

栃 木 県 農 耕 地 土 壌 の 実 態

第 3 報 近年の農耕地土壌の主要な性質の変化

亀和田國彦・小川昭夫*・吉沢 崇**・植木与四郎***

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¹⁾、1978年までに県下全域の土壌の区分がなされ、同時に各土壌統の性質、生産力等について集約された²⁾。さらにその後、経時的な変化を把握するために「土壌環境基礎調査」が実施されている。本調査は、県内に545地点の定点を設け、5年1サイクルで、継続的に農耕地土壌の実態を調査するもので、1979年に開始され、1989年をもって、調査2巡目が完了した。

1979年から1984年の間に実施された本調査の1巡目のデータについては、土壌の各性質の基礎統計量や土壌の種類間の比較及び土壌の性質の違いに対する各種管理内容の違いの影響の有無等を中心に検討し、本報告の第1及び2報で報告した^{3,5)}。この結果、水田では、作土深の平均値は14.4cmで、目標値の15~20cmよりやや浅く、耕盤層の硬度は、多湿黒ボク土に比べ、灰色低地土でより硬い傾向にあった。各交換性塩基類の層位別の分布は、多湿黒ボク土で下層ほど濃度が低かったのに対し、灰色低地土では、下層ほど高く、灰色低地土で、これら塩基類の溶脱が、より進みやすいことが示唆された。一方畑地では普通畑の作土深平均値が16.8cmで目標値⁷⁾の20cm以上に比べかなり浅かったが、耕盤層の硬度は、18.7mmで目標値20mm未満を満足し、本県の耕地土壌のかかなりの面積が腐植に富む黒ボク土であることが耕盤層が硬化しにくい大きな原因と考えた。畑地の化学性では交換性陽イオンのうちカリウムが高く、交換性陽イオン類のバランスの悪化が懸念された。更に、土

壌管理実態調査の結果から、水田では、作業機械の規模が大きくなるほど作土深が深く、耕盤層が硬くなる傾向にあり、また、普通畑では、作業機械の規模との関係は明らかでなかったが、耕起回数の増加が、作土深の深化と耕盤層の硬化をもたらしていること等が明らかとなった。

以上述べたとおり、県内の耕地土壌の現況はおおむね明らかとなったが、今後の土壌の管理の方向付けを明確にするためには、これら性質の変化の方向を把握することが重要である。そこで土壌環境基礎調査の第1巡目と第2巡目並びに「土壌図」作成のための調査として以前に実施された「地力保全基本調査」のデータについて各性質の比較を中心に取りまとめ、この中からいくつかの性質の変化の方向を明らかとしたので報告する。

II 調査の方法

1. 取りまとめに用いたデータ

取りまとめは、地力保全基本調査、土壌環境基礎調査第1及び第2巡目のデータについて行った。土壌環境基礎調査第1巡目の調査地点については、第1及び第2報で述べたが^{3,5)}、各調査の地目及び土壌の種類別の地点数は、第1及び2表に示した。各調査の有効地点数合計は、地力保全基本調査が424、第1巡目が540地点、第2巡目が532地点であった。土壌環境基礎調査では、土壌統または土壌区を基本単位として、地区を選定し、原則として各地区内に1地点の重要定点と4地点の一般定点が設定された。一般定点では断面調査及び作土の化学性の調査が行われたのに対し、重要定点では、これに加え

* 現栃木県肥飼料検査所 ** 現栃木県普及教育課 *** 現栃木県農蚕課

第1表 調査対象土壌統及び調査地点数

土壌群	土壌統群	土壌統群 コード	包含土壌統	地力保全 基本調査	土壌環境 1 巡 目	土壌環境 2 巡 目
黒ボク土	厚層多腐植質黒ボク土	03A	久米川統	18	46	45
	厚層腐植質黒ボク土	03B	赤井	4	0	0
	表層多腐植質黒ボク土	03C	鯉淵, 七本桜, 大清水	20	56	54
	表層腐植質黒ボク土	03D	大川口, 米神, 土船 那須野, 大里	32	72	71
	淡色黒ボク土	03E	大河内	8	22	22
多湿黒ボク土	厚層多腐植質多湿黒ボク土	04A	西大久保, 猪倉	9	30	33
	厚層腐植質多湿黒ボク土	04B	来迎寺, 高梨	3	0	0
	表層多腐植質多湿黒ボク土	04C	羊ヶ丘, 西の原	12	29	29
	表層腐植質多湿黒ボク土	04D	三輪, 上尾, 鹿畑, 石本 檜木沢, 時庭, 大田和 篠永, 大内	71	61	60
	淡色多湿黒ボク土	04E	江木	1	5	5
黒ボクグライ土	多腐植質黒ボクグライ土	05A	大谷津, 蓼池, 鞘堂	27	0	0
	腐植質黒ボクグライ	05B	岩屋谷, 半谷, 八木橋	10	5	5
褐色森林土	細粒褐色森林土	06A	上, 黒崎	5	5	4
	礫質褐色森林土	06C	五社, 泉南, 千原	12	10	10
灰色台地土	細粒灰色台地土	07A	東滝川, 小向, 江迎, 喜久田	14	16	16
	礫質灰色台地土	07C	長田	3	0	0
褐色低地土	中粗粒褐色低地土, 斑紋なし	12B	芝	10	5	3
	礫質褐色低地土, 斑紋なし	12C	二条, 外城	16	0	0
	細粒褐色低地土, 斑紋あり	12D	中島	3	5	5
	中粗粒褐色低地土, 斑紋あり	12E	萩野	7	5	5
灰色低地土	細粒灰色低地土, 灰色系	13A	東和, 藤代	8	21	21
	中粗粒灰色低地土, 灰色系	13B	加茂, 豊中	7	0	0
	細粒灰色低地土, 灰褐色系	13D	諸橋, 金田	17	39	39
	中粗粒灰色低地土, 灰褐色系	13E	安来, 納倉	23	25	19
	礫質灰色低地土, 灰褐色系	13F	赤池, 松本, 栢山	27	30	35
	灰色低地土, 下層黒ボク	13G	片柳, 野市, 高崎	16	24	24
	グライ土	14A	富曾亀, 田川, 東浦	13	10	10
グライ土	細粒強グライ土	14A	富曾亀, 田川, 東浦	13	10	10
	中粗粒強グライ土	14B	片桐	2	0	0
	礫質強グライ土	14C	深沢	8	0	0
	細粒グライ土	14D	保倉, 千年	12	19	16
	中粗粒グライ土	14E	新山	6	0	0
	グライ土, 下層有機質	14G	太平	0	0	0

て層位別の化学性及び物理性の分析等が実施され、一般定点に比べより細密なデータが得られた。土壌環境基礎調査での土壌の分析方法は、第1, 2報にも述べたとおり^{3,5)}、農林水産省農産課の「土壌保全対策事業における土壌作物体分析法」¹⁰⁾ によった。

地力保全基本調査は、先に述べたとおり「土壌図」¹⁵⁾ 作成のために実施された調査で、1953年から1978年までの26年間を費やし、県内の全耕地について25haに1地点の密度で行われた大規模な調査であったが、本報での取りまとめ

第2表 地目別調査点数

調査の種類	水田	普通畑	樹園地	草地	施設
地力保全基本調査	256(63)	141(33)	8(2)	3(1)	0(0)
土壌環境基礎調査 第1巡目	289(54)	161(30)	46(9)	23(4)	21(5)
” 第2巡目	288(54)	159(30)	44(8)	20(4)	21(4)

注: () 内の値は、それぞれの調査の全地点数に占める割合。

には、このうち代表断面424地点のデータを用いた。

調査が実施された時期は、土壌環境基礎調査の第1巡目は、1979年からの5年間、第2巡目

は、1984年からの5年間で、経時的な比較をする場合の基準年は、それぞれ中間の1981、1986年とした。地力保全基本調査は、調査期間が長期間にわたったため、全地点の調査実施年を平均し、1966年を基準年とした。

地力保全基本調査の代表断面の調査地点は、土壌の分類的な要素を重視して行われた。一方、土壌環境基礎調査では、同時にアンケート方式による管理実態調査を実施し、また継続的な調査を前提としたため、各地域内で経営内容に問題が少ないと考えられた農家の耕作圃場が対象として選定され、結果的に専業農家及び第1種兼業農家が多く選定された。については、調査間のデータの比較に当たっては、このことに注意を払う必要がある。

肥料の施用量の推定には、栃木県農蚕課が取りまとめた「肥料の流通量調査結果」¹⁹⁾ 及び関東農政局栃木統計情報事務所が取りまとめた「農林水産統計年報」²⁰⁾ の耕地面積を用いた。

2. 取りまとめの方法

これらのデータは、「栃木県土壌生産性情報システム」²¹⁾ により処理された。データの入力には、土壌環境基礎調査第1巡目は筆者がキーボードから行った。土壌環境基礎調査第2巡目及び地力保全基本調査代表断面のデータは、農林水産省が実施している「土壌情報システム整備事業」によって「財団法人日本土壌協会」が入力した大型コンピュータの磁気テープデータをパーソナルコンピュータ用にコンバートした。

なお、これら3種の調査のデータの基礎統計量等については、上に示した方法によって、すでに計算され、「栃木県農耕地土壌の実態」²²⁾ として公表されているので、この値を用いた。

