

方位別大気浮遊粉塵収集装置の製作とその応用

青木 敦・春山洋一・三村泰一郎*

Development and Application of a Directional Sampling Apparatus for Airborne Dust

ATSUSHI AOKI, YOICHI HARUYAMA and TAIICHIRO MIMURA*

A microcomputer aided 4-directional airborne dust sampling apparatus has been developed. The apparatus consists of three parts, 1) digital wind vane and anemometer for wind data sensor, 2) 4-head low volume airsampler mounted with millipore filters and 3) 8-bit microcomputer for wind data processing and controlling electromagnetic valves of the sampler.

Airborne dust were collected over four days for each measurement. The wind direction and speed data were sampled at every ten seconds and used to switch the active head of the airsampler.

Mass concentrations were measured by weighing. Elemental concentrations were obtained by instrumental neutron activation analysis. Mass and elemental concentrations show significant dependences on wind direction.

(Received August 14, 1987)

結 言

大気中には、自然あるいは人工に起因する多くの浮遊物が存在する。我々は、住宅内外における浮遊粉塵の質量濃度、元素濃度の相違に注目し、その測定から、大気浮遊粉塵に対して住宅の有する遮断調整機能について調べて来ている。これ迄に、ピエゾバランス粉塵計で測定した住宅内における浮遊粉塵の質量濃度が住宅外の風速と明らかな相関を示すこと、また、外部に面した窓をもつ部屋の風上に隣室がある場合には室内と室外の浮遊粉塵濃度の比(遮断効果)は風向に依存し、隣室がバッファー作用を示すこと等を明らかにした¹⁾。なお、室内の浮遊粉塵濃度(質量濃度および元素濃度)は、屋外大気中の粉塵濃度と連動すること、その程度は粉塵の粒径に関係することが認められた。

これらの知見から住宅内の浮遊粉塵濃度を考える場合に風向が重要な一つの要素であることが認められる。

そこで、風向を東西南北の4方位に分けて大気浮遊粉塵を採取することにより、環境および住宅内外での浮遊粉塵の挙動を解明することを考え、マイクロコンピュータを用いて電磁バルブの開閉を制御するマルチヘッドのローボリュームエアサンプラーを作成して実験を行ったので、その結果について以下に報告する。

実 験 装 置

1) 構成

装置は大気浮遊粉塵を方位別に収集する4ヘッドのローボリュームエアサンプラーと、制御情報を得るための信号出力付きの風向・風速計およびコントロール用のマイクロコンピュータで構成される。そのプロ

京都府立大学生活科学部応用物理学講座

Laboratory of Applied Physics, Faculty of Living Science, Kyoto Prefectural University

* 京都府立大学生活科学部住居環境学講座

* Laboratory of House Environment, Faculty of Living Science, Kyoto Prefectural University

