

平成30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

—大区画水田の畑利用における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
山本 弘樹

大区画水田圃場で地下水位制御システムを導入することは、転作作物の安定生産のために効果的と考えられる。2筆の泥炭地大区画転作水田において、地下水位と土壤水分の連続観測を行った。本報では、営農期間における地下水位と土壤水分の変動の特性とともに、地下水位の空間分布の年次変化について報告する。

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が進められている。

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することで、最適な圃場水管理を実現することが可能となる。しかし、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⁾。

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、大区画圃場での肥沃度や土壤水分ムラの発生には、整備前の圃場の形状や高低差、土壤条件等の様々な要因が影響しており、現場調査による実態把握が重要となる。また、ムラの持続性についての知見は非常に少なく、経年的な調査は欠かせない。本報では、2筆の泥炭地大区画転作水田において、地下水位の空間分布の年次変化と、地下水位と土壤水分の変動が作物生育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。B圃場は、地表から32～60 cmより下が泥炭層である。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、2018年ともに大豆（ユキホマレ）を作付け

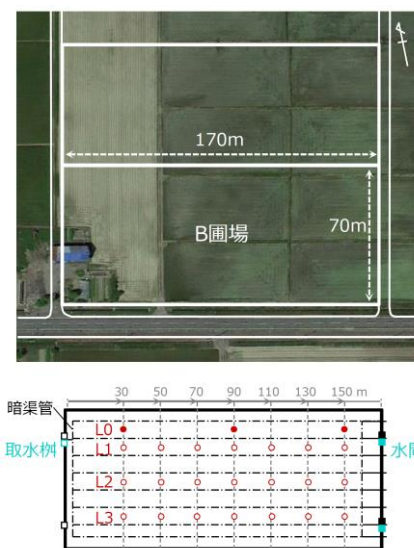


図-1 B圃場の整備前の状況写真と観測地点位置図
地下水位測定地点および収量調査地点は赤丸で示し、塗りつぶしはさらに土壤水分の測定も行った地点である。

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。2017年7月10日から11日まで水閘を- 30 cmの地下水位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。2018年は6月7日と9日に出芽促進を目的として水閘を全開とし地下灌漑を実施したが、降雨のため短時間で終了した。2017年12月から3月までの冬期間は水閘を- 55 cmの地下水位設定とした。

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 圃場は、地表から35~75 cmより下が泥炭層である。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。2017年は秋撒き小麦（きたほなみ）を、2018年は大豆（とよまさり）を作付けした。水閘については、営農期間中は地下灌漑を実施する時以外は全開にした。2017年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により取水を制御しながら地下灌漑を行った。各灌漑期間の最終日には水閘を解放した。2018年は降雨が十分であったため、地下灌漑を実施しなかった。2017年12月から3月までの冬期間は水閘を- 40 cmの地下水位設定とした。

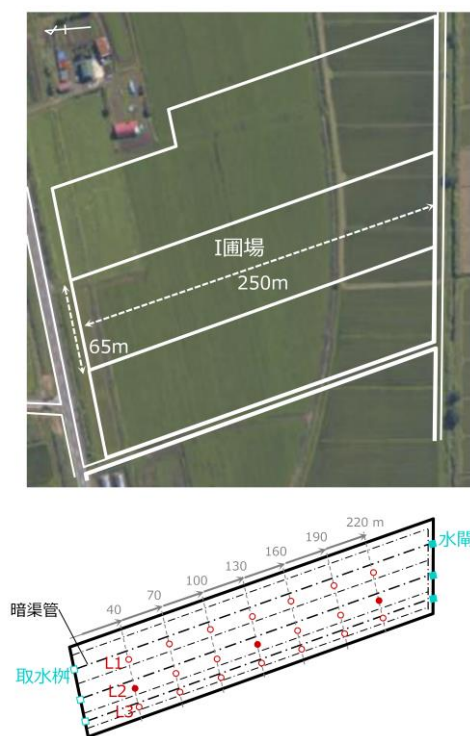


図-2 I 圃場の整備前の状況写真と観測地点位置図
地下水位測定地点および収量調査地点は赤丸で示し、塗りつぶしはさらに土壌水分の測定も行った地点である。

(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。

地下水位は、B 圃場、I 圃場とも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、取水樹から30もしくは40 m間隔の21地点を基本とし、2018年はB圃場においてライン0（L0）の30、90、150 m地点の3地点を追加して測定した（図-1、2）。地下水位は、絶対圧式水位計を有孔塩ビ管に格納の上、埋設し、30分間隔で測定した。

