

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

Trace amounts of tritium (^3H) are expected to be released into the atmosphere from operation of the spent nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho, Japan. Since tritiated water (HTO) is transferred to crop plants and can be incorporated into organic compounds, estimation of the ^3H concentration in the edible parts of crop plants is necessary for the assessment of the local radiological impact of ^3H from the reprocessing plant. The purpose of this study is to establish a dynamic compartment model describing tritium accumulation in crop plants.

Tritiated water is transferred from the atmosphere to free water of crop plants through the stomata and cuticles covering the epidermis. The transfer rate of HTO through the plant surface differs between light and dark periods due to stomata activity, while the production rate of organic matter also increases in the light period. Therefore, experimental data on tritium transfer from the atmosphere to the organic matter of crop plants during both light and dark periods are necessary for the establishment of the model describing tritium accumulation in the plants.

In FY 2013, we obtained data for transfer of deuterium, which was used instead of tritium, from the atmosphere to rice plants by exposing them to deuterium-enriched water (HDO) vapor during the dark period. In FY2014, rice plants at 87 d after seeding were exposed to HDO vapor during the light period for 10 h, and free water deuterium (FWD) concentrations in the grain, shoot (leaf and stem) and root during the exposure were determined. Rice plants were also exposed to HDO vapor at 67, 73, 82, 90, 100, 104 or 112 d after seeding, followed by the measurement of non-exchangeable organically bound deuterium (NxOBD) concentrations in the grain, shoot and root harvested at 126 d after seeding.

By using both data in FY2013 and FY2014, we constructed an eight-compartment model of deuterium metabolism in rice plant. The model consisted of a FWD compartment of each grain, leaf, stem and root; an NxOBD compartment of each grain and root; and two NxOBD compartments of shoot. It is notable that the two NxOBD compartments of shoot included the leaf and stem, and one of the compartments was for only storage of NxOBD. Direct synthesis of shoot NxOBD from HDO via root uptake was included in the model for better describing NxOBD concentration in the compartment. Heavy water entered the plant from the surface of the grain, leaf and stem as well as via the root, and transpired from surfaces of the grain, leaf and stem. The values of transfer parameters in the model were estimated with the results of exposure experiments by a least square fitting method, while the transpiration rate constant through stomata was estimated from the

photosynthesis rate based on growth data of the plant. The estimated concentrations of FWD and NxOBD compartments in the rice plant obtained by the model agreed relatively well with the observed values.

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の一部は、自由水トリチウム (FWD) 及び有機結合型トリチウム (OBT) として作物体内に蓄積すると考えられる。本調査では、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 25 年度及び平成 26 年度は、イネ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。大気-植物間の HTO 移行速度は暗期と明期で異なることから、平成 25 年度は暗期に、平成 26 年度は明期に重水ばく露実験を行った。暗期と明期に実施した重水ばく露実験の結果に基づき、イネの重水素代謝モデルを作成した。

2. 方法

イネを気温 23°C、相対湿度 65%、光量子束密度 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、日長 12 時間で栽培し、播種後 87 日目の明期に行った 1、4、7 または 10 時間の重水蒸気ばく露終了直後の籾、茎葉及び根の自由水重水素 (FWD) 濃度を調べた。また、播種後 67、73、82、90、100、104、112 日目の明期にイネ地上部を 2 時間重水蒸気にはく露し、最終収穫日 (播種後 126 日目) の籾の非交換型有機結合型重水素 (NxOBD) 濃度を調べた。

3. 成果の概要

得られた結果を Fig. 2 に示した。これらの結果及び平成 25 年度に取得した暗期における同様のデータを基に、8 コンパートメントからなるモデル (Fig. 1) を構築した。茎葉の FWD については、葉と茎 (葉鞘、稈) で大気からの重水吸収速度が異なることから (Choi et al., 2002)、Fig. 1 のようにコンパートメントを分けた。一方、FWD から生成した NxOBD は葉と茎の両方から転流により籾と根に移行すると考

えられることから (Okawa et al., 2002)、NxOBD の代謝では葉と茎を区別せずにモデルを構築した。

Fig. 1 に示すモデルの各コンパートメントのサイズはイネの籾、葉、茎 (葉鞘、稈) 及び根の成長曲線データに基づき時間変化させた。籾と葉それぞれの部位での重水の総吸収速度に対する大気からの吸収速度の比率は大気相対湿度に等しいと仮定した。茎では大気からの水吸収速度が蒸散速度に等しいと仮定した。気孔を開いて光合成を行う明期の葉の蒸散速度定数は、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。暗期の葉の蒸散速度定数、籾及び茎の蒸散速度定数、Fig. 1 に示したその他の速度定数は、FWD 濃度及び NxOBD 濃度の実測データを用いて、最小二乗法により推定した。モデルによる FWD 濃度と NxOBD 濃度の推定値は実測値と概ね一致した (Fig. 2)。

引用文献

- Choi, Y.H. et al. (2002) *J. Environ. Radioactivity*, 58, 67-85.
Okawa, S. et al. (2002) *Soil Sci. Plant Nutr.*, 48, 237-242.

