

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, 植田 真司, 高久 雄一

環境影響研究部

Koichi ABE, Shinji UEDA, Yuichi TAKAKU

Department of Radioecology

Abstract

In FY 2020, 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) validating functions for probabilistic evaluations with uncertainty of simulation results; 2) introducing temporal variation to the coefficient of Cs transfer from soil to pasture grass; 3) evaluation of the model improvement during 10 years; and 4) comparing results of the model calculations and observations for 2020. For approach 1), these functions had been developed in FY 2019 with reference of the level 3 probabilistic risk assessment for nuclear power plants, and they were validated in FY 2020, assuming cases of abnormal and normal discharges of radionuclides from the reprocessing plant. Approach 2) was based on previous studies at IES. A program module to calculate Cs concentration in pasture grass using a temporal variation coefficient was developed, then this was installed as a part of AdvETDAM. Approach 3) was conducted for the plant operation test using actual spent fuel (April 2006 to October 2008) and assuming the same source rates as in the safety review. The results of the simulation using the improved AdvETDAM were closer to the observed γ -ray radiation dose rates due to discharged ^{85}Kr from the reprocessing plant than results obtained using the earlier version of AdvETDAM. For approach 4), the calculation results of excess ^3H concentrations in the atmosphere for 2020 were confirmed to correspond to observation results.

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2年度は、令和元年度にモデルに導入した確率

論的評価機構の機能評価を用いて、モデルに設定するパラメータ等の不確かさを考慮した評価結果を得た。また、平成21年度～平成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、総合モデルに導入した。さらに、現時点の総合モデルの性能を確認するために、性能評価を実施した。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機能評価

令和元年度に導入した被ばく線量の確率論的評価機構の機能を評価するため、機能評価上必要な修正を行い、異常放出時・平常時の評価を実施した。

2.2 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導入

土壌－牧草間のCs移行係数の経時変化についての実験式を適用するため、令和元年度に実施した基本設計に基づいて、表面土壌から牧草への移行経路を検討し、移行プログラムを作成し、総合モデルに組み込んだ。

2.3 総合モデルの性能評価

大型再処理施設のせん断・溶解処理試験期間を対象とした放出実績に基づく排出放射性物質の移行と、大型再処理施設に関する申請書（以下「申請書」）に記載された定常放出を想定したケースの被ばく線量を計算した。前者の計算結果と同期間に測定された放射性物質の濃度等を比較して計算精度を確認し、後者の計算結果と申請書に示された線量評価値を比較して被ばく線量計算結果の妥当性を検討した。

2.4 総合モデルの検証と精度向上の検討

令和元年12月25日12時～令和2年10月1日12時を対象として、総合モデルの検証計算を実施し、実測値と比較した。

3. 成果の概要

3.1 被ばく線量の確率論的評価機構の機能評価

異常放出時については、「溶解槽における臨界」及び「短時間の全交流電源喪失」の事例を対象として実効線量を確率論的に評価した。確率論的評価の結果は被ばく線量が確率分布で示されるが、いずれも申請書中の被ばく線量値を含む分布となった。

平常放出時の、各年の気象条件の違いによる被ばく線量の変動幅を求めるため、昭和33年～平成24年の気象条件を与え、各年の被ばく線量を求めた。その結果、最大年は最小年の約1.3倍となった。しかし、3.3節で性能評価のために求めた平成25年の被ばく線量は、この最大年の被ばく線量より大きい。従って、この変動幅に収まらない被ばく線量となる気象条件が、今後も発生する可能性が示唆された。

3.2 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導入

土壌－牧草間のCs移行係数として定数又は実験式を適用して、牛乳中¹³⁷Cs濃度への採草牧草からの寄与分について計算した。¹³⁷Cs沈着1年目の分布は両方の計算結果がほぼ一致し、10年目の分布は移行係数を定数とした計算結果の方がやや濃度の大きい領域が広がった。1年目は牧草葉面へ直接沈着し牧草本体へ転流する移行率の影響が大きく、年月の経過により土壌－牧草間の移行率の影響が相対的に大きくなったためと考えられる。

3.3 総合モデルの性能評価

せん断・溶解処理試験期間の環境研本所地点における⁸⁵Krの寄与線量率を計算し、モニタリングポストによるγ線線量率とスペクトルから推定した⁸⁵Krの寄与線量率を基準値として、平均誤差（ME）と二乗平均平方根誤差（RMSE）を求めた（Fig. 1）。いずれも、平成22年度の総合モデル開発時点（改善前）及び平成23年度～25年度に行った精度向上の検討によりパラメータを修正した計算値（平成25年度計算結果）よりも小さく、計算値の基準値との一致性が向上した。

また、申請書に記載された推定放出量を1年間に定常放出したと仮定して被ばく線量を求めると、申請書の値約22 μSvに対して総合モデル計算値は約9 μSvであった。さらに、申請書に記載された放出管理目標値を定常放出したと仮定して被ばく線量を求めると、規制庁資料の約14 μSvに対して総合モデル計算値は約7 μSvであった（Fig. 2）。

