

第5章 閉鎖系陸・水圏実験施設における生態系炭素等移行に関する調査研究

5.1 湿地生態系構築と炭素移行に関する試験

Study on Construction of a Wetland Ecosystem and Carbon Transfer in the Closed Geosphere Experiment Facility

鈴木 静男, 多胡 靖宏, 中村 裕二

環境シミュレーション研究部

Shizuo SUZUKI, Yasuhiro TAKO, Yuji NAKAMURA

Department of Environmental Simulation

Abstract

The Closed Geosphere Experiment Facility (CGEF) with high airtightness is designed to study carbon dynamics in terrestrial ecosystems, including the transfer and accumulation of radioactive carbon isotope (^{14}C) released from nuclear facilities to the environment. A wetland ecosystem dominated by *Phragmites australis*, which is widely found in cool-temperate brackish marsh near the spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan, was introduced into the CGEF where air temperature and CO_2 concentration are both controlled automatically. A mathematical carbon transfer and accumulation model (CTA model) which consists of photosynthesis and decomposition sub-models, having the structure of nine reservoir compartments (three plant, two litter, three soil, and one groundwater compartments), was developed to estimate the carbon dynamics in the wetland ecosystem. In addition, the gross primary productivity (GPP) model which calculates total photosynthesis of the wetland ecosystem from three environmental variables (light intensity, atmospheric CO_2 concentration, air temperature) was developed for the input sub-model for the CTA model. The Bayesian probabilistic inversion analysis and a Markov chain Monte Carlo (MCMC) technique were applied to determine parameters of these two models, using the data obtained from the two-year experiment in the CGEF. The CTA model was applied to a wetland ecosystem around Takahoko Lake which is located near the spent nuclear fuel reprocessing plant. The results showed that the model gave appropriate estimates of carbon reservoirs for the plant growing season. The seasonal variations in the amounts of leaf and stem biomass carbon were adequately simulated by the model. The changes in the amounts of soil carbon in microbial biomass and organic materials were properly estimated within the standard deviation of the observed data in a real wetland. Although the amounts of dissolved organic carbon were partly overestimated, the discrepancy of the estimates was corrected by the re-examination of the decomposition coefficient of dissolved organic materials in carbon reservoirs. It was ascertained that the currently developed CTA model is applicable for the short-term estimation of carbon transfer and accumulation in wetland ecosystems.

1. 目的

本調査は、大型再処理施設から大気中に排出された ^{14}C の陸上生態系、特に施設周辺地域に広範に存在

している湿地生態系における短期的な挙動予測を目的としている。これまで、閉鎖系陸圏実験施設にヨシ群落からなる湿地生態系を構築し、大気-植物-土

壤という生態系の各構成要素における炭素の蓄積量と各構成要素間の炭素移行量の調査を行い（鈴木、中村 2008, 鈴木ら 2009）、将来の¹⁴C蓄積量を短期的に予測するための数値シミュレーションモデルを作成してきた。

さらに平成20,21年度の2年間にわたり閉鎖系陸圏実験施設を用いて炭素移行・蓄積量データを収集し、モデルのパラメータを決定した。また、平成21年度は、野外の湿地生態系における炭素移行・蓄積データと比較することでモデルの短期的な予測の妥当性を検証した。

2. 方法

2.1 湿地生態系における炭素リザーバーとフラックスの測定

平成 17 年度から 19 年度にかけて、閉鎖系陸圏実験施設内に移植・再現したヨシを中心とする湿地生態系を用い、平成 20 年度から 21 年度の 2 年間にわたり、大気-植物-土壌間の炭素動態データを収集した。生態系呼吸速度、純生態系生産速度、総一次生産速度などの生態系による二酸化炭素交換速度とメタンフラックスは、閉鎖系内の陸圏モジュールにおける空気中の二酸化炭素とメタン濃度変化率、気温、気圧、二酸化炭素供給・回収速度より求めた。植物体の葉と稈バイオマス炭素量をヨシの稈数と稈高からアロメトリー式により求めた。また、根茎炭素量とリター炭素量はイングロースコア法とリターバック法を用いて推定した。土壌中の微生物バイオマス炭素量はクロロホルムくん蒸抽出法により測定し、易・難分解性有機物量は全炭素量と微生物バイオマス炭素量の差により求めた。

2.2 モデルパラメータの決定

湿地生態系の総一次生産速度モデルは、光量子束密度、大気二酸化炭素濃度、葉面積指数を入力し葉群による総光合成速度を推定する。炭素移行・蓄積モデルは、光合成産物の植物への配分、植物枯死による土壌への移行、土壌有機物の分解過程より構成され、9 個の炭素リザーバー、リザーバー間の移行経路、さらに 11 個の気体状炭素（二酸化炭素、メタン）フラックスから成り、炭素移行速度と蓄積量を

推定する。閉鎖系陸圏実験施設内で取得した湿地生態系の炭素フラックスとリザーバーに関する 2 年間のデータを基にモデルのパラメータをベイズ統計学に基づくマルコフ連鎖モンテカルロ法により解析した。この解析方法によりパラメータは確率的に求まるため、各パラメータの事後確率密度関数から平均値を計算し、全てのモデルパラメータを決定した。

3. 成果の概要

3.1 閉鎖系陸圏実験施設における観測値とモデル計算値との比較

湿地生態系の総一次生産速度モデルによる総一次生産速度の計算値は、観測値の傾向を非常に良く模擬した。湿地生態系の炭素移行・蓄積モデルによる植物体（葉・稈）バイオマス炭素量、リター炭素量、生態系呼吸速度の計算値は、観測値の傾向を非常に良く模擬した。土壌中の微生物バイオマス炭素量と易・難分解性有機物合計量、地下水中の溶存態有機炭素量の観測値は、空間変動が大きかった。モデル計算値は、観測値の標準偏差内で推移した。

