

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

We have developed the advanced environmental transfer and dose assessment model (AdvETDAM) for radionuclides released from the first Japanese commercial nuclear fuel reprocessing plant located in Rokkasho. To describe the radionuclides transfer in each target sphere, the AdvETDAM consists of: an atmospheric dispersion model with a mesoscale meteorological model (MM5), a terrestrial transfer model, aquatic transfer models for Lakes Obuchi and Takahoko, which are brackish lakes neighboring the reprocessing plant, and their catchment areas, and a coastal marine model for the Rokkasho coast.

To improve accuracy of simulation by the atmospheric dispersion model, four data assimilation procedures, which were designed in FY 2016 and introduced in FY 2017, were evaluated in FY 2018. The assimilation procedures were applied to wind field calculations in the mesoscale meteorological model and the dispersion model. In addition, we tried to improve the Lagrangian particle dispersion calculation by three approaches: 1) modifying averaged atmospheric ^3H discharge rates from the main stack for every ~1 week to discharge rates different in each day to represent well the atmospheric ^3H concentrations measured around the main stack, 2) modifying plume raise height using ^{85}Kr concentrations measured around the main stack and 3) estimating mixing height based on data measured by a ceilometer at our institute. The evaluation results showed that the data assimilation in the wind field calculations and approach 1) were effective, giving simulation results closer to the measured ones with the assimilations. Although approaches 2) and 3) were not effective for estimating ^{85}Kr concentrations, approach 3) was considered to provide reasonable mixing heights based on the measured data.

To assess uncertainties of results by the AdvETDAM, the probabilistic assessment function for exposed dose was designed in FY 2018, and it will be introduced in FY 2019. The uncertainty analysis of simulation results for accidental discharges was designed by referring to the level 3 probabilistic risk assessment for a nuclear power plant, while that for discharge under normal operation was also roughly designed.

For realistic simulation of ^{14}C and ^3H transfers from the atmosphere to agricultural products in the terrestrial transfer model, the dynamic transfer models developed in our previous studies were introduced for the ^{14}C transfer, while the ^3H transfer in the same routes was designed in FY 2018. In addition, to simulate radionuclide transfers in the Lake Obuchi model and Rokkasho coastal model over a year, a restart function was installed in those models.

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を構築することを目的とする。

平成 30 年度は、平成 29 年度において総合モデルに導入した放射性核種濃度等の実測データを同化する機能について評価を行った。また、モデルに設定するパラメータの不確実さを評価するため、被ばく線量の確率論的評価機構の基本設計を行った。さらに、大気－作物間の放射性核種移行の精度向上を目指し、平成 29 年度に基本設計を実施した動的な ^{14}C 移行モデルを導入するとともに、動的な ^3H 移行モデルの基本設計を行った。加えて、総合モデルの運用体制の構築として、六ヶ所沿岸海域及び尾駱沼サブモデルの放射性核種移行計算の効率化を図った。

2. 方法

2.1 実測データ同化機能の評価

実測データ同化機能の有効性を評価するため、平成 29 年度に総合モデルの気象サブモデル、大気拡散サブモデルの風場計算モジュール及び粒子拡散計算モジュールへ導入したデータ同化機能を利用して、データ同化前後の計算値と実測値を比較した。Fig. 1 に、この評価で使用した環境研本所及び AMBIC を含む 9 つの大気中 ^3H 濃度の実測地点（パッシブサンプラー設置地点）を示す。

2.2 被ばく線量の確率論的評価機構の基本設計

確率論的な評価機構を導入するための基本設計として、対象とする被ばく経路、評価手順、並びに気象データ及び環境パラメータのサンプリング機能を決定した。なお、被ばく経路は現行の総合モデルを参照し、評価手順とサンプリング機能については原子力発電所を対象としたレベル 3PRA（確率論的リスク評価）の文献を参照した。

2.3 大気－作物間の ^{14}C 移行モデルの導入と ^3H 移行モデルの基本設計

大気－作物間の ^{14}C 移行モデルについては、平成 29 年度の基本設計に基づき詳細設計を行い、陸域移

行サブモデルに導入して動作確認を行った。大気－作物間の ^3H 移行モデルの基本設計では、現行の比放射能法による計算に加えて、作物内の H 代謝に応じた動的な計算が可能な計算フローを検討した。

2.4 総合モデルの運用体制の構築

総合モデルのうち水圏関連モデルの計算効率化を図るため、六ヶ所沿岸海域サブモデル及び尾駱沼サブモデルに、放射性核種移行の既存の計算結果を初期値として、引き継ぎ計算を可能とする、リスタート機能を追加した。また、六ヶ所沿岸海域サブモデルの境界条件として、従来とは異なる沖合流動場及び風速・風向データの利用について検討した。

3. 成果の概要

3.1 実測データ同化機能の評価

気象サブモデルと大気拡散サブモデルの風場計算モジュールへ導入した同化機能により、実測値との一致性が改善した。大気拡散サブモデルの粒子拡散計算モジュールへ導入した機能は、①約 1 週間間隔の ^3H 排出率を元に算出した均一の日平均排出率を用いていたが、施設周辺の大気中 ^3H 濃度推定値と実測値の一致性を高めるように日排出率を変化させる、②主排気筒周辺で測定された大気中 ^{85}Kr 濃度の実測値を用いた吹上高さの修正、及び③環境研におけるシーロメーターの測定値を用いた混合層高度の設定である。これらの中で①により実測値との一致性が改善した（Fig. 2）。また、②と③による ^{85}Kr 濃度の計算結果では明確な改善は見られなかったが、③では現実的な混合層の値が得られた。

