

開田地の生産力増強に関する研究 (第2報)

土 壤 改 良 の 効 果

中 野 政 行 ・ 印 南 悟 朗 ・ 土 山 豊

Studies on increase of productivity in newly cultivated paddy fields II On the effect of soil improvement.

M. Nakano, G. Innami and Y. Tsuchiyama.

I 緒 言

県北西部では戦後の電力事情の好転に伴って年々開田化が盛んに行われてきたが、昭和35年頃を境とし開田工法に重機械が取入れ開田工事が非常に容易となった。

一方開田も畑地からのものは昭和38年頃で凡そ一段落し、耕地基盤拡大による水稻作経営の安定化の方向で山林からの開田が行われる趨勢にある。

重機械による開田地は土壤圧密が過度に行われ易く、透水性は一般に悪くしばしば赤枯病¹⁾が発生する。また山林開田地は施肥来歴がなく土壤の化学性は著しく不良で生産力が低い。

火山灰土の稲作改良には本谷²⁾、開田地については立谷の詳細な報告があり、漏水防止、磷酸多施の効果が大きいとしているが、筆者からは

山林開田を主な対象とし土壤改良の方策について検討し、現在継続中であるが一応の結果をえたので報告する。

なお本研究の遂行にあたり現地試験を担当された農家の方々、および協力を載いた大田原農業改良普及所、西那須野町役場産業課の方々に感謝の意を表す。

II 開田後の年数と水稻の生育との関係(1961)

1. 試験方法

(i) 供試土壤

那須野ヶ原に広く分布する礫質土壤壤土型(母材は火山灰)…(以下A土壤とする)および黒色土壤壤土火山腐植型…(以下B土壤とする)に属する水田から開田後の年数を異にする作土を供試した。

第1表 供試土壤の化学性

土壤	開田後 年数	PH		Y ₁	T-C (%)	CEC (me)	EX-Base(mr)			NH ₃ -N(mg)		乾土効 果(mg)	有効態 P ₂ O ₅ (mg)	易還元態 MnO (mg)	遊離 Fe ₂ O ₃ (%)
		H ₂ O	KCl				Ca	Mg	K ₂ O	湿润土	風乾土				
A 土 壤	2年	5.60	4.55	0.89	5.83	1.75	9.20	1.00	0.09	2.9	5.6	2.7	1.6	4.6	1.54
	15年	5.70	4.30	0.90	6.75	1.73	8.20	1.00	0.17	2.3	10.6	8.3	8.3	2.0	0.86
	30年	5.60	4.30	1.00	5.64	1.82	8.40	1.60	0.10	3.0	10.5	7.5	1.43	2.0	0.66
B 土 壤	2年	5.35	4.40	2.10	9.96	3.65	7.25	1.10	0.11	3.5	7.5	4.0	0.7	7.4	1.95
	15年	5.50	4.45	1.52	8.89	3.73	9.40	1.12	0.11	5.4	1.27	7.3	4.8	6.0	1.87
	30年	5.45	4.15	1.05	9.93	4.05	12.20	1.40	0.13	2.3	1.55	1.32	8.1	3.7	1.32

(ii) 試験設計

試験規模：1/2000a ポット 2連制

施肥量：元肥 N1g P₂O₅2g K₂O1g

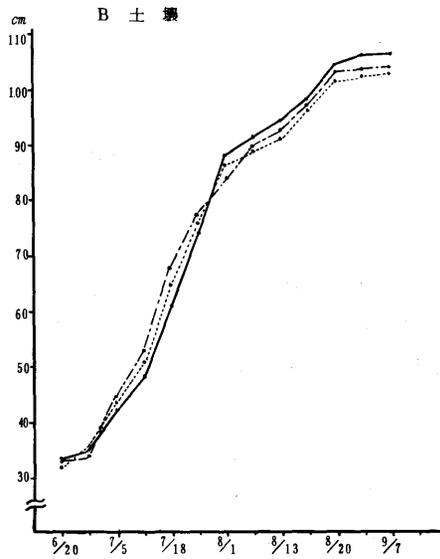
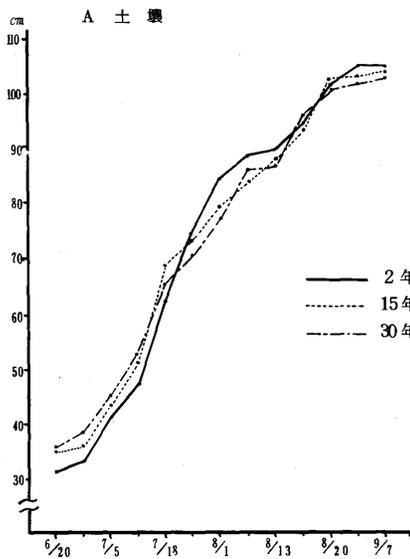
追肥 N'0.2g (7月21日)

供試苗：草丈21.5cm 葉数5.5枚 分けつ1本

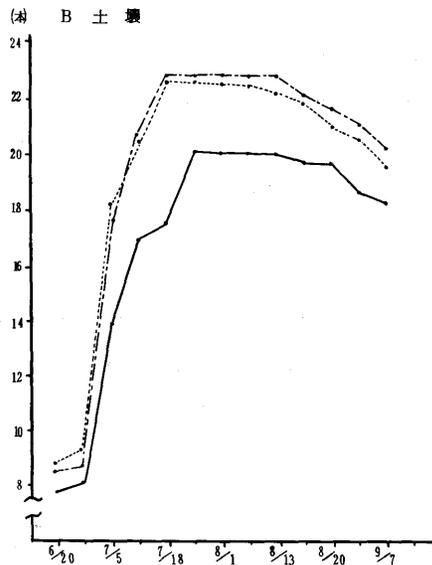
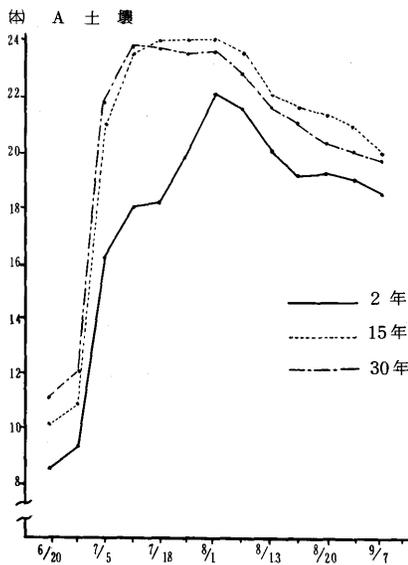
品種：農林29号 ポット当り3株

2本植 6月6日

2. 試験結果



第1図 草丈の推移



第2図 茎数の推移

第2表 収量(鉢当)

