



福島大学環境放射能研究所

第8回 成果報告会

The 8th Annual Symposium of the IER, Fukushima University

要旨集

Abstracts

2022 2/28 - 3/1

会場

コラッセふくしま

4階多目的ホール・3階企画展示室
オンライン同時配信

主催

国立大学法人
福島大学
Fukushima University



環境放射能研究所
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY

後援

福島県 筑波大学 広島大学 長崎大学 東京海洋大学
公立大学法人福島県立医科大学
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

はじめに

2021年度も新型コロナウイルス感染症大流行が収まらない一年となり、研究所のさまざまな活動も引き続き縮小やオンライン化を余儀なくされました。年次の成果報告会も、一昨年度は実現せず、昨年度はオンラインのみの開催となりました。今年度は、10月に震災と原発事故から10周年を記念する国際シンポジウムを会場参加とオンライン参加と併せて実施しましたが、今回の成果報告会も同様に会場とオンラインの両方で開催する方針で準備を進めてきました。

今年度の成果報告会は「福島原発事故後の環境放射能～研究成果から見える将来～」と題して開催します。2021年度は、ALPS処理水の海洋放出が決定され、特定復興再生拠点区域の避難指示解除準備が大詰めの段階となり、いわゆる白地地区の避難指示解除方針も示され、中間貯蔵施設への運搬もほぼ完了になりました。震災以降禁漁が続いていた阿武隈川流域河川での漁業も一部の魚種と区間を除いて解禁となりました。震災と原発事故から10年を経て、復興に向けた諸事業が着実に進捗してきています。一方、こうした諸事業に関係する環境放射能上の問題が今後の課題として顕在化して来とも言えます。これは、環境中の放射能に対する懸念や不安材料が増えたということでもあります。

このような今後の課題に対して、環境放射能研究を継続し成果の報告を続けることが重要であることは今までと変わりありません。しかし、これまでの研究から環境放射能の動態についての成果や知見が蓄積しており、今後を予測する手がかりはずっと厚みを増していると言えるでしょう。10年の研究成果から見てきた生態学および水文気象学的な放射性物質の動きの傾向は、今後も人間活動と放射能汚染とが共存する領域での活動に対して、一層的確な判断材料を提供するものと思います。これらの観測とそれに基づく予測は、原発事故の影響を受けた福島から発信することがらとして、世界共通の関心に対しても応えるものであると考えています。なにより、今日の報告会で皆様の関心に応えることができれば幸いです。

福島大学環境放射能研究所 所長

難波 謙二

FOREWORD

In 2021, the pandemic of COVID-19 did not abate, and various activities of the institute were forced to be scaled down or moved go online. The IER Annual Symposium in March 2020 was canceled and the symposium in March 2021 was held online only. In October 2021, we held an international symposium, both on-site and online, to commemorate the 10th anniversary of the earthquake and nuclear power plant accident. Likewise, we have prepared for this Annual Symposium to be held both on-site and online.

This Annual Symposium is held under the title of "Fukushima Post-Accident Contamination - Consequences and long-term trends -". In 2021, the decision was made to discharge ALPS treated water into the ocean, preparations for lifting evacuation orders in the Specified Reconstruction and Revitalization Base reached in the final stage, the government policy for lifting evacuation orders for off-Base areas, so-called Shirachi Area, was announced, and the transportation of the removed soil to the interim storage facilities is almost complete. In addition, the fishing ban on the Abukuma River system since the disaster has been lifted except for a few species and sections. Ten years after the earthquake and the nuclear power plant accident, various projects for reconstruction have been making progress steadily. At the same time, the environmental radioactivity issues related to these projects have become apparent as future challenges. This also means that there is a growing concern and anxiety about environmental radioactivity.

In order to address these future challenges, it remains important to continue research on environmental radioactivity and to report the results. On a positive note, however, the research conducted so far has accumulated a great deal of knowledge and expertise on the dynamics of environmental radioactivity, and has provided many clues for future predictions. The ecological and hydro-meteorological trends in radionuclide migration that we have learned over the past decade will continue to provide more accurate information for decision-making in areas where human activities and radioactive contamination coexist. I believe that these observations and the predictions based on them will respond to the common interest of the world, as they will be transmitted from Fukushima, the place where has been affected by the nuclear accident. Above all, I hope that today's Annual Symposium will respond to your interest.

NANBA Kenji

Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

Working Group for The 8th Annual Symposium of the IER, Fukushima University

KONOPLEV Alexei	(Project Professor)
Ismail Md. Mofizur RAHMAN	(Associate Professor)
WADA Toshihiro	(Associate Professor)
TAKATA Hyoe	(Project Associate Professor)
ISHINIWA Hiroko	(Project Assistant Professor)
IGARASHI Yasunori	(Project Assistant Professor)
KIMURA Airu	(Staff of the Support Unit)
NAGATA Hiroko	(International Coordinator)
TAKAYAMA Fumi	(Research Coordinator)
ABE Natsu	(Research Coordinator)

Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University
1 Kanayagawa, Fukushima City, Fukushima Prefecture, JAPAN
Phone +81-24-504-2114 Fax +81-24-503-2921
E-mail ier@adb.fukushima-u.ac.jp
http://www.ier.fukushima-u.ac.jp/index_e.html

第8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
五十嵐康記	特任助教
木村 会留	主事
永田 広子	国際コーディネーター
高山 芙美	研究コーディネーター
阿部 那津	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
<http://www.ier.fukushima-u.ac.jp>

Venue Guide Map / 会場案内

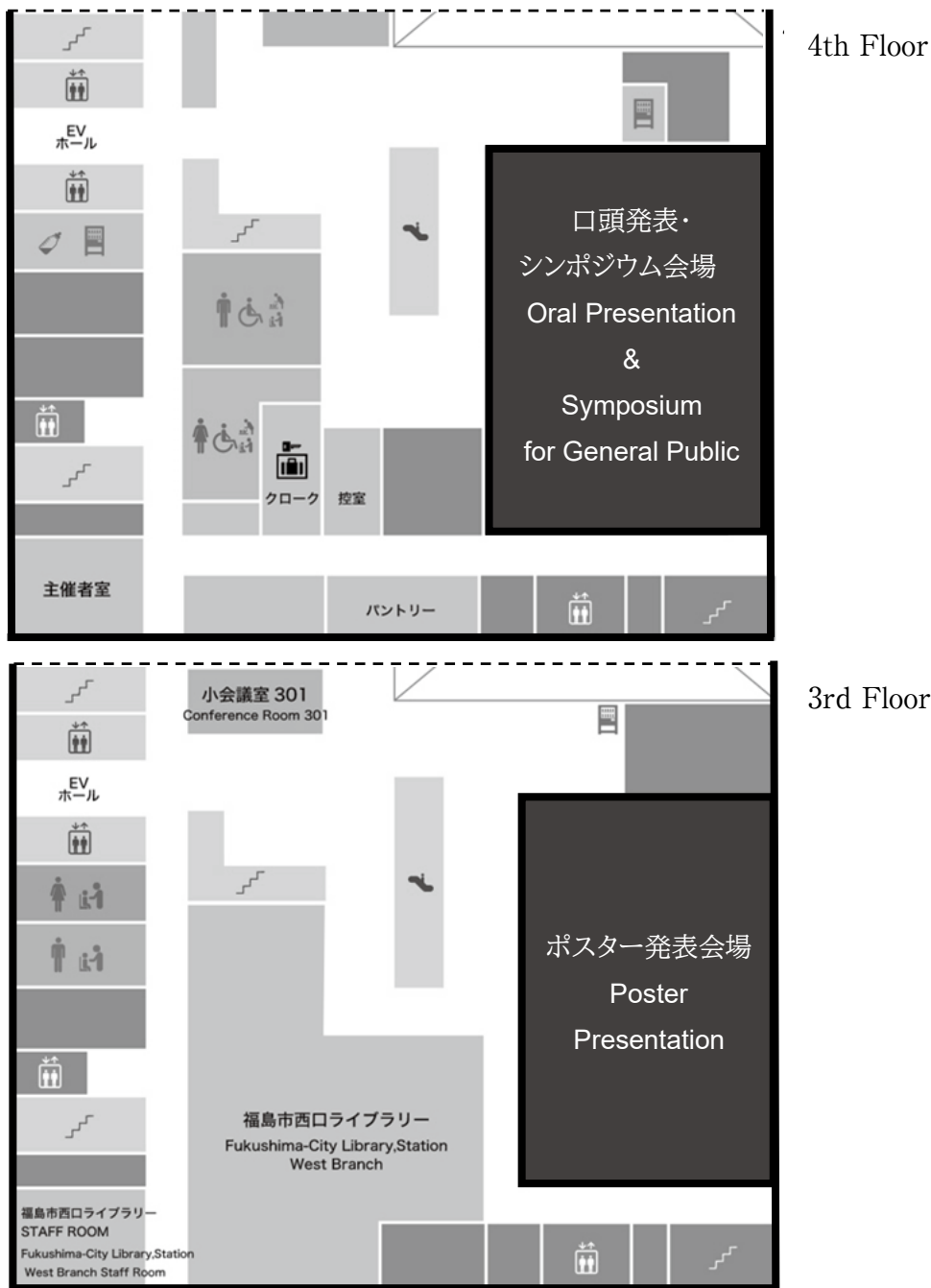
CORASSE Fukushima

1-20 Mikawaminamimachi, Fukushima City,
Fukushima Prefecture, JAPAN

コラッセふくしま

福島県福島市三河南町1番20号

Floor Guide / フロアガイド



3月1日 March 1, 2022

市民向けシンポジウム / Symposium for the General Public

13:00		開会挨拶 / Opening Remarks 福島大学 学長 三浦 浩喜 / MIURA Hiroki, President, Fukushima University	
13:05		趣旨説明 / Overview 福島大学環境放射能研究所 所長 難波 謙二 / NANBA Kenji, Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University	
13:10	S-01	環境放射能研究の今までの知見と課題 難波謙二 Findings and issues in environmental radioactivity research NANBA Kenji	11
13:35	S-02	福島第一原発由来廃棄物の安全な処理に向けた課題克服へのアプローチ イスマイル・ラハマン、ジンナット・アラ・ベガン、フェルドース・アラム、長谷川浩 Approaches to overcome the challenges in safe processing of Fukushima-derived waste Ismail M.M. RAHMAN, Zinnat A. BEGUM, M. Ferdous ALAM, HASEGAWA Hiroshi	12
14:05		休憩 / Break	
14:15	S-03	福島第一原発周辺ならびに日本全国の沿岸におけるトリチウムの現状 高田兵衛 Tritium in the vicinity of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and the coastal region around Japan TAKATA Hyoe	13
14:45	S-04	福島原発事故後の河川における汚染状況の長期予測 マーク・ジェレズニヤク Predictions of long-term trends in the Fukushima post accidental river water contamination Mark ZHELEZNYAK	14
15:15		休憩 / Break	
15:25	S-05	帰還困難区域に生息する野生動物への放射線影響 石庭寛子 Radiation effects on wildlife inhabiting difficult to return zones ISHINIWA Hiroko	15
15:55	S-06	作物中放射性Csと¹²⁹I濃度、および摂取による内部被ばく線量 塚田祥文、高橋知之、福谷哲 Activity concentrations of radiocaesium and ¹²⁹I in agricultural crops, and internal radiation doses from ingestion TSUKADA Hirofumi, TAKAHASHI Tomoyuki, FUKUTANI Satoshi	16
16:25		総合討論 / Discussion	
16:55		閉会挨拶 / Closing Remarks 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 / KONOPLEV Alexei Vice Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University	

2月28日 February 28, 2022

Oral Presentation for Experts / 専門家向け口頭発表

- 13:00 **Opening remarks**
NANBA Kenji, Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University
- 13:05 O-01 **Long term behavior of ^{137}Cs and tritium derived from atmospheric nuclear weapons tests and other sources in the North Pacific and the Japan Sea since the 1960s and future**
AOYAMA Michio
1960年代以降および将来の、大気圏内核実験および他の発生源から放出されたセシウム137とトリチウムの北太平洋と日本海における長期挙動
青山道夫 19
- 13:35 O-02 **Return of the Fukushima-derived radiocesium along with the anticlockwise subarctic gyre current in the North Pacific Ocean**
KUMAMOTO Yuichiro
北太平洋亜寒帯循環流に沿った福島第一原発事故起源放射性セシウムの回帰
熊本雄一郎 20
- 14:05 O-03 **Comparison of cesium-bearing microparticles from marine and terrestrial sources**
MIURA Hikaru, KUBO Atsushi, ISHIMARU Takashi, ITO Yukari, KANDA Jota, TSUMUNE Daisuke
海洋由来と陸域由来の放射性セシウム粒子の比較
三浦輝、久保篤史、石丸隆、伊藤友加里、神田穰太、津旨大輔 21
- 14:35 **Break**
- 14:45 O-04 **A comparative study of riverine ^{137}Cs dynamics during high-flow events at three contaminated river catchments in Fukushima**
NIIDA Takuya, WAKIYAMA Yoshifumi, TAKATA Hyoe, TANIGUCHI Keisuke, KUROSAWA Honoka, FUJITA Kazuki, KONOPLEV Alexei
浜通り地域3流域における出水イベント時の河川 ^{137}Cs 動態の比較
新井田拓也、脇山義史、高田兵衛、谷口圭輔、黒澤萌香、藤田一輝、アレクセイ・コノプリョフ 22
- 15:15 O-05 **Long-term trends in radiocesium dynamics in Fukushima forests**
Vasyl YOSCHENKO, NANBA Kenji, NAGATA Hiroko, WATANABE Kenji 23
- 15:45 O-06 **Characteristics of immobile radiocesium-bearing particles in soils**
YAMAGUCHI Noriko, OKUMURA Taiga, KOGURE Toshihiro
土壌中に存在する放射性セシウムを不動化した粒子の特徴
山口紀子、奥村大河、小暮敏博 24
- 16:15 **Break**
- 16:25 O-07 **Estimation of rooting depth of ^{137}Cs uptake by plants**
NGUYEN Phuong Thoa, KUROSAWA Takahide, KIKUCHI Mihoko, Vasyl YOSCHENKO, TSUKADA Hirofumi 25
- 16:50 O-08 **Introgression of invasive pig genes into wild boar following the Fukushima events in 2011**
Donovan ANDERSON, NEGISHI Yuki, ISHINIWA Hiroko, OKUDA Kei, Thomas G. HINTON, TOMA Rio, NAGATA Junco, TAMATE Hidetoshi B., KANEKO Shingo 26
- 17:20 **Discussion**
- 17:35 **Closing Remarks**
TAKAMURA Noboru, Vice Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University / Professor, Nagasaki University

Poster Presentation for Experts / 専門家向けポスター発表

Ocean / 海洋

- P-01** ¹³⁷Cs concentration and year-class structure of rockfish in Fukushima
AMANO Yosuke, MORIOKA Yoshiaki, WATANABE Sho, ENOMOTO Masahiro,
WATANABE Toru, WADA Toshihiro
Sebastes属魚類における¹³⁷Cs濃度と年級構造について
天野洋典、守岡良晃、渡部翔、榎本昌宏、渡辺透、和田敏裕 29
- P-02** Variation of radiocaesium in seawater and sediment around off Fukushima
AONO Tatsuo, NISHIKAWA Jun, OTASAKA Shigeyoshi, TAKATA Hyoe,
MISONOU Toshiharu, NAKANISHI Takahiro, MIURA Hikaru, FUKUDA Miho,
KAMBAYASHI Shota, SAKURADA Masanobu, TAKAHASHI Hiroyuki,
YAMAZAKI Shinosuke
福島沖における海水と堆積物中の放射性セシウム濃度変動について
青野辰雄、西川淳、乙坂重嘉、高田兵衛、御園生敏治、中西貴宏、三浦輝、福田美保、神林翔太、
櫻田正宣、高橋博路、山崎慎之介 30
- P-03** Estimation of depuration rate of ¹³⁷Cs activity in spotted halibut *Verasper variegatus* by individual rearing experiment
SUZUKI Shotaro, MORIGUCHI Takahiro
個別飼育試験によるホシガレイの¹³⁷Cs蓄積量の低下率の推定
鈴木翔太郎、森口隆大 31
- P-04** On plankton-net samples with high radiocesium concentration collected off Fukushima Prefecture: Further analysis of radiocesium distribution
KANDA Jota, ITO Yukari, ISHIMARU Takashi
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：放射性セシウム分布の続報
神田稷太、伊藤友加里、石丸隆 32

Rivers and Lakes / 河川・湖沼

- P-05** The effect of decontamination on the downstream Cs-137, and sediment flux in Kuchibuto river catchment
ONDA Yuichi, MAKINO Fumiaki, TANIGUCHI Keisuke, WAKIYAMA Yoshifumi
口太川における上流域の除染が下流河川のCs-137、土砂フラックスに及ぼす影響
恩田裕一、牧野史明、谷口圭輔、脇山義史 33
- P-06** Effects of agricultural activities on seasonal changes in dissolved and suspended ¹³⁷Cs concentrations in rivers
KIMOTO Misaki, NANBA Kenji, IGARASHI Yasunori, KUROSAWA Honoka,
YAMAKAWA Yoshiki, KUWAHARA Yamato, OSADA Kentaro
農作業が河川中の溶存態および懸濁態¹³⁷Cs濃度の季節変化に与える影響の解明
木本美咲、難波謙二、五十嵐康記、黒澤萌香、山川喜輝、桑原大和、長田健太郎 34
- P-07** Factors controlling the dissolved ¹³⁷Cs seasonal fluctuations in the Abukuma River under the influence of the Fukushima Nuclear Power Plant accident
IGARASHI Yasunori, NANBA Kenji, WADA Toshihiro, WAKIYAMA Yoshifumi,
ONDA Yuichi, MORITAKA Shota, KONOPLEV Alexei
福島事故の影響を受けた阿武隈川の溶存態¹³⁷Cs季節変動の支配因子
五十嵐康記、難波謙二、和田敏裕、脇山義史、森高祥太、恩田裕一、
アレクセイ・コノプリョフ 35
- P-08** Decreasing tendencies of ¹³⁷Cs concentrations in Masu salmon in a river and a dam lake in a water system
FUNAKI Yuto, WADA Toshihiro, ISHII Yumiko, HAYASHI Seiji, NANBA Kenji,
UENOYAMA Daisuke, NAKAKUBO Hiroki, KAMIYAMA Kyoichi
同一水系内における河川と湖沼のヤマメ¹³⁷Cs濃度減少傾向の差異
舟木優斗、和田敏裕、石井弓美子、林誠二、難波謙二、上野山大輔、中久保泰起、神山享一 36

P-09	Vertical distribution of ¹³⁷Cs in bottom sediments represents time changes of water contamination: Chernobyl and Fukushima KONOPLEV Alexei, WAKIYAMA Yoshifumi, WADA Toshihiro, IGARASHI Yasunori, LAPTEV Gennady, GOLOSOV Valentin, IVANOV Maxim, KOMISSAROV Mikhail, NANBA Kenji	37
P-10	The ¹³⁷Cs dynamics after decontamination in an urban pond KUROSAWA Honoka, NANBA Kenji, WADA Toshihiro, WAKIYAMA Yoshifumi 都市ため池における除染後の¹³⁷Cs動態 黒澤萌香、難波謙二、和田敏裕、脇山義史	38
P-11	Morphology of particulate ¹³⁷Cs in the Abukuma River YAMAKAWA Yoshiki, NANBA Kenji, IGARASHI Yasunori, KUROSAWA Honoka, KUWAHARA Yamato, OSADA Kentaro, KIMOTO Misaki 阿武隈川における懸濁態¹³⁷Csの形態について 山川喜輝、難波謙二、五十嵐康記、黒澤萌華、桑原大和、長田健太郎、木本美咲	39
P-12	Vertical distribution of radiocesium in bottom sediments of agricultural reservoirs and its impact on decontamination Estiner W KATENGEZA, SANADA Yukihisa, OCHI Kotaro, IIMOTO Takeshi	40

