

Oral presentation | VII. Health Physics and Environmental Science : Health Physics and Environmental Science

📅 Thu. Sep 12, 2024 2:45 PM - 4:40 PM JST | Thu. Sep 12, 2024 5:45 AM - 7:40 AM UTC 🏠 Room C(Recture RoomsA 1FA105)

## [2C10-16] Fukushima 2

Chair:Kentaro Manabe(JAEA)

2:45 PM - 3:00 PM JST | 5:45 AM - 6:00 AM UTC

[2C10]

### Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(5) Elucidation and modeling of the effects of forest management on air dose rates

\*Yusei Uehara<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>, Junko Takahashi<sup>1</sup>, Miyu Nakanishi<sup>1</sup>, CHENWEI CHIU<sup>1</sup>, Shiori Takamura<sup>1</sup> (1. University of Tsukuba)

3:00 PM - 3:15 PM JST | 6:00 AM - 6:15 AM UTC

[2C11]

### Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(6) Analysis of the source of cesium discharge from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant to the ocean

\*Yuichi Onda<sup>1</sup>, Hikaru Sato<sup>1</sup>, Daisuke Tsumune<sup>1</sup>, Katsuhiko Kohata<sup>2</sup>, Tomomi Okamura<sup>2</sup> (1. Center for Research in Radiation, Isotopes and Earth System Sciences, 2. Tokyo Electric Power Company Holdings)

3:15 PM - 3:30 PM JST | 6:15 AM - 6:30 AM UTC

[2C12]

### Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(7) Model Development for Elucidation of Cs-137 Adsorption and Desorption Process in River Bottom Sediment in Fukushima Prefecture

\*Naoyuki Wada<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>, Jim Smith<sup>3</sup>, Yasunori Igarashi<sup>2</sup> (1. University of Tsukuba, 2. Center for Research in Radiation, Isotopes and Earth System Sciences, 3. University of Portsmouth)

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[2C13]

### Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(8) Elucidation of the dynamics of dissolved Cs-137 from the headwaters to the river by analyzing the water quality of river water

\*Kosuke Tomura<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>, Junko Takahashi<sup>1</sup>, Aya Sakaguchi<sup>1</sup>, Yasunori Igarashi<sup>1</sup>, Taichi Kawano<sup>1</sup> (1. Univ. of Tsukuba)

3:45 PM - 4:00 PM JST | 6:45 AM - 7:00 AM UTC

[2C14]

### Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(9) Factors contributing to elevated concentrations of dissolved form Cs-137 during runoff in forest headwater catchment

\*Yutaro Nagata<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>, Koichi Sakakibara<sup>3</sup>, Junko Takahashi<sup>2</sup>, Tsubasa Hiramatsu<sup>3</sup> (1. Univ. of Tsukuba, Master programme of Geosciences, 2. Univ. of Tsukuba, Center for Research in Radiation, Isotopes, and Earth System Sciences, 3. Shinshu Univ. Faculty of Science)

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[2C15]

### Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(10) Effect of bedrock groundwater on the concentration of dissolved Cs-137 in surface water in the headwaters of

forests in Namie Town

\*Haruki Nakada<sup>1</sup>, Hiroaki Kato<sup>1,2</sup>, Yuma Niwano<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>1,2</sup> (1. Tsukuba University, 2. CENTER FOR RESEARCH IN RADIATION ISOTOPES, AND EARTH SYSTEM SCIENCE)

---

4:15 PM - 4:30 PM JST | 7:15 AM - 7:30 AM UTC

[2C16]

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(11) Estimation of pathways based on the vertical distribution and temporal variation of <sup>137</sup>Cs in the ocean derived from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident

\*Munehiro Asao<sup>1</sup>, Tsumune Daisuke<sup>1</sup> (1. Univ. of Tsukuba)

---

4:30 PM - 4:40 PM JST | 7:30 AM - 7:40 AM UTC

Time reserved for Chair

---

## 福島における放射性物質分布調査 (5)森林管理が空間線量率に及ぼす影響の解明とモデル化

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(5) Elucidation and modeling of the effects of forest management on air dose rates

\*上原 雄正<sup>1</sup>, 恩田 裕一<sup>2</sup>, 高橋 純子<sup>2</sup>, 中西 美夕<sup>1</sup>, CHIU CHENWEI<sup>2</sup>, 高村 詩央里<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学、<sup>2</sup>筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター

先行研究では土壌含水率と空間線量率の関係から、降雨による遮蔽効果が認められた。本研究では間伐による森林管理において、樹冠構造の変化やそれに伴う林内の雨量変化が土壌含水率や空間線量率にどのような影響を及ぼしているかを定量化する。そこで実際に間伐した森林を調査プロットとし林内に雨量計、空間線量計、土壌含水率計を設置し観測した。観測結果から、間伐の影響の大きい場所では降雨時の空間線量率に影響を及ぼした。

**キーワード**：空間線量率、森林管理、間伐、実効雨量、土壌含水率

### 1. 諸言

2011年3月に福島第一原子力発電所で発生した事故により多くのCs-137が放出され、陸域に沈着した。これまで森林区域に対する除染は行われていない。そのため林野庁を中心に間伐によるCs-137の沈着分布への変化を調査している。また先行研究では地表面付近の土壌含水率が増加することにより、地中のCs-137から発生するγ線が一部遮断されることで空間線量率が一時的に減少することが指摘されている[1]。本研究では、間伐による林内の降雨分布の変化に着目し、土壌面への雨量変化が空間線量率に及ぼす影響を評価した。

### 2. 研究方法

調査地は、福島県飯舘村飯樋地区と福島県南相馬市冬住地区を観測サイトとした。それぞれ初期沈着量は900kBq/m<sup>2</sup>と720kBq/m<sup>2</sup>であり、2022年10～12月において列状間伐を実施した。2024年4月より雨量計と空間線量率計、土壌水分計を設置しモニタリングを開始した。間伐したサイトでは、間伐の影響を調査するために残存列と間伐列にまたがるように計4台の空間線量率計を設置した。降雨時の空間線量率の減少とその後の乾燥においてどのように空間線量率が上昇し元の状態に戻るのかを間伐の影響によって比較した。

### 3. 結果

降雨前後の空間線量率データを間伐列内で比較したところ、降雨開始後すぐに空間線量率が減少し、その後一週間程度かけてもとの値まで回復した。間伐の影響が大きい場所においては、減少の幅が大きいことが確認された。また、減少が急激な変化をしているのに対して、上昇は緩やかな変化を描いている。

### 参考文献

- [1] Nakanishi, M., Onda, Y., Takahashi, J., Kato, H., Iida, H., & Takada, M. (2023). Changes in air dose rates due to soil moisture content in the Fukushima prefecture forests. *Environmental Pollution*, 334, 122147.
- [2] Nelson M. S., & Rittenour, T. M. (2015). Using grain-size characteristics to model soil water content: Application to dose-rate calculation for luminescence dating. *Radiation Measurements*, 81, 142-149.

---

\*Yusei Uehara<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>, Junko Takahashi<sup>1</sup>, Miyu Nakanishi<sup>1</sup>, Chenwei Chiu<sup>1</sup>, Shiori Takamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Tsukuba Center for research in Radiation, Isotopes and Earth System Science

## 福島における放射性物質分布調査

### (6) 福島第一原子力発電所から海洋へのセシウム放出源の解析

#### Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

#### (6) Analysis of the source of cesium release from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant to the ocean

\*恩田 裕一<sup>1</sup>, 佐藤 ひかる<sup>1</sup>, 津旨 大輔<sup>1</sup>, 木幡 勝彦<sup>2</sup>, 岡村 知巳<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター, <sup>2</sup>東京電力ホールディングス

福島第一原子力発電所の事故後の廃炉と環境修復において、放射性核種の放出を最小限に抑えることが重要である。海側の不透過性壁が設置されているにもかかわらず、 $^{137}\text{Cs}$  が季節変動を伴って海に漏れ続けているが、その原因や要因はよくわかっていない。本研究では、 $^{137}\text{Cs}$  が陸から海へ移動する主要ルートである K 排水路を調査した。トリチウム ( $^3\text{H}$ ) を利用した流域水文学トレーサー法を用いて、排水路の基底流と表面流、建屋流出を区別し、実効雨量法で排水路の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を特定した。結果として、 $^{137}\text{Cs}$  の主要な供給源は原子炉建屋であり、温度の影響や降雨による流出が季節変動を引き起こしていることが示唆された。

