

東京都内土壤中重金属の垂直分布について(その1)

高橋 淑子 西井戸 敏夫 川原 浩
 信 榮 義 夫
 (東京都立大学)

1 はじめに

農用地の土壌については、これまでさまざまな角度から研究がなされてきたが、市街地の土壌に関しては、いまだ十分な調査、研究がなされていない。近年、降下ばいじん等に起因する市街地土壌の重金属汚染が懸念され、昭和57年度から環境庁が土壌複合汚染影響調査を開始し、また東京都環境保全局においても市街地土壌の汚染の判断基準を策定するための検討が続けられている。

東京都は2,160 km²の面積をもち、その地形、地質は一様でなく、さらに土地利用形態はきわめて多様であることから、土壌汚染の影響あるいは対策を論じる場合は一定の地域ごとにこれらを検討する必要があるといわれている。東京都環境保全局が先に行った土壌汚染対照地調査¹⁾では、都内全域を5 kmメッシュに区切り、それぞれの交点における表層(深さ0~15cm)の土壌中の金属含有量から、統計処理を行った後、山地部、市部、区部に区分した土壌のバックグラウンド

表1 土壌全量濃度のバックグラウンド

元 素	地 域	単 位 ppm (pH除く)		
		山 地 部	市 郡	区 部
Mn		1230 ± 450 (都内全域)		
Sc		19.9 ± 7.8	29.7 ± 8.4	28.0 ± 10.1
Co		17.1 ± 10.0	23.1 ± 10.3	22.8 ± 11.3
Ni		27.9 ± 18.5	38.9 ± 19.9	35.7 ± 12.9
Zn		107 ± 28.6	146 ± 46.6	218 ± 59.1
Pb		35.6 ± 19.0	27.3 ± 11.8	53.4 ± 26.8
Hg		0.168 ± 0.079	0.169 ± 0.091	0.274 ± 0.139
Sb		1.06 ± 0.65	0.76 ± 0.23	1.36 ± 0.60
pH*		5.32 (4.6~7.4)	5.45 (4.8~7.2)	5.65 (4.9~8.7)

* () は測定範囲
 出典：土壌汚染対照地調査結果，東京都公害局，昭和55年3月

表2 土壌全量濃度の目安(都内全域)

元 素	範 囲 (平均値 ± σ)	元 素	範 囲
V	59 ~ 390 (220 ± 102)	6 価クロム	≤ 1
Cu	32 ~ 300 (108 ± 46.1)	アルキル水銀	≤ 0.005
Cr	16 ~ 280 (76.8 ± 46.6)	Zr	< 83 ~ 700
Hf	1.4 ~ 13 (3.7 ± 1.6)	Mo	≤ 0.3 ~ 4.8
As	< 0.5 ~ 11 (3.43 ± 2.10)	Os	≤ 0.05 ~ 11 (4地点で検出)
W	≤ 0.4 ~ 7.7 (1.86 ± 1.30)	Rh	< 25
Ta	0.08 ~ 7.8 (0.57 ± 0.98)	Ag	≤ 0.5 ~ 9.1
Cd	< 0.1 ~ 3.4 (0.43 ± 0.55)	In	< 1.6
Sn	< 5 ~ 51 (7地点で検出)	Se	0.3 ~ 13
		Te	< 2 ~ 20

出典：土壌汚染対照地調査結果，東京都公害局，昭和55年3月 (注) V及びHfの範囲については原報に誤りがあったので訂正して掲げた。

(表1)と都内全域についての土壌全量濃度の目安(表2)を求めている。しかしながら、この調査は、算出の根拠に表層のデータだけを用いている点で若干の問題がある。

小林²⁾が群馬県安中丘陵地の土壌のカドミウム、亜鉛、鉛含有量を深度別に検討した結果によると、表面から20cm以浅の土層は汚染源(金属精錬所)の排煙の影響を受けており、30cm以深の土層には異常が認められなかったという(表3)。安中の場合、重金属の降下量がきわめて大きかったという極端な事例であるとはいえ、都内の降下ばいじん中の重金属濃度³⁾からみて、都内土壌に同様な傾向がないとは言えない。

本報は、このような見地から、前述の土壌汚染対照地調査結果を補完する目的で、土壌の深度別含有量について検討したものであるが、これまでに得られた結果を報告する。

表3 安中丘陵地土壌中の重金属含有量の深度別比較 (ppm)

深 さ (cm)	カドミウム	亜鉛	鉛
0~2	31	1,680	510
4~6	44	1,590	280
9~11	32	1,310	250
19~21	6.9	540	59
29~31	1.4	140	26
39~41	0.4	80	15
59~61	0.3	62	10

出典:小林純, 科学, 39(7), 369 (1969).

