

都市下水処理水の循環灌漑による飼料用米栽培に関する研究 Study on Rice Cultivation for Animal Feeding with Circulated Irrigation of Treated Municipal Wastewater

村松亜由美^{1,2}, 渡部 徹¹, 伊藤紘晃¹, 梶原晶彦¹

Ayumi Muramatsu, Toru Watanabe, Hiroaki Ito, Akihiko Kajihara

1. はじめに

我々の研究グループでは、既報¹⁾において、都市下水処理水の循環灌漑によって灌漑用水と肥料の使用量を削減した省資源型の水稲栽培の可能性を示した。しかしながら、食用米の栽培では窒素源である処理水の供給量に応じて、過繁茂（とそれにとまなう食味低下）や減収のような好ましくない結果も得られた²⁾。本研究では、耐倒伏性に優れ、かつ、過剰な窒素を吸収しても食味低下の心配がない飼料用米を栽培することで、下水処理水からより多くの窒素を除去することを目的とした。また、処理水の循環灌漑について2つの方式を試し、通常の水田と同様に循環しない対照系も含めて、下水処理水からの窒素除去効率、飼料用米の収量と品質などについて比較を行った。

2. 方法

2. 1 水稲の品種、土壌、灌漑用水

実験に用いた水稲の品種は「べこあおぼ」である。水田模型の土壌には、山形大学農学部附属農場の水田の表層を採取し、風乾せずに使用した。灌漑用水には、鶴岡市浄化センターの下水処理放流水、および上記農場内の用水路の水をそれぞれ使用した。

2. 2 実験装置

図1に示す実験装置を3系列用意した（系列A~C）。系列Aは貯水タンクに灌漑用水を貯め、その灌漑用水をポンプアップして水田模型に連続的に投入する（20L/日）。水田の下部には暗渠を設置し、常に水田土壌を浸透した水がこの暗渠から排水され（7~10L/日）、貯水タンクに戻るようにした。系列Bは貯水タンクに貯めた灌漑用水をポンプアップして水田模型の暗渠から連続的に投入する。水田土壌を浸透した水は土壌表面に溜まり、表面から5cmに設けた放流口からの越流水は貯水タンクに戻る。系列Cは水田下部の暗渠からの排水は行わない。また、系列Cでは循環灌漑ではなく、田面水が減少した分を追加することで水深を維持した。

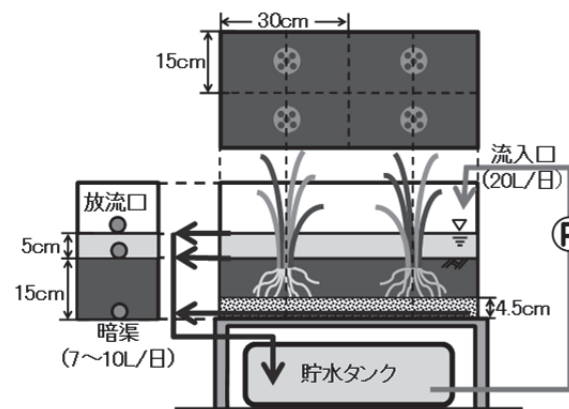


図1. 実験装置の概略図（系列A）

2. 3 肥料と水の管理

実験開始時（5月31日）には、下水処理放流水と用水路水からなる灌漑用水を100L投入した。このときの下水処理水の割合（51.4%）は、処理水由来の窒素が（N：120kg/ha）²⁾となるように決定した。リン酸とカリウムについては下水処理水の含有量では不足するため、化学肥料で不足分を補った。7月16日から25日までの9日間は、全ての系列で中干しを実施した。この間、暗渠を開放して灌漑用水を流出させて土壌を乾燥させた。ただし、系列Bでは暗渠からの流出は構造上行えなかった。中干し終了時の7月25日には、追肥（N：80kg/ha）の目的で下水処理水35.2~48.7L（貯水タンク内の窒素残存量に応じて調整）をすべての系列に追加投入した。

2. 4 測定項目

栽培開始時から、貯水タンク内の灌漑用水の水温、pH、DO、TN、を定期的に測定した。水稲の生育については、草丈、茎数、葉色をそれぞれ、6月21日から8月12日まで測定した。葉色は葉

1. 山形大学農学部 Faculty of Agriculture, Yamagata University 2. 新潟県庁 Niigata Prefectural Government

キーワード：都市下水処理水、循環灌漑、飼料用米、窒素除去、収量

緑素計 (KONICAMIN OLTA, SPAD-502) を用いて測定した。水稻収穫後には、玄米収量と水稻の乾物重を測定した。玄米についてはN/C コーダー (住化分析センター, NC-220F) を使用して全窒素を測定し、タンパク質含有量を換算して求めた。さらに、水田内での窒素の挙動を知るために、 $\delta^{15}\text{N}$ を有機微量元素分析装置 (Thermo SCIENTIFIC、FLASH 2000) を用いて測定した。

