



福島大学環境放射能研究所

# 第7回 成果報告会

The 7th Annual Symposium of the IER, Fukushima University

## 要旨集 Abstracts

Date Thu. March 18

日時 2021年3月18日 木

Venue Held online

会場 オンライン開催

## はじめに

2020年度は新型コロナウイルス感染症（新型コロナ）の世界的大流行という歴史的な年になりました。そのため、昨年度、2020年3月に予定されていた成果報告会も実施ができませんでした。今年度は人数制限をした上で対面開催とオンライン開催の予定で準備を進めておりましたが、福島市や全国での感染拡大傾向が医療体制において危機的状況をもたらしているという観点からオンライン開催のみとすることになりました。

環境放射能研究所（IER）は、研究業績の評価等を依頼する組織「アドバイザリーボード」を設置し、大学外部の4名の方々に委員を依頼しております。例年報告会およびアドバイザリーボード会議にご参加いただきご意見をいただいて運営に役立ててきました。今年度はオンライン開催ですが、委員の所在地がイギリス、ドイツ、ロシアと日本ですので、海外の方の時差を考慮し、リアルタイムでの対応ではなく、報告会終了後にネット配信の録画をご覧いただき、後日（3月24日）開催のアドバイザリーボード会議にてご意見をいただくことにしております。

福島県では昨年も原発事故後の対応に大きな動きがありました。2020年4月までに、双葉町の避難指示解除準備区域の避難指示が解除され、双葉町、大熊町、富岡町の帰還困難区域でも一部の避難指示が解除されました。また、双葉町と大熊町では特定復興再生拠点内の立入り規制が緩和されました。新型コロナの影響で遅れたようですが、秋には「東日本大震災原子力災害伝承館」と「双葉町産業交流センター」が双葉町にオープンしました。さらに特定復興再生拠点区域外の土地利用についての指針が原子力災害対策本部から示されました。原発事故から10年が経ち復興に向けて進んでいる一方、今も汚染された環境の再生や福島第一原発の廃炉などの課題への取り組みが継続されています。

福島県内における研究活動は自然相手の活動がほとんどということもあり、新型コロナによる大きな制約を受けずに進んでいます。これはIER以外の研究機関でも当てはまるようで、今日は多数のポスター発表があります。報告会以外に、年に3回程度は開催してきた研究活動懇談会の開催が今年度は危ぶまれましたが、これも、調査に協力いただいた方々や楡葉中学校などのご助力により2回開催することができました。研究結果の解釈に関わると指摘や今後の研究計画についての示唆に富んだご意見をいただけるような、文字通り生の声を伺う機会が実現できたのはありがたいことです。また10月初めには、「復興知」事業の一環としてオープン直後の東日本大震災原子力災害伝承館を会場に、IERの大学院生、福島大学の学類生、福島高専の学生とでセミナーを開催することができました。このようなイベントは状況が許す限り、感染拡大防止策を徹底しながらできるだけ対面で開催する方向で行ってきました。

福島大学では、2020年度前期は基本オンラインのみの授業でしたが、10月開始の後期は受講生間の密度が高くないような教室設定などを配慮した対面授業とし、12月末まで続けました。しかし、年末には学生や福島市内の感染拡大が進み、1月以降は再びオンラインで授業を実施していません。

海外との共同研究も人の往来が制限されて以来、計画通りには進んでいません。2021年度が当初予定5年間の最終年度となるSATREPSチェルノブイリプロジェクトも大きな影響を受けています。現地での様々な手配や情報収集を担うウクライナ駐在の現地調整員にも2020年3月に退避勧告があり、日本に一時帰国することになりました。2020年4月末には渡航制限が続くことを前提にウクライナ側と相談し、日本側がウクライナで行う予定だった機器の設置、観測、分析等々をウクライナ側に担ってもらう方向で調整し、進めてきています。これはプロジェクト開始からの協働で培われた信頼関係があってこそその新型コロナ対応だと思えます。そして、感染拡大から1年が経った今、未だ渡航制限が続いてはいますが、ウクライナでの活動を再開する可能性も見えてきています。

本日のシンポジウムでは、SATREPS チェルノブイリプロジェクトを中心にチェルノブイリに関連する調査研究について発表します。今年で事故から35年になるチェルノブイリ原発事故後の環境放射能の現状等について、福島との比較を交えながら知っていただく機会になれば幸いです。過酷な原発事故を共有することから始まった日本とウクライナとの協力関係ですが、共に世界に発信することを目指しつつ、環境放射能研究以外にも交流が広がればという願いもあります。

福島大学環境放射能研究所 所長

**難波 謙二**

## FOREWORD

In 2020, we have been experiencing an era of the historical pandemic, COVID-19. Hence, the 6<sup>th</sup> IER Annual Symposium (2019/2020) scheduled in March 2020 had to be canceled. This year, we were preparing to hold it both online and offline with a limited number of participants. However, we decided to hold it online only, considering that the infection has spread nationwide and in Fukushima City, causing a critical situation in medical care systems.

The Institute of Environmental Radioactivity (IER) established the “Advisory Board Committee” for having external evaluations on the IER’s overall research activities, and invites four experts as members. Normally, the committee members participate in the annual symposium and advisory board meeting in person, and provide their advice and suggestions. We are making good use of them for our activities and management. For their remote participation this year, since the committee members live in the UK, Germany, Russia, and Japan and there are time differences, we decided to have them watch the symposium recordings rather than attend in real time. Then they will give us advice in the online advisory board meeting scheduled on March 24.

In Fukushima prefecture, there were some progress last year in post-accident responses. By April 2020, the evacuation order has been lifted in the evacuation order cancellation preparation zone in Futaba town and it has been partially lifted in the difficult-return-zone in Futaba, Okuma, and Tomioka towns. Also the access restrictions have been relaxed in the Specified Reconstruction and Revitalization Base in Futaba and Okuma towns. Although having been behind the schedule due to COVID-19, the “Great East Japan Earthquake and Nuclear Disaster Memorial Museum” and “Futaba Town Industrial Exchange Center” were opened in Futaba Town in the fall. Furthermore, the Nuclear Emergency Response Headquarters provided guidelines for land use outside the Specified Reconstruction and Revitalization Base. Ten years have passed since the accident and the progress has been made toward recovery and reconstruction on one hand, but on the other hand, some continuous issues and challenges are being tackled, including restoration of contaminated environment and the decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant.

The field research activities in Fukushima have been carried out without major restrictions due to COVID-19, since they are conducted in a natural environment. This seems to be true for other research institutes, there are many poster presentations today consequently. In addition to the annual symposium, we hold the IER dialogue meeting about three times a year. Despite the difficult situation of this year, we hosted two dialogue meetings with the cooperation of local people who helped our research and Naraha Junior High School. We are very grateful that we had such opportunities to directly hear the frank opinions and questions regarding the interpretation of research results, as well as ideas for future research plans. We also held a special seminar with students of Fukushima University and National Institute of Technology, Fukushima College, at the Great East Japan Earthquake and Nuclear Disaster Memorial Museum, immediately after its opening in early October. We have tried to hold such event face-to-face as much as possible if circumstances permit, with taking all possible measures to prevent the spread of infection.

At Fukushima University, the classes in the spring semester were conducted online only, and in the fall semester starting in October, in-person classes were resumed with avoiding crowds and continued to the end of December. However, at the end of the year, the cases were growing among students and spreading in Fukushima City, and the classes have been conducted online again since January.

Collaborative researches with overseas researchers have not progressed as planned after travel began to be restricted around the world due to COVID-19. The SATREPS Chernobyl project, which will reach the final year of its original five-year plan in 2021, has also been significantly affected. In March 2020, the local coordinator, who was stationed in Ukraine to take charge of various arrangements and collecting information, received an evacuation recommendation and decided to return to Japan temporarily. At the end of April 2020, both parties consulted on the premise that the travel restrictions would continue and decided that the Ukrainian side would take charge of the most of the equipment installations, monitorings, analyses, etc., that the Japanese side originally planned to carry out in Ukraine, and thus the project has been in progress. What makes it possible for us to deal with the COVID-19 situation is the mutual trust that has been built up since the start of the project. A year after the outbreak of pandemic, travel restrictions are still in place, but the possibility of resuming research activities in Ukraine has come in sight.

At the symposium today, the presentations are related to the studies of Chernobyl accident, centered on the SATREPS Chernobyl project. We hope that this symposium encourages you to learn about the current state in Chernobyl 35years after the accident from the viewpoint of environmental radioactivity, comparing with the situation in Fukushima. The cooperative relationship between Japan and Ukraine began by sharing experiences of the severe nuclear accidents. We both are striving to disseminate the information, but at the same time, we have a desire to expand our exchange and partnership that go beyond the environmental radioactivity research.

**NANBA Kenji**

Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

## 第7回成果報告会 ワーキンググループ

アレクセイ コノプリョフ	特任教授
イスマイル モハマド モフィズル ラハマン	准教授
和田 敏裕	准教授
高田 兵衛	特任准教授
石庭 寛子	特任助教
高橋 啓	主事
平川 彩乃	研究コーディネーター
高山 芙美	研究コーディネーター

福島大学環境放射能研究所  
〒960-1296 福島県福島市金谷川1番地  
電話 024-504-2114 Fax 024-503-2921  
E-mail [ier@adb.fukushima-u.ac.jp](mailto:ier@adb.fukushima-u.ac.jp)  
<http://www.ier.fukushima-u.ac.jp/index.html>

## Working Group for The 7th Annual Symposium of the IER, Fukushima University

Alexei Konoplev	(Project Professor)
Ismail Md. Mofizur Rahman	(Associate Professor)
Toshihiro Wada	(Associate Professor)
Hyo Takata	(Project Associate Professor)
Hiroko Ishiniwa	(Project Assistant Professor)
Hiraku Takahashi	(Chief of the Administration Office)
Ayano Hirakawa	(Research Coordinator)
Fumi Takayama	(Research Coordinator)

Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University  
1 Kanayagawa, Fukushima City, Fukushima 960-1296, JAPAN  
Phone +81-24-504-2114 Fax +81-24-503-2921  
E-mail [ier@adb.fukushima-u.ac.jp](mailto:ier@adb.fukushima-u.ac.jp)  
[http://www.ier.fukushima-u.ac.jp/index\\_e.html](http://www.ier.fukushima-u.ac.jp/index_e.html)

## ポスター発表/ Poster session

## 河川・湖沼 / Rivers and Lakes

- P-01** 阿武隈川における出水時の  $^{129}\text{I}$  の挙動  
**Behavior of  $^{129}\text{I}$  in the Abukuma River water during two high-flow events**  
 脇山義史、松村万寿美、松中哲也、平尾茂一、笹公和  
 Yoshifumi Wakiyama, Masumi Matsumura, Tetsuya Matsunaka, Shigekazu Hirao, Kimikazu Sasa..... 13
- P-02** 銅置換体プルシアンブルー担持不織布を用いたダム湖底質中の可溶性  $^{137}\text{Cs}$  量およびダム湖底からの  $^{137}\text{Cs}$  溶出速度の評価  
**Evaluation of soluble  $^{137}\text{Cs}$  in sediment using a nonwoven fabric impregnated with Prussian blue copper analogue**  
 辻英樹、保高徹生、矢ヶ崎泰海、舟木泰智  
 Hideki Tsuji, Tetsuo Yasutaka, Yasumi Yagasaki, Hironori Funaki..... 14
- P-03** 檜原湖における炭素・窒素安定同位体比を用いた魚類の食性と  $^{137}\text{Cs}$  濃度の関係  
**Relationships between fish food habits and  $^{137}\text{Cs}$  concentration using carbon and nitrogen stable isotope ratios at Lake Hibara**  
 舟木優斗、中久保泰起、寺本航  
 Yuto Funaki, Hiroki Nakakubo, Wataru Teramoto..... 15
- P-04** 太田川水系における河川とダム湖のヤマメの  $^{137}\text{Cs}$  濃度の減少傾向  
**Decreasing tendencies of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in Masu Salmon in a river and a dam lake in Ota River system**  
 舟木優斗、和田敏裕、石井弓美子、林誠二、難波謙二、佐藤太津真、寺本航  
 Yuto Funaki, Toshihiro Wada, Yumiko Ishii, Seiji Hayashi, Kenji Nanba, Tatsuma Sato, Wataru Teramoto 16
- P-05** 浜通り地域の河川における出水時の  $^{137}\text{Cs}$  動態  
**Dynamics of riverine  $^{137}\text{Cs}$  during high-flow events in Hamadori area**  
 新井田拓也、脇山義史、高田兵衛、藤田一輝、谷口圭輔、Alexei Konoplev  
 Takuya Niida, Yoshifumi Wakiyama, Hyoe Takata, Kazuki Fujita, Keisuke Taniguchi, Alexei Konoplev... 17
- P-06** 都市域における除染後のため池における  $^{137}\text{Cs}$  動態  
**The dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  in a pond of urban area after decontamination**  
 黒澤萌香、薄美咲、森高祥太、難波謙二、和田敏裕、脇山義史  
 Honoka Kurosawa, Misaki Usuki, Shota Moritaka, Kenji Nanba, Toshihiro Wada, Yoshifumi Wakiyama... 18
- P-07** 福島県口太川流域における流出土砂及び河川水中懸濁態粒子の  $^{137}\text{Cs}$  濃度と炭素・窒素の関係  
**Relationship among  $^{137}\text{Cs}$  concentrations, carbon and nitrogen in eroded sediments and suspended particles in the Kuchibuto River basin, Fukushima Prefecture**  
 横尾健人、高橋純子、谷口圭輔、恩田裕一  
 Kento Yokoo, Junko Takahashi, Keisuke Taniguchi, Yuichi Onda..... 19
- P-08** 森林集水域における放射性セシウムのフラックスの推定  
**Estimation of radiocaesium flux discharged from the forest catchment**  
 青野辰雄、神林翔太、浜島大輝、高橋博路、山崎慎之介、山村充、山田裕  
 Tatsuo Aono, Shota Kambayashi, Hiroki Hamajima, Hiroyuki Takahashi, Shinnosuke Yamazaki, Misturu Yamamura, Yutaka Yamada..... 20
- P-09** 福島第一原子力発電所事故による陸域の放射性セシウムの移行による環境回復とその要因  
**Environmental recovery and its factors due to terrestrial radiocaesium migration caused by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident**  
 恩田裕一、谷口啓輔、吉村和也、加藤弘亮、高橋純子、脇山義史  
 Yuichi Onda, Keisuke Taniguchi, Kazuya Yoshimura, Hiroaki Kato, Junko Takahashi, Yoshifumi Wakiyama..... 21
- P-10** 福島県内のため池調査および飼育試験によるコイとギンブナの放射性セシウム汚染メカニズムの検討  
**Radiocaesium contamination mechanisms for common and silver crucian carp examined by pond surveys in Fukushima Prefecture and a rearing experiment**  
 薄実咲、井上雄貴、柳田知美、佐々木恵一、遠藤雅宗、難波謙二、和田敏裕  
 Misaki Usuki, Yuki Inoue, Tomomi Yanagita, Keiichi Sasaki, Masamune Endou, Kenji Nanba, Toshihiro Wada..... 22

P-39	阿武隈川における河川水の Cs-137 濃度の季節性とその要因 <b>Factors controlling seasonal fluctuation of Cs-137 concentration in Abukuma River waters</b> 森高祥太、五十嵐康記、和田敏裕、難波謙二 Shota Moritaka, Yasunori Igarashi, Toshihiro Wada, Kenji Nanba.....	23
P-40	降雨感度に基づく阿武隈川流域における土砂生産量の評価 <b>Evaluation of sediment production in Abukuma River basin due to rainfall sensitivity</b> Edea Loa、川越清樹 Edea Loa, Seiki Kawagoe.....	24

### 海洋 / Oceans

P-11	福島県沿岸域における海底土の <sup>137</sup> Cs 濃度と大規模降雨との関係 <b>Relationship between <sup>137</sup>Cs concentration and heavy rainfall events in coastal sediment off Fukushima</b> 鈴木翔太郎、榎本昌宏、天野洋典、守岡良晃、神山享一 Shotaro Suzuki, Masahiro Enomoto, Yosuke Amano, Yoshiaki Morioka, Kyoichi Kamiyama.....	25
P-12	東京電力福島第一原発事故に由来する放射性セシウムの北太平洋での 10 年間の挙動 <b>Ten years behavior of radiocaesium derived from TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant in the North Pacific Ocean</b> 青山道夫 Michio Aoyama.....	26
P-13	成長希釈がヒラメの放射性セシウム濃度の低下に与える影響 <b>Effect of growth dilution on radiocesium concentration in Japanese flounder</b> 森口隆大、鈴木章一、伊藤裕子、菊地正信 Takahiro Moriguchi, Syoichi Suzuki, Yuko Ito, Masanobu Kikuchi.....	27
P-14	福島沖から採集される放射性セシウム濃度の高いプランクトンネット試料について <b>On plankton-net samples with high radiocesium concentration collected off Fukushima Prefecture</b> 神田穰太、伊藤友加里、石丸隆、青野辰雄、天野洋典、鈴木翔太郎、神山享一、難波謙二、和田敏裕、高田兵衛、三浦輝、津旨大輔 Jota Kanda, Yukari Ito, Takashi Ishimaru, Tatsuo Aono, Yousuke Amano, Syoutaro Suzuki, Kyouichi Kamiyama, Kenji Nanba, Toshihiro Wada, Hyoe Takata, Hikaru Miura, Daisuke Tsumune.....	28

### 生態系・影響 / Ecosystems and Effects

P-15	ニホングリの <sup>137</sup> Cs 動態に関する予備的調査 <b>Preliminary investigation on <sup>137</sup>Cs migration into Japanese chestnuts</b> 佐藤守、高田大輔、大瀬健嗣 Mamoru Sato, Daisuke Takata, Kenji Ohse.....	29
P-16	カエルの初期胚発生に対する X 線およびトリチウム水の影響 <b>Effects of X-rays and tritiated water on the early embryonic development of Xenopus</b> 井出博、諸角涼介、田村孝平、津田雅貴、鈴木厚、中村誠、石庭寛子 Hiroshi Ide, Ryosuke Morozumi, Kohei Tamura, Masataka Tsuda, Atsushi Suzuki, Makoto Nakamura, Hiroko Ishiniwa.....	30
P-17	福島県浪江町のスギ人工林における林内雨が溶存態 <sup>137</sup> Cs の下方浸透と空間変動性に及ぼす影響 <b>Effects of stemflow and throughfall on downward infiltration and spatial variability of dissolved <sup>137</sup>Cs in cedar stands in Namie Town, Fukushima Prefecture</b> 飯田光、加藤弘亮、篠塚友輝、赤岩哲、恩田裕一 Hikaru Iida, Hiroaki Kato, Tomoki Shinozuka, Satoru Akaiwa, Yuichi Onda.....	31
P-18	福島原発事故から 10 年目の森林における水文過程にともなう放射性セシウムの移行状況 <b>Migration of radiocesium in forests by hydrological processes 10 years after the Fukushima nuclear accident</b> 加藤弘亮、篠塚友輝、赤岩哲、飯田光、恩田裕一、Zul Hilmi Saidin Hiroaki Kato, Tomoki Shinozuka, Satoru Akaiwa, Hikaru Iida, Yuichi Onda, Zul Hilmi Saidin.....	32



P-19	<b>福島県松川浦における食性の異なる魚類の放射性セシウム濃度</b> <b>Radiocesium concentration of two fish species having different feeding habits in Matsukawa-ura Lagoon, Fukushima Prefecture</b> 守岡良晃、山田学、佐藤利幸、白土遼輝、松本陽、天野洋典、鈴木翔太郎、和田敏裕 Yoshiaki Morioka, Manabu Yamada, Toshiyuki Sato, Haruki Shirato, Akira Matsumoto, Yosuke Amano, Shotaro Suzuki, Toshihiro Wada	33
P-20	<b>チェルノブイリ原子炉の冷却池周辺に生息する小型哺乳類相</b> <b>Fauna of small mammals inhabiting around the low water level cooling pond of the Chornobyl reactor</b> 石庭寛子、Olena O. Burdo、Denis O. Vishnevskiy、Nataliia K. Rodionova、Nataliia M. Riabchenko、Alla I. Lypska、難波謙二 Hiroko Ishiniwa, Olena O. Burdo, Denis O. Vishnevskiy, Nataliia K. Rodionova, Nataliia M. Riabchenko, Alla I. Lypska, Kenji Nanba	34
P-21	<b>斜面スケールでの Cs・土砂移動に影響を与えるステップ構造の解析</b> <b>Analysis of step-structure affecting Cs and sediment transport at hillslope scale</b> 藤原成悟、恩田裕一、脇山義史、安西俊晃、加藤弘亮 Seigo Fujiwara, Yuichi Onda, Yoshihumi Wakiyama, Toshiaki Anzai, Hiroaki Kato	35
P-22	<b>Uptake of radiocaesium by brown rice from soils and irrigation water</b> Nguyen Phuong Thoa, Hirofumi Tsukada	36
P-23	<b>山木屋地区における溪流から河川への土砂流出とセシウム動態に対する観測データを用いた除染の影響</b> <b>Impact of decontamination using observational data on sediment runoff from mountain streams to rivers and cesium dynamics in the Yamakiya area</b> 牧野史明、恩田裕一、谷口圭輔、岩上翔 Fumiaki Makino, Yuichi Onda, Kesuke Taniguchi, Sho Iwagami	37
P-24	<b>野生コケ植物を用いた放射線被曝の遺伝的影響の評価</b> <b>Evaluation of genetic effects induced by radiation exposure for wild bryophytes</b> 井上侑哉、小栗恵美子、出口博則、嶋村正樹 Yuya Inoue, Emiko Oguri, Hironori Deguchi, Masaki Shimamura	38
P-25	<b>福島県スギ林における植物根中 Cs-137 濃度の深度別時間変化</b> <b>Temporal changes in Cs-137 concentrations in plant roots of Japanese cedar forest in Fukushima Prefecture</b> 井口啓、佐々木拓哉、高橋純子、恩田裕一 Satoshi Iguchi, Takuya Sasaki, Junko Takahashi, Yuichi Onda	39
P-26	<b>福島原発事故後 9 年間のスギ林土壤中 Cs-137 深度分布の経年変化</b> <b>Nine-year monitoring of the vertical distribution of Cs-137 in soils at two Japanese cedar forest sites after the FDNPP Accident</b> 高橋純子、日原大智、佐々木拓哉、井口 啓、恩田裕一 Junko Takahashi, Daichi Hihara, Takuya Sasaki, Satoshi Igishi, Yuichi Onda	40
P-36	<b>ゲノムからの遺伝子多型検出用 PCR としてのループプライマーによるエクソン増幅</b> <b>Exon amplification with loop primers as PCR for detecting gene polymorphisms from the genome</b> 遠藤大二、田中美沙希、久保瑞葵、石庭寛子、玉置雅紀、大沼学、中嶋信美 Daiji Endoh, Misaki Tanaka, Mizuki Kubo, Hiroko Ishiniwa, Masanori Tamaki, Manabu Onuma, Nobuyoshi Nakajima	41
P-37	<b>溪畔林における放射性セシウム分布と溪流生態系への影響</b> <b>Relationships of radiocesium contamination between riparian forests and headwater stream ecosystems</b> 金指努、和田敏裕、鈴木紳悟、森高祥太、薄実咲、難波謙二 Tsutomu Kanasashi, Toshihiro Wada, Shingo Suzuki, Shota Moritaka, Misaki Usuki, Kenji Nanba	42
P-41	<b>避難指示解除区域の水田における生産性と放射性セシウムの玄米への移行の評価</b> <b>Assessment of rice productivity and radioactive cesium uptake by brown rice in paddy fields where the evacuation order lifted</b> 菅野拓朗、浅枝諭史、三本菅猛、齋藤隆 Takurou Kanno, Satoshi Asaeda, Takeshi Sanbonsuge, Takashi Saito	43

## 計測・分析 / Measurement and Analysis

P-27	土壌アーカイブ試料および土壌アーカイブデータベースシステムの紹介 <b>Introduction of archive soil samples and archiving soil database system</b> 辰野宇大、塚田祥文 Takahiro Tatsuno, Hirofumi Tsukada.....	44
P-28	2011年東京電力福島第一原子力発電所事故による <sup>60</sup> Coの放出 <b>Release of <sup>60</sup>Co due to the 2011 TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident</b> 沖澤悠輔、塚田祥文 Yusuke Okizawa, Hirofumi Tsukada.....	45
P-29	蘚苔類への放射性セシウムの移行と蓄積 <b>Transfer and accumulation of radiocaesium in bryophytes</b> 大槻知恵子、塚田祥文 Chieko Otsuki, Hirofumi Tsukada.....	46
P-30	避難指示解除区域における自家消費作物の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量 <b>Activity concentration of radiocaesium and internal radiation doses from self-consumed crops evacuation order cancellation preparation zone</b> 菊池美保子、塚田祥文 Mihoko Kikuchi, Hirofumi Tsukada.....	47
P-31	東京電力福島第一原子力発電所事故後の土壌中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係 <b>Studies on the effective dose for public calculated by air dose rate</b> 遠藤佑哉、植頭康裕、高瀬つぎ子、山口克彦、塚田祥文 Yuya Endo, Yasuhiro Uezu, Tsugiko Takase, Katsuhiko Yamaguchi, Hirofumi Tsukada.....	48
P-32	海水中の極微量 <sup>233</sup> U- <sup>236</sup> Uの海水循環デュアルトレーサー利用に向けたU濃縮法の検討 <b>Study on U concentration method for the establishment of <sup>233</sup>U-<sup>236</sup>U dual tracer for seawater circulation</b> 阿部美波、坂口綾、瀬古典明、保科宏行、山崎信哉、末木啓介 Minami Abe, Aya Sakagushi, Noriaki Seko, Hiroyuki Hoshina, Shinya Yamasaki, Keisuke Sueki.....	49

## 存在形態 / Speciation and Radiochemistry

P-33	大熊町試験水田における灌漑水・間隙水中 <sup>137</sup> Cs濃度と変動要因 <b>Activity concentration of <sup>137</sup>Cs in irrigation and pore water collected from experimental paddy field in Okuma</b> 塚田祥文、齋藤隆 Hirofumi Tsukada, Takashi Saito.....	50
P-34	<b>Evaluating the potential of <i>Erianthus arundinaceus</i> for the management of cesium-contaminated lands</b> Ismail M. M. Rahman, Zinnat A. Begum, Hiroyuki Ishiwata, Hiroshi Hasegawa.....	51
P-35	福島で採取した土壌粒子の密度と放射性セシウム濃度の関係性 <b>Relationship between density of soil particles and radiocesium concentration collected in Fukushima</b> 山崎信哉、斎藤輝、末木啓介 Shinya Yamasaki, Hikaru Saito, Keisuke Sueki.....	52
P-38	<b>Selective separation of rhenium from aqueous matrix using extraction chromatographic resin</b> M. Ferdous Alam, Kenji Nanba, Yoshiaki Furusho, Ismail M. M. Rahman.....	53

