

東京都における降下ばいじん中の金属成分の推移

渡 辺 武 春 小野塚 春 吉 朝来野 国 彦
伊 瀬 洋 昭 石 黒 辰 吉

1 はじめに

東京の降下ばいじん量の長期的な推移をみると、石炭が主要燃料として使われていた1955年頃は23区内26地点の平均値が約20t/Km²/月の降下ばいじん量であったが、高度経済成長の時期に当たった1960年代には、約30t/Km²/月を記録した¹⁾。その後の大気汚染防止に係る種々の施策等によって1970年代には15t/Km²/月程度となり、現在では10t/Km²/月を下廻っている。

本報では、1976年7月からの降下ばいじん量と、それに含まれる金属成分の量的推移、地域特性、地表面への蓄積量の試算、大気中金属濃度との相関および土壌寄与分の濃縮係数などについて検討したので報告する。

2 調査方法

表1の地点に高さ約50cmのスタンドを置き、その上にガラス製の簡易降下ばいじん計（口径15.4cm、容積：約6ℓ）を設置し、2か月間放置後に回収して分析した。

但し、公害研究所屋上には、この他に1年間放置のものも置いた。また、石神井図書館並びに、西伊興児童館屋上にも同様に、1年間放置のものもそれぞれ配

表1 降下ばいじん計設置地点

区分番号	名 称	所 在 地	設 置 状 況
1	東京都公害研究所 ⁽¹⁾	千代田区有楽町	4階屋上
2	東京都立衛生研究所	新宿区百人町	1階屋上
3	江東区役所	江東区東陽	9階屋上
4	大田区穀谷保蔵所	大田区大森南	2階屋上
5	世田谷区役所	世田谷区世田谷	5階屋上
6	板橋区立産業文化会館 ⁽²⁾	板橋区栄町	7階屋上
7	東京都立川合同庁舎 ⁽³⁾	立川市錦町	4階屋上
8	溜 池	西多摩郡奥多摩町留間	地 上
9	練馬区立石神井図書館	練馬区石神井台	3階屋上
10	足立区立西伊興児童館	足立区西伊興町	2階屋上

(注) 設置地点の移動

- (1) 1980年7月から1941年4月まで都庁第二本庁舎（千代田区丸の内、10階屋上）
- (2) 1976年7月から1977年4月まで板橋区役所（板橋区板橋、4階屋上）
- (3) 1976年7月から1977年4月まで北多摩北館建設事務所（立川市栄町、地上）

置した。

なお、再飛散防止のために、あらかじめ約2ℓの蒸留水を入れた。

また、藻発生防止剤（パラクロルフェノール）の使用は1977年5月から同年10月までにとどめた。

調査地点別に回収した試料は20メッシュのサラン網を通して大きな夾雑物を除き、あらかじめ秤量済の孔径0.8μmのメンブランフィルターを用いて吸引濾過し、可溶性成分と不溶性成分に分けた。

可溶性成分は砂皿ホットプレート上で蒸発乾固し、不溶性成分はメンブランフィルター上で風乾した。次に、これらを105℃で加熱乾燥し、デシゲータ内に24時間放置後秤量し、それぞれの重量を求め、両成分の和を降下ばいじん量とした。

