

島根県農事試験場

研 究 報 告

第 3 号

昭和 36 年 5 月

中海干拓地土壤に関する研究

村上英行・入沢周作

Bulletin No. 3

May 1961

Studies on the Botton Muds and Polder
Soils of Lake Nakanoumi

by

Hideyuki Murakami and Shusaku Irisawa

島根県農事試験場

(出雲市塩冶町)

Published by

The Shimane Agricultural Experiment Station
Enya-cho, Izumo-shi, Japan

序

中海の干拓並びに淡水化計画が漸く具体化し実施設計の段階となった。3,000ヘクタールの新しい農耕地が生まれ、そこに新しい農業が確立されることは、本県農業の振興に資するところはなほ大なるものがある。

当场においては、農林省の委託により、昭和31年より干拓予定地の土壌調査、栽培試験を実施してきた。本地区土壌の特殊性を明らかにするとともに、学問的にも实际的にも興味ある 2, 3 の結果をえた。

研究は今やその緒についたと言うべきであり、更に今後の研究を必要とし、残された問題も多いと思われるが、取敢えず、現在までの研究結果をとりまとめて報告し、諸賢のご批判を願う次第である。

本報告が中海干拓事業の完成に寄与し、また国内各干拓地営農の参考となれば幸甚である。

本研究の実施並びに結果の報告に際し格別のご高配にあづかった農林省農地局、岡山農地事務局及び島根県農林部中海干拓課の関係各位に深甚なる感謝の意を表する次第である。

昭和 36 年 5 月

島根県農事試験場長

溝 口 徳 三 郎

中海干拓地土壤に関する研究

目 次

第Ⅰ章 緒 論	1
1 中海の概況	1
2 干拓計画	1
3 中海干拓予定地土壤の調査研究	2
第Ⅱ章 土 壤 調 査	2
1 目 的	2
2 調 査 方 法	2
3 結 果 の 概 要	3
第Ⅲ章 埴質中性型土壤における栽培試験	25
1 試 験 の 方 針	25
2 水稻に対する四要素、堆肥の肥効試験	25
3 小麦と大豆に対する四要素、堆肥の肥効試験	27
4 塩害に対する水稻栽培法試験	29
第Ⅳ章 埴質酸性型土壤における栽培試験	34
1 試 験 の 方 針	34
2 試 験 の 方 法	34
3 未酸性土壤の水稻に対する四要素、堆肥の肥効試験	34
4 酸性化土壤の水稻に対する四要素、堆肥の肥効試験	36
5 小麦と大豆に対する四要素、堆肥の肥効試験	37
6 塩害に対する掛流しと暗渠の効果に関する試験	39
7 土壤の酸性化と水稻の栽培に関する試験	41
8 酸性化土壤に対する石灰と灌排水の効果に関する現地試験	47
第Ⅴ章 論 議	48
第Ⅵ章 総 括	51

引 用 文 献

中海干拓地土壤に関する研究

村上英行・入沢周作

STUDIES ON THE BOTTOM MUDS AND POLDER SOILS OF LAKE NAKANOUMI

By

Hideyuki Murakami and Shusaku Irisawa

第I章 緒 論

中海並びに宍道湖は共に島根県の東北部に存在する湖である。中海の一部は隣県鳥取県に属しており、共に宍道地溝帯の主要部分を形成し、両者は大橋川によって連絡されている。

中海、宍道湖の治水あるいは淡水化に関しては、過去において、しばしば計画し検討せられた問題であるが、昭和25年の「国土開発法」の制定に基づき、島根県では昭和26年に隠岐島及び島根半島の一部が「大山、出雲特定地域総合開発計画」の対象地域に編入された。これに伴い県では斐伊川、宍道湖及び中海に関する治水計画を再検討し、これに関連して中海並びに宍道湖の1万haに及ぶ干拓計画が立案されるにいたった。

島根農事試験場では農林省農地局資源課の委託により昭和31年以来、「斐伊川、宍道湖、中海総合開発計画」の第1期工事である中海干拓計画の3千haを中心とする、中海全地域の土壌調査と水稻を対象とし土壌に関する試験研究に従事してきたので、これ等の結果について報告する。

1 中海の概況

中海は宍道地溝帯の東部を占めるわが国第5位の鹹水湖である。北は島根半島により、東は弓ヶ浜の砂洲によつて日本海と隔てられているが、弓ヶ浜の北端には中江瀬戸（境水道）があり、中海と日本海を連絡している。中海の北部には大根島（ 5.06km^2 ）江島（ 0.9km^2 ）の2島があり、西端は大橋川によって宍道湖と連絡しており、周囲約96 km、水面積約102 km^2 である。水深は大部分7 m以内で平均水深は4.06 mである。

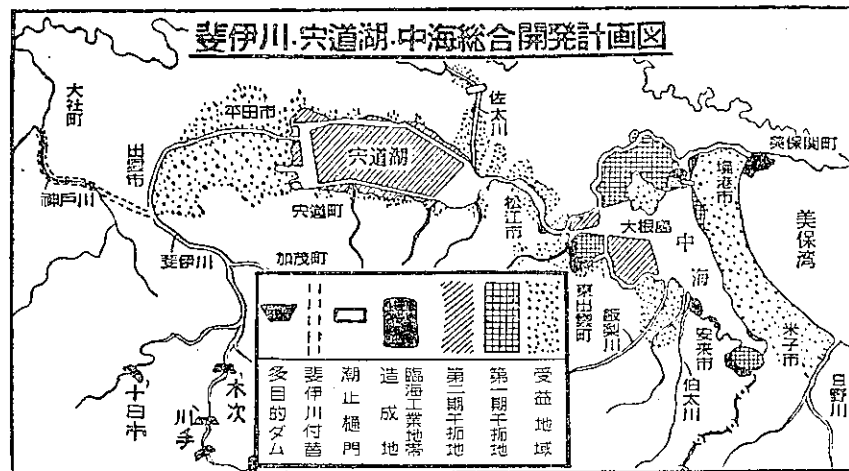
流入河川のおもなものは大橋川、意宇川、飯梨川、伯太川等で何れも南部に流入しており、北部には見るべきものはない。北部の島根半島は第3紀古層の御坂層に属し、南部は上記の河川によって形成された花崗岩、斑岩質の沖積地である。

中海唯一の排水口のある中江瀬戸は流程4 km、幅員200~800 mで、西部は広く東部は狭い。その水深は7 m内外である。宍道湖、中海の水位は外海（日本海）水位と大差がないため、日本海の高潮時には海水の逆流により中海及び宍道湖沿岸の耕地に塩害を与えている。

2 干拓計画

境水道を中江瀬戸付近で締め切って宍道湖、中海を淡水化し、ポンプ排水して干陸するオランダ式の方法で中海内に干拓地を造成する計画がなされている。その第1期工事として第1図に示した本庄地先

第1図 中 海 干 拓 計 画 図



1816ha、掛屋地先 369 ha、安来市島田地先 290 ha、弓浜半島地区 144 ha、合計2619haの干拓計画が立案されている。このような方法で新しい農地を造成すると共に中海の淡水化によって中海、矢道湖沿岸の塩害を解消し、更に用水を供給することを目的としている。

3 中海干拓予定地土壌の調査研究

中海干拓計画立案並びに干拓後の営農の資料とする為に、農林省の委託により、中海干拓予定地の土壌調査及び栽培試験を昭和31年より行なってきた。現地土壌調査は昭和31～33年の3年間で終了し、栽培試験は昭和32年より継続中であり、今後研究すべき問題は多く、更に研究を継続しなければならないが、35年までに得た成績をまとめてここに報告する。

この研究の実施について、研究の方針並びに設計については、入沢、村上が協議決定し、実際の土壌調査、栽培試験、及び本報告の取りまとめは村上が行なった。

この研究を実施するについて、島根県農事試験場溝口徳三郎場長に特別の配慮と激励をいただき、土壌肥料専門技術員松浦章氏に有益なる御指導を戴いた。またこの研究の遂行に農林省農地局資源課係官、岡山農地事務局資源課係官及び現在熊本農地事務局の杉枝官、島根県農林部中海干拓課桜井課長、同課員並びに管井島田干拓事務所長に多大の配慮を戴いたのでここに感謝の意を表する。また研究遂行に当たり原光栄君、小村武志君の熱心なる協力を得ており、金築圭子君に資料の整理等の労を謝すと共に土壌肥料科員諸氏の理解と助力を得た点を記して感謝の意を表する。

第Ⅱ章 土 壌 調 査

1 目 的

干拓予定地の水面下の底土につき、現地における断面調査ならびに室内における分析により、底土の理化学性とその分布を明らかにして土地分類を行ない、更に栽培試験に供試するに適当な底土の採取位置を選定し、干拓後農地としての土壌管理の資料とする。

2 調 査 方 法

a 現地における調査

イ 調 査 地 点

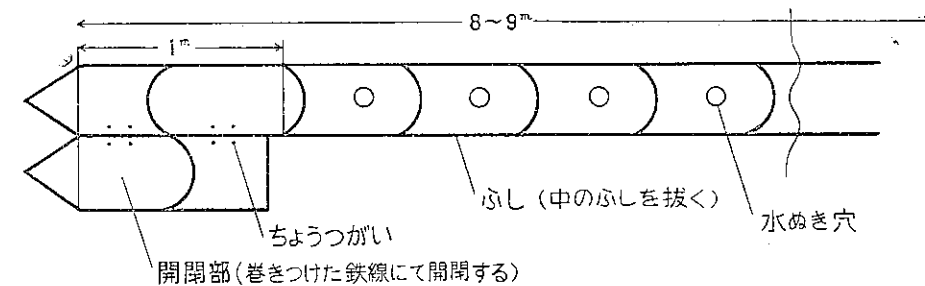
第4図に示す如く 1/25,000 地形図に 500 m 方眼を作成し調査地点を選定し、六分儀と三脚分度器を利

用して調査船を所定の位置に誘導し位置を確認した。なお必要地域については更に細かく調査した。

ロ 採 土

昭和31年度は上面の開口部より一旦採取した土壌の流出を防ぐため落下防止板をつけた「ソイルオーガー」を使用した。32, 33年度は埴壤土～埴土の場合は第2図の如き竹製採土器を使用した。「ソイルオーガー」の場合は採取した土壌の層位が必ずしも正確ではないが、竹製採土器では、土壌の流失もなく、層位も正確であり、水底の粘質土採取には好適であった。

第2図 竹製採土器



ハ 現地における調査

土性、腐植含量は日本農学会の分類に従い、土色は日本土壌協会基準土色帖によった。

b 土 壌 分 析 法

器械分析：現地において判定した他に、数種の試料につき日本農学会の淘汰法と国際土壌学会のピペット法により行なった。後者の場合は塩酸処理し苛性ソーダで分散した。

塩 分：風乾土に5倍の蒸留水を加え1時間往復振盪器で振盪後、ロ液につき Mohr 法で塩素を定量し、風乾土当たりの Cl % で示した。カリウム、ナトリウムは焰光法、マグネシウム、カルシウムは EDTA 滴定法、硫酸はクロム酸バリウム比色法で定量した。

生土の pH：ガラス電極で測定した。土壌対水の比はほぼ 1 対 2.5 となる如くした。

畑状態土壌の pH：生土を徐々に乾燥しほぼ圃場容水量程度になった時シャーレにとり、30°C に 4 週間水分を時々補給しながらインキュベートし、pH を測定した。

全窒素、乾土効果、温度上昇効果：いづれも農業改良局研究部施肥改善資料第8号によった。

置換容量、置換塩基：中性 1 規定酢酸アンモンを用いたが詳細は結果の項に述べる。

FeS 態 S：生土に 6 N HCl を加え、水素ガスを通しながら煮沸し、発生する H₂S を醋酸亜鉛に吸収せしめ沃素滴定を行なった。

FeS₂ 態 S：米田りの用いた方法により FeS₂ + α を求めた。

全炭素：Tyurin の簡易滴定法によった。

3 結 果 の 概 要

現地調査の成績に Cl %, 生土の pH, 畑状態にインキュベートした土壌の pH を付して第1表に示した。

第1表 現地調査結果, pH及び塩素濃度

昭和31年度

地点 番号	水深	層 厚 さ	試 料	土 性	礫	色	腐 植	pH		塩分 Cl%	記 事
								原土	畑土		
84	6.00	1 0~3 ^{cm}	1	S	含(貝殻多)	灰 黄 緑	含む以下	7.9	8.1	0.66	
		2 3~17	2, 3	S	同 上	同 上 稍 青	同 上	7.9	7.9	0.41	
		3 17~50	4, 5	S	含(貝殻稍少)	同	同 上	8.1	8.1	0.40	
85	2.10	1 0~0.3	6, 7	S	含(貝 殻)	帯 緑 暗-黄褐	含む以下	8.1	7.7	0.21	灰黒色斑あり
		2 0.3~30			同 上	灰 黒	同 上				
		3 30~68	8, 9	S	同 上	同 上	同 上	8.1	7.5	0.19	
		4 68~80	10	S	同 上	緑 灰	同 上	7.7	7.9	0.21	
		5 80~	11	S	同 上	緑 灰 淡	同 上	7.7	7.7	0.22	
86	2.50	1 0~0.3	12, 13	S	な し	帯緑-暗 黄 褐	含む以下	7.9	6.8	0.23	貝殻含む
		2 0.3~59		S	な し	暗 茶 灰 緑	同 上				
		3 59~65	14	S	な し	灰 黄 緑	同 上	7.7	6.7	0.27	貝殻なし
		4 65~	15	S	な し	明オリーブ茶	同 上	8.0	7.2	0.26	貝殻多し
87	2.15	1 0~32	21, 22	S	な し	明 緑 灰	含む以下	7.7	6.3	0.22	粘土なし 不能, オーガ
		2 32~	23	S	含 む	暗 緑 灰	同 上	分析資料採取 一よりもれる			
88	4.70	1 0~15	17, 16	S	含	暗 緑 灰	含む以下	8.1	7.5	0.32	貝殻含む
		2 15~35	19, 18	S	含(貝殻含)	灰 黄 緑	同 上	7.9	7.9	0.35	
		3 35~	20	S	含(貝殻多)	淡灰緑 稍 暗	同 上	7.9	8.1	0.32	
77	7.50	1 0~20	38, 39	C	な し	暗 緑 灰	含む以下	7.6	7.9	2.54	
		2 20~	40, 41	C	な し	同 上	同 上	7.8	7.9	1.81	
以下採取不能(水深大なるため)											
78	6.30	1 0~20	42, 43	S	な し	緑 灰	含む以下	7.9	7.8	0.47	貝殻の細片含
		2 20~35	44, 45	S	な し	同 上	同 上	8.3	8.3	0.36	同 上
		3 35~40	46	S	な し	淡 緑 灰	同 上	8.1	8.1	0.36	同 上
79	5.50	1 0~15	47, 48	S	な し	暗 緑 灰	含む以下	7.9	7.7	0.38	
		2 15~30	49	S	な し	同 上	同 上	7.6	8.3	0.41	
		3 30~35	50	S	な し	緑 灰	同 上	7.8	8.1	0.45	
80	3.10	1 0~0.3	34, 35	S	な し	暗 黄 褐	含む以下	8.1	7.5	0.25	
		2 0.3~15		S	な し	灰 黒	同 上				
		3 15~32	36, 37	S	な し	灰 黄 緑	同 上	7.7	7.2	0.32	
81	6.00	1 0~15	24, 25	C	な し	暗 緑 灰	含む以下	7.6	7.6	2.22	
		2 15~80	26, 27	C	な し	淡 灰 緑	同 上	7.5		2.07	
		3 80~	28, 29	C	な し	同 上	同 上	7.6	7.3	2.46	
82	6.00	1 0~10	31	C	な し	緑 灰	含む以下	7.4	8.1	3.07	
		2 10~100	32, 33	C	な し	灰 黄 緑	同 上	7.5	8.6	2.52	
83	3.70	1 0~3	30	S	含	灰味オリーブ茶	含む以下				
		2 以下岩盤									

(4)

71	4.80	1 2	0~0.5 0.5~25	77	S S	な な	し し	暗 同	緑	灰 上	含む以下 同 上	7.6 7.0	0.44	
72	6.50	1 2 3	0~4 4~25 25~	72 73, 74 75, 76	F S L F S L F S L	含 な な	む し し	暗 緑 淡	緑 緑	灰 濃 灰	含む以下 同 上 同 上	7.8 7.9 8.0	8.20.67 7.90.67 8.00.71	貝殻の細片含む
73	6.50	1 2 3	0~7 7~75 75~	67 68, 69 70, 71	C C C	な な な	し し し	暗 緑 灰	緑 青	灰 灰 緑	含む 同 上 同 上	7.8 7.6 7.8	8.01.82 7.81.67 7.61.57	
74	5.80	1 2 3	0~10 10~75 75~	62 63, 64 65, 66	C C C	な な な	し し し	緑 灰 灰	黄 黄 緑	灰 緑 淡	含む 同 上 同 上	7.8 8.1 8.1	7.82.10 8.12.34 8.11.81	
75	5.80	1 2	0~15 15~	51 52, 53	C C	な な	し し	暗 緑	緑	灰 灰	含む 同 上	7.9 8.0	8.21.77 7.61.80	
76	3.0	岩盤の為採取不能												
1	2.60	岩盤の為採取不能												
12	6.00	1 2 3	0~10 10~50 50~120	134 135, 136 137, 138	L F S L F S L	な な な	し し し	緑 灰 同		灰 黄 上	含む以下 同 上 同 上	7.9 8.0 8.1	8.10.81 7.40.81 7.90.81	
67	6.20	1 2 3	0~7 7~25 25~	93 94, 95	C C C	な な な	し し し	緑 灰 同		灰 黄 上	含む 同 上 同 上	7.7 7.8	8.11.85 8.03.66	
68	6.00	1 2 3	0~8 8~75 75~	78 79, 80 81, 82	C C C	な な な	し し し	緑 灰 灰		灰 黄 緑 淡	含む 同 上 同 上	7.8 7.8 7.7	8.02.16 7.21.87 7.81.92	貝殻片含む 同 上 同 上
69	5.00	1 2 3	0~12 12~20 20~45 以下岩盤	54 55 56, 57	S S S	頗 富 富					含む以下 同 上 同 上	8.1 8.3 8.1	8.10.73 8.00.61 8.30.76	
2	4.60	1 2 3	0~15 15~40 40~80	101, 215 102, 216 103	S L S S	富 富 富		緑 灰 同		灰 黄 上	含む以下 同 上 同 上	7.7 7.8 8.1	8.00.67 7.80.52 8.10.37	
13	6.70	1 2 3	0~10 10~35 35~100	230 140, 141 142, 143	C C C	な な な	し し し	灰 同 灰	黄 黄	緑 濃 緑	含む 同 上 同 上	7.6 7.8 7.8	7.91.88 8.01.72 8.01.42	
24	6.50	1 2 3	0~30 30~120 120~	189, 192 190, 191 193, 194	C C C	な な な	し し し	灰 灰 同	黄 黄	緑 明 上	含 同 上 同 上	7.8 7.8 8.0	7.72.19 8.12.12 8.21.77	
62	5.80	1 2 3	0~6 6~65 65~	83 84, 85 86, 87	C C C	な な な	し し し	緑 灰 同		灰 黄 上	含む 同 上 同 上	7.5 7.7 7.6	8.22.37 7.82.03 7.71.77	
63	4.30	岩盤の為採取不能												

(5)

55	5.80	1	0~6	88	C	なし	緑	灰	合	む	7.8	7.7	2.86	貝殻の細片含む
		2	6~73	89, 90	C	なし	灰黄緑	暗	同	上	7.7	7.5	1.90	
		3	73~	91, 92	C	含 (貝殻)	同	上	同	上	7.8	7.9	1.82	
56	4.60	1	0~13	58, 59	S	含	暗灰味	緑オリーブ	灰	合	以下	8.0	7.8	0.39
		2	13~	60, 61	C	含	茶	黄	明	同	上	7.8	7.6	0.64
		以下粘質の堅い層あり採取不能												
3	5.50	1	0~15	104, 217	C	なし	灰味黄緑	緑	灰	合	む	7.8	7.9	1.87
		2	15~30	105, 218	C	なし	灰黄緑	暗	同	上	7.8	7.7	1.61	
		3	30~100	219	C	なし	灰黄緑	暗	同	上	7.7	7.8	1.62	
26	6.50	1	0~15	200, 201	C	なし	緑	灰	濃	合	む	7.7	7.8	2.00
		2	15~50	202, 203	C	なし	緑	灰	濃	同	上	7.8	7.9	1.84
		3	50~100	204	C	なし	同	上	同	上	8.0	8.2	1.80	
25	7.00	1	0~10	195, 196	C	なし	緑	灰	濃	合	む	7.7	8.1	2.23
		2	10~40	197, 198	C	なし	緑	灰	濃	同	上	7.8	7.8	2.03
		3	40~100	199	C	なし	灰青緑	2	同	上	7.9	8.0	1.72	
11	6.10	1	0~15	129	C	なし	淡灰	緑	濃	合	む	7.6	8.1	2.04
		2	15~35	130, 131	C	なし	灰黄緑	濃	同	上	7.8	7.8	1.99	
		3	35~100	132, 133	C	なし	同	上	同	上	7.9	8.0	2.02	
10	5.50	1	0~15	124	C	なし	灰味黄緑	濃	合	む	7.7	8.1	1.90	貝殻含む
		2	15~25	125, 126	C	なし	灰味黄緑	濃	同	上	7.9	7.9	1.95	
		3	25~70	127, 128	S L	貝殻	同	上	同	以下	7.6	8.1	1.03	
14	4.00	1	0~10	144, 145	S	含	暗	緑	灰	合	以下	7.6	6.9	0.52
		2	10~50	146, 147	C	含	明	茶	灰	合	む	7.9	7.5	0.56
18	3.50	1	0~20	163	C	なし	明	緑	灰	合	む	7.7	7.9	2.28
		2	20~50	164, 165	C	なし	同	上	同	上	7.7	8.0	2.42	
		3	50~100	166	C	なし	同	上	同	上	7.7	7.9	1.88	
19	6.70	1	0~20	167	C	なし	緑	灰	合	む	7.8	7.9	2.56	
		2	20~50	168	C	なし	緑	灰	明	同	上	7.9	7.8	2.51
		3	50~130	169, 170	C	なし	灰味オリーブ	茶	灰	同	上	7.7	7.9	2.08
4	5.50	1	0~35	106	C L	なし	灰黄緑	緑	灰	合	以下	7.9	7.8	0.67
		2	35~50	107	L	なし	灰黄緑	濃	同	上	8.3	7.8	0.64	
		3	50~100	108	S L	なし	緑	灰	同	上	8.1	8.4	0.59	
27	7.00	1	0~10	205	C	なし	緑	灰	合	む	7.7	7.8	2.62	
		2	10~50	206	C	なし	灰青緑	2	同	上	7.8	6.5	2.19	
		3	50~100	207, 208, 209	C	なし	同	上	同	上	7.7	7.9	2.00	
9	6.60	1	0~10	120	C	なし	灰	黄	緑	合	む	7.6	8.2	2.44
		2	10~25	121	C	なし	同	上	同	上	7.9	7.5	1.92	
		3	25~90	122, 123	C	なし	同	上	同	上	7.7	7.9	1.81	
23	6.10	1	0~20	185	C	なし	緑	灰	淡	合	む	7.6	7.7	2.42
		2	20~50	186	C	なし	灰	黄	緑	同	上	7.7	7.8	2.12
		3	50~120	187, 188	C	なし	同	上	同	上	7.9	7.9	2.00	

