

## 東京都内土壤中重金属の垂直分布について(その3)

高橋 淑子 西井戸 敏夫  
信 楽 義 夫(非常勤研究員)

### 1 はじめに

昭和57年度から、東京都内土壤中の重金属類の天然賦存量(バックグラウンド値)を究明することを目的として都内6地点の土壤中重金属類(水銀, 鉛, 亜鉛, 銅, ニッケル, コバルト, カドミウム及びヒ素)の垂直分布を検討してきたが, 本報は既報<sup>1)2)</sup>において未検討であった西多摩郡羽村町宅地(山地丘陵地), 小平市野火止用水路沿雑木林(武蔵野台地), 港区浜離宮庭園(低地)の水銀, 鉛, 亜鉛について述べ, あわせてこれまでの研究結果をとりまとめて報告する。

### 2 実 験

#### (1) 試 料

##### ア 採取方法

各調査地点において地表面からそれぞれ, 0, 5, 10, 20, 50, 100 cmの深さの土壌を採取した。ただし, 浜離宮庭園では表面の草を取り除いた所を0 cmとし, その他の地点は裸地であったので表面を0 cmとした。なお, 浜離宮庭園では50 cmから100 cmで浸出水がみられた。

##### イ 前処理

採取した試料約1 kgを汚紙上に広げ, 小石等のきょう雑物を取り除いた後, 室温とした循環式乾燥器中で2~3日風乾した。全量をめのう製遠心式ボールミルで粉碎し, 30メッシュのサラン製ふるいに通した後, 四分法で縮分したものを分析用試料とした。

#### (2) 分析方法

##### ア 水 銀

水銀測定装置リガクマーキュリーSP(日本インストルメント社製)を用いて加熱気化原子吸光法で分析した。

すなわち試料0.1 gをセラミック製試料ポートに秤取し, 添加剤B及びMを加え, 試料ポートを加熱炉の所

定の位置に入れ, 50 ngレンジに設定し, モードL(4, 6)で測定した。同時に空試験を行って, 結果を補正した。

##### イ 鉛, 亜鉛

試料1 gを磁製するつばに秤取し, 550℃の電気炉で2時間灰化した。冷後, コニカルビーカー200 mlに移し入れ, 硝酸20 ml及び塩酸10 mlを加え時計ざらでふたをして, 砂ざらホットプレート上で, 液量が1/2程度になるまで加熱した。冷後, 硝酸を3 ml追加し, 再び液量が1/2になるまで加熱した。水約50 mlを加え, 5分程度ゆるやかに加熱した後, 汚紙5種Bで汚過し, 残渣を塩酸(1+10)で汚液と洗液の合計が約100 mlとなるまで洗浄し, これを試験溶液とした。試験溶液の全量を分液漏斗300 mlに移し入れ, フェノールフタレイン指示薬数滴及び50%くえん酸水素アンモニウム溶液(JIS K0102.52の方法に準じて精製したもの)10 mlを加えた後, アンモニア水(1+1)を溶液の色が淡紅色になるまで加えた。次に5%ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム溶液5 mlを加え軽く振り混ぜた後, MIBK 30 mlを加え, 5分間激しく振り混ぜて金属を抽出した。分離した水層を別の分液漏斗300 mlに移し, MIBK 30 mlを加えて抽出した。同様の抽出操作を更に1回繰り返した。3回分のMIBK層をすべて合せてビーカー100 mlに入れ, 砂ざらホットプレート上でMIBKを加熱揮散させた。これに硝酸5 ml, 過塩素酸3 mlを加え砂ざらホットプレート上で蒸発乾固した。次いで0.2 N塩酸5 mlを加えて残留物を溶解し, メスフラスコ10 mlに移し入れて, 0.2 N塩酸で正しく10 mlとした後, 原子吸光法で測定した。同時に全操作を含めた空試験を行い結果を補正した。