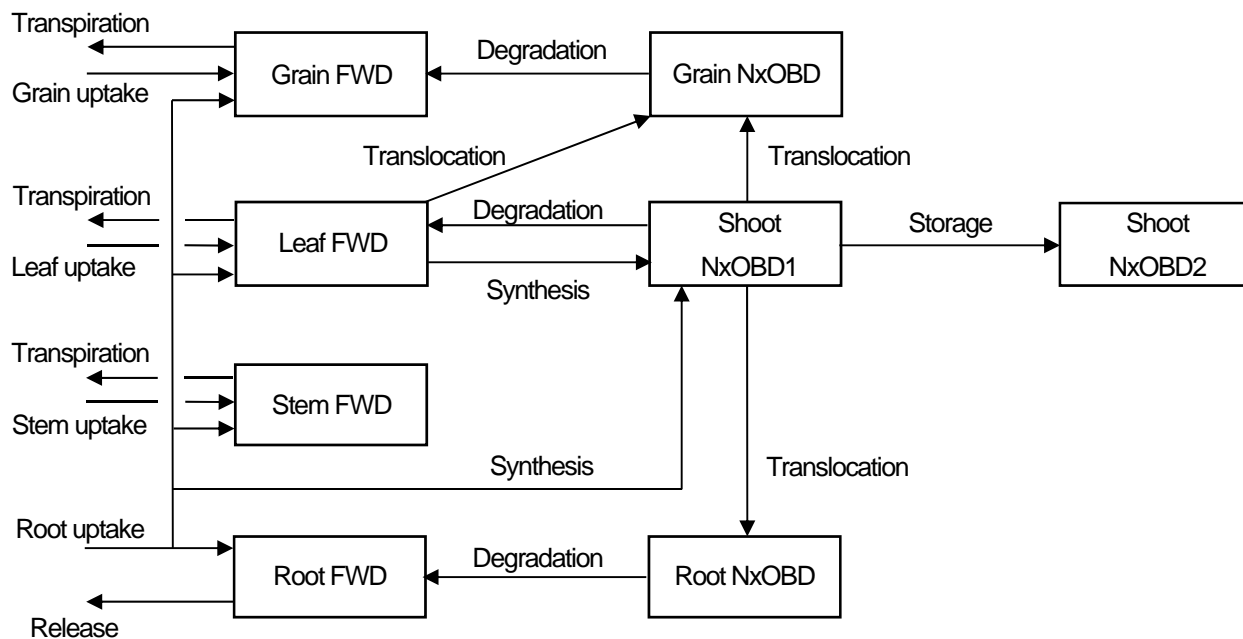


Fig. 1 Scheme of the eight-compartment model of deuterium metabolism in rice plant. FWD indicates free water deuterium and NxOBD, non-exchangeable organically bound deuterium.

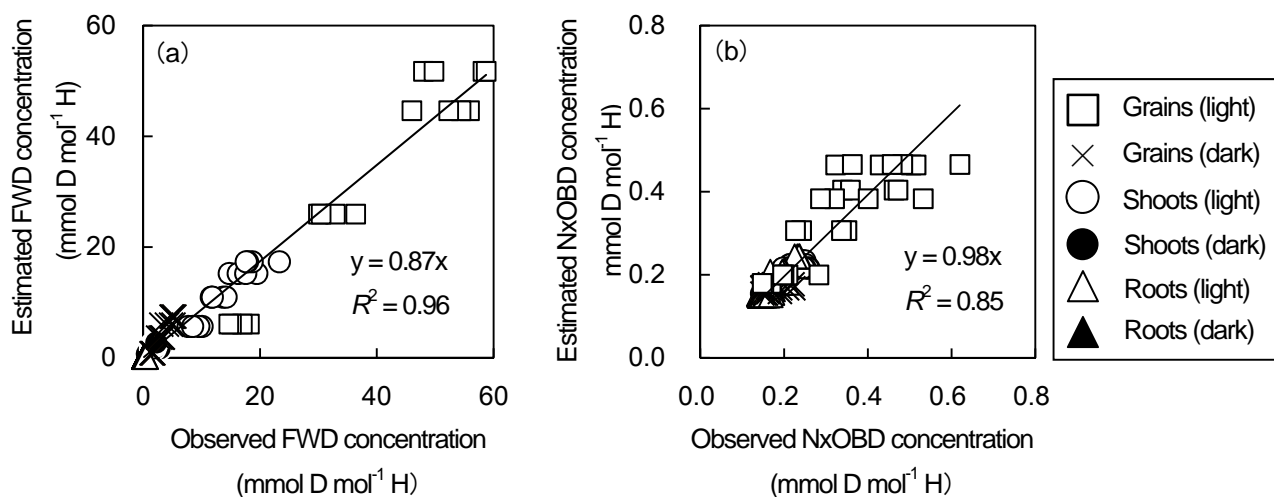


Fig. 2 Observed and estimated concentrations of (a) free water deuterium and (b) non-exchangeable organically bound deuterium in the grains, shoots and roots of rice plants; replicated data are separately presented.