

神奈川県における大気中浮遊粉じんについて*

小山 恒人**

1. はじめに

最近の大気汚染は多種類の汚染物質による、いわゆる複合汚染の様相を呈し、以前にもまして人の健康に好ましくない影響を与えていると考えられる。浮遊粉じんは一般大気中に最も普遍的に存在する汚染物質であり、その性状である濃度、粒径分布および地域分布などを把握することは、浮遊粉じんの人体影響あるいは環境汚染への関与などについて考慮するとき極めて重要な要素となる。

わが国の環境基準では、浮遊粉じんと呼ばれる粒子状物質のうち粒径 $10 \mu\text{m}$ 以下のものを浮遊粒子状物質と定義して、濃度条件を定めている。

本報では、神奈川県における大気浮遊粉じんによる汚染状況と、その粒径分布などの諸特性について検討したものであるが、本県は県内に一方で汚染程度の高い京浜工業地帯をもち、また他方、県西には箱根、丹沢などの山麓地方をひかえており、今回の研究では、そのような地域特性を考慮し、それぞれの地域に測定点をもうけて長期間にわたる大気浮遊粉じんの測定を行なった。粒径別試料採取には、標準粒子により評価された¹⁾ アンダーセンサンプラーを用いた。

2. 測定方法

2.1 試料採取

使用したアンダーセンサンプラー（高立機器、KA-200型）は8段の通常捕集ステージに加えて、最終段にバックアップフィルターホルダーを取り付け9段に積み重ねた構造を有している。試料大気を一定流量 28.3 l/min で吸引するとき、各ステージ（No. 1～8）の50% effective cutoff diameter は、順に、11, 7.0, 4.7, 3.3, 2.1, 1.1, 0.65, $0.43 \mu\text{m}$ に相当する。各ステージに厚さ 1.2 mm の円板状の硬質ガラス板を捕集板としてセットし、最終段にはバックアップフィルターとしてガラス繊維フィルター（Gelman type A）を用いた。

測定には専用のシェルターを使用し 28.3 l/min の流量で、一定期間（1週間）連続して試料大気を採取した。測定装置を図1に示す。

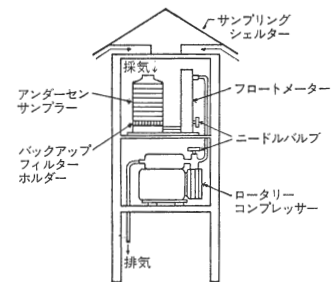


図1 アンダーセンサンプラーおよびシェルター

試料採取前後の捕集板およびフィルターは、恒温恒湿（温度 25°C 、湿度 50% ）の秤量室に48時間以上放置したのちに秤量した。

2.2 測定地点

測定地点を図2に示す。過去に行なったハイボリュームエアサンプラーによる浮遊粉じんの測定結果²⁾ などより、京浜工業地帯にある川崎市大師保健所（地上から 8 m ）と田園地帯にある足柄上郡中井町中村小学校（地上から 9 m ）の汚染程度の著しく異なる2測定点を選定した。



図2 測定地点

1. 大師：川崎市大師保健所（川崎市川崎区台町）
2. 中井：中井町中村小学校（足柄上郡中井町）

* Atmospheric Suspended Particulates in Kanagawa Prefecture

** Tsuneto KOYAMA（神奈川県公害センター京浜支所） Kanagawa Prefectural Environmental Center, Keihin Branch

3. 結果および考察

浮遊粉じんの採取は、1973年からアンダーセンサンプラーにより行なっているが、本報では、1974年1月から12月までの期間における測定結果に関連して述べる。

試料採取の状況および期間の分類は、表1に示したが、これはおもに川崎（大師）における主風向が冬期は北方位系、夏期は南方位系、4月と9月は両風系の交替期となっている³⁾ことを考慮して定めた。図3に大師の1974年別気象条件を示す。

表1 期間別測定状況

測定期間	記号	試料数	
		大師	中井
1月～3月	S(I)	9	9
4月～6月	S(II)	13	11
7月～9月	S(III)	13	13
10月～12月	S(IV)	12	12
1月～12月	S(I～IV)	47	45

なお、ここでの粒径分布データの処理は、浮遊粉じんの粒径分布を従来用いられている対数正規分布⁴⁾と仮定することが必ずしも適当でない点^{5,6)}から、ことわりのないかぎり累積分布曲線により行なった。