17	6.50	1	0~20	158	C	なし	暗	緑	灰	明	含	む	7.6	8.2	2.22		
		2	20~50	159	C	なし	灰	黄	緑	同	上	7.9					
		3	50~110	160 161 162	C	なし	同			上	同	上	7.8		8.0		
20	6.60	1	0~15	172	C	なし	緑			灰	含	む	7.8	7.9	2.51		
		2	15~60	173	C	なし	灰	黄	緑	濃	同	上	7.8	8.0	2.34		
		3	60~140	174 175	C	なし	灰	黄	緑	同	同	上	7.9	7.9	2.04		
15	5.40	1	0~10	148	C	なし	暗	緑	灰	2	含	む	7.6	8.0	2.39		
		2	10~50	149 150	C	なし	灰	青	緑	同	上	7.9	8.1	1.92			
		3	50~100	151 152	C	なし	同			上	同	上	7.7	1.78			
5	4.00	1	0~30	109 222	C	なし	緑	灰	明	含	む	8.0	7.7	0.87			
		2	30~85	110 223	C	なし	緑		灰	同	上	7.6	8.2	0.64			
		3	85~90	224	C L	なし	緑		灰	同	上	7.8	8.3	0.64			
		4	90~	225	L	なし	灰	黄	緑	同	上	7.9	8.0	0.34			
28	5.80	1	0~10	210 211	C	なし	暗	緑	灰	明	含	む	7.8	7.7	2.40		
		2	10~30	212 213	C	なし	灰	青	緑	2	濃	同	上	8.0	7.6		1.93
		3	30~100	214	C	なし	灰	青	緑	同	同	上	7.8	8.0	1.69		
8	7.00	1	0~20	117 118	L	なし	緑		灰	含	む	7.9	7.2	0.91			
		2	20~50	119	C	なし	灰	黄	緑	同	上	7.8	8.1	2.12			
22	6.60	1	0~15	180	C	なし	緑	灰	濃	含	む	7.7	8.0	2.14			
		2	15~50	181 182	C	なし	緑		灰	同	上	7.7	2.19				
		3	50~100	183 184	C	なし	灰	黄	緑	同	上	7.7	1.95				
16	5.10	1	0~10	153	C	なし	暗	緑	灰	含	む	7.5	7.9	2.12			
		2	10~50	154 155	C	なし	緑		灰	同	上	7.8	8.1	1.31			
		3	50~100	156 157	C	なし	同			上	同	上	7.7	1.40			
21	5.50	1	0~15	176	C	なし	暗	緑	灰	含	む	7.6	7.7	2.54			
		2	15~60	177 178	C	なし	緑		灰	同	上	7.8	8.1	1.83			
		3	60~120	179	C	なし	同			上	同	上	7.6	8.0		1.55	
6	3.50	1	0~50	111 228	C	なし	緑		灰	含	む	7.6	6.0	0.86			
		2	50~90	112 229	L	なし	灰	黄	緑	濃	同	上	7.8	6.4		0.53	
		3	90~	113	C	なし	明	オリーブ	灰	含	以下	7.8	8.1	0.47			
7	3.00	1	0~20	114 226	S L	なし	緑		灰	含	む	7.8	4.9	0.49	貝殻含む		
		2	20~50	115 227	S L	なし	暗	緑	灰	同	上	7.7	5.7	0.50			
		3	50~100	116	S L	なし	灰	黄	緑	同	上	7.6	6.2	0.43			
39	5.00	1	0~8	279	C	なし	暗	緑	灰	含	む	7.6	7.9	2.26			
		2	8~40	280	C	なし	緑		灰	同	上	7.6	7.8	2.23			
		3	40~100	281 282	C	なし	灰	黄	緑	濃	同	上	8.1	7.9		1.98	
29	4.00	1	0~10	231 232	C	なし	暗	緑	灰	含	む	7.6	7.1	1.29			
		2	10~25	233 234	C	なし	緑		灰	同	上	7.7	7.1	1.63			

		3	25~50	235	C	な	し	灰	青	緑	2	同	上	7.9	7.1	1.67	
		4	50~100	236 237	C	な	し	灰	同	緑	上	同	上	7.9	7.8	1.05	
34	3.00	1	0~10	257 258	C	な	し	暗	緑	灰	濃	含	む	7.6	4.9	2.40	
		2	10~50	259 260	C	な	し	緑	灰	明	同	同	上	7.4	5.4	1.38	
		3	50~100	261	C	な	し	同		上	同	同	上	7.4	4.9	1.37	
32	4.40	1	0~30	248 249	C	な	し	暗	緑	灰	濃	含	む	7.8	6.8	2.30	
		2	30~50	250 251	C	な	し	灰	黄	緑	同	同	上	7.9	6.9	1.70	
		3	50~	252	C	な	し	灰	黄	緑	同	同	上	7.7	8.0	1.64	
33	4.30	1	0~2	253	C	な	し	暗	緑	灰	濃	含	む	7.6	7.9	1.74	
		2	2~50	254 255	C	な	し	灰	黄	緑	同	同	上	7.7	7.4	1.55	
		3	50~	256	C	な	し	同		上	同	同	上	7.8	8.1	1.71	
37	3.10	1	0~20	270 271	C	な	し	暗	緑	灰	濃	含	む	7.5	5.5	1.70	
		2	20~40	272 273	C	な	し	緑	灰	同	同	同	上	7.4	6.8	1.50	
		3	40~100	274	C	な	し	緑	灰	濃	同	同	上	7.6	6.3	0.86	
35	2.50	1	0~5	262	C	な	し	暗	緑	灰	濃	含	む	7.5	4.1	1.64	
		2	5~50	263 264	C	な	し	灰	黄	緑	同	同	上	7.7	3.6	1.25	
		3	50~100	265	C	な	し	同		上	同	同	上	7.4	3.9	1.08	
30	3.00	1	0~25	238 239	CL	な	し		黒			含	む	8.0	3.1	1.06	
		2	25~50	240 241	CL	な	し		黒			同	上	7.8	4.3	1.53	
		3	50~100	242	CL	な	し		黒			同	上	7.8	4.8	1.72	
31	3.70	1	0~25	244	CL	な	し	暗	緑	灰	濃	含	む	7.6	6.1	1.27	
		2	25~40	246 247	CL	な	し	暗	緑	灰	同	同	上	7.9	5.3	1.06	
		3	40~100	245	C	な	し	灰	黄	緑	同	同	上	8.0	6.1	1.43	
38	3.40	1	20~35	275 276	L	頗	富	暗	緑	灰	同	含	む	7.7	6.9	0.63	
		2	35~50	277 278	L	同	上	緑		灰	同	同	上	8.0	5.7	0.37	
36	2.80	1	0~5	266	L	頗富(貝殻あり)		緑		灰	同	含	以下	7.7	6.8	0.53	
		2	5~30	267 268	C	な	し	緑	灰	明	同	同	上	7.7	5.4	1.14	
		3	30~100	269	C	な	し	灰味黄緑	稍濃		同	同	上	7.3	5.3	1.08	

昭和32年度

地点 番号	水深	層	厚さ	試料	土性	礫	色	pH		塩分 cl%	記	事
								原土	畑土			
B 13	7.60	1	0~30	192	S	有	暗い茶灰	7.60	8.20	0.43		
D 13	4.00	1	0~3	189, 190	S	なし	暗い灰	3.60	4.84	0.15		
		2	3~35	191	S	〃	茶灰 1	5.70		0.20		
H 13	3.90	1	0~3	176, 177	SL	なし	暗い茶灰	4.70	3.26	0.38		
		2	3~15		SL	〃	灰味オリブ茶灰					
		3	15~70	178, 179	S	〃	〃	3.85	3.56	0.30		

H 15	3.20	1	0~3	180, 181	S	なし	暗い灰	6.60	3.04	0.23		
		2	3~15		SL	〃	茶灰 5					
		3	15~34	182, 183	S	〃	暗い茶灰 6	7.00		0.20		
		4	34~	184	S	〃	茶灰 稍明	3.20		0.25		
H 16	1.50	1	0~25	185, 186	S	含む	茶灰 2	3.55	3.78	0.13		
		2	25~40	187, 188	S	〃	茶灰 3	6.80		0.14		
H 17	2.80	1	0~30	24, 25, 26	S	なし		7.85	5.60	0.13		
		2	30~40	27	S	〃		8.00	5.60			
J 11	岩盤											
J 13	7.50	1	0~21	193, 194	C	なし	茶灰味オリブ茶 黒茶 2	7.90	6.09	4.97		
		2	21~43	195, 196	C	〃	灰味稍暗	7.40	5.40	2.80		
		3	43~80	197, 198	C	〃	灰味淡黄茶 2	8.00		2.94		
J 15	4.90	1	0~15	199, 200	S	なし	暗い茶灰 8	6.90	5.51	0.36		
		2	15~40	201, 202	S	含む	灰味淡黄茶 2	7.50	7.15	0.36		
J 17	3.50	1	0~25	20, 21	S	なし	茶灰 1	7.45	3.53	0.25	黒色斑 1~2 cm	
		2	25~50	22, 23	S	〃	〃	5.40		0.20		
L 17	6.00	1	0~16	212, 213	SL	なし	緑味灰稍暗	7.45	7.51	0.43		
		2	16~35	214	S	有	〃	7.60		0.35	35cm以下貝殻層	
L 15	7.70	1	0~23	207, 208	C	なし	暗い灰	7.70	5.50	4.34	貝殻含む	
		2	23~50	209, 210	C	〃	茶灰 2 稍緑	7.70	6.71	2.45	貝殻細片含む	
		5	50~	211	C	〃	茶灰 2	7.30		2.79	同上	
L 13		1	0~21	203, 204	C	なし	暗い茶灰 5	7.60	7.22	4.07	貝殻含む	
		2	21~52	205	C	〃	灰味オリブ茶灰	7.60	7.29	2.99		
		3	52~70	206	C	〃	〃	7.70		3.16		
L 11	4.50	1	0~12	28	SL	含む	暗い緑味灰		7.86	0.42	貝殻細片	
		2	12~50	30	S	〃	にぶい緑味青			0.34	貝殻多量	
L 9		1	0~9	32, 33	CL	なし	暗い茶灰 2		3.85	1.04		
		2	9~70	34, 35	CL	〃	灰味黄茶 9		2.55	0.72		
		3	70~78	36	SL	〃	暗い緑味灰			0.27		
		4	78~83	37	C	有	灰味オリブ灰	6.30				
L 7	4.70	1	0~2	273, 274	SL	含む	暗い茶灰 1	7.70	7.96	1.06	貝殻含む	
		2	2~		岩	盤						
N 3	5.20	1	0~8	72	C	なし	暗い緑味灰		7.94	2.44		
		2	8~35	73, 74	C	〃	灰味黄緑, 稍濃	7.65	7.87	1.83	貝殻含む	
		3	35~100	75, 76	C	〃	灰味黄緑	7.70		1.85	貝殻含む	
N 5	6.70	1	0~2		C	なし	暗い黄茶 9					
		2	2~19	78, 79	C	〃	暗い緑味灰	7.80	7.96	3.26	貝殻含む	
		3	19~50	80, 81	C	〃	灰味黄緑, 稍暗	7.80	8.03	2.32		
		4	50~100	82	C	〃	〃	7.70		2.75		

N 7	6.60	1	0~10	83, 84	C	なし	暗い緑味灰	7.70	7.92	3.46	貝殻含む 貝殻含む
		2	10~65	85, 86	C	〃	灰味黄緑稍暗	7.55	8.03	2.63	
		3	65~100	87	C	〃	〃	7.50		2.54	
N 9	6.90	1	0~18	88, 89	C	なし	暗い茶灰 5	7.80	7.60	2.18	貝殻有 同上 同上
		2	18~57	90, 91	C	〃	緑味灰稍薄	7.60		2.44	
		3	57~100	92, 93	C	〃	緑味オリーブ茶灰	7.50		3.07	
N 11	7.70	1	0~15	94, 95	C	なし	暗い緑味灰	8.20	6.89	3.82	貝殻含む
		2	15~50	96, 97	C	〃	灰味黄緑稍暗	7.55	7.89		
		3	50~100	98	C	〃	〃	7.45		3.07	
N 13	7.70	1	0~20	99, 100	C	なし	暗い灰	7.50	5.95	4.33	
		2	20~55	101, 102	C	〃	茶灰 1	7.30	7.50	2.84	
		3	55~80	103	C	〃	灰味オリーブ茶灰	7.35		2.86	
N 15	8.00	1	0~25	104, 105	C	なし	暗い灰稍暗	7.80	5.60	2.42	
		2	25~55	106, 107	C	〃	緑味灰	7.80	7.33	2.44	
		3	55~80	108	C	〃	茶灰 1	7.60		2.66	
N 17	8.30	1	0~31	109, 110	C	なし	暗い灰, 稍暗	7.75	5.10	3.92	
		2	31~60	111, 112	C	〃	緑味灰	7.80	5.80	3.89	
		3	60~80	113	C	〃	〃 稍薄	7.50		2.41	
N 19	8.50	1	0~20	114, 115	C	なし	暗い灰稍暗	7.65	4.50	4.49	
		2	20~55	116, 117	C	〃	緑味灰	7.80	6.00	2.39	
		3	55~85	118	C	〃	灰味オリーブ茶灰	7.65		2.61	
N 20	2.50	1	0~5	119	S	なし	茶 黒	7.55	5.86	0.11	
		2	5~30	120, 121	S	〃	茶灰 2	8.00		0.13	
P 23	2.80	1	0~14	215, 216	S	なし	暗い茶灰 2	5.50	3.60	0.29	
		2	14~35	217, 218	S	〃	茶灰 3	3.55		0.32	
P 21	8.00	1	0~9	219	C	なし	暗い黄茶 10	7.45	7.12	4.09	
		2	9~46	220, 221	C	〃	茶灰 2 稍緑	7.30		2.65	
		3	46~71	222, 223	C	〃	茶灰 3 稍暗	7.80		2.52	
P 19		1	0~21	360, 361	C	なし	暗い灰	7.60	4.65	3.37	
		2	21~45	362	C	〃	茶灰 1		5.30	2.51	
		3	45~88	363	C	〃	茶灰 2	7.75		2.12	
P 17	7.60	1	0~21	296, 297	C	なし	暗い灰	7.90	6.00	3.77	
		2	21~47	298, 299	C	〃	茶灰 1	7.60	7.54	2.48	
		3	47~100	300	C	〃	茶灰 2 稍暗	7.90		2.45	
P 15	7.00	1	0~20	301, 302	C	なし	暗い黄茶 10	7.70		3.31	
		2	20~45	303, 304	C	〃	暗い茶灰 6	8.10	7.50	2.71	
		3	45~100	305	C	〃	茶灰 1	7.95	7.15	2.72	
P 13	7.10	1	0~7	248	C	なし	暗い灰		7.33	3.03	硫化水素臭 全層貝殻有
		2	7~55	249, 250	C	〃	茶灰 3 稍緑	7.80	7.86	2.30	
		3	55~100	251	C	〃	茶灰 2	7.70		2.61	

P 11	7.00	1	0~7	244	C	なし	暗い灰	7.90	7.86	3.35	全層貝殻有 全層硫化水 素臭
		2	7~60	245, 246	C	〃	暗灰 3 稍緑	7.80	8.00	3.00	
		3	60~100	247	C	〃	灰味オリーブ茶灰			2.80	
P 9	7.00	1	0~15	170, 171	C	なし	暗い灰		7.82	3.32	
		2	15~50	172, 173	C	〃	灰味オリーブ茶灰		8.03	2.71	
		3	50~90	174, 175	C	〃	〃			2.46	
P 7	6.90	1	0~2		C	なし	暗い黄茶 9				
		2	2~13	165, 166	C	〃	暗い灰	8.00	7.89	3.65	
		3	13~45	167, 168	C	〃	茶灰 3	7.80	7.97	2.30	
		4	45~100	169	C	〃	〃	7.90		2.13	
P 5	6.00	1	0~2		C	なし	灰味黄灰 6				
		2	2~24	144, 145	C	〃	暗い緑味灰	7.60	8.03	2.81	
		3	24~57	146, 147	C	〃	灰味オリーブ茶灰	7.60	8.03	2.14	
		4	57~100	148	C	〃	〃	7.60		2.37	
P 3	5.10	1	0~7	139	C	なし	緑味灰稍暗	7.80	7.95		
		2	7~50	140, 141	C	〃	灰味オリーブ茶灰	7.50	7.68	2.12	
		3	50~100	142, 143	C	〃	〃	8.00		1.84	
P 1	3.50	1	0~8	122	C	なし	暗い茶灰 3		6.60	1.32	
		2	8~60	123, 124	C	〃	灰味黄緑		6.00	1.13	
		3	60~90	125, 126	C	〃	〃 稍暗	7.50		1.22	
R 1	3.40	1	0~4		C	なし	茶灰 1 稍暗		5.90	0.63	
		2	4~21	127, 128	C	〃	暗い灰	8.10	4.66	1.25	
		3	21~35	129, 130	L	含む	暗い茶灰 1	7.50		1.13	
		4	35~80	131, 132	C	なし	灰味オリーブ茶灰	7.60			
R 3	4.50	1	0~2		C	なし	茶灰 1 稍暗				
		2	2~24	133, 134	C	〃	緑味灰稍暗	8.10	5.90	1.82	
		3	24~52	135, 136	C	〃	〃 稍淡	7.60	7.19	2.61	
		4	52~100	137, 138	C	〃	灰味黄緑	7.60		1.79	
R 5	5.80	1	0~6	149	C	なし	暗い緑味灰	7.50	6.68	3.20	
		2	6~26	150, 151	C	〃	緑味灰	7.70	8.00	2.76	
		3	26~55	152, 153	C	〃	灰味オリーブ茶灰	7.55		2.16	
		4	55~100	154	C	〃	〃	7.80		1.98	
R 7	6.50	1	0~7	160	C	なし	暗い灰	7.90		3.27	
		2	7~50	161, 162	C	〃	灰味オリーブ茶灰	7.70	7.98	2.33	
		3	50~100	163, 164	C	〃	茶灰 2	7.80		2.23	
R 9	6.70	1	0~6	224	C	なし	暗い灰	7.60	7.98	3.52	全層貝殻含む 全層硫化水素 臭あり
		2	6~60	225, 226	C	〃	緑味黄緑 稍明	7.70	8.03	2.46	
		3	60~100	227, 228	C	〃	緑味黄灰			2.22	
R 11	6.70	1	0~10	239	C	なし	暗い灰	7.80	7.87	3.40	全層貝殻有 硫化水素臭 同上
		2	10~50	240, 241	C	〃	茶灰 3 稍緑	7.80	7.92	2.49	
		3	50~100	242, 243	C	〃	灰味オリーブ 灰稍緑	8.00		2.51	

R 13	6.50	1	0~7	252	C	なし	暗い黄茶 10	7.75	2.69	全層貝殻有
		2	7~56	253, 254	C	〃	茶灰 1 稍 緑	7.80	2.65	
		3	56~100	255, 256	C	〃	茶灰 2 〃	7.70	2.46	硫化水素臭
R 15	6.60	1	0~22	267	C	なし	暗い灰	※3.50	6.58	全層貝殻含む
		2	22~53	268, 269	C	〃	茶灰 1	7.80	6.00	※33年5月測定
		3	53~59	270	C	〃	灰味茶 1	7.40	1.61	
		4	59~100	271, 272	C	〃	灰味オリブ茶 1	7.70	2.50	
R 17	6.70	1	0~30	291, 292	C	なし	黒	7.90	4.97	
		2	30~60	293, 294	C	〃	茶灰 1 稍 緑	7.90	6.10	
		3	60~100	295	C	〃	茶灰 2 〃	7.80		
R 19		1	0~17	354, 355	C	なし	暗い灰	8.00	6.30	
		2	17~54	356, 357	C	〃	暗い茶灰 8	7.82	6.27	
		3	54~91	358	C	〃	茶灰 1		1.91	
R 21		1	0~4	347	C	なし	暗い黄茶 10	7.30	7.80	
		2	4~28	348, 349	C	〃	茶灰 1	7.50	7.93	
		3	28~85	350, 351, 352	C	〃	茶灰 3 稍 濃	7.80		
		4	85~100	353	C	〃	暗い茶灰 1	6.90	1.61	
R 23		1	0~7	343	C	なし	暗い灰	7.50	7.81	
		2	7~74	344, 345	C	〃	灰味オリブ茶灰	7.50	5.30	
		3	74~100	346	C	〃	茶灰 2 稍 緑	7.80	2.53	
T 27	2.00	1	0~5	324	S	なし	暗い黄茶 10	7.60	6.40	0.32
		2	5~50	325, 326	S	〃	灰味オリブ茶灰	8.00	6.73	0.23
T 25							前地点に同じ			
T 23	7.00	1	0~4	332	C	なし	暗い灰	7.10	7.68	全層貝殻含む
		2	4~60	333, 334	C	〃	灰味オリブ茶灰	7.73	5.12	2.24
		3	60~100	335, 336	C	〃	茶灰 2 稍 緑	7.80		2.23 薄い腐植層あり
T 21		1	0~31	337, 338	C	なし	暗い灰	7.70	5.75	3.12
		2	31~67	339, 340	C	〃	緑味灰	7.75	6.75	1.74
		3	67~90	341, 342	C	〃	灰味オリブ茶 灰稍濃	7.90		1.57
T 15	5.60	1	0~17	262	C	なし	暗い黄茶 10	7.20	4.60	2.13
		2	17~70	263, 264	C	〃	暗い茶灰 1	7.70	5.08	1.23
		3	70~74		C	含む	茶灰 3			
		4	74~92	265	C	なし	暗い茶灰 1	7.90		1.37 薄い植物遺体層
		5	92~100	266	C	〃	茶灰 1	7.80		1.44
T 11	6.40	1	0~7	234	C	なし	暗い灰	7.80	7.94	2.99 全層貝殻有
		2	7~55	235, 236	C	〃	灰味オリブ茶灰	7.45	7.96	2.44
		3	55~100	237, 238	C	〃	〃 稍 緑	7.70		2.44 硫化水素臭
T 9	5.40	1	0~7	229	C	なし	暗い灰	7.60	8.00	3.28 全層貝殻含む
		2	7~60	230, 231	C	〃	茶灰 3 稍 緑	7.60	8.00	2.40 硫化水素臭
		3	60~100	232, 233	C	〃	灰味オリブ茶灰	7.40		2.13 同上

T 7	5.50	1	0~9	155	C	なし	暗い緑味灰	7.80	7.82	2.59
		2	9~50	156, 157	C	〃	緑味灰 稍 淡	7.90	8.00	1.84
		3	50~100	158, 159	C	〃	〃	7.95		1.76
V 9	5.60	1	0~2		C	なし	暗い緑味灰			
		2	2~9	1, 2	C	〃	茶灰 1	7.65	7.82	2.39 貝殻を含む
		3	9~100	3, 4	C	〃	茶灰 2	7.40	7.77	2.26 〃
V 11	5.50	1	0~2		C	なし	暗い緑味灰稍濃			
		2	2~30	5, 6	C	〃	灰味黄緑—緑味灰	7.60	7.56	2.01
		3	30~70	7, 8	C	〃	灰味黄緑	7.60	7.89	1.74
		4	70~100	9, 10	C	〃	〃	7.60		2.17
V 13	1.30	1	0~10	11, 12	S	有り	茶灰 1	4.65	2.61	0.21 黒色斑あり1~5cm
		2	10~40	13, 14	S L	含む	灰味オリブ茶灰	5.30	2.85	0.22
		3	40~	15, 16	S	頗富	茶灰 3	3.60	7.86	0.20
V 23		1	0~18	38, 39	C	なし	暗い緑味灰稍濃	7.80	5.10	
		2	18~45	40, 41	C	〃	緑味灰	7.70	7.29	
		3	45~100	42, 43	C	〃	茶灰 1	7.60		
V 25	6.50	1	0~8	327	C	なし	暗い灰	7.90	5.70	4.21 硫化水素臭強
		2	8~48	328, 329	C	〃	緑味灰	8.00	7.49	3.05 〃 あり
		3	48~88	330, 331	C	〃	茶灰 1	7.90		2.70 〃 あり
V 29	4.90	1	0~15	314, 315	C	なし	暗い茶灰	7.95	3.01	3.16
		2	15~66	316, 317	C	〃	茶灰 1	8.00	3.45	2.06
		3	66~100	318	C	〃	灰味オリブ茶 灰稍緑	7.90		1.75
X 27	3.30	1	0~5	319	C	なし	暗い茶灰	6.20		
		2	5~58	320, 321	C	〃	灰味黄緑 10	5.20	6.98	1.62
		3	58~100	322, 323	C	〃	暗い茶灰	7.30	5.40	1.58 下部に貝殻含む
X 29	5.00	1	0~2		C	なし	茶灰 黒			
		2	2~49	310, 311	C	〃	灰味オリブ茶 灰稍緑	7.75	6.23	2.33
		3	49~100	312, 313	C	〃	暗い茶灰	7.40	7.89	1.76
X 31	4.30	1	0~2		C	なし	黒			
		2	2~45	306, 307	C	〃	茶灰 1	7.70	5.15	2.47
		3	45~100	308, 309	C	〃	茶灰 6	7.60	8.00	2.06 下部に貝殻含む
X 33	3.50	1	0~20	66, 67	C	なし	暗い緑味灰	7.45	3.95	3.74 貝殻あり
		2	20~45	68, 69	C	〃	緑味灰	7.65	5.10	
		3	45~90	70, 71	C	〃	茶灰 1	7.40		2.33
Z 33	3.40	1	0~6	61	C	なし	暗い緑味灰	7.60	4.50	
		2	6~70	62, 63	C	〃	茶灰 1	7.20	3.60	
		3	70~100	64, 65	C	〃	暗い茶灰 2	7.25		
Z 31	3.30	1	0~16	55, 56	C	なし	暗い灰	7.25	4.40	
		2	16~26	57, 58	C	〃	灰味オリブ茶灰	5.10	3.20	2.15
		3	26~77	59	C	〃	〃	5.50		2.40
		4	77~100	60	C	〃	暗い茶灰 1	6.90		2.03 貝殻含む

b 31	2.90	1	0~10	49, 50	C	なし	暗い灰	7.70	4.90	2.26	貝殻あり 黒色柱状斑2~3cm 1.92 1.84 貝殻全層を含む
		2	10~28	51, 52	C	〃	灰味黄茶	10	6.40	3.10	
		3	28~55	53	C	〃	灰味黄茶	稍濃	7.00		
		4	55~100	54	C	〃	暗い茶灰	2	5.05		
b 33	2.90	1	0~8	44	C	なし	暗い灰	7.30	4.00		貝殻あり 2.04 2.03
		2	8~45	45, 46	C	〃	茶灰	1	5.95	2.90	
		3	45~100	47, 48	C	〃	〃		7.10		
S 16	5.50	1	0~27	287	C	なし	暗い灰(灰黒1)		3.01	2.39	植物遺体認め 同上 1.17 1.19 1.16
		2	27~45	288	L	有	暗い灰(灰黒1)		7.20	4.13	
		3	45~72	289	C	なし	茶灰	1	7.35		
		4	72~87	290	C	〃	緑味灰		7.70		
T 13	6.50	1	0~4	257	C	なし	暗い灰	6.80	7.99		1.73 2.22
		2	4~46	258, 259	C	〃	緑味灰		7.65	7.80	
		3	40~100	260, 261	C	〃	茶灰 2 やや緑味		7.80	8.00	

