

平成28年度

# 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

## —美唄地区の大区画水田圃場における地下水位および土壤水分の面的評価—

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  
新津 由紀  
山本 弘樹

地下水位制御システムを利用した地下かんがい技術の普及のためには、圃場全体に速やかに均一な地下水位の制御技術の確立が必要である。平成27年度に整備を実施した美唄地区の大区画水田において、地下水位および土壤水分、土壤物理性を圃場内の多点で測定した。本報では、給排水時における地下水位や土壤水分とそれらの変動について面的に評価し、報告する。

キーワード：地下かんがい、大区画水田、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が進められている。本システムでは、暗渠管の堆泥除去により暗渠管の維持管理を行うとともに、作物栽培期間における地下からの給水により最適な圃場水管理の実現が可能となる。

地下水位制御システムの導入は、水管理の省力化、水稻直播栽培技術の実現、転作作物への灌水等に有効であるが、地下かんがい技術の普及のためには、給排水ムラが生じず、圃場全体に速やかに均一な地下水位や土壤水分の制御技術が求められる。

一般的に水田では、中干しや間断灌漑を実施する。その効果には、還元状態で生成・蓄積する硫化水素等の有害物質を除去し、根の活性を高く維持することや、機械作業に適した地耐力の確保等が挙げられる。しかし、間断灌漑の実施には多くの水や労力を必要とする。そこで、地下水位制御システムを利用し田面下で水位を維持すれば、根に酸素を供給しながら、生育に必要な水を供給することが可能となる。また同時に、上記の状態を収穫まで維持することで、収穫機械の走行に必要な地耐力も確保することができる。本報では、水稻登熟期に田面下で水位を維持し、地下水位や土壤水分、それらの変動、土壤物理化学性等を面的に評価することを目的とした。

### 2. 調査地と方法

#### (1) 調査地

調査は、平成27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北海道美唄市の水田圃場で行った(図-1)。圃場は長辺約170m、短辺約70mで地下水位制御システムを備えており、暗渠管の設置間隔は10mを基本としている。

平成28年には、5月28日にななつぼしを移植、9月18日に収穫をおこなった。8月5日に水閘を解放した後、8月8日から17日まで地下かんがいを実施し、田面下で水位を維持した。この時、水位調整型水閘の穴の開閉を手動でおこない、地下かんがい実施時にはほとんどの期間で田面から-35cmの地下水位設定とした。



図-1 調査圃場の整備前の状況(平成24年6月)

## (2) 調査方法

降水量は、圃場から約450m離れた地点で計測した。地下かんがい取水量（以下地下取水量とする）は、10分間隔で測定した取水柵内水位を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柵水位と、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。降雨時に排水路水位が暗渠を上回ったときは、同様の水閘管理を行っていた隣接する水田圃場において測定された電磁流量計による排水量を用いた。

地下水位および土壌水分ポテンシャルは、圃場内の18地点で6月23日から9月6日まで測定した。暗渠間のライン1~3（それぞれL1、L2、L3）において、取水柵から30、50、70、90、110、130 mの18地点とした（図-2）。地下水位は、70cm深もしくは90cm深に設置したテンシオメータにより、土壌水分ポテンシャルは15cm深に設置したテンシオメータにより、30分間隔で測定した。昼間には、気温の急激な変動等により、テンシオメータの圧力センサーの出力値が安定しないため、21:00から3:00に測定した値の平均を用いた。

圃場内の18地点（図-2）において、収穫後に泥炭層より上の土壌を採取した。Ap1、Ap2、A3層の3層について採取し、それぞれの深度と透水係数、土壌中全窒素含有率を測定した。

収穫直前の9月16日には、水稻の稈長（最長稈の地際から穂首までの長さ）を18地点で測定した（図-2）。また、同地点で、デジタル貫入式土壌硬度計により地耐力を測定した。

