

# 東京都内における重金属汚染について (第2報)

舟島 正直 朝来野 国彦 広野 富雄  
大平 俊男

## 1 はじめに

浮遊粒子状物質による大気汚染は、人体に対する慢性的な影響や器物に対する増錆作用の点で問題となっている。人体に対する影響は、いわゆる“よごれ”が問題となるものと、“毒性”が問題となるものに分けられる。前者は、主として他の汚染ガスとの相加・相乗作用によって起こる影響に関連し、後者は鉛、水銀、カドミウムにみられるような単独物質としても毒性が考えられる場合に問題となる。

昭和47年2月に示された、浮遊粒子状物質に関する環境基準は、組成に関係なく総重量で示されている。したがって、直接的には“よごれ”によって起こる障害に対応するものであり、結果的に“毒性”についても指標となることを期待したものであろう。

東京のような、産業活動と都市活動が共に活発な地域では、浮遊粒子状汚染物質の組成は複雑である。したが

って、総量だけの把握では人体影響との関連を解明する情報として十分ではない。東京都では、昭和44年から、浮遊粒子状物質の重金属分析を続けている。その結果、工場地域を中心に、重金属によって汚染されていることが指摘されている<sup>1), 2)</sup>。

本報では、昭和44年からの経年的な濃度変動と発生源との関係を検討するとともに、人体被害との関連が深い粒径分布について解析を行なった。

## 2 試料採取および分析

### (1) 試料採取

試料採取は、ハイボリューム・エア・サンプラーを用いて、12日毎に定期的に行なった。使用した濾紙は、グラスファイバー（東洋濾紙 GB-100R および MSA 1106BH）で、24時間連続して、約2,000m<sup>3</sup>の大気に含まれた浮遊粒子状物質を捕集した。調査地点は、図1に

図1 ハイボリューム・エア・サンプラー設置場所

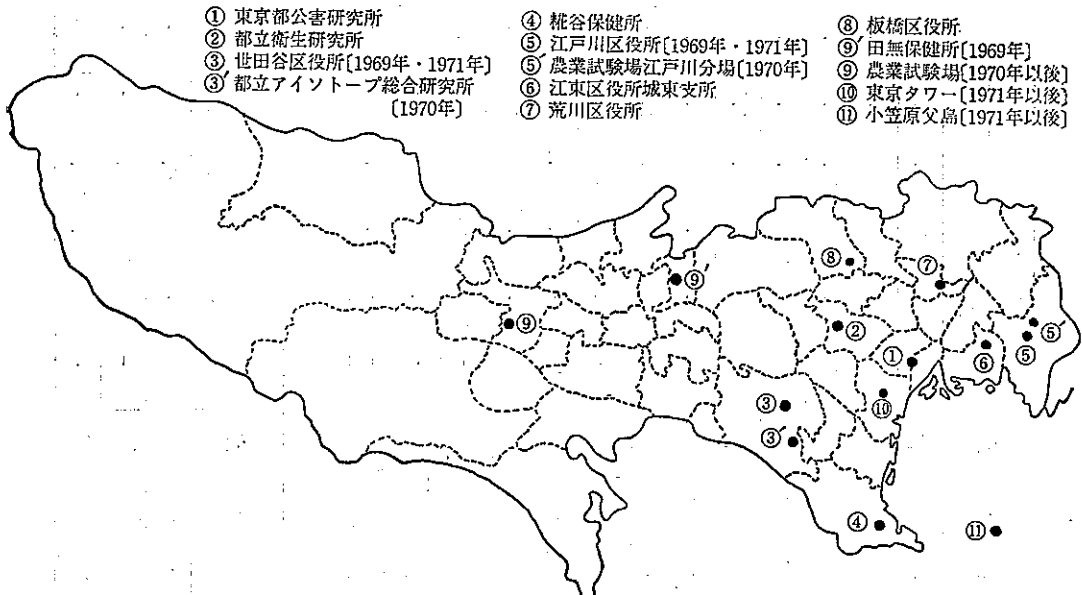


表1 浮遊微粒子測定結果—1—(平均値)

