

〈分析・測定〉

浮遊粒子状物質自動測定器に関する検討*

鈴木正明**・小林幸文***・松本 徹***

1. はじめに

浮遊粒子状物質，すなわち，大気中に浮遊する粉じんのうち粒径 $10\ \mu\text{m}$ 以下のものの濃度測定は，質量濃度を直接測定することができる小容量ろ過捕集法（多段型あるいはサイクロン式分粒装置付ローボリュームエアサンプラー）が標準方法となっているが，この方法は1時間値を連続して測定することが困難であるため，これに代えて光散乱法（デジタル粉じん計）が環境基準自動測定法として指定されている。しかし，光散乱法による測定値は散乱光量を指標として測定された浮遊粉じん濃度であって質量濃度ではない。このため，小容量ろ過捕集法との同時測定を行なって得た測定値の比（ F_t ）をもとに質量濃度換算係数（ F 値）を求め，光散乱法測定値を質量濃度に換算する必要がある。ところが，光散乱法は測定原理上，浮遊粒子状物質の粒径分布，色，形状，吸湿性などの諸性質や気象要素の変動にともない測定値が影響を受けやすく，したがって F 値は地域的，季節的に変化することが知られている。このため，光散乱法とは測定原理を異にした F 値換算の必要がなく，しかも1時間値の測定が可能な質量濃度自動測定方法として圧電天びん法と β 線吸収法の2方式が環境基準用に採用され，光散乱法にとって代わろうとしているのが現状である。しかし，デジタル粉じん計により得られた多量のデータの有効な利用をはかることは汚染対策上重要であり，そのためには F 値換算の問題点について検討しておくことが必要である。

神奈川県では1976年以来，デジタル粉じん計（DD）とローボリュームエアサンプラー（LV）との同時測定を行ない F 値に関するデータを収集してきた。前報¹⁾に引き続き今回は，1981，82年度の調査結果をもとに F 値の変動に関し検討した結果，および圧電天びん法， β 線吸収法の同時稼働試験の結果について報告する。



- DD, 多段式LV, サイクロン式LV, アンダーセンサンプラー設置
- DD, サイクロン式LV, アンダーセンサンプラー設置

図1 調査地点

2. 調査方法

2・1 F 値に関する調査

調査地点および使用した測定器は前報と同様であるが，今回はサイクロン式LV（新宅S2型）およびアンダーセンサンプラー（高立機器KA-200型，ダイレックAN-200型）による測定値²⁾を加えて検討した。調査地点を図1に示した。

F_t はLV測定値を同一期間のDDによる1時間値の平均値で割って求めた。また，気象データは各調査地点における神奈川県大気汚染常時監視測定局の測定データを使用した。

2・2 圧電天びん法および β 線吸収法による同時稼働試験

圧電天びん法粉じん計および β 線吸収法粉じん計各1台を，上記調査地点のうち神奈川県庁（県庁）と小田原市役所小田原に設置してLVとの比較試験を行なった。調査期間は県庁においては1982年4月～1983年12月，

* Studies on the Continuous Monitors for Suspended Particulate Matter

** Masaaki SUZUKI (神奈川県公害センター) Kanagawa Prefectural Environmental Center

*** Yukihami KOBAYASHI, Toru MATSUMOTO (神奈川県環境部大気保全課) Air Quality Preservation Division, Environmental Department, Kanagawa Prefectural Government

小田原においては1983年4月～12月とした。圧電びん法およびβ線吸収法粉じん計により得られた1時間値のデータとLVによる測定値とを比較するためLVの測定期間内に得られた上記2法の1時間値の平均を求めた。

3. 結果および考察

3・1 F値に関する調査

3・1・1 年度別 Ft 平均値

1976年以来的測定地点別、年度別 Ft 平均値を表1に示した。各年度とも県庁が最も高く、以下、藤沢、小田原の順であった。しかし、経年的に藤沢、小田原の値が上昇してきており、3地点間の差は小さくなってきている。

表1 年度別、測定地点別 Ft 平均値

年度	県庁	藤沢	小田原
1976	0.84	0.69	0.41
1977	1.12	0.56	0.59
1978	1.01	0.70	0.65
1979	0.94	0.89	0.68
1980	0.98	0.83	0.73
1981	0.92	0.81	0.83
1982	1.10	0.96	0.88

表2 Ft と粒径範囲別粉じん割合^{注)}との相関係数

粒径範囲	県庁	藤沢	小田原
S 1 (>11 μ m)	0.27	0.69	0.19
S 2 (7-11)	0.28	0.56	0.70
S 3 (4.7-7)	0.67	0.76	0.40
S 4 (3.3-4.7)	0.06	0.42	-0.01
S 5 (2.1-3.3)	-0.38	-0.18	-0.28
S 6 (1.1-2.1)	-0.51	-0.54	-0.03
S 7 (0.65-1.1)	-0.36	-0.56	-0.20
S 8 (0.43-0.65)	0.10	-0.38	-0.02
S 9 (0.43<)	0.16	-0.06	0.00