Ⅲ 結果及び考察

1. 調査地点

先に述べたとおり、調査地点の土壌統群ごとの地点数を、第1表に示した。また地目別の地

点数を第2表に示した。土壌統群別の地点数を見ると、土壌環境基礎調査では、黒ボク土が196点（第1巡目）で最も多く、全調査地点数の約36%を占めた。次に多かったのは灰色低地土で、139点：26%、次は多湿黒ボク土で、125点：23%で、この3種の合計は全点数の85%を占めた。これに対し、地力保全基本調査の代表断面は、ほとんどの土壌統を包含するように設定されたため、各土壌群の割合はこれとは異なっており、特に黒ボク土が、85点：19%と土壌環境基礎調査に比べて少ない。

一方、本県の耕地土壌に占める各土壌群の割合は、黒ボク土21%、灰色低地土29%、多湿黒ボク土33%、計83%で¹⁶⁾、各調査の土壌の基本的な割合は、分布割合に近い値となっている。しかし、特に、畑地に占める黒ボク土の割合が、地力保全基本調査では54%であるのに対し土壌環境基礎調査では78%と、両調査間の差が大きく、これらの調査間の地目ごとの比較には、注意を要するであろう。

2. 作土深及び耕盤層の硬度

地目及び主な土壌の種類別及び地目別の各調査の作土深、耕盤層の、仮比重及び固相率の基礎統計量を第3表に掲げた。ここで、耕盤層の硬度は、第1、2報と同様に、断面調査の結果第2層に区分された層位の硬度である。

水田における作土深の平均値は、地力保全基本調査（以下「地力保全」という）で、15.3cmであったものが、土壌環境基礎調査第1巡目（以下「環境1巡目」という）で14.4cm、土壌環境基礎調査第2巡目（以下「環境2巡目」という）でも14.4cmで、地力保全と土壌環境1巡目との間に1cm程度浅くなったことが観察された。耕盤層の硬度は、地力保全では、20.5mmであったものが、環境1巡目で21.0mm、環境2巡目で22.1mmとなり、継続的に硬化した。

さらに水田の耕盤層の仮比重は、地力保全0.81に対し、環境1巡目が0.95、環境2巡目が

第3表 主な物理性の基礎統計量

区分	調査	作土深cm		耕盤硬度mm		仮比重		固相率%	
		m	s.d	m	s.d	m	s.d	m	s.d
全地点	1	15.9	3.4	19.7	4.0	0.80	0.16	35.2	9.1
	2	16.1	5.8	19.9	3.6	0.86	0.25	33.0	9.4
	3	15.2	5.6	20.9	3.7	0.90	0.28	35.7	10.3
黒ボク土	1	17.0	3.9	17.8	3.5	0.64	0.05	26.3	9.3
	2	17.1	4.4	18.1	3.4	0.65	0.12	24.9	5.0
	3	15.7	4.0	20.0	3.6	0.65	0.15	25.7	5.7
多湿黒ボク土	1	15.6	2.6	20.5	3.3	0.73	0.10	31.9	9.0
	2	14.7	2.1	20.5	3.1	0.74	0.16	29.7	5.9
	3	14.3	2.7	21.4	2.8	0.81	0.15	31.9	6.1
灰色低地土	1	14.7	2.9	22.1	3.7	0.92	0.11	41.8	4.9
	2	15.6	4.8	21.7	2.9	1.11	0.14	42.5	5.1
	3	14.8	3.9	22.8	2.8	1.18	0.11	45.5	4.5
水田	1	15.3	2.7	20.5	4.0	0.81	0.16	36.1	8.6
	2	14.7	6.1	21.0	3.2	0.95	0.23	36.9	8.4
	3	14.1	6.2	22.1	3.1	1.00	0.23	39.9	8.1
普通畑	1	16.7	4.0	17.0	3.3	0.73	0.20	27.3	9.4
	2	16.8	3.4	17.9	3.5	0.70	0.19	26.7	7.1
	3	15.8	3.5	19.0	3.6	0.73	0.26	28.6	9.3
樹園地	1	20.0	4.2						
	2	18.1	4.9	16.5	4.3	0.87	0.25	32.2	9.6
	3	17.4	5.5	19.4	3.5	0.88	0.31	34.3	11.8
草地	1								
	2	15.0	3.5	18.7	3.3	0.66	0.11	25.9	3.9
	3	13.3	1.8	19.0	3.9	0.54	0.07	22.0	3.0
施設	1								
	2	28.3	1.4	21.4	2.2	0.97	0.28	37.0	10.3
	3	22.0	4.6	21.5	2.6	1.09	0.10	46.1	2.7

注1. 仮比重及び固相率は第2層の値

2. mは平均値, s, dは標準偏差

3. 調査の1は地力保全, 2は土壌環境1巡目, 3は土壌環境2巡目

1.01と、硬度と同様に継続的に増加し、耕盤層の硬度の硬化は、土壌の小容量化、つまりち密化がもたらしていると考えられた。作業機械の重量の増加や走行回数の増加がこれらの現象の進行をもたらしていることは、一般にも認められており⁹⁾、これらの関係については第1, 2報でも検討したところであるが、環境1巡目から2巡目の間の硬化の程度を多湿黒ボク土と灰色低地土と比較すると、灰色低地土でより急激な傾向にあり、ち密化に関して灰色低地土でより踏圧の影響を受けやすいことが推察された。

さらに第1報では、水田で作土深が作業機械の大型の地点ほど深くなる傾向があることを示した。地力保全の調査時期から環境1, 2巡目の間には、耕起作業機械は、かなり大型化した

と考えられ、このような状況で、作土深が減少していることは注意を要する。

一方、普通畑は、地点ごとの利用、管理方法等が多様であり、また同一地点でも経時的に変化が大きいと考えられる。したがって調査間の値の比較をもって経時的な変化の判断をするには注意を要するが、作土深平均値は、地力保全で、16.7cm、環境1巡で、16.8cm、環境2巡で、15.8cmであった。耕盤層の硬度は、地力保全17.0mm、環境1巡17.9mm、環境2巡19.0mmで、作土深は地力保全と環境1巡目との間の差はなかったが、環境1巡目から、2巡目の間に浅くなり、硬度は継続的に硬くなる傾向があった。

地力保全では施設が含まれていなかったが、環境1巡目と2巡目との比較では、耕盤層の硬

度は21.4mmから21.5mmとほとんど変化がなかった。作土深は、28.3cmから22.0cmと、この間に約6cm浅くなり、その程度は他の地目に比べ大きかった。

他の地目区分の樹園地、草地においても調査期間を通して作土深が浅く、耕盤層の硬度が硬くなったことは共通であった。

一般に、畑地利用圃場の耕盤層の発達程度は、水田ほど大きくはなく、耕盤層の硬度も、特に普通畑ではそれほど大きくない。本調査の中でも施設以外の各地目の平均値は、各調査とも目標値の20mm未満をみたしている。したがって、これらの地目では、作土深の浅化は、硬化層が浅く分布することによる根の伸長に対する物理的阻害という面では、問題は大きくないが、

栃木県農耕地土壌の実態 (Ⅲ)

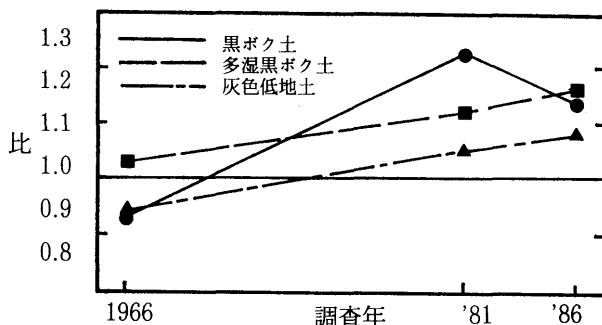
養分濃度が管理、維持された土層、根圏土壌の量の減少という面では、問題視されよう。

土壌の真比重は粘土鉱物の種類と腐食含量に影響されるが、一般には、2.5～2.7の範囲で変動の幅は小さく⁷⁾、したがって多くの種類の土壌の仮比重は、固相率と直線的関係にあ

り、さらに一般にこれらの値は土壌の種類ごとに決まった値を示す傾向がある。また一方では、仮比重、固相率は、圧縮力を受けることによって増加する。耕地土壌では、各種作業によって、表層から圧密を受け、その影響力は、圧縮部位から離れるほど小さくなる^{12,13)}。定期的に作土層が耕起される結果、作土下が耕盤層として発達するが、その下の第3層は、耕作作業に伴う圧密の影響の程度が小さい層位と考えられる。そこで、第3層の仮比重を当該圃場の標準状態と考え、この値に対する、第2層（耕盤層）の比を土壌の種類別に経時的变化を第1図に示した。

水田利用の多湿黒ボク土と灰色低地土では、継続的に上昇した。地力保全では、灰色低地土の値は1未満であったものが、環境1巡目以後は2種の土壌群とも1以上となった。この2種の土壌群間の比較では、仮比重の値は灰色低地土の方が大きい、第1図で比較している第3層に対する比は、全調査期間を通して多湿黒ボク土の方が大きく、圧縮による小容量化の程度は黒ボク土でより大きいことが推察された。

一方、畑地利用の黒ボク土は、調査ごとの変化が大きく、地力保全から環境1巡目の間は上昇したが、環境1巡目から2巡目の間は減少した。環境1巡目から2巡目への値の減少は、この間に第3層の値が上昇したためにもたらされたもので、近年、畑地で、第3層がち密化していること、または、ち密化層の下層への拡大が懸念される。



