

2019 年度

放射能環境動態・影響評価

ネットワーク共同研究拠点

共同研究年次報告書

**【若手共同研究】**

採択番号	氏名	所属	研究課題名	受入機関	受入研究者
Y-19-01	Dmytrii Holiaka	The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine	Estimation of biomass and stocks biologically mobility radionuclides using methods of processing aboveground and remote sensing data for radioactively contaminated forests in Ukraine	CRiED	加藤 弘亮
Y-19-02	内山 祐介	株式会社MAZIN	ベイズアン移流拡散方程式による大気中の放射能拡散挙動の長期予測	CRiED	羽田野 祐子
Y-19-03	榑原 厚一	信州大学	福島第一原子力発電所事故の影響を受けた山地森林における環境水の滞留時間マッピング	CRiED	辻村 真真
Y-19-04	田中 草太	日本原子力研究開発機構	陸生無脊椎動物における放射性セシウムの移行経路の解明	CRiED	恩田 裕一
Y-19-05	野田 祐作	農業・食品産業技術総合研究機構	茎頂部にCsを蓄積しない <i>Vigna</i> 属耐塩性野生種の探索	CRiED	古川 純
Y-19-06	本多 真紀	University of Vienna	加速器質量分析による放射性セシウム135の測定	CRiED	末木 啓介 坂口 綾
Y-19-07	折田 真紀子	長崎大学	富岡町におけるイノシシ中の放射性物質濃度評価	IER	塚田 祥文
Y-19-08	城間 吉貴	琉球大学	沖縄県における大陸起源の放射性降下物モニタリング	IER	平尾 茂一
Y-19-09	鈴木 翔太郎	福島県水産海洋研究センター	福島県沿岸域における魚類の放射性セシウム蓄積過程の解明	IER	和田 敏裕
Y-19-10	高木 淳一	京都大学	福島県の内水面漁業復興に向けた外来種チャネルキャットフィッシュの放射能汚染状況の解明と駆除手法の確立	IER	和田 敏裕
Y-19-11	寺本 航	福島県内水面水産試験場	太田川上流域における魚類への放射性セシウム移行特性の解明	IER	和田 敏裕
Y-19-12	野田 琢嗣	京都大学	魚類の放射能汚染のリスク評価に向けた原発周辺海域の魚類の移動生態の解明	IER	和田 敏裕
Y-19-13	松本 陽	福島県水産資源研究所	福島県松川浦における魚類の放射性セシウム濃度と栄養段階との関係	IER	和田 敏裕
Y-19-14	三輪 一爾	東京大学	放射性物質で汚染された物品等の扱いによる影響の評価	IER	平尾 茂一
Y-19-15	Donovan Anderson	IER	DNA Analyses to Estimate Life-time Dose from Radiation Exposures Estimation of life-time doses to wild boar using dicentric chromosome analysis	IREM	三浦 富智 吉田 光明 有吉 健太郎
Y-19-16	阿部 悠	福島県立医科大学	染色体凝縮阻害剤を用いた新規細胞遺伝学的線量評価法の確立	IREM	吉田 光明
Y-19-17	五十嵐 悠	東京大学	2フィルター法を用いたラドン族濃度測定器の原子力災害における空气中放射性物質濃度測定への応用利用	IREM	細田 正洋
Y-19-18	大森 康孝	福島県立医科大学	ラドン・トロン拡散型測定器に使用される子孫核種除去フィルタのトロン浸透率	IREM	床次 眞司
Y-19-19	仲宗根 峻也	琉球大学	石灰岩地域特有の複雑な地下水プロセスを解明するためのラドンをを用いた定量解析手法の開発	IREM	赤田 尚史
Y-19-20	藤嶋 洋平	東北大学	Muse細胞を用いた放射線障害に対する治療法の開発	IREM	三浦 富智 吉田 光明 有吉 健太郎
Y-19-21	三浦 輝	電力中央研究所	熊川沖の懸濁粒子中のセシウム含有粒子中のセシウムが固液分配に与える影響評価	IREM	田副 博文
Y-19-22	五十嵐 淳哉	大阪大学	福島原発事故により放出された放射性微粒子中に含まれる難揮発性核種の分析	QST	鄭 建
Y-19-23	漆原 佑介	東北大学	野生ニホンザルの体内放射性セシウム動態に関する研究	QST	青野 辰雄
Y-19-24	片境 紗希	富山大学	放射性核種を化学トレーサーに用いた海底湧水による沿岸海域への水・物質輸送状況の解明	QST	青野 辰雄
Y-19-25	Estiner Walusungu Katengeza	東京大学	水底における堆積物中の放射性核種の移行挙動に関する研究	JAEA	眞田 幸尚
Y-19-26	斎藤 梨絵	福島県環境創造センター	避難指示区域及びその周辺地域を包括した福島県内におけるイノシシの個体群構造の究明	NIES	玉置 雅紀

# Estimation of biomass and stocks biologically mobility radionuclides using methods of processing aboveground and remote sensing data for radioactively contaminated forests in Ukraine

D

<sup>1</sup>The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics at University of Tsukuba, Tsukuba, Japan,

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

\*Corresponding author: holiaka\_d\_m@ukr.net

The study was carried out in the forest areas of the Chernobyl exclusion zone at the distances 4-12 km from the Chernobyl NPP industrial site. Forests cover about 60% of this area and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the dominant tree species spreading onto 60% of the forest area. During 2018-2019 we performed the UAV aerial photo surveys in 13 photo-stereogrammetric polygons where we established 31 experimental sites of pine stands. Biometric indicators of pine trees at forest sites have been determined to assess the aboveground biomass of stands with the help of regional bio-productivity regression equations for forest woody species. We had obtained descriptive statistics for CHM (Canopy Height Model) raster within experimental sites. A strong correlation between aboveground biomass for components stocks of pine stands and the arithmetic mean of CHM raster was detected (Spearman's rank correlation coefficient is 0.82), that allowed us to construct a simple linear regression on these indicators (with  $R^2=0.79$ ). Furthermore, tree crowns in the forest sites were identified. The modified R-script of package 'ForestTools' was used to conduct further analysis. Parameters for tree crowns were determined, namely local highest points (top of a tree crowns) and canopy area or radius of the crown. The implementation of the algorithm of this R package requires the introduction of additional indicators of tree crowns, which have a significant impact on the output results of their segmentation into different individual trees: this is the functional dependency of search radius on the height of trees and the minimum height for treetops and their crowns. Preliminary results of crown segmentation and identification of treetops allowed us to estimate the aboveground biomass of pine stands with slightly higher predictive ability ( $R^2=0.82$ ) using combination allometric dependencies. These approaches developed in the Chernobyl forest sites were applied to Japan in order to estimate the stand characteristics of the contaminated forest stands in Namie town of Fukushima prefecture.

**Keywords:** forest inventory parameters; regression; aerial survey; UAV; GIS; raster images; tree; canopy height model (CHM)

# Long-term prediction for collective radioactive particles by a Bayesian advection diffusion equation

Yusuke Uchiyama<sup>\*1</sup>, Yuko Hatano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MAZIN Inc.

<sup>2</sup>University of Tsukuba

\*Corresponding author: uchiyama@mazin.tech

Collective radioactive particles exhibit spatiotemporal random dynamics. To predict long-term behavior of the collective radioactive particles, we propose a Bayesian advective diffusion equation as an extension of existing model. For practical use, we derive parameter estimation and predicting methods of the proposed model.

**Keywords:** Collective radioactive particles, Advection diffusion equation, Bayesian model

## ベイジアン移流拡散方程式による大気中の放射性物質拡散挙動の長期予測

内山 祐介<sup>\*1</sup>、羽田野 祐子<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社MAZIN

<sup>2</sup>筑波大学

\*責任著者: uchiyama@mazin.tech

放射性粒子の集団運動はランダムな時空間変動を示す。このような時空間変動の長期予測を行うことを目的に、従来から使用されている移流拡散方程式をベイジアンモデルに拡張した。提案モデルは従来の移流拡散方程式をベースにしたベイジアンモデルであるため、観測データが得られるごとに潜在変数として与えられる流速場の情報を更新することができる。このモデルに対して、観測データが得られた際のモデルパラメータ推定手法と、条件付き分布による将来挙動の予測手法を導出した。

キーワード：放射性粒子の集団運動, 移流拡散方程式, ベイジアンモデル

# Mapping of water age in a forested headwater catchment after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident

Koichi Sakakibara<sup>\*1</sup>, Maki Tsujimura<sup>2</sup>, Sho Iwagami<sup>3</sup>, Kosuke Nagano<sup>4</sup>, Yuichi Onda<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Science, Shinshu University

<sup>2</sup>Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

<sup>3</sup>Forestry and Forest Products Research Institute, Forest Research and Management Organization

<sup>4</sup>Graduate School 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

To understand the fate of radionuclide in environment, it is important to clarify the linkage between environmental water circulation processes and behaviors of radionuclide in environment. However, this has not been well clarified yet in headwater regions. Therefore, objectives of this research are 1) to investigate spatial distribution of water age with revealing water circulation processes by using SF<sub>6</sub> and water isotopes as tracers, 2) to clarify the relationship between water age and dissolved radio-caesium concentration of subsurface water in a headwater catchment. The data of radio-caesium was referred from Iwagami et al. (2019). The estimated age of groundwater and spring water in the study area ranged from 0.7 to 28.8 years. The shallower groundwater (3 m below the ground surface) has younger water age than the deeper groundwater (10 - 20 m below the ground surface). Although there is no clear correlation between the water age and the dissolved radio-caesium concentration in the water, the older groundwater tends to have lower dissolved radio-caesium concentration. Moreover, a spring water has younger age (approximately 4 years); however, the high radio-caesium concentration was observed. This might be because of the interaction between spring water and litter/soil with relatively high concentration of radio-caesium in the vicinity of the ground surface before the groundwater discharge.