## モデリング / Modeling

P-42	<p>大熊町の大気中放射性セシウムの動態解明  <b>The investigation of behavior of radio-caesium concentration in air in Okuma</b>                  平尾茂一                  Shigekazu Hirao.....</p>	54
P-43	<p>放射性核種の大気輸送シミュレーションによる 2020 年 4 月のチェルノブイリ立入禁止区域における山火事の影響  <b>Simulation study of radionuclide atmospheric transport after wildland fires in the Chernobyl Exclusion Zone in April 2020</b>                  ミコラ・タレルコ、五十嵐康記                  Mykola Talerko, Yasunori Igarashi.....</p>	55
P-44	<p><b>Modeling of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr concentrations in the Cooling Pond of Chernobyl Nuclear Power Plant for the periods before and after water level drawdown</b>                  Roman Bezhenar, Mark Zheleznyak, Aya Sakaguchi, Kenji Nanba, Toshihiro Wada, Tsutomu Kanasashi, Volodymyr Kanivets, Gennady Laptev, Oleg Voitsekhovich, Sergii Kireev, Dmytro Veremenko, Oleg Nasvit, Dmytro Gudkov.....</p>	56
P-45	<p><b>Modeling of risks of Pripjat and Dnipro water contamination based on the results of laboratory studies of water-soluble forms of <sup>90</sup>Sr at Pripjat River floodplain</b>                  Mark Zheleznyak, Sergii Kivva, Oleksandr Pylypenko, Maksim Sorokin, Aleksei Konoplev, Kenji Nanba, Yasunori Igarashi, Gennady Laptev, Oleg Voitsekhovich, Valentyn Protsak, Serhiy Kireev.....</p>	57

## シンポジウム/Symposium

13:00		開会挨拶 / 福島大学 学長 三浦 浩喜 <b>Opening Remarks</b> / Hiroki Miura, President, Fukushima University	
13:05		概要説明 / 福島大学環境放射能研究所 所長 難波 謙二 <b>Overview</b> / Kenji Nanba, Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University	
13:10	S-01	チェルノブイリと福島との環境放射能分野の共同研究 <b>Research on environmental radioactivity by the collaboration between Fukushima and Chernobyl researchers</b> 難波謙二、SATREPS 課題「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」参加メンバー Kenji Nanba, Member of the SATREPS “Chernobyl” Project.....	59
13:35	S-02	チェルノブイリ周辺地域における小児甲状腺がんの特徴、および福島との相違について <b>Childhood thyroid cancer around Chernobyl Nuclear Power Plant: The differences with Fukushima</b> 高村昇 Noboru Takamura.....	60
14:00	S-03	福島とチェルノブイリ：土と水の中の放射性セシウムの動き、似ていることと違うこと <b>Fukushima and Chernobyl: Similarities and differences of radiocesium behavior in soil-water environment</b> アレクセイ・コノプリョフ Alexei Konoplev.....	61
14:35		休憩 / Break	
14:45	S-04	チェルノブイリと福島の森林：放射性セシウムの循環移動 <b>Chernobyl and Fukushima forests: impacts and dynamics of radioactive contamination</b> ヴァシル・ヨシエンコ、難波謙二、ヴァレリー・カシュパロフ、ドミトリー・ホリアカ、恩田裕一、後藤あずさ、永田広子、渡邊憲司 Vasyl Yoschenko, Kenji Nanba, Valery Kashparov, Dmytrii Holiaka, Yuichi Onda, Azusa Goto, Hiroko Nagata, Kenji Watanabe.....	62
15:20	S-05	チェルノブイリと福島における河川網を介した放射性物質の動態 <b>Dynamics of radionuclides throughout the river network in Chernobyl and Fukushima</b> 五十嵐康記、SATREPS 課題「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」参加メンバー Yasunori Igarashi, Member of the SATREPS “Chernobyl” Project.....	63
15:40	S-06	チェルノブイリと福島第一原発事故後の海洋環境中の放射性セシウム濃度の変遷 <b>Temporal trends of radio-cesium concentration in the marine environment after the Chernobyl and Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accidents</b> 高田兵衛 Hyo Takata.....	64
16:00		総合討論 / Discussion	
16:25		閉会挨拶 / 福島大学環境放射能研究所 副所長 アレクセイ・コノプリョフ <b>Closing Remarks</b> /Alexei Konoplev, Vice Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University	

ポスター発表  
Poster Session

## P-01

**Behavior of  $^{129}\text{I}$  in the Abukuma River water during two high-flow events**Yoshifumi Wakiyama\*<sup>1</sup>, Masumi Matsumura<sup>2</sup>, Tetsuya Matsunaka<sup>3</sup>, Shigekazu Hirao<sup>1</sup>, Kimikazu Sasa<sup>2</sup><sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Tandem Accelerator Complex, University of Tsukuba, <sup>3</sup>Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

\*Corresponding author: wakiyama@ipc.fukushima-u.ac.jp

Iodine-129 is produced by natural processes and by anthropogenic processes associated with nuclear facilities. For the sakes of radiation risk management and use for tracing radioiodine, its environmental behavior is important. Comparison with  $^{137}\text{Cs}$ , whose environmental behavior has been well investigated, will improve our understanding for environmental behavior of both radionuclides. This study presents sampling campaigns on the Abukuma River during two high flow events, and discusses riverine  $^{129}\text{I}$  behavior based on comparisons with that of  $^{137}\text{Cs}$ . River water samples were taken at the Kuroiwa site, with 2886 km<sup>2</sup> of catchment area and 0.041 Bq m<sup>-2</sup> of mean  $^{129}\text{I}$  inventory in the catchment, during high-flow events in July and October 2018. Suspended sediment and filtrates were obtained by decantation and subsequent filtration, respectively. Suspended sediment and filtrate samples were measured for  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  ratio with accelerator mass spectrometer and for  $^{127}\text{I}$  concentration with ICP-QQQ-MS. Mean values of dissolved  $^{129}\text{I}$  concentration and  $^{129}\text{I}$  concentrations in suspended sediment were 0.11  $\mu\text{Bq L}^{-1}$  and 0.68 mBq kg<sup>-1</sup>, respectively. Both  $^{129}\text{I}$  concentration in suspended sediment and dissolved  $^{129}\text{I}$  concentration decreased with time in the events. Although the trend of dissolved  $^{129}\text{I}$  was similar to that of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{129}\text{I}$  concentration in suspended sediment differed from that of  $^{137}\text{Cs}$  which showed highest concentration at peak discharge phase. Mean apparent distribution coefficient ( $K_d$ ) for  $^{129}\text{I}$  was  $5.4 \times 10^3$ , lower in two order of magnitude than that of  $^{137}\text{Cs}$ . Total exportation of  $^{129}\text{I}$  from the catchment during JUL18 and OCT18 were estimated as  $1.0 \times 10^4$  and  $2.3 \times 10^4$  Bq, respectively. Exported  $^{129}\text{I}$  in dissolved form accounted for 80 and 27% of total exportations, respectively. These results indicated an importance of dissolved form for understanding environmental behavior of  $^{129}\text{I}$ .

**Keywords:**  $^{129}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , high-flow events, river**阿武隈川における出水時の  $^{129}\text{I}$  の挙動**脇山義史\*<sup>1</sup>、松村万寿美<sup>2</sup>、松中哲也<sup>3</sup>、平尾茂一<sup>1</sup>、笹公和<sup>2</sup><sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>筑波大学応用加速器部門、<sup>3</sup>金沢大学環日本海環境研究センター

\*責任著者: wakiyama@ipc.fukushima-u.ac.jp

$^{129}\text{I}$  (半減期: 1570 万年) は、天然由来のものに加え、使用済み核燃料や原子力施設に起因して環境中に放出される。 $^{129}\text{I}$  による放射線リスクの管理や放射性ヨウ素のトレーサーとしての利用のため、環境中での挙動解明が重要である。 $^{137}\text{Cs}$  は原発事故後の研究等により、その挙動に関する知見が蓄積しており、両核種の比較は双方の環境動態解明に資する。本研究では、河川を通じた  $^{129}\text{I}$  の移行プロセスの解明を目的として、阿武隈川出水時の河川水の  $^{129}\text{I}$  濃度を調べた。阿武隈川中流の黒岩地点 (流域面積 2880 km<sup>2</sup>、流域平均  $^{129}\text{I}$  インベントリ 0.41 Bq m<sup>-2</sup>) において、2018 年 7 月と 10 月の出水イベント時にそれぞれ 5 回と 7 回の採水を行った。流域平均総降水量は、河川水試料はデカンテーション・ろ過により懸濁物とろ液に分離し、溶存態・懸濁態  $^{137}\text{Cs}$  濃度 (Bq L<sup>-1</sup>) の測定を行った。1 月 24 日現在、溶存態・懸濁態  $^{129}\text{I}$  の測定を行っている。浮遊土砂およびろ液試料の前処理後、加速器質量分析法にて  $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$  比を測定し、ICP-QQQ-MS を用いて  $^{127}\text{I}$  濃度を測定した。7 月と 10 月のイベント計 12 試料の平均値は、溶存態  $^{129}\text{I}$  濃度で 0.11  $\mu\text{Bq L}^{-1}$  であり、懸濁物の  $^{129}\text{I}$  濃度で 0.68 mBq kg<sup>-1</sup> であった。溶存態  $^{129}\text{I}$  濃度と懸濁物の  $^{129}\text{I}$  濃度は、ともに出水期間中に時間とともに低下する傾向を示した。溶存態については  $^{137}\text{Cs}$  と同様の傾向であったが、懸濁物の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は出水のピーク時に最大値を示しており、両核種に相違が見られた。 $^{129}\text{I}$  の見かけの分配係数の平均値は  $5.4 \times 10^3 \text{ L kg}^{-1}$  であり、 $^{137}\text{Cs}$  に比べて 2 オーダー低かった。 $^{129}\text{I}$  流出量は 7 月と 10 月のイベントでそれぞれ  $1.0 \times 10^4 \text{ Bq}$  と  $2.3 \times 10^4 \text{ Bq}$  であり、溶存態としての流出がそれぞれ 80%、23% を占めた。 $^{129}\text{I}$  の移行プロセスを考える際には、溶存態としての挙動の把握が重要である。

**キーワード:**  $^{129}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、河川、出水

## P-02

## Evaluation of soluble $^{137}\text{Cs}$ in sediment using a nonwoven fabric impregnated with Prussian blue copper analogue

Hideki Tsuji\*<sup>1</sup>, Tetsuo Yasutaka<sup>2</sup>, Yasumi Yagasaki<sup>3</sup>, Hironori Funaki<sup>4</sup>

<sup>1</sup>National Institute for Environmental Studies, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Science and Technology, <sup>3</sup>National Agriculture and Food Research Organization, <sup>4</sup>Japan Atomic Energy Agency

\*Corresponding author: tsuji.hideki@nies.go.jp

The applicability of copper-substituted Prussian blue loaded nonwoven fabric (CuNF; 47 mm in diameter, 0.4 mm thickness) was investigated to measure the  $^{137}\text{Cs}$  desorbed from the sediment of a dam lake. An apparatus was made by layering a fine-grained filter of the same shape (VSWP02500, Merck Co., Ltd; pore size: 0.025  $\mu\text{m}$ ) on the CuNF sealing it in a disc-shaped container and contact with the sediment. In this apparatus, the  $^{137}\text{Cs}$  in the sediment pore water is transported onto CuNF by molecular diffusion. As a result of the sediment incubation test with the bottom sediment of Yokokawa dam at 25°C for 48 h in aerobic conditions, 0.5-0.8% of  $^{137}\text{Cs}$  in the sediment was extracted by CuNF. The extraction rate of  $^{137}\text{Cs}$  by pure water (i.e. water-soluble form) at 25°C for 48 h shaking was 0.02%, and that by 1 mol L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (i.e. exchangeable form) was 6-11%. These results indicate that a part of the exchanged form of  $^{137}\text{Cs}$  in the sediment could be extracted by CuNF. In the next, we made a device with this apparatus installed inside a hollow cylindrical weight, which was stuck vertically into the lake bottom at the center of the Yokokawa dam in October 2020, and measured the desorbed  $^{137}\text{Cs}$  from the sediment after 1 day. As a result, the dissolution flux of  $^{137}\text{Cs}$  from the lake bottom was estimated to be 0.12 Bq m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Separately, the undisturbed columnar sediment samples were brought back to the laboratory and incubated under anaerobic conditions at 20°C for 7 days, which simulated the summer environment at the center of the dam lake. As a result of this test, the  $^{137}\text{Cs}$  dissolution flux from the sediment was 0.85 Bq m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. These values were in the same order of magnitude as those estimated from the annual dissolved  $^{137}\text{Cs}$  budget of the Yokokawa Dam, suggesting that this apparatus is applicable as a field installation.

**Keywords:** Prussian blue copper analogue, radiocesium, lake sediment, soluble form, dissolution rate

## 銅置換体プルシアンブルー担持不織布を用いたダム湖底質中の可溶性 $^{137}\text{Cs}$ 量およびダム湖底からの $^{137}\text{Cs}$ 溶出速度の評価

辻英樹\*<sup>1</sup>、保高徹生<sup>2</sup>、矢ヶ崎泰海<sup>3</sup>、舟木泰智<sup>4</sup>

<sup>1</sup>国立環境研究所、<sup>2</sup>産業技術総合研究所、<sup>3</sup>農業・食品産業技術総合研究機構、<sup>4</sup>日本原子力研究開発機構

\*責任著者: tsuji.hideki@nies.go.jp

ダム湖の底質に含まれる可溶性  $^{137}\text{Cs}$  量、および底質からの  $^{137}\text{Cs}$  溶出速度の測定を目的として、銅置換体プルシアンブルー担持不織布(CuNF;  $\Phi$ 47 mm、0.4 mm 厚)の適用性について検討した。CuNF は同形状のフィルタ (VSWP02500, Merck Co., Ltd; 孔径 0.025  $\mu\text{m}$ ) を重ねてその上に底質が接するように設置することで、底質間隙水中の  $^{137}\text{Cs}$  が分子拡散により CuNF に吸着される構造とした。この器具を用いて、横川ダム湖心部の底質を 25°C・48 時間・好気で培養した結果、底質中  $^{137}\text{Cs}$  の 0.5-0.8% が CuNF に抽出された。同試料に純水を加えての 25°C・48 時間の振盪による  $^{137}\text{Cs}$  抽出率は 0.02% であり、1 mol L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> による交換態  $^{137}\text{Cs}$  抽出率が 6-11% であったことから、本装置では底質中  $^{137}\text{Cs}$  のうち水抽出態に加えて交換態の一部が抽出される可能性があることがわかった。またこの器具を中空円筒形の重錘内部に設置した装置を作成し、2020 年 10 月にダム湖心部の湖底に鉛直に突き刺して 24 時間後の CuNF への  $^{137}\text{Cs}$  回収量を測定した結果、底質からの  $^{137}\text{Cs}$  溶出フラックスは 0.12 Bq m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> と計算された。また不攪乱柱状底質試料を実験室に持ち帰り、ダム湖心部の夏季環境を想定した 20°C・嫌気条件下での 7 日間の静置培養試験を行った結果、底質からの  $^{137}\text{Cs}$  溶出フラックスは 0.85 Bq m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> であった。これらの値は横川ダムの年間溶存態  $^{137}\text{Cs}$  収支から別途推定した  $^{137}\text{Cs}$  溶出フラックスと同オーダーであったことから、本器具は現地設置型装置としての適用性が認められることがわかった。

**キーワード:** 銅置換体プルシアンブルー、放射性セシウム、湖底質、可溶態、溶出速度

## P-03

### Relationships between fish food habits and $^{137}\text{Cs}$ concentration using carbon and nitrogen stable isotope ratios at Lake Hibara

Yuto Funaki<sup>\*1</sup>, Hiroki Nakakubo<sup>1</sup>, Wataru Teramoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Inland Water Fisheries Experimental Station, <sup>2</sup>Fukushima Prefecture Fishery Office

\*Corresponding author: funaki\_yuto\_01@pref.fukushima.lg.jp

Previous study has suggested that radiocesium concentrations in freshwater fish depend primarily on what they eat. In order to understand the transfer of radiocesium in lakes, it is necessary to elucidate the food webs of the lakes. Although food habitat of fish have been evaluated by the gastrointestinal content analysis, this technique needs the identification of the prey actually consumed by a fish and provides only a snapshot of its recent diet. In contrast, the analysis of carbon and nitrogen stable isotopic provides a relatively long-term and temporally integrated measurement of feeding relationships. In this study, to reveal the transfer of radiocesium to fish in Lake Hibara, the relationship between food habits and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in fish was examined. Smallmouth bass, Largemouth bass, masu salmon, white-spotted char, crucian carp, Japanese dace and Japanese barbel (total 43 individuals) were collected by gill nets on June 2019 in Lake Hibara. Carbon and nitrogen stable isotopic ratios and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in muscle tissues of fish samples were measured. Fish in the lake were classified into some groups using cluster analysis based on the ratios and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations. The analysis were performed using Ward's method with a Euclidean squared distance metric. As a result, 7 fishes were clustered into different groups according to their eating habits. The fishes with similar food habits had similar tendencies of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations. In addition, several fishes were clustered into the groups which had eating habits different from conventionally known ones. Furthermore, the cause of this difference will be discussed.

**Keywords:** lake, carbon and nitrogen stable isotope ratios, food habits,  $^{137}\text{Cs}$  concentration

### 檜原湖における炭素・窒素安定同位体比を用いた魚類の食性と $^{137}\text{Cs}$ 濃度の関係

舟木優斗<sup>\*1</sup>、中久保泰起<sup>1</sup>、寺本航<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島県内水面水産試験場、<sup>2</sup>福島県水産事務所

\*責任著者: funaki\_yuto\_01@pref.fukushima.lg.jp

淡水魚類への放射性 Cs の蓄積は主に餌由来であることが飼育実験により確認されており、湖沼の魚類における放射性 Cs の蓄積経路の把握には、湖沼内の食物網を解明する必要がある。魚類の食性に関する研究は、消化管内容物の解析により評価されてきたが、消化管内容物の同定の難しさや時空間的な食性の変化を考慮しない断片的な把握に留まり、実際に食物として同化されているかは明らかではない。一方、魚類の炭素・窒素安定同位体比は、ある一定期間内に食べた餌の安定同位体比を反映する。そこで、炭素・窒素安定同位体比を用いた魚類の食性と  $^{137}\text{Cs}$  濃度の関係について検討した。2019年6月に檜原湖にて刺し網を用いて、コクチバス、オオクチバス、ヤマメ、イワナ、ギンブナ、ウグイ、ニゴイ (計43尾) を採捕し、魚類の筋肉の炭素・窒素安定同位体比と  $^{137}\text{Cs}$  濃度を測定した。採捕した魚類について炭素・窒素安定同位体比と  $^{137}\text{Cs}$  濃度に基づきクラスター分析を行った結果、食性ごとに異なるクラスターに大別され、食性が同様の魚類は  $^{137}\text{Cs}$  濃度が近い値を示した。一方で、既知の食性とは異なるクラスターに分類された魚類も数尾確認された。異なるクラスターに分類された魚類については引き続き調査を行う。

**キーワード:** 湖沼、炭素・窒素安定同位体比、食性、 $^{137}\text{Cs}$  濃度



## P-04

## Decreasing tendencies of $^{137}\text{Cs}$ concentrations in Masu Salmon in a river and a dam lake in Ota River system

Yuto Funaki<sup>\*1</sup>, Toshihiro Wada<sup>2</sup>, Yumiko Ishii<sup>3</sup>, Seiji Hayashi<sup>3</sup>, Kenji Nanba<sup>2,4</sup>, Tatsuma Sato<sup>1</sup>, Wataru Teramoto<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Inland Water Fisheries Experimental Station, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University,

<sup>3</sup>Fukushima Branch, National Institute for Environmental Studies, <sup>4</sup>Faculty of Symbiotic System Science, Fukushima University,

<sup>5</sup>Fukushima Prefecture Fishery Office

\*Corresponding author: funaki\_yuto\_01@pref.fukushima.lg.jp

Inland fishing grounds are mainly composed of rivers and lakes. Each of these has different ecosystem. Radiocesium released from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant was transferred to freshwater areas through land areas. Fishes in some lakes and rivers in Fukushima are listed as restricted foodstuffs for shipment. In order to obtain knowledge for resuming the fishery, it is important to clarify the transfer process of radiocesium to freshwater fish in lakes and rivers. In this study, decreasing tendencies of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in fish in a river and a lake in the same water system were examined to elucidate the transfer processes of radiocesium into fish in the different environments. 323 masu salmon were collected during 2017 to 2020 from Dam Yokokawa and the downstream of Ota river flowing into the dam.  $^{137}\text{Cs}$  concentrations of the specimens were measured using germanium semiconductor detectors. The  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in masu salmon at both the survey points decreased significantly over time ( $R = -0.58, -0.42, p < 0.01$ ), but the rates of decrease were different between them ( $p < 0.05$ , ANCOVA). The decreasing tendency of the lake was slower than that of the river. In addition, significant difference was found in the total length between them. It was assumed that masu salmon of lakes and rivers had different life history and morphology.

**Keywords:** lake, stable isotope ratios of carbon and nitrogen, food habits,  $^{137}\text{Cs}$  concentration

## 太田川水系における河川とダム湖のヤマメの $^{137}\text{Cs}$ 濃度の減少傾向

舟木優斗<sup>\*1</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>、石井弓美子<sup>3</sup>、林誠二<sup>3</sup>、難波謙二<sup>2,4</sup>、佐藤太津真<sup>1</sup>、寺本航<sup>5</sup>

<sup>1</sup>福島県内水面水産試験場、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>3</sup>国立環境研究所福島支部、

<sup>4</sup>福島大学共生システム理工学類、<sup>5</sup>福島県水産事務所

\*責任著者: funaki\_yuto\_01@pref.fukushima.lg.jp

内水面漁業における主な漁場は河川と湖沼であり、これらは固有の生態系を有していることが知られている。東京電力福島第一原子力発電所事故によって拡散した放射性 Cs は陸域を経由して河川や湖沼の魚類に蓄積し、一部の魚種で水域により出荷制限や採捕自粛が続いている。漁業再開のための知見を得るには、放射性 Cs の淡水魚への移行と蓄積過程を明らかにし、今後の淡水魚の放射性 Cs 濃度の推移を予測することが重要である。本研究では、異なった環境における魚類への放射性 Cs の蓄積過程を解明するため、同一水系の河川と湖沼における魚類の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の低下傾向について検討した。2017 年から 2020 年にかけて横川ダムとその流入河川である太田川でヤマメを採捕し（計 323 尾）、 $^{137}\text{Cs}$  濃度を Ge 半導体検出器により測定した。両調査地点ともヤマメの  $^{137}\text{Cs}$  濃度は時間の経過とともに有意に減少していたが ( $R = -0.58, -0.42, p < 0.01$ )、その減少傾向は調査地点間で異なっており ( $p < 0.05$ , ANCOVA)、河川に比べ湖沼の減少傾向が緩やかであった。ヤマメの全長は調査地点間で有意に異なったため ( $p < 0.01$ , T-test)、これらの結果は湖沼と河川で異なる生活史と形態をもつことが影響したと考えられた。今後、各調査地点の環境とヤマメが河川と湖沼で異なる生活史を持ち、形態と食性が異なることを踏まえ結果について検討を行う。

**キーワード:** 湖沼、河川、 $^{137}\text{Cs}$  濃度、ヤマメ

## P-05

**Dynamics of riverine  $^{137}\text{Cs}$  during high-flow events in Hamadori area**Takuya Niida\*<sup>1</sup>, Yoshifumi Wakiyama<sup>2</sup>, Hyoe Takata<sup>2</sup>, Kazuki Fujita<sup>3</sup>, Keisuke Taniguchi<sup>4</sup>, Alexei Konoplev<sup>2</sup><sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic System Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>3</sup>Fukushima Prefectural Centre for Environmental Creation, <sup>4</sup>Center for Research on Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

\*Corresponding author: s1972006@ipc.fukushima-u.ac.jp

Previous studies have reported that a large amount of  $^{137}\text{Cs}$  is discharge during runoff events caused by heavy rainfall, and to understand its dynamics during runoff events is important. In this study, we analyzed  $^{137}\text{Cs}$  in river water during runoff events. River water was collected in Niida river (catchment area, 206 km<sup>2</sup>), Ukedo river (catchment area, 147 km<sup>2</sup>) and Takase river (catchment area, 262 km<sup>2</sup>). In Niida river, river water was collected during 2016, 2017, 2019, July 14 2020 (2020①), July 27 2020 (2020②) runoff events. In Ukedo and Takase river, river water was collected during 2019, 2020①, 2020② runoff events. The mean dissolved  $^{137}\text{Cs}$  concentrations were 15.2, 10.5 and 12.6 mBq/L in 2019, 2020① and 2020②, respectively, in Niida river, 119.6, 50.3 and 53.4 mBq/L in Ukedo river, 15.5, 13.3 and 15.5 mBq/L in Takase river. The dissolved  $^{137}\text{Cs}$  concentration showed different trends in each catchment and runoff event, and there was no correlation with water quality such as K<sup>+</sup>. The mean  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in suspended solid were 6.9, 3.9 and 3.6 kBq/kg in 2019, 2020① and 2020②, respectively, in Niida river, 45.5, 11.4 and 13.8 kBq/kg in Ukedo river, 5.6, 4.0 and 4.3 kBq/kg in Takase river. The  $^{137}\text{Cs}$  concentration in suspended solid tended to increase with increase of flow rate, except for Ukedo river which showed maximum concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in suspended solid in recession phase of flow events. The specific discharge (discharge ratio) of  $^{137}\text{Cs}$  for each event was 0.12(0.014%), 0.03(0.004%) and 0.07(0.008%) kBq/m<sup>2</sup> in Niida river, 0.06(0.003%), 0.02(0.001%) and 0.01(0.0005%) kBq/m<sup>2</sup> in Ukedo, 0.05(0.007%), 0.01(0.002%) and 0.02(0.003%) kBq/m<sup>2</sup> in Takase river, river, The Ukedo river showed lower  $^{137}\text{Cs}$  discharge ratio than the Niida river and Takase river, suggesting the captures of suspended solid by Ogaki dam reservoir located in upstream area.

