

栃木県農耕地土壌の実態

第2報 畑地土壌の物理性及び化学性の現況

亀和田國彦・小川昭夫*・植木与四郎**・吉沢 崇***・岩崎秀穂****・内田文雄*****

I 緒言

栃木県農耕地土壌の実態については、1950年から開始された調査が取りまとめられ、17図幅の5万分の1の地形図に土壌の分布が¹⁾⁶⁾、また各土壌統の性質等について「栃木県耕地土壌の実態と改良対策¹⁾⁵⁾」に集約された。しかし農耕地土壌は人為的影響により急速に変化するものであり、常にその現況の把握が望まれている。近年、一部の畑地土壌ではリン酸の過剰蓄積等、明らかに人為的な影響によってもたらせていると考えられる新たな問題も報告されている。¹⁾⁸⁾

この様な状況の中で「土壌環境基礎調査事業」が1979年に開始され、土壌の実態の変化についての調査が継続されている。

水田土壌の現況については、「土壌環境基礎調査」のデータに基づき前報⁴⁾で取りまとめた。この結果、水田の作土深の全地点平均は14.4cm

で、目標値の15~20cmよりやや浅く、また耕盤の硬度は多湿黒ボク土に対し、灰色低地土でより硬い傾向にあった。一方、各交換性陽イオンの層位別の分布については、多湿黒ボク土で下層ほどその濃度が低くなったのに対し、灰色低地土では下層ほど高くなる傾向にあり、灰色低地土でこれら陽イオンの溶脱が起りやすいものと考えられた。さらに、有機質資材の施用が各交換性陽イオンや可給態窒素等の化学性、生物性に与える影響は、黒ボク土に比べ灰色低地土でより大きい等、土壌の種類の違いによって水田土壌の各理化学性の変化に対する管理作業や有機質資材の影響力の程度に差があることが明らかとなった。

本報では、前報と同様1979年から実施している「土壌環境基礎調査事業」の中から畑地土壌の諸性質の現況と圃場管理並びに両者の関連等

第1表 調査対象地目、土壌群、土壌統群、土壌統及び各地点数

土壌群名	土壌統群名	統群 コード	土壌統名	調 査 地 点 数			
				普通畑	樹園地	牧草地	施設計
黒ボク土	厚層多腐植質黒ボク土	03A	久米川	30	6	10	46
	表層多腐植質黒ボク土	03C	鯉淵, 大清水, 七本桜	35	5	10	6 56
	表層腐植質黒ボク土	03D	那須野, 米神, 土船	60	9	2	71
	淡色黒ボク土	03E	大河内	16	5		21
褐色森林土	細粒褐色森林土	06A	黒崎	5			5
	礫質褐色森林土	06C	五社, 泉南	10			10
灰色台地土	細粒灰色台地土	07A	喜久田, 江迎	5	11		16
褐色低地土	中粗粒褐色低地土, 斑紋なし	12B	芝		5		5
	中粗粒褐色低地土, 斑紋あり	12E	荻野		5		5
灰色低地土	細粒灰色低地土, 灰褐色	13D	金田				10 10
	灰色低地土, 下層黒ボク	13G	高崎				5 5
5土壌群	11土壌群	17土壌等		161	46	22	21 250

※現栃木県肥飼料検査所 ※※現栃木県農蚕課 ※※※現栃木県普及教育課 ※※※※現栃木県農業大学校

について取りまとめたので報告する。

II 調査方法

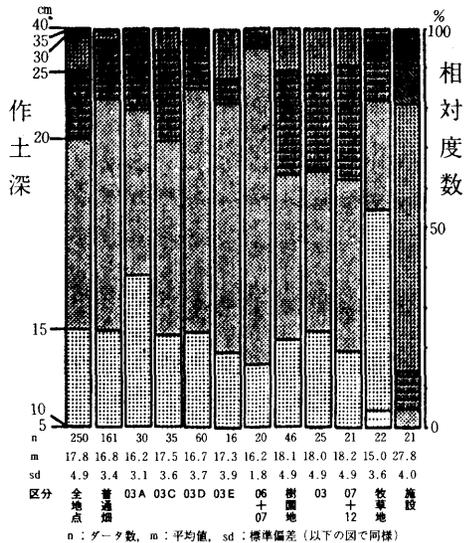
1. 土壤調査及び分析方法

土壤調査及び分析調査の方法等は原則として前報と同様に「土壤環境基礎調査における土壤、水質及び作物体分析法」⁹⁾によった。本報の取りまとめに用いたデータは、1979年から1982年度の4か年間調査されたものである。調査対象地点数合計545地点の内、250地点が畑地土壤で、これらの地点の地目、または土壤分類別内訳を第1表に揚げた。地目は4種類で、土壤の種類は、5土壤群、11土壤統群、17土壤統であった。

2. アンケート調査及び集計

土壤調査対象圃場耕作農家の経営及び当該圃場の管理等の内容については、アンケート方式により前報⁴⁾と同様の方法で調査を実施した。これらのデータは、全地点について1982年度調査分を本報の取りまとめに使用した。

土壤調査、分析成績を含め、各データの集計並びに各処理には、前報⁴⁾と同様パーソナルコンピュータを用いた「栃木県土壤生産性情報システム⁵⁾」を使用した。



第1図 作土深の土壤統群別相対度数分布

III 結果及び考察

1. 物理性

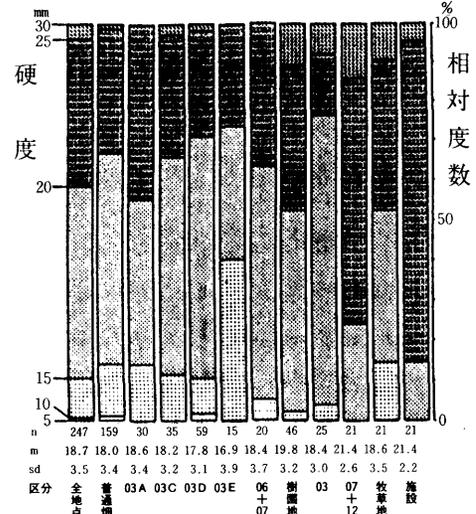
1) 作土深及び硬度

作土深の地目別、土壤統群別の基礎統計量及び相対度分布を第1図に示した。普通畑全地点平均は16.8cmで、栃木県土壤診断基準¹⁷⁾ (以下基準値という)の目標20cm以上に比べやや浅かった。土壤の種類別に比較すると、非黒ボク土(褐色森林土及び灰色地土)で浅く、平均値は16.2cmであり、度数分布を見ると基準値を上回ったのは、約5%の地点にすぎなかった。

樹園地の土壤管理は普通畑等他の地目と異なり、作土深も普通畑と同様には評価できないが、樹園地の平均値は18.1cmで、基準値の30cmを大きく下回った。また樹園地の作土深の土壤群間の比較では、平均値、度数分布とも土壤群間の差は明らかではなかった。

牧草地は、調査全地点が黒ボク土であった。牧草地についても多年生牧草の栽培の場合、当該圃場は数年間無耕起状態になる等、他の地目との比較には注意を要するが、作土深の平均値は15.0cmで、地目間の比較では最も浅かった。

