

地下灌漑が可能な大区画水田での 流出負荷抑制に配慮した水管理手法

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム ○酒井 美樹
 (独) 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム 鶴木 啓二
 (独) 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム 越山 直子

北海道では、水田の大区画化に伴う地下灌漑システムの整備が進んでいる。整備済の大区画水田では水管理方式や栽培方式が多様化し、取水と排水の経路が変化する。そのため、水田からの排水水質や流出負荷が従来に比べて変動すると予測される。この変動特性を把握するため、用水、圃場湛水および暗渠からの排水の水質を定期的に分析した。本報告では、水質分析結果を解析し、流出負荷抑制に配慮した圃場水管理手法を提案する。

キーワード：地下灌漑、水質、流出負荷、圃場水管理手法

1. はじめに

北海道の大規模水田地域の中では、農家戸数の減少に伴う担い手への農地集積により、将来は1戸当たり30ha以上の大規模水田営農に展開すると想定されている地域がある¹⁾。こうした大規模経営を主体とする水田地域においては、一層の生産性向上を図るための作業効率の高い圃場づくりを目指し、圃場の大区画化や地下灌漑システムの整備が進んでいる。

このような整備を行った大区画水田では水管理方式や栽培方式が多様化し、取水と排水の経路が従来の水田から変化することが考えられる。例えば、整備済の直播栽培を行う大区画水田では、地下からの取水が可能となり、従来の移植栽培を行う水田に比べて、暗渠から排水する頻度が多くなることが想定される。そのため、水田から排水する水質濃度や流出負荷が変化することが予測される。この変化の特性を把握するため、整備済の圃場で用水、圃場湛水および暗渠からの排水を平成23年度から定期的に採水し、水質観測を行っている。

本研究では、水質観測結果を基に地下灌漑が可能な大区画水田の水質濃度の特性や流出負荷量を示し、その結果から流出負荷抑制に配慮した圃場管理手法を提案する。

2. 調査

(1) 調査圃場の概要

調査は、北海道雨竜郡妹背牛町にある国営農地再編整備事業で整備された3筆の大区画圃場（以下、試験区）

を対象に行った。試験区の水源は石狩川である。試験区の概要を表-1に示す。以下、平成23年度の試験区はH23試験区Bのように表記し、平成24年度、平成25年度についても同様とする。試験区は平成21年度に区画整理工事が実施され、あわせて地下灌漑システム（図-1）が整備された。地下灌漑システムとは、管理ユニットを介して

表-1 試験区の概要

	面積	作付			
		H22	H23	H24	H25
試験区B	2.3ha	大豆	春小麦(初冬)	秋小麦	水稲(移植) 低タンパク化対策(中止)
試験区C	1.5ha	水稲(乾田直播) 低タンパク化対策	水稲(湛水直播) 低タンパク化対策	水稲(移植) 低タンパク化対策	水稲(乾田直播) 低タンパク化対策
試験区D	1.5ha	水稲(乾田直播)	水稲(湛水直播)	水稲(移植)	水稲(乾田直播)

