

放射能環境動態・影響評価
ネットワーク共同研究拠点（ERAN）

FY2022 FINAL REPORT

【若手/Young 共同研究】

申請番号	氏名	所属機関	研究題目	共同研究者	受入研究機関	受入研究者
Y-22-01	亀山 敏顕	東京大学	流域特性およびその変化が水循環過程に及ぼす影響評価：森林伐採前後の水文・同位体データを用いて		CRIED	恩田 裕一
Y-22-02	本多 真紀	日本原子力研究開発機構	原子力発電所周辺で採取した環境試料中90Srの加速器質量分析	Martshini Martin	CRIED	坂口 綾
Y-22-03	Maamoun Ibrahim	日本原子力研究開発機構	Assessment of the current groundwater contamination levels in Ningyo-toge site, Japan.	田中 万也	CRIED	山崎 信哉
Y-22-04	榑原 厚一	信州大学	地下水流出域における流出水中の溶存態放射性セシウム濃度の変化要因の解明	廣田 昌大	CRIED	辻村 真貴 恩田 裕一
Y-22-05	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定量評価	石井 伸昌	IER	塚田 祥文
Y-22-06	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及び餌料生物の放射性セシウム濃度		IER	和田 敏裕
Y-22-07	渡部 翔	福島県水産海洋研究センター	河川を介した陸域由来の放射性セシウムにおける汽水域への影響に関する研究		IER	和田 敏裕 高田 兵衛
Y-22-08	Hu Jun	千葉大学	Driver forces identification and danger potential analysis of wildfire in the radioactive residual area	小槻 峻司	IER	五十嵐 康記
Y-22-09	Jin Qianhao	東京大学	Development of Strategy on Near Surface Disposal of Radioactive Waste	飯本 武志 立川 博一	IER	山口 克彦
Y-22-10	湯本 景将	筑波大学	阿武隈高地のセミ類の遺伝構造評価	津田 吉晃 仲川 邦広	IER	兼子 伸吾
Y-22-12	Oumar Bobbo Modibo	Institute of Geological and Mining Research	Establishing the first radon and thoron detectors calibration system in Africa	Saidou Issa	IREM	床次 眞司 Kranrod Chutima
Y-22-13	小池 弘美	東京大学	自然起源放射性物質の各種比放射能測定法の特徴に関する研究	飯本 武志	IREM	床次 眞司
Y-22-14	Soumayah Bachirou	University of Douala	Environmental radiation exposure in the Fukushima prefecture	Daniel Bongue Sammuel guillaumeBineng issa Hamadou	IREM	床次 眞司 細田 正洋
Y-22-15	Kitcha fayette Sime	University of Yaounde	study of environmental radioactivity in fukushima prefecture, Japan and in rare-earth element bearing area of akonolinga, Cameroon		IREM	床次 眞司 Kranrod Chutima
Y-22-16	Mbarndouka Taamte Jacob	Institute of Geological and Mining Research	Generation of stable radon and thoron gas in low, medium and high concentration and application to calibration system	Saidou Oumar Bobbo Modibo	IREM	床次 眞司 細田 正洋
Y-22-17	小倉 巧也	北海道科学大学	放射線影響の学習を支援する学校教育向け新放射線教育教材の開発		IREM	床次 眞司
Y-22-18	Tran Thanh Mai	Dalat Nuclear Research Institute	Establishment of on-site culture system to evaluate cytogenetic effect on human and wild mice in Fukushima	藤島 洋平 Goh Swee Ting Valerie 阿部 悠	IREM	三浦 富智
Y-22-19	NHAN Thi Thanh Doan	Center for Nuclear Technologies in Ho Chi Minh city, Vietnam	The presence of isotopes Cs-137, Cs-134, Sr-90 and also tritium in marine products, seawater in Vietnam	Vo Van Tien Dao Van Hoang	IREM	田副 博文
Y-22-20	工藤 なつみ	海洋生物環境研究所	魚の骨を用いたストロンチウム90の濃度変動	田村 典子 石田 保生 山田 正俊	IREM	田副 博文
Y-22-21	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 穰太 伊藤 友加里	IREM	田副 博文
Y-22-22	Deng Wenjie	富山大学	複数の化学トレーサーを用いた東シナ海の低酸素水に関する研究	張 勁 Zhu Siteng 大塚 進平 片境 紗希	IREM	田副 博文
Y-22-23	玉熊 佑紀	長崎大学放射線総合センター	連続捕集型大気モニタの測定ジオメトリの最適化		IREM	大森 康孝 細田 正洋
Y-22-24	Hasan Md Mahamudul	The University of Tokyo	Development of effective countermeasures for radon exposures focusing on human lifestyle: usage of home appliances on radon dose mitigation	飯本 武志 Janil Miroslaw	IREM	大森 康孝 細田 正洋
Y-22-25	西野 圭佑	電力中央研究所	河口域における塩分の変化が懸濁粒子の粒径スペクトル形状に及ぼす影響の解明	吉川 裕 津旨 大輔 三浦 輝	JAEA	中西 貴宏 舟木 泰智
Y-22-26	斎藤 梨絵	University of Georgia	食性調査に基づくチェルノブイリ避難区域内におけるオオカミの行動・生態に関する研究	BEASLEY James 今藤 夏子	NIES	玉置 雅紀
Y-22-27	花城 清俊	広島大学	植物のリン欠応答機構が土壌から植物への放射性セシウム移行性に及ぼす影響評価	信濃 卓郎	IES	海野 佑介

申請番号	氏名	所属機関	研究題目	共同研究者	受入研究機関	受入研究者
Y-22-28	植村 逸平	北海道科学大学	低線量放射線環境における生体防御機構への影響評価	鈴木 夏子 中田 章史	IES	山内 一己
Y-22-29	Thennaarassan Natarajan	東京都立大学	都市部の処理水および水道水中に含まれる人為的ガドリニウムの測定	田副 博文	IES	Veerasamy Nimelan 柿内 秀樹

流域特性およびその変化が水循環過程に及ぼす影響評価：森林伐採前後の水文・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

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現象の一つである水循環の再現・予測が重要である。その達成には、観測・実験を通じた現象理解に加え、時空間的に拡張した場で様々な条件に対し現象を再現できる水循環モデルによる評価が必要である。しかし従来のモデルでは、水分環境の時空間分布の低い再現精度やパラメータ探索に頼ったモデル運用の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。そこで本研究では、パラメータ探索を行わずその場所の流域特性を入力に水循環を再現可能なモデルを開発し、実地への適用・検証と数値実験により流域特性とその変化が水循環に及ぼす影響の機構論的解明を目的とした。

開発モデルの基はこれまでの ERAN 等を通し申請者が開発した分布型の水循環物理モデル BLock Aggregation of Darcy's law Elements model (BLADE) である。本年度はまず、BLADE の技術的基盤強化に取り組んだ。具体的には (1) 土壌から基岩への浸透計算モデルの、土壌が不飽和であってもその透水性に応じて基岩への浸透が生じるモデルへの変更、(2) 数値計算手法の改良 を行なった。そして BLADE を実測データのある山地森林流域(神奈川県大洞沢流域、49 ha) 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したほか、計算速度を 1.7 倍にすることに成功した。

さらに、土壌と基岩を明示的に扱う BLADE の特性を活かし、基岩を考慮する場合と考慮しない場合のそれぞれに対しマルコフ連鎖モンテカルロ法 (1000 サンプル) とベイズ推論を行うことで、流出の再現精度やパラメータ推定およびそれらの不確実性に対し基岩の考慮がどのような差を生むか調べた。大洞沢流域に適用した結果、基岩を考慮する場合の方が流出の再現精度が高く、基岩考慮の有無でパラメータの推定事後分布に差が生まれるという示唆を得た。

また、BLADE を適用し水文・同位体データを用いて解析を行う予定の栃木県唐沢山流域で、モデル適用に必要な土層厚分布の取得のため簡易貫入試験を実施し、予定数のデータ取得を終えた。

今後、BLADE のさら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・予測と森林流域の特性が水循環に及ぼす影響の評価・予測とその手法の確立を目指す。

2. 論文

原子力発電所周辺で採取した環境試料中 90Sr の加速器質量分析

氏名：本多 真紀

受入研究者：坂口 綾

共同研究者：Martshini Martin

1. 成果

住民の内部被ばくを評価する上で Sr-90 は最も重要な核種の 1 つに位置づけられる。Sr-90 の分析の主力は娘核種 Y-90 のミルキングによる β 線検出であるが、この従来の分析法の課題は膨大な試料量と煩雑な化学分離である。我々はこれまでに、ウィーン大学の加速器質量分析 (AMS) 装置を活用して、簡易な化学分離 (1-2 日) で環境試料中の Sr-90 を高感度に分析できることを示した。この新たな分析手法 (AMS 法) の Sr-90 の検出限界は < 0.1 mBq (β 線検出法の 1/30) であることから、より少ない供試料量で Sr-90 の定量が可能である。本年は、様々な性状の環境試料に AMS 法が適応可能であることを示すため、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS) の調査対象場所である、チェルノブイリ原子力発電所の冷却水供給池で採取した、夾雑物が多い水試料中の Sr-90 を AMS 法で分析した。