**Keywords:** Water age, Radio-caesium, Stable isotopes of water, Headwater

## 福島第一原子力発電所事故の影響を受けた山地森林における 環境水の滞留時間マッピング

榊原 厚一<sup>\*1</sup>、辻村 真貴<sup>2</sup>、岩上 翔<sup>3</sup>、長野 倅介<sup>4</sup>、恩田 裕一<sup>5</sup>

<sup>1</sup>信州大学理学部

<sup>2</sup>筑波大学生命環境系

<sup>3</sup>森林研究・整備機構 森林総合研究所

<sup>4</sup>筑波大学生命環境科学研究科

<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

環境中における放射性物質の移行の一部は水循環を介していることから、環境水と放射性物質の動態を同時に明らかにすることが重要である。しかしながら、陸域における水・物質循環の始点である山地源流域においては本課題に関し未解明な部分が多いことが現状である。従って、本研究は山地源流域を対象として、環境水の動態把握に必要な水の年代における空間分布を示し、放射性セシウム(<sup>137</sup>Cs)濃度との関係性を明らかにすることを目的とした。水の安定同位体比、SF<sub>6</sub>をトレーサとして用い、さらにIwagami et al. (2019)で報告された<sup>137</sup>Cs濃度を解析することにより以下のことが明らかになった。研究対象地の湧水・地下水の年代は0.7~28.8年を示した。浅層地下水(深度3 m)と比較をし、より深層の地下水(深度10~20 m)は古い年代を示す傾向が示された。環境水における<sup>137</sup>Cs濃度と年代との関係に明瞭な関係性はみられなかったが、全体的に古い年代を示す水ほど<sup>137</sup>Cs濃度は低い傾向にあった。湧水の年代は、4年程度と若い傾向にあるにもかかわらず<sup>137</sup>Cs濃度は高かった。これは、地表面付近において<sup>137</sup>Cs濃度の高い土壌やリターに浅層地下水が接触した後、湧水として流出することによるものと考えられた。

キーワード: 水年代、放射性セシウム、水の安定同位体、源流域

# Elucidation of transfer pathways of radiocesium in terrestrial invertebrates

Sota Tanaka\*<sup>1</sup>, Hotaru Kakinuma<sup>2</sup>, Tarô Adati<sup>2</sup>, Mariko Atarashi-Andoh<sup>1</sup>, Jun Koarashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency, Research Group for Environmental Science

<sup>2</sup>Tokyo University of Agriculture

\*Corresponding author: tanaka.sota@jaea.go.jp

Terrestrial invertebrates can be an indicator species of long-term behavior of radiocesium (<sup>137</sup>Cs) through the food chain because of their large biomass and importance as food resources for other organisms. In particular, the Joro spider, *Nephila clavata*, as a generalist predator, is considered an indicator species of <sup>137</sup>Cs contamination in insect communities because they prey on a variety of food resources from both grazing and detrital food chain. In the present study, the aggregated transfer factor ( $T_{ag}$ ) of <sup>137</sup>Cs for the spiders inhabited in a mountainous forest and the adjacent riverside area was estimated based on the <sup>137</sup>Cs activity concentrations in the spiders and the initial <sup>137</sup>Cs deposition densities map. The geometric means of  $T_{ag}$  values were 0.0013 m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup> (Min-Max: 0.0004–0.008 m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup>, n=10) and 0.0008 m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup> (Min-Max: 0.0002–0.002 m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup>, n=7) for the mountainous forest and the riverside, respectively. To investigate factors affecting the  $T_{ag}$  values for spiders in these area, stable carbon and nitrogen isotope ratios of the spiders were measured. Results showed that average values of the isotope ratios in spiders were higher ( $\delta^{13}C$ :  $-24.7 \pm 1.1\%$ ,  $\delta^{15}N$ :  $5.4 \pm 0.9\%$ ) in the mountainous forest than in the riverside area ( $\delta^{13}C$ :  $-26.2 \pm 0.6\%$ ,  $\delta^{15}N$ :  $3.8 \pm 0.8\%$ ), suggesting that the transfer of <sup>137</sup>Cs to spiders in the mountainous forest would be more dependent on detritus pathway (i.e., predation of organisms feeding on degraded, isotopically enriched organic materials) compared with the riverside area.

**Keywords:** Spider, Radiocesium, Aggregated Transfer factor ( $T_{ag}$ ), Stable carbon and nitrogen isotope ratios ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ), Transfer pathways

## 陸生無脊椎動物における放射性セシウムの移行経路の解明

田中草太\*<sup>1</sup>、柿沼穂垂<sup>2</sup>、足達太郎<sup>2</sup>、安藤麻里子<sup>1</sup>、小嵐淳<sup>1</sup>

<sup>1</sup>日本原子力研究開発機構 環境動態研究グループ

<sup>2</sup>東京農業大学

\*責任著者: tanaka.sota@jaea.go.jp

陸生無脊椎動物は、バイオマス量が多く、他の生物の餌資源として重要であるため、食物連鎖を介した放射性セシウムの長期移行挙動を解明する上で重要な指標になりうる。特に、ジョロウグモは、広食性の捕食者として、生食連鎖と腐食連鎖の双方から様々な餌資源を捕食するため、昆虫類の放射性セシウム汚染の指標となることが示唆されている。本研究では、山林と川沿いに生息するジョロウグモの<sup>137</sup>Csの面移行係数( $T_{ag}$ )を初期沈着量マップを用いて算出した。その結果、 $T_{ag}$ 値の幾何平均は、山林で0.0013 m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup>(Min-Max: 0.0004–0.008 m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup>, n=10)、川沿いで0.0008 m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup>(Min-Max: 0.0002–0.002 m<sup>2</sup>kg<sup>-1</sup>, n=7)であった。生息地による移行係数の違いの要因を明らかにするため、ジョロウグモの炭素・窒素安定同位体比( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ )を測定した結果、いずれの安定同位体比においても、山林( $\delta^{13}C$ :  $-24.7 \pm 1.1\%$ ,  $\delta^{15}N$ :  $5.4 \pm 0.9\%$ )で、川沿い( $\delta^{13}C$ :  $-26.2 \pm 0.6\%$ ,  $\delta^{15}N$ :  $3.8 \pm 0.8\%$ )よりも高い値を示した。これにより、山林に生息するジョロウグモにおける高い<sup>137</sup>Cs移行係数は、腐食連鎖由来の餌資源への依存が大きいためである可能性が示唆された。

キーワード: ジョロウグモ、放射性セシウム、面移行係数 ( $T_{ag}$ )、安定同位体比 ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ )、移行経路

# Search for wild species of the genus *Vigna* without accumulating cesium at the shoot apex

Yusaku Noda\*<sup>1</sup>, Jun Furukawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The National Agriculture and Food Research Organization, Genetic Resource Center

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

\*Corresponding author: Yusaku.Noda@ulb.ac.be

The purpose of this research was to evaluate the cesium (Cs) accumulation ability in the salt-tolerant wild species of the genus *Vigna* and to produce the low Cs accumulation plant. We revealed that Cs accumulation of 4 salt-tolerant species (*V. nakashimae*, *V. riukiensis*, *V. luteola* and *V. marina*) would have similarities and differences with the accumulation of the homologous element sodium (Na). However, all species showed high Cs accumulation at the shoot apex, and we could not evaluate it as low Cs accumulation plants. Here, we evaluated Cs accumulation in salt-tolerant species *V. vexilatta* (*V. vexilatta* var. *ovata* and *V. vexilatta* var. *macrosperma*) and *V. trilobata* (JP205895 and JP210605). As the results, all plants showed high Cs accumulation at the shoot apex. We found that most of 8 strain in 6 species has tolerant mechanism that suppress Na transport to the shoot apex, however, Cs transport to the shoot apex would not be mediated by these Na tolerant mechanism.

**Keywords:** The genus *Vigna*, Cesium, Sodium, Imaging plate

## 茎頂部に Cs を蓄積しない *Vigna* 属耐塩性野生種の探索

野田 祐作\*<sup>1</sup>、古川 純<sup>2</sup>

<sup>1</sup>農研機構 遺伝資源センター

<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: Yusaku.Noda@ulb.ac.be

本研究目的は *Vigna* 耐塩性野生種のセシウム (Cs) 蓄積能の評価から、Cs 吸収抑制植物を作出することである。これまでに耐塩性野生種4種 (*V. nakashimae*, *V. riukiensis*, *V. luteola* および *V. marina*) の Cs 蓄積は、同族元素であるナトリウム (Na) の蓄積と共通点や違いがあることを明らかにした。だが、いずれの野生種も茎頂部に Cs が高蓄積しており、Cs 低吸収植物と評価できなかった。そこで、新たに耐塩性野生種 *V. vexilatta* (*V. vexilatta* var. *ovata* および *V. vexilatta* var. *macrosperma*) および *V. trilobata*(JP205895 および JP210605)の Cs 蓄積を評価した。その結果、いずれも茎頂部に Cs が高蓄積していた。これまでに解析した6種8系統のほとんどは Na を茎頂へ輸送しない機構を持っていたが、Cs にはその制御機構は作用せず茎頂部に蓄積することが分かった。

キーワード: *Vigna* 属、セシウム、ナトリウム、イメージングプレート

# Feasibility of Cs-135 Measurements Using Accelerator Mass Spectrometry

Maki Honda\*<sup>1</sup>, Alexander Wieser<sup>1</sup>, Johannes Lachner<sup>1</sup>, Martin Martschini<sup>1</sup>, Peter Steier<sup>1</sup>, Alfred Priller<sup>1</sup>, Oscar Walther<sup>1</sup>, Robin Golser<sup>1</sup>, Keisuke Sueki<sup>2</sup>, Aya Sakaguchi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>VERA Laboratory, Isotope Physics, Faculty of Physics, University of Vienna

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

\*Corresponding author: hondam84@univie.ac.at, m-honda@ied.tsukuba.ac.jp

Transportation mechanisms of shorter-lived <sup>137</sup>Cs ( $t_{1/2}=30.1$  year) in the Fukushima area can be clarified by longer-lived fission product <sup>135</sup>Cs ( $t_{1/2}=2.3\times 10^6$  year). Cesium 135 and 137 in the standard materials (<sup>137</sup>Cs source from Amersham UK, and grass of IAEA-372) and blank samples (Cs ICP Standard, Millipore) were measured by accelerator mass spectrometry (AMS) at University of Vienna to develop the <sup>135,137</sup>Cs measurement. Cesium in ashed grass sample was leached using conc. HNO<sub>3</sub> in the first step. Cesium in the acid leachate (pH<1) was next collected using 20 mg of AMP, and then remaining Cs in the acid leachate was collected using another 20 mg of AMP. This duplicated step led the good Cs recovery of 100%. Cs was more purified using 10 mL of cation exchange resin (Dowex 50W×8, 100–200 mm, Alfa Aesar) in 9.5 mm i.d. PTFE column in the last step. The last step suppressed the amount of barium as <10 ng (10<sup>13</sup> atoms) in Cs fraction (about 60 mL of 1 M HNO<sub>3</sub>). The AMS system sufficiently suppressed Ba signal by a factor of >10<sup>8</sup> (10<sup>3</sup> in the ion source and 10<sup>4</sup> in the ion cooler). Extraction of CsF<sub>2</sub><sup>-</sup> beam from the mixed Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, PbF<sub>2</sub> and Cu powder sample was achieved by the fluoride sputtering with the current of 100 nA–1 μA. The intensity was 10–100 orders of magnitude greater than that of the Rb sputtering. The obtained <sup>137</sup>Cs/Cs ratios in the blank samples were (3–6) × 10<sup>-12</sup>. Therefore, limit of detection was estimated to be 10<sup>7</sup> atoms, which corresponding to 13 mBq <sup>137</sup>Cs and 0.17 μBq <sup>135</sup>Cs. Our new method enables <sup>135,137</sup>Cs measurements with around 0.5 g of dried soil sample, and around 5 g of dried foods (brown rice, soy bean and mushroom).

