

# 湿田の乾田化に伴う生産技術解明に関する試験

## 1. はしがき

いわゆる土地改良工事は、かなり以前より実施されてきたのであるが、1945年～1955年の食糧不足の時代には、主として食糧増産の目的から、又近年ではある程度その目的を達したので、土地生産力の増強と更に労働生産性の向上という農業経営上の観点から等、時代によってその目的には多少の変化はあっても、共に圃場の基盤整備として、その重要性が強調されてきている。区劃整理・暗渠排水・用排水路の完備等は、水田圃場の基盤整備の基本条件として実施されておるのであるが、特に湿田の乾田化は、米の増収・裏作の作付・機械力の導入という直接農家経営に結びつく緊急の問題として全国的にとりあげられてきた。しかし現実には北部東北地方では、裏作は主としてその環境条件の不適のために余り進展せず、専ら米作にその努力が払われている。従って当地方では、土地改良の目的は米の増収そのものに集中されている。

従来、この土地改良の施工跡地では、中小型機械力の導入が可能になる等の利点をもたらしながらも、生産向上の面では必ずしも直接的に結びつかない場合さえみられたのである。即ち、現実の水田では、暗渠排水一排水良化一増収という一連の関連は、必ずしも期待通りには実現されていない場合もあるが、これは暗渠施工技術の問題、作物に対する耕種・肥培技術の不適切さから招来されるものと考えられる。

一般には土地改良工事によって土壤環境の著しい攪乱があり、これが安定するまでには幾多の経路をとることが予想される。従って本試験においてもこの点を考慮し、施工後及びその経年による土壤・地下水並に水稻生育相の変化の様相を把握、これに伴う管理技術の在り方を究明し、これらを通じて土地改良によってもたらされるものを明確にすることを目的としたのであるが、その解明は極めて困難であり、むしろ今後に俟たねばならない点多々あるが、一応1955年より実施した試験の結果を取纏め大方の御批判を得たいと思う。

## 2. 本地区の地形、地質及び堆積様式の概要

本地区は胆沢平野と称し、岩手県南部の平坦地帯で、

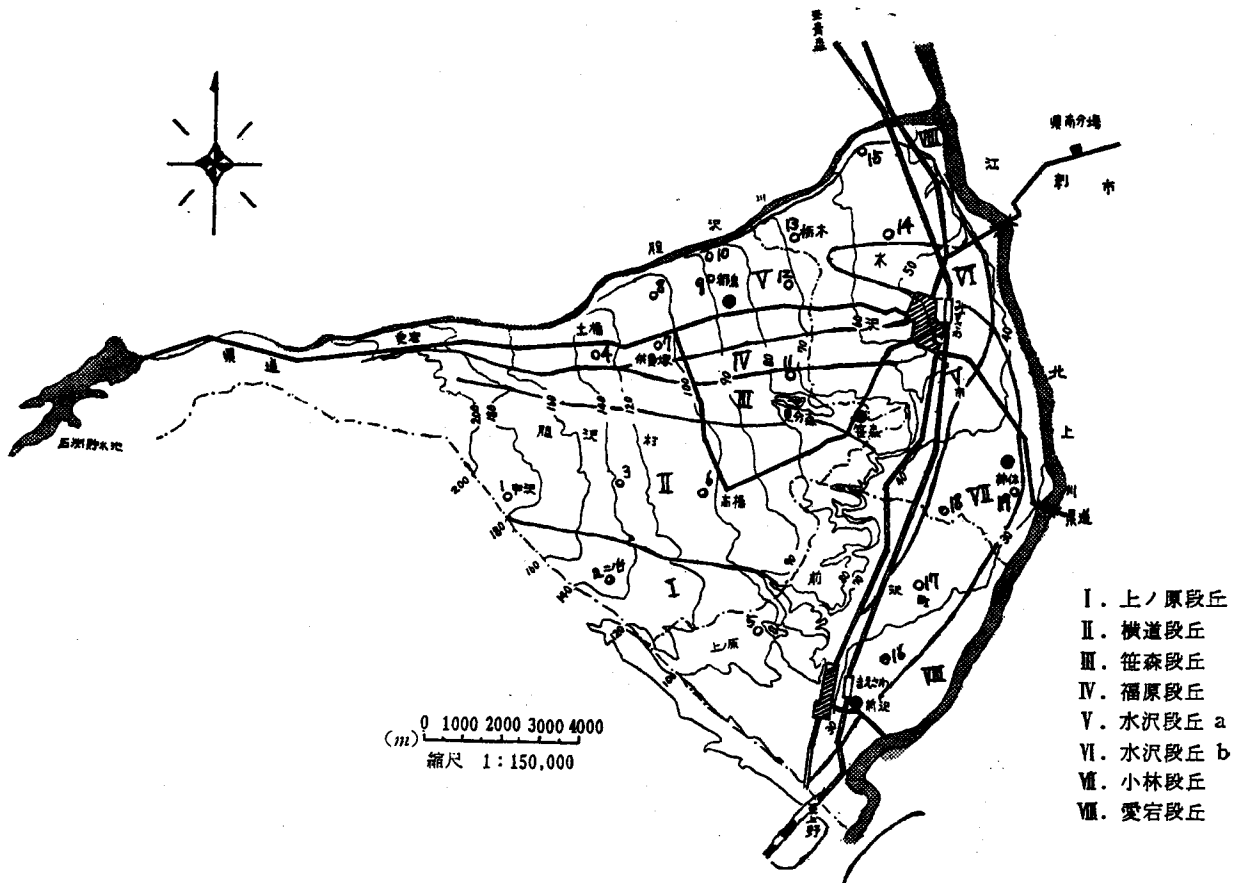
水沢市、前沢町並に胆沢村の全域に亘り、その全面積は16,000haであり、営農地帯はその約半分の8,000haで、内水田は5,800ha、畑その他が2,300ha、開田・開畑予定地が1,960haである。なお開田約1,000haは既に昭和37年度に完了している。開田を除く既往の水田は略々標高150m以下の地点に存在している。当胆沢川土地改良地区は主としてこの地域の水田を対象としており、水田の分布は南西部に少く、その分布は殆ど狭長な解析低地であるが、台地上の北東部及び台地下の北上川沿岸の地域には広大に分布し、岩手県における主要な水田地帯を形成している。

これらの地区の形成様式について、土壤の性質並に排水改良に密接な関連をもつ地形・地質及び堆積様式をみると以下の通りである。

### 1. 地形

北上平野は、北は盛岡より南は一関に至る南北約85kmに亘る細長い地形を形成しており、北上川はこの平野の東縁を貫流している。東側の北上山地は古期山地で、著しい侵蝕の時代は既に終り老年期の様相を呈し、この山地から北上川に流入する河川は殆ど著しい堆積を示さないのに反し、西側の奥羽山地から流入する各河川は著しい堆積を示し、このため幾多の扇状地を形成している。胆沢平野はこの北上平野の南部に当る地域であり、北は胆沢川、南は衣川、及びその上流北股川によって挟まれ、西部の奥羽山地に扇頂を有する半径約20km中心角度約35度で東方の北上山地に向って開く扇状の台地地形である(第1図)。従って地形は西部より東部へと傾斜しているが、略々国道四号線を境として東側の沖積面とは明瞭な崖差(段丘差)をもって区切られている。西部台地上では南部ほどその崖差は著しく70～100mであるが、北部では少い。又国道の東側北上川寄りでは逆に北部ほど高く沖積面との崖差は4～5mで、南部にゆくに従って低くなっている。更に台地上では北より南に向い数段に亘り階段状段丘を形成しているが、これは本地域の隆起形成が数回に亘って行われたことを証しており、本扇状地形成の複雑さを示している。

この扇状台地について、小原ら<sup>1)</sup>は比較的扇頂部に近い区域における調査の結果、扇頂より扇端に向う放射状の6本の崖線によって境される5つの平坦な小扇状地の形



第 1 図 胆沢平野地形概略図及土壤調査地点

成を認めている。これによると、各面とも第三紀層よりなる基盤が、段丘堆積物である拳大～人頭大の円礫層で被われており、これは西部奥羽山系の石英斑岩、石英粗面岩、石英粗面岩質凝灰岩及び焼石火山群よりの新期火山岩（複輝石安山岩）等が主であるとし、古い段丘では浮石層が介在することを認めている。又それより下った東寄りの地域に於ては新旧合せると10数段の段丘面があり、上の原段丘を最高とし、漸次北部へと低下し、水沢段丘を最低としている。〔みちのく自然研究会編：胆沢郡及びその周辺の自然概説（1953）〕

この段丘の形成様式については、経済企画庁によって1959年より実施された本地区の「国土調査」の結果でその詳細が明確になるものと思われるが、一応福原段丘を境として洪積面と沖積面とに大別されるようである。いずれも西より東方に向う狭長な三角形を呈してほぼ放射状に配列しており、何れの段丘面も南のものほど解析の度が進行していることが知られ、谷底は水田化され、その間に挟まれた細い凸部は未耕地、畑及び聚落の存在する処となっている。更に国道沿いにこれらの段崖より発

する侵蝕谷が、これらの段丘面を深く刻み込んでおり、しかも南部ほどそれが大規模で、その最大のものは前沢町の南方の合の沢で、順次北へ板子沢、松の木沢と続いている。更に本地形形成前の残丘も2、3みられるが、その典型的なものとして見分森（標高113m）が存在しており、本地形の複雑さを窺わせるものである。

## 2. 地 質

地質につき既往の関係説明書<sup>2)</sup>にもとづき略記すると本地区の西部奥羽山地は古生層並にこれらを一貫する深成岩を基底として第三系及びそれ以後の地層・新期火山岩類が広範な分布をなしている。いま西部奥羽山地より東部へへかけての上部地層の堆積順序を一括して示せば次のとおりである。

- |     |                              |
|-----|------------------------------|
|     | 火山灰性堆積層                      |
| 第四系 | 火山碎屑物・火山岩類……輝石安山岩・石英安山岩質凝灰岩等 |
|     | 藤里層（志和層）……石英粗面岩              |
| 第三系 | 大平層（玉里挾亜炭層）……上部一火山碎屑物        |

を主とする

下部……砂岩・礫  
岩・砂質泥岩・挾亜炭

### (1) 大平層

この層は扇状地堆積物によって不整合に被われている。この堆積状況は胆沢川対岸の金ヶ崎町、北上市相去においても全く同様である。更に北上川の東岸の挾亜炭層は全部これに対比されるものであり、玉里挾亜炭層がこれにあたる。

### (2) 新期火山岩類

衣川村と胆沢村若柳との境にある高検能山は石英安山岩であり、また西部奥羽山地の主峯、焼石岳を構成する含石英紫蘇輝石安山岩等が一括され、扇状堆積物の礫となっている。西部扇頂部では地表1m以内に出現する場合も多く、又その大きさも人頭大球状であり、浅耕土、漏水或は一部湧水の主要原因となっているが、扇端になるにつれて次第に扁平小形となっている。しかしその厚さは扇頂と扇端では著しい差異はなく、比較的薄いのが特徴である。この活動は扇状地堆積物の堆積後も継続している。

### (3) 藤里層

この地層が胆沢川扇状地の下部であることは、火山性段丘堆積物を刻む必縦谷で明かに認められる。本層は砂、礫及び粘土を主とし、凝灰質粘土、凝灰岩及び泥炭を挾在し、第四系の最下部と考えられている。現在農耕地として最もよく利用されかつ重要な意味をもつものは、本層及びこれ以後の堆積層である。

### (4) 火山性堆積層

扇状地堆積層の最上部を占め、奥羽山地から北上山地に亘って広大な地域に分布している。高所では侵蝕を受け薄くなっているが、それでもなお相当の層厚を有している。最も典型的なものとしては上の原段丘で、赤褐～黄褐色の土層が駒籠、上の原方面へと及んでいる。横道段丘～福原段丘まではその下部のもので、橙色～黄褐色の火山性堆積物である。上の原段丘を除き福原段丘までは各段丘共に下層には浮石層が存在するが、扇頂部では地表下120～150cm、また扇端部では約90cmに認められる。現在前記のような原形を比較的良く保っているのは残丘（見分森）高所の未耕地であり、多くの水田及び水沢段丘以下の段丘面では、解析を受けて著しく攪乱されている。水沢段丘以下は比較的新しい段丘面であるが、水沢段丘は主として胆沢川の影響が強く、又その下位の

ものは主として北上川の影響が強いものと思われる。

## 3. 土壌の堆積様式

前述のように本調査は既往の水田を対象としたのであるが、これら水田土壌は高位の段丘面では灌漑水の関係上一般に解析低地にのみ存在している故、未耕地、畑とは自ら異っており、扇状地全般の秩序だった自然の堆積状況を観察する上には当然不都合である。

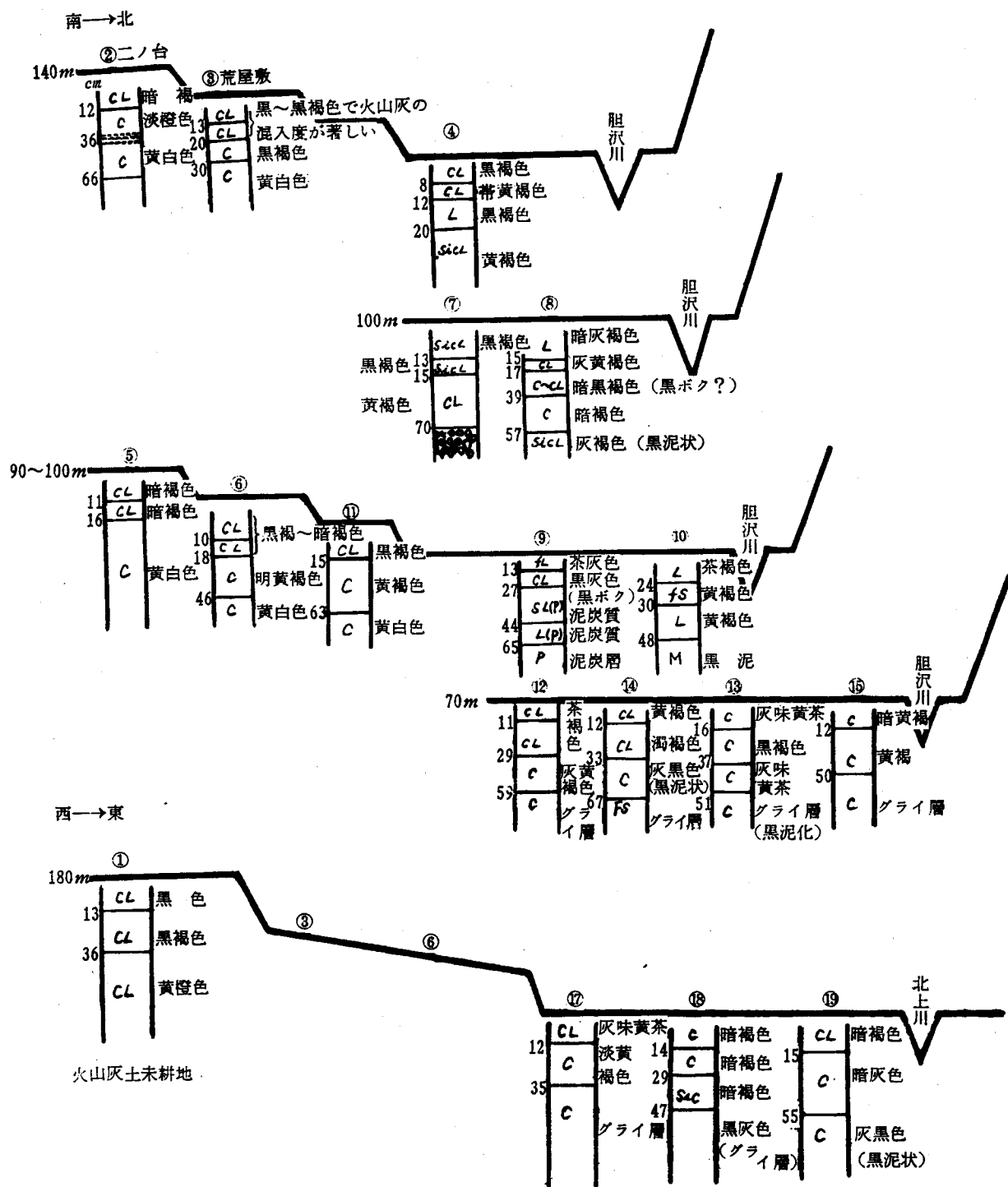
しかし本調査の目的は土壌区分そのものにあるのではなく、この地域全般の土壌の堆積様式やその一般的諸性質の概況を知り、本試験を円滑に行うための参考資料を得る目的で実施したものである。即ち土壌の堆積様式は前述の地形・地質と互に関連を保ちつつ、この地帯における地下水の動き、透水性並に土壌の肥沃度を規制する因子であり、これによって地区内の排水不良地帯の原因を窺知するとともに、工事施工後における土壌の変化並に栽培管理上の問題点を把握しようとしたものである。

第1図に示した夫々の段丘面上に存在する主な地点について、その土壌の堆積様式を模式的に示せば次のとおりである（第2図）。

このように胆沢扇状地の主要部を占める国道を境とした西側の各段丘面上に分布する水田の敷地点についての土壌断面が夫々特徴をもっているが、最低位の水沢段丘を除けば、各段丘面上の水田は付れも解析・攪乱を受けた低地にのみ存在するため、殆どその断面形態は類似している点が多い。その一般的なものを例示すると第3図のとおりである。

この断面では、種々の形に侵蝕を受けているが、多くは3層迄も（場所によっては4層の浮石層までも）侵蝕を受けて、黒褐色の作土層下に直接5層の黄白色粘土層が存在する場合も多い。このような堆積様式を示すのは、当然高位の段丘面上の解析低地に多くなっている。この地域では一般に地形的に高所に存在し、且火山性堆積物が厚い場合には漏水が激しく、漏水田となっているが、黄白色粘土層が浅層より出現する場合には排水はやゝ不良となっている。このことは各段丘面について全く同様である。しかし下層が重粘の割にはグライ土壌の出現が局所的に限られているのは、灌漑水が横水となって流去するためと思われる。

これに対して、北部の水沢段丘は比較的最近まで水の影響を強く受けたと解され、その攪乱の程度も大きく沖積作用が著しい。このため下層には数層に分れて黒泥や泥炭が形成されており、黒泥には黒ボクが潜入したもの



第2図 土 壤 の 堆 積 様 式

と思われるものも存在する。

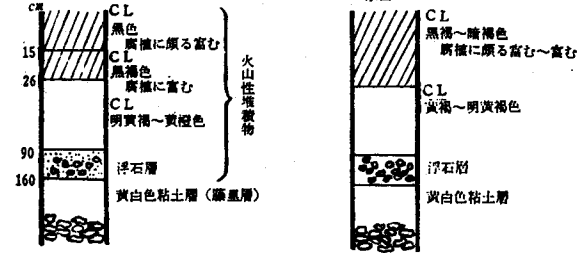
No. 4, 7の地点には、比較的浅層より砂礫層が出現するが、局所的には伏流水が湧水となり、このために湿田となっている地帯もある。

この地点より更に東部の都鳥を中心とした地帯では浅層より黒泥～泥炭層が出現し、現在でも東西に亘ってや

低地形であるため、周辺の地下水が泥炭層を通して停滞し湿田であったが、1953年以降の暗渠排水の施工によってかなり改善されてきてはいる。

更に東部の佐倉河を中心とした12, 13, 14, 15の各地点を含む地帯は、胆沢川・北上川の両河川の沖積作用によって、表層より重粘な粘土の堆積が厚く、下層50～60

福原段丘以上の未耕地及び畑  
(低平原段丘では浮石層が存在しない)



第3図 一般的土壌断面

cm前後よりグライ化しており、半乾田的性格を示している。

以上のように本地区では、台地上では未耕地（原野・山林）及び畑の大部分は火山性堆積物によって覆われて

おり、又解析された低地の水田でも西部扇頂部程表層には火山灰の混入度が著しく、かつ旧胆沢川の停滞したと思われる低地形の場所には東西に連って泥炭層～黒泥層の出現もあり、現在の地形でも僅かに低所となっている。このため地下水は停滞し、湿田的性格を示している。またこの扇状地の北東末端部の佐倉河及び台地下の北上川流域の低位段丘面では、扇状地の押し出しと胆沢・北上両河川の沖積作用によって重粘な土壌となっており、50cm前後よりグライ層となり、一般に排水不良地帯を形成している。

このように土壌の堆積様式は地形によって種々の様相を呈し、或は攪乱再堆積を通じて透水性を規制してくると同時に、土壌の肥沃度をも支配してくるのである。そこで、これらの数地点の土壌について主として肥度の

第1表 堆積様式よりみた代表土壌の性質

土 壤 番号	層位	全炭素 (%)	腐 植 (%)	置 換 酸 度 (y <sub>1</sub> )	置 換 容 量 (me)	置 換 性 塩 基		吸 収 係 数		土 層 の 性 格	
						Ca(me)	Mg(me)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
1-	1	4.84	8.34	11.7	18.5	0.67	0.70	537	2,036	BV	註： BV：黒色火山灰土層 V：火山灰土層 ○：黄白色粘土層 ●：黄褐色粘土層 △：埋没黒色火山灰土層 A：沖積土層 M：黒泥土層
	2	3.30	5.70	9.5	17.9	0.47	0.41	559	2,003	V	
	3				13.3	0.72	0.56	413	1,362	V	
2-	1	3.18	5.49	7.1	15.4	5.01	0.45	489	1,587	BV	
	2	0.47	0.81	10.7	15.2	5.90	2.41	303	779	●	
	3			16.2	13.0	4.69	2.61	315	833	○	
3-	1	3.78	6.51	1.1	19.3	12.30	0.95	496	1,410	BV	
	2	2.24	3.87	1.1	17.7	9.16	3.56	397	1,163	V+○?	
	3			11.4	11.5	4.08	2.05	301	806	○	
4-	1	4.13	7.12	3.0	20.6	9.59	4.32	443	1,268	BV	
	2	2.83	4.88	1.8	20.5	11.58	2.86	421	1,266	●	
	4			1.3	20.8	6.90	11.43	422	1,218	○	
5-	1	3.78	6.51	3.4	19.8	8.82	1.67	420	1,316	BV	
	2	3.30	5.70	2.8	16.8	9.37	1.25	414	1,371	BV	
	3			11.8	16.4	4.69	2.02	348	921	○	
6-	1	3.66	6.30	3.7	19.8	7.93	0.80	547	1,806	BV	
	2	3.07	5.29	1.9	17.4	9.37	0.76	545	1,766	BV	
	3			19.7	19.7	5.24	1.50	439	1,244	V	
7-	1	4.13	7.12	1.3	19.4	4.41	10.03	375	1,026	BV+?	
	3			0.4	18.2	4.69	12.44	377	1,080	○	
	1	4.25	7.32	0.5	18.5	4.69	10.79	337	970	○	
8-	3			0.3	27.0	13.24	14.21	436	1,259	△	
	4			0.3	23.6	9.98	13.34	415	1,245	△	
	5			0.6						M	
11-	1	2.48	4.27	2.9	19.3	9.59	1.60	422	505	A	
	2	0.83	1.42	0.4	14.3	8.00	3.56	435	998	●?	
	1	3.54	6.10	0.7	23.5	15.16	5.02	402	847	A	
13-	3			0.3	40.9	33.08	10.03	590	1,341	A	
	4			0.9	34.4	16.54	11.78	590	1,382	A	
	5			3.0						M	
14-	1	1.53	2.64	3.5	18.0	7.56	5.67	364	847	A	
	2	2.01	3.46	0.2	24.9	15.99	11.25	485	1,204	A	
	3			2.7	33.8	21.23	8.02	591	1,629	△	
15-	1	4.60	7.93	3.0						A	
	2	0.47	8.14	3.0						A	
	3			4.2						A	
18-	1	1.89	3.25	4.7	20.8	7.06	6.68	417	1,053	A	
	2	1.77	3.05		20.8	6.84	9.08	392	1,122	A	
	3			2.9	21.1	6.45	7.94	411	998	A	
	4			8.5	15.5	5.51	3.70	396	834	A	

面で分析を行った結果は第1表のとおりである。

これらの断面の各土層についてその性格を大別すれば、概ね次のとおりである。

① 黒色火山灰土層

未耕地原土は腐植含量がやゝ高く、磷酸吸収係数は2,000以上、窒素吸収係数は500前後で高い。塩基置換容量は18.5meで酸性は強く塩基に欠乏しており、置換性Ca 0.67me、置換性Mg 0.70meで極端に低い。水田化された場合には灌水及び施肥によって幾分改善されているが、南部及び西部のものほどその性格を強く残している。なお改善されつつある場合でも、従来の施肥法では、置換性Caの増加はみられても置換性Mgの増加は余り認められない。又北東部になるにつれて、この土層は他の粘土等と混入してこれらの性格は弱められている。笹森附近の未耕地では、置換性Ca・Mg共に2me前後にまで上昇している。しかし磷酸吸収係数は依然2,000位を維持している。又この土層が下層に潜入した場合(埋没土)と思われるものは、置換性Ca・Mgは顕著に増加しており共に10me以上となっている。しかし磷酸吸収係

数はやはり高い。

② 黄褐色土層(火山灰土層)

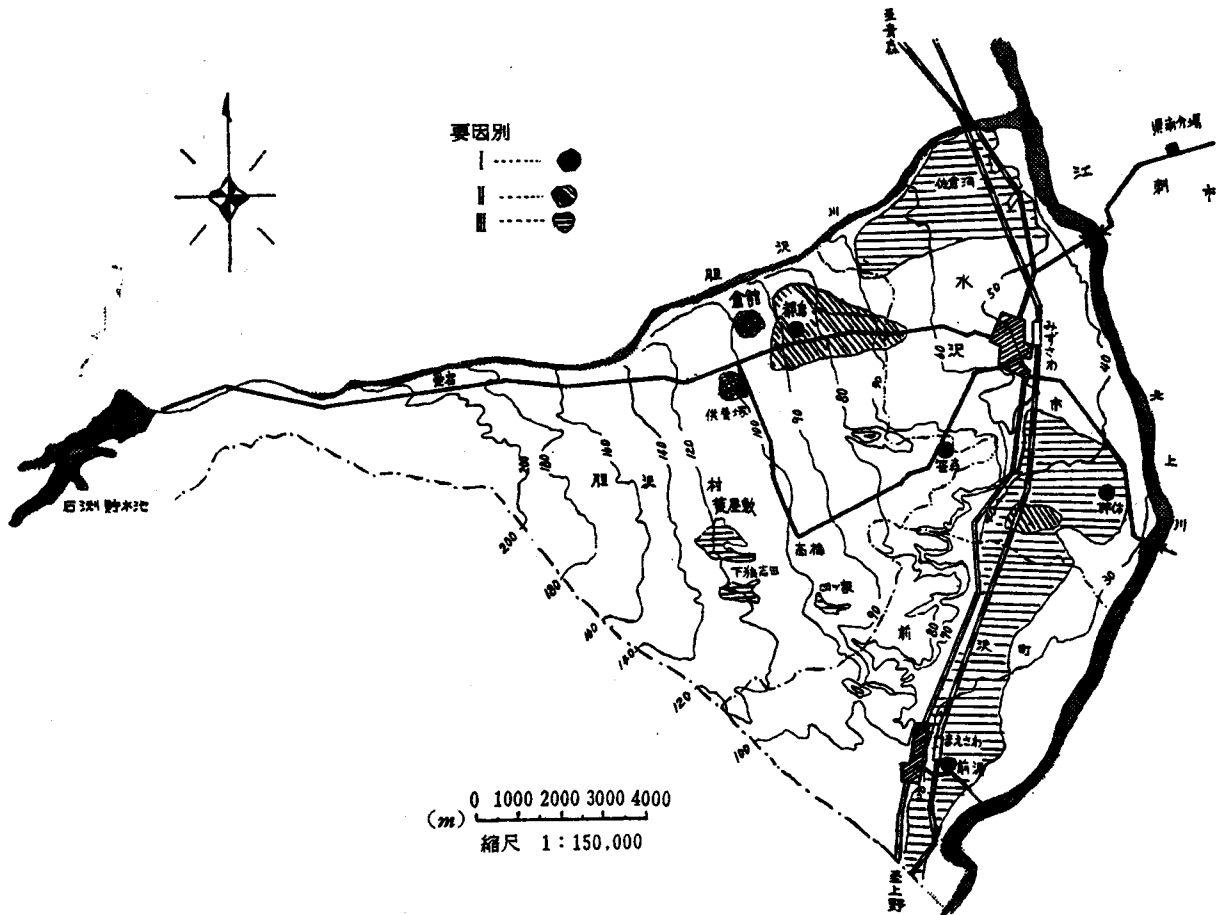
①と同様火山灰起源であり、磷酸吸収係数が高く、置換性Ca・Mg含量は極めて少ない。塩基置換容量は13~18meである。腐植含量を除けば、黒色火山灰土層と略々類似した性格を示している。

③ 黄白色粘土層

この層の母材は石英粗面岩質のものと思われるが、酸度は西部のものほど高く、東部及び北西に至るほど低い。しかし一般に窒素・磷酸吸収係数は低く、夫々300~400, 700~1,000である。塩基置換容量は11~18meで比較的低い。置換性Caは4~7.5meである、が置換性Mgはやゝ少く2~4meである。(例外として9.5meのものもある。)

(3', 3と同様下層に黄褐—淡褐色をした埴壤土の土層が2, 3みられるが、これは黄白色粘土層と何かを混じたものか或は母材が石英安山岩質のものであるかは不明である。)

④ 沖積土層



第4図 排水不良地帯の分布

北東部及び国道四号線以東の地帯に分布し、腐植含量は少く、酸度も余り高くない。塩基置換容量は比較的高く20me前後である。又置換性Ce・Mg共にかなり高い。窒素・磷酸吸収係数は概して低い。

これによってみると台地土の大部分の水田を占める①②及び③の各土層は、①②の土層は火山性起源のものであり又降灰年次も古いと推定されるので、腐植含量を除けば各種塩基養分等は何れも不足しており且磷酸吸収力が強い。又その下層の③の土層は磷酸吸収力も低く養分保持力も中庸であるが、塩基類・珪酸等の養分含量が少く、又母材的にみて風化による養分の放出も期待できない。従ってこれらの各層が解析・攪乱を受けた水田では火山灰土としての性格は弱まる反面、地力的には肥沃であるとは言えない。これに対して低位段丘面の沖積土層は磷酸吸収力も低く、養分保持力も強く、塩基類も多いのであるが腐植含量が一般に少いのが特徴である。

以上の経過より、当地区内の排水不良地帯は、台地上では北部特に北東部であり、台地下では南北に連ってその分布が広い。これを更に施肥改善調査資料をも参考にして図示すると第4図の通りであり、これを要図別に大別すると

(1) 下層の礫層を流れる地下水が扇状地地形による伏流水となり、局部的に湧水となって湧出し、このため湿田となっているもの。……〔礫層土壤粘土型〕

台地上の北西部に存在するも局部的で面積は狭い。

(2) 過去において泥炭を形成するような低地形であり、現在の地形もや、低地である上に泥炭層を流動しての周辺よりの地下水の流入もあり、かつ停滞水となっているもの。……〔泥炭土壤粘土型〕

大部分は水沢段丘面上に分布する。一部分はより低位の段丘上にも存在している。

(3) 段丘崖下に沿うて存在し、グライ層の位置が高い上に、表層・下層共に重粘で、このために排水不良となっているもの。……〔グライ土壤粘土～強粘土型〕

当地区内では最も分布が広く、その大部分は北上川沿いの低位の段丘の全域及び台地上の中部・南部に存在する。

上記の地帯は、更に泥炭層やグライ層の位置・土性・糲分含量等によって細分されねばならないが、これらの地帯の中でもいわゆる典型的な湿田の占める面積は極めて少く、その他のものでも近年の用排水改良工事の進捗に伴って大部分は半湿田～半乾田的な性格を示してきている。しかし今後の生産向上という点を考慮すれば更に排水改良の必要性が必ず要求されてくる地帯である。