ついで、不溶解成分についてはHNO₃-HClO₄、可溶性成分についてはHClにより分解して原子吸光法により、金属成分の定量を行った。

また、公害研究所並びに石神井図書館の試料は放射化分析も併用し、後述の濃縮係数算出に用いた。

分析フローシートの概略図を図1に示す。

調査方法の詳細については「浮遊粒子状物質等測定データ集」^{1) 2) 3)}を参照いただきたい。

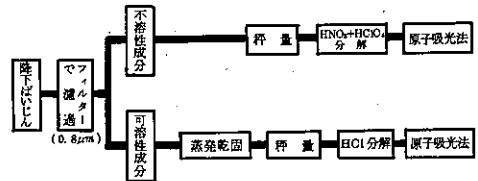


図1 分析フローシート概略図

3 結果および考察

(1) 降下ばいじん量

都内8地点における降下ばいじん量の推移を図2に示す。降下ばいじん量の経月変化の動きをみると春先に高く、夏期には低くなる。

1976年6月以降、6年間の地点別平均降下量が最も多いのは、江東区役所で $9.79 \text{ t/Km}^2/\text{月}$ であった。ついで、糞谷保健所の9.65、板橋区立産業文化会館（以下板橋）9.00、公害研究所8.68、衛生研究所7.73、世田谷区役所7.30、立川合同庁舎6.92であり、対照地点の奥多摩町留浦は6.53であった。

降下ばいじん中の可溶性成分の経月変化は前述の全量とは反対に、春先には低く、降水量の多い秋に高い傾向を示す。

全量中に占める可溶性成分の割合は、春先で約20%前後、秋では30~80%と幅をもっている。

(2) 金属成分別の地域特性

重金属成分(Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn)の降下量の経年変化を図3に示す。23区内6地点の平均値でみると、Cd, Cr, Fe, Mn, Pb, はあまり変化がなく、Cu, Niは減少傾向、Znは増加傾向にある。しかし、この平均値は、糞谷保健所での高い値の影響を受けていることを考慮するとNi, Pb, での変動は更に少なくなる。

また、1979年の23区平均値は奥多摩町留浦（以下対照地点）に比較して、Cd 3.7倍、Cr 4.0倍、Cu 10.3倍、Fe 2.0倍、Mn 2.9倍、Ni 4.3倍、Pb 6.2倍、Zn 4.9倍と高い。

ついで、金属成分の地域特性を4年間平均値で概観すると次のとおりである。

Cd: ①糞谷保健所 $0.099 \text{ kg/Km}^2/\text{月}$ （単位は以下同じ）が最も高く、次に、②江東区役所 0.063, ③公害研究所 0.062, ④衛生研究所 0.062, ⑤板橋 0.056, ⑥立川合同庁舎 0.056, ⑦世田谷区役所 0.044の順であり、7地点の平均値は0.056、対照地点は0.017であった。

最高値は対照地点値の5.8倍であった。

Cr: ①糞谷保健所 $1.95 \text{ kg/Km}^2/\text{月}$, ②江東区役所 0.91, ③公害研究所 0.80, ④板橋 0.66, ⑤世田谷区役所 0.50, ⑥衛生研究所 0.46, ⑦立川合同庁舎 0.45の順であり、7地点の平均値は0.90、対照地点値は0.22であった。

最高値は対照地点値の8.86倍であった。

Cu: ①糞谷保健所 $9.54 \text{ kg/Km}^2/\text{月}$, ②公害研究所 9.04, ③江東区役所 2.43, ④板橋 2.04, ④衛生研究所 2.04, ⑥世田谷区役所 1.82, ⑦立川合同庁舎 1.57, の順であり、7地点の平均値は4.07、対照地点値は0.41であった。

最高値は対照地点値の23.3倍であった。

Fe: ①糞谷保健所 $513 \text{ kg/Km}^2/\text{月}$, ②公害研究所 351, ③江東区役所 341, ④衛生研究所 252, ⑤世田谷区役所 227, ⑥立川合同庁舎 225, ⑦板橋 217の順であり、7地点の平均値は304、対照地点値は160であった。

最高値は対照地点値の3.21倍であった。

Mn: ①糞谷保健所 $10.0 \text{ kg/Km}^2/\text{月}$, ②公害研究所 6.43, ③江東区役所 6.37, ④衛生研究所 4.86, ⑤世田谷区役所 4.71, ⑥立川合同庁舎 4.40, ⑦板橋 4.32の順であり、7地点の平均値は4.54、対照地点値は2.21であった。

