

三重県の農耕地土壌に関する研究

(第2報) 土壌の生産力特性と主成分分析法の適用について

米野 泰滋*・安田 典夫*・石川 裕一*・戸田 敏一*・大森 肇一**

Studies on Farming Soils in Mie Prefecture

II. For the productive characters and the application of the principal component analysis of the soils.

Taiji YONENO, Norio YASUDA, Hirokaju ISHIKAWA,
Kōichi TODA, Eiichi ŌMORI

緒言

農耕地の効率的な利用をはかり、安定した農業生産を推進するうえで、土壌の実態を把握することは不可欠の条件である。

三重県の農耕地土壌の実態については、1959年から実施した地力保全基本調査⁵⁾によって、その全貌を明らかにし、前報^{1,2)}では土壌分類を行って、土壌の種類、分布、一般理化学性等の基本的性格について報告した。

地力保全基本調査の土壌分類は、主として土壌断面の調査結果にもとづいて、「土壌統」を分類の基本単位として区分し、さらに土壌の生産力可能性に明確な差異の認められる場合には、土壌統を「土壌区」に細分している。しかし、土壌分類の結果を現場で活用する場合には、具体的な生産力との関連性等が要求されるため、さらに土壌の生産力的特徴等を明らかにしておくことが必要である。このために地力保全基本調査においては、この細分された土壌区について、その生産力を阻害している要因を明らかにし、阻害要因等の種類、程度から、生産力可能性等級として、I～IV等級に区分する土地分級を行った。

このような土壌の生産力可能性分級について、鎌田²⁾は、現場への適用にあたっては、なお不十分であり、その理由は、分級に用いる測定値のもつ情報が十分に活用されていない点にあるとして、土地分級に、主成分分析法を適用することを試みている。また石川¹⁾は、地力保全基本調査の土壌分類単位である土壌統について、断面形態と理化学性との対応を、この手法を用い、三好⁶⁾も地力保全基本調査の膨大なデータについて、主成分

析法を適用して、総合的に土壌の性質を比較検討している。

久馬^{3,4)}は、土壌分類における数値的方法としての主成分分析法について、例えば、土壌肥沃度という概念は、これを単一の指標で測定することはできず、肥沃度の因子は多くの特性値の中に、いろいろの割合で潜んでいる。主成分分析は、この潜んでいる因子を抽出して、定量的に評価する可能性を与えている。

このように主成分分析法は、互いに関係のある多数のデータのもつ情報を、互いに無相関な少数の主成分に要約する多変量解析法の一手法であり⁹⁾、土壌分類の場面においても、これを適用した解析が試みられてきた。

筆者らも、前述のように第1報で、三重県の農耕地土壌の種類と理化学性を明らかにしたが、さらに土壌の生産力特性について、生産力可能性分級を行うとともに、主成分分析法を用いて、土壌の一般理化学性と生産力的特徴について若干の検討を行い、2～3の知見を得たので報告する。

調査方法

調査は1959年から1978年にわたって実施し、調査要領、土壌区分、土地分級等は、すべて「土壌保全対策要綱」⁷⁾に定める方法により、また、土壌分析法は「地力保全基本調査における土壌分析法」⁸⁾によった。

主成分分析は、水田土壌は特性値17項目、163点、畑土壌は22項目、173点について、計算のプログラムはMULVA主成分分析(PCA)を用い、三重電子計算センターのFACOM-230-25によって行った。

* 環境部

** 現作物部

調査結果および考察

1. 土壌の生産力可能性分級¹¹⁾

農耕地土壌を生産力可能性分級基準によって分級し、その概要を第1～3表に示した。

第1表 地目別，土壌群別，土壌生産力可能性等級別面積

Table with 16 columns: 地目名, 水田, 普通地, 樹園地, 合計. Rows include soil types like 1.岩屑土, 2.砂丘未熟土, etc., with area values in ha.

第2表 地目別，土壌群別，生産力阻害要因別，不良土壌(Ⅲ・Ⅳ等級)面積

Table with 16 columns: 生産力阻害要因, 水田, 普通地, 樹園地, 合計. Rows include soil types like 1.岩屑土, 2.砂丘未熟土, etc., with area values in ha.

第3表 地目別，地域別，土壌生産力可能性等級別面積

(ha・%)

地目名	水田					普通畑					樹園地					合計				
	I等級	II等級	III等級	IV等級	計	I等級	II等級	III等級	IV等級	計	I等級	II等級	III等級	IV等級	計	I等級	II等級	III等級	IV等級	計
1.北勢地域	0	16770	4797	0	21567	0	2938	3944	0	6882	0	565	173	42	780	0	20273	8914	42	29229
	(0.0)	(77.8)	(22.2)	(0.0)	(100)	(0.0)	(4.27)	(5.73)	(0.0)	(100)	(0.0)	(7.24)	(2.22)	(5.4)	(100)	(0.0)	(69.4)	(30.5)	(0.1)	(100)
2.中勢北端地域	0	10144	2311	0	12455	0	1875	1323	45	3243	0	0	0	0	0	0	12019	3634	45	15698
	(0.0)	(81.4)	(18.6)	(0.0)	(100)	(0.0)	(5.78)	(4.08)	(1.4)	(100)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(76.6)	(23.2)	(0.3)	(100)
3.中勢南端地域	0	8621	2310	0	10931	0	1423	1389	141	2953	0	0	129	98	227	0	10044	3828	239	14111
	(0.0)	(78.9)	(21.1)	(0.0)	(100)	(0.0)	(4.82)	(4.70)	(4.8)	(100)	(0.0)	(0.0)	(5.68)	(4.32)	(100)	(0.0)	(71.2)	(27.1)	(1.7)	(100)
4.伊勢志摩地域	0	4953	3343	0	8296	0	1199	1256	7	2534	0	0	264	300	564	0	6152	4863	379	11394
	(0.0)	(59.7)	(40.3)	(0.0)	(100)	(0.0)	(4.73)	(4.96)	(3.1)	(100)	(0.0)	(0.0)	(4.68)	(5.32)	(100)	(0.0)	(54.0)	(42.7)	(3.3)	(100)
5.伊賀地域	0	7726	2525	0	10251	0	910	547	0	1457	0	10	5	0	15	0	8646	3077	0	11723
	(0.0)	(75.4)	(24.6)	(0.0)	(100)	(0.0)	(6.25)	(3.75)	(0.0)	(100)	(0.0)	(6.7)	(3.3)	(0.0)	(100)	(0.0)	(73.8)	(26.2)	(0.0)	(100)
6.紀州地域	0	1603	737	0	2340	0	112	695	0	807	0	104	741	548	1393	0	1819	2173	548	4540
	(0.0)	(68.5)	(31.5)	(0.0)	(100)	(0.0)	(1.39)	(8.61)	(0.0)	(100)	(0.0)	(7.5)	(5.32)	(3.93)	(100)	(0.0)	(40.1)	(4.79)	(12.0)	(100)
合計	0	49817	16023	0	65840	0	8457	9154	265	17876	0	679	1312	988	2979	0	58953	26489	1253	86695
	(0.0)	(75.7)	(24.3)	(0.0)	(100)	(0.0)	(4.73)	(5.12)	(1.5)	(100)	(0.0)	(2.28)	(4.44)	(3.32)	(100)	(0.0)	(68.0)	(30.6)	(1.4)	(100)

