

神奈川県における農耕地土壌の 重金属類の自然賦存量調査

岡 本 保 和 地 清
松 崎 敏 英* 矢 吹 駿

Background Contents of Heavy Metals of Farm Land Soils in Kanagawa Prefecture

Tamotsu OKAMOTO Kiyoshi WACHI
Toshihide MATSUZAKI Shun-ichi YABUKI

緒 言

近年、資源リサイクルの観点から、下水汚泥等の再生有機質資材を農耕地に還元しようとする試みが活発化しているが、これらの資材は一般に重金属濃度が高いため、連用または多量施用による土壌汚染が懸念されている。

このような問題を未然に回避するため、環境庁は昭和59年11月に土壌の亜鉛濃度の上限を120ppmとする土壌管理基準（ガイドライン）を通達した。この値は土壌の重金属濃度の許容限度を、人為的な汚染がみられない農耕地における、亜鉛の自然賦存量の変動の範囲内とするとの考え方に基づいて、全国567地点の亜鉛濃度の相対累積度数分布の95%の値から算出したものである¹⁾。この基準は、土壌に賦与される汚染物質の総量規制的な意味を持つものとして重要であるが、環境庁の通達にもあるように、基準設定の基礎となる農耕地土壌における重金属濃度の自然賦存量についての知見の蓄積は、いまだ十分とは言えない。また、全国一律の基準値設定の是非についても、議論の分かれるところである。

本調査はこのような観点から、神奈川県下の農耕地土壌をより高密度に採取し、重金属の自然賦存量をより細

密に調査解析したものである。

県内農耕地土壌の重金属濃度の調査については、すでに前野ら²⁾の0.1規定塩酸抽出法による詳細な報告があるが、今回は環境庁通達の重金属の管理基準に合わせ、過塩素酸分解法による全量分析を行い、その結果について検討したところ、2、3の新知見を得たのでとりまとめて報告する。本調査結果が、今後の土壌汚染防止のための、また再生有機質資材の農業利用における基礎資料となれば幸いである。

調 査 方 法

1. 土壌の採取方法及び採取点数

昭和46年から50年に、県内562か所の土壌を採取した。採取密度は、当時の神奈川県の農耕地面積約36,000haに対してはほぼ64haに1か所の割合である。採取方法は圃場中央部の表層15cmの土壌を採土管で採取した。また、第1表に示すように、地目別の調査地点数の内訳は、畑地274、樹園地97、及び水田191地点であった。

2. 分析項目及び方法

カドミウム、銅、亜鉛、鉛及びニッケルの5成分について、全量を測定した。分析法は、土壌環境基礎調査における土壌水質及び作物体分析法³⁾に準じ、2mm目の

* 現神奈川県肥飼料検査所

第1表 地目別、土壌群別調査圃場数

土 壤 群	土 壤 統 群	畑 地	樹 園 地	水 田	計	比率(%)
黒 ボ ク 土	厚層多腐植質黒ボク土	103点	6点		109点	
	厚層腐植質黒ボク土	55	14		69	
	表層多腐植質黒ボク土	6	9		15	
	表層腐植質黒ボク土	20	7		27	
	淡色黒ボク土	39	49		88	
					(308)	54.8
多湿黒ボク土				7点	7	1.2
黒ボクグライ土				15	15	2.7
褐色森林土(残積性)		10	1		11	2.0
(洪積性)		6	4		10	1.8
褐色低地土		13	3	17	33	5.9
灰色低地土		22	4	53	79	14.1
グ ラ イ 土				87	87	15.4
黒 泥 土				12	12	2.1
計		274	97	191	562	100.0

篩を通過した風乾細土を硝酸・過塩素酸で湿式灰化後、カドミウムについてはジエチルジチオカルバミン酸錯塩・メチルイソブチルケトン(D D T C・M I B K)抽出法により、その他の元素は直接噴霧法により、原子吸光分光光度計(日立A-1800型)で定量した。