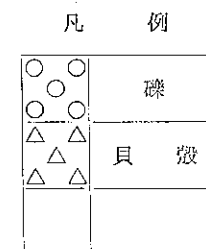
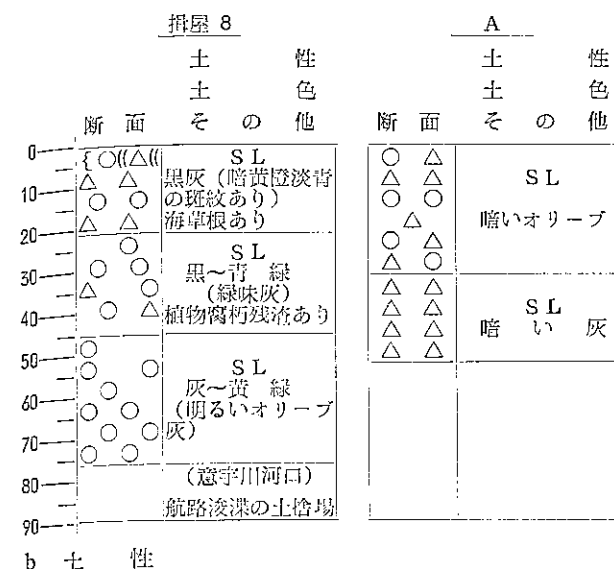
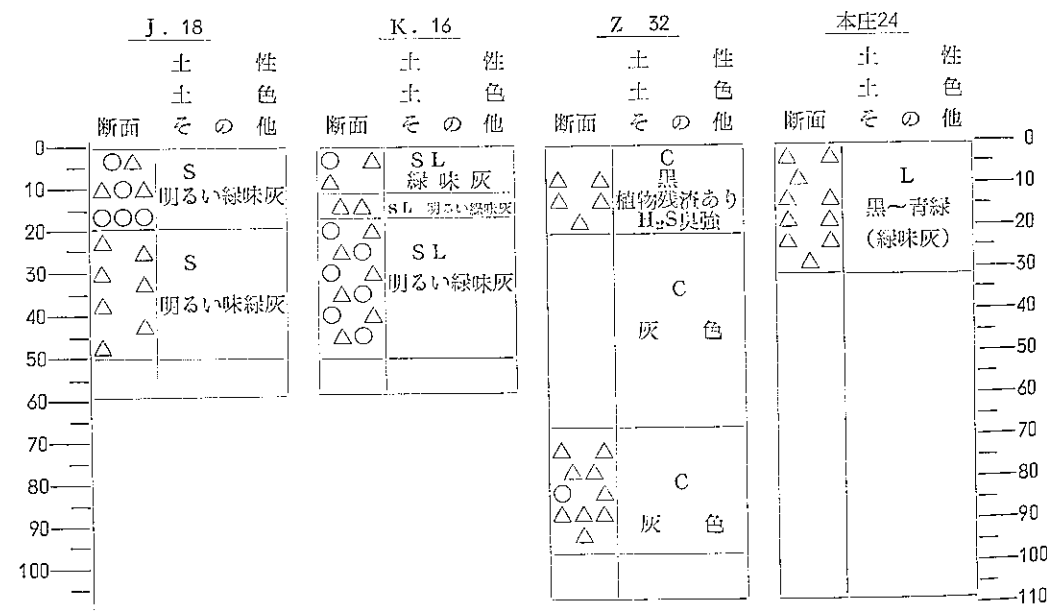
93.00	1	0~10	124	SL	あり	黒~青緑(暗い緑味灰)	あり	8.18	8.40	0.67	貝殻あり	粘性弱
	2	10~40	125	SL	なし	黒~青緑(緑味灰)	なし	8.35	8.30	0.35	貝殻あり	航路浚渫の土捨て場
14.50	1	0~3			なし	黒~青緑(暗い緑味灰)	なし	7.55	7.81	1.43	貝殻あり	粘性中 採取不能
	2	3~18	153	C	〃	帯黄~濁黄緑(灰味黄緑)	〃	7.70	8.13	0.98	〃	粘性強
	3	18~55	154	C	〃	同上	〃				〃	上部10cmに植物根あり 粘性極強
26.00												(A4.3と同じ)
35.20	1	0~3			なし	黒~青緑(緑味灰)	含む				貝殻あり	
	2	3~16	151	C	〃	帯黄~濁黄緑(灰味黄緑)	なし	7.90	8.09	2.09	〃	
	3	16~76	152	C	〃	同上	〃	7.90	8.11	1.67	〃	
47.00	1	0~3	150	C	なし	帯黄~濁黄緑(灰味黄緑)	なし	8.00	8.08	3.13	貝殻あり	粘性中
	2	3~28	156	C	〃	同上	〃	7.85	8.18	2.67	〃	上部に植物根あり 粘性強
	3	28~68	157	C	〃	同上	〃		8.19	2.19	〃	粘性極強
54.90	1	0~25	162	C	なし	黒~青緑(暗い黄緑灰)	あり	7.95	8.05	3.38	貝殻あり	粘性中
	2	25~100	163	C	〃	帯黄~濁黄緑(灰味黄緑)	なし	7.85	8.01	2.20	〃	(45~50cm含む)粘性極強 東部 100mに岩盤あり
65.00												(A4.5)に同じ東部150mに岩盤あり
75.50	1	0~10	164	C	なし	黒~青緑(暗い緑味灰)	あり	8.00	8.06	3.55	貝殻含む	粘性中
	2	10~	165	C	〃	帯黄~濁黄緑(灰味黄緑)	なし	7.95	8.06	2.34	貝殻あり	粘性極強東部 300mに 岩盤あり
83.90												岩盤の為採取不能
95.50	1	0~10	172	C	なし	帯黄~濁黄緑(灰味黄緑)	あり	8.10	8.13	2.49	貝殻含む	粘性強
	2	10~	173	C	〃	同上	なし	8.10	8.23	1.75	〃	下部岩盤粘性強30~50cm 貝 殻含む
105.40	1	0~13	170	C	なし	黒~青緑(緑味灰)	あり	8.05		2.90	貝殻あり	粘性中
	2	13~	171	C	〃	帯黄~濁黄緑(灰味黄緑)	なし	8.05	8.25	2.11	〃	粘性極強 南部 100m 岩盤 あり
115.60	1	0~10	167	C	なし	黒~青緑(緑味灰)	あり	8.00	8.10	2.72	貝殻あり	粘性中
	2	10~25	168	C	〃	帯黄~濁黄緑(灰味黄緑)	なし	8.10		2.48	〃	〃 強
	3	25~	169	C	〃	同上	〃	8.20	8.17	1.99	〃	〃 極強
124.80	1	0~6	130	C	なし	黒(黒)	含む	7.80	7.88	3.05	貝殻あり	粘性中 採取不能
	2	6~100	131	C	〃	淡~黄緑灰(茶灰)	なし	7.95	8.01	2.22	貝殻含む	〃 極強 南部 150m 岩盤あり
134.70	1	0~11	132	C	なし	黒(黒)	含む	7.95	8.08	3.67	貝殻あり	密度粗
	2	11~24	133	C	〃	暗~黄緑灰(灰味オリブ茶灰)	あり	7.90	8.12	2.95	〃	〃 粗
	3	24~100	134	C	〃	暗~灰黄緑(灰味オリブ黄茶)	なし	7.80	8.09	2.16	〃	〃 密 南澤 200m 岩 盤あり
14												(A4.13)と同じ
153.70	1	0~30	135	F S	なし	黒~青緑(緑味灰)	あり	8.20	8.32	0.31	貝殻あり	密度中 瀬
166.70	1	0~25	136	F S	あり	黒~青緑(緑味灰)	含む	8.00	8.29	0.60	貝殻あり	密度粗 粘性弱
175.00	1	0~30	139	F S	なし	黒~青緑(緑味灰)	あり	8.30		0.49	貝殻あり	

187.50	1	0~7	140	C	なし	黒〜青緑(緑味灰) 帯黄〜濁黄緑(灰味黄緑)	あり	7.90	8.09	2.55	貝殻あり
	2	7~35	141	C	〃	〃	なし	8.10	8.10	1.82	〃
	3	35~100	142	C	〃	〃	〃	8.00	7.96	1.88	〃
196.80	1	0~13	143	C	なし	黒〜青緑(緑味灰) 帯黄〜濁黄緑(灰味黄緑)	なし	7.85	8.09	2.55	貝殻あり
	2	13~30	144	C	〃	〃	〃	7.90	8.18	2.35	〃
	3	30~	145	C	〃	〃	〃	7.90	8.17	1.83	〃
20											(A6.19)に同じ
216.70	1	0~30	138	F S	あり	暗〜黄緑灰(灰味オリブ茶灰)	あり	8.00	8.32	0.54	貝殻含む 密度粗 粘性弱
225.80	1	0~25	137	F S	あり	黒〜青緑(緑味灰)	〃	8.00	8.30	0.62	貝殻含む 密度粗
2313.00											水深大の為採取不能 付近に岩盤あり
247.00	1	0~30	149	S L	なし	黒〜青緑(緑味灰)	なし	8.00	8.38	0.84	貝殻あり 粘性弱
256.00	1	0~30	147	F S	なし	帯黄〜黒(暗い茶灰)	なし	8.10	8.48	0.55	貝殻あり
268.20											(A6.25)に同じ

a 土色その他

一般には極く表層に水分が甚だ多い数層の黄褐色の層がある。その下は緑灰乃至黄緑灰色をなし、層位による差は明らかではない。揖屋湾、米子湾等の硫化物を含む土壌では表層又は或る程度の深さまで灰黒〜黒色を呈し、硫化水素臭を呈するものがあり、表層または下部に植物の遺体を含む層が存在する場合がある。貝殻は量の多少、形の大小はあるがいずれの土壌にも含まれ、又殆んど貝殻のみの層がある場所もある。土壌断面図の数例を示すと第3図の如くである。

第3図 土 壌 断 面 図



農学会法の土性区分による分布面積を第2表に示した。中海の大部分は極めて粘質な埴土であり、弓浜半島沿いと大根島北部に砂土が分布する。意宇川河口付近その他に壤土乃至砂壤土が少面積分布する。一般には深さ 100 cm 程度までは深さによる土性の差はない。ただ意宇川河口付近は大橋川液渾の土捨て場になっており複雑である。淘汰分析及びピペット法による器械分析の結果を第3表に示した。埴土の粘土含量ははなはだ大で、国際法の土性区分では Heavy Clay あるいは Light Clay に相当する。要するに中海底土は多くは重粘土で、次いで砂土がありその中間は少ない。

埴土は構造がなく、いわゆる羊かん状をなし水分含量が大きい。後に示す栽培試験に供試した本庄沖の底土は、乾土 100 g に対し 160.8 g の水分を含有していた。乾燥すると収縮してはなはだ堅い土塊になる。

第2表 各 土 性 の 分 布 面 積 (ha)

地 帯 別	土 性	砂 土	砂 壤 土	壤 土	埴 土	埴 土	計
弓 浜 半 島 西 部		1,180					1,180
大 根 島 北 部		140					140
大 根 島 西 部		15					15
弓浜半島西部砂土地帯外縁部			210				210
意 宇 川 河 口			75	15	35		125
境 水 道			150				150
本 庄 町 新 庄 地 先			30				30
森 山 村 下 字 部 尾 地 先			45	35			80
本 庄 町 弁 慶 島 地 先					30		30
米 子 湾 南 部			30				30
そ の 他 全 域						7,835	7,835
合 計		1,335	540	50	65	7,835	9,825

第3表 器 械 分 析 成 績

日本農学会淘汰法

地 点	原 土 中 礫	細 土 中				土 性
		粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土	
81	1.27	1.69	4.32	7.29	86.7	埴 土
24	0	0.79	1.12	11.20	86.89	埴 土
67	0.54	1.46	3.84	14.12	81.58	埴 土
37	0	0.77	1.32	23.72	74.19	埴 土
56(下層)	5.43	43.83		5.67	50.50	埴 土
36	9.14	32.34	23.86	17.67	26.13	埴 土
71	0	21.77	68.13	1.66	8.44	細 砂 土
85	1.34	37.34	54.65	0.52	7.49	細 砂 土

国際土壤学会法

地 点	Coarse Sand	Fine Sand	Silt	Clay	Texture
85	56.1	37.5	1.6	4.9	L C S
24	0.3	6.6	47.9	45.1	H C
36	33.0	39.0	12.3	15.8	S C L
37	0.3	20.7	36.9	42.1	L C
V 11	trace	13.4	42.3	44.3	L C
L 9	6.7	21.7	18.1	56.5	H C
P 11	0.3	3.7	31.4	64.5	H C
Z 33	0.1	6.2	26.7	67.1	H C

c 水 溶 性 成 分

風乾土当たりの塩素濃度を第1表に示した。塩素含量は粘土含量と並行する。これは一つには埴土では水分が多く風乾に伴ない濃縮されるためである。砂土地帯では最高0.73%最低0.11%で大部分は0.2~0.4%の範囲内に入る。埴土では一般に2%以上あるが、大橋川、意宇川河口付近は淡水の影響を受けて塩素含量はやや少ない。揖屋湾、本庄町沖がやや少ないのも同じ理由によるものであろう。層位による差は明らかでない。

第4表 水 溶 性 成 分

地 点	土性	固 形 物 %	風 乾 土 100 g 当 たり me					
			Cl	SO ₄	Na	K	Mg	Ca
85	S	0.63	5.84	3.04	6.56	0.26	1.48	1.90
24	C	4.827	62.98	8.91	59.51	1.54	9.95	4.44
36	L	1.470	14.44	7.25	18.25	0.59	3.87	2.45
37	C	4.600	43.07	22.92	46.48	1.23	14.80	9.18
L 9	C	2.470	29.11	6.77	24.85	0.90	6.66	1.95
P 15	C	6.775	86.36	11.60	76.89	1.54	17.11	3.29
Z 33	C	4.380	52.54	11.18	48.65	1.51	11.51	4.09

7 点の試料につき水溶性の固形物と水溶性塩類を定量した結果を第4表に示した。水溶性固形物は埴土に多く、砂土に少ない。埴土では6.78%に達する試料もある。その内容はアニオンでは塩素が最も多

く、硫酸は少ない、カチオンではナトリウムが最も多くマグネシウム、カルシウム、カリウムの順に少なくなる。塩素とナトリウムはほとんど当量であり、水溶性成分は海水によるものである。試料36, 37は後に示す如く硫化物を含み、畑状態で酸化して硫酸を生ずる土壌であるが、採取後風乾したにもかかわらず、水溶性成分分析までの1年半の間に酸化して硫酸を生じ、それが貝殻その他の易溶性成分を溶解し、水溶性の硫酸、カルシウム、マグネシウムが増加したものであろう。

塩類濃度と植生との関係は、塩類の種類、作物の種類等により異なり複雑であるが、小林²⁾は水稻に対しては NaCl 0.1 % (土壌に対する%) が有害限界濃度とし、又一般作物について米田³⁾は総括的に Cl として0.08%以下は無害、0.1~0.2 %でやや生育障害を生じ、0.25 %以上では被害が顕著となるという。中海底土はこの限界を越えており、埴土では特に含塩量が多い。含塩量を乾土に対する重量%で示すことは不合理な点があり、オランダでは土壌溶液 1 l に溶存する塩類の g 数で示す。Zuur⁴⁾によればZuiderzee の干拓地では、この値が NaCl として 3 g が作物栽培の限界とされている。後の栽培試験に用いた本庄沖土壌は風乾土当たり NaCl 3.70 %であるが土壌溶液 1 l 中の NaCl は25.7 g である。このように塩分が多く、又物理性の不良により除塩が困難と思われるので、塩害については充分注意しなければならない。

d 置 換 容 量, 置 換 塩 基

中性1規定醋酸アンモンを用いセミマイクロ法⁵⁾によった。水溶性塩類が多いので予め80%アルコールで洗滌した。吸収した NH₄ を溶出するには塩酸微酸性の10%食塩水を用いた。ナトリウム、カリウムは焰光法で、マグネシウム、カルシウムは EDTA で滴定した。結果は第5表に示した。

第5表 置 換 容 量, 置 換 塩 基

試料(地点)	土性	置 換 容 量 (me)	置 換 塩 基 (me)			
			Na	K	Mg	Ca
85	S	2.88	0.12	0.10	1.13	12.66
24	C	22.20	5.31	2.26	12.62	29.84
P 15	C	30.10	9.75	3.13	17.87	26.85
本庄沖	C	23.70	6.40	2.93	14.71	23.70
36	L	11.43	1.29	0.84	4.57	12.25
37	C	29.00	3.83	2.11	10.49	20.56
L 9	C	28.00	5.48	1.84	13.58	13.23
Z 33	C	31.00	7.53	3.32	12.78	17.82

置換容量は埴土において 20~30me であり、粘土含量が大なることより見ても、他の干拓地に比較して小さい。有明干拓地の泥土では九州農試環境第二部⁶⁾によると40~50me であり、八郎潟は木内ら⁷⁾によると45me 前後である。児島湾干拓地では米田⁸⁾によると埴土で22.72~27.50me であって中海と類似している。置換容量が比較的小さいことは粘土鉱物と関係が見られる。別に行なったX線回折、示差熱分析、赤外線吸収スペクトル²⁰⁾の結果は、主要粘土鉱物が、Halloysite, illiteであることを示差している。他の干拓地の例を見ると、川口、服部、脇⁹⁾ 児島湾干拓地土壌の主要粘土鉱物は Halloysite-illite 中間体であるとした。しかるに、有明泥土の主要粘土鉱物は、青峰、東、井ノ子¹⁰⁾は montmorillonoid とillite であるとし、八郎潟湖底土の粘土鉱物は、藤井ら¹¹⁾は Montmorillonite が主体であるとした。これより見ると中海底土の粘土鉱物は、八郎潟、有明と異なっており、置換容量もそれ等に比較して小さいのは粘土鉱物の種類の違いによるものと考えらる。

水溶性成分を洗滌後分析したが、置換塩基の合計は置換容量よりも大きい。できるだけ貝殻を除いて

第6表 pH8.2 酢酸ソーダ法による置換容量と置換塩基

試料方法	置換容量 (me)	置換塩基 (me)			
		Na	K	Mg	Ca
本庄沖 (pH8.0)	NH ₄ OAc 23.70	6.40	2.95	14.71	23.70
	NaOAc 25.80	—	—	9.63	11.50
掛屋畑 (pH4.7)	NH ₄ OAc 24.78	5.27	1.4	11.80	7.00
	NaOAc 25.10	—	—	11.85	7.00

供試したが微細な貝殻片が酢酸アンモンに溶解し多量のカルシウムと少量のマグネシウムが溶解することとをたしかめた。カルシウム及びマグネシウムの炭酸塩の溶解度の小さい pH8.2 の酢酸ソーダ¹³⁾を用いた結果を第6表に示した。塩基性の土壌では、置換容量がわずかに増加し、マグネシウムとカルシウムは顕著に減少したが、未だ置換塩基の合計は置換容量より大きい。酸性になった土壌では中性酢酸アンモン法とほとんど一致した。以上の如く正確な値を得ていないが、一般耕地、あるいは山林土壌と比較して特徴的な点は、飽和度が高く、置換性マグネシウム、ナトリウム、次いでカリウムの含量が高い点で、これは海成の干拓地土壌の特徴である。塩類多く、反応は微アルカリでpH8.5以下であり、置換性ナトリウムが多い、土壌分類によれば含塩アルカリ土というべきである。本土壌を干拓した場合、単なる除塩ばかりでなく、植生と物理性不良の改良の為に、置換性ナトリウム、マグネシウムをカルシウムによって置換すべきである。

e 硫化物

海水の影響を受けて生成した水底土には、FeS、FeS₂等の硫黄化合物が存在することがあり、干拓後好気的な条件では酸化してH₂SO₄、FeSO₄を生成し強酸性になる。^{1, 2, 4, 23, 24)} どのような硫化物の存否を知るため、全試料につき畑状態にインキュベート後のpHを測定した。この際一旦風乾後水を加えて畑状態にすると酸性化がおそく、湿土を徐々に乾燥して畑状態水分になった時インキュベートすると酸性化は早いことをみとめた。結果は第1表に示した。反応と地点数をまとめると第7表の通りである。

第7表 畑状態土壌の反応と地点数

反応 (pH)	地点数
2 ~ 2.9	2
3 ~ 3.9	13
4 ~ 4.9	11
5 ~ 5.9	19
6 ~ 6.9	19
7 以上	97
計	161

大根島北部の本庄地区、大根島の南部ではインキュベート後も反応は微塩基性を示すが、掛屋湾、米子湾、大橋川、意宇川、飯梨川河口付近、弓浜半島沿いの地帯に酸性化する土壌が分布し、pH4.0以下の強酸性を示す土壌も少なくない。

Zuur²⁾によれば水底土は嫌気的狀態にあり、硫酸還元菌が海水中の石膏の助けにより土壌中の有機物を酸化する。かくてsulphateはsulfideに還元されFeSを生じ、このFeSが徐々にFeS₂になり、単体のSが生ずるという。河口付近では、表層の淡水は流れても下層の塩水は停滞しがちであり、又淡水によって運搬せられた淡水産のプランクトンは、塩水に接触すると容易に死滅して沈澱する。これはZuurという硫酸還元菌が作用するに好適な条件と考えられる。又湾、入江の内部で水の動きが少なく、陸地からの栄養の供給も豊富にある場所ではやはり硫酸還元菌が活発に活動する条件を備えていると思われる。

FeSの多いものは湛水で黒色を呈し、FeS₂の多いものは暗灰色を呈するが、本地区では暗灰色を呈する地帯が黒色のものより多い。数種の試料の風乾土を4週間湛水インキュベート後のFeS、FeS₂