(測定期間 1982.4～1983.3)

注) 粒径範囲別粉じん濃度 / 総粉じん濃度*100 (%)

表3 Ft と金属成分濃度との相関係数

測定地点	Ti	V	Cr	Mn
県庁	0.50	-0.30	-0.08	0.06
藤沢	0.36	-0.60	-0.24	0.28
小田原	0.41	-0.37	-0.02	0.40

測定地点	Fe	Ni	Cu	Pu
県庁	0.11	0.44	0.13	-0.01
藤沢	0.24	0.65	-0.05	-0.11
小田原	0.64	-0.21	-0.11	0.64

(測定期間 1981.4～1982.3)

3・1・2 LVとDD測定値間の関係

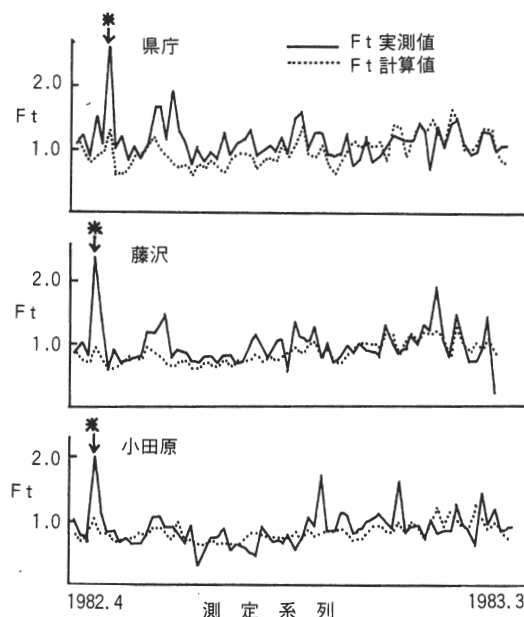
LVとDD測定値間の相関係数は、県庁0.86、藤沢

0.84、小田原0.53であり、小田原が低かった。また、小田原の回帰直線は原点をかなりはずれていた。このことは、F値換算の考え方の基礎であるF値が濃度依存性を持たず、広い濃度範囲にわたって一定の値をとるという前提が、小田原においては成立しないことを示し、LV測定値が高くなるとFtも大きくなる傾向が認められた。しかし、その原因については不明である。

3・1・3 Ftの変動の実態

Ftの度数分布は各年度、各地点ともにほぼ正規分布とみなすことができた。

次に、Ftの変化を図2に実線で示した。図にみられ



注) *印は、黄砂現象の起きた時点を示す。

図2 Ft実測値と計算値の変化(1982.4～1983.3)

るとおり、Ftの変動は極めて大きかった。そこで、引き続き2個のFtの差をとり変動の大きさについて検討した。その結果、Ftの差の平均は県庁0.28、藤沢0.26、小田原0.25であり、そのFt平均値に対する比はそれぞれ0.26、0.27、0.28であった。このことは、F値換算した浮遊粒子状物質濃度と測定ごとのFtを用いて換算した濃度とが20～30%の差を生ずることを示している。したがって、浮遊粒子状物質濃度を長期間にわたり平均的に扱う場合は問題が少ないが、短期的に扱う場合には配慮が必要であろう。なお、Ftの地点間の相関は良かった。

次に、Ft月別平均値の年変化について調べた。1981年は季節変動が明らかに認められ、夏季が低く、秋以降は高目の値で推移した。一方、1982年は夏季がやや低目であったが、明らかな季節変動は認められなかった。なお、1982年5月4日から6日にかけて黄砂現象が出現し

たが、この時は2.0を超える高いFtが3地点において共通して認められた。溝畑ら³⁾は黄砂現象出現時に黄砂エアロゾルの粒径分布を測定して、1 μ m以上に主として分布すること、そして分布の最大値は5 μ m前後にあることを明らかにしている。そこで、3.1.4で述べるようなFtと粒径分布との関係からみて、高いFt値が出現したのは黄砂現象出現時特有の粒径分布が原因であったと考えられる。

3・1・4 Ftの変動のに関する要因

今回は変動の要因として湿度、風速、粒径分布および浮遊粒子状物質中の金属成分をとりあげて検討した。湿度、風速はともにFtとの間に相関関係が認められたが、同時に風速と湿度との間にも相関関係が認められた場合が多かった。

