

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 particles in Kawasaki city

山田 大介	Daisuke	YAMADA
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

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 material, coarse particles, fine particles, chemical composition

1 はじめに

大気中の浮遊粒子状物質による汚染は、現在の公害の中で最も改善が進んでいない項目の1つである。特に、大都市圏において環境基準達成率が低い状況である。川崎市では、平成7年度から一般環境大気測定局（一般局）に加えて自動車排出ガス測定局（自排局）も浮遊粒子状物質の測定を開始した。それから確実に減少しているものの、連続2日間 $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ の環境基準を達成することが困難で、平成11、12年度に全一般局と一部の自排局が基準をクリアしたほかはほとんど基準を達成していない。平成13年度における一般局9局及び自排局9局も全て未達成であった。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。

近年、浮遊粒子状物質の疫学的な調査が進むにつれ、直径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子の濃度と呼吸器疾患死亡率が相関を示すこと、さらに直径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子なら程度の差はあれ、どのような成分で構成されていても呼吸器に悪影響を与えることが判明した¹⁾。特に、直径 $0.1\mu\text{m}$ 以下のナノ粒子は、肺胞を通過してリンパ管や血管内、肺門リンパ節に入り込み、血管内皮細胞や血小板、白血球を直接的に刺激して複雑なサイトカインの連鎖反応を引き起こし、心循環系疾患発生につながる可能性も示唆されている²⁾。したがって、粒子状物質の汚染状況を早急に解析し、改善することは極めて重要な課題である。

川崎市では粒子状物質対策の一環として種々の調査・分析を実施しており、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も通年調査を行ってきた。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、炭素成分について分析したので、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。

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ALVと略）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（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、 $28.3\text{L}/\text{min}$ 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（ $2.1\sim 11\mu\text{m}$ ）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 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。

分級捕集したろ紙1/4試料を栓付き三角フラスコに入れ、超純水10mLを加えた後、超音波抽出を2.5分間行い、0.5分間攪拌した後、更に超音波で2.5分間抽出を行った。この抽出液を5mL ディスポーザブルシリ

ンジに取り、メンブランフィルター（アドバンテック東洋社製 PTFE 0.20 μ m）で粒子状物質を除去し、イオンクロマトグラフ装置（ダイオネックス社製 IC DX500 クロマトグラフシステム）で分析を行った。

(2) 炭素分析

平成 10 年度から 12 年度までは、分析装置の CHN 計として柳本製 MT-3 を用い、以下のようにして測定した。焼却処理済みの白金ボートに分級捕集したろ紙 1/8 試料を入れ、He 気流中燃焼炉 550 で揮発・分解した加熱生成物を生成した CO₂ から求めた炭素量を有機炭素 (OC) とした。引き続き 900、He-O₂ 気流中で燃焼し生成した CO₂ から求めた炭素量を元素状炭素 (EC) とし、これらを合計したものを総炭素量 (TC) とした。平成 13 年度からヤナコ分析工業株製 CHN コーダー MT-6 を用い、同様にして分析したが、OC 測定時の燃焼炉を He 気流中 600 に設定し、EC 測定時の燃焼炉を He-O₂ 気流中 900 に設定した。