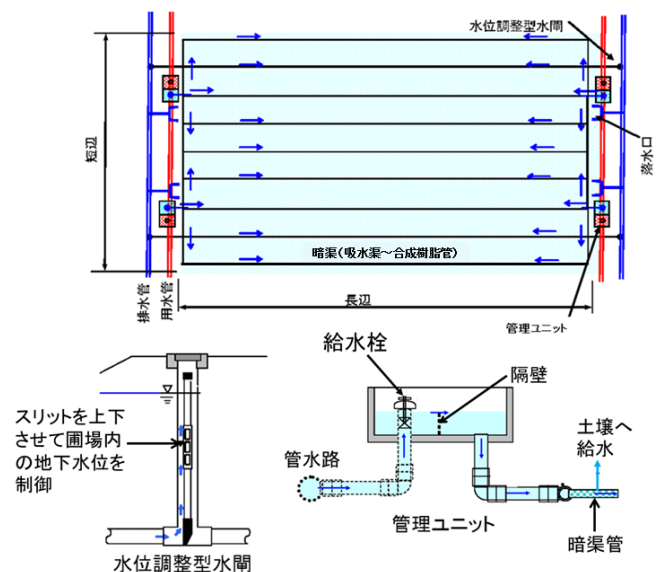


図-1 地下灌漑システム

末端用水路と接続された暗渠管による地下からの給水や、集水渠末端に設置される水位調整型水閘の操作による圃場地下水位の制御が可能な施設のことである。これらの施設を活用することにより、1) 水稻移植栽培の代かき用水取水時に圃場全体へ均一的かつ効率的な給水ができ、2) 水稻直播栽培における播種後の浅水管理（田面付近の湿潤保持と落水を繰り返す水管理）が容易となり、出芽・苗立ちが向上し、3) 大豆等の転作作物では、開花期や夏場の乾燥期に作物根域への効率的な給水が可能となり、増収効果が見込める、などのメリットがある。

試験区における営農の特徴として、無代かきの湛水直播栽培や乾田直播栽培が行われていた。また、出穂期以降に地下水位を上下することで、窒素成分を溶脱させて稲の窒素吸収を抑制する低タンパク化対策実証試験が行われていた。

(2) 現地調査および水質分析

現地では降水量、湛水位、地下水位の観測と採水作業を行った。

降水量は、転倒マス式の自記雨量計を圃場の近傍に設置して観測した。湛水位、地下水位は各圃場に絶対圧式自記水位計を設置し、10分間隔で測定した。記録された水位は、大気圧補正を行った後、標高値に換算して整理した。降水量、湛水位、地下水位の観測は灌漑期を通して行った。

採水作業は3日に1回の頻度とし、低タンパク化対策実証試験中は実施している試験区で毎日行った。各年の採水期間を表-2に示す。採水は、管理ユニット内の用水、圃場湛水、暗渠からの排水から行った。用水からは、給水栓が開いていて水が流れている場合だけに採水した。採水試料はポリ瓶で冷蔵保管し、室内で水質分析を行った。水質分析項目は、全窒素(T-N)、全リン(T-P)とした。分析方法はJISに準じた。

(3) 水質濃度の指標

流出負荷抑制に配慮した圃場管理手法を検討するため、排水の水質が高濃度であるかを把握する必要がある。しかし、農業排水の水質濃度の基準はない。そのため、農業用水の水質濃度基準を参考とする。

農業用水の基準には「農業用水の要望水質²⁾」がある。この基準は、水稻の正常な生育のために望ましい水質濃度を定めている。その濃度はT-Nが1mg/L以下である。

表-2 採水期間

	採水期間
H23	5月28日～8月29日
H24	5月25日～8月29日
H25	5月30日～8月31日

T-Pは定められていない。別の基準である「農業用水の汚濁程度別濃度分級（水稻用）²⁾」には、農業用水として汚濁のない水質はT-N濃度が2mg/L以下、T-P濃度が0.2mg/L以下と定められている。なお、これらの基準は法的拘束力はない。

本研究の水質分析結果については、これらの基準値を参考に高濃度であるかどうか評価した。

3. 結果

(1) 水質濃度

栽培方式や水管理方式の違いによる水質の特性をみるために、H23試験区D、H24試験区D、H25試験区B、H25試験区CおよびH25試験区Dの水質分析の結果を述べる。各年ごとの降水量、営農作業状況³⁾⁴⁾⁵⁾、および水質変化を図-2～4に示す。営農作業のうち「取水」と「排水」は、それぞれ発生した日を表している。また、「灌漑期初期」は初期取水から移植・浅水管理までを、「普通期」は移植・浅水管理より後を指す。水質変化は、用水、圃場湛水、暗渠からの排水におけるT-N、T-P濃度変化を示す。また、各圃場のT-N、T-P濃度の年間平均値を表-3と表-4に示す。

用水のT-N、T-Pは、各年とも観測期間を通して大きな変化はなかった。その平均値はT-Nが0.80 mg/L、T-Pが0.01 mg/Lであった。

圃場湛水については、各圃場で灌漑期初期に高い値を示した。移植栽培であるH24試験区D、H25試験区Bは、特に代かきの直後にT-N、T-Pともに高濃度となっていた。この要因は、肥料成分の溶出と、代かき作業により、田面が攪拌されて土壤に吸着していた成分が田面水に混濁したためと考えられる。一方、無代かきである湛水直播栽培のH23試験区Dと乾田直播栽培のH25試験区C、H25試験区Dでは、灌漑期初期の比較的長い期間にT-N、T-Pとも高濃度となっていた。直播栽培では、灌漑期初期に出芽・苗立ちを向上させるための浅水管理として、湛水と落水を繰り返している。メカニズムは不明であるが、その水管理が比較的長い期間高濃度となった要因として考えられる。普通期では各圃場とも大きな変動はないが、H23試験区D、H24試験区Dで7月に高濃度となっていた。この要因は判然としていない。