本県の実農耕地86695haのうち、生産力可能性等級がI等級に区分されるものは全くなく、II等級は68%ではぼ2/3を占め、残り1/3は不良土壌であるとされるIII、IV等級に区分される。

これを地目別にみると、水田土壌はII等級が76%と高く、比較的生产力の高い土壌が多いことを示している。水田土壌の生産力阻害要因としては、酸化還元性（排水不良）、湛水透水性（漏水）、有効土層の深さ（礫質浅耕土）などがあげられる。

普通畑土壌はII等級に区分されるものが47%で、III等級以上のものが50%をこえ、水田に比較して不良土壌の占める割合はるかに高い。不良要因としては、自然肥沃度（瘠薄性、養分不足）、耕耘の難易（重粘土）、土地の乾（水分不足）、傾斜、侵食などがあげられ、特に化学性が不良で、重粘、過干のおそれの大きい土壌が多い。これを土壌の種類からみても、畑土壌は赤黄色土、黒ボク土、砂丘未熟土等が多く、不良要因は、これらに起因するものと考えられる。

樹園地土壌はII等級に区分されるものは僅か23%で、残り77%は不良土壌である。不良要因としては、傾斜、侵食、土地の乾、耕耘の難易などがあげられ、特に樹園地の特徴として、傾斜、侵食が不良要因の中で占める割合が高い。

これらのことを全国平均と比較してみると、II等級の平均は水田61%、普通畑31%、樹園地35%となっており、本県の水田、普通畑は全国平均にくらべて、かなりII等級に区分されるものの割合が高いが、樹園地は逆に全国平均よりも少ないことを示している。

土壌の種類別にみると、岩屑土、砂丘未熟土、灰色台地土はすべてIII等級以上の不良土壌に区分され、岩屑土は有効土層、他は過干が大きな不良要因である。赤色土、褐色森林土もIII等級が90%程度もあるが、赤色土は耕耘の難易、過干、褐色森林土は自然肥沃度、傾斜、侵食等が要因である。黒ボク土、グライ土は50%前後であり、黒ボク土は自然肥沃度、養分の豊否、グライ土は酸

化還元性が主な不良要因である。また黄色土は耕耘の難易、傾斜、侵食、過干などが要因となっている。褐色低地土、灰色低地土は比較的不良要因が少なく、グライ土を含めて低地土壌は化学性の良好なものが多く、このことが、灰色低地土、グライ土が約80%を占める水田土壌が、畑土壌にくらべ生産力可能性等級の高い原因であるといえる。

地域別にみると、中勢、伊賀地域はIII等級以上の不良土壌は25~27%と少なく、北勢地域は31%とやや多い。これは北勢地域は黒ボク土の分布が多く、畑土壌で特にその影響が強く出ていることによるものと思われる。伊勢・志摩、紀州地域は不良土壌が45~60%と極めて多く、これは水田ではグライ土が多く、普通畑、樹園地では山地が多く、傾斜、侵食等の不良要因が大きく現れていることによるものと考えられる。

2. 土壌の特性と主成分分析

前報で報告した土壌の理化学性のデータを用い、水田および畑土壌について、作土（第1層）、次層土（第2層）に分けて主成分分析を行った。

A 水田

(1) 水田作土

水田土壌の土壌成分の相関行列、および主成分の因子負荷量と寄与率を、第4、5表に示した。

水田土壌作土の各成分間の相関関係については、第1報に記したが、次層土についても、作土とはほぼ同様の傾向が認められた。

次に、因子負荷量については、因子負荷量は各土壌成分と主成分との相関係数であり、数字の絶対値が大きいほど主成分に寄与している。固有値は対応する主成分のもつ情報量を示し、これの大きい順に主成分の順位をきめている。また寄与率は、各土壌成分のもっていた情報の何%を説明できるかを意味しており、累積寄与率は、Z₁からZ₃までの寄与率を累積した値である。すなわち、第1主成分（Z₁）では17土壌成分のもつ全情報の31.7%が説明され、第3主成分（Z₃）まで用いれ

