

# 第1章 排出放射能の環境移行に関する調査研究

## 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) 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. The model 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 2014, to develop an aquatic radionuclide transfer model for Lake Takahoko, which is another brackish lake near the reprocessing plant, and its catchment area, hydrological models were constructed to describe water movement in the target areas. The hydrological data, including the water currents, the flux of sedimentation matter and the submarine groundwater discharge rates were collected from Lake Takahoko to construct the hydrological model. To construct the hydrological model for the Lake Takahoko catchment area, hydrological data of water levels and residence time of groundwater, were collected in that area.

The Coastal Sea Modeling System for Hydrodynamic Processes (COSMOS) was adopted to simulate water currents in Lake Takahoko, and numerical results obtained by the model for water current and salinity were compared to the observed data. Also, the Water and Energy Transfer Process (WEP) model was adopted to simulate water transfer in the catchment area in Lake Takahoko, and numerical results for river water discharge and water level of ground water were in a good agreement with field measurements. Radionuclide transfer models will be added to the hydrological models in FY 2015.

In FY 2014, we modified the atmospheric dispersion model of radionuclides to improve accuracy of simulated radiation dose and atmospheric concentration of  $^{85}\text{Kr}$  released from the reprocessing plant. The accuracy of the dose and concentration was considerably improved by modifying several equations including stochastic equations for the Random Displacement Method and transform factors for the vertical axis. In addition, we wrote an interface program for using the Rader AMeDAS precipitation data, which have been analyzed and published by the Japan Meteorological Agency, as input to the atmospheric dispersion model for better prediction of the washout process of radionuclides.

## 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 25 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の基本設計を行った。平成 26 年度は、鷹架沼に関する上記サブモデルの構築を行った。また、総合モデルのサブモデルである大気拡散モデルを改良し、計算結果を実測値と比較した。さらに、鷹架沼に関するモデルを作成するために必要なパラメータの取得を行った。本報告では、主にアクティブ試験期間中の  $^{85}\text{Kr}$  濃度について改良した大気拡散モデルによる計算値と測定値を比較した結果を記す。

## 2. 方法

### 2.1 鷹架沼流動サブモデル及び鷹架沼集水域水収支サブモデルの構築

平成 25 年度の基本設計に基づき、鷹架沼流動サブモデル及び鷹架沼集水域水収支サブモデルの数値計算プログラムを構築するとともに、機能確認を行った。

### 2.2 計算値の検証と精度向上の検討

平成 25 年度の検討結果に基づき、大気拡散サブモデルの拡散計算に用いている数式及びパラメータ、並びに実測値に近い降水分布データの沈着計算での利用法を検討した。

### 2.3 鷹架沼サブモデル及び鷹架沼集水域サブモデル構築に必要なパラメータの取得

鷹架沼の流況、沈降粒子量及び湖底湧水量に関する調査を実施した。また、鷹架沼集水域の地下水位、地下水滞留時間等の水文パラメータに関する

調査を実施した。

## 3. 成果の概要

### 3.1 鷹架沼流動サブモデル及び鷹架沼集水域水収支サブモデルの構築

鷹架沼における湖水の流動場をシミュレートするため、COSMOS (Coastal Sea Modeling System for Hydrodynamic Processes) を基本モデルとした鷹架沼流動サブモデルを構築した。鷹架沼集水域内の水収支をシミュレートするため、WEP (Water and Energy Transfer Process) モデルを基本モデルとした鷹架沼集水域水収支サブモデルを構築した。

### 3.2 計算値の検証と精度向上の検討

大気拡散サブモデルの拡散計算に用いている数式を検討した結果、起伏のある地域での計算に影響を及ぼす可能性のある微小項（高次の展開項）が省略されていたため、それらを含む式を拡散計算プログラムに新たに組み込んだ。また、鉛直方向の座標変換係数をグリッド毎に計算するように計算プログラムを修正した。さらに、湿性沈着計算の際に用いる降水データとして、これまでの環境研における実測データ及び気象モデル MM5 による出力に加えて、レーダーアメダス解析雨量を使用できるように改良した。

Fig. 1 に、平成 18 年 4 月～平成 20 年 10 月に環境研本所で測定された大型再処理施設起源の  $^{85}\text{Kr}$  による  $\gamma$  線線量率月間平均値及び計算値を示す。改良後のモデルを用いた平成 26 年度計算値は、改良前の平成 25 年度計算値よりも概ね測定値に近くなった。計算値と測定値との一致性を評価する平均誤差 (ME) と二乗平均平方根誤差 (RMSE) を比較すると、平成 25 年度から平成 26 年度にかけて ME は  $1.0 \times 10^{-2} \text{ nGy h}^{-1}$  から  $-0.2 \times 10^{-2} \text{ nGy h}^{-1}$  へ、RMSE は  $1.9 \times 10^{-2} \text{ nGy h}^{-1}$  から  $0.8 \times 10^{-2} \text{ nGy h}^{-1}$  へと低減し、一致性の向上が示された。また、青森県原子力センターと日本原燃 (株) が大型再処理施設付近にモニタリングステーションを設置した地点の月間平均大気中  $^{85}\text{Kr}$  濃度についても、ME は  $28.0 \text{ Bq m}^{-3}$  から  $1.6 \text{ Bq m}^{-3}$  へ、RMSE は  $88.0 \text{ Bq m}^{-3}$  から  $15.2 \text{ Bq m}^{-3}$  へと低減した。さらに、Table 1