Ecosystem and Effects / 生態系・影響

P-13	Effect of monovalent cation on cesium accumulation in rice FURUKAWA Jun, LI Chenyu 水稲におけるセシウム蓄積に対する一価陽イオンの影響解析 古川純、李晨煜	41
P-14	Relationships of cesium-137 among submerged leaf litter and aquatic insects with different feeding groups in headwater streams KANASASHI Tsutomu, WADA Toshihiro, OSADA Kentaro 溪流中の堆積落葉及び食性の異なる水生昆虫の放射性セシウム濃度とその関係 金指努、和田敏裕、長田健太郎	42
P-15	Effects of radiation on the early development of sea urchin and Xenopus in the presence of DNA repair inhibitor TSUDA Masataka, SHIMIZU Naoto, Mahmoud SHOULKAMY, Amir SALEM, IDE Hiroshi DNA修復阻害剤下でウニおよびカエルの初期発生に及ぼす放射線の影響 津田雅貴、清水直登、シオルカミ・マハムド、サレム・アミール、井出博	43
P-16	Effects of preferential flow on the spatial heterogeneity and chemical form of Cs-137 in a cedar forest soil TAKAHASHI Junko, SASAKI Takuya, IGUCHI Satoshi, ONDA Yuichi スギ林土壌における放射性セシウムの空間不均一性および化学形態に対する選択流の影響 高橋純子、佐々木拓哉、井口啓、恩田裕一	44
P-17	Large variations of ¹³⁷Cs radioactivity and water-to-body concentration ratios of fish in Maeda River and an adjacent pond near the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant WADA Toshihiro, HINATA Akinori, FURUTA Yuma, SASAKI Keiichi, KONOPLEV Alexei, NANBA Kenji 福島第一原発近傍の前田川および下深沢ため池における魚類の¹³⁷Cs濃度および環境水-魚体濃度比の変動 和田敏裕、日向諒典、古田悠真、佐々木恵一、アレクセイ・コノプリョフ、難波謙二	45
P-18	Vertical distribution of Cs-rich micro particle in soils: A case study of forest soils in Date City and Namie Town TATSUNO Takahiro, WAKI Hiromichi, NAGASAWA Waka, NIHEI Naoto, MURAKAMI Masashi, OHTE Nobuhito 高濃度放射性セシウム含有粒子の鉛直分布に関する伊達市と浪江町の森林土壌における事例報告 辰野宇大、脇嘉理、長澤和佳、二瓶直登、村上正志、大手信人	46
P-19	SNP analysis of a DNA repair gene ATM in large Japanese field mouse (<i>Apodemus speciosus</i>) in radiation-contaminated areas ENDO Daiji, KUBO Mizuki, ISHINIWA Hiroko, ONUMA Manabu, NAKAJIMA Nobuyoshi 原発事故周辺地域のアカネズミにおけるDNA修復遺伝子多型 遠藤大二、久保瑞葵、石庭寛子、大沼学、中嶋信美	47

P-20	Comparison of radiocesium concentration in fungi and its transfer from soil KUWAHARA Yamato, Joske RUYTINX, Vasyl YOSCHENKO, NANBA Kenji 菌類の放射性セシウム濃度の比較と土壌からの移行 桑原大和、ヨスケ・ライティンクス、ヴァシル・ヨシェンコ、難波謙二	48
Measurement and Analysis / 計測・分析		
P-21	Gravitational separation of cesium-rich micro-particles from contaminated particles using heavy liquid solution YAMASAKI Shinya, MOROOKA Kazuya, NAKAMURA Tsukasa, SUEKI Keisuke, UTSUNOMIYA Satoshi 重液分離法による放射性セシウム含有粒子の分離挙動の検討 山崎信哉、諸岡和也、中村司、末木啓介、宇都宮聡	49
P-22	Elucidating differences between wet and dry deposited radiocesium in forests Donovan ANDERSON, KATO Hiroaki, ONDA Yuichi	50
P-23	Activity concentration of radiocaesium and internal radiation doses from self-consumed crops in Namie Town after the evacuation order cancelled KIKUCHI Mihoko, TSUKADA Hirofumi 避難指示が解除された浪江町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、塚田祥文	51
P-24	Development of a quantification technique for organic/inorganic iodine isotopes in aquatic system NISHIZUKA Kaito, SAKAGUCHI Aya, ASAI Shiho, HONDA Maki, TAKAKU Yuichi, SASA Kimikazu, TAKAHASHI Tsutomu, MATSUMURA Masumi, WADA Ayaka, MIURA Tsutomu, YAMASAKI Shinya, SUEKI Keisuke 水環境中における有機・無機ヨウ素同位体定量の試み 西塚魁人、坂口綾、浅井志保、本多真紀、高久雄一、笹公和、高橋努、松村万寿美、 和田彩佳、三浦勉、山崎信哉、末木啓介	52
P-25	A Novel Method for the Measurement of ⁹⁰Sr Using Thermal Ionization Mass Spectrometer Sarata KUMAR Sahoo, Norbert KAVASI, AONO Tatsuo	53
P-26	Measurement and analysis of radiation distribution images in the Hamadori area of Fukushima Prefecture using a Compton camera KAWAHARA Rika, OCHI Kotaro, YAMAGUCHI Katsuhiko, TORII Tatsuo コンプトンカメラによる福島県浜通りでの放射線分布画像の測定解析 河原梨花、越智康太郎、山口克彦、鳥居建男	54
P-27	Sorption-desorption coefficients of Cs, Sr and U in contaminated soils collected around Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Sharayu KASAR, Sarata KUMAR Sahoo, Norbert KAVASI, OMORI Yasutaka, SORIMACHI Atsuyuki, ARAE Hideki, AONO Tatsuo	55
P-28	Accurate measurement of ²³⁴U/²³⁸U and ²³⁵U/²³⁸U isotope ratio in water samples at picogram level using multiple collector inductively couple plasma mass spectrometry (MC-ICP-MS) Rajamanickam MURUGAN, Norbert KAVASI, Sarata KUMAR Sahoo, AONO Tatsuo	56
P-29	Hydrogeological characteristics of new groundwater observation wells installed around the cooling pond at ChNPP SATO Hikaru, SHIBASAKI Naoaki, Dmytro VEREMENKO チェルノブイリ原発の冷却池周辺に設置された新規地下水観測井の水文地質学的特性 佐藤ひかる、柴崎直明、ドミトロ・ベレメンコ	57
Modeling / モデリング		
P-30	Public understanding of complex dose systems and effects of changes in dose definitions FUKUDA Kazuto, OKURA Masahiro, SUGISAKI Norihiko, HASHIMOTO Makoto, IWAI Satoshi, IIMOTO Takeshi 複雑な線量体系に関する公衆理解と線量定義の変更に伴う影響に関する研究 福田一斗、黄倉雅広、杉崎則彦、橋本周、岩井敏、飯本武志	58
P-31	Monte Carlo simulation of NaI detector response for airborne monitoring Sam KOH Boon Kiat, HIRAO Shigekazu, TORII Tatsuo	59
P-32	Continuous measurement of radio-caesium concentration in air in Okuma HIRAO Shigekazu 大熊町の大気中放射性セシウムの濃度の連続観測 平尾茂一	60

市民向けシンポジウム

Symposium for the General Public

S-01

環境放射能研究の今までの知見と課題

難波謙二*^{1,2}

¹福島大学環境放射能研究所、²福島大学共生システム理工学類

*責任著者：nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

震災と原発事故からまもなく11年、環境放射能研究所発足からまもなく9年、この間、研究成果は着実に蓄積されてきた。この市民向けシンポジウムでは、研究所からよりすぐった研究者からの発表を用意している。はじめに化学的処理による汚染物浄化の技術について紹介する(ラハマン)。この技術は例えば、除染で発生した除去土壌の減容化にも適用できるが、適用範囲は他にもあろう。福島から発信される新技術開発である。環境中の動態として、トリチウムの海洋沿岸域での現状を紹介する(高田)。トリチウムは自然にも生成するが、その濃度は現状で一体どれほどなのか、また環境中をどのように挙動しているのか現在関心が高まっている。続いて、河川での放射性物質の動きの予測(ジェレズニヤク)について紹介する。河川は流域最上流の森林域から海洋まで水の通路であると同時に、溶存物質および侵食運搬堆積作用により粒状物質の動態に関わる。今までに蓄積した観測データをもとにシミュレーションモデルで将来を予測する。原発事故による野生動物への放射線影響(石庭)では、放射線影響からの防護の対象であり、ヒトにとっての環境の健全性の一つの指標とも言える野生動物で認められた事象について紹介する。最後に、除染や施肥などの対策が進んだ農地や農作物の放射能測定結果を紹介する(塚田)。今後の帰還困難区域の避難指示解除やそれに伴う、営農再開などで懸念されることがらに答える研究が継続されている。

キーワード：環境放射能動態、放射線影響

Findings and issues in environmental radioactivity research

NANBA Kenji*^{1,2}

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University,

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

It has been 11 years since the earthquake and the nuclear accident, and 9 years since the establishment of the IER. In this symposium, we have prepared presentations by selected researchers from the IER. The technology of contaminant purification by chemical treatment is introduced (Rahman). This technology can be applied, for example, to the volume reduction of removed soil by the decontamination, but there may be other applications as well. This is a new technology development from Fukushima. As for the behavior of radionuclides in the environment, the current status of tritium in marine coastal areas is introduced (Takata). Tritium is produced naturally, but there is a growing interest in tritium in terms of its concentration and behavior in the environment. Next, the prediction of radioactive material movement in rivers is introduced (Zheleznyak). A river is a water passage from the forest area in the basin to the ocean, and at the same time, it is involved in the dynamics of dissolved and particulate materials through erosion, transport, and sedimentation. A simulation model is used to predict the future based on the observation data accumulated so far. Radiation effects on wildlife is introduced (Ishiniwa). Wildlife is also subject to protection from radiation, which is also an indicator of the soundness of the environment for human. Research on the level of radioactivity in crops grown on farmland that has been decontaminated and fertilized (Tsukada) has also continued to address concerns about the lifting of evacuation orders in areas that are difficult to return to and the subsequent resumption of farming.

Keywords : environmental behavior of radionuclides, radiation effects on wildlife

S-02

福島第一原発由来廃棄物の安全な処理に向けた課題克服へのアプローチイスマイル・ラハマン^{*1}、ジンナット・アラ・ベガン¹、フェルドース・アラム²、長谷川浩³¹福島大学環境放射能研究所、²福島大学共生システム理工学研究科、³金沢大学理工研究域

*責任著者：immrahman@ipc.fukushima-u.ac.jp

津波で機能を失った福島第一原子力発電所の事故により大量の放射性核種が放出され、水圏や土壌圏など様々な環境媒体に蓄積した。事故後、2011年4月をピークに、それぞれの環境において放射性同位体濃度は減少した。しかしながら、原子炉の廃止措置、除去土壌、除染廃棄物の処理といった課題が残っている。なかでも未解決の課題は、回収された地下水と福島第一原発の放射線量が極めて高い原子炉内部により汚染した原子炉冷却水として保管された何千ものタンクである。またたくさんの袋に集められ一時保管されている除染廃棄物の扱ひも課題である。本講演では、こうした福島第一原発由来の廃棄物処理に向けた課題克服のためのアプローチについて、最新の研究を紹介する。

キーワード：放射性核種、福島、処理水、固形廃棄物、減容化

Approaches to overcome the challenges in safe processing of Fukushima-derived wasteIsmail M.M. RAHMAN^{*1}, Zinnat A. BEGUM¹, M. Ferdous ALAM², HASEGAWA Hiroshi³¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, ³Institute of Science and Engineering, Kanazawa University

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

Numerous radionuclides have been released from the tsunami-crippled Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) and accumulated in various environmental compartments, including hydrosphere and pedosphere. Since the accident, the concentrations of radioisotopes in different environmental segments decreased than at their peak in April 2011. However, challenges remain in decommissioning the reactors, clean-up of contaminated lands, or processing decontamination wastes. A major unresolved issue is what to do with the recovered groundwater and deliberately injected cooling waters stored in thousands of tanks in the FDNPP, as contaminated due to the interaction with the highly radioactive nuclear reactor cores. Handling of the decontamination wastes, as collected in large storage bags and temporarily stored, is also an issue of concern. An overview of the approaches adopted to overcome the challenges in processing Fukushima-derived waste will be discussed in the current work.

Keywords : radionuclide, Fukushima, treated water, solid waste, volume reduction

S-03

福島第一原発周辺ならびに日本全国の沿岸におけるトリチウムの現状高田兵衛*¹¹福島大学環境放射能研究所

*責任著者：h.takata@ier.fukushima-u.ac.jp

本成果報告会では1990年代から現在(2019-2020年)にかけて、日本の沿岸を中心とした海水や海産生物のトリチウムの濃度変遷について発表する。また、トリチウムが出す放射線の種類やそのエネルギーについてセシウム137との比較をしながら、その告示限度濃度(トリチウム：60,000ベクレル/リットル)等の基準値についても概説する。これらの理解を基に、海洋環境におけるトリチウムの濃度変遷について過去の調査結果を用いて、海水と海産生物の経年変化について説明する。1990年代から開始された精密なトリチウム測定の結果から、1990年代の東北北部の太平洋側沿岸での海水中トリチウム濃度は0.1~0.3ベクレル/リットル程度であり、現在より(約0.1ベクレル/リットル)わずかに高い値であった。その理由として、1963年まで行われた大気圏内核実験による影響が見られたためである。海産生物中のトリチウムは海水と同様な濃度レベルで変遷しており、2000年代中盤には六ヶ所村再処理施設の稼働による濃度変化があったものの、年々少しずつ減少し、現在では約0.1ベクレル/リットルとなっている。一方、福島第一原発周辺においては2013年から行われた精密なモニタリングの結果により、2019年では海水および海産生物中のトリチウム濃度は周辺海域以外の日本全国の濃度レベル(約0.1ベクレル/リットル)と同程度であった。

キーワード：日本全国の沿岸、事故前トリチウムレベル、海水、海産生物

Tritium in the vicinity of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and the coastal region around JapanTAKATA Hyoe*¹¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

This presentation focuses on spatiotemporal distributions of tritium (H-3) in coastal seawater and marine organisms collected from Japanese coastal regions from the 1990s to the present (2019-2020). In the presentation, the physicochemical property of this nuclide will be compared with that of Cs-137, and its regulatory standard for discharge to the environment will be outlined. Activities of H-3 in coastal seawater along the Pacific coast of northern Tohoku was about 0.3 Bq/L in 1990s. The value was slightly higher than the present value (about 0.1 Bq/L). Relatively high values in 1990's was due to the atmospheric nuclear tests that had been conducted until 1963. Temporal change of H-3 activities in marine organisms was similar to that in corresponding seawater although there was a slight change in the activities due to the test operation of the Rokkasho Reprocessing Plant in the middle of 2000s. Since then, it has gradually decreased and reached about 0.1 Bq/L at the present. According to the monitoring conducted around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant since 2013, H-3 activities in seawater as well as marine organisms were also the same level as that around Japanese coastal regions in 2019 (about 0.1 Bq/L).

Keywords : coastal regions around Japan, pre-accident tritium level, seawater, marine organism

S-04

福島原発事故後の河川における汚染状況の長期予測

マーク・ジェレズニャク*¹¹福島大学環境放射能研究所

責任著者：r702@ipc.fukushima-u.ac.jp

福島第一原発事故後、流域への大気沈着により、福島県内の河川やため池は¹³⁷Csで汚染された。流域から河川への¹³⁷Cs流出は強降雨時に増加し、河川中の¹³⁷Cs濃度を増加させる。本講演では、河川や溜池での放射性核種輸送の素過程の理解に基づいたモデル結果や、放射性核種の動態予測モデルの結果を紹介する。福島県山間部の流域では、豪雨による土壌侵食が激しく、そのため河川堆積物によって輸送される放射性セシウムの割合が、事故前の低地河川でのモデルと比較し極めて高い。そこで流域の侵食による土壌粒子や河川中の懸濁物による放射性核種の輸送を把握するため、事故前に開発された既存のモデリングツールを修正し、新しいツールが開発された。また、県内の河川貯水池が汚染堆積物の捕獲場所としての役割を果たすことも示された。さらに、チェルノブイリ原子力発電所事故の影響を受けた河川で1986年以降に測定されたデータと比較すると、モデリング結果は、福島県内の河川における¹³⁷Cs濃度は長期的にさらに減少する傾向があることを示した。しかしながら、台風による洪水が一時的に河川中の¹³⁷Cs濃度を上昇させる可能性は、今後数十年は引き続き考えられるだろう。

キーワード：河川中¹³⁷Cs、モデル、福島第一原子力発電所事故、予測

Predictions of long-term trends in the Fukushima post accidental river water contamination

Mark ZHELEZNYAK*¹¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

The rivers and reservoirs of the Fukushima Prefecture are contaminated by ¹³⁷Cs due to the atmospheric deposition on the watersheds after the accident at Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP). The intensity of the washing-out of ¹³⁷Cs from the watersheds to the rivers are increasing during the intensive rainstorms that is followed by the increasing of ¹³⁷Cs concentration in the river water. The presentation overviews the results of the modeling provided for better understanding of the processes driving the radionuclide transport in rivers and reservoirs and for forecasting of the radionuclide dynamics. High intensity of hillslope erosion in the Fukushima mountain watersheds, impacted by the heavy rainstorms, generates much higher percentage of radiocesium transported by river sediments in Fukushima rivers than in the lowland rivers modeled before FDNPP accident. The existing before FDNPP modeling tools were modified and the new tools were developed for the description of radionuclides transport by soil particles eroded from the watersheds and by suspended sediments in the rivers. The role of the river reservoirs of Fukushima Prefecture as traps for the contaminated sediments was demonstrated. In comparison with the data measured in the rivers impacted by the Chernobyl accident since 1986 the modeling results predict the long-term trend on further decreasing of ¹³⁷Cs concentration in the rivers of Fukushima Prefecture. The short-term increasing of ¹³⁷Cs concentration during the typhoon generated floods still will be possible during the next decades.

Keywords : ¹³⁷Cs in rivers, models, Fukushima Daiichi NPP accident, forecasting

S-05

帰還困難区域に生息する野生動物への放射線影響

石庭寛子*¹

¹福島大学環境放射能研究所

*責任著者：ishiniwa@ier.fukushima-u.ac.jp

2011年の震災に伴って起きた放射性物質の漏出により、福島県内では放射線が高濃度に沈着した地域で立ち入りが制限され、その地域に住んでいた人々は避難を余儀なくされました。一方、避難できない野生の動植物は、その場所で生活を営み続け10年余りが経過しました。本講演では、これまでに行われた野生動物に関する放射線影響研究について概観し、今後の動向について考えます。

放射線は生物のDNAを傷つけ、突然変異や奇形、組織や個体の死などを引き起こしますが、生物は元来DNAを傷から守る仕組みを獲得しており、傷は速やかに修復されます。しかし、受ける放射線量が多くなると、全ての傷の修復ができなくなり、影響が現れます。福島第一原発事故から間もない時期に行われた調査では、昆虫類で奇形が、齧歯類ではDNAの損傷などが報告されていますが、時間の経過及び線量の低下とともに影響は見られなくなっています。今後は、目に見えるような放射線の影響は検出できなくなり、タンパク質の増減などの細胞内の細かな反応のみに限られていくと考えられます。その一方で、無人という環境変化に反応してイノシシやツバメなどの生物の増加や減少が報告されています。今後、住民が帰還し水田などの環境が戻ることで、生物もその変化に反応するだろうと考えられます。

キーワード：放射線影響、DNA、損傷、修復、直接的影響、間接的影響

Radiation effects on wildlife inhabiting difficult to return zones

ISHINIWA Hiroko*¹

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

Due to the leaked radioactive materials that was caused as a result of the 2011 earthquake, tsunami, and subsequent nuclear power plant accident, access to areas with high levels of radiation in Fukushima Prefecture was restricted, and people living in those areas were forced to evacuate. On the other hand, wild animals and plants that could not be evacuated have continued to live there for more than 10 years now. In this presentation, I will review the radiation effect research on wildlife that has been conducted so far and consider future trends.

