

2 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

Analysis of Multi Elements in Suspended Particulate Matters by
X-Ray Fluorescence Spectrometry.

早坂孝夫	Takao	HAYASAKA
柴田幸雄	Yukio	SHIBATA
井上康明	Yasuaki	INOUE
林久緒	Hisao	HAYASHI
黒沢芳則	Yoshinori	KUROSAWA

1 はじめに

環境大気中に存在する粒子状物質，とりわけ人体に影響を及ぼすとされる粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子，浮遊粒子状物質の挙動や物理・化学的特性を知ることが，浮遊粒子状物質対策上必要である。中でも，粒子の粒径，濃度，成分組成は，重要な因子である。当研究所では，蛍光X線分析法を用いて，浮遊粒子状物質の組成元素を分析している。この分析方法は，浮遊粒子物質中の μg ～パーセント単位に含まれる各元素を，非破壊で多元素同時に分析できる利便性を有している。本報では，蛍光X線分析法を用いて，浮遊粒子状物質の組成元素を分析した方法と，昭和59年の，浮遊粒子状物質の濃度及び組成元素を基にして，川崎市内での浮遊粒子状物質による大気汚染の特徴について述べる。

2 方法

2.1 調査地点及び期間

試料採取地点は，図1に示すように市内4ヶ所である。

公害研究所3階屋上：川崎区田島町20-2

中原区役所3階屋上：中原区小杉町3-245

多摩保健所2階屋上：多摩区登戸1785

麻生測定所1階屋上：麻生区百合丘2-9

期間は，1984年1月より12月の1年間であり，この間毎月の第3～第4週にかけて1週間サンプリングを行った。



図1 サイクロンローボリウム・エアー・サンプラーによる浮遊粒子状物質調査地点（川崎市）

2.2 試料採取方法

サイクロン分粒装置付ローボリウム・エア・サンプラー、S-2型（新宅機械製）に、アセチル化セルロース製ろ紙（富士フィルム製FM 120（47 mmφ））を装置し、20 L/minの吸引量で1週間稼働させ浮遊粒子物質を捕集した。流量校正には、湿式ガスメーターで校正した基準フローメーターを用いた。

2.3 浮遊粒子状物質濃度

浮遊粒子状物質濃度は、ろ紙を温度25℃、相対湿度50%の秤量室に48時間放置し、恒量としたのち、粒子状物質捕集前後の秤量差から浮遊粒子状物質濃度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を求めた。

2.4 蛍光X線分析法

2.4.1 マトリックス補正法^{1) 2) 3)}

標準試料は、分析対象元素を含む標準溶液を、ろ紙上に滴下し一様に分散させ乾燥して作製した。蛍光X線分析法を用いて浮遊粒子状物質中の各元素（K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Pb）を分析する時、元素は吸収や励起等マトリックスの影響を受ける。この方法では、別に分析対象元素の蛍光X線の吸収係数を求めておき、吸収についてのマトリックスの補正を行っている。表1に蛍光X線分析条件を示す。標準試料から求めた各元素の標準計数率と浮遊粒子状物質試料のマトリックス補正項を表2に示した。

表1 蛍光X線分析条件

測定元素	2次ターゲット	電圧-電流	分析系雰囲気	測定時間
Al, Si, Cl K, Ca	Ti	30KV-30 mA	真空	200 秒
Ti, V, Cr Mn, Ni	Ge	40KV-20 mA	空気	500 秒
Fe, Cu, Zn Br, Pb	Mo	50KV-30 mA	空気	500 秒

表2 標準計数率とマトリックス補正

元素	計数エネルギー域 (KeV)	標準計数率 (C. P. S. $\text{cm}^2/\mu\text{g}$)	全実効質量吸収係数 μ (cm^2/mg)	マトリックス補正 M
Al	1.44~1.56			
Si	1.68~1.82			
Cl	2.56~2.70			
K	3.24~3.42	8.67	0.284	0.914
Ca	3.60~3.80	18.6	0.226	0.931
Ti	4.42~4.62	6.72	0.146	0.954
V	4.86~5.06	11.1	0.102	0.968
Cr	5.34~5.50	13.6	0.069	0.978
Mn	5.80~6.02	18.1	0.062	0.980
Fe	6.26~6.56	5.96	0.053	0.983
Ni	7.36~7.60	39.5	0.046	0.985
Cu	7.90~8.20	9.76	0.033	0.989
Zn	8.50~8.78	12.0	0.030	0.990
Br	11.80~12.04	14.2	0.023	0.992
Pb	12.48~12.78	8.85	0.021	0.993

($m_0 = 0.6426 \text{ mg}/\text{cm}^2$, $n = 12$)

表2に示したマトリックス補正項は、環境大気中の浮遊粒子状物質12試料 ($0.334 \mu\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.0 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, $\bar{m}_0 = 0.643 \mu\text{g}/\text{cm}^3$) の全実効質量吸収係数 μ を測定し、この平均値と単位面積当りの浮遊粒子状物質重量から算出した。

