

第1章 排出放射能の環境分布に関する調査研究

1.1 環境移行・線量評価モデルとパラメータの検証

Validation of an Environmental Transfer and Dose Assessment Model for Radionuclides Released from the Nuclear Fuel Reprocessing Plant in Rokkasho

五代儀 貴, 阿部 康一, 赤田 尚史, 柿内 秀樹, 植田 真司,
長谷川 英尚, 大塚 良仁, 久松 俊一
環境動態研究部

Takashi IYOGI, Koichi ABE, Naofumi AKATA, Hideki KAKIUCHI, Shinji UEDA,
Hidenao HASEGAWA, Yoshihito OHTSUKA, Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

The first commercial nuclear fuel reprocessing plant in Japan, located in Rokkasho, Aomori Prefecture, is now undergoing its final testing using actual spent nuclear fuels. An environmental transfer and dose assessment model (ETDAM) was developed for estimating areal and temporal distributions of the radionuclides around the plant and the radiation dose that results from the radionuclides. To validate the model using actual field data, concentrations of radionuclides (^3H , ^{14}C , and ^{129}I , etc.) in various environmental samples around the plant and the environmental γ -ray dose at IES were measured. Because no nuclear fuel rods have been sheared or dissolved at the plant since October 2008, concentration levels of the radionuclides in most environmental samples collected in FY 2010 were similar to the background ones before the plant test operation. Although radionuclide concentrations higher than the background were detected in several samples of soil and sediment, the validation results of ETDAM, that is monthly γ -ray dose rates from ^{85}Kr and monthly atmospheric concentrations of ^{14}C , ^3H , and ^{129}I at IES, are reported here using the data obtained from April 2006 to February 2009 (FY 2006-2008) when many nuclear fuel rods were sheared and dissolved and significant amounts of radionuclides were released from the plant.

Accuracy of the simulation was evaluated by using the ratio of the number of cases in which the estimated value was within a factor of 2 or 5 of the measured one to that of the total cases as an index. The agreement ratio within a factor of 2 for the γ -ray dose rate from ^{85}Kr was approximately 40% and within a factor of 5, approximately 80%. Similar ratios were obtained for the atmospheric concentration of ^{14}C , while the ratios for ^3H and ^{129}I were smaller and much smaller than those for the γ -ray dose rate, respectively. The other indices for the difference between estimated and measured values such as the absolute ratio of mean of error to the average of the measured values ($|\text{ME}_{\text{nd}}|$) and the ratio of the square root of the error squared to the average of the measured values (RMSE_{nd}) showed similar results.

Although the estimated values of atmospheric concentration of ^{14}C were evenly scattered around the measured ones, the γ -ray dose rate from ^{85}Kr was systematically higher than the measured one. As well, the estimated concentrations of ^{129}I were almost 10 times higher than the observed values. The reasons for those systematic differences are unknown, and further study is required to improve the accuracy of the model.

1. 目的

六ヶ所村の大型再処理施設から排出される放射性物質による環境放射線（能）への影響を評価することを目的として、施設周辺における排出放射性核種（ ^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 等）の分布状況を調査・解析し、環境移行・線量評価モデルの検証を行う。

平成 22 年度は、大気、降水をはじめとして陸域、尾駁沼、沿岸海域より採取した環境試料中並びに日常食・各種食品中の放射性核種濃度を測定した。更に、平成 18～22 年度に得られたデータを用いてモデルを検証した。本報告では、アクティブ試験が実施された平成 18 年 4 月から平成 21 年 2 月までの ^{85}Kr による環境 γ 線線量率、 ^{14}C の濃度、 ^3H 及び ^{129}I の濃度・降下量を月毎に計算した値を環境研での実測値と比較することによってモデルの検証を行った結果について記す。

2. 方法

六ヶ所村を中心とした地域において、大気・降下物、土壌・植物、陸水域及び沿岸海域の水、堆積物、生物並びに日常食・各種食品試料を採取し、排出放射性核種等（ ^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 等）を測定した。

