

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, 落合 伸也, 柿内 秀樹, 植田 真司, 久松 俊一

環境影響研究部

Hidenao HASEGAWA, Shinya OCHIAI, Hideki KAKIUCHI, Shinji UEDA,

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 (^3H , ^{14}C , ^{129}I , etc.) in various environmental 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, concentration levels of the radionuclides in most environmental samples collected in FY 2015 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 accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in 2011, we have studied the distribution and transfer of several radionuclides in Fukushima Prefecture to clarify their movement in the terrestrial environment. The obtained results will be used to improve the accuracy of the model prediction in AdvETDAM. In FY 2015, we studied the following subjects: 1) the distribution of ^3H in plant and soil samples collected around the FDNPP, 2) the discharge rate of radiocesium via two small rivers in a mountainous area in Iitate Village, and 3) the re-suspension rate of radiocesium in Namie Town and Koriyama City.

Free-water tritium (FWT) concentrations in plant samples collected in Fukushima Prefecture have been gradually decreasing from 2011 to 2015. The effective half-life of FWT in those were estimated as a few days for a week after the accident, and as 1 to 2 months from 1 week after the accident until August 2011. The discharge rate of radiocesium from the river catchments of the two small rivers during 2015 was less than 1% of radiocesium deposited in the catchments, showing that most of the radiocesium has still remained on the soil surface in the catchments. The atmospheric ^{137}Cs concentration showed a clear seasonal fluctuation with high values during summer and autumn in Namie and with high values during winter and spring in Koriyama. We defined the wind direction-weighted mean ^{137}Cs deposition densities, which was a sum of the products of the frequency of wind direction for a month and the ^{137}Cs deposition density in each sector of 16 directions in a 5 km radius, and the wind direction-corrected resuspension factor, which was the quotient of atmospheric ^{137}Cs concentration divided by the wind direction-weighted mean ^{137}Cs deposition densities. The range of the

re-suspension factor of ^{137}Cs (Namie, 4×10^{-11} to 8×10^{-10} ; Koriyama, 8×10^{-11} to 1×10^{-8}) was similar to the annual mean resuspension factor, which was defined as the quotient of atmospheric ^{137}Cs concentration divided by local ^{137}Cs deposition densities, observed at Chernobyl and in European countries (1×10^{-10} to 1×10^{-6}). In addition, our re-suspension factor has been gradually decreasing with an effective half-life of approximately 1 year.

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とその周辺地域における挙動を精度良く予測するため、大気、降水をはじめとして陸域、湖沼、沿岸海域より採取した環境試料中及び日常食・各種食品中の放射性核種 (^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 等) 濃度を測定し、得られたデータを用いてこれまで構築した総合的環境移行・線量評価モデル (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により放射性 Cs 等が環境中に放出されており、大型再処理施設においても、万一の過酷事故によってこれらが放出されると考えられる。そこで、福島第一原子力発電所事故により放出された放射性核種を環境中で追跡して、通常得ることが難しい移行パラメータ等を求め、総合モデルの予測精度向上に資することを目的とした。

平成 26 年度までに、六ヶ所村を中心とした地域において、様々な環境試料及び日常食・各種食品を対象に排出放射性核種濃度の調査を実施しており、平成 27 年度もこれらを継続した。福島県内では粒径別大気エアロゾル中の ^{137}Cs の再浮遊率、植物試料中の ^3H 等濃度及び河川における ^{137}Cs の濃度と流出量を調査し、それらの経時的変化を検討しており、平成 27 年度もこれらの調査を継続した。本報告では、福島県において粒径別大気エアロゾル中の ^{137}Cs の再浮遊率を求めた結果について主に記す。

2. 方法

六ヶ所村を中心とした地域における大気、降水、植物及び土壌試料中、並びに日常食及び各種食品試料中の ^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 等濃度を測定した。さらに、鷹架沼、鷹架沼集水域等の六ヶ所村水圏環境における水、堆積物及び生物試料中の ^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 等濃度を測定した。

福島県における調査では、植物試料中 ^3H 等の濃度を測定するとともに、飯舘村の河川を対象に、河川水中の ^{137}Cs 濃度 (溶存態及び懸濁態) を測定し、河川からの ^{137}Cs 流出率等を検討した。さらに、浪江町及び郡山市において粒径別大気エアロゾル中 ($<1.1\ \mu\text{m}$, $>1.1\ \mu\text{m}$) の ^{137}Cs 濃度及びその再浮遊率を求め、その時系列変化について検討した。

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

大型再処理施設のアクティブ試験での使用済燃料のせん断・溶解作業は平成 20 年 10 月に行われたのを最後に、以降は実施されていない。このため、平成 18 年から平成 20 年にかけては、各種試料中の排出放射性核種濃度に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でバックグラウンドを超える値は認められておらず、平成 27 年度も同様であった。しかし、一部の土壌及び湖底堆積物中の ^{129}I 蓄積量は、大型再処理施設から排出された ^{129}I により上昇し、アクティブ試験のせん断・溶解作業が終了し 7 年が経過した平成 27 年度でも、大きな変化は認められない。なお、観測された放射性核種による被ばく線量は、自然放射線 (能) による線量と比較していずれも無視できるレベルである。大型再処理施設の本格操業開始を踏まえ、今後とも測定を続けて、モデルとパラメータの検証データを得ていく。

3.2 福島県内における放射性核種移行研究

福島市及び郡山市で採取した草本植物試料の自由水中 ^3H (以下「FWT」) 濃度を測定し、環境半減期を推定した結果、事故後一週間の FWT の環境半減期は数日程度であり、その後、平成 23 年 8 月までは約 1~2 ヶ月であった。また、飯舘村における、平成 23 年から平成 27 年の集水域 ^{137}Cs 蓄積量の河川を通

