

放射能環境動態・影響評価
ネットワーク共同研究拠点（ERAN）

FY2024 Final Report
【拠点間/Within ERAN 共同研究】

拠点間共同研究

ID	種目	研究代表者	所属	研究課題名	拠点内共同研究者	拠点外共同研究者
E-24-01	拠点間	坂口 綾	CRiES	環境水中の極微量放射性核種測定法の開発	田副 博文 高田 兵衛 高久 雄一	
E-24-02	拠点間	津旨 大輔	CRiES	陸域から海洋への放射性セシウムの供給における汽水域堆積物の影響	林 誠二 辻 英樹	濱島 靖典 三角 和弘 三浦 輝 西野 圭佑
E-24-03	拠点間	五十嵐 康記	CRiES	有機物からのCs-137離脱に影響する要因	辻 英樹 境 優 脇山 義史 佐久間 一幸 恩田 裕一	
E-24-04	拠点間	山崎 信哉	CRiES	比重により分画した表層土中の放射性セシウムの分布とその保持媒体の分析	塚田 祥文	
E-24-05	拠点間	平尾 茂一	IER	東電福島原発周辺における環境中トリチウムの動態解明	柿内 秀樹	
E-24-06	拠点間	脇山 義史	IER	阿武隈川および新田川における出水時の129I動態	笹 公和 平尾 茂一	松村 万寿美 松中 哲也
E-24-07	拠点間	石庭 寛子	IER	野生動物の硬組織試料を活用した線量評価に関する研究	アンダーソン ドノヴァン	岡 壽崇
E-24-08	拠点間	三浦 富智	IREM	核燃料再処理施設再稼働に向けた野生ネズミの調査	今田 省吾 大塚 良仁 中平 嶺 石庭 寛子	山城 秀昭 中田 章史
E-24-09	拠点間	赤田 尚史	IREM	北海道で採取された降水のトリチウム濃度	平尾 茂一	桑田 遥 ケムルータイ ケアムシリ 北山 結彩
E-24-10	拠点間	田副 博文	IREM	請戸川における魚骨試料中のSr-90濃度の変化とその支配要因	アンダーソン ドノヴァン 和田 敏裕 三浦 富智	
E-24-11	拠点間	アンダーソン ドノヴァン	IREM	Estimating radiation exposure in wild boars through chromosomal damage assessment in Fukushima Prefecture	石庭 寛子 藤嶋 洋平 三浦 富智	
E-24-12	拠点間	辻 英樹	NIES	河川水における温度と137Cs分配係数の関係の熱化学的検証	五十嵐 康記 脇山 義史	
E-24-13	拠点間	柿内 秀樹	IES	アーカイブ試料を用いた環境トリチウムの遡及的評価	恩田 裕一 加藤 弘亮	

環境水中の極微量放射性核種測定法の開発

研究代表者：坂口 綾

拠点間共同研究者：田副 博文・高田 兵衛・高久 雄一

1. 成果

【緒言】 セシウム-135 (^{135}Cs , $T_{1/2} = 230$ 万年)は核実験や核関連施設からの漏洩により環境中に放出された放射性核種であり、 ^{137}Cs に代わる海水循環トレーサーとしての利用と、核関連施設からの放出に関連した濃度定量、長期的な環境影響評価の必要性から測定法の確立が求められている。しかし、一般的な海水中の ^{135}Cs は極微量(推定 1.6 fg/kg)であり、質量測定には海水約 50L から Cs を濃集する必要がある。この課題を解決すべく、本研究では不溶性フェロシアン化コバルト(Co-FC)担持繊維、吸着剤を用いた海水中 Cs の濃集に関する以下の検討をおこなった。

【実験】 〈Co-FC 担持繊維による Cs 吸着・脱離条件の検討〉本研究に使用した Co-FC 担持繊維は、早稲田大学 斎藤恭一先生よりご提供いただいた。一定量の海水に添加する Co-FC 担持繊維 (Co-FC 量 $1.9 \mu\text{mol/cm}$) 量や本数による 24 時間以内の Cs 吸着率変化を調べた。また、Cs 吸着後の Co-FC 担持繊維をさまざまな脱離液に浸漬、燃焼後に酸抽出することで効率的な Cs 脱離条件を検討した。