土 壤	開田後 年 数	収 穫 期			葉 重 (g)	同 比 (%)	穂 重 (g)	同 比 (%)
		稈長(cm)	穂長(cm)	穂数(本)				
A 土 壤	2年	76.2	21.1	17.7	72.9	100	86.2	100
	15年	74.2	20.7	19.7	81.8	112	94.0	109
	30年	73.5	20.0	19.7	71.2	97	86.8	100
B 土 壤	2年	75.5	19.5	17.7	71.9	100	77.6	100
	15年	74.9	20.0	19.5	82.5	114	87.8	113
	30年	72.0	21.2	19.7	86.2	119	98.6	127

第3表 無機成分含量(分けつ期)

土 壤	開田後 年 数	N (%)	P ₂ O (%)	K ₂ O (%)	SiO ₂ (%)
A 土 壤	2年	3.64	0.34	3.72	7.90
	15年	3.54	0.56	3.77	6.96
	30年	3.53	0.62	4.27	6.50
B 土 壤	2年	3.87	0.29	3.87	7.04
	15年	3.63	0.54	3.84	6.93
	30年	3.91	0.60	4.17	7.67

水稻の生育は第1図、第2図に示すとおりで、両土壤ともに草丈は生育初期に若干ではあるが開田後の年数の古いものが優る傾向を示したが、生育後期は新しいものがよいが差は少ない。莖数は開田後15年、30年の水田では差がみられないが、開田初期の2年目ではA、B両土壤ともに明らかに劣り、最高分けつ期も約1週間～2週間の遅延をしめた。

供試土壤の化学性は施肥来歴等による影響が大きい、開田後の年数経過によって乾土効果および有効態磷酸含量が増加し、マンガン、鉄含量が低下する。

分けつ盛期における無機成分含量は第3表のとおりで、開田後の年数と無機成分との関係では、開田後の年数の古いものほど磷酸含量が高く、水稻の生育相と類似的で、土壤の磷酸肥沃

度の差異が水稻に強く影響したものと考えられる。

A土壤の開田後30年では後期生育が調落的生育をたどったが、土壤の活性鉄含量が少なく、ポット内でも硫化水素の発生がみられ、いわゆる秋落現象を示した。

収量も水稻生育相が反映し、開田後の年数経過とともに収量は高く、開田地の生産力増大には活着、分けつの促進による穂数の早期確保が重要な要因である。

III 堆肥、磷酸、石灰の効果(1963)

1. 試験方法

(i) 試験地土壤

本試験地は那須扇状地のほぼ中央部の西那須野町で、昭和38年に雑木林をブルドーザーを用いて開田した初年月の水田である。

第4表 試験地土壌の理化学性

層位	深さ(cm)	粗砂(%)	細砂(%)	砂合計(%)	シルト(%)	粘土(%)	土性
1	0~20	19.4	35.9	55.3	24.8	19.9	CL
2	20~30	21.8	39.2	60.9	24.5	14.5	L
3	30~45	17.5	39.8	57.8	27.9	14.8	L

層位	P H		Y ₁	T-N (%)	T-C (%)	C/N	C-E-C (me)	EX-Base (mg)		
	H ₂ O	Kcl						CaO	MgO	K ₂ O
1	5.14	4.30	4.75	0.36	5.65	15.6	20.0	56.0	16.1	15.2
2	5.10	4.30	6.60	0.17	2.43	14.4	13.8	28.0	11.5	18.7
3	5.05	4.25	4.55	0.29	4.65	15.7	18.3	30.2	19.4	5.8

磷酸吸収力(mg)	有効態 P ₂ O ₅	NH ₃ -N (mg)		乾土効果 (mg)	遊離 Fe ₂ O ₃
		湿潤土	風乾土		
2,175	tr	4.10	9.66	5.56	2.14
1,828	tr	—	—	—	1.94
2,338	tr	—	—	—	2.28

試験地土壌の理化学性は第4表のとおりで山林開田初年目のため塩基食量が少なく、乾土効果が少ない。磷酸吸収力は火山灰を母材とするため大きく、有効磷酸に乏しい。

(ii) 試験設計

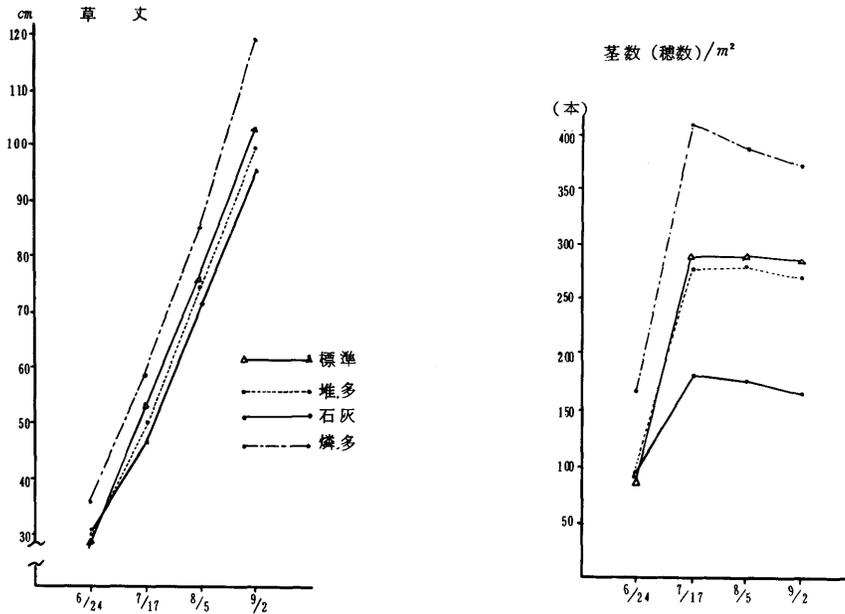
供試作物および品種 : 水稻クサブエ
 試験区面積および連数 : 1区1.25a 1連制
 栽植密度 : 30cm×12cm1株3本植
 田植期 : 6月1日

第5表 試験処理内容

施肥量 処理	元肥 (Kg/a)					穂肥 (Kg/a)	
	堆肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	石灰	N	K ₂ O
標準	100	0.70	1.13	0.70	—	0.11	0.11
堆肥多量	300	0.70	1.13	0.70	—	0.11	0.11
磷酸多量	100	0.70	29.70	0.70	—	0.11	0.11
石灰	100	0.70	1.13	0.70	37.50	0.11	0.11

(注) 磷酸施肥量は磷酸吸収力の10%飽和量を熔磷で施用(磷酸多量区)

2. 試験結果



第3図 草丈および茎数の推移

第6表 収量 (Kg/a)

項目 処理	成熟期			葉重	同比(%)	精粒重	玄米重	同比(%)	籾葉比(%)	千粒重(g)	登熟歩合(%)	1穂平均粒数(%)
	稈長(cm)	穂長(cm)	穂数(m)									
標準	69.8	19.3	165	37.7	100	26.9	23.7	100	71	22.1	70	63
堆肥多量	74.9	19.1	268	45.0	119	39.5	31.2	132	88	22.6	—	—
磷酸多量	94.1	19.2	372	62.3	165	65.3	53.8	227	105	22.7	89	82
石灰	79.9	18.5	285	52.0	135	47.2	39.5	167	91	22.8	81	75