**Keywords:** hi-flow event, event, radiocesium, river water, suspended solid**浜通り地域の河川における出水時の  $^{137}\text{Cs}$  動態**新井田拓也\*<sup>1</sup>、脇山義史<sup>2</sup>、高田兵衛<sup>2</sup>、藤田一輝<sup>3</sup>、谷口圭輔<sup>4</sup>、Alexei Konoplev<sup>2</sup><sup>1</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>3</sup>福島県環境創造センター、<sup>4</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

\*責任著者: s1972006@ipc.fukushima-u.ac.jp

降雨に伴う出水時に、大量の  $^{137}\text{Cs}$  が流出することは既往研究で多く報告されており、その動態を把握することは重要である。本研究では福島県浜通り地方の新田川原町地点(流域面積 206 km<sup>2</sup>)において 2016 年、2017 年、2019 年、2020 年 7 月 14 日(2020①)、2020 年 7 月 27 日(2020②)の出水イベント時に、請戸川 (流域面積 147 km<sup>2</sup>) および高瀬川(流域面積 262 km<sup>2</sup>) において 2019 年、2020 年①、2020 年②の出水イベント時に河川水の採取し、 $^{137}\text{Cs}$  の分析を行った。溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度の平均値は新田川において 2019 年、2020 年①、2020 年②でそれぞれ 15.2、10.5、12.6 mBq/L、請戸川において 119.6、50.3、53.4 mBq/L、高瀬川において 15.5、13.3、15.5 mBq/L であった。溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度は流域ごと、出水イベントごとに異なった傾向を示し、K<sup>+</sup>等の水質とも相関関係も認められなかった。浮遊土砂の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の平均値は新田川において 2019 年、2020 年①、2020 年②でそれぞれ 6.9、3.9、3.6 kBq/kg、請戸川において 45.5、11.4、13.8 kBq/kg、高瀬川において 5.6、4.0、4.3 kBq/kg であった。浮遊土砂の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は流量の増加に伴って上昇する傾向が見られたが、請戸川では流量のピークから数時間遅れて浮遊土砂の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の最大値が現れた。各イベントの  $^{137}\text{Cs}$  の比流出量(流出率)は新田川ではそれぞれ 0.12(0.014%)、0.03(0.004%)、0.07(0.008%) kBq/m<sup>2</sup>、請戸川では 0.06(0.003%)、0.02(0.001%)、0.01(0.0005%) kBq/m<sup>2</sup>、高瀬川では 0.05(0.007%)、0.01(0.002%)、0.02(0.003%) kBq/m<sup>2</sup> であった。請戸川流域からの  $^{137}\text{Cs}$  流出率は新田川、高瀬川と比較して低く、上流側に位置する大柿ダムによる浮遊土砂の貯留・堆積効果が示唆された。

**キーワード:** 出水イベント、放射性セシウム、河川水、浮遊砂

## P-06

**The dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  in a pond of urban area after decontamination**Honoka Kurosawa\*<sup>1</sup>, Misaki Usuki<sup>1</sup>, Shota Moritaka<sup>1</sup>, Kenji Nanba<sup>2</sup>, Toshihiro Wada<sup>2</sup>, Yoshifumi Wakiyama<sup>2</sup><sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: s2072001@ipc.fukushima-u.ac.jp

More than 4,000 irrigation ponds used for agricultural activities in Fukushima Prefecture have been contaminated by radiocaesium released from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. The contaminated pond would cause problems such as (1) increase of air dose rates around the ponds by water drawdown and (2) prevention of the restart/reconstruction of farming and agricultural activities. As a countermeasure, the decontamination of ponds has been conducted based on the radiocaesium activity concentration of the sediment exceeding 8,000 Bq/kgDW or more. Sakabuta pond located in the urban area of Koriyama City was decontaminated by the sediment removal method in 2017. Bottom sediment, pond water, and inflow and outflow water were collected from Sakabuta pond in 2015 and from 2018 to 2020, and the dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  after decontamination are observed to evaluate the effects of decontamination. The  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration in the bottom sediment and pond water was significantly decreased by decontamination. However, the  $^{137}\text{Cs}$  activity concentrations in the top layer of bottom sediment at some points exceeded 8,000 Bq/kgDW even after the decontamination. Analyses of particle size distributions of sediments below and above 8,000 Bq/kgDW suggested that the new particles were deposited after decontamination at the sampling points above 8,000 Bq/kgDW. Since  $^{137}\text{Cs}$  activity concentrations in suspended particle in the inflow water sometimes exceeded 8,000 Bq/kgDW, it was considered that a large amount of soil particle would flow into the pond during the rainfall events, resulting in high concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in the surface of bottom sediment.

**Keywords:**  $^{137}\text{Cs}$ , pond, decontamination**都市域における除染後のため池における  $^{137}\text{Cs}$  動態**黒澤萌香\*<sup>1</sup>、薄美咲<sup>1</sup>、森高祥太<sup>1</sup>、難波謙二<sup>2</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>、脇山義史<sup>2</sup><sup>1</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島大学環境放射能学研究所

\*責任著者: s2072001@ipc.fukushima-u.ac.jp

福島県には農業用ため池が4,000以上存在し、福島第一原子力発電所事故から放出された放射性セシウムにより汚染された。ため池が放射性セシウムによって汚染されていることの問題点として、①一定期間、水が干上がることによるため池周辺の空間線量率の上昇、②営農再開および農業復興の妨げなどが挙げられる。これらの問題を解決するために、底質の放射性セシウム濃度が8,000 Bq/kgDW以上であることを基準として、ため池の除染が開始された。郡山市の市街地にある酒蓋池は、2017年度に底質除去工法により除染が行われた。酒蓋池にて、2015、2018-2020年に採水および採泥を行い、除染の効果および除染後の $^{137}\text{Cs}$ 動態を調査した。その結果、除染により底質、池水の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は大幅に低下していた。しかし、除染後でも、いくつかの地点では、底質の $^{137}\text{Cs}$ 濃度が8,000 Bq/kgDW以上であった。8,000 Bq/kgDW以下および以上の地点の堆積環境を粒度分布から推定した結果、8,000 Bq/kgDW以上の地点は除染後新たな粒子が堆積した可能性があった。流入水の懸濁物質の $^{137}\text{Cs}$ 濃度が8,000 Bq/kgDWを超える時もあったことから、降雨イベント時に大量の土砂が流れ込むことにより、除染後でも底質の $^{137}\text{Cs}$ 濃度が8,000 Bq/kgDWを超えてしまうことが考えられた。

**キーワード:**  $^{137}\text{Cs}$ 、ため池、除染

## P-07

### Relationship among $^{137}\text{Cs}$ concentrations, carbon and nitrogen in eroded sediments and suspended particles in the Kuchibuto River basin, Fukushima Prefecture

Kento Yokoo\*<sup>1</sup>, Junko Takahashi<sup>2</sup>, Keisuke Taniguchi<sup>2</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>College of Geoscience, School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

\*Corresponding author: s1710801@s.tsukuba.ac.jp

The  $^{137}\text{Cs}$  released by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident was deposited in a wide area around Fukushima Prefecture and still remains there for a long time, while it has been transported to downstream areas in the particulate form. In this study, we analyzed suspended particle samples collected in monitoring stations along the Kuchibuto River, which has been monitored just after the accident, and sediment samples collected in soil erosion plots in the Yamakiya area at the head of the Kuchibuto River by normalized  $^{137}\text{Cs}$  concentration, carbon stable isotope ratio ( $\delta^{13}\text{C}$ ), total carbon (TC), and total nitrogen (TN). In the suspended particles, negative correlations were found between TC or TN and the maximum daily precipitation or daily flow rate during the sampling period, suggesting that the source of suspended particles was different depending on the amount of precipitation and flow rate. In the eroded sediments, we analyzed for each land use and showed positive correlations between normalized  $^{137}\text{Cs}$  concentration and TC or TN, and a negative correlation between normalized  $^{137}\text{Cs}$  concentration and  $\delta^{13}\text{C}$ . These suggested that the sediments with higher normalized  $^{137}\text{Cs}$  concentration has higher TC and TN and lower  $\delta^{13}\text{C}$ . Additionally, there was a significant difference in  $\delta^{13}\text{C}$  between farmlands ( $-24.52 \pm 1.62 \text{ ‰}$ ) and forest ( $-26.28 \pm 0.13 \text{ ‰}$ ), indicating that land use at the source area affected the  $\delta^{13}\text{C}$  of sediments discharged into the river.

**Keywords:**  $^{137}\text{Cs}$ , wash-off, particulate form, carbon stable isotope ratio ( $\delta^{13}\text{C}$ ), land use

### 福島県口太川流域における流出土砂及び河川水中懸濁態粒子の $^{137}\text{Cs}$ 濃度と炭素・窒素の関係

横尾健人\*<sup>1</sup>、高橋純子<sup>2</sup>、谷口圭輔<sup>2</sup>、恩田裕一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学生命環境学群地球学類、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

\*責任著者: s1710801@s.tsukuba.ac.jp

福島第一原発事故により放出された  $^{137}\text{Cs}$  は、福島県を中心とする広範囲に沈着し、その場に長期間留まる一方で、懸濁態として河川の流下に伴い下流域へと運搬されるため、その供給源を特定することは重要な課題である。本研究では、事故直後からモニタリングが続けられている口太川の河川プロットで採取された浮遊砂サンプルと、その源頭部にあたる山木屋地区の土壌侵食プロットで採取された堆積土砂サンプルを利用し、正規化  $^{137}\text{Cs}$  濃度と炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )、全炭素量 (TC)、全窒素量 (TN) による解析を行った。浮遊砂サンプルでは、TC、TN と、採取期間中の最大日降水量、日流量との間にそれぞれ負の相関がみられたことから、降水量や流量の多少により、浮遊砂の供給源が異なることが示唆された。堆積土砂サンプルでは、土地利用ごとの解析を行い、正規化  $^{137}\text{Cs}$  濃度と TC、TN との間には正の相関がみられたほか、正規化  $^{137}\text{Cs}$  濃度と  $\delta^{13}\text{C}$  との間には負の相関がみられた。このことから、正規化  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高い土砂では、TC、TN は高く、 $\delta^{13}\text{C}$  は低くなることが示唆された。また、 $\delta^{13}\text{C}$  は畑 ( $-24.52 \pm 1.62 \text{ ‰}$ ) と森林 ( $-26.28 \pm 0.13 \text{ ‰}$ ) の間に有意な差が認められ、源頭部の土地利用が、河川に流出する土砂の  $\delta^{13}\text{C}$  に影響を及ぼすことが明らかになった。

**キーワード:**  $^{137}\text{Cs}$ 、土砂流出、懸濁態、炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ )、土地利用

## P-08

## Estimation of radiocaesium flux discharged from the forest catchment

Tatsuo Aono\*<sup>1</sup>, Shota Kambayashi<sup>2</sup>, Hiroki Hamajima<sup>1</sup>, Hiroyuki Takahashi<sup>1</sup>, Shinnosuke Yamazaki<sup>1</sup>, Misturu Yamamura<sup>3</sup>, Yutaka Yamada<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, <sup>2</sup>Marine Ecology Research Institute, <sup>3</sup>JCE Co., LTD

\*Corresponding author: aono.tatsuo@qst.go.jp

A huge amount of radionuclides such as radiocaesium (R-Cs) and radiostrontium were dispersed and deposited the territorial area such as forest area following the accident at the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear power Station on March 2011. Since Fukushima prefecture is covered over 70% by the forest area, it is important to clear the dynamics of R-Cs runoff and estimate the discharged R-Cs flux in the area. Previous results show that the R-Cs concentrations in river water in summer were higher than these in winter and variations in these were greatly affected not only by dissolved R-Cs concentrations but also by particulate R-Cs concentrations. The R-Cs concentrations in the river continues to be more than 10 times higher in the Saruta River than in the Takase River, but these fluxes suggest that the Saruta River had a small effect on the Takase River. In this presentation, we report about variations of concentrations and fluxes of R-Cs from the forest catchment to main river and their factors.

**Keywords:** forest catchment, radiocaesium, flux

## 森林集水域における放射性セシウムのフラックスの推定

青野辰雄\*<sup>1</sup>、神林翔太<sup>2</sup>、浜島大輝<sup>1</sup>、高橋博路<sup>1</sup>、山崎慎之介<sup>1</sup>、山村充<sup>3</sup>、山田裕<sup>1</sup>

<sup>1</sup>量子科学技術研究開発機構、<sup>2</sup>海洋生物環境研究所、<sup>3</sup>国土防災技術株式会社

\*責任著者: aono.tatsuo @qst.go.jp

2017年5月に福島県十万山（浪江町及び双葉町）において林野火災が発生し、それに伴う沢水への放射性セシウム（R-Cs）の流出の影響を調査するために、2017年より猿田川と高瀬川（浪江町）の放射性Cs濃度のモニタリングを実施してきた。森林を水源とする沢水中のR-Csの濃度分布や流出プロセスを明らかにすることは、放射線防護の観点からも取り組むべき課題の一つである。2018年の調査では、猿田川にあるため池の上流域よりも高瀬川に合流する下流域（猿田橋）の河川水中の溶存態R-Cs濃度が高い結果が観測され、また溶存態R-Cs濃度は夏季に高く、冬季に低い傾向を示した。一方で、河川中のR-Cs濃度変動は、溶存態濃度だけでなく粒子態濃度による影響も大きいことが報告されている。そこで、森林集水域から河川へのR-Csの流出フラックスの変動を把握することを目的に、河川中のR-Cs濃度について調査を行った。河川中のR-Cs濃度が高瀬川よりも猿田川の方で10倍以上の高い結果が続いているが、フラックスから猿田川が高瀬川に与える影響は小さいことが示唆された。本報では、森林集水域の沢水中のR-Cs濃度の時系列変化やその特性について報告する。

**キーワード:** 森林集水域、放射性セシウム、フラックス

## P-09

# Environmental recovery and its factors due to terrestrial radiocesium migration caused by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident

Yuichi Onda\*<sup>1</sup>, Keisuke Taniguchi<sup>1</sup>, Kazuya Yoshimura<sup>2</sup>, Hiroaki Kato<sup>1</sup>, Junko Takahashi<sup>1</sup>, Yoshifumi Wakiyama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center for Research on Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>3</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: onda@geoenv.tsukuba.ac.jp

The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident released the most significant quantity of radiocaesium into the terrestrial environment since Chernobyl. The detailed river monitoring after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident over the last 9 years provides new insight into the link between sediment delivery and radionuclide mobility in the terrestrial environment.

We started sediment and Cs-137 outflow from plot scale monitoring (Wakiyama et al., 2019), headwater catchments (Iwagami et al., 2019), Paddy field (Wakahara et al. 2014). Also, we install river monitoring sites at six sites from June 2011 to quantify radiocesium fluxes by measuring discharge and turbidity, and sampling bulk suspended sediment and water. From December 2012, we installation of a further 24 monitoring sites to give 30 stations in total to cover most of the rivers in an 80-km radius from FDNPP (Taniguchi et al., 2019). The factors controlling different declining trends between watersheds across the fallout zone were investigated and found that both radiocesium flux and the rate of decline in activity concentrations in rivers were an order of magnitude higher than rates measured after Chernobyl. In Fukushima, the initial fallout and vertical movement of radionuclide in the land and forest, and subsequent transport and redistribution through hydrological and geomorphological processes in cropland, Urban area, Paddy field, and forested area. Our finding revealed that land use is a key control of the sources of suspended particulate matter entering river networks, contributing to declining rates of radiocesium flux.

**Keywords:** Cs-137, river, land use, fixation, rate of decline

## 福島第一原子力発電所事故による陸域の放射性セシウムの移行による環境回復とその要因

恩田裕一\*<sup>1</sup>、谷口啓輔<sup>1</sup>、吉村和也<sup>2</sup>、加藤弘亮<sup>1</sup>、高橋純子<sup>1</sup>、脇山義史<sup>3</sup>

<sup>1</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>2</sup>原子力研究開発機構、<sup>3</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者:onda@geoenv.tsukuba.ac.jp

福島第一原子力発電所 (FDNPP) 事故は、チェルノブイリ原発事故以来最大量の放射性セシウムを陸上環境に放出した。本講演では、FDNPP 事故の結果としての陸上環境における放射性核種、特に放射性セシウムの沈着と分布・移動についてこれまでの研究成果をレビューした。Cs-137 の沈着後、上流域で水田、耕作や居住活動などの人為的活動は、河川ネットワークにおける浮遊土砂 (SS) 輸送の Cs-137 濃度の急速な低下をもたらし、これらの低下は河川水中の溶存 Cs-137 濃度を直接コントロールすることがわかった。これはチェルノブイリ後の定説 (Fixation が濃度を支配する) とは異なる結果である。さらに、福島事故の環境影響をチェルノブイリと比較し、チェルノブイリ周辺地域と比較して福島地域の比較的迅速な環境修復の要因と今後の課題について議論する。

**キーワード :** Cs-137、浮遊砂、河川、Fixation、濃度低下

## P-10

## Radiocesium contamination mechanisms for common and silver crucian carp examined by pond surveys in Fukushima Prefecture and a rearing experiment

Misaki Usuki<sup>1</sup>, Yuki Inoue<sup>2</sup>, Tomomi Yanagita<sup>2</sup>, Keiichi Sasaki<sup>3</sup>, Masamune Endou<sup>3</sup>, Kenji Nanba<sup>1</sup>, Toshihiro Wada<sup>\*4</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic System Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Faculty of Symbiotic System Science, Fukushima University, <sup>3</sup>Fukushima Inland Fisheries Experiment Station, <sup>4</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University,

\*Corresponding author: t-wada@ipc.fukushima-u.ac.jp

After the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident, radiocesium has been detected from bottom sediment and fish in Fukushima Prefecture. The purpose of this study is to clarify the <sup>137</sup>Cs contamination mechanisms of cultured common carp in Fukushima Prefecture. This study has conducted (1) the caging experiments of common carp in a relatively highly contamination pond in Koriyama City before and after the decontamination, (2) the sampling surveys of fish in a highly contaminated pond (Funasawa) near the FDNPP, and (3) the rearing experiments using <sup>137</sup>Cs containing pellets. We compared the <sup>137</sup>Cs concentrations of carp and silver crucian carp, and also analyzed carbon and nitrogen stable isotopes in muscle tissues. Results from experiments 1 and 2 revealed that <sup>137</sup>Cs concentrations of common carp were significantly lower than those in silver crucian carp in Koriyama and Funasawa ponds. The difference of food origin was supposed by the carbon and nitrogen stable isotope ratios. Apparent biological half-life, biological half-life of <sup>137</sup>Cs in muscle tissues, and steady-state <sup>137</sup>Cs concentration of common carp estimated from the experiment 3 were calculated as 31 days, 75 days, and 323 Bq/kgFW, respectively, while those of silver crucian carp was calculated as 49 days, 66 days, and 95 Bq/kgFW, respectively, by a one-compartment model considering growth dilution effect. The ratios of steady state <sup>137</sup>Cs concentration ( $C_{ss}$ ) in muscle tissues to <sup>137</sup>Cs containing pellets ( $C_{Fwet}$ ) were calculated as 1.2 and 0.36 (kg-wet/kg-wet) in common carp and silver crucian carp, respectively, and were higher in common carp under the same rearing condition. We inferred that the difference of food origin in addition to <sup>137</sup>Cs concentration of organic and exchangeable matters in prey organisms would cause the different <sup>137</sup>Cs concentrations in common and silver crucian carp in cultured and natural ponds.

**Keywords:** irrigation pond, carp, silver crucian carp, stable isotope, one compartment model

## 福島県内のため池調査および飼育試験によるコイとギンブナの放射性セシウム汚染メカニズムの検討

薄実咲<sup>1</sup>、井上雄貴<sup>2</sup>、柳田知美<sup>2</sup>、佐々木恵一<sup>3</sup>、遠藤雅宗<sup>3</sup>、難波謙二<sup>1</sup>、和田敏裕<sup>\*4</sup>

<sup>1</sup>福島大学共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島大学共生システム理工学類、<sup>3</sup>福島県内水面水産試験場、<sup>4</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: t-wada@ipc.fukushima-u.ac.jp

福島第一原発事故の影響により放射性セシウムが拡散、沈着し、ため池の底泥や魚類から放射性セシウムが検出された。今後、水域環境の放射性セシウム汚染に起因する長期的な影響が懸念されている。そこで本研究は、福島県における代表的な養殖魚であるコイの放射性セシウムの汚染メカニズムを検討することを目的として、郡山市養鯉池の除染前後における網生簀試験、原発近傍のため池（鮎沢）における調査、および<sup>137</sup>Csを含む配合餌料を用いた飼育試験を行った。また、同じコイ科のギンブナについても分析を行なった。養鯉池および鮎沢において2魚種の<sup>137</sup>Cs濃度を比較するとコイの方が有意に低い結果であった。また、炭素、窒素安定同位体比結果から両ため池における2魚種の餌起源が異なることが示唆された。飼育試験で取得したデータを1成分コンパートメントモデルに当てはめ、コイのみかけの半減期、成長希釈を除いた生物学的半減期、<sup>137</sup>Cs濃度の極限值を推定したところ、それぞれ31日、75日、323 Bq/kgFWと算出された。一方、ギンブナは49日、66日、95 Bq/kgFWとなった。筋肉に対する餌の濃縮率(生物濃縮係数、湿重量換算)はコイとギンブナそれぞれ1.2、0.36 kg-wet/kg-wetとなり、同じ<sup>137</sup>Cs含有餌料を用いた飼育環境下ではコイの方が高かった。以上のことから、ため池中のコイの<sup>137</sup>Cs濃度がギンブナよりも有意に低い理由として餌起源の違いや、摂取した餌生物中の有機態および交換態の放射性セシウム濃度が異なる可能性が考えられた。

**キーワード:** ため池、コイ、ギンブナ、安定同位体比、1成分コンパートメントモデル

## P-39

## Factors controlling seasonal fluctuation of Cs-137 concentration in Abukuma River waters

Shota Moritaka<sup>1</sup>, Yasunori Igarashi<sup>2</sup>, Toshihiro Wada<sup>2</sup>, Kenji Nanba<sup>\*2,3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>3</sup>Faculty of Symbolic Systems Science, Fukushima University

\*Corresponding author: nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

Some studies have reported that the radiocesium concentration in river waters showed seasonal fluctuations that increase in summer and decrease in winter. Reportedly, the radiocesium concentration in river waters is controlled by factors such as water temperature, coexistence ions and the dissolved organic matter (DOC). However, values of these factors are not necessarily constant and change depending on the river conditions. In this study, we assessed the factors that control the seasonal fluctuation of radiocesium concentration in Abukuma river waters. First, we observed suspended and dissolved Cs-137 concentration in river waters with water qualities and particle characteristics for long-term. Second, we fractionated the river water by flow rate and performed correlation analysis.

Observation have been made once to fifth a month for Abukuma river at the Kuroiwa station of MLIT from March 2012 to December 2019. Measurements for radiocesium were made for suspended substance collected with continuous centrifuge on site and for dissolved fraction captured with Prussian-blue cartridge filters. Flow rate range was observed 0.41 – 118.96 mm/day. Based on Japanese river management general indicators, we have defined “low discharge fraction (less than 1.15 mm/day)”, “medium discharge fraction (1.15 mm/day or more, less than 2.39)” and “high discharge fraction (2.39 mm/day or more)”.

The dissolved and suspended Cs-137 concentration in Abukuma river waters fluctuated to increase in summer and decreased in winter. In low discharge fraction,  $K_d$  was significantly and negatively correlated with water temperature,  $K^+$  concentration DOC. In medium discharge fraction,  $K_d$  was significantly and negatively correlated with water temperature. In high discharge fraction,  $K_d$  was significantly and negatively correlated with DOC. Therefore, it was suggested that the adsorption reaction of dissolved Cs-137 became less controlled by water temperature and  $K^+$  concentration as the flow rate increased.

**Keywords:** radiocesium, Abukuma River, seasonal fluctuation,  $K_d$

## 阿武隈川における河川水の Cs-137 濃度の季節性とその要因

森高祥太<sup>1</sup>、五十嵐康記<sup>2</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>、難波謙二<sup>\*2,3</sup>

<sup>1</sup>福島大学共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>3</sup>福島大学共生システム理工学類

\*責任著者: nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

河川水中の $rCs$ 濃度は夏季に増加し冬季に減少する季節性があることが分かってきた。河川水の $rCs$ の濃度決定には流量、水温、共存イオンや溶存有機物の存在などの要素により制御されている。しかしこれらの要素は一定の値をとるのではなく、河川の状態によって変化する。そのため $rCs$ を形態別にかつ流量や水質とともに長期観測し、流量で分画し相関分析することで濃度変化をもたらす要因を明らかにすることを目的とした。

阿武隈川は国土交通省黒岩水位監視所で2012年3月から月に1 - 5回の頻度で採水と $rCs$ の観測を行った。河川水中の放射性セシウムは、連続遠心分離による懸濁物の回収、およびその上澄み液からのプルシアンブルーカートリッジによる溶存態セシウムの回収により測定した。流量は0.41 - 118.96 mm/dayであった。日本の河川管理の一般的な指標に基づいて、「低流量 (1.15 mm/day未満)」、「中流量 (1.15 mm/day以上、2.39 mm/day未満)」、「高流量 (2.39 mm/day以上)」と定義し、分析を行った。

河川水のCs-137濃度は先行研究を支持するように、溶存態、懸濁態Cs-137濃度はともに夏季に増加し冬季に減少する季節変動がみられた。流量区分ごとの相関分析から $K_d$ は、低流量時には水温、 $K^+$ 濃度、DOCと有意な負の相関、平流量時には水温と有意な負の相関、高流量時にはDOCと有意な負の相関がみられた。したがって溶存態Cs-137の吸着反応は流量が増加するにしたがって水温と $K^+$ 濃度による制御が弱くなると考えられる。

**キーワード:** 放射性セシウム、阿武隈川、季節変動、 $K_d$



## P-40

## Evaluation of sediment production in Abukuma River basin due to rainfall sensitivity

Edea Loa\*<sup>1</sup>, Seiki Kawagoe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

\*Corresponding author: s1972008@ipc.fukushima-u.ac.jp

The Abukuma River basin is the second-longest river in the Tohoku region with a mixture of steep and flat conditions and historically damaged by rainfall events of large magnitude. Unpredictable rainfall events will be more frequent due to climate change in the future. It is crucial to understand factor determining soil erosion for predicting damages by unpredictable rainfall. The Abukuma River basin has recently endured the Typhoon *Hagibis* on October 2019. The typhoon has heavily flooded several towns and cities, and may have caused landslides in the basin. Analyses of spatial distribution of soil erosion by the event offer opportunities for understanding localities of susceptibility to soil erosion and the factors. In this study, we present estimates annual soil loss in 2019 and soil loss during Typhoon 201919 using the Universal Soil Loss Equation (USLE) model. Rainfall erosivity was calculated based on rainfall records of meteorological stations in the basin. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) obtained by satellite images were employed for estimating index of vegetation cover against rainfall. By dividing annual potential soil loss by rainfall erosivity factor, four sub-basins were identified as most affected sub-basins by Typhoon201919. The evaluation outcome on these 4 sub-basin confirms that, apart from rainfall erosivity, topographical characteristics like the slope angle and the land use or vegetation characteristics play a major role in soil losses.

