

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19780183

研究課題名(和文) 土壌中の貯留を考慮した水田における温室効果ガス発生・吸収機構の解明

研究課題名(英文) The mechanism of greenhouse gases emission or absorption in a rice paddy field with consideration of storage in soil

研究代表者

矢崎 友嗣 (YAZAKI TOMOTSUGU)

北海道農業研究センター 寒地温暖化研究チーム 農研機構特別研究員

研究者番号：00449290

研究成果の概要(和文)：営農条件下の水田において、CH<sub>4</sub>貯留量(気泡中ガス蓄積量と溶存量)の経時変化とCH<sub>4</sub>排出量を測定し、実際の水田で起こっているCH<sub>4</sub>の動態を評価し、メタン削減について検討した。水田土壌中で発生したメタンは一部が貯留されるが、多くが大気や暗渠排水を通じて水田外に排出されていたことから、水田からのメタン排出を抑制するためには、作土層内のメタン生成そのものを抑制することが有効であることが推察された。

研究成果の概要(英文)： We monitored methane (CH<sub>4</sub>) emission and the storage of methane dissolved in surface and soil water, and accumulated in soil gas in a rice paddy field. Then, we assessed the dynamics of methane in paddy soils to reduce the methane emission from rice paddy fields. Large part of CH<sub>4</sub> generated in paddy soil goes out of the field through emission to the atmosphere and the subsurface drainage and a part of generated CH<sub>4</sub> is store in the water and soil as a dissolved matter and bubble. Therefore, it is considered that the management for decreasing the CH<sub>4</sub> production is effective to decrease CH<sub>4</sub> emission from rice paddy fields.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	0	1,700,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	300,000	3,000,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学 農業土木学・農村計画学

キーワード：土壌圏現象、農業工学、土壌学

## 1. 研究開始当初の背景

2005年に「地球温暖化防止に関する京都議定書」が発効し、我が国は2012年までに温室効果ガスの放出を、1990年当時と比べて6%削減することが課せられた。農業を主要な排出源とするメタン(CH<sub>4</sub>)と亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)

の削減が求められている。アジア地域の人々の主食生産の場である水田は、メタンの発生源とされており、温室効果ガス放出量削減のための適切な水管理、養分管理技術が求められる。したがって、それを確立するためには、その基礎的知見である、水田からの温室効果ガス放出過程を明らかにする必要がある。

実際には湛水土壤中では、微生物活動によって発生したガスが気泡として蓄積したり、土壤水にとけ込むなどすることが知られている。この土壤中に貯留されたガスは、突発的に放出したり、溶存ガスが流出するなどして水田外に排出される可能性もある。したがって、水田からのガス発生機構を知るためには、土壤中における貯留量も把握する必要がある。水田土壤における  $\text{CH}_4$  の貯留量の測定例は、ポットや土壤カラムを用いた実験がいくつかあるが、気泡量や溶存量の簡便な測定方法がなかったため、営農条件下の水田における温室効果ガスの貯留の実態は分かっていない。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、水田からの温室効果ガス放出量の削減のための基礎的知見として、営農条件下の水田において、 $\text{CH}_4$  貯留量(溶存量と気泡中ガス蓄積量)の経時変化を測定し、同じ場所で、測定された  $\text{CH}_4$  排出量の結果と照らし合わせ、実際の水田で起こっている  $\text{CH}_4$  の動態を把握する。そして、得られた結果から、温室効果ガス削減のための管理について、検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### ①観測サイト

観測は、北海道岩見沢市の連作水田(北緯43度18分、東経141度44分、標高約10メートル)において2009年5月27日から8月31日にかけて行った。この水田は、ハンノキやヨシを構成植物とする低位泥炭に約30cmの鈳質土壤が客土されており、25~30cm深に硬盤層が存在した。2008年10月の非作付け期でも、表面から67cm深に地下水面が存在していた。圃場は前年作の稲ワラは秋に鋤き込まれている。水田の水管理は、8月中旬まで常時湛水であり、この水管理は観測地域周辺の慣行である。2009年は平年(1970年-2000年)に比べ低温、寡照で頻りに降雨がみられた。そのため、2009年は6月下旬から8月中旬まで断続的に深水管理を行った。

### ②ガス排出量、水位、酸化還元電位の測定

密閉チャンバー法によるメタン排出量の測定を、畦に隣接した圃場内の3地点で7日から10日間隔で実施した。アクリル製透明チャンバー(5-6月は60cm×30cm、高さ50cm、7-9月は60cm×30cm、高さ100cm)にイネを4株入れた状態で密閉し、チャンバー設置後1、10、20分後のガスを1Lのテドラーバッグに採取した。また、同時に水面または地表面か

らのヘッドスペースの高さ、ガス採取時のチャンバー内の気温を測定した。採取したガスは実験室に持ち帰り、FID付ガスクロマトグラフィー(GC8A, 島津製作所)を用いてメタン濃度を測定した。ガスフラックスは直線回帰法によって求めた。また、観測期間内の湛水深(作付け期のみ)と10cm深の酸化還元電位を、著者らが開発したTDR水位計とポータブルEh計で測定した。