〈Co-FC 担持吸着剤の作製〉PP・PE 製の不織布に対してさまざまな条件により GMA をグラフト重合後、Co-FC を担持させることで異なる Co-FC 密度を持つ Co-FC 担持吸着剤を作製した。

〈Co-FC 担持吸着剤の吸着評価〉異なる Co-FC 密度を持つ Co-FC 担持吸着剤を一定量の海水に添加することで Cs 吸着に適した Co-FC 密度の検討をおこなった。

〈Cs 化学分離法の検討〉Co-FC 担持繊維からの脱離液に含まれる Fe, Co および K の除去について、沈殿作製および樹脂による分離等により検討を行った。

【結果】 〈Co-FC 担持繊維による Cs 吸着・脱離条件の検討〉バッチ法による吸着実験から、海水 50L 中の Cs を 8 割以上吸着させるためには Co-FC 担持繊維が最低 10m 必要であることが明らかとなった。脱離条件としては、Cs 吸着済みの Co-FC 担持繊維を燃焼し、濃塩酸で抽出する方法が最も吸着率が良いことがわかった。

〈Co-FC 担持吸着剤の作製〉作製した Co-FC 担持吸着剤の GMA グラフト率は $18.2\% \sim 617.7\%$ であった。また、グラフト率の上昇によって不織布強度の低下が見られた。

〈Co-FC 担持吸着剤の吸着評価〉Co-FC 担持吸着剤において最大吸着率 $88.5 \pm 4.8\%$ が得られた。海水 50L 中の Cs を吸着させるためには計 500 cm^2 必要であることが明らかとなり、Co-FC 担持繊維と比較して船上での扱いやすさが向上した。

〈Cs 化学分離法の検討〉Cs と K を吸着させた陽イオン交換樹脂を HNO_3 で溶出させることで K を完全に除去することに成功した。この時の Cs 回収率は $42.0 \pm 4.4\%$ であった。

2. 論文

陸域から海洋への放射性セシウムの供給における汽水域堆積物の影響

研究代表者：津旨 大輔

拠点間共同研究者：林 誠二・辻 英樹

拠点外共同研究者：濱島 靖典・三角 和弘・三浦 輝・西野 圭佑

1. 成果

福島第一原子力発電所の事故によって陸域に降下した放射性セシウムは、河川を通じて海洋に供給されている。2014 年に実施された観測から、福島県相馬市にある松川浦の水中の溶存放射性セシウム濃度は、松川浦に流入する宇多川や、松川浦の水が流出する相馬沿岸の水中の溶存放射性セシウム濃度より高かった。このことは、松川浦が海洋への溶存放射性セシウムの供給源になっていることを示唆している。本研究は松川浦、相馬沿岸、宇多川の水や松川浦の堆積物の間隙水中の溶存放射性セシウムを観測することで、松川浦から海洋への放射性セシウムの供給過程を把握することを目的としている。

2019 年度から 2022 年度にかけて夏と冬の合計 6 回の観測を実施した。2023 年度にも夏の観測を実施し、水や堆積物の間隙水中の溶存放射性セシウムの測定を行った。松川浦の水中の溶存放射性セシウム濃度は宇多川や相馬沖よりも高く、これまでの観測データと整合的な結果が得られた。松川浦の堆積物の間隙水中の溶存放射性セシウム濃度は、水中の濃度よりも数倍程度高く、松川浦の堆積物から間隙水を通じて溶存放射性セシウムが供給されていることが示唆された。

2013 年 11 月、2015 年 7 月、および 2022 年 7 月に、松川浦の堆積物中の ^{137}Cs 濃度に関する詳細な観測が実施され、それぞれの時点におけるインベントリが推定された(Misonou et al., in preparation)。これらのインベントリの時系列変化に基づき、松川浦からの ^{137}Cs フラックスを推定した。その結果、平均年間フラックスは 2013 年 11 月 23 日～2015 年 7 月 8 日の期間から、2015 年 7 月 9 日～2022 年 7 月 19 日の期間にかけて減少していることが明らかとなった。また松川浦からの溶存 ^{137}Cs フラックスは、福島県および宮城県の河川の中でも比較的高い値を示す阿武隈川や請戸川のフラックス (Sakuma et al., 2019) と同程度であり、他の河川とは異なる減少傾向を示していた。