3. 結果及び考察

3. 1 水稻の生育、収量および玄米の品質

3つの系列で栽培された水稻の草丈、茎数および葉色の最大値と全乾物重にはいずれも有意差はなく、水稻の生育に灌漑方法による影響は見られなかった。3つの系列で栽培された水稻の粗玄米収量および玄米中のタンパク質含有量にも有意差はなかった。ただし、収量の構成要素を詳しく見ると、穂数、一粒重および玄米登熟歩合には有意差があった。穂数は系列Cで他の系列より少なく、反対に一粒重は系列Cで他の系列よりも大きかった。循環灌漑を行わない系列Cで穂数が少なくなった理由には、中干しまでの間に水田に供給される窒素量が不足していたことが挙げられる。このことは、系列Cの灌漑用水の窒素濃度が中干し時でもほとんど低下していないことから分かる (図2)。一方、登熟歩合と一粒重は穂肥の量に影響を受けることが知られている。再び図2を見ると、系列Cの窒素濃度は穂肥の時期になっても系列AやBよりも確かに高く、他の系列よりも多くの窒素が穂肥として供給されていたことが想像できる。

3. 2 灌漑用水からの窒素の除去とその挙動

貯水タンク内で測定した灌漑用水中の全窒素濃度 (図2) は、系列AとBでは水稻の生育にともなって著しく低下した。一方、循環灌漑を行っていない系列Cでは窒素濃度の変化はゆるやかであった。ただし、タンク内の水量をもとに各系列の窒素存在量を計算すると、いずれの系列でも、投入した下水処理水に含まれていた窒素のうち98.4~99.7%が除去されており、実験条件によらず高い除去性能が確認された。除去された窒素の挙動 (図3) については、35~39%が水稻に利用されていた。これは、一般の水田に施肥された窒素の利用率と同程度であった。水稻に利用されなかった窒素については、循環灌漑を行った系で大気へ流出する割合が高かった。

4. まとめ

水稻の生育、収量および玄米の品質には、循環灌漑の有無、灌漑方式の違いによる影響は見られず、灌漑利用された下水処理水中の窒素のうち98.4~99.7%が除去されていた。この除去量は、食用米を用いた先行研究²⁾に比べ約3倍も多かった。循環灌漑を行った系では、穂肥の時期まで残っている窒素量が少なかったため、基肥と追肥以外の時期にも下水処理水を投入することで、収量の増加が期待できるかもしれない。

謝辞：本研究の一部は、山形大学東北創生研究所の活動の一環として行われた。

参考文献：1) 村松ら、土木学会論文集 G (環境), 68(7), III_93-III_102, 2012, 2) Muramatsu, A. *et al.*, Proceedings of 7th IWA International Conference on Efficient Use and Management of Water, Paris, France, October 2013, 3) (独) 農業・食品産業技術総合研究機構, 飼料米の生産・給与技術マニュアル(2012年度版), 2013

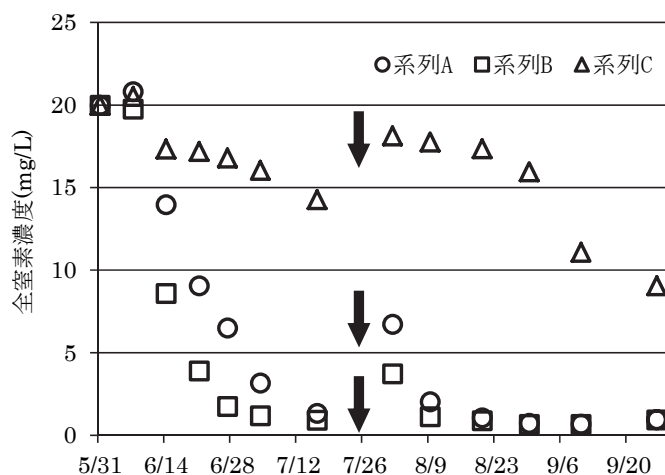


図2. 貯水タンク内の灌漑用水中の全窒素濃度 (矢印：中干し後の7月25日に処理水を追加した)

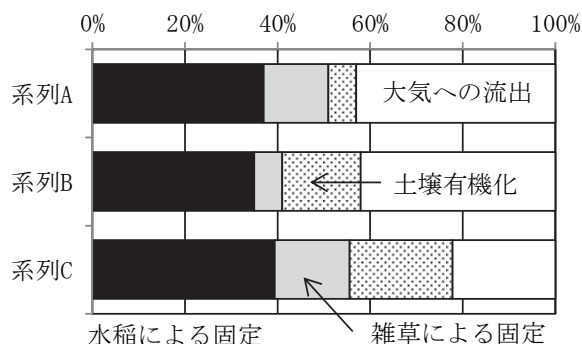


図3. 下水処理水由来の窒素の挙動