

令和 6 年 6 月 16 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K15642

研究課題名（和文）土壌物理性の人為的管理による水田からの温室効果ガス放出削減

研究課題名（英文）Mitigation of Green House Gas emissions from rice paddy fields with artificial managements of soil physical properties

研究代表者

中嶋 美幸（Nakajima, Miyuki）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・主任研究員

研究者番号：20370611

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：世界的に削減が望まれている温室効果ガス(GHG)のうち、水田から放出されるメタン(CH₄)は圃場管理条件や気象の影響を強く受け、年次や場所により放出量に大きな変動があることが知られている。本研究ではイネの直播栽培、特に地表面鎮圧を伴う乾田直播体系に着目し、移植体系とのGHG放出量の比較を行った。

研究期間中、常時湛水条件下において乾田直播体系では圃場から放出されるCH₄量が移植体系に比べて有意に減少した。この要因として湛水期間の違いとともに、鎮圧による土壌構造の変化がイネ浅根化をもたらす点に着目したが、浅根化は一意にCH₄放出量を低減させる要素ではないことが示唆された。更なる研究が求められる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではこれまで明らかにされていなかった地表面鎮圧を伴うイネ乾田直播体系圃場からのCH₄放出量が、常時湛水条件であれば常に移植体系圃場からの放出量よりも低くなることを明らかにした。このことは高い生産性と環境保全機能を併せ持つイネ栽培体系の提唱につながる。また、土壌鎮圧による人為的な土壌物理性の管理がGHG放出量に影響を与えるメカニズムの解明に取り組み、イネ浅根化以外のCH₄放出量削減要因が存在することを示唆した。水田からのCH₄放出量の精緻な予測および削減策の提唱には放出メカニズムの解明が必要であり、本研究は土壌物理性を介した新たな環境保全型圃場管理法を提唱する一助となる。

研究成果の概要（英文）：Methane(CH₄) is a major green house gases(GHG) that has been called for global reduction. CH₄ emissions from rice paddies are known as strongly affected by field management and weather conditions, and has big fluctuations by yearly and spatially. In this study, we focused the GHG emissions from the fields with the rice dry-direct seeding with artificial compaction of soil surface. We measured and compared the GHG emissions with those of rice transplanting fields. During the 3-years study period, the CH₄ emission from the field was significantly lower in the dry-direct seeding system than in the transplanting system under constantly flooded conditions. To clarify the factor of these mitigations, We focused the shallow rooting of rice plants led by soil surface compaction and carried out a laboratory model test. The results of a model test suggested that shallow rooting is not a factor that uniquely reduces the amount of CH₄ released. Further research is needed.

研究分野：土壌物理学

キーワード：温室効果ガス 水田 メタン 乾田直播 鎮圧 土壌物理性

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 国際的に削減が望まれている温室効果ガス(以下 GHG)のうち水田からの放出メタン(CH_4)は、生成・放出過程において様々な因子が影響するため圃場管理条件や栽培圃場の土壌、気象条件により圃場間・年次間で大きな量的変動を受ける。近年我が国で普及面積が拡大しつつある水稲直播栽培においては慣行の水稲移植栽培とは栽培歴も管理条件も異なるが、直播栽培下における CH_4 放出について既往の研究は乏しい。

(2) 特に近年新たに開発された表面鎮圧型乾田直播体系(以下鎮圧乾直体系)においては、非湛水状態の圃場にイネ種子を播種し、3-4葉期まで畑状態で栽培する、春先、耕起後に大型機械で行う地表面鎮圧により、圃場からの縦浸透を防ぐ止水層が地表面近くに形成される(イネ生育期間にのみ存在し、収穫後の秋耕起にて容易に更新される)という特徴がある。これらの特徴から鎮圧乾直体系においては、湛水期間の短縮、休耕期の土壌乾燥、生育期間中のイネ根域制限などの要因を通じ、圃場からの CH_4 放出量が移植体系と大きく異なることが予想されるが、これまで土壌鎮圧(人為的な土壌物理性管理)を伴う乾田直播体系からの GHG 放出に関わる既往の研究はない。

(3) 応募に先立ち、鎮圧乾直体系圃場と移植体系圃場からの GHG 測定を行ったところ、年次変動があるもののイネ栽培期間中の鎮圧乾直体系圃場から放出される CH_4 は移植体系圃場からの放出量に比べて低く抑えられる傾向があった。