### 3. 慣行の耕種・肥培

本地域における耕種・肥培状況の概略は、第2表に示すとおりである。

まず品種であるが、1957年の胆沢郡下（当土地改良地区全域）における水稻品種別作付普及率をみると、ササングレ・農林17号・チョウカイ・藤坂5号で既に80%を上廻り、陸羽132号、ハツニシキその他の品種が少量ずつ栽培されている。

その分布は、標高100m以上の地区では藤坂5号のような早生種で耐冷性の強い品種を主とし、一部中生種～早生種のもの（トワダ）も入っている。また極く稀にササングレのような晩生種も栽培されているが不稔である。70～100mの地域では中生種の農林17号が主としてチョウカイ、トワダがこれに次ぎ、陸羽132号、藤坂5号、ササングレ等も少々栽培されている。70m以下では晩生種のササングレが7割以上を占め、残りがその他の品種によっている。

猶、これらの品種は最近ではチョウカイ、農林17号の代りにトワダ（早生種）がかなり作付面積が増加してきたが、1962年度からは更に産米の品質が問題となり、フジミノリ、ハツニシキに大きく転換しつつある。

栽植密度は全般的にあまり著しい変異はみられず、概

第2表 水稻品種別作付面積普及率  
(1957年 岩手農林統計)

#### (1) 品種別割合 (%)

品種	郡別	県北部 (九戸)	県中央部 (紫波)	県南部 (胆沢)
ササングレ		—	20.9	30.6
藤坂5号		22.7	21.1	14.1
陸羽132号		22.9	2.3	6.3
チョウカイ		2.5	16.7	15.5
農林17号		0.6	10.1	23.2
ハツニシキ		0.8	14.9	1.7
尾花沢1号		2.3	1.4	0.4
藤坂4号		1.1	0.8	0.0
トワダ		0.4	2.2	0.8
ハッコウダ		15.6	0.2	0.3
農林1号		—	1.9	—
その他		30.1	7.5	7.1

#### (2) 品種の順位

順位	郡別	県北部 (九戸)	県中央部 (紫波)	県南部 (胆沢)
1		その他	藤坂5号	ササングレ
2		陸羽132号	ササングレ	農林17号
3		藤坂5号	チョウカイ	チョウカイ
4		ハッコウダ	ハツニシキ	藤坂5号
5		遠野1号	農林17号	陸羽132号

(3) 耕種・肥培の概況

試坑番号	水温	水持の程度 (cm/日)	耕種肥培に関する事項 (kg/a)														玄米収量 (kg/a)			
			品種名	元肥											追肥	栽培様式 (cm)		一株穂数 (本)		
				硫安	石灰窒素	尿素	過石	熔磷	塩加	硫加	配合肥料	化成肥料	珪カル	堆肥					その他	
2	冷水	6/1~1.5日	藤坂5号															30×15	12~13	33~38
3	それ程低い 温でない	6/2日	〃		2.3							7.5	1.6	5.6				30×15	17~18	38~39
4	〃	6/1~2日	トワダ															30×15	17~18	45~47
5	水口は 少々低温	6/10日	ササシグレ	0.8		0.9	1.1	4.5	1.5						75~94			33×18	20~22	45~48
6	冷水	6/1日	トワダ									7.5						30×15	12~13	36~38
7	普通	6/1日	藤坂5号															30×15	16~17	45~48
8	冷水	6/1~1.5日	〃	0.9	1.7	0.8	3.8	3.0	0.9									33×15		2048~53
11	普通(用水不足)	6/1~0.5日	トワダ															30×15	15~16	45~47
13	普通	6/5~7日	藤坂5号 トワダ															30×15	16~17 20~21	48~51
14	〃	6/5日	ササシグレ															24×18	18~19	48~50
15	〃	6/5~7日	チョウカイ				0.6		0.8			9.4				0.6		33×15	20~21	48~53
16	〃	6/5~7日	ササシグレ	2.0	2.4		4.0	2.0	2.0						120	0.4	22.5×22.5			48
17	〃	6/5~7日	ササシグレ	1.2	0.8		4.0	3.0	1.6						150	1.2	22.5×22.53			51~54
18	〃	6/5~7日	オオトリ				2.0		0.7			8.0				0.8		33×15		53

して3.3㎡当72株(33×16.5cm)のものが多いが、傾向的には西部では33cm×17cmが幾分多く、東部特に水沢市周辺及び北上川流域では幾分栽植密度は低く、64株前後のものもかなりあるようである。

施肥量は聴取点数が少ないため詳細は不明であるが、一般的に変異は少く、成分でa当り窒素900~1,000g、燐酸600~750g、加里750~900g、堆肥70~100kgであり、西部漏水田では窒素量が幾分多くなっている。最近では単肥或は配合肥料よりも化成肥料の施用が多くみられるようになったのが特徴的である。

4. 試験圃の設定とその沿革

1. 試験圃の設定

当土地改良地区の自然的条件を考慮し、排水不良地の地帯の中から選定したのであるが、試験圃設定に当たっては排水不良の「要因別」という点を一応基本条件とした。そこで(1)の礫層土壌の型は比較的局所的であり分

布も狭いので除外した。従って(2)の泥炭土壌粘土型と(3)のグライ土壌強粘土型に重点をおき、これらの地点のうち最も湿田的性格の強い場所を撰定したのである。既述のとおり本地区内ではいわゆる湿田の定義を、年間を通じて最大容水量以上の水分を含んだ水田とすれば、その該当水田は面積的には極めて少く、むしろ湛水期間中の地下水水位は高いが春・秋の何れかの時期は幾分乾燥するといった半湿田~半乾田的な性格の水田が大部分を占めているので、これらの点を考慮して試験圃として(2)の泥炭土壌粘土型より暗渠施工跡地として「都鳥」を、(3)のグライ土壌粘土型よりは暗渠未施工地区として「姉体」を、明渠施工地区として「前沢」を夫々撰定したのである。

2. 沿革

(1) 都鳥試験圃

1954年にすでに暗渠排水工事は区劃整理と共に施工済



であったので、特に暗渠そのものには直接的には手を加えず、施工後の問題について検討することにした。

この地区は下層には泥炭層が堆積しており、現在の地形でも東西に亘って細長く連る低地形のため地下水は停滞し、暗渠施工前は牛などの役畜をもってしては耕起が困難な処であった。又後述の如く周辺一帯の地下水位が高く、その最も低下する春期でも地下水は60cm前後に存在しており、このため暗渠の埋設深も55~60cmと浅くなっている。

本試験圃では1954年冬作より開始し、裏作として大麦、ナタネの品種比較試験、青刈ライ麦播種期試験等を実施したが、湿害及び野鼠の被害のため何れも失敗に終わっている。このため裏作は中止し、表作水稲の生産向上に重点をおき、1955年以降は乾田化に伴う合理的施肥法を中心とした試験を継続実施した。

### (2) 姉体試験圃

下層にはグライ層が存在し、かつ作土・下層ともに重粘なタイプとして撰定した。1955年夏作より開始したが、以前は落水後及び春期といえども圃場は過湿であった、刈取・耕起ともに機械力は導入困難で人力でもかなり苦勞した地帯であったが、1954年に区劃整理と同時に幹線排水路が完成された。このためその後は春先の田面水排除は比較的容易となり幾分亀裂さえもみられる程度までに乾燥するようになった。そこで1956年に更に試験施設としての暗渠排水工事を施工したのである。

本試験圃では無暗渠区を設け湿田の維持を計ったが、実際には湿田の状態を維持することは、その設備に多大の経費を必要とし、且農家との契約上からも種々困難が伴い、このために湿田状態の維持は困難であった。

従って当試験圃でも施工後の諸問題に主力をおき、暗渠施工後における土中水の行動と水稲に対する合理的施肥法について検討を行なった。

### (3) 前沢試験圃

この試験圃は明渠排水を施工した地区として撰定したのであるが、土壌タイプとしては重粘であり、かつ作土直下よりグライ化しており、地下水位は高く排水は極めて不良であり、それでも春期には割合乾燥するが、秋期落水後の田面乾燥は極めて不良な地帯である。このため1954年より裏作として大麦・ナタネの品種比較試験を実施したが、湿害のため中止せざるを得なかった。

これに加えて、こゝは重粘地の明渠であるため年次を経過しても効果があがらず、しかも胆沢平野内では北上川が最も狭窄された地区であるため、年によっては台風の来襲する時期には洪水により冠水し、このため試験の

結果が乱されることが屢々であり、かつ灌漑水に汚水混入の恐れもある処であるため、試験は1958年までは実施したがその後は均一栽培に移した。

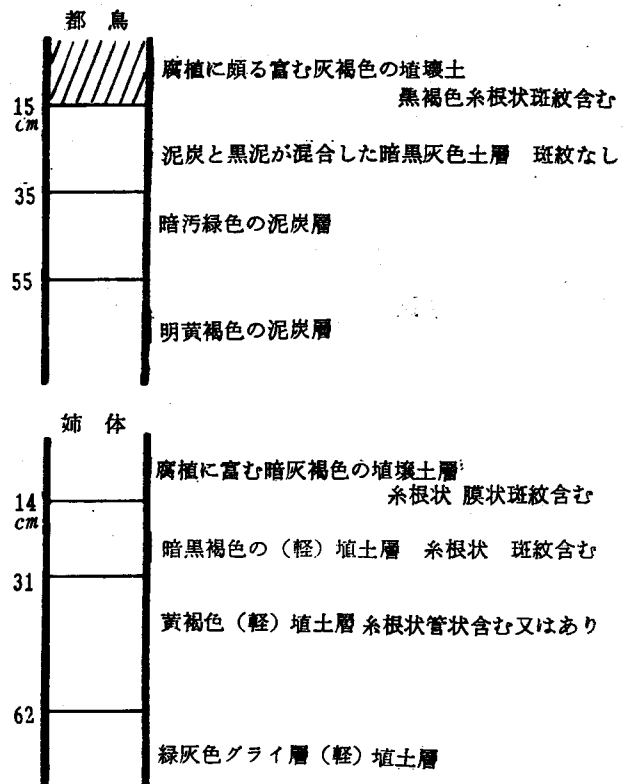
以上の経過に示したごとく、各試験圃ともに排水不良の要因別には極めて至当な位置にあったが、実際に試験の実施に当っては種々の制約が多く困難を伴った。試験開始当初は冬作（裏作）は湿害がその阻害の主要因であったが、その後水稲の栽培が早期化し、更に家畜の導入が必ずしも円滑でないといった理由から、農家においても裏作は余り実施の熱意がみられないような状態になった。

従って勢い当跡地試験も表作の水稲作に重点がおかれるようになり、特に暗渠施工後における水稲生産向上のための耕種肥培技術の確立に目標をおき、都鳥及び姉体両試験圃を中心として試験を遂行したのである。

## 5. 試験圃の立地条件

都鳥及び姉体両試験圃の土壌断面並に一般的諸性質の特徴について、その概略を述べると第5図のとおりである。

又一般的諸性質は第3表に示すとおりで、都鳥は表層より腐植含量が多く、磷酸吸収係数も高く、周囲の地形



第5図 試験圃の土壌断面

第3表 試験圃の土壌の性質

(1) 機械組成 (風乾土 100g当)

都 姉	鳥 体	層 位	礫	粗 砂	細 砂	砂 合 計	微 砂	粘 土	土 性	容 積 重	最 大 容 水 量
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			
		I	0	1.4	32.7	34.1	34.3	25.5	LiC	0.610	132.9
		II	0	3.0	32.9	35.9	43.6	21.9	CL	0.854	80.1
		III	0	2.8	34.3	37.1	30.7	24.0	LiC	1.071	70.4

(2) 一般化学性 (乾土 100g当)

都 姉	鳥 体	層 位	全 炭 素 (%)	全 窒 素 (%)	N/C	NH <sub>3</sub> -N (mg)			乾土効果 (mg)	湿度上昇効果 (mg)
						湿潤土 30°C	湿潤土 40°C	風乾土 30°C		
		I	8.05	0.62	13.0	7.58	10.93	18.58	11.00	3.35
		II	3.80	0.35	10.9	0.29	7.24	18.88	6.95	18.59
		III	1.73	0.13	13.3	0.00	0.16	3.64	3.64	0.16

NH <sub>3</sub> 化成率		pH		置 換 酸 度 (y <sub>1</sub> )	C.E.C. (me)	置 換 性		磷 酸 吸 収 係 数	Ca+Mg C.E.C. (%)
乾土効果 (mg)	湿度上昇効果 (mg)	H <sub>2</sub> O	KCl			Ca(me)	Mg(me)		
3.00	1.76	4.9	4.5	2.5	32.3	18.0	4.1	1,268	68
5.39	2.07	5.4	5.1	1.9	19.7	12.5	4.2	719	85
3.04	0.13	6.1	5.7	0.5	21.3	16.1	4.0	1,000	94

堆積様式からみて火山灰土(黒ボク)の混入の可能性もある。従って潜在窒素地力はかなり高いが、塩基含量も低く、かつ塩基飽和度も低い。しかも現在でも集水地形であり、浅層より泥炭が出現するのが特徴である。

姉体は平坦で地形勾配も少なく且全層に亘って重粘であり、表層には幾分潜在窒素地力もあるが、下層は有機物含量は極めて少く潜在窒素地力は殆どない土層となっている。しかし塩基類は比較的多く、基塩飽和度もかなり高い土壌である。

6. 土地改良の概略

(A) 都鳥試験圃

1953年に区劃整理を行ない、1954年に暗渠排水工事を施工した。暗渠は排水幹線は土管であるが支線は粗朶で、且幹線に対して枝状に配置され、埋設深は55~60cm、間隔15mである。又幹線水路は用水、排水夫々専用であるが、中小用排水路は兼用である。

(B) 姉試験圃

1954年に区劃整理を行ない、1956年に暗渠排水工事を施工した。暗渠は幹・支線ともに土管で、埋設深は120cmに一樣に設置し、特殊水閘でその深さを60cm、90cm及び120cmになるように施設した。埋設間隔は18mである。用排水路は幹線は専用、支線は兼用である。

7. 試験成績

湿田の乾田化ということは、湿田で平衡状態を保持していた土壌環境が、乾田という新しい平衡状態へと変化することであるが、その変化の過程は土壌タイプによって異なるであろうことは容易に想像される。また単に「乾田化」とはいつでもその程度には種々の段階がある。

「乾田」の定義を簡単に、地下水面の低下とこれに伴う灌漑水の下層への滲透があり、しかも年間を通じてある一定期間は最大容水量以下に土壌が乾燥するような水田をさすとするならば、乾田化後の問題は水の動き並に土壌乾燥に伴う土壌物質の変化の動態という点に集約されると思われる。水稻の生育相はこれら土壌環境の反映として表現されてくるのであり、おのづから湿田の生育相とは異った形となることが予想される。

これらの総合として、乾田化後における耕種、肥培等の管理技術のあり方が究明されねばならないと思われる。

そこで本試験においても

- ① 暗渠施工による土中水の動きの変化と、
  - ② これに伴う土壌肥沃度の変化を土壌タイプとの関連でみ、更に
  - ③ 水稻生育相への反応とこれに対する管理技術のあり方
- を検討した。

# 1. 暗渠排水工事施行と土中水の行動

近年、排水が稲作に及ぼす影響に関する基礎的な因子として、土中水の動きを把えることが重要視されてきており、且また、現在まで適用されている排水の方法が、果して妥当であるかどうかとも再検討なされてきている。

ここでも胆沢川土地改良地域内に設けられてある次の2地点、

- ① 重粘地における暗渠排水（姉体地区）……1956年試験のため暗渠を設置したもの、
- ② 泥炭地における暗渠排水（都鳥地区）……1954年土地改良区で工事を行なったもの、

によって、夫々の排水不良の原因を自然的条件から割出し、暗渠排水施工法の適否を解明し、今後の排水方法並撰択について検討を行なった。

## (1) 重粘地における暗渠排水

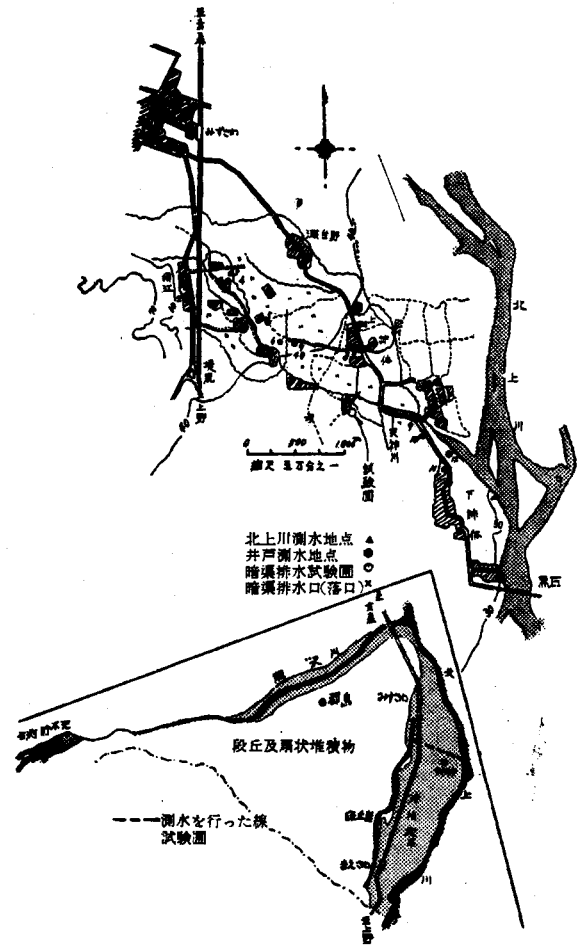
### 1) 試験圃の概況

1956年春、北上川沿いの沖積地帯に姉体試験圃を設けた。この地帯は、図6に示すように東北本線に沿うた段丘崖を境として、洪積面と沖積面とに分かれており、段丘崖から北上川の方に約1:300の傾斜を示している。地下水面もやゝこれに沿うており、地表下1~2mのところによく存在している（図7参照）。試験圃設置地点は局部的な集水地形のところ存在しているため附近よりも地下水面が高く、しかも土性は埴土で作土直下に固い不浸透性の土層が形成されているから、現在でも一時的な停滞水がみられることが少ない（第4表参照）。

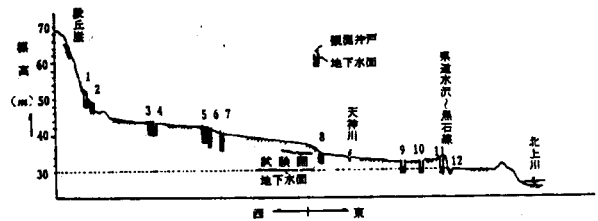
第4表 仮比重及容水量

深さ (cm)	土層	湿土の色	仮比重	圃場最大容水量 (%)	圃場容水量 (%)
0-11	細埴壤土	黒褐色 2	0.951	71.06	66.46
11-21	"	" 1	1.228	52.92	48.26
23-45	細埴壤土	" 2	1.095	59.92	56.85
45-55	細埴土	暗灰褐色 1	1.152	52.07	48.66
55以深	"	緑灰色	1.132	50.78	49.37
65	グライ層	"	—	—	—

注) 湿土の色。農林省振興当研究部、標準土色帖による。  
容水量は、1960年12月23日採土したものによって、重量%で表示



第6図 試験圃周辺の測水地点 (1959年測水)



第7図 試験圃とその周辺地下水断面

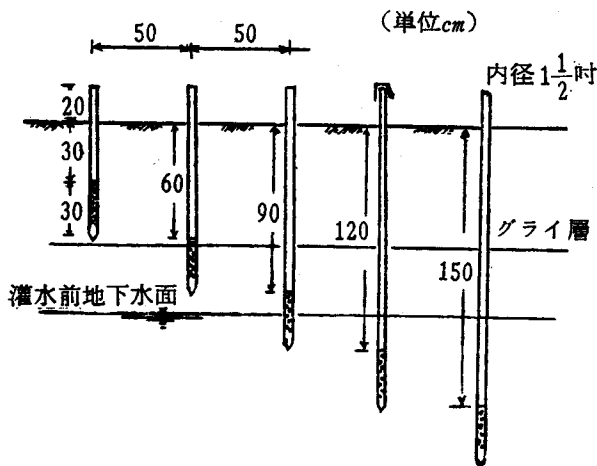
この附近は以前から土地の人が「イガリ」（谷地田）と呼んでいた所で、1953年頃までは春季でも乾燥することなく、田面を歩くと足首まで入る状態だったと言われている。

しかし1953年秋、区画整理と共に用排水路の改良が行なわれてからは、漸次良くなって来ているようである。更に1956年春、試験圃に暗渠を埋設するときは田面が乾燥しており幾分亀裂が認められた。

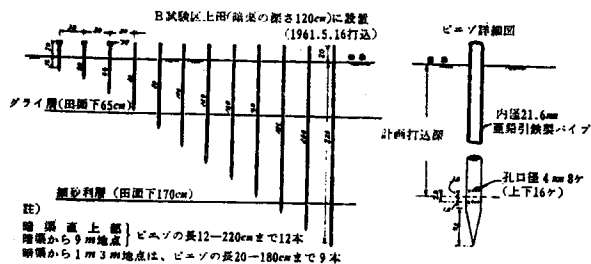
### 2) 試験設備及試験の方法

暗渠排水試験として、1956年5月、図9に示すように





第11図 測水管（ピエゾメーター）配置図



第12図 ピエゾメーター配置図

水位測定用測水管を第5表に示すように1956~61年にわたって種々変えて試みた。

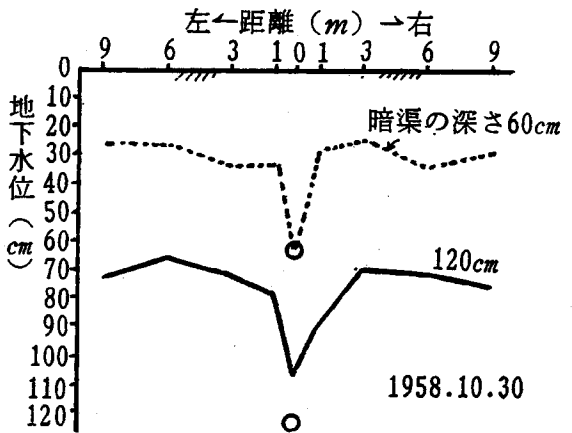
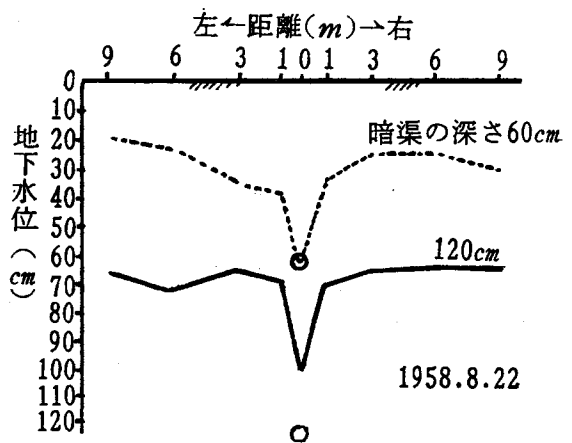
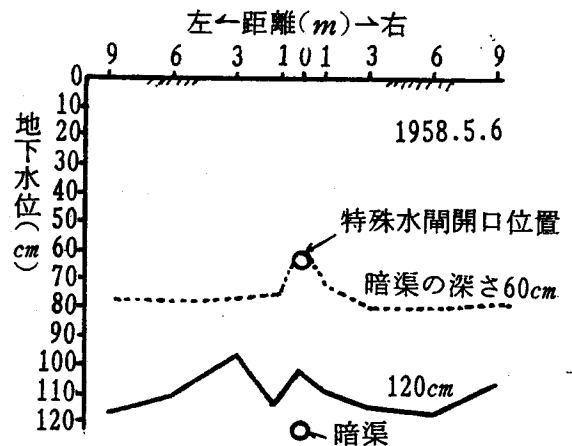
また、地下水位と鉛直浸透との関係を概測する手段として、暗渠直上部と暗渠から各距離ごとに円筒を設置した。

### 3) 試験結果

図13は、1956年5月~12月の期間、4ヶ年の長期にわたって観測を行なった中から代表的なものを摘出し、暗渠の深さと地下水面低下との関係を各季別ごとに示したものである。しかし、この地下水位は後で詳述することく真の意味の地下水位を示すものではない。即ち、暗渠の深さによって測水管の長さを違えてあるので、測水管の孔の位置のポテンシャルによって生じた、ミカケの地下水位を表わしているものである。

図14は、1960年5月~12月の期間、前記、1959年までのミカケの地下水位のみでは、いわゆる地下水面の動きとそれに伴う土中水の動きを知ることは困難であるため、予備試験的に暗渠の深さ120cm区の暗渠から9m地点に長さの異なるピエゾメーターを設置し観測した結果を示したものである。

図15、圧力水頭分布図は上記1960年のピエゾメーター



第13図 各季別の地下水面

によって観測を行なった中から特徴的なものを時期別に摘出して算出したものである。

各ピエゾの長さ(田面から孔の位置まで)を縦軸に、各ピエゾ管内水位を夫々のピエゾの長さから差引き、その値を横軸にプロットしそれを結んだものであるが、これは各点の正圧浸透を示したものである。

第 5 表 測水管の形状と配置 (1956.5~1961.12)

年 月	事 項	観 測 方 法
1956.5~1959.12	1956.5 図10のような測水管を上下田別に平行して暗渠直上部と暗渠から左右に1,3,6,9m 地点に配置した。無暗渠区は、田区中心部に1列に4本6m間隔に配置した。	原則として7日に1度の割で観測を行なった。
1960.5~1960.12	1960.5 B試験区上田(暗渠の深さ120cm)の暗渠中心線(暗渠から9m地点)に、図11に示すような長さを異にした測水管(ピエゾメーター)を配置した。 注) ピエゾメーターとしては決して思わしくないが直合せの管を使用して予備試験的に行なったものである。	2日に1度の割で観測を行なった。
1961.5~1961.12	1961.5 さらに補足の意味で、B試験区上田の暗渠直上部と暗渠から1,3,9m地点に図12に示すようなピエゾメーターを配置した。	2日に1度の割で観測を行なった。

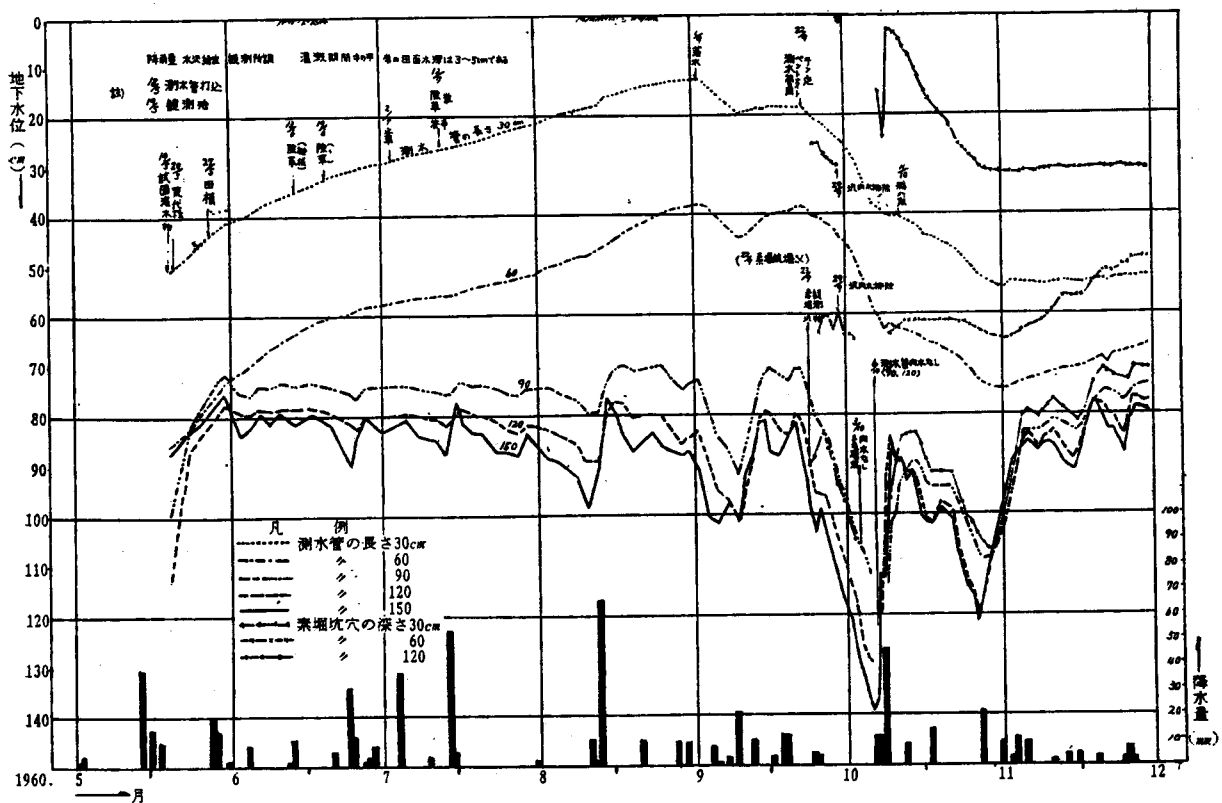


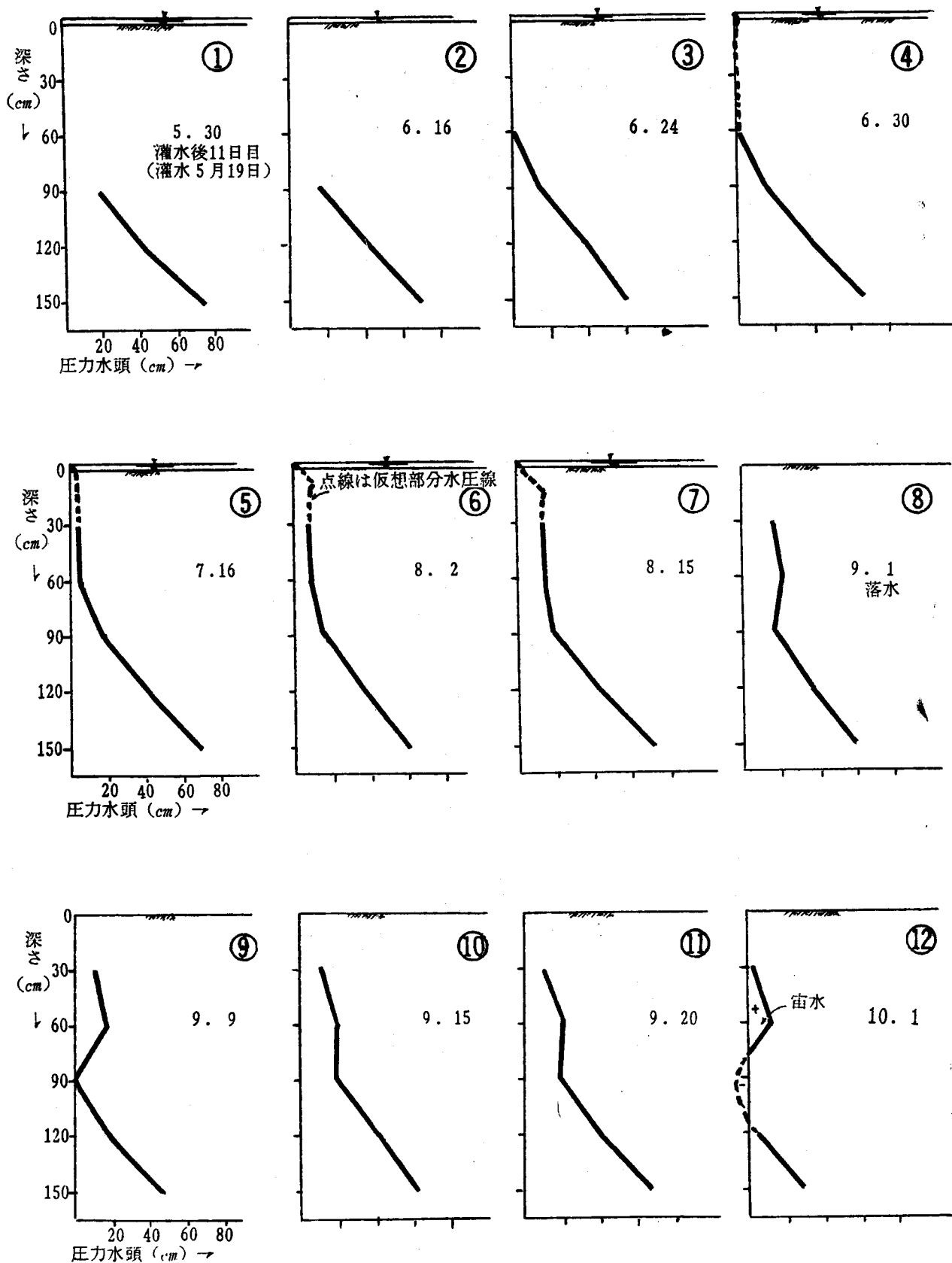
図 14 図 ピエゾの長さと言管内水位との関係(暗渠から9m地点) 1960年

図16~19は、1961年5月~12月の期間、図9同様暗渠の深さ120cm区において、暗渠から各距離別に1960年度よりもさらに精密なピエゾメーターを設置し観測した結果を示した。

