

第5章 排出放射性炭素の蓄積評価に関する調査研究

5.1 森林・湿地・耕地における炭素移行・蓄積に関する調査研究

Carbon Transfer and Accumulation in Forests, Wetlands and Farmlands

鈴木 静男, 永井 勝, 坂田 洋, 新井 竜司, 小松原 修, 多胡 靖宏, 中村 裕二
環境シミュレーション研究部

Shizuo SUZUKI, Masaru NAGAI, Hiroshi SAKATA, Ryuji ARAI,
Osamu KOMATSUBARA, Yasuhiro TAKO and Yuji NAKAMURA

Department of Environmental Simulation

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 will transfer into terrestrial ecosystems and will be accumulated in them. In order to predict the fate of ^{14}C discharged from the reprocessing plant, it is necessary to develop a transfer and accumulation model of carbon in terrestrial ecosystems, including the processes of photosynthetic fixation of carbon and the decomposition of organic matter. Various ecosystems, such as forests, wetlands, paddy fields, farmlands and pastures are found around the reprocessing plant. To estimate carbon transfer rates from the atmosphere to plants in forests and tree plantations which are the most widespread, we investigated the above-ground net primary productivity (ANPP) in actual fields. For the estimation of carbon fixation rates in tillage, we studied the gross primary productivities (GPPs) of representative crops and vegetation in paddy fields, farmlands and pastures using the Closed Plant Experiment Facility. The decomposition rates of organic matter were also measured in soils of those ecosystems to get carbon balance in the target fields.

The ANPPs at a *Fagus crenata*-dominated forest and a *Quercus crispula*-dominated deciduous broad-leaved forest, and those at a 19-y-old and a 65-y-old *Cryptomeria japonica* tree plantation were estimated as 0.9, 0.9, 2.1, and 6.0 kg-dry $\text{m}^{-2} \text{y}^{-1}$, respectively, based on the summation of annual fine litter fall and annual wood increment in the above-ground biomass from 2010 to 2011.

The GPPs of timothy grass, rice and Japanese radish plants were measured at six growth stages of these plants by pot cultivation experiments using soils in actual fields. The air and soil temperatures, soil moisture, and light intensity were controlled to simulate those in actual cultivation fields. While similar maximum GPPs at the saturated light level were found for timothy grass over the entire growth period, those of rice and Japanese radish plants decreased with the increased number of days after sowing.

To investigate the decomposition rate of soil organic matter in wetlands, mixtures of ^{13}C -labelled plants and wetland soil were packed into glass-fiber filter bags, and buried both in an actual wetland and a simulated wetland in the Closed Geosphere Experiment Facilities in FY 2010. In FY 2011, similar glass-fiber filter paper bags containing mixtures of ^{13}C -labelled plants and forest, paddy field, farmland or pasture soil were buried in each type of field. Concentrations of ^{13}C in fractions separated chemically from the materials in the bags in wetlands were measured at 14 d and 162 d after the burying. The ^{13}C

concentration decreased in the order of base-soluble > acid-insoluble > acid-soluble > base-insoluble fractions.

To obtain temperature dependency of the decomposition rate of organic materials in soil, soil samples from forests, wetlands, paddy fields, farmlands and pastures were incubated in the laboratory at different temperatures (10, 20, and 30°C), and were measured for respired CO₂. All soil samples showed an increase in respired CO₂ with temperature. The incubation experimental study will continue until the end of FY 2012.

1. 目的

大型再処理施設から排出される炭素-14 (¹⁴C) について、施設周辺地域において代表的な森林、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23年度は、以下の調査を行った。(1) 植物-土壌試験系における炭素固定量調査 (2) 土壌有機物分解試験 (3) 土壌の有機物分解に関する温度パラメータ取得試験。

2. 方法

2.1 植物-土壌試験系における炭素固定量調査

森林の炭素固定量を評価するために、ミズナラ優占林、ブナ優占林、林齢65年と19年のスギ林において、樹木固体の地上部現存量、年相対成長速度及びリターフォール量を調査し、地上部純一次生産速度を求めた。樹木個体の地上部現存量は、全樹木の胸高直径（5 cm 以上）測定値からアロメトリー式を用いて推定し（落葉広葉樹：Takagi et al. 2010、スギ：渡邊・茂木 2007）、平成22年度と23年度の地上部現存量の差から樹木個体の年相対成長速度を求めた。さらに、落葉や落枝などのリターフォールを2~4週間の間隔で回収し、1年間のリターフォール量を推定した。得られた1年間の地上部現存量の増分とリターフォール量の総和から地上部純一次生産速度を求めた。

作物の炭素固定量を評価するために、閉鎖系植物実験施設において、チモシー、イネ、ダイコンを、それぞれ野辺地町、十和田市、六戸町の過去五カ年の気象条件（気温、地温、土壌水分、光量子束密度）を1週間ごとに平均した環境条件下で、ポットを用

いた土耕法によって栽培した。栽培期間中に、光量子束密度を4段階に変化させ、総一次生産速度への影響を検討する短期の実験を成長段階別に6度行った。総一次生産速度は、閉鎖系陸圏実験施設で確立した方法（Suzuki et al. 2012）を用い、栽培環境でのCO₂濃度変化及び供給または除去CO₂量を基に評価した。測定した総一次生産速度は葉乾物重量当りで表し、光量子束密度との関係を成長段階別に解析した。

