

## 排水路水位が隣接圃場の排水性に及ぼす影響

樋口俊輔\*・尾上 武・持永 亮・荒木雅登・水田一枝

本研究では転換畑の排水不良要因を解明するため圃場が隣接する排水路およびクリークに着目し、水位変動の実態とその水位が隣接圃場の排水性に及ぼす影響について調査した。まず、地域内で排水路水位の異なる 2 つの転換畑を調査した。結果、8月下旬～9月下旬までの排水路水位に顕著な差が見られた。低水位排水路で田面から-100cm程度の水位の時に、高水位排水路では-40cm程度を維持した。また、降雨時の排水路水位上昇程度にも差が見られ、降雨時に低水位排水路の水位が-78cmの時に高水位排水路は-42cmあり圃場が位置する流域の排水能力に違いがあることも明らかとなった。次に、排水路水位が隣接圃場の地下水位に及ぼす影響を調査した。排水路水位が低位に変化した時の圃場地下水位を測定した。結果、排水路水位の低下に伴い、直ちに圃場地下水位が低下したことから排水路水位が隣接圃場の地下水位に影響を及ぼしていると推察された。さらに、クリーク地帯でその水位が暗渠排出能力に及ぼす影響について調査した。暗渠排出量は水位によって大きく異なった。低水位の時は降雨強度に伴って排出量が増加した。一方、豪雨による急激な水位上昇で高水位時の排出量は0.2mm/hと著しく低下し、高水位時は排出が抑制されることが示唆された。以上のことから、排水路の高水位が隣接圃場の地下水位の上昇、暗渠からの排出の抑制を誘発し、圃場の排水性に大きく影響していると考えられた。

[キーワード：転換畑、排水性、暗渠排出量、排水路]

Effects of Farm Drain Water Level on Drainage of Field Converted from Paddy. HIGUCHI Shunsuke, Takeshi ONOUE, Ryo MOCHINAGA, Masato ARAKI and Kazue MIZUTA (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 4 :19 -24 (2018)

We focused on the water level of farm drain and creek, and examined the effects of farm drain water level on drainage of field converted from paddy, to clarify the factors in poorly draining paddy fields. Firstly, we selected and compared two fields with different water levels of farm drain. The result indicated a remarkable difference in water fluctuations until late September. Low level of farm drain was at about 100 cm depth from the field surface, whereas high level was at about 40 cm. Secondly, we analyzed the effects of farm drain water level on groundwater level. The groundwater level dropped immediately after lowering of water level in the farm drain. This result indicated that the groundwater level was dependent on the water level of the farm drain. Finally, we examined the effects of creek water level on underdrain discharge. Underdrain discharge increased with rainfall when water level dropped, and the discharged decreased when the water level increased due to heavy rain.

[Keywords : field converted paddy, drainage, underdrain discharge, farm drain]

### 緒 言

わが国では食料自給率向上のため水田の高度利用が図られている。福岡県の水田面積は66,500ha（農林水産省2017）あり、水田転作や裏作として大豆、麦、露地野菜等が作付けされているが、従来は水田であった農地を畑利用するため、排水不良による作物の湿害や適期作業の遅れ等の問題が生じることは未だに多い。例えば、2013年に全国10県で実施された大豆低収要因調査結果において湿害が大きな要因であると報告されている（新良 2015）。さらに、近年は気象変動の増大も指摘されており、近森（2016）はこれまでの統計的指標の中で大雨の増加傾向を示唆している。このため、生産者の転換畑の排水性に対する注目は大きい。

これまで転換畑の排水性に関して多くの研究が行われ、排水不良を起こす様々な要因が報告されている。生産現場でよく指摘されるのは暗渠排出管の閉塞である。これに関しては酸化鉄や土砂が原因による閉塞が報告されている（兼子ら 1995, 北川ら 2006）。関連して、暗渠排出

