

各土壌類型における特徴はほとんど認められなかった。したがって温度の上昇に伴う窒素の発現も乾土効果同様に北海道では低いことを示唆している。

V 水田土壌類型に対応する水稻の反応、特に生育・収量

北海道における水稻の生育相の特徴については、石塚、田中³⁶⁾が詳細に報告しているところである。とくに北と南の稲の比較において論じているところに興味深い。

石塚、田中は「ある特定の地点における特定の品種の生育相は、その品種の特性と、その地点の環境条件との相互作用として特徴づけられる」とし、特定の品種はその地点の累年平均の環境条件を前提として育種されたもので、特性そのものは環境条件を反映したものであると述べている。

したがって、単純に生育相を一律に決めつけることは難しいが、筆者が意図する水稻の生育に対

する水田土壌の寄与（とくに水稻の生育に最も関係する窒素の影響に結びつける）に関係する水稻の生育相の顕著な特徴に限定することとする。

その特徴は、石塚、田中によるとつぎのとおりである。

1) 第13表のように、草丈が小さく、したがって稈重も小さく、籾重比が大きい。

2) 幼穂形成期が第14、15表のように、最高分げつ期の以前にあり、したがって栄養生長と生殖生長の分離が明瞭でなく、栄養生長の完了しないうちに生殖生長が開始され、栄養生長生産物より生殖生長生産物が多い。

3) 一般に各生育時期別においても第16表のと

第13表 北海道と中国地方との水稻の収穫物の特性（石塚、田中³⁶⁾）

地 域	品 種	草 丈 (cm)	籾重/稈重	稈中の窒素含有率 (N%)
北 海 道	中生栄光	97	1.03	0.82
中国地方	朝 日	108	0.69	0.55

第14表 生育各時期の暦日（石塚、田中³⁹⁾）

項 目	播 種 期	移 植 期	最 高 期 分 げ 期	幼 穂 形 成 期	開 花 期	成 熟 期	生育日数 (移植より成熟期まで)
地 域							
北 海 道	5月7日	6月10日	8月2日	7月24日	8月18日	10月4日	116日
*1 中央農試 (稲作部)	4月29日	5月29日	7月30日	7月10日	(出穂期) 8月12日	9月28日	123
*2 上川農試	4月25日	5月25日	7月20日	7月7日	(") 8月3日	9月15日	114
*3 北見農試	5月1日	6月1日	7月25日	7月10日	(") 8月5日	9月25日	117
東 北	4月23日	6月5日	7月15日	7月15日	8月8日	9月19日	106
関 東	5月16日	6月28日	7月28日	8月4日	8月30日	10月25日	119
中 国	5月13日	7月4日	8月4日	8月19日	9月12日	11月7日	126

注1) *1 (栄光・昭和29～38年平均) *2 (フクユキ、シオカリの平年値) *3 (農林20号、昭和31～40年平均値)

注2) 石塚・田中の資料と時期を異にしているため、品種、栽培法も異なっており、多少生育の各時期が異なっている。

おり窒素含有率が高く経過する。

4) 生育各時期の気温は第17表のとおり、低温において移植がなされ、気温が最高に達するところに開花して登熟する。

5) 北海道では幼穂形成期が7月上旬～中旬であり、水稲は感温性が大で、この時期の温度によって幼穂形成期が早められたり、遅くさせられたりする。すなわち、このころの気温が高温で初

期生育がおう盛の場合、幼穂が早く形成される。また幼穂の発育とくに花粉母細胞の分裂時期に平均気温が18.5℃以下に下がると、いわゆる障害型冷害となり著しい不稔の発生となる³⁹⁾(第18表参照)。

このことについては、北見農業試験場における昭和41年「稲作不安定地域における現状と問題点」(未発表)および「北海道における農作物の収量と

第15表 生育各時期の所要日数

地 域	播種	移植	最分 げ高	幼穂 形成	出穂	収穫	生育 日数
北海道 (中央農試) (稲作部)	35日	53日	-9日	25日	47日	151日	
(上川農試)	31	64	-20	32	47	154	
(北見農試)	31	57	-13	27	43	145	
東北	31	55	-15	26	51	148	
関東	43	40	0	24	42	149	
中国	43	30	7	26	56	162	
	52	31	15	24	55	178	

注) 北海道、東北、関東、中国は石塚、田中³⁰⁾による。

第16表 各地域の水稲生育時期別窒素濃度⁴⁰⁾
(風乾物中%)

地域	生育時期	苗	分け	幼穂	出穂期		登熟中期		成熟期	
			つ期	形成期	葉	穂	葉	穂	葉	穂
北海道		4.66	3.09	3.07	2.00	1.55	1.60	1.35	1.01	1.47
山形		4.30	3.24	3.07	1.06	—	0.73	1.03	0.62	1.07
千葉		—	2.08	1.31	0.88	0.56	0.61	1.12	0.54	1.13
富山		4.43	2.26	1.30	0.89	0.93	0.41	0.98	0.42	1.00
岐阜		2.08	2.65	1.66	0.90	1.00	0.64	0.92	0.55	0.98
広島		1.60	2.71	2.05	1.08	1.09	0.76	0.98	0.64	1.03
愛媛		1.54	1.98	1.49	1.04	0.99	0.58	0.93	0.58	1.01
宮崎		1.60	2.99	1.23	0.80	0.91	0.53	0.91	0.49	0.92

第17表 生育各時期の気温 (石塚・田中³⁰⁾)

生育時期	北海道	東北	関東	中国
播種期	9°C	10°C	17°C	17°C
移植期	14	16	22	24
最高分げつ期	21	21	25	27
幼穂形成期	21	22	25	27
開花期	22	24	25	24
成熟期	13	19	14	14
幼穂形成期日長 (時間)	14.9	14.7	13.8	13.3
稲作期間積算温度	2,100	2,210	2,550	2,830

気象要因の関係について²⁹⁾」によって、7月の平均気温が18.5°C、最低気温が13.5°C以下で冷害が起ることが明らかにされている。

6) 石塚、田中³⁰⁾が第19表で指摘しているように、暖地の水稲は生育の初期における養分吸収が盛んであって、そのため生育後期にいたり、いわ

ゆる栄養凋落型となるのに対して、寒地のものでは生育初期の養分吸収はきわめてゆるやかであり、幼穂形成期のころより気温の上昇に伴って盛んに養分が吸収されるようになる。したがって寒地における穂の生育は秋まきり型であり、栄養生長的性格が生育の後期まで特続することがその特徴である。また寒地においては、気温に強く影響され、低温による生育遅延がしばしば経験されるので、あらゆる面での初期生育の促進が重要である。さらに多窒素は多収に結びつく反面、生育遅延、不稔増大等による減収をも内包し、不安定性を助長することにもなる。

以上のような北海道特有の水稲生育相の特徴を充分考慮の上、水田土壌類型に対応させてみる。

筆者はⅥにおいて水田土壌類型の設定を試みた

第18表 昭和40年における障害型冷害の実態³¹⁾

1) 昭和40年度平年対比気象表 (北見農試)

項 目 時期	平均気温		最高気温		最低気温	
	昭和40年	平年	昭和40年	平年	昭和40年	平年
7月1半旬	16.3	17.4	21.2	21.9	11.3	12.8
2	15.6	17.0	21.7	21.4	9.6	12.6
3	16.1	19.2	20.4	23.7	11.7	14.6
4	17.9	18.3	21.6	22.2	14.1	14.3
5	13.3	19.7	15.7	24.0	10.9	15.4
6	19.5	20.6	23.8	25.0	15.1	16.1
8月1半旬	15.7	19.7	19.4	23.5	11.9	15.9
2	21.4	19.8	26.5	23.9	16.2	15.8
3	16.7	20.4	20.3	24.8	13.1	16.0
4	21.9	19.2	27.0	23.5	16.8	15.7
5	21.7	18.2	26.4	21.5	17.1	14.9
6	20.1	17.5	27.7	21.3	12.5	13.8

2) 昭和40年の水稲生育、収量表 (北見農試)

品種	年次	播種期	発芽期	移植期	幼穂形成期	減分裂数期	出穂期	穂揃期	成熟期
農林33号	昭和40年	4.28	5.45	5.28	6.27	7月12日 ~ 17日	7.29	8.21	9.20
	平年	4.29	5.45	5.31	7.3	—	8.1	8.16	9.20
農林20号	昭和40年	4.28	5.55	5.28	7.5	7月20日 ~ 25日	8.9	8.13	10.4
	平年	4.29	5.55	5.31	7.12	—	8.6	8.8	9.26
フクユキ	昭和40年	4.28	5.55	5.28	7.7	7月22日 ~ 27日	8.11	8.11	10.6
	平年	4.27	5.25	5.29	7.11	—	8.7	8.8	9.27

品種名	年次	kg/a				収歩歩合 %	玄米 (g)		受歩歩合 %	稈歩歩合 %	平均 1穂 粒数
		総重	稈重	穂重	玄米重		歩合	千粒重			
農林33号	昭和40年	78.5	62.0	10.3	8.2	80.0	833	19.0	23.6	22.6	60.3
	平年	92.3	47.5	37.3	33.2	80.2	817	18.6	69.4	76.0	61.4
農林20号	昭和40年	85.3	63.0	5.2	4.3	82.5	833	17.8	15.9	10.0	60.5
	平年	110.0	64.0	37.8	34.0	81.1	821	20.1	71.7	76.3	81.5
フクニキ	昭和40年	98.3	83.2	8.9	7.2	81.3	833	18.4	32.2	25.4	63.1
	平年	113.3	56.3	53.6	42.2	79.7	811	19.9	—	78.4	—

第 19 表 生育各時期の茎葉の三要素含有率³⁶⁾
(石塚, 田中)

生育時期	北海道	東北	北陸	関東	東海	中国	四国	九州
N%								
移植期	2.96	2.44	4.18	1.72	1.48	1.44	1.16	1.12
最高分げつ期	1.53	1.58	1.60	—	2.18	2.18	1.66	1.54
幼穂形成期	2.06	1.58	1.40	—	1.80	1.80	1.20	0.98
開花期	1.13	0.78	0.76	0.88	0.76	0.76	0.82	0.75
成熟期	0.63	0.51	0.45	0.49	0.46	0.46	0.42	0.42
P ₂ O ₅ %								
移植期	0.94	0.71	1.93	0.89	0.95	0.63	0.63	0.74
最高分げつ期	0.93	0.53	0.63	—	0.56	0.68	0.56	0.53
幼穂形成期	0.50	0.53	0.56	—	0.56	0.52	0.49	0.47
開花期	0.57	0.46	0.45	0.38	0.31	0.35	0.30	0.33
成熟期	0.16	0.13	0.18	0.13	0.13	0.09	0.05	0.11
K ₂ O%								
移植期	4.85	4.69	5.00	4.52	4.93	4.09	4.24	4.30
最高分げつ期	2.38	3.55	4.11	—	4.04	3.85	3.85	4.24
幼穂形成期	3.12	3.55	3.65	—	3.68	2.99	2.73	2.58
開花期	2.00	2.14	2.02	1.79	1.66	1.95	1.70	1.98
成熟期	2.30	2.22	2.00	1.71	1.56	1.88	1.58	1.90

わけであるが、これは主に水田の土壌断面形態の観察から、酸化、還元の状態、土性層序、土壌母材等の総合考察によって区分したものであり、これらの設定された土壌類型に水稻の生育、収量を対応させることは、かなりマクロな考え方であろう。しかし筆者は現在全国的に実施されている水田土壌調査が、また区分されている土壌類型というものが、水稻の生産性にどのように結びつけられるものなのか、この関係を土壌類型と施肥試験の対応において、主に土壌類型に対応する水稻の

反応特に生育・収量の面から検討しようとした。

もちろん水稻の生産に関する要因としては、例えば土壌粒径組成、土性層序、表土の厚さ、有効土層の厚さ(作土の厚さ)、透水性、構造および孔隙、グライ層の出現状態などがあげられ、それらの項目がすべて土壌の理化学的諸性質に複雑に相互関係を有し、水稻の生産に直接、間接的な関連をもっているものと理解される。しかしながら、これらの関係は詳細には定量的な調査と、検討がなされなければその把握は困難であろう。このような実証的、帰納的な研究は今後大いに進めねばならぬところであり、これらの成果は水稻の生産性に大いに役立つものとなるだろう。

しかし本論文では、むしろ演繹的立場において各土壌類型がどのように水稻の生産に結びつくものなのか、主に施肥反応を中心とした2, 3の検討を試みた。

すなわち、昭和28年から昭和38年にわたり泥炭土壌類型21, 強グライ土壌類型24, 灰褐色土壌類型33(沖積土系12, 洪積土系11), 黄褐色土壌類型21, グライ土壌類型9, 黒色火山灰土壌類型3, 非黒色火山土壌類型5, 計116か所について施肥試験を実施したが、その中で泥炭土壌類型, 強グライ土壌類型, 灰褐色土壌類型(沖積土系), 灰褐色土壌類型(洪積土系), 黄褐色土壌類型の5代表土壌類型について、各3か所を選び、土壌類型の生産性に関する特徴の相異を、主に統計学的手法をもって検討した。

1. 施肥に対する水稻の生育・収量の反応

1) 窒素と収量

(1) 窒素系列全データの直線回帰性

昭和33年から37年にわたって、5つの土壌類型〔①泥炭土壌 ②強グライ土壌 ③灰褐色土壌(沖積土系) ④灰褐色土壌(洪積土系) ⑤黄褐色土壌〕に対して、それぞれ、3~4か所について施肥試験を行なった。

(灰褐色土壌では、沖積土由来するものと、洪積土由来するものの2つに分け、これを一応土壌類型と見做して施肥との対応を考えた)(付表参照)。

磷酸，加里を標準量与えた場合の窒素に対する増収性を知るため，窒素の要素量をa当たり，0~1.0 kg の6水準とした。これらの試験数は延52点に達するが，窒素の処理別に年平均値とその

増収率，窒素量と収量の相関係数，ならびに一次回帰式を示すと第20表（総重=薬重+収重）および第21表（玄米重）のとおりである。

第 20 表 施肥標準試験における総重 (kg/a) および窒素との相関係数と一次回帰式

土壌類型	場 所	農家名	品 種 名	試験年数	単 位	窒 素 (kg/a)						相係 関数 r	一次回帰式 Y=a+b N
						0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0		
① 泥炭土壌	滝川	江向	栄光	3	kg/a	66.9		91.0	95.6	101.9		.830	69.1+43.9N
	妹背牛	森	フクユキ	4	kg %	91.5	99.7	105.7	110.5			.652	91.3+27.8N
	鷹栖	佐藤	栄光	3	kg %	76.2	90.2	88.0	96.1	96.2		.691	80.2+22.9N
② 強グライ土壌	一巳	亀上	栄光	3	kg %	72.0		90.8	102.2	109.8		.814	72.1+48.0N
	沼田	生沼	フクユキ	3	kg %	76.9		91.1	101.0	107.6	114.3	.892	76.9+38.0N
	妹背牛	吉田	フクユキ	4	kg %	74.1		91.8	101.4	111.5		.927	73.7+46.6N
	鷹栖	前田	栄光	3	kg %	77.3		92.7	96.0	100.6	108.5	.759	78.4+29.6N
③ 灰褐色土壌	妹背牛	杉本	フクユキ	4	kg %	62.4		86.3	92.5	100.7		.993	64.0+47.7N
	妹背牛	高田	フクユキ	3	kg %	66.5		91.1	94.9	102.4		.926	68.7+44.5N
	士別	加藤	フクユキ	3	kg %	82.4		102.5	103.0	105.5	108.6	.729	86.8+23.7N
④ 灰褐色土壌	沼田	松浦	栄光	3	kg %	68.1		85.0	89.0	94.6	100.0	.939	66.6+36.9N
	滝川	僧都	栄光	3	kg %	63.9		80.0	84.7	90.1		.797	64.9+32.9N
	士別	石川	フクユキ	3	kg %	74.3		102.3	103.4	107.0	110.0	.579	80.3+34.1N
⑤ 黄褐色土壌	妹背牛	本田	フクユキ	4	kg %	71.7		92.4	97.1	99.8		.928	74.0+36.0N
	沼田	山崎	栄光	3	kg %	69.7		86.6	94.8	102.2		.812	69.9+40.8N
	士別	小西	フクユキ	3	kg %	55.7		81.7	89.9	91.2	97.7	.884	57.2+46.5N

注) 総重=薬重+収重

第 21 表 施肥標準試験における玄米重 (kg/a) および窒素との相関係数と一次回帰式

土壌類型	場 所	農家名	品 種 名	試験年数	単 位	窒 素 (kg/a)						相係 関数 r	一次回帰式 Y=a+b N
						0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0		
① 泥炭土壌	滝川	江向	栄光	3	kg/a	33.7		44.9	46.9	49.2		.717	34.9+19.6N
	妹背牛	森	フクユキ	4	kg %	48.3	52.4	55.8	58.2			.748	48.7+16.5N
	鷹栖	佐藤	栄光	3	kg %	38.1	45.8	45.3	48.5	48.3		.649	40.3+12.2N

