



福島大学環境放射能研究所

# 第9回 成果報告会

The 9th Annual Symposium of the IER, Fukushima University

## 要旨集

Abstracts

日時  
Date

2023年 2月14日(火) 13:00~17:00

Tue, February 14, 2023

会場  
Venue

コラッセふくしま

CORASSE Fukushima

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

極端な気象現象の増加による災害の増加や海水温上昇による海洋水産資源の変化等、人間活動による地球環境変化の影響が顕在化してきました。これらについての現象実態の把握やそれに対する緩和的あるいは適応的対策を継続することが世界中で課題となっています。モニタリング技術としては、人工衛星から地表面で起きる事象を把握する技術も活躍しています。気候変動で乾燥が進んだ地域では森林火災が発生します。人工衛星システムでこれを把握することができるサイトがNASAで公開されています。このような地球環境を把握するためのシステムはまた、ウクライナ国内で続いているロシアの侵略戦争の前線も捉えています。人の生命がかかった戦地が戦場につながっていることを重火器の使用によると思われる煙火の列として宇宙空間から捉えられているのです。

日本語においても英語においても前線が指す言葉は戦争のそれだけはありません。学問分野や研究について言う前線、フロントあるいはフロンティアは研究の最前線のことを指します。環境放射能の研究においても、いまのところ小さな研究コミュニティが関心を寄せているだけの小さな最前線もあれば他の分野に対する影響や社会的関心の大きさから考えて大きな最前線もあります。もちろん、今は小さくても、将来、地球のシステムの理解や大きな生態系の理解につながり、サステイナブルの社会構築の一助となるような最前線もあるでしょう。

学問分野とは別に環境放射能ではもう一つの前線があるようにも思われます。放射能とヒトが接する場所です。2022年には帰還困難区域に設定された特定復興再生拠点区域の避難指示解除が進み、今年2023年以降も継続されます。さらに2020年代を通じて「区域」外の避難指示解除についても進めていく方針が2021年に国から示されています。避難指示解除の結果発生する前線は、特に森林と住環境との関わりや森林の活用場で生じます。東電が2023年から開始する計画となっている処理水の海洋放出は、処理水と環境との間に、あるいは処理水と人間活動との間に前線を発生させます。

福島事故後にも次々と新たな状況が発生しています。社会的関心も科学的研究対象もそれに連れて変わってきているということが言えるでしょう。今回の報告会では、福島で新たに発生しつつある環境放射能とヒトとの前線をふまえながら、我々の研究活動における大小の前線の取り組みと成果をお示しできればと考えております。

福島大学環境放射能研究所

所長 難波 謙二

## FOREWORD

The effects of global environmental changes associated with human activities are becoming increasingly apparent, such as an increase in disasters due to an increase in extreme weather events and changes in marine and fishery resources due to rising sea water temperatures. It has become a global challenge to understand the reality of these phenomena and to continue mitigation and adaptation measures. Satellite-based monitoring technologies are also playing an active role in understanding events occurring on the earth's surface. Areas that are becoming drier due to climate change may experience forest fires, and NASA has a website to monitor this with satellite systems. These global environmental monitoring systems also capture the front lines of Russia's ongoing war of aggression in Ukraine. The battlefronts, where human lives are at stake and have been turned into battlefields, are being captured from space as lines of smoke signals that appear to be caused by the use of heavy weapons.

In both Japanese and English, front lines do not only refer to war. In terms of academic fields and research, fronts and frontiers also refer to the forefront of research. In the field of environmental radioactivity research, there are small fronts that only a small research community is interested in at this time, while there are large fronts in terms of social interest and impact on other fields. Of course, there are also fronts that may be small at the present time but will lead to a better understanding of the Earth's systems and the larger ecosystem in the future, leading to the realization of a sustainable society.

Apart from the academic field, there seems to be another front in the environmental radioactivity field, where humans come into contact with radioactivity. The evacuation order for the Specified Reconstruction and Revitalization Base set in the difficult-to-return zones was lifted in 2022, and is scheduled to continue after this year, 2023. In 2021, the government announced its policy to lift the evacuation order for the off- "Base" areas through the 2020s. The fronts associated with the lifting of the evacuation order will become apparent, particularly in the relationship between forests and the living environment, and in the use of forests. In addition, the discharge of treated water into the ocean, which TEPCO plans to begin in 2023, will cause a front between the treated water and the environment, and between the treated water and human activities.

After the Fukushima nuclear accident, new situations have emerged one after another. With this change, both social interests and scientific research subjects have changed. In this Annual Symposium, we hope to present the efforts and results of the large and small fronts in our research activities, taking into account the new fronts between environmental radioactivity and humans that are emerging in Fukushima.

NANBA Kenji

Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

## Working Group for

## The 9th Annual Symposium of the IER, Fukushima University

Alexei KONOPLEV	(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)
ABE Natsu	(Research Coordinator)

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

## 第9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
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](mailto:ier@adb.fukushima-u.ac.jp)  
<https://www.ier.fukushima-u.ac.jp>

## Venue Guide Map / 会場案内

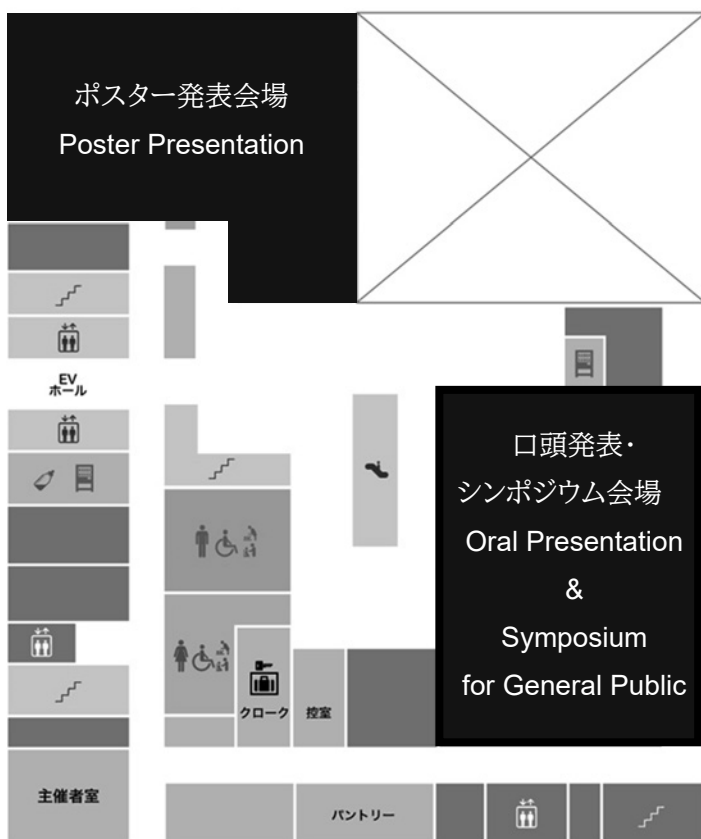
### CORASSE Fukushima

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



4th Floor



5th Floor

Multi・purpose Hall, Conference Room 401, 402 and 403, 4th Floor  
Seminar Room AB, Small and Exhibition Area, 5th Floor

4階 多目的ホール、中会議室、小会議室402・403

5階 研修室AB、小会議室、プレゼンテーションスペース

2月14日 February 14, 2023

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

13:00	<b>開会挨拶 / Opening Remarks</b> 福島大学 学長 三浦浩喜 / MIURA Hiroki, President, Fukushima University		
13:05	<b>趣旨説明 / Overview</b> 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		
13:15	S-01	<b>Development of a visualization device of radiation distribution based on a new concept</b> TORII Tatsuo, SASAKI Miyuki, SANADA Yukihiisa <b>新しい概念に基づく放射線分布可視化ツールの開発</b> 鳥居建男、佐々木美雪、眞田幸尚 ..... 15	15
13:45	S-02	<b>Terrestrial dynamics of radio-caesium - past, present and future -</b> IGARASHI Yasunori <b>陸域の放射性Cs循環のこれまでとこれから</b> 五十嵐康記 ..... 16	16
14:15	S-03	<b>New frontiers for understanding of dynamics of tritium in the marine environment</b> TAKATA Hyoe <b>海洋のトリチウム環境動態解明に向けた新たなフロンティア</b> 高田兵衛 ..... 17	17
14:45	<b>休憩 / Break</b>		
14:55	S-04	<b>Frontiers and remaining issues in fisheries restoration of Fukushima</b> WADA Toshihiro <b>福島県の福島復興の最前線と課題</b> 和田敏裕 ..... 18	18
15:25	S-05	<b>Radiation risk perception and the recovery of Fukushima</b> TAKAMURA Noboru <b>福島復興に資する放射線リスク認知研究の展開</b> 高村昇 ..... 19	19
15:55	S-06	<b>Radioecology after Fukushima: Lessons Learned and Challenges for the Future</b> Alexei KONOPLEV ..... 20	20
16:25	<b>総合討論 / Discussion</b>		
16:55	<b>閉会挨拶 / Closing Remarks</b> 福島大学環境放射能研究所 副所長、長崎大学 教授 高村昇 / TAKAMURA Noboru, Vice Director, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University and Professor, Nagasaki University		

2月13日 February 13, 2023

## Oral and Poster Presentation for Experts / 専門家向け口頭・ポスター発表

Joint event with Environmental Radioactivity Research Network Center (ERAN) Annual Report Meeting  
放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点(ERAN)年次報告会との合同開催

10:00	開会挨拶 / Opening Remarks	
10:10	O-01 Ecological Resuspension of Radioactive Cs in Contaminated Forest Area IGARASHI Yasuhito 汚染された森林における放射性Csの生態学的再浮遊について 五十嵐康人 .....	23
10:40	フラッシュトーク1 / Flash Talk 1	
11:20	休憩 / Break	
11:30	O-02 Long-term transfer of radiocesium within the forest in Fukushima Prefecture KATO Hiroaki, NIWANO Yuma, IIDA Hikaru, ONDA Yuichi 福島県の森林における放射性セシウムの長期移行状況 加藤弘亮、庭野佑真、飯田光、恩田裕一 .....	24
12:00	フラッシュトーク2/Flash Talk 2	
12:40	休憩 / Break	
13:40	O-03 Monitoring methodology of tritium in the environment AKATA Naofumi, YAMADA Ryohei, KUWATA Haruka, Khemruthai KHEAMSIRI 環境トリチウムモニタリング手法 赤田尚史、山田椋平、桑田遥、ケアンムシリケムルータイ .....	25
14:10	フラッシュトーク3 / Flash Talk 3	
14:35	休憩 / Break	
14:45	O-04 Long-term variation of $^{137}\text{Cs}$ concentration in river systems with different $^{137}\text{Cs}$ accumulation watershed in Fukushima and Gunma Prefecture, Japan NAGAO Seiya, SUZUKI Kyuma, KIRISHIMA Akira, TOMIHARA Seiichi, OCHIAI Shinya $^{137}\text{Cs}$ 沈着量が異なる福島県と群馬県の河川水系における河川水中 $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度の長期変動 長尾誠也、鈴木究真、桐島陽、富原聖一、落合伸也 .....	26
15:15	総合討論 / Discussion	
15:45	閉会挨拶 / Closing Remarks	
16:00	ポスター発表コアタイム / Core time of the poster presentation	

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

### Ocean / 海洋

<b>P-01</b>	<b>Spatial and depth distribution of radiocaesium in near-coastal sediment cores of Fukushima Prefecture</b> Pierre-Alexis CHABOCHE, WAKIYAMA Yoshifumi, TAKATA Hyoe, WADA Toshihiro, Olivier EVRARD, MISONOU Toshiharu, SHIRIBIKI Takehiko, FUNAKI Hironori	29
<b>P-02</b>	<b>Application of tracer study using <math>^3\text{H}</math> in groundwater by post-accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant</b> SATO Hikaru, ONDA Yuichi, Maksym GUSYEV, TSUMUNE Daisuke, SHIBASAKI Naoaki 福島第一原子力発電所事故後の地下水中のトリチウムを用いたトレーサー試験の適用 佐藤ひかる、恩田裕一、マキシム・グシエフ、津旨大輔、柴崎直明	30
<b>P-03</b>	<b>Distributions of tritium in the marine water and biota around Pacific Ocean near North East Japan</b> OHTSUKI Adzusa, TAKATA Hyoe 太平洋東日本沿岸海域における海産生物中の $^3\text{H}$ の動態 大槻あずさ、高田兵衛	31
<b>P-04</b>	<b>Estimation of annual Cesium-137 influx from the FDNPP to the coastal water nearby</b> SATO Shun, TAKATA Hyoe 福島沿岸における福島第一原子力発電所由来の放射性セシウムの経年的流入量推定 佐藤俊、高田兵衛	32
<b>P-05</b> F-22-37	<b>Mechanism of <math>^{137}\text{Cs}</math> transfer to benthic fish off Fukushima: Modelling/verification of bio-available <math>^{137}\text{Cs}</math> in benthic ecosystem</b> TATEDA Yutaka, NISHIKAWA Jun, KOBAYASHI Takuya, AONO Tatsuo, HAMAJIMA Yasunori, AOYAMA Michio, TAKATA Hyoe 福島沿岸底生魚における $^{137}\text{Cs}$ 移行機構の解明：底生生物生態系における生物可給態移行挙動のモデル解析と検証 立田穰、西川淳、小林卓也、青野辰雄、浜島靖典、青山道夫、高田兵衛	33
<b>P-06</b> F-22-62	<b>Impacts of Cesium bearing microparticles on the marine coastal ecosystem of Fukushima: Reanalysis of radiocesium distribution in plankton-net samples</b> KANDA Jota, ITO Yukari, ISHIMARU Takashi 福島沿岸海域における高線量粒子の海洋生態系影響に関する研究：プランクトンネット試料の再検討 神田穰太、伊藤友加里、石丸隆	34
<b>P-07</b> F-22-04	<b>Spatiotemporal variations of <math>^{90}\text{Sr}</math> and <math>^3\text{H}</math> in the global ocean based on the historical data, HAMglobal 2021</b> INOMATA Yayoi, AOYAMA Michio 海洋における $^{90}\text{Sr}$ 及び $^3\text{H}$ の全球時空間変動 猪股弥生、青山道夫	35
<b>P-08</b> F-22-84	<b>The behavior of organic matter discharged from macroalgae</b> KIRIHARA Shinji, ISHIKAWA Yoshio, BABA Takahito, TANAKA Yoshiyuki 海藻類から排出される有機物の挙動に関する検討 桐原慎二、石川義朗、馬場貴士、田中義幸	36

### Rivers and Lakes / 河川・湖沼

<b>P-09</b>	<b>The Effects of Upstream Decontamination Activities in Agricultural Land on Downstream Transport of Persistent Suspended Solids and Cs-137 in Niida Catchment in Fukushima, Japan</b> ONDA Yuichi, FENG Bin, HASHIMOTO Asahi, ZHANG, Yupan, TANIGUCHI Keisuke, WAKIYAMA Yoshifumi 福島県新田流域における農地での除染活動が浮遊土砂およびCs-137の下流への輸送に与える影響 恩田裕一、フェン・ビン、橋本朝陽、チョウ・ウパン、谷口圭輔、脇山義史	37
-------------	--	----

P-10	<b>Temporal patterns of riverine <math>^{137}\text{Cs}</math> concentrations during high-flow events</b> WAKIYAMA Yoshifumi, TAKATA Hyoe, TANIGUCHI Keisuke, NIIDA Takuya, IGARASHI Yasunori, KONOPLEV Alexei <b>増水時における河川水<math>^{137}\text{Cs}</math>濃度の時間変化パターン</b> 脇山義史、高田兵衛、谷口圭輔、新井田拓也、五十嵐康記、アレクセイ・コノプリョフ ..... 38	38
P-11	<b>Investigating stream water chemistry and tritium radioisotope in headwater catchments of Rokkasho, Japan</b> GUSYEV Maksym, IGARASHI Yasunori, HIRAO Shigekazu, ONDA Yuichi ..... 39	39
P-12	<b>Long-term dynamics of <math>^{137}\text{Cs}</math> accumulation at an urban pond</b> KUROSAWA Honoka, NANBA Kenji, WADA Toshihiro, WAKIYAMA Yoshifumi <b>除染後の都市ため池における<math>^{137}\text{Cs}</math>の長期動態</b> 黒澤萌香、難波謙二、和田敏裕、脇山義史 ..... 40	40
P-13	<b>Tritium interaction with same types of aquatic plants</b> Lydia Bondareva ..... 41	41
P-14	<b>High-resolution reconstruction of sediment and radiocesium source contributions in a lake draining the main Fukushima radioactive pollution plume</b> Thomas CHALAUX Clergue, HAYASHI Seiji, TSUJI Hideki, WAKIYAMA Yoshifumi, Anthony FOUCHER, Olivier EVRARD ..... 42	42
P-15	<b>Factors causing variations of dissolved Cs-137 concentration in runoff water in groundwater discharge areas</b> SAKAKIBARA Koichi, HIROTA Masahiro, OMORI Yasutaka, AKATA Naofumi, TSUJIMURA Maki, ONDA Yuichi <b>地下水流出域における流出水中の溶存態放射性セシウム濃度の変化要因の解明</b> 榊原厚一、廣田昌大、大森康孝、赤田尚史、辻村真貴、恩田裕一 ..... 43	43
P-16	<b>Spatial variability of radiocesium contamination in the bottom sediments of the small size ponds in the vicinity of Fukushima Dai-ichi nuclear power plant (FDNPP)</b> LINNIK Vitaly, KONOPLEV Alexei, WAKIYAMA Yoshifumi, IVANITSKY Oleg, BYRNES Ian ..... 44	44
P-17	<b>Peculiarities in distribution of sediments and radiocesium on Abukuma River floodplains caused by typhoon Hagibis</b> Mikhail KOMISSAROV, Alexei KONOPLEV, WAKIYAMA Yoshifumi, Valentin GOLOSOV, Maxim IVANOV, IGARASHI Yasunori ..... 45	45

### Ecosystem and Effects / 生態系・影響

P-18	<b>Effect of monovalent cation on cesium uptake and translocation in rice</b> FURUKAWA Jun, LI Chenyu, KANNO Satomi, FUJIMURA Shigeto <b>イネにおけるセシウム吸収・輸送に対する一価陽イオンの影響解析</b> 古川純、リ・シンイク、菅野里美、藤村恵人 ..... 46	46
P-19	<b>Existence of Two Groups of Japanese Dace (<i>Pseudaspius hakonensis</i>) with Different <math>^{137}\text{Cs}</math> Concentrations Observed in the Yokokawa Dam in June.</b> FUNAKI Yuto, WADA Toshihiro, ISHII Yumiko, HAYASHI Seiji, NANBA Kenji, KAMIYAMA Kyouichi <b>6月における横川ダムのウグイで確認された<math>^{137}\text{Cs}</math>濃度が異なる2群の存在</b> 舟木優斗、和田敏裕、石井弓美子、林誠二、難波謙二、神山享一 ..... 47	47
P-20	<b>Dose estimation of wild boars by dicentric chromosome analysis</b> Donovan ANDERSON, FUJISHIMA Yohei, OKUDA Kei, INABA Toshiya, NAGAMACHI Akiko, YOSHIDA Mitsuaki, MIURA Tomisato, ISHINIWA Hiroko <b>二動原体染色体解析による野生イノシシの線量推定</b> ドノヴァン・アンダーソン、藤嶋洋平、奥田圭、稲葉俊哉、長町安希子、吉田光明、三浦富智、石庭寛子 ..... 48	48
P-21	<b>Uptake and excretion of cesium by <i>Lepidostomatidae</i> laevae feeding on fallen leaves</b> KANASASHI Tsutomu, WADA Toshihiro <b>カクツツビケラ科幼虫の枯死葉摂食による放射性セシウムの取り込み及び排せつプロセスの解明</b> 金指努、和田敏裕 ..... 49	49
P-22	<b>Initial radiocesium behavior influenced by mode of atmospheric deposition</b> Donovan ANDERSON, KATO Hiroaki, ONDA Yuichi ..... 50	50

P-23	<b>Evaluation of genetic effects induced by radiation exposure for wild bryophytes, <i>Marchantia polymorpha</i></b> SHIMAMURA Masaki, OGURI Emiko, Frederic BERGER 野生ゼニゴケ種を用いた放射線被爆の遺伝的影響の評価 嶋村正樹、小栗恵美子、Frederic Berger ..... 51	51
P-24	<b>Effects of Radiation on the Early Development of Sea Urchin and <i>Xenopus</i> in the Presence of DNA Repair Inhibitor</b> SHIMIZU Naoto, TSUDA Masataka, 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 清水直登、津田雅貴、井出博 ..... 52	52
P-25	<b>Study on the effects of terrestrial-derived radiocesium via rivers on brackish water systems of Fukushima</b> WATANABE Sho, ENOMOTO Masahiro, AMANO Yosuke, WATANABE Toru, TAKATA Hyoe, WADA Toshihiro 河川を介した陸域由来の放射性Csにおける汽水域への影響に関する研究 渡部翔、榎本昌宏、天野洋典、渡辺透、高田兵衛、和田敏裕 ..... 53	53
P-26	<b>Estimation of radiocesium concentration in the trunk and fallen leaves from the tree branches and leaves of <i>Quercus serrata</i> in three areas in Tochigi prefecture with different initial amount of deposition</b> HAMAGAMI Momo, OHKUBO Tatsuhiro, AIZAWA Mineaki, IIZUKA Kazuya 初期沈着量の異なる栃木県内3地域におけるコナラ樹上枝葉からの樹幹・落葉の放射性セシウム濃度推定 濱上百々、大久保達弘、逢沢峰昭、飯塚和也 ..... 54	54
P-27	<b>Influence of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, explored with land transaction data on municipalities in Fukushima Prefecture</b> SHOJI Nobutoshi, WAKIYAMA Yoshifumi 福島県内各自治体の土地取引データからみた原発事故の影響 庄子信利、脇山義史 ..... 55	55
P-28	<b>Uptake and excretion of radiocesium from food by starry flounder, an euryhaline fish, under different salinity conditions</b> MANOME Yuuki, WADA Toshihiro 広塩性魚ヌマガレイを用いた異なる塩分条件下における餌からの放射性セシウム取込・排出試験 馬目由季、和田敏裕 ..... 56	56
P-29	<b>Elucidation of <math>^{137}\text{Cs}</math> transfer processes in terrestrial and aquatic ecosystems in the difficult-to-return zone</b> YAMAGUCHI Daisuke, KANASASHI Tsutomu, ISHINIWA Hiroko, WADA Toshihiro 帰還困難区域の陸域・水域生態系における $^{137}\text{Cs}$ 移行過程の解明 山口大輔、金指努、石庭寛子、和田敏裕 ..... 57	57
P-30	<b>Model laboratory experiments to support field researchers on uptake and excretion of <math>^{137}\text{Cs}</math> and <math>^{90}\text{Sr}</math> in the silver Prussian carp (<i>Carassius gibelio</i>)</b> Polina PAVLENKO, Olena KASHPAROVA, Maksym HRECHANIUK, Sviatoslav LEVCHUK, WADA Toshihiro, Vasyl YOSCHENKO, Valery KASHPAROV ..... 58	58
P-31	<b>Radiocesium concentrations of prey organisms for Japanese seabass <i>Lateolabrax japonicus</i> in Matsukawa-ura Lagoon and coast of Fukushima Prefecture</b> MORIOKA Yoshiaki, AMANO Yosuke, WADA Toshihiro 福島県沿岸域及び松川浦におけるスズキ餌料生物の $^{137}\text{Cs}$ 濃度 守岡良晃、天野洋典、和田敏裕 ..... 59	59
P-32	<b>Impact of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident on <i>Paramecium</i></b> FUJISHIMA Masahiro, KODAMA Yuuki, Francesco CATANIA, Michael LYNCH, NANBA Kenji 福島第一原発事故のゾウリムシへの影響 藤島政博、児玉有紀、Francesco CATANIA、Michael LYNCH、難波謙二 ..... 60	60

<b>P-33</b>	<b>The chronological changes in radiocesium concentrations in mushrooms, parasites and mycophagous animals</b>	
<b>F-22-41</b>	HOSAKA Kentaro, KASUYA Taiga, YAMAMOTO Kohei, NAM Kyung-Ok, ISHINIWA Hiroko きのこ類・寄生菌・菌捕食者の放射性セシウム濃度の経時的変化 保坂健太郎、糟谷大河、山本航平、南京沃、石庭寛子	61
<b>P-34</b>	<b>Study on the effectiveness of radiation education in secondary schools in Asia-Pacific countries</b>	
<b>F-22-42</b>	KANAMORI Masashi, MIYAZAKI Tomoyuki, TAKASHIMA Ryuta, KOIKE Hiromi, OKURA Masahiro, IIMOTO Takeshi アジア太平洋地域各国の中等学校における放射線教育の効果に関する研究 金盛正至、宮崎寛之、高嶋隆太、小池弘美、黄倉雅広、飯本武志	62
<b>P-35</b>	<b>Examination of bystander effect for evaluation of low-dose radiation effects on wild animals</b>	
<b>F-22-49</b>	ARIYOSHI Kentaro, KASAI Kosuke, NAKATA Akifumi, FUJISHIMA Yohei, MIURA Tomisato 野生動物への低線量放射線影響評価のためのバイスタンダー効果の検討 有吉健太郎、葛西宏介、中田章史、藤嶋洋平、三浦富智	63
<b>P-36</b>	<b>Simplification and optimization for tritium measurement in fish samples</b>	
<b>F-22-77</b>	TORIKAI Yuji, HOSONE Takeru, KAKIUCHI Hideki, ISHIKAWA Yoshio 魚中のトリチウム測定法の簡素化・最適化 鳥養祐二、細根孟留、柿内秀樹、石川義郎	64
<b>P-37</b>	<b>Public understanding on complicated dose definitions, and implications of the definitions revision</b>	
<b>F-22-61</b>	OKURA Masahiro, IIMOTO Takeshi, KOIKE Hiromi 線量体系についての公衆理解と線量定義の変更に伴う影響 黄倉雅広、飯本武志、小池弘美	65
<b>P-38</b>	<b>Exploratory study in the forested area in Rokkasho</b>	
<b>E-22-05</b>	Vasyl YOSCHENKO, NANBA Kenji, YOSHIDA Satoshi, IMADA Shogo, KAKIUCHI Hideki, NAGAI Masaru	66
<b>P-39</b>	<b>Current policy changes and the historical background of Chornobyl exclusion zone —Positive image and tourism—</b>	
	KATAOKA Hiroshi, IGARASHI Yasunori, NANBA Kenji 近年のチェルノブイリChEZの政策転換とその背景について—正のイメージとツーリズム— 片岡浩史、五十嵐康記、難波謙二	67

### Measurement and Analysis / 計測・分析

<b>P-40</b>	<b>Challenges of measuring <math>^{237}\text{Np}</math> in the hydrosphere</b>	
	SAKAGUCHI Aya, NAKAJIMA Akihisa, NAGAI Ayumu, HAYAKAWA Yuta, HOSOKAWA Hiroyoshi, HABA Hiromitsu, SEKO Noriaki, HOSHINA Hiroyuki, Karin HAIN, Andreas WIEDERIN, YAMASAKI Shinya, SUEKI Keisuke, YOKOYAMA Akihiko 水圏中の $^{237}\text{Np}$ 測定への挑戦 坂口綾、中島朗久、永井歩夢、早川優太、細川浩由、羽場宏光、瀬古典明、保科宏行、Karin HAIN、Andreas WIEDERIN、山崎信哉、末木啓介、横山明彦	68
<b>P-41</b>	<b>Investigation of atmospheric tritiated water concentration in Okuma</b>	
	HIRAO Shigekazu, KAKIUCHI Hideki 大熊町での大気水蒸気中トリチウム濃度の調査 平尾茂一、柿内秀樹	69
<b>P-42</b>	<b>Measurement of radiation image in Hamadori area of Fukushima Prefecture</b>	
	KAWAHARA Rika, OCHI Koutaro, YAMAGUCHI Katsuhiko, TORII Tatsuo 福島県浜通りにおける放射線分布画像の測定 河原梨花、越智康太郎、山口克彦、鳥居建男	70
<b>P-43</b>	<b>Feasibility Study on the Advanced Application of Airborne Radiological Survey Data for the Estimation of Atmospheric Radon and its Progenies</b>	
	Sam KOH Boon Kiat, HIRAO Shigekazu, TORII Tatsuo, SANADA Yukihiisa	71

P-44 Y-22-03	<b>Environmental assessment of water quality and trace elements levels in Ningyo-toge closed uranium mine, Japan</b> Ibrahim MAAMOUN, TANAKA Kazuya, YAMASAKI Shinya .....	72
P-45 Y-22-09	<b>Development of Strategy on Near Surface Disposal of Radioactive Waste</b> JIN Qianhao, TACHIKAWA Hirokazu, IIMOTO Takeshi .....	73
P-46 Y-22-13	<b>Study on the characteristics of various methods for measuring radioactivity of naturally occurring radioactive materials</b> KOIKE Hiromi, IIMOTO Takeshi 自然起源放射性物質の各種比放射能測定法の特徴に関する研究 小池弘美、飯本武志 .....	74
P-47 F-22-06	<b>Feasibility study of analytical method of <sup>90</sup>Sr in seawater and land water using barium silicate-based Sr adsorbent -comparison of various measurement methods-</b> OGATA Yoshimune, KOJIMA Sadao, ARINOBU Tetsuya, MINOWA Haruka, KATO Yuka ケイ酸バリウムを主成分とするストロンチウム吸着剤を用いた海水・陸水中の <sup>90</sup> Sr分析法の検討 2 一測定法の比較検討一 緒方良至、小島貞男、有信哲哉、箕輪はるか、加藤結花 .....	75
P-48 F-22-13	<b>Preparation of Cs isotope standard solution with traceability to national standard for precise determination of Cs-135 released to the environment</b> ASAI Shiho, SATO Yasushi, FURUKAWA Rio, SAKAGUCHI Aya 環境中に放出されたCs-135の精密定量を目的とした国家標準にトレーサブルなセシウム同位体標準液の開発 浅井志保、佐藤泰、古川理央、坂口綾 .....	76
P-49 F-22-14	<b>Collection and measurement of atmospheric aerosols near uranium mines in Kazakhstan and studies of biological effects of radioactive microparticles</b> HOSHI Masaharu, ENDO Satoru, FUJIMOTO Nariaki, SATO Hitoshi, TOYODA Shin, SHICHIJO Kazuko, TOKONAMI Shinji, OMORI Yasutaka, SAKAGUCHI Aya, ONDA Yuichi, BAKHTIN Meirat, KAZYMBET Polat, DUYSEMBAYEV Sergazy, ZHUMADILOV Kassym, STEPANENKO Valeriy カザフスタンのウラン鉱山近郊の大気中のエアロゾルの収集と測定及び放射性微粒子の生物影響 星正治、遠藤暁、藤本成、佐藤斉、豊田新、七條和子、床次眞司、大森康孝、坂口綾、恩田裕一、バフティン・メイラット、カジンベツト・ポーラット、デュッセンバエフ・セルガジイ、ズマジーロフ・カシム、ステパネンコ・バレリー .....	77
P-50 F-22-15	<b>Microanalysis for U- and Th-chain contaminations in the crystal materials for rare decay experiments</b> UMEHARA Saori, TAKAKU Yuichi, FUSHIMI Ken-ichi, KUROSAWA Shunsuke 超稀崩壊実験で用いる結晶素材に含まれるウラン・トリウム不純物量の微量分析 梅原さおり、高久雄一、伏見賢一、黒澤俊介 .....	79
P-51 F-22-16	<b>Development a method to measure radioactivity in organic materials at the trace level for the next generation experiment</b> ICHIMURA Koichi, KISHIMOTO Yasuhiro, KURASAWA Maho, SAKAGUCHI Aya, TAKAKU Yuichi 次世代実験のための有機物中放射性元素高感度測定手法の確立 市村晃一、岸本康宏、倉澤真帆、坂口綾、高久雄一 .....	80
P-52 F-22-17	<b>Development of low background liquid scintillator neutron detector for underground astroparticle physics</b> MINAMINO Akihiro, AMANAI Shogo, TANAKA Masashi, IWASAWA Kodai, YOSHIDA Sei 地下宇宙素粒子物理学実験のための低バックグラウンド液体シンチレーター中性子検出器の開発 南野彰宏、天内昭吾、田中雅士、岩澤広大、吉田斉 .....	81
P-53 F-22-21	<b>Incorporation of Ra into polymorphs of calcium carbonate</b> TANAKA Kazuya, YAMASAKI Shinya 炭酸カルシウムへのラジウムの取り込みと結晶構造の関係 田中万也、山崎信哉 .....	82