Radiation damages the DNA of living organisms, causing mutations, deformities, and death of tissues and individuals, but living organisms originally have a mechanism to protect their DNA from damage, and it is quickly repaired. However, when the amount of radiation they receive increases, it becomes hard to repair all the wounds and the effects appear. In surveys conducted soon after the Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant accident, morphological abnormality was reported in insects and DNA damage in rodents, but these effects have disappeared with the passage of time and the decrease in radiation dose. In the future, visible radiation effects will no longer be detectable and will be limited to minor cellular reactions such as the increase or decrease of proteins. On the other hand, the increase and/or decrease of wild boars, swallows, and other organisms in response to unmanned environmental changes have been reported. In the future, as residents return to the area and the environment such as paddy fields returns, organisms are expected to respond to these changes.

Keywords : radiation effect, DNA, damage, repair, direct effect, indirect effect

S-06

作物中放射性Csと¹²⁹I濃度、および摂取による内部被ばく線量塚田祥文*¹、高橋知之²、福谷哲²¹福島大学環境放射能研究所、²京都大学複合原子力科学研究所

*責任著者：hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp

2011年の東電福島第一原発(FDNPS)事故によって大量の放射性核種が環境中に放出された。主な放射性核種は、放射性希ガス、¹³¹Iと放射性Cs(¹³⁴Cs+¹³⁷Cs)であった。更に、長半減期である¹²⁹I(1600万年)も少量放出された。従って、放出された放射性核種の作物摂取による内部被ばく線量を評価することが重要となる。そこで、土壌と作物(ホウレンソウ、ジャガイモと玄米)を福島県内と隣接の宮城県と栃木県、更にFDNPSからの影響が限定的である愛知県から2018年と2019年に採取した。会津を除く浜通りと中通りの圃場では除染が行われ、土壌中¹³⁷Cs濃度は数百Bq kg⁻¹にあった。浜通りと中通りの玄米中¹³⁷Cs濃度は、他の地域より若干高い傾向にあり、1960年代中頃の日本の玄米中濃度と同様であった。浜通りで採取した土壌および作物中¹²⁹I濃度は、福島県内の他の地域より高い傾向にあった。土壌および作物中¹²⁹I濃度は、¹³⁷Cs濃度に比べ5~7桁低い値であった。浜通りで栽培された作物を摂取した際の放射性Csによる内部被ばく線量は0.0046 mSv(成人男子)であり、¹²⁹Iによる被ばく線量は0.00000045mSvと放射性Csからの被ばく線量の0.1%未満であった。

キーワード：東電福島第一原発事故、農作物、福島県、比較対象地域、放射性Cs、¹²⁹I

Activity concentrations of radiocaesium and ¹²⁹I in agricultural crops, and internal radiation doses from ingestionTSUKADA Hirofumi*¹, TAKAHASHI Tomoyuki², FUKUTANI Satoshi²¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

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

Significant quantities of radionuclides were released into the environment due to the 2011 TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS) accident. Radioactive noble gases, ¹³¹I, and radiocaesium (¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs) were the major radionuclides released into the environment. In addition, small amounts of very long-lived radionuclide of ¹²⁹I (1.6×10⁷y) were also released into the environment. It is important for estimating radiation dose assessment from intake of food. Soil and crops (Spinach, potato, and brown rice) were collected from Fukushima and areas around Fukushima Prefecture, and from reference areas of negligible deposition of radionuclides from the FDNPS accident in 2018 and 2019. The activity concentration of ¹³⁷Cs in soils collected from Fukushima excluding Aizu district was several hundred Bq kg⁻¹, which was reduced by removal of contaminated surface soil. The activity concentration of ¹³⁷Cs in brown rice in Hamadori and Nakadori districts was slightly higher than other areas, and that was a similar level to the values in Japan derived from the global fallout in the middle of 1960s. The activity concentration of ¹²⁹I in the soils and crops collected from Hamadori district was higher than other Fukushima areas. The activity concentration ratio of ¹²⁹I/¹³⁷Cs was lower by 5-7 orders of magnitude. Internal radiation doses of radiocaesium from ingestion of local crops collected from Hamadori was 0.0046 mSv (adult male), and that of ¹²⁹I was 0.00000045 mSv which was less than 0.1 % of the internal radiation doses of radiocaesium.

Keywordsb : Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident, agricultural crops, Fukushima Prefecture, reference areas, radiocaesium, ¹²⁹I

Oral Presentation for Experts

専門家向け口頭発表

O-01

Long term behavior of ^{137}Cs and tritium derived from atmospheric nuclear weapons tests and other sources in the North Pacific and the Japan Sea since the 1960s and future

AOYAMA Michio*^{1,2}

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba,

²Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

The source strengths since 1945 from atmospheric weapons tests, nuclear facility accidents, and nuclear fuel reprocessing plants for ^{137}Cs and tritium, ^3H , are summarized together with other major radionuclides. The atmospheric weapons test was the largest source of ^{137}Cs and ^3H in our environment. The total releases of liquid effluents of ^{137}Cs from nuclear fuel reprocessing plants was the second largest source in the marine environment while naturally occurred ^3H is the second largest source of ^3H . The Fukushima NPP1, FNPP1, accident is the third largest source of ^{137}Cs to the marine environment while the accident was negligible as ^3H source. ^{137}Cs and ^3H activity concentrations in surface water and in the ocean interior showed distinctive feature based on the temporal and spatial variation of source strength of them. In the North Pacific Ocean, apparent half-life of ^{137}Cs activity concentration in 1960-1970 was around 10 years while it in 1970-2000 was 15 years. The global fallout was non-point source and non-single injection phenomenon, while the FNPP1 accident in 2011 was near point source and single injection like phenomenon. So, the FNPP1 accident derived radiocaesium gave us the time scale of Lagrangian transport of the dissolved substances in sea water for the period from 2011 to 2021. Then we can predict the long-term behavior of ^{137}Cs and ^3H in the future.

Keywords : ^{137}Cs , ^3H , atmospheric nuclear weapons tests, Fukushima accident,

1960年代以降および将来の、大気圏内核実験および他の発生源から放出されたセシウム137とトリチウムの北太平洋と日本海における長期挙動

青山道夫*^{1, 2}

¹筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、²福島大学環境放射能研究所

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

セシウム137とトリチウムの大気圏内核実験、核施設の事故、および核燃料再処理プラントからの環境への放出量の大きさを、他の主要な放射性核種と一緒に要約して提示する。セシウム137とトリチウムの場合、大気圏内核実験が環境における最大の発生源である。核燃料再処理工場からのセシウム137の液体廃棄物の総放出量は、海洋環境で2番目に大きい、トリチウムでは天然起源が2番目に大きい。福島事故は海洋環境へのセシウム137の3番目に大きな放出源であるが、同事故はトリチウム放出源としては無視できる量であった。海洋表層と海洋内部のセシウム137とトリチウムの海水中放射能濃度は、それらの発生源強度の時間的および空間的変動に基づいて独特の特徴を示した。北太平洋では、1960年から1970年のセシウム137の海洋表層中での放射能濃度の見かけの半減期は約10年であるが、1970年から2000年のそれは15年である。全球放射性降下物は非点源および非単一注入現象であるが、2011年の福島事故は点源および単一注入のような現象に近いと見なせる。福島事故に由来する放射性セシウムは、2011年から2021年までの期間での北太平洋西部から北太平洋の他の地域とその縁辺海までの海水に溶存する物質のラグランジアン輸送のタイムスケールを与えてくれた。したがって、我々は将来のセシウム137とトリチウムの長期的な挙動を予測することができる。

キーワード : セシウム137、トリチウム、大気圏内核実験、福島事故

O-02

Return of the Fukushima-derived radiocesium along with the anticlockwise subarctic gyre current in the North Pacific Ocean

KUMAMOTO Yuichiro*¹

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

*Corresponding author : kumamoto@jamstec.go.jp

The Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FNPP1) accident in March 2011 resulted in the release of radiocesium into the North Pacific Ocean. The FNPP1-derived radiocesium was dissolved in surface seawater immediately and had been transported eastward along the surface currents, the Kuroshio Extension and North Pacific Currents. The high-concentration water plume at the sea surface reached around the international dateline in summer 2012, around 150° W in summer 2014, and the coastal area of the North American Continent in 2016. Then, it returned westward along with the anticlockwise subarctic gyre current in the North Pacific. The FNPP1-derived radiocesium was observed in the northern and eastern areas of the Gulf of Alaska, northern Bering Sea, and Chukchi Sea in the Arctic Ocean in 2017. Then it was also observed in the southern Bering Sea in 2018. Our latest data in 2019 show that the FNPP1-derived radiocesium had been transported further northward to the Arctic Ocean north of the Chukchi Sea. On the other hand, a westward transport from the Bering Sea to the coastal area of Japan along with the East Kamchatka and Oyashio Currents has not been observed yet. This implies that the FNPP1-derived radiocesium transported into the Bering Sea remains within the Bering Sea due to an anticlockwise gyre current in the sea and is not leaking out from the sea.

Keywords : Fukushima accident, radiocesium, North Pacific Ocean, subarctic gyre current

北太平洋亜寒帯循環流に沿った福島第一原発事故起源放射性セシウムの回帰

熊本雄一郎*¹

¹国立研究開発法人海洋研究開発機構

*責任著者 : kumamoto@jamstec.go.jp

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所(FNPP1)事故により、北太平洋に放射性セシウムが放出された。FNPP1起源の放射性セシウムは直ちに表層海水に溶解し、表面海流すなわち黒潮続流および北太平洋流に沿って東に運ばれた。海表面の放射性セシウムの高濃度水塊は、2012年夏には国際日付変更線付近に、2014年夏には西経150度付近に、2016年には北米大陸の沿岸部に到達した。その後、高濃度水塊は北太平洋の反時計回りの亜寒帯循環海流に沿って西向きに輸送された。2017年にはアラスカ湾の北部および東部、ベーリング海北部、北極海の縁辺海であるチュクチ海において、また2018年にはベーリング海南部においてもFNPP1起源の放射性セシウムが観測された。2019年に得られた我々の最新データによると、FNPP1起源の放射性セシウムはさらに北上し、チュクチ海以北の北極海へ運ばれたことが明らかになった。一方で、東カムチャッカ海流や親潮に沿った、ベーリング海から日本の沿岸部への西向きの輸送はまだ観測されていない。このことは、ベーリング海に輸送されたFNPP1起源放射性セシウムは、同海の反時計回りの循環流によってベーリング海内に留まり、その多くはそこから流出していない可能性を示唆している。

キーワード : 福島第一原発事故、放射性セシウム、北太平洋、亜寒帯循環流

O-03

Comparison of cesium-bearing microparticles from marine and terrestrial sources

MIURA Hikaru^{*1}, KUBO Atsushi², ISHIMARU Takashi³, ITO Yukari³, KANDA Jota³, TSUMUNE Daisuke¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Shizuoka University, ³Tokyo University of Marine Science and Technology

*Corresponding author : hi-miura@criepi.denken.or.jp

Two years after the Fukushima nuclear accident, glassy water-resistant particles incorporating radioactive Cs, cesium-bearing microparticles (CsMPs), were first reported. CsMPs have been studied because (i) they have information on the condition in the reactor at the time of the accident, and (ii) there is concern about the exposure to the humans and the other organisms. Several types of CsMPs have been reported, which is assumed to reflect the difference in the accidental progress of each unit where CsMPs were generated. The presence of CsMPs in the ocean may affect marine organisms and humans, and may also affect the solid-water distribution coefficient (K_d) and concentration ratio (CR) of Cs. In this study, we isolated and analyzed CsMPs from various samples in the ocean and compared with CsMPs from terrestrial sources. As a result, it was found that CsMPs from Units 1 and 2 were deposited on land, and some CsMPs from Unit 2 were transferred to the ocean through rivers. On the other hand, it was estimated that CsMPs from Unit 3 were mainly deposited directly into the ocean because they were found only in the ocean. The presence of CsMPs in the ocean may be the cause of the overestimation of K_d for marine sediments and particulate matters and apparent high CR of marine biota of radioactive Cs. The results of ongoing dissolution experiment of CsMPs from Unit 3 will also be reported.

Keywords : cesium-bearing microparticles, ocean sediment, dissolution experiment

海洋由来と陸域由来の放射性セシウム粒子の比較

三浦輝^{*1}、久保篤史²、石丸隆³、伊藤友加里³、神田穰太³、津旨大輔¹

¹電力中央研究所、²静岡大学、³東京海洋大学

*責任著者 : hi-miura@criepi.denken.or.jp

福島原発事故から2年後、放射性セシウム(Cs)を含むガラス状の不溶性セシウム粒子(CsMPs)が初めて報告された。その後、(i)事故当時の原子炉内の状態を知ることができること、(ii)人間や他の生物への被ばくが懸念されること、などの理由から、CsMPsに関する研究が多くなされてきた。陸域ではこれまでに性質の異なる2種類のCsMPsが報告されているが、これは放出源である各号機の事故進展の違いを反映していると考えられる。CsMPsが海洋に存在する場合、海生生物や、海生生物を介した人間への影響が懸念されるほか、Csの K_d (固液分配係数)やCR(濃縮係数)などにも影響を与える可能性がある。本研究では海洋の種々のサンプルからCsMPsの単離・分析を行い、陸域由来のCsMPsとの比較を行った。その結果、1号機、2号機由来のCsMPsは陸域へと沈着し、2号機由来のCsMPsの一部は河川を通じて海洋へと移行していることが分かった。一方で、3号機由来のCsMPsは海洋でのみ発見され、主に海洋へ直接沈着したと推定された。海洋におけるCsMPsの存在が、海洋由来のサンプルで報告されている放射性Cs濃度の大きなばらつき、 K_d やCRの上昇の要因となっていることが分かった。現在実験中である3号機由来のCsMPsの溶解実験についても進捗状況を報告する。

キーワード : 不溶性セシウム粒子、海洋堆積物、溶解実験

O-04

A comparative study of riverine ^{137}Cs dynamics during high-flow events at three contaminated river catchments in Fukushima

NIIDA Takuya¹, WAKIYAMA Yoshifumi*², TAKATA Hyoe², TANIGUCHI Keisuke³,
KUROSAWA Honoka⁴, FUJITA Kazuki⁵, KONOPLEV Alexei²

¹KANSO TECHNOS, ²Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ³National Institute of Technology, Tsuyama College, ⁴Graduate school of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, ⁵Fukushima Prefectural Centre for Environmental Creation

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

This study presents the temporal variations in riverine ^{137}Cs concentrations and fluxes to the ocean during high-flow events in three coastal river catchments contaminated by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. River water samples were collected at points downstream in the Niida, Ukedo, and Takase Rivers during three high-flow events occurred in 2019-2020 and measured for ^{137}Cs concentrations. Variations in both the dissolved and particulate ^{137}Cs concentration appeared to reflect the spatial pattern of the ^{137}Cs inventory in the catchments, rather than variations in physico-chemical properties of water and suspended solid. Negative relationships between the particulate ^{137}Cs concentration and $\delta^{15}\text{N}$ in suspended solid were found in all rivers during the intense rainfall events, suggesting an contribution of sediments from forested areas to the elevation of particulate ^{137}Cs concentration. The ^{137}Cs flux ranged from 0.33 to 19 GBq, depending on the rainfall erosivity. The particulate ^{137}Cs fluxes from the Ukedo River were relatively low compared with the other two rivers and were attributed to the effect of the Ogaki Dam reservoir upstream. The percentage of ^{137}Cs desorbed in seawater relative to ^{137}Cs in suspended solids ranged from 2.8% to 6.6% and tended to be higher with a higher fraction of exchangeable ^{137}Cs . The estimated potential release of ^{137}Cs desorbed from suspended solids to the ocean was 0.022-0.57 GBq, and its ratio to the direct flux of dissolved ^{137}Cs was 0.12-6.2.

Keywords : ^{137}Cs , $\delta^{15}\text{N}$, desorption, land use, suspended solid

浜通り地域3流域における出水イベント時の河川 ^{137}Cs 動態の比較

新井田拓也¹、脇山義史*²、高田兵衛²、谷口圭輔³、黒澤萌香⁴、藤田一輝⁵、アレクセイ・コノプリョフ²

¹KANSOテクノス、²福島大学環境放射能研究所、³津山工業高等専門学校、⁴福島大学大学院共生システム理工学研究科、⁵福島県環境創造センター

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

本研究では、福島第一原発事故により汚染された3つの河川における出水イベント時の河川水の ^{137}Cs 濃度変化と海洋へのフラックスを提示する。2019-2020年に発生した3回の出水イベント時に、新田川、請戸川、高瀬川の下流地点で河川水を採取し、 ^{137}Cs 濃度を測定した。溶存態・懸濁態 ^{137}Cs 濃度の変動は、物理化学的特性の変動よりも、集水域における ^{137}Cs 沈着量の空間分布を反映していると考えられた。侵食力の大きいイベントでは、懸濁物質の $\delta^{15}\text{N}$ が低いほど ^{137}Cs 濃度が高くなる傾向が見られ、森林から流出した懸濁物質によって ^{137}Cs 濃度が上昇したと考えられた。 ^{137}Cs フラックスは0.33~19GBqであり、降雨の侵食力に応じて大きかった。請戸川の懸濁態 ^{137}Cs フラックスは他の2つの河川に比べて小さく、上流の大柿ダムの影響が示唆された。海水抽出実験により、懸濁物質から海水に溶脱する ^{137}Cs の割合は2.8%から6.6%であり、交換性 ^{137}Cs の割合が高いほど高くなる傾向が見られた。海域において懸濁物質から溶脱した ^{137}Cs の総量は0.022-0.57GBqと推定され、溶存態として流出する ^{137}Cs 量の0.12-6.2倍となった。

キーワード : ^{137}Cs 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、溶脱、土地利用、懸濁物質

O-05

Long-term trends in radiocesium dynamics in Fukushima forests

Vasyl YOSCHENKO*¹, NANBA Kenji¹, NAGATA Hiroko¹, WATANABE Kenji²

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²KEN Engineering

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

Forests cover most of the area that was heavily contaminated with radiocesium released during the Fukushima accident. Since 2014, we have been conducting observations at several experimental sites established in typical Fukushima forests (Japanese cedar, Japanese cypress, and Japanese red pine) with the aim of elucidating radiocesium dynamics in forest ecosystem compartments. At all sites, radiocesium concentrations demonstrated similar decreasing trends in aboveground biomass compartments, such as foliage, branches, and outer bark that were exposed to the atmospheric deposition in March 2011. At present, the values of the aggregated transfer factor T_{ag} in foliage and branches of Japanese cedar show a tendency to stabilize at the level of $n \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ dw}$. Close T_{ag} values were found in cypress. In contrast to the first years after deposition, concentrations in young leaves are now higher than in old foliage. However, concentration trends and T_{ag} values in the wood compartments differ significantly, even between trees of the same species growing at different sites, suggesting the influence of certain site-specific factors on radiocesium uptake in these compartments. During the observation period, radiocesium inventories in the litter compartment drastically decreased to about 1% of the total inventory in the soil profile. In the soil, radiocesium demonstrates slow downward migration rates, with up to 80% of the total inventory still localized in the 5-cm of topsoil.

