

東京都における浮遊粒子状物質中の水溶性成分

秋山 薫 吉岡 秀俊 鎌滝 裕輝

要 旨

浮遊粒子状物質中の二次生成粒子の実態を把握するために、都内の数地点で夏期と冬期に調査した。その結果、浮遊粒子状物質に含まれる二次生成粒子の割合は夏期で3割前後、冬期で4割前後になる例も見られた。夏期の場合、硫酸イオンの割合が高くて、2/3以上を占める例も見られた。しかし、冬期の場合、塩素イオンや硝酸イオンが少ない例もあるが、4つの成分がほぼ同程度の割合となる例が多かった。なお、都心部や郊外に比べて、道路沿道は幾分低い傾向であった。

キーワード：浮遊粒子状物質、水溶性成分、二次生成粒子

1 はじめに

東京都内にあつては、浮遊粒子状物質の環境基準達成率は低い状況で推移して来たが、1999年から2000年にかけては大幅な改善が見られ、速報値ではあるが、この年度は一般環境大気測定局で85%、自動車排出ガス測定局で60%の環境基準達成率を示した。しかしながら、その濃度は依然として高い状況にあることから、今後も更なる浮遊粒子状物質削減対策が求められている。環境中の浮遊粒子状物質については自動車などの人為起源の他に、自然界起源の粒子があり、更に発生源からはガス状で排出され、大気中で光化学反応などを経て粒子化する、二次生成粒子も含まれ、しかもその割合が高いことが知られている。したがって、浮遊粒子状物質の低減化を図る上では、人為的発生源から排出される粒子状物質や媒じんなどの削減対策の他に、この二次生成粒子の環境中での実態を把握することが求められている。

そこで、東京都内の数地点で、夏期と冬期に浮遊粒子状物質を粒径別に捕集し、二次生成粒子を含む水溶性成分の実態を調査した。調査は、浮遊粒子状物質の濃度が気象の影響を受け、調査期間によって大きく異なる場合があることから、平均的な濃度を把握するために3年間にわたって実施し、二次生成粒子の各成分の特性を把握した。前報¹⁾では、アンダーセンサンプラーで9段捕集した、粒径分布などをまとめた結果を報告した。ここでは、捕集装置を3段に組んで浮遊粒子状物質を粗大粒子（粒径が $2.1\mu\text{m}$ から $7\mu\text{m}$ までの粒子）と微小粒子（粒径が $2.1\mu\text{m}$ 以下の粒子）とに分け

分けて捕集して得られた結果について若干の検討をしたので報告する。

2 調査方法

(1) 調査地点及び期間

調査は、1996年から1998年にかけて、夏期と冬期に都心部の環境科学研究所（江東区）、郊外の多摩測定局（多摩市）と福生測定局（福生市）、山間部の小河内貯水池（奥多摩町）及び道路沿道の八幡山測定局（世田谷区）と梅島測定局（足立区）で実施した。

(2) 採取方法

浮遊粒子状物質の粒径別捕集は、アンダーセンサンプラーで行った。浮遊粒子状物質は粗大粒子と微小粒子とに分けて捕集した。捕集ろ紙にはポリフロンろ紙（ADVANTEC PF020及びPF050）を用いた。

(3) 分析方法

イオン成分の分析は、ろ紙を少量のエタノールで湿潤後純水で超音波抽出してからろ過し、ろ液についてイオンクロマトグラフ法で行った。

3 結果

(1) 水溶性成分の割合

二次生成粒子と見なされる塩素イオン、硝酸イオン、硫酸イオン及びアンモニウムイオンの含有割合は表に示した。また、微小粒子と浮遊粒子状物質に含まれる割合については図1にも示した。