**Keywords:** USLE, vegetation, landuse, landcover, rainfall erosivity, soil erosion, soil protection.

## 降雨感度に基づく阿武隈川流域における土砂生産量の評価

Edea Loa\*<sup>1</sup>, 川越清樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島大学共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島大学共生システム理工学類

\*責任著者: s1972008@ipc.fukushima-u.ac.jp

阿武隈川流域は東北地方で2番目に長い河川であり、急勾配と平坦な状態が混在し、大規模降雨事象によって被害を受けてきた。気候変動にともなって予測困難な降水イベントが発生することが考えられており、降雨イベント時の土壌流出の要因を理解することは、予測困難な降雨イベントによる被害を予測し、対策を講じるために必要である。阿武隈川流域は2019年10月に発生した台風19号（ハギビス）に見舞われ、各地で洪水の被害が生じた。このイベントを対象として土砂生産量の解析を行うことで、侵食に対する感受性の地域差を明らかにすることができると考えられた。本研究ではUniversal Soil Loss Equationモデルを使用して、阿武隈川流域の潜在的な年間平均土壌損失量および台風ハギビスによる土壌損失量を推定した。侵食能は流域内の降雨量の観測データから算出した。衛星画像をもとにNDVIを用いて被覆物による侵食抑止力の指標を求めた。潜在的な平均土壌損失を降雨の侵食力で除すことによって、土壌侵食に影響されやすい4つの支流を抽出した。これらの4つの支流の解析により、降雨侵食性の他、傾斜角や土地利用や植生被覆量などの地形的特性が流域の土砂生産量を決定する要因であることが確認された。

**キーワード:** USLE、植生、土地利用、土地被覆、降雨侵食、土壌侵食、土壌保護

## P-11

### Relationship between $^{137}\text{Cs}$ concentration and heavy rainfall events in coastal sediment off Fukushima

Shotaro Suzuki\*<sup>1</sup>, Masahiro Enomoto<sup>1</sup>, Yosuke Amano<sup>1</sup>, Yoshiaki Morioka<sup>2</sup>, Kyoichi Kamiyama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Science Research Centre, <sup>2</sup>Fukushima Prefectural Research Institute of Fisheries Resources

\*Corresponding author: suzuki\_syoutaro\_01@pref.fukushima.lg.jp

A large amount of radionuclides were released into marine environment by the accident of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP). Monitoring investigation of radiocesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) concentration in sediment is important to understand fishing ground condition for proving the safety and secure of fisheries products. Monitoring investigation showed decreasing trend of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in coastal sediment off Fukushima but decreasing rate recently showed slowing down. Although riverine  $^{137}\text{Cs}$  input related to heavy rainfall events is considered to be one of possible factors for this trend, there is no information about relationships between heavy rainfall events and  $^{137}\text{Cs}$  concentration in coastal sediment. To reveal factor for decreasing trend of  $^{137}\text{Cs}$  concentration of coastal sediment off Fukushima, we analyzed relationship between heavy rainfall events and  $^{137}\text{Cs}$  concentration using precipitation data and monitoring investigation data (May 2011-Mar. 2020) of total eight area off Fukushima.  $^{137}\text{Cs}$  concentration of sediment in some area increased ranged from 1.01 to 4.08 times after five months from heavy rainfall events and there was also relationship between precipitation and  $^{137}\text{Cs}$  concentration trend. These results suggested that riverine  $^{137}\text{Cs}$  input was one of the possible factors for slowing down of decreasing rate of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in coastal sediment off Fukushima.

**Keywords:** radiocesium, sediments

### 福島県沿岸域における海底土の $^{137}\text{Cs}$ 濃度と大規模降雨との関係

鈴木翔太郎\*<sup>1</sup>、榎本昌宏<sup>1</sup>、天野洋典<sup>1</sup>、守岡良晃<sup>2</sup>、神山享一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島県水産海洋研究センター、<sup>2</sup>福島県水産資源研究所

\*責任著者: suzuki\_syoutaro\_01@pref.fukushima.lg.jp

東京電力福島第一原子力発電所（以下、1F）の事故の影響により、福島県沖の海底土から放射性セシウム（ $^{137}\text{Cs}$ ）が検出された。福島県が実施する緊急時環境放射線モニタリング（以下、モニタリング検査）により、福島県沿岸域海底土の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の低下が確認されているものの、低下の鈍化が顕在化してきた。考えられる要因として、大規模降雨に関連した河川を通じた陸域由来の  $^{137}\text{Cs}$  の供給が考えられるが、福島県沿岸の海底土の  $^{137}\text{Cs}$  濃度がどの程度影響を受けているのか明らかとなっていない。そこで本研究では、2011年5月から2020年3月までの計8定線で行ったモニタリング検査のデータを用いて各定線の低下傾向を把握し、降水量などのデータから鈍化の要因を明らかにすることを目的とした。2014年以降発生した5つの大規模降雨と福島県沿岸域8定線における海底土の  $^{137}\text{Cs}$  濃度との関連性について、大規模降雨発生前後5か月間の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を比較したところ、大規模降雨後にいくつかの地点で海底土の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の増加（1.01-4.08倍）が確認された。また、 $^{137}\text{Cs}$  濃度の推移と降水量の推移にも関連がみられた。以上の結果から、福島県沿岸域の海底土における  $^{137}\text{Cs}$  濃度低下の鈍化の要因の一つとして、大規模降雨に関連する河川を通じた陸域からの  $^{137}\text{Cs}$  の供給が示唆された。

**キーワード:** 放射性セシウム、海底土

## P-12

## Ten years behavior of radiocaesium derived from TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant in the North Pacific Ocean

Michio Aoyama\*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Center for Research on Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, <sup>2</sup> Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: michio.aoyama@ied.tsukuba.ac.jp

After the TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, FNPP1, accident, in the wide area of the western North Pacific Ocean, the <sup>137</sup>Cs activity concentrations increased rapidly, afterwards they decreased rapidly, or they were gradually decreasing depending on the distance from the FNPP1 site. In the adjacent seas of the North Pacific Ocean (the Sea of Japan, the East China Sea and the Bering Sea), features of temporal variations of <sup>137</sup>Cs activity concentrations were different, as delayed increases of <sup>137</sup>Cs activity concentrations were observed due to advection/transport of water masses from highly contaminated areas with different time scales. The maximum of <sup>137</sup>Cs activity concentrations close to the FNPP1 site decreased during 2012-2014 to about 20 kBq m<sup>-3</sup> (in 2015-2016 to 7,000 Bq m<sup>-3</sup> and in 2018-2020 to 1,000 Bq m<sup>-3</sup>), while the <sup>137</sup>Cs levels in surface water of the western North Pacific in 2020 have been almost back to pre-Fukushima values of 1-2 Bq m<sup>-3</sup>. One of the exceptions was the west coast of the North American Continent where <sup>137</sup>Cs activity concentration was still about 4 Bq m<sup>-3</sup> in December 2019. In general, the transport processes of FNPP1 derived radiocaesium, <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs, in the surface layer in the North Pacific Ocean will depend mainly on two current systems – the subarctic gyre and the subtropical gyre. Regarding the transport of radiocaesium to the East China Sea and the Sea of Japan, a part of the FNPP1-derived radiocaesium in the STMW moved west and reached the bottom of the North East China Sea (ECS), then the signal abducted to the surface layer and continued to the Sea of Japan (SOJ). After that the radiocaesium signal returned to the North Pacific Ocean through the Tsugaru Strait (Inomata et al., 2018). Transport process by the main pathway of subtropical gyre might take too long time when compared with the short cut pathway to SOJ, as described previously. The observations at Ishigaki Island and Yonaguni Island by July 2020 revealed that the <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs activity ratios increased significantly in 2019 from 0.2-0.3 to around 0.5, similar to <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs activity ratios observed in SOJ. It can be said that radiocaesium derived from the FNPP1 accident reached Yonaguni Island at the entrance of the East China Sea after 8 years through the subtropical gyre in a large clockwise circulation (Aoyama et al., in preparation).

**Keywords:** <sup>137</sup>Cs, radiocaesium, North Pacific Ocean, East China Sea, subtropical gyre

## 東京電力福島第一原発事故に由来する放射性セシウムの北太平洋での10年間の挙動

青山道夫\*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: michio.aoyama@ied.tsukuba.ac.jp

東京電力福島第一原子力発電所 FNPP1 の事故後、北太平洋西部の広域で <sup>137</sup>Cs 放射能濃度が急激に上昇した後、急激に低下あるいは FNPP1 からの距離に応じて徐々に低下したりした。北太平洋の縁辺海（日本海、東シナ海、ベーリング海）では、<sup>137</sup>Cs 放射能濃度の上昇には遅れが観測され、時間変化の特徴は北太平洋とは異なっていた。2020 年の西部北太平洋では、FNPP1 近傍では依然として 1,000 Bq m<sup>-3</sup> であったが、外洋では福島事故以前の 1~2 Bq m<sup>-3</sup> の値にほぼ戻っていた。例外の 1 つは北米大陸の西海岸であり、2019 年 12 月でまだ約 4 Bq m<sup>-3</sup> を示していた。これらの輸送は、主に北太平洋の亜寒帯循環と亜熱帯循環に従っている。東シナ海と日本海への放射性セシウム、<sup>134</sup>Cs と <sup>137</sup>Cs、の輸送については、亜熱帯循環内部の FNPP1 由来の放射性セシウムの一部が西に移動し、東シナ海の海底から表層を経由して日本海に輸送された (Inomata et al., 2018)。亜熱帯循環の主な経路による輸送プロセスは、日本海への内部経路のショートカットと比較すると時間がかかると考えられる。事実 2020 年 7 月までの石垣島と与那国島での観測では、2019 年の <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs 放射能比が 0.2-0.3 から日本海で観測された <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs 放射能比と同じ程度の約 0.5 に増加した。FNPP1 事故に由来する放射性セシウムは亜熱帯循環を時計回りに輸送され 8 年後に東シナ海入口の与那国島に到達したと言える (Aoyama et al., 準備中)。

**キーワード:** <sup>137</sup>Cs、放射性セシウム、北太平洋、東シナ海、亜熱帯循環

## P-13

### Effect of growth dilution on radiocesium concentration in Japanese flounder

Takahiro Moriguchi<sup>\*1</sup>, Syoichi Suzuki<sup>2</sup>, Yuko Ito<sup>3</sup>, Masanobu Kikuchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Research Institute of Fisheries Resources, <sup>2</sup>Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Science Centre,

<sup>3</sup>Fishery Division, Fukushima Prefectural Government

\*Corresponding author: moriguchi\_takahiro\_01@pref.fukushima.lg.jp

To elucidate dynamics of radioactivity in marine fish, we conducted rearing experiments using juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) from 2012 to 2014. After the period of radiocesium uptake from seawater or artificial feed in 500-L tank, the same fish were continuously reared in non-polluting environment. Several fish (5–6 inds.) were regularly picked up from the rearing tank and the body size (total length and weight) was measured. After that radiocesium concentration was measured using high-purity germanium (HPGe) detector. Reportedly, the decreased radiocesium concentration in fish body are influenced by several factors such as excretion of radiocesium derived from osmoregulation, growth dilution effect and physical decay. In our study, to examine the difference in the contribution among these factors, a half-life of each factor was estimated. The half-life due to growth dilution was shortest, followed in order by excretion and physical decay. Our results suggest that the growth dilution (> excretion > physical decay) may be main factor decreasing concentration of radiocesium in early growth stage such as juvenile fish.

**Keywords:** radiocesium concentration, Japanese flounder, growth dilution effect

### 成長希釈がヒラメの放射性セシウム濃度の低下に与える影響

森口隆大<sup>\*1</sup>、鈴木章一<sup>2</sup>、伊藤裕子<sup>3</sup>、菊地正信<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島県水産資源研究所、<sup>2</sup>福島県水産海洋研究センター、<sup>3</sup>福島県農林水産部水産課

\*責任著者: moriguchi\_takahiro\_01@pref.fukushima.lg.jp

放射性セシウム（以下、放射性Cs）の魚類体内における挙動を明らかにするため、2012年から2014年にヒラメ0歳魚を供試魚とした飼育試験を実施した。放射性Csを含む海水及び餌から供試魚に放射性Csを取り込ませた後、非汚染の環境下で継続飼育した。定期的に複数尾の供試魚を取り上げ、個体ごとの体重と筋肉部の放射性Cs濃度を測定した。

一般的に、魚類体内の放射性Cs濃度は、体外への排出（以下、排出）、成長に伴う希釈効果（以下、成長希釈）、及び放射性崩壊により低下する。そこで、本実験ではそれぞれの要素について半減期を算出し、ヒラメの放射性Cs濃度の低下への寄与度を整理した。

その結果、成長希釈による半減期が最も短く、次いで排出、放射性崩壊の順であった。このことから、幼稚魚期等の成長が早い時期における放射性Cs濃度の低下には、排出よりも成長希釈が大きく寄与する可能性が示された。

**キーワード:** 放射性セシウム濃度、ヒラメ、成長希釈

## P-14

## On plankton-net samples with high radiocesium concentration collected off Fukushima Prefecture

Jota Kanda\*<sup>1</sup>, Yukari Ito<sup>1</sup>, Takashi Ishimaru<sup>1</sup>, Tatsuo Aono<sup>2</sup>, Yousuke Amano<sup>3</sup>, Syoutaro Suzuki<sup>3</sup>, Kyouichi Kamiyama<sup>3</sup>, Kenji Nanba<sup>4</sup>, Toshihiro Wada<sup>4</sup>, Hyoe Takata<sup>4</sup>, Hikaru Miura<sup>5</sup>, Daisuke Tsumune<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tokyo University of Marine Science and Technology, <sup>2</sup>National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology,

<sup>3</sup>Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Research Centre, <sup>4</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University,

<sup>5</sup>Central Research Institute of Electric Power Industry

\*Corresponding author: jkanda@kaiyodai.ac.jp

Plankton-net samples collected off Fukushima prefecture sometimes show high radiocesium activity even after several years since 1FNPP accident. Because their concentrations were much higher than those of ambient seawater, it was presumed that collected plankton did not concentrate radiocesium by itself but highly radioactive suspended particles were trapped by the plankton-net. In this study, we compiled data of radiocesium concentrations of plankton-net samples collected by TEPCO or Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Research Centre periodically after 1FNPP accident from fixed stations. Samples with Cs-137 concentration >200 Bq/kg-wet were often found near 1FNPP soon after the accident, and those with 100 Bq/kg-wet even after 7 years. Although rare, samples with >10 Bq/kg-wet were found from stations at dozens of kilometers from 1FNPP after several years. We examined samples with high Cs-137 concentrations by autoradiography. In most case, 1 to several hot spots with >0.1Bq were observed. While, no hotspot was found in several samples. It is so far unknown why the Cs-137 concentration is high for those samples.

**Keywords:** radiocesium, suspended particle, plankton-net sample

## 福島沖から採集される放射性セシウム濃度の高いプランクトンネット試料について

神田稔太\*<sup>1</sup>、伊藤友加里<sup>1</sup>、石丸隆<sup>1</sup>、青野辰雄<sup>2</sup>、天野 洋典<sup>3</sup>、鈴木翔太郎<sup>3</sup>、神山享一<sup>3</sup>、難波謙二<sup>4</sup>、和田敏裕<sup>4</sup>、高田兵衛<sup>4</sup>、三浦輝<sup>5</sup>、津旨大輔<sup>5</sup>

<sup>1</sup>東京海洋大学、<sup>2</sup>量子科学技術研究開発機構、<sup>3</sup>福島県水産海洋研究センター、<sup>4</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>5</sup>電力中央研究所

\*責任著者: jkanda@kaiyodai.ac.jp

福島沖で採集されるプランクトンネット試料には、福島第一原発の事故から数年を経ても、高濃度の放射性セシウムが観察されることがある。その濃度は周囲の海水に比べて著しく高いことから、プランクトンが放射性セシウムを取り込んだのではなく、試料中に高線量の浮遊粒子が混在しているためと考えられている。東京電力や福島県水産海洋センターが定点において定期的に採集してきたプランクトンネット試料の放射能データを整理したところ、原発の近傍では事故直後には 200 Bq/kg-wet、事故の 7 年後にも 100 Bq/kg-wet を超える試料が散発的に見られた。また、原発から数十キロ離れた地点からも、希ではあるが数十 Bq/kg-wet を超える試料が採集されている。Cs-137 濃度の高い試料を選び出してオートラジオグラフィーにより解析したところ、多くの場合、1 個当たりの Cs-137 濃度が 1 Bq を超える粒子が 1 ないし数個見られた。一方、高線量粒子がまったく見られない試料もあり、それらに関しては今のところ Cs-137 濃度が高い理由は不明である。

**キーワード:** 放射性セシウム、浮遊粒子、プランクトンネット試料

## Preliminary investigation on $^{137}\text{Cs}$ migration into Japanese chestnuts

Mamoru Sato\*<sup>1</sup>, Daisuke Takata<sup>1</sup>, Kenji Ohse<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Food and Agricultural Sciences, Fukushima University

\*Corresponding author: florpomofores2105-1804@coral.plala.or.jp

**Examination 1:**  $^{137}\text{Cs}$  concentration in bur, shell, pellicle and cotyledon with embryo (edible portion) of wild Japanese chestnuts (*Castanea crenata*) growing in the Fukushima University campus. Five location was selected for study. Matured cupules dropped from adult tree at two to four locations from 2016 to 2018 were collected. In 2020, Matured cupules were collected at five locations.  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in each part were measured after drying at 80°C. As a result, measured values of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in edible portions collected in 2020 were from 7.1 to 40.2 Bq/kg DW except of one location. However, 234 Bq/kg DW was detected in edible portions at the other one location where the tree recorded higher concentration than 200 Bq/kg DW also in both 2017 and 2018. Only at the location where the soil was dressed,  $^{137}\text{Cs}$  concentration in edible portions decreased with time due to the one-component exponential function, and the effective half-life was 2.8 years. **Examination 2:** The migration rates into each part of cupule of Japanese chestnuts cultivar ‘Tanzawa’ via bark of fruiting mother shoots. One ‘Tanzawa’ tree (over 30 years old) planted in an orchard in Arai, Fukushima City was used for the study. Seven fruiting mother shoots were randomly selected and 1 mL of dissolved  $^{137}\text{Cs}$  solution (8.53 Bq/mL) extracted from moss was pasted over bark with writing brush on April 16 and 17 in 2020 prior to sprouting. Flowering spikes and matured cupules were collected.  $^{137}\text{Cs}$  concentration was measured in the same way as Examination 1. The difference in  $^{137}\text{Cs}$  concentration between the treated and untreated shoots was multiplied by weight to obtain the amount of absorbed  $^{137}\text{Cs}$ , and the percentage of the amount of absorbed  $^{137}\text{Cs}$  to the amount of attached  $^{137}\text{Cs}$  was represented as the migration rate from bark of the treated shoots. As a result, the migration rate from the bark of the fruiting mother shoot prior to sprouting was  $2.0 \pm 0.8\%$  (mean  $\pm$  SD) into the flower spikes and  $0.41 \pm 0.41\%$  into the edible part of the matured cupules. In addition, it was found that the  $^{137}\text{Cs}$  concentration ratio between bur, shell and edible part was 2.2: 0.8: 1.0 for wild chestnut and 2.1: 1.1: 1.0 for ‘Tanzawa’.

**Keywords:**  $^{137}\text{Cs}$  contamination prior to sprouting, chestnut trees in the Fukushima University campus,  $^{137}\text{Cs}$  migration rate, cupules

## ニホングリの $^{137}\text{Cs}$ 動態に関する予備的調査

佐藤守\*<sup>1</sup>、高田大輔<sup>1</sup>、大瀬健嗣<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学農学群食農学類

\*責任著者: florpomofores2105-1804@coral.plala.or.jp

ニホングリ (*Castanea crenata*) には、栽培種とその原種で、山野に自生するヤマグリ (シバグリ) がある。試験 1. 2016 年から 2018 年までと 2020 年に福島大学構内の食農学類管理棟入口 (A)、食農学類管理棟東 (B)、食農学類研究棟西 (C)、合同研修施設裏 (D)、野球場脇自然林 (E) に自生するヤマグリ殻斗の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を調査した。2016 年から 2018 年は上記の内、2~4 地点の成木から成熟期の 9 月下旬に落下した殻斗を採取した。2020 年は 5 地点から採取した。殻斗は毬、鬼皮、渋皮および子葉・胚 (可食部) に分け、80°C で乾燥後、Ge 半導体検出器にて  $^{137}\text{Cs}$  濃度を測定した。2020 年のヤマグリ可食部の  $^{137}\text{Cs}$  濃度は B 地点を除き、7.1 Bq/kg DW~40.2 Bq/kg DW であったが、B 地点は 234 Bq/kg DW (119.3 Bq/kg FW) で 2017 年、2018 年に続き 3 か年ともに 200 Bq/kg DW を超えた。造成土が客土された C 地点のみで一成分指数関数に近似した経年推移を示し、実効半減期は 2.8 年であった。試験 2. 2020 年に発芽前の栽培グリ結果母枝表皮から殻斗への移行率を検証した。福島市荒井の農地に植栽された‘丹沢’ (30 年生以上) 1 樹を供試した。結果母枝 7 本を任意に抽出し、2020 年 4 月 16 日、17 日にコケから抽出した溶存態  $^{137}\text{Cs}$  液 (8.53 Bq/mL) 1 mL を毛筆で塗布した。開花期および成熟期に花穂および殻斗を採取し、上記と同様の方法で  $^{137}\text{Cs}$  濃度を測定した。塗布枝と無処理枝の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の差分に重量を乗じ  $^{137}\text{Cs}$  吸収量とした。  $^{137}\text{Cs}$  付着量に対する  $^{137}\text{Cs}$  吸収量の百分率を処理枝からの移行率とした。発芽前の栽培グリ結果母枝表皮からの移行率は、花穂で  $2.0 \pm 0.8\%$  (平均値  $\pm$  SD)、成熟果の可食部で  $0.41 \pm 0.41\%$  であった。なお、毬、鬼皮と可食部の  $^{137}\text{Cs}$  濃度 (Bq/kg DW) 比はヤマグリ 2.2:0.8:1、‘丹沢’ 2.1 : 1.1 : 1 であった。

**キーワード:** 福島大学構内自生クリ、殻斗、 $^{137}\text{Cs}$  移行率、発芽前  $^{137}\text{Cs}$  汚染

## P-16

## Effects of X-rays and tritiated water on the early embryonic development of *Xenopus*

Hiroshi Ide\*<sup>1</sup>, Ryosuke Morozumi<sup>1</sup>, Kohei Tamura<sup>1</sup>, Masataka Tsuda<sup>1</sup>, Atsushi Suzuki<sup>2</sup>, Makoto Nakamura<sup>2</sup>, Hiroko Ishiniwa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program of Mathematical and Life Sciences, Graduate School of Integrated Sciences for Life, Hiroshima University, <sup>2</sup>Amphibian Research Center, Hiroshima University, <sup>3</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: ideh@hiroshima-u.ac.jp

It is important to assess the biological effects of radioactive material that was anthropogenically discharged to the environment on the ecosystems. Here we analyzed the effects of high dose-rate radiation (X-rays) and low dose-rate radiation (tritiated water) on the early development of *Xenopus tropicalis* embryos. *Xenopus* embryos were irradiated with X-rays (1.46 Gy/min) at the early blastula stage (4 h post fertilization (hpf)) or gastrula stage (7 hpf). The survival and developmental abnormalities of embryos were analyzed at the late tailbud stage (48 hpf). The survival and abnormalities of embryos were decreased and increased, respectively, with increasing radiation doses. The effects on survival and abnormalities were more prominent for early blastula embryos than for gastrula embryos. The survival and abnormalities of early blastula embryos were 0% and 100%, respectively, with 5 Gy of irradiation. The early blastula embryos were incubated in a 0.1x MMR solution containing tritiated water (0.37 kBq/ml-37 MBq/ml) until the late tailbud stage (incubation period = 44 h). Tritiated water emits low energy beta particles. The dose rates and total doses of the tritiated water used here were 0.00002-2 mGy/min and 0.0000535-5.35 Gy (44 h), respectively. However, none of these treatments including the highest dose (5.35 Gy) resulted in a decrease in viability or an increase in developmental abnormalities. It is possible that DNA lesions produced by tritiated water (low dose-rate radiation) were efficiently repaired in embryos.

**Keywords:** *Xenopus*, early development, radiation effect, low dose-rate irradiation

## カエルの初期胚発生に対する X 線およびトリチウム水の影響

井出博\*<sup>1</sup>、諸角涼介<sup>1</sup>、田村孝平<sup>1</sup>、津田雅貴<sup>1</sup>、鈴木厚<sup>2</sup>、中村誠<sup>2</sup>、石庭寛子<sup>3</sup>

<sup>1</sup>広島大学統合生命科学研究所数理生命科学プログラム、<sup>2</sup>広島大学両生類研究センター、<sup>3</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: ideh@hiroshima-u.ac.jp

人為的に放出された放射性物質の生態系に対する影響を調べる目的で、ツメカエル (*Xenopus tropicalis*) の初期胚発生に対する放射線の影響を調べた。放射線としては、X 線 (高線量率照射) およびトリチウム水 (β 線低線量率照射) を用いた。X 線照射では、人工授精させたカエル胚を初期胞胚期 (4 h post fertilization (hpf)) および原腸胚期 (7 hpf) で照射し (1.46 Gy/min, 0~20 Gy)、後期尾芽胚期 (48 hpf) で生存率と発生異常を調べた。初期胞胚・原腸胚ともに、線量依存的に生存率が減少し発生異常は増加した。生存率低下・発生異常の程度は初期胞胚の方が大きかった。トリチウム水処理では、初期胞胚をトリチウム水 (370 Bq/ml~37 MBq/ml, 0.00002~2 mGy/min) を含む培養液で培養し、後期尾芽胚期で生存率と発生異常を調べた。しかし、用いたすべてのトリチウム水濃度で生存率の低下や発生異常の増加は見られなかった。X 線では、5 Gy で生存率が 0% まで減少し発生異常率は 100% となった。一方、トリチウム水 37 MBq/ml での総線量 (44 h) は 5.35 Gy となるが、生存率の低下や発生異常率の上昇は認められなかった。低線量率照射のトリチウム水では、照射中に放射線損傷からの回復が起き、発生への影響が認められなかったと考えられる。

**キーワード:** ツメカエル、初期発生、放射線影響、低線量率照射

## P-17

## Effects of stemflow and throughfall on downward infiltration and spatial variability of dissolved $^{137}\text{Cs}$ in cedar stands in Namie Town, Fukushima Prefecture

Hikaru Iida\*<sup>1</sup>, Hiroaki Kato<sup>2</sup>, Tomoki Shinozuka<sup>3</sup>, Satoru Akaiwa<sup>3</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Degree Programs in Life and Earth Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, <sup>3</sup>School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba

\*Corresponding author: s2021092@s.tsukuba.ac.jp

Stemflow and throughfall are the main pathway for water and dissolved substances to enter the forest floor. Especially, stemflow is said to affect the water cycle in the forest through the concentration of rainwater containing high concentrations of dissolved substances into the soil and the preferential flow along the tree root, but these processes are still unclear. In addition, there have been few studies on the accumulation of radiocesium derived from the Fukushima nuclear power plant accident around tree, focusing on soil infiltration water. In this study, the concentration of dissolved  $^{137}\text{Cs}$  was measured in a cedar forest in Namie Town, Fukushima Prefecture, by collecting infiltration water using a zero-tension lysimeter near the trunks (Rd) and between trees away from the trunks (Bt). As a result, the cumulative dissolved  $^{137}\text{Cs}$  flux was 1.8 times higher at 5 cm depth and 3.4 times higher at 20 cm depth in the Rd site. Next, at one of the Rd and Bt, a tray was installed directly above the zero-tension lysimeter to intercept throughfall, and they were observed. As a result, the amount of infiltration water at Rd was almost unchanged before and after the experiment, but Bt-5 cm depth decreased. This suggests that the infiltration at Rd is largely maintained by stemflow regardless of throughfall. On the other hand, concentration of dissolved  $^{137}\text{Cs}$  in infiltration water decreased at 5 cm depth, and throughfall was higher than the weighted mean of the entire stemflow, and the flux was higher than the mean of throughfall in the stand. This indicates that the infiltration flux of rainwater and dissolved  $^{137}\text{Cs}$  are larger at the Rd, where the effect of stemflow is large. However, the flux at places where high concentrations of throughfall is also large.

