

土壌中の CO₂ 濃度のリアルタイム測定

北九州市立大学 フェロー ○伊藤 洋
北九州市立大学 山田百合子

1. 背景と目的

昨今、地球温暖化の原因として化石燃料の燃焼に伴う人為的な大気中の二酸化炭素 (CO₂) の上昇が大きくクローズアップされている。しかし、元々CO₂ は地球誕生から環境の変遷に大きく関与し、炭素循環を形成している。地球上での CO₂ の自然発生は、植物の根や土壌中の小動物の呼吸、微生物分解などでの O₂ 消費により生じ、その量は人為的なそれより十分に大きく、またその存在量も大気中の数倍程度とされている。

こういった前提の中、地球温暖化対策を考える上で CO₂ の循環・収支・存在量を様々なスケールで評価することが重要ではないかと考えた。現在、農業分野等で実施されている土壌中の CO₂ の測定法は、細管を挿入しての吸引法や地表面のフラックスを測定するチャンバー法というものがある^{1),2)}。しかし、いずれも間接的な測定であり土壌中の間隙ガス濃度を直接測定するものではないため、場を乱さない状態でのリアルタイム高精度測定はできない。本論では、土壌中での CO₂ 濃度を場を乱さずリアルタイムで測定する新しい手法を考案し、フィールド適用実験を試み、第一歩を踏み出せたと思えるのでここに報告する。

2. 測定方法の概要

土壌中の CO₂ (ガス) 濃度の測定が困難理由としては、土壌中のガス空隙スケールが小さく、また土壌中には水分が存在することから、電気式のセンサーが直接使用できないことにある。したがって、既存の方法では、地中のガスを吸引して地上で測定する方式となっている。ここで提案する測定方法は、後述の図-1 の地中 CO₂ センサーに示したように、円筒管内に測定深度ごとに閉空間を設け、その中に特殊な超小型赤外線 CO₂ センサーを設置し、土壌と内部空間の隔離に 0.1 μm 孔隙を有する特殊なフィルターを用いる。このフィルターは水滴の通過は許さず、ガスのみを通過させることができる。また、円筒管内には結露防止用のマイクロ吸引ポンプと底部には排水機能を持たせている。この装置を用いることで土壌中のガス濃度を大気中と同様にリアルタイムで測定できると考えた。

3. 実験方法

実験は上述で開発した CO₂ センサー (0.1~20%) を用い、地表面から 20cm ピッチで深度 1m までの地中の CO₂ 濃度および温度を 30 分間隔で自動記録した。また、大気中の CO₂ 濃度および気温は、固定式の赤外線 CO₂ センサー (50~5,000ppm±10ppm) を地表面から 30, 60, 90cm に配置し、それ以上はバルーンを用いて地上 40m まで

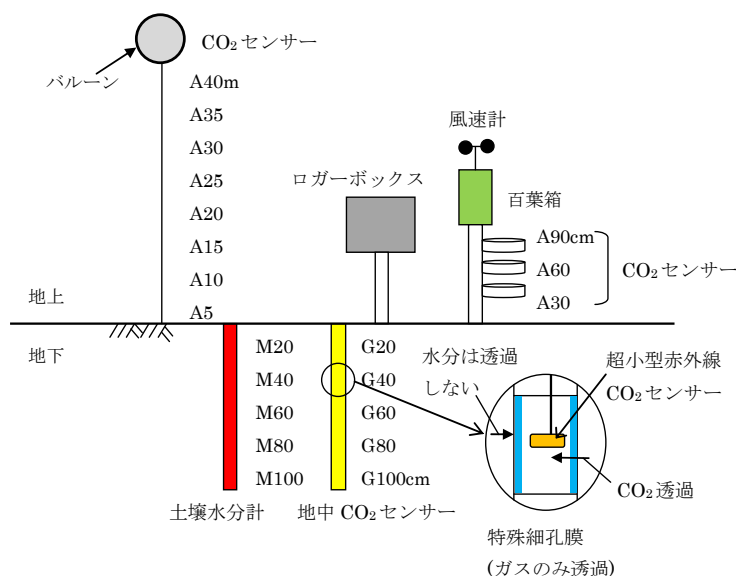


図-1 CO₂等測定位置とセンサーの概要



写真-1 測定状況の全景

キーワード 二酸化炭素, 土壌, 測定センサー, 地球温暖化, 炭素循環, モニタリング
連絡先 〒808-0135 北九州市若松区ひびきの 1-1 北九州市立大学国際環境工学部 TEL 093-695-3253

5m 間隔で測定した。加えて、風速および百葉箱内で気圧、湿度、温度を測定し、土壌水分計（含水率）、日射計、ライシメータによる測定も併せて実施した。図-1 は、測定位置と CO₂ センサーの概要を示したものである。写真-1 は、測定状況の全景である。

4. 実験結果

図-2 は、大気中の 10 日間の気象観測結果（気圧、大気 CO₂ 濃度、気温、風速、湿度）である。大気中の CO₂ 濃度は、510~646ppm の範囲で変動しており、風が停止したときに大きくなる傾向がある。図-3 は、その間の地中の CO₂ 濃度の経時変化である。設置後、CO₂ 濃度が上昇し 1 週間程度で落ち着いてきている。また、深度が深いほど CO₂ 濃度は大きくなっており、地表面に近いところでは変動があることが確認できる。図-4 は、図-3 の最終日の CO₂ 濃度を大気中から地中までの連続分布で示したものである。大気中は 600±50ppm 程度、地中では深度方向に上昇し、濃度は 0.62~6.62% となっている。一般的に土壌中の CO₂ 濃度は、0.1~10% 程度とされ、牧草地などで高いとされている。実験を行った土地は草地であり、シルト質でガス拡散係数は小さいと考えられるのでやや CO₂ 濃度が高くなったものと考えられる。図-5 は地中の体積含水率分布、図-6 は大気中・地中の温度分布である。

