

学 位 論 文 題 名

Comparative Morphology and Phylogenetic Systematics
of Fishes of the Genus *Artediellus*
and its Relatives (Perciformes: Cottidae)

(オキカジカ属およびその近縁群比較形態学および系統分類学的研究)

学位論文内容の要旨

オキカジカ属 *Artediellus*, キンカジカ属 *Cottiusculus*, ソコカジカ属 *Zesticelus* などの6属21種から構成されるいわゆるオキカジカグループは、スズキ目 Perciformes カジカ科 Cottidae に属し、北部太平洋、北部大西洋、および北極海の浅海から深海にまで生息する小型の底生性魚類である。本グループは、頭部が著しく縦扁すること、体はほぼ無鱗で、側線鱗が溝状で皮下に埋没することなどで特徴づけられる。

オキカジカグループの分類については、Taranez (1941), Neyelov (1968, 1979) などにより伝統的分類学の立場から研究され、カジカ科内の族 (tribe) あるいは亜科とする見解が提示されてきた。また、分岐分類学的な立場からの研究により本グループの数属が単系統群であること、また、*Bolinia euryptera* がそれらの姉妹群であるとする仮説が提示されてきた (Yabe, 1985; 1991)。このほかにも Bolin (1936) などによる本グループとの近縁性が示唆された種が知られているほか、近年、本グループに類似するがグループ内のいずれの属の標徴とも一致しない未記載種 (以後 Yellow Sea sculpin とする) が黄海で採集された。

このように、オキカジカグループは従来から様々な研究がなされているが、本グループ全体を扱った分岐分類学的な研究が行われていないため、本グループの分類・系統・進化に関しては不明な点が多い。

そこで本研究は、オキカジカ属 *Artediellus*, クロヒレカジカ属 *Artediellichthys*, キンカジカ属 *Cottiusculus*, ソコカジカ属 *Zesticelus*, *Bolinia* 属, クシビレカジカ属 *Phasmatocottus*, および Yellow Sea sculpin を新たにオキカジカグループとして定義し、その1) 形態学的諸特徴の記載, 2) 単系統性の検証, 3) 系統類縁関係の推定, 4) 分類体系の再構築, および5) 進化プロセスの解明をすることを目的とした。

【材料および方法】

オキカジカグループを含むカジカ科10属23種の比較解剖を行い、得られた形態形質を系統解析に用いた。解析には分岐分類学的手法を採用し、最節約的基準のもとで系統解析ソフト Paup*ver.4.0b10 を用いた。形質の極性決定には外群比較法を採用し、外群には *Jordania zonope* および *Hemilepidotus gilberti* を用いた。形質進化の推定には MacClade ver. 4.0 を用い、分布および生息水深における進化プロセスの推定は Sawada (1982) に従った。

【結果および考察】

1) オキカジカグループの系統類縁関係

本グループの比較解剖を行い、骨格系・筋肉系の形態学的記載を行った。また、頭部感覚系を骨格要素との比較により再定義・記載した。そこから得られた 53 変換系列を用いて、系統解析を行った。その結果、150 本の最節約的な樹形（樹長 104, 一致指数 0.5673）が得られ、その厳密合意樹を本グループの系統仮説として採用した（図 1）。

本グループは側線鱗が溝状を呈す、後部腹椎骨の側突起が癒合して薄板状を呈するなど 10 個の共有派生形質で支持される単系統群（クレード D 2）であると判明した。また、本グループには *Bolinia* lineage（クレード E 1）、*Artediellus* lineage（クレード F 1）、および Non-*Artediellus* lineage（クレード F 2）の 3 つの主要系統が存在することが明らかになった。*Bolinia* lineage は *Bolinia* 属から構成され、感覚管の分枝管が発達することで支持された。*Artediellus* lineage はオキカジカ属魚類のみから構成され、眼下骨棚が細いことで支持された。Non-*Artediellus* lineage はクロヒレカジカ属、キンカジカ属、クシビレカジカ属、ソコカジカ属、および Yellow Sea sculpin から構成され、前鰓蓋骨第 2 棘、3 棘があることで支持された。また従来のキンカジカ属は側系統群であり、キンカジカ *C. schmidtii* と Yellow Sea sculpin からなる単系統群とオキヒメカジカ *C. gonzalez* の系統に分かれることが明らかになった。