しての年間流出量は 1%未満であり、沈着した ^{137}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。

福島県における大気中 ^{137}Cs 濃度には、明瞭な季節変化が認められ、浪江町においては東風の卓越する夏季に高く、西風が卓越する冬季に低かった。一方の郡山市は浪江町とは異なり、西風の卓越する冬季に ^{137}Cs 濃度が高く、東風が卓越する夏季に低かった (Fig. 1)。また、これらの濃度変化は、大気中の粒子状物質濃度の変化とは対応していないが、粒子状物質中の ^{137}Cs 濃度変化と対応しており、大気中粒子状物質の供給源が季節により変化していた可能性が示唆された。そこで、この季節変動の違いを検討するため、試料採取地点の周囲 5 km を 16 方位に分割し、各方位別に ^{137}Cs 蓄積量の平均値を求めるとともに、各月の風向頻度により重み付けを行うことで風上側の ^{137}Cs 蓄積量 (風向荷重 ^{137}Cs 蓄積量) を算出し、大気中濃度と風向荷重 ^{137}Cs 蓄積量との関係を検

討した。その結果、試料採取期間における風向と風上側の ^{137}Cs の蓄積量により説明可能であることが明らかとなった (Fig. 1)。得られた風向荷重 ^{137}Cs 蓄積量と大気中 ^{137}Cs 濃度の測定結果をもとに ^{137}Cs の再浮遊率を求めたところ浪江町において $4 \times 10^{-11} \sim 8 \times 10^{-10}$ 、郡山市において $1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-8}$ の範囲にあり、過去に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た値の範囲 ($1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-6}$) に概ね一致した。しかし、浪江町及び郡山市における再浮遊率は時間の経過と共に指数関数的に減少する傾向が認められ、その半減期は浪江町で約 1.3 年、郡山市で約 0.9 年と推定された (Fig. 2)。郡山市における再浮遊率が浪江町に比較して高く、その半減期が短いことは主な土地利用形態の違い (郡山市; 市街地、浪江町; 森林) が反映されている可能性がある。このように、日本国内で限られていた ^{137}Cs の再浮遊に関する知見を得ると共に、放射性核種の移行モデルの精度向上へ寄与する結果を得ることができた。

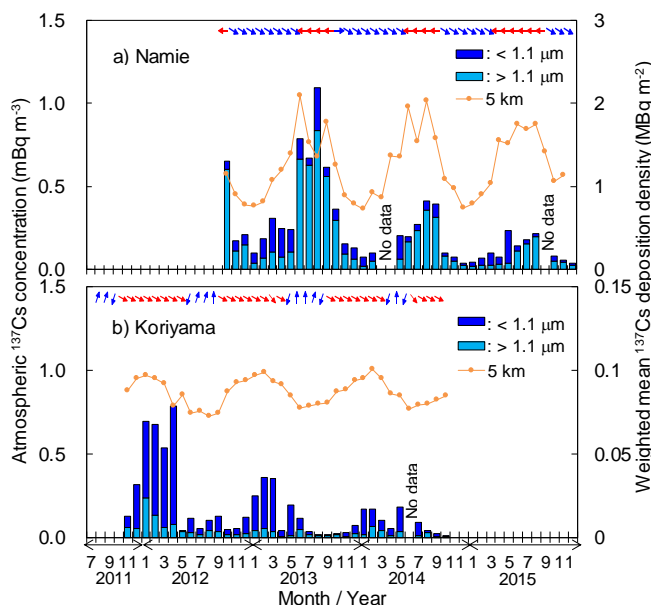


Fig. 1 Time series of atmospheric ^{137}Cs concentrations and wind direction-weighted mean ^{137}Cs deposition densities, which was a sum of the products of the frequency of wind direction for a month and the ^{137}Cs deposition density in each sector of 16 directions in a 5 km radius. Blue and light blue bars indicate ^{137}Cs concentrations in particulates $< 1.1 \mu\text{m}$ and $> 1.1 \mu\text{m}$, respectively. (a) Namie Town and (b) Koriyama City. Arrows indicate the most frequent wind direction in a month.

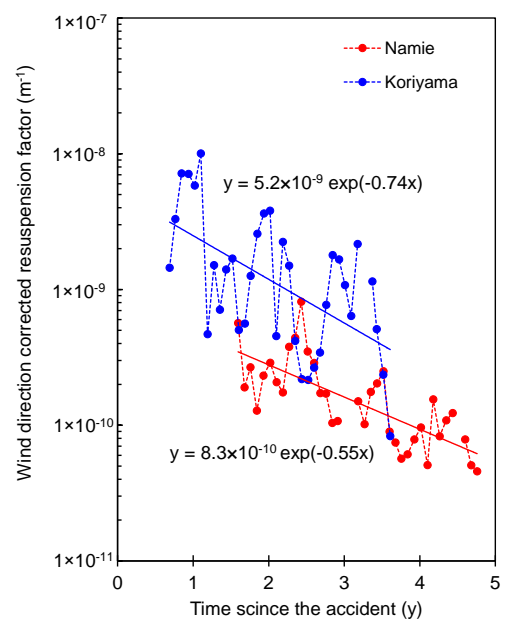


Fig. 2 Time series of wind direction-corrected resuspension factor, which was the quotient of atmospheric ^{137}Cs concentration divided by the wind direction weighted mean ^{137}Cs deposition densities, during study period in Namie Town and Koriyama City.