

泥炭地大区画水田における水稲登熟期の地下灌漑操作が 温室効果ガス排出に与える影響

清水 真理子 長竹 新 横川 仁伸

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¹⁾²⁾。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。

水田では、一般に、登熟期に間断灌漑を実施する。その目的には土壌の過度な乾燥を防いで根の活性を高く維持することが挙げられるが、間断灌漑の実施には多くの水や労力を必要とする。さらに、排水性の不良な圃場では、収穫作業に向けて地耐力確保のため、早めに落水を行う。しかし、早期の落水は、登熟期間中の水稲に水分ストレスを与えやすく、収量に悪影響を及ぼすことが知られている³⁾。そこで、地下水位制御システムを利用し水位を田面下の一定の深さで維持すれば、登熟期後半まで地表から根に酸素を供給しつつ、地下から生育に必要な水を供給することが可能となる。同時に、地表面付近の土壌のみ乾燥させることで、収穫期に備えてコンバイン走行に必要な地耐力も確保することができる。これは、地下水位制御システムの新たな利用方法の一つと考えられる。

水田の水管理は、土壌からの温室効果ガス排出に影響を与えることがよく知られている。北海道においても常時湛水よりも間断灌漑の実施がメタン排出の削減に有効であることが報告されている⁴⁾。本研究では、水稲登熟期の水分供給と地耐力向上を両立した地下水位制御技術が温室効果ガス排出に与える影響を評価した。

2. 調査地と方法

2. 1 調査地

調査は、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北海道美唄市の美唄地区の隣接する2つの水田圃場で行った(図-1)。圃場は、1区画が長辺約170m、短辺約70mに整備され、地下水

位制御システムが導入されている。暗渠管は、基本10m間隔で、0.70m~1.00mの深さにある。試験圃場と対照圃場との境界には遮水シートが埋設されている。

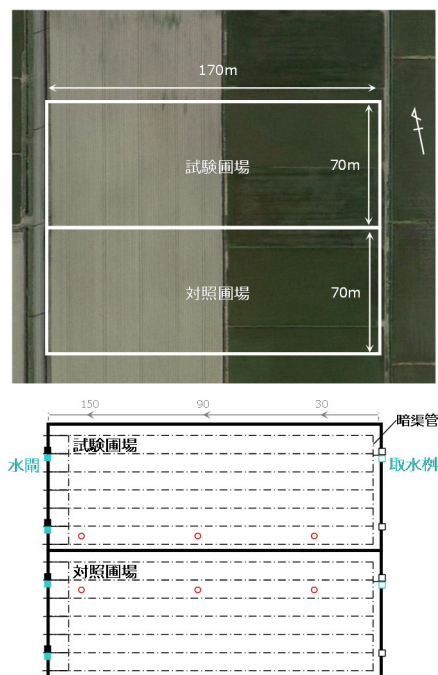


図-1 調査圃場と整備前の状況写真と観測地点位置図
(観測地点を赤丸で示す。)

対照圃場と試験圃場では、2017年、2018年とも水稲(ななつぼし)の移植栽培を行った。5月下旬に苗を移植、9月下旬に収穫を行った。試験圃場では、2017年は8月8日から22日までの間、2018年は8月6日から23日までの間、田面から10cm下に地下水位を設定して取水し地下灌漑を行った後、9月中旬まで水閘の設定を-10cmで維持した。対照圃場では、8月中旬から収穫まで水閘の設定を-40cmに維持し、この期間に地下灌漑による給水は行わなかった。

2. 2 方法

降水量は、同一農区内で調査圃場から約450m離れた地点で転倒ます型雨量計により測定した。地下水位、土壌水分、水稻出液速度、収量、温室効果ガスフラックスの測定は、各圃場、暗渠から5m離れた3地点(取水柵から長辺方向に30、90、150m離れた地点)で行った。

地下水位は、絶対圧式水位計を有孔塩ビ管(長さ100cm)に格納して塩ビ管の天端を地表下約60cmとなるように埋設し、30分間隔で測定した。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。

水稻出液速度は、2017年8月31日および2018年9月4日に各地点2~3反復で測定した⁵⁾。また、地耐力は、収穫を約2週間後に控えた2017年9月8日および2018年9月12日に、各圃場42地点で、デジタル貫入式土壌硬度計により測定した。

