

審査の結果の要旨

氏名 羽根 由里奈

本研究は、南西諸島海域を主要な産卵場とするクロマグロ *Thunnus orientalis* を対象に、高感度・高空間分解能を有する二次イオン質量分析計 (SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry) を用いて本種の耳石酸素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) を分析し、個体ごとの仔魚期の経験水温を推定することを目的とした研究である。温暖化に伴う水温上昇は、海洋生物の生態に大きな影響を及ぼしていると考えられるが、とくに、クロマグロのように限定的な海域で短い期間のみ産卵する種は水温変化の影響を受け易いと予測され、数値モデルを用いた既往研究は水温上昇に伴う本種の産卵海域の縮小および北上の可能性が示唆されている。しかし、長期モニタリングデータの不足などから、未だその実態解明には至っていない。そこで、本研究では、手法の確立とその出生地判別への適用、さらに温暖化影響評価の可能性について考察した。論文は、5章から構成されており、中核を成す2章から4章のうち、2章ではSIMS分析に用いる耳石試料を作成する上で必要な前処理技術の開発、3章ではSIMSと微量炭酸塩酸素安定同位体比分析 (IRMS: Isotope Ratio Mass Spectrometry) を組み合わせたクロマグロ仔魚期の絶対値としての経験水温の推定、4章ではクロマグロ成魚52個体の仔魚期経験水温に基づく出生地判別への適用を行った。

研究成果の概要は以下の通りである。

SIMS分析に用いる試料作製前処理技術の開発

表面分析手法であるSIMS分析は、試料表面の形状に測定結果が大きく影響されることから、分析試料の特性に適した切片法や研磨法を確立することが重要である。そこで、単一の耳石薄片を標準試料とともにエポキシ樹脂に包埋し鏡面仕上げする単一耳石薄片試料作製法と、複数の耳石薄片をインジウムに包埋する複数耳石薄片試料作製法を開発した。単一耳石薄片試料作製法では、樹脂包埋回数および表面研磨量を削減することにより従来の手法よりも短時間で試料を作製することができた。また、複数耳石薄片試料作製法では一度に分析できる試料数を飛躍的に高めることで、単一耳石薄片試料と同様の分析精度を保ちながら分析の効率を向上させることに成功した。

酸素安定同位体比分析を用いた仔魚期の経験水温の推定

SIMSとIRMSを組み合わせることでクロマグロ仔魚期の経験水温を絶対値として推定する手法を確立した。SIMSは分析試料と標準試料の組成の違いから生じるマトリクス効果の影響を受ける手法であることから、SIMS分析から得られる測定値は主に耳石中に含まれる生物起源有機物によって一定のバイアスを受けていると考えられる。そこで、SIMSで測定した同試料の $\delta^{18}\text{O}$ 値を有機物の影響を受けないIRMSを用いて測定し、両手法から得られた $\delta^{18}\text{O}$ 値を比較するこ

とで補正係数を決定した。SIMS 分析の結果、全ての個体において水温の低下する冬季に形成される第一年輪周辺部に向かって $\delta^{18}\text{O}$ 値が増加したことから、実際に個体が経験した水温を反映していると推定できることが分かった。また、クロマグロ仔魚の耳石 $\delta^{18}\text{O}$ と水温の関係式を用いて推定された仔魚期の経験水温は、やや高い傾向にあるものの過去の仔魚採集調査で報告されている仔魚の出現水温とほぼ一致した。

仔魚期の経験水温を用いた出生地判別

クロマグロ 52 個体の初期生活期における耳石 $\delta^{18}\text{O}$ について SIMS を用いて測定した結果、耳石核 $\delta^{18}\text{O}$ 値は個体間で大きく異なっていた。仔魚期に低水温を経験した群（日本海出生群）と高水温を経験した群（東シナ海出生群）に分けられ、東シナ海出生群はさらに早生まれ群と遅生まれ群に分けられることが分かった。日本海出生群の経験水温は現場水温と概ね一致したが、東シナ海出生群の経験水温は比較的高く、 31°C を上回る高水温を経験した個体もいくつか存在した。したがって、推定された経験水温には SIMS 分析および補正係数の誤差により最大 2°C 程度の誤差が含まれる可能性がある。しかし、一定の誤差はあるものの、SIMS $\delta^{18}\text{O}$ 値から推定された仔魚期の経験水温は出生地判別に有用であることが分かった。

本研究は、SIMS $\delta^{18}\text{O}$ 分析を用いてクロマグロ個体ごとの仔魚期の経験水温を推定する手法を確立し、推定された仔魚期の経験水温を出生地判別へと適用することが可能であることを示した点が高く評価できる。また、得られた成果に基づく分析手法は、本種に対する定量的な温暖化影響評価にも貢献でき、将来における資源管理方策の策定にも資することが期待できる。

なお、本論文第 2 章、第 3 章は、木村伸吾、横山祐典、宮入陽介、牛久保孝行、石村豊穂、小川展弘、青野智哉、西田梢との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 2049 字