松川浦の堆積物中の ^{137}Cs 濃度が高いのは、事故直後に高濃度の ^{137}Cs を含む海水がこの海域を通過した影響と考えられる。また、間隙水中の溶存 ^{137}Cs 濃度が高いことから、堆積物から溶存 ^{137}Cs が離脱している可能性が高い。つまり、松川浦から海洋への溶存 ^{137}Cs の供給過程は、事故直後に堆積物へ移行した高濃度 ^{137}Cs が、その後の脱離過程によって支配されていることが示唆された。

2. 論文

なし

有機物からの Cs-137 離脱に影響する要因

研究代表者：五十嵐 康記

拠点間共同研究者：辻 英樹・境 優・脇山 義史・佐久間 一幸・恩田 裕一

1. 成果

これまで福島原発事故影響地域において実施された観測的研究から、河川上流域においては河川中の Cs-137 が流域内のリター等の有機物から供給されている事がわかっている。リターに含まれる Cs-137 の離脱は、屋外や実験室における溶出試験等で評価されてきた。しかしながら、スギのリターに含まれる Cs-137 の溶出率は 0.3 % Kurihara et al (2020 JER)から、30 % 程度(例えば、Sakai et al., 2015 JER)まで大きな幅を持っている。さらに言えば、Clint et al. (1992 JER)は草本からの Cs-137 の溶出率が 30～70 %と報告している。本研究では、溶出試験でバイオマスに含まれる Cs-137 の離脱現象を評価する際に生じる差異を生む過程を明らかにすることを目的とした。本研究では、有機物からの Cs-137 の溶出に関してレビューを実施し、溶出試験の中で、溶出率の差異に寄与することが予想される要因を明らかにする。樹種別に 12 報の溶出率が報告されていた。スギの溶出率を報告した論文のうち、3 報で 1 オーダー程度高めの値が報告されていた。この 3 報に共通する点として、冬から春にサンプルを採取している点である。スギ葉の寿命は約 2～3 年で、9 月から翌年 2 月にかけて年間の 67%が落葉(山中ら, 1985) 。Sakuma et al. (2021)では、冬にサンプルしたフレッシュでないスギ葉をリターバックに入れ、約 1 年静置後、溶出試験を実施しているが、低い溶出率を報告していたが、その原因として新鮮でない葉を資料にした影響が考えられた。一方で、前述の 3 報で使用された試料は、落葉後に冬の凍結を経験し、細胞壁等が損傷し溶出率が増すことが想像された。

2. 論文

比重により分画した表層土中の放射性セシウムの分布とその保持媒体の分析

研究代表者：山崎 信哉
拠点間共同研究者：塚田 祥文

1. 成果

1. 序論

2011 年に発生した福島第一原子力発電所事故により、大量の放射性物質が環境中に放出された。特に ^{137}Cs （半減期 30.2 年）は、現在でも主要な放射線源となっている。汚染土壌中の放射性 Cs は主に粘土鉱物と放射性 Cs 含有微粒子（CsMP）に保持されており、CsMP は高い放射能を有する。本研究では、CsMP の密度分布を明らかにし、粘土鉱物との分離の可能性を検討することを目的とした。

2. 実験

本研究では、福島県内の 2 地点（夫沢・小丸）で表層土壌を採取し、化学処理を施した後、重液分離とオートラジオグラフィーを用いて CsMP の密度分布を解析した。まず、有機物や非晶質 Fe 酸化物を分解し、CsMP と粘土鉱物の分離を容易にした。次に、粒径分級を行い、 $63\mu\text{m}$ 以下の粒子を選別した。その後、ポリタングステン酸ナトリウムを用いた重液分離により、 $1.8\sim 3.0\text{ g/cm}^3$ の範囲で 8 つの密度区画に分離した。最後に、オートラジオグラフィーによって各密度区画の試料の放射能を測定し、CsMP の密度分布を解析した。

