

## 下水処理水を代替肥料とした水稲栽培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 ○今野航太 正会員 増田周平

秋田県立大学生物資源科学部 非会員 高階史章 正会員 岡野邦宏

岩手大学大学院連合農学研究科 非会員 Phung Luc 山形大学農学部 非会員 Pham Dung 正会員 渡部徹

## 1. はじめに

下水処理水は窒素・リン・カリウムなどの栄養塩を含むため、放流域の富栄養化の原因となる反面、作物栽培の代替肥料として用いることも可能である。すなわち、作物栽培における液肥としての下水処理水の活用で、環境分野では放流域の水質改善が、また農業分野では肥料費用の節約が期待できる。

一方で水田からは亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) とメタン ( $CH_4$ ) が発生することが知られている。これらは高い温室効果を持つ温室効果ガスであり、 $N_2O$  は二酸化炭素の298倍、 $CH_4$  は28倍と環境への負荷は大きい。また下水処理水には窒素成分と未処理の有機成分が含まれているため、肥料としての利用にともない  $N_2O$  と  $CH_4$  発生量が増加する可能性がある。そのため下水処理水の肥料としての活用にあたっては、 $N_2O$  と  $CH_4$  排出量の定量化および削減が課題として挙げられる。

そこで本研究では、下水処理水を液肥として水稲栽培に利用した場合の温室効果ガス排出量の発生特性を明らかにすることを目的として、屋外実験プラントで水稲栽培試験を行った。

## 2. 調査方法

実験は、秋田県秋田市に位置する下新城南部農業排水処理施設の敷地に、図1に記したような屋外実験系にて水稲栽培を行った。この実験系を5区画用意し、表1に示す運転条件で実験した。品種は秋田酒こまちとし、各区画に18株ずつ植えた。C系では、窒素・リン・カリウムがそれぞれ  $5g/m^2$  になるように実験期間の最初に元肥として化成肥料を投入した。一方、S系およびW系では下水処理水を週に2回人力で投入し、必要に応じて水道水にて水位調整を行った。これらは昨年度の実績を基に窒素要求量を最終的に満たすように設定し、負荷の違いによる影響を

評価した。あわせて各区画への投入量を表1に示した。ただし生育状況に鑑み、8/6、8/10、8/14、8/17の4回はS系、W1系、W2系、W3系への下水処理水の投入量を8ℓに変更し、その後はW1系の負荷を2.5ℓ、S系とW2系を4.5ℓ、W3系を7.5ℓに変更した。

サンプルの採取は2018年の6/15から8/21にかけて、原則週に2回のペースで合計18回行った。サンプルは、下水処理水投入前に水サンプルとガスサンプルを採取した。水サンプルは系内の水をシリンジで引き抜き、孔径  $0.45\mu m$  のメンブレンフィルターでろ過をした後、ファルコンチューブに入れて保管した。分析項目は水温、pH、 $NH_4-N$ 、 $NO_2-N$ 、 $NO_3-N$ 、 $PO_4-P$  である。ガスサンプルは60mlシリンジで系内の水を25ml採取し、さらに  $N_2$  ガスを25ml加えた後、栓をして1分間攪拌した。その後、気相部を15ml採取し、真

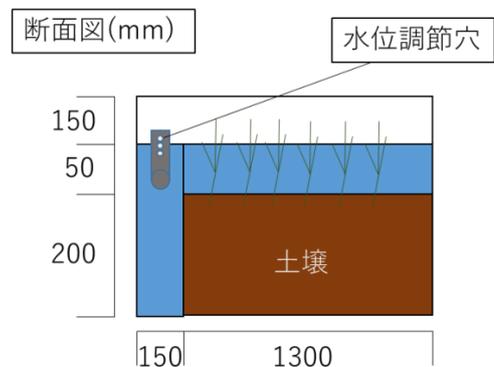


図1. 屋外実験系断面図

表1. 運転条件

区画名	肥料	植栽	施肥
C	化成肥料	あり	元肥のみ
S	下水処理水	なし	3ℓ/回
W1	下水処理水	あり	1.5ℓ/回
W2	下水処理水	あり	3ℓ/回
W3	下水処理水	あり	4.5ℓ/回

キーワード: 下水処理水 メタン 亜酸化窒素 水稲栽培 栄養塩

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

空引きした 10ml バイアル瓶に封入した。これを 2 個採取し、ECD ガスクロマトグラフで  $N_2O$  を、FID ガスクロマトグラフで  $CH_4$  の濃度をそれぞれ分析した後、溶解度係数に基づき溶存態濃度に換算した。