<b>P-54</b> F-22-24	<b>Fundamental study for the development of chemical form detection method of airborne elements by WDS-PIXE</b> HAGURA Naoto, MATSUI Takaaki, HATANO Yuko 波長分散型PIXE分析法による大気浮遊元素の化学形態検出手法開発のための基礎検討 羽倉尚人、松井隆祥、羽田野祐子 .....	83
<b>P-55</b> F-22-55	<b>Development of Simple Survey-Meter and Its Calibration for Radiation Education</b> IIMOTO Takeshi, KOIKE Hiromi, JIN Qianhao, HASHIMA Shun, WANG Xueqing 放射線教育用簡易測定器の開発と校正に関する研究 飯本武志、小池弘美、金千皓、橋間俊、王雪晴 .....	84
<b>P-56</b> F-22-63	<b>The advancement of Sr-90 analysis method using ICP-MS/MS</b> YANG Guosheng, KIM Eunjoo, TAZOE Hirofumi, ZHENG Jian, KOWATARI Munehiko, KURIHARA Osamu .....	85
<b>P-57</b> E-22-04	<b>Development of electrochemical method for selective recovery of I in environmental water</b> YAMASAKI Shinya, NAKAMURA Tsukasa, HIRAO Shigekazu 電気化学的手法を用いた環境水中のヨウ化物イオン回収法の確立 山崎信哉、中村司、平尾茂一 .....	86
<b>Speciation Radiochemistry / 存在形態</b>		
<b>P-58</b>	<b>Activity concentration of <sup>137</sup>Cs in self-consumed crops collected from Namie, Fukushima with associated internal radiation doses to human</b> TSUKADA Hirofumi, KIKUCHI Mihoko, NISHI Kouichi, TAKAMURA Noboru 福島県浪江町で採取した自家消費作物中 <sup>137</sup> Csとヒトの内部被ばく線量について 塚田祥文、菊池美保子、西康一、高村昇 .....	87
<b>P-59</b>	<b>Dynamics of radiocesium and other metals associated with soil organic carbon in the Fukushima-derived soil</b> Ismail M. M. RAHMAN, Zinnat Ara BEGUM M. Ferdous ALAM, HASEGAWA Hiroshi .....	88
<b>P-60</b>	<b>Temporal variation in the radiocesium in current-year roots of Japanese cedar in Fukushima Prefecture</b> TAKAHASHI Junko, SASAKI Takuya, IGUCHI Satoshi, ONDA Yuichi 福島県のスギ当年生細根中の放射性セシウムの経年変化 高橋純子、佐々木拓哉、井口啓、恩田裕一 .....	89
<b>P-61</b>	<b>Analysis of Suspended Radioactive Particles Affecting Crop Cultivation</b> TATSUNO Takahiro, NIHEI Naoto, Kazuya Yoshimura 作物栽培に影響する浮遊放射性微粒子の解析 辰野宇大、二瓶直登、吉村和也 .....	90
<b>P-62</b>	<b>Influence of different soil dressing on radiocaesium uptake by crops</b> SUZUKI Masataka, AZUMA Kazuki, NAKAO Atsushi, MANPUKU Yuzo, MARUYAMA Hayato, WATANABE Toshihiro, SHINANO Takuro 作物の放射性セシウム吸収における異なる客土施用の影響 鈴木政崇、東和喜、中尾淳、万福裕造、丸山隼人、渡部敏裕、信濃卓郎 .....	91
<b>P-63</b>	<b>Studies on <sup>137</sup>Cs fractions in archived soil sample collected from Fukushima Prefecture in 2011</b> YANAGIGAWA Kento, TATSUNO Takahiro, TSUKADA Hirofumi 2011年に福島県から採取した土壌アーカイブ試料の <sup>137</sup> Cs存在形態に関する研究 柳川賢斗、辰野宇大、塚田祥文 .....	92
<b>P-64</b> Y-22-08	<b>Driver forces identification and severity assessment of wildfire in the radioactive residual area</b> Jun HU, KOTSUKI Shunji, IGARASHI Yasunori .....	93
<b>P-65</b> Y-22-27	<b>Evaluation of the effect of plant phosphorus deficiency response mechanisms on the transferability of radiocaesium from soil to plants.</b> HANASHIRO Kiyotoshi, UNNO Yusuke, WASAKI Jun 植物のリン欠乏応答機構が土壌から植物への放射性セシウム移行性に及ぼす影響評価 花城清俊、海野佑介、和崎淳 .....	94

<b>P-66</b>	<b>Regulation mechanism of Cs<sup>+</sup> absorption and transport in rice plants by Na<sup>+</sup>.</b>	
<b>F-22-11</b>	KANNO Satomi, FUJIMURA Shigeto, LI Cheny, TAKAHASHI Junko, SHINANO Takuro, LEONHARDT Nathalie, FURUKAWA Jun	
	<b>ナトリウムによるイネのセシウム吸収・輸送制御機構の解明</b>	
	菅野里美、藤村恵人、李晨煜、高橋純子、信濃卓郎、レオナール・ナタリー、古川純……………	95
<b>P-67</b>	<b>Distribution of cesium-rich microparticles in contaminated forest soil in Futaba District, Fukushima Prefecture</b>	
<b>F-22-31</b>	WAKI Hiromichi, NAGASAWA Waka, TATSUNO Takahiro, WADA Toshihiro, NIHEI Naoto, MURAKAMI Masashi, OHTE Nobuhito	
	<b>福島県双葉郡の未除染森林土壌における高濃度放射性セシウム含有粒子の分布</b>	
	脇嘉理、長澤和佳、辰野宇大、和田敏裕、二瓶直登、村上正志、大手信人……………	96
<b>P-68</b>	<b>Synthesis and application of a new supramolecule-based conjugate material for the separation of radionuclides from aqueous matrices</b>	
	Rashedul Islam RIPON, Zinnat Ara BEGUM, Ismail M. M. RAHMAN……………	97

# 市民向けシンポジウム

## Symposium for the General Public

## S-01

### Development of a visualization device of radiation distribution based on a new concept

TORII Tatsuo<sup>\*1</sup>, SASAKI Miyuki<sup>2</sup>, SANADA Yukihiisa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency

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

Pinhole gamma cameras and Compton cameras have been developed as devices for imaging gamma-ray distribution and have been used in various fields including the environment in Fukushima Prefecture and the decommissioning site of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. In this presentation, we will discuss the development of a new radiation measurement device with a fractal structure that can visualize the radiation distribution from various directions. The conventional instruments are capable of imaging gamma rays, but it is difficult to measure charged particles such as beta rays. The newly developed device can measure not only gamma rays but also beta rays in all directions, and is expected to be used not only for measuring radiation in the environment but also in various other fields.

**Keywords :** radiation imager, omnidirectional measurement, fractal geometry, beta/gamma rays

### 新しい概念に基づく放射線分布可視化ツールの開発

鳥居建男<sup>\*1</sup>、佐々木美雪<sup>2</sup>、眞田幸尚<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>日本原子力研究開発機構福島研究開発部門

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

放射線分布をイメージングする装置として、ピンホール型ガンマカメラやコンプトンカメラが開発され、福島県内の環境をはじめ、福島第一原発の廃炉現場等の様々なフィールドで用いられている。本発表では、それらと異なる新しい概念でさまざまな方向から入射する放射線分布が可視化できるフラクタル構造の新しい放射線測定装置の開発について話す。これまでの測定装置では $\gamma$ 線のイメージングが可能であるが、ベータ線等の荷電粒子の測定は困難であった。新しく開発した装置は、ガンマ線のみならずベータ線の分布も全方位で測定可能であり、環境中の放射線測定だけでなく、さまざまな分野での測定にも期待できる。

**キーワード :** 放射線イメージャー、全方位測定、フラクタル構造、 $\beta$ 線・ $\gamma$ 線

## S-02

## Terrestrial dynamics of radio-caesium - past, present and future -

IGARASHI Yasunori\*<sup>1</sup><sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

More than eleven years have passed since the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in 2011. Radioactive materials (mainly radiocesium) emitted from the nuclear power plant accident have been deposited on terrestrial ecosystem, which is the foundation of our lives. Radiocesium is also deposited in forests, which cover a large proportion of the terrestrial area in Japan, and is incorporated into the material cycle that occurs in forest ecosystems over a long period. After the accident, many studies have been conducted on the circulation (dynamics) of radiocesium in the forests of Fukushima. Radiocesium that fell on the forest in the early stages of the accident is supplied to the ground surface as litter. The litter is then decomposed by microorganisms, and the radiocesium contained in the litter is absorbed by the soil, and some of it is uptaken by trees. Current our question is how radioactive cesium accumulating now and where will it go in the future as a result of this material cycle in the forest ecosystem? I would like to try to review the past researches and explain it in an easy-to-understand. And some of the radiocesium in the forest ecosystem also flows downstream from the mountain streams. In my presentation, I would also like to explain various perspectives on the transport of radiocesium through river environment.

**Keywords** : Radiocesium, forests, material cycle

## 陸域の放射性Cs循環のこれまでとこれから

五十嵐康記\*<sup>1</sup><sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所

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

2011年の福島第一原子力発電所事故から12年が経過しようとしている。原発事故により放出された放射性物質(主には放射性セシウム)は、私たちの生活基盤である陸域にも沈着した。陸域の中で大きな面積割合をもつ森林にも放射性セシウムは沈着し、長い時間をかけて森林生態系の中で起こる物質循環に取り込まれると考えられている。事故後、福島森林を対象として放射性セシウムの森林内での循環(動態)に関する多くの研究が行われてきた。事故初期に森林に降った放射性セシウムは、落葉落枝(リター)として地表面に供給される。その後、リターは微生物などにより分解され、そこに含まれる放射性セシウムは土壌へ吸着され、そして一部は、樹木に吸収されてきた。このような物質循環の結果として、現在はどこに蓄積されているのか?そして今後はどこに行くのか?これまでの研究を整理しわかりやすく解説するということに努めたいと思う。そして、森林生態系に沈着した放射性セシウムの一部は、溪流から下流へも流れていく。講演の中では、河川を介した放射性セシウムの輸送に関しても様々な視点で解説したいと思う。

**キーワード** : 放射性セシウム、森林、物質循環

## S-03

### New frontiers for understanding of dynamics of tritium in the marine environment

TAKATA Hyoe<sup>\*1</sup>

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

<sup>\*</sup>Corresponding author : h.takata@ier.fukushima-u.ac.jp

Since the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident in March 2011, ALPS treated water stored in tanks at the facility is assumed to be released to the ocean. In order to assess the subsequent impact on the ocean, it is necessary to understand the tritium level in the marine environment before the release and the dynamics of tritium in marine biota. In this presentation, I show the temporal change of tritium levels in seawater and marine biota in the Japanese coastal waters from 1990 to present. The monitoring results around the FDNPP since 2013 will also be discussed. In addition, assuming that tritium concentration in the coastal water near the FDNPP is expected to fluctuate after the release of ALPS treated water, new issues which should be solved will be presented, as well as tritium levels in seawater and marine biota sampled by IER in the waters off Fukushima in 2021-2022.

**Keywords :** Japanese coastal waters, background, Biota-Seawater concentration ratio (CR)

### 海洋のトリチウム環境動態解明に向けた新たなフロンティア

高田兵衛<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所

<sup>\*</sup>責任著者 : h.takata@ier.fukushima-u.ac.jp

2011年3月の福島第一原発事故以降、施設内のタンクに保管されたALPS処理水が2023年度以降に海洋へと放出される予定である。その後の海洋影響について評価するためには、放出前の海洋環境のトリチウムレベルの把握、そして海水から魚を含む海産生物への移行に関する理解が必要である。そこで、本発表では、福島第一原発事故前の1990年から現在にかけての日本の海洋環境における海水と海産生物のトリチウムの濃度変遷を示すと共に、セシウムとの動きの違いについて概説する。加えて、福島第一原発周辺での2013年から行われたモニタリング結果についても述べる。また、今後のALPS処理水の放出によりトリチウム濃度の変動を想定し、影響評価に向けた新たな課題やその解決方法を示すと共に、直近の2021~2022年の福島沿岸で採取された海水と海産生物中のトリチウムの濃度範囲についても紹介する。

**キーワード :** 日本全国の沿岸、バックグラウンド、海産生物-海水濃度比(CR)

## S-04

## Frontiers and remaining issues in fisheries restoration of Fukushima

WADA Toshihiro<sup>\*1</sup>

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

<sup>\*</sup>Corresponding author : t-wada@ipc.fukushima-u.ac.jp

More than 11 years have passed since the accident at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in March 2011, and radioactive contamination of marine products has almost been settled, with the exception of those within the FDNPP port. Regarding restoration of Fukushima's coastal fisheries after tsunami and FDNPP accident, the Fukushima Fisheries Cooperative Association has gradually expanded the "trial fishing" from June 2012, for which several limitations (e.g., operation areas, operation times, and target species) were imposed. Under the new operation scheme started from April 2021, several limitations will be lifted systematically, and increase of landings will hopefully be achieved: the landing amounts in 2021 were still less than 20% of those recorded before the accident. Under these circumstances, the Japanese government has decided in April 2021 to discharge ALPS treated water containing tritium into the ocean, raising concerns among fishery workers about harmful rumors about marine products. Toward the full-recovery of fisheries in Fukushima, it will be necessary to solve the remaining issues one by one (e.g., fish within the FDNPP port, reconstruction of distribution channel, countermeasures against harmful rumors), in addition to considering the resource management of marine products. This presentation will also introduce the latest research (bio-logging survey using temperature-depth loggers) to elucidate the migration ecology of tiger pufferfish, whose catch has been rapidly increasing in recent years, and spotted halibut, a high-priced rare flatfish.

**Keywords :** Fisheries restoration, Radioactive contamination, Marine products, ALPS-treated water, Bio-logging

## 福島県の福島復興の最前線と課題

和田敏裕<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所

<sup>\*</sup>責任著者 : t-wada@ipc.fukushima-u.ac.jp

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故から11年が経過し、原発港湾内などごく一部のエリアを除き、海産物の放射能汚染はほぼ収束しつつある。津波や原発事故による影響の大きかった沿岸漁業の復興に関しては、福島県漁連が主体となり、2012年6月以降、操業に制限(海域、魚種、漁法等)のある「試験操業」を徐々に拡大することにより漁獲量を増加させてきた。2021年4月には、新たな枠組み(本格操業に向けた移行期間)へと移行し、今後、計画的に漁獲量を増やしていく段階にある。ただし、2021年の沿岸漁業の漁獲量は依然として震災前の20%以下に留まっている。このような状況のなか、トリチウムを含むALPS処理水の海洋放出が2021年4月に日本政府により決定され、漁業関係者から海産物への風評被害に対する懸念の声が上がっている。今後は、震災後に変化した海産物の資源状況に合わせながら、残された課題(原発港内の魚類、流通面の回復や風評被害対策等)を一つ一つクリアしつつ、福島県の真の漁業復興を目指す必要がある。本講演では、近年、急激に漁獲量が増えているトラフグや、幻の高級魚ホシガレイの移動生態の解明に向けた最新の研究(水温・深度ロガーを用いたバイオリギング調査)についても紹介する。

**キーワード :** 漁業復興、放射能汚染、海産物、ALPS処理水、バイオリギング

## S-05

### Radiation risk perception and the recovery of Fukushima

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

<sup>1</sup>Atomic Bomb Disease Institute, Nagasaki University, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

<sup>\*</sup>Corresponding author : takamura@nagasaki-u.ac.jp

Twelve years have passed since the accident at TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS). After the evacuation from the hometown, 80% residents of Kawauchi village have already returned back. On the other hand, rate of return of Tomioka town is still 15%. Furthermore, Okuma and Futaba town, where the FDNPS was installed, return rates of the residents were still limited. Since the recovery process becomes different in each evacuated municipality, supports by experts should be based on the situation of the recovery process of each. In this session, I introduce the radiation risk perception and its related factors in residents of these areas, and elaborate the appropriate risk communication for the recovery of this area.

**Keywords :** risk perception, recovery process, risk communication

### 福島復興に資する放射線リスク認知研究の展開

高村昇<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>長崎大学原爆後障害医療研究所、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

<sup>\*</sup>責任著者 : takamura@nagasaki-u.ac.jp

東京電力福島第一原子力発電所事故から12年が経過した。事故直後から避難を実施した福島県の自治体のうち、川内村はすでに80%あまりの住民が帰還したのに対し、隣接する富岡町では帰還率は15%程度にとどまっている。さらに原発が立地する大熊町の帰還率は5%、双葉町では避難指示が一部解除になったばかりで、復興は始まったばかりである。このように現在復興の状況は地域によって全く異なっているのが現状であり、それぞれの状況に合わせた復興支援が求められている。今回の発表では、住民の放射線リスク認知とそれに関連する因子を紹介し、それぞれの状況に合わせたリスクコミュニケーションのあり方について考察したい。

**キーワード :** 放射線リスク認知、復興、リスクコミュニケーション

## S-06

## Radioecology after Fukushima: Lessons Learned and Challenges for the Future

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

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

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

Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident in March 2011 led to extensive environmental contamination by several radionuclides, particularly  $^{134}\text{Cs}$  (half-life  $T_{1/2}=2.06$  years) and  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2}=30.17$  years). This has rekindled the interest in the behavior of radionuclides in the environment, particularly given the geoclimatic conditions of Japan. The studies after the Fukushima accident have clearly demonstrated that behaviour of accidentally released radionuclides in the environment is governed by radionuclide speciation in fallout or liquid discharges to the ocean and site-specific environmental characteristics. The Fukushima-derived  $^{137}\text{Cs}$  is found to be strongly bound to soil and sediment particles, which reduces the potential bioavailability of this radionuclide. Up to 80% of the deposited  $^{137}\text{Cs}$  on the soil of the contaminated area were reported to be incorporated in hot glassy particles ("Cs balls") insoluble in water. These particles decompose in the environment very slowly, and long-term radiocesium leaching from these particles is a challenge for future studies. In Fukushima contaminated areas the high annual precipitation and steep slopes are conducive to significant erosion and intensive r-Cs wash-off especially during devastating typhoons. Typhoons Etou in 2015 and Hagibis in 2019 demonstrated a pronounced redistribution of  $^{137}\text{Cs}$  on river watersheds and floodplains, and natural self-decontamination occurred in some cases. Understanding mechanisms and prediction of radiocesium remobilization from river-transported sediments at the interface between freshwater and marine water in estuaries is important challenge for contemporary radioecology. Another acute issue, which requires our research study, is the planned discharge of decontaminated wastewaters containing tritium from FDNPP site to the Ocean.

**Keywords :** Fukushima, radioecology, radiocesium, fate, transport, self-purification, challenges



## Oral Presentation for Experts

## 専門家向け口頭発表

## O-01

## Ecological Resuspension of Radioactive Cs in Contaminated Forest Area

IGARASHI Yasuhito<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University (KURNS)

<sup>\*</sup>Corresponding author : igarashi.yasuhito.4e@kyoto-u.ac.jp

The authors found that bioaerosol processes may be involved in the resuspension of radioactive Cs into the atmosphere in the case of contamination from the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (F1NPP) accident (Igarashi et al., 2019). The authors studied the resuspension of radioactive Cs released by the accident in a typical contaminated village-suburban mountain area to assess the impact of the accident (Ishizuka et al., 2017; Kinase et al., 2018). The results showed that 1) the concentration of radioactive Cs increases in summer, and 2) unlike previous experience (Igarashi et al., 2015; Ishizuka et al., 2017), electron microscopy revealed that the particles harboring radioactive Cs are of biological origin. Given that fungi misidentify Cs as potassium and concentrate Cs, it is assumed that fungal spores are the main contributing hosts of radioactive Cs resuspension (Igarashi et al., 2019). To identify sources of atmospheric radioactive Cs emissions from forests, sampling based on weather conditions (with and without rain) was conducted in contaminated forests. We found that rainfall promotes/induces bursts of radioactive Cs-containing aerosols in the forest. Furthermore, we confirmed that the fungal spores that promote the dispersal of radioactive Cs into the atmosphere during rainy weather conditions appear to differ from those during sunny weather (Kita et al., 2020).

**Keywords :** Radioactive Cs, forest ecosystem, fungal spores, resuspension, precipitation

## 汚染された森林における放射性Csの生態学的再浮遊について

五十嵐康人<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>京都大学複合原子力科学研究所

<sup>\*</sup>責任著者 : igarashi.yasuhito.4e@kyoto-u.ac.jp

著者らは、2011年の福島第一原子力発電所(F1NPP)事故による汚染において、放射性Csの大気中への再浮遊にバイオエアロゾルが関与している可能性を見出した(Igarashi et al., 2019)。著者らは、事故の影響を評価するために、典型的な汚染された山間部近郊－村落において事故で放出された放射性Csの再浮遊について研究した(Ishizuka et al., 2017 ; Kinase et al., 2018)。その結果、1)夏場に放射性Csの濃度が上昇すること、2)これまでの経験(Igarashi et al., 2015 ; Ishizuka et al., 2017)とは異なり、電子顕微鏡により放射性Csを保持・運搬する粒子が生物由来であることが明らかになった。真菌がカリウムと誤認してCsを濃縮することから、真菌の胞子が放射性Cs再浮遊の主な寄与主体であると推測された(Igarashi et al., 2019)。森林からの大気への放射性Csの放出源を特定するため、汚染された森林において気象条件(降雨あり・なし)に基づくサンプリングを実施した。その結果、降雨が森林内の放射性Cs含有エアロゾルの放出を促進/誘発することを明らかにした。さらに、雨天時に放射性Csの大気中への飛散を促進する真菌類胞子は、晴天時とは異なり大型の胞子が多いことを確認した(Kita et al., 2020)。

**キーワード :** 放射性Cs、森林生態系、真菌類胞子、再浮遊、降水

## O-02

## Long-term transfer of radiocesium within the forest in Fukushima Prefecture

KATO Hiroaki<sup>\*1</sup>, NIWANO Yuma<sup>1</sup>, IIDA Hikaru<sup>1</sup>, ONDA Yuichi<sup>1</sup>

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

<sup>\*</sup>Corresponding author : kato.hiroaki.ka@u.tsukuba.ac.jp

In Japan's forests, field data on the distribution and migration of radiocesium deposited by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident have been vigorously collected over 11 years from the initial dynamics. In this presentation, we summarize the mechanisms of radiocesium transfer in Japanese forests. The research targets the transfer between atmosphere, canopy, and soil due to hydrological processes and the discharge from the forest headwater catchment through the water system, based on the results of field monitoring in experimental forest areas and watersheds in Kawamata and Namie towns, Fukushima Prefecture. In addition, we clarified the difference in the transfer rate of radionuclides between Fukushima and Chornobyl by combining the findings of previous studies. Finally, we discussed the transfer phenomena in forests that need further clarification because they may have long-term effects on the distribution of radionuclides in the forests.

**Keywords :** Fukushima Dai-ichi NPP accident, radiocesium, forest, distribution, transfer mechanisms

## 福島県の森林における放射性セシウムの長期移行状況

加藤弘亮<sup>\*1</sup>、庭野佑真<sup>1</sup>、飯田光<sup>1</sup>、恩田裕一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

<sup>\*</sup>責任著者 : kato.hiroaki.ka@u.tsukuba.ac.jp

我が国の森林においては、福島第一原子力発電所の事故により沈着した放射性セシウムの初期の動態から11年間に及ぶ林内分布・移行状況のフィールドデータが精力的に取得されている。本発表では、我が国の森林における放射性セシウムの移行メカニズムのうち、水文素過程にともなう大気-樹冠-土壌間での移行や、森林源頭部から水系を通じた流出について、福島県川俣町及び浪江町に設定した試験林分・流域でのフィールドモニタリングの成果をもとに、これまでに明らかになっている事象を整理した。また、福島及びチェルノブリの既往研究の知見を併せて、両環境での放射性核種の移行速度の違いを明らかにするとともに、森林内の放射性核種の分布に長期的な影響を及ぼしうるため今後さらに解明が必要とされる森林内移行現象について検討した。

**キーワード :** 福島第一原子力発電所事故、放射性セシウム、森林、分布、移行メカニズム

## O-03

## Monitoring methodology of tritium in the environment

AKATA Naofumi<sup>\*1</sup>, YAMADA Ryohei<sup>1</sup>, KUWATA Haruka<sup>2</sup>, Khemruthai KHEAMSIRI<sup>2</sup><sup>1</sup>Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University, <sup>2</sup>Graduate School of Health Science, Hirosaki University<sup>\*</sup>Corresponding author : akata@hirosaki-u.ac.jp

Tritium ( $^3\text{H}$ ;  $T_{1/2} = 12.3 \text{ y}$ ) is the radioisotope of hydrogen that decays to  $^3\text{He}$ ; the majority of sources of environmental tritium are natural, and some parts originate from artificial sources. The 99% of naturally occurring tritium is present in atmospheric water vapor, rainwater, land water, and seawater in the chemical form of HTO, and migrates through the Earth surface as part of the water cycle. Furthermore, the data on tritium concentration is used for evaluation of the residence time of groundwater and as the tracers for air masses containing water vapor along with hydrogen and oxygen stable isotope ratios. The discharge of treated water containing tritium into the ocean, one of the decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, and the reputational damage associated with its environmental impact have attracted considerable attention. Since the concentration of tritium in Japan has been kept around the detection limit of the counting device, it is common to measure tritium after enrichment procedure. Tritium in environmental samples is converted to the water form (HTO) for measurement through pretreatment procedure. In this presentation, the sampling methods and measurement techniques for tritium measurement were reported.

**Keywords :** tritium, environmental monitoring, methodology

## 環境トリチウムモニタリング手法

赤田尚史<sup>\*1</sup>、山田椋平<sup>1</sup>、桑田遥<sup>2</sup>、ケアンムシリケムルータイ<sup>2</sup><sup>1</sup>弘前大学被ばく医療総合研究所、<sup>2</sup>弘前大学大学院保健学研究科<sup>\*</sup>責任著者 : akata@hirosaki-u.ac.jp

トリチウム(T)は、弱い $\beta$ 線を放出して半減期12.3年でヘリウム-3( $\text{He-3}$ )に壊変する水素の放射性同位体であり、自然界には天然起源と人為起源のものが存在する。自然界に存在するトリチウムはその99%が大気中の水蒸気や雨水、陸水・海水にHTOの化学形態として存在し、水循環過程に伴い地球表層を移動することから、そのトリチウム濃度情報は水素・酸素安定同位体比と共に水蒸気を含む気塊のトレーサー、地下水の滞留時間推定にも利用されている。一方、福島第一原子力発電所の廃炉に向けてトリチウムを含む処理水の海洋放出やその環境影響と関連した風評被害が関心を集めている。環境中のトリチウムを測定する際は低バックグラウンド液体シンチレーションカウンターを用いるのが一般的であるが、日本における濃度は測定装置の検出下限値付近で推移しているため、電気分解による濃縮操作を実施後に測定するのが一般的である。一方、気圏環境におけるトリチウムは、主に水蒸気状(HTO)、分子状(HT)および炭化水素状(主にメタン： $\text{CH}_3\text{T}$ )として存在しており、酸化して水として回収することで計測が可能となる。有機物試料については、燃焼して水として回収することで放射能計測するのが一般的である。本発表では、トリチウム計測のための試料採取法と計測技術について報告する。

**キーワード :** トリチウム、環境モニタリング、計測手法

## O-04

## Long-term variation of $^{137}\text{Cs}$ concentration in river systems with different $^{137}\text{Cs}$ accumulation watershed in Fukushima and Gunma Prefecture, Japan

NAGAO Seiya<sup>\*1</sup>, SUZUKI Kyuma<sup>2</sup>, KIRISHIMA Akira<sup>3</sup>, TOMIHARA Seiichi<sup>4</sup>, OCHIAI Shinya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, <sup>2</sup>Gunma Prefectural fisheries Experimental Station, Gunma Prefecture, <sup>3</sup>Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, <sup>4</sup>Fukushima Marine Science Museum, Fukushima Prefecture

\*Corresponding author : seiya-nagao@se.kanazawa-u.ac.jp

Long-term variation of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in river waters is basic information on dispersion and migration behavior of  $^{137}\text{Cs}$  deposited on the ground surface with various land-use after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident. In this presentation, we reported the results of three river systems from the Abukuma River ( $^{137}\text{Cs}$  accumulation of watershed: 388.1 kBq/m<sup>2</sup>; Lower reaches 75.2 kBq/m<sup>2</sup>), the Natsui River (57.3 kBq/m<sup>2</sup>), and the upper Tone River (16.2 kBq/m<sup>2</sup>). The  $^{137}\text{Cs}$  concentration in river waters decreased exponentially with increasing time after the accident at the river systems during 2012-2021, though the  $^{137}\text{Cs}$  concentration level is different from each other. After rain events, total  $^{137}\text{Cs}$  concentration was increased to 3.83 Bq/L for the Abukuma, 0.89 Bq/L for the Natsui, and 3.78 Bq/L for the Tone River. In the Tone River, the  $^{137}\text{Cs}$  content in riverine suspended solids (ss) was 304 to 808 Bq/kg-ss at the rain events of 2012-2013, but ranged from 52 to 493 Bq/kg-ss in the period of 2016-2019. The similar variation is also observed at the Abukuma and Natsui Rivers. These results suggest that the transport of  $^{137}\text{Cs}$  supplied from the watershed is changed with increasing time after the FDNPP accident.

**Keywords** : Radiocesium, river systems, migration behavior, rain events

## $^{137}\text{Cs}$ 沈着量が異なる福島県と群馬県の河川水系における河川水中 $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度の長期変動

長尾誠也<sup>\*1</sup>、鈴木究真<sup>2</sup>、桐島陽<sup>3</sup>、富原聖一<sup>4</sup>、落合伸也<sup>1</sup>

<sup>\*1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター、<sup>2</sup>群馬県水産試験場、<sup>3</sup>東北大学多元物質科学研究所、<sup>4</sup>ふくしま海洋科学館  
\*責任著者 : seiya-nagao@se.kanazawa-u.ac.jp

河川水中 $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度の長期にわたる変動は、福島原発事故由来の地表に沈着した $^{137}\text{Cs}$ の環境動態とその拡散状況を理解する重要な基盤データである。この発表では、異なる流域特性を有する3つの河川水系(阿武隈川下流：流域の $^{137}\text{Cs}$ 沈着量388.1kBq/m<sup>2</sup>：下流域のみは75.2kBq/m<sup>2</sup>、夏井川57.3kBq/m<sup>2</sup>、及び、利根川上流16.2kBq/m<sup>2</sup>)を対象に、2012年から2021年にかけて観測した結果を報告する。長期観測の結果では、 $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度レベルは異なるが、事故後の時間経過とともに河川水中 $^{137}\text{Cs}$ 放射能濃度は指数関数的に減少した。降雨後の濃度上昇は、阿武隈川で最大で3.83Bq/L、夏井川で0.89Bq/L、利根川上流では3.78Bq/Lであった。また、降雨後の懸濁粒子濃度が高い河川水懸濁粒子中の $^{137}\text{Cs}$ 含有量は、利根川の2012-2013年の期間では304Bq/kg-ssから808Bq/kg-ss、2016年から2019年では52Bq/kg-ssから493Bq/kg-ssと事故後5年目以降では低い濃度で変動していた。阿武隈川と夏井川でも同様な変動傾向が見られた。これらの結果は、河川流域から河川への $^{137}\text{Cs}$ の移動が事故後の時間の経過とともに変動していることを示唆している。

**キーワード** : 放射性Cs、河川水系、移行挙動、降雨



## Poster Presentation for Experts

## 専門家向けポスター発表

## P-01

### Spatial and depth distribution of radiocaesium in near-coastal sediment cores of Fukushima Prefecture

Pierre-Alexis CHABOCHE<sup>\*1,2</sup>, WAKIYAMA Yoshifumi<sup>2</sup>, TAKATA Hyoe<sup>2</sup>, WADA Toshihiro<sup>2</sup>, Olivier EVRARD<sup>3</sup>, MISONOU Toshiharu<sup>4</sup>, SHIRIBIKI Takehiko<sup>4</sup>, FUNAKI Hironori<sup>4</sup>

<sup>1</sup>International Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science (Postdoctoral Fellowships for Research in Japan (Standard)), <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>3</sup>Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE/IPSL), Unité Mixte de Recherche 8212 (CEA-CNRS-UVSQ/IPSL), Université Paris-Saclay, <sup>4</sup>Sector of Fukushima Research and Development, Japan Atomic Energy Agency, Fukushima

\*Corresponding author : p.chaboché@protonmail.com

Following the Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident in March 2011, large quantities of radionuclides in general, and radiocaesium (<sup>134,137</sup>Cs) in particular, were emitted in terrestrial and marine environments of Fukushima Prefecture. Although <sup>137</sup>Cs activity in these environments has decreased since the accident, the secondary inputs via the rivers draining and eroding the main terrestrial radioactive plume were shown to sustain high levels of <sup>137</sup>Cs in riverine and coastal sediments, which are likely deposited off the coasts of the Prefecture. Accordingly, quantifying the riverine sources of sediment deposited along the coast and characterizing its spatial and depth distribution, as well as its physico-chemical properties, is of the utmost importance to ensure the safety of fishery products and anticipate the environmental fate of radiocaesium. To conduct this project, coastal sediment cores (n=6) with a length comprised between 26 and 60cm depth were collected during cruise campaigns between July and September 2022 at the Ota, Niida and Ukedo river mouths. In this presentation, we report preliminary results regarding the spatial and depth distribution of radiocaesium activities in these sediment cores. Finally, we will discuss the main challenges identified so far to design and implement a sediment tracing method to quantify the source contributions of sediment deposited along the coast of the Fukushima Prefecture.

**Keywords :** North Pacific Ocean, Sediment tracing, Heavy rainfall event

## P-02

## Application of tracer study using $^3\text{H}$ in groundwater by post-accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

SATO Hikaru<sup>\*1</sup>, ONDA Yuichi<sup>2</sup>, Maksym GUSYEV<sup>3</sup>, TSUMUNE Daisuke<sup>4</sup>, SHIBASAKI Naoaki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba <sup>3</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>4</sup>Central Research Institute of Electric Power Industry

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

Tritium ( $^3\text{H}$ ) is often used as a radioactive tracer to estimate groundwater flow and age.  $10^1$ - $10^3$  Bq/L of  $^3\text{H}$  concentrations in groundwater were detected at the upstream hill of the Units 1-4 at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in 2015-2020. This  $^3\text{H}$ -containing groundwater discharges to inside port through the drainage channel K with  $^{137}\text{Cs}$ -containing surface runoff from vicinity of the Units. Estimating the contributions of surface runoff and base flow in the drainage channel K is important for clarifying the causes of seasonal variations of  $^{137}\text{Cs}$  in this channel and seawater. Therefore,  $^3\text{H}$  occurred post-accident was applied as a tracer to estimate the contribution of surface runoff and base flows in the K drainage channel. The ternary plot on total beta,  $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  in the channel water revealed that the water entering drainage channel K is mainly a mixture of two types of water. Thus,  $^3\text{H}$  concentrations of endmembers were estimated from groundwater upstream of drainage channel K and from natural concentrations in rainfall. The contribution of surface runoff showed a good correlation with the discharge at the sampling. The concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in drainage channel K increased with the increase in contribution of surface runoff, which suggests that the seasonal variations were caused by  $^{137}\text{Cs}$  flushing by surface runoff. Thus, post-accident  $^3\text{H}$  tracer is effective in resolving hydrological issues at the FDNPP.