水試料の Sr-88 の濃度は ICP-MS の結果から $(1.3-2.3) \times 10^{18}$ atoms/L と求めた。更に、この Sr-88 濃度と、ウクライナ水文気象学研究所 (UHMI) が β 線検出法で求めた Sr-90 濃度 (Bq/L) から、水試料の Sr-90/Sr-88 原子数比は $(0.6-1.7) \times 10^{-9}$ atoms/atoms と求めた。この原子数比から、AMS で Sr-90/Sr-88 を精度よく測定可能な Sr-90/Sr-88 原子数比 10^{-13} (検出限界 Sr-90/Sr-88 $< 1 \times 10^{-14}$ より十分に高い原子数比で、予想される測定誤差は $< 5\%$) にするため、冷却水供給池の試料量は $500 \mu\text{L}$ 、Sr 担体の添加量は 1 mg と決定した。 $500 \mu\text{L}$ の水試料に含まれる Zr-90 の量は ICP-MS の結果から $(3.2-10.0) \times 10^{10}$ atoms であった。これらの Zr-90 含有量は、AMS で抑制可能な Zr-90 の量 10^{11} atoms (ターゲット中) と同程度もしくは 1 桁少ないので、陰イオン交換樹脂による Zr 除去は不要であると判断した。これらのことから、本研究では AMS 法における化学処理スキームの更なる簡素化に成功した。更に、この化学処理スキームで処理した $500 \mu\text{L}$ の少ない水試料の Sr-90 AMS に成功した。

2. 論文

Honda, M., Martschini, M., Marchhart, O., Priller, A., Steier, P., Golser, R., Sato, T. K., Tsukada, K., Sakaguchi, A. (2022). Novel 90 Sr analysis of environmental samples by Ion-Laser InterAction Mass Spectrometry. *Analytical Methods*, 14(28), 2732-2738.

Assessment of the current groundwater contamination levels in Ningyo-toge site, Japan.

氏名：Maamoun Ibrahim

受入研究者：山崎 信哉

共同研究者：田中 万也

1. 成果

Ningyo-toge mine, located in Kamisaibara Town, Okayama Prefecture, was used for uranium mining, milling and refining for around 18-20 years, until it was closed in 1982. Since when, the Ningyo-toge mine area was disclosed as high radiation area, originated from the mining residues that were discarded and left as they were after closing the mine. Currently, the Ningyo-toge site is planned for cleanup and the prevention of any future environmental contamination. Nevertheless, elevated uranium (U) and arsenic (As) concentrations have been detected in water and sediment samples in the area. Therefore, the aim of this research was conducting an up-to-date monitoring of trace (U and As) and major (Fe and Mn) elements levels in water, sediment, and plant samples from the site. Groundwater samples were collected from 3 drain wells (GW1, GW2, and GW3). Water and sediment samples were collected from 6 locations along the mill tailings pond (MTW1 – MTW6 & MTS1 – MTS6). Plant (*phragmites australis*) samples were collected from the mill tailings pond. Trace elements (U and As) were quantified using inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS), while major elements (Fe and Mn) were quantified using inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES), and the results of five replications were averaged. Results indicated that the highest U and As concentrations were detected in the closest sample to the upstream of the mill tailings pond (MTW1), while significantly decreased towards the downstream side of the pond (Fe and Mn concentrations followed almost the same trend). High U and As concentrations were accumulated in the mill tailings pond sediments (up to 107.1 ppm-U, and 217.0 ppm-As). While Fe and Mn showed uniform distribution within the pond sediments with average concentrations of 4124.7 ppm-Fe, and 568.2 ppm-Mn. The highest U (8.3 ppm) and As (18.1 ppm) levels in *phragmites australis* tissues were detected in nodal roots, owing to the lipophilic nature of roots that induces metals accumulation. Also, Fe and Mn accumulation was mainly concentrated in nodal roots and rhizomes (2 orders-of-magnitude higher for Fe), causing brownish iron oxides color. XRD patterns of sediment samples showed major peaks associated to gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and some peaks related to ferrihydrite ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) and magnetite (Fe_3O_4), owing to iron precipitation at neutral pH. Batch experiments were conducted to reduce U and As concentration in the collected water samples (MTW1) using different bimetallic zero-valent

iron nanoparticles (Ni/Fe₀, Pd/Fe₀, and Zr/Fe₀), where they all achieved almost full removal of both U and As. Future research work may focus on investigating higher initial ²³⁸U and As concentrations and different reaction conditions.

2. 論文

1. Improved immobilization of Re(VII) from aqueous solutions via bimetallic Ni/Fe₀ nanoparticles: implications towards Tc(VII) removal (Accepted with Revision).

Ibrahim Maamoun, Kohei Tokunaga, Terumi Dohi, Futoshi Kanno, Omar Falyouna, Osama Eljamal, and Kazuya Tanaka.

Frontiers in Nuclear Engineering (Manuscript ID: 1142823)

2. Perrhenate (ReO₄⁻) removal from aqueous solutions by mono-, bi-, and tri-metallic iron nanoparticles: A comparative study

Ibrahim Maamoun, Kohei Tokunaga, Omar Falyouna, Osama Eljamal, Kazuya Tanaka
Conference abstract, Migration 2023, 24-29 September 2023, Nantes, France.

地下水流出域における流出水中の溶存態放射性セシウム濃度の変化要因の解明

氏名：榊原 厚一

受入研究者：辻村 真貴・恩田 裕一

共同研究者：廣田 昌大

1. 成果

環境中に放出された放射性核種の移行過程の解明は、水資源の持続性などを評価する上で重要である。地下水中の溶存態 Cs-137 濃度は低いものの、地下水流出時に森林リター等と接触することによって、リターから Cs-137 が溶出し、流出水に負荷されることが近年指摘されている。このことから、地下水の流出は直接・間接的に溶存態 Cs-137 の移行に関わっていると考えられる。しかしながら、原発事故の影響を受けた地域において、地下水流出と溶存態 Cs-137 濃度の関係については森林源流域を含めて十分に明らかにされていない。したがって、本研究の目的は、地下水の流出域を示し、地下水流出による流出水中溶存態 Cs-137 濃度への影響を明らかにすることである。本年度は、放射性ラドン (Rn-222) をトレーサーとして用いることで、森林源流域における地下水流出を空間的に評価することを目的として実地調査を実施した。福島県川俣町の森林試験地を研究対象として、浅層地下水、基盤岩地下水、湧水、渓流水を採取し、放射性ラドン、酸素・水素安定同位体比、主要無機溶存イオン濃度を分析することで以下のことが明らかとなった。

Rn-222 濃度は、基盤岩地下水 (68.6-70.4 Bq/L)、浅層地下水 (26.9-44.4 Bq/L)、湧水 (8.3-15.7 Bq/L)、渓流水 (0.0-1.6 Bq/L) の順に高く、地下から地表にかけての深度に応じた Rn-222 濃度の差がみられた。斜面内岩盤から谷底部へ流動する地下水と谷底部の流出域付近の地下水を比較すると、前者の方が Rn-222 濃度は高く、浅層地下水においてその差は顕著であった。湧水・渓流水中の Rn-222 濃度は地下水と比較して明らかに低かったものの、水の流量が増える地点における渓流水では Rn-222 が上昇した。このことは、Rn-222 が高い地下水が渓流へ流出していることを示していると考えられる。山地源流域においては、小規模かつ早い水循環系が形成されており、地表水と地下水の水質や同位体比は類似することが多いため、地下水の流出を評価することが難しかった。しかしながら、地下水で顕著に高い Rn-222 をトレーサーとして用いることで、源流域という場の条件においても、地下水の流出が評価可能であるといえると考えられた。今後は、地下水流出と溶存態 Cs-137 濃度との関係を解析していく予定である。

2. 論文

ミミズが土壤中の放射性セシウムの鉛直分布に及ぼす影響の定量評価

氏名：田中 草太

受入研究者：塚田 祥文

共同研究者：石井 伸昌

1. 成果

ミミズは、土壤中の有機物分解やフン団粒の形成により土壤物理構造を改変する。このミミズの生態系改変者としての働きは、土壤中の放射性 Cs の鉛直分布に影響を与える可能性がある。しかし、福島原発事故後にミミズが土壤中の放射性 Cs 動態に与える影響が評価された例はない。事故後 10 年が経過し、環境中で定常状態を迎えつつある土壤表層の放射性 Cs の長期的動態を予測するうえで、土壤表層を攪乱し、土壤構造を改変するミミズの影響を解明することは重要である。

