

平成29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

－畑利用での地下灌漑実施時における地下水位変動－

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
山本 弘樹
新津 由紀

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。美唄地区と今金南地区の転作畑において、乾燥時に地下水位制御システムを利用して地下灌漑を実施し、地下水位、給水量、排水量を連続観測した。本報では、給排水時における各圃場の水収支と地下水位の変動について、土壌物理性の観点を踏まえ報告する。

キーワード：地下灌漑、大区画水田、転作、地下水位、土壌水分

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、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。また、暗渠管の堆泥除去により暗渠管の維持管理を行うことができる。

地下水位制御システムの導入は、水管理の省力化、水稲直播栽培技術の実現、転作作物への灌水等に有効である。北海道の転作作物栽培で地下水位制御システムを利用する手法として、土壌の乾燥時に地下灌漑を実施することが提案されている。例えば、大豆は、開花前の花芽分化から莢形成期に干ばつストレスを受けると、子実重が大きな影響を受けるとされている。また、小麦では、開花期以降の水分不足は、粒数・粒重の減少から収量低下を引き起こす。干ばつ時に地下灌漑によって土壌水分を適切に管理することは、作物生産の安定化にとって有効である。

地下灌漑技術の普及のためには、安定的な作物生産で、圃場全体に速やかでムラなく均一に給排水できる、地下水位や土壌水分の制御技術が求められる。本報では、泥炭地である美唄地区と今金南地区の大区画圃場において、地下水位を面的に評価し、転作栽培時の地下灌漑が圃場の水収支や地下水位の変動に与える影響を検証した。

2. 調査地と方法

(1) 調査地

調査は、北海道美唄市と瀬棚郡今金町の2圃場で行った。

美唄圃場（B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）。B

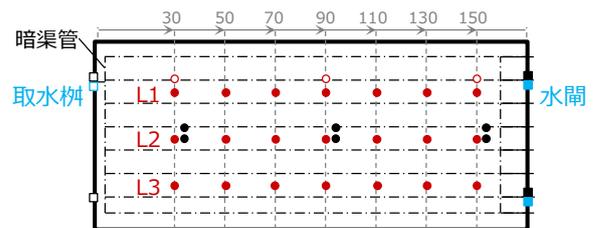
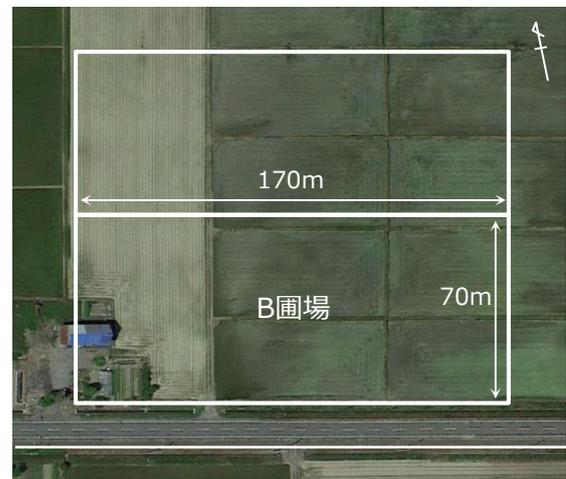


図-1 B圃場の整備前の状況写真と観測地点位置図
地下水位観測地点および土壌採取地点は赤丸で示す。白抜の赤丸は暗渠脇0.5m離れた地下水位観測地点である。パーシクインテレート測定地点は、黒丸で示す。

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。整備前には、取水桝から50 m地点付近に作業道路が存在した。B圃場では、地表から32～60 cmより下から泥炭層が存在した。調査開始時における作土層36 cmの土性は、砂23～34%、シルト35～40%、粘土31～37%であった。2017年5月30日に大豆を播種、10月16日に収穫を行った。7月10日から11日まで水位調整型水閘を地下水位-30 cmの設定とし地下灌漑を実施した後、7月13日に水閘を解放した。

