

人工マクロポア内の土壌ガス計測システムの構築・評価 Development and evaluation of soil gas measurement system for an artificial macropore

中井有花¹・田崎 小春²・徳本 家康¹・小宮 秀治郎³・登尾 浩助⁴

¹佐賀大学農学部・²佐賀大学農学研究科・³Max Planck Institute for Biogeochemistry

・⁴明治大学農学部

要旨(Abstract) :

農地表面における人工マクロポアの活用は、土中と大気とのガス交換に影響することが予想される。本研究では、人工マクロポア内の CO₂ 動態を明らかにするため、ガス計測システムを構築・測定精度の評価を行った。

キーワード：人工マクロポア、CO₂ ガス、水蒸気

Key words : Artificial macropore, CO₂ gas, water vapor

1-(1). はじめに

人工的に作成した鉛直間隙(人工マクロポア)を活用した部分耕起農法(局所耕うん法など(田島ら, 2000))がある。この農法は、人工マクロポアを介した大気-土壌間のガス交換が予想されるが、人工マクロポアのような土中の微小間隙内の土壌ガス濃度(たとえば、CO₂ ガス)の計測手法は確立されておらず、その動態について実測された報告例は極めて少ない。本研究の目的は、人工マクロポア内の微小空間における CO₂ ガスを計測するシステムの構築とその評価である。本研究で構築した CO₂ ガス計測システムを用いて、水蒸気依存性の評価およびガス計測システムの流路体積を考慮した CO₂ ガス測定精度に関して報告する。

1-(2). 土壌ガス計測システムの構築

土壌ガス計測システムは、定量ポンプを用いて土壌ガスを循環させ、非分散型赤外線式 CO₂ 濃度変換器(GMP252, Vaisala 社製)によって人工マクロポア内の CO₂ 濃度を計測する仕様である。また、データロガー(CR1000, Campbell Scientific 社製)を用いて電磁弁およびポンプを制御し、GMP252 および小型流量計(PF2M701, SMC 社製) の出力値を記録できる。

2. 実験方法

(1) CO₂ センサーの水蒸気依存性試験

CO₂ センサーの水蒸気依存性を評価するため、水蒸気濃度センサー(LI850) を用いて実験を行った(図 1)。圧力・温度一定の条件において、CO₂ 標準ガスに水蒸気を含ませて、水蒸気濃度と CO₂ 濃度を測定した。

(2) 土壌ガス計測システムの気密性試験

構築したシステムの気密性を評価するため、システムの流路内に N₂ ガスを満たし、Pump ON/OFF の条件下で GMP252 による CO₂ 濃度の経時変化を記録した。

(3) CO₂ ガス計測精度の検証実験

異なる CO₂ 標準ガスを用いて、人工マクロポアを模擬したアクリル円筒容器(容積 20 mL)を本ガス計測システムに接続し、容器内に標準ガスを満たした。システム流路内のガスを定量ポンプで循環させ、循環前後のシステム流路内のガス濃度の測定により、人工マクロポア内の濃度を算出・評価した。

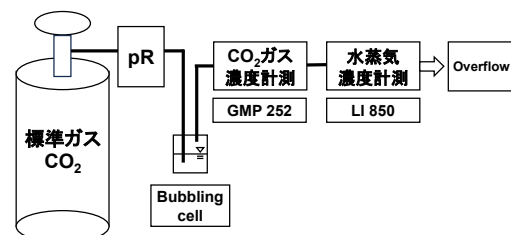


図 1 CO₂ センサーの水蒸気依存性試験の概略図

3. 結果

(1) CO₂ センサーの水蒸気依存性の評価

水蒸気濃度の依存性試験では、Bubblingにより発生させた水蒸気濃度が減少する過程のCO₂濃度を観察した。水蒸気濃度が減少するにつれて(図2a)、CO₂濃度は上昇する傾向がみられた(図2b)。しかし計測したCO₂濃度5380 ppmに対して、CO₂濃度の最大の変化量70 ppmは1.3%の誤差であり、CO₂濃度の±2%指示値の範囲内であった。したがって、CO₂センサー(GMP252)における水蒸気の影響は小さいと考えられた。

