

農耕地土壌の特性変動

農業環境技術研究所 化学環境部 土壌分類研究室

室 長 中 井 信

1. はじめに

日本の農耕地土壌の特性は、地力保全基本調査(1959～1976年に実施)により明らかにされ、土壌図としてまとめられている。その後の土壌の時間的経過に伴う変化を総合的に把握し、適切な土壌管理対策、土地利用方式等を明らかにすることを目的として、土壌環境基礎調査が行われた。この全国調査は、基準点調査と定点調査からなり、各都道府県が事業実施主体となり、1979年度から1997年度末まで実施された。定点調査は、農耕地の土壌特性の変化およびその要因を把握し、必要な対策を確立するため、全国の主要な土壌を代表する約2万地点の農地を対象として行われた。1979年～1983年を第1巡、1984～1988年を第2巡、1989年～1993年を第3巡、1994年～1997年を第4巡とし、各期間で1回(計4回)の調査が行われた。調査は、各地点の詳細な土壌物理性、化学性などの土壌実態調査(定点調査)と土壌管理を農家にアンケートする土壌管理実態調査(アンケート調査)の2つによって行われた。この調査は、1999年からは規模を縮小して継続している。

定点調査は、長期間にわたり継続的に調査を行

うため、その間に農耕地が維持されていることが最低条件になる。そのため、農業生産活動に熱心な農家に偏りがちな側面はある。しかし、このような大規模で長期間の調査は他にはなく、我が国の農耕地土壌の特性について、実態と変化を知ることのできる貴重な調査結果である。

定点調査結果には、入力ミスなどによると思われる異常値も多く含まれていた。現在のパソコンで利用できる形にデータを変換する過程で、都道府県の協力を得て、数次に及ぶデータのチェックと修正作業を行った。現在も修正を進めているが、現時点までの修正データに基づいて、土壌の化学的性質と物理的性質について解析した。

1. 定点調査地点の分布

定点調査の地点数は表1に示した。調査地点数はほぼ我が国の農耕地土壌の分布を反映するように設定されており、土壌群別と地目別の地点割合は、地力保全基本調査による面積割合にほぼ一致している。この表における土壌群番号は、以下の図表で用いる土壌群番号と同じである。

以下の解析では、第1層(必ずしも作土層ではないが、概ね作土層としてよい)のデータを用い

本 号 の 内 容

§ 農耕地土壌の特性変動 1

農業環境技術研究所
化学環境部 土壌分類研究室

室 長 中 井 信

§ 長年の田畑輪換や畑転換による 地力窒素の消耗 9

東北農業研究センター
水田土壌管理研究室

室 長 加 藤 直 人

表1. 土壌群別と地目別の調査地点数

土壌群	地 目						地点合計	地点割合 %	面積割合 %
	水田	普通畑	樹園地	牧草地	施設	その他			
01 岩屑土	0	11	35	0	0	0	46	0.2	0.3
02 砂丘未熟土	0	154	20	1	13	0	188	1.0	0.5
03 黒ボク土	72	2,879	708	354	42	8	4,063	21.0	18.6
04 多湿黒ボク土	940	85	1	30	15	0	1,071	5.5	6.8
05 黒ボクグライ土	160	2	5	0	0	0	167	0.9	1.0
06 褐色森林土	29	773	922	106	8	6	1,844	9.5	8.6
07 灰色台地土	299	84	42	50	6	0	481	2.5	3.1
08 グライ台地土	163	7	0	5	0	0	175	0.9	0.9
09 赤色土	0	128	167	0	8	1	304	1.6	0.9
10 黄色土	571	431	637	20	15	0	1,674	8.6	6.4
11 暗赤色土	13	122	38	14	4	0	191	1.0	0.7
12 褐色低地土	527	550	278	79	53	7	1,494	7.7	8.0
13 灰色低地土	3,955	182	74	17	50	1	4,279	22.1	22.3
14 グライ土	2,883	18	1	6	2	12	2,922	15.1	17.7
15 黒泥土	240	8	0	0	0	3	251	1.3	1.5
16 泥炭土	193	20	6	21	0	3	243	1.3	2.8
地点合計	10,045	5,454	2,934	703	216	41	19,393		
地点割合 %	51.8	28.1	15.1	3.6	1.1	0.2			
面積割合 %	56.3	22.5	10.8	10.4	0.4				

注1：土壌群別面積割合は地力保全基本調査による

注2：地目別耕地面積は昭和54年の耕地および作付け面積統計による

た。また、調査では野菜畑と茶園の地目はないが、畑地のうち4巡とも野菜が栽培されている地点を野菜畑、樹園地のうち茶が栽培されている地点を茶園として分離した。データの分布と変動を概括的に示すため、図1に示すような箱ひげ図を用いた。

