

放射能環境動態・影響評価
ネットワーク共同研究拠点（ERAN）

FY2025 Final Report
【拠点間/Within ERAN 共同研究】

拠点間共同研究

採択No.	研究代表者名	所属機関	職名・学年	課題名	受入機関	受入研究者	共同研究者
E-25-01	恩田 裕一	筑波大学	教授	河川の福島事故後の初期Cs濃度の解析	IES	植田 真司	
E-25-02	坂口 綾	筑波大学	教授	環境中のアクチノイド核種測定のための分析法検討	IREM	田副 博文 高田 兵衛	佐々木 暖人 武田 凌治
E-25-03	五十嵐 康記	筑波大学	准教授	福島の河川におけるCs-137濃度の季節性	IER	脇山 義史	
E-25-04	平尾 茂一	福島大学	准教授	陸域トリチウム循環の解明	IES	柿内 秀樹	
E-25-05	脇山 義史	福島大学	准教授	浜通り地域の河川におけるI-129動態	CRiES	笹 公和 平尾 茂一	松村 万寿美 松中 哲也
E-25-06	高田 兵衛	福島大学	准教授	福島第一原発近傍沿岸における放射性核種動態	CRiES	坂口 綾 田副 博文	
E-25-07	石庭 寛子	福島大学	Project senior assistant professor	福島の野生動物の生物学的線量評価に関する研究	IREM	アンダーソン ドノヴァン	岡 壽崇
E-25-08	三浦 富智	弘前大学	教授	核燃料再処理施設再稼働に向けた野生ネズミの調査	IES	今田 省吾 大塚 良仁 中平 嶺	山城 秀昭 中田 章史
E-25-09	赤田 尚史	弘前大学	教授	北日本における大気中210Pb濃度	IES	長谷川 英尚 天野 洋典 アンダーソン ドノヴァン	桑田 遥 Stephenson William James Kheamsiri Khemruthai 北山 結彩
E-25-10	柿内 秀樹	環境科学技術研究所	副主任研究員	有機結合型トリチウム分析法の最適化の検討	CRiES	津旨 大輔	鳥養 祐二 小畑 結衣
E-25-11	今田 省吾	環境科学技術研究所	研究員	六ヶ所村再処理施設周辺の森林域からの溶存物質の流出量観測	CRiES	恩田 裕一	小田 智基
E-25-12	平尾 茂一	福島大学	准教授	環境レベルのトリチウムに対する社会的関心への対応にむけた環境科学・生物学の融合体制の構築	IREM	赤田 尚史	

河川の福島事故後の初期 Cs 濃度の解析

研究代表者：恩田 裕一

受入研究者：植田 真司

1. 成果

福島事故後の河川水中セシウム濃度の初期変化解析

本研究では、福島第一原子力発電所事故後に観測された河川水中の放射性核種濃度データを用いて、事故直後の濃度変化の特徴を解析した。対象としたデータは、2011 年 4 月から 5 月にかけて取得された水中の I-131、Cs-134 および Cs-137 の濃度データであり、主に弘前大学チームによる緊急時モニタリングデータを用いた。特に、飯館地域の池および河川水のデータを中心に解析を行った。これらのデータには懸濁態だけでなく溶存態の放射性セシウムが含まれており、事故初期における河川中放射性物質の挙動を理解するうえで重要な情報を与える。

濃度変化の解析では、事故後の時間を年単位で表し、濃度変化を指数関数で近似した。特に事故直後の変化を明確にするため、事故後 0.04 年（約 14 日）までのデータを用いてフィッティングを行った。その結果、初期の濃度低減は急速であり、I-131 だけでなく Cs-134 および Cs-137 についても急激な減少傾向が確認された。これは放射壊変のみでは説明できず、降雨による流出、河川への希釈、沈降および土壌への吸着などの環境過程が影響していると考えられる。