**Keywords:** <sup>135</sup>Cs, accelerator mass spectrometry, Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CsF<sub>2</sub><sup>-</sup>

## 加速器質量分析による放射性セシウム 135 の測定

本多 真紀\*<sup>1</sup>, Alexander Wieser<sup>1</sup>, Johannes Lachner<sup>1</sup>, Martin Martschini<sup>1</sup>, Peter Steier<sup>1</sup>, Alfred Priller<sup>1</sup>, Oscar Walther<sup>1</sup>, Robin Golser<sup>1</sup>, 末木 啓介<sup>2</sup>, 坂口 綾<sup>2</sup>

<sup>1</sup>VERA Laboratory, Isotope Physics, Faculty of Physics, University of Vienna

<sup>2</sup>筑波大学数理物質系

\*責任著者: hondam84@univie.ac.at, m-honda@ied.tsukuba.ac.jp

福島県内における <sup>137</sup>Cs の移行過程を継続的に調査するために、半減期が更に長い <sup>135</sup>Cs (半減期 2.3×10<sup>6</sup> 年) を <sup>137</sup>Cs のプロキシとして利用する方法が新たに注目されている。化学処理手順の確立及び、測定性能の評価をするため、<sup>137</sup>Cs 標準線源 (Amersham, UK)、IAEA-372 (Grass)、ブランク試料 (Cs ICP Standard, Millipore) を加速器質量分析 (AMS) で分析した。酸抽出 (灰分に 1 mg Cs 担体を添加して濃硝酸で抽出した) の後、Cs の回収率を上げるために 20 mg AMP による Cs 捕集を 2 回行うこととした。これにより、Cs は 100% 回収出来るようになった。陽イオン樹脂 (Dowex 50W×8, 100–200 mm, Alfa Aesar) による更なる Cs 精製においては、内径 9.5 mm の PTFE カラム、樹脂充填量 10 mL、1M 硝酸溶出で最終的に約 60 mL の Cs フラクシオンを得た。この条件では Cs フラクシオン中の Ba を <10 ng (10<sup>13</sup> atoms) にすることができた。試料に残っている Ba は AMS システムで更に分離される。見積りでは Ba の suppression factor は >10<sup>8</sup> (イオン源で 10<sup>3</sup>, 負イオン減速チャンバーで 10<sup>4</sup>) である。一方で Cs は、フッ素でスパッタリングすることによって Cs ターゲット (Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, PbF<sub>2</sub>, Cu の混合物) から 100 nA–1 μA (CsF<sub>2</sub><sup>-</sup>) の十分な電流が得られた。これは Rb イオン源の 10–100 倍の電流に当たる。ブランク試料の <sup>137</sup>Cs/Cs は (3–6) × 10<sup>-12</sup> で、試料当たりの検出限界は 10<sup>7</sup> atoms (13 mBq <sup>137</sup>Cs, 96 nBq <sup>135</sup>Cs) と見積もられた。本方法では約 0.5 g の乾燥土、約 5 g の食品 (玄米、大豆、しいたけ) で <sup>135,137</sup>Cs の測定が可能である。

キーワード: <sup>135</sup>Cs, 加速器質量分析, Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CsF<sub>2</sub><sup>-</sup>



# Radiocesium Concentrations in Wild Boar Captured within 20 km of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

Makiko Orita<sup>\*1</sup>, Noboru Takamura<sup>1</sup>, Cui Limeng<sup>1</sup>, Yasuyuki Yaira<sup>1</sup>, Yumiko Yamada<sup>1</sup>, Hirofumi Tsukada<sup>2</sup>

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

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

\*orita@nagasaki-u.ac.jp

Due to the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in 2011 large amounts of artificial radioactive substances were released into the environment. Tomioka town is located within 20 km of the FDNPP. After the accident, almost all residents evacuated. In April 2017, the town office decided to return to their hometown. In 2019, we measured the concentration of radiocesium in 202 muscle samples of wild boars captured in Tomioka town. 199 (98.5%) muscle samples still exceeded 100 Bq/kg. Radiocesium concentrations ranged from 87.1 to 8119.5 Bq/kg with the median concentration was 433.1 Bq/kg. The median committed effective dose of taking a sample once has been estimated to be 0.23  $\mu$ Sv for females and 0.32  $\mu$ Sv for males. Our results showed the relatively high levels of radiocesium in wild boars captured in Tomioka. Long-term monitoring is needed to identify the time trend or seasonal change of radiocesium concentration in wild boars.

## 富岡町におけるイノシシ中の放射性物質濃度評価

折田真紀子<sup>\*1</sup>、高村昇<sup>1</sup>、崔力萌<sup>1</sup>、平良文亨<sup>1</sup>、山田裕美子<sup>1</sup>、塚田祥文<sup>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

\*orita@nagasaki-u.ac.jp

福島県双葉郡富岡町は、東京電力福島第一原子力発電所事故によって全域避難を余儀なくされたが、2017年4月に帰還を果たした。今回は、2019年4月11日から12月27日までに町内で捕獲された202匹中のイノシシ肉中の放射性セシウム濃度を、ゲルマニウム半導体検出器を用いて測定した。202検体中199検体から国の基準値を超える放射性セシウムが検出された。放射性セシウム濃度の中央値は1キログラム当たり433.1ベクレル、最小値は87.1ベクレル、最大値は8119.5ベクレルだった。これらのイノシシを1回摂取した場合の預託実効線量の中央値は、男性で0.32 $\mu$ Sv、女性で0.23 $\mu$ Svであった。多くのイノシシから現在の基準値を超える放射性セシウムが検出され、今後も注意深いフォローアップが必要であると考えられた。

# Monitoring of continental fallout in Okinawa Prefecture

SHIROMA Yoshitaka\*<sup>1</sup>, NAKASONE Syunya<sup>2</sup>, HIRAO Shigekazu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of the Ryukyus

<sup>2</sup>University of the Ryukyus

<sup>3</sup>Fukushima University

\*Corresponding author: y\_shiro@cs.u-ryukyu.ac.jp

The cosmogenic Beryllium-7 (<sup>7</sup>Be, T<sub>1/2</sub> = 53.3 d) were measured to understand the characteristics of continental fallout in Okinawa Prefecture. The atmospheric depositions were collected using a sampling basin (It is 800 mm in diameter and 300 mm in thick) at rooftop of the building of the University of the Ryukyus Faculty of Science from December 2019. Collected samples were passed through a column which was packed with ion exchange resin for collecting the various radioactive species. The resin was dried, followed by packing into plastic containers. <sup>7</sup>Be concentrations in samples were measured by a high-purity Ge spectrometer for 250,000 sec, using  $\gamma$ -rays of 477.6 keV for the determination. The characteristics of <sup>7</sup>Be measured in Okinawa Prefecture will be report in the poster presentation.

**Keywords:** Beryllium-7, Atmosphere, Cosmogenic

## 沖縄県における大陸起源の放射性降下物モニタリング

城間吉貴\*<sup>1</sup>、仲宗根峻也<sup>2</sup>、平尾茂一<sup>3</sup>

<sup>1</sup>琉球大学

<sup>2</sup>琉球大学

<sup>3</sup>福島大学

\*責任著者:y\_shiro@cs.u-ryukyu.ac.jp

本研究では、沖縄県における大陸起源降下物の特徴を把握することを目的として、宇宙線生成核種である <sup>7</sup>Be (半減期: 53.3 日) の測定を行った。2020 年 12 月から琉球大学理学部の屋上に直径 800 mm・深さ 300 mm の大型水盤を設置し、大気降下物の採取を行った。採取した試料は、陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂を充填したアクリルカラムに流して、樹脂に放射性核種を吸着させた。その後、乾燥処理を行い、プラスチック製容器に封入し、Ge 半導体検出器を用いて 250,000 秒間測定した。<sup>7</sup>Be 濃度の算出には、477.6 keV の全エネルギー吸収ピークを用いた。発表では、沖縄県において測定された <sup>7</sup>Be の特徴について報告する。

キーワード: ベリリウム7、大気、宇宙線生成核種

# Study of radiocesium contamination of marine fishes in Fukushima Prefecture

Shotaro SUZUKI<sup>1</sup>, Yosuke AMANO\*<sup>1</sup>, Kyoichi KAMIYAMA<sup>1</sup>, Toshihiro WADA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Reserch Centre

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

\*Corresponding author: [yosuke\\_amano\\_01@pref.fukushima.lg.jp](mailto:yosuke_amano_01@pref.fukushima.lg.jp)

Radiocesium (<sup>137</sup>Cs) derived from Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP) affected contamination to marine fish species in Fukushima Prefecture. Previous study suggested that <sup>137</sup>Cs derived from Chernobyl was transferred to marine ecosystem and food web, and also showed relationships between <sup>137</sup>Cs concentration and stable isotopic ratios ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ). Although contamination process via food web is considered to be one of the main factors for marine fishes, little is known about this process especially in coastal environment in Fukushima.

Here, to reveal the effect of FDNPP accident, <sup>137</sup>Cs concentration of seven marine fishes (greenling *Hexagrammos otakii*, Japanese rockfish *Sebastes cheni*, Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*, Pacific cod *Gadus macrocephalus*, marbled sole *Pseudopleuronectes yokohamae*, slime flounder *Microstomus achne*, willow flounder *Tanakius kitaharai*) caught in Fukushima Prefecture during 2011-2018 were analyzed. Furthermore, to examine the relationship between <sup>137</sup>Cs contamination and the feeding habitat of these fishes, we conducted a stable isotopic analysis ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ).

Based on results obtained from a total of 25032 samples, it is readily apparent that <sup>137</sup>Cs concentration of all species have decreased dramatically during 2011-2018 and average <sup>137</sup>Cs concentration of each species showed the lowest value (0.25-1.59 Bq/kg) in 2018. We discussed the degreasing trend of <sup>137</sup>Cs concentration with fish size and stable isotopic data.

**Keywords:** Radiocesium, Marine fish

## 福島県沿岸域における魚類の放射性セシウム蓄積過程の解明

鈴木翔太郎<sup>1</sup>、天野洋典\*<sup>1</sup>、神山享一<sup>1</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:[yosuke\\_amano\\_01@pref.fukushima.lg.jp](mailto:yosuke_amano_01@pref.fukushima.lg.jp)

東京電力福島第一原子力発電所事故による放射性セシウム (<sup>137</sup>Cs) の海産魚介類への影響を明らかにするため、2011年から2018年に福島県沿岸域で採集された海産7魚種(アイサメ、シロメバル、ヒラメ、マダラ、マコガレイ、ババガレイ、ヤナギムシガレイ)の<sup>137</sup>Cs濃度と炭素・窒素安定同位体比(以下、CN比)を測定した。

7魚種の<sup>137</sup>Cs濃度は明示的な低下傾向を示し、2018年に採集された各魚種の平均値は0.25~1.59 Bq/kgであった。各魚種の<sup>137</sup>Cs濃度について、全長組成やCN比との関係から福島県沿岸域における魚種ごとの取り込みや低下傾向の違いについて解析を行った。

キーワード：放射性セシウム、海産魚類

# Elucidation of radioactive contamination level and establishment of extermination methods of invasive channel catfish toward the restoration of Fukushima's inland water fisheries

Junichi TAKAGI\*<sup>1</sup>, Toshihiro WADA<sup>2</sup>, Hiromichi MITAMURA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Informatics, Kyoto University

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

\*Corresponding author: takagi.junichi.34w@kyoto-u.jp

It is an urgent task to clarify the ecological characteristics of channel catfish *Ictalurus punctatus* in Abukuma River for the establishment of the suitable extermination methods for this invasive species, which are thought to increase drastically through reproduction around the hydroelectric dams. The aim of this study is to identify the spawning area in Shinobu Dam using acoustic telemetry techniques, and also to elucidate the radioactive contamination levels of this species. A total of 52 individuals (24 and 27 individuals in 2016 and 2017, respectively) surgically implanted with acoustic transmitters were released in Shinobu Dam. Eight receivers were deployed in the monitored 1.5 km area above the dam dike, and the additional receiver array was fixed around the potential spawning area. Results revealed that some individuals stayed around narrow areas (one to two sites) 500 m above the dike in June (spawning season), strongly suggesting the identified spawning sites. Mean <sup>137</sup>Cs concentration of channel catfish (34.9 Bq/kg) was higher than those observed in smallmouth bass, common carp and crucian carp collected in 2016, suggesting that this species can be an indicator species of radioactive contamination in Abukuma River.