第7表 水稻の無機成分含量(%)

7-1 葉身(7月17日)

処理	項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
標準		3.16	0.17	2.79	0.31	0.23	10.85
堆肥多量		3.34	0.20	2.94	0.31	0.20	11.56
磷酸多量		3.50	0.80	3.20	0.30	0.44	11.61
石灰		3.21	0.33	3.05	0.32	0.24	11.63

7-2 葉しょう(7月17日)

処理項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
標準	1.30	0.14	3.05	0.10	0.17	10.87
堆肥多量	1.42	0.17	2.97	0.09	0.16	9.38
磷酸多量	1.69	1.10	3.50	0.10	0.27	11.48
石灰	1.56	0.30	3.40	0.11	0.18	10.58

7-3 葉身(収穫期)

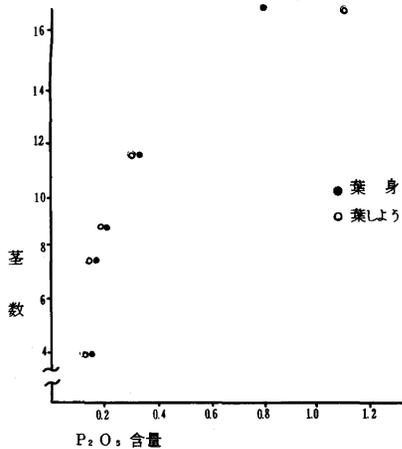
処理項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
標準	1.09	0.08	1.33	0.98	0.32	13.31
堆肥多量	1.42	0.10	1.44	1.12	0.33	13.78
磷酸多量	1.20	0.21	1.15	1.20	0.37	14.41
石灰	1.10	0.11	1.22	1.01	0.32	13.23

7-4 葉しょう+莖(収穫期)

処理項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
標準	0.51	0.05	1.74	0.14	0.20	9.41
堆肥多量	0.58	0.07	1.76	0.17	0.17	8.94
磷酸多量	0.59	0.18	1.57	0.21	0.21	10.16
石灰	0.60	0.08	1.58	0.19	0.19	9.09

7-5 糞

処理項目	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
標準	1.12	0.44	0.12	0.06	0.13	3.29
堆肥多量	1.26	0.46	0.11	0.06	0.13	3.00
磷酸多量	1.17	0.61	0.15	0.05	0.14	3.58
石灰	1.09	0.44	0.12	0.06	0.13	3.11



第4図 水稻の磷酸含量と分けつとの関係(7月17日)

山林を開田した初年目の水田に対し、堆肥、磷酸、石灰等の多量施用が、水稻生育におよぼす影響は第3図のとおりで、初期の活着分けつは磷酸多施が著しく良好で、葉は濃緑色で葉身は広く下垂の程度が大きく非常に生育が旺盛である。これに反し他の各処理区は、葉が暗緑色を呈し葉身が狭く直立し磷酸欠乏特有の生育を示した。

最高分けつ期にいたり、堆肥多量区、石灰区は標準区に比し明かに分けつが多くなったが、いぜんとして磷酸欠乏の症状は消失しない。これに対し磷酸多量区は一層旺盛な生育を示した。

本谷²⁾は水稻の分けつ期には体内の磷酸濃度

は0.45%以上が必要であるとしているが、7月17日の無機成分含量は第7表のとおりで、生育の著しく良好であった磷酸多量区は、窒素、磷酸、加里若土、珪酸の何れも高含量を示し特に磷酸で著しかった。

莖数と水稻の磷酸含量との関係は第4図のとおりであるが、磷酸含量と明かな関係がみられ、他の無機成分の吸収には磷酸含量の増加に伴ふ水稻の旺盛な生育が好影響をおよぼしたものと考えられる。

硫酸根肥料区を別途設けて検討したが終始生育が劣り、生育中期の根相は硫化物による汚染根が多くみられた。このことは開田時の重機械による圧縮のため透水性が悪く、有機物多施を伴ったため硫酸根の還元による硫化物の害があったものと考えられる。

登熟期にいたり磷酸多施以外の各処理区は葉身、葉しようともに黄褐色に変化し、成熟期前に殆んど枯死の状態を呈した。これは登熟に伴ふ磷酸の穂への転流が行われたためであり、これに反し磷酸多量区は成熟期にいたっても生存葉が多い。このことは第7表の収穫期の分析成績でも明かである。

収量も第6表に示すとおり、水稻生育を反映して、磷酸多量区は著しく増収し既存の熟田よりもかなり高い収量を示した。

第8表 湛水期間中のEh₆; Fe⁺⁺

項目	6.24			7.17			8.6			9.3		
	PH	Eh ₆ (mv)	Fe ⁺⁺ (mg)	PH	Eh ₆ (mv)	Fe ⁺⁺ (mg)	PH	Eh ₆ (mv)	Fe ⁺⁺ (mg)	PH	Eh ₆ (mv)	Fe ⁺⁺ (mg)
標準	5.90	143	146	6.35	13	236	6.34	134	240	6.20	136	—
堆肥多量	5.71	88	210	6.35	-24	336	6.28	74	280	6.18	113	—
磷酸多量	7.25	96	345	7.30	-20	528	7.15	11	424	7.18	82	—
石灰	6.84	149	149	6.65	-33	352	6.68	59	312	6.70	105	—

第9表 熔燐添加によるNH₃-Nの消長(30°C, incubate)

日数 項目	7日			14日			21日			28日		
	PH	NH ₃ -N (mg)	添加 効果 (mg)									
無添加	5.60	6.09	—	5.90	7.04	—	6.10	7.17	—	6.40	8.70	—
熔燐5%添加	6.10	7.11	1.02	6.30	9.02	1.98	6.60	8.37	1.20	6.60	9.13	0.43
熔燐10%添加	6.50	7.69	1.60	6.75	9.35	2.91	7.05	9.24	2.07	7.14	10.03	1.33

第10表 跡地の化学性

項目	P H		Y ₁	1N-Kcl可溶 Al ₂ O ₃ (mg)	有効態 P ₂ O ₅ (mg)
	H ₂ O	Kc l			
標準 { 試験前	5.14	430	4.75	3.9	tr
	5.50	4.40	2.57	1.7	tr
試験後	7.30	6.25	0.15	tr	14.3
磷酸多量 石灰	6.50	4.90	0.27	tr	tr

開田地は湛水しても酸化的に経過することを特長とするが、湛水中におけるEh, Fe⁺⁺の経時変化は第8表のとおりで、堆肥、磷酸の多施および石灰施用により還元化が促進され、特に磷酸多施によってFe⁺⁺の生成が促進され、従って後期における酸化の進行が最も緩慢であった。しかしながら水稻根系障害は外見上からは殆んど認めなかった。