第8表 FeS、FeS₂+α含量と土壌の酸性化

地点	土性	土色	湛水状態			畑状態 pH	水深 m
			pH	水溶性 SO ₄ %	FeS 態 SO ₄ %	FeS ₂ +α態 SO ₄ %	
35	C	暗緑灰	7.2	0.392	0.0728	4.198	2.5
30	CL	黒	7.2	0.295	0.0978	1.053	3.0
78	SL	緑灰	7.4	0.180	0.0056	0.878	3.0
7	S	暗緑灰	7.1	0.060	0.0054	0.086	2.2
24	C	灰青緑	8.0	0.338	0.0074	0.156	6.5
79	S	暗緑灰	8.0	0.079	0.0032	0.046	5.5

と畑状態にインキュベート後のpHとを分析した結果を第8表に示した。強酸性化する土壌はFeSあるいはFeS₂含量が多く、また黒色を呈するものにはFeSが多い。FeS₂はFeSよりも多く、表の例では4.2%にも達する。粘土含量が多ければFeS₂、FeSも多いが、反応の低下は砂質のものがより大きい傾向がある。かように干陸に伴って強酸性化する地帯が存在するので、植生に対する影響は大きいものと考ええる。

f 腐植、窒素、アンモニヤ化成

21点の試料につき腐植、全窒素、アンモニヤ化成量を定量した結果を第9表に示した。土性別にまとめ第10表に、肩位別の分布の1例を第11表に示した。第10表の埴土(中性)とは畑状態で酸性化しない

第9表 腐植、窒素、アンモニヤ化成

地点	土性	C (%)	腐植 (%)	N (%)	C/N	乾土効果 mg	アンモニヤ 化成率
87	S	0.22	0.37	0.023	9.6	1.9	8.3
79	S	0.33	0.56	0.021	15.7	3.1	14.8
56	S	0.63	1.08	0.039	16.2	4.2	10.8
71	S	0.33	0.56	0.046	7.2	0.9	2.0
14	S	0.58	1.00	0.039	14.9	2.8	7.2
7	SL	1.38	2.37	0.065	21.0	5.4	8.3
36	L	1.12	1.93	0.036	31.1	3.0	8.3
38	L	1.22	2.09	0.077	15.8	5.0	6.5
4	CL	1.05	1.80	0.074	14.2	5.0	6.8
77	C	1.98	3.40	0.147	13.5	11.6	7.9
73	C	1.90	3.26	0.154	12.3	13.0	8.4
67	C	1.95	3.35	0.169	11.5	12.0	7.1
9	C	1.73	2.97	0.141	12.3	7.3	5.2
11	C	1.72	2.95	0.149	11.5	10.4	7.0
15	C	2.06	3.54	0.176	11.7	12.0	6.8
19	C	1.86	3.19	0.142	13.1	10.5	7.4
21	C	1.87	3.21	0.198	9.4	12.8	6.5
22	C	1.75	3.00	0.147	11.9	8.3	5.6
24	C	1.82	3.12	0.147	12.4	10.0	6.8
26	C	1.76	3.02	0.153	11.5	10.3	6.7
34	C	2.82	4.84	0.247	11.4	13.3	5.4
N13	C	2.78	4.79	0.252	11.0	18.2	7.2
Z31	C	4.06	7.00	0.394	10.3	29.7	7.5

第10表 各土性別の腐植、窒素、アンモニア化成

土 性	点 数	C %	腐 植 %	N %	C/N	乾土効果 mg	アンモニア 化 成 率
砂 土	5	0.42	0.72	0.034	12.4	2.6	7.7
砂 壤 土	1	1.38	2.38	0.065	21.2	5.4	8.3
壤 土	2	1.17	2.02	0.057	20.7	4.0	7.1
埴 壤 土	1	1.05	1.81	0.074	14.2	5.0	6.8
埴土(中性)	11	1.87	3.22	0.157	11.9	10.7	6.8
埴土(酸性)	3	3.22	5.55	0.298	10.8	20.4	6.8

第11表 腐植、窒素、アンモニア化成の層位別分布

地点	層位	深 さ	C %	腐植 %	N %	C/N	生土 30°C mg	乾土 30°C (b) mg	生土 40°C mg	b/a
24	1	0~30	1.89	3.26	0.147	12.9	1.3	10.4	4.1	7.1
	2	30~120	1.55	2.67	0.124	12.5	0.3	—	2.5	—
22	1	0~15	1.71	2.95	0.147	11.6	—	7.4	—	5.0
	2	15~50	1.62	2.79	0.120	13.5	—	4.1	—	3.4
	3	50~100	1.70	2.93	0.120	14.2	—	4.3	—	3.6
N 13	1	0~20	2.78	4.79	0.252	11.0	1.2	18.2	12.0	7.2
	2	20~55	1.96	3.38	0.137	14.3	1.9	4.6	5.8	3.4
Z 31	1	0~16	4.06	7.00	0.394	10.3	4.6	29.7	17.7	7.5
	2	16~26	3.61	6.22	0.262	13.8	trace	6.0	2.9	2.3

土壌、埴土（酸性）とは畑状態で酸性化する土壌を示す。

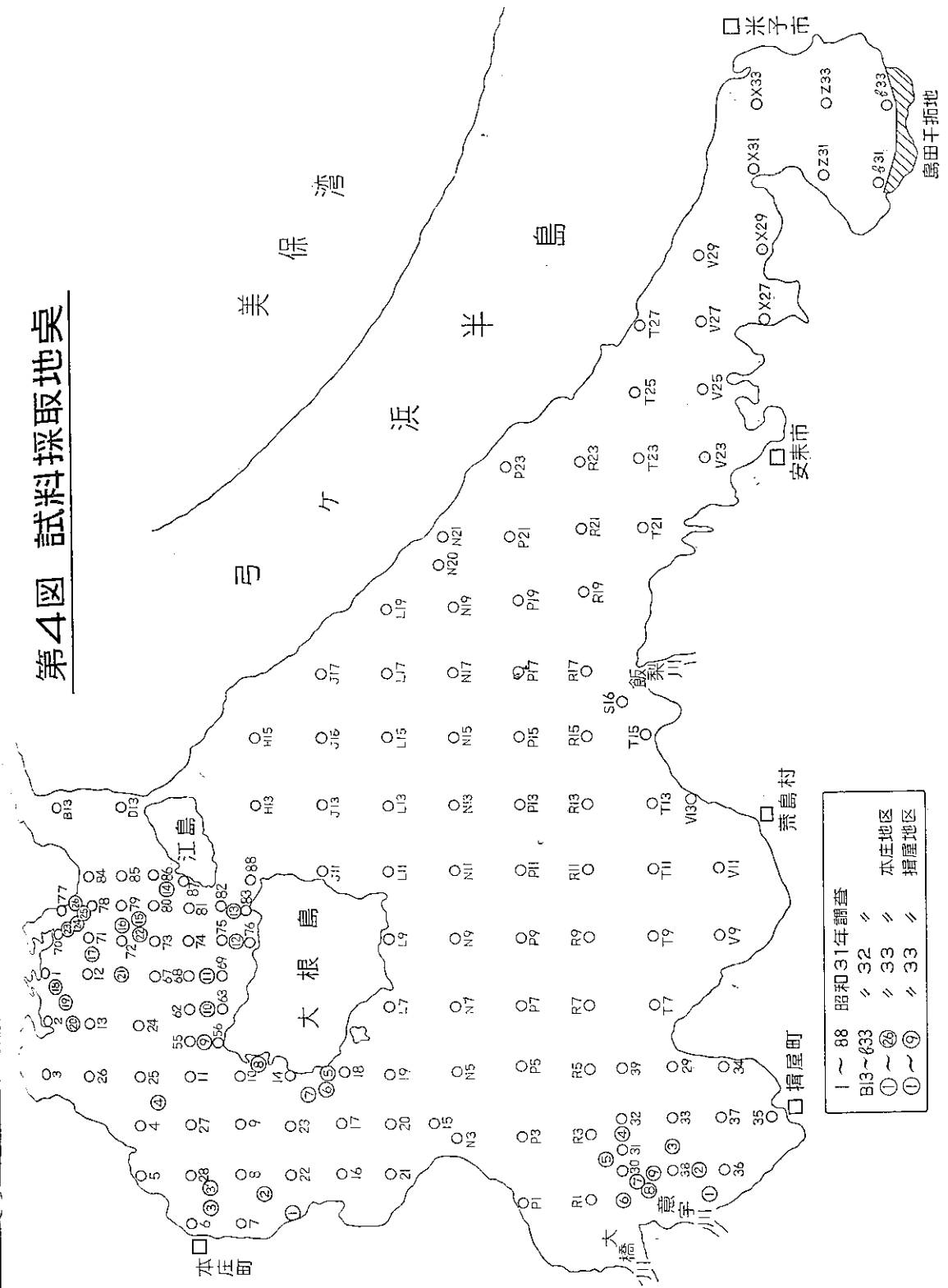
第10表に見る如く砂土～砂壤土では腐植、窒素含量が小なることは当然であるが、粘土含量の高い埴土（中性）でも、腐植、窒素は意外に少なく11点の平均は腐植3.22%、窒素0.157%、乾土効果10.7である。この値はほぼ一般の乾田程度と見做することができる。一方埴土（酸性）では、3点平均腐植5.55%、窒素0.298%、乾土効果20.4で、これらの値が大である。このように有機物の多いことは、水底において FeS、FeS₂ 生成に好適な条件なのである。九州農試環境第2部⁹⁾は有明干拓泥土は有機物はそれ程多くなく、3%にみたないとした。これは本地区の埴土（中性）に類似している。八郎潟湖底土は木内ら⁷⁾によると有機物に富んでいるとしている。FeS 含量も多い傾向が見られるから、本地区の埴土（酸性）に類似する。本県の波根湖干拓地土壌も類似している。層位別の分布をみると下層に窒素が少なく、炭素もやや少ない傾向がみられ、アンモニア化成率は表層に高く、下層には顕著に小さい。埴土（中性）では干拓後窒素の肥効が大であり、また埴土（酸性）では土壌中の窒素の有効化が多いことが予想せられる。

g 土 地 分 類

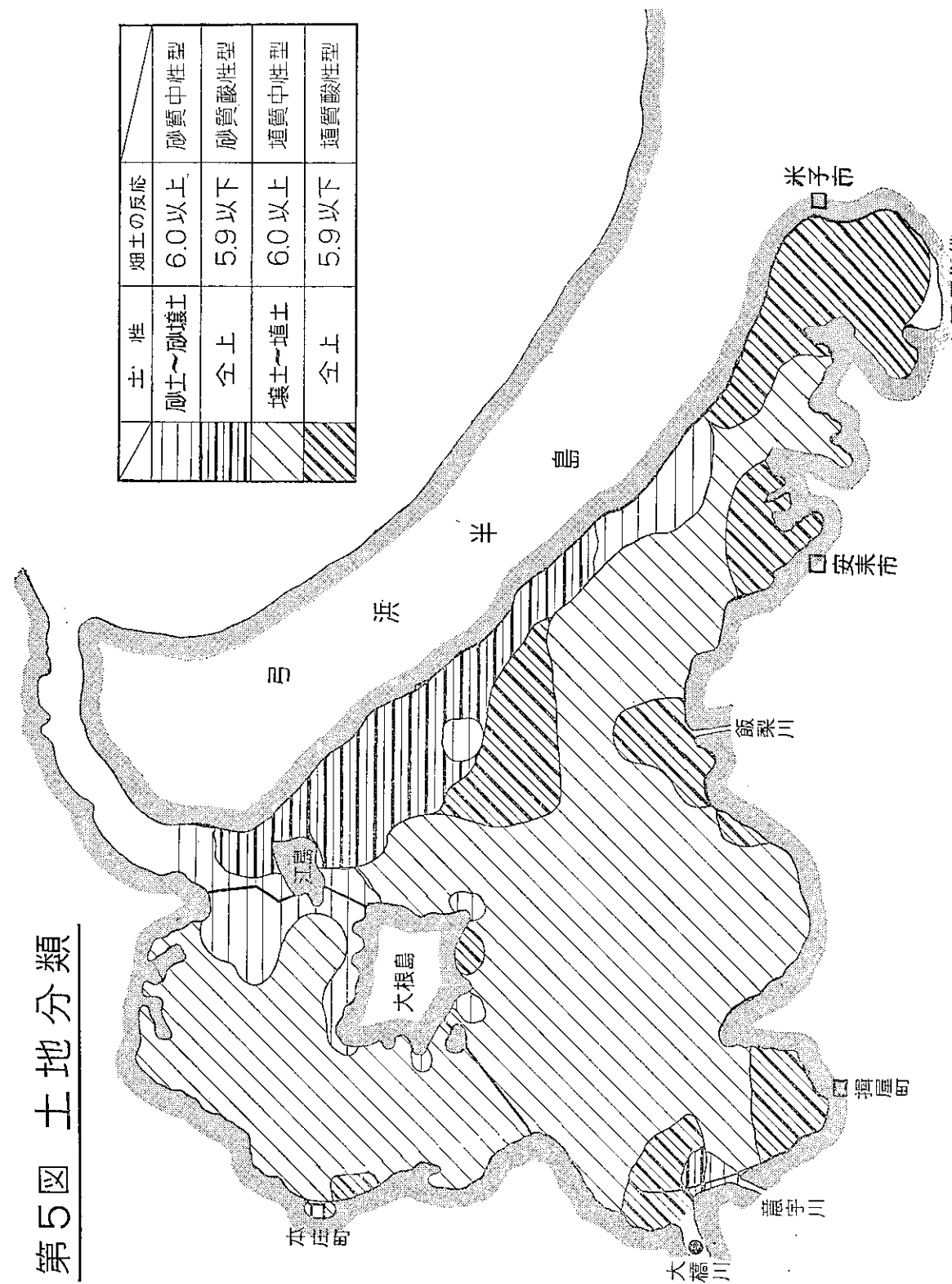
以上の成績より干拓後農耕地とする上に問題となる点はいくつかあるが、当初特に問題になる点は、土性と塩害と酸性化であろう。これらを考慮して次の如き実用的な土地分類を行ない第5図に示した。

土 地 分 類	土 性	畑 状 態 の 反 応
I 砂 質 中 性 型	砂 土 ～ 砂 壤 土	pH 6.0以上
II 砂 質 酸 性 型	同 上	pH 5.9以下
III 埴 質 中 性 型	埴 土 ～ 埴 土	pH 6.0以上
IV 埴 質 酸 性 型	同 上	pH 5.9以下

第4図 試料採取地矣



土 性	畑土の反応	
砂土～砂壤土	6.0 以上	砂質中性型
全 土	5.9 以下	砂質酸性型
壤土～塩土	6.0 以上	塩質中性型
全 土	5.9 以下	塩質酸性型



砂質酸性型は畑状態で酸性化するが、塩質土壌に比較すれば FeS 、 FeS_2 は少ない。また砂質の2つの型はいずれも塩分を含むが、塩質に比較するとやはりその含量は少ない。塩質酸性型は、 FeS 、 FeS_2 含量の高いものが多い、塩質の2つの型は塩分を多く含むが、塩質酸性型が塩分がやや少なく、炭素、窒素含量が高い。

塩質

第Ⅲ章 中性型土壌における栽培試験

1 試験の方針

塩質中性型土壌の特徴は多量の塩分を含むこと、粘土含量が大で物理性が不良であること等である。本試験では主として塩害対策を明らかにし、また本型土壌の作物生産力を検知するために以下2, 3, 4の3試験を行なった。

2 水稻に対する四要素、堆肥の肥効試験

a 目的

塩質中性型土壌において水稻に対する四要素、堆肥の肥効を検知する。

b 試験方法

イ 供試土壌

昭和32年7月、中海の本庄町沖より採取し、湿潤状態のまま島根農試に運搬した。この土壌は塩質中性型に属し、試験に供用した時の水分その他の性質は第12表に示した。以下の栽培試験で塩質中性型土壌としてはすべてこの土壌を用いた。以下本庄沖土壌と呼ぶ。

第12表 本庄沖土壌の理化学的性質

水分	土壌溶液中 Cl ⁻ g/L	風乾土の水溶性成分（風乾土100g 当たり）me						
		固形物	Cl	SO ₄	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO
61.7	15.58	4.78%	63.34	8.16	59.73	1.66	9.62	3.74

Coarse Sand		Fine Sand		Silt		Clay		Texture	
1.59		3.18		37.02		58.40		Heavy Clay	
C	%	Humus%		N		C/N		乾土効果mg	
1.49		2.57		0.134		11.1		6.92	

ロ 内 容

上記土壌を1/2万ポットに充填し、除塩の目的で上部10cm を井水で洗滌をくりかえし、Cl を2% 以下にならしめ第13表に示す如く処理した。2 連制としたが堆肥 250 貫、同 500 貫区のみは単述。昭和32年8月15日水稻農林23号を鉢当たり1株3本植とし、2 週間は毎日2回、その後は1日1回1ヵ月間井水で表面水を更新した。裏作は行なわず、水稻収穫後は湛水状態のまま放置し翌年水稻栽培を行なった。昭和33年以降は、植付けは6月25日を基準とし、石灰と石膏は2年目以降は施用しなかった。また表面水の更新も行なわなかった。

第13表 施 肥 設 計

区 名	鉢 当 た り 施 用 量 (g)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	そ の 他
無 肥 料	0	0	0	
無 窒 素	0	1.0	1.0	
無 磷 酸	1.0	0	1.0	
無 加 里	1.0	1.0	0	
三 要 素	1.0	1.0	1.0	
三 要 素 石 灰	1.0	1.0	1.0	Ca(OH) ₂ 30.0
石 灰	0	0	0	Ca(OH) ₂ 30.0
石 膏	0	0	0	CaSO ₄ 55.1
堆 肥 250 貫	0	0	0	堆 肥 46.9
堆 肥 500 貫	0	0	0	堆 肥 93.8

Nは硫酸, P₂O₅は過磷酸石灰, K₂Oは塩化加里を用いた。

第14表 収 量 調 査

昭和 3 2 年 度

区 名	1 1 月 2 5 日		全 重 g	粒 数	同 百 分 率
	草 丈 cm	莖 数			
無 肥 料	43.3	7.0	7.0	232.5	22.0
無 窒 素	45.5	5.5	5.9	192.5	18.2
無 磷 酸	41.7	28.0	31.3	986.5	93.2
無 加 里	46.4	33.5	38.8	1,342.0	126.8
三 要 素	51.3	26.5	31.8	1,058.5	100.0
三 要 素 石 灰	51.9	20.5	21.4	627.5	59.3
石 灰	44.6	3.0	3.5	97.5	9.2
石 膏	45.2	6.0	4.9	162.5	15.4
堆 肥 250 貫	0	0	0	0	—
堆 肥 500 貫	0	0	0	0	—

昭和 3 3 年 度

区 名	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数	総 重 g	莖 重 g	籾 重 g	同 百 分 比
無 肥 料	49.1	15.1	7.0	9.7	4.3	5.1	10.6
無 窒 素	57.5	15.0	8.5	12.2	4.9	7.0	14.6
無 磷 酸	71.9	18.5	31.5	68.1	31.1	36.8	76.8
無 加 里	70.1	16.7	33.0	78.5	34.5	43.6	91.0
三 要 素	72.6	18.1	33.0	90.1	41.4	47.9	100.0
三 要 素 石 灰	71.8	17.2	22.5	60.6	29.7	30.4	63.5
石 灰	50.0	14.4	7.0	10.2	4.1	6.1	12.7
石 膏	45.3	14.7	4.5	5.5	2.0	3.4	7.1
堆 肥 250 貫	50.2	15.0	11.0	18.1	7.5	10.4	21.7
堆 肥 500 貫	56.6	16.5	11.0	19.4	7.8	11.4	23.8

昭 和 3 4 年 度

無 肥 料	52.3	16.4	5.0	10.3	6.0	4.3	9.0
無 窒 素	57.0	16.9	8.0	17.0	9.5	7.0	14.9
無 磷 酸	70.0	17.3	30.0	91.0	44.0	46.0	97.9
無 加 里	66.0	19.5	30.5	85.3	40.5	43.8	93.0
三 要 素	70.5	18.4	30.5	90.0	42.0	47.4	100.0
三 要 素 石 灰	69.8	21.1	30.0	77.5	34.3	2.5	90.4
石 灰	52.8	15.0	6.0	12.3	6.3	6.0	12.8
石 膏	53.0	15.4	6.5	13.8	7.5	6.5	13.8
堆 肥 250 貫	60.0	18.3	5.0	16.5	8.0	8.5	18.1
堆 肥 500 貫	55.7	17.7	7.0	18.0	9.0	9.0	19.1

昭 和 3 5 年 度

無 肥 料	53.9	16.8	5.0	9.8	4.0	5.0	19.6
無 窒 素	51.8	14.3	8.0	14.5	7.8	6.8	26.7
無 磷 酸	74.7	18.6	24.5	66.0	33.0	33.0	129.4
無 加 里	67.1	19.7	32.0	75.0	35.5	39.0	152.9
三 要 素	62.0	19.0	24.0	53.0	27.5	25.5	100.0
三 要 素 石 灰	62.4	18.8	29.0	62.0	32.5	29.5	115.7
石 灰 単 用	52.4	16.1	5.5	10.5	5.0	5.5	21.6
石 膏	51.3	16.3	4.5	9.5	4.8	4.8	18.8
堆 肥 250 貫	55.0	16.5	7.0	12.0	6.0	6.0	23.5
堆 肥 500 貫	53.5	17.4	10.0	18.5	8.5	10.0	39.2

c 結 果 の 概 要

水稻の収量調査は第14表に示した。昭和32年度は各区とも順調に活着したが、三要素石灰区は葉先が枯れ多少異状を呈した。堆肥施用区は直ちに枯れはじめ2週間後枯死した。植付けが遅かったので生育が遅れ、9月下旬に出穂を開始し、出穂期間は約1カ月にわたったが、気温の低下と共に生育を停止し、出穂を完了せず登熟しなかった。昭和32～34年の収量の百分比をみると、窒素の肥効は極めて大きく、三要素区に対し無窒素区の収量百分比は14.6～18.2を示した。磷酸とカリの肥効もやや見られたが初年度は無カリの収量が三要素区にまさった。石灰の効果はなく、三要素石灰は三要素区に劣った。堆肥は初年度は還元障害により苗が活着しなかった。35年度は各区とも根腐れを起し生育が不良だったが、三要素区と三要素石灰区が最も被害が大であった。

3 小麦と大豆に対する四要素、堆肥の肥効試験

a 目 的

塩質中性型土壌で小麦と大豆を供試し畑作物に対する四要素、堆肥の肥効を検知する。

b 試 験 方 法

イ 供 試 土 壌

本庄沖土壌を昭和32年夏より屋外に放置して乾燥せしめると共に、雨水により除塩を行なった。

ロ 内 容

施肥設計は第15表に示した。1/2万ポットを用い二連とした。昭和33年7月10日、大豆赤茨種を鉢当たり1本仕立とし、10月17日収穫、以後冬作に小麦、夏作に大豆栽培を継続した。施肥設計は大豆、小麦とも同一とし、石灰は33年夏作のみ施用しその後は施用しなかった。

第15表 施肥設計

区 名	項 目	鉢 当 たり 施 用 量 (g)			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	そ の 他
無	肥 料	0	0	0	
無	窒 素	0	1.0	1.0	
無	磷 酸	1.0	0	1.0	
無	加 里	1.0	1.0	0	
三	要 素	1.0	1.0	1.0	
三	要 素 石 灰	1.0	1.0	1.0	Ca(OH) ₂ 30.0
三	要 素 堆 肥 250 貫	1.0	1.0	1.0	堆 肥 46.9
三	要 素 堆 肥 500 貫	1.0	1.0	1.0	堆 肥 93.8
石	灰 単 用	0	0	0	Ca(OH) ₂ 30.0

c 試験結果の概要

大豆、小麦の収量調査を第16表に示した。

大豆は33年度は生育不良であったが、34年、35年と順次生育良好となり、収量は顕著に増加した。34年度は窒素の肥効はやや明らかであったが、磷酸、加里の肥効はわずかであった。35年度は各要素共に肥効が大となったが、特に磷酸の肥効は顕著になった。石灰の効果は明らかでない。堆肥施用は250貫区、500貫区ともに生育良好であったが子実収量では500貫区のみ増収し250貫区は負となった。