第4表 水田土壌，土壌成分の相関行列

土 壤 成 分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	土層の厚さ	粗砂	細砂	シルト	粘土	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Y ₁	T-C	T-N	C/N	NH ₄ -N生成量	NH ₃ 化成率	塩基置換容量	置換性CaO	石灰飽和度	磷酸吸収係数
1.土層の厚さ		-0.10	0.02	0.05	0.07	-0.05	-0.05	-0.04	0.30	0.31	0.05	0.16	-0.11	0.16	-0.06	-0.14	0.22
2.粗砂	-0.19		-0.16	-0.56	-0.56	0.11	0.17	-0.14	-0.34	-0.37	0.08	-0.47	-0.00	-0.53	-0.37	-0.02	-0.41
3.細砂	-0.04	-0.26		-0.48	-0.39	-0.04	-0.12	0.17	-0.37	-0.29	-0.25	-0.26	0.02	-0.29	-0.39	-0.14	-0.36
4.シルト	0.22	-0.59	-0.41		0.20	0.04	0.04	-0.12	0.52	0.44	0.19	0.47	-0.03	0.62	0.61	0.17	0.58
5.粘土	0.08	-0.43	-0.42	0.18		-0.16	-0.15	0.15	0.30	0.36	-0.05	0.42	0.03	0.37	0.27	-0.01	0.36
6. pH (H ₂ O)	0.09	0.02	0.08	-0.02	-0.10		0.85	-0.59	0.01	0.07	0.06	-0.16	-0.11	0.02	0.26	0.43	0.07
7. pH (KCl)	0.08	0.04	0.03	-0.07	-0.01	0.82		-0.58	-0.01	-0.07	0.07	-0.17	-0.14	-0.02	0.31	0.51	0.00
8. Y ₁	0.03	-0.13	0.03	0.07	0.07	-0.53	-0.59		-0.09	-0.05	-0.07	-0.03	0.02	0.03	-0.23	-0.36	-0.06
9. T-C	-0.07	-0.30	-0.09	0.39	0.09	-0.06	-0.12	0.12		0.86	0.44	0.53	-0.34	0.74	0.50	-0.10	0.74
10. T-N	-0.09	-0.11	-0.21	0.34	0.02	-0.08	-0.15	0.03	0.72		-0.03	0.62	-0.41	0.63	0.42	-0.09	0.56
11. C/N	-0.04	-0.22	0.09	0.18	-0.01	-0.07	-0.11	0.22	0.73	0.16		-0.01	0.06	0.24	0.16	-0.06	0.36
12. NH ₄ -N生成量	-0.19	-0.05	-0.14	0.21	-0.00	-0.27	-0.25	0.04	0.33	0.52	-0.00		0.38	0.42	0.38	0.08	0.33
13. NH ₃ 化成率	-0.27	0.19	0.06	-0.17	-0.16	-0.24	-0.24	0.01	-0.16	-0.12	-0.10	0.66		-0.25	-0.12	0.09	-0.21
14. 塩基置換容量	-0.00	-0.52	-0.09	0.47	0.32	-0.01	-0.08	0.08	0.75	0.45	0.60	0.03	-0.31		0.69	-0.08	0.77
15. 置換性CaO	0.07	-0.13	-0.08	0.16	0.11	0.21	0.17	0.02	0.16	0.08	0.14	-0.03	-0.16	0.27		0.57	0.51
16. 石灰飽和度	-0.02	-0.05	-0.01	0.05	0.04	0.16	0.04	0.01	-0.09	-0.09	-0.07	-0.02	0.01	-0.03	0.81		-0.08
17. 磷酸吸収係数	0.05	-0.49	-0.12	0.45	0.34	0.07	0.01	0.07	0.73	0.44	0.54	-0.05	-0.37	0.84	0.27	-0.05	

上段は作土 (n=163), 下段は次層土 (n=144) を示す. 有意水準は1% = 0.25以上, 5% = 0.19以上

第5表 水田土壌，土壌成分の平均値と因子負荷量

土 壤 成 分	水 田 作 土					水 田 次 層 土				
	平均値	標準偏差	因子負荷量			平均値	標準偏差	因子負荷量		
			Z ₁	Z ₂	Z ₃			Z ₁	Z ₂	Z ₃
1.土層の厚さ (cm)	159	3.0	0.24	0.15	0.35	-	-	-	-	-
2.粗砂 (多)	226	11.7	-0.59	-0.27	0.37	-	-	-	-	-
3.細砂 (多)	338	9.8	-0.49	0.19	0.04	-	-	-	-	-
4.シルト (多)	239	9.6	0.76	-0.09	-0.20	-	-	-	-	-
5.粘土 (多)	195	8.2	0.51	0.26	-0.35	-	-	-	-	-
6. pH (H ₂ O)	55	0.5	0.04	-0.66	0.09	58	0.6	0.12	-0.83	-0.18
7. pH (KCl)	49	0.5	0.03	-0.90	0.06	52	0.6	0.19	-0.83	-0.18
8. Y ₁	27	1.9	-0.10	0.73	-0.04	19	2.4	-0.23	0.55	0.26
9. T-C (多)	245	12.1	0.87	0.05	0.35	146	13.7	-0.94	0.03	-0.11
10. T-N (多)	0.22	0.09	0.80	0.15	0.22	0.12	0.08	-0.66	0.15	-0.11
11. C/N	112	2.9	0.27	-0.12	0.32	115	5.1	-0.73	-0.01	-0.05
12. NH ₄ -N生成量 (mg)	148	6.1	0.64	0.21	-0.46	53	4.4	-0.20	0.57	0.07
13. NH ₃ 化成率 (多)	7.2	2.5	-0.20	0.10	-0.70	4.6	2.9	0.27	0.58	0.12
14. 塩基置換容量 (me)	16.1	5.7	0.87	0.07	0.12	14.4	7.3	-0.88	-0.16	-0.04
15. 置換性CaO (me)	371.4	71.6	0.73	-0.41	-0.24	189.6	187.2	-0.28	-0.41	0.82
16. 石灰飽和度 (多)	38	12.1	0.09	-0.68	-0.46	4.6	39.8	0.02	-0.23	0.93
17. 磷酸吸収係数	619	32.6	0.81	0.01	0.23	612	37.7	-0.86	-0.25	-0.07
固有値			5.38	3.03	1.74			3.67	2.67	1.74
累積寄与率 (多)			31.7	49.5	59.7			36.6	52.8	67.3

ば, 5.9.7%までが説明されることを示している。

通常, 固有値の累積寄与率は, 70~80%までの主成分が必要とされ, また, 主成分数は少ないほど望ましい。この場合は5.9.7%で, 土壌成分の情報が, 60%程度は第3主成分までに集約されていることになる。

1) 主成分の内容

主成分の内容を因子負荷量によって検討すると, 次のとおりである。

第1主成分 (Z₁) に対する各土壌成分の因子負荷量を見ると, 正側で大きいものはT-C, T-N, 塩基置

換容量, 磷酸吸収係数, シルト, 粘土, NH₄-N生成量など, 自然肥沃度の中で, 保肥力, 固定力を表す項目が多くみられ, 負側には, 粗砂, 細砂等の項目がみられる。塩基置換容量, 磷酸吸収係数にはT-C, シルト, 粘土や粗砂も関与しており, これらのことから, Z₁ は自然肥沃度を表す因子と考えられる。

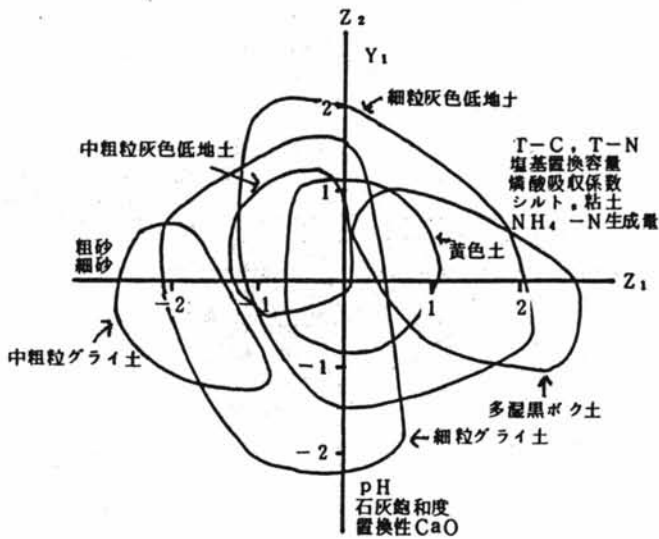
第2主成分 (Z₂) についてみると, 正側で大きいものはY₁, 負側ではpH (H₂O, KCl), 石灰飽和度, 置換性CaOなどで, 土層の塩基状態, 養分の豊否などを表す項目がみられる。これらのことから, Z₂ は養分の豊否を表す因子と考えられる。