蛍光X線の分析線 (エネルギー域) が重なる元素 ($\text{Ti}(k\beta)$ 線と $\text{V}(k\alpha)$ 線, $\text{V}(k\beta)$ 線と $\text{Cr}(k\alpha)$ 線) については, Ti と V の純金属元素を使用し, 次の補正式を求めた。

$$V(k\alpha) \text{ 線} = V(k\alpha) \text{ 線} - \text{Ti}(k\alpha) \text{ 線} \times 0.15 \dots\dots\dots (1)$$

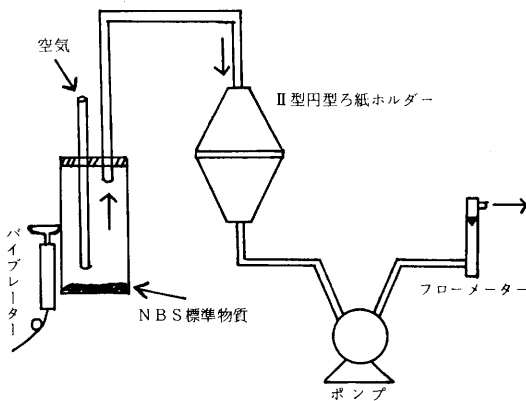
(実測蛍光X線強度) (実測蛍光X線強度)

$$\text{Cr}(k\alpha) \text{ 線} = \text{Cr}(k\alpha) \text{ 線} - V(k\alpha) \text{ 線} \times 0.14 \dots\dots\dots (2)$$

(実測蛍光X線強度)

2.4.2 標準物質拡散捕集法

上記のマトリックス補正法が適用できなかった元素 (Al , Si , Cl) については, 標準物質拡散捕集法を用いた。この方法は, 標準物質として化学成分の含有率が確認されている都市大気粉じん (N. B. S., Standard Reference Material) を用いた。図2に示す装置を用いて, 標準物質を拡散し, ろ紙上に均一な状態で捕集した。この方法で, 17個の



捕集ろ紙: FM-120, 有効捕集径: 27.8 mm ϕ
 吸引流量: 約 6 l/min, 吸引捕集量: 1.67 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \sim 39.2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$

図2 標準物質拡散捕集装置

標準試料を作成した。各元素について, 単位面積当りの元素量と蛍光X線強度による直線回帰式を求めた。これを検量線とし, 表3に示した。検出限界は, 測定元素の蛍光X線ピークの下バックグラウンドの計数率の平方根の3倍であるときの元素存在量とし, 表4に示した。

表4 検出限界

2次ターゲット 元素及びスペクトル線		単位面積あたりの検出限界値 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		
		Ti	Ge	M ₀
Al	K α	1.25		
Si	K α	0.52		
Cl	K α	0.25		
K	K α		0.08	
Ca	K α		0.04	
Ti	K α		0.04	
V	K α		0.03	
Cr	K α		0.03	
Mn	K α		0.03	
Fe	K α			0.02
Ni	K α		0.02	
Cu	K α			0.02
Zn	K α			0.02
Br	K α			0.03
Pb	L β			0.05

表3 NBS試料での単位面積当りの元素量と蛍光X線強度との回帰式

NBS試料		回帰式	
X	Y	$y = a + bx$	
		b	a
蛍光X線 強度 (C.P.S)	Al ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0.216	1.05
	Si ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0.718	7.34
	Cl ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	2.93	0.29

3 結果及び考察

3.1 浮遊粒子状物質の濃度

昭和59年1月から12月までの田島・中原・多摩・麻生における浮遊粒子状物質の濃度の経月変化を図3に示す。経月推移の型は、各地点ともよく類似しており、濃度は、冬期（1月、12月）に高く、夏期（7月、8月）に低い傾向がみられた。濃度の1年間における最低値に対する最高値の比は、各地点とも約4倍であった。

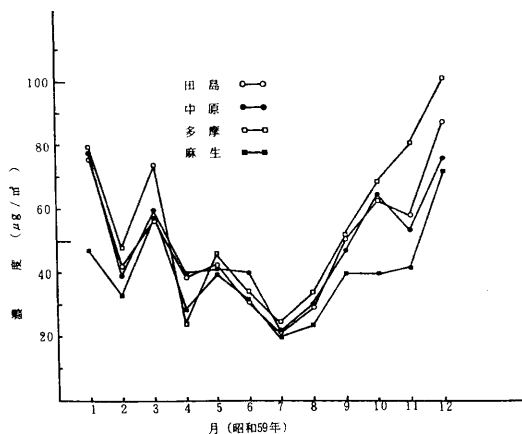


図3 浮遊粒子状物質濃度の経月推移

全体を通じて、最も高い濃度を示したものは、12月の多摩で102 (µg/m³)、逆に最も低い濃度は、7月の麻生で20.2 (µg/m³)であった。年平均値では、多摩の55.8 (µg/m³)が最も高く、以下、田島49.8 (µg/m³)、中原49.3 (µg/m³)、麻生39.6 (µg/m³)の順に低くなっている。

3.2 組成元素の濃度

浮遊粒子状物質中の元素濃度を、付表1-1～1-4に示した。地点ごとの測定項目について、年平均値を表5に示した。Ca及びV以上の重元素の年平均値は、4地点のうちで田島が最

