

放射能環境動態・影響評価
ネットワーク共同研究拠点（ERAN）

2020 年度 年次報告書

【若手共同研究】

受付番号	申請者氏名	所属機関名	研究課題名	受入研究者	受入機関
Y-20-01	田中 草太	日本原子力研究開発機構	炭素同位体分析を利用した節足動物における放射性セシウム移行経路の解明	恩田 裕一	CRiED
Y-20-02	千野 結子	Colorado State University	福島県の溪流・溪畔生態系における放射性セシウム濃度の長期的予測に向けた放射性核種の生態学的半減期の把握	加藤 弘亮	CRiED
Y-20-03	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Cs-135及びSr-90の測定	坂口 綾 山崎 信哉 末木 啓介	CRiED CRiED CRiED
Y-20-04	榊原 厚一	信州大学	山地森林における溪流の流出過程と溶存態放射性セシウムの溶出過程の関係性	辻村 真貴	CRiED
Y-20-05	鈴木 翔太郎	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	和田 敏裕	IER
Y-20-06	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と栄養段階との関係	和田 敏裕	IER
Y-20-07	小槻 峻司	千葉大学	地表面過程の放射性物質輸送拡散・長期シミュレーションに向けたモデル開発	脇山 義史 五十嵐 康記	IER IER
Y-20-08	舟木 優斗	福島県内水面水産試験場	横川ダム湖及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	和田 敏裕	IER
Y-20-09	城間 吉貴	琉球大学	土壌および岩石から大気へのトロン散逸に関する研究	平尾 茂一	IER
Y-20-10	野田 琢嗣	京都大学	バイオリギング技術を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～	和田 敏裕	IER
Y-20-11	高木 淳一	京都大学	淡水魚の移動とその放射能セシウム濃度の関係解明	和田 敏裕	IER
Y-20-12	Radhia Pradana	Center for Radiation Safety and Metrology-	Assessment of Radionuclide Content in Environmental Sample from West Borneo	床次 眞司	IREM
Y-20-13	五十嵐 悠	東京大学	原子力災害時の空气中放射性物質濃度測定へのラドン族濃度測定器の応用に関する研究	細田 正洋 玉熊 佑紀	IREM IREM
Y-20-14	Hasan Md Mahamudul	東京大学	Estimation of indoor radon behavior focusing on human lifestyles and environmental parameters: a case study of Japanese dwellings	細田 正洋 玉熊 佑紀	IREM IREM
Y-20-15	Evans Azka Fajrianshah	National Nuclear Energy Agency of Indonesia	Determination Sr-90 and Y-90 using LSC by extraction chromatography separation	床次 眞司	IREM
Y-20-16	Donovan Anderson	福島大学	Estimation of radiation exposure to wild boar using dicentric analysis	三浦 富智	IREM
Y-20-17	Sharah Nataz Shilfa	National Nuclear Energy Agency of Indonesia (BATAN)	Determination of Nuclear Fallout (²⁴¹ Am, ²³⁹ Pu, dan ²³⁶ U) in Environmental Samples derived from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident	床次 眞司	IREM
Y-20-18	山田 椋平	日本原子力研究開発機構	大気中放射性物質捕集用フィルタの選定に向けた性能評価	床次 眞司 細田 正洋	IREM IREM

受付番号	申請者氏名	所属機関名	研究課題名	受入研究者	受入機関
Y-20-19	仲宗根 峻也	琉球大学	沖縄島の河川における水中ラドンを用いた地下水湧出量に関する研究	赤田 尚史	IREM
Y-20-20	三浦 輝	電力中央研究所	放射性セシウム粒子がプランクトンのセシウムの濃縮係数に与える影響	田副 博文	IREM
Y-20-21	Trilochana Shetty	Mangalore University	Preliminary characterization studies of Rn-222 progeny calibration chamber	玉熊 佑紀 Chutima Kranrod	IREM IREM
Y-20-22	Estiner Walusungu KATENGEZA	東京大学	Evaluation of accuracy of in-situ waterbed radioactivity measurement technology.	眞田 幸尚	JAEA
Y-20-23	斎藤 梨絵	福島県環境創造センター	原子力発電所事故後における福島県内及び隣接県に生息するイノシシの個体群構造の究明	玉置 雅紀	NIES
Y-20-24	漆原 佑介	東北大学	野生ニホンザルにおけるセシウム、ルビジウム、カリウム体内動態の解析	青野 辰雄	QST
Y-20-25	五十嵐 淳哉	大阪大学	福島県で採取された放射性Cs濃集粒子に含まれるSr,Puの微量分析	鄭 建	QST
Y-20-26	神林 翔太	海洋生物環境研究所	沿岸海域における放射性核種の挙動解明に関する研究	青野 辰雄	QST
Y-20-27	片境 紗希	富山大学	放射性核種を化学トレーサーに用いた海底湧水による陸域から沿岸海域への水・物質輸送状況の解明	青野 辰雄	QST

【Y-20-01】

炭素同位体分析を利用した節足動物における

放射性セシウム移行経路の解明

研究代表者：田中 草太

受入研究者：恩田 裕一

1. 研究成果報告

広食性の捕食者であるジョロウグモは、生殖連鎖と腐食連鎖の双方から餌資源を捕食しているため、放射性セシウムの食物連鎖を介した動態を把握する指標となることが示唆されている。また、陸域だけではなく河川からも餌資源を捕食するクモを指標とすることで、森林生態系を移動・循環する放射性セシウムの動態を包括的に理解できる可能性がある。本研究では、福島第一原子力発電所から 11km 地点の森林内と河川沿いに生息するジョロウグモを採集し、個体ごとに ^{137}Cs の定量と炭素・窒素安定同位体分析を実施した。その結果、クモすべてから ^{137}Cs が検出された。このことから、事故後 6.5 年が経過した時点においても、生物が利用可能な ^{137}Cs が存在し、食物連鎖を介してクモへ移行していることが明らかとなった。また、森林内と川沿いのクモにおける ^{137}Cs の濃度と面移行係数 (Tag) を比較した結果、統計的有意差は認められなかった。この結果は、土壌表層の ^{137}Cs の不均一分布に起因して、クモの餌資源の ^{137}Cs 濃度がばらついたことが要因の 1 つとして考えられる。一方、炭素・窒素安定同位体比は、森林内と川沿いで有意差が認められた。この結果から、両地点でクモが利用する餌資源が異なることが示された。今回の結果から、造網性のジョロウグモは、生物利用可能な ^{137}Cs の有用な指標となることが示された。また、クモが林床部、河川、隣接する農地等から様々な餌資源を利用することが示唆され、これが ^{137}Cs の移行経路の特定を困難にしていることが示された。今後、クモの餌資源となる昆虫類を含めたさらなる調査が必要である。本研究結果は、査読付き論文 (Tanaka et al., 2021) として公表した。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

Tanaka, S., Kinouchi, T., Fujii, T. et al. Observation of morphological abnormalities in silkworm pupae after feeding

¹³⁷CsCl-supplemented diet to evaluate the effects of low dose-rate exposure. Sci. Rep. 10, 16055 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72882-y>.

Tanaka S, Kakinuma H, Adati T, Atarashi-andoh M. Transfer of ¹³⁷Cs to web-building spiders, *Nephila clavata*, and its pathways: a preliminary study using stable carbon and nitrogen isotope analyses. J. Nucl. Sci. Technol. in press. (2021).

<https://doi.org/10.1080/00223131.2021.1894255>

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-02】

福島県の溪流・溪畔生態系における放射性セシウム濃度の長期的 予測に向けた放射性核種の生態学的半減期の把握

研究代表者：千野 結子

共同研究者：Thomas Johnson

受入研究者：加藤 弘亮

1. 研究成果報告

Radioactive cesium (Cs-137) released by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident was deposited widely in the environment including headwater forest ecosystem species. In order to understand the temporal change of Cs-137 contamination for the ecosystem management, we conducted the monitoring of ¹³⁷Cs activity concentration in two forest-stream ecosystems with different initial deposition in 2012-13 and 2016-17. Ecosystem components such as surface soil and cedar litter, and insect and fish species were collected for four seasons during the two time periods. We were planning to conduct the same series of sampling in 2020, but we could not because of the COVID-19 pandemic. Instead, we conducted analysis of temporal change of Cs-137 activity concentration with previously collected data. Cs-137 activity concentration decreased significantly between the two sampling periods in the both ecosystems for all the ecosystem components. Significant difference was observed in the contamination level between forest and stream ecosystem in 2012-13, while it became relatively homogeneous in 2016-17. Ecological half-life calculated for the ecosystem components were between 1.5-19.3 year, demonstrating the trend that soil accumulating most of the Cs-137 in the ecosystem as previous studies. Our study results also indicated that stream insect species feeding FPOM maintain relatively high ¹³⁷Cs activity concentration possibly because of the Cs-137 attached to the organic or mineral particles suspended in the stream water. Comparing the difference of ecological half-lives calculated for the two ecosystems, the faster elimination of Cs-137 in the forest components in the less contaminated ecosystem was observed, associated with remarkable trend of Cs-137 accumulation by the surface soil with the longest ecological half-life. The results of this study suggests that the majority of Cs-137 in the forest environment will remain in the surface soil for the next decades, providing Cs-137 to both forest and stream ecosystems. This result suggests the importance of the forest management of the headwater ecosystem to avoid discharge of highly contaminated soil to the downstream area.

