

大区画水田圃場における地下水位制御システムの高度利用に関する研究

—転作田における地下灌漑実施時の地下水位と土壤水分変動—

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 資源保全チーム ○清水 真理子
長竹 新
横川 仁伸

大区画水田圃場で地下灌漑を導入することは、転作作物の安定生産のために効果的と考えられる。美唄地区の転作田において、地下灌漑実施時における地下水位の空間分布を明らかにするとともに、地下水位変動が作土の土壤水分に与える影響を検証した。地下灌漑の取水開始直前の地下水位のばらつきに比べ、取水終了直前の地下水位のばらつきは小さく、水分供給ムラは大きくなかった。また、5 cm深の土壤水分は地下水位が-10 cmまで上昇したときに圃場容水量まで増加した。出芽促進を目的として地下灌漑を利用するためには、水分を供給したい深度の直下まで地下水位を上昇させることが重要であった。

キーワード：大区画水田、転作、地下水位、土壤水分

1. はじめに

北海道の大規模水田地帯では、食料生産の体質強化のため、担い手への農地集積や農地の大区画化・汎用化が推進されている。また、北海道の大区画水田圃場では、暗渠排水施設を利用した地下水位制御システムの導入も進められている。本システムでは、降雨時に余剰水を暗渠から速やかに排水するとともに、干ばつ時に地下から給水（以下、地下灌漑という）することで、転作作物栽培時においても最適な圃場水管理を実現することが可能となる。

複数の小圃場をまとめて1筆に整備したような大区画圃場では、圃場内での土性や土壤肥沃度のムラが大きくなりやすく、生育ムラが生じることが指摘されている¹⁾。また、大区画水田圃場における小麦の生育ムラが、土壤の過湿による湿害の発生によるものであったとの事例も報告されている²⁾。

大区画水田圃場における地下水位制御システムの効果的な利用とその普及のためには、圃場全体の速やかで均一な給排水技術が求められる。しかし、大区画圃場における地下灌漑実施時の給排水ムラに関する知見は非常に少なく、現場調査による実態把握が重要となる。本報では、美唄地区の泥炭地大区画転作田において、地下灌漑実施時における地下水位の空間分布を明らかにするとともに、地下水位変動が土壤水分に与える影響を検証する。

2. 調査地と方法

(1) 調査地

調査は、北海道美唄市の1筆の圃場で行った。

調査圃場では、2015年度に国営緊急農地再編整備事業にて区画整理工事が実施された（図-1）。圃場は長辺約170 m、短辺約70 mで集中管理孔を備えており、暗渠管（埋設深度0.7～1.0 m）の設置間隔は10 mを基本としている。地表から30～45 cmより下が泥炭層である。2016年の調査時における作土層36 cmの土性は、砂23～34%、

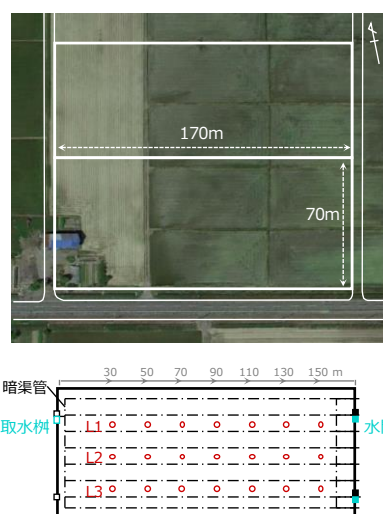


図-1 調査圃場の整備前の状況写真と観測地点位置図

シルト35～40%、粘土31～37%であった。2016年から2019年まで大豆を作付けした。水位調整型水閘（以下水閘という）については、営農期間中は地下灌漑を実施する時以外は全開にした。2019年は水閘を全閉にして地下灌漑を2回実施した。1回目は2019年6月10日から12日までであり、出芽促進を目的とした。2回目は2019年7月8日から10日までであり、出芽後の生育促進を目的とした。

