$ )が小さいほどディーゼル自動車排出粒子の影響を受けているといわれている。微小粒子中の年平均濃度比は池上で0.23、田島で0.39、中原で0.41、麻生で0.47であり、池上がディーゼル自動車排出粒子の影響を最も強く受けているといえる。

微小粒子中の炭素成分(有機炭素+元素炭素)の経月推移を図9に示した。微小粒子中の炭素成分濃度の経月推移は年間を通じて濃度変動は少なく、冬期に若干濃度が高くなる傾向にあり、各調査地点とも1月に最高値を示した。微小粒子中の有機炭素と元素炭素の1月の濃度はそれぞれ池上で9.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、33.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、田島で5.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、15.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中原で5.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、15.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、麻生で4.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、10.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

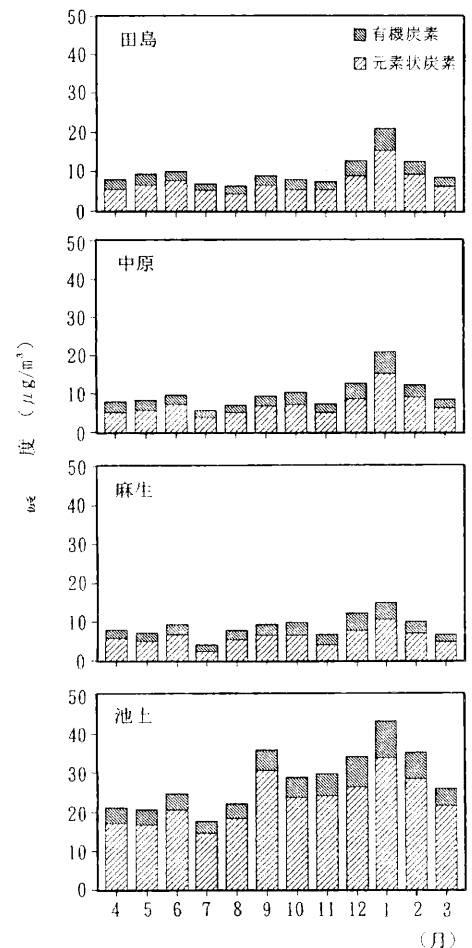


図9 微小粒子中の有機炭素と元素炭素濃度の経月推移

### 3.5 粒径別粒子状物質中の金属成分

粗大、微小粒子中の金属成分の年平均濃度を表5に示した。

金属成分濃度は道路沿道地点よりも、環境大気地点の方が高く、微小粒子側よりも粗大粒子側に占める割合が多かった。粗大粒子のうち土壌粒子に由来すると考えられるAl, Ca, Feのそれぞれの濃度は、0.60~0.87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 0.56~1.56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 0.54~1.50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、海塩粒子に由来すると考えられるNaは0.63~0.94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、微小粒子中の濃度はAlが0.16~0.22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Feが0.18~0.47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Naが0.27~0.37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , その他濃度の高い金属成分としては、Kが0.24~0.27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Znが0.15~0.21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 等であった。

表5 粗大、微小粒子中の金属成分の年平均濃度

(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	田島		中原		麻生		池上	
	粗大粒子	微小粒子	粗大粒子	微小粒子	粗大粒子	微小粒子	粗大粒子	微小粒子
Na	0.88	0.37	0.75	0.27	0.63	0.29	0.94	0.37
Mg	0.20	0.05	0.19	0.05	0.15	0.04	0.29	0.06
Al	0.60	0.17	0.68	0.22	0.67	0.20	0.87	0.16
K	0.15	0.28	0.15	0.24	0.17	0.26	0.21	0.27
Ca	0.73	0.16	0.67	0.10	0.56	0.09	1.56	0.21
V	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.001	0.004	0.005
Cr	0.008	0.009	0.003	0.001	0.003	0.003	0.021	0.009
Mn	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.03
Fe	0.78	0.37	0.64	0.25	0.54	0.18	1.50	0.47
Ni	0.006	0.007	0.004	0.006	0.006	0.005	0.009	0.008
Cu	0.015	0.022	0.016	0.020	0.013	0.021	0.025	0.036
Zn	0.05	0.19	0.04	0.15	0.05	0.18	0.08	0.21
Cd	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.003
Pb	0.013	0.059	0.011	0.046	0.014	0.066	0.019	0.066

