

放射能環境動態・影響評価
ネットワーク共同研究拠点（ERAN）

FY2021 FINAL REPORT

【若手/Young 共同研究】

NO	氏名	所属機関名	研究課題名	共同研究者	受入研究者	所属
Y-21-01	荒居 博之	筑波大学大学院卒	霞ヶ浦における放射性セシウムの移行と収支に関する研究		恩田 裕一	CRIED
Y-21-02	亀山 敏顕	東京大学	流域特性が水文過程に及ぼす影響の評価に資する山地森林流域流出モデルの開発：水文・同位体データを用いて	熊谷 朝臣	恩田 裕一	CRIED
Y-21-03	本多 真紀	日本原子力研究開発機構	加速器質量分析による水及び生物試料中の90Srの分析	Martin Martschini Peter Steier	坂口 綾 末木 啓介	CRIED CRIED
Y-21-04	Hu Jun	Chiba University	Quantify the fire trends and resuspension radionuclides using remote sensing data for radioactively contaminated forests in Ukraine.	小槻 俊司	五十嵐 康記	IER
Y-21-05	舟木 優斗	福島県内水面水産試験場	横川ダム湖およびその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	難波謙二 林 誠二 石井弓美子	和田 敏裕	IER
Y-21-06	守岡 良晃	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		和田 敏裕	IER
Y-21-07	野田 琢嗣	京都大学	深度・温度ロガー用いた原発周辺海域の魚類の移動生態の解明～魚類の放射能汚染のリスク評価に向けて～	三田村啓理	和田 敏裕	IER
Y-21-08	高木 淳一	国立極地研究所	淡水域における食物網の上位魚種の移動とその放射能セシウム濃度の関係解明	三田村啓理	和田 敏裕	IER
Y-21-09	渡部 翔	福島県水産海洋研究センター	底魚類における海底土が及ぼす放射性物質移行に関する研究	榎本昌宏 天野洋典	和田 敏裕 高田 兵衛	IER IER
Y-21-10	湯本 景将	筑波大学大学院 (2021年度～)	帰還困難区域に生息するセミ類の生物多様性評価	津田吉晃	兼子 伸吾 和田 敏裕	IER IER
Y-21-11	中村 夏織	琉球大学大学院	沖縄本島に分布する代表的な土壌のラドン散逸率の評価	古川雅英 城間吉貴 仲宗根峻也	平尾 茂一	IER
Y-21-12	Eka Aulia Ardyanti	National Nuclear Energy Agency	External Dose Assessment in the High Background Radiation Area,Natural and Artificial Sources	HeruPrasetio Eka DjatnikaNugraha	床次 眞司	IREM
Y-21-13	小池 弘美	東京大学	学校での放射線教育を想定した自然放射線源の活用方法の検討	飯本武志	床次 眞司	IREM
Y-21-14	SOU MAYAH Bachirou	Faculty of Science, University of Douala	Environmental radiation exposure in the Fukushima Prefecture and in a radon prone area of the Adamawa region in Cameroon	SAIDOU BONGUE Daniel Bineng Guillaume Samuel HAMADOU Issa	床次眞司 細田正洋	IREM IREM
Y-21-15	KITCHA SIME Fayette	Faculty of Science, University of Yaoundé I, Yaoundé, PhysicsCameroon	Study of environmental radioactivity in the Fukushima Prefecture, Japan and in the rare-earth element bearing area of Akonolinga, Cameroon	SAIDOU Tchuenti Siaka Yvette Flore Ndjana Nkoulou II Joseph Emmanuel Takoukam Soh Serge Didier	床次 眞司 Chutima KRANROD	IREM IREM
Y-21-16	Hasan Md Mahamudul	東京大学	Spatiotemporal dynamics of natural radon isotopes causing indoor environmental exposures and their effective countermeasures based on model- room- experiments	飯本武志 Qianhao Mark Jin Akihiro Sakoma Miroslaw Janik	細田 正洋 玉熊 佑紀	IREM
Y-21-17	Tran Thanh Mai	Dalat Nuclear Research Institute	Establishment of on-site culture system to evaluate cytogenetic effect on human and wild mice in Fukushima	三浦富智 藤嶋洋平 阿部 悠 Goh Swee Ting Valerie	三浦 富智	IREM
Y-21-18	阿部 悠	長崎大学	染色体異常解析における細胞分裂像取得条件の最適化		藤嶋 洋平 三浦 富智	IREM IREM
Y-21-19	仲宗根 峻也	琉球大学	水中ラドン濃度と湧出量の連続観測に基づく豪雨時の湧泉における降雨流出特性の解明	古川雅英 赤田尚史 城間吉貴 中村夏織	赤田 尚史	IREM

NO	氏名	所属機関名	研究課題名	共同研究者	受入研究者	所属
Y-21-20	Oktisya Devi Widyaningsih	National Nuclear Energy Agency of Indonesia	Determination Sr-90 in Milk Samples	Kusdiana Eka Djatnika Nugraha	田副 博文	IREM
Y-21-21	VO VAN TIEN	Center for Nuclear technologies	Presence of Cs-137, Cs-134, Sr-90 traces from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident in the seawater and air for baseline date in Viet Nam	Dao Van Hoang Nguyen Van Hoai Nam	田副 博文	IREM
Y-21-22	三浦 輝	電力中央研究所	海洋堆積物由来の放射性セシウム粒子の溶解特性の解明	石丸 隆 神田稜太 伊藤友加里	田副 博文	IREM
Y-21-23	Estiner Walusungu KATENGEZA	東京大学	Clarification of measurement uncertainty of a plastic scintillation fiber (PSF) for in-situ monitoring of the distribution of radiocesium in bottom sediments of	越智康太郎	眞田 幸尚	JAEA
Y-21-24	藤井 竣	東京海洋大学	福島環境モニタリングを目的とした採泥機能を有する小型無人船の開発 (1) 無人船の制御手法開発	田原淳一郎 森戸 誠 小野聡太郎	眞田 幸尚	JAEA
Y-21-25	齋藤 梨絵	ジョージア大学	帰還困難区域内のイノシシを対象とした糞DNAにおけるMIG-seq解析の手法検討	今藤夏子 熊田礼子 James Beasley	玉置 雅紀	NIES
Y-21-26	Zhu Siteng	富山大学	放射性核種を用いた日本海溝周辺海域における沈降粒子輸送状況の評価	張 勁 大塚 進平 片境 紗希	青野 辰雄	QST
Y-21-27	神林 翔太	海洋生物環境研究所	沿岸海域における放射性セシウムの挙動解明に関する研究		青野 辰雄	QST
Y-21-28	田中 草太	秋田県立大学	ミミズが土壌中の放射性セシウムの鉛直分布に及ぼす影響の解明		石井 伸昌	QST

霞ヶ浦における放射性セシウムの移行と収支に関する研究

氏名：荒居 博之

受入研究者：恩田 裕一

1. 成果

霞ヶ浦及びその流入河川（桜川、恋瀬川）における放射性セシウム（Cs-137）に係る調査結果を整理・解析した。霞ヶ浦では2011～2016年に底質コアの採取・分析を実施し、流入河川では2012～2015年に常時設置型のサンプラーによるSSの採取・分析を実施している。これらの湖沼・河川では原発事故以前にも試料を採取しており、事故前後の状況を比較することが可能である。Cs-137濃度の変化を追跡するとともに、湖内の堆積量（インベントリー）及び河川から湖への流入負荷量を算出し、両者の比較によって調査結果の妥当性を検証した。また、霞ヶ浦における放射性セシウムの移行過程について考察した。Cs-137は、湖内の河口付近に集中的に堆積していた。湖心では、2011～2014年にかけてCs-137が蓄積する傾向にあったが、2014～2016年にかけてはほとんど変化がみられなかった。桜川が流入する土浦入りでは、2012～2014年にかけて表層のCs-137濃度とインベントリーが大幅に減少しており、細粒子の巻き上げ等によるCs-137の移行が示唆された。この減少の速度は2014年以降鈍化し、河川からのCs-137の供給と巻き上げ等によるCs-137の移行が同程度となったためと考えられる。流入河川のSSのCs-137濃度は2012～2015年にかけて減少したが、事故前に比べて1～2桁高い濃度で推移していた。Cs-137濃度をCs-137沈着量で除して標準化した値（Entrainment coefficient）は、当初は恋瀬川の方が桜川より高かったが、恋瀬川の値が急速に減少し、2015年頃には恋瀬川と桜川の値が同程度となった。恋瀬川のCs-137濃度が今後も減少し続ける場合、現状みられる湖北～湖南にかけてのCs-137インベントリーの差は小さくなると予想される。湖全体のCs-137インベントリーの総量は、2012年12月に3.72 TBq、2016年8月に4.18 TBqと推定された。底質分析結果から推定した湖全体のCs-137堆積速度（0.12 TBq、2012年12月～2016年8月）は、河川SS分析に基づく懸濁態Cs-137流入速度（0.13～0.16 TBq）と同程度であり、調査結果の妥当性を確認できた。また、流域から供給される粒子状物質に対する湖の高い捕捉性能が確認された。湖面へのCs-137降下量（航空機モニタリング結果（補正值）を湖内に補間して推定）を利用し、2016年時点で底質中に存在するCs-137の起源を簡易的に推定したところ、大気降下と河川からの流入の寄与が同程度であった可能性が示唆された。

2. 論文

Y-21-02

流域特性が水文過程に及ぼす影響の評価に資する山地森林流域流出モデル の開発：水文・同位体データを用いて

氏名：亀山 敏顕

受入研究者：恩田 裕一

共同研究者：熊谷 朝臣

1. 成果

森林環境での放射性物質動態の現状把握・将来予測には、物質移動を駆動する水循環の再現・予測が重要である。その達成には、観測・実験を通じた現象の理解に加えて、様々な条件で現象を再現できる水循環モデルによる検証が必要である。ただし、従来多用されてきた経験モデルでは気候変動や森林環境の変化を反映した評価が難しいため、物理モデルによる検証が求められている。これまで、森林の多様な水移動プロセスの表現を目指し、様々な物理モデルが開発されてきた。しかし従来の物理モデルでは土壌水分の時空間分布や流出経路（地表・土壌・基岩のどこを通るか）の再現が不十分で、また観測値に合うパラメータの探索によってモデルの適用が試みられてきたため実際の流域特性やその変化を反映した評価が行えてこなかった。そのため本研究は、流域内の各点で物理的に水移動・貯留を計算できる「分布型」のモデルで、かつパラメータ探索を行わずその場所の特性を入力して水循環を再現できるモデルの開発を目的とした。