表5 浮遊粒子状物質成分濃度年平均の中央部以北(中原・多摩・麻生)と田島との比較

	田島	中央部以北			中央部以北平均	比
		中原	多摩	麻生		
浮遊粒子状物質	49.8	49.3	55.8	39.6	48.2	1.03
Al	0.597 (1.3)	0.699 (1.5)	0.881 (1.7)	0.639 (1.7)	0.740	0.81
Si	1.93 (3.9)	2.19 (4.4)	2.68 (5.0)	1.65 (4.4)	2.17	0.89
Cl	3.32 (6.0)	4.34 (7.4)	4.60 (6.4)	2.79 (5.4)	3.91	0.85
K	1.05 (2.2)	1.10 (2.4)	1.29 (2.5)	0.924 (2.5)	1.10	0.95
Ca	1.33 (2.9)	1.13 (2.3)	1.25 (2.3)	0.819 (2.1)	1.07	1.24
Ti	0.103 (0.28)	0.124 (0.34)	0.154 (0.37)	0.0948 (0.34)	0.124	0.83
V	0.0188 (0.043)	0.0110 (0.024)	0.0095 (0.019)	0.0057 (0.023)	0.0097	1.93
Cr	0.0261 (0.063)	0.0103 (0.024)	0.0084 (0.016)	0.0058 (0.022)	0.0092	2.85
Mn	0.0924 (0.20)	0.0561 (0.12)	0.0510 (0.094)	0.0403 (0.10)	0.0491	1.88
Fe	1.37 (3.1)	1.05 (2.3)	1.17 (2.3)	0.841 (2.3)	1.02	1.34
Ni	0.0164 (0.040)	0.0083 (0.019)	0.0071 (0.014)	0.0067 (0.017)	0.0074	2.23
Cu	0.0643 (0.13)	0.0344 (0.076)	0.0308 (0.058)	0.0232 (0.061)	0.0295	2.18
Zn	0.370 (0.73)	0.259 (0.55)	0.237 (0.45)	0.188 (0.48)	0.228	1.62
Br	0.0232 (0.049)	0.0171 (0.036)	0.0193 (0.036)	0.0163 (0.043)	0.0176	1.32
Pb	0.0766 (0.15)	0.0589 (0.12)	0.0626 (0.12)	0.0476 (0.12)	0.0564	1.36

()内は組成比(%)

も高くなっていた。中でも、V・Cr・Mn・Ni・Cu・Zn の田島の年平均値は、市中央部以北（中原・多摩・麻生）の1.5倍以上となっていた。これは、田島が隣接した臨海工業地帯の影響を強く受けているためと考えられる。Al・Si・Cl・K・Ti の各元素の年平均値は、4地点のうち多摩が最も高くなっていた。反対に、丘陵地帯に立地する麻生の年平均は、4地点の中で全測定項目にわたって最も低く、川崎市内でも比較的汚染の少ない住居地域と考えられる。

3.3 10年前との比較

田島における今回の分析結果と、昭和49年度の川崎の国設大気測定網（NASN）の浮遊粒子状物質分析結果との比較を、表6に示す。減少がみられなかった元素は、CrとZnであ

表6 田島での昭和49年度と昭和59年次との浮遊物質の各成分年平均値の比較

	S.P.M	Al	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb
昭和49年度NASN 田島の年平均値	55	0.798	0.032	0.023	0.153	1.56	0.023	0.187	0.359	0.277
昭和59年度田島(川 公研)の年平均値	50	0.597	0.019	0.026	0.092	1.37	0.016	0.064	0.370	0.077

る。3～4割減少した元素は、V・Mn・Niである。5割以上減少している元素は、PbとCuである。原因としては、Pbは、当時と比べて現在の有鉛ガソリンの消費量が激減していることがあげられる。銅については、田島での銅が、昭和57年度のNASNの調査結果⁴⁾から全国平均の4倍以上の高濃度であった。このことから、サンプリング地点の近傍に発生源が存在すると推察される。この発生源からの影響の低下が濃度減少の一要因と考えられる。

3.4 濃縮係数

環境大気中の浮遊粒子状物質を構成する各成分の人為的発生強度⁶⁾を調べる指標として、濃縮係数（E）が用いられる。濃縮係数は、次式で表わされる。

$$E = \frac{(x_i/x_{Al})_{\text{エアロゾル}}}{(x_i/x_{Al})_{\text{地殻}}}, \quad \begin{cases} x_{Al} : \text{Alの濃度} \\ x_i : \text{成分iの濃度} \end{cases}$$

