

形態学的，集団遺伝学のおよび個体発生学的にみた

日本産ギスカジカ属4種の分類学的研究

学位論文内容の要旨

ギスカジカ属魚類*Myoxocephalus*は北半球の北方海域の浅海域から大陸棚に生息するカジカ科に属する魚類で、世界で約13種群が知られている。本属魚類の中には体長70cmに達する大型種も含まれ、冷水域の沿岸生態系の中で高次消費者として重要な位置を占めている。日本周辺海域の本属魚類の分類は19世紀初頭から行われたが、Jordan & Starks (1904)および松原 (1955)は日本産本属魚類を2属8種に分類し、渡部 (1958)は4新種を含む3属14種に分類した。これらの研究は属群あるいは科群の定義に関わる問題を多く含んでおり、本属の分類学的問題の解決をいっそう困難にしてきた。Neelov (1979)はギスカジカ亜科の分類学的再検討を行い、その中で日本に分布あるいはその可能性の高い種として5種を示したが、この研究に用いられた日本周辺海域の標本は極めて限定されたものであった。

このように日本産ギスカジカ属魚類は成魚においても仔稚魚においても分類学的に極めて混乱した状態にある。そこで、本研究は日本産の本属魚類を対象として計量形態学を中心とする形態学的解析、集団遺伝学的解析および個体発生学的解析を行い、分類学的に再検討し、それぞれの種の特徴を明らかにし、仔稚魚から成魚を通して全ての成長段階に有効な分類・査定方法確立するとともに、国際動物命名規約上の問題点を解決することを目的として行われた。

1. 形態学的解析

日本産本属魚類4種について計数・計測形質の分類形質としての有効性を統計学的解析法を用いて検証し、またこれらの形質を用いた簡便な判別式について検討した。計数值としては腹鰭および臀鰭を除く各鰭の鰭条数と脊椎骨数の7形質を用いた。計測値としては伝統的測定法を用いるために新

たに厳密に定義を与えた体各部の22測定形質と、単一平面上に設定した10測点による21のトラス測定値を用いた。日本産4種に東部北太平洋産の*M. polyacanthocephalus*を加え、計数値、計測値、計測値を変換したBookstein形状座標、およびそれらを混合した場合の判別分析を行った。総脊椎骨数を除く計数値では、10組の線形判別分析のうち4組で誤判別率は5%を超え、特にトゲカジカと*M. polyacanthocephalus*では計数値のみでは判別することが不可能と判断された。鰭条数のみで判別分析を行った場合、ギスカジカ - オクカジカの判別以外では全て誤判別率が5%を越え、これらのデータセットで種判別を行うことは危険性が高いことが明らかになった。計測形質の線形判別分析では、トラス測定値を用いた場合の線形判別分析の誤判別率は0.01-1.91%、伝統的な測定値を用いた場合は誤判別率の0.00%- 2.24%で、両測定値共に低い誤判別率を示した。トラス法と伝統的な方法の計測値を重複を避けて組み合わせた33形質では誤判別率は極めて低く、更にこれらに計数値を合わせた47形質では誤判別率は事実上0となった。これらの47形質から主成分分析によって選択した28形質を用いた判別分析では、誤判別率は0.00-0.06%と低い値を示し、最もに実用的な判別式であると判断された。

2. 集団遺伝学的解析

日本産ギスカジカ属4種の集団遺伝学的特性を検討するためにアロザイム多型解析を行った。サンプルとして4種がほぼ同所的に生息する北海道東部から得られた標本を用い、筋肉、眼球、肝臓および心臓の組織を解析に供した。アロザイム多型解析の結果、*Acp**、*Mdh-1**、および*Sod**遺伝子座で顕著な種間の対立遺伝子頻度の差異が認められ、*Sod**では全種間で完全な対立遺伝子置換が確認された。これらの遺伝子座は単独で各種の判別に有効なことが示された。仔稚魚では*Acp**で成魚と同様な活性が見られ、これらの標本はギスカジカとシモフリカジカに査定され、*Acp**は本属の仔稚魚サンプルの種判別に有効であることが示された。アロザイム多型解析で得られた10遺伝子座で推定したNei (1972)の遺伝距離によるUPGMAデンドログラムからこれら4種の類似性を検討したところ、オクカジカとギスカジカが最も高い類似性を示し、次にシモフリカジカとトゲカジカが高い類似性を示した。これらの類似関係は*Acp**と*Mdh-1**の対立遺伝子頻度によると考えられた。

