

風が土塊土壌の見かけのガス拡散係数に及ぼす影響

Effect of wind on apparent gas diffusion coefficient in poorly tilled seedbed.

○松本宜大* 吉田修一郎* 関矢博幸** 西田和弘*

Yoshihiro MATSUMOTO, Shuichiro YOSHIDA, Hiroyuki SEKIYA, Kazuhiro NISHIDA

1. はじめに

水田から転換直後の粘土質転換畑では、耕耘によってセンチメートルスケールの土塊が形成されることが多い[1]. 一般に、土壌中ではガスは分子拡散によって移動する。一方、粗大な土塊間隙をもつ土塊土壌では、風によって生じる圧力差に起因して、土壌から大気へガス濃度の高い空気が、大気から土壌へガス濃度の低い空気が移動することでガス移動が促進される(ポンピング)可能性がある[2]. ポンピングによるガス輸送の寄与は、見かけのガス拡散係数(D_a)を用いることで、定量することができる。しかし、土塊土壌の D_a を、特に現場風況下で測定した研究は限られている。本研究では、風によって土塊土壌の D_a が分子拡散係数(D_m)に比べてどの程度大きくなるのかを調べた。

2. 方法

(1)土壌試料 土塊土壌は農研機構北陸農業研究センター内の転換初年目の粘土質転換畑において、耕耘直後(2018/5/30)に高さ9.7 cm、直径15.3 cmの円筒に不攪乱土採取した。また、比較対象として三河珪砂を充填したカラムを用意した。Table 1 に土壌の特性を示す。

(2)装置 ガス拡散実験装置は、[2]を参考に作成した(Fig. 1)。土壌の入った円筒の下方に、 CO_2 ガスを充填するための中空のキャップ(高さ2.9 cm)を取り付けた。酸素濃度の経時変化を測定するために、深さ4.7 cmと11.7 cmに酸素センサーを設置した。測定は1秒間隔で行い、

Table 1 土塊土壌および砂の特性 (mean \pm S. D.)

	土塊土壌	砂
乾燥密度(g cm^{-3})	0.82	1.35
間隙率	0.69	0.49
気相率	0.46	0.37
平均土塊径(cm)	2.8	-
通気係数(μm^2)	$(3.3 \pm 0.8) \times 10^4$	7.8 ± 0.3

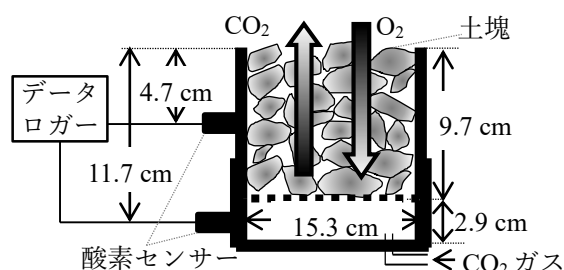


Fig. 1 ガス拡散係数の測定装置

結果をデータロガーに記録した。

(3)ガス拡散実験手順 まずカラム上端にふたをして、カラム内の酸素濃度が0になるまで CO_2 ガスを注入した。その後ふたを開け、カラム内の酸素濃度の経時変化を測定した。酸素濃度が21%になったときに実験を終了した。ただし、屋外測定の一部では降雨のため途中で測定を打ち切った。この酸素濃度の経時変化に対し、ガス拡散方程式の数値解をフィッティングしてガス拡散係数(D_a または D_m)を求めた。

(4) D_a および D_m の測定 D_a の測定は、土塊土壌を採取した圃場で2018年11月に行った。同時に超音波風速計を用いて高さ2 mにおける平均風速(U_2)を測定した。 D_m の測定は風の吹いていない実験室で、いずれも1回ずつ行った。

*東京大学農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

**農研機構北陸農業研究センター National Agricultural Research Center NARO

キーワード：土塊, ガス移動, ポンピング

3. 結果

(1)砂 砂では、 U_2 が1.0, 1.4 m s^{-1} のとき、 D_a はいずれも0.020 $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ であった (Fig. 2). この値は D_m (0.019 $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$) とほとんど等しく、この風速の範囲内では、砂を充填したカラム内のガス移動は、分子拡散のみによって生じていた.

(2)土塊土壌 土塊土壌では、 U_2 が1.5, 2.3, 4.1 m s^{-1} のとき、 D_a はそれぞれ0.065, 0.075, 0.097 $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ であった (Fig. 3). 一方、 D_m は0.036 $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ であった. すなわち、土塊土壌では、風によって D_a が D_m の2~3倍大きくなり、ガス移動が促進された. また、拡散方程式の解から逸れる酸素濃度の急激な増加や減少も見られた (例えば、Fig. 3(b) 深さ4.7 cmの850秒付近).

(3) $D_w (= D_a - D_m)$ と U_2 の関係 土塊土壌では、 U_2 が大きくなると D_w が直線的に増加し、 $D_w = 0.01U_2 + 0.01$ という関係が得られた (Fig. 4).