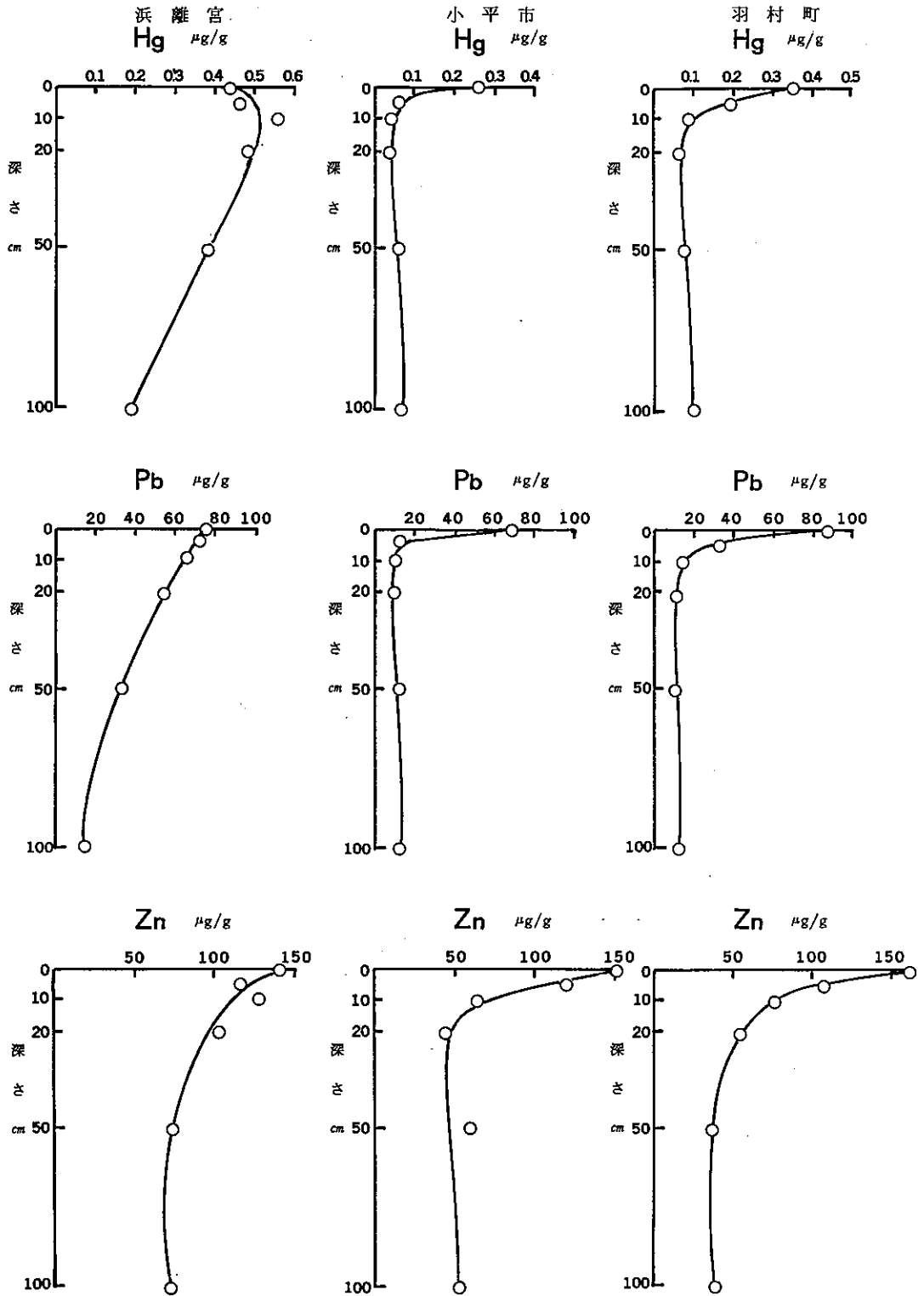


図1 水銀、鉛、亜鉛の垂直分布

### 3 土壌分析結果

図1に水銀、鉛、亜鉛の測定結果を示した。結果は、いずれも含水率で補正した110℃、2時間乾燥物あたりの濃度で示した。

### 4 考 察

#### (1) 水 銀

調査地点小平市及び羽村町で見られた土壌中水銀の垂直分布は、これまでに報告した上野公園、東京天文台、高尾山のそれとほぼ同じ傾向であり、表層の含有量が最も高く、深さとともに値は低減し、20cm以深の土壌ではほぼ一定の低値(小平市: 0.063  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、羽村町: 0.090  $\mu\text{g}/\text{g}$ )を示している。これらの結果に対し、浜離宮庭園の土壌では興味のある傾向が認められた。すなわち、表層以外の部分に最高値の現れる層が存在し、かつ全体的に水銀含有量が他の調査地点に比較して高い(図1)。