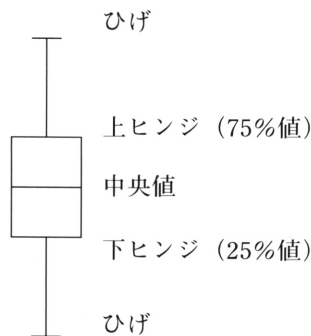
2. 土壌の反応

pHの全国平均は低下傾向であったが、変動の幅は小さい(図2)。水田と牧草地はpH値の幅が

比較的狭く、樹園地では最も広がっていた。樹園地と施設ではpHの低下傾向が認められた。茶園のpHは初期から低く、その後も低下傾向が続いている。これは、土壌管理の影響であり、pH3以下の地点もかなり存在する。このような低いpHは、粘土鉱物の崩壊を引き起こす値であり、茶栽培にとって適当であるかどうか検証を必要とする。

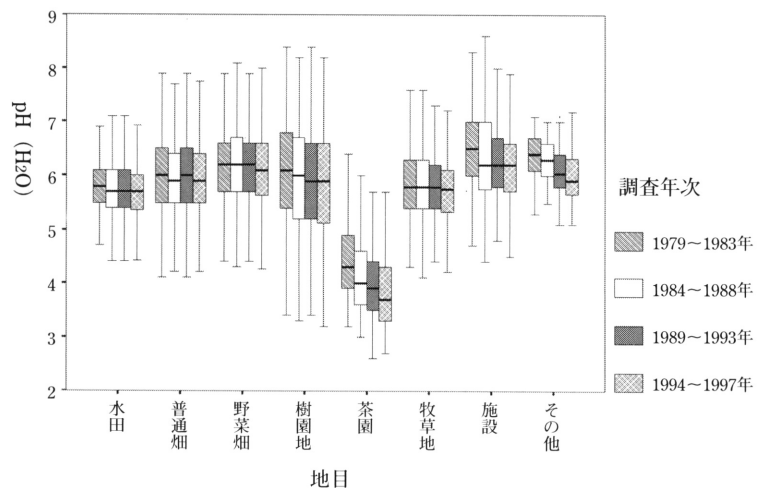
地力増進基本指針(平成9年5月29日 農林水産省公表)に基づく、pHの基本的な改善目標値に比

図1. 箱ひげ図



ひげは箱の上端または下端から、箱の長さの1.5倍内の最も外れた値まで引かれる。

図2. 地目別pH (H₂O) の変動



してみると、水田(目標値6.0~6.5)では、7割程度が、普通畑(目標値6.0~6.5)では半数程度が目標値を下回っていた。そのため、作付前に土壌診断を行い、必要に応じて土壌改良資材を投入する等のpH矯正が必要である。

3. 全炭素の変動

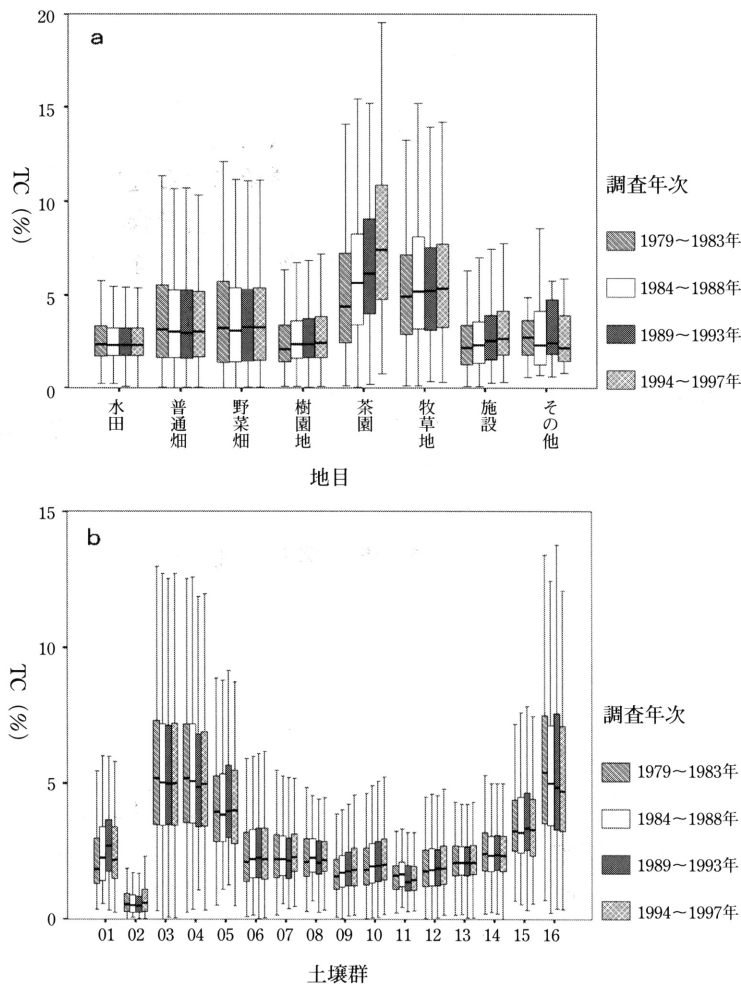
図3に地目別と土壌群別の全炭素含量の変動を示した。全炭素含量が高いのは、茶園と牧草地、次いで普通畑と野菜畑であり、これらの地目では炭素含量の高い黒ボク土グループが多いことを反映していた。