本谷²⁾および全国10県で行った磷酸施用量試験⁴⁾からは過石の施用増加に伴って、初期の生育は促進するが、後期調落的生育を示し、窒素の増施を伴う必要があるとしているが、本試験の磷酸多量区は繁茂量が多いにも拘らず終始葉は濃緑色を呈していた。このことは磷酸肥料の種類如何によるものと考え、熔燐添加による土壤窒素の無機化について室内実験を行なった結果が第9表である。これによると明かに窒素の無

機化が促進される。

IV 磷酸施用量(1964~)

1. 試験方法

(i) 試験地土壌

那須野ヶ原のはぼ中央部の西那須野町に試験地を設定した。試験地は昭和39年度に松、潤葉樹の混合林をブルトザーを用いて開田した初年目水田(以下初年目試験地と呼ぶ)と、開畑後約30年を経過した畑を開田し4年を経過した水田(以下4年目試験地と呼ぶ)と、開畑後約30年を経過した畑を開田し10年を経過した水田(以下10年目試験地と呼ぶ)の3ヶ所で同一試験設計で試験を行なった。

第 11 表 試験地土壤の理化学性

試験地名 \ 項目	層位	深さ(m)	粗砂(%)	細砂(%)	砂合計(%)	シルト(%)	粘土(%)	土性	容積重 (仮比重)
初年目試験地	1	0~15	32.7	24.6	57.3	34.0	8.7	L	0.66
	2	15~27	34.5	23.6	58.1	25.3	16.6	CL	—
	3	27~	42.1	24.2	66.3	25.9	7.8	SL	—
4年目試験地	1	0~15	21.8	26.9	48.7	41.7	9.6	L	0.64
	2	15~40	22.5	43.2	65.7	29.3	5.0	FSL	—
	3	40~	13.6	49.9	63.5	28.3	8.2	L	—
10年目試験地	1	0~13	23.7	30.5	54.2	23.9	11.9	L	0.76
	2	13~19	26.8	31.6	58.4	34.2	7.4	L	—
	3	19~	18.5	45.6	64.1	28.4	7.5	L	—

試験地名 \ 項目	層位	PH (H ₂ O)	Y 1	T-N (%)	T-C (%)	C/N	NH ₃ -N(mg)		乾土効果 (mg)
							生土	風乾土	
初年度試験地	1	5.50	5.58	0.41	7.48	18.3	3.1	6.7	3.6
	2	5.55	5.15	0.41	6.87	16.7	—	—	—
	3	5.21	4.08	—	4.47	—	—	—	—
4年目試験地	1	5.65	0.33	0.44	7.00	15.8	6.7	15.9	9.2
	2	5.50	0.60	0.25	4.33	17.3	—	—	—
	3	5.10	4.88	0.13	2.49	18.8	—	—	—
10年目試験地	1	5.70	0.35	0.39	6.48	16.5	6.1	19.1	13.0
	2	5.90	0.18	0.36	5.87	16.3	—	—	—
	3	5.85	0.15	0.15	2.92	20.1	—	—	—

試験地名 \ 項目	層位	CEC (me)	EX-Base(mg)		磷酸 吸収力	有効態 P ₂ O ₅ (mg)	有効態 SiO ₂ (mg)	T-P ₂ O ₅ (%)	遊離 Fe ₂ O ₃ (%)
			CaO	MgO					
初年度試験地	1	14.8	67.3	24.1	2,441	tr	30.4	0.13	1.29
	2	13.9	44.8	9.3	2,358	tr	31.6	0.08	1.23
	3	13.2	34.7	12.4	1,866	tr	35.2	0.10	1.14
4年目試験地	1	18.5	110.9	34.4	2,262	2.8	13.9	0.27	1.42
	2	17.9	117.7	43.7	2,482	tr	34.1	0.10	1.73
	3	19.2	72.9	29.8	1,943	tr	27.4	0.08	1.77
10年目試験地	1	18.5	238.3	21.3	2,084	6.9	18.7	0.48	0.94
	2	19.3	260.7	22.1	2,156	0.9	25.4	0.19	1.54
	3	16.5	199.2	21.1	1,799	tr	29.3	0.12	1.56

3試験地ともに炭素含量6~7%, 磷酸吸収力2.000~2.400で火山灰を母材とする。3試験地は開田前歴, 施肥来歴等によって化学性を異にするが, 特に全磷酸, 有効態磷酸, 乾土効果に差がみられ, 初年目試験地は置換酸度が大きく, 石灰含量が少ないことを特長とする。

(ii) 試験設計

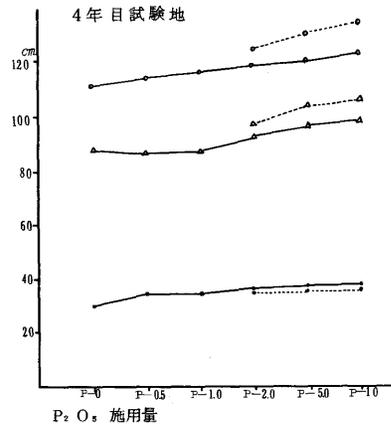
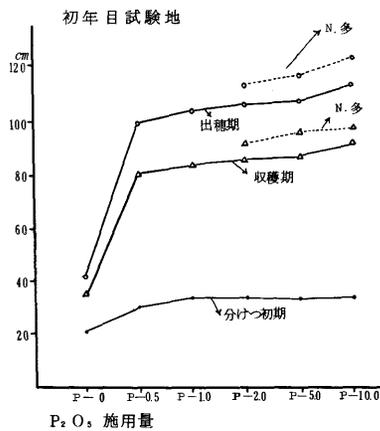
供試作物および品種 : 水稻クサグエ
 試験区面積および連数 : 1区0.6a 2連制
 栽植密度 : 30cm×12cm 1株3本植
 田植 : 初年目試験地 5月20日
 4年目試験地 5月21日
 10年目試験地 5月22日

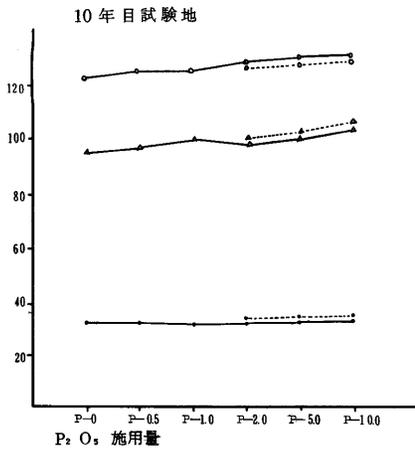
第12表 試験処理内容 (Kg/a)