管への通水経路となる疎水材では籾殻疎水材の腐敗（永石 1977）やその出現深と浸透能力低下について報告がある（吉田, 足立 2005）。また、排水設備ではなく、土壌の透水性による排水不良も報告されている。転換畑では代かきによって形成される耕盤が不透層になり排水性が低下する（村島・荻野 1992）。さらに、弾丸暗渠に関しても、代かきが行われるごとに施工部の透水性が低下する（冠ら 2007）。大豆圃場の生産力判定に透水性を指標とした事例も報告されている（塚本ら 2008）。このように圃場内に起因した排水不良要因は明らかになってきており、籾殻簡易暗渠と縦型暗渠を組み合わせたものや穿孔暗渠工法、排水性に優れた耕起播種法の改良などの様々な排水対策が行われている（足立ら 2011, 北川 2012, 川村ら 2013）。それにも関わらず、依然として排水性が問題になることは多い。

一方で地形や排水路等の圃場外要因に着目した調査も行われており、排水機能の低下要因の一つとして暗渠排出口の排水路内における水没が報告されている（塚本ら 2016）。本県は低平地に位置する圃場が多く、同様な問題

が懸念されるが、これまで類似の調査は実施されていない。そこで、暗渠排出口の排水路の水位変動の実態とその水位が隣接圃場の排水性に及ぼす影響について調査した。

## 材料および方法

### 試験1 排水路水位変動の実態

転換畑の隣接排水路における水位変動を明らかにするために2015年8月下旬から11月中旬に調査を行った。調査地区は宗像市内とし、調査圃場および周辺圃場を含め水田転作として大豆が栽培されていた。明らかに暗渠排出口の排水路水位が異なる2つの圃場(A, B)を選定し、排水路の水位をモニタリングした。なお、2つの圃場は異なる流域に位置し、異なる生産者によって管理されていた。水位測定には絶対圧型の自記式水位計(応用地質(株)製, S&DL mini)を用いた。さらに得られた値を大気圧バロメーター(同社製)の測定値で補正し、正確な水位を求めた。水位計は排水路底部に、バロメーターは畦畔に打ち込んだ杭に固定した。田面および排水路等の高さは位置関係を正確に把握するためレベルを用いて水準測量した。排水路水位は、田面の高さを0cmとして測定した。降雨量はアメダス(宗像)を使用した。

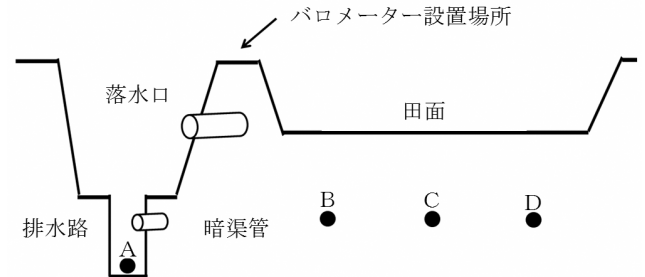
### 試験2 排水路水位が圃場地下水位に及ぼす影響

排水路水位と圃場地下水位の関係を検証するために、2016年7月下旬から11月中旬まで宗像市の大豆栽培圃場で調査を行った。長辺72m、短辺35m(面積25a)で暗渠が長辺と平行に7.5m間隔で埋設された圃場において、排水路水位(A)、圃場内の排水路側地下水位(B)、中央部地下水位(C)および排水路逆側地下水位(D)の3地点を観測した(第1図)。排水路水位は排水路底部に水位計を設置した。一方、地下水位は側面を多孔加工した塩化ビニルパイプを圃場に埋設し、その中に水位計を設置し測定した。また、地下水位測定用のパイプの埋設位置は(B)、(C)、(D)ともに2本の暗渠の概ね中間とした。作土には土壌水分センサー(デカゴン社製, 10HS)をすき床上に横向きに挿し、地下水位と作土の土壌水分の関係を検証した。また、地下水位のみを正確に捉えるため、データ解析は無降雨の時間帯を対象とした。なお、調査圃場の地表から深さ60cmまでのピペット法により判定した土性を第1表に示す。

### 試験3 クリークの水位が暗渠排出量に及ぼす影響

クリークの水位(=暗渠排出口側の水位)が暗渠排出量に及ぼす影響を明らかにするため、2016年9月中旬から11月中旬まで大川市のクリーク地帯にある大豆の集団転作が行われている圃場で調査を行った。ピペット法により判定した作土の土性がLiC(軽埴土)、長辺70m、短辺67m(面積47a)、暗渠が短辺と平行に10m間隔で埋設されている圃場において、圃場中央側にある暗渠を選定し、その排出量を測定した。暗渠排出口に塩化ビニルパイプを介して、パルス出力式水道メーター(愛知時

