

## 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 under 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 ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{129}\text{I}$ , etc.) in environmental, agricultural, and livestock samples collected at points around the plant and the environmental  $\gamma$ -ray dose rates at IES. In FY2016, an experimental agricultural field was set up in IES, in which the atmospheric deposition and concentration of radionuclides are being measured, to study the transfer process of radionuclides to agricultural products. In addition, long term observations of suspended substance (SS) flux were started in two rivers, Futamata and Oippe Rivers, around the reprocessing plant to evaluate discharge rate of radionuclides with SS through the rivers.

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 2016 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.

Since the AdvETDAM simulated the maximum  $^{129}\text{I}$  atmospheric deposition during the plant test operation period at an unexpected point on the mountainside north of the reprocessing plant, we collected soil samples at the point and analyzed them for  $^{129}\text{I}$ . However, the measured  $^{129}\text{I}$  inventory was lower than that of the west side of the plant, showing that further study of both measurements and simulations is necessary.

To improve the accuracy of the model prediction in AdvETDAM, we investigated the distributions and transfer of radionuclides in terrestrial environment in Fukushima Prefecture after the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. In FY 2016, we studied the following subjects: 1) the re-suspension rate of radiocesium and 2) the discharge rate of radiocesium via rivers. The wind direction weighted mean re-suspension factor of  $^{137}\text{Cs}$  in Namie Town ( $1.0 \times 10^{-11}$  -  $1.0 \times 10^{-9}$  in FY 2013 - 2016) has become similar to or lower than the annual mean resuspension factor, (atmospheric  $^{137}\text{Cs}$  concentration)/( $^{137}\text{Cs}$  deposition density), observed at Chernobyl and in European countries ( $1 \times 10^{-10}$  -  $1 \times 10^{-6}$ ). The discharge rate of  $^{137}\text{Cs}$  from the river catchments of the two small rivers in Iitate Village during 2016 was less than 2% of  $^{137}\text{Cs}$  deposited in the catchments, showing that most of the radiocesium has still remained on the soil surface in the catchments.

## 1. 目的

大型再処理施設から排出される放射性核種の六ヶ所村及びその周辺地域における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、気圏、陸圏及び水圏より採取した環境試料、及び日常食・農畜水産物試料中の $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 及び $^{129}\text{I}$ 等濃度を、また環境研構内において環境 $\gamma$ 線線量率を測定し、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、福島県において発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故（以下、「福島第一原発事故」）により放射性Cs等が環境中に放出されたが、大型再処理施設においても、万一の過酷事故時によりこれらが放出される可能性がある。そこで、福島第一原発事故により放出された放射性核種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移行パラメータ等を求め、総合モデルにおける予測精度向上に資する。

平成28年度は、平成27年度までに実施した六ヶ所村及びその周辺地域における環境試料及び日常食・農畜水産物試料を対象に排出放射性核種濃度の調査を継続した。新規調査として、農産物中における排出放射性核種の挙動を詳細に観測するための実験圃場を環境研構内に整備するとともに、客土した土壌の土性及び排出放射性核種濃度等の測定を行った。また、再処理施設周辺河川において、懸濁粒子流出量を定量的に評価するとともに、懸濁粒子の粒径分布及び排出放射性核種等の濃度測定を行った。さらに、福島県内では粒径別大気エアロゾル中 $^{137}\text{Cs}$ 濃度及び河川を通じての $^{137}\text{Cs}$ の流出量等を観測し、 $^{137}\text{Cs}$ に関する移行パラメータ取得調査を平成28年度も継続した。

## 2. 方法

六ヶ所村及びその周辺地域における大気、降水、植物、土壌の各試料、日常食・農畜水産物試料、及び尾駱沼、二又川等における水・堆積物・生物試料中の $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 及び $^{129}\text{I}$ 等濃度を測定した。また、環境研構内においてモニタリングポストによる $^{85}\text{Kr}$ 測定を行い、環境 $\gamma$ 線線量率を求めた。

環境研構内において六ヶ所村の森林土壌を客土して実験圃場を整備し、客土した土壌の物理化学特性と放射性核種濃度を青森県内の農地と比較した。また、再処理施設周辺河川の二又川等に浮遊砂サンプラーを設置して河川水中の懸濁粒子を採取し、流出量の定量的評価を行うとともに、懸濁粒子中の $^{129}\text{I}$ 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 $^{137}\text{Cs}$ 濃度を測定し、そのデータを用いて放射性Csの再浮遊率を求め、時系列変化について検討した。また、県東部地域の河川を対象に、河川水中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度（溶存態及び懸濁態）を測定し、河川からの $^{137}\text{Cs}$ 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。同期間中に採取された一部の環境試料に含まれる排出放射性核種には、バックグラウンドレベルからの上昇が認められたが、以降はほとんどの試料中の排出放射性核種濃度にバックグラウンドを超える値は認められず、平成28年度も同様であった。しかし、一部の土壌及び湖底堆積物には大型再処理施設から排出された $^{129}\text{I}$ が蓄積されたままであった。