また、観測期間を通して、取水の経路の違いによる圃場湛水の水質濃度の違いは顕著ではなかった。今後詳細に分析したい。

暗渠からの排水では、H25試験区BのT-Nが比較的高濃度で推移していた。各圃場における暗渠からの排水のT-N濃度の年間平均値は0.73～1.12mg/L（観測数が少ないH25試験区Dは除く）であるのに対し、H25試験区Bの平均値は2.13mg/Lであった。当年度の施肥量に大

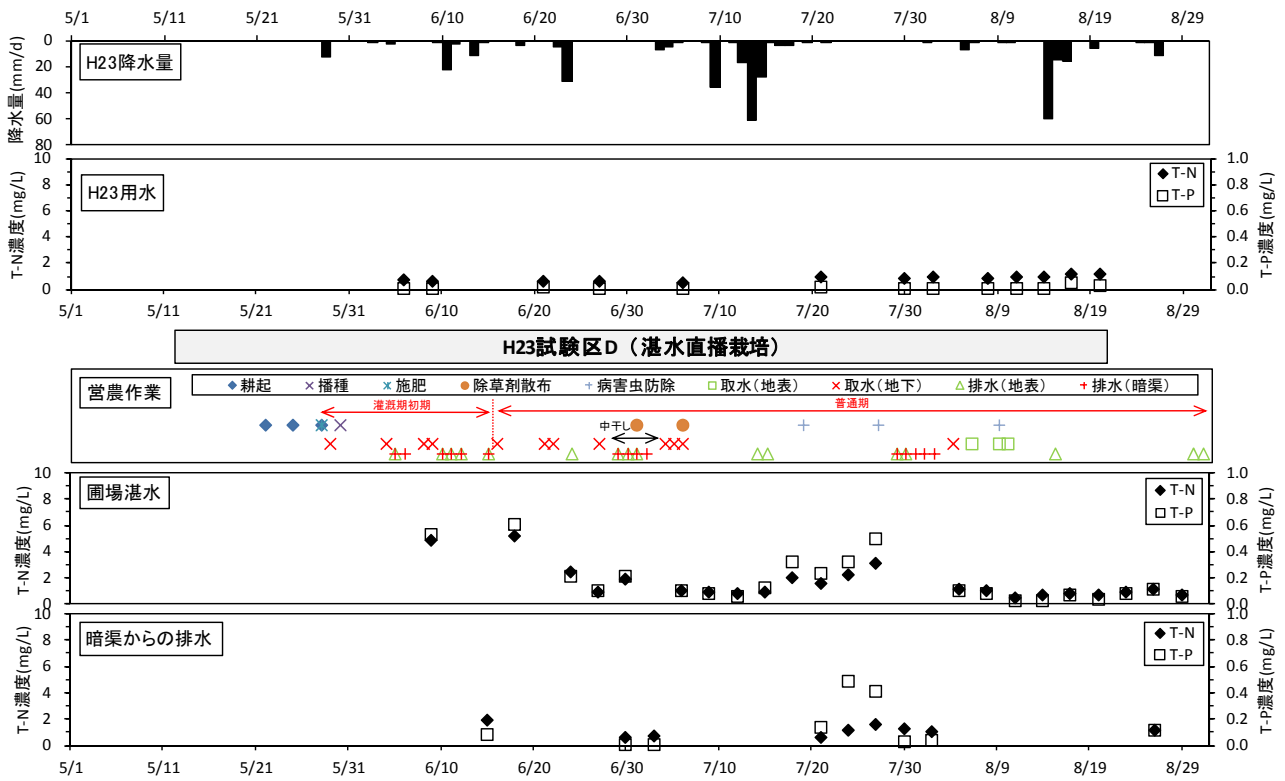


図-2 営農作業状況³⁾と水質変化 (平成23年度)

