

水田地帯の水文環境保全に配慮した 灌漑排水技術に関する研究

寒地土木研究所 水利基盤チーム ○越山 直子
大津 武士
川口 清美

北海道の大規模水田地帯では、大区画化やパイプライン化、地下水位制御システムの整備が進むことにより、水稻栽培方式および灌漑方式の多様化や水管理の変化が生じ、水需要へ影響を及ぼす可能性がある。そこで、富良野盆地地区において、パイプライン化された圃場整備済みの水田圃場および未整備水田圃場を対象に、移植栽培および乾田直播栽培を行ったときの取水量、湛水深、地下水位等を調査した。本報では、圃場整備前後における圃場水管理の比較結果について報告する。

キーワード：水田、大区画、圃場整備、未整備、圃場水管理

1. はじめに

北海道の大規模水田地帯では、近年、農業者の高齢化および農家戸数の減少により、担い手への農地集積が進んでいる。そこで、農業経営のさらなる大規模化に対応するために、営農作業の効率化をねらいとして、用水路のパイプライン化、水田圃場の大区画化および地下水位制御システムなどの整備が進められている。こうした整備の進展は、農作業の効率を向上させる一方で、地下水位制御機能を利用した水稻直播栽培の導入による用排水管理の変化やパイプライン化に伴う水利用形態の変化の要因となり、灌漑区域の水需要に影響を及ぼす可能性がある。水田地帯において、圃場整備後も適正な配水管理を行うには、圃場整備前後における圃場単位の水管理の変化を把握し、灌漑区域における水収支を分析する必要がある。

筆者らは、平成28年度より、開水路により灌漑される圃場群を対象に、流入量、流出量、排水路の水質濃度などを調査し、それぞれの水収支構造や周辺水文環境への影響を明らかにしてきた¹⁾²⁾³⁾。本報では、用水路形式が開水路からパイプラインへ整備された地区において、移植栽培および乾田直播栽培の圃場整備前後における圃場水管理を比較した結果を報告する。

2. 調査概要

(1) 調査圃場

調査対象は、空知郡中富良野町に位置する4圃場である。調査圃場を含む農区では、2018年に国営農地再編整備事業により圃場整備が実施され、大区画化およびパイプライン化、地下水位制御システムの整備が行われた。調査は、2014年および2015年に圃場整備前の圃場（以下、未整備圃場）、2019年に圃場整備後の圃場（以下、整備済み圃場）において行った（図-1、図-2）。調査圃場の栽培方式は、移植栽培（以下、移植）および乾田直播栽培（以下、乾直）である。各圃場における調査時の圃場整備状況、水稻栽培方式、圃場面積を表-1に示す。乾田直播栽培では、前年度に移植栽培を行うと雑草抑制が期待できることから、mw15では、前年度に移植栽培が行われた。

圃場整備前では、農業用水は、支線用水路から小用水路を経由し、各圃場へ取水される。どちらとも開水路形式である。各圃場への用水供給は、地表灌漑1ヶ所から行える。各圃場の排水は、地表排水1ヶ所、暗渠排水口1ヶ所から行える。暗渠排水は整備されているが、その配線は不明である。

整備済み圃場では、それぞれ集中管理孔が整備されたことから、地表または地下、あるいはその併用による用水供給が可能となっている。各圃場への用水供給は、地

表灌漑2ヶ所、地下灌漑1ヶ所から行える。各圃場の排水は、地表排水2ヶ所、暗渠排水2ヶ所から行える。圃場内には、暗渠管（φ80～90mm、勾配1/1,000）が田面から0.80m～1.00mの深さに約10m間隔で埋設されている。疎水材は木材チップである。

調査圃場における耕作および水管理は、圃場整備前後とも、一人の農業者の判断により行われた。この農業者は、未整備圃場において、2013年から乾田直播栽培に取り組んでいる。

(2) 調査方法

各圃場における観測地点の位置を図-3に示す。未整備圃場では、パーシャルフリューム（写真-1）により、地表取水量を観測した。整備済み圃場では、電磁流量計により地表取水量、地下取水量、地下排水量を観測した。整備済み圃場の地表排水量については、直角三角堰を排水口近傍に設置して観測した。圃場の湛水深は、水圧式水位計を各圃場の2ヶ所に設置して観測した。各圃場内