同様の現象はチェルノブイリ事故後の河川においても報告されている。例えば、Santschi ら（1990）や Smith ら（2005）の研究では、河川水中の放射性セシウム濃度が事故後数週間から数ヶ月の間に大きく減少することが示されている。特に事故直後には“first flush”と呼ばれる現象により、初期に高濃度の放射性物質が流出し、その後急速に濃度が低下することが知られている。本研究で解析したデータにおいても、同様の急速な減衰傾向が確認された。

また、セシウムの挙動は懸濁態と溶存態の分配によっても大きく影響を受ける。分配係数 K_d の違いを考慮することで、河川水中の溶存態セシウム濃度を推定することが可能であると考えられる。今後は、2011 年の初期観測データをさらに収集し、河川水中における放射性セシウムの輸送過程や環境動態をより詳細に解析する必要がある。

2. 論文

環境中のアクチノイド核種測定のための分析法検討

研究代表者：坂口 綾

受入研究者：田副 博文

高田 兵衛

共同研究者：佐々木 暖人

武田 凌治

1. 成果

Curium (Cm) isotopes are estimated to be the largest radioactive contribution among the actinides released from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. However, only one detailed study on Cm from the nuclear accident has been reported [1]. So far, α -spectrometry has been used for the measurement of Cm isotopes in the environment. However, the chemical separation for Cm α -spectrometry is very complicated, and the α -ray energies of Cm-243 and Cm-244 are so close that they cannot be measured separately. Furthermore, Americium (Am-243), which is thought to behave similarly to Cm, has been used as a spike for Cm measurements due to the absence of a Cm spike. In this situation, we aimed to establish a mass spectrometry for Cm analysis to enable the rapid processing of large numbers of samples using a simplified chemical separation method, particularly relevant in emergency response scenarios. In this study, we investigated (1) the preparation of the Cm spike for mass spectrometry and (2) the establishment of an efficient chemical separation procedure for Am and Cm.

<Cm spike production>

Californium-252 ($T_{1/2} = 2.65$ y), which is used as a neutron source in various instruments, produces the long-lived nuclide Cm-248 ($T_{1/2} = 3.40 \times 10^5$ y) by α decay. In this study, Cm-248 was examined as a candidate spike for Cm isotope measurements, and its recovery from a used Cf-252 neutron source was investigated. Separation was attempted using Ln resin while varying the nitric acid concentration, and its applicability was evaluated through analogue and radiotracer experiments.

The results showed that Cm-248 could be successfully separated from Cf-252 by using Ln resin and adjusting the nitric acid concentration. These findings indicate that Cm-248 can be recovered efficiently from a used Cf-252 neutron source and is a promising candidate as a spike for Cm isotope analysis.

<Separation of Am-Cm>

In the mass spectrometry of Cm isotopes, Am must be separated from Cm because of the isobaric interference of Am-243 with Cm-243. To investigate suitable conditions for

Am–Cm separation, analogue experiments were first performed under the same separation system as that used for the Cf–Cm study, followed by verification experiments using Am-241 and Cm-244.

Although the analogue experiments suggested favorable conditions for Am–Cm separation, Am and Cm could not be separated in the radiotracer experiments under the conditions tested. This may reflect the smaller-than-expected difference in the distribution behavior of Am and Cm on the Ln resin.

<ACKNOWLEDGMENTS>

This work was partly supported by JST FOREST program, Grant No. JPMJFR231D.

<References>

[1] M. Yamamoto, et al, J. Environ. Radioact. 132 (2014) 31-46.