開発モデルの雛型は、昨年度にかけて申請者が開発した分布型の水循環物理モデル BLADE (Block Aggregation of Darcy's law Elements model) である。BLADE は、近年の研究により重要性が明らかにされながら水循環モデルでは考慮されてこなかった土壌中の鉛直水分分布と基岩地下水のプロセスを考慮している。本年度は BLADE の技術的基盤強化に取り組んだ。具体的には (1) 水移動の駆動力として圧力水頭勾配の追加、(2) 土壌中の鉛直浸透にかかる仮定の修正、(3) 数値計算法の修正 を行なった。そして BLADE を実測データのある流域（神奈川県大洞沢）に適用し、観測された水文データを基に検証した結果、パラメータ探索することなく流域の水分環境の時空間分布を高精度に再現することに成功し、モデル改良前と比べ流出の再現性が向上 (Nash-Sutcliffe Efficiency の変化：0.8396→0.8432) した。また、BLADE の適用予定試験地である栃木県唐沢山試験流域で、モデル適用に必要な土層厚分布の取得のため野外調査およびその準備を行い、簡易貫入試験を実施した。今後、BLADE の更なる改良と複数流域への適用・数値計算を進め、森林環境での水循環の詳細な再現・予測を目指す。

2. 論文

加速器質量分析による水及び生物試料中の ^{90}Sr の分析

氏名：本多 真紀

受入研究者：坂口 綾・末木 啓介

共同研究者：Martin Martschini・Peter Steier

1. 成果

水試料、生物試料中の Sr-90 (半減期 28.8 年) を分析するには、 Sr-90 が低濃度であるために大量の試料を取り扱わなければならない。本研究は、このような環境試料を運搬及び化学処理するための費用・時間・労力を軽減するために、より効率的に Sr-90 を分析可能な加速器質量分析 (AMS) による新規の分析手法を確立する目的で実施した。前年度までの研究では、IAEA より頒布されている Sr-90 濃度既知の土壌と動物の骨を分析し、開発中の新規 Sr-90 分析手法の妥当性を示した。本年は日本分析化学から購入した魚骨 1 g (JSAC 0785: 11.5 Bq/kg, 2014 年 11 月 1 日) を分析した。450°C で灰化した魚骨試料に 1 mg の Sr 担体と 20 mL の濃硝酸を加え、耐圧 PFA 容器を密閉して ~250°C で酸抽出した。抽出液をろ過し、その後 Sr resin (50-100 μm , 2 mL, Eichrom) と陰イオン交換樹脂 (2 mL, MCl Gel CA08P, 120 μm , Mitsubishi Chemicals) で Sr を分離した。分離した Sr にフッ酸を添加してフッ化物沈殿を生成・乾燥し、AMS 用ターゲットとした。 Sr-90 の分析はウィーン大学の加速器施設 (VERA) で実施した。AMS で得た $\text{Sr-90}/\text{Sr-88}$ 原子数比より求めた魚骨の Sr-90 濃度 [Bq/kg] は認証値と誤差の範囲内で一致した。このことから、AMS による新規の Sr-90 分析手法は魚試料に適応できることが示された。水試料の Sr-90 分析に関しては、一般的な淡水試料の Sr-90 濃度が数 mBq/L であるとして、AMS に必要な試料量は < 20 L と推定される。従って、Sr を効率的に濃縮および粗分離する Sr 吸着材を現在開発中である。Sr 吸着材の性能評価および環境試料への適応に関しては今後報告する。

2. 論文

Hain, K., Martschini, M., Gülce, F., Honda, M., Lachner, J., Kern, M., Pitters, J., Quinto, F., Sakaguchi, A., Steier, P., Wiederin, A., Wieser, A., Yokoyama, A. and Golser, R. Developing Accelerator Mass Spectrometry Capabilities for Anthropogenic Radionuclide Analysis to Extend the Set of Oceanographic Tracers. *Frontiers in Marine Science*, 2022, vol. 9, 1-17.

Y-21-04

Quantify the fire trends and resuspension radionuclides using remote sensing data for radioactively contaminated forests in Ukraine.

氏名：Jun HU

受入研究者：五十嵐 康記

共同研究者：小槻 俊司

1. 成果

Forest wildfires in the Chernobyl Exclusion Zone (CEZ) presented a direct and broad impact on radiation exposure, causing widespread concern from the public. The large uncertainties from the radionuclide emission and corresponding radiation exposure resulted in an inconsistent assessment with a significant distinction. Therefore, the accurate BA is the prerequisite for analyzing radionuclide emission, transport and resuspension. It is necessary to improve the estimation of the BA to minimize the uncertainty of the effects of wildfire in CEZ. In this fiscal year, a widely useful tuning-free BA detection algorithm was developed to optimize the accuracy and compare the results with the existing BA products. In the BA detection, the temporal difference between fire extinction and image acquisition is critical for detecting BA, especially because of the rapid vegetation and cloud cover. Therefore, by considering the image timeliness and acquisition, the research mainly adopted the MODIS surface reflectance imagery to develop a monthly BA detection algorithm. The BA detection algorithm has two steps. The adaptive threshold method was used in the first step to select the potential burned pixels. In the second step, the Random Forest was used to identify the coincident area and optimize the BA accuracy. To compare the accuracy of the tuning-free BA detection algorithm with the existing BA products in CEZ, the results denoted this method successfully detected the burned area in CEZ (Fig. 1), which significantly decreased the omission error by more than 20% for average and increased the kappa accuracy and critical success index by more than 6% and 7%, respectively for average compared with the existing products. The radionuclide emission from the burned biomass in the nuclear accident area is dependent on the biomass burning emission. The estimation of biomass burning is a conservative estimate of the total burned area. The redispersed radionuclides will be predicted based on the current BA products in the next fiscal year.

2. 論文

横川ダム湖およびその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

氏名：舟木 優斗

受入研究者：和田 敏裕

共同研究者：難波 謙二・林 誠二・石井 弓美子

1. 成果

東京電力福島第一原子力発電所事故から 10 年以上が経過するが、内水面においては未だに魚類から放射性セシウムが検出されている。漁業再開のための知見を得るには、内水面漁場における放射性セシウムの淡水魚への移行過程を明らかにすることが重要と考えられる。そこで本研究では、炭素窒素安定同位体比を用いて魚類の食性から放射性セシウムの移行について検討した。

調査地は福島県南相馬市を流れる太田川とし、2017 年から 2021 年にかけて太田川上流域の横川ダム(以下ダム湖)及びダム湖直上の河川で魚類の採集を行った。ダム湖においては刺し網と釣りにより魚類を採捕した。河川においては電気ショッカーと釣りにより魚類を採捕した。採捕した魚類は全長、体長、体重、胃内容物を調査し、ゲルマニウム半導体検出器により河川の試料は筋肉部(鱗、皮含む)を、ダム湖の試料は筋肉部(鱗、皮を含まず)の ^{137}Cs 濃度を測定した。また、ダム湖内で採捕した魚類については、筋肉部を 0.1g 程度採取し、炭素窒素安定同位体比分析に供した。

本研究では、検体数が十分に得られた 2020 年の 6 月に採捕したダム湖内の魚類を用いて解析を行った。採捕した魚類の炭素窒素安定同位体比を用いて、クラスター分析を行った。なお、分析に際して結合距離にはユークリッド平方距離、結合方法にはワード法を用いた。結果、既往の食性に準じた雑食性魚類と肉食性魚類に大別することができた。ウグイにおいては、異なる 2 つのクラスターに分かれた。

ウグイのみにおいて、x-means 法による統計的に最適なクラスター数をもとめたところ、最適なクラスター数は 2 つとなった。また、x-means 法により分けられたクラスターは、上記のワード法によるクラスター分析と同じクラスターに分けられていた。異なるクラスターに分けられたウグイの全長と ^{137}Cs 濃度にはそれぞれ有意差がみられた(Mann-Whitney U-test, $p < 0.05$)。

ウグイの全長と窒素安定同位体比の関係には有意な正の相関がみられた。窒素安定同位体比は捕食-被捕食関係を通して濃縮し値が上昇するため、栄養段階の推定に用いられており、横川ダムのウグイは成長に伴いより高次の餌料を食べていることが示唆された。本結果は、長内・田中(1967)が示した消化管内容物調査の結果を支持していた。また、ウグイの全長と ^{137}Cs 濃度との関係は有意な正の相関が認められ、サイズ効果がみられた。一方で、全長と ^{137}Cs 濃度との関係で求めた近似式から大きく外れた値を示す個体も確認された。

これらの結果から、横川ダムにおけるウグイは成長に伴い餌料を段階的に変化させて

おり、それに伴い ^{137}Cs 濃度も上昇したと考えられた。

本研究では、横川ダム内におけるウグイの ^{137}Cs 濃度と炭素窒素安定同位体比との関係を調査し、ウグイの食性の段階的な変化が ^{137}Cs 濃度に影響することを示唆する結果を得た。しかし、ウグイの消化管内容物との関係は不明なため、今後は他魚種も含め消化管内容物を精査が必要である。

2. 論文

福島県松川浦における魚類の放射性セシウム濃度

氏名：守岡 良晃

受入研究者：和田 敏裕

1. 成果

福島県松川浦は、閉鎖性の潟湖であり、アマモ場が発達していることから、カレイ類やメバル類、スズキ等の水産有用種を含め、多くの魚類の成育場となっている。一方で、松川浦は複数の河川から陸域由来とみられる放射性 Cs が流入しており、海底土及び海水中の放射性 Cs 濃度が隣接する相馬周辺海域よりも高いことが明らかになっている。本テーマでは、松川浦に生息するいくつかの魚種及び餌料生物について、採集を行い、その放射性 Cs 濃度、炭素・窒素安定同位体比を調査し、相馬周辺海域と比較することで、松川浦における食物連鎖を通じた魚類への放射性 Cs 移行について明らかにすることを目的とした。