樹園地、とくに茶園、牧草地、および施設の土壌では、全炭素含量が増加していた。茶園の全炭素含量の増加は際立っており、有機物投入量の多さとpHの低下が相乗的に作用しているものと考えられる。施設の全炭素含量増加も、有機物投入量が多いことが影響していると思われる。一方、

樹園地や牧草地では、耕起回数が少なく土壌炭素の分解が抑えられることが増加の原因と考えられる。普通畑や野菜畑では、高い含量の土壌が減少する傾向が認められた。これは、元々炭素含量の高い黒ボク土における炭素の消耗があると考えられる。水田では、ほとんど変化していなかった。

土壌の種類と全炭素含量の関係は、図3bに示した。全炭素含量は、黒ボク土グループと有機質土壌グループで高く、砂丘未熟土、赤黄色土グループ、低地土グループで低かった。これは一般的な土壌の性質であるが、有機質土壌グループの全炭素含量が黒ボク土グループより低いのは、これらの土壌は客土して農耕地として利用することが多く、しかもこのグラフが第1層の測定値であるためである。黒ボク土、多湿黒ボク土、泥炭土のように元々炭素含量の高い土壌では、全炭素含量は減少傾向であった。黒ボクグライ土では2巡目

図3. 全炭素含量の変動



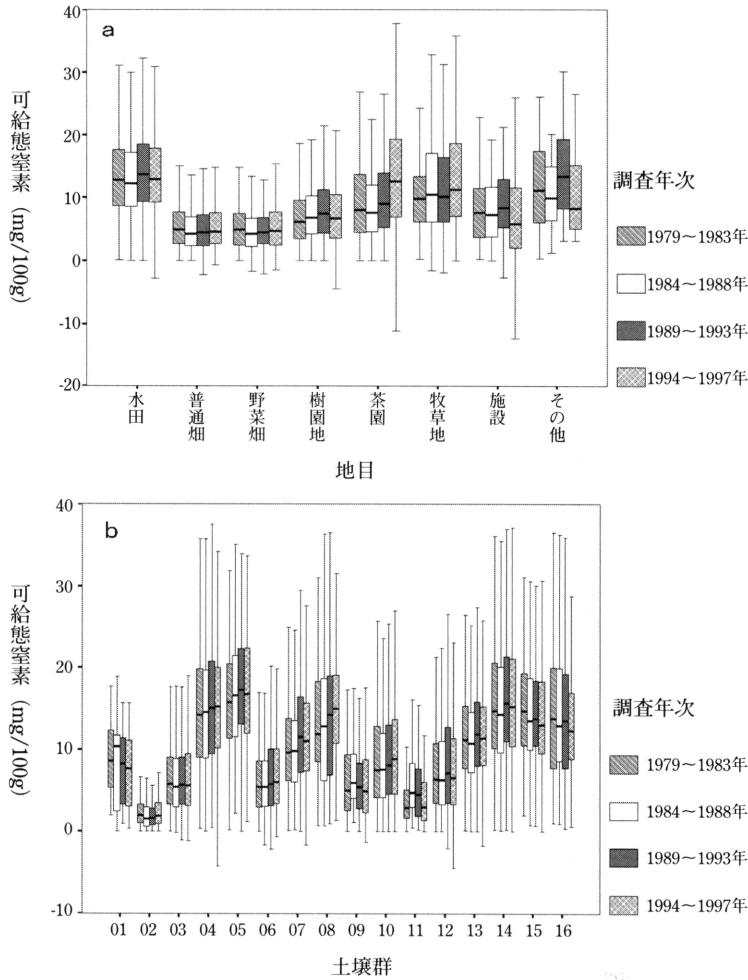
以降増加傾向であったが、これは水田として利用されていることが多く、そのため有機物の分解が少ないことに起因すると考えられる。同じく水田としての利用が多い灰色低地土やグライ土では、炭素含量はほとんど変化がなかった。元々土壌炭素含量の低い土壌で畑地や樹園地としての利用が多い褐色森林土、赤色土、黄色土や褐色低地土などでは、炭素含量は増加していた。このような炭素含量の変動は、土地利用と土壌特性の差を反映している。

