

重粘土水田における浅層暗渠の効果

駒村正治*・成岡 市**・中村貴彦*・甲斐貴光***

Effect of Field Drainage by Shallow Under-Drainage in Heavy Clay Paddy Field

Masaharu KOMAMURA*, Hajime NARIOKA**, Takahiko NAKAMURA* and Takamitsu KAI***

* Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture

** Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University

*** Nagano Prefectural Government

Abstract

The purpose of this study is to make influence to consolidation of the paddy fields and soil physical properties by advanced technique, which contributes to promote new technique. We selected implementing advanced rice growing farmers, and investigated their growing method and soil of paddy fields.

Location of survey site in this research in the paddy fields conducted shallow Under-drainage in Fukuroi city of Shizuoka prefecture. The following items on paddy fields such as soil profile, soil physical property, water content, bearing capacity, and Under-drainage discharge, water quality were measured.

In order to examine the influence of under-drainage, the effect of shallow under-drainage was pursued with these obtained results.

As a result, it was cleared that soil dryness progresses and soil structure progresses. Also this investigated paddy field has already been constricted under-drainage, therefore the workability of agricultural machine like rice transplanter and harvest-machine like combine were improved.

In addition to the introduction new growing technique of field drainage with conversion of paddy fields into large-sized and multi-purpose one, is also being considered as significant thing.

Therefore it can be considered that shallow under-drainage with sheet pipe is efficient to field drainage.

Key words : Heavy clay paddy field, Shallow under-drainage, Rice husk drain, Field drainage, Soil moisture, Bearing capacity

1. はじめに

近年、わが国における稲作水田農業は、米価の自由化、農業従事者の高齢化、後継者不足などの諸情勢のもとで厳しさが増している。外国産の米に価格の面から対抗するには生産コストの低減が必要であるが、飛躍的な低コスト化や労働生産性の向上には、従来の稲作手法と異なる革新的栽培技術が必要と考えられている。その対策と

して田植えに代わるべき直播栽培や不耕起栽培などの導入が考えられている。そのために、さらに進んだ機械化営農や高度利用に則した大区画圃場や用排水路などの生産基盤の整備・拡充が期待されている。

これらの時代的要請を背景にして、先進的稲作栽培を保障する水田基盤の整備について考えると、とくに問題視されているのは圃場の排水能力であり（農水省、1980）、大区画圃場の整備や水田の汎用化を進める上で、

* 東京農業大学地域環境科学部 〒156-8502 世田谷区桜丘 1-1-1, ** 岡山大学環境理工学部 〒700-8530 岡山市津島中 2-1-1,

*** 長野県佐久地方事務所 〒385-0054 長野県佐久市大字跡部 65-1 佐久合同庁舎

キーワード：重粘土水田，浅層暗渠，モミガラ暗渠，圃場排水，土壌水分，地耐力

暗渠による迅速地下排水を促進することが必要不可欠とされている(農水省, 1990)。

そこで著者らは、「浅層暗渠」の排水効果に注目し、この暗渠を施工した圃場を対象にして実地調査を行った(甲斐ら, 1995, 1996)。調査圃場は静岡県袋井市の水田であり、土壌断面、土壌の物理性、作土表層の体積含水率、地耐力、暗渠排水量およびその水質などから浅層暗渠の効果について検討した。

なお、「浅層暗渠」は、圃場の長辺方向にモールドレーナーによるポリエチレン製有孔パイプ(φ50 mm)を4 m 間隔、40 cm 深さに引き込み、これに直交する方向で4 m 間隔、35 cm 深さの弾丸暗渠を4~5年に1回の頻度で下方のパイプを破損しないように施工する方式である。

この暗渠方式については、「この浅層暗渠は組み合わせ暗渠として密な排水網を有する暗渠方式であり、また従来方式より施工深が上位にあって作土層中や地表の過剰水分を迅速に排除することができ、しかも埋め戻し部分が無いので、圃場面沈下や土層の透水性の低下が発生する確率が低く、この暗渠施工後は圃場機械の導入が容易である」と事前評価されている。

2. 調査方法

(1) 調査地および圃場

本研究の対象地区は、静岡県袋井市の太田川上流の敷地川と一宮川の後背湿地(図-1)である。この地区は従来より排水不良が営農上の問題となっていた。調査圃場は同図に示すとおり太田川中流部沖積地で、地区標高約25 mに位置する粘質土水田である。本圃場は昭和30年代に最初の圃場整備を行っており、現在の圃場形状(30 a 区画)になったのは、昭和63年~平成元年(1988~1989年)の圃場整備事業による。その後、仮畦畔がつけ加えられたり、暗渠(従来方式)が埋設されている。

調査圃場は、表-1にまとめて示すとおり、川会地区4圃場と見取地区2圃場の計6圃場である。なお、No. 1とNo. 2, No. 5とNo. 6は各々隣接している。

土壌に関する調査は非灌漑期間の秋(1994年10~12月)および春(1995年3~4月)に行い、それ以外の暗渠排水量および水質等に関する調査は湛水期(1995年7月;中干し前, 同年8月;中干し後)に行った。また、1994~1997年の作付一覧を表-2にまとめ、一連の土地利用状況を示す。1994年以前は全圃場とも水稲作であった。