2022 年度は、前年度に構築した放射性 Cs の土壤鉛直分布を可視化する実験系を改良し、ミミズの長期飼育を可能とした。2022 年 9 月に福島第一原発から北西約 40km に位置する落葉広葉樹を主とする山林内で、フトミミズ科の表層種のミミズを見取り法で採集した。供試土壤は、ミミズ採集地点と秋田市内の落葉広葉樹林の表層土壤を用い、それぞれ放射性 Cs 汚染土壤および非汚染土壤とした。放射性 Cs 汚染土壤(上部 2cm)と非汚染土壤(下部 8cm)を設置した実験系に採集したミミズを 1 匹入れ、0, 1, 3, 7, 14, 28, 35, 49 日後に放射性 Cs の鉛直分布をオートラジオグラフィにより可視化した。前年度と比較して 1 ヶ月以上の飼育延長に成功した結果、飼育 49 日後に放射性 Cs の一部が表層から下層に約 4cm 鉛直移動することが確認された。この移動は不均一に生じており、ミミズの土壤有機物摂食・排糞や坑道形成といった活動によって移動が生じたことを示唆するものである。また、ミミズのフン団粒内に放射性 Cs が存在することが確認されたことからミミズの排糞・移動とともに放射性 Cs が土壤中を移動することが示唆された。日本に生息するミミズの排糞量は、年間 3 kg dry/m² (平均密度：195 個体/m²) と報告されており、実環境における放射性 Cs の土壤鉛直移動におけるミミズの影響は無視できないレベルのものであると考えられる。また、実環境中におけるミミズの発生期間は、本実験期間よりも長く、土壤構造の改変はミミズの死後も維持される。したがって、ミミズが放射性 Cs の土壤鉛直分布に及ぼす影響は長期的に蓄積される可能性がある。

今後は、実環境に即したより長期的な影響を評価するとともに、ミミズによる有機物分解や土壤構造の改変が放射性 Cs の生物移行性に与える影響を明らかにするため、糞団粒内の放射性 Cs の存在形態やその保存性について調査を進める。

2. 論文

福島県松川浦における魚類及び餌料生物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

共同研究者：

1. 成果

福島県唯一の閉鎖性海域である松川浦は、環境中（海水、海底土）の放射性セシウム（セシウム 137、以下、 ^{137}Cs ）濃度が隣接する福島県外海域（以下、外海域）と比較して高い傾向にある。また、スズキ *Lateolabrax japonicus* の ^{137}Cs 濃度は食品の基準値よりも非常に低い濃度ではあるが、外海域よりも松川浦でわずかに高い傾向がある（松川浦 1.70Bq/kg-wet、外海域 0.98Bq/kg-wet）。この差が生じる要因について食性の面から検討するため、松川浦と外海域でのスズキ及びそれぞれの海域の餌料生物を対象に調査を行った。

2019年～2022年にかけて、外海域と松川浦においてスズキ及び餌料生物を採捕し、 ^{137}Cs 濃度の測定及び炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 及び $\delta^{15}\text{N}$ ）の分析を行った。スズキについては、全長、体長、体重を測定し、胃内容物の観察を行った。

スズキの胃内容物の出現率は、外海域では魚類が 81%（うちカタクチイワシ 36%、マイワシ 16%、その他魚類 29%）、松川浦では甲殻類が 76%（うちアミ類 43%、エビ類 20%、その他甲殻類 10%、カニ類 4%）であり、外海域と松川浦では胃内容物の組成が大きく異なっていた。

餌料生物の ^{137}Cs 濃度は、外海域ではカタクチイワシが 0.07～0.08Bq/kg-wet、マイワシは 0.28～0.72Bq/kg-wet であった。松川浦ではイサザアミが 0.62～2.04Bq/kg-wet、エビ類は 1.28～1.44Bq/kg-wet であり、外海域よりも松川浦で高い傾向にあった。

スズキの $\delta^{15}\text{N}$ は外海域と松川浦で同程度であった（外海域：13.90‰、松川浦：13.51‰）。場所毎に餌料生物の $\delta^{15}\text{N}$ と比較すると、外海域では 4.85‰、松川浦では 3.22‰高く、スズキは高次の栄養段階にあった。

松川浦のスズキの $\delta^{13}\text{C}$ は外海域より高く（外海域：-17.07‰、松川浦：-15.50‰）、餌料生物と同程度であり（松川浦餌料生物：-15.15‰）、そのばらつきは大きかった。これは松川浦のスズキの $\delta^{13}\text{C}$ は松川浦の餌料生物の $\delta^{13}\text{C}$ の影響を受けており、値のばらつきは松川浦での摂餌量や摂餌期間の違いを反映しているものとみられた。

これらの結果から、外海域と松川浦ではスズキの食性が異なり、松川浦のスズキの ^{137}Cs 濃度がわずかに高い理由として、餌料生物の ^{137}Cs 濃度の影響を受けている可能性が示唆された。

2. 論文

河川を介した陸域由来の放射性セシウムにおける汽水域への影響に関する研究

氏名：渡部 翔

受入研究者：和田 敏裕・高田 兵衛

共同研究者：

1. 成果

東日本大地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故から 10 年以上が経過したが、閉鎖的内湾である松川浦や福島県沿岸では、堆積物の放射性セシウム（以下、 ^{137}Cs ）濃度が未だに 100Bq/kg を超える地点がある。陸域から ^{137}Cs が流入することが要因の一つと考えられるが、その過程は解明されていない。本研究では、陸域からの ^{137}Cs が汽水域及び沿岸域の環境に及ぼす影響について把握するため、松川浦流入河川、松川浦（河口、浦内及び湾口）及び沿岸で採取した堆積物の ^{137}Cs 濃度を測定した。堆積物試料は河川 4 地点、河口 3 地点、浦内 4 地点、湾口 1 地点及び沿岸 1 地点の 5 群 13 地点において 2021 年 5～10 月、12 月及び 2022 年 2 月に採取した。試料は、吸引ろ過により脱水処理を行った後、 ^{137}Cs 濃度の測定を行い、同試料から算出した乾土率を用いて乾重量あたりの ^{137}Cs 濃度に換算した。堆積物の ^{137}Cs 濃度を群間で比較したところ、河川 ($20.1\sim 657\text{Bq/kg-dry}$)、河口 ($20.3\sim 226\text{Bq/kg-dry}$)、浦内 ($12.2\sim 126\text{Bq/kg-dry}$) 及び沿岸 ($1.69\sim 3.00\text{Bq/kg-dry}$) にかけて値が小さくなる傾向がみられたが、湾口においては比較的高い ^{137}Cs 濃度 ($89.1\sim 481\text{Bq/kg-dry}$) がみられた。また、一部試料を用いて粒度組成を測定し、回帰分析を行ったところ、 ^{137}Cs 濃度との間に相関関係がみられたことから、群間における ^{137}Cs 濃度の違いは堆積物の粒度が要因の一つであることが示唆された。今後は、環境情報（水温、塩分等）による堆積物の ^{137}Cs 濃度への影響について検証するとともに、環境水の ^{137}Cs 濃度との比較を行い、 ^{137}Cs の動態について検討する。

2. 論文

なし

Driver forces identification and danger potential analysis of wildfire in the radioactive residual area

氏名：Hu Jun

受入研究者：五十嵐 康記

共同研究者：小槻 峻司

1. 成果

Large-scale wildfires in Chernobyl Exclusion Zone (CEZ) in 2015 and 2020 led to the release of great numbers of radionuclides, which pose a direct and broad impact on environmental and human exposure. Over recent years, the changes in the frequency and extent of wildfires in CEZ are likely the result of ongoing changes in the area's wildfire regime influenced by the regional variations in climate. To carry out the severity analysis, this study calculated vegetation indices with monthly data smoothing to identify the evident signal for severity.

A field survey was carried out in CEZ to select three typical fire severity areas for severity assessment several months after the wildfire in 2020. The levels of timber damage, tree survival, and burnt height were considered to evaluate high, medium, and low fire severity. Due to the force majeure in 2022, a further field survey was difficult to carry out, which caused limited field observations for accurate fire severity analysis. For each level, a 10 m × 10 m burnt forest, which is in accordance with the area of the pixel area in Sentinel-2, was measured, and the center latitude and longitude were recorded for the detailed analysis. The vegetation indices (NDVI, EVI, NBR, BAI, NDMI, NIR and SWIR) of the field survey were calculated using the Sentinel-2 surface reflectance images. The monthly data smoothing of vegetation indices for one year before and after the wildfire were analyzed and evaluated to find the most suitable index to reflect the evident signal for three levels of fire severity. Considering the vegetation recovery speed and interannual changes of vegetation indices in the burnt area, the NDVI and SWIR are evaluated to be the most suitable indices for fire severity assessment. To carry out the fire severity assessment in the whole burnt area, the vegetation indices analysis for forests is insufficient for recovery speeds in different land covers. Therefore, more field surveys with varying land covers should be considered in future studies.

