

農地－大気間の温室効果ガス交換

Exchanges of Greenhouse Gases between Farmland and Atmosphere

○登尾浩助¹・颯田尚哉²・古賀潔²・R.G.カチャノスキ³
K. Noborio¹, N. Satta², K. Koga², and R.G. Kachanoski³

1. はじめに

農地から大気中へ放出される温室効果ガスの内、特に N₂O と CH₄ の発生に対しては農業起源の割合が多いと言われている。農地に施用された家畜糞尿や有機・化学肥料は土壌中で分解され、温室効果ガスが大気中へ放出される。したがって、農地土壌から発生するガスフラックスを測定し、その動態を把握することは、地球環境の保全と適切な施肥管理という立場から重要である。温室効果ガスフラックスの測定には、従来、密閉式チャンバー法が多用されてきたが、構造上、大気から土壌へ向かうフラックス測定には不向きである。一方、気象学的方法による測定では、ガスフラックスの向きに関係なく測定可能である。本研究では、農地（畑地）－大気間の N₂O ガス交換について調査したので報告する。

2. 実験方法と材料

カナダ国アルバータ州において砂質土壌のかんがい小麦畑で尿素肥料の施肥量を変えた試験区を設定して、施肥量の違いによる N₂O ガスフラックスと収量への影響を調査した。ガスフラックスの測定には、密閉式チャンバー法を使った。

また、岩手県盛岡市近郊で搾乳牛のふん尿を還元している黒ボク土牧草畑における N₂O ガスフラックスを測定した。密閉式チャンバー法と気象学的方法の一つである選択的採取法により測定した。

(1) 密閉式チャンバー法

土壌表面に密閉式チャンバー(closed

chamber) (内径 28.5cm、高さ 19cm または内径 15cm、高さ 11cm) を設置して、チャンバー内のガスを定期的に採取した。チャンバー内の経時的なガス濃度変化に(2)式を当てはめて係数 k を決定した。ガスフラックス J_g (mg/m²/h)は、De Mello and Hines (1994)による。

$$J_g = \frac{V}{A} \left[\frac{dC(t)}{dt} \right]_{t=0} \quad (1)$$

ここに、 V はチャンバー内容積(m³)、 A はチャンバー断面積(m²)、 t は経過時間(h)である。また、チャンバー内の経時的ガス濃度 $C(t)$ (mg/m³)は、

$$C(t) = C_{\max} - (C_{\max} - C_0) \exp(-kt) \quad (2)$$

と表され、 C_{\max} は最大ガス濃度(mg/m³)、 C_0 は初期ガス濃度(mg/m³)、 k は実験係数である。(2)式を t で微分して、 $t=0$ を代入すると(1)式中の $dC(t)/dt|_{t=0}$ が得られる。

$$\frac{dC(t)}{dt} \Big|_{t=0} = k(C_{\max} - C_0) \quad (3)$$

(2) 条件付採取法

条件付採取(conditional sampling)法は、鉛直方向のガス濃度差と風速の標準偏差、実験で得た経験値をもとにガスフラックスを計算する。ガスフラックス J_g (mg/m²/s)は式(4)で表される (Heilman et al., 1999)。

$$J_g = B \sigma \overline{(C_u - C_d)} \quad (4)$$

ここで、 B は実験で得られる経験値(≈0.6)、 σ は鉛直方向の風速の標準偏差(m/s)、

$\overline{(C_u - C_d)}$ は上向きと下向き成分のガス濃度差

¹ 明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University、² 岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University、³ University of Alberta、亜酸化窒素ガス、密閉式チャンバー法、条件付採取法、畑地

(mg/m^3)の時間平均である。 σ は地表面から約 2.5m の高さに設置した超音波風速計を使って測定した。ガス取り入れ口は地表面から約 2m の高さに設置し、上向きと下向き成分のガスをそれぞれのタンクに溜めて、5 分毎に上向きと下向き成分のガス濃度を交互に測定した。また、風速と気温を 0.1 秒毎に測定し、30 分毎に平均した。

3. 結果と考察

図-1 には施肥量の違いが及ぼす N_2O ガスフラックスと収量への影響が示される。土壤診断による推奨施肥量までは、収量もガスフラックスも施肥量の増加に伴って上昇した。推奨施肥量以上に施用された肥料分は、収量の増加を伴わないで N_2O ガスフラックスの急激な上昇を招いた。