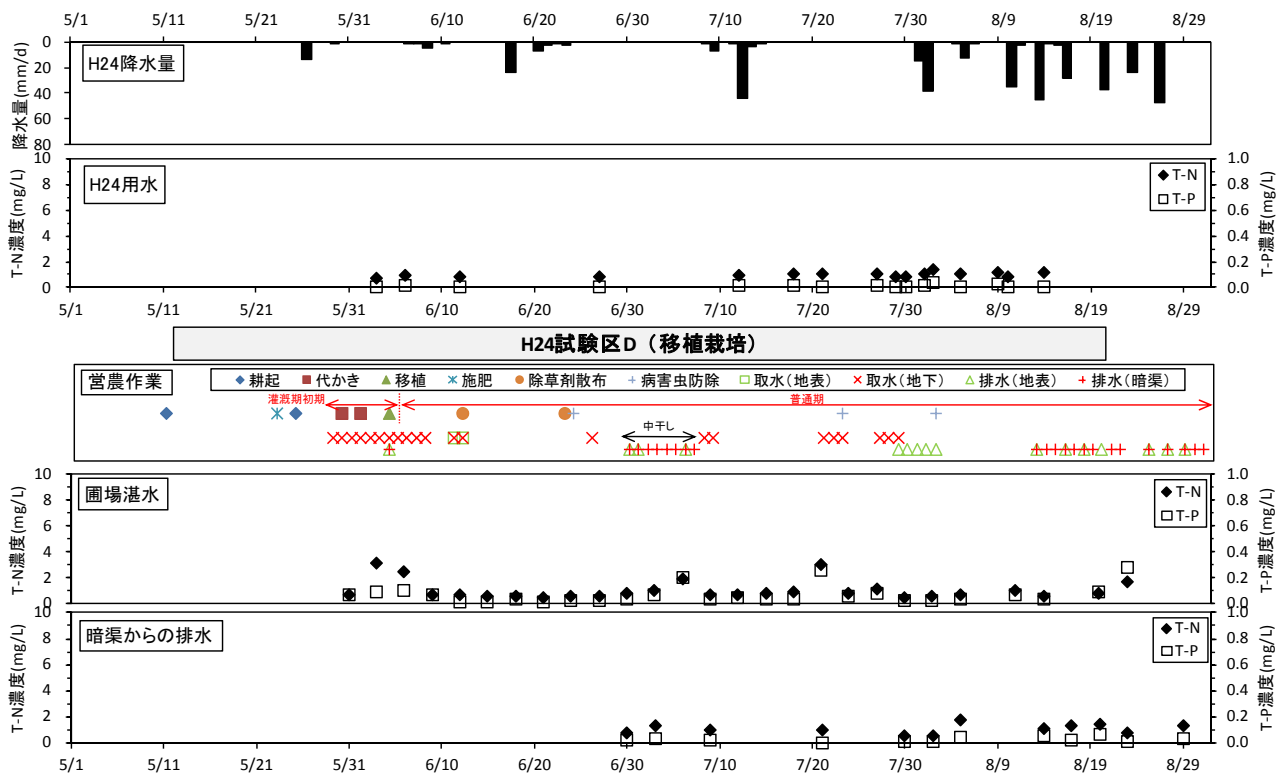


図-3 営農作業状況⁴⁾と水質変化 (平成24年度)