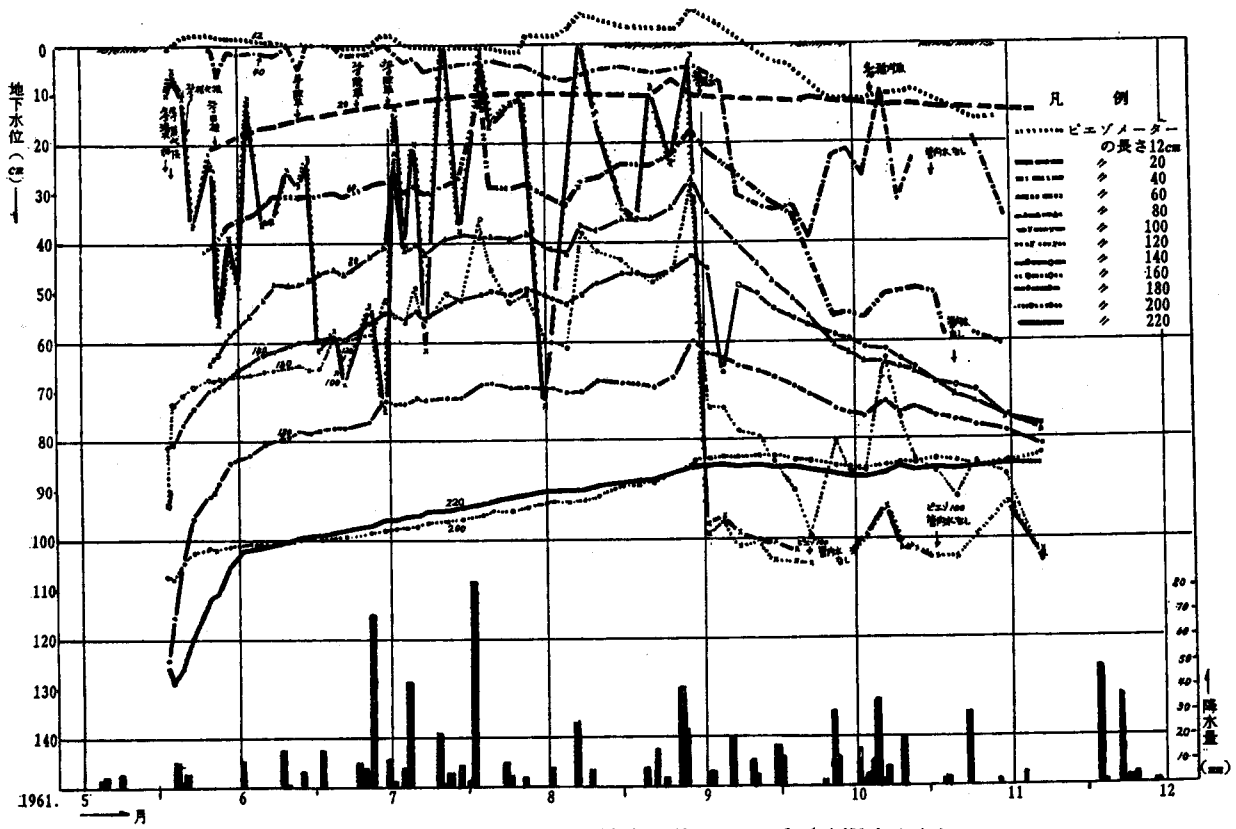
図20~23は、1961年のピエゾメーターによって観測を行なった中から時期別に抽出し、暗渠から各距離別の各

層の浸透圧を図15と同様に算出し、圧力水頭分布が暗渠からの距離別によってどう異なるかを示したものである。

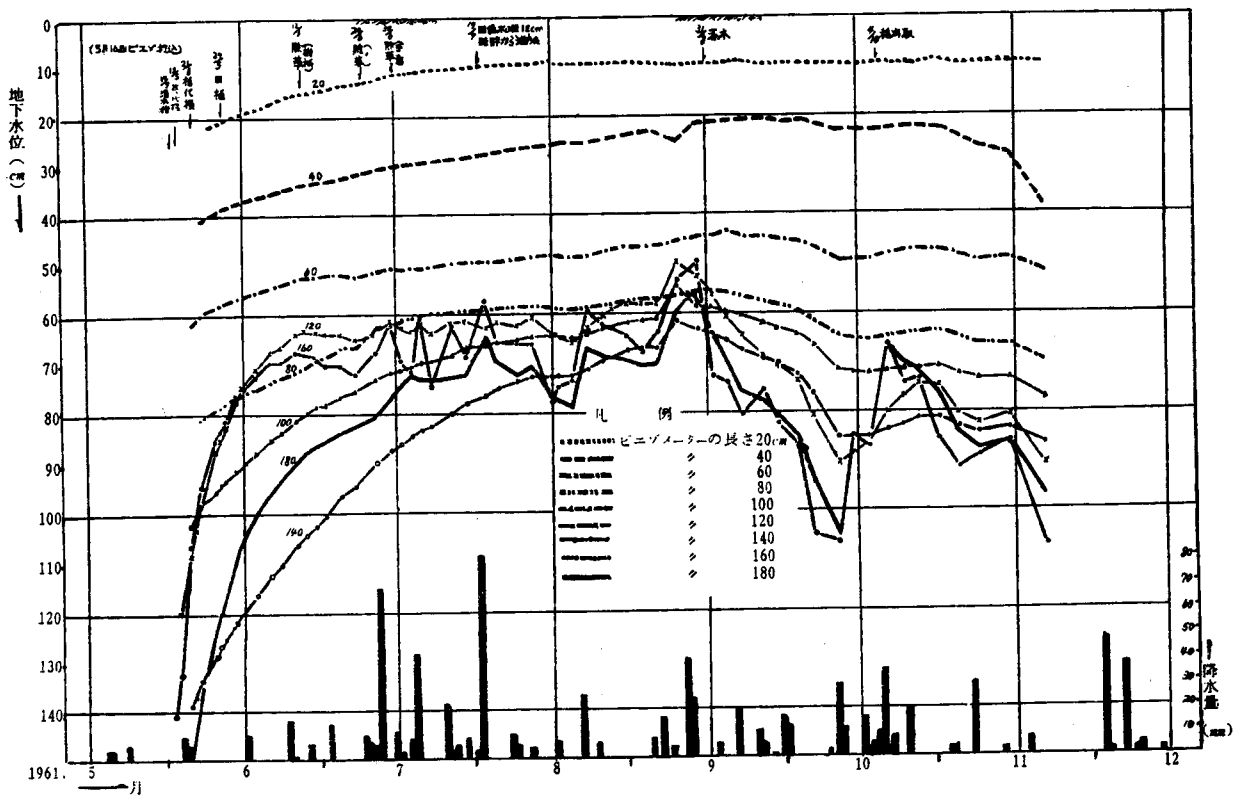
(暗渠から9m地点)



第15図 圧力水頭分布図

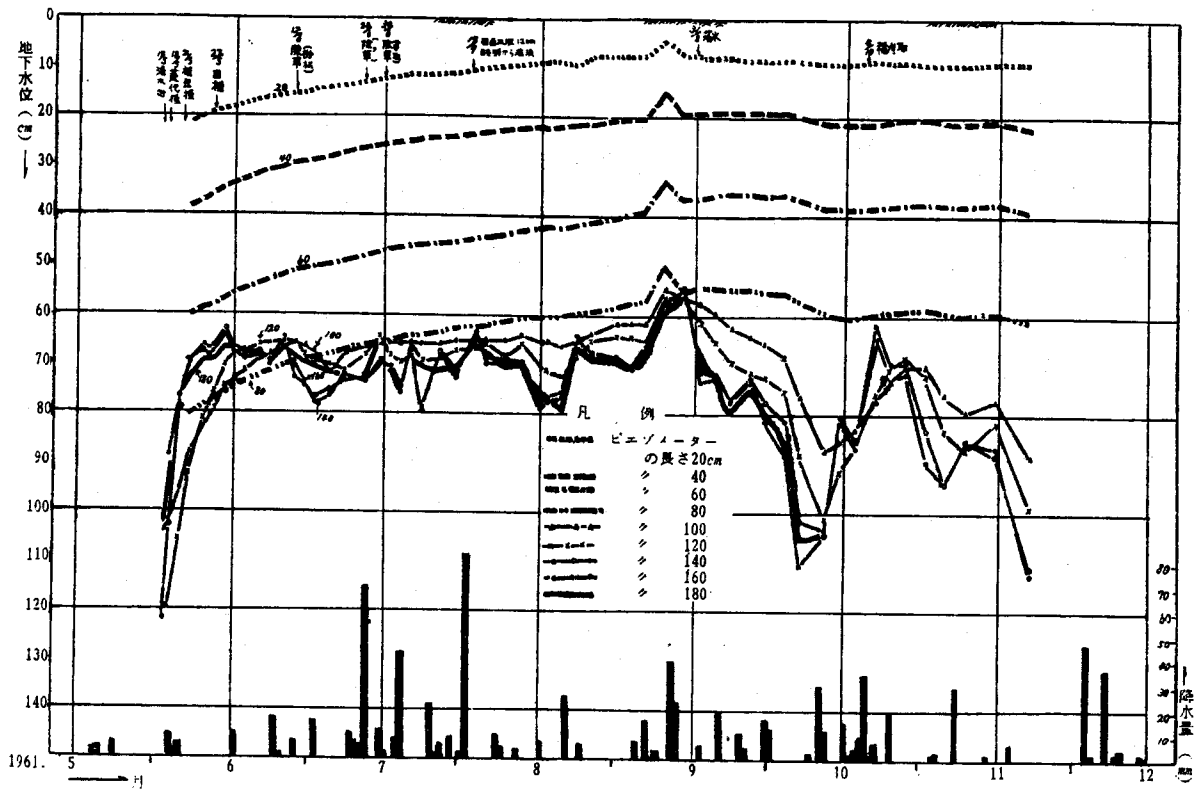


第 16 図 ピエゾの長さ と 管内水位 と の 関係 (暗渠直上部)

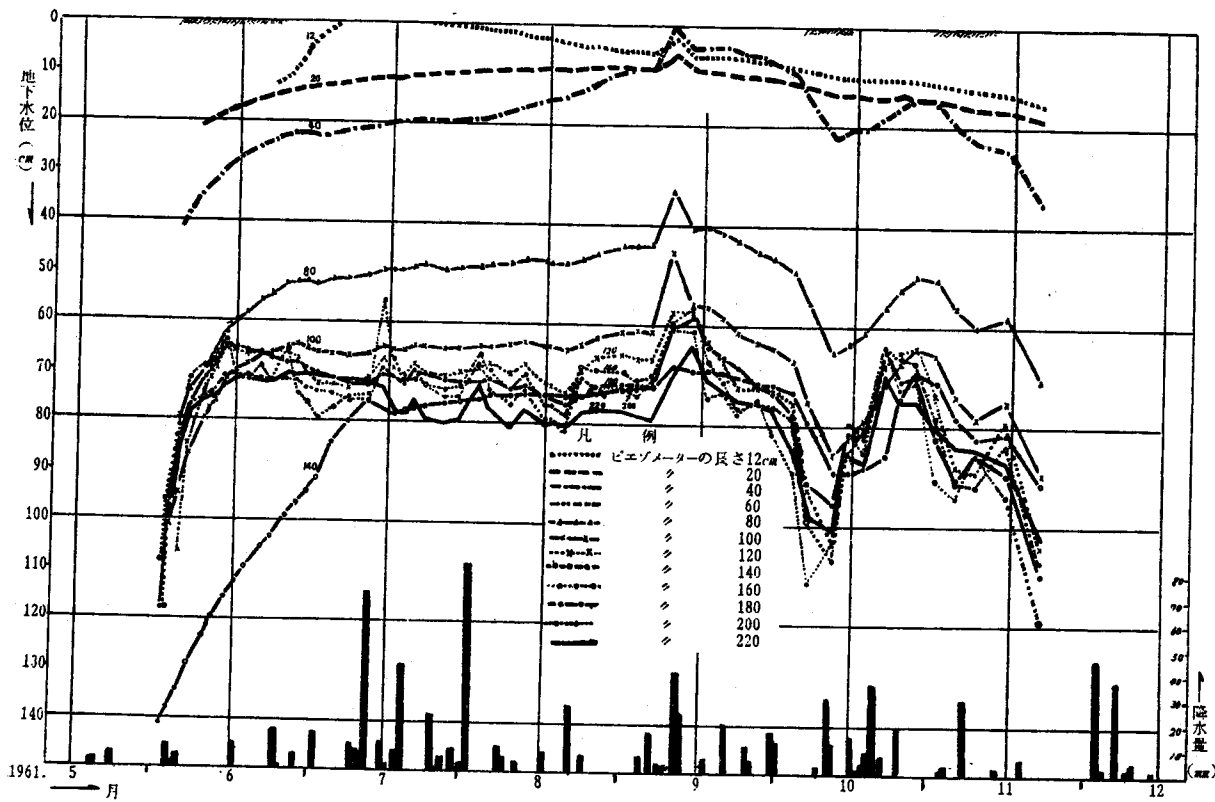


第 17 図 ピエゾの長さ と 管内水位 と の 関係 (暗渠から 1 m 地点)

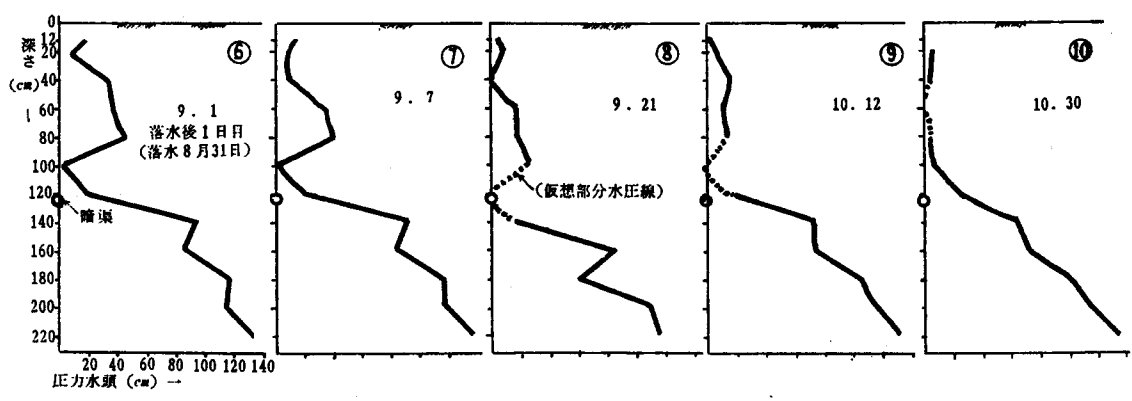
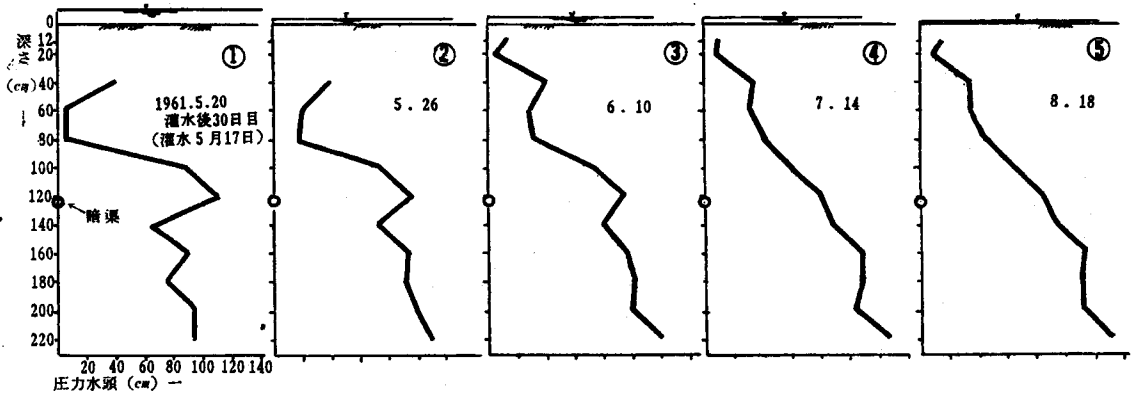




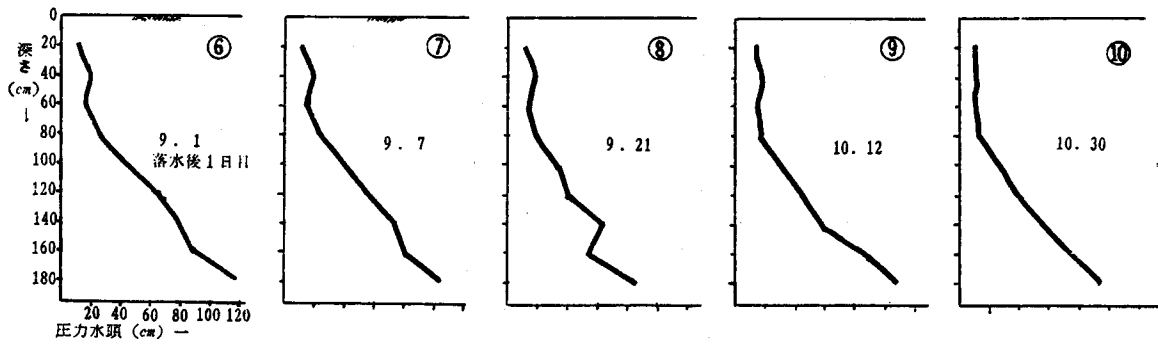
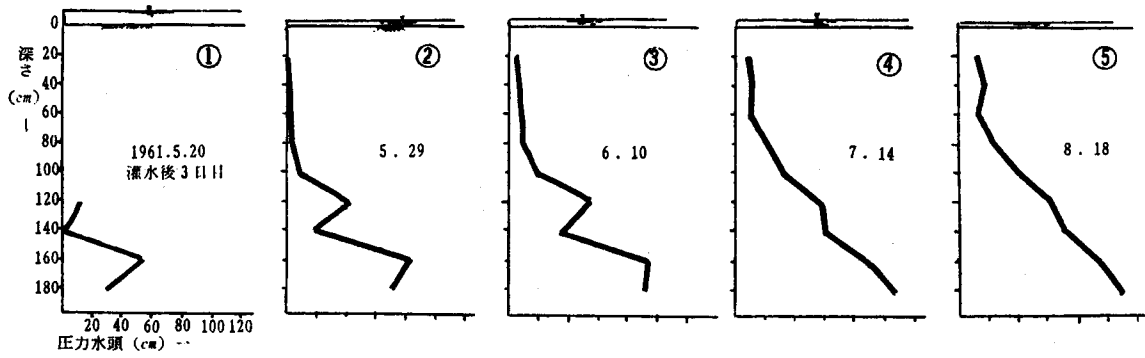
第 18 図 ピエゾの長さ と 管内水位 と の 関係 (暗渠から 3 m 地点)



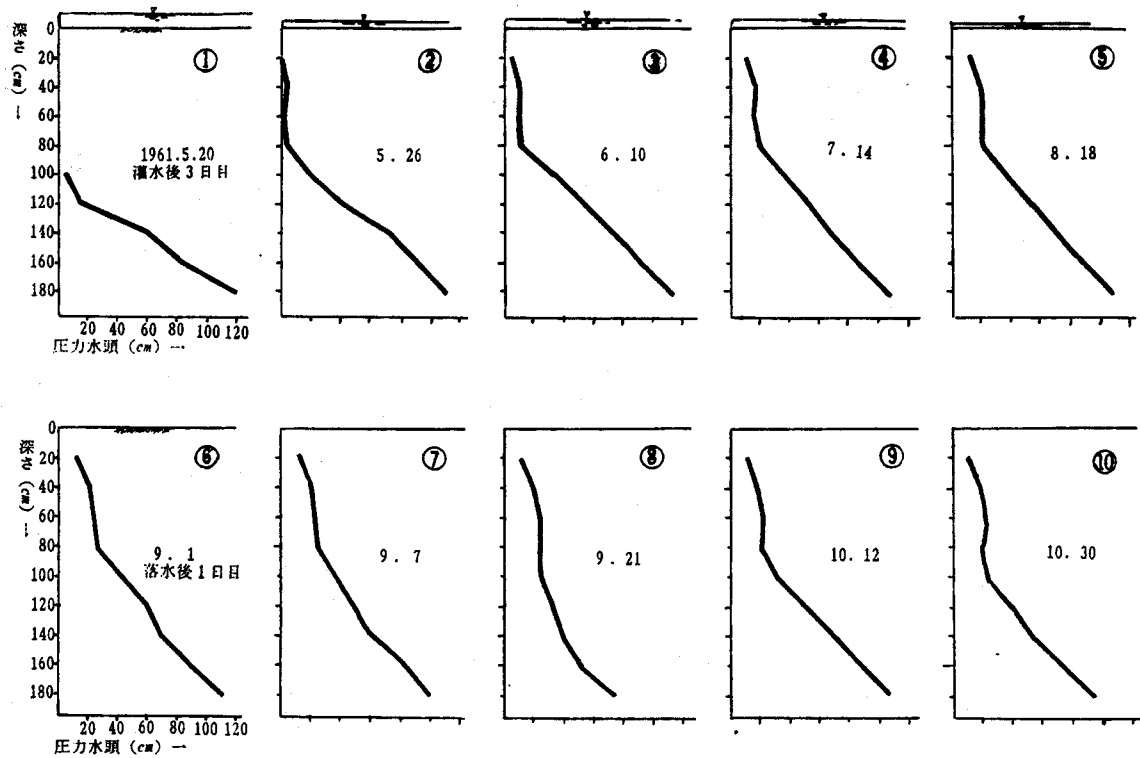
第 19 図 ピエゾの長さ と 管内水位 と の 関係 (暗渠から 9 m 地点)



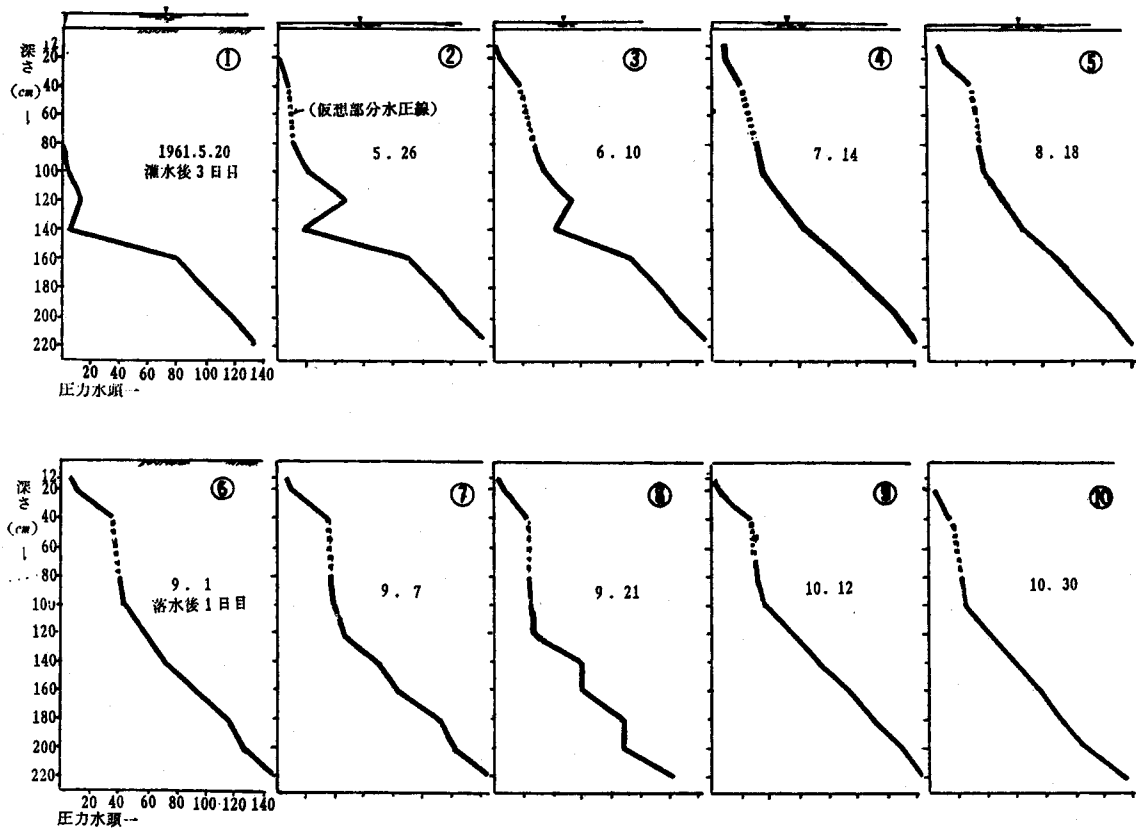
第20図 圧力水頭分布図(暗渠直上部)



第21図 圧力水頭分布図(暗渠から1m地点)



第 22 図 圧力水頭分布図 (暗渠から 3 m地点)



第 23 図 圧力水頭分布図 (暗渠から 9 m地点)

図24は、1961年のピエゾメーターによる管内水位から代表的なものを抽出して、田面下各層の等ポテンシャル線及流線を図解法により求め示した。土中水が暗渠方向に向かってどのような形で移向しているかを詳細に表わしたものである。

#### 4) 考 察

##### 1) ミカケの地下水位及其変化

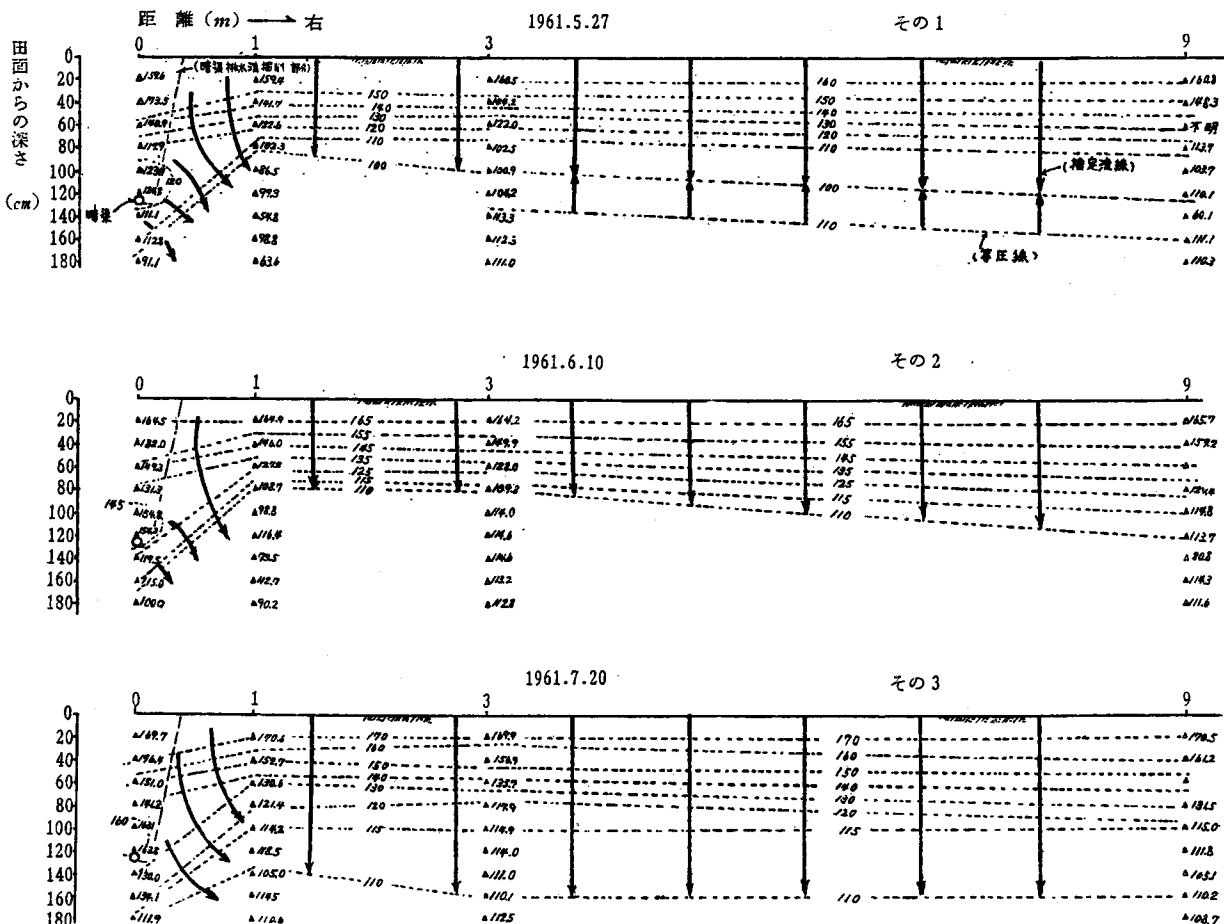
1956年～59年の地下水面の変化は、気象条件によって多少異なることはあっても全般的には各年共略々同じ傾向を辿っているようである。季節的变化についてみると、春季は試験圃及びその周辺共融雪による地下水面上昇は3月前期にとどまり、それ以降は5月中旬灌水直前までの連続旱天による自然低下が大きく認められ、地下水面は田面下約1m附近まで下降し、各年共その年の灌水直前に最低水位を示している。従ってこの期間は、この地帯では乾燥期と見做されるようである。灌水に伴って初期急激な上昇を示してから後、灌漑中期(7月)以降も漸次上昇がみられ8月30日頃落水直前に最高水位を