4. 全窒素と可給態窒素の変動

全窒素含量は、茶園、牧草地、普通畑および野菜畑で高く、変動の傾向もほぼ全炭素含量の変動と平行していた。

可給態窒素含量は、水田や牧草地で高く普通畑や野菜畑では低くなっていた(図4a)。水田と普通畑では、大きな変動は見られなかったが、樹園地、とくに茶園、と牧草地では増加傾向であった。施設では4巡目で明瞭な低下があった。

図4. 可給態窒素含量の変動



地力増進基本指針に基づく、可給態窒素の基本的な改善目標値からすると、水田（目標値8~20 mg/100g）では、ほぼ目標値内にあるが、普通畑

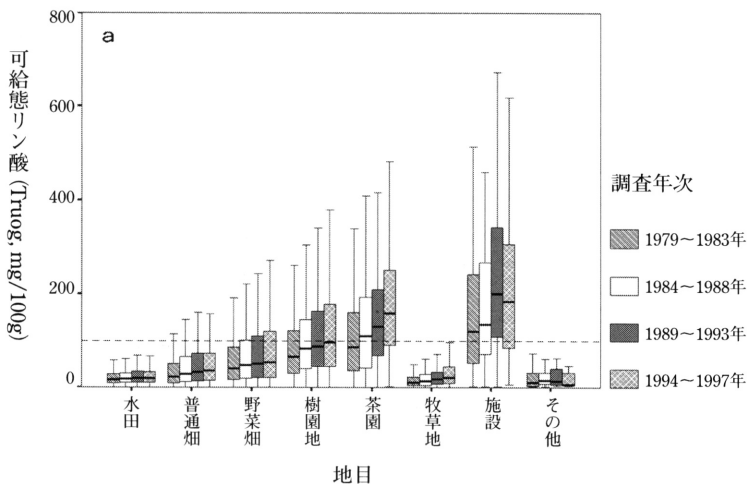
（目標値5 mg/100g）では半数程度が目標値を満たしていない。

土壌群別には、多湿黒ボク土、黒ボクグライ土、黒泥土、泥炭土など有機物含量の高い土壌で可給態窒素が高くなっていた（図4b）。しかし、有機物含量の高い黒ボク土では、可給態窒素含量はそれほど高くない。この土壌が畑地として利用されることが多いためと考えられる。一方、有機物含量がそれほど高くないグライ台地土やグライ土、灰色台地土、灰色低地土などで可給態窒素含量が高いのは、水田としての土地利用が多いためであろう。このことは、土地利用、すなわち土地の乾湿が可給態窒素含量に影響を与えていることを示している。

5. 可給態リン酸の変動

可給態リン酸量（Truog法）の変動を図5に示した。水田と牧草地で少なく、普通畑、野菜畑、樹園地、茶園、施設の順に高くなっていた（図5a）。また、土壌の種類による違いでは、岩屑土、砂丘未熟土、褐色森林土、赤色土、黄色土、褐色低地土などで高くなっていた（図5b）。これらの土壌は、樹園地や施設としての利用が多いことが可給態リン酸含量が高くなる一因と考えられる。

図5 a. 可給態リン酸含量の変動



地力増進基本指針に基づく、基本的な改善目標値からすると、樹園地（10-30mg/100g）、施設では過剰蓄積が進んでいた。図5aの破線は100mg/100gであるが、これを越える土壌が次第に増加している。

リン酸は土壌コロイド物質に吸着・固定されやすく、作物による吸収と侵食以外は土壌から系外に出て行くことはほとんどなく、過剰のリン酸は土壌中に蓄積する。一方、リン酸過剰は作物の生育にほとんど影響を与えない。そのためリン酸過剰については、栽培管理上あまり考慮されていない。しか