一方、施設の作土深平均値は27.8cmで地目別



第2図 耕盤(第2層)の硬度の土壤群別相対度数分布

栃木県農地土壌の実態（Ⅱ）

の比較では最も深かった。

以上のとおり、地目別の平均値、度数分布の比較では地目間でその差が明らかで、これは各地目での圃場の管理内容の違いに起因し、これが作土深に直接影響を与えていると推察された。

耕盤層の硬度の基礎統計量及び相対度数分布を第2図に示した。畑地土壌では水田と異なり耕盤層が未発達地点も多く、さらに最も一般に観察される作土-耕盤-心土の各層位の関係も変則的な構造を持った圃場も多い。本報では断面調査により第2層と認識された層位をもって耕盤層と判断し、集計を行った。

耕盤層の地目別硬度の平均値は、普通畑18.0mm、牧草地18.6mm、樹園地19.8mm、及び施設、21.4mmであった。これらの大小関係は先に述べた作土深の深いものほど硬い傾向にあり硬度に対しても圃場管理の内容の違いが大きく影響していると考えられた。さらに各地目別の度数分布を基準値の20mmと比較すると、基準値を満足する地点は、普通畑では約67%であったのに対し、施設では約14%で、施設では非常に少なかった。

一般に耕盤は作業機械等による踏圧によって形成され、土壌の硬度の上昇は土壌に対する圧縮圧力の大きさの増加、また加圧時間の延長によって増大することが知られている²⁾。また作土深の確保についても作業機械の能力がそれを規定する要因として大きいと考えられ、従ってこれらの値は作業機械の大きさに影響を受けるものと考えられよう。第2表に、黒ボク土にお

第2表 耕起作業機械規模別の作土深及び第2層の硬度

規模	作 土 深 cm						第 2 層 の 硬 度 mm					
	黒ボク土全地点			黒ボク土普通畑			黒ボク土全地点			黒ボク土普通畑		
	n	m	s d	n	m	s d	n	m	s d	n	m	s d
0~15 ps	38	18.1	5.0	29	16.5	2.9	36	18.2	3.5	27	18.1	3.3
15~24 ps	75	17.6	4.9	58	17.3	4.3	75	18.1	3.3	58	17.8	3.3
25~44 ps	44	16.5	2.7	43	16.6	2.7	44	18.4	3.5	43	18.3	3.5
45~84 ps	12	17.5	4.1	7	17.3	4.3	12	17.4	2.5	7	16.7	2.3

第3表 黒ボク土における耕起回数別の作土深及び第2層の硬度

回数	作 土 深 cm						第 2 層 の 硬 度 mm					
	黒ボク土全地点			黒ボク土普通畑			黒ボク土全地点			黒ボク土普通畑		
	n	m	s d	n	m	s d	n	m	s d	n	m	s d
0回	12	15.4	3.9	0	-	-	12	17.7	2.7	0	-	-
1	26	17.3	4.4	14	16.3	3.9	26	17.7	3.5	14	16.2	3.2
2	39	16.5	2.8	35	16.5	2.9	39	17.8	3.4	35	17.9	3.6
3	32	17.7	5.4	30	17.3	4.5	32	17.6	3.3	30	17.5	3.3
4	30	18.3	4.0	26	18.3	3.3	30	18.8	3.1	26	18.4	2.7
5	14	16.6	3.6	12	16.3	3.5	14	18.9	3.2	12	19.3	3.2

ける当該圃場で耕起作業に用いられた作業機械の規模（馬力）別の作土深と硬度を示した。トラクター規模とこれらの項目との間に一定の関係は見られず、この点では水田の耕盤の硬度がトラクターが大きくなるにしたがって硬くなった前報の結果⁴⁾とはその状況が異なっていた。

また圃場における作業機械の影響について、走行回数の増加、走行速度の減少が土壌のち密化をより増大することが知られている^{11)・13)}。黒ボク土における耕起回数と作土深及び硬度との関係を第3表に示した。本調査の結果では、黒ボク土における耕起回数は0~5回の範囲にあった。作土深は黒ボク土全地点では4回及び3回耕起の地点が最も深くそれぞれ18.3cm、17.7cmであった。普通畑の黒ボク土では耕起回数

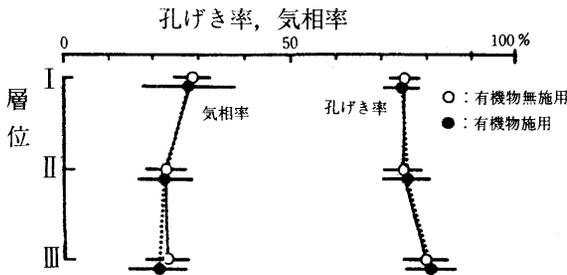
第4表 専業畑・黒ボク土・普通畑の各性質

区 分	データ数	作土深		2層硬度	塩基飽和度	可給態リン酸	可給態窒素	有機物施用量
		cm	mm					
専業	79	17.1	18.0	55.8	40.7	8.8	1373	
		(3.7)	(3.2)	(21.2)	(36.6)	(11.2)	(1863)	
第1種兼業	44	16.8	18.4	52.1	37.9	7.1	1037	
		(3.7)	(3.5)	(21.1)	(39.7)	(2.7)	(1584)	
第2種兼業	13	15.6	16.4	49.8	31.2	6.1	1077	
		(1.7)	(3.0)	(7.5)	(30.3)	(2.7)	(1697)	

注. 表中の中段()は標準偏差

第5表 黒ボク土における硬度と各種性質との相関係数

項 目	第2層		第3層	
	n	r	n	r
仮比重	33	0.193	30	0.275
固相率	34	0.214	31	0.296
粒径組成・砂計	24	0.149	23	0.189
・シルト	24	-0.005	23	-0.066
・粘土	24	-0.384	23	-0.156
全炭素	34	0.012	33	-0.200



第3図 黒ボクにおける有機物施用区分，層位別孔げき率及びpF1.5の気相率

1～4回の範囲で回数が多いほど深く，4回で18.3cm，1回で16.3cmであった。

耕盤の硬度は，黒ボク土全地点，普通畑共に2回と3回が差は小さいものの値が逆転したが，耕起回数の多いほど硬い傾向にあった。以上のとおり，耕起の回数の増加に伴って作土深は深く，また耕盤の硬度は硬くなる傾向のあることが本調査結果でも明らかとなった。

さらに，専業，兼業別の各性質の平均値を第4表に示した。作土深は専業が17.1cmで最も深く2種兼業は15.6cmで最も浅かった。一方，耕盤の硬度は2種兼業が最も小さかった。

以上に述べた作土深及び耕盤の硬度に対する耕起回数と専業兼業別の影響に関する結果からは，専業兼業別での圃場に対する管理の集約度の違いが大きく影響しているものと考えられた。つまり，専業農家では各圃場に対する管理の集約度が高く，耕起回数が増加し，作土深は深く，2層の硬度は硬くなり，一方，第2種兼業については，これと対照的な現象で説明されよう。これらの結果は，前報⁴⁾で述べた水田において専業で作土深が最も深く，また一毛作に比べ集約度が高い二毛作水田で硬度が硬かったの一致するであろう。