2019～2021 年にかけて松川浦及び外海域で採捕されたスズキについて、全長、体長、体重及び筋肉部の¹³⁷Cs 濃度を測定し、食性や栄養段階を把握するため炭素窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$ 及び $\delta^{13}\text{C}$) の分析を行った。¹³⁷Cs 濃度について、松川浦と外海域での比較、全長との関係、炭素窒素安定同位体比との関係について検討した。

松川浦では 29 検体、外海域では 68 検体の¹³⁷Cs 濃度を測定した。なお、全長が 180mm 未満の個体は、複数個体を 1 検体として測定を行った。

¹³⁷Cs 濃度は松川浦で 0.7～11.7Bq/kg、外海域では 0.4～2.8Bq/kg で、食品中の基準値 100Bq/kg を大きく下回っていた。

松川浦と外海域の¹³⁷Cs 濃度を比較すると、松川浦の¹³⁷Cs 濃度が有意に高く (P < 0.01 ウィルコクソンの順位和検定)、1.0Bq/kg を下回ったのは 1 検体 (全長 650mm) であった。外海域では 40 検体で 1.0Bq/kg を下回った。

全長と¹³⁷Cs 濃度の関係をみると、全長 357 mm 未満の検体については全ての個体で 1.0Bq/kg を上回っていたが、全長 357 mm 以上の検体では 1.0Bq/kg を下回る検体の割合は 57.0% と¹³⁷Cs 濃度が低い傾向にあった。これは、スズキが稚魚～幼魚期には松川浦などの汽水域を中心に生活し、成長すると外海域を中心に生活する生活史が¹³⁷Cs 濃度に影響しているとみられた。

また、 $\delta^{15}\text{N}$ 及び $\delta^{13}\text{C}$ と¹³⁷Cs 濃度に相関は確認できなかったものの、松川浦と外海域では $\delta^{13}\text{C}$ の値に違いがみられ、外海域よりも松川浦で $\delta^{13}\text{C}$ が高い値を示した。

キーワード：ボラ、スズキ、放射性セシウム濃度、松川浦、食性

2. 論文

深度・温度ロガー用いた原発周辺海域の魚類の移動生態の解明 ～魚類の放射能汚染のリスク評価に向けて～

氏名：野田 琢嗣

受入研究者：和田 敏裕

共同研究者：三田村 啓理

1. 成果

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、現在も原発港内に放射性セシウムの基準値を上回る魚類が生息し、潜在的なリスクとして存在することや、これらの「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、福島県の重要魚種であるカレイ類が、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。2020年7月に、ホシガレイ人工種苗80尾(1歳魚：30個体、2歳魚：50個体)に深度・温度ロガーを装着した。その後、原発から5km北に位置する浪江町請戸漁港にて放流した。カレイ類の多くは、海底に滞在する時間が存在するため、海底地形情報および潮汐予測モデルと照合することで、位置を絞ることができる。ホシガレイの移動速度を考慮しつつ、観測誤差がある深度データを用いて位置を推定するために状態空間モデルを用いた粒子フィルタのアルゴリズムを構築した。また、再捕された個体の筋肉中の放射性セシウム濃度を測定した。これまでに4個体が再捕され、すべてロガーデータの回収に成功した。1個体は、原発の港湾内で再捕された。当個体の解析により、2ヶ月間にわたる放流場所から原発港湾内までの移動経路が明らかとなり、また、魚類が実際に原発港湾内に入ることが示された。東京電力の公表により、当個体の放射性セシウム濃度はND (<2.0 Bq/kg)であった。今後も放流試験を継続し、移動経路と放射性セシウム濃度の関係の解析を進める予定である。

2. 論文

Mitamura, H., Wada, T., Takagi, J., Noda, T., Hori, T., Takasaki, K., Kawata, G., & Arai, N. (2022). Acoustic zone monitoring to quantify fine-scale movements of aquatic animals in a narrow water body. *Environmental Biology of Fishes*, 1-13. Mitamura, H., Nishizawa, H., Mitsunaga, Y., Tanaka, K., Takagi, J., Noda, T., Tsujimura, H., Omi, H., Sakurai, R., Sato, M., Arai, N., & Hori, M. (2021). Attraction of an artificial reef: a migratory demersal flounder remains in shallow water under high temperature conditions in summer. *Environmental Biology of Fishes*, 1-10.

淡水域における食物網の上位魚種の移動とその放射能セシウム濃度の 関係説明

氏名：高木 淳一

受入研究者：和田 敏裕

共同研究者：三田村 啓理

1. 成果

福島県は、原発事故に伴う淡水魚の放射性セシウム汚染に起因する内水面漁業活動の休止という問題を抱えている。原発事故から早 10 年が経とうとしているが、淡水魚は海水魚に比べて今なお高い濃度で放射性セシウムが検出される。数年以内に活動再開を目指す福島県の内水面漁業にとって、この問題は大きな障害となっている。そこで本研究では、淡水域における食物網の上位魚種の一つであるニホンウナギの行動特性と放射性セシウム濃度の関係を探り、福島県の内水面漁業の復興に資することを目的とした。調査地は、福島県唯一の汽水性の内湾である松川浦と、そこに流入する日下石川を選定した。ニホンウナギの行動を調べるために、超音波テレメトリー手法（発信機を対象に装着し、受信機でその信号を受信することにより行動追跡をする手法）を用いた。日下石川から松川浦を通り外海との接続部まで、計 35 台の受信機（VR2W、Innovasea system 社）を設置した。河川で捕獲したニホンウナギ 40 個体（全長 449.2 ± 127 mm、体重 160.6 ± 160.4 ）に超音波発信機（V5、Innovasea system 社）を装着し、2021 年 8 月 31 日に捕獲地点近くに放流し移動を追跡した。11 月中旬の時点で、4 個体が外海へ移出し、2 個体が松川浦内まで移動した。33 個体は河川に残留し、そのほとんどが採捕地点近くに滞在した。また 1 個体はデータ取得ができなかった。次に、松川浦内及び河川内で採取した本種の放射性セシウム濃度を、福島大学放射能研究所にあるゲルマニウム半導体検出器を使用して測定した。結果、放射性セシウム濃度は、松川浦（平均 1.1 Bq/kg）に比べて日下石川（ 5.8 Bq/kg）で有意に高かった。河川のウナギの方が放射性セシウム濃度が高い理由は、海域に比べて Cs 濃度が高い陸域の餌を多く食べていること、海域では淡水域に比べてセシウムの排出が進む生理的メカニズムがあることが考えられる。

2. 論文

Mitamura, H., Wada, T., Takagi, J. et al. Acoustic zone monitoring to quantify fine-scale movements of aquatic animals in a narrow water body. *Environ Biol Fish* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10641-022-01225-9>

底魚類における海底土が及ぼす放射性物質移行に関する研究

氏名：渡部 翔

受入研究者：和田 敏裕・高田 兵衛

共同研究者：榎本 昌宏・天野 洋典

1. 成果

底魚類における海底土が及ぼす放射性物質移行に関する研究 渡部 翔¹、榎本昌宏¹、天野洋典^{*1}、渡辺 透¹、高田兵衛²、和田敏裕² ¹福島県水産海洋研究センター ²福島大学環境放射能研究所 *責任著者:yousuke_amano_01@pref.fukushima.lg.jp 底生生物食性魚類において、摂餌の際、海底土が消化器官に混入することがある。本研究では、消化器官に高濃度の放射性セシウム (¹³⁷Cs) を含む海底土が混入した場合、海底土の ¹³⁷Cs が消化器官を介して魚体に ¹³⁷Cs が移行するか否かについて飼育実験を行い検討した。飼育実験には、底生生物食性のマコガレイ (*Pseudopleuronectes yokohamae*) と魚食性のヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) を用いた。飼育魚は自然海水かけ流しで 140 日間飼育し、対照区の供試魚には一般配合飼料を給餌し、試験区では一般配合飼料と福島県沿岸域の海底土を混合した飼料 (以下、沿岸域海底土含飼料; 23.3 Bq/kg) を給餌する区と、一般配合飼料と福島県汽水域の海底土を混合した飼料 (以下、汽水域海底土含飼料; 31.8 Bq/kg) を給餌する区を設定した。サンプルは定期的に各区から 5 個体採取し、筋肉部位をまとめて凍結乾燥または灰化した後、¹³⁷Cs 濃度の測定を行った。沿岸域海底土含飼料を与えた試験区では、飼育期間の経過とともに両種の筋肉中の ¹³⁷Cs 濃度が上昇し、最大値はマコガレイで 0.704 Bq/kg、ヒラメで 0.789 Bq/kg を示した。対照区と汽水域海底土含飼料給餌区では両種ともに ¹³⁷Cs 濃度が 0.25 Bq/kg 以下であった。飼料に混入させた沿岸域海底土の ¹³⁷Cs は消化器官を介して飼育個体の筋肉に僅かに移行するがその程度は低いことを確認した。また、魚食性のヒラメでも濃度が上昇したことから海底土から筋肉への ¹³⁷Cs の移行は底生生物食性魚類特有の性質ではないと考えられる。今後は、汽水域海底土の ¹³⁷Cs において筋肉への影響が小さかった要因や、消化器官内で海底土の ¹³⁷Cs が溶離するメカニズムについて検討する必要がある。