② 強 グ ライ 土 壤	一 巳	亀 上	栄 光	3	kg %	35.3 100		44.2 125	50.4 143	54.1 153		^{***} .840	35.2+24.0N
	沼 田	生 沼	フクユキ	3	kg %	36.5 100		42.2 116	47.0 129	49.9 137	53.2 146	^{***} .896	36.2+16.9N
	妹背牛	吉 田	フクユキ	4	kg %	37.4 100		46.2 123	51.2 137	56.3 150		^{***} .887	37.2+23.6N
	鷹 柄	前 田	栄 光	3	kg %	49.0 100		47.5 119	48.7 122	50.7 127	54.4 136	^{***} .752	40.7+13.6N
③ 灰 褐色 土 壤 (沖積)	妹背牛	杉 本	フクユキ	4	kg %	31.1 100		44.1 142	47.3 152	51.9 167		^{***} .938	32.0+25.8N
	妹背牛	高 田	フクユキ	3	kg %	33.4 100		45.9 137	48.4 145	51.4 154		^{***} .920	34.6+22.6N
	士 別	加 藤	フクユキ	3	kg %	43.0 100		52.2 122	51.9 121	52.7 123	52.3 122	[*] .538	45.4+8.9N
④ 灰 褐色 土 壤 (洪積)	沼 田	松 浦	栄 光	3	kg %	33.5 100		41.9 125	43.9 131	46.6 139	48.8 146	^{***} .932	34.4+15.1N
	滝 川	僧 都	栄 光	3	kg %	30.8 100		38.9 126	42.3 137	43.5 141		^{***} .881	31.5+16.5N
	士 別	石 川	フクユキ	3	kg %	36.5 100		50.8 139	50.8 139	52.5 144	54.3 149	[△] .514	39.6+16.8N
⑤ 黄 褐色 土 壤	妹背牛	本 田	フクユキ	4	kg %	35.8 100		46.7 130	49.1 137	50.7 141		^{***} .905	37.0+19.1N
	沼 田	山 崎	栄 光	3	kg %	33.9 100		42.3 125	45.7 135	48.2 142		^{***} .799	34.3+18.2N
	士 別	小 西	フクユキ	3	kg %	27.2 100		39.2 144	43.6 160	44.2 163	46.4 171	^{***} .844	30.1+17.9N

これらの表によると、いずれも窒素を増すことによって収量は増加している。しかも窒素と収量の相関係数は有意に高いことが認められる。そしてこの傾向は玄米重よりも総重において一層顕著となっている。またこれらの一次回帰式は、すべて有意なへだたりを示すものではなかった。

しかしこの増収率を詳細に見ると、同一の土壌類型内でも場所によって異なる場合も認められるが、それらの場所をこみにしてもなお土壌類型間に何らかのちがいを暗示させている。

(2) 同一の試験規模における土壌類型間の比較

前述の施肥試験を行なった18か所の試験のうち15か所は土壌分析を伴っているが、これの欠けるところもあり、またその逆のところもある。したがって2つのデータが揃い、しかも土壌類型の特性を代表しうる場所を選定しないと情報の失われる危険性があった。さらに第20、21表でも明らかなように、全場所を通じて一様な処理を施した訳ではなく、窒素の水準、試験の年次、あるいは供試品種を異にしている。厳密に言えば、品種によって窒素による増収性も異なることが考えられる

が、各場所の最適品種を用いたということで許容できよう。

i) 各土壌類型を代表する場所の選定

試験年次と窒素の水準が同一で、しかも個々の場所における収量の誤差分散が一様であり、さらに窒素に対する増収性が異質でないところを選定しようとした。また平均収量も同一土壌類型内では大きな差のない方がよいと考えた。これらの情報は第22表からえられた。

第22表によれば、試験年次は昭和34、35、36年の3か年と、窒素は0、0.4、0.6、0.8 kg/aの4水準が妥当と考えられた。ついで収量の誤差分散は、各場所における年次×窒素の交互作用(自由度は6)分散のことで、総重における最大分散は①泥炭土壌の江向(25.69)、最小分散は④灰褐色土壌(洪積土系)の僧都(4.91)である。これらの最大分散比は

$$F_{\max} = V_{\max}/V_{\min} = 25.69/4.91 = 5.23$$

$$< 18.6 \quad (k=10, \phi=6)$$

で、各場所の分散は5つの土壌類型からみても一様とみなされた。同様に玄米重でも、すべての誤

第 22 表 各場所ごとの収量平均値 ($\bar{x}$) と誤差会数 (s^2) ならびに単位あたり
窒素の施用量に対する増収量 (b) と相関係数 (r)

土 壤 類 型	場 所	年 次	N の 水 準	$\bar{x}$ kg/a		s^2		b		r	
				総 重	玄米重	総 重	玄米重	総 重	玄米重	総 重	玄米重
① 泥 炭 土 壤	○江 向	3	4	88.8	43.7	25.69	7.82	43.9	19.6	.830 ^{***}	.717 ^{***}
	○佐 藤	3	4	87.0	45.0	21.26	7.15	32.8	13.7	.859 ^{***}	.759 ^{***}
	江 向	3	3	84.5	41.9	26.91	7.51	49.6	22.9	.781 ^{**}	.691 [*]
	森	3	3	100.0	53.6	34.20	6.93	25.8	14.8	.588 [*]	.733 ^{**}
	森	3	4	99.7	52.4	15.76	4.36	22.6	14.5	.671 [*]	.742 [*]
	佐 藤	3	4	87.6	44.4	20.91	7.57	28.8	15.4	.646 [*]	.591 [*]
	佐 藤	3	5	80.2	45.2	19.56	6.87	22.9	12.2	.691 [*]	.649 [*]
② 強 グ ラ イ 土 壤	○亀 上	3	4	93.7	46.0	11.78	3.58	48.0	24.0	.814 ^{***}	.840 ^{***}
	○吉 田	3	4	94.7	47.0	24.59	6.88	46.0	22.6	.917 ^{***}	.870 ^{***}
	○生 沼	3	4	94.2	43.9	14.35	6.41	39.1	17.1	.894 ^{***}	.867 ^{***}
	前 田	3	4	91.7	46.7	22.99	6.21	29.1	13.4	.665 [*]	.690 [*]
	生 沼	3	5	98.2	45.7	19.81	7.14	38.0	16.9	.892 ^{***}	.896 ^{***}
	前 田	3	5	95.0	48.3	27.20	5.83	29.6	13.6	.759 ^{**}	.752 ^{**}
③ 灰 褐 色 土 壤	○杉 本	3	4	84.3	42.5	6.09	2.39	49.6	26.9	.995 ^{***}	.953 ^{***}
	○高 田	3	4	88.7	44.8	12.83	2.71	44.5	22.6	.926 ^{***}	.920 ^{***}
	加 藤	3	4	98.4	49.9	15.88	4.52	29.0	12.2	.756 ^{**}	.600 [*]
	杉 本	4	4	85.5	43.6	7.30	2.18	47.7	25.8	.963 ^{***}	.938 ^{***}
	加 藤	3	5	100.1	50.4	15.40	4.38	23.7	8.9	.729 ^{**}	.538 [*]
④ 灰 褐 色 土 壤	松 浦	3	4	84.2	41.4	16.01	3.70	33.1	16.3	.988 ^{***}	.558 [*]
	○僧 都	3	4	79.7	38.8	4.91	0.79	32.9	16.5	.797 ^{**}	.881 ^{**}
	石 川	3	4	96.8	47.7	22.26	11.89	41.2	20.1	.603 [*]	.542 [*]
	○松 浦	3	5	87.3	49.6	13.13	3.48	36.9	15.1	.939 ^{***}	.932 ^{***}
	石 川	3	5	99.4	49.0	24.93	11.51	34.1	16.8	.579 [*]	.514 [*]
⑤ 黄 褐 色 土 壤	○本 田	3	4	89.7	44.9	10.76	3.73	33.6	17.2	.951 ^{***}	.935 ^{***}
	○山 崎	3	4	88.3	42.5	7.75	1.04	40.8	18.2	.821 ^{**}	.799 ^{**}
	小 西	3	4	79.6	38.5	19.18	7.26	46.4	22.1	.897 ^{***}	.909 ^{***}
	本 田	4	4	90.2	45.6	14.89	5.57	36.0	19.1	.928 ^{***}	.905 ^{***}
	小 西	3	5	83.2	46.7	20.15	9.48	46.5	17.9	.884 ^{**}	.844 [*]

注) ○印の場所は各土壌類型を代表する場所として選定したものである。 総重=籾重+籾重

差分散は一樣と考られた。

次に窒素に対する増収性は土壌類型によって異なることが暗示されているので、少なくとも同一土壌類型の中では異質の反応を示さない場所を選ぶことにした。第22表の b および r から判断すると

① 泥炭土壌では森がやや異質であり、しかも江向、佐藤よりきわめて高収なので、江向と佐藤を選定した。

② 強グライ土壌では、前田の反応が低すぎ、亀上と吉田は高いが、中間の2場所をとって吉田

と生沼を選定した。平均収量はいずれも同程度である。

③ 灰褐色土壌 (沖積土系) では、加藤の反応が低すぎるため、杉本と高田を選定した。

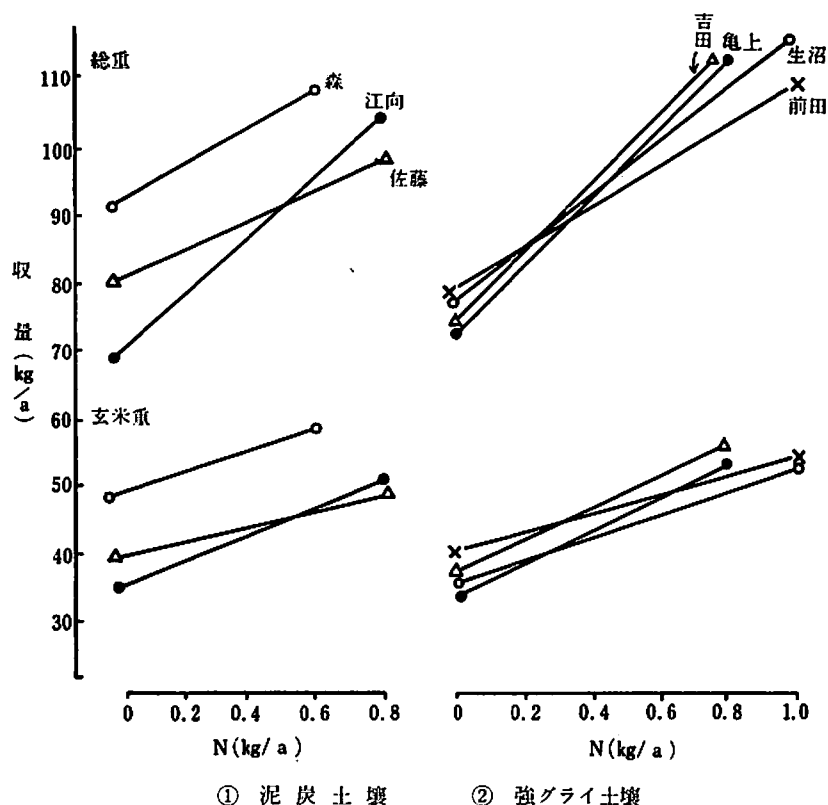
④ 灰褐色土壌 (洪積土系) では、石川の b の値が高すぎ、逆に r が低すぎるので、松浦と僧都を選定した。

⑤ 黄褐色土壌では、小西の反応が高すぎるので、本田と山崎を選定した。

つまり各土壌類型において、より代表的と考えられるものを1土壌類型から2場所ずつ計10か所

を選んだことになる。これらは上述の理由によって各土壌類型を代表する地点と考へてさしつかえないであろう。とくに窒素による増収性は第14図

によって場所間の差異は明らかであるが、それらの場所をこみにして土壌類型を比べてみても、土壌類型の特徴がうかがわれる。



第14図～1 年次をこみにした各場所ごとの窒素に対する収量の回帰直線

ii) 土壌類型間の収量の分散分析

前項で選定した1土壌類型あたり2場所と試験年次3か年、窒素4水準をこみにした総重の分散分析を第23表に示した。ここで場所については質的な対応がないので、1土壌類型における場所の自由度1のほかに、場所×年次の自由度2と、場所×土壌類型の4、および場所×年次×土壌類型の自由度8を含め合計15を与えた。同様に誤差の自由度は場所×窒素の3と、場所×窒素×年次の6、場所×窒素×土壌類型の12に、場所×窒素×年次×土壌類型の自由度24の合計45を与えた。

第23表によれば、窒素、年次、土壌類型間には高い有意性が認められ、年次×土壌類型 (Y×S) および土壌類型×窒素 (S×N) の交互作用にも有意性が認められる。しかし交互作用に比べると、

主効果の分散は有意に大きいので、全体として次の関係が成り立つ。

年次間 昭和33年 > 昭和35年

(91.6 kg/a) (84.4 kg/a)

土壌類型間 (第24表参照) (総重: 3か年平均値)

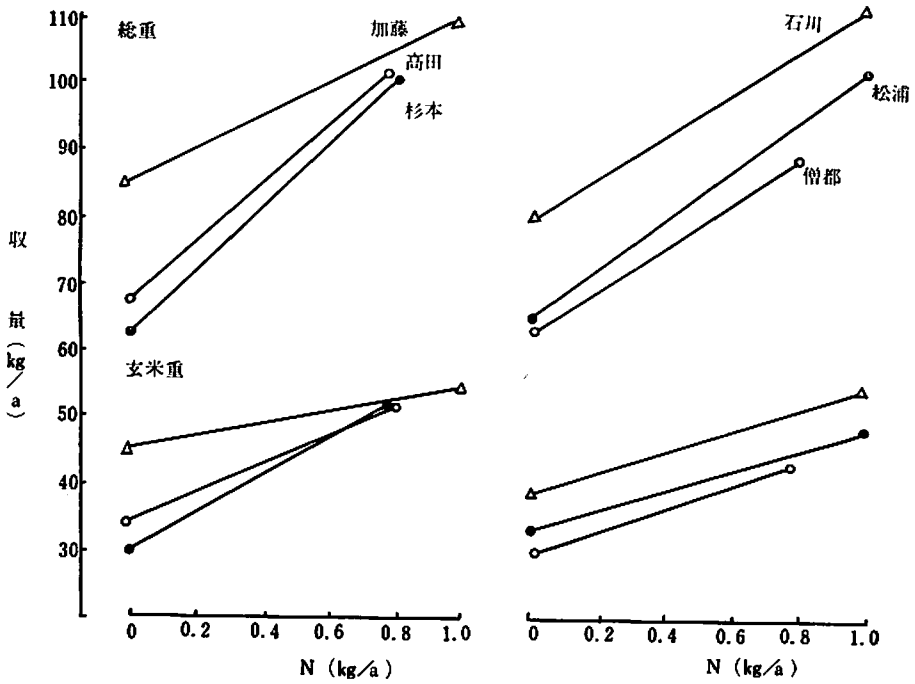
② 強グライ土壌	94.0 (kg/a)
① 泥炭土壌	89.0
⑤ 黄褐色土壌	89.0
③ 灰褐色土壌 (沖積土系)	86.6
④ 灰褐色土壌 (洪積土系)	82.0

②, ①, ⑤ > ④

② > ③, ④

窒素間 要素量(kg/a) 0.8 > 0.6 > 0.4 > 0

総重(kg/a) 100.5 > 94.3 > 88.0 > 69.5
(葉と籾の合計)



③ 灰褐色土壤 (沖積土)

④ 灰褐色土壤 (洪積土)

⑤ 黄褐色土壤

第 14 図~2

第 23 表 土壌類型をこみにした総重の分散分析(分散)

変 因	自由 度	分 散	F_1 (誤差に 対して)	F_2 ($S \times N$ に 対し て)	F_3 ($Y \times S$ に 対し て)
全 体	119				
場 所 (B)	15	13853	13.23**		
年 次 (Y)	2	51832	49.51**		
土壌類型 (S)	4	45680	43.63**	14.75**	4.50*
N	3	539174	514.97**	174.15**	3.97 n.s
Y $\times$ S	8	11515	11.00**		
Y $\times$ N	6	1173	1.12 n.s		
S $\times$ N	12	3096	2.96*		
Y $\times$ S $\times$ N	24	1011			
誤 差	45	1047			

第 24 表 土壌類型 (S) $\times$ 窒素の 2 元表
(総重 kg/a)

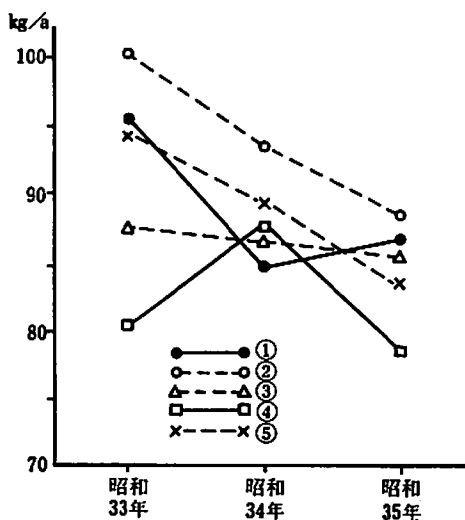
土壌 類型 (S)	窒 素 (kg/a)					有 意 性			
	0	0.4	0.6	0.8	平均	0	0.4	0.6	0.8
①	71.6	89.6	96.0	99.1	89.0	<			
②	75.0	91.6	100.3	109.2	94.0	<	<	<	
③	63.7	87.8	93.1	101.7	86.6	<		<	
④	66.0	82.6	86.9	92.5	82.0	<			
⑤	71.4	88.5	95.6	100.8	89.0	<	<		
平均	69.5	88.0	94.3	100.5	88.1	<	<	<	

