

下水処理水を灌漑した水田におけるメタン発生メカニズムに関する基礎的検討

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○菅原幹 秋田県立大学 非会員 高階史章
山形大学 非会員 Phung Luc 正会員 渡部徹 秋田工業高等専門学校 正会員 増田周平

1. はじめに

近年、地球温暖化が深刻な問題となっており、その原因である温室効果ガスの削減に関心が高まっている。その中で、水稲栽培は日本のメタン排出量の約 4 割を占めており¹⁾、排出削減が求められている。

また、下水道資源には肥料の成分である窒素やリンが含まれており、その農業利用に注目が集まっている。下水道資源を用いて食材を生産する取り組みである Bistro 下水道においては、全国で様々な事例があり、中でも下水処理水を用いた水稲栽培は日本海側東北地域で盛んに行われている。しかし、代替肥料として下水処理水を用いた場合、処理水に含まれる有機物等がメタンの排出量を増加させる可能性がある。

そこで本研究では、実圃場で下水処理水を用いた水稲の栽培を行い、メタンの発生量を調査するとともにその生成メカニズムについて検討した。

2. 実験方法

2.1 実験概要

本研究は、下水処理場に隣接した水田をフィールドとして、秋田県秋田市（以下、秋田 F）および山形県鶴岡市（以下、鶴岡 F）において行った。秋田 F では酒米を栽培した。灌漑に処理水を用いた試験区と、農業用水のみを用いた対照区をそれぞれ設定した。鶴岡 F では飼料用米を栽培した。こちらも処理水を用いた試験区と、農業用水のみの対照区を用意した。なお、秋田 F と鶴岡 F では投入量が異なり、相対的に秋田 F が低負荷、鶴岡 F が高負荷である。

2.2 メタン発生量

メタン発生量は、チャンバー法²⁾を用いて発生速度を定量した。秋田 F においては、6 月 1 日から概ね一週間に一度の頻度で調査を実施した。鶴岡 F においては、

後述するメタン生成能におけるサンプル採取日の付近の 3 日分調査した。得られたサンプルは FID ガスクロマトグラフを用いて分析し、メタンフラックスを測定した。

2.3 メタン生成能

室内培養試験により、土壌由来のメタン生成能の測定を行った。秋田 F では 6 月 7 日、7 月 11 日、8 月 17 日に、鶴岡 F では 6 月 4 日、7 月 9 日、8 月 22 日に、それぞれメタン発生量を測定した場所の付近からサンプルの採取を行った。

土壌の採取にあたっては、直径 5cm のプラスチック製の円筒を用いて、土壌の表面から深さ 10cm の部分を採取した。得られた土壌サンプルを研究室に持ち帰り、2mm ふるいで漉した後、生土を試験管に 5g ずつ分取し、蒸留水 5ml 加えてボルテックスで攪拌した。試験管のヘッドスペースを N₂で置換しキャップで密閉した後、暗所・30°Cの条件で 4 週間嫌気培養した。培養期間中の 2 週、および 4 週時点でのガスを採取し、メタン濃度を FID ガスクロマトグラフで分析した。メタン濃度の増加量より、土の 1 グラム当たりのメタン生成速度を算出した。

3. 結果と考察

3.1 メタン発生量

6 月から 9 月までの秋田 F におけるメタン発生速度は、試験区では対照区に比べ半分程度だった。この結果は、後述する土壌由来のメタン生成能に加え、各区の水稲の茎数の差が影響すると考えられる。生育調査の結果、試験区の茎数は対照区に比べ 2~6 株ほど少なかった。既往の研究³⁾において、茎数の増大はメタン発生量の増加につながることが明らかにされている。

キーワード：地球温暖化 下水処理水 水田 温室効果ガス メタン

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

3.2 メタン生成能

秋田 F と鶴岡 F のメタン生成能の結果を、図 1 および図 2 に示す。これより、秋田のメタン生成能は対照区の方が高かった。ただし、これは元来の土壤の物理化学的特性が試験区と対照区で異なった可能性がある。これらの水田は近隣にあるものの、あわせて実施した土壤サンプルの分析によれば、土壤の pH などに違いが見られ、処理水灌漑よりも土壤の違いが強く影響した可能性が高い。一方、鶴岡 F においては試験区が対照区よりも卓越していた。鶴岡 F の試験区と対照区の土質性状は類似していたことから、処理水の投入による有機物の供給を通じて、土壤のメタン生成能の増加を招いた可能性がある。