調 査 結 果

1. 地目別の重金属濃度

県内の農耕地土壌の平均重金属濃度と、畑地、樹園地及び水田の、それぞれの重金属濃度の平均値、標準偏差及び変異係数を第2表に示した。

地目別の重金属濃度についてみると、樹園地の銅、亜鉛及び鉛の平均濃度は、それぞれ、176.2、171.2及び34.0ppmで、いずれも水田と畑の1.4~2.1倍の高い濃度であった。また水田のカドミウム濃度は、それぞれ、畑の1.4倍、樹園地の1.7倍の高い値を示した。これに対して、ニッケル濃度は地目間の差はわずかであった。

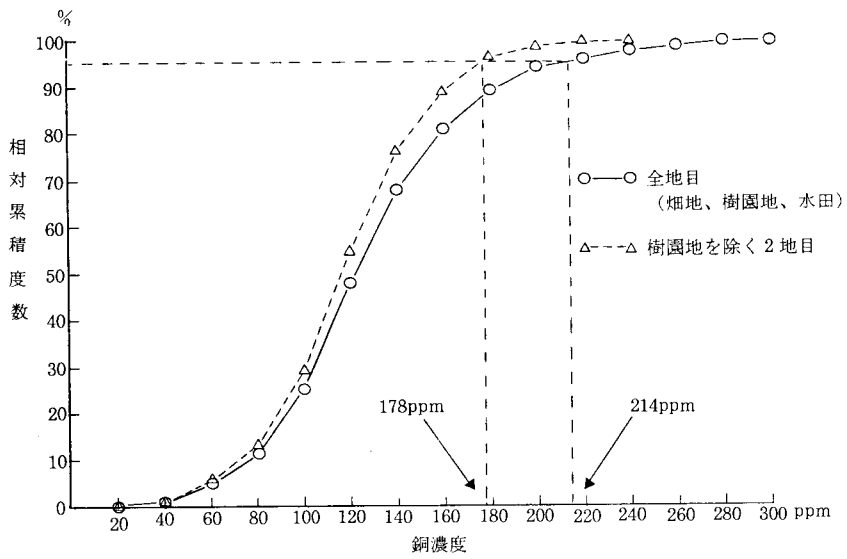
第3表に示すように、供試した562点のサンプルから推定する、県内全農耕地の平均重金属濃度の95%信頼区間は、カドミウム 0.56 ± 0.049 ppm、銅 128.3 ± 4.18 ppm、亜鉛 119.3 ± 4.28 ppm、鉛 19.8 ± 2.00 ppm、ニッケル 36.3 ± 2.17 ppmであった。

銅及び亜鉛濃度の相対累積度数分布を、第1図と第2図

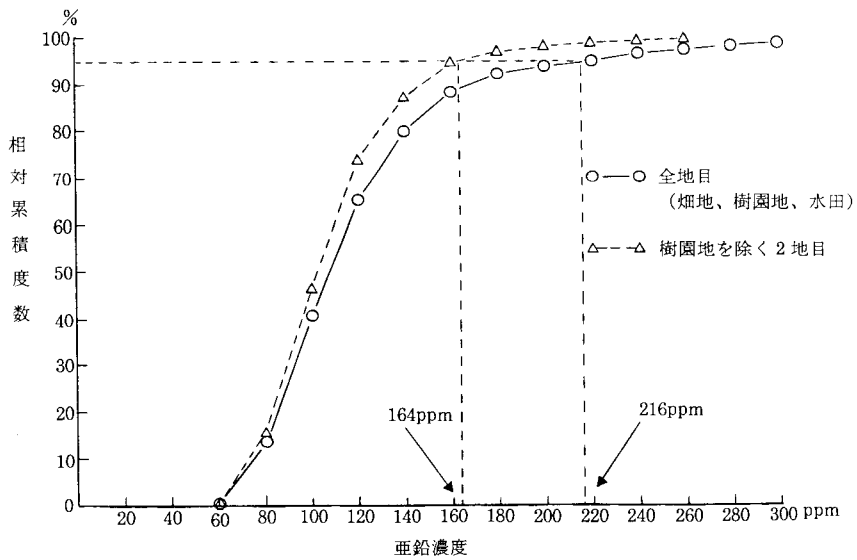
第2表 神奈川県内農耕地土壌の重金属濃度(ppm/乾土)