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-03】

加速器質量分析による Cs-135 及び Sr-90 の測定

研究代表者：本多 真紀

共同研究者：Peter Steier・Martin Martschini・島田 亜佐子

受入研究者：坂口 綾・山崎 信哉・末木 啓介

1. 研究成果報告

Sr-90 (90Sr) の人体における実効半減期は 18 年と、70–100 日である 137Cs に比べて長いこと、住民の内部被ばくを評価する上で 90Sr は重要な核種の一つに位置づけられている。 β 線測定等の放射線計測法は 90Sr の環境動態研究や環境モニタリングを担ってきた。この従来法に加えて、90Sr の新規分析法として、優れた感度と同重体分離能力を有する加速器質量分析 (AMS) による 90Sr の分析手法の確立と実用化を研究代表者らは目指している。AMS 法では多様な化学組成の環境試料をより迅速に処理でき、かつ β 線測定と同等の検出限界を達成できる可能性がある。研究代表者らは筑波大学の 6MV 加速器施設にて国内初の AMS による 90Sr の測定を成功させた[1]。本課題では新規手法の実用化に向けて、環境試料 (IAEA の放射能環境標準物質等) の測定をウィーン大学のタンデム加速器施設 (VERA Laboratory) で実施した。

放射能標準液 (IAEA)、放射能環境標準物質 (Moss-soil (IAEA-447); Beef bone (IAEA-A-12))、放射性核種測定技能試験 (IAEA TEL-2015, 2016) に用いられた試料 (Syrian soil (Sample 5); Tap water (Sample 2)) を化学処理し、VERA Laboratory の 3 MV AMS 装置で 90Sr を測定した。この加速器前段には AMS としては新しい 同重体分離システム (リアクションセル+Nd:YAG laser) が装備されているため、通常の AMS 装置よりも効率的に 90Zr を除去できる (Zr の suppression factor は $>10^{10}$ atoms)。固体試料は 450°C で灰化し、1 mg Sr 担体を添加して 250°C で 4 時間濃硝酸抽出後、0.45 μ m PTFE でろ過した。液体試料を Sr resin (2 mL; 50–100 μ m, Eichrom) に通液して Sr を分離し、0.01M 硝酸溶液の Sr フラクシオンを濃塩酸溶液に置換して陰イオン交換樹脂 (2 mL; MCl Gel CA08P, 三菱ケミカル) に通液し Zr を分離した。濃縮した Sr 溶液に 46–48% フッ酸を添加して沈殿を生成し、エタノールで洗浄後、50°C で乾燥した。

化学分離の過程において Zr は 99–100% 分離・除去される一方で、Sr は 80–98% 回収された。この化学分離の過程において除去されなかった Zr の量は最大で 1012 atoms と見積もられ、当該 AMS システムの Zr 除去能力 (1013 atoms) より少なくなる計算である。本手法で β 線測定に匹敵する検出限界 <0.08 mBq (90Sr/Sr $<5 \times 10^{-15}$) を達成した。研究代表者らによる先行研究ではフッ化物沈殿の生成割合が $\sim 30\%$ と低かったが、Ca 3 mg を添加することでフッ化物沈殿の生成割合が 99% に改善されることが明らかになったので、今後

は改良した方法でターゲットを作製し、測定を実施する予定である。AMS における $^{90}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ 比補正に最適な標準物質 (10-14, 10-13, 10-12, 10-11) は IAEA-TEL-2016-Sample 2 (Tap water) 及び ^{90}Sr 放射能標準液から調製した。環境試料 (Moss-soil; Beef bone; Syrian soil) の測定精度は 6-10% で、おおむね測定値は公称値と誤差の範囲内で一致した。

2. 発表論文リスト

2020 年 4 月から 2021 年 3 月までに研究グループにより発表された論文 (謝辞に ERAN による助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

Sasa, K., Honda, M., Hosoya, S., Takahashi, T., Takano, K., Ochiai, Y., Sakaguchi, A., Kurita, S., Satou, Y., Sueki, K. (2021) A sensitive method for Sr-90 analysis by accelerator mass spectrometry. J. Nucl. Sci. Technol., 58:1, 72-79.

なお、ERAN 共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-04】

山地森林における溪流の流出過程と溶存態放射性セシウムの

溶出過程の関係性

研究代表者：榊原 厚一

受入研究者：辻村 真貴

1. 研究成果報告

福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性物質の環境中での移行過程の解明は、水資源を含む環境の持続性を評価する上で重要である。溶存態 ^{137}Cs に着目をすれば、時間の経過とともに流出水中の濃度は低下傾向にある (Taniguchi et al., 2019)。しかしながら、流出量が増大する豪雨時においては、その濃度が短期的に上昇する例が多数報告されている (例えば Tsuji et al., 2016)。その傾向は時間的にも場所的にも異なり、特に森林源流域では、事故後数年経過しても降雨時に溶存態 ^{137}Cs が定常時と比較をして 1 桁以上濃度が上昇している (Iwagami et al., 2019)。多くの先行研究によれば、このことは、林床に蓄積するリターからの ^{137}Cs の溶出現象が関わっているものと考えられる (Sakai et al., 2016; Kurihara et al., 2020)。しかしながら、降雨時における流出量の増大やそれに伴う飽和地表流の発生等、林床リターから流出水へ ^{137}Cs の移行をもたらす現象の指摘はあるものの、実際の降雨イベントにおいて、流出水中の ^{137}Cs 濃度の上昇過程を、関連する水文過程とリターからの溶出過程の両者を同時に考慮することで説明した研究は無く、未解明な部分が多いことが現状である。そのため、本研究では、福島第一原子力発電所事故の影響を受けた森林源流域を対象とし、降雨に伴う水文過程とリターからの ^{137}Cs 溶出の両面から、降雨時における ^{137}Cs 濃度上昇のメカニズムを明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、降雨時に飽和帯が形成される森林源流域のリター試料を用いて、実験室において、攪拌・無攪拌条件それぞれで ^{137}Cs の溶出試験を行った。また、インターバルカメラを用いた現場状況の撮影と、ArcGIS による空間解析を実施することで、降雨時における飽和帯面積の拡大量を定量化した。そして、降雨時に流出水中の溶存態 ^{137}Cs 濃度が上昇する要因を、リターからの ^{137}Cs 溶出と水文過程の観点から考察した。

溶出試験の結果、 ^{137}Cs の溶出速度は試験の初期段階 (最初の 1 時間) で速く、その後は遅くなった。攪拌 (100 rpm) の場合と無攪拌 (0 rpm) の場合では、全体の結果に大きな差は見られなかった。さらに、溶出試験終了後 (開始 24 時間後) の ^{137}Cs の溶出率は最大で 33.7%であった。これは、溶出試験後も ^{137}Cs 量の大部分がリターに残っていることを示している。降雨流出水に対する降水、土壌水、地下水の端成分混合を考慮するだけでは、

降雨時の流出水中溶存態 ^{137}Cs 濃度を再現することはできなかった。また、流出水中の ^{137}Cs の観測値と計算値の差は、高水条件で大きくなった。これらのことから、降雨時には端成分が有する ^{137}Cs に加え、リター起源の ^{137}Cs が流出水に負荷されていると考えられる。また、流出量が増大するにつれて、飽和帯面積は指数関数的に拡大することが分かった。このことは、飽和地表流と林床に蓄積したリターとの接触面積が増加し、リターからの ^{137}Cs の溶出が促進されることを示唆している。すなわち、降雨時に一時的に形成される飽和地表流によって多くの面積でリターから ^{137}Cs が溶出することが、降雨流出時に流出水中の溶存態 ^{137}Cs 濃度が上昇する要因の一つであると考えられた。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-05】

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

研究代表者：鈴木 翔太郎

共同研究者：天野 洋典・神山 享一・帰山 秀樹・高田 兵衛

受入研究者：和田 敏裕

1. 研究成果報告

ベントス食性であるマコガレイ (*Pseudopleuronectes yokohamae*) では、摂餌の際、海底土を消化器官に混入させる個体が存在する。本研究では、消化器官に高濃度の放射性セシウム (^{137}Cs) を含む海底土が混入した場合、海底土の ^{137}Cs が消化器官を介してマコガレイの魚体に ^{137}Cs が移行するか否かについて飼育実験を行い検討した。飼育魚は、自然海水かけ流し (水温は、 $12.3\sim 19.9^{\circ}\text{C}$ の範囲で変動) で 70 日間飼育し、 ^{137}Cs を含む海底土を混ぜた配合飼料 (^{137}Cs 濃度; 約 25 Bq/kg-dry) を与えた試験区 (R3 区) と一般配合飼料 (^{137}Cs 濃度; 約 0.156 Bq/kg-dry) を与えた対照区 (C3 区) を設定した。サンプルは定期的に各区から 10 個体採取し、内臓を除く全体をまとめて凍結乾燥または灰化した後、 ^{137}Cs 濃度の測定を行った。C3 区の飼育個体の ^{137}Cs 濃度は、飼育期間中、変化せず一定の値 ($0.102\sim 0.162\text{ Bq/kg-wet}$) で推移したのに対し、R3 区では飼育 7 日目に 0.285 Bq/kg-wet まで上昇した後、 $0.280\sim 0.305\text{ Bq/kg-wet}$ の範囲で推移した。また海水に対する魚体の ^{137}Cs 濃度の比は、飼育期間を通して C3 区より R3 区の方が高い値を示した。本研究の結果から、マコガレイでは、捕食に伴い海底土を消化器官に混入させる習性が魚体の ^{137}Cs 濃度に少なからず影響を及ぼしていることが示唆された。今後は、海底土の ^{137}Cs が消化器官を介して魚体に及ぼす影響の程度や、消化器官内で海底土の ^{137}Cs が溶離するメカニズムについて検討する必要がある。