2. 論文

なし

帰還困難区域に生息するセミ類の生物多様性評価

氏名：湯本 景将

受入研究者：兼子 伸吾・和田 敏裕

共同研究者：津田 吉晃

1. 成果

帰還困難区域を含む阿武隈高地周辺地域は、冷温帯樹種では本地域特有の遺伝構造が検出されるなど (e.g. Tsuda and Ide 2005), 隠れた生物多様性ホットスポットである可能性が高い。一方、原発事故の影響により、これら地域でセミ類をはじめ動物種の個体数が著しく低下したという報告はあるが (Møller et al. 2013), その実態、とくに帰還困難区域の生物多様性は十分に評価されていない。そこで本研究では、セミ類 2 種エゾハルゼミおよびヒグラシを対象に、本地域における現在の生物多様性を評価することを目的に、1)分布調査およびサンプル採集、2)集団遺伝学的解析、3)福島県内・外他地域集団との比較を行った。調査および採集許可を得たうえで、上記 2 種について抜け殻を利用した分布調査および成虫・抜け殻の採集を福島県内複数地点 (エゾハルゼミ：高湯温泉, 安達太良山, 磐梯山 3 地点, ヒグラシ：只見, 南相馬, 南会津 3 地点) で実施した。採集したサンプルから DNA を抽出し、母性遺伝するミトコンドリア DNA について、COI (Folmer et al. 1994) および 16S (Simon et al. 1994) 領域の塩基配列解読を行い、遺伝データを取得した。そして、本研究代表者らで全国各地で別途調査・採集しているエゾハルゼミおよびヒグラシの 2 種の遺伝データと統合し、集団遺伝学的解析を行い、上記 2 種の遺伝的多様性や遺伝構造について評価した。ミトコンドリア DNA に基づく遺伝構造について、まずエゾハルゼミでは、福島県内と福島県外他地域を比較した場合の遺伝的多様性は同程度であった。全国で 72 のハプロタイプが検出され、福島県内でみられたハプロタイプは、東北地域と同様のものが多かった。一方、ヒグラシでは、福島県内と福島県外他地域を比較した場合の遺伝的多様性は同程度で、全国で 8 ハプロタイプが検出された。南相馬の集団では、地域固有なハプロタイプが検出された。いずれの種においても、福島県内のメジャーハプロタイプは福島県外他地域のものと同様であり、遺伝的多様性においても顕著な違いがみられなかったことから、原発事故によるこれらセミ類 2 種への影響は小さいと考えられる。

2. 論文

沖縄本島に分布する代表的な土壌のラドン散逸率の評価

氏名：中村 夏織

受入研究者：平尾 茂一

共同研究者：古川 雅英・城間 吉貴・仲宗根 峻也

1. 成果

沖縄島は、季節によって本州や中国大陸、東南アジア、太平洋からの空気塊を捉えることができ、東アジア地域の気候環境をモニターするためには最適なフィールドである。これまでの研究では、降水物に含まれる 7Be と 210Pb をトレーサーとして用いて、沖縄島における大気輸送モニタリングを試みた。その結果、 7Be と 210Pb の総沈着量は春季から夏季の初めに相当する 3 月から 6 月に高い値を呈した。その変動要因としては季節風があげられ、大陸由来の 210Pb が大陸からの季節風によって日本に輸送されるとされてきた。しかし、後方流跡線解析を用いて琉球大学上空 1,500 m 地点における空気塊の動きについて解析を行った結果、 210Pb の総沈着量が高い値を呈した 3 月から 6 月は、東からの卓越風も確認できたため、一様に大陸からの影響を受けているとは言えなかった。そのため、大陸以外に起源をもつ 210Pb についても考慮する必要がある。 210Pb はラジウム系列の放射性同位体であり、その親核種はラドンである。つまり、沖縄県に分布する土壌の中でも比較的ラジウム (^{226}Ra) が多く含まれているとされる島尻マージからの 210Pb 供給を評価する必要がある。ラドン散逸係数は、土壌から大気中へのラドン移行量を定量的に表す重要なパラメータである。本研究では、近傍起源 210Pb の影響について推定することを目的として、沖縄県に分布する土壌のラドン散逸係数を実験的に評価した。散逸係数の評価には、土壌中ラジウム (^{226}Ra) 濃度および密閉容器内の大気中ラドン濃度が必要である。沖縄県喜屋武岬 ($\text{N}26^\circ$, $\text{E}127^\circ$) で採取した土壌を乾燥させ、有機物処理を行ったのち、粒径を 2 mm 以下のものをふるいわけした。ラドン散逸係数評価実験用サンプルは、密閉容器と静電捕集型ラドンモニタを用いて、大気中ラドン濃度の測定を行った。これらの結果からラドン散逸係数を評価し、地表面から大気中へのラドンフラックスを推定した。ただし、ラジウム濃度は同地点で採取された土壌のラジウム濃度を用い、測定前後で攪拌など行っていないため変化はしていないものとして考えた。本研究で得られた ^{222}Rn の散逸率係数は 0.26 ~ 0.33 であり、日本の国内の他の地域での報告値よりも低い。そのため、沖縄県における大気中降水物中の 210Pb への影響は少なく、大陸から供給された 210Pb が空気塊とともに移動してきたことが示唆された。

2. 論文

External Dose Assessment in the High Background Radiation Area, Natural and Artificial Sources

氏名 : Eka Aulia Ardyanti

受入研究者 : 床次 眞司

共同研究者 : HeruPrasetio · Eka DjatnikaNugraha · Kusdiana

1. 成果

Ten years have elapsed since the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in 2011, and the relative contribution of natural radiation is increasing in Fukushima Prefecture due to the reduced dose of artificial radiation. In the case study 'Discriminative Measurement of Absorbed Dose Rates in Air from Natural and Artificial Radionuclides in Namie Town, Fukushima Prefecture' showed that Namie City was radioactively contaminated by artificial radionuclides from the FDNPP accident from the measurement of concentrations of ^{134}Cs and ^{137}Cs . The median annual effective doses of external exposures from natural and artificial radionuclides were found to be 0.19 and 0.40 mSv in the evacuation order cancellation zone, and 0.25 and 3.9 mSv in the difficult-to-return zone from 15 September 2016 to 13 December 2019. (IJERPH,2021)

In the area around FDNPP that was once a community settlement, it is certainly the right of the community to know the radiation dose received. The need for environmental dose evaluation is needed to determine the radiation exposure received from per radionuclide. For this reason, this study will examine the radiation response of the personal dosimeter to the measurement results of the NaI(Tl) scintillation detector. The personnel dosimeters used were Optically Stimulated Luminescence (OSL). The personnel detector is a commonly used personnel detector and can be placed in an area for a long period of time.

Center of Radiation Safety Technology and Metrology has a TENORM area that was once a community settlement, it is certainly the right of the community to know the radiation dose received. Prepare an equal number of Optically Stimulated Dosimeter (OSL) and NaI(Tl) Scintillation detector dosimeters. All dosimeters were confirmed to have been annealed and the initial dose reading was 0 after annealing. All personnel dosimeters are packaged and grouped according to dosimeter placement. Additionally, the OSL packaging will be coated with aluminum foil to prevent exposure to outside light due to the dosimeter being sensitive to light.

The placement of dosimeters that have been grouped will be placed in a designated area around the Fukushima TENORM area. The placement will last for 1 month, then all

dosimeters will be read in response to the dose acceptance. OSL will be evaluated with OSL reader using In Light Microstar Reader system. The D-shuttle is an electronic dosimeter that allows you to record results immediately.

The results from OSL which are measurements of radiation exposure reception will be compared with the results from the NaI(Tl) Scintillation detector to get the personal dosimeter response per radionuclide. The result of measurement in TE-NORM area with NaI(Tl) is the TE-NORM area has high background radiation. The highest measurement in TE-NORM area is 2.001 $\mu\text{Sv/h}$.

2. 論文

学校での放射線教育を想定した自然放射線源の活用方法の検討

氏名：小池 弘美

受入研究者：床次 眞司

共同研究者：飯本武志

1. 成果

本研究では、学校教育における自然放射線源の具体的な活用方法を検討した。ここで対象とする線源は、市販されている物質や食品を用いて作製され、規制をうけることなく、人・場所を問わず使用できる特徴をもつ。本線源の学校での活用には、学習指導要領の記述に基づく理解と整理が重要となろう。具体的には「A 自然放射線源を利用した実験方法の整理」と「B 習熟度別の実験実習の展開」について検討した。

材料の候補として、塩化カリウム、乾燥昆布、インスタントコーヒー、湯の華があり、その中から比放射能が高いものを選ぶこととし、 β ・ γ 線源には塩化カリウムを、 α 線源には湯の華を選定した。

A として、線源がつくる近傍の放射線場を、モンテカルロシミュレーションコード PHITS を用いて線種別に評価した。 α 線に着目した場合、線源表面から 5 cm 以内の距離で実験を行うことが可能であり、 β 線であれば距離が増加すると計数率は対数軸で直線的に減少することが確認できた。 γ 線については、シミュレーションでは距離の逆二乗則が成り立つものの、実測定では、バックグラウンドと比較すると計数率が低く、線源として利用することは難しいことが判明した。したがって、実施可能な実験として、 β 線を利用する場合、距離依存性実験、アルミ箔の簡易遮蔽実験、本線源自体による自己吸収実験、 α 線では距離依存性実験、遮蔽体による吸収実験などが挙げられた。

B として、2017-2019 年に改訂された学習指導要領中の放射線に関する記述を整理した。また、A で得られた実施可能な実験実習と組合せて習熟度別の実験実習の展開例を検討した。ここではその一例として、「アルミ箔を用いた β 線の簡易遮蔽実験」を取り扱う。被教育対象を中学生と高校生に分け、考察の項目に重点を置いて実験実習としての具体的な構成を検討した。中学校では、放射線について、「性質を知る」や「身を守る」ための学習が主であり、現象についての原理の理解までは要求されていない。本実験においては放射線の透過性に加え、遮蔽の現象を認識できれば良いため、考察ではグラフの形状に着目させアルミ箔の厚さが増加すると計数率が減少することを確認することを主眼とした。これによれば、計測の不確かさの概念やコンピューターを用いた実験データの基本的な取扱についても学ぶことができ、現在の学習指導要領で重視される統計教育や ICT 教育にもつなげることができる。高等学校では、性質を理解するだけでなく現象の原理まで学ぶ必要がある。アルミ箔の厚さ 600 μm までの測定点群の傾きから求められる飛程と計算で求めた飛程とを比較し、その違いを考えたり、アルミ箔の厚さが増加すると計数率の変化が少なくなる理由を考えさせ、制動放射について学習したりすることができる。同じ線源・道具を用いても、