2. 論文

福島河川における Cs-137 濃度の季節性

研究代表者：五十嵐 康記

受入研究者：脇山 義史

1. 成果

研究概要

福島第一原発事故以降、河川における溶存態 Cs-137 の動態について多くの研究が行われてきた。その結果、特に流域上流域においては、森林リター等の有機物からの Cs-137 供給が重要な寄与を持つことが明らかとなっている。しかしながら、有機物からの Cs-137 溶出率は既往研究において大きなばらつきを示しており、その支配要因は十分に整理されていない。

本研究では、有機物からの Cs-137 離脱過程に着目し、既存研究の体系的整理とともに、溶出試験における差異を生む要因の抽出を目的とした。

研究内容および方法

本研究では以下の2つのアプローチを実施した。

1. システマティックレビュー

既存の文献を網羅的に収集し、有機物（特に森林リターおよび草本）からの Cs-137 溶出率に関するデータを整理した。その結果、溶出率は数%から数十%まで幅広く分布し、試料特性や実験条件によって大きく変動することが確認された。

2. 支配要因の抽出と検証の検討

文献情報に基づき、溶出率の差異に寄与する要因として以下が重要であると整理された。

- 有機物の種類（針葉樹・広葉樹・草本）
- 分解度（リターの腐植化段階）
- 溶出条件（水温、水質、接触時間）
- 物理的構造および粒径
- イオン組成（ K^+ など競合イオン）

さらに、必要に応じて追試実験を実施可能な体制を構築した。

主な成果

- 有機物からの Cs-137 溶出率のばらつきは、単一要因ではなく複数の環境・試験条件の相互作用によって生じていることを体系的に整理した。
- 河川水中の溶存態 Cs-137 の形成過程において、有機物からの供給が重要であり、特に温度依存性や水質条件との関係が鍵となることを既往研究と整合的に位置づけた。
- 本研究により、「環境中の Cs 動態は有機物からの溶出過程を考慮しなければ説明できない」という視点を明確化した。

学術的意義

これまで個別に報告されてきた有機物由来 Cs-137 の溶出に関する知見を統合し、

河川における Cs 動態の理解を“有機物起源”という観点から再整理した点に新規性がある。

また、本研究は以下に貢献する：

- 流域スケールにおける放射性物質移行モデルの高度化
- 水温や気候変動に対する Cs 動態の応答理解
- 森林—河川系における物質循環の統合的理解

今後の展開

本研究で抽出された要因について、実験的検証を進めることで、
有機物からの Cs-137 溶出の定量モデル化を目指す。

また、本知見は福島のみならず、将来的な原子力事故や環境放射能問題における
リスク評価および環境管理戦略の高度化にも資することが期待される。

2. 論文

陸域トリチウム循環の解明

研究代表者：平尾 茂一

受入研究者：柿内 秀樹

共同研究者：

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地域住民の安心感醸成のために重要である。ALPS 処理水の海洋放出後においては、特に世界から高い関心が寄せられている。ガンマ線放出核種の観測技術は東電福島第一原子力発電所（FDNPP）事故後に大きく進展したが、ベータ線放出核種であるトリチウムの環境中濃度変動に関する知見は十分とは言えない。陸上ではトリチウム水（HTO）は植物中に取り込まれ光合成等によって固定されるため、環境影響評価のために、植物中のトリチウム濃度の情報が欠かせない。これまでに FDNPP 近傍の植物の組織自由水トリチウム（TFWT; Tissue Free water Tritium）および有機結合型トリチウム（OBT; Organically Bound Tritium）中のトリチウム濃度を定量分析してきた。しかし空間変動は明らかになっていない。そこで本研究では、植物中トリチウム濃度変動を明らかにすることを目的とし、土壌、大気水蒸気、降水中のトリチウム濃度を用いて検討を行った。2022 年に FDNPP 周辺で採取したセイタカアワダチソウ、土壌 30cm コア、および大気水蒸気中のトリチウム濃度を分析した。セイタカアワダチソウについては、凍結乾燥法で組織自由水を回収し、有機結合型トリチウムについては燃焼で生じた水蒸気をコールドトラップで回収した。大気水蒸気についてはモレキュラーシーブ（3A）を用いて採取した。それぞれの試料から得られ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。TFWT 濃度は、場所によって異なり 0.6 Bq/L から 10 Bq/L の範囲であった。非交換型 OBT 濃度は、0.4 Bq/L-燃焼水から 6.7 Bq/L-燃焼水であった。土壌中 HTO 濃度は、0.4 Bq/L から 2.9 Bq/L の範囲で得られた。2022 年の月ごとの降水中の HTO 濃度平均値は 0.4 Bq/L から 1.4 Bq/L であり、土壌中濃度と同程度の水準であることが分かった。大気水蒸気中 HTO 濃度は ND から 2.4 Bq/L であった。TFWT 濃度と大気水蒸気中 HTO 濃度は、採取時点の瞬間的なトリチウム濃度を示しており、数時間の間に大きく変動することが明らかになった。植物中のトリチウム濃度と周辺環境試料中のトリチウム濃度の大小関係から大気からの供給が支配的であることが示唆される。