**Keywords :**  $^3\text{H}$  tracer, base flow, surface runoff,  $^{137}\text{Cs}$ , Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

## 福島第一原子力発電所事故後の地下水中のトリチウムを用いたトレーサー試験の適用

佐藤ひかる<sup>\*1</sup>、恩田裕一<sup>2</sup>、マキシム・グシエフ<sup>3</sup>、津旨大輔<sup>4</sup>、柴崎直明<sup>3</sup>

<sup>1</sup>筑波大学生命環境系、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>3</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>4</sup>電力中央研究所  
\*責任著者 : sato.hikaru.gf@alumni.tsukuba.ac.jp

トリチウム( $^3\text{H}$ )は、地下水の流動や年代を推定するための放射性トレーサーとして良く用いられる。2015～2020年における福島第一原子力発電所の地下水中 $^3\text{H}$ 濃度は、原子炉建屋上流の高台にて $10^1$ ～ $10^3$  Bq/Lで検出された。この $^3\text{H}$ を含む地下水は、1～4号機周辺からの $^{137}\text{Cs}$ を含む表面流出水とともにK排水路を通過して海へ流出する。表面流および基底流の寄与を推定することは、K排水路と海水中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度の季節変動性を解明するために重要である。したがって、原発事故後に発生した排水路中の $^3\text{H}$ をトレーサーとして適用し、K排水路の表面流出および基底流の寄与率を推定した。K排水路水の全 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ における三角プロットにより、K排水路に流入する水が主に2種類の混合水であることが分かった。エンドメンバーの濃度は、K排水路上流の地下水および降雨の自然濃度から推定した。表面流出の寄与率は、サンプル時の流出量と良い相関を示した。また、K排水路の表面流出率の増加に伴い $^{137}\text{Cs}$ の濃度も上昇し、 $^{137}\text{Cs}$ の季節変動は表面流出による洗い流しによって起きていると推察された。このように、事故後の $^3\text{H}$ トレーサーは福島第一原子力発電所の水文学的課題の解決に有効である。

**キーワード :**  $^3\text{H}$ トレーサー、 $^{137}\text{Cs}$ 、基底流、表面流、福島第一原発

## P-03

# Distributions of tritium in the marine water and biota around Pacific Ocean near North East Japan

OHTSUKI Adzusa<sup>\*1</sup>, TAKATA Hyoe<sup>1</sup>

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

<sup>\*</sup>Corresponding author : s2271003@ipc.fukushima-u.ac.jp

For decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS), it is one of the biggest problems to treat the radioactive contaminated stagnant water in the building. It is difficult to remove H-3 from the contaminated water by only Advanced Liquid Processing System (ALPS) treatment. Thus, the Japanese Government announced to release the ALPS treated water containing H-3. To predict the alteration of the dose rate of the marine biota by the change of H-3 concentration in marine water after the release of ALPS water, it is necessary to understand the dynamics of H-3 in marine ecosystem. In this study, we evaluated H-3 the marine biota around in the waters off Aomori and Iwate prefectures, as the background data of the Pacific Ocean near North East Japan. Without the period of the active testament of the Rokkasho Reprocessing Plant, the concentration of H-3 in sea water, tissue free water tritium (TFWT) and organically bound tritium (OBT) were 52-200 mBq/L, 0.05-0.34 Bq/kg-wet and 0.007~0.099 Bq/kg-wet, respectively. Concentration Ratio (CR), the ratio of the concentration of marine biota and seawater for TFWT, was to be 0.34~2.37 in all species, meaning the concentration of marine biota and seawater was almost equal. About OBT, CR < 1, meaning the less accumulation into OBT. In addition, the data around the FDNPS will be added in the poster.

**Keywords :** Tritiated water, Organically Bound Tritium (OBT), Tissue Free Water Tritium (TFWT), marine biota, Concentration ratio, Spearman-r, Rokkasho reprocessing plant, Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

## 太平洋東日本沿岸海域における海産生物中の<sup>3</sup>Hの動態

大槻あずさ<sup>\*1</sup>、高田兵衛<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所

<sup>\*</sup>責任著者 : s2271003@ipc.fukushima-u.ac.jp

福島第一原子力発電所の廃炉作業において重要な課題の一つに、汚染水の処理が挙げられる。H-3は水の一部となるため、Advanced Liquid Processing System(ALPS)処理による除去が困難である。そのため、日本政府はH-3を含むALPS処理水の海洋放出を発表した。今後、この放出による海水中のH-3濃度の変化を海産生物の線量評価に繋げるには、海洋生態系内でのH-3の動態についての理解が必要となる。そこで、本研究ではバックグラウンドの評価として青森県と岩手県沖合のH-3データを評価した。六ヶ所再処理工場のアクティブ試験時を除いて、海水のH-3濃度は52~200mBq/L、TFWT(Tissue Free Water Tritium)濃度は0.05~0.34Bq/kg-wet、OBT(Organically Bound Tritium)濃度は0.007~0.099Bq/kg-wetだった。海産生物と海水中の濃度比であるConcentration Ratio(CR)について、TFWTは全ての魚種でCRが0.34~2.37であり、生息環境中の海水濃度と海産生物体内の濃度がほぼ等しかった。OBTは1未満であり、海水からOBTへの移行は低いことが考えられる。また、当日は福島県沖のデータを追加して発表する予定である。

**キーワード :** トリチウム水、有機結晶型トリチウム、組織自由水トリチウム、海産生物、濃縮係数、スピアマンの相関係数R、六ヶ所再処理工場、福島第一原子力発電所

## P-04

## Estimation of annual Cesium-137 influx from the FDNPP to the coastal water nearby

SATOH Shun<sup>\*1</sup>, TAKATA Hyoe<sup>2</sup>

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

\*Corresponding author : s2270054@ipc.fukushima-u.ac.jp

Due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (1F) in March 2011, radionuclides were introduced into the environment, and one of the release pathways to the ocean is the direct discharge from the 1F. This was mainly caused immediately after the accident, but even now, the direct discharge is continuing, that is, on-going release. In this study, firstly we estimated the direct discharge of <sup>137</sup>Cs from 1F over 10 years after the accident, using the TEPCO's <sup>137</sup>Cs monitoring results in the coastal area around 1F. Secondly, fluctuations of monitoring data coincide with countermeasures by TEPCO (e.g. construction of iced walls) to reduce the introduction of contaminated water into the ocean or detect <sup>137</sup>Cs in seawater nearby, so their effects on the direct inflow estimation were also discussed. A box model including inside and outside of the port was assumed for the area around 1F, and the amount of <sup>137</sup>Cs in the box was estimated using the exchange rate of water between inside and outside of the port and the surrounding sea water and the physical half-life of <sup>137</sup>Cs (estimated value: modeled data). Then, the difference between the estimated value and the amount of <sup>137</sup>Cs obtained from actual observed concentrations (measured value: monitoring data) was calculated. The result shows that the measured value is higher than the estimated value, suggesting the on-going release from 1F. As for fluctuations of monitoring data, the estimation of rate of on-going release has been improved by considering the countermeasures.

**Keywords :** Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, radiocesium, direct release, box model

## 福島沿岸における福島第一原子力発電所由来の放射性セシウムの経年的流入量推定

佐藤 俊<sup>\*1</sup>、高田 兵衛<sup>2</sup>

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

\*責任著者 : s2270054@ipc.fukushima-u.ac.jp

2011年3月の福島第一原子力発電所(1F)の事故による海洋への放射性核種の直接放出は主に事故直後に行われたが、事故から10年以上経過した現在でも継続していると考えられる。本研究では、第一に<sup>137</sup>Csについて東京電力ホールディングス(東電)が公表している1F近辺の観測結果を用いて、1Fからの<sup>137</sup>Csの事故後10年間の経年的な直接流入量を推定した。第二に、実際の観測濃度には変動が見られた。これは、東電による汚染水の計画放出や、汚染水の海洋放出を減少させるための施策など(イベント)が要因と考えられ、直接流入量推定に対する影響についても考察した。推定には、まず、1F周辺について港湾内外を含むボックスモデルを仮定し、港湾内・港湾外と周辺海水との水の交換率と、<sup>137</sup>Csの物理半減期をもちいてボックス内の<sup>137</sup>Cs量を推定した(推定値)。次に、推定値に対する実際の観測濃度から求めた<sup>137</sup>Cs量(実測値)との差分を求めた。結果、実測値の方が高いことから、1F近傍の海水には1Fからの<sup>137</sup>Csの流入があることを示し、その差分がいわゆる流入量となる。また実際の観測濃度が大きく変動するイベントを考慮した場合、流入量の過大・過小評価が無くなったと考えられる。

**キーワード :** 福島第一原子力発電所、放射性セシウム、直接放出、ボックスモデル

## P-05 ERAN採択課題 F-22-37

### Mechanism of $^{137}\text{Cs}$ transfer to benthic fish off Fukushima: Modelling/verification of bio-available $^{137}\text{Cs}$ in benthic ecosystem

TATEDA Yutaka<sup>\*1</sup>, NISHIKAWA Jun<sup>2</sup>, KOBAYASHI Takuya<sup>1</sup>, AONO Tatsuo<sup>3</sup>, HAMAJIMA Yasunori<sup>4</sup>, AOYAMA Michio<sup>5</sup>, TAKATA Hyoe<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Central Research Institute of Electric Power Industry, <sup>2</sup>Toukai University, <sup>3</sup>National Institute for Quantum Science and Technology, <sup>4</sup>Kanazawa University, <sup>5</sup>University of Tsukuba, <sup>6</sup>Fukushima University

\*Corresponding author : tateda@criepi.denken.or.jp

After 10 years from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station (FDNPS) accident, the  $^{137}\text{Cs}$  concentration in benthic fish was not decreased as expected level, compared to that of surface water fish. The possible reasons to enhance  $^{137}\text{Cs}$  levels in benthic fish was suggested to be ingestion of radio-caesium rich benthos in which 1)  $^{137}\text{Cs}$  transfer from interstitial water in sediment layer; 2) organic  $^{137}\text{Cs}$  transfer along organic matter e.g. detritus ingestion. In this study, bioavailable fraction of  $^{137}\text{Cs}$  in benthos were examined by measurement of refractory  $^{137}\text{Cs}$  concentration after  $\text{H}_2\text{O}_2$  digestion of organic matter in benthos. Assuming labile fraction as bioavailable  $^{137}\text{Cs}$  in benthos, the radio-caesium levels in benthos was theoretically reconstructed by model to verify the excess  $^{137}\text{Cs}$  source other than from seawater and prey to understand radio-caesium transfer kinetics in benthic ecosystem. The food chain structure was also examined by stable carbon and nitrogen isotopic ratio.

**Keywords :** marine ecosystem, benthos,  $^{137}\text{Cs}$

### 福島沿岸底生魚における $^{137}\text{Cs}$ 移行機構の解明：底生生物生態系における生物可給態移行挙動のモデル解析と検証

立田穰<sup>\*1</sup>、西川淳<sup>2</sup>、小林卓也<sup>1</sup>、青野辰雄<sup>3</sup>、浜島靖典<sup>4</sup>、青山道夫<sup>5</sup>、高田兵衛<sup>6</sup>

<sup>1</sup>電力中央研究所、<sup>2</sup>東海大学、<sup>3</sup>量子科学技術研究開発機構、<sup>4</sup>金沢大学、<sup>5</sup>筑波大学、<sup>6</sup>福島大学

\*責任著者：tateda@criepi.denken.or.jp

福島第一原子力発電所事故から10年が経過したが、福島沿岸の底生魚類における放射性Cs濃度は、表層魚の濃度推移に比較して、2010年以前の濃度まで低下していない。底生魚類への放射性Cs移行が、生態系内で遷移状態にある原因として、1)底生魚の餌となる底生生物への間隙水中放射性Csの移行、2)底生生物への堆積物中有機態放射性Csの食物連鎖移行、が提起されている。本研究では、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度低減遅延がみられる底生魚の餌生物を想定して、底生生物中生物可給態 $^{137}\text{Cs}$ を検討し、底生魚への放射性Cs移行における寄与を検討した。福島沿岸で採取した底生生物の含有放射性Csのうち、難分解性画分中放射性Cs分を差し引いて、有機態放射性Cs濃度を求め、モデル計算で海底生態系の放射性Cs移行機序を解析した。併せて、底生魚と、その餌となる底生生物の、安定炭素窒素同位体比を求め、海洋底生生態系における食物連鎖と移行期所の関係を検討した。

**キーワード：**海洋生態系、底生生物、 $^{137}\text{Cs}$

**P-06 ERAN採択課題 F-22-62****Impacts of Cesium bearing microparticles on the marine coastal ecosystem of Fukushima: Reanalysis of radiocesium distribution in plankton-net samples**KANDA Jota<sup>\*1</sup>, ITO Yukari<sup>1</sup>, ISHIMARU Takashi<sup>1</sup><sup>1</sup>Radioisotope Center, Tokyo University of Marine Science and Technology<sup>\*</sup>Corresponding author : jkanda@kaiyodai.ac.jp

We have been studying transfer of radiocesium in the coastal ecosystem by analyzing cesium radioactivity in various biological samples. The plankton samples obtained so far show slower decrease of radioactivity than that of seawater, with levels exceeding the commonly accepted concentration ratios. Very high radioactivity levels are observed sporadically in samples from shallow waters. Since cesium-bearing microparticles (CsMP) are found in many environmental samples on land and at 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 of high radioactivity with no or little CsMP contribution. Long-time exposure IP images of such samples confirmed the presence of numerous fine particles, much less radioactive than CsMP. The reason why such fine particles are captured on nets with a mesh size of 100 to 330  $\mu\text{m}$  is unknown, and we are reanalyzing the distribution of radioactive cesium in plankton-net samples, including samples preserved in formalin. We report some of the preliminary results from the reanalysis.

**Keywords :** radiocesium, plankton-net sample, cesium-bearing microparticles**福島沿岸海域における高線量粒子の海洋生態系影響に関する研究：プランクトンネット試料の再検討**神田穰太<sup>\*1</sup>、伊藤友加里<sup>1</sup>、石丸隆<sup>1</sup><sup>1</sup>東京海洋大学放射性同位元素管理センター<sup>\*</sup>責任著者 : jkanda@kaiyodai.ac.jp

我々は、放射性セシウムの沿岸生態系内での移行について解析するため、多くの生物試料を採取して分析してきた。これまでに得られたプランクトン試料は、海水に比べて時系列的な放射能低下が緩慢で通常想定される濃縮係数を超えており、特に浅海域では非常に高いレベルの試料が散発的に得られている。これらの試料については、陸域及び海域の多くの環境試料から見いだされている高線量粒子すなわち高セシウム含有微細粒子(CsMP)の影響が想定され、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ーによって、実際にCsMPを含む試料が確認された。一方で、明瞭なCsMPを含まないかCsMPの寄与が小さいプランクトンネット試料でも、高い放射能値が散発的に見られる。このような試料を長時間曝露したIP画像から、CsMPよりも放射能がずっと小さい微細な粒子が多数存在していることが確認された。このような微細な粒子が、目合い100~330  $\mu\text{m}$ のネット上に捕獲される理由は不明で、ホルマリン保存のプランクトンネット試料等も含めて放射性セシウム分布の再検討を行っており、その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試料、高セシウム含有微細粒子

**P-07 ERAN採択課題 F-22-04****Spatiotemporal variations of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^3\text{H}$  in the global ocean based on the historical data, HAMglobal 2021**INOMATA Yayoi<sup>\*1</sup>, AOYAMA Michio<sup>2</sup><sup>1</sup>Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba<sup>\*</sup>Corresponding author : yinomata@se.kanazawa-u.ac.jp

It was found that  $^{137}\text{Cs}$  released from the Fukushima Nuclear Power Plant Accident were inflow into the Japan Sea via deeper part in the Eastern China Sea within shorter time scale (several years) from the western subtropical North Pacific Ocean. In this study, the spatiotemporal variations in the  $^{90}\text{Sr}$  and  $^3\text{H}$  activity concentrations in global ocean surface seawater from 1956 to 2021 using the HAMGlobal2021: Historical Artificial radioactivity database in Marine environment, Global integrated version 2021. The global ocean was divided into 37 boxes. The 0.5-yr average value of  $^{90}\text{Sr}$  in the northern North Atlantic Ocean and its marginal sea, decreased exponentially in 1970-2010. Estimated apparent half residence time ranged from 3.6-25.1 years. The longest Tap was found in the Eastern China Sea from 2011 to 2022, suggesting that  $^{90}\text{Sr}$  were inflow into the Eastern China Sea from the subtropical western North Pacific Ocean. Although  $^{90}\text{Sr}$  decreased exponentially, these trend tended to be larger than those of  $^{137}\text{Cs}$ , which was investigated by our previous study. This might be caused by the different behavior of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  such as particulate form for  $^{90}\text{Sr}$  in the seawater.

**Keywords :**  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , Database, surface seawater, global ocean**海洋における $^{90}\text{Sr}$ 及び $^3\text{H}$ の全球時空間変動**猪股弥生<sup>\*1</sup>、青山道夫<sup>2</sup><sup>1</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター<sup>\*</sup>責任著者 : Email address yinomata@se.kanazawa-u.ac.jp

2011年3月の東京電力福島第1原発事故で海に放出された放射性セシウム( $^{137}\text{Cs}$ )のうち一部が北太平洋の西部亜熱帯循環域から、数年未満の短い時間スケールで東シナ海底層部を経由して日本海に到達していることが明らかになっている(Aoyama et al., 2017; Inomata et al., 2018a)。本研究では、表層海水(0-20m)中の $^{90}\text{Sr}$ 及び $^3\text{H}$ の時空間変動解析を行った。HAMglobal2021(Aoyama, 2021)に収録されている1950年代から2020年までのデータ( $^{90}\text{Sr}$  11480、 $^3\text{H}$  37105データ)を使用した。全球を37の海域に分けて解析をおこなった。太平洋及びその縁辺海(日本海, 東シナ海, 西部北太平洋, 亜寒帯北部太平洋, オホーツク海)における $^{90}\text{Sr}$ 濃度は、ほぼ指数関数的に減少していた。見かけの半減期(Tap; 1950-1970, 1970-1990, 1990-2010, 2011-2020年)は3.6-25.1年であり、1990年以降のTapはそれ以前と比較して長い傾向があった。最大のTapは2010-2019年の東シナ海であった。 $^{137}\text{Cs}$ を用いた同様の解析から、日本海やその上流に位置する東シナ海におけるTapは西部北太平洋のTapと比較してわずかに長い値であるため日本海への $^{137}\text{Cs}$ の流入が示唆されていたことから、 $^{90}\text{Sr}$ も $^{137}\text{Cs}$ と同様に西部北太平洋からの流入が示唆された。また、 $^{90}\text{Sr}$ 濃度の減少は $^{137}\text{Cs}$ の濃度の減少率・勾配と一致しておらず、海水中での輸送プロセスなどの挙動が異なっていることが示唆された。

**キーワード :**  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、データベース、表層水、全球スケール

**P-08 ERAN採択課題 F-22-84****The behavior of organic matter discharged from macroalgae**KIRIHARA Shinji<sup>\*1,3</sup>, ISHIKAWA Yoshio<sup>2</sup>, BABA Takahito<sup>3</sup>, TANAKA Yoshiyuki<sup>3</sup><sup>1</sup>Hirosaki University, <sup>2</sup>Institute for Environmental Sciences, <sup>3</sup>Hachinohe Institute of Technology

\*Corresponding author : kirihara@hirosaki-u.ac.jp

The organic carbon content and the decomposition process of *Saccharina japonica* (Phaeophyceae) were investigated for carbon neutrality. A sporophyte of *Saccharina japonica* was collected at the Pacific coast of Aomori prefecture on 22 September 2022, was transported with 50L seawater kept at 17°C, and was incubated until 7 October. 144 centrifuge tubes were filled with 40 ml GF-75-filtered culture fluid each in order to evaluate the decomposition process of extracellular organic carbon. Sporophytes were gouged out in 7 mm diameter with a cork-borer and each of them was put into 144 tubes with 40 ml of GFC-filtered seawater. Centrifuge tube samples of culture fluid and sporophytes with seawater were kept in incubators set at 1, 5, 10, 15, and 20°C. At each temperature, 36 samples of culture fluid and sporophytes with seawater were stored. After 0, 7, 14, 27, 42, and 150 days of incubation, six tubes each were removed from the incubators. The organic carbon contents in the culture fluid, sporophyte disc, and GFC-filtered seawater were determined. The refractory organic carbon contents of each sample will be compared. *Saccharina japonica* seedlings with a blade length of about 1 cm were outplanted to a culture facility in Mutsu Ogawara Port on December.

**Keywords :** *Saccharina japonica*, refractory dissolved organic carbon, blue carbon, carbon neutrality**海藻類から排出される有機物の挙動に関する検討**桐原慎二<sup>\*1,3</sup>、石川義朗<sup>2</sup>、馬場貴士<sup>3</sup>、田中義幸<sup>3</sup><sup>1</sup>弘前大学、<sup>2</sup>(公財)環境科学技術研究所、<sup>3</sup>八戸工業大学

\*責任著者 : kirihara@hirosaki-u.ac.jp

海藻は、藻体内に炭素を取り込み、その一部が難分解性有機物炭素として長期間海中に残留する。そこで、カーボンニュートラルへのマコンブ養殖の利用を検討するため、養殖藻体の有機炭素量や藻体内外の有機炭素の分解速度の把握を試みた。

2022年9月22日に青森県太平洋沿岸にある泊地先に漂着したマコンブ2年目藻体を環境科学技術研究所に運び、水温17°Cに調温した海水を容れた50L水槽に収容し16日間培養した。10月7日に藻体と培養水を八戸工業大学に輸送し、培養水についてはGF-75でろ過後に40mlずつ144本の50ml遠沈管に分取し、藻体についてはコルクボーラーでくり抜いた各1枚の直径7mmのディスクをGFC濾過海水40mlとともに144本の遠沈管に入れた。藻体と培養水を入れた遠沈管を1, 5, 10及び15°Cに設定したインキュベーターに各々36本ずつ収容し、静置培養した。培養0, 7, 14, 27, 42及び150日後に各々6本ずつ遠沈管をインキュベーターから取り出し、培養液、藻体及びGFC濾過海水中の有機炭素量を測定した。今後、藻体内に残留及び藻体外に排出される難分解性有機炭素の割合と分解過程を水温別に比較する。養殖マコンブの生長量と藻体の有機炭素量の変化を把握するため、2022年12月にむつ小川原港に、葉長1cmの幼孢子体が生育する種系をロープに挟み込んで沖出しした。

**キーワード :** マコンブ、難分解性溶存有機炭素、ブルーカーボン、カーボンニュートラル

## P-09

# The Effects of Upstream Decontamination Activities in Agricultural Land on Downstream Transport of Persistent Suspended Solids and Cs-137 in Niida Catchment in Fukushima, Japan

ONDA Yuichi<sup>\*1</sup>, FENG Bin<sup>1</sup>, HASHIMOTO Asahi<sup>1</sup>, ZHANG, Yupan<sup>1</sup>, TANIGUCHI Keisuke<sup>2</sup>, WAKIYAMA Yoshifumi<sup>3</sup>

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

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

The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident released the largest amount of radioactive cesium into the terrestrial environment since the Chernobyl accident. In order to reduce radiation risks, especially in highly contaminated areas, decontamination was carried out by removing 5 cm of soil from farmland and replacing it with new soil. To evaluate the impact of land use change in the decontaminated area on the dynamics of suspended sediment and <sup>137</sup>Cs downstream discharge, we digitized the evolution of the decontaminated area boundary, photographed the land cover in the decontaminated area using a drone, and analyzed the land use change by using the fusion images of 10 m spatial resolution of Normalized vegetation index (NDVI) was used to quantitatively assess land use change, combined with river monitoring data. We found that decontamination of farmland after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident caused soil erosion and increased the flux of suspended sand downstream, resulting in a decrease in <sup>137</sup>Cs concentrations, which were restored to their pre-decontamination state 1-2 years later due to rapid vegetation recovery in the decontaminated area.

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

## 福島県新田流域における農地での除染活動が浮遊土砂およびCs-137の下流への輸送に与える影響

恩田裕一<sup>\*1</sup>、フェン・ビン<sup>1</sup>、橋本朝陽<sup>1</sup>、チョウ・ウパン<sup>1</sup>、谷口圭輔<sup>2</sup>、脇山義史<sup>3</sup>

<sup>1</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>2</sup>津山工業高等専門学校、<sup>3</sup>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では、チェルノブイリ事故以来、最大量の放射性セシウムが陸上環境中に放出された。特に高濃度汚染地域では、放射線リスクを低減するために、農地から5 cmの土を取り除き、新しい土に入れ替える除染が行われた。除染後の土地利用変化が浮遊物質や<sup>137</sup>Cs下流域の流出動態に与える影響を評価するため、除染地域境界の変遷をデジタル化し、ドローンで除染地域の土地被覆を撮影し、正規化植生指数(NDVI)を用いて土地利用変化を定量的に評価した空間解像度10mの融合画像と河川モニタリングデータとを用いて分析を行った。その結果、福島第一原子力発電所事故後の農地の除染により土壌侵食が起こり、下流の浮遊砂のフラックスが増加し、<sup>137</sup>Cs濃度が低下し、除染地域の植生が急速に回復し、1-2年後に除染前の状態に回復することが判明した。

**キーワード :** Cs-137、除染、浮遊砂、河川、フラックス、NDVI

## P-10

## Temporal patterns of riverine $^{137}\text{Cs}$ concentrations during high-flow events

WAKIYAMA Yoshifumi<sup>\*1</sup>, TAKATA Hyoe<sup>1</sup>, TANIGUCHI Keisuke<sup>2</sup>, NIIDA Takuya<sup>3</sup>,  
IGARASHI Yasunori<sup>1</sup>, KONOPLEV Alexei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>National Institute of Technology, Tsuyama College, <sup>3</sup>KANSO TECHNOS CO., LTD.

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

Understanding riverine  $^{137}\text{Cs}$  dynamics during high-flow events is crucial for improving predictability of  $^{137}\text{Cs}$  transportation and relevant hydrological responses. Different temporal patterns of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in river water are found in existing literature on  $^{137}\text{Cs}$  dynamics during high-flow events. Although such differences may reflect catchment characteristics, there is no comprehensive analyses for the relationships. This study explores catchment factors controlling temporal pattern on riverine  $^{137}\text{Cs}$  concentrations based on datasets obtained for high-flow events. Datasets obtained at 13 points in 6 river water systems were subject to the analyses. No significant catchment factor explaining mean values of normalized concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and apparent  $K_d$  was found. When approximating  $^{137}\text{Cs}$  concentrations and  $K_d$  value as a power function of suspended solid concentration ( $Y = a X^\beta$ ), the power of  $\beta$  in the equations for dissolved  $^{137}\text{Cs}$  concentration and  $K_d$  showed negative and positive correlations with the logarithm of the watershed area, respectively, and the positive and negative values of  $\beta$  reversed when the catchment area was on the order of 1000 km<sup>2</sup> or larger. This indicates that the concentration of dissolved  $^{137}\text{Cs}$  tends to decrease in larger catchments in peak discharge phase and vice versa for smaller catchments. These results suggest that the temporal pattern of dissolved  $^{137}\text{Cs}$  concentrations depends on watershed scale.

**Keywords :**  $^{137}\text{Cs}$ , catchment characteristics,  $K_d$ , river, typhoon

## 増水時における河川水 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の時間変化パターン

脇山義史<sup>\*1</sup>、高田兵衛<sup>1</sup>、谷口圭輔<sup>2</sup>、新井田拓也<sup>3</sup>、五十嵐康記<sup>1</sup>、アレクセイ・コノプリョフ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>津山工業専門学校、<sup>3</sup>KANSOテクノス

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

増水時の河川における $^{137}\text{Cs}$ 動態を理解することは、 $^{137}\text{Cs}$ の移動や関連する水文応答の予測精度を向上させるために重要である。増水時の $^{137}\text{Cs}$ 動態を調べた既往研究では、地点によって河川水の $^{137}\text{Cs}$ 濃度変化にさまざまな時間的パターンが報告されている。このような時間変化パターンの違いは流域特性を反映していると考えられるが、その関係を包括的に解析した例は少ない。本研究では、増水時の観測データを再解析し、河川中 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の時間パターンに支配する流域因子を探った。解析は6水系13地点で行った調査で得られたデータを対象とした。正規化 $^{137}\text{Cs}$ 濃度および見かけの $K_d$ の平均値と有意な相関を示す流域因子は見出されなかった。地点ごとに $^{137}\text{Cs}$ 濃度および $K_d$ を懸濁物質濃度のべき乗式( $Y = a X^\beta$ )で近似すると、溶存態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度と $K_d$ の式におけるべき乗 $\beta$ が流域面積の対数値と、それぞれ負と正の相関を示し、いずれも流域面積が1000 km<sup>2</sup>となると、 $\beta$ の正負が逆転していた。すなわち、増水ピーク時に大きな流域では溶存態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度が低下し、小さな流域では上昇する傾向があることを示している。これらの結果は、溶存態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の時間的パターンが流域のスケールに依存することを示唆している。

**キーワード :**  $^{137}\text{Cs}$ 、流域特性、 $K_d$ 、土地利用、河川、台風

## P-11

## Investigating stream water chemistry and tritium radioisotope in headwater catchments of Rokkasho, Japan

GUSYEV Maksym<sup>\*1</sup>, IGARASHI Yasunori<sup>1</sup>, HIRAO Shigekazu<sup>1</sup>, ONDA Yuichi<sup>2</sup>

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

<sup>\*</sup>Corresponding author : r891@ipc.fukushima-u.ac.jp

Environmental tritium (<sup>3</sup>H) radioisotope with a half-life of 12.32 years is a useful tracer to understand catchment-scale water transit times and natural <sup>3</sup>H concentrations are affected locally by anthropogenic <sup>3</sup>H released from nuclear facilities. The aim of this study is to investigate background <sup>3</sup>H concentrations in stream water at three headwater catchments located nearby the Rokkasho Nuclear Fuel Reprocessing Facility, Japan. On 26<sup>th</sup> April 2022, we conducted a field investigation of eight locations and stream water was sampled at six sites for major chemistry analysis using Thermo Fisher Scientific Ion Chromatograph and at four sites for <sup>3</sup>H analysis, which was conducted using Hitachi Aloka Liquid Scintillation Counter with the determination threshold of 0.14 Bq/L for the total measurement time of 1750 min/sample. For the in-situ measurements of eight sites, the average value of water temperature, pH, and electric conductivity was estimated 6.85 (±0.28), 11.4 (±0.9) °C, and 128.6 (±39.9) mS/cm, respectively. The chemistry analysis of six sites demonstrated the neutrality of the system with average cation concentrations of 1.40 mg/L, 0.78 mg/L, 0.41 mg/L, and 0.12 mg/L for sodium (Na<sup>+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), and potassium (K<sup>+</sup>), respectively, and with average anion concentrations of 2.03 mg/L for chlorides (Cl<sup>-</sup>) and of 0.76 mg/L for sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Site 2-1 and 2-6 had much lower average SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> concentrations of 0.26 mg/L compared with Site 1-1 and Site 1-2 values of 2.26 mg/L and 1.22 mg/L, respectively. In addition, Site 1-1 had nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) with a concentration of 4.71 mg/L and Site 1-2 had ammonia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) with a concentration of 0.45 mg/L indicating fertilizer contribution from nearby agricultural fields. As the result, <sup>3</sup>H radioisotope was measured for representative sites of two headwater catchments and had values of 0.42 Bq/L (±0.05 Bq/L) at Site 1-2 and 0.50 Bq/L (±0.25 Bq/L) at Site 2-4. These <sup>3</sup>H concentrations indicate natural levels of <sup>3</sup>H and could be used for estimating water transit times in headwater catchments using the convolution integral with tritium measurements in precipitation.

**Keywords :** headwater catchments, stream water sampling, major chemistry, tritium radioisotope.

## P-12

Long-term dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation at an urban pondKUROSAWA Honoka<sup>\*1</sup>, NANBA Kenji<sup>2,3</sup>, WADA Toshihiro<sup>3</sup>, WAKIYAMA Yoshifumi<sup>3</sup><sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University, <sup>2</sup>Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, <sup>3</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author : s2271004@ipc.fukushima-u.ac.jp

This study presents the changes of  $^{137}\text{Cs}$  inventory and depth distribution in bottom sediment and  $^{137}\text{Cs}$  concentration in pond water before and after decontamination in an urban pond in Koriyama City, Fukushima Prefecture. The changes of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in river water around the pond was also investigated after decontamination. The pond was decontaminated by the bottom sediment removal in 2017. The bottom sediment and pond water were collected in 2015 and 2018-2021 and measured for  $^{137}\text{Cs}$  concentrations. Compared between 2015 and 2018, the  $^{137}\text{Cs}$  inventory and 0-10 cm depth of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in the bottom sediment at 7 points were decreased by 81 % (mean 1.50 to 0.28 MBq/m<sup>2</sup>) and 85 % (mean 31.5 to 4.8 kBq/kgDW), respectively. Although mean  $^{137}\text{Cs}$  inventory in bottom sediment did not drastically change from 2018-2021, its variability became wider. Points with increased  $^{137}\text{Cs}$  inventory in bottom sediment showed year-by-year increase in thickness of layer with higher than 8 kBq/kgDW. The  $^{137}\text{Cs}$  concentration in suspended solids (SS) in pond water was halved by decontamination, however, remained above 8 kBq/kgDW. The  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in SS of inflow water exceeded 8 kBq/kgDW at times, which was higher than in low-urban rivers. The  $^{137}\text{Cs}$  concentration in SS of the river water around the pond was higher when it passed through the city, suggesting that particles of urban origin may have higher  $^{137}\text{Cs}$  concentration and maintained  $^{137}\text{Cs}$  level in the pond.

