

## 第3章 排出トリチウムの生物体移行に関する調査研究

### 3.1 大気排出トリチウムの大気－植物間移行パラメータに関する調査研究

#### Tritium Transfer from the Atmosphere to Crops

谷 享, 新井 竜司, 多胡 靖宏, 久松 俊一  
環境影響研究部

Takashi TANI, Ryuji ARAI, Yasuhiro TAKO, Shun'ichi HISAMATSU  
*Department of Radioecology*

#### Abstract

Although its amount is normally limited, tritium ( $^3\text{H}$ ) is released into the atmosphere from operation of the spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan. Tritiated water (HTO) enters crop plants by foliage uptake from the atmosphere and by root uptake after deposition to the ground, which may cause a possible increase in the internal radiation dose of residents in the vicinity of the reprocessing plant who consume these crop plants. Therefore, estimation of the  $^3\text{H}$  concentration in the edible parts of crops is necessary for the assessment of the local radiological impact of  $^3\text{H}$  from the reprocessing plant. In this study, a dynamic compartment model was established to describe tritium accumulation in a root vegetable plant.

We investigated the deuterium enriched water (HDO) uptake of radish plant (*Raphanus sativus* L.) via the leaf and the root. Radish plants were exposed to HDO vapor or HDO-enriched nutrient solution during a light or dark period at 14 d after seeding, and free water deuterium (FWD) concentrations in free water in the leaf and root during and after the exposure were determined. Radish plants were also exposed to HDO vapor at 10, 12, 14, 15, 17 or 19 d after seeding, and organically bound deuterium (OBD) concentrations in the leaf and the root harvested at 20 d after seeding were determined.

From the data obtained, we constructed a five-compartment model of deuterium metabolism in the plant. In this model, the leaf consisted of a FWD compartment and two OBD compartments (OBD1 and OBD2), while the root consisted of a FWD compartment and an OBD compartment. In the leaf, the FWD, OBD1 and OBD2 compartments were sequentially connected to each other, and the FWD and OBD compartments in the root were connected similarly. The OBD1 had output to the root OBD compartment through translocation. Part of the HDO uptake via root directly entered the leaf FWD compartment, and the root FWD compartment had output to soil water.

The values of transfer parameters in the model were estimated from the results of the experiments. Although the model well estimated the OBD concentrations with good agreement to the observed values, estimated FWD concentrations in leaf and the root did not agree well with the observed values. Further study is required to improve the accuracy of the five-compartment model of deuterium metabolism.

#### 1. 目的

大型再処理施設の稼働に伴い微量ながら排出されるトリチウムは、水の形態 (HTO) で作物体内に

移行し、自由水トリチウム (FWT) となる。FWTの一部は代謝によって線量換算係数が FWT より大きな有機結合型トリチウム (OBT) になることから、

現実的な被ばく線量評価のためには、作物中の FWT 及び OBT 濃度を推定できるモデルを構築する必要がある。

本調査研究では、大気-植物自由水間の移行パラメータ及び植物中における OBT の生成・蓄積に関する調査を行い、作物のトリチウム代謝モデルを構築することを到達目標とする。平成 24 年度は、根菜のハツカダイコンのトリチウム代謝モデルを構築するため、安定同位体である重水素 (D) をトレーサとして使用したばく露実験を行った。ばく露した植物の葉と根の自由水重水素 (FWD) 及び有機結合型重水素 (OBD) 濃度の実測値に基づき、ハツカダイコンの D 代謝モデルを作成した。

## 2. 方法

大気中の HTO は植物の葉面から吸収されるだけでなく、土壌への沈着によって根からも吸収される。そこで、トリチウムの吸収部位である葉面及び根からの植物自由水への D 移行を調べるため、ハツカダイコンを気温 20°C、相対湿度 65%、光量子束密度 360~440  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、日長 12 時間で栽培した。播種後 14 日目の明期と暗期に 1、4、7 及び 10 時間重水蒸気または重水添加養液にばく露し、各ばく露終了直後の葉と根の FWD 濃度を調べた。明期に重水蒸気に 10 時間ばく露した個体については、ばく露終了後にバックグラウンドの水蒸気中 D 濃度の人工光栽培室に戻してから 4、14、38 及び 86 時間後の FWD 濃度も調べた。