計製, FMDS シリーズ)に導水した。水道メーターはクリーク内に固定し、測定データは地上部に設置したパルスデータロガー(ティアンドディ製, RTR-505)に蓄積した。また、水位計は水道メーターを設置した暗渠排出口の傍に設置し、水位を測定した。降雨量の測定には、雨量計(デカゴン社製, ECRN-50)を用いた。



第1図 水位計の設置位置

- 1) B, C, Dは排水路側の田面端から約5, 36, 67mの位置
- 2) 図示した断面は水田の長辺を示す

第1表 調査圃場の土性

田面からの深さ <sup>1)</sup>	土性 <sup>2)</sup>
0 - 10cm	CL
10 - 20cm	CL
20 - 30cm	SL
30 - 40cm	SL
40 - 50cm	SL
50 - 60cm	LS

- 1) 検土壌で土壌を連続的にサンプリング
- 2) ピペット法によって判定した
- 3) CL:埴壤土, SL:砂壤土, LS:壤質砂土 略称

## 結果

### 試験1 排水路水位変動の実態

排水路水位が異なる2つの圃場(A, B)を選定した。それぞれの圃場に隣接する排水路における2015年の水位変動を第2図に示した。

圃場Aの排水路水位は期間を通して田面の高さから-100cm程度と比較的低く維持された。暗渠排出管が水没したのは20mm/h以上の強い降雨があった10月1日のみであった。

圃場Bの排水路水位は9月下旬までは無降雨日であっても田面から-40cm程度と高く維持され、暗渠排出管は水位より下にあった。9月下旬以降、排水路水位は著しく低下し(第3図)、暗渠排出管は水位より上にあり、10月1日の強い降雨時だけ水没した(第2図)。この9月下旬以降に排水路水位が著しく低下した要因は当該地域の水稻収穫に伴う落水管理により、排水路水位が顕著に低下したものと考えられる。

降雨時の水位上昇程度にも差が見られた。観測期間を通じて圃場Bの方が圃場Aに比べて上昇幅が大きかった。

差が顕著であった10月1日の強い降雨時は、圃場Aの水位が田面の高さから-78cmであったのに対し、圃場Bは-42cmまで上昇した。

圃場Bの排水路はAに比べて、降雨量が同程度であっても水位が上昇しやすい傾向にある。したがって圃場が位置する流域が違えば排水能力が異なることが明らかとなった。

### 試験2 排水路水位が圃場地下水位に及ぼす影響

排水路水位と圃場地下水位の連動性を検証するため、観測期間中、排水路水位が低下した2016年8月27日から28日の地下水位変動に着目した。この時の各観測地点の水位変化を第4図に示した。排水路水位の低下に伴い、直ちに圃場地下水位が低下した。したがって、排水路水位が圃場地下水位に影響していることが明らかとなった。また、その低下速度は排水路に近い観測地点ほど急速であり、排水路に近い地点ほど排水路の水位変動の影響を受けることが示唆された。一方、この期間における作土の土壤水分は水位低下前後のそれぞれで、体積含水率38%、37%程度であり、地下水位のような著しい変化は

