

三浦半島畑地土壌の微量元素濃度の時系列的変化と ICP質量分析法による分析値の原子吸光法との比較

岡 本 保

Periodic Changes in Microelements Contents in Farm Soils of Miura
Peninsular and the Analytical Data Obtained by ICP/MS in
Comparison with AAS Method

Tamotsu OKAMOTO

摘 要

三浦半島における長年にわたる特産作物の栽培と産地維持のための土壌管理が土壌の微量元素濃度に及ぼす影響を検討した。併せてその分析法について検討した。

1. 従来の硝酸・過塩素酸分解・原子吸光法に代わるマイクロウェーブ分解・ICP質量分析法は、分析の迅速化に有効で、かつ黒ボク土壌のニッケル、銅、亜鉛及びカドミウムの分析に関して、従来の過塩素酸分解・原子吸光法とほぼ同値のデータが得られた。
2. 半島内12地点のは場の、1996年における土壌の微量元素濃度を1973年と比べると、モリブデン及びチタンの平均値が増加し、銅の平均値も僅かに増加した。他の元素の両年代の平均値はほぼ同等であったが、個別の圃場で比較すると、ホウ素、亜鉛、カドミウム及び鉛の濃度が、増加したほ場と、逆に減少したほ場が見られた。
3. 堆肥により土壌に供給される微量元素量と作物により吸収され持ち出される微量元素量とを比較すると、ホウ素の堆肥による供給量は作物による吸収量に満たなかった。また堆肥の種類によってはモリブデン及び銅の供給量も作物吸収量に満たなかった。カドミウム及び鉛の堆肥からの供給量は、作物吸収量に比べ多かった。

キーワード：黒ボク土壌、微量元素、ICP質量分析

Summary

Periodic Changes in Microelements Contents in Farm Soils of Miura Peninsular
and the Analytical Data Obtained by ICP/MS in Comparison with AAS Method

Tamotsu Okamoto

Microelements contents (B, Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, and Pb) in farm soils of Miura peninsular as affected by continuous cropping of the specialties such as cabbage and radish and soil amendment to maintain the productivity of the soil were examined. Analytical methods for some microelements were also discussed.

1. The contents of Ni, Cu, Zn and Cd in andosol analyzed by microwave digestion + ICP/MS method were similar to the contents by perchloric acid digestion + atomic absorption spectro photometry method.

2. The quantity of boron brought by composts applied to the soil before cabbage and radish cropping was less than that taken up by the crops.

In contrast, Cd and Pb quantity brought by composts were more than plant uptake.

3. Microelements contents in soils of designated 12 farms sampled in 1996 were compared with those contents sampled in 1973.

The contents of Mo, Ti and Cd in soils of 12 farms sampled in 1996 were greater than those in 1973 in average.

The difference of B, Zn, Cd and Pb contents between 1996 and 1973 were dependent on the farms tested. Those contents were increased in some farms but decreased in other farms.

key words : Andosol, Microelement, ICP/MS

緒 言

三浦半島の横須賀市から三浦市にまたがる主に黒ボク土からなる約1,000haの畑地では、夏期にスイカ、メロン、またはカボチャ等のウリ科野菜を作付け、秋冬期は冬どりダイコンと春どりキャベツ、または早春どりキャベツと春どりキャベツの2作、通算で年間3作という高度な輪作を長年にわたって行っている。これら作物の栽培の歴史は古く、ダイコンに至っては100年以上の連作を行っている。ところが近年その品質や収量の低下が問題になっている。すなわち夏のウリ科野菜については、しおれ症の発生が著しく、ダイコンについては根部表面の異常症状がしばしば発生している。

