

東京都内の重金属汚染について

永田 倫子 広野 富雄 山崎 博

(東京都公害局監察部)

朝来野 国彦 中野 欣嗣 大平 俊男

1 はじめに

浮遊微粒子中に含まれている重金属は、人体への慢性的な影響の点から解明が急がれている。しかし、浮遊微粒子及び重金属の汚染状況の把握は、他のガス状汚染質に比較して十分とはいえない。東京都では、10カ所の常時観測点で光散乱法による総粉塵量の連続監視を行なうとともに、定期的にハイボリュームエアサンプラー(Hi. Vol.)を用いて捕集した浮遊微粒子中の重金属の分析を行なっている。

本報では、Hi. Vol.を用いて捕集し、測定された重金属について汚染の現状と、地域的な特性等について若干の検討を行なった結果を報告する。

2 測定期間及び測定点

測定期間は、1969年8月から1970年3月までと、1970

年5月から1971年3月までである。この間、前年は10日に1回の24時間連続サンプリング、後年は12日に1回の同サンプリングを行なった。

測定点は、図1に示すように、各年度について9地点である。

3 測定項目

総粉塵量、重金属(鉛、クローム、ニッケル、バナジウム、カドミウム、マンガン、銅、鉄)

4 測定方法

(1) 総粉塵量

グラスファイバー濾紙(MSA1106BH)は、温度25°C、湿度50%の恒温恒湿槽に1昼夜放置した後秤量する。この重量既知の濾紙をHi. Vol. にセットし、原則として

図1 ハイボリュームエアサンプラー設置場所

- | | | |
|------------------------|---------------------|---------------------|
| ① 東京都公害研究所(千代田区) | ④ 雑谷保健所(大田区) | ⑧ 板橋区役所 |
| ② 都立衛生研究所(新宿区) | ⑤ 江戸川区役所(1969年) | ⑨ 田無保健所(1969年) |
| ③ 世田谷区役所(1969年) | ⑥ 農業試験場江戸川分場(1970年) | ⑩ 農業試験場(立川市)(1970年) |
| ③ 都立アイソトープ総合研究所(1970年) | ⑥ 江東区役所城東支所 | |
| | ⑦ 荒川区役所 | |



表1 1969年浮遊微粒

測定点 (検体数)	総粉塵量	Pb		Fe		Mn	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
江東区役所 城東支所 (14)	444 (157 ~1,015)	3.15 (0.72 ~9.64)	0.795 (0.188 ~2.41)	15.6 (4.65 ~36.7)	3.90 (1.93 ~11.3)	0.434 (0.020 ~0.810)	0.116 (0.006 ~0.206)
糀谷保健所 (19)	321 (130~573)	2.10 (0.62 ~3.92)	0.715 (0.261 ~1.68)	11.2 (0.43 ~27.5)	3.36 (0.246 ~8.31)	0.464 (0.076 ~1.19)	0.137 (0.0199 ~0.243)
荒川区役所 (14)	205 (98~393)	1.49 (0.49 ~2.80)	0.775 (0.327 ~1.78)	5.51 (0.26 ~10.5)	2.91 (0.0870 ~6.40)	0.347 (0.160 ~0.559)	0.180 (0.105 ~0.365)
江戸川区役所 (15)	277 (99~722)	2.06 (0.57 ~5.14)	0.826 (0.291 ~1.44)	9.07 (2.95 ~25.5)	3.21 (2.05 ~4.97)	0.573 (0.027 ~2.30)	0.236 (0.014 ~1.29)
板橋区役所 (16)	255 (112~580)	1.77 (0.80 ~3.45)	0.760 (0.280 ~1.98)	6.99 (2.52 ~16.2)	2.89 (1.72 ~5.04)	0.355 (0.060 ~0.780)	0.160 (0.047 ~0.578)
公害研究所 (16)	254 (94~438)	1.72 (0.46 ~2.91)	0.747 (0.438 ~1.31)	7.01 (0.34 ~12.4)	2.91 (0.223 ~4.11)	0.329 (0.000 ~0.606)	0.125 (0.000 ~0.207)
衛生研究所 (16)	228 (110~463)	1.39 (0.35 ~2.47)	0.611 (0.276 ~1.25)	4.87 (0.22 ~13.9)	2.38 (0.055 ~3.53)	0.204 (0.069 ~0.577)	0.090 (0.045 ~0.174)
世田谷区役所 (20)	207 (46~539)	1.22 (0.16 ~3.48)	0.566 (0.178 ~1.09)	5.21 (0.75 ~14.8)	2.56 (1.14 ~4.62)	0.185 (0.008 ~0.640)	0.0753 (0.0010 ~0.181)
田無保健所 (17)	222 (108~638)	1.32 (0.25 ~8.00)	0.678 (0.082 ~4.49)	5.26 (1.55 ~22.4)	2.51 (0.742 ~4.09)	0.194 (0.002 ~0.673)	0.085 (0.001 ~0.221)