2 実 験

(1) 試 料

ア 採取地点

土壌汚染対照地調査の区分にしたがい、東京都内を山地丘陵地、武蔵野台地、低地の3地域に分け、それぞれの地域から、人為的攪乱のない比較的管理されている次の1地点ずつを選定した。

山地丘陵地: 八王子市高尾山山頂付近

武蔵野台地: 三鷹市東京天文台敷地内

低地: 台東区上野動物園内象舎の裏

イ 採取方法

地表面からそれぞれ、0, 2, 5, 10, 20, 50, 100 cmの深さの土壌を採取した。ただし、東京天文台では表面に生えている下草を取り除いた所を0 cmとした。その他の地点は裸地であった。

ウ 前処理

汚紙上に広げ、小石等のきょう雑物を取り除いた後、室温とした温風循環式乾燥器中で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、分析用の試料とした。

(2) 分析方法

ア pH

土壌、水質及び作物体分析法⁴⁾にしたがって、測定した。すなわち、ボールミルで粉碎する前の風乾土10gを100 mlの共栓付三角フラスコにとり、水25mlを加え、10分間振とうした後、1時間放置した。軽く攪拌し懸濁状態とした後、ガラス電極を浸して30秒後にpHを測定した。

イ 鉛、亜鉛、銅、ニッケル、コバルト

既報告書^{5),6)}でまとめた分析方法に準じて、次のように測定した。試料1gを磁製のつぼに秤取りし550℃の電気炉で2時間灰化した。冷後、コニカルビーカー200mlに移し入れ、硝酸20ml及び塩酸10mlを加え時計皿でふたをして、砂皿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3ml追加し、再び液量が1/2になるまで加熱した。水約50ml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100ml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300ml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。)10ml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%ゼチルジチオカルバミン酸ナトリウム溶液5mlを加え攪拌した後、MIBK30mlを加え、5分間激しく振り混ぜ各種金属を抽出した。分離した水層を別の分液漏斗300mlに移し、MIBK30mlを加え同様の抽出操作を更に2回繰り返した。3回分のMIBK層をすべて合わせてビーカー100mlに入れ、砂皿ホットプレート上でMIBKを加熱揮散させた。これに硝酸5ml、過塩素酸3mlを加え砂皿ホットプレート上で蒸発乾固した。次いで0.2N塩酸5mlを加えて残留物を溶解し、メスフラスコ10mlに移し入れて、0.2N塩酸で正しく10mlとした後、原子吸光法でそれぞれの金属を測定した。同時に前処理を含めた空試験を行い結果を補正した。