最高値は対照地点値の4.54倍であった。

経年変化をみると、Feとよく似た挙動を示している。糞谷保健所では上昇傾向にあるが他地点では、ほぼ横ばい傾向を示している。

Ni: ①糞谷保健所 $2.62 \text{ kg/Km}^2/\text{月}$, ②公害研究所 0.91, ③江東区役所 0.85, ④板橋 0.78, ⑤世田谷区役所 0.76, ⑥衛生研究所 0.62, ⑦立川合同庁舎 0.49の順であり、7地点の平均値は1.00、対照地点値は0.18であった。

最高値は対照地点値の2.62倍であった。

Pb: ①公害研究所 $9.50 \text{ kg/Km}^2/\text{月}$, ②糞谷保健所 5.52, ③江東区役所 4.57, ④板橋 3.35, ⑤衛生研究所 2.74, ⑥世田谷区役所 2.73, ⑦立川合同庁舎 2.54の順であり、7地点の平均値は4.42、対照地点値は0.69であった。

最高値は対照地点値の13.8倍であった。

公害研究所での値が他の地点に比べて顕著に高い値を示している。同地点は外堀通り（交通量：約1900台/時）、東京高速道路（約2,900台/時）に隣接し、また晴海通り（約3,500台/時）にも近いなど、交通量の多い都心部にあることから、移動発生源による影響を強く受けているものと考えられる。

Zn: ①糞谷保健所 $30.7 \text{ kg/Km}^2/\text{月}$, ②公害研究所 15.8, ③江東区役所 13.2, ④立川合同庁舎 13.1, ⑤世田谷区役所 11.2, ⑥衛生研究所 8.47, ⑦板橋 6.38の順であり、7地点の平均値は14.1、対照地点値は3.25で