午前10時から翌日午前10時まで試料空気を採取する。流量は、採取開始時と終了時に記録し、これにより吸引流量を求める。全吸引量は、2,000m³前後になる。試料濾紙は再び同条件で2昼夜放置して秤量し、総粉塵量を求める。

(2) 重金属

試料濾紙を1inch×8inchにカットし、20%塩酸20ml及び過酸化水素4mlを加え、還流冷却器をつけて85°Cで3時間、加温抽出を行ないろ過する。さらに20%塩酸10ml、過酸化水素2mlで1時間抽出を2回繰り返す。ろ液を合わせて、85°Cで濃縮乾固し、10%塩酸で10mlにメスアップし、金属分析試料とする。分析には原子吸光分光光度計を用いた。

1969年度試料は日本環境衛生センターに分析を委託し、1970年度以後は当研究所で分析を行なった。

5 結果と考察

1969年度および1970年度の測定結果を表1、2に示す。

ア 経年変化

各測定点の測定値に、年度による差が有意であるかをスチューデントのt分布を用い、母集団は共に正規分布で、2つの標本の分散は等しいと仮定し、5%の危険率で2平均値の差の検定を試みた。¹⁾ その結果、ほとんどの測定値に有意の差はなく、わずかに板橋(Cd, Ni)江東(Ni, Fe)世田谷(Cu)荒川(Cd)公研(Cd)糀谷(Ni)の8測定値に増減がみられるようである。このことより、浮遊微粒子濃度に影響を与える要因(発生源、気象等)には、1969年度、1970年度では大きな違いはないと推定される。したがって、各測定点別にこの両者を通算した値について検討した。

予測定結果

(1969年8月～1970年3月) (最低値～最高値)

