

東京都における浮遊微粒子汚染の現状について

舟島正直 福岡三郎 大平俊男

1 はじめに

亜硫酸ガス、一酸化炭素の環境基準が決まっている現在、つぎに設定されるであろう浮遊微粒子について考えてみる。浮遊微粒子の直接的、間接的影響としては、視程障害・人体障害などに最も大なる影響をもたらしている。その発生源として一般的に工場ばい煙・自動車排気ガス・自然界の砂塵などが考えられる。粒径 0.5μ 以下のものは、長く大気中に浮遊しスモッグの発生原因となっている。浮遊微粒子の濃度と風速の間には、逆相関関係があり、風速 5 m/s 以上となるとほとんど高濃度汚染は出現しないと報告¹⁾されている。また高濃度出現には、大気安定度も問題となってくる。浮遊微粒子測定法は、現在ハイボリュームエアサンプラー法 (Hi-vol 法)、ローボリュームエアサンプラー法、デジタル粉塵計法、テープエアサンプラー法などが一般的に知られているが、東京都では、デジタル粉塵計により常時測定が行なわれている。

ここでは、1969年(1~12月)に測定された、データをもととし、浮遊微粒子汚染状況の経年変化・季節変化・日変化、環境基準案との比較を、都庁前・城東・梶谷・衛研各測定室について行ない、また、Hi-vol 法との比較を、梶谷、衛研測定室について検討した。その汚染の概略をのべる。

2 デジタル粉塵計

(1) 原理²⁾

暗黒にした筒の中に光ビームを照射しておき、ここに試料大気を通す。そして浮遊微粒子によって生じた散乱光の強さを光電子増倍管で検出し、その光電流をパルス信号に変換し、浮遊微粒子量を単位時間あたりのパルスの数によって表示する。

(2) 性能

感度ICPH(I COUNT PER HOUR) 0.001 mg/m^3

計測濃度範囲 $0.001\sim 10\text{ mg/m}^3$

許容入力電圧変動 A C90 $v\sim 110\text{ v}$

使用温度範囲 $-10^\circ\text{C}\sim +45^\circ\text{C}$

(3) 測定法の問題点³⁾

デジタル粉塵計の測定数値は大気中に浮遊する微粒子によって散乱された光の量であって、粉塵そのものの重量濃度でないということである。散乱光の強度は、浮遊微粒子の濃度の他に粒径・粒子の形・吸収係数・比重・大気中の湿度などを考慮せずすべて均一微粒子として換算するところに問題がある。

また、保守が適切でなく光源の明るさがおちたりするとデータの信頼度も低くなる。

3 経年変化 (表1参照)

都庁前測定室のデジタル粉塵値の1965年年平均値と、1966年年平均値は、あまり変わらない濃度を示し、1967年年平均値 (0.31 mg/m^3) と1968年年平均値 (0.44 mg/m^3) とでは、やや増加の傾向を示し、1969年では年平均値 0.37 mg/m^3 と多少減少している。

衛研測定室は、3年間(1967~1969年)の濃度変化はあまり認められず、都庁前測定室に比して濃度も低く 0.20 mg/m^3 程度である。梶谷測定室においては、2年間(1968, 1969年)の推移より、経年変化をみるのは、難しいが、増加の傾向を暗示している。

4 季節変化 (表2, 図1参照)

つぎに1969年(1~12月)を中心に1968年と比較しながら浮遊微粒子汚染の季節別変動を検討してみよう。

冬季を12月, 1月, 2月, 春季を3月, 4月, 5月, 夏季を6月, 7月, 8月, 秋季を9月, 10月, 11月に区分して検討する。最初に気づく点は4測定室とも春季に最も低い濃度を示している(1968年都庁前測定室においては少し違う)ということである。

