



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Comparative Osteology and Myology of Baikalian Sculpins (Acanthopterygii: Cottiformes) and Their Phylogenetic Relationships [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	佐々木, 嘉子
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第12411号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/63223">https://hdl.handle.net/2115/63223</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshiko_SASAKI_abstract.pdf, 論文内容の要旨



# 学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：佐々木 嘉子

## 学位論文題目

Comparative Osteology and Myology of Baikalian Sculpins (Acanthopterygii: Cottiformes) and Their Phylogenetic Relationships

(バイカル湖産カジカ類の骨格系と筋肉系の比較形態学および系統類縁関係に関する研究)

バイカル湖産カジカ類（以後、バイカルカジカ類）は3科12属33種2亜種が知られ、そのうち2科32種2亜種がバイカル湖の固有種である。バイカルカジカ類を扱った包括的な研究としては古くは Taliev (1955) がある。また、系統分類学的研究として、Sideleva (1982) は主に側線系の形態を基にバイカルカジカ類をカジカ科（標徴：底生性、卵生、管器からなる側線系）、アビッソコッタス科（底生性、卵生、遊離感丘からなる側線系）およびコメフォルス科（遊泳性、卵胎生、管器からなる側線系）の3科とカジカ科内に2亜科（カジカ亜科およびコットコメフォルス亜科）を認め、その多系統的起源を示唆した。しかし、Sideleva (2003) は側線系に加え外部形態を用いた系統解析により、全てのバイカルカジカ類はバイカル湖産以外の淡水性カジカ科魚類を含む単系統群を形成することを示した。一方で、mtDNA や核 DNA を用いた分子系統学的研究からは、バイカルカジカ類はカジカ科内の淡水性種の系統から派生した単系統群とする仮説が示されている (Kontula et al., 2003; Smith and Wheeler, 2004; Smith and Busby, 2014 など)。しかし、バイカルカジカ類の形態学的知見は十分とは言えず、特に分子系統学的な系統仮説を検証するためにも解剖学的特徴を解明することが必要である。

そこで、本研究では (1) バイカルカジカ類の骨格系および筋肉系を詳細に観察し記載すること、(2) 形態学的観点に基づくバイカルカジカ類の系統類縁関係を推定すること、および (3) バイカルカジカ類の名義科階級分類群の有効性を検討することを目的とした。また、これらのカジカ類のバイカル湖への適応・進化についても考察した。

## 【材料と方法】

本研究ではバイカルカジカ類3科11属22種およびその他のカジカ亜目魚類11科23種の比較解剖を行った。系統解析としてはバイカルカジカ類の単系統性を検証するための第1解析と、第1解析の結果に基づきコメフォルス科を除くバイカルカジカ類と他のカジカ科魚類の詳細な系統類縁関係を推定するための第2解析を行った。第1解析ではバイカルカジカ類とカジカ亜目内の各科を内群、一般的なスズキ目魚類を外群とした。第2解析ではコメフォルス科を除くバイカルカジカ類にバイカル湖以外の淡水産3種と海産6種のカ

ジカ科魚類を加え内群とし、外群にはカジカ科内で最も原始的とされる *Jordania zonope* を用いた。

## 【結果】

### 1) 形態記載

バイカルカジカ類の骨格系 10 部位（眼下骨、神経頭蓋、両顎、懸垂骨、舌弓、鰓弓、肩帯、腰帯、中軸骨格と不對鰭の支持骨格および尾鰭骨格）、筋肉系 9 部位（頬部、懸垂・鰓蓋部、頭部腹面、鰓弓、肩帯、腰帯、中軸骨格と不對鰭、尾鰭および体側筋）、側線系および外部形態について比較観察し、詳細に記載した。また、観察結果に基づいて 94 個の形質変換系列を作成した。

### 2) 系統解析

第 1 解析：内群で確認された 69 個の形質変換系列を用いた系統解析の結果、60 本の最節約的な樹形が得られ、それらの厳密合意樹を基にバイカルカジカ類の単系統性を検討した。その結果、バイカルカジカ類はコメフォルス科およびそれ以外のカジカ類からなる 2 つのクレードに区分され、コメフォルス・クレードはカジカ上科およびダンゴウオ上科からなる単系統群と姉妹群であること、またコメフォルス科以外のバイカルカジカ類は単系統群を形成し、それはカジカ科に内包されることが示された。

第 2 解析：内群で確認された 64 個の形質変換系列を用いた系統解析の結果、2 本の最節約的な樹形が得られ、それらの厳密合意樹を基にコメフォルス科以外のバイカルカジカ類の系統類縁関係を推定した。その結果、これらのバイカルカジカ類は単系統群を形成し、この単系統群はカジカ科内の淡水性種の系統から派生したこと、およびアビッソコッタス科は単系統群を形成するが、コットコメフォルス亜科は非単系統群であることが示された。