第1図 仮比重平均値の2層の値/3層の値の変化

また、先に示した耕盤層の硬度の硬化は、このような圧縮による土壌の小容量化の結果として現れてきたものであろう。

3. pH、交換性塩陽イオン合計量及び電気伝導度 (EC)

第4表に主な化学的性質の基礎統計量を掲げた。

pHは、水田、普通畑共に、地力保全から環境1巡目の期間には、上昇し、環境1巡目から2巡目の期間には、低下する傾向であった。

一般に、pHに影響力の大きい陽イオン飽和度は、水田の地力保全から環境1巡目の間は横ばいであったが、水田でその以降、普通畑では継続的に上昇する傾向にあった。

pH及び交換性陽イオン類の合計量の垂直分布を第2及び3図に示した。pHは各区分の平均値を各区分の層位の中間値にプロットし、直線で結んだ、交換性陽イオン類の合計量は、交換性のCaO、MgO及びK₂Oのミリグラム当量値の合計量に各層位の土量（層位土容量×仮比重）を地点別に乘じ、この値を各区分ごとに平均したもので、図にはさらにこの値を各層位厚で除いた値を各層位の位置に示した。したがって、図の横軸は、深さ1cm当たりの陽イオンの量を示し、また各線の左側の面積は、存在量を示している。ここで、計算に用いた仮比重の値は、調査における測定値点数が少ないこと、並びに特に作土においては調査方法の問題から、層厚つまり作土深と仮比重の値が直接対応していな

第4表 主な化学性の基礎統計量

区分	調査	pH		EC mS/cm		CEC me/100g		交換性陽イオンmg/100g						塩基% 飽和度		可給態 リン酸mg/100g	
								CaO		MgO		K ₂ O					
		m	s.d	m	s.d	m	s.d	m	s.d	m	s.d	m	s.d	m	s.d	m	s.d
全地点	1	5.8	0.5			23.3		297	149	37	23	23	20	54	17	14.8	14.4
	2	6.0	0.5	0.23	0.64	27.2	9.6	338	181	58	41	47	34	61	26	35.7	38.9
	3	5.7	0.5	0.31	0.37			323	218	56	38	46	34	67	29	38.1	47.4
黒ボク土	1	5.6	0.4			26.5	7.8	306	157	29	19	32	22	43	20	7.2	7.5
	2	6.0	0.3	0.22	0.28	32.8	7.5	382	219	72	54	71	41	57	26	38.8	51.0
	3	5.7	0.5	0.29	0.35			484	282	69	49	68	42	63	31	37.9	52.2
多湿黒ボク土	1	5.8	0.4			29.2	7.1	341	126	44	24	21	16	53	11	15.3	12.1
	2	5.8	0.4	0.46	1.84	32.4	8.3	384	169	59	26	32	19	55	17	22.4	20.7
	3	5.8	0.3					473	160	59	26	31	21	61	21	13.4	22.7
灰色低地土	1	6.2	0.4			17.5	5.6	222	82	35	20	16	11	58	12	19.2	11.4
	2	5.9	0.4	0.23	0.20	18.8	4.9	263	119	43	24	36	22	66	22	38.4	26.3
	3	5.5	0.4					275	105	40	24	35	24	68	26	42.8	37.0
水田	1	5.8	0.4					289	130	40	22	16	13	56	14	17.4	
	2	5.9	0.6	0.24	0.92	25.1	9.4	308	148	49	26	32	18	59	18	27.0	22.3
	3	5.7	0.4					363	164	48	27	31	18	65	20	27.9	23.7
普通畑	1	5.7	0.5					310	178	32	19	32	22	50	24	11.7	
	2	5.9	0.4	0.16	0.13	31.0	7.6	349	185	61	42	69	35	55	21	40.3	36.3
	3	5.7	0.5	0.44	0.73			400	206	60	42	63	37	59	25	35.6	39.1
樹園地	1																
	2	6.3	0.3	0.18	0.13	25.7	3.7	351	219	93	74	65	38	80	49	75.1	82.8
	3	5.8	0.8	0.21	0.16			475	128	77	60	72	46	88	56	35.6	39.1
草地	1																
	2	6.0	0.3	0.07	0.01	30.3	6.6	390	198	52	29	27	28	59	10	9.0	8.3
	3	5.7	0.3	0.21	0.09			419	127	71	46	45	33	65	36	7.2	5.6
施設	1																
	2	6.2	0.3	0.70	0.57	27.9	10.7	583	232	101	28	82	51	100		65.2	32.1
	3	5.5	0.5	0.83	0.65			572	213	91	31	82	36	103	27	119	32.7

注1. 仮比重及び固相率は第2層の値

2. mは平均値, s.dは標準偏差

3. 調査の1は地力保全, 2は土壌環境1巡目, 3は土壌環境2巡目

い地点が多いことから、各区分の平均値を3調査分平均した値を各区分ごとに用いた。

一般に耕地の作土層からは各種養分が下層へ溶脱し、特に水田ではその程度が大きく、耕盤層に集積することが知られている。本調査でも陽イオン類について検討し、土壌の種類によってその経過が異なっていること等について第1報で検討した。

本報の結果でも、第3図に示したとおり、調査時期、土壌の違いによる差はあるものの、水田で、陽イオン類合計量は、作土層に比べ、第2, 3層で高くなっている。さらに、これに対応して、水田では、pHも下層ほど高い傾向にあった。普通畑では、陽イオン類合計量は、地力保

全を除き、下層ほど低く、pHも地力保全を除き、下層ほど低い傾向であった。水田利用の多湿黒ボク土と、灰色低地土を比較すると、調査間、層位間の陽イオン量の差は灰色低地土の方が小さいが、pHは灰色低地土でより大きく、この違いは、土壌のpHの変化に対する交換性陽イオン飽和度の影響力に関する緩衝能力が、多湿黒ボク土でより大きいことがその主な原因と考えた。

陽イオン類合計量の垂直分布を環境1巡目と2巡目間で比較すると、多湿黒ボク土では、作土、第2層共に平行的に上昇したのに対し、灰色低地土では、第2層だけが上昇し、施用された陽イオン類がより流亡しやすく、作土よりも

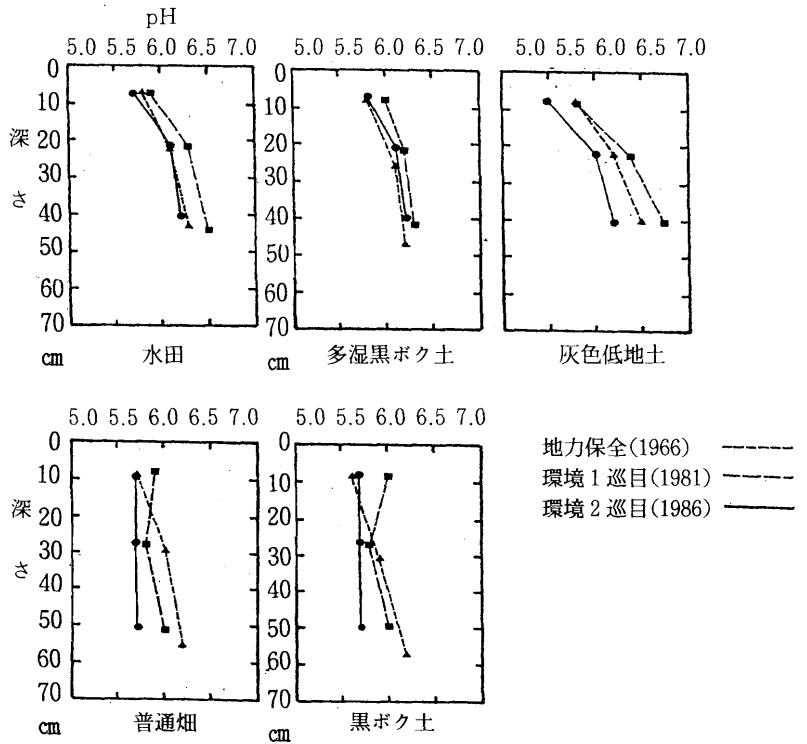
栃木県農耕地土壌の実態 (Ⅲ)

第2層以下に集積しやすいものと考えた。また普通畑では、1、2層が平行的に高くなり、1、2層が同程度、増加したことが分かる。

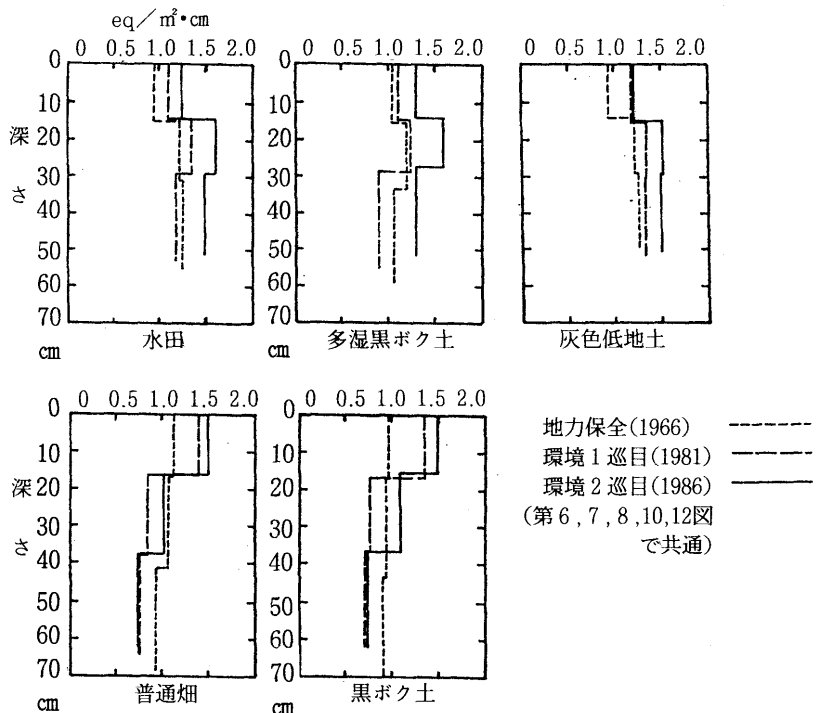
普通畑では環境1巡目から2巡目の間に第1、2層の陽イオン類が上昇したにもかかわらず、pHが低下したことは先に述べた。地点ごとの陽イオン飽和度とpHとの地点別の関係を、環境1巡目と2巡目の黒ボク土のデータについて、第4図に示した。第1、2報でも示したとおり、これらは正の相関があるが、環境2巡目の地点の値は、1巡目に比べ、同一飽和度に対するpHの値が低い傾向にあり、陽イオン飽和度の上昇とpHの低下という現象を明確に表している。

