

4 サイクロン分粒装置付L.V.による浮遊粒子状物質のろ紙上での均一捕集法に関する研究

Study on Uniform Collection of Suspended Particulates Matter by FKS type Cyclon Low Volume Air Sampler

早坂 孝夫 Takao HAYASAKA
吉田 謙一 Kenichi YOSHIDA
井上 康明 Yasuaki INOUE
林 久緒 Hisao HAYASHI
黒沢 芳則 Yoshinori KUROSAWA

1. まえがき

ローボリュームエアサンプラーは環境基準が定められている粒径 $10 \mu m$ 以下の粒子である環境大気中の浮遊粒子状物質 (SPM) の捕集に用いられている。これには $10 \mu m$ 以上の粒子を取り除く分粒装置として小型のサイクロンを用いたサイクロン分粒装置付ローボリュームエアサンプラー (Cy-L.V.) や多段平行板を用いた多段型分粒装置付ローボリュームエアサンプラーがある。ローボリュームエアサンプラーは、質量濃度測定用、相対濃度の質量濃度への補正用およびSPM中の金属等の諸成分分析用などの標準的な試料採取に用いられている。Cy-L.V.によるろ過捕集法では空気が規定の吸引流量で吸引口からサイクロン分粒装置に入ると、内部で廻回流に変えられ粗大粒子は遠心力によって壁面に衝突しサイクロン内に沈着堆積する。空気動力学径 $8 \mu m$ の粒子については約50%がサイクロンにより除去され、 $10 \mu m$ の粒子についてはほとんど100%粒子がサイクロンにより除去される¹⁾²⁾³⁾。しかし、SPMは粒径が $10 \mu m$ 以下であってもその粒径の分布が広範囲にわたっており、これらがCy-L.V.のサンプリングヘッド内のサイクロン排出口からろ紙までの間に大きな粒径の粒子ほど遠心力により分級され、ろ紙上に不均一な状態で捕集されるといわれている⁴⁾。したがって試料ろ紙の一部を用いて組成分析するけい光X線分析法などを行う場合、試料全体を代表できないという点で、この捕集方法は適当ではないといわれている⁵⁾。そこでCy-L.V.のサイクロン上部にある横向きの排出口をもつ3個のベント部を取り外し、サンプリングヘッド内での遠心力による分級を少なくすることによって、ろ紙上にSPMが均一な状態で捕集されるか否かをけい光X線分析法により数種の元素について分析検討し、良好な結果を得たので報告する。

2. 実験

2.1 サンプリング法

実施場所 川崎市公害研究所屋上 (川崎市川崎区田島20-2)

実施期間 昭和57年8月~昭和58年7月

捕集期間は約7日間

(測定回数 24回)

使用機種 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)

Cy-L.V. 2台を約1mの間隔で設置し、同時に並行稼働した。そのうち、1台は従来通りのCy-L.V.、他の1台は装置のベント部(図1)を取り外したCy-L.V.を用いた。ろ紙としては富士フィルム製FM-120(47mm ϕ)を用い、流量20 ℓ/min でサンプリングをおこなった。流量校正は基準フローメータを用いた。