土壌水分は、2018年に各圃場3地点で測定した。B 圃場ではL0の30、90、150 m地点、I 圃場ではL2の40、130、220 m地点で測定した（図-1、2）。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。

収量は、2018年に各圃場の地下水位測定地点で調査した（図-1、2）。各地点において平均的な株数含む条の1 mを刈り取り、着莢数、精子実重を測定した。

3. 結果と考察

(1) 営農期間における地下水位の年次変動

2017年4月から2018年10月までの日降水量と日平均地下水位の推移を図-3に示す。

B 圃場における6月から9月までの積算降水量は、2017年、2018年それぞれ667、668 mmであった。6月~9月までの月降水量は、2017年は147、145、129、247 mmであったのに対し、2018年は131、235、275、29 mmで、2017年と比較し7月、8月の降水量が大きく、9月の降水量が小さかった。

I 圃場における6月から9月までの積算降水量は、2017年、2018年それぞれ541、661 mmであった。6月~9月までの月降水量は、2017年は129、121、83、211 mmであったのに対し、2018年は134、191、223、132 mmで、2017年と比較するとB 圃場と同様に7月、8月の降水量が大きかった。

B 圃場における6月から9月の日平均地下水位は、21地点の平均でみると、2017年が- 84~- 47 cmの範囲、2018年が- 85~- 47 cmの範囲で変動しており、年次間で差はなかった。地下水位は、降水と地下灌漑の実施に応じて上昇し、2017年6月から9月までの期間では7月11日の地下灌漑実施時に最高値を示した。地下水位が最も低下したのは、2017年が9月11日、2018年が9月29日であった。21地点の標準偏差は2017年が7~18 cmの範囲、2018年が7~15 cmの範囲で推移していた。

I 圃場における6月から9月の日平均地下水位の21地点の平均は、2017年が- 64~- 19 cmの範囲、2018年が- 60~- 20 cmの範囲で変動しており、2018年の方が変動範

圃は小さかった。B圃場より地下水位は高く、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地点の標準偏差は2017年が8~16 cmの範囲、2018年が11~17 cmの範囲であった。I圃場で地下水位が高い理由の解明は、今後の検討課題である。

B圃場とI圃場の各地点における6月から9月までの最低地下水位と最高地下水位を2017年と2018年で比較し、図-4に示す。最低地下水位は、両年の間に強い正の相関（B圃場； $r = 0.74$ 、 $p < 0.01$ 、I圃場； $r = 0.91$ 、 $p < 0.01$ ）があり、両圃場ともおよそ1:1の線上にプロットされた（図-4）。このことは、両圃場とも最低地下水位の年次変動が小さく、各地点の地下水位は毎年同程度まで低下することを示す。一方、最高地下水位はI圃場では正の相関を示すものの2017年で2018年を大きく上回り、B圃場では地点間での年次間差が大きかった（図-4）。このことは、降雨程度が最高地下水位に影響するだけでなく、B圃場では地下水位の上昇のしやすさが年によって異なることを示す。

(2) 2018年の営農期間における地下水位・土壌水分変動

B圃場の地下水位は、給水側で高く推移し、中央と排水側で同程度であった（図-5）。7月16日から8月8日までと8月31日から9月30日までの期間では日降水量が10 mmを超えるまとまった降雨がなく、地下水位は給水側でも-75 cm程度まで低下し、これらの期間では土壌水分ポテンシャルも大きく上昇した。8月上旬には3地点とも15 cm深と25 cm深で80 kPaを上回る土壌水分ポテンシャルを示した（図-5）。9月中旬には、地下水位は同程度まで低下したものの、土壌水分ポテンシャルは最大で40 kPaから60 kPaを示し、その後緩やかに減少した。これは、気温の低下による蒸発散の低下と大豆による水分吸収の低下によるものと考えられる。

I圃場の地下水位は、B圃場と同様に給水側で高く推移した（図-5）。中央と排水側では同程度であったが、まとまった降雨の少ない7月中旬から8月中旬までの期間では、排水側で地下水位が-80 cmまで低下したのに対し、中央では-55 cmで推移した。土壌水分ポテンシャルは8月上旬に最大値を示し、中央では15 cm深で80 kPa