図5 b. 可給態リン酸含量の変動

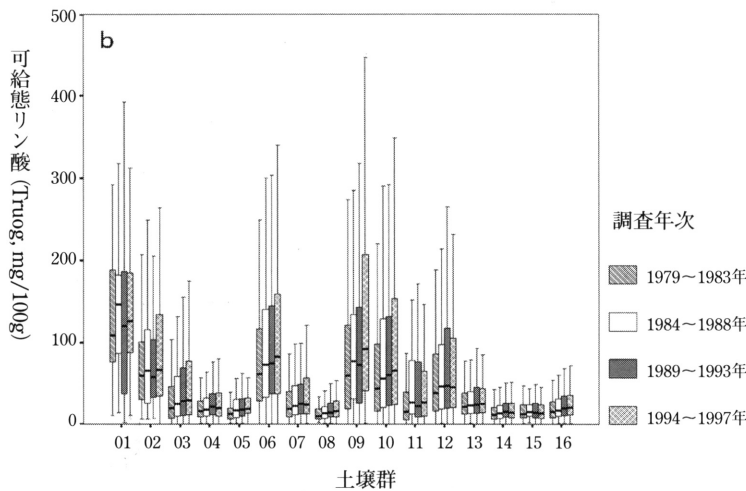


図6. 陽イオン交換容量の変動

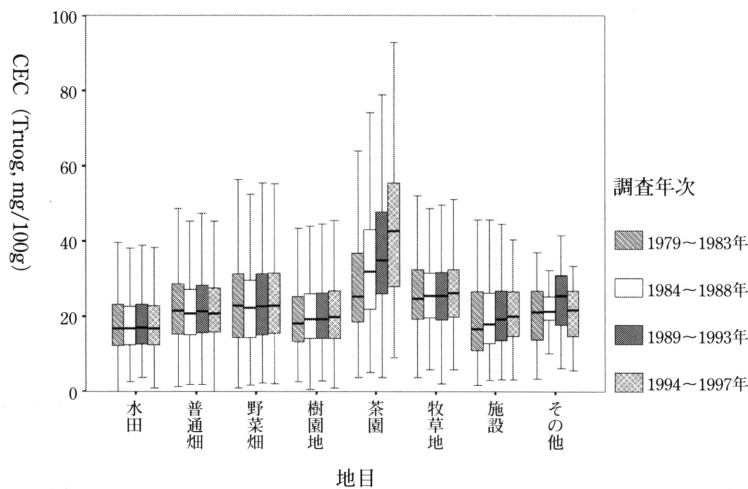
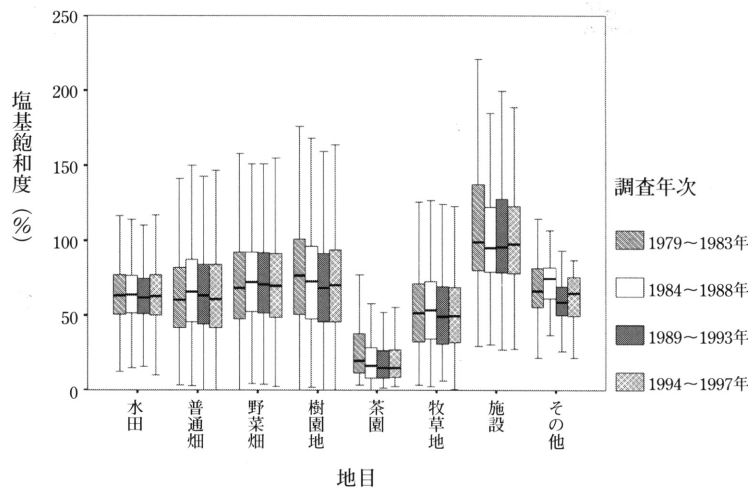


図7. 塩基飽和度の変動



し、土壌流亡による湖沼などの富栄養化も問題とされており、また、経済性の上からも適切な管理が求められる。とくに施設と樹園地および一部の普通畑にあっては、リン酸質資材投入の抑制を進める必要がある。

6. 陽イオン交換容量と塩基組成の変動

地目別の陽イオン交換容量 (CEC) の変動を図6に示した。CECは土壌の基本的な性質で、主に粘土鉱物と土壌有機物がもつ陰荷電量を示す。ほとんどの植物養分元素は陽イオンであり、土壌が植物養分を保持できる量を示す重要な指標である。粘土鉱物は、通常は短期間で変質するものではなく、CECの変動は、有機物含量の変化に主に起因する。しかしながら、図6に示したように、有機物含量の変動ほどにはCECは変化しない。その中にあって、茶園のCECの増大は突出していた。これは、土壌有機物の増加が第一的要因と考えられるが、pHの低下とそれに起因する粘土鉱物の質的变化も一因となっている可能性がある。

塩基飽和度は、施設土壌で高く、半数近くが100%を超えていた(図7)。明らかに溶脱が少ないことによる塩類の集積が起こっている。逆に低いのは、茶園で、pHが低いことと対応している。また、より自然状態に近い牧草地では、比較的低い値となっていた。すべての地目において、塩基飽和度の変動は小さく、強いて言えば低下傾向にあった。

交換態塩基含量は、茶園が最も低く、ついで水田と牧草地が低い。普通畑、野菜畑と樹園地は同程度であるが、施設は高いレベルにあった(図8)。地力増進基本指針では、基本的な改善目標値として、塩基組成は水田、普通畑および樹園地でカルシウム：マグネシウ