都庁前測定室において1969年は、1968年とだいぶ違っ

図1-1 浮遊微粒子季節変化グラフ

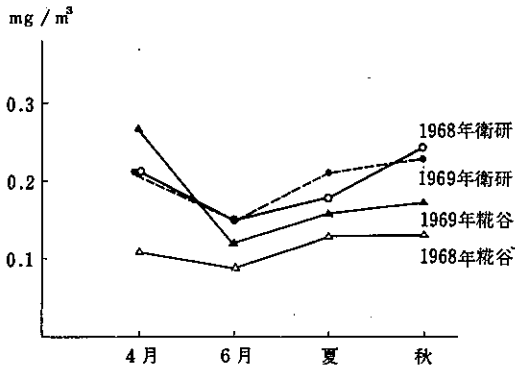
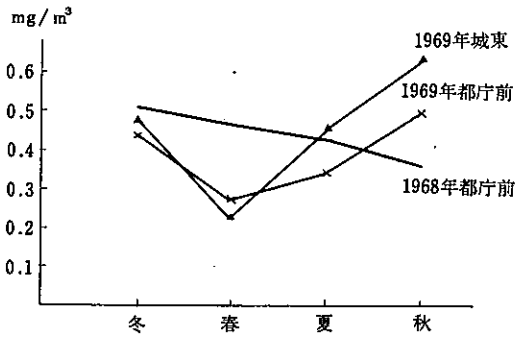


図1-2 浮遊微粒子季節変化グラフ



たパターンを示しており、秋季に最高値を示している。が1968年では最低値を示している。城東測定室は、秋季に最も濃度が高く冬、夏、春季という順である。秋季では梶谷測定室の3.8倍程に相当する0.64mg/m³にも達している。この地域の浮遊微粒子の汚染状況は他の測定室と比較して著しくひどい。衛研測定室においては、季節の差異はあまり認められないが、春季は多少低い値を示している。梶谷測定室は、他の3測定室とは異なり、冬季に最高値0.27mg/m³を示し、1968年の2.4倍程の濃度となっている。夏季・秋季については濃度の大きな差異は認められず、春季に多少低い値を示している。

5 日変化 (表3, 図2参照)

(1) 都庁前測定室

年間の日変化パターンは、11時 (0.46mg/m³) と23時 (0.44mg/m³) にピークをもつ2山型で午前のピーク

表1 経年変化 (単位: mg/m³)

	1965	1966	1967	1968	1969
都庁前	0.29	0.27	0.31	0.44	0.37
衛研			0.19	0.20	0.20
梶谷				0.11	0.18

表2 季節変化 (単位: mg/m³)

測定場所	季節	冬 (12-2)	春 (3-5)	夏 (6-8)	秋 (9-11)
	年				
都庁前	1968	0.51	0.47	0.43	0.37
	1969	0.44	0.28	0.35	0.50
衛研	1968	0.21	0.15	0.18	0.24
	1969	0.21	0.15	0.21	0.23
梶谷	1968	0.11	0.09	0.13	0.13
	1969	0.27	0.12	0.16	0.17
城東	1969	0.48	0.23	0.46	0.64

の方が、多少高い値を示している。

冬季は、9時 (0.53mg/m³) と21時 (0.71mg/m³) をピークとした2山型で午後のピークの方が午前のピーク1.3倍程である。

夏季も12時 (0.52 mg/m³) と22, 23時 (0.37mg/m³) のピークで2山型を示し、冬季とは逆に午前のピークの方が高くなっている。冬季の方が夏季よりも午前のピークが3時間早く9時となっている。

(2) 城東測定室

年間の日変化パターンは、8時 (0.56 mg/m³) と22時 (0.49 mg/m³) のピークで2山型を示し、午前のピークの方が高い値を示している。冬季は、8時 (0.64 mg/m³) と22時 (0.56 mg/m³) にピークを示し、午前の方が多少高い濃度である。夏季も8時~11時 (0.55 mg/m³)、21~24時 (0.44 mg/m³) のピークを示す2山型であるが、ピークは平らで時間の継続がある。冬季、夏季共に午前のピークの方が午後のピークよりも高い値を示す唯一の測定室である。

(3) 梶谷測定室

年間の日変化パターンは、10時, 22, 23時 (0.20 mg/m³) にピークをもつ2山型を示している。13~18時の間はほとんど濃度変動は認められない。冬季は22時に0.34 mg/m³

表3 日變化(1969年)

(單位: mg/m³)