今金圃場（I圃場）では、2014年度に区画整理工事が実施された（図-2）。I圃場は長辺約250 m、短辺約65 mで地下水位制御システム（FOEAS）を備えており、暗渠管（埋設深度1.0 m）の設置間隔は10 mを基本としている。I圃場では、地表から35～75 cmより下に泥炭層が存在した。調査開始時における圃場中央の作土層28 cmの土性は、砂44～59%、シルト27～37%、粘土19～25%で、その下の基盤高調整の盛土層の土性は、砂76%、シルト20%、粘土13%であった。2016年9月24日に小麦を播種、2017年8月3日に収穫を行った。5月25日から29日までと6月30日から7月5日までの2回、-40 cmの地下水位設定としてFOEASにより地下灌漑取水を制御した。各灌漑期間の最終日には水閘を解放した。

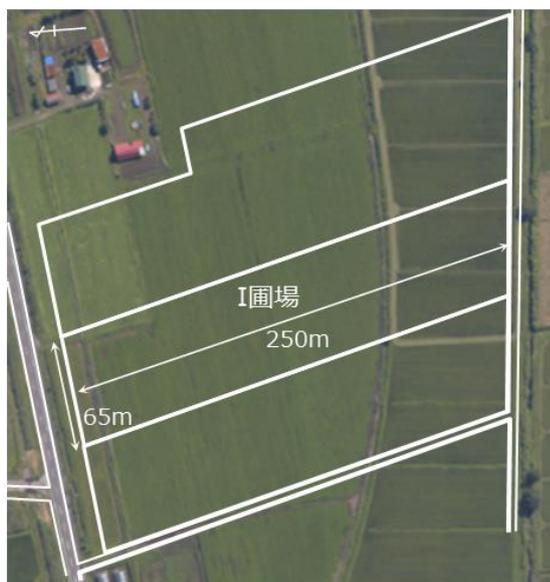


図-2 I圃場の整備前の状況写真と観測地点位置図

地下水位観測地点および土壌採取地点は赤丸で示す。白抜の赤丸は暗渠脇0.5m離れた地下水位観測地点である。ベッシクインテクレート測定地点は、黒丸で示す。

Mariko Shimizu, Hiroki Yamamoto, Yuki Niitsu

(2) 調査方法

降水量は、B圃場およびI圃場の近傍で転倒マス式雨量計により計測した。

B圃場の地下灌漑取水量は、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。I圃場の地下灌漑取水量は、電磁流量計により1箇所計測し、他2箇所取水量も同じであると仮定した。両圃場の暗渠排水量は、スリット堰により2～10分間隔で測定した。

両圃場の地下水位は、圃場内暗渠間21地点と暗渠脇3～6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、50、70、90、110、130、150 mの21地点とした（図-1、2）。地下水位は、絶対圧式水位計を有孔塩ビ管に格納し埋設し、30分間隔で測定した。

それぞれの圃場内の21地点（図-1、2）において、収穫後に泥炭層より上の土壌を採取し、透水係数、乾燥密度、三相分布を測定した。また、10月に圃場内3地点でシリンダーインタークレート法によりベッシクインタークレートを測定した。円筒は、各地点について暗渠疎水材直上でその上の土壌を約3cm残した面（暗渠直上）と渠間のAp1層（B圃場約20cm、I圃場約15cm）を約3 cm残した面（渠間Ap2）に設置した。

3. 結果と考察

(1) 気象と水管理

B圃場における2017年5月から9月の積算降水量は789 mmで、5月～9月までの月降水量は、それぞれ66、147、145、129、247 mmであった（図-3）。B圃場では、6月25日の36 mmの降水後、7月16日まで10 mmを超える降水はなく、7月10日10時から11日16時まで地下灌漑によって取水をした。この30時間での地下灌漑取水量は36 mm、暗渠排水量は12 mmであった。また、B圃場における5月9月までの積算暗渠排水量は、674 mmであった。

