

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

【拠点間共同研究】

受付番号	申請者氏名	所属機関名	研究課題名	共同研究者
E-20-01	恩田 裕一	CRiED	斜面における放射性物質移行プロセス	脇山 義史
E-20-02	古川 純	CRiED	コシアブラにおける放射性セシウムの吸収特性に関する研究	玉置 雅紀 水野 隆文
E-20-03	加藤 弘亮	CRiED	渓流水中の溶存態セシウム137濃度の形成機構 - 土壌水及び堆積有機物からの溶脱の影響 -	新里 忠史
E-20-04	加藤 弘亮	CRiED	侵食土砂の放射性セシウム濃度形成機構の解明 - 近接リモートセンシングによる土壌侵食プロセスの推定 -	脇山 義史
E-20-05	加藤 弘亮	CRiED	Influence of canopy interception processes on formation of radiocesium concentrations in throughfall and stemflow	Vasyl Yoschenko
E-20-06	坂口 綾	CRiED	極微量アクチノイド測定法開発とその応用	Zheng Jian
E-20-07	山崎 信哉	CRiED	電極反応におけるヨウ素の同位体分別の検討	平尾 茂一
E-20-08	高田 兵衛	IER	河川から海洋への放射性セシウムの寄与と挙動の解析	青山 道夫
E-20-09	脇山 義史	IER	出水時における河川水のI-129濃度の時系列変化	笹 公和 松村 万寿美 松中 哲也 平尾 茂一
E-20-10	細田 正洋	IREM	大気中放射性核種濃度の連続モニタリング	平尾 茂一 玉熊 佑紀 床次 眞司 赤田 尚文
E-20-11	三浦 富智	IREM	モデル水域を活用した淡水魚への放射性物質の移行経路の解明	中西 貴宏 佐久間 一幸
E-20-12	赤田 尚史	IREM	有機結合型トリチウムの前処理手法と濃度測定の改良	藤原 健壯 平尾 茂一 御園生 敏治
E-20-13	田副 博文	IREM	ICP-MSによるSr-90分析の標準規格化のための機種性能調査	高貝 慶隆

受付番号	申請者氏名	所属機関名	研究課題名	共同研究者
E-20-14	石井 弓美子	NIES	太田川上流における淡水生態系への放射性セシウム移行特性評価	和田 敏裕 舟木 優斗
E-20-15	石井 弓美子	NIES	飼育実験による昆虫類と淡水魚への放射性セシウム移行評価	和田 敏弘 舟木 優斗 JO Jaeick

斜面における放射性物質移行プロセス

研究代表者：恩田 裕一

共同研究者：脇山 義史

1. 研究成果報告

セシウム 137 は土壌や土砂の粒子に強く吸着されるため、降雨にともなう侵食によって土砂とともに河川水系に流入し、主に懸濁態として移行することが知られている。したがって、河川水系を介した放射性セシウムの再移動を予測するためには斜面から生産される土砂および放射性セシウムの定量的評価が必要である。

我々は 2011 年 6 月より、様々な土地利用のプロット調査による土壌侵食量とセシウム流出量を調査を行った。調査は 2020 年 11 月に終了した。そこで、過去のデータのとりまとめを行うとともに、移動プロセス、特に凍結融解のとりまとめを行った。

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）。

1. Igarashi, Y., Onda, Y., Wakiyama, Y., Yoshimura, K., Kato, H., Kozuka, S., Manome, R., Impacts of freeze-thaw processes and subsequent runoff on ¹³⁷Cs washoff from bare land in Fukushima, Science of The Total Environment, Vol 769, 144706 (2021) 10.1016/j.scitotenv.2020.144706

2. Onda, Y., Taniguchi, K., Yoshimura, K., Kato, H., Takahashi, J., Wakiyama, Y., Coppin, F., Smith, H. Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in terrestrial systems, Nature Reviews Earth & Environment, 1, 644–660 (2020) 10.1038/s43017-020-0099-x

3. IAEA (2020) Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. IAEA TECDOC 1927, <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1927web.pdf>

4. Wakiyama, Y., Onda, Y., Yoshimura, K., Igarashi, Y., Kato, H. (2019) Land use types control solid wash-off rate and entrainment coefficient of Fukushima-derived ^{137}Cs , and their time dependence, Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 210, DOI: 10.1016/j.jenvrad.2019.105990
5. Yoshimura, K., Onda, Y. and Kato, H. (2015) Evaluation of radiocaesium wash-off by soil erosion from various land uses using USLE plots. Journal of Environmental Radioactivity, 139, 362-369. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2014.07.019

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/>

コシアブラにおける放射性セシウムの吸収特性 に関する研究

研究代表者：古川 純

共同研究者：玉置 雅紀・水野 隆文

1. 研究成果報告

<背景と目的>

多年生の山菜には放射性セシウムを多量に吸収する種が存在しており、特にウコギ科の山菜であるコシアブラは高い吸収能を示すことが報告されている。この吸収能について、具体的な機構はいまだ明らかではないことから、現地調査による野生個体のサンプリングと、実験室における培養系を組み合わせた解析を行う。今期は現地サンプリングにおいてコシアブラの根圏形成についての特徴に着目し、また培養系では、コシアブラを種子段階あるいは組織培養から無菌的に栽培する実験系を確立することを目的とした。

<材料と方法>

現地サンプリングは福島県飯館村佐須地区で実施し、コシアブラの周囲 1 m 以内の地点で 50 cm の深さまで土壌を採取し、0-5、5-10、10-20、20-30、30-50 cm に分けて根と土壌を篩により分別した。同時にコシアブラの葉も採取し、 ^{137}Cs 濃度の測定用サンプルとした。層ごとに根と土壌の新鮮重量を測定することで土壌中の根の存在割合を重量ベースで算出し、コシアブラ葉中の ^{137}Cs 濃度との相関を求めた。

培養系の確立については西日本各地で採取されたコシアブラの種を園芸培土に播種し、人工気象器にて発芽を誘導した。また筑波大学内で栽培しているコシアブラから展開直前の休眠芽を採取し、カルス誘導培地にて培養を行った。

