

臨海工業地域における浮遊粒子状物質濃度

Study on Concentration of Suspended Particulate Matter in Kawasaki Coastal Industrial Area.

柴田 幸雄	Yukio	SHIBATA
井上 康明	Yasuaki	INOUE
小塚 義昭	Yosiaki	KOTSUKA
黒沢 芳則	Yosinori	KUROSAWA
小池 順一*	Jun-iti	KOIKE

1 はじめに

浮遊粒子状物質には公害対策基本法において環境基準が定められ、また川崎市においては公害防止条例で環境目標値が定められている。

川崎市では現在9ヶ所の一般環境大気測定所で浮遊粒子状物質の常時監視測定を実施している。また当研究所においても一般環境大気測定所4ヶ所（田島、中原、多摩、麻生測定所）と自動車排出ガス測定所（池上測定所）で、浮遊粒子状物質濃度調査（濃度及び成分組成）を実施している。

しかし、環境基準は工業専用地域を除外しており、市南部の臨海工業地域については常時監視は行っていない。

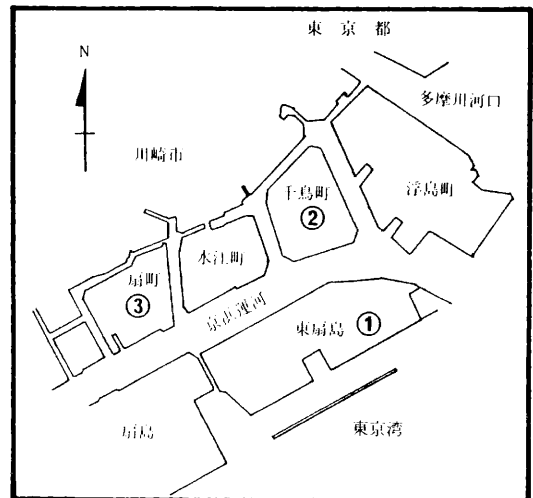
近年臨海部の事業所より浮遊粒子状物質や降下ばいじんについての苦情が寄せられていること、また、扇島、東扇島に首都高速道路湾岸線の建設工事も進められており、道路開通時には浮遊粒子状物質に影響を及ぼすことが予想され事前調査の意味も含め、臨海部の浮遊粒子状物質濃度や降下ばいじん量の実態把握するための調査を行った。

2 調査方法

2.1 調査地点及び調査期間

調査期間：平成元年7月～平成2年6月の毎月1週間

調査地点：① 東扇島 日本食肉流通センター
② 千鳥町 川崎市港湾局港務所



- ① 日本食肉流通センター
- ② 港湾局港務所
- ③ 降下ばいじん定期調査地点

図1 調査地点

共に管理棟（2F）屋上にて試料採取を行った。

調査地点は図1に示した。

2.2 測定項目及び測定方法

浮遊粒子状物質はサイクロンローボリュームエアサンプラーを用いて捕集した。東扇島においては風向別に試料捕集を行った。

試料捕集ろ紙はセルロースメンブランろ紙（FM-120）と石英繊維ろ紙（PALLFLEX 2500 QAT-UP）を用いた。

降下ばいじん量はダストジャー法により1ヶ月

* 環境保全局公害部水質課

毎の調査を行った。

2.3 分析方法

浮遊粒子状物質中の金属成分と水溶性成分について分析を行った。

金属成分については蛍光X線分析法¹⁾と原子吸光分析法²⁾を併用した。原子吸光分析法においては試料をフッ酸分解後、硝酸・過塩素酸分解し試料溶液とした。

水溶性成分については試料を水で超音波抽出し、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻はイオンクロマトグラフ法、NH₄⁺はオートアナライザー（インドフェノール法）を用いた。

3 結果及び考察

3.1 浮遊粒子状物質濃度

本調査地点の浮遊粒子状物質濃度を表1に示した。また、その月別濃度推移を図2に示した。

図2には中原一般環境大気測定所と池上自動車排出ガス測定所の調査結果も参考として併記した。

平成元年7月～2年6月までの一年間で東扇島では最高107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、千鳥町では最高102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

図2より本調査の2地点の月別濃度と推移はよく一致しており、また、参考に示した中原測定所の濃度ともよく一致していた。従って、臨海部の浮遊粒子状物質濃度は自動車排ガス測定所より低く、一般環境大気測定所と濃度、推移ともよく一致していた。