土壌のpHに影響を及ぼす調査項目としてECがあげられる。ECは作土についてのみ測定され、主な区分の基礎統計量は第3表に掲げた。環境1巡目で普通畑の平均値が0.16mSであったものが2巡目には0.28mSと大幅に上昇した。

また黒ボク土におけるECとpHの環境1巡目から2巡目までの増加量との関係を第5図に示した。ECの値は、pHと同様に扱うため、対数変換を行った値の差を用いた。それぞれの差は、±1.0の範囲内に分布した。値の分布は、第4象限に最も多く、ECが上昇し、pHが低下した地



第2図 pHの土層中分布の推移



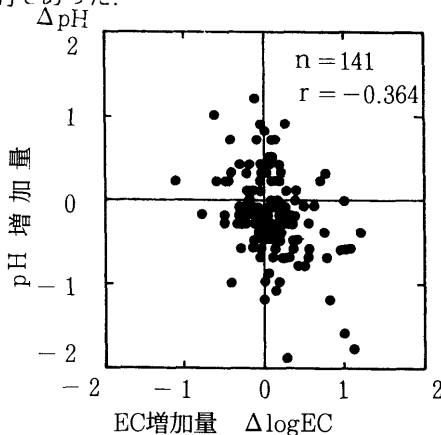
第3図 交換性陽イオン類合計量の土層中分布の推移

点が多いことを示した。相関係数は、 -0.364 で危険率1%未満の確率で有意であることを示し、ECの上昇がpHの低下をもたらしたことを強く示唆した。

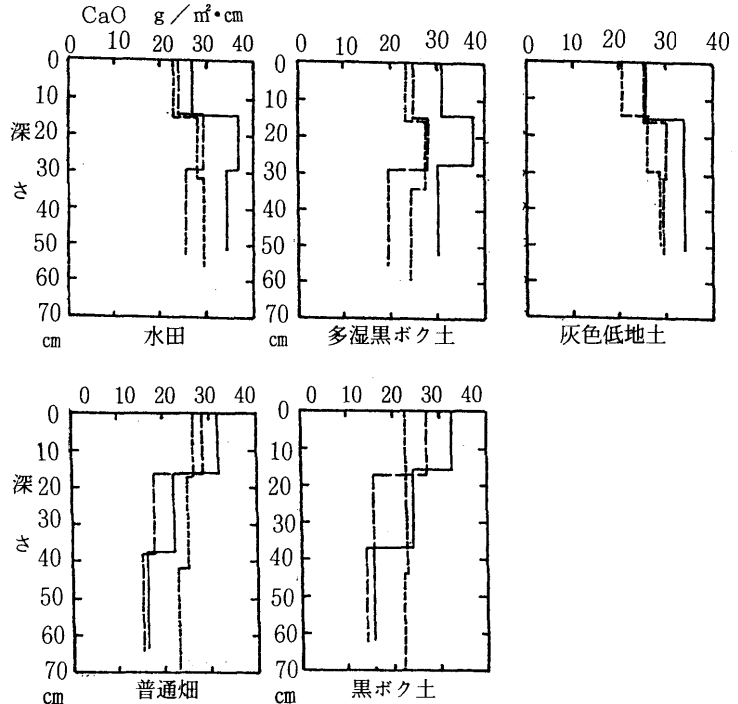
4. 交換性陽イオン類

交換性陽イオン類の合計量については前項で述べたが、交換性カルシウム (CaO)、マグネシウム (MgO) 及びカリウム (K₂O) の量の垂直分布を第6～8図に示した。これらの図は各陽イオン類の重量に対し陽イオン類合計量と同様の処理を加え、表示したものである。

日本の土壌では、これら交換性陽イオン類の内、CaOの量が最も多く陽イオン類合計量に対し最も影響力が大きいことは、一般にも知られ、前報でも述べた。今回の検討結果でもCaOの調査間、層位間の分布状況は、陽イオン類合計量と同様の傾向であった。水田では作土に比べ、第2、3層で高く、経時的な増加もこれらの層位で多く、畑地では作土が第2、3層よりも高く、経時的な増加量は各層位で平行的であった。

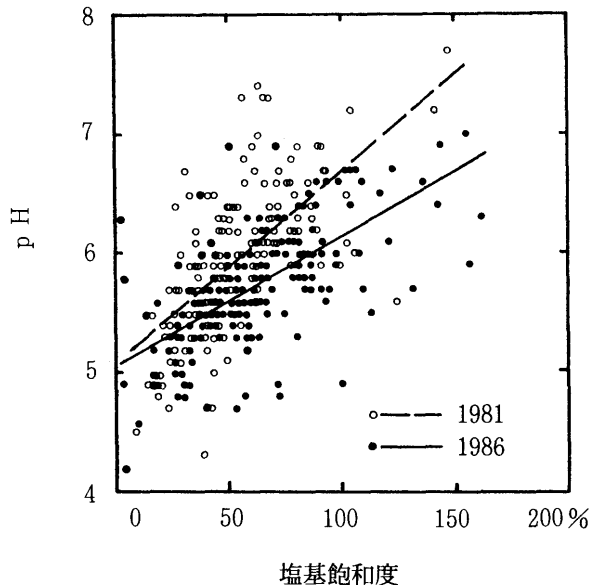


第5図 EC増加量とpH増加量との関係
(環境調査1巡目から2巡目への増加量)



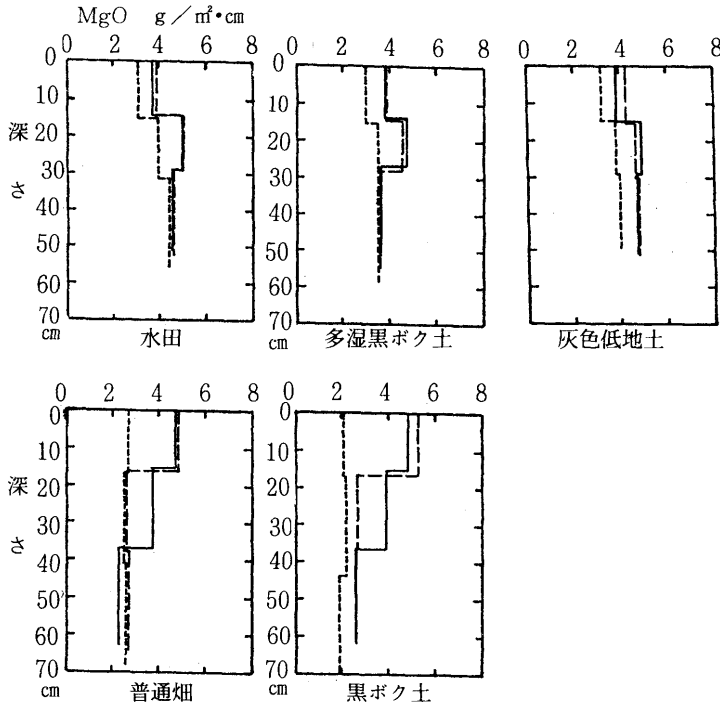
第6図 交換性CaOの土層中の分布の推移

MgOは層位間の分布状況は、CaOに類似していたが、CaOは環境1巡目から2巡目の間に、

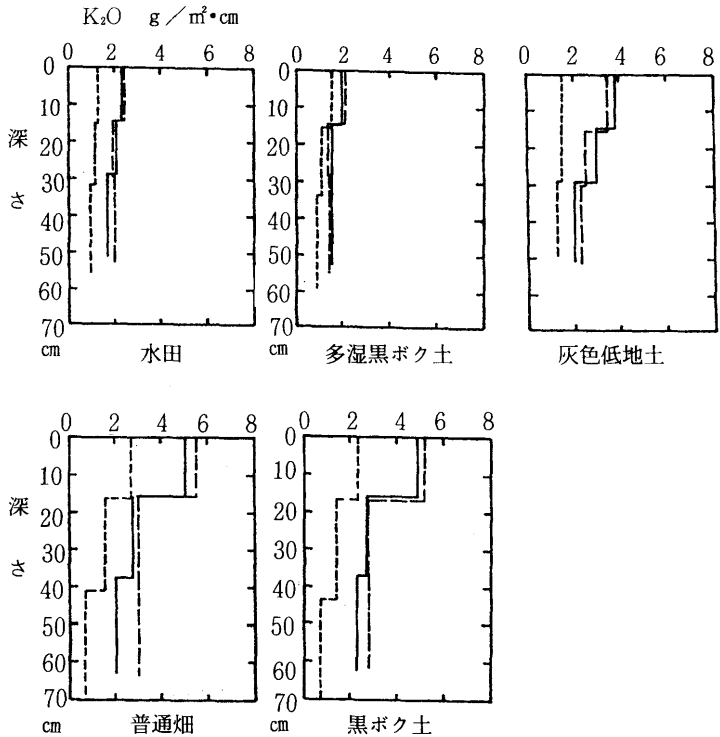


第4図 黒ボク土の塩基飽和度とpHとの関係

栃木県農耕地土壌の実態 (Ⅲ)