(1969年~1972年) (単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

測定点	総粉塵量			鉛(Pb)			鉄(Fe)			マンガン(Mn)			銅(Cu)							
	44	45	46	47	44	45	46	47	44	45	46	47	44	45	46	47				
江東区役所城東支所(江東区)	444	362.6	342.4	270.5	3.15	2.56	1.249	1.327	15.6	9.68	10.88	5.45	0.434	0.590	0.410	0.313	0.255	0.187	0.133	0.105
麩谷保健所(大田区)	321	347.8	223.7	203.0	2.10	1.67	0.712	0.881	11.2	14.1	11.071	5.479	0.464	0.415	0.336	0.326	0.328	0.446	0.268	0.366
荒川区役所(荒川区)	205	237.1	165.5	151.3	1.49	1.25	0.677	0.408	5.51	6.15	5.207	3.052	0.347	0.297	0.227	0.160	0.176	0.184	0.185	0.108
板橋区役所(板橋区)	255	275.5	208.9	199.9	1.77	1.37	0.855	0.673	6.99	5.26	6.597	4.404	0.355	0.235	0.317	0.216	0.300	0.355	0.285	0.179
公害研究所(千代田区)	254	255.7	213.6	196.8	1.72	1.45	1.004	0.753	7.01	7.36	8.586	4.676	0.329	0.292	0.409	0.265	0.215	0.234	0.270	0.267
衛生研究所(新宿区)	228	162.1	167.1	188.7	1.39	0.89	0.638	0.922	4.87	3.61	5.064	4.239	0.240	0.195	0.197	0.183	0.230	0.201	0.266	0.233
江戸川区役所(江戸川区)	277	—	—	166.5	2.06	—	—	0.527	9.07	—	—	4.002	0.573	—	—	0.367	0.201	—	—	0.127
農試江戸川分場(江戸川区)	—	239.7	183.0	—	—	1.11	0.539	—	—	3.87	5.434	—	—	0.202	0.217	—	—	0.167	0.109	—
世田谷区役所(世田谷区)	207	—	124.0	116.1	1.22	—	0.367	0.392	5.21	—	3.412	2.595	0.186	—	0.139	0.105	0.133	—	0.160	0.085
田無保健所(田無市)	222	—	—	—	1.32	—	—	—	5.26	—	—	—	0.194	—	—	—	0.148	—	—	—
農業試験所(立川市)	—	167.5	140.7	158.7	—	0.42	0.342	0.420	—	3.13	3.81	3.606	—	0.0963	0.129	0.124	—	0.0892	0.080	0.095
アイソトープ研究所(世田谷区)	—	201.8	—	—	—	0.96	—	—	—	4.56	—	—	—	0.154	—	—	—	0.370	—	—
小笠原支庁舎(小笠原村)	—	—	52.9	58.9	—	—	0.011	0.040	—	—	—	—	—	—	0.015	0.027	—	—	0.078	0.075

浮遊微粒子測定結果—2—(平均値)

(1969~1972年) (単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

測定点	総粉塵量			鉛(Pb)			鉄(Fe)			マンガン(Mn)			銅(Cu)							
	44	45	46	47	44	45	46	47	44	45	46	47	44	45	46	47				
特別展望台(225m)	—	—	99.7	95.8	—	—	0.461	0.264	—	—	3.581	2.666	—	—	0.173	0.145	—	—	0.182	0.063
展望台(125m)	—	—	112.9	107.5	—	—	0.401	0.309	—	—	3.578	2.483	—	—	0.174	0.136	—	—	0.106	0.065
科学館屋上(25m)	—	—	167.6	130.7	—	—	0.543	0.423	—	—	4.274	3.058	—	—	0.238	0.154	—	—	0.208	0.089

—1— (その2)

