

下水処理水の循環利用による飼料用米栽培システムにおける増収と発電

山形大学農学部 学生会員 ○益子拓磨

山形大学農学部 正会員 伊藤絃晃, 渡部徹

山形大学農学部 非会員 加来伸夫, 梶原晶彦

1. はじめに

我々の研究グループでは、耐倒伏性に優れ、多肥栽培が可能な飼料用米の栽培に下水処理水を循環して灌漑利用することで、処理水の水質浄化と水稻の収量の両立を目指した研究を行っている。先行研究¹⁾では、基肥と追肥の2回のタイミングで下水処理水を水田に投入して水稻栽培実験を行った結果、下水処理水中の窒素の除去は見られたものの、水稻の生育途中で灌漑用水中の窒素濃度が低い状態が続いたことで、収量が目標値まで届かなかった。そこで、本研究では、下水処理水の投入回数を増やして、灌漑用水の窒素濃度を高く保ちながら、飼料用米を栽培することで、下水処理水からの更なる窒素除去と収量増加を試みた。

さらに、新たな試みとして微生物燃料電池による発電も行った。微生物燃料電池とは、微生物が有機物を分解してエネルギーを獲得する際に生じる電子を利用して発電する装置である²⁾。過去の実験で水田での微生物燃料電池による発電は実証されているが、我々は下水処理水とともに有機物を水田に供給することで発電量の増加の可能性を検証した。

2. 方法

2. 1 水稻の品種、土壌、灌漑用水

実験に使用した飼料用米はべこあおばである。土壌は、山形大学農学部附属農場の水田の表土層を使用した。灌漑用水として用いた下水処理水は、鶴岡市浄化センター内の塩素処理後の放流直前のものである。

2. 2 実験装置

灌漑用水を循環利用する水田を模した実験装置（図1）を使用した。実験装置は、循環方法の違いによる下水処理中の効率的な窒素除去を検証するために3系列準備した（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した。水田の下部には暗渠を設置し、貯水タンクに戻るようにした。また、土壌表面から5cmのところを放流口を設置し、田面水位を5cmに維持した。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した。水田土壌を浸透した灌漑用水は土壌表面に溜まり、表面から5cmの位置に設置した放流口から越流した水が再び貯水タンクに戻るようにした。系列Cでは循環灌漑を行わず、蒸発散による田面水位の減少分だけ、水位が5cm程度となるように灌漑用水を補充した。

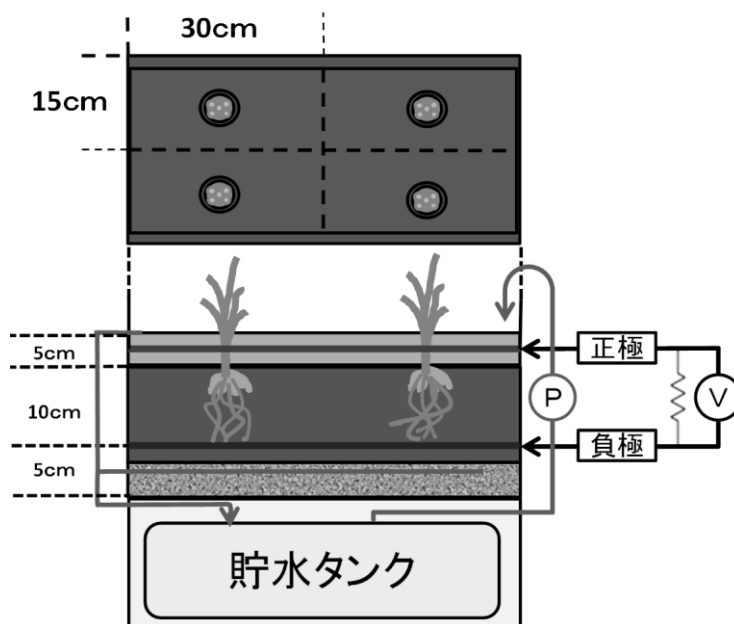


図1 実験装置（系列A）

た。系列Cでは循環灌漑を行わず、蒸発散による田面水位の減少分だけ、水位が5cm程度となるように灌漑用水を補充した。

2. 3 灌漑用水と施肥の管理

貯水タンク内の下水処理水の窒素濃度を1週間ごとに測定した。窒素濃度の計測には全有機態炭素計（SHIMADZU, キーワード：下水処理水, 循環灌漑, 飼料用米, 窒素除去, 微生物燃料電池

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

TOC - VCSN) を用いた。水稻の生育とともに貯水タンク内の下水処理水の窒素濃度が 1~2mg/L 程度まで低下したタイミングで、下水処理水を追加した。すなわち、7 月 3 日に 50L、8 月 6 日に 50L、9 月 11 日に 20L だけ追加した。

施肥については、窒素は全量を下水処理水でまかない、不足するリンとカリウムについては、基肥で過リン酸石灰 16.97 g、塩化カリウム 1.628 g を投入した。追肥時には、リンについては N : P = 3 : 4 になるように追加した。カリウムに関しては、下水処理水に含まれる量でまかなうことができると判断して追加しなかった。