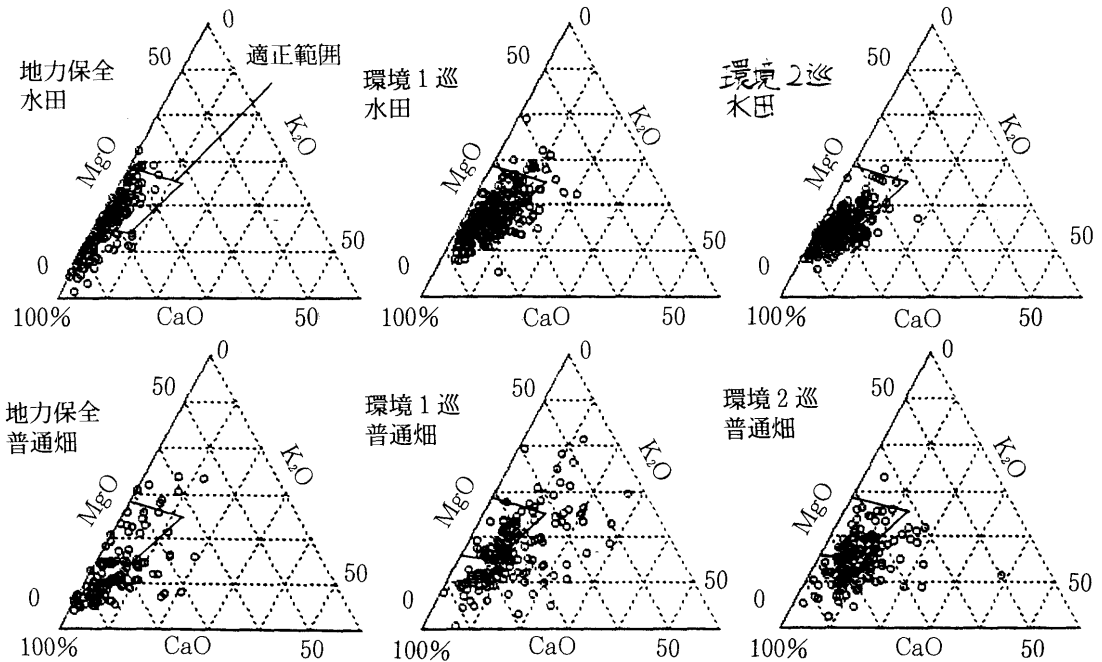
第7図 交換性MgOの土層中の分布の推移



第8図 交換性K₂Oの土層中の分布の推移

水田で、1層～3層まで増加する傾向にあったのに対し、MgOは両調査の値はほぼ同様に、地力保全と環境1巡目との増加の程度が大きかった。畑地では地力保全と環境1巡目の間には作土中の値が増加したが、環境1巡目と2巡目との間は第2層でやや増加する傾向にあったが、作土では変化しないかやや減少する傾向であった。K₂Oは水田、普通畑共に各調査で下層ほど低い傾向にあり、土層中の分布状況は、各調査とも第1、2報で報告した環境1巡目の傾向と同様であった。地力保全と環境1巡目との間に値は各土壌群の各層位で上昇し、特に普通畑での上昇の程度が大きかった。

さらに、第9図に作土中の3種の交換性陽イオン類のバランスの分布を示した。図には本県の土壤診断基準⁷⁾の適正範囲を併せて示した。地力保全では、水田、普通畑共にK₂O=0の線の近くに分布したのに対し、環境1、2巡目ではK₂O=0の線から離れる傾向にあり、相対的に、K₂Oの比重が大きくなりつつあることを示しており、陽イオン類のバランスとしてもK₂Oが経時的に多くなりつつあることを示している。陽イオン類のうちK₂Oが多く他の陽イオン類とのバランスに問題があることは第2報で述べたところであるが、この現象が、地力保全から環境1巡目の間に急速に進行し



第9図 交換性陽イオンのバランスの変化

たことがわかる。

また、地点間のばらつきは水田に比べ普通畑でより大きく、畑地で陽イオン濃度状態の多様性が高いことは各調査とも共通である。

5. 可給態リン酸及び陽イオン交換容量 (CEC)

可給態リン酸の各調査の基礎統計量は、第3表に掲げた。

水田、普通畑共に、地力保全から環境1巡目の間に激しく増加した。土壤群別にみると畑地利用の黒ボク土での増加の程度が特に激しく、水田利用の多湿黒ボク土ではやや小さかった。

本県は、黒ボク土の分布面積割合が多く、以前から、黒ボク土でのリン酸欠乏が最も大きな問題として取り扱われ、リン酸の多量施用が作物生産の重要な基本技術であると認識され、実際にリン酸質資材の積極的な施用が行われてきた。可給態リン酸の値が、多湿黒ボク土に比べ黒ボク土でより大きく増加したことは、リン酸の欠乏症状の発生やリン酸低水準圃場でのリン酸施用の効果が、水田に比べ畑地で顕著である

こと等から畑地利用の黒ボク土で、より積極的にリン酸質資材の施用が行われてきた結果と推察される。灰色低地土で比較的増加の程度が大きいのは、リン酸質資材施用量に対する可給態リン酸発現量、つまり増加量が多いからであろう。

リン酸の土層中量の変化を塩基類総量と同様の方法で第10図に示した。第4表及び第10図で示したとおり、作土中の量は黒ボク土及び灰色低地土で大きく増加している。第2層の分布を見ると、灰色低地土では経時的に増加の傾向にあったのに対し、黒ボク土では変化量は少なく、黒ボク土で、土層中の移動量が少ないことを示した。リン酸は、土壤中、特に黒ボク土では溶解度が低く、土層中の水分及び塩類の移動にともなう移動量が少ないことは、容易に推測される。

土壤のCECは、一般に土壤の種類ごとに固有の値を示す傾向がある。調査別の土壤群別のCECの平均値は第3表に示されている。環境2巡目ではCECは分析されなかったが、土壤群別

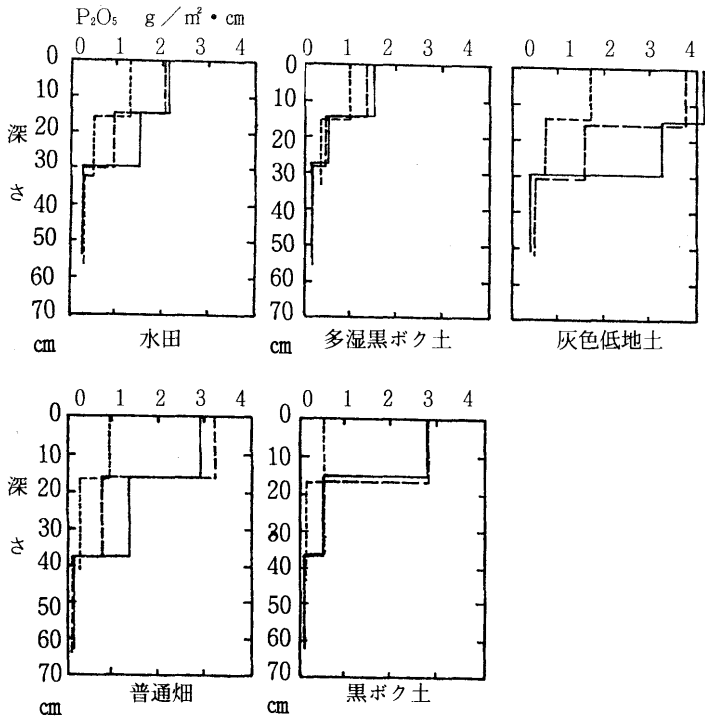
栃木県農耕地土壌の実態 (Ⅲ)

の平均値を調査間で比較すると、灰色低地土では地力保全で17.5 me/100 gであったものが環境1巡目に18.8me/100 g, 多湿黒ボク土では、29.2me/100 gが、31.4me/100 g, また黒ボク土では、26.5me/100 gが、32.8me/100 gとそれぞれ増加したが、その程度は灰色低地土で小さく、黒ボク土で最も大きかった。

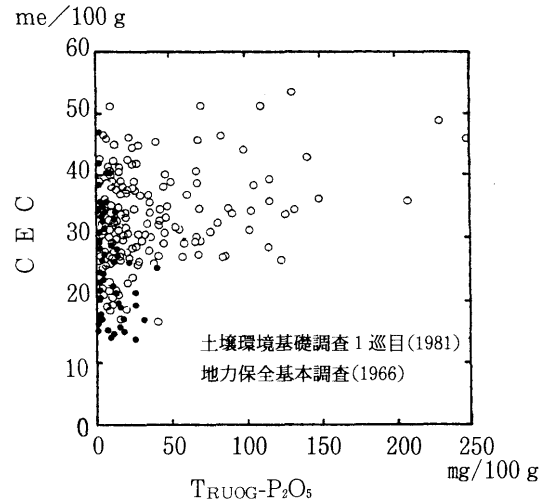
近年、黒ボク土で土壌へのリン酸の蓄積がCECの上昇をもたらすことが知られており⁴⁾、この関係を検討するため、黒ボク土における、CECと可給態リン酸との関係を第11図に示した。地力保全では可給態リン酸の値の高い地点が少なく、分布は図

