

6 川口地区におけるキュボラ粉じん公害実態調査（第2報）

浮遊粉じんの粒径分布

1. まえがき

川口地区におけるキュボラによる粉じん公害の実態調査を47年度において実施した結果はすでに年報1号に報告済であるが、特に浮遊粉じんの粒径分布をより詳細に知るため、引き続き48年度も調査を実施したので、これを報告する。

2. 調査方法

浮遊粉じんの測定は図1で示すように、鋳物工場密集地域（A M鋳造所、B 川口市民会館）とその周辺地域（C 植物見本園、D 鋳物試験場）で、ハイボリウムエアサンプラー、ローボリウムエアサンプラー・アンダーセンエアサンプラーをもちいて実施した。調査期間は昭和48年6月～7月である。浮遊粉じんの粒径分布の測定のため47年度において使用したのは、カスケードセントリピーターである。これは4段階に粒子を分離でき、その分離は 14μ 以上 13.9μ ～ 4μ 、 3.9μ ～ 1.2μ 、 1.2μ 以下であるが、これに比べてアンダーセンサンプラーは8段階に粒子を分離することができ、より詳細に粒径分布を把握できるのでこれを使用した。

各段の捕集には、ガラス板を、バックアップフィルターとして、ポアサイズ 0.8μ メンブランフィルターをセットし、吸引速度 28.3 l/min で1週間連続してサンプリングした。

重金属の分析方法はガラス板に捕集したばいじんの重量秤量後、ガラス板を結晶皿に入れ、硝酸（1+10）を加えて超音波洗浄を2～3分行ったのち、過酸化水素を少々加えて水浴上で加熱抽出・濃縮を行う。乾固したのち、希硝酸（2+98）で溶かして一定量にして原子吸光法で、鉄・亜鉛・鉛・マンガン・銅・クロム・ニッケル・カドニウムを分析する。

図1 測定場所



表1 浮遊粉じん中の重金属濃度測定結果

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

項目 場所	期 間	Dust	Fe	Zn	Pb	Mn	Cu	Ni	Cr	Cd
M 鋳 造 所	7/2~7/11	1804	3891	1.575	0.939	0.673	0.141	0.038	0.018	0.013
	7/11~7/18	2056	3874	1.864	0.747	0.572	0.140	0.057	0.029	0.015
	平 均	1930	3883	1.720	0.843	0.623	0.141	0.048	0.024	0.014
川 口 市 民 会 館	6/12~6/19	1545	3615	0.714	0.695	0.695	0.164	0.056	0.022	0.011
	6/19~6/26	1532	3373	1.072	0.753	0.858	0.173	0.078	0.039	0.011
	6/26~7/2 平 均	1521	2667	0.973	0.589	0.520	0.114	0.061	0.028	0.009
植 物 園	7/2~7/11	1569	2236	0.532	0.380	0.115	0.083	0.031	0.015	0.009
	7/11~7/18	1817	2928	0.893	0.431	0.144	0.098	0.045	0.020	0.012
	平 均	1693	2582	0.712	0.406	0.130	0.091	0.038	0.018	0.011
鋳 物 試 験 場	6/12~6/19	1380	2086	0.567	0.386	0.134	0.160	0.056	0.016	0.006
	6/19~6/26	1484	1981	0.683	0.399	0.200	0.136	0.052	0.013	0.011
	6/26~7/2 平 均	1384	1474	0.372	0.316	0.096	0.091	0.030	0.014	0.007
	平 均	1416	1847	0.541	0.367	0.143	0.129	0.046	0.014	0.008

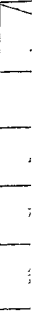
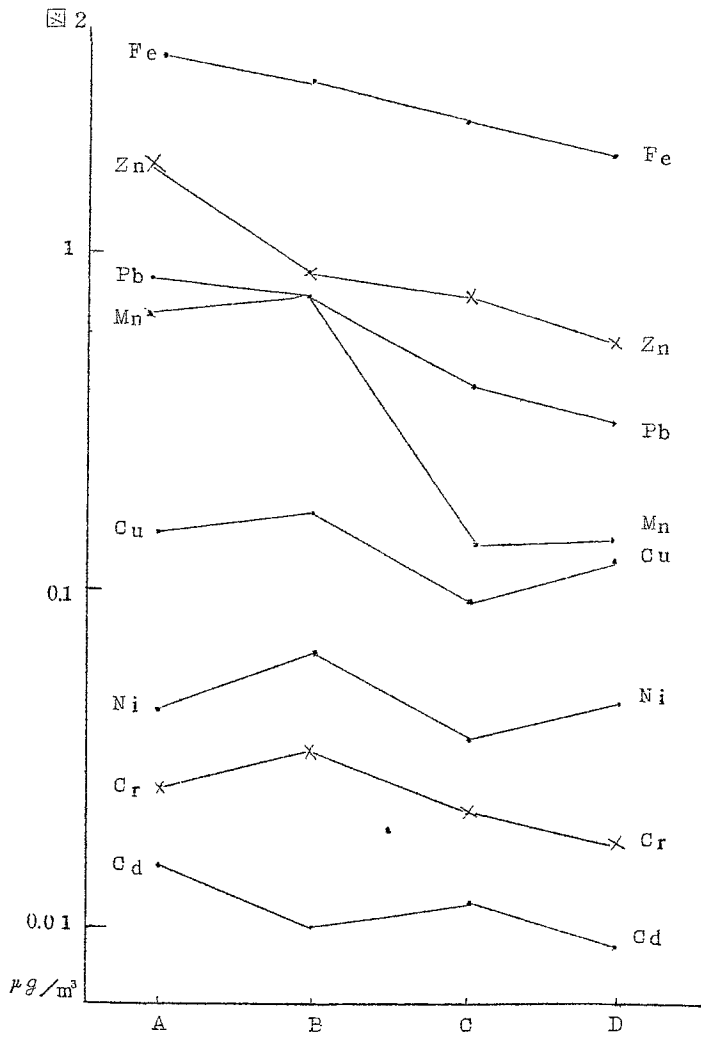