測定点	カドミウム (Cd)				ニッケル (Ni)				バナジウム (V)				クロム (Cr)			
	44	45	46	47	44	45	46	47	44	45	46	47	44	45	46	47
江東区役所東支所 (江東区)	0.049	0.0395	0.041	0.024	0.139	0.285	0.068	0.101	0.296	—	0.106	0.034	0.144	—	0.100	0.107
椎谷保健所 (大田区)	0.053	0.0521	0.037	0.063	0.115	0.315	0.128	0.135	0.111	—	0.086	0.037	0.136	—	0.084	0.077
荒川区役所 (荒川区)	0.035	0.0181	0.016	0.011	0.077	0.126	0.054	0.042	0.116	—	0.072	0.021	0.083	—	0.030	0.029
板橋区役所 (板橋区)	0.028	0.0239	0.017	0.017	0.128	0.263	0.068	0.046	0.094	—	0.066	0.019	0.064	—	0.035	0.030
公害研究所 (千代田区)	0.023	0.0157	0.023	0.014	0.123	0.119	0.078	0.055	0.135	—	0.092	0.041	0.120	—	0.047	0.031
衛生研究所 (新宿区)	0.026	0.0250	0.015	0.018	0.080	0.0553	0.047	0.051	0.084	—	0.055	0.038	0.032	—	0.037	0.024
江戸川区役所 (江戸川区)	0.035	—	—	0.046	0.087	—	—	0.045	0.132	—	—	0.025	0.099	—	—	0.035
豊島江戸川分場 (江戸川区)	—	0.0182	0.031	—	—	0.0290	0.038	—	—	—	0.054	—	—	—	0.029	—
世田谷区役所 (世田谷区)	0.146	—	0.009	0.007	0.0672	—	0.021	0.048	0.0860	—	0.043	0.016	0.0457	—	0.017	0.024
田無保健所 (田無市)	0.013	—	—	—	0.041	—	—	—	0.061	—	—	—	0.052	—	—	—
農業試験所 (立川市)	—	0.00980	0.007	0.008	—	0.0798	0.030	0.046	—	—	0.035	0.016	—	—	0.020	0.025
アイソトープ研究所 (世田谷区)	—	0.0130	—	—	—	0.112	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
小笠原支庁舎 (小笠原村)	—	—	0.0008	0.001	—	—	0.004	0.016	—	—	0.002	0.002	—	—	0.011	0.029

—2— (その2)

測定点	カドミウム (Cd)				ニッケル (Ni)				バナジウム (V)				クロム (Cr)			
	44	45	46	47	44	45	46	47	44	45	46	47	44	45	46	47
特別展望台 (225m)	—	—	0.008	0.006	—	—	0.038	0.052	—	—	0.038	0.019	—	—	0.024	0.025
展望台 (125m)	—	—	0.008	0.007	—	—	0.035	0.088	—	—	0.040	0.017	—	—	0.023	0.026
科学館屋上 (25m)	—	—	0.012	0.009	—	—	0.056	0.042	—	—	0.055	0.028	—	—	0.030	0.024