のY軸付近に集中した。環境1巡目では、可給態リン酸の値の幅が拡大し、 $X = 0$ から $X = 250\text{mg}/100\text{ g}$ の範囲に分布が拡大し、CECとの関係では、可給態リン酸の高い範囲に分布する地点でCECも高い傾向にあった。このことは、本調査の結果として得られた。黒ボク土におけるCECの上昇が、土壌中リン酸濃度の上昇に引き起こされたという可能性を示すものと考えられた。

一般に、各粘土鉱物はその種類ごとに固有のCEC値を持ち、土壌のCECは、それら粘土鉱物組成に基づいて決定される²⁰⁾。一方、腐植のCECは特に大きく、黒ボク土等の腐植の含有率が大きい土壌ではその影響が大きい。そこで、黒ボク土のCEC値に対する腐植含有率とリン酸濃度の影響の程度を確認するため、腐植含有率及び可給態リン酸濃度を独立変数、CECを従属変数として、重回帰分析を行った。腐植の値として全炭素の値を用いた。結果は第5表に示した。



第10図 可給態リン酸量の土層分布の推移



第11図 可給態リン酸とCECとの関係

第5表 黒ボク土のCECに対する全炭素と可給態リン酸含量の影響力に関する重回帰分析結果

区 分	全炭素	可給態リン酸	定数項
回帰係数	2.215	0.105	15.08
標準回帰係数	0.653	0.524	
(重相関係数 0.806)			

重相関係数は0.806でこれらの独立変数が黒ボク土のCECの決定に大きな影響力をもっていることが確認された。さらにそれぞれの独立変数の標準回帰係数を比較すると、全炭素0.653可給態リン酸0.524で、全炭素の値がやや大きかったものの、CECに対するリン酸濃度の影響力は全炭素のそれに近い程度であることが確認された。

ここでは、土壌中のリン酸濃度として可給態リン酸の値を用いたが、可給態リン酸の分析値は、施肥、調査のタイミング等の影響でやや不安定であるのと同時に、CECの値の増加量は、土壌蓄積（吸着）リンの関数として与えられると考えられ、この検討にはリン酸全量の値の使用がより適当と考えられる。リン酸の土壌への蓄積の実態を把握するためには、リン酸全量の値の把握が重要である。

6. 可給態窒素

可給態窒素の作土中の土壌群別の度数分布の経時的变化は第4表に示した。

また層位別の変化を第12図に示した。可給態窒素は地力保全では分析が行われなかったが、作土中濃度について調査間の比較をすると、環境1巡目から2巡目の間に水田で13.3mg/100gから14.5mg/100g、普通畑で7.1mg/100gから7.8mg/100gとそれぞれ増加した。

第2、3層では、調査間の差は小さく、経時的变化が小さかったと判断できる。

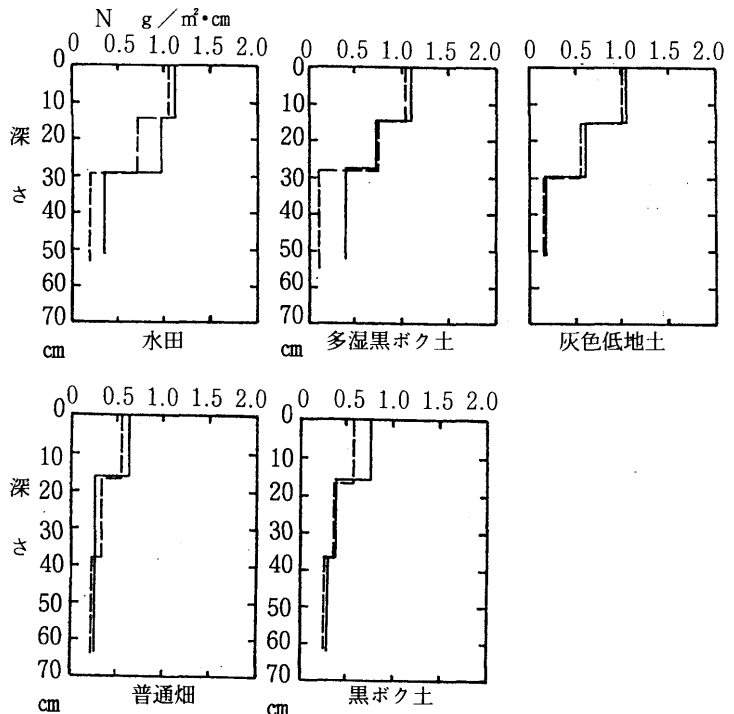
7. 各種性質の値の変動性について

各種性質の値について、同一地点について調査された。環境1巡目と2巡目の各種区分の相関係数を第6表に示した。これ

らの値は変化しにくい性質ほど大きく、変化しやすい性質ほど、地点ごとの2回の調査間の値の関係が薄れ、小さくなると考えられる。

水田で主な性質の値を比較すると、その大小の傾向は、可給態リン酸、CaO>硬度、MgO、>pH、飽和度>作土深、可給態窒素の順であった。また普通畑では、可給態リン酸>MgO>pH>CaO、K₂O>飽和度、硬度、可給態窒素、作土深>ECの順であった。両地目とも、可給態リン酸が最も大きく、次いで陽イオン類、pH等で、作土深や可給態窒素は小さいという傾向であった。

リン酸は、土壌中で移動しにくいこと及び可給態としては、施用量の数パーセントから十数パーセント程度の部分しか発現しないため施肥の効果が現れにくいことにより、変化しにくいと考えられる。可給態リン酸の係数が黒ボク土の第2、3層で第1層に比べて値が小さかったのは、これらの層位で可給態リン酸水準が全体



第12図 可給態窒素の土層中分布の推移

栃木県農耕地土壌の実態（Ⅲ）

に低く、値の分布範囲が狭かったからであろう。

ECの係数は最も小さかった。ECの原因物質である水溶性塩類濃度は降雨、蒸散等に伴う土層中の水分移動、作物等による吸収、施肥等の管理等の影響で土壌中での位置、濃度が容易に移動し経時的な値の変化が激しく変化の程度も大きいと考えられる。

各項目ごとに係数の地目間の比較をすると、CaO以外の各性質で、施設の値が最も小さい傾向にあった。施設では、土壌の管理内容の変化が激しく、土壌の性質も変化の程度が大きいものと推察された。

可給態窒素の係数は他の性質の値に比べ小さい傾向で、易分解性窒素の値は比較的变化しやすいとみなされよう。一般にこの値は、土壌の基本的性質に規定される要素が多く、土壌の種類ごとに一定の傾向があると理解されており、第1、2報で示した調査結果も土壌の種類ごとの性質として、一般に理解されているような土

壌の種類間の大小関係を示した。しかし、本報の結果からは、可給態窒素もかなりの幅で変動しうることが示され、したがって、窒素肥沃度の低い圃場に対策を講じることによってこれを富化させるのは、困難でないと考えられる。

8. 各種肥料施用量と土壌中養分濃度

第13図に県内への耕地への肥料の単位面積当たりの施用量の地力保全調査の基準年である1966年を起点とした積算値を示した。この値は、県内への肥料の入荷量を耕地面積で除することによって求めたもので、県内全耕地での施用量平均値である。石灰質肥料の入荷量のデータが昭和51年度以降しかなかったもので、それ以前の値はそれ以後の値の平均値を用いて推定とした。それぞれの成分の量の算出には、第7表に示した各種肥料と成分量によった。また、各養分の量の第1～3層中の合計量を第8表に掲げた。ここで、第8表の値は、調査、区分によって、第3層下部位置が若干異なること、つまり、量