I圃場の積算降水量は588 mmで、5月～9月までの月降水量は、それぞれ47、129、121、83、209 mmであった（図-4）。5月の降水量が少なく、5月25日から4日間地下灌漑を実施した。この時の地下灌漑取水量は24 mmであったが、灌漑期間中に合計15 mmの降水があった。FOEASの水位管理者と水位制御器の高さ調整に時間を要したことも影響し、暗渠排水量は32 mmと大きかった。また、6月30日から7月5日までの5日間に2回目の地下灌漑を実施した。この時、地下灌漑取水量は18 mmであったが、灌漑期間中に合計15 mmの降水があり、暗渠排水量は1 mmであった。I圃場における5月中旬から9月末までの暗渠排水量は431 mmであった。

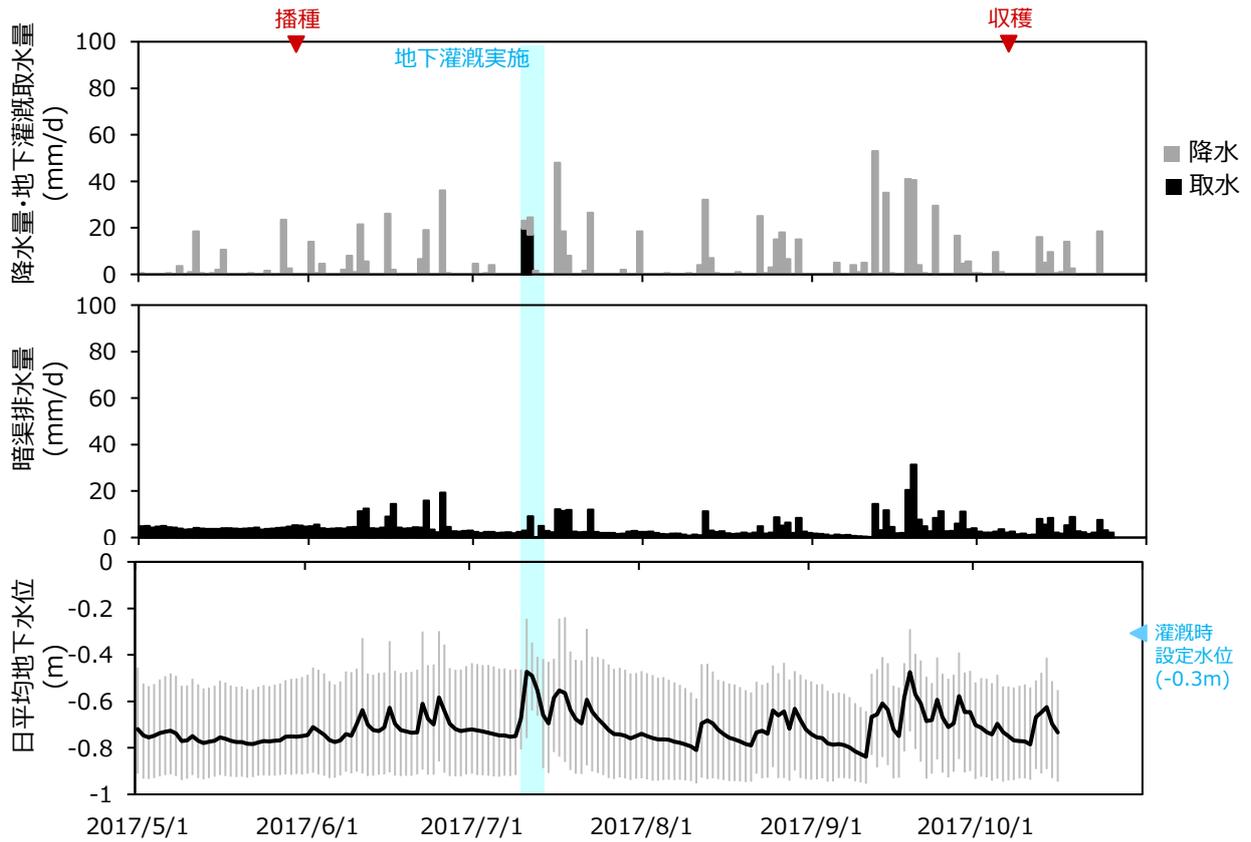