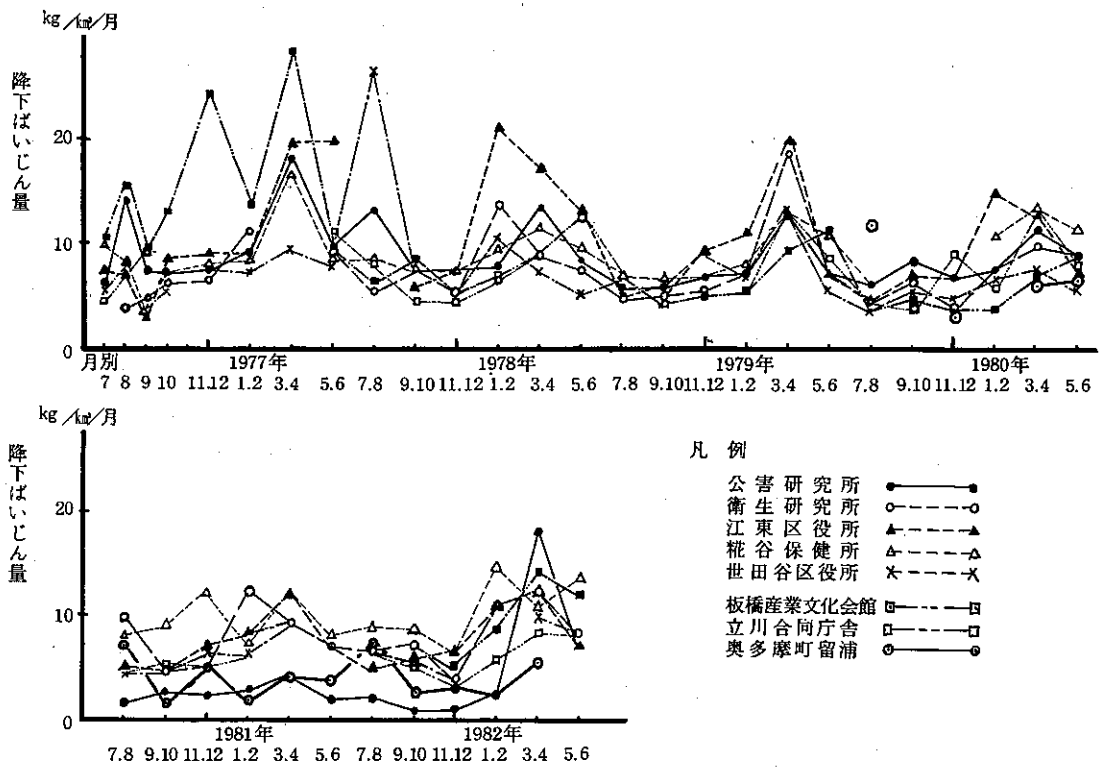


図2 降下ばいじん量経月変化

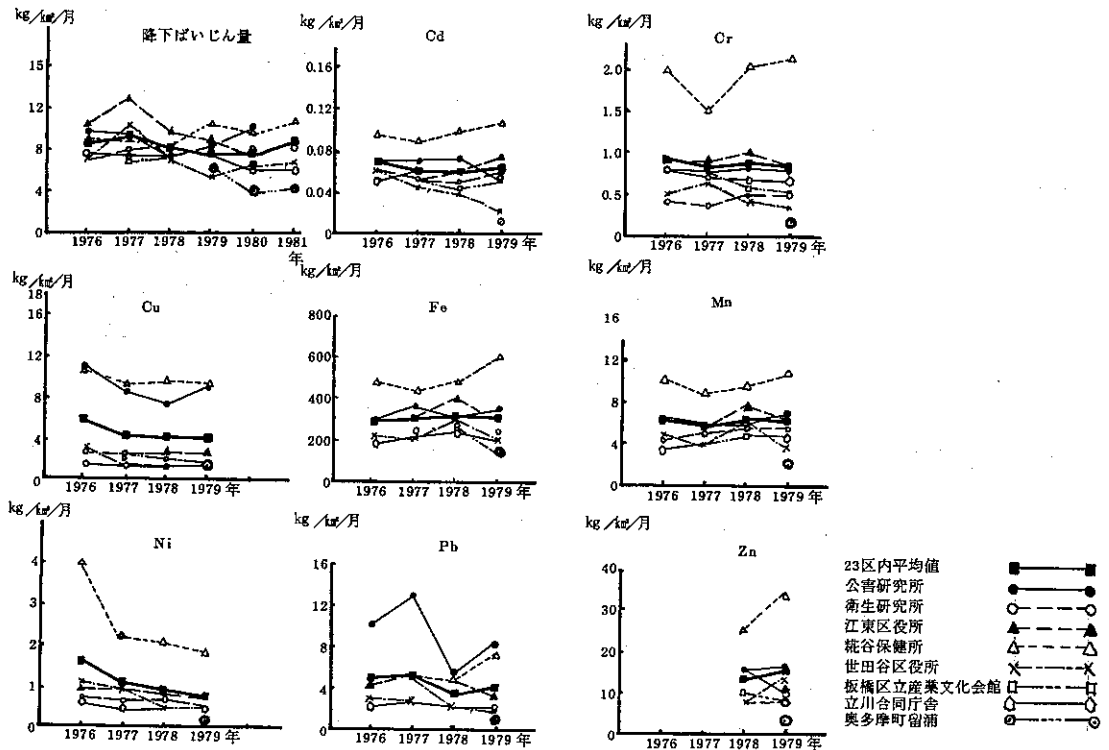


図3 降下ばいじんおよび金属成分経年変化(年平均値)

あった。

最高値は対照地点値の9.45倍であった。

靴谷保健所のみ上昇傾向にあり、他地点では変化が少ない。

以上を総括すると、靴谷保健所の金属降下量は、全て顕著に高い値を示した。この事は、筆者らが昭和44年以降都内12地点で大気中の重金属濃度を測定している結果とも一致し、同地点周辺における工業活動の影響を強く受けていることが推測される。

公害研究所は、PbとCuが顕著に高い。この原因は前述のごとく、同地点周辺は自動車交通量が多く、また鉄道にも近いため鉄道架線からの影響も示唆されており、今後の検討課題とした。

