

土壌水中の有機炭素移動に着目した水の浸透速度がメタン放出量に与える影響 Effects of water percolation rate on methane emissions with a focus on organic carbon movement in soil water

○安田初羽*, 西河知咲*, 松田壮顕*, 越智結香**, 濱 武英**, 中村公人**

○Hatsuha Yasuda, Chisa Nishikawa, Soken Matsuda, Yuika Ochi, Takehide Hama, Kimihito Nakamura

1. はじめに

温室効果ガスの一つであるメタンは、嫌気性細菌のメタン生成菌によって湛水中の水田で生成され、放出されることが広く知られている。これまでの研究で、水の浸透速度がメタン放出量に影響を及ぼすことが指摘されている。具体的には、メタン生成菌の基質の一つである二酸化炭素が溶脱することで、メタン放出量が減少する可能性があるとしていられる¹⁾。一方で、生育段階によって、浸透速度が増加するにつれてメタン放出量も増加するという報告もある²⁾。また、排水中の全有機炭素(TOC)濃度の違いから、浸透が基質の移動量に影響することが示唆されている³⁾。メタン放出量に対する浸透速度の影響は実験条件によって異なる中で、放出量削減のための方策を探るべく、本研究ではメタンフラックスと複数の深さで採取した土壌水のTOC濃度を測定し、メタン生成菌が利用する有機物の移動に注目して、浸透速度とメタン放出量の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 試験方法

2024年に滋賀県立大学のガラス室内において、内径25 cm、高さ60 cmのカラムを用いた日本晴(*Oryza sativa* L.)の栽培試験を実施した。各カラム底部に5 cm厚で礫を敷設し、その上に40 cm厚で土壌を水締めにより充鎮した。水の浸透速度は0 mm d⁻¹、15 mm d⁻¹、30 mm d⁻¹に設定した(各条件3反復、浸透速度の調整は定量送液ポンプ(MP-2100; 東京理化)を使用)。6月3日に苗を移植し、6月8日の初回採水後に浸透処理を開始し、常時湛水条件で栽培を行った。各カラムに対し化成肥料(N-P-K = 14-14-14)を6月4日に20 kg 10 a⁻¹、8月9日に15 kg 10 a⁻¹施用した。9月18日に落水し、10月1日に収穫した。

6月8日から9月26日までの間、1週間間隔でクローズドチャンバー法によりガスを採取し、FID付ガスクロマトグラフ(GC-14B; SHIMADZU)にて分析することでメタンフラックスを測定した。加えて、2週間間隔で田面水および深さ5 cm、15 cm、25 cm、35 cmから土壌水を採取し、TOC計(TOC-L; SHIMADZU)によりTOC濃度を測定した。また、15 mm d⁻¹、30 mm d⁻¹のカラムについては排水も採取・分析した。

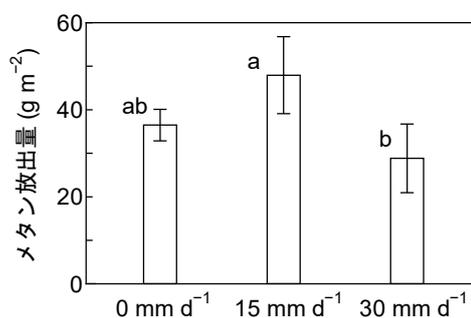


図1 総メタン放出量

Total amount of methane emission

*滋賀県立大学環境科学部 School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture

**京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

キーワード：地球温暖化、水田、浸透速度

3. 結果と考察

栽培期間中の総メタン放出量を図 1 に示す。浸透が無い条件に比べて、15 mm d⁻¹ の浸透を与えた条件ではメタン放出量が増加し、30 mm d⁻¹ の浸透を与えた条件では逆に減少するという結果となった。Tukey-Kramer 法による統計解析の結果、15 mm d⁻¹ と 30 mm d⁻¹ の間には有意差が見られた。