実験手順や考察の内容を工夫することで、学習の習熟度と教育の目的に適合した教育モジュールを構築できる。これまで座学が一般的であった学校での放射線教育が、このような自然線源の活用により視野が広がるであろう。

2. 論文

飯本武志, 高木利恵子, 掛布智久(2021). 日本の原子力・放射線教育の国際展開への貢献 1. アジア太平洋諸国への放射線教育の展開, 日本原子力学会誌, 63(11), 754-756

Y-21-14

Environmental radiation exposure in the Fukushima Prefecture and in a radon prone area of the Adamawa region in Cameroon

氏名：SOUMAYAH BACHIROU

受入研究者：床次 眞司 ・ 細田 正洋

共同研究者：SAIDOU ・ BONGUE Daniel ・

Bineng Guillaume Samuel ・ HAMADOU Issa

1. 成果

Introduction

Natural radiation exposure remains a global public health and a radiation protection issue. The project untitled “ENVIRONMENTAL RADIATION EXPOSURE IN THE FUKUSHIMA PREFECTURE AND IN THE RADON PRONE AREA OF THE ADAMAWA REGION IN CAMEROON” granted by the ERAN FY2021 is subdivided in two parts: the first part in Cameroon and the second one in Fukushima, Japan. The aims of this project is to measure radon in soil gas and in the indoor air, natural radioactivity in some environmental samples and the development of techniques of radioactivity measurements and dose assessment.

Accomplishments

Concerning the part of the project planned in Cameroon, in- situ radon measurements in soil gas were carried out at thirty sampling points, according the two lithologies (granite and basalt) of the radon prone area of the Adamawa region. Twenty-five soil samples were also collected for analysis. Moreover, RADUET, DRPS and DTPS were deployed in fifty dwellings over three month, for indoor radon, thoron and progenies measurements. These detectors have been collected and will be returned to Hirosaki University and Bhabha Atomic Research Centre in April 2022 for analysis. Data from the radon in soil gas have been analyzed and one publication is being finalized. Radon in soil gas ranged from 26 ± 2 kBq m⁻³ to 166 ± 10 kBq m⁻³; the arithmetic and the geometric means are 80 ± 5 kBq m⁻³ and 71 ± 4 kBq m⁻³ respectively. The radon exhalation rate ranged from 83 ± 1.4 mBq m²s⁻¹ to 536 ± 9 mBq m²s⁻¹; the arithmetic and the geometric means are 257 ± 4.4 mBq m²s⁻¹ and 229 ± 4 mBq m²s⁻¹ respectively. The geogenic radon potential ranged from 03 kBq m⁻³ to 77 kBq m⁻³, the arithmetic and the geometric means are 19 ± 1 kBq m⁻³ and 30 ± 2 kBq m⁻³ respectively. According to the risk criterion based on Swedish classification (soils exhibiting radon concentration below 10 kBq m⁻³, within 10 and 50 kBq m⁻³ and exceeding 50 kBq m⁻³ are classified as low, medium, and high risk respectively), 20% of the sampling locations in this study fall within the medium radon risk area and 80% fall within high radon risk areas. However, no sampling areas are classified low radon risk areas. This Cameroon part is successfully completed.

We note that this work have begun a year before the acceptance of this project, and the results of several campaign led to classified the locality as a radon prone area; and have been published on January 2022 (<https://doi.org/10.1093/rpd/ncab183>).

Publications Soumayah Bachirou; Saïdou; Chutima Kranrod; Ndjana Nkoulou II J.E; Bongue Daniel; Masahiro Hosoda;; Hamadou Yerima A; Kwato Njock Moïse Godfroy; Shinji Tokonami Radon-risk mapping in the radon prone area of the Adamawa region, Cameroon. To be submitted shortly.

Conclusion

The part of the work that was planned in Japan has not yet been completed due to the Covid 19 pandemic. Nevertheless, the host team of the University of Hirosaki provided some laboratory equipment corresponding to the 2021 budget in order to compensate for this breach. Finally, this project was carried out halfway, regardless of our willingness, because of the Covid 19 pandemic, which did not allow us to make the trip to Japan. Nevertheless, the part to be carried out in Cameroon has been successfully completed, and publications are being prepared.

2. 論文

1. Soumayah Bachirou , Saïdou, Ndjana Nkoulou II Joseph Emmanuel, Haman Félix and Kwato Njock Moïse Godfroy NATURAL RADIATION EXPOSURE AND RADIOLOGICAL HAZARD ANALYSIS IN A RADON-PRONE AREA OF THE ADAMAWA REGION,CAMEROON, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab183>

2. Soumayah Bachirou; Saïdou; Chutima Kranrod; Ndjana Nkoulou II J.E; Bongue Daniel; Masahiro Hosoda; Hamadou Yerima A; Kwato Njock Moïse Godfroy; Shinji Tokonami Radon-risk mapping in the radon prone area of the Adamawa region, Cameroon. To be submitted shortly.

Y-21-15

Study of environmental radioactivity in the Fukushima Prefecture, Japan and in the rare-earth element bearing area of Akonolinga, Cameroon

氏名：KITCHA SIME Fayette

受入研究者：床次 眞司・Chutima KRANROD

共同研究者：SAÏDOU・Tchuente Siaka Yvette Flore・Ndjana Nkoulou II Joseph

Emmanuel・Takoukam Soh Serge Didier

1. 成果

INTRODUCTION

Human beings are exposed daily to ionizing radiation of natural and human origin. They inhale and ingest radionuclides from soil, air, water, and food. From the point of view of natural risk, it is necessary to evaluate the natural radioactivity in the environment and to measure the level of natural ambient radiation provided by the earth ; the air, the buildings...The project untitled « study of environmental radioactivity in Fukushima prefecture, japan and in the rare-earth element bearing area of akonolinga, cameroon » granted by the ERAN FY2021 is subdivised in two parts : the first in Cameroon and the second one in Japan. The aim of this work is to measure radon in soil gas and in indoor air, natural radioactivity in some environment samples and development of news techniques of radioactivity measurements and dose assessment.

ACCOMPLISHMENTS

Concerning the activities planned in Cameroon, in situ radon measurements in soil gas were carried out at twenty-seven sampling points. RadonEye was used to study variation of indoor radon in six dwellings and thirty- two soil samples where also collected for analysis by gamma spectrometry. Currently radioactivity measurements in soil are on going. Moreover, RADUET and DRPS-DTPS were deployed in fifty dwellings over three months, for indoor radon, thoron and progenies measurements. The detectors have been collected and will be returned to Hirosaki University and Bhabha Atomic Research Center for analysis in the coming days.

Radon in soil gas range from 5,4 kBq.m⁻³ to 75,5 kBq.m⁻³. The average value and the standard deviation are 24,31 kBq.m⁻³ and 19,9 kBq.m⁻³ respectively. The ambient dose rates indoors and outdoors range between 0,11 µSv.h⁻¹ and 0,26 µSv.h⁻¹, and 0,06 µSv.h⁻¹ to 0,2 µSv.h⁻¹ respectively.

CONCLUSION

Finally this project was carried out halfway, regardless of our willingness because of covid-19 pandemic, which did not allow us to make the trip to Japan. Nevertheless, the part to be carried out in Cameroon has been successfully completed and publications are being prepared

2. 論文

I don't have a publication yet

Y-21-16

Spatiotemporal dynamics of natural radon isotopes causing indoor environmental exposures and their effective countermeasures based on model- room-experiments

氏名：Hasan Md Mahamudul

受入研究者：細田 正洋・玉熊 佑紀

共同研究者：飯本 武志・Qianhao Mark Jin・Akihiro Sakoma・Miroslaw Janik

1. 成果

As an environmental pollutant of natural radiation under the existing exposure situation of radiation protection, radon (Rn-222) greatly contributes to causing human radiation exposures. It is noted that, due to the urban development, different indoor aspects-dwelling structures, indoor dwelling facilities (i., e., usage of air conditions, etc.,) or human lifestyles are diversely changed globally; thus, the impact derived from these factors should be newly ascertained in studying the dynamics of radioactive radon in indoors. This research work newly focused on these indoor factors by performing systematic radon surveys in Asian countries (Bangladesh and Japan).

In Japan, the impact of human lifestyle especially the usage of home appliances on the spatiotemporal dynamics and indoor exposures of indoor radon was observed by model room experiments in a dwelling of Okayama prefecture. Radon concentration was measured with an AlphaGUARD monitor; and radon progenies were measured with a WLM monitor simultaneously to determine the radon equilibrium factor, F. The human lifestyles (indoor human activities) were noted during the overall experimental period. As of the preliminary results, usage of air condition reflected the reduction in radon progeny concentration. The average equilibrium factor ranged (F=0.3-0.4). However, coupling with the usage of window/door which are factors of natural ventilation, and the unclear pattern was observed, which possibly ranged F, from 0.1 to 0.9. A new study based on appliances with filtration effects interacting with natural ventilation is thus strongly needed.

Alternatively, in Bangladesh, a preliminary radon survey was conducted in 42 Bangladeshi dwellings considering numerous dwelling factors, human lifestyles, and measurement conditions to understand the radon dynamics and develop effective countermeasures. RADUETs were used for measuring radon concentrations for around one year and a face-to-face questionnaire was used for recording the building-specific factors and residents' lifestyles. Multivariate analysis-principal component analysis (PCA) & factor analysis was applied objectively to ascertain essential parameters relating to indoor radon variation in Dhaka city. As the results, two principal components (PCs) were obtained; component 1 expressed the strong positive loadings for the indoor factors mostly under human activities of kitchen and

bathroom usage (i.e., drinking water sources, water usage/cooking time in different seasons), natural ventilation; and negative loadings of activities/factors in the living room (i.e., air condition usage in different seasons, the sufficiency of airflow in winter). On the other hand, following component 2, a few parameters of the natural environment (i.e., natural ventilation, occupants' satisfaction status) were found to have strong positive loadings. At the same time, indoor artificial resources (i.e., building materials, water usage, or cooking) presented weak negative loadings. As significant factors ($P < 0.05$, ANOVA test) affecting indoor radon, dwelling category, building materials, ventilation, water usage, cooking time, adjacent room conditions, outdoor, winter airflow are determined. Based on the PCA analysis, this research concludes that the dwelling parameters, especially under human activities & ventilation, should be deeply studied and adjusted in searching for an alternative/effective countermeasure to reduce radon exposures for multistoried buildings. Thus, this research found different indoor parameters that might affect radon dynamics and possibly be the tools for developing new countermeasures to radon exposures under existing exposure situations.