施肥量 処理	元 肥			肥			追 肥	
	堆 肥	N	K ₂ O	P ₂ O ₅			N	K ₂ O
				初年目	4年目	10年目		
P-0	100	0.6	0.6	0	0	0	0.3	0.15
P-0.5%	〃	〃	〃	1.12	1.02	1.13	〃	〃
P-1.0%	〃	〃	〃	2.24	2.04	2.26	〃	〃
P-2.0%	〃	〃	〃	4.48	4.08	4.52	〃	〃
P-5.0%	〃	〃	〃	11.20	10.14	11.23	〃	〃
P-10.0%	〃	〃	〃	22.39	20.28	22.46	〃	〃
P- 2.0%N-多	〃	0.9	〃	4.48	4.08	4.52	〃	〃
P- 5.0%N-多	〃	〃	〃	11.20	10.14	11.23	〃	〃
P-10.0%N-多	〃	〃	〃	22.39	20.28	22.46	〃	〃

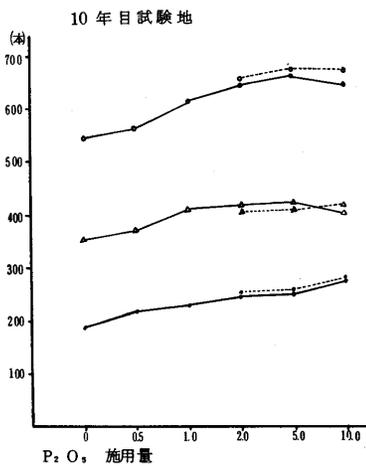
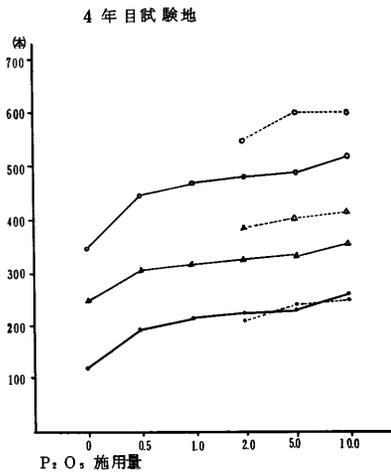
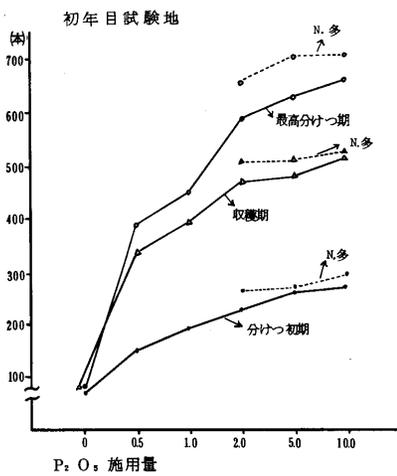
(註) 磷酸施肥量は磷酸吸収力を基準とした, それぞれ飽和量である。土の重量は作土15cmとして算出し溶磷で施用した。

2. 試験結果





第5図 磷酸施用量と草丈との関係



第6図 磷酸施用量と㎡当り茎数(穂数)との関係

第13表 収量 (Kg/a)

初年目試験地

項目 処理	薬重	同比(%)	精粒重	屑粒重	枇重	精玄米 米重	屑米重	精玄米 収量比(%)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
P-0%	12.6	21	2.8	0.07	0.06	1.2	0.9	3	15.3	—
P-0.5%	58.9	100	44.1	0.65	0.67	33.9	3.1	100	22.3	70.1
P-1.0%	67.9	115	54.9	0.40	0.67	41.1	3.7	121	22.4	75.5
P-2.0%	71.7	121	59.6	0.74	0.87	46.2	2.6	136	22.2	84.5
P-5.0%	74.7	127	64.8	0.50	0.87	51.8	2.4	153	22.7	85.9
P-10.0%	78.7	134	60.4	1.59	1.47	50.3	2.7	148	22.7	80.8
P-2.0% N-多	68.3	116	50.6	1.34	1.27	40.4	3.6	119	21.9	71.3
P-5% N-多	72.4	122	56.8	1.73	2.47	43.7	4.1	128	21.8	71.0
P-10.0% N-多	71.0	120	53.0	1.42	2.67	40.1	4.8	118	21.3	71.0

4年目試験地

項目 処理	薬重	同比(%)	精粒重	屑粒重	枇重	精玄米 米重	屑米重	精玄米 収量比(%)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
P-0%	63.9	98	40.7	0.9	0.8	31.3	3.2	85	21.9	73.9
P-0.5%	65.3	100	45.3	0.7	0.6	36.8	2.1	100	22.5	71.8
P-1.0%	72.0	110	51.3	0.4	0.6	40.4	2.8	110	22.4	72.3
P-2.0%	73.1	112	54.5	0.9	0.6	47.6	3.1	129	22.7	73.0
P-5.0%	74.0	113	61.5	0.8	0.8	49.1	3.6	134	22.6	75.0
P-10.0%	77.3	118	62.6	0.5	0.7	54.3	4.0	148	22.8	76.5
P-2.0% N-多	80.5	120	49.0	1.8	1.9	35.5	6.3	96	21.4	60.5
P-5.0% N-多	81.7	125	51.8	1.9	1.2	41.8	5.3	114	21.9	61.5
P-10.0% N-多	91.9	140	56.7	1.4	1.7	39.3	4.7	107	22.1	62.4

磷酸施用量と水稻の生育収量,

磷酸施用量と水稻生育との関係は第5図, 第6図に示すとおりである。

磷酸施用量と莖数の関係は, 初年目試験地で施用量の増加とともに増加し特に磷酸2%までは直線的な増加をたどった。4年目試験地は初年目試験地ほどの増加曲線はみられないが施用量とともに増加を示した。

10年目試験地はさらに施用量の影響は少ない。開田前歴, 開田後の経過年数, 施肥来歴等

を異にする3試験地では山林開田の初年目試験地の磷酸肥沃度が最も低位であるにもかかわらず磷酸2%以上の多施によって穂数が㎡当り, 450~500本を示し磷酸肥沃度では優位にある4年目, 10年目試験地より明かに優った。このことは透水性, 窒素供給力等多くの要因であろうが, 開田地低収の大きな要因の一つである分けつ遅延, 穂数不足などは磷酸多施によって解消できる。

開田初期は大型機械による圧密, 作土の深さ,

透水性の不均一から水稻生育は一般にむら出来が多いが、磷酸5%、10%の多施によって均一な生育を示した。

草丈は莖数ほど磷酸施用量間の差がないが初年目試験地、4年目試験地では施用量の増加とともに各時期とも僅かではあるが高い傾向を示すが、10年目試験地ではあまり差がみられない。3試験地のうちでは初年目試験地が各磷酸施用量とともに終始葉身が短かく、したがって草丈の低いことを特徴とする。

ブルトーザーによる開田初年目水稻にみられる現象として圧密の比較的少ない水田周位は草丈が長いことから透水性の良否も一つの要因であろう。また元肥施用量を5割増とした窒素多量区を設けたが、試験地によって特徴ある生育を示した。

すなわち初年目、4年目試験地では最高分けつ期、成熟期ともに窒素多量区が草丈、莖数ともに優ったが、10年目試験地では殆んど生育差はみられない。初年目、および4年目試験地