2) オキカジカグループの分類

従来のオキカジカ属、クロヒレカジカ属、*Bolinia* 属、クシビレカジカ属、およびソコカジカ属はいずれも単系統群とみなされたことから、これらの属のランクを踏襲した。従来のキンカジカ属は側系統群であることが判明したことから、本属のタイプ種であるオキヒメカジカのみからなる単系統群を *Cottiusculus* オキヒメカジカ属とした。また、キンカジカ *C. schmidtii* および Yellow Sea sculpin からなる単系統群には、新属のランクを与えるべきと判断した。

以下に本研究で提唱するオキカジカグループの新分類体系を示す。なお、本研究では、解析に加えることができなかった *Artediellina* 属およびカワリオキカジカ属については、Neyelov (1979) に従い、便宜的に本グループに含めた。

Artediellus group オキカジカグループ

Genus *Artediellus* Jordan, 1885 オキカジカ属

Genus *Zesticelus* Jordan and Everman, 1896 ソコカジカ属

Genus *Cottiusculus* Jordan and Starks, 1904 オキヒメカジカ属

Genus *Artedielloides* Soldatov, 1922 カワリオキカジカ属

Genus *Phasmatocottus* Bolin, 1936 クシビレカジカ属

Genus *Artediellina* Taranetz, 1937

Genus *Artediellichthys* Taranetz, 1941 クロヒレカジカ属

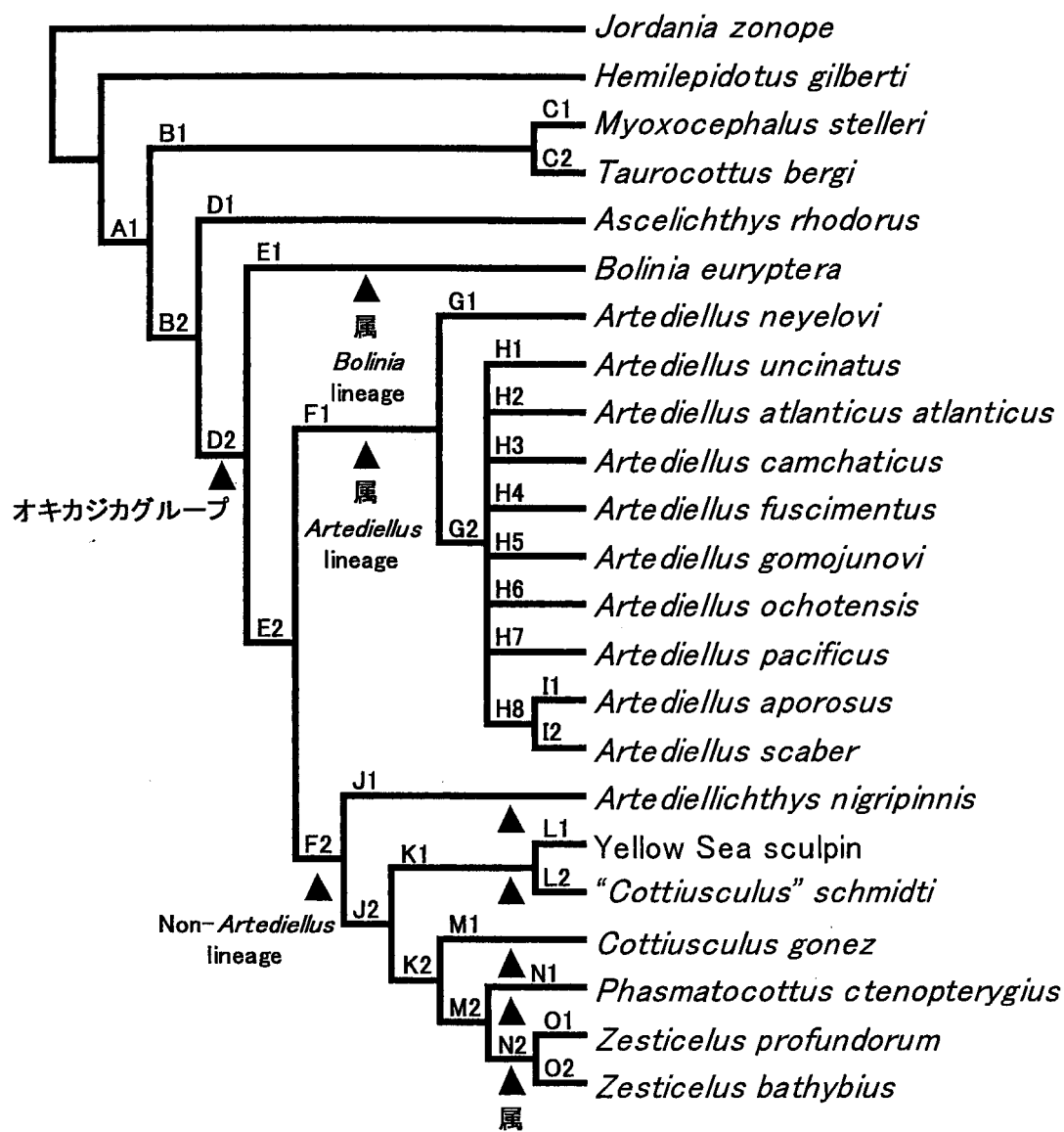
Genus *Bolinia* Yabe, 1991

Unnamed New Genus（キンカジカおよび Yellow Sea sculpin に対する新属）

3) オキカジカグループの進化傾向

系統解析の結果に基づきオキカジカグループの頭部感覚系、前鰓蓋骨棘、体サイズ、体色、地理分布、および生息水深の進化傾向を推定した。その結果、本グループは進化の過程で、生息水深の祖先状態を維持してきたタイプと、浅海化あるいは深海化にともなう幾つかの進化パターンの存在が示唆された。