<結果と考察>

現地サンプリングの結果からは、表層からの深さ 0-5 cm において最も根の存在割合が高く、約 4% に達することが示された。より深い土壌になると徐々に根の割合は減少し、最も深い 30-50 cm では 1% 以下であった。コシアブラ葉中の ^{137}Cs 濃度との相関では、深さ 5-10 cm における根の存在割合が ^{137}Cs 濃度と弱い相関を示し、セシウムが多く存在する浅い土壌からの養分吸収が ^{137}Cs 蓄積の一因となり得ることを示唆する結果が得られた。今後はサンプリングされた根がコシアブラのものであるかを明らかにするため、植物種の同

定が可能な遺伝子領域を解読し、当該深度においてコシアブラの根が優先するのかについて検証を行う予定である。

また培養系については種子発芽、組織培養共に良好な結果が得られなかった。特にカルス誘導培地での培養では定法通りの無菌化処理では植物体に由来する微生物の除去が困難であり、栽培系の確立に向けた更なる手法の検討が必要である。

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/>

渓流水中の溶存態セシウム 137 濃度の形成機構

－ 土壌水及び堆積有機物からの溶脱の影響－

研究代表者：加藤 弘亮

共同研究者：新里 忠史

1. 研究成果報告

1. はじめに

福島原発事故により陸域環境に沈着した放射性セシウムのうち、およそ 70%が森林域に蓄積されている。森林は河川流域の上流域に位置しており、水や土砂の流出を通じて長期的に水系や河川下流域への放射性セシウムの供給源となることが懸念されている。特に溶存態として流出する放射性セシウムは生態系に取り込まれやすいと考えられるため、河川水中の溶存態放射性セシウム濃度が Kd 吸脱着モデルにより推定されているが、季節変動や出水時の濃度変動を再現できていない状況にある。そのため森林から河川水への溶存態の放射性セシウムの移行メカニズムの解明が不可欠であり、特に源頭部流域での地下水や土壌水の水流出と、堆積有機物からの溶出の影響などを観測して総合的に解析することが必要である。

そこで本研究では、福島原発事故により高濃度の放射性セシウムの沈着を受けた森林流域を対象として、表流水に含まれる放射性セシウム濃度を現地観測により明らかにするとともに、濃度の変動を引き起こすメカニズムに着目して研究を実施した。

2. 研究地域と調査方法

調査対象地域は、福島県浪江町の森林流域を選定した。福島原発事故にともなうセシウム 137 の初期沈着量はおよそ 4700 kBq/m² である。流域の主な植生はスギ及び落葉広葉樹(クリ・コナラ)で、試験流域の面積は 0.008km² である。試験流域の谷底部に位置する湧水点 (A-1、A-2 地点) 及びその約 25m 下流の地点 (A-3 地点) に量水堰を設置して流量を観測するとともに、1ヶ月に1回の頻度で湧水と表流水を採取した。また、A-3 地点には浮遊砂サンプラーと粗大有機物ネットを設置した。さらに、流域斜面にゼロテンションライシメータを設置して、リター層とリター・土層を通過した土壌浸透水をそれぞれ採取した。採取した水サンプルは、0.45 μm のメンブレンフィルターを使って濾過を行い、通過水に含まれる放射性セシウムを溶存態とした。なお、現地観測は 2020 年の 5 月から 6 月に実施した。

3. 結果とまとめ

本研究の調査結果から、湧水及び表流水からおよそ 0.1~0.3 Bq/L のセシウム 137 が検出された。全観測期間の傾向として、表流水の方が湧水よりもやや高いセシウム 137 濃度を示した。土壤浸透水の溶存態セシウム 137 濃度はおよそ 1~10 Bq/L であり、湧水・表流水よりも 1~2 オーダー高い濃度を示した。

平水時の湧水及び表流水の溶存態セシウム 137 濃度は季節や調査時期によって変動を示した。湧水中の溶存態セシウム 137 濃度は流量の増加とともに低下する傾向が認められたが、表流水については気温及び水温の上昇とともに溶存態セシウム 137 濃度が増加する傾向を示した。一方、出水時においては、地下水位の上昇に対応して表流水の溶存態セシウム 137 濃度が上昇することが確認された。出水により地下水の上昇が発生した時点と、出水前の地下水位が低い時点について、河道近傍の斜面土層にピエゾメータを設置して飽和帯の地下水ポテンシャルを計測した。その結果、出水前では斜面土層中の地下水は深部に向かう流動が確認されたが、出水時の地下水位の上昇とともに、土層中の地下水が河道に向かって流動していることがわかった。

以上のことから、平水時においては、湧水では地下水流出による希釈の影響や、温度条件の変動による土層や堆積有機物層から表流水への溶出フラックスの変化により溶存態セシウム 137 濃度が増加することを示唆するデータが得られた。一方、出水時においては、斜面土層中での飽和帯の範囲や流動が変化していることを示す観測データが得られており、土層や堆積有機物からの溶出フラックスだけでなく、水の流出経路の変化も詳細に観測する必要があることが明らかになった。今後は、斜面土層中での地下水の流動の観測を継続するとともに、地下水・土壌水の溶存態セシウム 137 濃度の測定を行う。また、堆積有機物から表流水への溶出実験により、斜面土層からの地下水/土壌水の流入と、河床堆積有機物からの溶出の影響を分離して評価する。

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/>

侵食土砂の放射性セシウム濃度形成機構の解明

— 近接リモートセンシングによる土壌侵食プロセスの推定 —

研究代表者：加藤 弘亮

共同研究者：脇山 義史

1. 研究成果報告

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故により陸域に沈着した放射性セシウムは、主に土壌侵食により発生した土砂とともに環境中を移動し、水系を通じて最終的に海洋へと流出する。土壌侵食にともなう放射性セシウム流出を長期的に予測するためには、土砂の放射性セシウム濃度の時系列変化と形成機構を解明することが必要である。本研究では、土壌侵食の現地観測と、近接リモートセンシングを用いて、侵食観測区画内の土壌侵食プロセスを推定することにより、流出土砂の放射性セシウム濃度の形成機構を明らかにすることを目的として実施した。