2.2 土壌有機物分解試験

土壌に供給された植物の分解速度、土壌有機物各分画の残留性を評価するため、平成22年度に¹³Cで標識したヨシの葉と稈をそれぞれ湿地土壌と混合し、ガラス繊維ろ紙に充填して、野外の湿地と閉鎖系陸圏実験施設内の試験用湿地に埋設した。埋設後、14日と162日目にガラス繊維ろ紙の内容物を比重分画した（1.0 g cm⁻³と1.6 g cm⁻³）後、Koarashi et al. (2009)に基づき化学分画処理（1.2 M HCl と 1.2 M NaOH 溶液）を行った。沈殿物または不溶性画分の試料重量、全炭素含有量、¹³C含有量を測定し、土壌に供給された有機物の残留量を求めた。森林、水田、畑地、牧草地は、平成23年度に¹³C標識植物と土壌を充填したガラス繊維濾紙を埋設し、分解試験を開始した。

2.3 土壌の有機物分解に関する温度パラメータ取得試験

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、2 mm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、30°Cの恒温培養実験を行った。定期的に培養瓶内部の気体を採取し、ガスクロマトグラフィーによりCO₂濃度を測定し、有機物分解によるCO₂放出量を求め、培養温度との関連を検討した。

3. 成果の概要

3.1 植物-土壌試験系における炭素固定量調査

単位地上面積当りの樹木固体の地上部重量年間増加量は、ミズナラ優占林、ブナ優占林、林齢 65 年と 19 年のスギ林で、それぞれ 0.5、0.5、1.7、5.3 kg-dry m² y⁻¹であった。また、それぞれの調査地で 1 年間のリターフォール量は 0.407、0.364、0.445、0.653 kg-dry m² y⁻¹であり、地上部純一次生産速度は 0.9、0.9、2.1、6.0 kg-dry m² y⁻¹であった。

閉鎖系植物実験施設で栽培したチモシー、イネ、ダイコンは、野外と類似した成長量を示した。全ての作物において、総一次生産速度を光量子束密度の直角双曲線関数に近似し、成長段階別に光量子束密度から総一次生産速度が得られるようになった。Fig. 1 に回帰分析の例を示す。これらの関数は、チモシーでは播種後の日数に関らず類似しており、一方、イネとダイコンでは播種後の日数が増加するにつれ、最大光合成速度が低下した。

3.2 土壌有機物分解試験

ガラス繊維ろ紙内容物の初期試料 1 g 当りの¹³C含有量は、333 μg ¹³C g⁻¹であり、ガラス繊維ろ紙埋設から回収までの経過時間が、14 日から 162 日に増加するに従って、回収試料中の¹³C含有量は、238 μg ¹³C g⁻¹から 203 μg ¹³C g⁻¹へと減少した。また、回収試料を分画した¹³C含有量は、162 日目の 1.6 g cm⁻³による比重分画後の試料を例にとると、酸可溶性画分、酸不溶性画分、塩基可溶性画分、塩基不溶性画分で 29、34、35、1 μg ¹³C g⁻¹であった。これらの結果は、試料内の有機物が分解し、CO₂やCH₄として外部に放出されたこと、有機物の形態が変化し、別の画分に移行したためと考えられる。今後は、継続的に回収を行い同様に分画することでデータ数を増やし、各画分の分解係数を求める予定である。

3.3 土壌の有機物分解に関する温度パラメータ取得試験

培養瓶中の二酸化炭素濃度は実験期間を通じてほぼ直線的に増加した。24 日間でCO₂として放出された炭素量は、10、20、30°Cの条件下で、牧草地：1.4、1.6、24.7 μg C g⁻¹-soil、畑地：1.9、2.6、14.6 μg

C g⁻¹-soil、水田：0.2、2.4、42.8 μg C g⁻¹-soil、湿地：1.4、8.1、194.0 μg C g⁻¹-soil、ミズナラ優占林：1.2、10.1、64.7 μg C g⁻¹-soil、林齢 65 年のスギ林：1.1、17.9、196.0 μg C g⁻¹-soilであった。全ての土壌で温度とともにCO₂放出速度が増加した。今後、培養実験を継続することで、土壌有機物分解の温度依存性を明らかにする。

引用文献

- Koarashi et al. (2009) Glob. Chang. Biol., 15: 631-642.
Suzuki et al. (2012) J. Hydrometeorol., 13: 966-980.
Takagi et al. (2010) Eurasian J. For. Res., 13: 1-7.
渡邊, 茂木 (2007) 岐阜県森林研研報, 36: 7-13.

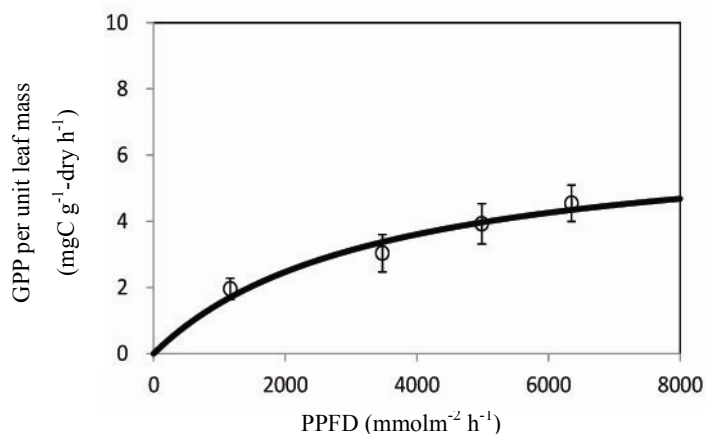


Fig. 1 Relationship between photosynthetic photon flux density (PPFD) and gross primary productivity (GPP) per unit leaf mass of rice plant at 74 d after sowing.