

The origin and ecological and morphological divergence of

*Sarcocheilichthys* fishes in Lake Biwa

(琵琶湖におけるヒガイ属魚類の起源と生態・形態分化)

Takefumi Komiya

小宮 竹史

論文要約

琵琶湖は、およそ 400 万年という長い歴史をもつ世界有数の古代湖である。その長い歴史に加えて、深く広い沖合帯や発達した岩礁地帯を含む多様な琵琶湖の環境は、多くの固有な動植物種を育んできた、言わば「進化の実験場」である。琵琶湖水域に生息する約 70 種の魚類のなかには、10 数種の固有種・亜種が含まれる。それらは琵琶湖の環境に適応した独自の進化を遂げており、進化生態学における興味深い材料を多く含んでいる。近年、分子解析によって、多くの固有種の起源が明らかとなった。その結果、琵琶湖固有種は従来考えられていたよりも複雑な歴史をもつことが示されている。琵琶湖における魚類の多様性の創出と維持のメカニズムを解明するために、さらに詳細な調査を行う必要がある。

本論文では、琵琶湖の沿岸域および流入河川に広く分布し、様々な底質環境を利用する固有魚類であるコイ科ヒガイ属 2 種（ビワヒガイ、アブラヒガイ）について、比較形態分析、分子系統・集団遺伝分析、安定同位体分析などの進化生態学的なアプローチから研究を行い、特に摂餌関連形質の多様化に着目して、その形態・生態分化および種と個体群の歴史について解明を試みた。

第一部では、琵琶湖のヒガイ属魚類にみられる頭部形態の連続的な変異に焦点を当て、琵琶湖の多数地点から得られたサンプルに基づき、形態変異と生息場所の底質との関係を調べた。まず幾何学的形態測定法（Geometric morphometrics）を用いて、頭部形状を定量化した結果、岩礁帯に生息する個体では砂礫帯の個体に比べて頭部が長い傾向があり、口

部形態や胃内容物も異なることから、その顕著な頭部形態の変異は採餌適応に関連した栄養多型であると結論づけた。加えてミトコンドリア DNA とマイクロサテライト標識を用いた遺伝的集団分析の結果、琵琶湖のヒガイ類の地域集団間では遺伝的な差異が認められないこと、形態的差異から別種として記載された2種は遺伝的にきわめて近縁であることが示唆された。

第二部では、長期的な食性の履歴と生態系における栄養的位置を調べることができる炭素と窒素の安定同位体比を用いて、形態変異と食性との関連を検討した。沿岸域および深場で採集された個体を材料に安定同位体分析を行った結果、いずれの生息地でも頭部が長い個体ほど動物プランクトンをより多く採餌している傾向が示された。従来、ヒガイ属魚類は底生動物食者と考えられてきたが、形態変異を通して新奇な餌を利用できるようになり、ひいては異なる生態的地位に進出しているものと考えられた。

第三部では、琵琶湖におけるヒガイ属魚類の移住と集団形成、および適応の歴史を解明するために、西日本の分布域全域から得られた標本を用いて、ミトコンドリア DNA とマイクロサテライト標識を用いた詳細な分子遺伝学的解析を行った。ミトコンドリア DNA の分子系統樹に基づく分岐年代推定の結果、ヒガイ属魚類は、更新世中期以降、少なくとも3回にわたり琵琶湖に侵入したと推定された。コアレセント分析に基づく詳細な遺伝集団解析の結果、現在の琵琶湖集団は更新世末期に個体群を拡大したと推定された。特に長く特殊化した頭部形態をもつ集団は、最終氷期極大期以降に再形成された岩礁地帯に、新規に移住、確立したことが示され、急速な適応と種分化が起こった可能性が示唆された。

以上のとおり、本論文は、琵琶湖に複数回にわたって侵入したヒガイ類が、異なる底質環境に形態的、生態的に分岐適応したことを明らかにした。形態変異は採餌適応と関連があり、岩礁地帯における動物プランクトンの利用が重要であると考えられた。ヒガイ類にみられる後期更新世の環境変動に関連した分化の起源は、その他の琵琶湖固有魚類で明らかにされている起源に比べて歴史が浅く、興味深い。本研究は、温帯古代湖においてこれまでほとんど明らかにされていない急速な生態適応による種多様化に関する研究のさらなる発展に貢献するものと考えられる。