**Keywords :**  $^{137}\text{Cs}$ , pond, decontamination, urban area除染後の都市ため池における $^{137}\text{Cs}$ の長期動態黒澤萌香<sup>\*1</sup>、難波謙二<sup>2,3</sup>、和田敏裕<sup>3</sup>、脇山義史<sup>3</sup><sup>1</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島大学共生システム理工学類、<sup>3</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者 : s2271004@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(福島県郡山市)において、除染前後の底質の $^{137}\text{Cs}$ インベントリ、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度深度分布、池水の $^{137}\text{Cs}$ 濃度、流入水、流出水の $^{137}\text{Cs}$ 濃度の変化を調査した。また、都市域の $^{137}\text{Cs}$ 動態との関連を探るため、調査地周辺の河川水における $^{137}\text{Cs}$ 濃度を測定した。2015、2018-2021年に底質、池水、2020-2021年に流入水、流出水、2021年にため池周辺の河川水を採集し、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度を測定した。除染により、7点の底質の $^{137}\text{Cs}$ インベントリは81%(平均1.50MBq/m<sup>2</sup>から平均0.28MBq/m<sup>2</sup>)、0-10cm深の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は85%(平均31.5kBq/kgDWから平均4.8kBq/kgDW)低下していた。2018-2021年における平均 $^{137}\text{Cs}$ インベントリは大きく変化していなかったが、地点ごとのばらつきが年々大きくなっていた。 $^{137}\text{Cs}$ インベントリが増加傾向の地点では8kBq/kgDW以上の層が年々厚くなっていた。池水の懸濁物質(SS)の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は除染により半減したが、除染後8kBq/kgDW以上を維持していた。流入水のSSの $^{137}\text{Cs}$ 濃度は8kBq/kgDWを超える時があり、都市率の低い河川と比較すると高かった。ため池周辺の河川水のSSの $^{137}\text{Cs}$ 濃度は、都市を通過することによって高くなる傾向が見られた。都市由来の $^{137}\text{Cs}$ 濃度が高い粒子の流入により、底質の $^{137}\text{Cs}$ 濃度レベルが高く維持されている可能性が示唆された。

**キーワード :**  $^{137}\text{Cs}$ 、ため池、除染、都市

## P-13

### Tritium interaction with same types of aquatic plants

Lydia Bondareva<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Centre of Hygiene named after F.F. Erismann, Moscow region, Russian Federation

<sup>\*</sup>Corresponding author : lydiabondareva@gmail.com

Tritium ( $^3\text{H}$  or T) is attributed to long-lived radionuclides and can pollute the biosphere on the local (directly in the area of the source location) and on the regional and global scales. Tritium occupies a special place in radiological studies due to the necessity of controlling the radioactive contamination of the environment and the possibility of using tritium to track the pathways of the contaminated water transport and experimentally verify theoretical models of forecasting radioactive pollution of water areas and potential sources of nuclear accidents (e.g., nuclear power stations, coastal bases and repair facilities for the nuclear navy, fuel cycle facilities and radioactive wastes storages of different hazard levels).

Tritium is the least toxic radionuclide. The main contribution of the total tritium content into ecosystems is made by technogenic tritium, which is released by the operation of nuclear fuel cycle enterprises. The tritium content in the ecosystem of the Yenisei River is connected with its background values as well as with tritium entering the water ecosystem as a result of the operation of the Mining and Chemical Combine, (MCC) Rosatom. This study investigates the possible transformation of tritium interacting with two certain species of aqueous plants: submerged macrophyte *Elodea canadensis* and aqueous plant, which floats on the surface of water reservoirs, *Lemna minor*. Elodea sampling was made in a water reservoir of the Yenisei River, while Lemna was grown in laboratory conditions. The experiments show that with the chronic exposure of young Elodea shoots to tritium, the latter transforms from tritiated water to organically bound tritium (OBT). Optimal conditions were also obtained for the maximum transformation of about 35% from the total tritium content at 25 °C and the light period 6/18 (day/night). In the Lemna experiments, the number of rosettes in the medium was higher than in the control experiment under the same conditions.

**Keywords :** Tritium, *Elodea canadensis*, *Lemna minor*, organically bound tritium, accumulation, transformation

## P-14

## High-resolution reconstruction of sediment and radiocesium source contributions in a lake draining the main Fukushima radioactive pollution plume

Thomas CHALAUX Clergue<sup>\*1</sup>, HAYASHI Seiji<sup>2</sup>, TSUJI Hideki<sup>2</sup>, WAKIYAMA Yoshifumi<sup>3</sup>,  
Anthony FOUCHER<sup>1</sup>, Olivier EVRARD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE/IPSL), Unité Mixte de Recherche 8212 (CEA/CNRS/UVSQ), Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France

<sup>2</sup>National Institute for Environmental Science (NIES), Fukushima Branch

<sup>3</sup>Institute of Environmental Radioactivity (IER), Fukushima University

\*Corresponding author : thomas.chaloux@lsce.ipsl.fr

Fallout radionuclides including a majority of  $^{137}\text{Cs}$  have been deposited on Fukushima landscapes following the accident in March 2011. Ten years after the accident, questions remain regarding the fate of particle-bound  $^{137}\text{Cs}$  across terrestrial environments in response to heavy rainfall events and the associated erosion events. In particular, there is a need to identify and quantify the sources delivering sediment and associated  $^{137}\text{Cs}$  to the water bodies. Two sediment cores were collected in the Mano Dam reservoir, also referred to as Hayama lake, at midstream and downstream locations in June 2021 by the NIES team. Elemental geochemistry, organic matter and stable isotopes, visible colorimetry, particle size, and radiocesium isotope spectrometry analyses were carried out at very high resolution, with depth increments of 1 cm, on both sediment cores. In addition, 17 samples were collected for environmental DNA (eDNA) analyses on the midstream core. These analyses allowed us to define the flood event sequence recorded by the sediment deposits and to date them when compared to rainfall measurements. The sediment tracing approach highlighted changes in sediment sources, with variable contributions from forest, cropland, and subsoil (i.e. channel bank collapse and landslides) since the Fukushima accident and following decontamination works. The eDNA measurements provided information on the changes of biological communities throughout time in response to these changes.

**Keywords :** Sediment fingerprinting, environmental DNA, Soil erosion, Source-to-sink, Fukushima,  $^{137}\text{Cs}$

## P-15 ERAN採択課題 Y-22-04

# Factors causing variations of dissolved Cs-137 concentration in runoff water in groundwater discharge areas

SAKAKIBARA Koichi<sup>\*1</sup>, HIROTA Masahiro<sup>2</sup>, OMORI Yasutaka<sup>3</sup>, AKATA Naofumi<sup>3</sup>, TSUJIMURA Maki<sup>4</sup>, ONDA Yuichi<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science, Shinshu University, <sup>2</sup>Research Center for Supports to Advanced Science, Shinshu University,

<sup>3</sup>Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University, <sup>4</sup>Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>5</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

\*Corresponding author : k\_sakaki@shinshu-u.ac.jp

Groundwater discharge could be directly or indirectly involved in the transport of dissolved Cs-137; however, the relationship between groundwater discharge and dissolved Cs-137 concentrations has not been fully discussed. Therefore, the study aims to clarify the effect of groundwater discharge on the dissolved Cs-137 in runoff water. In this presentation, we report the preliminary results of the spatial distribution of Rn-222 in a forested headwater catchment, which is a useful tracer for evaluating groundwater discharge. Rn-222 concentrations were higher in groundwater, spring water, and stream water, in that order. Rn-222 in bedrock groundwater was more than 10 times higher than in stream water. Comparing groundwater in the foot of hillslopes with groundwater in the recharge area, Rn-222 concentrations were higher in the former, and the difference was more pronounced in the shallow groundwater. On the other hand, Rn-222 concentrations in stream water were lower than those in groundwater, and there was no significant difference in their spatial distribution, suggesting that the interaction between groundwater and surface water is limited. In order to investigate the relationship between groundwater discharge and Cs-137, it is important to study at a larger watershed scale with a variety of topographical gradients.

**Keywords :** Rn-222, groundwater, forested headwater catchment

## 地下水流出域における流出水中の溶存態放射性セシウム濃度の変化要因の解明

榊原厚一<sup>\*1</sup>、廣田昌大<sup>2</sup>、大森康孝<sup>3</sup>、赤田尚史<sup>3</sup>、辻村真貴<sup>4</sup>、恩田裕一<sup>5</sup>

<sup>1</sup>信州大学理学部、<sup>2</sup>信州大学基盤研究支援センター、<sup>3</sup>弘前大学被ばく医療総合研究所、<sup>4</sup>筑波大学生命環境系、<sup>5</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

\*責任著者 : k\_sakaki@shinshu-u.ac.jp

地下水の流出は直接・間接的に溶存態Cs-137の移行に関わると考えられるが、地下水流出とCs-137濃度の関係は十分に明らかにされていない。そのため、本研究の目的は、地下水流出と流出水中Cs-137濃度の関係を明らかにすることである。本発表では、福島県川俣町の森林源流域において、地下水流出を評価するために有効なRn-222の空間分布を調査した結果を報告する。Rn-222濃度は、地下水、湧水、渓流水の順に高く、特に基盤岩地下水で渓流水の10倍以上の濃度を有し、研究対象流域内で最大であった。斜面内岩盤から谷底部へ流動する地下水と涵養域地下水を比較すると、前者の方がRn-222濃度は高く、浅層地下水においてその差は顕著であった。一方で、渓流水中Rn-222濃度は地下水と比較して低く、その空間分布に顕著な差はないことから、地下水と地表水の交流は限定的であると考えられた。地下水流出とCs-137の関係を検討するためには、地形的起伏のあるより大きな流域スケールでの調査が重要であると考えられる。

**キーワード :** Rn-222、地下水、森林源流域

**P-16** ERAN採択課題 I-22-07**Spatial variability of radiocesium contamination in the bottom sediments of the small size ponds in the vicinity of Fukushima Dai-ichi nuclear power plant (FDNPP)**LINNIK Vitaly\*<sup>1</sup>, KONOPLEV Alexei<sup>2</sup>, WAKIYAMA Yoshifumi<sup>2</sup>, IVANITSKY Oleg<sup>1</sup>, BYRNES Ian<sup>3</sup><sup>1</sup>Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry (Vernadsky Institute), Russian Academy of Sciences,<sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>3</sup>Center for Environmental Radioactivity (CERAD CoE), Faculty of Environmental Sciences and Natural Resource Management, Norwegian University of Life Sciences (NMBU)

\*Corresponding author : linnik@geokhi.ru

Closed and semi-closed water bodies of small size are most suitable for radiological monitoring. Our analyses revealed spatial variability of the radiocesium inventory measured in bottom sediment cores and soils taken in Inkyozaka (isolated pond), Suzuuchi (irrigation pond), and Funasawa (recreational urban pond) contaminated by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident in 2011. Bottom sediment samples were taken in each pond in triplicate in June 2016. The selected ponds are characterized by the following statistical parameters of Cs-137 inventory (minimal, maximal and mean value, MBq/m<sup>2</sup>): 1) Inkyozaka – min= 1.0, max = 2.3, mean = 1.58; 2) Suzuuchi - min= 5.8, max = 14.1, mean=11.0; 3) Funasawa – min= 3.85, max= 6.77, mean = 1.52. The ratio of the average Cs-137 inventory in bottom sediments and soil samples taken from the watersheds (at three points) for Inkyozaka, Suzuuchi and Funasawa was 0.7, 1.63 and 1.52, respectively. Thus, Cs-137 accumulations due to erosion are observed only in Suzuuchi and Funasawa, while Inkyozaka, a completely isolated pond, was contaminated due to atmospheric precipitation on the water surface in March 2011. Developing a map of surface flows towards the selected ponds corroborated the contribution of erosion to bottom sediments contamination; although radiocesium wash-off can be observed during the rainy season, the main flux of radiocesium comes mainly from temporary streams. This research was supported by ERAN Project I-22-07 “Small ponds radioecology”.

**Keywords :** Fukushima, <sup>137</sup>Cs, bottom sediments, soils, ponds, erosion

**P-17** **ERAN採択課題 I-22-08**

## **Peculiarities in distribution of sediments and radiocesium on Abukuma River floodplains caused by typhoon Hagibis**

Mikhail KOMISSAROV<sup>\*1</sup>, Alexei KONOPLEV<sup>2</sup>, WAKIYAMA Yoshifumi<sup>2</sup>, Valentin GOLOSOV<sup>3</sup>, Maxim IVANOV<sup>3</sup>, IGARASHI Yasunori<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences; <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University; <sup>3</sup>Department of Geography, Lomonosov Moscow State University

\*Corresponding author : mkomissarov@list.ru

The Abukuma River (AR) is the largest in Fukushima Prefecture. The initial contamination level of river basin was medium; the mean <sup>137</sup>Cs inventory is 88.3 kBq/m<sup>2</sup>. The river represents an essential water resource for the local inhabitants and paddy field irrigation; therefore, the radiocesium (r-Cs) concentration in river has important implications for the “health” of humans and biota. During some erosional natural events (intensive rainfall or snowmelt) the turbidity and r-Cs concentration in river’s water could increase, especially due to typhoons. Hagibis was (6-13 October 2019) the strongest typhoon in the last several decades in Japan and caused widespread destruction and high-floods. The rainfall at the AR basin was nearly 600 mm in 24 h (mean annual precipitation is 1200 mm). There are 6 floodplain locations along AR, where sediment and r-Cs redistribution were analyzed. The max <sup>137</sup>Cs inventory AR valley bottom in 2018 was ~ 950 kBq/m<sup>2</sup> (~ 600 in 2019), it is indicated a high washout of r-Cs from up- and midstream to mouth and ocean. The thickness of “fresh” sediment deposited on the floodplain in the case of the ordinary flood is in the range 1-5 cm, while it increased up to 40-50 cm after the extreme flood associated with typhoon. The high r-Cs concentrations were found in sediments with domination of silt and clay fractions.

This work was supported by ERAN Project I-22-08.

**Keywords :** flood, grain size, radiocesium, river, sediments, typhoon

## P-18

## Effect of monovalent cation on cesium uptake and translocation in rice

FURUKAWA Jun<sup>\*1,2</sup>, LI Chenyu<sup>1</sup>, KANNO Satomi<sup>3</sup>, FUJIMURA Shigeto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, <sup>3</sup>Institute for Advanced Research, Nagoya University, <sup>4</sup>Tohoku Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization

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

Uptake and translocation mechanisms of radioactive cesium (Cs) in rice plant are of great interest in Japan. Through the investigation of the high affinity potassium (K) transporter, OsHAK1, which contributes to the Cs uptake from the rhizosphere to root, we have obtained a lot of knowledge about the Cs uptake from the soil into the rice plant. We have further advanced our research focusing on the internal translocation of Cs in rice, and found that the sodium (Na) contained in the rice controls the Cs transport in the rice. It was clarified that the uptake of Cs from the rhizosphere and internal Cs translocation were differently affected when the cultivation conditions for K before the Cs treatment were different. In particular, when we compared the rice cultivated under [Condition 1: K concentration in the hydroponic solution gradually decreased] and [Condition 2: K supply recovered after strong K deficiency], in the former, Cs transport from root to shoot was suppressed depending on the Na concentration, whereas in the latter, Cs uptake from the rhizosphere was suppressed depending on the Na absorbed. These investigations will reveal how monovalent cations such as Na, K, and Cs interact in the plant to control each other's behavior, and these might be one of the key phenomena to propose new Cs suppression method in rice.

**Keywords :** rice, radioactive cesium, sodium, potassium, transport regulation

## イネにおけるセシウム吸収・輸送に対する一価陽イオンの影響解析

古川純<sup>\*1,2</sup>、リ・シンイク<sup>1</sup>、菅野里美<sup>3</sup>、藤村恵人<sup>4</sup>

<sup>1</sup>筑波大学生命環境、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>3</sup>名古屋大高等研究院、<sup>4</sup>農研機構東北農業研究センター

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

イネにおける放射性セシウム (Cs) の吸収・輸送機構は大きな関心事である。これまでに根圏からのCs取り込み過程に関与する輸送体OsHAK1の機能解明などにより、イネ体内への取り込み抑制手法については多くの知見が蓄積している。我々はさらにイネの体内におけるCsの輸送に着目した研究を進め、体内に含まれるナトリウム (Na) がCsの輸送を制御するという現象を見出しており、その詳細について検証を進めている。その結果、Cs吸収実験に用いるイネの前培養段階における水耕液のカリウム (K) 条件が異なると、Csの根圏からの吸収、ならびに体内での輸送に影響があることが明らかとなり、特に【条件1：栽培環境のK濃度が徐々に低下する】と【条件2：強いK欠乏から弱いK欠乏へとK供給が回復する】で栽培されたイネを比較すると、前者では体内に取り込まれたNa濃度に依存して根から地上部へのCs輸送が抑制されたのに対し、後者では体内Na濃度に応じて根圏からのCs吸収が抑制されていた。これらはNa、K、そしてCsという一価の陽イオンが植物体内でどのように影響を及ぼしあいながら互いの挙動を制御しているのかを明らかにし、その制御の根幹である植物のKホメオスタシス維持機構を理解する、あるいは放射性Csの吸収・輸送抑制機構を提案する上で非常に興味深い現象と考えている。

**キーワード：**イネ、放射性Cs、ナトリウム、カリウム、輸送制御

## P-19

### Existence of Two Groups of Japanese Dace (*Pseudaspius hakonensis*) with Different $^{137}\text{Cs}$ Concentrations Observed in the Yokokawa Dam in June.

FUNAKI Yuto<sup>\*1</sup>, WADA Toshihiro<sup>2</sup>, ISHII Yumiko<sup>3</sup>, HAYASHI Seiji<sup>3</sup>, NANBA Kenji<sup>2,4</sup>,  
KAMIYAMA Kyouichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Inland Water Fisheries Experiment Station, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University, <sup>3</sup>Fukushima Branch, National Institute for Environmental Studies, <sup>4</sup>Faculty of Symbiotic System Science, Fukushima University

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

In this study, we evaluated the feeding habits of fish using carbon-nitrogen stable isotope ratios to examine the transfer of radiocesium to fish. Two groups of Japanese dace that had significant differences in total length,  $^{137}\text{Cs}$  concentrations,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  were observed in Yokokawa Dam in June 2020. The relationship between total length and  $^{137}\text{Cs}$  concentration, and between  $\delta^{15}\text{N}$  and total length and  $^{137}\text{Cs}$  concentration were significantly and positively correlated with each other. The difference of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the two groups of Japanese dace in the Yokokawa Dam in June may have been influenced by feeding on higher-order prey as they grew.

**Keywords :** Japanese dace,  $^{137}\text{Cs}$ , Carbon-Nitrogen Isotope Ratios

### 6月における横川ダムのウグイで確認された $^{137}\text{Cs}$ 濃度が異なる2群の存在

舟木優斗<sup>\*1</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>、石井弓美子<sup>3</sup>、林誠二<sup>3</sup>、難波謙二<sup>2,4</sup>、神山享一<sup>1</sup>

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

<sup>4</sup>福島大学共生システム理工学類

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

本研究では、炭素窒素安定同位体比を用いて魚類の食性を評価し、魚類への放射性セシウムの移行について検討した。2020年の6月における横川ダムのウグイには全長、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ が有意に異なる2群が生息していた。また、ウグイの全長と $^{137}\text{Cs}$ 濃度、 $\delta^{15}\text{N}$ と全長及び $^{137}\text{Cs}$ 濃度の関係には有意な正の相関が見られた。 $\delta^{15}\text{N}$ が被食捕食関係を経て値が上昇することを踏まえると6月における横川ダムのウグイ2群における $^{137}\text{Cs}$ 濃度の差は、成長に伴い高次の餌料を摂餌することが影響したと考えられる。

**キーワード :** ウグイ、 $^{137}\text{Cs}$ 、炭素窒素安定同位体比

## P-20

## Dose estimation of wild boars by dicentric chromosome analysis

Donovan ANDERSON<sup>1</sup>, FUJISHIMA Yohei<sup>1</sup>, OKUDA Kei<sup>2</sup>, INABA Toshiya<sup>3</sup>, NAGAMACHI Akiko<sup>3</sup>,  
YOSHIDA Mitsuaki<sup>1</sup>, MIURA Tomisato<sup>1</sup>, ISHINIWA Hiroko<sup>\*4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University, <sup>2</sup>Faculty of Human Environmental Studies, Hiroshima Shudo University, <sup>3</sup>Research Institute for Radiation Biology and Medicine, Hiroshima University,

<sup>4</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

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

Protection of the environment and assessment of radiological impacts to non-human biota is a fundamental principal in radiation protection. However, extreme diversity of non-human biota causes large uncertainties in dose estimation. Better understanding of the applicability of radiation biomarkers as dosimeters in radiation accidents may support a new frontier in the estimation of radiation exposure for free-ranging animals that move along a gradient of radionuclide contamination. We investigated the accumulation of radiocesium in 307 wild boar inhabiting radioactively contaminated areas (50 to 8000 kBq m<sup>-2</sup>) in Fukushima Prefecture. Additionally, dicentric chromosomes, an ideal radiation biomarker in acute exposures, were examined. Considering dicentric aberration response varies depending on dose rate, we first need to establish and compare two in-vitro dose-response curves at different dose rates using dicentric chromosomes in wild boar lymphocytes. As a first result, we found radiocesium activity concentrations in boar tissue remained high in sites near the power plant with the highest concentration of 50 kBq kg<sup>-1</sup>. The total dose rates to wild boar were calculated and ranged from 0.02 to 36  $\mu$ Gy h<sup>-1</sup>, which was primarily attributed to external radiation exposure. Cells are still being scored for chromosomal aberrations and will be reported on in the future.

**Keywords :** wild boar, dicentric chromosome, dose rate, radiocesium

## 二動原体染色体解析による野生イノシシの線量推定

ドノヴァン・アンダーソン<sup>1</sup>、藤嶋洋平<sup>1</sup>、奥田圭<sup>2</sup>、稲葉俊哉<sup>3</sup>、長町安希子<sup>3</sup>、吉田光明<sup>1</sup>、三浦富智<sup>1</sup>、石庭寛子<sup>\*4</sup>

<sup>1</sup>弘前大学 被ばく医療総合研究所、<sup>2</sup>広島修道大学 人間環境学部、<sup>3</sup>広島大学 原爆放射線医科学研究所、<sup>4</sup>福島大学 環境放射能研究所

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

環境保護やヒト以外の生物の放射線影響を評価することは、放射線防護の基本原則である。しかしながら、ヒト以外の生物相は極めて多様であることに加えてその生活様式の全容が解明されていないことが多く、線量評価には常に不確かさが伴う。放射線事故時の線量測定の手法として生物学的指標(バイオマーカー)の適用性について理解を深めることは、放射性核種によって不均一に汚染された地域で自由に移動し生活する動物の放射線被ばく量の推定精度をより高めることにつながる。

我々は、2016年から2019年にかけて福島県内の放射性セシウムによって汚染された地域(50から8,000 kBq m<sup>-2</sup>)で捕獲された307頭のイノシシを対象に、放射性セシウムの体内蓄積量および急性被ばくにおける放射線バイオマーカーである二動原体染色体を調査した。イノシシ体内の放射性セシウム蓄積濃度は原発周辺で捕獲された個体で高い値を示しており、それらの値から推定したイノシシへの被ばく線量は0.02から36  $\mu$ Gy h<sup>-1</sup>で、主に外部被ばくに起因するものであった。二動原体染色体解析では最初にイノシシの線量反応曲線を確立し、被ばく線量率によって異なる反応を示すことを確認した。それをもとに推定される被ばく線量については現在解析中であり、本報告会では結果の一部について紹介する予定である。

**キーワード :** イノシシ、二動原体染色体、線量率、放射性セシウム

## P-21

## Uptake and excretion of cesium by Lepidostomatidae larvae feeding on fallen leaves

KANASASHI Tsutomu<sup>\*1</sup>, WADA Toshihiro<sup>1</sup>

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

<sup>\*</sup>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<sup>-1</sup>). 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. Therefore, larvae of aquatic insects of the family Lepidostomatidae, which feed mainly on leaf litter in streams, were fed with dead leaves of *Magnolia obovata* to clarify the process of radiocesium transfer by feeding on leaf litter. In July and August 2022, larvae whose Cs-137 concentrations were below the detection limit were collected and reared in an environment with constant water temperature, and fed with pieces of dead leaves of *Magnolia obovata* with high Cs-137 concentrations to investigate and analyze changes in Cs-137 concentrations over time. The Cs-137 concentration of larvae was detected 4 hours after the beginning of the experiment and increased thereafter. However, the concentration of larvae did not exceed that of dead leaves until the end of the experiment (36 hr). We also successfully measured Cs-137 concentrations in larval excrement, and found that Cs-137 concentrations in excrement were higher than those in larvae and higher than those in dead leaves with the passage of time.

**Keywords :** riparian forest, aquatic insect, shredder, FDNPP accident

## カクツツトビケラ科幼虫の枯死葉摂食による放射性セシウムの取り込み及び排せつプロセスの解明

金指努<sup>\*1</sup>、和田敏裕<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所

<sup>\*</sup>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Cs濃度が規制値(100 Bq kg<sup>-1</sup>)を超えているため、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に汚染された餌の摂取が汚染の要因と仮定すると、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も重要であると考えられる。森林を流れる溪流の生態系では、枯死葉を一次生産とする食物網が発達していて、溪畔林から溪流へと落下する枯死葉は、一部の水生昆虫にとって重要な養分源である。上記のことから、本研究では、溪流に堆積した枯死葉を主に摂食するカクツツトビケラ科(Lepidostomatidae)水生昆虫の幼虫(以下、幼虫)に、ホオノキ(*Magnolia obovata*)の枯死葉を与え、枯死葉の摂食による放射性セシウムの移行過程を明らかにした。2022年7～8月に、Cs-137濃度が検出下限値未満の幼虫を採取し、一定水温の環境下で飼育し、Cs-137濃度が高いホオノキの枯死葉片を与え、幼虫の時間経過に伴うCs-137濃度変化を調査・解析した。幼虫のCs-137濃度は、調査開始から4時間経過後には検出され、その後も上昇した。しかし、調査終了の36時間までの間、幼虫の濃度が枯死葉の濃度を超えることはなかった。また、幼虫の排泄物のCs-137濃度測定にも成功し、幼虫より排泄物のCs-137濃度が高くなり、時間経過とともに枯死葉よりも高くなることが明らかになった。

**キーワード :** 溪畔林、水生昆虫、シュレッター、福島第一原子力発電所事故

## P-22

## Initial radiocesium behavior influenced by mode of atmospheric deposition

Donovan ANDERSON<sup>\*1,2</sup>, KATO Hiroaki<sup>2</sup>, ONDA Yuichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

\*Corresponding author : ande4163@hirosaki-u.ac.jp

About 520 PBq of radionuclides (excluding noble gases) were dispersed from the Fukushima nuclear accident compared to a release of 5300 PBq from the Chornobyl nuclear accident. Both nuclear accidents resulted in radiocesium deposition in various environments, and many studies have investigated the environmental radioactivity and accumulation of radionuclides in various media. However, few studies have investigated the possible influences of atmospheric deposition mode on initial radiocesium behavior in forests. Wide scale environmental radioactivity measurements were conducted in 2011 and campaigns were repeated in 2016. We have attempted to use the data to elucidate the differences in <sup>137</sup>Cs deposition depending on the deposition mode following the Fukushima accident. Dense forests where most radiocesium was deposited by precipitation had lower ambient dose rates and levels of contamination on forest floors than forests with fewer stems per hectare in 2011. This was not observed in areas subject to primarily dry deposition nor were any trends observed in 2016 data. While the initial retention of radionuclides by forest canopies was generally higher for areas with majority dry deposition, initial retention increased with the stem density, which may be a result of the increasing biomass per unit area. In dense forest canopies, the <sup>137</sup>Cs was retained for an extended period regardless of the deposition mode. Initial activity levels in the above ground parts of evergreen forests were higher in areas of dry deposition. Wood tissues accumulation of radiocesium was the same for both deposition modes. Deposition mode is crucial in determining the extent of the environmental radioactivity and contamination in forests immediately after a release.

**Keywords :** cedar, pine, radiocesium, atmospheric deposition

## P-23

### Evaluation of genetic effects induced by radiation exposure for wild bryophytes, *Marchantia polymorpha*

SHIMAMURA Masaki<sup>\*1</sup>, OGURI Emiko<sup>2</sup>, Frederic BERGER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Integrated Sciences for Life, Hiroshima University, <sup>2</sup>Faculty of Education, Tokyo Gakugei University, <sup>3</sup>Gregor Mendel Institute

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

The bryophytes are one of the most widely used organisms for biomonitoring of radioactive contamination due to their small bodies in direct contact with soil, relatively large surface area, and metal accumulating ability, etc. The radiocesium concentrations in the bryophyte colonies showed a high correlation with either the aerial dose rates on the date of sampling or the estimated aerial dose rates on the earliest date after the Nuclear Power Plant Accident. To detect the genetic effects of radiation in individual and population-level, we conducted a genome-wide SNP analysis of a liverwort *Marchantia polymorpha* species complex. In the Fukushima Prefecture, even in a single population within 1 square meter, there was sometimes significant genetic polymorphism. We have analyzed the SNP of the genomes of the plants of *Marchantia polymorpha* species complex from Japan and other parts of the world and detected approximately 7 million autosomal SNPs. We are verifying the possibility that the remarkable genetic polymorphism in a narrow range detected in Fukushima Prefecture is derived from the effects of radiation.

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

### 野生ゼニゴケ種を用いた放射線被爆の遺伝的影響の評価

嶋村正樹<sup>\*1</sup>、小栗恵美子<sup>2</sup>、Frederic Berger<sup>3</sup>

<sup>1</sup>広島大学大学院統合生命科学研究科、<sup>2</sup>東京学芸大学教育学部、<sup>3</sup>グレゴール・メンデル研究所

\*責任著者 : mshima@hiroshima-u.ac.jp

基物や地面を覆うように生育し、表面積が大きく、様々な金属類を蓄積するコケ植物は生態系の放射能汚染のバイオモニタリングに適した生物として知られている。これまでの研究で、コケ植物の放射能濃度について、採集地の土壤汚染の程度あるいは空間線量率の時空間的分布から推定される過去の汚染の程度との相関関係が明らかになった。さらに、コケ植物は分枝や無性生殖を通じて、旺盛に繁殖するため、高い放射線量下では、個体や集団内に新たな遺伝的変異が生じ続けている可能性が考えられる。次世代シーケンサーを用いたゲノム解析を通じて、個体間、集団間への遺伝的影響の評価を試みた。福島県内のサンプルでは、1平方メートル以内の広さの集団内にさえ、著しい遺伝的多型が存在する例があった。福島県のサンプルを含む日本及び世界各地の広義ゼニゴケ種(*Marchantia polymorpha* species complex)のゲノムのSNP情報の解析を進め、これまでに約700万の常染色体SNPを検出している。各地の野生ゼニゴケのゲノムの特徴と多型について解析を進め、狭い範囲での著しい遺伝的多型が放射線の影響に由来する可能性について、検証を進めている。

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

## P-24

## Effects of Radiation on the Early Development of Sea Urchin and *Xenopus* in the Presence of DNA Repair Inhibitor

SHIMIZU Naoto<sup>\*1</sup>, TSUDA Masataka<sup>1</sup>, IDE Hiroshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program of Mathematical and Life Sciences, Graduate School of Integrated Sciences for Life, Hiroshima University

<sup>\*</sup>Corresponding author : naotos@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. We found that the inhibitor enhanced the sensitivity to X-ray. Together we established a high sensitivity assay system for the detection of radiation-induced biological effects in the development of sea urchin using a DNA repair inhibitor.

**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

清水直登<sup>\*1</sup>、津田雅貴<sup>1</sup>、井出博<sup>1</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>\*</sup>責任著者 : naotos@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、バフンウニ(*H. pulcherrimus*)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)とともに形態異常頻度が上昇することが分かっていた。本年度は、この実験条件のもとで、DNA修復阻害剤(NU7026)を添加すると、さらに放射線感受性が高くなることを明らかにした。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。今後、NU7026処理下で低線量率ガンマ線照射およびトリチウム水で暴露し、放射線影響を高感度に評価する予定である。

**キーワード :** ウニ、カエル、初期発生、放射線影響、DNA修復

## P-25

### Study on the effects of terrestrial-derived radiocesium via rivers on brackish water systems of Fukushima

WATANABE Sho<sup>\*1</sup>, ENOMOTO Masahiro<sup>1</sup>, AMANO Yosuke<sup>1</sup>, WATANABE Toru<sup>1</sup>, TAKATA Hyoe<sup>2</sup>, WADA Toshihiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Research Center, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author : watanabe\_shou\_01@pref.fukushima.lg.jp

To understand the effects of terrestrial-derived Radiocesium (<sup>137</sup>Cs) on brackish water and coastal areas, we measured <sup>137</sup>Cs concentrations of sediments in Matsukawa-ura lagoon located at the northern part of Fukushima Prefecture. Sediment samples were collected from 5 sampling groups, indicating the inflowing river (4 sites), river mouth (3 sites), Matsukawa-ura lagoon (4 sites), lagoon mouth (1 site), and coastal area (1 site), from May to October, December 2021, and February 2022. Sediment samples were dewatered by suction filtration and then measured for <sup>137</sup>Cs concentration. The <sup>137</sup>Cs concentrations were converted to a value per dry weight using the dry soil fraction calculated from the same sample. The <sup>137</sup>Cs concentrations tended to gradually decrease in inflowing river (20.1 - 657 Bq/kg-dry), river mouth (20.3 - 226 Bq/kg-dry), Matsukawa-ura lagoon (12.2 - 126 Bq/kg-dry) and coastal area (1.69 - 3.00 Bq/kg-dry). On the other hand, lagoon mouth observed relatively high <sup>137</sup>Cs concentrations (89.1-481 Bq/kg-dry). The grain size composition of sediments, which were measured in some samples, showed a correlation with <sup>137</sup>Cs concentration, suggesting that the grain size of sediment was one of the factors that the difference in <sup>137</sup>Cs concentration among the sampling groups.