上野動物園

東京天文台

高尾山

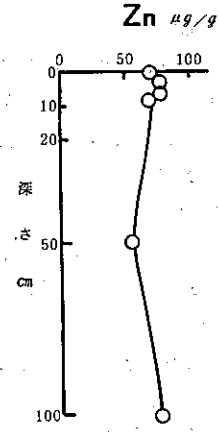
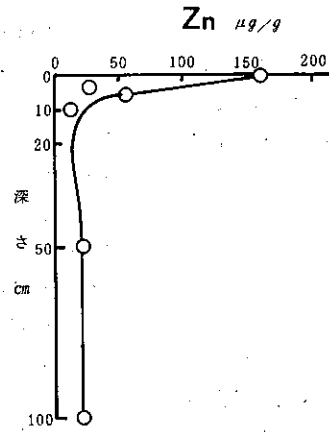
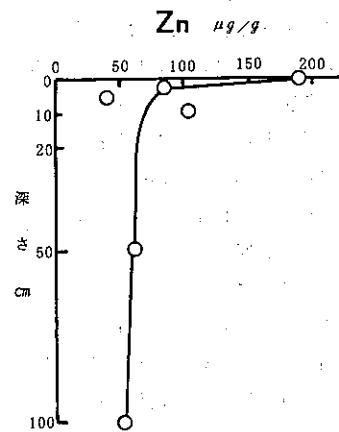
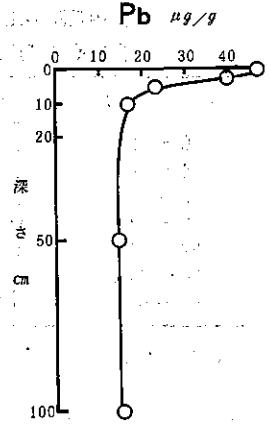
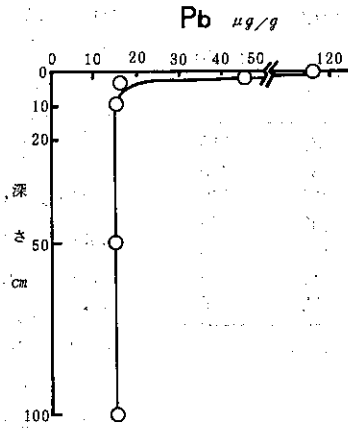
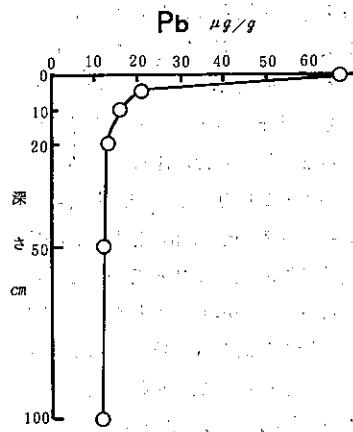
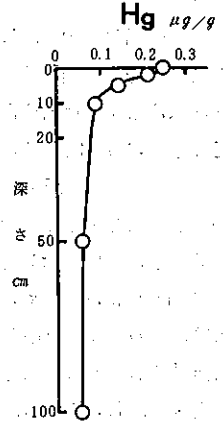
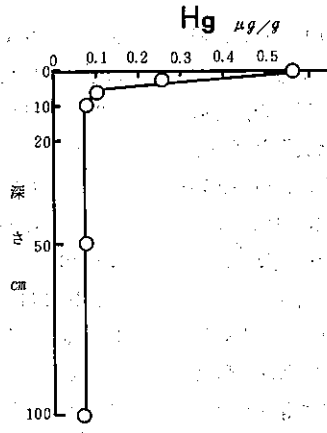
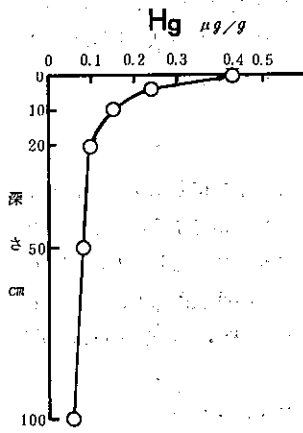