### ③表層水、作土土壤水、土壤ガス中のメタン貯留量の測定

水田作土層10cm深にシリコンチューブ製土壤ガス採取管を埋設した。ガスフラックス測定日において、土壤ガス採取管からガスを15mL容のバイアル瓶に、表層水を60mL容のシリンジに採取した。土壤ガス濃度は、前述のガスクロマトグラフィーで測定し、表層水の溶存ガス濃度は、ヘッドスペース法によって測定した。

作土層における土壤水溶存ガス濃度は、土壤ガスと溶液溶存ガスが平衡状態であると仮定し、ヘンリーの法則から土壤ガス濃度から計算した。

## 4. 研究成果

### ① 水田におけるメタン動態

図1は水田湛水深、酸化還元電位、メタン排出量の経時変化である。湛水深は、定植後7月上旬に一時的に0cm付近まで低下したが、それ以外は8月22日頃の落水まで、5cm以上を保っていた。酸化還元電位は、湛水開始後約1ヶ月半後の6月中旬から負に転じ、-200mV以下となった。落水後は約+500mVまで上昇した。ガス排出量は、酸化還元電位の低下とともに増加し、8月上旬にピーク(18 mgC m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>)に達し、落水後は約10日でゼロ付近へと低下した。積算のメタン排出量は、16 gC m<sup>-2</sup>であった。

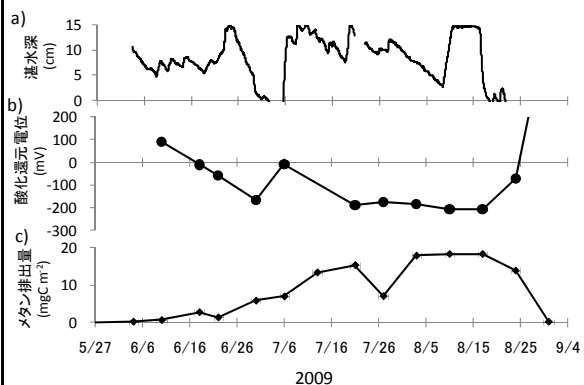


図1 a)水田湛水深、b)酸化還元電位、c)メタン排出量の経時変化

図2に溶存ガスと土壌ガスの濃度の変化を示す。表層水の溶存メタン濃度は1(田植え直後)~17  $\mu\text{gC L}^{-1}$ (落水直前)の範囲内で変化しており、降雨の多かった7月は5  $\mu\text{gC L}^{-1}$ とやや低かった。一方、作土層の平衡溶存メタン濃度は表層水より高く推移し、田植え直後に8  $\mu\text{gC/L}$ であったが、湛水後上昇し、6月中旬以降は450  $\mu\text{gC L}^{-1}$ 以上に保たれた。

作土層土壌中ガス濃度は、田植え直後は390ppmであったが、その後増加し、8月下旬に19%に達した。落水後は、低下し、落水後約10日で2200ppmまで低下した。

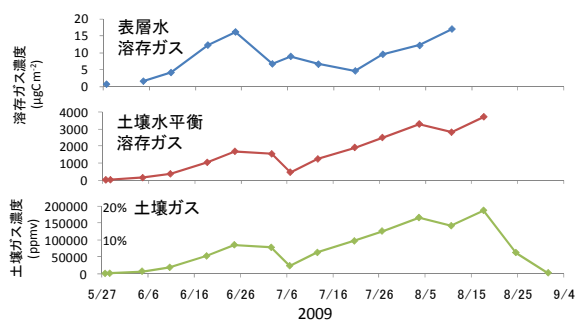


図2 表層水、土壌水平衡の溶存ガス濃度、土壌ガス濃度の経時変化

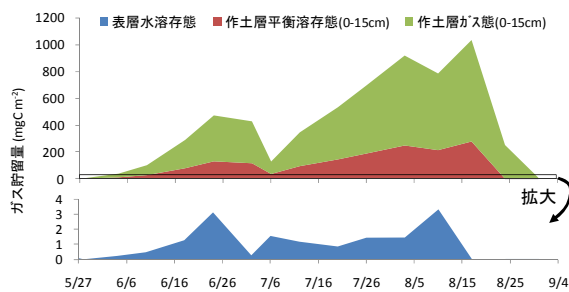


図3 水田表層水や土壌中のメタン貯留量の推定結果

メタン気泡率が5%、土壌の空隙率が50%とすると、定植からメタン総貯留量が最大に達した8月22日までの積算メタン排出量は14  $\text{gC m}^{-2}$ と推定された。一方、水田中の最大メタン貯留量は、1.0  $\text{gC m}^{-2}$ であり、その内訳は、表層水溶存が0.001  $\text{gC m}^{-2}$ 以下、作土水溶存平衡が0.28  $\text{gC m}^{-2}$ 、土壌ガス中が0.75  $\text{gC m}^{-2}$ であった。貯留量が積算排出量よりかなり小さいことがわかった。

8月の用水、暗渠排水中の溶存メタン濃度は、3.1、612  $\mu\text{gC L}^{-1}$ であった。このことから、水中の溶存メタン濃度は、水田の作土において大きく高まり、いくらか低下するも