図2-1 総粉塵量の経年変化

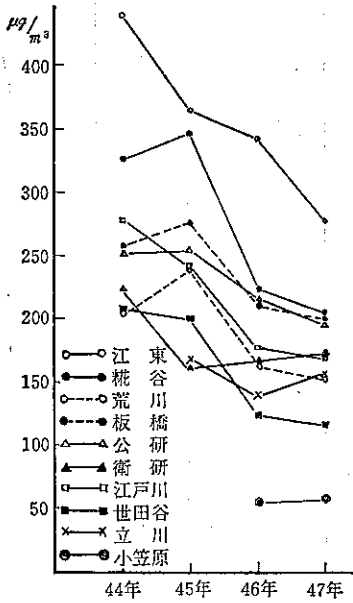


図2-4 Mnの経年変化

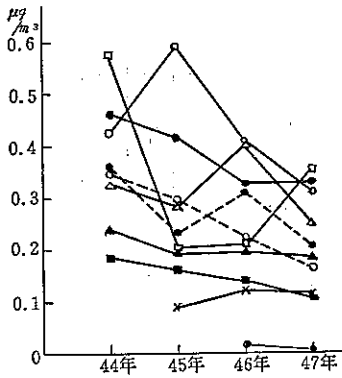


図2-7 Niの経年変化

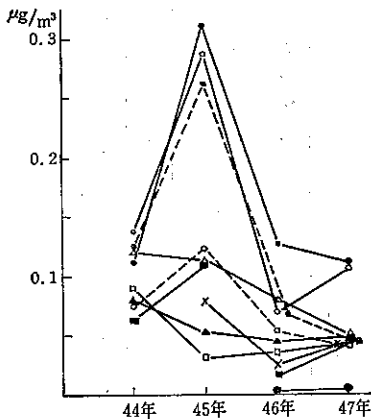


図2-2 Pbの経年変化

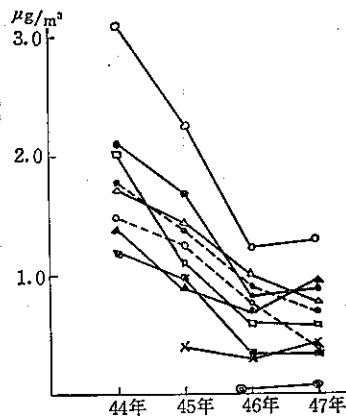


図2-5 Cuの経年変化

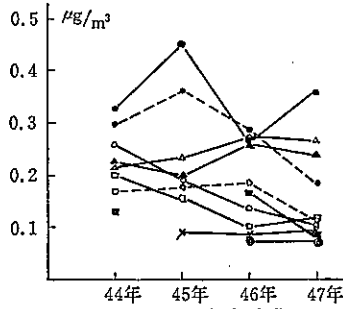


図2-8 Vの経年変化

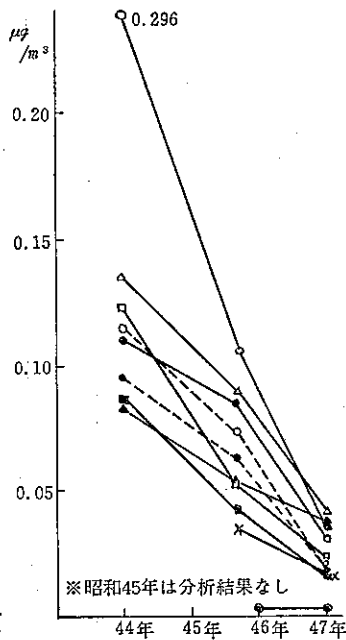


図2-3 Feの経年変化

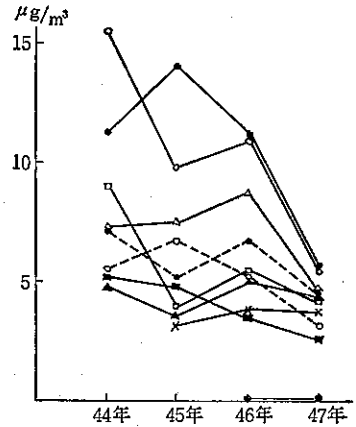


図2-6 Cdの経年変化

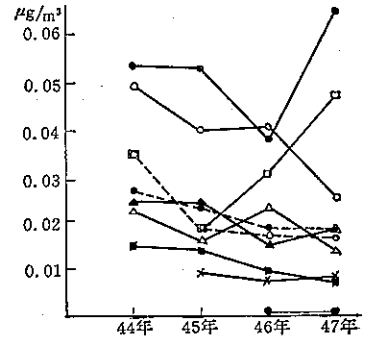
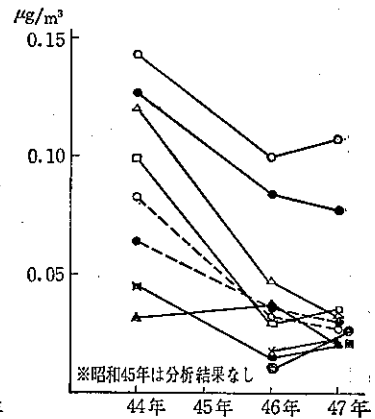