3 結果及び考察

3.1 粒子状物質

粗大粒子、微小粒子及び粒子状物質の年平均濃度の推移を図 1 に示した。ここでいう粒子状物質の濃度は、

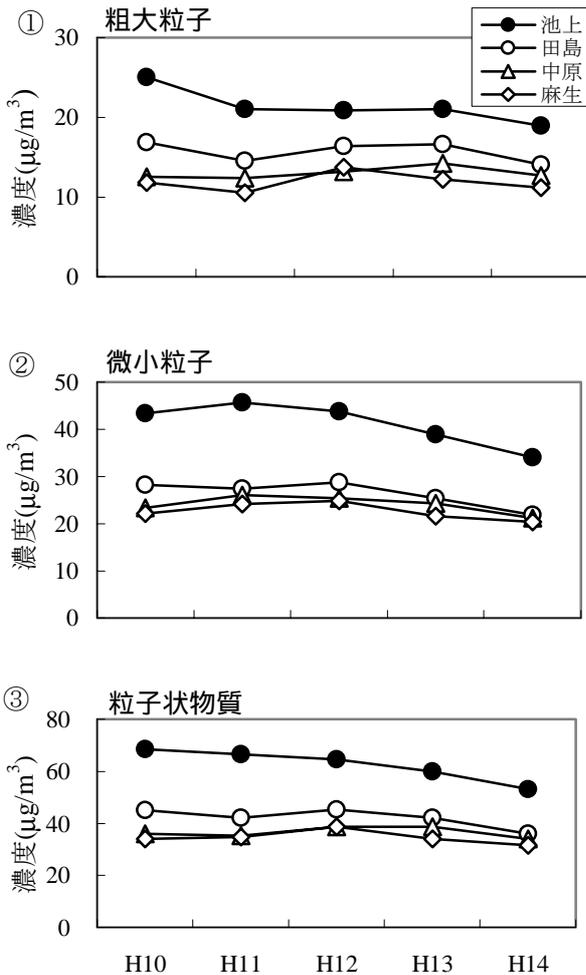


図 1 粗大粒子、微小粒子及び粒子状物質の年平均濃度の推移

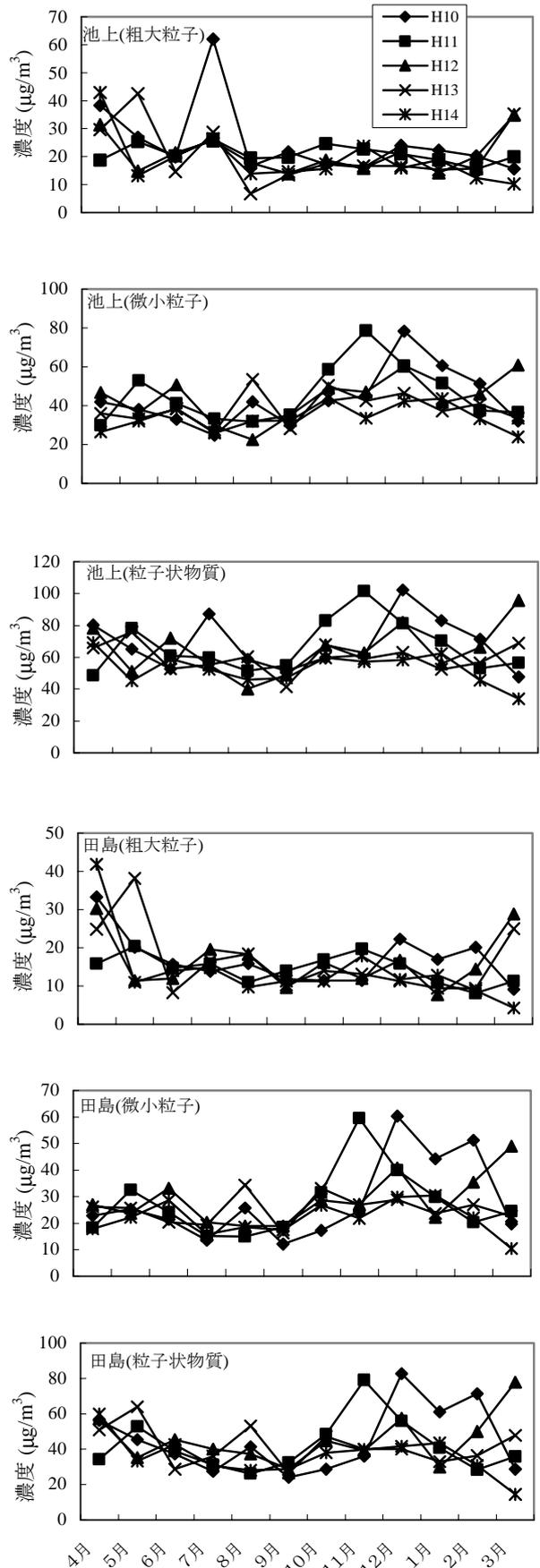


図 2 - 1 池上、田島での粗大粒子、微小粒子、粒子状物質濃度の経月推移

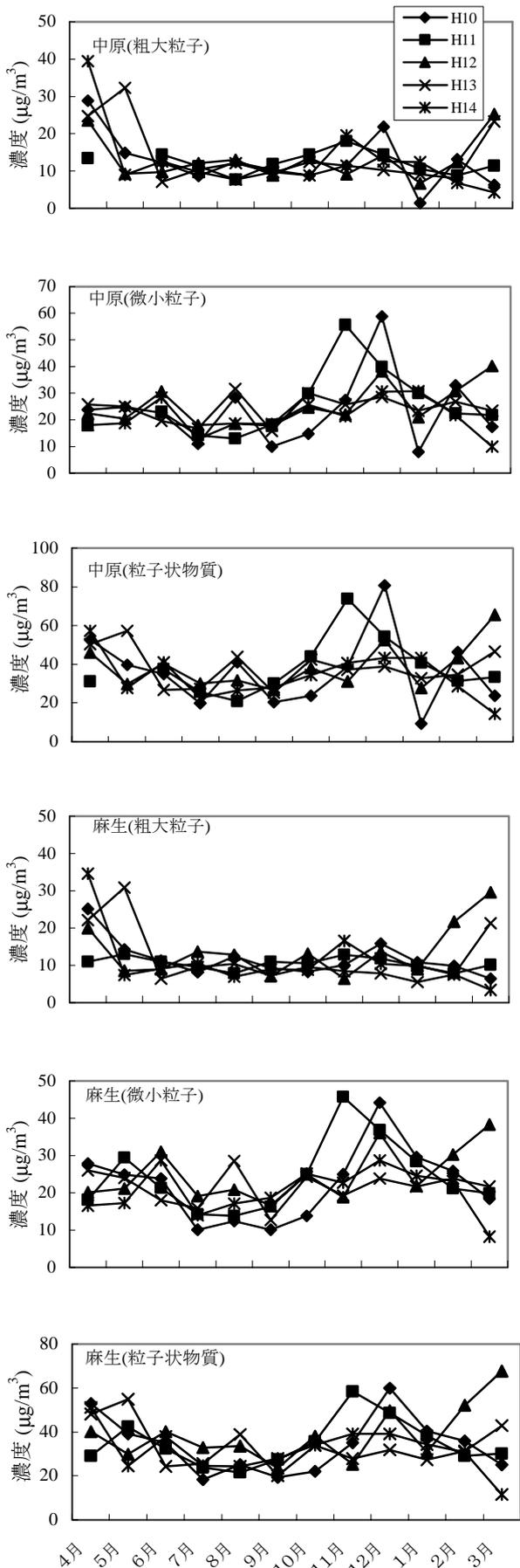


図2 - 2 中原、麻生での粗大粒子、微小粒子、
粒子状物質濃度の経月推移

粗大粒子濃度と微小粒子濃度をあわせたものである。粗大、微小粒子濃度とも池上が最も高いが減少傾向にあった。田島がそれに続き、中原と麻生はほぼ同程度であったが、この3地点はほぼ横ばいに推移していた。また、池上は他の3地点と比較して1.5~2倍の濃度を示した。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と思われる。池上は、周辺に産業道路と高速横羽線があり、1日の走行台数が5万台を超える。また、大型車の混入率が高く、ディーゼル車の比率も高い。従って、池上の粒子状物質が高濃度なのは、自動車排気ガス、特にディーゼル排気粒子の影響が非常に強く現れていると思われる。

次に、各調査地点での経月推移を図2に示した。各地点の経月推移のパターンはよく似ていた。特に、どの地点でも平成10年度の12月及び平成11年度の11月に微小粒子のピークが現れていた。このような粒子状物質のピークは夏期と初冬期に見られることが多い。

初冬のピークは冬型の気圧配置になる前で、天気の変化が比較的ゆっくりしている状態で低気圧の暖域に入り、風速が弱く、雨が降らない、降ったとしてもごく弱く霧雨程度の日に現れるとされている³⁾。平成10年度の12月は、サンプリング期間の15~21日にかけては低気圧の暖域に入ったが穏やかな晴れの日が続いた⁴⁾。平成11年度の11月は、中旬の15日には気圧の谷の通過で25mm/日前後の雨が降ったが、サンプリング期間中の18~24日はまだ低気圧の暖域にあったものの晴れていた⁵⁾。このため、この両月で微小粒子濃度のピークが現れたものと思われる。平成12年以降、初冬のピークは目立たないものとなっているが、平成12~14年度の11月は雨の日が多く⁶⁾⁻⁸⁾、平成12,13年度の12月は早くに冬型の気圧配置になったこと⁶⁾⁻⁷⁾、平成14年度の12月は雨の日が多かったこと⁸⁾といった冬のピークが出来る条件を満たさなかったため、目立たなくなったと思われる。

粗大粒子は3~5月に高濃度を示すことが多いが、これは黄砂の影響を受けたためと思われる。

3.2 粒子状物質中の水溶性イオン成分

粉じん中に含まれるイオン成分のうち、陰イオン成分である SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- イオンについて図3に示した。これらの陰イオンのうち、 SO_4^{2-} イオン、 NO_3^- イオン、 Cl^- イオンの順に微小粒子に多く含まれていた。[微小粒子中各陰イオン成分] / [粒子状物質中各陰イオン成分]を求めると、 SO_4^{2-} イオンで80.9~88.8%、 NO_3^- イオンで60.8~77.8%であった。逆に Cl^- イオンは粗大粒子に多く存在し、[微小粒子中 Cl^- イオン] / [粒子状物質中 Cl^- イオン]を求めると29.5~67.4%であった。これら陰イオン成分は川崎市南部の池上と田島で多く、北部に行くに従って若干ではあるが低下する傾向にあった。

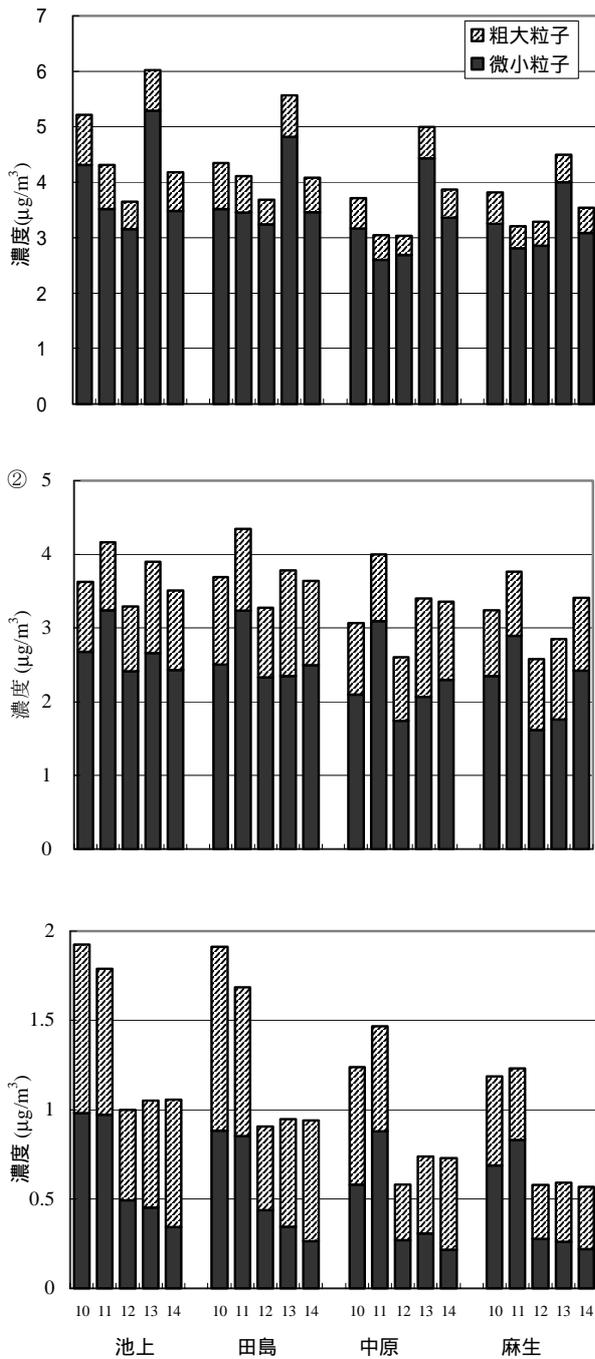


図3 粗大粒子、微小粒子における SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- イオンの推移

次に、陽イオン成分である NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} イオンについて図4に示した。 NH_4^+ 、 K^+ イオンは微小粒子に偏在した。[微小粒子中の各陽イオン] / [粒子状物質中の各陽イオン]を求めると、 NH_4^+ イオンで 89.7～98.0%、 K^+ イオンで 75.5～85.3%となった。対照的に、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} イオンは粗大粒子に多く含まれていた。[微小粒子中の各陽イオン] / [粒子状物質中の各陽イオン]を求めると、 Na^+ イオンで 17.9～33.1%、 Ca^{2+} で 15.7～31.9%、 Mg^{2+} イオンで 10.3～29.7%となった。

