

5.2 海草群落生態系における炭素移行に関する試験

Study on Carbon Transfer in a Seagrass Ecosystem

石川 義朗, 阿部 康一, 多胡 靖宏, 中村 裕二

環境シミュレーション研究部

Yoshio ISHIKAWA, Koichi ABE, Yasuhiro TAKO and Yuji NAKAMURA

Department of Environmental Simulation

Abstract

Carbon-14 released from spent nuclear fuel reprocessing plants, migrates not only in the terrestrial environment but also in the marine environment. Although the role of ^{14}C in the open sea is of less importance than that in the terrestrial environment from the viewpoint of radiation dose assessment around nuclear facilities, its probable long-term accumulation in neighboring areas, including coastal areas, is a matter of concern for the radiation protection of the general public.

The Closed Hydrosphere Experiment Facility (CHEF) was developed as a part of the Closed Ecology Experiment Facilities (CEEF) to study circulation and accumulation of radionuclides in the hydrosphere ecosystem. A mathematical model to analyze carbon transfer in a seagrass ecosystem was developed, being described as a network consisting of 4 sub-models: Sea water and sediment model, Seagrass model, Sea urchin model, and Sea cucumber model. Based on the data obtained by the experiments in CHEF where an artificial seagrass ecosystem had been constructed, model parameters in each sub-model were determined. The accumulation rate of carbon in sea sediment was estimated as about 1.3% per day of the total carbon amount of the seagrass community of the unit area in the real marine environment. The estimate was within the range of observational data reported so far, which implies the model has applicability and effectiveness for describing the natural environment.

1. 目的

閉鎖系水圏実験施設(CHEF)は、大型再処理施設から排出される放射性物質の水圏環境中における挙動や水圏生態系に及ぼす影響を、実証的、科学的データに基づいて把握することを目的に整備された。施設での試験に先立ち、青森県沿岸域の海産生物や生態系に関する知見の収集や、CHEFでの模擬・構築が可能な生態系について検討を行い、六ヶ所沿岸に多い砂浜域に生育しており、基礎生産者がほぼ単一種で構成され、堆積物中からの栄養塩の吸収を行う、等を考慮し、海草(アマモ)群落を対象生態系として選択された。次にCHEF内水槽に海草群落を構築するための技術開発を行い、海草の難分解性を利用した枯死海草埋設法により海草の閉鎖型水槽での長

期育成を可能とする技術を確立した。また、海草群落生態系を構成する各種生物について、海草群落生態系炭素移行モデルの作成に必要な生産者、消費者及び腐植質食者の生産量、呼吸量、摂食量、排糞量等の生理活性速度に関する試験を行い、各生物の個体レベルでの炭素収支と、温度、サイズとの関係を明らかにしてきた。さらに各生物について、生物体中の有機部分及び排泄物の分解速度や分解率を求めた。以上の結果を用いて、平成21年度には、CHEF内水槽に構築した海草群落生態系を用いて炭素移行試験を行い、データを収集し、海草群落生態系炭素移行モデルにより、沿岸域に蓄積する炭素量の推定を行なった。

2. 試験方法

平成 20 年 12 月に CHEF 内の飼育槽 I 及び II に海草を移植し、飼育槽 I を水温 20°C に、飼育槽 II を 15°C に、光周期を 10 h 明期：14 h 暗期に設定し、海草を繁茂させた。平成 21 年 6 月に光周期を 12 h 明期：12 h 暗期に変更した。その後、9 月に海水の交換を行なった。海水はむつ小川原港から採取し、孔径 100 μm のプランクトンネットでろ過したものを用了。11 月 3 日に飼育槽 I にエゾバフンウニ（以下ウニ）、マナモコ（以下ナマコ）8 個体、飼育槽 II にウニ、ナマコ 10 個体を導入し、アマモ（生産者）-ウニ（消費者）-ナマコ（腐植質食者）からなる実験生態系を構築し、閉鎖生態系実験を開始した。