2. 論文

浜通り地域の河川における I-129 動態

研究代表者：脇山 義史

受入研究者：笹 公和

平尾 茂一

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 が陸域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に留まる。また、2023 年に放出が開始された Alps 処理水のうち、I-129 はトリウム以外の主要 7 核種として評価対象となっており、その海域への影響を把握するためにも、陸域の 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。

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。その結果、阿武隈川に比べて、新田川では I-129 濃度および I-129/I-127 比がいずれも高いことがわかり、流域平均 I-129 沈着量が大きいほど、見かけの分配係数が高く、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。2025 年度は、特に流域平均 I-129 沈着量と懸濁態の寄与の関係を検証することを主な目的として、流域平均 I-129 沈着量が多いと考えられる浜通りの 3 河川 (新田川、請戸川、高瀬川) で、2023 年 9 月 4、6、9 日の出水時に採取した計 9 点の試料を分析し、解析に供した。

新田川、請戸川、高瀬川における溶存態 I-129 濃度の平均値は、それぞれ 0.20、1.2、0.78 $\mu\text{Bq/L}$ 、懸濁物質の I-129 濃度の平均値は、それぞれ 2.9、15、6.3 mBq/kg、見かけの分配係数の平均値は、それぞれ 14000、13000、9300 L/kg であった。見かけの分配係数は、河川間で平均値に有意な差は見られず、流域平均 I-129 沈着量が大きいほど高くなるという結果とはならなかった。2025 年度に測定した 9 試料に関しては、溶存態 I-129 濃度および懸濁物質の I-129 濃度ともに、対応する Cs-137 濃度と有意な正の相関を示しており、両核種の供給源が類似していることが確認された。流域間比較のため、2019 年以降の分析によって得られた出水イベントごとの溶存態 I-129 濃度と懸濁物質の I-129 濃度の平均値をそれぞれ流域平均 Cs-137 沈着量に対してプロットすると、溶存態 I-129 濃度平均値は有意な相関が見られず、懸濁物質の I-129 濃度平均値では有意な正の相関が見られた。この理由として、懸濁物質の I-129 濃度は基本的に土砂供給源の I-129 沈着量によって規定される一方、溶存態 I-129 濃度は水質の変化に応じて変動することが考えられた。水質変化の一員として、雨水による希釈様の効果の影響を考察するため、イベントごとの I-129 総流出量に対する溶存態としての流出量の割合を算出し、イベント降水量に対してプロッ

トすると、降水量が 100 mm 以下の場合は 9～80%（平均 34%、n=8）と高いのに対して、100 mm 以上では 3～17%（平均 9%、n=7）であった。このことから、溶存態 I-129 濃度の変動に対して、雨水による希釈が大きく影響することが示唆された。

2025 年度の成果として、2024 年度に公表した論文に使用したデータセット 1 件を ERAN データアーカイブに登録した（Wakiyama et al., 2025, DOI: 10.34355/IER.Fukushima.U.00311）。また、共同研究者を主著者として、福島原発以降に採取した土壌試料の分析結果に基づいて論文 1 報を公表した（Matsumura et al., 2026, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Section B. 573, 166033）。