は乾土効果が小さいが、10年目試験地は乾土効果が最も大きく、窒素地力が高くしたかつて普通施肥においても比較的多肥条件になったためであろう。

収量調査の結果は第13表に示すとおりで、10年目試験地は台風による影響で殆んど倒伏し収量は攪乱されたので成績は省略したが、生育状況から磷酸施用効果は少ないものと思われる。

初年目、4年目試験地は生育相が反映し、磷酸施用量の増加とともに増収したが増収率は初年目水田で高い。両試験地ともに藁重の増収比よりも玄米重の増収比が高く、登熟歩合が施用量とともに高くなる傾向と一致する。初年目試験地の磷酸10%区は5%区に比し減収したが、台風によって若干倒伏し登熟歩合の低下が起因している。

初年目試験地の無磷酸区の玄米収量は1.2Kg/aで収穫皆無の状態であるが、4年目試験地は、31.3Kg/aで磷酸供給力の差異を示した。

第14表 無機成分含量(%)
生育中期(7/27)
14-1 初年目試験地

項目 処理	葉 身						葉 し よ う					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
P-0	3.09	0.22	3.65	0.09	0.19	11.02	1.50	0.12	4.74	0.05	0.14	11.07
P-0.5%	4.74	0.34	3.90	0.30	0.33	6.51	2.12	0.28	4.68	0.08	0.19	7.04
P-1.0%	5.09	0.47	5.25	0.31	0.48	6.28	2.34	0.31	5.15	0.08	0.24	7.41
P-2.0%	5.35	0.60	5.17	0.33	0.58	7.21	2.34	0.43	5.10	0.09	0.27	7.55
P-5.0%	5.61	0.87	4.90	0.35	0.57	7.62	2.49	0.76	5.23	0.08	0.34	7.97
P-10.0%	5.60	0.90	4.84	0.34	0.54	7.63	2.50	0.76	4.98	0.08	0.36	8.31

14-2 4年目試験地

項目 処理	葉 身						葉 し よ う					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
P-0	4.46	0.35	4.05	0.35	0.33	4.32	1.92	0.19	4.41	0.08	0.19	5.61
P-0.5%	4.59	0.49	4.00	0.36	0.35	3.98	1.96	0.25	4.53	0.08	0.19	5.70
P-1.0%	4.28	0.60	4.08	0.39	0.38	4.47	1.92	0.30	4.32	0.08	0.26	6.04
P-2.0%	4.32	0.69	4.14	0.38	0.38	4.82	1.84	0.31	4.40	0.08	0.26	6.94
P-5.0%	4.24	0.86	4.17	0.37	0.40	5.46	1.82	0.63	4.50	0.09	0.29	7.51
P-10.0%	4.20	0.91	4.04	0.37	0.41	5.90	1.78	0.66	4.52	0.09	0.31	7.89

14-3 10年目試験地

項目 処理	葉 身						葉 し よ う					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
P-0	6.05	0.72	4.31	0.41	0.35	4.63	2.74	0.36	4.93	0.09	0.21	4.93
P-0.5%	4.91	0.87	4.53	0.41	0.36	5.32	2.68	0.43	4.91	0.09	0.24	4.91
P-1.0%	4.64	0.89	4.21	0.40	0.37	6.10	2.47	0.58	4.96	0.10	0.24	4.96
P-2.0%	4.75	0.99	4.24	0.40	0.39	7.07	2.37	0.67	4.65	0.10	0.25	4.65
P-5.0%	4.59	1.06	4.13	0.41	0.40	8.09	2.38	0.80	4.95	0.09	0.27	4.95
P-10.0%	4.69	1.12	4.15	0.39	0.42	8.03	2.47	0.98	4.62	0.09	0.29	4.62

成 熟 期

14-4 初年目試験地

項目 処理	葉 身						葉 し よ う					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
P-0	0.67	0.04	1.47	0.61	0.29	12.53	0.63	0.04	3.70	0.06	0.25	16.86
P-0.5%	0.91	0.05	2.40	0.88	0.35	10.60	0.50	0.06	3.61	0.07	0.26	8.42
P-1.0%	0.89	0.08	2.33	0.93	0.36	10.92	0.50	0.06	3.53	0.07	0.26	8.00
P-2.0%	1.12	0.13	2.56	0.94	0.38	11.55	0.54	0.09	3.70	0.07	0.27	8.05
P-5.0%	1.28	0.23	2.58	0.94	0.38	12.64	0.53	0.16	3.88	0.07	0.28	10.15
P-10.0%	1.38	0.26	2.75	0.95	0.39	13.54	0.54	0.18	3.78	0.07	0.28	10.54

14-5 4年目試験地

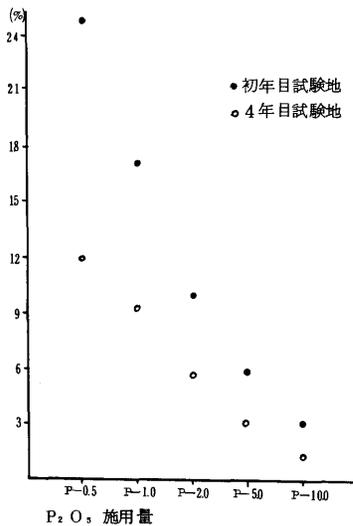
項目 処理	葉 身						葉 し よ う					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
P- 0	1.05	0.19	2.92	0.89	0.34	11.55	0.35	0.16	3.87	0.07	0.23	8.60
P- 0.5%	1.17	0.22	2.84	0.99	0.34	11.53	0.51	0.17	3.82	0.07	0.23	7.68
P- 1.0%	1.25	0.23	2.86	1.00	0.38	12.08	0.53	0.17	4.02	0.07	0.28	9.15
P- 2.0%	1.38	0.25	2.86	0.98	0.38	11.42	0.54	0.19	4.00	0.07	0.28	10.33
P- 5.0%	1.34	0.25	2.86	1.01	0.39	15.98	0.55	0.19	4.20	0.07	0.30	12.76
P-10.0%	1.40	0.26	3.03	1.02	0.39	16.44	0.56	0.20	4.00	0.07	0.31	13.68

14-6 初年目試験地(粃)

項目 処理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
P- 0	1.70	0.20	0.36	0.05	0.27	10.39
P- 0.5%	1.39	0.47	0.31	0.06	0.26	3.12
P- 1.0%	1.39	0.50	0.32	0.06	0.25	3.03
P- 2.0%	1.44	0.81	0.32	0.06	0.27	2.85
P- 5.0%	1.29	0.89	0.34	0.06	0.28	3.21
P-10.0%	1.20	0.96	0.35	0.07	0.28	3.07

14-7 4年目試験地(粃)

項目 処理	粃					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
P- 0	1.19	0.86	0.36	0.05	0.29	2.94
P- 0.5%	1.22	0.90	0.37	0.05	0.30	2.80
P- 1.0%	1.34	0.91	0.35	0.05	0.28	3.03
P- 2.0%	1.39	0.92	0.37	0.05	0.31	3.28
P- 5.0%	1.33	0.93	0.36	0.05	0.28	3.22
P-10.0%	1.38	0.92	0.36	0.05	0.29	3.31