Keywords : radiocesium, Fukushima forests, aggregated transfer factor

O-06

Characteristics of immobile radiocesium-bearing particles in soils

YAMAGUCHI Noriko*¹, OKUMURA Taiga², KOGURE Toshihiro²

¹Institute for Agro-Environmental Sciences, National Agriculture and Food Research Organization,

²The University of Tokyo

*Corresponding author : nyamag@affrc.go.jp

Most of radiocesium released from the Fukushima-Daiichi nuclear power station (FDNPS) was deposited on the ground in water-soluble forms and selectively and strongly adsorbed at negative charge sites of 2:1-type phyllosilicates, particularly weathered micaceous minerals in soils. The negatively charged sites in the wedge zone between the non-expanded and expanded interlayers in the weathered micaceous minerals are referred to as frayed edge sites (FESs). When the interlayer of micaceous minerals collapses after radiocesium adsorption on FES, radiocesium became immobile in soils. In addition to the weathered micaceous minerals fixing radiocesium (Cs-sorbing minerals; CsSMs), radiocesium-bearing silicate-glass microparticles (CsMPs) have been found in the soils near the FDNPS. The hardly soluble CsMPs with higher specific radioactivity than CsSMs were likely formed in the damaged nuclear reactors under high temperature and released to the environment. In the contaminated soils, immobile radiocesium comprises CsMPs and CsSMs which are hardly distinguished. We are developing methodology to differentiate these particles by using their differences in solubility in acid solution to understand the contribution of CsMP to radioecological environment.

Keywords : frayed edge site, radioactive microparticles, weathered micaceous minerals

土壤中に存在する放射性セシウムを不動化した粒子の特徴

山口紀子*¹、奥村大河²、小暮敏博²

¹国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門、²東京大学

*責任著者 : nyamag@affrc.go.jp

東京電力福島第一原子力発電所(福島原発)事故により放出された放射性セシウムの大部分は、硫酸エアロゾルなどに取り込まれた水溶性の形態で大気を輸送され、1価の陽イオンであるセシウムイオン(Cs⁺)として土壤鉱物の持つ負電荷部位に吸着した。土壤中には、負電荷の吸着部位をCs⁺と競合する陽イオンが、沈着した放射性セシウムよりもはるかに大量に存在している。このような競合イオン共存下にもかかわらず放射性セシウムの吸着選択性がきわめて高いことには、負電荷を持つ土壤中粘土鉱物のうち、特に風化雲母の持つフレイドエッジサイト(FES)の性質が関係している。FESは、層状構造をもつ風化雲母の層間がカリウムに占有されたままの非膨潤層と、風化によりカリウムイオンが脱離し、層間が開いた膨潤層の境界部分の負電荷部位である。空間的な制約からFESにはカルシウムイオンなどの水和した陽イオンが吸着できない。そのため脱水したCs⁺にきわめて選択的な吸着部位となる。さらにCs⁺を吸着後に層間が収縮すると、Cs⁺が層間に強固に固定され、脱離されにくくなる。一方、損傷した原子炉の高温環境下で放射性セシウムを取り込んだ珪酸塩ガラス微粒子(CsMP)が形成され、難溶性の微粒子として環境中に放出・飛散したことが知られており、福島原発近傍の土壤等からCsMPが検出されている。CsMPは、放射性セシウムを固定した鉱物(CsSM)に比べ、単位体積あたりの放射性セシウム含有量が多い傾向にある。CsMPの存在実態を明らかにするために、強酸への溶解特性の違いを利用して土壤中のCsMPとCsSMを区別する手法を検討した最近の研究の進展についても紹介する。

キーワード : フレイドエッジサイト、風化雲母、放射性微粒子

O-07

Estimation of rooting depth of ^{137}Cs uptake by plants

NGUYEN Phuong Thoa^{1,3}, KUROSAWA Takahide², KIKUCHI Mihoko^{1,3}, Vasyi YOSCHENKO³,
TSUKADA Hirofumi^{*3}

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

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

Understanding the soil-to-plant transfer of ^{137}Cs is essential for predicting the contamination levels of plants in contaminated areas. The rooting depth is considered one of the key factors explaining the difference in the activity concentration of ^{137}Cs in different plant species. In this study, the concentrations of ^{137}Cs and ^{133}Cs in soil cores and plants were investigated, and the rooting depth of ^{137}Cs uptake was estimated using the $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ ratios in exchangeable fractions of soils and biological samples. The results showed that different plant species accumulate different levels of ^{137}Cs and ^{133}Cs . The $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ ratios were fairly constant in the same species of plants. The average $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ ratios in bamboo grasses and ferns were 0.015 ± 0.009 ($n = 5$) and $0.13 \pm 0.04 \text{ Bq ng}^{-1}$ ($n = 10$) in Yamakiya, respectively. The activity concentrations of ^{137}Cs in the soil profiles decreased sharply with depth, whereas the depth distributions of ^{133}Cs were uniform. Therefore, the $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ ratios were driven mainly by the ^{137}Cs activity concentrations in soil. The rooting depths of ^{137}Cs uptake of plants were estimated on the basis of the relationships between the averaged $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ ratio in the soil layer and the $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ ratio in the plant. The rooting depths of ^{137}Cs estimated for plant species such as bamboo grasses and ferns in Yamakiya were $9.0 \pm 2.5 \text{ cm}$ and $2.9 \pm 0.4 \text{ cm}$, respectively, which agree with the root distribution of these species in soil. This demonstrated that the deeper-rooted species such as bamboo grasses have a lower accumulation of ^{137}Cs than the superficial-rooting species such as ferns. The soil-to-plant transfer factors would be determined using rooting depth by calculating the averaged activity concentration of ^{137}Cs within the estimated rooting depth.

Keywords : transfer factor, rooting depth, ^{137}Cs uptake, exchangeable fraction, plant species, $^{137}\text{Cs}/^{133}\text{Cs}$ ratio

O-08

Introgression of invasive pig genes into wild boar following the Fukushima events in 2011

Donovan ANDERSON*^{1,2}, NEGISHI Yuki², ISHINIWA Hiroko³, OKUDA Kei⁴, Thomas G. HINTON^{3,5}, TOMA Rio², NAGATA Junco⁶, TAMATE Hidetoshi B.⁷, KANEKO Shingo^{2,3}

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, ²Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, ³Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ⁴Faculty of Human Environmental Studies, Hiroshima Shudo University, ⁵Centre for Environmental Radioactivity, Norwegian University of Life Sciences, ⁶Forestry and Forest Products Research Institute, ⁷Yamagata University
*Corresponding author : anderson.aaron.gp@u.tsukuba.ac.jp

The 2011 Tohoku earthquake changed human activities in some regions of Fukushima Prefecture, Japan. The subsequent tsunami damage and radioactive pollution from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant resulted in the evacuation of humans, and abandonment of agricultural lands, which allowed expansion of wildlife into areas formally inhabited by domesticated livestock. Such extrinsic environmental changes may cause introgression of gene pools, however the dynamics that influence or inhibit long-term introgression remain unknown. Here, we confirmed using genetic data that domesticated pigs (*Sus scrofa domesticus*) hybridized with native wild boar (*Sus scrofa leucomystax*) and selective pressures and range expansion dynamics influenced the extent of introgression from invasive genes. Dilution of the invasive genes was indicated in hybrid offspring and this tendency is expected to continue at each generation while only maternally inherited organelles persist. We assume, using the gene flow data among wild boar, that offspring from hybrid lineages will continue dispersal north at low frequencies as climates warm. Future risks for wild boar in this area include intraspecies competition, revitalization of human-related disruptions, and disease outbreaks.

Keywords : invasive species, introgression, microsatellite, pig, boar

Poster Presentation for Experts

専門家向けポスター発表

P-01

 ^{137}Cs concentration and year-class structure of rockfish in Fukushima

AMANO Yosuke^{*1}, MORIOKA Yoshiaki², WATANABE Sho¹, ENOMOTO Masahiro¹,
WATANABE Toru¹, WADA Toshihiro³

¹Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Research Centre, ²Fukushima Prefectural Institute of Fisheries Resources, ³Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

*Corresponding author : yosuke_amano_01@pref.fukushima.lg.jp

Radiocesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) contamination levels of marine products off Fukushima Prefecture have decreased sufficiently in recent years, 10 years after the earthquake, and the safety of fishery products has been assured. However, it is suspected that the individuals contacted with extremely contaminated water, that engendered elevated ^{137}Cs concentrations in fish immediately after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident, may contribute to the sporadically ^{137}Cs -detected specimen in intensive monitoring survey (about >7 Bq/kg-wet), because several fishes, such as rockfish, have a lifespan exceeding 10 years. Here, we examined the relationship between ^{137}Cs concentration and year-class structure of black rockfish (*Sebastes schlegelii*, $n = 49$) and Japanese rockfish (*Sebastes cheni*, $n = 33$) caught from November 2020 to May 2021 in the waters off Fukushima. The ^{137}Cs concentrations in all specimen of both species were below 10 Bq/kg-wet, although some individuals hatched before the FDNPP accident (>10 years old) were confirmed from ageing by counting annual rings in the sagittal otoliths (transverse section). In black rockfish, although ^{137}Cs concentrations tended to be low in younger fish, the values detected in some individuals of the 2016-2017 year-class were similar to those in the year-class hatched before the FDNPP accident (higher than 1 Bq/kg-wet). Likewise, there was no relationship between ^{137}Cs concentration and year-class structure in Japanese rockfish. The results obtained from this study strongly suggested that ^{137}Cs concentration in older fish hatched before the FDNPP accident were not necessarily higher than those in younger generations hatched in recent years.

Keywords : radiocesium, rockfish, year-class structure

Sebastes属魚類における ^{137}Cs 濃度と年級構造について

天野洋典^{*1}、守岡良晃²、渡部翔¹、榎本昌宏¹、渡辺透¹、和田敏裕³

¹福島県水産海洋研究センター、²福島県水産資源研究所、³福島大学環境放射能研究所

*責任著者 : yosuke_amano_01@pref.fukushima.lg.jp

東日本大震災より10年が経過し、近年、福島県沿岸域で漁獲される魚介類の放射性セシウム (^{137}Cs)濃度は十分に低下しており、水産物の安全性は確認されている。しかし、Sebastes属魚類のように10歳を超える寿命を有する魚類が存在するため、福島第一原発事故により環境中へ流出した高濃度の ^{137}Cs の影響を直接受けた高齢個体が、モニタリング検査で散見される濃度が検出される検体の一因ではないかと危惧されている。そこで、2020年11月～2021年3月に福島県沿岸域で採集されたクロソイ (*Sebastes schlegelii*, 49個体)とシロメバル (*Sebastes cheni*, 33個体)の ^{137}Cs 濃度と年級構造との関係について検討した。年齢査定の結果、両種ともに震災前に生まれた10歳以上の個体がみられたものの、 ^{137}Cs 濃度は10 Bq/kg-wet以下であった。クロソイでは若齢個体で ^{137}Cs 濃度が低い傾向がみられたが、2016～2017年級群においても震災前の年級群と同程度の濃度(1 Bq/kg-wet以上)が検出される個体がみられた。シロメバルにおいても、 ^{137}Cs 濃度と年級構造に明瞭な関係性はみられなかった。そのため、近年に採集された個体は両種ともに、震災前に生まれた高齢個体の ^{137}Cs 濃度がかならずしも高いわけではないことが明らかとなった。

キーワード : 放射性セシウム、Sebastes属魚類、年級構造

P-02

Variation of radiocaesium in seawater and sediment around off Fukushima

AONO Tatsuo^{*1}, NISHIKAWA Jun², OTASAKA Shigeyoshi³, TAKATA Hyoe⁴, MISONOU Toshiharu⁵, NAKANISHI Takahiro⁵, MIURA Hikaru⁶, FUKUDA Miho¹, KAMBAYASHI Shota⁷, SAKURADA Masanobu¹, TAKAHASHI Hiroyuki¹, YAMAZAKI Shinosuke¹,

¹National Institutes for Quantum and Science and Technology, ²Tokai University, ³Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ⁴Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ⁵Japan Atomic Energy Agency, ⁶Central Research Institute of Electric Power Industry, ⁷Marine Ecology Research Institute

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

From 2016 to 2020, the Tohoku Marine Ecosystem Research Vessel Shinsei-maru conducted four research cruises on the dynamics and bioavailability of radionuclides around off Fukushima. Seawater, sediments, and organisms were collected mainly around off the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPS). The purpose of those cruises is to observe the flux of radionuclides released into the ocean by the FDNPS accident and to understand the bioavailability of radionuclides. In order to understand the contaminated levels of the marine environment, the concentration of radioactive cesium (Cs-137) in seawater and sediments around off Fukushima was investigated. As a result, the concentration range of dissolved Cs-137 in the surface seawater near the FDNPS from 2016 to 2018 was 10-23 mBq/L, but decreased to 7 mBq/L in 2020. In terms of points, the concentrations of dissolved Cs-137 tended to decrease with time. On the other hand, in sediments, the Cs-137 concentrations were higher in the surface layer (0-2 cm) than the deep layer from 2016 to 2017 and tended to decrease with depth, but after 2018, subsurface vertical maximum of Cs-137 concentrations was observed at some stations. Although these concentrations tended to increase in the subsurface layer, the concentrations in the sediment also tended to decrease with time. In this presentation, we report on the concentration variation of Cs-137 and their characteristics in seawater and sediments around off Fukushima.

Keywords : off Fukuhsima, seawater, sediment, radiocaesium

福島沖における海水と堆積物中の放射性セシウム濃度変動について

青野辰雄^{*1}、西川淳²、乙坂重嘉³、高田兵衛⁴、御園生敏治⁵、中西貴宏⁵、三浦輝⁶、福田美保¹、神林翔太⁷、櫻田正宣¹、高橋博路¹、山崎慎之介¹

¹(国研)量子科学技術研究開発機構, ²東海大学, ³東京大学大気海洋研究所,

⁴福島大学環境放射能研究所, ⁵日本原子力研究開発機構, ⁶電力中央研究所, ⁷海洋生物環境研究所

*責任著者 : aono.tatsuo@qst.go.jp

2016年から2020年に東北海洋生態系調査研究船 新青丸による福島周辺の放射性核種の動態と生物利用性等の調査航海が4回実施され、福島第一原発(FDNPS)周辺海域を中心に、海水、堆積物や生物等の採取が行われた。調査航海の目的はFDNPS事故によって海洋に放出された放射性核種の沿岸域における放射性核種のフラックスの観測や放射性核種の生物利用性の把握等である。海洋環境の状況を把握するために、福島沖の海水と堆積物中の放射性セシウム(Cs)濃度を調査した。その結果、2016年から2018年のFDNPS近傍の表層海水中の溶存態Cs-137濃度範囲は10-23mBq/Lであったが、2020年には7mBq/Lに減少し、その他の観測点でも年々溶存態Cs-137濃度が減少する傾向にあった。一方、堆積物では2016年から2017年ではCs-137濃度は、表層(0-2cm)が高く、深さと共に減少する傾向にあったが、2018年以降は表層よりもその下層でCs-137濃度が高くなる傾向が観測されたが、堆積物中のCs-137濃度も年々減少する傾向にあった。本報では、福島沖における海水と堆積物中の放射性Csの濃度変動やその特性について報告する。

キーワード : 福島沖、海水、堆積物、放射性セシウム

P-03

Estimation of depuration rate of ^{137}Cs activity in spotted halibut *Verasper variegatus* by individual rearing experiment

SUZUKI Shotaro*¹, MORIGUCHI Takahiro^{1,2}

¹Fukushima Prefectural Research Institute of Fisheries Resources, ²Fisheries Division of the Fukushima Prefectural Government

*Corresponding author : suzuki_syoutaro_01@pref.fukushima.lg.jp

Discharged ^{137}Cs from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant increased the concentration of ^{137}Cs in marine biota. Recent studies suggested continuous ^{137}Cs uptake by demersal fish from benthic food webs. Thus, ^{137}Cs uptake and depuration in fish body is the key parameters for estimation of ^{137}Cs concentration in the future. However, there are a few information about these parameters of marine biota, especially, demersal fish. Here, we tried to estimate ^{137}Cs depuration rate of spotted halibut *Verasper variegatus* by individual rearing experiment. Total 25 *V. variegatus* samples were individually reared with two regimens: feeding contaminated pellets (4,400 Bq/kg of ^{137}Cs) for 7, 14, 21, 56 days to each three individuals for ^{137}Cs calibration test between non-destructive radiocesium activity measuring devices (CsI scintillators, for live sample) and a coaxial Ge detector (for dissected sample), and feeding contaminated pellets and non-contaminated pellets respectively to eight individuals for days 0–25 and days 26–92 for estimation ^{137}Cs depuration rate. The ^{137}Cs activity in live individuals and in their dissected samples were measured by CsI scintillators and Ge detector, respectively. The quantity of ^{137}Cs in fish body was calculated by regression between CsI scintillators and Ge detector estimated by calibration test. These experiment suggested that depuration rate was 0.00426 ± 0.00111 (mean \pm standard deviation) d^{-1} . This parameter can use the prediction of ^{137}Cs concentration of demersal fish in future.

Keywords : depuration rate, *Verasper variegatus*, rearing experiment

個別飼育試験によるホシガレイの ^{137}Cs 蓄積量の低下率の推定

鈴木翔太郎*¹、森口隆大^{1,2}

¹福島県水産資源研究所、²福島県水産課

*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から放出された放射性セシウム(以下、 ^{137}Cs)により、海生生物の ^{137}Cs 濃度は増加した。カレイなどの底魚類は底生食物網を介した継続的な ^{137}Cs の蓄積が起こっており、 ^{137}Cs 濃度は大きく低下したものの事故前と比べ高い ^{137}Cs 濃度の水準となっている。 ^{137}Cs の蓄積や排出過程を明らかにすることは今後の ^{137}Cs 濃度の予測に重要となるが、底魚類に関するこれらの知見は少ない。そこで本研究では、ホシガレイの個別飼育試験により個体別の ^{137}Cs 蓄積量の低下率の推定を行った。まず、4,400 Bq/kgの ^{137}Cs を含有する飼料を3個体ずつに7、14、21、56日間与えた。それぞれの日数で ^{137}Cs を非破壊式 γ 線測定器によって測定し、同時にゲルマニウム半導体検出器により1個体あたりの ^{137}Cs 量を分析し、非破壊式 γ 線測定器による ^{137}Cs の線量と1個体あたりの ^{137}Cs 量の関係式を算出した。次に、8個体について0から25日目まで ^{137}Cs 含有飼料を与え、26から92日目までは非含有飼料を与え、各個体を非破壊式 γ 線測定器で測定し、1個体あたりの ^{137}Cs 蓄積量の関係式を用いて ^{137}Cs の蓄積量を算出し、指数関数モデルにより各個体の ^{137}Cs 蓄積量の低下率を推定した。今回の飼育試験により、低下率は 0.00426 ± 0.00111 (平均 \pm 標準偏差)と見積もられた。

キーワード : ^{137}Cs 蓄積量の低下率、ホシガレイ、飼育試験

P-04

On plankton-net samples with high radiocesium concentration collected off Fukushima Prefecture: Further analysis of radiocesium distribution

KANDA Jota^{*1}, ITO Yukari¹, ISHIMARU Takashi¹

¹Radioisotope Center, Tokyo University of Marine Science and Technology

*Corresponding author : jkanda@kaiyodai.ac.jp

We have been studying transfer of radiocesium in the coastal ecosystem. We obtained biological samples from 13 research cruises of our university (July 2011-May 2017), and joint surveys with Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Science Research Center and other institutions. Plankton is the starting point for material cycle of the entire marine ecosystem, including benthic communities, and its radioactivity level may affect variations in radioactivity levels in many groups of marine organisms. Cesium is transferred from seawater to plankton but is discharged relatively quickly, so the radioactivity of plankton generally follows the radiocesium level in seawater. Although the seawater radioactivity in the coastal area of Fukushima decreased promptly, some of the plankton samples obtained so far include 1) sporadic samples from shallow waters with very high levels, and 2) time-series samples with slow decrease of radioactivity with levels exceeding the commonly accepted concentration ratios. Since cesium-bearing microparticles (CsMP) are found in many environmental samples in land and sea, we have analyzed the plankton samples by autoradiography using an imaging plate (IP). Samples containing CsMP were actually confirmed, but on the other hand, there are samples with high radioactivity not containing CsMP. We are continuing to analyze such samples by IP and report the preliminary analytical results.