2. 論文

Jun Hu, Yasunori Igarashi, Shunji Kotsuki, et al. Application of a tuning-free burned area detection algorithm to the Chernobyl wildfires in 2022. Scientific Reports. (Accepted)

Development of Strategy on Near Surface Disposal of Radioactive Waste

氏名：Jin Qianhao

受入研究者：山口 克彦

共同研究者：飯本 武志・立川 博一

1. 成果

To study on potential improvement contents for future application of the system of radiological protection on disposal of radioactive waste (RW), especially focusing on Near-surface disposal (NSD), this study concluded 5 potential improvement points and 2 potential argument points for optimisation based on the published documents majorly from ICRP publications and IAEA documents. We also provided suggestions based on the concluded results of this study. The potential improvement points for protection concepts applying to the disposal of RW, especially on NSD are 1) Category of radioactive waste; 2) Oversight phase strategy taking into account of memory loss; 3) Ethical values on near-surface disposal; 4) Stakeholder involvement strategy; 5) Release of the disposal site. The discussion of potential problems and suggestions for countermeasures are provided in this study for each point listed above. For example, for the potential problem of stakeholder involvement in practice, the definition of stakeholders is too wide, and the principle of involving all stakeholders is difficult. Then a category method dividing stakeholder groups into primary, secondary, and external stakeholders with different involvement strategies is suggested in this study. However, there are still aspects needed to be further discussed in the future application of the protection concepts in practices that may cause arguments and confusion. The concluded potential argument points for optimisation are: 1) Dose constraints for optimisation in NSD; 2) Dose criterion for human intrusion. There are several dose constraints including 0.1, 0.3, and 1 mSv/year which were referred to in ICRP publications that might be sufficient for the dose constraint used for NSD in the future application. The exposure situation, dose limit, and protection concepts for inadvertent human intrusion after the closure of the repository also needed to be clarified. Thus, the suggestions were given as a) Clarify the category of radioactive waste; b) Develop stakeholder category principles and involvement strategy; c) Clarify the dose criterion for public exposure and inadvertent human intrusion applying to disposal of radioactive waste. This study will continue on focusing the potential discussion aspects and potentially confusing issues in the disposal of RW and will discuss countermeasures regarding practical situations. These types of studies and discussions are for better providing proper protections to potentially affected groups and building public confidence in the safety of disposal of radioactive waste.

2. 論文

阿武隈高地のセミ類の遺伝構造評価

氏名：湯本 景将

受入研究者：兼子 伸吾

共同研究者：津田 吉晃・仲川 邦広

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、これら地域では原発事故の影響により、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 (遺伝的多様性) 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遺伝構造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 110 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 14 ハプロタイプが検出された。南相馬の集団では、2021 年に採取した個体から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重複しており、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

Establishing the first radon and thoron detectors calibration system in Africa

氏名：Oumar Bobbo Modibo

受入研究者：床次 眞司・Kranrod Chutima

共同研究者：Saïdou・Issa

1. 成果

The primary objective of this program is to establish a radon and thoron calibration system in Africa, the first in the Region. The exposition of detectors has been conducted in Rn and Tn chambers in the Institute of Radiation Emergency Medicine (IREM) of Hirosaki University, Japan. The results are shown in the Table below. However, in Research Centre for Nuclear Science and Technology (CRSTN) in Cameroon, just the Rn chamber has been used for now. The exposition to the Tn chamber has not been yet conducted, due to the lack of a Tn source. The project needs to be extended in order to expose the detectors to Tn in RCNST and proceed to the data curation. In the current study, we were able to generate Rn exposure concentrations in RCNST calibration chamber similar to those of IREM.

2. 論文

自然起源放射性物質の各種比放射能測定法の特徴に関する研究

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、自然起源放射性物質（Naturally occurring radioactive materials: NORM）を対象とした各種測定方法の特徴を明らかにし、NORMの確率論的被ばく線量評価に資する、データの適切な取扱方法を検討すると共に、NORMの取扱に係る放射線防護上の論点を整理することを目的とした。具体的には、NORMデータベース1)にまとめられている放射能に関する文献から得られる情報と、本研究でNORMの典型的なケーススタディとして定めた金属配管内堆積物から放射線が検出され、比較的放射能が高いことが判明した事例とを組み合わせ、NORMに関する放射線防護上の問題点を抽出した。

ケーススタディで扱った金属配管は、元はハンドボールのゴールポストとして使用されてきたものであり、廃棄のために金属スクラップ場へ搬入された際に、内壁に1 cm程の厚さで付着していた堆積物から放射線が検出されたものである。温泉成分由来である可能性が高いこと、核種としては ^{226}Ra が主成分で約0.6 MBq/kgであることが判明している。文献から得られる情報とこのケーススタディから、以下の2つの代表的な論点が抽出された。

1つ目は、比放射能の評価に関して、評価の目的に応じたきめ細かなガイドラインが必要であるとの点である。このような物質の管理や廃棄の際には、放射能や被ばく線量の詳細な情報が要求されることから、国が標準として定める放射能測定法シリーズ2)のようなアプローチが適切である。しかし、NORMを現場レベルで最初に認知するのは、放射線には馴染みのないグループである可能性が高いことも想定しておくべきである。このケースでは必ずしも高い評価精度は必要とされず、迅速かつ合理的な評価手法が適切となる。

2つ目は、NORMの科学的、技術的な生成メカニズムを解明することである。比較的放射能の高いNORMが、一般環境のどこに、どのように、どのレベルで存在するかは、いまだ具体的には明ではない。地質学的な知見、物質の環境動態などが深く関与し、NORM自体のもつ物理的・化学的成分や物質の状態、周辺環境の温度、気圧・圧力等によっても、その振る舞いや濃縮のプロセスが異なることも知られている。今後も引き続き金属配管を例題として、具体性をもって研究を進めていく。

1) 自然起源放射性物質(NORM)データベース [Internet]. 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 . [cited 2023 Mar 9]. Available from: <https://www.nirs.qst.go.jp/db/anzendb/NORMDB/index.php>

2) 放射能測定法シリーズ [Internet]. 日本の環境放射能と放射線. [cited 2023 Mar 9]. Available from: <https://www.kankyo-hoshano.go.jp/library/series/>

2. 論文

Koike H, Kawano T, Iimoto T. Estimation of Radiation Field Produced by a Coin-shaped Naturally Radioactive Source and Its Application to School Education. *Radiation Environment and Medicine*. 2023;12(1):74-9.

Environmental radiation exposure in the Fukushima prefecture

氏名：Soumayah Bachirou

受入研究者：床次 真司・細田 正洋

共同研究者：Daniel Bongue・Sammuel guillaumeBineng・issa・Hamadou

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 FY2022 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

Indoor radon thoron and progenies measurement were carried out in the radon prone area of the Adamawa region, using RADUET, and thoron progeny monitors provided by the IREM, in fifty dwellings over three month. Twenty-five soil samples were collected and have been analyzed using the HPGe detector.

The indoor thoron concentration ranged between 17 and 1000 Bq m⁻³, with a geometric mean of 131 Bq m⁻³. 36% of dwellings have thoron concentration less than 100 Bq m⁻³ and 28% of them are above 300 Bq m⁻³. These value are largely higher than the world average value of 10 Bq m⁻³. The EETC ranged from 0.4 to 34 Bq m⁻³, with a geometric mean of 5 Bq m⁻³. This mean value is about 10 times higher than 0.5 Bq m⁻³, which is the world average value. Less than 1% of dwellings had concentration lower than the world average value given above. EETC in 8% of dwellings exceeded 5 Bq m⁻³, 10 times the world average value. The indoor radon ranged from 80 to 493 Bq m⁻³, with a geometric mean of 191 Bq m⁻³. About 4% of dwellings have a radon concentration less than 100 Bq m⁻³ and 12 % are above 300 Bq m⁻³. The average of is found to be 76 Bq m⁻³. These values are approximately 5 times higher than the world average value of 15 Bq m⁻³. The respective average of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K in soil samples are 1344 ± 76 Bq kg⁻¹, 913 ± 14 Bq kg⁻¹ and 740 ± 40 Bq kg⁻¹ respectively. All these average values are largely higher than world average value.

Moreover, we visited IREM, Hirosaki University, from October 3 to November 04, 2022. During this period, we gained a lot of experience, including sampling and measurement of radon in drinking and spring water, soil sampling for measurement of different densities, measurement of radon exhalation rate, CR 39 analysis and data processing.

2. 論文

1- Soumayah Bachirou, Saïdou Chutima Kranrod, Ndjana Nkoulou II Joseph Emmanuel, Bongue Daniel, Hamadou Yerima Abba, Masahiro Hosoda, Kwato Njock Moise Godfroy , Shinji Tokonami. Radon in soil gas assessment and radon mapping in the radon prone area of the Adamawa region, Cameroon, Radiation and Environmental Biophysics, under review

2- Soumayah Bachirou, Saïdou Masahiro Hosoda, Chutima Kranrod, Kwato Njock Moise Godfroy , Shinji Tokonami, Contribution of building materials to the radon inhalation dose in a radon prone area of Adamawa, Cameroon, Radiation Environment and Medicine, submitted.

**study of environmental radioactivity in fukushima prefecture, Japan and in rare-earth
element bearing area of akonolinga, Cameroon**

氏名 : Kitcha fayette Sime

受入研究者 : 床次 眞司・Kranrod Chutima

共同研究者 :

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 subdivided in two parts: the first in Cameroon and the second one in Japan. This project has been maintained for the year 2022 in order to successfully achieve the objectives that were set. The project aims to measure radon in soil, radon and thoron inside houses, to assess the dose and risk of radon, thoron and daughters and to assess the concentration of trace elements and their potential health risks.

RESULTS

In the rare-earth element bearing area of Akonolinga, the annual effective dose values in the whole study area vary from 0.13 to 0.96 mSv y⁻¹ with an average of 0.3 mSv y⁻¹.

Radon concentrations in the soil in the surveyed rare earth elements area bearing vary from 5.4 to 75.5 KBq m⁻³ with an average of 24.31 KBq m⁻³. This measurement was done for 27 randomly selected points on the site with Markus 10.