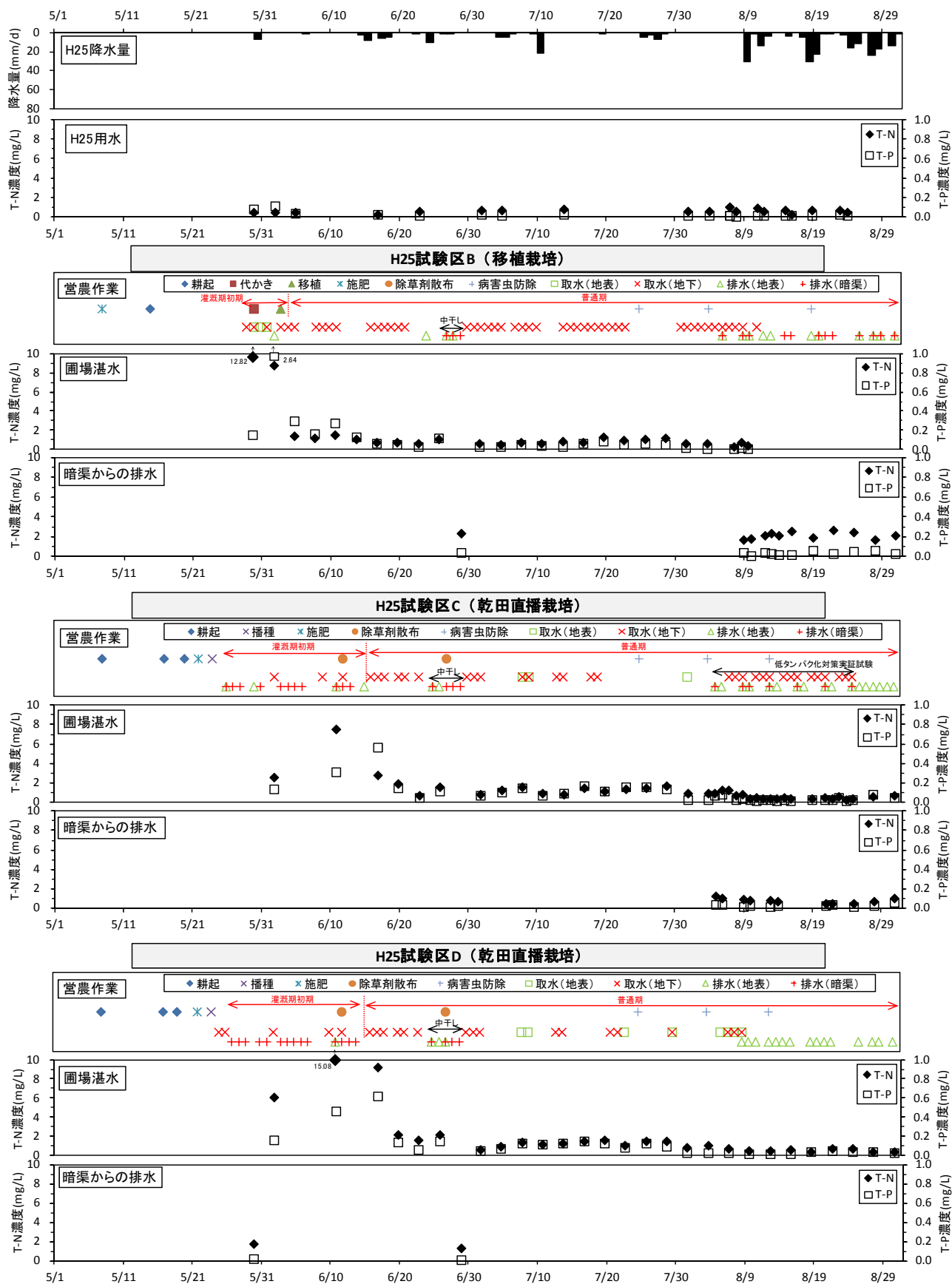


図-4 営農作業状況⁵⁾と水質変化 (平成25年度)

表-3 T-N濃度年間平均値 (単位 mg/L)

年度	用水	圃場湛水			暗渠からの排水		
		試験区B	試験区C	試験区D	試験区B	試験区C	試験区D
H23	0.84		1.36	1.58		1.10	1.12
H24	0.99		0.89	0.98		0.99	1.07
H25	0.57	1.61	1.05	1.98	2.13	0.73	1.54
平均	0.80	1.61	1.10	1.51	2.13	0.94	1.24

表-4 T-P濃度年間平均値 (単位 mg/L)

年度	用水	圃場湛水			暗渠からの排水		
		試験区B	試験区C	試験区D	試験区B	試験区C	試験区D
H23	0.01		0.13	0.18		0.02	0.15
H24	0.01		0.04	0.06		0.01	0.03
H25	0.02	0.18	0.08	0.10	0.03	0.02	0.02
平均	0.01	0.18	0.08	0.12	0.03	0.02	0.06