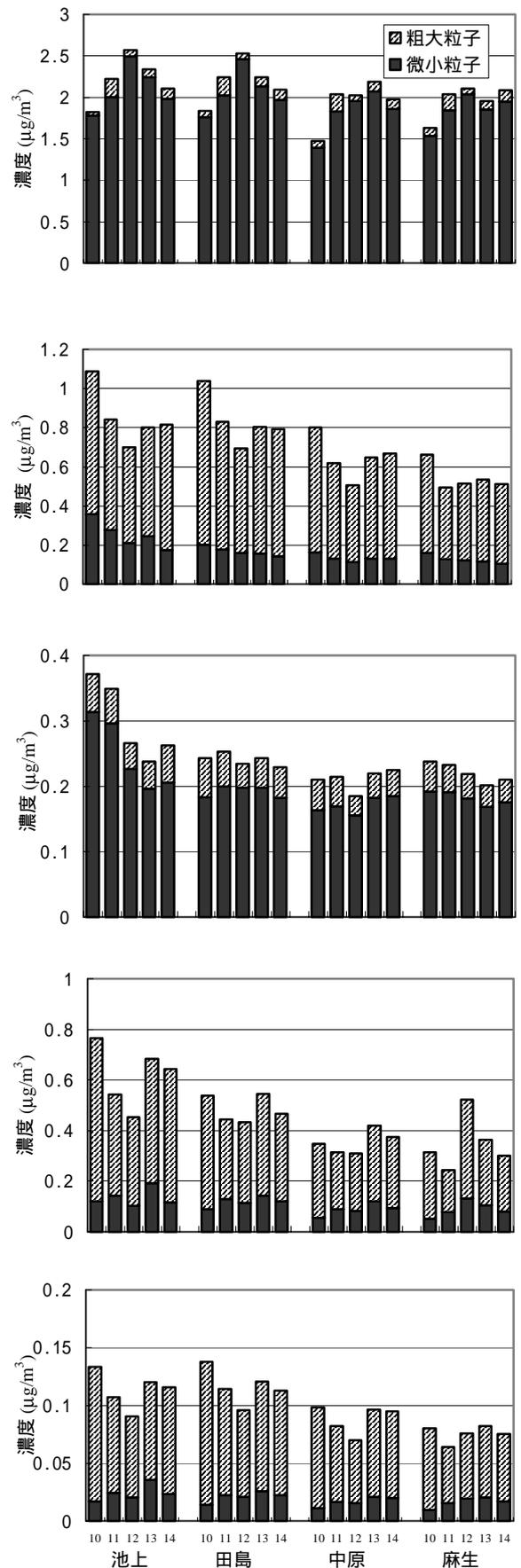


図4 粗大粒子、微小粒子における NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} イオンの推移

また、自排局と一般局の月ごとの各イオンの推移を比較した。その際、麻生一般局のグラフは一般局の代表的なパターンを示していたので、麻生のグラフを用いた。また、初冬期に粒子状物質のピークが見られた典型的なパターンとして平成10年度のグラフを、目立たなくなった例として平成14年度を選び、図5に示し

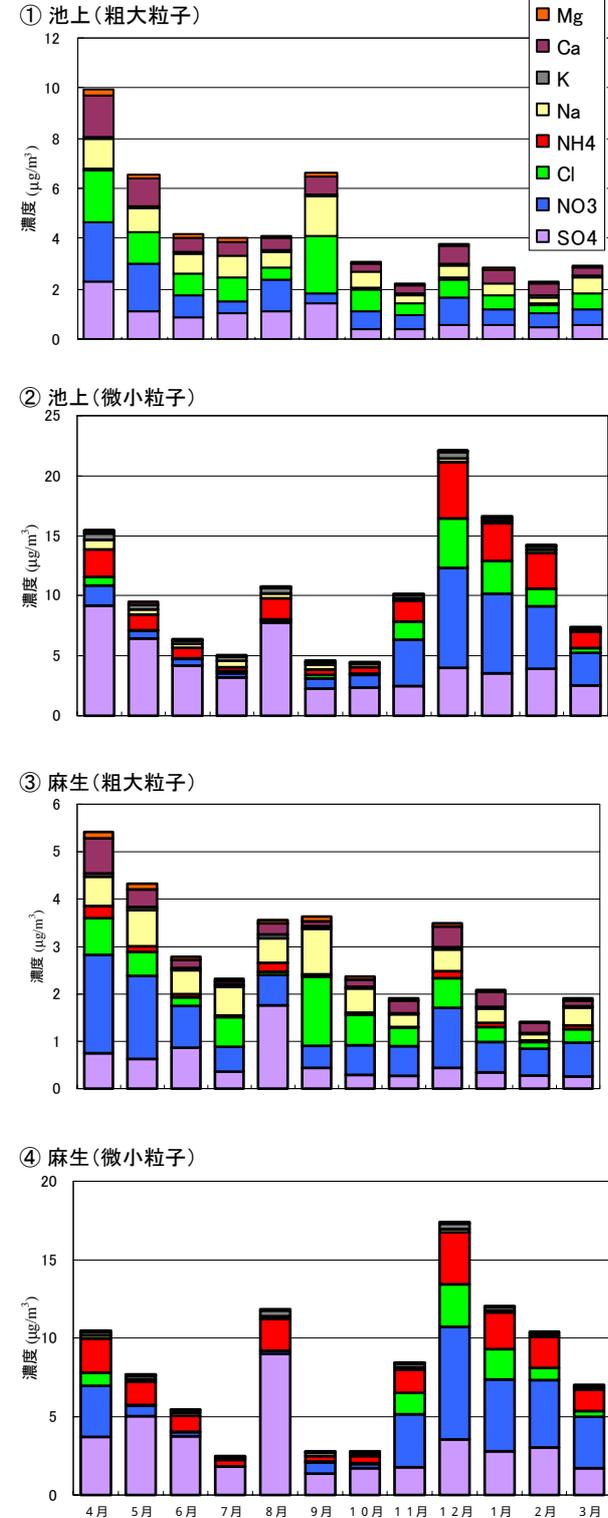


図5 - 1 平成10年度の池上と麻生の水溶性イオン成分の経月推移

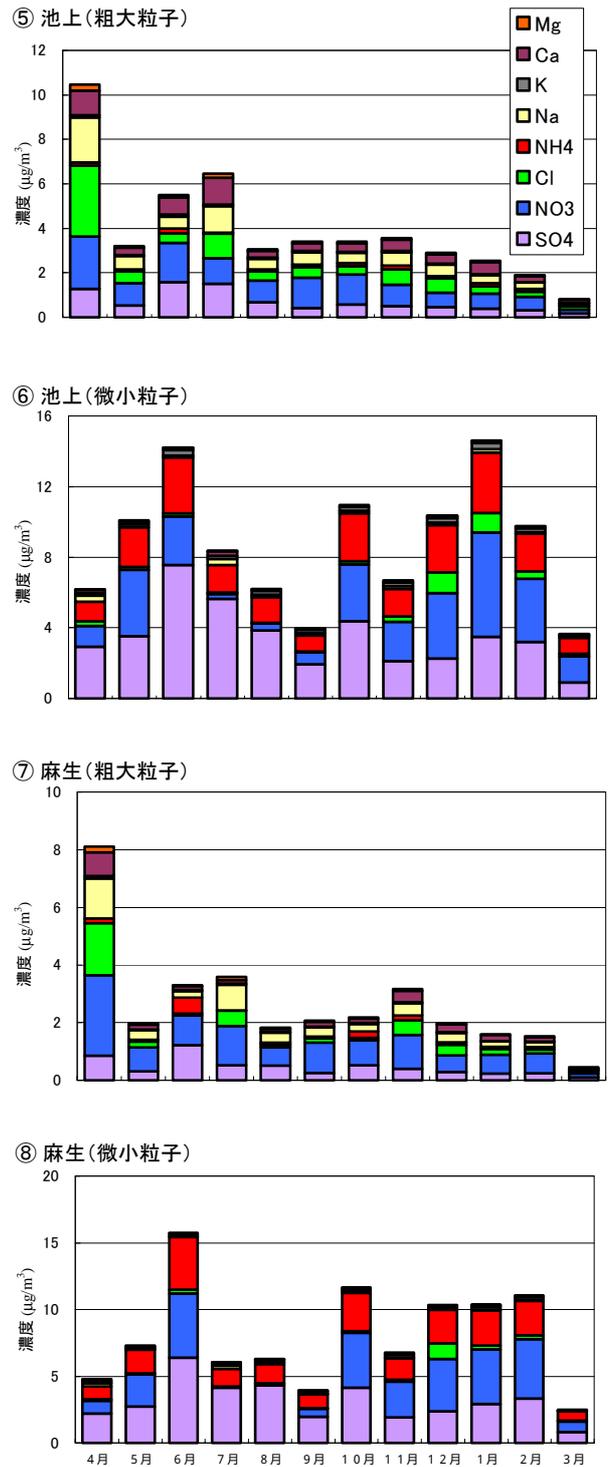


図5 - 2 平成14年度の池上と麻生の水溶性イオン成分の経月推移

た。これを見ると、粗大粒子は平成10年度と平成14年度で池上也麻生も4月が最も多く、他の月はだいたい同じくらいになるよく似たパターンを示している。この4月のピークは黄砂の影響と思われる。また、Na⁺やCa²⁺といった、海塩粒子あるいは土壌粒子に由来する元素成分が高い割合を占めており、反対にNH₄⁺があまり見られなかった。ここで、池上のCa²⁺イオンは特に粗大粒子側でかなり高くなっているが、グラフには