In future studies, radon surveys in additional 200 Bangladeshi dwellings and model room experiments focusing on home appliances will be carried out in Japan.

2. 論文

Y-21-17

Establishment of on-site culture system to evaluate cytogenetic effect on human and wild mice in Fukushima

氏名：TRAN THANH MAI

受入研究者：三浦 富智

共同研究者：三浦 富智・藤嶋 洋平・阿部 悠・Goh Swee Ting Valerie

1. 成果

In this research, our team focused mostly about human whole blood culture in closed condition for on-site protocol.

Biodosimetry is recommended by IAEA to investigate biological effects for radiation victims. In IAEA's protocol, human blood is cultured at 37 °C for 48 h in 5 % CO₂. Those conditions require electricity and appropriate laboratory with specialized equipment. In a place with limited access after a disaster, transportation of blood samples to that kind of laboratory can be challenging. In this experiment, we propose the on-site culture technique for blood culture. Culture can be performed immediately after blood collection in closed condition. No CO₂ incubator is required as the CO₂ inside the tube can maintain the pH of culture medium required for cell proliferation. To evaluate the applicability to of on-site culture system under closed condition, mitotic index (MI) of blood culture was analyzed after 0 or 2 Gy X-ray irradiation: (1) with (open culture) or without CO₂ provision (closed culture); (2) colcemid treatment at the 0 or 46 h; (3) hypotonic treatment at 20 or 37 oC; (4) percentage of whole blood to medium volume at 10 % and 15 %; (5) different headspace volume inside the tubes. The results prove the ability to reduce time needed for patient triage in radiation medical emergency with closed culture.

We will continue to establish a protocol for on-site culture for human whole blood culture and survey the ability of mice whole blood culture for on-site dosimetry.

2. 論文

染色体異常解析における細胞分裂像取得条件の最適化

氏名：阿部 悠

受入研究者：藤嶋 洋平・三浦 富智

1. 成果

生物学的線量評価は、物理学的線量評価とともに放射線災害等における被ばく者が暴露した線量を知る方法の一つであり、中でも染色体線量評価は最も信頼できる評価法である。正確な被ばく線量評価を行うには、長時間の分裂停止剤処理を伴う末梢血リンパ球の培養が必要である。しかしこの手法では結果が得られるまでに時間を要すること、長時間の分裂停止剤処理によって染色体は過度に凝縮し、熟練者でも判断の難しい染色体像が多く出現する。特にマウスや野生ネズミの解析では染色体凝縮が顕著であり、放射線による環境影響解析をより困難にする要因となっている。そこで本研究では、染色体分析における各種処理条件の再検討を行い、染色体異常解析の高精度化を目指す。

健常者から採取した末梢血リンパ球および培養細胞株に γ 線照射 (0, 2 Gy) を行い、培養する。最終培養時間を 48 時間とし、その間、分裂停止剤処理時間を複数とり (例：48 時間、36 時間、24 時間、12 時間、2 時間等)、いずれも培養開始から 48 時間後に細胞を回収し、染色体標本を作製する。また、染色体凝縮度評価のため分裂期関連キナーゼ阻害剤を添加した条件でも培養を行った。解析には、各処理時間の Mitotic Index、第 2 染色体の全長を指標として比較・検討を行った。

細胞分裂像の取得タイミングについては、培養 48 時間未満の検体でも、線量評価に十分な量の分裂細胞を回収できることが示唆された。実験結果から 40 時間以上の培養は必須であるため、検体数を増やし、培養時間と分裂期移行タイミングについて詳細なデータの取得が必要である。染色体の過凝縮現象の確認、緩和効果の検討については、分裂期関連キナーゼ阻害剤を随時リストアップし、緩和効果の確認実験を進めている。本実験結果で緩和効果が確認できた Wee 1 や CK2 β は、染色体の構築に間接的に機能するキナーゼであったが、Mps1 のような染色体構築に直接的に機能するとされているキナーゼの阻害では効果が見られなかった。また、多くの阻害剤では長時間の処理によって細胞生存率が低下したことから、短時間処理が有効であることが示唆された。処理濃度および処理時間の検討は今後も進めていく予定である。今回の実験結果を踏まえ血液培養から画像分析までの工程の見直しを進めていくことで、これまで以上に迅速かつ正確な線量評価が可能となる。また、分裂期関連キナーゼ阻害剤による網羅的解析を行うことで染色体形成・凝縮に関する新規メカニズムの解明にも繋がることが期待できる。

2. 論文

水中ラドン濃度と湧出量の連続観測に基づく豪雨時の湧泉における降雨流出特性の解明

氏名：仲宗根 峻也

受入研究者：赤田 尚史

共同研究者：古川 雅英・赤田 尚史・城間 吉貴・中村 夏織

1. 成果

沖縄県における一人当たりの水資源賦存量（理論上人間が最大限利用可能な水資源量、mm/年）は、日本の平均値（3337 mm/年）よりも比較的少ない（1973 mm/年）。その要因として、地理的ならびに気象学的な特徴が挙げられる。例えば、河川は流路が短くて急傾斜であるのが特徴であり、また流域面積が小さいため、降雨の多くがそのまま海に流れ込む。気象学的な特徴として、沖縄県（那覇市）の1981年から2020年の年間平均降水量は2161 mmと日本国内の他地域に比べて多いが、年間平均降水量の範囲は1331～3322 mm（中央値は2028 mm）であり、経年変化が大きい。また、年間の降水量のうち、5月から6月（梅雨期）と8月から9月（台風襲来期）が約50%を占めており、降水量が季節により大きく異なる（気象庁, 2020）。また、沖縄島の水資源はダム水、河川水、地下水、海水であり、水源は主に北部地域に集中しており、消費は人口の多い中南部地域に集中している。水源別日平均取水量は、全体の80%以上をダム水に依存しており、河川水は13%、地下水は4.7%、海水は1.2%である（沖縄県, 2022）。沖縄県における地理的ならびに気象学的な特徴や水資源の水源地域と消費地域の状況を鑑みると、限られた水資源の持続的かつ安定的に供給する環境を整えることは喫緊の課題である。そこで本研究では、陸域から海洋への陸源地下水の湧出地点および湧出量を明らかにするため、沿岸湧水の分布する海岸線において水中ラドン濃度の平面分布および連続観測を実施した。水試料の採取地点は、沖縄島南部の大度浜海岸（26° 05′ 23″ N, 127° 42′ 22″ E）である。水試料は、海岸線沿い（約200 m）の計8地点で採取した。また、既知の陸源地下水湧出地点では、30分間隔で連続的（2021/12/27 10:30-17:30）に水試料を採取した。水中ラドン濃度の測定用試料は注射針を装着したシリンジで10mL採取した。採取後は、同量のミネラルオイルシンチレーターを入れたガラスバイアルに注入し、暗所で保存した。濃度測定は液体シンチレーションカウンタ（Tri-Carb2910TR, PerkinElmer）で1試料あたり60分間測定を行った。海岸線で採取した水中ラドン濃度の範囲は、N.D.～4.1Bq/Lの範囲であった。既知の陸源地下水湧出地点のラドン濃度の範囲は、2.7～3.4Bq/Lであり、一定の濃度レベルで推移していることが明らかとなった。今回の水中ラドンを用いた調査において、当該地域において新たな湧出地点が発見された。このことから、湧出地点探索において水中ラドンが有効であることが示唆された。

2. 論文

沖縄島における降水中のトリチウム濃度と水素・酸素安定同位体比及び主要イオン濃度との関係

Determination Sr-90 in Milk Samples

氏名 : Oktisya Devi Widyaningsih

受入研究者 : 田副 博文

共同研究者 : Kusdiana · Eka Djatnika Nugraha

1. 成果

Sr-90 analysis has been carried out in milk powder samples which the activity is known. The determination of Sr-90 is based on three main steps: the sample preparation, TEVA and DGA resin pre condition, extraction chromatography and the activity determination of Sr-90 using LSC.

Background:

1. A significant number of volatile radionuclides were emitted into the atmosphere after the Fukushima nuclear accident, with Strontium-90 (Sr) being no exception (Shozugawa etc 2012).
2. Strontium has the same chemical properties as calcium, this allows Sr to enter the human body through the food chain, especially through consumption of milk (Lopes and Madruga 2009).
3. Strontium-90 has high radiotoxicity and is retention in the body, so it can damage bone marrow and is also carcinogenic (Sulaiman 2010).
4. Liquid scintillation counting (LSC) is used in this work for the analysis of Sr-90

Procedure:

1. Sample Preparation

Concentrated HNO₃ and H₂O₂ were used to leach milk powder samples. Then some chemicals were added and the mixture was filtered using 0.45 micrometer filter. The samples were ready to be eluted. Before, TEVA and DGA resin were pre conditioned using HNO₃.

2. Extraction chromatography

Chromatographic extraction was performed by passing the samples through a column made up of TEVA and DGA resins, each column prepacked with 2 ml of resin. The sample filtrate was eluted at a flow rate of 1 ml/minute using vacuum pump. Following that, the eluent was directly measured using LSC.

3. Measurement using LSC

Sample was measured using LSC for 400 minutes and 5 cycles.

Result

Sr-90 Activity Concentration of the target value is 99.9 Bq/kg, and the research value 68.05 Bq/kg. % recovery is 68.12%. The chemical recovery percentage of the sample shows that the procedure was insufficient, indicating that this method requires improvement in order to get higher recovery.