ア 塩素イオン

塩素イオンの割合は、粗大粒子では季節的には冬期

表 二次生成粒子の割合

調査年	季節	調査地点	浮遊粒子状物質濃度 μg/m ³			二次生成粒子の割合														
						塩素イオン %			硝酸イオン %			硫酸イオン %			アンモニウムイオン %					
			粗大	微小	全体	粗大	微小	全体	粗大	微小	全体	粗大	微小	全体	粗大	微小	全体			
一九九六年	夏期	環境科学研究所	9.0	27.3	36.4	3.0	0.1	0.8	7.7	0.6	2.4	8.0	17.7	15.3	1.4	3.9	3.3	20.1	22.3	21.7
		八幡山測定局	13.0	54.1	67.1	1.2	0.8	0.9	2.8	5.2	4.7	5.2	8.3	7.7	1.1	2.6	2.3	10.2	16.9	15.6
		多摩測定局	12.2	35.8	48.0	3.9	0.2	1.1	10.9	0.6	3.2	11.7	20.0	17.9	5.1	3.8	4.1	31.6	24.6	26.4
		福生測定局	13.3	37.4	50.7	0.3	0.1	0.2	2.0	0.3	0.8	8.2	13.8	12.3	1.5	2.9	2.5	12.0	17.1	15.8
冬期	小河内貯水池	7.1	32.3	39.4	-	0.3	-	-	2.0	-	-	15.6	-	-	3.4	-	-	21.3	-	-
	環境科学研究所	17.2	36.9	54.1	8.0	12.2	10.9	7.0	8.1	7.7	4.3	17.7	13.4	0.9	6.6	4.7	20.2	44.5	36.8	
	八幡山測定局	16.4	45.5	61.9	9.0	9.1	9.1	9.0	5.7	6.6	5.8	15.5	12.9	0.1	5.3	3.9	23.8	35.6	32.5	
	多摩測定局	20.0	48.3	68.4	6.9	14.8	12.5	6.8	11.3	10.0	3.7	13.3	10.5	1.4	6.3	4.9	18.8	45.7	37.8	
一九九七年	夏期	福生測定局	18.7	35.9	54.6	1.1	1.3	1.2	1.0	1.7	1.5	1.0	12.9	8.8	0.2	3.5	2.4	3.3	19.3	13.8
		小河内貯水池	7.2	18.0	25.1	2.0	0.5	0.9	13.3	7.8	9.4	4.7	20.2	15.8	2.1	7.0	5.6	22.0	35.5	31.7
		環境科学研究所	14.7	22.7	37.4	10.5	0.1	4.2	12.8	2.7	6.7	4.8	23.0	15.8	0.4	6.1	3.9	28.5	32.0	30.6
		八幡山測定局	15.0	32.5	47.5	5.1	0.1	1.6	8.9	1.4	3.8	3.2	13.3	10.2	0.3	4.1	2.9	17.5	19.0	18.5
冬期	多摩測定局	10.9	28.2	39.1	4.7	0.3	1.6	12.7	8.7	9.8	5.0	17.5	14.0	1.5	6.9	5.4	23.9	33.4	30.8	
	福生測定局	11.9	25.8	37.7	1.3	0.0	0.4	9.9	1.2	3.9	3.1	18.1	13.4	0.4	5.7	4.1	14.6	25.1	21.8	
	小河内貯水池	7.1	16.3	23.4	0.6	0.2	0.3	5.0	1.1	2.3	2.2	19.9	14.5	0.4	6.0	4.3	8.2	27.1	21.4	
	環境科学研究所	14.1	36.1	50.2	9.0	13.9	12.6	8.4	12.0	11.0	8.8	11.7	10.9	4.7	8.1	7.2	30.9	45.8	41.6	
一九九八年	夏期	八幡山測定局	10.8	27.5	38.4	3.4	4.9	4.5	3.9	1.9	2.5	7.7	11.1	10.1	1.5	4.6	3.7	16.5	22.6	20.8
		多摩測定局	11.1	30.8	41.9	9.0	13.5	12.3	10.5	13.3	12.6	5.8	8.0	7.4	7.7	8.4	8.2	32.9	43.2	40.5
		福生測定局	9.5	21.0	30.5	9.3	4.5	6.0	3.3	2.9	3.0	2.7	12.6	9.5	0.5	5.1	3.6	15.8	25.0	22.1
		小河内貯水池	3.0	9.6	12.5	27.7	7.0	11.9	6.7	5.1	5.5	3.7	16.5	13.5	0.2	8.3	6.4	38.2	36.9	37.2
冬期	環境科学研究所	9.2	22.0	31.3	5.4	0.1	1.7	11.8	1.1	4.3	7.7	24.3	19.4	0.9	8.0	5.9	25.8	33.6	31.3	
	梅島測定局	10.3	30.5	40.8	4.6	0.3	1.4	7.8	0.9	2.7	6.4	14.5	12.4	0.6	4.8	3.7	19.4	20.5	20.2	
	福生測定局	8.6	30.8	39.3	0.7	0.1	0.2	10.2	1.0	3.0	15.5	22.4	20.9	2.4	6.7	5.8	28.8	30.3	29.9	
	小河内貯水池	5.6	20.0	25.6	0.6	0.1	0.2	8.4	3.0	4.2	11.0	21.1	18.9	4.9	8.4	7.6	24.9	32.5	30.9	

