

栃木県農耕地土壌の実態

第1報 水田土壌の物理性及び化学性の現況

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**

I 緒 言

栃木県農耕地土壌の実態については、1950年代から調査が開始され1978年までに県下全域の土壌区分がなされた。これにより県内の土壌の分布は17図幅の5万分の1の地形図に表され¹⁸⁾、また各土壌統ごとの生産力可能性分級、養分状態及び、各土壌の市町村別の分布割合等について「栃木県耕地土壌の実態と改良対策」¹⁷⁾に集約された。これにより栃木県の農耕地土壌の分類及び実態が明らかにされた。

しかし土壌は、気象、地形、肥培管理等の自然的、人為的条件により常に変化するものと考えられる。この中で、特に近年の急激な農業情勢の変化、すなわち兼業化の進行、農業機械の普及及び大型化、土壌改良、圃場整備の進行、または有機質資材施用状況の変化などは、土壌に対し少なからぬ影響を及ぼす要因と考えられる。したがって、土壌の経時的変化は更に複雑になりつつあり、これを的確に把握する必要があると考える。また水稲作においては、1980年から1983年の不作により、土づくりを見直す状況になってきている。このような状況下で、最近の水田土壌の実態について、1979年度から実施している「土壌環境基礎調査事業」の中から物理性及び化学性について集約したので報告する。

II 調査方法

1. 土壌調査及び分析方法

土壌調査及び土壌分析は1979年度から1983年度の4か年間に栃木県内に分布する土壌統を基

準におおむね250 haに1カ所の割合で合計545地点を対象として実施した。このうち水田は293地点であった。調査対象土壌統群及び土壌統ごとの調査地点数は、第1表に示すとおりで5土壌群、13土壌統群、25土壌統であった。

調査対象地区は土壌の性格のほか、土地利用状況、営農条件等を勘案し県下の主要な土壌統群について当該土壌統群を代表すると考えられる土壌統又は土壌区を考慮して選定した。さらにこの調査対象地区内において継続的な調査の実施が可能な圃場を調査地点として、1調査対象地区当たり5地点を設置した。

土壌調査は「土壌保全対策要綱」¹⁰⁾に基づき、原則として表層下1 mまで調査した。土壌の分析は、293地点のうち69地点は重要定点として第3層まで、224地点は一般定点として第1層について実施した。

調査及び分析は、断面調査として作土深、硬度などを、採取土壌サンプルについて物理性として仮比重、三相分布、粒形組成、保水性、透水性を、また化学性としてpH、置換性塩基類、可給態リン酸、及び可給態ケイ酸などを、生物性として可給態窒素について実施した。これら各項目の調査分析方法は、「土壌環境基礎調査における土壌、水質及び作物体分析法」¹¹⁾によった。

2. アンケート調査及び集計

土壌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調査を実施した。アンケート調査は、各地点とも当該圃場の土壌調査実施年に開始し、

* 現栃木県農業大学校

** 現栃木県肥飼料検査所

第1表 調査対象土壌群, 土壌統群, 土壌統及び地点数

土 壌 群 名	土 壌 統 群 名	土 壌 統 群 コ ー ド	土 壌 統 名	調 査 地 点 数
多 湿 黒 ボ ク 土	厚層多腐植質多湿黒ボク土	0 4 A	猪倉	35
	表層多腐植質多湿黒ボク土	0 4 C	西の原, 羊ヶ丘	29
	表層腐植質多湿黒ボク土	0 4 D	三輪, 鹿畑, 石本, 檜木沢, 大田和	61
	淡色多湿黒ボク土	0 4 E	江木	5
黒ボクグライ土	腐植質黒ボクグライ土	0 5 B	岩屋谷	5
褐 色 低 地 土	細粒褐色低地土, 斑紋あり	1 2 D	中島	5
灰 色 低 地 土	細粒灰色低地土, 灰色系	1 3 A	東和	21
	細粒灰色低地土, 灰褐系	1 3 D	諸橋, 金田	29
	中粗粒灰色低地土, 灰褐系	1 3 E	安来, 納倉	20
	礫質灰色低地土, 灰褐系	1 3 F	松本, 栢山	35
	灰色低地土, 下層黒ボク	1 3 G	片柳, 野市, 高崎	19
グ ラ イ 土	細粒強グライ土	1 4 A	富曾亀, 田川	10
	細粒グライ土	1 4 D	保倉, 千年	19
5 土 壌 群	13 土 壌 統 群		25 土 壌 統	293

1982年まで継続した。調査項目は、専業・兼業の別、耕起方法、堆きゅう肥施用量及び土壌改良資材施用量などである。

土壌調査及びアンケート調査結果の各データの整理及び集計は農林水産省が委託事業として実施している「財団法人・日本土壌協会」の集計によるほか、本場で開発した「栃木県・土壌生産性情報システム」により実施した。

今回の取りまとめに使用したデータは、土壌情報については1979年度から1982年度調査分を、また経営、管理内容情報については全地点とも1982年度調査分を使用した。

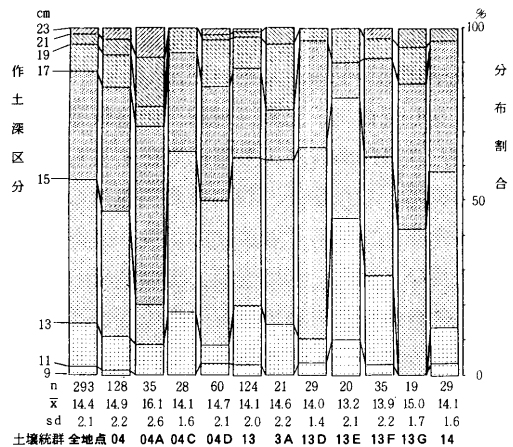
Ⅲ 結果及び考察

1. 物 理 性

1) 作 土 深

主な土壌統群別の基礎統計量及び相対度数分布について第1図に示した。水田全地点平均は14.4 cmで、栃木県の土壌診断基準値¹⁹⁾(以下基準値という)の15 cm～20 cmに比べてやや浅かった。また、水田全地点の約56%の地点が基準値15 cm未満の範囲に含まれた。

これを土壌群別の平均値でみると多湿黒ボク土が14.9 cm、灰色低地土が14.1 cmで、前者の方



第1図 作土深の土壌統群別相対度数分析

注。nはデータ数、 $\bar{x}$ は平均値、sdは標準偏差。以下の図で同様

がやや深かった。土壌統群別では厚層多腐植質多湿黒ボク土が最も深く16.1 cmであった。一方灰色低地土のうちでは灰色低地土、下層黒ボク及び細粒灰色低地土、灰色系が深くそれぞれ15.0 cm及び14.6 cmであったが、中粗粒灰色低地土、灰褐系及び礫質灰色低地土、灰褐系ではそれぞれ13.2 cm及び13.9 cmと浅かった。相対度数分布をみても最も深い厚層多腐植質多湿黒ボク土では15 cm未満の地点は約20%であったのに対

栃木県農耕地土壌の実態（Ⅰ）

第2表 一毛作、二毛作別の物理性及び化学性等

一毛作 二毛作 区 分	土 壌 群	作 土 深 cm			硬 度 mm			飽和透水係数 cm / s			塩基飽和度 %			可給態リン酸 mg/100g			可給態窒素 mg / 100g			有機質資材施 用量 kg/10 a			わら類施用量 kg/10 a		
		n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd
一毛作	全 地 点	211	14.5	2.2	209	20.7	3.3	40	-3.06	0.93	211	56.8	17.4	211	22.7	19.2	208	14.3	6.6	212	884	1143	212	214	236
	多湿黒ボク 土 (04)	108	14.9	2.3	108	20.4	3.3	22	-3.10	0.99	108	54.0	15.9	108	19.2	15.5	106	16.4	6.8	109	1081	1251	109	257	246
	灰色低地土 (13)	73	14.1	2.3	72	21.3	3.3	12	-3.05	0.90	73	58.7	18.0	73	31.1	22.9	72	11.8	6.1	73	844	1098	73	162	219
二毛作	全 地 点	79	14.2	1.7	76	22.1	2.5	14	-2.59	0.51	78	65.3	19.0	78	38.7	25.1	77	11.1	6.1	79	1023	1293	79	239	299
	多湿黒ボク 土 (04)	19	14.9	1.8	18	21.3	1.9	3	-2.60	0.58	19	61.8	19.1	19	39.9	34.2	18	12.9	6.1	19	1347	1714	19	242	342
	灰色低地土 (13)	50	14.1	1.6	49	22.5	2.5	10	-2.58	0.51	49	65.9	18.1	49	40.0	22.8	49	10.9	6.2	50	998	1182	50	240	289

注 硬度及び飽和透水係数は第2層、他は第1層

し、中粗粒灰色低地土、灰褐色
では約80%を占めていた。

作土深の一毛作及び二毛作の
違いによる基礎統計量を第2表
に、当該圃場の耕起に使用した
トラクターの規模（馬力）別の
基礎統計量を第3表に、また専
業、第1種兼業及び第2種兼業
の区分による基礎統計量を第4
表に掲げた。

一毛作、二毛作の区分でみると多湿黒ボク土
では一毛作、二毛作とも14.9cm、また灰色低地
土でもやはり一毛作、二毛作とも14.1cmで、全
く差がみられなかった。

トラクターの規模別にみると45ps以上の大型
トラクターを用いている圃場では平均14.2cmと

第3表 トラクター規模別の物理性

トラクター	作 土 深 cm			固 相 率 %			硬 度 mm			飽和透水係数 cm / S		
	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd
の 規 模												
15PS 未満	18	13.7	1.2	3	33.7	8.1	18	20.4	2.8	3	-3.06	0.83
15～24 PS	140	14.4	2.1	22	36.3	8.8	130	20.9	3.4	22	-3.13	0.37
25～44 PS	108	14.7	2.1	24	36.4	8.2	106	21.4	3.0	24	-2.83	0.25
45～84 PS	22	14.2	2.1	7	40.4	6.2	22	22.0	2.6	6	-2.45	0.62