**Keywords:** radiocesium, stemflow, throughfall, infiltration water, Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident

## 福島県浪江町のスギ人工林における林内雨が溶存態 $^{137}\text{Cs}$ の下方浸透と空間変動性に及ぼす影響

飯田光\*<sup>1</sup>、加藤弘亮<sup>2</sup>、篠塚友輝<sup>3</sup>、赤岩哲<sup>3</sup>、恩田裕一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学大学院生命地球科学研究群、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>3</sup>筑波大学大学院生命環境科学研究科

\*責任著者: s2021092@s.tsukuba.ac.jp

林内雨（樹幹流と樹冠通過雨）は、林床への水や溶存物質の主な流入経路となる。特に樹幹流は、高濃度の溶存物質を含む雨水を森林土壌へ浸透させ、樹木根系に沿う選択浸透流により森林の水物質循環に影響を及ぼすと考えられているが、その実態は未解明である。一方、福島原発事故由来の放射性セシウムについて、樹幹周辺で蓄積量が増加すると報告されているが、樹幹流や土壌浸透水を採水し比較した研究例はない。そこで本研究では、福島県浪江町のスギ林を対象に、樹幹近傍 (Rd) と樹幹から離れた樹木間 (Bt) にてゼロテンションライシメーターにより 5cm 及び 20cm 深の土壌浸透水を採水し、溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度を分析した。その結果、期間中の累積溶存態  $^{137}\text{Cs}$  フラックスは Rd 地点で大きく、5cm 深で 1.8 倍、20cm 深で 3.4 倍であった。次に、Rd 及び Bt 地点の一つに、樹冠通過雨を遮断するトレイをゼロテンションライシメーターの直上に設置し、土壌浸透水と樹冠通過雨を観測した。その結果、Rd 地点では実験前後で土壌浸透水量がほぼ変化しなかったが、Bt 地点では 5cm 深で著しく減少した。よって、Rd 地点では樹冠通過雨の流入に関わらず樹幹流の流入により土壌浸透水量が大きく維持されることが示唆された。一方溶存態  $^{137}\text{Cs}$  濃度について、5cm 深にお実験前後で浸透水の濃度が減少するとともに、樹冠通過雨の濃度は樹幹流全体の加重平均値よりやや高く、フラックスも対象プロット内の樹冠通過雨の平均値に比べ大きい値を示した。従って、樹幹流の影響が大きい Rd 地点では、雨水、溶存態  $^{137}\text{Cs}$  の流入フラックスが大きく、高濃度の樹冠通過雨が滴下する地点も同様に大きいフラックスが生じると明らかになった。

**キーワード:** 放射性セシウム、樹幹流、樹冠通過雨、土壌浸透水、福島第一原子力発電所事故



P-18

## Migration of radiocesium in forests by hydrological processes 10 years after the Fukushima nuclear accident

Hiroaki Kato\*<sup>1</sup>, Tomoki Shinozuka<sup>2</sup>, Satoru Akaiwa<sup>2</sup>, Hikaru Iida<sup>2</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>, Zul Hilmi Saidin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, <sup>2</sup>School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

\*Corresponding author: kato.hiroaki.ka@u.tsukuba.ac.jp

In Japan's forests, field data on the distribution and migration of radiocesium deposited by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, from the initial dynamics to the distribution in the forest over ten years, have been vigorously collected. Radiocesium's transfer mechanisms in the forest by hydrological processes and the runoff through the water system were summarized based on investigations in experimental forests and watersheds in Fukushima Prefecture. Besides, we outlined the missing links that need to be clarified by re-analysis of existing data and additional experiments based on previous studies on Fukushima and Chernobyl. Finally, we discussed the direction of future monitoring surveys.

**Keywords:** Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, forest, radiocesium

## 福島原発事故から10年目の森林における水文過程にともなう放射性セシウムの移行状況

加藤弘亮\*<sup>1</sup>、篠塚友輝<sup>2</sup>、赤岩哲<sup>2</sup>、飯田光<sup>2</sup>、恩田裕一<sup>1</sup>、Zul Hilmi Saidin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>2</sup>筑波大学生命環境学群

\*責任著者: kato.hiroaki.ka@u.tsukuba.ac.jp

我が国の森林においては、福島第一原子力発電所の事故により沈着した放射性セシウムの初期動態から10年間に及ぶ林内分布・移行状況のフィールドデータが精力的に取得されている。本発表では、我が国の森林における放射性セシウムの移行メカニズムのうち、水文素過程にともなう大気-樹冠-土壌間での移行や、森林源頭部から水系を通じた流出について、福島県川俣町及び浪江町に設定した試験林分・流域でのフィールドモニタリングの成果をもとに、これまでに明らかになっている事象を整理した。また、福島及びチェルノブイリの既往研究の知見を併せて、既存データや追加実験により解明が必要なミッシングリンクについてとりまとめ、今後のモニタリング調査の方向性について検討した。さらに、近年では福島事故由来の放射性核種を森林物質動態のトレーサとして利用した研究が散見されており、事故から10年が経過して縮小しつつある緊急時のモニタリング研究によってかわる新しい学術研究の動向について解説した。

**キーワード:** 福島第一原子力発電所事故、森林、放射性セシウム

## P-19

### Radiocesium concentration of two fish species having different feeding habits in Matsukawa-ura Lagoon, Fukushima Prefecture

Yoshiaki Morioka\*<sup>1</sup>, Manabu Yamada<sup>1</sup>, Toshiyuki Sato<sup>1</sup>, Haruki Shirato<sup>1</sup>, Akira Matsumoto<sup>2</sup>, Yosuke Amano<sup>3</sup>, Shotaro Suzuki<sup>3</sup>, Toshihiro Wada<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Research Institute of Fisheries Resources, <sup>2</sup>Fukushima Prefectural Fishery Office, <sup>3</sup>Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Science Research Centre, <sup>4</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: morioka\_yoshiaki\_01@pref.fukushima.lg.jp

Matsukawa-ura Lagoon is a shallow brackish lagoon located in northeastern Fukushima Prefecture. The lagoon is a nursery ground for various fish species. The objectives of the present study is to elucidate the relationship between radiocesium (<sup>137</sup>Cs) concentration and feeding habit in two fish species, grey mullet (*Mugil cephalus*) and Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*), which are typical fish species in brackish waters. From June 2019 to October 2020, grey mullet and Japanese seabass were collected using 2-m beam trawl, gill net, and cast net in the lagoon. Their total length (TL) and body weight were measured. Stomach contents were also observed. The <sup>137</sup>Cs concentration in muscle was measured using high-purity germanium (HPGe) semiconductor detectors. Stomach contents of grey mullet were detritus and eelgrass whereas that of Japanese seabass were mysid in small size (TL < 400 mm), shrimp and crab in large size (TL ≥ 400 mm). The <sup>137</sup>Cs concentration in Japanese seabass (1.17-11.7 Bq/kg-wet) was significantly higher (P < 0.05, Wilcoxon test) than ones in grey mullet (0.97-2.07 Bq/kg-wet). These results may be related to difference of feeding habit between two fish species.

**Keywords:** grey mullet, Japanese seabass, radiocesium concentration, Matsukawa-ura Lagoon, feeding habit

### 福島県松川浦における食性の異なる魚類の放射性セシウム濃度

守岡良晃\*<sup>1</sup>, 山田学<sup>1</sup>, 佐藤利幸<sup>1</sup>, 白土遼輝<sup>1</sup>, 松本陽<sup>2</sup>, 天野洋典<sup>3</sup>, 鈴木翔太郎<sup>3</sup>, 和田敏裕<sup>4</sup>

<sup>1</sup>福島県水産資源研究所, <sup>2</sup>福島県水産事務所, <sup>3</sup>福島県水産海洋研究センター, <sup>4</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: morioka\_yoshiaki\_01@pref.fukushima.lg.jp

福島県北部にある松川浦は、汽水の閉鎖性潟湖であり、多くの魚種の成育場となっている。本発表では、こうした汽水域の代表種であるボラ *Mugil cephalus* およびスズキ *Lateolabrax japonicus* に着目し、放射性セシウム（以下、<sup>137</sup>Cs）濃度と食性の関係を明らかにすることを目的とした。2019年7月～2020年11月の間に、松川浦において、ビームトロール網、刺網および投網により、ボラ、スズキを採捕した。体サイズの測定と胃内容物の観察を行った後、筋肉の<sup>137</sup>Cs濃度を測定した。ボラの胃内容物はデトリタスやアマモであった。スズキの胃内容物は、小型個体（全長400mm未満）ではアミ類やヨコエビ類、大型個体（全長400mm以上）ではカニやエビであった。ボラおよびスズキの<sup>137</sup>Cs濃度の範囲は、それぞれ0.97-2.07および1.17-11.7 Bq/kgであり、有意差が確認された（P < 0.05 ウィルコクソンの順位和検定）。また、スズキはボラより<sup>137</sup>Cs濃度のばらつきが大きかった。これらの結果から、食性の違いが<sup>137</sup>Cs濃度に影響を与えている可能性が考えられる。

**キーワード:** ボラ、スズキ、放射性セシウム濃度、松川浦、食性

## P-20

## Fauna of small mammals inhabiting around the low water level cooling pond of the Chernobyl reactor

Hiroko Ishiniwa\*<sup>1</sup>, Olena O. Burdo<sup>2</sup>, Denis O. Vishnevskiy<sup>3</sup>, Nataliia K. Rodionova<sup>2</sup>, Nataliia M. Riabchenko<sup>2</sup>, Alla I. Lypyska<sup>2</sup>, Kenji Nanba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute for Nuclear Research, Kyiv, Ukraine, <sup>3</sup>Chornobyl radiation and ecological biosphere reserve, Kyiv, Ukraine

\*Corresponding author: ishiniwa@ier.fukushima-u.ac.jp

The cooling pond (CP) at Chornobyl nuclear power plant in Ukraine, which was constructed to supply cooling water for the reactor, began to drop water level in 2014. Since the bottom sediment of the CP contains radioactive substances having various physicochemical forms such as fuel particles, there is concern about the environmental impact of sediment exposure to the ground surface as the water level drops. The aim of this study is to clarify the effect of lowering the water level of the cooling pond on the small mammal inhabiting the surrounding area. As the first step, we conducted capturing survey from 2018 to 2020 at 2 sites where the bottom sediment is exposed in the environment and vegetation succession progresses as test area, and at a pine forest located near CP as a control area. At test areas where the succession stage is progressing, although there is a site where the population fluctuates more than the control area, the value of diversity index which indicates the abundance of the community showed high. Since the elevation and sediment type of bottom in the cooling pond is not constant, one of the possible reasons for the high index value is that the different type of vegetation during various stage of succession processes appears in a mosaic pattern. Our future perspective is to clarify the accumulation of radioactive cesium and strontium and these effects on rodents.

**Keywords:** SATREPS, Ukraine, Chornobyl, cooling pond, small mammal, diversity index

## チェルノブイリ原子炉の冷却池周辺に生息する小型哺乳類相

石庭寛子\*<sup>1</sup>、Olena O. Burdo<sup>2</sup>、Denis O. Vishnevskiy<sup>3</sup>、Nataliia K. Rodionova<sup>2</sup>、Nataliia M. Riabchenko<sup>2</sup>、Alla I. Lypyska<sup>2</sup>、難波謙二<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>ウクライナ核研究所、<sup>3</sup>ウクライナナチュラルリザーブ

\*責任著者: ishiniwa@ier.fukushima-u.ac.jp

ウクライナのチェルノブイリ原子力発電所において、炉の冷却水を供給するために維持されてきたクーリングポンドの水位低下が2014年から始まった。クーリングポンドの底泥には燃料粒子をはじめとする様々な物理化学的形態を有する放射性物質が含まれており、水位低下に伴うそれらの露出が環境中に及ぼす影響が懸念される。本発表では、クーリングポンドの水位低下が周辺に生息する小型哺乳類相に及ぼす影響を明らかにするため、露出した地表に進出する小型哺乳類の種数と個体数について、地表が露出し植生遷移が進む2地点と、対照区としてクーリングポンド近隣に立地する松林において2018年から2020年にかけて捕獲調査を行った。クーリングポンドの水位低下後に低木林へと遷移が進む地点では、対照区である松林と比較して個体数の変動が大きい地点があるものの、群集の豊かさを示す多様度指数が高いことが明らかになった。クーリングポンド内の底面の高さが一様では無いため地表の露出時期が異なり、様々な遷移過程の環境がモザイク状に出現していることが要因の1つと考えられる。今後は、放射性セシウム・ストロンチウムの蓄積やそれらが生体へ及ぼす影響についても明らかにする予定である。

**キーワード:** SATREPS、ウクライナ、チェルノブイリ、クーリングポンド、小型哺乳類、多様度指数

## P-21

### Analysis of step-structure affecting Cs and sediment transport at hillslope scale

Seigo Fujiwara\*<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>, Yoshihumi Wakiyama<sup>3</sup>, Toshiaki Anzai<sup>4</sup>, Hiroaki Kato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Degree Programs in Life and Earth Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics,

<sup>3</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>4</sup>School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba.

\*Corresponding author: s2021118@s.tsukuba.ac.jp

This study aimed to investigate <sup>137</sup>Cs and sediment transport processes at the hillslope scale by measuring <sup>137</sup>Cs and sediment runoff, surface changes, and RFID (Radio Frequency IDentification) tags in soil erosion plots installed in decontaminated and not-decontaminated areas in Fukushima Prefecture. The USLE erosion plots (5 × 22 m) were installed at decontaminated hillslope (Yamakiya, Kawamata city) and not-decontaminated hillslope (Date city). Surface runoff and sediment discharge were observed at the bottom of the plots, and the concentration of <sup>137</sup>Cs in these samples were measured. Surface changes were calculated from the 3D data obtained by Unmanned Aerial Vehicle - Structure from Motion (UAV-SfM). During large rainfall events, surface changes showed a step structure at the top of the rill erosion area, and large sediment discharge was observed. Shear stress of surface runoff was estimated from the distance of sediment movement with different particle sizes using RFID tags. In addition, a scraper plate survey was conducted in the step structure areas in the not-decontaminated plot, and sediment transport and <sup>137</sup>Cs discharge were analyzed by <sup>137</sup>Cs depth distributions.

**Keywords:** soil erosion, surface change, UAV-SfM, <sup>137</sup>Cs, decontamination activity

### 斜面スケールでの Cs・土砂移動に影響を与えるステップ構造の解析

藤原成悟\*<sup>1</sup>、恩田裕一<sup>2</sup>、脇山義史<sup>3</sup>、安西俊晃<sup>4</sup>、加藤弘亮<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学大学院生命地球科学研究群、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>3</sup>福島大学環境放射能研究所、

<sup>4</sup>筑波大学生命環境学群

\*責任著者: s2021118@s.tsukuba.ac.jp

本研究は福島県内の除染・未除染地に設置した土壌侵食プロットでの <sup>137</sup>Cs・土砂流出観測・地表面変化・RFID (Radio Frequency IDentification) タグの観測により、プロットスケールでの <sup>137</sup>Cs・土砂移動プロセスの解明を目的とする。USLE 型のプロット (5×22 m) を除染地 (川俣町山木屋) と未除染地 (伊達市) に設置した。プロットの下端で表面流出・土砂流出の観測をおこない、<sup>137</sup>Cs 濃度と土砂流出量を測定した。地表面変化は Unmanned Aerial Vehicle – Structure from Motion (UAV-SfM) によって得られた 3D データから計算した。地表面変化からは大きな降雨イベントの際にリル侵食域の上部にステップ構造が見られ、その際に大きな土砂流出が確認された。また、RFID タグを用いた粒径の異なる土砂移動距離から表面流の掃流力の推定を行った。さらに、未除染地プロットではステップ構造域のスクレーパプレート調査を実施し、<sup>137</sup>Cs の深度分布による土砂移動と <sup>137</sup>Cs 流出の関係について解析をおこなった。

**キーワード:** 土壌侵食、地表面変化、UAV-SfM 測量、<sup>137</sup>Cs、除染活動

## P-22

## Uptake of radiocaesium by brown rice from soils and irrigation water

Nguyen Phuong Thoa<sup>1</sup>, Hirofumi Tsukada\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: [hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp](mailto:hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp)

In order to evaluate the uptake of radiocaesium in rice, it is necessary to estimate two transfer processes with the soil-to-rice and water-to-rice processes. In this study, we determined the contribution of radiocaesium to brown rice from water by cultivating rice plants in pots adding soils collected from Odaka. Activity concentration of <sup>137</sup>Cs in soils was  $0.43 \pm 0.03$  Bq g<sup>-1</sup> dw. Activity concentration of <sup>137</sup>Cs in solution supplied to three pots was 5.6 Bq L<sup>-1</sup>, and tap water (non-<sup>137</sup>Cs) was irrigated to three comparative pots. Two transfer factors (TF and MB) were determined based on obtained results. TF is <sup>137</sup>Cs activity concentration in brown rice (Bq kg<sup>-1</sup> dw) divided by that in water (Bq L<sup>-1</sup>). MB is the total mass ratio of radiocaesium in brown rice (Bq) divided by that contributed from water (Bq) in each pot. Activity concentrations of <sup>137</sup>Cs in brown rice supplied with the <sup>137</sup>Cs water and tap water were  $0.006 \pm 0.002$  (n = 3) and  $0.002 \pm 0.0005$  Bq g<sup>-1</sup> dw (n = 3), respectively. The contribution of <sup>137</sup>Cs from water to brown rice was 66%. The TF and MB factors were 0.73 and 0.0005, respectively. Activity concentration of <sup>137</sup>Cs in brown rice collected from the paddy field in Odaka was 0.002 Bq g<sup>-1</sup> dw. The contribution of <sup>137</sup>Cs from water to brown rice in the paddy field in Odaka estimated with the TF and <sup>137</sup>Cs activity concentration in irrigation water (0.05 Bq L<sup>-1</sup>) was 1.6%. The estimated contribution based on the MB factor, reported total volume of irrigation water supplied to the paddy field (1000 L m<sup>-2</sup>) and yield of brown rice (0.5 kg m<sup>-2</sup>) was 2.3%. Therefore, the estimated results with two transfer factors are not significantly different, and the contribution of radiocaesium from water to brown rice in Odaka was negligible.

**Keywords:** radiocaesium, brown rice, soils, irrigation water

## P-23

### Impact of decontamination using observational data on sediment runoff from mountain streams to rivers and cesium dynamics in the Yamakiya area

Fumiaki Makino<sup>\*1</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>, Kesuke Taniguchi<sup>2</sup>, Sho Iwagami<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Tsukuba Graduate School, <sup>2</sup>University of Tsukuba, <sup>3</sup>Forest Research Institute

\*Corresponding author: geo16makino@gmail.com

On March 11, 2011, the accident at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station occurred. The accident caused <sup>137</sup>Cs to diffuse into the atmosphere. Since <sup>137</sup>Cs deposited on land are strongly fixed to soil particles, 90% of them are distributed within 5 cm from the surface soil. Decontamination activities were carried out in Fukushima Prefecture from 2013 to 2015. Topsoil was peeled off from agricultural land, and debris on the forest floor was removed in forests. Due to the decontamination activities, a lot of sediment began to flow into the river. The purpose of this study is to determine how decontamination activities in the upstream area (headwater area) affect the <sup>137</sup>Cs concentration in rivers in the Yamakiya area of Kawamata Town, Fukushima Prefecture, based on long-term monitoring from 2013 to 2019. As a survey method, the amount of flowing water and the amount of sediment runoff were determined using a partial flume, water level gauge, and turbidity meter. Suspended substances were collected with a SS sampler, and after drying, the concentration of suspended <sup>137</sup>Cs was measured with a Ge semiconductor detector. Also, the information on decontamination provided by Fukushima Prefectural Environmental Restoration Office was put on a map using ArcGIS, and a decontamination map for each year was created. The normalized cesium concentration decreased rapidly in 2014 at Mt. Iboishi, which was confirmed to be decontaminated, and the concentration of cesium did not decrease at Mt. Ishidaira and Setohachi. It was also found that the river has a cesium concentration in the middle of the headwater area.

**Keywords:** Decontamination, Sediment flux, <sup>137</sup>Cs

### 山木屋地区における溪流から河川への土砂流出とセシウム動態に対する観測データを用いた除染の影響

牧野史明<sup>\*1</sup>、恩田裕一<sup>2</sup>、谷口圭輔<sup>2</sup>、岩上翔<sup>3</sup>

<sup>1</sup>筑波大学大学院、<sup>2</sup>筑波大学、<sup>3</sup>森林総合研究所

\*責任著者: geo16makino@gmail.com

2011年3月11日、東京電力福島第一原子力発電所事故が発生した。事故により<sup>137</sup>Csが大気中に拡散した。陸域に沈着した<sup>137</sup>Csは土壌粒子に強く固定されているため、その90%は表層土壌から5cm以内に分布している。福島県では2013年から2015年にかけて除染活動が行われた。農地では表土が剥がれ、森林では林床のくずが除去された。除染活動により、多くの土砂が川に流れだした。本研究では、2013年から2019年までの長期モニタリングに基づき、上流域（源流域）での除染活動が、福島県川俣町山木屋地区において、河川での<sup>137</sup>Cs濃度にどのように影響を与えたのかを明らかにすることを目的とした。調査方法としてはパーシャルフリューム、水位計、濁度計を用いて流量と土砂流出量を求め、SSサンプラーで懸濁物質を捕集、乾燥後Ge半導体検出器で懸濁態<sup>137</sup>Cs濃度を測定し、福島県環境再生事務所提供する除染に関する情報を、ArcGISを用いて地図上に落とし、年度ごとの除染マップを作成した。これらから除染が行われた疣石山では2014年に急速に正規化セシウム濃度が減少し、除染が行われていない世戸八山、石平山ではセシウム濃度の減少は見られない。また、河川は源流域の中間ぐらいのセシウム濃度となっていることがわかった。

**キーワード:** 除染、土砂フラックス、<sup>137</sup>Cs

## P-24

## Evaluation of genetic effects induced by radiation exposure for wild bryophytes

Yuya Inoue<sup>1</sup>, Emiko Oguri<sup>2</sup>, Hironori Deguchi<sup>1</sup>, Masaki Shimamura\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Integrated Sciences for Life, Hiroshima University, <sup>2</sup>Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

\*Corresponding author: mshima@hiroshima-u.ac.jp

The bryophytes are one of the most widely used organisms for biomonitoring of radioactive contamination due to their small bodies in direct contact with soil, relatively large surface area, and metal accumulating ability, etc. From the year 2013 to 2017, we investigated <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs activity concentrations in some bryophytes collected from various sites within ca. 100 km radius of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. The radiocesium concentrations in the moss colonies showed a high correlation with either the aerial dose rates on the date of sampling or the estimated aerial dose rates on the earliest date after the Nuclear Power Plant Accident. In a moss *Calohyponum plumiforme*, the maximum radiocesium activity concentrations for <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs were ca. 60 kBq/kg and 120 kBq/kg. The bryophytes colonies have been maintained in same habitat through asexual reproduction for many years and they seem to be exposed to high radiation. From the year 2018 to 2020, to detect the genetic effects of radiation in individual and population-level, we conducted a genome-wide SNP analysis using Mig-seq for the genome of a moss *C. plumiforme* and a liverwort *Marchantia polymorpha* growing various regions of Japan including Fukushima Prefecture. As a result of the phylogenetic analysis in *C. plumiforme*, the samples in Hiroshima City had low genetic diversity and formed a monophyletic group. On the other hand, the genetic diversity among the samples in Namie Town could be interpreted as being due to migration from other places or radiation effects.

**Keywords:** bryophytes, biomonitoring, radiation effect, SNP analysis, *Calohyponum plumiforme*, *Marchantia polymorpha*

## 野生コケ植物を用いた放射線被曝の遺伝的影響の評価

井上侑哉<sup>1</sup>、小栗恵美子<sup>2</sup>、出口博則<sup>1</sup>、嶋村正樹\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>広島大学大学院統合生命科学研究科、<sup>2</sup>東京学芸大学教育学部

\*責任著者: mshima@hiroshima-u.ac.jp

基物や地面を覆うように生育し、表面積が大きく、様々な金属類を蓄積するコケ植物は生態系の放射能汚染のバイオモニタリングに適した生物として知られている。2013年から2017年にかけて、福島第一原発の周辺半径100 km内の各地で、多年生コケ植物のコロニーを採取し、放射性セシウムの蓄積状況を調査し、セン類ハイゴケのコロニーでは、最大で約6万Bq/kgの<sup>134</sup>Cs、12万Bq/kgの<sup>137</sup>Csが検出された。また、コケ植物の放射能濃度について、採集地の土壌汚染の程度あるいは空間線量率の時空間的分布から推定される過去の汚染の程度との相関関係を認めた。コケ植物は無性生殖で旺盛に繁殖するため、高い放射線量下では、個体や集団内に新たな遺伝的変異が生じ続けている可能性が考えられる。2018年から2020年にかけては次世代シーケンサーを用いたMig-seq解析により、福島県のサンプルを含む日本各地のハイゴケとゼニゴケのゲノムのSNP情報の解析を行い、個体間、集団間への遺伝的影響の評価を試みた。ハイゴケにおいて、広島市のサンプルは、遺伝的多様性が低く単系統となったにも関わらず、福島県のサンプルでは、10cm<sup>2</sup>以内の単一のコロニー内部にすら、他所からの移入あるいは放射線の影響に由来する可能性がある遺伝的多様性が認められた。

**キーワード:** コケ植物、生物モニタリング、放射線、SNP解析、ハイゴケ、ゼニゴケ

## P-25

### Temporal changes in Cs-137 concentrations in plant roots of Japanese cedar forest in Fukushima Prefecture

Satoshi Iguchi\*<sup>1</sup>, Takuya Sasaki<sup>1</sup>, Junko Takahashi<sup>2</sup>, Yuichi Onda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>College of Geoscience, School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

\*Corresponding author: s1710755@s.tsukuba.ac.jp

There are little data of temporal changes in Cs-137 concentrations in plant roots although these data set of vertical distribution of Cs-137 in forest soils has been accumulated. Therefore, in the present study, we measured the Cs-137 concentrations in the different size of plant root in each soil layer collected using scraper plate at Yamakiya site, Fukushima Prefecture. Root samples were picked up in 2 cm intervals for a depth of 0-10 cm and 5 cm intervals for a depth of 10-20 cm in 2012, 2015, 2017 and 2020. In addition, exchangeable cation (Cs-137, Cs-133 and K) in soil samples and Cs-133, K concentrations in root samples were determined in three layers (0-2, 4-6, 10-15 cm).

As results, Cs-137 concentrations in plant roots at different depths ranged from 5 to 2453 Bq/kg and decreased with depth. Cs-137 Concentration Ratio (CR) of soil/root ranged from 0.049 to 0.690, which tended to be higher in deeper layers. On the other hand, the CR of plant roots in the young cedar forest in 2020 was lower than that in 2017, and there is no tendency to increase with time. A 1:1 correspondence was obtained between the CR of exchangeable Cs-133 and that of exchangeable Cs-137, mainly at 10-15 cm depth.