2. 論文

Matsumura, M., Sasa, K., Matsunaka, T., Takahashi, T., Matsuzaki, H., Sueki, K. 2026. Regional comparison of I-129, I-131, and Te-129m in the surface soil at Fukushima, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 573,166033. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2026.166033>

福島第一原発近傍沿岸における放射性核種動態

研究代表者：高田 兵衛

受入研究者：坂口 綾

田副 博文

1. 成果

1. はじめに

ALPS 処理水の海洋放出による原発由来の放射性核種の測定を行う。採水した海水のうち、いくつかの放射性核種を測定し、放出前後の濃度変化を調べる。併せて、採取当日の水温や塩分の鉛直分布を確認し、それらと放射性核種濃度との関連性を調べる。具体的には、鉛直混合が卓越するような状況と、成層化が進んでいるような状況で、表層と下層の放射性核種濃度に違いが見られるかを確認する

2. 調査

調査は 2023 年より福島第一原発周辺近傍の測点 NPD1 において行った。漁船により横型ニスキン採水器による底層の海水採取と CTD による塩分の鉛直分布を得た。得られた試料は本学に持ち帰り、海水はろ過を行い、ろ液中のトリチウムおよび放射性セシウムを測定し、海水中の濃度とした。

3. 結果

これまで得られた結果を基に、鉛直混合が卓越するような状況と、成層化状況で、表層（水深 0.5m 程度）と下層（海底から 1m 直上程度）の放射性核種濃度に違いが見られるかどうか検証を進めた。トリチウムについては塩分の鉛直分布の変化、すなわち成層化や鉛直混合が卓越する状況による違いは見られなかった。これはトリチウム濃度が淡水や雨水の流入によっても海水中のトリチウム濃度が大きく変化しないことが要因なのかもしれない。一方、放射性セシウム濃度は成層化が進んでいるような状況では、低塩分で表層のセシウム濃度が上昇する傾向が見られた。これらの結果は、陸域からの放射性セシウムを多く含んだ淡水流入による表層海水での放射性セシウム濃度上昇が関係し、加えて成層化によって、下層への希釈効果が見られないことが要因と考えられる。

2. 論文

福島野生動物の生物学的線量評価に関する研究

研究代表者：石庭 寛子

受入研究者：アンダーソン ドノヴァン

共同研究者：岡 壽崇

1. 成果

This study aims to improve the accuracy of radiation dose assessment in wild animals inhabiting areas affected by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. Evaluating radiation exposure in wildlife is essential for understanding long-term ecological and biological impacts. Several approaches are currently used for dose estimation, including environmental modeling, cytogenetic biodosimetry, and physical dosimetry. However, each method has inherent strengths and limitations. Reliance on a single method may therefore lead to uncertainties in dose estimation. To address this issue, the present project integrates multiple approaches, including environmental dose modeling using ERICA 2.0, dicentric chromosome analysis (DCA), and electron spin resonance (ESR) analysis of tooth enamel.

Wild boar (*Sus scrofa*) were selected as a sentinel species because they inhabit contaminated forest areas and accumulate radiocesium through their diet. Twelve wild boars captured within the difficult-to-return zone between 2018 and 2019 were selected for analysis. Radiocesium concentrations in muscle tissue ranged from not detected to 23,575 Bq/kg (fresh weight). Ambient dose rates at trapping locations ranged from 0.11 to 20.6 $\mu\text{Gy/h}$. Age estimation based on tooth development indicated that the animals ranged from approximately 15 weeks to over 220 weeks old. Using environmental data and the ERICA 2.0 modeling framework, estimated lifetime absorbed doses ranged from 0 to 313 mGy.

Teeth were extracted from all 12 animals and the enamel was separated and chemically treated to remove organic components and potential contaminants. This study successfully conducted the first ESR measurements of tooth enamel from wild boar collected in Fukushima. ESR signals consistent with paramagnetic centers in enamel were detected; however, additional signals likely originating from trace metal ions (e.g., Mg^{2+} or other impurities) were also observed. These signals may influence the interpretation of radiation-induced ESR signals and suggest that additional enamel etching and purification steps may be necessary to improve signal clarity and measurement accuracy.