3.2 被ばく線量の確率論的評価機構の基本設計

平常時と事故時について被ばく経路を検討し、概ね総合モデルと同じ経路とした。ただし、平常時及び事故時ともに飲水による内部被ばくは取水情報が不明瞭なため除外した。さらに、液体廃棄物は事故時においても計画的に排出されると考えられることから、水産物摂取による内部被ばくの評価は平常時を対象とし、事故時の評価では除外した。また、気象データのサンプリング手法としてビン法を用い、パラメータのサンプリング数については、大気拡散パラメータを約 20 セット、環境パラメータを約 100

セットとした。

3.3 大気－作物間の ^{14}C 移行モデルの導入と ^3H 移行モデルの基本設計

陸域移行モデルに導入した大気－作物間の ^{14}C 移行モデルによる確認計算を行った結果、イネ可食部中の ^{14}C 濃度について、動的モデルと比放射能法の計算値は概ね同様の変化を示すが、比放射能法の方がやや大きい値を示した。大気－作物間の ^3H 移行モデルの基本設計では、陸域移行サブモデルに現行の比放射能法の計算ルーチンと動的なコンパートメントモデルの計算ルーチンを並置し、選択可能とすることとした。

3.4 総合モデルの運用体制の構築

六ヶ所沿岸海域及び尾駈沼サブモデルに追加した引継ぎ計算を可能とするリスタート機能の評価するため、従来の連続計算結果（リスタート無し）と、リスタート日時で一度計算を終了してから引継ぎ計算結果を比較した。その結果、両者の計算値はよく一致しており、リスタート機能が適切に動作することを確認できた。また、六ヶ所沿岸海域サブモデルの境界条件の検討では、従来と異なる沖合流動場として海洋解析データを用いた簡易計算が可能になるとともに、風速・風向データについては気象解析データの利用が有効性であることが確認できた。

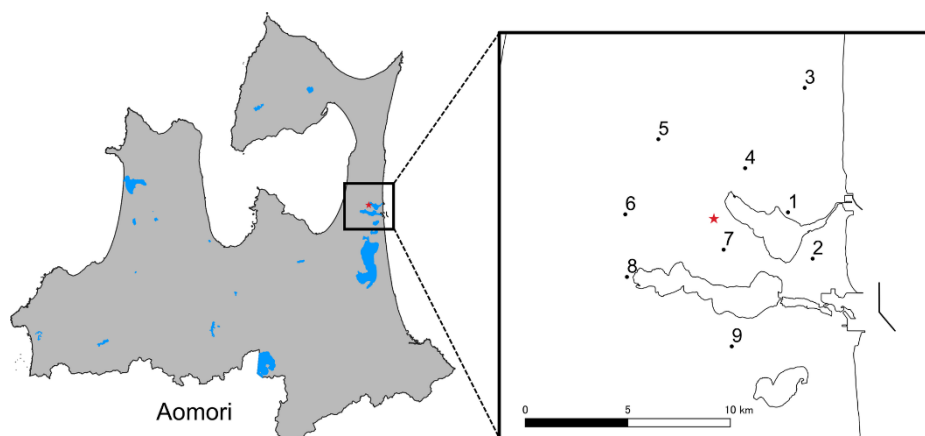


Fig. 1 Location of measurement stations. There are 9 measurement stations including No. 1 located at IES and No. 2 located at AMBIC. The star marks location of the plant main stack.

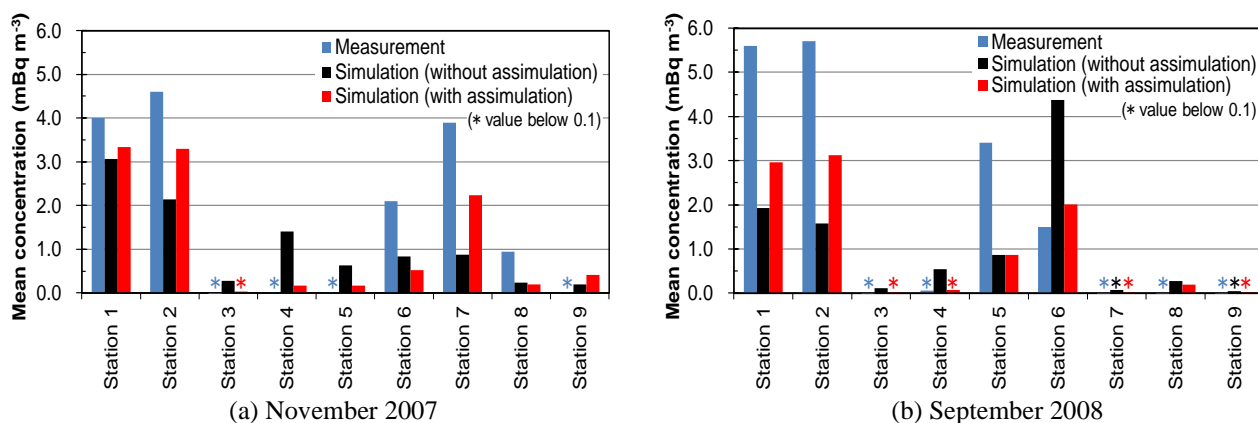


Fig. 2 Measurement and simulation values of atmospheric ^3H concentrations during the final test operation of the nuclear fuel reprocessing plant using actual spent fuel in November 2007 and September 2008. Blue, black and red bars denote measurement value, and simulation values with assimilation and without assimilation, respectively.