注1. 固相率、硬度及び飽和透水係数は第2層
2. 飽和透水係数常用対数値

やや浅かったが、15～44psの範囲内ではトラク
ターが大型化するほど作土深は深い傾向にあっ
た。専・兼業別には、多湿黒ボク土で、専業が
15.0cm、第1種兼業が14.8cm、第2種兼業が
14.7cmであり、灰色低地土では専業14.2cm、第
1種兼業が13.9cm、第2種兼業が14.1cmで、そ
れぞれの土壌群内での差は小さいながらも専業

第4表 専業、第1種、第2種兼業別の物理性及び化学性等

専兼業 別	土 壌 群	作 土 深 cm			硬 度 mm			塩基飽和度 %			可給態リン酸 mg / 100 g			可給態窒素 mg / 100 g			有機質資材施 用量 kg/10 a		
		n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd
専 業	全 地 点	168	14.5	2.1	167	21.1	3.1	167	60.6	19.1	167	31.4	24.0	164	14.1	6.7	168	1075	1333
	多湿黒ボク 土 (04)	76	15.0	2.2	76	20.5	3.1	76	56.4	16.5	76	29.9	21.0	74	16.4	6.4	76	1393	1503
	灰色低地土 (13)	73	14.2	2.2	72	22.2	2.8	72	62.7	20.1	72	40.2	25.0	71	12.3	6.6	73	958	1194
第1種 兼 業	全 地 点	89	14.3	2.1	85	20.9	3.2	89	58.0	17.7	89	21.9	20.1	88	13.1	6.3	87	665	810
	多湿黒ボク 土 (04)	37	14.8	2.3	36	20.7	2.9	37	53.4	17.5	37	22.4	22.4	36	15.2	7.1	37	657	942
	灰色低地土 (13)	35	13.9	1.9	34	20.9	3.5	35	62.6	15.5	35	27.0	19.6	35	10.8	5.6	34	769	768
第2種 兼 業	全 地 点	32	14.5	1.9	32	21.4	3.5	32	53.2	14.0	32	18.7	12.2	32	11.2	6.3	32	818	1093
	多湿黒ボク 土 (04)	13	14.7	2.6	13	20.9	3.3	13	49.2	14.0	13	14.0	10.3	13	14.2	7.8	13	788	497
	灰色低地土 (13)	14	14.1	1.4	14	22.0	2.9	14	52.5	12.5	14	25.4	11.3	14	8.7	4.2	14	1064	1514

注 硬度は第2層、他は第1層

農家で最も深い傾向にあった。

作土深の経時的変化について農林水産省・農産課の全国規模の取りまとめ²¹⁾によると、最近の値は昭和30年代に比べやや浅くなっている。本調査ではこの比較はできないが、最近の農業情勢の変化の一つに兼業化の進行があり、この傾向が作土の浅耕化の一つの大きな要因になっているものと考えられる。一方、土壌別にみると浅耕化が著しい土壌統群は中粗粒灰色低地土、灰褐系及び礫質灰色低地土、灰褐系であった。この原因には土性が粗い、れき含量が多い、下層土の硬度が硬いなどの物理的な問題が考えられ、今後はさらに、このような土壌での深耕の必要性がより大きくなるものと思われる。いずれにしても耕起作業については、作業の能率化を求めるばかりではなく、作物栽培安定に必要な根群域の拡大のための適正な作土深を確保することに配慮する必要があると考える。

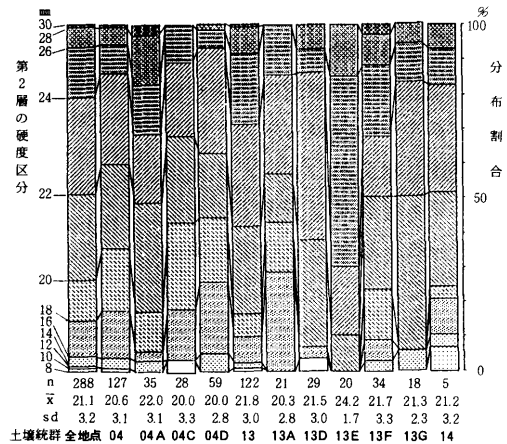
2) 硬 度

第2層の硬度の土壌統群別基礎統計量及び相対度数分布を、第2図に示した。

硬度については、根の伸長、適正減水深の維持、あるいは作業機械に対する地耐力を考えるに当たって特に重要な意味を持つと考えられる第2層について取りまとめた。土壌の硬度は、現地での測定は非常に簡便で最も一般的な項目

の一つとして広く調査されており、一般的には、先に述べたとおり、硬度が大きくなるに従い根の伸長は悪くなると考えられる。

しかし、硬度と根の伸長との関係は土壌の種類により異なり、特に粒系組成の違いによると考えられ、また、含水率によっても硬度の値が変化し、湛水状態ではかなり小さくなる。また土壌の構造または割れ目の発達により根の伸長阻害が小さくなる等の報告¹⁶⁾があり、また一方



第2図 第2層の硬度の土壌統群別相対度数分布

第5表 硬度 固相率及び仮比重と各項目との相関係数(第2層)

項 目	硬 度						固 相 率						仮 比 重										
	水田全地点			多湿黒ボク土			灰色低地土			水田全地点			多湿黒ボク土			灰色低地土							
	n	r		n	r		n	r		n	r		n	r		n	r						
固 相 率	56	0.421**		25	0.101		23	0.396*								56	0.992**		25	0.978**		23	0.980**
仮 比 重	56	0.449**		25	0.151		23	0.440*															
砂 含 量	45	0.118		16	0.497*		13	0.092		44	-0.223*		16	0.134		20	0.409*						
シルト含量	45	-0.132		16	-0.520**		21	-0.048		44	0.034		16	0.152		20	-0.527*						
粘 土 含 量	45	-0.071		16	-0.327		21	-0.112		44	0.343*		16	0.350*		20	-0.201						
全 炭 素	55 (-0.362**)		25 (-0.317*)		22 (-0.174)		54 (-0.877**)		25 (-0.725**)		21 (-0.590**)		54 (-0.911**)		25 (-0.802**)		21 (-0.679**)						
有機質資材 施用量	285	-0.031		126	-0.033		121	-0.047		54	-0.102		24	0.101		24	-0.140						

注1. nはデータ数, rは相関係数

2. **は危険率1%未満で有意

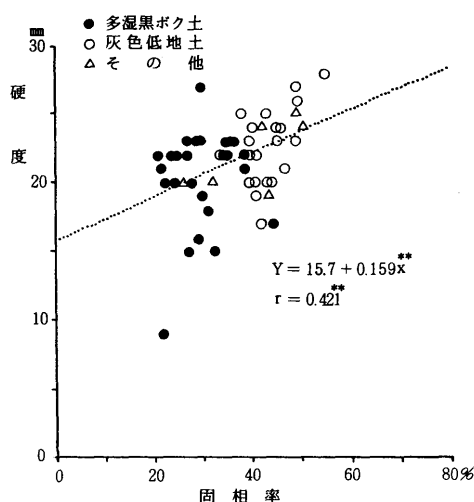
* は " 5% "

* は " 20% "

3. ()は修正指数曲線に回帰させた時の相関係数

4. 空欄は未検討項目

以下の表で同様



第3図 硬度と固相率との関係

ではその物理的意味については検討の余地がある¹³⁾との意見もある。しかし、硬度については過去に多数のデータの蓄積があり、また同一の土壌内において硬度と根の伸長に負の相関があることは確かである^{3,16)}ので、土壌の物理的性質の一面を表現する指標として重要と考える。

本調査の結果では、硬度の全地点平均は21.1 mmであった。基準値では有効根圏域の硬度の目標値として20 mm未満という数値が設定され、この指標に比較すると全地点平均はやや硬めであった。また全地点の相対度数分布をみると、目標値の20 mm未満には約26%の地点が含まれるのみであった。次に土壌群別にみると、多湿黒ボク土では20.6 mmと小さく、灰色低地土では比較的大きく21.8 mmであった。灰色低地土の中では、中粗粒灰色低地土、灰褐色系が特に大きく24.2 mmであった。

これを、他の項目との相関でみると、特に固相率及び仮比重との相関が高く、1%未満の危険率で正の相関が認められた(第5表)。固相率に対する硬度の分布では、多湿黒ボク土が固相率の小さい方に分布し、また硬度も小さかったのに対し、灰色低地土では固相率、硬度ともに大きい範囲に分布し、それぞれの土壌群内で

は大きな相関はないが、全体では固相率が高まるにつれて硬度も大きくなる傾向にあった(第3図)。

粒形組成と硬度との関係をみると20%未満の危険率で相関が認められたのは多湿黒ボク土における砂及びシルト含量のみで、砂含量とは正の相関が、シルト含量とは負の相関が得られた。また灰色低地土においては相関係数は低かったがやはり同様の傾向で、砂含量が多い土壌で硬度も大きくなる傾向であった。

有機質資材施用量は第2層の硬度に対しては、危険率20%未満での相関は認められなかった。

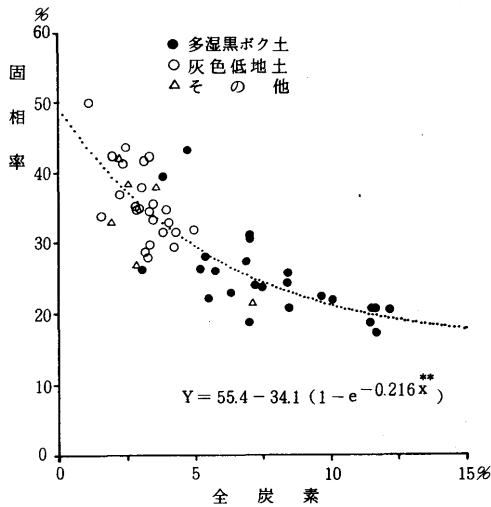
一毛作、二毛作別では多湿黒ボク土が一毛作で20.4 mm、二毛作で21.3 mm、また灰色低地土では一毛作が21.3 mm、二毛作が22.5 mmで、両土壌群とも二毛作の方が大きかった(第2表)。トラクターの規模と硬度の関係では、使用トラクターが大型化するほど硬度も大きい傾向があり、最も小さい区分である15 ps 未満では20.4 mmであるのに対し、最も大きい45 ps 以上では22.0 mmでトラクター走行による踏圧の影響が顕著にみられた(第3表)。このことは近年機械の大型化が進む中で、硬度の硬化がより進むことが懸念され、プラウなどによる深耕及び有機質資材の投入がより一層必要になると考えられる。

