

## 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, 高久 雄一, 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

Operation of the spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan, is accompanied by the discharge of a small amount of tritium ( $^3\text{H}$ , T) and  $^{14}\text{C}$  mainly in the forms of HTO and  $^{14}\text{CO}_2$ , respectively. 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 a 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  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  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 targets. To construct those models, we are measuring many parameters, which will be used in the models, through field observations and laboratory experiments.

We established an experimental Japanese radish (*Raphanus sativus*) field in FY 2017 in our institute for determining the parameters of the soil moisture model. Temporal changes of the soil water content have been continuously measured in several soil layers during the crop cultivation period since FY 2017. Obtained data were used to construct soil water dynamics model mentioned below.

In a  $50 \times 50$  m quadrat in a black pine forest established ~5 km east of the reprocessing plant in FY 2015, 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 continuously 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, soil water content 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 have been continuously obtained in FY 2018. To clarify the long-term retention of photosynthate translocated to perennial plant parts (i.e., stem base and root), timothy was labelled with  $^{13}\text{C}$  before the first harvest in FY 2018, and the concentration of  $^{13}\text{C}$  in the stem base and root at the second and third harvest was determined. Since significant retention of  $^{13}\text{C}$  in the perennial parts in the third-harvest plant was found, we decided that the cultivation of  $^{13}\text{C}$ -labelled timothy should be continued in FY 2019 to establish the long-term retention of photosynthate in the parts.

Hydrological models to predict soil water dynamics in each of our targets, the Japanese radish field, meadow and forest, were constructed by using water content data in several soil layers. The model in the

meadow was validated with an experiment spraying HDO on the ground surface. Although the estimated HDO concentrations agreed fairly well with the measured ones, further tuning of model parameters may improve the results.

## 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 ( $^{14}\text{C}$ ) 及びトリチウム ( $^3\text{H}$ ) 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  $^3\text{H}$  の土壌への蓄積を予測するモデルを、クロマツ林では  $^{14}\text{C}$  と  $^3\text{H}$  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 30 年度は畑地、牧草地、クロマツ林において、土壌中のトリチウム水（HTO）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、土壌水下方浸透量調査により取得した。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、牧草地については、牧草の  $^3\text{H}$  代謝モデルの作成に必要な牧草の生長データ及び  $^3\text{H}$  代謝データの取得を行った。加えて、土壌 HTO 移行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、3 年草地で土壌水分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行った。牧草の生長データの取得では 3 年草各部位の現存量を時期別に測定した。牧草の  $^3\text{H}$  代謝データの取得では、光合成で新規に生成した有機物の長期挙動を明らか

にするため、1 番草を  $^{13}\text{C}$  で標識し、2、3 番草での残存  $^{13}\text{C}$  濃度データを取得した。

### 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、イングロースコア法により細根生産量を測定し、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 年度にクロマツ林内の地表面に設置した  $^{13}\text{C}$  標識体バッグを一部回収し、設置から 2 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土性データを取得した。

### 2.4 モデルの作成

平成 30 年度までの実測データに基づき、畑地、牧草地、クロマツ林の土壌 HTO 移行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 3 年草地での土壌水の下方向浸透パラメータを求めた。さらに、3 年草地への重水散布により、散布後約 2 ヶ月間の土壌水中重水素濃度の推移を明らかにした。生長データの取得では、3 年草の番草別に牧草各部位の乾燥重量を求めた。

牧草の  $^3\text{H}$  代謝データの取得において、 $^{13}\text{C}$  標識した 1 番草の刈取り日の茎葉基部及び根における  $^{13}\text{C}$  濃度がそれぞれ  $36 \pm 2 \text{ mmol } ^{13}\text{C mol}^{-1} \text{ C}$ 、 $41 \pm 4 \text{ mmol } ^{13}\text{C mol}^{-1} \text{ C}$  であり、3 番草刈取り日にはそれぞ