第3主成分 (Z₃) についてみると, 正側で大きいのは粗砂, 土層の厚さ, T-C, C/N, 負側ではNH₃化成率, NH₄-N生成量, 石灰飽和度などを表す項目がみられ, したがって, 養分の豊否, 特に窒素発現率を表す因子と考えられる。

2) 土壌統と主成分値

各主成分軸に重みをもった座標に, 土壌統別の主成分値をプロットすると, その分布と土壌の性質を, より一層具体的に表現することが出来る。これを示したのが第1~3図である。ただ, 黒ボクグライ土については, 点数が少ないので図示しなかった。

第1図, Z₁-Z₂ についてみると, 多湿黒ボク土はT-C, T-N, 塩基置換容量, 磷酸吸収係数が高く, また, シルト, 粘土も多いため, 当然, Z₁ 軸の正側に分布する。黄色土は軸の中央に集まり, 灰色低地土, グライ土のうち, 細粒のものは分布の範囲が広く, 同一土壌群でも, 肥沃度の高いものや, 強酸性のものがみられる。ただ, 灰色土壌, グライ土壌とも中粗粒質のものは,



第1図 水田作土の土壌分布 ($Z_1 - Z_2$)

Z_1 軸の負側に分布した。

第2図は $Z_2 - Z_3$ 軸を用いたものであるが、中粗粒グライ土は pH が高い方に傾いている。また、細粒グライ土と、灰色低地土は中粗粒、細粒ともに NH_3 化成率が高い方に分布し、地力が高い土壌であるといえる。

第3図 - $Z_1 - Z_3$ 軸を用いたものを見ると、多湿黒ボク土は T-C, T-N が高く、しかも、土層の厚さが深い方向に分布し、また、細粒灰色低地土、細粒グライ土が、 NH_3 化成率、石灰飽和度の高い方に分布した。

(2) 水田次層土

水田次層土について、土壌成分の全項目について分析すると、第3主成分までの固有値の累積寄与率が 50% 程度と著しく低下するため、化学性の特性値 12 項目のみにしぼったところ、累積寄与率は 70% 近くまで上昇し、これによって解析を行った。

1) 主成分の内容

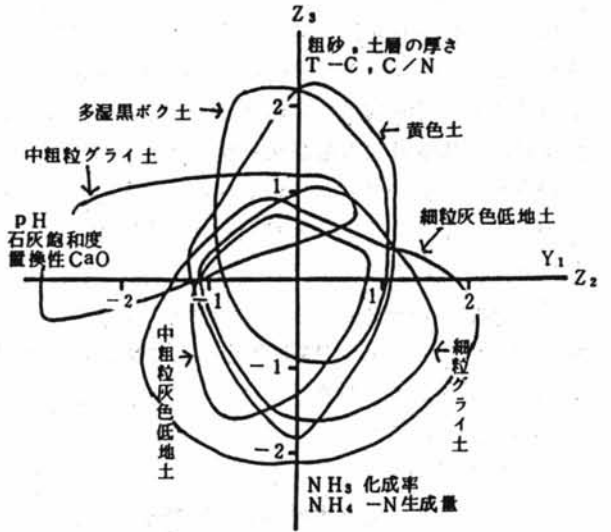
第1主成分 (Z_1) についてみると、正側で大きいものではなく、負側では T-C, T-N, C/N, 塩基置換容量、磷酸吸収係数などで、作土と同様、 Z_1 は自然肥沃度を表す因子と考えられる。

第2主成分 (Z_2) では、正側では $NH_4 - N$ 生成量、 NH_3 化成率、 Y_1 、負側では pH など、作土と同様、養分含量を表す因子と考えられる。

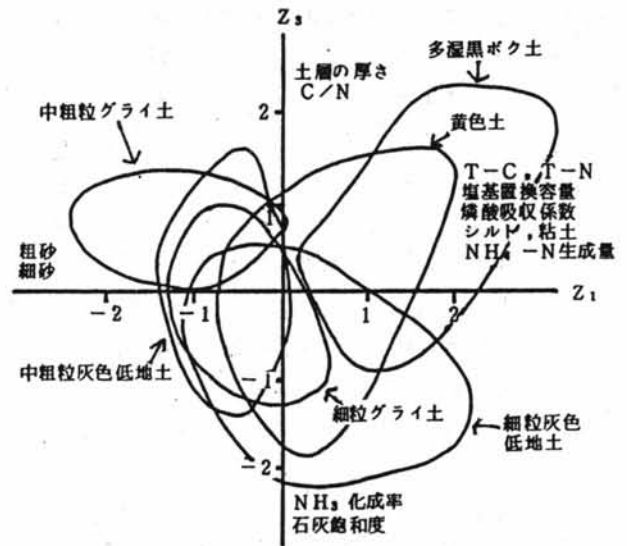
第3主成分 (Z_3) は、正側では石灰飽和度、置換性 CaO など、負側に大きいものはない。

2) 土壌統と主成分値

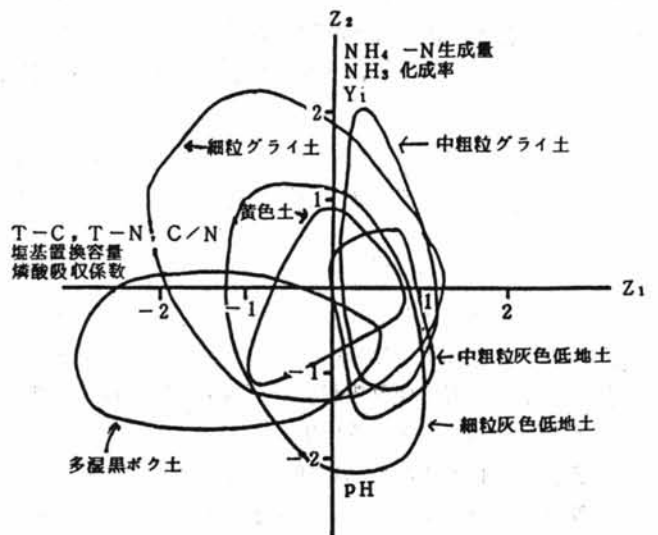
第4図、 $Z_1 - Z_2$ についてみると、多湿黒ボク土は作土と同様、T-C, T-N, 塩基置換容量、磷酸吸収係数が高いことはもちろん、pH も高い所に分布している。黄色土については、傾向はあまりはっきりしない。