2. 調査方法

調査対象地域は、福島県伊達市及び川俣町に位置する除染・未除染の耕作地である。各調査地点に USLE 標準プロット（長さ 22m×幅 5m；以降、侵食プロットと呼ぶ）を設置して、侵食プロット下端から流出する表面流量及び土砂量を観測した。なお観測期間は 2020 年の 7 月から 10 月である。

本研究では、非接触で ID 情報を読み取ることができる RFID タグを用いて、土壌粒子を模した人工土砂粒子を作成した。RFID タグは幅が約 2 mm 及び約 1 mm の 2 種類を調達し、セメントに真鍮粉を混ぜて土壌に比重を合わせたコーティング剤を使って粒径が異なる人工土砂粒子を作成した。人工土砂粒子の粒径は前者が約 5 mm で後者が約 2 mm である。侵食プロット内にそれぞれ 50 個の RFID タグを設置し、降雨イベントの前後で位置の変化を測定した。RFID タグの位置座標は、UAV-SfM 測量により得られたオルソ画像を元に算出した。また、UAV-SfM 測量から得られた 3 次元ポイントクラウドデータを元に地表面の微少起伏をラスターデータ化し、DEM (Digital Elevation Model) を出力した。DEM データを元に、観測期間中の侵食区画内での微地形の変化と、地表流の流路及び流水の掃流力の推定を行った。

3. 結果とまとめ

本研究の観測期間中に、4回の降雨イベントを観測した。観測結果から、侵食区画からの土砂流出量が多い高イベントと少ない降雨イベントでは、前者の方が地表流の流路網の密度が高く、それにとまって RFID タグの移動距離が長いことがわかった。粒径が異なる RFID タグの比較においては、粒径が小さい RFID タグの方が長距離移動したタグの数が多く観測された。RFID タグの粒径と移動距離の情報をもとに、インターリル域での土砂移動距離と地表流の掃流力エネルギーの関係式を示した既存モデルから、RFID 設置地点の地表流の掃流力エネルギーを算出した。その結果、粒径が異なる二つの RFID タグについて推定した掃流力エネルギーが高い相関を示したことから、侵食プロットにおいては地表流による運搬が土砂粒子の移動の主要因となっており、また RFID タグの移動距離から地表流の掃流力エネルギーを逆算して推定できる可能性を示した。

以上の結果から、土砂流出量が多いイベントでは、地表流の流路網が発達することにより、大小の RFID タグのいずれにおいても侵食区画内での輸送距離が長くなり、斜面下端から流出する土砂量を増加させたことが示唆された。今後の研究の展開として、福島事故由来の放射性セシウムに加えて、鉛 210、ベリリウム 7 などの天然降下放射性核種を併用して、侵食深度を加えたトレーシング研究への発展が期待される。

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)。

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/>

Influence of canopy interception processes on formation of radiocesium concentrations in throughfall and stemflow

研究代表者：加藤 弘亮

共同研究者：Vasyl Yoschenko

1. 研究成果報告

1. はじめに

森林に沈着した放射性 Cs は、樹冠に捕捉され雨水や落葉により林床に移行する。森林内での移行・循環の理解のためには、樹冠遮断を起点とした林床への物質輸送を解明する必要がある。そこで本研究では、樹冠通過雨による樹冠-林床への放射性 Cs 輸送メカニズムに着目して研究を行った。

2. 研究地域と調査方法

調査対象地域は、福島県浪江町のスギ林を選定した。福島原発事故にともなうセシウム 137 の初期沈着量はおよそ 4700 kBq/m² である。調査対象林分内に実験区画を選定し、区画内に 12 個の雨水サンプラーを設置し、月 1 回程度の頻度でサンプリングを行った。現地観測は 2020 年 5 月から 10 月に実施した。各雨水サンプラーの直上の樹冠被覆状況を全天球写真、地上 3D レーザースキャナ及び UAV-SfM 手法による測量データを元に推定し、各地点の樹冠密度パラメータと、樹冠通過雨量、¹³⁷Cs 濃度・フラックス関係解析を行った。

3. 結果とまとめ

本研究の調査結果から、樹冠通過雨によるセシウム 137 の林床への移行フラックスは地点によってばらつきが大きいことが明らかになった。樹冠密度が大きい地点では、樹冠通過雨量が少なくなる傾向を示したが、雨水に含まれるセシウム 137 濃度は高くなる傾向が認められた。結果的に、樹冠密度が大きい地点ほど樹冠通過雨による林床へのセシウム 137 フラックスが多くなることが確認された。

樹冠通過雨によるセシウム 137 の移行フラックスは、雨量の増加とともに増大する傾向が確認された。樹冠通過雨中のセシウム 137 はおよそ 6 割が溶存態として存在していたが、イベント雨量の増加とともに溶存態の割合が増加した。セシウム 137 の総移行量に対する溶存態の割合が雨量とともに増加する関係が認められたが、特に樹冠密度が高い地点においては両者の関係式の傾きが大きくなる傾向を示したため、樹冠密度が高い地点ほど樹体

から雨水へ溶出するセシウム 137 の容量が多い可能性が示唆された。

以上のことから、本研究により樹冠通過雨によるセシウム 137 の移行フラックスは樹冠密度により制御されることを示すデータが得られた。今後は、定常的に降下する天然放射性核種をトレーサとして、樹冠密度が大気降下物の樹冠遮断（捕捉効果）に及ぼす影響を含めた総合解析を行う予定である。