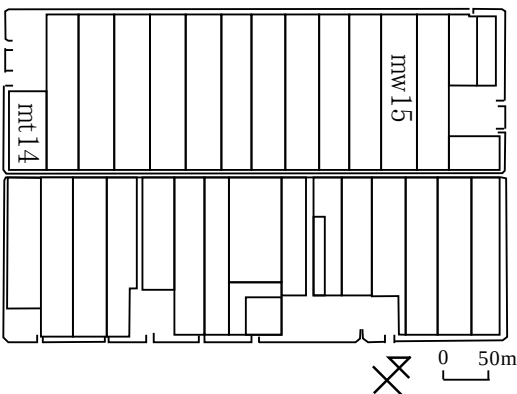


図-1 調査圃場の位置（圃場整備前）

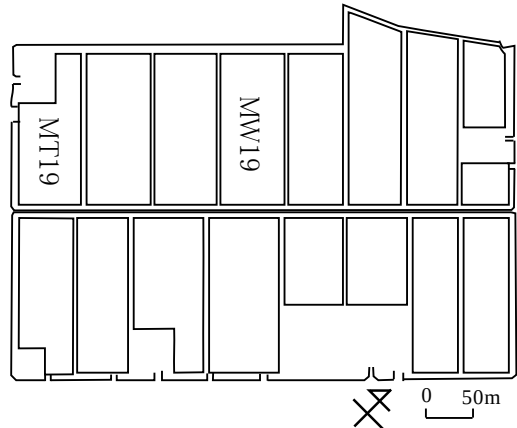
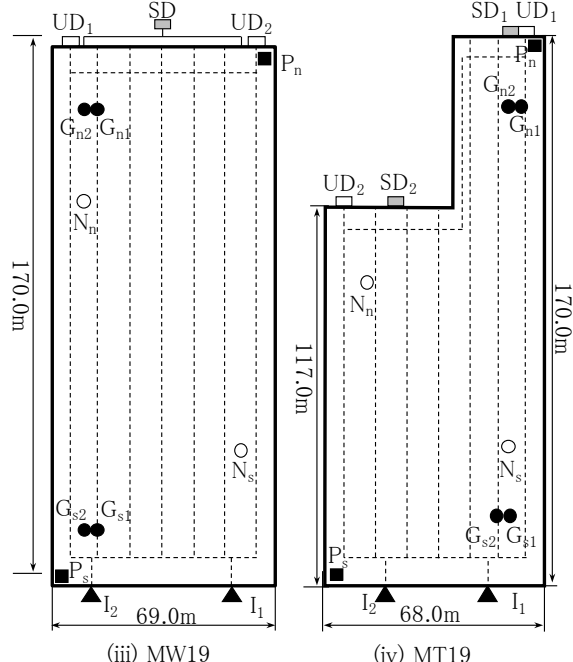
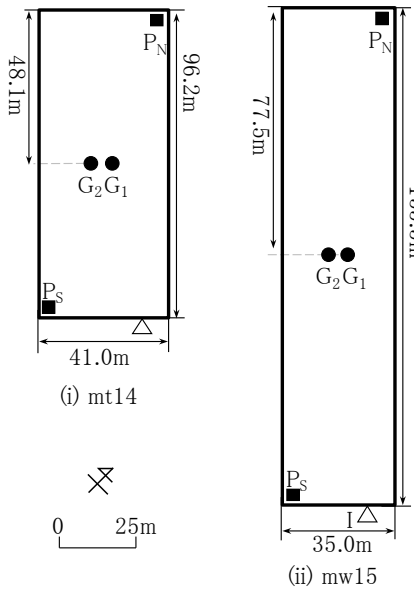


図-2 調査圃場の位置（圃場整備後）

表-1 調査圃場の概要

圃場名	圃場整備	栽培方式	圃場面積(㎡)
mt14	未	移植	4,116
mw15	未	乾直	5,910
MT19	済み	移植	10,649
MW19	済み	乾直	11,971