浜離宮庭園は、その東側が東京内湾に接し、さらに南、北及び西側は運河に囲まれており、前報でも述べたように調査地点の深さ50cm付近から浸出水が認められ、また砂質であるほか、10cm以深の土壌は嫌氣的雰囲気であるなど、他の調査地点とはかなり条件が異っている。浸出水の水位は、変動しているようであるが、海水であるという証拠は認められなかった。この浸出水が、土壌中の水銀の存在状態を攪乱していることが考えられるが、詳細な点については現在のところ不明である。

#### (2) 鉛

図1に見られるように、小平市及び羽村町の土壌中鉛の垂直分布は、これまでに報告した上野動物園、東京天文台、高尾山と同様の傾向であり、表層において最も高く、以下急激に低減して一定値(小平市: 13.6  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、羽村町: 11.7  $\mu\text{g}/\text{g}$ )を示す。一方、浜離宮庭園はこれらの地点とやや異なり、表層から下層へ向うに従い、徐々に減少しており、深さ100cmに至っても一定値を示していない。浜離宮庭園に関しては、(1)水銀で述べたとおり、浸出水の存在が何らかの影響をもたらしていると考えられるが、現在のところ他の調査地点と異なるこのような傾向が認められる原因については不明である。

#### (3) 亜 鉛

図1に見られるように、浜離宮、小平市、羽村町のいずれの地点とも、既報の上野動物園、東京天文台に見られる垂直分布と同じであり、表層が最も高く、以下急激に含有量が低下して、20cm以深ではほぼ一定値(浜離宮: 76.0  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、小平市: 58.0  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、羽村町: 36.6  $\mu\text{g}/\text{g}$ )を示している。

### 5 ま と め

東京都内土壌中重金属類の天然賦存量を求める目的で、昭和57年度から3カ年にわたり、東京都内を山地丘陵地、武蔵野台地、低地の3地域に区分し、それぞれの地域から2地点ずつを選び、土壌中の水銀、鉛、亜鉛、銅、ニッケル、コバルト、カドミウム及びヒ素について表層から深さ100cmに至る垂直分布を検討した。

各調査地点は、①工場等の発生源の直接的影響がないこと、②過去に盛土や掘削等の人為的攪乱がないこと、③深さ1m程度の土壌採取が許可されること、などを条件として選定した。

得られた結果を総括すると、都内土壌中の重金属類の垂直分布状況は、次のパターンに大別できる。

パターンA: 表層の含有量が最も高く、以下含有量は低下して、20cm以深ではほぼ一定の含有量を示す。

パターンB: 表層から100cmまでの全層にわたり含有量の変化を示さない。

パターンC: 含有量の最高値が表層以外の層に存在する。

各調査地点の重金属類の垂直分布状況を、上記の分類にしたがって示すと、表1のようになる。調査地点ならびに重金属類の種類ごとに必ずしも一定の規則性を示しているとは限らないが、全体的にみて水銀、鉛、亜鉛、カドミウム及びヒ素はパターンAの分布を示し、銅、ニッケル及びコバルトはパターンBの分布を示す傾向が認められる。

土壌中の重金属含有量は、各種の人間活動の影響を受け、その影響は表層に近いほど直接的であろう。したがって、土壌が本来含有している量すなわち天然賦存量は、含有量が一定となる層の値をもって表わすのが妥当と考えられる。上述した水銀、鉛、亜鉛、カドミウム及びヒ素の結果によれば、東京都内土壌でこれに相当する層は、一部の地点、項目を除き、おおむね20cm以深である。

表1 各調査地点の土壤中重金属類の垂直分布パターン

区分	地 点	水 銀	鉛	亜 鉛	銅	ニッケル	コバルト	カドミウム	ひ 素
山丘陵地	高尾山	A	A	B	B	B	B	A	A
	羽村町	A	A	A	B	C	B	A	A
武蔵野地	東京天文台	A	A	A	C	C	C	A	A
	小平市	A	A	A	B	B	B	A	A
低地	上野動物園	A	A	A	B	B	B	A	A
	浜離宮庭園	C	A	A	B	B	B	A	C