### 3) バイカルカジカ類の名義科階級分類群の有効性

系統解析の結果、バイカルカジカ類は 2 つのクレード（コメフォルス科およびその他のバイカルカジカ類）に区分される非単系統群であること、アビッソコッタス科は単系統群であるがカジカ科に内包されることが示された。このことから、バイカルカジカ類に設定された名義科階級分類群のうち、コメフォルス科は有効であるが、コットコメフォルス亜科は無効と判断された。また、アビッソコッタス科は単系統群であるが、カジカ科に内包されることがからカジカ科として扱うことが妥当であると判断された。以後、コメフォルス科を除くバイカルカジカ類をバイカル湖産カジカ科魚類とする。

## 【総合考察】

本研究で明らかになったバイカルカジカ類の形態的特徴と新たな系統仮説に基づいて、これらのカジカ類のバイカル湖での適応・進化について考察した。

### 1) コメフォルス科魚類の特異性

コメフォルス科魚類は多くの特異な形態学的特徴をもつが、本研究では開顎機構および遊泳行動について機能形態学的に考察した。

①開顎機構: コメフォルス科魚類は前上顎骨の上向突起が著しく短いことから、一般的な棘鱗類のように前上顎骨を突出させることはできず、また鰓条骨が短く、鰓膜が前方に深く切れ込むことから、鰓条骨間を拡大して鰓孔を閉じることができないと推定され、前上顎骨の突出を伴う吸い込み摂餌ができないと考えられる。従って、コメフォルス科魚類は一般的なカジカ類とは大きく異なる摂餌行動をとっている可能性があることが示唆された。

②遊泳行動: コメフォルス科魚類の肩帯外側の筋肉 *abductor profundus* と肩帯内側の筋肉 *adductor profundus* の上部の鰭条に挿入する分枝が他の分枝に比べて発達することから、胸鰭基底上部を前後に動かすことが可能と考えられる。従って、水塊中で胸鰭基底上部を前方に引くことで胸鰭を水平に広げて姿勢を維持し、後方に引き戻すことで抗力を発生させていると推定された。これはバイカルカジカ類で唯一遊泳性のコメフォルス科魚類が湖の水塊中へ独自の適応を遂げていることを示唆する。

## 2) バイカル湖産カジカ科魚類における生息水深の進化傾向

第2解析の結果から、バイカル湖産カジカ科魚類の共通祖先はバイカル湖沿岸の浅所に生息していた底生性種であり、湖底を伝って中深層に進出した後に種分化が起こったと考えられる。また、中深層で分化した種のうち、更に深層へ進出した系統 (*Batrachocottus nikolskii*, *Abyssocottus korotneffi* など) と、浅所へ回帰した系統 (*Batrachocottus baicalensis*, *Procottus jeittelesii* など) は並行して複数回分化したと考えられる。また、半底生・半遊泳性の生活様式をもつコットコメフォルス属は中深層へ進出することなく浅所の共通祖先から独自に分化したと推定された。

## 3) バイカル湖産カジカ科魚類の側線系

カジカ科魚類は一般に側線管が発達するが、従来のアビッソコッタス科では側線管はなく、遊離感丘のみから構成される側線系をもつ。本研究で側線管をもつカジカ科魚類の仔稚魚の側線管の形成過程を観察した結果、遊離感丘および神経が形成されたのち、側線管とその骨格支持構造が形成されることを確認した。バイカル湖産カジカ科魚類では骨格支持構造の形成途中と類似した形態が観察されることから、それらの遊離感丘のみからなる側線系は管状構造を伴う側線系が形成途上で停滞して生じた幼形成熟の状態であると推定された。一般的に、遊離感丘は静水環境において管器に比べて敏感に水の動きを感知できることから、この形態はバイカル湖の静水環境での生活に適応した形態の一つであると考えられる。