一般に，硬度はち密度との間に同一種の土壤で正の相関があると言われる。調査点数の多い黒ボク土の硬度について，他の物理性の諸性質との関係を第5表に示した。ち密度を表すと考えられる固相率や仮比重等を含め，検討した各項目については，95%以上の確率での相関は認

められなかった。水田では固相率，仮比重等で相関が認められた⁴⁾が，これは処理データに大きく性質の異なった多種の土壤（つまり多湿黒ボク土と灰色低地土）を含んでいた効果が大きかったと考えられ，この結果からは，土壤の硬度と他の物理性に関する性質との関係は明らかにはし得なかった。

2) 孔隙率等

一般に黒ボク土は腐植含量が大きく，これに伴って孔隙率が大きく膨軟で，物理性，つまり気相率，保水性または耕起，碎土性に関し問題は少なく，同時に同様の理由から，これらの性質に対する有機物施用の効果が発現されにくいと言われる⁶⁾。黒ボク土の孔隙率及び空気率に対する有機物施用の影響について，第3図に示した。水田では，灰色低地土に比較して多湿黒ボク土では有機物の施用効果が少なかったが⁴⁾畑地の黒ボク土での比較でも孔隙率，気相率ともに有機物施用による差は明らかでなかった。

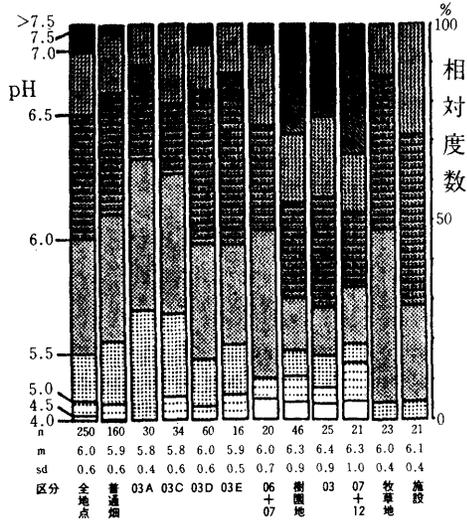
2. 化学性及び生物性

1) pH

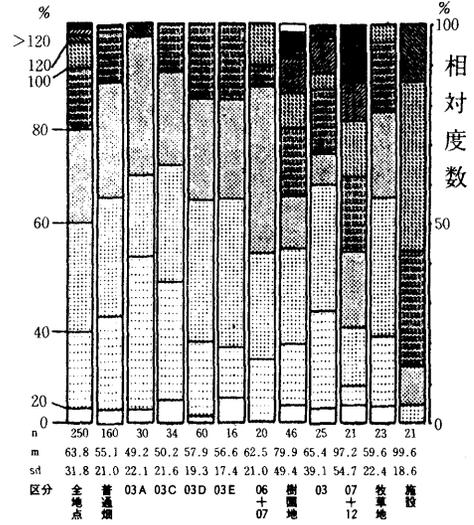
地目別，土壤統群別のpHの基礎統計量及び相対度数分布を第4図に示した。地目別の平均値を比較すると，普通畑平均値は，5.9，樹園地6.3，牧草地6.0，施設6.1で，樹園地がやや高かったものの作物で5.5～6.5が適正範囲とされている。普通畑調査地点のうちの約63%の地点が，また牧草地では約83%の地点がこの基準値の範囲内にあったのに対し，樹園地では地点間のばらつきが大きく，基準値の範囲内にあったのは約37%の地点にすぎなかった。さらに樹園地では5.0未満の低い地点や7.0以上の高い地点が多かった。

地点間のばらつきを標準偏差の大小で比較すると，地目間の比較では施設，牧草地で0.4と小さかったのに対し，樹園地では0.9と最も大きく，前述の度数分布と共通の傾向であった。

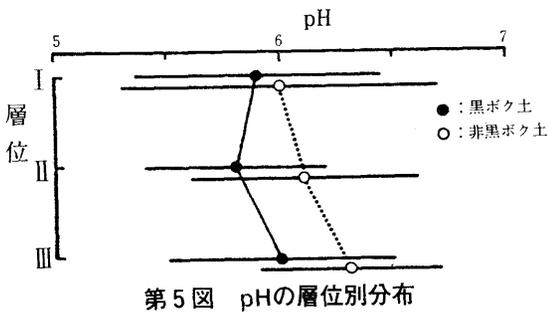
栃木県農地土壌の実態 (II)



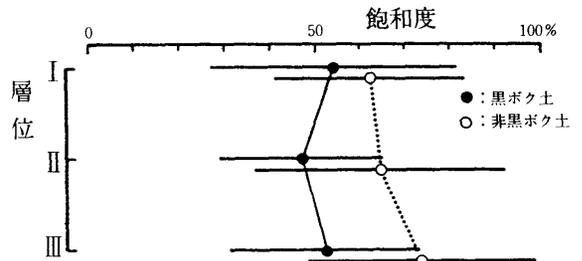
第4図 pHの土壌統群別相対度数分布



第6図 塩基飽和度の土壌群別相対度数分布



第5図 pHの層別別分布



第8図 塩基飽和度の層別別分布

普通畑の土壌統群間の比較では、非黒ボク土が0.7で最も大きく、非黒ボク土の陽イオン交換容量（CEC）が比較的小さく、交換性陽イオンの量の変動に対する緩衝力が小さいからと考えた。

層別別の pH を普通畑の土壌統別に第5図に示した。非黒ボク土は下層ほど高くなるのに対し、黒ボク土は2層は1層より低く、3層では1層より高かった。

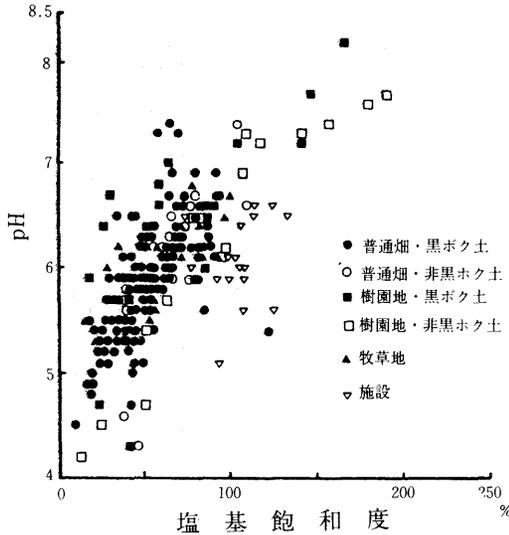
2) 塩基飽和度

塩基飽和度の基礎等計量及び相対度数分布を第6図に示した。地目別の平均値を比較すると施設が最も高く99.6%、次に樹園地が79.9%、さらに牧草地が59.6%、普通畑が55.1%であった。