表2 浮遊粉じん中の重金属含有率

(%)

項目 場所	Fe	Zn	Pb	Mn	Cu	Ni	Cr (ppm)	Cd (ppm)
M 鋳造所	2.021	0.890	0.442	0.326	0.073	0.025	121	73
川口市民会館	2.099	0.601	0.443	0.451	0.098	0.042	194	67
植物園	1.518	0.416	0.240	0.076	0.054	0.023	103	62
鋳物試験場	1.304	0.380	0.259	0.100	0.091	0.033	102	56

0.008
 0.014
 0.046
 0.129
 0.143
 0.367
 0.541
 1.847
 14.16
 均
 平
 場



3. 結果及び考察

10 μ 以上の粒子をカットできるサイクロン付ローポリウムエアサンプラーによる浮遊粉じんの測定結果を表1に示す。それをグラフに示したのが図2である。又粉じん中の重金属含有率を表2に示した。

これらの結果より鋳物工場密集地域とその周辺地域とでは差が見られ、特にマンガンの差が著しい。

キヌボラ密集地域とその周辺地域での浮遊粉じんの違いをより詳細に知るために、アンダーセンサンプラーを用いて測定を行ったが、その測定結果を表3・A・B・C・Dに示す。使用したアンダーセンサンプラーの各段の分級範囲は表4のとおりである。

環境大気中の粉じんの粒径分布を求めするためのデータ処理方法はいろいろあるが、従来よく行われているのは各ステージごとのエアロゾルの捕集量を図3のようにヒストグラムとして表わしたり、図4で示すようにエアロゾル濃度表示を Δm ($\mu g/m^3$)として表わしたりしている。上記のようなデータ処理方法は理解しやすい反面、各段の分級の幅が異なっているため、分級の幅の異なるサンプラーを使用するとデータの比較がしにくい。そこで各段の分級の幅を考慮してエアロゾル濃度の表示を $\Delta m / \Delta (\log d) \mu g/m^3$ ⁽¹⁾⁽²⁾として表わしたのが図5である。この場合捕集される粒子の最大径・最小径が問題となるが角脇らの報告⁽¹⁾によると、ステージに捕集される粒子の最大径30 μ 、バックアップフィルターにおける最小粒子径0.08 μ と言われ、これで計算した。A・B・C・D4地点ともほぼ同じような傾向の粒径分布を示していて、ステージ4(3.3 μ ~4.7 μ)とステージ8(0.43 μ ~0.65 μ)の粒径範囲に二つの山を持った分布であり、それぞれが、ほぼ対数正規分布をしていると思われる。

又、エアロゾルの粒径分布を対数正規分布に近似させて扱う方法が一般によく行われている。測定結果の一部を対数正規確率紙に粒径の小さい方から各ステージまでの累積重量パーセントをプロットしたのが図6である。ほぼ直線となり、対数正規分布をしていると見なして、Mass Medium Diameter (累積重量50%径)を求めたり、標準偏差を求めたりしている。しかし、図6で示されるように、対数正規分布と仮定した場合を点線で表わしたが、実測値と少しずれており、測定範囲のすべての粒子径にわたって、対数正規分布をなしているとは言えないのではないかとと思われる。このことは、先に示した図5からも、明らかである。

同様のデータ処理を各金属成分についても行った。図7に鉄・図8に亜鉛・図9にマンガン・図10に鉛の粒度分布曲線を示した。この結果の図より各金属によって特徴ある分布形をしていることがわかった。鉄は3.3 μ ~4.7 μ に大きなピークがあり、亜鉛や鉛は0.43 μ ~0.6

分
有
が
一
用
く
表
い
て
を
5
、
0.8
を
に
る。
ト
し
は、
る
る。
ガ
ン。
して
0.6

5 μにマンガンは0.4 μ付近に大きなピークと4 μ付近に小さなピークがある。粉じん中の重金属の主成分である鉄と亜鉛とは全く異なった分布状態を示しており、亜鉛は鉄よりも幅の広い分布である。