$t \ 0.05 \ S \bar{d} = 6.7 \text{ kg/a}$ $t \ 0.01 \ S \bar{d} = 7.3 \text{ kg/a}$

ここで年次と土壌類型の交互作用を検討すると第15図のようになる。

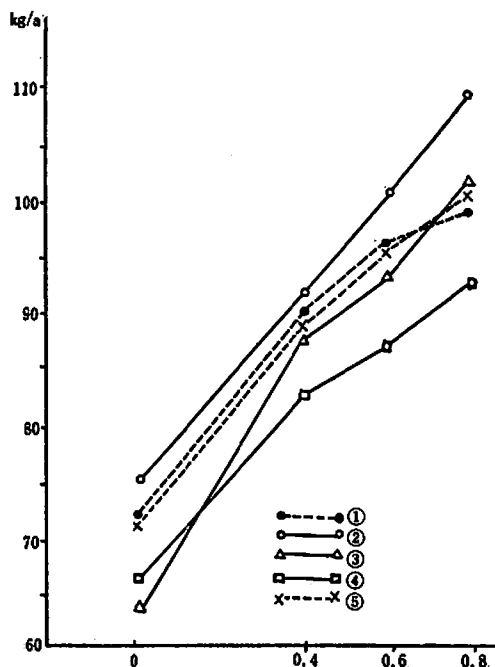
すなわち②強グライ土壌は、どの年でも最も多収であるが、ほかの土壌類型の間には年によって変動がみられる。昭和35年のように④灰褐色土壌(洪積土系)が最も低収とは限らないし、①泥炭土壌が低収の年もある(昭和34年)。また多収年(昭和33年)と低収年(昭和35年)とを比べ、低収年で顕著に減収するのは②強グライ土壌であり、⑤黄褐色土壌の減収程度も高い。これに対し③灰褐色土壌(沖積土系)は最も安定しており、年次の影響をほとんどうけていない。また①泥炭土壌と④灰褐色土壌(洪積土系)は、年に対する反応が逆である。つまり土壌類型によって、気象に対する反応性が異なるようである。

ついで土壌類型と窒素の交互作用であるが、前述のように、土壌類型および窒素の効果に影響を



注) 図中の数字は土壌類型を示す(本文参照) 以下の図においても同じ。

第 15 図 総重における年次 $\times$ 土壌類型
(Y $\times$ S) の交互作用



第 16 図 総重における土壌類型 $\times$ 窒素
(S $\times$ N) の交互作用

与えるほどのものではなかった。しかし、この交互作用は明らかに有意であるため、これを仔細に検討したのが第24表および第16図である。

第24表によれば5つの土壌類型すべてを通じて

有意なのは、窒素の水準が0と0.4 (kg/a) の間であって、土壌類型①, ③, ④では0.4と0.6 (kg/a) の差はなく、土壌類型①, ④, ⑤では0.6と0.8 (kg/a) の差はないということである。それが全体をこみにすれば窒素の各水準間に有意差があるとみなされた訳である。これらの関係は第16図でさらに明瞭である。

各水準間の差が最も大きいのは②強グライ土壌で、ほかの土壌類型では無窒素との差は明らかでも、窒素を多施した場合の差は大きいとはいえない。つまり土壌類型によって窒素に対する増収性の異なることが容易に暗示されるものである。

玄米重について同様の分散分析を行なうと第25表のとおりで、主効果以外に有意性は認められない。したがって全体を通じて主効果は次の関係が有意である。

第 25 表 土壌類型をこみにした玄米重の分散分析 (分散)

変 因	自由度	分 散	F
全 体	119		
場 所 (B)	15	3731	3.52**
年 次 (Y)	2	12700	11.99**
土壌類型 (S)	4	9535	9.00**
N	3	129587	122.37**
Y × S	8	1122	1.06 n.s
Y × N	6	167	
S × N	12	1123	1.06 n.s
Y × S × N	24	315	
誤 差	45	1059	

年次間 昭和33年 > 昭和34年, 昭和35年
(45.5 kg/a) (42.6 kg/a) (42.3 kg/a)
(玄米重: 3 か年平均値)

土壌類型間

② 強グライ土壌 45.5 (kg/a)
① 泥炭土素 44.4
⑤ 黄褐色土壌 43.8
③ 灰褐色土壌 (沖積土系) 43.7
④ 灰褐色土壌 (洪積土系) 40.2

②, ①, ⑤, ③ > ④

窒素間 要素量(kg/a) 0 < 0.4 < 0.6 < 0.8

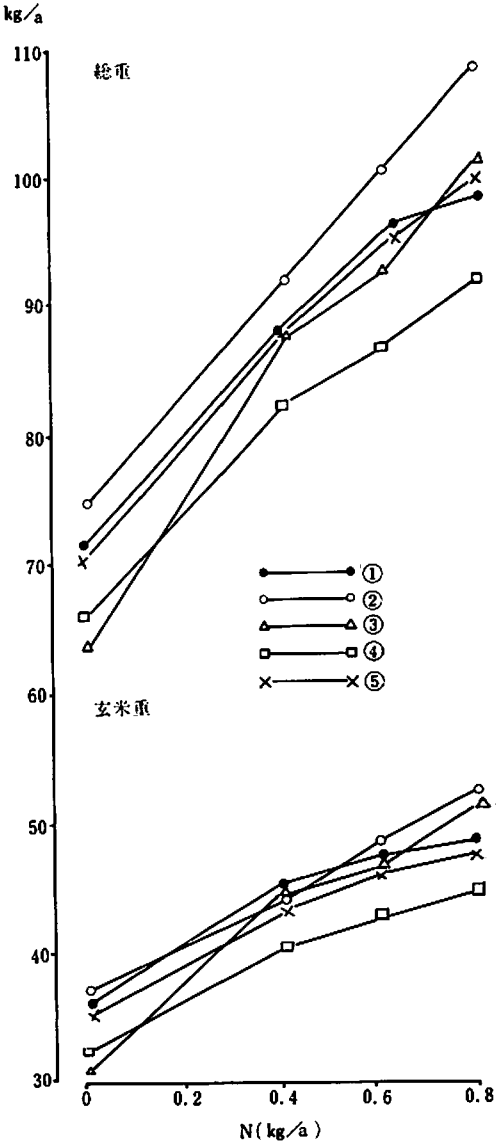
玄米重(kg/a) 34.2 < 43.5 < 46.7 < 49.3

つまり昭和33年が多収年で、④灰褐色土壌 (洪

積土系) がほかの土壌類型より低収で、窒素は各水準間に有意性があって、窒素を多くするほど多収になるということである。

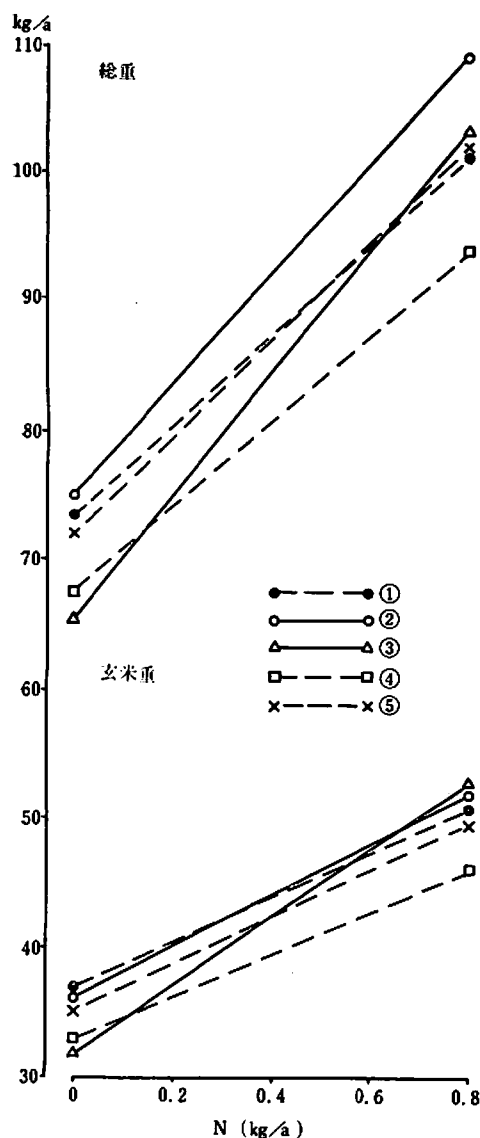
iii) 各土壌類型における窒素と収量の回帰性
選定した場所で代表されるそれぞれの土壌類型について、平均収量と窒素量との関係を見たのが第17図である。

第17図によれば、総重および玄米重では、とも



注) 図中の数字は土壌類型を示す (本文参照)

第 17 図 各土壌類型の平均収量
(選定した 2 場所平均)



注) 図中の数字は土壌類型を示す (本文参照)

第 18 図 各土壌類型の回帰直線

に③灰褐色土壌 (沖積土系) がやや不規則な折線を示すほか、ほかの 4 土壌類型はいずれも規則正しい収量の増加を示している。しかもこれらの折線は一見して直線をもつものと判断されよう。そこでこの図にもとづき、直線回帰をあてはめたのが第18図である。ここで各土壌類型はいずれも直線回帰からの偏差は有意でなかった。これらの回帰

式と窒素と収量の相関係数を示すと、第26表のとおりである。

第26表によれば、総重、玄米重は共に土壌類型間に差があると同時に類似の傾向も認められる。

第 26 表 各土壌類型の回帰式と相関係数

土 壌 類 型	総 重		玄 米 重	
	回 帰 式	r	回 帰 式	r
①泥 炭 土 壌	$73.1+35.3N$	.786	$36.9+16.6N$	.715
②強 グ ラ イ 土 壌	$74.8+42.6N$	.904	$36.5+19.9N$	.839
③灰褐色土壌 (沖積)	$65.4+47.0N$	.941	$32.5+24.8N$	.927
④灰褐色土壌 (洪積)	$67.1+33.0N$	.840	$32.8+16.4N$	.876
⑤黄 褐 色 土 壌	$72.3+37.2N$	.855	$35.8+17.7N$	.839

注) 相関係数はいずれも0.1%水準で有意。

直線回帰式にみられる大きな差異は 増収率 (勾配) にみられ、③灰褐色土壌 (沖積土系) の増収傾向が最も著しい。ついて②強グライ土壌である。これらの土壌類型をA群とすれば、ほかの土壌類型①、④、⑤は増収傾向がきわめてよく類似し、これをB群とする。

このような群別の帰無仮説を検定すると、第27表の分散分析のとおりである。すなわち土壌類型間の増収傾向の差異はA群とB群の間にのみあり、各群内の土壌類型間には差がないことを示している。したがって5つの土壌類型は大きく2群に分類され、各群の増収傾向は次の回帰式によって代表されると考えられる。

総 重	A 群	$Y=70.0+44.8N$
	B 群	$Y=70.6+31.8N$
玄米重	A 群	$Y=34.2+22.4N$
	B 群	$Y=35.3+16.9N$

A, B 両群の差異はNに対する増収率によることは明らかである。

第 27 表 土壌類型群別の分散分析

変 因	自由度	分 散	F
A 群内 (土壌類型 2 : 3)	1	1153	2.62 n.s
B 群内 (" 1 : 4)	1	0	n.s
A 群 対 B 群	1	85345	194.85**
土壌類型 1 : 土壌類型 5	1	186	n.s
$Y \times N \times S$	24	438	

注) 土壌類型 (S) $\times$ N の一次成分を分解した。

(3) 窒素量を増加した場合の増収曲線

すでに第17図における玄米重で見られるように、B群に属する土壌類型の中には窒素量を 0.6 kg/a から 0.8 kg/a にふやすと、増収傾向が小さくなるようなものがあった。したがって、さらに窒素量をふやすと前述の直線回帰がそのままの傾向で上昇するか、あるいはまた停滞して拋物線傾向をたどることが予測される。とくにB群では後者の傾向が強いものと考えられた。そこで窒素量を 1.0 kg/a 以上にした場合の実験例を検討することにする。

A群の場合：次の3グループについて回帰式と相関係数を第28表に示した。

第 28 表 A群内土壌類型各グループの
回帰式と相関係数（玄米重）

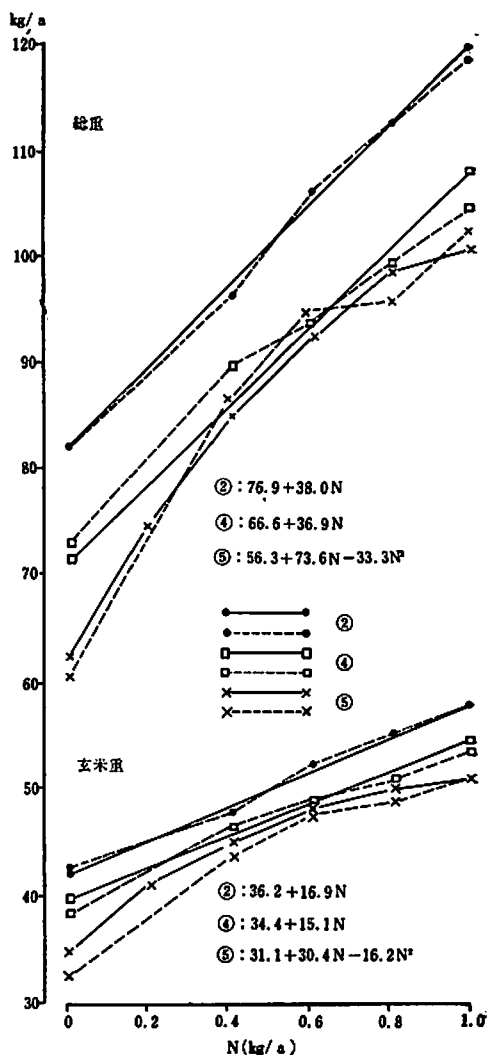
グループ	回 帰 式	r	n
a	$41.1 + 14.9N$	.716 ^{**}	45
b	$37.8 + 16.7N$	.755 ^{**}	72
c	$31.6 + 21.7N$	.866 ^{***}	15

注) a グループは土壌類型②および③の4か所、N5水準 (0, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 kg/a), b グループは同じ土壌類型の7か所、N4水準 (0, 0.6, 0.8, 1.0 kg/a), c グループは土壌類型③の1か所、N水準 (0, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 kg/a) である。

第28表によると、さきに推定したA群玄米重の回帰式 $Y = 34.2 + 22.4N$ に比べ、増収傾向は小さくなるが、有意性検定の結果、窒素 1.2 kg/a まで増収傾向は依然直線的と判断された。その1例を図示すると、第19図の土壌類型②である。また窒素と収量の相関係数も第26表に比べると低くなっているが、0.1%水準で有意である。つまり土壌類型②および③〔強グライ土壌と灰褐色土壌（沖積土系）〕では、窒素の量が 1.0~1.2 kg/a までではなお収量は直線的に増収し、窒素 1.0 kg/a あたり玄米重で 15~20 kg/a の増収がえられよう。

B群の場合：土壌類型①では多窒素の実験がえられなかったため、土壌類型④、⑤から次の4グループについて、A群と同様の検討をした。その結果は第29表および第19図のとおりである。

第29表の回帰式をB群で推定された $Y = 35.3$



第 19 図 窒素を増した場合の増収曲線

第 29 表 B群内土壌類型各グループの
回帰式と相関係数（玄米重）

グループ	回 帰 式	r	n
a	$34.4 + 15.1N$	0.9324 ^{***}	15
b	$38.1 + 17.4N$	0.4999	15
c	$36.6 + 18.2N$	0.8626 ^{**}	36
d	$33.4 + 20.3N$	0.9369 ^{***}	15

注) a グループは、土壌類型④の1か所、N5水準 (0, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 kg/a), b グループは土壌類型⑤の1か所、N5水準, c グループは3か所、4水準 (0, 0.6, 0.8, 1.0 kg/a), d グループは1か所、N5水準 (0, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 kg/a) の結果である。

第 30 表 試験一覧と収量 (N0は無窒素, P0は無磷酸)
(K0は無加里を表わす)

