

飼料用米栽培のための下水処理水循環利用システムにおける循環手法に関する検討

山形大学大学院農学研究科	学生会員	○村松亜由美
山形大学工学部	正会員	佐々木貴史
山形大学農学部		梶原晶彦
山形大学農学部	正会員	渡部 徹

1. はじめに

我々の研究グループでは、既報¹⁾において、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検証した。その結果、下水処理水の灌漑による水稲の生育や収量に対する影響は見られなかった。本研究では、処理水を暗渠に投入し、土壌を上向きに通過させた後、表層からの越流水を再び暗渠へ投入する方法で循環灌漑を行った。この新しい循環手法と、田面に処理水を投入し、土壌を下向きに通過させ暗渠から排出する従来の循環手法の両方で飼料用米を栽培し、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「べこあおば」である。模擬水田の土壌には、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

既報¹⁾と同じ実験装置（図1）を使用した。下部の貯水タンクには下水処理水 51.L と用水路水 48.6L を混合して入れた。この実験装置を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模擬水田の水深を維持した。

2. 3 肥料と水の管理

実験開始時（5月31日）には、上記の通り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。このうち、水温、EC、pH、DOは現場で測定し、TNはTOC計（島津、全有機態炭素計 TOC-VCSV）を用いて測定した。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。葉色は葉緑素計（KONICAMINOLTA, SPAD-502）を用いて測定した。水稲収穫後には収量（g/m²）と葉と茎と根の乾物重を測定した。玄米には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、水分量を15%に補正した上で、換算係数 5.95 を乗ずることでタンパク質含有量を求めた。¹⁵Nについては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 水稲の生育、収量および玄米の品質

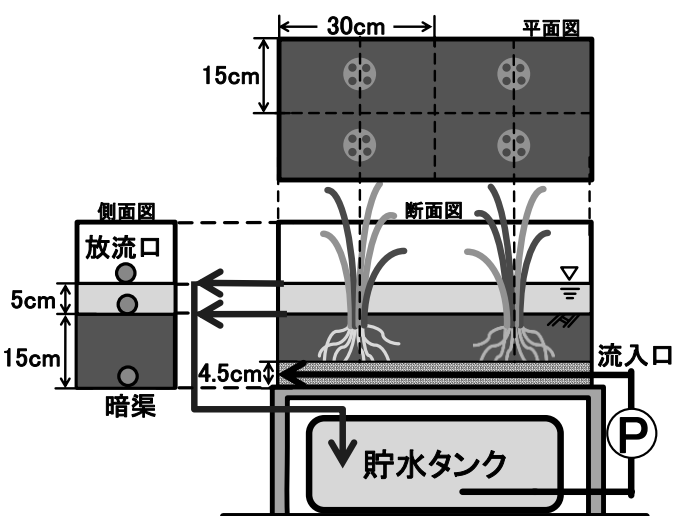


図1. 実験装置の概略図(系列B)

キーワード：下水処理水再利用、飼料米、循環灌漑システム、窒素除去、収量

住所：山形県鶴岡市若葉町 1-23, Tel: 0235-28-2907, Email: to-ru@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp

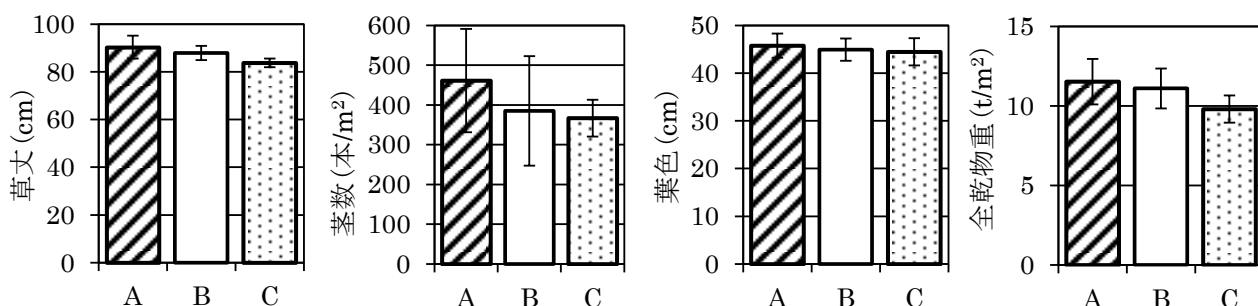


図2. 各系列で栽培された水稻の草丈、茎数、葉色および全乾物重(エラーバーは標準誤差を示す, n=4)