図1-1. 水銀, 鉛, 亜鉛の垂直分布

上野動物園

東京天文台

高尾山

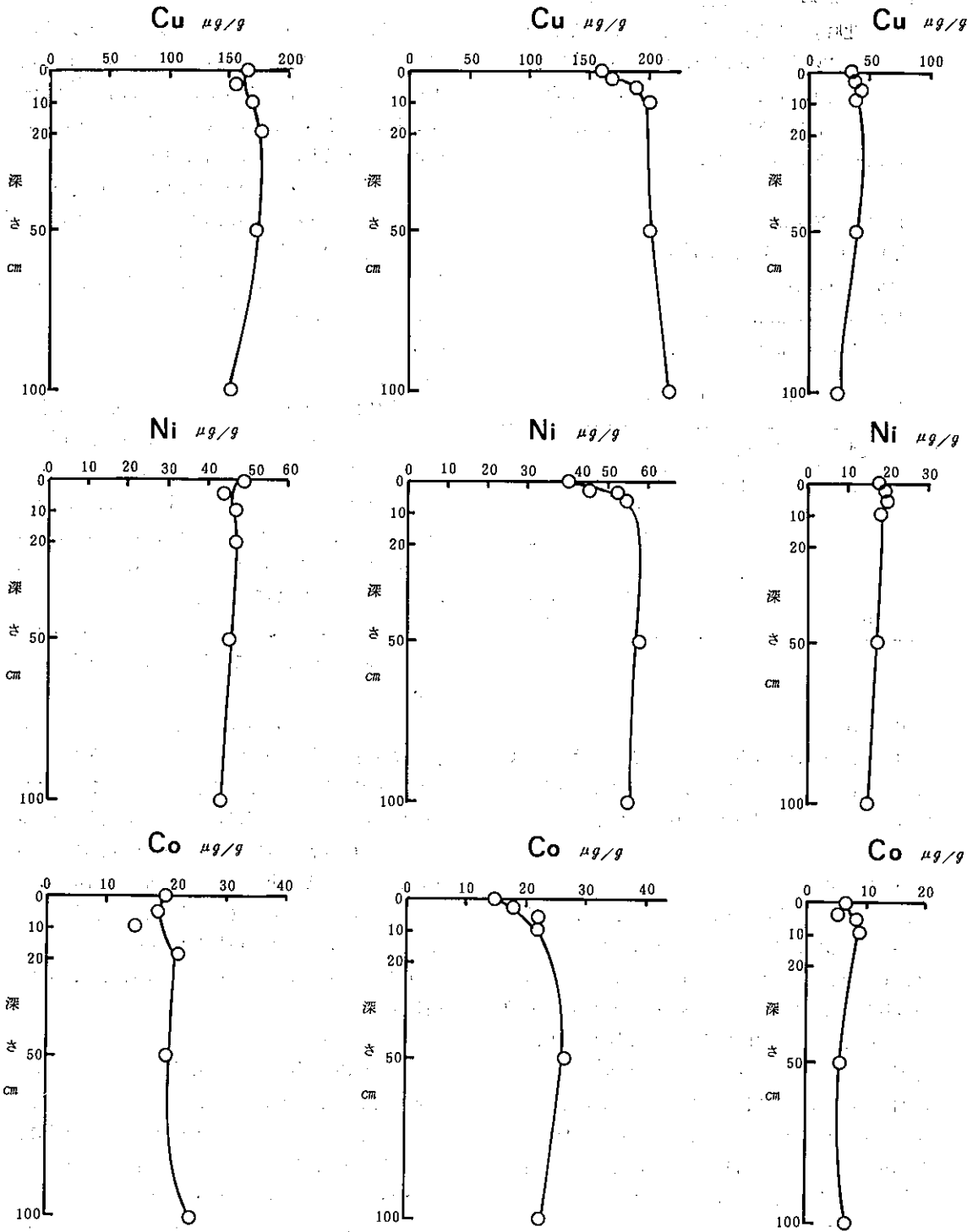


図1-2 銅, ニッケル, コバルトの垂直分布

ウ 水、銀

日本インスツルメンツ社製マーキュリー-S P 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ットに秤取し、添加剤B及びMを加え、試料ポットを加熱炉の位置に入れ、50ng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。

3 土壌分析結果

表4にpHの測定結果を、図1-1に水銀、鉛、亜鉛、図1-2に銅、ニッケル、コバルトの測定結果をそれぞれ示した。結果はいずれも含水率で補正した110°C、2時間乾燥物あたりの濃度で示してある。

表4 土壌のpH

採取地点 深さcm	上野動物園	東京天文台	高尾山
0	4.9	4.7	4.5
2	-	5.1	4.7
5	4.8	5.7	5.0
10	4.6	6.0	5.8
20	4.5	-	-
50	4.5	5.8	5.2
100	5.8	6.2	5.1

4 考 察

(1) pH

地表面はいずれの地点も4.5~4.9で酸性化していることがわかるが、地点によりまた深さにより変動しており、後述の重金属のような明らかな傾向はみられない。

(2) 水 銀

図1-1から明らかなように、深さ0cmでいずれの地点も高濃度を示しているが、深さ20cm以下では3地点ともほとんど一定であった。一定値を示した深さ50~100cmの平均値は、上野動物園0.067μg/g(ppm)、東京天文台0.079μg/g、高尾山0.055μg/gであり、各国非汚染土壌の調査結果をとりまとめたBowen⁷⁾の平均値0.06μg/gに近い。これに対し深さ0cmの値は、3地点でそれぞれ、0.43μg/g、0.56μg/g、0.24μg/gと明らかに高く、都市活動の影響を受けていることを示している。表層の濃度が高いにもかかわらず、その影響が現時点では20cm以深にほとんど及んでいないということは、水銀の垂直方向への拡散速度はあまり大き

くないものと思われる。

(3) 鉛

水銀と同様の傾向を示し、深さ50~100cmの平均値は、上野動物園13μg/g、東京天文台16μg/g、高尾山18μg/gであり、前出のBowenの平均値⁷⁾35μg/gと比較すると低値を示している。また深さ0cmの値は3地域それぞれ、67μg/g、120μg/g、51μg/gで、とくに東京天文台の土壌は都市活動の影響を受けていると思われる。Bowenは鉛が表層で高濃度になることについて植物等による濃縮ではなく、人為的なもの影響ではないかと述べている。⁷⁾ また鉛は、水銀と同様に垂直方向への拡散はあまり早くないと思われる。