Cu		Cd		Ni		V		Cr	
μg/m ³	%	μg/m ³	%	μg/m ³	%	μg/m ³	%	μg/m ³	%
0.255 (0.120 ～0.546)	0.074 (0.005 ～0.338)	0.049 (0.010 ～0.100)	0.012 (0.004 ～0.029)	0.139 (0.015 ～0.255)	0.037 (0.008 ～0.083)	0.296 (<0.045 ～0.990)	0.072 (0.019 ～0.369)	0.144 (0.029 ～0.409)	0.037 (0.015 ～0.115)
0.328 (0.060 ～0.910)	0.103 (0.046 ～0.200)	0.053 (0.006 ～0.099)	0.0178 (0.0027 ～0.0346)	0.115 (0.017 ～0.263)	0.0393 (0.0037 ～0.136)	0.111 (0.045 ～0.260)	0.0362 (0.0143 ～0.0655)	0.136 (0.013 ～0.316)	0.0504 (0.0040 ～0.130)
0.176 (0.079 ～0.423)	0.086 (0.042 ～0.177)	0.035 (0.007 ～0.124)	0.019 (0.003 ～0.075)	0.077 (0.029 ～0.210)	0.048 (0.004 ～0.143)	0.116 (0.045 ～0.380)	0.042 (0.016 ～0.080)	0.083 (0.016 ～0.492)	0.041 (0.008 ～0.165)
0.201 (0.012 ～0.902)	0.083 (0.006 ～0.531)	0.035 (0.010 ～0.097)	0.018 (0.005 ～0.051)	0.087 (0.035 ～0.174)	0.038 (0.016 ～0.090)	0.132 (0.045 ～0.369)	0.049 (0.014 ～0.099)	0.099 (0.024 ～0.274)	0.034 (0.017 ～0.091)
0.300 (0.128 ～0.684)	0.129 (0.055 ～0.320)	0.028 (0.008 ～0.530)	0.012 (0.004 ～0.039)	0.128 (0.013 ～0.298)	0.048 (0.007 ～0.086)	0.094 (0.045 ～0.258)	0.041 (0.022 ～0.073)	0.064 (0.016 ～0.161)	0.018 (0.008 ～0.047)
0.215 (0.092 ～0.420)	0.172 (0.036 ～1.25)	0.023 (0.003 ～0.037)	0.010 (0.002 ～0.025)	0.123 (0.026 ～0.680)	0.046 (0.017 ～0.205)	0.135 (0.045 ～0.375)	0.055 (0.020 ～0.105)	0.120 (0.014 ～0.520)	0.043 (0.009 ～0.158)
0.230 (0.042 ～0.756)	0.100 (0.029 ～0.337)	0.026 (0.012 ～0.045)	0.012 (0.007 ～0.027)	0.080 (0.024 ～0.130)	0.038 (0.016 ～0.097)	0.084 (0.045 ～0.242)	0.038 (0.019 ～0.059)	0.032 (0.012 ～0.089)	0.014 (0.006 ～0.022)
0.133 (0.0080 ～0.830)	0.0619 (0.0054 ～0.390)	0.0146 (0.002 ～0.055)	0.0068 (0.0011 ～0.0153)	0.0672 (0.004 ～0.307)	0.0306 (0.0046 ～0.148)	0.0860 (<0.050 ～0.220)	0.0475 (0.0184 ～0.109)	0.0457 (0.000 ～0.164)	0.0224 (0.000 ～0.0928)
0.148 (0.013 ～0.250)	0.079 (0.005 ～0.150)	0.013 (0.001 ～0.033)	0.007 (0.0007 ～0.031)	0.041 (0.005 ～0.094)	0.024 (0.002 ～0.103)	0.061 (0.045 ～0.125)	0.031 (0.019 ～0.055)	0.052 (0.008 ～0.263)	0.023 (0.006 ～0.079)

イ 考 察

図2から図4まで、右から工場地域、商業地域、住居地域の順に並べてみた。江東区役所城東支所、糀谷保健所、荒川区役所、江戸川区役所は、中小企業の工場地域に位置し、近くに主要道路がある。Hi. Vol. の設置場所は、荒川区役所の8階屋上を除いて、他はすべて地上5～15mの所である。板橋区役所は、主要道路の3叉路(中仙道と山手通り)に位置し、住居、商業地域であるが、さらに北西部5～10kmに化学工業を主とした中小工場地帯をもつ。公害研究所は、都心の商業地域にあり、教寄屋橋交差点に近接している。衛生研究所、世田谷区役所、田無保健所、アイソトープ総合研究所、江戸川分場は、住居地域に位置しているが、近くの通りの交通量は少なくない。農業試験場(立川)は、農場に取り囲まれた環境で、住居地域に隣接している。

各平均値をプロットしたのが図2である。測定金属の空气中濃度は、Fe, Pb, Mn と Cu, V と Ni, Cr, Cd の順に低くなっていて、Fe は Cd の $10^3 \sim 10^4$ 倍存在していることがわかる。この各測定値は、全国大気汚染測定網で測定された結果²⁾とそれほど大きな違いはない。図2より、Cu を除くと、先にあげた環境による地域区分に従って、産業活動が活発な地域区分の方が、粉塵量、各金属ともに高い傾向が観察される。また、都内のばい煙発生施設のうち、金属溶解炉、金属加熱炉を合わせた数は、江東区92、大田区63、江戸川区48、板橋区38、荒川区3、世田谷区1で、千代田区、新宿区にはない³⁾(1969年12月31日現在)。やはり、これらの施設の多い地域の濃度は、他と比べてはるかに高いことがわかる。