2. 研究の目的

本研究では鎮圧乾直体系の適用が水田圃場からの CH_4 放出量に及ぼす影響を明らかにし、そのメカニズム解明を行うことを目的とし、以下の課題に取り組んだ。

- (1) 鎮圧乾直体系の適用による水田からの GHG 放出量の変化とその主たる要因の解明
- (2) 特に土壌の表面鎮圧がイネ根の分布伸長ならびに GHG 放出量に与える影響の解明

3. 研究の方法

(1) 鎮圧乾直体系の適用による水田からの GHG 放出量の変化とその主たる要因の解明(圃場試験)

東北農業研究センター(岩手県盛岡市)内および現地圃場(岩手県花巻市)内の鎮圧乾直体系圃場と慣行移植体系圃場のうち、東北地方の一般的なイネ品種を連年栽培している圃場を試験圃場として使用した。イネ栽培期間中の試験圃場からの放出ガスをクロズドチャンパー法により定期的に採取し、移植圃場と鎮圧乾直圃場からの主要 GHG (CH_4 , N_2O) 放出量を比較した。同時に栽培期土壌酸化還元電位、イネ生育量およびそれらに影響を及ぼす水管理条件、気象要素等 GHG 放出量に影響を与えるであろう因子を連続的ないし定期的に測定した。東北農業研究センター内圃場では両試験区ともイネ栽培期間中に中干を行わない常時湛水条件で試験を行った。一方で花巻市の現地圃場では鎮圧乾直体系は常時湛水条件、慣行移植体系は栽培期間中に中干を行い、 CH_4 低減策として既知である水管理(中干)と競合させて影響程度を比較した。試験は 2020 年から 2022 年までの 3 年間、3 反復ないし 4 反復で行った。

(2) 土壌の表面鎮圧がイネ根の分布伸長ならびに GHG 放出量に与える影響の解明(室内モデル試験)

土壌表層の物理性がイネ根の伸長分布を介し GHG 放出に与える影響を明らかにするため、圃場試験土壌を用いて土壌のモデルカラムを作成した。モデルカラム内土壌は圃場の乾燥密度分布を再現するよう深さ別に突き固めて作成し、鎮圧再現区、慣行移植再現区、遮根シートにより根域を浅層制限する慣行移植再現区(根域制限区)を設けた。東北地方の一般的なイネ品種を栽培し、栽培期間中のイネ生育量および GHG 放出量を測定した。生育期間中は常時湛水条件とした。また収穫期にカラムを分解してイネ根の伸長・分布を測定した。当初計画ではカラムをアクリルにより作成し、根箱として外観からのイネ伸長分布の観察も行う予定であったが、コロナ禍の影響により物品が調達できず 2020 年には試験を開始できなかった。そのため 2021 年からは市販のバケツを用いて試験を開始し、イネ根の伸長・分布の観察にはピンボード法を用いることとした。

4. 研究成果

(1) 2020 年から 2022 年まで東北農業研究センター内において、鎮圧乾直体系と移植体系の試験圃場でイネを常時湛水条件で栽培し、栽培期間中の圃場からの GHG 放出量を測定比較したところ、年次変動はあるものの全ての年で鎮圧乾直体系からの CH_4 放出量が移植体系からの CH_4 放出量よりも有意に低く抑えられた(図 1)。栽培体系の違いにより施肥量やイネ生育ステージの違いが生じていたが、最終収量、最終茎数、最終全地上部乾重には有意差がなかった。また、 N_2O

の放出はどちらの試験区でも検出できなかった。これらのことから、常時湛水条件において水田の栽培体系を慣行移植体系から鎮圧乾直体系へ転換させ同等量のイネ生産を行った場合、圃場からのGHG放出量は大幅に削減されることが示唆された。

(2) 2020年から2022年まで花巻市の現地圃場内の(鎮圧乾直体系+常時湛水)区と(慣行移植体系+強い中干実施)区において(1)同様に栽培期間中の試験圃場からのGHG放出量を測定比較した結果、両区からのCH₄放出量に有意差はなかった。これは水管理による削減効果と鎮圧乾直体系による削減効果が拮抗したためと考えられた。

(3) パケツポットを用いて鎮圧再現区、慣行移植再現区、遮根シートにより根域を浅層制限する慣行移植再現区(根域制限区)を設けてイネを栽培し、栽培期間中のイネ生育量を測定したところ、各区で地上部の生育ステージに差が生じた(図2)。鎮圧再現区では初期生育が緩慢で出穂日も他の2区より15日程遅くなった。また、根域制限区は初期の生育は慣行移植区と同等であったが、早い段階で茎数増加が止まり、最終的な地上部は小さく抑えられた。