示しているようである。落水後9～11月の間では、降雨による地下水位の変動が多く認められこの期間を降水期間とみなされるようである。

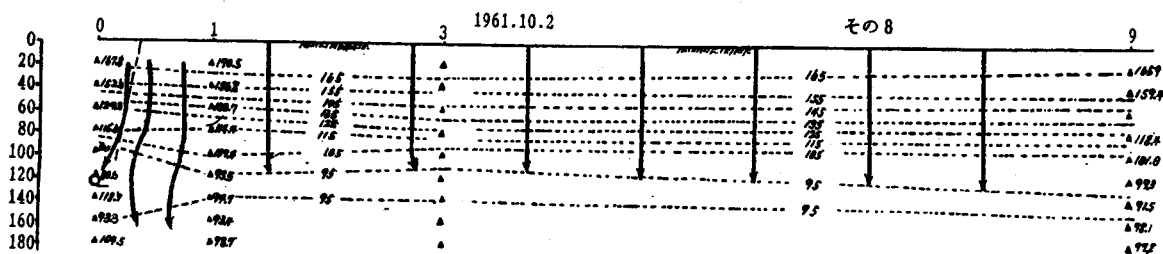
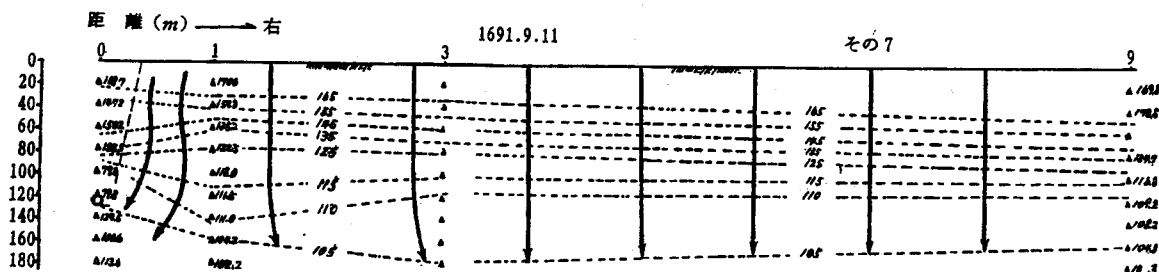
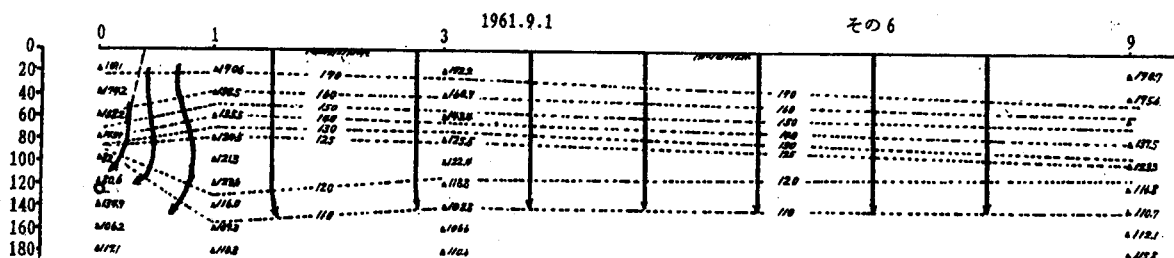
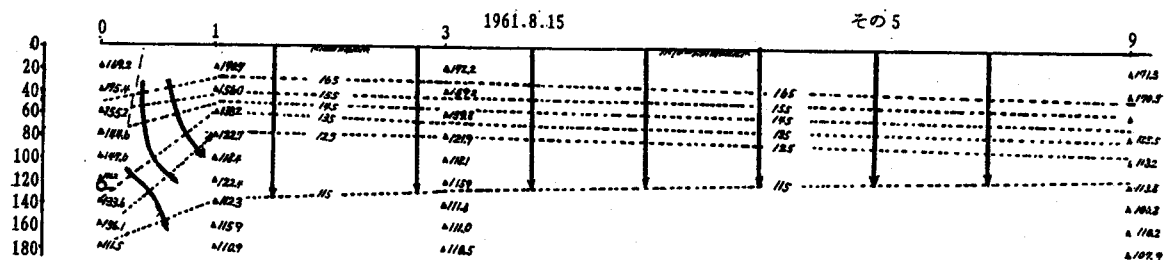
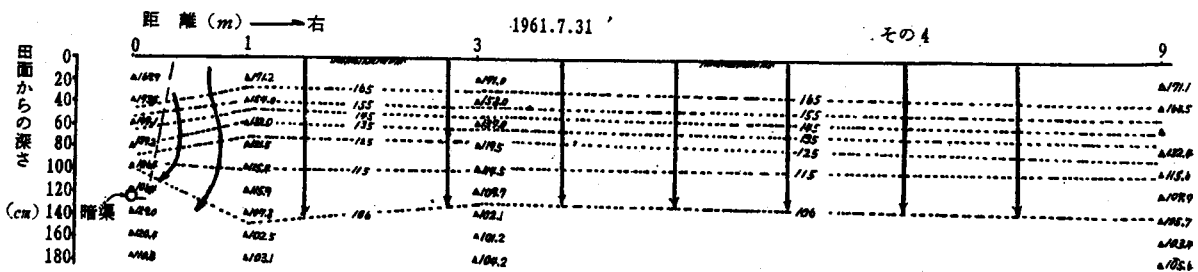
暗渠の位置と地下水面低下の関係は、春季は略々夫々の暗渠位置まで低下し水平的な形を示しているから判断としたいが、灌漑中期以降からは明瞭に認められ、その地下水面低下の形から暗渠の影響範囲は暗渠の深さ60, 90, 120cm区共暗渠直上部のみで、暗渠から1m以遠はほぼ水平的な形を示している(図13参照)。

無暗渠区は灌漑期にはほぼ田面近くまで達しているが、落水後測水管内水がなくなっていること多く、実際無暗渠区、即ち湿田として存在させることは、設備その他水田立地条件から困難であったため、ほとんど暗渠区と変わらない状態を示していた。従って対照区としての比較検討は問題にするような事項は得られなかった。

暗渠から1m以遠の地下水面の差異は、暗渠の影響によって生じたものでないことが、1960年度設置のピエゾメーターによって明らかになった。その内容については



第24図 重粘地暗渠の流線網



第 24 図 つづき

別項で述べるが簡単に記すると、暗渠の深さに応じて測水管の長さを違えてあるのでその測水管の孔の位置のポテンシャルの影響によるものであること、即ち、田面からある位置に田面湛水圧、或は地下水圧がどのように作用しているかを意味しているものである。従って、1956年度設置の測水管内水位と言うのは真の意味の地下水位を表わすものでなく、ミカケの地下水位を表わしていたことになる。このミカケの地下水位からは実際土中水のあり方を追究することはできないのであるが、同一試験区ごとの地下水面の動態を知る一応の指標は得られた。

## 2) ピエゾ管内水位の現われ方

1960年度設置のピエゾ管内水位は、図9によって明らかのようにピエゾの長いもの程深い位置にあり、その現われ方は田面下0~60cmと田面下90~150cmで大きく異っている。

ピエゾの長さ90~150cmの管内水位は、降雨(30mm以上)による田面水の増加、また水田作業及び水管理による田面水の掛引によって、その影響は約1~2日位経過すると現われることが屢々あった。

1961年度設置のピエゾ管内水位は(図16~図19参照)、暗渠直上部ではピエゾの長さ100、120cmが異常な変動を示している。これは灌漑初期、試験圃下流地点の暗渠直上部が陥没したため、田面水の浸入によって暗渠の機能が低減したため生じたものとみなされる。このことは田面湛水深によってかなり増減を示したことからもうかがわれる。

暗渠から1、3、9m地点のピエゾ管内水位についてみると、田面下80~90cmを境として現われ方が異なることが確認され、田面下80cm以浅は、1960年と略々同じ傾向を示している。一方田面下90cm以深では、暗渠から1m地点と暗渠から9m地点において、ピエゾの長さ140cmの管内水位は著しく深い位置に存在しているのが目立ち、他も1960年に比してやゝ異っている。

このような現象面の相異は、ピエゾの構造、配置が異なることによって生じたものとみなされる。ピエゾの孔の位置の水のポテンシャルと、田面湛水圧との関連及地下水圧のあり方は次項で説明する。

## 3) 浸透力水頭分布について

浸透水は大気圧と重力によって下降し、下降のあり方は土性、構造、組織の粗密などに影響される。そのほか地下水面の位置にも関係がある。実際、地下水面は大気圧と等しい位置に存在していると言われている。これが常に一定の位置を保っているのではなく、灌排水によって、また気象条件によって変化を示すものである。最

近水田で問題にされているのは、この地下水面変化に伴う田面から各層ごとの浸透圧の如何ではないかと思われる。

ピエゾメーターからは、土壌中が水で満たされた状態、即ち正圧浸透のみしか知ることができない。不飽和の形を表す負圧は、別途テンシオメーターでないと測定できない。

以下浸透圧(正圧)に基づき、飽和の形を地下水とし、また、飽和水面を地下水面とみなして土中水の動きを検討してみると下記のようなになる。

1960年度設置のピエゾメーターによる場合

i) 灌漑後約40日にして地下水面は田面水位まで上昇した。

(6月30日より9月1日落水までの圧力水頭分布図15-4, 15-8参照)

ii) 図14, 図15により田水面下の水の動きは大別して鉛直降下浸透部と地下停滞水層部の二つに分れている。両者の境界は概ね田面下80~90cmのようである。

iii) 鉛直降下浸透部については負圧から正圧に移行し、後時間を経るに従って圧力水頭は増大しているが、動水勾配は殆んど一定で1.0を維持している。

iv) 停滞水層部については、灌漑初期には圧力水頭勾配が45°以下で動水勾配は零、従って水の移動は上昇または零である。灌漑中期に入ると同勾配が50~55°となり動水勾配は0.02~0.03の低さを示し、鉛直降下浸透部の50/1~30/1の速度で下降している。(但し土層は0~150cmまで透水係数に大差ないものと見做して)

図15-4, 図15-6のような圧力水頭分布は土層の透水係数に大差ない場合にあらわれる。

v) 田面下170cm附近の透水層(礫層)が停滞水面並びに降下浸透部の透水に与える影響が大であることが図15の10月5日附近の観測によって明らかである。

上記の結果からは暗渠から9m地点では地下水位の低下が認められなかった。しかし土中水のあり方が或程度判明したことによって、実際地下水位低下を図り、作土層に負圧(鉛直降下浸透部の動水勾配を1.0以上高める)を発生させ水の動きを助長させるには、暗渠埋設深を鉛直降下浸透部まで上昇させ間隔をかなりせばめなければいけないようである。現行の暗渠は一様に120cmに埋設してから水閘で暗渠直上部の地下水深を60, 90cmに調節したものであるから、実際その効果が現われないものとみなされる。(前項試験設備の概要参照)

1961年度設置のピエゾメーターによる場合

i) 暗渠直上部についてみると、灌漑期間中は前記の

ように暗渠が閉塞状態におかれていたので、浸透圧はかなりみだれている。灌漑初期5月20日～6月10日の間に、田面下100～160cm附近に地下水の上向流がみとめられる。6月10日頃地下水は略々田面まで達している。降下浸透は田面下100cm附近まで行なわれているようであるが、暗渠が閉塞されているためかなり低減されている。田面下100cm以深は停滞水層とみなされていたが、田面下160～200cmは鉛直降下浸透がみとめられた。これは、田面下170cm以深の透水（礫層）の影響によるものと推測される。

落水後は（図20—6～図20—10参照）、9月1日～10月30日の間に田面下100～120cmに負圧が発生し、田面下100cm以浅の圧力水頭が減少をきたしたことから暗渠の影響による効果が判然と知られた。

ii) 暗渠から1m地点では（図21参照）、1960年同様鉛直降下浸透部と地下停滞水層部の境界は概ね80cm内外のようである。灌漑初期田面下160cm～140cmの間に地下水の上向流がみとめられた。灌水後約12日位で地下水位はほぼ田面まで達しているようである。落水後地下水面は、1960年と異なり地下水位は容易に下がらず、10月30日にいたってもほぼ田面近くに存在している。これは落水後降雨量が多かったためと考えられる。

iii) 暗渠から3m地点についてみると（図22参照）、1m地点とほぼ同じ傾向を示しているが、落水後9月20日附近では、停滞水層部が70°内外を示し下降をあらわしている。これは田面下170cm以深の透水層（礫層）の影響によるものと思われる。一般に暗渠から1m以遠では灌漑中期以降停滞水層部が50～55°を示し、非常に僅少ではあるが下降を示している。

iv) 暗渠から9m地点では（図23参照）、暗渠から1m地点同様灌水後5月20日～6月10日の間に、田面下160～140cmに上向流が認められた。田面下160cm以深では暗渠直上部のような鉛直降下浸透は認められなかった。田面下60cmの浸透圧は不明であるが鉛直降下浸透部と停滞水層部の境界は田面下100cm内外とみなされる。

以上のような結果から、土中水のあり方は大別して1960年同様鉛直降下浸透部と停滞水層部にわけられ、その境界は概ね80～100cmであることが確認された。灌漑初期地下水面が田水面まで達する時日は、1960年では40日、1961年では12日前後と異っている。これはピエゾの設置位置、構造等によって多少現われ方が異なるものと考えられる。また灌漑初期地下水の上向流がみとめられた。これは田面下170cm附近の透水層（礫層）の地下水が一時的に被圧地下水化するためと考えられ、この位置

の透水が灌漑中期以降からは、停滞水面ひいては鉛直降下浸透部の透水に影響を与えていることが明確になった。

これまで述べてきた土中水のあり方は正圧に基づいたもので、灌水前後また落水に移行する際の負圧→正圧の変化を細かく知るにはテンシオメーターを使用しなければならない。同時に今後この種の試験を行なうには、ピエゾ管内水位と土中水の動きにタイムラグがあるかどうかともテンシオによって検討する必要があるものと考えられる。

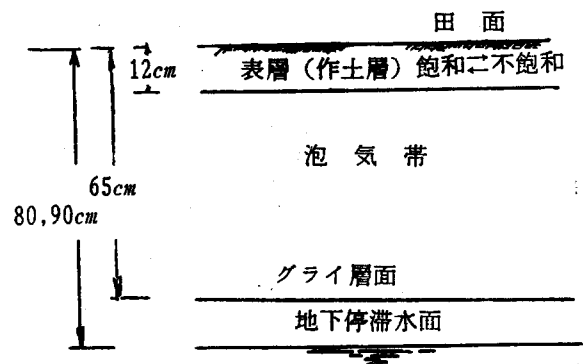
#### 4) 流線網について

灌漑期間中（図24～1～図24～5参照）暗渠は閉塞状態におちいり、暗渠直上部は側方に作用している。その影響は5月27日～7月20日頃までの間に暗渠から1m地点までみられ、暗渠方向への移動は僅少ではあるが7月31日附近に認められた程度である。暗渠から1m以遠についてみると灌漑初期5月27日に地下水の上向流が現われ、その後みられなくなった。概ね田面湛水圧の影響は、初期は田面下100cm附近まで及ぼしており中期以降から増大し140cm附近まで達している。このような現象は、地下停滞水面の下降によって起るものであり、地下停滞水量の増減は、前項にも示してあるように田面下170cm以深（礫層）に存在する地下水が、周辺地下水とつながっておりこの位置の地下水の移動によって生ずるものと推測される。

落水後は図24—6～図24—8に示すように、暗渠の作用による影響が暗渠直上部のみに判然と認められた。これは1956～59年のミカケの地下水面の形からも認められている。

#### 5) 土中水の動きと浸透との関係

落水後みた土壤断面から、前項まで述べてきた土中水の動きと関連づけて考えると図25に示すように3つに区



第25図 地下停滞水面と土層の配列

分されるようである。実際田面湛水圧は表層から泡気帯を通過し地下停滯水面に及ぼしているものと推察される。降下浸透の行なわれている部分は、この泡気帯と考えられる。灌水後管孔（孔隙）をつたわって下降する際、泡気帯の空気が表層（作土層）と停滯水層によって封入され浸透水の通過を阻害するのではないかと考えられる。土中水の動きをピエゾメーターでみると、泡気帯内は灌水後時間の経過に伴って水で満たされ田面水と連絡しているが、これは果して泡気帯の水の飽和によってピエゾメーターに影響を及ぼしたものでどうか、また実際土中水の動きとピエゾ管内水位がうまく連動しているものかどうかとも危ぶまれる。ただピエゾ管内水位が僅少ではあるが徐々に上昇していること、即ち浸透圧の増加は浸透水の補給によるものと考えられるが鉛直降下浸透量と合せ考えると、湛水の下方に及ぼす圧力はかなりわずく重粘地の透水度の弱さを意味しているものと思われる。従って前記（浸透圧力水頭分布）の項で述べた土中水の動きからみると、地下停滯水面上かなり動いているような誤解を招くが重粘の場合水分保持力が強く泡気帯内では水分が容易に下降せず正圧を示していることから透水性の小さいことがうかがわれる。土壤タイプ（壤土～砂壤土）によっては本地区のような位置に地下停滯水面が存在しつづけられれば、浸透量は増加し作土層の負圧の発生も可能と推測される。地下停滯水層部内のピエゾ管内水位の動きは作土の乾湿と湛水深によって異なっている。従って湛水圧は作土下の泡気帯が浸透圧の伝導の役目をしているように推察される。今後このような条件下の水田の水の動きを解析するには泡気帯のあり方を究明することが必要と考えられる。

鉛直降下浸透量を1958年、農林省農地局土地改良設計基準に従って、暗渠直上部と、暗渠から6m地点に円筒を設置し測定を行なった結果によってみると、暗渠区は各試験区共ほぼ同じ値を示し、暗渠直上部では代播時において日当り4mm内外、灌漑初期は1～3m、中期以降は僅かに、1mm内外となっている。また暗渠から6m地点にいたっては、灌漑期間ほとんど零に近い値を示している。その後、1961年7月漏水量迅速測定器（東大山崎研究室考案）を使用してみた結果も暗渠から1m以遠では、日当り僅かに1mmの値しか認められなかった。

上記のような測定値は限られた小部分のものであり、試験圃のように重粘で春季田面に亀裂が発生するところでは、水みちは灌水後も亀裂の影響をうけていることも予想されるので、時期的変化は明確には知り得なかった。しかし、土中水のあり方からみると灌漑初期は、浸

第6表 各年の減水深(mm/日)

年 度	暗 渠 区		無 暗 渠
	水 閘 開 鎖	水 閘 閉 鎖	
1956	12～16	10	6～8
1957	9～12	—	6～8
1958	6～9	—	6～8
1959	7～10	—	7～10
1960	—	—	—
1961	6～8	—	6～8

備考) 減水値は各年とも6～8月のものを掲載。水閘閉鎖は1956年のを示した。

透が幾分多くなされているものと推測されるようである。

各年の減水深は表6に示すように暗渠初年目は幾分大きな値を示している。これは暗渠埋設によって自然土壤が破壊され排水溝掘削部分の透水性が増大したため、この部分からの田面水の浸漏によって増加を示したものである。従って、掘削部分の安定に伴って2年目から減少をきたしている。それ以降、各年共略々同じ値を示している。これからも暗渠の影響による透水効果があるまいものと考えられる。

#### 6) 重粘地の暗渠排水方式について

以上の経過を総括し、更に姉妹土壌タイプの如き重粘地における暗渠排水方式の可能性についてみると、前述のように、1956～1959年の長期にわたって知り得た地下水面は、測水管の孔の位置のポテンシャルによって生じたもので、水田の浸透状態を調べる上には不十分なものであったが、ただ同位高のポテンシャルの形から暗渠の影響は直上部のみにとどまっていることが明確である。

1960～61年に土中水のあり方を解明するため、各年にわたってピエゾメーターを暗渠の深さ120cm区に設置し測定を行なった結果土中水のあり方は、大別すると鉛直降下浸透部と地下停滯水層部に分けられ両者の境界は概ね田面下80～100cmのようである。灌水後約12日位にして地下水面は田水面まで上昇し落水まで持続している。灌水前の不飽和から灌漑中期以降は飽和の形であり落水によってまた不飽和の形に復帰することになる。このように現行暗渠では地下水面は下がらず、実際地下水位低下を図り浸透をもたらすには、暗渠の位置を鉛直降下浸透部内まで上昇させ、極端に浅くして間隔をかなり狭め負圧を発生させなければいけないようである。

従って今後試験圃同様重粘地における排水は水閘で調節する方式ではなくて、暗渠の深さと間隔を種々変えて、作土層は透水の影響を与え適正浸透量まで到達させることにあり、必ずしも完全暗渠（土管使用）でなくて



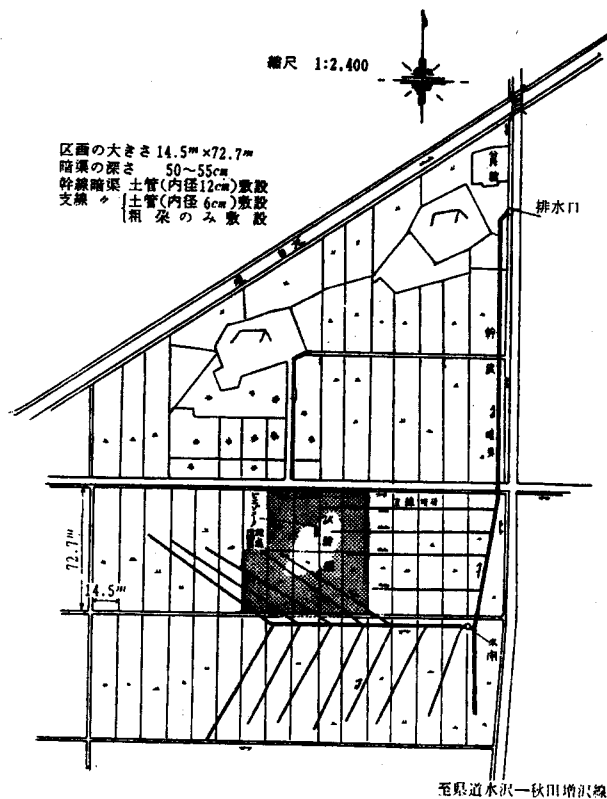
も別途方法（モグラ暗渠その他）でも良いと思われる。ついで、これが排水改良→土壌改良→植生との関連を強化する一因ともなると考えられる。

## （2）泥炭地における暗渠排水

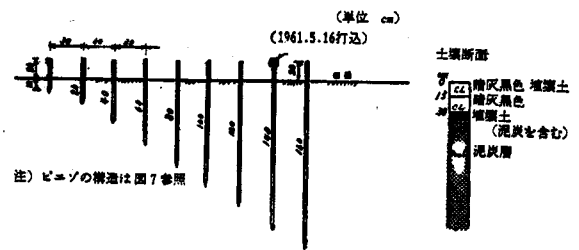
### 1) 試験圃の概況

1956～60年の長期にわたって、重粘地における暗渠排水の試験によって浸透の様相が解明され、これから暗渠の配置方法についてほゞ見通しがついた。しかし、同一条件での種々現象面からだけでは今後の排水改良を進展させる上には不十分であり、水田立地条件（土壌型）の相異によってどう異なるかも一応察知する必要を感じ、1961年春都鳥試験圃にピエゾメーターを設置した。都鳥試験圃は胆沢扇状地中位部にあり（図6参照）、かつての胆沢川の影響で低位地の所に集積した泥炭であって、その上に更に上流よりの沖積作用をうけたものである。この地帯は1954年区画整理が行われ同時に暗渠排水も施行されているが、春季でも地下水水面は下がらず田面下60cm位のところに存在している。

暗渠排水の組織は、図26に示す通りで、深さは全般に浅く田面下50～55cmで間隔は15mであり、幹線暗渠は土管を使用しており、支線暗渠は一部土管を使用している



第26図 都鳥試験圃暗渠組織図



第27図 ピエゾメーター配置図

ほか主に粗朶のみのところが多く、勾配はほゞ地表勾配に沿っており約250分の1内外となっている。暗渠の深さは排水路の深さ（地表下70cm）によって規制されている。一般にこの地帯では、排水専用として幹線排水路は整備されているが、小排水路は用排水兼用であり、従って深さは制限され地下水排水は思わしくないようである。

### 2) 試験結果並考察

1961年5月に図27に示すようにピエゾの長さ12～160cmの9本を配置し、5～11月にわたって連続観測を行った結果は次のとおりである。

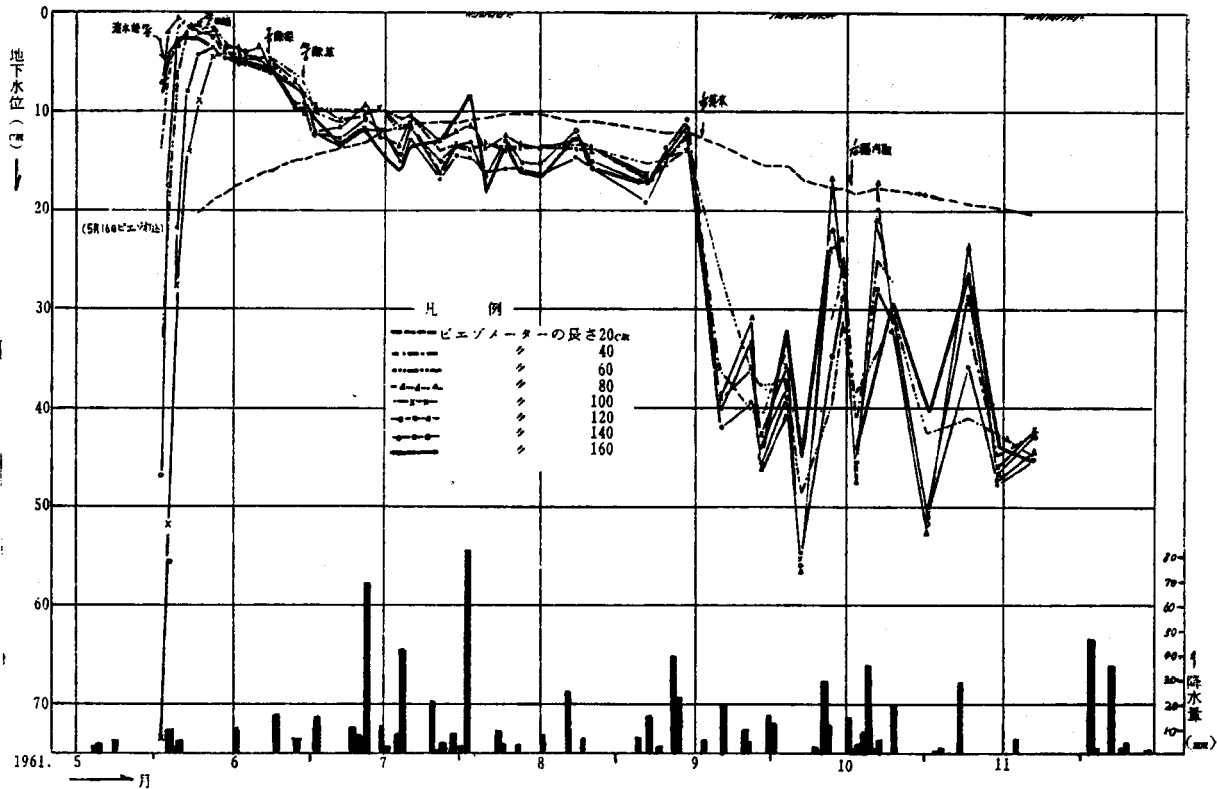
#### 1) ピエゾ管内水位について

図28に示すように、ピエゾの長さ20cmの管内水位は全期間を通じて殆んど日変化はみられず、緩やかな曲線を田面下10～20cmの間に示している。ピエゾ12cmは全期間を通じて管内水は認められなかった。ピエゾ40～160cmの水位の現われ方はほゞ共通しており、灌水後2～3日で田面近くまで達し、中期以降落水まで田面下10～20cmの間を上下している。落水後降雨による変動が大きく認められ、降雨後1～2日で現われている。重粘地に比し現われ方は敏捷で大きいのは、泥炭そのもの透水性が極めて良好なためとみなされる。

#### 2) 浸透圧について

図29に示すように、灌漑初期5月20日附近で田面下100～140cmに地下水の上向流がみられ、後6月1日から8月29日までほゞ同じ圧力水頭分布を示し、これから地下停滞水面は田面下20cm附近まで達していることが明らかになった。0～12cmでは負圧を示しているようであるが、鉛直浸透は僅かに日当り1～2mm、日減水深は8～13mmの値を示している程度で、実際負圧の発生はピエゾ自身の欠陥によるものか、或はまた浸透水が作土層を横方向に流下したため生じたものかは、別途テンシオメーターを用いないと判然としがたいようである。

落水後（図29—6～図29—9参照）の土中水の形をみると、田面下20～40cmに僅かであるが鉛直降下浸透がみられ、また負圧は増大して田面下50cm附近まで達するこ



第 28 図 ピエゾの長さ と 管内水位 と の 関 係

ともありうるようである。地下停滞水面は田面下30~60 cmの間を上下している。

以上のように地下停滞水面の高いことは地中の下向動水勾配が零に等しいということであり、従って暗渠を埋設しても水圧差が零で集水は不能であることを示す。灌漑後地下水位の上昇速度の早いこと、すなわち透水性の良好なこと、合わせ考えれば、本地区には明渠による排水が基本的に重要である。地区内外の排水路を完備し、地下停滞水面を充分降下させた後、暗渠の試験がなされねばならない。ピエゾ設置地点では暗渠の影響はないものとみなされる。

(3) 要 約

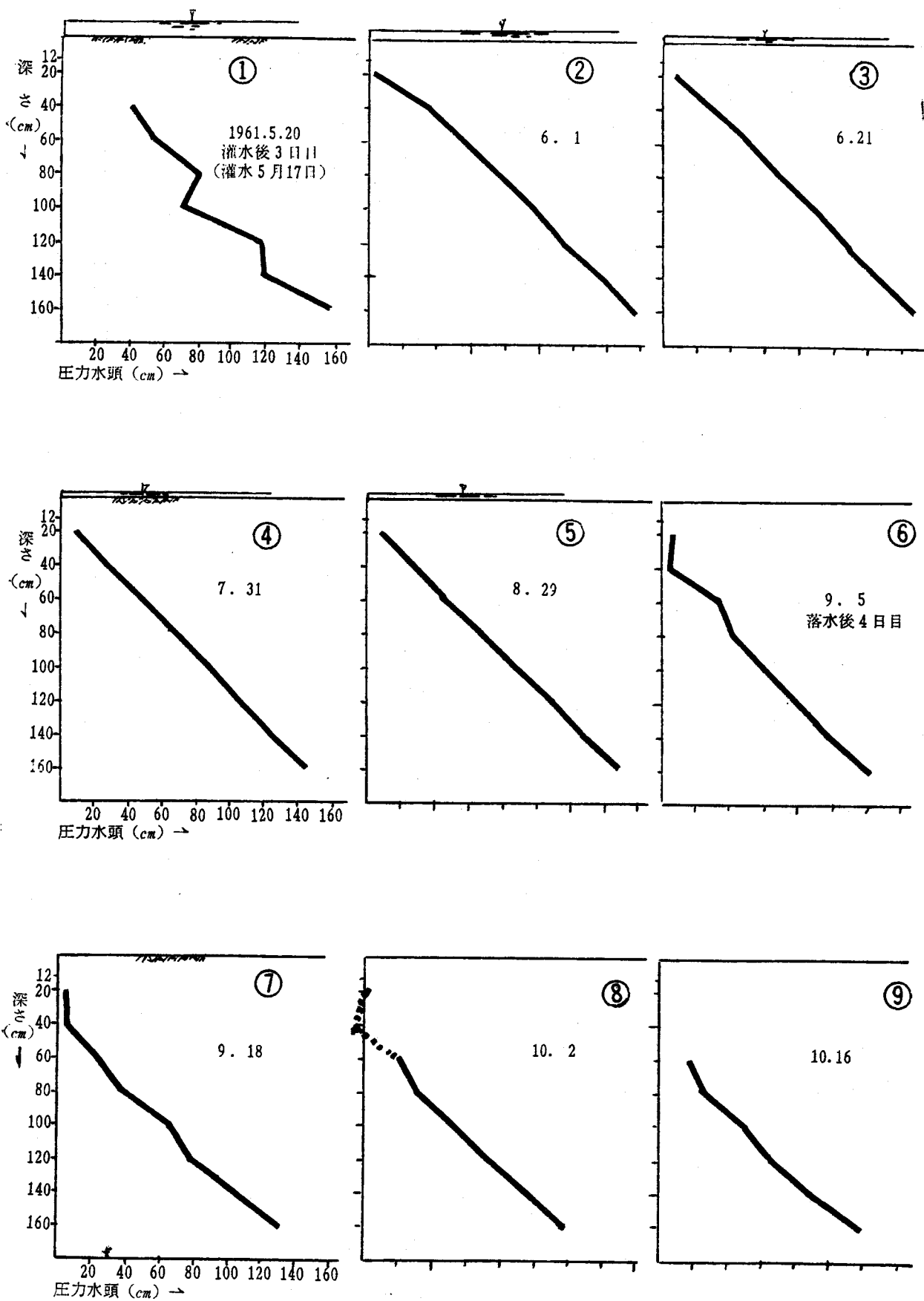
1956年から1961年にわたる長期にわたって姉体試験圃

(重粘地)において暗渠排水に関する試験を行ってきた結果、土中水のあり方が解明され現行暗渠では排水改良とは程遠いということが明らかになり、ついで今後の暗渠の配置方法について目安が得られた。水田に湛水期間中に適正浸透を与えることが排水改良であるという観点から、異なった水田立地条件のところに施行されている土地改良地域内の暗渠がどのような影響をもたらしているかを知るため、1961年都鳥試験圃(泥炭地)で土中水の動きを調べた結果を重粘地と対比してみると表7の通りである。