土壌表面からの温室効果ガスフラックスはクローズドチャンバー法で測定した。常設した架台にチャンバーを20分間静置し、5分毎にヘッドスペースガスを採取した。測定頻度は2~3週間に1度程度とした。ガス試料のメタン濃度はFID付きガスクロマトグラフ、一酸化二窒素濃度はECD付きガスクロマトグラフで測定した。温室効果ガスフラックス測定時に、気温、5cm深地温、5cm深の酸化還元電位(Eh)を測定した。メタンと一酸化二窒素を相対的に評価するため、それぞれ25、298の地球温暖化係数を乗じて二酸化炭素換算とした⁶⁾。

3. 結果と考察

3. 1 地下水位と土壌水分の変動

地下水位の季節変化を図-2に示す。2017年は、登熟期地下灌漑を開始した8月8日以降、試験圃場では地

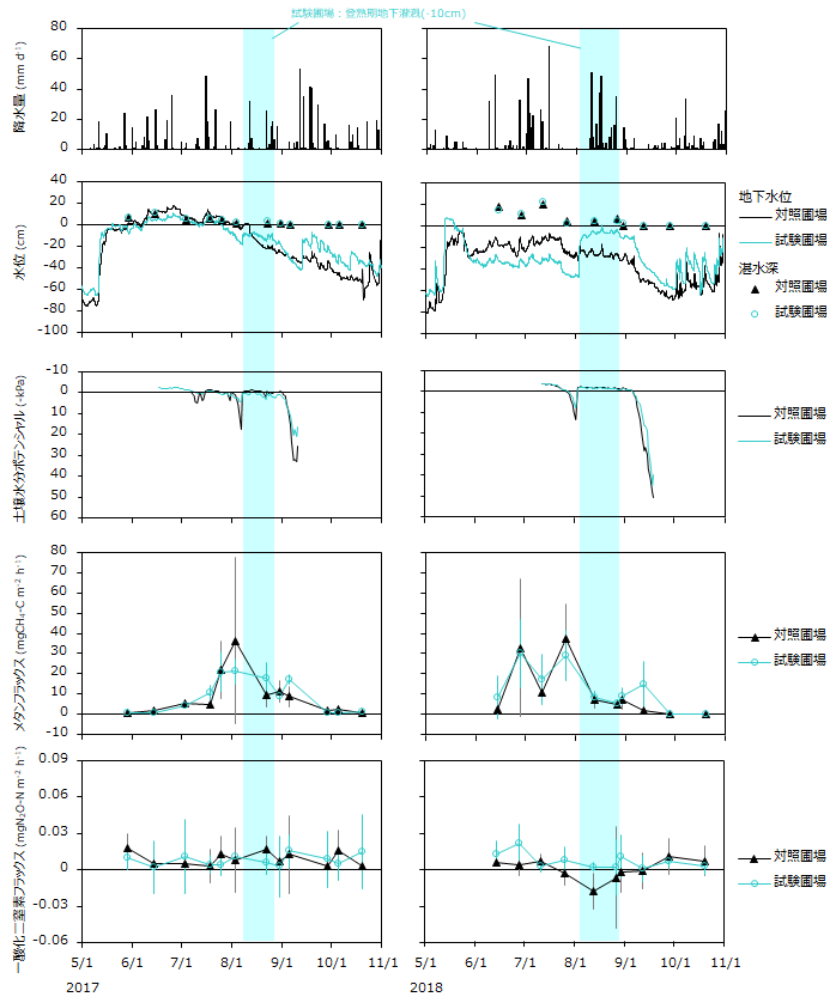


図-2 降水量、地下水位と湛水深、土壌水分ポテンシャル、メタンフラックスおよび一酸化二窒素フラックスの季節変化 (メタン・一酸化二窒素フラックスのエラーバーは、標準偏差 (n = 3) を示す。)

下水位は-10cm付近で維持された。一方、対照圃場の地下水位は緩やかに低下し、8月27日には-30cmを下回った。試験圃場の地下水位は、給水停止後で降水もなかった8月29日以降に緩やかに低下し、9月10日には対照圃場と同程度となった。登熟期地下灌漑実施期間の土壌水分は、圃場間で差は認められなかった。9月10日の試験圃場の土壌水分は、対照圃場よりも高かったが、土壌水分ポテンシャルは-20kPa (pF 2.3) 程度まで達していた。