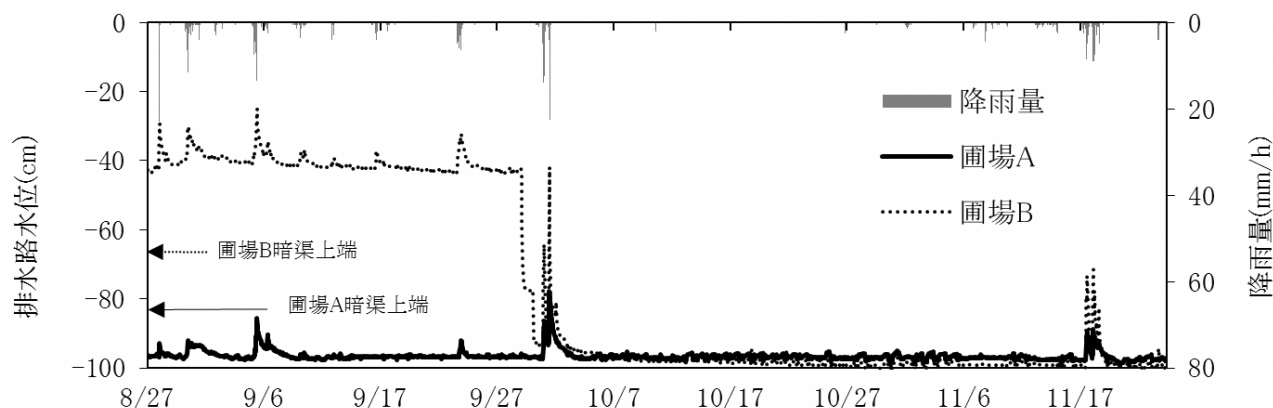
見られなかった。

### 試験3 クリークの水位が暗渠排出量に及ぼす影響

観測期間中、積算および時間当たり降雨量が多かった9月28日と29日のデータを解析した(解析の便宜上、9月28日0時から16時までの降雨を「前半」、9月28日16時から29日24時までを「後半」とした)。

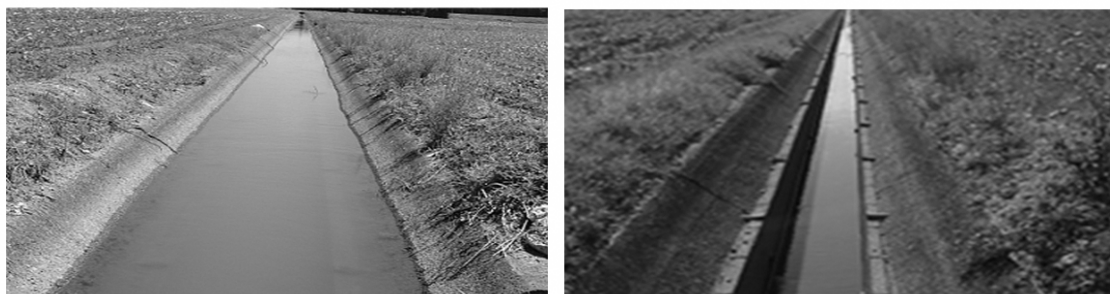
クリークの水位(=暗渠排出口側の水位)と暗渠排出量および降雨量の関係を調査したものを第5図に示した。この期間の前半と後半の降雨はそれぞれ継続時間が11、16時間、積算降雨量が42mm、130mm、時間当たりの最大降雨量が12mm、55mmであった。

暗渠排出口が水位より低い時間が多かったが、排出は確認された。一方で排出量やクリークの水位は各時間で大きく異なった。前半の降雨時は比較的強い12mm/hの降雨直後の9月28日12時に最大暗渠排出量2.4mm/hを記録した。なお、この時のクリークの水位は田面の高さから-53cmであった。一方、後半の降雨時における最大暗渠排出量は9月29日15時の3.4mm/hであった。この値を記録したのは55mm/hの猛烈な降雨が見られた9月