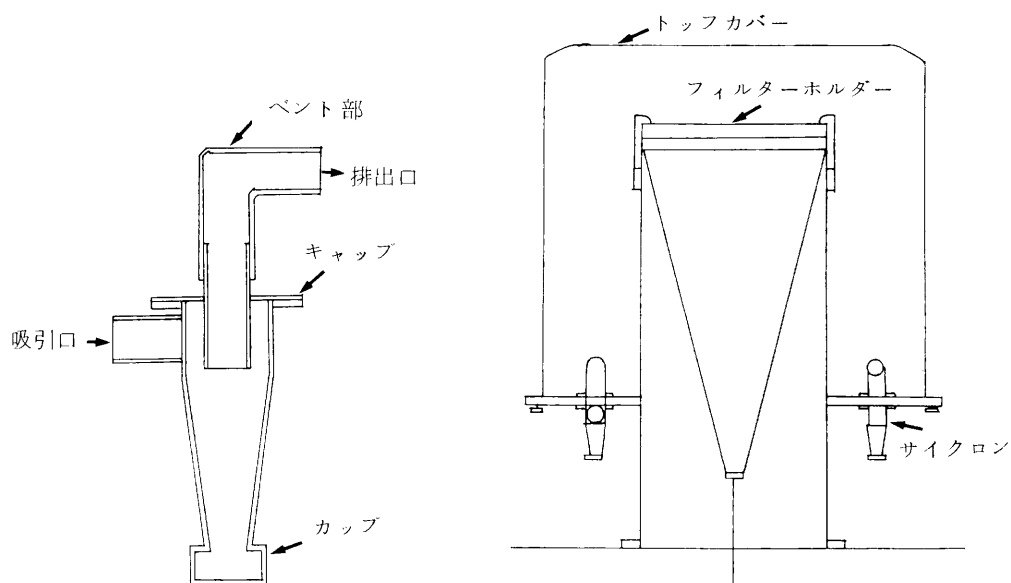


図1 サンプルヘッドの構造とサイクロン部分図

2.2 けい光X線分析

Cy-L.V.によってSPMを捕集したろ紙面の中心点を通る直線上に6mm ϕ の穴のあいたアルミ板を置き、中心点とその外側に向って等間隔に3箇所合せて7箇所(図2)の部位にX線を照射し、おのおのの元素(S, Cl, Ca, Mn, Fe, Zn)のけい光X線強度($I_1 \sim I_7$)を測定した。⁶⁾これらの元素は主に粗大粒子側(2.1 μm 以上)にその分布が偏っているもの、微小粒子側(2.1 μm 以下)に偏っているものとその中間域のものであり、⁷⁾それらが含まれているSPMの粒径を概ね代表していると考えた。分析に使用した機種はエネルギー分散型けい光X線装置であり、測定条件を表1に示した。

3. 結果と考察

3.1 試料の均一性

同時並行稼働させた2台のCy-L.V.のうち従来のCy-L.V.で捕集した4試料(SPM

濃度 $50 \sim 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) を 2.2 で述べた方法に従い分析した。6 種類の元素のろ紙上での分布状態は、試料の中心点におけるけい光 X 線強度 (I_4) と各部位のけい光 X 線強度の比 ($I_1/I_4 \sim I_7/I_4$) で表わした (表 2, 図 3)。この結果より試料中の元素はろ紙上に不均一に捕集されていることがわかる。特に鉄とかカルシウムなどのように粗大粒子側に多く含まれている元素では、試料の中心部から周辺部にいくにしたがい、濃度が 2 ~ 3 倍増加している。一方、微小粒子側に多く含まれているとされるイオウ、亜鉛ではほとんどその傾向がみられなかった。この理由として、特に粗大粒子側の SPM はサンプリ

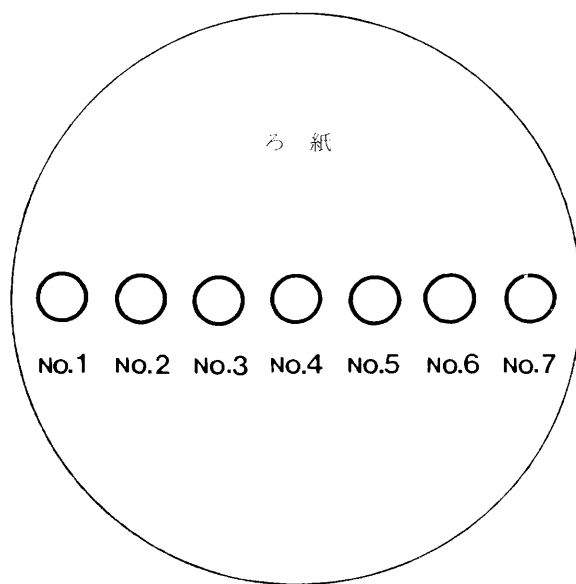


図2 ろ紙上のけい光 X 線測定位置

表1 X線分析条件

元 素	S	Cl	Ca	Mn	Fe	Zn
管電圧電流	30 k v - 30 mA		40 k v - 20 mA	50 k v - 30 mA		
二次ターゲット	Ti		Ge	Mo		
測定時間	200 秒		500 秒	500 秒		
分析系雰囲気	真 空		空 気	空 気		

ングヘッド内で遠心力により分級されて捕集されやすいためと考えられる。同時並行サンプリングしたもう 1 台の Cy-L.V. については、ろ紙上の試料の不均一を是正するため、図 1 に示した Cy-L.V. のベント部を取り外したものを用いた。前述と同様の方法で求め、この試料中の各元素のろ紙上の分布状態を図 4 に示した。粗大粒子側に多く含まれている鉄およびカルシウムも試料の中心部と周辺部とは濃度差が 10 % 以内となり、他の元素とともにろ紙上にほぼ均一に捕集されている。上記のサンプラー別に捕集された試料中の元素のろ紙上における濃度変化のバラツキをみるため、各部位のけい光 X 線強度比の変動係数 (C.V. %) を求めた (表 2)。ベント付きの Cy-L.V. を用いて捕集したろ紙上の各元素の変動係数は、カルシウム 3.6 %, 鉄 2.2 %, マンガン 2.1 %, 塩素 1.6 %, イオウ 1.4 %, 亜鉛 6 % となり、バラツキは亜鉛を除き大きかつ