(4) ポットイネの収穫期に地下部をポットから抜き出し、ピンボード法により株中心周辺の根系分布を調査したところ、慣行移植区では深部まで根が広く分布するのにに対し、5cm深に遮根シートを設置した根域制限区と地表面を固めた鎮圧乾直区では浅い土層に根が集中していた。(3)の結果と併せ地上・地下部のイネ生育が慣行移植と鎮圧乾直で異なることが明らかになった。

(5) ポットからのGHG放出量をクロードチャンパー法で定期的に測定したが、2021年試験ではポット内の土壌還元が進行せずどの試験区からもCH₄放出が見られなかった。2022年には前以て湛水培養した土壌を試験に供試したが、8月上旬までCH₄放出はほぼ見られなかった。ポット試験については試験方法の更なる改善が必要であることが明らかとなった。

(6) 2022年8月以降、各ポットから少量ながらCH₄放出が見られ始めた。慣行移植区のCH₄放出量を1とした時の根域制限区、鎮圧乾直区のCH₄放出量の比率を図3に示す。鎮圧乾直区からのCH₄放出量は慣行移植区よりも常に低く抑えられた一方で、同様に根が浅く分布する根域制限区からの放出量は慣行移植区よりも常に高く推移した。このことは、鎮圧による浅根化がCH₄放出量を一意に低減する要素ではないことを示唆している。

(7) 本研究では常時湛水条件では鎮圧乾直体系からのCH₄放出量が慣行移植体系に比べて低く抑えられること、水管理条件によってはその効果が相殺されること、鎮圧乾直体系では移植体系とイネの地上部・地下部ともに生育が異なること、鎮圧により根は浅根化するが、それはCH₄放出量を一意に低減する要素ではなく、更なるメカニズム解明が必要であることを明らかにした。

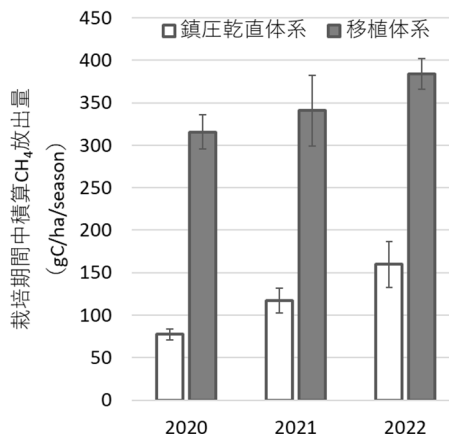


図1. イネ栽培期間中の積算CH₄放出量の比較(圃場試験・常時湛水条件)

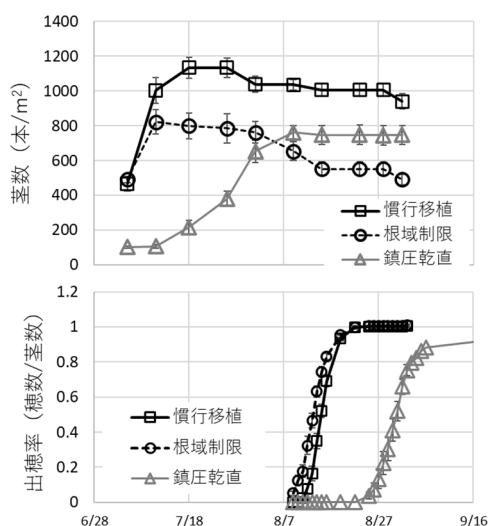


図2. 室内モデル試験におけるイネ地上部生育の違い

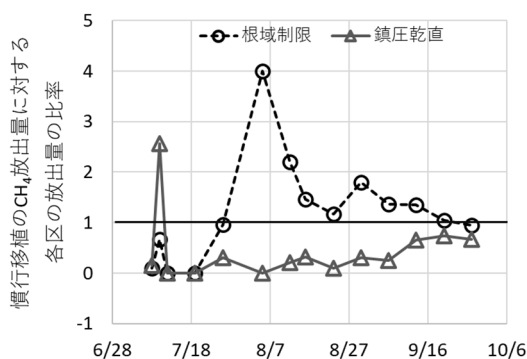


図3. 室内モデル試験におけるCH₄放出量(慣行移植区放出量に対する各区の放出量の比率)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 中嶋美幸
2. 発表標題 鎮圧乾田直播がイネ生育とメタンガス放出に及ぼす影響
3. 学会等名 土壌物理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miyuki Nakajima, Toshihiro Hasgawa
2. 発表標題 CH4 emission from paddy field with dry direct seeding
3. 学会等名 International Online Symposium on Soil C and N Dynamics by Land Use, Management and Climate Changes (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------