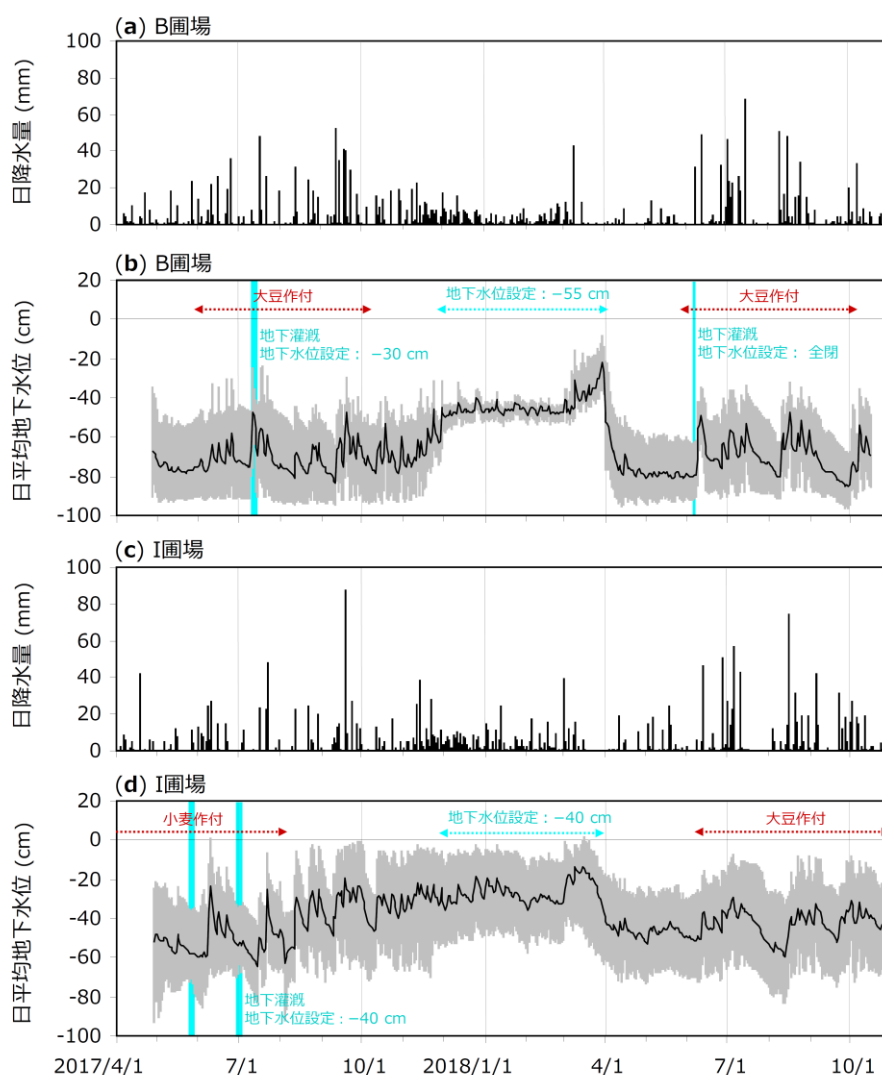


図-3 日降水量（B圃場(a) および I 圃場(c)）と日平均地下水位（B圃場(b) および I 圃場(d)）
地下水位は21地点の平均値で、エラーバーは、最大最小を示す。水色は地下水位設定を行った期間を示し、その他は水閘は全開とした。