表2 ろ紙上の元素濃度比の変化

元素	C _y -LV サンプラー	ろ紙上のけい光X線測定位置							S.D	C.V(%)
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7		
S	ベント付き	0.96 (0.90-1.10)	0.93 (0.87-0.98)	1.22 (1.10-1.30)	1	0.92 (0.79-1.0)	1.26 (1.21-1.34)	1.23 (1.15-1.37)	0.15	14
	ベントなし	0.93 (0.82-1.00)	1.08 (0.96-1.25)	1.12 (1.04-1.17)	1	1.06 (0.94-1.21)	1.06 (0.92-1.20)	1.05 (0.92-1.20)	0.06	5.9
Cl	ベント付き	1.11 (0.78-1.36)	1.12 (0.88-1.56)	1.40 (1.20-1.73)	1	0.94 (0.80-1.01)	1.43 (1.03-1.89)	1.25 (0.65-1.90)	0.19	16
	ベントなし	0.95 (0.84-1.02)	1.08 (1.06-1.13)	1.17 (1.14-1.24)	1	1.01 (0.94-1.08)	0.94 (0.88-1.02)	0.87 (0.79-0.99)	0.10	9.8
Ca	ベント付き	2.27 (1.41-3.00)	1.78 (1.28-2.21)	1.85 (1.50-2.11)	1	1.28 (0.89-1.84)	2.63 (2.03-2.99)	2.98 (2.13-3.30)	0.71	36
	ベントなし	1.00 (0.93-1.05)	1.07 (1.04-1.16)	1.09 (1.05-1.11)	1	1.09 (1.02-1.15)	1.09 (1.03-1.15)	1.08 (1.01-1.12)	0.04	3.9
Mn	ベント付き	1.45 (1.10-1.82)	1.82 (1.73-1.96)	1.40 (1.32-1.53)	1	1.16 (1.03-1.33)	1.76 (1.54-1.98)	1.74 (1.31-2.06)	0.32	21
	ベントなし	0.96 (0.88-1.03)	1.07 (1.03-1.18)	1.15 (1.12-1.17)	1	1.13 (0.96-1.25)	1.12 (0.99-1.23)	1.15 (0.94-1.27)	0.08	7.0
Fe	ベント付き	1.77 (1.46-2.28)	1.64 (1.29-2.19)	1.47 (1.17-1.75)	1	1.19 (0.97-1.47)	1.89 (1.51-2.57)	1.84 (1.52-2.16)	0.34	22
	ベントなし	0.96 (0.82-1.07)	0.96 (0.92-1.04)	1.05 (1.04-1.06)	1	0.96 (0.92-0.98)	1.23 (1.15-1.27)	1.08 (1.04-1.15)	0.10	9.5
Zn	ベント付き	1.16 (1.03-1.41)	1.07 (0.77-1.41)	1.15 (1.02-1.29)	1	1.20 (0.98-1.54)	1.14 (0.87-1.52)	1.15 (0.78-1.52)	0.07	6.0
	ベントなし	0.84 (0.82-1.01)	0.92 (0.82-1.01)	1.02 (0.92-1.11)	1	1.01 (0.94-1.06)	1.06 (0.90-1.15)	0.94 (0.82-1.01)	0.07	7.7

()内は濃度比の範囲

た。ベント部を取り外したCy-L.V.を用いて捕集したろ紙上の各元素の変動係数は、カルシウム3.9%、鉄9.9%、マンガン7.0%、塩素9.8%、イオウ5.9%、亜鉛7.7%となり、前者と比較してバラツキはかなり小さくなったことから各元素とも、ろ紙上にはほぼ均一に捕集されていることが確かめられた。したがって、存在粒径域が異なる元素において、ろ終上にはほぼ均一な濃度が得られたことは粒子状物質自身もろ紙上に均一な状態で捕集されていると推察される。

3-2 浮遊粒子状物質濃度測定

ベント部を取り外すことによつて生じるサンプリングヘッド内の気流の変化がSPM濃度に影響を与えるか否かを調べるため、ベント部付きとベント部を取り外した2種類のCy-L.V.で年間を通して同時並行のフィールドサンプリングを行った。両者のSPM濃度の結果を表3に示す。これについての相関分析を行った。X軸に従来のCy-L.V.、Y軸にベント部を取り外したCy-L.V.のSPM濃度をとった時の回帰直線は、 $y = 1.0x + 1.1$ 、相関係数 $r = 0.99$ ($n = 24$)、 $\bar{x} = 39.8$ ($\mu g/m^3$)、 $\bar{y} = 41.2$ ($\mu g/m^3$)、となりほぼ原点を通る回帰直線が得られた(図5)。