第7図 磷酸施用量と利用率との関係

無機成分

無機成分の吸収は第14表のとおりで、磷酸施用によってそれぞれ特徴的な結果を示した。

(窒素)

生育中期(幼穂形成期)の含量は、初年目試験地で磷酸施用量の増加とともに高い含量を示すが、4年目試験地の5%および10%の多量施用によって含量が低下し、抜取時の水稻葉色を反映した。10年目試験地は磷酸施用量との関係は明かでない。

収穫期の葉は初年目および4年目試験地とも施用量の増加により増加し、したがって吸収量は増加するが、磷酸施用によって土壤窒素の無機化が促進されたためと考えられる。10年目試験地は倒伏したので無機成分の転流が阻害を受けたと考えられるので、収穫期についての考察は以下省略する。4年目試験地の中間期が初年目試験地と逆の結果をみたが、土壤Eh₆の低下から土壤中での窒素代謝が関係したことも

考えられる。窒素多量区は生育中期、成熟期ともに含量は高い。

(磷酸)

生育中期、成熟期の磷酸含量は3試験地ともに磷酸施用量の増加とともに、著しく増加する。施肥来歴の全くない山林開田初年目試験でも、磷酸5%以上の施用で磷酸含量は正常な含量を示した。畑地開田後4年を経過した4年目試験地では2%以上で正常な含量を示し、開田後10年を経過した10年目試験地では無磷酸区でも正常な含量で土壤の蓄積磷酸量に水稻磷酸含量は影響を受ける。

磷酸利用率は第7図のとおりで、磷酸施用量の増加とともに低下し、土壤の蓄積磷酸量が多いと利用率は低下する。

(加里)

加里含量は初年目試験地の無磷酸区が少ない程度で、他は生育期、成熟期とも磷酸施用量の増加と加里含量との関係は明瞭でない。

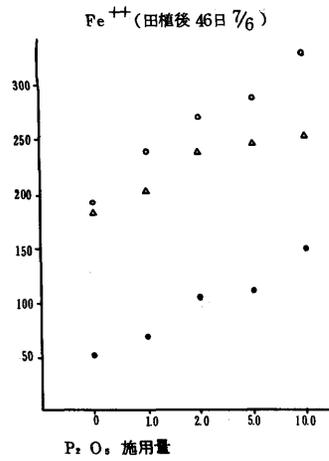
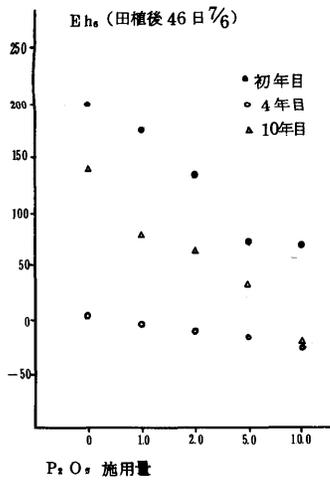
(石灰、苦土)

石灰含量も土壤中の含量の少ない初年目試験地の無磷酸区が少ないほかは、3試験地ともに磷酸施用量との関係は明かでない、熔磷施用と付随して石灰も施用されるが、含量には影響が少ない。苦土は石灰と同様に熔磷施用によって付随して施用され、磷酸施用量の増加と共に増加の傾向を示す。

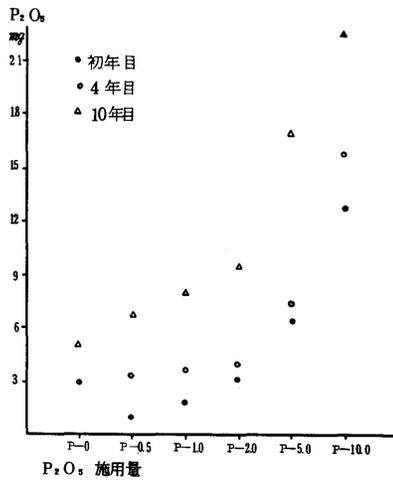
(珪酸)

磷酸施用量と珪酸含量との関係は、3試験地ともに施用量の増加とともに増加し、とくに収穫期で顕著な差がみられ、熔磷中の珪酸は有効に利用される。

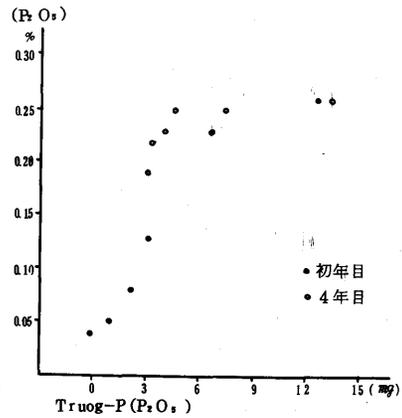
初年目試験地の無磷酸は異常な含量を示すが、生育が著しく悪く従って乾物生産量との関係と考慮される。



第8図 磷酸施用量と Eh_6 , Fe^{++} との関係



第9図 磷酸施用量と土壤の Truog-P との関係



第10図 Truog-Pと水稻葉身の磷酸含量との関係

磷酸施用量と土壤との関係

最も還元化の進んだ7月上旬の Fh_6 , Fe^{++} と、磷酸施用量との関係は第8図、のとおりで、試験地によって還元化の進行程度には差があるが、各試験地とも磷酸施用量の増加とともに還元化は進行し、 Fe^{++} は増加する。

開田初期の水田土壤は一般に酸化的に経過することを特徴とするが、土壤の易分解性有機物含量が少なく、かつ可給態磷酸含量が少ないことが影響する。従って Fh_6 の低下、 Fe^{++} の増大は微生物活性に磷酸が強く影響した結果である。なお磷酸10%の多量施用によって、湛水

中の土壌PHは初年目試験地で6.9, 4年目, 10年目試験地で7.2程度で水稻作に悪影響を及ぼす程度には至らない。

水稻收穫時における置換性石灰および苦土含量は施用量の増加とともに増加し, 有効態磷酸含量は第9図に示すとおり顕著な増加を示し明かに土壌改良の効果がみられる。

收穫期における土壌の有効態磷酸(Truog)と收穫時の水稻葉身の磷酸含量との関係は第10図のとおりである。土壌の有効態磷酸含量と水稻の磷酸含量との間には概ね関係がみられるが, 土壌は澁水によって溶出度が增大するので, 落水時のTruog法は必ずしも有効度を適切にあらわすものとは考えられない。志賀⁵⁾らは水田の可給態磷酸はBray法が適当であるとしているが筆者らも現在検討中である。

V 考 察

従来までの開田は畑地から人力によるものが大部分であったが, 近年は重機械が用いられ, 土壌は圧密を受けしがつて透水性が悪く, しぼしば赤枯病が発生するがこれが発生実態と対策については第1報¹⁾で報告した。