さらに上記のサンプル採取と同じタイミングで各区画の葉色、莖数、草丈についても調査を行った。さらに  $1m^2$  あたりの莖数と草丈を乗じることで求められる生育診断値により、区画ごとの成長度合いについても評価した。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 水質と生育の結果

表 2 に生育時期毎の栄養塩濃度と生育診断値の平均値を示す。これによると化成肥料区画に比べて下水処理水区画の生育が遅い傾向がみられた。さらに W1 系、W2 系、W3 系で生育に大きな差はなかった。なお、無機態窒素濃度は下水処理水投入直前にはかなり低い状態であったため、下水処理水の投入時には栄養塩が欠乏している日も多くあったと考えられる。

#### 3.2 $DCH_4$ 濃度の推移

図 2 に各期間における  $DCH_4$  濃度の推移を示す。これより、期間 1~3 において  $DCH_4$  濃度に顕著な差は見られなかったが、期間 4 では栽培区画である C 系、W2 系の  $DCH_4$  濃度が増加していた。稲の根は出穂後に老化が始まり、枯死することが知られている。本実験における出穂は C 系が 8/6、W2 系が 8/8 であったことから、枯死した根が  $CH_4$  生成の基質となり<sup>1)</sup>、栽培区画である C 系、W2 系の  $DCH_4$  濃度が期間 4 で大きく増加したと推察される。

#### 3.3 $DN_2O$ 濃度の推移

図 3 に  $DN_2O$  濃度の推移を示す。これより、期間 1~3 において  $DN_2O$  濃度に顕著な差は見られなかったが、期間 4 では下水処理水区画である S 系および W2 系の  $DN_2O$  濃度が増加していた。この期間は追肥期間として下水処理水の投入量を増やしていた。C 系の化成肥料区画では変動があまりなかったことをふまえると、下水処理水の増加にともない窒素負荷が増加し、 $DN_2O$  濃度が増加したと推察される。

### 4. まとめ

本研究では、水稻栽培において下水処理水を液肥利用した場合の、温室効果ガス発生量への影響を評

価した。その結果、下水処理水の投入にともなう  $DCH_4$  濃度の増加は見られなかった。一方で、 $DN_2O$  濃度は下水処理水の投入にともない増加する傾向が見られた。本実験の結果は、生育が比較的低調であったことや、水質が低濃度の際の測定値であったことをふまえると、温室効果ガスが抑制された条件下における発生特性と捉えることができる。今後は、より高負荷の投入条件、稲の生育状況や水質変動を考慮した検討が必要である。

### 5. 参考文献

- 1) 眞弓大介, 全く新しい生物的メタン生成反応とコールベッドメタン, GSJ 地質ニュース Vol. 5, No. 12 (2016 年 12 月)

表 2. 栄養塩濃度と生育診断値の平均値

期間	期間1	期間2	期間3	期間4
期間	6/15~6/29	7/2~7/20	7/24~8/6	8/10~8/24
サンプル数	5	5	4	4
$NH_4^+-N(mg/\ell)$	0.05	0.03	0.04	0.06
$NO_2^-N(mg/\ell)$	N.D.	0.01	N.D.	0.01
$NO_3^-N(mg/\ell)$	0.10	0.01	0.01	N.D.
生育診断値C	0.81	2.69	5.20	6.00
生育診断値W1	0.60	1.88	4.18	4.91
生育診断値W2	0.59	1.91	3.55	5.10
生育診断値W3	0.59	1.64	3.95	4.63

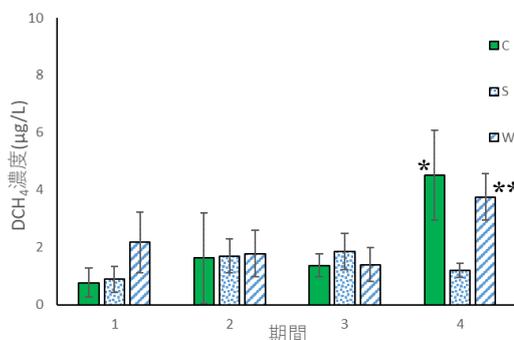


図 2.  $DCH_4$  濃度の推移

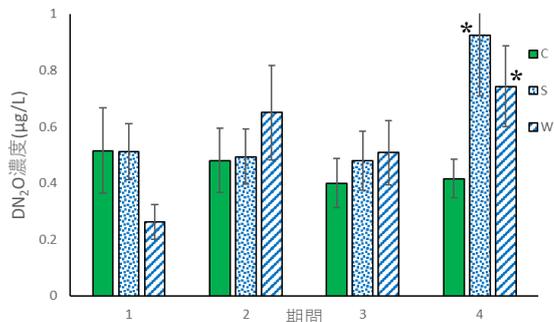


図 3.  $DN_2O$  濃度の推移