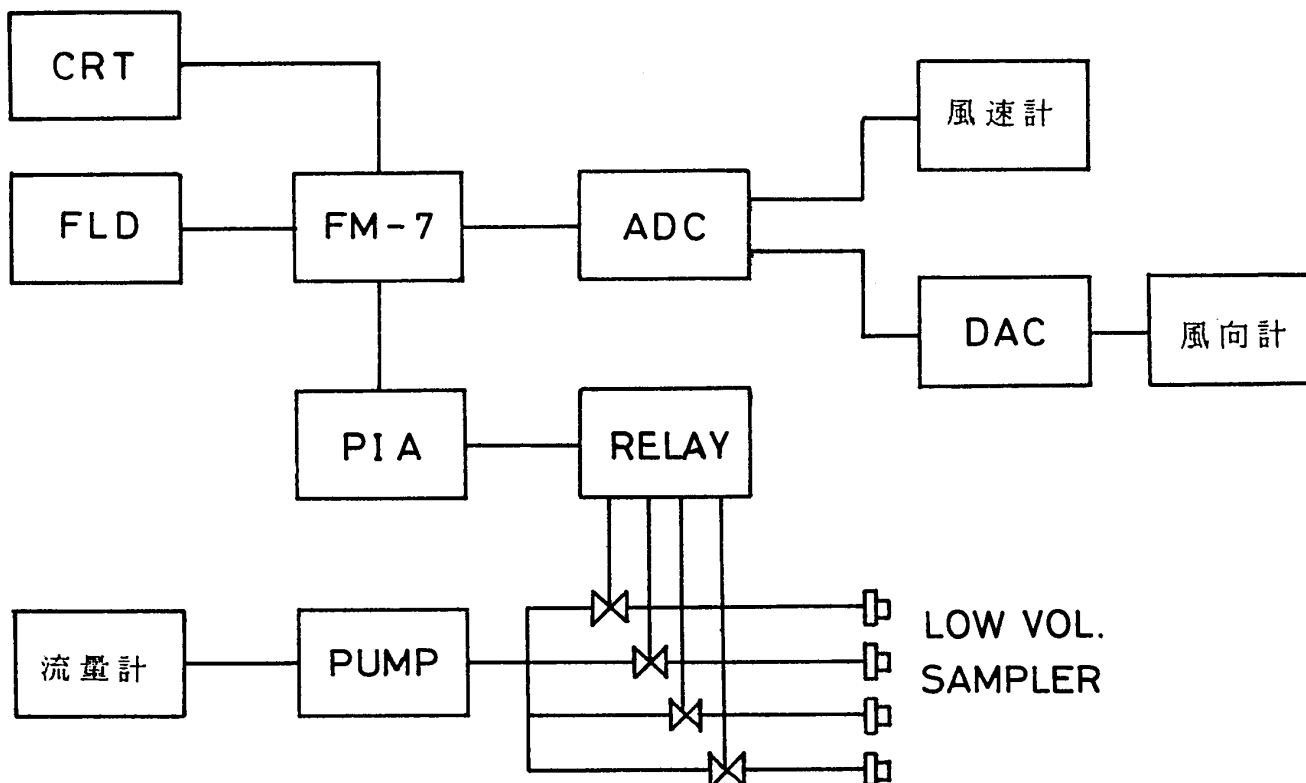


図1 ブロックダイアグラム

ックダイアグラムを図1に示す。

2) 風向・風速の測定

一般に、風向・風速計は屋外の高所に配置されることが多い。そこで、主回路系から 20m 程度離れていても使用できるように、先に報告した自作の風向計¹⁾の4ビット・デジタル出力を R-2R 梯型抵抗回路の DAC (digital to analog convertor)²⁾ を用いていったん電圧信号に変換して、シールド付2芯コードで伝送できるように改良した(図1)。

風速計にはデジタル式熱線風速計(日本科学工業アネモマスター6071型)を用い、そのレコーダー用アナログ出力を直接シールド付2芯コードで伝送した後、オペアンプで増幅(10倍)して風速信号とした。(図1ではオペアンプは省略してある。)

風向・風速信号は8チャンネル・マルチプレクサ付ADC(analog to digital convertor ADC 0809)によりデジタル信号に変換してコントロール用のマイクロコンピュータ FM-7(富士通)の拡張バスに入力され処理される(図1)。

風向信号はデジタル→アナログ→デジタルと変換を繰り返しているため、所定の16方位の弁別が確実に行われているか否かの検討を行った。理想的な場合には、風向計の DAC 出力は 0~5Vの範囲で16個の離

散値をとる。この電圧を ADC で256チャンネルに展開したものを FM-7 で読み取る。風向の異なる時間帯につき、10秒間隔で延べ3時間分の風向を実測した結果を図2に示す。横軸は ADC のチャンネル値、縦軸は各チャンネルの計数の頻度を表している。16本の良く分離されたピークから、16方位の風向に対し各方向の風が混乱なく分離測定されていることが確認でき

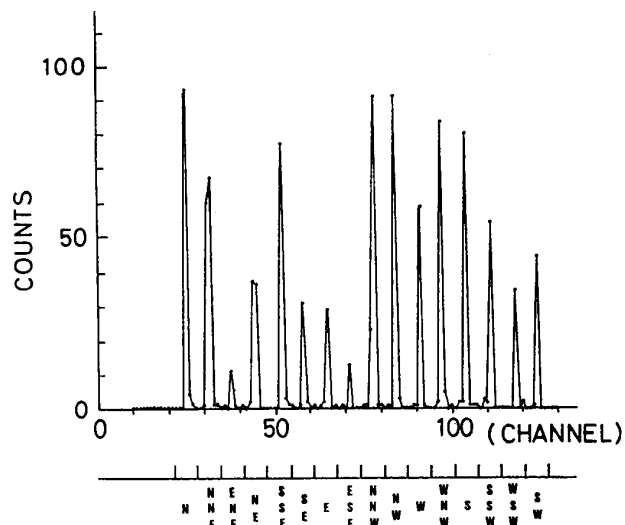


図2 方位スペクトル
(横軸の下の記号は対応する方位)