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/>

極微量アクチノイド測定法開発とその応用

研究代表者：坂口 綾

共同研究者：Zheng Jian

1. 研究成果報告

【序論】スーパーカミオカンデガドリニウム (SK-Gd) 実験では、SK 検出器内の超純水に数%の硫酸ガドリニウムを溶解することで中性子同時計測を可能にし、世界初の超新星背景ニュートリノの観測を目指している。この検出器ではその特性上、放射性不純物によるバックグラウンドが極めて低い測定環境が要求される。プロトアクチニウム-231(231Pa, $T_{1/2} = 3.3$ 万年)は、硫酸ガドリニウム中に含まれる可能性がある放射性核種の一つである。しかし、その詳細な化学的挙動が不明な事から、試薬精製過程における分離法が確立されていない。さらに、231Pa は高純度の $Gd_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$ 中に極微量に存在するため、放射線測定や質量分析でも定量が困難である。そこで本研究では、最終的に SK-Gd に使用される $Gd_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$ 中の 231Pa を質量分析により定量することを目的とし、ICP-MS の高感度化および樹脂(TK400)を用いた Pa 化学分離法の確立を行った。

【実験】<ICP-MS 高感度化>プラズマにより生成したイオンが効率よく分析部へ導入されることを目指し、差動排気部に位置するスキマーコーンやレンズを、低マトリクス試料導入用の形状へ変更し、さらに特注でオリフィス径を 0.4 mm から 0.5 mm に拡大したスキマーコーンの使用を検討した。また、測定のための装置設定最適化 (チューニング) に用いる元素や方法を検討することで、231Pa 測定に最適なチューニング条件を決定した。この時、質量数やイオン化エネルギーが 231Pa に最も近い 232Th の強度を参考にした。<化学分離法確立>高感度化後の ICP-MS で SK-Gd 要求値量の 231Pa を測定するため、TK400 により飽和 Gd 溶液から効率よく Pa を濃縮精製する方法を検討した。測定が容易な 233Pa を添加した飽和 Gd 溶液(濃度 1.5 wt%, 9 M 塩酸系)1 L を、樹脂 5 ml に 100 ml ずつ逐次的に通し、233Pa の吸着率から実際の吸着条件を決定した。最終的に、20 ml の 1 M 塩酸で 233Pa を樹脂から溶離し、その回収率を求めた。

【結果】<ICP-MS 高感度化>スキマーコーンとレンズ形状の変更、さらに高質量数の元素でのチューニング (Normal モード) により、 ^{232}Th の強度は一般的な設定と比較して約 3 倍増加した。これにより定量下限は 231 ppq から 77 ppq に低減され、機器の高感度化を実現した。また、SK-Gd での要求値量の ^{231}Pa を測定するために約 500 mL の飽和 Gd 溶液を化学分離する必要があると見積もった。<化学分離法確立>樹脂 5 ml に対する ^{233}Pa の吸着実験では、 ^{233}Pa を添加した飽和 Gd 溶液の通液量が 700 ml を超えた時点から吸着率の低下が確認されたが、目標とする 500 ml の通液では 100% の吸着率が確認された (右図)。 ^{233}Pa を添加した飽和 Gd 溶液 500 ml を樹脂 5 ml に通液する実験を繰り返した結果、 $99.1 \pm 1.9\%$ と高い吸着率が再現性よく得られた ($n=3$)。回収率は $98.1 \pm 3.6\%$ と高く、目的核種である Pa の濃縮を実現した。

今後は SK-Gd で実際に用いられている $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ に本手法を適用し、 ^{231}Pa を定量することでバックグラウンドレベルを見積もる予定である。

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)。

1. Valeriy Stepanenko, Andrey Kaprin, Sergey Ivanov, Peter Shegay, Kassym Zhumadilov, Aleksey Petukhov, Timofey Kolyzhenkov, Viktoria Bogacheva, Elena Zharova, Elena Iaskova, Nailya Chaizhunosova, Dariya Shabdarbayeva, Gaukhar Amantayeva, Arailym Baurzhan, Bakhyt Ruslanova, Zhaslan Abishev, M a dina Apbassova, Ynkar Kairkhanova, Darkhan Uzbekov, Zaituna Khismetova, Yersin Zhunussov, Nariaki Fujimoto, Hitoshi Sato, Kazuko Shichijo, Masahiro Nakashima, Aya Sakaguchi, Shin Toyoda, Noriyuki Kawano, Megu Ohtaki, Keiko Otani, Satoru Endo, Masayoshi Yamamoto, Masaharu Hoshi, Internal doses in experimental mice and rats following exposure to neutron-activated $^{56}\text{MnO}_2$ powder: results of an international, multicenter study, Radiation and Environmental Biophysics, accepted, in press.
2. Kimikazu Sasa, Maki Honda, Seiji Hosoya, Tsutomu Takahashi, Kenta Takano, Yuta Ochiai, Aya Sakaguchi, Saori Kurita, Yukihiko Satou, Keisuke Sueki, A sensitive method for Sr-90 analysis by accelerator mass spectrometry Journal of Nuclear Science and Technology, 1-8.
3. H Miura, Y Kurihara, M Yamamoto, A Sakaguchi, N Yamaguchi, Oki Sekizawa, Kiyofumi Nitta, Shogo Higaki, Daisuke Tsumune, Takaaki Itai, Yoshio Takahashi Characterization of two types of cesium-bearing microparticles emitted from the Fukushima accident via multiple synchrotron radiation analyses Scientific reports 10 (1), 1-9.
4. AG Zhumalina, EK Sambayev, A Sakaguchi, S Endo, K Tanaka, T Kajimoto, N

Kawano, TB Suleimenov, K Sh Zhumadilov, M Hoshi, Comparison of aluminum and manganum concentration in Akmola region, Kazakhstan, Eurasian Journal of Physics and Functional Materials 4 (1), 29-37

5. Y. Hayakawa, A. Yokoyama, A. Sakaguchi, K. Teranishi, R. Morita, N. Matsumura, A. Nakajima, D. Mori, Y. Komori, T. Yokokita, Y. Wang, H. Haba, Production of Np-236 in the $^{232}\text{Th} + ^7\text{Li}$ reaction for standard material in accelerator mass spectrometry, RIKEN accelerator progree report 2019, 2020 , 179-179

6. L. G. Cao, J. Zheng, Z. C. Zhou, W. T. Bu, Z. T. Wang, W. Zheng, M. Yamada (2021): Distribution and behavior of plutonium isotopes in the Western Pacific marginal Seas. Catena, 198, 105023.