- 凡 例
- 暗渠配線
 - 湛水深
 - 地下水位
 - 減水深
 - ▲ 取水量(電磁流量計)
 - 排水量(電磁流量計)
 - △ 取水量(パーシャルフリューム)
 - ▢ 排水量(三角堰)

図-3 調査圃場における観測機器の位置



写真-1 パーシャルフリューム

の地下水位は、有孔塩ビ管に格納した絶対圧式水位計を田面から1.3mの深さに埋設し、観測した。この観測値は、厳密には、水位計センサー部の圧力水頭であるが、本報ではこれを参考にして、地下水位の動きを考察した。地下水位の観測地点については、未整備圃場では、圃場中央部2地点（各地点間の距離は5m程度）とした。整備済み圃場では、給水側および排水側において、それぞれ暗渠付近および暗渠間の中央を観測地点とした。各圃場の浸透量については、取水、排水、降雨がない日を対象として、各圃場の湛水位の変動より一筆減水深を算定し、この値からペンマン法で推定した蒸発散量を差し引いたものを、一筆浸透量として算定した。圃場整備後における日減水深は、各圃場において湛水があり、かつ取水、排水、降雨がないときにN型減水深計を各圃場内の2点に設置し、灌漑期間中に2回観測した。気象については、2014年および2015年では、雨量計をmt14圃場の近傍に設置した。ペンマン法による蒸発散量の推定に必要な項目については、アメダス（上富良野）のデータを使用した。2019年では、MT19圃場の近傍に気象観測機器を設置し、雨量、気温、風向・風速、日照時間、相対湿度、大気圧を観測した。観測期間については、取水量、湛水深、減水深は5月から8月までとし、その他の調査項目については、5月から9月までとした。測定間隔は10分である。なお、蒸発散量については、ペンマン法により推定した。

各圃場における圃場整備前の土壌断面については、北海道開発局旭川開発建設部から資料提供を受けた。圃場の水管理については、農業者への聞き取りを行い、地表取水および地下取水の判別については、農業者の水管理日誌を参考にした。また、平年の営農作業時期については、中富良野町農業センターへの聞き取りを行った。

3. 結果・考察

(1) 圃場の水管理

各圃場における湛水深および地下水位の経時変化と水管理状況を図-4に示す。図中の湛水深および地下水位は、各地点の田面高をゼロとしている。聞き取りによると、移植栽培における平年の営農作業時期は、代かき期が5月10日～5月15日、移植日が5月18日～5月28日であった。乾直における平年の播種日は、5月5日～5月10日であった。各圃場における水管理状況を以下に述べる。

① 未整備移植(mt14)

圃場への取水は、すべて地表灌漑により行われた。圃場は、代かき後から湛水状態で管理された。地下水位は、代かき取水に伴い、-0.85mから田面近くまで急速に上昇したが、湛水期間中では-0.60m程度で推移した。湛水深は、7月後半から8月上旬にかけて、その他の時期よりも深い水深で管理された。6月中旬以降から7月中旬までは、

取水が行われなかった。灌漑期間において、中干しのような栽培管理に伴う強制落水や掛け流しは行われなかったため、栽培管理用水量は生じなかった。

② 整備済み移植(MT19)

この圃場では地下灌漑が可能であるが、聞き取りによれば、移植栽培時における圃場への取水は、すべて地表灌漑により行われた。代かき取水では、掛け流し状態となることがあった。地表排水が行われた後に、田植えが行われた。田植え後は、湛水状態で管理された。湛水期間中、強制落水や掛け流し灌漑は行われなかったため、栽培管理用水量は生じなかった。

③ 未整備乾直(mw15)

圃場への取水は、すべて地表灌漑により行われた。播種の翌日に初期取水が行われた後、約3週間にわたり、浅水管理が行われた。この浅水管理とは、種籾の芽立ちが安定するまでの期間、間断的に圃場面を湿潤状態にするものである。本報では、水稻の生育や取水時期、地下水位変化により、浅水管理の期間を判定した。湛水期間における地下水位は、比較的田面近くで推移していた。代かきが行われていないため、地表灌漑による供給水が田面からの地下へ浸透しやすくなったと考えられる。8月中旬に強制落水された後、再湛水が行われた。