これから重粘地暗渠は極端に浅く(田面下80cm以浅)埋設し、間隔をかなり狭めた方が有利であることがうかがわれ、また泥炭地の場合はこれまで言われていたように地下停滞水面を下げ、田面との差があらせることによ

表 7 表 粘 地 と 泥 炭 地 と の 比 較

	暗渠の深さ (cm)	湛水の下方に 対する圧力 (透水性)	田面と地下停滞水面との差		日当縦浸透量	摘 要
			非灌漑期	灌 漑 期		
姉 体 (重 粘 都 鳥 泥 炭)	120	小	cm 100	cm 80~90	mm 1以下	田面と地下停滞水面との間に鉛直降下浸透が行われている。作土直下まで停滞水面は上昇を示している。
	55	大	60	約 20	1~2	



第29图 压力水头分布图(泥炭地)

って浸透の増加を図り得ることが判然とした。しかしこれは暗渠施行地域外からの影響をなくし、その水田のもつ透水性を水閘によって自由に調節できる形にもっていかないと出来得ないから、都鳥試験圃のように地域外からの影響も受けやすく、暗渠の深さも排水路によって規制されているところでは、容易に暗渠の深さを泥炭の場合理想とされている120~160cmに下げられないから、これについては尚検討を要する点である。

### 参 考 文 献

金子良著 農業水文学, 1957年, 土木雑誌社版  
野口弥吉} 共訳 ベーバー土壌物理学, 1955年, 朝倉書  
福田仁志}

#### 店 版

長浜 謙吾著 暗渠排水, 1948年, 産業図書株式会社版

長浜 謙吾著 暗渠排水の計画, 1958年, 理工図書株式会社版

林弘宣, 高橋和男 泥炭地の排水工法に関する研究, 農業土木研究24巻2巻, 1956年

山崎不二夫著 誘導毛管水と降下浸透水, 農学, 1948年7月号

秋葉満寿次著 誘導毛管水の研究, 東京大学農学部農業工学教室研究, 第1輯, 1942年

農林省農地局 土地改良設計基準第2部第8編 暗渠排水, 1955年

狩野徳太郎編 農業土木講座1巻, 3巻, 1960年, 朝倉書店

狩野徳太郎, 中川昭一郎ほか 低湿田の排水方式に関する研究, 農業技術研究所報告, 下, 第13号, 1961年

内山 修男著 水田の浸透性に関連する土壌の諸問題, 農業及び園芸32巻

## 2 暗渠施工後における土壌の化学性の変化

### (1) 土壌断面

暗渠施行後における土壌断面の変化は、灌漑水の縦滲透、地下水面の上下変動、土壌の乾燥等の諸影響の総合結果として表現されてくる。また調査時期も落水後或は春先の乾燥期であるため、一層これらの影響は強く現われると推定されるが、経年による変化をみると都鳥・姉体両土壌ともに、斑鉄の生成状況に幾分差が認められたが、その他の点では余り著しい変動はみられなかった。

第8表 経年による土壌断面の変化

年 次	都 鳥 試 験 圃	姉 体 試 験 圃
1955年	斑鉄は1層のみに認められ、糸根状含む(淡褐色)	1層 { 糸根状含む 膜状含む 2層 { 糸根状含む 管状あり 3層 { 糸根状含む 管状あり (淡褐色)
1958年	1層 { 糸根状含む 膜状含む (赤褐色) 2層 糸根状含む (赤褐色) 構造も中塊状のものが認められる	1層 { 糸根状含む 膜状含む 2層 { 糸根状含む 管状あり 3層 { 糸根状含む 管状あり (赤褐色)
1960年	1958年と同様	1958年と同様

第9表 経年による粒径組成の変化(%)

	年 次	粗 砂	細 砂	砂合計	微 砂	粘 土
都 鳥	1956	1.4	32.7	34.1	34.3	25.5
	1957	4.4	35.2	39.6	31.9	21.4
	1959	3.5	40.9	44.4	27.7	22.5
	1960	3.7	37.0	40.7	30.9	21.3
	1962	3.8	33.4	37.2	27.7	21.5
姉 体	1956	3.0	32.9	35.9	43.6	21.9
	1957	0.9	27.4	28.3	41.3	26.0
	1959	0.9	28.5	29.4	41.3	25.0
	1960	1.3	30.7	32.0	38.5	23.8
	1962	1.4	29.2	30.6	41.0	22.8

その様相は第8表の通りである。

都鳥では、場所によっては未だに明瞭な鋤床層の形成の認められない場合もあるが、都鳥・姉体両圃場とも一般に落水時の地下水位の低下及び田圃の乾燥によって斑鉄を形成し、且その酸化色も強くなってきているようである。この傾向は、都鳥では表層に強く現われ、姉体では表層(作土)と3層のグライ層直上部とに現われている。従って都鳥では地下水位の低下もあるが、主として田面の乾燥が影響し、姉体では地下水位の低下と田面の乾燥との両方の影響が認められる。なお姉体では都鳥ほどその影響は著しくはないようである。

### (2) 粒径組成

第9表に示すとおりで、都鳥では経年によって粘土及び微砂の部分にかなりの減少がみられる。その減少の割合は1957年まではかなり著しいが、その後は略々一定した値を示している。これは青峯<sup>3)</sup>、井利等<sup>4)</sup>も認めている点である。

第10表 乾土効果及び温度上昇効果 (NH<sub>3</sub>-Nmg)

			アンモニア生成量			乾土効果	温度上昇 効果	NH <sub>3</sub> 化成率	
			湿潤土 30°C	湿潤土 40°C	風乾土 30°C			乾土効果	地温上昇 効果
都 鳥	1956	1層	7.58	10.93	18.58	11.00	3.35	3.00	1.76
	1959	1層	2.82	12.85	22.00	19.18	10.03	5.05	2.64
	1961	1層	1.93	3.95	19.18	17.25	2.02	4.66	0.55
		2層	0.84	5.37	26.86	26.02	4.53	3.46	0.60
		3層	0.42	6.38	11.98	11.56	5.96	0.95	0.49
姉 体	1956	1層	0.29	7.24	18.88	18.59	6.95	5.39	2.07
		2層	0.00	0.16	3.64	3.64	0.16	3.04	0.13
	1959	1層	4.13	7.79	12.56	8.43	3.66	2.81	1.22
		1層	1.62	6.38	10.23	8.61	4.76	3.31	1.83
	1961	1層	0.00	0.34	0.66	0.66	0.34	0.60	0.31

第11表 N の 分 別

		NaOH		Na-P		Na-cit		NaF		
		mg	比率	mg	比率	mg	比率	mg	比率	
都 鳥	1955	386.08	100	145.92	100	66.88	100	85.12	100	
	1958	223.44	58	95.76	66	42.56	64	51.68	61	
	1960	240.16	62	100.32	69	50.16	75	50.16	59	
	無堆肥区 堆肥区		211.28	100	91.20	100	47.12	100	41.84	100
			249.28	118	110.96	122	54.72	116	53.20	127
姉 体	1955	199.88	100	60.04	100	28.88	100	28.88	100	
	1958	149.72	75	59.28	99	23.12	100	28.88	100	
	1960	174.80	87	61.56	103	27.36	99	28.12	100	
	無堆肥区 堆肥区		219.64	100	92.72	100	25.84	100	41.80	100
			226.48	103	82.84	89	25.08	97	36.48	87

備考 NaOH 0.5M 苛性ソーダ  
 Na-P 0.1Mピロリン酸ソーダ (pH 7)  
 Na-cit 0.2Mクエン酸ソーダ (pH 7)  
 NaF 0.5M弗化ソーダ (pH 7)

姉体では年次間のふれがやゝ大きく、このため考察は困難であるが、傾向としては都鳥の場合とは反対に、粘土及び微砂の部分の変化は少く、砂特に細砂の部分に減少がみられた。

(3) 土壤有機物

第10表にみられるとおり、都鳥では暗渠施工後、全炭素、全窒素の低下がかなり著しい。そしてその変化は1958年までは甚しく、それ以降は余り著しくない。しかし乾土効果や温度上昇効果はむしろ増加の傾向を示しており、いわゆる窒素潜在地力の瘠薄化の傾向は必ずしも示していない。特に第2層は黒泥的な性格も持ち、放出窒素量がかなり多い点が注目される。

またこの有機窒素の減耗の様相を究明する目的で、BREMNERの方法に準じて分別定量を行った。

実験方法は、土壌1gに夫々の抽出液50mlを添加し、30°C恒温槽中に一夜放置し、後遠心分離してその上澄液の一定量について、常法により窒素を測定する。この結果を第11表に示す。

この分析法では、苛性ソーダ抽出は全有機物を主体とするもの、ピロリン酸ソーダ抽出はCa・Al・Fe・H等と結合したもの、クエン酸ソーダ抽出はFeと結合したもの、弗化ソーダ抽出はAlと結合したものとされている。

これによってみると、都鳥では何れのFractionでも年次の経過によって抽出窒素量は低下しており、その減少率も各Fractionとも類似している。そして1955年から1958年までの減少が著しく、その後は余り著しくない。抽出窒素量はNaOH>Na-P>Na-F≒Na-Citの順であり、かつ堆肥加用によっては各Fractionともに増

加しているが、特に Na-F・Na-P の Fraction でや、著しく、表層に火山灰混入の可能性も考えられるので、主として FI・AI 等と結合しているものと推察される。

姉体では、年次の経過に伴って減少しているのは NaOH の部分で、他は殆ど変化していない。また抽出窒素量も Na-cit・Na-F は概して少い。また堆肥加用によっても NaOH の Fraction のみの増加にとどまっている。

このように、都鳥では有機窒素の分解は各 Fraction に亘って受けているが、姉体では主として腐朽物質の部分に特に強く現われているものと解される。また姉体では全炭素・全窒素は特に著しい減少はみられなかったが、無堆肥無窒素区では全窒素の減少が著しい。しかし一般には乾土効果・温度上昇効果ともに暗渠施工前に比べてかなり減少しており、潜在窒素地力の低下が著しい。これは腐朽物質の減少と関連があり、この部分の分解が急速に行われたことを示している。また2層以下は元来有機物含量は極めて少く、従って潜在窒素地力が殆どない点特徴である。

#### (4) その他の変化

都鳥では pH には余り著しい変化はみられないが、窒素用量の高いところでは都鳥・姉体共に pH の低下がみられた。これは施用窒素は硫酸で行ったためと思われる。このことは置換酸度についても略々同様のことが認められる。置換性塩基では Ca は施工後急激に減少しているが、1958年以後は全窒素・全炭素の場合と同様に殆ど変化していない。Mg もほぼ同様であるがその影響は極めて少い。この傾向は  $\frac{1}{2}$  HCl 可溶の Fraction についても同様である。塩基置換容量は全炭素とかなり密接な関係がみられ、これも施工後1958年までは急激な減少がみられたが、その後の変化は極めて少い。窒素施用量及び堆肥加用によっては、硫酸多用区及び堆肥無加用窒素施用区では置換性 Ca・Mg ともにや、減少度が著しい。

姉体についてみると施工後の変化は極めて微々たるものであって、かつ窒素施用量及び堆肥加用によってもその変化は少い。

以上の経過から乾田化に伴って土壌には種々の変化が現われるのであるが、その現われ方が土壌タイプによ

第12表 経年による土壌の化学性の変化

	年次	土層	層位	全炭素 %	腐植 %	全窒素 %	pH (H <sub>2</sub> O)	置換酸度 y <sub>1</sub>	置換容量 me	置換性		磷酸吸収係数	石灰飽和度 %		
										Ca me	Mg me				
都鳥	1956	(原土)	1層	9.1	15.6	0.58	5.1	3.8	32.3	18.0	4.1	1,268	55.7		
			2層*	31.0	53.5	1.34	4.0	4.1	81.6	59.3	10.0	1,658	—		
			1層	5.5	9.5	0.37	5.3	3.9	28.2	14.9	3.7	1,108	52.8		
			2層*	20.9	36.0	1.02	4.6	3.9	50.0	27.4	5.5	1,504	—		
			1層	5.0	8.6	0.38	5.5	4.0	25.2	14.8	2.2	1,062	58.7		
			2層*	26.9	46.3	1.50	4.5	4.4	81.2	70.8	7.0	1,502	—		
	1961			1層	5.8	10.03	0.37			29.3	14.5	3.8		49.4	
				2層	14.9	25.70	0.75			41.5	25.0	5.7		—	
				3層*	40.5	69.79	1.22			60.4	29.2	6.5		48.3	
				N-0	5.5	9.5	0.43	5.5	2.7	26.9	15.5	3.9	1,089		
				N-760g	5.0	8.6	0.43	5.8	3.4	26.1	14.5	3.2	1,007		
				N-1,320g	5.5	9.5	0.46	5.1	6.1	26.2	14.0	2.8	1,233		
1960	堆肥		N-0	4.3	7.4	0.37	5.3	2.9	25.8	15.6	3.3	979			
			N-760g	5.7	9.9	0.48	4.9	10.3	26.7	12.5	2.8	1,123			
			姉体	(原土)	1層	4.1	7.0	0.35	5.1	1.0	19.7	12.5	4.2	719	63.5
					2層	2.1	3.7	0.12	6.0	0.3	21.3	16.1	4.0	1,000	75.5
					1層	3.8	6.6	0.30	5.3	2.5	29.3	11.0	4.2	890	54.2
					2層	2.6	4.5	0.19	5.5	0.7	19.6	13.5	4.5	940	68.8
1960			1層	3.8	6.6	0.30	5.2	1.6	18.8	10.8	3.1	753	57.4		
			2層	1.7	3.9	0.12	6.1	0.3	23.0	17.1	5.5	1,131	74.3		
1961			1層	3.5	6.1	0.26			19.8	11.4	4.7		57.5		
			2層	2.2	3.8	0.11			24.7	16.2	10.4		65.6		
1960	堆肥		N-0	4.1	7.0	0.35	5.1	2.4	20.6	12.0	3.5	739			
			N-760g	4.5	7.8	0.38	5.0	2.7	20.6	11.0	3.2	821			
			N-1,130g	4.3	7.4	0.36	4.9	3.6	20.0	11.0	3.5	787			
			N-0	4.5	7.8	0.28	5.3	2.4	20.2	12.9	3.6	835			
			N-760g	4.3	7.4	0.31	5.0	2.1	21.7	12.9	3.3	753			
			N-760g	4.3	7.4	0.31	5.0	2.1	21.7	12.9	3.3	753			

\*泥炭の混入割合によって著しく異なる。

第 13 表 経年による %<sub>s</sub>-HCl 可溶成分の変化

年次	層位	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
都	1956	1 層	0.129%	0.514%	0.206%	585 <sup>mg</sup>	63 <sup>mg</sup>	15.1 <sup>mg</sup>
	1958	{ 1 層 2 層	0.120 0.144	0.577 0.652	0.343 0.378	461 746	55 90	12.3 10.7
鳥	1960	{ 1 層 2 層	0.123 0.146	0.580 0.616	0.355 0.320	427 578	52 87	18.4 6.0
		姉	1956	{ 1 層 2 層	0.094 0.087	0.408 0.434	0.212 0.266	351 342
1958	{ 1 層 2 層		0.095 0.090	0.354 0.357	0.286 0.203	370 462	67 82	22.5 6.3
体	1960	{ 1 層 2 層	0.094 0.124	0.444 0.506	0.326 0.154	330 491	57 53	26.7 tr

て異なることがみられると共に、土壌の乾燥並に水の移動の程度もかなりよく反映していると思われる。即ち都鳥では暗渠施工によって当初はある程度縦水の動きがあったことが想像されるが、これも既述の“暗渠排水施工と土中水の行動”にみられるごとく現在ではその機能の低下が著しい。従って土壌の変化も施工後1958年まで顕著であったが、その後は余り著しい変化を示していないことはこれを裏がきするものであろう。しかし元来蓄積有機物量が多い土壌であるため、潜在窒素地力としては低下の傾向を示すも尚依然として放出窒素量多く、かつ第2層は著しい変化がなく潜在窒素量は極めて多いのが特徴である。

一方姉体では施工当初から縦滲透は少く、従って土壌の変化も極めて少く、しかも重粘地であるため塩基の移

動・流亡も少く一層その傾向を強調しているものと思われる。しかし乾土効果及び温度上昇効果は都鳥の場合とは逆にかなり著しい低下を示している。元来、蓄積窒素量が少く土壌であるため、この低下の影響は大きい。

これら両圃場における表層の窒素地力の変化は、湛水下における縦滲透の影響ではなくて春先に田面が乾燥するようになったことが主な原因になっているものと推定される。

(5) 暗渠からの距離による影響

6年経過後の跡地土壌について暗渠からの距離別にはどのように変化したかをみたのが第14表及び第15表である。これによると都鳥では測定範囲では特に著しい変

第 14 表 暗渠からの距離別による土壌の変化 (6年経過後)

距離別	層位	T-C	T-N	C/N	腐植	NH <sub>3</sub> -N mg			温度上昇効果	乾土効果	NH <sub>3</sub> 化成率		CEC	置換性		
						30°C	40°C	風乾土30°C			乾土効果	温度上昇効果		Ca	Mg	
都	直上部	{ 1 層	6.18	0.36	17.2	10.65	2.02	6.29	19.40	4.27	17.38	4.83	1.19	27.4	18.6	3.3
		{ 2 層	11.76	0.70	16.8	20.27	1.41	5.23	30.58	3.82	29.17	4.17	0.55	40.5	23.4	4.7
	1 m	{ 2 層	6.06	0.36	16.8	10.45	1.95	4.92	19.60	2.97	17.65	4.90	0.82	28.0	13.9	4.0
		{ 1 層	15.15	0.70	21.6	26.12	0.64	2.78	26.71	2.14	26.07	3.72	0.31	46.8	26.5	5.3
	3 m	{ 1 層	5.82	0.37	15.7	10.03	1.93	3.95	19.18	2.02	17.25	4.66	0.55	29.3	14.5	3.8
		{ 2 層	14.91	0.75	19.9	25.70	0.84	5.37	26.86	4.53	26.02	3.46	0.60	41.5	25.0	5.7
鳥	6 m	{ 1 層	5.97	0.34	—	—	1.85	7.10	19.94	5.25	18.09	5.32	1.54	27.6	14.4	3.7
		{ 2 層	13.82	0.64	21.6	23.82	0.96	2.34	26.94	1.38	25.98	4.06	0.22	41.3	26.4	5.2
姉	直上部	{ 1 層	3.51	0.23	15.3	6.06	0.67	2.55	5.96	1.88	5.29	2.30	0.82	19.3	11.4	3.0
		{ 2 層	2.06	0.09	22.9	3.55	0.11	0.55	0.62	0.44	0.51	0.57	0.49	25.2	14.7	9.3
	3 m	{ 1 層	3.51	0.24	14.6	6.06	1.85	4.74	8.03	2.89	6.18	2.57	1.21	19.4	10.6	3.9
		{ 2 層	2.67	0.12	22.3	4.60	0.05	0.29	1.26	0.24	1.21	1.00	0.20	25.9	16.5	8.3
体	6 m	{ 1 層	3.51	0.26	13.5	6.06	1.62	6.38	10.23	4.76	8.61	3.31	1.83	19.8	11.4	4.7
		{ 2 層	2.18	0.11	19.8	3.76	0.00	0.34	0.66	0.34	0.66	0.60	0.31	24.7	16.2	10.4

第 15 表 暗渠からの距離による $\%_{5}$ -HCl可溶成分の変化

	距離別	層位	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
			%	%	%	mg	mg	mg
都鳥	直上部	1/2 層層	0.110	0.556	0.349	410	60	15.9
			0.154	1.068	0.252	752	68	7.5
	1 m	1/2 層層	0.118	0.545	0.355	448	62	14.5
			0.136	1.071	0.272	858	94	5.5
	3 m	1/2 層層	0.123	0.580	0.355	427	52	18.4
			0.146	0.616	0.220	718	87	6.0
6 m	1/2 層層	0.126	0.611	0.389	451	52	13.2	
		0.130	1.040	0.240	797	125	6.6	
姉体	直上部	1/2 層層	0.095	0.354	0.486	287	90	7.1
			0.112	0.608	0.132	367	84	tr
	3 m	1/2 層層	0.090	0.327	0.543	321	63	10.7
			0.131	0.636	0.154	342	104	tr
	6 m	1/2 層層	0.094	0.444	0.226	330	57	26.9
			0.124	0.506	0.154	491	53	tr

化はみられない。たゞ $\%_{5}$ HCl可溶SiO<sub>2</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及びFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が幾分暗渠直上部において減少がみられるが、これは施工時における土壌の攪乱が或は水の縦滲透による流亡であるかは明かになし得なかった。その他については特に著しい変化はみられなかった。

姉体では、直上部と6m地点とでは乾土効果及び温度上昇効果にかなり著しい差異を示している。これは暗渠の直上部が春先の乾燥が特に顕著であることに起因するものと推察される。その他については殆ど著しい変化はみられない。

以上乾田化に伴う環境条件の変化を明かにしようとして土中水の動き及び土壌条件の変化を追及したが、両者の関連は密接なものがあり、互に相反映し合いながら変化してゆくものであるが明かとなった。何れにしても排水不良の要因と暗渠施工の方法とが、その後の環境の変化を規定しているものと思われる。

泥炭土壌の都鳥試験圃では、下層は泥炭であるため透水そのものは良好であり、このため暗渠施工当初は用排水路も深く掘削されているため明渠の効果と相俟って、排水は良化した。が、湛水期間中はその地域一帯の地下水位は未だにかなり高いこと、用排水路が兼用であること、及び支線暗渠の材料が粗雑であること等の原因により、年次の経過とともにその機能はかなり急激な低下を示しているものと思われる。

また、重粘土壌の姉体試験圃では、暗渠施工当初よりその効果は少く、直上部において僅かに滲透がみられるが、暗渠位置より1m以遠では既に殆どその効果なく、鉛直滲透量は1日当り数mmに過ぎない。

しかし両圃場ともに幹線排水路の完備によって、落水後及び春先における田面水の排除は容易となり、特に春期における附近一帯の地下水位の低下が顕著となった結果、田面に亀裂を生ずる程度にまで乾燥するようになっており、この傾向は都鳥では1957年以降、姉体では1956年以降明瞭となってきている。

### 3. 乾田化に伴う耕種・肥培技術の改善

以上の経過によって両タイプの土壌における乾田化の過程における環境条件の変化の大略が明かとなったので、次にこのような環境条件の変化のなかでの水稲の生育並に耕種・肥培技術の改善が問題となってくる。

この点を追及する目的で、次の各試験を実施した。

#### (1) 窒素用量試験

##### 1) 目的

上記1及び2の結果より、暗渠施工後の土壌乾燥が窒素的地力に及ぼす影響が大きく、これが水稲の生育を端的に支配してくることが予想されるので、まず窒素施用量による生育・収量の推移を、乾田化後の年次経過との関連で究明しようとした。

##### 2) 試験方法

- i 供試圃場 都鳥試験圃；姉体試験圃
  - ii 試験の規模 都鳥；1区35.0m<sup>2</sup> 3連制  
姉体；1区13.9m<sup>2</sup> 2連制
  - iii 栽培方法 (両圃場共通)
- 供試品種 ササシグレ



第16表 試験区名及び施肥量

試験圃名	区番号	試験区名		施肥量 (a当り)			
				N (g)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g)	K <sub>2</sub> O (g)	堆肥 (kg)
都	1	堆肥	無窒素	—	760	760	113
	2		窒素 570	570	760	760	
	3	加用	窒素 760	760	760	760	
	4		窒素 950	950	760	760	
	5		窒素 1,130	1,130	760	760	
	6		窒素 1,320	1,320	760	760	
鳥	7	無堆肥	無窒素	—	760	760	—
	8		窒素 760	760	760	760	
姉	1	堆肥	無窒素	—	760	760	113
	2		窒素 380	380	760	760	
	3	加用	窒素 570	570	760	760	
	4		窒素 760	760	760	760	
	5		窒素 950	950	760	760	
	6		窒素 1,130	1,130	760	760	
体	7	無堆肥	無窒素	—	760	760	—
	8		窒素 760	760	760	760	

注：N—硫酸；P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—過石；K<sub>2</sub>O—塩加にて夫々施用する。

栽植密度 24cm×21cm 19.5株/m<sup>2</sup>

iv 区名及び施肥量

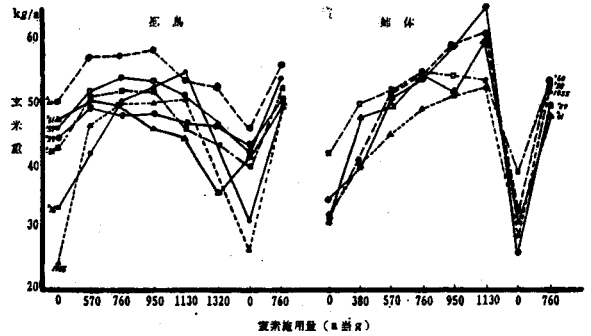
3) 試験結果

i 収穫物の経年変化

A 都鳥試験圃

(a) 玄米重

窒素施用量と玄米重についての累年の傾向は第17表に



第30図 窒素施用量と玄米収量との関係

示すとおりである。即ち1955年、56年の両年は、略々窒素施用量に比例して玄米重の増加が著しく、無窒素区及び窒素少量区では極めて低収であった。しかし、1957年以降は全般的に収量は上昇し、又連年略々安定した収量曲線を示している。即ち最高は窒素570~760gであり、これ以上の施用によっては特に生育後期に至り窒素過剰の様相を呈し、例伏或は稔実不良等の誘因となって減収している、暗渠施行直後に較べると全般的に収量は増加しているが、その最高収量を示す施用窒素量は、むしろ低下の傾向さえ示した。特に1957年以降は最高限界窒素量は低下した。しかし1960年では好天候により各区とも顕著な増収を示し、かつ施用窒素量も570~760gまでほぼ平行であった。1961年では第二室戸台風の影響もあって再び減少し、窒素570g区が最高で、それ以上の区での減収が著しかった。一方無堆肥、無窒素区では1957年

第17表 累年の収量調査結果の傾向

試験圃	区名		玄米重 (kg/a)							稈重 (kg/a)						
			1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	'55	'56	'57	'58	'59	'60	'61
都	堆肥	窒素 0	24.3	33.0	45.6	42.7	44.3	50.0	47.1	31.0	35.9	41.6	44.9	44.7	50.0	52.2
		窒素 570	46.3	41.7	51.5	50.7	49.0	57.0	50.1	54.1	45.8	51.4	60.5	54.0	66.7	58.9
	加用	窒素 760	49.6	50.0	53.6	51.8	47.8	57.1	49.3	58.2	53.3	55.6	63.8	59.7	70.0	58.8
		窒素 950	49.7	52.4	53.2	51.5	48.4	58.2	45.9	58.6	55.2	63.9	67.8	60.3	74.3	61.7
		窒素 1,130	50.4	54.8	50.8	45.5	46.5	53.3	44.2	63.9	59.0	61.3	64.8	63.0	72.5	60.8
		窒素 1,320	—	—	46.4	42.8	46.3	52.3	35.6	—	—	67.7	68.1	67.0	73.3	63.0
鳥	無堆肥	窒素 0	26.4	30.8	41.9	39.6	43.2	45.6	41.8	21.2	32.9	41.2	40.8	41.0	49.9	45.0
		窒素 760	49.3	49.3	53.5	52.1	50.2	55.7	49.7	57.9	52.2	55.2	62.5	57.0	69.3	55.9
姉	堆肥	窒素 0	32.4			41.9	34.3	31.4	31.1	31.8			47.6	32.1	33.4	32.5
		窒素 380	40.1			49.7	39.7	40.4	47.9	40.8			59.3	37.1	48.4	49.2
	加用	窒素 570	44.7			51.6	50.7	51.3	49.3	45.0			60.4	52.3	60.8	52.5
		窒素 760	48.7			54.8	53.7	54.2	54.2	54.1			63.0	53.4	64.2	61.7
		窒素 950	51.0			53.8	58.7	58.6	51.4	60.5			64.7	64.2	68.3	65.7
		窒素 1,130	52.0			53.0	64.9	60.5	59.6	57.5			71.2	70.4	75.0	67.5
体	無堆肥	窒素 0	28.5			38.8	25.8	32.1	30.9	31.4			42.8	24.6	31.7	31.7
		窒素 760	51.5			52.8	49.4	52.8	47.8	58.6			61.8	50.8	60.0	53.3

試験圃	区名			穂数 (本/株)							有効茎歩合 (%)						
				'55	'56	'57	'58	'59	'60	'61	'55	'56	'57	'58	'59	'60	'61
都	1	堆肥	窒素 0	10	13.0	16.1	18.1	17.5	18.7	17.8		83	78	77	75	81	89
	2		" 570	16	15.5	18.3	22.1	20.4	21.8	19.5		76	73	78	78	78	87
	3	加用	" 760	19	19.6	18.8	23.5	22.9	24.4	21.0		73	69	75	78	74	87
	4		" 950	19	16.8	20.0	23.1	24.3	25.3	22.4		68	64	75	80	74	90
	5		" 1,130	21	21.4	21.0	25.3	22.5	25.8	21.5		70	70	74	75	79	90
	6		" 1,320	—	—	22.4	25.3	24.5	26.6	24.2			66	74	72	73	88
鳥	7	無堆肥	" 0	11	13.0	15.4	17.0	17.2	17.3	16.0		85	71	83	75	78	88
	8		" 760	17	18.3	19.9	22.2	19.8	23.7	18.4		75	67	77	80	76	83
姉	1	堆肥	窒素 0	11			14.7	12.6	8.9	13.0	73.5				82	82	88
	2		" 380	15			18.8	15.6	13.3	15.0	62.0				72	77	72
	3	加用	" 570	15			16.7	21.6	15.6	19.1	73.5				77	77	79
	4		" 760	17			17.7	21.8	15.6	21.0	55.0				71	77	80
	5		" 950	19			19.1	22.6	17.4	19.7	55.2				80	73	76
	6		" 1,130	19			21.5	25.8	18.0	21.6	51.3				77	73	81
体	7	無堆肥	" 0	10			13.0	10.5	8.7	13.3	68.5				78	83	85
	8		" 760	18			18.5	20.9	16.5	18.4	58.5				81	73	75