2. 論文

Y-21-21

Presence of Cs-137, Cs-134, Sr-90 traces from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident in the seawater and air for baseline date in Viet Nam

氏名 : Vo Van Tien

受入研究者 : 田副 博文

共同研究者 : Dao Van Hoang · Nguyen Van Hoai Nam · Đoàn Thị Thanh Nhan

1. 成果

Contamination by radioactive cesium (Cs-134 and Cs-137), which was released by the severe accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) in 2011, still has a great impact on aquatic organisms. In the case of the Chernobyl accident, the rate of decline of Cs-137 in fish and aquatic environments slowed down after some decades. Cs-137 in river systems can be taken up by aquatic animals. In this study, total Cs-137 concentration in the Ukedo River system and Cs-137 presence in dissolved, acid-soluble, and insoluble fractions in river water samples were determined. Total Cs-137 concentration increased going downstream and had the maximum value of 2.08 Bq/kg below the Ogaki Dam in May 2012. When there was no rainfall before sampling, >87% of Cs-137 existed in the dissolved state, and the acid-soluble state and the insoluble state were <13% and the undetectable level, respectively. After the heavy rain event, the particulate fraction (acid-soluble state + insoluble state) was elevated to 65%, which corresponds to twice as much as that in the base flow condition. Particulate Cs-137, especially the acid-soluble Cs, can play a role when taken into the food chain in aquatic ecosystems.

2. 論文

海洋堆積物由来の放射性セシウム粒子の溶解特性の解明

氏名：三浦 輝

受入研究者：田副 博文

共同研究者：石丸 隆・神田 穰太・伊藤 友加里

1. 成果

福島第一原子力発電所事故によって、大量の放射性セシウム (Cs) が環境中へ放出された。放射性 Cs の形態の一つとして放射性 Cs 粒子 (CsMP) が報告された (Adachi et al., 2013)。Kubo et al. (2020) は福島沖の海洋堆積物から新たなタイプの CsMP を発見した。本研究では、新たなタイプの CsMP の海水中での溶解特性を明らかにすることを目的とした。CsMP の溶解速度は、CsMP 中の Cs の生物への取り込みや、溶存態 Cs 濃度にも影響を与える可能性がある。新たなタイプの CsMP を 16 粒子分離し、内 2 粒子について溶解実験を行った結果、100 μm の CsMP の場合、20°C の海水中では約 10 年で粒子中の Cs の半分が放出されることが示唆された。来年度も引き続き溶解実験を継続することで、より信頼できる CsMP の溶解速度を推定する。

2. 論文

- 成果 1) S. Suzuki, Y. Amano, M. Enomoto, A. Matsumoto, Y. Morioka, K. Sakuma, T. Tsuruta, H. Kaeriyama, H. Miura, D. Tsumune, K. Kamiyama, T. Wada, and H. Takata (in revision) Temporal variability of ^{137}Cs concentrations in coastal sediments off Fukushima
- 2) 三浦輝, 栗原雄一, 高橋嘉夫 (2021) 福島第一原子力発電所事故により放出された不溶性セシウム粒子の環境動態 —河川から海洋への移行とその影響—, 地球化学, 55, 122-131.
- 3) H. Miura, and Y. Takahashi (2021) Characterization of two types of cesium-bearing microparticle (CsMP) emitted from the Fukushima nuclear power plant accident using multiple synchrotron radiation analyses, Research Frontiers 2020, SPring-8 SACLA, 94-95.
- 4) H. Miura, and Y. Takahashi (2021) Characterization of Two Types of Cesium-Bearing Microparticles (CsMPs) Emitted from the Fukushima Nuclear Power Plant Accident Using Multiple Synchrotron Radiation Analyses, Photon Factory Highlights 2020, KEK, 38-39.
- 5) 三浦輝, 栗原雄一, 高橋嘉夫, 海洋で発見された不溶性 Cs 粒子とその特徴, 科学, 2022 年 3 月号.

Y-21-23

Clarification of measurement uncertainty of a plastic scintillation fiber (PSF) for in-situ monitoring of the distribution of radiocesium in bottom sediments of agricultural ponds

氏名：Estiner Walusungu Katengeza

受入研究者：眞田 幸尚

共同研究者：越智 康太郎

1. 成果

Since 2013, a plastic scintillation fiber (PSF) system has been used for in-situ monitoring of the distribution of radiocesium (RCs: ^{134}Cs and ^{137}Cs) concentration in bottom sediments of ponds affected by radioactive fallout from the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. PSF's counting rate (CR_{psf}, s⁻¹) was converted to RCs concentration (Bq kg⁻¹) by regressing it on the average RCs concentration in the top 10 cm of sediment core sampled from points coinciding with PSF measurement lines. However, in-situ devices' measurement uncertainty can be influenced by the vertical distribution of RCs in bottom sediments including the depth over which the calibration samples are averaged. Accordingly, this study was aimed at clarifying the influence RCs depth distribution on PSF calibration factor and its measurements uncertainty based on RCs monitoring in forty-seven ponds in 2015–2019. Using a dataset (N=206) of PSF and sediment core sample measurements, 32% were used for PSF calibration by first averaging the sediment RCs concentration over varying thicknesses of the core samples, i.e., calibration depth (l_{cal}) ranging from 0–5 cm (l₁₅) to 0–30 cm (l₃₀) in 5 cm increments. Next, the corresponding CR_{psf} was regressed on each l_{cal} and the result coefficient of determination (R²) was used as an optimization criterion under the hypothesis that an optimal calibration depth (l_{optimal}) would maximize R² and minimize measurement uncertainty expressed as normalized mean square error (NMSE), which compared the depth-dependent PSF-derived RCs concentration (PSF_l) against sediment RCs concentration for all the samples. Additionally, uniformity in RCs concentration by depth was statistically tested using the concentration in successive 5 cm layers of all sediment core samples. The thickness, L_{90%}, of sediment containing 90% of the RCs inventory (Bq m⁻²) was estimated from the cumulative sum of the inventory in the sediment core layers for each sample. The peak or plateau of R² occurred mainly at l₁₅ and l₂₀ which coincided with the largest proportion of L_{90%} among the samples. Consistent with the hypothesized trend for l_{optimal}, lowest NMSE tended to occur at l_{cal} where R² peaked or began plateau i.e., l₁₅ and l₂₀ and increased below or beyond that l_{cal}. However, RCs concentration was only statistically uniform (Mann-Whitney test, p>0.05) for the 0-5 cm and 5-10 cm sediment layers were while the rest were heterogeneous. Further, there were no statistically significant differences in

PSF-derived RCs concentration by calibration depth (Kruskal-Wallis H test, $p > 0.05$). On this basis, the currently adopted practice of calibrating against the top 10 cm is considered appropriate for the sampled ponds and period. Revision to calibrating against the top 15-20 cm may be necessary for optimizing PSF measurement uncertainty for unknown homogeneity/heterogeneity in RCs depth distribution.

2. 論文

福島環境モニタリングを目的とした採泥機能を有する小型無人船の開発(1) 無人船の制御手法開発

氏名：藤井 竣

受入研究者：眞田 幸尚

共同研究者：田原 淳一郎・森戸 誠・小野 聡太郎

1. 成果

東京海洋大学及び JAEA 福島を中心とした研究グループは福島県近郊の海域の放射能調査を行うための小型無人船の研究開発を行っている。今までは港湾内に限定して放射能調査のモックアップ試験を蓄積しており、基本的な船の運用技術は概ね確立した。今後、原子力防災ツールや事故後の環境アセスメントに本技術が幅広く活用されるには、沖合での運用技術確立が課題となっている。沖合で放射能調査を行う際は、無人船が目標位置付近で位置と方位角度の保持を行う必要があり、現状ではこれを自動制御によって行っており、港湾内のような静水状態での運用では経験を重ねてきている。しかしながら、今後、沖合で調査を行う際は、港湾内に比べて風や潮流、波などの様々な外乱の影響を受けることになり、従来の制御手法では対応できなくなる可能性が考えられる。そこで、本研究では、沖合でも無人船による放射能調査が行えるような機械学習手法を取り入れた制御手法を考案することを目標とした。本年度、新たな制御手法としては、従来の制御手法に、ニューラルネットワークによる補正入力を加える手法を基礎的に構築した。ニューラルネットワークを使用することにより、補正入力のリアルタイム性が向上し、海況を予測した無人船の制御が可能になると考えられる。構築したアルゴリズムを、MATLAB を用いた計算シミュレーションで確認した結果、従来の制御手法に比べて外乱に対する耐性があることが確認できた。考案した制御手法を無人船に実装し、福島県相馬市追川の沖合にて海域試験を行った。結果、平均風速が 2.0[m/s] で、潮流や波の影響がある中でも、半径 6[m] の円内で位置と方位角度の保持を行うことができた。この結果から、機械学習手法を取り入れた制御手法は、従来の制御手法より、外乱の大きい沖合での制御に適しており、今後、無人船を用いた放射能調査の調査範囲拡大が期待できる。次年度以降、様々な海況条件で、同様な試験を福島沖で重ね、制御パラメータや性能限界について検証するとともに、沖合での放射能調査の実運用に資する知見を提供していく。

2. 論文

Shun Fujii, Junichiro Tahara, Shoichiro Baba, Yukihisa Sanada, "Dynamic Positioning Control of Unmanned Surface Vehicle for Core Sampling: Correction Input Using Neural Network," The 32nd International Ocean and Polar Engineering Conference. (受理済)

