

1. 1. 2 総合的環境移行・線量評価モデルの検証

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

長谷川 英尚, 柿内 秀樹, 佐藤 雄飛, 植田 真司, 高久 雄一, 久松 俊一
環境影響研究部

Hidenao HASEGAWA, Hideki KAKIUCHI, Yuhi SATOH, Shinji UEDA
Yuichi TAKAKU, Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

The first commercial nuclear fuel reprocessing plant in Japan, located in Rokkasho, Aomori Prefecture finished its final testing using actual spent nuclear fuels and is now undergoing safety assessment by the Nuclear Regulation Authority. The advanced environmental transfer and dose assessment model (AdvETDAM) was developed for estimating areal and temporal distributions of the radionuclides around the plant and the radiation doses resulting from these radionuclides. To validate the model using actual field data, we measured the concentrations of radionuclides (^3H , ^{14}C , ^{129}I , etc.) in environmental, agricultural, and livestock samples collected at points around the plant and the environmental γ -ray dose rates at IES.

Because no nuclear fuel rods have been sheared or dissolved at the plant since October 2008, we found concentration levels of the radionuclides in most environmental samples collected in FY 2018 were similar to the background ones before the plant test operation, excluding several samples. Iodine-129 deposited on soil and lake sediment surfaces around the plant has still remained at a higher level than each background level. The excess ^{129}I inventory in surface soil collected around the reprocessing plant has been obtained by subtracting the global fallout-derived ^{129}I inventory from the total ^{129}I inventory of soil, and it has been compared with estimated ^{129}I deposition density using AdvETDAM. The geographical distribution pattern of estimated ^{129}I deposition density agreed relatively well with measured excess ^{129}I inventory in soil, except the north area of the reprocessing plant site which AdvETDAM evaluated to be the maximum ^{129}I deposition area.

To improve the accuracy of the model prediction in AdvETDAM, we investigated the distributions and transfer of radionuclides in a terrestrial environment in Fukushima Prefecture after the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. In FY 2018, we continuously studied the following subjects: 1) the re-suspension rate of radiocesium and 2) the discharge rate of radiocesium via rivers. The atmospheric concentrations and fluxes of ^{137}Cs gradually decreased during FYs 2012 to 2015 with different effective half-lives, however, both values after 2015 have become nearly constant. The clear seasonality with high atmospheric ^{137}Cs concentration in summer and low concentration in winter was found the same as in our previous observations. We measured concentrations of ^{137}Cs and ^{129}I in suspended load samples collected in two small rivers in Iitate during 2018 and found that both concentrations correlated with those of organic materials in the samples.

1. 目的

大型再処理施設に由来する排出放射性核種の六ヶ所村及びその周辺地域における環境移行及び排出放射性核種によるより現実的な線量評価を行うことを目的として、気圏、陸圏及び水圏より採取した環境試料、及び農畜水産物・日常食試料中の放射性核種（ ^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I ）等濃度を測定し、これらのデータを用いて、これまで整備した総合的環境移行・線量評価モデル（以下、「総合モデル」）を検証する。さらに、福島県では東京電力福島第一原子力発電所の事故（以下、「福島原発事故」）により放射性 Cs 等が環境中に放出されており、それらの環境における挙動を観測することで、通常得ることが難しい環境移行パラメータ等を求め、総合モデルにおける予測精度のさらなる向上に資することとした。

平成 30 年度は、六ヶ所村を中心とした地域において、気圏、陸圏及び水圏の様々な環境試料及び農畜水産物・日常食試料を対象に排出放射性核種濃度の調査を継続して実施した。また、環境研構内に整備した実験圃場において、キャベツ、大根、牧草及びイネを栽培するとともに、排出放射性核種のバックグラウンドデータを取得した。さらに、大気拡散サブモデルのパラメータとなる ^{137}Cs の再浮遊率、及び河川集水域の ^{137}Cs 蓄積量と河川からの ^{137}Cs 流出率との関連等の知見を集水域サブモデルに反映するため、これらに関連する調査を福島県において継続した。これらの調査の中で、本報告では、大型再処理施設周辺の表層土壌における過剰 ^{129}I インベントリの水平分布について主に報告する。

2. 方法

六ヶ所村を中心とした地域における大気、降水、植物、土壌の各試料及び農畜水産物・日常食試料中の ^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I 等濃度を測定した。表層土壌における大型再処理施設由来の過剰 ^{129}I インベントリは、評価対象土壌の全 ^{129}I インベントリからグローバルフォールアウト由来の ^{129}I インベントリを差し引くことで評価した。なお、グローバルフォールアウト由来の ^{129}I インベントリは、それ由来の ^{129}I 及び ^{137}Cs インベントリの比が一定として推定した。ま

た、尾駸沼、尾駸沼集水域等の六ヶ所村水圏環境における水・堆積物・生物試料中の ^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I 等濃度を測定した。加えて、環境研構内に整備した実験圃場で農作物を栽培し、 ^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I 等濃度を測定した。

福島県における調査では、浪江町において粒径別大気エアロゾル中の ^{137}Cs 濃度を測定し、そのデータを用いて放射性 Cs の再浮遊率を推定するとともに、 ^{137}Cs 降下量との関係を検討した。さらに、飯舘村の比曽川及び割木川をはじめとする浜通りの複数河川を対象に、河川水中の ^{137}Cs 濃度を測定し、河川からの ^{137}Cs 流出率等を考察した。