	Cd			Cu			Zn			Pb			Ni		
	\bar{X}	SD	CV	\bar{X}	SD	CV	\bar{X}	SD	CV	\bar{X}	SD	CV	\bar{X}	SD	CV
畑 地	0.43	0.21	49	126.3	35.3	28	98.4	22.7	23	16.0	8.9	56	34.9	5.7	16
樹園地	0.53	0.27	51	176.2	54.6	31	171.2	76.9	45	34.0	45.2	133	37.9	10.4	27
水 田	0.75	0.94	125	106.8	50.9	48	122.9	46.0	37	16.5	11.3	68	37.5	43.4	115
全 体	0.59	0.59	106	128.3	50.6	39	119.3	51.7	43	19.8	24.2	122	36.3	26.3	73

注) \bar{X} :平均値 SD:標準偏差 CV:変異係数(%)



第1図 銅濃度の相対累積度数分布



第2図 亜鉛濃度の相対累積度数分布

第3表 農耕地の平均重金属濃度の95%信頼区間
(ppm/乾土)

元 素	濃 度
カドミウム	0.56 ± 0.049
銅	128.3 ± 4.18
亜鉛	119.3 ± 4.28
鉛	19.8 ± 2.00
ニッケル	36.3 ± 2.17

に示した。自然賦存量の変動の上限値と思われる相対累積度数95%のレベルでの、畑地と水田の銅濃度は、178ppmであったのに対し、樹園地を含む数値は214ppmであった。また、亜鉛については、畑地と水田の164ppmに対して、樹園地を含む値は216ppmといずれも高い値を示した。

2. 土壌群別の重金属濃度

土壌採取地点を、地力保全土壌調査法による基本土壌分類図上にプロットし、それらを土壌分類の基本単位である土壌統ごとに整理し、つぎに類似の土壌統よりなる土壌統群ごとに集計した。さらに最終的にはこれらを総括した土壌群とし、各土壌群と重金属濃度との関係について検討した。なお、県内に広く分布する黒ボク土壌群については、土壌統群の段階で土壌の種類と重金属濃度との関係を検討した。

同一土壌統群及び土壌群に包括される地目別の調査点数を第1表に示した。すなわち、黒ボク土壌群は全調査地点の54.8%を占め、次いでグライ土15.4%、灰色低地上14.1%、褐色低地上5.9%、黒ボクグライ土2.7%、黒泥土2.1%、褐色森林土(残積土)2.0%、同じく(洪積土)1.8%で、最も少ないものは多湿黒ボク土の1.2%であった。

畑地土壌の土壌群別の重金属濃度と標準偏差を第3図に示した。多くの場合、黒ボク土壌群の重金属濃度が最も高い値を示し、黒ボク土壌群間の比較では、淡色黒ボク土の重金属濃度が低い傾向が認められた。

一般に洪積性の褐色森林土が最も低い重金属濃度を示したのに対し、灰色低地上や褐色低地上は中間的な値を示すものが多かった。

褐色森林土の残積性と洪積性との比較では、残積性土壌の重金属濃度が高い傾向にあり、とくに鉛と亜鉛の濃度が高いことが特徴的であった。

土壌群別の重金属濃度で、標準偏差が大きかったのは

カドミウムと鉛で、亜鉛とニッケルの標準偏差は比較的小さかった。

水田土壌の土壌群別の重金属濃度と標準偏差を第4図に示した。最も高い濃度を示したのは黒ボクグライ土で、最も低かったのはグライ土であった。その他の土壌群については一定の傾向は見られなかったが、灰色低地上と褐色低地上の重金属濃度は、中位もしくはそれよりも低い値を示す傾向がうかがえた。

