シンポジウム記録 多元素同位体を用いた魚類の移動履歴推定—最新の技術と応用

I-3. 耳石の元素・同位体組成を用いた
魚類の回遊生態研究

横内一樹

水産研究・教育機構水産資源研究所

I-3. Otolith geochemical analysis for studies on
migratory ecology of fishes

KAZUKI YOKOUCHI

*Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and
Education Agency, Yokohama, Kanagawa 236-8648,
Japan*

回遊する魚類について、個体群の特性を理解するためには、その由来や再生産に至る産卵回遊経路について把握することが重要となる。本講演では、魚類の硬組織の一つである耳石の微量元素・安定同位体組成が、魚類の生態情報を復元する自然標識となることを紹介し、その変動メカニズムや取り込み過程、分析データの取扱いについて、既報の生態研究事例や総説¹⁾をもとに概説した。

耳石は、内耳に存在するカルシウム (Ca) で構成された硬組織である。耳石には輪紋が形成されることが多く、古くから魚類の年齢形質として利用されてきた。耳石の成長とともに、Caに加えて、少なくとも30の微量元素が耳石へ取り込まれる。²⁾ 耳石中の元素組成は、生息環境または個体の生理状態などから影響を受けて変化する。²⁻⁴⁾ そのため耳石には、個体が経験した環境・生理状態に関する情報が時系列に沿って保持される。したがって、耳石核付近の中心部から縁辺部に向かう成長軸に沿って耳石微量元素・安定同位体組成を分析することで、個体レベルの回遊経路やその由来が判別可能となる。自然標識は、人為的な標識放流を必要とせず再捕率に依存しないため、採集された標本から遡及的に由来や履歴を推定することが可能であるという大きな利点がある。

耳石の元素組成やその変動、応用に関しては、多くの総説がある。例えば、Elsdon *et al.*⁴⁾は、耳石試料のサンプリングからデータの統計解析まで、耳石研究に必要な諸段階について整理し、応用研究に必要とされる仮定や前提条件、手法の応用範囲について詳細に解説している。耳石の元素・同位体を用いた研究を計画する際には、有用な情報が多く、是非一読を検討されたい。

これまで魚類生態研究のため、最も多く分析されている元素の一つはストロンチウム (Sr) である。Srの海水中の濃度は外洋域では概ね均一であり、Brown and Severin⁵⁾は、淡水魚と通し回遊魚において、環境水のSr/Ca比が耳石Sr/Ca比変動の主要因であることを報告している。加えて、河川水のSr安定同位体比 (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) は、流域の地質の同位体比を反映し、⁶⁾ さらに耳石の⁸⁷Sr/⁸⁶Srと平衡関係にある。⁷⁾ そのため、海と川の生活期を耳石Sr/Ca比により推定する手法や、Srの安定同位体比から利用河川を判別する手法は、既に確立さ

れた手法として広く応用がなされている。一方で、狭塩性の海水魚については、通し回遊魚と比較して、知見の蓄積が求められる状況にある。海水魚は生活史のなかで淡水や汽水の影響を受ける機会があまりなく、経験する環境水の物理・化学的な変動が比較的少ないことから、耳石の微量元素組成は大きく変動しないものと考えられている。そのため、特に外洋域における耳石微量元素組成の自然指標としての有用性は、いまだ検証段階のものが少なくないと言える。

耳石の微量元素・安定同位体比を、個体群や回遊生態の指標として利用するためには、元素が耳石へ取り込まれる過程を把握することが重要である。組成の主な変動は、環境学的要因と生物学的要因が複合的に影響するが、その変動メカニズムは十分に解明されているとは言えない。^{2,8-10)} 元素・安定同位体の取り込みは、元素や魚種ごとに変動メカニズムが異なることも考えられる。そのため、少なくとも魚類の耳石微量元素組成を用いて個体群構造や回遊経路の推定を行う際には、水温や塩分、環境水中の元素組成等の環境要因を考慮するために、年齢や体成長率、成熟等の生物学的・生理学的影響を適切な研究デザインの設定によって最小限に抑えることが重要となる。

文 献

- 1) 横内一樹, 天野洋典, 石村豊穂, 白井厚太郎. 耳石の元素・同位体比分析による回遊生態研究 (総説). 水産海洋研究 2017; **81**: 189-202.
- 2) Campana SE. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1999; **188**: 263-297.
- 3) Tsukamoto K, Nakai I, Tesch WV. Do all freshwater eels migrate? *Nature* 1998; **396**: 635-636.
- 4) Elsdon TS, Wells BK, Campana SE, Gillanders BM, Jones CM, Limburg KE, Secor DH, Thorrold SR, Walther BD. Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations and inferences. *Oceanogr. Mar. Biol.* 2008; **46**: 297-330.
- 5) Brown RJ, Severin KP. Otolith chemistry analyses indicate that water Sr:Ca is the primary factor influencing otolith Sr:Ca for freshwater and diadromous fish; but not for marine fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2009; **66**: 1790-1808.
- 6) Bentley RA. Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: a review. *J. Archaeol. Method. Theory* 2006; **13**: 135-187.
- 7) Kennedy BP, Folt CL, Blum JD, Chamberlain CP. Natural isotope markers in salmon. *Nature* 1997; **387**: 766-767.
- 8) Elsdon TS, Gillanders BM. Reconstructing migratory patterns of fish based on environmental influences on otolith chemistry. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 2003; **13**: 217-235.
- 9) Sturrock AM, Trueman CN, Darnaude AM, Hunter E. Can otolith elemental chemistry retrospectively track migrations in fully marine fishes? *J. Fish. Biol.* 2012; **81**: 766-795.
- 10) Walther BD, Limburg KE. The use of otolith chemistry to characterize diadromous migrations. *J. Fish. Biol.* 2012; **81**: 796-825.