モデル解析領域は再処理施設を中心とする 50 km 四方とし、格子間隔は水平方向 500 mとした。計算には、(財) 気象業務支援センターの気象庁月報、レーダーアメダス解析雨量、メソ客観解析データに加えて、環境研構内で測定した地上・高層気象データ及び日本原燃（株）より入手した高層気象データを使用した。また、大型再処理施設からの ^{85}Kr 、 ^3H 及び ^{129}I の排出実績は日本原燃（株）より入手した。モデルによる計算結果の妥当性を緊急時線量評価シミュレーションのなどの評価に用いられるファクター 2 及び 5 の一致度並びに、気象モデルによる計算結果などの評価に用いられる平均誤差・二乗平均平方根誤差から判断した。

3. 成果の概要

1) 平成 22 年度の調査結果

大型再処理施設のアクティブ試験での使用済燃料のせん断・溶解作業は平成 20 年 10 月に行われたのを

最後に平成 22 年度は実施されていない。このため、ほとんどの試料中排出放射性核種等の濃度にバックグラウンドレベルからの上昇は認められていないが、一部の土壌及び湖底堆積物中 ^{129}I 濃度に、これまで大型再処理施設から排出された ^{129}I による上昇と考えられる事例が観測された。なお、観測された放射性核種による被ばく線量は、自然放射線（能）による線量と比較していずれも無視できるレベルである。今後、更に測定例を増やし、モデルとパラメータの検証データを得ていく。

2) モデルの検証

大型再処理施設のアクティブ試験が実施された平成 18 年 4 月から使用済燃料のせん断・溶解作業が終了した後である平成 21 年 2 月までについて、月毎の ^{85}Kr による環境 γ 線線量率、 ^{14}C の濃度、 ^3H 及び ^{129}I の濃度・降下量をモデルにより計算し、結果を実測値と比較した。一例として、 ^3H 月間大気中濃度の計算結果と実測値をFig. 1 に示す。 ^3H 濃度及び ^{85}Kr による環境 γ 線線量率は全体的に計算値がやや過大（2 及び 2.5 倍）に評価しており、 ^{14}C 濃度は概ね適切に評価しているが実測値との相関が低く、 ^{129}I 濃度は計算値が測定値よりもかなり大きい（13 倍）。

ファクター 2 及び 5 での一致度をFig. 2 に示す。ファクター 2 での一致度は ^{85}Kr が最も大きく、ファクター 5 での一致度は ^{14}C が最も大きい、 ^{85}Kr 、 ^{14}C 及び ^3H の一致度の差は小さい。 ^{129}I の一致度は他と比べて特に小さかった。また、平均誤差・二乗平均平方根誤差の相対値をFig. 3 に示す。 ^{85}Kr 、 ^{14}C 及び ^3H は同程度で小さく、 ^{129}I は他と比べて 7 倍以上であった。

計算値の精度評価結果として、ファクターの一致度を用いても、平均値・二乗平均平方根誤差の相対値を用いても、概ね ^{85}Kr 、 ^3H 、 ^{14}C の拡散計算については同程度の精度であり、 ^{129}I は他と比べて精度が低いと評価された。今後、大気中の ^{129}I 濃度についての計算精度を更に改善する必要があると考えられた。