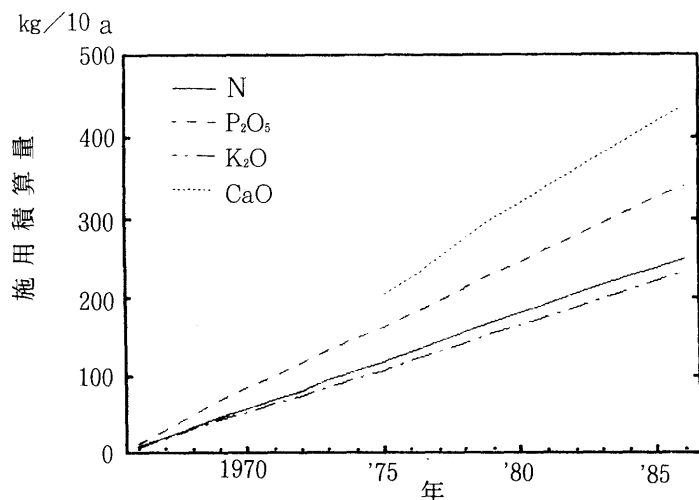
第6表 土壌環境基礎調査の第1巡目と第2巡目の養分濃度の相関係数

区分	層位	作土深	硬度	有効水分	EC	pH	交換性陽イオン			塩基飽和度	可給態リン酸	可給態窒素
							CaO	MgO	K ₂ O			
全地点	1	0.235**	0.343**	0.297*	0.245**	0.473**	0.602**	0.697**	0.561**	0.534**	0.686**	0.421**
	2	---	0.606**	0.580**	---	0.511**	0.469**	0.418**	0.471**	0.514**	0.524**	0.008
	3	---	0.239**	0.580**	---	0.587**	0.568**	0.602**	0.439**	0.471**	0.566**	0.200
水田	1	---	0.509**	0.574	---	0.511**	0.734**	0.669**	0.315**	0.438**	0.730**	0.347**
	2	---	0.641**	0.422**	---	0.284*	0.524**	0.656**	0.389**	0.460**	0.701**	0.104
	3	---	0.546**	0.580**	---	0.438**	0.487**	0.704**	0.471**	0.283*	0.523**	0.144
普通畑	1	0.327**	0.185	0.219	0.045	0.567**	0.504**	0.676**	0.488**	0.415**	0.802**	0.377**
	2	---	0.382*	0.246	---	0.443*	0.527**	0.380*	0.534**	0.583**	0.322	0.314
	3	---	0.519**	0.297	---	0.517**	0.744**	0.663**	0.358	0.670**	0.070	0.366
樹園地	1	0.550	0.233	0.998**	0.021	0.708**	0.537**	0.760**	0.539**	0.599**	0.571**	0.678**
草地	1	0.597	0.045	0.220	0.099	0.314	0.593**	0.399	0.332	0.341	0.544	0.200
施設	1	0.118	0.172	---	-0.059	-0.056	0.571**	0.183	0.120	0.119	0.137	0.079
黒ボク土	1	0.487**	0.332**	0.034	0.134	0.556**	0.494**	0.661**	0.448**	0.406**	0.740**	0.361**
	2	---	0.305*	0.209	---	0.531**	0.410*	0.337	0.391*	0.537**	0.396*	0.297
	3	---	0.489**	0.127	---	0.481**	0.669**	0.419*	0.285	0.606**	0.055	0.346
多湿黒ボク土	1	0.380**	0.154	0.076	---	0.380**	0.705**	0.593**	0.333**	0.543**	0.709**	0.232*
	2	---	0.684**	0.265	---	0.471*	0.496*	0.586**	0.422*	0.331	0.782**	-0.004
	3	---	0.534**	0.387	---	0.364	0.538**	0.566**	0.500*	0.116	0.091	-0.316
灰色低地土	1	0.684**	0.319*	0.087	---	0.251**	0.649**	0.596**	0.354**	0.514**	0.705**	0.271**
	2	---	0.477**	0.444*	---	-0.029	0.235	0.586**	0.073	0.322	0.522**	0.221
	3	---	0.446*	0.283	---	0.238	0.428*	0.867**	0.410	0.124	0.643**	0.123

注1. 有効水分の樹園地及び草地は第3層の値

2. ---は有効データ無し、空欄は未計算

3. **は危険率1%未満で、*は危険率5%未満で有意（以下の各表で共通）



第13図 肥料の施用積算量

第7表 肥料施用量に組み入れた肥料の種類と成分割合

カルシウム	CaO%	窒素	N%	リン酸	P ₂ O ₅ %	カリウム	K ₂ O%
生石灰	56	硫酸アンモニウム	21	過リン酸石灰	18	塩化カリ	61
消石灰	45	尿素	46	重過リン酸石灰	36	硫酸カリ	50
炭酸カルシウム	40	塩化アンモニウム	25	熔成りん肥	20	ケイ酸カリ	20
副産石灰	30	石灰窒素	21	加工りん酸肥料	25	複合肥料	13
混合石灰	30	複合肥料	11	混合りん肥	20		
ケイ酸カルシウム	40			複合肥料	14		
熔成りん肥	30						
過りん酸石灰	20						
石灰窒素	50						

注1. 窒素、りん酸及びカリウムの成分割合は「栃木県における肥料の流通調査結果・1988肥料年度版」の値で、各肥料の加重平均値。計算には、各年度ごとの値を用いた。

2. カルシウムの成分割合は、主な流通品の値。

を求めた土層の厚さが異なっていることには注意しなければならない。

施用量では、各成分の中で最も多かったのはCaOで、21年間に約417 g / m²施用された。次はリン酸で340 g / m²であった。

リン酸は、先に述べたとおり、土層中での移動は少なく、ここで求めた施用量のうちの多くの部分が作土付近に蓄積したと考えられる。仮に作土量を100kg / m²とすれば、全リン酸量は県内平均で340mg / 100 gに近い値が上昇したと考えられ、この値を背景に、可給態リン酸の値が大きく上昇したものと判断できる。

更に、リン酸質資材の施用量は、地目や土壌の種類により偏っていると考えられ、県の指導

内容等⁷⁾から、黒ボク土畑地で特に多いと推察される。第8表からは、地力保全と環境2巡目との間の20年間に黒ボク土で45 g / m²、灰色低地土で85 g / m²増加したことになり、可給化率を考慮すると、上に述べた全リン酸の増加量340 g / m²と整合性が認められる。

CaO等の交換性陽イオン類は土壤溶液中への溶出率はリン酸よりはるかに大きく土層中の移動量もかなり大きい。したがって、年間の水分移動が下向きの日本の耕地では、定期的にCaOを添加する必要があることは一般に理解されている。調査データの土層中の交換性CaOの量は先に述べたとおり、徐々に増加する傾向にあり、また第8表の値は各区分で変化量が少なく、このことから、カルシウム質資材の施用実績、平均約21 g / m²・年はおおむね適正な値で

第8表 各種養分の土層中量の推移

区分	調査	交換性陽イオン g / m ²				可給態リン酸 g / m ²	可給態窒素
		CaO	MgO	K ₂ O	合計		
黒ボク土	1	1595	148	98	67	(14)	--
	2	1137	209	213	56	61	23
	3	1426	225	187	66	58	26
多湿黒ボク土	1	1500	202	65	60	(22)	--
	2	1266	218	89	58	31	29
	3	1693	207	88	73	32	35
灰色低地土	1	1280	186	71	58	(37)	--
	2	1480	238	140	68	94	27
	3	1630	232	141	73	121	27
水田	1	1535	221	60	66	36	--
	2	1382	239	112	64	51	31
	3	1719	228	102	75	59	36
普通畑	1	1673	180	107	72	(23)	--
	2	1267	211	235	61	73	23
	3	1395	213	190	65	78	23

注1. 可給態リン酸 () 内の値は、第3層の値がないため、第1及び

2層の値の合計

2. --はデータ無し 3. 合計はme / m²

あったと判断できよう。

K_2O は地力保全と環境1巡目との間に大きく増加したことは先に述べたが、第8表からは特に黒ボク土での増加の程度が大きく、その量は、20年間に100 g / m^2 で、平均すると、5 g / m^2 ・年の速度で増加したことになる。 K_2O 施用量は他の成分に比べると少なく、21年間に232 g / m^2 、年平均11 g / m^2 であり、土壌中の増加量の5 g / m^2 は少なからぬ値である。一般に火山灰由来土壌では、1 価の陽イオンに対する保持力は弱いとされているが、これらの値からは施用した量のうちのかかなりの部分が土層中に保持されると考えられる。また K_2O は各種有機資質資材中に多量に含まれ、施用量への判断を示すには、これらの量を見積もらなければならないだろう。

可給態窒素及び陽イオン飽和度の5年間の増加量と各種資材施用量との相関係数を第8及び9表に示した。資材の施用量は、2回の調査の平均値を用いた。

可給態窒素の値が比較的変動しやすいことは先に述べた。また有機質資材の施用が、土壌の各種化学性に影響を及ぼすことは多数報告され^{8,9,11,20}、それらのうちの一つに、可給態窒素への影響が挙げられる。第1報³でも水田土壌でこの影響が認められ、特に灰色低地土で影響が大きいことを指摘したが、今回計算された相

関係数は普通畑で厩肥及び有機質資材全量についてのみ有意で、水田では、いずれの資材についても有意な値は得られなかった。

交換性陽イオン類についても有機質資材の施用の土壌の化学性への効果の一つとして挙げられており、第1報³では、可給態窒素同様に特に水田の灰色低地土でその影響が大きいことを指摘したが、今回の検討のなかでは、やはり各資材とも有意な係数は得られず、これらの関係は明らかとはし得なかった。畑地での効果についても第2報で、黒ボク土に対し、堆肥及び厩肥の施用が陽イオン類濃度を上昇させることを示した。しかし本報の係数は、いずれの資材についても水田同様にその影響を明かにし得なかった。

5年間にECが上昇し、pHが下降したことは先に述べたが、これらの値の変化量と各種肥料、資材施用量との相関係数を第10表に示した。

一般に肥料等の過剰施肥は、陰イオンの増加、あるいは直接、水溶性塩類の増加をもたらすが、窒素（N）質肥料施用量とECとの間には、有意な関係は認められなかった。有機質資材施用量とECとの関係では、堆肥で、やや大きい係数が得られ、唯一、有意性が認められた。一方、それらの資材とpHとの関係では、いずれも有意な関係は認められなかった。

IV 県内耕地土壌の変化の趨勢

県内耕地土壌の化学性の変化の趨勢は、各種養分濃度の上昇であろう。交換性陽イオン類及び可給態リン酸は1966年から1981年の間の変化の程度が特に大きかった。

最近の5年間では可給態リン酸は、やや低下する傾向であったが、先の15年間の増加の程度は非常に大きく、以前からの本県の指導の最重要項目である、黒ボク土のリン酸の改良が順調に実現されてきていることを示している。