3. 結果・考察 夫沢の土壌においては、CsMP が主に $2.2\sim 2.4\text{ g/cm}^3$ の密度区画に分布していることが確認された。これは一般的なケイ酸塩ガラスの密度（ $2.2\sim 2.5\text{ g/cm}^3$ ）と一致し、CsMP の主成分が SiO_2 であることを反映していると考えられる。一方、小丸の土壌では CsMP の分布が夫沢とは異なり、 $2.4\sim 2.6\text{ g/cm}^3$ の密度区画に多く確認された。また、高放射能濃度の土壌では、粘土鉱物が凝集しやすく、放射能測定時に影響を及ぼす可能性が示唆された。特に、小丸の高密度区画においては、粘土鉱物が影響を及ぼした結果、CsMP と区別することが困難な場合があった。高放射能濃度土壌においても、密度 $2.2\sim 2.4\text{ g/cm}^3$ の区画を重点的に分析することで、CsMP と粘土鉱物を識別し、単離することが可能であることが示唆された。

4. 結論

本研究により、CsMP の密度分布は主に $2.2\sim 2.4\text{ g/cm}^3$ の範囲に集中しており、粘土鉱物とは異なる特性を持つことが確認された。また、高放射能濃度土壌では粘土鉱物の影響を受けるが、適切な密度分画を行うことで CsMP の単離が可能であることが示された。今後は、密度の区切り方を最適化し、より効率的な CsMP の分離手法を確立することが求められる。

2. 論文

東電福島原発周辺における環境中トリチウムの動態解明

研究代表者：平尾 茂一
拠点間共同研究者：柿内 秀樹

1. 成果

水素同位体のトリチウムは原子力関連施設から定常的に環境放出される放射性物質の一つである。科学的に正確な情報・客観的事実に基づくトリチウムの環境影響評価は公衆の安心感醸成のために重要である。ガンマ線放出核種の観測技術は東京電力福島第一原子力発電所（FDNPP）事故後に大きく進展したが、ベータ線放出核種のトリチウムの分布に関する知見は十分とは言えない。本研究では、FDNPP 近傍の植物中トリチウム濃度を明らかにすることを目的とした。FDNPP からおよそ 2km の北西と南西の 2 地点で、松葉および土壌 30cm コアを採取した。採取された試料をアルミバックに封入し実験室に輸送した。松葉については、PTFE フィルターを用いた膜分離法およびシリカゲルを用いた簡便法で組織自由水トリチウムを回収し、燃焼法によって有機結合型トリチウムを回収した。回収水を蒸留したのち、低エネルギー液体シンチレーション検出器を用いて、トリチウム放射能分析を実施した。組織自由水トリチウム濃度は、北西地点で 0.55 Bq/L、南西地点で 1.05 Bq/L であった。有機結合型トリチウム濃度は、北西地点で 0.72 Bq/L-燃焼水、南西地点で 1.03 Bq/L-燃焼水であった。組織自由水中トリチウム濃度から 2024 年 9 月採取時点の雰囲気中トリチウム濃度が明らかにされた。一方、有機結合型トリチウム濃度から松葉の生育期間のトリチウム濃度の平均値が分かり、近年の日本で観測されるバックグラウンド濃度と同程度かやや高いトリチウム濃度であることが明らかになった。

2. 論文

阿武隈川および新田川における出水時の I-129 動態

研究代表者：脇山 義史

拠点間共同研究者：笹 公和・平尾 茂一

拠点外共同研究者：松村 万寿美・松中 哲也

1. 成果

福島原発事故により放出された I-129（半減期 1570 万年）の量は 5.2～7.3 GBq であり、そのうち 2.7 GBq が陸地に沈着したと推定されている。原発事故以降、土壌、雨水、海水などに含まれる I-129 の量や動きに関する調査が行われてきたが、河川水を対象としたものは数例しかなく、その動態に関する知見が少ない。2023 年に海洋放出が開始された Alps 処理水の中にも I-129 が含まれており、海域への影響を把握するためにも、陸域起源の I-129 の動態を定量的に評価することは重要な課題であると考えられる。