専業、第1種兼業、第2種兼業の別にみた第2層の硬度には一定の傾向は、みられなかった(第4表)。

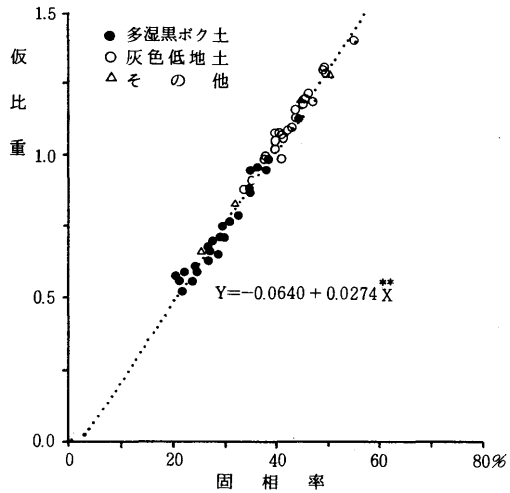
3) 固相率及び仮比重

第1層の固相率及び仮比重の基礎統計量は第6表に示した。固相率の全地点平均は30.7%，また仮比重は0.77であった。

他の項目と固相率との相関については、第5表に掲げた。特に、全炭素との相関が大きく、その分布は第4図のとおりで、固相率が腐植含量に大きな影響を受けていることがうかがわれた。また全炭素に対する固相率の変化は腐植含



第4図 固相率と全炭素との関係



第5図 仮比重と固相率との関係

第6表 土壌群別の固相率, 仮比重, 有効水分及びpF 1.5の空気率(第1層)

土 壌 群	固 相 率			仮 比 重			有効水分			pF1.5の空気率		
	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd
水田全地点	55	30.7	7.7	55	0.77	0.20	53	6.5	3.2	54	16.0	7.5
多湿黒ボク土	24	25.0	6.0	24	0.61	0.13	24	7.8	3.0	24	18.5	8.0
灰色低地土	24	35.5	5.3	24	0.91	0.15	23	5.7	3.4	23	13.6	5.0
グライ土	5	34.2	4.2	5	0.89	0.09	5	4.7	0.5	—	—	—

注 —はデータなし

量の多い多湿黒ボク土では小さく, 腐植含量の少ない灰色低地土では大きかった。

トラクター規模別の第2層の固相率は規模の大きいほど固相率も大きく, 15ps未満で33.7%, 45ps以上では40.4%であった(第3表)。また仮比重は固相率と真比重の積として算出されるが, 固相率に対する仮比重の分布は第5図に示したとおり直線的に回帰し, 相関係数0.992と非常に高い相関が認められた。

4) 有効水分及びpF 1.5の空気率
有効水分及びpF1.5の空気率の基

礎統計量は第6表に掲げた。有効水分及びpF1.5の空気率の全地点平均はそれぞれ6.5%及び16.0%であった。これらを土壌群別にみると有効水分では多湿黒ボク土が7.8%, 灰色低地土が5.7%またpF 1.5の空気率では多湿黒ボク土が18.5%, 灰色低地土が13.6%と, 両項目とも多湿黒ボク土で高い値であった。

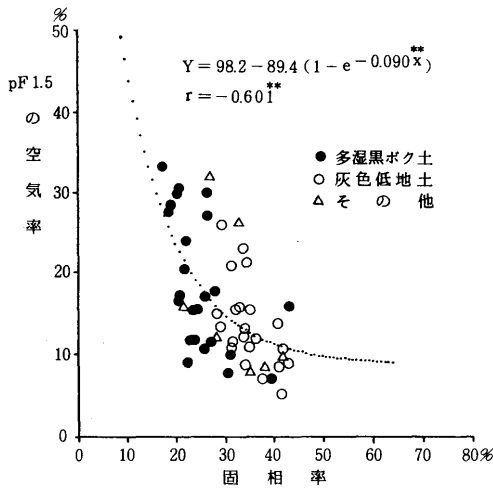
他の項目との相関は第7表のとおりで, 有効水分, pF 1.5の空気率はともに固相率との相関が高く, 両項目ともに全地点では1%未満の危険率で負の相関が認められた。

有効水分及びpF 1.5の空気率, また先に述べた仮比重及び硬度に対しては固相率の影響が

第7表 有効水分及びpF 1.5の空気率と各項目との相関係数(第1層)

項 目	有 効 水 分						p F 1.5 の 空 気 率					
	水田全地点		多湿黒ボク土		灰色低地土		水田全地点		多湿黒ボク土		灰色低地土	
	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r
固 相 率	54	(-0.348**)	24	(-0.245)	23	(-0.298*)	54	(-0.601**)	24	(-0.662**)	23	(-0.511*)
砂 含 量	43	0.008	15	-0.353+	21	0.097	43	-0.025	15	0.113	21	0.047
シルト含量	43	0.115	15	0.307	21	-0.016	43	0.207+	15	-0.418+	21	0.203
粘土含量	45	-0.113	15	0.132	21	-0.054	43	-0.161	15	0.350	21	0.275
全 炭 素	54	(0.456**)	24	(0.276*)	23	(0.431*)	54	0.313*	24	0.232	23	-0.098
有機質資材 施 用 量	53	0.311*	24	0.195	23	0.352+	53	0.015	24	-0.105	23	0.064

栃木県農耕地土壌の実態 (I)



第6図 pF 1.5の空気率と固相率との関係

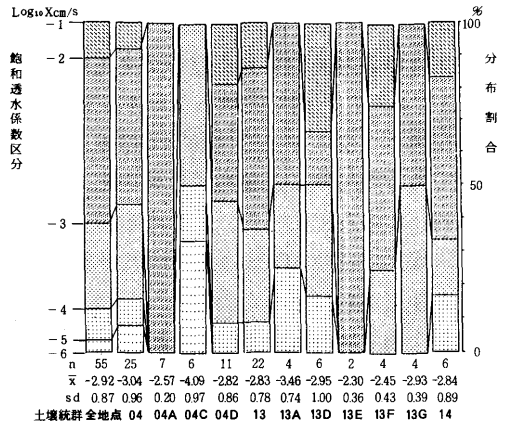
非常に大きいことが明かとなった(第5, 7表, 第3, 5, 6図)。一方固相率は全炭素の影響が大きく(第5表, 第4図), 従って仮比重, 硬度, 有効水分及びpF 1.5の空気率は同時に全炭素との関係においても高い相関が認められた(第5, 7表)。これらの結果は「細粒火山灰土において腐植含量が仮比重を低下させ, 自然含水比及び有効水分を増加させる」⁵⁾とする報告に良く一致した。

5) 飽和透水係数

第2層の飽和透水係数の基礎統計量及び相対度数分布は第7図に掲げた。

全地点平均は, $10^{-2.92}$ cm/sであった。これを土壌統群別にみると多湿黒ボク土では $10^{-3.04}$ cm/s, 灰色低地土で $10^{-2.83}$ cm/sであり, 多湿黒ボク土で小さい値であった。灰色低地土の中では中粗粒灰色低地土, 灰褐色及び礫質灰色低地土, 灰褐色で比較的大きく, それぞれ $10^{-2.30}$, $10^{-2.45}$ cm/sであった。これに対し, 細粒灰色低地土, 灰色系, 同, 灰褐色で比較的小さく, $10^{-3.46}$, $10^{-2.95}$ cm/sで, 灰色低地土においては, 土壌群間の差が大きかった。

他の項目と飽和透水係数との相関については第8表に掲げた。前述のとおり特に灰色低地土



第7図 飽和透水係数の土壌統群別相対度数分布(第2層)

第8表 飽和透水係数と各項目との相関係数(第2層)

項 目	水田全地点		多湿黒ボク土		灰色低地土	
	n	r	n	r	n	r
固 相 率	55	0.108	25	0.051	22	-0.069
硬 度	55	0.401**	25	0.287+	22	0.506*
砂 含 量	44	0.161	16	0.022	20	0.363+
シルト含量	44	0.041	16	0.074	20	-0.117
粘土含量	44	-0.305	16	-0.088	20	-0.510*
有機質資材 施 用 量	54	0.189+	25	0.272+	22	0.137

の中で中粗粒灰色低地土, 灰褐色及び礫質灰色低地土, 灰褐色で透水が良く, 粒形組成が大きく影響していると考えられる。粒形組成については相関係数は低かったが, 粘土含量については負の, 砂含量については正の相関がみられた。

有機質資材の施用量については多湿黒ボク土で正の相関がみられ, 有機質資材の施用により, 透水は良くなる傾向にあった。

2. 化学性及び生物性

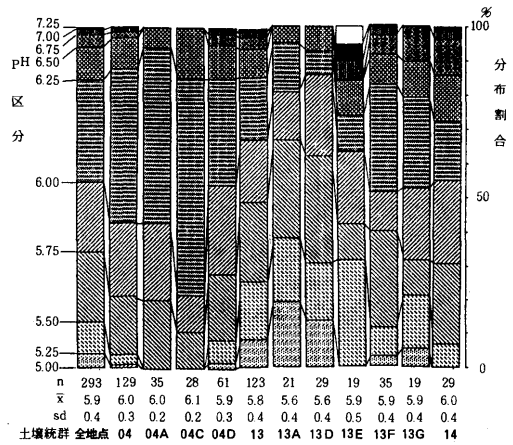
1) pH

第1層のpHの基礎統計量および相対度数分布は第8図及び第9表に掲げた。全地点の平均は5.9で, 基準値の6.0~6.5に比べると全般にやや低めであった。これを土壌群別にみると,

