

土壌中 CO₂ 濃度のダイレクト測定に関する基礎実験

松尾設計 正会員 ○平島公生 又吉康治
北九州市立大学 フェロー 伊藤 洋
九州テクノリサーチ 大川清和 兵道英男

1. はじめに

地球温暖化対策を考える上で化石燃料燃焼による CO₂ 発生のみが注目されているが、最も多くの CO₂ を発生・吸収している土壌中の CO₂ 挙動を併せて考える必要がある。しかし、既往の土壌中の CO₂ 濃度の測定は、土壌に細管を挿入しての吸引法、地表面に容器を被せガスフラックスを測定するチャンバー法などがあるものの、土壌中の CO₂ 濃度をダイレクトにリアルタイムで測定する技術については未だ確立されたものがない。一方、CO₂ 削減技術として地中 CO₂ 貯留 (CCS) が注目されているが、地下からの CO₂ の漏洩を評価する環境モニタリング手法が確立していない。

本研究は、こうした背景にあつて、伊藤らが開発している新しい土壌中 CO₂ 測定システムを適用して¹⁾、室内において降雨環境や地下水位下を想定した土壌中の実験環境を再現し、土壌中 CO₂ 濃度のダイレクト測定を試みた。その結果、有用な成果が得られたので報告する。

2. 実験方法

図-1 は、実験装置の断面図および実験装置の外観・センサー容器外観の写真である。本装置は、人工降雨発生装置と地下水位設定機能があり、CO₂ は装置の底面より CO₂ ポンペ (熱帯魚用小型圧縮ポンペ) からレギュレータを調整して供給することができる。CO₂ センサー (0~5000ppm、0~30%測定用の 2 種類の小型センサーを使用) は塩化ビニル製の円筒管の中に設置する。また、円筒管の側面中央部には親水性の無機系透過膜シート (孔径 0.1 μm) を貼ったフィルタ部を設け、円筒内に侵入する水分は完全に遮断しガスのみが流入できる構造とした。加えて、同時に ADR 土壌水分計を用いてセンサー付近の体積含水率を計測した。

実験手順は、まず塩化ビニル製の土槽 (高さ 300mm×横 322mm×奥行 320mm) の中に培養土 (市販の園芸用) を入れ、土壌中に CO₂ センサー容器 (高さ 300mm×内径 51mm) を設置した。つぎに、降雨を発生させるため槽上部に設けた加湿器を作動させて、降雨強度 1 および 10mm/d の人工降雨を再現した。また、100mm/d、100mm/h の降雨の場合は散水器を用いて人工降雨を再現した。一方、地下水位を設定する場合は、センサー容器のフィルタ部が水面以下になるように設定した。この状態で 1 時間経過した後、底面より CO₂ を注入した。注入量は、予備実験を行って概ね大気中濃度の数十倍程度となるように 1 回 123mL とした。

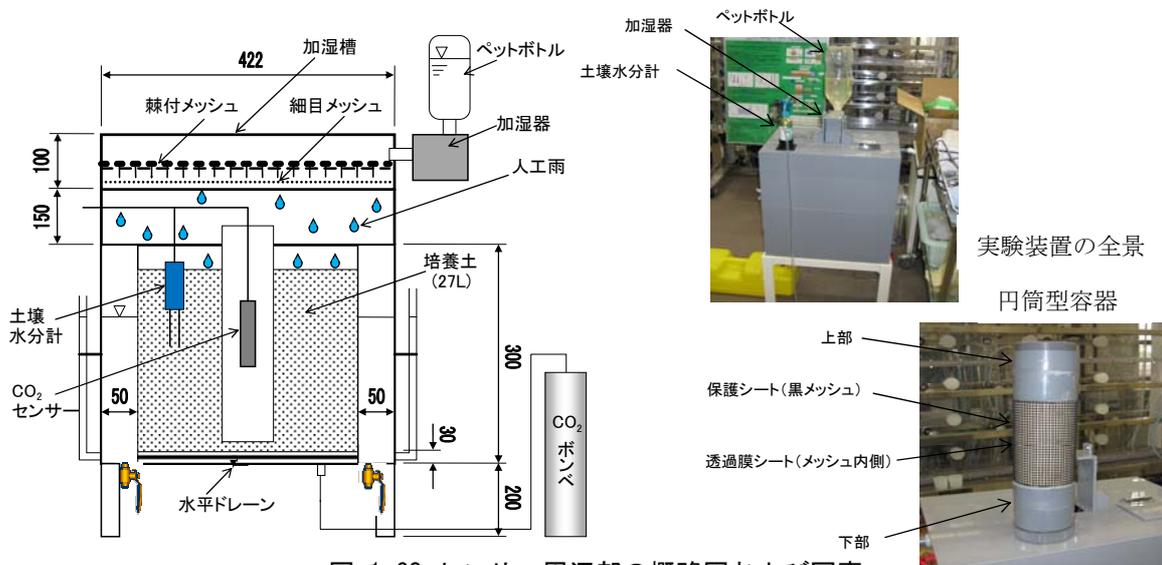


図-1 CO₂ センサー周辺部の概略図および写真

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 〒805-0061 北九州市八幡東区西本町 2 丁目 5-5 株式会社松尾設計 平島公生 TEL:093-661-4960