第16表 収 量 調 査

大 豆
昭 和 33 年

区 名	草 丈 cm	枝 数	総 重 g	莢 重 g	子 実 重 g	同 百 分 比
無 肥 料	39.9	5.0	15.9	—	5.3	61.6
無 窒 素	38.8	4.5	15.8	—	5.5	64.0
無 磷 酸	36.7	5.0	12.4	—	4.0	46.5
無 加 里	49.5	6.0	25.5	—	8.8	102.3
三 要 素	52.9	6.5	24.9	—	8.6	100.0
三 要 素 石 灰	43.4	5.5	18.5	—	5.9	68.6
三 要 素 堆 肥 250 貫	35.0	5.0	19.9	—	8.8	102.3
三 要 素 堆 肥 500 貫	34.3	5.0	20.7	—	9.4	109.3
石 灰 単 用	32.3	4.5	17.1	—	5.1	59.3

昭 和 34 年

区 名	草 丈 cm	枝 数	総 重 g	莢 重 g	子 実 重 g	同 百 分 比
無 肥 料	69.1	6.5	53.0	28.5	22.5	65.7
無 窒 素	76.6	8.0	74.5	42.0	30.5	91.0
無 磷 酸	80.3	9.5	81.3	47.5	32.5	97.0
無 加 里	85.3	10.5	83.0	49.0	32.0	95.5
三 要 素	79.2	8.5	90.5	55.5	33.5	100.0
三 要 素 石 灰	77.1	6.5	86.0	50.5	34.5	103.0
三 要 素 堆 肥 250 貫	89.8	9.0	72.0	45.0	25.0	74.6
三 要 素 堆 肥 500 貫	75.2	9.0	91.0	49.0	38.0	113.4
石 灰 単 用	72.7	7.5	58.5	30.0	27.5	82.1

昭 和 35 年

無 肥 料	84.8	5.5	52.8	32.5	17.5	35.5
無 窒 素	94.3	8.5	89.5	53.5	32.3	65.5
無 磷 酸	88.0	8.5	56.8	36.8	24.5	49.7
無 加 里	94.8	8.5	95.3	53.3	37.8	76.7
三 要 素	92.8	9.0	108.3	55.0	49.3	100.0
三 要 素 石 灰	92.8	9.5	118.0	67.5	44.0	89.2
三 要 素 堆 肥 250 貫	96.0	9.0	100.0	53.5	43.5	88.2
三 要 素 堆 肥 500 貫	95.0	9.0	144.0	73.5	63.5	128.8
石 灰 単 用	84.0	7.5	49.8	31.0	17.8	36.1

小 麦

昭 和 33 年

区	名	稈長 <i>cm</i>	穂長 <i>cm</i>	穂 数	総 重 <i>g</i>	稈重 <i>g</i>	子実重 <i>g</i>	同百分比
無	肥 料	51.7	7.0	6.0	14.8	7.0	6.4	103.2
無	窒 素	51.0	7.0	6.0	13.5	6.3	6.0	96.8
無	磷 酸	53.5	7.3	6.5	15.0	7.0	6.5	104.8
無	加 里	52.9	7.1	6.5	16.3	7.2	7.4	119.4
三	要 素	52.2	7.1	7.0	15.0	7.2	6.2	100.0
三	要 素 石 灰	53.3	7.0	7.5	15.5	7.6	6.5	104.8
三	要 素 堆 肥 250貫	50.9	7.1	7.0	17.5	8.0	7.6	122.6
三	要 素 堆 肥 500貫	56.4	7.1	8.0	19.0	9.0	8.3	133.9
石	灰 単 用	50.2	7.2	7.5	16.0	7.5	7.0	112.9

昭 和 34 年

無 肥 料	37.5	7.2	3.7	16.1	7.3	7.3	23.6
無 窒 素	61.2	8.7	3.0	15.7	6.9	7.3	23.6
無 磷 酸	69.5	10.0	6.5	54.1	24.6	22.4	72.5
無 加 里	72.4	10.4	9.0	62.1	27.6	26.1	84.5
三 要 素	73.5	10.5	8.7	66.9	26.4	30.9	100.0
三 要 素 石 灰	73.2	11.0	8.7	71.3	29.3	33.5	108.4
三 要 素 堆 肥 250 貫	73.5	10.5	10.7	81.5	36.3	36.7	118.8
三 要 素 堆 肥 500 貫	75.6	10.7	8.0	84.3	36.3	37.4	121.0
石 灰 単 用	58.8	7.3	4.2	14.3	6.8	5.8	18.8

小麦も大豆と同様第一作の33年度は生育不良であったが、34年度は良好な生育をした。窒素の肥効が極めて大きく、無窒素区の子実重百分比は23.6を示した。次いで磷酸、次いで加里の順に肥効が小となった。石灰の効果も見られ、堆肥の効果は更に大であった。33年度の大豆、小麦の生育がはなはだ不良であったが、33年6月の土壌のClは0.4%、pH 8.50であった。塩害によるとは考えられず、反応が塩基性に過ぎ、また置換性ナトリウムが多いので生理的な害作用を受けたこと、土壌の物理性も不良であったこと等によるものではあるまいか。34年6月の反応は無肥料区8.0、石灰単用区8.1、三要素区7.9、三要素石灰区8.0とpHも低下し、団粒もできて構造も良好となった。

4 塩害に対する水稻栽培法試験

a 目 的

性質中性型土壌は多量の塩分を含有する。塩害に対する土壌管理と水稻栽培法を検知する。

b 試験方法

イ 供試土壌

本庄沖土壌を湿潤状態のまま供試した。塩分含量その他は既に第12表に示した。

ロ 内 容

面積 $\frac{1}{10}$ アール深さ 180 cm の有底コンクリート框の表面より 80 cm の位置にビニールパイプを挿入し暗渠排水を行なうごとく装置した。

試験区設計は第17表に示した。7 区、10 区の除塩とは、表層 15 cm を井水を入れて攪拌し、土壌の沈下を待って上水を捨てる操作をくりかえし、この水の塩素濃度を 0.8 ‰ 以下にならしめた。2, 3 区以外の区は周年湛水状態とした。掛流水量は 1 日約 40 mm を目標とした。農林 23 号を供試し 32 年度は 8 月 10 日に移植したが 33 年度以降は 6 月 25 日を基準とした。植付け株数は区当たり 32 年度 12 株、33 年度 20 株、34, 35 年度 30 株とした。排水区では暗渠排水を採取し、初期は 1 週間毎に、後には 1 か月毎に、排水中の塩素、ナトリウム、カルシウムを定量した。

第17表 試験区設計

試験区名	年 次	32 年度	33 年度	34 年度	35 年度
1 無 処 理 区	無 処 理	同 左	同 左	同 左	同 左
2 無湛水(当初2年)排水区	畑状態にして暗渠	同 左	湛水稻作 N1.58kg/a		
3 裏作麦(高畦)排水区	裏作に高畦暗渠	同 左	同 左 N1.58kg/a	1 区を除き各区共	
4 掛 流(大)排水区	処 理 せ ず	1 日 40 耗 掛流 暗渠	同 左 無 肥	N1.97kg/a	
5 掛 流(小)排水区	処 理 せ ず	1 日 20 耗 掛流 暗渠	同 左 N1.58kg/a	P 0.80kg/a	
6 除 塩 掛 流 区	表土を洗滌掛流	同 左	同 左 N1.58kg/a	但し 7 区 N2.75kg/a	
7 除塩掛流排水多肥区	表土を洗滌掛流暗渠	同 左	同 左 N2.36kg/a		
8 石 膏 排 水 区	石膏 112.5kg/a 暗渠	同 左	同 左 N1.58kg/a		
9 掛 流 排 水 区	掛 流 暗 渠	同 左 N1.18kg/a	同 左 N1.58kg/a		
10 除 塩 排 水 区	処 理 せ ず	除塩と暗渠 N1.18kg/a	同 左 N1.58kg/a		

ハ 結果の概要

収量、排水量と溶脱した成分量、土壌の塩素濃度の変化、水稻茎葉のカリと窒素含有率を第18表～第21表に示した。

昭和32年度は、あらかじめ塩分を洗った区のみ生育した。しかし植付けが遅かったのと施肥しなかったため生育は不良であり、出穂したが登熟しなかった。除塩しなかった区は移植後直ちに枯死し、掛流排水区は塩害がはなはだしく 12 株中 5 株は枯死した。無処理区は 34 年までは塩害ははなはだしく、35 年にいたってはじめて全株枯死をまねがれた。33 年は掛流排水と除塩排水の 2 区に硫酸を N として 1.18

第18表 収 量 調 査

昭和 32 年

区 分	9 月 9 日		9 月 27 日		11 月 25 日		全 重 g
	草 丈 cm	茎 数	草 丈 cm	茎 数	草 丈 cm	茎 数	
除 塩 掛 流 排 水 区	49.2	9.7	51.2	11.5	48.3	10.8	133.7
除 塩 掛 流 区	50.5	8.2	53.0	12.0	49.9	11.0	136.2
掛 流 排 水 区	0	0	0	0	27.5	1.9 (7 株平均)	—

昭和 33 年

区 名	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数	総 重 区 当 り g	籾 重 区 当 り g	糠 重 区 当 り g	同 百 分 比	玄 米 kg/a
1 無 処 理 区	—	—	—	8.1	7.5	0.5	—	—
2 無湛水(当初2年)排水	33.4	12.3	2.0	13.9	5.6	8.2	0.9	0.3
3 裏作麦(高畦)排水	50.3	16.8	6.3	262	130	130	13.6	6.4
4 掛 流(大)排水	35.9	13.1	6.6	157	87	68	7.1	3.3
5 掛 流(小)排水	37.2	14.4	6.7	187	105	80	8.4	3.9
6 除 塩 掛 流	51.3	15.3	5.3	280	125	154	16.2	7.6
7 除塩掛流排水多肥	56.0	16.7	7.1	450	195	255	26.7	12.5
8 石 膏 排 水	49.0	15.4	5.0	213	92	115	12.1	5.6
9 掛 流 排 水	73.1	18.7	22.1	1740	769	953	100.0	46.8
10 除 塩 排 水	74.8	18.4	23.9	1849	831	979	102.7	48.0

昭和 34 年

1 無 処 理 区	32.4	10.0	2.9	43	29	14	1.2	0.6
2 無湛水(当初2年)排水	88.4	20.1	29.2	2654	1270	1237	107.4	60.9
3 裏作麦(高畦)排水	92.1	20.4	29.4	2599	1327	1168	101.4	57.5
4 掛 流(大)排水	66.7	17.6	12.0	846	413	422	36.6	21.0
5 掛 流(小)排水	82.6	21.0	18.2	2348	1101	1124	97.6	55.4
6 除 塩 掛 流	70.9	18.0	24.4	1666	750	837	72.7	41.1
7 除塩掛流排水多肥	97.7	20.6	29.7	3157	1662	1332	115.6	65.4
8 石 膏 排 水	76.8	19.1	25.9	1848	910	876	76.0	43.4
9 掛 流 排 水	89.2	20.4	24.5	2618	1313	1152	100.0	56.9
10 除 塩 排 水	81.3	19.7	26.6	2173	1138	949	82.4	46.8

昭和 35 年

1 無 処 理 区	49.5	14.5	9.1	391	226	163	15.7	8.37
2 無湛水(当初2年)排水	103.1	20.3	23.5	3497	1800	1572	151.2	77.36
3 裏作麦(高畦)排水	109.4	20.4	24.8	3480	1780	1574	151.3	77.61
4 掛 流(大)排水	94.4	21.4	19.9	3340	1208	1198	115.2	60.15
5 掛 流(小)排水	100.6	21.0	22.3	3300	1640	1512	145.4	74.64
6 除 塩 掛 流	76.4	18.2	22.4	2100	930	1031	99.1	52.92
7 除塩掛流排水多肥	97.9	21.8	23.8	3200	1550	1532	147.3	76.25
8 石 膏 排 水	87.5	19.7	24.2	2850	1321	1383	133.0	71.00
9 掛 流 排 水	85.9	20.1	21.8	2200	1055	1040	100.0	53.39
10 除 塩 排 水	84.8	19.5	24.9	2483	1210	1161	111.6	57.36

kg/a 施肥したが、塩害を受けながらも収量はアール当たり 46.8 と 48.0 kg を得た。掛流排水区の 0 ～ 10 cm の NaCl の濃度は土壌溶液 1000 me 中 3.79 g であった。これは II 3C で述べた如く、被害のはなはだしい塩分濃度である。34 年度は無湛水(当初 2 年)排水区にはじめて湛水稻作し、各区に硫酸のみ N としてアール当たり 1.58 kg 多肥区は 2.36 kg 施用した。本年は施肥した各区は良好な生育をし収量も上った。栽培前後の土壌 0 ～ 10 cm の塩素濃度と収量はほぼ並行的であったが、石膏区が塩分濃度小なるにもかかわらず収量が低かったのは硫酸根が多いために起る障害であろう。2 年間土壌を畑状態に放置した区、または裏作に高畦を作った区は共に収量が高かった。これは両区が初期より葉色が良好であったことより、乾土効果によるものと考えらる。

第19表 暗渠排水量と流亡した成分

暗渠排水量(ℓ)						
区名	年次	32年8月～ 33年5月	33年6月～ 34年5月	34年6月～35年5月	35年6月～ 35年10月	計
2 無灌水(当初2年)排水区		887.9	474.4	323.8	181.3	1,867.4
3 裏作麦(高畦)排水区		2,025.4	498.5	778.1	351.8	3,653.8
4 掛流(大)排水区		—	670.5	410.6	199.5	1,280.6
5 掛流(小)排水区		—	760.0	1,845.0	612.0	3,217.0
7 除塩掛流多肥区		651.6	544.7	491.7	262.8	1,950.8
8 石膏排水区		1,210.9	640.5	597.7	207.3	2,656.4
9 掛流排水区		1,072.3	1,139.3	547.9	162.5	2,922.0
10 除塩排水区		—	880.5	694.1	295.3	1,869.9

Cl (g)						
2 無灌水(当初2年)排水区		7,630.9	4,436.2	1,965.4	853.7	14,886.2
3 裏作麦(高畦)排水区		8,259.5	3,589.5	3,038.5	1,037.1	15,924.6
4 掛流(大)排水区		—	6,150.6	3,254.1	1,068.7	10,473.4
5 掛流(小)排水区		—	5,977.6	3,499.6	704.0	10,181.2
7 除塩掛流多肥区		8,256.5	4,939.8	2,854.7	1,023.4	17,074.4
8 石膏排水区		11,577.1	5,116.9	2,829.7	823.2	20,346.9
9 掛流排水区		10,363.4	4,144.1	2,585.7	833.8	17,927.0
10 除塩排水区		—	8,085.2	3,315.8	758.9	12,159.9

Na ₂ O (g)						
区名	年次	32年8月～ 33年5月	33年6月～ 34年5月	34年6月～35年12月	計	
2 無灌水(当初2年)排水区		6,042.3	3,470.9	1,107.2	—	10,620.4
3 裏作麦(高畦)排水区		—	2,959.0	1,826.5	—	—
4 掛流(大)排水区		—	5,017.7	1,696.0	—	6,713.7
5 掛流(小)排水区		—	4,613.4	2,085.8	—	6,699.2
7 除塩掛流多肥区		6,388.2	3,909.8	1,514.6	—	11,812.6
8 石膏排水区		8,926.9	4,014.4	1,632.0	—	14,573.3
9 掛流排水区		8,169.0	3,308.3	1,410.7	—	12,888.0
10 除塩排水区		—	6,234.3	1,851.4	—	8,085.7

CaO (g)						
区名	年次	32年8月～ 33年5月	33年6月～ 34年5月	34年6月～35年5月	35年6月～ 35年10月	計
2 無灌水(当初2年)排水区		225.8	87.4	34.5	15.6	363.2
3 裏作麦(高畦)排水区		—	82.5	61.5	20.7	—
4 掛流(大)排水区		—	147.7	70.6	19.9	238.1
5 掛流(小)排水区		—	123.8	77.2	24.1	225.1
7 除塩掛流多肥区		236.0	108.7	56.9	21.5	423.2
8 石膏排水区		405.9	120.2	64.5	18.0	608.5
9 掛流排水区		288.5	101.7	61.5	17.2	468.9
10 除塩排水区		—	138.5	65.8	15.7	220.0

第20表 土壤塩素濃度の変化(風乾土当たりCl%)

区 名	年 次	32年6月	33年10月	34年6月	34年10月	35年6月
1 無 処 理		22.46	6.16	7.15	3.84	2.08
2 無灌水(当初2年)排水区		22.46	1.30	1.30	1.13	0.28
3 裏作麦(高畦)排水区		22.46	2.14	0.89	1.52	0.54
4 掛流(大)排水区		22.46	—	2.24	2.18	1.19
5 掛流(小)排水区		22.46	—	2.17	1.70	1.83
6 除塩掛流区		22.46	4.24	3.69	5.18	4.54
7 除塩掛流排水多肥区		22.46	2.60	0.86	1.16	0.55
8 石膏排水区		22.46	1.69	1.07	1.01	0.42
9 掛流排水区		22.46	2.00	1.16	1.21	0.52
10 除塩排水区		22.46	—	1.76	1.30	0.59

第21表 赤枯れ様症状水稻茎葉のK₂O, N含有率(8月24日)

区 名	被 害 症 状	K ₂ O %	N %	K ₂ O/N
石膏施用排水	症 状 甚 し	1.37	2.42	0.57
	症 状 輕 微	1.92	1.61	1.19
無灌水(当初2年)排水	症 状 な し	1.92	1.47	1.30
ポット試験三要素	〃	2.03	1.15	1.76
〃 無加里	〃	1.80	1.37	1.32

35年度は更に多肥したが、冬期高畦を作り麦作した無灌水(当初2年)排水区と裏作高畦区の収量が最もよく、アール当たり 77.4, 77.6 kgの玄米収量を得た。次いで多肥区が収量が多かったが窒素過剰で倒伏がはなはだしかった。除塩排水、掛流排水の2区と石膏区の一部に、8月上旬水稻の下葉より褐色の斑点を生じ生育停止し、8月下旬に至り回復したが、収量は少なかった。山口ら¹³⁾河井¹⁴⁾の赤枯れ(窒息病)に類似しているの、8月22日に茎葉のカリ、窒素含有率を求めると第21表の如くであった。症状の甚だしい区では、明らかに K₂O 含有率が小でNが大きく、K₂O/Nは0.57を示した。

暗渠排水量より減水深を求めると、当初は日当たり1.6～2.6mmであったが、徐々に減少し、35年には0.6～1.2 mmとなった。表層土の塩分が減少すると同時にナトリウム粘土が分散し、透水性が減少したものであろう。裏作麦区は乾燥によりきれつを生じ、掛流(小)排水区は土壌の充填方法に難があり、ともに排水量が多かった。

暗渠排水により多量のナトリウム、塩素と少量のカルシウムが除去されるが、その量は水量には関係なく、期間に比例してほぼ一定である。区の設計上厳密な比較はできないが、土壌の含塩量より見れば、石膏は特に初期に除塩に効果がある。

土壌の塩素含有率は急速に減少したが、32年より試験を開始した1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, の7区を比較すると、35年6月の表層10cmの塩素含有率は暗渠をした区は0.59%以下で、無処理が2.08%、掛流のみの第6区が4.54%であり、暗渠の効果が顕著である。無処理よりも除塩掛流区に塩素が多いのは両者共に暗渠がないため下層の塩分濃度が高いが、無処理区は施肥、代掻き等を行なわないのに対し、除塩掛流区はこれらの操作により下層土が反転して表層に上るためである。またこの除塩掛流区が塩分含量が高いにもかかわらず、ある程度水稻が生育するのは掛流しと施肥によると考えられる。掛流しは極く表層の塩分を減少せしめ、水稻は表層によく根を張っている。また窒素肥料の施肥は塩害軽減に効果がある¹⁵⁾といわれている。

要するに除塩に対しては暗渠の効果が大きく、掛流しは塩分が多い時に水稻栽培に効果がある。土壌を畑状態に放置、あるいは裏作に高畦することは除塩に効果があると共に土壌の強い還元化を抑制し、根腐れ、赤枯れ病防止に効果があり、水稻の生育を良好にする。また本土壌は窒素に関してははなはだやせている。

裏作麦（高畦）区は33年、34年、無灌水区は34年に裏作に高畦麦作した。両年ともに高畦しても容易に土壌が乾燥せず、乾燥すると堅い土塊となり、物理性が悪く播種ができなかった。土塊を手でくदैて翌年1月末に移植した。33年は無肥料、34年は窒素、磷酸をそれぞれアール当たり 0.55kg、0.36 kg 硫酸、過石で施用した。裏作麦（高畦）区は 33 年にアール当たり 3.4 kg34年に 25.5kg、無灌水区は34年に21.0kgの子実収量を得た。植付時期が遅く、肥料も少ないので高収は得られなかったが、これらを改善すれば更に高収を期待し得る。そのためには物理性をすみやかに改善することと、多肥の必要がある。また裏作は表作の水稻に好影響を与えることは前述の通りである。

第Ⅳ章 埴質酸性型土壌における栽培試験

1 試験の方針

埴質酸性型土壌の特徴は、硫化物を含み、好氣的な条件で酸化して硫酸を生じ強酸性になることである。干陸に伴うこのような変化とそれに対する対策を明らかにする。併せて塩害対策と作物生産力とを検知するため、以下に 3〜8 の6試験を行なった。

2 方法

島根農試内で鉢試験、コンクリート桶試験を行なった。ここで用いた分析方法は次の通りである。

植物体の塩素：AOAC容量法

暗渠排水の分析

カルシウム：珪酸分離後アンモニヤ沈澱を口過しEDTA滴定

鉄：珪酸分離後EDTA滴定

塩素：水素型強酸性陽イオン交換樹脂を通過後炭酸石灰で中和 Mohr 法により銀滴定

硫酸：珪酸分離、アンモニヤ沈澱を口過後硫酸バリウム重量法

掛流し水の分析は土壌調査の項に同じ

土壌の分析

熱塩酸可溶硫酸：土壌 1〜3 gに20倍量の 1：1 塩酸を加え、1時間煮沸後口過、以下暗渠排水と同様に処理。

熱塩酸可溶鉄：上記口液につき暗渠排水と同様に処理。

可酸化性硫黄¹⁶⁾：風乾土あるいは湿土を直ちに逆王水で処理し、土壌調査の項で行なった如く逆王水可溶硫黄を求め、これより前記の熱塩酸可溶硫黄を差し引いて可酸化性硫黄とする。これはFeS₂、FeS Free S その他好氣的な条件で酸化して硫酸を生ずる硫黄をすべて含めたものである。Smittenberg ら¹⁷⁾ が熱濃塩酸と錫によって還元され硫化水素となる硫黄を Oxidizable S と呼んでいるが、これに相当するものと見做して可酸化性硫黄とした。

3 未酸性土壌の水稻に対する四要素、堆肥の肥効試験

a 目的

埴質酸性型土壌が乾燥酸性化しない場合の水稻に対する四要素と堆肥の肥効を検知する。

b 方法

イ 供試土壌

昭和33年7月揖屋町沖より埴質酸性型土壌を採取し湿潤のまま供試した。水分 47.8 %塩素0.924 % 暗灰色を呈し FeS は少なく、FeS₂ に富む、以下の埴質酸性型土壌の栽培試験にはこの土壌を供試した。以下揖屋湾土壌と呼ぶ。

ロ 内容

1/2方ポットに土壌を充填し、上部10cmを井水で洗滌し、塩素濃度を 1/1000 以下にし、Ⅲ 2 試験と同様の施肥をし、33年は7月24日水稻農林23号を移植した。裏作は行なわず周年湛水状態とし34、35年は6月25日を基準に植付けを行なった。