各金属の粉塵量に対する存在比を示したのが、図3であり、対照地域である立川(V, Cr は田無)での存在比

表2 1970年浮遊微粒

測定点 (検体数)	総粉塵量	Pb		Fe		Mn
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
江東区役所 城東支所 (24)	362.6 (164~648)	2.56 (0.638 ~3.93)	0.734 (0.255 ~1.32)	9.68 (0.940 ~16.9)	2.67 (0.342 ~3.60)	0.590 (0.145 ~1.73)
糞谷保健所 (28)	347.3 (155~585)	1.67 (0.394 ~3.94)	0.585 (0.139 ~2.08)	14.1 (3.03~37.2)	4.00 (1.28~7.57)	0.415 (0.0726 ~0.953)
荒川区役所 (26)	237.1 (96~500)	1.25 (0.302 ~3.40)	0.581 (0.108 ~1.46)	6.15 (0.702 ~18.7)	2.51 (0.218 ~4.27)	0.297 (0.0639 ~0.920)
板橋区役所 (19)	275.5 (151~559)	1.37 (0.625 ~3.48)	0.514 (0.208 ~0.928)	5.26 (1.78 ~8.17)	1.96 (1.18~2.89)	0.235 (0.0788 ~0.605)
公害研究所 (23)	255.7 (91~503)	1.45 (0.280 ~2.98)	0.621 (0.196 ~1.92)	7.36 (1.46~16.5)	2.90 (1.18~5.79)	0.292 (0.0592 ~0.770)
衛生研究所 (16)	162.1 (77~275)	0.89 (0.399 ~2.37)	0.597 (0.275 ~1.27)	3.61 (0.798 ~7.21)	2.12 (0.961 ~3.49)	0.195 (0.0547 ~0.611)
江戸川分場 (17)	239.7 (88~392)	1.11 (0.020 ~4.79)	0.607 (0.139 ~2.51)	3.87 (0.000 ~8.27)	2.11 (0.551 ~7.85)	0.202 (0.0462 ~0.519)
アイソトープ総合 研究所 (24)	201.8 (77~389)	0.96 (0.105 ~2.54)	0.487 (0.0755 ~0.986)	4.56 (0.915 ~8.87)	2.16 (1.24~4.89)	0.154 (0.0461 ~0.334)
農業試験場 立川 (25)	167.5 (78~319)	0.42 (0.0480 ~1.08)	0.288 (0.0331 ~0.679)	3.13 (0.621 ~7.57)	1.82 (0.785 ~2.89)	0.0963 (0.0340 ~0.178)

を100として、各地点との関係を示したのが図4である。図2と同様に(CuとNiを除く)地域区分による傾向が観察されるが、濃度傾向よりもかなり地域による差が少なくなっている。これは、金属が放出される時には、他の粉塵成分を伴うことを示唆すると思われる。

ガス状汚染質のうちSO₂は主に火力発電所、暖房施設等重油燃焼施設から放出されるので、産業型汚染の指標として取り扱われている。COは、燃焼施設からも放出されるが、主として自動車排気ガスによるものが多いことが知られている。したがって、CO濃度は主要道路に面した場所ではいずれも局部的に高くなり、地域的なレベルを知るには道路から少なくとも150m以上離れた場所が望ましい。

図5に示したSO₂、COの地域分布は、いずれも総合測定室で観測した⁵⁾もので、局部的な高濃度現象の影響

を受けにくい場所にある。

COの分布は、衛生研究所と城東保健所ではほぼ同じ濃度を示し、SO₂、粉塵とは異なった傾向を示している。

SO₂の地域分布の傾向は、粉塵及び金属の傾向と一致することが明らかであるが、これより、粉塵及び金属の汚染源は、SO₂と同じ産業型であることが推測される。

特に注目されるのはPbである。牛込柳町を代表的な例とする交差点周辺の、Pb汚染に対する自動車排気ガスの寄与については、筆者等も既に解析した⁶⁾が、この際にも車道から100m離れた地点(背後地域と呼んでいる)では、COとPbはほとんど相関はなく(0.5以下)、濃度的にも0.3~2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で本報の結果とほぼ一致している。東京のように産業型と都市型の発生源が混在し

