

土壌の乾湿における CO<sub>2</sub>,CH<sub>4</sub> ガスの動態に関する研究  
 Study on CO<sub>2</sub>,CH<sub>4</sub> Gas Emissions  
 under the Wetting and Drying Soil Condition

○酒井博子\*, 田邊裕加\*, 吉田貢士\*, 安瀬地一作\*, 黒田久雄\*

○Hiroko SAKAI, Yuka TANABE, Koshi YOSHIDA, Issaku AZECHI and Hisao KURODA

1. はじめに

近年土壌からの温室効果ガスの排出が問題となっている。特に水田は CH<sub>4</sub> の排出源の一つであり、その対策として、土壌の酸化を促す間断灌漑が注目されている。一方で、間断灌漑によって CH<sub>4</sub> が減少した際の炭素の動態は明らかになったとは言い難い。そこで本研究では、土壌の温度、水分等の物理条件と CO<sub>2</sub> および CH<sub>4</sub> 放出量との関係を明らかにすることを目的とする。

そのための手法として水田や湿地を想定したカラム実験を行い、土中から放出される CO<sub>2</sub>・CH<sub>4</sub> ガスを継続的に計測する。さらに土壌の条件を、常時湛水により還元条件下にした場合と、間断灌漑により酸化条件下とした場合についてガス放出量の変化を評価する。そして、温度、土壌水分、土壌 Eh といった各要因の観測データから、CO<sub>2</sub>・CH<sub>4</sub> ガスのフラックスを推定し、炭素収支を計算することにより、それぞれの放出量について考察し、炭素の動態や、CH<sub>4</sub> と CO<sub>2</sub> の相互関係について検討を行う。

2. 実験方法

本研究では、土壌の水分条件と土中炭素の形態変化の関係を把握するため、水田を想定した室内カラム実験により、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> フラックスの測定および炭素収支の評価を行った。実験は 3 種類の灌漑方法と施肥・無施肥の計 6 種類の条件で行った (Table 1)。Fig.1 に示すようにカラム内の温度、EC、土壌水分を 30 分間隔に、実験室の温度と大気圧を 1 時間間隔に測定し、土壌 Eh、CO<sub>2</sub>・CH<sub>4</sub> ガスフラックス、排水中の炭素量 (TOC・TIC) については毎週計測を行った。ガスフラックスについては、CO<sub>2</sub>・CH<sub>4</sub> 共に土壌水分が大きく

影響していることや、施肥後のピークの違い等、土壌の物理条件と CO<sub>2</sub>・CH<sub>4</sub> 放出量との関係性を把握することが出来た。

Table 1 experimental condition

		灌漑方法		
		常時湛水		間断灌漑
		排水	無排水	
施肥方法	施肥	①排水○	③無排水○	⑤間断○
	無施肥	②排水×	④無排水×	⑥間断×

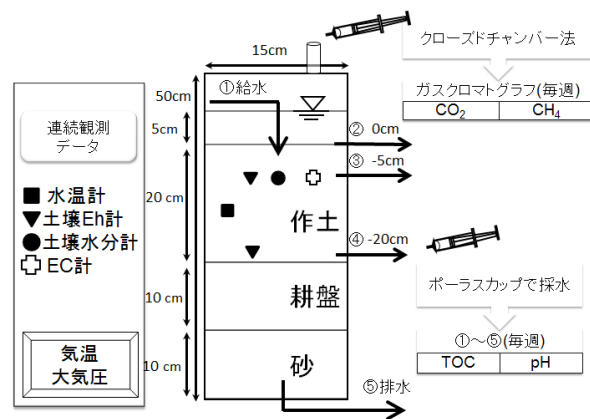


Fig.1 experimental apparatus

3. 線形重回帰モデルの構築

本研究では、週 1 回の観測から得られた離散的なガスフラックスのデータを補間するため、線形重回帰モデルの構築を行った (1 式)。各観測データ X に a~c のフィッティングパラメータを乗じたものを計算したフラックス y<sub>c</sub> とした。