Keywords : radiocesium, plankton-net sample, cesium-bearing microparticles

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：放射性セシウム分布の続報

神田穰太^{*1}、伊藤友加里¹、石丸隆¹

¹東京海洋大学放射性同位元素管理センター

*責任著者 : jkanda@kaiyodai.ac.jp

我々は、東京海洋大学による13回の研究航海(2011年7月~2017年5月)の他、福島県水産海洋センター等との共同調査にも協力し、放射性セシウムの沿岸生態系内での移行について解析してきた。プランクトンは、底生生物群集を含めた海洋生態系全体の物質移行の出発点になる生物群であり、その放射能レベルは多くの生物群の放射能レベル推移に影響する可能性がある。セシウムは海水からプランクトンに移行するが、同時に比較的すみやかな交換・排出がなされているため、一般には海水のセシウムレベルの変動にすみやかに追従する。これまでに得られているプランクトン試料の一部については、1)浅海域で海水の値から考えて非常に高いレベルの試料が散発的に得られる、2)時系列データの一部に低下が緩慢で通常想定される濃縮係数を超えた値の試料がある、ことなどがわかっている。陸域及び海域の多くの環境試料から見いだされる高セシウム含有微細粒子(CsMP)の影響が想定されたため、保有している試料についてイメージングプレート(IP)を用いたオートラジオグラフィによる解析を行ってきた。実際にCsMPを含む試料も確認されたが、一方で特にCsMPを含まないプランクトンネット試料でも、高い値が散発的に見られる。このような試料についてIPによる解析を継続しており、その解析結果について報告する。

キーワード : 放射性セシウム、プランクトンネットサンプル、高セシウム含有微小粒子

P-05

The effect of decontamination on the downstream Cs-137, and sediment flux in Kuchibuto river catchment

ONDA Yuichi*¹, MAKINO Fumiaki¹, TANIGUCHI Keisuke², WAKIYAMA Yoshifumi³

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, ²National Institute of Technology, Tsuyama College, ³Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

On March 11, 2011, the accident at the TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant occurred, and a large amount of Cs-137 was deposited in the Kuchibuto River basin. In the Yamakiya area upstream, decontamination activities were carried out from 2013 to 2016. In the farmland, 5 cm of topsoil was removed and granite weathered material was spread on the surface. Based on the long-term monitoring from 2013 to 2019, this study aimed to clarify how the decontamination activities in the upstream (headwater) area affected the Cs-137 concentration in the river. The volume of flowing water and sediment discharge were determined using partial flume, water level meter, and turbidity meter, suspended solids were collected using SS sampler, and after drying, the concentration of suspended Cs-137 was measured using Ge detector. The information on decontamination was dropped onto a map using ArcGIS, and a decontamination map was created for each year. From these, the normalized Cs-137 concentration rapidly decreased in 2014 at Iboishi-yama, where decontamination was carried out, and no decrease in Cs-137 concentration was observed at Sedohachi-yama and Ishidaira yama, where decontamination was not carried out. In addition, the rivers were found to have Cs-137 concentrations about midway between those in the headwaters. Furthermore, hysteresis classification was also conducted, and a delayed type was observed in the middle and lower reaches of the Kuchibuto River during the decontamination period. This was not seen before decontamination, and the lagging type was also seen in 2016 after decontamination, but was not seen afterwards. As a result, the decontamination decreased the normalized Cs-137 concentration by about one order of magnitude. Furthermore, the hysteresis classification indicated that the decontamination caused sediment of upstream origin to flow downstream.

Keywords : Cs-137, river, suspended sediment, flux, decontamination, rate of decline

口太川における上流域の除染が下流河川のCs-137、土砂フラックスに及ぼす影響

恩田裕一*¹、牧野史明¹、谷口圭輔²、脇山義史³

¹筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、²津山工業高等専門学校、³福島大学環境放射能研究所

*責任著者 : onda@geoenv.tsukuba.ac.jp

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、多くのCs-137が口太川流域に沈着した。上流の山木屋地区では、2013年から2016年にかけて除染活動が行われた。農地では表土5 cmが除去され、花崗岩風化物が表面に敷き詰められた。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、河川でのCs-137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、濁度計を用いて流水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Cs-137濃度を測定した。環境省から取得した、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Cs-137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Cs-137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Cs-137濃度となっていることがわかった。さらに、ヒステリシス分類も行い除染期には口太川中流、下流で遅れ型が見られるようになった。これは除染前には現れなかったものであり除染後の2016年にも遅れ型が見られるが、その後見られなくなった。結果として、除染により正規化Cs-137濃度が1桁程度減少した。さらに、ヒステリシス分類から除染により上流起源の土砂が下流に流下していることがわかった。

キーワード : Cs-137、除染、浮遊砂、河川、フラックス、濃度低下

P-06

Effects of agricultural activities on seasonal changes in dissolved and suspended ^{137}Cs concentrations in rivers

KIMOTO Misaki*¹, NANBA Kenji*^{1,2}, IGARASHI Yasunori², KUROSAWA Honoka²,
YAMAKAWA Yoshiki¹, KUWAHARA Yamato¹, OSADA Kentaro¹

¹Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ²Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

*Corresponding author : s1810057@ipc.fukushima-u.ac.jp, nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

The Fukushima-derived radionuclides are transported from land to sea via rivers. Observation of ^{137}Cs concentration has been periodically conducted since 2012 in the midstream of Abukuma River (Kuroiwa site). It is revealed that some obvious seasonalities in the dissolved ^{137}Cs concentration were observed. It increases in association with temperature rises in summer, recording maximum in May and September, and decreases toward the winter season. It is noteworthy that the temperature recorded in May was lower than that of July and August, but the dissolved ^{137}Cs concentration was higher in May. Some agricultural activities, including “Shirokaki” could have contributed to the highest concentration in May. However, the real cause of the observed phenomena is not fully understood. The purpose of this study was to clarify the effects of agricultural activities which may have contributed to the seasonal changes in ^{137}Cs concentration in the Abukuma River. Sugita River, a tributary river of the Abukuma River system, the concentration of dissolved and suspended Cs in river water and the water quality parameters that may influence on them were measured monthly in the forested area in the upstream that have no effect of agricultural activities, and the area of cultivated land in the midstream and downstream.

Keywords : ^{137}Cs , dissolved ^{137}Cs , suspended ^{137}Cs , agricultural activities

農作業が河川中の溶存態および懸濁態 ^{137}Cs 濃度の季節変化に与える影響の解明

木本美咲*¹、難波謙二*^{1,2}、五十嵐康記²、黒澤萌香²、山川喜輝¹、桑原大和¹、長田健太郎¹

¹福島大学共生システム理工学類、²福島大学環境放射能研究所

*責任著者 : s1810057@ipc.fukushima-u.ac.jp, nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質は、河川を通じて陸から海へと輸送される。阿武隈川黒岩地点では2012年より連続的な河川中 ^{137}Cs 濃度の観測が実施されてきた。溶存態 ^{137}Cs 濃度は夏の気温上昇に伴い上昇し、5月と9月に極大となり、その後、冬に向かって低下するという明瞭な季節性を明らかにされている。興味深い点は、5月の気温は、7月や8月のそれと比較して低い、5月の溶存態 ^{137}Cs 濃度は、7月や8月のそれと比較して高くなった事である。この原因として5月頃に実施される代かきを含む、人為的な影響が挙げられている。しかしながら、黒岩地点における5月の溶存態 ^{137}Cs 濃度を高くする実際の要因はわかっていない。このため、本研究では、季節的な農作業が阿武隈川の溶存 ^{137}Cs 濃度の季節変化に与える要因を明らかにする事を目的とする。阿武隈川水系の杉田川を対象として、水田や耕作地の影響が無い上流の森林地帯の河川、水田や耕作地を含む、中・下流域での河川において、河川水の溶存態及び懸濁態 ^{137}Cs 濃度と、それに影響すると考えられる水質の計測を実施した。

キーワード : 放射性 ^{137}Cs 、溶存態 ^{137}Cs 、懸濁態 ^{137}Cs 、農作業

P-07

Factors controlling the dissolved ^{137}Cs seasonal fluctuations in the Abukuma River under the influence of the Fukushima Nuclear Power Plant accident

IGARASHI Yasunori^{*1}, NANBA Kenji¹, WADA Toshihiro¹, WAKIYAMA Yoshifumi¹,
ONDA Yuichi², MORITAKA Shota³, KONOPLEV Alexei¹

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, ³Sector of Nuclear Fuel, Decommissioning and Waste Management Technology Development, Nuclear Fuel Cycle Engineering Laboratories, Japan Atomic Energy Agency

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

The 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident released large amounts of radioactive materials into the environment. River systems play an important role in the terrestrial redistribution of FDNPP-derived ^{137}Cs in association with water and sediment movement. We examined the seasonal fluctuations in dissolved and particulate ^{137}Cs activity concentrations and clarified the biological and physicochemical factors controlling ^{137}Cs in the Abukuma River's middle course in the region affected by the FDNPP accident. The results showed the water temperature and K^+ concentration dominated the seasonality of the dissolved ^{137}Cs activity concentration. We concluded that the ^{137}Cs in organic matter is not a source of dissolved ^{137}Cs in river water. The study also revealed the temperature dependence of K_a in riverine environments from a Van't Hoff equation. The standard reaction enthalpy of ^{137}Cs in the Abukuma River was calculated to be approximately -19.3 kJ/mol. This was the first study to clearly reveal the mechanisms by which the dissolved ^{137}Cs activity concentration and K_a are influenced by chemical and thermodynamic processes in the middle course of a large river, and it is expected to lead to an improved model of ^{137}Cs dynamics in rivers.

Keywords : seasonality, solid-liquid distribution of ^{137}Cs , temperature dependency, van't Hoff equation

福島事故の影響を受けた阿武隈川の溶存態 ^{137}Cs 季節変動の支配因子

五十嵐康記^{*1}、難波謙二¹、和田敏裕¹、脇山義史¹、森高祥太²、恩田裕一³、アレクセイ・コノプリョフ¹

¹福島大学環境放射能研究所、²国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所、³筑波大学 アイソトープ環境動態研究センター

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

2011年の福島第一原子力発電所(FDNPP)事故により、大量の放射性物質が環境中に放出された。河川は水や土砂の移動に伴い、陸上でのFDNPP由来の ^{137}Cs 再分配に重要な役割を果たす。本研究では、FDNPP事故の影響を受けた阿武隈川中流域において、溶存態および懸濁態 ^{137}Cs 濃度の季節変動を調べ、 ^{137}Cs 濃度に影響する生物的・物理化学的因子を明らかにすることを研究の目的とした。その結果、溶存態 ^{137}Cs 放射能濃度には季節変動が認められ、夏季に増加し冬季に減少した。一方で、懸濁態 ^{137}Cs 濃度は明確な季節変動を示さなかった。溶存態 ^{137}Cs 濃度の季節変動は、水温と K^+ 濃度が支配的であった。河川中の懸濁物中に有機的に結合した ^{137}Cs の体積濃度は、溶存態 ^{137}Cs のそれよりも数オーダー低いことが明らかになった。このことから、懸濁物中の有機物は河川水中の溶存態 ^{137}Cs の供給源ではないと結論づけた。また、本研究では、van't Hoffの式から河川環境における K_a の温度依存性を明らかにした。阿武隈川中流部における固液間での ^{137}Cs の標準反応エンタルピーは、 -19.3 kJ/molと推定された。本研究は、大河川中流域における溶存 ^{137}Cs の濃度と K_a が化学的・熱力学的過程によって影響を受けるメカニズムを初めて明確にしたものであり、河川における ^{137}Cs 動態のモデル改良につながると期待される。

キーワード : 季節性、 ^{137}Cs の固液分配、温度依存、van't Hoffの式

P-08

Decreasing tendencies of ^{137}Cs concentrations in Masu salmon in a river and a dam lake in a water system

FUNAKI Yuto^{*1}, WADA Toshihiro², ISHII Yumiko³, HAYASHI Seiji³, NANBA Kenji^{2,4},
UENOYAMA Daisuke¹, NAKAKUBO Hiroki¹, KAMIYAMA Kyoichi¹

¹Fukushima Prefectural Inland Water Fisheries Experimental Station, ²Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ³Fukushima Branch, National Institute for Environmental Studies, ⁴Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

*Corresponding author : funaki_yuto_01@pref.fukushima.lg.jp

In this study, decreasing tendencies of ^{137}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 lakes and rivers. Masu salmon were collected from 2014 to 2020 from the dams and the rivers flowing into them in Ota river system and Ukedo river system. As a result, ecological half-lives of ^{137}Cs in masu salmon in the lakes were longer than in the rivers for both of the water systems. The total length of masu salmon in the dam lakes was greater than in the rivers in both of the water systems (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$). It was assumed that masu salmon of lakes and rivers had different life history and morphology. This work was supported by ERAN Y-21-05.

Keywords : Masu salmon, ^{137}Cs , ecological half-live

同一水系内における河川と湖沼のヤマメ ^{137}Cs 濃度減少傾向の差異

舟木優斗^{*1}、和田敏裕²、石井弓美子³、林誠二³、難波謙二^{2,4}、上野山大輔¹、中久保泰起¹、神山享一¹

¹福島県内水面水産試験場、²福島大学環境放射能研究所、³国立環境研究所 福島支部、⁴福島大学共生システム理工学類
*責任著者 : funaki_yuto_01@pref.fukushima.lg.jp

本研究では、魚類の放射性セシウムの蓄積過程を解明するため、同一水系内に存在する河川と湖沼におけるヤマメの ^{137}Cs 濃度の低下傾向を比較した。調査地点は太田川水系と請戸川水系の2地点とし、それぞれの河川とダム湖でヤマメを採捕した。結果、河川に対してダム湖における生態学的半減期が長いことが示された。また、2水系共に河川に対してダム湖のヤマメは全長が大きいことも示された(Tukey-Kramer test, $p < 0.05$)。これはヤマメが生活史二型を持ち、環境によって生態が異なることが影響したと考えられた。今後は炭素窒素安定同位体比を用いた食性の面から生態について検討する。本研究はERANのY-21-05の助成を受けた物である。

キーワード : ヤマメ、 ^{137}Cs 、生態学的半減期

P-09

Vertical distribution of ^{137}Cs in bottom sediments represents time changes of water contamination: Chernobyl and Fukushima

KONOPLEV Alexei*¹, WAKIYAMA Yoshifumi¹, WADA Toshihiro¹, IGARASHI Yasunori¹,
LAPTEV Gennady², GOLOSOV Valentin³, IVANOV Maxim³, KOMISSAROV Mikhail⁴, NANBA Kenji¹

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²Ukrainian Hydrometeorological Institute,

³Geography Department of Lomonosov Moscow State University, ⁴Ufa Institute of Biology UFRC RAS

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

Bottom sediments of lakes and dam reservoirs can provide an insight in understanding the dynamics of ^{137}Cs strongly bound to sediment particles. On this premise, a number of cores of bottom sediments were collected in deep parts of lakes Glubokoe, Azbuchin and Cooling Pond in close vicinity of the Chernobyl NPP in Ukraine, in Schekino reservoir (Upa River) in Tula region of Russia (2018) and in Ogaki reservoir (Ukedo River) in Fukushima contaminated area (2019). Layers of bottom sediments can be attributed to certain time of suspended particles sedimentation. With ^{137}Cs activity concentration in a given layer of bottom sediments corresponding to ^{137}Cs concentration on suspended matter at that point in time, we were able to reconstruct the post-accidental dynamics of particulate ^{137}Cs activity concentrations. Using experimental values of the distribution coefficient K_d , changes in the dissolved ^{137}Cs activity concentrations were estimated. The estimates of particulate and dissolved ^{137}Cs concentrations are in reasonable agreement with monitoring data and predictions using the semi-empirical “diffusional” model.

This research was supported by Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS), Japan Science and Technology Agency (JST)/Japan International Cooperation Agency (JICA) (JPMJSA1603), by bilateral project No. 18-55-50002 of Russian Foundation for Basic Research (RFBR) and Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), and JSPS Project KAKENHI (B) 18H03389.

Keywords : Fukushima, Chernobyl, ^{137}Cs , particulate, dissolved, sediments, water bodies

P-10

The ^{137}Cs dynamics after decontamination in an urban pondKUROSAWA Honoka^{*1}, NANBA Kenji^{1,2}, WADA Toshihiro^{1,2}, WAKIYAMA Yoshifumi^{1,2}¹Graduate school of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, ²Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

This study presents the changes of ^{137}Cs inventory and depth distribution in bottom sediment (BS) and ^{137}Cs concentration in pond water (PW) before and after decontamination in an urban pond. The pond was decontaminated by the BS removal in 2017. The BS and PW were collected in 2015 and 2018-2021 and measured for ^{137}Cs concentrations. Compared between 2015 and 2018, the ^{137}Cs concentration and inventory in the BS at 7 points were decreased by 27-92 % and 46-89 %, respectively. However, the ^{137}Cs concentration in top layers of BS exceeded 8 kBq/kg_DW at 5 points even after decontamination. In such points, deposition of fine particles was found. Although mean ^{137}Cs inventory in BS did not drastically change from 2018-2020, its variability became wider. Points with increased ^{137}Cs inventory in BS showed year-by-year increase in thickness of layer with higher than 8 kBq/kg_DW. The ^{137}Cs concentration in suspended solids (SS) in inflow water (IW) were higher than 8 kBq/kg_DW under high-flow condition. The C/N ratio in the SS of the IW under high-flow condition were higher than those of low-flow conditions, suggesting the inflow of the terrestrial organic matter under high-flow condition. The total ^{137}Cs concentration in the outflow water was higher than those in the PW and IW under both low- and high-flow conditions, suggesting that ^{137}Cs in pond tended to be discharged constantly. Relatively high ^{137}Cs concentrations in the IW, compared to those in rivers going through non-urbanized area, may reflect the difference in land use in the catchment area.

Keywords : ^{137}Cs , pond, decontamination, the ratio of C/N, urban area都市ため池における除染後の ^{137}Cs 動態黒澤萌香^{*1}、難波謙二^{1,2}、和田敏裕^{1,2}、脇山義史^{1,2}¹福島大学大学院共生システム理工学研究科、²福島大学環境放射能研究所

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

本研究では、2017年度に底質除去が行われた都市ため池において、除染前後の底質の ^{137}Cs インベントリ、 ^{137}Cs 深度分布、池水の ^{137}Cs 濃度、除染後の流入水、流出水の ^{137}Cs 濃度の変化を調査した。2015、2018-2021年に底質、池水、2020-2021年に流入水、流出水を採集し、 ^{137}Cs 濃度を測定した。除染により、7点の底質の ^{137}Cs インベントリは46-89%、底質表層の ^{137}Cs 濃度は、27-92%低下していた。しかし、除染後、底質表層の ^{137}Cs 濃度が8kBq/kg_DW超の5地点が存在し、そのような地点では表層に細粒分が堆積していた。2018-2020年における平均 ^{137}Cs インベントリは大きく変化していなかった。しかし、地点ごとのばらつきが年々大きくなっており、増加傾向の地点では高濃度の層が年々厚くなっていた。池水の懸濁物質(SS)の ^{137}Cs 濃度は除染により半減したが、除染後8kBq/kg_DWを下回ることにはなかったことから、底質からの再浮遊、集水域からの流入が考えられた。増水時には ^{137}Cs 濃度が8kBq/kg_DWを超えるSSが流入しており、そのC/N比が平水時と比較して高かったことから、増水時には陸源有機物が流入していることが示唆された。平水時、増水時ともに、流出水の全 ^{137}Cs 濃度が池水、流入水よりも高かったことから、恒常的に ^{137}Cs が排出される傾向にあると考えられた。流入水の溶存態、SSの正規化 ^{137}Cs 濃度が、都市率の低い河川と比較して高かったことから、集水域における土地利用の違いが反映されていると考えられる。

キーワード : ^{137}Cs 、ため池、除染、C/N比、都市

P-11

Morphology of particulate ^{137}Cs in the Abukuma River

YAMAKAWA Yoshiki*¹, NANBA Kenji*^{1,2}, IGARASHI Yasunori², KUROSAWA Honoka²,
KUWAHARA Yamato¹, OSADA Kentaro¹, KIMOTO Misaki¹

¹Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ²Institute of Environmental Radioactivity,
Fukushima University

*Corresponding author : s1810057@ipc.fukushima-u.ac.jp, nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

Among the radionuclides originating from the nuclear power plant accident, ^{137}Cs is of concern for its long-term ecological impact in downstream areas and the sea. In the river environment, ^{137}Cs exists in particulate and dissolved forms. The solid-liquid ratio (K_d) of ^{137}Cs , which is the ratio of suspended to dissolved forms, is an important factor to understand the dynamics of ^{137}Cs in rivers. Studies in upper reaches of rivers flowing through forests have reported distinct seasonal changes in dissolved ^{137}Cs concentrations, which are high in summer and low in winter (e.g., Tsuji et al., 2016). This is thought to be caused by the decomposition of organic matter containing ^{137}Cs with increasing temperature (Sakai et al., 2015). However, the organic matter supplied to the river upstream is affected by biological decomposition during its transport downstream. Therefore, the factors that create seasonality in dissolved ^{137}Cs concentrations observed in the middle reaches of the river may be different from those in the upper reaches. In this study, we investigated the morphology of suspended ^{137}Cs in order to clarify the dynamics of ^{137}Cs in the middle reaches of the Abukuma River, and to clarify the factors that affect the solid-liquid ratio of ^{137}Cs . In this study, the morphology of suspended ^{137}Cs was determined by sequential extraction method (Tsukada et al., 2008) from samples collected in the middle reaches of Abukuma River since 2012.