申請者らは、河川における I-129 動態に関する研究として、阿武隈川中流（黒岩）、新田川下流（原町）・上流（蕨平）で採取した水・懸濁物質試料の分析を行ってきた。これまでに阿武隈川に比べて、新田川では I-129 濃度のみならず、I-129/I-127 比や見かけの分配係数が高いことが確認された。2023 年度内に行った 2016 年 8 月の出水イベント時に新田川上流で採取した試料の分析では、新田川下流に比べても I-129 濃度が高く、福島原発由来の I-129 沈着量が多いほど流域からの I-129 流出に対する懸濁態の寄与が大きくなることが示唆された。今年度は、2017 年 10 月の出水イベント時に新田川上流で採取した試料の分析を行い、これまでに得られた知見との比較を行った。

新田川上流の 2017 年 10 月イベント時の溶存態 I-129 濃度、懸濁物質の I-129 濃度、見かけの分配係数の平均値は、それぞれ $0.27 \mu\text{Bq/L}$ ($n=6$)、 5.2 mBq/kg ($n=5$)、 22000 L/kg ($n=5$) であった。出水期間中の溶存態、懸濁態の I-129 流出量はそれぞれ 730 Bq、5600 Bq であった。I-129 濃度水準の指標として懸濁物質の I-129 濃度を過去の平均値データと比較すると、阿武隈川中流では $0.44 \sim 1.0 \text{ mBq/kg}$ 、新田川下流では $2.4 \sim 4.1 \text{ mBq/kg}$ であり、流域への I-129 の沈着量が高いほど高くなることが確認された。また、見かけの分配係数について比較を行うと、阿武隈川中流では $4300 \sim 6100 \text{ L/kg}$ 、新田川下流では $22000 \sim 25000 \text{ L/kg}$ であり、新田川において I-129 が懸濁物質によく保持されていることが示唆される。I-129 流出量は流域と出水イベントの規模に依存するが、阿武隈川では I-129 総流出量に対する懸濁態 I-129 流出量の割合は 2018 年 7 月のイベントで 20% と 2018 年 10 月のイベントで 73% と幅がある一方、新田川の 4 つのデータセット（2 イベント×2 地点）で 83～97% と総じて高い値を示していた。このことから原発事故起源の I-129 の沈着量が多い流域ほど、再移動に対する懸濁態として寄与が大きいことが確認された。今後、福島原発事故起源の I-129 沈着量が多いと考えられる、請戸川などの浜通り河川に焦点を当てることによって、仮説が検証することを計画している。

今年度の成果として、2024 年度中に阿武隈川における 2018 年の観測結果に基づいて論

文 1 報を公表した (Wakiyama et al. 2024, Appl. Geochem. 173, 106134)。関連して、プレスリリースを行い (福島大学第 189 回定例記者会見 2024 年 11 月 13 日)、新聞に 1 件掲載された (科学新聞 2024 年 12 月 13 日 第 3999 号)。

2. 論文

Wakiyama, Y., Matsumura, M., Matsunaka, T., Hirao, S., Sasa, K. 2024. Riverine dynamics during high-flow events on the Abukuma River in Fukushima. Applied Geochemistry, 173, 106134. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2024.106134>

野生動物の硬組織試料を活用した線量評価に関する研究

研究代表者：石庭 寛子

拠点間共同研究者：アンダーソン ドノヴァン

拠点外共同研究者：岡 壽崇

1. 成果

Hard tissues, such as bones and teeth, retain their shape and can be preserved for extended periods, making them useful in species identification within the field of ecology. Recent advancements in analytical technology have made it possible to extract valuable information from archived hard tissue samples. In this study, we will utilize hard tissue specimens that have already been collected to measure levels of radioactive strontium, which is known to accumulate in teeth and bones, and CO₂- radicals, which are known to accumulate in tooth enamel. By doing so, we will be able to assess the radiation exposure levels of wildlife living in the difficult-to-return zone in Fukushima Prefecture.