以上、ここで提案した測定方法により、地中 CO₂ 濃度のリアルタイム測定は不可能ではないことが示唆された。しかし、この実験後に豪雨があり、地下水位が異常に上昇して水没状態となった。通常環境下での土壌中の水分の影響は受けなかったが、水没下では円筒内部に漏水を生じ、下部のセンサーが破損した。今後、こういった状況下も想定し、機能が長期的に維持できる地中 CO₂ センサーの開発を目指したい。

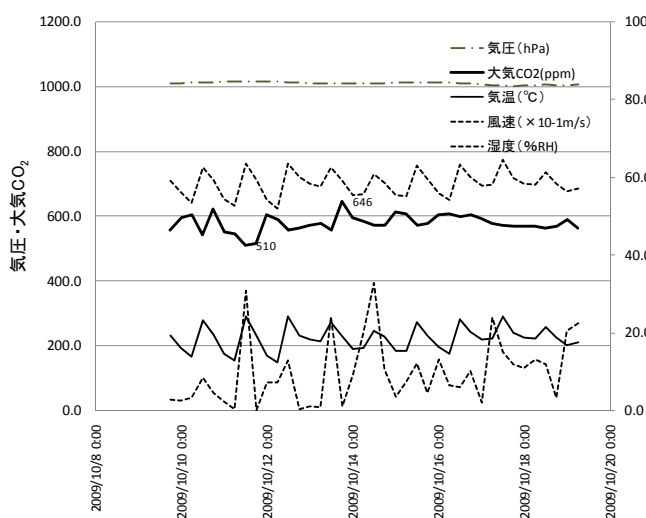


図-2 大気中の気象観測結果

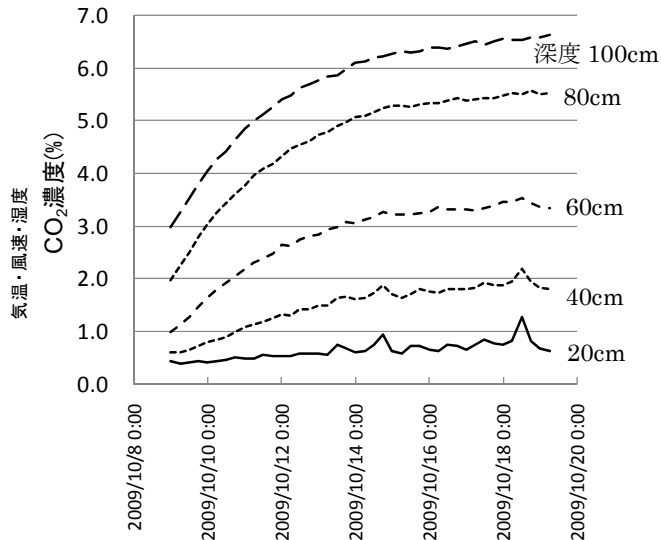


図-3 埋戻し後の地中の CO₂ 濃度の経時変化

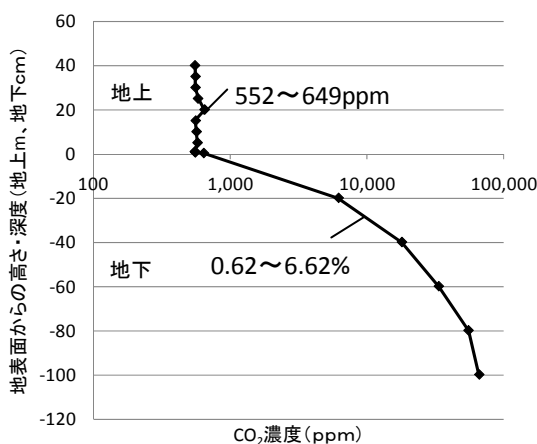


図-4 大気中・地中の CO₂ 分布

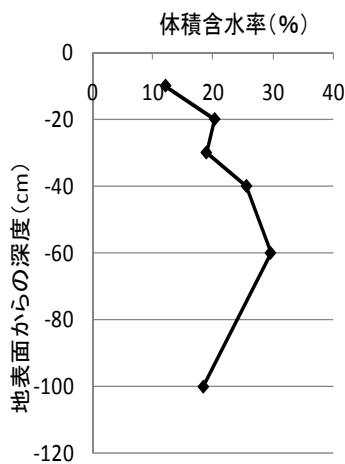


図-5 地中の体積含水率分布

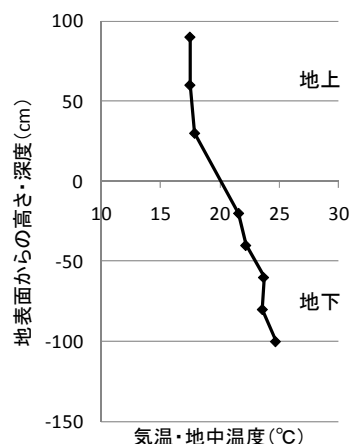


図-6 大気中・地中の温度分布

参考文献

- 1) Y.Luo et al.(2006):Soil Respiration and the Environment, Elsevier Academic Press, USA.
- 2) 木部剛・鞠子茂(2004)：土壌呼吸の測定と炭素循環，地球環境，Vol. 9, No. 2.