

## 第4章 環境科学技術研究所自主研究

### 4.1 福島県における河川からの放射性核種流出量の数値モデルを用いた推定

#### Estimating the Discharge of Radionuclides in Fukushima Rivers using a Hydrological Model

植田 真司, 長谷川英尚

環境影響研究部

Shinji UEDA, Hidenao HASEGAWA

*Department of Radioecology*

#### Abstract

After the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in March 2011, large amounts of radiocesium ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) were deposited in the surrounding environment. Radiocesium deposited on the ground is discharged from river catchment areas to downstream regions. Transfer of radiocesium from the ground through rivers is an important factor in the downstream contamination of irrigation water, paddy fields, lakes, and the sea. To investigate the behavior of nuclear accident-derived  $^{137}\text{Cs}$  from catchment areas into rivers, the discharge rate of  $^{137}\text{Cs}$  through two small rivers, the Hiso and Wariki Rivers, that traverse mountainous areas in Iitate Village, Fukushima Prefecture, was calculated by the watershed model based on a physically-based distributed hydrological and sediment erosion model. The relationships between the model results and observation data for river flows, suspended particle matters and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in Hiso and Wariki Rivers showed a significantly high correlation. The discharge rates of  $^{137}\text{Cs}$  from the catchments during 2011 to 2014 were estimated by the watershed model to be 0.44% and 0.14% in 2011, and then <0.14% and <0.06% during 2012 to 2014 of the total amount of  $^{137}\text{Cs}$  deposited on the catchments of Hiso and Wariki Rivers, respectively. It is considered that most of the  $^{137}\text{Cs}$  deposited in the catchment areas remains on the soil surface.

#### 1. 目的

環境研では、平成 23 年から、福島県飯舘村の小河川において  $^{137}\text{Cs}$  の流出に関する研究を進め、出水時の懸濁粒子を介した  $^{137}\text{Cs}$  の移動が重要な役割を果たしていることを明らかにした (Ueda et al., 2013)。現在、 $^{137}\text{Cs}$  の河川からの流出量を評価するにあたって、観測期間中の水位から HQ (水位-流量) 曲線式を用いて河川流量を算出しているが、水位データのない期間は水位と降水量の関係式より河川流量を算出している。しかしながら、実際の降水量と水位との関係式では誤差が大きく、現実の河川流量結果と乖離している可能性が考えられる。さらに、河川水中の  $^{137}\text{Cs}$  の大部分は粒子態で移動しており、流域からの粒子態の移行を正確に評価する必要がある。

そこで、対象流域の河川流量及び土砂輸送量をより高い精度で推定するため、流域の水収支モデル及び土砂浸食・土砂輸送モデルを構築するとともに、得られた河川流量及び土砂輸送量から、より現実的な  $^{137}\text{Cs}$  流出量の推定を行うことを目的とした。

本研究では、平成 26 年度において福島県の新田川流域の比曾川及び割木川における水収支モデルの構築を行った。平成 27 年度は水収支モデルに土砂流亡を扱う数値モデルを組み込んだ放射性核種移行モデルを構築するとともに、観測された河川水中  $^{137}\text{Cs}$  濃度を用いて、 $^{137}\text{Cs}$  濃度の計算値と比較検証を行った。さらに、対象河川からの  $^{137}\text{Cs}$  流出率の推定を行った。

## 2. 方法

対象河川は、福島県飯舘村の比曾川及び割木川とした。さらに両河川の主流河川である新田川全流域も計算対象とした (Fig. 1)。両河川の上流部の主な土地利用形態は、比曾川では水田であり、割木川では森林である。

集水域の水収支モデル (WEP, Water and Energy transfer Process) に土砂流亡を扱う USLE (Universal Soil Loss Equation) モデルを組み込んで集水域モデルとし、粒子に  $^{137}\text{Cs}$  を分配させ、地表水出水に伴う  $^{137}\text{Cs}$  輸送を計算可能とする集水域  $^{137}\text{Cs}$  移行モデルとした。モデルの格子は、水平方向に 100 m メッシュで分割し、土壌層を表層から鉛直方向に 2、3、5、10、40 及び 140 cm に分割した。