**Keywords:** radioactive cesium, stable cesium, root uptake, forest soil, exchangeable potassium

### 福島県スギ林における植物根中 Cs-137 濃度の深度別時間変化

井口啓\*<sup>1</sup>、佐々木拓哉<sup>1</sup>、高橋純子<sup>2</sup>、恩田裕一<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学生命環境学群、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

\*責任著者: s1710755@s.tsukuba.ac.jp

森林土壌中の Cs-137 濃度の時間変化についてのデータは蓄積しつつあるが、森林植物根に関する経時的なデータは限られている。そこで、本研究では、福島県山木屋地区の森林において土壌中の Cs-137 深度分布モニタリングを実施してきたサンプル中の植物根を用いて、サイズ別・深度別の植物根中の Cs-137 濃度の経年変化を明らかにすることを目的とした。2012、2015、2017 および 2020 年のサンプルについて、植物根中の Cs-137 濃度を 0-10 cm は 2 cm 間隔で、10-20 cm は 5 cm 間隔で測定した。さらに、3 深度(0-2,4-6,10-15 cm 深)については土壌中の交換態陽イオン (Cs-137, Cs-133, K) および植物根中の Cs-133, K 濃度等の定量も行った。

その結果、2020 年の深度別植物根中の Cs-137 濃度は 5-2453 Bq/kg の範囲にあり、深くなるほど濃度が低下する傾向が認められた。また、土壌/植物根中の Cs-137 濃度比 (Concentration Ratio; CR) は 0.049-0.690 と 2017 年までの結果と同様に、深層ほど高くなる傾向にあった。一方、時間変化については、濃度・存在量ともに 2015 年が高く、明確な傾向は認められなかった。交換態 Cs-133 の CR と交換態 Cs-137 の CR については、主に 10-15 cm 深において 1:1 の対応関係が得られた。

**キーワード:** 放射性セシウム、安定セシウム、経根吸収、森林土壌、交換態カリウム



## P-26

## Nine-year monitoring of the vertical distribution of Cs-137 in soils at two Japanese cedar forest sites after the FDNPP Accident

Junko Takahashi\*<sup>1</sup>, Daichi Hihara<sup>1</sup>, Takuya Sasaki<sup>1</sup>, Satoshi Igishi<sup>1</sup>, Yuichi Onda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

\*Corresponding author: takahashi.junko.ka@u.tsukuba.ac.jp

After the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident on March 2011, several studies showed that the downward migration of <sup>137</sup>Cs from litter to mineral soil has been more rapid in forests in Fukushima than in forests affected by the Chernobyl accident. In addition, air dose rates in the forests are strongly affected by the vertical distribution of <sup>137</sup>Cs in surface soils. Therefore, the downward migration within mineral soil layers is important for predicting long-term dynamics of <sup>137</sup>Cs in forest ecosystems in Fukushima. In this study, temporal changes in the detailed vertical distribution of <sup>137</sup>Cs in litter and soil layers for 9 y (2011–2020) at two Japanese cedar forest sites (Mature Cedar and Young Cedar sites) were investigated in Kawamata Town, Yamakiya district. The soil samples were taken in 5 mm increments between 0–5 cm, 1.0 cm increments between 5–10 cm, and 5.0 cm increments between 10–20 cm using a scraper plate. The radioactivity of <sup>137</sup>Cs in the samples was determined by gamma-ray spectrometry.

As results of monitoring surveys in 2020, the <sup>137</sup>Cs inventory in the litter was less than 1% of total (litter and 0–20 cm soil layers) inventory in both mature and young cedar sites, showing that these ratios have exponentially decreased with time. On the other hand, 50% and 80% of <sup>137</sup>Cs inventory still remain in 0–3 cm and 0–6 cm soil layers, respectively. Relaxation mass depth  $\beta$ , that is the mass depth at which the activity concentration of <sup>137</sup>Cs at the soil surface decreases to  $1/e$  ( $\approx 1/2.7$ ) increased by  $0.04 \text{ g cm}^{-2}$  (corresponding to about 0.1–0.2 cm) a year, indicating that downward migration has very slowly occurred within the mineral soil layers.

**Keywords:** forest soil, scraper plate, vertical distribution

## 福島原発事故後9年間のスギ林土壤中Cs-137深度分布の経年変化

高橋純子\*<sup>1</sup>、日原大智<sup>1</sup>、佐々木拓哉<sup>1</sup>、井口啓<sup>1</sup>、恩田裕一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

\*責任著者: takahashi.junko.ka@u.tsukuba.ac.jp

これまでのモニタリング調査から、福島の場合はチェルノブイリ事故の影響地域と比較して、森林リター層から鉱質土壌への放射性セシウムの移行が早いことが示された。また、森林における空間線量率には、表層土壌の深度分布が大きく影響していることが明らかにされており、その鉱質土壌内での下方移行や挙動の把握が重要である。本発表では、福島県川俣町山木屋地区（旧計画的避難区域）に位置するスギ林（壮齢林、若齢林）において、2011年6月から9年間にわたり実施してきた土壌中のCs-137濃度の深度分布モニタリングについて報告する。リターおよび土壌は、スクレーパープレートを用いて0–5 cmを5 mm間隔、5–10 cmを1 cm間隔、10–20 cmを5 cm間隔で採取し、乾燥・篩別後Ge半導体検出器でCs-137濃度を測定した。

スギ壮齢林、若齢林ともに2020年度調査では、リター層中のCs-137存在量は全体（リター層+0–20 cm土壌）の1%未満であり、事故からの時間とともに指数関数的に減少していることが確認された。一方、土壌表層3 cmまでに50%、6 cmまでに80%のCs-137が分布しており、依然として大部分のCs-137は表層土壌に留まっていた。最表層のCs-137濃度の $1/e$  ( $\approx 1/2.7$ )になるときの重量深度を示す重量緩衝深度  $\beta$  は1年間に約 $0.04 \text{ g cm}^{-2}$ （約0.1–0.2 cmに相当）ずつ増加しており、緩やかに鉱質土壌内での下方移行が進行していることが確認された。

**キーワード:** 森林土壌、スクレーパープレート、深度分布

## P-36

### Exon amplification with loop primers as PCR for detecting gene polymorphisms from the genome

Daiji Endoh\*<sup>1</sup>, Misaki Tanaka<sup>1</sup>, Mizuki Kubo<sup>1</sup>, Hiroko Ishiniwa<sup>2</sup>, Masanori Tamaki<sup>3</sup>, Manabu Onuma<sup>4</sup>, Nobuyoshi Nakajima<sup>4</sup>

<sup>1</sup>School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>3</sup>Fukushima Branch, National Institute for Environmental Studies, <sup>4</sup>Center for Environmental Biology and Ecosystem Studies, National Institute for Environmental Studies

\*Corresponding author: dendoh@rakuno.ac.jp

We have shown that it is possible to analyze genomic polymorphisms by amplicon sequencing in 2019. Although this method requires a large number of PCRs, we reported that 16-base primers can amplify a small amount of genome. This year, the plan was to efficiently design primers with artificial intelligence, but the design method was unsuccessful. As an alternative, we found a nucleotide sequence pattern on the primers that enables highly sensitive amplification. The pattern was that both ends of the primer form a weak loop of 5 bases. We constructed a program for search this loop sequence on the genome. One hundred and ten sets of primers were designed based on the search, and 82 sets amplified the genome with high efficiency. From this result, it was suggested that the PCR using loop primers makes it possible to amplify and analyze a random region of the wildlife genome. However, in order to target genetic changes, it is necessary to amplify the exon. The frequency of the double-ended loop sequence was too low for Exon analysis. Those appeared only once in 64 k bases. We designed 5-base linker on 5'-end of the primers which construct a loop as an alternative for 16-base loop primer. Amplification was shown in the preliminary experiments. We will report on the Exon amplification of ATM-DNA repair-related gene.

**Keywords:** amplicon sequencing, single nucleotide polymorphism, Exon PCR, DNA-Repair enzyme

### ゲノムからの遺伝子多型検出用 PCR としてのループプライマーによるエクソン増幅

遠藤大二\*<sup>1</sup>、田中美沙希<sup>1</sup>、久保瑞葵<sup>1</sup>、石庭寛子<sup>2</sup>、玉置雅紀<sup>3</sup>、大沼学<sup>4</sup>、中嶋信美<sup>4</sup>

<sup>1</sup>酪農学園大学獣医学群、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>3</sup>国立環境研究所福島支部（環境影響評価研究室）、<sup>4</sup>国立環境研究所生物・生態系環境研究センター

\*責任著者: dendoh@rakuno.ac.jp

我々は、2019年度にアンプリコンシーケンスによるゲノム上の塩基多型を分析可能であることを示した。この方法では多数の PCR が必要となるが、16塩基のプライマーが少量のゲノムを増幅可能であることを報告した。本年度は、プライマー設計を人工知能で効率的に行う計画であったが設計手法は成功しなかった。代替策として、高感度な増幅を可能にするプライマー配列の特異パターンを探索した結果、プライマー両端が5塩基の弱いループを形成することを発見した。このループ配列をゲノム上で探索するプログラムを作成し、その探索に基づいて110組のプライマーを設計したところ82組がゲノムを高効率で増幅した。この結果から、ループプライマーを用いることにより、野生動物ゲノムのランダムな領域を増幅・分析可能になることが示唆された。ただし、遺伝子の変化を対象とするためには、Exonを増幅する必要があるが、対象となる両端がループとなる配列は64k塩基に1回程度しか登場せず、Exonを増幅する位置に存在することは稀だった。この対策として、5'端にループ形成用の配列を追加したプライマーを試行したところ高い確率で高感度の増幅が成功した。報告会では、DNA修復関連遺伝子のATMのExon増幅について報告する。

**キーワード:** アンプリコンシーケンス、単一ヌクレオチド多型、エクソン PCR、DNA 修復酵素

## P-37

## Relationships of radiocesium contamination between riparian forests and headwater stream ecosystems

Tsutomu Kanasashi\*<sup>1</sup>, Toshihiro Wada<sup>1</sup>, Shingo Suzuki<sup>2</sup>, Shota Moritaka<sup>3</sup>, Misaki Usuki<sup>3</sup>, Kenji Nanba<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University, <sup>2</sup>Faculty of Symbiotic System Science at Fukushima University

<sup>3</sup>Graduate school of Symbiotic System Science and Technology, Fukushima University

\*Corresponding author: t.kanasashi@ier.fukushima-u.ac.jp

Allochthonous organic matters are important nutrient source in forested headwater stream ecosystems. This means that it could be possible to estimate the pollution level of radiocesium in the headwater stream ecosystems from that in the riparian forests, but there is little knowledge for conditions of radiocesium in the riparian forests. In this study, living leaves of trees, dead leaf litter on the forest floor, and soil with 5 cm depth were collected from June to September 2020 in the riparian area of 10 headwater streams flowing through the Nakadori and Hamadori regions of Fukushima Prefecture. Then, <sup>137</sup>Cs concentrations of them were measured, and relationships between the three elements were clarified. Furthermore, during the same period, we also collected stream water and two salmonids species, white-spotted charr and masu salmon, which inhabit in the headwater streams, and measured their <sup>137</sup>Cs concentrations, for analyzing the relationships of <sup>137</sup>Cs concentrations in fish and those in the above-mentioned three elements. The <sup>137</sup>Cs concentration (Bq kg<sup>-1</sup> dry weight) was highest in the surface soil, followed by dead leaf litter and living leaves, and positive non-linear relationships were observed in the <sup>137</sup>Cs concentrations among these three elements. In addition, positive correlations in <sup>137</sup>Cs concentrations among the three elements and river water or two salmonids species were also found, suggesting the effects of radiocesium contamination of riparian forests on headwater stream ecosystems. We consider that it could be possible to estimate the pollution level of radiocesium in the headwater stream ecosystems from that in the riparian forests.

**Keywords:** Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, cesium 137, living leaf, litter, soil, salmonid fish

## 溪畔林における放射性セシウム分布と溪流生態系への影響

金指努\*<sup>1</sup>、和田敏裕<sup>1</sup>、鈴木紳悟<sup>2</sup>、森高祥太<sup>3</sup>、薄実咲<sup>3</sup>、難波謙二<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>福島大学共生システム理工学類、<sup>3</sup>福島大学共生システム理工学研究科

\*責任著者: t.kanasashi@ier.fukushima-u.ac.jp

森林を流れる溪流の生態系では、溪畔林から溪流へ供給される外来性有機物が重要な一次生産物の役割を担っている。そのため、溪畔林の放射性セシウム汚染レベルから、溪流生態系の汚染レベルを推定できる可能性があるが、溪畔林における放射性セシウムの実態について知見が少ない。本研究では、福島県の中通り・浜通り地方を流れる10溪流の溪畔域にて、樹木の生葉・林床の枯死葉リター・表層5cmの土壌を、2020年6～9月に採集し、セシウム137濃度を測定・解析し、3要素間の関係を明らかにした。さらに、同期間に、調査地の溪流にて、渓流水および溪流に生息するサケ科魚類のイワナ・ヤマメを採集してセシウム137濃度を測定し、上記の生葉・枯死葉リター・表層土壌との関係を明らかにした。セシウム137濃度 (Bq kg<sup>-1</sup> 乾重) は、表層土壌が最も高く、次いで枯死葉リター、樹木生葉の順となり、これら3要素の間のセシウム137濃度には、それぞれ正の非線形関係が認められた。また、これらは渓流水およびイワナ・ヤマメのセシウム137濃度との間にも、それぞれ正の相関が認められたため、溪流生態系の放射性セシウム汚染による影響が示唆された。また、溪畔林の放射性セシウム汚染レベルから、溪流生態系の汚染レベルを推定できる可能性が考えられた。

**キーワード:** 福島第一原子力発電所事故、セシウム137、生葉、リター、土壌、イワナ、ヤマメ

## P-41

## Assessment of rice productivity and radioactive cesium uptake by brown rice in paddy fields where the evacuation order lifted

Takuro Kanno\*<sup>1</sup>, Satoshi Asaeda<sup>1</sup>, Takeshi Sanbonsuge<sup>1</sup>, Takashi Saito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hama Agricultural Regeneration Centre, Fukushima Agricultural Technology Centre

\*Corresponding author: kanno\_takuro\_01@pref.fukushima.lg.jp

The evacuation order for Okuma town, site of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, was lifted in 2019 in most areas. However, there are concerns about declines in crop productivity due to loss of soil fertility caused by decontamination actions, and about the uptake of radioactive cesium (RC) into agricultural products. To assess the productivity and safety of paddy rice grown there, we investigated concentrations of RC in rice and soil and yields of rice in two paddy fields in Okawara district, where the evacuation order was lifted in April 2019, from 2018 to 2020. Concentrations of RC in brown rice were below the limit for general foods following the addition of KCl at the rate recommended in this region for inhibiting the uptake of RC by rice. Most rice yields were lower than the pre-earthquake level in Okuma town, which we attributed to low soil temperatures due to continuous irrigation during the cropping period to counter water leakage from paddy fields, and to the decrease in soil fertility due to decontamination. Rice plants were also grown in pots in soil from Okawara paddy fields in 3 years, 2018 to 2020, at three rates of K fertilizer application: 0 g/m<sup>2</sup>, 10 g/m<sup>2</sup> (regional standard), and 30 g/m<sup>2</sup> (regional standard + additional K). Exchangeable K contents of soil gradually decreased in the pots with 0 and 10 g/m<sup>2</sup>, and concentrations of RC in brown rice exceeded the limit for general foods in the pots with 0 g/m<sup>2</sup> since 2019. The results show that the transfer of RC from soil to brown rice was inhibited by additional application of KCl, but the exchangeable K content of soil could not be maintained only by application of K fertilizer at the regional standard rate. In addition, measures to control water leakage from paddy fields and to improve soil fertility are necessary to restore the productivity of paddy rice to pre-earthquake levels.

**Keywords:** paddy rice, radioactive cesium, exchangeable potassium contents, yield

## 避難指示解除区域の水田における生産性と放射性セシウムの玄米への移行の評価

菅野拓朗\*<sup>1</sup>、浅枝諭史<sup>1</sup>、三本菅猛<sup>1</sup>、齋藤隆<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島県農業総合センター浜地域農業再生研究センター

\*責任著者: kanno\_takuro\_01@pref.fukushima.lg.jp

東京電力福島第一原発が位置する大熊町では、帰還困難区域を除いて避難指示が2019年に解除されたが、除染による地力低下に伴う生産性の低下や、農産物への放射性セシウム（以下 RC）の影響が懸念される。そこで、避難指示解除区域における水稻栽培の生産性と安全性を評価するために、2018～2020年にかけて、大川原地区（2019年4月に避難指示解除）の水稻ほ場2筆について、玄米及び土壌のRC濃度並びに収量を調査した。地域慣行のかり施用量にRCの吸収抑制対策として塩化カリを上乗せしたことで、玄米中RC濃度は食品の基準値を下回った。一方、収量は大熊町の震災前の水準を概ね下回り、ほ場の漏水対策のための作付期間中の常時入水による地温の低下や、除染による地力の低下が要因であると推察された。また、ほ場の土壌をポットに充填し、2018～2020年の3年間、かり施用量を0g/m<sup>2</sup>、10g/m<sup>2</sup>（地域慣行）、30g/m<sup>2</sup>（地域慣行+カリ上乗せ）の3水準で栽培した結果、かり施用量0、10g/m<sup>2</sup>のポットでは土壌中交換性カリ含量が次第に減少し、0g/m<sup>2</sup>のポットでは2年目からRC濃度が基準値を超過する玄米が見られた。試験の結果、避難指示解除区域においてもカリの上乗せ施用により土壌から玄米へのRCの移行は抑制できたが、地域慣行のかり施用量だけでは土壌中交換性カリ含量を維持出来なかった。また、生産性は震災前の水準には戻らず、ほ場の漏水対策や土づくりが必要であると考えられた。

**キーワード:** 水稻、放射性セシウム濃度、交換性カリ含量、収量

## P-27

**Introduction of archive soil samples and archiving soil database system**Takahiro Tatsuno\*<sup>1</sup>, Hirofumi Tsukada<sup>1</sup><sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: t.tatsuno@ier.fukushima-u.ac.jp

The institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University has stored approximately 20,000 archive soil samples received from Nuclear Regulation Authority which were collected immediately after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. We have provided a loan service of the samples since 2019, and used the archive soil database system for further application of the samples since 2020. The database system consists of two parts: the data set of soil samples collected during the first to seventh survey, and ARASO (Assessment Database System for Radioactivity in Soil) to view and search the soil data collected since the first survey on a map. The database system has the functions of calculating the radioactivity concentration in the specified range and searching for soil samples in order to find the samples appropriated for the research purpose. Furthermore, we plan to add data from future studies using archive soil samples and new soil samples collected from radioactively contaminated areas around Fukushima prefecture as needed. This system will promote the use of archive soil samples and contribute greatly to research on the fate of radioactive materials in the environment.

**Keywords:** archive soil samples, archive soil database system**土壌アーカイブ試料および土壌アーカイブデータベースシステムの紹介**辰野宇大\*<sup>1</sup>、塚田祥文<sup>1</sup><sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: t.tatsuno@ier.fukushima-u.ac.jp

福島大学環境放射能研究所では福島第一原子力発電所事故直後から福島県内を中心に系統的に採取され、原子力規制庁から移管された土壌アーカイブ試料約 20,000 点を所管している。同試料は 2019 年度から提供を開始しており、試料の利用促進を目的に、試料データを整備した土壌アーカイブデータベースシステムの運用を 2020 年から開始した。データベースシステムは第 1 次-7 次分布調査の試料の <sup>129</sup>I、<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 等の放射性核種データを調査次ごとに整理した集積データ、および、2011 年に行われた第 1 次分布調査の試料データを地図上で閲覧、検索ができる土壌放射能評価データベースシステム (ARASO) から構成される。当該データベースシステムは、指定範囲内の放射能濃度の計算機能や試料検索機能を有し、研究目的の応じた土壌アーカイブ試料の検索が可能である。今後は土壌アーカイブ試料を用いた研究や福島県周辺の放射能汚染地で詐取した新規の土壌試料のデータを随時追加する予定である。本システムの利用は土壌アーカイブ試料の利用の促進を図り、ひいては放射性物質の環境動態に関する研究に大きく寄与すると考えられる。

**キーワード:** 土壌アーカイブ試料、土壌アーカイブデータベースシステム

## P-28

### Release of $^{60}\text{Co}$ due to the 2011 TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident

Yusuke Okizawa<sup>1</sup>, Hirofumi Tsukada<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic System Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: [hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp](mailto:hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp)

Various radioactive materials were released by the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS) accident. It was reported that  $^{60}\text{Co}$ , generated from  $^{59}\text{Co}$  by neutron in the cooling water, was detected in the soil collected from Namie in 2015. However, it has been not clear the distribution and release amount of  $^{60}\text{Co}$  in the environment. In this study,  $^{60}\text{Co}$  in surface soil and humus collected in Okuma Town and Namie Town, where the deposition of radioactive cesium was relatively high, was measured using archive soil samples collected around FDNPS and in 2011. Started research for the purpose of verifying the distribution of  $^{60}\text{Co}$  scattering due to the 2011 accident and predicting the amount of emission.

The samples were collected with a core sampler and were, dried at  $50^\circ\text{C}$  passed through a 2 mm sieve. The samples were packed in a U-8 container and measured for 24,000 to 420,000 seconds with a Ge semiconductor detector. Activity concentration  $^{60}\text{Co}$  was quantified at 1332 keV. The  $^{60}\text{Co}$  was detected in 8 samples within about 5 km around FDNPS, but not there in other points. The Inventory of the sampling points ranged from 6.1 to 320 Bq  $\text{m}^{-2}$ , and the  $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$  activity ratio in the immediate vicinity of FDNPS averaged  $8.7 \times 10^{-5}$ . The deposition area was  $2.5 \times 5.5$  km around the FDNPS and the amount of  $^{60}\text{Co}$  deposition was 0.44 GBq. The amount of cooling water released by the explosion was estimated 150 t of the cooling water using  $^{60}\text{Co}$  activity of concentration (3,000 Bq  $\text{L}^{-1}$ ). This study was conducted using archive samples provided by the Nuclear Regulation Authority and managed by the Institute for Environmental Radioactivity, Fukushima University.

**Keywords:** neutron activation products, cooling water,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$  activity ratio

### 2011年東京電力福島第一原子力発電所事故による $^{60}\text{Co}$ の放出

沖澤悠輔<sup>1</sup>、塚田祥文<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>福島大学共生システム理工学研究科環境放射能学専攻、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: [hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp](mailto:hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp)

東京電力福島第一原子力発電所 (FDNPS) の事故により、放出された放射性核種には、冷却水に含まれている  $^{59}\text{Co}$  が中性子照射を受け生成した  $^{60}\text{Co}$  がある。2015年に浪江町で採取された土壌などから検出されたことが報告されている。しかしながら、環境中における  $^{60}\text{Co}$  の分布、放出量などに関する研究はほとんど行われていない。そこで本研究では、FDNPS 周辺や 2011年に採取されたアーカイブ土壌試料および FDNPS 周辺の比較的放射性セシウムの沈着が高かった大熊町や浪江町で採取された表層土壌や表層腐植物質中  $^{60}\text{Co}$  を測定し、2011年の事故による  $^{60}\text{Co}$  飛散の分布状況を検証し、放出量を予測することを目的として研究を始めた。

試料は、コアサンプラー等で採取し、 $50^\circ\text{C}$ で乾燥した後 2 mm の篩を通し U-8 容器に詰め、Ge 半導体検出器で 24,000~420,000 秒計測し、1332 keV を用いて  $^{60}\text{Co}$  を定量した。FDNPS 周辺約 5 km 内の 8 試料から  $^{60}\text{Co}$  を検出したが、その他の地点からは検出されなかった。採取地点における沈着量は  $6.1\sim 320$  Bq  $\text{m}^{-2}$  であり、 $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$  放射能比は平均  $8.7 \times 10^{-5}$  であった。 $^{60}\text{Co}$  を検出した試料の沈着範囲を  $2.5 \times 5.5$  km とし、見積もった  $^{60}\text{Co}$  沈着量は 0.44 GBq であった。また、FDNPS の冷却水中の  $^{60}\text{Co}$  濃度 (3,000 Bq  $\text{L}^{-1}$ ) から、爆発により陸域に放出した冷却水量は 150 t と見積もられた。

本研究は、原子力規制庁が提供し、福島大学環境放射能研究所が管理するアーカイブ試料を用い行いました。

**キーワード:** 中性子放射化生成物、冷却水、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}/^{137}\text{Cs}$  放射能比

## P-29

**Transfer and accumulation of radiocaesium in bryophytes**Chieko Otsuki<sup>1</sup>, Hirofumi Tsukada<sup>\*2</sup><sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic System Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp

Nine years have passed since the accident at TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station in 2011, and the radiocaesium activity concentration of general higher plants has decreased sharply. However, it has been pointed out that bryophytes have a higher activity concentration of radiocaesium. In this study, we clarified the relationship between bryophytes collected from the fields and inventory of the <sup>137</sup>Cs activity concentration in soil. In addition, laboratory experiments were conducted to discuss the characteristics of radiocaesium transfer to bryophytes.

In the field survey, bryophytes were collected in Aomori, Tochigi, Fukushima, and Nagasaki prefectures. We collected 56 samples of bryophytes at a square frame with a 9 cm × 16 cm, and 34 samples of soils with a depth of 0-15 cm at a 5 cm core sampler. The moss *Hypnum plumaeforme* (Japanese name Haigoke) was found in many collection sites. The collected bryophytes were washed with tap water to remove adhering soil particles. The <sup>137</sup>Cs activity concentration of bryophytes, soil and humus were measured with a Ge semiconductor detector. The <sup>137</sup>Cs activity concentration in bryophytes collected from Tochigi and Fukushima prefectures showed a high correlation with the <sup>137</sup>Cs inventory. In the laboratory experiment, a commercially available Haigoke was used in the experiment with a diameter of about 4.5 cm and a height of about 3.5 cm (dry weight about 1.0 g). The <sup>137</sup>Cs solution extracted from fallen leaves in the highly contaminated area and adjusted K<sup>+</sup> concentrations of 1, 5, and 10 mg L<sup>-1</sup>. Haigoke was soaked in the adjusted solution for 1 hour, washed with tap water for 1 hour after 3 days, and dried after 4 days, and then the activity concentration of <sup>137</sup>Cs was measured. Haigoke were cultivated using an artificial chamber (temperature 20°C, humidity 80%, illuminance 14500 Lx 12 hours on off). The absorption rate of <sup>137</sup>Cs activity into Haigoke decreased to 87, 66 and 62% with increasing the K<sup>+</sup> concentration of the solution.