夏のウリ科野菜については、経費の高騰と価格の低迷から、緑肥作物等に切り替える農家も増えている。ところが冬作のダイコン、キャベツは農家の経営上この地域では表作と考えられ、その生産振興は地域の重要課題である。とくにダイコンの品質向上対策は近年の最重要課題である。上述の障害の主因となるものは病原菌であるが、その引き金になるものの一つとして、土壌の微量元素の過不足も地域では疑われている。このような背景から、農家の微量元素に対する関心も高く、地元農協の施肥基準に採用されている肥料には、微量元素が配合されている銘柄も多い。さらに農家の土づくりに対する意欲も高いことから、堆肥等土づくりのための資材を経由し土壌へ供給される微量元素の量は、県内の他地域よりも多いものと思われる。一方で高度な輪作と密植を行う栽培形態で生産された作物によって、土壌から収奪される微量元素の量も、他の地域に比べるとかなり多いものと思われる。しかしそれらの実態は明らかではない。

本研究は上述のような産地の実態を踏まえ、実際の農

家は場の微量元素濃度の、長期にわたる特産作物の連作による変化について検討した。まず、同一ほ場から1973年及び1996年の2年代に採取した土壌の微量元素濃度を比較した。またこれらの変化の要因を考察するため、微量元素の重要な供給源であると考えられる堆肥中の微量元素濃度を、三浦半島内で流通している主要な堆肥について測定した。またこれらの値をダイコン及びキャベツにより吸収されて畑から持ち出される微量元素量と比較した。併せて、微量元素に関する土壌診断を事業化するための基礎として、従来の硝酸・過塩素酸分解原子吸光法に代わる迅速な分析法として、マイクロウェーブ分解・ICP質量分析法について、従来法とのデータの整合性についても検討した。

本研究を遂行するにあたり、土壌や堆肥のサンプル採取にご協力をいただいた三浦市農協、JAよこすか葉山、横須賀三浦地域農業改良普及センターの関係各位に感謝いたします。

材料及び方法

1. 分析方法の検討

三浦半島内の12地点から採取した畑地土壌（厚層多腐植質黒ボク土）について、次の2とおりの方法で微量元素濃度を測定し、得られたデータを比較した。

(1) 硝酸・過塩素酸分解原子吸光法

渋谷(1978)の方法に準じて次のとおり分析した。土壌5gを200mL容パイレックス製コニカルビーカーに計り取り、濃硝酸20mLを加え一昼夜放置した後、過塩素酸10mLを加え、ホットプレート上で徐々に加熱した。更に加熱し硝酸及び過塩素酸を乾固寸前まで蒸発させた後、コニカルビーカーの内容物を0.5N硝酸にて100mLに定容した。その上澄中の微量元素濃度を、ニッケル、銅、

亜鉛、鉛については直接、カドミウムについてはDDTC-MIBK抽出を行った後、原子吸光光度計（日立A1800）を用いて定量した。

(2) マイクロウェーブ分解・ICP質量分析法

岡本(1997)の方法により次のとおり分析した。土壌1gをマイクロウェーブ分解装置（CEM2000）用のテフロン製容器に計り取り、純水約5mLと濃硝酸15mLを加え密栓した後、同装置にて容器内の圧力を125psi(862kPa)に調整しながら約1時間加熱分解した。分解液は放冷後100mLに定容し、さらにその1mLを100mLに希釈し、ICP質量分析装置（横河HP4500）を用いてニッケル、銅、亜鉛、鉛、カドミウムを同時分析した。装置の感度変化による分析値の変動を補正するため、標準溶液並びにサンプル溶液には内標準元素として銀を1mg/L相当添加した。

2. 土壌の微量元素濃度の作付けに伴う変化

農用地の土壌汚染実態調査事業(前野ら、1977)のため、1973年に採取した神奈川農総研保存試料及び、これと同一ほ場で客土、天地返し等の土層の人工改変が行われていないことが確認された12地点から、1996年に再び採取した試料、並びにその近隣の土層の人工改変がすでに行われた11地点のほ場から、同じく1996年に採取した試料について、1-(2)と同様の方法で微量元素濃度を測定した。土層の改変が行われていない幾つかのほ場については、微量元素の層位別分布状況も調査した。

3. 堆肥中の微量元素含有量

半島内で流通している代表的な堆肥7点（堆肥A～堆肥G）について、2次発酵終了直後の水分約60%程度のものをサンプリングし、60℃で通風乾燥後、ステンレス製粉碎機で微粉碎した。その0.5gを硝酸液（濃硝酸：水＝7：3に希釈）15mLを用いてマイクロウェーブ分解装置で分解し、ICP質量分析装置で定量した。調査した堆肥の種類は次のとおりである。