田島での浮遊粒子状物質中の各元素について、横軸に濃縮係数、縦軸に年平均濃度をプロットしたものを図4に示す。Eが $10^{-1} \sim 10^0$ の範囲の元素は、Al・Siである。Eが $10^0 \sim 10^1$ は、Ti・Fe・Ca・K。Eが $10^1 \sim 10^2$ は、Mn・V・Cr・Ni。Eが $10^2 \sim 10^3$ は、Cu・Pb。Eが $10^2 \sim 10^3$ は、Cu・Pb。Eが $10^3 \sim 10^4$ は、Br・Zn・Clであった。土壌由来の元素とされるAL・Siは、濃縮係数が小さい。反対に、濃縮係数が高いものは、CBM⁷⁾法でガソリンエンジン車の指標元素とされるPb・Brであり、また、鉄鋼工業と都市廃棄物焼却の両方に対して指標元素とされるZnであった。また、塩素も高い濃縮係数を示した。

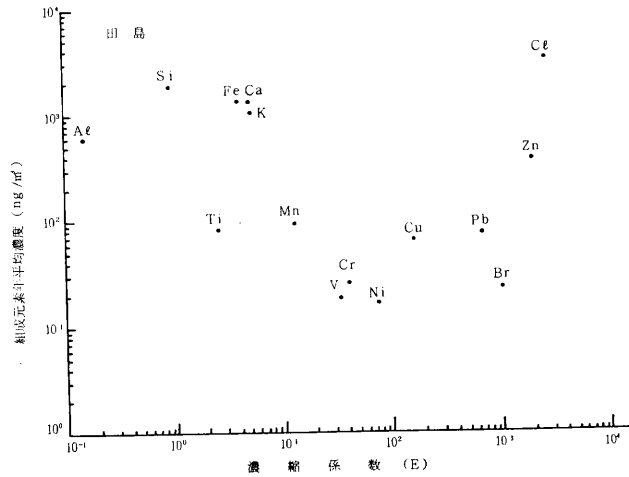


図4 浮遊粒子状物質中の各元素の濃縮係数 (川崎田島)

3.5 主成分分析

市内4地点で採取した48試料での浮遊粒子状物質の濃度及び組成元素間の相関係数を表7に示す。S.P.Mとの相関を除いて相関係数は、0.9以上がAl-Si, K-Ti, Zn-Pb, 0.8以上がSi-Ca, Ca-Ti, Cr-Ni, Mn-Zn, Br-Pb, 0.7以上がAl-Ca, Si-Ti, Cl-Ti, K-Ca, V-Mn, Mn-Fe, Mn-Pb, Fe-Br, Zn-Brであった。

表7 浮遊粒子状物質の濃度及び組成元素濃度間の相関係数

	S.P.M	Al	Si	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb
S.P.M	1.000															
Al	0.565**	1.000														
Si	0.697**	0.961**	1.000													
Cl	0.747**	0.527**	0.662**	1.000												
K	0.851**	0.604**	0.704**	0.663**	1.000											
Ca	0.702**	0.799**	0.879**	0.656**	0.716**	1.000										
Ti	0.868**	0.695**	0.798**	0.723**	0.930**	0.804**	1.000									
V	0.259	0.017	0.080	0.104	0.131	0.410**	0.094	1.000								
Cr	0.003	-0.176	-0.107	0.088	-0.100	0.193	-0.114	0.684**	1.000							
Mn	0.604**	0.233	0.358*	0.449**	0.483**	0.586**	0.415**	0.723**	0.655**	1.000						
Fe	0.692**	0.494**	0.556**	0.405**	0.593**	0.667**	0.610**	0.652**	0.308*	0.720**	1.000					
Ni	-0.058	-0.194	-0.166	0.048	-0.221	0.090	-0.182	0.605**	0.860**	0.453**	0.150	1.000				
Cu	0.318*	-0.092	0.017	0.002	0.285*	0.194	0.215	0.609**	0.327*	0.554**	0.581**	0.160	1.000			
Zn	0.668**	0.046	0.231	0.427**	0.592**	0.414**	0.470**	0.452**	0.337*	0.812**	0.522**	0.127	0.551**	1.000		
Br	0.732**	0.121	0.241	0.411**	0.663**	0.311*	0.524**	0.416**	0.170	0.673**	0.713**	0.034	0.642**	0.726**	1.000	
Pb	0.795**	0.128	0.309*	0.544**	0.744**	0.429**	0.615**	0.354*	0.207	0.739**	0.561**	0.022	0.534**	0.943**	0.833**	1.000

n = 48, r(46; 0.01) = 0.368, r(46; 0.05) = 0.285

** : 有意水準 0.01 で有意, * : 有意水準 0.05 で有意

表7の相関係数行列から、Al・Si・Ca・Ti・V・Cr・Mn・Fe・Ni・Zn・Br・Pbの12項目間の相関係数を選び、主成分分析^{8) 9)}を行った。主成分分析を行って得られた結果を表8に示す。

固有値、累積寄与率が第3主成分までで、それぞれ1、80%を越えていることから、この3つの主成分の値をもって多変量の値がほとんど説明される。各項目ごとの因子負荷量の値について、第1主成分を横軸、第2主成分を縦軸にとった散布図、及び、第2主成分を横軸、第3主成分を縦軸にとった散布図を、図5・図6に示した。第1主成分の因子負荷量は、すべて正であり、どの項目が大きくなっても、第1主成分の値が大きくなることから、汚染の量の因子と考えられる。第2主成分の因子負荷量は、Ni・Cr・V・Mn・Zn・Br・Pbの各項目が正であり、Al・Si・Ti・Ca・Feの各項目が負である。前者は、その粒径が主に微小側 (< 2.5 μ m) に偏在し、後者は、粗大粒子側 (> 2.5 μ m) に偏在している。また、この違いは、発生源とも大いに関係している。固定発生源(工場・焼却場)・移動発生源