(2) 調査方法

降水量は、調査圃場近傍で転倒マス式雨量計により測定した。

地下灌漑取水量は、10分間隔で測定した取水桝内水位をHQ式に代入して求めた。HQ式は、同一ブロック内の圃場で測定した取水桝水位と、電磁流量計により測定した地下取水量の関係から作成した。

暗渠排水量は、スリット堰により2分間隔で測定した。

地下水位は、圃場内の21地点で測定した。渠間のライン1～3（それぞれL1、L2、L3）において、取水桝から30 m間隔の21地点で測定した（図-1）。地下水位は、絶対圧式水位計を有孔塩ビ管に格納の上、埋設し、30分間隔で測定した。

土壌水分は、L1の30、50、130 m地点で測定した（図-1）。土壌水分ポテンシャルは、テンシオメータにより各地点3深度（15、25、35 cm深）、4反復で測定し、30

分間隔で記録した。L1の30 m地点では、5 cm深でも測定した。テンシオメータのポーラスカップの長さは6 cmであり、その中心部が測定深になるように埋設した。

3. 結果と考察

(1) 営農期間における地下水位変動

2019年5月から10月までの日降水量と日平均地下水位の経時変化を図-2に示す。5月から9月までの積算降水量は564 mmで、アメダス美唄観測所の過去10年間の平均値（ 791 ± 121 mm）より小さかった。特に6月と7月の月降水量はそれぞれ42、56 mmで、過去10年間の平均値（6月、7月それぞれ 94 ± 34 、 157 ± 71 mm）と比べて半分以下であった。

5月21日の21 mmの降水後、6月22日の21 mmの降水まで20 mmを超えるまとまった降水はなく、6月10日11時から12日16時まで地下灌漑によって取水をした。この53時間での地下灌漑取水量は78 mmであった。暗渠排水量は取水中に2 mm、その後水閘を全開としてからの24時間で23 mmであった。6月22日の降水後も7月12日から14日の合計26 mmの降水までまとまった降水はなく、7月8日17時から10日19時まで地下灌漑によって取水をした。この50時