In last fiscal year, we could measure CO₂- radicals from the tooth of large Japanese field mouse (*Apodemus speciosus*) successfully by electron spin resonance (ESR). As the next step, we estimated exposed dose in mice tooth by additive dose method in this fiscal year. Because of the small size of mouse teeth, making it challenging to detect radical signals, 15 mice teeth were combined together and two groups, young (under 14 months old) and old (over 1 year old), were set up based on the degree of wear of the molars. Each sample was irradiated with ⁶⁰Co in 100 mGy increments up to 300 mGy and the CO₂- radical intensity was measured. The obtained values were used to create a regression line for the two samples to obtain the exposed dose values for the teeth. A comparison of the results obtained with additive dose method and radiological assessment showed a huge difference in values. The reasons for this are that in ESR, the old group had a small sample volume, so the variation in the CO₂- radical intensity extracted by ESR measurement was large. Furthermore, the ecological characteristics of rodents, such as lifetime migration and habitat preference, were not taken into account in the calculation, which may be another reason.

2. 論文

核燃料再処理施設再稼働に向けた野生ネズミの調査

研究代表者：三浦 富智

拠点間共同研究者：今田 省吾・大塚 良仁・中平 嶺・石庭 寛子

拠点外共同研究者：山城 秀昭・中田 章史

1. 成果

東京電力福島第一原子力発電所の事故により環境中に放出された放射性物質による被ばくの生物学的影響研究が数多く行われてきた。しかし、これらの研究の課題は、事故前のバックグラウンドデータが欠如していることにある。アカネズミは行動半径が中・大型哺乳類に比べて広くなく、また地域の隔離により地域集団を作る可能性が考えられる。令和 6 年度は、春季サンプルの収集を目的として青森県六ヶ所村の 3 地点を調査し、環境測定および野生アカネズミの捕獲を実施した。捕獲した 8 匹の野生アカネズミ (*Apodemus speciosus*) から、脾臓、肝臓、腎臓、心臓、肺、脳、生殖巣および硬組織を採取し、アーカイブ用試料として保存した。令和 5 年度秋期に採取したアカネズミ生体試料が ERAN サンプルアーカイブに登録され、DOI が発行された (DOI: 10.34355/sample-IREM.Hirosaki.U.00137)。令和 6 年度の春季アカネズミ試料については、ERAN サンプルアーカイブに申請済みである。

【各臓器試料の処理・保存状況】

- ①肝臓、腎臓、肺、心臓、大脳：10%中性緩衝ホルマリン固定後、組織学的解析を可能とするため、パラフィン包埋組織を準備した。将来的に、組織切片画像の提供が可能である。また、組織を小片に細切後、液体窒素で急速冷凍した。-80℃で保存している。
- ②脾臓：脾細胞培養を行い、染色体標本作製し、染色体顕微鏡画像を取得した。解析後に画像の提供が可能である。
- ③血液：血清分離後、液体窒素で急速冷凍した。-80℃で保存している。
- ④精巣：ブアン液または 10%中性緩衝ホルマリンで固定後、パラフィン包埋組織を準備した。また、組織を小片に細切後、液体窒素で急速冷凍した。-80℃で保存している。
- ⑤卵巣：ブアン液または 10%中性緩衝ホルマリンで固定後、パラフィン包埋組織を準備した。
- ⑥：硬組織（骨、歯）：-30℃で保存している。

2. 論文

1. Miura, T., Imada, S., Ohtsuka, Y., Nakahira, R., Ishiniwa, H., Yamashiro, H., Nakata, A., Anderson, D., Fujishima, Y., (2024) Biological samples of wild animal (large Japanese field mouse: *Apodemus supeciosus*) in Rokkasho, Aomori, Japan, Center for Research in Radiation, Isotopes, and Earth System Sciences (CRiES), University of Tsukuba, DOI: 10.34355/sample-IREM.Hirosaki.U.00137