2018年もまた、登熟期地下灌漑実施期間中に試験圃場で地下水位は-10cm付近で維持された。また、対照圃場の地下水位は-40~-30cmで維持された。しかし、この期間には断続的に降雨があったため、土壌水分ポテンシャルは0kPa付近で推移し、圃場間で明らかな差は認められなかった。9月中旬の土壌水分は-30kPa (pF 2.5) を超える乾燥状態となったが、試験区では対照区より高い水分で推移した。

3. 2 水稲登熟期の地下灌漑が作物生育と地耐力に与える影響

水稲出液速度は、両年とも試験圃場で対照圃場よりも大きい傾向にあり、2018年は有意な差が認められた(図-3)。ただし、両年とも出液速度測定時の土壌水分は両圃場間に明らかな差が認められなかった。土壌水分は15cm深のみで測定したため、水稲根へ供給される土壌水分の深度とは異なった可能性が考えられ

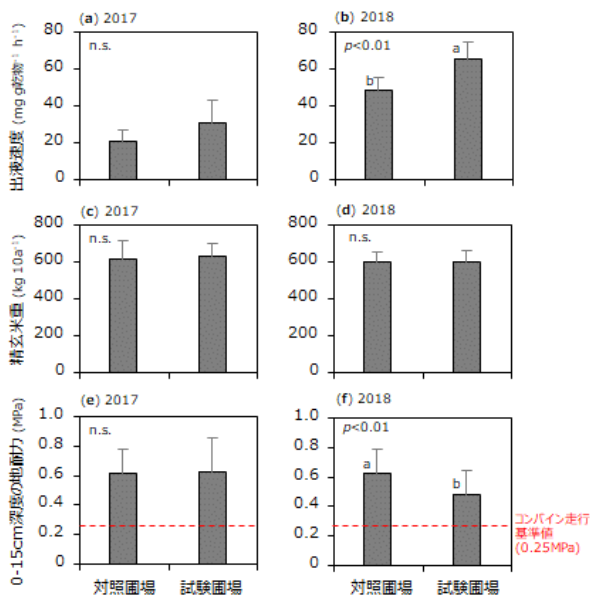


図-3 2017年と2018年の水稲出液速度 (a、b)、水稲収量 (c、d)、地耐力 (e、f)

る。また、収量は両年とも圃場間で差は認められず、登熟期の地下灌漑は収量に影響を及ぼすものではなかった(図-3)。白米のタンパク値は7.3~7.5%(水分15%換算)で、試験圃場と対照圃場で有意な差は認められなかった。

0~15cmの地耐力は、2018年のみ圃場間で有意な差が認められ、試験圃場で対照圃場より小さかった。しかし、2018年の試験圃場でもコンバイン走行に必要な地耐力(0.25MPa以上)を下回ったのは42地点中1地点のみであり、平均値は0.49MPaであったことから、登熟期に地下灌漑を実施しても、収穫期に必要な地耐力を十分確保できると考えられた(図-3)。

3. 3 登熟期の地下灌漑操作が地耐力と水稲生育に与える影響

メタンフラックスは、0.1~38 mg CH₄-C m⁻² h⁻¹の範囲で変動し、特に湛水時に大きく排出した(図-2)。メタンフラックスは、5cm地温と有意な正の相関($r = 0.64, p < 0.01$)、Ehと有意な負の相関($r = -0.56, p < 0.01$)を示した(図-4)。

登熟期から収穫までの地下灌漑実施期間において、対照圃場と比べて試験圃場で大きい傾向があった。しかし、圃場内のばらつきが大きく、対照圃場との間に有意な差は認められなかった(図-5)。試験圃場では、登熟期地下灌漑によって地下水位を高く維持することで、メタン排出が促進された可能性が考えられる。

調査期間のメタン排出量は、30~39gCH₄-C m⁻²であった。北海道三笠の水田では、生育期間中のメタン排出量は4.0~41 gCH₄-C m⁻²で、前作の稲わら残渣中の炭素量(0~86 gC m⁻²)と正の相関関係が得られたことが報告されている⁷⁾。本調査では、両圃場とも稲わらが持ち出されていなかったことから、メタン排出量が大きかったと考えられる。