栃木県農業試験場研究報告第32号

多湿黒ボク土が6.0，灰色低地土が5.8，また褐色低地土では6.1であった。土壤統群別には灰色低地土で細粒灰色低地土，灰褐系及び同，灰色系がともに5.6と低かった。一方，多湿黒ボク土では表層多腐植質多湿黒ボク土が最も高く6.1であった。相対度数をみると表層多腐植質多湿黒ボク土においては約83%の地点が6.0以上であるのに対し，細粒灰色低地土，灰褐系では約15%のみであった。また中粗粒灰色低地土，灰褐系では特にpHの高い地点が多く，7.0以上の地点が約11%みられた。

第2，第3層のpHはそれぞれ全地点で6.3，6.5，また土壤群別にみると多湿黒ボク土で6.2，6.4，灰色低地土で6.3，6.6と，両土壤群ともに下層になるほど高くなる傾向にあった（第9表）



第8図 pH (H₂O) の土壤統群別相対度数分布（第1層）

第9表 土壤群別，層位別の化学性

土 壤 群	層 位	pH (H ₂ O)			置換酸度			塩 基 飽 和 度 %											
								CaO			MgO			K ₂ O			計		
		n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd
水田全地点	I	293	5.9	0.4	293	0.99	1.48	292	45.3	16.5	292	9.8	3.8	292	3.0	1.8	292	59.0	18.2
	II	56	6.3	0.4	56	0.43	0.36	56	53.8	21.4	56	12.1	4.5	56	2.2	1.6	56	69.6	24.6
	III	53	6.5	0.4	53	0.31	0.22	53	48.9	20.8	53	12.0	4.0	53	2.3	1.9	53	64.6	22.8
多湿黒ボク土	I	129	6.0	0.3	129	0.55	0.35	128	43.0	16.0	128	9.1	3.1	128	2.2	1.5	128	55.0	16.7
	II	25	6.2	0.2	25	0.29	0.13	25	45.9	18.3	25	10.3	2.6	25	1.4	0.8	25	58.7	19.7
	III	25	6.4	0.3	25	0.22	0.07	25	37.3	16.3	25	10.3	3.1	25	2.0	1.8	25	50.7	18.1
褐色低地土	I	5	6.1	0.3	5	0.58	0.33	5	58.8	7.5	5	11.5	4.7	5	3.0	0.9	5	73.8	11.2
	II	123	5.8	0.4	123	1.57	2.07	123	46.7	15.9	123	9.9	3.8	123	3.8	1.8	123	61.6	18.3
	III	23	6.3	0.4	23	0.62	0.49	23	61.7	22.2	23	13.1	5.4	23	3.3	1.7	23	78.9	25.7
灰色低地土	I	20	6.6	0.4	20	0.42	0.29	20	61.0	19.0	20	13.0	4.0	20	2.8	2.2	20	78.3	19.0
	II	29	6.0	0.4	29	0.55	0.24	29	51.1	17.2	29	13.0	4.6	29	2.7	1.6	29	67.6	18.5
	III	6	6.6	0.5	6	0.35	0.16	6	60.7	17.6	6	15.1	3.4	6	1.3	0.9	6	79.3	18.8
グライ土	I	6	6.4	0.4	6	0.35	0.21	6	56.0	15.4	6	14.2	2.8	6	1.7	1.7	6	74.2	15.4

土 壤 群	層 位	可給態リン酸			遊離酸化鉄			可給態窒素		
		Truog-P ₂ O ₅ mg/100g			Fe ₂ O ₃ %			N mg/100g		
		n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd	n	$\bar{x}$	sd
水田全地点	I	292	27.0	22.3	58	2.1	1.0	288	13.5	6.6
	II	56	11.5	13.0	55	2.7	1.5	43	7.6	5.3
	III	53	3.2	4.2	52	2.8	1.3	42	2.4	3.5
多湿黒ボク土	I	128	22.4	20.7	26	2.3	1.1	125	15.9	6.8
	II	25	6.8	8.5	24	3.1	1.7	16	9.5	5.7
	III	25	2.2	2.6	24	2.8	1.1	16	1.6	2.0
褐色低地土	I	5	44.1	19.0	1	2.3	—	5	5.4	1.2
	II	123	34.6	23.2	24	1.7	0.9	122	11.4	6.1
	III	23	18.3	15.3	23	2.4	1.3	19	5.9	3.5
灰色低地土	I	20	4.5	5.5	20	2.8	1.4	18	1.8	3.0
	II	29	16.2	14.3	6	2.2	1.0	29	12.8	3.5
	III	6	4.6	3.0	6	2.1	1.3	6	9.2	6.6
グライ土	I	6	2.8	2.5	6	3.0	1.7	6	6.5	5.4

第10表 pH (H₂O)と置換酸度との塩基飽和度との相関係数（第1層）

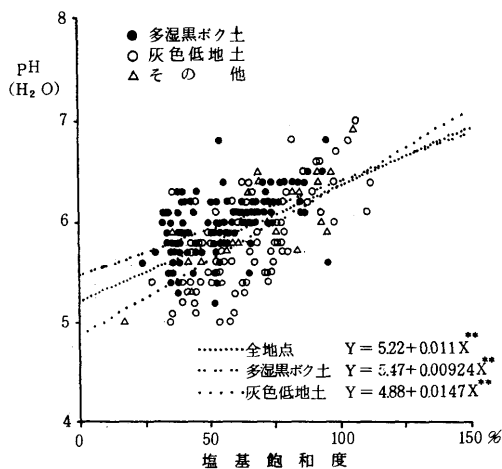
項 目	水田全地点		多湿黒ボク土		灰色低地土	
	n	r	n	r	n	r
置換酸度	292	-0.628**	129	-0.701**	123	-0.548**
塩基飽和度	292	0.562**	128	0.544**	123	0.646**

第1層のpHと塩基飽和度との関係を見ると、多湿黒ボク土及び灰色低地土ともに1%未満の危険率で相関が認められた(第10表)。また塩基飽和度とpHとの関係は第9図に示したように全地点がおおむね直線上に乗るが、特に塩基飽和度の低い範囲でみると多湿黒ボク土は灰色低地土に比べ同一塩基飽和度ではpHが高い傾向にあった。したがって回帰直線の傾きは灰色低地土で0.0147、多湿黒ボク土で0.0092と、多湿黒ボク土の方が小さかった。中和石灰量に対する各要因の影響が検討された報告²⁾では、リン酸吸収係数及び腐植含量が関与し、これらが高い土壌では石灰必要量も上昇すると言われている。本調査の結果からも、これらの高い多湿黒ボク土では、CaO飽和度に対するpHの動きが比較的小さい結果となった。

第1層のpHは、また置換酸度に対してもその対数値に対し直線的に回帰する(第10表)が、灰色低地土では多湿黒ボク土に比べて分散が大きかった。また、置換酸度の対数値に対する相関係数は、多湿黒ボク土、灰色低地土でそれぞれ-0.701、-0.548で多湿黒ボク土で大きかった。

2) 置換酸度

置換酸度の全地点平均は0.99で、土壌群別に



第9図 pHと塩基飽和度との関係
(第1層)

は多湿黒ボク土が0.55に対し灰色低地土が1.57と高い傾向にあり(第9表)、前項のpHの土壌群別の関係と同様の傾向にあった。

各層位の値は各土壌群とも下層ほど低かった。

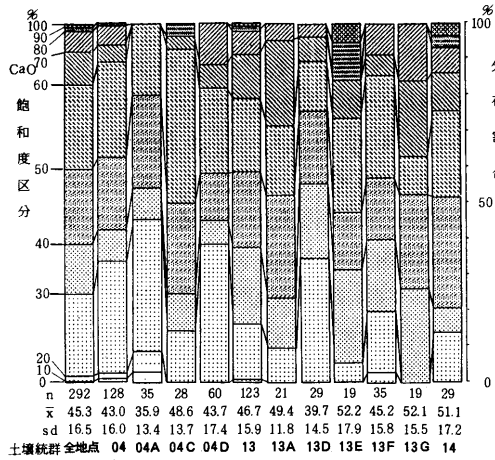
3) CaO, MgO, K₂O 飽和度及び塩基飽和度第1層のCaO, MgO, K₂O飽和度及び塩基飽和度については第10~13図に、また第2, 3層の飽和度を第9表に掲げた。

(1) 第1層の塩基類の飽和度

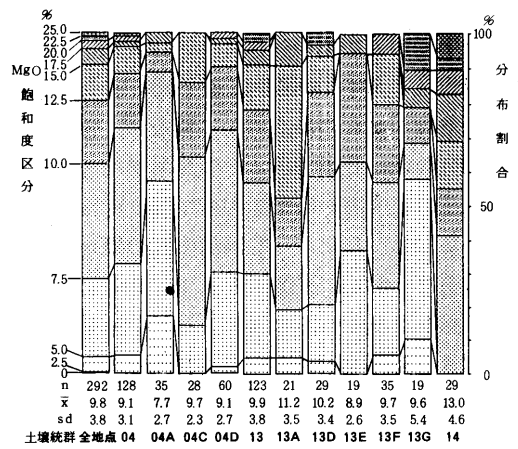
CaO飽和度の全地点平均は45.3%で、基準値の45~60%の範囲内であった。このように、平均値では比較的良好であったが、多湿黒ボク土で低く、特に厚層多腐植質多質黒ボク土では36%で、調査地点の約80%が飽和度50%未満であった。これに対し、最も高い中粗粒灰色低地土、灰褐色系は平均52.2%で、飽和度50%未満の地点は約47%、また飽和度80%以上の地点は約16%あった。