これらの金属降下量の概数は表2に示すとおり、工業地域>都市地域(都心部>周辺部)>対照地点の順である。

表2 地域別金属降下量
kg/Km²/月

金属成分	工業地域	都市地域		対照地点
		都心部	周辺部	
Cd	0.1	0.06	0.06	0.02
Cr	2	0.8	0.7	0.2
Cu	10	10	2	0.4
Fe	500	300	250	160
Mn	10	6	5	2
Ni	3	0.9	0.8	0.2
Pb	6	10	3	0.7
Zn	30	16	11	3

- (注) (1) 工業地域；1地点
 (2) 都市地域
 都心部；1地点 周辺部；4地点
 (3) 対照地点；1地点
 (1), (2)は4年間の平均値, (3)1年間の平均値。

(4) 金属成分の地表面への蓄積量の試算⁴⁾

前節で述べた4年間の平均値並びに対照地点の1年間の値に基づき、靴谷保健所(工業地域)、世田谷区役所(都市住宅地域)、立川合同庁舎(郊外都市)、奥多摩町(対照地点)の4地点における地表面への蓄積量の試算を行ったものを表3に示す。但し、試算する上で、①金属降下物は溶出せず、再飛散もなく土壤中10cmの深さまで均一に全量蓄積される。②土壌の見かけ密度は1とすると仮定した。

地表面への蓄積量は、都内調査地点で金属降下量が最も多い靴谷保健所では、1年間に、Cd 0.0119ppm,

Cu 1.15ppm, Pb 0.644ppm, Zn 3.81ppm上昇することになる。この事は、20~40年程度で非汚染土壌のこれらの金属元素濃度が倍加することになる。

世田谷区役所、並びに立川合同庁舎では、100年程度で非汚染土壌と同程度の濃度が付加される。

なお、降下ばいじん中のFe含有率は、平均で約4.0%、Cr約90ppm、Mn約700ppmで、非汚染土壌^{6), 7)}におけるFe 4.0%、Cr 70ppm、Mn 1000ppmとほぼ同一レベルであり、Niは靴谷保健所でも年上昇濃度が非汚染土壌(50ppm)の1/100以下、他の地点では1/1000以下と低レベルなどで除外した。

(5) 降下量と大気中濃度の相関

降下量と大気中濃度の調査を同一地点で実施している公害研究所、衛生研究所、江東区役所、板橋、靴谷保健所、世田谷区役所、東京都立川合同庁舎、の7地点で金属降下量と大気中金属濃度の相関(年平均値)を求め図4に示す。

大気中金属濃度は、ハイボリュームエアサンプラーで毎月2回採取し、酸分解の後に原子吸光法で測定した値である。

相関係数は、Cr 0.891, Cu 0.740, Ni 0.697, Fe 0.658, Mn 0.733, Zn 0.800で、相互の相関は比較的良く一致した。

しかし、CdとPbには相関は認められなかった。(Cd - 0.01, Pb - 0.03)これらの原因は不明であり、今後分解法等の問題を含めて検討したいと考えている。

(6) 濃縮係数の算出

土壌成分の影響をみる指標として濃縮係数(enrichment factor)を用いた。

表3 金属成分の地表面への蓄積量の試算

場 所	事 項	金 属 成 分			
		Cd	Cu	Pb	Zn
大田区靴谷保健所	降下量 ⁽¹⁾	0.119	11.5	6.44	38.1
	含有率 ⁽²⁾	10.6	1018	673	3390
	年上昇濃度 ⁽³⁾	1.19×10^{-2}	11.5×10^{-1}	64.4×10^{-2}	38.1×10^{-1}
世田谷区役所	降下量	0.052	2.06	3.28	13.5
	含有率	5.4	219	348	1430
	年上昇濃度	0.52×10^{-2}	20.6×10^{-2}	32.8×10^{-2}	135×10^{-2}
立川合同庁舎(立川市)	降下量	0.067	1.92	3.11	15.9
	含有率	7.5	215	350	1760
	年上昇濃度	0.67×10^{-2}	19×10^{-2}	31.1×10^{-2}	158×10^{-2}
奥多摩町留簿	降下量	0.020	0.49	0.83	3.9
	含有率	2.6	62	106	498
	年上昇濃度	0.20×10^{-2}	49×10^{-3}	83×10^{-3}	39×10^{-2}
非汚染土壌 ⁽⁴⁾	Bdwn ⁽⁶⁾	0.35	30	35	90
	飯村 ⁽⁷⁾	0.44	34	29	86