堆肥A～E：おがくず混合牛ふん堆肥

堆肥F：豚ふん堆肥

堆肥G：ウーロン茶かす混合牛ふん堆肥

4. ダイコン及びキャベツの微量元素吸収量

三浦試験場内の厚層多腐植質黒ボク土の畑にて、当地の慣行に従って冬どりダイコン及び春どりキャベツを栽培し、ダイコンの根部及び茎葉部、並びにキャベツの結球部及び外葉部の微量元素濃度に、10a当りの乾物生産

量に乗じて、10a当りの作物による微量元素吸収量を求めた。栽培概要は次のとおりである。

(ア) ダイコン

品種：青さかり

施肥量：窒素、りん酸、カリ、各12、18、12kg/10a

耕種概要：9月19日は種、10月13日間引き、12月26日収穫

株間24cm、うね幅50cm、8,333株/10a

(イ) キャベツ

品種：金系201

施肥量：窒素、りん酸、カリ、各19、13、17kg/10a

耕種概要：10月1日は種、11月19日定植、4月8日収穫

株間36cm、うね幅54cm、5,144株/10a

(ウ) 微量元素定量法

部位別に採取した作物を60℃で通風乾燥後、粉碎した。その0.5gを硝酸液（濃硝酸：水＝7：3に希釈）15mLを用いてマイクロウェーブ分解装置で分解し、ICP質量分析装置で定量した。