試験期間中に海水の交換やろ過は一切行わず、エアレーションはポンプを用いて常時行なった。試験開始時から定期的に水槽内に潜水し、海草の株数を数え、予め求めていた 1 株の乾燥重量と炭素含有量から海草の炭素量を推定した。なお、試験開始前と終了時に海草を採取し、1 株あたりの乾燥重量と炭素含有量を求めた。また、枯死脱落した葉を回収し、枯死量を計測した。回収した葉は計測後、水槽に戻した。ウニ、ナマコについては潜水時に回収し、2 日程度水槽に浮かべたカゴの中で排糞させ、湿重量の測定を行った。予め別の個体から求めた、湿重量、乾燥重量、炭素含有量の関係式を用いて炭素量に換算した。水槽中の栄養塩、溶存態有機炭素(DOC)、粒子態有機炭素(POC)については、約 1 週間間隔で水槽の海水を孔径約 0.4 μm の GF-75 フィルターで 1 l ろ過し、ろ液の一部を DOC と栄養塩の測定に用いた。栄養塩測定はブランルーベ社製オートアナライザー TRAACS 2000 で行った。DOC は島津製作所製全有機炭素測定器 TOC-V で測定を行なった。POC は、フィルター上に捕集された有機炭素を、住化分析センター社製全窒素炭素測定器 NC-22F を用いて測定を行なった。2 週間毎に飼育槽に潜水し、内径 5.3 cm、高さ 1 cm のシャーレを用いて堆積物表面の砂泥を採取し、乾燥させて NC-22F を用いて堆積物中の炭素量を測定した。海水中及び堆積物中の全菌数は、2 週間毎に採水・採泥し、DAPI 染色後、蛍光顕微鏡で計測した。

3. 成果の概要

試験期間中栄養塩濃度は近辺の沿岸域と同程度かそれ以下の低濃度で維持された。飼育槽 I、II の DOC 濃度は開始時からわずかながら増加傾向を示した。POC 濃度は、飼育槽 I は開始時 103 $\mu\text{mol/l}$ が 56 日目ではほぼ飼育槽 II と同じ値になり、終了時には 62 $\mu\text{mol/l}$ であった。飼育槽 II では開始時 35 $\mu\text{mol/l}$ 途中僅かに増減があったが、終了時には 35 $\mu\text{mol/l}$ であった。両飼育槽とも全菌数は $10\sim 40\times 10^5$ cells/ml の範囲であり、試験期間中に僅かに増加傾向を示した。飼育槽 I、II の堆積物表面における有機炭素量は試験期間中増加した。炭素の一日当たりの増加量を求めた結果、1 g の砂（乾燥重量）あたり飼育槽 II で 11 $\mu\text{g-C}$ 、飼育槽 I で 5.9 $\mu\text{g-C}$ であった。堆積物中の有機炭素量を単位面積あたりに換算し、1 m^2 に現存するアマモの炭素量で割る事で、アマモ起源の有機炭素の堆積物への炭素移行率を求めた。この結果、飼育槽 I では 0.023 d^{-1} 、飼育槽 II では 0.020 d^{-1} となりほぼ同程度の値であった。

平成 20 年度までのモデルは、アマモ、ウニおよびナマコについて個体レベルの実験結果に基づいて作成されていた。そこで、さらに生物間の相互干渉を考慮したモデルとするため、CHEF 水槽での実験結果を再現できるよう修正した。本モデルの概念図を Fig. 1 に示す。このモデルを用いた計算結果と閉鎖生態系実験によって得られた各生物の炭素量の推移を Fig. 2 に示す。閉鎖生態系実験の結果とモデルによる計算結果との差が、実験結果の標準偏差の範囲内である事を確認できた。

本モデルに、これまでに入手した青森県沿岸の海草群落におけるアマモ、ウニ及びナマコの、平均個体に含まれる炭素量、1 m^2 あたりの炭素量をパラメータとして与えて 1 年間の炭素移行を計算し、青森県沿岸の海草群落に蓄積する炭素量を約 $8 \text{ g-C y}^{-1} \text{ m}^2$ と推定した。ただし、モデルでは 100 日程度の分解で残った有機物のうち、3.7% が難分解性物質となると仮定している。そこで、1 m^2 に現存するアマモの炭素量として推定計算時の初期値を与えると、堆積物への炭素移行率は 0.013 d^{-1} となった。