2. 発表論文リスト

2020 年 4 月から 2021 年 3 月までに研究グループにより発表された論文 (謝辞に ERAN による助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

なお、ERAN 共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-06】

福島県松川浦における魚類の放射性セシウム 濃度と

栄養段階との関係

研究代表者：守岡 良晃

共同研究者：山田 学・佐藤 利幸・白土 遼輝・松本 陽・天野 洋典

受入研究者：和田 敏裕

1. 研究成果報告

福島県北部にある松川浦は、汽水の閉鎖性潟湖であり、多くの魚種の成育場となっている。本発表では、こうした汽水域の代表種であるボラ *Mugil cephalus* およびスズキ *Lateolabrax japonicus* に着目し、放射性セシウム（以下、 ^{137}Cs ）濃度と食性の関係を明らかにすることを目的とした。2019年7月～2020年11月の間に、松川浦において、ビームトロール網、刺網および投網により、ボラ、スズキを採捕した。体サイズの測定と胃内容物の観察を行った後、筋肉の ^{137}Cs 濃度を測定した。ボラの胃内容物はデトリタスやアマモであった。スズキの胃内容物は、小型個体（全長400mm未満）ではアミ類やヨコエビ類、大型個体（全長400mm以上）ではカニやエビであった。ボラおよびスズキの ^{137}Cs 濃度の範囲は、それぞれ0.97-2.07 および1.17-11.7 Bq/kg であり、有意差が確認された（ $P < 0.05$ ウィルコクソンの順位和検定）。これらの結果から、食性の違いが ^{137}Cs 濃度に影響を与えている可能性が考えられた。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-07】

地表面過程の放射性物質輸送拡散・長期シミュレーションに 向けたモデル開発

研究代表者：小槻 峻司

共同研究者：峠 嘉哉・渡部 哲史

受入研究者：脇山 義史・五十嵐 康記

1. 研究成果報告

[The burned area extracting in Chernobyl Exclusion Zone using Random Forest]

The Chernobyl nuclear power plant accident that happened in 1986 is the largest source of anthropogenic radionuclides released into the environment in history. In recent 20 years, the climate and land-use changes have increased the risk of large forest fires around the territory of the Chernobyl exclusion zone (CEZ). Since the precise burn area extracting is the basis and precondition of the estimation of the biomass burning emission and analysis of the second diffusion of radioactive residuals released from the nuclear accident. In this study, we established a burned area extracting method based on the random forest (RF) algorithm using the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) MOD09GA / MYD09GA and LANDSAT -7 ETM+ /-8 OLI images. The field observation in 2015 and MODIS MOD14A1 product were adopted to generate sampling points for RF. The difference reflectance of near-infrared band and difference in vegetation indices (NDVI, NBR, NDWI) between pre- and post-fire imagery were calculated to train the RF classifier. Moreover, the historical burned area in 2015 and 2020 were detected using the trained RF classifier. The preliminary results of the identified burned area show good consistency with the MODIS MCD64A1.006 product and FireCCI51product. And RF algorithm-based burned area detection can detect the relatively small fire scars compared to the two existing products. Especially the RF using LANDSAT products can detect the small fires since the fine spatial resolution.

[Development of distributed hydrological model based]

To simulate radioactive transports in CES, we first developed a distributed hydrological model that integrates a land surface model SiBUC and river routing module. The model covers the entire upstream of Kyiv, and can simulate water budget and river discharge over the entire catchment. We prepared the necessary input data for the simulation: soil properties, land

cover, leaf area index, meteorological forcing, and elevation data. The model produced long-term surface hydrological variables successfully.

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

N/A

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-08】

横川ダム湖及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

研究代表者：舟木 優斗

共同研究者：寺本 航

受入研究者：和田 敏裕

1. 研究成果報告

東京電力福島第一原子力発電所事故から 10 年が経過するが、未だに魚類から放射性セシウムが検出され、内水面においては淡水魚の生理機構により影響が顕著である。また、内水面漁業における主な漁場は河川と湖沼であり、これらは固有の生態系を有していることから、生息環境による魚類の放射性セシウムの蓄積にも差があると考えられている。そこで本研究では漁業再開の知見を得るために、同一水系内に生息する河川と湖沼におけるヤマメの ^{137}Cs 濃度の減少傾向を比較し、出荷制限解除における支援情報を収集した。

調査地は福島県南相馬市を流れる太田川とし、2017 年から 2020 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ヤマメの採集を行った。ダム湖においては刺し網と釣りによりヤマメを採捕した。河川においては電気ショッカーと釣りによりヤマメを採捕した。採捕したヤマメは全長、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。ヤマメの ^{137}Cs 濃度の減少傾向を指数近似から求め、近似式から生態学的半減期を算定し、ダム湖と河川でのヤマメの ^{137}Cs 濃度の減少特性について検討した。

2017 年から 2020 年にかけて採捕されたヤマメはダム湖で 44 尾、河川で 273 尾であった。これら環境別のヤマメの ^{137}Cs 濃度の減少傾向を求めたところ、調査を開始した 2017 年は河川の方がダム湖に比べ高かったが、2020 年の時点ではダム湖の方で高いことが確認された。生態学的半減期はダム湖で 1571 日、河川で 270 日と算定され、ダム湖で生態学的半減期が長く、ダム湖では放射性セシウムによる影響が河川に比べ長期化する可能性が示唆された。

ダム湖と河川の子マメの全長組成を分析したところ、ダム湖の方が有意に大きいことが確認された(t -test, $p < 0.05$)。この結果は、ヤマメが生活史二型を示し、河川残留型と降湖型で生態と形態が大きく異なり、成長度が異なるためであると考えられる。

一般に魚類の放射性セシウム濃度にはサイズ効果が見られることから、各年の各環境の子マメのサイズ効果を検討した結果、河川ではダム湖に比べサイズ効果が明瞭であり、調査

期間中全ての年度で有意な相関が得られた(Spearman's rank-correlation, $p < 0.05$)。一方、ダム湖では有意な相関がほとんど見られなかった。このことから、ダム湖と河川ではヤマメの¹³⁷Csの蓄積が異なることが示唆され、それらは河川残留型と湖沼型で生理機構や食性を含めた生態が大きく異なることに起因するものと推測された。

本研究では、太田川水系においてダム湖と河川の異なる環境でのヤマメの¹³⁷Cs濃度の減少傾向、¹³⁷Csの蓄積に関する調査を実施し、河川よりもダム湖で¹³⁷Csの影響が長引く結果と、¹³⁷Cs濃度のサイズ効果がダム湖と河川で異なることを示した。一方でヤマメの¹³⁷Cs蓄積の主要因の餌料環境については未検討であり、今後はヤマメの餌料の¹³⁷Cs濃度、食物網の解明、それぞれの環境の餌料の起源について炭素窒素安定同位体比から調査していく必要がある。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

なし

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-09】

土壌および岩石から大気へのトロン散逸に関する研究

研究代表者：城間 吉貴

共同研究者：仲宗根 峻也

受入研究者：平尾 茂一

1. 研究成果報告

ラドン (^{222}Rn)・トロン (^{220}Rn) は、土壌および岩石中のラジウムの放射壊変によって生成され、壊変時の反跳によって固体物質から間隙中に移行する。これまで、半減期が約 3.8 日と長いラドンについては、固体物質から大気中への移行について多くの研究が行われているが、半減期が約 56 秒と短いトロンについては、研究事例が少ないのが現状である。福島県には、ラジウムを含む鉱泉が湧出している。また、沖縄県の赤褐色土壌は、高いラジウム濃度を有することが知られており、ラドン・トロン研究に適したフィールドである。本研究では、トロンを主な対象として、トロンおよびラドンの固体物質から大気中への移行量（散逸係数）を実験的に評価することを目的とした。

ラドン・トロン散逸係数の評価には、土壌・岩石中ラジウム (^{228}Ra , ^{226}Ra) 濃度および密閉容器内の大気中ラドン・トロン濃度が必要である。福島県および沖縄県において測定試料である土壌・岩石試料を採取する。試料は乾燥処理を行い、ラジウム濃度分析用サンプルと散逸係数評価実験用サンプルに分取した。ラジウム濃度分析用サンプルは、プラスチック容器に密封し、福島大学の Ge 半導体検出器を用いて 80,000 秒の測定を行い、ラジウム濃度を定量した。散逸係数評価実験用サンプルは、琉球大学にて、密閉容器と静電捕集型ラドン・トロンモニタを用いて、大気中ラドン・トロン濃度の測定を行った。これらの結果から散逸係数の評価を試みた。

散逸係数を評価するため必要な密閉容器内のトロン濃度を測定するために、密閉容器、除湿ユニット、静電捕集型ラドン・トロンモニタからなる実験系を構築した。密閉容器には、沖縄県糸満市喜屋武岬の土壌を粒径 2 mm 以下に統一して封入した。封入後から 72 時間にわたって、1 時間毎のラドン・トロン濃度を測定した。同時に、密閉容器内の温度、湿度、気圧を測定した。水分条件を変えて 3 回の測定を行った。測定の結果、実験系内のラドン濃度は時間経過に伴って上昇した。一方で、トロン濃度は低い値で推移した。このことからラドン濃度は正常に測定できているが、トロン濃度は測定できていないことが示唆された。その要因として、半減期の短いトロンが除湿ユニット内で壊変し、検出できなかったと考えられる。この改善点として、流量を大きくすること、除湿ユニットを短くすることなどが挙げられた。得られたラドン濃度を用いて、ラドン散逸係数を算出した。各測定において、測定開始からおおよそ 5 時間程度にわたって異常に高いラドン散逸係数を呈した。その後、漸次