3. 成果の概要

3.1 排出放射性核種等の測定結果及びモデルの検証

大型再処理施設における使用済み燃料のせん断・溶解処理試験（以下、「せん断・溶解処理試験」）が平成 18 年 3 月～20 年 10 月にかけて実施された影響により、同期間中に採取された一部の環境試料中の排出放射性核種濃度は試験前のバックグラウンドの水準から有意に上昇した。せん断・溶解処理試験以降は、ほとんどの試料中の排出放射性核種濃度はバックグラウンドの水準となり、平成 30 年度も同様であった。しかしながら、一部の土壌及び湖底堆積物中の ^{129}I 濃度はせん断・溶解処理試験以降もバックグラウンドの水準より高い値を維持しており、平成 30 年度も同様であった。

前項で述べた方法により評価した施設周辺における過剰 ^{129}I インベントリの分布状況を平成 29 年度までに得られた結果とともに Fig. 1 に示した。比較的高い過剰 ^{129}I インベントリは、大型再処理施設の主排気筒から北西方向を中心に分布していることが明らかとなった。せん断・溶解処理試験期間に大気へ排出された ^{129}I 量を入力として、総合モデルにより計算された ^{129}I 沈着量も主排気筒から北西方向に比較的高い値を示しており、全体的な傾向は再現されていると考えられる。しかしながら、総合モデルにより計算された推定最大 ^{129}I 沈着地点における実測の土壌中 ^{129}I インベントリはそれほど高くなく、計算値と実測値との間に乖離があることも確認された。

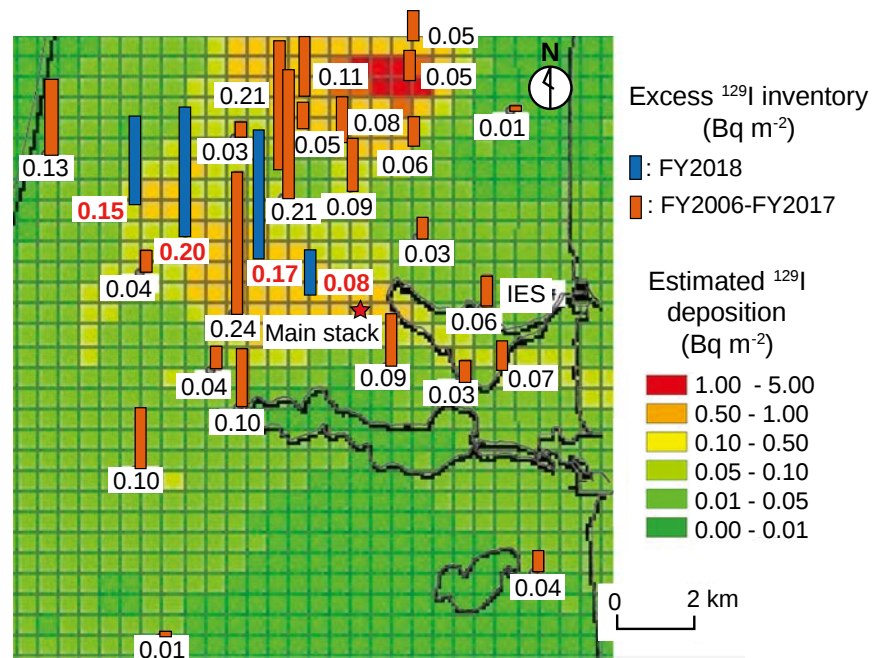


Fig. 1 Distribution map of measured excess ^{129}I inventory in surface soil and estimated ^{129}I deposition obtained using AdvETDAM.

この点については、総合モデルのパラメータ調整を行う必要がある。

また、六ヶ所村内で採取された農畜水産物中の放射性核種濃度は、せん断・溶解処理試験以降は試験期間中に比べて低くなる傾向が認められ、これは平成 30 年度も同様であった。日常食中の排出放射性核種濃度はせん断・溶解処理試験期間中及び以降を比較して明確な差は認められておらず、平成 30 年度も同様であった。なお、観測された放射能から推定される被ばく線量は公衆被ばく線量と比較して無視できる水準であった。

さらに、環境研構内に整備した実験圃場（畑地、牧草地及び水田）において、キャベツ、ダイコン、牧草及びイネを栽培し、収穫物中の排出放射性核種濃度を測定したところ、 ^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I の濃度はせん断・溶解処理試験前のレベルであった。

3.2 福島県内における放射性核種移行研究

浪江町における大気中 ^{137}Cs 濃度には、夏季に $>1.1 \mu\text{m}\phi$ のエアロゾル中 ^{137}Cs 濃度が増加することに起因する明瞭な季節変化が引き続き認められ、その変化は試料採取期間における風向と風上側の ^{137}Cs の

蓄積量に依存していることが示唆された。事故後 5 年（平成 27 年）までの大気中 ^{137}Cs 濃度及び降下量は異なる実効半減期で減少していたが、それ以降、両者はほぼ横ばいに転じ、平成 30 年度も同様の傾向だった。

福島県飯舘村の比曽川及び割木川における河川水中の ^{137}Cs の流出率は事故以降の合計が 2% 未満であり、 ^{137}Cs の大部分は依然として集水域に留まっていることが分かった。また、両河川に浮遊砂サンプラーを設置し、集水域から河川を介して流出する懸濁粒子中の ^{137}Cs 及び ^{129}I 濃度と有機物濃度との間に相関関係が認められた。さらに、福島県の浜通りを中心とした複数の河川において、平水時における溶存態 ^{137}Cs 及び ^3H 濃度と集水域に沈着した 1m^2 当たりの平均 ^{137}Cs 蓄積量との間に有意な相関が認められた。加えて、浜通りの複数の河川水中 ^{129}I 濃度のレベルを明らかにした。