

1.4 陸圏における放射性物質蓄積評価に関する調査研究

Transfer and Accumulation of Tritium and Radiocarbon in Terrestrial Ecosystems

谷 享, 永井 勝, 藤井 正典, 綾部 慈子, 多胡 靖宏, 久松 俊一
環境影響研究部

Takashi TANI, Masaru NAGAI, Masanori FUJII, Yoshiko AYABE, Yuichi TAKAKU,
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 tritium (^3H , T) and ^{14}C mainly in the form of HTO and $^{14}\text{CO}_2$. In terrestrial ecosystems around the reprocessing plant, both radionuclides are incorporated into organic compounds in plants mainly due to photosynthesis, followed by their supply to soil such as via dead leaves and roots. This raises the concern about accumulation of those radionuclides in soil, because soil organic matter is recognized as the largest carbon pool in terrestrial ecosystems. In order to predict the accumulation of those radionuclides in terrestrial ecosystems, simulation models to describe the dynamics of ^3H and ^{14}C in organic matter and HTO concentration in soil and plant are required. We selected a Japanese radish field, a meadow, and a forest of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*), which are common around the reprocessing plant, as our target. To construct those models, we are measuring many parameters, which will be used in the models, through field observations and laboratory experiments.

After we established an experimental Japanese radish (*Raphanus sativus*) field in FY 2017 in our institute for determining the parameters of the soil moisture model, the growth data of leaves and roots and soil moisture were measured, followed by estimation of the water percolation parameters.

In a 50×50 m quadrat in a black pine forest established ~5 km east of the reprocessing plant in FY 2015, trunk circumference and tree height of all trees were measured for determination of growth rate of all trees during 2 years. The growth rate of fine roots was measured by root-ingrowth cores installed in FY 2016. Monthly fallout rates of above-ground litter have been contentiously measured from July 2015, for obtaining input rate of dead plant matter to the forest floor. For getting parameters affecting water dynamics in the forest, water equivalent of snow and soil properties affecting water percolation were measured.

In the experimental meadow established in FY 2015 in our institute, the growth data of timothy (*Phleum pratense*) germinated in autumn of 2015 were obtained. The contribution of carbohydrates accumulated in stem base to newly produced shoot (leaf and stem) was found to be ~1% by analyzing the ^{13}C concentration in the first-harvested grasses after labeling with ^{13}C during the final growing period in the year before. To clarify the retention of ^3H photosynthesized during growth of the third-harvested timothy, timothy were sequentially exposed to deuterium-enriched water (HDO) vapor, followed by analyzing non-exchangeable organically bound deuterium (NxOBD) concentrations in the shoot at harvest. High NxOBD retention was observed in shoot exposed at 20-40 days after second-harvesting. A hydrological model to predict water dynamics in the meadow was constructed by using water content data in several soil

layers in 2017 and validated with an experiment spraying HDO on the meadow. The results showed that further improvement of the model was necessary, though the values estimated by the model agreed fairly well with the measured results.

Finally, the basic models of ^3H and ^{14}C dynamics in the meadow and forest were constructed by using provisional parameters and they were confirmed to run during 50 y without unreasonable outputs.

1. 目的

大型再処理施設の稼働に伴い排出される放射性炭素 (^{14}C) 及びトリチウムの一部は、光合成により植物有機物に固定され、植物体の枯死脱落及び分解の過程を経て土壤中に長く滞留すると考えられる。そこで、大型再処理施設周辺に分布する畑地、牧草地、森林（クロマツ林）を対象として、畑地及び牧草地ではトリチウムの土壌への蓄積を予測するモデルを、クロマツ林では ^{14}C とトリチウムの土壌への蓄積を予測するモデルを作成し、環境への蓄積を評価することを目的とする。

平成 29 年度は畑地、牧草地、クロマツ林において、土壌水中のトリチウム濃度を推定する土壌 HTO 移行モデルの作成に必要なデータを取得するための土壌水下方浸透量調査を行った。さらに、クロマツ林において樹木による有機物生成速度を推定するための有機物生成量調査、樹木の地上部から地表への有機物供給量を求めるためのリター供給量調査、及びリターの分解パラメータを求めるためのリター分解調査を行い、牧草地においては、牧草のトリチウム代謝モデルの作成に必要な牧草の生長データ及びトリチウム代謝データの取得を行った。加えて、牧草のトリチウム代謝モデル及びクロマツ林の植物有機物生成モデルの基本設計を行った。

2. 方法

2.1 畑地におけるトリチウム蓄積調査

環境研構内でダイコンを栽培している試験圃場において土壌水下方浸透量調査を行い、土壌水分量の経時変化データ及び土性データを取得した。

2.2 牧草地におけるトリチウム蓄積調査

土壌水下方浸透量調査では、2 年草地で土壌水分量と積雪量の経時変化及び土性を調査し、土壌 HTO 移行モデルの検証のための重水散布実験を 1 年草地

で行った。牧草の生長データの取得では 2 年草各部位の現存量を時期別に測定した。牧草のトリチウム代謝データの取得では、 ^{13}C トレーサ実験により越冬後の 1 番草の茎葉再生への貯蔵有機物の寄与率を求めるとともに、3 番草の生育時期別に重水蒸気にばく露し、新規に生成した非交換型有機結合型重水素 (OBD) の 3 番草刈取り日での残存濃度を測定した。