DOI: 10.1016/j.catena.2020.105023

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/>

電極反応におけるヨウ素の同位体分別の検討

研究代表者：山崎 信哉

共同研究者：平尾 茂一

1. 研究成果報告

【序論】

再処理施設や原発事故などにより環境中に放出される放射性ヨウ素の研究では定量が主に行われてきたが、化学状態別の定量は行われていないことが多い。ヨウ素は環境試料中で様々な化学形態を取ることが考えられ、事故初期の動態や長期的な移行挙動を把握する上で化学形態の変化などを調べることは重要である。放射性ヨウ素 (I-129) は長半減期核種であるため、加速器質量分析を用いて測定が行われる。電気化学的手法を構築する事で、化学種別に濃縮することができるため、放射性ヨウ素の存在状態の解明に繋がる事が期待される。そこで本研究では電気化学的手法を用いてヨウ化物イオンの選択的濃集法の開発を行った。さらに、環境中の極微量の放射性ヨウ素を分析する上で、電極反応時に放射性ヨウ素と安定ヨウ素が同位体比を保ったまま電極に濃縮されるかは分かっていない。このため、同位体比分別を調べるために、放射性ヨウ素 (I-125) の測定系の構築を行った。

【実験】

電気化学測定は銀ディスク電極 (ϕ 3mm)、白金線、銀一塩化銀電極 (+0.197 V vs SHE) をそれぞれ作用電極、対極、参照電極として用いた。装置はポテンシオメーターとファンクションジェネレーター一体型 (EC-stat 101、EC フロンティア) を用いた。測定は+0.15V で定電位電解を行った後、リニアスイープボルタンメトリー (LSSV) により還元電流を測定した。定電位電解 (CPE) は 5-60 分で時間を変えて行い、電解中はアルゴンガスを吹き込み妨害となる溶存酸素を除去した。

ヨウ素 I-125 を測定するために井戸型 NaI シンチレーターを構築した。この装置を用いて I-125 標準液 (日本アイソトープ協会、NEZ033H) を希釈して測定し、検出効率を決定した。溶液は 15 mL の遠沈管に入れて測定した。

【結果】

安定ヨウ素 100 nM (12.7 ppb) 溶液について、5 分間 CPE を行った結果、LSSV 時に -0.15V にピーク電流が見られた。さらに 10 nM (1.27 ppb) で同条件で測定したところピークが見られなかった。CPE の時間を長くした結果、100 nM 溶液の場合、CPE の時間が長くなるにつれ、ピーク電流が直線的に増加した。約 50 分でピーク電流は一定となり、およそ全てのヨウ素が電極に回収できた。一方 10 nM 溶液の場合、約 2 分程度でピーク電流が一定となった。これらの結果から、ヨウ素濃度によって最適な電解時間は変わるが、100 nM 以下の濃度の場合約 60 分でほぼ全てのヨウ素を電極に回収することが出来る事が示された。

NaI シンチレーターを用いた標準試料の放射能測定結果から、検出効率 は 30% と決定された。今後は I-125 を含むヨウ素溶液について CPE を行い、安定ヨウ素と放射性ヨウ素の回収率をそれぞれ求める事で同位体分別挙動について検討を行う。

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/>

河川から海洋への放射性セシウムの寄与と挙動の解析

研究代表者：高田 兵衛

共同研究者：青山 道夫

1. 研究成果報告

はじめに

東電福島第一原発事故発生から 8 年経過してもなお、福島県周辺の沿岸域では未だに事故前のレベルを超える海水中の放射性 Cs 濃度が検出されている。これは、東電福島第一原発施設からの直接漏洩だけでは説明出来ないため、陸域に沈着した放射性セシウムが河川を介して同沿岸域へ流入し海水中の放射性セシウム濃度を高めている可能性を否定できない。

これらを解決する課題として、同事故由来の放射性 Cs の動態や濃度レベルを支配する因子として、河川の影響について検討する必要がある。更に、海洋生態系への影響についても海産魚の放射性セシウム濃度の高止まりが続いており、河川由来の粒子に含まれている放射性セシウムの生態系への寄与が考えられる。特に有機態の放射性セシウムは生体内へと取り込みやすいことが想定されるので、粒子中の有機態の放射性セシウムの割合を明らかにする。

そこで本研究は、河川から沿岸海域にいたる放射性 Cs 濃度レベルを把握するとともに粒子中の有機態放射性セシウムの割合をもとめ、その動態について解き明かすことを目的とする。

調査

福島県の東電福島第一原発周辺に位置する河川における河川のうち、同原発から南に 10km に位置する、富岡川下流およびその河口付近の富岡漁港にて、水試料の採取を行った。採取した後、ろ過を行い、溶存態と粒子態に分別し、それぞれ放射性セシウム濃度を測定した。また、粒子態においては更に、イオン交換態ならびに有機態の放射性セシウムに分別し、粒子態の放射性セシウムに対するそれぞれの画分の割合を求めた。

結果および考察

2019～2020 年にかけて、河川中の溶存態放射性セシウム濃度は 10-20 Bq/m³ 程度の濃度範囲で推移した。海水中では河川中濃度と同程度であったが、台風による出水時においては高まる傾向がみられた。これは、河川からの粒子態の放射性セシウムのうち、一部が溶脱

し溶存態へと移行したことが考えられる。それをサポートする結果として、河川中の粒子態放射性セシウムのうち、イオン交換態は7%程度であったが、海水中では数%まで減少していたことから明らかである。その一方、有機態放射性セシウムの割合は河川および海水中ともに数%で同程度であった。今後は有機態セシウムの経年的変動と粒子の性状との関連性を明らかにする。

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/>

出水時における河川水の I-129 濃度の時系列変化

研究代表者：脇山 義史

共同研究者：笹 公和・松村 万寿美・松中 哲也・平尾 茂一

1. 研究成果報告

福島第一原子力発電所事故によって放出された長寿命の ^{129}I (半減期: 1,570 万年) は、高い化学的活性や ^{137}Cs との挙動の違いなどの観点から、陸から海洋への挙動を長期的に把握することが必要な核種の 1 つである。 ^{137}Cs に関しては、台風接近などにもなう出水時に懸濁態として多量に流出することが知られているが、 ^{129}I の出水時における動態を観測した例は少ない。本研究では、河川を通じた ^{129}I の移行プロセスの解明を目的として、阿武隈川出水時の河川水の ^{129}I 濃度を調べた。