4. まとめ

砂では、 U_2 が1.0~1.4 m s^{-1} のとき、 D_a と D_m はほとんど等しく、分子拡散によるガス移動が支

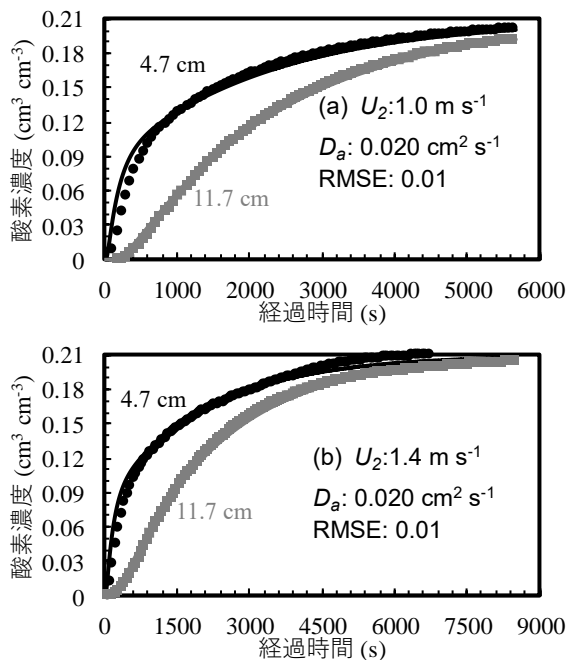


Fig. 2 砂を用いた屋外でのガス拡散実験におけるカラム内の酸素濃度の経時変化
実測値 (点) は60秒間隔で示した. 実線はガス拡散方程式によるフィッティング結果を示す.

配的であった. 一方、土塊土壌では U_2 が1.5~4.1 m s^{-1} のとき、 D_m の2~3倍大きな D_a が観測され、風によるガス移動の促進が確認できた.

参考文献 [1]Takahashi et al., 1998, Soil Sci. Plant Nutr., 45(1), 163-173. [2]Pourbakhtiar et al. 2017, Eur. J. Soil Sci., 68, 48-56.

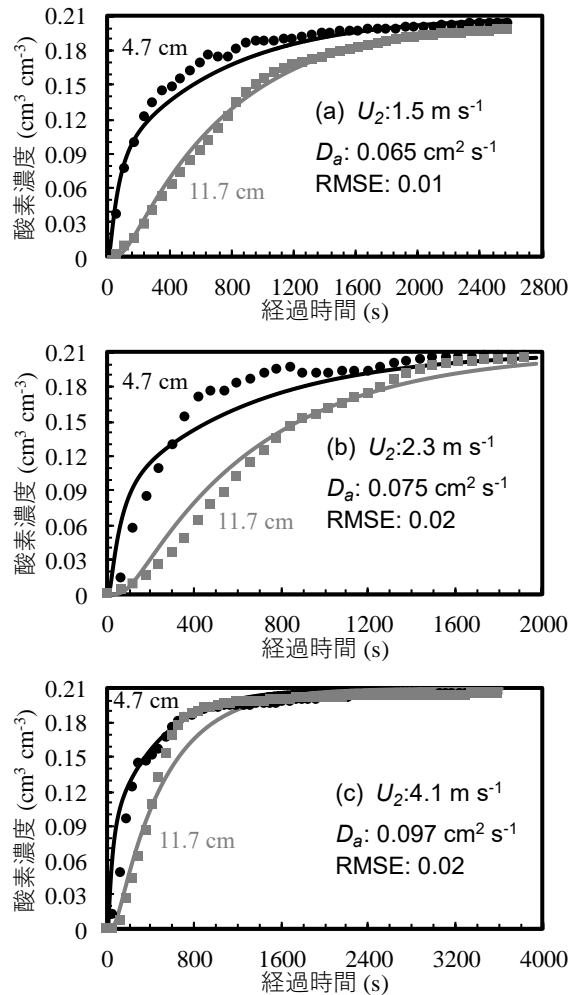


Fig. 3 土塊土壌を用いた屋外でのガス拡散実験におけるカラム内の酸素濃度の経時変化
実測値 (点) は60秒間隔で示した. 実線はガス拡散方程式によるフィッティング結果を示す.

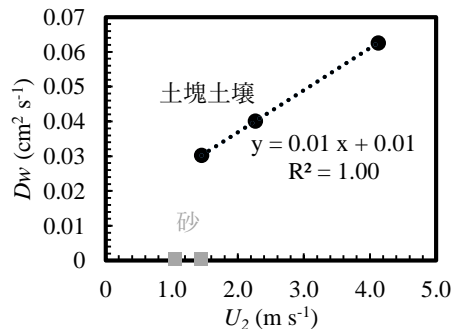


Fig. 4 土塊土壌と砂における、高さ2 mにおける平均風速 U_2 と $D_w (= D_a - D_m)$ の関係