(4) 亜 鉛

上野動物園、東京天文台は、表層が高く以下多少の変動はあるものの一定の低値になる水銀、鉛と同様の傾向を示している。しかしながら、高尾山は、表層から深さ100cmまではほぼ一定値を示している。深さ0cmの値は、上野動物園190μg/g、東京天文台163μg/g、高尾山72μg/gであり、とくに都心部においては都市活動の影響を受けていると言える。

また、深さにより変動があることから、垂直方向への拡散はある程度起こっているものと思われる。

(5) 銅

水銀、鉛、亜鉛とは明らかに異なり、0cm付近でわずかに低値を示している地点もあるが、深さ100cmまではほぼ一定値と見ることができる。0cm~100cmまでの平均値は、上野動物園170μg/g、東京天文台190μg/g、高尾山36μg/gであり、Bowenの平均値⁷⁾30μg/gと比較すると上野動物園、東京天文台はかなり高濃度である。これらの地点の土壌中の銅含有量もともと高いのか、降下ばいじん等に由来する汚染が垂直方向に均一に拡散しているのか、この結果からは判明しない。

(6) ニッケル

銅と同様の傾向であり、東京天文台で0cmがわずかに低い値を示しているが、おおむね深さ100cmまではほぼ一定の値を示している。0cm~100cmまでの平均値は、上野動物園46μg/g、東京天文台51μg/g、高尾山18μg/gであり、高尾山は低値であるが、他の地点は先のBowenの平均値⁷⁾50μg/gとよく一致している。銅の場合と同じくニッケルは垂直方向に汚染が均一に

拡散している可能性もあるが、濃度から判断すると人為的汚染の寄与は大きくないと考えられる。

(7) コバルト

銅、ニッケルと同様の傾向であり、深さによる変動はほとんどなく一定値を示している。0 cm～100 cmの平均値は、上野動物園 20 $\mu\text{g/g}$ 、東京天文台 21 $\mu\text{g/g}$ 、高尾山 7.0 $\mu\text{g/g}$ であり、Bowenの平均値⁷⁾は 8.0 $\mu\text{g/g}$ である。銅、ニッケルと同じく現時点では人為的汚染は大きくないといえる。

5 ま と め

土壌中重金属の垂直分布を概括的にみると2つのグループに大別される。1つは、地域に関係なく表層が高濃度で20cm以深では一定の低値を示すグループであり、水銀、鉛、亜鉛が属す。他は深さにあまり関係なく一定の値を示すグループであり、銅、ニッケル、コバルトである。

第1グループの水銀、鉛、亜鉛については都市における人間活動の影響をかなり顕著に受けており、高尾山のような山地部にもこの影響が認められる。降下ばいじん等によるこれらの金属の汚染は土壌表面に集中しており、降雨や土壌水による深さ方向への拡散は少ないと思われる。したがってこれらの重金属に関しては先の土壌汚染対照地調査結果の平均値をもって都内土壌本来の含有量(バックグラウンドもしくは目安)とすることには若干問題があろう。

第2グループのニッケル、コバルトについては現在のところ都市活動の影響を大きく受けていないと思われる。ただし銅については、不明確な点がある。このグループの場合は土壌汚染対照地調査結果の平均値をもって都内土壌本来の含有量とすることは妥当と考えられる。

なお、今後引きつづき、調査地点を増し、更にひ素、カドミウムについても検討する予定である。

参 考 文 献

- 1) 東京都公害局：土壌汚染対照地調査結果，昭和55年3月。
- 2) 小林 純：イタイイタイ病の原因の追究Ⅱ，科学，39(7)，369(1969)。
- 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) 農林水産省農蚕園芸局農産課編：土壌，水質及び作物体分析法，昭和54年11月。
- 5) 高橋淑子，西井戸敏夫：土壌中の重金属分析方法の比較検討—第一報—，東京都公害研究所年報，149(1981)。
- 6) 高橋淑子，西井戸敏夫：土壌中の重金属分析方法の比較検討—第二報—，東京都公害研究所年報，150(1982)。
- 7) H. J. M. Bowen：Environmental Chemistry of the Elements，Academic Press(1979)。