3.1 粒径分布

3.1.1 累積分布曲線

浮遊粉じんの期間、地点別の平均粒径分布を累積分布曲線で図4(a)～(c)に示す。

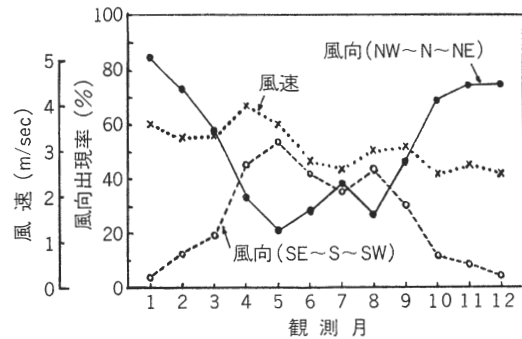


図3 風向風速の月変化（大師）

図4(a)から2地点の粒径分布の傾向は年平均の場合ほとんど相違なく、大師と中井でそれぞれ重量中央径MMD (mass median diameter) は、2.0、1.7 μm 、また、粒径10 μm 以下の粒子（浮遊粒子状物質）およびRespirable dust (3.3 μm 以下の微細粉じん)の存在率(重量%)は、全体の約86、87%および60、61%であった。

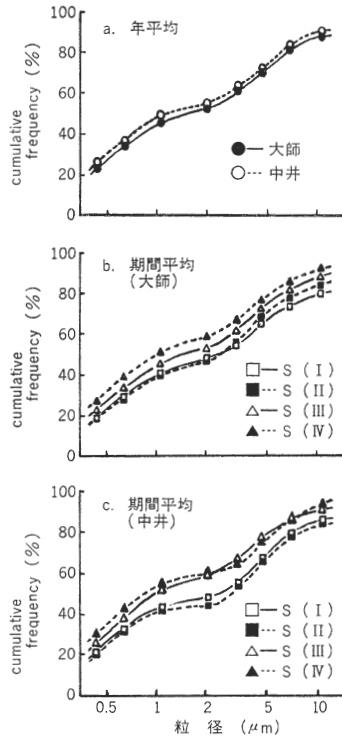


図4 累積分布曲線（年平均および期間平均）

2地点における期間ごとの粒径分布のパターンは、図4(b)、(c)から期間および地点によって若干の特徴がみられた。これは、気象条件などの相違によるものと思われる。

汚染程度の異なる2地点における粒径分布(年平均値)が近似したことは、粒径分布を地域性との関連で考える場合に非常に興味深いことではあるが、この点について画一的な傾向が得られにくいことは、米国での測定結果⁵⁾からもいえよう。

3.1.2 粒度分布曲線

浮遊粉じんの粒径分布をその累積分布曲線の微分(各粒子径群にはいる度数)を示す粒度分布曲線(個数、体積、重量基準など)として表わす方法⁶⁾が、分布形式の理解と定量的な扱いを容易にする点からしばしば用いられる。

そこで縦軸に濃度を示した累積分布曲線を、まず、作図し、その曲線上の各点を結んだ接線の勾配を求める手法⁷⁾を用いて粒度分布曲線を作成した。すなわち、縦軸に $\Delta \text{Mass} / \Delta \log D_p$ を等間隔で目盛り、横軸には対応する粒径を対数でとったものである。

2地点の年平均値による浮遊粉じんの粒度分布曲線を図5に示す。

分布は2地点とも4~5 μm 付近と0.65 μm 前後にピ

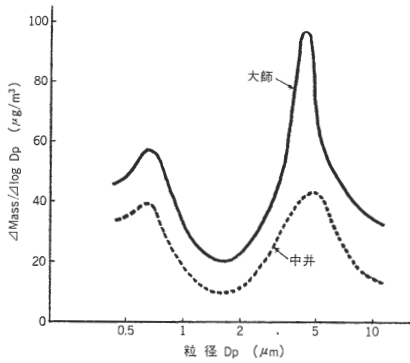


図5 粒度分布曲線（年平均）

ークを持ち、また、MMD に近似する $1.5 \mu\text{m}$ 前後で 2 つのパターンが重なり合った分布 (bimodal distribution) であることが示された。地点による相違は大師で $4 \sim 5 \mu\text{m}$ 付近がモード径であり、また、その粒径範囲の濃度 (曲線下の面積に比例する) が中井と比較して差異が大きいことが認められた。

このような分布の傾向は、エアロゾルの形成過程の相違に起因するようであるが^{8,9)}、大師の南系方位には、工業地帯・海洋・国道などの多様な発生源が存在するので、この地点における測定結果を、期間中の南系 (SW~S~SE) 方位風向の出現率 (%) により 4 つのグループに分類し、それぞれの平均粒度分布曲線 (図 6) を求めた。関連する結果を表 2 に示す。

この図 6 から南系風向の出現率の相違により異なった分布形をとることが示され、相対的にみると大きな粒径の粒子ほど、風向によってその分布傾向が強く影響されることが認められた。しかし、現象的には、風向の出現率に風速などの各種要因による影響が加わった形での傾向と推定するのが適切であろう。