3.2 東扇島における風向別浮遊粒子状物質濃度

東扇島の調査地点においては風向別サンプラーを用い風向別の浮遊粒子状物質濃度を求め、その

結果を表2に、また月別推移を図3に示した。

表2から東西南北の風向別濃度は平均で51～68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きな差は認められなかった。図3の月別推移から1年11月～2年3月にかけてEとS方位で他方位より50～100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 高い濃度を示す時があるが、そのほかは同様な推移を示していた。

また、無風時（0.5m/s以下）においては平均207 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高698 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、と各方位の濃度に比べ、平均で3～4倍の特異的な高濃度であった。

一般に大気安定時には汚染質濃度が高くなると言われており、今回の調査においても同様なことが確認された。

各方位の濃度と風上の発生源を照らし合わせると、N方位は千鳥町、浮島町の石油コンビナート、E方位は東京湾千葉県方向、S方位は東京湾浦賀水道方向、W方位は扇島に代表される鉄鋼関連施設が存在しているが、浮遊粒子状物質濃度上では各方位と発生源の際だった関係は認められなかった。

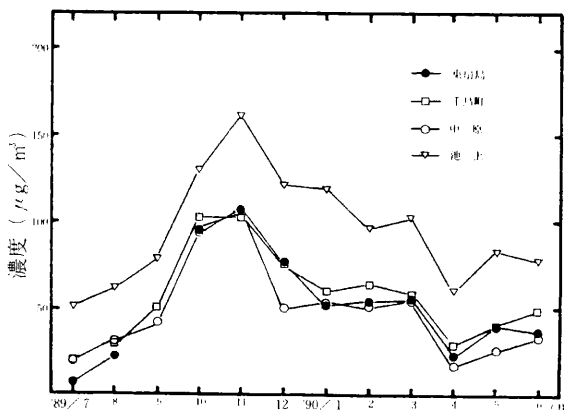


図2 浮遊粒子状物質濃度

表1 浮遊粒子状物質濃度

調査地点	'89/7	8	9	10	11	12	'90/1	2	3	4	5	6	平均
東扇島	6	22	**	95	107	75	52	54	55	24	40	37	52
千鳥町	20	29	50	102	102	75	60	64	59	29	40	49	57

** : 欠測

表2 風向別浮遊粒子状物質濃度

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

風 向	'89/7	8	9	10	11	12	'90/1	2	3	4	5	6	平均
N	21	13	27	98	103	82	50	63	53	31	48	21	51
E	32	0	7	107	116	201	88	44	138	34	29	14	68
S	5	3	22	110	152	186	43	96	86	24	26	28	65
W	0	**	6	101	114	142	48	76	53	38	26	30	58
無 風	170	8	0	220	281	426	123	186	698	127	109	130	207

** : 欠測

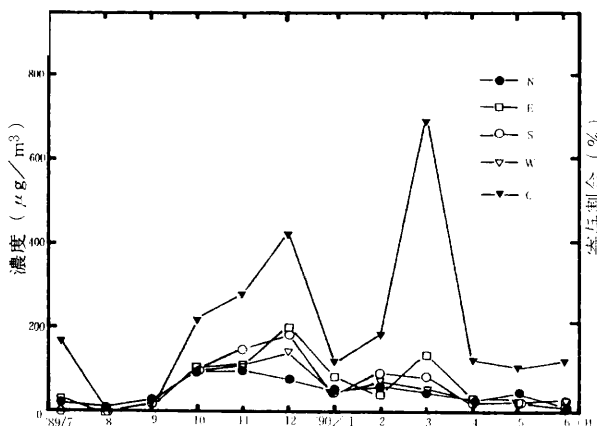


図3 風向別浮遊粒子状物質濃度 (東扇島)

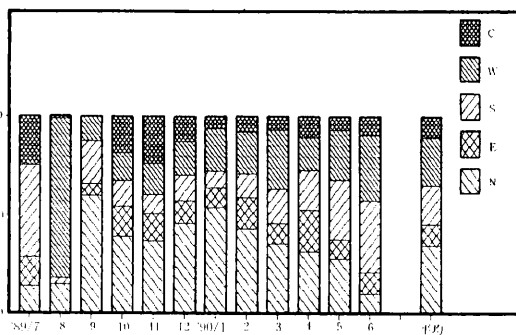


図4 風向別寄与割合 (東扇島)