第22表 収 量 調 査

昭和33年度

区	名	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数	総 重 g	葉 重 g	籾 重 g	同百分比 %
無	肥 料	58.0	15.1	10.5	15.8	7.7	8.1	22.7
無	窒 素	59.0	16.0	10.5	17.0	8.0	8.2	23.0
無	磷 酸	64.7	16.6	33.0	56.2	26.2	29.9	83.8
無	加 里	67.4	17.5	38.5	64.6	29.4	34.1	95.5
三	要 素	66.6	17.5	34.0	66.5	30.4	35.7	100.0
三	要 素 石 灰	62.8	18.1	36.5	61.4	27.3	33.1	92.7
石	灰	51.5	14.5	8.0	14.4	7.0	7.3	20.4
石	膏	50.7	14.1	12.0	11.5	6.1	5.5	15.4
堆	肥 250貫	57.4	13.0	10.0	16.4	7.6	8.1	22.7
堆	肥 500貫	50.2	15.7	12.0	19.6	9.0	10.8	30.2

昭和34年

無	肥 料	48.8	16.3	5.0	10.0	4.8	4.8	10.0
無	窒 素	53.3	15.4	6.0	12.8	6.8	6.0	12.6
無	磷 酸	70.3	18.6	26.0	66.3	34.5	31.5	66.0
無	加 里	67.5	18.2	35.0	93.0	45.0	48.0	100.5
三	要 素	70.3	18.1	30.0	91.0	45.0	47.8	100.0
三	要 素 石 灰	58.0	18.2	24.0	64.5	31.0	33.0	69.1
石	灰	52.5	15.9	5.0	11.5	6.0	5.8	12.0
石	膏	46.3	15.3	4.5	7.8	4.0	3.8	7.9
堆	肥 250貫	57.0	18.3	7.0	9.0	10.0	9.0	18.8
堆	肥 500貫	55.5	17.1	7.0	21.5	11.5	10.0	20.9

昭和35年度

無	肥 料	52.2	15.2	5.5	10.3	5.0	5.3	11.3
無	窒 素	52.0	16.3	7.5	13.3	7.3	6.0	12.8
無	磷 酸	66.3	18.3	17.0	41.5	23.0	18.3	38.9
無	加 里	65.0	18.8	34.5	75.5	33.5	41.0	87.2
三	要 素	69.3	19.4	38.5	85.5	38.3	47.0	100.0
三	要 素 石 灰	53.5	16.7	17.5	22.8	12.8	10.0	21.3
石	灰	50.8	16.3	4.0	8.5	4.3	4.3	9.1
石	膏	51.5	15.8	5.0	10.8	5.0	5.8	12.3
堆	肥 250貫	55.0	16.8	8.0	15.0	7.5	7.5	16.0
堆	肥 500貫	56.6	17.0	8.0	18.0	9.5	8.5	18.1

c 結果の概要

収量調査結果を第22表に示した。窒素の肥効が極めて大きく、次いで燐酸、次いでカリの順序になった。石灰加用は生育が劣った。34年には三要素石灰区に、35年には三要素石灰区と三要素区に明らかな根腐れが起り、特に35年の三要素石灰区は7月下旬から8月中旬まで全く生育を停止した。無燐酸区は分けつ少なく出穂おそく年毎に収量が下った。

4 酸性化土壌の水稻に対する四要素と堆肥の肥効試験

a 目的

酸性化した土壌において水稻に対する四要素と堆肥の肥効を検知する。

b 方法

イ 供試土壌

掛屋湾土壌を33年7月より34年6月まで屋外に放置し、硫化物の酸化を行なわしめた。34年6月には、pH 2.83、Y₁ 54.8、水浸出液の酸度は50g当たり 110.4 であった。ここにいう Y₁ は塩化加里浸出液の滴定酸度より水浸出液の酸度を差し引いたものとした。

ロ 内容

1/2万ポットを用い第23表の如き試験区設計を行なった。石灰は共通に炭カル 154.5 g を施用した。施用後 pH は6.0~6.2 となった。窒素、燐酸、カリは硫酸、過石、塩加を用い要素量各 1 g、堆肥は 93.8 g、鉄粉 82.5 g を施用した。水稻農林23号を7月30日に1株3本植とし、裏作は行なわず落水した。35年度は pH が低下しなかったため石灰は施用しなかった。

第23表 収 量 調 査

昭和34年度

区 名	稈 長 cm	穂 長 cm	穂 数	総 重 g	葉 重 g	穎 重 g	同 百 分 比
無 肥 料 (石灰加用)	66.8	15.8	20.0	39.8	20.3	19.8	52.9
無 窒 素 (〃)	65.0	18.4	24.0	50.8	20.5	27.0	72.0
無 燐 酸 (〃)	73.5	17.6	28.0	61.5	32.0	29.0	77.3
無 加 里 (〃)	68.5	16.0	39.5	79.3	37.8	41.3	110.0
三 要 素 (〃)	68.0	16.5	31.5	72.3	34.3	37.5	100.0
三要素堆肥 (〃)	69.3	17.9	35.0	72.3	33.5	38.3	102.0
三要素堆肥鉄 (〃)	64.3	15.9	32.5	56.3	26.0	29.5	78.7
三 要 素 無 石 灰	活着せず		—	—	—	—	—

昭和35年度

無 肥 料 (石灰加用)	63.5	18.5	21.0	51.3	24.3	26.3	35.6
無 窒 素 (〃)	66.2	18.2	18.5	44.5	20.3	24.0	32.5
無 燐 酸 (〃)	76.5	21.4	35.5	118.8	54.8	63.8	86.4
無 加 里 (〃)	80.3	19.1	39.5	121.0	55.0	66.0	89.4
三 要 素 (〃)	85.5	19.8	39.5	141.5	67.0	73.8	100.0
三要素堆肥 (〃)	85.0	21.2	38.0	135.3	66.3	68.5	92.8
三要素堆肥鉄 (〃)	84.1	19.4	39.5	122.0	62.3	59.0	79.9
三 要 素 無 石 灰	枯死		—	—	—	—	—

c 結果の概要

第23表と第24表に収量と一部の Eh とを示した。無石灰区は2年ともに水稻は枯れた。初年度には窒

素、燐酸の肥効があり2年目には窒素、燐酸、加里ともに肥効があり、窒素の肥効は著しく大きくなった。初年度の窒素の肥効が未酸性の土壌に比較して少ないのは乾土効果発現の為であろう。また2年目には初年度の2倍の収量を得たが植付時期が早かった為もあるが、又後の IV 6 試験に示す如く硫酸塩を主体とする多量の塩類が除去された故もあると考える。また35年度の収量は、第22表の同一土壌の未酸性のものより収量はなほ多い。これは未酸性土壌では還元による根腐れを起したが、酸性化した土壌では Eh が低下し難く、多量の硫酸根が存在するにもかかわらず、その還元による障害が起らない故と考えられる。両者の Eh を第24表に示した。

第24表 未酸性、酸性土壌のpHとEh (34年8月21日)

区 名	項 目	pH	Eh mv ※
掛 屋 未 酸 性 (IV 3 試 験)	三 要 素 区	7.2	— 241
	三 要 素 石 灰 区	7.7	— 252
掛 屋 酸 性 (IV 4 試 験)	三 要 素 (石灰加用)	6.3	— 27
	三要素堆肥 (石灰加用)	6.2	— 57

※ Eh 6 に補正していない。

堆肥は初年度はほとんど効果なく、2年目はやや収量がおちた。

5 小麦と大豆に対する四要素、堆肥の肥効試験

a 目的

植質酸性型土壌において、畑作を行ない小麦と大豆に対する四要素と堆肥の効果を検知する。

b 方法

イ 供試土壌

掛屋湾土壌を昭和33年夏から秋まで、ポットに入れて屋外に放置し、除塩と乾燥を行なった。

ロ 内容

1/2万ポットを用い2連制とし冬作に小麦農林73号、夏作に大豆赤茨種を供用した。試験区設計は第25表に示した。硫酸、過石、塩加を要素量各 1 g、堆肥は46.9、93.8 g 石膏8.01 g を施用した。

第25表 小麦、大豆の収量と土壌の変化

区 名	項 目	33 年 11 月			34 年 6 月					34 年 11 月	
		pH	Y ₁	炭カル施用量 g	pH	水溶性酸 (50g 当り)	Y ₁	炭カル施用量 g	施用後 pH	大 豆 子 実 重 g	百 分 率
無 肥 料	料	4.7	7.0	0	2.70	175.0	37.5	88.8	4.68	枯死	—
無 窒 素	素	〃	〃	0	2.70	180.0	38.8	88.8	4.10	〃	—
無 燐 酸	酸	〃	〃	0	2.77	90.0	60.0	88.8	6.29	〃	—
無 加 里	里	〃	〃	0	2.75	90.0	66.3	88.8	6.57	2.5	34.5
無 三 要 素	素	〃	〃	0	2.73	75.0	65.0	88.8	6.62	7.3	100.0
〃 堆 肥 250 貫		〃	〃	0	2.70	197.5	36.9	98.8	4.28	枯死	—
〃 〃 500 貫		〃	〃	0	2.70	172.5	43.1	88.8	5.26	2.0	27.6
〃 〃 石 膏		〃	〃	0	2.80	90.0	63.8	88.8	6.37	10.8	148.3
〃 〃 無 石 灰		〃	〃	5.89	2.80	92.5	57.5	0	2.52	枯死	—
〃 〃 石灰半量		〃	〃	11.77	2.78	97.5	56.3	44.4	3.59	〃	—
〃 〃 石灰倍量		〃	〃	17.66	2.74	102.5	55.6	177.5	7.19	11.0	151.7
無 施 用	用	〃	〃	5.89	2.70	185.0	43.1	0	2.43	枯死	—
無 施 用 裸 地		〃	〃	0	2.70	180.0	51.3	0	2.45	〃	—

34 年 冬 作

項 目		34 年 11 月						35 年 6 月	
		pH	水溶性酸	Y ₁	施用炭カル g	施用後 pH	炭カル計 g	小麦子実重 g	同百分比
無	肥 料	3.6	8.2	48.9	42.0	6.5	130.8	0	0
無	窒 素	3.5	8.0	49.9	42.8	6.4	131.6	9.3	38.7
無	燐 酸	4.0	1.8	26.5	22.2	6.3	111.0	0	0
無	加 里	4.2	1.2	19.1	15.9	6.2	104.7	7.0	29.2
三	要 素	4.1	1.5	22.3	18.7	6.4	107.5	24.0	100.0
〃	堆肥 250貫	3.7	6.5	46.8	39.9	6.4	128.7	27.5	114.6
〃	堆肥 500貫	3.8	4.0	37.7	31.8	6.4	120.6	35.5	147.9
〃	石 膏	5.1	0.2	2.9	4.0	6.1	92.8	26.3	109.6
〃	無 石 灰	3.1	3.7	71.1	0	3.4	5.9	枯死	0
〃	石 灰 半 量	3.4	6.6	52.9	22.4	5.4	78.6	15.0	62.5
〃	石 灰 倍 量	7.4	0	0.8	0	7.6	195.2	36.5	152.1
無	施 用	3.0	5.6	70.4	0	3.2	5.9	枯死	0
無	施 用 裸 地	3.0	5.8	72.0	0	3.2	0	—	—

35 年 夏 作

項 目			35 年 6 月					35 年 11 月			
			pH	Y ₁	炭カル g	施用後 pH	炭カル計 g	大豆子実重 g	同百分比	pH	Y ₁
無	肥	料	6.3	0.6	0.9	6.0	131.7	0	0	6.6	0.3
無	窒	素	6.1	0.3	7.7	5.9	139.3	9.3	38.8	5.7	0.5
無	燐	酸	5.0	3.7	7.0	5.0	118.0	0	0	5.2	5.0
無	加	里	4.9	4.5	5.6	5.2	110.3	7.0	29.2	5.2	7.1
三	要	素	5.0	1.6	4.7	5.0	112.2	24.0	100.0	4.9	5.6
〃	堆肥	250貫	5.7	0.2	1.1	5.6	119.8	27.5	114.6	4.9	2.7
〃	堆肥	500貫	5.6	0.2	2.5	5.2	123.1	35.5	147.9	4.8	4.4
〃	石	膏	4.9	1.5	7.6	4.9	100.4	26.3	109.6	4.7	10.2
〃	無	石 灰	3.7	60.5	—	—	5.9	0	0	4.2	45.5
〃	石	灰半量	4.2	20.8	8.7	5.0	87.3	15.0	62.5	4.8	14.6
〃	石	灰倍量	7.5	0.1	0.1	7.3	195.3	36.5	152.1	6.9	0.3
無	施	用	3.2	71.0	—	—	5.9	0	0	3.7	65.0
無	施	用 裸 地	3.2	81.3	—	—	0	0	0	3.6	66.3

ハ 結 果 の 概 要

第25表に土壌の変化と小麦、大豆の収量とを示した。昭和33年11月に石灰を施用して酸性を矯正し小麦を播種した。発芽は順調であったが翌年2月頃より生育不良となり3月には枯死した。3月26日にはpHは2.5~2.9、Y₁は水溶性のものを加えて90~120となった。栽培期間中に可酸化性硫酸の酸化が起り強酸性化したのである。34年6月の酸度は第25表に示したが、塩化カリ浸出液を滴定した際には緑色の2価鉄の沈澱が生じ硫酸第一鉄の生成を示した。炭カルを施用し大豆を栽培したが、夏作期間中にも酸性化が進行し、無石灰、石灰半量、無肥料、無窒素、無燐酸、堆肥250貫区は大豆も枯死し、枯死しなかった区も生育ははなはだ不良だった。34年冬作期間には酸性化は前期に比較して少なかった。三要素を施用した区はやや良好な生育をした。無燐酸区は枯死し、指数は無カリ区が29.2、無窒素

区が38.7を示した。未酸性及び酸性化した同一土壌の水稲作に比較してカリが非常に欠乏している。35年度の大豆作は前年度に比較して生育は良好だったが、傾向は小麦と同様であった。燐酸が極端に欠乏しているのはFeS₂の酸化によって遊離した鉄、硫酸により可溶化したアルミニウムと燐酸が難溶性塩を作ったためであり、カリが欠乏したのは、生じた硫酸により置換性カリウム、易溶性カリウムも溶脱したものと考える。34年、35年の小麦には明瞭なマグネシウム欠乏症が生じた。マグネシウムもカリウムと同様に溶脱したものであろう。堆肥の効果も大きく500貫区は5割の増収を示した。各区の酸性化の速度には差がある如くであるが今後検討したい。

6 塩害に対する掛流と暗渠の効果に関する試験

a 目 的

水稻を栽培する際、塩害に対する掛流と暗渠の効果を検知する。

b 方 法

イ 供 試 土 壤

母屋湾土壌を湿潤のまま供試した。水分47.8%、塩素 風乾土当たり0.924%土壌溶液1ℓ当たりNaCl16.7g

ロ 内 容

面積1/10アール、深さ180cmのコンクリート框に、表面より100cmの位置にビニールパイプを挿入し暗渠とした。試験区設計は第26表に示した。昭和33年7月17日水稻農林23号を区当たり20株、1株3本植とした。栽培期間中は湛水のままとし、34、35年は区当たり30株、6月25日を基準として移植した。34、35年は第5区のみ窒素をアール当たりそれぞれ1.58kg、1.97kg硫酸で施肥した。

第26表 試 験 区 設 計

試 験 区 名	試 験 区 の 内 容			
	消石灰 kg/a	掛 流 し	暗 渠 排 水	除 塩
1 無 処 理	11.3	な し	な し	な し
2 掛 流	〃	1 日 40 耗	な し	な し
3 掛 流 (小) 排 水	〃	1 日 20 耗	暗 渠 排 水 する	な し
4 掛 流 (大) 排 水	〃	1 日 40 耗	同 上	な し
5 除塩掛流排水施肥※	〃	1 日 40 耗	同 上	予め作土15cmを0.8%まで洗滌除塩す

※ 34年、35年のみ施肥

c 結 果 の 概 要

収量調査、跡地の塩分と水稻体の塩素含有率、暗渠排水量と除去された塩分、土壌中の塩素濃度の変化を第27、28、29、30表に示した。初年度は無処理区は枯死したが掛流しと暗渠の効果は顕著であった。これらの処理と土壌の塩素濃度、水稻の収量及び水稻体の塩素含有率とは並行的な関係が見られた。除塩に対しては暗渠の効果が大きく、表層10cmを比較するならば、原土は風乾土当たり塩素が9.24%であったが、2年目の35年11月には無処理2.12%、掛流区1.67%、に対し暗渠排水を行なった区は0.47~0.58%になった。この時の掛流区が塩素含量が大きいにもかかわらず玄米収量が暗渠をした3区、4区に劣らないのは、掛流しが塩害に対して効果があるのと、無肥料栽培のため、33年、34年に収量の多かった第3、第4区の有効態窒素が減少したためであろう。本土壌では初年度より単に掛流しあるいは掛流しと暗渠排水で水稻栽培が可能であったのは、Ⅲ4の本庄土壌に比較し、原土の塩分含量が小なるためである。施肥した第5区は2年目61.6kg、3年目78.2kgの玄米収量を得た。

第27表 収 量 調 査

昭和33年									
区 名	項 目	稈長 cm	穂長 cm	穂数	総区当り kg	稈区当り kg	穂区当り kg	同百分比	玄米 kg/a
1	無 処 理	—	枯 死	—	—	—	—	—	—
2	掛 流	49.6	15.3	9.2	0.387	0.148	0.207	66.6	10.2
3	掛 流 (小) 排 水	54.9	15.5	9.8	0.566	0.240	0.311	100.0	15.3
4	掛 流 (大) 排 水	53.6	15.9	8.8	0.593	0.248	0.338	108.7	16.6
5	除 塩 掛 流 排 水 施 肥	73.6	19.2	12.3	1.073	0.488	0.578	185.9	28.5
昭和34年									
1	無 処 理	51.9	15.2	13.3	0.465	0.232	0.227	46.7	11.2
2	掛 流	58.5	16.9	12.8	0.732	0.358	0.369	75.9	18.2
3	掛 流 (小) 排 水	65.4	18.3	10.8	0.907	0.420	0.486	100.0	23.9
4	掛 流 (大) 排 水	71.1	18.8	12.6	1.232	0.578	0.645	132.7	31.8
5	除 塩 掛 流 排 水 施 肥	85.9	20.6	30.8	2.883	1.486	1.251	257.4	61.6
昭和35年									
1	無 処 理	46.4	12.7	6.3	0.294	0.157	0.135	34.3	6.7
2	掛 流	60.2	16.8	11.2	0.825	0.375	0.403	102.3	19.9
3	掛 流 (小) 排 水	60.9	17.5	9.3	0.850	0.373	0.394	100.0	19.4
4	掛 流 (大) 排 水	63.0	16.6	7.8	0.725	0.304	0.343	87.1	16.9
5	除 塩 掛 流 排 水 施 肥	93.4	20.3	27.1	3.438	1.675	1.588	403.1	78.2

第28表 土壌の塩素濃度と水稻のC1, N含有率 (昭和33年度)

区 名	項 目	層 位	Cl g/l	pH	水分%	C1%		N%		粗 重 (区当たり kg)
						葉	籾	葉	籾	
1 無 処 理		0~10cm	4.96	8.25	56.0	—	—	—	—	0
		10~20	9.01	8.00	53.5	—	—	—	—	
2 掛 流		0~10	3.98	8.00	55.8	1.20	0.048	0.53	1.30	0.207
		10~20	8.18	7.70	54.1	—	—	—	—	
3 掛 流 (小) 排 水		0~10	3.01	7.70	55.2	0.81	0.039	0.70	1.21	0.311
		10~20	6.55	7.40	51.2	—	—	—	—	
4 掛 流 (大) 排 水		0~10	2.61	8.10	56.0	0.88	0.041	0.67	1.22	0.338
		10~20	6.75	7.70	52.7	—	—	—	—	
5 除 塩 掛 流 排 水		0~10	0.74	8.10	59.8	0.77	0.033	0.76	1.30	0.578
		10~20	1.76	7.90	58.9	—	—	—	—	

第29表 暗渠排水量と流亡した成分量

暗渠排水量 (ℓ)						
試 験 区 名	33 年 夏	33 年 冬	34 年 夏	34 年 冬	35 年 夏	計
3 掛 流 (小) 排 水	1,189.2	414.7	106.9	980.2	165.2	2,856.2
4 掛 流 (大) 排 水	965.8	342.1	181.9	793.7	198.6	2,482.1
5 除 塩 掛 流 排 水	311.1	822.7	522.1	697.1	207.7	2,560.7

C1 (g)

3	掛 流 (小) 排 水	3,484.0	2,750.1	920.8	3,697.1	651.4	11,103.4
4	掛 流 (大) 排 水	2,668.6	2,679.5	1,265.9	3,265.3	848.9	10,728.2
5	除 塩 掛 流 排 水	2,865.4	3,950.4	1,601.3	2,362.5	742.3	11,521.9

Na₂O (g)

3	掛 流 (小) 排 水	2,455.4	2,098.1	623.3	—	—	—
4	掛 流 (大) 排 水	2,129.7	1,974.6	931.0	—	—	—
5	除 塩 掛 流 排 水	2,200.6	3,263.3	1,252.0	—	—	—

CaO (g)

3	掛 流 (小) 排 水	114.24	41.05	13.49	77.45	11.25	257.5
4	掛 流 (大) 排 水	96.50	44.20	24.03	76.01	18.77	259.5
5	除 塩 掛 流 排 水	75.11	60.06	28.98	53.03	16.84	234.0

第30表 土壌塩素濃度の変化 (風乾土当たり C1%)

区 名	項 目	層 位	原 土	33年10月	34年6月	34年10月	35年6月	35年11月
1 無 処 理		0 ~ 10cm	9.24	4.40	3.22	3.28	2.26	2.12
		10 ~ 20	—	8.43	4.88	—	4.02	4.17
2 掛 流		0 ~ 10	〃	3.52	3.36	3.04	2.49	1.67
		10 ~ 20	—	6.75	4.88	—	3.92	3.24
3 掛 流 (小) 排 水		0 ~ 10	〃	2.57	1.01	1.28	0.47	0.33
		10 ~ 20	—	—	2.05	—	1.00	0.62
4 掛 流 (大) 排 水		0 ~ 10	〃	2.64	1.01	0.79	0.49	0.26
		10 ~ 20	—	6.20	2.14	—	1.15	0.74
5 除 塩 掛 流 排 水		0 ~ 10	〃	0.99	0.61	0.91	0.58	0.36
		10 ~ 20	—	2.20	1.44	—	1.70	0.89

7 土壌の酸性化と水稻栽培に関する試験

a 目 的

塩質酸性型土壌が乾燥に伴って酸性化する際の、硫酸の形態の変化、土壌の変化、水稻の栽培法を明らかにする。

b 方 法

イ 供 試 土 壤

塩質酸性型である掛屋湾土壌

ロ 内 容

Ⅵ6 試験と同様の暗渠の設備をしたコンクリート框を用い、昭和33年7月掛屋湾土壌を充填した。33年秋より表面におおいをして雨水の入るのを防ぎ、暗渠より排水して乾燥せしめた。34年6月に酸性化を促進するため、表層を耕耘、土塊を破碎し、ビニール布を敷き温度を上昇せしめた。これに第31表の処理をして7月25日水稻農林23号を区当たり25株、1株3本移植した。水稻収穫後は落水し、裏作は行なわず雨水は暗渠より排水した。35年6月には再びビニールを用いて酸性化を促進し、再び同様の処理

をした。35年度は区当たり35株値とした。各区とも無肥料。

第31表 試験区設計

区名	石灰	夏作期間の灌排水	夏作期間の灌排水
1 無石灰無灌水排水	0	灌水せず排水、畑状態	周年畑状態
2 無石灰湛水	0	掛流排水せず湛水	夏作期間は落水
3 無石灰掛流排水	0	掛流排水する	〃
4 石灰掛流	施用する	掛流のみ行なう	〃
5 石灰掛流排水	施用する	掛流排水する	〃

c 結果の概要

土壌酸度の変化と石灰の施用量、水稻の収量、稲作期間中の Eh, pH の変化を第 32, 33, 34 表に示した。

酸性化処理によりはなはだしく強酸性化し pH 2.3~2.8 となった。各区の酸性化の程度が異なったのは雨水の流入等があり処理が均一に行なわれ難かったためである。34年度は水稻苗を移植後無石灰区は数日で枯死し、ただ無石灰掛流排水区のみ25株中4株がかるうじて生存した。石灰を施用した区は順調な生育をした。石灰の効果は勿論顕著であるが、掛流しと暗渠排水の効果も明らかである。

