

# 第1章 排出放射性物質の環境影響に関する調査研究

## 1.1 排出放射能の環境移行に関する調査研究

### 1.1.1 総合モデルの高度化と運用体制の構築

#### Improvement of the Advanced Environmental Transfer and Dose Assessment Model for Radionuclides Released from the Nuclear Fuel Reprocessing Plant in Rokkasho

阿部 康一，大島 和裕，植田 真司，高久 雄一，久松 俊一  
環境影響研究部

Koichi ABE, Kazuhiro OSHIMA, Shinji UEDA, Yuichi TAKAKU, Shun'ichi HISAMATSU  
*Department of Radioecology*

#### Abstract

In FY 2019, four approaches were used to improve the advanced environmental transfer and dose assessment model (AdvETDAM) for radionuclides released from the nuclear fuel reprocessing plant in Rokkasho: 1) implementing functions for probabilistic evaluations with uncertainty of simulation results; 2) introducing dynamic models of  $^3\text{H}$  transfer from the atmosphere to agricultural products; 3) preparing a design to introduce temporal variation to the coefficient of Cs transfer from soil to pasture grass; and 4) verifying the model. Approach 1) was based on the design developed in FY 2018 that referred to the level 3 probabilistic risk assessment for nuclear power plants. The classification of meteorological conditions, parameters of atmospheric dispersions and terrestrial transfers were decided for the functional assessment, and each of the functions was validated. Approach 2) was based on the compartment models developed in previous studies at IES and the design developed in FY 2018. To verify the introduced models,  $^3\text{H}$  concentrations in agricultural plants were calculated. These concentrations were close to those of previous models using only specific radioactivity at the harvest time, because only the introduction of dynamic models can estimate hydrogen transfer by respiration and root absorption of the plants. Approach 3) was based on previous studies at IES. The calculation procedure of the existing model using a constant coefficient was confirmed, and a test program to calculate Cs concentration in pasture grass using a temporal variation coefficient was developed. Finally, in approach 4), the calculation results of excess  $^3\text{H}$  concentrations in agricultural and livestock products and the atmosphere for 2013 were compared to measured concentrations. These calculated concentrations were the same or smaller than the corresponding measurement errors.

#### 1. 目的

青森県六ヶ所村の大型再処理施設から排出される放射性核種のより現実的な環境移行及び周辺住民の被ばく線量を評価するため、総合的環境移行・線量評価モデル（以下、「総合モデル」）を整備し、その高度化と運用体制の構築を進めてきた。本調査で

は、大型再処理施設の本格操業に伴う放射性核種排出量の増加に備え、モデルをさらに高度化し、運用体制を構築することを目的とする。

令和元年度は、モデルに設定するパラメータ等の不確実さを評価するため、確率論的評価機構の詳細設計を実施した後、総合モデルに導入した。また、

大気―作物間の $^3\text{H}$ 移行の計算精度向上を目指し、平成 23 年度～26 年度に「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」で開発された、コンパートメントモデルを導入した。さらに、平成 21 年度～22 年度の「放射性物質形態別移行調査」で得られた土壌―牧草間 Cs 移行係数の経時変化についての実験式を、総合モデルに導入するため、基本設計を行った。加えて、総合モデルによる計算値を実測値と比較し、モデルの検証を行った。

## 2. 方法

### 2.1 被ばく線量の確率論的評価機構の導入

被ばく線量の確率論的評価機構を導入するため、平成 30 年度に実施した基本設計に基づき詳細設計を行い、確率論的評価機構に関連するプログラムや処理ルーチンを作成し、動作検証後に総合モデルに組み込んだ。その後、総合モデルに組み込んだ各機能について個別に動作検証を行い、それらの結果を反映して、改良した既存サブモデル、新規作成したルーチン及びデータベース等を調整した。

### 2.2 大気―作物間の $^3\text{H}$ 移行モデルの導入

平成 30 年度に実施した基本設計に基づき、大気―作物間の $^3\text{H}$ 移行を独立して計算できる単体プログラムを作成し、コンパートメントモデル開発時に実施した実験の条件を参考にして試算し、プログラムの機能確認を行った。さらに、大気―作物間の $^3\text{H}$ 移行モデルの単体プログラムをサブルーチンにして陸域移行サブモデルに組み込み、経根吸収を考慮するための土壌水中 $^3\text{H}$ 濃度の計算方法に着目した機能評価を行った。

### 2.3 土壌―牧草間 Cs 移行係数の経時変化を取り入れた陸域移行モデルの基本設計

土壌―牧草間の Cs 移行を計算する陸域移行サブモデルに、移行係数の経時変化についての実験式を適用するため、基本設計として、導入方法の調査、計算フローの検討、試作プログラムの作成、試算及び GUI の検討を行った。

### 2.4 総合モデルの検証と精度向上の検討

大型再処理施設のせん断・溶解処理試験期間以外の平成 25 年 1 月～12 月を選択し、総合モデルの検

証計算を実施し実測値と比較した。さらに、令和元年についても大気中 $^3\text{H}$ 濃度等を推定し、実測値との比較を試みた。

## 3. 成果の概要

### 3.1 被ばく線量の確率論的評価機構の導入

確率論的評価機構を総合モデルに組み込み、動作検証しつつ事故時評価の際の計算条件を決定した。その際に、気象条件、大気拡散パラメータ及び環境パラメータのサンプリングを全て実施すると計算量が膨大になるため、一部の結果の統計処理等により計算量を縮小する方針で進めることとした。また、平常時の定常排出を仮定した大気排出計算及び海洋排出計算についても動作検証し、確率論的評価を適切に実施できる事を確認した。