開始からおよそ 5 時間程度にわたって異常に高いラドン散逸係数を呈した。その後、漸次的に緩やかに減少し、15 時間以降は非常に緩やかに減少する傾向がみられた。ラドン散逸係数に影響する要因として、粒径、ラジウム濃度、含水比が知られているが、本研究においてはこれらの大きな変動は認められなかった。このことから、測定開始直後の異常なラドン散逸係数は、土壌に滞留したラドン濃度が高い空気を吸引したことによるものであり、徐々に減少する要因は、測定系における外気の混入であることが示唆された。そこで、封入時のラドン散逸係数を評価するため、15 時間以降のデータを用いて、測定開始時のラドン散逸係数を外挿することで、ラドン散逸係数を評価することが可能であることが示唆された。今後は、さらなるデータの蓄積を行い、新しいラドン散逸係数の測定法として確立することを目指す。

2. 発表論文リスト

2020 年 4 月から 2021 年 3 月までに研究グループにより発表された論文（謝辞に ERAN による助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

Nakasone S., Ishimine A., Shiroma S., Masuda N., Nakamura K., Shiroma Y., Ooka S., Tanaka M., Kato A., Hosoda M., Akata N., Yasuda Y., Furukawa M., Temporal and spatial variation of radon concentrations in environmental water from Okinawa Island, southwestern part of Japan, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021. 18 998.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18030998>.

なお、ERAN 共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-10】

バイオロギング技術を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～

研究代表者：野田 琢嗣

共同研究者：三田村 啓理

受入研究者：和田 敏裕

1. 研究成果報告

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、人工種苗を飼育し1歳、2歳まで成長させたホシガレイ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。これまでに4個体が再捕され、ロガーのデータ回収に成功した。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。実際に、構築したアルゴリズムを2021年1月末に再捕された個体のロガーデータを適用し移動履歴の推定を行なった。現在、並行して、再捕個体の筋肉中の放射性セシウム濃度を測定し、移動経路と放射性セシウム濃度の関係の解析を進めている。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-11】

淡水魚の移動とその放射能セシウム濃度の関係解明

研究代表者：高木 淳一

共同研究者：三田村 啓理

受入研究者：和田 敏裕

1. 研究成果報告

福島県阿武隈川水系では、近年ダム周辺水域を中心として特定外来生物であるチャネルキョットフィッシュ (*Ictalurus punctatus*)の個体数が再生産により急激に増大している可能性が指摘されている。本研究では、阿武隈川流域の信夫ダムにおいて、本種の産卵場の推定、及びその放射性セシウム濃度を調査した。産卵場の推定には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。超音波発信機(V13 または V13AP、Vemco 社)を外科手術で腹腔内に装着した本種 51 個体（成熟可能な標準体長 38–66 cm）を信夫ダム（堤体から約 800 m 上流）に放流した。以前に行った調査で産卵場所と推定された場所周辺に、16 台の受信機（VR2W、Vemco 社）を用いて音響アレイを配置した。本種の産卵期（5–7 月）を含む 4 月 19 日から 7 月 26 日まで、双曲線位置決定法による測位手法を用いて放流個体の追跡を行った。合計 35 個体の位置データの取得に成功した。測位データから、比較的河岸沿いの 1–2 箇所狭い範囲に、数週間程度留まる個体が複数観察された。その期間、滞在深度の変動は極端に小さくなり、加速度値はゼロ付近が増加していた。本種は、産卵前には産卵場にて雌雄が寄り添って行動し、産卵後には雄が卵や仔魚を保護することが試験下で観察されている。本結果は、それらの行動を野生下で捉えたものと考えられる。また、本種及び淡水域の他魚種（コクチバス、ギンブナ、コイ）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。その結果、本種の放射性セシウム濃度はコクチバス、ギンブナ、コイと比較して有意に高いことが分かった。現在、その要因を検討している。

2. 発表論文リスト

2020 年 4 月から 2021 年 3 月までに研究グループにより発表された論文（謝辞に ERAN による助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN 共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-12】

Assessment of Radionuclide Content in Environmental Sample from West Borneo

研究代表者：Radhia Pradana

受入研究者：床次 眞司

1. 研究成果報告

Due to the importance of radiocesium monitoring in water body, several method for cesium extraction has been established including the use of potassium-nickelhexacyanoferrate (KNiFC) in which incorporated into a modified polyacrylonitrile (PAN). KNiFC-PAN resin is

capable of cesium extraction up to nearly 100% recovery rate for 4 L sample with 2 ml of the resin by setting the flow rate of the sample under 10ml/minute. By using the method, IAEA ALMERA water sample from year 2018 and 2019 was measured to evaluate the accuracy of the method. The measurement result was evaluated with Z-score value method according IAEA/AQ/32. The accuracy evaluation resulting in satisfactory from all measurement result with Z-score value for 2019 sample are 0.6 and 1.43 for ^{134}Cs and ^{137}Cs respectively, while Zscore value for 2018 sample are 0.38 and 1.29 ^{134}Cs and ^{137}Cs respectively.

Keyword: Radiocesium extraction, KNiFC-PAN

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

-

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-13】

原子力災害時の空气中放射性物質濃度測定へのラドン族濃度測定器 の応用に関する研究

研究代表者：五十嵐 悠

共同研究者：飯本 武志・金 千皓

受入研究者：細田 正洋・玉熊 佑紀

1. 研究成果報告

原子力災害により大気中へ放出された放射性物質は公衆の内部被ばくの原因となるため、迅速な被ばく線量評価には空气中における放射性物質の拡散状況と濃度測定が重要となる。また、原子力災害時の迅速な測定体制構築および評価のため、環境バックグラウンドとなる自然放射線などの平常時からの連続的な測定が求められている。これらのことから、緊急時モニタリングを見据えた平常時モニタリングの実施が重要と言える。

本研究では、環境バックグラウンドとなる空气中のラドン族濃度測定の迅速化、およびラドン族濃度を考慮した平常時から緊急時への連続した空气中放射性物質濃度測定に着目し、2 フィルター式ラドン濃度測定器の上流側フィルター開閉による、単一測定器でのラドンおよびラドン壊変生成物の空气中濃度安定測定の実現、および環境バックグラウンドであるラドン族濃度を考慮した原子力災害時における緊急時モニタリング手法の開発を目的としている。

今年度は開発する測定器で使用する検出器選定に向け、同一検出器で α/β 線双方を測定可能な半導体検出器3種類(PD300 24V および 70V、CAM300)を対象とした、制御した測定環境下における空气中放射性物質の捕集・測定による比較を実施した。

比較実験は量研機構・放医研の標準ラドン場にて実施し、測定環境は温湿度を一定、ラドン濃度を 4000Bqm-3 一定とし、2 フィルター法による 222Rn から 218Po への壊変を利用した 218Po を測定対象とした。また、測定によって得られるスペクトルとカウント数、およびラドン濃度基準器で得られたラドン濃度より、ROI 効率および Count→Bq・m-3 変換係数を算出・比較することで、空气中放射性物質捕集中の測定における検出器性能を評価した。その結果、ROI 効率は3つの検出器とも変わらず、変換係数は PD300 が最も小さいが残り2つについても大きな差は無いと評価した。これより、制御環境下での捕集・測定では検出器性能に大きな差は見られなかったことから、測定環境が変動する野外等の実環境下で測定・比較による検出器選定が必要という結論となった。

今後に向けた課題としては、自然界におけるラドン族測定を通し、測定環境が変動する実環境下における最適な検出器の選定および測定器全体へ与える影響の評価が必要である。また、これまでの研究よりラドン族濃度の測定は可能と明らかになったことから、ラドン族と同様に自然界に存在し、環境 BG となりうるトリウム系列のトロンおよび壊変生成物の測定を試みる必要がある。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-14】

Estimation of indoor radon behavior focusing on human lifestyles and environmental parameters: a case study of Japanese dwellings

研究代表者：Hasan Md Mahamudul

共同研究者：飯本 武志・迫田 晃弘

受入研究者：細田 正洋・玉熊 佑紀

1. 研究成果報告

From the viewpoint of radiation protection, ascertaining dynamics of natural radon (Rn-222) gas in terms of entry and distribution into indoor environments is greatly important due to its significant human exposures. Radon is a naturally occurring radioactive gas formed from decaying of uranium present in rocks and soil; it undergoes further decays forming radioactive progenies which can move into human lung through breathing. The alpha rays emitted from these radionuclides can affect human lung tissues adversely, and cause lung cancer. Consequently, radon is considered as second cause of lung cancer after smoking. It's behavior (concentration variations and human exposures-radiation dose) in dwellings depends on human lifestyles, indoor structures, environmental factors or strength of source-soil/building materials. Thus, this study aims to preliminary estimate the indoor radon behavior following the parameters of human lifestyle and environmental factors. Indoor radon modeling was done in an indoor room of Okayama prefecture in Japan which was easy to be controlled on its environmental conditions. Radon concentrations and its possible affecting parameters (i.e., temperature) were assessed in an hourly basis for about one month. Radon concentration was measured with AlphaGUARD monitor, Saphymo GmbH, Germany; and radon progenies which cause direct human lung exposures were measured with WLM monitor (BWLMPPLUS-S, Tracerlab, Germany) simultaneously to determine the radon equilibrium factor, F. By learning F for a specific indoor environment, we can predict radon exposures and calculate dose by measuring only radon gas. As preliminary radon modeling, a multivariable log-linear regression model was evaluated to identify influential factors on varying indoor radon exposures and to predict future concentration level following the factors. The log-linear equation is written as $\log(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n$ [y, indoor Rn; β_0 , intercept; β_n , parameter coefficient; x_n , parameters]. Then the model was fit into the measured time-series radon data to obtain parameter coefficients. Significant ($P < 0.05$) parameters were identified with ANOVA test using SPSS version 25. 60 percent data was used