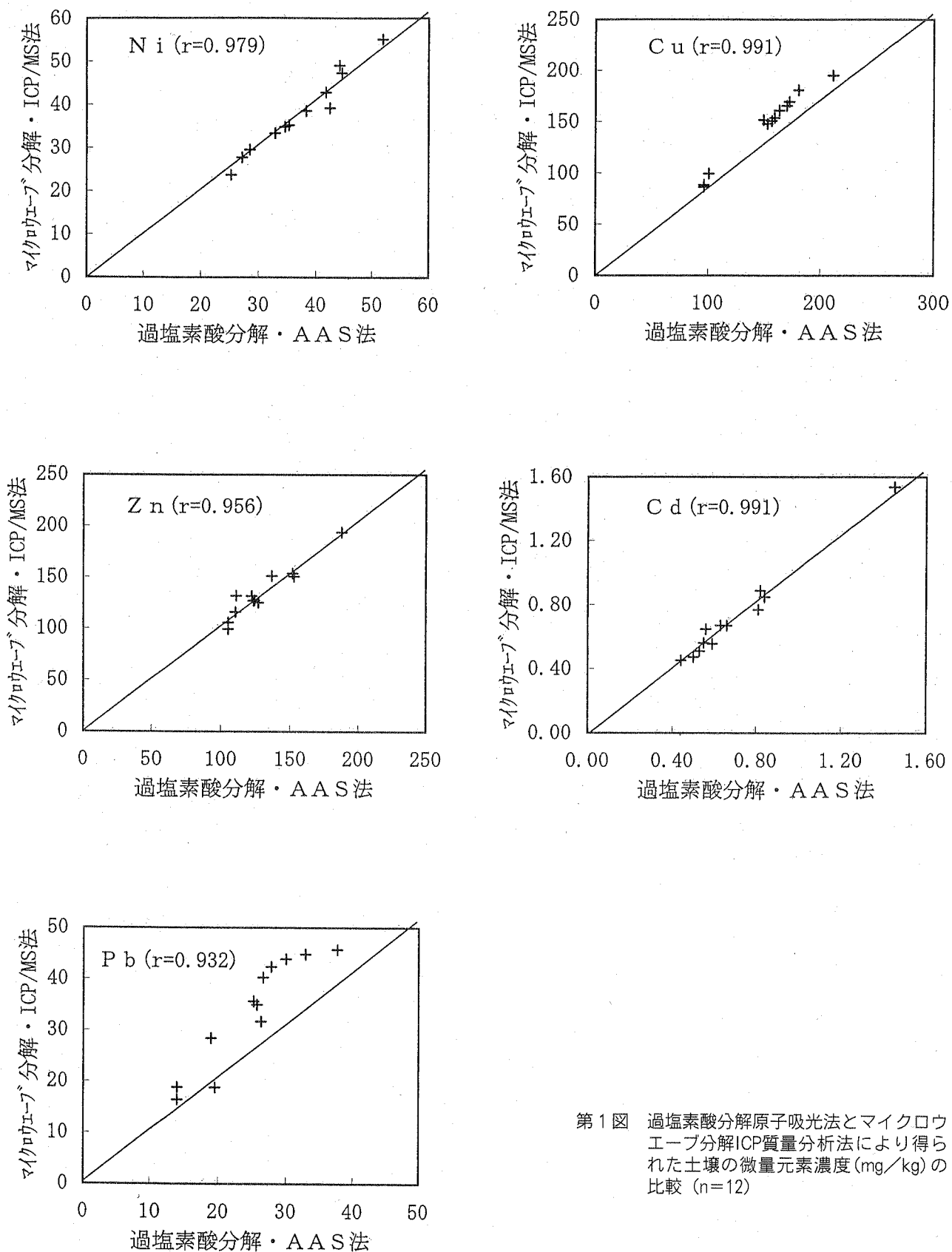
結果及び考察

1. 分析方法の検討

第1図に硝酸・過塩素酸分解・原子吸光法（過塩素酸分解・AAS法）と、マイクロウェーブ分解・ICP質量分析法（ICP/MS法）で得られた土壌の微量元素濃度を示した。これによると鉛以外の4元素で両者によるデータはほぼ $Y=X$ の直線上に乗っており、マイクロウェーブ分解・ICP質量分析法によって、三浦半島の黒ボク土壌のニッケル(Ni)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)及びカドミウム(Cd)の分析において、従来の過塩素酸分解・AAS法とほぼ同値のデータを得ることができた。

環境庁は土壌の亜鉛濃度の上限を120mg/kgとする土壌管理基準を通達しているが、その通達の中では土壌の亜鉛の分析法を強酸（＝過塩素酸）分解・原子吸光法で行うと定めている。しかし同法によると、試料の分解だけで24時間以上を要する。これに対してマイクロウェーブ分解法は2時間程度で試料の分解が完了する。また原子吸光光度計に代わってICP質量分析装置を用いることによって、DDTC-MIBK抽出等の煩雑な前処理を行うことなく、また原子吸光法では分析が困難なモリブデン、ホウ素等の元素を含めた、多元素同時定量が可能なることから、マイクロウェーブ分解・ICP質量分析法は、分析の迅速化にも有効な手法といえる。

なお、供試したほとんどの土壌で、鉛の分析値がマイクロウェーブ分解・ICP質量分析法で高い値を示した。



第1図 過塩素酸分解原子吸光法とマイクロウェーブ分解ICP質量分析法により得られた土壌の微量元素濃度(mg/kg)の比較 (n=12)

これは黒ボク土壤中の鉛の主要な存在形態である非晶質の2次鉱物中に吸蔵された鉛が、常圧で行う過塩素酸分解では分解されないが、高圧で分解を行うマイクロウェーブ法により分解溶出されたためと考えられる。

以上の様にマイクロウェーブ分解・ICP質量分析法は、分析の迅速化に有効で、かつ黒ボク土壤のニッケル、銅、亜鉛及びカドミウムの分析に関して、従来法とのデータの整合性もあることから、当地域の新たな微量元素のモニタリング手法として今後有効であろう。

2. 作付けに伴う土壤の微量元素濃度の変化

第1表に同一圃場における微量元素濃度の、土壤の採取年代別の値を示した。調査した12圃場の平均値で1973

年と1996年の値を比べると、モリブデン、チタンの濃度が増加し、銅の濃度も僅かに増加した。他の元素の各年代の平均値はほぼ同等であったが、個別の圃場で比較すると、とくにホウ素及び亜鉛の濃度に、圃場により増加したところと、逆に減少したところが見られた。また有害元素のカドミウム及び鉛についても、圃場により増加したところと、逆に減少したところが見られ、これらの元素濃度に特産作物の作付けによる何らかの影響が加えられている可能性が示唆された。