図-3 B圃場における降水量と地下灌漑取水量、暗渠排水量、日平均地下水位の季節変化
 地下水位のエラーバーは、最大最小を示す。

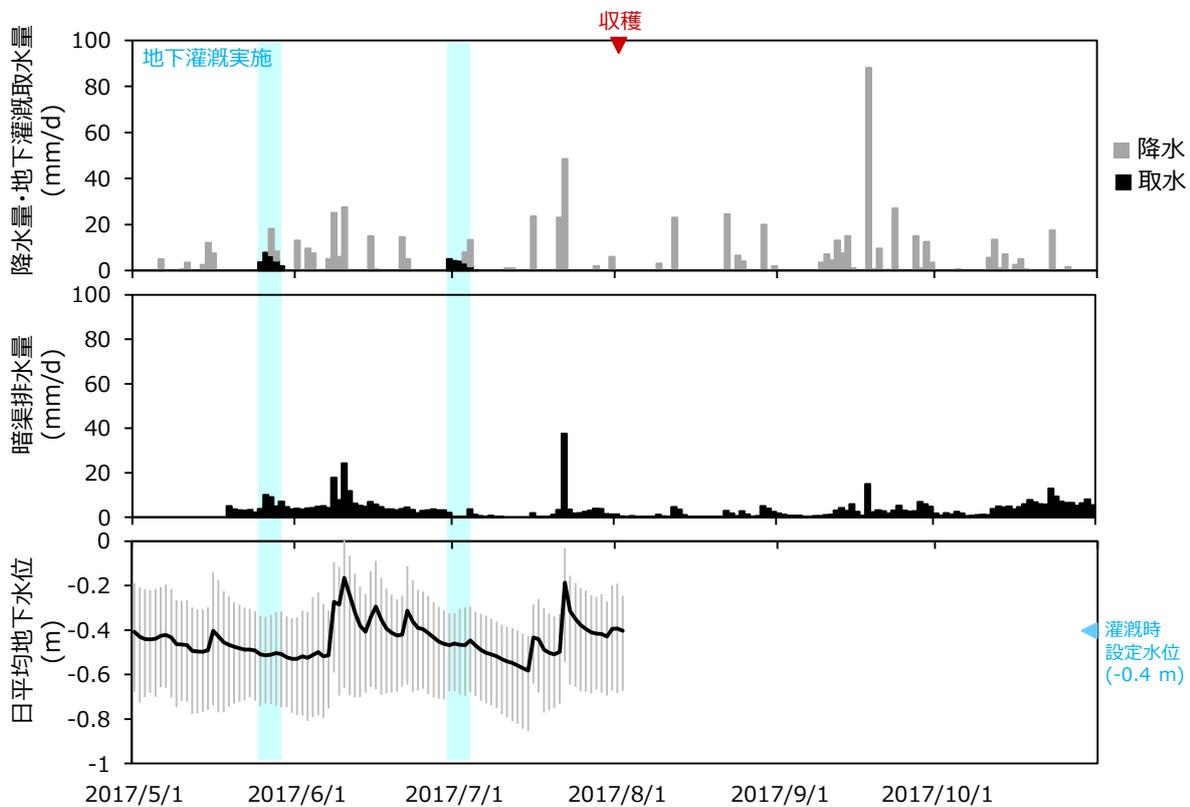


図-4 I圃場における降水量と地下灌漑取水量、暗渠排水量、日平均地下水位の季節変化
 地下水位のエラーバーは、最大最小を示す。

(2) 営農期間における地下水位の変動

B圃場の日平均地下水位は21地点の平均で $-0.84 \sim -0.47$ mの範囲で推移し、降水と地下灌漑の実施に応じて上昇した(図-3)。21地点の地下水位のばらつきは、最大値と最小値の差が $0.25 \sim 0.62$ mの範囲、標準偏差が $0.07 \sim 0.18$ mの範囲で推移した。