図2-9 Crの経年変化



示すように11地点を選んだ。サンプラーは、各測定点とも地上を避け、高度5～10mの地点に設置した。流量は採取前後で確認し、変動のある場合は、平均値をとることにした。粒径分布の把握は、ハイボリューム・エアー・サンプラーにカスケードタイプの分粒装置を付け（紀本電子製 C. P. S.）、1.6 $\mu\phi$ 以下、1.6 $\mu\phi$ ～3.7 $\mu\phi$ 、3.7 $\mu\phi$ ～8.0 $\mu\phi$ 、8.0 $\mu\phi$ ～18 $\mu\phi$ 、18 $\mu\phi$ 以上の5段階に分けて捕集し分析した。

## (2) 分析方法

捕集された浮遊粒子状物質の総量は、温度25°C、湿度50%に24時間放置する標準的な方法によって処理した後秤量した。重金属の分析は、鉛(Pb)、クローム(Cr)、ニッケル(Ni)、バナジウム(V)、カドミウム(Cd)、マンガン(Mn)、銅(Cu)、鉄(Fe)について原子吸光法によって行なった。これらの元素は、労働環境の面で問題となってきた物質を中心に、大気中の濃度が、量的に問題となるものを選んだが、系統的に十分な検討がなされたものではない。

そこで、大気中に浮遊している粒子状物質に含まれている元素の種類を明らかにするために、測定精度の点では検討の余地があるが、多元素の同時分析法としては優れている放射化分析法によって同定した。分析は、京都大学原子炉実験所において行なった。

原子吸光法分析用の試料調整は、次のように行なった。試料汚紙を2inch×7inchにカットし、20%塩酸20mlおよび過酸化水素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汚過する。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。汚液を合わせ85°Cで濃縮乾固し、10%硝酸で10mlにメスアップし金属分析試料とした。

※ 京都大学原子炉実験所共同利用による。

## 3 結果

### (1) 経年変化

昭和44年～47年の測定結果を表1、図2に示した。総粉塵量の経年変化は昭和44年度より年々減少傾向にあり、特に工場地域内にある江東、糀谷の減少が著しく、江戸川、世田谷でも減少が大きく、昭和44年度

に比較して30～40%の減少を示している。郊外の立川は大きな変化は認められていない。重金属成分の中で最も減少の著しい物質はVで、銜研を除いては昭和44年度と比較して、昭和47年度は10～30%となっている。Pbも減少傾向が著しく、25～60%となっている。Feは工場地域の江東、糀谷を中心に減少し、Mn、Cr、Niは同程度の減少でCu、Cdは減少の測定点と横ばいの測定点があり、他の重金属と多少異なった傾向を示している。

### (2) 対照地区（小笠原）との比較

東京より南約1000kmの小笠原諸島父島との比較を、昭和47年度の調査結果について比較したのが図3である。工場地区の江東・糀谷、準工場地区の荒川・板橋・江戸川、商業地区の公研を中心に、重金属によって汚染されていることがわかる。小笠原と比較すると特にPb(10～33倍)、V(8～21倍)、Cd(8～63倍)、Mn(5～14倍)と、都内の汚染が顕著に現われている。

### (3) 粒径分布

図4、5にはC. P. S サンプラー付Hi-VoLによる重金属の成分別粒径分布を、公研と青梅において実施した結果を示す。重金属の成分別粒径分布は、Cr、Cu、Mn、Niの10 $\mu$ 以上の成分は、20%以上の存在を示し、1.6 $\mu$ 以下の粒子は40%以上となっている。Cd、Vは濃度も低いが、1.6 $\mu$ 以下の成分だけ検出され、大粒子域ではトレースであった。これらの重金属は、存在比で公研、青梅の粒径別の差は認められない。これに対して、Feによる汚染の粒径分布は、10 $\mu$ 以上の粒子の存在が多