以下本文では、各調査圃場を「No. ○水田」、「モミガラ区」、「浅層○区」などのように表記する。

なお、No. 4水田は調査後の1995年11月に浅層暗渠

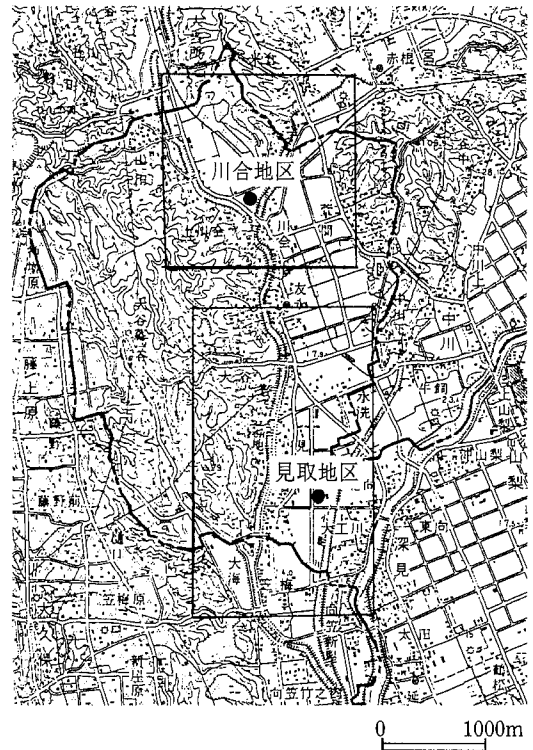


図-1 調査対象地(国土地理院1/2.5万地形図:袋井より抜粋)

Fig. 1 Location of research site.

を施工したが、本論では無暗渠水田とした。作付水稲品種はコシヒカリ、アキタコマチ、キヌヒカリおよびヒノヒカリである。転作水田として利用する場合は、冬から春にかけて小麦を、秋にはソバを栽培し、夏は作付していない。

(2) 暗渠の施工概要

No. 1水田のモミガラ暗渠は、長辺方向に暗渠(φ50 mmの有孔ポリエチレン製コルゲートパイプ)を埋設し、疎水材としてモミガラが厚さ30 cm、幅20 cmで充填されている。埋設深さは水路側(上流部)で60 cm、排水路側(下流部)で80 cmであり、1/375の勾配で施工されている。

モミガラ暗渠は、上述のように深さ60~80 cm、間隔10 mで埋設され、田面から暗渠までの距離が長い(深い)ため、排水到達時間が遅いといわれている。また、中干しや刈り取り期の落水時および裏作期の早期排水にも問題が生じている。暗渠埋設の際に掘削や埋め戻しを伴うため、施工後暗渠の埋め戻し部で農作業機械が沈下し、走行不能になる問題も生じている。

なお、前出の表-1に示した「浅層2区」と「浅層3区」

表-1 調査圃場の概要

Table 1 Scheme of research fields

水田 No.	地区	圃 場 面 積 ・ 形 状	暗渠の種類	表 示	施工年月
No. 1	川会	24 a (75 m×40 m 台形)	モミガラ暗渠	モミガラ	91, 12 (平成3年)
No. 2	川会	30 a (75 m×40 m 長方形)	浅層暗渠	浅層1	93, 11 (平成5年)
No. 3	川会	24 a (75 m×32 m 長方形)	浅層暗渠	浅層2	93, 11 (平成5年)
No. 4	川会	20 a (90 m×45 m 三角形)	無暗渠	無暗渠1	
No. 5	見取	24 a (80 m×30 m 長方形)	浅層暗渠	浅層3	94, 11 (平成6年)
No. 6	見取	7.2 a (80 m×9 m 長方形)	無暗渠	無暗渠2	

表-2 調査圃場の作付状況

Table 1 Cropping pattern in research fields

水田 No.	暗渠の種類	1994年		1995年		1996年		1997年	
		春	秋	春	秋	春	秋	春	秋
No. 1	モミガラ暗渠	水稻		水稻	小麦		ソバ	水稻	
2	浅層暗渠1	水稻		水稻	小麦		ソバ	水稻	
3	浅層暗渠2	小麦		水稻	ソバ	水稻		水稻	
4	無暗渠1	水稻		水稻		水稻		水稻	
5	浅層暗渠3	水稻	小麦	—		水稻		水稻	
6	無暗渠2	水稻	小麦	—		水稻		水稻	

注1) 裏作(転作)の麦作は、小麦を11月下旬に播種し、翌年の6月に収穫する。ソバが、秋に播種し、年内に収穫。

注2) 弾丸暗渠は、浅層暗渠施工時に1回行い、農家によって異なるがその後営農レベルで4~5年に1回行う。

は、吸水渠が直接排水路へ達する直結型であり、「モミガラ区」、「浅層1区」は、吸水渠を1本の集水渠にまとめて排水する方式をとっている。また、浅層暗渠の埋設位置をNo.5水田の「浅層3区」を例として図-2に示す。

(3) 調査項目および調査方法

1) 土壌断面および基本的土壌物理性

各圃場のほぼ中央部において、1~1.5m四方、深さ80cmの試坑を掘り、その土壌断面を調査した。

調査断面において採取した土壌試料の基本的物理性は、真比重、乾燥密度、自然含水比、飽和透水性、pF水分特性などである。室内測定は、100cm³定容量円筒で採取した不攪乱試料について、湿土重測定→飽和透水試験→pF水分試験(加圧法)→乾土重測定の順に実施した。