帰還困難区域内のイノシシを対象とした糞 DNA における MIG-seq 解析の手法検討

氏名：齋藤 梨絵

受入研究者：玉置 雅紀

共同研究者：今藤 夏子・熊田 礼子・James Beasley

1. 成果

2011年3月に発生した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故後、福島県内の避難指示区域内の一部居住が制限されている地域では、人間活動の低下に伴うイノシシの行動範囲の拡大や個体数の増加、高濃度の放射性セシウムを含有するイノシシの他地域への分散が懸念されている。野生動物の移動・分散スケールを把握する有効な手段の一つとして、遺伝的構造をもとにした個体群構造解析が挙げられる。帰還困難区域を含めたイノシシの個体群構造を遺伝的に解析することで、イノシシが増加した際に、移動・分布拡大するおそれのある地域を把握し、福島県及び隣接県も含めた広域におけるイノシシ管理に資する知見を得ること、加えて、野生動物の移動・分散に伴う放射性Csの動態を明らかにできることが期待される。2021年度の私たちのERAN共同拠点の研究では、福島県内外のイノシシの個体群構造を明らかにすることを目的に、イノシシの筋肉から抽出したDNAを利用したMIG-seq解析を行った。その結果、地域特性のあるイノシシの個体群構造が確認され、近年の遺伝子流動を反映した個体群特性を確認することができた。私たちの先行研究より、MIG-seq解析が福島県内外のイノシシの移動や個体群構造の把握に有効であることが示された。しかしながら、これまでのMIG-seq解析には筋肉試料を利用しており、イノシシの捕獲(捕殺)や解体といった労力がかかること、捕獲状況により地点や試料数にバイアスがかかることといった懸念があった。一方、イノシシの糞から抽出したDNA(糞DNA)を使用した場合、動物の捕獲や接触なしに収集することができ(非侵襲的試料)、試料の採集を簡便化し、かつ、より充実した試料の確保が可能となることが期待される。しかしながら、糞には対象種以外のDNA(例えば、食物に由来するDNA)も含まれている。MIG-seq解析においては、多種類の生物種に対応した汎用性の高いPCRプライマーを利用するため、糞DNAを用いた場合、PCRの過程でイノシシ以外のDNAからのPCR産物も増幅されることが懸念される。これまでに糞DNAを用いたMIG-seq解析の報告はない。そこで、本研究では、帰還困難区域内で捕獲されたイノシシ試料を利用し、糞DNAを利用したMIG-seq解析の手法開発を検討した。福島県の帰還困難区域内で捕獲されたイノシシについて筋肉、直腸糞および罌に落ちていた糞(以下、罌糞)を採集し、それぞれの試料からDNAを抽出した。まず、MIG-seq解析に必要な“イノシシのDNA”の存在量を確認するための実験を行った。定量PCRにより一定のシグナル強度に達した時のサイクル数(Cp値)を確認した筋肉DNAについて、一定の割合で希釈系列のDNAを作成し、Cp値を調整した後に、希釈系列DNAについて1stPCRを実施した。1stPCR産物について、電気泳動を行い、Cp値と1stPCRに

よる DNA 断片の増幅成功との関係性を確認した。その結果、Cp 値が 32 付近までは DNA の増幅が確認されたが、それ以上では増幅が確認されなかった。したがって、MIG-seq 解析には、Cp 値が 32 以下の DNA のみを解析に用いるのが適当であることが分かった。筋肉、直腸糞および糞糞にから抽出した DNA について、イノシシに特異的なプライマーを使用した定量 PCR を行い (TAGLN1sus and TAGLN2sus, refer to Ebert et al., 2012)、イノシシの DNA 量を定量化した。いずれの筋肉、直腸糞および糞糞においても、Cp 値は 32 以下であり、MIG-seq 解析を行うにあたり十分なイノシシの DNA 量が含まれていることを確認できた。これらの試料を使用し、MIG-seq 解析を行った。今後、MIG-seq 解析により得られたシーケンス配列について、複数のデータ解析を試行し、糞試料から得られる SNPs (一塩基多型) の評価および手法の確立を目指す。

2. 論文

放射性核種を用いた日本海溝周辺海域における沈降粒子輸送状況の評価

氏名：Zhu Siteng

受入研究者：青野 辰雄

共同研究者：張 勁・大塚 進平・片境 紗希

1. 成果

プレートが沈み込む海溝域では地震活動が活発であり、日本海溝では数 100 年間隔で巨大地震が発生していると報告されている(T.Schwestermann et al., 2021; Ikehara et al., 2016)。日本歴史上最大の 2011 年東北地方太平洋沖地震は日本海溝の西側斜面を震源とし、その地震時変位は水平方向に～50m、鉛直方向に～10m であったと推測されている(Fujiwara et al., 2011; Kodaira et al., 2012)。アウターライズ地震は海溝型地震と連動して発生するとされており(Lay et al., 2011; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 1997)、近い将来日本海溝東側でも大規模な地殻変動が起こること予想される。本研究では 2011 年に起きた地殻変動と繰り返し発生した余震による海溝東側斜面の堆積物輸送状況の変化を評価することで、東斜面の地震に伴う環境変化に関する知見を獲得することを目的とした。コア試料は、2011/7/16-8/4 と 2020/8/24-9/2 の 2 つの期間で採取されたものを使用した。堆積物中の放射性同位体(^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{214}Pb)に加え、炭素窒素安定同位体比及びその含有量の測定を行った。また先行研究のデータと比較、日本海溝の東西斜面に着目して、地震前後の変化を評価した。堆積物の海底面よりも下の層で福島原発事故由来と推定される高濃度の放射性 ^{137}Cs が検出された。また、同時に分析した excess ^{210}Pb 濃度は堆積物表層で過去に同海域で測定された値よりも高くなっていった。この 2 点は最近になって堆積物輸送が強化されたことを示唆している。炭素安定同位体比と TOC/TN 比を用いた解析結果は有機炭素がすべて海洋起源であること示したことから、輸送量増加には近隣地域からの側方輸送が寄与していると考えられた。地震が東側斜面への物質輸送を強化するトリガーである可能性が示されたことは、生物生産性の乏しい外洋への物質輸送という観点で重要な知見であると考えられる。今後、海水中の放射性 ^{137}Cs の分析や調査地点数を増やすなどして、日本海溝周辺の堆積輸送過程を詳細に明らかにしていきたいと考えている。

2. 論文

Shota Kambayashi, Jing Zhang, Hisashi Narita(2021) Significance of Fukushima-derived radiocaesium flux via river-estuary-ocean system. Science of The Total Environment, Volume 793, 1 November 2021, 148456. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148456>

沿岸海域における放射性セシウムの挙動解明に関する研究

氏名：神林 翔太

受入研究者：青野 辰雄

1. 成果

陸域と海洋をつなぐ河口域や沿岸域は、河川水と海水が混在することによる物理拡散、物質の不溶化、沈降や再溶出などが展開される場であることから、同域における物質循環、特に陸域から海洋への物質輸送過程を理解することは重要である。しかしながら、河口域を通じて海洋へ輸送される粒子の実態は理解されていないことも多い。本研究では、幅広い塩分変動をもつ海跡湖「松川浦」で採取した表層堆積物及び再懸濁粒子の放射能分析及び化学分析を通じて陸域から海洋への粒子の輸送過程や Cs-137 分布状況と陸起源物質との関係について実態把握を行った。

希土類元素パターンからみた粒子の変質作用の度合いは、海底堆積物 > 表層堆積物 ≒ 再懸濁粒子 ≒ 河床堆積物であった。また、無機粒子の起源を推定するための指標である La/Yb 比から、無機粒子に含まれる陸起源粒子の割合は約 7 割と試算された。これらのことから河川から流入する粒子の多くは再懸濁を繰り返して変質作用の影響が少ない状態で海洋へ輸送されていると考えられる。さらに、有機物と無機粒子の双方とも陸起源物質の割合が多いほど Cs-137 濃度が高くなる傾向が確認された。一方で、La/Yb 比と Cs-137 濃度には関係性は確認されなかった。これらのことから表層堆積物に含まれる Cs-137 分布は陸起源無機粒子と陸起源有機物の双方の堆積状況に依存していると考えられる。今後は得られた分析結果を基に多変量解析などを用いることで陸起源無機粒子と陸起源有機物などの寄与率の推定を行うことで、河口域を通じて海洋へ輸送される放射性セシウムを含む種々の物質について、より正確な輸送過程を理解するための基礎データとなることが期待される。

2. 論文

ミミズが土壌中の放射性セシウムの鉛直分布に及ぼす影響の解明

氏名：田中 草太

受入研究者：石井 伸昌

1. 成果

ミミズは、土壌表層を攪乱し、有機物を摂食・分解し、団粒を形成することで、土壌構造を改変している。この生態系改変者としてのミミズの働きは、土壌中の放射性セシウムの鉛直分布にも影響を及ぼすことが示唆されている。しかしながら、福島原発事故後の放射性セシウムの土壌鉛直分布に対するミミズの影響を考慮した研究はこれまで実施されていない。事故後 10 年が経過し、定常状態に近づきつつある土壌表層の放射性 Cs の長期動態を予測するうえで、土壌動物による生物攪乱の影響を正確に評価する必要がある。本研究では、フトミミズ科のミミズを対象に土壌表層の放射性セシウムの鉛直分布に与える影響を実験的に明らかにすることを目的とする。調査地は、福島第一原発から北西約 40 km に位置する落葉広葉樹を主とする山林とし、20221 年 8 月 31 日にフトミミズ科の表層種のミミズを見取り法により採集した。放射性 Cs 層（上部 3cm）と非汚染層（下部 12cm）を設定した飼育容器にミミズを 1 匹入れ、0, 1, 3, 7, 14 日間後の放射性 Cs 層の分布をオートラジオグラフィにより可視化した。その結果、実験開始から 14 日間では、ミミズによる放射性 Cs の土壌鉛直方向への明確な移動は認められなかった。したがって、短期的にはミミズの活動は土壌表層の放射性 Cs の鉛直分布に影響を与えないことが示唆された。一方、実環境におけるミミズの生育期間は、本実験期間より長いため、より長期の飼育期間を設けることで、実環境に即した評価を実施する必要がある。今年度は実験系の構築を完了し、ミミズは短期的には、土壌表層の放射性 Cs の鉛直分布に影響を及ぼさないことを明らかにした。今後は、実環境に即した長期の実験期間を設けるとともに、土壌の高さごとの放射性 Cs 濃度をゲルマニウム半導体検出器を用いて定量することで、ミミズが放射性 Cs の土壌鉛直分布に与える影響より正確に評価していく必要がある。

2. 論文