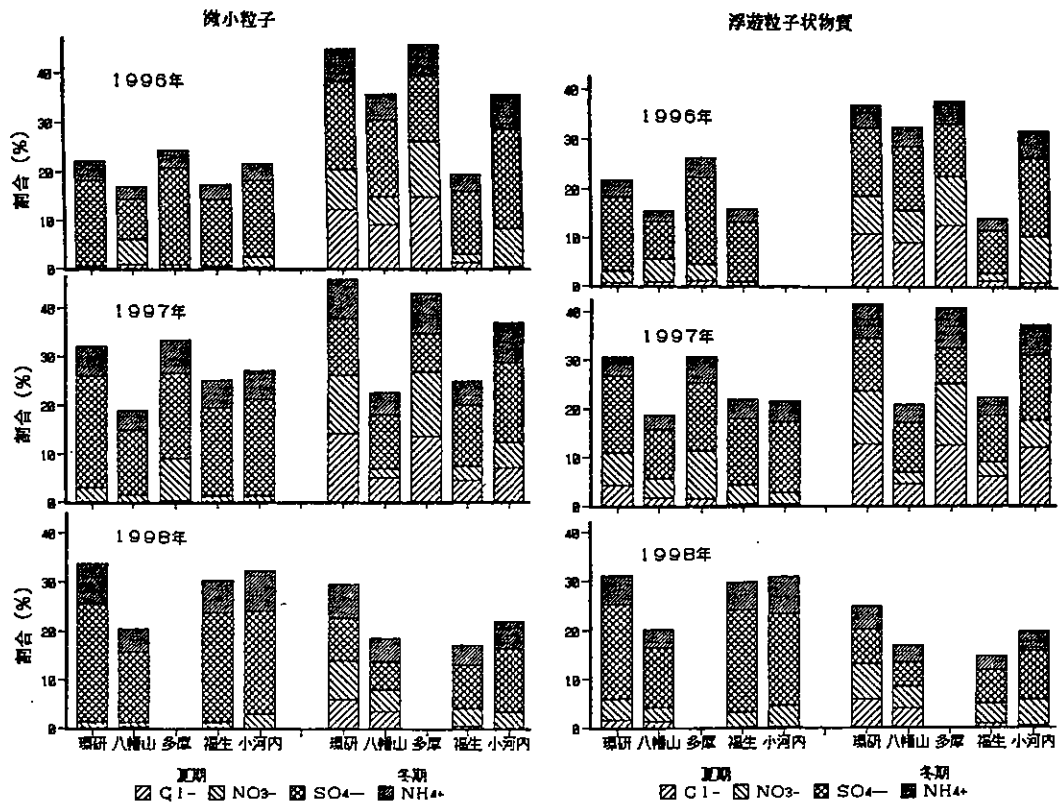


図1 二次生成粒子の割合

が高い傾向であった。地域的には海の影響を受ける湾岸部で高いが、冬期には山間部の小河内が高い値を示す例も見られた。次に、微小粒子について見ると、大気中での塩素の化合物として考えられる塩化アンモニウムが粒子として捕集され易い冬期には高い割合となっている。地域的には都心部や郊外の多摩測定局が高い傾向であった。粗大粒子と微小粒子を合わせた浮遊粒子状物質中の塩素イオンの割合は、微小粒子の場合と同様に塩化アンモニウムが粒子として捕集され易い冬期が夏期よりも高い。冬期には都心部や多摩測定局が高いが、小河内でも高い値となることがあった。