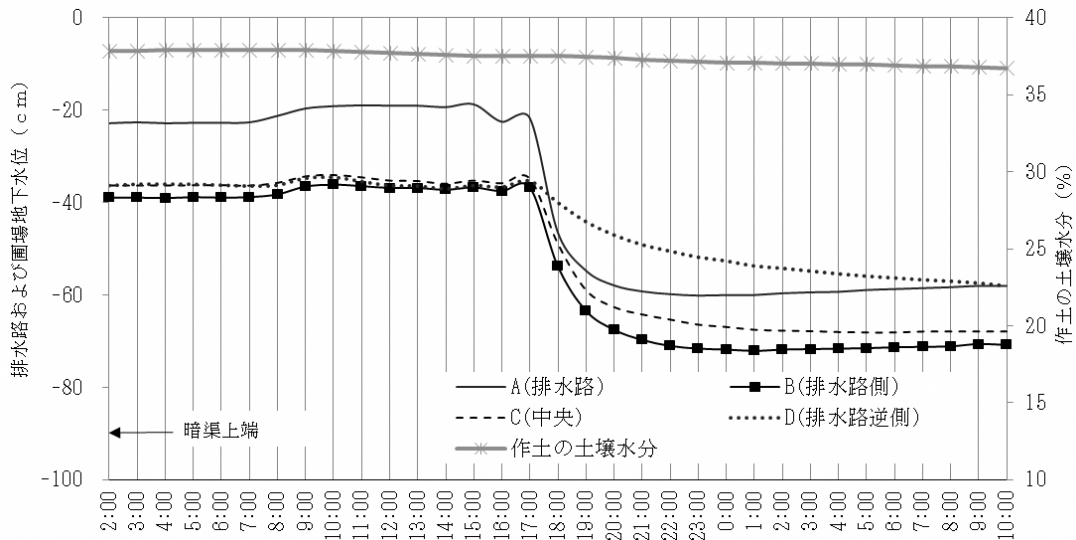


第2図 排水路水位変動の実態

- 1) 水位は各田面の高さを0cmとして測定
- 2) 暗渠排出口上端の高さは圃場Aが-81cm、圃場Bが-66cm
- 3) 排水路底部の高さは圃場Aが-101cm、圃場Bが-103cm

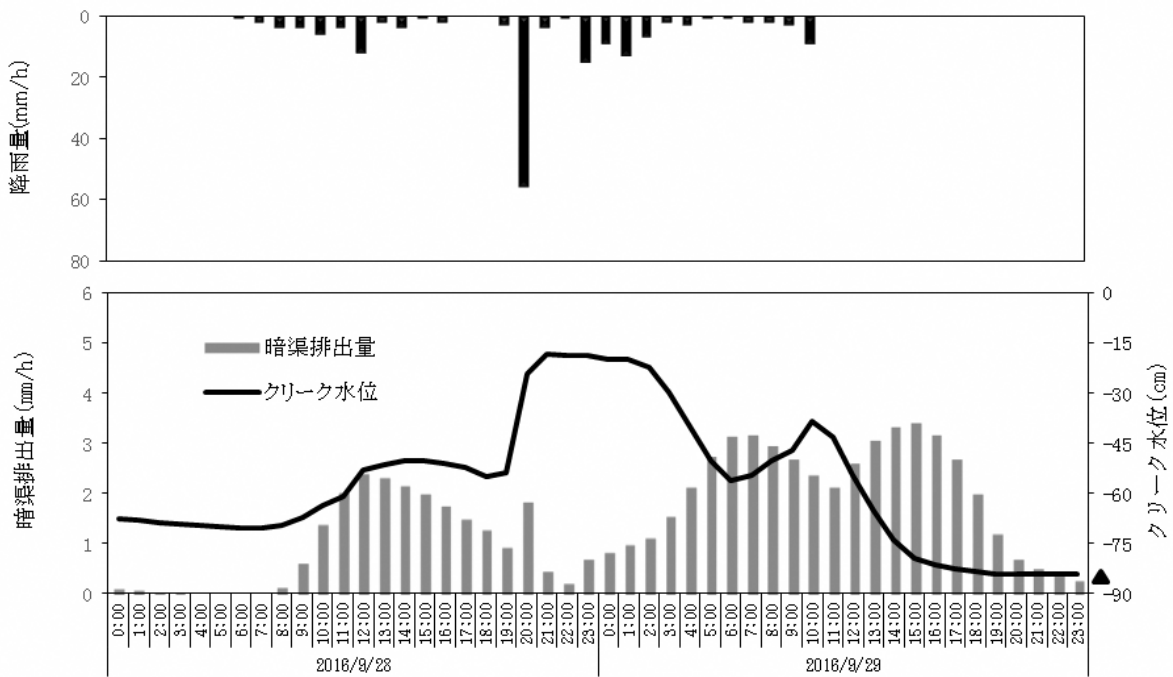


第3図 圃場Bの排水路水位  
左：高水位時（9月下旬前）、右：低水位時（9月下旬後）



第4図 排水路水位と圃場地下水水位および作土の土壌水分の関係

- 1) データは2016年8月27~28日
- 2) 水位は田面の高さを0cmとして測定
- 3) 暗渠排出口上端の高さは田面から-91cm



第5図 クリーク水位と暗渠排出量の関係

- 1) 水位は田面の高さを0cmとして測定
- 2) ▲: 暗渠排出口上端の高さは-84cm

28日20時の19時間後であり、この時の水位は-80cmであった。また、猛烈な降雨直後の暗渠排出量は1.8mm/hで、水位は1時間で30cm上昇して-24cmとなった。さらに、この2時間後には暗渠排出量が0.2mm/hまで低下して水位は-19cmまで上昇した。したがって、クリークの水位が高くなり、田面との距離が近くなると暗渠排出量は抑制されることが明らかとなった。