れ  $15 \pm 2 \text{ mmol } ^{13}\text{C mol}^{-1} \text{C}$ 、 $17 \pm 4 \text{ mmol } ^{13}\text{C mol}^{-1} \text{C}$  にまで減衰していた。3 番草刈取り日の残存  $^{13}\text{C}$  濃度はバックグラウンド濃度 ( $10.8 \text{ mmol } ^{13}\text{C mol}^{-1} \text{C}$ ) よりも高いことから、平成 31 年度に牧草の栽培を継続して残存  $^{13}\text{C}$  濃度の時間変化データを取得することで、新規生成有機物の長期挙動を明らかにする。

### 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、イングロースコア設置から 2 年間の細根生産量が  $119 \pm 93 \text{ g-dry m}^{-2}$  と求まった。リター供給量調査では、リターフォール量が広葉樹及びクロマツの落葉期である 10 月及び 11 月に最大になるという結果を得た。リター分解調査では、 $^{13}\text{C}$  標識体の乾燥重量が設置から 680 日経過

後に 28% まで減少したことを明らかにした。土壌水下方浸透量調査では、土壌水分量が深さ 20 cm までの黒土層で大きく変動し、20 cm 以深の層では比較的安定して推移するという結果を得た。

### 3.4 モデルの作成

土壌水分量の時間変化データに基づき、畑地、牧草地、クロマツ林の土壌 HTO 移行モデルを作成した。重水散布実験を行った牧草地については、土壌水中重水素 (D) 濃度の時間変化のモデル推定値が実測値と概ね一致するという結果を得た (Fig. 1)。

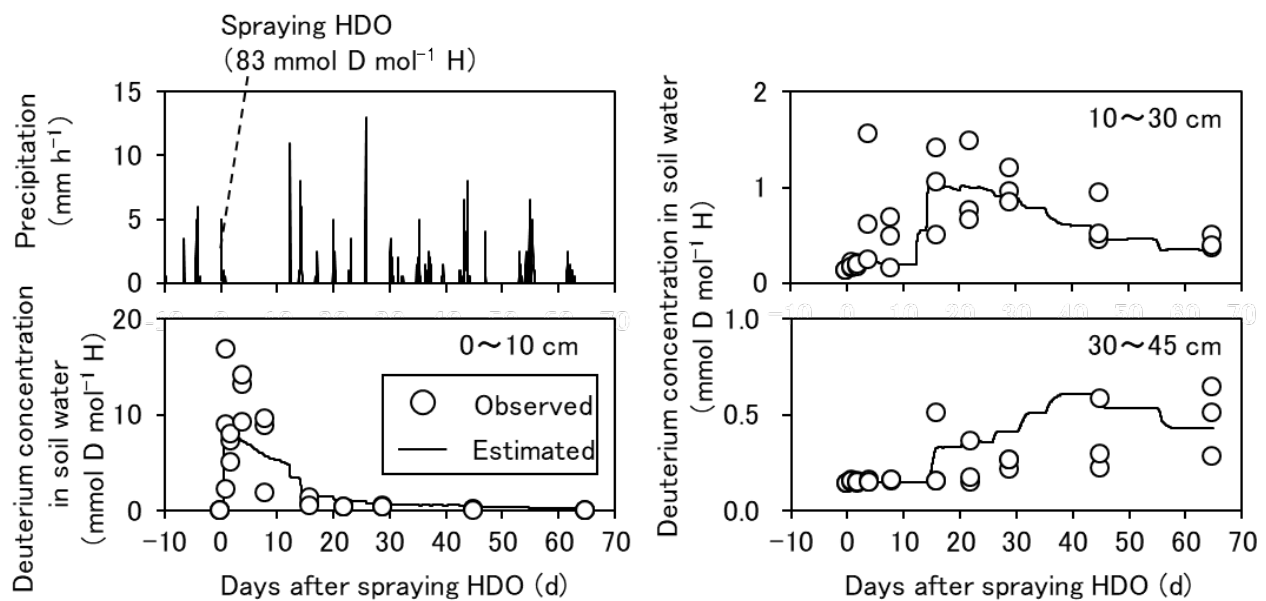


Fig. 1 Observed and estimated concentrations of deuterium in soil water of the 1-yr meadow where deuterium-enriched water (HDO) was sprayed to the soil surface. Replicated data are separately presented for each soil layer.