

## 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 the soil HTO dynamics model.

In a  $50 \times 50$  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 their growth rate. 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. The dead plant matter can be divided into decomposable and resistant materials, and the division ratio was determined by litter-bag experiments using  $^{13}\text{C}$ -labelled leaves of Japanese black pine. For getting parameters affecting HTO 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 2019. To clarify the long-term retention of photosynthate translocated to perennial plant parts (i.e., stem base and root), timothy labelled with  $^{13}\text{C}$  before the first harvest in FY 2018 was continuously cultivated, and the concentration of  $^{13}\text{C}$  in the stem base and root was determined in FYs 2018 and 2019.

Simulation models to predict the accumulation of  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  as organic matter in soils of the Japanese

radish field, meadow and forest were constructed. We simulated the accumulation of  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  as organic matter in soils of the Japanese radish field, meadow and forest using our newly constructed model. In this simulation, temporal changes in the concentrations of  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  in soils during 40 years were calculated under the condition that the concentrations of  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  in air were constantly elevated. The concentrations of  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  in soils increased, and only the concentration of  $^3\text{H}$  reached the plateau level during 40 years because of its shorter physical half-life than  $^{14}\text{C}$ .

## 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壌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、 $^{14}\text{C}$  及び  $^3\text{H}$  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した。

令和元年度は畑地、牧草地及びクロマツ林において、土壌のトリチウム水（HTO）濃度を推定するモデルの作成に必要なデータを取得した。さらに、クロマツ林においては樹木による有機物生成量及びリター供給量を求めるとともに、地表におけるリター分解速度データを取得した。牧草地については、牧草の  $^3\text{H}$  代謝のモデル化に必要な生長データ及び有機物代謝データを取得した。令和元年度までに取得したデータに基づき作成したモデルにより、 $^{14}\text{C}$  と  $^3\text{H}$  の土壌有機物としての蓄積を 50 年に亘り地目別に予測した。

## 2. 方法

### 2.1 畑地におけるトリチウム蓄積調査

環境研構内の試験圃場にて土性データ及びダイコン栽培期間中の土壌水分量データを取得した。

### 2.2 牧草地におけるトリチウム蓄積調査

4 年草地で土壌水分量及び土性を測定して土壌水下方浸透量を調査するとともに、4 年草各部位の現存量を時期別に測定することにより、生長データを取得した。さらに、平成 30 年度に  $^{13}\text{C}$  標識した牧草の栽培を継続し、部位別の残存  $^{13}\text{C}$  濃度を測定し、長期にわたる  $^{13}\text{C}$  の部位別残存データを取得した。

### 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

樹木現存量及び細根生産量により有機物生成量を測定し、月別リターフォール量の測定によりリター供給量を取得した。さらに、リター分解率の調査のため、 $^{13}\text{C}$  標識体バッグの林内地表面への設置から 3 年経過後の分解データを取得した。土壌中 HTO 濃度を推定するモデルを検証するための重水散布実験を行うとともに、林外の気象データ並びに林内の土性データを取得した。

### 2.4 モデルの作成

令和元年度までの実測データに基づき、畑地、牧草地、クロマツ林における  $^{14}\text{C}$  及び  $^3\text{H}$  の土壌有機物としての蓄積を評価するモデル（蓄積評価モデル）を作成した。Fig. 1 にその概略を示した。

## 3. 成果の概要

### 3.1 畑地におけるトリチウム蓄積調査

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

土壌水下方浸透量の調査では、土性及び土壌水分量データから 4 年草地での土壌水の下方向浸透パラメータを求めた。生長データの取得では、4 年草の番草別に牧草各部位の乾燥重量を求めた。さらに、多年生部位に移行した  $^{13}\text{C}$  の 2 年目の残存濃度を取得し、1 番草から 3 番草にかけて  $^{13}\text{C}$  濃度が緩やかに減少することを明らかにした。