I圃場の日平均地下水位は21地点の平均で $-0.58 \sim -0.17$ mの範囲で推移し、B圃場より高かった(図-4)。降水に応じて地下水位は上昇したが、地下灌漑実施時に明らかな地下水位の変化は見られなかった。21地点の地下水位のばらつきは、最大値と最小値の差が $0.35 \sim 0.69$ mの範囲、標準偏差が $0.11 \sim 0.18$ mの範囲で推移し、美唄と同程度であった。

(3) 地下灌漑実施時における地下水位変動

圃場内の渠間の地下水位分布図を地下灌漑実施直前、取水終了直後、水閘解放してから半日後について図-5に

示す。

B圃場では、地下灌漑直前の水位は -0.75 ± 0.14 mで、取水柵から30~50 m地点で高い傾向にあった(図-5a)。取水終了直後には、 -0.45 ± 0.14 mと30cm程度水位が上昇し、特に70~90 m地点で $-0.23 \sim -0.34$ mと水位が高かった(図-5b)。水閘解放して半日後には -0.63 ± 0.12 mまで低下した(図-5c)。B圃場の地下水位は、30~50 m地点で高く維持され、地下灌漑実施時の変動も小さかった。50 m付近には整備前に作業道路が存在し(図-1)、整備前の区画が地下水位分布に影響したと考えられた。

I圃場では、地下水位は地下灌漑直前に -0.53 ± 0.12 m、取水終了直後に、 -0.51 ± 0.13 m、水閘解放半日後に -0.52 ± 0.14 mで、地下水位の変動は非常に小さく、また圃場内の分布も変化しなかった(図-5d、e、f)。I圃場の2回目の地下灌漑実施時においても、同様の傾向であった。