土壌類型	場 所	試験年次				平均玄米重 (kg/a)				標準誤差	L.S.D		有 意 性
		昭33	34	35	36	N0	P0	K0	平 均		5 %	1 %	
1 泥炭土壌	江 向	○	○	○		33.7 100	48.3 143	44.4 132	42.1	3.0	8.3	13.8	N0 < P0
	森	○	○	○	○	48.4 100	56.9 118	54.5 113	53.3	1.4	3.4	5.2	N0 < P0
	佐 藤		○	○	○	38.1 100	49.4 130	43.2 113	43.5	1.9	5.3	8.7	N0 < K0 < P0
	山 本			○	○	38.2 100	45.3 129	42.5 111	42.0	2.4	10.3	23.8	N0 < P0
2 強グライ土壌	生 沼	○	○	○		36.5 100	49.2 135	48.1 132	44.6	1.2	3.3	5.5	
	吉 田	○	○	○	○	37.4 100	51.5 136	52.5 140	47.1	1.7	4.2	6.3	N0 < P0
	伊 藤		○	○	○	39.0 100	52.9 136	50.9 131	47.6	3.6	10.0	16.6	N0 < P0
	高 橋		○	○	○	34.4 100	45.1 131	42.8 125	40.8	1.5	4.2	6.9	N0 < P0
3 灰褐色土壌	杉 本	○	○	○	○	31.0 100	45.8 148	44.4 143	40.4	1.5	3.7	5.6	N0 < P0
	加 藤			○	○	45.0 100	55.6 123	50.9 113	50.5	1.3	5.6	12.9	N0 < K0, P0
4 灰褐色土壌	松 浦	○	○	○		33.5 100	44.5 133	42.7 128	40.2	1.2	3.3	5.5	N0 < P0
	森 村	○	○	○		35.1 100	52.4 149	55.7 156	47.7	5.5	15.3	25.3	N0 < P0, K0
	僧 都	○	○	○		30.8 100	41.7 136	41.2 134	37.9	0.9	3.4	4.1	N0 < P0, K0
5 黄褐色土壌	安 井		○	○	○	37.4 100	53.9 144	49.6 132	47.0	4.3	12.0	19.8	N0 < K0, P0
	石 井		○	○	○	33.3 100	51.5 155	52.2 157	45.7	1.8	5.0	8.3	N0 < K0, P0
	本 田	○	○	○	○	35.8 100	46.3 129	46.4 129	42.8	2.6	6.4	9.6	N0 < P0, K0
	木 戸	○	○	○		29.6 100	41.7 141	42.5 144	38.0	2.4	6.7	11.0	N0 < P0, K0

+16.9Nに比べると、むしろ増収率は高い結果となっているが、これはとくに c, d グループの無窒素が低収であったことに起因するものと思われる。さらにまた、それら4つの直線回帰のうちbグループのみは回帰からの偏差が有意に大きく、相関係数も有意ではなかった。また第19図に示した土壌類型⑤の1例も、直線には有意にあてはま

らず、二次式の拋物線が妥当と判断された。したがってB群、とくに⑥黄褐色土壌では窒素量を1.0 kg/a 以上とした場合、増収傾向は直線性が失われ拋物線的な傾向を示すものと考えられる。

2) 玄米重に対する三要素の効果

窒素系列に関する試験と平行して、無窒素、無磷酸、無加里の試験を5つの土壌類型について17

か所で昭和33年から36年にわたって実施した。その試験一覧と平均収量(玄米重)を第30表に示し、全試験成績は付表3にとりまとめた。

場所ごとの分散分析を行なうと、1か所(土壤類型②の生沼試験地)のみ有意差はなかったが、ほかの16か所では、いずれも処理間の差は有意で、無窒素の減収が共通して著しかった。これに対し多くの場所では無磷酸が最も多収で、無加里はその中間ないしは無磷酸程度で、かなりの多収を示したが、土壤類型による差異は認められた(第30表)。

そこで土壤類型によって、これらの差異を詳しく知るために、年次と場所をこみにした分散分析を行なったのが第31表である。

第 31 表 各土壤類型における三要素の効果と有意性

土壤類型	延試験数	単位	平均玄米重				標準誤差	有意性
			N 0	P 0	K 0	平均		
1. 泥炭土壤	36	kg/a %	40.4	50.9	47.3	46.2	1.2	P0>K0 >N0
2. 強グライ土壌	39	kg/a %	36.9	49.8	48.9	45.2	1.1	P0,K0 ≥N0
3. 灰褐色土壤 (沖積土系)	18	kg/a %	35.7	49.1	46.6	43.8	1.4	P0,K0 ≥N0
4. 灰褐色土壤 (洪積土系)	27	kg/a %	33.1	46.2	46.5	42.0	2.1	P0,K0 ≥N0
5. 黄褐色土壤	39	kg/a %	34.2	48.2	47.6	43.3	1.5	P0,K0 ≥N0

注) N 0 は無窒素, P 0 は無磷酸, K 0 は無加里を表わす。

この表によれば、泥炭土壤でのみ無磷酸が無加里より有意に多収であるが(無加里が有意に低収で、加里の肥効が有意に認められることである)、ほかの土壤類型では差がなかった。

また同一年次で場所をこみにした分散分析によると、場所と肥料間には有意差が認められるが、分散は場所よりも肥料間で大きく、場所×肥料やその他の交互作用も有意でなかった。したがって上記の肥料間は場所や年次にかかわりのない普遍的なものと判断される。つまり泥炭土壤でも窒素の効果は比較的高く(17~26%)、ついで加里の効果が高く、ほかの4土壤類型では、磷酸、加里に比べ、窒素の効果が著しく高かった(30~40

%)。

つぎに各土壤類型で年次を共通にし、場所数を一定にした比較を行なうことにする。土壤類型③を除く4つの土壤類型についてそれぞれ3か年、2場所ずつをこみにした分散分析を第32表に示した。また土壤類型④を除いた4つの土壤類型について、4か年、1場所ずつをこみにした分散分析を第33表に示した。

第 32 表 4土壤類型, 3か年, 各2場所をこみにした分散分析

変 因	自由度	分 散
全 体	71	
場 所 (B)	12	6739**
年 次 (Y)	2	14089**
肥 料 (M)	2	99235**
土壤類型 (S)	3	30749**
Y × M	4	333
Y × S	6	2657*
M × S	6	807
Y × M × S	12	364
誤 差	24	719

第 33 表 4土壤類型, 4か年, 各1場所をこみにした分散分析

変 因	自由度	分 散
全 体	47	
年 次 (Y)	3	3481*
土壤類型 (S)	3	39366**
肥 料 (M)	2	73676**
Y × S	9	1213
Y × M	6	493
S × M	6	1594*
Y × M × S	18	726
Mの交互作用計	30	853

第32, 33表によれば、土壤類型間の差は年次間の差以上に顕著である。また第32表では、年次×土壤類型(Y×S)の交互作用にも有意性が認められる。

第33表では土壤型×肥料(S×M)が有意である。しかしこれらの交互作用の分散は、主効果に影響を与えるほど大きくはないが、ある程度の交互作用が存在することは確かである。第32表における(Y×S)の2元表を示すと次のとおりで、土

壤類型間の収量差は、

$$\textcircled{1} > \textcircled{2} > \textcircled{5} > \textcircled{4}$$

となるが、低収年の昭和35年は $\textcircled{1}=\textcircled{2}$ となっている。また多収年の昭和33年は $\textcircled{4}=\textcircled{5}$ となる。また第31表より無窒素、無磷酸、無加里の各土壌類型での特徴は、泥炭土壌で、とくに無窒素の収量が高く、無加里の収量が低かったほかは、土壌類型間の差異は認められなかった。

Y × S の 2 元表 (玄米重 kg/a)

年 次	土 壤 類 型				
	1	2	4	5	平 均
昭和33年	52.8	49.1	40.4	40.4	45.7
34	46.7	43.8	40.4	40.8	42.9
35	43.6	43.6	35.5	39.6	40.6
平 均	47.7	45.5	38.8	40.3	43.1

さらに第33表における (M × S) の 2 元表は次のとおりで窒素、磷酸、加里それぞれの効果は土壌類型によって多少の差が認められる。例えば前述の泥炭土壌における加里の効果などがあげられる。また (M × S) の 2 元表は第31表の結果とおおむね一致しており、第30表と比べると場所の差が認められる。

M × S の 2 元表 (玄米重 kg/a)

土壌類型	場 所	N 0	P 0	K 0	平 均
1	森	48.3 (100)	57.0 (118)	55.1 (114)	53.5
2	吉 田	37.4 (100)	51.5 (138)	52.5 (140)	47.1
3	杉 本	31.0 (100)	45.8 (148)	44.4 (143)	40.4
5	本 田	33.3 (100)	46.3 (139)	46.4 (139)	42.0
平 均		37.5 (100)	50.2 (134)	49.6 (132)	46.0

注) N 0 は無窒素, P 0 は無磷酸, K 0 は無加里を表わす。

とくに上記の森は同じ泥炭土壌のほかの 3 場所に比べ絶対収量が高い。このことは後記の第42表および付表 2 の $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成量からみて、客土により泥炭の無機化が進み、このためとくに $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成量も多く、このことが一層穂数の増大と粒重の増加をもたらし、高収量につなが

たものと考えられる。したがって窒素の効果がそれほど高くないことも理解できる。また $\textcircled{3}$ 灰褐色土壌 (沖積土系) をみると、上表の杉本が第30表の加藤に比べ著しく低収である。このことは、加藤試験地と杉本試験地の大きなちがいは、前者の栽植密度が 75 株/3.3 m² であるに対し、後者は 60 株/3.3 m² で、穂数の差異は認められなかったもので、株数が少なかったための低収と考えられ、後述のように分けつが比較的少ないので、収量を上げるには株数を増加することが必要と考えられた。そのほかの土壌類型では、磷酸、加里より窒素の効果の著しい以外は特異な反応は示さないようである。

3) 堆肥の効果

前述の窒素系列の施肥試験と平行して堆肥施用区を設けた。堆肥の量は 75 kg/a である。5 土壌類型の 18 か所について昭和33～36年にわたり延56の試験を行なったが、場所ごとの年平均玄米重を第34表に一括記載した。

場所ごとの分散分析の結果は18か所のうち、年次 (Y) の間に有意差の認められたものは 8 か所、窒素間に有意性の認められたものは 14 か所であったが、堆肥施用によって有意に増収を示したものは、 $\textcircled{1}$ 泥炭土壌の 2 か所と、 $\textcircled{2}$ 強グライ土壌の 1 か所計 3 か所のみであった。ここで分散分析は場所ごとに年次 (Y)、堆肥 (C)、窒素の 3 主効果について分割区試験の計画をあてはめ、3 次の交互作用 (Y × C × N) 分散を用いて F 検定を行なったものである。しかし、この方法では自由度が小さすぎるきらいがあるので、年次と場所をこみにした全試験をブロックと考えて各土壌類型ごとの分散分析を行なった (第35表)。

その結果、 $\textcircled{1}$ 泥炭土壌、 $\textcircled{3}$ 灰褐色土壌 (沖積土系)、 $\textcircled{5}$ 黄褐色土壌では堆肥の効果が有意と認められ、無堆肥に対する増収割合は 104～109%であった。つまり堆肥の効果として増収が期待されるのはこの程度の範囲で、しかも筆者の試験では、上記の 3 土壌類型に限られているようである。また第34表からは、窒素を与えた場合よりも無窒素での増収割合が高そうである。無窒素での堆肥の効果全試験の平均収量で示すと第36表のとおり

第 34 表 堆肥および無堆肥区の平均収量 (kg/a)

土壌類型	場 所	試験年次	堆 肥 区				無 堆 肥 区				無堆肥に対する収量割合 %		
			(N kg/a)				(N kg/a)				無N	N施用	計
			0	0.4	0.6	0.8	0	0.4	0.6	0.8			
1 泥炭土壌	江 向 森 藤 佐 本 山 均 平 均	3	36.9		47.5		33.7		46.9		109	101	105
		4	51.2	58.0			48.3	55.8			106	104	105**
		3	40.4	47.1			38.1	45.4			106	104	105**
		2	39.6	45.2			38.2	44.7			104	101	102
			45.0	51.5			42.6	49.9			106	103	104**
2 強グライ土壌	生 沼 吉 田 伊 藤 高 橋 平 均 平 均	3	37.9		48.1		36.5		47.0		104	102	103
		4	37.5		53.6		37.4		51.4		100	104	103
		3	38.5			51.5	39.0			53.5	99	96	97
		3	32.6			46.9	34.4			44.8	95	105	100
			37.8		58.1		37.0		49.5		102	103	103
			35.6			49.2	36.7			49.2	97	100	99
3 灰褐色土壌 (沖積)	杉 本 熊 本 加 藤 平 均	3	34.7		49.2		29.7		46.0		117	107	111
		3	30.4			52.2	29.3			51.8	104	101	102
		2	50.7		53.4		45.0		53.2		113	100	106
			41.1		50.9		35.8		48.9		115	104	109**
4 灰褐色土壌 (洪積)	森 村 松 浦 僧 都 平 均	3	36.5		51.4		35.1		52.3		104	98	100
		3	33.5		45.2		33.5		41.9		100	108	102
		3	31.3		42.4		30.8		42.3		102	100	101
			33.8		46.4		33.1		46.3		102	100	101
5 黄褐色土壌	安 井 石 井 本 田 木 戸 平 均	3	44.0			54.2	37.4			53.4	118	101	108
		3	34.1			51.7	33.3			48.0	102	108	105
		4	37.6			49.9	35.8			50.7	105	98	101
		3	31.6			43.4	29.6			45.2	107	96	100
			36.9			49.8	34.2			49.4	108	101	104*

注) 平均は同一試験のみをまとめた。

第 35 表 全試験をブロックとした場合の分散分析 (第34表参照)

土壌類型	1 (N0とN0.4 kg/aの場合)		2 (N0とN0.6 kg/aの場合)		2 (N0とN0.8 kg/aの場合)		3 (N0とN0.6 kg/aの場合)		4 (N0とN0.8 kg/aの場合)		5 (N0とN0.8 kg/aの場合)	
	自由度	分散	自由度	分散	自由度	分散	自由度	分散	自由度	分散	自由度	分散
全 体	35		27		23		19		35		51	
ブ ロ ッ ク	8	16740**	6	4532**	5	12507**	4	18804**	8	7835**	12	6477**
堆 肥 (c)	1	3620**	1	984	1	165	1	6625**	1	121	1	3077*
誤 差 (a)	8	96	6	168	5	265	4	267	8	903	12	595
N	1	42504**	1	117262**	1	102573**	1	65208**	1	149254**	1	258172**
C × N	1	104	1	137	1	222	1	1312	1	69	1	1753
誤 差 (b)	16	304	12	686	10	1159	8	1762	16	1153	24	10616

で、土壌類型①、③、⑤に有意性が認められる。しかし絶対収量の差は2.6~3.7 kg/a と小さい。このことは多収な泥炭土壌と、逆に低収な黄褐色土壌でも堆肥の効果は同程度であることになる。

そしてこの程度の増収量は、窒素をa当たり0.15~0.2 kg/a 増施した場合の収量に匹敵するにすぎない (B群玄米重の窒素に対する一次回帰式は $Y=35.3+16.9N$ であった)。したがって堆肥の肥料

第 36 表 無窒素での堆肥の効果

土 壌 類 型	試 験 数	玄米重 (kg/a)	堆肥区 無肥区 差	有 意 性	堆肥区の 増収割合 (%)
1. 泥 炭 土 壌	12	43.0	40.4	2.6**	106
2. 強グライ土壌	13	36.7	36.9	-0.2	100
3. 灰褐色土壌 (沖積)	8	37.1	33.4	3.7**	111
4. 灰褐色土壌 (洪積)	9	33.8	33.1	0.7	102
5. 黄褐色土壌	13	36.9	34.2	2.7**	108

的效果はきわめて小さいものと考えられる。なお泥炭土壌に対する堆肥の効果は、 P_2O_5 、 K_2O 、 SiO_2 などの供給によるものであろうと考えられる。また灰褐色土壌、黄褐色土壌のような酸化型土壌で堆肥の効果は、可給態窒素の富化はもちろんのこと (堆肥の分解良好なるため)、保肥力の増大窒素供給の持続性等によるものと思われる。強グライ土壌のような還元型土壌では、有機物の還元促進による負効果の相殺により効果が認められな

いものと推論される。

4) 妹背牛町における代表土壌類型と水稻の生育・収量の関係に関する試験考察

さきに、窒素と収量との関係について、統計的手法をもって5土壌類型を、A群とB群に2分し群間の特徴として増収傾向の大小を論じた。

すなわち、A群 (土壌類型②③) はB群 (土壌類型①④⑤) より増収傾向が大きいということである。これらは各地の試験データを、品種、気象条件および栽培法等の相異を統計的に検討し、土壌類型としての傾向を求めたものであるが、ここでは同一町村内で (気象的には同じ条件と考えてよい) 同一品種、同一栽培法にて、ただ土壌のちがいをその反応系として比較しようように設計し、試験したものである (試験年次は昭和33~36年の4年間で、前項の検討では泥炭土壌としては、森試験地の収量が高すぎることが指摘されている)。

第 37 表 妹背牛町における試験地の土壌断面および分析成績

A 森試験地

i) 土壌断面

深 さ cm	土性	腐植	湿土の色	構 造	斑 鉄, 結 核	密度	可塑性	粘着性	湿り
11	HC	白	5G 5/1 緑灰	粒状	5 YR 4/3 灰赤褐, 糸根状, 膜状, 雲状斑鉄に富む	8	中	中	湿
17	HC	白	5/ 灰	単粒	10 YR 3/6 暗赤, 糸根状, 膜状, 雲状, 斑鉄を含む	17	中	中	湿
49	LP		10 YR 3/2 黒褐	—		8	—	—	潤
	LP		5 YR 4/3 灰赤褐	—		8	—	—	潤

ii) 土壌分析成績 (対乾土%)