試験圃	区名			屑米重 + 糝重 (kg/a)							玄米千粒重 (g)						
				'55	'56	'57	'58	'59	'60	'61	'55	'56	'57	'58	'59	'60	'61
都	1	堆肥	窒素 0	1.8	1.2	1.4	1.5	2.9	1.0	3.0			23.4	23.2	22.2	22.8	21.9
	2		" 570	3.8	0.8	2.2	2.4	5.2	3.0	5.6			22.7	22.1	21.5	22.3	21.5
	3	加用	" 760	3.5	1.2	2.8	3.3	6.2	4.0	5.9			22.2	22.1	21.3	22.2	21.7
	4		" 950	4.6	1.1	4.0	3.9	6.9	5.8	8.1			21.4	22.0	20.9	22.1	20.8
	5		" 1,130	2.9	1.6	5.0	4.8	7.5	6.4	8.7			23.6	21.6	20.7	21.9	21.0
	6		" 1,320	6.0	2.3	7.1	6.1	7.5	5.9	11.6			20.9	20.8	20.6	22.0	20.2
鳥	7	無堆肥	" 0	2.1	1.3	1.2	1.1	2.2	1.9	1.6			22.9	22.9	22.4	22.4	22.6
	8		" 760	2.8	1.2	2.8	2.9	5.7	3.0	4.1			22.4	22.1	21.8	22.3	22.6
姉	1	堆肥	窒素 0	2.5			1.8	1.1	0.3	0.4			22.9	22.4	23.6	23.1	
	2		" 380	2.9			1.3	1.4	0.3	0.8			22.2	22.7	23.4	23.7	
	3	加用	" 570	2.8			2.0	2.1	0.5	0.8			22.9	22.7	23.4	23.5	
	4		" 760	3.7			1.8	3.0	0.6	1.1			22.4	22.5	23.3	23.2	
	5		" 950	6.2			2.0	4.1	0.7	1.6			22.3	22.2	23.2	23.2	
	6		" 1,130	4.7			3.3	7.1	0.7	1.7			21.6	21.9	23.0	23.0	
体	7	無堆肥	" 0	1.4			0.6	0.7	0.4	0.4			23.4	22.5	23.1	23.5	
	8		" 760	1.9			1.7	2.1	0.6	0.8			22.3	22.5	22.9	23.3	

には、それ以前と較べて急激に上昇しているが、更に1957年以降においても略々年次の進行とともに増収の傾向をさ示している。

(b) 薬重

これは一般に窒素施用量と略々比例的に増加する場合が多いのであるが、本試験の結果でも連年窒素施用量の増加と共に増大している。また1955年・56年は低く、57年以降は概して高くなっている。これには勿論、年次による変異はあるが、この傾向はある程度窒素を施用した区では余り著しくないが、無窒素区(堆肥加用区、無加用区共に)において顕著である。

これらのことについて、更に収量構成要素としての穂

数、有効茎歩合、並に決定要素としての〔屑米重 + 糝重〕・玄米千粒重等の変異についてみると

(c) 穂数

第17表のとおりで無窒素区(堆肥・無堆肥とも)での推移は経年によっても減少しておらず、窒素施用区ではむしろ増加の傾向がみられる。

(d) 有効茎歩合

1957年前とそれ以降では、概して後者が幾分高くなっている。特に窒素多用区で明かである。しかし1961年を除いては一般的にこの有効茎歩合が低いことが問題である。

(e) 屑米重 + 糝重

年次間変異がやゝ大きい、概して無窒素区（堆肥・無堆肥とも）は経年によって余り著しい差異はないが、窒素施用によっては何れもその量は増加しており、特に窒素多用区で著しい。

(f) 千粒重

一般的に低く、経年による変化はあまりみられない。

以上の点よりすれば、都鳥においては玄米重の変化は乾田化に伴って1957年以降は特にいわゆる収量構成要素の一因としての穂数が増加し、また窒素多用区では有効茎歩合もやゝ高まっているが、決定要素としての稔実の面では倒伏等窒素過剰の様相を呈してこれに伴わず、玄米重の向上はみられなかった。しかし無窒素区～窒素少量区では、構成要素としての穂数の増大が、そのまゝ玄米重の増加となっている。

B 姉体試験圃

(a) 玄米重

暗渠施工前も亦後においても、略々窒素施用量に応じて増加している。即ち1955年（施工前）は概して各区とも低い、施行後の1958年では無窒素区及び窒素少量区での増収は著しく、その後は年次の経過と共に逆に減少している。と同時に窒素増施区での増収も亦顕著である。

生育よりみても、窒素多施用区（窒素950～1,130g区）では1955年はかなり窒素過剰の様相を呈し、更に1958年では天候の影響もあるが倒伏が顕著であったが、その後は経年とともに窒素多用区でも概して窒素過剰の様相を示さなくなり、また無窒素区（堆肥・無堆肥とも）での後期の窒素不足状態はかなり顕著となってきたことから窺われるのである。

(b) 藁重

玄米重の場合と同様の傾向を示した。

(c) 有効茎歩合

暗渠施工前は極めて低く50%前後であったが、施行後は一般的に高まっている。

(d) 穂数

施工前の1955年に比べて一般的に穂数は増加しているが、無窒素区及び窒素少量区では経年によって幾分減少の傾向さえみられる。ある程度窒素を施用した区では特に一定の傾向は認められないようである。

(e) 屑米重+糞重

暗渠施工前は各区とも多く、稔実が極めて不良であったことを物語っている。そして施行後は幾分減少の傾向を示している。

(f) 玄米千粒重

無窒素区及び窒素少量区では余り変化はないが、窒素多用区では明かに上昇している。

以上の経過から姉体では、概して暗渠施工後数年（凡そ4～5年位）経過した後は、一般的に窒素過剰的傾向は薄れ、むしろ窒素不足気味の傾向を示した。特に無窒素区及び窒素少量区ではこの傾向が著しいようである。ある程度窒素を施用した区では、穂数には余り変化はないが、倒伏が比較的少いため有効茎歩合が高まり、かつ稔実が良化したことによって増収をもたらしているものと思われる。

ii 体内の養分吸収

一方、体内の養分吸収状況についてみると第31. 32. 33図及び第18表のとおりである。

A 都鳥試験圃

都鳥では窒素の増施によってN・P及びMgの体内濃度は高まるが、Si・K及びCaは必ずしも増加せず、特に窒素多用区では後期には低く経過している。Nについて葉身と茎部に分けてみると、葉身では全期間を通じ窒素施用量の影響がみられるが、茎部では初期は差が少く後期窒素量の差が大きく拡大されてきている。このことは、生育後期の窒素供給量の多いこと、これに伴って茎の伸長並に稔実に影響を与えることが予想される。またこのような状態は有効茎の確保及び登熟に対しても影響を与えているものと思われる。

養分吸収量についてみると、

Si: 各区ともに年次経過によって幾分増加の傾向さえ示しているが、窒素の施用量によっては1957年までは窒素1,320g区が最高を示したが、58年以降は漸次減少の傾向を示した。

N: 年次間に多少の変動はあるが概観すれば、無窒素区及び窒素570g区では累年吸収量は増加しているが、ある程度窒素を施用した区では必ずしもその量は増加していない。

P: Nと略々類似の傾向を示し、1957年までは窒素の増施とともに増加しているがそれ以降は窒素量とは必ずしも一致していない。しかし窒素及び窒素少量区では累年増加の傾向を示した。

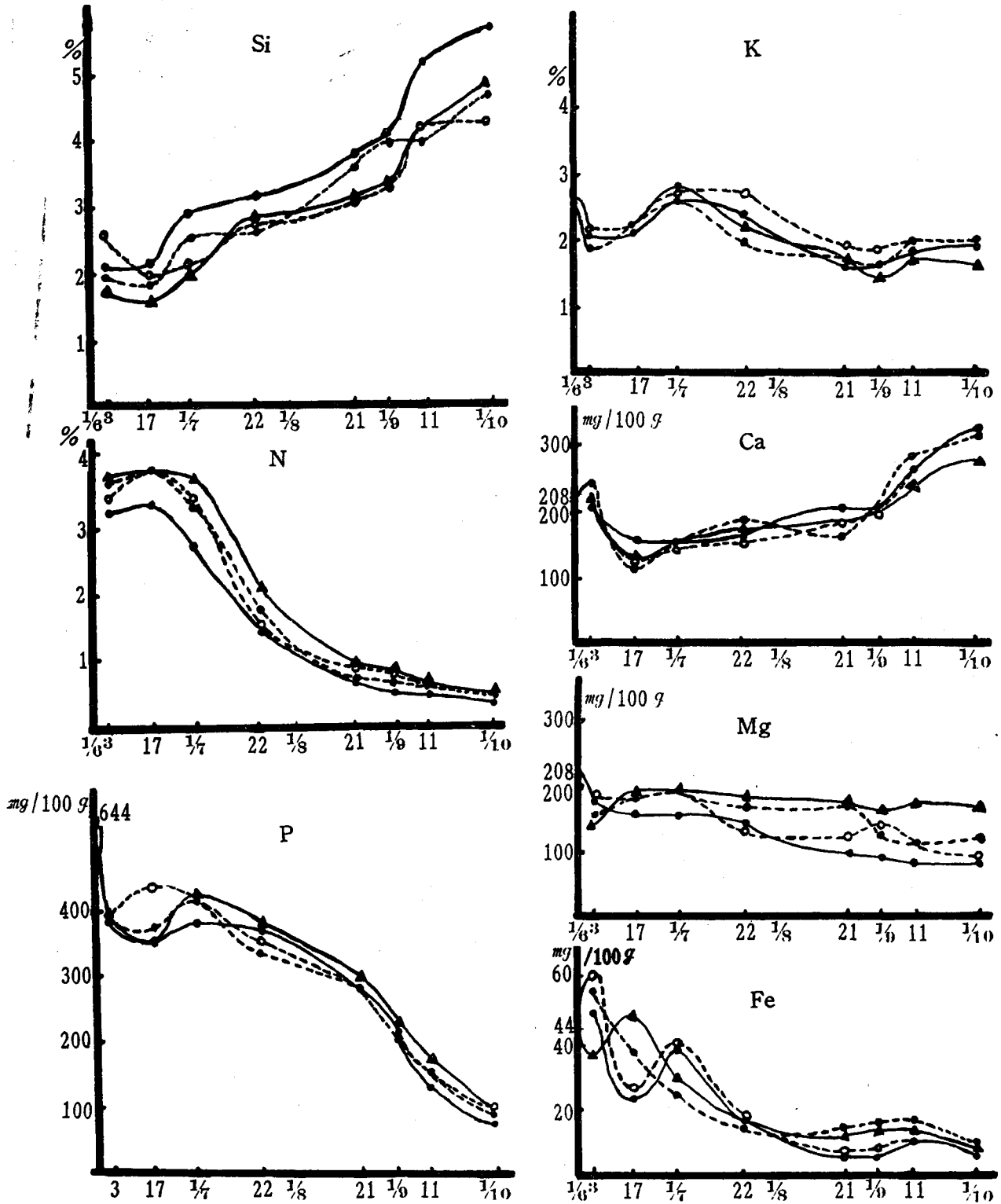
K: Pと略々同様の傾向であった。

Ca・Mg・Fe・Mn: 各要素ともに年次間のふれが大きく、窒素用量及び経年による変化としては一定の傾向は認められない。たゞ無窒素区のみは堆肥加用、不加用ともにCa・Mgは累年増加の傾向を示した。

以上の経過よりすれば、都鳥では収量構成要素としての穂数が増加していることは、まず土壌よりの窒素の放

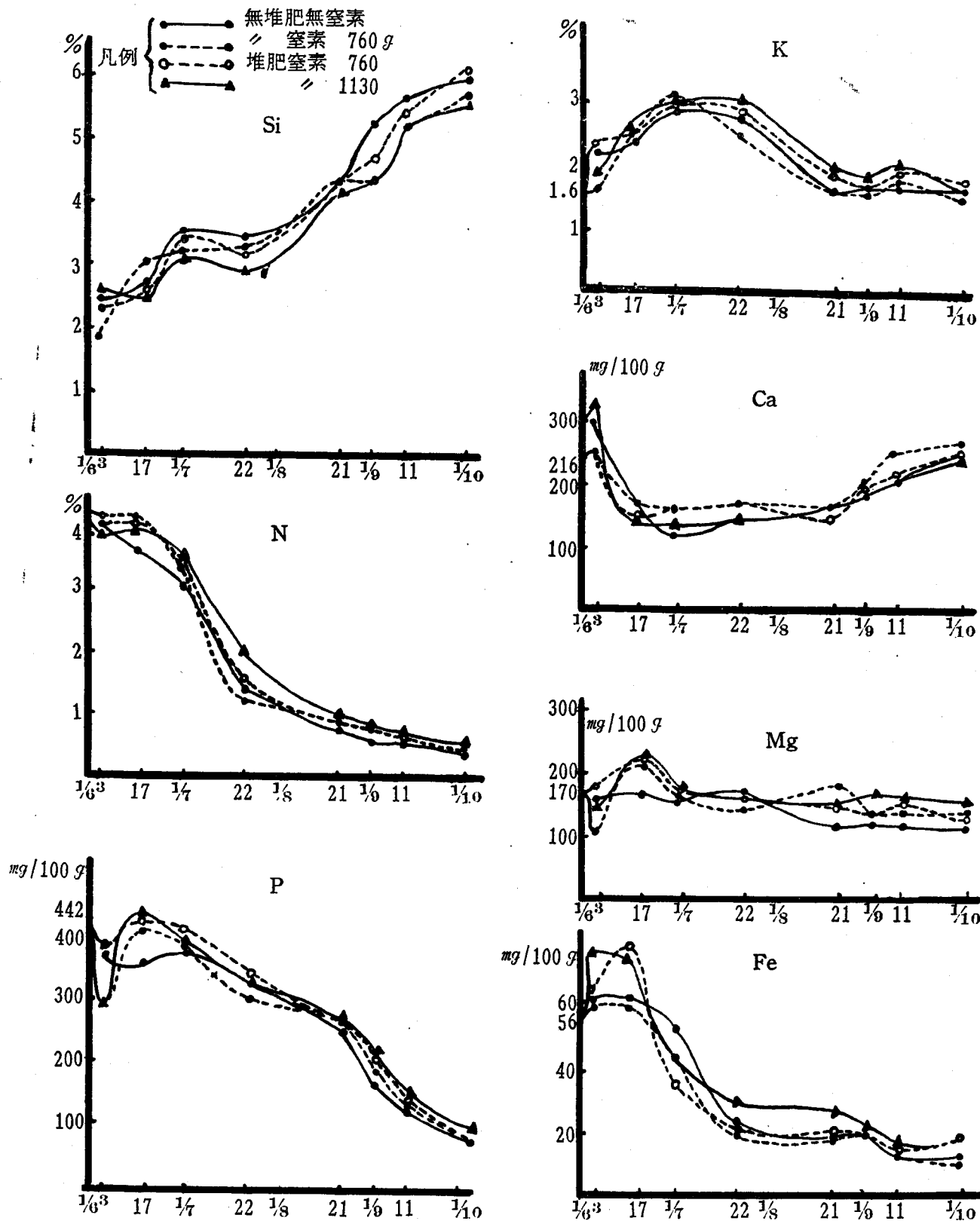
都鳥試驗圃

- 凡例
- 無堆肥無窒素
  - - -●- - 無堆肥窒素 760 g
  - 堆肥窒素 760
  - 堆肥窒素 1320



第31圖 体内無機養分濃度(都鳥試驗圃)

姉体試驗圖



第 31 圖 体内無機養分濃度(姉体試驗圖)

第18表 養分吸収量 (kg/a)

都鳥試験圃

				Si						N					
				'56	'57	'58	'59	'60	'61	'56	'57	'58	'59	'60	'61
1	堆肥 加用	N	0	2.76	3.05	3.34	3.74	3.67	3.40	0.555	0.623	0.658	0.663	0.871	0.710
2		N	570	3.18	3.22	3.68	3.37	4.85	3.33	0.741	0.806	0.850	0.804	1.080	0.836
3		N	760	2.98	3.19	3.56	3.86	4.05	3.77	0.654	0.900	0.874	0.893	1.040	0.867
4		N	950	3.39	3.42	4.26	3.84	4.26	3.46	0.814	0.977	0.873	0.882	1.117	0.833
5		N	1,130	3.22	3.30	3.35	3.57	4.02	3.44	0.836	1.011	0.862	0.952	1.137	0.851
6		N	1,320	3.42	3.56	3.99	3.48	4.51	3.30	0.927	1.007	0.879	0.962	1.195	0.900
7	無堆肥	N	0	2.51	2.88	3.05	3.32	3.49	3.08	0.487	0.684	0.519	0.556	0.699	0.599
8		N	760	3.27	3.27	3.73	3.35	3.94	3.53	0.855	0.863	0.920	0.929	1.063	0.827
				P						R					
1	堆肥 加用	N	0	0.124	0.154	0.176	0.206	0.207	0.191	0.75	0.94	1.02		1.09	1.14
2		N	570	0.161	0.196	0.217	0.225	0.256	0.223	0.92	1.14	1.39		1.46	1.28
3		N	760	0.153	0.209	0.216	0.232	0.232	0.222	0.95	1.24	1.48		1.92	1.29
4		N	950	0.184	0.224	0.224	0.233	0.293	0.210	1.13	1.37	1.54		1.48	1.31
5		N	1,130	0.133	0.214	0.207	0.238	0.271	0.213	1.24	1.39	1.41		1.77	1.38
6		N	1,320	0.187	0.216	0.211	0.235	0.285	0.189	1.32	1.45	1.40		1.57	1.32
7	無堆肥	N	0	0.110	0.152	0.151	0.175	0.206	0.181	0.64	0.91	0.91		1.24	0.97
8		N	760	0.169	0.200	0.213	0.235	0.251	0.259	1.11	1.19	1.32		1.57	1.14
				Ca						Mg					
1	堆肥 加用	N	0			0.119		0.136	0.156			0.098		0.105	0.119
2		N	570			0.168		0.206	0.171			0.178		0.220	0.134
3		N	760			0.179		0.200	0.167			0.187		0.235	0.130
4		N	950			0.196		0.219	0.172			0.205		0.246	0.140
5		N	1,130			0.180		0.193	0.162			0.179		0.249	0.138
6		N	1,320			0.192		0.236	0.176			0.168		0.265	0.168
7	無堆肥	N	0			0.102		0.119	0.121			0.111		0.164	0.102
8		N	760			0.181		0.203	0.174			0.174		0.242	0.142
				Fe						Mn					
1	堆肥 加用	N	0			0.011		0.012	0.012			0.027		0.027	0.026
2		N	570			0.014		0.019	0.019			0.032		0.046	0.022
3		N	760			0.016		0.023	0.014			0.033		0.032	0.032
4		N	950			0.017		0.023	0.015			0.045		0.044	0.028
5		N	1,130			0.022		0.025	0.017			0.032		0.032	0.022
6		N	1,320			0.016		0.020	0.018			0.051		0.039	0.028
7	無堆肥	N	0			0.010		0.012	0.011			0.024		0.031	0.024
8		N	760			0.016		0.020	0.016			0.027		0.033	0.028

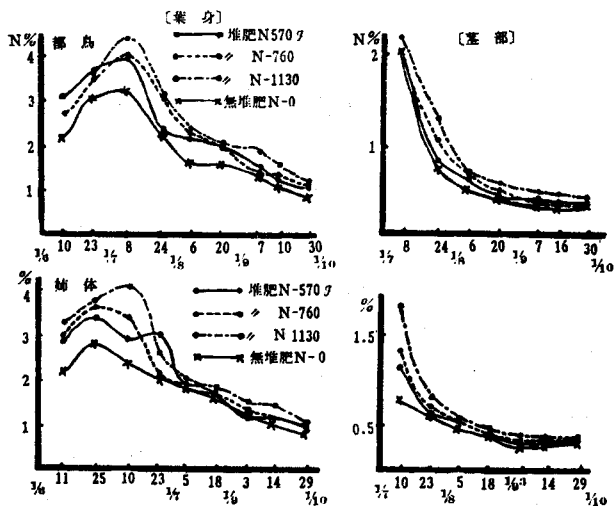
出が多いのではないかと考えられるが、これは土壤が有機物に富んでいること——特に表土直下に黒泥を混じた土層が存在していること——、及び土壤が春先に亀裂を生じる程度にまで乾燥するようになったことが、この原因ではないかと思われる。土壤全窒素としては、年々減少の傾向を示すが、この分解は結局当地方では夏季湛水期間中に行われ、これに伴って窒素の放出があるものと解されるが、これは一部は水稻に利用されるわけであり、特に生育の後期に至って吸収利用される可能性が

強いものと思われる。しかも元来黒泥的な腐植の多い土壤であるので、数年位にして地力の窒素が減耗したとは言いきれないように考えられ、これは経年の作付期間中のアンモニア態窒素の推移についてみてもある程度首肯される(第34図)。

しかし一方収量決定要素が依然不良であるため、収量構成要素の増大が直ちに増収には結びつかなかったのであるが、これは環境条件で明かにしたとおり、第1に透水がないことであり、これはこのような有機質土壤で生

姉 体 試 験 圃

				Si				N				P			
				'58	'59	'60	'61	'58	'59	'60	'61	'58	'59	'60	'61
1	堆肥加用	N	0	3.38	2.62	2.58	2.48	0.603	0.481	0.479	0.413	0.172	0.155	0.149	0.127
2		NN	380	4.29	2.81	3.29	3.71	0.786	0.539	0.652	0.620	0.198	0.172	0.203	0.197
3		NN	570	4.34	4.14	4.54	3.78	0.747	0.770	0.841	0.695	0.202	0.232	0.258	0.200
4		NN	760	4.74	4.25	5.26	4.34	0.863	0.826	0.841	0.786	0.218	0.247	0.266	0.239
5		NN	950	4.51	4.30	5.06	3.80	0.828	0.925	0.933	0.716	0.224	0.279	0.298	0.215
6		NN	1,130	5.01	4.96	6.09	4.82	1.030	1.125	1.119	0.933	0.236	0.310	0.295	0.286
7	無堆肥	N	0	3.26	2.90	2.39	2.43	0.618	0.373	0.438	0.384	0.155	0.119	0.139	0.121
8		NN	760	4.30	3.77	4.65	3.62	0.834	0.726	0.802	0.650	0.204	0.225	0.260	0.196
				K				Ca				Mg			
1	堆肥加用	N	0	0.931		0.675	0.650	0.142		0.065	0.073	0.123		0.104	0.078
2		NN	380	1.204		1.054	1.090	0.183		0.098	0.112	0.128		0.168	0.115
3		NN	570	1.296		1.397	1.193	0.181		0.126	0.122	0.111		0.197	0.120
4		NN	760	1.395		1.442	1.439	0.198		0.190	0.147	0.133		0.214	0.139
5		NN	950	1.416		1.504	1.231	0.185		0.206	0.153	0.141		0.198	0.123
6		NN	1,130	1.689		1.633	1.608	0.205		0.232	0.194	0.149		0.246	0.161
7	無堆肥	N	0	0.890		0.670	0.662	0.118		0.082	0.091	0.090		0.105	0.063
8		NN	760	1.270		1.284	1.069	0.192		0.173	0.145	0.132		0.202	0.110
				Fe				Mn							
1	堆肥加用	N	0	0.016		0.010	0.010	0.026		0.016	0.018				
2		NN	380	0.022		0.012	0.015	0.047		0.022	0.029				
3		NN	570	0.019		0.021	0.016	0.052		0.038	0.032				
4		NN	760	0.021		0.017	0.020	0.042		0.054	0.047				
5		NN	950	0.021		0.019	0.016	0.043		0.045	0.032				
6		NN	1,130	0.028		0.016	0.023	0.055		0.062	0.032				
7	無堆肥	N	0	0.013		0.010	0.009	0.034		0.018	0.017				
8		NN	760	0.017		0.012	0.016	0.056		0.061	0.044				



第 32 図 部位別窒素濃度の推移

育中期以降根圏を健全なものになしえないこと、地温が低いこと及び放出窒素を排水でControlしえないところ

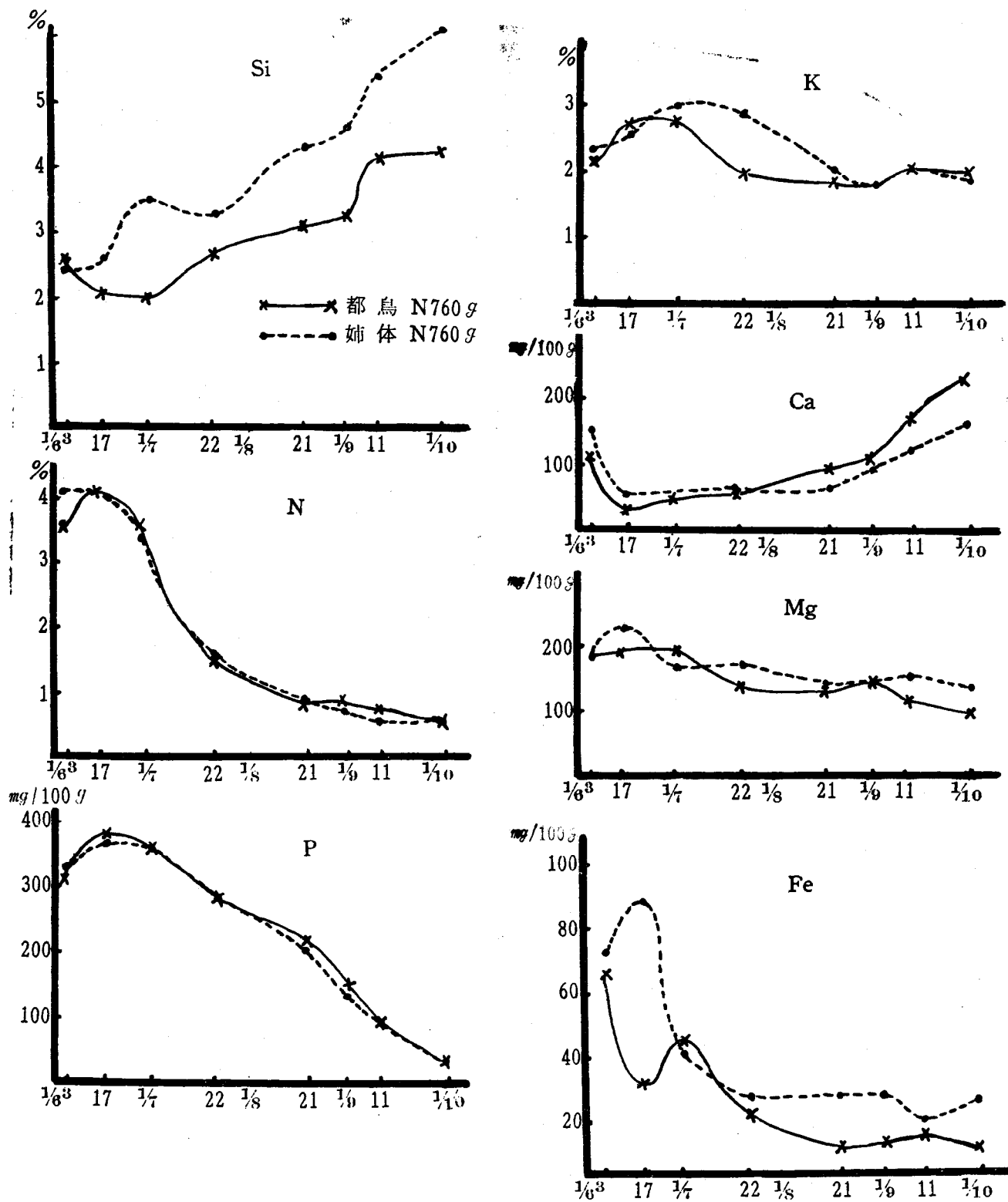
に原因があるものと思われる。更に土壤中の塩基が一部流亡・減少していることがあげられ、これは第19表に示した暗渠排水の分析結果にみられるごとく、泥炭質土壌ではCaの流亡が極めて著しいことからでも明かで、このため窒素中～多用区での有効基の確保及び稔実良化の面では極めて不利であると考えられる。

B 姉体試験圃

N・P・K及びMgは略々窒素増施に伴って全生育期間を通じて体内濃度は高く維持されている。Siは逆に全期間を通じて窒素多用区が低く、Caも亦後期に低下している。

また葉身、茎部ともに初期ほど窒素施用量による差が大きく、後期ほどその差は縮小されている。従って都鳥とは全く対照的であり、特に後半における土壌よりの窒素の供給が余りないことを示しているものと解される。

養分吸収量についてみると、各要素ともに窒素増施と共にその量は増加しているが、一方無窒素区(堆肥区、

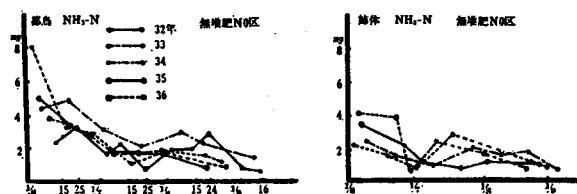


第33図 都鳥と姉体との比較



第19表 暗渠排水の成分の推移(1961)

		pH						NH <sub>3</sub> - (Nmg/L)					
		12/VI	21/VI	3/VII	17/VII	31/VII	11/VIII	12/VI	21/VI	3/VII	17/VII	31/VII	11/VIII
都 姉	鳥 体	—	5.93	6.00	6.25	5.55	7.00	1.36	0.44	0.40	0.36	2.06	0.64
		—	5.80	6.02	5.60	5.42	6.85	0.04	0.52	0.40	0.24	1.04	0.56
		KMnO <sub>4</sub> 消費量 (0.1Nml/L)						揮発酸 (0.1N-NaoHml/L)					
都 姉	鳥 体	10.5	11.2	9.4	6.6	8.0	7.1	9.25	4.02	0.70	—	2.81	1.51
		6.6	8.2	6.4	6.4	5.7	4.6	9.35	7.40	1.01	—	1.51	1.21
		硫化物 (Smg/L)						Fe <sup>+2</sup> (mg/L)					
都 姉	鳥 体	0.12	0.0	0.0	0.39	0.20	0.49	—	1.4	—	—	1.7	1.7
		0.16	0.0	0.0	0.59	0.82	0.42	—	0.6	—	—	1.2	1.1
		Ca (mg/L)						Mg (mg/L)					
都 姉	鳥 体	23.4	27.3	29.8	37.3	81.4	44.8	2.2	1.6	3.9	2.0	3.2	2.0
		6.4	10.6	17.0	5.4	10.6	11.7	2.6	1.3	2.6	1.3	5.1	1.3



第34図 土壌中の NH<sub>3</sub>-N の累年の傾向

無堆肥区共)及び窒素少量区では、各要素共に経年によって吸収量は減少の傾向を示している。

これを生育相と合せて考察すれば、このような腐植の少ない重粘地のタイプでは、暗渠施行後潜在窒素地力の低下が大で、これが収量構成要素としての穂数に影響を与え、従って施用窒素の低いレベルの無窒素区及び窒素少量区ほどそれが顕著となって現われ、逆に窒素増施効果を高めているものと思われる。しかも湛水期間中の透水条件は極めて不良であるので、透水による窒素の流亡或はその他の養分の移動、流失もみられないことは既述の通りである。この場合、作土直下の層及びそれ以下の層位には、窒素的地力の全くないといってもよい位の粘土層であることも、一層この傾向に拍車をかけているものと解される。従って区劃整理によって作土が移動し、従前よりも作土が深くなった処ではこれほど極端な形は示さないが、反対に作土の薄くなった処ほどこのような生育相を示すもので、本試験もこのような条件下で行われたものである。

しかし後期窒素不足的症状を呈するのは、単に地力的

に瘠薄化したためのみか、更に第20表にみられるごとく、透水不良のために土壌中に硫化物等の還元物質の集積が多く、このため黒根の多いことも観察されており、かような水稻根の機能低下によるものか、両者の何れが主体であるかは明かになしえなかったのであるが、何れにしても現在の収量の段階では、地力的なものによってかなり補いうるものと解される。