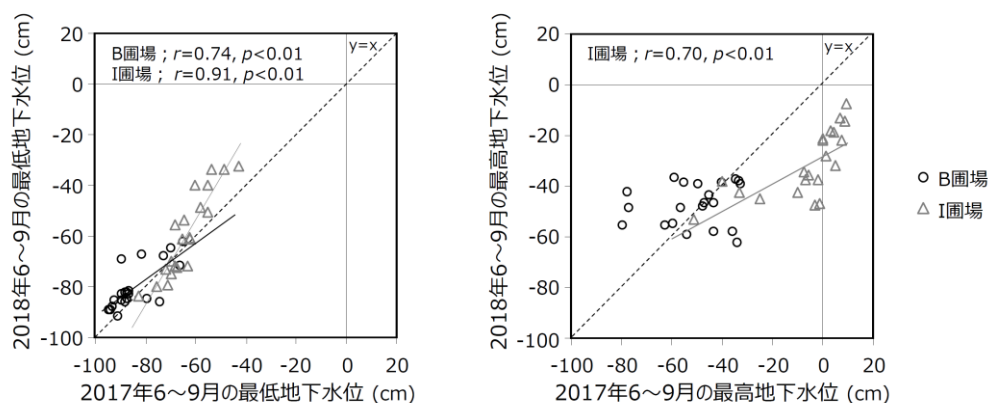


図-4 B圃場 21 地点と I 圃場 21 地点における 6 月から 9 月までの最低地下水位および最高地下水位の年次間比較

を上回った(図-5)。この時の給水側と排水側の15 cm 深の土壌水分ポテンシャルは70 kPa程度であり、特に排水側では地下水位が最も低下したものの、中央よりも土壌水分ポテンシャルは小さかった。また、8月4日から5日までの合計18 mmの降雨では、給水側と排水側では土壌水分ポテンシャルは速やかに30 kPaまで低下したのに対し、中央では15 cm深、25 cm深ともにわずかに低下しただけで50 kPaを上回っていた。この時、地下水位の上昇幅は中央で10 cmと最も大きく、中央では給水側、排水側よりも下層までの水みちが発達していたと考えられる。

B圃場はI圃場よりも地下水位が低く、土壌水分ポテンシャルが大きい傾向にあった。しかし、両圃場の各3地点における最低地下水位と各深度の最大土壌水分ポテンシャルには明らかな関係はみられなかった。

(3) 地下水位および土壌水分が大豆生育に及ぼす影響

2018年6月から9月までの各地点の最低地下水位と精子実重の関係を図-6に示す。最低地下水位と精子実重には弱い負の相関($r = -0.65$, $p < 0.01$)があり、地下水位が高いと収量を低下させることが示された。しかし、I圃場では地下水位が-80～-60 cmでも精子実重が非常に小さい地点が確認された。

7月から9月までの平均土壌水分ポテンシャルと精子実重の関係を図-7に示す。15 cm深と25 cm深の平均土壌水分ポテンシャルが増大すると、精子実重も増大する傾向にあった(15 cm深; $r = 0.79$, $p = 0.06$ 、25 cm深; $r = 0.77$, $p = 0.08$)。I圃場の排水側では、地下水位が低かったものの精子実重が小さかったが、この地点では平均土壌水分ポテンシャルが小さく、大豆生育が抑制されたことが考えられる。

7月から9月までの期間において、土壌水分ポテンシャルが6 kPa($pF = 1.8$; 圃場容水量)を上回った日数と精子実重の関係を図-7に示す。この日数はB圃場でI圃場よりも大きく、精子実重と非常に強い正の相関を示した

(15 cm深; $r = 0.97$, $p < 0.01$ 、25 cm深; $r = 0.93$, $p < 0.01$)。このことは、作土の土壌マトリックスから余剰水が排水された期間が長いことが収量に影響を与えることを示唆すると考えられる。

4. まとめ

2筆の泥炭地大区画転作水田において、地下水位の空間分布の年次変化と、地下水位と土壌水分の変動が作物生育に与える影響を検証した。

営農期間における2圃場それぞれ21地点の最低地下水位は、2017年と2018年の間に強い正の相関があり、年次変動が小さかった。

B圃場はI圃場よりも地下水位が低く、土壌水分ポテンシャルが大きかった。しかし、各圃場3地点で測定した最低地下水位と15、25、35cm 深の土壌水分ポテンシャルの最大値に明らかな関係は認められなかった。

15、35 cm深の土壌水分ポテンシャルが圃場容水量を上回った日数は、精子実重と非常に強い正の相関を示した。このことは、作土における土壌マトリックスから余剰水を排水することが収量に影響を与えることを示唆する。湿害による生育低下を防ぐためには、地下水位の低下だけではなく、営農作業等による亀裂・土壌団粒構造の形成等、作土の排水性の改善が重要であると考えられた。

謝辞：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) 長野間宏：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—，日本作物学会紀事，77(4)，pp.511～515(2008)