河川水の採取地点は、阿武隈川中流の黒岩地点であり、集水面積は 2880 km²、流域平均 ^{129}I 沈着量は 0.41 Bq m⁻² であった。2018 年 7 月と 10 月の出水イベント時にそれぞれ 5 回と 7 回の採水を行った。流域平均総降水量は、河川水試料はデカンテーション・ろ過により懸濁物とろ液に分離し、溶存態・懸濁態 ^{137}Cs 濃度 (Bq L⁻¹) の測定を行った。浮遊土砂およびろ液試料の前処理後、加速器質量分析法にて $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比を測定し、ICP-QQQ-MS を用いて ^{127}I 濃度を測定した。

7 月と 10 月のイベント計 12 試料の平均値は、溶存態 ^{129}I 濃度で 0.11 $\mu\text{Bq L}^{-1}$ であり、懸濁物の ^{129}I 濃度で 0.68 mBq kg⁻¹ であった。溶存態 ^{129}I 濃度と懸濁物の ^{129}I 濃度は、ともに出水期間中に時間とともに低下する傾向を示した。溶存態については ^{137}Cs と同様の傾向であったが、懸濁物中の ^{137}Cs 濃度は出水のピーク時に最大値を示しており、相違が見られた。 ^{129}I の見かけの分配係数の平均値は $5.4 \times 10^3 \text{ L kg}^{-1}$ であり、 ^{137}Cs に比べて 2 オーダー低かった。 ^{129}I 流出量は 7 月と 10 月のイベントでそれぞれ $1.0 \times 10^4 \text{ Bq}$ と $2.3 \times 10^4 \text{ Bq}$ であり、対沈着量比は 0.0087%、0.019% であった。 ^{137}Cs 流出量の対沈着量は 7 月と 10 月でそれぞれ 0.0032%、0.016% であり、オーダーとしては一致した。

以上の結果をまとめて、European Geoscience Union General Assembly 2021 で発表を予定している。今年度は、流域内の ^{129}I 沈着量が比較的小さい阿武隈川を対象としたが、今後原発周辺や浜通り河川など ^{129}I 沈着量が多い流域を含めて解析をすることによって、原発事故起源の放射性ヨウ素の動態を明らかにしていきたい。

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/>

大気中放射性核種濃度の連続モニタリング

研究代表者：細田 正洋

共同研究者：平尾 茂一・玉熊 佑紀・床次 眞司・赤田 尚文

1. 研究成果報告

緒言

ラドンやトロンの発生源は主に土壌や建材であり、それらの単位時間・単位面積あたりの湧出量（以降、散逸率）を評価することはラドンやトロンによる潜在的リスクを評価するために重要である。散逸率の測定方法の一つに蓄積容器で地表面を覆い、連続的に容器内の空気を循環させながら測定する方法（循環法）がある。トロンの半減期が約 56 秒と短いため、このような方法による散逸率測定では最適な捕集条件の決定が重要であるものの、これまで議論されてこなかった。本研究では、捕集流量がトロン散逸率の測定値に与える影響について検討した。

1. 方法

1-1. 静電捕集型ラドン・トロンモニタの較正

トロン散逸率の測定には静電捕集型ラドン・トロンモニタ（RAD7, DURRIDGE Company Inc.）を用いた。RAD7 は、被ばく医療総合研究所に設置されているトロン較正場で較正を行った。RAD7 の排気側にポンプを接続し、捕集流量を 0.2 L/min から 2.0 L/min まで 0.1 L/min 間隔に設定し、トロン濃度を測定した（C3）。Tokonami らが報告した手法で得られたトロン較正場内の値を RAD7 の吸気口前に接続している乾燥剤入り口での値に補正し、その値を基準値（C0）として各流量における較正定数（C0/C3）を得た。

1-2. トロン散逸率の評価

トロン散逸率は 8 cm 程度の土壌厚で十分に飽和することが明らかになっているため³⁾、花崗岩風化土壌を 8 cm の厚さになるように容器内に敷き詰めた。蓄積容器（3.7 L）を土壌表面に設置し、捕集流量を 0.2 L/min から 2.0 L/min まで 0.2 L/min 間隔で変化させ、蓄積容器内のトロン濃度を計測した。ある時間 t におけるトロンの原子数 N の変化は（1）式で示す微分方程式で表すことができる。

$$dN/dt = ES/\lambda - \lambda N - v/V N + k v/V N \quad (1)$$

ここで、 λ はトロンの壊変定数（s⁻¹）、 V は蓄積容器の体積（m³）、 S は蓄積容器下の面積（m²）、 v は捕集流量（m³s⁻¹）、 k は蓄積容器内のトロンが実験系を循環する間の減衰を考

慮した定数 ($=e^{-(\lambda V)/v}$), V' は実験系のチューブの全体積 (m³) である。(1) 式を解くと (2) 式が得られる。

$$E=C\{\lambda V+(1-k)v\}/S\{1-e^{-(\lambda+(1-k)v/V)t}\} \quad (2)$$

また、微差圧計 (ZN-DPX21-S, OMRON) を用いて、各流量に設定して測定を行った際の蓄積容器内外の差圧を計測した。

2. 結果および考察

トロン濃度の指示値に対する較正定数 (C_0/C_3) は、流量が 0.5 L/min までは急激に減少し、その後緩やかに減少した。RAD7 にはポンプが内蔵されているが、その流量は経時的に変化する。この結果は、RAD7 を用いたトロン計測での測定精度を担保するためには、流量のモニタリングが重要であることを示唆する。RAD7 の指示値に較正定数を乗じ、(2) 式から評価した結果、配管系の減衰補正を考慮しても捕集流量の増加にともないトロン散逸率も増加した。これは、捕集流量の増加により、蓄積容器内の気圧が外と比べて減少し、吸い出し効果によってトロンの散逸が促進したためであると考えられる。また、捕集流量の増加にともない差圧は増加傾向を示したが、1.4 L/min 以上では、トロン散逸率が飽和しているように見える。これ以上の捕集流量で吸い出し効果の影響を評価する際には、より厚い土壌が必要になると考えられる。0.2 L/min から 1.4 L/min までの結果を用いて評価した回帰式の切片より、本実験に用いた土壌試料のトロン散逸率は 2.3 ± 0.1 Bq/m² s と評価された。一般に RAD7 の内蔵ポンプの流量は約 0.7 L/min であるが、吸い出し効果を考慮せずトロン散逸率を評価した場合、2.8 倍 (6.4 Bq/m² s) の過大評価となる。