子測定結果

(1970年5月~1971年3月) (最低値~最高値)

%	Cu		Cd		Ni	
	μg/m ³	%	μg/m ³	%	μg/m ³	%
0.159 (0.0500 ~0.620)	0.187 (0.0971 ~0.327)	0.0524 (0.0377 ~0.104)	0.0395 (0.0098 ~0.139)	0.0105 (0.00392 ~0.0215)	0.285 (0.0514 ~0.722)	0.0859 (0.0235 ~0.218)
0.121 (0.0244 ~0.226)	0.446 (0.134 ~0.942)	0.130 (0.0715 ~0.317)	0.0521 (0.0167 ~0.131)	0.0162 (0.00377 ~0.0372)	0.315 (0.112 ~0.792)	0.0914 (0.0290 ~0.244)
0.118 (0.0371 ~0.188)	0.184 (0.0552 ~0.463)	0.0842 (0.0500 ~0.372)	0.0181 (0.00290 ~0.0495)	0.00817 (0.00258 ~0.0177)	0.126 (0.00755 ~0.350)	0.0527 (0.00674 ~0.109)
0.0914 (0.0456 ~0.244)	0.355 (0.125~1.38)	0.120 (0.0531 ~0.198)	0.0239 (0.0128 ~0.0460)	0.00914 (0.00451 ~0.0166)	0.263 (0.0378 ~0.765)	0.0913 (0.0179 ~0.228)
0.112 (0.0477 ~0.322)	0.234 (0.0915 ~0.531)	0.0927 (0.0482 ~0.161)	0.0157 (0.00283 ~0.0339)	0.00793 (0.00197 ~0.0379)	0.119 (0.000 ~0.261)	0.0455 (0.000 ~0.111)
0.118 (0.0520 ~0.312)	0.201 (0.0536 ~0.550)	0.115 (0.0456 ~0.226)	0.0250 (0.00815 ~0.0635)	0.0166 (0.00565 ~0.0351)	0.0553 (0.000 ~0.195)	0.0307 (0.000 ~0.104)
0.0779 (0.0146 ~0.590)	0.167 (0.00386 ~0.211)	0.0513 (0.00860 ~0.100)	0.0182 (0.00384 ~0.0381)	0.00744 (0.00281 ~0.0111)	0.0290 (0.000 ~0.0580)	0.0126 (0.000 ~0.0351)
0.0772 (0.0493 ~0.143)	0.370 (0.0850 ~0.520)	0.213 (0.0496 ~0.669)	0.0130 (0.00260 ~0.0295)	0.00702 (0.00187 ~0.0221)	0.112 (0.0300 ~0.410)	0.0605 (0.0116 ~0.206)
0.0588 (0.0319 ~0.113)	0.0892 (0.0371 ~0.124)	0.0470 (0.0217 ~0.559)	0.00980 (0.00244 ~0.0377)	0.00630 (0.00143 ~0.0230)	0.0798 (0.0134 ~0.177)	0.0538 (0.00551 ~0.181)

ている地域における Pb 汚染は、重量濃度で解析する限り、広い範囲の平均的な汚染は産業発生源によるものが多く、これに局地的な自動車排気ガスによる汚染が付加されるものと考えられる。

Ni の濃度分布は、地域区分による傾向が少しみられるが、存在比については、あまりその傾向はでていない。立川を対照地区として考えてみれば、立川での測定値以下の地点が、濃度で4地点、存在比で7地点もあるところから、Ni による汚染はそれ程進んでいないと思われる。