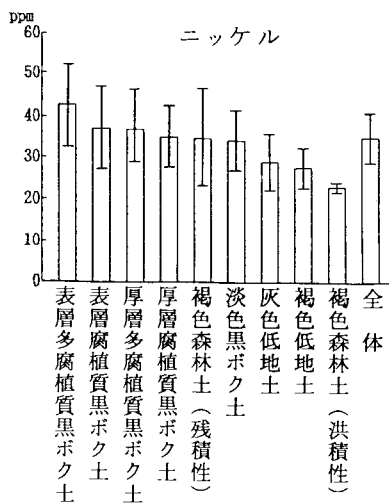
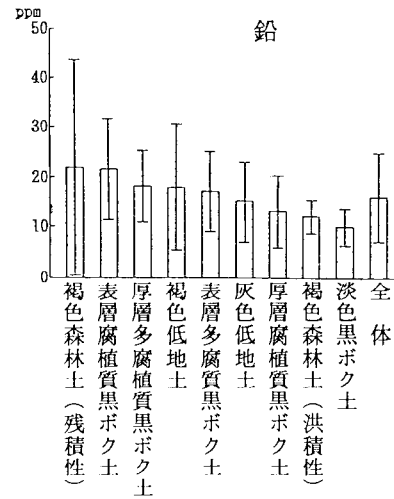
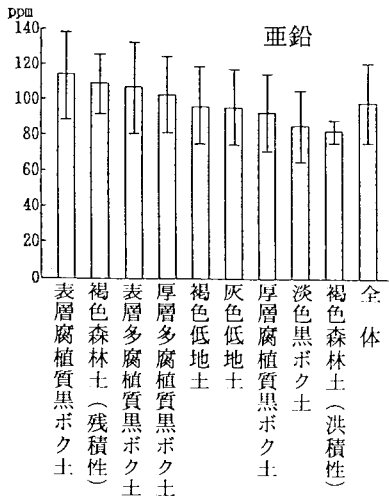
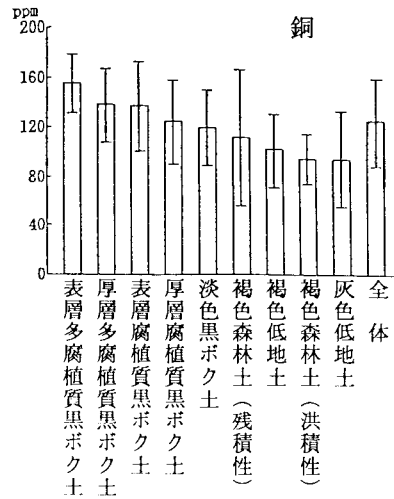
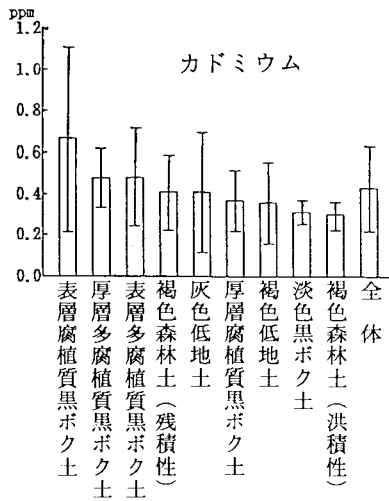
土壌群間に最も大きな濃度差があったのはカドミウムであり、黒ボクグライ土はグライ土及び多湿黒ボク土の約2.5倍の高い値を示した。これに次いで土壌群間較差が大きかったのは、亜鉛、ニッケル及び鉛で、銅濃度の土壌群間較差は最も少なかった。

次に第3図と第4図から畑地と水田について総合的に比較すると、水田土壌のカドミウムと亜鉛濃度は、畑地土壌よりも高い値を示した。とくに水田のカドミウム濃度は、畑地の1.5~2.0倍の高い値を示したのに対し、銅は畑地よりやや高い傾向が、またニッケルは水田と畑地との間にほとんど差が見られなかった。平均値に対する偏差は畑地よりも水田のほうが大きく、最も大きかったのは水田土壌のカドミウムとニッケルであり、鉛がそれに次いで大きな偏差を示した。

水田土壌の地域別のカドミウム濃度を、河川の上流域と下流域に分けて集計した結果を第4表に示した。地域間にかんがりの差が認められたが、藤沢市、平塚市、横浜市、小田原市等の河川の下流域に分布する土壌中のカドミウム濃度は、海老名市、秦野・伊勢原市、厚木市、足柄上郡等の上流域に比べて、かなり高い値を示し、かつ