RADUET were deployed in fifty dwellings over three months, for indoor radon, thoron and progenies measurements. The mean concentrations of indoor radon, thoron and their progenies in the study site are 33.96, 63.5 and 5 Bq m⁻³ respectively.

Concentrations of natural radionuclides vary from 14 to 40 Bq kg⁻¹ for ²²⁶Ra, from 17 to 206 Bq kg⁻¹ for ²³²Th, from 50 to 151 Bq kg⁻¹ for ⁴⁰K. The radionuclide analysis was carried out by gamma spectrometry using a high purity germanium (HPGe) detector.

The trace elements identified by XRF in this study are: Ba, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Pb, Zr, Sr, Y, Rb, Sn, Br and I. The average concentrations of these trace elements in the soil of our study area showed a wide range of values and their ranking in ascending order is as follows: Fe>Zr>Mn>Cr>Ba>Zn>Sr>Ni>Pb>Rb>Cu>Ga>Co>Y>I>Br>Sn.

CONCLUSION

Finally, this project has been partially completed. The part to be carried out in Cameroon has been completed and the publications are being prepared. We hope in the near future to have the opportunity to carry out part of the work devoted to Fukushima.

2. 論文

Generation of stable radon and thoron gas in low, medium and high concentration and application to calibration system

氏名：Mbarndouka Taamte Jacob

受入研究者：床次 真司・細田 正洋

共同研究者：Saïdou・Oumar Bobbo Modibo

1. 成果

The project on the Generation of stable gases of radon and thoron at low, medium and high concentrations and application to the calibration system aimed firstly at local mastery of the technique for generating a stable concentration (low, medium and high) of radon and thoron gases and secondly the use of these concentrations to the calibration of radon and thoron detectors. For the implementation of our calibration project, we proceeded by:

- The design and production of electronic devices for measuring the ambient equivalent dose rate and the concentration of radon based on Geiger Muller detectors and microcontrollers;
- Calibration of locally produced electronic devices in the presence of Cs137 and radon sources.
- A measurement campaign of the ambient equivalent dose rate in the city of Yaoundé was carried out in order to convert these dose rates into radon concentration.

Project team

- Mbarndouka Taamte Jacob, Principal researcher ;
- Saïdou, Co-researcher 1;
- Oumar Bobbo Modibo, Co-researcher 2;
- Shinji Tokonami, Main host researcher 1;
- Hosoda Masahiro, Main host researcher 2;

2. 論文

Mbarndouka Taamté Jacob, Koyang François, Gondji Dieu Souffit, Oumar Bobbo Modibo, Hamadou Yerima Abba, Kountchou Noubé Michaux, Saïdou, Shinji Tokonami, “Low-cost radon monitoring with validation by a reference instrument”, *Instrumentation Science and Technology*, 2022, <https://doi.org/10.1080/10739149.2022.2095401>, (Taylor and Francis).

放射線影響の学習を支援する学校教育向け新放射線教育教材の開発

氏名：小倉 巧也

受入研究者：床次 眞司

共同研究者：

1. 成果

本研究は、放射線の生物影響に関する学校教育向け新規放射線教材の開発を目的として、学校現場に導入されているクルックス管を用いた実験方法の考案を試みた。具体的には、クルックス管からわずかに漏れ出る X 線を使用して、生物の放射線影響を可視化できないか実験方法を考案した。学校教育現場で安全に実験を実施する観点から、培養が簡便かつ食用としても用いられている安全性の高い菌を検討したところ、一般細菌用寒天培地 4—1127—05(AZ ONE Co.)と納豆菌 S—903(Takanofoods Co., Ltd.)の組合せで 24 時間 37°Cで培養することで良好にコロニーが形成されることが確認された。この菌を播種したディッシュの近傍でクルックス管 3C—B(Kenis Co.)および誘導コイル NIC—03(NaRiKa Co.)を使用して真空放電を行った(印加電圧 30 kV)。条件は A(非照射コントロール群)、B(播種直後 3 分照射)、C(播種直後 30 分照射)、D(播種から 24 時間後に 3 分照射)、E(播種から 24 時間後に 30 分照射)、F(播種直後および播種から 24 時間後に 3 分ずつ照射)、G(播種直後および播種から 24 時間後に 30 分ずつ照射)の 7 種類で、播種から 48 時間後にディッシュ中央部に形成したコロニー数を計数した。その結果、コロニー数はそれぞれ 100 超, 3, 3, 50, 10, 6, 3 個であった。条件 B と C は播種直後に照射した群であるが、照射時間の差は結果に影響を与えなかった。一方、条件 A と比べてコロニー形成数は著しく少なく、これは播種直後の照射がコロニー形成に大きな影響を与えた可能性を示唆する。条件 D と E は播種から 24 時間後に照射したグループであり、播種直後に照射した群と比較してコロニー形成数が多いことから、播種から時間経過後の照射はコロニー形成にあまり影響を与えないことが示唆された。そして条件 F と G は播種直後と播種後 24 時間の 2 回照射した群であり、より照射時間が長い G は F と比較してコロニー形成数が少なかった。ただし、播種直後の照射群と比較してその数はほとんど変わらなかった。これは 2 回目の照射はコロニー形成にほとんど影響を与えない可能性を示唆する結果である。以上より、本考案実験において放射線影響をよりに明瞭に確認するためには播種直後の照射が必要と考えられる。今後は本実験で精度高く定量的な評価が可能かどうか、また複数種類のクルックス管について低エネルギー漏洩 X 線の測定が可能な機器を用いて線量評価を行うことを考えている。

2. 論文

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 : 藤島 洋平 · Goh Swee Ting Valerie · 阿部 悠

1. 成果

Biodosimetry is recommended by IAEA to investigate biological effects for radiation victims. In case of large-scale radiation accidents, triage by chromosome aberration analysis (DCA) is a reliable method. 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.

After nuclear power plant accidents, it may be difficult to use the laboratory and electric supplies, then blood culture for chromosome analysis is hard to be conducted. In the FDNPP accident, biological samples obtained from human and wild animals were shipped to a remote research facility for culturing, which limited the analysis method. Therefore, the purpose of this study is to establish a simple culture method that enables blood culture for DCA on-site.

We did 3 experiments:

Exp. 1. Comparison of mitotic indexes between culture conditions

Exp. 2. The effective period of pre-dispensed culture medium supplemented with 20% FBS, PHA, and colcemid

Exp. 3. Contamination test in conventional environment (non-irradiated, 3 donors, 3 operators)

We can conclude that:

- MI was not significantly different between conventional protocol which recommended by IAEA and closed culture.
- Aging (up to 7 days) of pre-dispensed medium had no effect on cell culture.
- On-site closed culture had no contamination

As the result, closed culture is possibility to be performed on-site, with limited biodosimetry laboratory equipment. But it should be conducted with trained personnel.

Our future work is:

- We will compare dicentric chromosome frequency in conventional and on-site cultures.
- We will analyze the effectiveness of pre-dispensed medium up to six months.
- Further research about dose determination, optimization of harvesting protocol, and animal application will be investigated in the future.

- Equipment and personnel varies among laboratories so an inter-comparison study should be done to confirm an on-site methodology.

2. 論文

**The presence of isotopes Cs-137, Cs-134, Sr-90 and also tritium in marine products,
seawater in Vietnam**

氏名 : NHAN Thi Thanh Doan

受入研究者 : 田副 博文

共同研究者 : Vo Van Tien · Dao Van Hoang

1. 成果

The research is aimed to analyze environmental samples from the air and seawater in Niet Nam, where might have an ability of immigration radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident, from the global fallout by atomic bomb testing and also from other accidents related to radioactive materials.

The Ce-137, Cs-134, Sr-90 and also tritium in marine products, seawater and aerosol samples need to be monitored. Dataset of multiple radionuclides can be powerful tracer to identify the source and to quantify them. There is a research nuclear reactor in Viet Nam. Therefore, it is also important to accumulate background data for radioactivity in the environment. In this year, Sr-90 analysis method in marine food samples was developed.

Radiocesium isotopes in marine foods were measured using high purity Germanium detector after packing into 2 L marineri container. Then, samples were combusted in the muffle oven at 450 °C for 40 hours. Ashed samples were leached in 8 M nitric acid solution to dissolve Sr (Sr-90). Chemical yield for Sr-90 during leaching step was assumed 100%, but special attention to collect Sr should be paid, especially for high Si content sample. After 2 weeks, secular equilibrium between Sr-90 and Y-90 can be established. Y-90 was extracted by DGA normal resin (2 mL prepacked cartridge) solid phase extraction method proposed by Tazoe et al. (2016) and measured by gas flow proportional counter. Y-90 extraction process took for 4-5 hours, which was enough short relative to the conventional method. Chemical yield for Y-90 ranged from 77% to 90% with average value of 82%. If long beta counting time (e.g. 64 hours) is applied, minimum detectable activity concentration is 0.1 Bq/kg-ash, which can detect background level of Sr-90 activity concentration. Therefore, developed method is useful for radiological environmental monitoring.

