

# 再生型農業実施圃場における土壌ガス拡散係数と土壌構造の評価

土壌圏循環学研究室 521361 氏名 柳 侑香里

(指導教員:坂井 勝)

## 1. はじめに

再生型農業は、農作物の生産性と土壌の健全性向上の両立を目指す近年注目されている保全型農業の一つであり、減耕起、作物多様化、緑肥の利用、化学薬品の削減、家畜の導入などを主な手法としている。これらの取り組みにより土壌の保水性、排水性、通気性などの物理性、および化学性や生物性が改善されると言われているが、特に物理性に着目し定量的に評価した例は少ない。本研究では再生型農業を実施している圃場の通気性に着目し、土壌のガス拡散係数の測定を行った。ガス拡散係数に影響を与える要因としては、土質、乾燥密度、気相率に加え、粗大間隙量や間隙の屈曲などの土壌構造が挙げられる。ここでは、不攪乱土壌と構造を壊した攪乱土壌を比較することで、粗大間隙量や屈曲度などの再生型農業圃場の土壌構造の特徴を明らかにした。

## 2. 実験方法

### 2-1. 供試土

本研究では、再生型農業を実施している 2 農場、3 圃場を対象とした。一つ目は三重大学附属農場の再生型農業区画、2024 年に初めてカバー作物が生えた畑であり、2024 年 7 月 3 日に採土した。加えてメノビレッジ長沼内の圃場 2 か所、再生型農業 2 年目のクローバーやオーチャードグラスが生えた水田転換畑(MV2)と 5 年目の 5 cm 程度の小耕起後 1 週間の裸地であり(MV5)、共に 6 月 8 日に採土した。それぞれ 100 cm<sup>3</sup> 採土缶で、2.5 と 12.5 cm 深(各 3 反復)から不攪乱土壌を採取した。別途採取した攪乱土壌の 2 mm ふり通過分を、不攪乱試料の平均乾燥密度で 100 cm<sup>3</sup> 採土缶に充填した。

### 2-2. 実験方法

各試料について吸引法、加圧板法、露点法で水分特性曲線の測定を行った。得られた水分特性曲線より、土中水圧力に対する気相率の変化と間隙径分布を求めた。水分特性曲線の測定過程における各水分状態( $h = -100, -300, -1000, h < -1000$  cm)でガス拡散係数を測定した。図 1 にガス拡散係数の測定装置を示す。密閉状態の拡散容器を窒素ガスで充填後(初期 O<sub>2</sub> ガス濃度  $C_0$ )、上板をスライドさせることで(時間  $t = 0$ )、試料を通じて大気中の O<sub>2</sub> ガス(濃度  $C_i$ )を拡散移動させた。この時、ガルバニ電池式 O<sub>2</sub> センサーを用いて拡散容器中の O<sub>2</sub> ガス濃度  $C$  の増加を、15 秒間隔でデータロガー CR800 で測定した。測定は 30 分程度行った。土中のガス拡散係数  $D_p$  は以下の Currie 式で計算した。

$$\frac{C(L_s, t) - C_i}{C_0 - C_i} = \frac{2\varepsilon}{L_a} \cdot \frac{\exp(-D_p \alpha_1^2 t / \varepsilon)}{L_s \{\alpha_1^2 + (\varepsilon / L_a)^2\} + \varepsilon / L_a}$$

ここで、 $L_s$  は試料の高さ、 $\varepsilon$  は気相率、 $L_a$  は拡散容器の高さ、 $\alpha_1$  は  $\varepsilon / L_s = \alpha \tan(\alpha L_s)$  の 1 番目の正根である。求めた  $D_p$  と空気中の拡散係数  $D_0$  の比を相対ガス拡散係数  $D_p / D_0$  とした。また、測定した  $D_p / D_0$  から屈曲度  $\tau$  を次式で求めた。