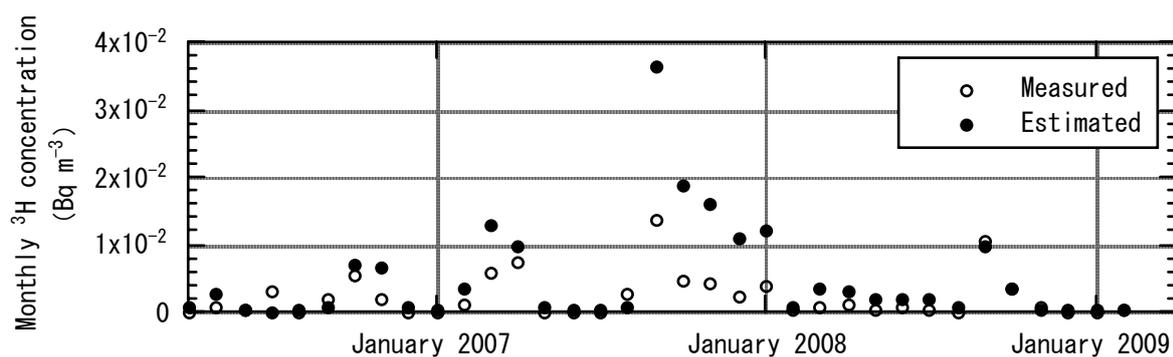


Fig.1 Monthly concentrations of ^3H in atmospheric water vapor estimated with ETDAM and measured at IES. The measured concentrations were obtained by subtracting background concentrations estimated as mean ^3H concentrations in monthly precipitation obtained before test operation using actual spent nuclear fuels (April 2001 – March 2006). ETDMA calculation conditions: calculation area, 50 x 50 km with a grid resolution of 500 x 500 m.

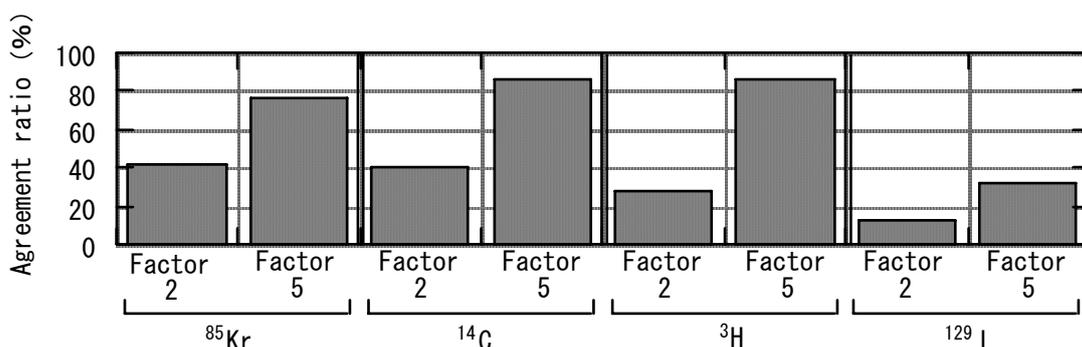


Fig.2 The agreement ratios of number of cases in which the estimated value was within a factor of 2 or 5, for monthly γ -ray dose rate from ^{85}Kr and atmospheric concentration of ^{14}C , ^3H , and ^{129}I at IES.

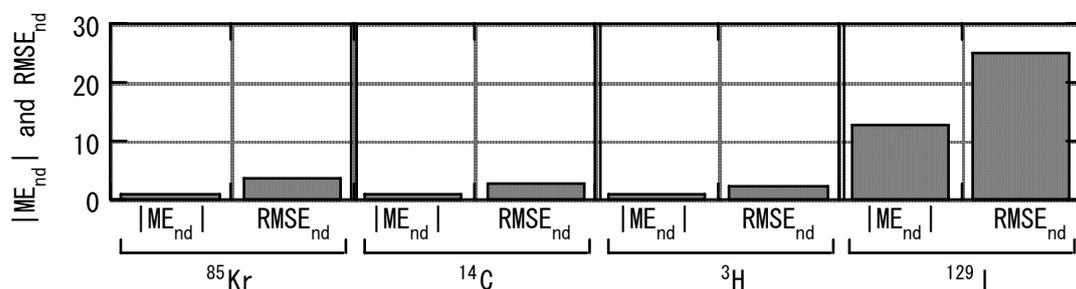


Fig.3 The absolute ratios of mean of error to the average of the measured value ($|\text{ME}_{\text{nd}}|$) and the ratios of the square root of the error squared to the average of the measured value (RMSE_{nd}), for monthly γ -ray dose rate from ^{85}Kr and atmospheric concentrations of ^{14}C , ^3H , and ^{129}I at IES.