**キーワード：** セシウム, 福島第一原子力発電所, トリチウム

### 1. 緒言

福島第一原子力発電所の放射性水の流出を抑制するため、2015 年 10 月に海側不透過壁が建設された。この壁は、1-4 号機の陸海境界で約 30m の深さまで設置され、汚染水の海への流出を激減させた。その後濃度は低下したものの、わずかな  $^{137}\text{Cs}$  が港内に流出しており、季節変化や降雨との関連が見られている。K 排水路は特に  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高く、海水への流入経路となっている可能性があったため、2016～2021 年の流量、トリチウム、セシウムデータを用いて  $^{137}\text{Cs}$  の海への輸送メカニズムの解明を試みた。

### 2. 研究方法

福島第一原子力発電所の K 排水路における  $^{137}\text{Cs}$  濃度の評価方法は以下の通りである。まず、K 排水路流出水中のトリチウム( $^3\text{H}$ )をトレーサーとして使用し、降雨時の  $^3\text{H}$  濃度減少を利用して表面流出と基底流を区別する。そして、エンドメンバー混合分析(EMMA)法で流出成分の割合を推定した。その上で、実効雨量法(Rw)を用いて、降雨により生成される表面流出と基底流の流入成分を推定した。

### 3. 結論

K 排水路の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、温度と降雨が  $^{137}\text{Cs}$  濃度の季節変動に大きく影響し、夏に濃度が上昇し、冬に減少した。Rw 分析により、K 排水路の流出は、地下水流、表面流出に加え、やや遅れたピークを持つ建屋排水の 3 つに区分され、良好なハイドログラフの再現ができた。基底流中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、気温との関係で再現できた。降雨中に  $^{137}\text{Cs}$  が増加した状況を、表面流出水および建屋排水に  $^{137}\text{Cs}$  濃度を与えて推定すると、流出濃度を極めてよく再現できた。計算の結果、年間  $^{137}\text{Cs}$  フラックスのうち、建屋流出が最も多く、次いで表面流出、基底流出であることがわかった。

\*Yuichi Onda<sup>1</sup>, Hikaru Sato<sup>1</sup>, Daisuke Tsumune<sup>1</sup>, Katsuhiko Kohata<sup>2</sup>, Tomomi Okamura<sup>2</sup>, Taichi Kawano<sup>1</sup>, Hiroaki Kato<sup>1</sup> and Junko Takahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Tsukuba, <sup>2</sup> Tokyo Electric Power Company Holdings

## 福島における放射性物質分布調査

### (7) 福島県川底土における Cs-137 吸脱着過程の解明に向けたモデル構築

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(7) Model Development for Elucidation of Cs-137 Adsorption and Desorption Process in River Bottom Sediment in Fukushima Prefecture

\*和田 尚志<sup>1</sup>, 恩田裕一<sup>2</sup>, Jim Smith<sup>3</sup>, 五十嵐康記<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学,<sup>2</sup>筑波大学放射線・アイソトープ地球システム研究センター,<sup>3</sup>ポーツマス大学

本研究では、福島第一原子力発電所事故以降の福島県内における川底土の Cs-137 濃度の形成要因を解明することを目的としている。そこで、河川水と川底土間の Cs-137 の吸脱着を想定したボックスモデルを作成することで評価した。現地における川底土 Cs-137 濃度を十分に再現でき、採取地点ごとの Kd により川底土 Cs-137 濃度変化が支配されていることが明らかとなった。

**キーワード** : Cs-137, 福島第一原子力発電所, 川底土, 吸脱着モデル, 溶存態, 固液分配係数

#### 1. 緒言

2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故により多量の Cs-137 が大気中に放出され、速やかに陸域へと沈着した。流域における Cs-137 の流出形態は溶存態、懸濁態などが大半を占めているが、河川中における Cs-137 移行では固相と液相間でのイオン交換なども関与している[1]ため 川底土に着目する必要がある。溶存態と懸濁態では、Cs-137 濃度が事故後二重指数式に従って減少していることが明らかになっているが、川底土については事故後むしろ増加している地点もありその要因はまだわかっていない。そこで本研究では吸脱着過程に着目し、モデルを使用したうえで川底土 Cs-137 濃度の形成要因を解明することを目的とする。