④ 整備済み乾直(MW19)

播種後に初期取水が行われた。その後、6月初めまでの約3週間、浅水管理が行われた。浅水管理の期間の判定は、mw15と同様に行った。灌漑方式についてみると、初期取水、浅水管理の前半および強制落水後の再湛水において、地下灌漑が行われた。浅水管理期の後半および普通期の初めでは、地表灌漑と地下灌漑が併用され、その他は地表灌漑が行われた。湛水期間中、掛け流し状態になっていることがあった。7月末に強制落水が行われた後、再湛水された。8月中旬に落水された。

(2) 取水強度の比較

圃場整備後の水管理の違いとして、整備後では、地表灌漑に加えて、地下灌漑を行えることが挙げられる。そこで、灌漑方式による取水強度を比較することとした。各圃場における主な水管理時期の取水強度を図-5に示す。この取水強度については、取水1回あたりの取水量（mm）をその取水時間（h）で除して算定した。この結果、初期取水、浅水管理、再湛水では、灌漑方式による取水強度の差は小さかった。普通期では、すべて地表灌漑が行われたが、MW19でやや値が大きかった。

(3) 土性

mt14では、地表から-27cmまでが作土であり、田面から-59cm以深に泥炭層がある。泥炭層以外の土性は埴壤土である。透水係数（cm/s）は、作土層で 4.8×10^{-6} 、埴壤土で 2.6×10^{-6} 、泥炭土で 1.0×10^{-5} である。mw15では、地表から-27cmまでが作土であり、-85cm以深に厚さ15cm