To enable quantitative dose reconstruction, enamel samples will next be irradiated using controlled gamma radiation at known dose points. Subsequent ESR

measurements will allow the establishment of dose–response calibration curves for each sample. These calibration curves are essential for reconstructing the cumulative absorbed dose recorded in the enamel during the animal’s lifetime. By comparing ESR-derived dose estimates with ERICA modeling results and cytogenetic biodosimetry data, this project aims to improve the reliability of biological dose assessments for wildlife in Fukushima. The integration of these complementary methods will contribute to a more comprehensive understanding of radiation exposure and biological effects in wild animal populations inhabiting contaminated environments.

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
受入研究者：今田 省吾、大塚 良仁
中平 嶺
共同研究者：山城 秀昭、中田 章史

1. 成果

【拠点内】弘前大学 IREM：三浦富智、藤嶋洋平、アンダーソン・ドノヴァン、環境科学技術研究所：今田省吾、大塚良二、中平嶺

【拠点外】新潟大学：山城秀昭、北海道科学大学：中田章史

東京電力福島第一原子力発電所事故後に環境中へ放出された放射性物質による放射線被ばくの生物学的影響については、これまでに数多くの研究が実施されてきた。しかし、事故前のベースラインデータが不足していることから、これらの研究の解釈には一定の限界がある。野生マウスなどの小型哺乳類は行動圏が比較的限定されており、遺伝的・生態学的に異なる地域固有の個体群が形成されやすい。このことは、地域特異的なベースライン資料の重要性を示している。

そこで、環境放射能研究ネットワークセンター（ERAN）の活動の一環として、本プロジェクトでは青森県六ヶ所村に所在する核燃料再処理施設の再稼働前に基準参照資料を確立し、生物試料を保存することを目的として実施した。脾臓、肝臓、腎臓、心臓、肺、脳、生殖腺および硬組織を採取し、保存した。これら試料の詳細なメタデータは、試料アーカイブの一部として ERAN のウェブサイト上で公開している。各脾臓の一部は培養し、染色体異常解析に供する有糸分裂期スプレッドを作製した。さらに、複数組織の組織学的切片を作製し、デジタル全スライド画像として保存した。本研究で保存した生物試料は、将来の環境放射線評価を支援する地域固有の基準資源となることが期待される。

本年度の成果

今年度は、これまで保存していた脾細胞培養固定済みサンプルから染色体標本を作製し、2023 年度捕獲個体から計 4,548 画像、2024 年度捕獲個体から 2,878 画像を取得し、公開用画像として画像サーバーに保存した（弘前大学 IREM）。また、病理組織画像として、パラフィンプロックより組織切片を作製し、デジタルスライドスキャナーSLIDEVIEW VS200 を用い、ホースルライドイメージ (WSI) を作製し、画像サーバーに保存した (IES)。これまでのメタデータに加え、染色体画像および WSI を供給可能とするため、公開法について検討中である。なお、本取り組みを「Radiation Environment and Medicine」へ論文投稿中である。