**Keywords:** Biotelemetry, Spawning area, Abukuma River, Shinobu Dam, Channel catfish.

## 福島県の内水面漁業復興に向けた外来種チャネルキャット

### フィッシュの放射能汚染状況の解明と駆除手法の確立

高木淳一\*<sup>1</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>、三田村啓理<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院情報学研究科

<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: takagi.junichi.34w@kyoto-u.jp

福島県阿武隈川では、近年ダム周辺水域を中心に、再生産により外来魚チャネルキャットフィッシュが急激に増大していると考えられており、適切な駆除手法確立のための本種の生態解明が急務である。本課題では、バイオテレメトリーを用いて、阿武隈川信夫ダムにおける本種の産卵場所を特定するとともに本種の放射性セシウム濃度を明らかにすることを目的とした。超音波発信機を腹腔内に装着した52個体(2016年24個体、2017年27個体)を信夫ダムに放流した。調査水域約1.5 kmに8台の受信機を設置し、追跡した。また、多数の受信機を用いた音響アレイを配置し、より詳細な追跡を行った。測位データから、産卵期の6月に堰堤500m上流部付近の河岸沿いの1-2箇所の狭い範囲に、数週間程度留まる個体が複数観察され、産卵場と考えられた。2016年に採捕された本種個体の平均<sup>137</sup>Cs濃度は34.9 Bq/kgであり、コクチバスやコイ、ギンブナよりも濃度が高く、放射能汚染の指標種になると考えられた。

キーワード: バイオテレメトリー、産卵場、阿武隈川、信夫ダム、チャネルキャットフィッシュ

# Elucidation of Radiocaesium Migration Characteristics in Freshwater Fish inhabiting Upstream Ota River

Wataru TERAMOTO\*<sup>1</sup>, Toshihiro WADA<sup>2</sup>, Yumiko ISHII<sup>3</sup>, Seiji HAYASHI<sup>3</sup>, Kenji NANBA<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Inland Water Fisheries Experimental Station

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

<sup>3</sup>Faculty of Symbiotic System Science, Fukushima University

<sup>4</sup>Fukushima Branch, National Institute for Environmental Studies

\*Corresponding author: teramoto\_wataru\_01@pref.fukushima.lg.jp

Although nine years have passed since the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, radiocaesium concentration of freshwater fish is still significantly higher than that of sea fish, and, consequently, fishes in some lakes and rivers are listed as restricted foodstuffs for shipment. In this study, to predict the change in the radiocaesium concentration of freshwater fish, factors affecting its dispersion were examined. Specimens of freshwater fish, aquatic and terrestrial insects, river-bottom sediment, and river water were collected seasonally during April 2018 to December 2019 from four sites at Ota river in Fukushima Prefecture. <sup>137</sup>Cs concentration of specimens (only edible part in the fish) was measured using germanium semiconductor detectors. Air dose rate at a height of about one meter above ground in the surrounding environment was measured by radiation detector. The dose rate and <sup>137</sup>Cs concentration of the sediment, insects, white spotted charr *Salvelinus leucomaenis*, and masu salmon *Oncorhynchus masou* were higher in the upper site. <sup>137</sup>Cs concentration of the water did not have such a tendency, while there were differences among sites. <sup>137</sup>Cs concentration of the charr and salmon had a significantly positive correlation with total body length of them, and the obtained approximate straight line in the upper site showed a tendency to be larger inclination, whereas some values were deviated from the line. From the results of the degree of deviation and size-frequency distribution, it was suggested that some individuals could have migrated seasonally among sites, and the dispersion of <sup>137</sup>Cs concentration of both fishes within the same site could have increased and decreased. Furthermore, the results will be discussed with stomach contents.

**Keywords:** Masu salmon, White spotted charr, <sup>137</sup>Cs concentration, Seasonal variation, Differences among sites, River

## 太田川上流域における魚類への放射性セシウム移行特性の解明

寺本航\*<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>

<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: teramoto\_wataru\_01@pref.fukushima.lg.jp

東京電力福島第一原子力発電所事故後9年が経過した現在においても、淡水魚では海水魚に比べて放射性セシウム濃度が依然として高く、一部の魚種で水域により出荷制限や採捕自粛が続いている。漁業再開に向けた知見を得るためには、淡水魚への放射性物質の移行と蓄積過程を明らかにし、今後の淡水魚の放射性セシウム濃度の推移を予測することが重要である。本研究では、濃度推移予測の精度向上を図るため、生息環境、餌料生物、季節性など魚類の放射性セシウム濃度のばらつきに影響を与える要因について検討した。2018年4月から2019年12月にかけて計7回、太田川の4地点(各地点間2-3 km)にて電気ショッカー及び釣りにてイワナ・ヤマメを採捕し、同時に河川水・河床砂泥・昆虫類(水生・陸生)を採取した。採取した試料(魚類は可食部のみ)の<sup>137</sup>Cs濃度をGe半導体検出器により測定した。また、調査地点の空間線量率を放射線測定器を用いて測定した。空間線量及び河床砂泥・昆虫類・イワナ・ヤマメの<sup>137</sup>Cs濃度は上流ほど高い値を示した。河川水の<sup>137</sup>Cs濃度は調査地点間で異なっていたが、上流や下流ほど高いなどの傾向はなかった。調査地点ごとにイワナ・ヤマメの<sup>137</sup>Cs濃度と全長の間に有意な正の相関(サイズ効果)が認められ、上流ほど近似直線の傾きが大きくなる傾向があった。一方、近似直線から大きく外れた値が散見され、その程度と全長組成から個体によっては調査地点間を季節的に移動するため、同一地点内の魚類の<sup>137</sup>Cs濃度のばらつきが変化する可能性が示唆された。本講演では、さらに魚類の胃内容物に関するデータを含めて考察を行う。

キーワード: イワナ、ヤマメ、<sup>137</sup>Cs濃度、季節変動、地点間差、河川

# Elucidation of the migration ecology of fish around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant for risk assessment of radioactive contamination of fish

Takuji Noda\*<sup>1</sup>, Toshihiro Wada<sup>2</sup>, Hiromichi Mitamura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Informatics, Kyoto University

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

\*Corresponding author: noda.takuji.7m@kyoto-u.ac.jp

## Abstract

Recovery of coastal fisheries in Fukushima Prefecture have been significantly delayed due to the direct damage from the tsunami and the radioactive contamination of marine products after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident. One of the problems is that fish exceeding the regulatory limit of radioactive cesium are still inhabited near the FDNPP, and "the movement of fish cannot be controlled". The purpose of this study is to clarify when and how much fish caught in the banned areas (within 5 km radius area) use the coastal waters around the FDNPP, which is a key information for an accurate risk assessment of radioactive contamination of fish. An experiment was conducted with the cooperation of the Soma-Futaba Fishery Cooperative in the Ukedo area of Namie Town, located 5 km north of the FDNPP. From the end of November to the end of December 2018, depth and temperature loggers were installed to a total of 24 flatfishes; 15 Japanese flounders, 7 stone flounders, 1 marbled flounder, and 1 spotted halibut, caught by a stationary net. So far, 4 Japanese flounders and 2 stone flounders have been recaptured, and logger data has been successfully obtained. Currently, we are analyzing the movement trajectory using the obtained data, while measuring the radioactive cesium concentration in the muscles of the recaptured individuals, aiming at analyzing the relationship between the movement paths and the radioactive cesium concentrations.

**Keywords:** Bio-logging, fish, migration, Radioactive cesium

## 魚類の放射能汚染のリスク評価に向けた原発周辺海域の魚類の移動生態の解明

野田琢嗣\*<sup>1</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>、三田村啓理<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院情報学研究科

<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者: noda.takuji.7m@kyoto-u.ac.jp

福島県の沿岸漁業は、津波による直接的被害に加えて、原発事故に伴う魚介類の放射能汚染の問題により、復旧が著しく遅れている。その理由の一つとして、現在も原発港内には放射性セシウムの基準値を上回る魚類が未だに生息しており、「魚類の移動を制御することができない」ことが挙げられる。そこで本研究では、操業禁止エリアで採捕した魚類が、原発周辺の海域をいつどの程度利用しているかを明らかにすることで、魚類の放射能汚染の正確なリスク評価に資する情報を得ることを目的とした。原発から 5km 北に位置する浪江町請戸地区にて、相馬双葉漁業協同組合の協力を得て実験を行った。2018 年 11 月末-12 月末に、底建網で採捕されたヒラメ(15 個体)・イシガレイ(7 個体)・マコガレイ(1 個体)・ホシガレイ(1 個体)の合計 24 個体に深度・温度ロガーを装着し、その場で放流を行った。これまでにヒラメ 4 個体、イシガレイ 2 個体が再捕され、ロガーのデータ回収に成功した。現在、得られたデータを用いて移動履歴の解析を進めるとともに、再捕個体の筋肉中の放射性セシウム濃度を測定し、移動経路と放射性セシウム濃度の関係の解析を進めている。

キーワード: バイオロギング、魚類、移動生態、放射性セシウム

# Relationship between radiocesium concentration and trophic position of fish in Matsukawa-ura Lagoon, Fukushima Prefecture

Akira Matsumoto\*<sup>1</sup>, Yoshiaki Morioka<sup>1</sup>, Manabu Yamada<sup>1</sup>, Toshiyuki Sato<sup>1</sup>, Toshihiro Wada<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Research Institute of Fisheries Resources

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

\*Corresponding author: matsumoto\_akira\_01@pref.fukushima.lg.jp

Matsukawa-Ura Lagoon is a shallow brackish lagoon located in northeastern Fukushima prefecture. The lagoon is nursery ground for various juvenile fish. The objectives of the present study was to elucidate the effect of difference in diet on radiocesium (<sup>137</sup>Cs) concentration in grey mullet (*Mugil cephalus*) and Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*), which are typical fish species in brackish waters. From July to November 2019, grey mullet (n=15) and Japanese seabass (n=5) were collected using 2-m beam trawl and cast net in northern area of the lagoon. Their total length and body weight were measured. Stomach contents were also observed. The <sup>137</sup>Cs concentration in muscle of each individual was measured using high-purity germanium (HPGe) semiconductor detectors. Prey items of both fish species (mullet: sediments, seabass: mysid) were also collected at the same areas. The <sup>137</sup>Cs concentration of prey items were measured as mentioned above. The ranges of both fish species were 0.89–2.07 (grey mullet) and 1.36–2.70 Bq/kg-wet (Japanese seabass), respectively. There was no clear difference. On the other hand, the <sup>137</sup>Cs concentration of sediment sample and mysid were 50.0 and 0.98 Bq/kg, respectively. Currently, the accumulation from seawater, rather than food web transfer, may be the main source of <sup>137</sup>Cs in fish inhabiting in Matsukawa-Ura Lagoon. Although grey mullet actually fed on sediments, there was little transfer of <sup>137</sup>Cs from those sediments.