$$\tau = L_e / L_s = \sqrt{\varepsilon / (D_p / D_0)}$$

ここで、 $L_e$  は平均毛細管長さである。

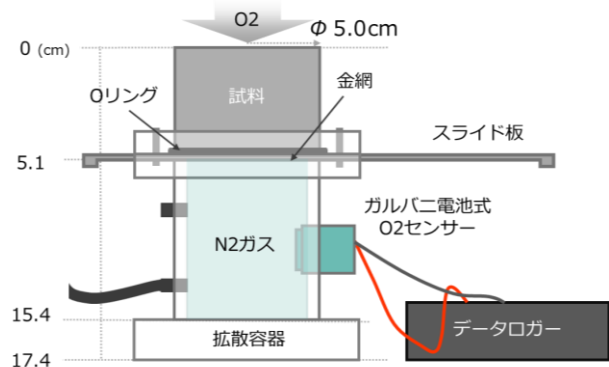


図 1 ガス拡散係数の測定装置

### 3. 結果と考察

三重圃場の 2.5 cm 深の気相率と相対ガス拡散係数 ( $D_p/D_0$ ) の関係を図 2 (a) に示す。 $D_p/D_0$  は気相率の増加に伴い攪乱試料は円弧型、不攪乱試料は乾燥密度  $\rho d$  によらず直線的に上昇した。特に気相率が低い範囲において不攪乱試料は攪乱試料より大きな  $D_p/D_0$  を示した。図 3 (a) に測定した三重圃場の水分特性曲線から求めた土中水圧力  $h$  に対する気相率上昇、および間隙径分布を示す。 $h > -100$  cm の湿潤領域においては不攪乱試料の気相率は常に攪乱試料より高い。また、攪乱試料においては 50  $\mu\text{m}$  程度の間隙が多く大きな間隙は少ないが、不攪乱試料は 1500  $\mu\text{m}$  程度の大きな間隙も存在している。図 2 (a) に三重圃場の  $D_p/D_0$  から求めた屈曲度  $\tau$  を示す。不攪乱試料の  $\tau$  は気相率によらず 1.7~2.2 程度を示す一方、攪乱試料は低い気相率で 15 程度と非常に高く、気相率が増加するにつれ不攪乱試料と同程度に低下した。攪乱試料は間隙が不連続または接続が悪くガス経路が曲がりくねった状態であること、一方で不攪乱試料は植物根などに起因する粗大間隙で直線的な空気の通り道が形成されており、再生型農業の特徴的な土壌構造を反映していると考えられる。

図 2 (b) と図 3 (b) に、MV2 の 2.5 cm 深の結果を示す。大きな間隙は攪乱試料より不攪乱試料が多く (図 2b)、屈曲度は気相率 0.13 では攪乱試料は 7 対して不攪乱試料が 3.5 であり (図 3b)、三重圃場と同様な傾向が見られた。一方、MV5 の 2.5 cm 深の結果では、粗大間隙の割合や屈曲度は不攪乱試料と攪乱試料で差が小さく、採土前の 5 cm 程度の耕耘が影響していると考えられる。12.5 cm 深については (本要旨に不掲載)、三重圃場、MV2、MV5 のいずれの圃場でも、三重圃場の 2.5 cm 深と同様な間隙径、屈曲度の傾向を示した。カバー作物等の植物根による粗大間隙などの土壌構造が地表面付近だけでなく 10 cm 深以下にも存在していることを意味し、再生型農業の圃場における作土層における通気性向上の要因であると考えられる。

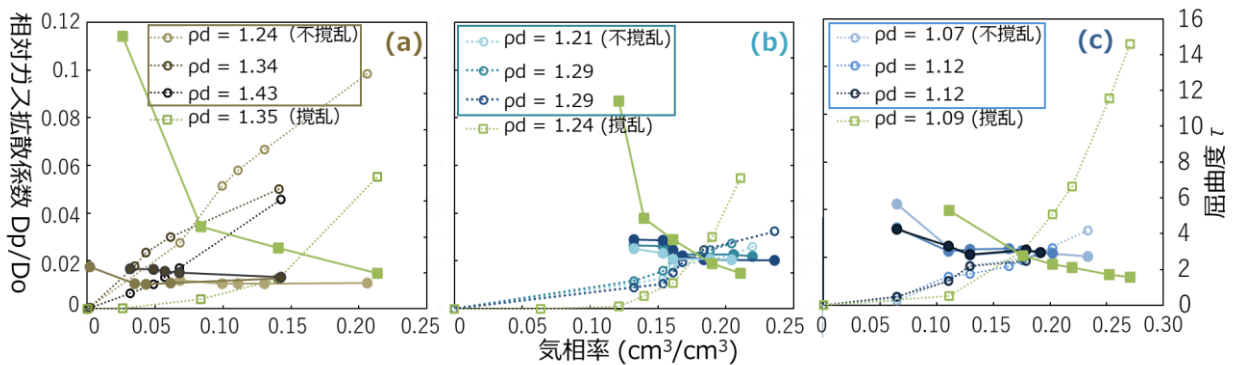


図 2 2.5cm 深の  $D_p/D_0$  (点線) と屈曲度 (実線) : (a)三重圃場、(b)MV2、(c)MV5

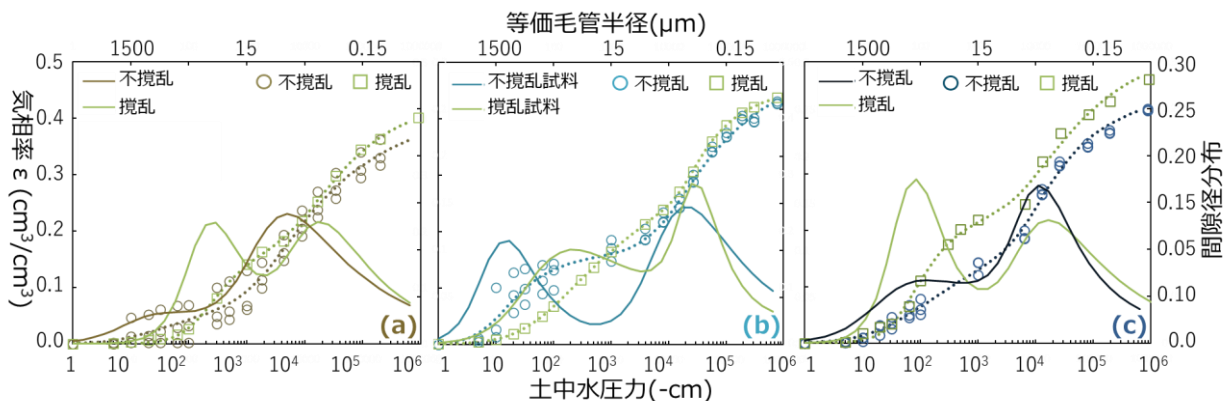


図 3 2.5cm 深の気相率と間隙系分布 : (a)三重圃場、(b)MV2、(c)MV5