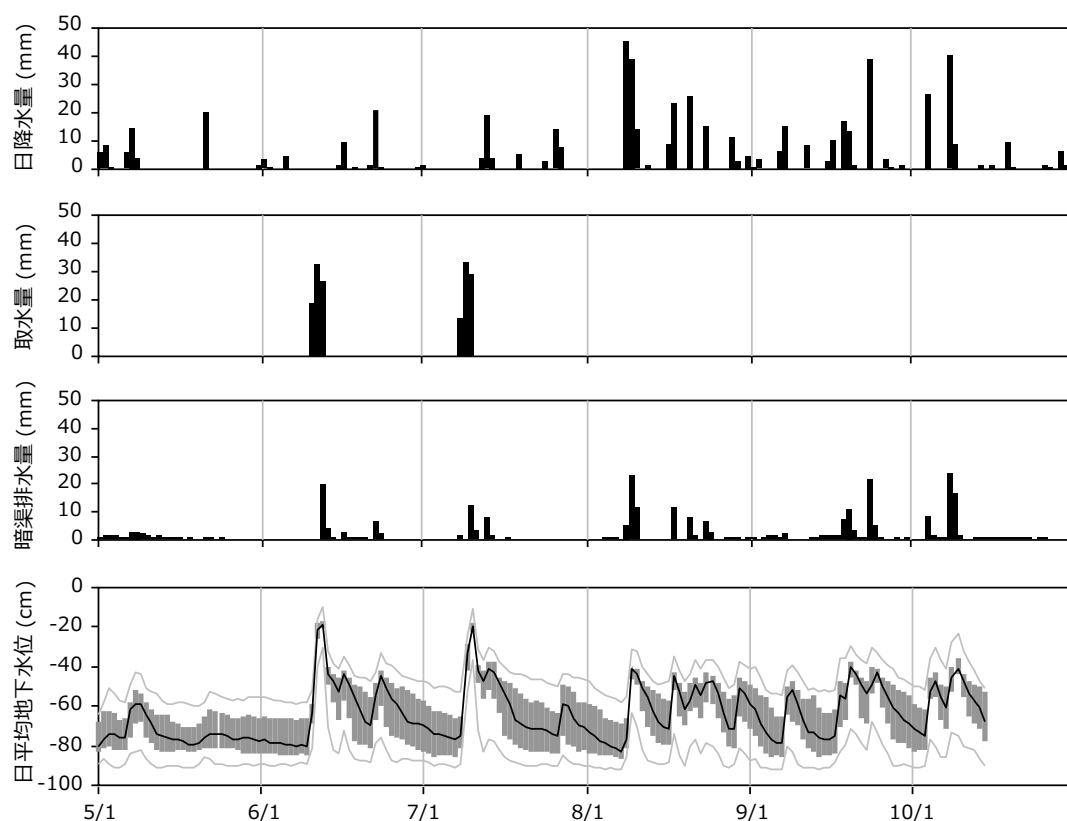


図-2 日降水量と地下灌漑取水量、暗渠排水量、日平均地下水位の経時変化
地下水位は21地点の中央値で、エラーバーは四分位範囲、灰色の実線は最大と最小を示す。

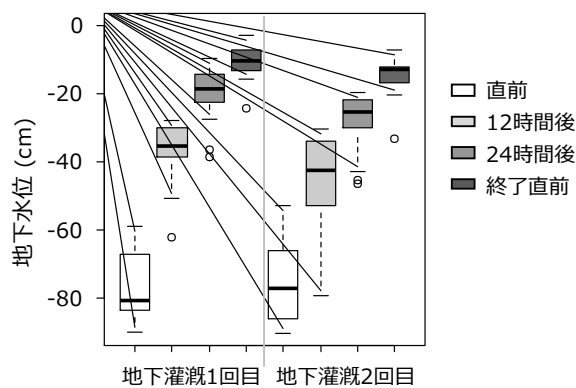


図-3 地下灌漑1回目と2回目の地下水位

間での地下灌漑取水量は75 mmであった。暗渠排水量は取水中に3 mm、その後水閘を全開としての24時間で15 mmであった。

5月から9月の日平均地下水位は、21地点の中央値でみると、-84～-19 cmの範囲で変動した。地下水位は、降水と地下灌漑の実施に応じて上昇し、降水時よりも2回の地下灌漑実施時に高い値を示した。

2回の地下灌漑実施時における取水開始直前、12時間後、24時間後、取水終了直前の地下水位を図-3に示す。1回目の地下灌漑実施時では、地下水位は21地点の中央値で-81 cmから-10 cmまで上昇した。取水開始直前での地下水位の四分位範囲は16 cmで、21地点の地下水位は-90～-59 cmの範囲にあった。一方、取水終了直前には四分位範囲は6 cmで、1地点の外れ値を除くと、20地点の地下水位は-16～-3 cmの範囲にあった。2回目の地下灌漑実施時では、地下水位は-78 cmから-13 cmまで上昇した。取水開始直前での地下水位の四分位範囲は20 cmで、21地点の地下水位は-90～-53 cmの範囲にあった。しかし、取水終了直前には四分位範囲は5 cmで、1地点の外れ値を除くと、20地点の地下水位は-20～-7 cmの範囲にあった。

以上のことから、本調査圃場の地下水位は、地下灌漑実施前の平常時には圃場内ではばらつきはあるものの、約2日間の地下灌漑取水を行った後はばらつきが少なく、地下灌漑による水分供給ムラは大きくないことがわかった。

(2) 地下灌漑実施時の地下水位と土壌水分変動

1回目と2回目の地下灌漑時における地下水位と土壌水分の変動をそれぞれ図-4、図-5に示す。土壌水分は3地点で測定したが、3地点とも同様の変動を示したため、ここではL1の30 m地点の結果を述べる。

1回目の地下灌漑実施では、地下水位の上昇とともに35、25、15、5 cm深の順で土壌水分は増加した。5 cm深の土壌水分ポテンシャルが-3 kPaに達したのは6月11日12時で、取水を開始してから25時間後であった。この時の同一地点の地下水位は10 cmであった。水閘全開とし