る。これらのピークの谷の部分にある微少な凹凸は、使用回路にラッチ機能を省略したため ADC の変換時間 (≦ 1 ms) 中に方位が変化したことによるものと推定されるが、実用上は全く問題にならない。測定に際して、風向・風速データの取り込みは10秒間隔で行った。夜半および朝方に各1時間にわたって観測した風向・風速データの例を図3、図4に示す。左側の図は16方位に分離した10秒毎の風向をプロットしたもので、実線はその変動の大まかな形を描いたものである。上部に記入された N, E, S, W は北、東、南、西の方位を表し、また、風速が 0.2 m/s 以下の場合には無風 (calm) として、C の欄にプロットしてある。右側の図は10秒毎の風速を棒グラフで表したもので、風速が

短時間の内にかなり変動することが認められる。また、図3では、風は北北西から東北東の間で安定して吹いていて、風速も弱く穏やかな状態であるが、図4では、風向は1時間の内に、北から西を経て南、更に、東から北へと急激に回っており、風速の変動も大きく、複雑な様相を示していることが見られる。このような状況では、大気浮遊粉塵の挙動の解析を行うためには、通常用いられる1時間毎のデータでは不十分で、このような短時間間隔のサンプリングが詳細な解析に極めて有効であると言える。

3) 大気浮遊粉塵の方位別サンプリング

大気浮遊粉塵を採取するローボリュームエアサンプラーは4個のヘッドを有し、各ヘッドには孔径 0.8

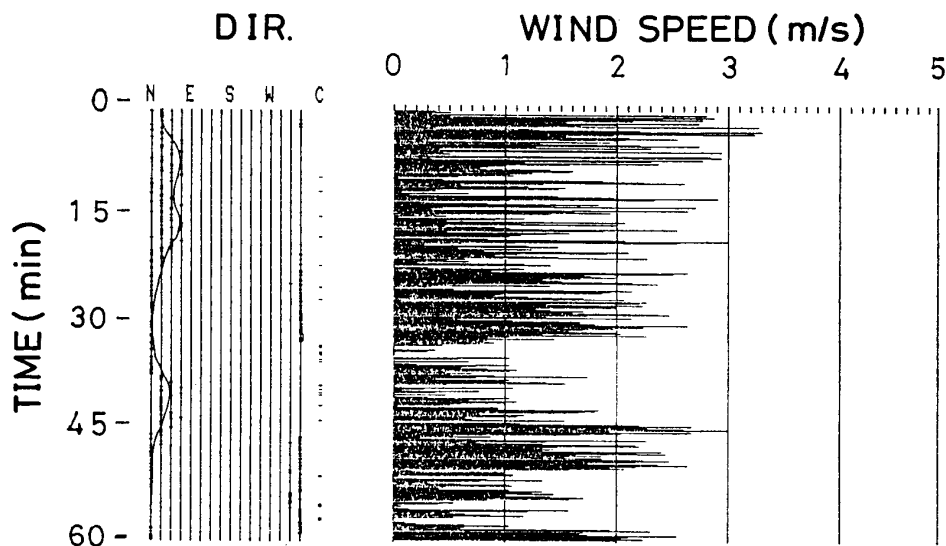


図3 風向・風速データ (1987年6月13日午前3時~4時)

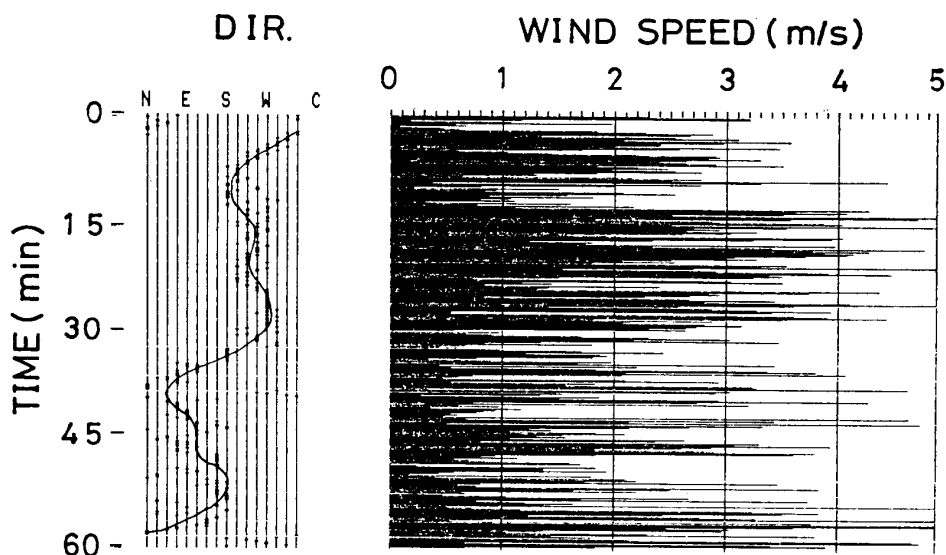


図4 風向・風速データ (1987年6月13日午前8時~9時)

μm , 直径 47 mm のミリポア・フィルター (AAWP 04700) を装着し, 電磁バルブ (CKD社, AB31) を介してダイヤフラム・ポンプ (イワキ社, AP220) により平均流量 15 l/min で吸引し, 通気量は流量計 (矢崎計器, V2型ガスメータ) で測定した (図1).