**Keywords:** Grey mullet, Japanese seabass, <sup>137</sup>Cs concentration, Matsukawa-Ura Lagoon

## 福島県松川浦における魚類の放射性セシウム濃度と栄養段階との関係

松本 陽\*<sup>1</sup>、守岡良晃<sup>1</sup>、山田学<sup>1</sup>、佐藤利幸<sup>1</sup>、和田敏裕<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島県水産資源研究所

<sup>2</sup>福島大学環境放射能研究所

\*責任著者:matsumoto\_akira\_01@pref.fukushima.lg.jp

福島県北部にある松川浦は、汽水の閉鎖性潟湖であり、多くの魚種の成育場となっている。本発表では、こうした汽水域の代表種であるボラ *Mugil cephalus* およびスズキ *Lateolabrax japonicus* に着目し、<sup>137</sup>Cs 濃度に対する食性の影響を明らかにすることを目的とした。2019年7～11月の間に、松川浦北部において、ビームトロール網および投網により、ボラ 20 個体、スズキ 5 個体を採捕した。体サイズの測定と胃内容物の観察を行った後、個体ごとに筋肉の <sup>137</sup>Cs 濃度を測定した。同地点において、両種の餌（ボラ：堆積物、スズキ：イサザアミ *Neomysis awatschensis*）を徒手採捕し、<sup>137</sup>Cs 濃度を測定した。ボラおよびスズキの <sup>137</sup>Cs 濃度の範囲は、それぞれ 0.89–2.07 および 1.36–2.70 Bq/kg であり、明瞭な差はなかった。一方、餌である堆積物およびイサザアミの <sup>137</sup>Cs 濃度は、それぞれ 50.0 および 0.98 Bq/kg であった。これらの結果から、現在の松川浦における魚類の <sup>137</sup>Cs 濃度は、食性よりも海水の濃度に依存すると考えられた。また、堆積物に <sup>137</sup>Cs が吸着していても魚類への移行はほぼないことが示された。

キーワード：ボラ、スズキ、<sup>137</sup>Cs 濃度、松川浦

# Evaluation of dose from handling radionuclides contaminated materials.

Kazuji Miwa\*<sup>1</sup>, Takeshi Iimoto<sup>2</sup>, Shigekazu Hirao<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Environment Systems, Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

<sup>2</sup>Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

<sup>3</sup>Fukushima University

\*Corresponding author; miwa.kazuji@jaea.go.jp

As the first year of this research, we focus on dose evaluation by reusing radionuclides contaminated materials which are generated by radiation emergency. We evaluate exposure dose by radiocesium which is discharged into the ocean by assuming using radiocesium-contaminated soil to coastal reclamation. *Miwa, et al., 2019<sup>1</sup>* evaluated internal exposure dose by marine products ingestion. By this study, it is suggested the external exposure dose of public on beach is same order as the internal exposure dose by marine products ingestion which is the highest exposure dose from radiocesium in ocean. We also evaluate external exposure dose assuming use of contaminated rubble for material of parking place in Fukushima Daiichi NPS (1F). *Miwa, et al., 2019<sup>2</sup>* evaluated exposure dose by use of contaminated rubble for road material. The length of parking place is shorter than the road, however dose conversion coefficient by radiocesium for worker on the parking place is almost same with the value of worker on the road in previous study.

**Keywords:** Radiocesium-contaminated soil, contaminated rubble, Reusing, Exposure dose evaluation

## 放射性物質で汚染された物品等の扱いによる影響の評価

三輪 一爾<sup>1</sup>、飯本 武志<sup>2</sup>、平尾 茂一<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻

<sup>2</sup>東京大学大学院新領域創成科学研究科

<sup>3</sup>福島大学

\*責任著者：miwa.kazuji@jaea.go.jp

研究初年度となる令和1年度は、放射線災害にて発生した放射性物質で汚染された物品等の扱いとして、資源の有効活用の観点から再生利用に着目した。本研究では、除去土壌を海面埋立地に再生利用することを想定したときの、海洋へ流出した核種による被ばく線量を評価した。既往評価として、海産物摂取による内部被ばく線量を評価した *Miwa, et al., 2019<sup>1</sup>* がある。ここでは海岸活動者の外部被ばくについて着目し、海洋へ流出した核種からの被ばく線量が最も大きい海産物摂取（成人）と同オーダーであることが分かった。また、福島第一原子力発電所(1F)敷地内にある汚染がれきを敷地内の駐車場の補修に再生利用すること想定した際の被ばく評価を行った。既往研究には道路への再生利用に関する *Miwa, et al., 2019<sup>2</sup>* がある。放射性セシウムからの外部被ばくを考慮した場合、補修箇所中央高さ1mの外部被ばく線量換算係数は、評価体系の長さが大きく異なるが、結果としては道路に関する評価値と同程度になった。

<sup>1</sup> Miwa, et al., *Radiation Protection Dosimetry*, 184, 2019, <sup>2</sup> Miwa, et al., *Progress in Nuclear Science and Technology*, 6, 2019

キーワード：除去土壌、汚染がれき、再生利用、線量評価



# DNA analyses to estimate life-time dose from radiation exposures estimation of life-time doses to wild boar using dicentric chromosome analysis

Donovan Anderson<sup>\*1</sup>, Tomisato Miura<sup>2</sup>, Yohei Fujishima<sup>3</sup>, Kei Okuda<sup>4</sup>, Nanba Kenji<sup>1,5</sup>, Thomas Hinton<sup>5</sup>, Hiroko Ishiniwa<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup>Department of Health and the Exposure Laboratory, Hirosaki University

<sup>3</sup>School of Medicine, Tohoku University

<sup>4</sup>Faculty of Human Environmental Studies, Hiroshima Shudo University

<sup>5</sup>Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University

\*Corresponding author: s1782002@ipc.fukushima-u.ac.jp

A dicentric chromosomal aberration occurs as a result of DNA lesion from radiation exposure and quantifying dicentrics is a primary standard of cytogenetic biodosimetry, as it has the necessary sensitivity for assessing significant acute radiation doses. Recent studies have shown utility of dicentrics for determination of chronic doses, however, it is uncertain if it is sufficient at low radiation exposures. The opportunity to utilize cytogenetic biodosimetry methods as a dosimeter for chronic radiation exposures will improve future studies on dose-effect relationships on free-ranging mammals which inhabit areas that vary in dose levels. Thus, the objective of this study is to determine if quantifying dicentrics is a suitable biodosimetry method to estimate chronic radiation exposures to Japanese wild boar by comparing with other methods which also estimate radiation exposure. The research was conducted using 154 wild boars collected from multiple areas within the Difficult to Return to zone in Fukushima, which varied in levels of radiation exposure. Blood was incubated, cultured, and lymphocytes were harvested according to International Atomic Energy Agency standard protocol then analyzed for possible dicentrics. Concurrently, radiation dose of boars was estimated using a method based on internal measurements of radionuclide concentrations in muscle tissue and external measurements from ambient doses at capture sites multiplied by the corresponding estimated age of each boar. The current progress showed no relationship between the number of dicentric aberrations and estimated radiation dose. This result possibly indicates that radiation exposure observed in Fukushima may be too low to detect dicentrics in Japanese wild boar. Future analysis will be done on wild boar sampled in areas with higher radiation exposure and also done by other possible methods to estimate radiation dose to confirm our results.

**Keywords:** dicentric, biodosimetry, low-dose chronic exposure

# Establishment of a novel cytogenetic dosimetry method using chromosome condensation inhibitors

Yu Abe\*<sup>1</sup>, Mitsuaki A. Yoshida<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiation of Life Sciences, Fukushima Medical University School of Medicine, Fukushima, Japan.

<sup>2</sup>Department of Radiation Biology, Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University, Hirosaki, Japan

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

The metaphase dicentric (Dic) assay is gold standard in cytogenetic biodosimetry and is the main aberration used for biodosimetry. For accurate assessment, the first metaphase chromosome image must be captured after prolonged colcemide treatment. However, the determination of Dic is made difficult by long-term colcemide treatment because of excessive chromosome condensation. Therefore, we focused on the regulation of chromosome condensation by mitotic kinase and attempted to control chromosome condensation by mitotic kinase inhibitors. First, we used the B lymphoblastoid cell line to determine the criteria for excessive chromosome condensation based on the arm length and width of chromosome 2. Next, we observed the change in the degree of chromosome condensation by the inhibitor, and added the inhibitor over time in parallel with colcemid treatment. As a result, some kinases including Casein kinase 2 tended to reduce excessive chromosome condensation. However, under multiple treatment conditions of the inhibitor, no more effect was observed than when the inhibitor was added alone. Excessive chromosome condensation was suppressed within 2 hours of the treatment with the inhibitor before the end of the culture. There are still many unclear points about the inhibitor treatment conditions. Therefore, it is necessary to clarify detailed conditions for preparing chromosome specimens for which Dic determination is easy.

**Keywords:** dicentric chromosomes, chromosome condensation, Mitotic kinase inhibitor

## 染色体凝縮阻害剤を用いた新規細胞遺伝学的線量評価法の確立

阿部 悠\*<sup>1</sup>、吉田 光明<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島県立医科大学 医学部 放射線生命科学講座

<sup>2</sup>弘前大学 被ばく医療総合研究所 放射線生物学部門

\*責任著者: abeyu@fmu.ac.jp

二動原体染色体(Dic)法は、緊急被ばく医療における生物学的線量評価法のゴールドスタンダードであり、正確な被ばく線量評価を行うには、長時間のコルセミド処理で1回目の分裂中期染色体像を捉えなければならない。しかし、コルセミド処理時間が長くなるほど染色体が過度に凝縮しDicの鑑別が難しくなる。そこで我々は、染色体凝縮が分裂期キナーゼによって制御されていることに着目して、阻害剤による染色体凝縮制御を試みた。Bリンパ芽球細胞株で2番染色体を指標とした染色体過凝縮の評価基準について確認した後、細胞培養時にキナーゼ阻害剤を添加し、染色体凝縮度の変化を観察したところ、Casein kinase 2を始めとするいくつかのキナーゼで染色体の過凝縮緩和の傾向が認められた。次いで、阻害剤の組み合わせを変えて複数同時に添加した場合は、阻害剤を単独で添加した条件以上の過凝縮緩和は認められなかった。いずれも阻害剤処理は培養終了前の2時間以内の比較的短い処理時間で過凝縮緩和効果が認められたため、Dic鑑別が容易な標本作製条件について詳細な条件を明らかにする必要がある。

キーワード：二動原体染色体、染色体凝縮、分裂期キナーゼ阻害剤

# Application of Radon and Its Decay Products Monitor Using Two-filter Method As A Monitor for Airborne Radionuclides Under Nuclear Disaster

Yu Igarashi <sup>\*1</sup>, Takeshi Iimoto <sup>2</sup>, Masahiro Hosoda <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

<sup>2</sup> Division for Environment, Health and Safety, The University of Tokyo

<sup>3</sup> The Institute of Radiation Emergency Medicine, Hiroshima University

\*Corresponding author: yu.igarashi@envsys.k.u-tokyo.ac.jp

The purpose of this study is as the following two points. The first is to realize stable measurement of concentrations of radon and its decay products in air using one monitor by opening or closing the window of the first filter of radon concentration monitor based on two-filter method. The second is to develop an emergency monitoring method under nuclear disasters using this monitor, taking into account existing of radon and its decay products evaluated as environmental background. In the first year of this study, we tried to realize operational stability of the monitor for the first purpose, and selected a semiconductor detector to measure  $\alpha/\beta$ -rays at the same time as well as acquired its basic characteristics for the second purpose. In FY2020, we will investigate measurement loss due to the attachment of radionuclides particulate to the inner wall of the collection container for the first purpose, and will design a conceptual for the analysis of acquired data related for the second purpose.