短く、全体に占める寄与割合は高くなかった。

3.3 浮遊粒子状物質濃度への風向別寄与

東扇島における風向別サンプラーの試料を用い浮遊粒子状物質に対する風向別寄与を求めた。風向別の寄与は風向別の濃度とその風向きに占める時間により決定される。月別の風向別寄与割合を表3及び図4に示した。1年間の本調査においてはN方向：34%，E方向：12%，S方向：20%，W方向：24%，無風時：11%であった。秋から春にかけてN方向が若干高くなる傾向が見られた。

無風時は浮遊粒子状物質濃度は高いが時間帯が

3.4 浮遊粒子状物質組成成分濃度

本調査地点における浮遊粒子状物質中の各金属成分濃度について表4に示した。

分析した17元素の内 Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, V, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Pbは2地点の月別濃度推移が非常によく一致していた。Cr, Mn, Cdは異なった推移を示す月があり、千鳥町が東扇島より高い濃度を示していた。これは他の元素が同様な推移を示すことから考えて、近隣の発生源の影響を受けていることが考えられ

表3 浮遊粒子状物質の風向別寄与

(%)

風 向	'89/7	8	9	10	11	12	'90/1	2	3	4	5	6	平均
N	14	15	60	39	37	45	54	43	36	32	28	10	34
E	15	0	6	16	14	12	10	16	10	21	10	11	12
S	47	4	21	13	10	14	8	12	18	20	30	37	20
W	0	81	12	14	16	17	22	21	30	17	26	33	24
無 風	25	1	0	19	24	13	6	7	7	11	7	9	11

表4 浮遊粒子状物質中の金属成分の年平均濃度

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

成分	東扇島		千鳥町	
	濃度範囲	年平均濃度	濃度範囲	年平均濃度
Na	0.65 ~ 2.34	1.17	0.72 ~ 2.03	1.25
Mg	0.12 ~ 0.43	0.24	0.17 ~ 0.56	0.31
Al	0.00 ~ 1.24	0.55	0.29 ~ 1.60	0.70
Si	0.6 ~ 5.9	3.2	2.3 ~ 7.6	4.3
K	0.06 ~ 0.90	0.40	0.19 ~ 0.95	0.43
Ca	0.03 ~ 1.02	0.53	0.34 ~ 1.06	0.66
Ti	0.01 ~ 0.16	0.08	0.04 ~ 0.17	0.09
V	0.013 ~ 0.075	0.029	0.008 ~ 0.035	0.017
Cr	0.000 ~ 0.068	0.027	0.005 ~ 0.074	0.035
Mn	0.01 ~ 0.15	0.07	0.04 ~ 0.28	0.12
Fe	0.14 ~ 2.29	1.10	0.75 ~ 2.59	1.52
Ni	0.010 ~ 0.043	0.023	0.011 ~ 0.031	0.021
Cu	0.001 ~ 0.062	0.029	0.005 ~ 0.072	0.036
Zn	0.02 ~ 0.57	0.27	0.04 ~ 0.66	0.27
Br	0.006 ~ 0.042	0.023	0.009 ~ 0.041	0.021
Cd	0.000 ~ 0.007	0.003	0.000 ~ 0.020	0.005
Pb	0.000 ~ 0.385	0.086	0.006 ~ 0.146	0.067

る。

月別推移の一致した元素のうちAlについて図5に、また、異なる推移をする元素としてCrについて図6に示した。

次に東扇島における風向別金属成分濃度は表5及び図7のようであった。方位別試料捕集のため試料の捕集量が少ないので蛍光X線分析対象元素のみについて求めた。

分析対象とした9元素のうち特徴的なことは、V、Brを除いて浮遊粒子状物質濃度と同様に無風時が最も高い濃度を示した。海に面しているE、S方位が近隣発生源に面しているN、W方位より若干低濃度になる傾向が認められたが、VについてはS方位が他方位より高い濃度であった。方位により濃度差の際だったのはVとCrであった。

W方位は鉄鋼関連施設に隣接しているが、Fe、Mnが他方位と比べ際だって高くなる傾向は認め

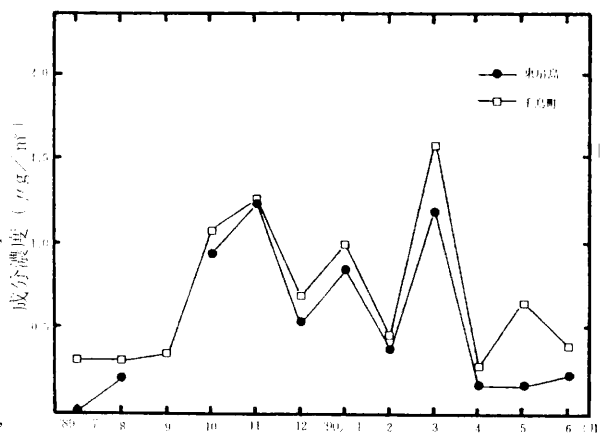


図5 浮遊粒子状物質成分濃度 (Al)