本グループ内で、*Bolinia* 属は共通祖先の生息環境に著しく適応したことで、ほとんどの原始状態を保持した。また、生息域の浅海化は *Artediellus* lineage のオキカジカ属と Non-*Artediellus* lineage のキンカジカ属および Yellow Sea sculpin で平行的に生じた。このうち、前者は感覚孔の著しい消失傾向をとめない、その機能を補填する視覚などの発達の可能性が示唆された。また、後者は感覚孔の消失傾向

は認められないが，前鰓蓋骨棘の発達傾向が認められ，捕食者への防御機能の強化が示唆された．生息水深の深海化は *Non-Arteidiellus* lineage のみに認められ，クロヒレカジカ属のクレードとクシビレカジカ属およびソコカジカ属からなるクレードで平行して生じた．両クレードにも，体色の暗色化傾向が認められるが，前者は祖先状態を比較的保持したまま深海化したのに対して，後者は前鰓蓋骨棘の発達や体サイズの小型化など特殊化をとらない深海化したと考えた．



学位論文審査の要旨

主 査 教 授 仲 谷 一 宏

副 査 教 授 矢 部 衛

副 査 准教授 今 村 央

学 位 論 文 題 名

Comparative Morphology and Phylogenetic Systematics of Fishes of the Genus *Artediellus* and its Relatives (Perciformes: Cottidae)

(オキカジカ属およびその近縁群比較形態学および系統分類学的研究)

オキカジカ属など6属21種から構成されるいわゆるオキカジカグループは、スズキ目カジカ科に属し、従来から様々な研究がなされてきた。しかし、本グループ全体を扱った分岐分類学的な研究が行われていないため、本グループの分類・系統・進化に関しては不明な点が多い。グループにはクシビレカジカ、*Bolinia euryptera*、および黄海産カジカ科未記載種（以後Yellow Sea sculpinとする）の3類似種が知られている。そこで本研究は、オキカジカ属、クロヒレカジカ属、キンカジカ属、ソコカジカ属、クシビレカジカ属、*Bolinia*属、およびYellow Sea sculpinを新たにオキカジカグループとして再定義し、その形態学的諸特徴の記載、単系統性の検証、系統類縁関係の推定、分類体系の再構築、および進化プロセスの解明をすることを目的とした。