**Keywords :** radiocesium, Matsukawa-ura lagoon, sediment, grain size composition

### 河川を介した陸域由来の放射性Csにおける汽水域への影響に関する研究

渡部翔<sup>\*1</sup>、榎本昌宏<sup>1</sup>、天野洋典<sup>1</sup>、渡辺透<sup>1</sup>、高田兵衛<sup>2</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島県水産海洋研究センター、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者 : watanabe\_shou\_01@pref.fukushima.lg.jp

陸域からの<sup>137</sup>Csが汽水域及び沿岸域の環境に及ぼす影響について把握するため、松川浦流入河川、松川浦(河口、浦内及び湾口)及び沿岸で採取した堆積物の<sup>137</sup>Cs濃度を測定した。堆積物試料は河川4定点、河口3定点、浦内4定点、湾口1定点及び沿岸1定点の5群13地点において2021年5～10月、12月及び2022年2月にそれぞれ採取した。試料は、吸引ろ過により脱水を行った後、<sup>137</sup>Cs濃度の測定を行い、同試料から算出した乾土率を用いて乾重量あたりの<sup>137</sup>Cs濃度に換算した。堆積物の<sup>137</sup>Cs濃度は、河川(20.1～657Bq/kg-dry)、河口(20.3～226Bq/kg-dry)、浦内(12.2～126Bq/kg-dry)及び沿岸(1.69～3.00Bq/kg-dry)にかけて値が小さくなる傾向がみられたが、湾口においては比較的高い<sup>137</sup>Cs濃度(89.1～481Bq/kg-dry)がみられた。また、一部試料を用いて粒度組成を測定し、回帰分析を行ったところ、<sup>137</sup>Cs濃度との間に相関関係がみられたことから、群間における<sup>137</sup>Cs濃度の違いは堆積物の粒度組成が要因の一つであることが示唆された。

**キーワード :** 放射性セシウム、松川浦、堆積物、粒度組成

## P-26

## Estimation of radiocesium concentration in the trunk and fallen leaves from the tree branches and leaves of *Quercus serrata* in three areas in Tochigi prefecture with different initial amount of deposition

HAMAGAMI Momo<sup>\*1</sup>, OHKUBO Tatsuhiro<sup>2</sup>, AIZAWA Mineaki<sup>2</sup>, IIZUKA Kazuya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Forest Ecology and Silviculture, Utsunomiya University, <sup>2</sup>Department of Forest Science, School of Agriculture, Utsunomiya University

\*Corresponding author : mc226994@s.utsunomiya-u.ac.jp

In Tochigi prefecture, the contamination damage caused by cesium-137 (hereafter <sup>137</sup>Cs) released and deposited as a result of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident has forced restrictions on the use of deciduous broad-leaved *Quercus serrata* forests in Satoyama, which are used to produce shiitake mushroom logs and leaf compost. We collected overstory branches, tree trunks, and fallen leaves of *Quercus serrata* in three areas of the prefecture with different initial deposition levels, and examined the relationship between <sup>137</sup>Cs concentrations in different parts of the tree, the current availability of tree trunks and fallen leaves based on provisional permissible values, and the estimation of <sup>137</sup>Cs concentrations in tree trunks and fallen leaves from overstory branches and fallen leaves. The distribution of <sup>137</sup>Cs concentration in each individual *Quercus serrata* was highest in the overstory leaves. In the highly contaminated area of Sekiya (initial deposition 147,399 Bq/m<sup>2</sup>), both tree trunks and fallen leaves were unusable compared to the provisional permissible values. In addition, linear regression analysis showed that the best fit of the regression equation was obtained between the upper leaves and the trunk and fallen leaves, suggesting that the concentrations in the trunk and fallen leaves can be estimated from the concentrations in the upper leaves.

**Keywords :** Leaves, Mushroom logs, leaf compost

## 初期沈着量の異なる栃木県内3地域におけるコナラ樹上枝葉からの樹幹・落葉の放射性セシウム濃度推定

濱上百々<sup>\*1</sup>、大久保達弘<sup>2</sup>、逢沢峰昭<sup>2</sup>、飯塚和也<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宇都宮大学森林生態学・育林学研究室、<sup>2</sup>宇都宮大学農学部森林科学科

\*責任著者 : mc226994@s.utsunomiya-u.ac.jp

栃木県では、福島第一原子力発電所事故に伴い放出・沈着したセシウム137(以下、<sup>137</sup>Cs)による汚染被害が発生し、しいたけ原木や腐葉土の生産に利用される里山の落葉広葉樹コナラ林では利用の制限が余儀なくされている。そこで初期沈着量の異なる県内3地域においてコナラ樹上枝葉、樹幹、落葉を採取し、部位間の<sup>137</sup>Cs濃度の関係、暫定許容値を基にした現在の樹幹・落葉の利用可否、および樹上枝葉からの樹幹・落葉の<sup>137</sup>Cs濃度の推定について検討を行った。コナラ各個体の<sup>137</sup>Cs濃度分布は樹上葉が最も高く、また初期沈着量の高い地域ほど高い傾向がみられた。暫定許容値と比較して高濃度汚染地域の関谷(初期沈着量147,399 Bq/m<sup>2</sup>)では樹幹・落葉共に利用不可能であった。一方、中低濃度汚染地域の船生(同37,033Bq/m<sup>2</sup>)・大木須(同4,489Bq/m<sup>2</sup>)では暫定許容値内であり今後利用できる可能性が示唆された。また、線形回帰分析の結果、樹上葉と樹幹・落葉との間で回帰式の当てはまりが最も良かったことから、樹上葉の濃度から樹幹・落葉の濃度が推定可能であると考えられた。

**キーワード :** 樹上葉、ほだ木、腐葉土

## P-27

# Influence of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, explored with land transaction data on municipalities in Fukushima Prefecture

SHOJI Nobutoshi<sup>\*1</sup>, WAKIYAMA Yoshifumi<sup>2</sup>

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

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

<sup>\*</sup>Corresponding author : s2170052@ipc.fukushima-u.ac.jp

This study is aiming to reveal social impacts of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. Existing literature tried to quantify the impacts of the accident based on analyses of variations in official land prices which were published by government. In this study, we focus on land transaction data to explore the impacts. Land transaction data were derived from a website of the search site of the real estate transaction-price information by Ministry of Land Infrastructure and Transportation. As the first approach, we summarized and analyzed the value and number of land transactions by use (residential land, residential land + buildings, agricultural land, and forest land) for the period 2007-2022 in 59 municipalities in Fukushima Prefecture. The results showed that there were years of increasing farmland transactions, although the timing varied by region. For example, in the southern part of the Aizu region, the number and value of agricultural land transactions increased from 2017 to 2018, followed by a decline. These suggest land divestitures by agricultural businesses, but it is necessary to consider factors including subsequent uses such as conversion to residential land. Although it is difficult to describe the causal relationship between these land transactions and the nuclear power plant accident at present, we plan to clarify whether or not the nuclear power plant accident affected the land transactions through analysis of the relationship with air dose rate and radioactive cesium deposition using GIS data, hedonic approach, and interviews with traders in the future.

**Keywords :** land transaction, real estate

## 福島県内各自治体の土地取引データからみた原発事故の影響

庄子信利<sup>\*1</sup>、脇山義史<sup>2</sup>

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

<sup>\*</sup>責任著者 : Email address : s2170052@ipc.fukushima-u.ac.jp

本研究では、原発事故の影響を社会的側面から考察する。既往研究では原発事故による経済的な影響を地価データの変動を解析することにより評価する試みが行われてきた。本研究では、土地取引価格と件数の変動を長期かつ広域的に解析することにより、原発事故の影響の評価を試みる。第一段階として、土地取引価格データは国土交通省による「不動産取引価格情報検索」のウェブページから取得した。福島県内59市町村の2007年から2022年の期間における用途別(宅地・宅地+建物・農地・林地)の土地取引額と件数を整理した。この結果、地域によってタイミングに違いがあるものの、農地取引が増加する年が見られた。例えば、会津地域南部では2017年から2018年にかけて農地の取引数・額が増加し、その後減少を示していた。これらは、農業事業者の土地離しを示唆するものであるが、住宅用地への転換などその後の用途を含めて要因を考察する必要がある。今後、GISデータを用いた空間線量率・放射性セシウム沈着量との関係解析、ヘドニックアプローチ、取引当事者への聞き取りなどを通して、原発事故の影響の有無を明らかにしていく予定である。

**キーワード :** 土地取引、不動産

## P-28

## Uptake and excretion of radiocesium from food by starry flounder, an euryhaline fish, under different salinity conditions

MANOME Yuuki<sup>\*1</sup>, WADA Tshihiro<sup>1,2</sup>

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

<sup>\*</sup>Corresponding author : s2270055@ipc.fukushima-u.ac.jp

After the Fukushima accident, longer-term radiocesium contaminations have been observed in freshwater fish than marine fish. In waters affected by the nuclear power plant accidents, water-to-body concentration ratios of <sup>137</sup>Cs in freshwater fish were reported to be negatively correlated with K<sup>+</sup> concentrations. However, no study has compared the uptake and excretion of radiocesium under different salinity conditions from freshwater to seawater using the same fish species. Subsequently, a rearing experiment using <sup>137</sup>Cs contaminated food was conducted on the starry flounder, an euryhaline flatfish. The fish (mean 19 cm total length, 107 g body weight) were fed by pellets containing <sup>137</sup>Cs (328 Bq/kg-dry) under different salinity conditions from freshwater (0 psu), brackish water (4 psu), to seawater (32 psu) for 20 weeks, and some were switched to non-contaminated pellets after 8 weeks. Results revealed that <sup>137</sup>Cs uptake was faster in freshwater and brackish water (osmolalities lower than fish: about 10 psu) than in seawater, while <sup>137</sup>Cs excretion was faster in seawater than in freshwater and brackish water. K concentrations in seawater are higher than freshwater and brackish water. This difference affects the uptake and excretion of radiocesium from food, and is likely a factor contributing longer-term contaminations of freshwater fish.

**Keywords :** fish, radiocesium, salinity, ecological half-life, bioaccumulation, rearing experiment

## 広塩性魚ヌマガレイを用いた異なる塩分条件下における餌からの放射性セシウム取込・排出試験

馬目由季<sup>\*1</sup>、和田敏裕<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>福島大学共生システム理工学研究科、<sup>2</sup>福島環大学境放射能研究所

<sup>\*</sup>責任著者 : s2270055@ipc.fukushima-u.ac.jp

福島第一原発の事故後、淡水魚は海水魚に比べ放射性Csによる汚染が長期化している。海水魚に比べて淡水魚の汚染が長期化している一因として淡水魚が海水魚に比べて塩類(K, Cs他)の排出が遅い可能性など、塩類の取込・排出に関わる生理的機能の違いが考えられている。原発事故後に放射性Csにより汚染された水域において魚体中の放射性Cs濃度と環境水中のK濃度が負に相関することが報告されている。しかし、海水と淡水における放射性Csの取込・排出の比較検討を行った例はない。そこで本研究では塩分濃度に着目し、海水と淡水における魚類の放射性Csの取込・排出の評価を目的に、広塩性魚であるヌマガレイ(平均全長19cm、体重107g)を対象とした異なる塩分条件下における飼育試験を実施した。本実験では、0 psu(淡水区)、4 psu(汽水区)、32psu(海水区)の塩分条件下で<sup>137</sup>Csを含む配合餌料(328Bq/kg-dry)を20週間与え、一部は8週経過後から<sup>137</sup>Csを含まない餌に切り替えて飼育した。その結果、体液浸透圧(≡イオン組成:約10psu)よりも浸透圧が低い淡水区・汽水区における放射性Csの取込が、海水区よりも早いことを同一魚種の飼育試験により初めて解明した。また、海水区の放射性Csの排出は淡水区・汽水区よりも早いことが確認された。海水区のK濃度は、淡水区・汽水区よりも高い。この違いが、放射性Csの餌からの取込・排出に影響し、淡水魚の汚染を長期化させている要因である可能性が高い。

**キーワード :** 魚類、放射性Cs、塩分濃度、生物学的半減期、生物蓄積、飼育

## P-29

## Elucidation of $^{137}\text{Cs}$ transfer processes in terrestrial and aquatic ecosystems in the difficult-to-return zone

YAMAGUCHI Daisuke<sup>\*1</sup>, KANASASHI Tsutomu<sup>2</sup>, ISHINIWA Hiroko<sup>2</sup>, WADA Toshihiro<sup>2</sup>

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

\*Corresponding author : s2270057@ipc.fukushima-u.ac.jp

The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident released and deposited radionuclide in the surrounding areas. In particular,  $^{137}\text{Cs}$  still remains in the environment and is taken up by wild animals and plants mainly through food webs. In addition, the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in forests tends to be higher than that in human living areas because  $^{137}\text{Cs}$  is recycled within the forest ecosystem. In addition, fallen leaves in forests may migrate to rivers, lakes, and ponds, and thereby transfer  $^{137}\text{Cs}$  to aquatic ecosystems. There were many studies targeting the dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  in forest ecosystems and aquatic ecosystems. But few studies have analyzed the dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  in multiple ecosystems, and clarified the transfer of  $^{137}\text{Cs}$  of plants and animals living in the transfer zone. In this study, we conducted a survey at Shimofukazawa Pond in Futaba town (mean air dose rate  $9.08\mu\text{ Sv/h}$ ), which is located in the difficult to return zone, and measured  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in several species inhabiting terrestrial and aquatic environments in and around the pond. As a result, no significant difference in  $^{137}\text{Cs}$  concentration was found between largemouth bass (3080 Bq/kg) in the pond, and Japanese field mouse (2440 Bq/kg) around the pond. In plants, a wide range of mean  $^{137}\text{Cs}$  values (299–34800 Bq/kg) depending on the plant species were found, with some species showing the extremely higher values. In the future, we will analyze stomach contents and seasonal change of  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the target species.

**Keywords :** wild plants and animals, forest ecosystem, aquatic ecosystems,  $^{137}\text{Cs}$  transfer process

## 帰還困難区域の陸域・水域生態系における $^{137}\text{Cs}$ 移行過程の解明

山口大輔<sup>\*1</sup>、金指努<sup>2</sup>、石庭寛子<sup>2</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>

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

\*責任著者 : s2270057@ipc.fukushima-u.ac.jp

福島第一原子力発電所事故が発生し、周辺地域には放射性物質が拡散・沈着した。特に $^{137}\text{Cs}$ は現在でも環境中に留まり、食物網などを介して野生動植物に取り込まれている。森林内における $^{137}\text{Cs}$ は樹木などを通して循環することなどから森林内の $^{137}\text{Cs}$ 濃度は人の生活圏内に比べて高い傾向にある。さらに森林内の落ち葉などが河川・湖沼などに移行することで $^{137}\text{Cs}$ が水域生態系に移行すると考えられる。これまで、 $^{137}\text{Cs}$ の動態について、森林生態系や水圏生態系など、各生態系を対象とした研究事例は多数報告されているものの、陸域および水域を含めた複数の生態系を対象とした研究事例は少ない。また、移行域に生息する動植物を介した $^{137}\text{Cs}$ の移行については解明されていない。そこで、本研究では福島県内の帰還困難区域内に位置する双葉町の下深沢ため池(平均空間線量率 $9.08\mu\text{ Sv/h}$ )を調査地とし、ため池及び周辺の陸域に生息する複数の生物種を対象に $^{137}\text{Cs}$ 濃度を測定し、結果を比較した。主な結果として、水中に生息するオオクチバス(平均3080Bq/kg)とため池の周辺に生息するアカネズミ(2440Bq/kg)では $^{137}\text{Cs}$ 濃度に大きな差はなかった。また、植物では、種によって平均値が(299–34800Bq/kg)と幅が大きく $^{137}\text{Cs}$ 濃度が非常に高い種も確認された。今後は、魚類等の胃内容物分析を行い、餌生物を介した $^{137}\text{Cs}$ の移行を評価するとともに、季節による濃度変化を確認する予定である。

**キーワード :** 野生動植物、森林生態系、水圏生態系、Cs移行過程

## P-30

## Model laboratory experiments to support field researchers on uptake and excretion of $^{137}\text{Cs}$ and $^{90}\text{Sr}$ in the silver Prussian carp (*Carassius gibelio*)

Polina PAVLENKO<sup>\*1</sup>, Olena KASHPAROVA<sup>1,2</sup>, Maksym HRECHANIUK<sup>1</sup>, Sviatoslav LEVCHUK<sup>1</sup>, WADA Toshihiro<sup>3</sup>, Vasyi YOSCHENKO<sup>3</sup>, Valery KASHPAROV<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ukrainian institute of agricultural radiology of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,

<sup>2</sup>Norwegian University of Life Sciences, <sup>3</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author : polina.pavlenko97@gmail.com

Dynamics of radionuclide transfer to fish was studied in natural conditions in field experiments in the Chernobyl Exclusion Zone. We found that  $^{137}\text{Cs}$  uptake by fish depends on the season of the year. The rate constants of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  uptake from water and feed were also obtained. The rate of radionuclide intake into fish with feed can be obtained only in field experiments and only together with uptake from water. To support the field observations, a series of controlled model aquarium experiments were conducted to determine rate constants of  $^{137}\text{Cs}$  uptake by fish separately from water and from feed and the rate of excretion from *Carassius gibelio* at the water temperatures from 5 to 26 °C. A significant difference was observed between the rate constants of  $^{137}\text{Cs}$  uptake in muscle tissue from water and feed: 8.0-22 day<sup>-1</sup> during summer and 0.2 to 1.0 day<sup>-1</sup> during autumn/winter, while the rate constant of  $^{137}\text{Cs}$  uptake in muscle from water was only 0.05-0.09 day<sup>-1</sup>. The main  $^{90}\text{Sr}$  uptake in natural conditions comes from water. The  $^{90}\text{Sr}$  uptake rate from water in fish bones increases with an increase in the amount of food consumed by fish at water temperature 5-27 °C from 0.06-0.2 day<sup>-1</sup> (for 0-0.15% feed) to 0.2-1.5 day<sup>-1</sup> (for 0.3-1.5% of feed). Clean feeding results in increased  $^{90}\text{Sr}$  uptake from water due to increase in fish mass and, consequently, increase in bone tissue mass. Decrease of  $^{90}\text{Sr}$  activity concentration in the bone tissue in clean water occurs due to biodilution (growth of new clean bone tissue).

**Keywords :** *Carassius gibelio*,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , uptake, excretion, clean feeding

## P-31 ERAN採択課題 Y-22-06

# Radiocesium concentrations of prey organisms for Japanese seabass *Lateolabrax japonicus* in Matsukawa-ura Lagoon and coast of Fukushima Prefecture

MORIOKA Yoshiaki<sup>\*1</sup>, AMANO Yosuke<sup>2</sup>, WADA Toshihiro<sup>3</sup>

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

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

Radiocesium (<sup>137</sup>Cs) concentrations in Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) are slightly higher in Matsukawa-ura Lagoon (mean 1.70Bq/kg-wet) than those in the coast of Fukushima Prefecture (mean 0.98Bq/kg-wet), although these concentrations are much lower than the standard value for radioactive substances in food. In order to elucidate the factors that cause the difference, <sup>137</sup>Cs concentrations, nitrogen and carbon stable isotope ratios of Japanese seabass and its prey organisms collected from the lagoon and the coast during 2019 to 2022 were measured. Also, stomach contents of Japanese seabass were analyzed, indicating that main prey items were quite different between the lagoon and the coast: fish and crustaceans occupied 81% and 76%, respectively. <sup>137</sup>Cs concentrations in prey organisms in the lagoon were higher than those of the coast; 0.62-2.04 Bq/kg in mysids and shrimps in the lagoon, while 0.07-0.72Bq/kg in anchovy and sardine in the coast. Mean carbon stable isotope ratios ( $\delta^{13}\text{C}$ ) of Japanese seabass and prey organisms in the lagoon were higher than those in the coast. These results suggest that <sup>137</sup>Cs from prey organisms affects the concentration of <sup>137</sup>Cs in Japanese seabass.

**Keywords :** Japanese seabass, radiocesium concentration, Matsukawa-ura Lagoon, prey organisms

## 福島県沿岸域及び松川浦におけるスズキ餌料生物の<sup>137</sup>Cs濃度

守岡良晃<sup>\*1</sup>、天野洋典<sup>2</sup>、和田敏裕<sup>3</sup>

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

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

福島県沿岸域及び松川浦におけるスズキ*Lateolabrax japonicus*の<sup>137</sup>Cs濃度は食品の基準値よりも非常に低い濃度ではあるが、沿岸域よりも松川浦でわずかに高い傾向がある(松川浦1.70Bq/kg-wet、沿岸域0.98Bq/kg-wet)。この要因について検討するため、本研究ではスズキと餌料生物の<sup>137</sup>Cs濃度の関係を明らかにすることを目的とした。2019年～2022年にかけてスズキと餌料生物を福島県沿岸域及び松川浦でそれぞれ採捕し、<sup>137</sup>Cs濃度の測定及び炭素・窒素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ 及び $\delta^{15}\text{N}$ )の分析を行った。スズキについては胃内容物の観察を行った。スズキの胃内容物は沿岸域と松川浦で全く異なり、沿岸域では魚類が81%、松川浦では甲殻類が76%であった。餌料生物の<sup>137</sup>Cs濃度は松川浦で0.62-2.04Bq/kg(アミ類とエビ類)、沿岸域では0.07-0.72Bq/kg(カタクチイワシとマイワシ)で、松川浦で高い傾向にあった。また、スズキと餌料生物の $\delta^{13}\text{C}$ の値は外海域よりも松川浦で高い傾向にあった。この結果から餌料生物の<sup>137</sup>Csがスズキの<sup>137</sup>Cs濃度に影響を与えていることが示唆された。

**キーワード :** スズキ、放射性セシウム濃度、松川浦、餌料生物

## P-32 ERAN採択課題 F-22-28

Impact of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident on *Paramecium*FUJISHIMA Masahiro<sup>\*1</sup>, KODAMA Yuuki<sup>2</sup>, Francesco CATANIA<sup>3</sup>, Michael LYNCH<sup>4</sup>, NANBA Kenji<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Thermotolerant Microbial Resource Center, Yamaguchi Univ. and Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima Univ., <sup>2</sup>Institute of Agricultural and Life Sciences, Academic Assembly, Shimane Univ., <sup>3</sup>Institute for Evolution and Biodiversity, Univ. of Münster and Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima Univ., <sup>4</sup>Center for Mechanisms of Evolution, Arizona State Univ., <sup>5</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima Univ.

\*Corresponding author : fujishim@yamaguchi-u.ac.jp

The purpose of this project is to investigate effects of environmental radiation on *Paramecium* living in Nakafukasawa Pond. In 2021, we found that the slow cell division rate of the local *Paramecium* was restored when transferred to the laboratory. In order to confirm the reproducibility of this phenomenon, in 2022, *Paramecium caudatum* (strain YR15042) and *P. tetraurelia* (strain 51) were placed in 50 mL plastic centrifuge tubes and left in 10 to 30 cm depth of water in the Nakafukasawa Pond for 48 days, harvested, cloned, and their mean number of cell divisions/day was compared with that of the same strain cultivated in the laboratory without exposure to radiation. As a result, the average number of cell divisions per day for exposed and non-exposed strains of *P. caudatum* was 1.176 and 1.707 per day, and that of *P. tetraurelia* was 1.664 and 1.751 per day. In both species, the possible effects of radiation exposure were suggested. Furthermore, we could find that the density of endosymbiotic *Chlorella* cells in *P. bursaria* living in the Nakafukasawa Pond is low but recovers by cultivation in the laboratory.

**Keywords :** *Paramecium*, unicellular protist, ciliate, effects of environmental radioactivity on cell division rate

## 福島第一原発事故のゾウリムシへの影響

藤島政博<sup>\*1</sup>、児玉有紀<sup>2</sup>、Francesco CATANIA<sup>3</sup>、Michael LYNCH<sup>4</sup>、難波謙二<sup>5</sup>

<sup>1</sup>山口大学中高温微生物研究センター及び福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>島根大学学術研究院農生命科学系、<sup>3</sup>ミュンスター大学進化生物多様性学部及び福島大学環境放射能研究所、<sup>4</sup>アリゾナ大学生物進化機構センター、<sup>5</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者 : fujishim@yamaguchi-u.ac.jp

本事業は、環境放射線の影響を受け続けている中深沢池に棲息するゾウリムシへの影響の有無の調査を目標として実施し、2021年度に分裂速度が低下した現地のゾウリムシが実験室での継代培養で分裂速度を回復することを見出した。2022年度は、この現象の再現性の確認のためにゾウリムシ(*Paramecium caudatum*、株YR15042)とヒメゾウリムシ(*P. tetraurelia*、株51)を大型細胞の出入りを阻止した50mLプラスチック遠心管に入れて中深沢池の水深10から30cmに48日間放置し、回収後にクローン化して、その平均細胞分裂回数/日を被曝させずに実験室で培養した同じ株と比較した。その結果、*P. caudatum*の被曝株と非被曝株の平均細胞分裂回数/日は、1.176回/日と1.707回/日で、*P. tetraurelia*では、1.664回/日と1.751回/日であった。両種とも平均分裂回数に被曝の影響の可能性が示唆された。さらに、今年度は、現地のミドリゾウリムシの細胞内共生クロレラの密度の減少が実験室で回復することが観察されたので次年度にその再現性と原因を調べる。

**キーワード :** ゾウリムシ、単細胞原生生物、繊毛虫類、細胞分裂速度への環境放射線の影響

## P-33 ERAN採択課題 F-22-41

# The chronological changes in radiocesium concentrations in mushrooms, parasites and mycophagous animals

HOSAKA Kentaro<sup>\*1</sup>, KASUYA Taiga<sup>2</sup>, YAMAMOTO Kohei<sup>3</sup>, NAM Kyung-Ok<sup>1</sup>, ISHINIWA Hiroko<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Botany, National Museum of Nature and Science, <sup>2</sup>Department of Biology, Keio University,

<sup>3</sup>Tochigi Prefectural Museum, <sup>4</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author : khosaka@kahaku.go.jp

The Kingdom of Fungi is one of the most diverse groups in the terrestrial ecosystems. Furthermore, many species of fungi, especially mushrooms, are known to accumulate higher concentration of radiocesium in their fruit bodies compared to other groups of forest organisms. Based on our previous studies using limited numbers of samples, we have demonstrated high concentrations of radiocesium from: (1) hypogeous (truffle-like) mushrooms, (2) parasites on truffle-like mushrooms, and (3) historical dried specimens of mushrooms collected before/after the Chornobyl (1986) and Fukushima (2011) nuclear accidents. In this study, we further attempted to clarify the radiocesium concentrations from historical and more recently collected specimens of diverse groups of mushrooms, especially focusing on ectomycorrhizal mushrooms (e.g., *Amanita caesareoides*, *Russula nigricans*, and *Entoloma* spp.), parasitic mushrooms (e.g., *Tolypocladium* spp.) and their hosts (e.g., *Elaphomyces* spp.). These mushrooms are also an important food source for forest animals (e.g., rodents and insects) and, therefore, radiocesium accumulated in mushroom fruit bodies can be transported by parasitic mushrooms and mycophagous animals throughout the forest ecosystems.

**Keywords :** DNA barcoding, ectomycorrhizae, Kanto region, parasites, wild mushrooms

## きのこ類・寄生菌・菌捕食者の放射性セシウム濃度の経時的変化

保坂健太郎<sup>\*1</sup>、糟谷大河<sup>2</sup>、山本航平<sup>3</sup>、南京沃<sup>1</sup>、石庭寛子<sup>4</sup>

<sup>1</sup>国立科学博物館植物研究部、<sup>2</sup>慶応大学、<sup>3</sup>栃木県立博物館、<sup>4</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者 : khosaka@kahaku.go.jp

陸上生態系において菌類は種多様性が最も高く、バイオマスも最大である可能性が指摘されている。さらに菌類、特にきのこ類は放射性物質の蓄積特性が、他の生物に比べ高いという観察結果も示されている。研究代表者らはこれまで限られたサンプリングから(1)地下生菌(トリュフ類)のセシウム濃度、(2)それらに寄生する菌類のセシウム濃度、(3)チェルノブイリおよび福島第一原発事故前後のきのこ標本からの放射性セシウムの検出、などを進めてきた。本研究課題ではさらに多様なきのことその寄生菌およびそれらを捕食する動物のセシウム蓄積特性と、過去40年間のセシウム濃度の変化を既存標本から明らかにすることを目的とした。特にこれまで放射性セシウムの蓄積特性に顕著なパターンを示した外生菌根性きのこ(タマゴタケ、クロハツ、クサウラベニタケなど)、寄生菌(ハナヤスリタケ、タンボタケなど)とその宿主(ツチダンゴ属など)について茨城県、福島県で採集された標本を中心にセシウム濃度を測定した。これらのきのこ類は動物(げっ歯類、大型哺乳類、昆虫など)の主要な餌資源であることから、森林生態系においてきのこ寄生菌及び動物を介したセシウムの移動と循環が起こっている可能性がある。

**キーワード :** DNAバーコード、外生菌根、関東地方、寄生菌、野生きのこ

**P-34 ERAN採択課題 F-22-42****Study on the effectiveness of radiation education in secondary schools in Asia-Pacific countries**

KANAMORI Masashi<sup>\*1</sup>, MIYAZAKI Tomoyuki<sup>1</sup>, TAKASHIMA Ryuta<sup>2</sup>, KOIKE Hiromi<sup>1</sup>,  
OKURA Masahiro<sup>1</sup>, IIMOTO Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>Tokyo University of Science

\*Corresponding author : kanamori@kcconsulting.jp

In this study, we analyzed the results of questionnaires on the effectiveness of radiation education in secondary schools. The degree to which students perceive radiation as “Interesting” or “Easy to understand” became stronger after the lecture except Indonesian junior high school students. Radiation education with the WOW factor is effective. In the analysis of changes in students’ impressions based on teacher characteristics, teachers who perceive radiation as “Simple” or “Easy to understand” are more likely to teach radiation basics which are easy to understand and attractive. On the other hand, in the overall analysis, the degree to which students perceive radiation as “Interesting” or “Easy to understand” decreased when taught by the teacher who perceive it as “Good”. It is possible the students were influenced negatively by the teachers’ strong impressions and messages.

**Keywords** : radiation education, educational effects, questionnaire survey

**アジア太平洋地域各国の中等学校における放射線教育の効果に関する研究**

金盛正至<sup>\*1</sup>、宮崎寛之<sup>1</sup>、高嶋隆太<sup>2</sup>、小池弘美<sup>1</sup>、黄倉雅広<sup>1</sup>、飯本武志<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京大学、<sup>2</sup>東京理科大学

\*責任著者 : kanamori@kcconsulting.jp

本研究では中等学校の放射線教育の効果に関するアンケートの分析を行った。生徒の放射線に対して感じる「面白い」「わかりやすい」と思う度合いはインドネシアの中学生以外では授業後有意に高くなったことから、WOWファクターを意識した放射線教育は生徒の興味・関心を高めることに資するといえる。生徒の授業前後の放射線に対する印象の変化と教師の印象に関する分析では、放射線に対して理解のしやすさを感じている教師の生徒は「わかりやすい」「面白い」と思う度合いが高くなり、このような教師は分かりやすい魅力的な授業をしている可能性が高い。一方で、全体の分析においては、放射線に対して「良い」と感じる教師が教えると生徒が「面白い」「わかりやすい」と感じる度合いが低くなる傾向にあり、教師の抱く強い印象とメッセージによって生徒が負の影響を受けた可能性がある。

**キーワード** : 放射線教育、教育効果、アンケート調査

## P-35 ERAN採択課題 F-22-49

### Examination of bystander effect for evaluation of low-dose radiation effects on wild animals

ARIYOSHI Kentaro<sup>\*1</sup>, KASAI Kosuke<sup>2</sup>, NAKATA Akifumi<sup>3</sup>, FUJISHIMA Yohei<sup>4</sup>, MIURA Tomisato<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Integrated Center for Science and Humanities, Fukushima Medical University, <sup>2</sup>Department of Bioscience and Laboratory Medicine, Hirosaki University Graduate School of Health Sciences, <sup>3</sup>Faculty of Pharmaceutical Sciences, Hokkaido University of Science, <sup>4</sup>Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University

\*Corresponding author : ariyoshi@fmu.ac.jp

The bystander effect is a phenomenon in which cells that have not been exposed to radiation show reactions as if they had been irradiated. Some signals emitted by irradiated cells cause DNA damage, chromosomal aberrations, apoptosis, etc. in non-irradiated cells. To date, there have been only a few cases in which the bystander effect has been confirmed in wild animals, and it is still unclear whether it is evolutionarily preserved. We focused on exosomes released extracellularly as candidate factors that propagate bystander signals. First, we extracted exosomes from irradiated human cells and collected exosomes were treated Japanese macaque cells and raccoon cells. Micronuclei were analyzed as an indicator of the bystander effect. As a result, the frequency of micronuclei increased in Japanese macaque and raccoon cells treated with exosomes. This result suggests that exosomes are common bystander factors in mammalian cells.

**Keywords :** bystander effect, wild animal, exosome

### 野生動物への低線量放射線影響評価のためのバイスタンダー効果の検討

有吉健太郎<sup>\*1</sup>、葛西宏介<sup>2</sup>、中田章史<sup>3</sup>、藤嶋洋平<sup>4</sup>、三浦富智<sup>4</sup>

<sup>1</sup>福島県立医科大学総科科学教育研究センター、<sup>2</sup>弘前大学大学院保健学研究科、<sup>3</sup>北海道科学大学薬学部、<sup>4</sup>弘前大学被ばく医療総合研究所

\*責任著者 : ariyoshi@fmu.ac.jp

放射線が当たっていない細胞において、照射されたかのような反応を示す現象をバイスタンダー効果といい、照射された細胞から出される何らかのシグナルによって、非照射細胞にDNA損傷、染色体異常、アポトーシスなどが引き起こされる。これまでに、野生動物においてバイスタンダー効果が確認された事例は数例(ニジマス、ミジンコ、アカネズミ)であり、進化上保持されているか否かは依然はっきりしていない。我々は、バイスタンダーシグナルを伝播する候補因子として細胞外に放出されるエクソソームに着目し、X線を照射されたヒト細胞から放出されるエクソソームを抽出後、非照射のニホンザル細胞、アライグマ細胞に処理し、微小核によるバイスタンダー効果出現の有無を検討した。その結果、エクソソームを処理されたニホンザルとアライグマ細胞において微小核の頻度が上昇していた。この結果から、エクソソームは哺乳類細胞において共通するバイスタンダー因子であることが考えられる。

**キーワード :** バイスタンダー効果、野生動物、エクソソーム

**P-36 ERAN採択課題 F-22-77****Simplification and optimization for tritium measurement in fish samples**TORIKAI Yuji<sup>\*1</sup>, HOSONE Takeru<sup>1</sup>, KAKIUCHI Hideki<sup>2</sup>, ISHIKAWA Yoshio<sup>2</sup><sup>1</sup>Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, <sup>2</sup>Institute for Environmental Sciences<sup>\*</sup>Corresponding author : yuji.torikai.sci@vc.ibaraki.ac.jp

The measurement of tritium concentration in fish requires more than one month for a single sample. This is not enough for safety assessment and monitoring of marine discharge disposal of tritium-treated water. A microwave heating method is proposed as a screening method for fish in the coastal area around nuclear plants, in which free water from fish is recovered quickly and easily in a microwave oven. In this study, the possibility of using the method for safety assessment of fish was examined.