図-2 は、家畜ふん尿還元後の降雨の後に急激な N_2O ガスフラックスが生じていることを示している。密閉式チャンバー法と選択的採取法の両方によって測定されたガスフラックスが比較的良く一致している。所々に見られる負のガスフラックスは大気から土壌へ向かうフラックスを示している。家畜ふん尿散布後は、ほとんどの時刻で土壌から大気へ向かうガスフラックスが主であることが分かる。

積雪期においては、大気から土壌（積雪）へ向かう N_2O ガスフラックスが深夜から明け方にかけて生じている（図-3）。また、主に昼間には逆方向の比較的大きいガスフラックスが生じている。

このような農地-大気間の経時的なガス交換に関しては、更に研究を行なう必要がある。

[謝辞]本研究の一部は、日本学術振興会科研費(基盤研究(B)(2) 15380160)と岩手大学北水会からの研究助成で行った。また、データの収集と解析には、岩手大学連合大学院の徳本家康氏、岩手大学農学部専攻生の三上千佳氏と佐藤正明氏およびアルバータ州農業試験場の S.A. Woods 氏の協力を得た。深謝致します。

[文献]

De Mello, W.Z., and M.E. Hines. 1994. Application of

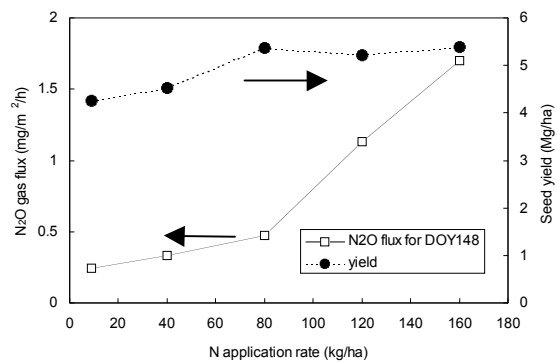


図-1 窒素肥料の施肥量と N_2O ガスフラックス及び収量の関係。80kg/ha が土壤診断による推奨施肥量。

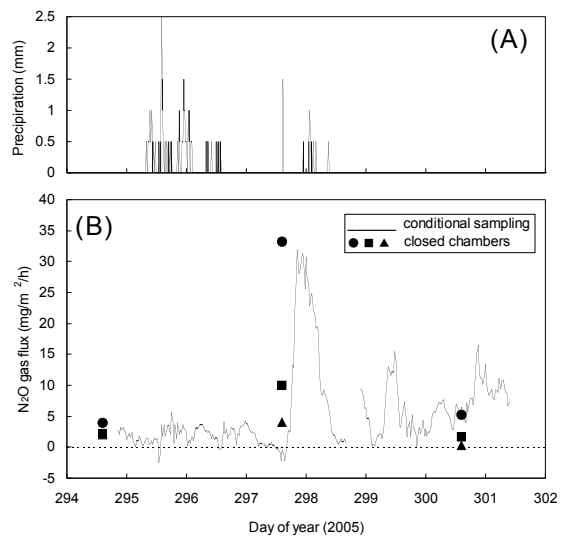


図-2 降水量(A)と N_2O ガスフラックス(B)の経時変化。DOY290に家畜尿と DOY294に堆肥を散布した。

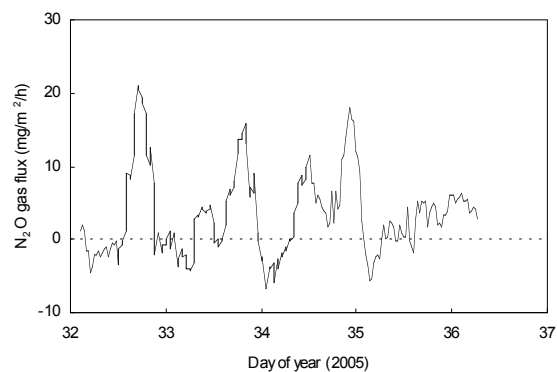


図-3 条件付採取法で測定した積雪期における N_2O ガスフラックス。2004年 DOY312と DOY337に堆肥を散布した。

static and dynamic enclosure for determining dimethyl sulfide and carbonyl sulfide exchange in Sphagnum peatlands: Implications for the magnitude and direction of flux. *J. Geophys. Res.* 99:14601-14607.

Heilman, J.L., D.R. Cobos, F.A. Heinsch, C.S. Campbell, and K.J. McInnes. 1999. Tower-based conditional sampling for measuring ecosystemscale carbon exchange in coastal wetlands. *Estuaries* 22:584-591.