

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 it is now preparing for full operation. The advanced environmental transfer and dose assessment model (AdvETDAM) was developed to estimate 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 we also measured 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 2019 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 ^{129}I inventories in lake sediments (0-25 cm) collected in Lake Obuchi adjacent to the reprocessing plant have not changed since 2008. On the other hand, $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ atomic ratio in surface sediments (0-5 cm) has gradually decreased. These results suggest the following possibilities: the balance between the inflow and outflow of ^{129}I has been kept almost constant; or ^{129}I deposited on the surface sediment simply migrated to the lower layers.

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 2019, we continuously studied two subjects: the re-suspension rate of radiocesium; and 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 that we reported in our previous studies was not found. The estimated discharge rate of ^{137}Cs from the river catchments of the two small rivers in Iitate Village since 2011 was less than 2% of ^{137}Cs deposited in the catchments, showing that most of the ^{137}Cs has still remained on the soil surface in the catchments.

1. 目的

大型再処理施設に由来する排出放射性核種 (^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 及び ^{85}Kr 等) 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現実的な線量評価を行うことを目的として、施設周辺における気圏、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、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いる福島県において、それらの環境中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。

令和元年度は、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、ダイコン、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。本報告では主に尾駱沼湖底堆積物における ^{129}I 蓄積量及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比の時系列変動について述べる。

2. 方法

六ヶ所村を中心とした地域における大気、降水、植物及び土壌の各試料、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。さらに、尾駱沼、尾駱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。尾駱沼湖底堆積物は湖心部及び西部において、不攪乱柱状採泥器を用いて表層から 25 cm までのコア試料を採取し、5 cm 間隔で切り分けて分

析に供した。加えて、環境研構内の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、福島県浜通りの河川を対象に、河川水中の ^{137}Cs 濃度を測定し、河川からの ^{137}Cs 流出率等を求めた。

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大気中濃度及び降下物中の排出放射性核種 (^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I) 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。一方、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、令和元年度も同様であった。

尾駱沼の湖沼水及び水生生物試料中の ^{129}I 濃度及び $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は、せん断・溶解処理試験期間にバックグラウンドより高い値が観測されたが、試験終了以降はバックグラウンドと同様の水準となった。表層から 25 cm までの尾駱沼湖底堆積物には、せん断・溶解処理試験時に排出された ^{129}I が令和元年度も蓄積されたままの状態であった (Fig. 1)。一方、表層堆積物中 (0-5 cm) の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比は平成 20 年以降、徐々に低くなった (Fig. 1)。堆積物中 ^{129}I 蓄積量の変化がみられず、表層の $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 原子数比が低下する要因は、流域からの ^{129}I 流入と海洋への流出のバランスが取れていること、あるいは一旦堆積した ^{129}I が溶出されず深部に移動していること等が想定される。

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、これは令和元年度も同様であった。一方、表層土壌への ^{129}I の沈着量は大型再処理施設の主排気筒から北西方向でやや多く、東側では少ない傾向であることがより明瞭に

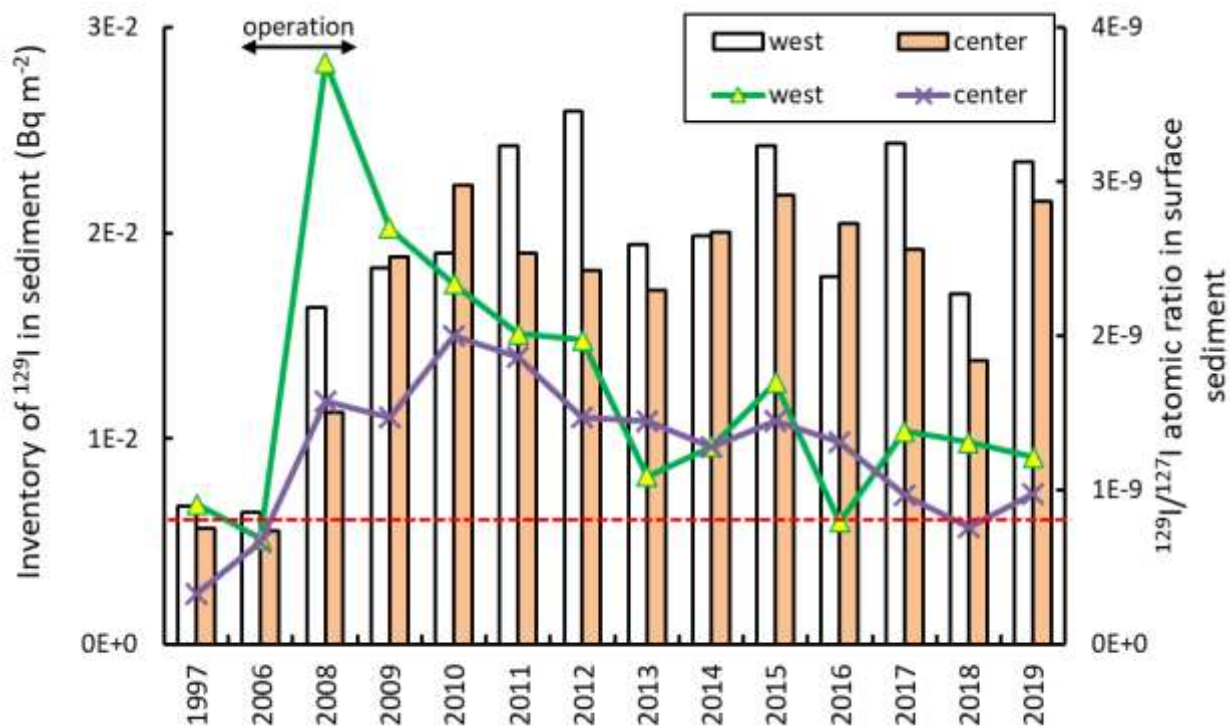


Fig. 1 Temporal variations of ^{129}I inventory and $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ atomic ratio in sediment samples collected in Lake Obuchi.

The red dotted line and "operation" arrow indicate background level and the test operation duration, respectively.

なった。日常食中排出放射性核種濃度はせん断・溶解処理試験期間中とそれ以降に明確な差は認められておらず、令和元年度も同様であった。さらに、環境構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て、モデルへの外部入力情報である農作物の生長曲線をそれぞれ取得するとともに、収穫物中の ^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I 濃度を測定し、これらの濃度がせん断・溶解処理試験前のレベルであることを確認した。

なお、本調査で得られた排出放射性核種による被ばく線量は、公衆の被ばく線量限度と比較して、いずれも無視できる水準であった。

3.2 福島県内における放射性核種移行研究

福島県浪江町における大気中 ^{137}Cs 濃度には、平成 30 年度まで、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起因する明瞭な季節変化が認められてきたが、令和元年度においては夏季から冬

季への濃度低下が鈍化すること起因する季節変化の不明瞭化が認められた。 ^{137}Cs 降下量は平成 28 年度まで低下する傾向を示したが、以降、平成 30 年度までに低下傾向が不明瞭となるとともに、令和元年度においては一時的な降下量の増加が観測されるようになった。 ^{137}Cs の再浮遊率は 1×10^{-11} から $1 \times 10^{-9} \text{m}^{-1}$ の範囲であり、概ねヨーロッパ各地での報告例の範囲内だった。再浮遊率は事故からの時間の経過とともに減少し、事故後 5 年間における実効半減期は約 1.2 年と推定された。

福島県飯舘村の比曾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初期沈着量の 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、同県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 濃度を調査したところ、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るとともに、その近似式の傾きが小さくなる傾向が認められた。