第2図 水田作土の土壌分布 ($Z_2 - Z_3$)



第3図 水田作土の土壌分布 ($Z_1 - Z_3$)



第4図 水田次層土の土壌分布 ($Z_1 - Z_2$)

灰色低地土はpHが高く、グライ土は Y_1 、 NH_3 化成率などが高い所に分布している。また、灰色低地土、グライ土とも、中粗粒質のものは、T-C、T-N、塩基置換容量、磷酸吸収係数が低い所に分布している。

第5図、 $Z_2 - Z_3$ についてみると、多湿黒ボク土はpHが高く、グライ土は $NH_4 - N$ 生成量、 Y_1 が高い傾向が認められる。

第6図、 $Z_1 - Z_3$ でも、多湿黒ボク土は第4図と同様、T-C、T-N、塩基置換容量、磷酸吸収係数が高い所に分布することが認められた。

(3) 土壌の特徴

水田土壌全体についてとりまとめると、各主成分は大きく分けると、塩基置換容量、磷酸吸収係数、およびこれらを左右するT-C、シルト、粘土および粗砂など自然肥沃度のうちで、保肥力、固定力を表すものや、石灰飽和度、pHなど塩基状態を表すものに区分できる。また、養分の豊否のうちでも、 Y_1 、置換性CaOなど塩基状態を表すもの、 NH_3 化成率など窒素の発現、地力を表すものなどに分類できる。したがって、これらの主成分軸座標における各土壌群別の分布状況から判断すると、多湿黒ボク土は、T-C、シルト、粘土含量が高いため、塩基置換容量、磷酸吸収係数も大きく、また、次層土のpHも高い。黄色土については、あまりはっきりした特徴は得られない。灰色低地土は比較的養分状態がよく、地力の高い土壌といえる。グライ土もまた、 NH_3 化成率、pH等が高いことが認められた。

B 畑

(1) 畑作土

畑土壌の土壌成分の相関行列、および、主成分の因子負荷量と寄与率を、第6、7表に示した。

畑土壌作土の各成分間の相関関係については第1報に記したが、次層土についても、作土とはほぼ同様の傾向が認められた。

畑作土について、土壌成分の全部22項目について分析すると、第3主成分までの累積寄与率は61.8%となった。

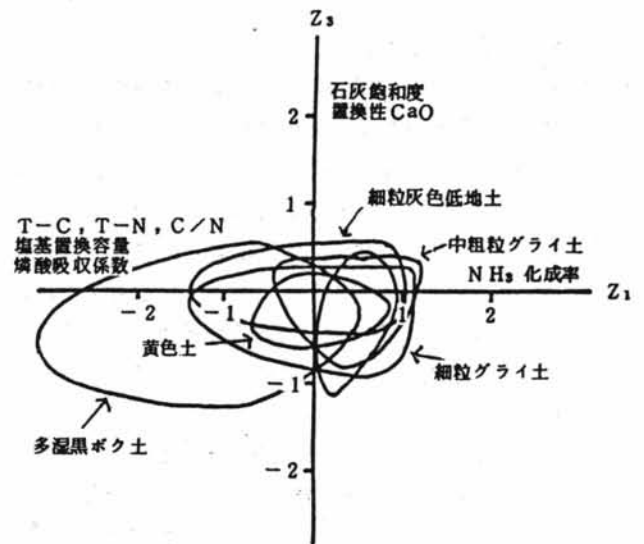
1) 主成分の内容

第1主成分(Z_1)についてみると、正側で大きいものは固相、容積重、粗砂などであり、負側ではT-C、T-N、C/N、磷酸吸収係数、塩基置換容量、孔隙率シルト、液相などが大きい項目である。これらのことから Z_1 は、自然肥沃度や物理性を表す因子と考えられる。

第2主成分(Z_2)では、正側に大きいものは置換性CaO、MgO、pH、石灰飽和度などであり、負側は Y_1 が大きく、したがって Z_2 は、養分の豊否、塩基状態を表す因子と考えられる。



第5図 水田次層土の土壌分布 ($Z_2 - Z_3$)



第6図 水田次層土の土壌分布 ($Z_1 - Z_3$)

第3主成分(Z_3)では、正側に容積重、固相、液相シルト、粘土など、負側には気相などの物理性を表す項目がみられる。

2) 土壌統と主成分値

水田の場合と同様に、土壌統別の主成分値を座標軸上にプロットしたのが第7~9図である。ただ畑土壌の場合も岩屑土、灰色台地土、灰色低地土、グライ土は点数が少ないので図示しなかった。

第7図、 $Z_1 - Z_2$ についてみると、大きく三つのグループに分けられる。

黒ボク土グループは、T-C、T-N、塩基置換容量、磷酸吸収係数が高く、しかも、シルトが多く、液相率も高い。また、多湿黒ボク土は Y_1 がやや高い。

赤黄色土グループは分布が広く、特徴はあまりはっきりせず、pHが高く、塩基状態が良好なものから、 Y_1

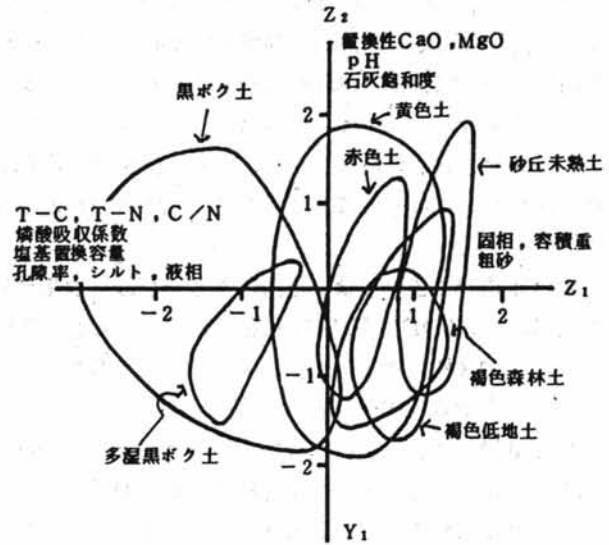
第6表 畑土壌，土壌成分の相関行列

Table with 22 columns and 22 rows showing correlation coefficients between soil properties like pH, Y1, T-C, T-N, C/N, CaO, MgO, etc.