図5で明らかのように大気中のエアロゾルの分布では二つのピークが確認され、その一つ4 μ付近のピークは鉄のピークと同じ所であり、もう一つの0.5 μ付近のピークは亜鉛・マンガンのピークと一致する。このことから、4 μ付近の粒子は鉄に関係の深い粒子が予想され、1 μ以下の細かい粒子には亜鉛・マンガンの鉛が多く含まれていると思われる。すなわち、エアロゾルの粒径分布が、3.3 μ~47 μにモード径を持つ母集団と0.43 μ~0.6 μにモード径を持つ母集団からなっており、生成源が異なっていると思われるが、今回の調査は重金属のみに重点をおいたので、他の成分については、今後検討するつもりである。Lee⁽³⁾らの報告によると大気中の硝酸イオンのMMD値は0.2 μ~0.6 μ、アンモニウムイオン0.3 μ~0.5 μ、硫酸イオン0.3~0.5 μ、塩素イオン0.8 μであり、又、リン酸イオンのMMD値は約4 μである。

次に各金属の累積重量パーセントを対数正規確率紙上にプロットして、MMD(累積重量50%径)を求めた。その結果を表5に示す。累積重量50%径値と粒度分布曲線のモード径は必ずしも一致していない。亜鉛や鉛の累積分布曲線A B C D 4地点とも、同じような傾き具合であり、かつほぼ直線であることから対数正規分布していると思われる。それに対して、鉄やマンガンは測定地点により少し異なった様子を呈している。一般的に、対数確率紙上の累積分布曲線の傾き急の場合、発生源より遠く、その地域の平均化されたパターンであり、傾きゆるやかな時、発生源の影響を受けているケースであると言われているが、そういう観点から見ると、マンガンや鉄は、C点に比べてA・B点は発生源の影響を強く受けていると思われる。

以上の結果から、鋳物工場密集地域A・B、キヌボラより遠く離れているC、その中間のDの粉じんの特徴をまとめてみて、キヌボラによる影響を検討した。さきに各成分別の粒度分布曲線(図5・7・8・9・10)を示したが、これを各測定点別に書きなおしたのが図11・12・13・14である。但し、図の縦軸の単位は、総量を100%としての各段の量ΔR%を分級幅を考慮してΔR/Δ(log ed)%として表わしたものである。

キヌボラからの排出ばいじんの測定結果は、すでに報告済であるが、それによると、鉄・マンガンの亜鉛が多量に排出されており、排出ばいじん中に鉄(10~25%)、マンガ(1~15%)、亜鉛(0.1~3%)が多量に含まれている。

キヌボラ密集地域A・Bの粉じんは、C・Dに比べて鉄・マンガンの亜鉛・鉛等の濃度が高い。特にマンガについては、図9からわかるように0.5 μ以下の細かい粒子が、Cに比べA・

Bでは非常に多い。逆にCでは細かい粒子よりも、4μと大きい粒子の方が多い。このことは図12と図13を比較して見ると明らかである。表5の累積50%径でも差が見られる。

マンガンの場合、粒度分布曲線で二つのピークが表われており、測定点により異なった分布をしていることより、生成源が異なっているのではないかと思う。

鉄については、量的にはCも多いが、その粒度分布曲線は図13でわかるように、4μ付近に一つだけのピークを持つ、鉄の典型的なパターンを示している。それに対して、図11、図12で示されるように、ABは1μ以下の細かい粒子も割合に多く、発生源であるキヌボラの影響が考えられる。

今回の調査ではキヌボラ周辺地域としてD点を選んで測定を行った。しかし、濃度ではABに比べて低いが、図14の粒度分布曲線は図12・図13とほぼ同じ形であり、このことよりD点もキヌボラの影響を受けているのではないかと推察される。

表3 粒径別浮遊粉じんの重金属濃度

A M 鋳造所

単位 μg/m³

測定期間 7/2~7/11 7/11~7/18 (二回の平均値)									
粒子径 (ミクロン)	粉じん	Fe	Zn	Mn	Pb	Cu	Cr	Ni	Cd
11<	17.08	0.531	0.048	0.016	0.014	0.007	0.0016	0.0026	0.0004
7~11	8.11	0.221	0.019	0.007	0.006	0.003	0.0014	0.0025	0.0001
4.7~7	14.38	0.383	0.040	0.014	0.012	0.005	0.0019	0.0023	0.0002
3.3~4.7	14.19	0.416	0.064	0.018	0.020	0.006	0.0021	0.0034	0.0004
2.1~3.3	9.71	0.264	0.066	0.014	0.022	0.004	0.0018	0.0027	0.0004
1.1~2.1	12.15	0.247	0.193	0.024	0.065	0.009	0.0014	0.0208	0.0009
0.65~1.1	25.08	0.130	0.171	0.033	0.092	0.010	0.0009	0.0031	0.0014
0.43~0.65	27.01	0.148	0.198	0.078	0.114	0.016	0.0014	0.0046	0.0023
バックアップ フィルター	41.01	0.471	0.422	0.257	0.302	0.035	0.0041	0.0142	0.0045
計	168.72	2.811	1.221	0.463	0.647	0.095	0.0166	0.0562	0.0106