場所	時間 季節別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		都	年	0.37	0.38	0.31	0.29	0.30	0.30	0.32	0.37	0.40	0.41	0.46	0.43	0.38	0.37	0.33	0.34	0.34	0.36	0.38	0.40	0.41	0.42
庁	冬	0.34	0.33	0.32	0.30	0.32	0.33	0.37	0.49	0.54	0.53	0.48	0.44	0.39	0.37	0.40	0.41	0.39	0.40	0.44	0.64	0.71	0.63	0.62	0.48
前	夏	0.35	0.38	0.35	0.33	0.33	0.37	0.38	0.43	0.42	0.43	0.48	0.52	0.45	0.40	0.39	0.31	0.32	0.35	0.34	0.33	0.35	0.37	0.37	0.34
城	年	0.46	0.45	0.43	0.41	0.43	0.46	0.53	0.56	0.54	0.51	0.47	0.44	0.38	0.38	0.39	0.40	0.43	0.45	0.47	0.46	0.48	0.49	0.48	0.47
東	冬	0.38	0.42	0.39	0.36	0.41	0.43	0.57	0.64	0.63	0.55	0.46	0.42	0.36	0.37	0.40	0.43	0.55	0.54	0.59	0.57	0.60	0.61	0.57	0.49
	夏	0.45	0.43	0.43	0.44	0.48	0.49	0.53	0.55	0.54	0.52	0.55	0.48	0.45	0.43	0.41	0.41	0.42	0.41	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44
梃	年	0.18	0.16	0.16	0.16	0.15	0.17	0.18	0.18	0.19	0.20	0.19	0.18	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.20	0.20	0.17
谷	冬	0.26	0.22	0.20	0.20	0.18	0.20	0.19	0.23	0.24	0.24	0.25	0.24	0.26	0.24	0.23	0.23	0.25	0.25	0.24	0.28	0.31	0.34	0.33	0.30
	夏	0.15	0.14	0.15	0.16	0.15	0.17	0.18	0.18	0.19	0.21	0.21	0.20	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.15	0.14	0.15	0.16	0.14
街	年	0.20	0.20	0.20	0.18	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23	0.22	0.22	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.24	0.23	0.20
	冬	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.16	0.21	0.24	0.23	0.21	0.18	0.15	0.18	0.16	0.18	0.21	0.24	0.28	0.32	0.32	0.30	0.25	0.23
研	夏	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.25	0.26	0.22	0.22	0.18	0.17	0.17	0.19	0.20	0.20	0.22	0.21	0.20	0.23

図 2-1 都庁前測定室の日変化

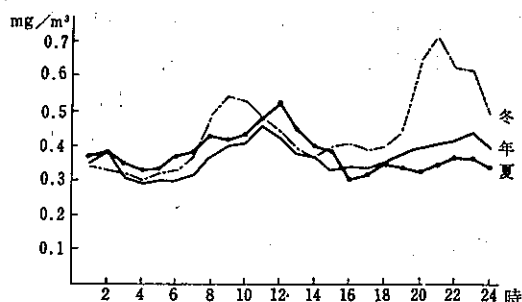


図 2-2 城東測定室の日変化

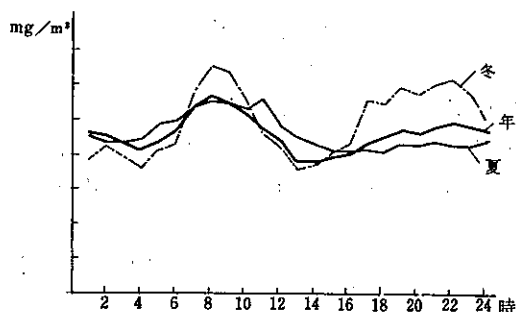


図 2-3 梶谷測定室の日変化

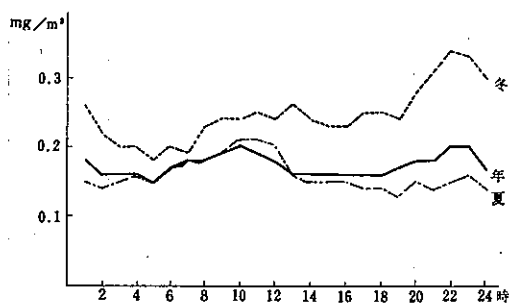
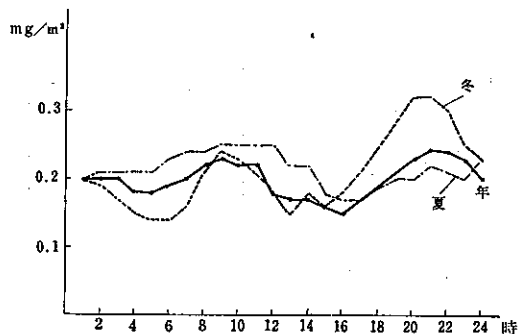


図 2-4 衛研測定室の日変化



の最高値を示し、午前よりも午後の方が高濃度を示している。夏季は、10時、11時に 0.21 mg/m^3 程度のピークを示す、1山型であるが日変化にとぼしい。冬季は、夏季に比べ最高値は1.6倍である。