図3 対照地区（小笠原）との比率（昭和47年）

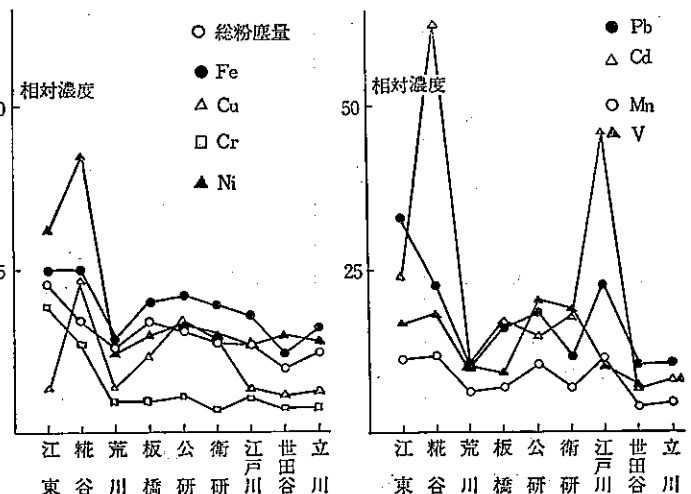
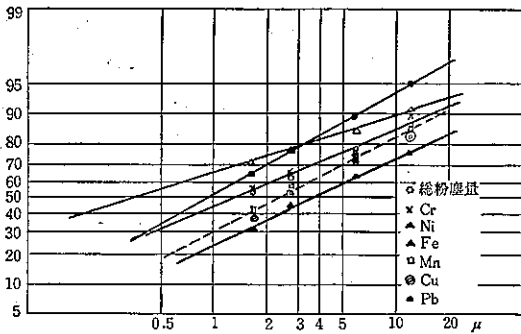


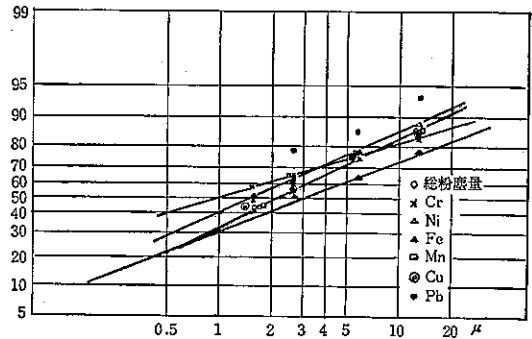
図4 C.P.Sによる浮遊粒子状物質の粒度分布1  
(公研)



く約35%で、他の重金属に比較して粒径が大きくなっている。

Pbは、10 $\mu$ 以上の粒子は10%前後で、1.6 $\mu$ 以下の粒子の存在は、青梅では40%を占めるのに対して、発生源が近くにある公研では60%の存在を示し、微粒子成分が多くなっている。青梅地区には、自動車・工場とも大規模な発生源がないことから、都心からの移送による成分がかなり寄与していることが考えられる。都心から約40

図5 C.P.Sによる浮遊粒子状物質の粒度分布2  
(青梅)



km 離れているので、かなり長く滞留している。青梅で Pb の粒径が大きいのは、凝集による成長の結果であろう。

#### (4) 重金属の種類

表2は、公害研で捕集した試料について、放射化分析法により同定した重金属である。濃度的に注目されるのは、われわれが観測を続けている元素 (Fe, V, Ni, Cu, Pb, Mn, Cr) のほかに、Zn, Se, Cl等があげられる。