は
布
近
図
の
B
り

B 川口市民会館

単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

粒子径 (ミクロン)	測定期間			6/12~6/19			6/19~6/26			6/26~7/2		
	粉じん	Fe	Zn	Mn	Pb	Cu	Cr	Ni	Cd			
11<	10.04	0.285	0.023	0.021	0.008	0.004	0.0024	0.0020	0.0003			
7~11	6.55	0.181	0.025	0.006	0.009	0.003	0.0012	0.0017	0.0004			
4.7~7	8.42	0.221	0.021	0.016	0.009	0.004	0.0018	0.0017	0.0003			
3.3~4.7	9.99	0.252	0.035	0.011	0.014	0.005	0.0019	0.0024	0.0003			
2.1~3.3	8.17	0.175	0.054	0.009	0.018	0.004	0.0014	0.0025	0.0004			
1.1~2.1	11.70	0.163	0.149	0.019	0.054	0.008	0.0018	0.0037	0.0006			
0.65~1.1	14.49	0.112	0.127	0.036	0.079	0.009	0.0017	0.0031	0.0011			
0.43~0.65	15.07	0.126	0.117	0.080	0.084	0.011	0.0014	0.0042	0.0015			
バックアップ フィルター	34.92	0.446	0.272	0.290	0.240	0.026	0.0057	0.0261	0.0032			
計	119.4	1.961	0.823	0.488	0.515	0.074	0.0193	0.0474	0.0081			

C 埼玉県植物見本園

単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

粒子径 (ミクロン)	測定期間			7/2~7/11			7/11~7/18		
	粉じん	Fe	Zn	Mn	Pb	Cu	Cr	Ni	Cd
11<	20.30	0.646	0.030	0.020	0.008	0.004	0.0015	0.0022	0.0001
7~11	9.60	0.273	0.019	0.009	0.006	0.002	0.0011	0.0015	0.0001
4.7~7	13.17	0.405	0.028	0.015	0.010	0.004	0.0014	0.0030	0.0002
3.3~4.7	14.75	0.455	0.034	0.017	0.015	0.004	0.0021	0.0019	0.0002
2.1~3.3	8.53	0.265	0.047	0.011	0.016	0.003	0.0014	0.0022	0.0003
1.1~2.1	8.45	0.177	0.092	0.011	0.031	0.005	0.0013	0.0022	0.0005
0.65~1.1	19.89	0.079	0.102	0.011	0.052	0.007	0.0009	0.0021	0.0011
0.43~0.65	25.56	0.062	0.087	0.011	0.060	0.009	0.0011	0.0035	0.0015
バックアップ フィルター	39.10	0.102	0.100	0.012	0.109	0.013	0.0015	0.0083	0.0027
計	159.4	2.464	0.539	0.117	0.307	0.051	0.0123	0.0269	0.0067

粒子径 (ミクロン)	測定期間 6/12~6/19			6/19~6/26			6/26~7/2		
	粉じん	Fe	Zn	Mn	Pb	Cu	Cr	Ni	Cd
11<	858	0.217	0.020	0.007	0.007	0.003	0.0011	0.0017	0.0004
7~11	4.01	0.113	0.044	0.004	0.008	0.002	0.0008	0.0087	0.0003
4.7~7	7.28	0.186	0.025	0.007	0.009	0.003	0.0011	0.0020	0.0003
3.3~4.7	7.49	0.199	0.033	0.009	0.012	0.004	0.0012	0.0021	0.0004
2.1~3.3	5.73	0.141	0.044	0.007	0.015	0.006	0.0011	0.0029	0.0004
1.1~2.1	837	0.127	0.108	0.011	0.034	0.010	0.0012	0.0018	0.0007
0.65~1.1	11.79	0.062	0.085	0.011	0.043	0.008	0.0011	0.0019	0.0007
0.43~0.65	19.00	0.094	0.098	0.029	0.060	0.012	0.0011	0.0032	0.0012
バックアップ フィルター	338.2	0.126	0.100	0.036	0.113	0.017	0.0024	0.0072	0.0027
計	106.1	1.265	0.577	0.121	0.301	0.065	0.0111	0.0315	0.0071

△m ($\mu g/m^3$)

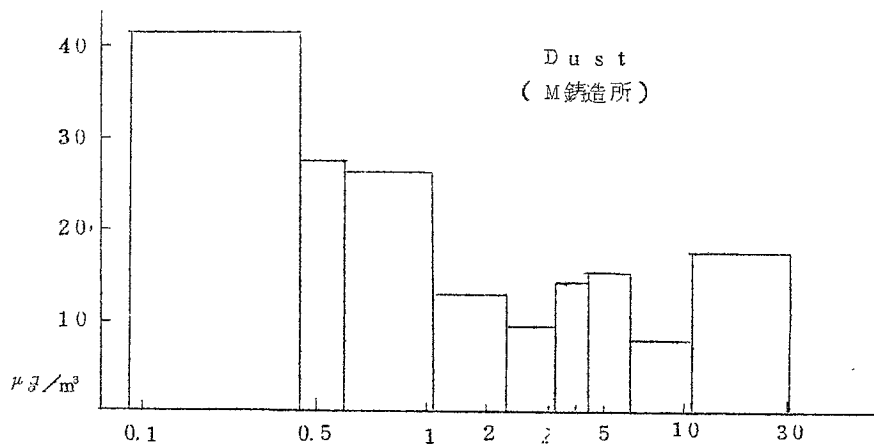
☒

表4 各段の分級範囲

Stage	1	2	3	4	5	6	7	8	Backup filter
50% Cutoff	11	7.0	4.7	3.3	2.1	1.1	0.65	0.43	(0.08)