サンプラー・ヘッドの方位としては, 風向計の指示する16方位を北北西から時計回りに4方位ずつとって, それぞれ, 北, 東, 南, 西とした. 例えば, サンプリングの北は, 北北西, 北, 北北東および北東の4方位の総称である. 図1のブロックダイヤグラムに示すように, 風向・風速データに基づく FM-7 の指令を受けて PIA (Peripheral interface adapter, 68B21) で RELAY (小型リレー, オムロン MHS 2P) を介して各方位のローボリュームエアサンプラーの電磁バルブを開閉する. なお, 風速が 0.2 m/s 以下の場合は無風 (calm) として全バルブを閉じた. また, 各方位の風量は, 流量計の値をそれぞれのバルブが開いていた時間で比例配分して求めた. なお, DAC, ADC, PIA, RELAY 回路は本装置に合わせて自作したものを使用した.

4) 表示および記録

風向, 風速および電磁バルブ開閉回数の各データは10秒毎に CRT (表示用陰極線管) に表示すると共に, FLD (フロッピーディスク) に記録してデータ解析に供した (図1).

測定および解析

1) 測定場所

測定は, 装置のテストおよび降雨等の気象データの入手の便宜を考慮して, 本学1号館の屋上で行った.

2) 測定時期

サンプリングは1987年6月13日から16日までと6月

22日から26日までの2回行った.

3) 質量濃度および元素濃度の決定

質量濃度はミリポア・フィルターに捕集された粉塵の質量を天秤で秤量し, そのフィルターを通過した空気の体積から算定した.

元素濃度は, 6月22日から26日の期間に採取した試料を, 京都大学原子炉実験所の研究用原子炉で放射化し, 同所および本学応用物理学講座の Ge (Li) 半導体検出器で測定して求めた. 大気浮遊粉塵の中性子放射化分析の実際については従来の通りで, 既に報告してある³⁾.

結果および考察

大気浮遊粉塵の質量濃度の測定結果をまとめて表1に示す. この表から, 実験の期間を通じて北, 東の風が卓越し, 南, 西の風が少なかったが, 質量濃度は常に南風が高い値を示したことがわかる. 大気浮遊粉塵の元素濃度を放射化分析で求めた結果を表2に示す.

ここに, N, E, S, W はサンプリングの方位を, E/N, S/N, W/N は北に対する東, 南, 西の元素濃度の比を表している. また, サンプリング期間中の風配図を図5に示す. 図より平均風速は各方位共約 4 m/s でやや強い風が吹き, 風向は東から東北東の風が卓越していて, 南方からの風は少なかったことがわかる. 元素濃度は北の方位の風が最も低く, 南および東の方位の風で高い値を示す元素が多い. これは, 実験を行った場所が京都市の市街地の北に位置し, 北方は大学農場を経て田園の多い地域から北山に続いているのに対し, 南方は住宅街を経て商業地域, 更に南方の中小工業地帯へ面しているため, 種々の大気汚染源が存在することによるものであることを示唆している. なお, Br や Na は, 方位に対する元素濃度の変化が比較的

表1 方位別質量濃度

方位		北	東	南	西
測定 I	粉塵量 (mg)	1.20	1.03	0.76	0.77
	流量 (m^3)	20.2	12.3	6.16	7.95
	質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	59	84	123	97
	相対濃度	1.0	1.4	2.1	1.6
測定 II	粉塵量 (mg)	1.19	1.81	0.95	0.66
	流量 (m^3)	26.7	37.3	12.3	9.80
	質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	45	49	77	67
	相対濃度	1.0	1.1	1.7	1.5