以下に本研究の結果を要約する。

- 1) オキカジカグループを含むカジカ科10属23種の比較解剖を行い、骨格系・筋肉系の形態学的記載を行った。また、頭部感覚系を骨格要素との比較により再定義・記載した。そこから得られた形態学的差異に基づき、系統解析を行った。その結果、150本の最節約的な樹形（樹長104、一致指数0.5673）が得られ、その厳密合意樹を本グループの系統仮説として採用した。
- 2) オキカジカグループは、側線鱗が溝状を呈する、後部腹椎骨の側突起が癒合して薄板状を呈するなど10個の共有派生形質で支持される単系統群であると判明した。また、本グループには、*Bolinia* lineage、*Artediellus* lineage、およびNon-*Artediellus* lineageの3つの主要系統が存在することが明らかになった。*Bolinia* lineageは*Bolinia*属のみから構成され、感覚管の分枝管が発達することで支持された。*Artediellus* lineageはオキカジカ属のみから構成され、眼下骨棚が細いことで支持された。Non-*Artediellus* lineageは、クロヒレカジカ属、キンカジカ属、クシビレカジカ属、ソコカジカ属、およびYellow Sea sculpinから構成され、前鰓蓋骨第2棘、3棘があることで指示された。また、従来のキンカジカ属*Cottiusculus*は側系統群であり、キンカジカ*C. schmidtii*とYellow Sea sculpinからなる単系統群と、オキヒメカジカ*C. gonez*のみからなる系統に分かれることが明らかになった。

- 3) 従来のオキカジカ属, クロヒレカジカ属, *Bolinia*属, クシビレカジカ属, およびソコカジカ属はいずれも単系統群とみなされたことから, これらの属のランクを踏襲した. 従来のキンカジカ属 *Cottiusculus* は側系統群であることが判明したことから, 本属のタイプ種であるオキヒメカジカ *C. gonez* のみからなる単系統群をオキヒメカジカ属 *Cottiusculus* とした. また, キンカジカ *C. schmidtii* および Yellow Sea sculpin からなる単系統群には, 新属のランクを与えるべきと判断した.
- 4) 本研究で再定義した 7 属に加え, 解析に用いることが出来なかった *Artediellina* 属およびカワリオキカジカ属の 2 属を暫定的にオキカジカグループに含め, これら 9 属からなるオキカジカグループを新分類体系として提唱した.
- 5) 系統解析の結果に基づきオキカジカグループの頭部感覚系, 前鰓蓋骨棘, 体サイズ, 体色, 地理分布, および生息水深の進化傾向を推定した. その結果, 本グループは進化の過程で, 生息水深の祖先状態を維持してきたタイプと, 浅海化あるいは深海化にともなう幾つかの進化パターンの存在が示唆された. 本グループ内で, *Bolinia* 属は共通祖先の生息環境に著しく適応したことで, ほとんどの原始状態を保持した. また, 生息域の浅海化は *Artediellus* lineage のオキカジカ属と Non-*Artediellus* lineage のキンカジカ属および Yellow Sea sculpin で平行的に生じた. このうち, 前者は感覚孔の著しい消失傾向をとめない, その機能を補填する視覚などの発達の可能性が示唆された. また, 後者は感覚孔の消失傾向は認められないが, 前鰓蓋骨棘の発達傾向が認められ, 捕食者への防御機能の強化が示唆された. 生息水深の深海化は Non-*Artediellus* lineage のみに認められ, クロヒレカジカ属のクレードとクシビレカジカ属およびソコカジカ属からなるクレードで平行して生じた. 両クレードにも, 体色の暗色化傾向が認められるが, 前者は祖先状態を比較的保持したまま深海化したのに対して, 後者は前鰓蓋骨棘の発達や体サイズの小型化など特殊化をとめない深海化したと考えた.

以上の申請者の研究成果は、魚類系統分類学分野に大いに貢献したものと高く評価され、審査員一同は、申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。