(4) 衛研測定室

年間の日変化パターンは9時(0.23 mg/m^3)と21時(0.24 mg/m^3)をピークとする2山型を示し、午後の方が午前より少し高い程度である。冬季は9時(0.24 mg/m^3)と20・21時(0.32 mg/m^3)の2山型で午後のピークは午前のピークの1.3倍である。夏季は冬季と違って午前の方が午後のピークより、少し高くなだらかな2山型を示している。

6 環境基準案 (生活環境審議会専門委員会答申)

との関係 (表4, 表5, 表6参照)

つぎに1970年12月25日に、生活環境審議会が国に答申

した環境基準を、1969年の東京都の浮遊微粒子汚染状況にあてはめ、東京都の浮遊微粒子汚染度合の評価を試みた。

生活環境審議会専門委員会が作った、浮遊ふんじんの環境基準案は

- ① 連続する24時間の平均値が 0.1 mg/m^3 以下
 - ② 1時間値が 0.2 mg/m^3 以下
- 以上の二条件を満たすことが決められている。

(1) 年間を通し日平均 0.1 mg/m^3 以下の日数は、都庁前測定室では1.2%、城東測定室では2.5%の適合率となっている。しかし、梶谷、衛研測定室においては、22.9%、20.9%で20%以上の適合率となっており日平均値 0.1 mg/m^3 以下の占める割合が多くなっている。

(2) 1時間値が 0.2 mg/m^3 以下という条件では、一年間を通して考えてみると梶谷測定室72.9%、衛研測定室65.8%とかなり適合率も高く、都庁前測定室31.8%、城東測

定室26.2%となっている。

(3) 季節別に①、②の条件について考えてみる。

①の条件においては、春季都庁前、衛研、梶谷測定室において最も高い適合率を示し、城東測定室は、冬季が最も高い適合率を示している。

②の条件においては、各測定室とも春季の適合率が最も高く、衛研測定室は四季を通じて60%以上の適合率を示している。梶谷測定室では、年間70%以上の出現率を

示し、とくに春季には89%もの高い適合率を示している。

7 デジタル粉塵計とハイボリュームエアサンプラー法との比較⁴⁾

いままでデジタル粉塵計のデータについて検討してきたが、最後にデジタル粉塵計とハイボリュームエアサンプラー法とのデータの比較をしてみよう。

表4 浮遊微粒子日平均(24時間)値0.1mg/m³以下の日数とその適合率

(1969年)

場所	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	0.1mg/m ³ 以下の日数の割合	欠測日数
		都庁前	0.1mg/m ³ 以下の日数		0	1	1	0	0	1	0	0	0	0		
測定日数		10	28	29	31	20	13	16	29	30	22	18	246			
城東	0.1mg/m ³ 以下の日数	4	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	8	2.5%	49
測定日数		26	16	22	28	26	29	26	27	28	31	28	29	316		
梶谷	0.1mg/m ³ 以下の日数	1	0		8	19	9	5	4	8	5	3	5	67	22.9%	72
測定日数		31	6		30	31	30	29	28	30	19	28	31	293		
衛研	0.1mg/m ³ 以下の日数	6	8	9	7	10	9	4	2	5	5	3	5	73	20.9%	15
測定日数		31	28	31	28	31	30	19	30	30	31	30	31	350		

表5 浮遊微粒子1時間値0.2mg/m³以下の時間数とその適合率

(1969年)

場所	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	0.2mg/m ³ 以下の割合	欠測(時間)
		都庁前	0.2mg/m ³ 以下		91	260	332	392	192	208	85	179	23	63		
測定数			292	688	705	743	505	322	438	707	714	551	444	6109		
城東	0.2mg/m ³ 以下	309	174	231	361	399	361	63	2	0	19	59	61	2039	26.2%	990
測定数		647	410	547	691	616	710	645	677	685	735	687	720	7770		
梶谷	0.2mg/m ³ 以下	339	100		630	673	604	571	386	567	389	435	543	5237	72.9%	1573
測定数		744	183		720	744	720	721	696	716	496	703	744	7187		
衛研	0.2mg/m ³ 以下	465	469	515	519	579	513	310	335	461	530	347	460	5503	65.8%	391
測定数		704	672	740	680	737	717	478	725	718	744	719	735	8369		

表6 浮遊微粒子の環境基準との季節別の適合率

1969年 (単位: %)

