

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 総合的環境移行・線量評価モデルの精度向上と拡張

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, 五代儀 貴, 長谷川 英尚, 植田 真司, 久松 俊一
環境影響研究部

Koichi ABE, Takashi IYOGI, Hidenao HASEGAWA, Shinji UEDA, 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. The computer code system was developed on personal computers to describe atmospheric dispersion, terrestrial and aquatic transfers, and dose calculations for the released radionuclides. AdvETDAM consists of an atmospheric dispersion model with a meteorological model (MM5), a terrestrial transfer model, an aquatic transfer model for Lake Obuchi, which is a brackish lake neighboring the reprocessing plant, and its catchment area, and a coastal marine model for the Rokkasho coast.

In FY 2015, to describe radionuclide transfer in Lake Takahoko, which is another brackish lake near the reprocessing plant, and its catchment area, radionuclide transfer models were coupled with the hydrological models in the lake and the catchment area, followed by their integrating with AdvETDAM as its sub-models. In order to check operation of AdvETDAM including those sub-models, a test calculation was conducted for the period when higher ^3H concentration than background level was detected in the lake water. AdvETDAM fairly well simulated the flow of ^3H , which was released into the Pacific Ocean from the plant, through the channel to the lake and retention there.

To check the contributions of each parameter to variation of dose rate to human beings, a sensitivity analysis module with uncertainty propagation analysis were installed to AdvETDAM. In addition, the atmospheric dispersion sub-model was modified to improve accuracy of simulated atmospheric concentration and deposition of ^{129}I .

To validate the atmospheric dispersion and terrestrial transfer sub-models, the outputs of these sub-models were compared with those of ATRENO/TERFOC-N, which has the logic used for the safety review of the reprocessing plant. Although the maximum concentrations and depositions of radionuclides were comparable between the ATRENO/TERFOC-N model and AdvETDAM, the locations of the maximum values were different between the two. Further study for the radionuclide distribution around the reprocessing plant is required to validate AdvETDAM.

1. 目的

本研究は、大型再処理施設に由来する放射性核種の六ヶ所村とその周辺環境における中長期的挙動を予測し、それによる現実的な被ばく線量を評価するための、総合的環境移行・線量評価モデル（総合モデル）の精度を向上することを目的とする。そのため、これまでの調査で得られた放射性核種の形態別挙動の組み入れ及び地域の自然環境を考慮した放射性核種の挙動の組み入れ等を行う。さらに、鷹架沼及びその集水域に関する放射性核種移行モデルを構築し、モデルを拡張する。

平成 26 年度までに、放射性核種の形態別ウエザリング及び積雪の効果を組み入れるとともに、鷹架沼の流動サブモデル及び鷹架沼集水域の水収支サブモデルを構築した。平成 27 年度は、鷹架沼及び鷹架沼集水域に関する放射性核種移行サブモデルを構築するとともに、総合モデルとの結合を行い、水圏の計算領域を拡張した。また、モデルで使用されているパラメータの不確実さの伝播解析計算機構等を組み込み、パラメータの感度解析を可能とした。さらに、大気拡散サブモデルの ^{129}I に関するパラメータや計算方法を改良し、実測値と計算値の一致性を向上させた。加えて、大型再処理施設の安全審査と同様の評価手法と総合モデルによる計算結果を比較した。

本報告では、主に安全審査と同様の評価方法による計算結果と総合モデルによる計算結果の比較に関して記す。

2. 方法

2.1 鷹架沼及び鷹架沼集水域に関する放射性核種移行サブモデルの構築

鷹架沼に関するモデルの作成に必要な水文学的データを取得するとともに、これまで得られた水文学的データを基に、平成 25 年度に実施した基本設計に基づき、鷹架沼及び鷹架沼集水域に関する放射性核種移行サブモデルを構築した。さらに構築したサブモデルと総合モデルを結合した。

2.2 感度解析による評価機能導入

モデルで使用されているパラメータの不確実さの伝播解析計算機構等を組み込んだ。

2.3 計算値の検証と精度向上の検討

大気拡散サブモデルの ^{129}I に関する大気からの沈着に関するパラメータや計算方法を改良し、アクティブ試験期間中に環境研本所で測定した ^{129}I 大気中濃度及び ^{129}I 沈着量と計算値を比較した。

2.4 安全審査と同様の被ばく線量評価値との比較

大型再処理施設の安全審査では昭和 60 年 12 月～昭和 61 年 11 月の気象条件を用いて、被ばく線量を評価しているが、この期間は総合モデルに入力する気象データが存在しないため、総合モデルでは計算できない。そこで、総合モデルに入力する気象データが揃っており統計的に気象データが異年年でない平成 19 年 1 月～12 月の気象条件及び安全審査において想定される大気への放射性核種排出量を用いて、安全審査と同様の方法で評価する ATRENO/TERFOC-N モデルと総合モデルのそれぞれの被ばく線量の計算値を比較した。なお、大気拡散モデルに関する精度評価を目的としたため、海洋についての計算は行っていない。