一般に土壌の pH は塩基飽和度に大きく影響

される。第7図に塩基飽和度と pH との関係を示した。この関係は水田土壌でも明らかとしたが⁴⁾、畑地土壌でも同様に塩基飽和度の上昇によって pH が上昇する傾向が明らかであった。地点間のばらつきを標準偏差で地目別に比較すると、pH 同様に樹園地が最も大きく、また各土壌統群別の度数分布も pH とよく似た傾向であった。第7図からも樹園地では黒ボク土、非黒ボク土共に塩基飽和度が広範囲に分布し、これに伴い pH も広範囲に分布しているのが明らかである。

また施設について両者の関係をみると、これらの地点では他の地目に比べ、同一の塩基飽和度に対する pH が低い位置に分布する傾向にあった。これは、施設では pH の低下に影響する土壌中陰イオン濃度が高いことを示唆している



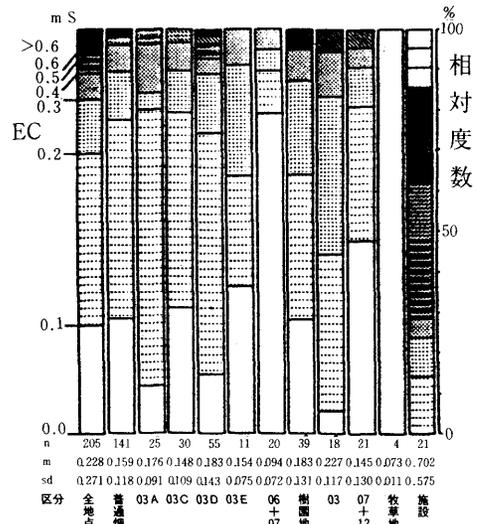
第7図 地目、土壤群別の塩基飽和度とpHとの関係

と考えた。

普通畑の層位別の塩基飽和度を第8図に示した。黒ボク土、非黒ボク土ともにpHと同じ傾向であった。これら層位間の塩基飽和度の土壤群間の相違は交換性陽イオン類の下方への移動に対する土壤の違いが影響していることを示唆しているであろう。つまり、黒ボク土に対し非黒ボク土で表層に対する下層の飽和度の割合が大きいのは、黒ボク土に比べCECの小さい非黒ボク土でより下方への陽イオンの移動量が大きかったと推察されたよう。

3) 電気伝導度 (EC)

電気伝導度 (EC) の基礎統計量と相対度数分布を第9図に示した。地目別の平均値の比較では施設が平均0.702 mSで極端に高く、次いで樹園地0.183 mS、普通畑0.159 mSで、牧草地はもっとも低く0.073 mSであった。ECはおおむね土壤中の陰イオン濃度に規定される。これは特に農耕地においては、有機質資材を含めた施肥の量、施肥の経過時間及び土層中での水分移動を規定する大きな要素の一つである降水量等が大きく影響し、同一地点の同一層位においても経時的变化が非常に大きいと考えられる。したがって、管理が最も粗放的で施肥量も



第9図 ECの土壤統群別相対度数分布

少ないと予想される牧草地が最も低く、栽培管理の集約度が最も高く、更に降水量の少ない施設が最も高いのは当然と言えよう。

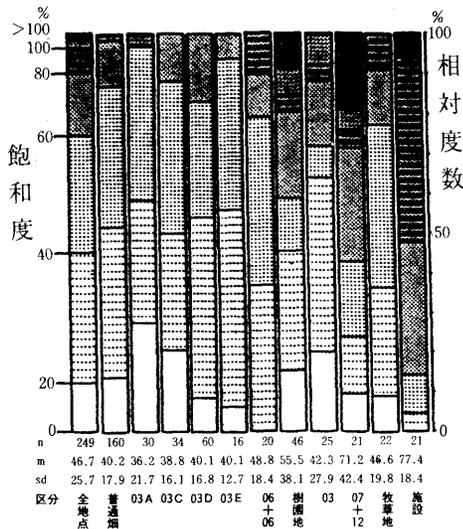
先に述べたとおり第7図に示した塩基飽和度はpHとの関係において施設の各地点が他の地目に比べやや低い位置に分布し、土壤中陰イオンが高濃度であることを推測したが、施設で他の地目に比べECが極端に高いことから同様の推察ができよう。

4) 交換性陽イオン

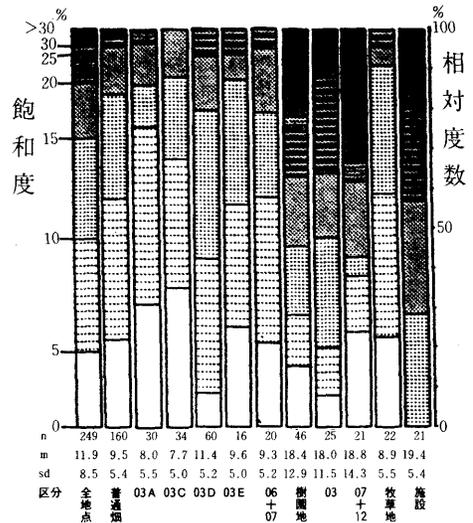
各交換性陽イオンの飽和度の基礎統計量及び相対度数分布を第10～12図に示した。一般に土壤中の各交換性陽イオンの中ではCa0が最も多く、塩基飽和度に対しても、Ca0が支配的である。本調査でも各地目、土壤統群別のCa0の度数分布は塩基飽和度のそれと似ていた。

Ca0飽和度の平均値を地目別に比較すると、施設が最も高く、77.4%、次いで樹園地が55.5%、牧草地が46.6%、普通畑が最も低く、40.2%で、この傾向も塩基飽和度と同様であった。土壤統群別に比較すると、Ca0飽和度、塩基飽和度共に厚層多植質黒ボク土が最も低かったが、これは当該土壤でCECが大きく、相対的に飽和度が低下するのも一因であろう。

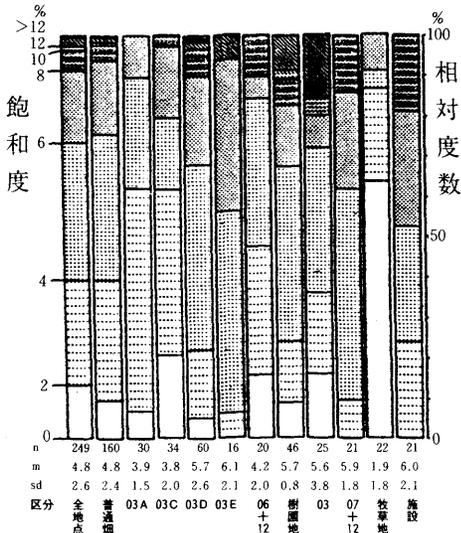
栃木県農地土壌の実態 (II)



