

炭素安定同位体を用いた水稻栽培期間水田における温室効果ガスの評価
Assessment of greenhouse gases from a paddy field during rice growing using
stable carbon isotope

○後藤優治* 土井俊弘* 関航太郎* 登尾浩助**

Yuji Goto, Toshihiro Doi, Kotaro Seki, Kosuke Noborio

1. 背景と目的

近年の気候変動は、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)などの温室効果ガスが大気中へ過度に人為的に排出されることが主な要因と考えられている。なかでもCH₄はCO₂の28倍の温室効果を持っている。日本国内においてCH₄排出量は工業、農業、廃棄物など多岐にわたる。またCH₄総排出量は1990年代から2010年代にかけて減少している一方で農業由来のCH₄排出量割合は増加している(国立環境研究所, 2021)。農業由来のうち24%は稲作からの排出量である(IPCC, 2014)。CH₄排出量は、CH₄生成量からCH₄酸化量を差し引いて計算されるのでCH₄排出のメカニズムを知るためにZhangら(2012)およびKomiyaら(2020)は炭素安定同位体比を使用しCH₄酸化能および生成能の測定を行った。しかし彼らの実験は熱帯での実施であり、しかも水稻栽培の全期間に及ぶ長期的な観測は行っていない。そこで本研究では安定同位体を用いて稲作栽培期間を通してのCH₄排出量および酸化能を評価した。

2. 実験方法

本実験は東京都府中市内にある東京農工大学附属圃場(FM本町)の実験水田で行った。栽培期間は2021年5月14日から9月30日であった。CH₄濃度、CO₂濃度、地温、酸化還元電位、体積含水率、水温を経時的に測定した。温室効果ガス排出量の測定にはチャンバー法を用いた。チャンバーにフタをしてから10分間CH₄、CO₂濃度と炭素安定同位体比をPICARRO社製分析計(G220-i)で測定した。安定同位体比は(1)式のように既知の標準試料との千分率偏差(‰)として表わした。 $\delta^{13}\text{C}_{\text{試料}}$ はCの安定同位体比を、 $(R_{j/i})_{\text{試料}}$ は試料中の同位体存在比率を示し、 $(R_{j/i})_{\text{標準試料}}$ は標準試料中の同位体存在比率を示す。jは¹³C、iは¹²Cを表す。Krugerら(2002)の物質収支式(2)より0分後と10分後の安定同位体を使用して10分当たりの安定同位体比の変化を算出した。CH_{4_end}は10分後におけるCH₄濃度(ppm)、 $\delta^{13}\text{CH}_{4_end}$ は10分後における同位体比(‰)、CH_{4_ini}は0分後におけるCH₄濃度(ppm)、 $\delta^{13}\text{CH}_{4_ini}$ は0分後における同位体比(‰)を示す。CO₂に関しても同様に行った。

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{試料}} = \left(\frac{(R_{j/i})_{\text{試料}} - (R_{j/i})_{\text{標準試料}}}{(R_{j/i})_{\text{標準試料}}} \right) \times 10^3 \quad \dots(1)$$

$$\delta^{13}\text{CH}_{4_emit} = \frac{\{ (\text{CH}_{4_end} \times \delta^{13}\text{CH}_{4_end}) - (\text{CH}_{4_ini} \times \delta^{13}\text{CH}_{4_ini}) \}}{(\text{CH}_{4_end} - \text{CH}_{4_ini})} \quad \dots(2)$$