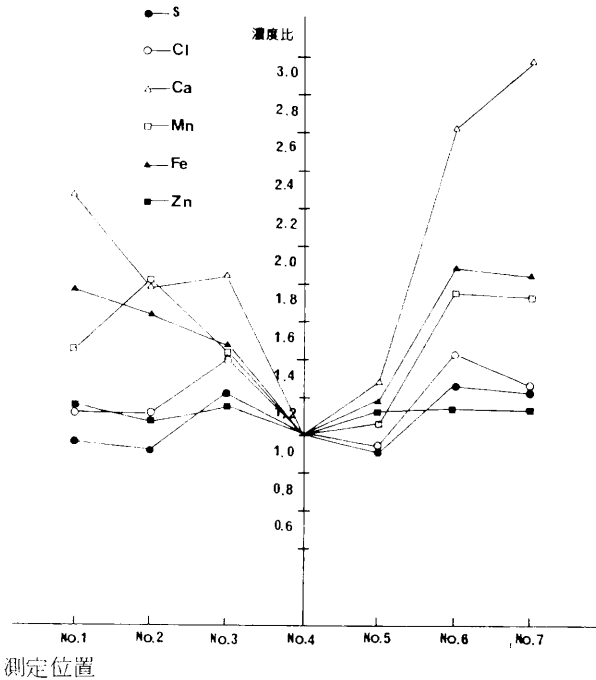


図3 ろ紙の元素濃度比の変化 (ベント部付き)

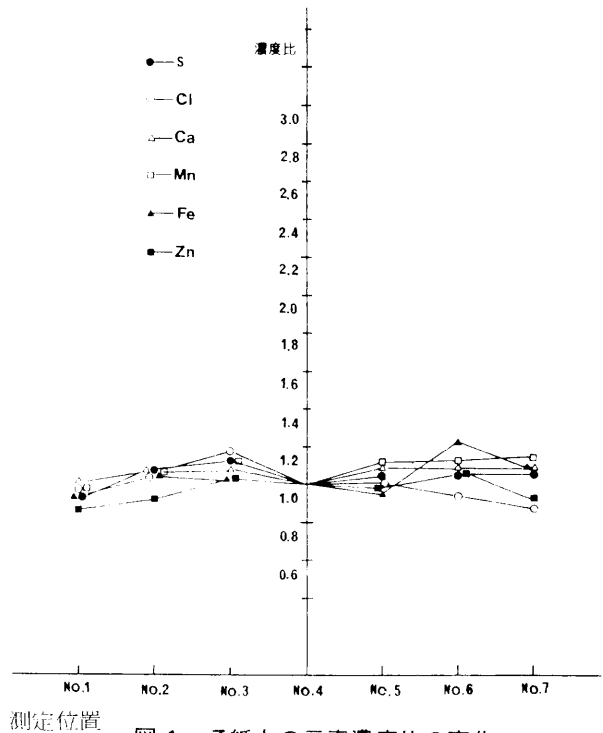


図4 ろ紙上の元素濃度比の変化 (ベント部なし)