第10図 CaO飽和度の相対度数分布



第11図 MgO飽和度の相対度数分布



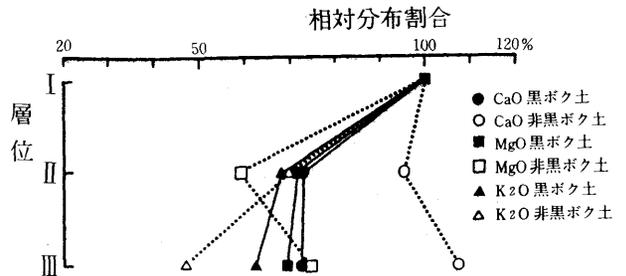
第12図 K₂O飽和度の相対度数分布

MgO 飽和度の度数分布の傾向は各地目、土壌統群で CaO 飽和度と似ていた。一般に交換性陽イオンとしての CaO 及び MgO は土壤中で共に 2 荷のカチオンで存在し、土壤中の挙動が似ていると言われる。さらに多くの場合炭酸カルシウム、消石灰、生石灰等の CaO 質肥料には MgO が含まれており、これらが土壤中の CaO と MgO の分布を似たものにしていくと考えた。

K₂O 飽和度についても CaO、MgO と同様に施設が 6.0% で最も高かった。最も低かったのは牧草地で、1.9% であった。

各交換性陽イオンの普通畑での層位別の分布を第13図に示した。黒ボク土では各陽イオンとも下層ほど低く、その低くなる程度は K₂O が最も大きく、CaO が最も小さかった。これに対し非黒ボク土では K₂O は下層ほど低くなっているのに対し、CaO 及び MgO は 2 層で低く、3 層ではやや高かった。特に CaO は 3 層の方が 1 層よりも高かった。

下層の各交換性陽イオンはその多くの部分が作土から供給されている。非黒ボク土で下層の各交換性陽イオンが高いのは、先に述べたように非黒ボク土では黒土に比べ CEC が小さく、



第13図 交換性陽イオンの層位別相対分布

したがって下方への流亡量が多かったためと考えた。この現象は水田でも確認している⁴⁾。

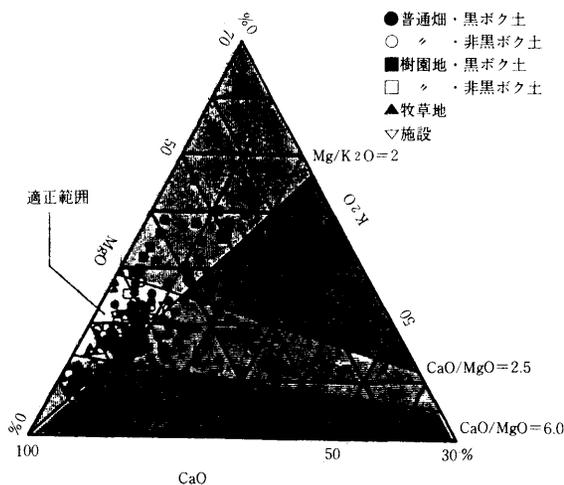
作物の生産性に関して、土壤中の各交換性陽イオンは、各々の量や飽和度の他にそれらのバランスが重要である。基準値¹⁾⁷⁾ではそれぞれ当量比でCaO/MgOは2.5~6.0、またMgO/K₂Oは2.0以上を適正範囲としている。これら3種の陽イオンのバランスを第14図に示した。当図には各交換性陽イオンのバランスの基準値の範囲も併せて記入した。

各地点の値はおおむねCaOは40~90%、MgOは5~40%、K₂Oは2~40%の範囲に分布した。先に示した適正範囲の外に分布する地点がかなり多く、それらの地点の分布傾向を見るとK₂Oが10%を超える地点でMgO/K₂Oが低すぎ、またMgOが12%未満でCaO/MgOが高すぎる地点が多かった。以上を総合すると、K₂Oが多く、MgOの少ない地点が多い傾向が明らかとなった。

地目、土壤統群別の分布の特徴はと明瞭ではなかったが、黒ボク土に比べ非黒ボク土でバラツキが大きいようであった。

5) 可給態リン酸

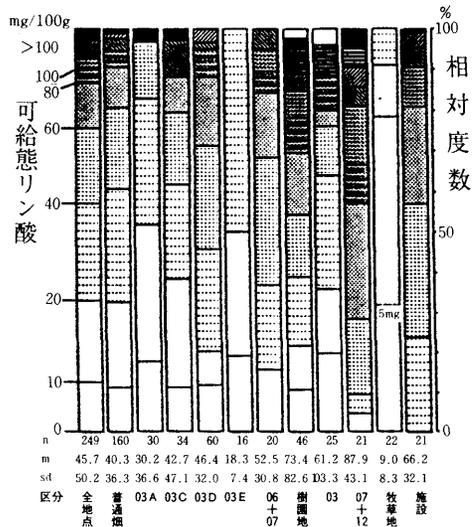
可給態リン酸の基礎統計量及び相対度数分布



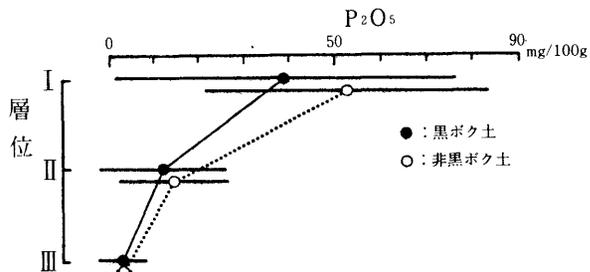
第14図 主な交換性カチオンの構成割合

を第15図に示した。可給態リン酸の値に対しては土壤の種類の影響が大きいと考えられるが地目別にみると樹園地が最も高く73.4、次いで、施設が66.2、普通畑40.3、牧草地が最も低く9.0 mg/100gであった。普通畑の土壤統群別では淡色黒ボク土が最も低く18.3、非黒ボク土が最も高く、52.5 mg/100gであった。

これら各地目の平均値は牧草地を除き水田の平均値27.0 mg/100g に対しかなり高く⁴⁾、畑地においてリン酸欠乏に対する改良がより進んでいることがうかがわれた。リン酸の適正範囲は作物の種類及び土壤の種類によってやや異なるが³⁾、多くの野菜類の必要量の基準値は20 mg/100g と考えられる。しかし本調査では厚層多腐植質黒ボク土で約52%、淡色黒ボク土で



第15図 可給態リン酸の土壤群別相対度数分布



第16図 可給態リン酸の層別別分布

栃木県農地土壌の実態 (II)

は約50%の地点がこの値より低く、それらの地点ではまだリン酸が不足していると言えよう。

一方100 mg/100gを上限值とすると、樹園地の非黒ボク土では約33%、また施設の約20%の地点でこの値を上回っており、これらの地点では過剰蓄積が懸念される。

可給態リン酸の層位別の分布を第16図に示した。黒ボク土、非黒ボク土ともに下層ほど低く、各層位で、黒ボク土の方がやや低かった。黒ボク土のリン酸は溶解度が低く下層への移動は極めて少ないと考えられ、2層以下の値は、非黒ボク土との差がより大きくなると予想されたが、本調査ではその差は明らかではなかった。