2) 圃場測定

圃場での調査項目は、作土表層の土壌水分(TDR土壌水分計)、貫入抵抗(コーンペネロメータ)、インテークレート、暗渠排水量、暗渠排水水質などである。圃場現場では、暗渠の埋設方向に直交する(短辺方向)暗渠直上部と中間部について、浅層暗渠区では2m、モミガラ

暗渠区では5mの間隔で排水調査を除く諸項目を測定した。なお、土壌水分の測定深はプローブ(センサー部分)の長さに対応させ、土壌表面から10cmまでの深さの平均体積含水率を測った。

コーンペネロメータによる貫入抵抗は、TDRによる測定方法と同じ位置で測定した。インテークレートは、鉄製シリンダーを土壌構造を壊さないように耕盤層以下まで打ち込み測定した。

暗渠排水量の測定は、暗渠の排水口(出口)の栓を開放し、流出量が安定した後、所定容量の容器が満水する時間を計測した。流出量(cm³/s)は水田面積で除して水深(mm/日)に換算した。

暗渠排水の水質は排水量と同時に測定した。測定項目は、水温、pH、酸化還元電位(Eh)、電気伝導度(EC)などである。

3. 調査結果および考察

(1) 土壌試験

1) 土壌の基本的物理性

表-3に土壌断面調査結果を、表-4に3項目について

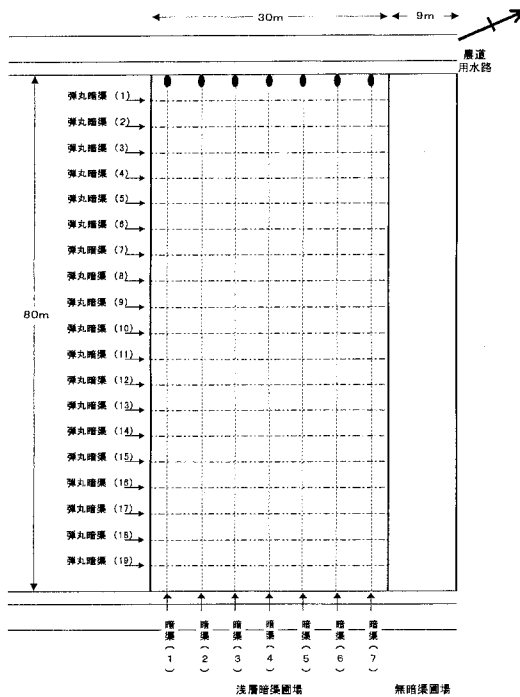


図-2 No. 5 水田「浅層3区」の暗渠位置図

Fig. 2 Outline of underdrainage system in the field No. 5 (Shallow underdrainage).

土壌の基本的物理性を示した。

「モミガラ区」は作土層の自然含水比が大きく、乾燥密度は小さく、粗い亜角塊状構造で雲状斑鉄を含んでいる。耕盤層は乾燥密度が大きく、密な角塊状構造で膜状斑鉄を含み、管状孔隙がみられる。心土層(上)はやや密な角塊状構造で、膜状斑鉄や管状孔隙が発達している。鉄とマンガンなどの集積が顕著である。心土層(下)はやや密な壁状構造で、膜状斑鉄が発達している。また、心土層(上)と同様に鉄やマンガンの集積が目立つ。

「浅層1区」は、作土層において自然含水比が大きく、乾燥密度が小さい、やや粗な粒状構造で、多数の管状孔隙がみられる。耕盤層は乾燥密度が大きく、密な角塊状構造で膜状斑鉄が発達している。心土層(上)は密な壁状構造で、膜状斑鉄を含んでいる。心土層(下)はやや密な壁状構造で、膜状斑鉄や管状孔隙がみられる。

土壌の三相割合は図-3に示すように、各水田とも気相割合が少なく、とくに下層になるに従いその傾向が強い。反対に固相割合と液相割合は多く、水田土壌の特徴を示している。

「モミガラ区」は、気相割合が作土層と耕盤層でやや多く、心土層で小さい。作土層の固相割合は小さく、気相割合が大きいので暗渠排水の影響が推察される。

「浅層2区」は、作土層の気相割合が大きく、下層でも比較的大きいことから、排水性が良好な層と判断される。これは「浅層2区」が小麦作の畑地状態を履歴し、乾燥の促進とそれに伴う土壌の収縮・亀裂などが発生し、間隙率の増加や疎水化が進んだためと推察できる。

「浅層3区」は、作土層の気相割合が大きく、下層の液相割合が大きい。これは、浅層暗渠の施工時期が調査1年前であり、弾丸暗渠の亀裂跡が残っており、作土層の間隙が発達していることが原因と考えられる。

2) 飽和透水特性と粗間隙率

圃場の排水性の指標となる飽和透水係数を表-5に示す。同表では、 $pF0 \sim 1.8$ までの体積含水率相当の粗間隙割合も示した。

各圃場の透水係数は作土層が $10^{-4} \text{ cm/s} \sim 10^{-5} \text{ cm/s}$ のオーダーに対して、心土層の透水係数は $10^{-5} \text{ cm/s} \sim 10^{-6} \text{ cm/s}$ のオーダーと、1桁低い。

表-5より、「モミガラ区」と「浅層1区」は同程度の透水係数である。「浅層2区」の透水係数は心土層でも 10^{-5} cm/s のオーダーで、ほかの2圃場と比べて大きい傾向となっている。これは、暗渠施工後に転作(小麦作などの畑地期間)を経過している間に圃場土層の乾燥が進んだことによるものと思われる。