(1)降下量: $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{年}$ (2)降下ばいじん中の金属含有率(ppm)
 (3)年上昇濃度: ppm(土壌)/年 (4)土壌中の金属含有率(ppm)

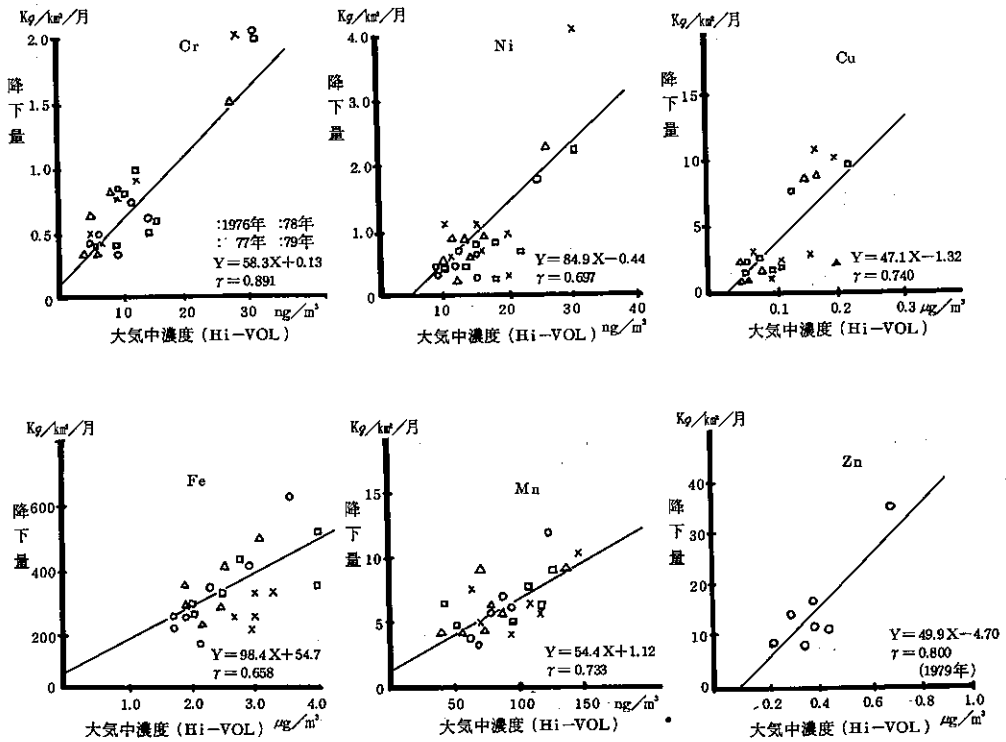


図4 金属降下量と大気中濃度の相関図

濃縮係数は、土壌の影響を示す一つの指標であり、土壌からだけの影響を受ける場合には1であることから、1よりも大きい値の場合には人為的成分の影響が多いことを示す。

土壌中に多い元素としてAlを選び濃縮係数Efの算出を次式により算出した。

$$E_f = (X/Al)_s / (X_i/Al_i) \text{ insoil}$$

但し、 $(X/Al)_s$ ；降下ばいじんの中Alと元素Xとの比

$(X_i/Al_i) \text{ insoil}$ ；XとAlの土壌中の存在比なお、表4中のAlは、砧公園、清澄庭園の表層土(0~2cm)の平均値⁹⁾。表4から分母のinsoilの値を定めた。

石神井図書館(都市周辺部)および公害研究所(都心部)の2地点間の人為的成分の影響を比較するために、1978年および1979年の各1年間の測定値(原子吸光法並びに放射化分析法)から算出し、2年間の平均値を求め、図5にその結果をまとめた。