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を図2に示す。また、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を表1に示す。3つの系列の間では、収量構成要素の面積当たりの穂数、粗玄米一粒重および玄米登熟歩合のみ有意差があった。草丈、茎数、葉色および全乾物重に有意差はなく、生育に灌漑方法による差は見られなかった。収量は目標値²⁾の66~77%であり、3つの系列で有意差はなかった。玄米タンパク質含有量に関しても3つの系列に差は見られなかった。収量の構成要素を見ると、一穂粒数は3つの系列とも差は無かったが、目標値は下回っていた。面積当たりの穂数は系列Cが系列AとBに比べて少なく、反対に一粒重と玄米登熟歩合は系列Cが系列AとBと比べて重かった。系列Cにおいて穂数が系列AとBよりも低くなったのは中干しまでの期間の窒素供給量が少なかったためと考えられる。登熟歩合と一粒重は高温と穂肥の量に影響を受けるが、3つの系列では気象条件は同じである。そのため、系列Cは循環しておらず灌漑用水中の窒素濃度が系列AとBと比較して高く、中干し後の窒素供給量が系列AとBに比べて多かったと考えられる。各系列とも面積当たりの総粒数(=面積当たりの穂数×一穂粒数)が少なくなったことが収量の目標値に届かなかった理由と考えられる。

表1. 各系列で収穫された水稻の粗玄米収量と玄米タンパク質含有量(平均値±標準誤差, n=4)

	面積当たりの穂数 (本/m ²)	粗玄米一粒重 (mg/粒)	一穂粒数 (粒/穂)	玄米登熟歩合 (%)	粗玄米収量 (kg/ha)	玄米タンパク質 含有量(%)
目標値	300	31	100	—	8000	—
系列A	311±22a	31.0±1.3a	70.6±10a	91.1±4.1a	6166±846a	7.1±0.5a
系列B	340±11a	30.2±1.0a	62.2±8.4a	91.3±1.0a	5858±997a	7.6±0.3a
系列C	216±10b	34.5±0.2b	72.7±6.3a	96.2±0.5b	5220±427a	6.9±0.4a

異なるアルファベット間に有意差がある(p<0.05, Tukeyの方法による多重比較)

3. 2 灌漑用水からの窒素除去

系列AとBは灌漑用水中の窒素濃度は水稻の生育にともなって低下した。一方で、系列Cでは循環灌漑を行っていないため灌漑用水中の窒素濃度の変化は系列AとBと比較して緩やかではあったが低下していた。系列Cにおいて全窒素濃度が低下した原因については調査中である。また、各系列の灌漑用水中の窒素負荷量を計算すると98.4~99.7%の窒素が実験期間を通じて除去され、実験条件による影響は見られなかった。

4. まとめ

灌漑システムの違いによる水稻の生育、収量および玄米の品質による違いは見られなかったが、目標収量には届かなかった。また、灌漑用水中の窒素の98.4~99.7%が除去された。今後、系列Cでの貯水タンク内の窒素濃度の減少原因、および灌漑用水中の窒素が水稻にどの程度吸収されたかを¹⁵Nの収支をもとに分析する測定する予定である。

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) 村松亜由美, 渡部徹, 佐々木貴史, 伊藤紘晃, 梶原晶彦, 下水処理水の循環灌漑による省資源型水稻栽培, 土木学会論文集 G (環境), 68(7), III_93-III_102, 2012

2) 独立行政法人農業・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

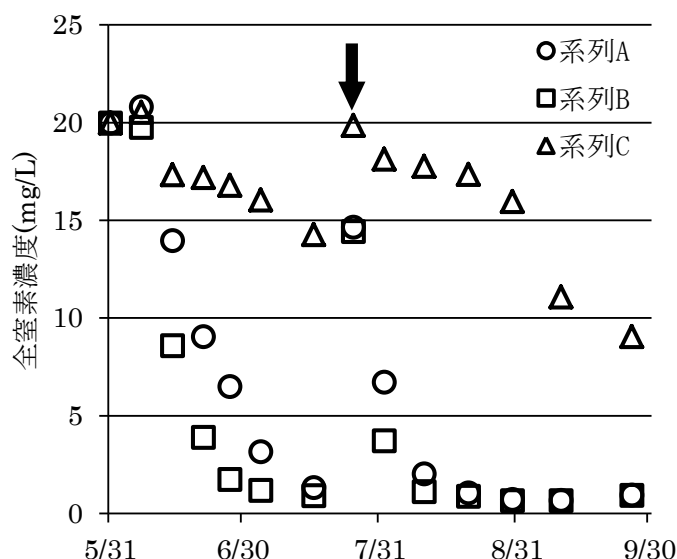


図3. 貯水タンク内の灌漑用水中の全窒素濃度の推移(矢印のとおり、7月25日に下水処理水を追加投入した)