北海道で採取された降水のトリチウム濃度

研究代表者：赤田 尚史

拠点間共同研究者：平尾 茂一

拠点外共同研究者：桑田 遥・ケムルータイ ケアムシリ・北山 結彩・吉田 旭

1. 成果

気圏-水圏環境における物質の動態を明らかにするためには、輸送媒体である水の挙動、循環過程を明らかにすることは重要である。日本で観測された降水に含まれるトリチウムは、高緯度地域ほど高い傾向を示す「緯度効果」が認められていることが知られている。47都道府県の中で最も高緯度に位置する北海道では、トリチウム濃度が報告されているが(Akata et al. 2021)、近年の水の同位体組成については十分とは言えない。本研究では、北海道札幌市において月間降水を採取し、その水素・酸素同位体組成を明らかにすることを目的とした。

2020年1月から2024年4月における降水中トリチウム濃度を測定した結果、0.28–1.27Bq/Lの濃度範囲であり、平均降水中トリチウム濃度は 0.65 ± 0.27 Bq/Lであった。Akata et al.(2021)の報告において2015年7月から2019年末までの降水中トリチウム濃度範囲は0.24–1.59Bq/L、平均降水中トリチウム濃度は 0.68 ± 0.30 Bq/Lであったため、同程度の濃度であった。また報告値同様、降水中のトリチウム濃度は春先に高く、夏期に低い傾向を示した。降水中水素酸素の同位体濃度はそれぞれ-103.88–9.26‰、-15.46–1.73‰の範囲であった。冬季の11月から2月及びその他の時期の3月から10月の降水中水素酸素同位体の回帰直線を見ると、冬季は天水線よりも切片が大きく、降雪地域特有の傾向が顕著に見られた。また、その他の時期は天水線と同程度の回帰直線となり文献値と一致する結果となった。

2. 論文

N. Akata, K. Okada, N. Otashiro, H. Kuwata, K. Kheamsiri, K. Ohno, Y. Yoshinaka, R. Yamada, M. Tanaka: Performance test of improved commercially available tritium enrichment system: Toward rapid and high efficiency enrichment. Radiat. Environ. Med., 13, 60-64. (2024)

Estimating radiation exposure in wild boars through chromosomal damage assessment in Fukushima Prefecture

研究代表者：アンダーソン ドノヴァン

拠点間共同研究者：石庭 寛子・藤嶋 洋平・三浦 富智

1. 成果

Estimating the total radiation dose received by large mammals, such as wild boars inhabiting areas contaminated with radionuclides, presents significant challenges—particularly in regions with heterogeneous contamination. These challenges arise from the animals' movement across varied landscapes, leading to fluctuating external exposures. While internal dose rates from radionuclides like ^{137}Cs and ^{134}Cs can be estimated through high-purity germanium (HPGe) detector measurements, accurately assessing external dose rates is more complex. This study aims to investigate the impact of the Fukushima nuclear disaster on wild animals, focusing on the challenges in assessing both internal and external radiation exposure amid environmental heterogeneity. To address this, an established dose-response calibration curve, developed through *in vitro* irradiation, was utilized. Accurately determining radiation doses in environmental components following the release of radioactive materials is crucial for radioecological studies. However, radiation dosimetry for wildlife, especially in chronic low-dose scenarios, is complicated by several factors: Spatial variability in environmental contamination. Changes in external dose rates over an animal's lifetime due to movement patterns Seasonal habitat use and shifts in food availability, which influence radionuclide uptake (e.g., ingestion of contaminated vegetation during grazing) Such variability complicates dose estimation for large mammals like wild boars. To address these challenges, this study explored different methodologies to estimate radiation doses in wild boars from Fukushima. Since ionizing radiation is imperceptible to human senses, dosimetric devices like thermoluminescent dosimeters (TLDs) are typically employed. However, these devices are not always available, and animals (or exposed individuals) may not have worn them. As an alternative, biological dosimetry methods, such as the dicentric chromosome assay (DCA), can be used to retrospectively estimate radiation doses. The DCA detects dicentric chromosomes—formed from misrepaired DNA double-strand breaks—which can be measured from blood samples collected shortly after exposure. Although a dose-response calibration curve has been established, its applicability to wild boars in Fukushima remains uncertain. Notably, boars captured in 2018–2019 showed no detectable dicentric aberrations, whereas samples from 2016 displayed higher frequencies (0.01 to 0.05 dicentrics per 100 cells). Using the 2016 data, differences emerged between dose estimates derived from low-dose rate (1.43 mGy/min) and high-dose rate (200 mGy/min) calibration