表2 放射化分析による浮遊粒子状物質濃度

元 素 名	濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
セ リ ウ ム	Ce	0.0079
セ レ ン	Se	0.0188
水 銀	Hg	0.00043
テ ル ビ ウ ム	Tb	0.0118
ク ロ ム	Cr	0.1005
イ リ ジ ウ ム	Ir	0.00005
ア ン チ モ ン	Sb	0.0221
銀	Ag	0.00312
鉄	Fe	4.5
亜 鉛	Zn	0.289
コ バ ル ト	Co	0.0029
臭 素	Br	0.145
ユ ー ロ ピ ウ ム	Eu	0.0000
鉛	Pb	1.45
マ ン ガ ン	Mn	0.65
ナ ト リ ウ ム	Na	1.25
塩 素	Cl	5.2
カ リ ウ ム	K	1.35
スカンジウム	Sc	0.003
バナジウム	V	0.230
アルミニウム	Al	0.82

(注) Pbは原子吸光法による。

#### 4 考 察

総粉塵量および各種重金属濃度は、昭和44年度以降減少傾向を示している。粒子状物質の主な発生源は、ボイラー等の重油燃焼施設、金属処理施設、ゴミ焼却などの固定発生源と自動車が考えられる。

固定発生源については、東京都では昭和45年4月1日以後、公害防止条例により集塵装置の取付け、石炭ボイラーから重油ボイラーへの転換、重油の改質 (B, C 重油をA重油に) などの指導を実施してきた。

自動車排出ガスに含まれる粒子状物質は、ガソリンに含まれる Pb, Zn 等が主なものであろう。この内、Pb については、表3に示すように昭和45年以来ガソリンへの添加量が急激に減少している。自動車の総量が増加しているため、排出量と直線的な対応は示さないが、ガソリンの販売量等からみても、総排出量が昭和46年以降約1/3に減少していることが試算される。

V, Ni, Fe等の重油中の含有量は、B, C重油に比べるとA重油は1/25~1/200になっていることが、表4に示した分析結果から明らかである。したがって、固定発生源の対策のうちで最も効果の大きいのは、重油の改

表3 東京におけるガソリン中の鉛量

(Ethyl Overseas Development Corporation の調査)

年	種類	ハイオク (A)			レギュラー (B)			(A+B)
		加鉛量	使用量	鉛排出量	加鉛量	使用量	鉛排出量	総鉛排出量
		g/l	kl	kg	g/l	kl	kg	kg
1966年		7.65	527,510	4,035	2.84	1,557,509	4,423	8,458
1967		8.18	612,858	5,013	4.47	1,809,505	8,088	13,101
1968		9.50	671,670	6,381	4.92	1,983,154	9,757	16,138
1969		9.24	668,318	6,175	4.54	1,973,256	8,959	15,134
1970		2.91	705,757	2,054	2.50	2,083,798	5,209	7,263
1971		2.88	725,264	2,089	2.08	2,141,392	4,454	6,543
1972		3.07	750,288	2,303	1.63	2,215,277	3,611	5,914

(注) ハイオク、レギュラーの配分率は、1970・71年都公書局規制部の資料に基づき、石油連盟の集計データを比率によってもとめた。

表4-1 重油の分析結果(発光分光)