地下灌漑実施時における暗渠脇0.5 m離れと渠間の地

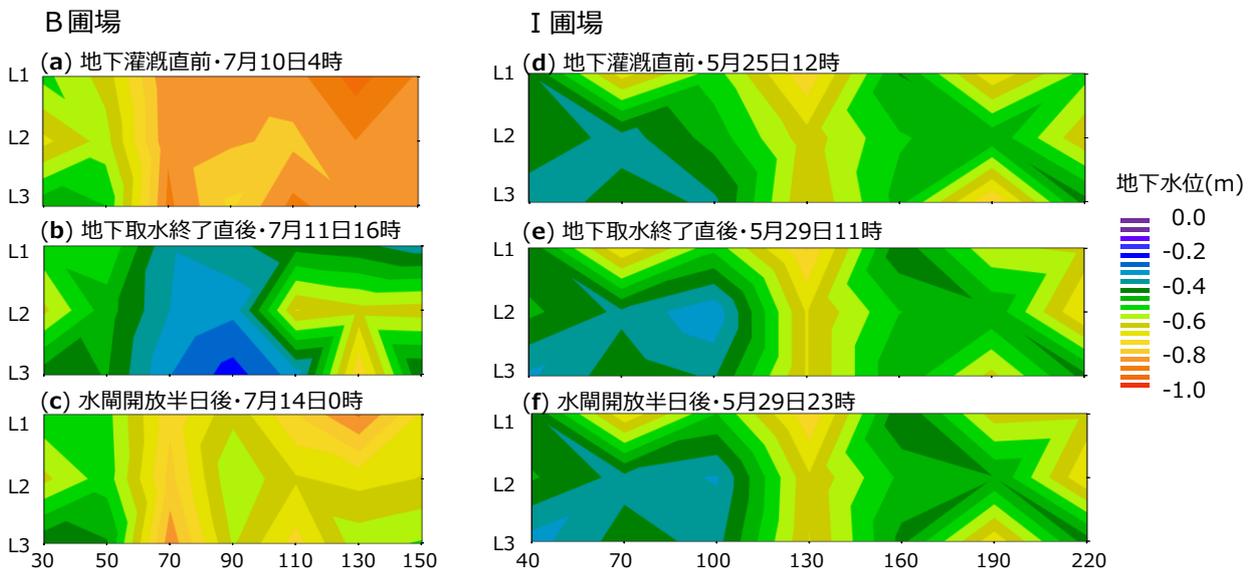


図-5 B圃場およびI圃場における地下灌漑実施時の地下水位分布
地下水位は渠間で測定した値を用いた。暗渠周辺の地下水位は含まれない。

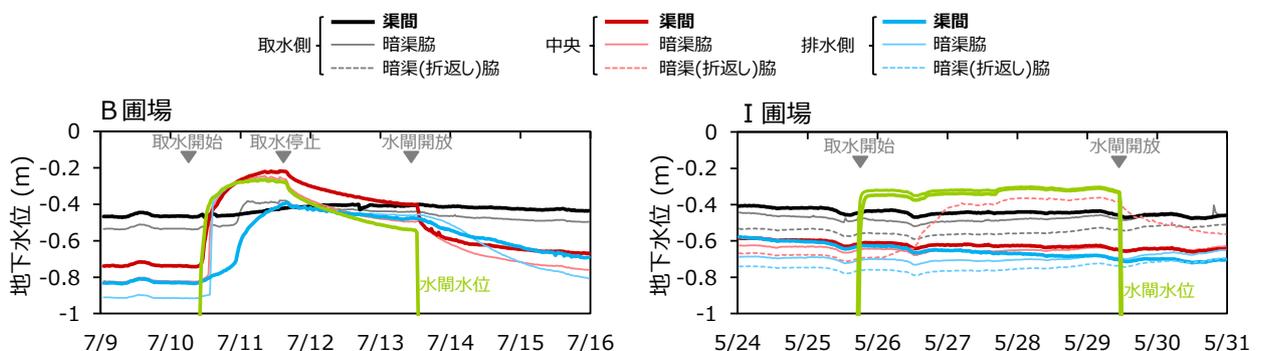


図-6 B圃場およびI圃場における地下灌漑実施時の暗渠脇0.5 m離れと渠間の地下水位変動

取水側、中央、排水側はB圃場でそれぞれ30、90、150 m、I圃場でそれぞれ40、130、220 m地点を示す。暗渠(折返し)は、I圃場のみである。

地下水位変動を図-6に示す。B圃場では、取水側の30 m地点を除いて水閘水位の上昇とともに速やかに上昇し、特に暗渠脇で顕著であった。取水停止後、地下水位は緩やかに低下し、水閘開放後は特に暗渠脇で低下した。一方、I圃場では、取水後に明らかに地下水位が上昇した地点は、暗渠脇0.5 m離れた1地点のみであった。

(4) 土壌物理性と地下水位

泥炭の出現深度はB圃場で 41 ± 7 cm、I圃場で 53 ± 10 cmであった。B圃場では、全地点において泥炭層までを3層に分けて採取し、それぞれの平均深度は0~9、9~22、22~41 cmであった。飽和透水係数の中央値は、北海道施肥ガイドで推奨される基準値 ($10^3 \sim 10^4$ cm/s) と比較すると、1層目は同程度であったが、2層目と3層目で大きく下回った (図-7)。一方、固相率の中央値は、1~3層でそれぞれ41.5、41.5、36.7%で、基準値 (40%以下) を上回るものの大ききは逸脱しなかった (図-7)。B圃場では、30~50 m地点で3層目の固相率が大きく、透水係数が小さい傾向にあったが、地下水位との明らかな関係はみられなかった。しかし、整備前の土地利用状態や作業道路の存在が、地下水位だけでなく、整備後の土壌の物理性にも影響を与えることが示唆された。