表 3 浮遊粉じんの期間別測定結果

地点および期間	濃 度			Mass median diameter		
	平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	範 囲 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	変動係数 (%)	平均値 (μm)	範 囲 (μm)	変動係数 (%)
大 師 S(I)	88.8	69~136	23.6	2.7	1.4 ~ 5.3	47.6
	89.9	66~121	18.0	2.6	0.85~4.3	41.8
	74.9	51~113	26.8	1.9	0.87~2.7	41.4
	94.2	76~129	18.4	1.1	0.78~1.6	24.2
	87.2	51~136	21.6	2.0	0.78~5.3	53.0
中 井 S(I)	56.8	43~73	17.8	2.3	1.0 ~ 5.1	65.5
	58.5	47~70	13.7	2.5	0.68~4.7	55.1
	47.5	23~77	32.0	1.2	0.71~2.1	38.5
	63.1	41~94	21.9	1.0	0.72~1.8	32.7
	56.2	23~94	23.8	1.7	0.68~5.1	68.8

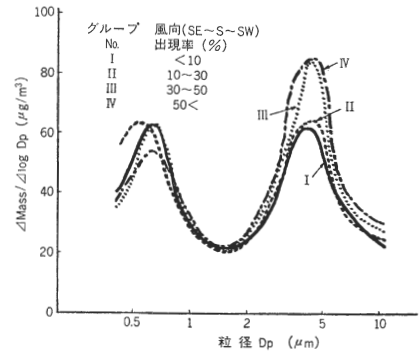


図 6 粒度分布曲線（グループ平均）（大師）

表 2 グループ別測定結果

グループ No.	試料数	平均風速 (m/sec)	平均濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	平均 MMD (μm)
I	14	2.9	86	1.2
II	15	2.8	84	1.4
III	9	3.4	86	2.3
IV	9	3.6	91	2.7

3・2 濃度および MMD

2 地点における浮遊粉じん濃度 (総濃度) および MMD の期間別測定結果を表 3 に示す。

測定期間における濃度は、2 地点とも対数正規型の分布に従うことが認められ、MMD と比較して地点による相違が大きく、年平均値として大師では中井の約 1.6 倍の高濃度であった。しかし、2 地点の濃度および MMD の期間変動の様子は類似しており、濃度は全期間を通じて S(III) では最も低く、大きな変動係数を示し、また、MMD は S(I)、S(II) と比較して S(III)、S(IV) で小さく、変動係数は地点、期間で幾分異なるが総じて大き

い値であった。こうしたS(IV)で微細な粉じんが増加し、高濃度となる傾向は、期間的な気象条件などの影響によることが予想される。

そこで大師に例をとり、測定期間における濃度およびMMDの変動について、気象条件を考慮し、風速との関連性について検討した。

測定期間の平均化時間における風速(算術平均値)と濃度およびMMDとの関連をみると、濃度との間には相関が認められないのに対し、MMDとは良好な相関が認められた。大師における風速とMMDの関係を図7に示す。これより、風速のMMDに対する影響は明らかである。また、方向(風向)を持たない風速よりMMDが分類されることは、粉じん発生源の広域化とともに、土壌の舞上りなどによる影響が推定される。

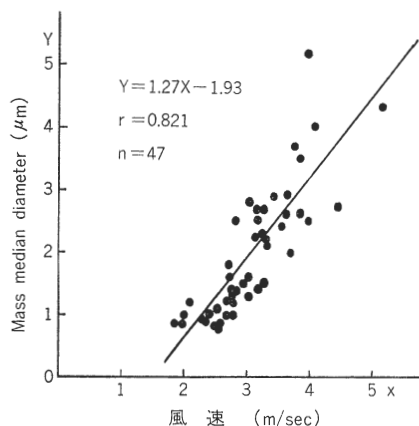


図7 風速とMMDの関係(大師)

3・3 ローボリュームエアサンプラーとアンダーセンサンプラーによる測定値の比較

粒径10μmカットに関する浮遊粒子状物質濃度測定標準器の1つであるFKS型サイクロン式分粒装置付きローボリュームエアサンプラー(新宅製)(以下、Low-volと略す)による測定値をアンダーセンサンプラーによる測定値と比較検討し、Low-volの特性を調べた。

1974年の1年間、中井においてアンダーセンサンプラーの測定に並行して、Low-volにより大気中の粉じん濃度を測定し、相互の測定値を10μmカットに関して比較した。

Low-volによる粉じん濃度L(F) μg/m³とアンダーセンサンプラーによる総粉じん濃度A(Total) μg/m³および粒径10μm以下の粉じん濃度A(10μm Cut) μg/m³との測定値間の関係を図8に示す。図よりL(F):A(Total)よりもL(F):A(10μm Cut)の間の相関関係が強く、回帰直線もY=Xの直線により近似していた。