試料名	元素 ppm	Cr	Ni	Zn	Cu	V	Fe	Pb	Hg	Cd	Mn
1 - A	<0.01	1.66	<0.01	0.50	1.	0.01	0.50	—	<0.01	<0.01	
1 - B	<0.01	25.	<0.01	0.25	25.	1.	<0.01	—	<0.01	<0.01	
2 - A	<0.01	0.16	<0.01	0.20	0.66	0.01	<0.01	—	<0.01	<0.01	
2 - B	<1.	20.	<0.01	0.20	30.	3.	<0.01	—	<0.01	<0.01	
2 - C	<1.	25.	<0.01	0.25	37.	2.50	<0.01	—	<0.01	<0.01	
3 - B	<0.01	10.	<0.01	0.30	20.	1.	<0.01	—	<0.01	<0.01	
3 - C	<1.	25.	<0.01	0.25	37.	2.50	<0.01	—	<0.01	<0.01	
4 - B	<1.	20.	<0.01	0.20	40.	1.	<0.01	—	<0.01	<0.01	
5 - A	<0.01	0.15	<0.01	0.04	0.61	0.01	<0.01	—	<0.01	<0.01	
5 - B	<1.	20.	<0.01	0.30	40.	2.	<0.01	—	<0.01	<0.01	
6 - A	<0.01	0.14	<0.01	0.04	0.57	0.07	<0.01	—	<0.01	<0.01	
6 - B	<1.	13.	<0.01	0.13	20.	1.30	<0.01	—	<0.01	<0.01	
6 - C	<1.	25.	<0.01	0.37	37.	2.50	<0.01	—	<0.01	<0.01	
7 - A	<0.01	0.05	<0.01	0.01	0.15	0.04	<0.01	—	<0.01	<0.01	
7 - B	<1.	20.	<0.01	0.20	30.	2.00	<0.01	—	<0.01	<0.01	
7 - C	<1.	25.	<0.01	0.25	37.	1.20	<0.01	—	<0.01	<0.01	

表4-2 ガソリン中の重金属の分析 (46. 12. 10)

試料名	元素 ppm	Mn	Ni	Zn	Cu	Hg	Fe	Cd	Cr	Pb	V
A 1		0.02	<0.2	0.20	0.020	<0.02	0.20	<0.02	<0.06	> 20	<0.06
A 2		<0.02	"	0.18	0.54	"	0.16	0.02	"	"	"
B 1		<0.01	<0.1	0.10	0.10	<0.01	0.08	<0.01	<0.03	> 10	<0.03
B 2		"	"	0.10	0.12	"	0.08	"	"	"	"
C 1		"	"	0.009	0.08	"	0.07	"	"	"	"
C 2		"	"	0.010	0.09	"	0.01	"	"	2	"
D 1		"	"	0.011	0.09	"	0.01	"	"	7	"
D 2		"	"	0.010	0.07	"	0.01	"	"	1	"
E 1		"	"	0.010	0.09	"	0.10	"	"	>10	"
E 2		"	"	0.010	0.09	"	0.01	"	"	"	"

(注) 1—レギュラー, 2—ハイオク

質であろう。

Pbの減少は、前記のようにガソリンの加鉛量とほぼ対応した傾向を示していることから、主な発生源は自動車であり、ガソリンの無鉛化による成果と考えられる。しかし、工場地域で高濃度なことから、固定発生源の寄与も考慮しなければならない。重油にほとんど含まれていないこと、Pbを直接処理している工場が少ないこと(全都で約10)等から、金属処理関係からの排出が考えられる。

粒径分布については、燃焼によって排出されるPb, V, Cd, Ni, Cr, Mnは粒径は小さく、1.6 $\mu$ 以下の成分が50%前後を占めている。これに対して、土壌成分中に含まれているFeは、粒径が大きくなっている。

## 5 むすび

東京都における粒子状物質による汚染は、昭和44年に観測を始めて以来減少傾向が認められる。地域的には工

場地帯でその傾向が著しく、元素としてはPb, V, Fe等に規制の効果が認められる。

東京のように、産業活動と都市活動が共に活発な地域の大気に含まれる粒子状物質には、多くの元素が含まれているが、量的に考えて注意しなければならないのは、Pb, V, Mn, Fe, Zn, Cr等であろう。

粒径については、燃焼によって排出する元素は1.6 $\mu$ 以下の微粒子成分が多く、人体影響の点からサブマイクロン(1.0 $\mu$ 以下)領域も含めた情報が必要であろう。

## 参 考 文 献

- 1) 東京都内の重金属汚染について(第1報) 永田倫子, 広野富雄, 朝来野国彦他 東京都公害研究所年報 Vol. 3 (1972), p. 3~10
- 2) 東京における重金属汚染について 永田倫子, 広野富雄, 朝来野国彦他 第12回大気汚染研究全国協議会大会 (1971)