V の濃度分布は、SO₂ と類似した傾向を示しているが、存在比では城東を除くとほとんど差がなく、地域による特性はみられない。V、Ni は重油中に含まれている⁷⁾ことからみても、東京のVは主として重油によるものと思われる。しかし、Ni については、前述のように

SO₂ と必ずしも対応しておらず、重油以外にも発生源が考えられる。

Cr、Cd は微量に存在する金属中でもっとも地域区分による差がはっきりしており、産業型発生源であると思われる。

測定項目の中で、測定値の地点によるバラツキが大きく、他の元素とまったく別の動きをしているのが Cu である。Cu は、産業型発生源による広域的な影響よりも、近くの発生源の影響が大きいと思われる。

Fe 及び Mn は、ほぼ同様の挙動を取ることが降下ばいじんについて報告されている⁸⁾。また Mn と SO₂ の相関は高いと報告されており⁹⁾、今回の結果からも浮遊微粒子中の Mn、Fe は産業型であると推定されたが、Fe と Mn の相関係数は 0.5 前後であり、あまりよい相関は認められない。

図2-1 粉塵及び金属濃度

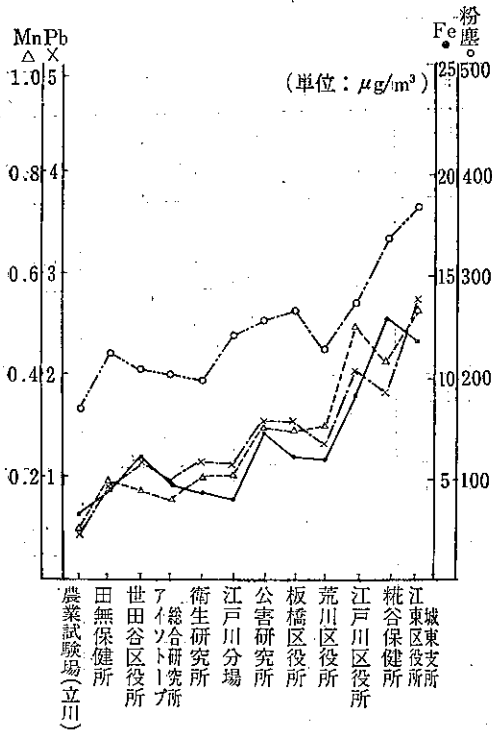


図3-1 粉塵に対する金属の存在比

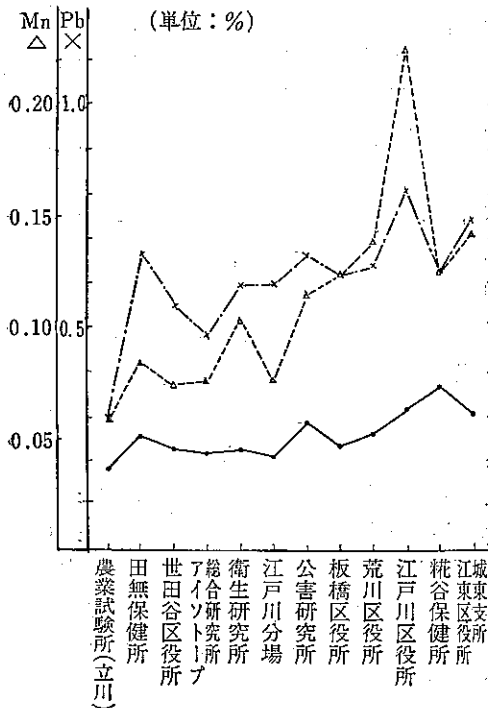


図2-2 粉塵及び金属濃度

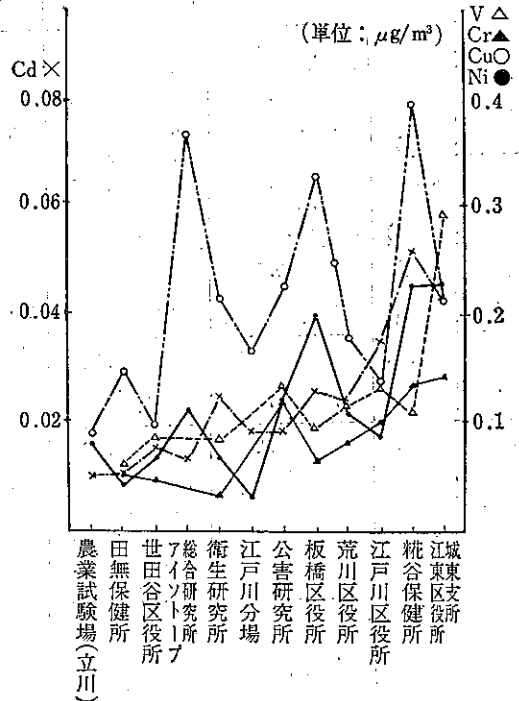


図3-2 粉塵に対する金属の存在比