### 考察

圃場外に起因する転換畑の排水不良要因を解明するため、排水路水位変動の実態把握とその水位が隣接圃場の排水性に及ぼす影響について検討した。

まず、試験1において排水路水位が異なる2つの圃場

(A, B) の排水路水位変動について比較したところ、大きく異なった。特に圃場 B では 9 月下旬を境に水位が大幅に低下したが、これは大豆圃場の排水路が近隣の水稻圃場の落水管理により排水路水位が大幅に低下したものと考えられる。原口 (2013) は高度な地下排水技術であっても“バラ転“(個々の水田がばらばらに転作されているような状態)では豪雨時の排水路水位上昇の影響を受けて効果が発揮できないため、基本的にブロックローテーションが必要であると指摘している。しかし、今回の結果はブロックでの管理(集団転作)であっても排水路が高水位となることを示した。また、降雨時の水位上昇程度に差が見られた。10 月 1 日の強い降雨時における圃場 A の水位が -78cm であったのに対して圃場 B は -42cm であった。したがって圃場が位置する流域の排水能力に違いがあることが明らかとなった。この要因調査はできていないが、隣接排水路とその合流先となる幹線排水路や河川までの高低差によるものや排水路に排出される水量の違い等によるものと予想される。したがって、圃場の排水性を高めるためにはブロックローテーションであっても流域としての排水路が高水位とならない作付け計画が必要と考えられた。

次に試験 1 の結果を踏まえ、排水路水位が圃場地下水位に及ぼす影響を試験 2 で検証した。排水路水位の低下に伴い圃場地下水位が低下したことから排水路水位と隣接圃場の地下水位との連動性が明らかとなった。千葉県(2011)では暗渠を通じて排水路水位と圃場内水位が連動していると報告されており、結果は概ね一致している。今回は排水路水位の低下時に限った調査となったが、上昇時も連動すると予想される。また、水位低下速度が排水路に近い観測地点ほど急速であったことから、圃場の排水路側ほど排水路水位の影響を受けやすいと考えられる。一方で排水路から最も遠い D 地点と排水路の水位低下開始時間の差は僅か 1 時間以内であった。これは下層の土性が SL (砂壤土) /LS (壤質砂土) であり、透水性の高い土壌であったためと推察される。したがって下層が粘質で透水性の低い土壌の場合は結果が異なる可能性がある。また、作土の土壌水分では著しい変化が見られなかった。これは土壌間隙に水が保持され、水移動が制限されたためと考えられる。

クリークの水位が暗渠排出能力に及ぼす影響についての検証では暗渠排出口が水没していても降雨時の排出は確認されたが、排出量はクリークの水位によって大きく異なった。水位上昇が小さく、低水位の時は降雨強度に伴って排出量も増加した。一方で、水位上昇が大きく、高水位となった時は強い降雨強度であったにも関わらず排出量は 0.2mm/h まで低下し、この値は最大暗渠排出時の 1/17 の量であった。これは暗渠からの排出が排水路水位によって抑制されたことを示唆しており、急激に排水路水位が上昇し、暗渠排出量が低下したとする片山ら(2015)の報告と一致している。その後、水位の低下に伴って排出量が大幅に増加した。したがって、高水位の継続が長時間であれば暗渠排出量の抑制が続くため、圃場が排水不良となるリスクは高まり、短ければ低くなる