2. 論文

北日本における大気中 ^{210}Pb 濃度

研究代表者：赤田 尚史

受入研究者：長谷川 英尚

天野 洋典

アンダーソン ドノヴァン

共同研究者：鈴木 正敏

桑田 遥

Stephenson William James

Kheamsiri Khemruthai

北山 結彩

1. 成果

北日本における大気中 ^{210}Pb 濃度レベルを明らかにすることを目的に、青森県弘前市において HV エアサンプラーを用いて $\text{PM}_{2.5}$ を採取し、Ge 半導体検出器を用いて ^{210}Pb の測定を行った。 $\text{PM}_{2.5}$ は石英繊維フィルター上に毎週採取を行った。採取期間は 2025 年 7 月から 12 月である。この期間の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は $3.58\text{--}14.64\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、10 月にやや高く、その後徐々に減少していく傾向が認められた。 $\text{PM}_{2.5}$ 中の ^{210}Pb 濃度は $0.30\text{--}1.94\text{Bq}/\text{m}^3$ の範囲であり、10 月から 12 月にかけて徐々に濃度が上昇する傾向が認められた。 ^{222}Rn の子孫核種である ^{210}Pb は、大陸からの季節風により運ばれてくる空気塊の影響を受けて濃度が上昇することが知られている。一方、大気中 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は採取地近傍の影響により変動する。本調査結果は半年のみであることから、今後試料の採取を継続するとともに ^{210}Pb 測定を進め、地域における特徴を明らかにする予定である。

2. 論文

なし

有機結合型トリチウム分析法の最適化の検討

研究代表者：柿内 秀樹

受入研究者：津旨 大輔

共同研究者：鳥養 祐二

小畑 結衣

1. 成果

目的:

有機結合型トリチウム (OBT) には、同位体交換を起こす交換可能型 (Ex-OBT) と起こさない非交換可能型 (Nx-OBT) が存在する。本研究では、同位体標識法により Ex-OBT 比率 (fex) を推定し、より簡便で高精度な Nx-OBT 定量法の確立を目指す。

試料:

福島第一原子力発電所の ALPS 処理水放出ライン近傍で採取した海水 ($^3\text{H} \approx 300 \text{ Bq L}^{-1}$) で飼育したヒラメ (2022 年春生) の筋肉試料を使用した。飼育水中 ^3H 濃度は 270 および 243 Bq L^{-1} (各 1 回採水) であり、試料は凍結乾燥・均質化後に OBT 分析に供した。

方法:

(交換型水素の割合の決定) 凍結乾燥・均質化した筋肉試料を既知量の HTO と接触させて同位体平衡を形成後、 $105^\circ\text{C} \cdot 18$ 時間乾燥して回収した凝縮水のトリチウム放射能を LSC で測定した。水素質量分率 7% を仮定して総水素量を推定し、HTO の希釈率から交換型水素割合 $\text{fex} = \text{Hex} / \text{Htotal}$ を算出した。

(全 OBT 濃度の決定) 燃焼法により試料を酸化・水回収し、LSC で測定した。

結果:

(交換型水素の割合の決定) $\text{fex} = 0.1627$

(全 OBT 濃度の決定) 全 OBT (燃焼水あたり): $73.9 \pm 1.8 \text{ Bq L}^{-1}$ ($n=5$, RSD 2.4%, 2025/3/31 補正)

(Nx-OBT 濃度の推定) $\text{cwater} = 243 \text{ Bq L}^{-1}$ (2025/2/13) を仮定:

交換型 OBT: $\text{cex} = 0.1627 \times 243 = 39.5 \text{ Bq L}^{-1}$

非交換型 (Nx-OBT): $\text{CNx} = 73.9 - 39.5 = 34.4 \text{ Bq L}^{-1}$

まとめ:

本研究では、福島第一原発近傍海水で飼育したヒラメ筋肉の全 OBT を定量し、HTO 同位体標識により $\text{fex} \approx 0.16$ を得た。Ex-OBT が飼育水 HTO と平衡にあると仮定することで、全 OBT (約 74 Bq L^{-1}) を Ex-OBT と Nx-OBT に分解評価できることを示した。

2. 論文

六ヶ所村再処理施設周辺の森林域からの溶存物質の流出量観測

研究代表者：今田 省吾

受入研究者：恩田 裕一

共同研究者：小田 智基

1. 成果

青森県六ヶ所村には、日本初の商業用の使用済燃料再処理施設が立地している。再処理施設から放出され森林に沈着した放射性物質の一部は河川へ流出し、水中の放射性物質濃度を高める可能性がある。本研究では、放射性物質が周辺地域に沈着する事態に備え、周辺森林域の代表的な林分において渓流水中の溶存物質の濃度および流出量を観測し、物質の流出特性の把握を目的とした。