層位	砂合計	シルト	粘土	粒粒組成	pH	容積重	吸収係数		全置換性塩基me	塩基置換容量me	塩基飽和度	全窒素	全炭素	30°C inc NH_4-N		乾土効果mg	腐植	炭素率
							P_2O_5	N						乾土mg	湿度mg			
I	13.28	33.9	52.82	HC	5.35	0.673	1605	649	12.42	37.72	32.93	0.603	7.537	22.39	6.20	16.19	12.989	12.5
II	9.05	42.46	48.49	HC	5.57	0.572	1650	646	14.52	49.87	29.12	0.857	9.915	28.82	10.49	18.33	17.088	11.6
III	—	—	—	LP	5.40	0.180	—	—	—	—	—	2.547	16.680	—	—	—	—	18.3

B 吉田試験地

i) 土壌断面

深 さ cm	土性	腐植	湿土の色	構 造	斑 鉄, 結 核	密度	可塑性	粘着性	湿り
8	LiC	白	5G 6/1 緑灰	粒状	10 YR 5/6 黄褐, 膜状, 雲状, 斑鉄に富む	15	強	強	湿
14	LiC	白	緑灰	単粒	10 YR 6/8 明黄褐, 糸根状, 斑鉄に富む	23	強	強	湿
	SiC		10 Y 6/1 黄灰	単粒		19	強	強	湿

ii) 土壤分析成績 (対乾土%)

層位	砂合計	シルト	粘土	粒径組成	pH	容積重	吸収係数		全置換性塩基me	塩基置換容量me	塩基飽和度	全窒素	全炭素	30°C inc NH ₃ -N		乾土効果mg	腐植	炭素率
							P ₂ O ₅	N						乾土mg	湿土mg			
I	29.62	41.43	28.95	LiC	5.85	0.841	1211	501	18.61	27.27	68.19	0.238	2.234	11.35	4.54	6.81	3.851	9.4
II	29.36	42.92	27.72	LiC	6.93	0.950	1210	522	24.14	31.05	77.75	0.185	1.483	7.88	1.36	6.52	2.555	8.0
III	15.32	55.02	29.66	SiC	7.00	0.898	1315	584	28.60	31.68	90.28	0.156	0.975	—	—	—	1.677	6.2

C 杉本試験地

i) 土壌断面

深さ cm	土性	腐植	湿土の色	構造	斑鉄, 結核	密度	可塑性	粘着性	湿り
14 29 42 73	HC	白	4/ 暗灰	粒状	5 YR 4/4 褐色, 膜状, 雲状, 斑鉄に頗る富み 25 YR 6/8 赤褐色, 糸根状, 斑鉄を含む	19	中	中	湿
	LiC	白	7.5 YR 6/1 褐灰	粒状		24	強	中	湿
	LiC	白	10 YR 4/2 黄褐灰	粒状		26	中	中	湿
	S		10 YR 5/3 灰黄褐	単一		18	—	—	湿
73	SL		10 YR 5/3 灰黄褐	単一		20	弱	弱	湿

ii) 土壤分析成績 (対乾土%)

層位	砂合計	シルト	粘土	粒径組成	pH	容積重	吸収係数		全置換性塩基me	塩基置換容量me	塩基飽和度	全窒素	全炭素	30°C inc NH ₃ -N		乾土効果mg	腐植	炭素率
							P ₂ O ₅	N						乾土mg	湿土mg			
I	18.15	29.18	52.67	HC	5.55	0.672	1498	580	14.98	33.05	45.33	0.435	4.369	19.64	8.63	11.01	7.529	10.0
II	16.83	40.97	42.20	LiC	6.25	0.764	2002	660	14.35	30.82	46.56	0.373	3.315	9.19	2.68	6.51	5.714	8.9
III	44.76	26.12	29.12	LiC	6.50	0.756	1973	612	7.62	20.35	37.44	0.243	2.107	—	—	—	3.632	8.7

D 本田試験地

i) 土壌断面

深さ cm	土性	腐植	湿土の色	構造	斑鉄, 結核	密度	可塑性	粘着性	湿り
13 27 55	LiC	白	4/ 暗灰	粒状	5 YR 4/3 灰赤褐色, 膜状, 雲状, 斑鉄に富む	17	中	中	湿
	LiC	白	4/ 暗灰	粒状	5 YR 4/3 灰赤褐色, 糸状, 斑鉄を含む	20	中	中	湿
	LiC	白	3/ 灰黒	粒状		21	中	中	湿
55	CL		10 YR 6/6 明黄褐	粒状		21	中	中	湿

ii) 土壤分析成績 (対乾土%)

層位	砂合計	シルト	粘土	粒径組成	pH	容積重	吸収係数		全置換性塩基me	塩基置換容量me	塩基飽和度	全窒素	全炭素	30°C inc NH ₃ -N		乾土効果mg	腐植	炭素率
							P ₂ O ₅	N						乾土mg	湿土mg			
I	35.94	37.14	26.92	LiC	5.50	0.737	1578	570	11.21	33.30	33.66	0.416	4.423	13.39	6.21	7.18	7.621	10.6
II	35.06	35.22	29.71	LiC	6.35	0.704	1586	644	13.79	40.20	34.30	0.551	6.863	8.82	5.08	3.74	11.826	12.5
III	30.53	35.83	33.64	LiC	6.23	0.648	1797	723	27.48	48.31	56.88	0.674	8.732	—	—	—	15.032	12.9

第 38 表 妹背牛町における 4 試験地の生育収量調査成績²¹⁾ (昭和36年)

試験地	項 目	6 月 20 日		7 月 4 日		7 月 23 日		成 熟 期			収量	1 畝重	千粒重	有効茎歩合
		草丈 (cm)	茎数 (本)	草丈 (cm)	茎数 (本)	草丈 (cm)	茎数 (本)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本)	kg/a	g	g	%
森 試 験 地	N 0	33.5	3.4	49.1	10.9	76.5	16.8	67.6	15.6	16.7	48.0	833	23.5	99.4
	N0.6	31.7	8.8	50.8	23.3	75.5	25.4	75.1	16.4	23.4	61.5	820	22.7	92.1
	品種「フクユキ」5月31日移植, 出穂期 { N 0 7月26日 N0.6 7月30日 } 成熟期 { N 0 9月17日 N0.6 9月21日 }													
吉 田 試 験 地	N 0	28.0	5.3	44.7	18.9	68.5	22.7	65.3	15.4	19.6	38.9	820	22.5	86.3
	N0.6	30.5	7.6	47.6	24.0	71.1	30.4	73.8	16.2	24.3	55.8	814	22.0	79.9
	品種「フクユキ」5月30日移植, 出穂期 { N 0 7月28日 N0.6 7月31日 } 成熟期 { N 0 9月15日 N0.6 9月18日 }													
杉 本 試 験 地	N 0	31.5	5.2	49.6	13.6	73.9	16.0	62.9	16.1	14.9	34.8	828	21.8	93.1
	N0.6	31.3	8.7	50.4	21.2	75.8	22.1	72.4	17.3	18.7	48.1	826	21.5	84.6
	品種「フクユキ」6月1日移植, 出穂期 { N 0 7月26日 N0.6 7月28日 } 成熟期 { N 0 9月16日 N0.6 9月20日 }													
本 田 試 験 地	N 0	30.6	3.6	47.7	13.0	69.5	15.3	65.5	15.8	14.1	34.0	825	22.4	92.1
	N0.6	32.2	4.4	51.5	19.8	76.1	22.0	76.2	17.1	19.6	51.4	823	21.9	89.0
	品種「フクユキ」5月30日移植, 出穂期 { N 0 7月28日 N0.6 7月30日 } 成熟期 { N 0 9月15日 N0.6 9月20日 }													

すなわち①森試験地（泥炭土壌）②吉田試験地（強グライ土壌）③杉本試験地（灰褐色土壌—沖積土系）④本田試験地（黄褐色土壌）の4試験地について生育、収量反応を無窒素、窒素 0.6 kg/a の段階にて比較、検討した。なお4試験地の土壌断面および理化学性は第37表のとおりである。

昭和36年の4試験地の生育状況を第20図、第38表についてみると、草丈では各試験地共多少の差異はあるものの、生育差として取上げて言及するほどのものは認められなかった。しかし茎数においては、かなり特徴が明瞭で、分けつの推移はきわめて興味深い。

すなわち杉本、本田試験地では生育の初期から分けつが悪く、最後まで茎数が少なく推移し、茎数確保の困難なことを示している。

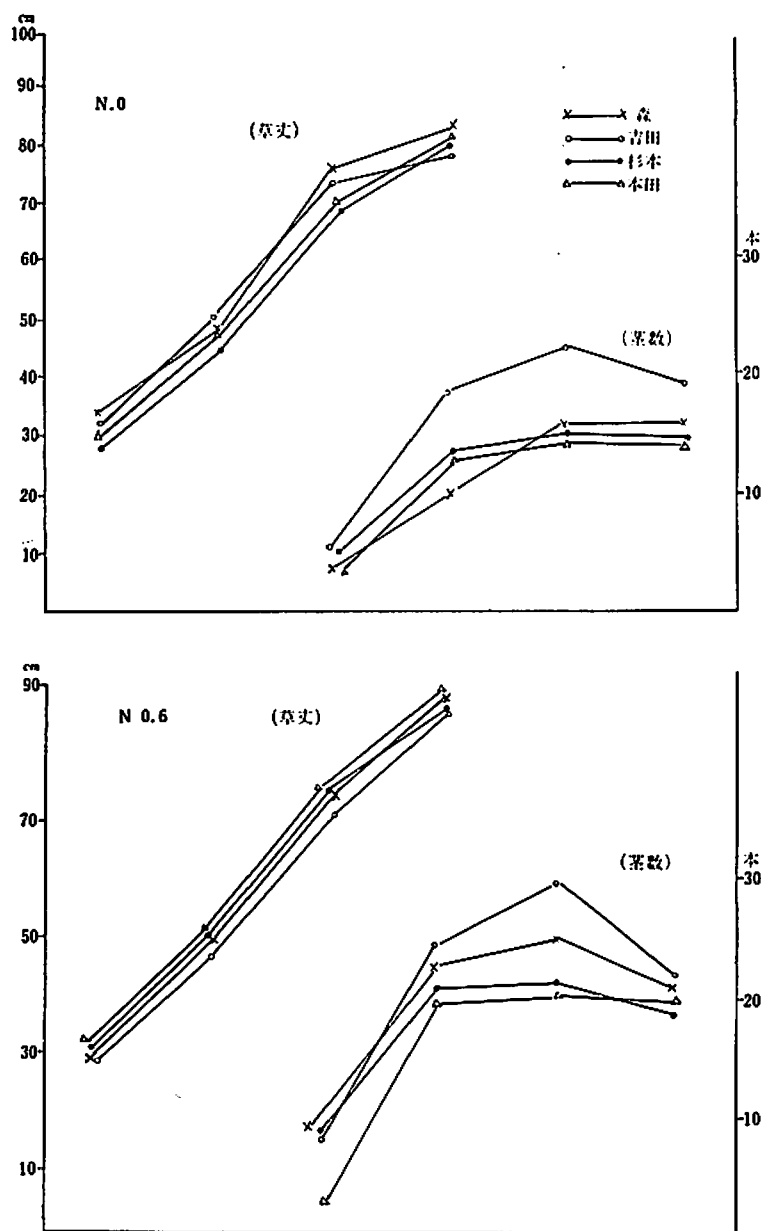
これに反し吉田、森試験地では生育初期から分けつがおう盛で、最高分けつ数では吉田が最も多く、森と相まって有効茎歩合はやや低かったが、最後の穂数では多かった。

これらの理由については、杉本、本田試験地のような排水良好な酸化型水田は、吉田、森試験地

のような排水不良な還元型水田に比べ、透水性が大きく、低温の水がしばしば灌漑されるために地温の上昇も少なく、このことにより初期生育時の分けつが少なく、その後の生育においても地温は比較的長く経過し、さらに養分の溶脱も加え、分けつは少なく推移し茎数の確保は困難なものと考えられる。

これに対し吉田、森試験地では反対に透水性が小さいため、低温の水が灌漑されることが少なく地温は比較的高く推移し、ために初期分けつがおう盛となり、その後の生育においても、地温は比較的高く経過し、養分の溶脱も少なく夏季に発現する土壌窒素も比較的多く、分けつはさらにおう盛となり茎数の確保が容易になるものと推論される。また第39表によれば、出穂期までの日数は杉本試験地が最も少なく、成熟期までの登熟日数では吉田試験地がとくに短かったほかは、差異がみられなかった。ただ全般的に森試験地のみが無窒素区の生育状況とも合わせ考えると、生育日数がわずかに多くかかっていた。

また収量については、第38、40表、第21図より



第 20 図 妹背牛町における試験地の草丈、茎数の推移

見て、森試験地のみが高すぎることも考えられるが、一応、森>吉田>本田>杉本の収量順が認められ、本田、杉本は穂数が少ないための減収であり森と吉田では、後者は千粒重が少ないための減収と思われる。しかし各試験地ごとの差異は明らかではないが、森、吉田>本田、杉本は明瞭であった。すなわち N 0 → N 0.6 kg/a では泥炭土壌、

強グライ土壌では穂数の確保が容易で、穂数を充分確保できなかった灰褐色、黄褐色土壌よりも高収量であった。

養分吸収状態を第41、42表でみると、とくに泥炭土壌では窒素の吸収が多く、 K_2O (無加里の)、 SiO_2 の吸収が少ないことが目立ったほかは余り特徴がみられなかった。

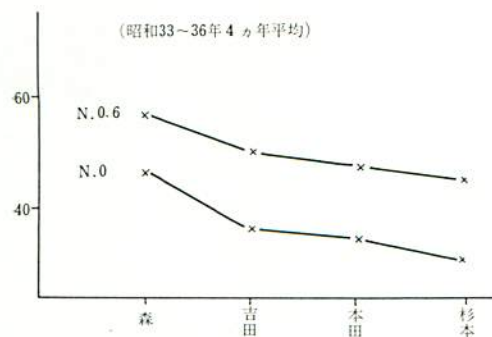
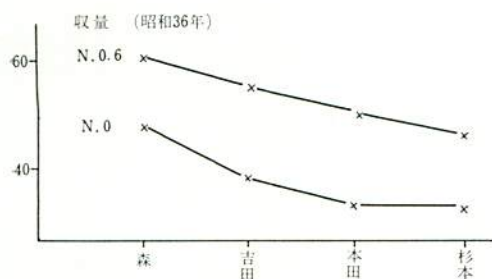
第 39 表 妹背牛町における試験地の生育各時期と所要日数 (昭和36年)

場 所	項 目	(苗代)	移	最分	幼形	出		收	生育所		
			植(月日)	げ 高つ(月日)	穂成(月日)	穂(月日)	穫(月日)	日 (除苗代 期間)	要 数		
	森 試 験 地	35	5.31	54	7.23 -19	7. 4	26	7.30	53	9.21	114
	吉田 試 験 地	35	5.30	55	7.23 -19	7. 4	27	7.31	50	9.19	113
	杉本 試 験 地	35	6. 1	53	7.23 -19	7. 4	24	7.28	54	9.20	112
	本 田 試 験 地	35	5.30	55	7.23 -19	7. 4	26	7.30	52	9.20	114
	北 海 道 *	35		53	-9		25		47		106
	東 北 *	43		40	0		24		42		106

注) N 0.6 kg/a の生育状況, * は第14, 15表を参照する。

第 40 表 妹背牛町における試験地の収量成績 (昭和33~36年)

試験地	N 0 kg/a 区 玄米重 (kg/a)					N 0.6 kg/a 玄米重 (kg/a)				
	昭和33年	昭和34年	昭和35年	昭和36年	平 均	昭和33年	昭和34年	昭和35年	昭和36年	平 均
森 試 験 地	49.1	48.7	47.5	48.0	48.3	63.5	54.8	52.5	61.5	58.1
吉田試験地	37.4	37.3	35.9	38.9	37.4	56.1	48.2	45.5	55.8	51.4
杉本試験地	32.0	26.9	30.8	34.8	31.1	44.8	44.5	48.7	48.1	46.5
本田試験地	33.9	37.3	38.0	34.0	35.8	48.3	46.6	50.2	51.4	49.1



第 21 図 妹背牛町における試験地の収量 (kg/a)

収量については、前項 1) の窒素と収量についての玄米重に対する関係式とも同様に有意な差ではないが、泥炭土壌、強グライ土壌の収量は灰褐色、黄褐色土壌のそれよりも高かった。そしてそれらの粘土、全炭素、塩基置換容量の分析データ第43表は、後述のA群>10>B群の関係式にも適合する。

以上本章での土壌類型に対する施肥と生育、収量反応を集約するならば、N0→N1.0 kg/a の範囲では土壌類型の特徴として次のことがいえる。

泥炭土壌は、分けつおう盛で比較的収量は高いが、窒素施与による増収性は低い。強グライ土壌は、分けつおう盛で、比較的収量も高く、窒素施与による増収性は高い。灰褐色土壌 (沖積土系) は分けつが比較的少なく、したがって収量は高くないが、窒素施与による増収性は高い。黄褐色土壌は、分けつは比較的少なく、したがって収量も高くない、窒素施与による増収性は低い。また灰褐色土壌 (洪積土系) は、分けつ少なく、収量低く、窒素施与による増収性は最も低い。とくに灰褐色土壌 (洪積土系) の生育不良、収量の低さは主に土壌が堅密で、下層土の構造も不良で、水稲根の伸