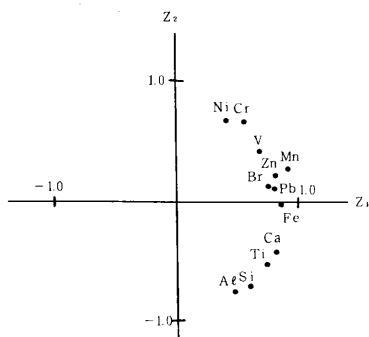


図5 因子負荷量の散布図

Z₁ : 第1主成分への因子負荷量

Z₂ : 第2主成分への因子負荷量

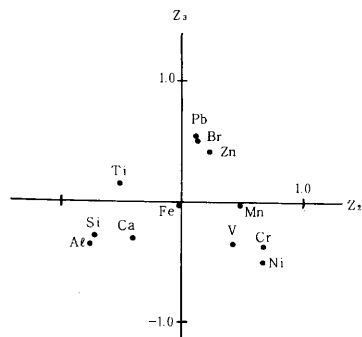


図6 因子負荷量の散布図

Z₂ : 第2主成分への因子負荷量

Z₃ : 第3主成分への因子負荷量

表8 主成分分析結果

元素	第1主成分 因子負荷量	第2主成分 因子負荷量	第3主成分 因子負荷量
Al	0.48	-0.77	-0.35
Si	0.61	-0.71	-0.28
Ca	0.82	-0.41	-0.30
Ti	0.75	-0.52	0.16
V	0.68	0.42	-0.34
Cr	0.55	0.68	-0.37
Mn	0.92	0.28	-0.02
Fe	0.86	-0.02	-0.05
Ni	0.41	0.68	-0.48
Zn	0.81	0.22	0.42
Br	0.75	0.13	0.51
Pb	0.82	0.10	0.53
固有値	6.25	2.80	1.53
累積寄与率(%)	52	75	88

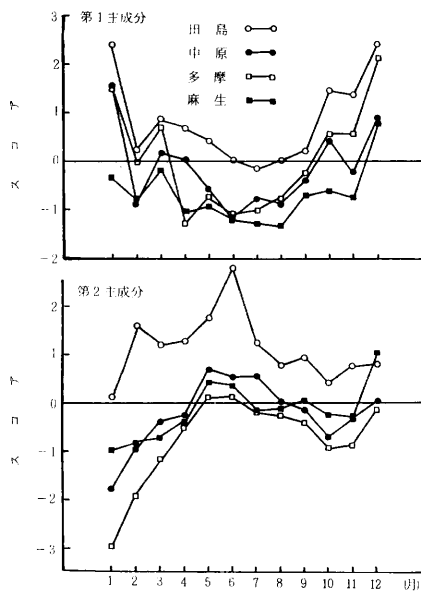


図7 第1・第2主成分のスコアの経月推移

(自動車・船舶)などの人為的発生源から主に燃焼によって排出される粒子は、微小粒子域側に、反対に、土壌粒子の舞い上がりなどの自然発生源から排出される粒子は、粗大粒子域^{10) 11)}に偏在している。このことから、第2主成分は、組成元素の発生源の質を説明する因子と考えられる。第3主成分の因子負荷量は、Zn・Br・Pbが比較的大きな値となっている。これらの元素は、ガソリン自動車排ガスの指標元素とされることもあるが、これから第3主成分の意味付けをすることはできませんでした。地点ごとの第1・第2主成分のスコアの経月推移を、図7に示した。

第1主成分のスコアの各地点の経月推移は、浮遊粒子状物質のそれと同様に、冬に高く、夏に低い傾向を示している。第1主成分のスコアは、田島・多摩・中原・麻生の順に小さくなっている。第2主成分は、5月・6月・7月が各地点とも高くなっている。これは人為的発生源から排出される重金属の浮遊粒子状物質中に占める組成比の高まっている時期と一致する。第2主成分が浮遊粒子状物質の発生源の質を意味するものと仮定すれば、田島のスコアが全ての月で正であり、また、他の地点と比べて高いことから、田島が主に固定発生源による人為的発生源の影響を最も強く受けていることになる。反対に、市中央部以北(中原・多摩・麻生)は、相対的にその影響が小さくなっている。