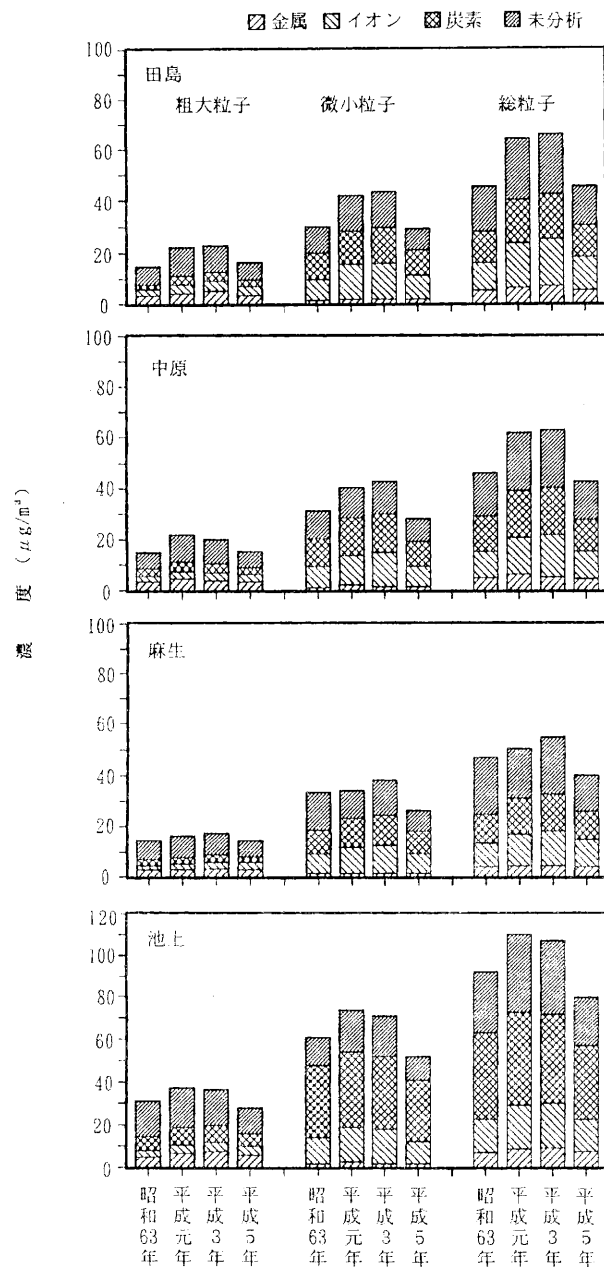


図10 粒子状物質中の各種成分の年平均濃度

表6 粒子状物質及び各種組成成分の年平均濃度と組成割合

(単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	粗大粒子					微小粒子				
	粒子	イオン	炭素	金属	未知	粒子	イオン	炭素	金属	未知
田島	16	3.70	2.4	3.45	6.4	29	9.20	9.9	1.71	8.1
		(23.1)	(15.0)	(21.6)	(40.0)		(31.7)	(34.1)	(5.9)	(27.9)
中原	15	3.12	2.4	3.17	6.3	28	7.72	10.0	1.38	8.9
		(20.8)	(16.0)	(21.1)	(42.0)		(27.6)	(35.7)	(4.9)	(31.8)
麻生	14	2.78	2.2	2.82	6.2	26	8.01	8.8	1.36	7.8
		(19.9)	(15.7)	(20.1)	(44.3)		(30.8)	(33.8)	(5.2)	(30.0)
池上	28	4.59	5.9	5.57	11.9	52	10.63	28.3	1.91	11.1
		(16.4)	(21.1)	(19.9)	(42.5)		(20.4)	(54.4)	(3.7)	(21.3)

注: ( )内は各粒子中の粒子状物質濃度に対する割合(%)を示す。

### 3.6 粒径別粒子状物質中の各成分の組成割合

各調査地点での粗大、微小粒子別の粒子状物質濃度とイオン成分、炭素成分、金属成分の各濃度と組成割合の年平均値を表6に示した。

粗大粒子中に占める金属成分の割合は、20~22%、イオン成分は16~23%、炭素成分は15~21%であった。これら3成分の合計が粗大粒子中に占める割合は56~60%であり、残りは未知成分の40~44%であった。粗大粒子側では道路沿道地点、環境大気地点とも各イオン成分の割合はほぼ同じ割合であった。なお、未知成分としては金属酸化物中の酸素、水分等が考えられる<sup>7)</sup>。

微小粒子中に占める炭素成分は道路沿道の池上で54%と最も高く、環境大気地点は34~36%であった。微小粒子中に占める割合の多い炭素成分とイオン成分の合計が池上で75%、環境大気地点のそれは63~65%であった。未知成分は池上で21%、環境大気地点で28~32%であった。微小粒子側での炭素成分については道路沿道地点、イオン成分及び金属成分については環境大気地点での割合が多かった。