$$y_c = aX_t + bX_0 + cX_e + d \dots \dots (1 \text{ 式})$$

ここで、y<sub>c</sub>: 計算したフラックス [mg・m<sup>-2</sup>・

[所属] \*茨城大学 Ibaraki University

[キーワード] 間断灌漑、メタン、二酸化炭素、炭素収支

$h^{-1}$ 、 $X_t$  : 温度[°C]、 $X_0$  : 土壌水分(体積含水率) [ $m^3 \cdot m^{-3}$ ]、 $X_e$  : EC[ $mS \cdot cm^{-1}$ ]、 $a \sim d$  : フィッティングパラメータとする。また、観測データ  $X$  は無次元化し、0~1 の範囲内に標準化を行った。誤差評価関数は、平均2乗誤差平方根を使用し、RMSE が最小値になるようにパラメータをフィッティングした。Fig.2 に間断灌漑・施肥カラムにおける  $CO_2$  フラックスの実測値と線形モデルによる計算値を示す。温度・土壌水分・EC を変数とした推定モデルにより、間断灌漑の  $CO_2$  フラックスが気温の変化と3週間毎の給水に伴って減少する様子を再現出来た。しかし、 $CH_4$  についてはフラックスが微量であり、精度よく再現することは困難であった。

#### 4. 炭素収支

各カラムにおける炭素収支式を2式に示す。

$$A = B + C_{1+2} + D \dots \dots \dots (2 \text{ 式})$$

ここで、実験前の土中に含まれる炭素を  $A$ 、採気に含まれる炭素をそれぞれ  $B$ 、採水と排水に含まれる炭素をそれぞれ  $C_1 + C_2$ 、実験後の残留炭素を  $D$  とした。

炭素収支においては、実験後、残存炭素が圧倒的に高い割合を占めた。また、実験後に土壌から減少した炭素量のうち、ガス態や溶解態として計測できた炭素量は少量であった。

カラム毎のガスフラックスおよび排水中の炭素量 (Fig.3) を算出すると、常時湛水・排水 (①②) では、大部分の炭素が浸透水中に溶解して流出していることが分かった。一方で、間断灌漑 (⑤⑥) では、土壌が酸化条件になることにより  $CO_2$  放出量が増加した。無排水 (③④) は、通水によって酸素が供給されることが無かったため、有機物の分解があまり進行しなかったことが分かった。また、無排水を除いて、施肥した方が  $CO_2$  は多く放出された。これは尿素の形態変化の過程で  $CO_2$  が発生するためだと考えられる。このようにモデルを適用し、炭素収支を算出することで、土壌の条件の違いによる土中炭素の形態変化を把握することが出来た。

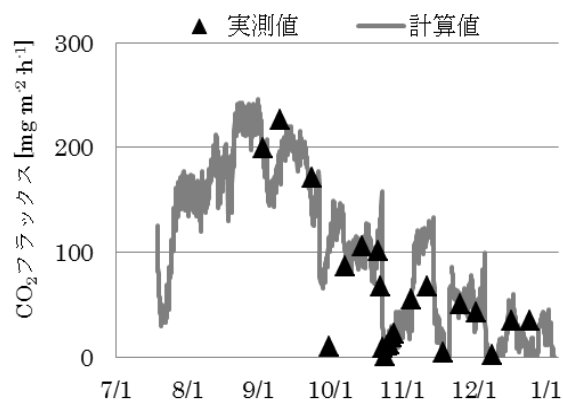


Fig.2 Comparison of measured and calculated  $CO_2$  flux

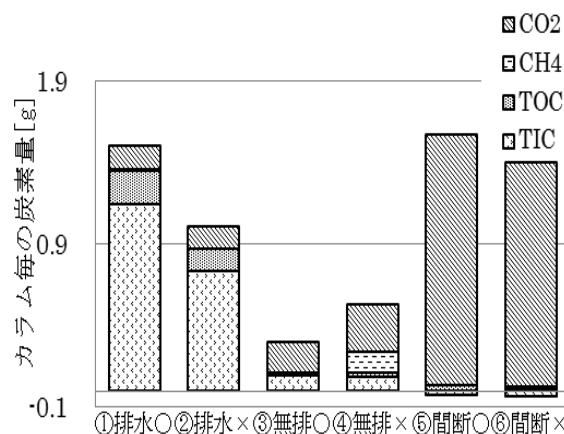


Fig.3 Carbonic amount in gas and water

#### 5. おわりに

今回の実験では、各カラムにおける観測データから簡易的なガスフラックスモデルを構築することが出来た。しかし、最終的には全ての灌漑条件、施肥条件を考慮することの出来る統一されたモデルを構築することが望ましい。そこで、今後の課題として、DNDCモデルのような炭素動態プロセスモデルの構築が必要であり、そのための検証用データの蓄積が必要と言える。

また、今回は土壌からのガス放出量を測定したことで、新たな考察を行うことが出来たが、水稻が入っていないことから、実際の水田に即しているとは言い難い。そこで今後は水稻を入れたカラム実験を行うことで、今回の実験との比較を行う必要がある。