(単位 μm)

図3 粒径分布のヒストグラム



△m/△ (loged) $\mu g/m^3$

4
3
4
4
7
7
2
7
1

图 4

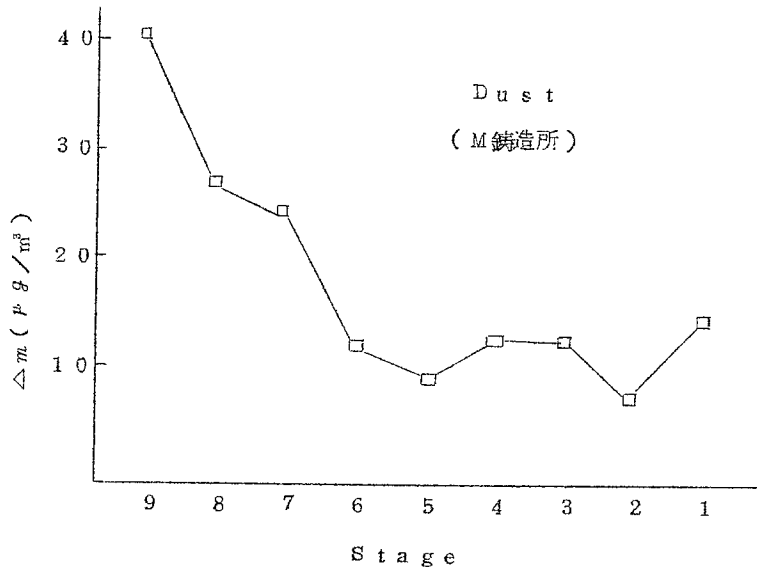


图 5 粒度分布曲线

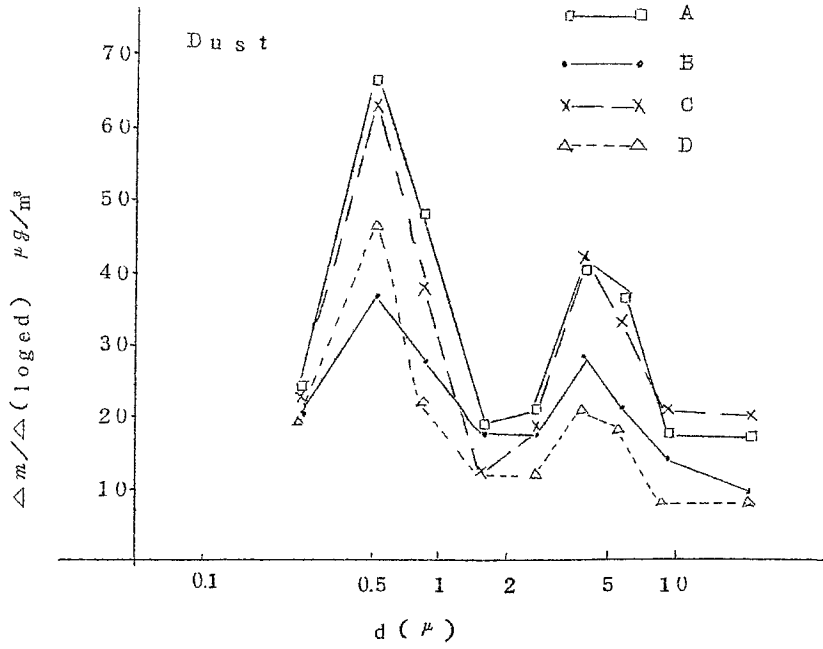


図6 累積分布曲線

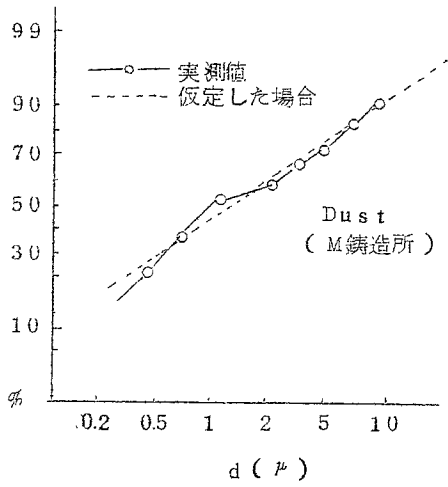


図7 Fe

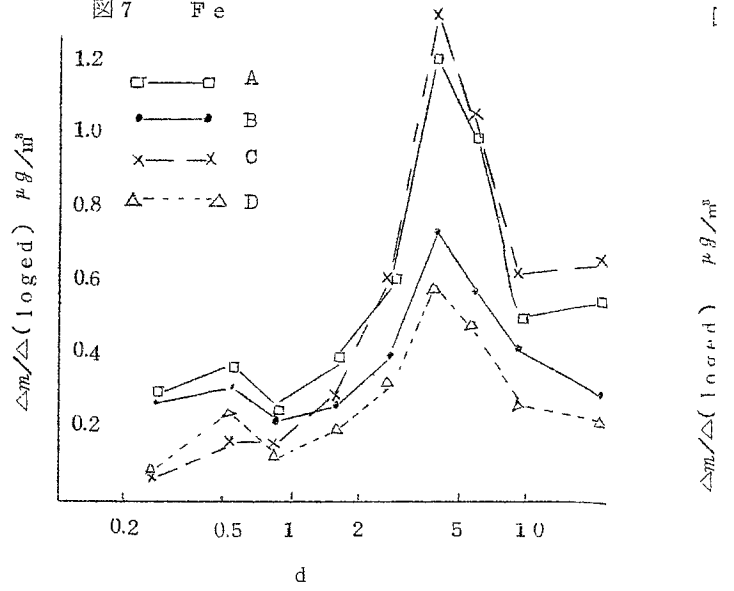