第 41 表-a 妹背牛町における 4 試験地の四要素含有率²¹⁾

森 試 験 地

区分	項目	部位	茎 葉 部 %				籾 部 %					籾/藁
		収量 kg/ 10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	収量 kg/ 10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	
	N 0	335	0.478	0.220	2.423	7.709	571	1.214	0.720	0.460	2.586	1.70
	N 2.0	368	0.507	0.230	2.099	7.293	612	1.293	0.666	0.429	2.341	1.66
	N 4.0	406	0.519	0.188	2.215	6.645	682	1.189	0.739	0.455	2.400	1.68
	N 6.0	396	0.508	0.222	1.718	5.820	727	1.201	0.719	0.366	1.809	1.84
	P 0	382	0.507	0.183	2.104	5.703	680	1.155	0.686	0.377	1.360	1.78
	K 0	393	0.518	0.227	2.155	5.793	675	1.239	0.659	0.364	1.274	1.72

吉田 B 試験地

区分	部位 項目	茎葉部%					籾部%					籾/藁
		収量 kg/10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	収量 kg/10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	
	N 0	304	0.530	0.204	2.370	12.421	470	1.103	0.874	0.377	2.717	1.55
	N 4.0	352	0.554	0.224	2.368	11.839	558	1.055	0.812	0.378	3.055	1.59
	N 6.0	404	0.557	0.205	2.373	12.804	671	1.140	0.841	0.399	2.617	1.66
	N 8.0	429	0.585	0.206	2.326	11.118	716	1.065	0.835	0.404	2.679	1.67
	N10.0	420	0.500	0.218	2.347	11.332	690	1.057	0.836	0.419	2.582	1.64
	P 0	403	0.501	0.208	2.279	11.357	651	1.094	0.808	0.414	2.477	1.62
	K 0	420	0.542	0.209	2.203	12.225	661	1.115	0.867	0.419	2.429	1.57

杉本試験地

区分	部位 項目	莖葉部 %					籾部 %					籾/莖
		収量 kg/10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	収量 kg/10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	
	N 0	254	0.504	0.176	2.365	14.070	419	1.118	0.763	0.434	2.945	1.65
	N 6.0	338	0.520	0.138	2.423	13.612	580	1.085	0.793	0.368	3.287	1.72
	N 8.0	351	0.441	0.137	2.767	13.022	612	1.172	0.768	0.378	2.649	1.74
	N10.0	367	0.463	0.137	2.464	13.527	635	1.104	0.758	0.382	2.948	1.73
	P 0	345	0.458	0.121	2.152	13.907	575	1.182	0.674	0.377	2.857	1.67
	K 0	343	0.429	0.121	2.056	12.867	577	1.134	0.757	0.401	3.137	1.68

本田試験地

区分	部位 項目	茎 葉 部 %					籾 部 %					籾/藁
		収量 kg/10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	収量 kg/10a	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	
	N 0	269	0.621	0.188	2.155	14.254	409	1.113	0.811	0.524	3.601	1.52
	N 4.0	375	0.600	0.140	2.790	12.388	610	1.184	0.871	0.515	3.929	1.63
	N 6.0	378	0.675	0.139	2.607	12.737	618	1.235	0.874	0.505	3.604	1.63
	N 8.0	375	0.669	0.129	2.678	13.764	643	1.207	0.851	0.504	3.095	1.71
	P 0	352	0.664	0.126	2.651	14.198	579	1.264	0.804	0.517	3.077	1.64
	K 0	359	0.629	0.143	2.691	11.868	584	1.231	0.884	0.461	3.195	1.63

第 41 表-b 妹背牛町における 4 試験地の四要素吸収量²⁾ (kg/10 a)

森 試験地

項目 区分	部位	N			P ₂ O ₅			K ₂ O			SiO ₂		
		茎葉	穂	計	茎葉	穂	計	茎葉	穂	計	茎葉	穂	計
N	0	1.60	6.93	8.53	0.74	4.11	4.85	8.12	2.63	10.75	25.83	14.77	40.60
N	2.0	1.87	7.91	9.78	0.85	4.08	4.93	7.72	2.63	10.35	26.84	14.33	41.17
N	4.0	2.11	8.11	10.22	0.73	5.04	5.77	8.99	3.10	12.09	26.98	16.37	43.35
N	6.0	2.01	8.73	10.74	0.88	5.23	6.11	6.80	2.66	9.46	23.05	13.15	36.20
P	0	1.94	7.85	9.79	0.70	4.66	5.36	8.04	2.56	10.60	21.79	9.25	31.04
K	0	2.04	8.36	10.40	0.89	4.44	5.33	8.47	2.46	10.93	22.77	8.60	31.37

吉田 B 試験地

項目 区分	部位	N			P ₂ O ₅			K ₂ O			SiO ₂		
		茎葉	穂	計	茎葉	穂	計	茎葉	穂	計	茎葉	穂	計
N	0	1.61	5.18	6.79	0.62	4.11	4.73	7.20	1.77	8.97	37.76	12.77	50.53
N	4.0	1.95	5.89	7.84	0.79	4.53	5.32	8.34	2.11	10.45	41.67	17.05	58.72
N	6.0	2.25	7.65	9.90	0.75	5.64	6.39	9.59	2.68	12.27	51.73	17.56	69.29
N	8.0	2.51	7.63	10.14	0.88	5.98	6.86	9.98	2.89	12.87	47.70	19.18	66.88
N	10.0	2.10	7.29	9.39	0.92	5.77	6.69	9.86	2.89	12.75	47.59	17.82	65.41
P	0	2.02	7.12	9.14	0.84	5.26	6.10	9.18	2.70	11.88	45.77	16.13	61.90
K	0	2.28	7.37	9.65	0.88	5.73	6.61	9.25	2.77	12.02	51.35	16.06	67.41

杉本試験地

項目 区分	部位	N			P ₂ O ₅			K ₂ O			SiO ₂		
		茎葉	穂	計	茎葉	穂	計	茎葉	穂	計	茎葉	穂	計
N	0	1.28	4.68	5.96	0.45	3.20	3.65	6.01	1.82	7.83	35.74	12.34	48.08
N	6.0	1.76	6.29	8.05	0.47	4.60	5.07	8.19	2.13	10.32	46.01	19.06	65.07
N	8.0	1.55	7.17	8.72	0.48	4.70	5.18	9.71	2.31	12.02	45.71	16.21	61.92
N	10.0	1.70	7.01	8.71	0.50	4.81	5.31	9.04	2.42	11.47	49.64	18.72	68.36
P	0	1.58	6.80	8.38	0.42	3.88	4.30	7.42	2.17	9.59	47.98	16.43	64.41
K	0	1.47	6.54	8.01	0.42	4.37	4.79	7.05	2.31	9.36	44.13	18.10	62.23

本田試験地

項目 区分	部位	N			P ₂ O ₅			K ₂ O			SiO ₂		
		茎葉	穂	計	茎葉	穂	計	茎葉	穂	計	茎葉	穂	計
N	0	1.67	4.55	6.22	0.51	3.32	3.83	5.80	2.14	7.94	38.34	14.73	53.07
N	4.0	2.25	7.22	9.47	0.53	5.31	5.84	10.46	3.14	13.60	46.46	23.97	70.43
N	6.0	2.55	7.63	10.18	0.53	5.40	5.93	9.85	3.12	12.97	48.14	22.27	70.41
N	8.0	2.51	7.76	10.27	0.48	5.47	5.95	10.04	3.24	13.28	51.62	19.90	71.52
P	0	2.34	7.32	9.66	0.44	4.66	5.10	9.33	2.99	12.32	49.98	17.80	67.78
K	0	2.26	7.19	9.45	0.51	5.16	5.67	9.66	2.69	12.35	42.61	18.66	61.27

第 42 表 妹背牛町における 4 試験地の生育各時期の茎葉の三要素含有率 (昭和36年)

生育時期	場所	東北	北海道	森	吉田	杉本	本田
N %	開花期	0.78	1.13	1.92	1.38	1.43	1.64
	成熟期	0.51	0.63	0.51	0.56	0.52	0.68
P ₂ O ₅ %	開花期	0.46	0.57	0.36	0.33	0.32	0.34
	成熟期	0.13	0.16	0.22	0.19	0.14	0.14
K ₂ O %	開花期	2.14	2.00	1.69	2.39	2.40	2.43
	成熟期	2.22	2.30	1.72	2.37	2.42	2.61

施肥量 (kg/a)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
森	0.6	0.6	0.6
吉 田	0.6	0.6	0.6
杉 本	0.6	0.6	0.6
本 田	0.6	0.6	0.6

注) 東北、北海道の部分は、石塚、田中³⁶⁾のデータを引用した。

第 43 表 妹背牛町における 4 試験地の粘土含量、全炭素、塩基置換容量に関する分析成績

項 目	試験地名	森	吉 田	杉 本	本 田
粘 土 %		52.8	29.0	52.7	26.9
全 炭 素 %		7.54	2.23	4.37	4.42
塩基置換容量 me		37.7	27.3	33.1	33.3
粘土/全炭素		7.00	13.0	12.1	6.09

長が不良のためと考えられる。

なお強グライ土壌は分げつおう盛で、比較的収量も高く、窒素施用による増収性が高いことは、主に後述の粘土含量が比較的多いことによるものと考えられる。強グライ土壌は、本来還元的土壌ではあるが、この場合土壌還元による養分吸収の低下を、粘土含量が多いことによってもたらされる養分の保持力、補給力の増大がこれを補い、さらに養分吸収を高めるためであろうと推論される。したがって、強グライ土壌においては、土壌還元を促進させるような管理法は増収性を低めることになるので、むしろ排水等の改良により酸化的にすることが増収性をさらに高める方法と考える。

VI 水田土壌類型の理化学性とその生産性との関係

1. 水田土壌の理化学性に基づく土壌類型の特徴とそれらの相互関係

各土壌類型から任意に 3 か所ずつを選び、計 15 か所の 1 層、2 層について 11 項目の測定を行なった (付表 4 参照)。

11 項目を測定した主な理由ならびにそれぞれの測定項目の意義の概要は次のとおりである。

水稲の生産には、とくに窒素給供が大きく関与するので、これに関係する性質を表現するものとして、粘土含量、窒素吸収係数、全炭素、全窒素、炭素率、塩基置換容量、風乾土および湿潤土の 30°C incubate NH₃-N、乾土効果の 9 項目、またとくに水稲の初期生育を支配する磷酸の吸収に関係し、火山性か否かを判断しうるものとして磷酸吸収係数を、さらに水稲の生育に対する塩基の可給度を表現するものとして塩基飽和度を加えた。

○粘土含量：粘土含量が多いものでは、一般に NH₄⁺ を吸着する容量は大きく、吸着強度も強いことを表わす。

○磷酸吸収係数：これが大きいものでは、磷酸の固定量が多く、磷酸の可給量が少ない。火山性土壌ではとくにこの数値が大きいので、火山性のものかどうかを判断する基準となる。

○窒素吸収係数：これは NH₄⁺ の固定の大小を表わす。

○全炭素：有機質炭素の全量を示し、腐植の多少を表わす。

○全窒素：窒素肥沃度の可能性を表わす。

○炭素率：全炭素対全窒素の重量比で、土壌中の有機物の分解の難易を表わす。

○塩基置換容量：NH₄⁺ の吸着能の容量の大きさを知ることができ、この数値の大きいものでは NH₄⁺ の吸着能容量の大きいことを表わす。

○塩基飽和度：塩基の可給度を示し、この数値の大きいものは、塩基の可給度の大きいことを表わす。

○風乾土および湿潤土の 30°C incubate NH₃-N :

ともに土壌の窒素の無機化量を表わすもので、この数値の大きいものほど、窒素の無機化量の多いことを意味する。風乾土では、水田土壌を乾燥させた場合、例えば春先の耕起乾燥、中干し等による窒素の無機化量を推定しうる。また湿潤土の場合には、水田状態での窒素の無機化量を推定しうる。

○乾土効果：水田土壌を乾燥することによる窒素

の無機化量の増加を表わし、実際には、風乾土の 30°C incubate $\text{NH}_3\text{-N}$ と湿潤土の 30°C incubate $\text{NH}_3\text{-N}$ の差で示す。

さらに、この結果が土壌類型に対し、いかなる量的な特徴を示しているかを検討しようとした。各分析項目ごとに分散分析を行なうと第44表のとおりである。

この結果、まず土層間には、30°Cで incubation

第 44 表 土壌分析項目ごとの分散分析 (15か所)

項 目 因	自由 度	粘 土	吸 収 係 数		全炭素	全窒素	炭素率	塩 基 置 容	塩 基 換 量	塩 基 飽 和 度	30°C inc. $\text{NH}_3\text{-N}$		乾 土 効 果
			P_2O_5	N							dry	wet	
全 体	29												
土 層 別	1	1255	1442	3061	45474	41	34.24	2323	93.00		6901	2358 [*]	1191
場 所	14	24053 ^{**}	312041 ^{**}	14828 ^{**}	167077 ^{**}	1271 ^{**}	27.61	10792	563.86 ^{**}		4533	1096 [*]	2948
土壌類型間	4	23031 [*]	378718 ^{**}	8496 ^{**}	290255 ^{**}	2267 ^{**}	25.33	14555 ^{**}	795.50 ^{**}		8503 [*]	655 ^{**}	6441 ^{**}
S 1	2	104954 ^{**}	203163 [*]	27134 [*]	385166 ^{**}	3903 ^{**}	15.72	56015 ^{**}	532.50 ^{**}		9797 [*]	2868 ^{**}	8644 [*]
S 2	2	24114 [*]	279574 [*]	30170 [*]	54715 [*]	254 [*]	6.95	8259	881.50 ^{**}		8092 [*]	3263 ^{**}	1583
S 3	2	8166	115898	9819	30847	263	5.28	1299	450.50 ^{**}		7533	1842 [*]	3361
S 4	2	16527 ^{**}	878278 ^{**}	26528 [*]	162574 [*]	81 [*]	169.06 [*]	18391	400.50 ^{**}		6084	984 [*]	3244
S 5	2	2407	260163 [*]	29546 [*]	164942 [*]	386 [*]	105.76 [*]	6626	423.50 ^{**}		999	721 [*]	1166
土層×場所	14	4747	44215	4981	26639	72	20.43	8141	40.86		2047	305	1385

第 45 表 土壌類型の差が有意な分析項目

分 析 項 目	土 壤 類 型					標 準 誤 差	LSD 5 %	土 壤 類 型 間 の 有 意 差		
	1	2	3	4	5					
○粘 土	37.5	39.4	44.2	37.0	27.2	6.9	13.6	3,	2	> 5
○磷酸吸収係数	1573	1382	1605	2067	1652	210	416	4	> 5, 3,	1, 2
○全 炭 素	8.65	3.29	3.26	4.58	4.95	1.63	3.23	1	> 5, 4,	2, 3
○全 窒 素	0.77	0.31	0.34	0.33	0.35	0.08	0.17	1	> 5, 3,	4, 2
塩基飽和度	36	58	49	42	56	6.4	13	2,	5	> 1
30°C inc. $\text{NH}_3\text{-N}$ dry	20.2	12.8	11.8	11.2	11.8	4.5	9.0	1		> 4
乾 土 効 果	14.7	6.8	7.6	7.7	7.4	3.7	7.4	1	> 2, 3,	4, 5
塩基置換容量	39.1	29.2	29.7	26.1	32.6	9.0	19.3			

を行なった $\text{NH}_3\text{-N}$ の湿潤土にのみ有意性が認められ、ほかの項目はいずれも有意ではなかった。したがって第1層と第2層でこれらの項目に差はないものと判定された。

場所間には7項目が有意と認められ、土壌類型

間でも7項目が有意となった。しかし土壌類型間よりも場所間の分散の大きい項目もあり(窒素の吸収係数, 30°C incubate $\text{NH}_3\text{-N}$ -湿潤土), また土壌類型間に有意差を示すものでも、同一土壌類型内の3場所間に有意性が認められた。とくにこの傾

第 46 表 土壌分析を行なった11項目相互の相関係数

全 体		吸 收 係 数		全炭素	全窒素	炭素率	塩 基 置 容 換 量	塩 基 飽 和 度	30℃ inc. NH ₃ -N		乾 土 効 果
		P ₂ O ₅	N						dry	wet	
粘 土		-0.055	-0.289	-0.376 [*]	-0.327	-0.114	-0.438 [*]	-0.108	0.222	0.098	0.225
吸 収 係 数	P ₂ O ₅		0.681 ^{***}	0.156	-0.096	0.371 [☆]	0.050	-0.466 ^{**}	-0.182	-0.192	-0.114
	N			0.562 ^{***}	0.288	0.439 [☆]	0.636 ^{***}	-0.461 ^{**}	0.234	0.128	0.218
全 炭 素					0.859 ^{***}	0.575 ^{***}	0.715 ^{***}	-0.451 [☆]	0.411 [*]	0.397 [*]	0.280
全 窒 素						0.189	0.650 ^{***}	-0.441 [*]	0.389 [*]	0.447 [*]	0.221
炭 素 率							0.197	-0.151	0.193	0.080	0.195
塩 基 置 換 容 量								-0.347	0.406 [*]	0.435 [☆]	0.252
塩 基 飽 和 度									-0.008	-0.277 [☆]	0.069
30℃ inc. dry										0.634 ^{***}	0.895 ^{***}
NH ₃ -N wet											0.205
乾 土 効 果											