3. 成果の概要

3.1 鷹架沼及び鷹架沼集水域に関する放射性核種移行サブモデル構築

水圏の計算領域を拡張し、構築したモデルを使用して鷹架沼の湖沼水で ^3H 濃度が上昇した事例の計算を行い、大型再処理施設から海洋に排出された ^3H の鷹架沼への流入をシミュレートできることを確認した。

3.2 感度解析による評価機能導入

Latin Hypercube Sampling 法で入力データセットを作成し、偏相関係数法と重回帰分析法で評価する、不確実さの伝播解析評価機能を導入し、パラメータの感度解析を可能とした。

3.3 計算値の検証と精度向上の検討

改良後のモデルによるアクティブ試験期間中の環境研本所における ^{129}I の大気中濃度及び沈着量の計算値を実測値と比較した結果、その一致性が向上した。

3.4 安全審査と同様の被ばく線量評価値との比較

総合モデルによる計算結果の予測精度の評価のた

め、大型再処理施設の安全審査と同様の評価方法の結果と総合モデルによる計算結果を比較した。Fig. 1では、 ^3H の最大濃度地点が評価モデルによって異なる様子が示されているが、核種によっても最大濃度地点が異なった。さらに、核種別に最も被ばく線量の大きかった地点の計算値を Table 1 に示す。なお、安全審査では、実際に農作物の耕作が行われている場所の中で最も農作物中放射性核種濃度の高い地点

が内部被ばく計算地点として選択されている。総合モデルでは ATRENO/TERFOC-N と比べてやや低い予測値となった。放射性核種の大気中濃度、地表沈着密度及び外部被ばく線量の最大値は、両者はほぼ一致していたが、経口摂取による内部被ばく線量は、総合モデルではより現実的な評価を行っているため低い予測値が得られた。

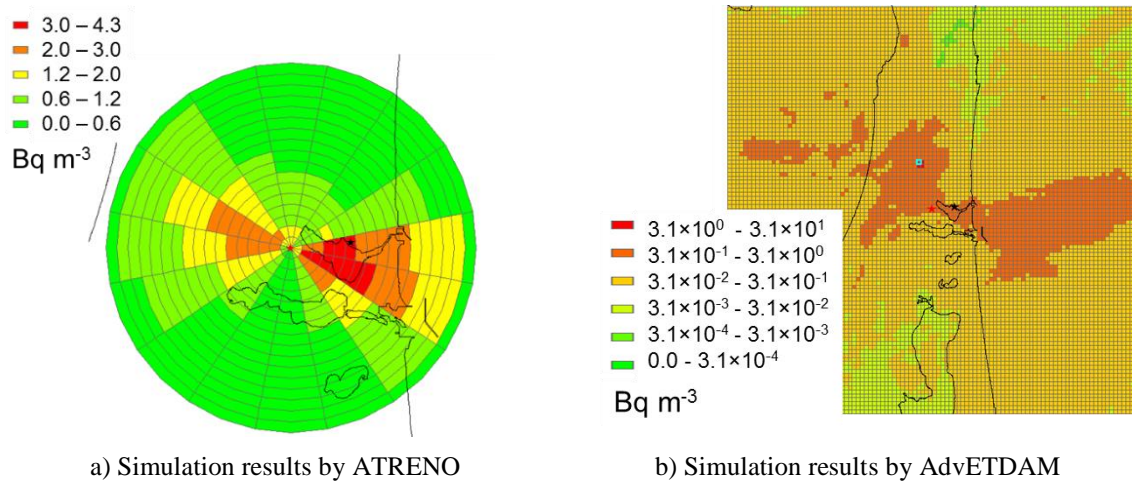


Fig. 1 Distribution of cumulative atmospheric ^3H concentration simulated using the source term in the safety review of the reprocessing plant in Rokkasho and meteorological conditions in 2007. a) and b) are simulation results by AdvETDAM and ATRENO, respectively.

Table 1 Maximum annual dose to public simulated using the source term in the safety review of the reprocessing plant in Rokkasho and meteorological conditions in 2007 by AdvETDAM and ATRENO/TERFOC-N.

Radionuclides	Maximum annual dose (mSv)		
	AdvETDAM	ATRENO/TERFOC-N	Safety review *
^{85}Kr	6.0E-03	5.7E-03	5.3E-03
^3H	1.9E-03	3.9E-03	2.8E-03
^{14}C	3.6E-03	2.4E-02	7.7E-03
^{129}I	8.3E-05	9.8E-04	6.7E-04
^{90}Sr	2.3E-05	2.7E-05	4.5E-05
^{106}Ru	3.0E-04	2.2E-04	5.7E-04
^{137}Cs	1.9E-05	6.1E-05	1.4E-04
Sum	1.2E-02	3.6E-02	1.7E-02

* The dose in the safety assessment using meteorological conditions during December 1985-November 1986.