示していないが同じく川崎南部に位置する田島でも高くなっていた。中原、麻生と北部にいくに従って低下しており、同時期に測定された酸性雨⁸⁾や乾性沈着量⁹⁾と同様の結果を示した。

微小粒子は、2次生成粒子の主成分であるSO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺イオンがほとんどを占めた。また、同一年度で池上と麻生のグラフを比較すると類似したパターンを示した。しかし、平成10年度と平成14年度を比較すると池上も麻生もパターンが変化していた。平成10年度は池上も麻生も4～7月まで減少傾向を示し、8月に急上昇すると9、10月と再び低下した。11月以降は冬季のピークを形成していた。これらのパターンを見ると、平成10年度の夏期はSO₄²⁻イオンが50%以上を占めており、SO₄²⁻の4～7月にかけての減少と8月の増加によって上記のパターンが形成されていた。冬期はNO₃⁻やNH₄⁺イオンの増加が顕著であり、これらの増加によって冬季のピークが形成されていた。この冬季のNO₃⁻やNH₄⁺イオンの増加は平成14年度にも共通していた。それに対して夏期は、平成10年度と同様にSO₄²⁻イオンの影響も大きいですが、NO₃⁻、NH₄⁺イオンもまた増加しており、相対的にSO₄²⁻イオンの影響は減少していた。

3.3 粒径別粒子状物質中の炭素成分

各調査地点での粗大、微小粒子及び粒子状物質中の

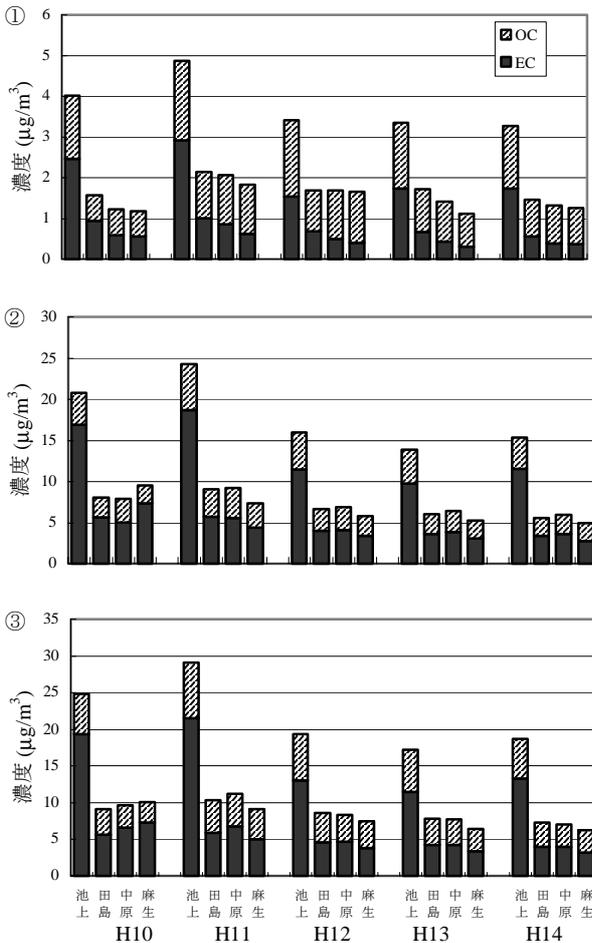


図6 各調査地点での粗大粒子、微小粒子及び粒子状物質中の炭素成分の推移

炭素成分の年平均濃度について、図6に示した。平成10～14年度の間で、池上を除く3地点の粒径別粒子濃度は、粗大、微小粒子及び粒子状物質それぞれの元素状炭素(EC)はやや減少気味に推移していた。また、有機炭素(OC)も同様であった。池上は、平成11年度に高値を示したが翌年には減少し、以後横ばいに推移していた。池上の炭素成分は、粗大、微小粒子及び粒子状物質のどれもが他の3地点と比較して2倍以上の濃度を示した。また、粒子状物質の炭素成分の76.6～94.5% (平均値82.4%)が微小粒子中に存在していた。特に、池上の微小粒子中のEC濃度が他の3地点と比較して非常に高く現れた。ここで、ECはディーゼル自動車の排出粒子の指標成分とされており、OC/ECの比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。そこで、OC/ECの比を経年推移で表したのが図7である。池上は、他の3地点と比較して、明らかにOC/ECが小さく推移していた。5年間での平均値は、池上で

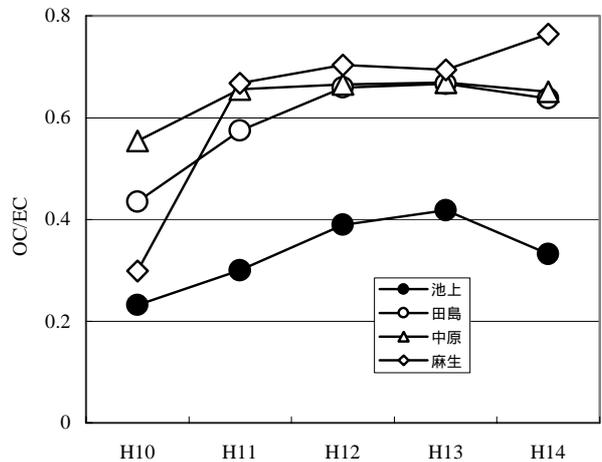


図7 OC/ECの経年推移

0.33、田島で0.59、中原で0.64、麻生で0.63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。また、平成10年度の麻生が池上に準じた数値を示しているが、これは同年5月と7月に年平均の2倍もの高濃度を示したためと思われる。

また、平成10～14年度の月ごとの粗大粒子、微小粒子それぞれのEC、OCの推移を図8にあげる。田島、中原、麻生の3地点はほぼ同じパターンを描いたので代表として麻生をあげた(H10の4月のECが欠測)。これを見ると、麻生は池上の半分程度の濃度で推移していることがわかる。また、平成10及び11年度は池上、麻生とも初冬のピークがはっきりと現れているが、平成12年度以降は微小粒子中に含まれている炭素成分がEC、OCともに減少し、ピークが見えなくなっていた。