向は泥炭土壌で著しかった。これは客土の質・量の状態が異なるためと考えられる。

土壌類型間の差が顕著な項目について、その比較を行なうと第45表のとおりとなる。

前章の1～1)～(2)で土壌類型を代表する各2か所ずつの場所を選定したが、分析項目をこれら10か所の場合について分散分析を行なうと、第45表の○印で示す4項目が有意となり、土壌類型間には次の関係が成立つ。

分析項目	土壌類型
粘土含量	③ ② ① ④ > ⑤
磷酸吸収係数	④ > ⑤ ③ ① ②
全炭素	① > ⑤ ④ ② ③
全窒素	① > ⑤ ③ ④ ②

これらの関係を第45表に求めると、粘土含量では土壌類型⑥が少ないことと、磷酸吸収係数では土壌類型④が大きいこと、全炭素、全窒素では土壌類型①が多いことで一致する。つまり分析の結果は場所の差を無視するわけにはいかないが、少なくとも上記4項目については土壌類型間の差が明瞭で、とくに⑥黄褐色土壌では4項目がともに低いことが認められた。

つぎに、これら11項目の相互間の関係を第44表に示した変因の主効果ごとに、それぞれ分散と共

分散から求めた相関係数によってみると第46表のとおりとなる。

すなわち、ここで興味あることは、前述の土壌類型間の差を顕著に表現できる有意な項目、すなわち粘土含量、磷酸吸収係数、全炭素、全窒素のうち、粘土含量、全炭素、全窒素に、さらに塩基置換容量の項目を加え、いわゆる地力を顕著に表現する4項目の間にきわめて密接な関係があることが認められた。

①全炭素含量と全窒素含量の間にきわめて高い相関があること。

②塩基置換容量は全炭素含量に対してきわめて高い相関をもち、粘土含量とは負の相関にある。

③粘土含量と全炭素含量とは負の相関にある。

したがって北海道の水田土壌では、塩基置換容量はむしろ粘土よりも腐植に多く依存していることになる。

吉田³⁹⁾は、「土壌の生産力に対して吸着能の容量(塩基置換容量)はもちろん重要な因子にちがいないが、吸着能の強度は容量と同じ程度の重要性をもつものであろう。置換性塩基の作物に対する可給度や流亡し易さを規定するものは吸着の容量ではなくて強度だからである」とし、さらに「無機粘土は一般にNH₄⁺を強く吸着する特異性を有し、

第 47 表 土壌分析データと収量の相関係数

分析項目 層別 N kg/a			粘 土	吸 收 係 数		全炭素	全窒素	炭素率	塩 基 置 換 容 量	塩 基 飽 和 度	30℃ inc. NH ₃ -N		乾 土 効 果
				P ₂ O ₅	N						dry	wet	
總 重	N 0	1	-0.774**	-0.178	0.051	0.325	0.417	0.066	0.518	0.052	0.192	0.369	-0.177
		2	-0.570*	-0.450	0.296	0.409	0.375	0.162	0.604*	-0.242	0.102	0.645*	-0.146
	N 0.8	1	-0.085	-0.418	0.002	-0.456	-0.227	-0.677*	0.400	0.331	0.173	0.235	-0.025
		2	0.003	-0.382	-0.146	-0.343	-0.385	0.022	-0.034	0.490	-0.025	-0.171	0.041
	増収量 (b)	1	0.567*	-0.277	-0.097	-0.503	-0.320	-0.632*	0.048	0.169	0.069	-0.023	0.165
		2	0.284	0.023	-0.190	-0.470	-0.476	-0.073	-0.306	0.639	-0.028	-0.594*	0.200
玄 米 重	N 0	1	-0.787**	-0.276	-0.137	0.327	0.461	0.009	0.422	-0.056	0.012	0.226	0.317
		2	-0.641*	-0.484	0.297	0.488	0.441	0.234	0.667*	-0.114	0.183	0.551*	-0.031
	N 0.8	1	-0.068	-0.623*	-0.227	-0.333	-0.076	-0.639*	0.408	0.119	-0.004	0.201	-0.302
		2	-0.127	-0.401	-0.039	-0.131	-0.145	-0.023	0.134	0.481	-0.088	-0.183	-0.017
	増収量 (b)	1	0.591*	-0.332	-0.088	-0.554*	-0.428	-0.583*	0.043	0.143	-0.008	-0.002	-0.010
		2	0.395	0.044	-0.249	-0.505	-0.479	-0.213	-0.403	0.536	-0.246	-0.621*	-0.005

腐植の吸着能は弱い」ことを立証している¹⁰⁰⁾¹⁰¹⁾。

すなわち、水稻の生産に最も大きな役割りをもつ窒素については、吸着能の容量よりは吸着能の強度を重視し、土壌中の無機粘土と腐植の占める割合を検討し、その養分保持の大小を比較すべきであるし、また土壌窒素の発現は腐植に大きく依存していることも考慮すべきである。このことは土壌類型そのもののみにては、生産性を規制し得ない1つの証明でもあり（もちろん、これらのfactorが土壌類型ごとにある特徴はもっているものの、土壌類型間の特徴を正確に判別することは難しい）、土壌類型と生産性との関係は、その間に土壌の質的な要因を媒体として考えねばならない。その要因とは主として前記の粘土含量、全炭素、全窒素、塩基置換容量の4項目である。

2. 水田土壌類型の主要理化学性と水稻収量の関係

各土壌類型を代表する2場所ずつ計10か所について、粘土含量以下、前述の11項目の土壌分析デ

ータと収量の関係を検討しようとした。

ここで収量は N 0（無窒素）と N 0.8（窒素 0.8 kg/a）の総重と玄米重を用いた。また窒素に対する増収性との関係をみるため、N 0～N 0.8 までの4水準でえられた一次回帰式（ $Y = a + bN$, Y : 収量, a : $N=0$ のときの縦座標, b = 勾配, つまり N 1.0 kg/a に対する収量増加の推定値）における b （増収量）を用い、同一場所における1, 2層別の土壌分析データを対応させた。えられた相関係数は第47表のとおりである。

11項目のうち、有意な相関を示したものは4項目のみで、とくに窒素吸収係数、30°C incubate NH₃-N（風乾土）、乾土効果は収量あるいは増収量に対して何らの直接関係も認められなかった。

一般に N 0.8 kg/a では、N 0 に比べて相関関係は弱められるが、総重と玄米重は、ほぼ平行的な関係を示した。

関係の深いと考えられるのは、

○ N 0.8 : C/N（1層）、塩基置換容量（1層）は

正の相関、磷酸吸収係数は負の相関。

- N 0 : 塩基置換容量, 30°C incubate $\text{NH}_3\text{-N}$ (湿潤土, 2層), 全炭素, 全窒素では正の相関, 粘土含量, 磷酸吸収では負の相関。
- 増収量 (b) : 粘土含量 (1層) には正の相関, C/N, 30°C incubate (湿潤土 2層), 全炭素, 全窒素, 塩基置換容量 (2層), やや弱いが磷酸吸収係数に負の相関が認められる。

増収量は, N 0 と N 0.8 の収量によって決定されるから, 両者ともに相関の高い分析項目は増収量との関係も高いことになる。これらの関係を第47表から整理すると, 主要な7項目と増収性は次のようになる。

分析項目 (増収性)	総 重	玄米重
粘土含量 (1層)	0.567 ^a	0.591 ^a
C/N (1層)	-0.632 ^a	-0.583 ^a
30°C incubate $\text{NH}_3\text{-N}$ (湿潤土, 2層)	-0.594 ^a	-0.621 ^a (場所のみ)
全炭素 (1層)	-0.503	-0.554 ^a
" (2層)	-0.470	-0.505
全窒素 (1層)	-0.320	-0.428
" (2層)	-0.476	-0.479
塩基置換容量 (2層)	-0.306	-0.403
磷酸吸収係数 (1層)	-0.277	-0.332

すなわち窒素に対する増収性に関係のある分析データは粘土含量, C/N, 30°C incubate $\text{NH}_3\text{-N}$ (湿潤土), 全炭素ということになる。つまり粘土含量が多いと窒素に対する増収性が高くなり, 炭素率が大きく, 30°C incubate $\text{NH}_3\text{-N}$ (湿潤土), 全炭素が多いと増収性は低くなることになる。

この関係を第45表の土壌類型の有意性から比べると, 土壌類型②, ③ (A群) では明らかに粘土含量が多く, 第18図に見られるように, A群は増収性が高いという関係にある。また第44表より土壌類型間に有意な差の認められる全炭素 (増収性に対し有意な相関を有している) について第45表で土壌類型間を比べると, A群では (土壌類型②, ③), B群 (土壌類型①, ④, ⑤) よりも明らかに少ない。つまり全炭素が多いと, 増収性は低くなり, それはB群の土壌類型で特徴的である。

同様なことを N 0.8 における収量についてみると (第18図参照), 炭素率 (1層) の小さいA群

がB群より多収であり, 磷酸吸収係数ではこれの大きいB群がA群より低収である。また N 0 における収量をみると粘土含量の最も多い土壌類型③は最も低収である。塩基置換容量には土壌類型間に有意な差はなかったが, これの最も低い土壌類型③がやはり一番低収である。全炭素, 全窒素については, A群・B群においてそれぞれ負の関係がみられる。

したがって, 土壌分析データから無窒素あるいは施用窒素, さらに窒素に対する増収性への関連性がうかがえるばかりでなく, その関連性は土壌類型の特性としては握 できることが暗示される。

すなわち, 前項での粘土含量, 塩基置換容量, 全炭素, 全窒素の相関とを照合してみると, 第48表の引用をも合わせて, 第49表のような土壌類型A, B群における特性表ができる。

第 48 表 各土壌類型の平均収量ならびに増収量

項目 kg/a	土 壤 類 型				
	1	2	3	4	5
N 0 総 重 玄米重	71.6 35.9	75.0 37.0	63.7 32.3	66.0 32.2	71.4 34.9
N 0.8 総 重 玄米重	99.1 48.8	109.2 53.1	101.7 51.7	82.5 45.1	100.8 49.5
N0.8と N0の差 総 重 玄米重	27.5 12.9	34.2 16.1	38.0 19.4	16.5 12.9	29.4 14.6

第 49 表 土壌類型A・B群における特性表

区 別	項 目				
	増収性	粘土 含量	塩基置 換容量	全炭素	全窒素
A群 (土壌類型 2, 3)	高	多	小	少	少
B群 (土壌類型 1, 4, 5)	低	少	大	多	多

それによると, A群 (土壌類型②, ③) は無窒素状態ではB群 (土壌類型①, ④, ⑤) に比べ収量は比較的 low, 窒素 (0.8 kg/a) 施用の段階では, B群よりも多収となり増収性も高い。これは主に施用窒素の保持と利用の優位性に基づくものと判断される。

以上のことについて次のような推論を試みた。腐植が多くなると $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成が多くなる

ので、腐植の多い土壌では無窒素での収量が高いということが理解できる。さらに $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成の多いことは窒素施用による増収性が低いということに結びつく。

したがって腐植のもつ意義としては、窒素の吸着と、 $\text{NH}_3\text{-N}$ の発現の二面性が考えられる（これは一般論としてもいえることであるが）。腐植と粘土の意義はもちろん単純ではないが、今ここで窒素にのみ集約し、吉田⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾の理論と合わせて考えてみると次のようになる。

すなわち腐植は、 NH_4^+ の吸着強度は弱い、腐植が多くなると $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成が多くなるという2つの特性を有する。

これに対し粘土は、 $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成には無関係ではあるが、 NH_4^+ の吸着強度は強い特性がある。

したがって粘土と腐植の増収性に対する関係は粘土の有する NH_4^+ に対する吸着の強さと腐植の有する NH_4^+ に対する吸着の弱さならびに $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成の特性との相対関係において論じられるが、施肥に対する増収性には粘土のもつ NH_4^+ 吸着の強さは大きく、腐植のもつ NH_4^+ 吸着の弱さ、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 生成の多いことは小さく働くことは容易に理解できる。

そして増収性に対する塩基置換容量は、塩基の吸着能の容量そのものよりは、むしろ、その質的な粘土と腐植の相対関係、すなわち、その割合に基づくものと考えられる。これはまた、粘土と腐植のある割合が、塩基置換容量、さらに増収性へ何らかの関係を示唆しているものと考えられる。

このことから、粘土と腐植との割合、すなわち粘土：全炭素におきかえ、これに粘土値という名称（仮称）を与え、検討の指標とした。

一方塩基置換容量を指標とする養分保持、供給は、北海道の水田土壌では粘土よりもむしろ腐植に多く依存していることをさきに述べたが、窒素施用による Response はむしろ逆で、

1) 養分保持についての塩基置換容量は、ある数値の範囲内においては、その容量的なものより質的な NH_4^+ の吸着強度により支配され NH_4^+ の吸着の強い粘土が土壌中にどの程度含まれるか

を検討しなければならない。

2) 上記の条件の範囲とは、筆者の扱った塩基置換容量の数値およそ 20~40 me の範囲を指すのである。

3) これらの関係は粘土含量と全炭素含量の比、すなわち粘土値によって判断しようと推定した。

以上を総括して次のことを検討した。

第50表によれば、A群ではその比は土壌類型②が11.98、土壌類型③が13.56、B群では土壌類型①が4.34、土壌類型④が8.08、土壌類型⑤が5.49となり、次のような関係式が成立する。

$$A群 > 10 > B群$$

第 50 表 各土壌類型の粘土含量、全炭素含量、塩基置換容量の関係

土壌類型 項目	土 壤 類 型				
	1	2	3	4	5
粘 土 含 量 %	37.5	39.4	44.2	37.0	27.2
全 炭 素 %	8.65	3.29	3.26	4.58	4.95
塩基置換容量 me	39.1	29.2	29.7	26.1	32.6
粘 土 / 全 炭 素	4.34	11.98	13.56	8.08	5.49

すなわちA群はB群より増収性が高く、その限界値は粘土値が10であることを推論した。要するに窒素に対する増収性を大にするには、塩基置換容量を前述の範囲内で、何らかの方法をもって積極的に増加させ、粘土値を10以上に高めることである。このことが窒素施用による Response を増大させ、増大性を高めることに結びつく。

また粘土値を10以上に高めるもう1つの方法は腐植を消耗させ全炭素含量を少なくすることになるが（例えば粘土を増加させ得ないときは、全炭素を低めれば増収性は向上するのかもしれない）、この場合は NH_4^+ の吸着強度の弱い腐植の減少であって、その土壌の NH_4^+ の吸着強度そのものには余り影響がなく、むしろ施用窒素による増収性に負の働きをする腐植のもつ $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成量の減少を促すことになり、施用窒素に対する Response を高めることになる。

この場合は、さきの粘土を増加することにより

柱状図	土色	グライ層	腐植	構造
0-20 L i C	3/	Go	H	粒状
20-35 CL	3/	Go	H	塊状
35-45 SCL	7.5YR 4/	Go	H	塊状×細粒状
45-93 SL	10YR 4/	Go		.
93-100 C	7.5YR 4/	G (グライ層)		-

第 22 図 旭川市東旭川町の生育不良水田の断面形態

えば窒素の分追肥、窒素施与量の増加、緩効性肥料の併用等により同様に窒素による増収性を期待しうるが、技術的には粘土を増加する場合の方が安全かつ容易であろうと考える。

たとえば旭川市東旭川町における水稲の生育不良水田⁽⁴⁾は、第22図のような断面形態を示し、黒色火山灰土壌類型に属し、塩基置換容量 20.21 me, 粘土含量 25.6%, 全炭素 6.29%, 粘土: 全炭素 = 4.07 で窒素の流亡が多く低収の原因となった。

この改善策として窒素の増施が、その一方法として効果的であった。

なお黒色火山灰土壌および非黒色火山灰土壌は上記の事項ならびに第51, 52表の土壌分析、施肥試験よりみて粘土値が10より小さく、窒素施与に

粘土値を10以上に高める場合に比べ、窒素の保持力に相当する何らかの方法による窒素の補給、例

第 51 表 黒色火山灰土壌水田における代表土壌の土壌断面、土壌分析、施肥試験成績

篠永試験地 (比布町 1 線 10 号) 黒色火山灰土壌

(イ) 土壌断面

深さ cm	土性	腐植	湿土の色	構造	斑鉄、結核	密度	可塑性	粘着性	湿り
15	LiC	頁	2/ (黒色)	粒状	7.5 YR 3/3 (褐色) 膜状斑鉄を含む	16	中	中	湿
26	LiC	頁	3/ (黒色)	粒状	5 YR 4/4 (褐色) 糸根状、斑鉄を含む	20	中	中	湿
55	LiC	頁	3/ (黒色)	粒状		22	強	中	湿
	CL		10 YR 4/6 (黄褐色)	粒状×小塊状		27	中	中	湿

