

生活排水の処理水を灌漑する実水田からの温室効果ガス排出

山形大学農学部○非会員 小澤諒三

山形大学農学部 非会員 PHUNG Duc Luc

山形大学農学部 正会員 渡部 徹

1. はじめに

地球温暖化が社会問題として広く認知されるようになり、温室効果ガス（GHG）の排出削減が進められている。水田や畑ではメタンや亜酸化窒素が発生することが知られており、これらはそれぞれ二酸化炭素の27倍、273倍の温室効果能力を有する。我々の研究グループは、下水道資源の農業利用（ピストロ下水道）に関する取り組みの一環として、生活排水の処理水を灌漑することで、化学肥料を与えずに高タンパクな飼料用米を栽培する研究を行ってきた。現在、輸入に大きく依存している肥料や家畜飼料を国内で確保することは、食料安全保障に貢献できるだけでなく、輸入に伴うGHG排出削減にもつながる。さらに、生産段階におけるGHG排出を調べるために本研究では処理水を灌漑する実水田で飼料用米の栽培実験を行った。

2. 方法

2022年5月～9月に、山形県鶴岡市羽黒地域の農業集落排水処理施設近くの水田2面で、飼料用米（品種：ふくひびき）の栽培実験を実施した。（図1）うち一面（試験区、32アール）では、化学肥料を使用せず、農業集落排水処理施設からの処理水を灌漑した。もう一方の水田（対照区、21アール）では、化学肥料（表1）と一般的な灌漑用水を使用し、慣行的な栽培を行った。

栽培実験中は、週一回の頻度でアクリル製チャンバー（幅32cm×60cm）をあらかじめ設置したベースの上に設置し、0、15、30分後の計3回、チャンバー内のガス10mlを採取した。採取したガス試料中のメタンと亜酸化窒素の濃度をガスクロマトグラフ（GC-2014、島津製作所）で測定し、それぞれの排出フラックスを求めた。

2つの水田では稲の生長（草丈、葉色、分けつ数）、灌漑水の水質（TN、TOC、温度、pH、DO、EC、TDS、ORP）、土壌の特性（pH、Eh、EC、温度、水分量）も定期的にモニタリングした。収穫された玄米については収量を計測するとともに、タンパク質含有量をスミグラフ（NC-220F、住化分析センター）で測定し、窒素含有量から換算した。玄米に含まれる各種元素（有害金属も含む）についても、試料を湿式分解した後に原子吸光分光光度計（AA-7000、島津製作所）とICP-MS（ELAN DRC II、PerkinElmer）で分析した。実験開始前（施肥前）と収穫後には水田土壌を採取し、その土性、pH、EC、土壌有機物を標準法で調べるとともに、TNとTCを上述のスミグラフで測定した。さらに玄米試料の分析と同様の方法で、土壌試料に含まれる各種元素も分析を行った。

3. 結果及び考察

3. 1 玄米の収量とタンパク質含有量

2つの処理区における玄米収量とタンパク質含有量はそれぞれ、試験区で $5.91 \pm 1.05\%$ と $6.2 \pm 0.9t/ha$ 、対照区で $6.03 \pm 0.21\%$ と $6.8 \pm 0.4t/ha$ であった。玄米収量、タンパク質含有量ともに対照区のほうがわずかに高かったものの、そのどちらも有意差はなく、生活排水の処理水を灌漑するだけで、化学肥料を与えずに、飼料用米として十分な収

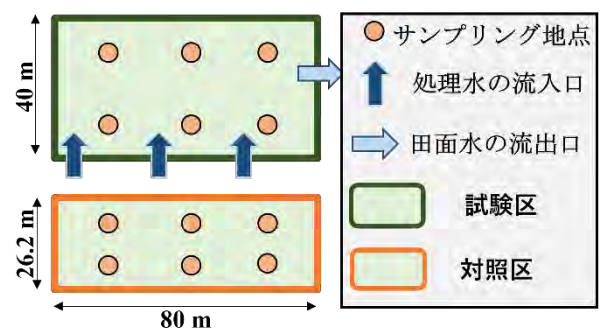


図1 本栽培実験における区画

(すべて基肥として使用した。)

表1 対照区で用いた化学肥料

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
内容量 (%)	30	4	4
使用量 (kg/10アール)	10.7	1.4	1.4

キーワード：メタン、亜酸化窒素、水田、温室効果ガス、生活排水

住所：〒997-8555 山形県鶴岡市若葉町1-23, Tel: 0235-28-2907, Email: to-ru@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp

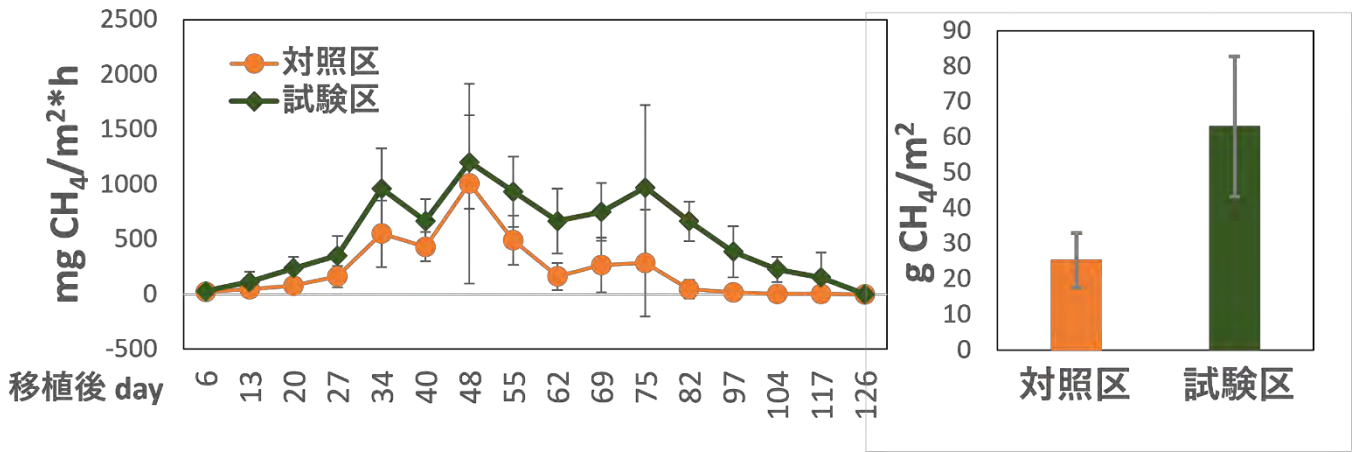


図2 メタンの一時間当たり排出量（左）と累積排出量（右）

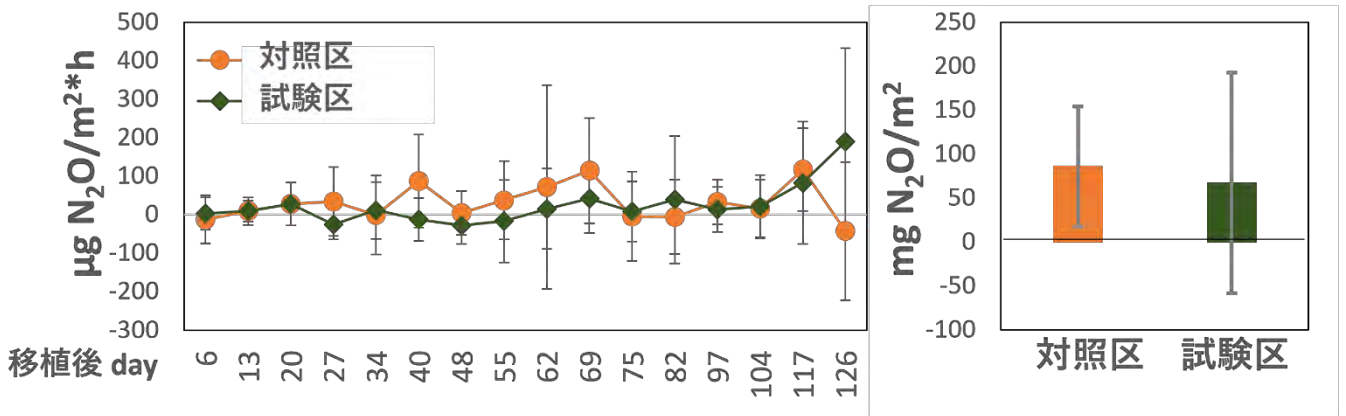


図3 亜酸化窒素の一時間当たりの排出量（左）と累積排出量（右）

量と品質を確保できることが示された。

3. 2 メタンの排出量

栽培期間におけるメタンの排出量の推移と累計排出量を図2に示す。メタン排出量は、両処理区ともに、移植後0日目から48日目付近までは徐々に増加した。この増加は、湛水によって水田土壌が嫌気状態になったことが原因であろう。48日目以降のメタン排出量は、対照区では62日目には約100 mg CH₄/m² hまで低下したが、この差は試験区では75日目まで高いままであった。対照区では48日目頃の中干し（灌漑を止めて土壌を乾かすこと）を行ったのに対して試験区では水稻の生育の遅れを考慮して湛水状態を継続した結果と考えられる。メタンの累積排出量は、試験区で対照区の約2倍になった。

3. 3 亜酸化窒素の排出量

栽培期間における亜酸化窒素の排出量の推移と累積排出量を図3に示す。34日目までの排出量は両処理区で同様に推移した。40日目から69日目までは、試験区よりも対照区の排出量が多かった。この期間に行われた中干しの影響かもしれない。69日目以降は、両処理区の排出量はほとんど同等であった、対照区ではこの時期になると基肥として与えた窒素源が少なくなり、土壌中での硝化や脱窒が抑えられていたと想像される。亜酸化窒素の累積排出量は処理区間で差がなかったが、バラツキの大きい126日目のデータを除けば試験区が下回っていたと考えられる。

4. おわりに

生活排水の処理水を灌漑することで、化学肥料を施用せずに、化学肥料を施用した場合と同等の収量とタンパク質含有量を実水田で実現することができた。しかしながら、生活排水の処理水を灌漑した水田で、慣行栽培の水田よりも多くのメタンが排出された。上述の通り、中干しを行わなかったことが主たる要因であるが、収量と品質を維持しながらGHG排出量が削減できる水管理方法の検討が必要である。

謝辞 本研究は国土交通省による下水道応用研究の支援を受けた。

参考文献 1) IPCC, 2021: climate Change, 2021 ; 2) Phung et al., Sci. Rep., 10, 10155, 2020