2.3 クロマツ林における放射性炭素・トリチウム蓄積調査

有機物生成量調査では、毎木調査による幹周囲長及び樹高データの取得、イングロースコア法による細根生産量の測定、広葉樹の葉の生長曲線の作成を行った。リター供給量調査では、リタートラップ法により月別にリターフォール量を測定した。リター分解調査では、平成 28 年度に調査区内の地表面に設置した ^{13}C 標識体バッグを一部回収し、設置から 1 年経過後の分解データを取得した。土壌水下方浸透量調査では、林外の気象データ並びに林内の土壌水分量及び積雪量の経時変化データを取得した。

2.4 モデルの作成

平成 29 年度までの実測データに基づき、牧草のトリチウム代謝モデル及びクロマツ林の植物有機物生成モデルの基本設計を行った。

3. 成果の概要

3.1 畑地におけるトリチウム蓄積調査

土壌水下方浸透量調査において、畑地土壌の土性データ及びダイコン栽培期間での土壌水分量の経時変化データを取得し、土壌水の下方向浸透パラメータを求めた。

3.2 牧草地におけるトリチウム蓄積調査

土壌水下方浸透量調査では、土性データ及び土壌水分量の経時変化データから 2 年草地での土壌水の下方向浸透パラメータを求め、積雪量の経時変化を明

らかにした。さらに、1年草地への重水散布により、散布後約2ヶ月間の土壤水中重水素濃度の推移を明らかにした。なお、2年草地では生長データの取得として番草別に牧草各部位の乾燥重量を求めた。

牧草のトリチウム代謝データの取得では、越冬後の1番草生育時の ^{13}C の挙動を追跡し、越冬後の茎葉再生への貯蔵有機物の寄与率が約1%であることを明らかにした。さらに、3番草への時期別の重水蒸気ばく露により、収穫部位の生長が盛んな2番草刈取り後20~40日 (Fig. 1A) の間で生成した非交換型OBDが、3番草刈取り日の収穫部位に残存しやすいことを明らかにした (Fig. 1B)。

3.3 クロマツ林における放射性炭素・トリチウム蓄積調査

有機物生成量調査では、2年間でのクロマツ及び落葉広葉樹の幹周囲長の変化量が、平均値及び標準偏差でそれぞれ $8.2 \pm 14 \text{ mm}$ 、 $9.7 \pm 15 \text{ mm}$ となることを毎木調査により明らかにした。1年間の細根生産量は平均及び標準偏差で $47.6 \pm 25.2 \text{ g dry m}^{-2}$ と求めた。また、ツタウルシを対象種とした調査によ

り、広葉の乾燥重量 (g-dry leaf^{-1}) が8月に最大になることを明らかにした。

リター供給量調査では、リターフォール量が広葉樹の落葉期である10月に最大になるという結果を得た。リター分解調査では、 ^{13}C 標識体の乾燥重量が1年で43%減少したことを明らかにした。土壤水下方浸透量調査では、土壤水分量が深さ約20 cmまでの黒土層で大きく変動し、積雪相当水量は3月上旬から減少に転じるという結果を得た。

3.4 モデルの作成

設計した牧草のトリチウム代謝モデル及びクロマツ林の植物有機物生成モデルを土壤有機物分解モデルと連結し、暫定のパラメータを用いて、牧草地及びクロマツ林でそれぞれ土壤有機物中のトリチウム濃度及び ^{14}C 濃度の50年に亘る変化を算出可能であることを確認した。

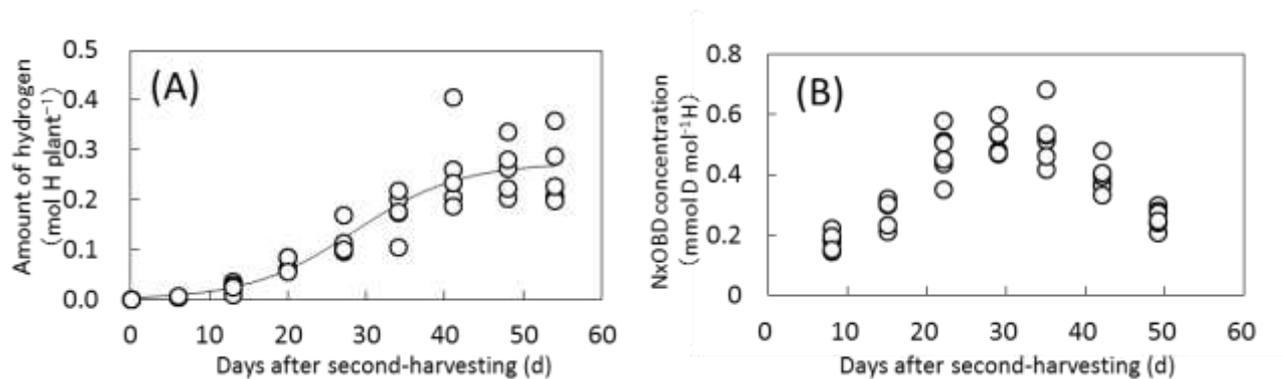


Fig. 1 Changes in hydrogen amount (A) and non-exchangeable organically bound deuterium (NxOBD) concentrations (B) in shoot (leaf and stem) harvested at 54 days after second-harvesting.