Keywords : ^{137}Cs , dissolved ^{137}Cs , particulate ^{137}Cs

阿武隈川における懸濁態 ^{137}Cs の形態について

山川喜輝*¹、難波謙二*^{1,2}、五十嵐康記²、黒澤萌華²、桑原大和¹、長田健太郎¹、木本美咲¹

¹福島大学共生システム理工学類、²福島大学環境放射能研究所

*責任著者 : s1810057@ipc.fukushima-u.ac.jp, nanba@sss.fukushima-u.ac.jp

原発事故由来の放射性核種のうち ^{137}Cs は下流や海における長期での生態学的な影響も懸念される。河川環境中における ^{137}Cs は懸濁態及び溶存態として存在し、その比で表される固液比(K_d)は河川中での ^{137}Cs 動態を知るための重要な要素である。森林の中を流れる河川上流部における研究では、溶存態 ^{137}Cs 濃度が夏に高く冬に低いという明瞭な季節変化を報告している(例えば、Tsuji et al., 2016)。この原因として、気温上昇に伴う ^{137}Cs を含む有機物の分解が考えられている(Sakai et al., 2015)。しかし、上流部で河川に供給された有機物は、下流へ輸送される間に生物学的な分解の影響を受けるため、河川中流部で観測された溶存態 ^{137}Cs 濃度の季節性を作る要因は、上流部のそれとは異なる可能性がある。本研究では、阿武隈川中流部における ^{137}Cs の動態を明らかにするため、懸濁態として存在する ^{137}Cs の形態を調べ、 ^{137}Cs の固液比に影響する要因を明らかにする事を目的とした。2012年以降、阿武隈川中流部で採取された試料を対象に、逐次抽出法(Tsukada et al., 2008)にて、懸濁態 ^{137}Cs の形態を明らかにする。

キーワード : 放射性 ^{137}Cs 、溶存態 ^{137}Cs 、懸濁態 ^{137}Cs

P-12

Vertical distribution of radiocesium in bottom sediments of agricultural reservoirs and its impact on decontamination

Estiner W KATENGEZA^{*1}, SANADA Yukihisa², OCHI Kotaro^{1,2}, IIMOTO Takeshi¹

¹Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, ²Affiliation Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science, Japan Atomic Energy Agency

*Corresponding author : 6922884407@edu.k.u-tokyo.ac.jp

Agricultural ponds contaminated by radioactive fallout from the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station they can accumulate and diffuse radiocesium making it biologically available to their irrigation or overflow areas. This study aimed at evaluating the vertical distribution of radiocesium in bottom sediment core samples from 45 ponds sampled in 2015-2019 and clarifying the impact of the vertical distribution on the efficiency of decontamination by stripping the top 10 cm of bottom sediments. The relaxation mass depths (β , $6.8 \pm 1.7 \text{ g cm}^{-2}$) and depth of sediment containing 90% of the inventory (L_{90} , $17.1 \pm 1.7 \text{ cm}$) in 2015-2019 were larger than on land indicating faster downward migration of radiocesium in ponds. This may have been caused by accumulation from the ponds' catchments and was estimated at $34.6 \pm 3.8 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ in 32 ponds where radiocesium enrichment occurred. For 20 ponds that met the 8 kBq kg^{-1} reservoir decontamination criterion, the reduction in radiocesium inventory ($27.2 \pm 2.7\%$) due to the simulated decontamination were lower than those obtained by decontamination pilot tests for agricultural fields even though the stripping thickness and, consequently, amounts of waste was doubled. The reduction (%) were negatively correlated with radiocesium vertical distribution parameters (β , L_{90}) but exhibited no correlation with time. This indicates that local behavior of radiocesium in reservoirs are more important to decontamination outcomes.

Keywords : radiocesium, vertical distribution, accumulation, pond decontamination

P-13

Effect of monovalent cation on cesium accumulation in rice

FURUKAWA Jun^{*1}, LI Chenyu²

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, ²Educational Programs in Agro-Biological Resource Sciences, University of Tsukuba

*Corresponding author : furukawa.jun.fn@u.tsukuba.ac.jp

The rice absorption of radioactive cesium (Cs) is suppressed by the enhanced application of potassium fertilizer. However, the details of the absorption and transport mechanisms of Cs in rice have not been clarified yet, and it is important to understand the molecular mechanism especially in the cultivation management. We have confirmed that the presence of sodium under low potassium conditions contributes to the suppression of Cs accumulation in rice with hydroponics. In addition, from the comparison with previous studies, it was suggested that the sodium-induced Cs suppression mechanism is regulated differently when the rice cultivar and growth conditions are differed. Therefore, the radioactive tracer (Na-22, Cs-137) absorption experiments were conducted under hydroponic conditions with different elemental compositions. As a result, the sodium-induced suppression of Cs accumulation was affected by differences in the cultivation conditions, and it was also suggested that suppression was regulated in two Cs transfer steps: the process of Cs uptake from the rhizosphere to the roots and the process of Cs transfer from the root to the shoot. To clarify the molecular mechanisms involved in these regulatory mechanisms, the detailed verification by gene expression analysis will be performed.

Keywords : rice, cesium, sodium

水稲におけるセシウム蓄積に対する一価陽イオンの影響解析

古川純^{*1}、李晨煜²

¹筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、²筑波大学大学院理工情報生命学術院生物資源科学学位プログラム

*責任著者 : furukawa.jun.fn@u.tsukuba.ac.jp

福島第一原子力発電所の事故により環境中に拡散したセシウムの水稲による吸収は、主にカリウムの増肥によって抑制されている。しかしながら、水稲のセシウムの吸収・輸送機構の詳細は未だ明らかではなく、その分子機構を理解することは今後の栽培環境管理において重要である。我々は低カリウム条件下におけるナトリウムの存在がセシウム蓄積の抑制に寄与することを水耕栽培による実験から確認している。また、品種ならびに栽培環境が異なると、その蓄積抑制メカニズムも異なった制御を受けることが先行研究との比較から示唆されたため、元素組成の異なる水耕条件下における放射性トレーサ(Na-22, Cs-137)吸収実験を行った。その結果、ナトリウムによるセシウム蓄積の抑制にはカリウムをはじめとした栽培環境の違いが影響すること、また根圏から根への取込み過程と根から地上部への移行過程という2段階での制御がなされていることが示唆された。これらの制御機構に関与する分子機構を明らかにするため、引き続き遺伝子発現解析などによる詳細な検証を行う予定である。

キーワード : 水稲、セシウム、ナトリウム

P-14

Relationships of cesium-137 among submerged leaf litter and aquatic insects with different feeding groups in headwater streams

KANASASHI Tsutomu^{*1}, WADA Toshihiro¹, OSADA Kentaro²

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

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

Clarification of radiocesium contamination in headwater stream ecosystems is essential because some species of commercial fish in headwater streams have contained radiocesium more than regulation value (100 Bq kg⁻¹). We expect that radiocesium detected in the fish was derived from the ecosystem, especially, food sources. Aquatic insects are one of the important food sources for the fish. There are a lot of species in aquatic insects with different feeding groups, therefore, the radiocesium contamination is expected to be different among species of aquatic insects. Moreover, aquatic insects categorized as consuming submerged leaf litter (shredder) are closely related to riparian forest which supplies leaf litter from terrestrial area to headwater streams. Due to this food web, we need to understand the radiocesium transferring from riparian forests to headwater stream ecosystems to solve the process of radiocesium contamination in the fish. Therefore, we collected submerged some species of leaf litter and aquatic insects with different feeding groups (shredder, collector, gatherer, and predator) in headwater streams of eastern Fukushima in March 2021 and measured their ¹³⁷Cs concentrations. Concentration factors of ¹³⁷Cs were calculated between shredder and leaf litter and among the feeding groups of aquatic insects. ¹³⁷Cs concentrations were various among species of submerged leaf litter and aquatic insects. However, most of the shredders contained lower ¹³⁷Cs concentration than leaf litters, and predators did lower one than shredder, thus, we could not find clear evidences of ¹³⁷Cs bioaccumulation from submerged leaf litter to predatorial aquatic insects.

Keywords : riparian forest, food web, shredder, predator, FDNPP

溪流中の堆積落葉及び食性の異なる水生昆虫の放射性セシウム濃度とその関係

金指努^{*1}、和田敏裕¹、長田健太郎²

¹福島大学環境放射能研究所、²福島大学共生システム理工学類

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

福島県の一部の溪流では、未だ対象となる溪流魚の放射性セシウム(Cs)濃度が規制値(100 Bq kg⁻¹)を超えているため、出荷制限指示が行われている。そのため、溪流魚の放射性Cs汚染のプロセスを解明することは重要な課題である。放射性Csに汚染された餌を摂取することによって、魚類は放射性Csに汚染すると考える。溪流魚にとって水生昆虫は重要な餌資源であるため、水生昆虫の放射性Cs汚染のプロセス解明は、溪流魚の汚染経路を明らかにする上で重要であると予測する。しかしながら、多種に及ぶ水生昆虫は、種によって食性が異なるため、放射性Cs濃度も種や食性によって異なる可能性がある。さらに、水生昆虫にとって、森林から溪流へと落下する枯死葉は重要な養分源であり、枯死葉を一次生産とする食物網が、森林を流れる溪流生態系では発達している。上記のことから、溪流に堆積した枯死葉及び食性の異なる水生昆虫における放射性Csの動態を明らかにすることは、溪流魚の放射性Cs汚染を明らかにするために必要と考える。本発表では、福島県東部の溪流で、2021年3月に採取した溪流内の枯死葉、食性が異なる水生昆虫(シュレツダー、ろ過食者、グレイザー、捕食者)の¹³⁷Cs濃度を測定し、食物網に対応する移行係数を算出した。溪流に堆積している枯死葉の¹³⁷Cs濃度は、同じ溪流でも樹種によって異なり、最大で5倍程度の違いが認められた。水生昆虫の¹³⁷Cs濃度も、種または食性によって大きく異なり、10倍程度の違いも認められた。移行係数から判断すると、本研究では、低次の栄養段階(すなわち枯死葉)から高次の栄養段階(すなわち捕食者)への¹³⁷Csの生物濃縮は認められなかった。

キーワード : 溪畔林、食物網、シュレツダー、捕食者、福島第一原子力発電所事故

P-15

Effects of radiation on the early development of sea urchin and *Xenopus* in the presence of DNA repair inhibitor

TSUDA Masataka^{*1}, SHIMIZU Naoto¹, Mahmoud SHOULKAMY¹, Amir SALEM¹, IDE Hiroshi¹

¹Program of Mathematical and Life Sciences, Graduate School of Integrated Sciences for Life, Hiroshima University

*Corresponding author : tsudam@hiroshima-u.ac.jp

The biological effects of radiation derive from DNA damage and are influenced by radiation dose. In general, the effects are not expressed at low-dose or low-dose-rate radiation. We hypothesized that DNA repair inhibitor sensitizes target animals to low-dose radiation. Sea urchin (*H. pulcherrimus*) and *Xenopus* (*X. tropicalis*) embryos are sensitive to toxins and are used to study the developmental and cytological effects of anthropogenic pollutants and environmental stressors. We have been using these embryos as model systems to estimate the effect of low-dose ionizing radiation on early development. In previous studies, we found that irradiated these embryos exhibited dose-dependent developmental abnormalities (0.1 - 5 Gy). In the present study, we assessed the effects of X-rays in the presence of NU7026 (DNA-PKcs inhibitor) on the early development of sea urchin and *Xenopus*. We found that the inhibitor enhanced developmental abnormalities. Together we established a high sensitivity assay system for the detection of radiation-induced biological effects using a DNA repair inhibitor. Tritium is a radioactive isotope of hydrogen and emits a low energy β particle. We are testing whether treatment of embryos with tritiated water induces developmental abnormalities using this assay system.

Keywords : sea urchin, *Xenopus*, early development, radiation effect, DNA repair

DNA修復阻害剤下でウニおよびカエルの初期発生に及ぼす放射線の影響

津田雅貴^{*1}、清水直登¹、シヨルカミ・マハムド¹、サレム・アミール¹、井出博¹

¹広島大学大学院統合生命科学研究科 数理生命科学プログラム

*責任著者 : tsudam@hiroshima-u.ac.jp

生体への放射線影響は、放射線の線量や線量率によって異なることが知られている。特に、低線量あるいは低線量率の照射は影響が現れにくく、生体に与える影響を評価することが難しくなる。放射線の生物影響はDNA損傷に起因することから、目的とする生物のDNA修復機能を阻害することにより損傷の影響をより明確に観察できると考えられる。ウニやカエルの胚は外殻が透明であり発生を観察しやすいことや、体外受精により多くの同調胚を得られることから発生研究に広く用いられてきた。また、初期発生胚は、農薬、重金属、紫外線等に対する感受性が高いために環境ストレス研究に用いられている。本研究では、環境生物に対する低線量率放射線の影響評価方法を確立する目的で、DNA修復阻害剤下でパフンウニ(*H. pulcherrimus*)およびネツタイツメガエル(*X. tropicalis*)の初期発生胚に対するX線の影響を調べた。これまで我々が行ってきた研究結果から、照射線量(0.1 - 5 Gy)とともに生存率が低下し形態異常頻度が上昇することが分かっていた。本研究では、この実験条件のもとで、DNA修復阻害剤(NU7026)を添加すると、さらに形態異常頻度が上昇することが分かった。この結果から、DNA修復阻害剤を用いることで放射線の影響を高感度にアッセイできると結論付けた。トリチウム水は低エネルギー β 線を放出し、その被曝は一般的に低線量率被曝となる。現在、このアッセイ系を用いてトリチウム水が初期発生に及ぼす影響を調べている。

キーワード : ウニ、カエル、初期発生、放射線影響、DNA修復

P-16

Effects of preferential flow on the spatial heterogeneity and chemical form of Cs-137 in a cedar forest soil

TAKAHASHI Junko^{*1}, SASAKI Takuya¹, IGUCHI Satoshi¹, ONDA Yuichi¹

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

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

Rainfall infiltration is one of the most important mechanisms of downward migration of Cs-137 in forest soils. Especially, the preferential flow through coarse pores and root surfaces would contribute the spatial heterogeneity of the vertical distribution of Cs-137. In the present study, we conducted an artificial rainfall experiment using dye tracers in a cedar forest located in Namie-town (estimated deposition amount: 4700 kBq/m²) and collected soil samples from dyed and un-dyed areas at different depths to quantify the spatial heterogeneity and chemical form of Cs-137.

The dyed soil samples in all layers (0-2, 2-4, 4-6, and 6-10 cm) had higher root and fresh organic matter contents per unit soil weight, higher soil organic matter content, higher CEC, and higher water-soluble and exchangeable cation contents than those in the un-dyed soil samples. In addition, the higher Cs-137 concentrations were shown in dyed samples and the ratios of Cs-137 concentrations in the dyed/un-dyed samples at the same depth increased with depth. As a result of sequential extraction, the dyed samples tended to be slightly higher in all fractions except the residue, suggesting that plant-available Cs-137, especially water soluble and exchangeable form, may be accumulated in areas where preferential flow frequently permeate, such as around the roots. Therefore, it is considered that the effects of preferential flow are important not only for the downward migration but also for the evaluation of root absorption.

Keywords : forest soil, artificial rainfall experiment, dye tracers, preferential flow

スギ林土壌における放射性セシウムの空間不均一性および化学形態に対する選択流の影響

高橋純子^{*1}、佐々木拓哉¹、井口啓¹、恩田裕一¹

¹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

降雨浸透は土壌中の放射性セシウム下方移行メカニズムとして重要であり、とくに粗孔隙や根の表面などを伝って不均一に流れる選択流は、土壌中の深度分布の空間不均一性を生む要因となっている可能性がある。本研究では、浪江町に位置するスギ林(推定沈着量4700kBq/m²)において、染料を用いた人工降雨実験を行い、染色部分と非染色部分の土壌を深度別に採取し、化学形態別Cs-137を評価した。

すべての層(0-2, 2-4, 4-6, 6-10cm)においてm染色部分の土壌は、非染色部分と比較して単位重量あたりの根および新鮮有機物含量が多く、土壌有機物量、陽イオン交換容量、水溶態・交換態陽イオン量が高い傾向にあった。Cs-137濃度も染色部分で高く、同一深度内での染色/非染色部分のCs-137濃度比は深くなるにつれて大きくなった。さらに、逐次抽出の結果、残渣を除くいずれの画分においても染色部分の方がわずかではあるものの抽出率が高い傾向にあり、根の周囲など選択流が流れ易い部位に水溶態や交換態など可給性の高いCs-137が高濃度に集積している可能性が示唆された。したがって、優先流の影響は下方への移動だけでなく、根の吸収の評価にも重要であると考えられる。

キーワード : 森林土壌、人工降雨実験、染料トレーサー、選択流

P-17

Large variations of ^{137}Cs radioactivity and water-to-body concentration ratios of fish in Maeda River and an adjacent pond near the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant

WADA Toshihiro^{*1,2}, HINATA Akinori², FURUTA Yuma², SASAKI Keiichi³, KONOPLEV Alexei^{1,2}, NANBA Kenji^{1,2}

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²Graduate school of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, ³Fukushima Prefectural Inland Water Fisheries Experiment Station

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

^{137}Cs activity concentrations in fish and water collected from Maeda River and Shimofukazawa (SF) pond near the FDNPP were measured. Also an 8-week rearing experiment using Japanese dace and SF pond water (2.1 Bq/L of ^{137}Cs) was performed. ^{137}Cs concentrations in Japanese dace, the only species collected from 5 sampling sites from estuarine to upstream areas in Maeda River, were correlated with ambient air dose rates and size of fish, and showed large variations (16–2600 Bq/kg). In contrast, dissolved ^{137}Cs in river increased in lower course (from 0.025 to 0.28 Bq/L), which resulted in the large variations of water-to-body concentration ratio (CR) of ^{137}Cs (59.8–35700). The CRs of wild fish were much higher than the steady-state CR of reared fish (9.8), suggesting that ^{137}Cs concentrations of river fish were roughly determined by the contamination level of prey items from river and riparian environments. In contrast, ^{137}Cs concentrations in pond fish (4300–14600 Bq/kg) were higher than river fish, and tended to increase with trophic level and size. Together with the smaller range of CRs (1010–3440) in pond fish, it is suggested that biomagnification would be the main cause of ^{137}Cs contamination of pond fish, as shown in lake fish affected by the Chernobyl accident. In contrast, Fukushima-specific ^{137}Cs contamination mechanisms seem to occur in river fish.

