

下水処理水を利用した酒米栽培システムにおける温室効果ガス発生特性

秋田工業高等専門学校環境都市工学科 学生会員 ○細谷純平 正会員 増田周平
 岩手大学大学院連合農学研究科 非会員 PHAM D. Dong 山形大学農学部 正会員 渡部徹
 秋田県立大学生物資源科学部 非会員 高階史章 非会員 岡野邦宏

1. はじめに

下水処理水は、窒素、リン、カリウムなど、農作物の肥料となる成分を含むため、農業分野での利活用が期待されている。中でも、わが国の基幹産業である水稻栽培においては、例えば下水処理水の活用による飼料米の品質向上の事例などが報告されており¹⁾、研究開発の機運が高まっている。

一方で、水田土壌からは、生物学的反応により温室効果ガスであるメタン(CH_4)および亜酸化窒素(N_2O)が発生することが知られている。下水処理水の通水は、液肥の投入という形での栄養塩負荷の増加を意味し、ひいては温室効果ガス発生量の増加を引き起こす可能性がある。そのため、その発生特性を解明し、発生量を削減するための取組みが必要である。

そこで本研究では別報²⁾で報告している酒米と飼料米のハイブリッド栽培の中で、特に環境負荷としての温室効果ガスの挙動に着目し、環境条件および生育状況との関連性について考察した。

2. 調査方法

別報²⁾に示した栽培試験において、 CH_4 と N_2O の発生特性に着目した調査を行った。図1に実験施設とサンプリングポイントを示す。水路は4系列あり、それぞれの系列は流下方向に4区画に分かれている。各区画には飼料米（べこあおば）または酒米（秋田酒こまち）が移植されており、各区画末端に設けられたブラックスペースから採水を行った。

水稻の生育状況にあわせ、2017年の5月31日、6月13日、6月27日、7月25日、8月7日に、全区画で水サンプルの採取を行った。サンプルは生サンプルと、0.45 μm フィルターでろ過したサンプルを採取した。分析項目は pH, DO, TOC, DOC, T-N, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, 溶存態のメタン(DCH_4)および亜酸化

窒素(DN_2O)である。pH は TOA-pH 計, DO は HACH-30d を用いて測定した。また, TOC は TOC-L_(CSH), 無機態窒素は 10A-vp (いずれも Shimadzu.co), TN は TN-100 (Mitsubishi Chem. co) を用いて分析した。

DCH_4 の分析にあたっては、現場にて 25ml シリンジに試験水 11ml を採取し、グルコン酸クロルヘキシジン 5%溶液 1ml を添加した後、セプタム付きチューブでふたをした。実験室に持ち帰った後、12mL の窒素ガスを加え、20℃で 1 時間以上静置した後、気相部分を採取し、FID ガスクロマトグラフ (GC-9A, Shimadzu.co) で分析した。また DN_2O の分析にあたっては、現場にて 60ml シリンジに試験水 30ml を採取し、さらに 30ml の空気を採取した上で、栓をして 30 秒間以上振り混ぜる。その後、直ちに気相部のガスを採取し、真空引きした 10ml バイアル瓶に封入した。それらを実験室に持ち帰った後、ECD ガスクロマトグラフ (GC-14B, Shimadzu.co) で分析した。なお、別途現場で採取した大気濃度も分析し、実験時の水温における溶解度に基づき、 DN_2O 濃度を算出した。

3. 結果および考察

3.1 温室効果ガスの時系列変化

図2に、 DCH_4 および DN_2O 濃度の全区画平均値の時系列変化を示す。これより、 DCH_4 濃度は期間を通してほとんど変化は見られなかった。それに対し DN_2O は、中干し前の高負荷条件下において 10.0~56.7

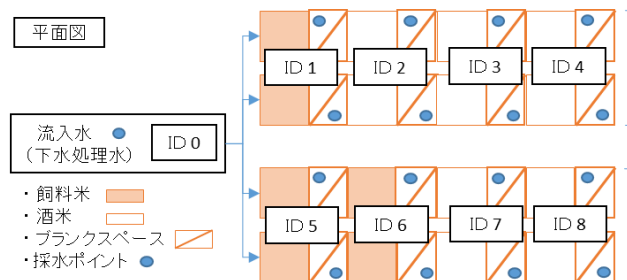


図1 実験施設およびサンプリングポイント

キーワード: 下水処理水 酒米 ハイブリッド栽培 メタン 亜酸化窒素

連絡先: 〒011-8511 秋田市飯島文京町 1-1 秋田工業高等専門学校 増田周平 E-mail: masuda@akita-nct.ac.jp

$\mu\text{gN/L}$ の高濃度で検出され、日数の経過とともに濃度が増加した。また、中干し後の低負荷条件下では全体的に DN_2O 濃度は低く、2 区画目以降は大気平衡濃度に近いレベルで推移した。