次に飽和透水係数の鉛直方向/水平方向の異方性を検討する。異方性は土壌の水平方向と鉛直方向の管状孔隙の連続性によって生じるとされている(たとえば、成岡; 1989, 増島; 1966)。これらの論議を踏まえて前出の表-5の異方性を表示している鉛直/水平の値でみると、 $1.2 \sim 1.8$ の範囲をとっており、全体的に鉛直方向の透水係数が大きいことがわかる。

この理由について、作土層では農業機械による耕耘、攪乱、踏圧の影響が考えられる。さらに水稻根(根跡孔隙)の影響も大きい。作土層は一作ごと耕耘により攪乱されているが、水稻根は作土層内に高い密度で発達し、水稻根の伸張と腐朽により形成される根跡孔隙の経年的蓄積を待たずに一作ごとにその物理的役割が発揮されていると考えることができる。その根跡孔隙(管状孔隙)が鉛直方向の透水性をとくに大きくさせている(成岡, 1989)こともここで確認できよう。耕盤層については、乾燥亀裂や根跡孔隙などの発達が水平方向より鉛直方向が顕著であり、鉛直方向の異方性が大きくなったとみられる。

一方、粗間隙率は一部の例外を除き、作土層において大きく、耕盤層では4%程度で、概して小さい傾向である。心土層の粗間隙率は $1.4 \sim 5.5\%$ の範囲となり、地点によって異なっている。

次に粗間隙率と透水係数の関係を図-4に示す。粗間隙

表-3 土壤断面調査結果
Table 3 Soil profiles

水田 No.	層	深さ cm	土壤硬度 mm	土性	土色	斑鉄	構造	孔隙
1	作土層	0~18	6.6~20.0	HC	7.5 YR 3/1, 3/2	雲状斑鉄	亜角塊	
	耕盤層	18~32	19.4~20.4	HC	7.5 YR 4/1, 3/3	膜状斑鉄	角塊	管状孔隙
	心土層上	32~48	18.0~18.4	HC	7.5 YR 4/1, 4/4	膜状斑鉄	角塊	管状孔隙
	心土層下	48~	12.5~18.0	HC	7.5 YR 5/1, 4/4	膜状斑鉄	角塊, 壁状	管状孔隙
2	作土層	0~18	16.6~17.4	SiC	7.5 YR 3/2		粒状	管状孔隙
	耕盤層	18~30	22.0~23.6	HC	7.5 YR 4/2	膜状斑鉄	角塊	管状孔隙
	心土層上	30~50	19.4~22.0	HC	7.5 YR 5/2, 5/6	膜状斑鉄	壁状	管状孔隙
	心土層下	50~	19.6	HC	7.5 YR 5/2, 5/6	膜状斑鉄	壁状	管状孔隙
3	作土層	0~15	12.6~15.8	LiC	7.5 YR 4/2, 5/6	管状斑鉄	粒状	
	耕盤層	15~25	24.0	SiC	7.5 YR 4/1, 4/4	管状斑鉄	角塊	管状孔隙
	心土層上	25~45	22.0~22.2	HC	7.5 YR 5/1, 5/6	管状斑鉄	角塊	管状孔隙
	心土層下	45~	20.0	HC	7.5 YR 4/3	膜状斑鉄	壁状	亀裂
4	作土層	0~16	14.2~14.6	HC	7.5 YR 4/1, 4/6	雲状斑鉄	亜角塊	管状孔隙
	耕盤層	16~29	20.4	HC	7.5 YR 4/1, 4/4	管状斑鉄	角塊	管状孔隙
	心土層	29~	16.6~20.2	HC	7.5 YR 5/1, 4/6	雲状斑鉄	壁状	
5	作土層	0~18	14.2~17.2	SiC	7.5 YR 3/2		粒状	
	耕盤層	18~30	19.2~19.6	SiC	7.5 YR 4/1, 4/4	膜状斑鉄	角塊	管状孔隙
	心土層上	30~45	17.2	HC	7.5 YR 5/1, 5/4	雲状斑鉄	壁状	管状孔隙
	心土層下	45~	19.4	SiC	7.5 YR 4/4, 5/2	雲状斑鉄	壁状	管状孔隙

水田 No. 6 は記載なし

表-4 土壤の基本的物理性

Table 4 Fundamental physical properties of the soils of the research fields

水田 No.	層位	作土層	耕盤層	心土層上	心土層下
No. 1 モミガラ	深さ (cm)	0~18	18~32	32~48	48~
	自然含水比 (%)	39.6	28.1	31.6	34.0
	乾燥密度 (g/cm ³)	1.19	1.41	1.38	1.37
	真比重	2.62	2.69	2.64	2.65
No. 2 浅層1	深さ (cm)	0~18	18~30	30~50	50~
	自然含水比 (%)	35.2	28.7	29.2	36.5
	乾燥密度 (g/cm ³)	1.28	1.42	1.40	1.30
	真比重	2.54	2.57	2.58	2.67

率が大きい土層ほど透水係数が大きく測定された。また同図から、同じ粗間隙率でも鉛直方向の透水係数が水平方向よりも大きいことが明らかである。前述のとおり、土壌中の粗間隙は根跡孔隙（管状孔隙）を主体として鉛直方向に連続しているため、鉛直方向の透水性が高い。すなわち、浸透水は土壌中の粗間隙を水みちとして降下することを示唆している。