3. 結語

循環法によるトロン散逸率の評価における捕集流量の影響を明らかにした。今後、異なる大きさの蓄積容器を用いて同様の実験を行い、任意の蓄積サイズや捕集流量で得られた散逸率の補正手法を確立する必要がある。

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/>

モデル水域を活用した淡水魚への放射性物質の 移行経路の解明

研究代表者：三浦 富智

共同研究者：中西 貴宏・佐久間 一幸

1. 研究成果報告

これまで、福島県浪江町の請戸川水系に生息するヤマメおよび水生昆虫の解析から、非肉食性の水生昆虫を介したヤマメへの主な移行経路と推測される。さらに、ヤマメ養殖池の解析では、ヤマメ体重と放射性セシウム濃度との間に負の相関が認められ、清浄餌を接種できない個体が養殖池の底に生息するベントスを捕食していることが示唆された。本研究では、ヤマメ、水生昆虫、ベントスにおける放射性セシウム濃度と安定同位体組成を解析し、ヤマメへの放射性セシウムの移行経路を解析を目的とし、研究計画を立案した。しかし、今年度は新型コロナウイルスのパンデミックにより、南相馬市のヤマメ養殖池をモデルとした研究が困難となったため、当初の予定を中止せざるを得なかった。また、請戸川（室原川）を対象とした研究においては、定点調査していた地域が2019年10月の豪雨により、川底の礫が砂に埋没したため、ベントスや水生昆虫の採集が困難であった。災害級の豪雨により氾濫した請戸川では河川環境が激変し、水生昆虫の捕食状況が変化が生じたと推測される。今後、餌資源（流下昆虫・水生昆虫）、胃内容物および魚類の解析を継続し、生態系における放射性物質の移行を明らかにしたい。

一方、これまで請戸川で採取したヤマメの筋肉試料を用いて酸素安定同位体比および窒素安定同位体比を解析し、植生解析を行った結果、陸由来のエサ資源を接触しているヤマメのCs-137濃度が高いことが明らかとなった。今後、胃内容物の解析および流下昆虫などの調査を進め、自然環境における淡水魚への放射性セシウムの移行経路の解明を目指す。

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）。

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/>

有機結合型トリチウムの前処理手法と濃度測定の改良

研究代表者：赤田 尚史

共同研究者：藤原 健壮・平尾 茂一・御園生 敏治

1. 研究成果報告

有機結合型トリチウム(OBT) は生物的半減期が自由水トリチウム(FWT)よりも長く、体内の滞留時間が長いため、近年懸念されているが、分析には煩雑な前処理が必要であり、多くの時間を要し、国内でも分析を行っている機関は少ない。また、環境サンプル中の OBT 分析を行うにあたり、様々な前処理装置や分析装置が販売されており、分析機関によって使用している装置もさまざまである。そこで、各分析機関で使用されている前処理装置及び分析装置の分析精度確認として、市販品の標準試料である NIST の松葉 1575a を石英管燃焼装置、迅速試料燃焼装置 (Parr 社)、質量分析計、液体シンチレーションカウンター LB5 及び LB7 を用いて分析を行い、測定結果を比較した。その際、交換型トリチウムを除去するために、トリチウムを含まないバックグラウンド水を用いて 3 回洗浄操作を行った。

交換型トリチウムを取り除いた洗浄済試料について、燃焼実験を 3 回実施した結果、トリチウム濃度 1.1 ± 1.0 Bq/L-CW であり、Akata et al.(2019)で報告されている結果とほぼ一致した。しかし、本実験で用いた試料水量が少なかったためバックグラウンド水を加えているとともに、計測時間は 600 分と短く、得られた結果は有意なものではなかった。本研究で用いた液体シンチレーションカウンター (LSC-LB7, HITACHI) では、試料水 50mL に対してシンチレーターを 50mL 混合し、1000 分測定を実施すると、トリチウムの MDL はおおよそ 0.3Bq/L となる。また、試料量 10mL の場合、MDL はおおよそ 1.2 Bq/L である。一方、弘前大学で所有する QuantalusGCT6220 (PerkinElmer) を用いると、限られた試料水量 (水として 10mL) でも、その MDL は 1.0 Bq/L を下回る。今後、同様な実験を実施すると共に、長時間測定を行うことで、迅速燃焼装置の有効性を確認できるものと考えている。

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/>

ICP-MS による Sr-90 分析の標準規格化のための機種性能 調査

研究代表者：田副 博文

共同研究者：高貝 慶隆

1. 研究成果報告

放射性ストロンチウム (Sr-90) は難分析核種として知られ、熟練した分析者でしか信頼できる環境データを得ることが難しい状況であった。しかし、東京電力福島第一原子力発電所事故を契機として ICP 質量分析計を用いた技術革新が進み、画期的なサンプルスループットの増加や自動前処理オプションとの連携が進められてきた。検出下限の点では放射化学分析に及ばないが、材料分析や重金属分析にも利用されており、様々な機関に導入されており、今後も技術の進展が期待できる。感度増加が達成されれば環境モニタリングにおいても放射化学分析に置き換えられ、省力化や環境データの蓄積に貢献できる。