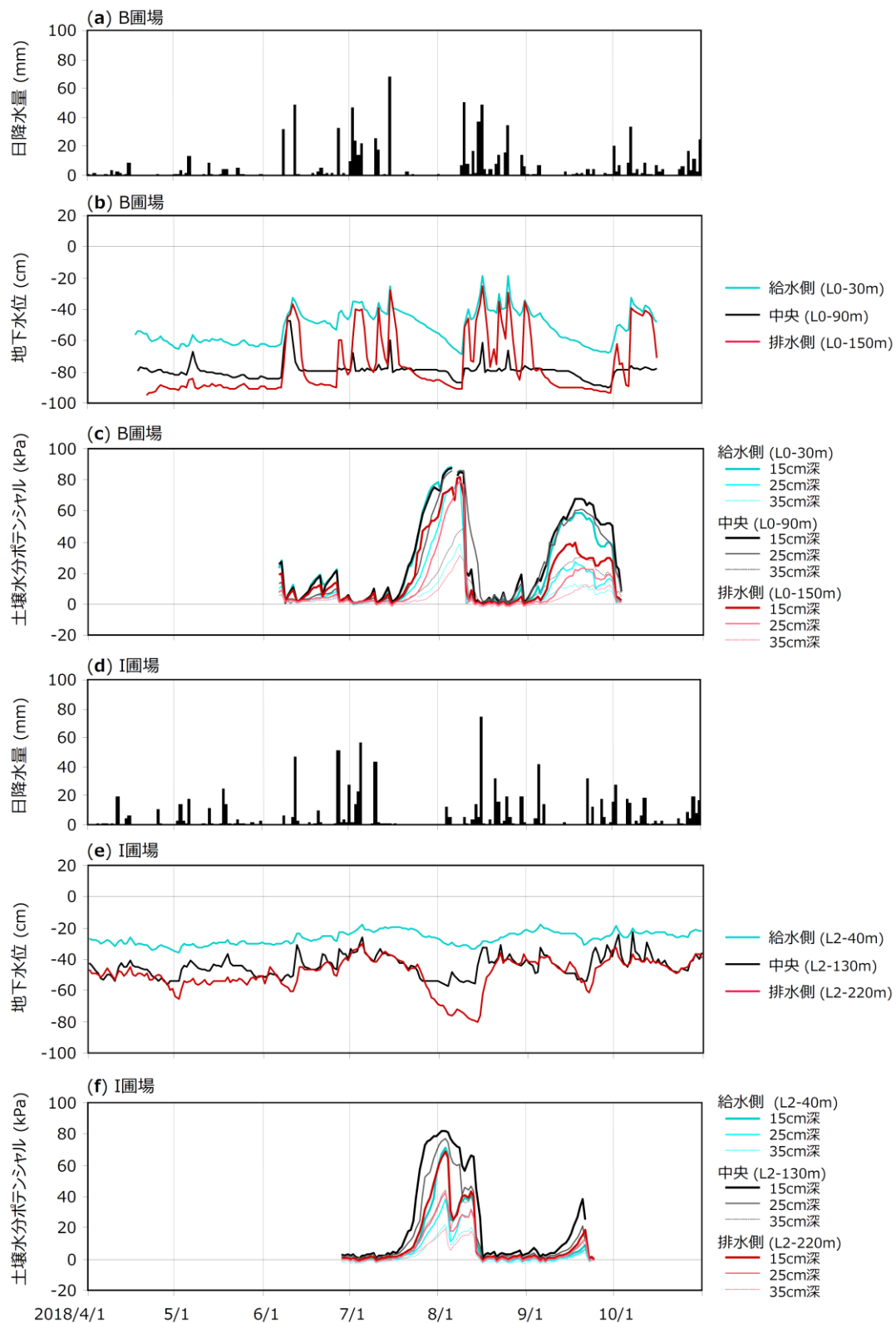


図-5 2018年の日降水量（B圃場(a) およびI 圃場(d)）、地下水位（B圃場(b) およびI 圃場(e)）および土壌水分ポテンシャル（B圃場(c) およびI 圃場(f)）の経時変化