近年のリン酸の増加については他にも報告が

第9表 可給態窒素の変化量と各種資材施用量との相関係数

項目	地目	施肥量	有機質資材施用量			
		N	全量	堆肥	厩肥	わら類
可給態窒素	水 田	0.007	0.031	0.027	0.046	0.052
	普通畑	0.136	0.227**	0.080	0.345**	0.024
陽イオン飽和度	水 田		0.163	0.071	0.180	0.047
	普通畑		0.038	0.080	0.068	0.021

第10表 黒ボク土のEC及びpHの変化量と各種資材施用量との相関係数

項目	施肥量	有機質資材施用量			
	N	全量	堆肥	厩肥	わら類
EC	0.024	0.143	0.222*	0.174	0.144
pH	0.077	0.096	0.002	0.129	0.030

あり²²⁾、一部には、リン酸過剰の害も懸念されているが、特に本県で分布面積の多い黒ボク土において可給態リン酸の値が大幅に増加したことは生産性向上に直接結びつき、望ましい方向だと判断されよう。黒ボク土で可給態水準の適正範囲を継続的に安定的に維持するためには、十分な一定水準の土壤中全リン酸含量を確保する必要がある。したがって、これを判断、評価し、今後のリン酸に関する圃場の管理の指導方向について考察するためには、可給態リン酸の他に県内耕地土壤のリン酸の全量分析による蓄積量の把握が必要であらう。

可給態リン酸の分布状況の特徴のもう一面は値の分散が大きいことで、平均値では大幅に増加したものの、調査地点の中には依然として低水準の地点も多い、これらの地点では継続してリン酸富化の指導が行われる必要があることを示している。

近年、土壤中のリン酸の増加が窒素の消耗をもたらすとの報告がある¹⁰⁾。可給態窒素の分析がなされた環境1巡目と2巡目の間に可給態リン酸は増加はみられず、本調査の中ではこの関係は明らかではなかったが、一方、可給態窒素の増加をもたらす明確な原因も摘出されず、可給態リン酸の急激な増加については、この点でも注意を要するだろう。

交換性陽イオン類は、継続的な施用が必要であることは先に述べたとおりで、今後も同程度の施用が望まれる。交換性陽イオン類のなかで、 K_2O の増加が相対的に最も大きく、この傾向は特に畑地で大きく、陽イオン類のバランスの悪化が懸念される。カリウムの施肥量には注意を払い土壤診断によってこれを監視してゆく必要がある。

ECの上昇とpHの下降は一体的に生じていることを推察したが、本調査の中からは、この原因物質の特定はできない。土壤のECは土壤中の陰イオン濃度に規定され、ECの上昇は陰イ

オンの濃度が上昇していることを示している。土壤中の陰イオン濃度の上昇は、陽イオンの流亡の促進、pHの低下等の問題を引き起こす可能性があり、適正濃度の維持が必要である。この面の適正な指導を行うためには、この原因物質の特定とその増加原因の把握が重要である。

一方物理性の変化の趨勢は、作土深の浅化、耕盤層のち密化の進行である。

耕盤層のち密化は作業機械の継続的な使用がこれを徐々に進行させていると考えられ、本報の中でも土壤の種類の違いによるち密化の程度の違いが連想された。

水田で、使用作業機械の規模が大きいほど、また普通畑で、耕起回数が多いほど耕盤層の硬度が大きいことは、第1及び2報で明らかとしたが^{3,5)}、さらに上述のとおり耕盤層の圧密の進行は、作業機械の繰り返し走行によって進行すると考えられ、大型機械の使用が続けられることでこの現象も今後継続的に進むと考えられる。それがどの程度の速度で進行するのか予測はできないが、根の伸長阻害という作物への直接の生育阻害要因ともなりうる可能性もあり、今後の監視がさらに必要である。これまで、このような継続的な作業機械の走行による土壤の継続的な変化に関する知見は少なく、今後の予測等を行うためには、この分野の一層の解明が望まれる。

V 摘 要

栃木県の耕地土壤の変化の実態及び趨勢を明らかにするため、時期を隔てた3種類の調査の結果を取りまとめ、比較した。その結果の概要は次のとおりであった。

1. 作土深は水田では1966年；15.3cm, 1981年；14.4cm, 1986年；14.4cm, 普通畑では、1966年；16.7cm, 1981年；16.8cm, 1986年；15.8cmで、徐々に浅くなる傾向であった。
2. 耕盤層の硬度は、水田で、1961年；20.5mm,

- 1981年; 21.0mm, 1986年; 22.1mm, 普通畑では, 1966年; 17.9mm, 1981年; 17.9mm, 1986年; 19.0mmで徐々に硬くなる傾向であった.
3. 塩基飽和度は, 水田では1966年; 56%, 1981年; 59%, 1986年; 65%, 普通畑では1966年; 50%, 1981年; 55%, 1986年; 59%で増加する傾向であった.
交換性陽イオン類のうち特に1966年から1981年の間のカリウムの増加の程度が著しく, 塩基バランスの悪化が懸念された.
4. 可給態リン酸は, 水田で1966年; 17.4mg / 100 g, 1981年; 27.0mg / 100 g, 1986年; 27.9mg / 100 g, 普通畑では1966年; 11.7 mg / 100 g, 1986年; 35.6mg / 100 g で, 1966年と1981年の間に著しく増加した.
- 103
7. 前田 隆・相馬尅之 (1983) 火山灰土, 博友社: 99-139
8. 峯岸恵夫・只木正之・松本泰彦・栗原久義 (1984) 群馬農業研究A総合第1号: 23-34
9. 農林水産技術会議研究成果 (1977) 95: 1-142
10. 農林水産省農産課 (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
11. 小川昭夫・三宅 信・大村裕顕 (1981) 栃木農試研究報27: 41-54
12. Raghavan, G. S. V., McKyes, E., Stemshorn, E., Gray, A., Beaulieu, B. (1977) Transactions of ASAE-1977:218-225
13. Soane, B. D., Blackwell, P. S., Dickson, J. W., Reserch l, Elsevier Sci. Pub. Com. : 373-401
14. 竹中 眞・高橋達児 (1985) 農研センター研報5: 105-117
15. 栃木県 (1978) 栃木県耕地土壌図
16. 栃木県 (1978) 栃木県農耕地土壌の実態と改良対策
17. 栃木県 (1988) 栃木県農作物施肥基準
18. 栃木県 (1990) 栃木県農耕地土壌の実態
19. 栃木県農務部 (1990) 栃木県における肥料の流通調査結果
20. 和田光史 (1981) 土壌の吸着現象, 博友社: 5-57
21. 山田 裕・鎌田春海 (1989) 神奈川県農業総合研究所研究報告131: 1-13
22. 吉池昭夫 (1983) 土肥誌54: 255-261

引用文献

1. 石井和夫 (1988) 農研センター研報11: 1-140
2. 関東農政局栃木統計情報事務所 (1989) 第36次栃木農林水産統計年報
3. 亀和田國彦・吉沢 崇・小川昭夫・植木与四郎・内田文夫・岩崎秀穂 (1986) 栃木農試研報32: 7-26
4. 亀和田國彦・青木一郎・岩崎秀穂・粕谷光正・佐藤文政 (1988) 栃木農試研報35: 63-76
5. 亀和田國彦・小川昭夫・植木与四郎・吉沢 崇・岩崎秀穂・内田文夫 (1989) 栃木農試研報36: 1-14
6. 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-

Actual Circumstances of Farming Soils in Tochigi Prefecture

(Ⅲ)Changes of Several Principal Properties of Farming soils in Recent Years

Kunihiko KAMEWADA, Akio OGAWA, Takashi YOSHIKAWA and Yoshiro Ueki

Summary

In order to reveal the actuality and the trend of circumstances of farming soils in Tochigi Prefecture, three groups of data obtained in three periods were compared each other. The results obtained were summarized as follows:

1. The mean of plowed depth of paddy field was 15.3cm in 1966, 14.4cm in 1981, and 14.4 cm in 1986. That of upland field was 16.7cm in 1966, 16.7cm in 1981 and 15.8cm in 1986. They were tended to be shallower with the passage of time.

2. The mean of hardness of induced pan of paddy field was 20.5mm in 1961, 21.0mm in 1981 and 22.1mm in 1986. That of upland field was 17.9mm in 1966, 17.9mm in 1981 and 19.0mm in 1986. They were tended to be harder with the passage of time.

3. The mean of percentage of base saturation of paddy field was 56% in 1966, 59% in 1981 and 65% in 1986. That of upland field was 50% in 1966, 55% in 1981 and 59% in 1986. They were tended to be increased.

The rate of increasing of potassium as exchangeable cation was remarkable, especially in fifteen years from 1966 to 1981, therefore the enlargement of irregularity of the proportion of each cations was concerned.

4. The mean of available phosphate in paddy field was 17.4mg/100 g in 1966, 27.0mg/100 g in 1966 and 27.9 mg/100 g in 1986. That of upland field was 11.7mg/100 g in 1966, 40.3mg/100 g in 1981 and 35.6mg/100 g in 1986. They were tended to be increased remarkable, especially in fifteen years from 1966 to 1981.

(Bull.Tochigi Agr.Exp.
Stn.No37:115~132(1990))