図8. 交換態陽イオンの変動

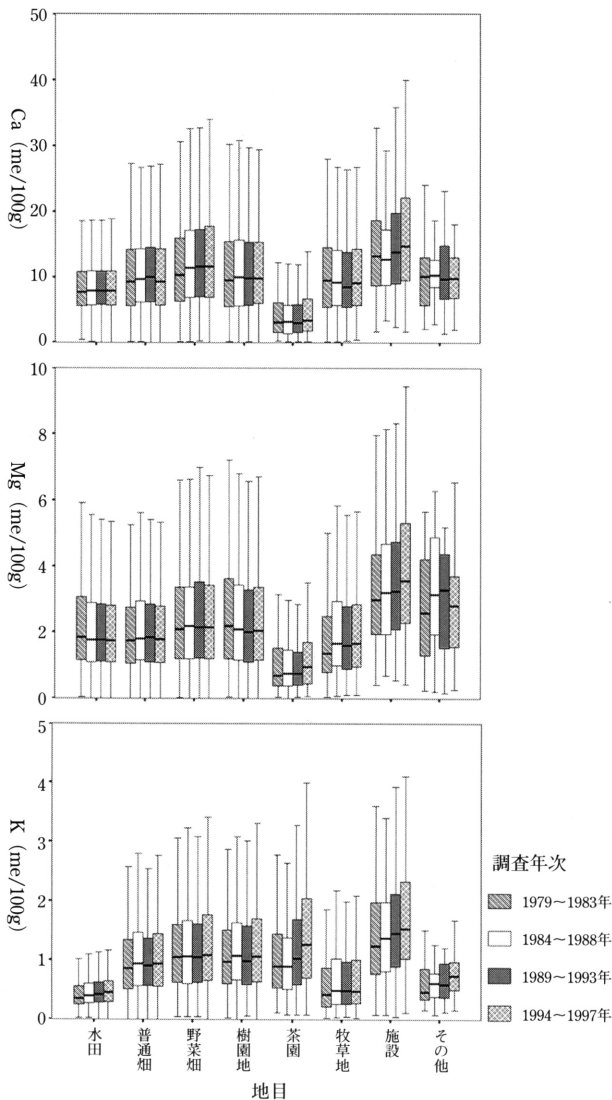


図9. 交換態陽イオンの割合

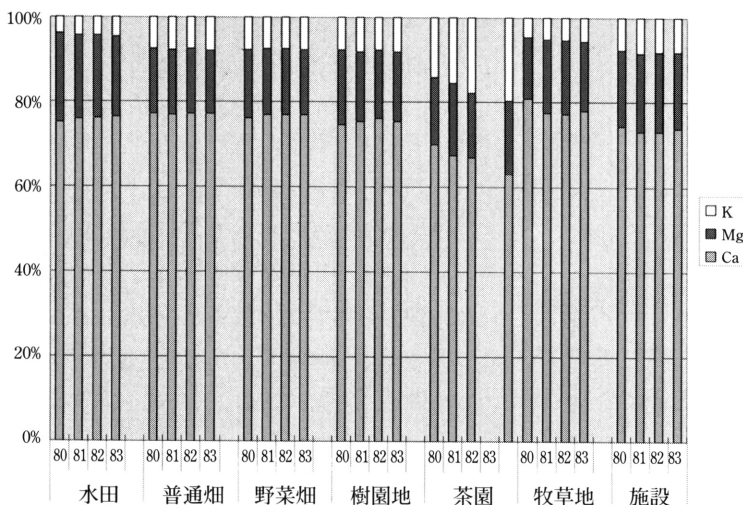


表2. 土壌肥沃度インデックス

土壌の性質	クラス			
	I	II	III(過剰)	IV
pH	5.5-6.5	5.5-5.0	>6.5	<5.0
CEC me/100g	>20	20-6		<6
有効態リン酸 mg/100g	10-75	10-2	>75	<2
有効態窒素 mg/100g	8-20	8-2	>20	2<

μ:カリウム比が(65~75):(20~25):(2~10)としている。交換態陽イオンの平均組成比は、茶園では、カルシウムが次第に減少していた(図9)。また、水田、普通畑、野菜畑、樹園地では、マグネシウムの減少傾向が認められた。

農耕地土壌の肥沃度の判定には、自然肥沃度と養分の豊否について示性分級式を用いるのが一般的であるが、その分級基準は各要因の区分に基づき総合的に判定することになっている。これでは数理的な分級は困難である。また、各要因には過剰の場合の分級がなされていない。そこで、過剰の場合も加えて、相互に関係のある要因は何れかの要因で代表させ、簡易な肥沃度判定を行った。判定に用いた要因(性質)は、表2に示したpH、CEC、可給態リン酸、可給態窒素であり、過剰を第Ⅲ級、不足を第Ⅳ級とした。各土壌について要因ごとに分級し、4要因のうち最大の分級値をその土壌の肥沃度インデックスとした。その結果を図10に示した。