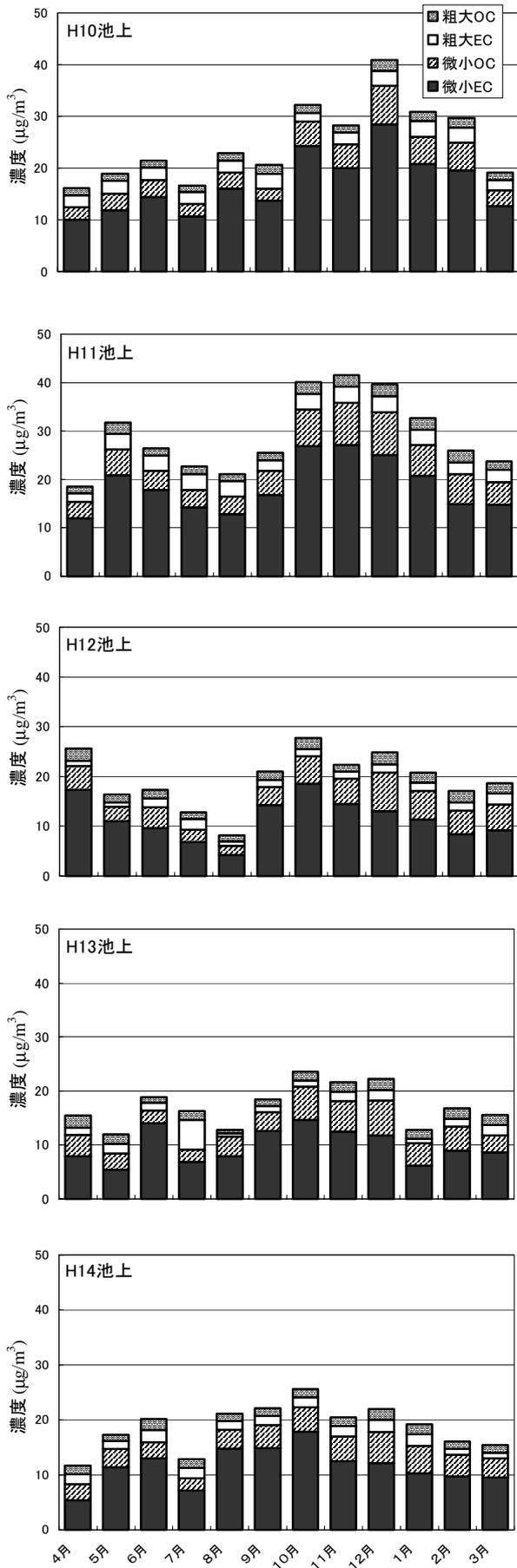


図8 - 1 平成10～14年度にかけての池上の炭素成分の経月推移

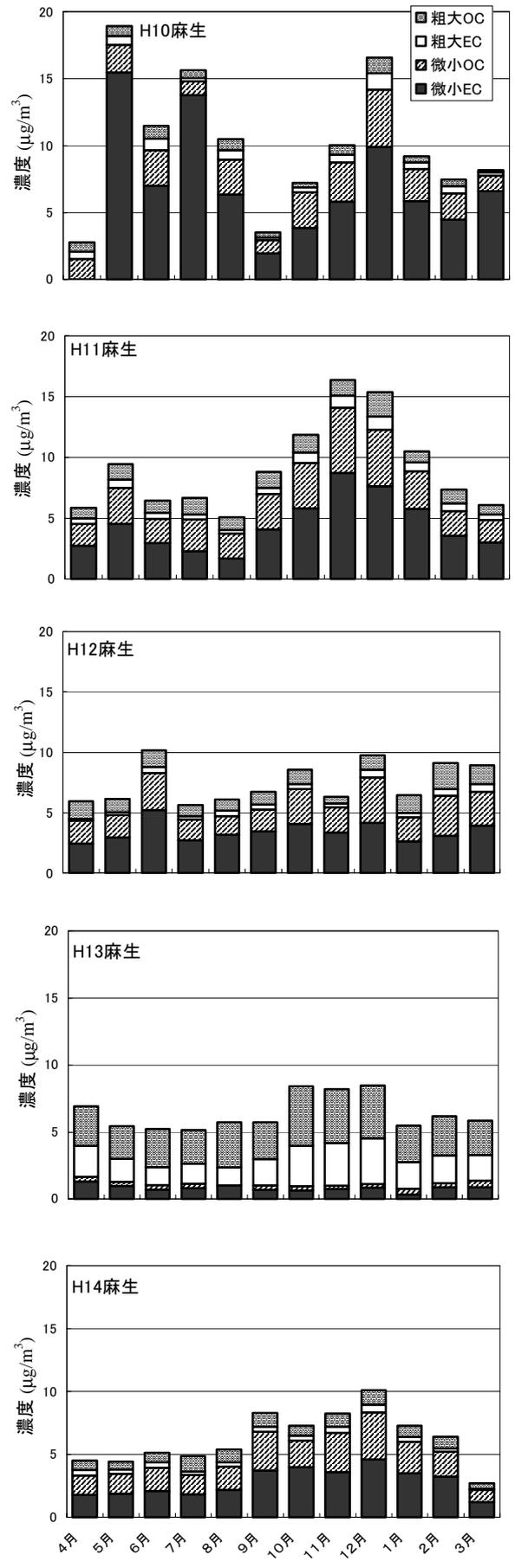


図8 - 2 平成10～14年度にかけての麻生の炭素成分の経月推移

3.4 粒径別粒子状物質中の各成分の組成割合

平成10～14年度にかけて、各調査地点での粗大、微小粒子及び粒子状物質中に含まれるイオン成分、炭素成分の各濃度を図9に示した。粗大粒子中に含まれる炭素成分の割合は、池上で15.9～23.2%、他の3地点で9.1～17.4%となった。微小粒子では、池上と他の3地点の差はさらに顕著に現れ、池上では26.4～53.2%、他の3地点で23.2～40.3%となった。イオン成分の割合は、粗大粒子では池上14.0～20.7%、他の3地点で17.4～27.2%となり、微小粒子では池上で20.8～38.3%

他の3地点で27.7～40.1%となった。微小粒子中の炭素成分とイオン成分を比較すると池上では平成13年度を除いて炭素成分の割合が高いが、逆に他の3地点では中原と麻生の平成10年度を除いてイオン成分の割合のほうが高かった。特に、池上ではディーゼル排気粒子の指標となるECの割合が他の3地点と比較して格段に高く、池上ではディーゼル排気ガスの影響が格段に高いことが示された。

4 まとめ

- (1) 粒子状物質の年平均濃度は平成10～14年にかけて、池上では減少傾向を示し、田島、中原、麻生では横ばいに推移していた。また、池上が他の3地点と比較して1.5～2倍の濃度を示した。
- (2) 粒子状物質の経月推移を見ると、微小粒子では平成10及び11年度にどの測定地点においても初冬のピークがはっきり現れた。しかし、平成12年度以降ではこのピークは目立たなくなった。また、どの測定地点においても、粗大粒子、微小粒子及び粒子状物質ともよく似たパターンを示した。
- (3) 二次生成粒子のうち、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ イオンは微小粒子に多く含まれており、 Cl^- イオンは粗大粒子に多く含まれていた。微小粒子中の SO_4^{2-} イオンは夏期に増加し、 NO_3^- 、 NH_4^+ イオンは冬期に増加した。
- (4) 各調査地点とも、粒子状物質中の炭素成分は微小粒子に多く存在し、76.6～94.5%に達した。平成10～14年度の有機炭素成分と元素炭素成分との平均濃度比(OC/EC)は池上で0.33、田島で0.59、中原で0.64、麻生で0.63となり、池上がディーゼル自動車の影響を最も強く受けていた。また、炭素成分の経月推移を見ると、平成10、11年度は夏期と初冬期のピークがはっきり見られたが、平成12年度以降はどちらのピークもはっきりしなくなった。
- (5) 粗大粒子と微小粒子に含まれるイオン成分と炭素成分量を比較すると、池上では炭素成分が多く、その他3地点ではイオン成分のほうが多かった。

文 献

- 1) 岩井和郎：浮遊粒子状物質の健康影響に関する研究の動向、大気環境学会誌、**32**、323～330(1997)
- 2) 岩井和郎：超微小(ナノ)粒子の生体影響をめぐって、大気環境学会誌、**35**、321～331(2000)
- 3) 水野建樹、近藤裕昭、松川宗夫：関東平野において初冬に粉じんが極めて高濃度になる気象条件について、大気汚染学会誌、**25**、143～154(1990)
- 4) 川崎市役所ホームページ、平成10年度気象概況、土木局防災対策室
- 5) 川崎市役所ホームページ、平成11年度気象概況、土木局防災対策室
- 6) 川崎市役所ホームページ、平成12年度気象概況、土木局防災対策室