植物中の OBT の生成・蓄積を調べるため、前述と同様に栽培したハツカダイコンを、播種後 10、12、14、15、17 及び 19 日目の明期と暗期に 2 時間重水蒸気にばく露した。ばく露終了後、水蒸気中 D がバックグラウンド濃度の人工光栽培室で栽培し、播種後 20 日目に収穫した。葉と根を凍結乾燥後粉末にし、OBD 濃度を測定した。

## 3. 成果の概要

ハツカダイコンの葉と根の FWD 及び OBD 濃度の実測値に基づいて、D 代謝モデル (Fig. 1) を作成した。Fig. 1 の  $A_{LF}(t)$ 、 $A_{RF}(t)$ 、 $A_{LO1}(t)$ 、 $A_{LO2}(t)$ 、 $A_{RO}(t)$

は、それぞれ葉の FWD コンパートメント (Leaf FWD)、根の FWD コンパートメント (Root FWD)、葉の OBD コンパートメント 1 と 2 (Leaf OBD1、Leaf OBD2) 及び根の OBD コンパートメント (Root OBD) の D 量 (mol D) を示す。各コンパートメントのサイズはハツカダイコンの成長曲線データに基づき時間変化させた。葉における D の葉面吸収速度 ( $I_L(t)$ , mol D  $\text{d}^{-1}$ ) と経根吸収速度 ( $I_{RL}(t)$ , mol D  $\text{d}^{-1}$ ) の和に対する  $I_L(t)$  の比率は、実測した大気相対湿度に等しいと仮定した。経根吸収による Root FWD コンパートメントへの D 移行速度 ( $I_R(t)$ , mol D  $\text{d}^{-1}$ ) は、個体の D 総吸収速度から  $I_L(t)$  と  $I_{RL}(t)$  を引いた値に等しいと仮定した。葉面の気孔を開いて光合成を行う明期の蒸散速度定数 ( $k_1(t)$ ,  $\text{d}^{-1}$ ) は、成長曲線データから求めた光合成速度に基づき算出した。葉面のクチクラ層を介して蒸散する暗期では、 $k_1(t)$  の値は栽培期間を通して一定とした。暗期の  $k_1(t)$  及び Fig. 1 に示したその他の速度定数 ( $k_2(t)$ ,  $k_3$ ,  $k_4(t)$ ,  $k_5$ ,  $k_6$ ,  $k_7(t)$ ,  $k_8(t)$ ,  $k_9$ ,  $k_{10}(t)$ ,  $k_{11}$ ) は、明期及び暗期に葉面と根から吸収した D の FWD としての濃度と、明期及び暗期に葉面から吸収した D の OBD としての収穫時残存濃度のデータを用いて、最小二乗法により推定した。

葉面から吸収した D の FWD としての濃度及び OBD としての収穫時残存濃度を、それぞれ Fig. 2 と Fig. 3 に示す。Fig. 2 に示されるように、明期に吸収した D の FWD としての濃度が根で過大評価となり、暗期では葉と根の FWD 濃度が過小評価となる場合があった。今後は有機物としての水素の挙動を非交換型 OBD で評価するとともに、FWD コンパートメント数及び水素移行経路について検討を行う予定である。