## 3. 結果と考察

### (1) 気象と水管理

2016年5月~9月の月降水量は、それぞれ66、160、180、367、102 mmであった。過去10年間の平均月降水量（5月~9月でそれぞれ69、75、123、150、158 mm）と比較すると、6月~8月の降水量が多く、特に8月には日降水量が100mmを超える降雨が2回（8月17日に124 mm、8月20日に109 mm）あった（図-3a）。

登熟期における地下かんがいは、8月8日から17日午前まで実施し、この時の地下取水量は165 mmと推定された（図-3b）。また、この期間の暗渠排水量は82 mmであった。（図-3c）

### (2) 生育期間における地下水位と土壌水分の変動

地下水位の季節変化を図-3dに示す。地下水位は、6月23日の測定開始後、緩やかに低下し、7月2日と7月27日~29日の降雨後に上昇した。8月5日に水閘を開放すると、地下水位の18地点の平均値±標準偏差は、2日間で $-3 \pm 4$  cmから $-26 \pm 6$  cmまで低下した。地下かんがいを実施した8月8日から17日までの平均地下水位は $-32 \sim -25$  cmで推移した。その後、8月17日と20日の降雨後に、平均地下水位は $-20$  cmまで上昇した。23日に水閘を全て閉じたが、その後、平均地下水位は緩やかに低下した。

15 cm深の土壌水分ポテンシャルの季節変化を図-3eに示す。土壌水分ポテンシャルは、地下水位の低下とともに上昇した。8月8日から17日までの地下かんがい実施時においても、平均地下水位は25cmより下で維持されており、土壌水分は8月15日には土壌水分ポテンシャルは $-356$  cm ( $pF=2.6$ ) を示した。8月17日の降雨後には、土壌水分ポテンシャルは0付近で推移したが、その後の地下水位低下に伴い土壌水分ポテンシャルは上昇した。