as model development set; 40 percent is of validation for predicting indoor radon after normalization. As the primary results following the measured data, parameters of indoor window usage by resident, outdoor temperature and outdoor radon influenced significantly ($P < 0.05$) the variation of indoor radon concentration levels. Alternatively, human lifestyles (air condition and window usage) are found to be influential factors on varying radon equilibrium factor F . Air condition sufficiently reduced $R_n F$ -value, might be due to the filtration; however, coupled with opening door parameter, it exhibited a diverse pattern of F . Furthermore, although predicted radon was similar to estimated radon (ratio: 0.9 ± 0.6), the validation indicated lacking other required parameters. Thus, for the future study learning about the radon modeling and its uncertainties, longer time series data set concerning radon concentrations, environmental parameters (indoor & outdoor), human lifestyles (daily activities and ventilation effect) and source influences (building materials, outdoor soil) might be effective for the Japanese house. Based on the obtained findings, in future study, the environmental conditions of model room will be adequately adjusted to newly ascertain the atmospheric pressure driven influence on vertical dynamics of radon gas into buildings.

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-15】

Determination Sr-90 and Y-90 using LSC by extraction chromatography separation

研究代表者：Evans Azka Fajrianshah

受入研究者：床次 真司

1. 研究成果報告

Determination of $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ in Environmental Sample by Liquid Scintillation Counting

Abstract

Liquid scintillation counting (LSC) was used to determine ^{90}Sr / ^{90}Y in samples of Japanese milk powder. The determination of $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ is based on four main steps; the preparation of the sample, the addition of Sr-carrier, the extraction of radio-strontium and radio-yttrium by chemical treatment and the determination of the activity by LSC. In this analysis, the ^{90}Sr sampling activity concentration shows that the ^{90}Sr concentration of all Japanese samples is lower than the Euratom regulatory criteria for food and milk.

Background

A significant number of volatile radionuclides were emitted into the atmosphere after the Fukushima nuclear accident, with Strontium-90 (^{90}Sr) being no exception[1]. In environmental pollutant control, monitoring of Strontium-90 (^{90}Sr) is very important. ^{90}Sr is a pure beta emitter that is one of the most hazardous contaminants in the environment. ^{90}Sr has a relatively long physical half-life of 28.79 years and a biological half-life of approximately 13 years [2]. The chemical properties of Strontium are similar to calcium because they are of the same class of elements. Thus, ^{90}Sr is readily stored in bone tissue and teeth. Skeletal cancer or leukemia could be affected [3]. Liquid scintillation counting (LSC) is used in this work for the analysis of ^{90}Sr .

Experimental

Chemicals and Materials used:

Milk powder and milk ash sample from Japan, 65% HNO_3 8M; 65% HNO_3 2M; 65% HNO_3 0.5M; 65% HNO_3 0.05M; 65% HNO_3 0.1M; Oxalic acid solid; Aquabides Sr-specific product in resin (Eichrom); Sr-resin aquades; Whatman 42 filter paper ; Nitrous cellulose filter paper; Sr-carrier, Sr-tracer, 25% NH_4OH , universal pH-meter, Ca-standard solution 1000 mg L⁻¹ and Ultima Gold (UG) scintillation cocktail were used.

Equipment used:

Porcelain cup, desiccator, Bulb, spray bottle, glassware, petri dishes, tweezers, analytical balance, spatula, stirrer, vial bottle 20 mL, Eichrom Sr-resin chromatography column, furnace, vacuum pump, hot plate, micropipette 20 μ L, Liquid Scintillator Counting (LSC) Quantulus-1220, and Atomic Absorption Spectrophotometer were used.

Procedure

(Picture)

Figure 1. Schematic of LSC analysis

Results

(Table 1)

The chemical recovery percentage of the samples displayed in Table 1 shows that the procedure was reasonably precise and quite suitable for the analysis of ^{90}Sr for this type of sample.

(Table 2)

The ^{90}Sr sample activity concentration shown in Table 2 indicates that the ^{90}Sr concentration of all selected Japanese samples is smaller than the Euratom regulatory requirement for food and milk.

Conclusion

In this study, LSC combined with radiochemistry methods for separation of elements can be successfully applied for determining $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ and the results of the analysis of the $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ concentration level of all samples in this study were lower than the Euratom regulatory criteria for food and milk concentrations of $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

Citation

1. Shozugawa K, Nogawa N, Matsuo M (2012) Deposition of fission and activation products after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. *Environ Pollut* 163: 243–247.
2. Joyce, M. (2018). The Actinides and Related Isotopes. *Nuclear Engineering*, 87–110.
3. Schwantes JM, Orton CR, Clark RA (2012) Analysis of a nuclear accident: fission and activation product releases from the Fukushima Daiichi nuclear facility as remote indicators of source identification, extent of release, and state of damaged spent nuclear fuel. *Environ Sci Technol* 46: 8621–8627

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

None

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-16】

Estimation of radiation exposure to wild boar using dicentric analysis

研究代表者：Donovan Anderson

共同研究者：石庭 寛子・難波 謙二

受入研究者：三浦 富智

1. 研究成果報告

This research investigated radionuclide activities and chromosomal aberrations in lymphocytes of wild boar inhabiting areas of varying radiation exposures of Fukushima Prefecture. Presence of chromosomal aberrations would indicate possibility of other deleterious effects and detection frequency could allow for a suitable radiation biomarker in future studies. However, it is uncertain if chromosomal aberration frequency is sufficient at low chronic radiation exposures, such as those measured in impacted areas of Fukushima. Here, we attempted to investigate the biological consequences of long-term chronic, low dose or dose rate radiation after the FDNPP accident using dicentric chromosome aberrations in lymphocyte cells of wild boar. We also tried to determine the suitability of dicentric yields to estimate radiation doses at such chronic, low dose or dose rate radiation. For comparative analyses, lifetime radiation doses of boar were estimated using measurements of radionuclide concentrations in muscle tissues (i.e., internal dose rate) and measurements from ambient doses at trap sites (i.e., external dose rate) multiplied by the corresponding estimated age of each animal. The highest estimated lifetime dose to wild boar was 690 mGy. The highest dose rate per hour and per year was 36 μ Gy and 320 mGy, respectively. Overall, external dose tended to account for the majority of the total dose rate (68%), while internal dose accounted for 32%. Despite elevated low dose or dose rate radiation exposures, we observed no radiation-related dicentric aberrations in the wild boar in Fukushima Prefecture. Our result is somewhat unexpected because dicentric chromosome aberrations have been detected and had a positive dose response in areas of less contamination. Disparities in results might suggest that detectability of the effects at low dose and low dose rate is statistically as a function of the number of cells. In other words, more cells may need to be scored before we can see a dicentric dose response at the chronic, low dose or dose rate radiation exposure sites such as those nearby FDNPP. If no dicentrics are observed in a greater number of cells, then this may indicate that the chronic low dose rate radiation observed in our study may be too low to cause dicentrics or chronic regimes repair prevents accumulation.

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-17】

Determination of Nuclear Fallout (^{241}Am , ^{239}Pu , dan ^{236}U) in Environmental Samples derived from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident

研究代表者：Sarah Nataz Shilfa

共同研究者：Kusdiana · Eka Djatnika Nugraha

受入研究者：床次 眞司

1. 研究成果報告

There are several radionuclide separation procedures for uranium, plutonium, and americium, namely based on anion-exchange chromatography, solvent extraction, and extraction chromatography. According to No'ra Vajdad and Chang-Kyu Kim (2010), chromatography extraction is also called solid-phase extraction and reverse-phase partition chromatography, where the liquid extraction is absorbed on the surface of the inert support material.

Extraction chromatography combines the selectivity and flexibility of conventional liquid-liquid extraction techniques with the flexibility and convenience of column chromatography. In chromatography like this, the stationary phase consists of an organic complex supported by a porous substrate. Solute retention is based on its tendency to form stable complexes with organic compounds on the surface of a porous substrate (W. A. Abbasi and M. Streat, 1994).

The tools used in this study were: laboratory glassware, analytical balance, Teflon beaker, hotplate, 50 mL centrifuge tube, centrifuge, infrared lamp (IR), chromatographic extraction column, 10 mL reservoir, vacuum box, vacuum pump, bath. sand, electrodeposition equipment (electrodeposition tube, statif, platinum wire, stainless steel disk, DC power supply), tweezers, bunsen, and alpha spectrometer.

The resin to be used is a specific resin to elute U, Pu, and Am. For the preparation of the column, a container tube (tube) is placed on the inside of the vacuum box and then the lid is attached. The yellow end is attached to the hole above the cap, matched with the small white pipe above the yellow tip, the column is attached above it and the reservoirs are attached above it. The vacuum pump is installed on the box then turned on. (The use of vacuum pump is used conditionally in this study).

In addition to digesting the sample, the addition of acids at the time of digestion will make the pH of the solution acidic, in this study the pH of the solution is adjusted to 2. At this pH, organic compounds that can interfere with the analysis will be digested or damaged by strong acids so that only what is left is the metals only.