イ 硝酸イオン

硝酸イオンは概ね光化学反応などを経て二次的に生成したものと考えられる。したがって、粗大粒子中の硝酸イオンは粗大粒子に含まれていたナトリウムなどの反応によって移行して来たものである。硝酸イオンはこの粗大粒子については含有割合の季節変化や地域差の比較的小さい成分であった。しかし、微小粒子では大気中での硝酸の化合物として考えられる硝酸アンモニウムが粒子として捕集され易い冬期の割合が高く、地域的には窒素酸化物の発生量の多い都心部で幾分高い傾向であった。次に、浮遊粒子状物質について見ると、微小粒子の場合と同様に冬期には含有割合が高かった。地域的に見ると、道路沿道が若干低い傾向であった。

ウ 硫酸イオン

硫酸イオンの割合は、粗大粒子では夏期が高いが、冬期の方が高い年も見られた。地域的には、二次生成が活発となる夏期には都心部よりも郊外や山間部で高くなる例が見られた。次に、微小粒子について見ると、夏期の割合は高く、二次生成粒子の大半を占めるほどである。これは、二次的に生成した硫酸や硫酸の塩、硫酸アンモニウムが塩化アンモニウムや硝酸アンモニウムとは異なり、粒子として存在し易いことによると考えられる。冬期も二次生成粒子の1/2以上を占める例も見られた。含有割合の地域差は少ないが、道路沿道では若干低い傾向であった。浮遊粒子状物質としても夏期の含有割合は高く、二次生成粒子の2/3以上を占める例も見られた。地域的には道路沿道では若干低かった。

エ アンモニウムイオン

アンモニウムイオンの割合は、粗大粒子では多摩測

測定局などを除けば、いずれの地点も夏期、冬期に関わらず少ない。一方、微小粒子について見ると、冬期の割合が高い傾向だが、夏期の方が高い例も見られた。地域差は比較的小さいが、道路沿道では若干低かった。したがって、浮遊粒子状物質としても季節変化も地域差も少ないが、道路沿道で若干低い傾向であった。