参考までに昭和63年度、平成元年度、平成3年度の3年分と本年度調査結果を含む計4年分の粒子状物質中の各種成分の年平均濃度の経年推移を図10に示した。

#### 4 まとめ

- (1) 平成5年度の粒径別粒子状物質濃度は4月と、12月から2月にかけて高くなり1月に最高値を示した。粗大、微小粒子の年平均濃度は、道路沿道の池上でそれぞれ $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、環境大気の田島で $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中原で $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、そして麻生で $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。しかしながら4月の粗大、微小粒子濃度は各調査地点で同程度の濃度割合を示した。
- (2) 粗大、微小粒子濃度の経月推移は各調査地点とも類似したパターンを示した。
- (3) 二次生成粒子のうち $\text{SO}_4^{2-}$ 及び $\text{NH}_4^+$ の成分は、年間を通じて微小粒子側の占める割合が多く、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 成分は、春期・夏期は粗大粒子側が、秋期・冬期は微小粒子側の占める割合が多かった。微小粒子中の $\text{SO}_4^{2-}$ は春から初夏にかけて、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ は冬に高い濃度を示した。
- (4) 粗大、微小粒子中のアニオン、カチオンのイオンバランスは、粗大粒子は回帰直線からみた傾きが1.16であり、カチオンのイオン当量比が各調査地点の殆どの月で50%以上となっており、カチオン過多であった。微小粒子のそれは0.992でありアニオン、カチオンのイオン当量比は、ほぼ1:1の関係を示した。
- (5) 各調査地点とも粒子状物質中の炭素成分の80~83%は、微小粒子中に含まれていた。有機炭素成分と元素状炭素成分との濃度比(Corg/Cel)は、池上が0.23、田島が0.39、中原が0.41、麻生が0.47であり、道路沿道地点の池上がディーゼル自動車の影響を最も強く受けていた。
- (6) 各調査地点での粒子状物質中の金属成分濃度とその割合は、粗大粒子の方が微小粒子と比べて成分濃度で約2.5倍、成分割合で約4倍高い結果であった。特に、粗大側で土壌粒子や海塩粒子に由来すると考えられるAl、Ca、FeとNaが高い値を示した。
- (7) 各調査地点での都市大気中の粗大粒子を構成する成分は、金属成分、イオン成分及び炭素成分で56~60%を占めており、残りは未知成分の40~44%であった。一方、微小粒子は炭素成分とイオン成分とで63~75%、金属成分が4~6%で、残りは未知成分の21~32%であった。

平成5年度の各種成分分析結果と昭和63年度、平成元年度、平成3年度の過去3年の分析結果を比較すると、平成5年度は過去3年の結果より、微小粒子側でやや低い値を示しているものの全般的に昭和63年度とよく一致した結果であった。

#### 文 献

- 1) 川崎市：川崎市における大気汚染，33，平成5年度
- 2) Hidy, G. M. : J. Air Poll. Control Assoc., 25, 1106~1114 (1975)
- 3) 川崎市公害研究所：川崎市における浮遊粉じん粒度分布の調査研究，神奈川県大気汚染調査研究報告，24, 110~112 (1983)
- 4) 早坂孝夫，小池順一，井上康明，黒沢芳則，佐藤静雄，中村清治：川崎市における浮遊粒子状物質の発生源寄与率の算定，川崎市公害研究所年報，15, 15~20 (1988)
- 5) 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性状に関する調査研究，川崎市公害研究所年報，15, 5~14 (1988)
- 6) 井上康明，柴田幸雄，小塚義昭，黒沢芳則，小池順一，早坂孝夫：川崎市市内における浮遊粒子状物質中の成分組成に関する調査研究，川崎市公害研究所年報，17, 19~33 (1990)
- 7) 井上康明，小塚義昭，岩渕美香，吉田謙一，井上俊明，緒方行治：川崎市における粗大、微小粒子とその成分組成に関する調査研究，川崎市公害研究所年報，20, 27~37 (1994)
- 8) 林 久緒，井上康明，早坂孝夫ら：元素分析計を用いた浮遊粉じん中の炭素等の分析法，大気汚染学会誌，20, 349~361 (1985)
- 9) 林 久緒，早坂孝夫，井上康明ら：川崎市における浮遊粉じん濃度及び各種成分の経年推移と特性について，全国公害研会誌，11, 83~92 (1986)
- 10) 一都三県公害防止協議会：平成5年度南関東浮遊粒子状物質合同調査結果報告書，平成7年3月
- 11) 日本気象協会：気象，(1994年2, 3, 4月号)