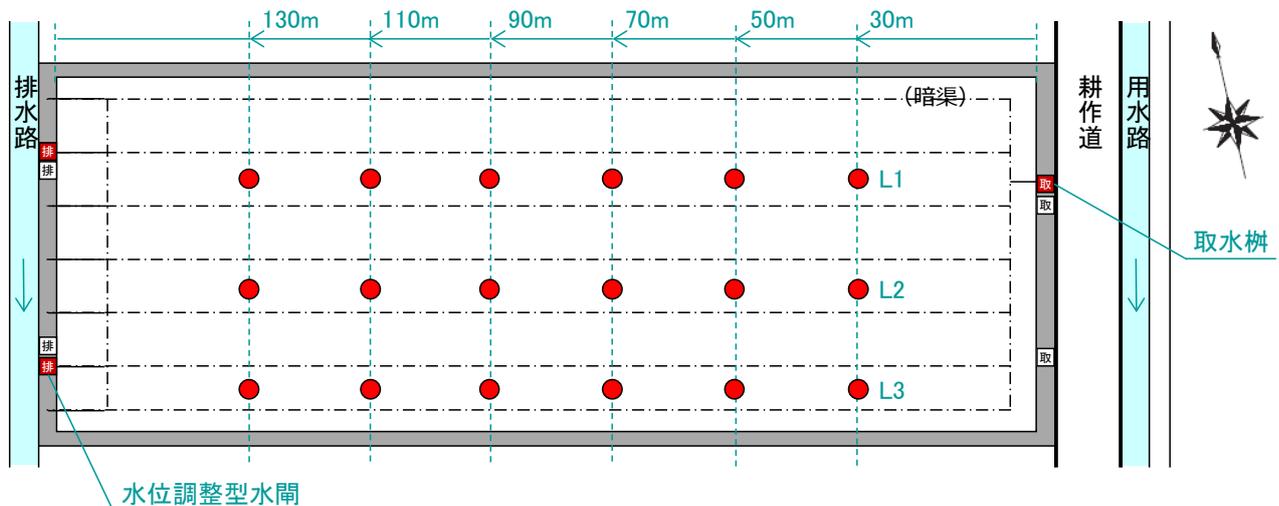


図-2 試験圃場の暗渠配置と調査地点 調査地点は赤丸で示す。

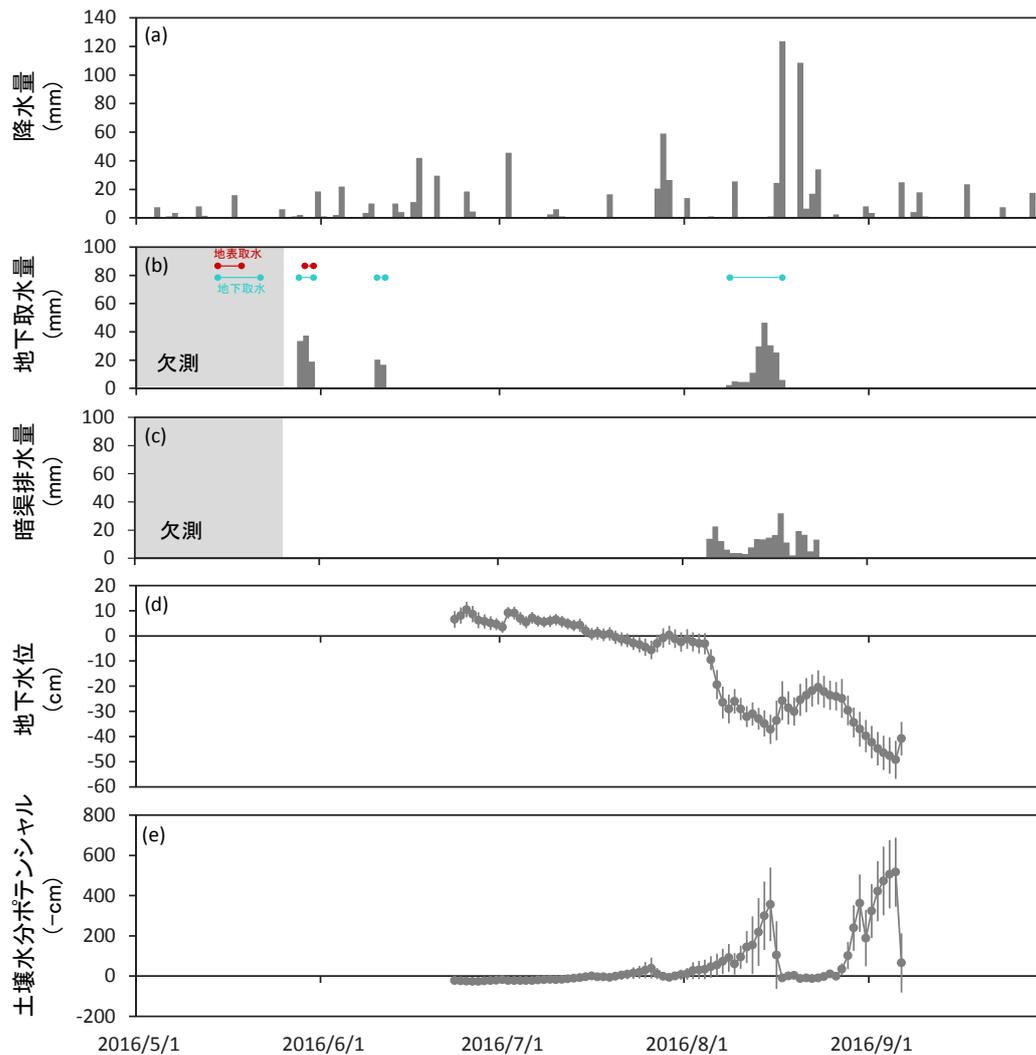


図-3 降水量 (a)、地下取水量 (b)、暗渠排水量 (c)、地下水位 (d)、15cm 深の土壌水分ポテンシャル (e) の季節変化  
赤線は地表取水、水色線は地下取水を実施した期間を示す。地下水位および土壌水分ポテンシャルのエラーバーは、標準偏差 (n=18) を示す。