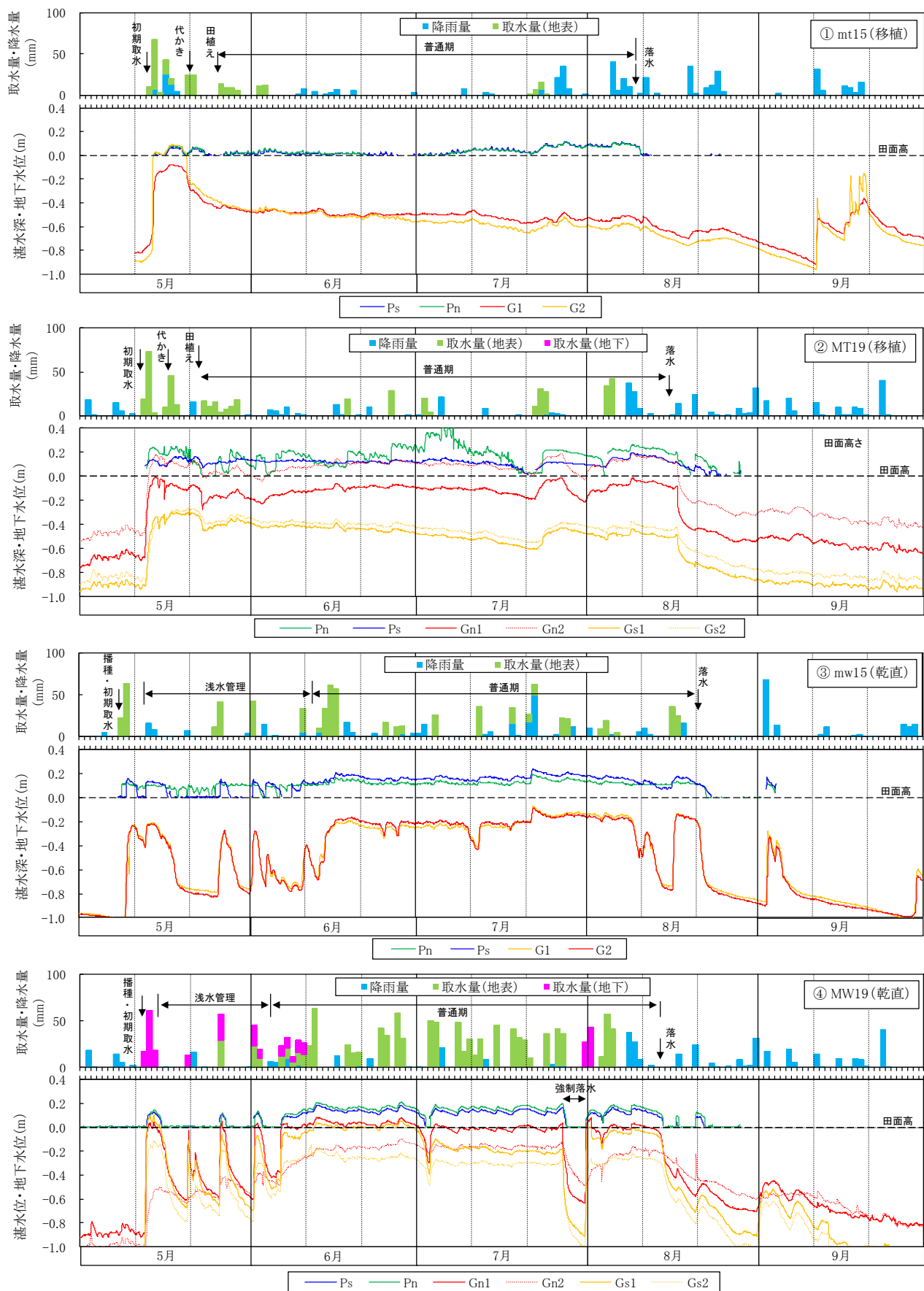


図-4 各圃場における取水量、湛水深、地下水位の経時変化

の泥炭層がある。透水係数 (cm/s) は、作土層で $4.0 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ 、軽埴土で 5.9×10^{-5} 、重埴土で 1.9×10^{-5} である。

(4) 浸透量

各圃場における一筆浸透量および降下浸透量を図-6に示す。浸透量の値は、移植栽培よりも乾直栽培において大きい傾向が見られた。調査対象の圃場では、土性の違いに加えて、代かきの有無の影響により、浸透量に差が生じたと考えられる。

(5) 各圃場への累加供給水量

各圃場における累加供給水量を図-7に示す。各圃場の供給水量は、日取水量および有効雨量の和を計算し、日ごとの値を累加した。ここでは、農業用水（水田）の計画基準⁴⁾を参考に、5mm/d以上から80mm/dの降雨を対象とし、その80%を有効雨量とした。各圃場における累加供給水量の値は、6月上旬まではほぼ同程度であったが、その後、特にMW19で顕著な増加がみられた。初期取水から落水までの総供給水量を比べると、mt14の値に対して、MT19では1.4倍、mw15では2.0倍、MW19では3.5倍となった。

(6) 供給水量の比較

各圃場における区分別の供給水量を図-8に示す。ここでは、初期取水から落水までの合計供給水量を、主な水管理に応じて、①初期取水から田植えまで（移植）、②初期取水（乾直）、③浅水管理（乾直）、④普通期に区分した。さらに、④の普通期における供給水量を、⑤再湛水、⑥表面流去、⑦その他に分けた。ここで、表面流去とは、たとえば掛け流し状態による地表流出のように、浸透および蒸発散として圃場から出るのではなく、水田水尻から圃場から流出した水量である。ただし、未整備圃場（mt14、mw15）では、地表排水量データがないことから、表面流去の区分は行っていない。

移植栽培では、圃場整備の前後における浸透量の差は小さいことから、供給水量の差も小さかった。乾直では、整備前後とも、7月末に強制落水が行われた。農業者への聞き取りによると、中干しは基本的には行わないが、除草剤散布のための落水と中干しが重なる場合があるとのことだった。また、聞き取りによれば、MT19およびMW19の表面流去は、農業者が意図的に行ったものではなかった。圃場整備後における普通期の供給水量の値は、圃場整備前に対して、移植では1.3倍、乾直では1.4倍となった。乾直において、圃場整備の前後で灌漑期間の総供給水量が増加した要因には、浸透量の違い、強制落水による再湛水、表面流去の発生の影響が考えられる。こうした表面流去水の発生についての検討は、次節で行う。