In the microwave heating method, edible parts of fish were placed in a microwave-safe container with holes, placed in a plastic bag with a zipper, and heated at 100 W microwave power for about 15 minutes. Water condensing in the plastic bag was collected and measured for tritium. Tritium contained in heavy water was used as the tritium source. Fish were mainly flatfish.

The measurement error due to the isotope effect of the microwave heating method was examined using tritium-containing seawater, and it was confirmed that the method could measure tritium accurately. Flatfish were reared under tritiated seawater, and the tritium contained in the free water of the flatfish was confirmed to be measurable. Flatfish were reared in seawater to which heavy water containing tritium was added, and it was confirmed whether the isotope effect appeared in the heavy water and tritium taken into the free water. These results will be reported on the day.

**Keywords :** Ocean discharge of treated tritiated water, Screening of tritium, microwave heating method

**魚中のトリチウム測定法の簡素化・最適化**鳥養祐二<sup>\*1</sup>、細根孟留<sup>1</sup>、柿内秀樹<sup>2</sup>、石川義郎<sup>2</sup><sup>1</sup>茨城大学大学院理工学研究科、<sup>2</sup>公益財団法人 環境科学技術研究所<sup>\*</sup>責任著者 : yuji.torikai.sci@vc.ibaraki.ac.jp

魚中のトリチウム濃度の測定では、1つに試料の測定に1ヶ月以上の測定時間が必要である。これでは、トリチウム処理水の海洋放出処分地の安全評価やモニタリングには対応できない。そこで、魚のスクリーニング法として魚に含まれる自由水を電子レンジで迅速かつ簡便に回収する“マイクロ波加熱法”を提案し、魚の安全性評価に使用できるか検討を行った。マイクロ波加熱法は、魚の可食部を蓋部分に穴の空いたレンジ対応容器に入れ、容器ごとチャック付きポリ袋に入れ、レンジ出力100Wで15分程度加熱を行った。放冷後、チャック付きポリ袋内に凝縮した水を回収し、液体シンチレーション法によりトリチウムを測定した。トリチウム源として重水中に含まれるトリチウムを使用した。魚は、主にヒラメを用いた。重水及びトリチウムを含んだ海水を用いてマイクロ波加熱法の同位体効果による測定誤差を検討した結果、同位体効果は小さく精度良く測定できることが確認できた。そこで、トリチウムを含んだ海水下でヒラメを飼育し、ヒラメの自由水に含まれるトリチウムを測定した結果、測定できることが確認できた。そこでさらに、六ヶ所環境研においてトリチウムを含む重水を添加した環境でヒラメを飼育し、自由水に取り込まれる重水とトリチウムに同位体効果が現れるかどうか確認を行った。当日はこれらの結果を報告する。

**キーワード :** トリチウム処理水の海洋放出、トリチウムのスクリーニング、マイクロ波加熱法

## P-37 ERAN採択課題 F-22-61

# Public understanding on complicated dose definitions, and implications of the definitions revision

OKURA Masahiro<sup>\*1</sup>, IIMOTO Takeshi<sup>1</sup>, KOIKE Hiromi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The University of Tokyo

<sup>\*</sup>Corresponding author : okura.masahiro@mail.u-tokyo.ac.jp

In this study, we aim to outreach the characteristics of each dose by organizing the interrelationships of the exposure dose groups with the promotion of radiation risk communication. In addition, since ICRU/ICRP has recently proposed a new definition of effective dose, we will examine the impact of this revision on future radiation monitoring and present challenges. Last year, we set up model environments (immediately after a nuclear disaster, and on-site/off-site during the recovery period) to quantitatively organize the characteristics of various dose groups used in environmental and individual monitoring, thereby helping to deepen understanding. In this year as the second year, in order to understand how to receive the “radiation dose” information that is transmitted, radiation experts who are familiar with human resource development, public relations, and communication among industry, academia, government, and the private sector were interviewed about their experiences and opinions regarding the misunderstanding of radiation dose and the confusion caused by it, and clarified the factors that are expected to cause discrepancies between the senders and receivers, and considered future countermeasures. Most of the opinions obtained from the interviews were summarized in two points: (1) the sender’s mistaken perception that the content of the message was conveyed to the receiver as intended, and (2) the sender should accurately grasp the information needs of the receiver in advance.

**Keywords :** exposure dose, risk communication, outreach, interview

## 線量体系についての公衆理解と線量定義の変更に伴う影響

黄倉雅広<sup>\*1</sup>、飯本武志<sup>1</sup>、小池弘美<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京大学

<sup>\*</sup>責任著者 : okura.masahiro@mail.u-tokyo.ac.jp

本研究では、放射線リスクコミュニケーションの促進を念頭におき、被ばく線量群の相互関係を整理して各線量の特徴に関するアウトリーチを目指している。また昨今ICRU/ICRPが新たな実用量の定義を提案していることから、この定義の改訂が将来の放射線モニタリングに及ぼす影響について検討し課題を提示していく。昨年度は、モデル環境(原子力災害直後、復旧期のオンサイト／オフサイト)を設定して、環境や個人のモニタリングで使用される各種線量群の特徴を定量的に整理することで、理解を深める助けとした。2年目となると本年度は発信される「放射線量」情報の受けとめ方を理解するために、放射線業界に所属し、人材育成・広報・産学官民のコミュニケーションにも明るい専門家に、放射線量の誤解やそれによる混乱に関する経験や意見をヒアリングし、伝える側と受け取る側で齟齬が生じていると予想される要素を明らかにし、今後の対応策を検討した。ヒアリングで得た意見の多くは、①発信側の「発信した内容はその趣旨の通りに受け手に伝わっている」という誤った認識を変えるべき、②発信側は受手側の情報ニーズを事前に正確に把握すべき、の2点に集約された。

**キーワード :** 被ばく線量、リスクコミュニケーション、アウトリーチ、ヒアリング

**P-38** **ERAN採択課題 E-22-05****Exploratory study in the forested area in Rokkasho**

Vasyl YOSCHENKO<sup>\*1</sup>, NANBA Kenji<sup>1</sup>, YOSHIDA Satoshi<sup>2</sup>, IMADA Shogo<sup>2</sup>, KAKIUCHI Hideki<sup>2</sup>,  
NAGAI Masaru<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute for Environmental Sciences

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

This paper presents the first results of the joint ERAN E-22-05 project to assess current levels of radioactivity in forested areas near the nuclear fuel reprocessing facility in Rokkasho, Aomori, prior to its operation. The observation sites were chosen in mature cedar and mixed broadleaved forests about 4 km and 6 km northwest of the nuclear facility, respectively. In May, layer soil sampling to a depth of 30 cm was performed to characterize the vertical distribution of <sup>137</sup>Cs and estimate its deposition levels. In most of the collected soil cores, maximum <sup>137</sup>Cs activity concentrations were found at the depths 5-7 cm, indicating its origin from the global fallout. The <sup>137</sup>Cs expectation depths (mass depths) at the cedar and broadleaved forest sites were estimated as  $6.2 \pm 0.4$  cm ( $21 \pm 4$  kg m<sup>-2</sup>) and  $6.5 \pm 0.9$  cm ( $25 \pm 6$  kg m<sup>-2</sup>), respectively. The <sup>137</sup>Cs soil deposition levels were  $2.4 \pm 1.1$  kBq m<sup>-2</sup> and  $1.8 \pm 0.4$  kBq m<sup>-2</sup>, respectively. In November, litter and biomass samples were collected to measure <sup>137</sup>Cs concentrations; test measurement of <sup>3</sup>H in biomass will also be performed. After the measurements are completed, the current radioecological situation will be assessed and a routine monitoring scheme will be developed.

**Keywords :** Rokkasho nuclear fuel reprocessing facility, forest, radiocesium, tritium

## P-39

### Current policy changes and the historical background of Chornobyl exclusion zone —Positive image and tourism—

KATAOKA Hiroshi<sup>\*1</sup>, IGARASHI Yasunori<sup>2</sup>, NANBA Kenji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Business Administration, Osaka University of Economics and Law, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity

\*Corresponding author : kataokaster@gmail.com

Since 2017, the Fukushima University Research Institute of Environment and Radioactivity has been engaged in international joint research (Chornobyl Project) with 12 research institutions, including three Ukrainian government agencies in charge of radiation control. This task includes as social implementation the provision of necessary support in line with the Ukrainian government's policy of effective utilization of the Chornobyl exclusion zone. Currently, the Ukrainian government is in the process of shifting its policy from regulating activities in the ChEZ to making it a site for a variety of activities. This policy shift can be attributed to the social context in which the Ukrainian government is rethinking ChEZ from a negative legacy to a positive one. By tracing the evolution of ChEZ legislation from the post-accident period to the present, especially from the perspective of ChEZ management, this paper examines the process of how the Ukrainian government has dealt with the ChNPP accident and ChEZ management from the data available.

**Keywords :** Chornobyl, ChEZ Management, policy change

### 近年のチェルノブイリChEZの政策転換とその背景について —正のイメージとツーリズム—

片岡浩史<sup>\*1</sup>、五十嵐康記<sup>2</sup>、難波謙二<sup>2</sup>

<sup>1</sup>大阪経済法科大学経営学部、<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者 : kataokaster@gmail.com

福島大学環境放射能研究所では、2017年よりウクライナの放射線管理を担当する3つの行政機関を含む12の研究機関と国際共同研究(チョルノービリ・プロジェクト)に取り組んでいる。この課題では、ウクライナ政府が進めるチョルノービリ立入禁止区域の有効活用という方針に沿って、必要な支援を行うということを社会実装として含めている。現在では、ウクライナ政府はChEZでの活動を規制する立場から、様々な活動の場へとするべく政策の転換を進めている。この政策転換には、ウクライナ政府がChEZを負の遺産から正の遺産へと捉え直していく社会的背景があったためと考えられる。事故後から現在までのChEZに関する法律の変遷を、特にChEZ管理の観点から辿る事で、ウクライナ政府がChNPP事故やChEZ管理に関してどのように向き合ったのか、その過程を資料から考察する。

**キーワード :** チョルノービリ、ChEZ管理、政策転換

## P-40

Challenges of measuring  $^{237}\text{Np}$  in the hydrosphere

SAKAGUCHI Aya<sup>\*1</sup>, NAKAJIMA Akihisa<sup>1</sup>, NAGAI Ayumu<sup>2</sup>, HAYAKAWA Yuta<sup>2</sup>,  
HOSOKAWA Hiroyoshi<sup>2</sup>, HABA Hiromitsu<sup>3</sup>, SEKO Noriaki<sup>4</sup>, HOSHINA Hiroyuki<sup>4</sup>, Karin HAIN<sup>5</sup>,  
Andreas WIEDERIN<sup>5</sup>, YAMASAKI Shinya<sup>1</sup>, SUEKI Keisuke<sup>1</sup>, YOKOYAMA Akihiko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Tsukuba, <sup>2</sup>Kanazawa University, <sup>3</sup>RIKEN, <sup>4</sup>QST Takasaki, <sup>5</sup>University of Vienna

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

It is estimated that about 2000 kg of  $^{237}\text{Np}$ , one of the most important nuclides in high-level radioactive waste, has already been released into the surface environment due to human nuclear activities. Since Np is mobile in the environment, it is essential to understand its concentration and distribution in order to understand its behavior and to facilitate its use as a tracer in the water cycle. However, no comprehensive studies have been carried out, especially in aqueous environments, because it is necessary to handle large volume of samples during complicated chemical treatments, and there are no appropriate isotope spikes in mass spectrometry. We have attempted, with the aim of establishing a simpler Np determination method for relatively large volume environmental water samples, to produce  $^{236g}\text{Np}$  as an isotope-spike for  $^{237}\text{Np}$  measurements and to construct a new pretreatment method for large volume environmental water samples. As for the spike production, the reaction of  $^7\text{Li}(^{232}\text{Th}, \text{xn})^{239-x}\text{Np}$  was employed. Pure  $^{232}\text{Th}$  stack foils were irradiated with 42 MeV of  $^7\text{Li}$  beam at RIBF, RIKEN, Japan. The productions of  $^{236m}\text{Np}$  as a by-product with this reaction were confirmed, and the excitation function was successfully made for this nuclide. The concentration method for Np from large volume seawater was conducted using the amidoxime adsorbent which was employed for U concentration from seawater in our previous experiments. More than 95% of Np could be collected from seawater samples. Further experiments are needed for achieving the simple measurement of  $^{237}\text{Np}$  in environmental waters.

**Keywords :** Np-237, actinoids, accelerator mass spectrometry, spike

水圏中の $^{237}\text{Np}$ 測定への挑戦

坂口綾<sup>1\*</sup>、中島朗久<sup>1</sup>、永井歩夢<sup>2</sup>、早川優太<sup>2</sup>、細川浩由<sup>2</sup>、羽場宏光<sup>3</sup>、瀬古典明<sup>4</sup>、保科宏行<sup>4</sup>、Karin HAIN<sup>5</sup>、  
Andreas WIEDERIN<sup>5</sup>、山崎信哉<sup>1</sup>、末木啓介<sup>1</sup>、横山明彦<sup>2</sup>

<sup>1</sup>筑波大学、<sup>2</sup>金沢大学、<sup>3</sup>理化学研究所、<sup>4</sup>量子科学技術研究開発機構高崎、<sup>5</sup>ウィーン大学

\*責任著者 : ayaskgc@ied.tsukuba.ac.jp

人類の核活動により環境中に放出された $^{237}\text{Np}$ は2000kg以上におよぶと試算される。使用済み核燃料中では $^{237}\text{Np}$ の物理化学的挙動から重要核種として注目されているものの、環境中特に水圏の $^{237}\text{Np}$ に関しては包括的な研究がこれまで行われてこなかった。これは、水圏中に存在する $^{237}\text{Np}$ が極微量である上に、その測定のための濃縮精製過程が非常に煩雑であること、さらには近年拡大しつつある質量分析の際の適切なスパイクが欠損している事によると考えられる。特に福島第一原子力発電所からの処理水海洋放出や、六ヶ所村再処理工場の本格稼働を目前にそのモニタリングの重要性が高まる中、本研究では、環境水中の $^{237}\text{Np}$ をできるだけ簡便かつ迅速に分析することを最終目的とし、大量試料からの簡便な前濃縮法の確立およびスパイク核種として $^{236g}\text{Np}$ に着目しこの製造に関する検討を行ってきた。スパイクの製造には、 $^7\text{Li}(^{232}\text{Th}, \text{xn})^{239-x}\text{Np}$ 反応を用いることとした。理研AVFサイクロトロンで金属 $^{232}\text{Th}$ のスタックフォイルに高エネルギーの $^7\text{Li}$ ビームを照射することで製造されるNp同位体の定量を行った。実際に、副生成物の $^{236m}\text{Np}$ に関しては励起関数を得ることができた。また、大量の環境水試料からNpを前濃縮する方法としてアミドキシム型吸着材を用い、実験室内で吸脱着条件について検討した。結果として24時間以内に95%のNpが海水から回収可能なことが明らかになった。これらの実験については今後さらに検討を進める予定である。

**キーワード :** Np-237、アクチノイド、加速器質量分析、スパイク

## P-41

# Investigation of atmospheric tritiated water concentration in Okuma

HIRAO Shigekazu<sup>\*1</sup>, KAKIUCHI Hideki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Institute for Environmental Sciences

<sup>\*</sup>Corresponding author : s-hirao@ipc.fukushima-u.ac.jp

There is a need for scientific knowledge to evaluate the environmental impact associated with the release of ALPS-treated water stored at the TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (FDNPS) into the ocean. Therefore, it is urgent task to examine the environmental behavior of tritium because the spatiotemporal variation of tritium should be investigated before and after the release. This study aims to investigate the behavior of tritium by observing tritium concentration in air in the vicinity of FDNPS. We carried out the continuous observation of tritiated water vapor in the atmosphere and analyzed the variation of the concentration. In order to collect atmospheric water vapor in the atmosphere, we used a passive type sampler for atmospheric water vapor. The bottle contained molecular sieves (MS-3A) for adsorbing water vapor passing through the membrane. After the collection, the water adsorbed on the MS-3A was extracted with heating and purified by distilling. The activity of tritium was measured with a low background liquid scintillation counter (LB7). Sampling sites were in Okuma town. Sampling interval was set to be every one month from 2017 to the present. The tritium concentrations in soil pore water and pine needles at the sites were also observed to discuss the variation in the tritium concentration in water vapor. It is revealed that the tritium concentration in water vapor was ranged within the variation in the past observation although the tritium concentration obtained was slightly higher than that of the background level in Japan. These long-term observation results could be used for assessment of the environmental impact of tritium.

**Keywords :** tritiated water vapor, atmospheric concentration, LB7

## 大熊町での大気水蒸気中トリチウム濃度の調査

平尾茂一<sup>\*1</sup>、柿内秀樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所, <sup>2</sup>環境科学技術研究所

<sup>\*</sup>責任著者 : s-hirao@ipc.fukushima-u.ac.jp

東京電力福島第一原子力発電所内にて保管されているALPS処理水の海洋放出に伴う環境影響に関して、中立な立場での科学的知見が求められている。海洋放出前後の環境トリチウムの挙動解明は喫緊の課題である。本研究では1Fの近傍のトリチウムの大気中濃度を測定し、その挙動を解明することを目指している。大気水蒸気中のトリチウム濃度の観測には、モレキュラーシーブ(MS-3A)を封入したパッシブ型の捕集器を用いた。捕集器を回収後、MSに吸着した水を回収・蒸留した。その後、低バックグラウンド液体シンチレーション検出器(LB7)で放射能濃度を定量した。観測地点は大熊町、2017年から現在まで観測し、期間はヶ月毎とした。また大気中トリチウム濃度に影響を与える因子を明らかにするために、観測地点の近くで土壌および松葉を採取し、トリチウム濃度を測定した。その結果、過去の変動幅の範囲内ではあるが近年の一般環境よりもやや高い大気水蒸気中トリチウム濃度が得られた。これら長期間の観測結果はトリチウムの環境影響評価に有用である。

**キーワード :** 大気水蒸気トリチウム、大気濃度、LB7

## P-42

## Measurement of radiation image in Hamadori area of Fukushima Prefecture

KAWAHARA Rika<sup>\*1</sup>, OCHI Koutaro<sup>2</sup>, YAMAGUCHI Katsuhiko<sup>1</sup>, TORII Tatsuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency, Minamisoma

\*Corresponding author : s2170050@ipc.fukushima-u.ac.jp

Currently, decontamination activities are conducted in Hamadori area of Fukushima, but it is difficult to comprehensively measure in those areas using portable survey meters. Therefore, the technology to measure the radiation distribution with convenient measurement devices is needed. In this study, we conducted measurements of radiation distribution with a Compton camera capable of omni-directional measurement. By using this Compton camera, we obtained the hotspots quickly and easily at the measuring points. However, the distribution map obtained is a two-dimensional image, and the distance to the hotspots is not measurable. The objective of this study is to combine the radiation image with optical image to create the three-dimensional image of the radiation distribution.

This Compton camera will enable us to confirm not only the environmental radiation distribution but also the indoor measurement of radiation, and to identify the sources of resident's exposure.

**Keywords :** Compton camera, gamma-rays, radiation imaging, optical camera

## 福島県浜通りにおける放射線分布画像の測定

河原梨花<sup>\*1</sup>、越智康太郎<sup>2</sup>、山口克彦<sup>1</sup>、鳥居建男<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>日本原子力研究開発機構発機構

\*責任著者 : s2170050@ipc.fukushima-u.ac.jp

現在、浜通り地域では除染活動が行われているが、可搬型サーベイメータで包括的に測定することは困難である。そのため、簡便な測定装置で放射線分布を測定する技術が求められている。そこで、本研究では、全方位計測が可能なコンプトンカメラを用いて、放射線分布の計測を行った。このコンプトンカメラを用いることで、測定地点でのホットスポットを迅速かつ容易に取得することができた。しかし、得られた分布図は2次元の画像であり、ホットスポットまでの距離は把握できない。本研究では、放射線画像と光学画像を組み合わせて、放射線分布の三次元画像を作成することを目的としている。

このコンプトンカメラにより、環境放射線分布だけでなく、室内の放射線測定も確認でき、住民の被ばく源を特定することができるようになる。

**キーワード :** コンプトンカメラ、ガンマ線、放射線イメージング、光学カメラ

## P-43

# Feasibility Study on the Advanced Application of Airborne Radiological Survey Data for the Estimation of Atmospheric Radon and its Progenies

Sam KOH Boon Kiat<sup>\*1</sup>, HIRAO Shigekazu<sup>1</sup>, TORII Tatsuo<sup>1</sup>, SANADA Yukihiisa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Sector of Fukushima Research and Development, Japan Atomic Energy Agency, Fukushima

<sup>\*</sup>Corresponding author : s2170053@ipc.fukushima-u.ac.jp

Rn-222 is a radionuclide with a half-life of 3.82 days, making it commonly used in studies of atmospheric processes. The presence of Rn-222 progenies interferes with airborne radiological surveys (ARS) conducted after the FDNPP. The purpose of this study is to examine the feasibility of estimating Rn-222 progeny concentrations at high altitudes using ARS data. Data was obtained over Fukushima and Fukui using a large NaI detector. In the obtained data, the variation of net peak area with height was studied for radionuclides with a quantifiable peak area. Simultaneously, the surface Rn-222 concentration was measured to compare with ARS data. The detector response was then simulated by EGS5 under the air submersion condition. A spherical volume of air with variable radius from 20–250m, containing an isotropic Bi-214 and Pb-214 source was used. The net peak areas simulated were then plotted against radius to determine the effective radius with influence on detectors. The comparison of net Bi-214 peak area with measured Rn-222 concentration showed a reasonable relationship. The effective radii were estimated as 155, 223, and 259m for Bi-214 peak at 0.6MeV, 1.12MeV, and 1.7MeV, respectively. The simulated peak area at effective radius can be applied to ARS data when estimating Bi-214 concentration at high altitudes. Data from flights above the sea was used to subtract self-contamination for flights above land. This subtraction showed good agreement with the theoretical terrestrial contribution for K-40 and Tl-208. The results from the subtraction of self-contamination shows potential for further analysis to be performed to isolate and elucidate the contribution due to airborne Rn-222 progenies.

**Keywords :** Atmospheric Radon, Airborne Radiological Survey, Monte Carlo Simulations, EGS5

## Environmental assessment of water quality and trace elements levels in Ningyo-toge closed uranium mine, Japan

Ibrahim MAAMOUN<sup>\*1</sup>, TANAKA Kazuya<sup>1</sup>, YAMASAKI Shinya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency, Ibaraki 319-1195, Japan, <sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan.

\*Corresponding author : maamoun.ibrahim@jaea.go.jp

Ningyo-toge old uranium mine, located in Okayama Prefecture, was closed in 1982, and the site was disclosed as high radiation area originated from the mining residues discarded after closing the mine. High concentrations of uranium ( $^{238}\text{U}$ ) and arsenic (As) are occasionally found in groundwater near the site, which exceeds the regulatory limits set by Ningyo-toge Environmental Engineering Center. Hence, the main aim of this research is to evaluate the current status of water quality and monitoring of trace elements levels in Ningyo-toge former mining site. Water (from mill tailings pond and groundwater wells), sediment, and plant samples were collected from the site. The geochemical measurements of water samples depicted average DO/pH values of 5.07/6.92 and 5.26/6.43 for pond and groundwater samples, respectively. Acid digestion of sediment samples from the pond bed yielded much higher  $^{238}\text{U}$  and As loading on the solid samples than water samples, indicating the high retention of the target trace elements in the pond bed. The presence of iron (Fe) and manganese (Mn), in varying proportions, on the surface of plant parts was confirmed by energy dispersive X-ray spectrum (STEM-EDS). The root part had the highest Fe-loading ratio, which was confirmed by the iron plaque brownish color in the originally collected root samples, that can be associated with the precipitation of iron oxide/hydroxide on the root surface.

**Keywords :** uranium mining, arsenic, groundwater, sediment, plant, trace elements levels

**P-45** **ERAN採択課題 Y-22-09**

## **Development of Strategy on Near Surface Disposal of Radioactive Waste**

JIN Qianhao<sup>\*1</sup>, TACHIKAWA Hirokazu<sup>1</sup>, IIMOTO Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The University of Tokyo

<sup>\*</sup>Corresponding author : 2839426570@edu.k.u-tokyo.ac.jp

In this study, the discussion on the development of the system of radiological protection concepts has been provided focusing on the regulatory discussion on the suggestions and future discussion points for the implementation of recommendations on the application to the disposal of radioactive waste, especially near-surface disposal. Strategy discussions on suggestions have been made based on critical thinking according to the investigation and analysis on current approaches of ICRP Publications and approaches on radioactive waste disposal and the radiological protection concepts. The approaches focused are: 1) the category of radioactive waste; 2) oversight phases and memory keep; 3) application of ethical values; 4) stakeholder involvement strategy; 5) release of disposal site; 6) dose constraint and 7) human intrusion issue. Suggestions on potential improvement points and future discussion points concluded as important approaches are: 1) discussions of clarifying the category of radioactive waste for disposal options; 2) stakeholder category principles and involvement strategy of who should be considered as mandatory involvement in decision-making phase; 3) discussion on clarifying the dose constraint for public exposure in near-surface disposal.

**Keywords :** radiation protection, radioactive waste management, near-surface disposal, ICRP

**P-46 ERAN採択課題 Y-22-13****Study on the characteristics of various methods for measuring radioactivity of naturally occurring radioactive materials**KOIKE Hiromi<sup>\*1</sup>, IIMOTO Takeshi<sup>1</sup><sup>1</sup>The University of Tokyo<sup>\*</sup>Corresponding author : 7712372897@edu.k.u-tokyo.ac.jp

Radiation protection issues related to the handling of naturally occurring radioactive materials (NORM) have been summarized and appropriate methods for measuring and handling the data have been studied, which contribute to probabilistic dose assessment. Combining the information obtained from the NORM database<sup>1)</sup> and the case study of relatively high radioactivity detected in deposits in metal pipes, which was defined as a typical case study of NORM in this study, the radiation protection issues related to NORM were extracted. The results of this study are summarized below. Assuming various cases in which NORM exists, several representative issues were extracted, especially regarding the measurement of radioactivity, which required the development of systematic guidelines for each purpose of evaluation. Detailed information on radioactivity and exposure doses is necessary when making decisions on management and disposal strategies, and methodologies such as the national standard series of radioactivity measurement<sup>2)</sup> that pursue the accuracy of values are suitable. However, measurements in industries that are not familiar with radiation, or where the measurer wants to know roughly those values for initial policy making, do not require the aforementioned methods, and it would be good if the digits of the values could be estimated. Therefore, it is necessary to develop practical and reasonable valuation methods for each evaluation purpose. We are continuing to develop specific measurement methods, using actual measurements of deposits in case studies and simulations.

**Keywords :** naturally occurring radioactive materials, radioactive measurement, radiation protection

**自然起源放射性物質の各種比放射能測定法の特徴に関する研究**小池弘美<sup>\*1</sup>、飯本武志<sup>1</sup><sup>1</sup>東京大学<sup>\*</sup>責任著者 : 7712372897@edu.k.u-tokyo.ac.jp

自然起源放射性物質(NORM)の取扱に係る放射線防護上の論点を整理し、確率論的被ばく線量評価に資する、データの適切な測定・取扱方法を検討してきた。NORMデータベース<sup>1)</sup>にまとめられている放射能に関する文献から得られる情報と、本研究でNORMの典型的なケーススタディとして定めた金属配管内堆積物から放射線が検出され、比較的放射能が高いことが判明した事例とを組み合わせ、NORMに関する放射線防護上の問題点を抽出した。NORMが存在する様々なケースを想定し、代表的な論点を複数抽出したが、特に放射能測定に関しては評価目的に応じた系統的なガイドラインの策定が必要であった。管理・廃棄方針の決定の際には放射能や被ばく線量の詳細な情報が必要であり、値の正確性を追求した国が標準として定める放射能測定法シリーズ<sup>2)</sup>のような方法が合う。しかし、放射線には馴染みのない業界や、担当者が初期方針の決定のために、大まかな放射能や被ばく線量を知りたい場合は、前述のような方法は必ずしも必要なく、値の桁数が推定できれば良いこともある。したがって、評価目的に応じた実務的で合理的な評価手法を開発する必要がある。具体的な測定方法については、ケーススタディにおける実際の配管内堆積物の測定やシミュレーションを用いて検討を継続している。

1) 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構。NORMデータベース、2) 日本の環境放射能と放射線。放射測定法シリーズ

**キーワード :** 自然起源放射性物質、放射能測定、放射線防護

**P-47 ERAN採択課題 F-22-06****Feasibility study of analytical method of  $^{90}\text{Sr}$  in seawater and land water using barium silicate-based Sr adsorbent -comparison of various measurement methods-**OGATA Yoshimune<sup>\*1</sup>, KOJIMA Sadao<sup>1</sup>, ARINOBU Tetsuya<sup>1</sup>, MINOWA Haruka<sup>2</sup>, KATO Yuka<sup>3</sup><sup>1</sup>Department of Chemistry, Aichi Medical University School of Medicine, <sup>2</sup>Radioisotope Research Facility, The Jikei University School of Medicine, <sup>3</sup>Nippon RayTech Co., Ltd.

\*Corresponding author : yoshimune.ogata@aichi-med-u.ac.jp

Strontium-90 is a pure  $\beta$  emitter, so that it should be chemically separated from other elements before measurement. The chemical separation method is extremely complicated, uses a large amount of deleterious substances, and requires skilled techniques and a lot of time. We are developing a method for analyzing  $^{90}\text{Sr}$  in seawater and land water using a strontium adsorbent of that main component is barium silicate; Pureceram MAq® (Nippon Chemical Industrial Co., Ltd.). In this report, as rapid measurement three methods were performed, such as, 1. Measurement using a gel suspension method in liquid scintillation counting, 2. Directly measuring the adsorbent with a low background gas flow detector, 3. Measurement the adsorbent in a plastic scintillation bottle with a low-background liquid scintillation counter. It took less than five hours to prepare the measurement sample from seawater/land water. In the case of 2 and 3, the volume of the sample should be up to 100 mL, but in the case of 1, it was possible to apply to 1-L sample. In the 60-minutes measurement, the minimum detectable concentrations were 60 mBq L<sup>-1</sup>, 80 mBq L<sup>-1</sup>, and 500 mBq L<sup>-1</sup> for 1, 2, and 3, respectively. These values were less than 1/60 of the  $^{90}\text{Sr}$  effluent concentration limit; 30 Bq L<sup>-1</sup>. The methods do not use any deleterious substances. A rapid and safe measurement method of  $^{90}\text{Sr}$  in water was verified.

**Keywords :** Radiostrontium, Rapid measurement, Barium Silicate**ケイ酸バリウムを主成分とするストロンチウム吸着剤を用いた海水・陸水中の $^{90}\text{Sr}$ 分析法の検討 2 一測定法の比較検討一**緒方良至<sup>\*1</sup>、小島貞男<sup>1</sup>、有信哲哉<sup>1</sup>、箕輪はるか<sup>2</sup>、加藤結花<sup>3</sup><sup>1</sup>愛知医科大学化学教室、<sup>2</sup>東京慈恵会医科大学アイソトープ実験研究施設、<sup>3</sup>日本レイテック

\*責任著者 : yoshimune.ogata@aichi-med-u.ac.jp

$^{90}\text{Sr}$ は、純 $\beta$ 核種であり、測定前に他の元素と化学分離する必要がある。この化学分離法は、極めて煩雑で、多量の劇物を用い、熟練した技術と多くの時間を要する。我々は、ケイ酸バリウムを主成分とするストロンチウム吸着剤－ピュアセラムMAq®(日本化学工業)－を用いた海水・陸水中の $^{90}\text{Sr}$ 分析法を開発している。本報告では、迅速測定法として、1. 液体シンチレーション計測でゲル懸濁法を用いた測定、2. 吸着剤を直接、低バックグラウンドガスフロー検出器で測定する方法、3. 吸着剤をプラスチックシンチレーションボトルに入れ、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタで測定する方法を行った。海水・陸水から測定試料作製までに要する時間は、5時間以下であった。2と3の場合、試料は100mLが限度であったが、1の場合、1Lの試料まで適応可能であった。60分間の測定で、検出下限濃度は、1、2、3の場合、それぞれ、60mBq L<sup>-1</sup>、80mBq L<sup>-1</sup>、500mBq L<sup>-1</sup>であった。これらの値は、 $^{90}\text{Sr}$ の排水濃度限度(30Bq L<sup>-1</sup>)の60分の1以下であった。本法では、劇物は一切使用しない。迅速で安全な測定法の確立が検証できた。

**キーワード :** 放射性ストロンチウム、迅速測定、ケイ酸バリウム

**P-48 ERAN採択課題 F-22-13****Preparation of Cs isotope standard solution with traceability to national standard for precise determination of Cs-135 released to the environment**ASAI Shiho<sup>\*1</sup>, SATO Yasushi<sup>1</sup>, FURUKAWA Rio<sup>1</sup>, SAKAGUCHI Aya<sup>2</sup><sup>1</sup>National Metrology Institute of Japan (NMIJ), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), <sup>2</sup>Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

\*Corresponding author : asai.shiho@aist.go.jp

Measurements of Cs-135 have become more important as it is essential for the evaluation of long-term radiation risks to the environment. In view of the absence of available calibration standards for the Cs-135 measurements, a Cs isotope standard solution including Cs-133, Cs-135, and Cs-137 was developed through the value assignment of Cs-135 in an existing Cs-137 radiation standard solution with a traceability to a national calibration standard of Cs-137. In this study, the contents of all Cs isotopes and Cs-135/Cs-133 ratio in the Cs-137 standard solution was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Impurities were also measured by ICP-MS and the results showed that the interferences originating from the impurities found in the Cs-137 standard solution on the measurements of all Cs isotopes were negligible. In addition, the homogeneity and stability of the subdivided solutions have been evaluating for supplying them as practical standard solutions.