Fig. 1には、せん断・溶解処理試験が終了し、 $^{129}\text{I}$ 排出が報告されなくなった平成21年6月から平成28年度までに採取した土壌から求めた過剰 $^{129}\text{I}$ インベントリを示す。同図には平成18年6月から平成20年12月までに大気排出された $^{129}\text{I}$ 量を入力として、総合モデルにより予測された過剰 $^{129}\text{I}$ インベントリの分布図も示した。モデル計算の結果によると0.1 Bq m<sup>2</sup>以上の比較的大きなインベントリは再処理施設の北から西側に分布しており、最大インベントリは北側の吹越烏帽子岳中腹と予測された（Fig. 1中の赤色格子）。一方、実測された過剰 $^{129}\text{I}$ インベントリで大きな値は再処理施設の北西及び西側に分布しているとともに、0.1 Bq m<sup>2</sup>以下の比較的小さな値の実測値についてもモデル予測値と概ね

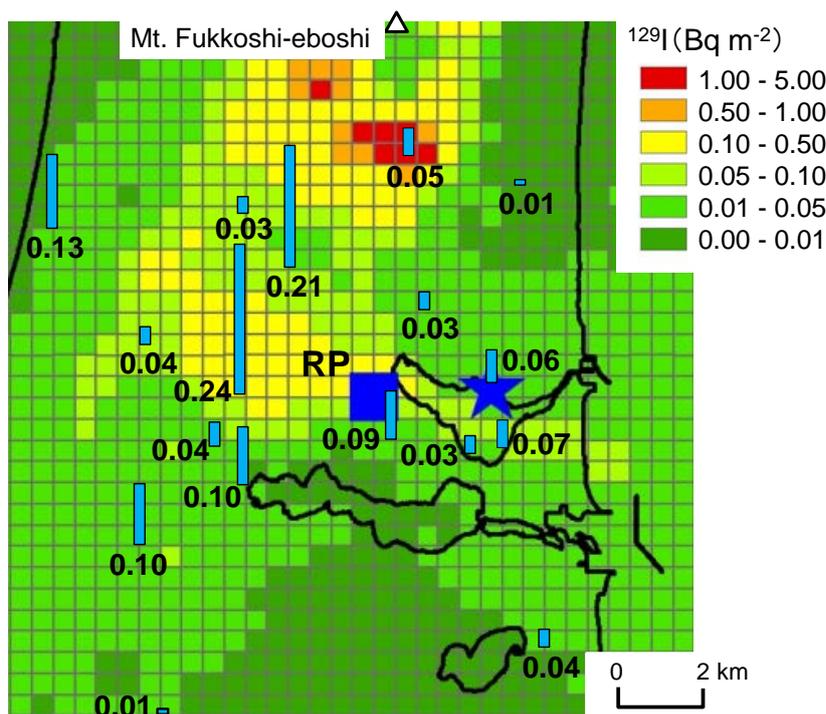


Fig.1 Distribution map of measured excess  $^{129}\text{I}$  inventories from background in Rokkasho Village with a color map showing values predicted by AdvETDAM. RP indicates the nuclear fuel reprocessing plant.

一致した分布を示した。しかし、最大インベントリが予測された吹越烏帽子岳中腹から平成 28 年度に採取した土壌試料から求めた過剰  $^{129}\text{I}$  インベントリは  $0.05 \text{ Bq m}^{-2}$  と小さく、予測値と一致しなかった。このことからモデル計算により予測された最大沈着地点と実際の最大沈着地点にはズレが生じている可能性が示唆される。今後、再処理施設の北から西側の範囲より土壌試料を密に採取し、総合モデルの検証に必要なデータを取得するとともに、必要に応じて総合モデルのパラメータを適正化していく必要がある。

排出放射性核種の農作物への移行を詳細に観測するための実験圃場を環境研構内に整備し、土性 (pH、粒径分布、陽イオン交換容量等) を調査した結果、青森県内の一般的な耕作地と同様の性質を有していた。また、土壌中放射性核種濃度はバックグラウンドレベルであり、大気中排出放射能濃度及び降水量調査と並行した農作物-土壌間の放射性核種の挙動を観測するための体制を整えることができた。

大型再処理施設周辺の二又川及び老部川で行った

懸濁粒子量調査の結果、両河川からの単位面積あたりの一日間に流出する粒子状物質量はそれぞれ、 $0.4 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  及び  $1.5 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  と見積もられた。この差は両河川流域における土地利用形態の違いに起因すると推測された。

### 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  $^{137}\text{Cs}$  濃度には明瞭な季節変化が認められ、その変化は試料採取期間における風向と風上側の  $^{137}\text{Cs}$  蓄積量に依存していることが示唆された。 $^{137}\text{Cs}$  の再浮遊率は時間とともに低下し、平成 28 年度の再浮遊率は概ね  $1 \times 10^{-10}$  以下となった。これらの値はチェルノブイリ原発周辺及びヨーロッパ各地で報告されている値と同程度か低い値であった。

飯舘村における河川調査では、平成 23 から平成 28 年までに、比曾川及び割木川から流出した  $^{137}\text{Cs}$  の総量は、蓄積量に対して 2% 未満であり、沈着した  $^{137}\text{Cs}$  の大部分が集水域内に残留していることが示唆された。