In this study, UTEVA resin was used to separate U from Am and Pu. UTEVA resin retains elements in the form of uranium(VI), thorium(IV), neptunium(IV), and plutonium(IV). The retention of these elements depends on the nitrate concentration in the solution, the higher the nitrate concentration, the better the actinide uptake. After inserting the sample, the resin was washed with 2x10 mL of 3M HNO₃ to elute Pu (III) and Am(III). The Pu and Am eluents were then extracted chromatography on the TRU resin column. Recovery values ≥ 90 percent were obtained for all elements.

The final stage of this experiment is counting with an alpha spectrometer with a silicon surface barrier detector. Measurement of alpha radiation must be carried out through an electrodeposition process before it can be measured using an alpha spectrometer (Aslina, 2014; Novarty, 2009). This is because alpha ray radiation has very little penetrating power so that a very thin and even thickness of the sample is needed so that it can be analyzed with an alpha spectrometer. Future studies will measure alpha emissions from discs. The eluent is transferred into the electrodeposition cell and the radioelement electroplated on stainless steel discs. Alpha particle spectrum was analyzed with Alpha Spectrometers.

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

Ambient dose measurement from high natural background radiation (HNBR) in Botteng Utara Village, Mamuju-Indonesia, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series Vo. 1436, p. 012027, 2020, IOP Publishing

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-18】

大気中放射性物質捕集用フィルタの選定に向けた性能評価

研究代表者：山田 椋平

共同研究者：玉熊 佑紀

受入研究者：床次 眞司・細田 正洋

1. 研究成果報告

2012年に定められた原子力災害対策指針では、緊急事態において大気中の放射性物質の濃度を把握することが重要であるとしている。また、その補足参考資料では、 α 線放出核種向けの大気中放射性物質測定装置に用いるろ紙（フィルタ）は、粒子が内部に入り込まないメンブレンフィルタを用いることとしている。一方、これらの資料には、メンブレンフィルタの具体的な材質については言及されていない。本研究では、これまで大気中放射性物質捕集用フィルタとして検討されてこなかった材質を含む複数のメンブレンフィルタにおいて性能評価を行った。

本研究で性能評価を行ったメンブレンフィルタの材質は、セルロース混合エステル（AAWP02500、Merck）、ポリテトラフルオロエチレン（以下、PTFE）（T080A025A、ADVANTEC）、ポリプロピレンネット付きPTFE（J100A025A、ADVANTEC）、セルロースアセテート（C080A025A、ADVANTEC）、ニトロセルロース（7188-002、Cytiva）及びポリカーボネート（K080A025A、ADVANTEC）である。

まず、これら全てのフィルタにおいて、デジタルマノメータ（DMH-01-40kP、木幡計器製作所）及びローボリウムポンプ（LV-40BW、SIBATA）を用いたフィルタによる圧力損失を測定した。なお、フィルタの有効径は20 mmで、面速度は10-70 cm/sで設定した。

次に、弘前大学被ばく医療総合研究所に設置されているラドン曝露システムを用いた表面捕集効率の評価を行った。始めにフィルタ上にラドン子孫核種を捕集し、シリコン半導体検出器を用いてエネルギースペクトルを得た。そして、得られたスペクトルから、玉熊ら（保健物理, 2019）と同様の方法を用いて表面捕集効率を評価した。なお、表面捕集効率の評価はセルロース混合エステル、PTFE及びポリカーボネートでのみ実施できた。

結果として、圧力損失は低い順にポリカーボネート、セルロース混合エステル、セルロースアセテート、ポリプロピレンネット付きPTFE、ニトロセルロース、PTFEであることがわかった。また、表面捕集効率は低い順に、セルロース混合エステル、PTFE、ポリカーボネートであった。これらの結果より、ポリカーボネート製メンブレンフィルタは、圧力損失が最も低く（面速度50 m/sにおいて圧力損失10 kPa）、表面捕集効率が最も高い（Am-241線源と比較する方法で78.9%）ことがわかり、大気中放射性物質捕集に最適なフィルタであ

ることが示唆された。一方、表面捕集効率の評価は全てのフィルタに対して行えていないことに注意が必要である。

本研究により、現時点ではポリカーボネート製メンブレンフィルタが最適な大気中放射性物質捕集用フィルタであると考えられる。今後も引き続き、表面捕集効率の評価、実環境での流量変動評価や、本研究に関連した先行文献との比較等を行い、大気中放射性物質捕集用フィルタの最適化に向け検討を進める。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-19】

沖縄島の河川における水中ラドンを用いた

地下水湧出量に関する研究

研究代表者：仲宗根 峻也

共同研究者：城間 吉貴

受入研究者：赤田 尚史

1. 研究成果報告

沖縄島では農地などから高濃度の硝酸やリンが地表水（主に河川水）を介して沿岸海洋へ流出し、水質汚染を引き起こすことが懸念されている。これまで沖縄県では、地表水を介した栄養塩の海洋流出に関する調査が行われている。しかし、沖縄県はその地質環境から地下水系が発達しており、県内各地に湧水が点在している。その地質学的背景から、湧水が河川の水源である場合もあり、陸源物質の海洋への流出経路は地表水だけでなく、地下水を介した流出経路の可能性も検討する必要がある。そこで、本研究では、沖縄島北部の湧水河川を対象に、地下水湧出の実態を明らかにすることを目的とし、下流域から上流域にかけて、水中ラドン濃度、主要溶存イオンを測定し、河川における湧出地点の分布やその水質を把握する。

対象河川は、沖縄島北部の塩川（26° 36′ 56″ N, 127° 53′ 43″ E）とした。塩川は全長約 300m の湧水河川であり、上流に地下水の流出部が 2 ヶ所あり、流出した地下水は途中で合流し、海洋へと流れ込む。水試料は、河口付近から上流域にかけて計 14 地点で採取した。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。主要溶存イオンは 0.45 μm メンブレンフィルター（DISMIC 25CS045AS, ADVANTEC）で濾過した後、イオンクロマトグラフィー（Dionex ICS-2100, Thermo Fisher Scientific）を用いて、イオン成分（Na⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻）の濃度を測定した。HCO₃⁻は pH4.8 アルカリ度滴定法により定量した。

水中ラドン濃度（±不確かさ）は、N.D.から 7.0（±0.3）Bq/L の範囲であった。地下水流出部の水中ラドン濃度はそれぞれ 7.0（±0.3）Bq/L、5.6（±0.3）Bq/L であった。塩川の水中ラドンの濃度分布は、下流域で低く、上流域で高い傾向であった。しかし、河川の合流地点では、6.5（±0.3）Bq/L と他の地点と比べて高く、流出部近傍と同程度のラドン濃度であった。また、上流域のいくつかの地点で、流出部と同レベルのラドン濃度が検出さ

れた。このことから、既知の地下水流出部の他に、新たな流出地点の存在が示唆される。また、主要溶存イオン成分は、地下水流出部の2地点とも Na^+ や Cl^- が高く、海水に起源をもつ湧水（アルカリ非炭酸塩型）であることが示唆された。加えて、他の地点においても同様にアルカリ非炭酸塩型の水質を示すことから、塩川は同一の水源で形成されていることが示唆された。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-20】

放射性セシウム粒子がプランクトンのセシウムの 濃縮係数に与える影響

研究代表者：三浦 輝

共同研究者：石丸 隆・神田 穰太

受入研究者：田副 博文

1. 研究成果報告

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. (2018) は熊川河口の懸濁粒子中から高線量の粒子を報告し、海洋における CsMP の存在を示唆した。本研究では (i) プランクトンネットサンプルなどの海洋サンプル中からの CsMP の発見、(ii) 陸域で報告されている CsMP との比較、(iii) CsMP の存在が Cs の固液分配や濃縮係数へ与える影響評価を目的とした。

福島沖沿岸から採取された様々なサンプル (懸濁粒子、沈降粒子、プランクトンネット、堆積物) から CsMP を発見した。湿式分離により単離した後、分析を行った結果、懸濁粒子、沈降粒子、プランクトンネットから単離された CsMP は陸域で報告されている Type-A の特徴に一致し、陸域に沈着したものが河川などを通じて海洋へと移行した可能性が示唆された。一方で、堆積物から単離された CsMP はカルシウム (Ca) を含むことや、亜鉛を含まないことから Type-A などのこれまでに報告されている CsMP とは異なることがわかった。この粒子は、(i) Cs 放射能比から 2 or 3 号機由来であること、(ii) 3 号機からの放射性物質の放出時のプルームが海方向であったこと、(iii) Ca のソースと考えられるコンクリートと核燃料の反応 (MCCI) が 2 号機では限定的であったこと、の理由から、3 号機に由来する粒子であると推定された。本研究に用いたサンプルだと、CsMP の寄与率は、プランクトンネットで 77%、堆積物で 93% となり、固液分配や濃縮係数に影響を与える可能性が示唆された。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

H. Miura, Y. Kurihara, M. Yamamoto, A. Sakaguchi, N. Yamaguchi, O. Sekizawa, K. Nitta, S. Higaki, D. Tsumune, T. Itai, and Y. Takahashi (2020) Characterization of cesium-bearing microparticles emitted from the Unit 1 of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant by multiple synchrotron radiation analyses: Difference between two types of cesium-bearing microparticles, *Scientific Reports*, 10, 11421.

H. Miura, T. Ishimaru, Y. Ito, Y. Kurihara, S. Otsuka, A. Sakaguchi, K. Misumi, T. Daisuke, A. Kubo, S. Higaki, J. Kanda, and Y. Takahashi (2021) First isolation and analysis of caesium-bearing microparticles from marine samples in the Pacific coastal area near Fukushima Prefecture, *Scientific Reports*, 11, 5664.