水田ではほぼ良好な状態(Ⅰ,Ⅱ級)が保たれていることを示しているが、牧草地、普通畑、野菜畑、樹園地、茶園の順に良好な土壌が少なくなった。茶園では極端な、低肥沃度となっていた。しかも、茶園を除く土壌では、不良土壌(Ⅲ,Ⅳ級)に占める過剰(Ⅲ級)の割合が高く、増加していることを示した。このことは作物生産性を減少させるものではないが、環境への流出の危険を高めており、経済性からも解決すべき問題といえる。

図10. 土壌肥沃度の変動

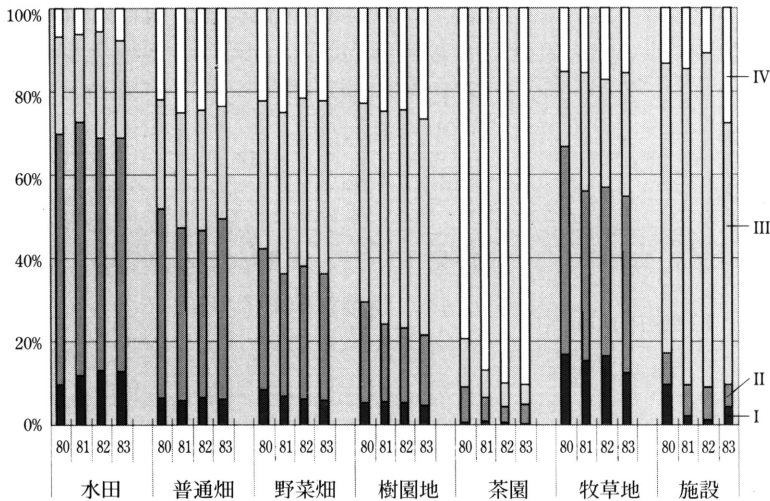


図11. 作土深の変動

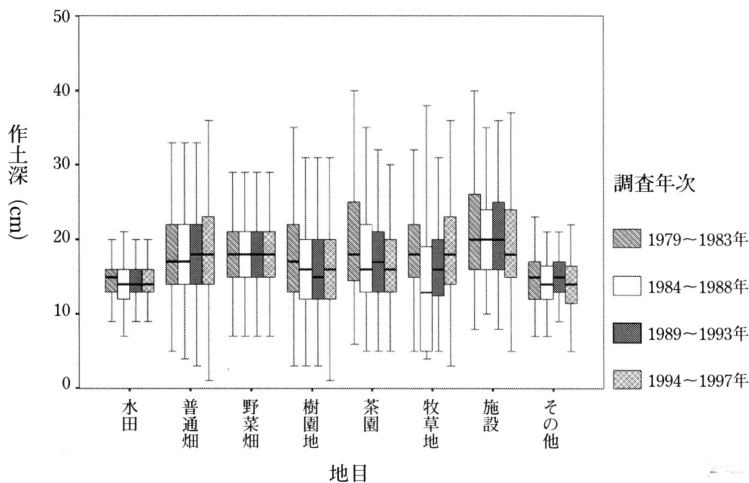
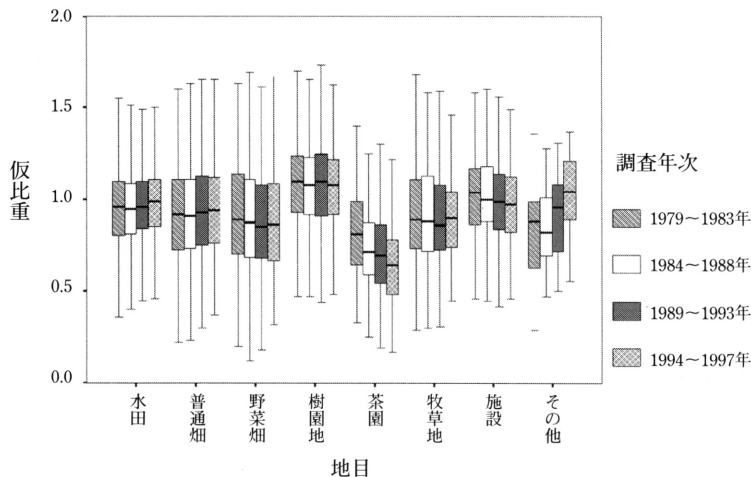