(2) 圃場試験

1) 作土表層の土壤水分

TDR による作土表層の体積含水率 (v%) の測定結果を図-5 に示す。「モミガラ区」と「浅層1区」の含水率は全体的に用水路側 (図の左側) で高く、排水路側 (右側) で低くなっている。「無暗渠1区」と「モミガラ区」・「浅層1区」を比べると、暗渠圃場の含水率が無暗渠圃場に比べて30%以上も少なく、暗渠による排水促進や圃

場乾燥が進展していることが原因と考えられる。

また、「モミガラ区」と「浅層1区」の暗渠直上と暗渠中間による含水率の差について両値の平均値についてみると、「モミガラ区」では暗渠直上の含水率が暗渠中間よりも平均値で10%以上も低く、乾燥傾向にある。両値の有為差は1%水準で認められ、暗渠直上の土壤水分が少なく、圃場の排水が促進されていると判断できる。一方「浅層1区」は暗渠直上の含水率が暗渠中間よりも平均値で数%程度低く、暗渠の位置関係による圃場排水の特

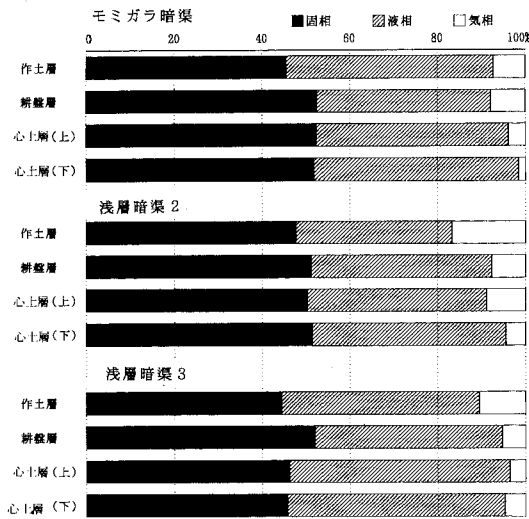


図-3 土壤の三相割合

Fig. 3 Three phases of soil.

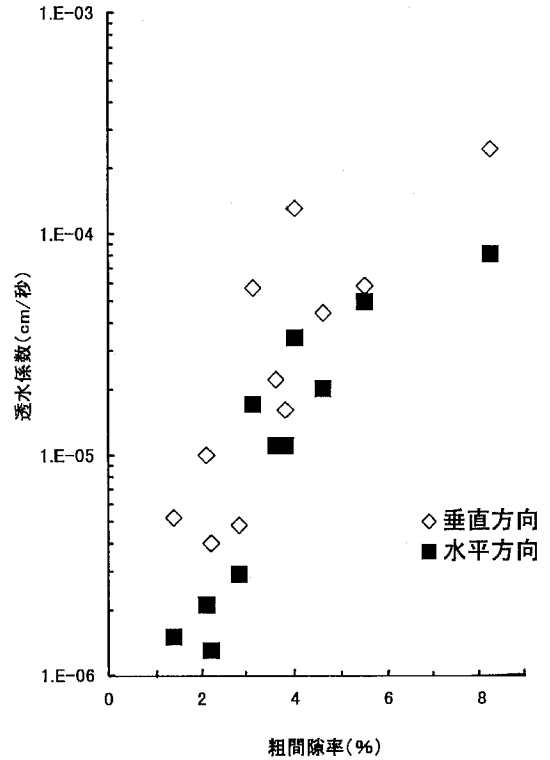


図-4 粗間隙率と透水係数の関係

Fig. 4 Relationship between macro-porosity and permeability.

表-5 透水係数および粗間隙率

Table 5 Hydraulic conductivity and macropore range

水田 No.	層位	透水係数 (cm/秒)			粗間隙率 (%)
		鉛直方向	水平方向	鉛直/水平	
No. 1 (モミガラ)	作土層	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-5}	3.0	8.2
	耕盤層	4.4×10^{-5}	2.0×10^{-5}	2.2	4.6
	心土層上	1.0×10^{-5}	2.1×10^{-6}	4.8	2.1
	心土層下	5.2×10^{-6}	1.5×10^{-6}	3.5	1.4
No. 2 (浅層1)	作土層	5.7×10^{-5}	1.7×10^{-5}	3.4	3.1
	耕盤層	2.2×10^{-5}	1.1×10^{-5}	2.0	3.6
	心土層上	4.8×10^{-6}	2.9×10^{-6}	1.7	2.8
	心土層下	4.0×10^{-6}	1.3×10^{-6}	3.1	2.2
No. 3 (浅層2)	作土層	4.1×10^{-4}	1.7×10^{-4}	2.4	9.1
	耕盤層	1.3×10^{-4}	3.4×10^{-5}	3.8	4.0
	心土層上	5.8×10^{-5}	4.9×10^{-5}	1.2	5.5
	心土層下	1.6×10^{-5}	1.1×10^{-5}	1.5	3.8