第2表で天地返しや盛土、客土等の土層の改変を行わず、長年野菜栽培を続けている畑における、層位別微量元素濃度を見ると、調査した3地点とも表層土壤の亜鉛、モリブデン、カドミウム、鉛及びチタンの濃度が、

第1表 同一圃場における1973年(左)と1996年(右)の微量元素濃度の変化(単位mg/kg 鉄は%)

圃場No	ほう素(B)		マンガン(Mn)		鉄(Fe)%		銅(Cu)		亜鉛(Zn)		モリブデン(Mo)	
	1973	1996	1973	1996	1973	1996	1973	1996	1973	1996	1973	1996
1	10.8	9.0	814	1027	4.95	5.49	86.6	102.6	99.2	115.2	0.141	0.454
2	30.6	17.8	1670	1459	9.64	8.28	195.0	171.8	193.9	130.8	0.221	0.306
3	15.7	12.1	1391	1227	8.02	6.17	150.8	134.1	105.7	112.0	0.144	0.289
4	12.5	12.6	1062	916	6.54	5.88	88.7	86.8	131.8	100.5	0.258	0.216
5	9.7	17.0	1115	1456	4.34	7.99	99.5	170.9	116.2	122.6	0.487	0.233
6	20.8	12.5	1488	1350	7.99	7.04	153.6	177.2	150.7	156.9	0.166	1.456
7	12.4	14.1	1312	1508	6.57	8.08	160.9	201.6	151.2	149.0	0.171	0.266
8	14.7	14.3	1461	1375	7.98	7.83	165.5	159.7	131.6	122.3	0.141	0.157
9	11.3	17.7	1449	1534	7.15	7.92	151.7	173.6	127.2	128.9	0.186	0.211
10	13.3	18.1	1449	1648	6.83	8.69	148.0	168.0	125.2	125.6	0.194	0.171
11	25.9	14.6	1608	1627	8.60	8.10	169.5	181.9	153.7	158.4	0.161	0.214
12	11.6	21.6	1240	1484	5.69	7.44	180.7	224.4	127.6	183.8	0.160	0.264
平均	15.8	15.1	1338	1384	7.02	7.41	145.9	162.7	134.5	133.8	0.203	0.353

第1表(つづき)

圃場No	カドミウム(Cd)		鉛(Pb)		チタン(Ti)		ニッケル(Ni)		コバルト(Co)	
	1973	1996	1973	1996	1973	1996	1973	1996	1973	1996
1	0.560	0.738	18.8	24.1	1367	2184	29.6	31.9	22.8	24.4
2	0.888	1.386	31.7	25.2	589	2308	55.1	48.1	44.1	36.9
3	0.451	0.895	18.8	33.2	660	1841	38.5	40.1	37.4	29.8
4	0.473	0.477	16.4	13.7	599	1858	27.7	24.5	26.6	22.9
5	1.537	0.629	35.0	17.0	2068	1946	23.7	41.9	19.8	37.6
6	0.769	0.946	45.7	60.9	642	4869	39.1	39.8	33.9	29.5
7	0.554	0.550	44.8	30.0	718	1215	42.7	47.0	31.0	35.8
8	0.509	0.511	35.6	28.7	956	995	47.2	41.7	38.0	34.5
9	0.670	0.635	43.9	29.3	932	985	35.2	44.2	31.5	35.6
10	0.848	0.570	28.4	18.7	626	445	34.8	41.9	30.0	37.9
11	0.646	0.622	40.3	24.4	644	525	49.0	44.6	40.8	37.7
12	0.668	0.859	42.4	41.1	936	860	33.4	50.1	26.7	36.2
平均	0.714	0.735	33.5	28.9	895	1669	38.0	41.3	31.9	33.2

第2表 土壌の層位別微量元素濃度 (mg/kg 鉄のみ%) 地点A・三浦市南部 (厚層多腐植質黒ボク土)