場所	季節	1969年 (単位: %)			
		春 (3.4.5)	夏 (6.7.8)	秋 (9.10.11)	冬 (12.1.2)
都庁前	0.1mg/m ³ 以下の日数	2.3	2.0	0	0
	0.2mg/m ³ 以下の時間	46.1	38.3	13.4	28.1
城東	0.1mg/m ³ 以下の日数	1.3	0	0	8.5
	0.2mg/m ³ 以下の時間	53.5	21.0	3.7	30.6
梶谷	0.1mg/m ³ 以下の日数	44.3	20.7	20.8	8.8
	0.2mg/m ³ 以下の時間	89.0	73.0	72.6	58.8
衛研	0.1mg/m ³ 以下の日数	28.9	19.0	14.3	21.1
	0.2mg/m ³ 以下の時間	74.8	60.3	61.3	66.0

デジタル粉塵計は、浮遊微粒子測定自動化により、時系列的にその濃度の変動が即時に把握できる利点がある。一方のハイボリュームエアースンプラーは、浮遊微粒子を直接採集し濃度を求めることができ、またその成分の分析試料として用いられるという利点がある。両者は原理が異なるので測定の目的に応じて、測定法をえらばなくてはならない。

比較する際、使用するデジタル粉塵計のデータは、ハイボリュームエアースンプラー法の測定時間(午前10時から翌日午前10時まで)にあわせ、毎時間の測定値を積算し、24時間平均値に換算してその濃度を求めた。

梶谷、都立衛研測定室において、両測定法による同時測定を行ない、結果を比較検討してみた。

(1) 梶谷測定室:測定結果は表7、図3のとおりである。

この測定室では、ハイボリュームエアースンプラー法の値がデジタル粉塵計の値より高い値を示している。平均値はハイボリュームエアースンプラー値が0.282mg/m³、デジタル粉塵計の値は0.179mg/m³で、デジタルの値は、ハイボリュームエアースンプラー値の63.5%となっている。両測定値間の相関係数と回帰方程式を求めると下記のようになる。

表7 浮遊微粒子測定結果

(単位:mg/m³)

	梶 谷		衛 研	
	Hi-VOL 値	Digital 値	Hi-VOL 値	Digital 値
8/1~8/2	0.278	0.130		
8/2~8/3	0.331	0.311		
8/12~8/13			0.222	0.455
9/1~9/2	0.329	0.131	0.111	0.156
9/11~9/12	0.130	0.107	0.163	0.258
9/21~9/22	0.175	0.202	0.169	0.351
10/21~10/22			0.118	0.162
10/31~11/1	0.418	0.285	0.333	0.451
11/20~11/21	0.338	0.191	0.247	0.335
11/30~12/1	0.131	0.153		
12/10~12/11	0.454	0.120	0.197	0.178
12/20~12/21	0.301	0.203		
12/30~12/31	0.221	0.133	0.155	0.157

相関係数 $r = 0.369$ ($n = 11$)

$$\begin{cases} y : \text{デジタルの値} \\ x : \text{ハイボリュームの値} \end{cases}$$

回帰方程式 $y = 0.234x + 0.114$

(2) 都立衛研測定室:測定結果は、表7、図3のとおりである。都立衛研測定室では梶谷測定室とは逆にデジタル粉塵計の値の方がハイボリュームエアースンプラー法の値より高い値を示している。平均値はハイボリュームエアースンプラー値が0.191mg/m³、デジタル粉塵計0.278mg/m³である。衛研測定室の両測定値間における相関係数と回帰方程式は

相関係数 $\gamma = 0.786$ ($n = 9$)

$$\begin{cases} y : \text{デジタルの値} \\ x : \text{ハイボリュームの値} \end{cases}$$

回帰方程式

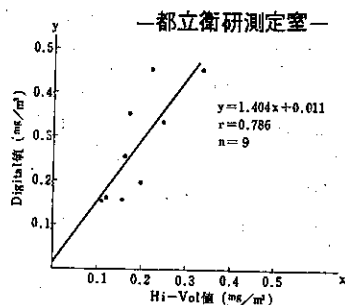
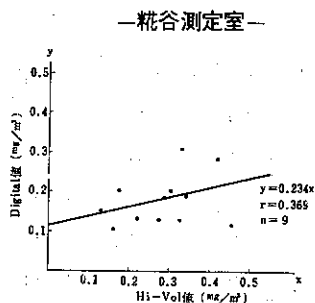
$$y = 1.404x + 0.011$$

となる。

8 まとめ

(1) 都庁前測定室は車道に面しているため、自動車排気ガスの影響が強く、また梶谷・城東測定室は、工場地域内にあたるため、工場ばい煙の影響をうけていると考えられる。朝米野⁵⁾らは、Mn(マンガン)は亜硫酸ガスと