られなかった。

本調査地点は固定発生源と海とに面し、方位により周辺状況が極端に異なっているにもかかわらず、方位によって大きな濃度差が認められなかつ

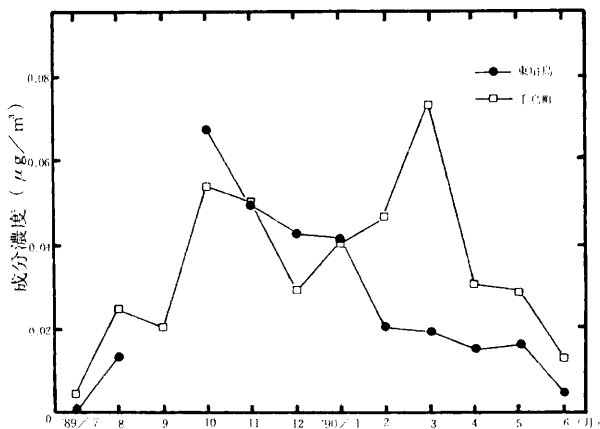


図6 浮遊粒子状物質成分濃度 (Cr)

たことは、以下のようなことが考えられる。

- ① 浮遊粒子状物質は近隣発生源のみならず他地域からの移流の影響が大きい。
- ② 陸海風により汚染気塊が東京湾方向に南下し、再度北上すること。
- ③ 船舶、航空機等の移動発生源の影響を受けていること。

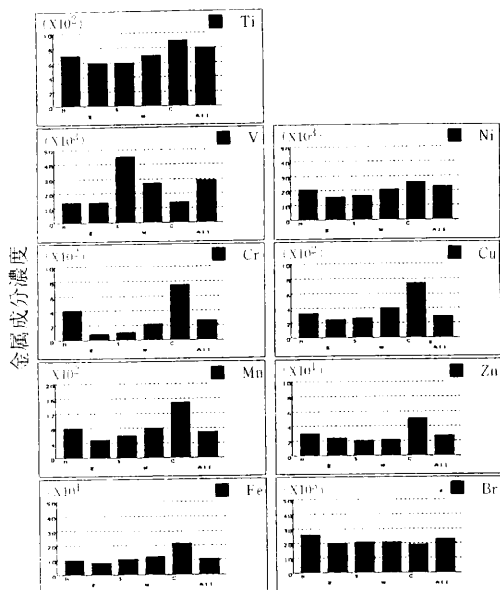


図7 風向別金属成分濃度

3.5 CMB法による発生源寄与率の推定

本調査2地点における浮遊粒子状物質の発生源寄与をCMB法を用い試算した。³⁾

表5 金属成分の風向別濃度

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

風 向	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br
N	0.07	0.014	0.041	0.08	1.02	0.021	0.033	0.30	0.026
E	0.06	0.014	0.009	0.05	0.84	0.016	0.025	0.24	0.020
S	0.06	0.045	0.011	0.06	1.07	0.017	0.027	0.21	0.021
W	0.07	0.027	0.022	0.08	1.25	0.021	0.040	0.22	0.021
無風	0.09	0.014	0.076	0.15	2.15	0.026	0.074	0.51	0.019
全方位	0.08	0.029	0.027	0.07	1.10	0.023	0.029	0.27	0.023

表6 CMB法で対象とした発生源と由来する粒子状物質の元素組成

(%)

元 素	海塩粒子	土壌粒子	鉄鋼業	石油燃焼	焼却炉
Na	30.24	0.3	1.4	3.0	1.7
Al	0.00003	9.4	1.0	0.079	0.97
K	1.1	0.015	1.3	0.064	14.6
Ca	1.2	1.2	4.5	0.37	8.73
V	0.000058	0.04	0.013	0.74	0.0002
Mn	0.000058	0.15	2.2	0.0038	0.0094
Fe	0.000029	8.2	15.7	0.96	1.1
Pb	0.0000087	0.0	1.4	0.016	1.14

CMB法の基本式は次式で表される。

$$C_i = \sum m_j X_{ij}$$

C_i : 大気中の元素 i の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

m_j : 発生源 j から排出された粒子のその地域における大気中濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_{ij} : 発生源 j から排出された粒子中の元素 i の割合

