

令和 6 年度（2024） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：海洋環境中での放射性核種の動態に関する研究 英文：Behavior of radionuclides in the marine environment
研究代表者	乙坂 重嘉（東京大学大気海洋研究所海洋化学部門）
参加研究者	白井 厚太郎 ¹ ，杉原 奈央子 ² ，石山 陽子 ¹ (1 東京大学大気海洋研究所海洋化学部門、2 海洋生物環境研究所)
研究成果概要	1. 海洋における福島第一原発事故由来の人工放射性核種の動態解析 東京電力福島第一原子力発電所の施設内には、炉内で生じた汚染水から大部分の放射性核種を、多核種処理装置（ALPS）で取り除いた処理水が貯留されており、2023 年 8 月よりこれらの処理水の段階的な海洋放出が行われている。放出は厳重な濃度管理のもと行われているが、極微量ながら様々な人工放射性核種が海洋に流出すると推測され、その海洋環境への影響について、国際的な関心が高まっている。本研究では、東北海洋生態系調査研究船「新青丸」を用いて、2024 年 3 月と 10 月に当該海域における海洋調査を実施した。約 400～600L の海水をマンガンファイバーに通水し、吸着したガンマ線放出核種を微弱放射能測定設備で計測した。同海域では、ALPS 処理水の海洋放出の直前である 2023 年 8 月上旬に同様に採取した試料の計測結果を、放出前のバックグラウンドデータとして保存している。これらの調査結果の比較により同海域では、ガンマ線放出核種の目立った濃度上昇がないことが確認された。一連の結果は、別途分析するトリチウム、ヨウ素-129、炭素-14 の結果と合わせて、2025 年度に公表される予定である。 福島周辺の沿岸海域には、処理水由来の放射性核種ばかりでなく、福島第一原発事故の発生以降、河川等を通じて陸域より放射性核種が継続的に運ばれており、沿岸域への生態系への影響が懸念されている。例えば海底堆積物においては、堆積物粒子の表面に微生物等によって形成される薄膜（バイオフィーム）に比較的高濃度で放射性核種が濃縮することが示唆され、これらを通じた海生生物への移行の可能性が指摘されてきた。2024 年度は、本項目では、海底堆積物に微量に含まれるバイオフィームを抽出し、微量な放射性核種を計測することで、これらの画分の生態系以降を評価するとともに、結果

を論文で公表した (Battulga et al., Environ. Sci. Poll. Res. 31, 60080-60092, 2024)。抽出されたバイオフィルムは極めて少量であり、低 BG 環境下での計測が極めて有効であった。バイオフィルム 1 kg (乾燥重量) あたりに含まれる Cs-137 濃度は最大 1300 Bq/kg で、主に長石等の鉱物で構成される周辺の堆積物粒子の 100 倍以上 Cs-137 を濃縮していることが分かった。これらのバイオフィルムは、比較的密度が低く疎水性のプラスチック粒子をキャリアとして海水中へと移行するため、鉱物粒子に比べて移動性が高く、生物による利用性も高いため、生物濃縮を加速させる因子としての役割を果たす可能性がある。今後の研究では、プラスチック関連放射性核種の生態系に対する生体蓄積と放射線生態学的影響を考慮する予定である。

本項に関して、これまでに様々な視点での詳細な調査を実施し、堆積物—間隙水—底層水間での放射性セシウムの交換、沿岸—外洋間の堆積物粒子の水平移動といった物質輸送・循環過程を明らかにしてきた。2024 年度には、それまでに学術論文として掲載された内容をまとめたレビュー論文 (Otosaka et al., J. Nucl. Sci. Technol. 59, 409-423, 2021) が、日本原子力学会の Most Popular Award 2024 を受賞した。

2. 天然放射性核種をトレーサとした海洋における物質フラックス解析

大気や河川を通じて海洋に運ばれた陸起源物質や、海洋表層で生産された生物粒子の一部は、海水中の懸濁粒子を形成し、凝集・分解を繰り返しながら海底へと運ばれる。海水中を沈降移動する粒子 (沈降粒子) は、海洋表層の汚染物質を効果的に深海へと運ぶ役割を持つため、沈降粒子の輸送フラックス (単位面積・単位時間当たりの粒子輸送量として定義され、粒子束と呼ぶ) の分布を高い空間分解能で明らかにすることは、汚染物質の海洋における行方を追跡するうえで重要である。

本項では、昨年度に引き続いて、2022 年から 2023 年にかけて実施した GEOTRACES (海洋における生物地球化学的循環の理解を深めることを目的とした国際的な研究プログラム) 研究航海において、東経 150 度および 155 度に沿って、赤道から北緯 50 度まで採取した海水中の親粒子性天然放射性核種 (Be 同位体, Th 同位体等) 濃度計測を実施し、その生成量と存在量の海水柱内での収支から、これらの放射性核種の粒子束を見積もった。また、海水をろ過して得られる粒子について、上述の天然放射性核種と微量元素 (鉄及びマンガン) の粒子中での濃度比を計測することで、目的成分の粒子束を見積もった。一連の観測は、緯度方向に 5 度から 10 間隔、深度方向に 50~200m の高い空間分解能で実施した。

北西太平洋の中緯度域 (北緯 20-30 度) では、アジア大陸の陸棚域から運ばれた陸起源の放射性核種が、黒潮続流域で中層へと運ばれている様子が観測された。また、沈降粒子の一部として海洋内部に鉛直輸送される鉄及びマンガンの輸送量は、北西太平洋高緯度域 (北緯 40-50 度) の縁辺部での粒子沈降による効果的な物質輸送が描像された。