第32表 土壌の酸度と石灰施用量

区名	項目	乾燥後				炭カル施用量 kg/a	施用後 pH	水稻作後 pH
		乾燥前 pH (33.7)	pH	(50g 当たり) 水溶性酸	Y ₁			
1 無石灰無灌水排水		7.2	2.55	36.5	36.5	0	2.30	2.70
2 無石灰湛水		〃	2.76	40.3	31.1	0	3.20	3.91
3 無石灰掛流排水		〃	2.80	41.8	56.9	0	3.10	4.30
4 石灰掛流		〃	2.67	41.8	55.2	275.3	6.01	5.50
5 石灰掛流排水		〃	2.32	66.1	56.2	275.3	5.95	5.30

34 年 7 月

区名	項目	pH	(50g 当たり) 水溶性酸	Y ₁	炭カル施用量 kg/a	施用後 pH	水稻作後 pH
1 無石灰無灌水排水		2.75	6.4	63.8	0	2.90	3.30
2 無石灰湛水		2.60	40.5	84.3	0	2.75	3.70
3 無石灰掛流排水		2.60	39.2	89.5	0	2.80	4.00
4 石灰掛流		3.70	3.4	27.1	106.7	6.20	6.25
5 石灰掛流排水		3.20	11.0	49.1	193.1	6.20	6.35

第33表 収量調査

昭和 34 年

区名	項目	稈長 cm	穂長 cm	穂数	総区当り kg	炭区当り kg	刈区当り kg	同百分比	玄米 kg/a
1 無石灰灌水排水		枯死	—	—	—	—	—	—	—
2 無石灰湛水		枯死	—	—	—	—	—	—	—
3 無石灰掛流排水		40.2	14.5	8.2	0.230	0.132	0.093	20.4	4.5
4 石灰掛流		62.2	16.2	16.8	0.869	0.404	0.456	100.0	22.5
5 石灰掛流排水		67.9	17.4	20.6	1.267	0.574	0.682	149.6	33.6

昭和 35 年

1 無石灰無灌水排水	枯死	—	—	—	—	—	—	—
2 無石灰湛水	枯死	—	—	—	—	—	—	—
3 無石灰掛流排水	46.0	15.1	8.8	0.428	0.238	0.188	17.5	9.3
4 石灰掛流	74.0	18.8	20.2	2.163	0.954	1.073	100.0	53.1
5 石灰掛流排水	77.1	20.0	18.7	2.538	1.125	1.244	115.9	61.6

第34表 稲作期間中の pH, Eh の変化

月 日 項 目 區 名	7月21日		7月24日	7月29日		8月21日		9月25日		10月27日	
	Eh mv	pH	pH	Eh mv	pH	Eh mv	pH	Eh mv	pH	Eh mv	pH
1 無石灰無灌水排水	550	2.6	2.3	550	2.4	510	2.8	610	2.7	610	2.7
2 無石灰湛水	470	2.8	3.2	360	3.1	330	3.5	320	3.6	270	3.9
3 無石灰掛流排水	480	2.8	3.1	360	3.2	350	3.6	280	4.1	270	4.3
4 石灰掛流	520	2.7	6.0	10	6.1	-110	6.3	50	5.2	70	5.5
5 石灰掛流排水	590	2.3	6.0	10	6.1	-110	6.1	90	5.4	-10	5.3

(注) Eh₆ に補正していない, Eh は電極挿入24時間後の値

強酸性化した土壌は石灰を施用して反応を矯正するのみならず、多量の硫酸塩を暗渠、掛流し等によって除去する必要がある。35年度も同様の傾向を示したが、収量は前年度より多くなった。33年度の湛水後の Eh と pH の変化を見ると、Eh₆ に補正していないが、石灰を施用した区は Eh の低下が著しいが、無石灰の区は Eh の低下が遅い。pH も上昇の速度が遅く、稲作後、湛水区は pH 3.7 掛流排水区は 4.3 となった。

暗渠と掛流し水量、流亡した成分を第35表に示した。掛流しと暗渠排水により除去された塩素、硫酸、カルシウム、鉄の量については、硫酸、塩素の量が最も多く、カルシウムこれに次ぎ、鉄は少ない。

第35表 暗渠と掛流水量、流亡した塩素、硫酸、カルシウム及び鉄の量

昭和34年度 (7月~10月)

区名	項目	水量 (ℓ)	Cl (g)	SO ₃ (g)	CaO (g)	Fe ₂ O ₃ (g)
1 無石灰掛流排水	掛流排水	283.6	274.1	793.3	68.4	15.5
2 無石灰湛水	排水	211.8	967.3	1,729.8	156.7	38.1
	計	—	1,241.4	2,523.1	225.1	53.6
3 無石灰掛流排水	掛流排水	384.0	187.7	578.9	86.2	2.99
	計	—	187.7	578.9	86.2	2.99
4 石灰掛流排水	掛流排水	3,181.5	316.6	766.2	163.4	34.7
	計	968.5	1,580.3	2,397.4	378.6	442.3
	計	—	1,896.9	3,163.6	542.0	477.0
5 石灰掛流排水	掛流排水	3,912.5	449.9	1,007.5	420.2	37.2
	計	—	449.9	1,007.5	420.2	37.2

5	石	灰	掛	流	3,057.5	172.5	461.1	212.7	20.1
掛	流	排	排	水	845.7	2,457.1	2,525.2	542.7	257.6
			計		—	2,629.6	2,986.3	755.4	277.7

昭和34年冬（11月～35年6月）

1	無	石	灰	無	灌	水	排	水	1,381.6	2,832.3	3,484.0	926.9	23.11
2	無	石	灰	湛	水		〃		1,551.5	2,601.0	2,777.0	683.1	59.99
3	無	石	灰	掛	流	排	水	〃	1,494.6	2,536.1	1,527.8	463.2	34.03
4	石	灰	掛	流			〃		1,463.1	3,276.7	1,660.6	590.7	20.14
5	石	灰	掛	流	排	水	〃		1,329.3	2,866.5	1,390.9	478.6	32.74

昭和35年夏（7月～10月）

1	無	石	灰	無	灌	水	排	水	190.0	22.1	116.1	34.0	1.08
	無	灌	水	排	水		計		411.5	117.1	1,608.4	298.0	48.73
										139.2	1,724.5	332.0	49.81
2	無	石	灰	湛	水		掛	流	436.0	122.4	69.6	137.8	3.14
							排	水	—	—	—	—	—
							計		—	122.4	69.6	137.8	3.14
3	無	石	灰	掛	流	排	水	掛	3,330.5	98.9	292.4	127.9	7.36
	掛	流	排	水			計		992.6	769.2	1,495.8	271.5	242.35
									—	868.1	1,788.2	399.4	249.71
4	石	灰	掛	流			掛	流	4,051.5	195.8	589.8	442.7	2.24
	掛						排	水	—	—	—	—	—
							計			195.8	589.8	442.7	2.24
5	石	灰	掛	流	排	水	掛	流	2,923.5	85.4	295.2	295.3	4.79
	掛	流	排	水			排	水	1,022.4	1,612.4	1,889.1	641.2	205.78
							計		—	1,697.8	2,184.3	936.5	210.57

総 計 昭和34年7月～35年10月

1	無	石	灰	無	灌	水	排	水	473.6	296.2	909.4	102.4	16.58
	無	灌	水	排	水		計		2,004.9	3,916.7	6,822.2	1,381.6	109.94
									—	4,212.9	7,731.6	1,484.0	126.52
2	無	石	灰	湛	水		掛	流	820.0	310.1	648.5	224.0	6.13
							排	水	1,551.5	2,601.0	2,777.0	683.1	59.99
							計		—	2,911.1	3,425.5	907.1	66.12
3	無	石	灰	掛	流	排	水	掛	6,512.0	415.5	1,058.6	291.3	42.06
	掛	流	排	水			計		3,395.7	4,885.6	5,421.0	1,113.3	718.68
									—	5,301.1	6,479.6	1,404.6	760.74
4	石	灰	掛	流			掛	流	7,964.0	645.7	1,597.3	862.9	39.44
	掛						排	水	1,463.1	3,276.7	1,660.6	590.7	20.14
							計		—	3,922.4	3,257.9	1,453.6	59.58
5	石	灰	掛	流	排	水	掛	流	5,981.0	257.9	756.3	508.0	24.89
	掛	流	排	水			排	水	3,197.4	6,936.0	5,805.2	1,662.5	496.12
							計		—	7,193.9	6,561.5	2,170.5	521.01

(44)

塩素は掛流しよりも暗渠により多量除去される。灌水せず畑状態に放置した区も雨水のみによって多量に暗渠により除去される。また石灰の施用は塩素の流亡量を増大せしめる。（3区と5区）

硫酸については掛流しよりも暗渠により多量に除去されること、また畑状態に放任した区も雨水により多量に除去されることは塩素と同様である。石灰の施用による影響は見られない。

無石灰の3つの区において掛流しおよび暗渠排水中の塩素に対するカルシウムの比率は34年夏作では、18～46%に達する。しかるに米酸性の同一土壌の暗渠排水（IV 6試験）におけるその比率は1.8～2.6%である。本試験では明らかに硫酸による土壌中の易溶性カルシウムの溶解及びコンクリート框の壁面の溶解が起っている。

鉄については、塩素、硫酸の行動と異なり流亡量が極めて少ない。菅野の別の研究¹⁸⁾により、本土壌の可酸化性硫黄は大部分が FeS_2 と見做している。 FeS_2 が酸化するならば重量で SO_3 100 に対し約50の Fe_2O_3 が生ずるはずである。然るに流亡した Fe_2O_3 の量の SO_3 に対する比率は第36表の如く全般に極めて少ない。これは鉄が pH の上昇、酸化により容易に沈澱するためである。これは第38表に、土壌の酸性化と共に熱塩酸可溶の鉄が増加することと一致する。夏作期間中に湛水した区の暗渠排水中に鉄が多い（3区と5区）。これは湛水により還元状態の発達のためであり。またこの3区と5区を比較すると石灰を施用した5区に少ないのは、pH の上昇によるものである。

第36表 掛流し、排水中の鉄と硫酸の比

区 名		掛流排水の別	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SO}_3 \times 100$
1	無石灰無灌水排水	掛排	1.82
		流水	1.61
2	無石灰湛水	掛排	0.95
		流水	2.16
3	無石灰掛流排水	掛排	0.69
		流水	13.26
4	石灰掛流	掛排	2.47
		流水	1.21
5	石灰掛流排水	掛排	3.29
		流水	8.55

第37表 暗渠排水の反応の変化（昭和34年9月25日採取）

区 名		日 数				
		0 日	1 日	3 日	7 日	28 日
掛星湾酸性 (IV 7 試験)	1 無石灰無灌水排水	4.50	3.90	3.18	3.05	3.06
	3 無石灰掛流排水	5.55	5.23	3.64	2.95	2.68
	5 石灰掛流排水	6.65	5.90	5.00	3.87	2.87
掛星湾米酸性 (IV 6 試験)	4 掛流(大)排水	8.40	8.30	8.65	8.72	8.65
	5 掛流排水施肥	8.45	8.30	8.70	8.70	—

第37表にみる如く、滲透水は採取直後強酸性ではないが、日数の経過と共に赤褐色の沈澱を生じ強酸性となる。小林²⁾が硫酸第一鉄を用いて行なった実験と同様であって、鉄は硫酸第一鉄として暗渠より流亡するものである。

土壌中の硫黄と鉄の形態変化を第38表に示した。原土の水溶性を除いた熱塩酸可溶硫酸は極めて少な

(45)

く 0.03 %であるが、酸性化後は 2.06~2.78 %に増加した。原土の硫黄はほとんどが熱塩酸に不溶性の硫黄即ち FeS_2 , free S 等の可酸化性硫黄として存在し、酸化により硫酸塩となるのである。酸性化後、水溶性の硫酸は 0.90~1.33 %と増加し、熱塩酸可溶の硫酸もほぼ同程度生じた。水に溶解しない熱塩酸に溶解する硫酸は $\text{Zuur}^{11)}$ のいう塩基性硫酸第二鉄であろう。酸性化後土塊の表面が黄褐色に着色し、Ⅳ 5 試験ではポットの排水口に塩類の白色の結晶と共に黄褐色の物質が付着した。これを灼熱すると赤褐色となり、水に不溶で塩酸で加熱すると溶解して Fe^{3+} の反応を示した。

第38表 処理に伴う土壌中の硫黄、鉄の形態変化

区 名		原 土	無石灰無 灌水排水	無 石 灰 灌 水	無 石 灰 掛流排水	石 灰 掛 流	石 灰 掛流排水
項 目							
3 4 年 7 月	pH ¹⁾	7.2	2.6	2.8	2.8	2.7	2.3
	水 溶 性	Cl %	0.92	0.27	0.17	0.21	0.18
		SO ₄ %	0.19	1.33	0.92	1.04	1.14
	HCl 可溶	SO ₄ %	0.22	2.37	2.23	2.09	2.44
		Fe ₂ O ₃ %	2.91	3.90	4.02	3.90	4.44
	可酸化性	S %	4.80	2.40	1.93	2.34	1.31
3 4 年 1 0 月	pH		2.7	3.9	4.3	5.5	5.3
	水 溶 性	Cl %		0.04	0.13	0.13	0.02
		SO ₄ %		0.59	0.73	0.59	0.78
	HCl 可溶	SO ₄ %		2.32	1.91	1.50	2.05
		Fe ₂ O ₃ %		4.80	3.61	3.85	4.00
	可酸化性	S %		0.87	2.18	2.47	1.49
3 5 年 7 月	pH ¹⁾		2.6	2.8	2.8	2.7	2.3
	HCl 可溶	SO ₄ %		1.61	2.00	1.69	1.93
	可酸化性	S %		0.52	1.36	1.48	1.24
3 5 年 1 1 月	pH		3.3	3.7	4.0	6.3	6.4
	HCl 可溶	SO ₄ %		1.87	1.39	1.00	0.85
	可酸化性	S %		0.22	0.81	1.17	1.02

I) 33年10月

II) 石灰施用前

III) HCl 可溶 SO₄ はすべて水溶性を含めた含有率である。

IV) SO₄ としてあらわす。

夏作期間前後の可酸化性硫黄の含量が2~5区の湛水稻作区では多少増減しているが、施肥代掻き等により土壌が反転し、また乾燥により生じた土塊は簡単に破壊されず、土塊の内部と外部では酸性化の程度も異なること等の理由によるサンプリング誤差と見做すべきである。かように水稻作前後に可酸化性硫黄含量はほとんど変化ないものと見做することができるが、無灌水排水区の可酸化性硫黄の減少は著しく、34年7月 2.40%、10月 0.87%、35年7月 0.52%、35年11月 0.22%と急速に減少している。これに対し夏作に湛水稻作した区は35年11月に未だ 0.81~1.42%の可酸化性硫黄を含有している。これは無灌水排水区では夏作期間中に酸化が起こる故であり、畑状態に放置し特別の処理はしなかったが、高温のため酸化が促進されたのである。34年、35年とも夏作後は夏作前の可酸化性硫黄の6割あるいはそれ以上が酸化した。

2~5区の湛水稻作をする区は水溶性硫酸、熱塩酸可溶性硫酸は稲作後減少している。この減少の程

度は34年度は掛流排水>掛流>湛水の順序であり、35年度もほぼ傾向は同じであるが、無処理湛水区の減少が掛流区よりも大である。これはサンプリング誤差と思われるが今後検討したい。この水溶性硫酸、熱塩酸可溶性硫酸の減少は、塩基性硫酸第二鉄より硫酸が遊離し、これが暗渠排水、掛流し等により流亡する故である。無灌水排水区は夏作期間にこの減少がなく、34年はほとんど差がなく、35年はやや増加している。夏作期間中に可酸化性硫黄の酸化は進行するが、湛水しないために雨水のみによる流亡は少なく、生成した硫酸は冬期雨の多い時期に流亡するものと思われる。

熱塩酸可溶鉄は、可酸化性硫黄の酸化と共に増加する。これは前述の如く、 FeS_2 の酸化により鉄は可溶性となるが他の成分と異なり、pHの上昇、酸化によって沈殿し、排水、掛流し等により流亡する量が極めて少ないからである。 $\text{Zuur}^{11)}$ によると FeS_2 は酸化により硫酸第一鉄となり、さらに酸化して硫酸第二鉄、次いで加水分解して塩基性硫酸第二鉄となり、更に加水分解して硫酸がつぎつぎに遊離するという。かくして最後には酸化第二鉄が残るのである。この経過は初め暗灰色であった供試土壌が、酸性化の進行と共に黄褐色となり、最後に赤褐色になることと一致する。

8 酸性化土壌に対する石灰と灌排水の効果に関する現地試験(島田干拓地)

島田干拓地は米子湾に臨む安来市島田に、昭和25年度に着工したサンドポンプによる吹上げ干拓で、現在なお工事中である。本地区は第5図に示す通り塩質酸性型に属する。

a 目 的

塩質酸性型の現地圃場において、水稻に対する石灰と灌排水の効果を検知する。

b 方 法

イ 土 壌 圃場は島田干拓地の1工区の東南端にあり、昭和35年6月の土壌断面調査の概要は次の通りである。

第1層 0~9 cm 灰味オリブ黄茶、埴土、数粒乃至1粒程度の土塊となり、表面は褐色の鉄錆色をしている。乾燥している。

第2層 9~18 cm 灰味黄緑、埴土、数粒乃至20cm程度の多角形に割れている、表面は鉄錆色の斑紋がある。乾燥している。第1層、第2層は昭和33年末に吹上げ完了。

第3層 18cm以下、灰味黄緑、埴土、33cm程度までわれ目があるが、含水量極めて大で、無構造状態である。第3層以下は昭和32年までに吹上げたものである。

土壌の塩素濃度と酸度は第39表に示した。但し H_2O_2 法可酸化性 S 酸度とは、著者が別に発表¹⁶⁾した簡易法により過酸化水素を用いて可酸化性硫黄を硫酸に酸化し、苛性ソーダ規定液で滴定し Y_1 と同じ単位で土壌50g当たりの滴定酸度を示したものである。全酸度は $3.5Y_1$ に水溶性酸度を加えたもので示した。第1層は強酸性を呈し、第2層も酸性であるが、18cm以下は未だ微塩基性である。塩素は第2層までは 0.41%で、非常に少なくなり、植生に害はない程度になっているが、18cm以下は未だ多い。

第39表 土壌の酸度と石灰施用量

層 位	Cl %	pH	水溶性酸 (50g当たり) %	Y_1	H_2O_2 法 可酸化性 S 酸度	全 酸 度	矯 正 用 炭 酸 炭 酸 kg/a	施 用 後 pH
1. 0~9cm	0.040	2.98	35.5	48.5	172.5	205.3	114.4	4.25
2. 9~18	0.041	4.12	10.0	38.3	76.0	144.1	80.3	
3. 18~	0.416	7.45	—	—	—	—	—	—

全酸度 = $3.5Y_1 + 100g$ 当たり水溶性酸

c 試 験 の 内 容

昭和35年度は水稻に対し、石灰の施用試験と、掛流しによる硫酸等の塩分除去の試験を行なった。試験区及び施肥設計は第40表に示した。一区面積0.6アール、一区制とした。7月5日、農林23号を1株3本、30×30cmの正方植とした。

第40表 試験区及び施肥設計

区 名	項 目	灌 排 水	石 灰	要素量アール当たり kg		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 無処理湛水	湛水のみに	なし	なし	—	—	—
2 石灰湛水	同上	施用	なし	—	—	—
3 石灰掛流	掛流し	同上	なし	—	—	—
4 石灰掛流施肥	同上	同上	同上	0.4	0.8	0.8

d 結果の概要

移植後植えいたみがあったが、間もなく回復し、石灰施用区は順調な生育をした。無処理区は生育がはなはだ悪く、区の中央部の水稻は葉先が黒褐色となり、硫酸第一鉄による被害の徴候を示し、枯死する株が多く、周辺部も生育は不良であった。本試験地は用水が不足し、また7月中旬より8月中旬にかけて雨量も少なく、設計通りの処理は当初2週間程度で、その後は掛流しはできず、8月上、中旬には落水状態の日数が多かった。しかしこのために硫化物の酸化が起こることはなかった。成熟期は標準栽培より約10日遅れ、11月4日に収穫した。収量調査結果は第41表に示した。

第41表 収 量 調 査

区 名	項 目	成 熟 期			アール当たり収量 (kg)				
		稈長 cm	穂長 cm	穂数	全重	籾重	糠重	玄米重	百分比
1 無処理湛水		62.6	18.2	13.2	37.7	17.7	17.1	14.2	43.4
2 石灰湛水		84.3	18.5	23.4	94.6	50.5	39.4	32.6	100.0
3 石灰掛流		91.4	18.9	26.6	114.8	57.7	53.9	45.9	140.7
4 石灰掛流施肥		97.6	20.9	31.6	189.7	72.7	57.1	46.9	143.9

石灰の効果は顕著であり、無石灰は1/3の株が枯死した。灌排水は設計通りにはできなかったが、無処理<石灰湛水<石灰掛流<石灰掛流施肥の順序に、後者の区により多く水を掛けるように処理した。湛水区と掛流区の収量の差は、湛水量の差に基づくものである。また施肥と無施肥との収量差は少ないが、藁重、分けつ数ではあきらかに差がある。これは成熟期に雀による被害が特に施肥区に多かったためである。かように酸性化した現地圃場において水稻を栽培するには、石灰を施用して反応を矯正する必要がある、掛流しにより塩類を除くことも効果がある。本圃場では無肥料で初年度アール当り45.9kgの収量を得たが、施肥の効果もみられた。

第V章 論 議

1 塩害について

中海干拓予定地は塩分が多く、塩質中性型土壌では2%以上、塩質酸性型土壌も0.5%以上の塩素を含有する。しかし暗渠排水するならば除塩は速く、Ⅲ4試験に示す如く当初塩素含量2.26%の土壌が表層10cmは1年3ヵ月後には0.13~0.26%となり、第2年目には窒素肥料を施用すれば用水が豊富にある限り水稻栽培は可能であった。3年後にはこの値は0.03~0.06%程度になった。しかし暗渠がないと下層からの塩分の上昇があって除塩はすすまない。以上は湛水状態の条件下である。Ⅲ4試験の第

2, 第3区のように畑状態に放置するか、あるいは裏作に高畦をすることにより、表面において横に塩分を流す方法も有効である。島田干拓地では下層への浸透が少なく、割れ目を通して横に流れて除塩が進行している。第39表に示した如く、0~9cmと9~18cmの塩素含量は同じであるが、18cm以下の、水分が極めて大きい無構造の層は上の層の10倍の塩素濃度である。18cmより上の層が乾燥して、塊状になったために、下の層からの塩分の移動が妨げられると共に、上層の土塊の表面に析出した塩分は雨水に溶解し、3層の上の割れ目を通して横に流れるものと考えられる。除塩を速く更に深い層まで行なうにはⅢ4試験の2, 3区の如く暗渠をするのがよいが、未だ下層は含水量大きく工事ができないので、明渠を相当多く設置しなければならない。Zuiderzee 干拓地⁴⁾では干拓当初には明渠を、数年後にこれを暗渠に代えるという。これは除塩のみならず、排水を良好にし、土壌を乾燥して物理性を良好にし、土壌改良に非常に大切なことである。久保田¹⁹⁾も除塩に対し排水溝の効果、土壌団粒化の効果を認めている。除塩に対する前提としては第1に地下水を下げ、明渠の密度をこまかくすることと、用水を豊富に用意することであり、これらが充たされるならば、除塩は容易であり土壌を洗滌し、あるいは掛流しを行なうことにより、比較的容易に作物を栽培することは可能である。

2 作物生産力について

窒素は塩質中性型では含量が少なく、11点平均全窒素0.157%, 乾土効果10.7meである。水稻に対しては三要素試験に示すように、無窒素区の収量ははなはだ低く三要素区に対する指数は14.7~26.7を示した。本試験は1/2万ポットを用い、ポットの中で土壌を洗って除塩したので土壌の量が非常に少なく、周年湛水状態のため乾土効果が発現しない。しかしⅢ4試験で2年間畑状態に放置、あるいは裏作に高畦を作り土壌を乾燥しても、窒素をアール当たり、34年度は1.58kg、35年度1.98kgという多量施用して、他の湛水区に比較して、さして差異がなかったことよりみれば、本土壌は窒素は相当に欠乏していると思ふべきである。また従来塩害の徴候が現われると硫酸を施肥することがすすめられており、耐塩栽培法¹⁵⁾とされている。下瀬ら²⁰⁾は表土の塩素0.12%の児島湾干拓地の第7区の圃場試験で、Nとして反当たり4貫以上を必要とするとした。このことも併せて考慮するならば、塩質中性型土壌は干拓当初より多量の窒素肥料を必要とすると考えられる。