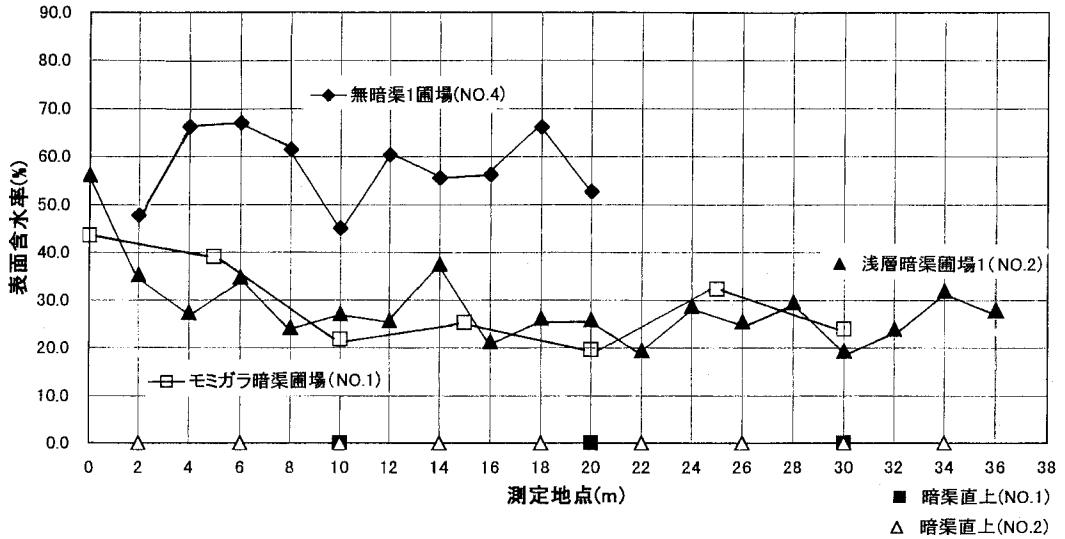


図-5 モミガラ管暗渠水田と「浅層暗渠1区」水田の含水率

Fig. 5 Volumetric moisture content of soils in the research field No. 2 (Shallow underdrainage).

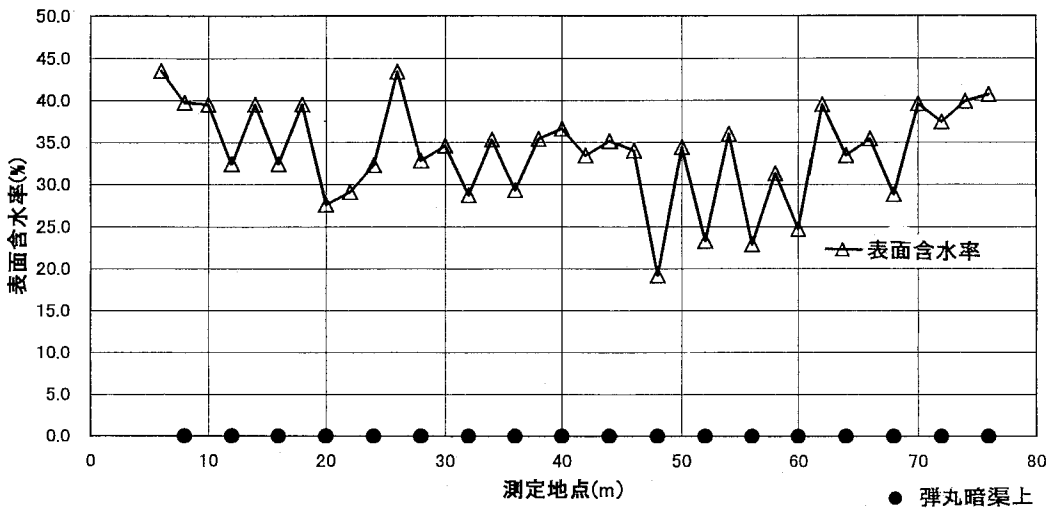


図-6 「浅層暗渠3区」水田における弾丸暗渠の影響

Fig. 6 Effect of the mole drains in the research field No. 5 (Shallow underdrainage).

徴は顕著ではなかった。

この弾丸暗渠の影響について「浅層3区」の長辺方向(弾丸暗渠に直交方向)で含水率を測定した結果を図-6に示す。含水率の変化は歯状形となり、弾丸暗渠の直上で低く、暗渠中間で高くなっており、弾丸暗渠により圃場排水が促進され、土壌が乾燥している状態が認められる。

このように暗渠施工圃場は、無暗渠圃場に比べて暗渠方式を問わず含水率が低く、圃場排水および土壌乾燥の

進展が見られる。

2) インタークレート

浸入能の測定結果を表-6に示す。これは、各圃場内の至近距離で各2カ所を測定した結果である。

「モミガラ区」のベーシックインタークレートは、暗渠直上よりも暗渠中間の方が大きい。これに対して浅層暗渠では、暗渠直上の値が非常に大きく、浸入能の大きい状況が明らかである。これは暗渠施工後に、浅層暗渠の深さ40cmまでの土層中に亀裂が生じたため、水みちの

表 6 ベーシックインテークレートの値

Table 6 Basic intake rate

(mm/hr)			
水田 No.	暗渠の種類	暗渠中間	暗渠直上
No. 1	モミガラ暗渠	23.6	11.1
No. 2	浅層暗渠1	26.6	50.1
No. 5	浅層暗渠3	47.6	—
No. 4	無暗渠1	13.4	—
No. 6	無暗渠2	11.9	—

影響が現れたと思われる。また「無暗渠区」での浸入能は、いずれも小さい値であり、暗渠施工によるインテークレートの増加や排水条件が良好になっていることが判明した。

3) 地耐力

コーンペネトロメータによる各圃場の貫入抵抗の測定結果を図-7に示す。3回の測定の平均値をプロットした。

水田整備基盤における区画拡大は、トラクターやコンバインなどの大型農作業機械を導入して、労働生産性を高めることである。軟弱な粘土質の水田に大型機械を導入する場合、その走行性が問題となり、走行性を支配する条件は、地盤条件、機械条件、作業条件、技術条件であり、これらの要因が複雑に絡み合っているといわれている(山崎, 1990)。