測定 I : 1987年6月13日~16日, 測定 II : 1987年6月22日~26日

表2 方位別元素濃度

	N	E	S	W	E/N	S/N	W/N
Na	116(3)	157(4)	198(7)	171(5)	1.4(0.1)	1.7(0.1)	1.5(0.1)
Cl	1120(55)	840(30)	2630(71)	3570(93)	0.8(0.1)	2.3(0.1)	3.2(0.2)
Br	8.1(0.3)	9.8(0.4)	14.1(0.8)	11.2(1.2)	1.2(0.1)	1.7(0.1)	1.4(0.2)
Zn	52(5)	81(8)	95(17)	89(14)	1.5(0.2)	1.8(0.4)	1.7(0.3)
V	4.5(0.2)	7.0(0.3)	10.6(0.6)	8.2(0.7)	1.5(0.1)	2.3(0.2)	1.7(0.3)
Sb	0.53(0.03)	0.8(0.04)	1.26(0.10)	0.86(0.07)	1.6(0.1)	2.4(0.2)	1.6(0.2)
Ti	110(18)	150(23)	250(35)	—	1.4(0.3)	2.4(0.5)	—
Al	610(12)	970(31)	1410(54)	1170(57)	1.6(0.1)	2.3(0.1)	1.9(0.1)
Mn	12(1)	20(1)	28(2)	14(2)	1.6(0.2)	2.4(0.3)	1.2(0.2)
Sc	0.012(0.002)	0.025(0.003)	0.027(0.007)	0.022(0.004)	2.0(0.4)	2.2(0.6)	1.8(0.4)
Fe	70(17)	137(25)	231(65)	114(52)	2.0(0.6)	3.3(1.2)	1.6(0.8)
Sm	0.007(0.0006)	0.016(0.0008)	0.016(0.0016)	0.010(0.0011)	2.3(0.2)	2.3(0.3)	1.4(0.2)
Hg	*55(10)	*119(12)	*331(41)	*328(34)	2.2(0.5)	6.0(1.3)	5.9(1.3)

単位：ng/m³ ()内：統計誤差 *：相対値

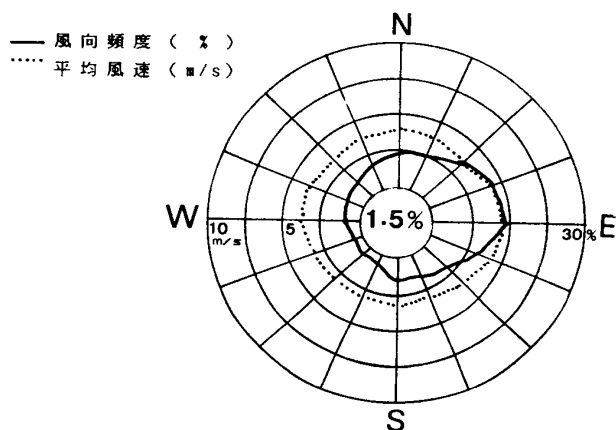


図5 風配図 (1987年6月22日午後5時～6月26日午後5時)

小さく、発生源が拡散していることを表しているものと思われる。Cl は東の方位で北より20%低い値を示し、他の元素と異なった挙動が窺える。Hg の相対濃度は特異な変化を示すが、水銀は常温で液体の揮発性の高い元素であるため、放射化過程での揮散等のおそれがあり、更に注意深い解析が必要であると考えられる。

以上に述べたように、大気浮遊粉塵を風向によって方位別に分別収集することに成功した。その結果、大気浮遊粉塵の質量濃度、元素濃度は風向によって一定の変化を示し、大気浮遊粉塵を方位別に分けてサン

リングすることが大気中の種々の汚染物質の移動や発生源の解明に有用であることが認められた。

ここに報告した装置は、風向・風速を10秒間隔でサンプリングする場合には、風向・風速データを記録容量320キロバイトのフロッピーディスク1枚に4.5日間連続して記録できる。

風向・風速の値による電磁バルブの開閉はマイクロコンピュータのプログラムでソフト的に自由に操作できるので、4方位によるサンプリングに限らず、例えば、特定の風速範囲についての方位依存性や、方位を特定しての風速依存性等の多くの応用が可能であり、今後この様な利用について検討していく予定である。

最後に、放射化分析についてお世話になった京都大学原子炉実験所の関係の方々に感謝します。

(1987年8月14日受理)

文 献

- 1) 青木 敦, 春山洋一, 三村 泰一郎, 京府大学報 (理学・生活科学) **37**, 73 (1986).
- 2) H. V. Malmstadt and C. G. Enke, "Digital electronics for scientists", W. A. Benjamin, Inc. (1969).
- 3) 青木 敦, 石井 孝, 富山 毅, 山本 勲, 京府大学報 (理学・生活科学) **25**, 31 (1974).