MgO飽和度の全地点平均は9.8%で、主要3土壌群別ではCaO飽和度と同様の傾向を示し、褐色低地土11.4%>灰色低地土9.9%、>多湿黒ボク土9.1%の順であった。土壌統群別にみると最も低いのはCaO飽和度と同様で厚層多腐植質多湿黒ボク土で平均値が7.7%と全地点平均より2%程度低かった。

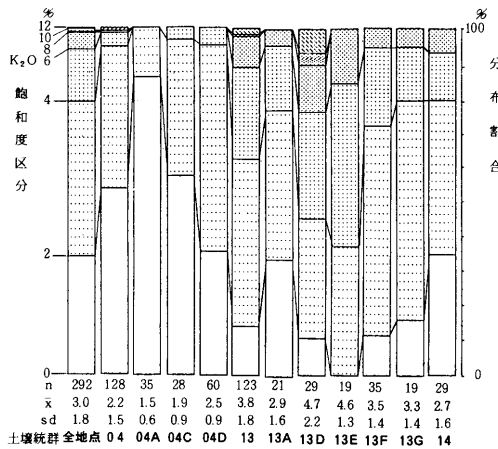
K₂O飽和度の全地点平均は3.0%で、主要3土壌群別では灰色低地土3.8%>褐色低地土3.0%>多湿黒ボク土2.2%の順であった。CaO及びMgO飽和度とは若干順位が逆転しているが、多湿黒ボク土は前2成分と同様に最も低い傾向にあった。土壌統群別にみると、やはり厚層多腐植質多湿黒ボク土が最も低く平均は1.5%で調査地点の約85%は飽和度2%未満であった。細粒灰色低地土、灰褐色系及び中粗粒灰色低地土、灰褐色系は特に高い傾向を示し、平均はそれぞれ4.7%4.6%で、中粗粒灰色低地土、灰褐色系では飽和度2%未満の地点は全くみられなかった。



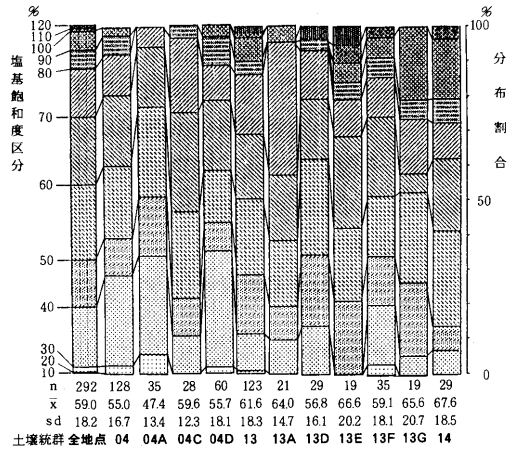
第10図 CaO飽和度の土壌統群別
相対度数分布（第1層）



第11図 MgO飽和度の土壌統群別
相対度数分布（第1層）



第12図 K₂O飽和度の土壌統群別
相対度数分布（第1層）

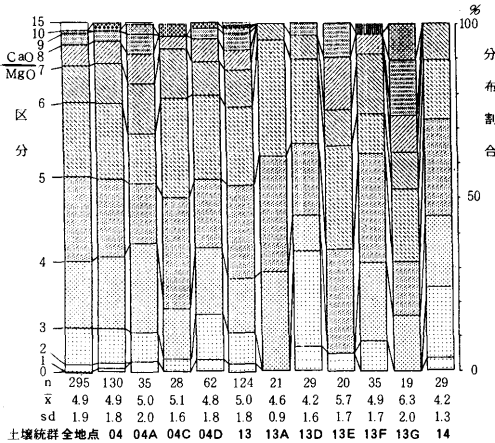


第13図 塩基飽和度（合計）の土壌
統群別分布（第1層）

塩基飽和度の全地点平均は59.0%であった。塩基飽和度に対してはCaO 飽和度が支配的であるため土壌群別の順位はCaO と同様の傾向であり、それぞれの飽和度は褐色低地土73.8% > グライ土67.6% > 灰色低地土61.6% > 多湿黒ボク土55.0%であった。多湿黒ボク土及び灰色低地土について土壌統群別にみると、最も低いのは上述の3成分と同様厚層多腐植質多湿黒

ボク土で、その平均は47.4%，また最も高いのはCaO 飽和度と同様に粗粒灰色低地土、灰褐色系でその平均は66.6%であった。この中粗粒灰色低地土、灰褐色系では飽和度が100%を越える地点が約10%みられ、これらの地点では過剰と考えられる。一方多湿黒ボク土に多数見られる低塩基飽和度地点では石灰質資材などの施用が必要と考えられた。

栃木県農耕地土壌の実態 (I)

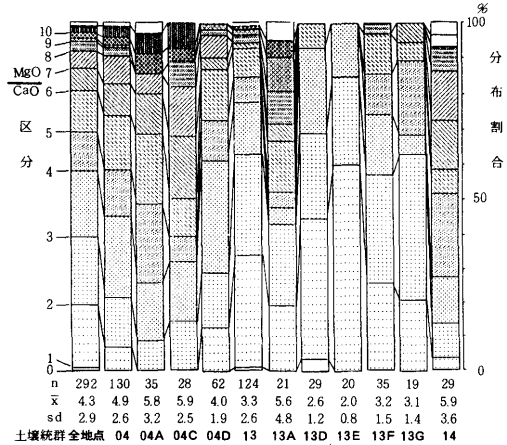


第14図 CaO/MgOの土壌統群別
相対度数分布 (第1層)

また置換性塩基について考える場合、各塩基類の飽和度のほかにそれぞれのバランスが問題になるが、CaO/MgOについては第14図に、またMgO/K₂Oについては第15図に示した。

CaO/MgOについては、全地点平均が4.9であった。また土壌群別には多湿黒ボク土で4.9、灰色低地土で5.0で土壌群の差はみられなかった。基準値ではこの値を2.5~6.0と定めており全地点平均、多湿黒ボク土、または灰色低地土の何れもこの基準値内にあった、しかし土壌統群別にみると、灰色低地土下層黒ボクだけが平均6.3とやや高めで、60以上の地点が約48%を占めた。これは灰色低地土下層黒ボクで、MgO飽和度の低い地点が比較的多いことに起因するとみられる。

MgO/K₂Oについては全地点平均が4.3であるのに対し、土壌統群別には多湿黒ボク土で4.9、また灰色低地土で3.3と上述のCaO/MgOに比べると差が大きかった。この値の基準値は2以上と設定されており、平均値ではそれぞれの土壌群で基準値を満たしていた。しかし平均値の低かった灰色低地土について土壌統群別にみると、中粗粒灰色低地土、灰褐色及び

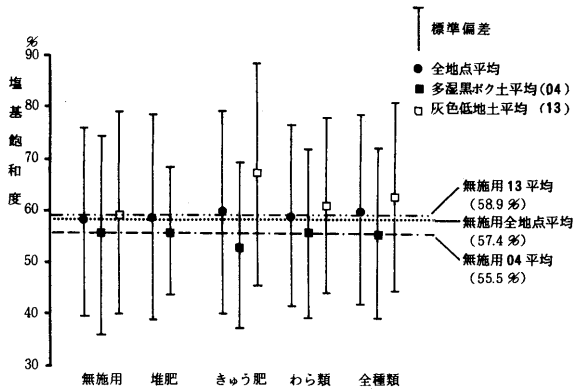


第15図 MgO/K₂Oの土壌統群別
相対度数分布 (第1層)

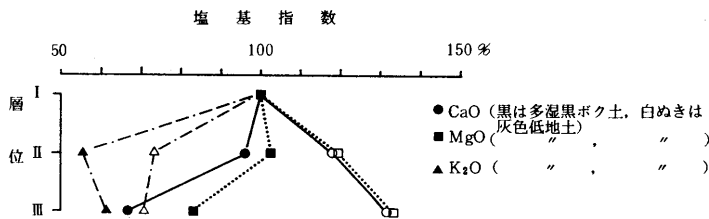
細粒灰色低地土、灰褐色系で特に低く、平均値はそれぞれ2.0、2.6であった。相対度数分布をみると、基準値の2未満の地点が中粗粒灰色低地土、灰褐色系では約60%、また細粒灰色低地土、灰褐色系では約45%を占めていた。これらの土壌統群でMgO/K₂Oが低い原因は先にも述べたとおり、K₂O飽和度が高い傾向にあることによると判断される。

各種有機質資材の施用により土壌中の塩基類濃度が変化することは、多数報告されている^{4, 7, 8, 12, 14, 20, 22)}。本調査における、塩基飽和度に対するこれらの影響を、資材の種類別、土壌統群別に検討した (第16図)。

有機質資材無施用地点に対して、有機質資材施用地点の塩基飽和度の平均値は灰色低地土では何れも高く、多湿黒ボク土では同程度か、あるはやや低めであり、多湿黒ボク土で有機質資材施用の効果が小さかった。また、各資材の中では、きゅう肥施用地点で無施用地点との差が最も大きく、無施用の平均が58.9%であるのに対しきゅう肥施用地点では66.8%であり、この差は灰色低地土で多湿黒ボク土より大きかった。



第16図 有機質資材の種類の違いによる塩基飽和度への影響



第17図 層位別の置換性塩基の分布

有機質資材の施用については、特に灰色低地土においてわら類の施用により K_2O が増加し、 CaO 、 MgO が減少する例が報告されており^{8, 11, 22)}、先に述べた灰色低地土で K_2O が高く、また MgO/K_2O が小さいという傾向に一致した。農林水産省・農産課の取りまとめ²¹⁾においても近年の塩基類の増加とバランスの悪化、特に MgO/K_2O の低下が指摘されており、わら鋤込みがこの一因になっているものと考えられた。

塩基飽和度について一毛作、二毛作の違いでは多湿黒ボク土、灰色低地土ともに二毛作地点で高かった(第2表)。また専業、第1種兼業、第2種兼業の違いでは両土壤群とも専業農家で高い傾向にあった(第4表)。