#### 2. 研究手法

今回の研究では、環境省が 2011 年から 2019 年に採取した川底土のデータと福島県と筑波大学放射線・アイソトープ地球システム研究センターが採取した溶存態のデータを使用した。対象地域は、福島県中通り・浜通りの流域である。作成した吸脱着モデルでは先行研究[2]を参考に液相からの吸着反応速度と固相からの脱離反応速度と放射壊変を考慮した。このモデルに現地で得られた溶存態の時系列データと実測の川底土の初期濃度を代入することで、4 つの反応速度のみを変数とする川底土 Cs-137 濃度の時系列データが得られる。このモデルにより実測値を再現することで現場における吸脱着の反応速度を評価する。

#### 3. 結論

粒度による補正を施した川底土 Cs-137 濃度に関して、観測地点 75 地点中 45 地点では沈着後 1 年間で上昇したが、1 年後以降はすべての地点において二重指数式に従って減少していた。この時系列データに対して吸脱着モデルを使用した結果、Cs-137 濃度の上昇を含め良好に再現することができた。また、このときの吸着速度は半減期 0.2 - 22 分、脱離速度は半減期 70 - 549 日であった。今回のモデルから、Kd が上昇すると吸着速度が早く、脱離速度が遅くなることがわかった。

#### 参考文献

[1] Monte. L et al., (2009) Physical processes in freshwater ecosystems, *IAEA-TECDOC*, 1616, 419-432.

[2] Smith. J.T., Comans R. N.J., (1996) Modelling the diffusive transport and remobilization of <sup>137</sup>Cs in sediments : The effects of sorption kinetics and reversibility, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 6, 995-1004

---

\*Naoyuki Wada<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>, Jim Smith<sup>3</sup> and Yasunori Igarashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univ. of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research in Radiation, Isotopes and Earth System Science, <sup>3</sup>Univ. of Portsmouth

## 福島における放射性物質分布調査 (8) 河川水の水質分析による源流域から河川流域にかけての 溶存態 Cs-137 の動態の変化の解明

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(8) Elucidation of the dynamics of dissolved Cs-137 from the headwaters to the river by analyzing the water quality of river water

\*戸村 光佑<sup>1</sup>, 恩田 裕一<sup>1</sup>, 高橋 純子<sup>1</sup>, 坂口 綾<sup>1</sup>, 五十嵐 康記<sup>1</sup>, 川野 泰地<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学 放射線・アイソトープ地球システム研究センター

福島県内の森林源流域で森林から河川に移行した原発事故由来の Cs-137 は、河川水中に溶存態 Cs-137 として溶出するが、その溶出経路は森林源流域から河川上・中・下流域にかけて変化する。その変化を、Cs-137 の溶出に影響を与える渓流水・河川水の水質を分析することで考察した。

**キーワード:** 溶存態 Cs-137、溶出経路、イオン競合性、有機物分解

### 1. 緒言

河川中で溶存する Cs-137 は生物への移行性が高く、河川中での挙動の解明が望まれている。これまでの研究では、河川上流部での溶存態 Cs-137 濃度に影響する要因として、森林から供給されるリター（有機物）の分解、競合するイオン濃度[1]が指摘されてきた。そして近年、河川下流や貯水池における観測的研究は、溶存態 Cs-137 濃度を決める要因としてセシウムの安定同位体(Cs-133)の存在を指摘している。しかし、森林が近く斜面からリターの供給が多い河川上流において、河川水中の Cs-133 濃度がどのように溶存態 Cs-137 濃度に影響するかがわかっていない。本研究の目的は、森林源流域から下流へかけて、河川水中の溶存態 Cs-137 濃度に影響する要因を明らかにすることである。

### 2. 研究手法

福島県川俣町山木屋地区の森林源流域から、下流の口太川流域内の観測地点 7 か所で河川水を採取した。サンプルは研究室に持ち帰り、有機物分解で溶出する溶存有機炭素 (DOC)、Cs<sup>+</sup>の競合イオン(K<sup>+</sup>や NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)などの主要溶存イオン濃度、Cs-133 濃度をそれぞれ全有機体炭素計、イオンクロマトグラフィー、ICP-MS を用いて測定した。