各浸透速度条件におけるメタンフラックスおよび TOC 量の経時変化を図 2 に示す。全ての条件に共通して、メタンフラックスは移植後日数 31 (DAT) と 108 DAT にピークが観測された。108 DAT のメタンフラックスの増加は、107 DAT に湛水がなくなったことで土壤中に封入されていたメタンが放出されたためと考えられる。31 DAT のメタンフラックスは、15 mm d⁻¹、0 mm d⁻¹、30 mm d⁻¹ の順に大きいが、総 TOC 量は 0 mm d⁻¹、15 mm d⁻¹、30 mm d⁻¹ の順に多かった。

浸透している 15 mm d⁻¹ と 30 mm d⁻¹ を比較すると、TOC 量の多い 15 mm d⁻¹ の方がメタンフラックスも大きくなったが、浸透のない 0 mm d⁻¹ では 15 mm d⁻¹ と比べてメタン放出量が少なくなった。これは、浸透により TOC が溶脱されてもメタン生成量には影響しない、すなわち、溶脱されにくい土壤炭素がメタン生成に寄与している可能性がある。あるいは、土壤の還元過程において、0 mm d⁻¹ の条件では硫酸などが土壤中に残存することで、メタン生成に先行する還元反応が優先的に生じていた可能性も考えられるが、この点については今後さらなる詳細な調査が必要である。

さらに土壤水を採取した深さに着目すると、0 mm d⁻¹ は 59 DAT 以降、5 cm 深さの TOC 量は減少する一方で、より深い層では TOC 量が増加する傾向が見られた。15 mm d⁻¹ および 30 mm d⁻¹ は、17 DAT 時点で 35 cm の深さでも比較的多い TOC 量が観測された。しかし、イネの生育初期は根がまだ深部に達しておらず、仮にその深さでメタンが生成されていたとしても、メタン放出量の増加には直結しなかったと考えられる。

4. 今後の課題

メタン生成に先行する硫酸や鉄の還元反応を定量的に評価し、それらの反応に要するエネルギーがメタン生成にどのような影響を与えたかを明らかにする必要がある。

謝辞 本研究は科研費 (24K17985, 23H00349) の補助を受けて実施した。

参考文献 1) 犬伏ら (1992), 2) 石川と飯田 (2019), 3) Matsuda et al. (2022)

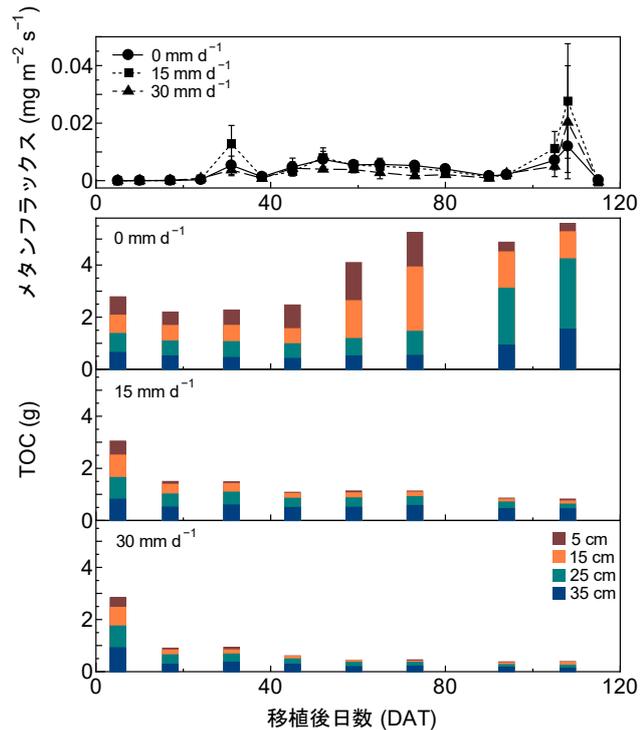


図 2 メタンフラックスと TOC 濃度の経時変化
Temporal changes in methane flux and TOC concentration