4 まとめ

- (1) 昭和59年に市内4地点(田島・中原・多摩・麻生)で、ローボリウム・エア・サンプラーを用いて採取した浮遊粒子状物質の濃度は、冬期(1月・12月)に高く、夏期(7月・8月)に低くなる傾向がみられた。年平均値は、多摩(55.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、田島(49.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、中原(49.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)、麻生(39.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)の順に低くなっている。
- (2) V以上の重元素(Cr・Mn・Fe・Ni・Cu・Zn・Br・Pb)の年平均値は、4地点のうちで田島が最も高くなっている。中でも、V・Cr・Mn・Ni・Cu・Znの田島の年平均値は、市中央部以北(中原・多摩・麻生)の1.5倍以上となっている。
- (3) 田島での10年前のNASNの分析結果と比較して、田島での濃度に減少がみられなかった重元素は、CrとZnである。3～4割減少した元素は、V・Mn・Niである。5割以上減少している元素は、PbとCuである。
- (4) 田島でのFeを除くV以上の重元素の濃縮係数は、 $10^1 \sim 10^4$ と高い値を示した。
- (5) 浮遊粒子状物質による大気汚染を総合評価するため、主成分分析を行った。Al・Si・Ca・Ti・V・Cr・Mn・Fe・Ni・Zn・Br・Pbの12項目を用いた時の、第1主成分・第2主成分の寄与率は、それぞれ52%、23%であった。第2主成分の累積寄与率は、75%であり、これらの主成分で全情報の約8割が説明づけられる。
 1. 第1主成分は、汚染の量を示す因子と解釈できた。また、そのスコアは、田島・多摩・中原・麻生の順に小さくなっている。
 2. 第2主成分は、粒子の発生源の質を意味する因子と解釈できた。また、そのスコアの大きさから、田島が主に固定発生源による人為的発生源の影響を最も受けており、反対に市中央部以北(中原・多摩・麻生)は、相対的にその影響は小さいと思われる。

参考文献

- 1) R. D. Giauque, F. S. Goulding, J. M. Jaklevic, and R. H. Pehl: Anal. Chem., 45 ; 671 (1973)
- 2) H. Tominaga: Nucl. Inst. and Method, 114, 65 (1974)
- 3) 溝畑朗, 真室哲雄 ; エネルギー分散型蛍光X線法による大気浮遊粉塵の多元素分析 : Radioisotopes, 23, 35 (1974)
- 4) 早坂孝夫他 : 浮遊粉じん中の金属分析について, 川崎市公害研究所年報, 11, 5~12 (1985)
- 5) 昭和57年度環境庁委託国設大気測定網 (NASN) 浮遊粉じんおよび浮遊粒子状物質分析結果報告書 ; 日本環境衛生センター
- 6) Office of Air Quality Planning and Standards EPA : Digest of Ambient Particulate Analysis and Assessment Method, 108 ~ 115, EPB - 450/3 - 78 - 113, September (1978)
- 7) Friedlander, S. K: Chemical Element Balance and Identification of Air Pollution Sources, Environ. Sci. Technol, 7, 235 ~ 240 (1973)
- 8) 奥野忠一他 : 多変量解析法 (日科技連出版), (1971)
- 9) 鈴木正雄 : 横浜市内における大気中の浮遊粒子状物質および重金属濃度の調査結果とその主成分分析による解析, 横浜市公害研究所報, 4, 25 ~ 34 (1979)
- 10) 藤村満他 : 粒子状物質および微量元素の粒度別挙動, 大気汚染学会誌, 13, 280 ~ 288 (1978)
- 11) 溝畑朗他 : 大気浮遊塵の粒度別金属組成 (IV), 大気汚染研究, 11, 第17回大会要旨集, 124 (1976)

付表 1-1 田島における浮遊粒子物質の組成元素濃度

													(μg/m ³)		
測定項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	最高値	最低値	平均値
S.P.M	75.8	42.2	56.8	38.7	42.7	30.8	21.5	29.5	50.8	62.9	58.4	87.5	87.5	21.5	49.8
Al	1.13	0.623	0.811	0.675	0.413	0.171	0.376	0.520	0.477	0.831	0.607	0.529	1.13	0.171	0.597
Si	4.11	2.15	1.92	2.08	1.21	0.575	0.899	1.44	1.54	2.57	2.20	2.51	4.11	0.575	1.93
Cl	13.4	6.75	6.00	1.65	0.505	0.779	0.587	0.794	0.788	2.44	2.86	3.28	13.4	0.505	3.32
K	1.69	0.885	0.974	0.800	0.511	0.406	0.783	0.888	0.992	1.47	1.29	1.95	1.95	0.406	1.05
Ca	2.81	1.25	1.04	1.15	1.08	0.754	1.36	0.991	0.975	1.60	1.29	1.69	2.81	0.754	1.33
Ti	0.273	0.109	0.108	0.0441	0.0487	0.0478	0.0462	0.0722	0.0763	0.138	0.112	0.158	0.273	0.0441	0.103
V	0.0234	0.0139	0.0169	0.0180	0.0241	0.0156	0.0182	0.0192	0.0187	0.0238	0.0165	0.0178	0.0241	0.0139	0.0188
Cr	0.0272	0.0413	0.0251	0.0296	0.0288	0.0365	0.0270	0.0170	0.0135	0.0173	0.0273	0.0220	0.0413	0.0135	0.0261
Mn	0.133	0.0754	0.116	0.104	0.0712	0.0776	0.0568	0.0589	0.0756	0.0887	0.114	0.137	0.137	0.0568	0.0924
Fe	1.41	0.767	1.42	1.41	1.71	0.934	1.24	1.46	1.19	1.70	1.59	1.66	1.71	0.767	1.37
Ni	0.0184	0.0253	0.0192	0.0173	0.0193	0.0330	0.0136	0.0122	0.0111	0.0139	0.0058	0.0080	0.0330	0.0058	0.0164
Cu	0.0518	0.0194	0.0133	0.108	0.0780	0.0343	0.0289	0.0506	0.0444	0.153	0.0864	0.104	0.153	0.0133	0.0643
Zn	0.626	0.242	0.315	0.241	0.189	0.328	0.178	0.196	0.330	0.386	0.590	0.816	0.816	0.178	0.370
Br	0.0190	0.0120	0.0294	0.0277	0.0255	0.0112	0.0148	0.0177	0.0246	0.0314	0.0261	0.0418	0.0418	0.0112	0.0232
Pb	0.118	0.0594	0.0710	0.0518	0.0379	0.0524	0.0370	0.0444	0.0747	0.0954	0.111	0.166	0.166	0.0370	0.0766