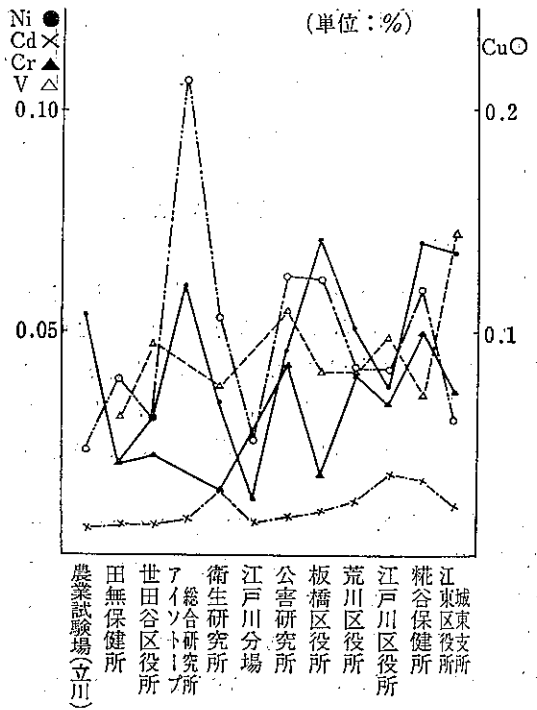


図4-1 金属の存在比の関係

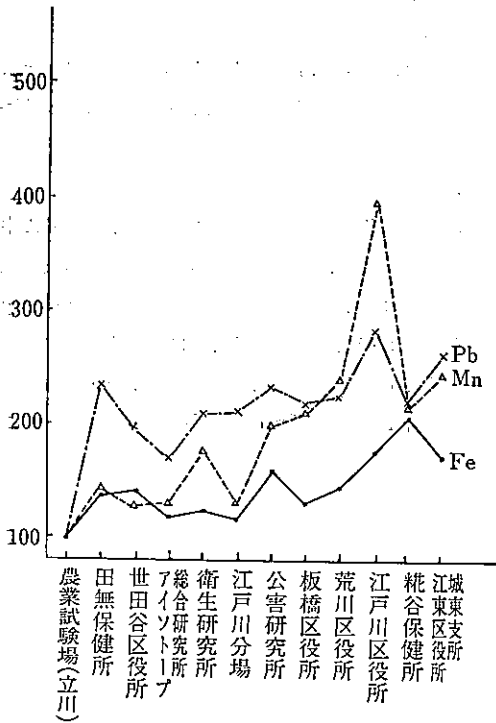


図4-2 金属の存在比の関係

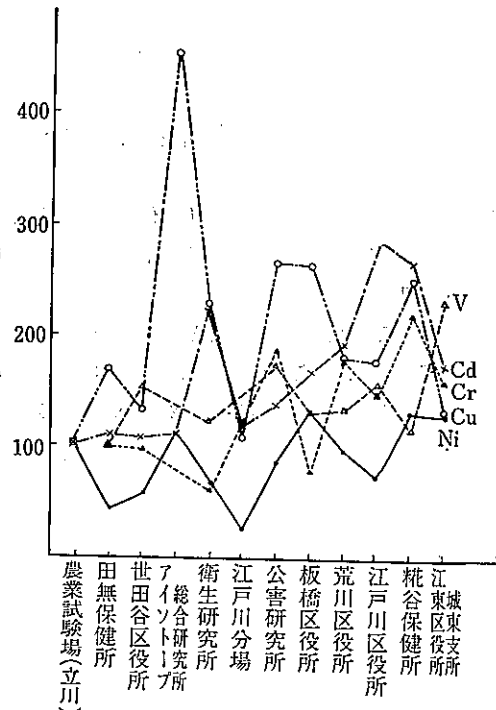
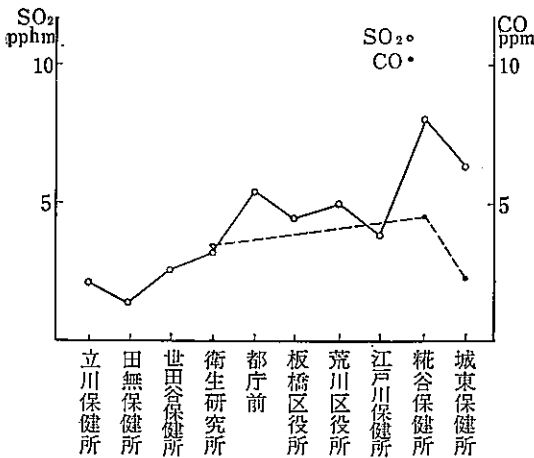


図5 SO₂, COの年平均値



浮遊微粒子総量と各金属との相関は、測定点によって大きく異なり、一貫した傾向はつかめない。しかし、PbとFeは、2～3地点を除けば、相関係数は各々0.4、0.6以上で、江戸川区役所のFeは0.973と非常に高い相関を示した。また世田谷区役所では、Crが0.381であった以外は、他の金属すべて0.8以上の相関を示しており、

この地区の金属汚染源は粉塵の汚染源と同じであることが推定できる。

6 まとめ

浮遊微粒子中の金属は、多少の差はあるが、産業型発生源の影響を受けていると思われる、SO₂と同様の挙動をすることが明らかになった。

粉塵の環境基準が制定されようとしているが、全粉塵量による規制が、成分規制にどのようにつながるかを考えてみると、Fe、Mn、Pb、Cd、Crのように、濃度的にも粉塵量との比率からもはっきりとした傾向を持つものは、規制の効果が期待できる。しかし、Cuのように存在比が地点によって大きく異なり、しかも高濃度地域で存在比率の低い地点もあることから、個別規制によらなければ効果は期待できない。