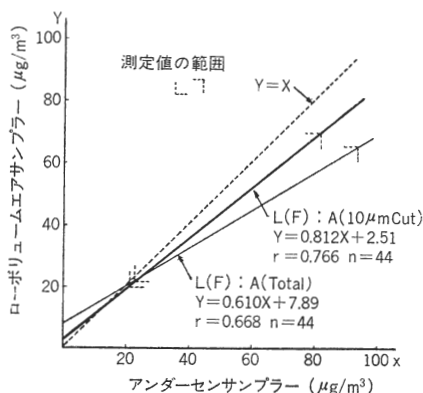


図8 10μmカットに関するサンプラー間の比較(中井)

アンダーセンサンプラーによるA(10μm Cut)とLow-volによるL(F)を比較すると、高濃度になるにつれてL(F)がA(10μm Cut)よりも低く測定される捕集特性を示した。

しかし、こうした結果は期間により著しく変動することが認められ、また、地域なども変動要因となることが予想される。

4. まとめ

1974年に、神奈川県内の地域特性および汚染状況を考慮した2測定地点において、大気中浮遊粉じんをアンダーセンサンプラーにより採取し、粒径分布などを測定した。

2地点における浮遊粉じんの粒径に関する分布は、ほぼ同じ傾向であり、年平均の分布によると、MMDは1.7~2.0μmであり、粒子径10μm以下の粒子(浮遊粒子状物質)の存在率は全体(重量)の約86~87%であった。

また、分布の形式は4~5μmと0.65μm前後に2つのピークを持つ二山型の分布であることが認められ、この2つの分布型およびピークの高さが、浮遊粉じんに関する汚染の形態、形成過程および程度などに重要な要素となることが理解された。

浮遊粉じんの濃度およびMMDに関して、期間的な変動が2地点において同様に確認されたが、大師における気象条件(風向・風速)を考慮した検討結果によれば、浮遊粉じん濃度は工場地帯からの風の場合に高くなることが認められ、その影響は粒径の大きい粒子ほど大きく、また、風速の影響も認められた。そして、MMDが方向(風向)を持たぬ風速によって分類されたことは、粉じん発生源の広域化とともに、土壌の舞上りなどのような自然発生源からの影響が推定される。

こうした発生源の推定および周辺環境への影響については、粒径別重金属成分濃度などの検討により、一層明らかになるものと思われる。

2地点における濃度の環境基準による評価(達成状況)は、測定方法が今回の方法と異なるために具体的には困難である。しかし、今後とも浮遊粉じんが大気汚染を評価するうえで、重要な指標となることを考慮すれば、環境基準の評価方法の再検討、すなわち、標準測定法の内容の検討、現状の汚染状況をさらに数種の測定方法により評価できる態勢の確保、あるいは、期間的に評価できる基準値の設定手法¹⁰⁾の検討などが必要と認められる。

—引用文献—

- 1) 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」pp. 8~13, 1970.
- 2) 神奈川県公害センター「神奈川県下の大気中重金属濃度調査結果報告書」p. 11, 1973.
- 3) 浅川照彦「大気汚染の実態と公害対策」p. 101, 昭晃堂, 東京, 1970.
- 4) 角脇 脩: アンダーセンサンプラーによる都市大気中の粒子状物質の粒度分布, 日本化学会誌, Vol. 23, pp. 490~495, 1974.
- 5) R. E. Lee, Jr and S. Goranson "Cascade impactor network" pp. 17~24, Environmental Protection Agency, North Carolina, 1972.
- 6) K. Willeke and K. T. Whitby: Atmospheric aerosols: Size distribution interpretation, J. Air Poll. Contr. Ass., Vol. 25, No. 5, pp. 529~534, 1975.
- 7) 藤村 満, 橋本芳一: アンダーセンサンプラーによるエアロゾルの粒度分布の解析, 分析化学, Vol. 24, pp. 36~41, 1975.
- 8) D. A. Lundgren and H. J. Paulus: The mass distribution of large atmospheric particles, J. Air Poll. Contr. Ass., Vol. 25, No. 12, pp. 1227~1231, 1975.
- 9) G. M. Hidy et al: Summary of the California Aerosol Characterization Experiment, J. Air Poll. Contr. Ass., Vol. 25, No. 11, pp. 1106~1114, 1975.
- 10) Harry H. Hovey, Howard C. Jones and William N. Stasiuk: Short Term Air Quality Standards for Suspended Particulate Matter in New York State, J. Air Poll. Contr. Ass., Vol. 26, No. 2, pp. 129~131, 1976.