S.P.M: 浮遊粒子物質

付表 1-2 中原における浮遊粒子物質の組成元素濃度

													(μg/m ³)		
測定項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	最高値	最低値	平均値
S.P.M	77.7	38.7	59.9	40.0	41.9	40.6	21.7	30.3	46.9	64.6	53.7	76.1	77.7	21.7	49.3
Al	1.51	0.791	1.00	0.802	0.447	0.252	0.434	0.486	0.572	0.982	0.523	0.590	1.51	0.252	0.699
Si	5.12	2.74	2.90	2.46	1.20	0.606	0.974	1.39	1.80	2.78	2.04	2.32	5.12	0.606	2.19
Cl	9.69	5.64	5.99	1.76	0.368	0.763	0.346	0.496	0.700	1.77	9.12	15.5	15.5	0.346	4.34
K	1.71	0.834	1.09	0.930	0.669	0.460	1.09	1.00	1.02	1.56	1.14	1.67	1.71	0.460	1.10
Ca	2.86	1.19	1.08	1.17	0.766	0.464	0.692	0.700	0.930	1.38	1.08	1.28	2.86	0.464	1.13
Ti	0.352	0.141	0.137	0.141	0.0589	0.0466	0.0651	0.0795	0.0870	0.134	0.109	0.143	0.352	0.0466	0.124
V	0.0186	0.0065	0.0122	0.0109	0.0148	0.0074	0.0106	0.0098	0.0097	0.0108	0.0078	0.0130	0.0186	0.0065	0.0110
Cr	0.0154	0.0061	0.0111	0.0102	0.0130	0.0104	0.0154	0.0096	0.0060	0.0084	0.0074	0.0105	0.0154	0.0060	0.0103
Mn	0.0883	0.0348	0.0614	0.0684	0.0492	0.0382	0.0501	0.0362	0.0468	0.0640	0.0541	0.0812	0.0883	0.0348	0.0561
Fe	1.52	0.698	1.22	1.31	0.971	0.817	0.847	0.771	1.03	1.28	0.986	1.19	1.52	0.698	1.05
Ni	0.0110	0.0053	0.0090	0.0076	0.0123	0.0073	0.0096	0.0079	0.0078	0.0082	0.0058	0.0080	0.0123	0.0053	0.0083
Ca	0.0293	0.0162	0.0292	0.0267	0.0344	0.0313	0.0334	0.0294	0.0394	0.0428	0.0486	0.0519	0.0519	0.0162	0.0344
Zn	0.271	0.133	0.293	0.270	0.288	0.195	0.191	0.164	0.252	0.304	0.330	0.480	0.480	0.133	0.259
Br	0.0162	0.0101	0.0204	0.0169	0.0118	0.0098	0.0114	0.0123	0.0194	0.0250	0.0192	0.0327	0.0327	0.0098	0.0171
Pb	0.0625	0.0293	0.0698	0.0548	0.0397	0.0487	0.0419	0.0429	0.0544	0.0762	0.0684	0.118	0.118	0.0293	0.0589

S.P.M: 浮遊粒子物質

付表 1-3 多摩における浮遊粒子物質の組成元素濃度

(μg/m³)