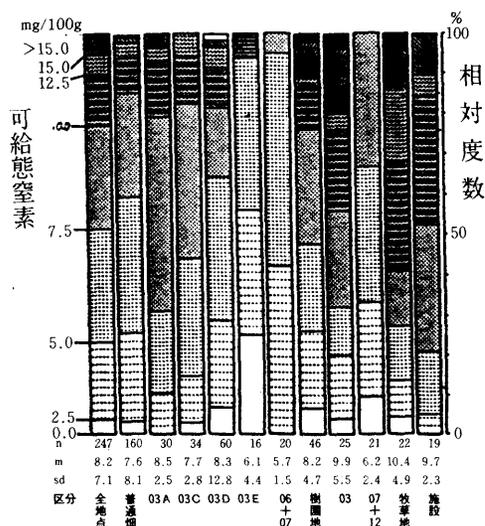
6) 可給態窒素

可給態窒素の基礎統計量及び相対度数分布を第17図に示した。可給態窒素はいわゆる「地力」の重要な要素であるが、その値は土壌の種類に規定される割合が大きいと考えられる。地目別では全地点黒ボク土の牧草地がもっとも高く10.4、普通畑の中では表層多腐植質黒ボク土がもっとも高く8.5、一方非黒ボク土がもっとも低く、5.7mg/100gであった。樹園地においても黒ボク土が9.9であるのに対し、非黒ボク土は6.2mg/100gと低く、腐植含量または全窒素含量と同様の傾向にある。このため可給態窒素として発現すると考えられる易分解性有機態窒素がそれらの性質を備えた土壌で多いことが示唆された。

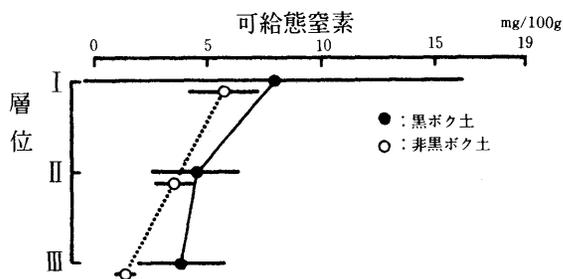
可給態窒素の層位別の分布を第18図に示した。非黒ボク土に比べ黒ボク土の方が各層位で高かったが、両土壌群ともに表層ほど高く、その程度は非黒ボク土で大きかった。長年の耕作が作土層の値を高めたとすれば、耕作や改良等の可給態窒素蓄積の効果は非黒ボク土でより出やすいということを示唆していると考えられた。

3. 施肥管理及びそれが土壌の性質に及ぼす影響

1) 作付作物の違いによる管理、各性質への



第17図 可給態窒素の土壌統群相対度数分布



第18図 可給態窒素の層位別分布

影響

作付作物別の施肥量及び有機質資材の施用量を第6表に掲げた。窒素施肥量は施設野菜が最も多く平均38.9kg/10a、次いで普通畑工芸作物で25.8kg/10a、普通畑野菜が17.5kg/10a、であった。一方最も少なかったのは豆類で2.7kg/10aであった。

また一般に有機質資材が土壌の物理性と同時に、化学性及び生物性に関する効果を目的として施用されている。有機質資材の施用については、推肥では工芸作物及び施設野菜で施用地点数割合が多く、施用量平均は工芸作物1,356kg/10a、施設野菜2917kg/10aであった。

厩肥は施用地点数割合、施用量ともに牧草が最も多く施用量平均6041kg/10a。またわら類の

第6表 作物別施肥量及び有機質資材施用量

作物区分	施肥量 kg/10a			有機質資材施用量 kg/10a			
	N	P	K	推肥	厩肥	おが屑類 混合厩肥	わら類
稲, 麦, 雑穀類	62: 6.5 (3.6)	6.6 (3.5)	5.6 (3.4)	3: 867 (189)	13:1878 (1345)	2:3500 (5000)	0:- (-)
豆類	13: 2.7 (1.6)	8.4 (6.1)	7.3 (6.0)	0:- (-)	3:2050 (2793)	1:4000 (-)	5: 440 (233)
工芸作物 (普通畑)	52:25.8 (16.2)	20.6 (12.4)	21.6 (13.0)	16:1356 (1493)	13:1892 (1576)	4:2350 (1664)	1: 500 (374)
野菜 (普通畑)	59:17.5 (13.0)	12.9 (10.9)	12.9 (9.2)	5:1150 (539)	12:2279 (1794)	14:3107 (1164)	6: 517 (227)
野菜 (施設)	21:38.9 (6.1)	37.0 (14.1)	36.6 (25.4)	6:2917 (1017)	11:1602 (1117)	5:8800 (2400)	3:3000 (1414)
果樹	32:14.0 (10.3)	14.0 (12.8)	10.2 (6.0)	4: 825 (205)	12:1476 (1091)	4:2250 (433)	9: 863 (499)
牧草	27: 9.1 (6.1)	8.0 (2.3)	7.1 (5.3)	0:- (-)	17:6041 (4088)	1:2000 (-)	0:- (-)

注1. 表中の数値は n : m, ただし施肥量は成分別の n は同数のため N のみ表示。
(sd)

注2. 施肥量施用量の各値は, 各作ごとの値。

第7表 普通畑における作物別の化学性等

作物区分	データ 数	pH	塩基飽和度 %	EC mS	可給態置換性塩基飽和度 %				可給態 窒素 mg/100g	作土深 cm	2層硬度 mm
					P ₂ O ₅ mg/100g	CaO	MgO	K ₂ O			
稲, 麦, 雑穀類	33	6.1 (0.5)	61.0 (19.4)	0.14 (0.11)	32.8 (7.1)	49.6 (18.6)	10.1 (5.3)	4.4 (1.8)	10.3 (16.8)	15.8 (2.6)	18.8 (3.1)
豆類	16	6.0 (0.5)	50.7 (25.6)	0.14 (0.08)	29.1 (7.8)	32.5 (17.5)	8.4 (5.1)	4.5 (1.5)	6.8 (2.4)	15.5 (2.2)	19.5 (3.0)
工芸作物	47	6.0 (0.5)	55.3 (19.1)	0.14 (0.14)	28.2 (6.4)	38.6 (16.7)	10.1 (4.1)	5.8 (3.0)	6.0 (2.0)	17.3 (4.2)	17.0 (3.5)
野菜	59	5.8 (0.6)	52.4 (20.3)	0.18 (0.11)	33.8 (6.3)	38.4 (15.3)	8.7 (5.8)	4.2 (2.0)	7.8 (3.8)	17.1 (3.3)	17.7 (3.2)

注. 表中の数値は m
(sd)

施用地点数割合は果樹で最も多くてその施用量は863kg/10aであった。

先に述べたとおり, 各化学性の分析値の中で EC 及び各交換性陽イオン飽和度は施設で最も高かったが, 普通畑における作付作物別の各性質は第7表に示したとおりで, その作物間の差は明確でなかった。