2. 論文

魚の骨を用いたストロンチウム 90 の濃度変動

氏名：工藤 なつみ

受入研究者：田副 博文

共同研究者：田村 典子・石田 保生・山田 正俊

1. 成果

1. 成果

本研究では、東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、原発事故）により放出されたストロンチウム 90（半減期：28.79 年）の魚類への影響を確認することを目的とした。ストロンチウムはカルシウムと同様の化学的性質を持っているため、脊椎動物に取り込まれると骨に蓄積され、排出されにくいことから、魚骨中のストロンチウム 90 濃度を測定し、影響を評価した。

本研究では、福島県相馬沖（以下、相馬沖）及び宮城県鮎川沖（以下、鮎川沖）で採取されたシロメバル（*Sebastes cheni*）について、耳石による年齢査定を行い、筋肉部のセシウム 137 濃度及び骨部のストロンチウム 90 濃度を測定し海域間で比較した。ストロンチウム 90 の分析は、DGA レジンを用いた固相抽出法（Tazoe et al., Talanta, 2016）により行った。相馬沖のシロメバルの年齢は 5 歳から 13 歳と推定され、平均 10.0 ± 2.7 歳 ($n=10$)であった。鮎川沖については 6 歳から 18 歳と推定され、平均 7.2 ± 2.9 歳 ($n=18$)であり、分析に用いたシロメバルのほとんどの試料は原発事故後に生まれたものであると推察された。筋肉部におけるセシウム 137 濃度は、相馬沖で 3.38 ± 0.17 Bq/kg-dry (0.66 ± 0.03 Bq/kg-wet)、鮎川沖で 1.42 ± 0.17 Bq/kg-dry (0.30 ± 0.03 Bq/kg-wet)と、差が見られ、地域環境・年齢構成の違いを反映しているものと推察された。一方、骨部のストロンチウム 90 濃度は、相馬沖で 0.29 ± 0.03 Bq/kg-dry (0.48 ± 0.05 Bq/-ash)、鮎川沖で 0.23 ± 0.03 Bq/kg-dry (0.42 ± 0.0 / kg-ash)となり、セシウム 137 で見られた明瞭な差は見られなかった。また、2013 年に東京電力福島第一原子力発電所港湾内で捕獲された本種の耳石におけるストロンチウム 90 濃度は、 $2.75 \times 10^3 \sim 4.38 \times 10^3$ Bq/kg-dry であったと報告されており (Fujimoto et al., Environ. Sci. Technol., 2015)、この研究結果と比較すると本研究の値は、4 桁程度低い値であった。魚骨と耳石へのストロンチウム 90 の取り込みの相違については不明であるが、相馬及び鮎川沖で採取されたシロメバルへの原発事故によるストロンチウム 90 の影響は、比較的小さかったと考えられた。

海洋環境におけるストロンチウム 90 に関するデータについては、セシウム 137 と比較して、化学分離が複雑であることから少なく、原発事故後の魚骨中の報告は見当たらない。本研究で得られたデータは原発事故の影響を議論する上で貴重なデータであると考えられる。

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

2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故により、放射性セシウム（Cs）を含む放射性核種が環境中に放出された。事故から2年後、放射性Cs粒子（CsMPs）と呼ばれるガラス状の不溶性粒子が初めて報告された（Adachi et al., 2013）。(i) 粒子の物理・化学的性質が事故当時の炉内の環境を反映していること、(ii) 不溶性であるため長期的に環境中に残存し、生物への影響が懸念されることなどの理由から、CsMPsに関する研究が進められてきた。これまで主に3種類のCsMPsが報告されており、放出源がそれぞれ異なる（1-3号機）。本研究では、3号機由来のCsMPs（タイプC, Kubo et al., 2020）に着目して研究を行った。CsMPsの沈着域は、粒子のサイズや密度などの性質と粒子放出時の大気プルームに依存するが、タイプCは原発から東方向へのプルームによって運ばれ、多くは海洋表層へ沈着したと推定されている。海洋表層への沈着後、短期間（10～20日）で海底へ堆積することが計算によって示唆されており（Miura et al., 2021）、主に海洋の堆積物から発見されている。本研究では、溶解実験により、タイプCの海水中での溶解速度を明らかにすることを目的とした。放射性Csの生物への取り込みや、シミュレーションによる移行予測において、Csの形態（=水溶性 or 不溶性）は重要なパラメータである。また、CsMPs中のCsは吸脱着反応に無関係に存在するため、海洋のCsのKd（固液分配係数）を上昇させることも示唆されており、CsMPsの海洋での分布や溶解速度の解明が望まれる。

海洋堆積物サンプル（電中研と東京海洋大保有、2018-2020、福島第一原発北東約20 km）から単離したCsMPsをテフロン容器もしくはU-8容器に20°C（福島沿岸表層海水温の年平均）の人工海水と共に入れ、恒温槽で数日から数か月程度溶解した。CsMPsを取り出した後、放射能測定を行い、溶解前後の放射能を比較することでCsMPsの溶解速度を求めた。溶解に用いる海水温度は20°C, 40°C, 60°Cを用いた。溶解実験後にSEM分析を行い、溶解後のCsMPsの形状の変化を観察した。

実験の結果、球形のタイプCの溶解速度（半径の減少速度）は2 μm/year（20°C海水）となったが、これはタイプAの溶解速度（0.3 μm/year, 20°C海水, Okumura et al., 2019）と比べてやや速い可能性が示唆された。溶解速度は水温に比例するため、採取地点によって溶解速度は変動する。例えば本サンプルの採取地点（水深120 m）での年平均水温は10°C前後であるため、溶解速度は本研究結果よりも遅くなることが推定される。同一地点で2012年から2018年に採取された堆積物サンプルに含まれるCsMPsを単離し、各CsMPsの放射能を比較すると、溶解速度から推定される以上の減少傾向が見られた。溶解によりもろくなった粒子が分割されている可能性がある。今後は生物体内模擬溶液等での溶解実験を行い、生物影響について明らかにしたいと考えている。

2. 論文

複数の化学トレーサーを用いた東シナ海の低酸素水に関する研究

氏名：Deng Wenjie

受入研究者：田副 博文

共同研究者：張 勁・Zhu Siteng・大塚 進平・片境 紗希

1. 成果

Hypoxia is occurring more and more frequently in marginal seas as a result of global warming and increasing anthropogenic activity. The East China Sea (ECS), as one of the richest fishing grounds in the world, is very important to local biodiversity and fishery resources. However, the low-oxygen areas of the ECS have been very large (15000 km²), and are expanding offshore with a high rate (3.12 km/y). The low-oxygen water on the outer shelf of the ECS has received little attention, and quantitative estimate of its origins remains a great challenge. In this study, we observed low-oxygen bottom waters on the ECS outer shelf in 2018-2020, and used heavy rare earth elements or Nd as chemical tracers to quantify multiple water origins combined with temperature and salinity. The low-oxygen bottom water is a mixture of mid-shelf water, surface water, pore water, Kuroshio Subsurface Water, and Kuroshio intermediate water. On the basis of a five endmember mixing model, Kuroshio Subsurface Water (~83%) was proved to dominate in the formation of low-oxygen water on the outer shelf. The mid-shelf water was confirmed to transport to the outer shelf. And the contribution of pore water to low-oxygen water is very important. Nutrient levels of low-oxygen bottom waters on the outer shelf were both transported from the water origins and produced by organic matter remineralization (~17% DIN and ~24% DIP). In the future, quantification of the material transport between low-oxygen water and Kuroshio is being conducted. In addition, the further effect of the low-oxygen water on other sea areas following the Kuroshio will be revealed.

2. 論文

連続捕集型大気モニタの測定ジオメトリの最適化

氏名：玉熊 佑紀

受入研究者：大森 康孝・細田 正洋

共同研究者：

1. 成果

1. はじめに

原子力施設周辺の環境モニタリングでは施設から放射性核種が放出されていないことを確認するために様々なモニタリングが実施されている。大気浮遊塵中の放射能濃度もモニタリングされており、天然由来の放射性核種と人工放射性核種の弁別が必要となっている。申請者らは両者を弁別できる連続捕集型大気モニタを開発したが、その測定ジオメトリについては最適化の検討がなされていない。本測定器では α 線スペクトロメトリを利用して弁別を行うため、測定ジオメトリにより空気やフィルタによる α 線減弱が大きく変化する。本研究では、 α 線スペクトロメトリを利用した連続捕集型大気モニタの測定ジオメトリの最適化についてモンテカルロ法による放射線輸送計算を用いて検討することを目的とし、検出器及びフィルタのモデリングとその妥当性の評価を行った。

2. 検出器及びフィルタのモデリング

本研究ではシリコン半導体検出器を用いた連続捕集型大気モニタの測定ジオメトリの最適化について検討した。検出器には連続大気モニタリングに用いられる半導体検出器 (CAM490-A, Canberra) を用いた。通常のシリコン半導体検出器と異なり、環境中での測定にも耐えられるように、検出器入射窓の厚さが他の検出器よりも厚くなっているが、その膜厚については不明であるため、Am-241 線源を用いて入射窓厚を評価した。また、 α 線スペクトロメトリにおいてはフィルタ中の放射性核種の深さ分布もスペクトル形状に大きな影響を与えるため、弘前大学被ばく医療総合研究所のラドン曝露場を用いて、数種類のフィルタの放射性核種深さ分布を評価した。ラドン子孫核種を捕集したフィルタを真空状態で検出器フィルタ間距離が 1 mm 及び 9 mm において α 線スペクトルを取得した。放射線輸送計算コード (PHITS) を用いたモンテカルロ計算により同様のジオメトリにおける α 線スペクトルを計算した。検出器フィルタ間距離が 1 mm における測定と計算による α 線スペクトルを比較することにより、フィルタ中深さ分布を評価した。また、9 mm 距離における測定と前述比較により得られた深さ分布を用いて計算により求めた α 線スペクトルを比較することによりその深さ分布の妥当性を評価した。フィルタは通常環境モニタリングで用いられる HE-40T 及び 2 種類のメンブレンフィルタ (PTFE, セルロース混合エステル製) を用いた。