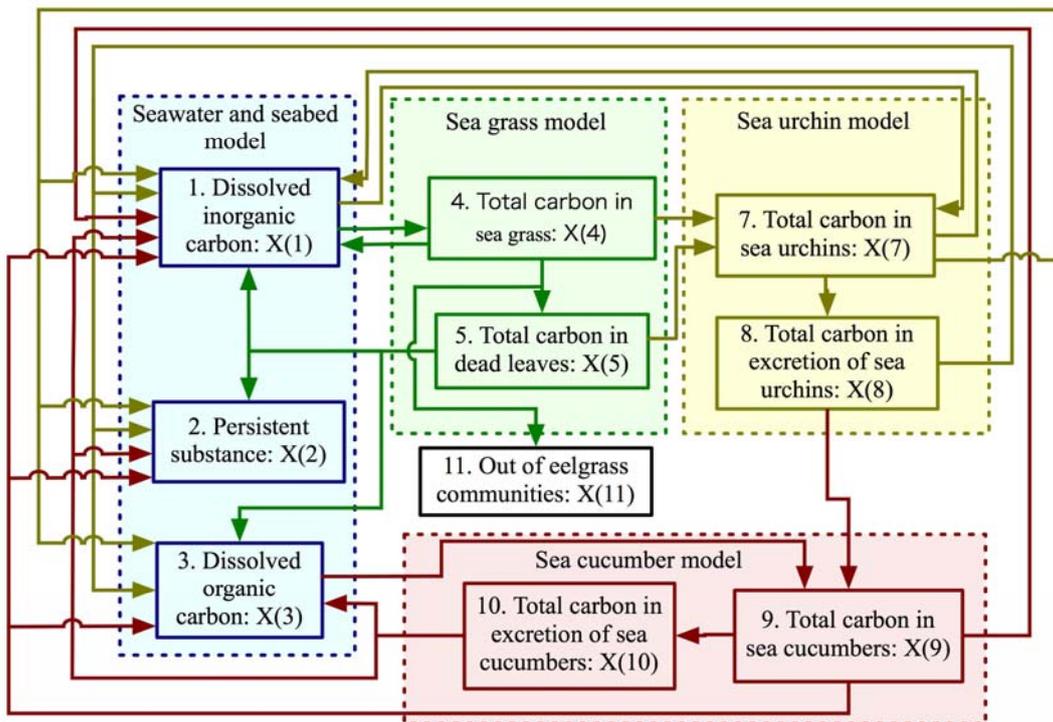


Fig. 1 Schematic of the carbon cycle model in sea grass ecosystem.

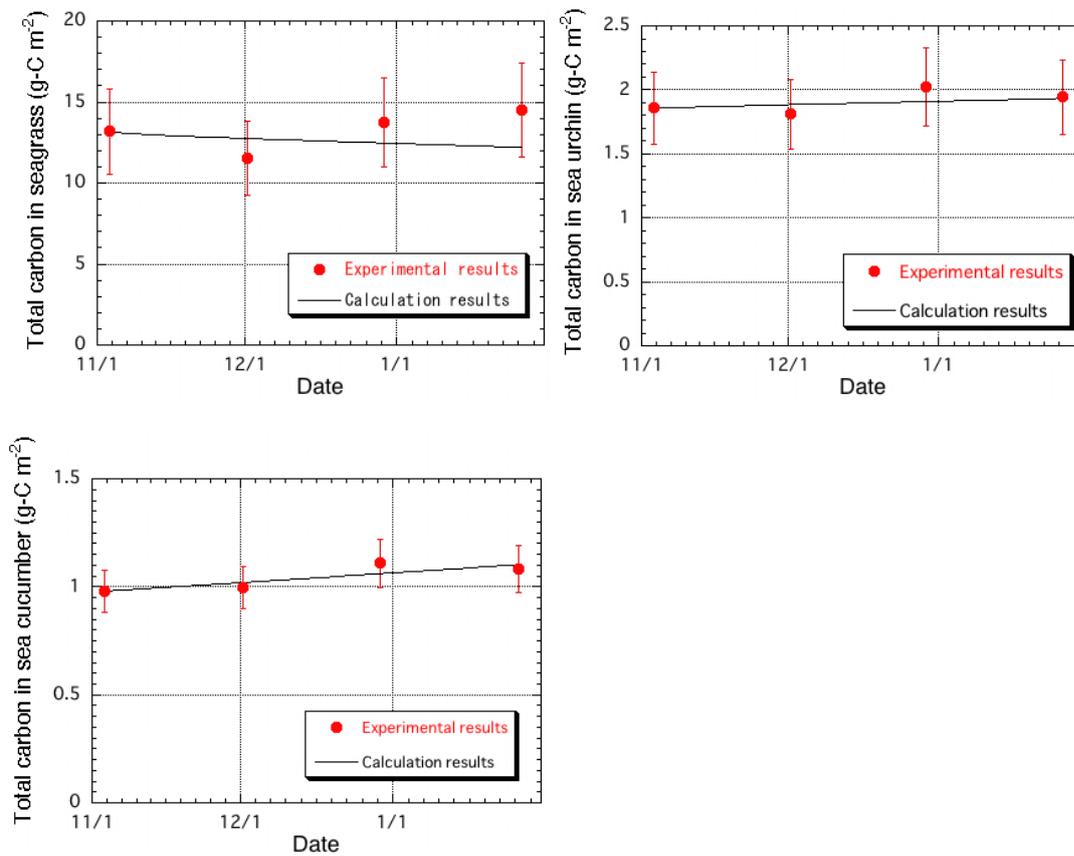


Fig. 2 Temporal variation in the amount of carbon in sea grass, sea urchin and sea cucumber.