層位	深さcm	B	Mn	Fe%	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	Ti	Co	Ni
第1層	0-10	29.5	1130	6.46	115.8	97.7	1.232	0.480	11.7	4272	27.5	31.7
第2層	10-20	32.4	1133	6.48	114.7	98.8	0.688	0.533	12.1	3673	26.3	29.8
第3層	20-40	25.1	918	5.57	77.2	68.7	0.127	0.288	5.7	2091	23.4	20.5
第4層	40-50	25.0	1079	6.49	100.2	95.5	0.137	0.420	10.9	1528	25.8	27.3
第5層	50-60	13.4	984	5.96	86.1	68.7	0.118	0.252	5.7	1878	24.3	22.2

(第2表 続き) 地点B・三浦市北部 (厚層多腐植質黒ボク土)

層位	深さcm	B	Mn	Fe%	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	Ti	Co	Ni
第1層	0-15	21.6	1484	7.44	224.4	183.8	0.264	0.859	41.1	860	36.2	50.1
第2層	15-30	19.0	1484	7.80	218.2	161.1	0.192	0.867	39.3	731	37.3	49.8
第3層	30-45	23.1	1996	12.31	224.4	128.9	0.165	0.265	17.8	252	54.5	61.4
第4層	45-60	25.7	2110	12.94	236.7	135.9	0.173	0.280	16.8	322	55.7	60.8

(第2表 続き) 地点C・横須賀市 (厚層多腐植質黒ボク土)

層位	深さcm	B	Mn	Fe%	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	Ti	Co	Ni
第1層	0-15	17.8	1459	8.28	171.8	130.8	0.306	1.386	25.2	2308	36.9	48.1
第2層	15-30	22.4	1567	8.61	180.7	121.8	0.180	0.603	21.4	1503	39.6	48.2
第3層	30-45	23.7	1365	7.92	170.1	111.6	0.149	0.513	22.1	1459	38.0	47.6
第4層	45-60	29.9	1446	8.63	174.6	108.1	0.151	0.414	17.7	1176	39.5	47.7

第3表 土層の人工改変による微量元素濃度の変化 (mg/kg 鉄は%)

土壌 (採取年)	B	Mn	Fe%	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	Ti	Co	Ni
未改変土壌(1973年)	15.8	1338	7.02	146	134	0.20	0.71	33.5	895	31.9	38.0
未改変土壌(1996年)	15.1	1384	7.41	163	134	0.35	0.73	28.9	1669	33.2	41.3
改変土壌 (1996年)	21.5	1627	9.47	181	129	0.19	0.40	16.3	636	42.0	44.4

未改変土壌は第3表の12ほ場の平均値

改変土壌は上記ほ場周辺の客土または天地返を行った11圃場の平均値(1996年採取)

それ以下の層位における濃度よりも高かった。ホウ素は地点Aでは表層土の値が下層よりもやや高い傾向にあるが、地点B及びCでは逆に表層の値が下層よりも低かった。微量元素は土壌中での移動性が低いので、人為の影響が土壌の断面形態に現れる。すなわち堆肥等の資材を経由して土壌に投入された微量元素の量が作物による吸収量を上回ってれば、外部から投入された元素は作土層に集積しやすく下層に移行し難いため、下層ほどその濃度は低く、逆に作物吸収量が多ければ表層の微量元素濃度が下層よりも低くなるのが一般的である。断面調査の結果から、耕作の影響はホウ素、亜鉛、モリブデン、カドミウム、鉛及びチタン濃度に現れていると言え、こ

れらの結果は前述の年代別の調査結果とも符合している。

第3表に土層の人工改変が微量元素濃度に及ぼす影響を示した。土層の改変を行った地点では、ホウ素、マンガン、鉄、銅及びコバルトの濃度が、未改変の多腐植質黒ボク土(1973,1996年採取)に比べて高く、カドミウム、鉛及びチタンの濃度が低かった。三浦半島地域では天地返しや埋め立てによる土壌の改変が、1980年頃から盛んに行われるようになった。この場合、腐植を含有しない下層土を表土として利用する。このような土層の改変によってもホウ素、マンガン、鉄、銅及びコバルト等の微量元素濃度に影響が現れることが示された。