粒径分布とFtとの関係については表2に示したとおり3~5 μ mを境にして粗大粒子の割合が多くなるとFtは高くなり、反対に微小粒子の割合が多くなるとFtは低くなることが認められた。

金属成分とFtとの関係については表3に示したとおりチタン、マンガン、鉄とは正相関を示し、バナジウムとは負相関を示した。金属成分に注目した粒径分布については、2 μ m前後を境として鉄、チタンは粗大粒子側にピークを示し、一方バナジウムは微小粒子側にピークを示すことが報告されている^{4,5)}。これらのことから判断すると、金属成分がFtに与える影響は各成分が含まれる粒子の粒径分布によるところが大きいと考えられる。

以上のことから、風速と金属成分は除外して、湿度と粒径分布とについてFtとの関係を表わす回帰式を求めて表4に示した。いずれの場合もかなり高い相関係数が得られたが、とくに、湿度と粒径分布とを同時に考慮した場合には高い相関係数が得られ、この2つの要因によりFtの変動のおおかたが説明されることが判った。

次に、表4に示した回帰式に要因値を代入してFtを計算し、実測されたFtとの一致度を計算した。すなわち、要因としてデータが整備されている湿度を用い、1981年度のFt~湿度回帰式に1982年度の湿度データを代入してFtの計算値を求め、これと1982年度のFt実測値と比較した。Ft計算値を図2に破線で示した。図にみられるとおり、実測値と計算値の変動の様子はよく似ており、Ftに対する湿度の影響が大きいことを推測させる。ただし、計算値の分散は実測値に比べてかなり減少した。

3・1・5 サイクロン式LVによるFtについて

サイクロン式LVは多段式LVとともに、浮遊粒子状物質測定法に指定されている。そこで、サイクロン式LVの測定データ²⁾から、県庁、藤沢、小田原を含む8

表4 Ftと各種要因との間の重回帰式

1.	湿度 (H)
1. 1.	県庁
1981	$Ft = -0.020H + 2.341$ $R = -0.68$
1982	$Ft = -0.009H + 1.758$ $R = -0.36$
1. 2.	藤沢
1981	$Ft = -0.012H + 1.666$ $R = -0.51$
1982	$Ft = -0.009H + 1.492$ $R = -0.69$
1. 3.	小田原
1981	$Ft = -0.012H + 1.708$ $R = -0.38$
1982	$Ft = -0.013H + 1.717$ $R = -0.46$
2.	湿度および粒径 (S1~S9)
2. 1.	県庁
1981	$Ft = 0.056S2 + 0.082S6$ $-0.025H + 1.834$ $R2 = 0.58$
1982	$Ft = -0.026S1 + 0.100S3$ $-0.008H + 0.946$ $R2 = 0.72$
2. 2.	藤沢
1981	$Ft = 0.053S3 - 0.045S5$ $-0.009H + 1.280$ $R2 = 0.56$
1982	$Ft = 0.008S1 + 0.046S3$ $-0.005H + 0.762$ $R2 = 0.78$
2. 3.	小田原
1982	$Ft = 0.105S2 - 0.048S5$ $-0.004H + 0.876$ $R2 = 0.60$

測定点におけるFtを求めて多段式LVのFtと比較した。サイクロン式LVのサンプリング時間は1週間ないし2週間であるので、これと比較するため多段式LVおよびDDの測定値は同一期間にわたって平均したものをを用いた。

まず、サイクロン式LV値とDD値との相関係数は小田原0.44、愛川0.52がやや低かった以外は0.7以上であり、県庁0.92、藤沢0.90、横須賀0.81、秦野0.80、相模原0.77、南足柄0.73であった。なお、小田原では多段式LVのFtについても県庁、藤沢に比べて低かった。次に、サイクロン式LVと多段式LVとの相関係数は高くなかった。これは、両者の10 μ m粒径分級特性が異なることが原因であろうと考えられるが⁶⁾、従来はかなり高い相関を得ている例が報告されている⁷⁻⁹⁾。今回、データ数が少なかったとはいえ環境基準用として指定さ

れている両測定器による測定値の一致度が低かったことは問題であるので今後さらに検討する必要がある。

サイクロン式LVによるFtは、県庁1.06、藤沢0.87、横須賀1.15、相模原0.99、愛川0.65、秦野0.86、小田原0.64、南足柄0.61であって、概ね市街地化がより進んでいる県東部の各地点で高い値を示す傾向が認められた。

3・2 圧電天びん法およびβ線吸収法同時稼動試験

3・2・1 県 庁

圧電天びん法は浮遊粒子状物質濃度が低い時には多段式LVに比べて低濃度を示し、反対に高くなると高濃度を示す傾向が認められた。一方、β線吸収法は1982年度には多段式LVに比べて全般に10%程低濃度を示したが、1982年度にはかなりばらつきはあったものの多段式LVに比べて全般に高濃度を示し、前年度と異なる結果が得られた。ただし、多段式LVとの相関係数は圧電天びん法0.94、β線吸収法0.95と高かった。