この式において C_i と X_{ij} が既知であり、かつ発生源 j から排出された粒子がある地域に到達するまでに、粒子に含まれた元素 i が逸散しない指標元素を選択すれば m_j を算出できる。大気中の元素濃度は本調査結果を用いた。

指標元素としては Na, Al, K, Ca, V, Mn,

Fe, Pb の 8 元素を用いた。

発生源データには本調査地域において粒子状物質排出量が多いと考えられているもの、あるいは環境中の粒子状物質への寄与が大きいと考えられている海塩粒子³⁾、土壌粒子⁴⁾、鉄鋼業⁵⁾、石油燃焼⁵⁾、焼却炉⁵⁾、の 5 種類とし、表 6 に示した。試料捕集をメンブランろ紙で行い、炭素成分分析ができなかったため指標元素から炭素成分を、発生源種からディーゼル自動車を削除した。

試算は本調査結果のうち季節風の影響を大きく受けると考えられる夏期(8月)と冬期(12月)及び平均濃度について行った。(表7)

発生源寄与率の試算結果を表 8 に示した。二次

表 7 発生源寄与算定に用いた調査結果

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

調査地点	年月	SPM	Na	Al	K	Ca	V	Mn	Fe	Pb	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
東扇島	'89/8	22	2.34	0.20	0.24	0.50	0.029	0.03	0.68	0.026	4.6	3.2	2.0
	12	75	0.95	0.54	0.59	0.59	0.018	0.12	1.28	0.108	5.2	6.6	15.1
	AVE	52	1.17	0.55	0.40	0.53	0.029	0.07	1.10	0.086	7.6	7.9	10.8
千鳥町	'89/8	24	1.93	0.31	0.34	0.64	0.018	0.06	1.21	0.038	5.3	1.6	0.4
	12	74	0.91	0.70	0.61	0.56	0.012	0.17	1.44	0.118	4.1	4.7	4.4
	AVE	50	1.25	0.70	0.46	0.66	0.017	0.12	1.52	0.067	**	**	**

** : 欠測

表 8 発生源寄与算定結果

(%)

調査地点	年月	SPM	海塩粒子	土壌粒子	鉄鋼業	石油燃焼	焼却炉	二次粒子	合計	その他
東扇島	'89/8	22	32.8	1.0	0.7	14.9	7.0	44.5	101	0
	12	75	3.3	6.5	6.8	2.8	4.4	35.9	59.7	40.3
	AVE	52	6.1	10.4	6.2	6.9	4.8	50.5	84.9	15.1
千鳥町	'89/8	24	26.3	13.8	9.7	9.3	6.2	30.4	95.7	4.3
	12	74	3.2	8.3	8.4	1.6	4.0	18.7	43.3	56.7
	AVE	50	7.2	14.9	8.3	3.7	4.7	**	**	**

** : 欠測

表 9 降下ばいじん量

($\text{t}/\text{km}^2/\text{月}$)

調査地点	'89/7	8	9	10	11	12	'90/1	2	3	4	5	6	平均
東扇島	6	13	15	7	8	5	9	15	25	23	9	16	13
千鳥町	**	5	7	7	6	7	4	7	9	6	8	5	6
扇町	5	9	21	5	7	5	7	14	21	13	10	16	11

** : 欠測

生成粒子の寄与率は便宜上 $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ として扱った。

寄与率の結果を見ると、夏期、冬期で比較すると大気濃度では各元素の多くは夏期<冬期であるが、浮遊粒子状物質濃度が夏期に対し冬期が3倍以上あり、従って各発生源の寄与は逆に夏期>冬期となっていた。海塩粒子については夏にS方位の季節風の影響を受け、臨海部であるためNaの大気濃度は高く、寄与率は26.3、32.8%と非常に高い値であった。市内環境大気測定所において昭和58~60年度の夏期調査結果の試算では5~9%程度であった。⁶⁾また、夏期における二次粒子を含む寄与率の合計はほぼ100%であった。なお、今後寄与率の精度を上げるためには、自動車の寄与についても算出する必要がある。

3.6 降下ばいじん濃度

本調査地点の降下ばいじん量を表9及び図8に示した。また、本調査地点に隣接する扇町定期調査地点の測定結果も併記した。図8からわかるように、本調査2地点の月別推移は異なり、千鳥町における濃度は4~9 t/km²/月と安定しているのに対し、東扇島は5~25 t/km²/月と大きな変動を示し、図2に示すように浮遊粒子状物質濃度では一致していたのに比べ対照的な結果であった。これは降下ばいじんの粒径が大きく、大気中の滞留時間が短く拡散範囲が狭いことを表していると考えられる。