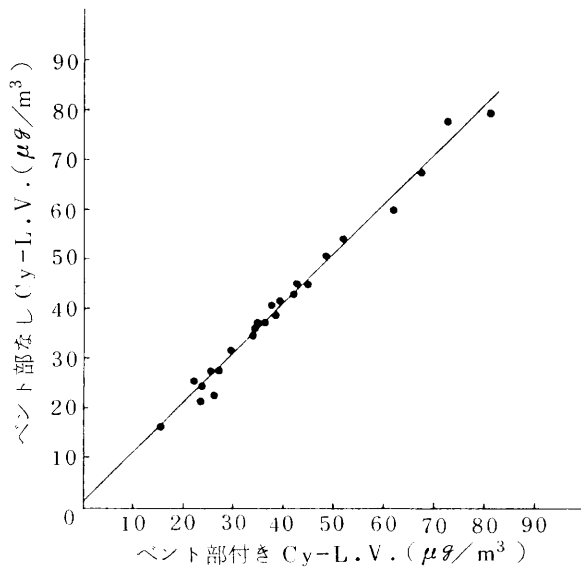


図5 ベント部有無の2種のCy-L.V.によって捕集されたSPM濃度についての散布図

表3 ベント部有無の2種類のCy-L.V.を用いて捕集したSPM濃度の比較

捕集年月日	ベント部付き			ベント部なし		
	捕集量 (mg)	吸引流量 (m ³)	SPM濃度 (μg/m ³)	捕集量 (mg)	吸引流量 (m ³)	SPM濃度 (μg/m ³)
57年 7/21 - 7/28	4.5 0	1 9 2.6	2 3.4	3.8 2	1 7 8.2	2 1.4
8/18 - 8/24	4.3 3	1 6 4.9	2 6.2	3.5 7	1 5 8.6	2 2.5
9/22 - 9/29	5.7 6	1 9 5.0	2 9.5	5.7 8	1 8 1.5	3 1.8
10/13 - 10/20	1 0.1 1	1 6 3.5	6 1.8	1 0.2 9	1 7 1.5	6 0.0
10/20 - 10/27	8.0 0	1 9 1.9	4 1.7	8.4 5	1 9 5.0	4 3.3
10/27 - 11 - 2	9.3 4	1 3 8.9	6 7.2	9.6 2	1 4 2.5	6 7.5
11/ 2 - 11/ 6	7.5 0	9 2.7	8 0.9	7.4 3	9 3.3	7 9.6
11/ 6 - 11/10	4.0 3	8 3.5	4 8.2	4.1 0	8 0.9	5 0.7
58年 4/ 6 - 4/14	1 0.2 5	2 3 1.0	4 4.4	1 0.4 4	2 3 2.1	4 5.0
4/14 - 4/28	5.6 9	3 7 7.7	1 5.1	6.0 2	3 6 6.8	1 6.4
4/28 - 5/ 4	8.5 5	1 6 5.2	5 1.7	9.1 3	1 6 8.3	5 4.3
5/ 4 - 5/13	1 0.2 6	2 6 4.6	3 8.8	1 0.9 0	2 6 0.7	4 1.8
5/13 - 5/20	4.9 1	1 8 6.3	2 6.4	5.5 0	1 9 8.9	2 7.7
5/20 - 5/26	5.8 9	1 5 5.2	3 8.0	6.3 7	1 6 3.0	3 9.1
5/31 - 6/ 9	8.9 8	2 4 9.7	3 6.0	9.2 7	2 4 9.1	3 7.2
6/ 9 - 6/17	8.1 2	2 3 3.3	3 4.8	8.6 0	2 3 0.9	3 7.2
6/17 - 6/25	7.4 0	2 2 1.3	3 3.4	7.6 9	2 2 0.2	3 4.9
6/25 - 7/ 2	4.5 4	2 0 2.3	2 2.4	5.0 7	2 0 0.0	2 5.4
7/ 2 - 7/12	7.2 5	2 8 4.7	2 5.5	7.7 7	2 8 2.5	2 7.5
7/12 - 7/19	6.8 0	2 0 0.5	3 3.9	7.1 7	1 9 6.6	3 6.5
7/19 - 7/26	1 3.2 5	1 8 3.0	7 2.4	1 3.1 5	1 6 8.3	7 8.1
7/26 - 8/ 3	8.4 4	2 2 5.8	3 7.4	9.1 5	2 2 5.2	4 0.8
8/ 3 - 8/11	7.8 9	1 8 6.4	4 2.3	8.3 4	1 8 5.4	4 5.0
8/11 - 8/19	5.3 0	2 2 4.0	2 3.7	5.4 4	2 2 4.0	2 4.3

4. まとめ

サイクロン分粒装置付ローボリウムエアサンプラーのベント部を取り外すことによって、SPM濃度に影響を与えることなく試料がろ紙上に均一な状態で捕集されることが確かめられた。この方法は、けい光X線分析法などのようにろ紙上の試料の一部を用いて組成分析した場合でも、その試料を代表できるという点で有効である。

文 献

- 1) 日本環境衛生センター：浮遊粒子状物質等に係る測定法基準設定調査研究報告書（環境庁委託），（1973）
- 2) 真室哲夫，溝畑明：日本各地の大気浮遊粒子状物質の多元素分析(I)，大気汚染研究，13，357～364（1978）
- 3) 環境庁大気保全局：大気汚染物測定指針(I)，63～65（1979）
- 4) T. Mamuro, T. Matsunami, Y. Matsuda and A. Mizohata : Ann. Rep. Rad. Ctr. Osaka
- 5) 広瀬妙子他：蛍光X線分析法による浮遊粒子状物質中の金属分析，エアロゾル科学技術研究討論会，1，106～108（1983）
- 6) 吉田謙一他：エネルギー分散型けい光X線分析法の検討，川崎市公害研究所年報，9，42～53（1981）
- 7) 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）
- 8) 溝畑明他：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）