### 3. 結論

対象とした河川における Cs-137 の固液分配係数 ( $K_d$ =懸濁態濃度/溶存態濃度)は、[K<sup>+</sup>]あるいは [NH<sub>4</sub><sup>+</sup>]の増加に伴い減少し、決定係数はそれぞれ、 $R^2=0.23$  と  $R^2=0.32$  であった。既存研究によれば [NH<sub>4</sub><sup>+</sup>] は [K<sup>+</sup>] の 5 倍効率よく Cs と交換する事が知られている。したがって、[K<sup>+</sup>] + 5[NH<sub>4</sub><sup>+</sup>]と  $K_d$  の関係を見たところ、決定係数は  $R^2=0.55$  となった。本研究では、DOC 濃度と  $K_d$  には明確な関連が見られなかった。Cs-133 濃度の変化傾向は K<sup>+</sup>とやや類似しつつも河川での濃度は源流域と同程度であった。他の溶出経路と比較した Cs-133 との同位体交換による溶出の寄与とその変化を解明していくことが今後の課題である。

### 参考文献

- [1] Kawano, T., Onda, Y., Kato, H., Takahashi, J. (2024). Mechanisms of <sup>137</sup>Cs leaching based on long-term observations in forested headwater catchments in Yamakiya, Fukushima Prefecture, Japan. *Science of the Total Environment*, 907 (10), 167837.
- [2] Hirose, K., Onda, Y., Tsukada H., Hiroyama, Y., Okada, Y., Kikawada, Y. (2024). Chemical implication of the partition coefficient of <sup>137</sup>Cs between the suspended and dissolved phases in natural water. *Journal of Environmental Radioactivity*, 278, 107486.

\*Kosuke Tomura<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>, Junko Takahashi<sup>1</sup>, Aya Sakaguchi<sup>1</sup>, Yasunori Igarashi<sup>1</sup>, Taichi Kawano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Tsukuba, Centre for Research in Radiation, Isotopes, and Earth System Sciences.

## 福島における放射性物質分布調査 (9) 森林源流域における溶存態 Cs-137 濃度上昇の要因

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(9) Factors contributing to elevated concentrations of dissolved form Cs-137 during runoff in forest  
headwater catchment

\*永田 祐太郎<sup>1</sup>, 恩田 裕一<sup>2</sup>, 榊原 厚一<sup>3</sup>, 高橋 純子<sup>2</sup>, 平松 翼<sup>3</sup>

<sup>1</sup>筑波大学地球科学学位プログラム, <sup>2</sup>筑波大学放射線・アイソトープ地球システム研究センター

<sup>3</sup>信州大学理学部理学科

本研究では森林源流域における出水時の溶存態 Cs-137 濃度上昇の要因を渓流水,地下水,リター通過水のサンプリングと溶存無機イオン,溶存有機炭素の測定を行うことで明らかにすることを目的とした。出水ピーク後  $K^+$  は 4 時間で濃度が低下したが DOC は 12 時間後も平水時の 2 倍程度の濃度であったことから Cs-137 濃度上昇の要因としてイオン交換よりも有機物からの溶出の影響が大きいことが示唆された。

**キーワード** : Cs-137, 森林源流域, 溶存有機炭素

### 1. 緒言

福島原発事故により放出された放射性物質は陸域において 72%が森林に沈着した。河川では溶存態 Cs-137 が  $K^+$  とのイオン交換や有機物分解によって形成され  $K^+$ ,DOC 濃度と正の相関関係が見られるといった報告が複数ある[1]。また森林源流域においては溶存態 Cs-137 濃度が出水時に上昇することが観測されておりその要因としてリターからの溶出が考えられている[2]。

### 2. 目的と手法

本研究では福島県川俣町山木屋地区の世戸八山流域において渓流水,地下水,リター通過水のサンプリングを行い溶存態 Cs-137,溶存無機イオン,溶存有機炭素(DOC)を測定することで森林源流域においてリターが溶存態 Cs-137 流出に及ぼす影響を調査した。

### 3. 結論

2023/9/7 と 2024/3/29 の出水時にサンプリングを行った。2023 年は総雨量 60mm の降雨があった翌日にサンプリングを行い平水時流量が 0.25L/s であるのに対し 3L/s まで流量が増加した。このイベントでは Cs-137,DOC 濃度が平水時平均の 2 倍に上昇していた一方で  $K^+$  濃度は平水時と同程度であった。2024 年は 45mm の降雨があり流量が 1.5L/s まで上昇した。Cs-137,  $K^+$ ,DOC 濃度すべてが流量ピーク時に最大となった。その後  $K^+$  濃度はピーク後 4 時間で平水時と同程度まで低下したが DOC 濃度は 12 時間経過後も平水時より高い値であった。このことはリター溶出で形成された DOC 濃度の高い渓流水が降雨終了後も流出していることを示しており溶存態 Cs-137 の起源としてイオン交換よりもリター溶出の影響が大きいことを示唆している。