**Keywords :** ICP-MS, Cs isotope, Cs-135, standard reference material, traceability**環境中に放出されたCs-135の精密定量を目的とした  
国家標準にトレーサブルなセシウム同位体標準液の開発**浅井志保<sup>\*1</sup>、佐藤泰<sup>1</sup>、古川理央<sup>1</sup>、坂口綾<sup>2</sup><sup>1</sup>産業技術総合研究所、計量標準総合センター、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

\*責任著者 : asai.shiho@aist.go.jp

長寿命核種Cs-135は、長期的な環境動態の追跡に有効であることから、分析ニーズが高まっている。しかし、Cs-135標準液の供給がないため分析値の正しさを十分に検証できない。そこで、信頼性の根拠となる国家標準にトレーサブルなCs-135標準液の供給実現を目的としてCs-135の精密定量に着手した。本研究では、市販Cs-137標準液中にCs-135とCs-137が共存する点に着目し、Cs-137標準液の希釈液中のCs-135の質量分率を値付けし、頒布用標準液とする計画とした。これまでに誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)によりCs-135/Cs-133を実測し、認証値付き元素セシウム(Cs-133)標準液を基準としてCs-135濃度を定量した。また、市販Cs-137標準液中の不純物元素(同位体)を測定し、Cs同位体の定量値に影響しないこと確認した。さらに、小分けした希釈液の均質性評価や安定性評価も併せて実施し、実用標準液として必要となる情報の整備を進めている。

**キーワード :** ICP-MS、セシウム同位体、Cs-135、標準物質、トレーサビリティ

## P-49 ERAN採択課題 F-22-14

# Collection and measurement of atmospheric aerosols near uranium mines in Kazakhstan and studies of biological effects of radioactive microparticles

HOSHI Masaharu<sup>\*1</sup>, ENDO Satoru<sup>2</sup>, FUJIMOTO Nariaki<sup>3</sup>, SATO Hitoshi<sup>4</sup>, TOYODA Shin<sup>5</sup>, SHICHIJO Kazuko<sup>6</sup>, TOKONAMI Shinji<sup>7</sup>, OMORI Yasutaka<sup>7</sup>, SAKAGUCHI Aya<sup>8</sup>, ONDA Yuichi<sup>9</sup>, BAKHTIN Meirat<sup>10</sup>, KAZYMBET Polat<sup>10</sup>, DUYSEMBAEV Sergazy<sup>11</sup>, ZHUMADILOV Kassym<sup>12</sup>, STEPANENKO Valeriy<sup>13</sup>

<sup>1</sup>Center for Peace, Hiroshima University, <sup>2</sup>Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University, <sup>3</sup>Research institute for Radiation Biology and Medicine, Hiroshima University, <sup>4</sup>Ibaraki Prefectural University of Health Sciences, <sup>5</sup>Atomic Bomb Disease Institute, <sup>6</sup>Nagasaki University, <sup>7</sup>Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University, <sup>8</sup>Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, <sup>9</sup>Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>10</sup>Institute of Radiobiology and Radiation Protection, Astana Medical University, <sup>11</sup>Regional Testing Engineering Laboratory Scientific Center of Radioecological Research, Shakarim Semey State University, <sup>12</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University, <sup>13</sup>A. Tsyb Medical Radiological Research Center-Branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation

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

Kazakhstan has the former Soviet nuclear test site. The principal investigator has been continuously conducting researches on radioactive contaminations, radiation dose, and effects on human health since 1994. On the other hand, there are many uranium mines in Kazakhstan, and we have been measuring radioactivity and heavy metals in the region and investigating their effects on residents. Recently, in the village of Aksu located near the city of Stepnogorsk in northern Kazakhstan, it was discovered that radon concentrations were high and drastically exceeded regulatory limits. Radon monitoring system (Radon Vision 7, SARAD GmbH) was used for the measurements. As the results, high average values of 3,000-4,000 Bq/m<sup>3</sup> were observed in a building of an elementary school near the uranium mill reservoir, while outside the building, the average value was about 30 Bq/m<sup>3</sup>. In Kazakhstan, it is stipulated that levels should not exceed 200 Bq/m<sup>3</sup>, and the IAEA, ICRP, and WHO recommended the level to be less than 300 Bq/m<sup>3</sup>. Therefore, we recommended ventilation, etc. In 2022, we made sure the level has been decreased to normal by ventilation. Currently, the area of our study has been expanded to include individual houses in the village of Aksu and the capital city of Astana, with measurements being taken at a total of 100 locations. In addition, air samplers are being used to collect aerosols in the air to measure radioactivity and other parameters. In addition, animal experiments are being conducted with Nazarbayev University to study the effects of radioactive particles. Ultimately, we will study the mechanism of their specific effects.

**Keywords :** radon, uranium mine, Kazakhstan, radiation effects, radioactive microparticles

## カザフスタンのウラン鉱山近郊の大気中のエアロゾルの収集と測定及び放射性微粒子の生物影響

星正治<sup>\*1</sup>、遠藤暁<sup>2</sup>、藤本成<sup>3</sup>、佐藤斉<sup>4</sup>、豊田新<sup>5</sup>、七條和子<sup>6</sup>、床次眞司<sup>7</sup>、大森康孝<sup>7</sup>、坂口綾<sup>8</sup>、恩田裕一<sup>9</sup>、バフティン・メイラット<sup>10</sup>、カジンベツト・ポーラツト<sup>10</sup>、デュッセンバエフ・セルガジイ<sup>11</sup>、ズマジーロフ・カシム<sup>12</sup>、ステパネンコ・バレリー<sup>13</sup>

<sup>1</sup>広島大学平和センター、<sup>2</sup>広島大学先進理工系科学研究科、<sup>3</sup>広島大学原爆放射線医科学研究所、<sup>4</sup>茨城県立医療大学保健医療学部、<sup>5</sup>岡山理科大学理学部、<sup>6</sup>長崎大学原爆後障害医療研究所、<sup>7</sup>弘前大学被ばく医療総合研究所、<sup>8</sup>筑波大学数理物質系、<sup>9</sup>筑波大学生命環境系、<sup>10</sup>Institute of Radiobiology and Radiation Protection, Astana Medical University、<sup>11</sup>Regional Testing Engineering Laboratory Scientific Center of Radioecological Research, Shakarim Semey State University、<sup>12</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University、<sup>13</sup>A. Tsyb Medical Radiological Research Center-Branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation

\*責任著者：mhoshi@hiroshima-u.ac.jp

カザフスタンには旧ソ連の核実験場があり、本研究代表者は1994年以来継続して放射能の汚染や被曝線量さらに人体影響について研究調査を行ってきた。一方、カザフスタンにはウラン鉱山が多数あり、地域の放射能や重金属等を測定し住民への影響調査を進めてきた。最近、北部ステプノゴルスク市近郊のアクス村で、ラドンの濃度が高く規制値を大幅に超える場所があることが見いだされた。測定にはラドンビジョン7 (SARAD社製)を用いた。その結果、ウラン工場貯水池に近い小学校の校舎内では、平均3,000-4,000Bq/m<sup>3</sup>という高い値が観測されたが、室外では30Bq/m<sup>3</sup>程度であった。カザフスタンでは、200Bq/m<sup>3</sup>を超えてはならないと規定されており、IAEA、ICRP、WHOでは、300Bq/m<sup>3</sup>を対策すべきレベルとしている。そのため、換気など推奨したが、本年(2022年)現地で確認したところ、換気を行い、正常値となっていた。そのため、学校だけでなく、個人の家屋内で、RADUETを用いて広範囲で測定中である。そして首都のアスタナ市を含め、合計100カ所で測定している。さらに、エアサンプラーを用いて大気中のエアロゾルを収集して、放射能などを測定する。その他、放射性微粒子の影響についてナザルバエフ大学と動物実験も進めていて。最終的にはその特異的な影響のメカニズムを検討する。

**キーワード：**ラドン、ウラン鉱山、カザフスタン、放射線影響、放射性微粒子

**P-50 ERAN採択課題 F-22-15****Microanalysis for U- and Th-chain contaminations in the crystal materials for rare decay experiments**UMEHARA Saori<sup>\*1</sup>, TAKAKU Yuichi<sup>2</sup>, FUSHIMI Ken-ichi<sup>3</sup>, KUROSAWA Shunsuke<sup>4</sup><sup>1</sup>Osaka University, <sup>2</sup>University of Tsukuba, <sup>3</sup>Tokushima University, <sup>4</sup>Tohoku University

\*Corresponding author : umehara@rcnp.osaka-u.ac.jp

A key to solve the mystery of the matter-dominated universe is the possibility of particle-antiparticle conversion (Majorana nature). Almost the only experimental test is the measurement of “neutrino-less double beta ( $0\nu\beta\beta$ ) decay”, which does not emit neutrinos. The half-life of the  $0\nu\beta\beta$  decay is longer than  $10^{26}$  years, and these measurements will require very low background conditions. The low-background conditions are achieved by constructing detectors with low-radioactive materials.

Now we have studied the  $0\nu\beta\beta$  decay by using calcium fluoride crystals. Background sources for the measurement are the thorium- and uranium-series within the detectors. The amount of these radioactive impurities is generally required to be less than 10  $\mu\text{Bq/kg}$ , which is corresponding to several ppt. Then we aim to develop high-purity calcium fluoride crystals. The purification process includes the following steps;

1. High purification by segregation during crystallization
2. High purification by high purity raw materials for calcium fluoride

In study 1, we investigated the positional distribution of the amount of uranium and thorium impurities in the calcium fluoride crystals using the ICP-MS system. As study 2, we also analyzed the impurity of calcium chloride, which is a compound of calcium ingredient. And we also analyzed the impurity after purification of calcium chloride, which was performed by using adsorption resin for uranium and thorium. In this paper, we will report on the results of these microanalysis.

**Keywords :** microanalysis, radioactive isotopes, ultra rare decay event

**超稀崩壊実験で用いる結晶素材に含まれるウラン・トリウム不純物量の微量分析**梅原さおり<sup>\*1</sup>、高久雄一<sup>2</sup>、伏見賢一<sup>3</sup>、黒澤俊介<sup>4</sup><sup>1</sup>大阪大学核物理研究センター、<sup>2</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>3</sup>徳島大学大学院社会産業理工学研究部、<sup>4</sup>東北大学金属材料研究所

\*責任著者：umehara@rcnp.osaka-u.ac.jp

物質優勢の宇宙の謎を説明するには、粒子と反粒子の転換可能性(マヨラナ性)が一つの鍵となる。このマヨラナ性を検証するほぼ唯一の実験的手法は、“ニュートリノを放出しない二重ベータ( $0\nu\beta\beta$ )崩壊”の測定である。この $0\nu\beta\beta$ 崩壊の半減期は $10^{26}$ 年以上と非常に長く、稀な事象である。そのため、観測に使用する放射線検出器は、極めて低いバックグラウンドを要求される。

バックグラウンドの起源は、検出器に不純物として微量含まれるトリウム系列・ウラン系列の核種である。この検出器内部の放射性不純物量は、概ね $10\mu\text{Bq/kg}$ 以下(数ppt以下)が要求される。そのために、我々は $0\nu\beta\beta$ 崩壊探索に用いるフッ化カルシウム結晶の高純度化を目指している。本研究では、高純度化の方法として、

- 1、結晶化の際の偏析による高純度化
- 2、フッ化カルシウムの原料の高純度化

に取り組んだ。まず、ICP-MS装置を用いて、フッ化カルシウム結晶中に含まれるウラン・トリウム不純物量の位置分布を調べた。また、フッ化カルシウムの原料として使用されるカルシウム化合物の不純物量分析を行うとともに、原料の高純度化として「ウラン・トリウムを吸着する樹脂を用いたカルシウム化合物の純化作業」を行った後の不純物量分析を行った。本発表では、これらの高純度化のための微量分析結果について報告する。

**キーワード：**微量分析、放射性同位元素、超稀崩壊事象

**P-51 ERAN採択課題 F-22-16****Development a method to measure radioactivity in organic materials at the trace level for the next generation experiment**

ICHIMURA Koichi<sup>\*1</sup>, KISHIMOTO Yasuhiro<sup>1</sup>, KURASAWA Maho<sup>2</sup>, SAKAGUCHI Aya<sup>3</sup>,  
TAKAKU Yuichi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Research Center for Neutrino Science, Tohoku University, <sup>2</sup>Graduate School of Science and Faculty of Science, Tohoku University, <sup>3</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

\*Corresponding author : ichimura@awa.tohoku.ac.jp

The KamLAND-Zen experiment, which aims to search for neutrino-less double beta decay with the world's highest sensitivity, plans to further improve the sensitivity by reducing the radioactivity of its detector to extremely low level.

In this study, we aim to establish a method to measure trace-level radioactive elements at the 1 ppt level in organic material such as polyethylene naphthalate scintillation film and wavelength-shifter agent (Bis-MSB), which are candidates of detector materials in the next-generation experiment, KamLAND2-Zen.

To reduce sample contamination from the environment, which affects the target sensitivity, the clean room at Tohoku Univ, and the laboratory at the University of Tsukuba were maintained. Organic samples prepared at Tohoku University were ashed by a microwave ashing system in the University of Tsukuba to remove organic component. The radioactivity in residue were measured by ICP-MS at the University of Tsukuba. By establishing this process, we can measure the radioactivity in scintillation film and wavelength shifter agent at the level of 1ppt. We have also studied the change in the amount of residual trace in scintillation films depending on the cleaning method and the purification method of wavelength shifters using the water-extraction method. In this presentation, these results and the status will be reported.

**Keywords :** KamLAND-Zen experiment, trace-level radioactivity, ICP-MS

**次世代実験のための有機物中放射性元素高感度測定手法の確立**

市村晃一<sup>\*1</sup>、岸本康宏<sup>1</sup>、倉澤真帆<sup>2</sup>、坂口綾<sup>3</sup>、高久雄一<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東北大学ニュートリノ科学研究センター、<sup>2</sup>東北大学大学院理学研究科、<sup>3</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

\*責任著者 : ichimura@awa.tohoku.ac.jp

世界最高感度でニュートリノの出ない2重ベータ崩壊探索を目指すKamLAND-Zen実験ではさらなる高感度化のために検出器の極低放射能化を計画している。本研究では次世代KamLAND2-Zen実験で検出器材料として用いる予定のポリエチレンナフタレート製シンチレーションフィルムや波長変換剤(Bis-MSB)などの有機物中に含まれる1 pptレベルの極微量放射性元素を測定するための手法の確立を目指している。目標感度到達の妨げとなる環境からの試料汚染の低減を行うために東北大学のクリーンルームおよび筑波大学実験室のクリーン化を行った。東北大学で作製した有機物試料は筑波大学実験室においてマイクロ波灰化装置を用いて乾式灰化し有機成分を除去し、残留物中に含まれる放射性元素を筑波大学のICP-MSで測定するプロセスを確立した。その結果シンチレーションフィルムや波長変換剤について1 pptのレベルで測定出来ることを立証した。シンチレーションフィルムの洗浄方法による残留微量元素量の変化や、液液抽出法を用いた波長変換剤の純化方法の検討なども行っている。本発表ではこれらの成果と現状について報告する。

**キーワード :** KamLAND-Zen実験、極微量放射性元素、ICP-MS

**P-52 ERAN採択課題 F-22-17****Development of low background liquid scintillator neutron detector for underground astroparticle physics**MINAMINO Akihiro<sup>\*1</sup>, AMANAI Shogo<sup>2</sup>, TANAKA Masashi<sup>3</sup>, IWASAWA Kodai<sup>3</sup>, YOSHIDA Sei<sup>4</sup><sup>1</sup>Faculty of Engineering, Yokohama National University, <sup>2</sup>Graduate School of Engineering Science, Yokohama National University, <sup>3</sup>Faculty of Science and Engineering, Waseda University, <sup>4</sup>Graduate School of Science, Osaka University<sup>\*</sup>Corresponding author : minamino-akihiro-nx@ynu.ac.jp

Environmental neutrons are an important background for dark matter direct-detection experiments and neutrinoless double beta decay exploration experiments, which are being conducted in underground laboratories. However, the neutron signals are masked by the alpha-ray background from the radioactive impurities in the liquid scintillator neutron detector, and direct observation of environmental neutrons in underground laboratories has not yet been successful. In this research, under the guidance of Professor Aya Sakaguchi, we will identify the background sources from the component parts of the liquid scintillator neutron detector by measurements using the ICP-MS owned by the center for research in isotopes and environmental dynamics, University of Tsukuba. We would like to reduce the alpha ray background rate by about an order of magnitude to 0.1 mBq by replacing the parts with those containing less radioactive impurities. In FY2022, we constructed a setup at Waseda University to reduce radioactive impurities contained in liquid scintillators by liquid-liquid extraction and purified the liquid scintillator. At present, the purified liquid scintillator is introduced into the detector, and we are investigating the alpha-ray background rate.

**Keywords :** neutron, underground laboratory, radioactive impurities, ICP-MS**地下宇宙素粒子物理学実験のための低バックグラウンド液体シンチレーター中性子検出器の開発**南野彰宏<sup>\*1</sup>、天内昭吾<sup>2</sup>、田中雅士<sup>3</sup>、岩澤広大<sup>3</sup>、吉田斉<sup>4</sup><sup>1</sup>横浜国立大学工学研究院、<sup>2</sup>横浜国立大学理工学府、<sup>3</sup>早稲田大学理工学術院、<sup>4</sup>大阪大学大学院理学研究科<sup>\*</sup>責任著者 : minamino-akihiro-nx@ynu.ac.jp

地下実験室で進められている宇宙暗黒物質の直接探索実験やニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索実験において、環境中性子は重要なバックグラウンドである。しかし、液体シンチレーター中性子検出器中の放射性不純物からのアルファ線バックグラウンドに中性子の信号が隠されてしまい、未だ地下実験室の環境中性子の直接観測に成功していない。本研究では、坂口綾先生の指導のもと筑波大学アンソープ環境動態センター所有のICP-MS装置による測定で液体シンチレーター中性子検出器の構成パーツからバックグラウンド源となっているものを洗い出す。そのパーツをより放射性不純物含有量の少ないものに置き換えることで、アルファ線バックグラウンド頻度を0.1mBqまで約一桁低減したい。2022年度は、液体シンチレーターに含まれる放射性不純物を液液抽出によって低減するためのセットアップを早稲田大学に構築し、液体シンチレーターの純化を行った。現在、この純化を行った液体シンチレーターを検出器に導入し、アルファ線バックグラウンド頻度の調査を進めている。

**キーワード :** 中性子、地下実験室、放射性不純物、ICP-MS

**P-53 ERAN採択課題 F-22-21****Incorporation of Ra into polymorphs of calcium carbonate**TANAKA Kazuya<sup>\*1</sup>, YAMASAKI Shinya<sup>2</sup><sup>1</sup>Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency, <sup>2</sup>CRiED, University of Tsukuba<sup>\*</sup>Corresponding author : tanaka.kazuya@jaea.go.jp

Various trace elements and radionuclides can be incorporated into Ca carbonates in the environment. The two polymorphs of Ca carbonate, calcite and aragonite, have 6-coordination and 9-coordination  $\text{Ca}^{2+}$  sites, respectively, where positively charged trace elements and radionuclides can be substituted.  $\text{Ra}^{2+}$  ion, which is fairly large, would be more suitable for 9-coordination  $\text{Ca}^{2+}$  site of aragonite than 6-coordination one of calcite. However, incorporation of Ra into Ca carbonates has not been well understood. The aim of this study was to clarify the relationship of local coordination structure and distribution coefficient in incorporation of Ra into Ca carbonate. We synthesized calcite and aragonite in Ba-containing solution to determine distribution coefficients of Ba, a homologous element of Ra. Mineralogy of the synthesized Ca carbonates was identified by XRD analysis. Local coordination structures of Ba in calcite and aragonite were analyzed using X-ray absorption fine structure (XAFS) spectroscopy. Analytical results of XAFS spectra suggested that  $\text{Ba}^{2+}$  ions were incorporated into  $\text{Ca}^{2+}$  sites of Ca carbonate.

**Keywords :** Ca carbonate, radium, polymorphs**炭酸カルシウムへのラジウムの取り込みと結晶構造の関係**田中万也<sup>\*1</sup>、山崎信哉<sup>2</sup><sup>1</sup>日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター、<sup>2</sup>筑波大学CRiED<sup>\*</sup>責任著者 : tanaka.kazuya@jaea.go.jp

炭酸カルシウムは環境中に普遍的に存在し、結晶構造中のカルシウムサイトを置換することで様々な陽イオンを取り込むことが知られている。炭酸カルシウムには同質多型であるカルサイトとアラゴナイトがあり、いずれも環境中に存在する。カルシウムは6配位構造と9配位構造をとり、それぞれカルサイト及びアラゴナイトのカルシウムサイトに相当する。カルシウムよりもイオン半径が大きい元素は9配位構造を取りやすいため、ラジウムはアラゴナイト結晶構造にフィットしやすいと考えられる。ラジウム同位体はいずれも放射性であり安定同位体を持たないことから、炭酸カルシウムへの取り込みについての報告が少なく不明な点が多い。本研究では、カルサイトとアラゴナイトへのラジウムの取り込みやすさと局所構造の関係を明らかにすることを目的とした。ラジウムのアナログとして同族元素のバリウムを含む水溶液中においてカルサイト及びアラゴナイトを合成し、バリウムの分配係数(固相-液相濃度比)を求めた。合成した炭酸カルシウムの結晶形の同定は、粉末X線回折(XRD)分析により行った。また、X線吸収微細構造(XAFS)法により、炭酸カルシウム結晶中に取り込まれたバリウムの局所構造を行った。XAFSスペクトルの解析の結果から、バリウムイオンが炭酸カルシウム結晶中のカルシウムサイトを置換していることを示唆する結果が得られた。

**キーワード :** 炭酸カルシウム、ラジウム、同質多型

**P-54 ERAN採択課題 F-22-24****Fundamental study for the development of chemical form detection method of airborne elements by WDS-PIXE**HAGURA Naoto<sup>\*1</sup>, MATSUI Takaaki<sup>2</sup>, HATANO Yuko<sup>3</sup><sup>1</sup>Nuclear Safety Engineering, Science and Engineering, Tokyo City University, <sup>2</sup>Cooperative Major in Nuclear Energy, Integrative Science and Engineering, Tokyo City University, <sup>3</sup>Engineering Mechanics & Energy, Faculty of Engineering Information and Systems, University of Tsukuba<sup>\*</sup>Corresponding author : nhagura@tcu.ac.jp

It is significant to continuously acquire data on the distribution of elements in airborne particulate matter over a long period of time. A more meaningful database can be constructed if not only the abundance of elements but also their chemical forms can be determined. However, understanding the chemical form requires operations involving complex chemical processing, which is difficult for analysis of many samples. Therefore, we could use ion beam technology to reveal chemical bonding states in a simple way. In this study, we employ Particle Induced X-ray Emission spectroscopy (PIXE). We decided to use wavelength dispersive spectroscopy PIXE (WDS-PIXE) analysis, which is known to achieve an energy resolution of less than 1 eV by wavelength discrimination of X-rays generated by using a spectroscopic crystal. In previous studies, the spatial resolution, i.e., energy resolution, of the acquired bright spots is improved by increasing the distance between the X-ray source and the detector in the WDS-PIXE system. In the present study, the distance is kept as short as possible, and image processing techniques are applied to achieve high energy resolution. As a basic study, we examined the energy range of the elements to be analyzed when analyzing airborne dust samples using this system.

**Keywords :** tandem accelerator, ion beam, PIXE, WDS-PIXE**波長分散型PIXE分析法による大気浮遊元素の化学形態検出手法開発のための基礎検討**羽倉尚人<sup>\*1</sup>、松井隆祥<sup>2</sup>、羽田野祐子<sup>3</sup><sup>1</sup>東京都市大学 理工学部 原子力安全工学科、<sup>2</sup>東京都市大学大学院 総合理工学研究科 共同原子力専攻、<sup>3</sup>筑波大学 システム情報系 構造エネルギー工学域<sup>\*</sup>責任著者：nhagura@tcu.ac.jp

大気浮遊塵中の元素分布は長期間にわたり継続してデータを取得することに意義がある。元素の存在量だけでなく、化学形態を把握することができればより有意義なデータベースを構築することができる。しかし、化学形態の把握には複雑な化学処理を伴う操作が必要であり、大量のサンプルを分析するには困難である。そこで、イオンビーム技術を用いて簡便に化学結合状態を明らかにすることができないかと考えた。本研究では荷電粒子励起X線分光(PIXE)を用いて、発生するX線を分光結晶により波長弁別を行うことで1eV以下のエネルギー分解能が達成できることが知られている波長分散型PIXE(WDS-PIXE)分析法を用いることにした。既往研究におけるWDS-PIXEのための装置はX線源と検出器との間の距離を大きくとることで取得する輝点の空間分解能すなわちエネルギー分解能を向上させている。本研究では、この距離はなるべく短いまま、高いエネルギー分解能を達成するために画像処理技法を適用することに特徴がある。本研究では、基礎検討として本システムを用いて大気浮遊塵試料の分析を実施する際の分析対象元素のエネルギー範囲を検討した。

**キーワード：**タンデム加速器、イオンビーム、PIXE、波長分散型PIXE

**P-55 ERAN採択課題 F-22-55**

## Development of Simple Survey-Meter and Its Calibration for Radiation Education

IIMOTO Takeshi<sup>\*1</sup>, KOIKE Hiromi<sup>1</sup>, JIN Qianhao<sup>1</sup>, HASHIMA Shun<sup>1</sup>, WANG Xueqing<sup>1</sup><sup>1</sup>The University of Tokyo<sup>\*</sup>Corresponding author : iimototakeshi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

In this study, we have focused on simple radiation survey-meters developed for use in schools for radiation education, and investigated and organized the various characteristics required for them. In particular, with regard to the performance of dose-meters and radiation counters for the purpose of recognizing environmental radiation, JIS Z 4333:2014 “Dose equivalent (rate) survey meters for X-rays,  $\gamma$ -rays and  $\beta$ -rays” has been referred, focusing on their “temperature”, “direction”, and “energy” responses, for example, and have obtained certain results. These survey-meters are usually based on inexpensive and simple internal designs, but in this background, we continue to devise ways to further improve the energy response of them. We classified the  $\gamma$ -energy spectrum of various environments into two systems (i) (ii) and four types (1)-(4) in advance, and fixed the energy classification for the region of interest for integrating the radiation counts. Specifically, (i) used in domestic outdoor environments ((1) focusing on K-40 and Cs-137, (2) focusing on Ra-226 and uranium series), and (ii) used in environments related to nuclear accidents ((3) focusing on Xe-133, and (4) focusing on radioactive cesium and radioactive iodine). For example, a model calculation by PHITS targeting KIND-Pro (CsI (Tl) scintillation type survey-meter) developed by the Japan Science Foundation shows that the energy response characteristics are improved by about 20~30% as the above countermeasure effect.

**Keywords :** radiation education, simple survey-meter, ambient dose, energy response

## 放射線教育用簡易測定器の開発と校正に関する研究

飯本武志<sup>\*1</sup>、小池弘美<sup>1</sup>、金千皓<sup>1</sup>、橋間俊<sup>1</sup>、王雪晴<sup>1</sup><sup>1</sup>東京大学<sup>\*</sup>責任著者 : iimototakeshi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

これまでに、学校教育現場での使用を想定して開発された簡易測定器に着目し、求められるさまざまな特徴について調査してきた。特に、環境放射線の認知を目的とした測定器の性能については、JIS Z 4333:2014「X線、 $\gamma$ 線及び $\beta$ 線用線量当量(率)サーベイメータ」を参考にして、たとえば「温度特性」や「方向特性」、「エネルギー特性」について着目し、一定の成果を得てきた。この種の測定器の多くは、安価でかつシンプルな内部設計に基づくが、その背景でエネルギー応答特性をさらに向上させるための工夫を継続している。たとえば、被測定環境の $\gamma$ 線スペクトルを事前に2系統4種に分類し、観測領域のエネルギー区分をあらかじめパターン化してエネルギー応答補償する方法を試みている。具体的には、(i) 国内野外環境で使用する設定 (① K-40とCs-137に注目 ②ウラン系列のRa-226に注目)、(ii) 原子力事故に関連する環境で使用する設定 (③Xe-133に注目、④放射性セシウムと放射性ヨウ素に注目)である。たとえば、日本科学技術振興財団が開発したKIND-Pro(CsI(Tl)シンチ式)を事例としたPHITSによる計算上のモデル計算では、その対応効果として20~30%程度のエネルギー応答特性の向上が示唆されている。

**キーワード :** 放射線教育、簡易測定器、周辺線量、エネルギー応答

**P-56** **ERAN採択課題 F-22-63**

## **The advancement of Sr-90 analysis method using ICP-MS/MS**

YANG Guosheng<sup>\*1</sup>, KIM Eunjoo<sup>1</sup>, TAZOE Hirofumi<sup>2</sup>, ZHENG Jian<sup>1</sup>, KOWATARI Munehiko<sup>1</sup>,  
KURIHARA Osamu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institutes for Quantum Science and Technology, Japan, <sup>2</sup>Institute of Radiation and Emergency Medicine, Hirosaki University, Japan

\*Corresponding author : yang.guosheng@qst.go.jp

In present study, we developed a simple and rapid method for urinary bioassay to determine ultra-trace <sup>90</sup>Sr using ICP-MS/MS, in order to provide timely information for prompt decision-making in radiation emergency therapy. After only organic matter decomposition of 10-mL urine by HNO<sub>3</sub> without other chemical separation, stacked DGA and Sr resin cartridges were used directly for chromatographic separation and purification of Sr from the urine matrix and other interfering elements. During chromatographic purification and the whole procedure, Sr yields were measured as 94.0 ± 5.4 % (n=3) and 88.4 ± 7.8 % (n=3), respectively, using stable <sup>88</sup>Sr originally in the urine sample as a yield tracer. To overcome isobaric/polyatomic interferences further and peak tailing effect from stable <sup>88</sup>Sr with high concentration in urine, different collision/reaction gases (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, He, and H<sub>2</sub>) were introduced into the gas cell of the triple-quadrupole inductively coupled plasma – mass spectrometry (ICP-MS/MS) for optimizing measurement conditions. Using CO<sub>2</sub> as the optimal collision/reaction gas, the low method detection limit of 9.78 × 10<sup>-4</sup> pg/mL was obtained. Finally, for method validation, the standard reference materials provided by PROCORAD (Association for the PROMotion of Quality Control in RADiotoxicological Analysis), France, were analyzed and compared with other international laboratories.

**Keywords :** Sr-90, ICP-MS/MS, CO<sub>2</sub>, DGA, Sr resin

**P-57 ERAN採択課題 E-22-04****Development of electrochemical method for selective recovery of I<sup>-</sup> in environmental water**YAMASAKI Shinya<sup>\*1</sup>, NAKAMURA Tsukasa<sup>1</sup>, HIRAO Shigekazu<sup>2</sup><sup>1</sup>CRIED, University of Tsukuba, <sup>2</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University<sup>\*</sup>Corresponding author : s-yamasaki@ied.tsukuba.ac.jp

Iodine in environmental water exists in various chemical forms, such as I<sup>-</sup>, IO<sub>3</sub><sup>-</sup>, and organic substance-bound iodine. It is important to know the amount present in each chemical form because the transfer and behavior of iodine in the environment. In this study, a selective separation method using electrochemical techniques was established for iodide ions in environmental water.

The electrochemical behavior of I<sup>-</sup> was investigated using a silver electrode. The solution was prepared to a final concentration of 0.01-100 μM of KI. In addition, IO<sub>3</sub><sup>-</sup> was added to examine the selectivity of I<sup>-</sup> and the recovery behavior. In addition, 3 kBq of <sup>125</sup>I was added to the solution because the current associated with the reaction could not be detected at low <sup>127</sup>I concentrations (<1 μM). Stripping voltammetry was performed to correct I<sup>-</sup> as AgI. The I<sup>-</sup> recovery behavior was evaluated using artificial seawater, assuming seawater with high levels of interfering ions.

Experimental results showed that I<sup>-</sup> could be selectively recovered. After optimizing measurement conditions, a steady state was reached in about 10 minutes. The recovery rate varied depending on the total concentration of I<sup>-</sup>. Since the results showed that I<sup>-</sup> could be recovered even under artificial seawater conditions, it was concluded that this method is applicable to actual environmental water.