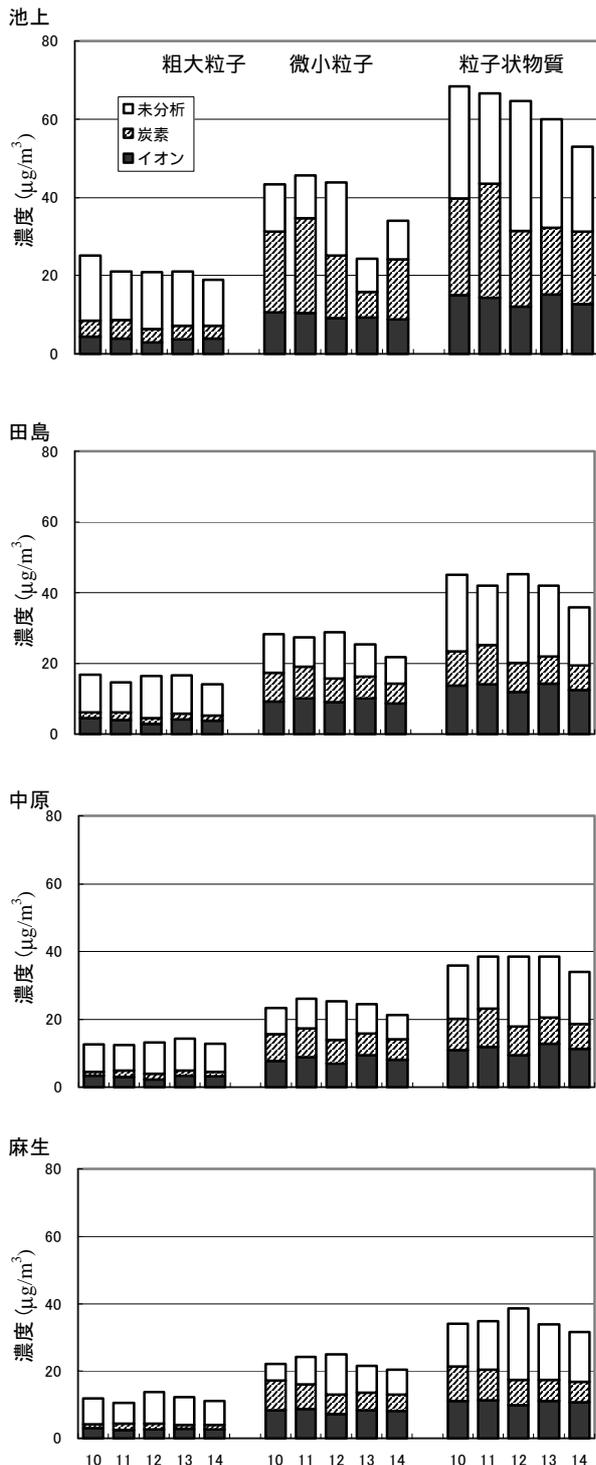


図9 各測定地点ごとのイオン成分と炭素成分の比較

土木局防災対策室

- 7) 川崎市役所ホームページ、気象概況(平成 13 年度)、土木局防災対策室
- 8) 川崎市役所ホームページ、気象概況(平成 14 年度)、土木局防災対策室
- 9) 豊田恵子、島田ひろ子、張山嘉道、鶴見賢治、三澤隆弘、井上俊明、大嶋道孝：臨海部(工業地域)における酸性雨の特色、川崎市公害研究所、**25**、19～31(1999)
- 10) 米屋由理、豊田恵子、原美由紀、高橋篤、井上俊明：川崎市における代理表面法を用いた乾性沈着量の年変化(1988 年度～2001 年度)、**29**、5～9(2002)

H12	期上	月	種大	SPM SO ₂ NO _x CO NH ₃ H ₂ S K ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ TC EC OC													田島
				PM ₁₀	SO ₂	NO _x	CO	NH ₃	H ₂ S	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TC	EC	OC		
4月	期上	月	種大	314	0.51	120	0.78	0.08	0.68	0.50	0.10	3.48	11.1	23.7	3.3		
			種小	467	3.05	141	0.11	1.81	0.22	0.22	0.16	0.03	22.12	17.37	4.75		
			合計	7812	3.66	261	0.90	1.87	0.90	0.26	0.68	0.13	25.60	18.48	7.13		
5月	期上	月	種大	147	0.44	0.82	0.35	0.08	0.36	0.03	0.26	0.06	2.46	0.91	1.55		
			種小	382	3.03	1.52	0.08	2.10	0.13	0.13	0.06	0.01	13.92	10.98	2.93		
			合計	5036	3.47	2.34	0.44	2.18	0.19	0.13	0.03	0.02	14.38	11.90	4.49		
6月	期上	月	種大	414	0.54	1.27	0.20	0.11	0.11	0.05	0.06	0.35	1.70	0.84			
			種小	505	5.57	2.98	0.08	3.58	0.31	0.43	0.13	0.02	13.77	9.58	4.19		
			合計	7199	6.12	4.25	0.28	3.68	0.59	0.48	0.62	0.07	17.36	11.34	6.03		
7月	期上	月	種大	25.6	0.86	1.10	1.12	0.02	1.03	0.06	0.59	0.12	3.53	2.13	4.0		
			種小	29.5	3.51	0.16	0.07	0.98	0.49	0.41	0.15	0.04	9.31	6.82	2.48		
			合計	55.12	4.37	1.26	1.19	1.01	1.51	0.07	0.73	0.16	12.83	9.36	3.38		
8月	期上	月	種大	17.8	0.58	1.28	0.57	0.01	0.80	0.04	0.31	0.11	2.13	0.97	1.16		
			種小	22.5	3.63	0.14	0.05	1.38	0.27	0.17	0.08	0.03	6.02	4.15	1.82		
			合計	40.26	4.31	1.41	0.62	1.39	1.07	0.21	0.39	0.13	8.15	5.12	3.03		
9月	期上	月	種大	13.9	0.26	0.59	0.14	0.04	0.27	0.03	0.18	0.04	3.07	1.43	1.65		
			種小	35.2	2.85	0.24	0.04	1.15	0.20	0.16	0.06	0.01	17.88	14.19	3.67		
			合計	49.08	2.91	0.83	0.18	1.19	0.23	0.19	0.09	0.05	20.93	15.62	5.31		
10月	期上	月	種大	18.7	0.41	0.97	0.66	0.08	0.62	0.05	0.27	0.05	3.62	1.45	1.17		
			種小	48.9	2.23	1.68	0.28	1.58	0.13	0.17	0.07	0.02	24.07	18.59	5.48		
			合計	67.61	2.64	2.65	0.94	1.64	0.76	0.22	0.34	0.11	27.69	20.04	7.65		
11月	期上	月	種大	15.9	0.62	0.55	0.76	0.06	0.57	0.03	0.31	0.08	2.84	1.45	1.40		
			種小	46.9	2.34	2.57	0.62	2.36	0.19	0.18	0.10	0.02	19.49	14.49	5.00		
			合計	62.80	2.97	3.12	1.33	2.42	0.16	0.17	0.09	0.03	21.32	15.94	6.32		
12月	期上	月	種大	21.7	0.45	0.60	0.42	0.10	0.31	0.03	0.37	0.05	4.12	1.74	2.38		
			種小	60.4	1.97	4.21	1.60	3.34	0.15	0.24	0.09	0.02	20.72	13.03	7.69		
			合計	82.07	2.42	4.81	2.02	3.44	0.46	0.27	0.46	0.06	24.84	14.77	10.07		
1月	期上	月	種大	14.2	0.22	0.14	0.14	0.06	0.14	0.02	0.16	0.02	3.67	1.68	1.99		
			種小	41.7	1.58	2.87	0.85	2.10	0.10	0.13	0.07	0.01	17.08	11.39	5.70		
			合計	55.87	1.79	3.00	0.94	2.24	0.16	0.17	0.06	0.03	20.75	12.37	7.34		
2月	期上	月	種大	20.0	0.39	0.57	0.33	0.09	0.33	0.03	0.33	0.04	3.96	1.58	2.38		
			種小	46.0	2.86	4.32	0.90	3.75	0.13	0.18	0.09	0.01	13.19	8.34	4.84		
			合計	66.02	3.26	4.90	1.23	3.84	0.46	0.22	0.42	0.06	17.15	9.93	7.22		
3月	期上	月	種大	34.9	0.60	1.45	0.60	0.22	0.56	0.05	0.44	0.08	4.35	2.21	2.14		
			種小	20.6	3.19	1.93	0.81	1.63	0.09	0.12	0.16	0.03	14.44	10.45	6.53		
			合計	95.70	5.85	8.35	1.81	5.95	0.71	0.35	0.61	0.10	18.69	11.40	7.29		
4月	期上	月	種大	23.6	0.48	1.21	0.52	0.04	0.64	0.04	0.47	0.09	1.67	0.33	1.35		
			種小	22.5	2.58	0.78	0.07	1.40	0.14	0.16	0.11	0.02	6.09	3.95	2.13		
			合計	46.05	3.06	1.99	0.59	1.43	0.78	0.20	0.58	0.12	7.76	4.28	3.48		
5月	期上	月	種大	9.3	0.34	0.88	0.18	0.10	0.30	0.03	0.14	0.04	1.48	0.40	1.08		
			種小	20.6	1.92	2.83	0.85	1.09	0.09	0.12	0.05	0.01	5.89	3.39	1.59		
			合計	29.72	3.53	1.82	0.23	1.79	0.34	0.15	0.19	0.05	6.77	3.87	2.80		
6月	期上	月	種大	9.8	0.26	0.77	0.05	0.11	0.17	0.03	0.12	0.03	1.75	0.66	1.10		
			種小	30.5	4.23	0.71	0.11	2.39	0.09	0.19	0.05	0.01	9.81	6.14	3.67		
			合計	40.27	4.49	1.48	0.16	2.51	0.26	0.21	0.17	0.04	11.57	6.80	4.72		
7月	期上	月	種大	12.1	0.27	0.98	0.38	0.02	0.63	0.03	0.15	0.08	1.17	0.35	0.92		
			種小	41.7	2.81	0.93	0.01	1.63	0.04	0.09	0.12	0.06	11.61	8.08	3.43		
			合計	30.07	3.43	1.08	0.41	1.13	0.79	0.20	0.23	0.10	5.69	2.90	2.79		
8月	期上	月	種大	13.0	0.53	1.42	0.38	0.02	0.75	0.06	0.23	0.09	1.24	0.33	0.91		
			種小	18.5	3.48	0.13	0.04	1.45	0.17	0.11	0.08	0.02	4.25	2.64	1.61		
			合計	31.57	4.01	1.56	0.42	1.47	0.92	0.17	0.32	0.11	5.49	2.97	2.52		
9月	期上	月	種大	9.8	0.19	0.60	0.11	0.04	0.19	0.02	0.18	0.03	1.58	0.47	1.11		
			種小	17.8	2.81	0.16	0.01	1.41	0.08	0.11	0.06	0.03	6.58	4.23	2.34		
			合計	26.70	2.48	0.76	0.14	1.15	0.26	0.13	0.25	0.04	8.14	4.69	3.45		
10月	期上	月	種大	13.6	0.33	0.94	0.49	0.08	0.56	0.03	0.21	0.08	1.83	0.44	1.39		
			種小	24.6	2.27	1.12	0.26	1.42	0.11	0.16	0.07	0.01	8.33	4.79	3.54		
			合計	38.13	2.60	2.06	0.75	1.90	0.68	0.20	0.28	0.09	10.16	5.23	4.94		
11月	期上	月	種大	29.2	0.37	0.50	0.49	0.06	0.41	0.02	0.20	0.06	1.44	0.45	0.63		
			種小	21.9	1.71	1.70	0.25	1.39	0.11	0.12	0.07	0.01	6.97	4.45	2.53		
			合計	31.12	2.18	2.20	0.73	1.45	0.52	0.14	0.27	0.07	8.06	4.90	3.16		
12月	期上	月	種大	14.3	0.30	0.57	0.33	0.08	0.25	0.03	0.31	0.04	2.31	0.83	1.48		
			種小	38.2	1.59	3.82	1.13	2.92	0.11	0.24	0.11	0.01	9.97	5.35	4.62		
			合計	52.55	1.90	4.39	1.47	3.00	0.37	0.27	0.41	0.05	12.29	6.18	6.10		
1月	期上	月	種大	21.0	1.26	2.54	0.64	1.87	0.06	0.10	0.07	0.01	5.09	2.92	2.17		
			種小	27.6	1.39	2.68	0.75	1.91	0.15	0.11	0.16	0.02	6.94	3.30	3.63		
			合計	12.4	0.22	0.42	0.18	0.07	0.20	0.02	0.19	0.03	2.31	0.61	1.71		
2月	期上	月	種大	30.9	2.30	3.85	0.38	2.97	0.10	0.15	0.12	0.01	7.20	3.84	3.38		
			種小	43.28	2.52	4.27	0.58	3.04	0.30	0.17	0.30	0.94	5.45	4.45	5.07		
			合計	40.2	4.19	4.98	0.25	3.72	0.13	0.23	0.13	0.02	8.61	5.25	3.68		
3月	期上	月	種大	65.44	4.73	68.3	0.79	3.86	0.68	0.27	0.55	0.10	10.59	6.00	4.60		
			種小	29.6	0.99	1.88	1.18	0.14	0.99	0.07	0.73	0.19	3.55	1.31	2.24		
			合計	36.1	1.19	2.06	0.18	2.16	0.29	0.19	0.18	0.04	11.88	7.85	4.03		