た後、土壌水分が増加し-10 kPaに達したのは15日13時であった。大豆種子の水分が発芽に必要な水分に達するのに必要な日数は、土壌水分ポテンシャルを-10 kPaで維持した時に0.7～1.1日（22℃の室温条件下）であることが報告されている³⁾。土壌水分の測定は5cm深で、播種深度（およそ2～3 cm）の下ではあるものの、1回目の灌漑では、およそ大豆種子の給水に必要な水分が供給されたことが考えられる。

2回目の地下灌漑実施でも、地下水位の上昇とともに土壌水分は増加した。しかし、5 cm深の土壌水分ポテン

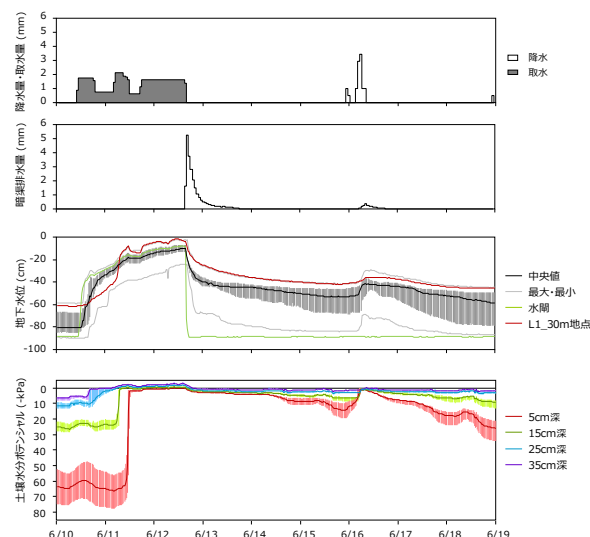


図-4 地下灌漑1回目における降水量・地下灌漑取水量と暗渠排水量、地下水位、L1_30m地点の土壌水分ポテンシャルの経時変化

地下水位は21地点の中央値で、エラーバーは四分位範囲を示す。土壌水分ポテンシャルは4反復の中央値でエラーバーは最大最小を示す。

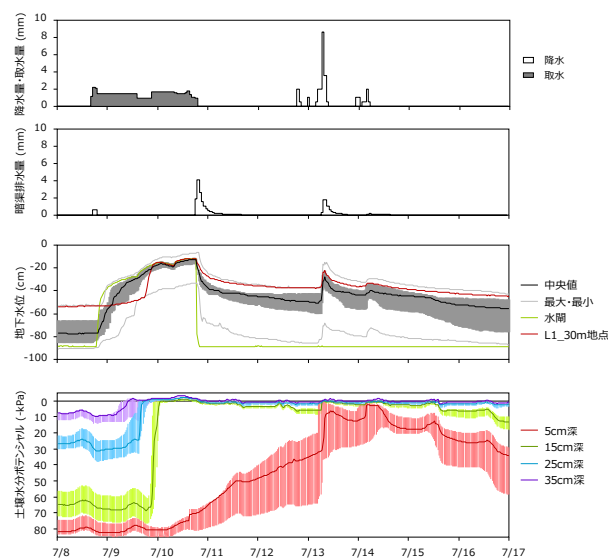


図-5 地下灌漑2回目における降水量・地下灌漑取水量と暗渠排水量、地下水位、L1_30m地点の土壌水分ポテンシャルの経時変化

地下水位は21地点の中央値で、エラーバーは四分位範囲を示す。土壌水分ポテンシャルは4反復の中央値でエラーバーは最大最小を示す。

シャルは、取水終了時に -70 kPaで、この時の地下水位は -12 cmであった。水閘を全開とした後、 5 cm深の土壤水分は緩やかに増加し、7月13日の降水の直前には土壤水分ポテンシャルは -35 kPaであった。この間には降水がなかったため、取水終了後に暗渠から排水してもなお下層から水分が供給されたと考えられる。