しかし一般的な生育相よりこれをみれば、更に収量の増大を望む場合には、単に窒素のみで生育を支配することは困難であり、やはり透水条件を整備する必要があるとされる。

#### 4) 要約

土地改良工事施工跡地で土壌型の異なる2試験圃、即ち都鳥(泥炭土壌粘土型)及び姉体(グライ土壌強粘土型)で乾田化後における水稻の生育、特に窒素施用量に対する反応をみようとしたものである。結果を要約すると、

都鳥試験圃では、施工後全般的に収量構成要素としての穂数は増加しているが、収量決定要素がこれに伴わず余り増収とはなっていない。しかも経年によって窒素適量もやゝ低下の傾向を示している。しかし無堆肥無窒素区では穂数・稈重・玄米重及び窒素吸収量は年々増加の傾向を示している。これは施行後春期の土壌乾燥が極めて良好となり、元来蓄積有機物量が多いため潜在窒素地力の発現が容易となり、水稻への窒素供給量は以前より豊富になったことを示している。しかしその反面、透水条件は施工当初は幾分良好であったが、経年とともにそ

第 20 表 土 壤 中 の 揮 発 酸 ・ Fe<sup>2+</sup> 及 び 硫 化 物 (1961)

		pH						Eh <sub>h</sub>					
		7/VI	19/VI	29/VI	11/VII	1/VIII	14/VIII	7/VI	19/VI	29/VI	11/VII	1/VIII	14/VIII
都 鳥	N— 0	5.10	5.47	5.67	5.50	—	6.30	+217	+90	-18	+50	—	-22
	N— 760	5.12	5.40	5.58	5.15	—	5.73	+147	+44	-14	-47	—	+57
	N— 1,130	5.00	5.42	5.59	5.30	—	6.00	+200	+59	-6	-51	—	0
姉 体	N— 0	5.75	6.05	5.90	5.95	—	6.55	+58	+56	-31	-5	—	-50
	N— 760	5.90	6.00	5.95	5.98	—	6.45	+14	+20	-40	-20	—	-66
	N— 1,130	5.82	6.13	6.08	5.95	—	6.55	+18	+6	-50	-50	—	-55
		揮発酸 (N-NaOHml/100g)						Fe <sup>2+</sup> (mg/100g)					
都 鳥	N— 0	1.04	0.65	1.00	0.72	0.47	1.30	159	181	354	299	527	430
	N— 760	1.09	1.07	0.87	0.72	0.56	1.36	189	210	377	362	400	465
	N— 1,130	1.05	1.07	0.85	0.74	0.61	1.19	186	211	444	413	387	424
姉 体	N— 0	1.43	0.81	1.13	0.74	0.67	1.04	245	318	267	286	285	325
	N— 760	1.31	0.79	1.23	0.84	0.72	1.00	276	265	295	321	318	293
	N— 1,130	1.40	0.82	1.30	0.87	0.67	1.19	269	337	363	283	346	388
		硫 化 物 (Smg/100g)											
都 鳥	N— 0	0.71	0.68	1.29	1.39	0.34	0.70						
	N— 760	0.54	0.95	0.95	0.48	0.75	0.46						
	N— 1,130	0.75	1.89	1.19	0.58	0.54	0.73						
姉 体	N— 0	0.51	2.02	3.66	2.88	2.51	3.24						
	N— 760	1.33	4.08	2.59	4.80	2.74	5.61						
	N— 1,130	2.51	4.39	4.61	7.47	7.20	5.32						

の機能は低下し、透水は極めて微弱であり、このため生育中期以降の根圏を健全にし得ないこと、地温が低いこと、放出窒素を排水で Control しえないこと及び珪酸・塩基等の養分が少ないこと等が関連して、収量決定要素の向上を阻止しているものと思われる。

姉体では、施工直後といえども透水は極めて不良であり、暗渠直上部に僅かに滲透がみられるにすぎないが、春先の土壤乾燥は年々顕著となっている。従って都鳥の場合と同様潜在窒素地力の発現は容易となるが、表層は蓄積有機物が少く下層は更に窒素地力の少ない土層であるため、無窒素区の穂数・稈重・玄米重は年々低下し、逆に窒素増施区では窒素過剰の様相は薄れると共に、窒素以外の各種養分は比較的豊富であるため、収量決定要素もこれに伴って良好し増収している。

このように両試験圃ともに乾田化によって落水期間中の土壤乾燥は極めて良好となり、これによって姉体のごとき土壤型では施用窒素量に対して生育も対応する形に変化してきている。

しかし湛水期間中の透水は何れも不良で、施工によって改善されていないことは、現段階以上の生産の向上を阻止する因子として残された問題点である。

## (2) 施肥法改善に関する試験

暗渠施工跡地の生産向上のための技術は、その環境条件の変化に対応して講ぜられなければならないのは当然である。その環境条件については 1. 及び 2. において明かにしたとおりで、必ずしも期待された排水条件には良好しておらず、また窒素施用量に対する反応及び養分吸収の点で、都鳥・姉体両土壤の間にはかなり著しい差異が認められる。しかし、現実にはこのような条件下においても如何にして生産を向上させるか問題となることは必然のことであるので、これを一応施肥法の面に主体を置いて追及した。勿論本試験を実施するに当っては、今迄参考的に実施してきた品種及び栽植法試験の結果も考慮し、これらの成果を総合して行なったものである。

### 1) 目的

暗渠施工跡地における施肥法と水稻の生育との関連をみ、土壤の特性に応じた施肥技術の確立に資することを目的とした。

### 2) 試験方法

i. 供試圃場 都鳥試験圃；姉体試験圃

第21表 区名及び施肥量

区名	施肥量 (a当り)					株数 (株/m <sup>2</sup> )	備考
	N(g)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g)	K <sub>2</sub> O(g)	堆肥(kg)	追肥N(g)		
都鳥	1 元肥区	910	1,130	760	113	—	24.2
	2 追肥(1)区	760	1,130	760	113	76+38	24.2
	3 追肥(2)区	760	1,130	760	113	113	24.2
	4 追肥(3)区	760	1,130	760	113	113	24.2
	5 追肥(4)区	760	1,130	760	113	76+38	30.3
	6 磷酸増施肥区	910	1,890	760	113	113	24.2
	7 化成肥料区	910	1,130	760	113	—	24.2
	8 珪カル区	910	1,130	760	113	—	24.2
姉体	1 元肥区	910	1,130	760	113	—	24.2
	2 追肥(1)区	760	1,130	760	113	76+76	24.2
	3 追肥(2)区	760	1,130	760	113	152	24.2
	4 追肥(3)区	760	1,130	760	113	152	24.2
	5 追肥(4)区	760	1,130	760	113	76+76	30.3
	6 深耕区	760	1,130	760	113	152	24.2
	7 深耕密植区	760	1,130	760	113	76+76	30.3
	8 化成肥料区	910	1,130	760	113	—	24.2
	9 堆肥増施肥区	910	1,130	760	188	—	24.2

註：化成肥料以外はN；硫安，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>；過石，K<sub>2</sub>O；塩加にて施用

第22表 生育調査成績

区名	草丈				茎数				
	23/VI	5/VII	13/VII	21/IX	23/VI	3/VII	13/VII	21/IX	
都鳥	1 元肥区	37.9	53.2	64.4	83.5	10.1	17.2	20.1	14.6
	2 追肥(1)区	41.1	55.1	65.2	80.8	11.6	18.3	20.2	14.7
	3 追肥(2)区	39.2	53.7	65.5	85.3	11.1	18.6	23.7	15.6
	4 追肥(3)区	39.6	52.3	62.8	80.9	11.4	17.8	20.9	14.4
	5 追肥(4)区	41.2	54.0	65.7	80.6	10.9	18.4	19.5	14.1
	6 磷酸増施肥区	39.9	54.7	65.5	86.5	12.6	19.2	22.7	16.3
	7 化成肥料区	49.4	52.6	64.6	85.9	10.4	18.2	22.5	15.6
	8 珪カル区	40.4	55.6	68.2	87.9	12.4	19.9	23.7	16.8
		24/VI	6/VII	18/VII	20/IX	24/VI	6/VII	18/VII	20/IX
姉体	1 元肥区	31.3	52.0	62.0	83.3	18.0	26.0	25.7	19.0
	2 追肥(1)区	31.2	51.2	60.7	85.1	16.8	25.2	26.1	19.6
	3 追肥(2)区	30.4	50.9	64.3	85.2	19.4	27.9	28.1	21.7
	4 追肥(3)区	31.4	50.7	60.3	82.1	17.6	24.9	24.5	17.9
	5 追肥(4)区	32.0	52.4	60.8	82.7	18.7	25.0	25.0	16.8
	6 深耕区	28.6	50.0	65.1	88.2	18.1	26.1	27.2	21.1
	7 深耕密植区	29.2	49.6	63.1	89.5	17.1	25.8	26.6	17.9
	8 化成肥料区	30.7	52.6	65.0	86.5	18.8	28.4	27.7	20.7
	9 堆肥増施肥区	29.0	48.5	61.0	83.4	18.6	26.7	27.3	20.6

ii 試験の規模 (両圃場共通)

1区33m<sup>2</sup> 2連制

iii 栽培方法

供試品種 都鳥：トワダ

姉体：ササングレ

iv 区名及び施肥量

3) 試験結果

i. 生育調査

A. 都鳥試験圃

(a) 草丈

幼穂形成期頃までは各区間に特に著しい差はみられな  
いが、追肥(1)区・磷酸増施肥区・及び珪カル区が優つ  
た。その後では追肥(2)区・磷酸増施肥区・化成肥料  
区及び珪カル区が優った。葉色は各区とも殆ど差がな  
く、7月中旬以降珪カル区及び化成肥料区が幾分優つた  
程度であり、また成熟期における枯れ方も全区ともきれ

いであった。

(b) 茎数

磷酸増施肥区と珪カル区は初期より生育がやゝ旺盛で、これが生育後期まで持続し結局穂数においても優った。追肥(2)区及び化成肥料区は7月中旬以降に増加し、穂数でも標準区に比べやゝ多かった。また追肥(5)区は茎数の推移では大差ないようであったが、穂数ではかなり低下した。

B. 姉体試験圃

(a) 草丈

分蘗期において深耕区・深耕密植区及び堆肥増施肥区がやゝ低かったが、後期では深耕区・深耕密植区>化成肥料区・追肥(1)区・追肥(2)区>元肥区・堆肥増施肥区追・肥(3)区・追肥(4)区の順であった。葉色は深耕区・深耕密植区は7月上旬頃まではやゝ淡かったが、7月中旬以降は緑色を増し、生育後期まで持続した。その他の区は一般に8月上旬以降の褪色がやゝ著しかった。

(b) 茎数

7月上旬の最高分蘗期では、化成肥料区・追肥(2)区がやゝ優ったが、その後深耕区・堆肥増施肥区が後優的に増加し、結局穂数では追肥(2)区・深耕区>化成肥料区・堆肥増施肥区>元肥区・追肥(1)区>追肥(3)区・深耕密植区>追肥(4)区の順で、生育後半まで肥料を持続させた区が多かった。

ii. 収量調査

A. 都鳥試験圃

(a) 粟重

珪カル区が最も大で珪カル区>磷酸増施肥区>追肥(4)区>追肥(2)区>追肥(3)区・追肥(1)区>元肥区・化成肥料区の順である。

(b) 玄米重

磷酸増施肥と珪カルの効果が著しく、標準区に対し4%の増収を示したが、その他の区では差は殆どなく、各区ともに高い収量をあげa当り60kgをこえている。

(c) 秕重

珪カル区>追肥(3)区・磷酸増施肥区・化成肥料区>追肥(2)区・追肥(4)区>元肥区・追肥(1)区の順である。

(d) 玄米1ℓ重

珪カル区・磷酸増施肥区>追肥(3)区>化成肥料区・追肥(4)区・元肥区・追肥(2)区>追肥(1)区の順である。

(e) 玄米千粒重

各区間に特に著しい差はない。

B. 姉体試験圃

(a) 粟重

深耕密植区・深耕区>堆肥増施肥区・追肥(2)区>化成肥料区・元肥区>追肥(1)区・追肥(3)区・追肥(4)区であった。

(b) 玄米重

深耕区・追肥(2)区・化成肥料区が優り標準区に対し約5%の増加を示したが、他の区には大差がなかった。

(c) 秕重

第23表 収量調査成績

区名	a 当り (kg)			同 比 (%)	a 当り			玄 米 (g)		参考反当玄米容量 (石)		
	粟 重	精 穀 重	玄米重		玄米容量 (ℓ)	秕 重 (kg)	屑米重 (kg)	1 ℓ 重	千粒重			
都 鳥	1	元 肥 区	57.0	74.4	61.6	100	76.1	0.7	0.8	869	22.1	4.18
	2	追 肥 (1) 区	59.0	73.0	60.7	99	75.4	0.8	0.8	805	22.3	4.14
	3	追 肥 (2) 区	60.5	75.1	62.2	101	77.5	1.0	0.6	807	22.2	4.24
	4	追 肥 (3) 区	59.5	73.5	60.7	99	74.8	1.5	0.7	811	22.1	4.12
	5	追 肥 (4) 区	61.5	75.0	62.0	101	76.8	0.9	0.8	808	21.9	4.22
	6	磷 酸 増 肥 区	62.5	78.1	64.2	104	79.2	1.2	1.1	810	21.9	4.36
	7	化 成 肥 料 区	57.5	75.1	61.9	100	76.6	1.2	1.0	808	22.1	4.21
	8	珪 カ ル 区	64.0	78.1	64.1	104	79.1	2.5	1.0	811	21.9	4.35
姉 体	1	元 肥 区	72.5	72.0	58.7	100	74.7	0.2	0.6	786	22.3	4.11
	2	追 肥 (1) 区	67.0	73.8	59.9	102	76.2	0.2	0.9	787	22.4	4.19
	3	追 肥 (2) 区	78.5	76.3	61.4	105	78.9	0.3	1.0	778	22.0	4.34
	4	追 肥 (3) 区	69.0	70.7	57.5	98	73.0	0.2	0.5	778	22.7	4.02
	5	追 肥 (4) 区	69.0	71.4	58.2	99	74.2	0.2	0.7	785	22.7	4.08
	6	深 耕 区	80.5	76.9	62.3	106	79.2	0.5	1.7	787	22.2	4.35
	7	深 耕 密 植 区	82.0	70.6	56.1	96	72.5	0.4	1.8	773	22.0	3.99
	8	化 成 肥 料 区	74.5	75.3	61.0	104	77.5	0.4	1.0	788	22.2	4.26
	9	堆 肥 増 施 区	78.5	73.3	59.0	101	75.4	0.4	1.0	783	22.3	4.15

第24表 分解調査成績

区	名	穂長 (cm)		穂数 (本)	穂重 (g)			株当粒数 (粒)			稔実歩合 (%)	平均一穂稔実粒数 (粒)
		最稈	株平均		株当	平均穂	最長穂	総着粒	稔実粒	不稔粒		
都鳥	1 元肥区	18.9	16.8	16.3	39.37	2.42	3.25	1,588	1,419	169	89	87
	2 追肥(1)区	18.5	16.0	16.8	33.39	1.09	3.05	1,323	1,231	92	93	73
	3 追肥(2)区	18.8	16.8	17.4	38.24	2.20	2.91	1,579	1,364	215	86	78
	4 追肥(3)区	18.9	16.5	17.3	35.50	2.05	2.83	1,371	1,255	116	92	73
	5 追肥(4)区	18.4	16.6	13.8	28.79	2.09	2.97	1,247	1,047	200	84	76
	6 磷酸増施肥区	18.7	16.9	18.0	38.35	2.13	2.89	1,575	1,418	157	90	79
	7 化成肥料区	18.8	16.8	17.7	39.13	2.21	2.90	1,646	1,450	196	88	82
	8 珪カル区	19.1	16.4	17.5	37.01	2.11	2.82	1,530	1,379	151	90	79
姉体	1 元肥区	17.0	15.1	21.9	35.15	1.61	2.36	1,375	1,218	157	89	56
	2 追肥(1)区	18.0	16.0	20.7	34.37	1.66	2.41	1,331	1,138	193	85	55
	3 追肥(2)区	18.3	15.9	21.6	35.72	1.65	2.47	1,409	1,206	203	86	56
	4 追肥(3)区	17.7	15.9	18.1	31.85	1.76	2.55	1,135	1,047	88	92	58
	5 追肥(4)区	17.7	16.2	18.1	30.23	1.67	2.20	1,159	1,027	132	89	57
	6 深耕区	18.0	16.2	21.4	35.70	1.67	2.35	1,408	1,196	212	85	56
	7 深耕密植区	17.0	15.5	18.7	27.90	1.47	2.04	1,311	1,005	306	77	54
	8 化成肥料区	17.9	15.8	20.7	33.19	1.60	2.37	1,289	1,117	172	87	54
	9 堆肥増施肥区	18.1	16.0	21.2	35.16	1.66	2.43	1,389	1,265	124	91	60

第25表 体内N濃度 (%)

区	名		10/VI	22/VI	5/VII	18/VII	2/VIII	11/VIII	22/VIII	21/IX
都鳥	1 元肥区	{LS	2.39	3.08	2.28	1.37	1.17	1.14	0.76	0.46
	2 追肥(1)区	{LE	1.96	3.21	2.50	1.53	1.00	0.99	0.74	1.03
		{LS						0.95		0.57
	5 追肥(4)区	{LE	2.54	3.05	2.77	1.51	1.14	0.95	0.89	0.99
		{LS						0.91		0.50
	6 磷酸増施肥区	{LE	2.67	3.21	2.47	1.69	1.15	0.99	0.77	1.00
{LS		1.15						0.71		
{E		1.05						1.00		
7 化成肥料区	{LS	2.54	3.35	2.78	2.05	1.15	1.07	0.81	0.52	
	{E						1.02		1.00	
姉体	1 元肥区	{LS	2.73	3.41	2.68	1.52	1.13		0.79	0.50
	2 追肥(1)区	{LE	2.66	3.78	2.79	1.69	1.05	0.94	0.83	0.90
		{LS						0.95		0.55
	5 追肥(4)区	{LE	2.54	3.27	2.15	1.48	0.97	0.99	0.96	0.89
		{LS						0.96		0.53
	6 深耕区	{LE	2.47	3.36	2.94	1.90	1.11	0.96	0.90	0.97
		{LS						1.07		0.65
	7 深耕密植区	{LE	2.18	3.31	2.63	1.59	1.10	1.07	0.90	0.87
{LS		0.90						0.54		
{E		0.93						0.93		
8 化成肥料区	{LS	2.94	3.29	2.63	1.48	1.09	0.77	0.96	0.50	
	{E						0.96		0.85	

各区間に余り差はないが、深耕区・深耕密植区・化成肥料区及び堆肥増施肥区に幾分多く、屑米重についてもほぼ同様の傾向である。

(d) 玄米10重

各区間に大差はなく、一般にやや低い値を示している。

(e) 玄米千粒重

各区間に著しい差はみられない。

iii. 収穫物分解調査

A. 都鳥試験圃

穂長では大差がないが、平均一穂重では元肥区>化成肥料区・追肥(2区)>磷酸増施肥区・珪カル区・追肥(4)区>追肥(3)区・追肥(1)区の順であった。粒数は化成肥料区・磷酸増施肥区・珪カル区・元肥区・追肥(2)区がやや多かった。稔実歩合は各区とも良好で

84%以上であるが、特に、追肥(1)区・追肥(3)区・磷酸増施肥区・珪カル区及び元肥区が良く90%以上であった。

B. 姉体試験圃

第 26 表 土 壤 中 の NH<sub>3</sub>-N の 消 長 (Nmg/100g)

区	名	9/VI	23/VI	5/VII	18/VII	2/VIII	23/VIII
都 鳥	1 元肥区	9.9	8.0	3.5	1.4	2.4	1.2
	2 追肥(1)区	11.6	10.7	2.2	1.9	1.9	1.0
	5 追肥(4)区	13.2	9.1	3.4	1.7	1.9	1.0
	6 磷酸増施肥区	11.1	8.8	2.5	2.1	1.7	1.0
	7 化成肥料区	12.9	8.9	5.1	1.9	1.9	1.2
姉 体	1 元肥区	7.6	6.3	3.7	1.2	1.4	1.5
	2 追肥(1)区	7.0	5.9	1.6	1.1	1.2	1.1
	5 追肥(4)区	9.5	5.2	1.3	1.0	1.2	1.3
	6 深耕区	5.3	4.0	2.0	1.1	1.1	0.8
	7 深耕密植区	4.7	2.2	1.0	1.0	1.0	1.2
8 化成肥料区	8.2	8.8	4.7	1.1	1.3	1.0	

穂長は追肥(4)区・深耕区・追肥(1)区及び堆肥増施肥区がやゝ長く、平均一穂重は深耕密植区がやゝ低下した、粒数は深耕区と追肥(2)区がやゝ多い。稔実歩合は追肥(3)区と堆肥増施肥区が高く90%以上であるが、深耕密植区が低かった。

iv 体内窒素濃度

都鳥では、ほゞ全生育期間を通じて珪カル区と磷酸増施肥区がやゝ高く経過した。しかし伸長期(8月上旬)以降は各区間の差は著しく短縮された。

姉体では初期(6月中)は深耕密植区が最も低く、深耕区がこれに次いで低かった。しかし7月以降は逆に深耕密植区が最も高く深耕区も幾分高く経過した。要するに深耕によって初期の窒素濃度は抑制され、分蘗は幾分抑制されるが、生育中期以降の窒素濃度は高く維持され、これが穂数の確保と伸長に影響を与えたものと思われる。

v. 土壌中のアンモニア態窒素

都鳥では初期(6月中)は元肥区がやゝ低く、追肥(4)区が高く経過したが、7月中は化成区がやゝ高く経過した。しかし7月下旬以降は各区に大差がない。

姉体では7月上旬までは深耕密植区が最も低く、深耕区がこれに次ぎ、追肥(4)区もかなり低く、体内窒素濃度とかなり平行的関係がみられた。7月中旬以降は都鳥の場合と同様区間差は極めて少い。

4) 要約

前述の窒素用量試験の結果から都鳥では、初期生育の促進によって穂数の確保に重点をおきこのための窒素の配分をどうするか、また表層に火山灰土壌混入の影響を考慮して磷酸の増施、及び下層が泥炭であることも関連して塩基供給としての珪カルの施与等を組合せたのであるが、その効果は顕著にみられた。

即ち珪カル区及び磷酸増施肥区は初期から生育旺盛であ

り、これによって穂数も確保でき、著しい増収をしめした。窒素配分については穂肥及び穂揃期の追肥がやゝ効果的であったが、これは元肥に施用した窒素量及び気象条件一特に生育中期以降一とも関連があり尚検討の余地あるものと思われる。下層の泥炭の影響については、一応害作用はそれ程心配ないようにも思われるが、これは当圃場の作土がやゝ厚いこと及び泥炭が分解して種々の有害物質を放出する程まで温度が上昇しなかった一盛夏の候でも地下10cmで23°C以下であった一のではないかと推察されるが、この点は品種の早晚・気象条件とも関係してくるので尚検討を要する点である。

姉体では後期生育を確保して、穂数増を目的としこのための窒素の配分・深耕を行なったのであるが、この場合も効果が明瞭に認められた。即ち深耕・化成肥料及び穂肥の施用といった窒素を後期まで持続させる方が効果的であった。しかし一般に伸長しすぎて倒伏し易くなる傾向があり、また稔実があまり良化しない点が残された問題である。

(3) 透水時期に関する試験

既述のとおり、現地圃場では暗渠を施行しても、都鳥姉体両圃場共に、現実には湛水期間中の透水はあまり良化していなく、従って実際に透水した場合の水稲への反応は明かになしえなかったため、これをポット試験によって確認しようとした。

1) 目的

透水時期並に土壌の種類の違いが水稲の生育に及ぼす影響をみようとする。

2) 試験方法

i. 供試土壌 (各作土を使用)

- A. 都鳥土壌 泥炭土壌(表層火山灰混入)
- B. 姉体土壌 沖積土壌(埴質土壌)

C. 笹森土壤 腐植質火山灰土壤

ii. 試験の規模

1/2,000 a pot

iii. 区名 (各土壤共通)

- a. 常時湛水区
- b. 排水Ⅰ区 活着時より出穂期まで排水
- c. 排水Ⅱ区 出穂始より落水期まで排水

註 排水方法……1日 200mlとする。

A.M.11.00~P.M.1.00までの間に採取。  
但し雨天は中止する。

iv. 施肥量 (pot当り)

	窒素	磷酸	加里
A. 都鳥	1.2g	1.5g	1.0g
B. 姉体	1.2	1.5	1.0
C. 笹森	1.2	5.0	1.0

v. 供試品種

水稻 ササングレ

岩手農試県南分場にて保温折衷苗代にて育成した苗

3) 試験結果

i 生育状況

活着後各土壤並に各区ともに生育は頗る順調であり、火山灰の笹森土壤でも磷酸を増量して5g施用したので他土壤に比して遜色はみられなかった。

この状態は7月中旬まで持続したが、その後7月中~下旬に至り排水の影響が幾分現われはじめ、排水区の葉色は褪色しはじめた、この影響は笹森土壤で最も著しく次いで都鳥土壤にも僅かながら認められたが、姉体土壤では殆ど認められなかった。また笹森土壤では、この時期より下葉に褐色の斑点が出現しはじめたが、この斑点は排水区でもみられた。全般的な葉色からすれば笹森>

都鳥>姉体の順で、姉体土壤が最も淡く、出穂も他土壤に比し2日ほど早まった。また出穂には排水による影響はみられなかった。

生育は出穂後も略々順調であったが、9月中旬の第二室戸台風によってかなりの被害を受けたため成績は幾分乱されたが、一応の傾向は窺えた。

ii. 生育・収量調査

A. 都鳥土壤

草丈は生育中期までは区間差がみられなかったが、稈長では常時湛水区が最も長く、排水Ⅱ区之に次ぎ、排水Ⅰ区が最も低かった。茎数は7月中旬頃より明瞭な差を生じ湛水区と排水Ⅱ区が同様で多く、排水Ⅰ区が茎数、穂数ともに最も少かった。この影響は藪重及び穂重にもみられ排水Ⅰ区が最も低収であった。

B. 姉体土壤

出穂期までは排水の影響は全くみられず、草丈・茎数ともに殆ど差がなかったが、その後穂数において排水Ⅰ区が僅かに少くなった。このことは藪重に幾分影響を与えたようであるが、穂重では、逆にむしろ排水Ⅰ区がⅠ・Ⅱ区ともにやや優る傾向がみられた。これは稈実の良化を示すものであると思われる。

C. 笹森土壤

排水の影響は草丈ではみられないが、穂数に現われ、排水Ⅰ区が最も少なかったが排水Ⅱ区では影響がない。このことは藪重・穂重共にみられ、湛水区=排水Ⅱ区>排水Ⅰ区の順であった。

以上のように、排水時期及び期間の影響は土壤のType別にその差は明瞭にみられ、笹森及び都鳥土壤では排水Ⅰ区が穂数減が大きく影響して穂重減も大きい、排水Ⅱ区では、殆どその影響がみられない。これに反し姉体土壤では排水Ⅰ区はⅠ・Ⅱ区共に穂数に及ぼす影響は殆ど

第27表 生育・収量調査成績 (pot当)

区名	草丈 (cm)		茎数 (本)		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本)	ワラ重 (g)	穂重 (g)	
	26/VI	15/VII	26/VI	15/VII						
都鳥	全期湛水区	32.6	70.2	23.9	44.0	74.7	15.9	27.5	39.0	34.8
	排水Ⅰ区	32.8	70.5	26.4	41.9	71.5	16.5	24.0	37.6	31.8
	排水Ⅱ区	33.9	70.6	27.7	45.0	72.4	16.5	27.3	39.5	34.1
姉体	全期湛水区	32.6	72.2	26.2	41.2	72.4	16.1	25.8	38.5	30.7
	排水Ⅰ区	32.5	70.0	27.9	41.5	72.2	16.6	24.8	35.4	31.5
	排水Ⅱ区	31.9	70.0	27.0	41.7	70.5	15.7	25.8	35.8	32.5
笹森	全期湛水区	31.1	61.4	23.9	38.0	70.2	15.9	28.0	37.8	31.4
	排水Ⅰ区	34.2	64.4	29.5	40.0	72.3	16.5	25.0	37.9	27.8
	排水Ⅱ区	33.1	63.0	25.3	43.9	70.5	16.3	31.3	39.2	31.8

第28表 排水中のNH<sub>3</sub>-Nの消長(NH<sub>3</sub>-Nmg/l)

区名	12/VI	平均	23/VI	平均	6/VII	平均	18/VII	平均	28/VII	平均	12/VIII	平均	28/VIII	平均	
	22/VI 9日	1日当	1/VII 6日	1日当	14/VII 7日	1日当	27/VII 7日	1日当	10/VIII 7日	1日当	25/VIII 7日	1日当	7/IX 7日	1日当	
排水 I区	都鳥	11.67	1.30	14.16	2.36	11.33	1.62	1.16	0.17	1.70	0.24	2.00	0.29	1.90	0.27
	姉体	2.84	0.32	1.95	0.33	1.17	0.17	1.26	0.18	1.80	0.26	2.00	0.29	1.80	0.26
	笹森	11.40	1.27	15.96	2.66	14.48	2.06	1.64	0.23	1.50	0.21	2.30	0.33	2.60	0.37
排水 II区	都鳥										2.20	0.31	1.90	0.27	
	姉体										2.10	0.30	2.00	0.29	
	笹森										2.20	0.31	2.70	0.39	

みられないが、穂重では稔実良化による増大の傾向がみられた。

iii. 排水中のアンモニア態窒素の消長

このような生育状態をしめす原因について、一応窒素の供給面より追求すべく、排水中のアンモニア態窒素を測定した結果は第25表のとおりである。

これによると、都鳥土壌と笹森土壌では全く同様の傾向を示し、初期における窒素の流出量は極めて大きい。これに反し、埴質の姉体土壌ではその流出量は初期より極めて少く、施用窒素が土壌に良く吸着されていることが窺われる。

なお排水II区では各土壌ともに流出窒素量は極めて少なくなっており土壌間の差がみられない。

4) 要約

水稲作付期間中における排水時期の影響が、土壌Typeの相違によってどのように異なるかを知ろうとして本試験を行なったのであるが、都鳥・笹森のごとき泥炭質～腐植質の有機質水田土壌では、活着時より出穂期までに亘って排水することは、初期の窒素流出量が多く、これが穂数のごとき体構成に最も強く影響を与え、このため穂数減、ひいては穂重減を惹起したものである。

これに反し、姉体のような無機粘土質土壌では、土壌による窒素の吸着が強いために、排水によるその流出量は極めて少いので、穂数のごとき体構成への影響は極めて少く、むしろ透水のもたらす好影響根圏の酸化的条件第一によって稔実が良化してくる為穂重増となったものである。これは初期～中期排水後期排水の何れにおいても認められている。

(4) 泥炭層出現の位置に関する試験

都鳥のごとき泥炭土壌では、下層に泥炭そのものが存在することが、水稲に対して直接的に何等かの影響を与えるものではないかと想像される。しかも現地圃場では暗渠後といえども屢々述べたように透水は良くない条件

下であるので一層この影響を重視する必要を感じ、pot試験によってこれを確認しようとした。

1) 目的

泥炭土壌において、泥炭層に到達するまでの作土層の深さ如何が水稲の生育に及ぼす影響をみようとする。

2) 試験方法

i. 供試土壌

都鳥土壌 水田作土及び泥炭層

ii. 試験の規模

1/5,000 a pot

iii. 区名

- A. 全層作土層区
- B. 作土12cm. 下層泥炭区
- C. 作土6cm. 下層泥炭区
- D. 全層泥炭区

iv. 施肥量 (各区共通 pot当り)