(2) 第2, 3層の塩基飽和度

第2, 3層の塩基飽和度は重要定点69地点で調査を行い、 CaO 飽和度は第2層全地点平均53.8%で、土壤群別にみると多湿黒ボク土45.9

%また灰色低地土が61.7%であった。第3層全地点平均は48.9%で、土壤群別には多湿黒ボク土が37.3%、また灰色低地土では61.0%で第1層同様に第2, 3層とも灰色低地土が多湿黒ボク土に比べ高い傾向であった(第9表)。

これを土壤群別にみると両土壤群で第2層が最も高く、さらに灰色低地土では第1層が最も低かった。

MgO 飽和度は第2層全地点平均12.1%で、土壤群別には多湿黒ボク土が10.3%また灰色低地土が13.1%であった。第3層全地点平均は12.0%で、やはり土壤群別にみると多湿黒ボク土が10.3%、また灰色低地土が

13.0%で、各層位の土壤群間の、及び各層位間の傾向は CaO 飽和度と同様であった。

K_2O 飽和度は第2層全地点平均2.2%で、土壤群別にみると多湿黒ボク土が1.4%、また灰色低地土が3.3%であった。第3層全地点平均は2.3%で、土壤群別には多湿黒ボク土が2.0%、また灰色低地土が2.8%であった。層位別の土壤群間の比較では第2層においては灰色低地土の方が多湿黒ボク土より大きい第3層では両土壤群でおおむね同じ値で、 CaO 、 MgO とは若干傾向を異にしている。また同一土壤群内の層位別の比較では両土壤群ともに第1層が最も高く、この点においても CaO 、 MgO とは分布状況が違っているといえる。

塩基の種類別の層位及び土壤群別の分布を明らかにするため第17図を作成した。この図は各塩基の実数について第1層の値に対する相対値を層位別にプロットしたもので、実数においても層位、土壤群間の傾向は前述の飽和度とおお

栃木県農耕地土壌の実態 (I)

むね同様である。CaOとMgOは同様の傾向にあり、灰色低地土においては下層ほど高かった。一方多湿黒ボク土においては第2層は第1層とおおむね同様の値で第3層は低くなっている。K₂Oは灰色低地土、多湿黒ボク土ともに第1層が最も高く第2、3層は低くなっている。このような層位間差は塩基類の溶脱により生じ、土壌間差は土壌の違いによる溶脱パターンの違いにより、また塩基の種類別の差は塩基の種類に対する溶脱パターンの違いにより生じてくると考えられよう、これらの現象の中から、少なくとも、多湿黒ボク土より、灰色低地土で、各塩基類の溶脱が進行しやすいといえよう。

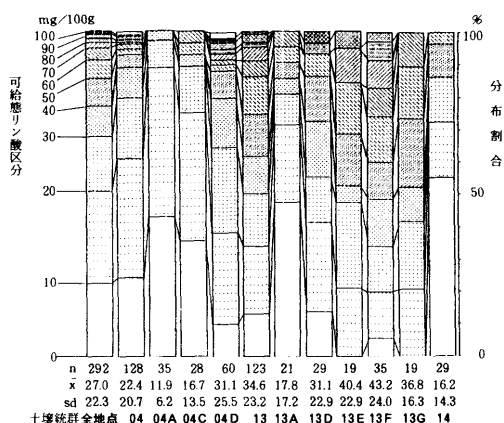
4) 可給態リン酸 (Truog-P₂O₅)

第1層の可給態リン酸の基礎統計量及び相対度数分布は第18図に掲げた。全地点平均は27.0 mg / 100 gで、土壌群別に見ると褐色低地土が最も高く44.1 mg / 100 g、次いで灰色低地土が34.6 mg / 100 g、多湿黒ボク土、グライ土が低く、それぞれ22.4、16.2 mg / 100 gであった。多湿黒ボク土及び灰色低地土において土壌統群別にみると、厚層多腐植質多湿黒ボク土が最も低く11.9 mg / 100 g、最も高いのは礫質灰色低地土、灰褐色系で平均は43.2 mg / 100 gであった。基準値では水稻に対する値を10~30 mg / 100 gとしているが、本調査では10 mg / 100 g未満の地点が厚層多腐植質多湿黒ボク土においては調査地点の約43%を占めるのに対し、中粗灰色低地土、灰褐色系においては全く無かった。このように全体的には多湿黒ボク土でリン酸肥沃度がまだ低い傾向にあった。しかし、多湿黒ボク土においても可給態リン酸が十分に高い地点も多く見られ、これらの地点ではリン酸の改良がかなり進んでいると考えられた。一方、グライ土及び細粒灰色低地土、灰褐色系では基準値の10 mg / 100 g未満の地点がそれぞれ55%、48%程度あり、これらの地域でのリン酸の改良が早急に必要と思われた。

リン酸吸収係数及びリン酸質資材施用量と可給態リン酸との相関については第11表に掲げた。前述の土壌統群別の分布からも判断されたとおり、特にリン酸吸収係数による影響が大きく相関係数は全地点で-0.394、土壌群別には多湿黒ボク土で-0.456、また灰色低地土では-0.322で、それぞれ危険率1%未満で相関が認められた。

リン酸質資材施用量と可給態リン酸との関係は第11表に示したとおり多湿黒ボク土で正の相関が認められた。

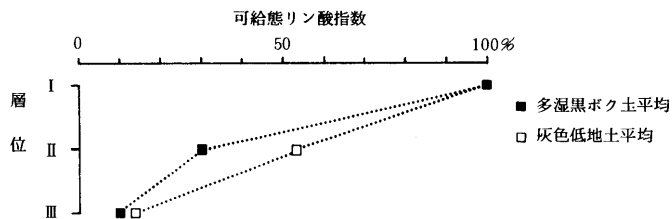
一毛作、二毛作による区別は第2表に掲げたとおり、多湿黒ボク土、灰色低地土共に二毛作地点で大きく、このうち多湿黒ボク土では一毛作で19.2 mg / 100 gであるのに対し二毛作地点は39.9 mg / 100 gでその差が大きかった。専業、第1種兼業、第2種兼業別には両土壌群とも専業農家が最も高い傾向であった。



第18図 可給態リン酸の土壌統群別相対度数分布 (第1層)

第11表 可給態リン酸とリン酸吸収係数及びリン酸質資材施用量との相関係数 (第1層)

項 目	水田全地点		多湿黒ボク土		灰色低地土	
	n	r	n	r	n	r
りん酸吸収係数	292	(-0.394**)	128	(-0.456**)	123	(-0.322**)
りん酸質資材施用量	289	-0.018	127	0.228**	122	-0.067

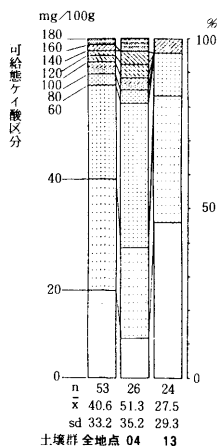


第19図 層位別の可給態リン酸の分布

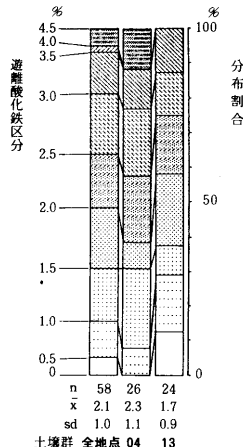
第2, 3層の第1層との比較については第19図に示した。前項の塩基類とは異なり, 多湿黒ボク土, 灰色低地土ともに下層ほど減少し, 第2層の減少程度は多湿黒ボク土でより大きく多湿黒ボク土は下層で急速に可給態リン酸が減少する傾向にあった。

5) 可給態ケイ酸

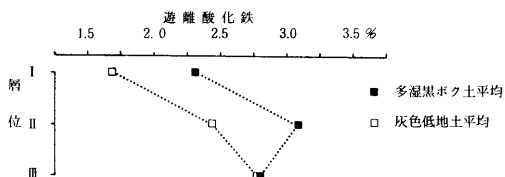
第1層の可給態ケイ酸の基礎統計量及び相対度数分布は, 第20図に掲げた。全地点平均は



第20図 可給態ケイ酸の土壌統計群別相対度数分布 (第1層)



第21図 遊離酸化鉄の土壌統計群別相対度数分布 (第1層)



第22図 層位別の遊離酸化鉄の分布

40.6mg / 100gであった。

本調査の分析法として実施した酢酸緩衝液浸出による土壤中ケイ酸の値と稲わら中ケイ酸との相関は低く, 本分析法が土壤のケイ酸供給力を表す指標として適用できない場合があるという報告^{9,15)}が

あり, 特に土壌群間の値についての比較をすることには問題があると考えられるが, 土壌群別の平均値をみると, 多湿黒ボク土が 51.3mg / 100g, 灰色低地土が 27.5mg / 100g で多湿黒ボク土が大きかった。

6) 遊離酸化鉄

第1層の遊離酸化鉄の基礎統計量及び相対度数分布は第21図に示した。全地点平均は2.1%, 土壌群別には多湿黒ボク土が2.3%, 灰色低地土が1.8%, またグライ土が2.2%で多湿黒ボク土が最も大きかった。

基準値では1.5%以上を健全としており, 平均値で判断するかぎり各土壌群で良好な値であったが, 全地点のうちの約21%が1.5%未満であった。さらに問題が大きいと考えられる1%未満の地点が全地点の15%あり, またこの多くが中粗粒灰色低地土, 灰褐色系及び礫質灰色低地土, 灰褐色系で占められていた。鉄は根の健全化のためには重要な養分で鉄欠乏が秋落ち現象の一つの大きな原因となっており, これら特に鉄の少ない地点では鉄欠乏による根腐れが懸念され, 含鉄資材の施用や良質土の客土などの対策が必要と考えられた。