(2) 土壌ガス計測システムの気密性の評価

気密性試験において、時間経過に伴って、大気中のCO₂濃度に徐々に近づいたことから、GMP252内への大気流入が確認された(図3)。循環ポンプを利用した条件では、大気流入が早まることも確認され、センサーの感知部位におけるガス流入を防ぐことは困難であった。そこで、大気が混入する時間よりも短時間で、人工マクロポア内のガス計測を完了させる必要性が明らかとなった。本研究では、人工マクロポアの体積を考慮しながら、大気流入による相対濃度が0.5となる時間よりも格段に短い2分30秒を計測時間として用いることとした。

(3) 土壌ガス計測システムの評価

図4は、人工マクロポアに充填したCO₂濃度と計算によって求めた人工マクロポア内のCO₂濃度の比較である。CO₂濃度が0~8000 ppmの範囲において、1:1関係が成立しており、本システムのCO₂ガス測定精度は高いと推察される。CO₂濃度が8000 ppmよりも高い計測範囲において、今後更なる検証が必要だと考えられる。

[謝辞] 本研究は、JSPS(課題番号: 20K15623, 23K05448, 23H02326)の助成を受けたものである。また、マックスプランク協会の助成およびMPI-BGC-Gas Lab, Field experiments & instrumentationの支援を受けた。ここに深く感謝いたします。

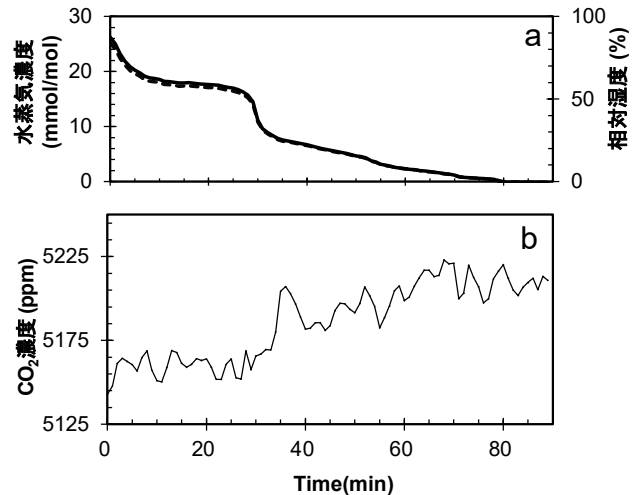


図2 CO₂センサーの水蒸気依存性：
水蒸気濃度の経時変化 (a)
CO₂濃度の経時変化 (b)

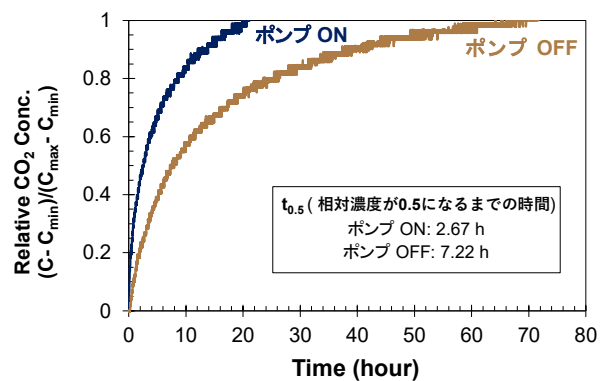


図3 N₂フラッシュ作業後のシステム内のCO₂濃度の経時変化 (C_{max}: 実験室のCO₂濃度)

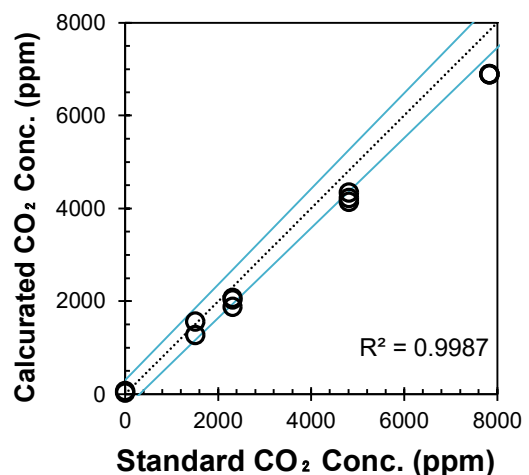


図4 CO₂標準ガス濃度とCO₂ガス濃度の測定値の比較