

海洋環境における希土類元素(REEs), トリウム(Th), ウラン(U)の動態および海藻バイオマスを用いた金属の生物吸着法の検討

坂 本 信 生*

Study on the behavior of rare earth elements (REEs), thorium(Th), uranium(U) in marine environment and biosorption of metals by seaweed biomass

by Nobuo SAKAMOTO

近年、環境汚染問題は世界規模での最も大きな問題の一つとなっている。このため、自然環境中の重金属等の汚染物質の定期的なモニタリングや定量、さらに汚染物質の低減化や回収法の検討は、環境防護の観点から重要である。他方、現代技術における希土類元素(REEs)等の貴金属の需要は、近年顕著に拡大している。しかしながら、REEsを含む微量金属の資源は特定国に偏在しており、資源の安定供給が課題となっている。そこで、微量金属の新しい回収法の確立は資源回収の観点からも不可欠である。

海洋環境においても、微量金属の回収・定量に関する問題は大変重要である。現在、マンガノジュールが海洋環境における新しいREEsの供給源として知られている。しかしながら、海水においては、低濃度であることより、REEsの資源回収の試みは成されていない。

一方、トリウム(Th)およびウラン(U)は、天然放射性核種で、広く自然界に存在する。これらの元素は、環境中において害を及ぼす汚染物質となりうるため、環境中におけるTh, U濃度の調査は、

放射線防護の観点からも重要である。さらにUは原子力エネルギー源として注目される。それゆえ、U鉱山においても、ファイトレメディエーション(植物を利用する環境にやさしい環境浄化技術)による適度な処理とともに回収法の検討が世界的に行われている。

環境にやさしい環境浄化技術のうち、生物吸着法も、重金属汚染された廃棄物の処理法として近年着目されている技術の一つである。このため、種々のバイオマスを用いた生物吸着の研究が世界各地で行われている。しかしながら、生物吸着の研究は、その対象が有害な重金属の汚染除去に関する研究が大部分で、REEs等の資源回収に着目した例はほとんどない。

上記の観点から、本論文では、主としてREEs, Th, Uを対象元素とし、また生物吸着(および定量)の対象物質として海藻を用いた。海藻は、緑藻、褐藻、紅藻の3門からなり、食用をはじめ化粧品、医薬品産業における原料として使用されているが、ヨウ素の他、Fe, Cr, Mnなどの金属を濃縮することが知られており、元素濃縮の面からも着目されている。

*新潟大学自然科学研究科

現在 新潟大学ベンチャービジネスラボラトリー
〔新潟大学博士(工学) 平成22年3月23日授与〕

本研究の目的は、新潟県の海洋環境中における REEs, Th, U の動態を把握すること、および海藻バイオマスを用いた REEs, Th, U の除去・回収法を確立することである。本研究は、また数種類の海藻によるこれらの金属の生物吸着能を探索することにも焦点が当てられている。

本論文は、以下の5章から成り立つ。

第1章では、本論文の背景を概観し、それをふまえて本研究の意義と社会的重要性について言及した。

第2章では、新潟県沿岸海域10ヶ所（本土6ヶ所、佐渡4ヶ所）で、2004年4月から2009年5月にかけて採取した海藻（緑藻10種19試料、褐藻21種81試料、紅藻21種35試料）および各地点での周辺海水中の REEs, Th, U の ICP-MS による定量結果を示し、海藻中の REEs は海水中の 10^3 - 10^5 倍、海藻中のUは海水中の 10 - 10^3 倍濃縮していることを示している。さらに、ワカメおよびイソモクの2種の褐藻においては、葉、莖（中肋）、気泡あるいは孢子葉の3器官に分け、部位別定量を行い、対象元素の濃縮傾向を詳細に検討した。

第3章では、代表的な褐藻であるワカメとイソモクの生体試料および乾燥試料を用いて、REEs と U の取り込みに関する室内モデル実験を行い、海藻におけるこれらの元素の取り込みや蓄積のメカニズムを検討するとともに、各試料の REEs, U の吸着容量を見積もっている。この章では、イソモクが優れ

た吸着能を示すこと、乾燥処理を施しても生体試料と同様の吸着能を示すことを提示した。

第4章では、第3章の結果をふまえ、代表的な褐藻のイソモク、紅藻のベニスナゴ、緑藻のアナアオサの乾燥試料を用いて、各試料の吸着サイトを Ca で置換した後、REEs (La, Eu, Yb) の吸着実験を行った。得られた結果を、ラングミュア吸着等温式やフロンドリッヒ吸着等温式を用いて吸着特性を検討した。また、走査電子顕微鏡 (SEM) により、各試料の REEs 吸着前後の表面状態についても考察した。この章では、海藻の金属取り込みは化学吸着が支配的であること、イソモクとアナアオサで高い吸着能を示し、とりわけアナアオサにおける La は、従来、他元素で行われた褐藻の研究例と比べても十分に高いことを提示した。

第5章では、この論文で得られた知見の概略と結論について述べた。

本研究において、従来の海藻の主たる研究対象であった褐藻のホンダワラ科（イソモク）の他に、緑藻や紅藻にも元素吸着特性を検討し、元素によっては高い吸着能を示すことを見いだした点に大きな特色がある。海藻を用いた生物吸着に関する基礎実験の手法ならびに成果は、微量金属元素を海洋環境から低コストで、また環境に対し低負荷で回収するための手法の開発、さらには回収装置の設計開発に向けての応用展開になりうると考えられる。