第2, 3層の状況は第22図に示した。多湿黒ボク土, 灰色低地土ともに第1層に対し第2, 3層で高いが, 多湿黒ボク土では第2層が, また灰色低地土では第3層が最も高い傾向があった。

7) 可給態窒素

第1層の可給態窒素の基礎統計

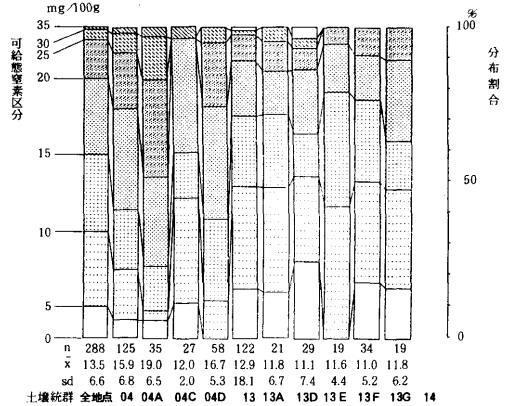
栃木県農耕地土壌の実態 (I)

量及び相対度数分布は第23図に掲げた。全地点平均は $13.5 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ であった。これを土壤群別にみると、多湿黒ボク土及び黒ボクグライ土がそれぞれ $15.9 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ 、 $17.6 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ で比較的高く、灰色低地土及びグライ土はそれぞれ $11.4 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ 、 $12.8 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ で低い傾向にあった (第9表)。また褐色低地土では $5.4 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ で最も低かった。多湿黒ボク土及び灰色低地土について土壤統群別にみると厚層多腐植質多湿黒ボク土で最も高く、 $19.0 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ 、礫質灰色低地土、灰褐色系で最も低く $11.0 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ であった。 $10 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ 未満の地点は厚層多腐植質多湿黒ボク土では約8%であるのに対し礫質灰色低地土、灰褐色系では約50%を占めた。

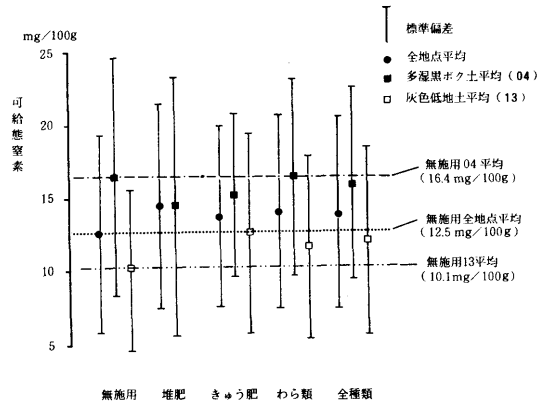
可給態窒素は地力窒素を評価する一つの方法として位置付けられるがこの意味で非常に重要な項目と考えられる。また可給態窒素は先に述べた塩基類と同様に有機質資材の施用により富化されるといわれ^{8, 20, 22)}、これについても有機質資材の施用の可給態窒素への影響について検討し、第24図に有機質資材施用別に可給態窒素の分布を示した。多湿黒ボク土で有機質資材無施用地点の平均値は $16.4 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ であるのに対し有機質資材施用地点でもほとんど変わらず、また灰色低地土では有機質資材無施用地点 $10.1 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ に対し有機質資材施用地点では何れも高かった。この土壤群

別の傾向は基準点調査²⁰⁾においても同様で、多湿黒ボク土で有機質資材施用による地力窒素蓄積への効果が出にくいことが示唆された。

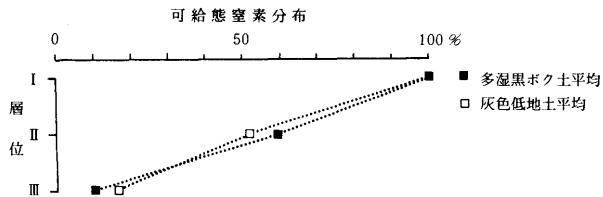
一毛作、二毛作別に見ると多湿黒ボク土、灰



第23図 可給態窒素の土壤統群別相対度数分布 (第1層)



第24図 有機質資材の種類の違いによる可給態窒素への影響



第25図 層位別の可給態窒素分布

色低地土ともに一毛作地点で高く、その差は特に多湿黒ボク土で大きかった。専業、第1種兼業、第2種兼業別にみると、多湿黒ボク土、灰色低地土ともに専業農家で最も高かった。

IV 総合考察

水田調査対象 293 地点中 130 地点が多湿黒ボク土、また 124 地点が灰色低地土であり、この 2 土壌群が非常に多く、栃木県における土壌の分布状況に対応している。他にはグライ土 29 地点、黒ボクグライ土 5 地点、また褐色低地土 5 地点が調査対象であった。

多湿黒ボク土のうち厚層多腐植質多湿黒ボク土は 35 地点あり作土深平均 16.1 cm で土壌統群別では最も深く第 2 層の硬度は 22.6 mm で多湿黒ボク土の中では最も硬かった。また第 2 層の飽和透水係数は $10^{-2.57}$ cm/s で比較的良好な値であった。

化学性についてみると、pH は平均 6.0 で平均的な値であったが CaO 飽和度 35.9 %、MgO 飽和度 7.7 %、K₂O 飽和度 1.5 % でまた塩基飽和度は 47.4 % であり土壌統群別にみると各項目とも最も低く、CaO 飽和度と塩基飽和度については基準値を下回っていた。可給態リン酸は 11.9 mg/100 g で、これも土壌統群別では最も低く、一方可給態窒素は 19.0 mg/100 g で土壌統群中最も高かった。

以上の結果から厚層多腐植質多湿黒ボク土の現況は、物理性については第 2 層の硬度がやや硬く根の伸長に不安は残るが作土深は深く、また透水性も良好で、問題は少ないものと判断される。化学性と生物性については窒素肥沃度は高く、望ましい状態にあるが、置換性塩基類についてはかなり低く、富化が求められる。また可給態リン酸は、平均値については基準値を上回っているが、低い地点も多く、これらの地点ではやはり富化が求められる状況にあった。

表層多腐植質多湿黒ボク土は 22 地点が調査され、この作土深は 14.1 cm で、先に述べた厚層多腐植質多湿黒ボク土に比べて浅く、また第 2 層の硬度は 20.0 mm で柔らかく、飽和透水係数は $10^{-4.09}$ cm/s と土壌統群別には最も小さかった。CaO 飽和度、MgO 飽和度、K₂O 飽和度は厚層

多腐植質多湿黒ボク土よりはそれぞれやや高め、塩基飽和度も 59.6 % で高かったが基準値よりはやや低かった。可給態リン酸は 16.7 mg/100 g でやはり厚層多腐植質多湿黒ボク土よりやや高く平均値では基準値を満たしているが、低い地点も多かった。可給態窒素は 12.0 mg/100 g で厚層多腐植質多湿黒ボク土同様、比較的高い値であった。

以上の結果から、表層多腐植質多湿黒ボク土の現況は、物理性については、深耕による作土深の確保と第 2 層の透水性の改善が必要であると考えられる。化学性及び生物性については窒素肥沃度は良好で、塩基類については若干の富化が必要と考えられ、また可給態リン酸は多くの地点で低く、積極的富化が望まれる。

調査対象の多湿黒ボク土はおおむね、堆積様式により、風積である前述の 2 土壌統群と水積の表層腐植質多湿黒ボク土に分けられ、後者の表層腐植質多湿黒ボク土は、水稻の生育については灰色低地土に類似すると言われる¹⁾。この表層腐植質多湿黒ボク土は本調査では 61 地点と土壌統群中最も多く、作土深は 14.7 cm で、多湿黒ボク土平均よりは浅いが灰色低地土平均よりは深かった。第 2 層の硬度は 20.0 mm で多湿黒ボク土平均とおおむね同様で、また飽和透水係数は $10^{-2.82}$ cm/s で比較的大きかった。各塩基類はそれぞれ厚層多腐植質多湿黒ボク土より高かったが、塩基飽和度については基準値を下回った。可給態リン酸は 31.1 mg/100 g で多湿黒ボク土の中では最も高かった。可給態窒素は 16.7 mg/100 g で厚層多腐植質多湿黒ボク土に次いで高かった。

以上から表層腐植質多湿黒ボク土の現況は、物理性については大きな問題はないと考えられ、化学性についても可給態リン酸及び可給態窒素は良好な値で問題ないが置換性塩基がやや低く塩基類の若干の富化が必要と考えられた。

灰色低地土の中の細粒灰色低地土、灰色系及

栃木県農耕地土壌の実態 (I)

び細粒灰色低地土、灰褐色系はそれぞれ21, 29地点が調査された。作土深についてはそれぞれ14.6 cm, 14.0 cmで土壌統群別の値の平均的な数値であった。第2層の硬度についてもそれぞれ20.3 mm, 21.5 mmでやはり平均的な値で、また飽和透水係数は細粒灰色低地土、灰色系で特に小さく $10^{-3.646}$ cm/sであった。化学性及び生物性のうちCaO飽和度及び塩基飽和度は細粒灰色低地土、灰褐色系でやや低かった。また細粒灰色低地土では K_2O 飽和度が高く、その結果 MgO/K_2O が低めであった。pHについては両土壌統群とも5.6と比較的低かった。可給態リン酸は細粒灰色低地土、灰褐色系では31.1 mg/100 gと基準値を大きく上回っていたが細粒灰色低地土、灰色系は平均17.8 mg/100 gで基準値の10 mg/100 g未満の地点も多かった。可給態窒素は灰色低地土の中では土壌統群間の差が小さく、いずれも11~12 mg/100 g前後でやや低めであった。

以上の結果から、これらの土壌統群では深耕の実施により作土深の確保を図り、また細粒灰色低地土、灰色系では同時に第2層の透水性についても改善を図る必要がある。化学性及び生物性では塩基飽和度は良好な値であったが、本調査の結果にも層位別の塩基類含量の違いとして現れているとおり、灰色低地土は塩基類の溶脱が進み易いといわれ^{8, 14, 22)}、加えてpHの低下とバランスの悪化に対し、CaO及びMgOの富化が求められる。また細粒灰色低地土、灰色系ではリン酸の富化も望まれる。可給態窒素は灰色低地土の各土壌統群共通に、富化が必要で、先に述べた通り、特に灰色低地土では有機質資材の施用効果が現れやすく、これらの資材の施用が望ましいと考える。