上段は作土 (n=173)，下段は次層土 (n=169) を示す。有意水準は1多=0.25以上，5多=0.19以上

第7表 畑土壌，土壌成分の平均値と因子負荷量

Table with 22 rows and 10 columns showing mean values and factor loadings for soil components across different soil types.



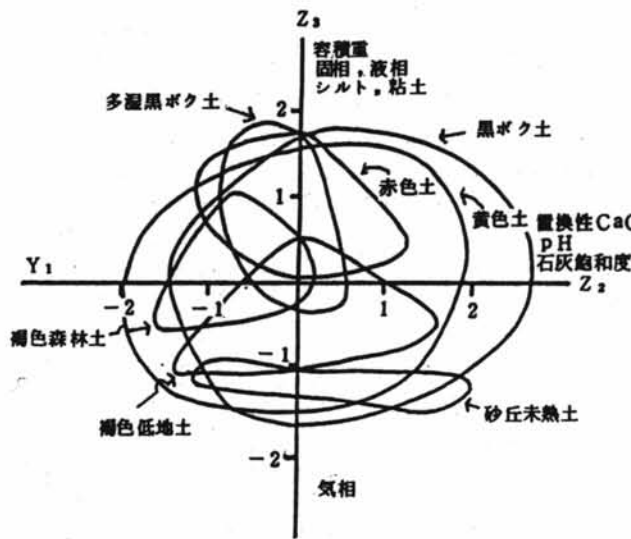
第7図 畑作土の土壌分布 (Z1 - Z2)

第8図，Z2 - Z3 を用いたものは，各土壌とも分布の方向がはっきりせず，特徴はみられないが，その中で，多湿黒ボク土は黒ボク土にくらべ，容積重，固相，液相，シルトが高い。

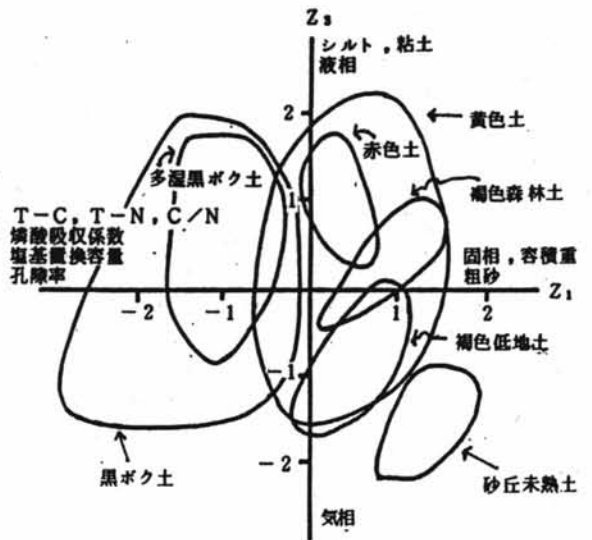
第9図，Z1 - Z3 軸を用いたものについてみると，第7図で区分した第3のグループがさらに分類され，褐色森林土は容積重，固相，粗砂等が高く，褐色低地土は気相が高い方向にあり，砂丘未熟土は容積重，固相，粗砂が高く，しかも，気相が高い方向に分布する。また，赤黄色土グループの中で，特に赤色土は，シルト，粘土

等の高い酸性土壌にまたがっている。

砂丘未熟土，褐色低地土，褐色森林土等の粗粒質のグループは，粗砂が多く，容積重，固相率が高い方に分布しており，特に褐色森林土は Y1 が高い。



第8図 畑作土の土壌分布 ($Z_2 - Z_3$)



第9図 畑作土の土壌分布 ($Z_1 - Z_3$)

が高い方に分布した。したがって、この座標では物理性の項目がはっきりと表れた。

(2) 畑次層土

1) 主成分の内容

第1主成分 (Z_1) についてみると、正側で大きいものはT-C, T-N, 磷酸吸収係数, 塩基置換容量, 孔隙率, 液相, 負側では固相, 容積重, 粗砂などで、作土と同様、自然肥沃度や物理性を表す因子と考えられる。

第2主成分 (Z_2) は、正側は Y_1 , シルト, 粘土など、負側はpH, 置換性CaO, 石灰飽和度, 有効態リン酸, 細砂など、養分の豊否, 物理性を表す項目がみられる。

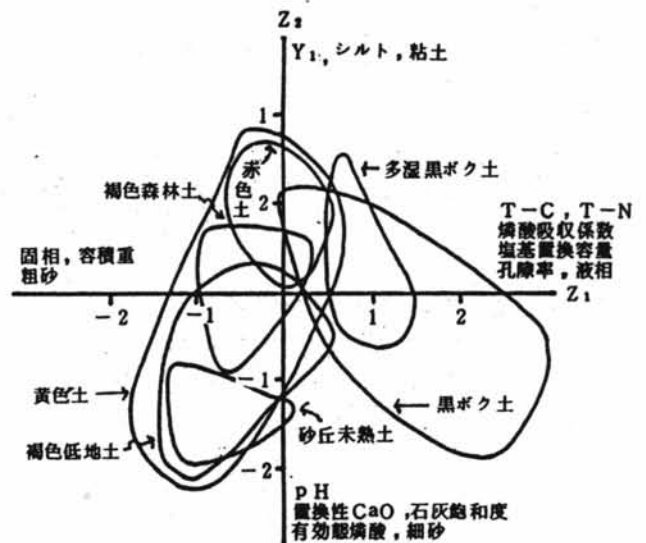
第3主成分 (Z_3) は、正側は気相, 粗砂, 負側は置換性CaO, MgO, 石灰飽和度, シルト, 粘土, 液相などで、物理性と養分の豊否を表す項目がみられる。