A：表層の含有量が最も高く、以下含有量は低下し、20cm以深でほぼ一定の含有量を示すもの。  
 B：表層から100cmまでの全層にわたり、含有量の変化をほとんど示さないもの。  
 C：含有量の最高値が表層以外の層に存在するもの。

表2 東京都内土壌の天然賦存量

(単位,  $\mu\text{g/g}$ )

	範 囲	相乗平均
水 銀	0.05 ~ 0.38	0.088
鉛	10 ~ 34	15.4
亜 鉛	20 ~ 87	48.9
銅	22 ~ 222	88.2
ニッケル	15 ~ 58	37.7
コバルト	5.3 ~ 31	16.0
カドミウム	0.10 ~ 0.35	0.24
ひ 素	3.3 ~ 9.3	5.79

以上から、東京都内土壌中重金属類の天然賦存量は、深さ50~100cmの値がより適切であると考え、これを整理して表2に掲げた。

東京都の面積は2,160  $\text{km}^2$ であり、その地形及び地質は一様でなく、これに対し本研究の調査は6地点であるこ

とから、厳密な天然賦存量を求めるには無理があるが、東京都内土壌の重金属類の天然賦存量はおおよそ表2に示した値であるとしても大きな誤りはないと考える。

各種の人間活動が、土壌の重金属類含有量に影響を及ぼすと考えられることは上述したが、その主要経路は大気降下ばいじんであろう。渡辺<sup>3)</sup>は、東京都における降下ばいじん中の重金属成分の推移について検討したなかで、区・市部3地点及び対照として郡部1地点における1976年から1979年の4か年の結果をとりまとめ、金属成分(カドミウム、銅、鉛、亜鉛)の年間降下量を報告している(表3)。降下ばいじんが土壌表面に固定され、ばいじん中の金属成分がすべて蓄積すると考えると、土壌中の各金属の含有量増加の割合は、土壌に本来存在する金属の含有量に対する金属降下量の比によって知ることができる。表2の東京都内土壌の天然賦存量の範囲及び平均と表3に示した渡辺らのデータのうちの区・市部3地点の平均とからそれぞれの比を求め、各金属の土壌中含有量の増加の割合を比較すると、

表3 東京都内における金属成分の年間降下量<sup>3)</sup>

(単位,  $\mu\text{g/cm}^2/\text{年}$ )

	カドミウム	銅	鉛	亜 鉛
大田区糞谷保健所(大田区)	0.119	11.5	6.44	38.1
世田谷区役所(世田谷区)	0.052	2.06	3.28	13.5
立川合同庁舎(立川市)	0.067	1.92	3.11	15.8
相 乗 平 均	0.075	3.57	4.03	20.1
奥多摩町留浦(西多摩郡)	0.020	0.49	0.83	3.9

カドミウム、鉛及び亜鉛は増加の割合が大きく、銅は小さいことがわかる(表4)。この結果は、前述した土壌中の重金属類の垂直分布パターンと一致しており、カドミウム、鉛及び亜鉛の垂直分布はパターンAを示して、表層の含有量が下層に比べて高いのに対し、銅のそれはパターンBを示して、全層にわたって含有量にほとんど変化がない。

表4 東京都内土壌の天然賦存量に対する年間降水量の比

	範 囲	平 均
カドミウム	0.21~0.75	0.31
銅	0.02~0.16	0.04
鉛	0.12~0.40	0.26
亜鉛	0.23~1.00	0.41

水銀、ニッケル、コバルト及びヒ素に関しては降水量のデータが見当たらないが、上述した土壌の天然賦存量と、大気降下ばいじんに伴う金属の降水量との関係から、先に分類した土壌中重金属類含有量の垂直分布パターンの成因が説明できるが、その意味するところは次のとおりである。パターンAを示す水銀、鉛、亜鉛、カドミウム及びヒ素の降水量は表層土壌の含有量を増加させるほど大きく、パターンBを示す銅、コバルト及びニッケルの降水量はこれまでのところ表層土壌の含有量を変化させる程度ではない。ただし、パターンCが生ずる原因は、明らかでない。

大気降下ばいじんでは表わされる各種の人間活動は、東京都内土壌中の重金属含有量に影響を与えていると考えられるが、その影響は現時点ではおおよそ20cm以深には及んでいないようである。したがって、データの安全を見込んで深さ50~100cmの含有量を天然賦存量として表わしたが、銅、ニッケル及びコバルトに関しては表層土壌の含有量を天然賦存量としても支障はない。