3.2 溶存態メタンの傾向

図 3 に区画の流下にもなう DCH_4 の変化を示す。これより、原水には $5.7\mu\text{g/L}$ から最大で $62.2\mu\text{g/L}$ の高濃度の DCH_4 が含まれていた。さらに、原水に含まれる DCH_4 は流下にもなう減少していた。その減少率は、原水の DCH_4 濃度が低かった 8 月 31 日を除いた平均で評価した場合、原水の DCH_4 濃度を 100% とすると、一区画目では 33%，二区画目では 22%，三区画目では 14%，四区画目では 10% にまで減少していた。

3.3 溶存態亜酸化窒素の傾向

図 4 に区画の流下にもなう DN_2O の変化を示す。これより、 DCH_4 と同様に原水には $16.2\mu\text{gN/L}$ から最大で $71.0\mu\text{gN/L}$ の高濃度の DN_2O が含まれていた。中干し以前の高負荷条件下では、区画内において N_2O の生成が見られ、特に濃度の上昇は高負荷条件で最も稲の生育が進行している 6 月 27 日において顕著であった。一方で、稲の生育が比較的遅れていた下流側の区画において DN_2O 濃度は低下しており、稲の成長にもなう根圏の発達、生物学的な硝化脱窒反応にもなう N_2O の生成に影響を及ぼしたと考えられる。また、中干し後の低負荷条件においては、原水に含まれる DN_2O は速やかに消失しており、栽培区画内における N_2O の生成はほとんどなかったと考えられる。

3.4 水質との相関

$\text{DN}_2\text{O-N}$ と無機態窒素の単回帰分析の結果、 DN_2O 濃度は NH_4^+-N および NO_2^--N 濃度との相関が高かった。これは、下水処理水からもたらされる NH_4 濃度の上昇と、それにもなう硝化反応により、 N_2O が生成されたことを示唆している。一方で、 DCH_4 と TOC および DO の間に相関は見られず、栽培区画内における CH_4 生成は顕著でなかったと推察された。

4. まとめ

本研究では、下水処理水を水稻栽培の灌漑用水として用いた場合の CH_4 および N_2O の発生特性を評価した。その結果、下水処理水には CH_4 と N_2O が溶存態として高濃度に含まれており、 CH_4 については区画内で

の濃度増加は見られず、流下にもなう一様に減少した。一方、 N_2O については湛水時に高負荷で栽培をした場合、区画内において N_2O 濃度の増減が見られた。今後は、生成・分解・ガス化・移流などの現象をふまえ、これらの濃度変化のメカニズム解明に向けた検討が必要である。

5. 参考文献

- 1) 渡部徹他，下水処理水の連続灌漑による飼料用米の栽培とその栄養特性，土木学会論文集 G（環境）72（7）：505-514，2016
- 2) 竹田壮太他，下水処理水を利用した酒米栽培システムにおける玄米品質の評価，平成 29 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演集，2018

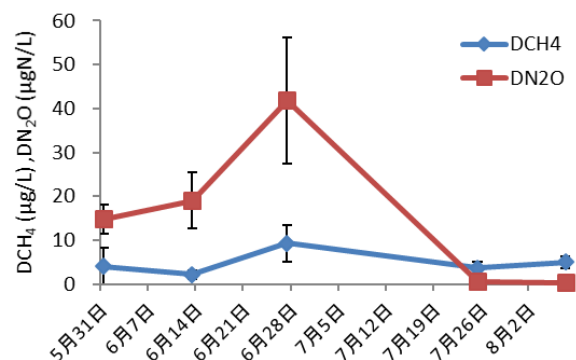


図2 DCH_4 および DN_2O の時系列変化(全区画平均)

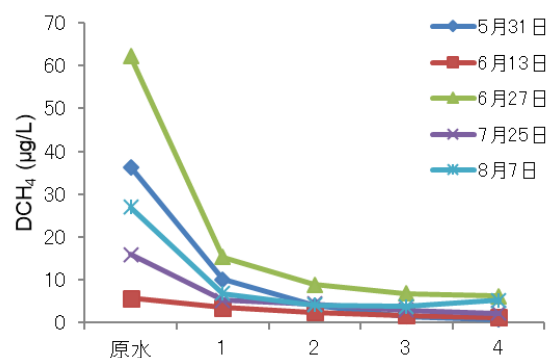


図3 区画流下にもなう DCH_4 濃度の推移

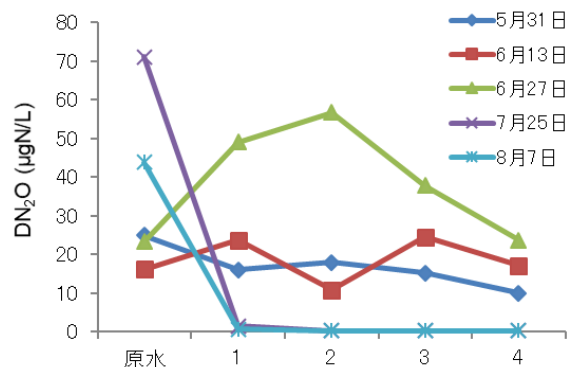


図4 区画流下にもなう DN_2O 濃度の推移