3. 堆肥中の微量元素含有量

第4表に半島内で流通している主要な堆肥の現物1t中の微量元素含有量を示した。第4表のA~Gの堆肥は農協または農家のグループが、主に秦野や山北方面から搬入してくるもので、畜産業のほとんどない三浦半島地区では、使用する堆肥の約7割をこれらで占める。これら堆肥の微量元素濃度を全国平均（日本土壤肥料学会、1988）や最近の他県での事例（磯部、関本、1999）と比較すると、豚ふん堆肥Fの銅濃度が約1/10程度の低濃度であった他は、概ね標準的な濃度であった。

4. ダイコン及びキャベツの微量元素吸収量

第5表に三浦試験場内の黒ボク土で、現地の慣行に従って栽培したダイコン及びキャベツによる、10aあたりの微量元素吸収量を示した。ただし第5表で、春キャベツの外葉は畑にすき込む場合があるので、その場合は外葉による吸収量は除外する必要がある。

土壤中で溶脱しにくい微量元素は、作物により吸収され系外に持ち出されることが、作土の濃度を低下させる最も重要な要因である。一方、土壤への微量元素の主要な供給源は堆肥であると考えられてきた。三浦地域では秋冬作のダイコンとキャベツの作付け前に、1~2tの

第4表 三浦半島で使用している主な堆肥(A~G)の微量元素含有量（現物1tあたりg）

元素	堆肥略号*							平均
	A	B	C	D	E	F	G	
B	16.9	6.7	10.7	7.1	11.2	8.8	2.1	9.1
Mn	152	105	146	117	129	167	145	137
Fe	3546	555	5902	2876	886	1763	148	2430
Co	2.73	1.49	3.37	1.86	1.90	1.44	1.31	2.01
Ni	5.13	2.28	7.48	3.85	2.66	4.45	5.65	4.50
Cu	69.5	11.8	39.6	14.4	9.9	15.6	15.0	25.1
Zn	199	64	188	57	65	145	52	110
Mo	1.67	0.74	1.00	0.69	0.79	1.16	0.44	0.93
Cd	0.222	0.084	0.204	0.217	0.205	0.076	0.072	0.154
Pb	21.4	1.8	7.5	8.4	4.1	6.3	3.6	7.6
Ti	44.3	17.6	386.4	154.8	50.0	69.8	64.5	112.5

* A~E：おがくず混合牛糞堆肥 F：豚糞堆肥 G：ウーロン茶かす混合牛ふん堆肥

第5表 三浦半島の冬どりダイコン及び春どりキャベツの10aあたり収量及び微量元素吸収量

	冬ダイコン			春キャベツ			微量元素吸収量合計
	根部	茎葉部	小計	結球部	外葉部	小計	
収量(kg/10a)							
新鮮重	10590	3390	13980	6740	4620	11360	
乾物重	495	254	749	377	405	782	
吸収量(g/10a)							
ホウ素 (B)	18.3	13.8	32.1	16.4	20.5	36.9	68.9
マンガン (Mn)	2.6	10.7	13.3	8.1	11.5	19.6	32.9
鉄 (Fe)	21.8	79.0	100.8	35.1	65.4	100.5	201
コバルト (Co)	0.032	0.104	0.136	0.055	0.073	0.129	0.265
ニッケル (Ni)	0.192	0.583	0.776	0.909	0.977	1.89	2.66
銅 (Cu)	3.96	2.72	6.68	3.42	3.46	6.88	13.6
亜鉛 (Zn)	9.23	5.52	14.8	11.4	9.86	21.3	36.0
モリブデン(Mo)	0.118	0.279	0.397	0.123	0.212	0.335	0.732
カドミウム(Cd)	0.034	—	0.034	0.004	—	0.004	0.038
鉛 (Pb)	0.490	0.837	1.326	0.810	0.754	1.564	2.89

冬ダイコン：9月19日播種 12月26日収穫 青さかり 畝幅50cm×株間24cm 8333株/10a
 春キャベツ：10月1日播種 11月19日定植 金系201 畝幅54cm×株間36cm 5144株/10a