窒素 0.7g 磷酸 1.0g 加里 0.5g

v. 供試品種

水稲 ササシグレ

3) 試験結果

i. 生育状況

全層泥炭区を除く各区は、活着頗る順調で初期の生育も殆ど差がなかったが、全層泥炭区では挿秧そのものが既に困難な状態で少し強風の吹く場合にはすぐ倒伏し、活着は極めて不良であった。その後6月下旬頃より全層泥炭区以外でも差を生じはじめ、作土6cm区が草丈・葉色が劣った。しかし外観的には斑点その他の障害はみられなかった。これに対して全層泥炭区は根が腐ってき、新根を発生しても泥炭層中への伸長は頗る困難で殆ど不可能な状態であって、このため新根は地上へ伸長する傾向がみられた。更に分蘗も極めて不良で葉には細い褐色の斑点を生じ、下葉は枯死した。しかし上位葉は濃緑を



第 29 表 生育・収量調査成績 (pot当)

区 名	草 丈(cm)		茎 数(本)		稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂 数 (本)	ワラ重 (g)	穂 重 (g)	同指数 (%)
	26/ VI	15/ VII	26/ VI	15/ VII						
全層作土区	32.1	65.7	25.3	39.0	59.7	15.5	23.0	30.5	28.1	100
作土12cm下層泥炭区	32.9	64.2	30.8	44.3	58.1	13.9	24.0	29.0	27.8	99
作土6cm下層泥炭区	30.5	59.6	25.0	40.5	52.0	13.4	23.0	22.9	21.0	75
全層泥炭区	22.4	38.7	4.0	9.0	36.5	11.6	10.0	5.6	2.0	7

呈していた。また葉鞘部は褐変し、腐朽しはじめた。

7月中旬以降になると更に全層作土区と作土12cm区との間にも差を生じてきて、作土12cm区は葉色がやゝ劣った。従って作土層が薄い区ほど明かに劣る傾向がみられた。なお全層泥炭区を除く各区は特に障害等はみられなかった。

#### ii. 生育・収量調査

このような生育経過を辿ったので、草丈では全層泥炭区・作土6cm区が初期より劣り、7月中旬以降は益々その差が拡大していった。作土12cm区は全層作土区に比し幾分劣るがその差は極めて少い。

茎数ではやはり全層泥炭区が最も劣ったが、他の各区間では余り差がなかった。この傾向は同様に穂数でもみられる。

従って収穫物では、作土層の厚さの順に従って収量の増加が認められた。即ち稈長・穂長・葉重及び穂重は作土層の厚いほど大である。しかし穂数では今述べたように全層泥炭区以外は差が殆どないので穂重への影響は、平均一穂粒数と稔実歩合の向上とが関係したものと推察される。

#### 4) 要約

所謂泥炭の出現する土壌において、その泥炭層に到達するまでの作土層の深淺が水稻に及ぼす影響をみたのであるが、全層泥炭区では問題外に生育不良であって、かような泥炭土壌ではまづ第一に客土が必要であることが確認された。その客土層の厚さはどの程度必要であるか問題であるが、これは勿論客土材料の種類によっても異なることではあるが、本試験の範囲内では厚ければ厚いほどよいという結果が得られた、しかし一応の規準としては最低20cm位は必要と推定される。また泥炭層上に6cm位の客土によっても或る程度泥炭そのものの直接の害から免れ得ることが知られた。

### 8. 綜合考察

1955年より1962年に至る間、土地改良工事施工一主として区劃整理及び暗渠排水と水稻生育との関連を追求

してきたのであるが、その大部分を圃場試験で実施してきた。従って圃場での暗渠・用排水施設の条件等が大きく影響してくるわけであるが、実際には種々難点があり、細部に亘ってこれを解析し、更にそれを実証することは到底不可能であった。このため暗渠の意義一乾田化のもたらすものと水稻の生産向上を考えるに当たっても、その多くは推定の域を脱しえず、むしろ今後の問題を提起するかたちになった。このような現状ではあるが、一応今までに得られた結果を中心として考察する。

胆沢平野内での排水不良地帯は、台地上では水沢段丘を主とした北部、台地下では段丘崖寄りに南北に沿った平坦地の全域に亘っているが、これを要因別にみると、①礫層土壌型、②泥炭土壌型、③グライ土壌粘土型であり、特に②泥炭土壌型及び③グライ土壌強粘土型は面積的にもかなり広大である。そこでこれらの土壌 Type の中から②の泥炭土壌型より都鳥、③のグライ土壌強粘土型より姉体の両試験圃を夫々選定し、本試験を実施したものである。

この試験の実施に当たっては、乾田化によってもたらされるもの、即ち土中水の行動とその変化・土壌の理化学性の変化(作土の移動も含めて)及びこれらの現象を反映した水稻生育相の変化等を追求し、今後における管理技術のあり方を検討することに主体をおいた。

都鳥についてみると、立地条件は扇状地形成に引き続き行われた旧胆沢川の解析低地に、長期間に亘る滞水があり、こゝに泥炭を形成し、かつその上部は黒泥状となり、更にその上部に上流からの火山灰土の沖積作用を受けたで処ある。従って表層には母材的には火山灰が混入しており、その直下には泥炭に富む埴壤土の層があり、この両層が作土層を形成して、これは更に泥炭層へと漸変している。このような土壌の分布は水沢段丘面上の都鳥を中心として東西に細長く点在しており、その末端は水沢市近辺にまで及んでいる。そして現在の地形でも集水地形をなしており、このため地下水は春期でも55~60cmに停滞している。

このような土壌では、表層は壤土~埴壤土であるが、

有機物含量が多く粗鬆であり、孔隙も多く、かつ下層の泥炭層は海綿状組織で一層多孔質であり、構造も横に発達するという特性がある。従ってこのような土壌 Type では、一般的には暗渠によらない土地改良工事—深い明渠・中小用排水路の分離、幹線排水路の完備—によってもかなり排水改良は期待できるようであり、これによって附近一帯の乾田化は促進されるものである。しかるに本地区の暗渠は田面下55~60cm・間隔15mで、支線は幹線集水渠より枝状に設置されかつ材料は粗朶であり、又中・小用排水路は兼用である等種々の問題を含んでいる。

このような施工跡地では、その施工当初は水路も比較的深く掘削されていたことも関連して、かなり排水状態は良好となり、その上一般農家は水稻の全生育期間中水閘を開放する場合が多く、このためかなり漏水し、従って莫大な用水量となり、また稲作の初期には灌漑水が低温であるので冷水灌漑となり、生育遅延をもたらすことが多い。現在でもこのような水閘開放の状態のまゝ灌水を行っている水田では、水口は生育遅延をひきおこしている。特に用水源である上流の石淵ダムが完成し、幹線水路が整備されてからは水量は豊富となったが、水温がやゝ低いので、一般に水口は生育遅延は免れず、これの回避策として田越しの水によって水温を高めながら灌水しているのが現状である。

かような状態であったので、1955・'56の両年は、都鳥試験圃は畦畔漏水も含めて漏水過多のため水管理が難しく、常時掛け流しをせざるをえない状況であった。またこの施工の場合には、吸水管は用排水兼用水路の直側部に敷設されているため水路からの漏水もあり、暗渠の埋設位置が湛水時の地下水面よりも低い位置にあることに加えて、水路は膨軟な土壌のために年次の経過とともに次第に埋没して浅くなってきており、当初田面下40cmのものが1959年以降は20~17cmに過ぎなくなってきたために、明渠としての働きも低下してきていること等の理由から、その排水能力は施工後数年間は良好であっても漸次その能力が低下してきていることが知られた。このため1962年度のピエゾメーターによる測定の結果でも、湛水期間中には僅かに地下10cm位までは幾分縦透過がみられるが、その透過量も6~7mm/日の微々たるものに過ぎず、更に10cm以下は停滯水となっていることが明かとなった。また地温も上昇せず、夏季高温時でも地下10cmの地温は22°C以下という状態である。

しかし一面では、当初は周年に亘って最大容水量以上の水分含量を示していたものが、春期には田面に亀裂を

生ずる程度にまで乾燥するようになり、局所的な泥炭出現位置の比較的浅い処を除いては、小型耕耘機の使用が可能になってきている状態である。

このような土中水の動きの変化及び田面乾燥の影響は土壌自体並に水稻の生育相にも反映してきている。

まづ土壌に対する影響についてみると、従来の報告<sup>3) 4) 5) 6)</sup>と傾向的にはかなり類似性がみられた。即ち斑鉄の生成・土壌有機物の分解に伴う窒素的潜在地力の減少・流亡による塩基類の減少・粘土及び微砂の減少等々である。当土壌の場合にも分析結果にみられるとおり全炭素・全窒素は施工後かなり急激な減少を示している。これは田面の乾燥による土壌有機物の分解が促進された結果であり、乾土効果発現の機会となっているが、元来この土壌は蓄積有機物量が多く、減耗したとはいえ、尚相当量の窒素の放出があり、現段階では決して潜在窒素地力の低下には至っていない。しかも第2層は殆ど変化を示していないのであり、窒素地力としては依然豊富であるといえる。そして土壌有機物並に塩基類の減少は施行後1958年までは急激であるが、それ以降は余り著しくない。置換性塩基類については、石灰が施工後急激な減少がみられるが、これは堆積様式の項で述べた如く、表層には火山灰(黒ボク)が混入した有機質土壌であることも関連しているわけで、暗渠排出水の分析結果でもその流亡の著しいことが明白である。特にこの石灰の移動は水の動きとかなりよく一致することは小西及び山崎<sup>7) 8)</sup>によって既に明かにされているが、このことからしても施工後数年間は透水・排水があったが、その後機能は漸次低下してきていることを示すものである。塩基置換容量の変化は全炭素及び粘土分の減少と密接な関係がみられるが、これも1958年以降は余り著しくない。塩基飽和度としては経年による変化はみられないが、本地域を覆っている火山灰土は元来飽和度の極めて低い土壌であるので、表層は70%以下で、無機粘土質の姉体土壌に比してかなり低い値を示している。

以上のように本土壌では、乾田化後の土壌の問題としては、排水による塩基の移動、流亡と田面乾燥による作土の潜在窒素地力の発現が著しくなることであると解される。

これを更に水稻生育相についてみると、1955・56年度はやゝ漏水過多のため水管理が難しく、常時掛け流しとなったため、施用窒素の流亡が著しかったものと思われる。このため窒素の増施とともに増収している。このことは“排水時期試験”の結果からも首肯され、初期より排水した区は流失窒素量も多く、これが体構成特に穂数の減

少となり結局減収している。従って逆に窒素増施効果が著しく、窒素増施区ほど玄米収量が増加したのである。これよりすれば本土壤 Type では生育初期より排水することは不利であることは明白である。しかし1957年以降は無窒素区～窒素少量区が年次の経過とともに増収の傾向を示すが、中～多肥の窒素 760 g 区以上では特に生育中期～後期に至り窒素過多的様相を呈し、倒伏、稔実不良等を惹起して減収してき、その最高収量を示す窒素量もむしろ漸次低下の傾向を示した。これを収量構成要素並に決定要素の面からみると、施行後穂数及び有効茎歩合は幾分増加しているが、稔実の面では倒伏・窒素過多様相を呈してこれに伴わず、稔実歩合や千粒重の向上はみられないのである。即ち本土壤では乾田化しても、窒素施用量に対して水稻の生育・収量がこれに対応するような土壌に変化していないことを示している。このような現象を示す原因についてみると、まづ土壌よりの窒素供給量が増加していることである。既述の如く、乾田化によって落水期には田面が亀裂を生ずる程度にまで乾燥するようになり、このことは潜在窒素地力の発現を容易にするとともに、土壌中の蓄積量が多いために5～6年経過してもその窒素的地力は低下しないのみならず、更に下層は窒素的地力の高い土層であって、これより放出される窒素は、生育の中・後期に至って水稻に利用されることになるため、植物体の分析結果にもみられるとおり、生育後期に至るほど茎葉部の窒素量の差が拡大されてきているのであり、これが特に茎部に著しく、茎の伸長並に登熟過程を通じて稔実に対して影響を与えることは当然である。従って窒素以外の養分吸収も順調ではなく、窒素 760 g 区以上では窒素の施用量と N・Si・P・K等の吸収量は必ずしも相伴って増大せず、時には減少する場合さえある。かようなことは養分吸収としては不均衡なものである。これらはすべて作土の母材的因子・施工後における作土の変化並に透水能力の低下・低地温等が互に関連し合って惹起せしめているものである。従って磷酸増施・珪カル施用等の施肥法改善によっても a 当り60kg前後の収量を得ることは可能ではあるが、不安定でありかつより多収を望むことは出来ない。

更に下層の黒泥～泥炭の影響についてみると、本泥炭そのものは直接的に水稻に対して有害であることは、'泥炭層出現位置に関する試験'より明かであり、生育中期以降に下層にまで水稻根が伸長し、泥炭そのものに侵入した場合には当然悪影響を受けることになることは明かである。一般には泥炭土壌では排水によってその阻害作用の一部は解消し得ることは宮城県岩沼試験地及び

北海道農試の成績よりしても知られることであるが、その排水時期については、滝島<sup>9)</sup>は全期排水区が最良で、後期(穂揃～成熟期)及び初期(活着～分蘗最盛期)排水区が之に次ぐとしている。また北海道農試<sup>10)</sup>では、生育初期には生育抑制を避けるために、むしろ過度の排水は不可としている。本試験の結果でも、初期より排水することは窒素の流亡・低水温等のために生育遅延を来しまた穂数減を招来して減収している。今根の主力の伸長が地下20cmに達するのが田植後約30日前後30cmに達するのが40～45日前後とみるならば、本土壤では根が泥炭層にまで到達するのは、大体幼穂形成期前後とみることができる。従って後期排水を行うとすれば、その時期は一応幼穂形成期以降とみなすことができる。この後期排水によって、後期の地温上昇に伴って放出される窒素の吸収による不安定性(過繁茂・伸長・倒伏)の除去と、泥炭及び泥炭に富む層位の阻害性の防止とが可能になってくるものと思われる。しかし泥炭層の出現の位置の浅い場合には当然その層への根の到達が早くなるわけで、栄養生長期間中でも既に根は泥炭層に到達するので、この場合には栄養生長期間内でも排水すべきであると思われる。現実的には、本土壤ではその阻害性の現われとしての生育抑制・下葉の枯れ上り・ゴマ葉枯れ等の斑点の出現はみられず、穂の熟相も綺麗である。また土壌中の硫化物含量も少い。これは地下水が停滞水となっており、かつ泥炭層による温度伝達の遮断作用によって地温が上昇せず、低地温であるため阻害性物質の発生が少いことによるためであると解される。従って適度の透水によって地温が上昇すれば、その阻害性が発揮されることも考えられるが、これはしかし透水そのものによって除去されうるものと思われる。根本的には客土によって作土層を厚くし、水稻根の泥炭層への侵入をなるべく後期になるようにし、更に幼穂形成期以降に排水するといった管理をとるべきものと思われる。

以上の経過よりして、本土壤のごとき表層は火山灰混入土壌で下層には泥炭が存在し、かつ地下水が停滞するような条件下では、まず排水方法が問題である。一般にこのような下層泥炭質の地下水変動型の水田では、内山<sup>11)</sup>によれば、水が周囲の水田に満たされ且つ用排水路もその水面が田面より高くなった場合には、その湛水圧が下層の孔隙を通して連動し、地下水水面が急激に上昇するとしている。従って本土壤型のごとく灌水後2～3日で地下水は田面近くまでに達するような水田では、特にその地点のみの排水では、到底地下水水面を下げた透水を生じさせることは不可能である。これには明渠排水を基

本的に考慮すべきものと思われ。これと幹線排水路の完備、用水路と排水路の分離によってその附近一帯の地下水位を下げ、その上で狩野・中川ら<sup>12)</sup>が明かにした如く、各吸水渠を直接排水明渠に開口させ、この明渠水位が自由に調節できるように地形・勾配を考慮して一定間隔ごとに堰を設けるべきである。その基盤整備のうえにたつて上述の管理と客土を含む土壌改良、並に土壌母材的因子、透水の影響を考慮して塩基・珪酸の供給・磷酸の増施を中心とした施肥法の改善等によって初期生育の促進と後期生育の確保(過剰抑制も含めて)を目標とし、これ等によって稲作の安定と生産の向上を図るべきものと思われ。

姉体についてみると、比較的最近になって北上川の解析低地に重粘な粘土が堆積した処と考えられ、水の停滞期間はかなり短かかったものと推定され、有機物の集積も少く、かつ下層50cm前後からはグライ層となっている。このような堆積様式を示す土壌は主として台地下の北上川沿岸の低位段丘面上に分布するが、特に西方台地の直下、即ち段丘崖沿いに南北に連なって分布している。

本地域の水稲の生育は、一般的に初期生育は旺盛であるが、後期所謂秋落の型となり、穂数も分けつ程多くなく、かつ伸長が著しく倒伏と稔実不良(倒伏しない場合でも概して稔実は余り良くない)が目立つわけであるが、窒素の施用量の許容範囲が狭く、またその適量もその年の気象条件にもよるが、一般に狭い範囲でしか動かない地帯である。

このような地帯では、従来の施工規準(深さ130cm間隔18m)で暗渠を施工した場合には、施工直後でも湛水期間中の地下への水の滲透は極めて少く、かつ地下水位も暗渠直上部が僅かに低下するに過ぎない。この暗渠直上部の地下水位の低下は、その設置部位が深く掘削されたためのものと思われるが、これらを土中水の行動の面から追求した結果は、

① 灌漑後田面にまで地下水位が到達するには、年次による変動もあるが、約40日前後を要していること。

② 水の動きは0~80cm附近までは鉛直滲透をしているが、その下部では停滞水となっている。

③ しかしその鉛直滲透量は極めて少く、かつその速度も頗る緩慢である。

④ 湛水圧の影響は田面下60cmと90~150cmとでは異なり、90~150cmに強く現われること等が明かとなった。

これを土壌断面調査の結果からも併せて考察すると、12~65cmの間は、構造は余り発達していないが、0.1~0.2mm程度の管孔が極めて多くしかも淡褐~赤褐色をし

ている。この点よりすれば、本土壌型ではある程度透水があることも推定されるが、実察には日減水深及び鉛直滲透量を測定した結果では、その量は極めて微々たるものであり、問題にはならない。しかし一方、泥炭地の場合と同様、区劃整理と幹線排水路の完成によって表面水の排除はやゝ容易となり、このためこの地帯一円の春先の田面乾燥はかなり顕著となり、年々その亀裂の程度は著しくなってきた。

また土壌の養分供給面並に水稲の生育相よりみれば、元来無機粘土分が多く、かつCa・Mg等の塩基類も豊富で、下層土でも塩基飽和度はかなり高い値を示している。従ってアンモニアの吸着は強く、水の滲透が少いために、施用窒素の流亡、Ca・Mg等の塩基の移動、流失も少くまた粒組成への影響等も殆どない。このことは排水時期試験・跡地土壌の分析・暗渠排水の分析等の結果からでも明かである。またこの地帯は都鳥のごとき長期間の停滞水ではなくて比較的短期間であったと思われ、表層でも有機物の集積は少く、第2層以下は更に有機物の少い土壌である。従って作土としては水の縦滲透による養分の損失は少いが、土壌乾燥と湛水の反覆による土壌有機物の減耗は必至である。これは跡地土壌の分析結果に示されるごとく、施工後腐朽物質の減少は乾土効果の減少となって現われており、また無堆肥区の全窒素の減少もかなり著しい。下層は更に窒素地力の乏しい土層であるため、区劃整理で作土の移動が行われて薄くなった処ほど、窒素的潜在地力の低下は著しいことになるわけである。従ってこのような地帯では、区劃整理による作土の移動そのものが土壌肥沃度(特に窒素地力)に及ぼす影響を考慮しなければならない。

水稲の初期生育に対しては、扇状地の末端に位するため灌漑水温も高く、水の透水量も少く、かつ粘土分も多いことから施用窒素の吸収も順調で生育は極めて良好であるが、下層土は非常に緻密であるとともに、上述の如き窒素地力の極端に少い土層であるため、水稲はその大部分を表層で生育することになり根張りもよくない。このことは体内窒素濃度にみられるとおり、初期ほど窒素施用による差が大きく、後期になるに従ってその差が縮小されており、腐植質土壌の都鳥とは全く逆の関係を示し、生育後半における土壌よりの窒素の放出一ひいては供給が少いことを示している。更に年次的にこれを見ると、窒素0~窒素少量の区では、経年窒素吸収量は低減し、構成要素としての穂数の減少もみられ、結局玄米重でも低下の傾向を示しているのに反し、窒素の増施効果は年々顕著になってきており、その増施に伴って穂数

は増大し窒素多用区でも窒素過多的様相は薄れ、収量決定要素としての千粒重の上昇、屑米重・糞重の減少等の稔実面での向上がみられ、増収がもたらされている。即ち本土壤では、施工後数年にして、窒素の施用量に対して、対応するような土壌に変化してきていることを示すものであり、窒素施用量に或る幅を生じたことは注目される点である。

このような状態であるので、後期まで養分を供給するような対策—深耕・糞肥・化成肥料の施用等—が幾分好結果をもたらしている。しかし生育後期では、土壌の還元が著しく、土中の硫化物量も多く、黒根が多いことも観察されており、根が何等かの障害を受けることが予想され、外観的には窒素不足状態を呈し、有効基歩合も概して低くなっている。これに対し排水処理を行った場合には、活着時より出穂期まで排水しても穂数・稈重には殆ど影響はみられず、穂重はむしろやゝ増加の傾向を示し、更にまた後期即ち出穂始期よりの排水によっても、穂重は増大し、稔実が良化することからも、後期排水によって根圏を酸化的に維持することによって、子実生産に対しては好結果が期待されるものと思われされる。

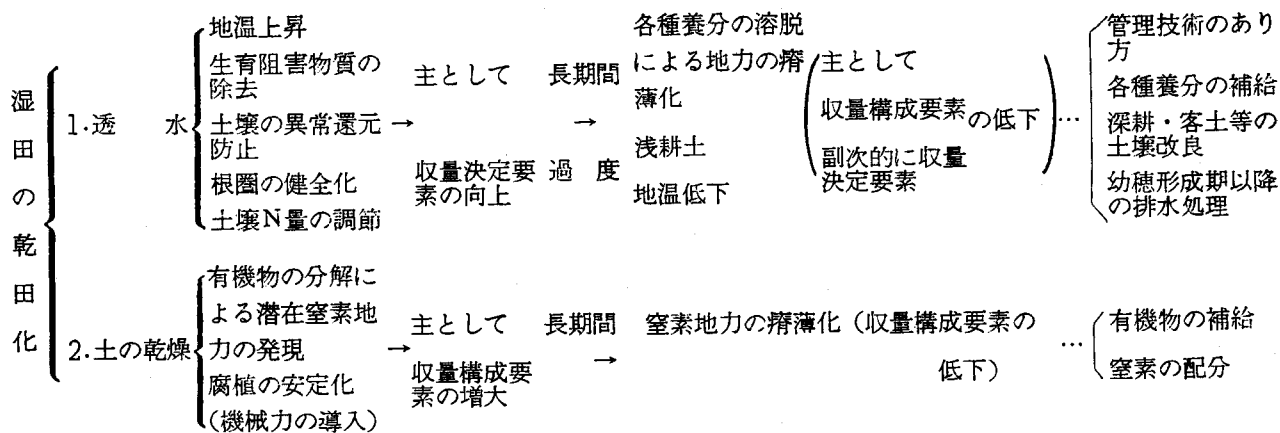
このようにみえてくると、現在のような立地条件下でも施肥法改善によって、a 当り60kg前後の収量をうることはさして困難ではないのであるが、この地帯全般の生育相から、或は更に安定増収という点を考慮するならば、収量構成要素の確保は可能としても、これと収量決定要素の向上とを併立させるべき条件としての透水条件の整備・良化というものの必要性が強く望まれてくるのである。

こゝで実際問題として、暗渠を施工しても透水が少いことについて、その原因を考察してみたい。内山<sup>11)</sup>によれば、田植後1ヶ月内外から盛夏時にかけて下層に伸びる根の太さは、その直径が大体0.5~1mmと考えられ、透過を主として左右している0.02~0.2mmの管孔には穿入しえないから、このような管孔を有する水田では夏季に至っても透過量は減少しないとしている。この点からすれば本土壤は、その断面形態より推して、透過がもっとあってしかるべきであるが、実際には極めて少いのである。その理由を把握することは不可能であったが、既述のピエゾメーター及びその他の観測結果よりみると、本土壤では12~60cm前後の層位では所謂飽気帯となっており、毛管内水は稀薄なのではないかと想像される。また湛水期間中でも表層以外の各層位の土壌水分は略々一定である。従って水の下方への透過は土壌の構造によってではなく、極めて細い管孔のみによってであること、

更に飽気帯を通過せねばならないこと、作土が重粘であり代掻きによって完全に無構造状態にまで分散してしまうこと等、といった土性と堆積様式との両者の要因が互に重なり合ってこれら地帯の透水性の困難を招来しているものと思われる。中川等<sup>12)</sup>によれば、湿田の乾田化における土壌透水性の増加の主原因は、非灌漑期間中の土壌の乾燥に基づく亀裂等の、非毛細管孔隙の発生に起因するとしている。姉体でも都鳥でも共に春期には田面は乾燥し、亀裂を生ずるようにはなってきたが、湛水期間中の水の透過の少いのは、姉体では作土が粘質無構造にまで土壌粒子が分散してしまうこと、都鳥では泥炭の透水性の過良ということが、附近全般の地下水位の高い場合には逆に地下水位の上昇を促進し、しかも停滞して殆ど移動しないという点が問題と思われる。従って周囲が完全に遮蔽されるか、或は周辺の地下水位が全般的に低い場合、又作土の土性が砂壤土~壤土のような場合にはその効果は大きいと思われるが、実際上は地形的・土性的要素も十分に考慮せねばならないことを示唆している。

以上の経過から、重粘地 Type の土壌では、やはり第1に暗渠の施工方法が問題であり、対策としては設置部位を浅くして鉛直降下透過内(凡そこの地帯では70cm前後)とし、かつ間隔を狭め(6~8m)、泥炭地の場合と同様各吸水渠を明渠に連結し、明渠の勾配を従来の規準より更に傾斜(100mに対し30cm位)させるといった従来とはかなり異った施工法がとられることが必要と思われる。又作土の土性改良を目的とした砂壤土~砂土の客土或は畑地転換による構造の作成と新鮮有機物による団粒の形成等も考えられるが、これらはすべて今後の検討に突たねばならない。これらによって縦透過を惹起させ、これによる排水を生殖生長期に重点をおくこと、更に深耕・心土耕等による土層改良と土壌有機物の増加を含めた施肥法との併用等によって、稲作の安定多収化を図るべきものと思われる。

以上述べ来たった土地改良工事の施工即ち乾田化の意義について、これを総括すると、



都鳥・姉体両土壌ともに、透水よりも土壌乾燥の影響が強いのであるが、これらの現われ方は乾田化の程度・土壌型の相違によって異っている。即ち泥炭土壌では依然施用窒素に対して Respose する土壌にまでは至っていないが、無機質土壌では数年にして Response する土壌に変化してきているのである。このようにみると、いわゆる湿田とは人為的管理技術の介入する余地が全くないか、或は極めて少い土壌で Static なものであり、乾田化によって、人為的管理技術の介入の余地が次第に増加し、Dynamic となり、水稻の生育を可変的になしうる可能性がでてくるのであり、単に労働生産性の向上のみならず、水稻の生産そのものに影響を与えることが出来ることを意味するものである。しかし両試験圃共に湛水期間中の透水が極めて不良であることは、この管理技術の介入の余地を甚しく減殺しているものである。このためには地下排水一暗渠一が絶対必要条件となるのであるが、特に重粘地の場合にはその施工法が問題である。従来のように排水可能といっても5~7日も要して排水するのでは、水稻の要求とは合致せず、少くとも1~2日で速かに排水が可能となることが必要とされている。(14) 又乾田化に要する年数も数年を要するのではなく1~2年で効果を発揮させる意味からも、上述のようなかなり思い切った施工法をとる必要があると思われ、今後の検討が期待される。またこの場合には、用水量もより多くなるのでこれの確保も当然考慮されねばならない。

## 9 摘 要

区劃整理・暗渠排水及び用排水路整備は、土地改良事業の一環として、従前より重視され実施してきたのであるが、最近では一般産業の急速な発展と関連して農業構造改善が提唱されて以来、圃場基盤整備の基本条件とし

て益々その重要性が叫ばれてきている。特に湿田の乾田化は、こうした社会経済的な意義は勿論、裏作もそれほど進展していない北部東北地方では、その主作物である米の生産と密接な関連をもつものとして重要視されてきている。しかし従来の施行跡地でも、暗渠排水一排水良化一増収という一連の関係は必ずしも実現されていない場合もあったが、これは暗渠施行技術の問題、水稻に対する耕種、肥培技術の不適切から招来されるものである本試験でもこの点に留意し、暗渠施行後における土中水の行動並に土壌の諸性質の変化を追及し、これらによってもたらされる水稻の生育相を通じて、乾田化の意義を明かにし、施行後の管理技術及び今後の暗渠施行方法のあり方を究明することに焦点をおいたものである。

そこで当岩手県胆沢平野に分布する種々の水田土壌について、透水・肥沃度を規制する因子としての地形・地質及び堆積様式について概査を行った結果、本地域にはいわゆる典型的な湿田の存在は狭少であるが、排水不良が水稻生産増強のための阻害因子となっている地帯としては、①礫層土壌型・②泥炭土壌型・③グライ土壌強粘土型に三大別され特に②型と③型の分布が広いことを明かにした。このような土壌 Type の相違は自ら排水不良の原因が異っており、この相違に基づいた暗渠施工法が必要である。即ち泥炭地では土壌自体の透水性は良好であるので、むしろ地形的な要素を十分に考慮した明渠を基本として、これと暗渠を併行させる必要があり、重粘地では、その土性並に堆積様式を重視して、これと地形を考慮した暗渠の施行が必要であることを明かにした。特に重粘地では、施行後乾田化に数年を要したり、又排水可能としても5~7日を要するのでは、その意義は極めて少いものと思われ、施行後1~2年で乾田化し、且

1～2日で排水可能な施工法が必要である。これには機排械水及び用水確保が附随的な問題として当然起きてくる点である。

更に耕種・肥培管理のあり方としても、特に土壤肥沃度を支配する母材的因子と土壤有機物量が関係が深く、これと透水及び土壤乾燥による影響をも考慮し、土壤Typeに応じてこれらの補給・調節の重要性と、排水管理を幼穂形成期以降に重点をおくべきことを確認した。

このようにみると、乾田化の意義を要約すれば、透水と土壤の乾燥であり、これによりもたらされる種々の因子によって、従来湿田では、人為的管理の介入する余地の全くないか、或は極めて少かったのに反し、人為的管理の介入の余地が極めて大となり、これによって生育相を可變的になし得るところに意義があるものと思われる。

#### 引用文献

- 1) 小原道郎ら：東北土壤肥料協議会講要 1 (1951)
- 2) 岩手県：岩手県地質図及び説明書 (1954)
- 3) 青峯重範：暗渠排水と乾土効果(河出書房)(1949)
- 4) 井利一：日土肥誌, 32, 7 (1961)
- 5) 横井時次：土地改良と農地改良(地球出版)(1958)
- 6) 山崎伝：湿田土壤(土壤肥料講座)(朝倉書店)(1961)
- 7) 小西千賀三：地力維持増進に関する総合的研究(日本農研)(1954)
- 8) 小西千賀三, 山崎欣多：北陸農業研究 3, (1955)
- 9) 滝島康夫：泥炭土壤(土壤肥料講座)(朝倉書店)(1961)
- 10) 北海道農試：稲作における土壤と水に関する研究(農林水産技術会議)(1962)
- 11) 内山修男：農及園, 32~33, (1957~58)
- 12) 狩野・中川ら：稲作における土壤と水に関する研究(農林水産技術会議)(1962)