3.4 総合モデルの検証

検証対象期間の大部分での風向・風速の計算値と観測値の一致性は、令和元年度に検証計算した平成25年と比較して低下した。その原因として、本計算で用いたオンラインの気象庁MSMデータは、令和元年度の計算に利用したDVDで提供されたMSMデータよりも空間解像度が低いためと考えられた。一方、排出寄与分の大気中3H濃度の計算値は、実測値の測定誤差と同程度か小さく、排出教文の影響がみられないと定誤差と同程度か小さく、排出寄与分の影響が見られないとした実測結果を再現した。

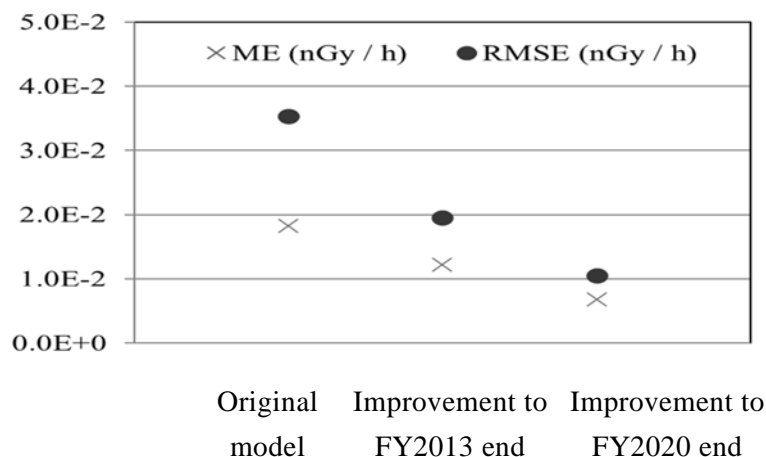


Fig. 1 Mean error (ME) and root mean square error (RMSE) of the simulation results for monthly γ -ray radiation dose rates due to discharged ^{85}Kr from the spent nuclear fuel reprocessing plant of Japan Nuclear Fuel Ltd. during the operation test using actual spent fuel (April 2006 to October 2008) at the main site of the Institute for Environmental Sciences (IES). Observed dose rates of γ -rays from ^{85}Kr at the IES were used as the references for the evaluations. MEs represent bias of the simulation results from the observation results, and RMSEs represent total error. As improvements of the model during 10 years, its accuracy was improved.

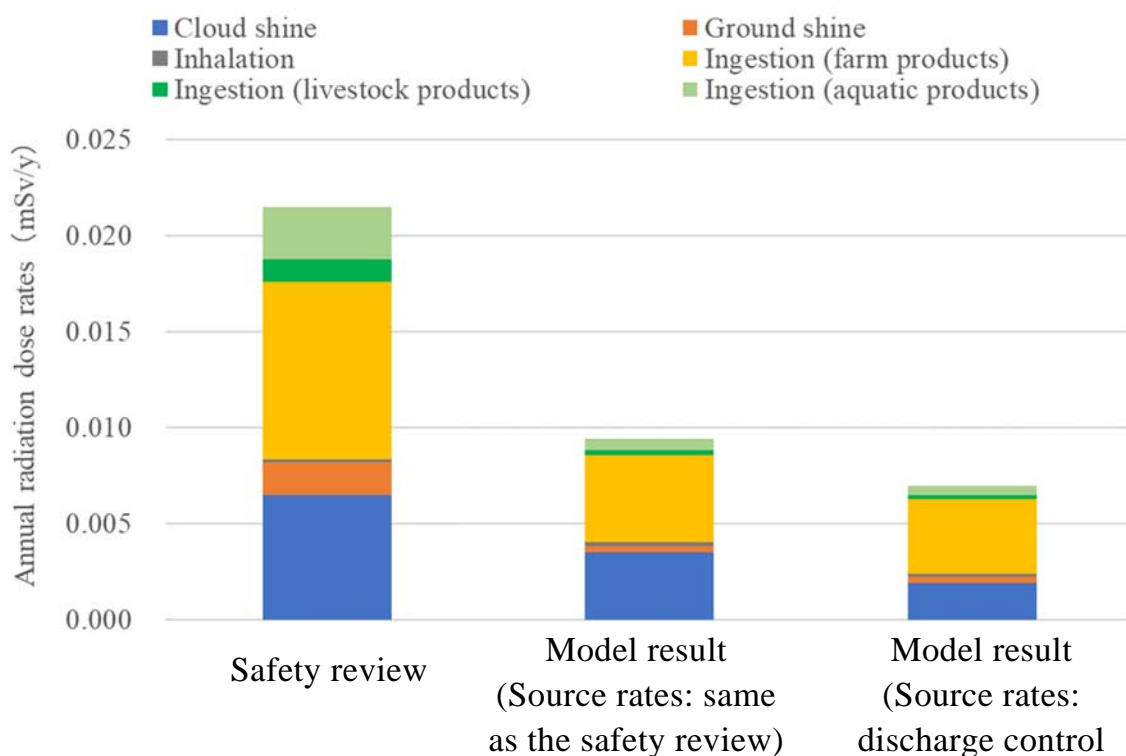


Fig. 2 Annual radiation dose rates calculation results obtained using the newest improved AdvETDAM compared to the values for the safety review of the reprocessing plant. The source rates using the safety review evaluation were assumed for reprocessing spent nuclear fuel after keeping it 4 years at the site; however discharge control targets were assumed for reprocessing after keeping it for 15 years. Results for both models were smaller than those of the safety review.