きな差はみられなかったことから、前年までの畑利用時（大豆→小麦→小麦）の残存肥料の溶出が要因の一つとして考えられる。このような濃度状況が当該試験区特有のものか、もしくは、同様な作付けを行った場合には同様の状況となるのかは明らかにできなかった。低タンパク化対策実証試験を実施したH25試験区Cでは、土壌中の窒素成分の洗い出しによる暗渠からの排水濃度の上昇が予想されたが、用水と同レベルの濃度であった。

(2) 流出負荷量

水質負荷の流出抑制には、流量の要素を加えた負荷量で検討する必要がある。そこで、現地観測した圃場の湛水位や地下水水位の変動等から推定した地表からの排水量と暗渠からの排水量を用いて、T-Nについて流出負荷量（＝排水量×水質濃度）を算出した。図-5に平成25年度試験区の流出負荷量の計算結果を示す。なお、地表からの排水の水質濃度には、圃場湛水の観測値を用いた。排水のあった日に観測値が無い場合は、前後の観測値の平均値を用いた。H25試験区C、H25試験区Dでは、採水日に暗渠からの排水がなかった日がほとんどであった。両区では、平成23年度～平成25年度の栽培履歴が同じで、かつ暗渠からの排水の水質濃度が近い値であることが分かっていることから、観測値のない期間は相互に補完した。

各圃場とも水質濃度の高かった灌漑期初期だけでなく、6月下旬の中干しでも大きな流出負荷が確認された。図-4に示したように、H25試験区Bにおける水質濃度は、中干し前は暗渠からの排水の方が圃場湛水よりも低かった。また、中干し後は圃場湛水の方が暗渠からの排水よりも低濃度であった。H25試験区C、H25試験区Dにおいては、観測期間を通して、暗渠からの排水の方が圃場湛水よりも低濃度であった。このことから、営農作業に支障のない範囲で、H25試験区Bでは、中干し前には暗渠から、また中干し後には圃場湛水を地表から排水することで、流出負荷を抑制することが可能であると考えられる。同様に、H25試験区CとH25試験区Dでは、灌漑期間を通して、暗渠から排水することで、流出負荷を抑制できると考えられる。

H25試験区Cは低タンパク化対策実証試験の水管理により排水量が多く、この期間の排出量が全灌漑期の半分近くを占めていた。ただし、前節で述べたように、暗渠からの排水濃度は、用水と同程度であるため、環境への影響は少ないと考えられる。

ここでは、同じように整備された大区画水田でも、栽培方式や水管理方式の違いにより、流出負荷の状況が異なることを示した。これらの流出特性を考慮した水管理により、水質負荷の流出抑制が可能となるため、流出特性の把握が重要である。