の暗渠排水を通して水田の系外に排出されることが考えられる。暗渠排水中の溶存メタン濃度が変化せず観測期間で単位面積あたり200mmの排水が暗渠から流出した場合、暗渠排水を経由して流出する溶存メタンは、7.4  $\text{gC m}^{-2}$ (本研究の総メタン排出量の約半分程度)と計算される。このことから、水稲作付期では地表面から放出されるメタン量に対し、暗渠を経て溶存態として排出されるメタンの量が無視できない量であり、地表面放出や暗渠水排水よりは少ないがいくらかは土壌中にも貯留されることが推察された。

水田土壌中で発生したメタンは一部が貯留されるが、多くが大気や暗渠排水を通じて水田外に排出されることが推察された。水田からのメタン排出を抑制するためには、作土層内のメタン生成そのものの抑制が有効であることが示された。

## ② 水田湛水深を測定する TDR 水位計製作

水田で簡便に水位を連続測定するために、time domain reflectometry (TDR) 法を用いた水位測定手法を開発した(図4)。室内実験の結果、さまざまなロッド長の TDR プローブで測定した水深は、水深が大きいときに実測の水深と一致し、TDR 法を用いれば水深が測定できることが確認された。水田での試験の結果、20 cm 長の TDR ロッドを使った TDR 水位計の水位は、圧力式水位計の値と root mean square error (RMSE) 0.28 cm でよく一致した。

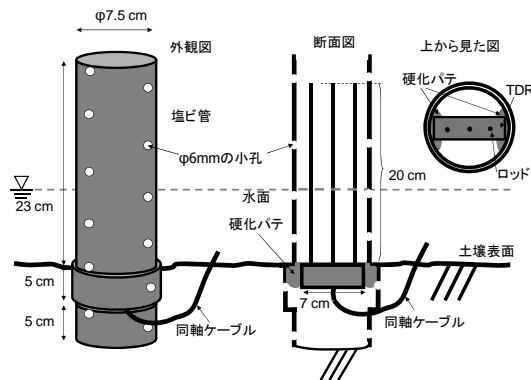


図4 TDR 水位計の外観図

実用に向けて、水田では地表面の位置(高さ)が変化しやすいため、実際の野外測定の際は、TDR 水位計のロッド基部が水田地表面より十分に低い位置になるように設置するべきであることもわかった。TDR 水位計の出力は降雨日にノイズが出ることがあり、雨滴附着が水位の測定に影響する可能性があることが推察された。

製作した TDR 水位計は、プローブの形状が単純で既往の組み込みソフトが利用可能という利点がある。それゆえ、Campbell 社の TDR100 の土壌水分測定システムを利用する際、余ったチャンネル一つで水位測定ができれば、新たな水位計の準備の必要がなくなり、安価で簡便かつ効率的な水位のモニタリングが可能となることが期待される。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- [1] 矢崎友嗣・庄子侑希・登尾浩助, 2008. TDR 法による水田湛水深の経時測定. 土壌の物理性(査読有) 109, 57-65.
- [2] 矢崎友嗣・永田修・三國孝博・登尾浩助・広田知良, 2009. 簡易渦集積法を用いた水田におけるメタンフラックスの測定—北海道での事例—. 東北の農業気象(査読無)53, 18-19.

[学会発表] (計 5 件)

- [1] Tomotsugu Yazaki, Yuki Shoji, and Kosuke Noborio: Continuous measurements of greenhouse gases exchanges between the atmosphere and a rice paddy field in central Japan. ASA-CSSA-SSSA 2007 International annual meetings. New Orleans, Louisiana, November, 2007. (ポスター発表)
- [2] Tomotsugu Yazaki, Yuki Shoji, and Kosuke Noborio: Calibration of a photoacoustic infrared gas analyzer and continuous measurements of greenhouse gases (methane and nitrous oxide) exchange between the atmosphere and a paddy rice field. International Symposium of Agricultural Meteorology 2008. Shimonoseki, Japan, March, 2008. (ポスター発表)
- [3] 矢崎友嗣・庄子侑希・登尾浩助: 水田における生育ステージごとのエネルギー・水収支の変化. 農業農村工学会全国大会, 秋田, 2008 年 8 月.(口頭発表)
- [4] Tomotsugu Yazaki and Kosuke Noborio: Surface energy partitioning in a rice paddy field. ASA-CSSA-SSSA 2008 International annual meetings. Houston, Texas, October, 2008. (ポスター発表)
- [5] 矢崎友嗣・永田修・三國孝博・登尾浩助・広田知良: 簡易渦集積法を用いた水田

におけるメタンフラックスの測定—北海道での事例—. 日本農業気象学会北海道・東北支部合同大会, 函館, 2008 年 11 月.(口頭発表)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

[その他]  
なし

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

矢崎 友嗣 (YAZAKI TOMOTSUGU)  
北海道農業研究センター 寒地温暖化  
研究チーム 農研機構特別研究員  
研究者番号 : 00449290

(2) 研究分担者

( )

研究者番号 :

(3) 連携研究者

( )

研究者番号 :