図3 ハイボリウム測定値とデジタル測定値との関係



同じ挙動を示すことから、これらの汚染源としては主に工場群が考えられ、またBr（ブロム）は一酸化窒素と同じ挙動を示すことから自動車排気ガスによるものと考えられると報告している。都庁前測定室の浮遊微粒子の成分分析では、Brが多いという結果が出されており、また梶谷測定室では、Mnが多く、粒子も小さいものが多いので、工場発生源に近いということになる。衛研測定室は、住宅地域にあるので、工場ばい煙、自動車排気ガスの直接の影響は少ない。

(2) 春季に各測定室ともに濃度が低いのは、風速による影響で、他の季節と比較して、3 m/s以上の風速の出現率が高く、煙霧の出現回数も少なくなっているためではないかと思われる。また煙霧・モヤ・霧の出現時間・平均持続時間も他の季節と比較して少ないことも影響しているものと考えられる。(表8・9・10・11参照)

(3) 日変化パターンをみると、各測定室とも冬季、日没後浮遊微粒子が急激に上昇しているのは、日没と共に接地逆転が始まり、大気が安定に向うので、日中発生源から出された浮遊微粒子が測定されているものと考えられる。都庁前測定室は冬季午前中のピークが、夏季に比べ2時間早くなっている。これは周辺の暖房汚染源の影響と思われ、城東測定室は午前のピークが都庁前測定室より3時間早まっているのは、工場地域内にあるため、社会的事象の影響と考えられる。夏季都庁前測定室の濃度変動が16時以降あまりかわらないのも、自動車排気ガスの影響で夏季は、夜遅くまで人間活動が行なわれているためであると考えられる。

(4) 浮遊粉じんの環境基準が原案通り決定されたとしても、1969年における東京都の、デジタル粉塵計値を用いた場合の環境基準満足度合は、都庁前・城東・梶谷・衛研各測定室とも満足しないことになる。とくに原案の

表8 風速出現頻度 (1969年) (単位: %)

	0~3m/s 未 満	3~5m/s 未 満	5m/s以上
冬	50	31	18
春	39	33	28
夏	44	27	29
秋	47	37	17

表9 煙霧出現回数

	1968年	1969年
冬	17	18
春	5	8
夏	7	15
秋	5	12
合計	28	51

表10 出現時間 (1969年)

	冬	春	夏	秋
煙 霧	88時間58分	14時間38分	50時間31分	72時間20分
モ ヤ		79時間42分	174時間17分	124時間12分
霧		32時間40分	53時間45分	30時間41分

表11 平均持続時間 (1969年)

	冬	春	夏	秋
煙 霧	3時間36分	1時間44分	3時間27分	5時間42分
モ ヤ	2時間 9分	4時間16分	2時間52分	4時間 9分
霧		5時間27分	4時間42分	3時間28分

うち①の条件の連続する24時間平均値0.1mg/m³以下の基準の満足度合が著しく低い。①、②の条件を満足させる浮遊粉じん対策は、相当きびしいものとなるであろう。

(5) 浮遊粉じんの環境基準を設定するにあたり、そのデータはデジタル粉塵計のデータを使用するようになると思うが、いろいろ問題が多い機器のため、標準計器との比較、またHi-VOL法による検定などを定期的に行なう制度化が必要である。

(6) デジタル粉塵計とHi-VOL法の比較を行なってみたが、デジタル粉塵計は、問題が多い機器のため一応の目安しかわからない。梶谷測定室では、相関は著しく低く、衛研測定室ではかなり良い相関を示し、相関係数0.786となっている。測定場所における浮遊微粒子の性質(粒径・組成成分・比重)、気象条件の差異吸引流量の違い(Hi-VOL法約 $1\text{ m}^3/\text{min}$ 、デジタル $40\text{ l}/\text{min}$)

が、本来測定原理の異なる2つの測定法の値を近似せしめたり、懸隔させたりするものと考えられる。

参 考 資 料

- 1) 東京都大気汚染防止対策の概要 昭和42年12月
- 2) 大気汚染の機器分析 p172
- 3) INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL ENGINEERING ANNUAL REVIEW 68
- 4) 大気汚染測定網研究会報告書 大気汚染測定方法の研究
- 5) 東京都公害研究所年報 第1巻 大気編p132
- 6) 昭和44年気象常時調査報告書