(ロ) 土壌分析成績 (対乾土%)

層位	砂合計	シルト	粘土	粒径組成	pH		容積重	吸収係数		全置換性塩基 me	塩基置換容量 me	塩基飽和度
					H ₂ O	KCl		P ₂ O ₅	N			
I	41.13	30.80	28.07	LiC	5.00	4.32	0.722	2,075	528	7.17	36.15	19.83
II	34.17	34.30	31.53	LiC	5.51	4.40	0.757	2,279	556	6.86	29.83	22.98
III	41.60	32.75	25.65	LiC	5.88	4.48	0.759	2,301	544	8.24	24.63	33.46

層位	incubation NH ₃ -N			乾土効果 mg	温度上昇効果 mg	全窒素	全炭素	腐植	炭素率
	30°C		40°C						
	乾土 mg	湿土 mg	湿土 mg						
I	8.87	5.25	7.93	3.62	2.68	0.400	6.089	10.493	15.2
II	8.21	2.76	5.29	5.45	2.53	0.415	6.520	11.235	15.7
III	—	—	—	—	—	0.345	4.555	7.851	13.2

(イ) 施肥試験成績 (kg/a)

試 験 区	項 目	昭 和 36 年				昭 和 37 年				昭 和 38 年				3 か年平均	
		1株 穂数 (本)	稈 重	玄米 重	比 率	1株 穂数 (本)	稈 重	玄米 重	比 率	1株 穂数 (本)	稈 重	玄米 重	比 率	収 量	指 数
	無 窒 素 区	16.6	29.5	40.4	71.6	12.5	22.9	27.4	62.3	12.9	25.9	30.6	61.2	32.8	65.0
	無窒素 + 堆肥区	15.8	29.8	40.9	72.5	16.2	28.9	34.7	78.6	13.9	25.7	32.2	64.4	35.9	71.8
	窒 素 0.6kg 区	22.7	39.8	55.0	97.5	18.0	37.1	41.5	94.3	18.6	35.1	44.2	88.4	46.9	93.4
	窒 素 0.8kg 区	23.3	41.3	56.4	100.0	21.4	37.4	44.0	100.0	20.5	40.8	50.0	100.0	50.1	100.0
	窒素0.8 + 堆肥区	22.9	41.2	55.2	97.9	22.4	38.7	43.2	98.2	21.3	40.5	51.4	102.8	49.9	99.6
	窒 素 1.0kg 区	25.2	44.0	56.5	100.2	23.3	41.4	47.0	95.4	23.0	43.7	53.8	107.6	52.4	104.7
	窒 素 1.2kg 区	25.3	45.3	58.5	103.7	22.3	42.5	47.2	107.3	22.7	45.5	51.5	103.0	52.4	104.7
	無 磷 区	20.9	39.6	54.2	96.1	21.4	43.5	46.2	105.0	21.1	40.0	54.7	109.4	51.7	103.2
	無 加 里 区	21.7	39.6	55.3	98.0	19.4	39.3	44.0	100.0	20.0	37.7	50.0	100.0	49.8	99.4

注) 1. 共通肥料 磷 酸 0.6 kg/a 加 里 0.6 kg/a

2. 品種「フクユキ」 栽植密度 36 cm×14 cm

第 52 表 非黒色火山灰土壌水田における代表土壌の土壌断面、土壌分析、施肥試験成績

佐川試験地 (由仁町東三川北) 非黒色火山灰土壌

(イ) 土壌断面

深さ cm	土 性	腐 植	湿 土 の 色	構 造	斑 鉄, 結 核	密 度	可 塑性	粘 着性	湿 り
16	CL	白	5.5 / 灰	粒状	0.1 Y 7.4/4.7 (茶) 膜状, 斑鉄に富む	小	弱	弱	湿
21	LS	白	9.0 YR 2.9/1.9 (暗茶灰)	単粒	0.1 Y 7.4/4.7 (茶) 雲状斑鉄に頗る富む	小	—	—	湿
40	LS		2.8 / (暗茶)	単粒		小	—	—	潤
60	SiC		5.0 Y 6.3/1.7 (明オリーブ灰)	単一	6.2 YR 5.5/7.1 黄味橙 糸根状斑鉄に頗る富み 9.2 YR 5.5/5.7 黄茶 雲状, 斑鉄に富む	小	中	中	潤
	C		同	単一		大	中	中	湿

(ロ) 土壌分析成績 (対乾土 %)

層 位	項 目	砂 合 計	シル ト	粘 土	粒径 組成	全 炭 素	全 窒 素	腐 植	炭 素 率	吸 収 係 数		塩基置 換容量	置換性 石 灰	pH
										P ₂ O ₅	N			
I		53.71	22.98	23.31	CL	2.305	0.237	3.971	9.7	1,028	341	me 14.3	mg 153.0	5.53
II III		90.83	4.85	4.32	LS	1.728	0.179	2.978	9.6	1,703	145	9.3	129.0	5.20
IV		16.65	45.62	37.73	SiC	0.576	0.030	0.993	19.5	1,225	401	15.5	155.0	5.10

よる増収性も前述の B 群, 黄褐色土壌に類似し, これに準じて取扱うべきであろう。

また各土壌類型の絶対収量 (N 0.8 kg/a) についての比較は明確には断じ難いが, 傾向としては②>①>⑥>③>④であり, そのうち泥炭土壌につ

いては収量水準の高いものもあり, 明確にいえることは,

②強グライ土壌, ①泥炭土壌, ③灰褐色土壌 (沖積土系), ⑥黄褐色土壌>④灰褐色土壌 (洪積土系) で, ④灰褐色土壌 (洪積土系) のみが, ほかの土壌

(v) 施肥試験成績 (kg/a)

項 目 試 験 地	要 素 量 (kg/a)				昭 和 33 年			昭 和 34 年			2 年平均	
	基 肥			分 施 N	葉 重	玄 米 重	収 量 比	葉 重	玄 米 重	収 量 比	玄 米 重	収 量 比
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O									
推定適量区	0.563	0.563	0.563	—	47.0	45.3	100.0	33.9	31.8	100.0	38.6	100.0
窒素増施区	0.731	0.563	0.563	—	54.0	49.7	109.7	37.9	34.5	108.5	42.1	109.0
窒素減施区	0.394	0.563	0.563	—	40.5	44.7	98.7	31.1	29.1	91.5	36.9	95.6
無 窒 素 区	0	0.563	0.563	—	39.9	35.6	78.6	33.1	25.8	81.1	30.7	79.5
尿 素 区	0.563	0.563	0.563	—	53.7	50.1	110.6	39.2	36.1	113.5	43.1	111.7
分 施 区	0.450	0.563	0.563	0.113	45.9	48.7	107.5	38.9	36.3	114.5	42.5	110.1

備考 1. 分施肥は幼穂形成期に分施

2. 品種「テルニシキ」栽植密度 23 cm × 23 cm

類型よりも有意に低収であるということである。

さらに多収穫的な絶対収量を目標とした場合の土壌類型のもつこの面での生産可能性について考えてみる。現実に全道一の絶対収量（現在まで北海道一の多収穫）をあげた愛別町斎藤氏の水田と、2年連続北海道一の妹背牛町田村氏の水田土壌を第23図によってみると、前者は典型的な腐植の少ない酸化型土壌であり、後者は典型的な腐植の多い泥炭土壌である。

これに筆者の窒素施与による Response と土壌類型の関係を合わせ考察すると、最近の進歩せる稲作技術の段階では、いわゆる窒素的地力を多く有する腐植の多い水田土壌よりも、人為的に水稲の生育に対し適切な応答をなしうる腐植の少ない水田土壌の方が生産性を高める可能性は大きいものと考えられる。

しかしながら、本理論はあくまでも普通栽培条件における（施肥段階 N0→N0.8 kg/a の範囲において）土壌類型、土壌分析（主に化学性）と生産性との関係づけであって、いわゆる多収穫という概念の下での多収との関連については、別に考えねばならないと思う。なぜなら多収穫とは、土壌管理、施肥管理、栽培管理技術等の種々の要因を組み合わせねば求められないものであるからである。

3. 多収穫水田土壌

多収穫というものは特殊なケースであろう。水稲の収量は気候—土壌—品種栽培法の上に組立て

られるもので、これらが総合的に結びついて最高度にその能力が発揮されると、その成果として多収穫が生まれてくるものであろう。

したがって、その中の一要因である土壌の面だけを取上げて水稲の増収に直接結びつけることは難しい。とくに収量のかかなり高いレベルにある多収穫の場合ではなおさらである。

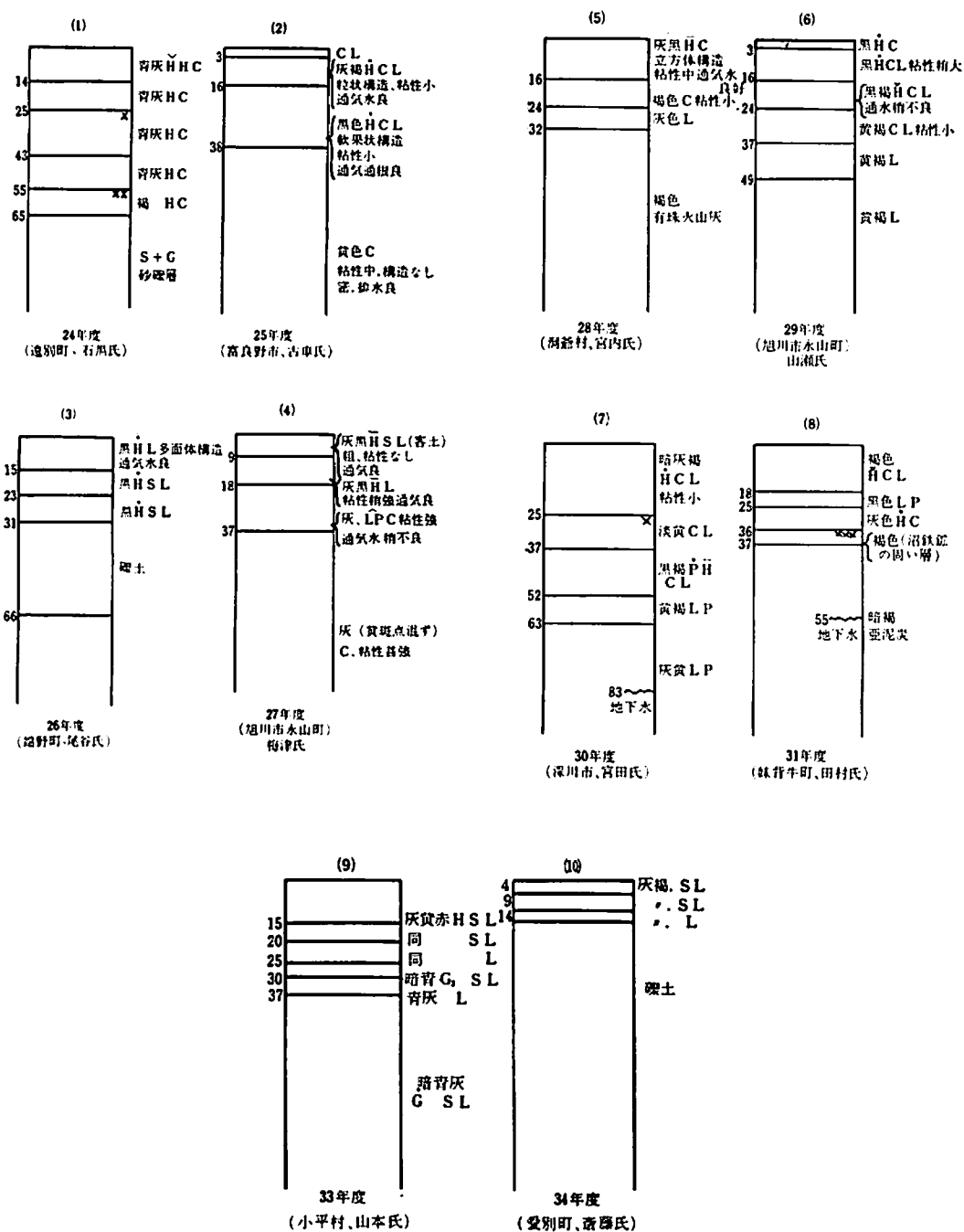
しかしながら、水稲栽培に対して理想的な水田土壌をえがくために、土壌学の立場から検討を加えてみることも必要なことである。

さきに石塚³²⁾が、米作北海道一の水田土壌について次のように述べている。

「多収穫に対するそれぞれの水田土壌の寄与について、最高収量をあげるために必要な水田の定まった型というものがないようである」と。このことを第23図のいろいろな水田の土壌断面形態についてみるとまったくそのとおりであるといわざるを得ない。

要するに、水田土壌をその他の気候、品種、栽培法の3条件にうまく結びつけ、水稲の生育が最高度にその能力を発揮させえた場合にのみ多収穫が得られるもので、高度の応用段階と考えて良いだろう。

水田土壌は一樣でなく、その内容としてはいろいろな観点から、それぞれの長所、欠点を有しているが、これらの長所を生かし、欠点をよりおさえ、少なくしてゆくための改善方策がきわめて重



第 23 図 米作北海道一の水田土壌一覧表³⁷⁾

要であり、高収穫への道であろう。

石塚³⁷⁾も指摘しているように第23図の(1)(2)(3)(4)(5)(6)(9)(10)は無機質水田であり、(7)(8)は有機質水田である。また(2)(3)(4)(5)(6)(10)は酸化型水田であり、(1)(7)(8)(9)は還元型水田である。

またその断面形態もいろいろである。筆者はそれぞれの水田土壌を実際に見ておらず、その物理・化学性の測定もなく、栽培管理、土壌管理の方法等も詳細には知り得ていないので余り多くを述べられないが、それぞれの断面形態と、本論文での知見とから多収穫に対する各土壌類型の土壌管理法および施肥管理法を推論してみると次のようなことが考えられる。

水稲の多収穫に対し、土壌肥料学の立場から考えてみると、水稲の生産に最も大きく関与するのは、窒素の供給の仕方であるから、水稲に対する窒素の供給方法と、水稲根の吸収能の良否に集約できると考える。

窒素の供給方法としては、1つには土壌の窒素の吸着保持を高め、窒素供給を円滑にかつ持続させることであり、他の1つは窒素の追肥等、施肥によりその供給を持続させることである。

また水稲根の吸収能を高めるには、養分吸収のそ害要因を除去することであり、その要因は例えば物理的要因としては下層土の物理的不良性であり(例えば堅密性等)、化学的要因としては主に土壌還元に基づく生育そ害性物質の存在があげられる。

一般に土壌還元によって養分吸収はそ害されるが、排水・中干し等によって、そのそ害作用が軽減されることは多くの研究によって明らかである。また下層土の物理的不良性も深耕・心土耕・心土破碎等の土地改良によって、根の伸長が促進され、養分吸収が高められることも多くの研究者によって明らかにされている。

したがって各土壌類型に対する土壌管理、施肥管理の適切な方法を考えてみると次のようになる。

泥炭土壌では(7)、(8)のように客土・排水が充分になされ、泥炭の分解が促進され、粘土値は客土による粘土の富化と腐植の消耗により高くなり、

窒素施与に対する Response が高まる。

反面排水・中干し等の土壌管理により生育そ害性物質の除去と、酸化の促進により土壌還元にとりもなう養分吸収の低下を防ぐことができ、増収性が高められる。

強グライ土壌では、むしろ排水・中干し等により、生育そ害性物質の除去と酸化を促進することにより根の活性を高め、窒素施与による増収性がさらに高められるものと考ええる。

灰褐色土壌では、土壌条件は酸化的で粘土含量が多く、窒素施与による Response が高いのが一般的であるが、往々にして土壌の物理性の不良な場合がある。例えば(4)はこの物理的不良性を改良し、追肥をやりやすくして増収性を高めているものと考ええる。

黄褐色土壌は、酸化的であるので、むしろ窒素供給の方法に重点をおくべきで、客土によるか、窒素追肥管理によるかが考えられるが、(2)、(6)、(10)、では追肥等による適正な施肥管理によって多収を得ているものと考ええる。

非黒色火山灰土壌でも、客土か窒素追肥等の施肥管理かが考えられるが、(5)ではむしろ客土によって増収性を高めていると考える。

すなわち、多収穫の事例にもみられるとおり、どの土壌類型でも多収は得られるが、各土壌類型の特性によって前記のように最適な土壌管理、施肥管理を行なわなければならないことが推論される。

本多収穫事例は、おそらく前記のような最適な土壌管理、施肥管理が基盤となって稲作が組立てられ多収穫を上げたものと考えられる。

すなわち、土壌類型の特性と生産性との関係の認識は、土壌類型のそれぞれの特性を的確には握し、多収への最適な土壌管理施肥管理法を確立することであると考ええる。

VII 水田土壌類型に対する土地改良

水稲の生育する場となる水田土壌は必ずしも稲の生産には好適ではなく、全国的に見ても、その90%前後は第53表のように不良水田土壌となつて