Keywords : radiocesium, freshwater fish, concentration ratio, Maeda River

福島第一原発近傍の前田川および下深沢ため池における魚類の ^{137}Cs 濃度および環境水－魚体濃度比の変動

和田敏裕^{*1,2}、日向諒典²、古田悠真²、佐々木恵一³、アレクセイ・コノプリョフ^{1,2}、難波謙二^{1,2}

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

*責任著者 : t-wada@ipc.fukushima-u.ac.jp

原発近傍の前田川および下深沢ため池にて採集した魚類と環境水の ^{137}Cs 濃度を測定するとともに、同ため池水(2.1 Bq/L)を用いたウグイの8週間の飼育試験を行った。ウグイは前田川の全ての調査地点(河口域～流域5定点)で採集され、空間線量率やサイズに応じた ^{137}Cs 濃度(16–2600 Bq/kg-wet)を示した。一方、溶存態 ^{137}Cs 濃度は、下流域で高まる傾向にあり(0.025–0.28 Bq/L)、ウグイの河川水に対する ^{137}Cs の濃度比(concentration ratio : CR)は、59.8–35700と地点間で大きな差が認められた。これらは飼育試験におけるCR極限值(9.8)よりも高いことから、ウグイの ^{137}Cs 濃度は、河畔域も含めた餌生物の汚染レベルで概ね決定されると推定された。一方、ため池の魚類の ^{137}Cs 濃度は、河川に比べて高く(4300–14600 Bq/kg)、食地位やサイズに応じて高まる傾向にあった。ただし、CRは河川に比べて変動が小さく(1010–3440)、半閉鎖性水域では、チェルノブイリ原発事故後の湖と同様に、水域内での生物濃縮が魚類の ^{137}Cs 汚染の主要因であると考えられた。一方、河川に生息する魚類では、福島特有の ^{137}Cs 汚染メカニズム(陸域も含めた餌生物を介した ^{137}Cs の取込、河口域における塩分の影響等)が生じていると考えられた。

キーワード : 放射性Cs、淡水魚、concentration ratio、前田川

P-18

Vertical distribution of Cs-rich micro particle in soils: A case study of forest soils in Date City and Namie Town

TATSUNO Takahiro^{*1}, WAKI Hiromichi², NAGASAWA Waka³, NIHEI Naoto⁴, MURAKAMI Masashi³, OHTE Nobuhito⁵

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ²Faculty of Agriculture, Kyoto University,

³Department of Biology, Chiba University, ⁴Faculty of Food and Agricultural Science, Fukushima University,

⁵Graduate School of Informatics, Kyoto University

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

Glassy microparticles containing a large amount of radioactive cesium (CsMP ; Cs-rich microparticles) were released around the environment in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, 2011. In this study, we investigated vertical distribution of the microparticles in soils collected from the forest in Date city and Namie Town, Fukushima Prefecture, which are 60 km or 10 km away from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, respectively. We defined the particle in which Cs radioactivity was greater than a threshold as CsMP by using autoradiography method with imaging plate (Ikehara et al., 2018). In the soil collected in the forest upstream of Kamioguni River in Date City, CsMPs were detected in soil depths of 0 to 10 cm, which were relatively deeper than previously reported. We would like to also report the results of Namie Town in the presentation on the day.

Keywords : radioactive cesium, Cs-rich microparticle, soil

高濃度放射性セシウム含有粒子の鉛直分布に関する伊達市と浪江町の森林土壌における事例報告

辰野宇大^{*1}、脇嘉理²、長澤和佳³、二瓶直登⁴、村上正志³、大手信人⁵

¹福島大学環境放射能研究所、²京都大学農学部、³千葉大学理学部生物学会、⁴福島大学食農学類、

⁵京都大学大学院情報学研究科

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

2011年の福島第一原発事故により、放射性セシウムを多量に含む原発の由来のガラス質状微粒子である高濃度放射性セシウム含有粒子が環境中に飛散した。本研究では、福島第一原発からそれぞれ60kmまたは10km離れた福島県伊達市および浪江町の森林土壌を用いて土壌中の微粒子分布を調査した。なお、本研究では既往の報告(Ikehara et al., 2018)の手法を参考に、イメージングプレートを用いたオートラジオグラフィ法により1粒子当たりの放射エネルギーが一定以上の粒子を高濃度放射性セシウム含有粒子とみなした。伊達市上小国川上流の森林で採取した土壌において、土壌深さ0~10cmと既往の報告よりも比較的深い層からも高濃度放射性セシウム含有粒子が検出された。浪江町の森林土壌の結果については当日の発表で紹介する。

キーワード : 放射性セシウム、高濃度放射性セシウム含有粒子、土壌

P-19

SNP analysis of a DNA repair gene ATM in large Japanese field mouse (*Apodemus speciosus*) in radiation-contaminated areas

ENDOHI Daiji*¹, KUBO Mizuki¹, ISHINIWA Hiroko², ONUMA Manabu³, NAKAJIMA Nobuyoshi³

¹Rakuno Gakuen University, ²Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, ³National Institute for Environmental Studies, Japan

*Corresponding author : dendoh@rakuno.ac.jp

In recent years, changes in single nucleotide polymorphisms (SNPs) between individuals have been reported as an index of selection pressure such as the environment for animals. In order to investigate a large number of SNPs, a method is adopted in which the nucleotide sequences of exon-PCR amplification product is determined by the next generation sequence (NGS). In this study, we designed the experiments with amplification of exons of the ataxia telangiectasia mutated gene (ATM) involved in the repair of double-strand breaks. SNP would be included in the nucleotide sequence of *A. speciosus* in both high- and normal-radiation areas. As the exon base sequence, 44 out of 62 exons was predicted on the *A. speciosus*-scaffold with the comparison with mouse ATM gene. Since it is necessary to amplify a large number of exons from a limited DNA sample for the SNP investigation, we designed the primers amplifying the exon region with high sensitivity and also set amplification conditions for PCR. PCR primers were designed based on the low frequency of 3'-end decamers on the genome. We amplified 0.01 ng of genomic DNA using primers with a loop structure, 16-base primers with the amplification cycles with a short 15°C-1sec before annealing step. It is possible to investigate the SNP of the ATM gene in 44 out of 62 exons.

Keywords : radiation-contaminated areas, SNP, ATM gene, Amplicon sequence, *Apodemus speciosus*

原発事故周辺地域のアカネズミにおける DNA 修復遺伝子多型

遠藤大二*¹、久保瑞葵¹、石庭寛子²、大沼学³、中嶋信美³

¹酪農学園大学、²福島大学環境放射能研究所、³国立研究開発法人国立環境研究所

*責任著者 : dendoh@rakuno.ac.jp

近年、動物に対する淘汰圧の指標として、個体間の一塩基多型(SNP)の変化が報告されている。遺伝子上の多数のSNPを調査するためには、exon領域のPCR増幅産物を次世代シーケンス(NGS)により決定する方法が取られる。本研究では、高放射線地域でのアカネズミへの影響を検討するため、二重鎖切断の修復に関与するataxia telangiectasia mutated(ATM)遺伝子のexonの増幅とNGSでの塩基配列の決定を進めている。ゲノム上のexon塩基配列は、マウスのATM遺伝子exon相当アミノ酸配列とのアカネズミゲノムScaffoldとの相同性に基づき、62exon中44exonを抽出した。続けて、NGSによるアカネズミSNP調査のため、限られたDNA試料から多数のexonをPCR増幅するプライマーの設計および増幅条件の検討を行った。Exonを高感度に増幅するため、PCRプライマーを、対象塩基配列のゲノム上での出現頻度の低さに基づいて設計し、さらに、本研究室で感度の改善が認められたループ構造を持つプライマー、16塩基プライマーおよび通常の21塩基プライマーの使用と増幅温度条件を用いて、試行した20exon中11exonで0.01ngのゲノムDNAから増幅産物が得られた。これらの実験条件により、62個中44個のエクソンでATM遺伝子のSNPを調べることが可能になった。

キーワード : 高放射線環境、SNP、ATM遺伝子、アンプリコンシーケンス、アカネズミ

P-20

Comparison of radiocesium concentration in fungi and its transfer from soil

KUWAHARA Yamato^{*1}, Joske RUYTINX², Vasyi YOSCHENKO³, NANBA Kenji^{1,3}

¹Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ²Vrije Universiteit Brussel, ³Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

*Corresponding author : s1810065@ipc.fuushima-u.ac.jp

In forest ecosystems, fungi (mushrooms) accumulate particularly high concentrations of radiocesium (rCs), and when comparing rotting mushrooms, which obtain nutrients from wood, fallen leaves, and animal excrement, and symbiotic mushrooms, which live in symbiosis with plants and receive nutrients from each other through their roots, the symbiotic mushrooms tend to have higher rCs concentrations. In addition, the concentration of rCs within the same species varies greatly. In this study, *Suillus luteus*, which is symbiotic with genus Pinus trees, was used to investigate the transfer of rCs from soil. Tag, which evaluates the migration per unit area, was 0.009-0.348 m²/kg, a 40-fold difference, and the concentration of ¹³⁷Cs in soil and *Suillus luteus* did not correlate regardless of the ion-exchange form or organic matter form of ¹³⁷Cs in soil.

Keywords : radiocesium, mushroom, *Suillus luteus*, T_{ag}

菌類の放射性セシウム濃度の比較と土壌からの移行

桑原大和^{*1}、ヨスケ・ライティンクス²、ヴァシル・ヨシェンコ³、難波謙二^{1,3}

¹福島大学 共生システム理工学類、²ブリュッセル自由大学 VUB、³福島大学 環境放射能研究所

*責任著者 : s1810065@ipc.fuushima-u.ac.jp

森林生態系内で菌類(キノコ)は特に高濃度の放射性セシウム(rCs)を蓄積しており、木材や落ち葉、動物の排泄物などから栄養を得る腐生性と、植物と共生し根を介して栄養分を相互に供受する共生性のキノコを比較すると、共生性の方がrCs濃度が高くなる傾向にある。また、同種内におけるrCs濃度にも大きな変動が見られる。そこで、本研究ではマツ属に共生する*Suillus luteus*(ヌメリイグチ)を用いて、¹³⁷Csの土壌からの移行について調べた。単位面積当たりの移行を評価するT_{ag}は0.0009-0.348 m²/kgと40倍程度の差があり、土壌と*Suillus luteus*の¹³⁷Cs濃度では、土壌中の¹³⁷Csがイオン交換態、有機物態の形態に関わらず相関が見られなかった。

キーワード : 放射性セシウム、キノコ、*Suillus luteus*、T_{ag}

P-21

Gravitational separation of cesium-rich micro-particles from contaminated particles using heavy liquid solution

YAMASAKI Shinya^{*1}, MOROOKA Kazuya², NAKAMURA Tsukasa¹, SUEKI Keisuke¹,
UTSUNOMIYA Satoshi²

¹Faculty of Pure and Applied Sciences University of Tsukuba, ² Department of Chemistry, Faculty of Science, Kyushu University

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

The purpose of this study is to clarify the density of cesium-rich micro-particles (CsMPs) in order to selectively separate the CsMPs. For this purpose, a gravitational separation method was applied to road dust contaminated by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, and the separation behavior of CsMPs was investigated by separating the dust into fractions with different specific gravities. The samples were suspended in ultrapure water, and ultrasonicated and sieved through a sieve having 63 micrometer mesh size, and then suspended in a heavy liquid containing dissolved sodium polytungstate (SPT) to adjust the density to 2.4 g cm⁻³ (at room temperature). The precipitated and suspended particles were then separated to obtain four fractions (two sizes and two specific gravities). The ¹³⁷Cs activity of four fractions were quantified by γ -ray spectrometry using a germanium semiconductor detector. In addition, particles in each fraction were analyzed using autoradiography together with a reference particle, and the radioactivity and number of single particles were determined, with particles exceeding the reference value (0.06 Bq) as CsMPs. As a result, the fraction with a particle size of 63 micrometers or less and a density of 2.4 g cm⁻³ or less contained the largest number of CsMPs (11 particles), which was 65% of the total CsMPs contained in the sample. On the other hand, the fractions with particle size larger than 63 micrometers and density larger than 2.4 g cm⁻³ did not contain any CsMPs. This suggests that most of the CsMPs have smaller density than natural minerals. This is consistent with the physical properties expected from the nature of CsMPs, which is that CsMPs have an amorphous glassy matrix and many porosities in the particles. The density of CsMPs was found to be smaller than that of natural minerals, suggesting that CsMPs can be selectively separated and recovered by the gravitational separation.

Keywords : gravitational separation, cesium-137, CsMPs, density

重液分離法による放射性セシウム含有粒子の分離挙動の検討

山崎信哉^{*1}、諸岡和也²、中村司¹、末木啓介¹、宇都宮聡²

¹筑波大学・数理物質系、²九州大学大学院理学研究院化学部門

*責任著者 : s-yamasaki@ied.tsukuba.ac.jp

本研究の目的は、放射性セシウム含有粒子(CsMPs)を選択的に分離するためにCsMPsの比重を明らかにすることである。このため、福島第一原子力発電所事故により汚染した道路粉塵に対して重液分離法を適用し、比重の異なる画分に分離してCsMPsの分離挙動について検討を行った。試料を水に懸濁させて超音波をかけたのち63マイクロメートルのふるいにかけてサイズ分離した後、ポリタングステン酸ナトリウムを溶解させて密度を2.4g cm⁻³ (室温)に調整した重液に懸濁させた。その後、沈降した粒子と懸濁粒子を分離して4つの画分(サイズ2種×比重2種)を得た。得られた4画分についてゲルマニウム半導体検出器を用いた γ 線スペクトロメトリーにより放射性セシウムの定量を行った。さらにオートラジオグラフィおよび基準線源を用いて各画分に含まれる粒子を分析し、基準値(0.06 Bq)を超える粒子をCsMPsとして単粒子の放射能および数を求めた。この結果、粒径63マイクロメートル以下かつ密度2.4g cm⁻³以下の画分が最もCsMPsが多く同定され11個であり、試料に含まれる全CsMPsの65%であった。一方、粒径63マイクロメートル以上かつ密度2.4g cm⁻³以上の画分にはCsMPsが含まれなかった。このことから、CsMPsの多くは天然鉱物に比べると密度が小さいことが示唆された。これは、CsMPsが非晶質のガラス質を母体とし、かつ粒子内の空隙が多いというCsMPsの性質から予想される物性と一致する。本研究によりCsMPsの密度が天然鉱物に比べて小さいことが分かり、重液を用いた分離法によりCsMPsを選択的に分離、回収できる可能性が示唆された。

キーワード : 重液分離、セシウム-137、CsMPs、密度

P-22

Elucidating differences between wet and dry deposited radiocesium in forests

Donovan ANDERSON*¹, KATO Hiroaki¹, ONDA Yuichi¹

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

*Corresponding author : anderson.aaron.gp@u.tsukuba.ac.jp

The March, 2011 Fukushima Dai-ichi nuclear reactor accident in Japan caused the widespread contamination and massive atmospheric deposition of radioactive substances onto forested areas. Long lasting perturbations of the released material has gained substantial interest in understanding radionuclide behavior in the environment. Field studies and spatial distribution of deposit surveys have been done to quantify atmospherically deposited radiocesium (¹³⁷Cs) and to better understand the behavior in the environment. However, few studies have assessed differences of ¹³⁷Cs behavior regarding if the initial radiocesium contamination was primarily deposited as wet or dry material. Here, we investigated the distribution of radiocesium in multiple forested areas throughout Fukushima Prefecture, which varied in initial levels of radiocesium deposition. Our study demonstrated that significant differences exist between the two different methods of atmospheric deposition, i.e., wet or dry, onto forests. Differences may exist due to the dominate species of trees occupying the forested area, stand density, and other eco-physiological characteristics. Preliminary results show that the equivalent dose rates changed as forest stands' tree densities (trees per hectare) increased. Future analysis will need to confirm the findings, which will provide needed information to model or predict contamination and ¹³⁷Cs behavior in risk assessment.

Keywords : radiocesium, forests, deposition, Fukushima

P-23

Activity concentration of radiocaesium and internal radiation doses from self-consumed crops in Namie Town after the evacuation order cancelled

KIKUCHI Mihoko¹, TSUKADA Hirofumi^{*2}

¹Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University

²Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

Namie Town, which became an evacuation zone due to the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, began returning residents on March 31, 2017. Residents are growing crops as foods to supply for themselves (self-consumed crops) in the near their houses where decontamination has been completed. In addition, wild plants and fruits are also collected from the surrounding environment. In this study, radiocaesium (Cs-134+137) in self-consumed crops provided from the residents in Namie Town were measured with a Ge semiconductor detector after preprocessing and compared the results with the national standard value of 100 Bq kg⁻¹. The concentration of radiocaesium in leaf and fruit vegetables were 0.5-8.5 and 0.6-4.9 Bq kg⁻¹ FW. The result of bulbs and root vegetables were 0.2-1.0 and 0.3-4.9. Potatoes and beans were 0.2-12.1 and 2.7-24.4, all of which were much lower than the standard values. Wild plant showed relatively high values of 0.7-98.1. Polished rice was 0.5-5.0, which was half of the result of brown rice (1.0-10.7). Internal radiation doses from ingestion of the crops in considering with decreasing radiocaesium during the cooking process were 0.0059 mSv for adult male and 0.0053 for adult female. It was sufficiently lower than 1 mSv even if the self-consumed crops were ingested as daily foods.

Keywords : evacuation order cancelled, self-consumed crops, radiocaesium, internal radiation doses

避難指示が解除された浪江町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¹、塚田祥文^{*2}

¹福島大学大学院共生システム理工学研究科、²福島大学環境放射能研究所

*責任著者 : hirof@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いて住民の帰還が始まった。住民は、除染が終了した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、また、未除染を含む場所から山菜や果物などを採取することもある。本研究は、帰還した浪江町の住民から自家消費作物を提供していただき、前処理後、Ge半導体検出器で放射性Cs(Cs-134+137)を測定し、国の基準値である100 Bq kg⁻¹と比較、その値から自家消費作物摂取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Cs濃度は、葉菜類0.5~8.5、果菜類0.6~4.9、鱗茎類0.2~1.0、根菜類0.3~4.9、いも類0.2~12.1、豆類2.7~24.4 Bq kg⁻¹ FWで基準値より非常に低い値であった。一方、自生のギンナン、ユズなどは、0.7~98.1 Bq kg⁻¹ FWと比較的高い値を示した。玄米と白米は、1.0~10.7および0.5~5.0 Bq kg⁻¹ FWと精米することで玄米の半分の値となった。野菜類、いも類、豆類、白米のCs-134とCs-137の平均値と男女別摂取量および調理加工による溶脱を考慮して計算した成人の年間内部被ばく線量は、男性0.0059mSv、女性0.0053mSvと帰還困難区域が隣接する浪江町で採取した自家消費作物の内部被ばく線量は、1 mSvに比べて十分に低く、限定的であることがわかった。

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

P-24

Development of a quantification technique for organic/inorganic iodine isotopes in aquatic system

NISHIZUKA Kaito^{1,2}, SAKAGUCHI Aya^{*2,3}, ASAI Shiho⁴, HONDA Maki⁵, TAKAKU Yuichi³, SASA Kimikazu^{2,3}, TAKAHASHI Tsutomu², MATSUMURA Masumi², WADA Ayaka⁴, MIURA Tsutomu⁴, YAMASAKI Shinya³, SUEKI Keisuke^{2,3}

¹Degree Programs in Pure and Applied Sciences, Graduate School of Science and Technology, University of Tsukuba, ²AMS-Group, University of Tsukuba, ³Faculty of Pure and Applied Science, National Metrology Institute of Japan, ⁴National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁵Japan Atomic Energy Agency, Nuclear Safety Research Center

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

The final aim of this study is to develop a method for the quantitative iodine isotope analysis of environmental water using Accelerator Mass Spectrometry (AMS) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), and further to apply said method to environmental samples. For these purposes, the conversion of dissolved organic iodine to its inorganic form and the recovery of inorganic iodine in environmental water were examined using several simply quantitative methods. In addition, several internal standards for the stable/quantitative determination of inorganic iodine concentrations in environmental waters, with different salt concentrations, were investigated for a period of several hours. As a result, a short period of UV irradiation to the environmental water sample was found to be the best and simplest method. The iodine species recovered by this method were iodate ions, even when the dissolved species was iodide ions, and all of the ionic species were recovered completely quantitatively. In the case of organic iodine in water samples, it was also found that the iodine species were almost completely quantitatively converted to iodate following UV irradiation for a short period of time (approximately 10 minutes), indicating that UV irradiation for a short time period is an effective way to actually determine the iodine species. For measurement of the inorganic iodine obtained in this way, Re or Te can be employed as appropriate internal standards in ICP-MS measurements. Determination of iodine isotopes in water samples from the cooling ponds at Chernobyl was achieved for the first time the methods herein described.