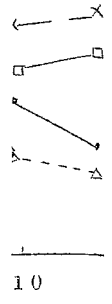
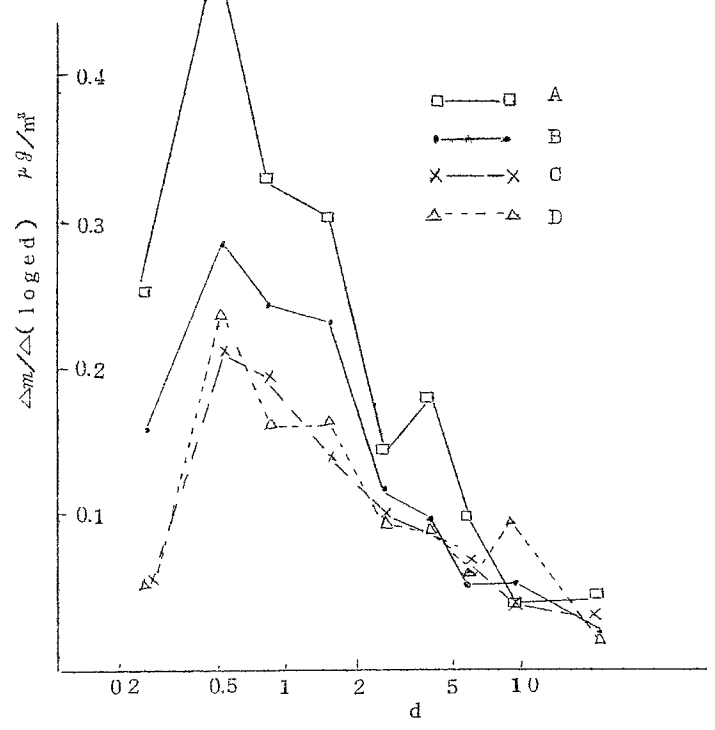


表5 累積重量50%径

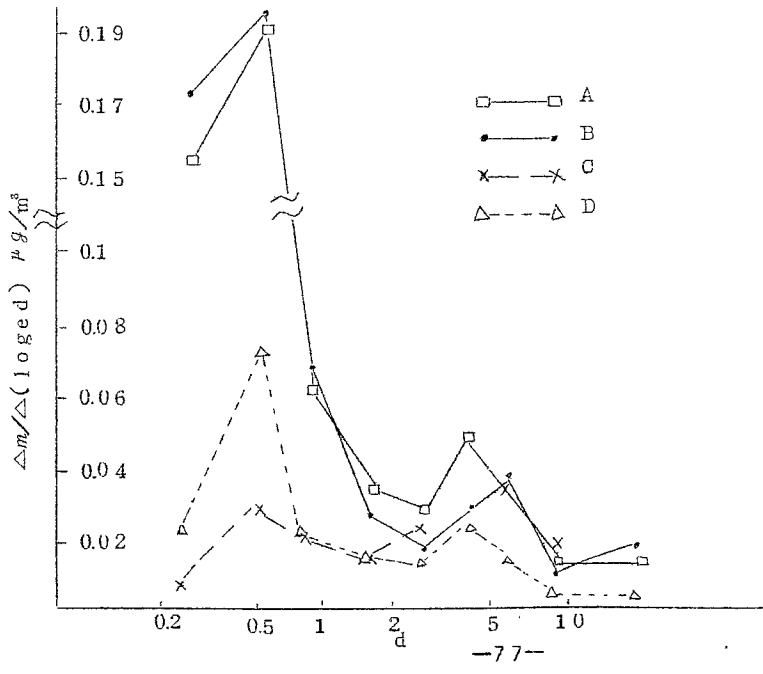
地点 \ 成分	Dust	Fe	Zn	Pb	Mn	Cu
A M 鑄造所	0.9	3.7	0.7	0.5	0.25	0.6
B 川口市市民会館	0.9	3.0	0.7	0.5	0.25	0.6
C 植物見本園	0.9	5.0	1	0.55	3.5	1
D 鑄物試験場	0.7	3.8	1	0.55	0.6	1