3.2 モデルの検証

湿地生態系の総一次生産速度モデルと炭素移行・蓄積モデルを用いて、野外の湿地生態系における植物バイオマス炭素量、土壌微生物バイオマス炭素量、土壌有機物炭素量、溶存態有機物炭素量を予測し、実測値との比較を行った(Fig. 1)。植物バイオマス炭素量、土壌微生物バイオマス炭素量、土壌有機物炭素量は、モデル計算値と実測値がよく一致した。溶存態有機炭素量は、適合度が低かったが、溶存態有機物分解係数を 1.5 倍に修正することで、計算値が観測値とよく一致した。これらの結果から、本調査で構築したモデルは、湿地生態系における総一次生産速度や短期的な炭素移行・蓄積を予測・評価する上で有効であることが確かめられた。

引用文献

- 鈴木静男, 中村裕二 (2008) 平成 19 年度環境科学技術研究所年報, 49-51.
鈴木静男, 多胡靖宏, 中村裕二 (2009) 平成 20 年度環境科学技術研究所年報, 59-112.

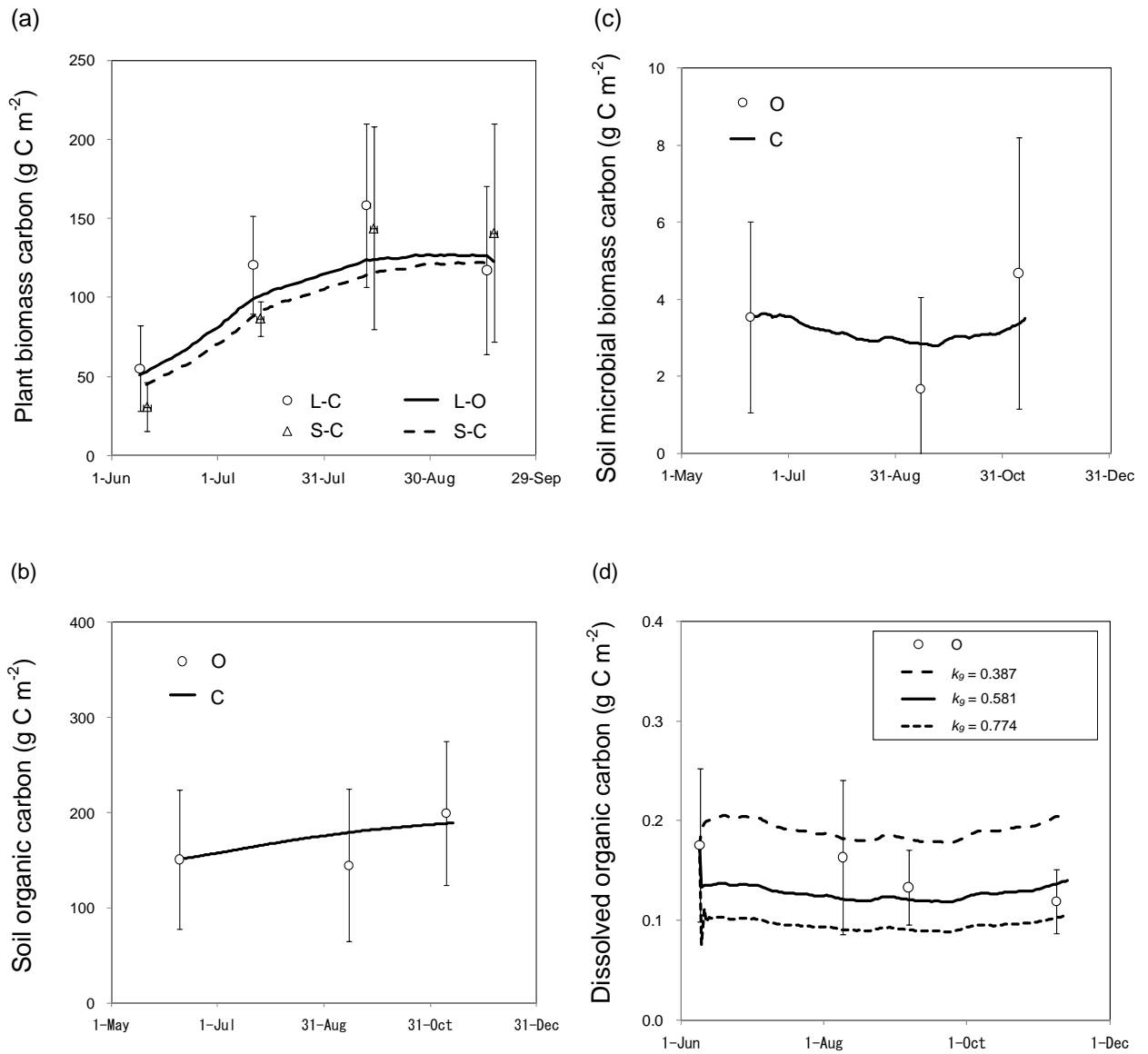


Fig. 1 Comparison between model estimates and observation in the real field for four carbon reservoirs. (a) Plant biomass carbon. L and S indicate leaf and stem biomass carbon, respectively. O and C represent observed and calculated values, respectively. (b) Soil organic carbon. (c) Soil microbial biomass carbon. (d) Dissolved organic carbon. k_d means a decomposition coefficient of dissolved organic materials in carbon reservoirs.