(7) 表面流去の発生要因

ここで、整備済み圃場においてみられた表面流去の発

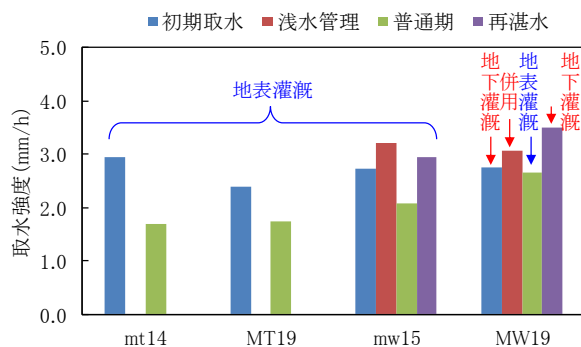


図-5 各圃場における取水強度

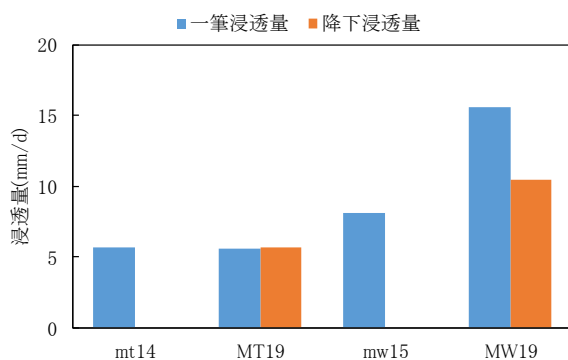


図-6 各圃場の浸透量

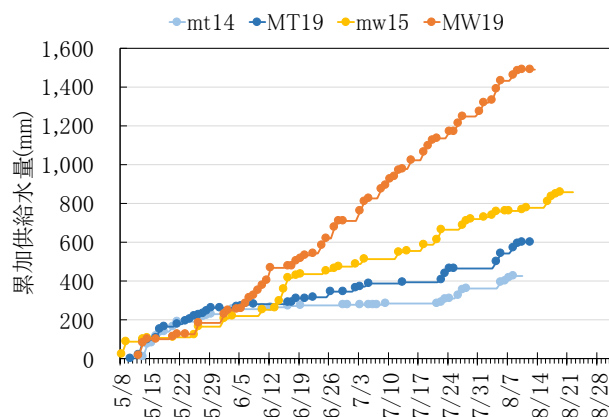


図-7 各圃場の累加供給水量

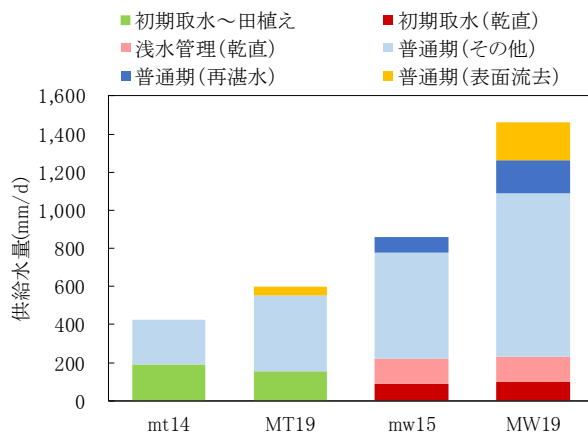


図-8 各圃場の区分別供給水量

生要因について分析する。各圃場における取水開始時刻および取水時間を図-9に示す。未整備圃場では、日中に取水が開始され、取水時間は一部を除き、数時間から36時間程度であった。これに対して、整備済み圃場では、取水開始が午前中になる頻度が多く、MW19ではほとんどが午前中であった。取水時間は、一部が72～108時間となったほかは、6～48時間程度であった。このような変化は、パイプライン化されたことにより、農区内の他の圃場の取水状況に関わらず、取水が可能となったことから生じたと考えられる。