次に、DD測定値からF値換算した浮遊粒子状物質濃度と両測定法による測定値とを比較した。月平均値についてみると図3に示したとおり、いずれのも6月と12月にピークを持つ2山型となっているが、F値換算との一致度は圧電天びん法がβ線吸収法に比べてすぐれていた。とくに、β線吸収法は高濃度である11~12月にF値換算に比べてかなり低い値を示した。

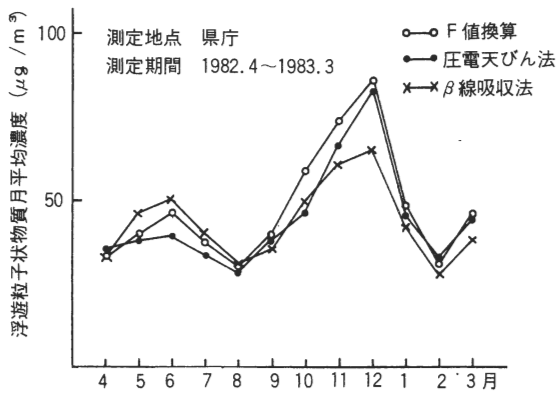


図3 F値換算、圧電天びん法、β線吸収法による浮遊粒子状物質月平均値

環境基準の適合状況について比較すると、日平均値が $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日数はF値換算が24日で最も多く、次いで、圧電天びん法19日、β線吸収法12日という結果であった。また、1時間値が $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた時間数はF値換算が96時間であったのに対して、圧電天びん法79時間、β線吸収法21時間であった。このように測定法によってかなり異なった評価が得られ今後問題を残している。

なお、稼働率はDD 96.2%、β線吸収法93.0%、圧

電天びん法85.7%であった。

3・2・2 小 田 原

β線吸収法は $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の低濃度の時を除き、多段式LVに比べてかなり高い値を示し、その差は高濃度の時ほど大きかった。一方、圧電天びん法は多段式LVとの間に傾き1.0の直線回帰式が得られたが、相関係数は0.78とやや低かった。なお、稼働率はDDとβ線吸収法はほとんど欠測がなかったが、圧電天びん法は約50%であった。

4. ま と め

神奈川県内の3地点において多段式ローボリュームエアサンプラーとデジタル粉じん計を用いて同時測定を行ないFtを求めた。その結果、測定ごとにFtは大きく変動し、その大きさはFt平均値の20~30%におよんだ。そこで、Ftの変動に影響する要因について検討した結果、湿度と粒径分布の影響が大きく、Ftの変動のおおかたがこの2要因に起因していることがわかった。

サイクロン式ローボリュームエアサンプラーの測定値を用いて8地点におけるFtを求めた結果、県東部が高く、県西部で低かった。これは、多段式ローボリュームエアサンプラーによるFtと同じ傾向であったが、サイクロン式ローボリュームエアサンプラーと多段式ローボリュームエアサンプラーの測定値の相関は良くなかった。圧電天びん法、β線吸収法およびデジタル粉じん計のF値換算の各測定値を比較した結果、各方式ごとにより異なる測定値が得られ、環境基準の評価に際して問題を残した。

—引用文献—

- 鈴木正明、飯田和義：神奈川県におけるデジタル粉じん計の質量濃度換算係数について、全国公害研究会誌、5(2), pp. 39-43, 1980
- 神奈川県：昭和57年度 ばいじん(浮遊粒子状物質)対策実態調査結果報告書、昭和58年6月。
- 溝畑 朗、真室哲雄：黄砂エアロゾルに関する二、三の知見、大気汚染学会誌、13(7), pp. 31-39, 1978。
- エアロゾル研究会：粒子状大気汚染物質に関する研究、昭和52年10月。
- 環境庁、岡山県：浮遊粒子状物質汚染予測調査結果報告書(昭和51年度)。
- 松尾 章、早狩 進、吉田 毅、原子 昭：浮遊粒子状物質のF値に与えるサンプリング時間と平均化時間の影響、第22回大気汚染学会講演要旨集(秋田), pp. 526, 1981。
- 及川紀久雄：「公害分析指針 大気編2-b」p. 53, 共立出版。
- 環境庁、日本環境衛生センター：浮遊粒子状物質の測定方法に関する基礎研究およびその応用について、p. 34, 1972。
- 浮遊粒子状物質に係る監視測定法に関する検討委員会：浮遊粒子状物質の測定方法について、大気汚染研究、8(1), pp. 58-72, 1973。