に示すように、環境研本所での大気中  $^3\text{H}$  濃度、 $^3\text{H}$  大気降下量、大気中  $^{129}\text{I}$  濃度及び  $^{129}\text{I}$  大気降下量も、計算値と測定値の一致性が向上した。

### 3.3 鷹架沼サブモデル及び鷹架沼集水域サブモデル構築に必要なパラメータの取得

鷹架沼の流況、沈降粒子量及び湖底湧水量に関するデータを取得した。また、鷹架沼集水域の地下水位、地下水滞留時間等の水文データを取得した。

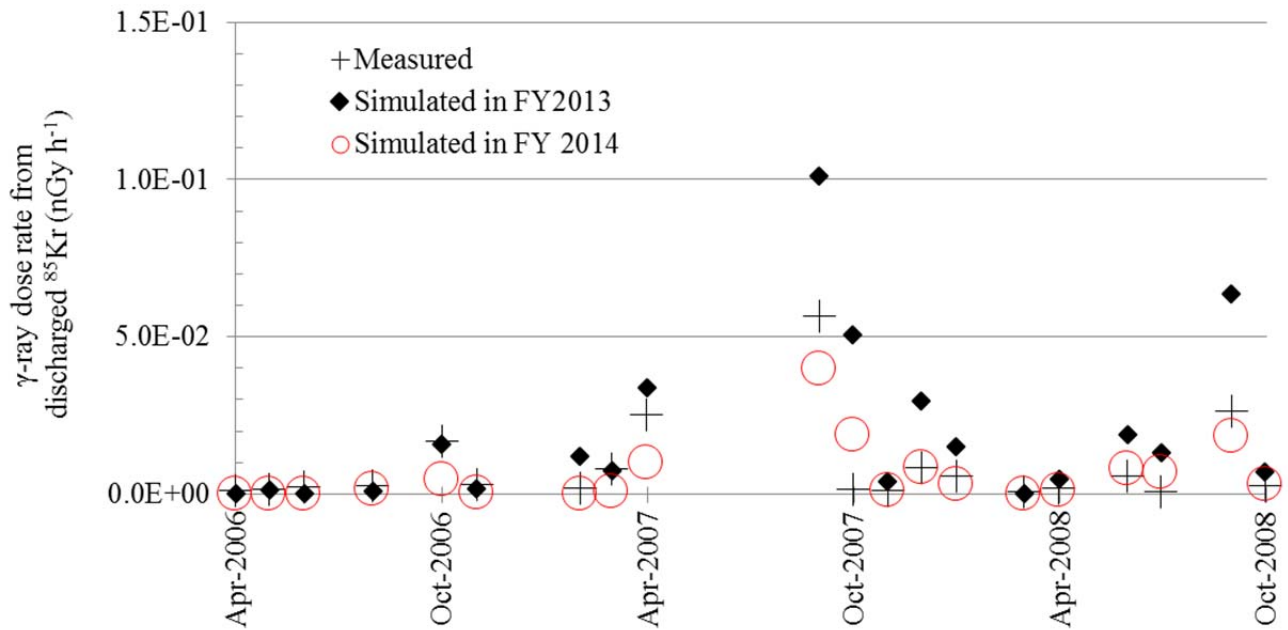


Fig. 1 Monthly averaged  $\gamma$ -ray dose rate from discharged  $^{85}\text{Kr}$  during the period from April 2006 to October 2008.

Table 1 Consistency between simulated and measured monthly averaged concentrations and depositions for  $^3\text{H}$  and  $^{129}\text{I}$  evaluated by Mean Errors (ME) and Root Mean Square Errors (RMSE) during the period from April 2006 to February 2009.

	Measured average	FY 2013		FY 2014	
		ME ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	RMSE ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	ME ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	RMSE ( $\text{Bq m}^{-3}$ )
$^3\text{H}$ concentration ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	$2.3 \times 10^{-3}$	$3.3 \times 10^{-3}$	$6.7 \times 10^{-3}$	$-1.2 \times 10^{-3}$	$2.7 \times 10^{-3}$
$^3\text{H}$ deposition ( $\text{Bq m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ )	$9.7 \times 10^0$	$2.3 \times 10^1$	$4.8 \times 10^1$	$2.9 \times 10^0$	$2.1 \times 10^1$
$^{129}\text{I}$ concentration ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	$1.8 \times 10^{-8}$	$4.0 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{-4}$	$4.1 \times 10^{-8}$	$9.9 \times 10^{-8}$
$^{129}\text{I}$ deposition ( $\text{Bq m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ )	$9.8 \times 10^{-4}$	$9.4 \times 10^{-1}$	$4.7 \times 10^{-1}$	$-7.6 \times 10^{-4}$	$1.7 \times 10^{-3}$