3. 実験結果

3.1 降雨環境下における土壌中の CO₂ 濃度の測定

まず、CO₂濃度のリアルタイム測定が基本的に可能かどうかを確認するために実施した降雨量が小さい1mm/dの場合のCO₂濃度の経時変化を示したものが図-2である。CO₂濃度は実験開始直後から急激に上昇し、その後減少していることがわかる。ピーク濃度は約2.5%に達しており、大気中の濃度（観測結果：420～687ppm）に比較すると数十倍ということになるが、この値は土壌中では十分にあり得る値である¹⁾。CO₂センサーは、CO₂の注入・拡散に十分反応していると考えられる。

つぎに、図-3は豪雨を想定した降雨100mm/dの環境下での土壌中のCO₂濃度の経時変化を示したものである。CO₂濃度は注入開始後から上昇し0.5～0.6%程度となっているが、降雨期間中はそれ以上には上昇せず横ばいとなり、降雨停止後から低下している。体積含水率 θ は、降雨後に急上昇し約30%弱程度で安定し、降雨停止後（24時間後）以降から低下傾向となっている。この場合は、間欠稼働による人工降雨であることから、湿潤フロントの形成とガス気道の形成が交互に生じるような水分状態になっていると想定され、それにCO₂挙動が微妙に反応していると考えられる。図-4は、集中豪雨を想定した100mm/hのそれらを示したものである。CO₂濃度は数時間後に0.61%の最大値となり、その後やや緩やかに低下し0.1%程度で一定となった。この場合の人工降雨は1時間の連続浸透となることから、降雨期間中にはガスの拡散は抑制され、かつ高含水率が維持されていることから、1mm/dに比較すると拡散しにくい状態が継続していると推測できる。

3.2 地中水中における土壌中の CO₂ 濃度の測定

図-5は湛水土壌中のCO₂濃度の経時変化を示したものである。このときの土壌の体積含水率は実験期間中60%程度を維持しており、土壌の空隙率が $n=59.1\%$ であることから飽和状態にあることが確認できる。CO₂濃度は、降雨時とは異なり緩やかに上昇し、140時間後に0.49%の最大値となり、その後緩やかに低下している。これは湛水の状態ではCO₂の拡散速度が、気相空隙がある不飽和状態に比較して小さくことを示唆しているものと考えられる。また、実験終了後CO₂センサー部を確認したところ、水滴等の付着は認められなかった。これらの結果から、本システムは、不飽和土壌中のみならず地下水中でもCO₂モニタリングが可能であると考えられる。

なお、本研究は「平成22年度北九州市環境未来技術開発助成（研究代表：伊藤洋 北九州市立大学）」を受けて実施したものである。

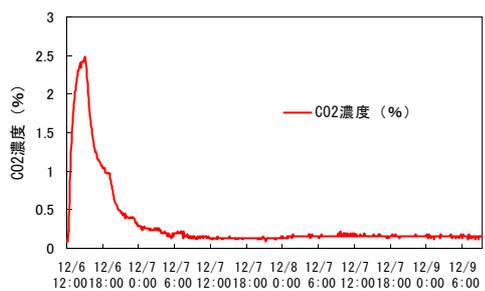


図-2 降雨量 1mm/dにおける CO₂ 濃度の経時変化

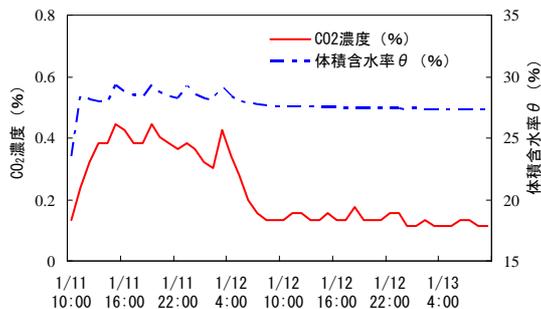


図-3 降雨量 100mm/dにおける CO₂ 濃度の経時変化

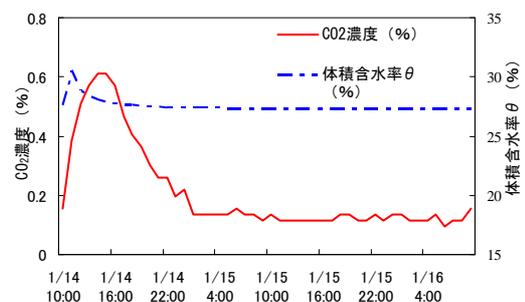


図-4 降雨量 100mm/hにおける CO₂ 濃度の経時変化

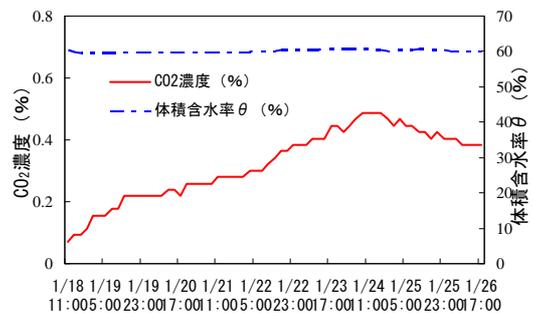


図-5 湛水土壌中における CO₂ 濃度の経時変化

4. 参考文献

1) 伊藤洋・山田百合子(2010)：土壌中のCO₂濃度のリアルタイム測定，土木学会第65回年次学術講演会，pp.179-180.