*明治大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Meiji University

**明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

キーワード：大気、地球環境、気象環境

3. 結果と考察

稲作期間における CH_4 flux および CO_2 flux を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。 CH_4 flux と CO_2 flux は DOY240 を経過したあたりから増加した。これはイネが生長したためと考えられた。また CH_4 flux は生育後期になるにつれ減少し、 CO_2 flux は DOY240 と比較すると増加した。1日における CH_4 flux および $\delta^{13}\text{CH}_4_{\text{emit}}$ の変化を Fig. 3 に示す。 CH_4 flux の日変動を見ると15時で最も多くなり、4時で最も少なくなった。これは土壌温度によって影響されたと考えられる。Komiya ら (2020) の実験では、 $\delta^{13}\text{CH}_4_{\text{emit}}$ は生育中期において-50‰から-60‰を推移した。このことから生育初期段階では CH_4 濃度および $\delta^{13}\text{C}$ の変化量が微量過ぎたため Kruger ら (2002) の式には当てはまらないと考えた。1日における CO_2 flux および $\delta^{13}\text{CO}_2_{\text{emit}}$ の変化を Fig. 4 に示す。 CO_2 flux の日変動を見ると7時から12時にかけて同量の吸収傾向が見られた。これは光合成によるものと考えられる。 $\delta^{13}\text{CO}_2_{\text{emit}}$ も $\delta^{13}\text{CH}_4_{\text{emit}}$ と同様に生育初期段階では Kruger ら (2002) の式には当てはまらないと考えられた。

4. 参考文献

[1] 国立環境研究所 (2021), 日本温室効果ガスインベントリ報告書, p. 51. [2] IPCC (2014), CLIMATE CHANGE 2014 Synthesis Report, p. 56-74. [3] Zhang, G et al. (2012), Intermittent irrigation changes production, oxidation, and emission of CH_4 in paddy fields determined with stable carbon isotope technique. *Soil Biology and Biochemistry*, 52, 108-116. [4] Krüger, M et al. (2002). Seasonal variation in pathways of CH_4 production and in CH_4 oxidation in rice fields determined by stable carbon isotopes and specific inhibitors. *Global Change Biology*, 8(3), 265-280. [5] Komiya, S et al. (2020). Stable Carbon Isotope Studies of CH_4 Dynamics Via Water and Plant Pathways in a Tropical Thai Paddy: Insights Into Diel CH_4 Transportation. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 125(9), 1-18.

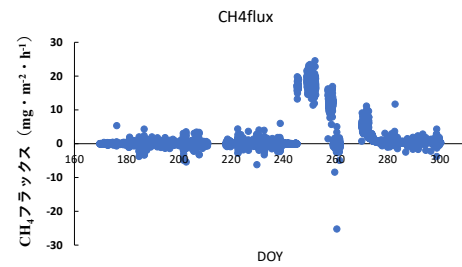


Fig. 1 稲作期間の CH_4 flux
 CH_4 flux during rice cultivation

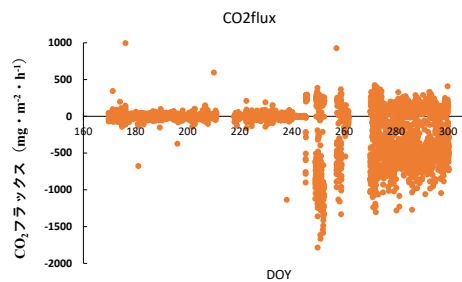


Fig. 2 稲作期間の CO_2 flux
 CO_2 flux during rice cultivation

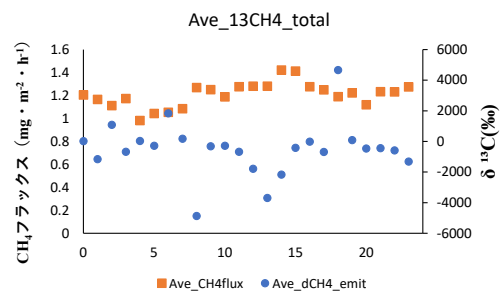


Fig. 3 CH_4 flux と $\delta^{13}\text{CH}_4_{\text{emit}}$ の平均
 Hourly average of CH_4 flux and $\delta^{13}\text{CH}_4_{\text{emit}}$

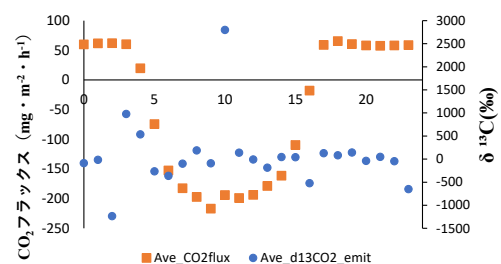


Fig. 4 CO_2 flux と $\delta^{13}\text{CO}_2_{\text{emit}}$ の平均
 Hourly average of CO_2 flux and $\delta^{13}\text{CO}_2_{\text{emit}}$