I圃場では、10地点で作土層の下に基盤高調整の盛土層が確認されたため、泥炭層までを3層に分けて採取し、11地点では2層で採取した。それぞれの平均深度は、0~23、23~41、41~53 cmであった。飽和透水係数の中央値は、基準値と同程度で (図-7)、B圃場の3層目とI圃場の2層目を比較すると、有意に大きかった。一方、固相率の中央値は、1~3層でそれぞれ48.1、44.6、38.9%で、3層目を除き基準値を大きく上回った (図-7)。I圃場では、40~100 m地点で泥炭の出現深度が浅く、2層目の固相率が大きい傾向があったが、地下水位と明らかな関係はみられなかった。

ベーシックインテークレートは、B圃場で暗渠直上、渠間Apそれぞれ 188 ± 21 、 7.7 ± 21 mm/h、I圃場で暗渠直上、渠間Apそれぞれ 7.1 ± 1.3 、 0.01 ± 0.01 mm/hであった。I圃場では、飽和透水係数はB圃場より大きい、ベーシックインテークレートは小さかった。このことから、I圃場ではB圃場より土壌構造や亀裂の発達が悪く、圃場の透水性が低いことが考えられる。圃場の排水性向上や地下灌漑の利用のためには、水みちの発達が重要であり、今後、土壌構造や亀裂の発達程度やその規定要因を調査する必要がある。

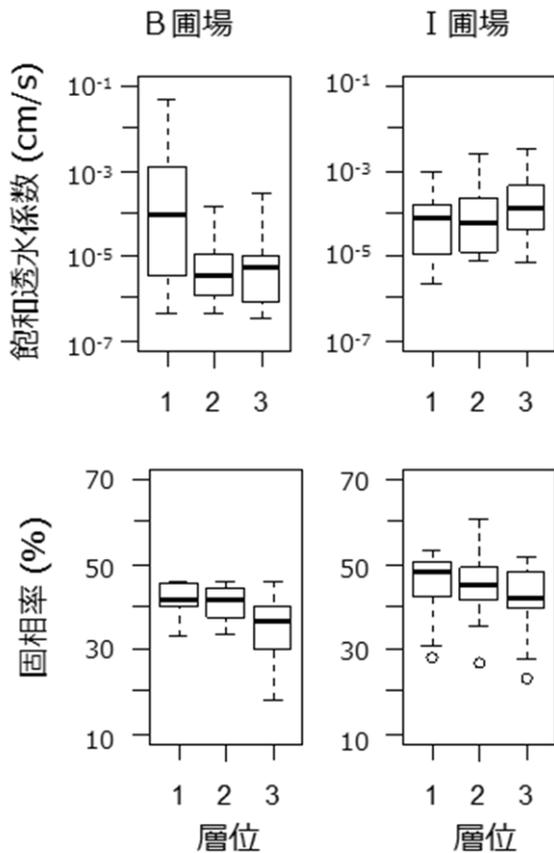


図-7 B圃場およびI圃場における飽和透水係数と固相率
飽和透水係数の統計量算出には対数変換値を用いた。

4. まとめ

泥炭地にある2つの大区画転作圃場で、乾燥時に地下水位制御システムを利用して地下灌漑を実施し、地下水位とその変動を観測した。

B圃場では、地下灌漑時に速やかに地下水位が上昇した。しかし、取水側で地下は灌漑前から地下水位が高く維持され、その変動も小さかった。これは、整備前の区画の影響を受けたと考えられた。

I圃場では、B圃場よりも営農期間を通して地下水位が高く維持され、地下灌漑時にも地下水位変動はほとんどの地点で見られなかった。その要因として、土壌構造や亀裂の発達が十分でなく、現場の透水性が低いことが要因であると考えられた。

謝辞：本研究は、本研究の実施にあたり、美唄市と今金町の関係農家、北海道開発局札幌開発建設部岩見沢農業事務所、函館開発建設部土地改良情報対策官、函館開発建設部函館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。