また、参考に示した扇町調査地点の結果は位置

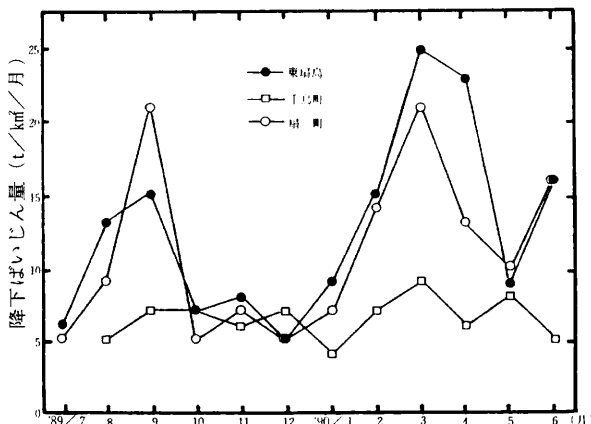


図8 降下ばいじん量

的に近い千鳥町より東扇島の結果と一致していた。市内の降下ばいじん量調査地点の中では扇町調査地点が常に最高濃度を示すが、⁷⁾東扇島の結果はそれを上回っており、降下ばいじんにおいては高濃度地点であった。

4 まとめ

本調査によって以下の知見が得られた。

- (1) 臨海部の浮遊粒子状物質濃度は最高107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均52~57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。月別の濃度及び推移は本調査2地点でよく一致し、また、中原一般環境大気測定所においても同様であり、臨海部は内陸部に比べ際だった差は認められなかった。
- (2) 東扇島でのN、E、S、Wの風向別濃度は平均で51~68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きな差は認められなかった。しかし、無風時(0.5m/s以下)においては平均207 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高698 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と各方位濃度に比べ平均で3~4倍の特異的な高濃度であった。
- (3) 東扇島での浮遊粒子状物質濃度への風向別寄与は平均でN:34%、E:12%、S:20%、W:24%、無風時:11%であった。
- (4) 東扇島と千鳥町での浮遊粒子状物質中の金属成分濃度推移は、Na、Mg、Al、Si、K、Ca、Ti、V、Fe、Ni、Cu、Zn、Br、Pbが一致していた。また、Cr、Mn、Cdは異なった推移を示す月があり、千鳥町が東扇島より高い濃度を示していた。
- (5) 東扇島における風向別の金属濃度ではV、Brを除き無風時が一番高い濃度を示した。方位ではVがS方位で高い濃度を示す他は際だった濃度差は認められなかった。
- (6) 臨海部における浮遊粒子状物質のCMB法による発生源寄与率の試算結果では夏期に海塩粒子の寄与26.3、32.8%となり、内陸部の試算結果5~9%⁶⁾と比べ大きかった。
- (7) 降下ばいじん量は東扇島において5~25、平均13 t/km²/月と高い値を示し、定期調査地点の中で一番高い値を示す扇町(5~21、平均11 t/km²/月)よりも高い値であった。

文 献

- 1) 早坂孝夫, 柴田幸雄, 井上康明, 林久緒, 黒沢芳則: 蛍光X線分析法による市内浮遊粒子

- 状物質の多元素分析調査結果，川崎市公害研究所年報，11，13～21（1985）
- 2) 中村清治，柴田幸雄，松尾清孝，井上俊明，黒沢芳則，市橋正之：原子吸光分析法によるばいじん中の金属分析法の研究，川崎市公害研究所年報，10，24～29（1985）
 - 3) 溝畑 朗，真室哲雄：堺における大気浮遊粒子状物質中の諸元素の発生源の同定（1），大気汚染学会誌，15，189～206（1980）
 - 4) 神奈川県，横浜市，川崎市，横須賀市：神奈川県臨海地区大気汚染調査報告書，昭和58年度（1985）
 - 5) 柴田幸雄，井上俊明，松尾清孝，林久緒，黒沢芳則，志水正樹，中村清治：固定発生源から排出されるばいじんの成分組成について，川崎市公害研究所年報，11，59～71（1984）
 - 6) 早坂孝夫，小池順一，井上俊明，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）
 - 7) 川崎市：よりよい環境をめざして，平成元年度川崎市環境白書（1990）