H12	期上	月	種大	SPM SO ₂ NO _x CO NH ₃ H ₂ S K ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ TC EC OC													田島
				PM ₁₀	SO ₂	NO _x	CO	NH ₃	H ₂ S	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TC	EC	OC		
4月	期上	月	種大	30.3	0.89	1.53	0.93	0.03	0.95	0.06	0.72	0.14	1.90	0.82	1.08		
			種小	27.1	2.91	1.28	0.10	1.65	0.18	0.20	0.17	0.03	0.77	4.24	2.35		
			合計	57.38	3.59	2.81	1.00	1.68	1.13	0.26	0.89	0.17	1.67	4.42	3.43		
5月	期上	月	種大	11.5	0.42	0.95	0.28	0.06	0.40	0.03	0.22	0.06	1.16	0.53	0.63		
			種小	23.8	3.70	2.15	0.11	2.40	0.11	0.13	0.09	0.01	5.03	3.33	1.71		
			合計	35.27	4.12	3.10	0.39	2.48	0.17	0.13	0.31	0.07	6.19	3.86	2.34		
6月	期上	月	種大	33.2	0.37	0.94	0.09	0.08	0.26	0.03	0.19	0.04	0.83	0.84	0.71		
			種小	33.2	6.16	2.06	0.08	3.45	0.11	0.20	0.08	0.01	7.77	5.04	2.73		
			合計														