**Keywords:** Two-filter method, Radon & its decay products concentration, Nuclear disaster, Emergency monitoring

## 2 フィルター法を用いたラドン族濃度測定器の原子力災害における空気中放射性物質濃度測定への応用利用

五十嵐 悠<sup>\*1</sup>、飯本 武志<sup>2</sup>、細田 正洋<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科

<sup>2</sup> 東京大学環境安全本部

<sup>3</sup> 弘前大学被ばく医療総合研究所

\*責任著者: yu.igarashi@envsys.k.u-tokyo.ac.jp

本研究では以下の2点を研究目的とする。1点目は、2フィルター法をベースとしたラドン濃度測定器の1段目フィルターを開閉することによる、単一測定器でのラドンおよび壊変生成物の空気中濃度安定測定の実現、2点目はこの測定器を用いて、環境BGとして評価されたラドン族濃度を考慮した、原子力災害時における緊急時モニタリング手法の開発である。

研究初年度となる今年度は、前者のための当該測定器の運転安定性の確認と、後者のための $\alpha/\beta$ 線用半導体検出器の選定及びその基本的特性の取得を実施した。

今後は、前者のための捕集容器内壁への粒子性放射性物質の付着による測定ロスについての検討、後者に関連した取得データ解析のための概念設計を実施する。

キーワード: 2フィルター法、ラドン族濃度、原子力災害、緊急時モニタリング

# Thoron infiltration through filters used for diffusion-type radon-thoron detectors

Yasutaka Omori<sup>\*1</sup>, Yuki Tamakuma<sup>2</sup>, Takahito Suzuki<sup>3</sup>, Eka Djatnika Nugraha<sup>3</sup>, Miki Arian Saputra<sup>3</sup>, Masahiro Hosoda<sup>3</sup>, Shinji Tokonami<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Medical University School of Medicine

<sup>2</sup>Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University

<sup>3</sup>Hirosaki University Graduate School of Health Sciences

\*Corresponding author: ys-omori@fmu.ac.jp

Air infiltration through a filter depends partly on pressure difference induced in the filter, i.e., air-flow conditions of the outer air. Consequently, response of diffusion-type detectors to radon and thoron may vary with air-flow conditions surrounding the detectors. This effect may be significant for thoron measurement because half-life of thoron is shorter than that of radon. The present study aimed at examining response of diffusion-type detectors (RADUET and AlphaGUARD) to thoron with respect to wind speed using a thoron calibration chamber established in Hirosaki University. Response of RADUET to thoron increased monotonically with wind speed. Response of AlphaGUARD increased with wind speed, but it became constant in higher wind speed. Different trend of thoron response between RADUET and AlphaGUARD can be explained by conditions of flow induced by pressure difference in filters of these two detectors. For RADUET, laminar flow was induced in the filter in the examined range of wind speed, which means that rate of thoron infiltration into the detector increased with wind speed. For AlphaGUARD, laminar flow was induced in the lower range of wind speed, whereas the flow was changed to turbulent flow at higher wind speed in which rate of thoron infiltration into the detector did not depend on wind speed.

**Keywords:** Advection, Diffusion-type detector, filter, Laminar flow, Thoron, Turbulent flow, Radon

## ラドン・トロン拡散型測定器に使用される子孫核種除去フィルタのトロン浸透率

大森 康孝<sup>\*1</sup>, 玉熊 佑紀<sup>2</sup>, 鈴木 崇仁<sup>3</sup>, Eka Djatnika Nugraha<sup>3</sup>, Miki Arian Saputra<sup>3</sup>, 細田 正洋<sup>3</sup>, 床次 眞司<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島県立医科大学医学部

<sup>2</sup>弘前大学被ばく医療総合研究所

<sup>3</sup>弘前大学大学院保健学研究科

\*責任著者: ys-omori@fmu.ac.jp

フィルタの空気浸透特性はフィルタ間の差圧、すなわち外気の流動性に依存する。このため、付随する子孫核種除去フィルタによりラドン・トロンのみを弁別して検出器へ導入する拡散型ラドン・トロン測定器では、測定値は外気の濃度の他に外気の流動性に依存すると考えられる。特に、半減期が短いトロンではその影響が大きいと予想される。そこで、弘前大学に設置されたトロンチャンバーを用いて拡散型測定器 (RADUET および AlphaGUARD) の曝露実験をおこない、トロンチャンバー内の風速と測定器のトロンへの応答の関係を調べた。その結果、RADUET の応答は風速の増加に従って単調に増大した。一方、AlphaGUARD の応答は、低風速域では風速の増加に従って増大したが、高風速域では一定であった。両測定器の異なる応答は、フィルタを浸透する流れ (移流) の形態が、RADUET および低風速域の AlphaGURAD では層流が卓越し、高風速域の AlphaGURAD では乱流が卓越していることを示唆する。

キーワード: 移流、拡散型測定器、層流、トロン、フィルタ、ラドン、乱流

# Development of quantitative analysis method using radon to elucidate complex groundwater processes unique in limestone area

Nakasone Shunya\*<sup>1</sup>, Akata Naofumi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduated School of Engineering and Science, University of the Ryukyus

<sup>2</sup>Institute of Radiation Emergency Medicine, Hiroshima University

\*Corresponding author: k198602@eve.u-ryukyu.ac.jp

In a limestone area, rainwater penetrates along eroded fissures and underground cavities typical of limestone. Therefore, it is difficult to estimate the flow path and residence time of groundwater using a conventional numerical model. The aim of this study was to estimate the behavior of groundwater in the limestone area using radon as a tracer. The samples were collected from drop water in the ceiling of the Gyokusendo cave located in Okinawa Island. The radon concentrations were measured with liquid scintillation counter (Tri-Carb2910TR, PerkinElmer) for 60 min per sample. The arithmetic mean  $\pm$  standard deviation of radon concentrations were estimated to be 10.51  $\pm$  0.71 Bq/L. The radon concentrations were observed seasonal variation with high in summer, low in winter. The average monthly rainfall was 162 mm, tending to be high in summer and low in winter. Compared to the radon concentrations, a shift of 2 to 3 months was confirmed. Rainwater exceeding about 30 mm/day was observed (22<sup>nd</sup> Nov, 5<sup>th</sup>, 22<sup>nd</sup> 31<sup>st</sup> Dec), during the observation period of drop water in the cave, however the same fluctuation tendency was not observed. On the other hand, a remarkable peak (506 mm/day, 14<sup>th</sup> Dec) was observed in the drop water amount data. More than about 50 mm/day of rainwater was observed before the peak (8<sup>th</sup> 15<sup>th</sup>, 22<sup>nd</sup> Sep, 22<sup>nd</sup> Oct). Since the amount of drop water data is limited, it is qualitatively suggested that a shift of about 2 to 3 months between rainwater and drop water. From the above, the relationship between the radon concentrations, rainwater and the amount of drop water suggested the possibility that radon in drop water can be used as a groundwater tracer in the Gyokusendo.

**Keywords:** Radon, Groundwater tracer, Limestone cave, Dripping water, Penetration time

## 石灰岩地域特有の複雑な地下水プロセスを解明するためのラドンを用いた定量解析手法の開発

仲宗根 峻也\*<sup>1</sup>、赤田 尚史<sup>2</sup>

<sup>1</sup>琉球大学大学院理工学研究科（博士後期課程）海洋環境学専攻

<sup>2</sup>弘前大学被ばく医療総合研究所

\*責任著者:k198602@eve.u-ryukyu.ac.jp

石灰岩地域において、雨水は溶食された割れ目沿いや地下空洞などに浸透するため、既存の数値モデルを用いて、地下水の流動経路やその滞留時間を推測することは困難である。本研究では、石灰岩地域の地下水挙動を把握することを目的とし、地下水トレーサーとしてラドンの適用性を評価するため、沖縄県南部に所在する玉泉洞（鍾乳洞）の天井からしみ出た滴下水中のラドン濃度を測定した。また、雨水が地下に涵養し、天井部に到達することで滴下水としてしみ出ることから、地下水の浸透時間を把握するためのパラメータとして、降水量及び滴下水量を用いた。

本研究では沖縄島南部の玉泉洞において、月毎にサンプリングを行い、液体シンチレーションカウンタ（Tri-Carb2910TR, PerkinElmer）で60分間測定した。また、降水量は玉泉洞近傍の地域気象観測システム（アメダス糸数観測所）を利用し、滴下水量データ取得のためサンプリング地点直下に雨量計（RG3-M, Onset）を設置した。本発表では、ラドン濃度および降水量は2019年1月～12月、滴下水量は2019年11月～現在までのデータを示す。

滴下水中ラドン濃度の算術平均値  $\pm$  標準偏差は、10.51  $\pm$  0.71 Bq/Lであった。また、夏季に高く冬季に低い季節変化を示した。月間平均降水量は162 mmであり、夏季に高く冬季に低い傾向であった。ラドン濃度と比較して、2～3ヶ月のズレが確認された。また、滴下水量の観測期間中に約30 mm/dayを超える雨量が観測されたが（11/22, 12/5, 22, 31）、同様の変動傾向はみられなかった。一方、滴下水量データにおいて顕著なピーク（506 mm/day, 12/14）が観測された。ピーク以前に約50 mm/dayを超える雨量が観測（9/8, 15, 22, 10/22）された。滴下水量データが限られているため定性的ではあるが、降水と滴下水には約2～3ヶ月のズレが示唆される。以上より、上記の関係から、滴下水中ラドンが玉泉洞において、地下水トレーサーとして適用できる可能性が示唆される。

キーワード：ラドン、地下水トレーサー、鍾乳洞、滴下水、浸透時間

# Development an approach to therapy for radition injury using Muse cell.

Yohei Fujishima<sup>\*1</sup>, Takuma Hashimoto<sup>1</sup>, Yusuke Urushihara<sup>1</sup>, Li Gen<sup>2</sup>, Mari Dezawa<sup>2</sup>, Yoshio Hosoi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Radiation Biology, Tohoku University School of Medicine

<sup>2</sup> Department of Stem Cell Biology and Histology, Tohoku University School of Medicine

\*Corresponding author: yohei.fujishima@med.tohoku.ac.jp

In the event of a radiation accident or radiation therapy, it is important to cure the radiation injury in normal tissue. Currently, however, there is only steroid therapy and symptomatic therapy as possible strategy. Multilineage-differentiating stress-enduring (Muse) cells, identified as cells positive for the pluripotent marker stage-specific embryonic antigen-3 (SSEA-3), were discovered as stress-tolerant pluripotent stem cells. They also have an ability to differentiate into cells representative of all three germ layers (ectoderm, mesoderm, and endoderm) from a single cell and tolerate stresses. Clinical trials have been started in 2018, targeting acute myocardial infarct, stroke, and epidermolysis bullosa patients, and this suggest that Muse cell has a potential for tissue repairing. In this study, our goal is to examine the effectiveness of the Muse cell for radiation injury. And this study is also aimed to evaluate the radiation injury of each organ by using the distribution of Muse cell toward damaged tissue, and to estimate the radiation damage in the low dose range by obtaining the dose effect curve. We will discuss current results in this presentation.