### (3) 土壌物理化学性の空間変動

18地点のAp1層とAp2層の深度は、 $7.3 \pm 0.7$ 、 $18.3 \pm 1.6$  cmで、それぞれ地点間に有意な差は認められなかった。一方、表土厚である地表面からA3層の下端までの深度は、 $31.8 \pm 2.5$  cmで、L3 (33.7 cm) でL1 (30.5 cm) より有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。

飽和透水係数は、地点間で有意な差は認められず、18地点の平均値は、Ap1層、Ap2層、A3層でそれぞれ $3.9 \times 10^3$ 、 $2.3 \times 10^3$ 、 $7.6 \times 10^3$  cm/sであった。

土壌の全窒素含有量は、Ap1層、Ap2層、A3層でそれぞれ $6.2 \pm 0.8$ 、 $7.5 \pm 0.9$ 、 $8.2 \pm 0.9$  g/kgで、客土の影響を強く受けたAp1層で最も小さかった。Ap1層では、地点間で有意な差があり、L1、L2、L3の順で大きく ( $p < 0.01$ )、それぞれ取水桝からの距離が遠い排水側で大きい傾向にあった ( $p < 0.01$ ) (図-4)。Ap2層、A3層でもライン間で有意な差は認められ (Ap1 ;  $p < 0.01$ 、Ap2 ;  $p < 0.05$ )、有意ではないものの排水側で大きい傾向があ

った。Ap1層の全窒素含有率は、Ap2層の全窒素含有率と高い正の相関を示し ( $r = 0.84$ ,  $p < 0.01$ )、整備前の表土の空間変動が整備後1年の営農でもAp1層に影響したことを示唆する。