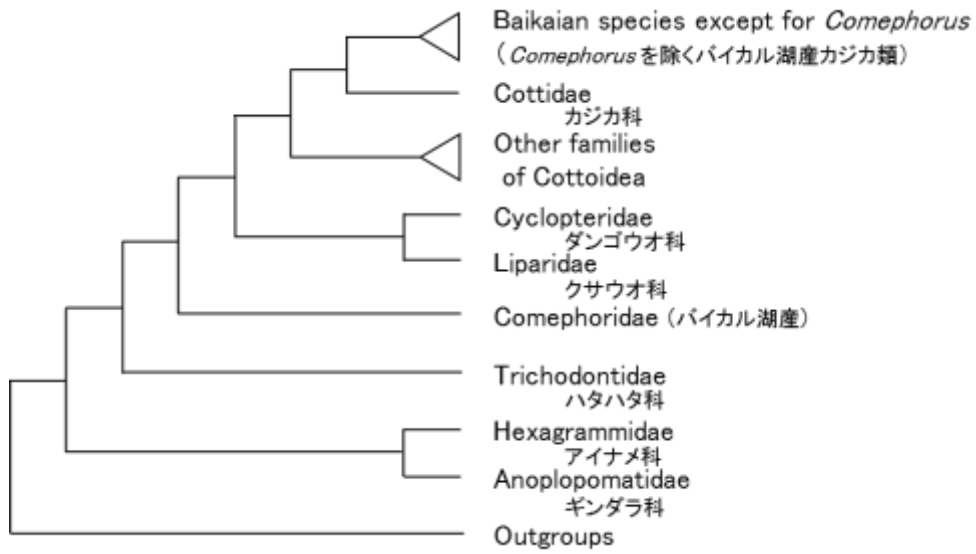


図 1. カジカ亜目におけるバイカルカジカ類の系統的位置

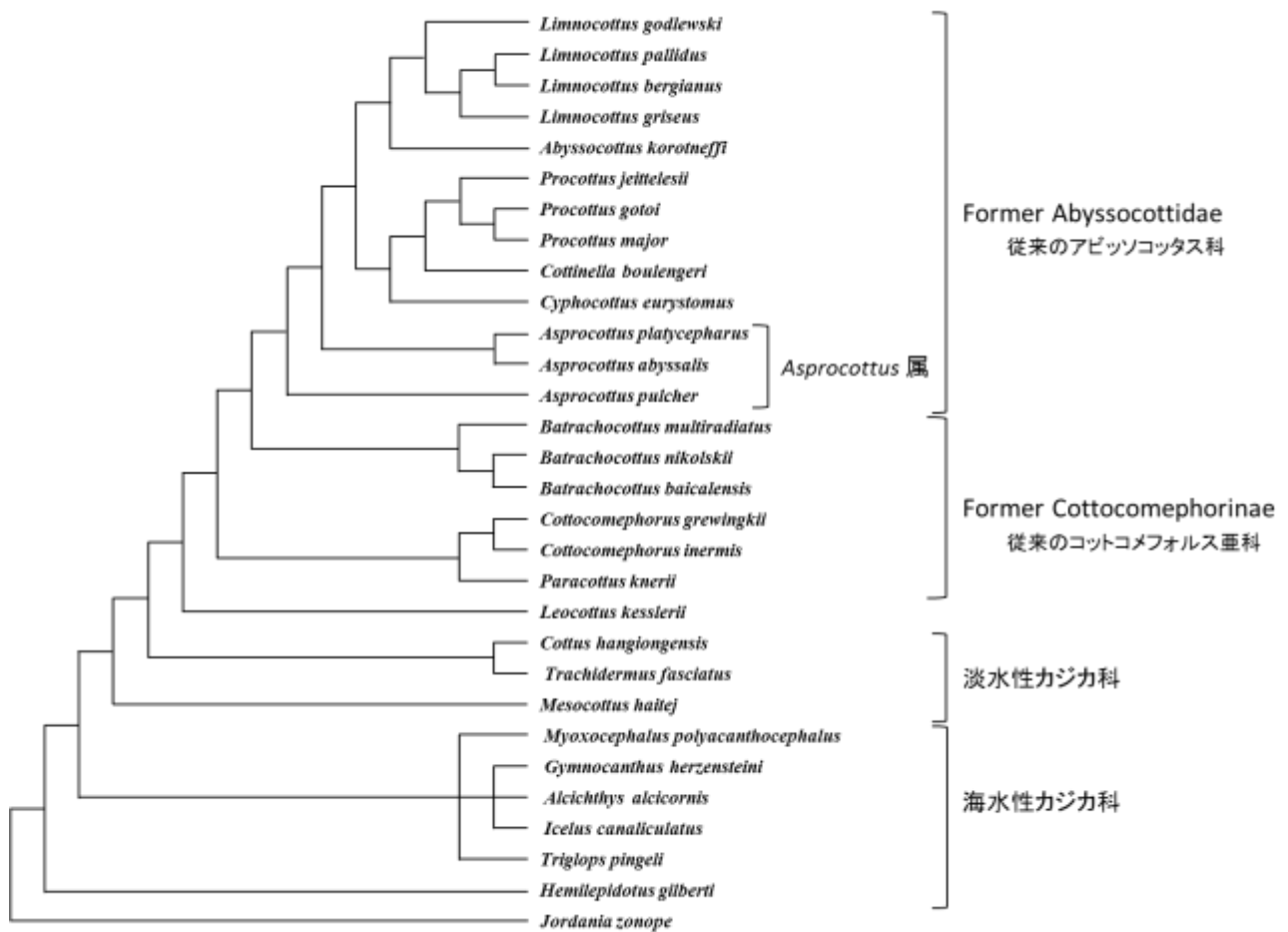


図 2. バイカル湖産カジカ科魚類の系統類縁関係