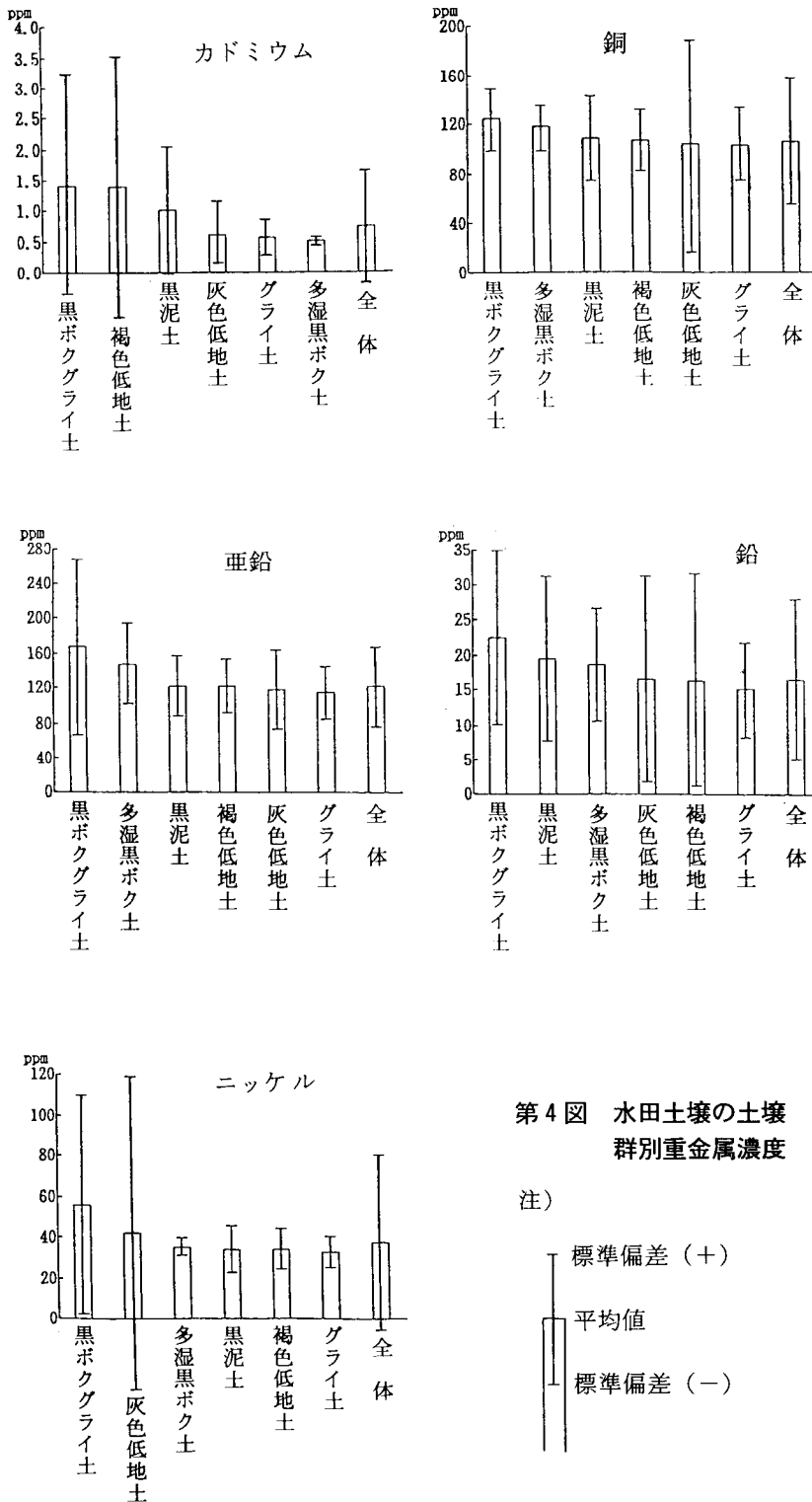
第4表 水田土壌の地域別カドミウム濃度
(ppm/乾土)