A. Kubo, K. Tanabe, Y. Ito, T. Ishimaru, M. Otsuki, H. Arakawa, Y. W. Watanabe, H. Miura, D. Tsumune, and J. Kanda (2020) Changes in radioactive cesium concentrations from 2011 to 2017 in Fukushima coastal sediments and relative contributions of radioactive cesium-bearing microparticles, *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111769.

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-21】

Preliminary characterization studies of Rn-222 progeny calibration chamber

研究代表者：Trilochana Shetty

受入研究者：玉熊 佑紀・Chutima Kranrod

1. 研究成果報告

Introduction:

The worldwide annual effective dose due to ionizing radiations to the general public is 2.4 mSv and out of this, about 1.275 mSv of dose is mainly due to ^{222}Rn and its progeny alone. This fact explains the importance of the measurement of ^{222}Rn and its progeny and estimation of dose due to them to the general public. These ^{222}Rn progenies are solids and behave as airborne particles that attach to carrier aerosol particles, as a result depends strongly on its size & concentration. Inhalation doses are predominantly due to decay products and cumulative decay product concentrations are actual measure of exposure.

It is essential to address the reliability and accuracy of ^{222}Rn and its progeny concentrations measured through (i) periodic calibration and performance evaluation of detectors, (ii) adequate quality control programs, and (iii) periodic inter-comparison measurements, hence a ^{222}Rn progeny calibration chamber of volume 0.5 m³ is established at IREM, Hirosaki University, Japan. The proposed study under the allotted grant covers the target of “Preliminary characterization experiments of the ^{222}Rn progeny calibration chamber”.

Details of the study

^{222}Rn progeny homogeneity mapping was performed using an ionization chamber based online progeny monitor. ^{222}Rn progeny was generated inside the calibration chamber using a standard ^{222}Rn source at environmental aerosol concentrations. The experiments were carried out at different ^{222}Rn concentration levels. Also the effects of relative humidity (RH) on the progeny concentrations were studied.

Project outcome

1. EERC studies in the chamber exposure volume using online progeny monitor was done at three different ^{222}Rn concentration levels. And is found to have a linear relation between the two .
2. Variations of EERC in the chamber with RH is studied at three different ranges and is found to be higher for higher RH values.
3. The effect of fan speed on the EERC levels attained in the chamber can be seen from these results, displaying a deviation from the expected values. Also these experiments were performed without the generation of aerosols, at environmental aerosol concentration.

Acknowledgement: The authors would like to thank the Environmental Radioactivity Research Network Center (Grant Number: Y-20-21) for funding the research program.

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-22】

Evaluation of accuracy of in-situ waterbed radioactivity measurement technology.

研究代表者：Estiner Walusungu KATENGEZA

共同研究者：越智 康太郎

受入研究者：真田 幸尚

1. 研究成果報告

Since 2013, a plastic scintillation fiber (PSF) system has been used for in-situ monitoring of the distribution of radiocesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) concentration in bottom sediments of ponds affected by radioactive fallout from the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. The conversion factor ((Bq.kg⁻¹).cps⁻¹) from PSF counting rate to radioactivity concentration (Bq.kg⁻¹) are obtained by direct comparison with the average concentration of radiocesium in sediment core samples (0-10 cm) collected from PSF-coinciding positions within the same ponds. However, radiocesium is gradually migrating from the surface (0-10 cm) to deeper layer (lower than 10 cm) of sediment over time. This study aimed at evaluating the stability of the PSF measurements over time in consideration of radiocesium's vertical migration. The conversion factor at each thickness (10, 15, and 20 cm) was determined based on measurements in 49 ponds conducted in 2015-2019. Relative deviation (RD) of radiocesium concentration estimated by PSF measurement to that measured in sediment core samples were calculated. There was a good agreement ($R^2 \geq 0.9$) between the concentration determined by PSF and core samples for all depths but the PSF values were closest to core values for the 10 cm depth. The mean, median, standard deviation and normalized mean square error (NMSE) of the RD increased (shifted rightward to larger positive values) with core thickness indicating increased overestimation by the PSF as a result of averaging over larger sediment thickness of heterogeneous concentration. This indicates a stability of the PSF results over the 10 cm thickness during the measurement period. Future research will focus on the effect of different sediment vertical profiles on PSF measurement stability and accuracy which will be useful for continued monitoring in the ponds.

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

Katengeza, E.W., Sanada Y., Yoshimura, K., Ochi, K., and Imoto T. 2020. The ecological half-life of radiocesium in surficial bottom sediments of five ponds in Fukushima based on in situ measurements with plastic scintillation fibers. *Environmental Science: Processes and Impacts*. 22 (7), 1566-1576. <https://doi.org/10.1039/D0EM00160K>.

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-23】

原子力発電所事故後における福島県内及び隣接県に生息する

イノシシの個体群構造の究明

研究代表者：斎藤 梨絵

共同研究者：今藤 夏子・熊田 礼子・根本 唯

受入研究者：玉置 雅紀

1. 研究成果報告

東京電力福島第一原子力発電所事故後、帰還困難区域や居住制限区域内において、イノシシの個体数が増加し、他地域へ分散することが懸念されている。2019 年度の共同研究拠点による先行研究により、福島県内のイノシシはおおよそ阿武隈川の東西を介して 2 系統に分かれることを明らかにした。また、帰還困難区域も含めた福島県内のイノシシの管理には、隣県（とりわけ、帰還困難区域の北・南に位置する隣県）も含めたイノシシの個体群構造の把握が必要であると示唆された。そこで本研究では、福島県内及び隣県に生息するイノシシの DNA を利用した MIG-seq 解析を行い、福島県内・外におけるイノシシの遺伝子解析に基づく個体群構造を明らかにすることを目的とした。

昨年度の研究で試料数が不十分であったいわき市などを中心にサンプルを追加し、福島県内の広域で採集されたイノシシの肉片から DNA を抽出した。加えて、隣県である宮城県（角田市、丸森町、村田町、亶理町）、栃木県（那須町）、茨城県（大子町）からイノシシ試料を採集し、DNA を抽出した。先行研究から、阿武隈川周辺域がイノシシの分散障壁となっている可能性が示唆されたことから、宮城県においては、阿武隈川を介した東西で、試料の採取を行った。抽出した DNA について、MIG-seq 解析により、塩基配列の 1 塩基多型 [Single-nucleotide polymorphisms (SNPs)] の検出を行った。

全 349 頭のイノシシについて解析した結果、382 個の SNPs が検出され、これらを用いて STRUCTURE 解析による遺伝子解析に基づく系統分けを行った。その結果これらのイノシシは、統計的に 2 つの系統に分けられることが明らかになった。福島県内のイノシシを用いた先行研究でも 2 系統に分かれることが確認されており、その結果に基づき阿武隈川を介して東部で優占していた系統を「東系統」、西部で優占していた系統を「西系統」とすると、宮城県の 4 町村と大子町では東系統が優占しており、那須町では東系統と西系統がほぼ同じ割合で検出された。宮城県においては、福島県で確認されたような阿武隈川を介した 2 系統の分布特性の違いが認められず、阿武隈川周辺域がイノシシの分散障壁となっていないことが示唆された。さらにイノシシの遺伝子解析結果より 3 系統または 4 系統に系統分

けを行い、個体群構造の解析を行った。その結果、3系統に分けた場合には地理的に明確なグループ分けをすることができなかった。一方で、4系統に分けた場合には、より地域特性が認められる個体群構造が確認され、2系統に分けた場合の結果と比較して、より近年の遺伝子流動の結果を反映した特性を確認することができた。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

・斎藤梨絵,石井弓美子, 根本唯, 熊田礼子, 中村匡聡, 相馬理央, 大町仁志, 玉置雅紀. メタバーコーディングに基づくイノシシの食性解析: 植物性食物の推定における再現性と動物性食物の推定における効果的な解析対象種 DNA の抑制方法の検討. 日本生態学会誌. 70: 163-176. 2020.

なお、ERAN 共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-24】

野生ニホンザルにおけるセシウム、ルビジウム、カリウム

体内動態の解析

研究代表者：漆原 佑介

受入研究者：青野 辰雄

1. 研究成果報告

ヒトにおける Cs 動態モデルは、様々な生物種の K、Rb、Cs 体内濃度データを元に構築されている。我々は、昨年度の放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点の共同研究にてサル各組織中 Cs-137 濃度を明らかにしたが、現行の Cs 動態モデルとの比較のために K、Rb の体内動態を明らかにする必要がある。そこで、福島県内で捕殺された野生ニホンザル組織試料より安定 K、Rb、Cs の測定を行い、K に対する Rb、Cs の組織間移行の傾向を明らかにすることを目的とした。

解析試料として、福島県においてニホンザル保護管理計画に基づいて捕殺された、野生成獣ニホンザルより採取した 22 の組織試料を用いた。各試料の安定 K、Rb については誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) で測定し、安定 Cs については原子吸光光度法 (AAS) にて測定した。

成獣ニホンザルの各組織中 K、Rb-85、Cs-133 濃度を測定し、相対濃度を比較したところ、多くの組織で K、Rb、Cs の血液濃度に対する相対濃度に大きな差はみられなかった。眼球と肝臓の Rb 相対濃度は K の相対濃度に比べて高く、骨格筋及び顎下腺の Cs 相対濃度は K の相対濃度に比べて高い結果となった。一方で、脳における K 相対濃度は Rb、Cs の相対濃度よりも低いことが明らかとなった。

本研究によって、K 相対濃度と比較して Cs は骨格筋と顎下腺に蓄積しやすいことが明らかとなった。カリウムは細胞内外分極を担う重要な元素であり、筋収縮時に生じる細胞内外分極において重要な機能を持つ。また、顎下腺は唾液腺組織として知られ、ヒトでは唾液中のカリウム濃度は血清よりも 5-10 倍程度高く、唾液腺細胞においてカリウムイオンの能動的な細胞内への輸送が行われている。このことから、生体機能にカリウムの細胞内輸送が深く関わる組織にセシウムが蓄積しやすいことが示唆される。今後はこれらのデータをもとに、血液から各組織への Cs の流入率及び排出率を算出し、現行 Cs 動態モデルとの比較を行う必要がある。また、現行モデルで言及されていない組織においても K、Rb、Cs 濃度の測定を行うことで、より正確な Cs 体内動態モデル構築のための基礎データとなることが期待される。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文(謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む)。

Urushihara Y., Suzuki T., Shimizu Y., Suzuki M., Kuwahara Y., Kino Y., Sekine T., Shinoda H., Aono T, Fukumoto M., Investigation of radiocaesium distribution in organs of Japanese macaques, Proceedings of the 21st Workshop on Environmental Radioactivity, KEK Proceedings, 2020, 141-143, 2020.

