

学位審査報告書

（ふりがな） 氏名	こみや たけふみ 小宮 竹史
学位（専攻分野）	博士（理学）
学位記番号	理博第 号
学位授与の日付	平成25年 月 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科 生物科学 専攻
（学位論文題目） The origin and ecological and morphological divergence of <i>Sarcocheilichthys</i> 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）	
論文調査委員	（主査） 渡辺 勝敏 准教授 曾田 貞滋 教授 疋田 努 教授

理学研究科

京都大学	博士 (理 学)	氏名	小宮竹史
論文題目	The origin and ecological and morphological divergence of <i>Sarcocheilichthys</i> 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)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>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ててきた、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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>以上のおおりに、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。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。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

主に地溝帯域に形成される 10 万年以上の長い歴史をもつ湖、いわゆる古代湖では、固有種の出現や適応放散などの興味深い進化的現象が頻繁に見られ、生物多様性の創成に関する多くの研究がなされてきた。しかし、東アジアを代表する古代湖である琵琶湖においては、そのユニークな地史や生物相形成史上の特性にもかかわらず、現代的なアプローチからの研究はあまり進んでいない。琵琶湖水域には約 70 種の淡水魚類が生息し、琵琶湖の環境に適応した 10 数種の固有種・亜種を含んでいる。本申請論文は、そのうち、コイ科のアブラヒガイ(固有種)とビワヒガイ(固有亜種)を含むヒガイ属魚類の形態、生態、および生態的地位における分化の実態を明らかにするとともに、琵琶湖固有種群の系統的起源や集団形成の歴史についての解明を推し進めたものである。

本論文ではまず、琵琶湖一円から得られた標本に基づいて、ヒガイ類の頭部形態における変異と底質環境の関係に関して詳細な検討が行われた(第一部)。短頭型から長頭型の連続的な変異を示す頭部形態は、幾何学的形態測定法により定量化され、岩礁帯では長頭型が、砂礫帯から流入河川では中間型から短頭型が生息するという明瞭な傾向が明らかにされた。このうち、アブラヒガイは岩礁帯に特化した長頭型の種であり、ビワヒガイは変異性に富んでいた。これらの頭部形態は、口部形状などの摂餌関連形質と密接な関係を示し、消化管内容物も岩礁帯と砂礫帯では異なっていた。一方、湖内の地点サンプル間、また種間でも、高感度の遺伝子標識において遺伝的差異が認められなかった。このことから、琵琶湖のヒガイ類は、明瞭な遺伝的分化を伴わないまま、顕著な栄養多型を示す一群であると結論されている。

次に、琵琶湖におけるヒガイ類の頭部形態変異が、長期的な食性傾向や生態系における栄養的位置に多様化をもたらしている可能性について、安定同位体分析による検証がなされている(第二部)。異なる 2 つの季節に採集された標本を対象に、炭素と窒素の安定同位体比の分析を行った結果、いずれの季節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。ヒガイ属魚類は一般に底生動物食者であるが、形態の多様化を通して新奇な餌を利用するようになり、ひいては異なる生態的地位に進出したと結論している。

第三部では、ミトコンドリア DNA とマイクロサテライト標識を用いた分子遺伝学的解析によって、琵琶湖へのヒガイ類の移住と湖内での集団の歴史の推定が試みられている。ミトコンドリア DNA の分子系統樹に基づいて、ヒガイ類は、更新世中期以降、少なくとも 3 つの系統が琵琶湖に侵入したと推定されている。さらに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させ、特に長く特殊化した頭部形態をもつ集団の移住・確立は、最終氷期極大期以降に再形成された岩礁地帯において新規になされたと推定されている。またこのことから、そのような岩礁地帯で、急速な形態・生態適応と種分化が起こった可能性を示唆している。

本論文が明らかにしたような、系統分化が明瞭でない種群における、おそらく急速に生じた形態・生態分化は、適応進化や種分化研究の格好の対象となる。本論文は、琵琶湖においてほとんど未解明であった分岐適応的種分化について、多面的なアプローチから取り組んだものであり、温帯古代湖を対象とした今後の進化的研究の重要な基盤を提供し、さらなる発展に貢献するものである。また研究課題の開拓、選定から、フィールドワーク、標本収集、多岐にわたる新しい解析手法の習得まで、自主的に高いレベルで成し遂げた点も、申請者の高い研究能力と資質を示すものと評価される。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 25 年 3 月 12 日に論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公開可能日： 年 月 日以降