地 域	調査 地点数	平均	標準 偏差	変異 係数(%)
河川上流域				
足柄上郡	15	0.40	0.19	47.5
厚木市	20	0.49	0.14	28.6
秦野・伊勢原市	14	0.53	0.34	64.2
海老名市	10	0.62	0.38	61.3
河川下流域				
小田原市	17	0.73	0.51	69.9
横浜市	30	0.87	0.66	75.9
平塚市	23	1.13	1.90	168.1
藤沢市	12	1.31	1.92	146.6



第3図 畑地土壌の土壌群別重金属濃度

注) 標準偏差 (+)
 平均値
 標準偏差 (-)



第4図 水田土壌の土壌群別重金属濃度

注) 標準偏差 (+)
 平均値
 標準偏差 (-)

濃度の高い地域ほど、標準偏差が大きいことが特徴的であった。

カドミウム濃度が最も高かった藤沢市の場合、 $1.31 \pm 1.92\text{ppm}$ であったのに対し最も低濃度の足柄上郡では、 $0.40 \pm 0.19\text{ppm}$ とかなり低く、かつ標準偏差も小さかった。

考 察

土壌は地殻の岩石が水、風及び生物等の作用を受けて風化したものである。したがって土壌を構成する各種の成分は、母材となる岩石の成分に影響される。地殻の平均元素存在量を調査したものとしては、クラーク数が有名である。その中の重金属濃度に関する数値を見るとカドミウム 0.2ppm 、銅 55ppm 、亜鉛 70ppm 、ニッケル 75ppm 、鉛 13ppm 程度と推定されている⁴⁾。一方、日本の農耕地の平均重金属濃度は、銅 34.3ppm 、亜鉛 62.5ppm 、程度とされている¹⁾。また、水田のカドミウム濃度は 0.45ppm 程度とされている⁵⁾。本県の農耕地の重金属濃度は、ニッケルを除きクラーク数を上回っているが、その理由は土壌が母材由来の元素を集積することによると思われる。

土壌の生成過程から見た土壌への重金属の集積の様相は、まず母材の風化により放出された元素が、単体のイオンまたは錯イオンとして水流とともに移動し、それが吸着基となる粘土や腐植に出会うことにより、その土壌に蓄積されるものと考えられる⁶⁾。したがって、土壌の重金属濃度はイオンの吸着強度を支配する粘土鉱物の種類や、粒径及び腐植含量等と密接な関係がある。

本県には腐植含量が高く、かつ重金属類の吸着能が大きいアロフェン⁷⁾を多く含む火山灰土壌が広く分布する。また、その影響を受けた土壌が多いことが、本県の土壌の重金属濃度を高めている原因と考えられる。

樹園地土壌の亜鉛、銅及び鉛濃度が他の地目に比べて高い値を示した理由は、土壌本来の性質よりは、むしろ人為的な影響が大きく関与していると考えられる。すなわち、本県では果樹栽培の歴史が長く、過去に石灰ボルドー、硫酸亜鉛及び砒酸鉛等の重金属を含む農薬が長期にわたって使用された。このことが、樹園地とりわけミカン園土壌の亜鉛、銅及び鉛の濃度を高めた原因と考えられる。また鉛濃度の変異係数が高かったのは、砒酸鉛剤がワセウンシューミカンやカキなどの、限られた樹種に用いられていたためと考えられる。

水田土壌のカドミウム濃度が河川の上流域に比べて下

流域で高かった理由については、第4表の数値が同一水系における同一土壌群間での比較でないことに問題があるが、人為的な汚染による影響も含めて、今後さらに検討する必要がある。

環境庁は土壌の重金属濃度の許容限度を、人為的な汚染のみられない農地における自然賦存量の変動の範囲内とする、との考え方に基づき、亜鉛濃度の上限を 120ppm とする土壌管理基準を通告し、汚泥等の再生有機質資材を農地に施用する場合のガイドラインとした。銅濃度には管理基準は設定されていないが、同様な観点による調査では、全国の土壌の相対累積度数95%の値は 80ppm であると報告されている¹⁾。これら全国の土壌を対象とした数値に対し、本県の農耕地土壌の相対累積度数95%の値は亜鉛、銅ともに 220ppm 程度の高濃度であり、全国値を大幅に上回った。この結果本県の農耕地の30%以上が、すでに環境庁の管理基準を上回っていることが明らかになった。

