

泥炭土の水分量と二酸化炭素生成速度の関係

Relationship between water content and CO₂ production rate of peat soil

○奥田涼太・長竹 新・清水真理子

Ryota Okuda, Arata Nagatake, Mariko Shimizu

1. はじめに

北海道には泥炭土を基盤に持つ農地が多く存在する。泥炭土由来の二酸化炭素(CO₂)生成速度の予測は、泥炭土の分解による圃場沈下量の推定や、農地からの温室効果ガス排出ポテンシャルの評価に繋がり有益だと考えられる。鈹質土を対象とした既存のモデルでは、CO₂生成速度が水分量に対して直線で与えられることが多く、水分量の指標として pF と飽和度 S_r が用いられている。しかし、脱水にともない間隙体積が変化する泥炭土にも、水分指標を説明変数とした一次回帰モデルが適用出来るかは明らかでない。そこで、泥炭土における pF, S_r と CO₂ 生成速度 R_{CO_2} の関係を調べ、 R_{CO_2} とそれぞれの水分指標に対する線形回帰モデルの精度評価を目的とし、泥炭土の培養実験を行った。

2. 試料と方法

2020/4/29 に北海道美唄市内の低位泥炭土を基盤に持つ水田一筆 (170 m × 70 m) 内の 5 地点から、70 cm 深の不攪乱・攪乱土を採取した。不攪乱土の採取には 50 cm³ の試料円筒を用いた。試料の水分量を pF = 0, 1.5, 2, 2.5 に段階的に脱水した。各水分段階において、試料体積 V と間隙体積 V_v の測定、培養試験を行った。ここで、pF の変化によって試料円筒と不攪乱土の間に生じた空隙は V_v に含めなかった。pF = 0 では試料を下端から毛管飽和後 100 cm³ の円筒に移し、上端から 15 mm 湛水させた。pF = 1.5, 2, 2.5 では加圧板法で水分調整を行った。試料を体積約 2.5 L の塩ビ密閉容器に入れ、酸素濃度 13%, 窒素濃度 77% の気体で容器内の気体を置換したものを実験装置とし 20°C の恒温内で約 7 日間培養を行った (Fig. 1)。1, 3, 7 日目に恒温庫から装置を取り出し、CO₂ 濃度を測定した。CO₂ 濃度測定には、低濃度 (0~2070 ppm) では CO₂ アナライザー (LI-COR) を、高濃度 (2070 ppm 以上) では赤外線 CO₂ コントローラ (富士電機) を用いた。すべての pF で培養終了後、試料の乾土重量と強熱減量を求めた。攪乱土の炭素含有量を MACRO CORDER (J-SCIENCE) で測定した。CO₂ 生成速度 R_{CO_2} ($\mu\text{g day}^{-1} \text{g}^{-1}$) は、試料中の全炭素 (g) あたりの CO₂-C (μg) 生成速度として算出した。

3. 結果と考察

Fig 2 に pF と V_v の関係を示す。凡例は圃場内の地点名を表す。試料の脱水にともなう収縮により間隙体積 V_v が変化した。pF = 1.5 まで V_v はほぼ変化しなかったが、pF = 2 以上で間隙が潰れて V_v は減少した。 V_v の減少によって試料体積 V が収縮し、pF = 2.5 では pF = 0 における V から 12~23% 減少した。Fig. 3 に pF と S_r の関係を示す。pF の増加

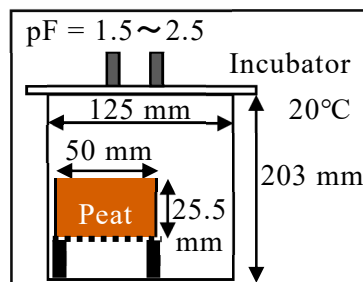


Fig. 1 Schematic of apparatus

(試料の脱水)により飽和度 S_r が減少した。 $pF = 1.5 \sim 2.5$ では pF が大きくなるほど試料間における S_r のばらつきも大きくなった。この時、標準偏差は $pF = 1.5, 2, 2.5$ でそれぞれ $0.041, 0.074, 0.102 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ だった。初期の V_v によらず、脱水時の V_v が大きいほど S_r が小さくなる傾向があった。

Fig. 4 に pF と CO_2 生成速度 R_{CO_2} の関係を示す。 $pF = 0 \sim 2$ では、いずれの試料でも pF の増加にともない R_{CO_2} も大きくなった。しかし、 $pF = 2.5$ では $pF = 2$ と比べて R_{CO_2} が減少した。微生物が乾燥による水ストレスの影響を受け、有機物の分解が抑制された結果だと考えられる。**Fig. 5** に $pF = 0 \sim 2$ における S_r と R_{CO_2} の関係を示す。 S_r の増加にともない R_{CO_2} は直線的に減少した。乾燥ストレスを受けない範囲 (今回は $pF \leq 2$) であれば、空気に触れる泥炭土の表面積が大きいほど、 CO_2 の生成が活発になると解釈できる。 $pF \leq 2$ においては、いずれの水分指標でも R_{CO_2} と直線的な関係を確認できたことから、泥炭土でも水分指標を説明変数とした一次回帰モデルが適用出来ると考えられる。