中粗粒灰色低地土、灰褐色系及び礫質灰色低地土、灰褐色系はそれぞれ20, 35地点が調査され、作土深はそれぞれ13.2 cm, 13.9 cmで浅かった。第2層の硬度は礫質灰色低地土、灰褐色系では

21.7 mmで平均的な値であったが中粗粒灰色低地土、灰褐色系は24.2 mmでかなり硬かった。飽和透水係数はそれぞれ $10^{-2.30}$ cm/s, $10^{-2.30}$ cm/sで両土壌統群ともに良好な値であった。化学性についてみると、CaO飽和度及び塩基飽和度については礫質灰色低地土、灰褐色系でやや低めであったが両土壌統群とも平均値ではおおむね基準値を満たしていた。しかし、中粗粒灰色低地土、灰褐色系では K_2O 飽和度が高く、 MgO/K_2O が2.0とかなり低く、基準値の2.0未満の地点が多数みられた。一方可給態リン酸はそれぞれ40.4 mg/100 g, 43.2 mg/100 g、で良好な値であった。可給態窒素は他の灰色低地土と同様に低く、それぞれ11.6 mg/100 g, 11.0 mg/100 gであった。

以上からこれらの土壌統群の現況について判断すると物理性においては、中粗粒灰色低地土、灰褐色系及び礫質灰色低地土、灰褐色系ともに、まず、作土深の拡大が必要と判断される。しかし特に礫質灰色低地土、灰褐色系の一部の土壌では有効土層が浅く、下層に礫層があり、これらの地点では深耕による鍬床層の破壊により、過透水になる恐れがあり¹⁾、これらの地点では作土深の確保のためには客土が必要になる。化学性についてはおおむね良好であったが中粗粒灰色低地土、灰褐色系は K_2O が高く、 MgO/K_2O が低くなっており K_2O 施肥量を控えるのが望ましいと考える。一方、可給態窒素は低く、有機質資材の投入が必要である。また、遊離酸化鉄の少ない地点が多く、これらの地点では、含鉄資材の施用、または良質土の客土が有効であり^{1, 6)}必要と考えられる。

灰色低地土下層黒ボクは19地点が調査され、作土深は15.0 cmと灰色低地土の中では最も深く、また第2層の硬度と飽和透水係数は平均的な値であった。塩基飽和度については基準値を満たしており塩基類のバランスも良好であった。可給態リン酸も良好な値であった。しかし可給態

窒素は他の灰色低地土と同様にやはり低かった。

灰色低地土、下層黒ボク土においては可給態窒素の富化のため有機質資材の投入が必要であるとする。

一毛作と二毛作の別による各項目の比較については各項で述べてきたが、物理性について作土深には差はなかったが硬度及び飽和透水係数において差が認められた。第2層の硬度は二毛作地点でより硬く、作付回数の増加に伴う作業機械の走行の増加によるものと判断される。飽和透水係数は二毛作地点で大きかった。

化学性及び生物性において塩基飽和度及び可給態リン酸は二毛作地点で高く、可給態窒素は一毛作地点で高かった。また有機質資材の施用量、特に多湿黒ボク土ではわら類以外の資材の施用量が二毛作地点で多かった。併せて、特にリン酸については作付回数に応じ、二毛作地点での施肥量が、当然多いと考えられ、したがって二毛作地点では、塩基類及びリン酸については当該圃場への投入量が溶脱等を含めた収奪量を上回り一毛作地点ではこの差が小さいものと推察される。可給態窒素については二毛作水田の方が土壤有機物の消耗が一毛作に比べ激しいものと考えられ、二毛作水田ではより地力窒素の増加が必要になると考える。

専、兼業別に作土深、硬度、塩基飽和度、可給態リン酸及び可給態窒素について検討したが各項目で多湿黒ボク土、灰色低地土ともに専業農家でより望ましい方向にあり、適正な土壤管理によるものと判断され、については適正な土壤管理の重要性がうかがわれた。

V 摘 要

1979年から1982年までの4年間、栃木県土壤の実態と管理実態について545地点を調査し、このうち水田の土壤と管理について取りまとめた。その結果の概要は次の通りであった。

1. 作土深は水田全地点平均14.4cmで目標とす

る15～20cmよりやや浅い傾向にあり、土壤統群別では中粗粒灰色低地土、灰褐色及び礫質灰色低地土、灰褐色が最も浅かった。

2. 第2層の硬度は多湿黒ボク土より灰色低地土で硬い傾向にあった。また使用農業機械の大型化による硬度の高まりがみられ、プラウ耕などによる深耕が必要と考えられた。

3. 多湿黒ボク土と灰色低地土を比較すると塩基飽和度は、多湿黒ボク土で低かったが、pHは多湿黒ボク土の方が高かった。また層位別の塩基飽和度については多湿黒ボク土では下層ほど小さかった。しかし、灰色低地土ではCaO及びMgOが下層ほど高く、灰色低地土ではこれらの溶脱を受けやすいものと考えられた。

4. 可給態リン酸は多湿黒ボク土で全般に低い地点が多い傾向であったが、その他に細粒灰色低地土、灰色系及びグライ土では基準値未満の地点が半分程度を占めた。

5. 可給態ケイ酸の分析値は灰色低地土に比べ多湿黒ボク土で高い値を示した。

6. 遊離酸化鉄は中粗粒灰色低地土、灰褐色及び礫質灰色低地土、灰褐色で低い地点が多かった。

7. 可給態窒素は厚層多腐植質多湿黒ボク土で高かったほかは土壤統群による差は明瞭ではなかった。また有機質資材の施用による可給態窒素の上昇は、多湿黒ボク土では小さかったが、灰色低地土では大きかった。

引 用 文 献

1. 土壤保全調査事業全国協議会(1979)日本の耕地土壌の実態と対策
2. 袴田共之・小関純一・能代昌雄・松中照夫(1980)土肥誌51:441-446
3. 橋本 均・松原一實・大垣昭一(1983)北海道立農試集報49:49-60
4. 伊藤 信・佐藤智男・白石道夫(1982)東北農試研報67:97-130

栃木県農耕地土壌の実態 (I)

5. 前田 隆・相馬尅之 (1983) 火山灰土 : 99-139
6. 松浦勝美・坂上行雄 (1980) 土肥誌51 : 351-354
7. 水野直治・宮森康雄・鎌田賢一 (1978) 土肥誌49 : 85-89
8. 諸遊英行・長野間宏・神田健一 (1981) 農事試験報35 : 179-205
9. 野中邦彦・高橋和夫 (1986) 四国農試報 47 : 1-15
10. 農林水産省農産課 (1971) 土壤保全対策 要綱
11. 農林水産省農産課 (1979) 土壤環境基礎 調査における土壌, 水質及び作物分析法
12. 大山信雄 (1985) 農及園60 : 1385-1389
13. 佐久間敏雄・久保田徹・長谷川周一・小 川和夫 (1985) 土肥誌56 : 471-478
14. 高橋和夫・千葉 智 (1979) 農業技術34 : 447-450
15. 高橋和夫・野中邦彦 (1986) 四国農試報 47 : 16-39
16. 瀧島康夫・佐久間宏 (1969) 農技研報 B 21 : 255-328
17. 栃木県 (1978) 栃木県耕地土壌の実態と 改良対策
18. 栃木県 (1978) 栃木県耕地土壌図
19. 栃木県 (1983) 農作物土壌診断基準・改 訂版
20. 栃木県 (1984) 基準点一般調査成績書 (中間とりまとめ) : 12-43
21. 吉池昭夫 (1982) 農及園57 : 110-116
22. 吉沢 崇・中山喜一 (1983) 栃木農試研 報29 : 49-60

Actual circumstances of farming soils in Tochigi Prefecture

(I) Actual circumstances of paddy soils

Kunihiko KAMEWADA, Takashi YOSHIZAWA, Akio OGAWA,
Yoshiro UEKI, Fumio UCHIDA, Hideho IWASAKI

Summary

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

1. The mean of plowed depth of paddy fields observed was 14.4cm, slightly shallower than the desired depth of 15.0cm. In general the plow layer was shallowest in Medium and Coarse-textured Gray Lowland soils (grayish brown type) and Gravelly Gray Lowland soils (grayish brown type) compared with all soil series groups.

2. The 2nd layer tended to be harder in Wet Andosols than in Gray Lowland soils. This layer generally seemed to become harder with introduction of larger agricultural machines and hence, the deep tillage by plows is required.
3. The base-saturation percentage was lower in Wet Andosols than in Gray Lowland soils and vice versa, pH was higher in Wet Andosols than in Gray Lowland soils. In Wet Andosols the base-saturation percentage was lower in under layers than in the surface layer, while in Gray Lowland soils, the base-saturation percentage, especially of CaO and MgO was higher in under layers than surface layer. It seems probable that the eluviation of the exchangeable base may easily proceed in Gray Lowland soils.
4. In Wet andosols the content of available phosphate was generally low at many surveyed points. The same tendency as in Wet Andosols was observed in Fine-textured Gray lowland soils (gray type) and Gley soils; the content of available phosphate was lower than the desired value at nearly half of the surveyed points.
5. The analytical value of silicates were higher in Wet Andosols than in Gray Lowland soils.
6. The content of free iron oxide was low in many surveyed points of Medium and Coarse-textured Gray Lowland soils (grayish brown type) and Gravelly Gray Lowland soils (grayish brown type).
7. The formation of available nitrogen was higher in Thick High-humic Wet Andosols than in other soil series groups. The increase of the formation of available nitrogen by application of organic matter was not conspicuous in Wet Andosols, while rather noticeable in Gray Lowland soils.