各圃場の地耐力は、作土表層で小さく、深さ 20 cm 付近でピークを示し、耕盤層の位置と同一となっている。それ以降の心土層は、耕盤層の値と近似した大きな値で推移している。

暗渠の種類とその有無による地耐力の特徴は、「浅層暗渠区」>「モミガラ区」>「無暗渠区」の順である。この結果からみて、浅層暗渠が土壌の乾燥に何らかの影響を与え、それが地耐力の変化に現れたものと推察できる。

4) 暗渠排水量および水質

暗渠からの排水量について、No. 1 水田のモミガラ暗渠からの排水は埋設位置が深いため、量が多く、また黒色を呈していた。No. 2 水田の「浅層暗渠区」からの排水は、量がモミガラ暗渠よりも少なく、また若干の濁りがある。以上の圃場の暗渠排水は、数本の吸水渠がまとまり集水渠を経由して排水されるため水量が多い。

「モミガラ区」と「浅層暗渠区」の水質調査結果を図-8に示す。電気伝導度は大きな変動は見られないが、酸化還元電位は「モミガラ区」で-60~-150 mV を示し還元~強還元である。また「浅層暗渠区」で-30~-60 mV と「モミガラ区」より高い値で変動しており、浅層

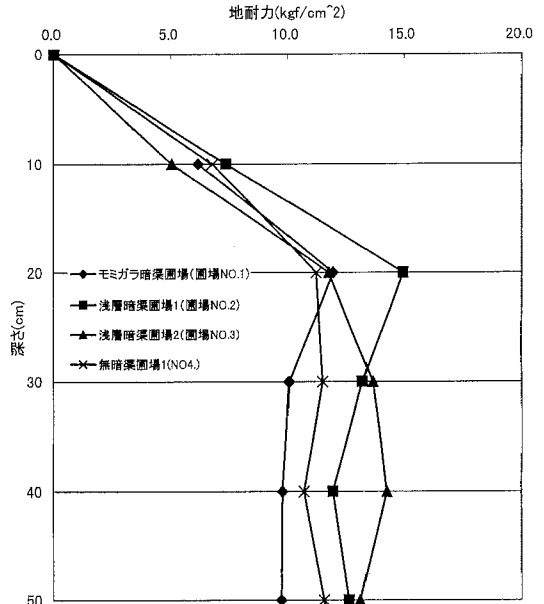


図-7 貫入抵抗測定結果

Fig. 7 Soil bearing ratios of the research fields.

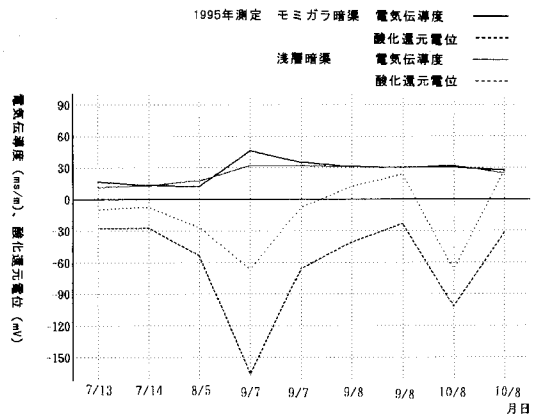


図-8 水質調査結果

Fig. 8 Result of drained water quality.

暗渠の浅い埋設位置とそれに影響を受けた酸化的環境が示唆される。

次に No. 5 水田の浅層暗渠からの排水量を図-9に示す。ここでは、各吸水渠が各々別れて排水路へ流出しているため、個々の排水量が測定できた。これによると各排水量にはバラツキがあるが、暗渠排水量から水田の浸透量相当換算値は、7月14日は6 mm、8月5日は18 mm 程度であり、8月に3倍に突出している。これは、

本地区では7月下旬から8月初旬に中干しを実施したため、土壌の浸透能が一時増加したためと考えられる。このように、わずかの中干し期間でもその効果が土壌の浸透能（排水能）に影響を与え、浅層暗渠はそれを敏感にとらえている。

(3) 圃場の排水性の評価

圃場の暗渠効果を総合評価するために、土壌実験および圃場観測結果（土壌水分、地耐力およびインテークレートなど）から暗渠と無暗渠の排水性について比較し、表-7のようにまとめた。

浅層暗渠の効果については単純な評価は困難であるが、圃場排水からみた状況から判断すると「モミガラ区」に比べて排水能力が高いことが指摘できる。

前述のように透水性について、心土層（下）が小さく、耕盤層および心土層（上）が比較的大きいことから、「モミガラ区」、「浅層区」とも透水性の改善に効果があったと判断できる。しかし、「浅層2区」でみられるように、暗渠施工と畑作期間の組み合わせによる圃場土壌の乾燥

促進、亀裂の発達、土壌の透水性の向上が顕著であることから、暗渠のみならず、土地利用の在り方も排水性の向上に関して大きな影響を与えていると思われる。

暗渠による各圃場の土壌間隙は、「浅層2区」>「浅層3区」>「モミガラ区」>「浅層1区」の順となっている。粗間隙割合の大小は、透水係数と密接な関係があり、粗間隙割合の大きい土層ほど透水係数が大きい傾向があり、暗渠による排水性の改善程度が推察される。

地耐力の特徴は、「浅層暗渠区」>「モミガラ区」>「無暗渠区」の順であった。この結果からみて、浅層暗渠が土壌の乾燥に伴って地耐力を増加させている一因となっていることがうかがえる。

