

第4章 排出放射性炭素の蓄積評価に関する調査研究

Carbon Transfer and Accumulation in Forests, Wetlands and Farmlands

鈴木 静男, 永井 勝, 多胡 靖宏, 久松 俊一
環境影響研究部

Shizuo SUZUKI, Masaru NAGAI, Yasuhiro TAKO, Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

The operation of the spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan, is accompanied by the discharge of a small amount of ^{14}C mainly in the form of $^{14}\text{CO}_2$, which is transferred into terrestrial ecosystems and accumulated in them. In order to predict the fate of this discharged ^{14}C , it is necessary to develop transfer and accumulation models of carbon in terrestrial ecosystems such as forests, wetlands, paddy fields, farmlands and pastures, which are found around the reprocessing plant.

We selected the following as target forests and plantations in the study: a forest co-dominated by beech (*Fagus crenata*) and hiba (*Thujaopsis dolabrata*) trees, a deciduous broad-leaved forest dominated by oak (*Quercus crispula*) trees, and two tree plantations of 21-y-old and 67-y-old Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) trees. The net primary productivities at the target forests were obtained as the sum of the growth rate of tree and litter fall by field observations and the allometry equation of the tree.

To obtain the decomposition rates of soil organic matter and their temperature dependency, soil samples from the forests, wetlands, paddy fields, farmlands and pastures were incubated in the laboratory at different temperatures (10, 20, and 30°C), and respired CO_2 amounts from the soil samples were measured during the periods for up to ~500 d. The decomposition rate of labile and resistant soil organic matter was approximated by an exponential decay functions. The rate constants of decay functions for the labile and resistant soil organic matter were fitted to the Arrhenius equations to obtain the rate constants depending on temperature. To investigate soil microbial communities during the incubation, incubated soils were analyzed using the denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) method during the periods for up to ~280 d. The results showed no major changes in microbial species composition for each incubated period of each soil sample.

To investigate the decomposition rates of plant residues and transfer of decomposed products to soil organic matter in paddy fields, farmlands and pastures, mixtures of ^{13}C -labelled plant material and soil of each study field were packed into glass-fiber filter bags, and buried in each study field. Amounts of ^{13}C in the glass-fiber filter bags were measured at predetermined intervals during the periods for up to ~590 d after burying. The decomposition rate of plant residue or litter in each field was approximated by exponential decay functions.

A model program for the framework of the ^{14}C transfer and accumulation model in farmlands was constructed and successfully tested for its basic input/output function.

1. 目的

本調査は、大型再処理施設から排出される炭素-14 (^{14}C) について、施設周辺地域で代表的な森林、牧草地、水田、畑地及び湿地の5つの土地形態ごとに、植物体や土壌への蓄積・放出を推定するモデルを整備し、大型再処理施設稼動に伴う中長期の影響評価(環境への蓄積等)に資することを目的とする。平成25年度は(1)野外における炭素固定速度調査

(2) 土壌中有機物分解速度の温度依存性試験 (3) 野外における植物残渣及び土壌有機物の分解速度調査 (4) 土壌微生物群集調査 (5) 耕地(牧草地・畑地・水田)における ^{14}C 移行・蓄積基本モデルの作成を行った。

2. 方法

2.1 野外における炭素固定速度調査

①ブナ・ヒバ混交林、ミズナラ優占林及びスギ林(林齢67年と21年)における、樹木個体の胸高直径実測値と文献から得たアロメトリー式を用いて樹木の幹、枝、葉、根現存量を推定し、平成25年と24年の差から、年間成長量を求め、②リタートラップ法による年間落葉・落枝量、③イングロースコア法により年間細根成長量を測定した。①②③の結果の総和から純一次生産速度を求めた。更に、林床のチシマザサ地上部現存量が樹木の現存量に対してどの程度の割合を占めるかを評価するとともに、文献値から落葉広葉樹林の純一次生産速度に対する被食速度の割合を評価した。