オ その他の水溶性成分

ナトリウムイオンなどの含有割合は図2に示した。

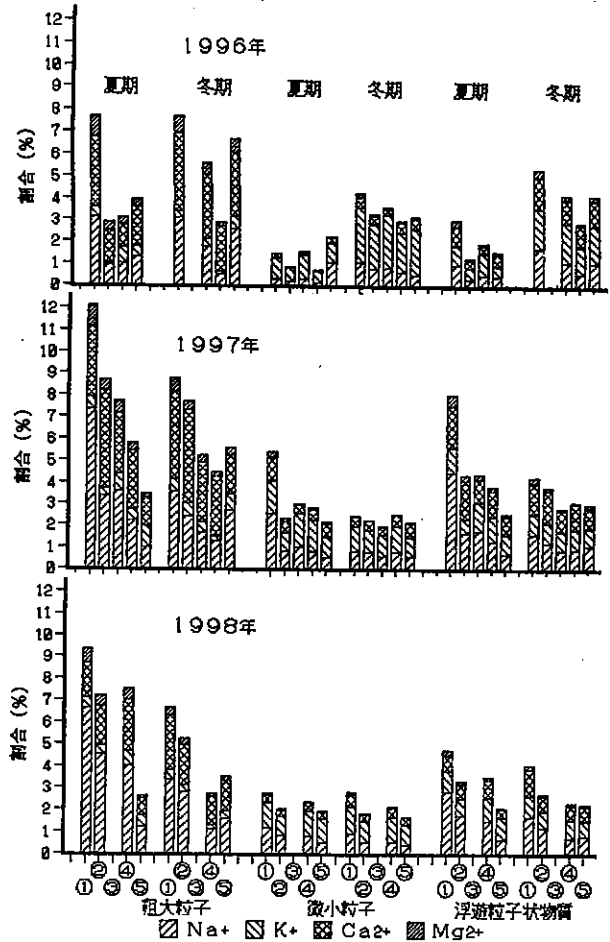


図2 水溶性成分の割合

注：調査地点
 ①環研
 ②八幡山 (1998年は梅島)
 ③多摩
 ④福生
 ⑤小河内

ナトリウムイオンは、粗大粒子で割合が高く、南風の卓越する夏期には湾岸部ほど高い値を示した。これは、この成分が自然界起源の海塩に由来していることを示している。一方、カリウムイオンは、人為起源の廃棄物焼却に由来すると考えられ、微小粒子で割合が高く、季節変化や地域差の少ない成分であった。道路粉じんなどに由来するカルシウムイオンは、粗大粒子で

割合が高い。都心部が若干高い傾向だが、季節変化や地域差は比較的少ない。マグネシウムイオンは、粗大粒子の割合が高く、自然界起源の成分と考えられる。夏期も冬期も都心部の方が高い傾向であった。

(2) 二次生成粒子の割合

塩素イオン、硝酸イオン及び硫酸イオン、これにアンモニウムイオンを合わせた、二次生成粒子の割合は表及び図1に示してある。二次生成粒子は、調査時の気象条件などに影響を受けると考えられることから、その割合は調査年によって大きく異なる例も見られる。粗大粒子について見ると、小河内では4割近い例が見られ、都心部でも3割を越える例が見られた。一方、微小粒子では2割以下の例もあるが、4割を越える例も幾つか見られた。浮遊粒子状物質に含まれる二次生成粒子の割合は、季節的には冬期が高い年と、夏期の高い年とがあった。冬期には4割を越える例も都心部や郊外で見られた。地域的には都心部が高い傾向だが、山間部も高い値となる例も見られた。道路沿道に

については若干低い傾向であった。

なお、ここで得られた値は、二次生成粒子に含める成分に違いがあり、また調査地点や季節なども異なることから単純に比較はできないが、東京都内で測定された報告値^{2)~4)}に比べて、幾分高い傾向であった。

参考文献

- 1) 秋山薫ら：浮遊粒子状物質中の水溶性成分の粒径分布、東京都環境科学研究所年報1999、p.22-28.
- 2) 芳住邦雄ら：東京都における浮遊粒子状物質へのリセプターモデルによる発生源寄与の評価、東京都環境科学研究所年報1989、p.3-10.
- 3) 秋山薫ら：東京都内における浮遊粒子状物質中の炭素成分の粒径分布と発生源寄与の推定、東京都環境科学研究所年報1991、p.71-77.
- 4) 鎌滝裕輝ら：浮遊粒子状物質の地域別リセプターモデル（CMB法）による発生源の環境への負荷率推定、東京都環境科学研究所年報1995、p.18-26.

Characteristics of Water-soluble Components in Ambient Particulate Matter in the Tokyo Metropolitan Area

Kaoru Akiyama, Hidetoshi Yoshioka, Hiroki Kamataki

Summary

In order to determine the concentration of secondary particles we investigated water-soluble components in ambient particulate matter during summer and winter at sites in the Tokyo Metropolitan Area. The concentration of secondary particles found in ambient particulate matter was, in some cases, about 30% in summer and about 40% in winter. In summer, the concentration of sulfate ion in the secondary particles was 67% or above. In winter, the concentration of chloride ion and nitrate ion was rather low while the concentration of four components (chloride ion, nitrate ion, sulfate ion and ammonium ion) was roughly equal. The concentration of secondary particles was slightly lower near roadways than in city centers or in suburbs.

Keywords: ambient particulate matter, water-soluble components, secondary particles