また、農家の聞き取り調査によると、「浅層暗渠圃場は施工前と比べて乾燥が促進され、モミガラ暗渠圃場よりも改善された」ということである。また「以前は降雨直後に圃場内に人が入れないほど軟弱であったが、現在では排水とともに地耐力が大きくなって小麦やそばの作付が可能になった」ということでもあり、乾燥の促進がうかがえる。さらに「水田雑草についても、以前は草丈の低い水草の類（注：湿性植物）であったが、施工後は草丈の高い草種（注：湿性～乾性植物）が繁茂していた」という。

以上のような排水性の差異について、浅層暗渠とモミガラ暗渠とでは、暗渠の深さと間隔が大きなキーワードとなってくる。従来の暗渠は深さが60～80cm、間隔が10m程度とされているが、浅層暗渠では深さ40cm、間隔4mの浅い（狭い）間隔で施工され、地表水が暗渠に達する距離が短いことが最も異なる特徴とみることができる。

4. おわりに

本研究は、新しい稲作技術である直播栽培や不耕起栽培の導入を保証する水田基盤整備の在り方を主要目的とした。その鍵を握る技術は、暗渠排水による余剰水の速やかな排除、土壌水分の制御であると考えることができ、暗渠排水とくに浅層暗渠の機能と効果に関して現地調査を実施した。

浅層暗渠の効果については「浅層暗渠2区」で例示したように、暗渠施工と畑作期間の組み合わせによる圃場の乾燥促進、亀裂の発達、土壌の透水性に向上がみられた。このことから暗渠の施工だけでなく、土地利用の在り方も排水性の向上に影響していることを示唆している。一方、土壌粗間隙はその割合の大きい土層ほど透水係数が大きい傾向があり、暗渠による排水性の改善程度が推察された。

また営農においては小麦やソバの作付が可能になるよ

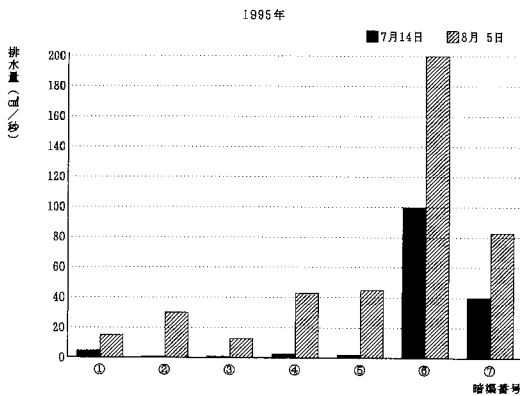


図-9 「浅層暗渠3区」水田の暗渠排水量

Fig. 9 Underdrainage discharge from field with the shallow underdrainage (Field No. 5).

表-7 圃場の排水性の評価

Table 7 Evaluation of research field drainage

項目\種類	無暗渠	モミガラ暗渠	浅層暗渠
土壌水分	多	少	少
気相割合	小	中	中
透水係数	小	中	中
地耐力	小	小～中	大
インテークレート	小	中	大
酸化還元電位	還元	還元	酸化～還元

うな浅層暗渠の著しい効果が期待される。しかし、浅層暗渠に課題も残されている。たとえばこの暗渠埋設時に生じた土壌亀裂の保存期間などである。またこの亀裂がさらに大きな亀裂を誘発する可能性、各暗渠の排水量が一定していない理由などについても今後追跡調査が必要である。本研究の対象とする浅層暗渠は勾配を付けずに田面と平行に敷設する方式であるが、田面の凹凸をそのまま反映した施工となるため、一部では逆勾配の可能性も指摘できる。

以上の点を踏まえて、新しい稲作栽培技術とそれを保証する水田の排水性を中心にする基盤整備などについて今後さらに検討する必要がある。

最後に本研究を実施するにあたり、ご助言ご協力いただいた東京農業大学の穴瀬真教授、静岡県袋井市役所関係の皆様、調査圃場を提供いただいた大場政伸氏ならびに浅層暗渠施工の中江建設工業株式会社に感謝申し上げます。また調査、実験ならびに試料整理に協力いただいた東京農業大学生産環境工学科農地環境工学研究室専攻学生に併せて感謝いたします。

引用文献

- 甲斐貴光、広瀬 理、成岡 市、穴瀬 真、新垣雅裕、木本凱夫 (1995) : 浅層暗渠の効果について (その4), 平成7年度農業土木学会講演要旨集 : 574~575
- 甲斐貴光・駒村正治・成岡 市・広瀬 理、穴瀬 真・新垣雅裕・木本凱夫 (1996) : 浅層暗渠の効果について (その6), 平成8年度農業土木学会講演要旨集 : 338~339
- 成岡 市 (1989) : 土壌の粗孔隙の計測法とその物理的機能に関する研究, 東京農業大学総合研究所紀要, 1 : 1~58
- 農林水産省構造改善局 (1980) : 土地改良事業計画設計基準計画 暗渠排水
- 農林水産省構造改善局 (1990) : 土地改良事業計画設計指針ほ場整備 (大区画水田)
- 増島 博 (1966) : 水稻乾田直播栽培における降下浸透, 土壌の物理性, 15 : 12~14
- 山崎不二夫 (1990) : 農地工学上, 東京大学出版会 : 189~280

受稿年月日 : 1997年12月18日

受理年月日 : 1998年9月3日