



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Factors for controlling stable isotopic composition of amino acids of marine organisms : Implication to aquatic ecosystem studies [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Xing, Daochao
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第14633号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/83612
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	XING_Daochao_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士 (環境科学)

氏名 Xing Daochao

審査委員 主査 教授 力石 嘉人
副査 教授 鈴木 光次
副査 准教授 渡辺 豊
副査 センター長代理 高野 淑識

(研究開発法人海洋研究開発機構・生物地球化学センター)

学位論文題名

Factors for controlling stable isotopic composition of amino acids of marine organisms:
Implication to aquatic ecosystem studies

(海洋生物に含まれるアミノ酸の安定同位体比を変化させる要因の解明)

人間活動は、海洋生態系に常に多大な影響を与えてきた。とくに人類が作り出した毒性を持つ化学物質の多くは、生態系における被食-捕食の食物連鎖を通じて濃縮される(これを **biomagnification** という)ため、海中への排出がたとえ僅かな量であったとしても、生態系上位の魚や海鳥に深刻な被害をもたらす。また二酸化炭素はそれ自体の毒性はほとんどないが、大気中での温室効果や海中での酸性化の効果があるため、人間活動による二酸化炭素の排出は、海洋生物の生育環境を著しく破壊する。従って、我々科学者は、人為起源の有害化学物質の生物濃縮や、二酸化炭素の排出量の増加に伴う海洋酸性化などを、過去50年にわたり積極的に研究してきた。しかしながら、従来の研究では、(1) 汚染物質の **biomagnification** を正しく推定するために必要な「栄養段階(生態系ピラミッドにおける生物の位置)」が正しく測定できないこと、および、(2) 海洋酸性化において魚などの海棲生物が受ける影響を評価する手法が存在しないこと、の2点の大きな根本的な課題があり、定量的な議論を行うことができなかった。そこで、本研究では、アミノ酸の安定窒素同位体比を用いた栄養段階推定法・消費エネルギー評価法を応用し、相模湾の魚の栄養段階の正確な推定(Chapter II, 2-1)、栄養段階を推定する上での最適な体組織の検討(Chapter II, 2-2)、生態系を評価するうえで重要な栄養塩(窒素)の空間的分布の把握(Chapter II, 2-3)、海洋酸性化を模した低pH飼育下における魚介類の消費エネルギーの変化の評価を行った。

相模湾には、黒潮、農業用水、工業用水、生活排水などに由来する様々な窒素が供給され、空間的に非常に複雑な環境が形成されている。本研究では、そのような環境においても、アミノ酸の安定窒素同位体比を用いた栄養段階推定法を用いれば、0.1~0.2程度の誤差で魚介類の栄養段階が求まることを示した。また、栄養段階を推定するうえで、従来は動物の筋肉組織が用いられてきたが、魚ではウロコやヒレ、貝では貝殻、動物の卵の黄身などでも、筋肉と同じ結果が得られること、さらに、アミノ酸の1つのフェニルアラニンの同位体比から、相模湾に流入する窒素の空間的な分布が把握できることを示した。これらの結果により、ア

ミノ酸の安定窒素同位体比を用いることで、栄養の流入源が複数あるような複雑な海域においても、また、筋肉組織が得られないような生物についても、栄養段階を推定することができることを世界で初めて明らかにした。

産業革命以降、人類の排出した二酸化炭素は海洋のpHを約0.1低下させた。しかし、地質学的に考えると、カンブリア紀、デボン紀、白亜紀などの二酸化炭素濃度は、現在の十数倍以上であり、当時の海洋のpHは、現在に比べて、0.3~0.5も低かったことが予想されている。本研究では、海洋酸性化を模した低pH (pH=7.2~7.6) 下で魚介類を飼育し、被食-捕食において¹⁵Nが大きく濃縮するはずのアミノ酸 (例えば、グルタミン酸は、 $\delta^{15}\text{N}$ 値で8.0‰の濃縮を示す) の同位体比が、1~4‰も低下することを発見した。アミノ酸の同位体比の上昇は、体内でエネルギーを生産するために分解されたアミノ酸量を反映するため、この窒素同位体比の上昇率の低下は、低pHでは現在の海洋 (pH=約8.1) に比べて、魚介類のエネルギー消費量が低下していることを意味し、その原因として、(1) 細胞の内外のpH調整に使用するエネルギーが削減されたこと、もしくは、(2) pHの低下により、毒性の高いアンモニア (NH_3) が毒性の低いアンモニウムイオン (NH_4^+) に変化し、魚介類の負荷が減少したこと、などが考えられた。これらの結果は、魚介類にとって、pH 7.6程度のpHの低下は、現在のpH 8.1よりも、住みやすい環境である可能性を示唆している。

本研究で得られた成果は、従来の「汚染物質のbiomagnificationを正しく推定するために必要な「栄養段階 (生態系ピラミッドにおける生物の位置)」が正しく測定できない」という課題に対して、アミノ酸の安定窒素同位体比を用いた栄養段階推定法が有効であることを示した点で、当該分野への貢献度が高い。また、「海洋酸性化において魚などの海棲生物が受ける影響を評価する手法が存在しない」という課題に対して、アミノ酸の安定窒素同位体比の濃縮率の変動からエネルギー消費量を評価し、そのうえ、魚介類にとって、pH 7.6程度のpHの低下は現在のpH 8.1よりも、エネルギー消費量が小さいことを世界で初めて示した点で、当該分野への貢献度が高い。本研究は、将来の研究の礎になると期待される。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士 (環境科学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。