再処理施設主排気筒から北北西約 6 km に位置する落葉広葉樹林の渓流に量水堰（下流側および上流側）を設置し、2025 年 5 月から 12 月にかけて流量観測を実施した。また、4 月から 10 月まで約 1 か月間隔で堰設置地点近傍から渓流水を採取し、浮遊砂濃度、pH、EC、溶存有機体炭素（DOC）および溶存無機態炭素（DIC）濃度、各種イオン濃度を測定した。渓流水の流量は下流側地点の水位変化データを用いて解析した。上流側地点の浮遊砂濃度は、林内雨量が多かった 8 月および 9 月において、下流側地点と比較して大きい傾向が認められた。同様の傾向は DOC 濃度においても認められ、7 月から 10 月にかけて上流側地点でやや大きい傾向を示した。一方、DIC 濃度は全ての観測月において下流側で大きい傾向が認められた。各測定項目の時間変化を下流側地点と上流側地点で比較したところ、両地点で時間変化パターンが大きく異なった項目は、浮遊砂濃度および NO₃⁻濃度であった。一方、両地点で時間変化パターンが類似していた項目は、DOC および DIC 濃度、Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻濃度であった。前者は地表からの流出成分に由来し、後者は地中流や地下水流の成分に由来することが示唆される。

2. 論文

環境レベルのトリチウムに対する社会的関心への対応にむけた 環境科学・生物学の融合体制の構築

研究代表者：平尾 茂一

受入研究者：赤田 尚史

共同研究者：鈴木 正俊

1. 成果

低濃度トリチウムによって生じる細胞変化を検出するシステムを確立し、低濃度トリチウムの持続暴露に対する応答反応を自然発生と区別しながら理解することを目的として実施した。60 Bq/ml、600 Bq/ml、6,000 Bq/ml となるように HTO を培地に添加し、最大 60 日間培養したヒト正常上皮細胞（hTERT-RPE1）を解析に用いた。DNA 二重鎖切断を検出するリン酸化 H2AX と 53BP1 を蛍光免疫染色で検出し、可視化されるそれぞれの斑点状のシグナル（フォーカス）の局在が一致する共局在フォーカスを指標に低濃度トリチウムによる変化を解析した。HTO 処理開始から 10 日ごとに蛍光免疫染色用のサンプルを準備し、解析した。

HTO 未処理時は、10-20%の細胞に約 1 個の共局在フォーカスが検出された。6,000 Bq/ml の HTO を処理すると、約 10 日後に未処理細胞と比較して共局在フォーカス数の有意な増加が確認された。その後、HTO の処理時間とともに軽度増加した共局在フォーカス数は、処理開始 50 日後にピークに達し、その数は 60 日後まで維持された。次に、600 Bq/ml 処理で有意な増加が確認されたのは処理開始 20 日後であった。この後 60 日後まで、6,000 Bq/ml 処理時よりも緩やかな共局在フォーカス数の増加が続いた。最後に 60 Bq/ml 処理では処理開始 40 日後まで有意な増加は見られず、50 日後から増加し始めた。この誘発は、0.3%の細胞に対して 1-2 個のわずかな誘発であった。

次に、6,000 Bq/ml の HTO 処理 30 日後に、HTO 不含の培地に切り替えて 14 日間培養し、フォーカス数の変化を確認した。HTO 処理によって誘発された共局在フォーカスは、不含培地に切り替えた翌日には消失し始め、14 日後には未処理細胞と同等のレベルに戻ることを確認した。本研究では、60-6,000 Bq/ml の HTO 処理に対して濃度依存的に誘発されるフォーカス数が増加すること、有意な増加が確認されるまでの処理期間が濃度依存的に短縮したこと、HTO がいない環境に置き換えると HTO 誘発フォーカスが未処理時まで回復したことを示した。このため、低濃度レベルの HTO に対する細胞応答を自然発生レベルと区別しながら高感度に解析できるツールを確立した。

2. 論文

なし