測定項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	最高値	最低値	平均値
S.P.M	79.6	48.3	74.0	24.3	46.3	34.6	23.8	34.0	52.2	68.9	81.0	102	102	23.8	55.8
Al	1.96	1.35	1.30	0.598	0.536	0.422	0.575	0.604	0.716	0.961	0.704	0.842	1.96	0.422	0.881
Si	6.00	4.37	3.97	1.91	1.49	0.856	1.16	1.52	1.94	3.05	2.68	3.28	6.00	0.856	2.68
Cl	9.70	6.57	8.29	1.05	0.230	0.644	0.106	0.236	0.588	1.70	10.0	16.1	16.1	0.106	4.60
K	1.89	1.16	1.42	0.548	0.756	0.594	1.13	1.24	1.12	1.71	1.70	2.20	2.20	0.548	1.29
Ca	3.02	1.57	1.40	0.634	0.847	0.506	0.622	0.741	0.977	1.45	1.40	1.84	3.02	0.506	1.25
Ti	0.390	0.194	0.214	0.0809	0.0680	0.0580	0.0797	0.0843	0.100	0.156	0.178	0.244	0.390	0.0580	0.154
V	0.0120	0.0054	0.0131	0.0064	0.0134	0.0063	0.0059	0.0079	0.0098	0.0107	0.0086	0.0149	0.0149	0.0054	0.0095
Cr	0.0116	0.0072	0.0096	0.0042	0.0073	0.0072	0.0072	0.0072	0.0051	0.0074	0.0039	0.0230	0.0230	0.0039	0.0084
Mn	0.0793	0.0441	0.0657	0.0274	0.0391	0.0375	0.0253	0.0342	0.0446	0.0584	0.0524	0.104	0.104	0.0253	0.0510
Fe	1.74	1.27	1.57	0.699	0.924	0.813	0.749	0.814	1.01	1.36	1.34	1.78	1.78	0.699	1.17
Ni	0.0075	0.0055	0.0078	0.0032	0.0089	0.0059	0.0062	0.0058	0.0060	0.0080	0.0061	0.0143	0.0143	0.0032	0.0071
Cu	0.0270	0.0189	0.0294	0.0124	0.0296	0.0219	0.0220	0.0251	0.0304	0.0506	0.0457	0.0570	0.0570	0.0124	0.0308
Zn	0.205	0.174	0.276	0.117	0.186	0.177	0.160	0.184	0.294	0.284	0.336	0.456	0.456	0.117	0.237
Br	0.0154	0.0140	0.0236	0.0087	0.0120	0.0110	0.0153	0.0134	0.0225	0.0262	0.0297	0.0397	0.0397	0.0087	0.0193
Pb	0.0509	0.0429	0.0738	0.0321	0.0424	0.0472	0.0382	0.0576	0.0602	0.0800	0.0984	0.128	0.128	0.0321	0.0626

S.P.M: 浮遊粒子状物質

付表 1-4 麻生における浮遊粒子物質の組成元素濃度

(μg/m³)

測定項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	最高値	最低値	平均値
S.P.M	47.3	33.4	56.9	28.8	39.6	31.9	20.2	23.7	39.8	40.2	42.0	72.0	72.0	20.2	39.6
Al	1.07	0.947	0.976	0.696	0.356	0.264	0.510	0.446	0.516	0.732	0.583	0.572	1.07	0.264	0.639
Si	3.11	2.59	3.07	1.91	1.08	0.530	0.871	1.11	1.53	1.82	1.39	0.793	3.11	0.530	1.65
Cl	7.05	2.48	4.12	0.530	0.0832	0.444	0.103	0.189	0.255	0.681	4.17	13.4	13.4	0.0832	2.79
K	1.01	0.729	0.981	0.668	0.604	0.374	1.06	0.897	0.914	1.17	1.03	1.65	1.65	0.374	0.924
Ca	1.34	0.992	1.01	0.634	0.626	0.322	0.529	0.557	0.762	0.965	0.879	1.21	1.34	0.322	0.819
Ti	0.168	0.120	0.145	0.0779	0.0536	0.0444	0.0651	0.0644	0.0754	0.0904	0.0922	0.141	0.168	0.0444	0.0948
V	0.0114	0.0110	0.0116	0.0087	0.0132	0.0078	0.0053	0.0045	0.0093	0.0068	0.0060	0.0090	0.0132	0.0045	0.0087
Cr	0.0097	0.0079	0.0072	0.0062	0.0072	0.0056	0.0053	0.0064	0.0094	0.0063	0.0074	0.0272	0.0272	0.0053	0.0088
Mn	0.0502	0.0302	0.0508	0.0340	0.0432	0.0281	0.0277	0.0248	0.0400	0.0378	0.0352	0.0818	0.0818	0.0248	0.0403
Fe	0.789	0.812	1.04	0.738	0.792	1.18	0.619	0.591	0.770	0.816	0.746	1.20	1.20	0.591	0.841
Ni	0.0066	0.0046	0.0062	0.0047	0.0084	0.0062	0.0040	0.0059	0.0060	0.0065	0.0050	0.0164	0.0164	0.0040	0.0067
Cu	0.0158	0.0145	0.0224	0.0168	0.0270	0.0193	0.0189	0.0184	0.0224	0.0225	0.0364	0.0438	0.0438	0.0145	0.0232
Zn	0.149	0.130	0.213	0.146	0.177	0.123	0.150	0.136	0.190	0.197	0.224	0.419	0.419	0.123	0.188
Br	0.0128	0.0108	0.0199	0.0106	0.0119	0.0131	0.0152	0.0129	0.0214	0.0188	0.0145	0.0339	0.0339	0.0106	0.0163
Pb	0.0394	0.0292	0.0518	0.0390	0.0399	0.0404	0.0348	0.0375	0.0489	0.0496	0.0573	0.103	0.102	0.0292	0.0476

S.P.M: 浮遊粒子状物質