また、各々の測定値に関しては、粉塵と各金属は必ずしも高い相関を示しておらず、地点によって大きく異なっている。したがって、粉塵量のみによる規制については、なお検討を加える必要があり、短期間(たとえば1時間値)の粉塵量との対応については別に議論する必要がある。

この浮遊微粒子調査を実施するあたり、各測定点の職員各位の御協力に感謝する。

参 考 資 料

- 1) 永田他：大気汚染研究全国協議会第12回総会抄録集 p. 217 (1971)
- 2) 日本環境衛生センター：大気汚染物質の調査研究報告書（昭和44年度厚生省委託公害調査研究）昭和45年4月
- 3) 東京都公害研究所編：公害と東京都（1970）
- 4) 中野他：交差点周辺の一酸化炭素濃度についての考察 東京都公害研究所年報第2巻 p. 39～43 (1971)
- 5) 東京都公害研究所：大気汚染自動記録計測定結果報告（昭和45年3～9月）
- 6) 永田他：都内11交差点における鉛濃度と一酸化炭素濃度 東京都公害研究所年報第2巻 p. 44～61 (1971)
- 7) 及川紀久雄：私信
- 8) 山根他：放射化分析法による降下ばいじん中のアルミニウム、マンガンの測定とその季節及び地域の変動について 衛生化学 15 (4) p. 238～248 (1969)
- 9) 朝来野他：放射化分析法による大気汚染の解析—粒子状汚染質の粒径パターン—東京都公害研究所年報第2巻 p. 68～71 (1971)