塩質酸性型土壌では窒素は豊富であり、分析した3点では全窒素0.247~0.394%, 乾土効果13.3~29.7mg 生土を30°Cにインキュベートして生成するNH₃-Nは1.2~4.6mgの値を示した。本型の土壌も周年湛水のポット試験では無窒素区の収量ははなはだ劣るが、乾燥して酸性化したポット試験では、初年度無窒素区の収量指数は、未酸性の湛水土壌の23.0に対し72.0を示した。またⅣ7試験で石灰掛流排水区は無肥料で2年目にアール当たり61.6kgの玄米収量を得た。また島田干拓地における現地圃場試験でも、初年度は植付けが遅かったが無肥料でアール当たり45.9kgの玄米収量を得た。以上塩質酸性型土壌は塩質中性型土壌に比較して窒素はやや豊富である。しかし八郎潟湖底土は窒素についてははなはだ肥沃であり、木内ら⁷⁾によれば初年度無肥料で10アール当たり750kg以上の玄米収量を得た土壌も存在する。畑作においても同様であり、両型の土壌共に窒素の肥効は大きい。磷酸は窒素に比較して多いが水稻三要素試験では初年度にやや肥効がみられ、2年目以降は肥効が順次大となった。塩質中性型、塩質酸性型ともに同様の傾向であった。畑作も磷酸の肥効は大きい、塩質酸性型の畑作では、磷酸は極めて欠乏しており、無磷酸では小麦大豆共に枯死した。

カリは窒素、磷酸よりも豊富であり、初年目には肥効は少なく、順次肥効をあらわす。しかし塩質酸性型土壌の畑作では窒素よりも肥効が大きい。

窒素、磷酸、カリの肥沃度は以上の通りであるが、土壌の作物生産力の面からみると、塩質中性型土壌は、塩分を除去すれば、Ⅲ4試験に示すごとく、窒素のみ、あるいは、窒素と磷酸を施用することに

より、アール当たり玄米収量は2年目 48.0 kg, 3年目65.4 kg, 4年目 77.6 kgと相当に高収量を得ることができる。年次の進むに従い塩害は軽減し、また作物栽培により窒素は増加するから、窒素の施用量は減少する必要がある。ただ極めて粘質であり、減水深も少ないので還元が発達し易く、Ⅲ4試験では赤枯れ（窒息病）が発生し、周年湛水の三要素試験Ⅲ2, Ⅳ3では根腐れが発生した。従ってつとめて土壌の乾燥、酸化に留意すべきであり、これはまた除塩をすすめ、物理性を良好にする。畑作も三要素の施肥により相当の高収を期待し得る。畑作では物理性の改良が重要であるがこの点に関する試験は今回は行っていない。唯米田ら⁴¹⁾と同様に乾湿をくりかえすこと、畑作物を栽培することははなはだしく土壌構造を改良することを見た。

有機質肥料の施用は、水稻作では還元障害を起し易いことを考えるならば当初土壌が還元的な場合は不必要である。畑作に対しては堆肥の効果があり、物理性改良の意味もあり施用する必要がある。

石灰の効果は明らかでない。水稻作では負になることが多い。もともと反応は微塩基性であるが石灰の施用により塩基性をつよめて種々の障害があらわれるであろう。

石膏の効果も明らかでない。Ⅲ4試験では除塩に対してはやや効果が見られたが、水稻栽培には負になった。硫酸根過多の害と考えられる。質酸性型土壌については次項に述べる。

3 可酸化性硫黄の酸化と作物の栽培

埴質酸性型土壌では問題が複雑である。乾燥せずに湛水のまま稲単作するならば、試験Ⅳ6の如く、三要素の施用のみで高収量を得ることができる。ただし除塩は困難である。しかし実際には乾燥せざるを得ない。畑状態で温度が高い条件では容易に酸性化する。可酸化性硫黄の酸化には、化学的酸化と微生物的酸化があるが著者の別の研究²⁶⁾によれば温度30°C程度では、微生物による酸化がより大で、水分が40%程度以上あれば酸素の供給が充分ある限り微生物的酸化の速度は早いことを認めた。土壌調査の項で行なった如く1%以上の塩分を含有していても酸性化は容易である。米田²¹⁾が児島湾土壌を供試した鉢試験において $\text{FeS}_2 + \alpha$ 含量が 0.766 %の土壌が2年後には 0.182 %となり、pHは7.4より5.7に下ったのみである。また木内ら⁷⁾の八郎潟土壌を用いた鉢試験でも pH 3.0 以下になることはなく、無石灰でも水稻は枯れず、石灰の施用よりも、むしろ灌漑水による洗滌をすすめている。然るに中海の掛屋湾土壌を用いたコンクリート框試験では、人工的に酸性化を促進した故もあるが、pHは2.32~2.80となり、日当り30耗掛流し、10耗暗渠排水でも水稻は枯死した。Ⅳ4試験で排水を良好にしたポットを11月に屋外に放置した場合、3月には酸性化が起り小麦が枯れ、6月には Y_1 が 37.5~66.3、水溶性酸が土壌50g当たり 75~197.5 となった。また自然状態で乾燥した島田干拓地では、33年末にサンドポンプによる吹上げを完了した干拓地が、35年6月に表層 18 cmが乾燥し、農作業が未だ極めて困難であったが 0~9 cmは pH 2.98, 9~18 cmは pH 4.12 を示し、無石灰では被害がはなはだしく水稻の収量はアール当たり 15 kgにも達しなかった。掛屋湾土壌の可酸化性硫黄が SO_3 として 4.80 %あり、島田干拓地のそれは、過酸化水素を用いる簡易法で 3.67 %を示す、この簡易法は実際量の約70%程度を示すから実際はもっと多い。これは八郎潟⁷⁾、児島²²⁾の値に比較してはなはだ多い。このように中海には可酸化性硫黄含量の多い土壌が相当面積存在し、干陸後好気的な条件で強酸性化する。Ⅳ4試験に示した如く、土壌が強酸性化すると、磷酸、カリ、マグネシウムの欠乏がはなはだしい。しかし水稻作に対しては、Ⅳ4, Ⅳ7試験の如く、このことが未だ重大な欠陥とはなっていない。Ⅳ7試験では石灰を施用して反応を矯正し、掛流しと暗渠排水を行なって、無肥料でアール当り60kgの玄米収量を得た。また第24, 34表に示した如く還元がさ程強くなく、硫酸根の還元による障害も起っていない。これは FeS_2 より生成した硫酸は、Ⅳ7試験に示したように石灰で中和してもその流亡が制限されることはなく、多量に流亡するが、鉄は3価の鉄として土壌中に増加することは一因である。従

って埴質酸性型土壌では土壌の酸性化に従い、反応を矯正する程度の石灰を施用するならば、水稻栽培は充分可能である。このときは、掛流し、排水等により硫酸塩の除去につとめるべきである。

これに対し畑作はやや困難である。初期に、可酸化性硫黄が充分酸化していない時期には、栽培期間中に酸性化が進行して栽培が不可能である。可酸化性硫黄の酸化がほとんど完了後石灰で反応を矯正して栽培してもⅣ5試験の如く埴質中性型土壌に比較して収量が低い。その一因は、前述した如く、磷酸が極端に欠乏し、カリ、マグネシウムも欠乏していることであり、その他にも各種要素の欠乏の可能性が強い。また極めて強い酸性溶脱を受けることによって起こる種々の障害があり、熱畑化にはやや時間がかかるであろう。このような埴質酸性型の土壌で畑作するには、大部分の可酸化性硫黄を酸化せしめた後、石灰により反応を矯正し多量の肥料と堆厩肥を施用し、また必要ならば特殊成分、微量元素を補給して栽培しなければならない。あるいは可酸化性硫黄の酸化を抑制するか、又はあらかじめ多量の石灰を施用しておいて、酸化に伴って生ずる硫酸を徐々に中和することができるならば畑作は初期より可能であり、興味ある問題である。今後に残された問題は多い。

第Ⅵ章 総 括

中海干拓予定地の土壌調査を行ない、その特徴を明らかにし土地分類をした。この分類の内2つの型の土壌につき、島根農試内で鉢試験、框試験を、島田干拓地では現地圃場試験を行なって、干拓後、作物栽培に障害になる点と、それに対する対策を検知しようとした。未だ不充分で今後に残された問題は多いが、得られた結果を総括すると次の如くである。

1 土 壌 の 性 質

- 1) 土性は埴土が大部分の面積を占め、砂土が一部分布し、その中間の土性は少ない。埴土は極めて重粘で、含水量大きく、無構造状態である。
- 2) 水溶性塩素が多く NaCl がその大部であり、埴土では風乾土当たり塩素濃度はそのほとんどが 1 %以上ある。
- 3) 置換容量は比較的小さく、30me を越えるものは少ない。置換塩基にマグネシウム、ナトリウムが多いのは海面干拓地の特徴である。主要粘土鉱物としては Halloysite, Illite の存在が予想される。
- 4) 腐植、窒素は埴質中性型では概して少なく、一般の乾田程度である。埴質酸性型では豊富である。
- 5) 硫化物を含み、畑状態で強酸性化する地帯がある、框試験では最低 pH 2.32 現地圃場では 2.98 を示した。河口、入江、湾の内部に分布する、その分布の特徴について考察した。
- 6) 酸性化する土壌で FeS を主とするもの（黒色）よりも FeS_2 を主とするもの（暗灰色）の分布面積が広く、また硫黄含量は後者が大きく、 SO_3 として 4.8 %に達する土壌もある。
- 7) 土性と畑状態の反応によって実用的な土地分類を行ない4つの型に分類した。この4つの型は土性、硫化物含量の他に、塩分、腐植、窒素の含量に対してもある程度の関係を持っている。

2 埴質中性型土壌について

- 8) 除塩は、暗渠あるいは明渠により地下水を下げ、水の縦浸透を促進し、下層からの塩分の上昇を断つならば容易である。又高畦あるいは畑状態に放任して土壌を乾燥させると、表層における横への水の移動により除塩の効果は大きい。又塩分が多い時に水稻では掛流しの効果は大きい。
- 9) 水稻作畑作共に窒素はきわめて欠乏しており、また塩害を考慮するならば初期より多量の窒素肥料を必要とする。磷酸、カリはやや豊富である。耕作をつづけるに従い窒素の施用量は減少し、磷酸、カリの施用量は増加する必要がある。

10) 周年湛水状態で水稻栽培をすると、土壤の還元により鉢試験では根腐れ、框試験では赤枯れが発生した。これを防ぐには、裏作期間にはつとめて土壤の乾燥、酸化につとめるべきである。

11) 畑作の障害は塩害を解消した後は物理性不良が第一であり、乾湿をくりかえし、作物を栽培すると団粒を生成し物理性が著しく改良されることをみた。

12) 堆肥は水稻作には還元障害を考慮するならば当初は不要であり、畑作には効果大きい。石灰の効果はみとめ難い、石膏の効果はみられず、水稻作には施用により収量がおちた。

13) 作物生産力は大きい。4年目に框試験でアール当たり 77.6 kg の玄米収量を得た。畑作も年次と共に収量は上って来た。

3 埴質酸性型土壤について

14) 埴質酸性型土壤は湛水のまま稲作するならば、三要素の肥効は埴質中性型と同様である。

15) 含有される可酸化性硫黄は、畑状態で温度が高いと容易に強酸性化する。框試験で夏期畑状態にすると酸化が著しく早く、現地圃場の自然状態でも短時日に強酸性化する。

16) 酸性化により生じた硫酸は、雨水、灌漑水により比較的容易に流亡するが、鉄は流亡せず、塩酸可溶性の鉄が土壤中に増加する。土色が干拓直後の暗灰色から乾燥に伴ない黄橙色、次いで褐色になるのは、パイライト (FeS_2) → 硫酸第一鉄 → 塩基性硫酸第二鉄 → 酸化鉄の経路によるものであることをみとめた。

17) 酸性化した土壤は石灰で中和、湛水すれば水稻は栽培可能であり、この際は過剰の硫酸塩を掛流し、暗渠等で洗い流すことは有効である。乾燥しない土壤に比較して窒素の肥効は小さい。框試験では2年目に無肥料でアール当たり 61.6 kg の玄米収量を得た。

18) 畑作では、栽培期間中に酸性化が進行すること。酸性化により有効態磷酸が極端に欠乏し、カリ、マグネシウムも溶脱して欠乏すること等のため、栽培が困難である。これらの点は今後研究したい。

文 献

- (1) 米田, 川田 : 土肥誌, **25**, 36 (1954)
- (2) 小林 : 湖沼の干拓地不良土壤に関する研究, 1~58 (1951)
- (3) 米田 : 農園, **33**, 1338 (1958)
- (4) Zuur, A. J. : *Soil Sci.*, **74**, 75 (1952)
- (5) 農林省農業改良局研究部施肥改善資料, 8号, 37 (1955)
- (6) 九州農試環境第2部: 九州農試泉報, **1**, 190 (1952)
- (7) 木内, 千葉, 佐藤 : 八郎潟湖底土壤に関する土壤調査並びに栽培試験成績書, 1~50 (1960)
- (8) 米田, 川田 : 岡大農学術報告, **2**, 1 (1953)
- (9) Kawaguchi, K., Hattori, T. and Waki, T. : *Soil and Plant Food*, **3**, 7 (1957)
- (10) 青峰, 東, 井ノ子 : 九大農学芸誌, **14**, 387 (1954)
- (11) 藤井, 渡辺, 江川 : 土肥誌, (講演要旨) **2**, 7 (1956)
- (12) Bower, C. A., Reitemeier, R. F. and Fireman, M. : *Soil Sci.*, **73**, 251 (1952)
- (13) 山口, 白鳥 : 農園, **33**, 25, 329 (1958)
- (14) 河井 : 農園, **34**, 1403 (1959)
- (15) 米田 : 干拓, とくに児島湾干拓地に関する資料, P 18 (1957)
- (16) 村上 : 土肥誌, 掲載予定 **32**, 276 (1961)
- (17) Smittenberg, T., Harmsen, G. W., Quispel, A. and Otzen, D. : *Plant and Soil* **3**, 353 (1951)

(18) 村上 : 土肥誌, 掲載予定

(19) 久保田, 大森 : 岡山農試臨時報告, **53**, 34 (1955)

(20) 下瀬, 池宗 : 岡大農学術報告, **3**, 22 (1953)

(21) 米田, 下瀬, 河内 : 岡山農試臨時報告, **54**, 1 (1956)

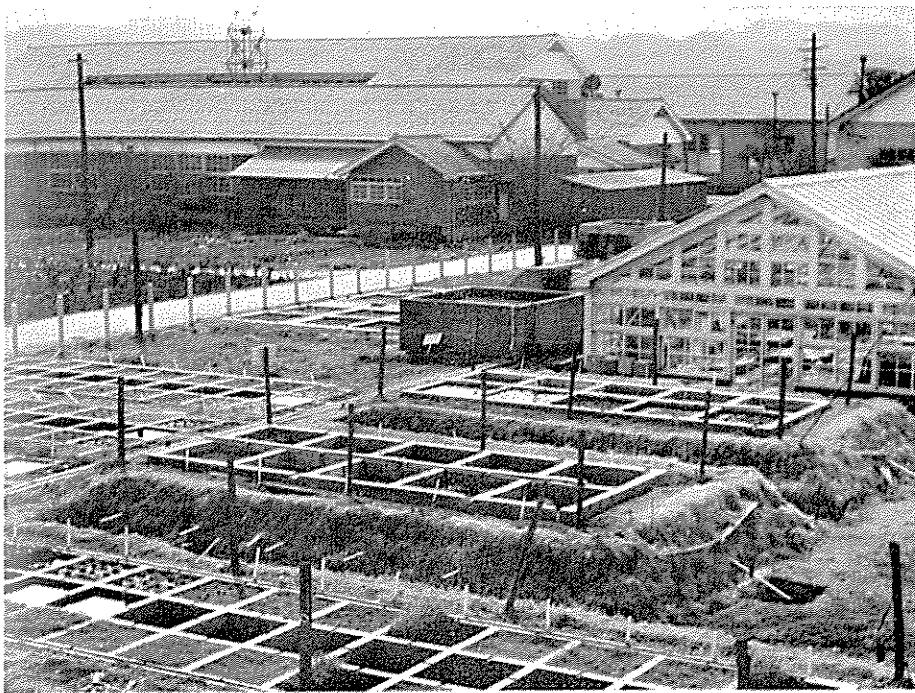
(22) 米田 : 土肥誌, **27**, 185 (1956)

(23) 入沢 : 低位生産地調査事業十周年記念論文集 748 (1957)

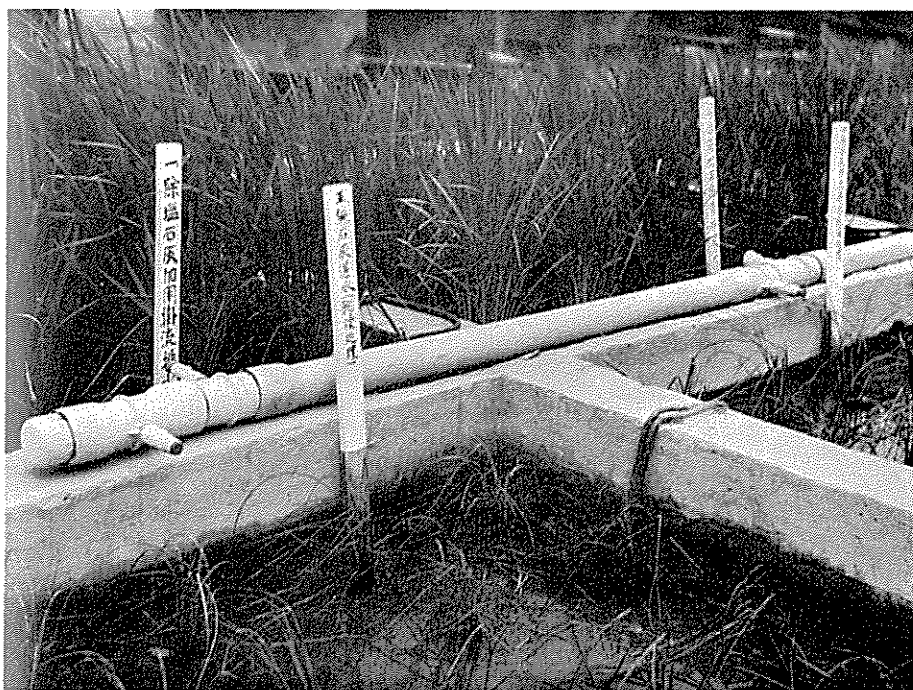
(24) 入沢, 山根 : 土肥誌 (講演要旨) **2**, 7 (1956)

(25) 村上 : 未発表

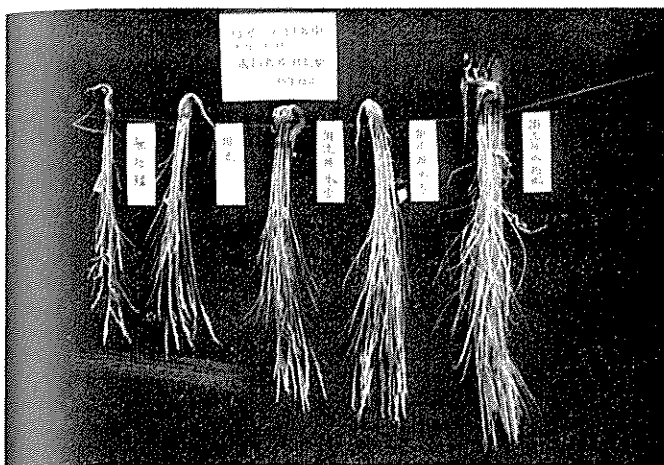
(26) 村上 : 土肥誌 (講演要旨) **7**, 105 (1961)



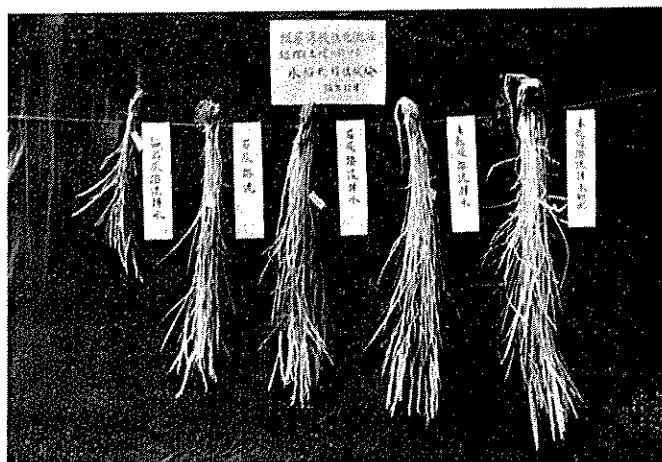
コンクリート框試験の全景



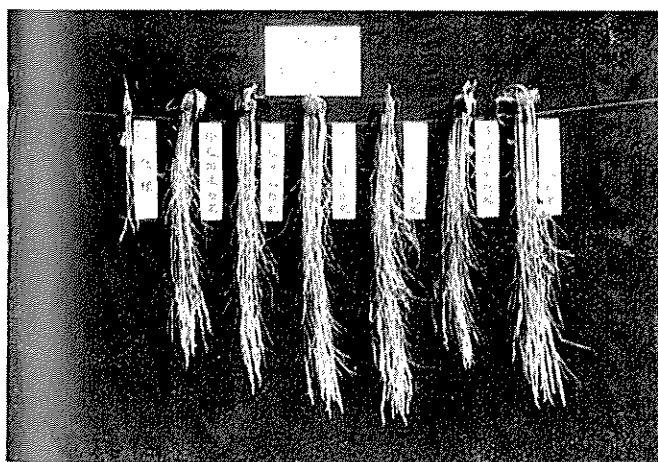
塩質酸性型土壌の框試験 昭和34年、後方は未酸性土壌 手前は酸性化土壌



塩害に対する水稻栽培法試験 昭和34年 (Ⅲ 4 試験)



塩害に対する掛流しと暗渠の効果試験 昭和34年 (Ⅳ 6 試験)



土壌の酸性化と水稻の栽培に関する試験 昭和34年 (Ⅳ 7 試験)



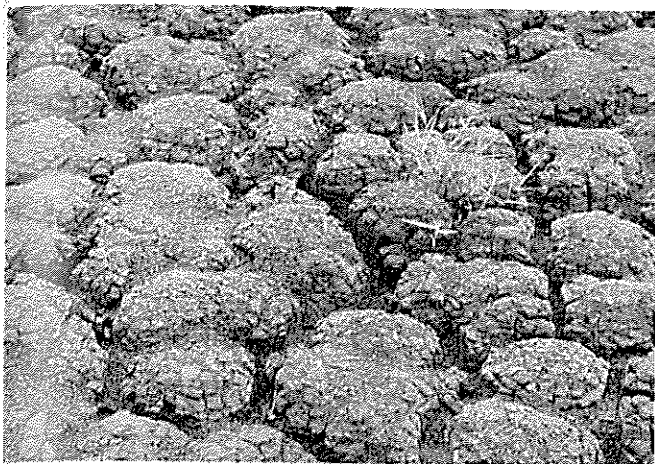
植質中性型土壌における三要素と石灰の肥効試験 昭和34年（Ⅲ 2 試験）



植質中性型土壌における大豆に対する三要素試験 昭和34年（Ⅲ 3 試験）



酸性化土壌（植質酸性型）における水稻に対する四要素、堆肥の肥効試験（Ⅳ 4 試験） 昭和34年



島田干拓地、34年3月サンドポンプによる吹上げ工事完了
35年7月撮影



酸性化土壌における水稻の障害 昭和35年
(Ⅳ 8 島田干拓地現地試験無石灰区)



松江市川津、大橋川底土の客土による水稻の酸性障害 昭和32年