**Keywords:** bryophytes, radioactivity concentration, accumulation status, transition characteristics**蘚苔類への放射性セシウムの移行と蓄積**大槻知恵子<sup>1</sup>、塚田祥文<sup>\*2</sup><sup>1</sup>福島大学共生システム理工学研究科環境放射能学専攻、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp

2011年の東京電力福島第一原子力発電所の事故から9年が経過し、一般的な高等植物の放射性セシウムは急激に減少している。しかし蘚苔類では、放射性セシウム濃度のより高いことが指摘されている。本研究では、野外から採取した蘚苔類と土壌中<sup>137</sup>Cs放射能濃度の関係を明らかにした。また、室内実験を行い蘚苔類への放射性セシウムの移行特性について考察した。

野外調査では、青森県・栃木県・福島県・長崎県で蘚苔類を採取した。半径9 cm×16 cmの方形枠内を56試料の蘚苔類を、5 cm コアサンプラーで深さ0-15 cmを34試料の土壌を採取した。多くの採取場所で蘚類の*Hypnum plumaeforme*(和名ハイゴケ)が見つかった。採取した蘚苔類を水道水で洗浄し、付着した土壌粒子を除去した。前処理した蘚苔類、土壌と腐植は、Ge半導体検出器で<sup>137</sup>Csを定量した。栃木県と福島県から採取した蘚苔類中の<sup>137</sup>Cs放射能濃度は、<sup>137</sup>Csインベントリーと高い相関を示した。室内実験では、市販のハイゴケを直径約4.5 cm高さ約3.5 cm(乾燥重量約1.0 g)にして実験に用いた。<sup>137</sup>Cs溶液は高汚染地域の落ち葉を抽出し、K<sup>+</sup>濃度1、5、10 mg L<sup>-1</sup>に調製した。調製した溶液にハイゴケを1時間浸水、3日後に水道水に1時間浸水洗浄、4日後に乾燥後、<sup>137</sup>Cs放射能濃度を測定した。それぞれの濃度についてn=3とし10週間繰り返した。恒温槽を用い一定条件(気温20°C、湿度80%、照度14500Lx12時間on off)でハイゴケを栽培した。その結果、ハイゴケへの<sup>137</sup>Cs放射能吸収率は、浸水溶液のK<sup>+</sup>濃度が高くなるに従い87、66、62%と低下した。

**キーワード:** 蘚苔類、放射能濃度、蓄積状況、移行特性

## P-30

## Activity concentration of radiocaesium and internal radiation doses from self-consumed crops evacuation order cancellation preparation zone

Mihoko Kikuchi<sup>1</sup>, Hirofumi Tsukada\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: [hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp](mailto:hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp)

Namie Town, designated as an evacuation order zone after the 2011 accident, and residents returned from March 31, 2017. Many residents in Namie Town cultivate crops for themselves (self-consumed crops) in fields near their homes and vegetable gardens. They also collect wild plants and mushrooms collected from nearby mountains. In this study, the residents living in Namie Town, provided self-consumed crops, radiocaesium in the crops was measured with a germanium semiconductor detector. And the internal radiation doses derived from self-consumed crops were calculated. The activity concentration of radiocaesium in self-consumed crops was 0.2-5.3 Bq kg<sup>-1</sup> FW for leaf vegetables, 0.6-2.9 Bq kg<sup>-1</sup> FW for fruit vegetables, and 0.2-11.5 Bq kg<sup>-1</sup> FW for root vegetables. The value of the cultivated field was much lower than the standard value because decontamination was completed. On the other hand, the wild plants and fruits that grow in the mountains and forests that have not been decontaminated were 6.0-45.2 Bq kg<sup>-1</sup> FW, which is higher than of the crops in the vegetable garden. The value of rice was halved by polishing brown rice activity concentration of radiocaesium in brown rice in 10.7 Bq kg<sup>-1</sup> FW and that in polished rice decreased half value (5.0 Bq kg<sup>-1</sup> FW). The bran was 77.7 Bq kg<sup>-1</sup> FW, which was a relatively high value. In the case of adult intake, the internal radiation doses considering the value of radiocaesium in the crops and the intake amount for each crops species obtained in this study is 0.0071 mSv for polished rice (0.0153 mSv when brown rice is used as a regular meal), 0.00011 mSv for tomatoes, 0.00008 mSv for cucumbers, and 0.0043 mSv for yuzu. In the future, plan to calculate the exposure dose according to the local situation, taking into consideration the age, the intake tendency peculiar to the region, and the cooking process.

**Keywords:** evacuation order cancellation preparation zone, self-consumed crops, radiocaesium, internal radiation doses

## 避難指示解除区域における自家消費作物の放射性セシウム濃度と内部被ばく線量

菊池美保子<sup>1</sup>、塚田祥文\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: [hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp](mailto:hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp)

東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴い避難指示区域となった浪江町は、2017年3月31日に帰還困難区域を除く居住制限区域および避難指示解除準備区域が解除され、住民の帰還が始まった。浪江町のような福島県の中山間地域で暮らす住民は家の近くの畑や家庭菜園などで自分たちが食べるための作物（自家消費作物）を栽培し、購入した食品よりも多く食べる傾向がみられる。さらに、近くの山などから山菜やキノコなど自生の作物を採取することもある。本研究は、避難指示が解除された浪江町の住民から自家消費作物を提供していただき、可食部を前処理後、ゲルマニウム半導体検出器で放射性セシウムを測定し、自家消費作物由来による内部被ばく線量を求めた。自家消費作物中の放射性セシウム(<sup>134+137</sup>Cs)濃度は、葉菜類 0.2~5.3 Bq kg<sup>-1</sup> FW、果菜類 0.6~2.9 Bq kg<sup>-1</sup> FW、根菜類 0.2~11.5 Bq kg<sup>-1</sup> FW にあり、除染などの低減化対策により、基準値より非常に低い値であった。一方、除染が行われていない山や林に自生している山菜や果実は、6.0~45.2 Bq kg<sup>-1</sup> FW と家庭菜園の作物より高い濃度であり、基準値の半分の値であった。玄米が 10.7 Bq kg<sup>-1</sup> FW、精米が 5.0 Bq kg<sup>-1</sup> FW で精米することで半分の値となった。糠は 77.7 Bq kg<sup>-1</sup> FW と比較的高い値であった。本研究で求めた作物中の放射性セシウムの値と作物種毎の摂取量を考慮した成人の年間内部被ばく線量は、精米が 0.0071 mSv（玄米を常食とした場合が 0.0153 mSv）、トマトが 0.00011 mSv、キュウリが 0.00008 mSv、ユズが 0.0043 mSv であった。今後は、年齢や地域特有の摂取傾向、調理加工も考慮し、現地に則した被ばく線量を算出する。

**キーワード：** 避難指示解除区域、自家消費作物、放射性セシウム、内部被ばく線量



## P-31

**Studies on the effective dose for public calculated by air dose rate**Yuya Endo\*<sup>1</sup>, Yasuhiro Uezu<sup>1</sup>, Tsugiko Takase<sup>1</sup>, Katsuhiko Yamaguchi<sup>1</sup>, Hirofumi Tsukada<sup>2</sup><sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic System Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: s1972002@ipc.fukushima-u.ac.jp

Radiocaesium (<sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs) released from Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station (1F) are the major factors of increasing air dose rate for a mid and long term. Effective doses for public have been evaluated from air dose rate because it cannot be measured directly. Therefore, it is important that effective dose is accurately evaluated using the detailed relationship among air kerma, ambient dose equivalent (H\*(10)) and effective dose. In addition, conversion coefficients from air kerma and ambient dose equivalent to effective dose have been considered to change with elapsed time because the physical half-lives of <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs are different. In this study, non-decontaminated agricultural field located approximately 5 km southwest from 1F was used to determine air kerma, ambient dose equivalent and personal dose equivalent. Furthermore, the relationship with elapsed time was evaluated by simulating the environment distributed radiocaesium in the ground using a monte carlo radiation transport code PHITS. The relationship among them was in the order as below: ambient dose equivalent > air kerma > effective dose (personal dose equivalent). The effect of elapsed time on conversion coefficient (Sv/Gy) was less than 0.01, while conversion coefficient (Sv/Sv(H\*(10))) decreased with elapsed time. In addition, conversion coefficient (Sv/Sv(H\*(10))) of radiocaesium moved in deep soil layer showed smaller than that in surface soil layer. On the other hand, the effect of radioactivity ratio (<sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs) on conversion coefficient (Sv/Sv(H\*(10))) was less than 0.01. The results indicated that conversion coefficient (Sv/Sv(H\*(10))) was mainly decreased by the vertical migration of radiocaesium in the soil.

**Keywords:** air dose rate, effective dose, monte carlo radiation transport code PHITS**東京電力福島第一原子力発電所事故後の土壌中放射性セシウムによる空間線量率と実効線量の関係**遠藤佑哉\*<sup>1</sup>、植頭康裕<sup>1</sup>、高瀬つぎ子<sup>1</sup>、山口克彦<sup>1</sup>、塚田祥文<sup>2</sup><sup>1</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: s1972002@ipc.fukushima-u.ac.jp

東京電力福島第一原子力発電所(1F)事故により放出された <sup>134</sup>Cs および <sup>137</sup>Cs は、中長期間に亘り空間線量率を上昇させる主要な核種である。実効線量は直接測定することができないことから、空間線量率から推定されており、より正確に評価するには空気カーマ、周辺線量当量(H\*(10))および実効線量の詳細な関係について明らかにする必要がある。また、<sup>134</sup>Cs および <sup>137</sup>Cs は、その物理学的半減期が異なることから、空気カーマおよび周辺線量当量から実効線量への換算係数が時間経過とともに変化する。そこで、本研究では 1F から南西に約 5 km 離れた位置にある未除染の農地を測定地とし、それらの関係を評価した。さらに、モンテカルロ放射線輸送計算コード PHITS を用いて放射性セシウムが沈着した野外環境を模擬することによって、時間経過に対応したそれらの関係を評価した。その結果、周辺線量当量率 > 空気カーマ率 > 実効線量(個人線量当量)の関係が得られた。また、時間経過が空気カーマ率からの実効線量換算係数(Sv/Gy)に与える影響は 0.01 未満であったが、周辺線量当量率からの実効線量換算係数(Sv/Sv(H\*(10)))は、時間経過とともに値が低くなることを確認した。さらに、深い層に移動した放射性セシウムによる実効線量換算係数(Sv/Sv(H\*(10)))は、地表面よりも低い値を示した。一方、放射能比(<sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs)が実効線量換算係数に与える影響は、0.01 未満であった。以上の結果から、実効線量換算係数(Sv/Sv(H\*(10)))は、主に土壌中放射性セシウムの下方移動によって減少することが示唆された。

**キーワード:** 空間線量率、実効線量、モンテカルロ放射線輸送計算コード PHITS

## P-32

### Study on U concentration method for the establishment of $^{233}\text{U}$ - $^{236}\text{U}$ dual tracer for seawater circulation

Minami Abe<sup>1</sup>, Aya Sakagushi<sup>\*2</sup>, Noriaki Seko<sup>3</sup>, Hiroyuki Hoshina<sup>3</sup>, Shinya Yamasaki<sup>2</sup>, Keisuke Sueki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Life and Environmental Science, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research on Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, <sup>3</sup>Takasaki Advanced Radiation Research Institute, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

\*Corresponding author: ayaskgc@ied.tsukuba.ac.jp

In this study, we aim to be used the ultra-trace nuclides  $^{233}\text{U}$ - $^{236}\text{U}$  found in seawater as an ocean circulation dual-tracer. For this purpose, we attempted to optimize the adsorption and desorption conditions of U isotopes in seawater using amidoxime adsorbents as a simple U concentration method, both on-board and in the laboratory. Furthermore, electrodeposition apparatus were developed to achieve precise accelerator mass spectrometry measurements of U isotopes.

The results of the adsorption experiments showed that the optimum conditions for U adsorption were pH 4 and pH 8, 0.40 mmol of the adsorbed functional group per 1 kg of seawater, and an adsorption time of 9 h in a glass beaker. When using a closed polyethylene container, as us done on-board, the appropriate condition is pH 8 and 0.40 mmol of the adsorbed functional group per 1 kg of seawater. Under this condition, more than 95% of U was adsorbed on the adsorbent within 24 hours. The results of our desorption experiments showed that more than 80% of the U was recovered with 2 mol/dm<sup>3</sup> HCl. Therefore, it was concluded that the amidoxime-type adsorbent could be used for simple U concentrations and that the cost of sample transportation could be reduced.

From the results of these electrodeposition experiments, we learn that the U concentration in the electrodeposited solution did not decrease and that it is necessary to further improve the electrodeposition equipment and its associated method.

**Keywords:**  $^{233}\text{U}$ - $^{236}\text{U}$ , marine tracers, amidoxime adsorbents, accelerator mass spectrometry, electrodeposition

### 海水中の極微量 $^{233}\text{U}$ - $^{236}\text{U}$ の海水循環デュアルトレーサー利用に向けた U 濃縮法の検討

阿部美波<sup>1</sup>、坂口綾<sup>2</sup>、瀬古典明<sup>3</sup>、保科宏行<sup>3</sup>、山崎信哉<sup>2</sup>、末木啓介<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学大学院生命環境科学研究科、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>3</sup>量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所

\*責任著者: ayaskgc@ied.tsukuba.ac.jp

本研究では、海水中の極微量  $^{233}\text{U}$ - $^{236}\text{U}$  が海洋循環デュアルトレーサーとして広く利用されることを目指す。そのため、実験室のみならず船上での特殊な条件下における簡便な U 濃集と、実験室で高収率な U 回収が行えるよう、アミドキシム型吸着材を用いた海水中 U 同位体の吸着・脱離条件の最適化を試みた。さらに、加速器質量分析計による海水中 U 同位体の精度の良い定量のために、電着装置の開発と電着実験を行った。

吸着実験の結果から、ガラスビーカーを用いた場合は海水 pH4、海水 1 kg あたり吸着官能基添加量 0.40 mmol、吸着時間 9 時間が、船上での実験を想定してポリエチレン製閉鎖容器により同様な割合の官能基添加量を用いた場合は海水 pH8、吸着時間 24 時間が、U 吸着の最適条件であった。この時の U 吸着率はともに 95%以上を示した。脱離実験の結果から、2 mol/dm<sup>3</sup> 塩酸で 80%以上の U 回収率を示した。したがって、アミドキシム型吸着材を利用することで簡便な U 濃縮が可能になり、試料運搬コストを小さくできると結論付けた。電着実験の結果から、電着溶液の U 濃度が減少しなかったため、電着装置や電着の方法をさらに改善する必要があると結論付けた。

**キーワード:**  $^{233}\text{U}$ - $^{236}\text{U}$ 、海洋トレーサー、アミドキシム型吸着材、加速器質量分析、電着

## P-33

## Activity concentration of $^{137}\text{Cs}$ in irrigation and pore water collected from experimental paddy field in Okuma

Hirofumi Tsukada\*<sup>1</sup>, Takashi Saito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Hama-Agricultural Regeneration Research Centre, Fukushima Agricultural Technology Centre

\*Corresponding author: hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp

Resumption of agricultural activities is progressing step by step in the difficult-to-return zones. Anxiety about crops planted around TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS) still persists and it is hard to make progress to resume farming. In this study, activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in irrigation water, pore water, and rice was determined in an experimental paddy field located 7 km southwest from FDNPS in Okuma. The water samples were collected every two weeks from May to August 2018. The samples were filtered with a 0.45  $\mu\text{m}$  pore-size membrane filter to produce suspended and dissolved fractions. Activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  occurring as the monovalent ionic cation in the dissolved fraction was also determined with a Cs Rad Disk (3 M). The activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in dissolved fraction from the water inlet was  $0.026 \pm 0.005 \text{ Bq L}^{-1}$  ( $n=8$ ), which was sufficiently low and had a constant concentration for use as irrigation water and was present as a monovalent cationic form ( $^{137}\text{Cs}^+$ ). The  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration in pore water was about 5 times higher than that in the water inlet and showed a good relationship with the concentration of ammonium which appears under anaerobic conditions. The  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration in the dissolved fraction collected from flooded water in the paddy field on July 5 ( $0.10 \text{ Bq L}^{-1}$ ) was 4 times higher than that in the water inlet because the ammonium concentration had increased by an additional application of fertilizer. It was a temporary increase of  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration by the fertilizer, and it did not have a significant impact on the  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration in the rice.

**Keywords:** anaerobic condition, ammonium, fertilizer, exchangeable fraction.

## 大熊町試験水田における灌漑水・間隙水中 $^{137}\text{Cs}$ 濃度と変動要因

塚田祥文\*<sup>1</sup>、齋藤隆<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>福島県農業総合センター 浜地域農業再生研究センター

\*責任著者: hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp

東電福島第一原発 (FDNPS) 周辺の帰還困難区域では、農業の再開が一步一步進んでいる。一方で、安全性に対する不安は根強く、営農再開がなかなか進まない要因となっている。本研究では、営農再開を目指す居住制限区域の試験水田において、作付け期間中における灌漑水、間隙水、イネなどの  $^{137}\text{Cs}$  濃度を測定し、その変動と要因について調査した。FDNPS から南西 7 km に位置する大熊町に設けた試験水田において、2018 年にイネを作付けし、5 月から 8 月まで 2 週間毎に灌漑水・田面水・間隙水を採取し、 $^{137}\text{Cs}$  濃度、安定元素などを測定した。採取水は 0.45  $\mu\text{m}$  のメンブランフィルターでろ過した後、硝酸を加え濃縮し Ge 半導体検出器で  $^{137}\text{Cs}$  を測定した。また、固相ディスク (3M) を用いて 1 価の陽イオンとして存在する  $^{137}\text{Cs}$  の割合を求めた。水口から供給される灌漑水中  $^{137}\text{Cs}$  濃度に継続的な変化は見られず、低い濃度 ( $0.026 \pm 0.005 \text{ Bq L}^{-1}$ ,  $n=8$ ) にあり、陽イオン ( $^{137}\text{Cs}^+$ ) として存在した。水口水と田面水中  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、7 月 5 日を除き同様の値であった。間隙水中  $^{137}\text{Cs}$  濃度は水口水や田面水中濃度より 5 倍程度高く、アンモニウム濃度と良い相関を示した。また、追肥 (7 月 2 日) による田面水中アンモニウム濃度の増加に伴い  $^{137}\text{Cs}$  濃度が水口水の約 4 倍に上昇 ( $0.10 \text{ Bq L}^{-1}$ ) したが、一時的な上昇に留まり、イネの上昇に大きな影響を与えるものではなかった。

**キーワード:** 還元環境、アンモニウム、肥料、交換態画分

## P-34

### **Evaluating the potential of *Erianthus arundinaceus* for the management of cesium-contaminated lands**

Ismail M. M. Rahman\*<sup>1</sup>, Zinnat A. Begum\*<sup>2</sup>, Hiroyuki Ishiwata<sup>3</sup>, Hiroshi Hasegawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Kanazawa University, <sup>3</sup>Nishimatsu Construction Co., Ltd.

\*Corresponding author: immrahman@ipc.fukushima-u.ac.jp (IMMR); zinnat.ara@staff.kanazawa-u.ac.jp (ZAB)

Management of radionuclide-contaminated agricultural lands has been a critical issue in Fukushima, Japan, after the Daiichi nuclear power plant accident in March 2011. Decontamination of vast contaminated sites with low contamination can be done via in situ capture of radionuclides. Current work evaluates the potential of radiocesium (r-Cs) retention capacity of *Erianthus arundinaceus*, a potential bioenergy crop possessing an extensively dispersed root system in the soil. The plant samples were derived from a cultivation area located in the Okuma town of Fukushima prefecture. The r-Cs translocation from soil to *Erianthus* plant parts occurred at a higher rate in the root part than the other parts, as well as a lesser translocation of r-Cs from root to upperparts was observed.

**Keywords:** phytostabilization, radiocesium, agricultural lands

## P-35

## Relationship between density of soil particles and radiocesium concentration collected in Fukushima

Shinya Yamasaki\*<sup>1</sup>, Hikaru Saito<sup>2</sup>, Keisuke Sueki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup> Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

\*Corresponding author: s-yamasaki@ied.tsukuba.ac.jp

The volume reduction of contaminated soil stored in Fukushima Prefecture is one issue in the future. The main source of radioactivity in contaminated soil is radioactive Cs, mainly retained in clay minerals and radioactive Cs-containing particles (Cs particles). The specific activity of Cs particles is higher than that of clay minerals, and their contribution to soil radioactivity is estimated to be significant. In this study, we focused on the difference in specific gravity of soil particles and investigated the relationship between the specific gravity of the particles and the radioactivity concentration.

The soil samples were collected from 11 locations in Fukushima Prefecture. The fractions with a particle size of less than 2 mm were collected, and two fractions were obtained by size separation using a 63 μm sieve. Two fractions were obtained by size separation using a 63 μm sieve. These fractions were subjected to heavy liquid separation using sodium polytungstate solution. The weight and radioactivity of the separated fractions were determined.

For all the samples, the specific activity of the fraction with a specific gravity of 2.4 or less was several times higher before separation, while that of the fraction with a specific gravity of 2.4 or more was about half of that before separation. The weight of the fraction with a specific gravity of 2.4 or higher was about 70% of the total. These trends were more pronounced in the fractions with larger particle sizes than those with smaller particle sizes. In addition, the fractions with small particle size had high specific activity as a whole, which made it difficult to obtain the separation effect of specific gravity.

**Keywords:** Heavy liquid separation, Sodium Polytungstate, Volume Reduction

## 福島で採取した土壌粒子の密度と放射性セシウム濃度の関係性

山崎信哉\*<sup>1</sup>、斎藤輝<sup>2</sup>、末木啓介<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学数理物質系、<sup>2</sup>筑波大学数理物質科学研究科

\*責任著者: s-yamasaki@ied.tsukuba.ac.jp

福島県内に保管されている汚染土壌の減容は今後の課題の一つである。汚染土壌の主な放射能源は放射性 Cs であり、主に粘土鉱物と放射性 Cs 含有粒子 (Cs 粒子) に保持されていることが分かっている。特に Cs 粒子は比放射能が粘土鉱物よりも高く土壌の放射能にもたらす寄与が大きいと見積もられている。そこで本研究では、土壌粒子の比重の違いに着目し重液分離を行い、粒子の比重と放射能濃度の関係性について調査した。

本研究では福島県内の 11 か所で採取した土壌を用いた。粒径が 2 mm 未満の画分を採取し、さらに目開き 63 μm のふるいでサイズ分離し 2 つの画分を得た。これらについて、ポリタングステン酸ナトリウム水溶液を用いて重液分離を行った。分離後の画分について、重量及び放射能測定を行った。

全ての試料について比重 2.4 以下の画分の比放射能は分離前の数倍程度、一方比重 2.4 以上の画分の比放射能は分離前の半分程度になった。また、比重 2.4 以上の画分の重量は全体の 7 割程度であった。これらの傾向は粒子径の大きな画分に顕著に見られた。また、粒子径の小さな画分は全体的に比放射能が高く比重による分離効果を得られにくい事が明らかとなった。

**キーワード:** ポリタングステン酸ナトリウム、重液分離、減容処理

## P-38

### Selective separation of rhenium from aqueous matrix using extraction chromatographic resin

M. Ferdous Alam<sup>\*1,2</sup>, Kenji Nanba<sup>1</sup>, Yoshiaki Furusho<sup>3</sup>, Ismail M. M. Rahman<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup> Bangladesh Atomic Energy Commission, <sup>3</sup> GL Sciences, Inc.

\*Corresponding author: ferdous.baec@gmail.com (MFA); immrahman@ipc.fukushima-u.ac.jp (IMMR)

Rhenium (Re) is a rare element present in the environment, and stable Re has often been used as a chemical analog for the radioisotope technetium-99 (<sup>99</sup>Tc) in environmental analytical studies. From this perspective, the study of Re separation techniques from the aqueous matrix can provide useful insight regarding the ecological monitoring of <sup>99</sup>Tc. In the current work, extraction chromatographic resin (ECR) has been used for quantitative Re-recovery from environmental samples. Two ECR (namely, AnaLig Tc-01 and TRU) have been used to separate Re from the aqueous matrix. Operating variables, such as solution pH, choice of eluent, competing ions effect, and retention capacity, have been studied to optimize the quantitative Re-recovery process. The extraction and recovery behavior of the Re was used to interpret the selectivity behavior of the ECRs. Although the two ECRs can separate Re from the aqueous matrix, TRU shows better performance in minimizing the matrix components' interfering impact.

**Keywords:** rhenium, separation, ion-selective resins, aqueous matrix.

## P-42

## The investigation of behavior of radio-caesium concentration in air in Okuma

Shigekazu Hirao\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: s-hirao@ipc.fukushima-u.ac.jp

The radionuclides that were released by the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in March, 2011 were deposited on land surfaces in Tohoku and North Kanto regions by dry and wet deposition. Decommissioning of the FDNPP and decontamination in the evacuation zones are being conducted. Eventually, the evacuation zones will be lifted. Therefore, monitoring radioactivity concentrations in the air and the analysis of their spatial and temporal variation are required. This study aim to reveal the relationship between the atmospheric activity concentration and particulate matter concentration. To obtain radioactivity concentrations in the air, airborne particles were collected on filters by using high-volume air samplers. The Cs-134 and Cs-137 radioactivities of the filters were measured with HPGe semiconductor detector to derive the activity per unit volume of air. Polytetrafluoroethylene filters were used. The sampling intervals were between two weeks and one month. The sampling site was located on Okuma. The measurement of atmospheric particulate matter concentration has been started by OPS 3330 (TSI Inc., USA). The air monitoring were conducted during November, 2013 to the present.

The atmospheric Cs-137 concentration in Okuma was successfully obtained. The measured activity concentrations were still about two orders of magnitude higher than that obtained before the accident. The activity ratio of Cs-134/Cs-137 varied with time only by the radioactive decay. The atmospheric concentrations of Cs-137 seems to decrease with time. However, the recent temporal change in the atmospheric concentration of Cs-137 from 2018 to the present shows no substantial decrease of concentration. The radioactivity concentrations in air increased with wind speeds, averaged over the sampling periods, except for the concentrations in summer when the mean wind speed was lower than for the other seasons. This implies that the increase in air radioactivity concentrations is not due only to wind-blown (eolian) dust but also from other processes. From the viewpoint of airborne particle size, the temporal change in activity concentration of Cs-137 depends strongly on that of coarse particles that is larger than 1.1  $\mu\text{m}$ . Decontamination activity near the sampling site could enhance the atmospheric concentration of Cs-137. Furthermore, the results of the atmospheric concentration of particulate matter will be presented in the poster.

**Keywords:** Cs-137, Cs-134, atmospheric radioactivity concentration, resuspension

## 大熊町の大気中放射性セシウムの動態解明

平尾茂一\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学 環境放射能研究所

\*責任著者: s-hirao@ipc.fukushima-u.ac.jp

2011年3月の福島第一原子力発電所事故により大気中に放出された放射性物質は、乾性・湿性沈着によって東北および北関東の地表面に沈着した。今後、廃炉・除染作業が進むと同時に帰還困難区域が順次解除される見込みである。そのため大気中の放射能濃度をモニタリングし、その変動とその要因を明らかにすることが必要である。本研究では、大気中の放射能濃度と大気浮遊塵の関係を明らかにすることを目的とする。

大気中濃度を得るためにハイボリュームサンプラーを用いて大気中の浮遊塵をフィルター上に捕集した。フィルターのCs-134、Cs-137の放射能をHPGe半導体検出器で定量し、単位体積大気中の放射能を導出した。測定地点は双葉郡大熊町（大熊）とした。サンプリングの時間間隔は、2週間から一ヶ月間である。測定期間は、2013年11月から現在までである。また新たにパーティクルカウンター（OPS3330; TSI Inc., USA）を設置し、大気浮遊塵の濃度を測定した。

現在の大気中濃度は、事故前の福島での濃度と比べて2桁程度高い。Cs-134とCs-137の濃度比は、放射壊変のみの時間変化を示した。大気中濃度は減少傾向を示しているが、2018-2019年にかけて減少傾向は見られなくなってきたことが分かった。また、ばらつきは大きいものの、大気中濃度は風速が強くなるほど高い傾向が見られた。この傾向は、地表面に沈着した放射性物質の風による再浮遊を示唆している。大気中微粒子の粒子径に着目すると、1.1  $\mu\text{m}$ より大きい大気中微粒子に放射能の大部分が保持されていることが示された。1.1  $\mu\text{m}$ より小さい大気中微粒子中の放射能は引き続き減少傾向を示している。大気中濃度の変動は、粒径の大きい大気中微粒子の変動に支配されており、除染作業による人為的な舞い上がりによる影響があると見られる。大気中の浮遊塵濃度についても解析を進め、報告する。

**キーワード:** Cs-137, Cs-134, 大気中放射能濃度、再浮遊

## P-43

### Simulation study of radionuclide atmospheric transport after wildland fires in the Chernobyl Exclusion Zone in April 2020

Mykola Talerko<sup>1</sup>, Yasunori Igarashi<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, NAS of Ukraine, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima Univ.,

\*Corresponding author: y-igarashi@ipc.fukushima-u.ac.jp

This study presents model results for the dispersion of radionuclides released into the atmosphere by intense forest fires in the Chernobyl Exclusion Zone in April 2020. The <sup>137</sup>Cs activity concentration in the surface air is calculated on a regional scale (in Ukraine) and a local scale (within the Chernobyl Exclusion Zone). The <sup>137</sup>Cs activity in the surface air of Kyiv was found to have reached 2–4 mBq/m<sup>3</sup> during the period April 4–20. The results presented in this paper are generally consistent with measured data pertaining to radioactive contamination in Kyiv and areas around several nuclear power plants in Ukraine. The total effective dose to the population of Kyiv during the fire period was estimated to be 5.7 nSv from external exposure and the inhalation of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr, rising to 30 nSv by the end of 2020. This is about 0.003% of the annual permissible level of exposure of the population. A method for estimating the radionuclide activity emissions during wildland fires in radioactively contaminated areas is also proposed. This method is based on satellite measurement data of the fire radiative power, the radionuclide inventory in the fire area, and an emission factor for radioactive particles.