と推察される。

以上のことから、排水路(クリーク)の高水位が隣接圃場の地下水位の上昇、暗渠からの排出の抑制を誘発し、圃場の排水性に大きく影響していると考えられた。地下水位に関しては、それぞれの品目毎に大まかな基準が設定されており、例えば大豆や麦は 60cm 以下となっている(福岡県 2009)。今回の試験結果から、排水路水位をコントロールすることによって、地下水位を下げ排水性を改善できる可能性が示唆される。また、圃場外の水位によって暗渠からの排出が抑制されていることが明らかとなり、排出量は圃場内の土壌の透水性や暗渠管の機能等だけでは説明できないことが示された。したがって、今後は排水不良要因が圃場内と圃場外のどちらに存在するものかを明確化し、それに適した対策を検討していくことが課題となる。

## 謝 辞

今回の試験は全て現地生産圃場で実施したものである。フィールド調査にご協力頂いた 3 戸の生産者と普及指導員に深く御礼を申し上げる。

## 引用文献

- 足立一日出・大野智史・古畑昌巳・小倉 力・谷本 岳(2011) 本暗渠にモミガラ簡易暗渠と縦型暗渠を組み合わせた重粘土転換畑の排水改良効果の持続性. 農業農村工学会論文集 272: 143- 149.
- 片山高嗣・吉田修一郎・大野智史・井上健一・笈田豊彦・中村真也・西田和弘(2015) 粘土質転換畑における作土内滞水と暗渠排出量の関係. 農業農村工学会講演要旨集 392- 393.
- 兼子健男・豊田 勇・犬童 止・竹本眞悟(1995) 動力噴霧機を利用した暗渠目詰まり除去技術. 農業土木学会誌 63:1029-1034.
- 川村富輝・小田原孝治・光岡宗司・井上英二・岡安崇史(2013) 転換畑における部分浅耕播種法がダイズの生育・収量に及ぼす影響. 農作業研究 48:49-59
- 冠 秀昭・岩佐郁夫・星 信幸・加藤 誠(2007) 水田輪作における弾丸暗渠の排水効果持続性と施工意義. 農業農村工学会論文集 75: 453- 461.
- 北川 巖・竹内晴信・木曾誠二(2006) 十勝岳泥流地帯における暗渠管閉塞要因の解明と回避技術. 農業土木学会論文集 241: 117- 122.
- 北川 巖(2012) 畑土壌に対する排水改良技術の動向. 土壌の物理性 120:15-20.
- 近森秀高(2016) 付録 D. 地域環境水文学. 朝倉書店, 東京, p. 190- 194.
- 千葉県(2011) 排水路の水位制御による広域的な圃場内地下水位管理法. 千葉県農林総合研究センター生産技術部, 千葉, <https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/shikenkenkyuu/documents/h2334.pdf>
- 塚本康貴・竹内晴信・北川 巖(2008) 転換畑におけるダイ

- ズの生産力判定のためのシリンダーインテークレー  
ト法による土壌物理性評価. 水土の知 76: 138- 139.
- 塚本康貴・竹内晴信・中村隆一・中津智史(2016) 疎水材  
暗渠の排水機能簡易診断と機能回復手法. 日本土壌  
肥科学雑誌 87: 368- 372.
- 永石善隆(1977) 暗キヨ疎水材としてのモミガラの耐用性  
について. 農業土木学会誌 45: 387- 391.
- 新良力也(2015) 大豆低収要因調査結果について.  
<http://www.maff.go.jp/tohoku/seisan/daizu/kyougikai/symposium.html#280121>(2017年7月13日閲覧)
- 農林水産省(2017) 耕地及び作付面積統計. 農林水産省大  
臣官房統計部生産消費流通統計課, 東京,  
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001172509>(2017年7月13日閲覧)
- 原口暢朗(2013) 基盤整備分野から見た転換畑の排水対策  
について. 日本作物学会第235回講演会要旨集: 450-  
451.
- 福岡県農林水産部(2009) 主要農作物の肥料節減指  
針. C-1-5.
- 村島和男・荻野芳彦(1992) 汎用化水田の暗渠排水の機能  
とその維持管理. 農業土木学会誌 60:13-18
- 山路永路・塩沢 昌(2008) 農地環境工学, 文永堂出版, 東  
京, p52-53.
- 吉田修一郎・足立一日出(2005) 水田における暗渠直上の  
浸透能の空間的変動. 農業土木学会論文集 235:  
35-41.