3. 結果及び考察

Am-241 線源及び真空チャンバを用いた α 線スペクトル測定により、検出器入射窓厚は 1.6 μm と評価され、過去の報告で用いられた 1.5 μm とよく一致した。また、フィルタ中放射性核種の深さ分布は 2 種類のメンブレンフィルタに対して、 α 線スペクトルを非常によ

く再現できた。一方、HE-40T に対しては計算により再現した α 線スペクトルの一部が測定により得られたスペクトルより低くなった。ピーク部分より低エネルギー側において計数値による測定の不確かさが大きかったことから、HE-40T に関しては計数値による不確かさを小さくできる状態で再評価が必要であると考えられる。

2. 論文

Development of effective countermeasures for radon exposures focusing on human lifestyle: usage of home appliances on radon dose mitigation

氏名 : Hasan Md Mahamudul

受入研究者 : 大森 康孝・細田 正洋

共同研究者 : 飯本 武志・Janil Miroslaw

1. 成果

Previous studies determined the usage of air cleaner as effective in reducing the indoor Radon (Rn-222, Rn) progeny concentration. Based on the motivation, this project systematically aimed to minimize the Rn effective dose focusing on the operation of 3 staged modern types of air cleaner in the indoor environment. However, an unclear impact of dose mitigation was obtained with the air cleaner usage in former studies due to the increase of unattached fraction. Moreover, modern air cleaners have different filtration stages and humidity controllers with a specific direction of indoor airflow. The model calculation indicated that diverse ventilation rates affect the attachment rate of aerosol and progenies altering the radon equilibrium factor, F, and unattached fraction f_p . Thus, this research systematically focused on the filtration and ventilation rates of air cleaners on attachment mechanism/spatiotemporal variation of F and f_p calculating effective dose. As for the methodology, time series analysis of indoor Rn concentrations (by RAD7 monitor), Rn progenies concentration (WLx monitor), F, f_p , aerosol number concentration, atmospheric and meteorological parameters, and indoor ventilation rates (CO₂ decay method) was measured. As the measurement condition, (a) air cleaner operation-ON and OFF, (b) incorporating purifying stages (HEPA filter, activated carbon) into air cleaner individually and together were considered. The experiment was done in a concrete-built room at Chiba. As the results, comparing with the OFF condition (average Rn concentration= 189 ± 89 Bqm⁻³), the operation of the air cleaner determined a relatively stable indoor Rn concentration (144 ± 22 Bqm⁻³). As for the possible reasons, absorption of Rn gas by activated carbon in the purification stage, indoor ventilation rate, and atmospheric parameters was primarily determined. Alternatively, in the case of F, a profound reduction is achieved under the air cleaner operation ON (0.02), while OFF represents F as 0.21 ± 0.08 . Furthermore, the usage of air cleaner indicated about double the value of f_p (0.54 ± 0.34) compared to air cleaner OFF (0.28 ± 0.07). Thus, as part of effective dose calculation, three staged air cleaners are primarily found to be more effective than the conventional type. In our conversation, we newly obtained the usage on varying the indoor Rn concentration for which future research following Rn chamber/model room experiment following the impact of activated carbon will be done as future research. Finally, an indoor multizone-based ventilation rate simulation will be

calculated for the air cleaner to obtain airflow-driven spatiotemporal dynamics of Rn progeny distribution in an indoor environment.

2. 論文

河口域における塩分の変化が懸濁粒子の粒径スペクトル形状に及ぼす影響の解明

氏名：西野 圭佑

受入研究者：中西 貴宏・舟木 泰智

共同研究者：吉川 裕・津旨 大輔・三浦 輝

1. 成果

福島第一原子力発電所事故によって陸域へ放出された放射性セシウムは、河川水中の粒子に吸着し、懸濁粒子群として下流へ運ばれた後、河口域での塩分上昇によって一部が溶存態へと移行し外洋へと拡散されていく (Kakehi et al., 2016). 一方でこの塩分上昇は粒子の凝集性を高め (Eisma, 1986) 懸濁粒子群の実質的な沈降速度を増加させるため、一部の粒子は川底へと沈降してセシウムを含んだ堆積泥を形成する (Kubo et al., 2018). この堆積泥からのセシウム溶出は出水時に限られない継続的なセシウムの供給源となりうる (Otosaka et al., 2020). 懸濁粒子群が保持するセシウム量は、粒子の懸濁量や粒径に大きく依存し、それらは河口域 (特に川底) の強い底層乱流に伴う凝集・分裂過程を通じて変質すると予想される. しかしそれらの過程が懸濁粒子分布の変質を通じて物質輸送量へ及ぼす影響については、大規模モデルにおいて経験的なパラメタリゼーションで表現されるにとどまり、個々の過程を詳らかに着目した研究は未だ少ない. そこで本研究では河口域底層からの粒子懸濁を想定した理想化数値実験を行い、底層乱流が粒子の凝集・分裂過程を通じて懸濁粒子分布に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした. 河口付近の潮汐流 (振動流) と底層乱流場は矩形海を用いた数値実験において再現した. その後、底層からの継続的な粒子懸濁の下で実現された定常粒子分布について平均粒径・粒子数の値や時間変動の特徴について調べた. 乱流場を精度よく再現するため流体モデルには Large eddy simulation モデルを用い、上面自由端、下面固定端、水平二重周期境界の計算領域全体に振動する体積力を印加することで底層混合層を伴う流速場 (半日周期、振幅 ± 50 cm/s) を実現した. 粒子追跡には Lagrangian cloud model を用いた. このモデルは粒子群を Lagrange 的に追跡し、移流・沈降・凝集・分裂過程を計算する. 粒子群は領域下面 (川底) から単位時間あたりに一定の粒子数で流入し、背景流に巻き上げられて領域内を漂ったあと再び下面に到達して除去された. 粒子組成は有機物と鉱物の中間を想定し、密度を 2 g/cm³ とおいた. また流入粒子の漂いやすさ (沈降速度) の違いが動態に及ぼす影響にも着目し、流入粒径は 2 種類 (小粒子実験: 10 μ m, 大粒子実験: 100 μ m) に変化させた. ただし懸濁粒子の粒径は流入後、粒子同士の凝集や分裂により変化する. 実験の結果、今回の状況では粒子の分裂はほとんど起こらず (乱流が弱く)、凝集が選択的に促進された. それにより凝集させない場合 (粒子が粒径を増さず、単に巻き上げられて沈降する場合) に比べて平均粒径/粒子数が増加/減少し、懸濁粒子群が保持する総物質量は減少した. その減少幅は小粒子実験で約 20%, 大粒子実験で約 10%であった. このことから懸濁粒子の凝集過程を考慮することは粒子による水平物質輸送量の過大評価を修正することが示唆される. また粒子分布の時間変化の解析から、小粒子実験と大粒子実験とでは粒子分布の時間変動へ支配的な影響を及ぼす素過程が異なる

ることが分かった。小粒子はより移流の効果を受けやすく、巻き上げによる密集度の減少が凝集を弱化させた。一方で大粒子は沈降速度が大きいため常に川底付近に集中しており、巻き上げがおこる時刻では粒子数の増加に伴い激しい凝集が起こっていた。中粒子（30 μm ）を用いた追実験の結果は上の解釈を支持するものであった。今後はより河口付近へ条件を近づけた実験を行い、実際に観測で得た粒子分布と比較可能な結果を得ることを目指す。これにより現地における実質的な沈降速度や凝集確率など、実測が難しい粒子パラメータを得る。また底面へ堆積する粒子の特徴と、それらにより堆積泥として隔離される物質量の評価を行うことも目標とする。

2. 論文

食性調査に基づくチェルノブイリ避難区域内における

オオカミの行動・生態に関する研究

氏名：齋藤 梨絵

受入研究者：玉置 雅紀

共同研究者：BEASLEY James・今藤 夏子

1. 成果

After the Chernobyl nuclear power plant accident in 1986, people were permanently evacuated from the 4,200 km² Chernobyl Exclusion Zone (CEZ). Many wildlife species experienced population increases within the CEZ following the reduction in anthropogenic activity, including wolves (*Canis lupus*). Wolves are a keystone predator, and thus it is important to understand the impact this population increase will have on the region. Our research will examine: (1) what species of biota wolves use as food resources within the CEZ, and (2) whether wolves within peripheral areas of the CEZ consume livestock from the surrounding area. Recently developed DNA metabarcoding technology using high-throughput sequencing can be an effective tool to deliver valuable dietary insights about wildlife using DNA sequence data. Using this method, we assessed the food habits of wolves by analyzing 86 wolf fecal samples collected in fall 2014 within the exclusion zone to (1) estimate the food resources (i.e., species) consumed by wolves in the CEZ and (2) detect evidence of consumption of domestic animals.