2.2 土壌中有機物分解速度の温度依存性試験

土壌有機物分解速度に与える温度の影響を明らかにするため、野外の湿地、森林、牧草地、畑地、水田より採取した土壌を、2mmメッシュの篩で選別後、土壌水分量を最大容水量の60%として、10°C、20°C及び30°Cの恒温培養実験を前年度より約500日間行った。定期的に培養瓶内部の気体を採取し、測定したCO₂放出量より残存炭素量を算出した。

2.3 野外における植物残渣及び土壌有機物の分解速度調査

森林及び湿地ではリターバッグ法により植物残渣の分解速度定数とその温度依存性を求めた。

土壌に供給された植物残渣の分解速度及び分解産物の土壌有機物画分への移行割合を評価するため、 ^{13}C で標識した植物体を各対象土壌と混合しガラス繊維濾紙に充填して、野外試験地に平成23年度に埋設した。経時的に回収した内容物を耕地試料に対してはそのまま粉砕し、森林及び湿地試料に対しては植物残渣と土壌に分画後、各画分の全炭素濃度及び ^{13}C 同位体比を分析した。

2.4 土壌微生物群集調査

培養実験で用いた土壌から抽出したリボゾームRNAのうち、細菌の16S RNA遺伝子の保存領域について変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法(DGGE法)を用いて培養実験中の微生物群集を調査した。

2.5 耕地(牧草地・畑地・水田)における ^{14}C 移行・蓄積基本モデルの作成

放射性炭素移行・蓄積に関するコンパートメント構造とコンパートメント間の移行を記述する関数等を決定し、炭素移行・蓄積量の計算と未知数の推定を行うための計算プログラムを作成した。

3. 成果の概要

3.1 野外における炭素固定速度調査

年間純一次生産量に対する各成分量の割合は、幹増加量が23~41%、枝増加量が4~7%、葉増加量が0.5~3%、リターフォール量が30~58%、根(直径5mm以上)増加量が7~12%及び細根(直径5mm以下)増加量が6~14%であった。被食割合の中央値を用いた落葉樹種の(年間葉被食量)/(年間純一次生産量)は、ブナ・ヒバ混交林及びミズナラ優占林で各々2.1%及び4.1%であり、考慮する必要がないと判断した。ブナ・ヒバ混交林及びミズナラ優占林における(チシマザサ地上部現存量)/(樹木の地上部現存量)は各々0.34 ± 0.11%及び1.7 ± 1.3%であり、無視できるほど小さいと判断した。

3.2 土壌中有機物分解速度の温度依存性試験

各調査地土壌に対してFig. 1aの易分解性及び中分解性土壌有機物の分解速度定数 k_6 及び k_7 と分解速度定数をアレニウス式で表した活性化エネルギー値を決定した。また、スギ21年林における残存土壌炭素量の計算値と観測値の結果をFig. 2に示した。

3.3 野外における植物残渣及び土壌有機物の分解速度調査

森林及び湿地におけるリターバッグ法により、Fig. 1a の植物残渣分解速度定数 k_4 と分解速度定数をアレニウス式で表し、パラメータを決定した。耕地 (Fig. 1b) 並びに森林及び湿地 (Fig. 1c) におけるガラス繊維濾紙法により、 k_4 とその活性化エネルギー値、植物残渣の分解産物で土壌に移行する割合 (γ_4)、更に易分解性土壌有機物及び中分解性土壌有機物へ移行する割合 (τ_{c4c6} 及び τ_{c4c7}) を決定した。また、ニンジン畑地における計算値と観測値の結果を Fig. 3 に示した。

3.4 土壌微生物群集調査

土壌培養実験に用いた牧草地、森林 (スギ林、ミズナラ林)、水田、畑地及び湿地土壌に対して、培養開始からそれぞれ約 280 日、約 260 日、約 250 日、約 170 日、及び約 270 日までの期間では培養土壌中の構成微生物種に大きな変化がない事が明らかとなった。