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-25】

福島県で採取された放射性 Cs 濃集粒子に含まれる

Sr,Pu の微量分析

研究代表者：五十嵐 淳哉

受入研究者：鄭 建

1. 研究成果報告

① 研究目的

福島第一原子力発電所事故では、SiO₂ の母材に放射性 Cs が高濃度に濃集した水に不溶性放射性微粒子（不溶性粒子）が放出されたことがわかっている。この粒子は水に不溶である性質から放出時の状態を保持していると考えられ、その元素組成を調べることにより、核燃料内に存在する放射性核種の放出過程などの事故時の原子炉内環境についての情報を得ることが期待される。本研究では不溶性粒子から、揮発性の異なる Cs, Sr, Pu を定量することにより、これらの元素の不溶性粒子への取り込み過程を通じて、放射性核種の核燃料からの放出過程の解明を試みた。また Pu の定量により由来に応じて特定の値を持つ、Pu 同位体比の決定が期待できる。これまで事故前から存在するグローバルフォールアウト（GF）の影響が存在するため、事故由来の Pu 同位体比の決定は行われておらず、Pu 同位体比からの汚染評価は困難な状況にある。そこで本研究では、事故による正確な Pu 汚染評価のために、不溶性粒子から Pu 同位体比を決定した。

② 研究方法

本研究ではまず環境中から採取した不溶性粒子について、SEM-EDS 分析や γ 線測定によって放射性 Cs の放射能（¹³⁴Cs,¹³⁷Cs）や比放射能、放射能比（¹³⁴Cs/¹³⁷Cs）などの性質を調べて不溶性粒子の分類を行った。そして放射化学的手法と質量分析によって不溶性粒子に含まれる Sr、Pu 同位体を定量した。大まかな手順としては、アルカリ溶融により不溶性粒子を溶液化した後、Sr-Rad disk により不溶性粒子に含まれる Sr を固相抽出分離し、液体シンチレーションカウンタにより ⁹⁰Sr の放射能を定量した。この時 Sr を取り除いた溶液について、TEVA, UTEV, DGA レジンを用いたクロマトグラフィーにより不溶性粒子に含まれる Pu を分離・精製し、SF-ICP-MS により Pu 同位体（²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu）を定量した。

③ 結果・考察

本研究では $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ の値 から 1 号機由来と推測される粒子に含まれる Sr, Pu の定量に初めて成功した。粒子から定量された Pu 同位体比 ($^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$) の値は 0.370 となり、GF の値より大きく、炉内インベントリー計算値に近いことがわかり、Pu 同位体比を決定することができた。これにより事故による Pu 汚染の定量的な評価が可能となった。不溶性粒子に含まれる ^{137}Cs に対する ^{90}Sr の放射能比 ($^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$) の値はほぼ 10^{-4} のオーダーとなった。これに対して不溶性粒子に含まれる ^{137}Cs に対する $^{239}+^{240}\text{Pu}$ の放射能比 ($^{239}+^{240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$) は、 10^{-10} 未満から 10^{-7} のオーダーとなり、 $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ よりも値のばらつきが大きいことがわかった。これについては、事故時に核燃料から放出された Sr と Pu がそれぞれ異なるプロセスを経て不溶性粒子に取り込まれたことが示唆された。

2. 発表論文リスト

2020 年 4 月から 2021 年 3 月までに研究グループにより発表された論文（謝辞に ERAN による助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN 共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-26】

沿岸海域における放射性核種の挙動解明に関する研究

研究代表者：神林 翔太

受入研究者：青野 辰雄

1. 研究成果報告

2011年の東電福島第一原子力発電所事故によって放射性セシウムを含む大量の放射性核種が海洋環境へ放出された。東電福島第一原子力発電所周辺の海域モニタリングでは、放射性セシウム濃度やその分布は調査毎に異なることが報告されている。本研究では沿岸海域における放射性核種の挙動や濃度変化の要因を明らかにすることを目的として、河川や間隙水による海洋への放射性セシウムの移行状況の把握を行った。

2020年9月29日から10月1日にかけて現地調査を実施し、福島県双葉郡を流下する請戸川及び富岡川の淡水域と河口域において河川水を採取した。また、潮位変化に合わせて河口に近い砂浜（極沿岸）において海水と堆積物（約15cm）を採取し、堆積物から間隙水の抽出を行った。河川水、海水及び間隙水試料は孔径0.20または0.45 μm のろ紙を用いてろ過を行った後に、リンモリブデン酸アンモニウム法を用いて処理を行ったうえで溶存態放射性セシウムの測定を行った。さらに、2018年9月20日から30日にかけて実施されたKS-18-12次研究航海で採取された海水試料並びに東電福島第一原子力発電所の近傍・沿岸海域で毎月実施されているモニタリングのうち、2019年8月から10月までの海水試料の分析結果の解析を行い、極沿岸域と沿岸海域における存態放射性セシウムや塩分等の比較を行った。

各試料に含まれる溶存態 ^{137}Cs 濃度は、間隙水試料で最も高く、沿岸海域で採取された海水試料で最も低い結果になった。極沿岸及び沿岸海域における溶存態 ^{137}Cs 濃度並びに塩分に関して、海域間の差を検討したところ有意差が認められ、極沿岸では沿岸海域に比べて河川水や地下水などの流入による影響をより強く受けていることが分かった。また、両河川から海洋へ流入する溶存態 ^{137}Cs フラックスを試算した結果、請戸川の溶存態 ^{137}Cs フラックス（河川流入、懸濁粒子からの溶出及び間隙水の流入の合計値）は富岡川の溶存態 ^{137}Cs フラックスに比べて約10倍大きいと試算された。今後は、極沿岸から沿岸海域を対象としたボックスモデルの構築などを通じて河川や間隙水に由来する溶存態 ^{137}Cs フラックスの高精度化を目指す予定である。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>

【Y-20-27】

放射性核種を化学トレーサーに用いた海底湧水による陸域から沿岸

海域への水・物質輸送状況の解明

研究代表者：片境 紗希

共同研究者：張 勁

受入研究者：青野 辰雄

1. 研究成果報告

海底地下水排出（以下、海底湧水）は、陸から海への水および物質輸送プロセスの一つとして重要であることが世界的に認識されている。本研究対象地域の富山湾では、淡水性海底湧水が確認されており、それを介して陸起源栄養塩が豊富に供給され富山湾表層の基礎生産へも寄与していることが実証されている（Guo et al., 2019）。しかし、近年、北陸地方では降雪量が半減した一方で、冬季降雨量が 2 倍に増加していることが報告されている（Yasunaga and Tomochika, 2017）。この気候変化を考慮した水収支モデルの計算の結果、富山湾の海底湧水の湧出量は 30 年間で最大 3 割増加していることが明らかとなった（Zhang et al., 2017）。このような海底湧水の量的な変化は、同時に質的な変化ももたらすと考えられる。そこで、本研究では、異なる期間（2017-2018 年と 2001-2003 年）に採取した淡水性海底湧水と関連する陸上地下水を同様の方法で観測・分析を行い、海底湧水を介した陸域から富山湾への物質供給量の長期変化を評価した。

本研究の主な結論は以下の通りである。

1. 気候変化（降雪量減少・降雨量増加）に伴う地下水量の増加（最大 3 割増加）は、地下水と海底湧水中の溶存成分の希薄化と滞留時間の短縮を引き起こしていた。
2. 海底湧水を介した沿岸海域への物質供給は、過去 20 年前と比較して溶存無機炭素（DIC）供給量は 3 割増加した一方で、栄養塩供給量は 3～4 割減少した。
3. 沿岸海域への炭素供給量増加と栄養塩供給量減少による一次生産の低下を考慮すると、沿岸海域表層に含まれる過剰 DIC は過去 20 年前と比較して 2 倍になっていることが示唆された。

2. 発表論文リスト

2020年4月から2021年3月までに研究グループにより発表された論文（謝辞にERANによる助成が明記されているもの、もしくは研究代表者・受入研究者が共著に入っているもの。受理済の論文を含む）。

なお、ERAN共同研究による論文が出版された際には以下のフォームよりご報告ください

<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/ernc/sending-paper-information/>