2) 有機質資材施用が化学性及び生物性に及ぼす影響

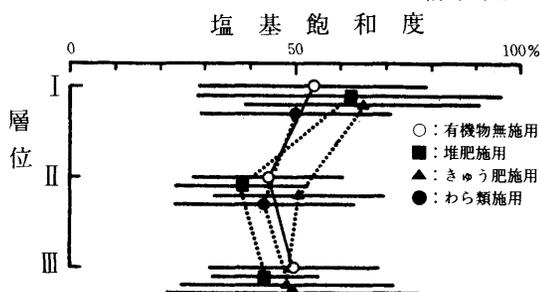
有機質資材の施用効果については多数報告されている^{7・8・10・12・14}) が本調査でも調査地点数が多くかつ畑地としての分布面積が多い黒ボク土におけるその効果について特に検討した。

塩基飽和度の層別分布を第19図に, 各交換性カチオンの作土の値を第20図に, 可給態リン酸の層別分布を第21図に, また可給態窒素の層別分布を第22図に示した。

塩基飽和度はわら類を除いて有機質資材施用により第1層の値が高まり, わら類の施用地点の結果について交換性陽イオンの種類別に見ると MgO 及び K₂O は上昇したが, CaO が低下し, これが塩基飽和度を低下させた。堆肥及び厩肥の施用地点では作土中の3種の各陽イオンが上昇し, 塩基飽和度も上昇した。

塩基飽和度の第2, 3層の値は, 厩肥の2層がやや高かったのを除き施用の影響はみられな

栃木県農地土壌の実態 (II)



第19図 黒ボク土における有機物施用区分別、層位別塩基飽和度

かった。以上のとおり、作土層の塩基飽和度に対する資材の種類別の影響力の大小は既肥>堆肥>わら類であった。しかし、また平均施用量もこの順であり、単位施用量当りの影響力の大小は明かではなかった。

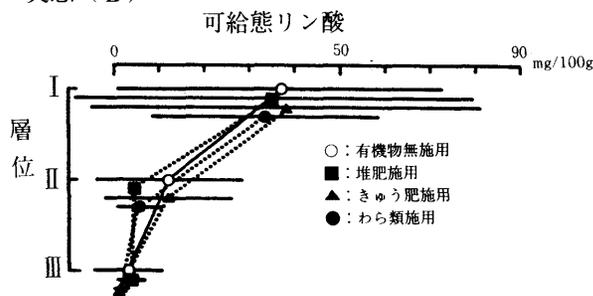
可給態リン酸に対する影響は、各層位とも明かではなかった。黒ボク土の土壤中の全リン酸量は少ない場合はでも数百mg/100g程度で、これに対し、有機質資材から土壤への富化量は非常に少なく、特に黒ボク土での可給態リン酸の値は全リン酸に対する一定の割合を持つ画分としての性格が大きい。したがって、有機質資材施用の効果は当然小さいものと考えられる。

可給態窒素に対する影響は、平均値で比較すると第1層での既肥の影響が特に大きかったが、またばらつきも大きかった。また、他の資材は平均値の比較でも有機質資材無施用との差は明かではなかった。第2、3層についてもばらつきが大きく、施用効果は明かではなかった。

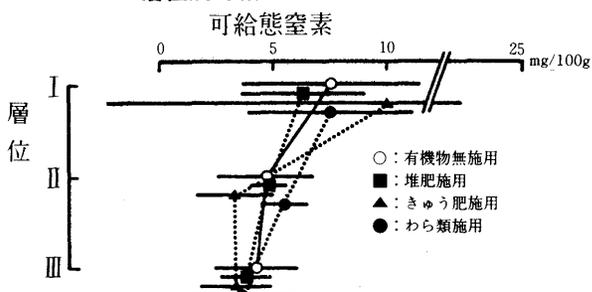
IV 総合考察

本調査の土壌群別の地点数は調査全地点250地点の内、約78%の194地点が黒ボク土で、本県の分布面積割合の約67%¹⁵⁾に近い割合であった。

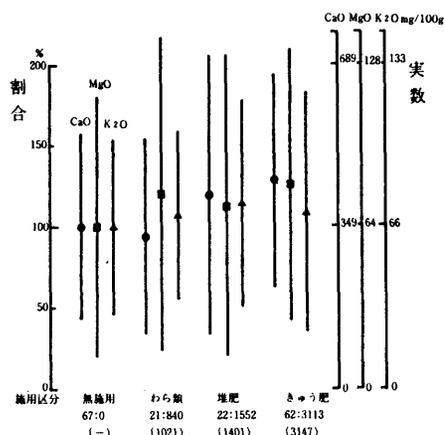
作土深は調査全地点のうちの約72%の地点で基準値の20cmに達しておらず、多くの地点で十分な根圏域の確保のために基準値の20cm以上の



第21図 黒ボク土における有機物施用区分別、層位別可給態リン酸



第22図 黒ボク土における有機物施用区分別、層位別可給態窒素



第20図 有機質資材施用の塩基類に対する影響

維持が望まれる。一方、施設においては約95%の地点がこの条件を満たしており、作土深20cmの確保は他の地目でも可能と考えられる。耕盤層の硬度は畑地全地点の約58%が20mm未満で、さらに作物の根の伸長が極端に抑制されると考えられる25mm以上の地点は調査地点の約4%にすぎずこの点ではおおむね問題は少ないと評価できよう。これは本県の畑地土壌の多くが黒ボク土で腐植に富み、比較的耕盤が発達しにくい

ためと考えられる。

しかし、一方ではこれら作土深及び耕盤の硬度は作物機械の走行回数に大きく影響され、走行回数が増すほど作土深は深く、また耕盤の硬度は硬くなることが明かとなった。従って、専業兼業別の集計結果とも合わせ、集約的な管理が行われるほどこの傾向は深まると考えられ、耕盤層の硬化に対してはそれに応じた注意及び定期的な深耕を行うなどの対策が求められる。

化学性についてみると、塩基飽和度は普通畑の厚層多腐植質黒ボク土では約97%の地点が飽和度80%未満であったのに対し施設では86%、また非黒ボク土の樹園地では約77%の地点で塩基飽和度80%を上回っており、土壌、地目または作付作物の違いにより土壌の塩基状態のばらつきが大きく、これら作付体系の違いにより、塩基類に関する土壌管理の内容に差のあることがうかがわれた。

さらに施設ではECの平均値が0.702 mSで他の地目に比べ極端に高く、塩基飽和度とpHとの関係についても他の地目と異なった分布を示し、土壌中陰イオン濃度がかなり高水準にあると考えられる。これらの現象は作物に対する塩類高濃度障害や、土壌中の養分の濃度の管理を行いにくするなどの問題を引き起こすことが懸念される。これらの地点では、化成肥料による主要3成分の施用及び石灰等の各種資材の施用量への配慮及び湛水処理等による除塩等の積極的な適切な土壌管理への対策が望まれる。

交換性陽イオン類のバランスは、多くの地点で基準値域の外にあり、特にMgO/K₂Oバランスの悪い地点が多く、これはK₂Oが多い傾向にあるのが主な原因と考えられる。特に施設、樹園地及び普通畑の淡色黒ボク土の中にK₂O飽和度の高い地点が多く、これらの地点ではK₂Oの施用量について肥料及び有機質資材の施用量について考慮する必要がある。