堆肥を施用するのが一般的である。そこでダイコン、キャベツの作付け前に堆肥を10a当たり1t施用すると仮定し、第4表の堆肥現物1t中の微量要素含有量と、第5表の10aあたりの作物吸収量を比較すると、ホウ素の作物による吸収量は第4表の堆肥中の含有量よりも少なかった。その他の元素については、堆肥中の平均含有量で見ると、作物吸収量に比べて堆肥中の含有量は多かった。ただし、堆肥の種類によっては銅、モリブデン等が作物吸収量を下回る可能性もある。これに対してマンガン、鉄及びコバルトの堆肥からの持ち込み量は、作物吸収量に比べるとかなり多い。しかしこれらの量は土壌中の自然賦存に比べれば僅かであり、10年や20年程度の期間では、土壌のマンガン、鉄及びコバルト濃度を上昇させる要因とはなり得ないと思われる。有害元素ではカドミウムの堆肥からの持ち込み量が作物吸収量に比べると多く、鉛も堆肥の種類によっては、かなり多く持ち込まれるものと思われる。

以上から土壌の微量要素濃度の時系列的変化の要因を考察すると、ホウ素は堆肥からの供給量が作物吸収に比べて明らかに少ないので、ホウ素濃度が上昇したほ場では、堆肥以外からのホウ素の供給量が多いものと判断される。一方で作物吸収量に見合うだけの供給量がないために、ホウ素濃度が低下したほ場も存在した。モリブデンについても堆肥による供給量は作物吸収量とほぼ同等であるので、この地域では堆肥以外の資材からの供給量が多いものと推察された。主にこれらの元素は、地元で一般的に使用されている、ホウ素入りの化学肥料（例：ハイマグB重焼燐）やモリブデン入りの微量要素資材（例：FTE）により供給されていると思われる。亜鉛の地点による増減も使用した資材によると思われる。1996年のチタンの濃度の平均値は明らかに増加していたが、チタンは堆肥中の濃度が土壌のバックグラウンド濃度に比べるとわずかであり、また化学肥料に由来する可能性もないので、その増加原因が不明であり、今後検討を要する。

上記の結果を総合すると三浦特産野菜の長年にわたる作付けは、ホウ素、銅、亜鉛、モリブデン等の微量要素濃度に影響を及ぼしていると思われた。カドミウムや鉛等の有害元素の動向にも注目する必要がある。チタンの濃度が高まっている原因は不明であり、これは今後解明する必要がある。

同一の堆肥を使い続けると、微量要素濃度に偏りが生じる可能性があることをふまえ、今後は堆肥の微量要素含有量をチェックし、不足する要素のみを合理的に補う

ための体制作りが必要である。そのためには堆肥の微量要素濃度のチェック体制の確立と、不足する要素のみを合理的に補うための、補助的資材の有効活用法の検討が必要である。また微量要素の可給性をより正確にかつ簡便に評価し得る可給性微量要素の土壌診断法を早急に開発し、圃場ごとの土壌診断を行う必要もある。さらに潜在的な欠乏や過剰の実体を把握するためには、今後10年に1回程度の周期で土壌の総微量要素濃度の変動を定期的モニタリングすることも必要であろう。

引用文献

- 磯部等・関本均. 1999. 栃木県における豚用飼料、豚ぶんおよび豚ぶん堆肥の重金属含量の実態. 日本土壤肥料学雑誌. 70: 39-44.
- 前野道雄・和知清・岩村紅美子・渋谷修造. 1977. 農耕地における土壌、農作物の重金属含量. 神奈川県農業総合研究所研究報告. 117: 11-21.
- 日本土壤肥料学会. 1988. 再利用資源土壌還元影響調査に係る総合解析調査—資材調査結果の解析—. p.1-60. 日本土壤肥料学会. 東京
- 岡本保. 1997. 三浦半島畑地土壌の微量要素濃度. 神奈川県農業総合研究所三浦試験場試験研究成績書. 2: 85-86.
- 渋谷政夫. 1978. 重金属測定法. p.349. 博友社. 東京