2. 4 微生物燃料電池

微生物燃料電池の電極には、正極・負極ともに炭素繊維を編んだグラファイトフェルトを使用した。負極は土壌表面から 10cm の深さに、正極は発砲スチロール片を取り付け水面に浮かべるように設置した。両極間の電位差 (抵抗 100 Ω) をロガー (GRAPHTHEC, midiLOGGER220) をもちいて 30 分間隔で連続計測し記録した。

3. 結果と考察

3. 1 下水処理水からの窒素除去

系列 A、系列 B において、水稻の生育に伴い窒素濃度が減少していた (図 2)。7 月 3 日、8 月 6 日、9 月 11 日の下水処理水の追加によりそれぞれ窒素濃度が上昇することもわかった。基肥と 3 回の追肥のタイミングで、合計 6.729 g の窒素を各系列に投入したが、最終的に、系列 A で 97.1%、系列 B で 95.8%、系列 C で 73.6% が除去された。栽培期間全体を通じての窒素除去量は、先行研究¹⁾に比べて約 2 倍に増加した。

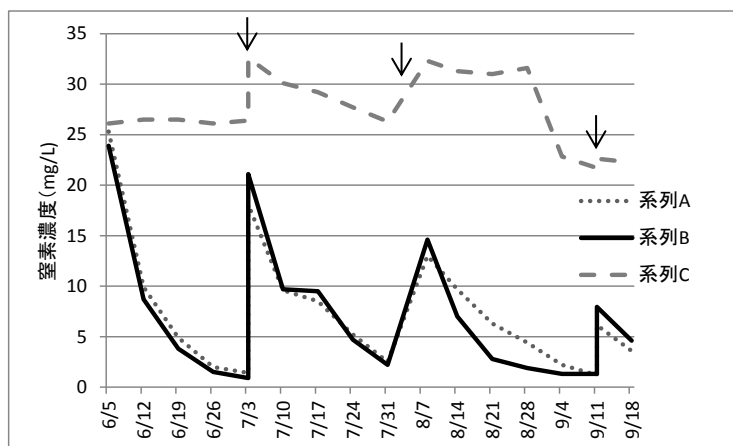


図 2 窒素濃度変化

(矢印は下水処理水の追加を示す)

3. 2 粗玄米収量・収量構成要素

粗玄米収量は、系列 A および B で、循環させない系列 C より有意に高く、また、目標値である 8t/ha にほぼ到達した。先行研究¹⁾の収量 5.2~6.2t/ha と比較し、本研究の目的の一つである増収を達成できた。

3. 3 微生物燃料電池による発電

3 つの系列とも、下水処理水が追加された後に発電量が増加した (図 3)。系列間で比べると、系列 B で最も効率の良い発電が行われており最大で 194mW・日・m⁻² の電力量が発電されていた。灌漑用水である下水処理水を暗渠から流入させる系列 B では、土壌表面から流入させる系列 A および C と比べ、負極に有機物を供給することが容易であったことが 1 つの要因と考えられる。

4. まとめ

循環灌漑を行った系列において、増収を達成することができた。循環方法の違いによる収量の差は見られなかった。発電については、上方向に循環させる系列で最も発電量が大きかった。

謝辞: 本研究は山形大学東北創生研究所の活動の一環で行われた。また、国土交通省 GAIA プロジェクトの支援を受けた。

参考文献: 1) A. Muramatsu, et al. Proceedings of IWA 14th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Shanghai, China, October 12-16, 2014

2) 渡邊一哉: 微生物燃料電池による廃水処理システム最前線, pp.209, 株式会社 NTS, 2013

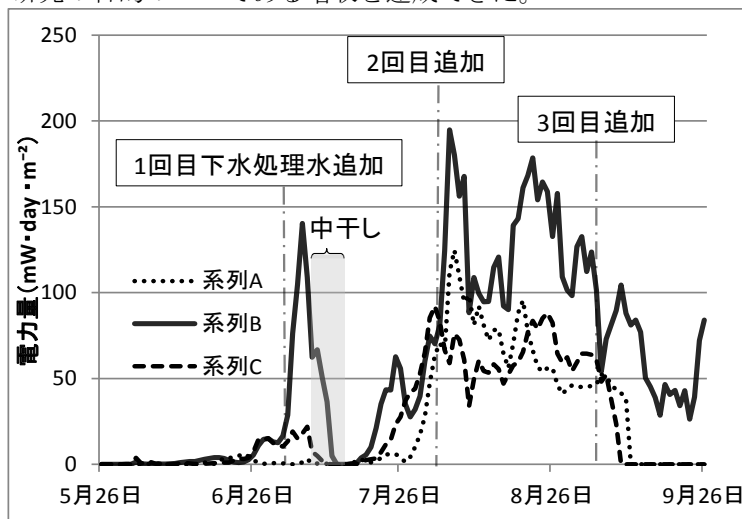


図 3 電力量変化