

令和 7 年度（2025） 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	I. 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 福島第一原子力発電所（福島第一原発）では、2023 年 8 月より、施設内で発生した汚染水を多核種除去設備（ALPS）等で浄化することで生じた「処理水」を海洋に放出している。処理水はトリチウムや放射性セシウムをはじめとする 69 の放射性核種について濃度を確認後、希釈して放出されている。放射性ヨウ素は、放出核種の中でも被ばく線量への寄与が大きな核種の一つで、処理水放出による海水中の濃度増加が懸念されている。本研究では、2012 年から 2024 年にかけて研究船「新青丸」によって福島第一原発周辺海域で採取した海水試料について、¹²⁹I 濃度を測定し、海水中の濃度分布とその決定要因分布をまとめた。さらに、地下測定室で計測した ¹³⁷Cs のデータと ¹²⁹I の濃度比から、福島第一原発由来の放射性核種の動態について議論した。 本研究における最も高い ¹²⁹I 濃度 (445×10^{-8} Bq/L) は、同原発から約 1km の観測点で 2013 年に観測された。この比較的高い濃度の ¹²⁹I を持つ海水は、数キロメートルの塊状のプルームを形成し、海洋内部を移動していることがわかった。2023 年の ALPS 処理水の放出後には、¹²⁹I の優位な濃度上昇は見られなかったものの、¹²⁹I /¹³⁷Cs 比の高い海水が検出された。一連の結果は、結果を Environmental Science and Technology 誌に投稿し、掲載が決定した。 II. 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 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。

沈降粒子束の計測は、セジメントトラップ実験などの比較的大規模で長期にわたる海洋観測を必要とするため、観測海域や測点数が限られていた。一方で、海水中の親粒子性天然放射性核種 (Be 同位体, Th 同位体等) 濃度を計測し、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ることができる。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任意の目的成分の粒子中での濃度比を計測することで、目的とする粒子態成分の水中での滞留時間や粒子束を間接的に見積もることができる。

海水中の鉄 (Fe) とマンガン (Mn) は、海洋植物プランクトンにとって不可欠な微量栄養素で、例えば、北西太平洋亜寒帯域では表層海水中的鉄欠乏が植物プランクトンの成長を制限することがよく知られている。同海域では、オホーツク海やベーリング海から、Fe が中層を通じて数千キロメートルにわたって外洋域に水平移動したのち、冬季混合によって表層に供給されることで、外洋域での生物生産を支えることが指摘されている。しかし、Fe は酸化的な外洋域では粒子反応性が極めて高く、外洋域に運ばれるまでに一部が水柱から沈降除去される。したがって、縁辺域－外洋間の Fe の供給プロセスは複雑であり、不明な点が多く残されている。

本研究では、学術研究船「白鳳丸」KH-22-7 および 23-2 航海によって北西太平洋亜寒帯および亜熱帯海域にわたる広範囲で反応性粒子態 (海水中で可逆的に粒子化する成分) の Fe および Mn の分布を明らかにするとともに、 ^{234}Th － ^{238}U の非平衡に基づく粒子態 Fe と Mn の粒子束を推定し、これらの元素循環の定量的な描像を試みた。

一連の観測点の中で、最も高い微粒子 Fe および Mn 除去フラックスは亜寒帯域の観測点で観測された。この海域では、表層海水中的の微生物活動を通じて大量の生物由来粒子が生成されるため、海水に溶存する微量金属が、植物プランクトンによる吸収や、生物由来粒子への吸着を経た後、それらの粒子が凝集して水中から除去される可能性がある。表層海水中的における反応性粒子態 Fe と Mn の滞在時間は、亜熱帯北太平洋では 15～32 日、40～387 日と推定され、亜北極太平洋ではそれぞれ 9.8 日と 42.8 日と推定された。これらの表層水中での Fe の滞在時間は、過去のセジメントトラップ実験で推定された値に概ね一致した。 ^{234}Th および ^{238}U の非平衡を用いた滞留時間および粒子束の計測手法は、北西太平洋域での表層水中の Fe および Mn の除去フラックス推定を推定するうえで有効であることが確認された。