また、図-9 (ii)に示すように、MW19では、取水時あるいは取水直後に表面流去が生じることが頻繁にあった。これは、パイプライン化による取水時間帯および取水時間の変化により、余剰水が表面流去しやすくなった可能性がある。ただし、現段階において、その発生要因は不明であることから、今後、MW19でみられた表面流去が一時的なものかを検証し、さらに分析する必要がある。

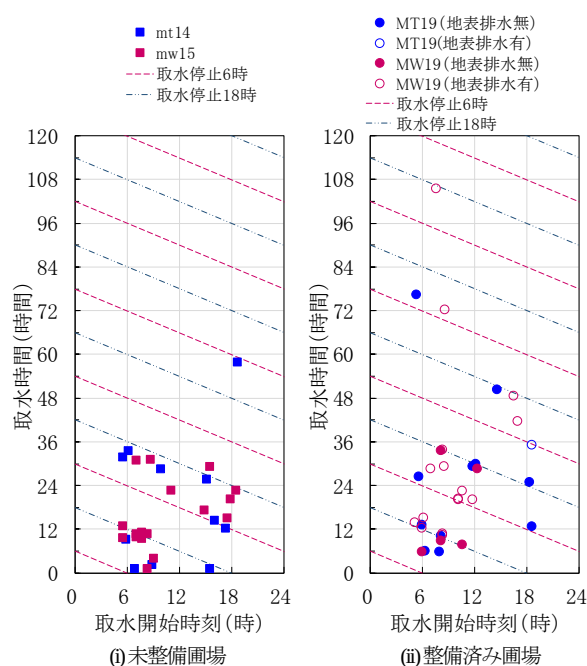


図-9 取水開始時刻および取水時間

4. おわりに

パイプライン化された地区において、圃場整備前後における移植栽培および乾田直播栽培の圃場水管理を比較した。結果は、以下のとおりである。

- ① 浸透量は、整備前後とも、移植よりも乾直の値が大きい傾向が見られた。調査対象の圃場では、土性の違いに加えて、代かきの有無の影響により、浸透量に差が生じたと考えられる。
- ② 初期取水から落水までの総供給水量は、mt14の値に対して、MT19では1.4倍、mw15では2.0倍、MW19では3.5倍となった。MW19において、特に値が増加した要因として、圃場浸透量の違い、強制落水による再湛水、表面流去の発生が影響したと考えられる。
- ③ 整備済み圃場では、未整備圃場よりも午前中に取水を開始する頻度が増加し、取水時間が長くなる傾向がみられた。取水時間帯の変化は、パイプライン化によって、農区内の他の圃場の取水状況に関わらず、取水が可能となったことにより生じたと考えられる。
- ④ MW19では、取水時あるいは取水直後に表面流去が生じることが頻繁にあった。これは、パイプライン化による取水時間帯および取水時間の変化の影響により、表面流去が生じやすくなった可能性がある。ただし、その発生要因は不明であることから、今後、調査を継続し、表面流去の発生について分析する必要がある。

要がある。

今後、整備済み乾直圃場でみられた表面流去が一時的なものかを検証し、パイプライン化による影響を解明する必要がある。さらに、パイプライン地区における圃場用水量のほか、未整備および整備済みの圃場群水収支の特性を明らかにし、圃場整備による広域レベルの水収支や河跡湖における水環境への影響を明らかにする。

謝辞：中富良野町の農家、中富良野町農業センター、北海道開発局旭川開発建設部、北海道開発局旭川開発建設部富良野農業事務所の関係諸氏にご協力を賜った。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 越山直子、酒井美樹、渡辺秀博：美唄地区における水稻栽培方式ごとの水田水管理と水収支、第 60 回(2016 年度) 北海道開発技術研究発表会、2017。
- 2) 大津武士、越山直子、中村和正：美唄地区における大区画圃場と未整備圃場の水収支、第 61 回(2017 年度) 北海道開発技術研究発表会、2018。
- 3) 越山直子、大津武士、川口清美：美唄地区における開水路系農区における水収支と水質、第 62 回(2018 年度) 北海道開発技術研究発表会、2019。
- 4) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水(水田)」、2014。