2) 土壌統と主成分値

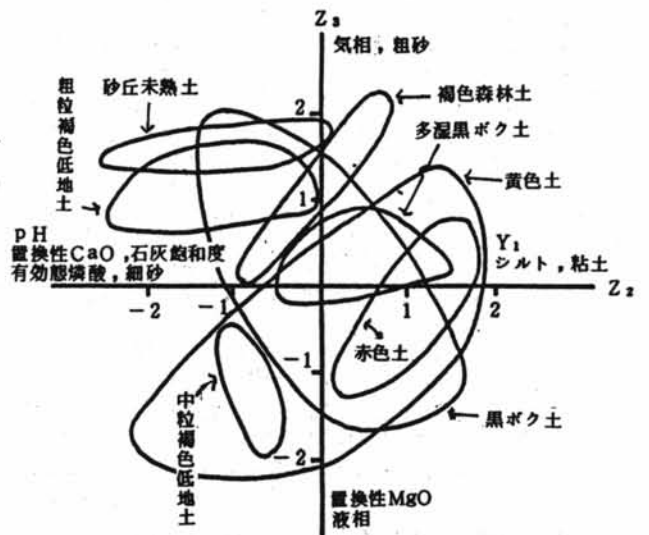
第10図, $Z_1 - Z_2$ についてみると、作土と同様、大きく黒ボク土, 赤黄色土, 粗粒の低地土に区分される。

黒ボク土は作土と同じ特徴を示し、多湿黒ボク土は Y_1 が高い。赤黄色土は分布が広いが、特に赤色土の次層土は、 Y_1 と粘土の高い特徴が明らかである。砂丘未熟土や、褐色低地土はpHが高く、置換性CaO, 有効態リン酸なども多い。

第11図, $Z_2 - Z_3$ についてみると、第10図と同様赤色土は黄色土にくらべ Y_1 , 粘土が高い。砂丘未熟土は気相, 粗砂が高く、また、pHも高い。褐色低地土も、砂丘未熟土と同じタイプのものと、さらに、液相と置換性MgOも高い二つのグループに、土性の違いによって分けられた。



第10図 畑次層土の土壌分布 ($Z_1 - Z_2$)



第11図 畑次層土の土壌分布 ($Z_2 - Z_3$)

第12図, $Z_1 - Z_3$ についてみると, 褐色森林土は気相が高い. 褐色低地土は $Z_2 - Z_3$ 軸の場合と同様, 土性によって二つのグループに区分された.

(3) 土壌の特徴

畑土壌全体についてまとめてみると, 各主成分は大別すると, 水田の場合と同様, 塩基置換容量, 磷酸吸収係数と, これに關与する $T-C$, および粒径組成の中でもシルト, 粘土, 粗砂など, 自然肥沃度を表すもの, 粒径組成, 三相分布など, 物理性を表すもの, および, pH , Y_1 , 置換性 CaO , MgO , 有効態磷酸など, 養分の豊否を表すものに分類できる.

これらのことから, 各土壌の特徴をまとめてみると, 砂丘未熟土は容積重, 固相, 気相が高く, 当然, 粗砂が多い. 黒ボク土は $T-C$, $T-N$, 塩基置換容量, 磷酸吸収係数が高く, しかも, シルト, 液相も高い. 多湿黒ボク土は容積重, 固相, 液相, シルトなど, 黒ボク土にくらべて高く, 物理性の差が明らかである. 褐色森林土は粗粒質であるため, 容積重, 固相, 粗砂が多い. 黄色土は分布の巾が広いので, 特徴がはっきりしない. 赤色土は黄色土の分布の範囲内にあって, 特に次層土の Y_1 が高く, 粘土が多い. 褐色低地土は全体に気相, 粗砂が高く, さらに次層土の液相と, 石灰, 苦土含量の高い二つのグループに区分され, これは, 土性が粗粒と中粒を示す土壌統の違いによる区分と一致した.

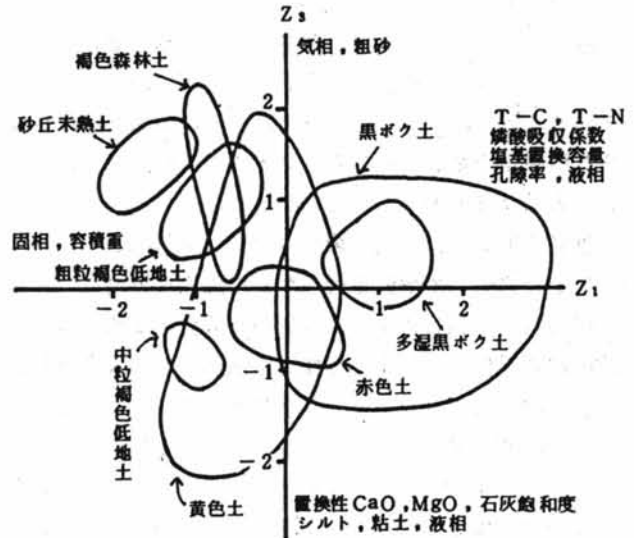
3. 土壌の生産力特性

(1) 土壌分類と理化学性

地力保全基本調査では, 土壌分類単位として, ほぼ同一の母材, 堆積様式, 断面形態を示す一群の土壌を, 土壌統として区分している. したがって, 同一土壌統に属する土壌は, 断面形態はいうまでもなく, 基本的な理化学性も, 土壌統ごとに類似しているものと考えられる.

石川ら¹⁾はこのことについて, 多数のデータを用いて主成分分析を行い, 先ず形態的に分類された土壌統は, 化学的特徴も類似したものであることを明らかにしている.

筆者らの解析でも同様のことが認められ, 土壌統をさらに包括した土壌統群, 土壌群の場合であっても, 主成分値の分布はそれぞれ, その土壌グループ特有のパターンを示し, 断面調査から主として形態的に区分した土壌のグループは, その化学的性質の面からみても類似している. ただ土壌統を統合していく場合, 例えば黄色土のように広範な分布を示すものは, 土壌群単位でまとめると, そのパターンの特徴がうすれてくる. したがって, 現場でのより具体的な資料とするような場合には, 土壌統をさらに細分し, 例えば土壌区単位での細密区分が必要と考えられる.



第12図 畑次層土の土壌分布 ($Z_1 - Z_3$)

次に主成分の内容についてみると, 解析を行った土壌成分17~22項目を要約すると, 水田, 畑土壌ともに, 第1主成分は, 塩基置換容量, 磷酸吸収係数, および, これらを左右する $T-C$, シルト, 粘土および粗砂などが寄与しており, したがって, 自然肥沃度に關与する因子と考えられる. さらに畑土壌では, 三相分布の寄与の大きい, 物理性に關与する因子も, 第1主成分と考えられる. また, 第2主成分は, pH , Y_1 , 置換性 CaO , NH_3 化成率などが寄与する, 養分の豊否に關与する因子であることを示している. 石川らが畑土壌で行った解析では, 化学的特性のみを対象としているが, この場合も, 第1主成分は $T-C$, 第2主成分は磷酸吸収係数の寄与の大きい因子であるとしており, また, 安田ら¹⁰⁾が行ったミカン園土壌の解析でも, 今回の解析と同様のことが認められる.