### 参考文献

- [1] Kawano et al., (2024). Mechanisms of  $^{137}\text{Cs}$  leaching based on long-term observations in forested headwater catchments in Yamakiya, Fukushima Prefecture, Japan. *Science of the Total Environment*, 907 (10), 167837.
- [2] Sakakibara et al., (2021). Radiocesium leaching from litter during rainstorms in the Fukushima broadleaf forest, *Science of the Total Environment*, 796 148929

---

\*Yutaro Nagata<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>, Koichi Sakakibara<sup>3</sup>, Junko Takahashi<sup>2</sup>, Tsubasa Hiramatsu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Master's Program in Geoscience, University of Tsukuba., <sup>2</sup> Center for Research in Radiation, Isotopes, and Earth System Sciences, University of Tsukuba., <sup>3</sup>College of Science, Faculty of Sciences, Shinshu University

## 福島における放射性物質分布調査

### (10) 浪江町森林源流域の表流水の溶存態セシウム-137 濃度における岩盤地下水の影響

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(10) Effect of bedrock groundwater on the concentration of dissolved Cs-137 in surface water in the headwaters of forests in Namie Town

\*中田 遥稀<sup>1</sup>, 加藤 裕亮<sup>2</sup>, 庭野 佑真<sup>1</sup>, 恩田 裕一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学 <sup>2</sup>放射線・アイソトープ地球システム研究センター

本研究では、森林斜面における多様な滞留時間を持つ浅層地下水及び深層地下水の流出特性が、表流水の Cs-137 濃度に与える影響を解明することを目的とする。そのために、詳細な水文学的モニタリング及び地下水・表流水の Cs-137 濃度測定を行うことにより、特に出水時に焦点を当てて観測を行う。

**キーワード**：放射性物質、溶存態セシウム、深層地下水、浅層地下水、動水勾配

#### 1. 緒言

福島第一原子力発電所事故にともなって放出された Cs-137 の大部分は森林域に沈着しており、今なお残存し、森林内を循環している。森林から流出する溶存態 Cs-137 の成分は懸濁態と比べると小さいことが分かっているが、農作物や生態系に取り込まれやすい性質から、溶存態 Cs-137 の供給源や流出経路を解明することが必要である。本研究では、高沈着域である福島県双葉郡浪江町に位置する森林源頭部流域の斜面を対象に、浅層地下水及び深層地下水が表流水の溶存態 Cs-137 濃度に与える影響を解明することを目的とする。

#### 2. 研究手法

調査対象流域は浪江町の請戸川支流に位置しており、湧水点直上と湧水点よりおよそ 25 m 下流の斜面で水文学的観測を行った。手法としては、ピエゾメータを設置し地下水の水利水頭の変化を観測することで、地下水の流動方向を調査した。また、斜面に井戸を設置し、地下水位の観測と地下水の採水・水質分析を行った。また、量水堰においては、平水時の採水のほか、自動採水器を設置して出水時に時系列の表流水を採水し、実験室で Cs-137 濃度及び水質測定を行った。

#### 3. 結果と考察

森林斜面土層中に存在する浅層地下水は、表流水と比べて高い溶存態 Cs-137 濃度を示した。また、土壤浸透水、浅層地下水、表流水の溶存態 Cs-137 濃度は DOC 濃度と良い相関が認められた。出水時には、表流水の溶存態 Cs-137 濃度が上昇したが、同時に DOC 濃度と K<sup>+</sup>濃度も上昇することが分かった。出水イベント中の表流水の溶存態 Cs-137 濃度と DOC 濃度及び K<sup>+</sup>濃度の関係を調査したところ、いずれもヒステリシス型の時間変化を示した。このことから、出水開始から流量ピークまでは浅い地下水が、流量ピーク後の低減では岩盤から吹き上げた深層地下水の流出が関与している可能性が高い。

**参考文献** [1] Niwano et al, (2023) Elucidation of the Effect of Slope Shallow Groundwater Runoff on the Formation of <sup>137</sup>Cs Concentrations in Surface Water at Forest Headwaters [2] Iwagami et al, (2019a) Dissolved <sup>137</sup>Cs concentrations in stream water and subsurface water in a forested headwater catchment after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Journal of Hydrogy, 573, 688-696 [3] Sakakibara et al, (2021) Dissolved <sup>137</sup>Cs concentrations in stream water and subsurface water in a forested headwater catchment after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Science of the Total Environment, 796, 148929

---

\*Haruki Nakada<sup>1</sup>, Hiroaki Kato<sup>2</sup>, Yuma Niwano<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univ. Of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research in Radiation, Isotopes, and Earth System Sciences, University of Tsukuba.