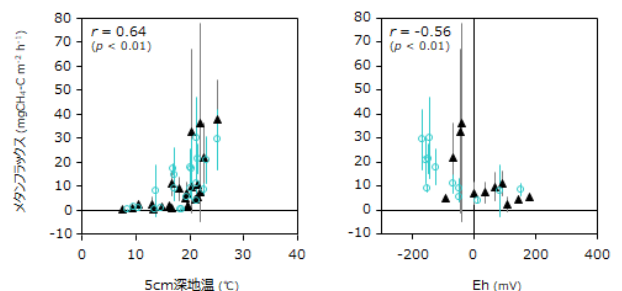


図-4 メタンフラックスと5cm地温および酸化還元電位(Eh)との関係 (エラーバーは、標準偏差 (n = 3) を示す。)

一酸化二窒素フラックスは、 $-0.02 \sim 0.02 \text{ mg N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ の範囲で変動した(図-2)。一酸化二窒素排出量は、メタン排出量と比較すると非常に小さく、無視できる程度であった(図-5)。また、圃場内のばらつきが大きく、試験圃場と対照圃場で有意な差は認められなかった。

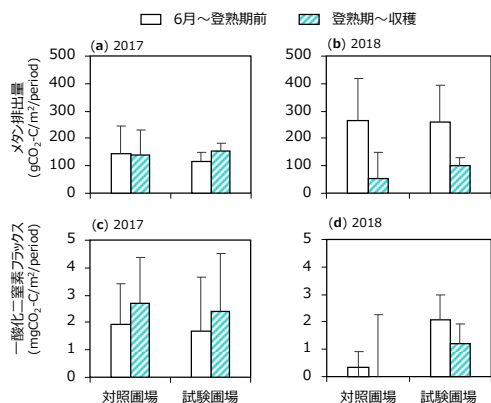


図-5 2017年と2018年のメタン排出量 (a, b) と一酸化二窒素排出量 (c, d)

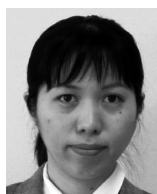
4. まとめ

泥炭を基盤とする水稲移植圃場で、登熟期に地下灌漑を実施し、水稲への水分供給と地耐力への影響を調査した。登熟期後半の水稲出液速度は、試験圃場で対照圃場より大きかった。しかし、これは収量に影響を及ぼすものではなかった。地耐力は、試験圃場で対照圃場よりも小さかったが、両圃場ともその平均値はコンバイン走行に必要なとされる値を満たしており、登熟

期の水稲への水分供給と収穫期に必要な地耐力の確保が両立できることを確認した。しかし、登熟期における地下灌漑はメタン排出量を増大させる傾向があった。今後、登熟期における地下水位の最適な設定等の検討が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：北海道総合開発計画、2016年
- 2) 農林水産省：土地改良長期計画、2016年
- 3) 金田吉弘・谷野弘和・高階史章・佐藤孝・保田謙太郎：重粘土大区画水田における地下灌漑システムFOEASが高温登熟条件下における水稲収量および外観品質に及ぼす影響、日本土壤肥科学雑誌、第89巻 (3)、pp.197-203、2018.
- 4) Nishimura, S., Kimiwada, K., Yagioka, A., Hayashi, S., and Oka, N.: Effect of intermittent drainage in reduction of methane emission from paddy soils in Hokkaido, northern Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66 (2) pp.360-368, 2000.
- 5) 森田茂紀・阿部淳：出液速度の測定・評価方法、根の研究、8 (4)、pp.117-119、1999.
- 6) IPCC: Climate Change *The Physical Science Basis*, 2007.
- 7) Naser, H. M., Nagata, O., Tamura, S., Hatano, R.: Methane emissions from five paddy fields with different amounts of rice straw application in central Hokkaido, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53, pp.95-101, 2007.



清水 真理子
SHIMIZU Mariko

寒地土木研究所
寒地農業基盤研究グループ
資源保全チーム
主任研究員
博士 (農学)



長竹 新
NAGATAKE Arata

寒地土木研究所
寒地農業基盤研究グループ
資源保全チーム
研究員



横川 仁伸
YOKOKAWA Hironobu

寒地土木研究所
寒地農業基盤研究グループ
資源保全チーム
上席研究員