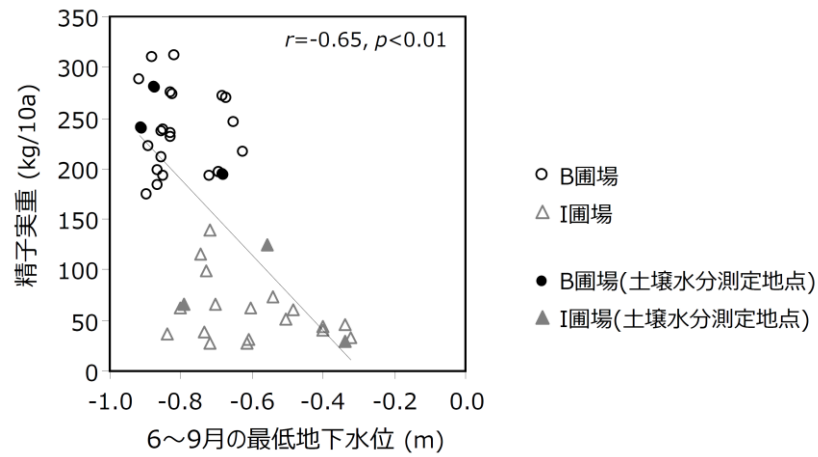


図-6 2018年6月から9月の最低地下水位と精子実重の関係

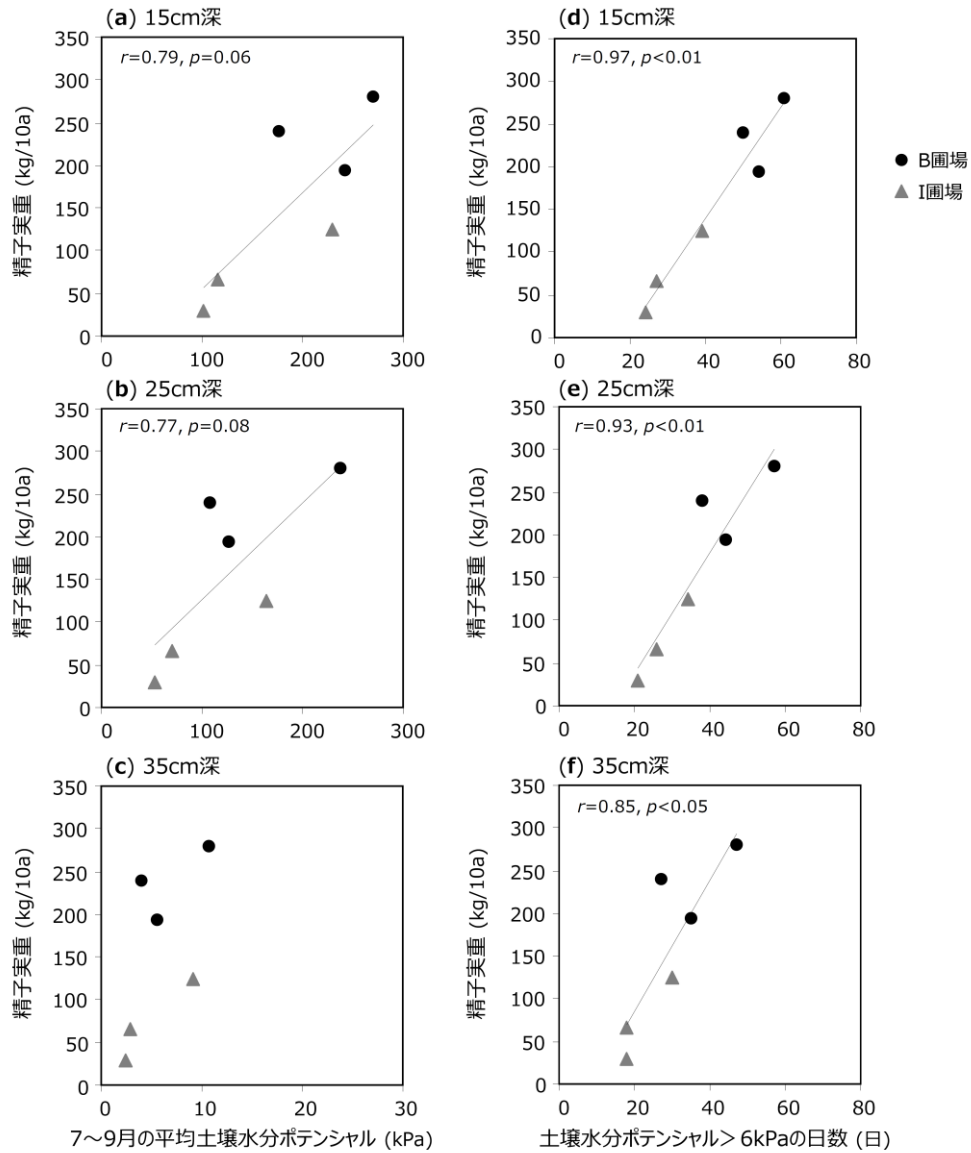


図-7 2018年7月から9月の平均土壌水分ポテンシャルと精子実重の関係 (15 cm深(a)、25 cm深(b)、35 cm深(c)) および同期間において土壌水分ポテンシャルが6 kPaを上回った日数と精子実重の関係 (15 cm深(d)、25 cm深(e)、35 cm深(f))