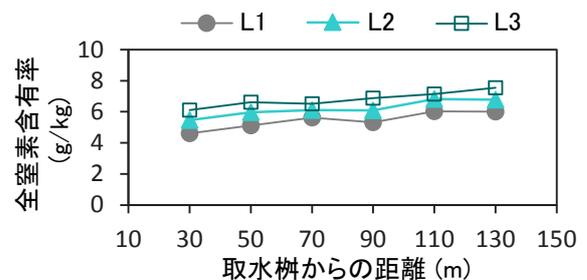


図-4 土壌の全窒素含有率

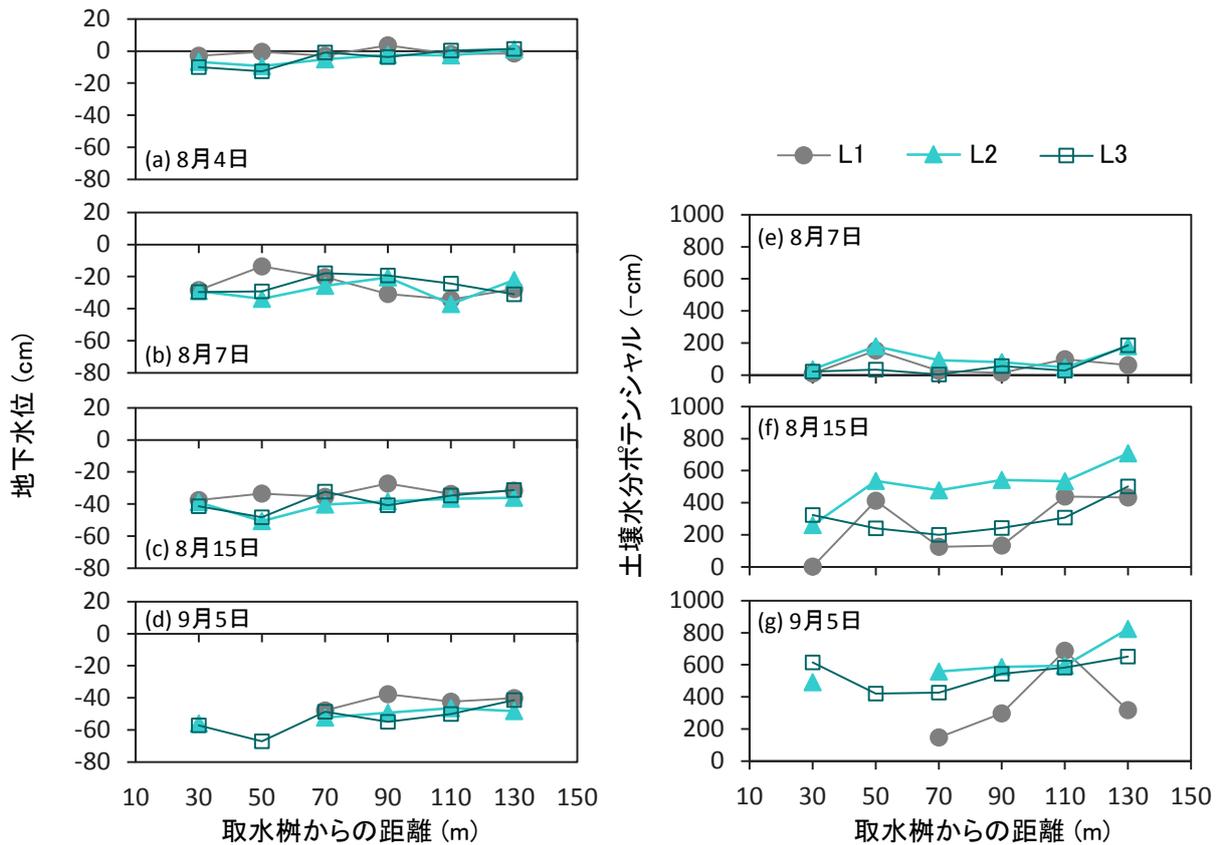


図-5 地下水位と15cm深の土壌水分ポテンシヤル

#### (4) 登熟期地下かんがい実施時における地下水位と土壌水分の空間変動

地下かんがい実施前後における地下水位と土壌水分ポテンシヤルの空間変動を図-5に示す。地下水位は、8月5日の水閘開放後、全地点で地下水位は低下した。8月5日から7日までの地下水位変化速度は、 $-8.5 \pm 2.5 \text{ cm/d}$ で、地点間に有意な差は認められなかったが、取水桝からの距離が遠い排水側で低下速度が大きい傾向にあった(図-6a)。

8月8日から17日まで、地下かんがいを実施したが、16日、17日に大きな降雨があったため、8月15日までの地下水位変化速度を求めた。地下かんがい期間の地下水位変化速度は、 $-1.3 \pm 1.0 \text{ cm/d}$ で、地点間で有意な差は認められなかったが、取水桝から遠い排水側で地下水位変化が小さく、取水桝から近い地点で地下水位が低下する傾向があった(図-6b)。この時の地下水位変化速度は、8月7日の地下水位と有意な負の相関を示した( $r = 0.84$ ,  $p < 0.01$ )。以上のことから、水閘開放後には、排水側から地下水位が低下し、その後の地下かんがいによる地下水位制御期間では、設定地下水位(-35 cm)より地下水位が高かった取水桝側で水位が低下したと考えられた。8月15日の地下水位は、L1でL2より有意に高かったが( $p < 0.05$ )、取水桝からの距離で有意な差は認められず、

18地点の平均値は $-37 \pm 6 \text{ cm}$ 、最大値と最小値はそれぞれ $-27 \text{ cm}$ 、 $-51 \text{ cm}$ であった。