また、流出負荷量は排水量と水質濃度の積であることから、流出負荷量は排水量を減らすことによって抑制

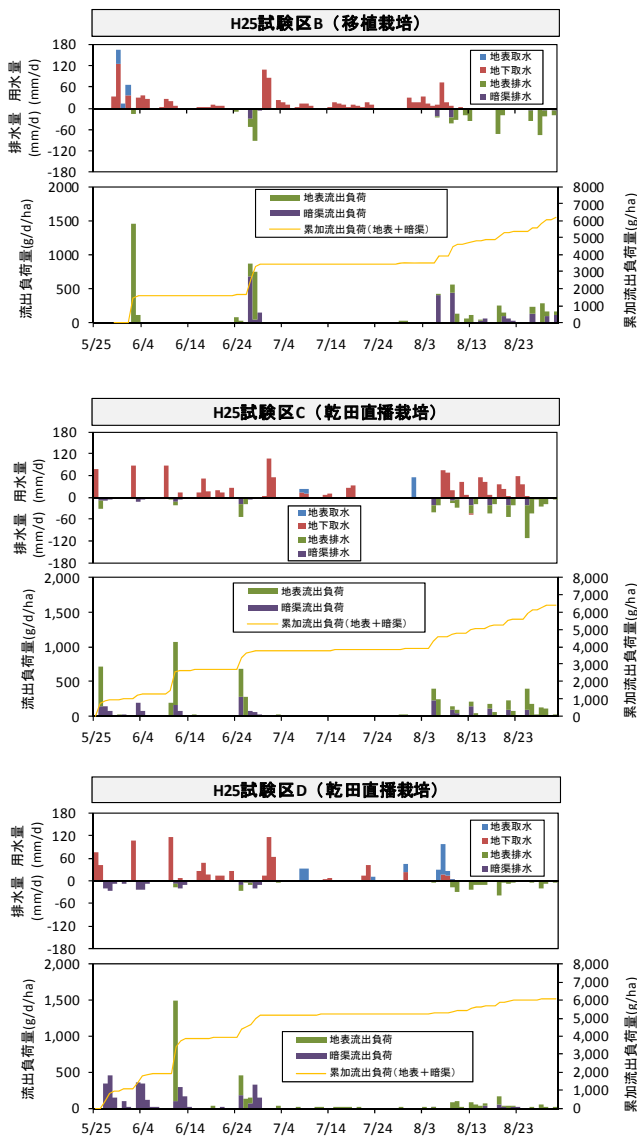


図-5 T-N流出負荷量（平成25年度）

が可能である。排水量は、浅水管理での排水量を可能な範囲で抑制することによって減らすことが期待できる。また、地下灌漑システムを効率よく活用し、用水量を節約することによって排水量を減らすことも可能である。流出負荷抑制には、これらの水管理に配慮することも重要である。

5. まとめ

地下灌漑システムが整備された大区画水田では、水管理方式や栽培方式が多様化し、従来に比べて取水と排水の経路が変化する。このような変化に伴う水田からの排水の水質濃度や流出負荷の変動特性を把握するため、整備済の大区画水田で平成23年度～平成25年度に用水、圃場湛水および暗渠からの排水の水質を定期的に観測した。

用水の水質は、観測期間を通して大きな変動はなく、低濃度であった。

圃場湛水のT-NとT-Pは、灌漑期初期に高濃度となった。移植栽培では代かき直後に特に濃度が高くなっており、肥料の溶出と代かき作業で田面が攪拌されたことが要因として考えられる。直播栽培では、灌漑期初期の比較的長い期間に高い濃度となっており、浅水管理が要因として考えられる。普通期の水質濃度は、各圃場とも大きな変動はなかった。また、観測期間を通して、取水の経路の違いによる圃場湛水の水質濃度の違いは顕著ではなかった。

暗渠からの排水では、水稻を連作している圃場よりも、3年間畑として利用した後に水稻を作付けした圃場の方で、T-N濃度が比較的高かった。施肥量に大きな差がなかったことから、畑利用時の残存肥料の溶出が要因の一つとして考えられる。

水質負荷の流出抑制には流量の要素を加えた負荷量で検討する必要があるため、水質分析結果と排水量から、流出負荷量を算出した。各圃場とも水質濃度の高かった

灌漑期初期だけでなく、6月下旬の中干しでも大きな流出負荷が確認された。水質の流出負荷抑制には、これらの流出特性を考慮した水管理が必要となる。営農作業に支障のない範囲で、圃場湛水の水質濃度が高くなる場合は、地表からの流出を極力抑えて暗渠から排水を行うことで流出負荷を抑制することが可能である。逆に、暗渠からの排水濃度が高い場合は、圃場湛水の水質濃度が高くなる時期を除き、地表からの排水を行うことによって、水質負荷の流出を抑制できると考えられる。これらの流出負荷抑制に配慮した圃場管理を行うためには、濃度特性の把握が重要である。

また、流出負荷量は排水量を減らすことによって抑制が可能であることから、浅水管理での排水量の抑制や、地下灌漑システムの効率的な活用による用水量節約等の水管理に配慮することも重要である。

今後は、平成26年度の調査結果を含めてさらに検証を行う予定である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、現地調査や資料提供にご協力いただいた農業者、もせうし町土地改良センター、北海道開発局札幌開発建設部の関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 細山隆夫ほか：道央水田地帯における農業構造の変化と将来動向予測-上川支庁、空知支庁を対象として-、pp. 15-37、2004.
- 2) 農林水産省：農作物の施肥基準、p. 111、2015、(オンライン)、入手先<http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/aic02.html>
- 3) 北海道開発局札幌開発建設部：妹背牛地区水田輪作システム効果検討業務報告書、p. 96、2011.
- 4) 北海道開発局札幌開発建設部：妹背牛地区水田輪作システム効果検討業務報告書、p. 61、2012.
- 5) 北海道開発局札幌開発建設部：妹背牛地区水田輪作システム効果検討業務報告書、p. 45、2013.