8 Zn



9 Mn



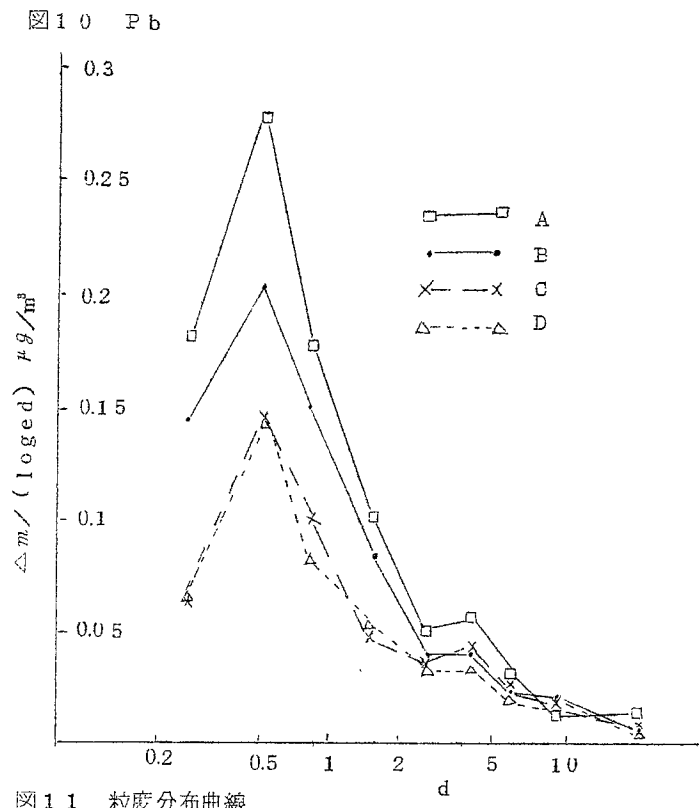


图 11 粒度分布曲线

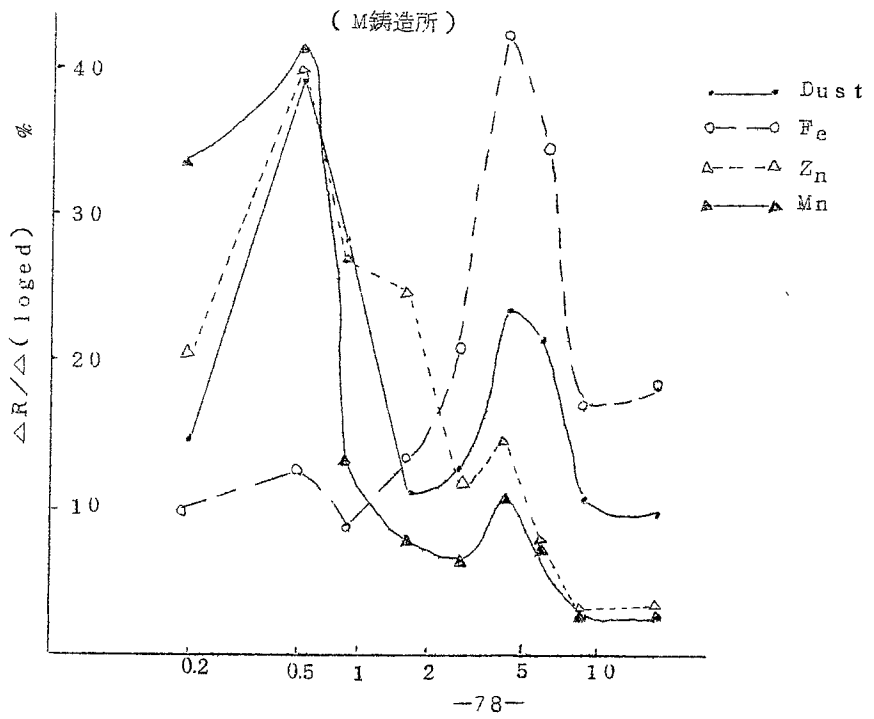
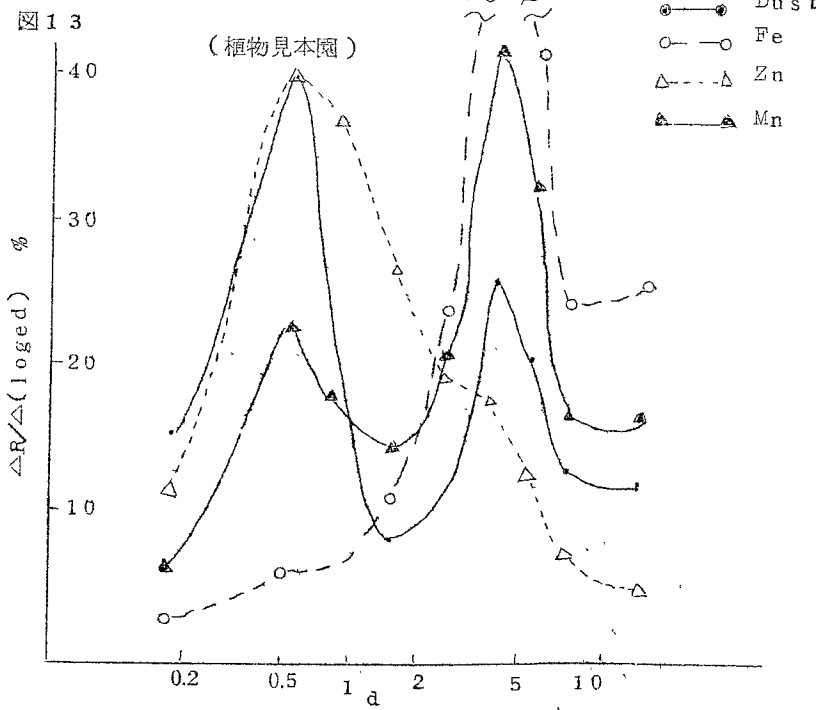
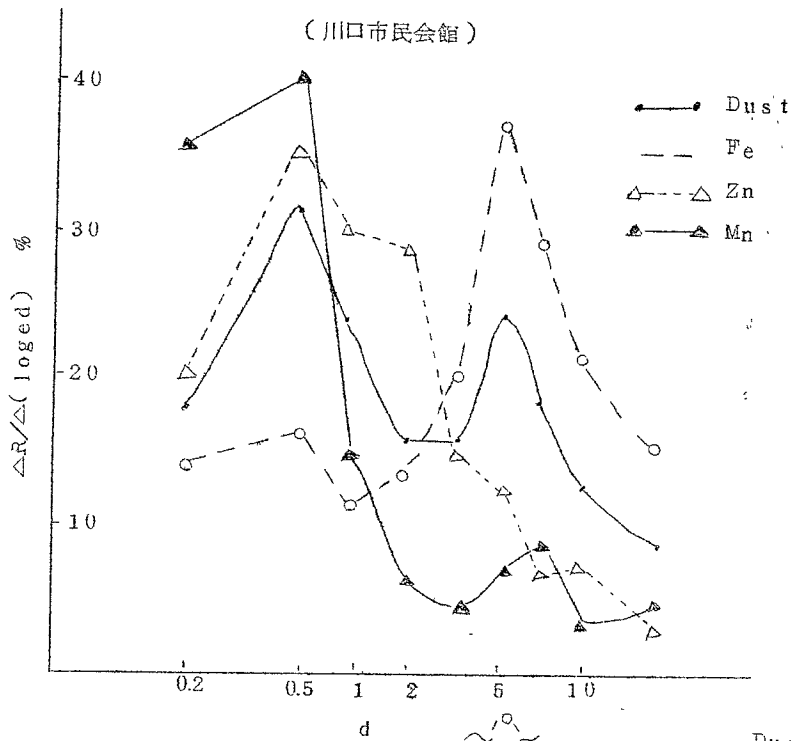
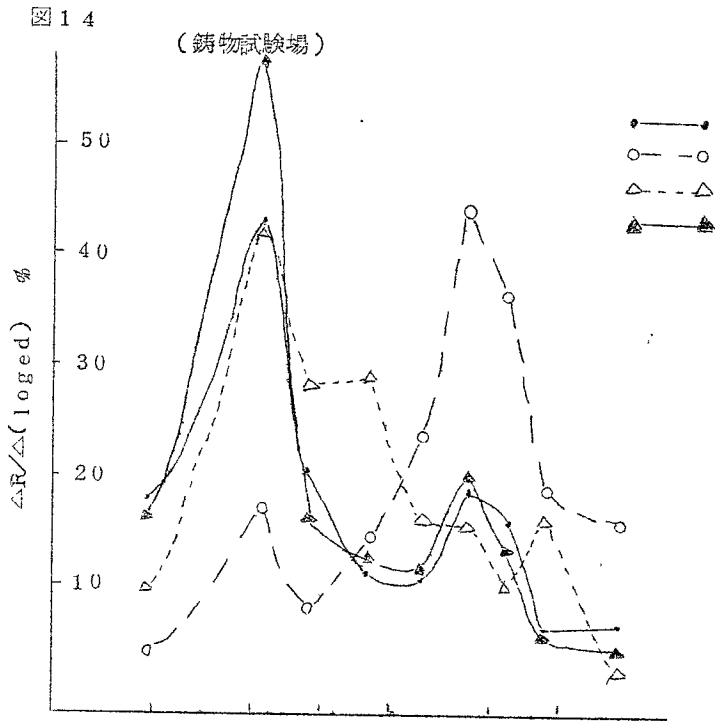


図12 粒度分布曲線





4. まとめ

アンダーセンサンプラーを使用して、浮遊粉じんの粒径分布を求めた結果、次の事がわかった。

エアロゾルの粒径分布は二つのピークを持つ分布であり、各金属によって異なった分布をしている。キュボラ密集地域の粉じんはその周辺地域の粉じんに比べて、鉄・亜鉛・マンガン・鉛の量が多く、マンガンや鉄の粒度分布曲線は測定点により異なった形態をしている。

以上の結果より、キュボラによる汚染の影響を調べる一つの指標として、鉄やマンガンの粒径分布が考えられる。発生源である、キュボラ排出ばいじん・各金属の粒径分布を検討中であるが、今後、発生源関係のデータがまとまればなおいっそうはっきりしてくると思う。

引用文献

- (1) 角脇 裕：分析化学 23 490(1974)
- (2) J・F・Roesler, et al
J・Air Pollut. Control Ass: 15, 576(1965)
- (3) R. Lee et al Atmos. Environ., Vol 13 249(1969)
- (4) 埼玉県公害センター年報第1号 P13