可給態リン酸は畑地全地点平均が45.7mg/100g

で基準値20mg/100gを大きく上回っている。特に樹園地及び施設では平均値が60~70mg/100gにあり、さらにこのうち施設では全地点が20mg/100g以上であった。牧草地では対照的に平均値が9.0mg/100gで、約91%の地点が20mg/100g未満であった。以上のうちに可給態リン酸の値は地目間、作付作物間の差が非常に大きく、全地点の標準偏差は50.2mg/100gで変動係数は100%を越えている。地点別の値を見ると依然として改良の必要な低水準の地点が多数存在すると同時に、一方では100mg/100gを越える地点も多数ある。これら高水準の地点ではリン酸の施用効果がないばかりでなく、土壌の種類によってはリン酸の過剰害の発生の可能性もあり、リン酸施肥量を考慮する必要がある。

以上のとおり、畑地の作土の化学性は各項目で地点間のばらつきが大きく、一方では養分の不足、また一方では過剰の状態にあり、各地点毎の土壌の状態の把握とそれに応じた対策が必要である。

有機質資材は多くの地点で施用されているが施用地点数及び施用量とも作付作物の種類による偏りが大きく、稲、麦、雑穀類及び豆類の作付地点では少ない。資材の種類と対象作物との組合せの平均施用量を見ると、おが屑混合厩肥の施設野菜への施用8800kg、同じく普通畑野菜3107kg及び牧草地への厩肥6041kg等が特に多い。

これら有機質資材施用の土壌への影響についてみると、作土の交換性陽イオン類の上昇に関しては、各資材で明らかであったのに対し、可給態リン酸、可給態窒素及び固相率並びに空気率への影響は明かではなかった。一般に、厩肥には可給性の高い無機成分が含まれ、土壌中の硝酸または他の陰イオン濃度を上昇させ、また交換性陽イオンを富化する。これらは先にのべたECの上昇や、交換性陽イオンのアンバランス化を進める一要因とも考えられ、それら資材の施用についても、各種水溶性成分の富化という

栃木県農地土壌の実態（Ⅱ）

意味から各圃場の状態に応じた配慮が必要となる。

可給態リン酸、可給態窒素、気相率及び固相率に対する影響が明らかでなかったのは、本県の畑地土壌の多くが腐植に富む黒ボク土で、リン酸の固定能力が非常に大きく、また腐植含量が非常に多く、可給態窒素及び固相率、気相率に関しては有機質資材施用の効果が出にくいと考えられる。

V 摘 要

1979年から1982までの4年間、栃木県土壌の実態と管理実態について545地点を調査し、このうち、畑地の土壌と管理実態について取りまとめた。その結果の概要は次のとおりであった。

1. 普通畑の作土深平均は16.8cmで、約82%の地点が基準値20cmに満たなかった。地目別では施設が特に深く、平均27.8cmであった。
2. 耕盤の硬度は平均18.7mmで、基準値に比べ硬い地点は少なく、腐植に富む黒ボク土の分布が多いからと考えた。作土深の増加及び耕盤の硬度に対し、耕起回数の影響が大きかった。
3. 塩基飽和度、各交換性陽イオン飽和度は、地点間のばらつきが大きかった。交換性陽イオンのバランスが悪い地点が多く、特にカリウム過剰の地点が多いと判断した。
4. ECは他の地目に比べ、特に施設で高かった。
5. 可給態リン酸は地点間のばらつきが大きく、不足している地点が多数ある一方、過剰の地点もあった。
6. 有機質資材施用の影響は作土の交換性カチオン濃度に対して明かであったが、固相率、気相率、可給態リン酸及び可給態窒素に対しては明かでなかった。これは腐植に富む黒ボク土の分布が多いからと考えた。

引用文献

1. 細谷 毅・山口幹周 他(1987)畑土壌の適正塩基組成に関する研究：169-174
2. 石井和夫(1988)農研センター研報11:1-104
3. 亀和田國彦 他(1987)可給態リン酸の適正水準と上限値に関する研究：5-30
4. 亀和田國彦・吉沢 崇・小川昭夫・植木与四郎・内田文雄・岩崎秀穂(1986)栃木農試研報32：7-29
5. 亀和田國彦・吉沢 崇・小川昭夫(1987)土壌保全対策におけるパーソナルコンピュータの活用に関する研究成績書：15-38, 53-103
6. 前田 隆・相馬尅之(1983)火山灰土, 博友社：99-139
7. 峰岸恵夫・只木正之・松本泰彦・栗原久義(1984)群馬農試研報, A総合1：23-34
8. 農林水産技術会議研究成果(1977)95：1-142
9. 農林水産省農蚕園芸局農産編(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
10. 小川昭夫・三宅 信(1981)栃木農試研報 27：41-54
11. Raghavan, G. S. V., McKyes, E., Stemshorn, E., Gray, A., Beaulieu, B.(1977)Transactions of ASAE -1977:218-225
12. 斎藤研二・榎本 優(1987)福島農試研報 26:42-54
13. Soane, B.D., Blackwell, P.S., Dickson, J.W., Painter, D.J. (1980/1981) Soil and Tillage Research 1, Elsevier Sci. Pub. Com. :373-401
14. 竹中 真・高橋達児(1985)農研センター研報 5:105-117
15. 栃木県(1978)栃木県農耕地土壌の実態と改良対策
16. 栃木県(1978)栃木県耕地土壌図
17. 栃木県(1988)栃木県施肥基準：67-93
18. 吉池昭夫(1982)農及園 57:110-116

Actual circumstances of farming soils in Tochigi Prefecture
(II) Actual circumstances of upland soils

Kunihiko K AMEWADA , AkiO O GAWA, Yoshiro U EKI ,
Takashi Y OSHIZAWA , Hideho I WASAKI , Fumio U CHIDA

Summary

The properties of soil and actual circumstances of cultivation were investigated at 545 points of farmland in Tochigi Prefecture during four years from 1979 to 1982. As the second report, the present paper deals with the data on upland field.

1 . The mean of plowed depth of upland field observed was 16.8cm, the value of about 82% of investigated points was shallower than the desired depth of 20cm. The mean of greenhouse was the deepest compared with the mean of other kinds of field.

2 . The mean of hardness of induced pan was 18.7mm. There were few points where the hardness of induced pan was harder than the desired value and it was assumed that it was due to wide ranging of High—humic Andosols. The number of cultivation influenced the increment of plowed depth and hardness of induced pan.

3 . The percentage of base saturation and saturation of each exchangeable cation varied widely for each point. There were many points with bad balance of each exchangeable cation, and especially excess of potassium.

4 . The value of EC in greenhouse was highest, compared with other kinds of field.

5 . The value of available phosphate varied widely for each point, and there were many points with an insufficiency of available phosphate, while there were some points with an excess of available phosphate.

6 . The influence of application of organic matter was evident for density of exchangeable cation of plowed layer, but was not evident for solid phase ratio, gaseous phase ratio, density of available phosphate and available nitrogen. It was assumed that it was due to wide ranging of High—humic Andosols.

{ Bull. Tochigi Agr.
Exp. Stn. No.35:1~14 (1989) }