地下灌漑実施時における地下水位と土壤水分ポテンシャルとの関係を図-6に示す。 35 cm深の土壤水分ポテンシャルは、地下水位 $-60 \sim -50$ cmの時に -3 kPaに達した。 35 cm深の土壤水分ポテンシャルは、地下水位 $-60 \sim -50$ cmの時に -3 kPaに達した。 25 cm深の土壤水分ポテンシャルもまた、地下水位 -50 cm程度で -3 kPaに達した。本地点では、地表から約 30 cmより下が泥炭層であり、泥炭層およびその直上 5 cm程度までは、地下灌漑により速やかに水分が供給されたと考えられた。一方、 5 、 15 cm深の土壤水分は、地下水位が測定深度直下まで上昇してから増加した。このことから、播種後やその直後の根が十分伸長していない時の地下灌漑の利用では、水分を供給したい深度の直下まで地下水位を上昇させることが重要であるといえる。

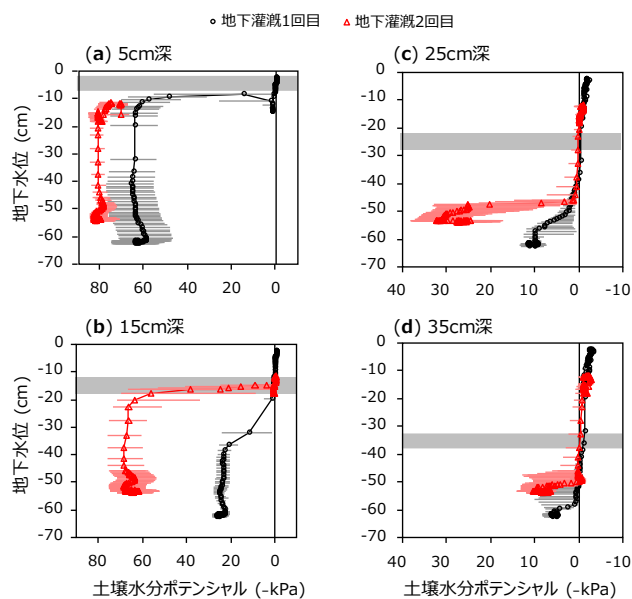


図-6 地下灌漑実施時における地下水位と土壤水分ポテンシャルとの関係

土壤水分ポテンシャルは4反復の中央値で、エラーバーは最大最小を示す。灰色はテンシオメータのポーラスカップの埋設位置を示す。

4. まとめ

泥炭地大区画転作水田において、地下灌漑実施時における地下水位の空間分布を明らかにするとともに、地下水位変動が作土の土壤水分に与える影響を検証した。

播種後の6月中旬と出芽後の7月上旬に、水閘を全開として約2日間地下灌漑を実施した。本調査圃場における21地点の地下水位は、取水開始直前にはばらつきが大きかった。しかし、取水終了直前には、外れ値の1地点を除き、1回目が $-16 \sim -3$ cm、2回目が $-20 \sim -7$ cmの範囲にあり、ばらつきは小さかった。

1回目の地下灌漑実施時の 5 cm深の土壤水分は、地下灌漑の取水を開始して約24時間後に圃場含水量まで増加した。この増加時の同地点の地下水位は -10 cmであった。しかし、2回目の地下灌漑実施時には、地下水位は -12 cmでまで上昇したにもかかわらず、土壤水分は変化しなかった。播種後の出芽促進を目的として地下灌漑を利用するためには、水分を供給したい深度の直下まで地下水位を上昇させることが重要である。

謝辞：本研究の実施にあたり、美唄市の関係農家、北海道開発局札幌開発建設部岩見沢農業事務所の関係各位にご協力を賜った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 長野間宏：大区画化に伴う栽培管理上の問題点，農業土木学会誌，63(9)，pp.921～924(1995)
- 2) 小柳敦史：茨城県稲敷市の大区画水田でみられた2007年産コムギにおける圃場内の生育ムラと土壌の凹凸及び土壌水分との関係－湿害の発生様相－，日本作物學會紀事，77(4)，pp.511～515(2008)
- 3) 高橋智紀，細川寿，松崎守夫：重粘質転換畑における土壌鎮圧によるダイズ種子の吸水促進効果，日本土壌肥科学会誌，79(1)，pp.1～7(2008)