We analyzed the mitochondrial 12S rRNA region to detect the vertebrate genome because wolves have been demonstrated to primarily consume vertebrates in prior studies. After the initial sequencing and species identification, we removed all canid sequences and sequences indicating likely contamination (i.e., human).

According to the results of the frequency of occurrence for each prey item, our research indicated that mammals are the main food resource of wolves in the CEZ. Wild boar (*Sus scrofa*) were detected in the majority of diet sequences (76.7%), followed by moose (*Alces alces*) and Eurasian beaver (*Castor fiber*) (27.9% each). No domestic cow or chicken sequences were detected. It is unclear whether wolves utilized domestic pig in their diet given that there is no genetic difference between wild boar and domestic pig in our target region, making it difficult to distinguish between the two species. Therefore, samples identified as wild boar in this research may belong to either wild boar or domestic pig, and further analysis is needed to determine the frequency of each species in the diet of wolves in the CEZ. However, GPS data collected in a simultaneous study indicated little movement outside of the CEZ by collared wolves, suggesting consumption of domestic pigs by wolves sampled in our study was unlikely.

This research provides the most comprehensive assessment to date regarding the dietary habits of large predators within the CEZ. These results will aid in the protection and management of wolves and provide insight into the ecology and behavior of wildlife in the long-term land abandoned area after the nuclear accident.

2. 論文

植物のリン欠乏応答機構が土壤から植物への放射性セシウム移行性に及ぼす影響評価

氏名：花城 清俊

受入研究者：海野 佑介

共同研究者：信濃 卓郎

1. 成果

マメ科作物シロバナルーピン(*Lupinus albus*)はダイズと比較して、放射性セシウムの土壤から植物への移行係数が高いことが報告されている。シロバナルーピンはリン等の栄養が欠乏するとクラスター根 (CR) という三次根が密集した組織を形成し、根圏土壤からリン等の栄養を積極的に吸収するという特性を持ち、また高い有機酸分泌能を有していることが知られている。我々はシロバナルーピンが示す高い放射性セシウム移行性に CR の形成や有機酸分泌が寄与しているという仮説の下、放射性セシウム移行性の観点から CR の遺伝子変動や根圏について調査している。本研究ではシロバナルーピンが栄養を吸収するため積極的に働きかけている根圏土壤領域を特定するため、¹¹C を利用した PETIS (Positron Emitting Tracer Imaging System) を行い活性の高い部分を特定し、そのサンプルのトランスクリプトーム解析を試みた。リン欠乏時のシロバナルーピンに対して、¹¹C と PETIS を使用することで、地上部で同化された ¹¹C が速やかに地下部へ転流する現象や、CR 形成領域において根圏土壤への高い ¹¹C 分泌活性が観測された。高い ¹¹C 分泌活性が観察された CR と ¹¹C 分泌活性が低いノーマル根 (NR) のトランスクリプトーム比較をすると、ALMT (リンゴ酸輸送体)、MATE (クエン酸輸送体) 含めた遺伝子の発現が変化しており、また、根全体で比較した既存の解析手法では報告されていなかった遺伝子の変動も確認された。シロバナルーピンが持つ ALMT 遺伝子群の内、5 個の発現量が 2 倍以上増加し、2 個が 2 倍以上減少していた。シロバナルーピンが持つ MATE 遺伝子群の内、12 個の発現量が 2 倍以上増加し、5 個が 2 倍以上減少していた。さらに、CR の中でも ¹¹C 分泌活性と遺伝子の変動に相関を示すものがあり、ALMT 遺伝子群の内、3 個の遺伝子に正の相関が見られた。また、シロバナルーピンが持つ MATE 遺伝子群の内、9 個の遺伝子に正の相関が見られ、3 個の遺伝子に負の相関が見られた。

有機酸の合成酵素や輸送体に注目した際、リンゴ酸よりクエン酸に関連する遺伝子の変動が大きいことから、MATE がリン欠乏時に炭水素化合物の輸送を担うことが示唆された。今後、植物体へのセシウム移行性と有機酸分泌の関係性をより詳細に調査していく。

2. 論文

低線量放射線環境における生体防御機構への影響評価

氏名：植村 逸平

受入研究者：山内 一己

共同研究者：鈴木 夏子・中田 章史

1. 成果

慢性的な低線量率被ばくによる生体への影響について不明な点が多く、特に自然免疫についての知見はほとんど知られていない。また、放射線は、エピジェネティックな変異を誘発することが知られているため、子孫への影響についての懸念がある。本研究では、自然免疫、ストレス記憶、分化に関わる遺伝子について自然免疫に関わる腸管と継世代に関わる精巣における遺伝子発現の変化を調査し、腸と生殖器に共通して発現する遺伝子の関連性を明らかにするものである。本年度は、使用するマウスの検討や放射線の照射条件、腸管および精巣の関連する遺伝子発現量の測定による検討を行った。

雄性 C57BL/6J Crj マウスを用いて非照射群は生後 13 週齢で、低線量率照射群は 7 週齢から 100 mGy/day で 40 日間連続照射(総線量 4 Gy)を行い、13 週齢で解剖した。また、高線量率照射群は、非照射群、低線量率照射群の解剖前日に 0.65 Gy/min (総線量 4 Gy)で照射し、24 時間後に解剖した。臓器は、空腸、回腸、精巣を採取し、RNA とタンパクを抽出し、Real-time PCR および Western blotting により測定した。指標として、自然免疫は Defa5, Lyz1/2, Tlr4, Amp-ibp5、ストレス記憶には Foxo1-4, Wdr5、分化の指標として Lgr5, Wnt3 を使用した。

低線量率照射群は、非照射群に対して自然免疫および分化について腸管における大きな影響はなかった一方で、精巣中の免疫は顕著な変動が確認された。特に腸管と共発現するとされる Amp-ibp5 や Lyz2 mRNA 発現量は顕著な増加がみられた。したがって、放射線による精巣の防御機構の活性化は確認されていたため、その具体的なペプチドを同定することができた。腸管において、高線量率急性照射では非照射群に対して腸管の免疫関連および分化の遺伝子については変動が確認された。

ストレス記憶に関する遺伝子については、低線量率と高線量率の双方で、腸管、精巣で変動がみられた。精巣では、低線量率における Foxo の増加が確認された一方で、Wdr5 は対照的な挙動を示した。また、高線量率では低線量率の影響とは対照的な挙動を示した。腸と精巣における条件の遺伝子発現の分布について散布図を用いて解析したところ、低線量率照射群と高線量率照射群の分布の偏りが確認され、臓器間のクロストークが存在する可能性が示された。特に回腸と精巣における遺伝子の分布が一致しており、回腸の Amp-ibp5 および Foxo4 をプロットした際の精巣でのストレス記憶に関与する遺伝子群の分布が関連していた。

今後は、細胞レベルでの免疫とストレスマーカーの関連や、DNA メチル化の測定を行い、腸-生殖クロストークの分子メカニズムの確立を目指したいと考えている。

2. 論文

都市部の処理水および水道水中に含まれる人為的ガドリニウムの測定

氏名：Thennaarassan Natarajan

受入研究者：Veerasamy Nimelan・柿内 秀樹

共同研究者：田副 博文

1. 成果

Measurement of anthropogenic gadolinium in treated sewage and tap water samples in urban areas

The gadolinium-based contrast agents (GBCAs) are used in magnetic resonance imaging (MRI) to enhance the signal to noise ratio. The increase in use of the GBCAs led to the contamination of freshwater and drinking water system. A positive gadolinium anomaly has been reported over past 20 years in the natural waters and source of gadolinium is majorly from the water soluble Gd-based contrast agents. Gd³⁺ is a paramagnetic heavy metal ion and has high toxicity as same as lead (Pb), cadmium (Cd) and tin (Sn). The Gd in the GBCAs are not toxic to the human body however, overtime the disintegration of these agents leads to the release of toxic Gd³⁺ to the environment and causing a negative impact on the aquatic ecosystems. The knowledge on the impact of toxic Gd in the natural environment and its behavior in the human body is still restricted. Therefore, the objective of the study is to determine the anthropogenic Gd in the treated sewage and tap water samples of urban areas. For this study, tap water samples were collected from the Osaka city and the Gd concentration was determined using an ICP-MS. Prior to this the rare earth elements (REEs) from the collected tap water samples were separated using a NOBIAS Chelate PA-1 resin. The method was validated with the certified reference materials (CRM) such as SLRS-6 and CASS-6 and the measured values were found to be in good agreement. The Gd concentration for the Osaka tap water samples varied from 0.3 to 2 ng/L with an average of 1.3 ng/L. The Gd/Gd* was in the range of 1.9 to 3.7, the values below 1.4 did not reflect any anthropogenic Gd. The shale normalized REE patterns also reflected a relatively positive Gd anomaly. The anthropogenic Gd was determined for the Osaka tap waters and found to be less when compared with the Tokyo tap waters. This study has presented the current situation of the tap waters of Osaka and the results will provide a baseline for future work.

2. 論文