図12. 仮比重の変動



7. 物理的特性の変動

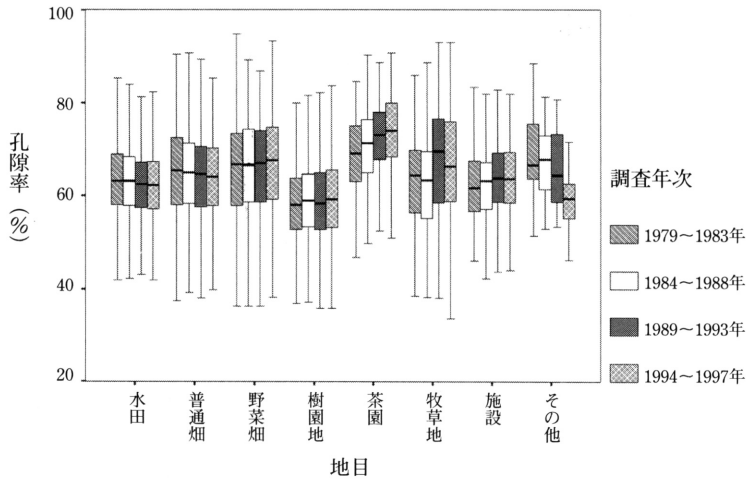
作土は、植物への養分を供給し、生育を支える重要な部分であり、その深さは作物生産に影響を与える。作土深の変動を地目別に比較すると、水田では他の地目に比べて浅くなっていた(図11)。これは水稲という特殊な作物を栽培するためである。調査期間における変動では、茶園で減少傾向があり、牧草地で2巡目に減少してその後回復している。ほかの地目では変動は少ない。

次に、仮比重と孔隙率であるが、土壌が粗しょうになるほど仮比重が低く、孔隙率が高くなる。ある程度粗しょうであることは、耕作作業と水分を含めた養分の保持・供給に有利である。図12, 13に示すように、樹園地では仮比重が他の地目よりも高く、孔隙率は低くなっていた。これは樹園地では、耕作があまり行われなためである。茶園はその逆に、仮比重が低く、孔隙率が高くなっていた。しかも、次第にその傾向は進行していた。これは、上記の土壌炭素含量の増加とも一致し、有機資材の投入の影響と考えられる。

ち密度は、土壌の固さを現す指標の一つであり、耕作の難易や作物根の伸長に影響を与える。図14は、8 cmと35cmの深さのち密度を示す。8 cmの深さでは、耕作回数の少ない樹園地と牧草地で高く、耕作回数が多いと考えられる野菜畑や施設で低くなっていた。野菜畑と施設では、ばらつきは広がっているが中央値は減少傾向にあった。35cmでは、地目間の差は少なくなり、牧草地でやや高く、茶園と施設がやや低くなっていた。茶園や施設では造成時に下層まで掘り起こすことがあり、それが一因と考えられる。

以上のように、日本の農耕地土壌は作物生産のためには概ね良好に保たれ

図13. 孔隙率の変動



ている。しかし、最近では農耕地からの環境汚染も問題となっており、一部に見られる養分の過多を抑制することも必要と考えられる。とくに施設土壌では、明らかに塩類の蓄積が起こっており、作物生産への影響ばかりではなく、系外への流出の

恐れもある。また、茶園ではかなり反応が酸性になっており、茶樹が酸性を好むとはいえ、土壌の骨格をなす粘土鉱物の崩壊など土壌そのものの劣化が危惧される。

謝辞 本論文に用いた定点調査データは、農林水産省生産局農産振興課から提供頂いた。また、定点調査は、都道府県の農業試験研究機関によって行われ、多くの土壌保全事業担当者が関与している。これら関係者各位に心からの感謝の意を表する。

《関連文献》

- 1) 松井章房 (2000), 土壌調査の今後の展開方向, ペドロジスト, 44 (2) : 170-175
- 2) Nakai, M.: Background levels of micronutrients in soils of Japan, Food & Fertilizer Technology Center, Extension Bulletin, 487: 14 (2000)
- 3) 小原 洋 (2000), 土壌環境基礎調査・定点調査結果にもとづく農耕地土壌資源特性の変動解析, 農環研年報, 18, 60-65
- 4) Nakai, M. and Obara, H.: Characteristic changes of cultivated soils in Japan for the 20 years. 17th World Congress of Soil Science, Abstracts, III, 1093 (2002)
- 5) 小原 洋・中井 信: 農耕地土壌の交換性塩基類の全国的変動, 土肥誌, 74 (5) : 615-622 (2003)
- 6) 小原 洋・中井 信: 農耕地土壌の可給態リン酸の全国的変動, 土肥誌, 75 (1) : 59-67 (2004)

図14. ち密度の変動