**Keywords :** Speciation, Silver electrode, Iodine-125**電気化学的手法を用いた環境水中のヨウ化物イオン回収法の確立**山崎信哉<sup>\*1</sup>、中村司<sup>1</sup>、平尾茂一<sup>2</sup><sup>1</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所<sup>\*</sup>責任著者 : s-yamasaki@ied.tsukuba.ac.jp

環境水中に存在するヨウ素はI<sup>-</sup>、IO<sub>3</sub><sup>-</sup>や有機ヨウ素などさまざまな化学形態で存在している。環境中での移行や挙動や生体内での影響は化学形態ごとに異なるため、化学形態別定量が重要である。そこで本研究では、環境水中に含まれるヨウ化物イオンを対象として、電気化学的手法を用いた選択的分離法の確立を行った。作用電極には銀ディスク電極(3 mm φ)、参照電極はAg/AgCl 電極(3M NaCl)、対極は白金電極を用いた。溶液はKIの最終濃度が1-100 μMになるように調製した。I<sup>-</sup>の選択性を調べるため、IO<sub>3</sub><sup>-</sup>を同時に添加して回収挙動を検討した。また、<sup>127</sup>I濃度が低い場合(<1 μM)、反応に伴う電流が検出できないため、<sup>125</sup>Iを3 kBq加えて実験を行った。調製した溶液についてストリッピングボルタンメトリーを行い、I<sup>-</sup>をAgIとして濃集した。さらに、妨害イオンの多い海水を想定し、人工海水を用いてI<sup>-</sup>回収率の評価を行った。実験の結果、I<sup>-</sup>が選択的に回収できることが分かった。様々な実験条件を最適化した結果、10分程度で定常状態となった。回収率はI<sup>-</sup>の全濃度に依存して変化した。また、人工海水条件でもI<sup>-</sup>を回収できる結果が得られたため、本法は実際の環境水に適用可能であることが結論づけられた。

**キーワード :** スペシエーション、銀電極、ヨウ素-125

## P-58

### Activity concentration of $^{137}\text{Cs}$ in self-consumed crops collected from Namie, Fukushima with associated internal radiation doses to human

TSUKADA Hirofumi<sup>\*1</sup>, KIKUCHI Mihoko<sup>2</sup>, NISHI Kouichi<sup>3</sup>, TAKAMURA Noboru<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Graduate School of Symbiotic Science and Technology, Fukushima University (Present: Kankyo Bunseki Kenkyusho), <sup>3</sup>Community Future Design Center, Fukushima University, <sup>4</sup>Atomic Bomb Disease Institute, Nagasaki University

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

In Namie Town, Fukushima Prefecture, decontamination was carried out after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. With cooperation of returnees in Namie, 181 self-consumed crops, including homegrown agricultural crops and edible wild plants, were collected from the decontaminated fields and surrounding areas in 2019 and 2020. Activity concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in the homegrown agricultural crops ranged from 0.18 to 46 Bq kg<sup>-1</sup> fresh weight, which were all below the standard limit of 100 Bq kg<sup>-1</sup>, while activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the wild plants ranged from 3.2 to 175 Bq kg<sup>-1</sup> fresh weight. The activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the homegrown leafy vegetables was higher than those in marketed vegetables, which may be due to inadequate soil management, such as insufficient application of potassium. Additional internal radiation dose for adult males in 2020 from ingestion of the various self-consumed crops was 0.032 mSv, accounting for approximately 5% of the total additional internal and external radiation dose of 0.64 mSv due to the accident. The internal radiation dose from the intake of the homegrown agricultural crops, excluding wild plants, was 0.012 mSv, which was about 1/3 of that from the intake of both self-consumed crops and wild plants, and well below 1 mSv.

**Keywords :** Decontaminated agricultural field, homegrown agricultural crops, edible wild plants, radiocaesium, additional radiation exposure

### 福島県浪江町で採取した自家消費作物中 $^{137}\text{Cs}$ とヒトの内部被ばく線量について

塚田祥文<sup>\*1</sup>、菊池美保子<sup>2</sup>、西康一<sup>3</sup>、高村昇<sup>4</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>福島大学大学院共生システム理工学研究科(現：環境分析研究所)、<sup>3</sup>福島大学地域未来デザインセンター、<sup>4</sup>長崎大学原爆後障害医療研究所

\*責任著者：hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp

福島県浪江町では東京電力福島第一原子力発電所事故後に除染が行われ、2017年3月31日から居住制限区域および避難指示解除準備区域が解除された東部で、住民の帰還が始まった。2019年と2020年に浪江町帰還者の協力の下、自家栽培作物および自生植物の様々な自家消費作物181試料を採取した。自家栽培作物中 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は0.18~46Bq kg<sup>-1</sup>生と、全て基準値の100Bq kg<sup>-1</sup>を下回ったが、圃場周辺の畦や森林から採取した自生植物は栽培作物より高い3.2~175Bq kg<sup>-1</sup>生であり、一部試料で基準値を超えた。自家栽培野菜類中 $^{137}\text{Cs}$ 濃度は、これまでに調査した市場流通野菜中濃度よりも高く、カリウム施用の不足など不十分な土壌管理の影響によると考えられた。2020年に自家消費作物を摂取した成人男子の放射性Csによる追加となる内部被ばく線量は0.032mSvであり、事故により追加となる内部および外部被ばく線量0.64mSvの約5%を占めた。自生植物を含めず自家栽培作物のみを摂取した場合の内部被ばく線量は0.012mSvとなり、自生植物も含む自家消費作物を摂取した場合の約1/3であり、1 mSvを十分に下回った。

**キーワード：**除染圃場、自家消費作物、自生植物、放射性セシウム、追加被ばく線量

## P-59

## Dynamics of radiocesium and other metals associated with soil organic carbon in the Fukushima-derived soil

Ismail M. M. RAHMAN<sup>\*1</sup>, Zinnat Ara BEGUM<sup>1,2</sup>, M. Ferdous ALAM<sup>3</sup>, HASEGAWA Hiroshi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fukushima University, Japan, <sup>2</sup>Southern University Bangladesh, <sup>3</sup>Atomic Energy Commission Bangladesh,

<sup>4</sup>Kanazawa University, Japan

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

Uncharacteristic environmental release of anthropogenic radionuclides, including radiocesium (r-Cs:  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ), occurred during the Fukushima Daichi Nuclear power plant (FDNPP) accidents in March 2011. After FDNPP release, agriculture is significantly impacted due to the soil-to-plant transfer conjecture of deposited r-Cs in soils. The conventional decontamination approach for r-Cs containing soil is unsuitable since r-Cs are strongly adsorbed on the clay mineral layer in the soil. The current study aims to understand the attachment of  $^{137}\text{Cs}$ , organic carbon, and other elements in different size fractions of the soil and use the knowledge to reduce the total waste volume using dispersing agents. Soil samples representing forest and grassland soil types were collected (Soil depth 0–10 cm, particle size <2 mm) from *Tomioka* and *Minamitsushima*, *Namie* machi of Fukushima prefecture. The soils were treated with the dispersing agent sodium hexametaphosphate (SHMP), and the adhesion behavior of r-Cs, organic carbon, and other elements in different soil size fractions was determined. SHMP concentrated  $^{137}\text{Cs}$  in finer soil fractions. SHMP induced the release of  $^{137}\text{Cs}$ , organic carbon, and other elements from the soil, and a positive correlation was observed within dispersed organic carbon, iron, aluminum, calcium, and magnesium contents.

**Keywords :** radiocesium, Fukushima, soil, organic carbon

## P-60

## Temporal variation in the radiocesium in current-year roots of Japanese cedar in Fukushima Prefecture

TAKAHASHI Junko<sup>\*1</sup>, SASAKI Takuya<sup>1</sup>, IGUCHI Satoshi<sup>1</sup>, ONDA Yuichi<sup>1</sup>

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

<sup>\*</sup>Corresponding author : takahashi.junko.ka@u.tsukuba.ac.jp

Deposited radiocesium in forests is transferred from the canopy to the forest floor, and then from the litter layer to the mineral soil. Although it has been shown that part of the radiocesium is absorbed by trees and circulates in the forest ecosystem for a long time, studies on radiocesium dynamics in tree roots are very limited. Therefore, the objectives of the present study was to investigate temporal changes in radiocesium in current-year fine roots (<0.5 mm) of cedar trees at different depths in 2013, 2015, 2017, and 2020. The study site was a young cedar forest (initial deposition density: 440 kBq m<sup>-2</sup>) in the Yamakiya district, Kawamata Town, located in the former planned evacuation zone. Tree roots were visually picked up by hand from samples collected for the vertical distribution monitoring of radiocesium in soil, which has been ongoing since 2011. After picking up, the soil particles on the root surface were cleaned by ultrasonic washing and then the roots were ground. The Cs-137 concentration was measured with a germanium semiconductor detector.

The Cs-137 concentration in fine roots exponentially decreased with depth. The weighted average Cs-137 concentration from 0 to 20 cm was  $1.3 \pm 0.2$  Bq g<sup>-1</sup>, showing no clear temporal variation. On the other hand, the Cs-137 concentration in soils significantly increased with time, resulting in that a decrease trend was found in the fine root/soil concentration ratio with time.

**Keywords :** tree root, forest soil, Cs-137

## 福島県のスギ当年生細根中の放射性セシウムの経年変化

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

<sup>1</sup> 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター

<sup>\*</sup>責任著者 : takahashi.junko.ka@u.tsukuba.ac.jp

森林に沈着した放射性セシウムは樹冠から林床へ、さらに林床のリター層から土壌層へと移行する。その一部が樹木に吸収され、森林生態系内を長期に渡って循環することが明らかにされているものの、樹木根中の放射性セシウム動態に関する研究は限られている。そこで、本研究では、2013、2015、2017および2020年のスギの当年生細根(0.5mm以下)を深度ごとに採取し、放射性セシウムの経年変化を明らかにすることを目的とした。調査地は旧計画的避難区域に位置する川俣町山木屋地区のスギ若齢林(初期沈着量440kBq m<sup>-2</sup>)である。2011年から継続している土壌中の放射性セシウム深度分布モニタリングで採取したサンプルから植物根を目視により選り分け、超音波洗浄により根の表面の土壌を洗浄したのち粉砕しゲルマニウム半導体検出器によりCs-137濃度を測定した。

0-10cmまでは2 cm間隔で、10-20cmまでは5 cm間隔で細根を集めたところ、Cs-137濃度は深くなるにつれて指数関数的に減少した。0-20cmまでの加重平均Cs-137濃度は $1.3 \pm 0.2$  Bq g<sup>-1</sup>と明確な時間変化は認められなかった。一方、土壌のCs-137濃度は時間とともに有意に増加しており、これを反映して細根/土壌の濃度比は時間とともに減少することが示された。

**キーワード :** 樹木根、森林土壌、Cs-137

## P-61

## Analysis of Suspended Radioactive Particles Affecting Crop Cultivation

TATSUNO Takahiro<sup>\*1</sup>, NIHEI Naoto<sup>2</sup>, Kazuya Yoshimura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environment Radioactivity, Fukushima University, <sup>2</sup>Faculty of Food and Agricultural Science, Fukushima University, <sup>3</sup>Sector of Fukushima Research and Development, Japan Atomic Energy Agency

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

Farmland was contaminated with radioactive cesium (Cs) scattered by the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. Transfer of Cs from farmland soil to crops was greatly reduced by decontamination activities and potassium fertilization. However, even now, Cs is detected in airborne particles, and there is great concern about how much they will affect crops for the resumption of agriculture. Previous studies have shown that Cs in the airborne particles deposited in the soil are adsorbed by crops through roots. Furthermore, Cs newly deposited in soil is more easily absorbed than that deposited immediately after the nuclear accident. In this study, we conducted sampling of airborne particles at the difficult-to-return zone in Okuma Town, Fukushima Prefecture. In addition, we investigated what forms of airborne radioactive particles were absorbed to crops by conducting a crop cultivation test using soil samples placed at the same study field.

**Keywords :** radioactive cesium, radioactive cesium-rich microparticles, transfer factor

## 作物栽培に影響する浮遊放射性微粒子の解析

辰野宇大<sup>\*1</sup>、二瓶直登<sup>2</sup>、吉村和也<sup>3</sup>

<sup>1</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>2</sup>福島大学食農学類、<sup>3</sup>福島大学食農学類、<sup>3</sup>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門

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

東京電力福島第一原発事故で農地に降下した放射性セシウムの農作物への汚染は除染やカリウム施肥により大幅に低下した。しかし、現在でも大気浮遊物中にも放射性セシウムは検出されており、それが作物へのどの程度影響するかは農業再生上大いに懸念される。これまで、浮遊物の放射性セシウムは土壌に沈着後、経根から植物に吸収することが明らかにされている。さらに、新たに土壌に沈着した放射性セシウムは原発事故時に沈着した放射性セシウムより吸収されやすいことも判明している。本研究では、福島県大熊町の帰還困難区域内の圃場で大気浮遊物の採取と同地に設置した土壌試料を用いた作物栽培試験を行い、浮遊放射性微粒子から作物へのCs吸収について評価した。

**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、移行係数

## P-62

### Influence of different soil dressing on radiocaesium uptake by crops

SUZUKI Masataka<sup>\*1</sup>, AZUMA Kazuki<sup>2</sup>, NAKAO Atsushi<sup>2</sup>, MANPUKU Yuzo<sup>3</sup>, MARUYAMA Hayato<sup>1</sup>, WATANABE Toshihiro<sup>1</sup>, SHINANO Takuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, <sup>2</sup>Faculty of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University, <sup>3</sup>National Agriculture and Food Research Organization

<sup>\*</sup>Corresponding author : masat9411@eis.hokudai.ac.jp

In decontaminated areas, after topsoil removal, soil dressing is applied. It has been shown that the soil chemical properties with soil dressing are altered. In this study, the effect of the applied soil dressing on the transfer of radiocaesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) from the soil to the crop was investigated by pot cultivation of komatsuna (*Brassica rapa* L. var. *perviridis*). Three levels of K treatment were and five soil dressing treatment (no soil dressing, soil dressing A, B, C, and D) were set. The soil of the cultivation was a 2:1 mixture of  $^{137}\text{Cs}$ -contaminated soil and the soil dressing. The relationship between the exchangeable K content and the transfer factor of  $^{137}\text{Cs}$  was evaluated. At the same exchangeable K content, the transfer factor for soil dressing A, B, and C treatment were almost identical to those of the no soil dressing treatment. However, the transfer factor for soil dressing D treatment was lower than that of the no soil dressing treatment. The nonexchangeable K content (hot nitric acid method) in soil dressing D was high, and this expected soil dressing D had a high content of mica minerals. Because mica mineral has high K-supplying capacity and high Cs-fixing capacity, it suggested that they may be able to suppress  $^{137}\text{Cs}$  transfer from soil to crops depending on soil properties such as mineral composition of the soil dressing used.

**Keywords :** radiocaesium, soil dressing, exchangeable potassium, nonexchangeable potassium, mica mineral

### 作物の放射性セシウム吸収における異なる客土施用の影響

鈴木政崇<sup>\*1</sup>、東和喜<sup>2</sup>、中尾淳<sup>2</sup>、万福裕造<sup>3</sup>、丸山隼人<sup>1</sup>、渡部敏裕<sup>1</sup>、信濃卓郎<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北海道大学大学院農学院、<sup>2</sup>京都府立大学大学院生命環境科学研究科、<sup>3</sup>農研機構

<sup>\*</sup>責任著者 : masat9411@eis.hokudai.ac.jp

除染の対象地域では、表土剥ぎ取りに加え客土が施用される。客土は主に肥沃度の低い非汚染の山土が用いられており、客土が施与された土壌の理化学性は大きく変化することが示されている。本研究では、施用された客土が土壌から作物への放射性セシウム( $^{137}\text{Cs}$ )の移行に与える影響についてコマツナのポット栽培により調査した。客土処理(客土なし、客土A、B、C、D)と3段階のカリ処理を設定した。客土は $^{137}\text{Cs}$ 汚染土壌と客土を2:1に混合した。植物は新鮮重、乾燥重、 $^{137}\text{Cs}$ 濃度を、栽培後の土壌は $^{137}\text{Cs}$ 濃度、交換態カリ含量、非交換態カリ(熱硝酸法、TPB法)含量を測定した。交換態カリ含量と $^{137}\text{Cs}$ の移行係数の関係を評価したところ、同じ交換態カリ含量のとき、客土A、B、C処理の移行係数は客土なし処理の移行係数とほぼ一致し、これらの客土は土壌から植物への $^{137}\text{Cs}$ 移行に与える影響は小さいと考えられた。一方、客土D処理は客土なし処理と比べ、同じ交換態カリ含量のとき移行係数は低下した。この客土Dは熱硝酸法抽出の非交換態カリ含量が高いことから、雲母鉱物が多く含有されている土壌であると予想された。雲母鉱物は高いK供給能と高いCs固定能があることから、用いる客土の鉱物組成等の土壌特性によっては土壌から作物の $^{137}\text{Cs}$ の移行を抑制できる可能性が示唆された。現在は交換態 $^{137}\text{Cs}$ 濃度を測定しており、交換態 $^{137}\text{Cs}$ が植物の $^{137}\text{Cs}$ 吸収に与える影響と客土との関連について検証中である。

**キーワード :** 放射性セシウム、客土、交換態カリ、非交換態カリ、雲母鉱物

## P-63

## Studies on $^{137}\text{Cs}$ fractions in archived soil sample collected from Fukushima Prefecture in 2011

YANAGIGAWA Kento<sup>1</sup>, TATSUNO Takahiro<sup>2</sup>, TSUKADA Hirofumi<sup>\*2</sup>

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

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

Huge amount of radionuclides were released by the Fukushima Daiichi Nuclear Power station (FDNPS) accident and deposited onto the surrounding the station and the northwest direction from FDNPS. Cesium-137 is a relatively long half-life and remains in the soil for a long time. The fractions of  $^{137}\text{Cs}$  in soil is known to change with ageing. In this study, 21 archived soil samples (1,082-195,640 Bq kg<sup>-1</sup> DW) collected from June-July 2011 from within 10 km of the FDNPS were subjected to fractionation of  $^{137}\text{Cs}$  in soil by sequential extraction method and measured. Percentage distributions of exchangeable, organic-bound and strongly-bound fractions of  $^{137}\text{Cs}$  were 14.9, 11.8 and 73.3 %, respectively. The ratio of  $^{137}\text{Cs}$  in the exchangeable and organic-bound fractions were higher than those in the previously reported values derived from the nuclear weapons tests (Tsukada et al., 2008). The  $^{137}\text{Cs}$  derived from the weapons tests have been deposited in soil for 40 years, and the differences may have resulted the accelerated immobilisation of  $^{137}\text{Cs}$  and soil properties. In the future, the samples will be repeatedly wet dry processes to investigate the changes in the fractions of  $^{137}\text{Cs}$  and the factors that contribute to the changes. The study utilised the archived soil sample and archived soil database system provided by the Nuclear Regulation Authority and managed by the Institute for Environmental Radioactivity, Fukushima University.

**Keywords :** archived soil sample, sequential extraction, exchangeable fraction, organic-bound fraction, strongly-bound fraction

## 2011年に福島県から採取した土壌アーカイブ試料の $^{137}\text{Cs}$ 存在形態に関する研究

柳川賢斗<sup>1</sup>、辰野宇大<sup>2</sup>、塚田祥文<sup>\*2</sup>

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

\*責任著者 : hirot@ipc.fukushima-u.ac.jp

2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故により、主に原発周辺と北西方向の広い範囲に放射性物質が拡散、土壌を汚染した。そのうち $^{137}\text{Cs}$ は半減期が比較的長く、長期間土壌中に残留する。土壌に沈着した $^{137}\text{Cs}$ の存在形態は経時変化することが知られている。本研究では、2011年6月～7月にかけて原発から半径10km圏内から採取された21試料の土壌アーカイブ試料(1,082～195,640Bq kg<sup>-1</sup> DW)について逐次抽出法で、土壌中 $^{137}\text{Cs}$ の存在形態分析を行った。交換態、有機物結合態、強固結合態 $^{137}\text{Cs}$ の存在割合の平均値は、それぞれ14.9、11.8、及び73.3%であった。大気圏核実験由来の $^{137}\text{Cs}$ についての研究報告値(Tsukada et al., 2008)では、本研究と比較し交換態と有機物結合態の割合が高くなっている。これは大気圏核実験由来の $^{137}\text{Cs}$ であるため、土壌への沈着から約40年経過しており、交換態の固定化が進んだことや土壌特性の違いが考えられる。今後は試料に湿潤-乾燥を繰り返すエイジング処理を行い、 $^{137}\text{Cs}$ の存在形態の経時変化とその要因について検討を行う予定である。本研究は、原子力規制庁が提供し、福島大学環境放射能研究所が管理する土壌アーカイブ試料・土壌アーカイブデータベースシステムを活用しました。

**キーワード :** 土壌アーカイブ試料、逐次抽出、交換態、有機物結合態、強固結合態

**P-64** **ERAN採択課題 Y-22-08**

## **Driver forces identification and severity assessment of wildfire in the radioactive residual area**

Jun HU<sup>\*1,2</sup>, KOTSUKI Shunji<sup>1</sup>, IGARASHI Yasunori<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

<sup>2</sup>National Institutes for Quantum Science and Technology

<sup>3</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author : hu.jun@qst.go.jp

**Abstract:** Large-scale wildfires in Chornobyl Exclusion Zone (CEZ) in 2015 and 2020 led to the release of great numbers of radionuclides, which poses a direct and broad impact on environmental and human exposure. Over recent years, the changes in the frequency and extent of wildfires in CEZ are likely the result of ongoing changes in the area's wildfire regime influenced by the regional variations in climate. Long- and short-term weather trends are the main factors in determining fire characteristics and severities. The Sentinel-2 satellite images are used in this study to calculate vegetation indices with monthly data smoothing to identify the evident signal for severity and compare fire severity with observations. The NDVI and SWIR are evaluated to be the most suitable indices for developing the algorithm for fire severity assessment in the CEZ. Then the spatial driver forces are identified to assess the cause and impact of wildfire events in 2020.

**Keywords :** Chornobyl Exclusion Zone, wildfire, fire severity

**P-65 ERAN採択課題 Y-22-27****Evaluation of the effect of plant phosphorus deficiency response mechanisms on the transferability of radiocaesium from soil to plants.**HANASHIRO Kiyotoshi<sup>\*1</sup>, UNNO Yusuke<sup>2</sup>, WASAKI Jun<sup>1</sup><sup>1</sup>Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima university, <sup>2</sup>Institute for Environmental Sciences<sup>\*</sup>Corresponding author : d202744@hiroshima-u.ac.jp

The legume crop white lupin has a higher transfer factor of radiocaesium from soil to plant shoot than soybean. In addition, when deficient in nutrients such as phosphorus, white lupin forms clustered roots (CR), a dense tertiary root system, and actively absorbs nutrients such as phosphorus from the rhizosphere soil. Based on the hypothesis that CR formation contributes to the high radiocaesium transferability exhibited by white lupin, we are investigating the rhizosphere soil of CR from the viewpoint of radiocaesium transferability. In this study, we attempted to apply <sup>11</sup>C and PETIS (Positron Emitting Tracer Imaging System) to identify rhizosphere soil regions where white lupin actively works to absorb nutrients. By using <sup>11</sup>C and PETIS, we observed a rapid translocation of <sup>11</sup>C assimilated in the aboveground region to the belowground region and high <sup>11</sup>C secretory activity into the rhizosphere soil in the region of CR formation in response to phosphorus deficiency. Transcriptome comparisons between CRs with high <sup>11</sup>C secretory activity and normal roots (NRs) with low <sup>11</sup>C secretory activity revealed changes in gene expression, including ALMT (malate transporter) and MATE (citrate transporter), as well as gene expression changes not reported by existing root-wide comparative methods. We also observed changes in genes that had not been reported by existing analysis methods that compared whole roots. Of the group of ALMT genes possessed by white lupin, the expression levels of 5 genes were increased by more than 2-fold and 2 genes were decreased by more than 2-fold. The expression levels of 12 of the MATE genes in lupin were increased by more than 2-fold and decreased by more than 2-fold in 5 genes. When focusing on the enzymes and transporters of organic acid synthesis, the expression variation of genes associated with citric acid was greater than that of malic acid, suggesting that MATE is responsible for the transport of hydrocarbon compounds during phosphorus deficiency.

**Keywords :** PETIS (Positron Emitting Tracer Imaging System), low phosphorus response in plants, radiocaesium transfer to plants and organic acid secretion, comprehensive genetic analysis (transcriptome)

**植物のリン欠乏応答機構が土壌から植物への放射性セシウム移行性に及ぼす影響評価**花城清俊<sup>\*1</sup>、海野佑介<sup>2</sup>、和崎淳<sup>1</sup><sup>1</sup>広島大学統合生命科学研究科、<sup>2</sup>環境科学技術研究所<sup>\*</sup>責任著者 : d202744@hiroshima-u.ac.jp

マメ科作物シロバナルーピンはダイズと比較して、放射性セシウムの土壌から植物への移行係数が高いことが知られている。シロバナルーピンはリン等の栄養が欠乏するとクラスター根(CR)という三次根が密集した組織を形成し、根圏土壌からリン等の栄養を積極的に吸収するという特性を持つ。我々はシロバナルーピンが示す高い放射性セシウム移行性にCRの形成が寄与しているという仮説の下、放射性セシウム移行性の観点からCR根圏を調査している。本研究ではシロバナルーピンが栄養を吸収するため積極的に働きかけている根圏土壌領域を特定するため、<sup>11</sup>CとPETIS(Positron Emitting Tracer Imaging System)の適用を試みた。リン欠乏時のシロバナルーピンに対して、<sup>11</sup>CとPETISを使用することで、地上部で同化された<sup>11</sup>Cが速やかに地下部へ転流する現象や、CR形成領域において根圏土壌への高い<sup>11</sup>C分泌活性が観測された。高い<sup>11</sup>C分泌活性が観察されたCRと<sup>11</sup>C分泌活性が低いノーマル根(NR)のトランスクリプトーム比較をすると、ALMT(リンゴ酸輸送体)、MATE(クエン酸輸送体)含めた遺伝子の発現が変化しており、また、根全体で比較した既存の解析手法では報告されていなかった遺伝子の変動も確認された。シロバナルーピンが持つALMT遺伝子群の内、5個の発現量が2倍以上増加し、2個が2倍以上減少していた。シロバナルーピンが持つMATE遺伝子群の内、12個の発現量が2倍以上増加し、5個が2倍以上減少していた。有機酸の合成酵素や輸送体に注目した際、リンゴ酸よりクエン酸に関連する遺伝子の発現変動が大きいため、MATEがリン欠乏時に炭化水素化合物の輸送を担うことが示唆された。

**キーワード :** PETIS(Positron Emitting Tracer Imaging System)、植物の低リン応答、植物への放射性セシウムの移行と有機酸分泌、網羅的遺伝子解析(トランスクリプトーム)

## P-66 ERAN採択課題 F-22-11

# Regulation mechanism of Cs<sup>+</sup> absorption and transport in rice plants by Na<sup>+</sup>.

KANNO Satomi<sup>\*1,3,6</sup>, FUJIMURA Shigeto<sup>2</sup>, LI Cheny<sup>3</sup>, TAKAHASHI Junko<sup>3,4</sup>, SHINANO Takuro<sup>2,5</sup>, LEONHARDT Nathalie<sup>6</sup>, FURUKAWA Jun<sup>\*3,4</sup>

<sup>1</sup>Institute for Advanced Research, Nagoya University, <sup>2</sup>Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Japan, <sup>3</sup>Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, <sup>4</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba, <sup>5</sup>Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, <sup>6</sup>CEA, France

\*Corresponding author : kanno.satomi@iar.nagoya-u.ac.jp, junfurukawa7411@gmail.com

Elucidation of the mechanisms of cesium uptake and transport in plants is of crucial importance for cultivation management. Rice OsHKT2;1 has been reported co-transport potassium and sodium under low potassium conditions, but in field tests, cesium uptake is increased in rice plants lacking the OsHKT2;1 gene. This suggests that the OsHKT2;1 gene does not contribute directly to cesium transport, but indirectly. To understand the detailed mechanism of cesium absorption, we performed experiments using Na-22, K-43, and Cs-137 in a hydroponic system simulating ion concentrations in a field aqueous solution, suggesting that sodium regulates cesium absorption under low potassium conditions. Next, RNAseq analysis was performed under sodium conditions with different cesium absorption to determine the transporter genes that contribute to cesium absorption. Comparison between wild-type and OsHKT2;1 under different Cs uptake conditions showed that the expression levels of two genes reported to act as sodium transporters were altered in roots under conditions of increased Cs uptake.

**Keywords :** Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> Transporter, Rice, RNAseq

## ナトリウムによるイネのセシウム吸収・輸送制御機構の解明

菅野里美<sup>\*1,3,6</sup>、藤村恵人<sup>2</sup>、李晨煜<sup>3</sup>、高橋純子<sup>3,4</sup>、信濃卓郎<sup>2,5</sup>、レオナルド・ナタリー<sup>6</sup>、古川純<sup>\*3,4</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学 高等研究院、<sup>2</sup>農研機構東北農業研究センター、<sup>3</sup>筑波大学生命環境、<sup>4</sup>筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、<sup>5</sup>北海道大学農学部、<sup>6</sup>フランス原子力・新エネルギー庁研究所

\*責任著者 : kanno.satomi@iar.nagoya-u.ac.jp, junfurukawa7411@gmail.com

植物のセシウム吸収・輸送機構の解明は栽培管理上きわめて重要である。イネOsHKT2;1は低カリウム条件下においてカリウムとナトリウムを共輸送するとされるが、圃場試験ではOsHKT2;1遺伝子欠損株のセシウム吸収は野生型株に比して高かった。このことからOsHKT2;1遺伝子はセシウム輸送へ直接寄与するのではないが、間接的に寄与することが予想された。その詳細な機構の理解へ向けて圃場の水溶液中のイオン濃度を水耕栽培実験系で再現し、Na-22、K-43、Cs-137による吸収実験を行なった結果、ナトリウムは、低カリウム条件下でのセシウム吸収を制御していることが示唆された。次にセシウム吸収に寄与する輸送体遺伝子を網羅的に調べるため、セシウム吸収が異なるナトリウム条件下でのRNAseq解析を行なった。セシウム吸収が異なる条件の野生型株間、および野生型株OsHKT2;1遺伝子欠損株での比較の結果、セシウム吸収が増加した条件の根においてナトリウム輸送体として報告されている2つの遺伝子発現量が変動していた。

**キーワード :** ナトリウム、RNAseq、カリウム輸送体、イネ

**P-67 ERAN採択課題 F-22-31****Distribution of cesium-rich microparticles in contaminated forest soil in Futaba District, Fukushima Prefecture**

WAKI Hiromichi<sup>\*1</sup>, NAGASAWA Waka<sup>2</sup>, TATSUNO Takahiro<sup>3</sup>, WADA Toshihiro<sup>3</sup>, NIHEI Naoto<sup>4</sup>,  
MURAKAMI Masashi<sup>2</sup>, OHTE Nobuhito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Informatics, Kyoto University, <sup>2</sup>Graduate School of Science and Engineering, Chiba University,

<sup>3</sup>Institute of Environment Radioactivity, Fukushima University, <sup>4</sup>Faculty of Food and Agricultural Science, Fukushima University

<sup>\*</sup>Corresponding author : waki.hiromichi.54s@st.kyoto-u.ac.jp

Large amounts of radionuclides were released due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in 2011 and deposited into the terrestrial area. Even now, more than ten years after the accident, radioactive cesium (RCs) is gradually migrating from forests upstream to living areas downstream. In the soil and river water, particulate RCs was detected, such as mineral soil particles absorbed RCs and glassy radioactive cesium-rich microparticles (CsMPs). Because CsMPs have extremely high radioactivity per unit mass, there are concerns about human health risks through local internal exposure and increasing RCs concentration in river water. In this study, we focused on the distribution of RCs in soils at a small catchment in the headwaters of a river. To grasp the runoff of RCs and CsMPs downstream, their distribution in the soil (topographical effects and vertical distribution in soil) was investigated on a forested slope upstream of a river.

**Keywords** : radioactive cesium, radioactive cesium-rich microparticles, small catchment, soil

**福島県双葉郡の未除染森林土壌における高濃度放射性セシウム含有粒子の分布**

脇嘉理<sup>\*1</sup>、長澤和佳<sup>2</sup>、辰野宇大<sup>3</sup>、和田敏裕<sup>3</sup>、二瓶直登<sup>4</sup>、村上正志<sup>2</sup>、大手信人<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院情報学研究科、<sup>2</sup>千葉大学大学院理学院、<sup>3</sup>福島大学環境放射能研究所、<sup>4</sup>福島大学食農学類

<sup>\*</sup>責任著者 : waki.hiromichi.54s@st.kyoto-u.ac.jp

2011年に発生した福島第一原子力発電所の事故により大量の放射性物質が飛散し、陸域に沈着した。事故から10年以上が経過した現在においても、上流の森林から下流の生活圏へと少しずつ放射性セシウムが移行しており、放射性セシウムを吸着した土粒子や、放射性セシウムが凝縮されたガラス質粒子である高濃度放射性セシウム含有粒子(CsMPs)といった懸濁態の放射性セシウムが河川水から検出されている。特にCsMPsは単位質量当たりの放射能が高いことから、局所的な内部被ばくによる人体への健康リスクや、河川の放射性セシウム濃度増加の要因となることが懸念されている。本研究では、河川源頭部の小集水域における放射性セシウムの分布に着目した。河川上流の森林斜面を対象として、土壌中の放射性セシウムおよびCsMPsの分布(地形的な影響、土中の鉛直分布)を調査することで、それらの流出プロセスに関する知見を得ることを目指した。

**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、小集水域、土壌

## P-68

### Synthesis and application of a new supramolecule-based conjugate material for the separation of radionuclides from aqueous matrices

Rashedul Islam RIPON<sup>\*1,2</sup>, Zinnat Ara BEGUM<sup>1,3</sup>, Ismail M. M. RAHMAN<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Fukushima University, Japan, <sup>2</sup>Mawlana Bhashani Science and Technology, Bangladesh, <sup>3</sup>Southern University Bangladesh

<sup>\*</sup>Corresponding author : ripon.chemmbstu@gmail.com (RIR), immrahman@ipc.fukushima-u.ac.jp (IMMR)

Developing materials for the selective separation of radionuclides from aqueous matrices has received increasing attention since Chornobyl and Fukushima disasters. Herein, we share preliminary information about synthesizing a new macrocyclic crown ether immobilized onto inorganic mesoporous silica. The conjugate adsorbent material can be an effective option for the selective separation of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr from aqueous waste matrices.

**Keywords :** selective separation, radionuclides, crown ether, conjugate adsorbent