### 3.2 大気―作物間の $^3\text{H}$ 移行モデルの導入

大気―作物間の $^3\text{H}$ 移行を計算するコンパートメントモデルを作成し、正常に計算できる事を確認した後、総合モデルに組み込んだ。コンパートメントモデルでは直接大気から葉を介して移行する経路と、大気から土壌水を経由して経根吸収する移行経路が設定されている。そこで、土壌水中 $^3\text{H}$ 濃度の与え方を検討した結果、尾鷲沼集水域モデルの計算結果の利用が妥当と結論した。大型再処理施設のせん断・溶解処理試験期間内の平成 19 年に、当該施設の主排気筒の北 5 km メッシュで栽培された根菜の根中非交換型有機結合型トリチウム ( $\text{NxBT}$ ) 濃度を計算すると、収穫時の濃度は従来の比放射能法モデルの計算値と近いが、経根吸収や呼吸の影響等により異なる経時変化パターンを示した (Fig. 1)。

### 3.3 土壌―牧草間 Cs 移行係数の経時変化を取り入れた陸域移行モデルの基本設計

基本設計として、導入方法を調査し計算フローを検討した後、試作プログラムを作成して牧草中の Cs 濃度を計算した。その結果、Cs 移行係数の経時変化を与える事により、牧草中の Cs 濃度は約 100 日で従来の計算値の約 80%となる事が確認された。

### 3.4 総合モデルの検証

平成 25 年 1 月～12 月の、排出寄与分の大気及び

農畜産物中  $^3\text{H}$  濃度の計算値は、実測値の測定誤差と同程度か小さかった。また、平成 25 年 1 月～12 月の月毎の排出率の比から推定した、平成 31 年 1 月～

令和元年 12 月の大気及び農畜産物中  $^3\text{H}$  濃度についても同様の結果になった。

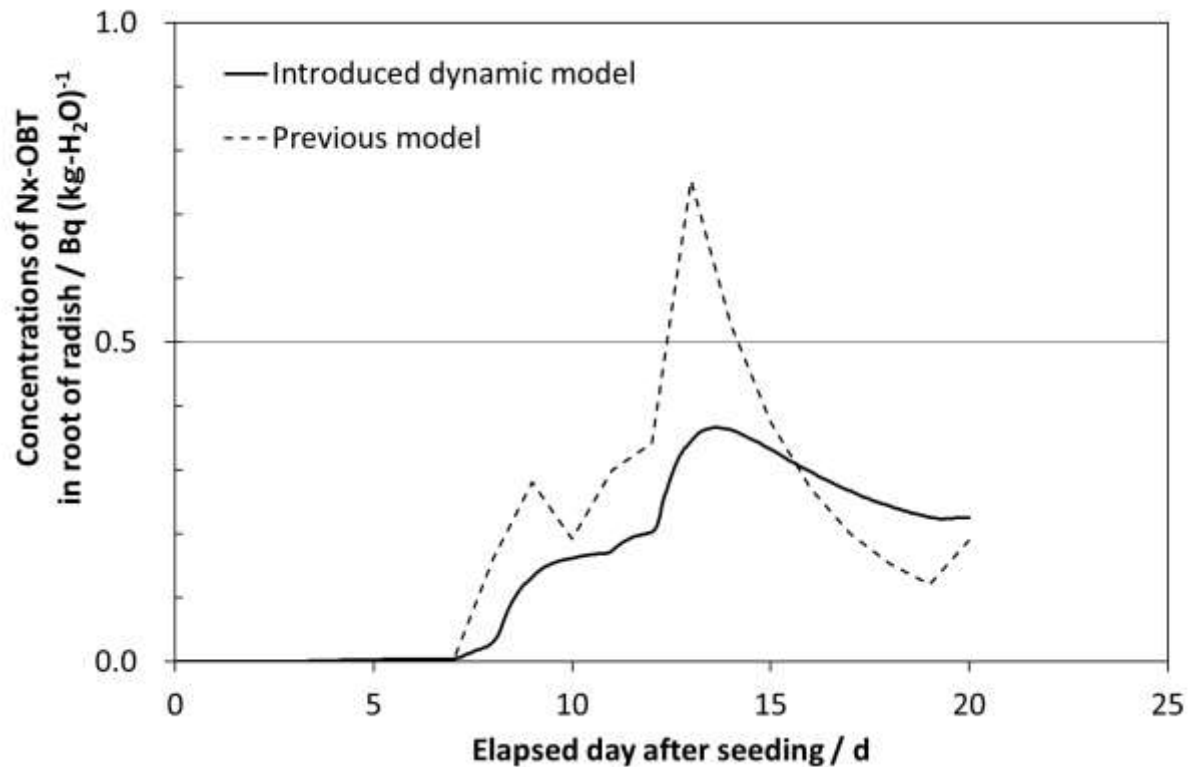


Fig. 1 Calculation results of Nx-OBT (Non-exchangeable Organically Bound Tritium) concentrations in root of radish. The introduced dynamic model that was used was based on the compartment model of radish in previous studies at IES and a previous model based on specific radioactivity was also used. Calculated  $^3\text{H}$  concentrations in root of radish that had been grown in a land plot located 5 km north of the main stack of the reprocessing plant were used along with the data for the atmosphere and soil water conditions of the plot. The assumed period of radish cultivation was 20 days starting from August 2, 2007.