土壌の重金属濃度の許容限度を、人為的な汚染のみられない農耕地における自然賦存量の変動の範囲内とするとの考え方は、理にかなってはいるが、その基礎となる自然賦存量に関する知見の蓄積は、まだ十分とは言えない。また、全国一律の基準値の設定には問題がないとは言えない。今後、全国的な調査研究成果の蓄積により、さらに慎重な検討が望まれるところである。

摘 要

神奈川県内に分布する農耕地土壌中の重金属類の自然賦存量を知るため、昭和46年から50年にかけて採取した562か所の表層土の重金属について、過塩素酸分解による全量分析を行った。得られた成果は次のとおりである。

1. 農耕地土壌の平均重金属濃度は、カドミウム $0.56 \pm 0.59\text{ppm}$ 、銅 $128.3 \pm 50.6\text{ppm}$ 、亜鉛 $119.3 \pm 51.7\text{ppm}$ 、鉛 $19.8 \pm 24.2\text{ppm}$ 、ニッケル $36.3 \pm 26.3\text{ppm}$ であり、いずれも全国の平均値を上回る値であった。
2. 土壌群別では、黒ボク土壌群の重金属濃度が高い値を示し、灰色低地上や褐色森林土で低い傾向が見られた。
3. 相対累積度数95%レベルでの、畑地と水田の銅濃度は 178ppm であったが、樹園地を含む数値は 214ppm であった。また亜鉛については、畑地、水田の 164ppm に対して樹園地を含む値は 216ppm と、いずれも高い値を示した。
4. ミカン園等の果樹園土壌の亜鉛、銅及び鉛濃度が高

かった理由は、これらの重金属を含有する農業散布の影響によるものと推察された。

5. 水系の下流域に分布する水田土壌のカドミウム濃度は、上流域よりも高い値を示した。また高濃度の地域ほど、変異係数が大きかった。

引用文献

- 1) 汚泥の農用地等還元問題研究会(1983). 汚泥の農用地等への還元問題について,
2) 前野道雄・和地 清・岩村紅美子・渋谷修造(1977).

神奈川県農総研報., 117:11~21.

- 3) 農林水産省農蚕園芸局農産課(1979). 土壌環境基礎調査における土壌, 水質及び作物体分析法,
4) 東京天文台(1986). 理科年表, 丸善(東京), p704
5) 農林水産技術会議事務局(1976). 農用地土壌の特定有害物質による汚染の解析に関する研究, p32
6) 飯村康二(1979). 土壌汚染の機構と解析(渋谷政夫編), 産業図書(東京), pp.161~195
7) 和田光史(1981). 土壌の吸着現象(日本土壌肥科学会編), 博友社(東京), pp.5~57

S U M M A R Y

To know natural contents of heavy metals in arable soils of Kanagawa Pref., 562 surface soils collected in 1971~75 were analyzed by the perchloric acid digestion method.

Average contents of Cd, Cu, Zn, pb and Ni in the arable soils were 0.56 ± 0.59 , 128.3 ± 50.6 , 119.3 ± 51.7 , 19.8 ± 24.2 ppm and 36.3 ± 26.3 ppm respectively, and those contents were higher than the average contents of Cd, Cu, Zn, and Ni in the arable soils in Japan. The Contents of the heavy metals were higher in Andosols rich in humus than in Brown Forest soils and Gray Lowland soils.

The amounts of Cu and Zn in the upland and paddy soils at 95% level of cumulative frequency distribution were 178 and 164 ppm, respectively. The amounts of Cu and Zn in the soils including orchard soils were 214 and 216 ppm, respectively, suggesting that the relatively higher contents of Cu, Zn and pb in the orchard soils were caused by the successive applications of agricultural chemicals containing Cu, Zn and pb. The Cd contents of the paddy soils in the lower reaches of rivers were higher than those of the paddy soils in the upper reaches of rivers. The paddy soils with high Cd contents showed the high standard deviation of Cd contents.