curves, with calculated doses ranging from background levels up to approximately 600 mGy. Future work will focus on increasing the number of scored cells to refine dose-response curves and improve dose estimation in Fukushima boars. Efforts will also be directed toward developing correction factors for dose rate effects. Additionally, alternative methods such as electron spin resonance (ESR) will be explored for comparative dose assessments.

2. 論文

河川水における温度と ^{137}Cs 分配係数の関係の熱化学的検証

研究代表者：辻 英樹

拠点間共同研究者：五十嵐 康記・脇山 義史

1. 成果

河川水中溶存態 ^{137}Cs 濃度の形成要因として、 ^{137}Cs の分配係数(溶存態 ^{137}Cs 濃度に対する懸濁物質中 ^{137}Cs 濃度の比)と水温の関係は 2 相間のイオン交換反応により規定され、標準反応エンタルピーを -19 kJ mol^{-1} とする van't Hoff 則に従う、という従来の考え方の妥当性を検証するため、昨年度に引き続き請戸川(福島県浪江町)の懸濁物質・ろ過済み河川水を用いた室内試験を実施した。

昨年度実施した、ろ過済み河川水と懸濁物質を定温環境下で混合する、懸濁物質への ^{137}Cs 吸着過程について追試験を行った結果、 $5^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$ において ^{137}Cs 分配係数と水温の関係は、無機懸濁物質中 ^{137}Cs と溶存態 ^{137}Cs 濃度との間のイオン交換に基づく平衡状態を仮定したモデル式により良好に回帰できることが明らかになった。一方、超純水(K^{+} 濃度を請戸川の実測値に調整)に懸濁物質を混合する ^{137}Cs 脱離過程試験を実施した結果、 $5^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$ における ^{137}Cs 分配係数と水温の関係は ^{137}Cs 吸着過程に適用したモデル式による回帰が良好でないことを確認した。そこで懸濁物質に含まれる交換態 ^{137}Cs を酢酸アンモニウムによって抽出した結果、懸濁物質から脱離した ^{137}Cs は交換態 ^{137}Cs の存在量と同程度であり、交換態 ^{137}Cs が脱離量の上限值として機能することが示唆された。

以上のことから、河川水中溶存態 ^{137}Cs 濃度は単純に従来の「 ^{137}Cs の分配係数と水温の関係」により規定されるとは言えず、懸濁物質中の交換態 ^{137}Cs 量や無機懸濁物質の割合が形成因子として関係することが示唆された。今後は ^{137}Cs 吸着・脱離過程双方に適用可能な一般式を同定するために、懸濁物質中の固定態 ^{137}Cs 交換態 ^{137}Cs の間の遷移を考慮に入れた動的モデルの適用について検討を進める必要がある。

2. 論文

アーカイブ試料を用いた環境トリチウムの遡及的評価

研究代表者：柿内 秀樹

拠点間共同研究者：恩田 裕一・加藤 弘亮

1. 成果

水素同位体のトリチウムは原子力関連施設から環境へ放出される放射性物質の一つである。トリチウムは低エネルギーのベータ線を放出する核種のため、環境試料に含まれるトリチウムを測定するためには前処理が必要である。しかし、環境試料から水として回収するための前処理は、大掛かりな装置を必要とするばかりでなく時間を要す工程であるため、効率のよい手法が求められている。そこで、加熱して試料に含まれる水分を気化させ、かつ、疎水性分離膜としてテフロンフィルターを用いることで不可逆的に環境試料から水を分離する手法を開発した。本手法により標準試料 IAEA 443 のトリチウム濃度の測定を行った結果、その測定値が信頼区間内に収まり、その妥当性を示すことができた。

2. 論文