重金属類の土壌蓄積に関しては、大気降下ばいじんによる負荷のほか植生による濃縮プロセスや降雨による土壌中拡散プロセスなど多くの因子が係わり合っていると考えられるが、これらについては次の機会に検討したい。

なお、土壌中重金属類の含有量について、これまでに報告されているもののうち、主なものを参考資料として表5に掲げた。その他、わが国の水田土、果樹園及び林

地土壌については渋谷らのまとめた「重金属測定法」(博友社)に詳細なデータの掲載がある。

参 考 文 献

- 1) 高橋淑子, 他: 東京都内土壌中重金属の垂直分布について(その1), 東京都公害研究所年報, 146 (1984)
- 2) 高橋淑子, 他: 東京都内土壌中重金属の垂直分布について(その2), 東京都公害研究所年報, 129 (1985)
- 3) 渡辺武春, 他: 東京都における降下ばいじん中の金属成分の推移, 東京都公害研究所年報, 80 (1983)
- 4) K. Kitagishi, I. Yamane: Heavy Metal Pollution in Soils of Japan, Japan Scientific Societies Press, Tokyo, 21.
- 5) 環境庁編: 環境白書, 昭和49年版, 249.
- 6) 喜田村正次, 他: 水銀, 113, 講談社.
- 7) 牧 幸男, 他: 土壌中の重金属について, 公害と対策, 9(5), 45 (1973)
- 8) 神奈川県公害センター: 環境土壌中の重金属の分布調査, 昭和50年度
- 9) H. J. M. Bowen: Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, 60 (1979)
- 10) C. J. Ritter, S. M. Rinefierd: Natural Background and Pollution Levels of Some Heavy Metals in Soils from the Area of Dayton, Ohio, Environmental Geology, 5(2), 73-78 (1983)

表 5 土壤中重金属類含有量の報告値

地域	水	銀	鉛	亜鉛	銅	ニッケル	コバルト	カドミウム	ヒ素	文献
日本全土	0.28 (ND~5.36)	29 (5~183)	86 (9.9~622)	34 (4.4~176)	28 (2~660)	—	—	0.44 (0.03~2.53)	11 (0.4~70)	4)
日本全土	—	6.2	13.9	9.0	—	—	—	0.4	10.5	5)
日本全土	0.18~0.33	—	—	—	—	—	—	—	—	6)
長野県	0.267 (0.056~0.593)	219 (9.50~40.5)	103 (72.6~212)	461 (21.1~93.4)	195 (10.9~26.3)	—	—	0.49 (0.29~1.41)	8.91 (3.80~35.8)	7)
	0.244 (0.065~1.85)	27.5 (13.2~101)	12.4 (6.95~62.2)	65.4 (22.0~15.4)	230 (8.84~12.6)	—	—	0.57 (0.26~2.53)	1.48 (4.00~5.47)	
	0.270 (0.120~0.443)	192 (33.3~47.9)	16.3 (8.11~40.0)	321 (5.41~82.2)	23.4 (1.45~31.4)	—	—	0.66 (0.34~1.20)	81.3 (17.5~17.9)	
	0.207 (0.028~0.349)	21.4 (9.0~58.9)	9.2 (10.0~25.5)	42.2 (4.40~11.2)	15.3 (3.25~6.60)	—	—	0.43 (0.18~0.91)	11.3 (0.44~5.34)	
神奈川県	0.199 (0.037~0.49)	110 (7.6~55.0)	—	—	—	—	—	0.774 (0.00~3.0)	10.3 (0.00~4.7)	8)
	0.074 (0.009~0.20)	31.2 (1.4~17.0)	—	—	—	—	—	0.108 (0.00~0.32)	2.02 (0.00~5.5)	
	0.158 (0.074~0.30)	16.7 (0.00~4.8)	—	—	—	—	—	0.245 (0.00~2.1)	2.76 (0.00~7.7)	
世界各国	0.06 (0.01~0.5)	35 (2~300)	90 (1~900)	30 (2~250)	50 (2~750)	8 (0.05~6.5)	—	0.35 (0.01~2)	6 (0.1~4.0)	9)
アメリカ, オハイオ州	0.34	27.0	54.0	7.1	—	—	—	0.85	—	10)

(単位:  $\mu\text{g/g}$ )