Keywords : stable iodine isotope, radioiodine isotope, ICP-MS, AMS

水環境中における有機・無機ヨウ素同位体定量の試み

西塚魁人^{1,2}、坂口綾^{*2,3}、浅井志保⁴、本多真紀⁵、高久雄一³、笹公和^{2,3}、高橋努²、松村万寿美²、和田彩佳⁴、三浦勉⁴、山崎信哉³、末木啓介^{2,3}

¹筑波大学・理工情報生命学術院・数理物質科学研究群、²筑波大学・AMSグループ、³筑波大学・数理物質系、⁴産業技術総合研究所・計量標準総合センター、⁵日本原子力研究開発機構・安全研究・防災支援部門・安全研究センター

*責任著者 : ayaskgc@ied.tsukuba.ac.jp

本研究の目的は、AMSとICP-MSを用いて定量的に環境水中のヨウ素(I)同位体分析を行う方法を確立し、実際の環境試料に適用することである。そのために、環境水中に溶存する有機Iの無機態への変換と無機Iの回収を簡便かつ定量的に行う方法についていくつかの方法により実験し、その結果について検討した。また、安定無機I濃度の測定において塩濃度の異なる環境水で長時間にわたり安定に測定するための内部標準について数種類検討を行った。有機Iの無機化・無機Iの定量的な回収を目指した実験では、短時間のUV照射が簡便かつ最適な方法であった。UV照射後にみられる無機ヨウ素の化学種は全てヨウ素酸イオンであり、いずれの化学種もほぼ定量的にヨウ素酸イオンに変換され、回収できていた。また、有機Iの場合も短時間(10分程度)のUV照射によりほぼ定量的に無機化されていた。従って、全I同位体定量のための処理には短時間のUV照射が有効である。このように得られた無機IのICP-MSによる定量には、内標としてReあるいはTeを用いると長時間精度よく測定できることが分かった。確立した方法により初めてチェルノブイリ冷却池から得られた水試料中のI同位体定量に成功した。

キーワード : 安定ヨウ素同位体、放射性ヨウ素同位体、ICP-MS、AMS

P-25

A Novel Method for the Measurement of ^{90}Sr Using Thermal Ionization Mass Spectrometer

Sarata KUMAR Sahoo^{*1}, Norbert KAVASI^{1,2}, AONO Tatsuo¹

¹National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), ²Jožef Stefan Institute

*Corresponding author : sahou.sarata@qst.go.jp

There is a great demand for rapid measurement of Sr-90 in environmental samples after the Fukushima Dai-ichi nuclear power station (FDNPS) accident. ^{90}Sr ($t_{1/2} = 28.8$ y) is one of the most common and hazardous fission products released by a nuclear reactor accident. Measurement of ^{90}Sr using radiometric methods is a time consuming process since it involves a complex sample preparation and analytical separation required to produce reliable data.

Thermal ionization mass spectrometry (TIMS) is the technique of choice because of its inherent high precision and accurate measurement of isotopic ratio. Typical abundance sensitivity for strontium isotope ratio measurement with conventional TIMS is about 10^{-7} . The perfect chemical separation of radiocesium from Sr-90 is a cardinal point to gain accurate Sr-90 result as the radiocesium also undergoes beta decay emitting gamma-rays. A new ^{90}Sr analysis method was developed using the Isotopx Ltd., Phoenix X62 TIMS. The abundance sensitivity for the $^{90}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ ratio was 2.1×10^{-10} and this could ensure detection limit of $100 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($19 \text{ fg}\cdot\text{g}^{-1}$) ^{90}Sr in Fukushima soil samples. The method has been validated using two certified reference materials e. g. wild berry (IRMM-426) and freshwater lake sediment (NIST-4354). This mass spectrometry method is faster than conventional radiometric techniques.

Keywords : TIMS, Daly Ion counting system, ^{90}Sr , FDNPS

P-26

Measurement and analysis of radiation distribution images in the Hamadori area of Fukushima Prefecture using a Compton camera

KAWAHARA Rika¹, OCHI Kotaro², YAMAGUCHI Katsuhiko^{1,3}, TORII Tatsuo^{*1,3}

¹Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, ²Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science, Japan Atomic Energy Agency, ³Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

More than 10 years have passed since the occurrence of the FDNPS accident caused by the Great East Japan Earthquake, and various efforts have been made in the field of radiation measurement. In the environment contaminated with radioactive materials due to the accident, air dose rate of radioactive materials deposited on the ground surface can be monitored using various methods. It has been carried out from immediately after the accident to today. In this study, the distribution of radioactive materials was measured in the Hamadori area of Fukushima prefecture using a Compton camera. Compton cameras are lightweight and capable of visualizing radiation distribution, which makes them useful for in-situ measurements. This time, in addition to the Compton camera, several instruments, such as a survey meter, were used to measure radiation and compare them. As a result, the radiation distribution (2D image) in the environment was clarified by the Compton camera. However, the distance to the hot spot cannot be grasped in the 2D image. Therefore, in order to grasp the radiation source in detail, we aim to create a 3D map of radiation source position and its intensity. Since the Compton camera requires the dose rate for each nuclide, we believe that it will lead to the prediction of the dose rate distribution in the future.

Keywords : gamma image, Compton camera, radiation distribution, color imaging

コンプトンカメラによる福島県浜通りでの放射線分布画像の測定解析

河原梨花¹、越智康太郎²、山口克彦^{1,3}、鳥居建男^{*1,3}

¹福島大学大学院共生システム理工学研究科、²日本原子力研究開発機構廃炉環境国際共同研究センター、³福島大学環境放射能研究所

*責任著者 : t.torii@ier.fukushima-u.ac.jp

東日本大震災に起因するFDNPS事故の発生から10年以上が経ち、これまで放射線計測分野において様々な取り組みが行われてきた。事故により放射性物質によって汚染された環境中では、様々な計測手法を用いて地表面に沈着した放射性物質のモニタリングが行われている。本研究では、コンプトンカメラを用いて、福島県浜通りエリアで放射性物質の分布計測を行なった。コンプトンカメラは軽量で放射線分布の可視化が可能であることから、現場での測定に有用である。今回、コンプトンカメラに加えて、サーベイメータ等を用いて、放射線測定を行いその比較を行なった。その結果、コンプトンカメラにより環境中での放射線分布(2次元画像)が明らかになった。しかし、2次元画像ではホットスポットまでの距離が分からない。そこで、より詳細に放射線源を把握するために、線源位置とその強度の3次元分布の作成を目指す。また、コンプトンカメラは核種別の線量率が求められることから、今後の線量率分布の予測にも繋がると考えている。

キーワード : ガンマ線イメージ、コンプトンカメラ、放射線分布、核種別マップ

P-27

Sorption-desorption coefficients of Cs, Sr and U in contaminated soils collected around Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

Sharayu KASAR¹, Sarata KUMAR Sahoo*¹, Norbert KAVASI^{1,2}, OMORI Yasutaka^{3,4},
SORIMACHI Atsuyuki⁴, ARAE Hideki¹, AONO Tatsuo¹

¹National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), ²Jožef Stefan Institute, ³Fukushima Medical University, ⁴Hirosaki University

*Corresponding author : sahoosarata@qst.go.jp

Some reports have already published that the total amounts of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr released due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS) accident were estimated to be approximately 15 PBq and 0.14 PBq, respectively. The migration of deposited radionuclides of Cs, Sr and U on soils could take place to the local environment. From this viewpoint, it is necessary to determine the distribution coefficients of Cs, Sr and U in the soil-water system around FDNPS.

Sorption $K_d(S)$ and desorption $K_d(D)$ coefficients have been estimated using the laboratory batch method for the soils collected from Fukushima prefecture including Namie and Okuma Towns. High values of $K_d(S)$ for Cs and U implied sorption capacity of soils for Cs and U was more than Sr. The difference between $K_d(S)$ of Cs and U was less in Okuma Town soils unlike to other soils. For Cs and U, $K_d(D)$ was higher than $K_d(S)$ whereas for Sr, $K_d(S)$ was either equal to or higher than $K_d(D)$. Overall, it revealed that unsorbed Sr could migrate farther than unsorbed Cs or U under the present experimental conditions.

Keywords : sorption, desorption, Cs, Sr, U, FDNPS

P-28

Accurate measurement of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ and $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ isotope ratio in water samples at picogram level using multiple collector inductively couple plasma mass spectrometry (MC-ICP-MS)

Rajamanickam MURUGAN¹, Norbert KAVASI^{1,2}, Sarata KUMAR Sahoo^{*1}, AONO Tatsuo¹

¹National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), ²Jožef Stefan Institute

*Corresponding author : sahoosarata@qst.go.jp

Natural uranium comprises of three natural isotopes such as ^{238}U , ^{235}U and ^{234}U with relative isotopic abundances of 99.27%, 0.72% and 0.0055%, respectively. The concentration of uranium in Japanese rivers water ranged from 0.13 to 590 pg mL^{-1} with a mean value of 54.7 pg mL^{-1} , which is three magnitudes lower than World Health Organization (WHO) recommended value (30 ng mL^{-1}). Hence, the isotope ratios measurement of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ and $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ in low concentrated water samples is a challenging task.

The $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ and $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ isotope ratios were measured using a multiple collector inductively coupled plasma mass spectrometry (MC-ICP-MS). The combination of 10^{12} Ohm resistor Faraday cup and Daly detectors are used for low abundance of ^{234}U measurement. A standard solution containing 50 pg mL^{-1} of U was selected for accuracy and precision measurement of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ and $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ isotope ratios. MC-ICP-MS coupled with a desolvating nebulizer system could measure U isotope ratios at picogram level in ground water, river water, pond water and stream water from Fukushima prefecture. The DGA-normal extraction chromatography resin was used for the chemical separation of U from other elements in water samples. Further data will be present during presentation.

Keywords : river water, $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$, MC-ICP-MS, Daly detector

P-29

Hydrogeological characteristics of new groundwater observation wells installed around the cooling pond at ChNPP

SATO Hikaru^{*1}, SHIBASAKI Naoaki², Dmytro VEREMENKO³

¹Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, ²Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ³SSE Ecocentre, Chernobyl

*Corresponding author : sato.hikaru.gf@u.tsukuba.ac.jp

In 2020, new groundwater observation wells were installed at three sites around the cooling pond in Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP). At each site, three wells were installed at depths of 30, 60, and 90 m. During the installation, all-core boring, geophysical logging and pumping tests were carried out to obtain the depth of the aquifers and hydrogeologic parameters. Based on the survey results, it was determined that the aquifer was divided into two major layers with the boundary of the Eocene marl (10 to 20 m in thickness): an alluvial to Pleistocene sand layer (20 to 30 m in thickness as the upper aquifer), and an Eocene sand layer with clay (35 to 45 m in thickness as the lower aquifer). The hydraulic conductivity values were 15-30 m/day in the upper aquifer and 1-10 m/day in the lower aquifer. The lower aquifer is a confined aquifer, and the groundwater head is higher than groundwater level of the upper aquifer. The groundwater level of the upper aquifer at the observation well near the Pripyat River rises from March to May in 2021. It is considered to be influenced by the river water level. The ⁹⁰Sr activity concentrations in groundwater (January to June in 2021) showed that the concentrations in the upper aquifer ranged from 500 to 1400 Bq/m³ and the concentrations in the lower aquifer were less than 150 Bq/m³. The ¹³⁷Cs activity concentrations, during the same period, were less than 10 Bq/m³, and there were no differences of the concentrations by well depths.

Keywords : new observation well, groundwater, hydrogeologic parameter, Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP)

チェルノブイリ原発の冷却池周辺に設置された新規地下水観測井の水文地質学的特性

佐藤ひかる^{*1}、柴崎直明²、ドミトロ・ベレメンコ³

¹筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、²福島大学共生システム理工学類、³SSEエコセンター

*責任著者 : sato.hikaru.gf@u.tsukuba.ac.jp

2020年にチェルノブイリ原発冷却池周辺の3か所で地下水観測井を新たに設置した。1か所につき深度30、60、90mの深度別観測井を3本設置した。新規観測井を設置するにあたり、オールコアボーリング、物理検層、揚水試験を実施して帯水層の深度や水文地質パラメータを取得した。これらの結果から帯水層は始新世の泥灰岩(厚さ10~20m)を境に、沖積層~更新統の砂層(厚さ20~30m、上部帯水層)と粘土層を挟在する始新統の砂層(厚さ35~45m、下部帯水層)に区分された。透水係数値は、上部帯水層で15~30m/day、下部帯水層で1~10m/dayが得られた。下部帯水層は被圧帯水層であり、その地下水頭は上部帯水層の地下水位よりも高い。また、プリペチャ川に近い観測井の上部帯水層の地下水位は2021年3月~5月にかけて上昇し、河川水位の影響を受けていると判断される。2021年1月から6月に採取した地下水中の⁹⁰Sr濃度は、上部帯水層で500~1400Bq/m³、下部帯水層では150Bq/m³以下であった。一方、同時期に採取した¹³⁷Cs濃度は10 Bq/m³以下と小さく、深度別の濃度に違いはみられなかった。

キーワード : 新規観測井、地下水、水文地質パラメータ、チェルノブイリ原子力発電所(ChNPP)

P-30

Public understanding of complex dose systems and effects of changes in dose definitions

FUKUDA Kazuto^{*1}, OKURA Masahiro¹, SUGISAKI Norihiko², HASHIMOTO Makoto³,
IWAI Satoshi¹, IIMOTO Takeshi¹

¹The University of Tokyo, ²Nuclear Safety Technology Center, ³Japan Atomic Energy Agency

*Corresponding author : 1723602864@edu.k.u-tokyo.ac.jp

In the field of radiation protection, the operational quantity, which is the dose estimated by instruments for radiation measurement, and the protection quantity, which is related to radiation risk, are used in the same unit of sievert [Sv]. In addition, absorbed doses in units of gray [Gy] and air kerma are usually used as concepts of physical quantities, and if various definitions and units related to radiation doses for radiation protection are not correctly understood or used, unnecessary misunderstandings and confusions may occur. This is not limited to the general public with little knowledge about radiation. The same problem has been reported for radiation workers in controlled areas who deal with radiation on a daily basis and for researchers who deal with biological effects of radiation. New definitions of practical dose and protective dose were proposed in ICRU Report 95 in December 2020 and ICRP Publ. 147 in March 2021, respectively. It is not difficult to imagine that new problems will arise in various fields if the new definitions are introduced in addition to the current situation of insufficient understanding of radiation doses as described above. Based on the above, this study will clarify the numerical characteristics of various doses by conducting simulations based on the image of a characteristic radiation environment. In addition, through interviews, we will identify factors that may cause misunderstanding and confusion, and discuss how to communicate them in a way that contributes to the promotion of correct understanding. We will also discuss the potential effects of the new definitions proposed by ICRP/ICRU through a literature survey, and suggest example options to mitigate them.

Keywords : radiation protection, protection quantities, operational quantities.

複雑な線量体系に関する公衆理解と線量定義の変更に伴う影響に関する研究

福田一斗^{*1}、黄倉雅広¹、杉崎則彦²、橋本周³、岩井敏¹、飯本武志¹

¹東京大学、²原子力安全技術センター、³日本原子力研究開発機構

*責任著者 : 1723602864@edu.k.u-tokyo.ac.jp

放射線防護の分野では、放射線測定器で測定される線量である実用量と、放射線リスクに関連する防護量が同じシーベルト単位で用いられる。また、物理量の概念として、グレイ単位の空気カーマ等が通常は用いられており、放射線防護に用いる線量に関する定義や単位を正しく把握しなければ、不要な誤解や混乱が生じてしまう可能性がある。これは放射線に関する知識の少ない一般公衆だけではなく、日常的に放射線を扱っている管理区域内における作業員等でも同様の問題が報告されている。また、2020年にICRU Report95にて実用量、2021年にICRP Publ.147にて防護量の新たな定義が提示された。上述のように放射線量についての理解不足が憂慮される現状に加えて新たな定義が導入されれば、多分野で新たな問題が生じることは想像に難くない。以上より本研究では、特徴的な放射線環境をイメージした上でシミュレーションを行うことで各種線量の数値的な特徴を明らかにする。さらに、ヒアリングにより誤解や混乱の原因となりそうな要素を洗い出し、正しい理解の促進に資する伝え方について検討する。また、文献調査によってICRP/ICRUが提案した新たな定義が及ぼす影響をまとめ、それらを軽減するための方策を検討する。

キーワード : 放射線防護、防護量、実用量

P-31

Monte Carlo simulation of NaI detector response for airborne monitoring

Sam KOH Boon Kiat^{*1}, HIRAO Shigekazu², TORII Tatsuo²

¹Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University,

²Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

*Corresponding author : s2170053@ipc.fukushima-u.ac.jp

Since the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident following the Great East Japan Earthquake in 2011, there has been monitoring programs carried out to monitor the temporal change of radionuclides dispersed to the environment. The monitoring strategies include airborne monitoring, where it involves the mounting of large detector systems on a helicopter. However, in such airborne monitoring programs, the signal that is recorded include not only the gamma rays from radionuclides derived from FDNPP, but also due to naturally occurring radionuclides found in the atmosphere. Monte Carlo simulation can be used to obtain the detector response from the natural and anthropogenic radionuclides. It is a challenging task to sophisticate the methodology for estimating of the concentration of the radionuclides using airborne monitoring. The purpose of this study is to understand the characteristics of the pulse height distribution obtained by airborne monitoring and to investigate its availability for the estimation of the concentration of naturally occurring radionuclides of radon and its progenies in the atmosphere. The results obtained from this simulation showed good agreement between the simulated detector and the physical detector used in the laboratory. The trends observed in the physical detector were well replicated by the simulated detector, and it provides a good basis to be extended to the detectors used in airborne monitoring survey.

Keywords : Monte Carlo simulation, airborne radiation monitoring, atmospheric radon

P-32

Continuous measurement of radio-cesium concentration in air in Okuma

HIRAO Shigekazu*¹

¹Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

*Corresponding author : r786@ipc.fukushima-u.ac.jp

Decommissioning of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) and decontamination in the evacuation zones have been conducted and the evacuation zones would be lifted gradually. The monitoring radioactivity concentrations in the air and the analysis of their spatial and temporal variation are required. This study aim to reveal the cause of the variation of the atmospheric 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. The sampling intervals were between two weeks and one month. The sampling site was located on Okuma. The air monitoring were conducted from November, 2013 to the present. The atmospheric Cs-137 concentration in Okuma was successfully obtained and were still about two orders of magnitude higher than that obtained before the accident. The atmospheric concentrations seem to decrease with time. However, the recent temporal change in the atmospheric concentration from 2018 to the present shows no substantial decrease of concentration. 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 μm . Decontamination activity near the sampling site could enhance the atmospheric concentration. Furthermore, the causes of the atmospheric concentration will be discussed 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濃度の連続観測

平尾茂一*¹

¹福島大学環境放射能研究所

*責任著者 : r786@ipc.fukushima-u.ac.jp

東日本大震災により損壊した福島第一原子力発電所発電所の廃炉および周辺の除染作業が進み、帰還困難区域が順次解除されつつある。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の長期観測から変動要因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月から現在までとした。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。大気中濃度は減少傾向を示しているが、2018年から現在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。大気中微粒子の粒子径に着目すると、1.1 μm 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 μm 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。大気中濃度の変動要因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