**Keywords:** wildland fire, radionuclide, atmospheric transport, modeling, Chernobyl exclusion zone, satellite monitoring

### 放射性核種の大気輸送シミュレーションによる2020年4月のチェルノブイリ立入禁止区域における山火事の影響

ミコラ・タレルコ<sup>1</sup>、五十嵐康記<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>ウクライナ国立科学アカデミー原子力発電所安全規制機構、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: y-igarashi@ipc.fukushima-u.ac.jp

本研究では、2020年4月のチェルノブイリ立入禁止区域内での森林火災による大気中への放射性核種の拡散に関するモデル結果を示す。表層大気中の<sup>137</sup>Cs濃度を、広域スケール（ウクライナ全域）と領域スケール（チェルノブイリ立入禁止区域内）で推計した結果、キエフの表層大気中<sup>137</sup>Cs濃度は、4月4-20日の間に2-4 mBq/m<sup>3</sup>に達した事が明らかとなった。本研究で示された結果は、キエフ及びウクライナのいくつかの原子力発電所周辺の放射性物質モニタリングポストの実測データと概ね一致した。火災期間中のキエフの住民に対する実効線量は、外部被ばくと<sup>137</sup>Csと<sup>90</sup>Srの吸入により5.7nSvと推定され、2020年末までには30nSvまでと推定された。これは、ウクライナの年間許容被ばく量の約0.003%である。また、本研究では、放射能汚染地域における森林火災時の放射性核種放出量を推定する方法の提案もおこなった。本手法は、衛星計測データに基づく延焼地域、火災地域内の放射性核種の放出量、放射性粒子の放出係数に基づき、放射性粒子の放出量を推定するものである。

**キーワード:** 森林火災、放射性核種、大気輸送、モデル、チェルノブイリ立入禁止区域、衛星モニタリング



## P-44

## Modeling of $^{137}\text{Cs}$ and $^{90}\text{Sr}$ concentrations in the Cooling Pond of Chernobyl Nuclear Power Plant for the periods before and after water level drawdown

Roman Bezhenar<sup>1</sup>, Mark Zheleznyak<sup>\*2</sup>, Aya Sakaguchi<sup>3</sup>, Kenji Nanba<sup>2</sup>, Toshihiro Wada<sup>2</sup>, Tsutomu Kanasashi<sup>2</sup>, Volodymyr Kanivets<sup>4</sup>, Gennady Laptev<sup>4</sup>, Oleg Voitsekhovich<sup>4</sup>, Sergii Kireev<sup>5</sup>, Dmytro Veremenko<sup>5</sup>, Oleg Nasvit<sup>5</sup>, Dmytro Gudkov<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Institute of Mathematical Machines and System Problems, Kyiv, Ukraine, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University, <sup>3</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, <sup>4</sup>Ukrainian Hydrometeorological Institute, Kyiv, Ukraine, <sup>5</sup>Ecocentre, State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management, Chernobyl, Ukraine, <sup>6</sup>Institute of Hydrobiology, Kyiv, Ukraine.

\*Corresponding author: r702@ipc.fukushima-u.ac.jp

During the accident in April 1986 the Cooling Pond (CP) of Chernobyl NPP was heavily contaminated by the atmospheric deposition and direct water releases from the hydraulic systems of ChNPP. Starting from the end of 2014 a gradual decrease of water level began due to the stop of the water pumping to CP from the Prip'yat River. Last years the water level has dropped by about 6.5 m leading to the transformation of the whole reservoir into several "lakes" and redistribution of radionuclides in them. Our objectives are to calibrate models, using data for the whole post-accident period including data collected during the drawdown period by the joint efforts of Ukrainian and Japanese researchers, and then to provide model based predictions of the future radionuclide concentrations in new water bodies. Samples of water, suspended and bottom sediments and biota were taken in 9 closed or semi-closed water bodies formed after partial drying of the CP. Concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  and its distribution in dissolved and particulate forms were measured in the laboratory. The modeling system that consists of the 3D model THREETOX and the box model POSEIDON-R was customized for CP. THREETOX model simulates 3D currents in the CP for each type of hydrological conditions. The POSEIDON-R model was applied for the long-term simulations of the changes of activity concentration in the water, bottom sediments and biota starting from the 1986. Seasonal changes in distribution coefficient  $K_d$  describing the partition of  $^{137}\text{Cs}$  concentration between water and sediments were also taken into account. Obtained concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in water and bottom sediments agree with measurements for all boxes. It has been shown that POSEIDON-R model is able to reproduce changes in the concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in freshwater fish occupying different levels the food chain.

**Keywords:**  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in water bodies, modeling, radionuclides in sediments and fishes, Chernobyl cooling pond

## P-45

### **Modeling of risks of Pripyat and Dnipro water contamination based on the results of laboratory studies of water-soluble forms of $^{90}\text{Sr}$ at Pripyat River floodplain**

Mark Zheleznyak\*<sup>1</sup>, Sergii Kivva<sup>2</sup>, Oleksandr Pylypenko<sup>2</sup>, Maksim Sorokin<sup>2</sup>, Aleksei Konoplev<sup>1</sup>, Kenji Nanba<sup>1</sup>, Yasunori Igarashi<sup>1</sup>, Gennady Laptev<sup>3</sup>, Oleg Voitsekhovich<sup>3</sup>, Valentyn Protsak<sup>3</sup>, Serhiy Kireev<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University, <sup>2</sup>Institute of Mathematical Machines and System Problems, Kyiv, Ukraine, <sup>3</sup>Ukrainian Hydrometeorological Institute, Kyiv, Ukraine, <sup>4</sup>Ecocentre, State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management, Chernobyl, Ukraine

\*Corresponding author: r702@ipc.fukushima-u.ac.jp

Heavily contaminated floodplain of the Pripyat River upstream Chernobyl NPP to Ukrainian - Belorussian border is considered as a “hotspot” with highest risks to the Pripyat and Dnipro waters contamination due to recurrent flooding of these territories. The dikes splitting leftbank floodplain from the Pripyat river channel were constructed in 1992-1993. Yet, it is still important to quantify the amount of  $^{90}\text{Sr}$  that can be washed off the floodplain due to potential dike breakage. Key parameters used to describe status of radionuclide in reaching equilibrium in soil-water system are the distribution coefficient  $K_d$  and kinetic rate  $A$  that is reciprocal of typical time scale of desorption processes. To analyze the up-to-date mobility of  $^{90}\text{Sr}$  for washing off the floodplain, soils monoliths were collected from the floodplain in 2020. Amount of the readily exchangeable forms of  $^{90}\text{Sr}$  in soils significantly increased from 10-30% in the first years after the accident up to 65-75% nowadays. Results of field and laboratory studies were used for simulation the scenarios of  $^{90}\text{Sr}$  washing off the floodplain during the dikes breaks on the basis of contemporary version of 2D COASTOX model, that includes the parallel algorithms for numerical solution of the model equations on the unstructured computational grids for multi CPU and GPU systems. Taking into account two concurrent processes - decrease of amount of  $^{90}\text{Sr}$  in uppermost soil layer due to decay and downward vertical migration and increased amount of exchangeable forms of  $^{90}\text{Sr}$ , it can be risk of increasing of  $^{90}\text{Sr}$  in Pripyat and Dnipro river waters downstream the source in case of the dike breakage scenarios. The modeling of such scenarios demonstrates that the maximal values of the  $^{90}\text{Sr}$  concentrations to be not higher than the measured ones during the high flood events after the accident.

**Keywords:**  $^{90}\text{Sr}$  in rivers, modeling, water-soluble forms of  $^{90}\text{Sr}$ , Chernobyl Exclusion Zone, Pripyat River

# シンポジウム

## Symposium

## S-01

### Research on environmental radioactivity by the collaboration between Fukushima and Chornobyl researchers

Kenji Nanba\*<sup>1,2</sup>, Member of the SATREPS “Chornobyl” Project <sup>1,2,3,4,5</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University,

<sup>3</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, <sup>4</sup>University of Tsukuba,

<sup>5</sup>Fukushima Medical University

\*Corresponding author: nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

As nuclear power plants now exist every part of the world and a nuclear power accident rarely take place, the experiences and lessons thereby must be shared internationally. After the accident in Fukushima those from Chornobyl nuclear accident have been utilized for the countermeasures and research activities. Ukrainian government has started to have an idea to facilitate the utilization of Chornobyl Exclusion Zone (ChEZ) and overcome the disaster since between 2012 and 2014. The idea includes a development of a new industrial area of nuclear management and renewable energy and a natural reserve area surrounding the industrial area. The plan requires an investigation and prediction on the present and future radiation level and researches on the behavior of radionuclides in ChEZ. New methods of observations and analyses that have been applied or developed after Fukushima Daiichi NPP accident were introduced and collaboration between 12 Ukrainian research institutes and Japanese researchers have been implemented since the start of a five year project “Strengthening of the Environmental Radiation Control and Legislative Basis for the Environmental Remediation of Radioactively Contaminated Sites” in 2017 funded by SATREPS program. The project includes 1. Researches on radionuclides’ distribution and ecological consequences after the drawdown of water in the Cooling Pond, 2. Researches on the behavior of radionuclides in the forest, grassland and rivers in ChEZ and 3. Researches on the dispersion of radionuclides from ChEZ. The project also includes reporting the Ukrainian government with the results from those researches to help the decision-making to facilitate the utilization of ChEZ and a contribution by the collaboration between Ukrainian and Japanese researchers to science communities of international or third countries which are interested in the environmental radioactivity.

**Keywords:** Chornobyl, Fukushima, exclusion zone,

### チェルノブイリと福島との環境放射能分野の共同研究

難波謙二\*<sup>1,2</sup>, SATREPS 課題「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」参加メンバー<sup>1,2,3,4,5</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>福島大学共生システム理工学類、<sup>3</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科

<sup>4</sup>筑波大学、<sup>5</sup>福島県立医科大学

\*責任著者: nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

原発は世界各地にある一方、稀にはあるが重大事故が起きることから、事故の経験や教訓を国際社会で共有する必要がある。事故後の対策や研究において、福島第一原発の事故の25年前、1986年に発生したチェルノブイリ原発事故と事故後の経験が福島で活かされてきてきた。ウクライナ政府は、2012-2014年頃からチェルノブイリ立入禁止区域（ChEZ）の有効利用を進める方針とし、中心エリアでは、放射性廃棄物管理や再生可能エネルギーなど新産業を活発化させ、その外側は野生生物の保護区とする計画である。この計画の具体化には放射線量の把握や放射能の動態の予測等の課題がある。2017年から5年間の計画でSATREPS課題として採択された「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」では福島で事故後、環境放射能研究分野で新たに用いられ観測や分析手法を ChEZ での研究に導入し、それまで ChEZで研究を行ってきた12のウクライナの研究機関と共同で、①クーリングポンドの水位低下に伴う環境変化と放射能動態の把握、②森林と草地と河川の放射能動態、③大気を通じた放射能の拡散という研究対象に取り組んできた。さらには、これらの研究成果に基づいて、ウクライナ政府の ChEZ 有効利用を活性化するための具体的な施策に資するとともに国際社会に両国から貢献することを目指している。

**キーワード:** チェルノブイリ、福島、避難区域

## S-02

### Childhood thyroid cancer around Chernobyl Nuclear Power Plant: The differences with Fukushima

Noboru Takamura\*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Atomic Bomb Disease Institute, Nagasaki University

<sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: takamura@nagasaki-u.ac.jp

After the accident at Chernobyl Nuclear Power Plant, childhood thyroid cancer increased due to the internal exposure of I-131. About five years after the accident, thyroid cancer has increased in children who were 0-5 years at the accident. Based on the lessons of Chernobyl accident, food control was implemented just after the Fukushima accident, to minimize the internal exposure to the thyroid gland in children. Due to this food control policy, it has been showed that the internal doses in children of Fukushima was relatively limited.

**Keywords:** Chernobyl, thyroid cancer, radioiodine

### チェルノブイリ周辺地域における小児甲状腺がんの特徴、および福島との相違について

高村昇\*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>長崎大学原爆後障害医療研究所

<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者：takamura@nagasaki-u.ac.jp

1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故によって、特にヨウ素131といった短半減期性のヨウ素がヒト甲状腺の内部被ばくを引き起こしたことが知られている。事故から5年後の1990年ごろより、事故当時特に事故当時0歳から5歳といった世代における甲状腺がんの増加がみられた。2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故直後、日本では暫定基準値を設定し、それを上回る食品について出荷制限、摂取制限の対象となった。これはチェルノブイリ事故の教訓を踏まえ、特に事故初期の放射性ヨウ素による小児の甲状腺内部被ばくを低減化することを目的としたものであった。これによって福島県における放射性ヨウ素による甲状腺の内部被ばくは、チェルノブイリ周辺地域に比較しても十分に低いことが示されている。

**キーワード：**チェルノブイリ、甲状腺がん、放射性ヨウ素

## S-03

## Fukushima and Chernobyl: Similarities and differences of radiocesium behavior in soil-water environment

Alexei Konoplev\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: r701@ipc.fukushima-u.ac.jp

The ease with which radionuclide moves through the environment and is taken up by plants and animals is determined by its chemical forms and site-specific environmental characteristics. The peculiarities in climate, geomorphology and <sup>137</sup>Cs speciation in the fallout were demonstrated to lead to differences in migration rates of <sup>137</sup>Cs in the environment and rates of its natural attenuation. It has been revealed that in the exclusion zone the Fukushima-derived <sup>137</sup>Cs is strongly bound to soil and sediment particles, which reduces potential bioavailability of this radionuclide. Substantial fraction of the deposited <sup>137</sup>Cs on soil of the exclusion zone were found to be incorporated in hot glassy particles (“Cs balls”) insoluble in water. These particles are decomposing in the environment essentially slower as compared with Chernobyl derived fuel particles. Wash-off from the slopes of contaminated catchments and river transport are key long-term pathways for radionuclide dispersal from contaminated areas after the Fukushima accident. The climate conditions for the Fukushima Prefecture of Japan are characterized by higher annual precipitation (1300-1800 mm/year) with maximum rainstorm events during typhoon season. Typhoons Etou in 2015 and Hagibis in 2019 demonstrated the substantial redistribution of <sup>137</sup>Cs on river watersheds and floodplains and in some cases natural self-decontamination occurred. Steep slopes of Fukushima catchments are conducive to higher erosion and higher particulate r-Cs wash-off. Irrigation ponds in Okuma and Futaba towns demonstrated persistent behavior of <sup>137</sup>Cs similar to the closed lakes in Chernobyl, its concentration is decreasing slowly and showing regular seasonal variations: the <sup>137</sup>Cs concentrations tend to grow in the summer and decrease in the winter.

**Keywords:** Fukushima, Chernobyl, radiocesium, fate, transport, self-purification.

## 福島とチェルノブイリ：土と水の中の放射性セシウムの動き、似ていることと違うこと

アレクセイ・コノプリョフ\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: r701@ipc.fukushima-u.ac.jp

放射性核種が環境内を移動し、植物や動物に吸収される容易さは、その化学形態と固有の環境特性によって決まります。気候や地形、そして降下した <sup>137</sup>Cs の化学形態が異なっていると、環境中の <sup>137</sup>Cs の移動速度と自然減衰の速度に違いが生じることが示されています。避難区域では、福島由来の <sup>137</sup>Cs が土壌および堆積物粒子に強く結合しており、この放射性核種の潜在的な生物学的利用能が低下することが明らかになっています。避難区域の土壌に沈着した <sup>137</sup>Cs のかなりの割合が、不溶性のガラス状粒子（「Cs ボール」）に取り込まれていることがわかりました。これらの粒子は、チェルノブイリ由来の燃料粒子と比較して、環境中で（本質的に）ゆっくりと分解します。福島事故後、汚染された流域内の斜面からの土砂流出と河川による輸送が長期的な放射性核種の拡散経路になっています。日本の福島県の気候条件は、台風シーズン中に最大の暴風雨イベントを伴うより高い年間降水量（1300～1800 mm/年）によって特徴付けられます。2015年の台風18号（Etou）と2019年の台風19号（Hagibis）は、流域とその氾濫原での <sup>137</sup>Cs の大幅な再拡散を起し、場合によっては自然の自浄作用をもたらしました。福島の集水域の急斜面は、侵食の増加と粒子状の放射性Csの流出を促進します。大熊町と双葉町の灌漑池では、長期的には <sup>137</sup>Cs 濃度が緩やかに減少しますが、短期的には濃度は夏に上昇し、冬に減少するという季節性を示しており、チェルノブイリ近くの湖と似たような <sup>137</sup>Cs の挙動となりました。

**キーワード:** 福島、チェルノブイリ、放射性セシウム、挙動、輸送、自己浄化

## S-04

## Chernobyl and Fukushima forests: impacts and dynamics of radioactive contamination

Vasyl Yoschenko\*<sup>1</sup>, Kenji Nanba<sup>1</sup>, Valery Kashparov<sup>2</sup>, Dmytrii Holiaka<sup>2</sup>, Yuichi Onda<sup>3</sup>, Azusa Goto<sup>1</sup>, Hiroko Nagata<sup>1</sup>, Kenji Watanabe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

<sup>3</sup> Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

\*Corresponding author: r705@ipc.fukushima-u.ac.jp

Forests cover the major parts of areas that were contaminated with radionuclides released during the Chernobyl and Fukushima accidents. In the Chernobyl zone, forest ecosystems play a role of the environmental repositories of radionuclides that prevent radioactivity from spreading to the populated areas. Decontamination of Chernobyl forests has never been planned, and the forest countermeasures are being implemented to minimize radiation exposures on people rather than to revitalize forestry. The potential for commercial use of forest products from contaminated areas depends on the level of radionuclide deposition and whether the level of radionuclide concentrations in wood complies with national standards. On the other hand, Chernobyl forests, remaining contaminated for more than three decades, provide the opportunities for the long-term radionuclide dynamics studies.

In Fukushima, the extensive remediation efforts have been made to prepare conditions for returning people to a large part of the areas that were impacted by the FDINPP accident. This includes the thorough decontamination of the residential and agricultural lands, roads etc. In forests, however, decontamination has been performed or scheduled only within the limited areas and, similarly to the countermeasures that were applied to in Chernobyl forests, is aimed at reduction of exposures on population.

In our presentation, we compare the levels of radioactive contamination in the forest ecosystems in Chernobyl and Fukushima, analyze how they changed over time in different forest compartments (e.g. wood, leaves, soil), and clarify the processes that caused such changes. We identify common and different trends in radionuclide dynamics in the forest ecosystems in Chernobyl and Fukushima. Finally, we discuss the perspectives of revitalization of commercial forestry in contaminated areas.

**Keywords:** forest ecosystems, Fukushima, Chernobyl, radionuclide dynamics; revitalization of forestry.

## チェルノブイリと福島森林：放射性セシウムの循環移動

ヴァシル・ヨシエンコ\*<sup>1</sup>、難波謙二<sup>1</sup>、ヴァレリー・カシュパロフ<sup>2</sup>、ドミトリー・ホリアカ<sup>2</sup>、恩田裕一<sup>3</sup>、後藤あずさ<sup>1</sup>、永田広子<sup>1</sup>、渡邊憲司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>ウクライナ国立生活環境科学大学、<sup>3</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

\*責任著者：r705@ipc.fukushima-u.ac.jp

チェルノブイリおよび福島の事故で汚染された面積の中で森林は大きな割合を占める。チェルノブイリの立入禁止区域では、森林生態系は放射性物質を貯留し、居住区域への拡散を防止する役割を果たしている。当地では森林の除染は計画されたことが無く、実施された対策は林業復興のためというより、人の被曝を防止あるいは低減するのが目的である。林産物利用の可能性は放射性物質の沈着量に依存し、木材中の濃度が国の基準を満たす必要がある。他方、除染を行わないチェルノブイリの森は、放射性核種が長期的にどのような動態を示すのかを研究する機会を提供している。

福島では、事故の影響を受けた多くの地域において、住民が帰還できるようにさまざまな努力が払われてきた。これには住宅や農地、道路等の除染が含まれる。しかしながら、森林はごく限られた面積に限定して除染が実施または計画され、その目的はチェルノブイリでの対策と同じく、人への被曝を低減することである。

発表では、チェルノブイリと福島の森林生態系での放射性物質濃度を比較したうえで森林の各構成部分（樹木、葉、土壌など）においてどのような経時変化があったか分析し、変化を引き起こしたプロセスを明らかにする。さらにチェルノブイリと福島の森林生態系での放射性物質の循環移動における共通点と相違点を確認し、最後に汚染地域での林業復興の見通しについて議論する。

**キーワード：**森林生態系、福島、チェルノブイリ、放射性核種の動態、林業の活性化

## S-05

### Dynamics of radionuclides throughout the river network in Chernobyl and Fukushima

Yasunori Igarashi\*<sup>1</sup>, Member of the SATREPS “Chernobyl” Project <sup>1,2,3,4,5</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Faculty of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, <sup>3</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University

<sup>4</sup>University of Tsukuba, <sup>5</sup>Fukushima Medical University

\*Corresponding author: y-igarashi@ipc.fukushima-u.ac.jp

Radionuclides which was released into the atmosphere due to a nuclear accident or the like are deposited on the ground surface and then transported to the downstream of the river basin via a river network as dissolved and suspended forms. For this reason, rivers are known to play an important role in redistributing radionuclides deposited on the ground surface. Inside the Chernobyl exclusion zone, the radionuclides concentration in rivers has been measured continuously since the 1986 nuclear accident. Results of long-term observations over more than 30 years in Chernobyl rivers indicate that (1) dissolved and suspended concentrations in river water declined significantly in the first 5-7 years, followed by a gradual decline over the next 30 years, and the trend continues even now, and that (2) the solid-liquid distribution ratio increases with time. Until now, the concentration of radioactive cesium in rivers has been measured in various rivers in Fukushima. From numerous previous studies, similarities and differences from Chernobyl have become apparent. At the symposium, we would like to introduce the latest research on radioactive materials flowing in rivers, comparing Chernobyl restricted areas with Fukushima.

**Keywords:** Chernobyl and Fukushima, river water system, radionuclides dynamics

### チェルノブイリと福島における河川網を介した放射性物質の動態

五十嵐康記\*<sup>1</sup>、SATREPS 課題「チェルノブイリ災害後の環境管理支援技術の確立」参加メンバー<sup>1,2,3,4,5</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>福島大学共生システム理工学類・大学院共生システム理工学研究科、

<sup>3</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科、<sup>4</sup>筑波大学、<sup>5</sup>福島県立医科大学

\*責任著者: y-igarashi@ipc.fukushima-u.ac.jp

原発事故等により大気中に放出された放射性物質は、地表面に沈着したのち溶存態および懸濁態として河川網を介して流域の下流側に輸送される。このため、河川は地表面に沈着した放射性物質の再拡散に重要な役割を果たす事が知られています。チェルノブイリ規制区域内では、1986年の原発事故以降、河川中の放射性物質濃度の計測が継続的に行われています。

チェルノブイリの河川における30年以上にわたる長期観測の結果から、(1)河川水中の溶存態・懸濁態濃度は最初の5-7年で大きく低下し、その後の30年近くに渡り緩やかな低下傾向が現在でも続いている事、(2)固液分配比は時間経過と共に増加している事が分かっています。これまで福島では様々な河川で、河川中の放射性セシウム濃度の計測がおこなわれてきています。その結果、チェルノブイリとの類似点・相違点が明らかになってきています。

シンポジウムでは、河川中を流れる放射性物質に関する最新研究を、チェルノブイリ規制区域と福島とを対比させながらわかりやすく紹介します。

**キーワード:** チェルノブイリと福島、河川網、放射性物質の動態



## S-06

## Temporal trends of radio-cesium concentration in the marine environment after the Chernobyl and Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accidents

Hyo Takata\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: h.takata@ier.fukushima-u.ac.jp

Baltic and Black Seas are mostly affected areas by the accident at the Chernobyl nuclear power plant (CNPP) in 1986. Since Fukushima Daiichi nuclear power plant (FDNPP) is located on the coast of the North Pacific Ocean in east Japan, its accident resulted in the release of large amounts of radiocesium to the surrounding coastal marine environment (i.e. the waters off Fukushima and neighboring prefectures). The temporal change of radiocesium concentration in seawater after both accidents was largely dependent on their submarine topography: The Baltic and Black Seas are semi-closed basins, while the waters off Fukushima and neighboring prefectures is directly connected to open-water. Although concentration of radiocesium (<sup>137</sup>Cs) in the surface water of the Baltic Sea (central part) continuously decreased, the values in 1994, eight years after the accident, were even higher than pre-accident level in 1985. On the other hand, in the waters off Fukushima and neighboring prefectures <sup>137</sup>Cs concentrations in 2019, eight years after the accident, are approaching the pre-accident levels of 2010. The quick decrease is attributable to the intrusion or mixing of water masses with low <sup>137</sup>Cs.

**Keywords:** Baltic Sea, Black Sea, the waters off Fukushima Prefecture, topography

## チェルノブイリと福島第一原発事故後の海洋環境中の放射性セシウム濃度の変遷

高田兵衛\*<sup>1</sup>

福島大学環境放射能研究所<sup>1</sup>

\*責任著者:h.takata@ier.fukushima-u.ac.jp

チェルノブイリ原発事故の影響を大きく受けた主な海域はバルト海と黒海である。福島第一原発事故の影響を受けた海域は東日本の北太平洋側沿岸である。両事故の影響を受けた海域の大きな違いはその海洋構造にある。バルト海及び黒海は閉鎖性海域である一方、東日本の太平洋側沿岸は直接北太平洋と広がる開放性海域である。これらの異なる海洋構造が、事故後の海洋環境中での放射性セシウムの濃度変遷に影響を与えている要因の一つと考える。バルト海（中央部）表層の放射性セシウム濃度（セシウム-137）はチェルノブイリ原発事故以降、半減期10年程度で減少し、事故から8年経過した1994年時点では事故前の数値よりも高い値であった。その一方、東日本の北太平洋側では福島第一原発事故以降の事故から、同じ8年後の2019年にはほぼ事故前の数値に近づいていた。この早い減少は開放性海域での海洋の希釈拡散効果が大きいためと考える。

**キーワード:** バルト海、黒海、福島県沿岸海域、海洋構造