## 福島における放射性物質分布調査

### (11) 福島第一原発事故由来の海洋中 $^{137}\text{Cs}$ の鉛直分布と時系列変化を基にした供給経路の推定

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(11) Estimation of pathways based on the vertical distribution and temporal variation of oceanic  $^{137}\text{Cs}$  derived from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident

\*浅尾 宗洋<sup>1</sup>, 津旨 大輔<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大

2011 年 3 月以降に福島県沖で観測された海洋中  $^{137}\text{Cs}$  濃度のデータの時系列変化と鉛直分布を用いて、福島第一原子力発電所(1F NPP)の事故によって海洋へ放出された  $^{137}\text{Cs}$  の供給経路を推定した。

**キーワード:** 福島第一原子力発電事故、 $^{137}\text{Cs}$ 、直接漏洩、河川流出

#### 1. 緒言

1F NPP の事故により海洋に  $^{137}\text{Cs}$  が放出され、依然として海洋中  $^{137}\text{Cs}$  濃度は事故以前のレベルには回復していない。そのため、海洋への  $^{137}\text{Cs}$  の供給経路をより詳細に解明することは重要である。本研究では海洋中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の観測値の時系列変化から各観測地点における供給経路ごとの寄与率を推定することを試みた。1F NPP から直接漏洩した  $^{137}\text{Cs}$  は急激に減少した後、2011 年 12 月から一定速度で減少していたが、2016 年 7 月からはほぼ一定に推移している<sup>[1]</sup>。それに対し河川から流出する  $^{137}\text{Cs}$  は現在も減少傾向である。直接漏洩と河川流出の時系列変化の傾向の違いから供給源を推定することが可能だと考えられる。また、 $^{137}\text{Cs}$  の鉛直分布からも供給経路を推定することを試みた。

#### 2. 研究方法

2011 年 3 月以降に 1F NPP 近傍で観測された  $^{137}\text{Cs}$  濃度のデータから、直接漏洩率の時系列変化を算出した。また、福島県における 7 つの河川(阿武隈川, 請戸川, 富岡川, 高瀬川, 小高川, 前田川, 熊川)からの  $^{137}\text{Cs}$  の河川流出率が計算されている<sup>[2]</sup>。海洋の各観測地点における  $^{137}\text{Cs}$  濃度の時系列変化を求めることによって直接漏洩及び河川流出の寄与率を推定した。また、鉛直分布データにおいて、水温、塩分、 $^{137}\text{Cs}$  濃度を元にした水塊の解析を行った。

#### 3. 結果・考察

直接漏洩率は 2011 年 3 月から 2016 年 7 月までは見かけの半減期 1 年程度の速度で減少していたが、2016 年 7 月からは減少速度が大きく低下し見かけの半減期は 10 年程度であった。それに対し河川流出はどちらの期間でも見かけの半減期 2-3 年程度であり、直接漏洩と河川流出の時系列変化の傾向が大きく異なることが確認できた。2016 年 7 月以前と以後の海洋の各観測地点における見かけの半減期の変化率に注目すると、全体として 1F NPP 近傍では直接漏洩率の変化率に近く、遠方の阿武隈川沖では河川流出の変化率に近かった。各観測地点における供給率を時系列変化から推定することは有効だと言える。また、鉛直分布の解析から、水塊の由来ごとに  $^{137}\text{Cs}$  濃度が大きく異なる可能性が示唆された。

#### 参考文献

[1] Aoyama et al. (2020) J Environ Radioact, 217, 106206, doi:10.1016/j.jenvrad.2020.106206.

[2] Sakuma et al. (2019) J Environ Radioact, 208-209, 106041, doi:10.1016/j.jenvrad.2019.106041.

\*Munehiro Asao<sup>1</sup> and Daisuke Tsumune<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ. of Tsukuba