公害研究所は、石神井図書館よりも、Cr 3.3倍、Cu

表4 東京都の表層土中、重金属含有率

元素名	平均値	元素名	平均値
Al	6.7%※9)	Fe	6.0%
Cd	0.5ppm	Ni	34ppm
Cr	78ppm	Pb	40ppm
Cu	110ppm	Zn	180ppm
Mn	1,200ppm	V	220ppm

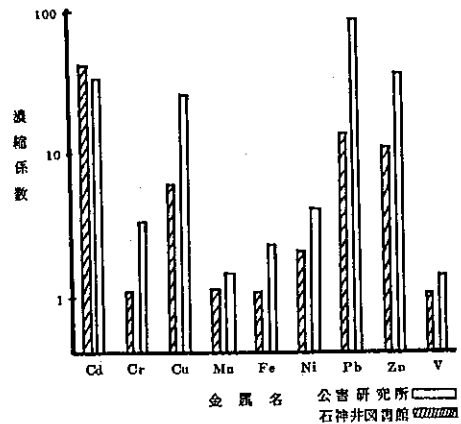


図5 金属別濃縮係数

6.4倍, Mn 1.4倍, Fe 2.5倍, Ni 7.9倍, Pb 6.4倍, V 1.3倍も高く, 同地点は人為的な影響の高いことを示した。

4 ま と め

これまでの調査から次の結果を得た。

(1) 1976年から1981年までの降下ばいじん量の推移をみると顕著な変化はなかった。

経月的には, 3~6月に多く, 7~10月には少なくなる。

(2) 糞谷保健所の金属降下量は, 他の地点よりも顕著に高く, 公害研究所は, PbとCuが著しく高い。

全体的にみると, ①工業地域で高く, 次いで②都市地域(商業, 住宅), ③対照地域の順である。

(3) 金属成分の地表面への蓄積量の試算では, ①金属降下物は溶出せず, 再飛散もなく土壤中10cmの深さまで均一に全量蓄積される。②土壌の見かけ密度を1とするとの仮定のもとでは, 周辺が都内で最も工業活動の盛んな糞谷保健所では, 20~40年程度で, 他の都市地域では100年程度の年月により, 非汚染土壌の金属元素濃度が倍加することになる。

(4) 金属降下量と大気中金属濃度の関係を検討した結果, CdとPbを除いた金属成分においては, 比較的良い相関を示した。

(5) 都心部と都市周辺部の2地点について, Alを指標として土壌寄与分の濃縮係数を求めた結果, 都心部

での人為的成分は都市周辺部よりも, Cu 6.4倍, Ni 7.9倍, Pb 6.4倍と高いことを示した。

なお, 多摩地区にも調査地点を若干補強し, 今後とも降下物の動向の把握に努め, 大気汚染防止施策推進の一助としたい。

参 考 文 献

- 1) 東京都首都整備局都市公害部: 降下ばいじん量測定結果報告(昭和29年12月~昭和40年12月), 都市公害部資料2-1-36, 昭和41年10月。
- 2) 東京都公害研究所: 浮遊粒子状物質等調査報告書, 昭和54年3月, 公害研究所資料1-2-5(1979)。
- 3) 東京都公害研究所: 浮遊粒子状物質等データ集, 昭和55年3月, 公害研究所資料1-2-6(1980)。
- 4) 東京都公害研究所: 浮遊粒子状物質等データ集, 昭和57年2月, 公害研究所資料1-2-7(1982)。
- 5) 小野塚春吉他: 大阪府降下ばいじん中重金属成分調査結果(1982)。
- 6) H. J. M. Bowen: Environmental chemistry of the elements 60 Academic press, London(1979)。
- 7) K. Iimura: Background contents of Heavy Metals in Japanese soil, heavy metal pollution in soils of Japan ed. by K. Kitagishi & I. Yamane, Japan scientific society press(1981)。
- 8) 東京都公害局: 土壌汚染対照地点調査結果, 昭和55年3月(1980)。
- 9) 朝来野国彦他: 東京都における重金属汚染について(第3報), 東京都公害研究所年報(1982)。