H14		池上													田島												
月	種	SPM	SO ₂ ²⁻	NO _x	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TC	EC	OC	月	種	SPM	SO ₂ ²⁻	NO _x	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TC	EC	OC
4月	粗大粒子	42.9	1.26	2.39	3.17	0.14	2.03	0.11	1.10	0.28	3.37	1.83	1.54	4月	粗大粒子	41.8	1.21	2.42	3.06	0.10	2.02	0.11	1.02	0.27	1.38	0.51	0.87
	微小粒子	26.5	2.93	1.17	0.25	1.12	0.33	0.16	0.16	0.05	8.30	5.38	2.92		粗大粒子	18.0	3.02	1.05	0.18	1.12	0.31	0.16	0.22	0.05	3.28	1.91	1.37
	合計	69.4	4.19	3.56	3.43	1.25	2.36	0.28	1.26	0.32	11.67	7.21	4.46		微小粒子	59.78	4.23	3.48	3.23	1.22	2.33	0.27	1.23	0.32	4.87	2.43	2.24
5月	粗大粒子	13.2	0.54	1.00	0.51	0.11	0.59	0.05	0.33	0.08	2.59	1.44	1.15	5月	粗大粒子	10.9	0.61	1.21	0.49	0.09	0.59	0.04	0.35	0.08	1.13	0.49	0.84
	微小粒子	32.1	3.53	0.76	0.16	2.26	0.13	0.16	0.09	0.02	14.72	11.39	3.32		粗大粒子	22.3	3.31	3.57	0.14	2.31	0.13	0.17	0.17	0.02	5.25	3.43	1.82
	合計	45.27	4.07	1.76	0.67	2.37	0.72	0.21	0.41	0.10	17.31	12.83	4.47		合計	33.21	3.92	4.78	0.64	2.40	0.72	0.21	0.52	0.10	6.37	3.92	2.45
6月	粗大粒子	20.1	1.59	1.75	0.44	0.23	0.52	0.08	0.77	0.11	4.20	2.24	1.96	6月	粗大粒子	14.0	1.49	1.61	0.28	0.38	0.55	0.08	0.42	0.10	1.76	0.84	0.92
	微小粒子	38.7	7.56	2.76	0.16	3.16	0.13	0.30	0.12	0.02	15.93	13.01	2.92		粗大粒子	28.6	6.83	3.88	0.27	3.79	0.12	0.18	0.08	0.02	6.11	4.38	1.75
	合計	58.82	9.15	4.51	0.60	3.39	0.66	0.38	0.89	0.14	20.13	15.25	4.88		合計	42.52	8.32	5.48	0.55	4.17	0.67	0.27	0.50	0.12	7.87	5.21	2.66
7月	粗大粒子	26.4	1.50	1.14	1.12	0.04	1.19	0.08	1.20	0.18	3.47	1.88	1.59	7月	粗大粒子	14.8	0.87	1.39	1.31	0.02	1.40	0.07	0.26	0.17	1.54	0.46	1.07
	微小粒子	26.0	5.63	0.27	0.09	1.57	0.33	0.18	0.26	0.05	9.37	7.13	2.24		粗大粒子	15.8	4.14	0.06	0.04	1.22	0.26	0.20	0.07	0.04	3.50	2.15	1.35
	合計	52.40	7.13	1.41	1.21	1.61	1.52	0.26	1.46	0.23	12.84	9.02	3.83		合計	30.61	5.01	1.45	1.35	1.24	1.66	0.27	0.33	0.21	5.04	2.61	2.43
8月	粗大粒子	13.9	0.66	0.99	0.41	0.10	0.47	0.05	0.31	0.07	2.88	1.59	1.30	8月	粗大粒子	9.7	0.61	1.01	0.28	0.07	0.51	0.04	0.21	0.08	1.23	0.47	0.75
	微小粒子	32.1	3.84	0.40	0.05	1.44	0.15	0.21	0.08	0.02	18.22	14.78	3.43		粗大粒子	18.4	4.32	0.25	0.05	1.41	0.14	0.20	0.07	0.02	5.44	3.65	1.79
	合計	45.99	4.50	1.39	0.45	1.55	0.62	0.26	0.39	0.09	21.10	16.37	4.73		合計	28.11	4.93	1.28	0.32	1.47	0.64	0.24	0.29	0.10	6.67	4.13	2.55
9月	粗大粒子	14.5	0.41	1.38	0.48	0.10	0.56	0.06	0.33	0.07	3.01	1.65	1.36	9月	粗大粒子	11.3	0.38	1.40	0.42	0.09	0.61	0.06	0.28	0.08	1.34	0.38	0.96
	微小粒子	32.3	1.94	0.68	0.04	0.91	0.14	0.19	0.07	0.01	19.07	14.86	4.21		粗大粒子	17.4	2.19	0.62	0.04	0.98	0.12	0.15	0.09	0.02	6.55	3.77	2.77
	合計	46.83	2.35	2.04	0.52	1.01	0.70	0.24	0.40	0.09	22.08	16.52	5.57		合計	28.71	2.97	2.03	0.46	1.07	0.73	0.20	0.35	0.10	7.89	4.16	3.73
10月	粗大粒子	15.6	0.59	1.32	0.40	0.14	0.44	0.05	0.38	0.07	3.38	1.84	1.54	10月	粗大粒子	11.3	0.54	1.31	0.32	0.14	0.39	0.03	0.24	0.07	1.37	0.51	0.86
	微小粒子	44.1	4.36	3.22	1.19	2.69	0.15	0.23	0.10	0.02	22.25	17.81	4.44		粗大粒子	26.8	4.93	3.77	0.24	2.79	0.12	0.24	0.11	0.02	6.99	4.68	2.31
	合計	59.69	4.95	4.55	0.59	2.84	0.59	0.29	0.48	0.09	25.63	19.65	5.98		合計	38.07	5.47	5.08	0.56	2.93	0.51	0.27	0.35	0.09	8.35	5.19	3.17
11月	粗大粒子	23.7	0.50	0.95	0.70	0.18	0.61	0.05	0.51	0.08	3.49	1.89	1.60	11月	粗大粒子	17.9	0.45	1.02	0.59	0.16	0.53	0.05	0.43	0.07	1.62	0.45	1.17
	微小粒子	33.5	2.10	2.25	0.28	1.58	0.15	0.20	0.12	0.02	18.97	12.52	4.65		粗大粒子	21.9	2.12	2.61	0.77	1.44	0.10	0.17	0.15	0.02	6.65	3.76	2.90
	合計	57.19	2.60	3.20	0.97	1.76	0.76	0.26	0.63	0.10	20.46	14.41	6.05		合計	39.81	2.57	3.63	0.76	1.60	0.63	0.22	0.58	0.09	8.27	4.21	4.06
12月	粗大粒子	16.0	0.45	0.65	0.64	0.11	0.52	0.05	0.41	0.07	4.18	2.23	1.93	12月	粗大粒子	11.7	0.45	0.76	0.70	0.10	0.54	0.04	0.31	0.07	1.80	0.50	1.30
	微小粒子	42.3	2.27	3.71	1.17	2.66	0.16	0.25	0.13	0.03	17.78	12.14	5.64		粗大粒子	29.9	2.51	3.73	1.13	2.63	0.14	0.23	0.13	0.02	8.72	4.81	3.91
	合計	58.28	2.72	4.35	1.81	2.77	0.68	0.30	0.54	0.09	21.94	14.37	7.57		合計	41.60	2.97	4.48	1.83	2.73	0.68	0.27	0.44	0.09	10.52	5.31	5.21
1月	粗大粒子	18.8	0.38	0.67	0.34	0.14	0.36	0.05	0.56	0.05	3.94	2.11	1.83	1月	粗大粒子	12.9	0.38	0.80	0.34	0.12	0.31	0.03	0.37	0.05	2.53	1.41	1.12
	微小粒子	43.5	3.49	5.90	1.13	3.39	0.22	0.33	0.13	0.02	15.27	10.29	4.98		粗大粒子	30.5	3.63	5.68	0.51	3.05	0.11	0.25	0.22	0.02	7.10	3.98	3.12
	合計	62.36	3.87	6.56	1.47	3.52	0.58	0.39	0.69	0.07	19.22	12.40	6.82		合計	43.40	4.01	6.48	0.86	3.17	0.42	0.28	0.59	0.07	9.63	5.39	4.24
2月	粗大粒子	12.4	0.32	0.58	0.26	0.10	0.29	0.03	0.26	0.04	2.41	1.03	1.37	2月	粗大粒子	8.8	0.33	0.65	0.23	0.08	0.27	0.02	0.21	0.04	1.25	0.50	0.75
	微小粒子	33.4	3.21	3.57	0.42	2.16	0.09	0.20	0.09	0.01	13.65	9.75	3.90		粗大粒子	22.0	3.53	3.65	0.32	2.18	0.09	0.16	0.11	0.01	4.56	2.76	1.80
	合計	45.72	3.53	4.14	0.68	2.25	0.39	0.24	0.35	0.05	16.06	10.78	5.27		合計	30.84	3.85	4.30	0.55	2.27	0.37	0.18	0.32	0.05	5.81	3.26	2.55
3月	粗大粒子	10.1	0.16	0.17	0.14	0.05	0.11	0.01	0.16	0.01	2.43	1.04	1.39	3月	粗大粒子	4.2	0.15	0.17	0.10	0.04	0.08	0.01	0.07	0.01	0.56	0.10	0.46
	微小粒子	23.9	0.89	1.49	0.15	0.90	0.09	0.06	0.06	0.01	12.96	9.49	3.47		粗大粒子	10.4	0.97	1.08	0.09	0.78	0.06	0.07	0.05	0.01	3.13	1.82	1.31
	合計	34.06	1.05	1.65	0.29	0.95	0.19	0.07	0.21	0.02	15.39	10.53	4.86		合計	14.65	1.12	1.25	0.19	0.80	0.14	0.07	0.12	0.02	3.69	1.92	1.77
4月	粗大粒子	39.5	0.93	2.23	0.40	0.11	1.80	0.09	0.90	0.25	1.47	0.34	1.13	4月	粗大粒子	34.5	0.86	2.78	1.81	0.16	1.39	0.08	0.82	0.21	1.18	0.43	0.74
	微小粒子	17.9	2.49	0.95	0.11	0.97	0.29	0.15	0.17	0.05	3.88	1.83	2.05		粗大粒子	16.6	2.18	0.98	0.10	0.98	0.21	0.16	0.15	0.04	3.33	1.81	1.52
	合計	57.40	3.42	3.18	0.52	1.08	2.09	0.25	1.07	0.30	5.35	2.17	3.18		合計	51.08	3.04	3.76	1.91	1.14	1.61	0.24	0.97	0.24	4.51	2.25	2.26
5月	粗大粒子	8.9	0.36	0.96	0.30	0.06	0.45	0.04	0.19	0.06	1.11	0.32	0.79	5月	粗大粒子	7.4	0.31	0.84	0.19	0.07	0.34	0.02	0.17	0.05	0.97	0.35	0.62
	微小粒子	18.8	3.03	2.33	0.10	1.90	0.11	0.14	0.08	0.01	5.29	3.21	2.09		粗大粒子	17.3	2.71	2.44	0.07	1.77	0.09	0.14	0.06	0.01	3.45	1.87	1.58
	合計	27.74	3.39	3.29	0.40	1.96	0.55	0.18	0.27	0.08	6.41	3.53	2.88		合計	24.69	3.02	3.23	0.26	1.83	0.42	0.16	0.23	0.06	4.42	2.21	2.20
6月	粗大粒子	12.6	1.35	1.33	0.19	0.42	0.41	0.07	0.32	0.07	1.59	0.58	1.01	6月	粗大粒子	9.2	1.22	1.03	0.08	0.55	0.22	0.05	0.13	0.04	1.20	0.45	0.75
	微小粒子	28.3	7.00	3.38	0.21	3.26	0.10	0.24	0.08	0.01	6.50	4.53	1.97		粗大粒子	28.9	6.37	4.82	0.27	3.95	0.08	0.20</					