3.5 耕地 (牧草地・畑地・水田) における ^{14}C 移行・蓄積基本モデルの作成

計算プログラムで試算し、炭素移行・蓄積量及び未知数決定の正常な出力を確認した。

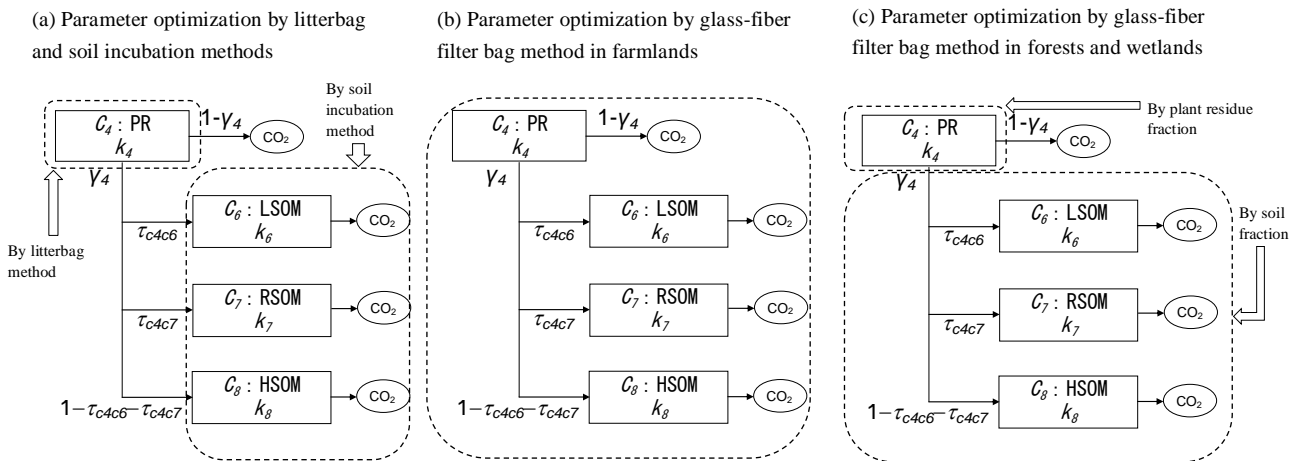


Fig. 1 Schematics of the litter and soil carbon transfer and accumulation model.

PR, LSOM, RSOM, and HSOM indicate plant residue, labile, resistant, and highly resistant soil organic matter, respectively.

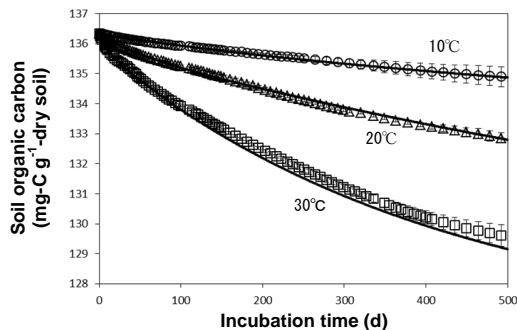


Fig. 2 Decrease in the organic carbon of incubated soils collected from the 21-yr-old Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) plantation.

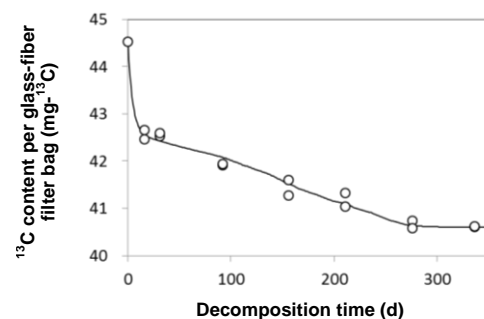


Fig. 3 Decrease in ^{13}C content per glass-fiber filter bag recovered from a carrot field on farmland.