土壌の生産力は, 主として自然肥沃度と養分の豊否によって規定され, さらに畑土壌では物理性の影響も大きく, これらの特徴づける最も重要な要因は, 腐植とシルト, 粘土などであることは前報でも述べた. 今回の主成分分析の結果からも, このことが明らかであり, 特に腐植 ($T-C$) が, 大きく關与していることが認められた.

(2) 生産力可能性分級と理化学性

生産力可能性分級は, 要綱に定める分級基準によって土壌区を区分し, 断面形態を含めた基準項目, 要因項目によって分級を行っている. 分級の結果は, 示性分級式あるいは, 簡略分級式として表示するが, 各分級項目相互間の關連性については明らかでない. 例えば自然肥沃度, 養分の豊否等の基準項目が同一等級値であると, その土壌の特性に影響が大きいのは, どの項目かといった内容のより具体的な説明までは, 分級式による表示では

不十分である。

鎌田²⁾は、土壌調査の特性値を、土壌断面と表土の化学性に分け、主成分分析法を用いて土地分級を行っている。そして本法による土地分級は、その情報を区分し、また情報量を数値として表示できる点で、簡略分級式による表示法より優っていると結論している。

筆者らも、水田、畑土壌について、土壌成分を作土、次層土に区分して解析を行ったが、膨大な分析データも主成分分析の適用によって少数の主成分に要約され、土壌の理化学性と、生産力特性との関連性など、主成分値を座標軸上にプロットすることによって、土壌の性格をより一層明確に、具体的にとらえることができた。しかし、生産力可能性分級との対応については、今回、解析に用いた土壌成分が、要綱に定められた分級に用いる全項目を網羅しておらず、特に土壌断面形態に関する項目について、不十分な点が多い。さらに、土壌生産力の指標は農作物の収量であって、生産力可能性分級には、収量との関連についても解析することが必要であり、今後の課題である。

何れにしても主成分分析法の適用は、このように多数の分析データから、土壌の特徴を統計的に表示することが可能であり、石川らも述べているように、土壌分類結果の検討、具体的な土壌改良対策の設定等、土壌調査結果のとりまとめには、適切な手法であるといえる。ただ、今回の分析に用いた特性値は項目も限られ、また、すべてを一括して処理し、解析について不十分な点が多い。今後これらの解析方法についても、なお検討が必要であると考えられる。

摘 要

三重県の農耕地土壌の生産力特性を明らかにするため、生産力可能性分級を行うとともに、主成分分析法を用いて、理化学性との関連を検討した。

1. 農耕地土壌を、生産力可能性分級基準によって分類すると、全農耕地のうち、生産力可能性等級がI等級のものはなく、II等級が68%、残り32%が不良土壌とされるIII、IV等級である。

地目別には、水田はII等級が76%と高く、普通畑は47%、樹園地は23%で、畑地土壌は水田に比較して、不良土壌の占める割合がはるかに高い。

2. 土壌の生産力阻害要因としては、水田は酸化還元性、湛水透水性など、普通畑、樹園地は自然肥沃度、耕耘の難易、土地の乾、傾斜・侵食などがあげられ、水田にくらべ化学性不良で、物理性も重粘、過干と劣る土壌が多い。

3. 土壌の理化学性を、主成分分析法によって解析す

ると、水田、畑土壌とも、主成分は、塩基置換容量、磷酸吸収係数、T-C、シルト、粘土、粗砂、塩基状態、三相分布などが大きく寄与している、自然肥沃度、養分の豊否、さらに畑土壌では、物理性に関与する三つの因子に要約される。土壌の生産力は、主としてこの因子によって規定されるが、これらの特徴づける要因として、特に腐植(T-C)が大きく関与している。

土壌の種類別に、主成分値を座標軸上にプロットすると、土壌統ではもちろん、土壌群の場合であっても、多数の分析項目が集約されて、それぞれの土壌の特徴が表示された。

4. 生産力可能性分級では、分級項目相互間の関連性が明らかでないが、主成分分析によって、そのおのおの特徴を明らかにさせ、土壌の特徴をより一層明確にとらえることが出来た。

土壌調査結果のとりまとめにあたって、主成分分析法の適用は、適切な手法といえる。

謝 辞

この調査は、地力保全研究室が担当し、戸波多美子、児玉幸弘、広瀬和久技師等の協力によって行われたものであり、主成分分析の電算処理には、三重電算センターを煩わした。

本稿のとりまとめにあたっては、環境部、長江春季部長から、種々、御指導と御助言を頂いた。これらの方々に対して、厚くお礼を申し上げる。また、農林水産省野菜試験場、湯村義男室長に本稿の御校閲を賜った。記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 石川昌男、津田公男、須田清隆、石川実(1973) 茨城県における火山灰畑地土壌統の化学的性質の主成分分析、茨城農試研報13 75~84
- 2) 鎌田春海(1978) 神奈川県における土壌分類と土地利用に関する研究—水田および畑地土壌の土地分級について、神奈川農総研研報 119 1~108
- 3) 久馬一剛(1972) 土壌分類における数値的方法 ペドロジスト 16 (1) 49~60
- 4) 久馬一剛(1974) 土壌分類における数値的方法の適用 ペドロジスト 18 (1) 30~37
- 5) 三重県(1978) 地力保全基本調査総合成績書
- 6) 三好洋(1973) 千葉県畑土壌の生産力的区分—地力保全基本調査結果の考察 1 主成分分析法の適用について 土肥演旨集 19
- 7) 農林省農産課(1971) 土壌保全対策要綱 土壌保全対策資料 第34号

-
- 8) 農林省振興局(1959)地力保全基本調査における土壌分析法 地力保全対策資料 第1号 三重農技研報 5 107~114
- 9) 奥野忠一, 久米均, 芳賀敏郎, 吉沢正(1972) 多変量解析法 159~257 日科技連 11) 吉池昭夫(1982) わが国農耕地の地力の実態と変化 農及園 57 (1) 110~116
- 10) 安田典夫, 米野泰滋, 大森瑩一, 戸田敏一(1976) 三重県における温州ミカン園土壌に関する研究(第1報) 三重農技 12) 米野泰滋, 安田典夫, 戸田敏一, 大森瑩一(1982) 三重県の農耕地土壌に関する研究(第1報) 三重農技 研報 10 35~54