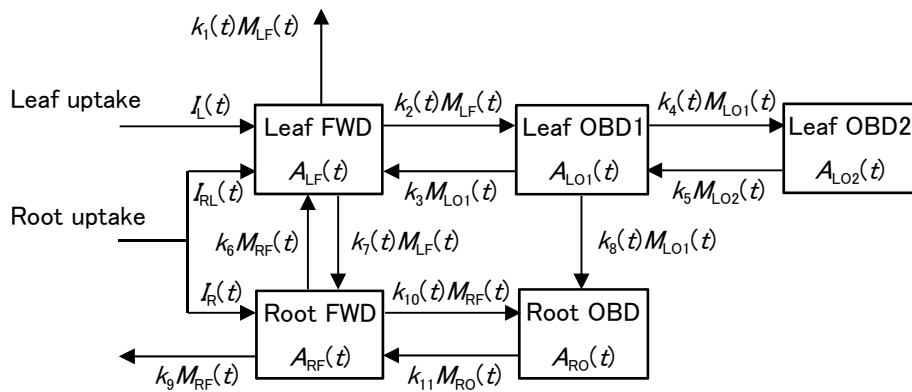


Fig. 1 Scheme of five-compartment model of deuterium metabolism in radish plant.

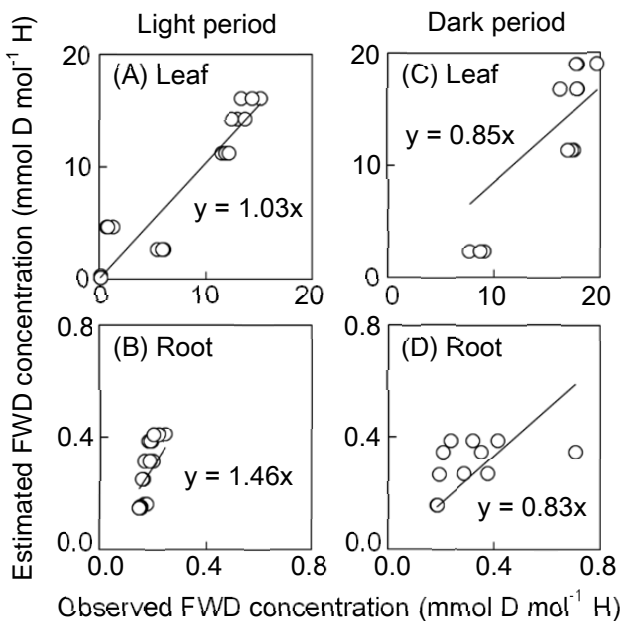


Fig. 2 Observed and estimated deuterium concentrations in free water of leaf (A, C) and root (B, D) of radish plants exposed to deuterium-enriched water vapor during light or dark periods at 14 d after seeding.

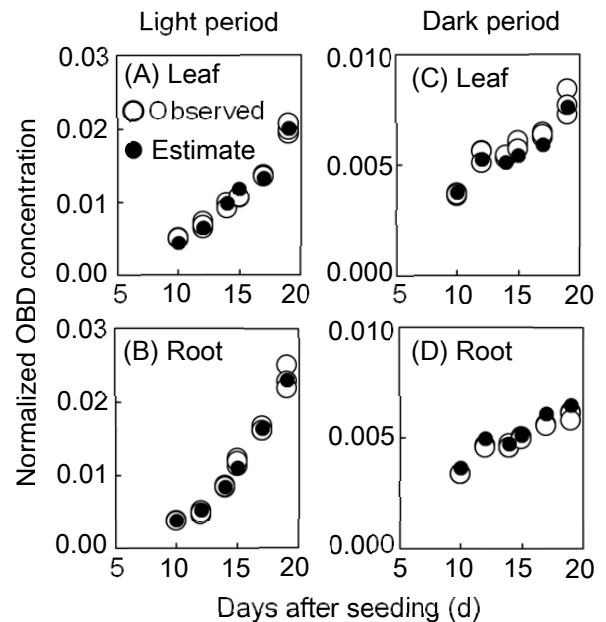


Fig. 3 Observed and estimated OBD concentrations in leaf (A, C) and root (B, D) of radish plants exposed to deuterium-enriched water vapor during light or dark periods at 10, 12, 14, 15, 17 or 19 d after seeding and harvested at 20 d after seeding. Values of the observed and estimated OBD concentrations are normalized by deuterium concentrations in air moisture during each exposure.