本研究では、各社から販売されているコリジョン・リアクションセル搭載四重極型 ICPMS の性能を比較することで、放射性ストロンチウム分析の特性を評価する。弘前大学被ばく医療総合研究所が所有する Agilent 8800 (アジレント社) に加え、NexION2000 (パーキンエルマ社)、iCAP-RQ (サーモフィッシャーサイエンティフィック社) の 3 機種について Sr のおよび Zr の感度に関するデータを比較した。測定条件は Zr イオンの妨害を低減することが可能な酸素ガスリアクションモードを使用した。四重極マスフィルタを 2 基搭載する Agilent8800 についても前段のマスフィルタは使用せず、シングル MS モードに設定した。

3 機種とも CRC への酸素ガス導入により Zr イオンの信号の低減を確認することができた。しかし、酸素ガス導入量に対する Sr イオンの信号の変化は機種により大きく異なっていた。これらを統一的に比較するために Zr イオンの除去係数に対する Sr イオンの信号強度の応答を比較したところ、パーキンエルマ社の NexION2000 が Sr の低下が最も少なく、Zr 除去係数によらず一定に近い傾向を示した。これは CRC に搭載されているイオン再加速機構 (Axial Field Technology) による効果である。Agilent8800、iCAP-RQ では酸素との衝突により Sr イオンの透過率が減少するため感度が大きく減少している。Zr の除去係数が 104 であるとき、Sr の感度は 100,000 cps/ppb (Agilent 8800), 160,000 cps/ppb (NexION2000), 15,000 cps/ppb (iCAP-RQ) となり、検出下限放射能濃度は 0.2 Bq/g, 0.1 Bq/g, 0.9 Bq/g であった。分析試料中の Zr 濃度や化学分離過程によって測定試料中の Zr 濃度が変わるため、必要となる Zr 除去係数 (酸素ガス流量) は異なっており、現実的な利用

としては試料によって測定条件を選択する必要がある。セル内イオン再加速機構を有する NexION2000 では幅広い Zr 濃度に対応可能であるため、酸素ガスリアクションを有効に利用することが可能である。アジレント社製の現行機種 Agilent8900 には CRC 内でのイオン再加速機構が搭載されているため、今後その効果について検証する予定である。また、水試料を対象として簡便な前濃縮法の開発についても進める計画である。

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/>

太田川上流における淡水生態系への放射性セシウム 移行特性評価

研究代表者：石井 弓美子

共同研究者：和田 敏裕・舟木 優斗

1. 研究成果報告

Radiocesium-bearing microparticles (CsMPs), which are insoluble, Cs-bearing, silicate glass particles, have been found in terrestrial and freshwater environments after the TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident in Japan. Few studies have investigated the distribution of CsMPs in freshwater ecosystems and their uptake by aquatic organisms. In this study, we determined the uptake of CsMPs by aquatic insects in the Ota River in Fukushima. Although aquatic insects are usually measured for radioactivity in bulk samples of several tens of insects, we investigated the variability of ^{137}Cs concentration in individual aquatic insects, and the influence of CsMPs on them. Measurement of ^{137}Cs concentrations in detritivorous caddisfly (*Stenopsyche marmorata*) larvae and carnivorous dragonfly larvae showed that 3 of 47 caddisfly larvae had considerably higher radioactivity, whereas no such outliers were observed in dragonfly larvae. These caddisfly larvae were confirmed to contain the CsMPs emitted from Unit 2 of the FDNPP, using a scanning electron microscope and radioactivity measurements after isolation of the CsMPs. CsMPs were also found in potential food sources of caddisfly larvae, such as periphyton and drifting particulate organic matter, indicating that larvae may ingest CsMPs along with food particles of similar size. Our study demonstrated that CsMPs could be taken up by aquatic insects and possibly by the fish consuming them. The existence of CsMPs can result in sporadic, extremely high ^{137}Cs concentrations, and large variations in samples, and consequently obscure the actual transfer and temporal trends of ^{137}Cs in freshwater ecosystems.

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/>

飼育実験による昆虫類と淡水魚への 放射性セシウム移行評価

研究代表者：石井 弓美子

共同研究者：和田 敏弘・舟木 優斗・JO Jaeick

1. 研究成果報告

淡水魚への放射性セシウムの移行には、水生環境だけでなく、陸生環境も強く関連しており、陸生由来のエサ資源が、魚類の放射性セシウム濃度が高くなる要因ではないかと推察されている。これまでの先行研究から、陸生昆虫の中でも、腐食性昆虫は、草食性、雑食性、肉食性の昆虫に比べて放射性セシウム濃度が高い傾向が認められている。福島県南相馬市に位置する太田川においても、生葉や腐葉土などのセシウム濃度が高い傾向にあるが、それらを食べる陸生昆虫などの生物にどの程度放射性セシウムが移行するか、その移行メカニズムは不明である。

ハナムグリ科のカナブンは、幼虫期に腐食性の食性形態をもち、森林などの腐葉土が豊富な環境に生息する種群である。太田川から採取したヤマメの胃内容物からも幼虫期に腐食性の食性形態をとるアオカナブン (*Rhomborhina unicolor*) が検出されており、淡水魚における重要なエサ資源の1つである。本研究では、淡水魚への高い放射性セシウムの移行に寄与していると考えられる腐食性陸生昆虫のカナブンに着目し、飼育実験により、リターを介したカナブンへの放射性移行係数等の移行メカニズムを明らかにする研究を進めている。今年度は、飼育実験の対象種としたカナブン、アオカナブン、シロテンハナムグリの3種をバナナトラップを用いて野外から採取した。採取した3種について、飼育系を確立しシロテンハナムグリについては実験に使用する F1 個体を得た。放射性セシウムを含有するリター土壌試料を野外から採集し、それらを放射性セシウムが含有されていない市販の腐葉土と混ぜ、飼育実験用の腐葉土試料を作成した。この腐葉土を F1 幼虫に一定期間与えた後、幼虫（解剖により3部位に分離：筋肉部、内臓部、表皮）、糞、飼育残の腐葉土に分け、放射性セシウム濃度の測定を行い、移行率や体内分布率の調査を進めている。

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/>