一方畑地開田であっても表土処理等によって下層土が混入し, 水稻は穂数確保が困難で生産力は低い。山林開田地では一層土壌の化学性が悪く低収である。

本報告は開田地の土壌改良対策について, 1962年より試験を開始し現在土壌改良の持続性について検討しているが, 持続効果については第3報で報告する予定である。

開田後の年数と水稻生育との関係を, 火山灰の再堆積と風積の様相の強い2種の火山灰土壌について, 開田後の年数を異にする水田作土を用いポット試験を行った。ポットの条件は全く透水を抑えているため, 実際の水田とは様相を多少異にするがおおよその傾向を示すものと考

えられる。

開田後の年数と水稻の生育は開田初期の水田で両土壌とも分けつが悪く特に生育初期の比較的低温時で著しい。

立谷³⁾も開田後の年数と水稻生育との関係を検討し筆者らとはほぼ同様な結果を得ている。

本谷²⁾は火山灰土水田, 立谷³⁾は開田地の稲作改良に漏水防止, 磷酸増施の効果の著しいことを認めているが, 本県における近年の開田地は例外を除いては一般に水持は過剰で漏水は問題にならない。また山林開田は施肥来歴が全くなく畑地開田に比し土壌は塩基含量が著しく少なく蓄積磷に乏しい。

山林開田地で堆肥, 磷酸多施(磷酸の10%飽和量)石灰の効果を検討したが, 磷酸多施は開田初年目においても熟田に劣らない高収量が得られ, 水稻生育は著しく旺盛となり, 分けつ期の磷酸含量は葉身で0.8%, 葉しようで1.1%, 收穫期の葉身で0.21%, 葉しよう0.18%と高い含量を示した。水稻の磷酸濃度を本谷²⁾は分けつ期の葉身0.45%以上, 伸長期の葉身0.45%~0.3%(P₂O₅)木内, 渡辺⁶⁾は0.25%で分けつ旺盛, 0.25%以下では分けつは緩慢となり, 伸長期で0.4%(P)までは穂数の増加を伴なう, 志賀, 西野⁵⁾は分けつ期で下限は0.44%, 上限は0.6~0.7%(P₂O₅)であるとしている。条件によって多少の差はあるが, 山林開田地でも磷酸多施によって, これら各研究者の基準とした濃度より高めることが出来る。有機物の多施, 石灰施用ではこれら基準より著しく低含量で登熟期の熟色不良も磷酸不足によるものである。

磷酸(熔磷)多施により土壌窒素の無機化が促進されるが, 開田地のような磷酸欠乏土壌では土壌微生物の活性化に磷酸の影響が強いことは当然であり, 土壌反応の変換と微生物活性の

増大が土壤窒素の無機化を促進したものと考えられる。活着、分けつ期等比較的低温時の水稻生育の促進には水溶態としての過石の優位性が考えられるが、透水性の不良な開田地では硫化物の悪影響がみられ、一方では山林開田地の如き土壤の塩基含量が著しく欠乏している現況からは塩基性磷酸肥料が望ましい。

磷酸施用効果は土壤の蓄積²⁾磷に影響を受け蓄積磷の多少は施肥来歴によって異なるので、開田前歴、施肥来歴を異にする近接した3ヶ所について検討を加えた。磷酸吸収力はかなり磷酸を多用した条件下でもそれほど低下しないもので、磷酸吸収力を磷酸施用量の指標とすることには多少の問題を残すと思われるが、磷酸吸収力を指標として施用量を算出した。3試験地は前歴、施肥来歴を異にするが磷酸吸収力には大差がなく、従って施用量は3試験地とも近似的である。

磷酸施用量と水稻の生育収量との関係では施肥来歴の全くない初年目試験地で著しく、次いで4年目試験地で、両試験地とも磷酸吸収力の10%飽和量(P_2O_5 2.0~2.2Kg/a)の多量施用まで増収し、初年目試験地の無磷酸区は1.2Kg/a 4年目試験地は3.1.3Kg/aの玄米収量がえられた。両試験地は無磷酸区で著しい収量差を示すも、磷酸施用量の多いところでは、ほぼ同等の収量がえられ、磷酸が最も強く影響することを意味する。10年目試験地は無磷酸区でも生育はよく、磷酸施用量の増加によって僅かに生育はよくなるが、差は僅少で磷酸施用の効果は少ない。従来の磷酸多施の効果は⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁷⁾窒素増施により更に高くなるが、本試験地では窒素標準施肥においても窒素欠乏の様

相はみられず含量も高く、窒素増設は各試験地とも倒伏した。このことは本試験が漏水が少なく、且つ施用磷酸が塩基性肥料のため土壤窒素の無機化が促進された結果であろう。湛水中の還元促進もこのことを意味するものと考えられる。水稻体内の磷酸含量は初年目試験地で2~5%の施用量で、4年目試験地は1~2%で²⁾⁵⁾⁶⁾ほぼ正常な含量を示すが、生育収量は更に多施の効果が見られる。このことは施用磷酸が熔成磷酸で磷酸以外に珪酸、苦土の含量も高まり、土壤窒素の無機化促進等の相乗効果も考えられる。一方開田地の水稻はマンガン含量が著しく高く、磷酸とマンガン¹⁾との関係もあり更に検討する必要がある。

磷酸施用適量についてはその持続効果を現在検討しているが、その終了をもって論じたい。

VI 要 約

開田地の土壤改良について検討した。

1. 開田後の年数と水稻生育との関係は開田初期で分けつが悪く穂数不足が低収の要因で、蓄積磷の多少が影響する。
2. 山林開田地の土壤改良効果は磷酸多施(磷酸の10%飽和量)が著しく、堆肥、石灰の効果も若干認められる。
3. 磷酸多肥により土壤の還元化は促進され、土壤窒素の無機化も促進される。
4. 磷酸施用量を開田前歴、施肥来歴を異にする、3試験地で検討したが、施肥来歴のない初年目試験地の効果が著しく、次いで4年目試験地、10年目試験地では効果が少なく、施肥来歴によって施用効果は異なる。
5. 磷酸利用率は磷酸施用量の増加とともに減少し、土壤磷の多少によって利用率は異なる。

参 考 文 献

- (1) 中野, 印南, 土山 栃木農試研究報告 11号 1~12P (1967)
- (2) 本谷 東北農試報告 21号 (1960)
- (3) 立谷 新規開田による水田土壌化現象および、福島農試 (1960)
稲作の土壌肥料の改良方策に関する研究
- (4) 火山灰水田に対する磷酸用量試験成績 磷酸肥料研究会 (1963)
- (5) 志賀, 西野 土, 日, 肥講演要旨12集 41 P (1965)
- (6) 木内, 渡辺 土, 日, 肥講演要旨12集 51 P (1965)
- (7) 佐々木, 若生 宮城農試報告 37号 59~88P (1965)
- (8) 菊地他 岩手農試報告 5.6号 57~120P (1963)