以下、乾燥ストレスを受けない領域 ($pF \leq 2$) について考察を行う。 pF , S_r と R_{CO_2} の測定値に対して直線回帰を行うと、 $R_{\text{CO}_2} = 76.3 pF + 23.7$, $R_{\text{CO}_2} = -885 S_r + 916$ で表された。決定係数 R^2 は pF と S_r でそれぞれ 0.56 と 0.72 と、 S_r の方が大きくなった。 pF で R^2 が小さく、回帰直線の当てはまりが悪くなったのは、 pF が大きいほど R_{CO_2} のばらつきも大きかったためだと考えられる (**Fig. 4**)。この時、標準偏差は $pF = 0, 1.5, 2$ でそれぞれ $14.9, 52.9, 90.2 \text{ } \mu\text{g day}^{-1} \text{ g}^{-1}$ だった。 R_{CO_2} のばらつきは、 pF が同じでも S_r が異なった (**Fig. 3**) ことが理由として挙げられる。以上より、水分指標としては pF よりも S_r のほうが妥当であるといえる。

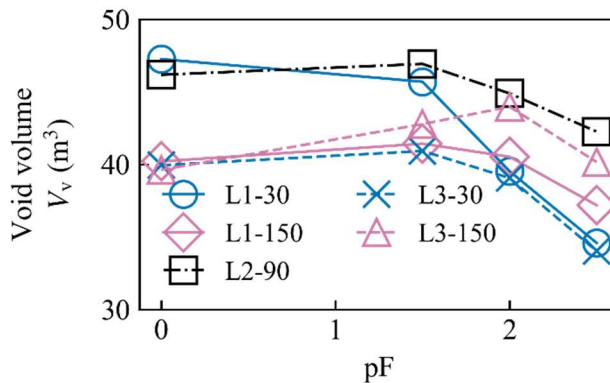


Fig. 2 Void volume change of samples due to dewater and shrinkage

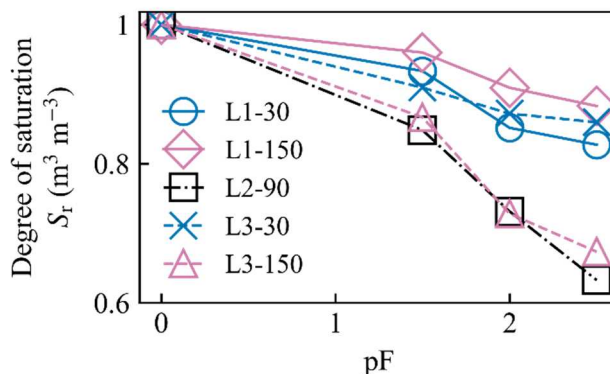


Fig. 3 Relationship between S_r and pF

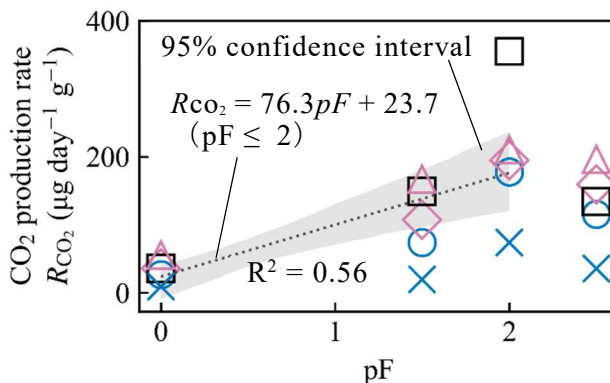


Fig. 4 CO_2 production rate related to pF

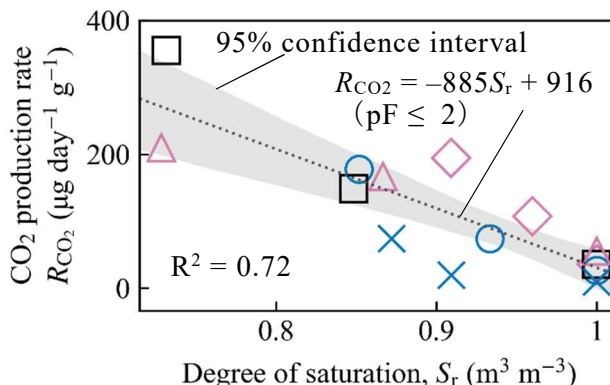


Fig. 5 Relationship between degree of saturation and CO_2 production rate (excluding $pF = 2.5$)