### 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

有機物生成量を調査した結果、細根を除く樹木現存量は  $27 \text{ kg-dry m}^{-2}$  であり、細根の生産速度が 89

g-dry m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup>であった。リター供給量の調査では、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。さらに、<sup>13</sup>C 標識体の <sup>13</sup>C 量の経年変化データに基づき、クロマツ葉リター中の易分解性有機物の比率が33%という推定値を得た。加えて、重水散布後2ヶ月間の土壌水中重水素濃度の推移を明らかにした。

### 3.4 モデルの作成

畑地、牧草地、クロマツ林の地目別に蓄積評価モデルを作成した。モデルによる蓄積評価では、大気水蒸気及び降水中 <sup>3</sup>H 濃度並びに大気中 <sup>14</sup>C 濃度の入力値として、40 年間は過去に実施されたせん断・溶

解処理試験（アクティブ試験）期間中の最大値を、その後の10年間はバックグラウンド濃度を使用した（Fig. 2）。蓄積評価モデルにより、土壌の有機態 <sup>14</sup>C 及び <sup>3</sup>H 濃度の40年に亘る上昇及びその後の分解による減衰を推定することができた。物理学的半減期が12.32年と短い <sup>3</sup>H においては、環境中 <sup>3</sup>H 濃度を高めた40年間のうちにクロマツ林土壌の <sup>3</sup>H 濃度の推定値が平衡に達した（Fig. 2b）。

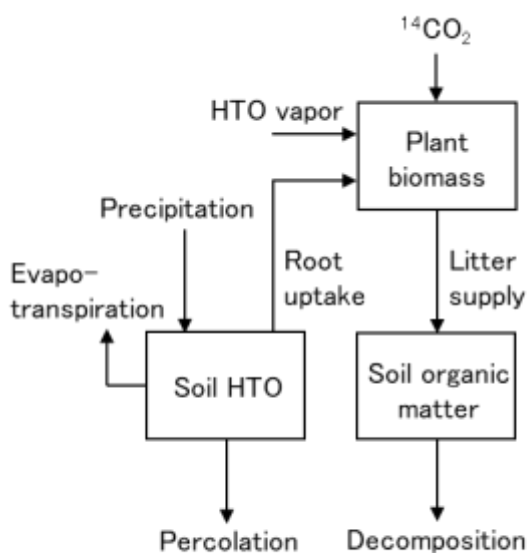


Fig. 1 Scheme of the simulation model to describe the dynamics of <sup>3</sup>H and <sup>14</sup>C in terrestrial ecosystems.

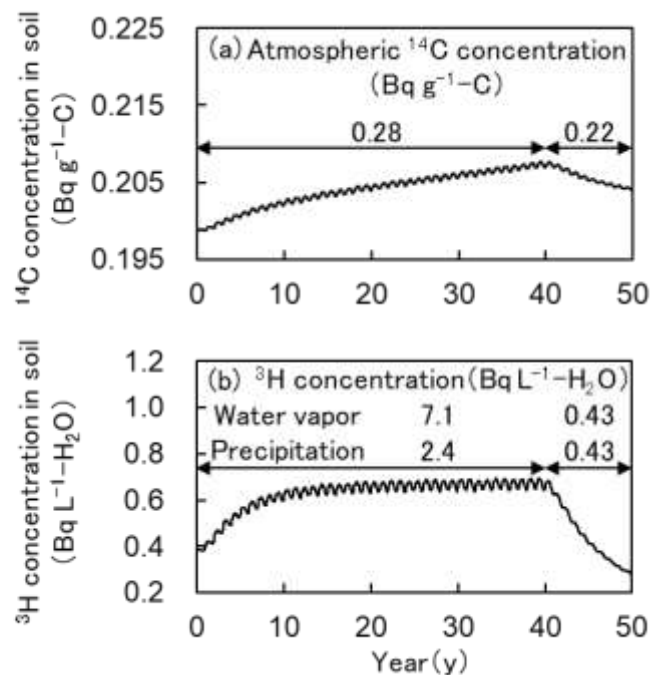


Fig. 2 Simulation results for the concentrations of soil organic <sup>3</sup>H and <sup>14</sup>C in a forest of Japanese black pine.