3.3 メタン発生速度と生成能の関係

メタン発生速度とメタン生成能の関係を図 3 に示す。これより、秋田 F においては両者に強い正の相関が見られ、相関係数は 2 週目と 4 週目でそれぞれ $R=0.91$ および $R=0.77$ （いずれも $p<0.001$ ）であった。これは、秋田 F においては土壤のメタン生成能が、大気へのメタン発生速度を支配していることを示している。

一方、鶴岡 F では相関係数はそれぞれ 0.42 と 0.26 であり、統計的に有意ではなかった。さらに、6 月と 7 月で発生速度と生成能の関係が逆転していた。ここで鶴岡 F の水稲の生育状況より、6 月下旬から 7 月上旬にかけての茎数は、対照区が試験区より卓越していた。そのため、生成能が相対的に低くても、茎を介したメタン発生が促進され、結果的に対照区のメタン発生速度が高くなったと考えられる。このことから水田へのメタン発生には、土壤のメタン生成能のみならず、発生したメタンを空气中に誘導する役割を担う水稲の茎数の影響が大きいと考えられる。

4. 結論

下水処理水を比較的高負荷で灌漑した場合、土壤中のメタン生成能の増加を引き起こした。一方で、低負荷灌漑の影響については本実験では明らかにできなかったため、今後の検討課題である。また下水処理水の灌漑によるメタン発生への影響については、土壤のメタン生成能に加え、水稲の茎数も含めた水稲の生育状況への影響をふまえて評価することが重要と考えられた。今後は、下水処理水が土壤のメタン生成能を増加させ

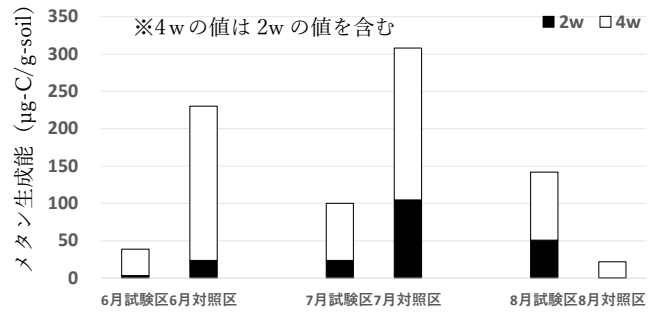


図 1 秋田 F におけるメタン生成能

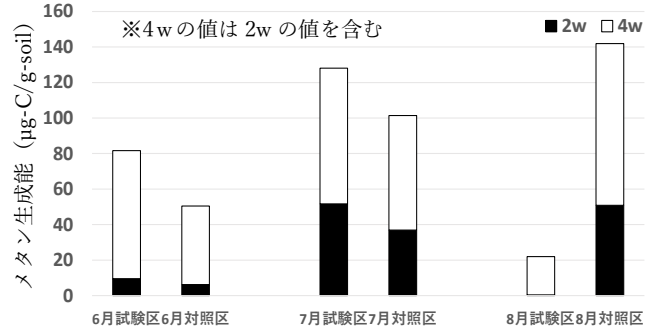


図 2 鶴岡 F におけるメタン生成能

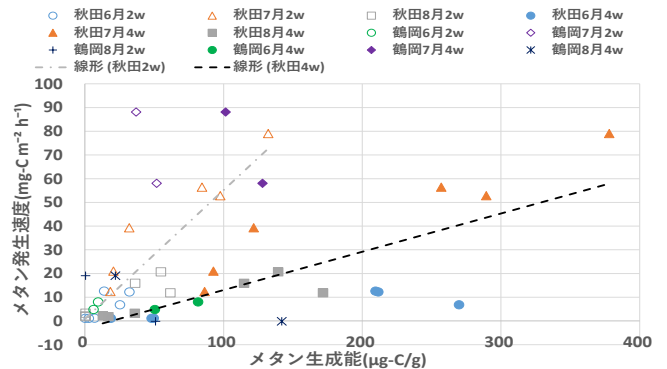


図 3 メタン発生速度と生成能の相関

るメカニズムについて、詳細に検討する必要がある。

謝辞

本研究は、令和 4 年度下水道応用研究の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) UNFCCC, Greenhouse gas inventory data, 2015
- 2) NIAES: Guidelines for Measuring CH₄ and N₂O Emissions from Rice Paddies by a Manually Operated Closed Chamber Method. 2015.
- 3) 熊谷勝巳他, 水田からのメタン発生と水田土壤におけるメタン生成・酸化分解, 日本土壤肥科学雑誌, 第 64 巻, 第 4 号, 368-367, 1993