**Keywords:** Muse cell, radiation injury.

## Muse 細胞を用いた放射線障害に対する治療法の開発

藤嶋 洋平<sup>\*1</sup>、橋本 拓磨<sup>1</sup>、漆原 佑介<sup>1</sup>、李 根<sup>2</sup>、出澤 真理<sup>2</sup>、細井 義夫<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院 医学系研究科 放射線生物学分野

<sup>2</sup> 東北大学大学院 医学系研究科 細胞組織学分野

\*責任著者: yohei.fujishima@med.tohoku.ac.jp

緊急被ばく医療の被ばく者への対応や医療での放射線治療において、正常組織の放射線障害の治療は重要である。多能性幹細胞として知られる Muse 細胞は、組織から SSEA-3 陽性細胞として分離することが可能であり、外胚葉系、中胚葉系、内胚葉系の細胞に分化することができる。2018 年 1 月より急性心筋梗塞、脳梗塞および表皮水疱症患者を対象とした探索的臨床試験が開始されており、障害を受けた組織の修復に効果的であることが臨床的にも強く示唆されている。本共同研究は、2 Gy の放射線を照射した SCID マウスの放射線障害部位に Muse 細胞が生着するか調べ、放射線障害の治療への有効性を評価することを目的としている。さらに、Muse 細胞が障害を受けた組織に分布することを指標とし、臓器ごとの放射線障害を評価するとともに、線量効果曲線を求めることにより低線量域での放射線障害を推定することを目的とする。本演題では現在得られている結果について紹介する。

キーワード: Muse 細胞、放射線障害

# Effect of radiocesium-bearing microparticles from suspended particles on the solid-water distribution coefficient

Hikaru Miura\*<sup>1</sup>, Takashi Ishimaru<sup>2</sup>, Yukari Ito<sup>2</sup>, Jota Kanda<sup>2</sup>, Yuichi Kurihara<sup>3</sup>, Atsushi Kubo<sup>4</sup>, Daisuke Tsumune<sup>1</sup>, Hirofumi Tazoe<sup>5</sup>, Yoshio Takahashi<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Central Research Institute of Electric Power Industry, <sup>2</sup>Tokyo university of marine science and technology, <sup>3</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>4</sup>Shizuoka university, <sup>5</sup>Hirosaki university, <sup>6</sup>The university of Tokyo

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

Miura et al. (2018) reported cesium-bearing microparticles (CsMPs) from the suspended particles in river water and their effect on  $K_d$  value, which suggested CsMPs may exist in the ocean transported through rivers. Kubo et al. (2018) and Ikenoue et al. (2018) reported hot spots in the ocean samples by autoradiography but they did not separate CsMPs from these spots. In this presentation, we first report CsMPs separated from marine suspended particles, sinking particles, and sediments in coastal area of Fukushima and compare them with CsMPs from the terrestrial samples. We collected suspended particles (2011, 2013, 2015, 2019), sinking particles (2014), sediment cores (2011) from coastal area of Fukushima. By a wet separation method (Miura et al., 2018), we separated CsMPs from these samples. After measurement of radioactivity with a high-purity germanium semiconductor detector, scanning electron microscope (SEM) and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) analyses were performed for separated CsMPs. Using autoradiography, we calculated  $^{137}\text{Cs}$  activity of unseparated hot spots over 0.1 Bq, which may be CsMPs. We separated 5 CsMPs from marine samples. The results of SEM-EDS analyses showed that these CsMPs have almost similar characteristics to the reported CsMPs because they mainly consist of Si, Cs, Fe, and Zn. Their  $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity per volume are similar to reported CsMPs from Unit 2 or 3. CsMPs in the ocean samples will make apparent  $K_d$  values be higher than intrinsic  $K_d$  values related to the adsorption-desorption reaction to the clay minerals, which may explain the large variation of Cs concentration in marine samples.

**Keywords:** Radiocesium, Radiocesium-bearing microparticle, Suspended particle from ocean

## 熊川沖の懸濁粒子中のセシウム含有粒子中のセシウムが固液分配に与える影響評価

三浦 輝\*<sup>1</sup>、石丸 隆<sup>2</sup>、伊藤 友加里<sup>2</sup>、神田 譲太<sup>2</sup>、栗原 雄一<sup>3</sup>、久保 敦<sup>4</sup>、津旨 大輔<sup>1</sup>、田副 博文<sup>5</sup>、高橋 嘉夫<sup>6</sup>

<sup>1</sup>電力中央研究所、<sup>2</sup>東京海洋大学、<sup>3</sup>日本原子力研究開発機構、<sup>4</sup>静岡大学、<sup>5</sup>弘前大学、<sup>6</sup>東京大学

\*責任著者: hi-miura@criepi.denken.or.jp

Miura et al. (2018) は河川懸濁粒子中から放射性Cs粒子 (CsMPs) を発見し、CsMPs が河川を通じて海洋へと移行していることを示唆した。その後、Kubo et al. (2018)、Ikenoue et al. (2018) はオートラジオグラフィを用いて、海洋サンプル中に放射能が特異的に高い粒子が含まれることを報告したが、粒子の単離や分析は行っていない。本研究では、種々の海洋サンプルから高線量粒子を単離、分析し、陸域由来のCsMPs との比較を行った。サンプルとして、福島沿岸域で採取された海洋懸濁粒子 (2011, 2013, 2015, 2019)、海洋沈降粒子 (2014)、海洋堆積物 (2011) を用いた。湿式分離 (Miura et al., 2018) 法を用いてCsMPs を計5粒子単離し、放射能測定と電子顕微鏡観察を行った。1粒子あたりの $^{137}\text{Cs}$ 放射能が0.1 Bqを超えるCsMPs と推測される未分離の高線量粒子についても、オートラジオグラフィを用いて定量を行った。電子顕微鏡観察の結果、粒子はSi、Cs、Fe、Znなどを含んでおり、既報のCsMPsと同様の元素組成であった。 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比、粒子の体積あたりの $^{137}\text{Cs}$ 濃度から、福島第一原発2号機もしくは3号機由来であることが示唆された。CsMPの存在が海洋におけるCsの $K_d$ を見かけよりも大きくしており、Csの濃度や $K_d$ の大きなばらつきを生じさせる原因の一つとなることが示唆された。

キーワード: 放射性セシウム、放射性セシウム粒子、海洋懸濁粒子

# Analysis of nonvolatile nuclides in radioactive particles released from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident

Junya Igarashi<sup>\*1</sup>, Jian Zheng<sup>2</sup>, Zijian Zhang<sup>1</sup>, Kazuhiko Ninomiya<sup>1</sup>, Yukihiko Satou<sup>3</sup>, Miho Fukuda<sup>2</sup>, Youyi Ni<sup>2,4</sup>, Tatsuo Aono<sup>2</sup>, Atsushi Shinohara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Osaka University

<sup>2</sup>Department of Radioecology and Fukushima Project, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

<sup>3</sup>Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science, Japan Atomic Energy Agency

<sup>4</sup>State Key Laboratory of Nuclear Physics and Technology, School of Physics, Peking University

\*Corresponding author: igarashij17@chem.sci.osaka-u.ac.jp

The radioactive particles having highly concentrated radioactive Cs were released into the environment by the accident of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power plant. Due to its insolubility, the radioactive particles have still been retaining the original property such as elemental composition at the time of emission from the reactor. Cesium-137, <sup>90</sup>Sr and <sup>239,240</sup>Pu are the most remarkable radioactive nuclides due to their long half-lives and large core inventories. These nuclides having different volatile behaviors according to the oxidization potential in the reactor. Therefore, by analyzing the elemental composition of radioactive particles, the progress in the reactor at the accident can be investigated. In this study, we picked up 4 radioactive particles from dust and soil samples collected in Futaba and Okuma town. After measurement of gamma-rays from <sup>134,137</sup>Cs by germanium detector, we separated <sup>90</sup>Sr, <sup>239</sup>Pu and <sup>240</sup>Pu by radiochemical analysis and identified them by Cherenkov light and ICP-MS measurements. By analyzing radioactivity ratio of <sup>134</sup>Cs/<sup>137</sup>Cs, the particles were estimated to be derived from Unit1 and Unit 2 or 3. For the radioactive particle derived from Unit 1, the activity ratios of <sup>90</sup>Sr/<sup>137</sup>Cs and <sup>239+240</sup>Pu/<sup>137</sup>Cs were about 10<sup>-4</sup> and 10<sup>-8</sup>, respectively. For the radioactive particle derived from Unit 2 or 3, the activity ratios of <sup>90</sup>Sr/<sup>137</sup>Cs were equivalent to the value of radioactive particles derived from Unit 1. However, the activity ratios of <sup>239+240</sup>Pu/<sup>137</sup>Cs in the radioactive particles derived from Unit 2 or 3 were clearly lower than the value of radioactive particles derived from Unit 1. This difference indicated the different formation process among these radioactive particles, such as temperature and oxidation potential in the reactors.

**Keywords:** Radioactive particle, Radiochemical analysis, ICP-MS, Strontium, Plutonium

## 福島原発事故により放出された放射性微粒子中に含まれる難揮発性核種の分析

五十嵐 淳哉<sup>\*1</sup>, 鄭 建<sup>2</sup>, 張 子見<sup>1</sup>, 二宮 和彦<sup>1</sup>, 佐藤 志彦<sup>3</sup>, 福田 美保<sup>2</sup>, 倪 有意<sup>2,4</sup>, 青野 辰雄<sup>2</sup>, 篠原 厚<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大阪大学大学院理学研究科

<sup>2</sup>量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所福島再生支援本部

<sup>3</sup>日本原子力研究開発機構廃炉国際共同センター

<sup>4</sup>北京大学物理

\*責任著者: igarashij17@chem.sci.osaka-u.ac.jp

福島原発事故では放射性 Cs を高濃度に含む放射性微粒子が放出された。この粒子は不溶性であることから放出時の物理化学状態を保持していると考えられ、粒子の組成分析により事故時の炉内環境についての情報を得ることが期待される。本研究ではCsよりも揮発性が低く、炉内の酸化還元雰囲気の違いに応じて揮発性が変化するSr, Puを放射性微粒子から定量することで、放射性微粒子の生成過程の解明を試みた。本研究ではCsの放射能比から1号機由来と2,3号機由来であると推測された放射性微粒子について、放射化学分析とICP-MS質量分析を行うことで、Sr (<sup>90</sup>Sr) とPu (<sup>239</sup>Pu, <sup>240</sup>Pu) を定量した。定量の結果、粒子中における<sup>90</sup>Sr/<sup>137</sup>Csについては全ての粒子で値が10<sup>-4</sup>程度であった。一方<sup>239+240</sup>Pu/<sup>137</sup>Csについては、1号機由来の粒子では10<sup>-8</sup>程度の値であったが、2,3号機由来の粒子では検出限界値未満(10<sup>-8</sup>未満)であったため、1号機と2,3号機では温度や酸化還元雰囲気などの粒子の生成環境が異なることが推測された。

キーワード: 放射性微粒子、放射化学分析、ICP-MS、ストロンチウム、プルトニウム



# Investigation of biological behavior of radiocaesium in the body of Japanese macaque

Yusuke Urushihara\*<sup>1</sup>, Masatoshi Suzuki<sup>1</sup>, Yoshikazu Kuwahara<sup>2</sup>, Yasushi Kino<sup>1</sup>, Tsutomu Sekine<sup>1</sup>, Hisashi Shinoda<sup>1</sup>, Tatsuo Aono<sup>3</sup>, Manabu Fukumoto<sup>4</sup>, Yoshio Hosoi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tohoku University

<sup>2</sup>Tohoku Medical and Pharmaceutical University

<sup>3</sup>National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

<sup>4</sup>Tokyo Medical University

\*Corresponding author: [yusuke.urushihara.b3@tohoku.ac.jp](mailto:yusuke.urushihara.b3@tohoku.ac.jp)

We established a project for comprehensive exposure dose assessment for disaster-affected animals and collected tissue samples from more than 300 Japanese macaques inhabiting around FNPP. We previously reported that the radiocaesium activity concentration was highest in the skeletal muscle, high in submandibular gland and low in thyroid gland, brain, liver and thymus among 15 organs (Urushihara *et al*, KEK Proceedings 2017-6). In this study, we measured radiocaesium concentration in blood plasma of Japanese macaques and evaluated the relationship between radiocaesium levels in each organ. The radiocaesium activity concentration in the blood plasma was lowest among all organs we measured. Previous study reported that the mass of skeletal muscle is about 0.4 times the body mass in terrestrial mammals (Hoppeler *et al*, J Exp Biol.). These suggest that the transfer coefficient of blood plasma to skeletal muscle is significant higher than that of skeletal muscle to blood plasma.