土壌水分ポテンシヤルは、地下水位の低下とともに上昇した。8月15日の土壌水分ポテンシヤルは、地下水位の低いL2で有意に大きい傾向にあった(図-6f)。しかし、この時の圃場内18地点の地下水位と土壌水分ポテンシヤルに明らかな相関は認められなかった。

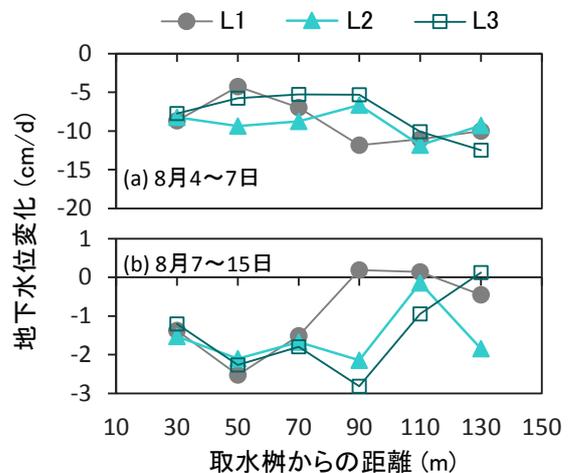


図-6 水閘開放後(a; 8月4~7日)および地下かんがい実施時(b; 8月7日~15日)における地下水位変化速度

### (5) 収穫期における地耐力と水稻の稈長の空間変動

収穫期における水稻の稈長は、 $69.4 \pm 3.0$  cmで、ライン間で有意な差は認められなかったが、取水樹からの距離が遠いと稈長が長くなる傾向があった(図-7a)。稈長は、地下水位や土壤水分ポテンシャル、地耐力とは明らかな関係は認められず、土壤中全窒素含有率の増加とともに増加する傾向があった ( $r = 0.45$ ,  $p = 0.06$ )。

地耐力は、18地点全てで0.5 MPaを上回っており(図-7b)、コンバイン走行に十分な地耐力(0.25 MPa以上)が確保されていた。

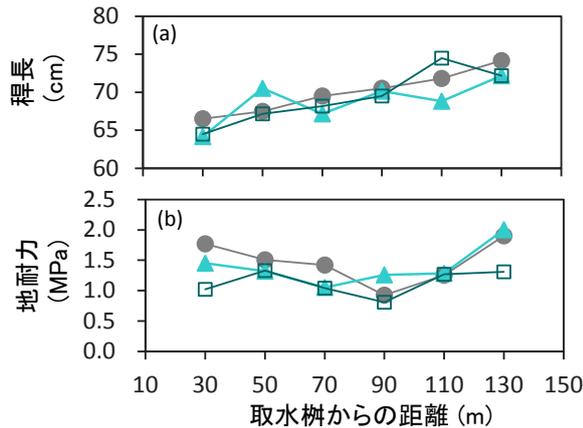


図-7 収穫期における水稻の稈長 (a) と0~15cm深の平均地耐力 (b)

## 4. まとめ

水稻登熟期の湛水した水田では、水閘開放後の2日間における地下水位変化速度は $-8.5 \pm 2.5$  cm/dで、低下速度は排水側でより大きい傾向にあった。その後の地下かんがいによる地下水位制御では、設定地下水位(-35 cm)より地下水位が高かった取水樹側で水位が低下し、8日後の地下水位の平均値と標準偏差は $-37 \pm 6$  cmであった。この時の圃場内18地点における地下水位と土壤水分ポテンシャルには有意な相関は認められなかった。

登熟期以降に田面下で水位を維持した水田においても、収穫期における地耐力は、全ての地点で0.5 MPaを上回っており、コンバイン走行に十分な地耐力が確保された。水稻の稈長は、地下水位や土壤水分、地耐力とは明らかな関係は認められず、土壤中全窒素含有率の増加とともに増加する傾向があった。

謝辞：本研究は、本研究の実施にあたり、現地調査や資料提供にご協力いただいた関係農家、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。