気象データとしてレーダーアメダス解析雨量等を用い、地表面の  $^{137}\text{Cs}$  蓄積量の分布データは、第 3 次航空機モニタリング (平成 23 年 7 月 2 日) による観測値を用いた。河川からの  $^{137}\text{Cs}$  流出量の推定は、平成 23 年から平成 26 年の 4 年間について行った。

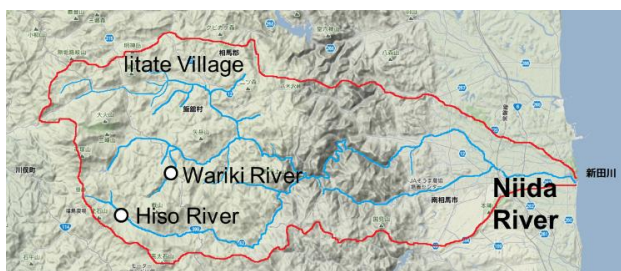


Fig. 1 Sampling points (○) of river water. The red line encloses the Niida River catchment area.

## 3. 成果の概要

水収支モデルに土砂流亡を扱う USLE モデルを組み込んだ集水域モデルを用いて、比曾川及び割木川の河川流量と河川水中の懸濁粒子 (SS) 濃度の観測値と計算値を比較した結果、河川流量と河川水中の SS 濃度ともに計算値は観測値を概ね再現した。また、両河川における河川水中懸濁態成分中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の計算値は観測値と概ね良い相関を示した (Fig. 2)。そこで、事故後約 4 年間の  $^{137}\text{Cs}$  流出量の計算を行い、地上に沈着した  $^{137}\text{Cs}$  の河川による流出率の推定を行った。比曾川及び割木川の

$^{137}\text{Cs}$  流出率の計算値は平成 23 年が最大となり、それぞれ 0.44% 及び 0.14% であったが、平成 24 年以降は <0.14% 及び <0.06% に減少し、平成 26 年までの総流出率は 0.74% 及び 0.21% と推定された。このように、本研究で構築した集水域  $^{137}\text{Cs}$  移行モデルは河川流量、SS 濃度及び河川水中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の観測値を良好に再現し、 $^{137}\text{Cs}$  流出量の推定に役立つことが認められた。平成 23 年から平成 26 年において、流域に沈着した  $^{137}\text{Cs}$  の河川を通しての年間流出率は各年で変動があるものの計算値及び観測値ともに 1% 未満であり、沈着した  $^{137}\text{Cs}$  の大部分が流域に残留していることが明らかとなった。この結果は受託調査「排出放射能環境移行調査」で実施している調査結果とも概ね一致した。

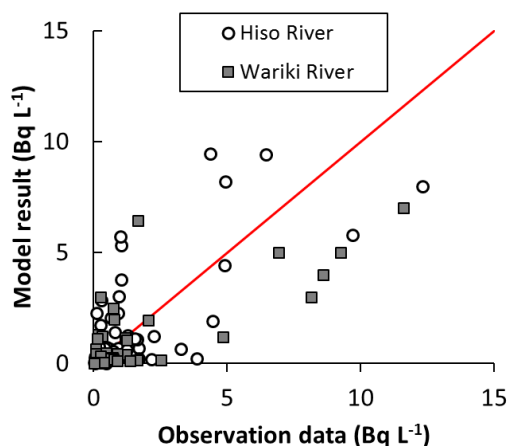


Fig. 2 Correlation between the model results and observation data for  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in particle matter found in the Hiso and Wariki Rivers.

本研究によって得られたモデルのパラメータ (土砂浸食、土砂輸送及び表面流出等) 及び計算手法等の知見は、受託研究で進めている集水域モデルの構築を円滑に遂行するにあたって貴重な情報となった。

## 引用文献

- Ueda, S., H. Hasegawa, H. Kakiuchi, N. Akata, Y. Ohtsuka, S. Hisamatsu: Fluvial discharges of radiocaesium from watersheds contaminated by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Japan. J. Environ. Radioact., 118, 96-104 (2013).