**Keywords:** Japanese macaque, Radiocaesium, Biological behavior

## 野生ニホンザルの体内放射性セシウム動態に関する研究

漆原佑介\*<sup>1</sup>、鈴木正敏<sup>1</sup>、桑原義和<sup>2</sup>、木野康志<sup>1</sup>、関根勉<sup>1</sup>、篠田壽<sup>1</sup>、青野辰雄<sup>3</sup>、福本学<sup>4</sup>、細井義夫<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東北大学

<sup>2</sup>東北医科薬科大学

<sup>3</sup>量子科学技術研究開発機構

<sup>4</sup>東京医科大学

\*責任著者: [yusuke.urushihara.b3@tohoku.ac.jp](mailto:yusuke.urushihara.b3@tohoku.ac.jp)

被災動物の包括的線量評価事業では福島原発事故により被災した野生ニホンザルの組織試料を採取・保管している。本研究では、セシウム体内動態の解析のために、ニホンザル組織試料の放射性セシウム濃度測定を行った。その結果、放射性セシウム濃度は骨格筋で最も高く、筋肉以外の組織では骨格筋に対して0.2~0.4倍程度の放射性セシウム濃度を示した。血漿は他の組織と比べて放射性セシウム濃度が最も低く、骨格筋に対して0.1倍以下であった。放射性セシウムは腸で取り込まれた後血漿から各臓器に運ばれることから、体内存在量の多い骨格筋では放射性セシウムの血漿から骨格筋への移行係数が骨格筋から血漿への移行係数に比べて顕著に大きいことが考えられる。今後血漿から各組織、また各組織から血漿へのセシウム移行係数の算出、及び同属元素の挙動との比較を行うことで、放射性セシウムの詳細な体内動態の解明に繋がることが期待される。

キーワード: ニホンザル、放射性セシウム、体内動態

# Evaluations of water discharge and material transports to coastal ocean via submarine groundwater discharge using radionuclides as chemical tracers

Saki Katazakai\*<sup>1</sup>, Jing Zhang<sup>2</sup>, Tatsuo Aono<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama

<sup>2</sup> Graduate School of Science and Engineering for Research, University of Toyama

<sup>3</sup> National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

\*Corresponding author: d1872301@ems.u-toyama.ac.jp

Submarine Groundwater Discharge (SGD) is one of the processes of water and nutrient transport from the land to the ocean, and it is recognized worldwide that it is important for basic production of the coastal ocean. In Toyama Bay, Submarine Fresh Groundwater Discharge (SFGD) supply a large amount of dissolved nutrients to coastal ocean, which have been indicated to contribute significantly to primary activities on surface ocean (Hatta and Zhang, 2013). However, in recent years, the snowfall decreased in the Hokuriku region including Toyama Prefecture, while the rainfall increased (Japan Meteorological Agency, 2015; Yasunaga and Tomochika, 2017). Considering these climate changes, Zhang et al. (2017) showed that the volume of SGD in Toyama Bay increased by up to 30% in 30 years. The quantitative change of SGD is expected to bring about a qualitative change at the same time. The aims of this study are to understand the changes of water quality associated with climate change, and to evaluate the impact on material supply to the coastal ocean in Toyama Bay. Main conclusions in this study are : (1) Due to the increased rainfall, the residence time of SGD was getting shorter and the dissolved chemical component concentrations were diluted. (2) The fluxes from land to coastal ocean were calculated that the nutrient supply decreased and carbon supply increased. These lead to the reduction in primary activities on surface ocean and further increase CO<sub>2</sub> emission into the ocean.

**Keywords:** Submarine Groundwater Discharge (SGD), Climate Change, Nutrient and Carbon fluxes

## 放射性核種を化学トレーサーに用いた海底湧水による沿岸海域への水・物質輸送状況の解明

片境 紗希\*<sup>1</sup>、張 勁<sup>2</sup>、青野 辰雄<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 富山大学大学院理工学教育部

<sup>2</sup> 富山大学大学院理工学研究部

<sup>3</sup> 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 高度被ばく医療センター 福島再生支援研究部

\*責任著者: d1872301@ems.u-toyama.ac.jp

海底地下水湧出（以下、海底湧水）は、陸地から海洋への水と物質輸送プロセスの1つであり、特に、沿岸海洋の一次生産に重要であることが世界中で認識されている。富山湾では淡水性海底湧水が陸起源の栄養塩を沿岸域へ多量に供給しており、これらは沿岸海域の基礎生産に大きく寄与していることが報告されている（Hatta and Zhang, 2013）。しかし近年、富山県を含む北陸地方では降雪量が減少している一方で、降雨量が増加している（気象庁, 2015 ; Yasunaga and Tomochika, 2017）。この気候変化を考慮した水収支モデル計算にて、Zhang et al.(2017) では富山湾沿岸における海底湧水の湧出量が過去 30 年で最大 30%増加したことを示した。海底湧水の量的変化は、同時に質的变化ももたらすと考えられる。そこで、本研究では気候変化に伴う海底湧水の水質変化を把握し、現在の富山湾沿岸海洋への物質供給量を評価することを目的とした。本研究の結論は次の通りである：(1) 降雨量の増加により、海底湧水の滞留時間の短縮および溶存成分濃度の希釈を確認した。(2) 陸から沿岸海洋への物質供給量を計算した結果、栄養塩供給が減少した一方で炭素供給量が増加したことが明らかとなった。

キーワード：海底湧水，気候変化，栄養塩・炭素供給

# Ecological Half-Life of Radiocesium in Surficial Bottom Sediments of Ponds in Fukushima based on In-situ Measurements with Plastic Scintillation Fibers

Estiner W. Katengeza\*<sup>1</sup>, Yukihiisa Sanada<sup>2</sup>, Kazuya Yoshimura<sup>2</sup>, Kotaro Ochi<sup>2</sup>, Takeshi Iimoto<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Environment Systems, The University of Tokyo.

<sup>2</sup>Fukushima environmental Safety Center, Japan Atomic Energy Agency.

[\\*6922884407@edu.k.u-tokyo.ac.jp](mailto:*6922884407@edu.k.u-tokyo.ac.jp)

Fukushima prefecture hosts over 3500 ponds onto some of which radioactive fallout from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident of 2011 was deposited. Because of their important role in supporting people's livelihoods through irrigation agricultural activities, long-lived radionuclides such as <sup>137</sup>Cs remain a radiological concern in the long-term. Radiocesium strongly adsorbs to sediments, and therefore its presence in aquatic environments is predominantly in bottom sediments while movement and transport is mainly in particulate form through physical processes such as erosion, resuspension and run-off. Thus, the rate of temporal change of radiocesium concentration in bottom sediments is governed not only by its physical decay but also by various ecological processes. In this study, the decreasing trend of radiocesium concentration over wide pond areas of surface sediments (up to 10 cm depth), due to ecological processes, was investigated using plastic scintillation fibers (PSF) and was quantified by the ecological half-life. PSF measurements were conducted between 2013 and 2019. Their conversion factors ((Bq/kg)/cps) were obtained by comparison between detected radiation counting rate obtained by PSF and the concentration of radiocesium in sediment cores collected from coinciding positions within the same ponds. The ecological half-life among the ponds ranged from  $3.4 \pm 0.4$  years to  $28 \pm 31$  years. A forest-catchment pond exhibited the longest ecological half-life and may indicate catchment-derived radiocesium input as was partly evident in the spatial-temporal patterns of radiocesium concentration at this pond's inlet. This study demonstrates the importance of wide area monitoring techniques in obtaining an overview of the temporal behavior of radiocesium while accounting for spatial heterogeneities and is a first attempt to quantify such changes over wide pond areas.

Keywords: Radiocesium, Plastic Scintillation Fibers, Ecological Half-life, In-situ measurements.

# Population structure of wild boar in Fukushima Prefecture including evacuation zone

Rie SAITO\*<sup>1</sup>, Natsuko KONDO<sup>2</sup>, Yui NEMOTO<sup>1</sup>, Reiko, KUMADA<sup>1</sup>, Masanori TAMAOKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fukushima Prefectural Centre for Environmental Creation

<sup>2</sup>National Institute for Environmental Studies

\*Corresponding author: saito\_rie\_01@pref.fukushima.lg.jp

After the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accidents, the growing population of wild boars and is concerning around difficult-to-return zone. In addition, it is also concerning about wild boars dispersing from inside to outside in this area. In order to reduce the crop damage caused by wild boars, the capture of wild boars is reinforced under the law of Wildlife Protection and Hunting Management in Fukushima Prefecture. So, it is important to determining the population structure in order to properly control wild boars. We surveyed population structure of wild boar in Fukushima Prefecture using by MIG-seq (Multiplexed ISSR genotyping by sequencing) analysis. We used wild boar total 188 DNA samples captured by Fukushima Prefecture and Kumamoto Prefecture. In total of 688 SNPs were extracted. As the results of STRUCTURE analysis and Cluster analysis, it was revealed that wild boars in Fukushima Prefecture were divided into two clusters and these populations divided by east and west area along with Abukuma river.

**Keywords:** Wild boar, *Sus scrofa*, DNA, Fukushima Prefecture, MIG-seq analysis

## 避難指示区域及びその周辺地域を包括した福島県内におけるイノシシの 個体群構造の究明

斎藤 梨絵\*<sup>1</sup>、今藤 夏子<sup>2</sup>、根本 唯<sup>1</sup>、熊田 礼子<sup>1</sup>、玉置 雅紀<sup>2</sup>

<sup>1</sup>福島県環境創造センター

<sup>2</sup>国立環境研究所

\*責任著者: saito\_rie\_01@pref.fukushima.lg.jp

TEPCO 福島第一原子力発電所事故後、帰還困難区域や居住制限区域内において、長期間の無居住化が生じたことで、生物の個体群に変化が生じていると考えられる。とりわけ、このような地域におけるイノシシの個体数の増加や、他地域への分散が懸念されている。イノシシは、農業被害をもたらす害獣であることから、鳥獣保護管理法の下で捕獲が強化されている種である。適切なイノシシの管理には、帰還困難区域等の地域も含めた福島県内におけるイノシシの個体群構造を把握することが必要である。本研究では、福島県内に生息するイノシシのDNA解析を行うことで、県内におけるイノシシの個体群構造を明らかにすることを目的とした。福島県内広域及び熊本県より採取したイノシシ188頭のDNAを用いて、MIG-seq解析を行いゲノムワイドにSNPの選抜を行った。その結果、688座のSNPsが抽出された。これらの結果を用いて、Structure解析及びクラスター解析を行った結果、福島県のイノシシは、おおよそ阿武隈川の東側と西側の2つのクラスターに別れることが明らかになった。

キーワード: イノシシ、*Sus scrofa*、DNA、福島県、MIG-seq 解析