3. 個体発生学的解析

日本産ギスカジカ属4種の仔稚魚の分類を明らかにするために、形態解析

を行った結果、これらの仔稚魚は体形、体側および腹部の正中線上の黒色素胞の分布および頭部の突起の状態に明瞭な種的特徴が認められた。また仔稚魚および幼魚の鱗を透明二重染色を用いて観察した結果、各種の鱗の分布には種的特徴が認められ、それらの鱗は成長に従って消失する傾向にあり、それらの消失過程にも種的特徴が認められた。これらの鱗は幼魚期までに見られる独特の鱗であり、成魚の鱗とは非相同であると判断された。

4. 分類学的問題点の整理

日本産ギスカジカ属魚類に関連する種の模式標本および原記載の調査を行い、日本産4種の学名を検討すると共にシノニム関係の整理をおこなった。その結果、種群、属群および科群の学名を以下のごとく提唱した。

カジカ科 Family COTTIDAE Bonapart, 1831

ギスカジカ亜科 Subfamily MYOXOCEPHALINAE Taranetz, 1941

ギスカジカ族 Tribe MYOXOCEPHALINI Taranetz, 1941

ギスカジカ属 Genus *Myoxocephalus* Jordan & Gilbert, 1899

ギスカジカ *Myoxocephalus stelleri* Jordan & Gilbert, 1899

シモフリカジカ *Myoxocephalus brandti* (Steindachner, 1867b)

トゲカジカ *Myoxocephalus ensiger* (Jordan & Starks, 1904)

オクカジカ *Myoxocephalus jaok* (Cuvier, 1829)

ギスカジカに従来用いられてきた学名 *Myoxocephalus stelleri* Tilesius, 1811は不適格名であることが判明したが、国際動物命名法審議会の強権発動によってこの学名の安定をはかることを提唱する。 *Cottus sinensis* Sauvage, 1873、 *C. dybowskii* Hilgendorf, 1875および *M. yesoensis* Snyder, 1911が本種の新参シノニムであり、従来本種の新参シノニムとされた *M. mednius* Bean, 1898は別属であることが判明した。シモフリカジカの学名は審議会の強権発動などを経てSteindachner (1867b)に基づく *M. brandti* を使い続けることを提唱する。 *M. matsubarai* Watanabe, 1958は本種のシノニムであると判断された。トゲカジカと *M. polyacanthocephalus* は同種と考えられてきたが、両者は別種であることが判明した。トゲカジカの学名として *M. ensiger* (Jordan & Starks, 1904) を用いることが妥当と判断された。

5. 形態記載および検索

本研究で得られた新知見を踏まえて日本産ギスカジカ属魚類4種および *M. polyacanthocephalus* の形態記載を改めて行うと共に、形態形質を用いた検索、アロザイム多型による検索、計数形質を用いた判別式および仔稚魚形質による検索を提示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 尼 岡 邦 夫
副 査 教 授 菅 野 泰 次
副 査 助 教 授 仲 谷 一 宏
副 査 助 教 授 矢 部 衛

学 位 論 文 題 名

形態学的，集団遺伝学的及び個体発生学的にみた

日本産ギスカジカ属 4 種の分類学的研究

ギスカジカ *Myoxocephalus* 属魚類はカジカ科に属し、世界から約 13 種群が知られ、北半球の北方海域の浅海域から大陸棚に広く生息する。日本周辺海域の本属魚類に関する分類の研究は古くからなされているが、研究者間で見解が異なり、仔稚魚を含め、極めて混乱した状態にある。

本研究は日本産本属魚類を形態学的、集団遺伝学的及び個体発生学的に解析し、分類学的に再検討を加え、仔稚魚から成魚を通しての全成長段階に有効な分類を確立し、国際動物命名規約上の諸問題を解決することを目的として行われた。

1. 形態学的解析：本属魚類を4種（ギスカジカ、トゲカジカ、オクカジカ、シモフリカジカ）に分けて、東部北太平洋産の *M. polyacanthocephalus* を加え、計数・計測形質の分類形質としての有効性を統計的に検証した。計数值として鱗条数及び脊椎骨数の7形質、そして計測値として伝統的測定部位による22形質及び10測点による21のトラス測定値を用いて、5種の計数值、計測値、計測値を変換した Bookstein 形状座標、及びそれらを混合した数値についてそれぞれの判別分析を行った。計数值（総脊椎骨数を除く）ではほとんどの組み合わせで誤判別率は高く、ギスカジカとオクカジカを除くとこれらのデータセットから種判別を行うこと不可能に近い。計測値では伝統的部位の誤判定率は 0.00-2.24%、トラス法のそれは 0.01-1.91% で、両測定値は低い誤判定率を示した。両測定値を組み合わせた 33 形質ではさらに低く、これに計数值を加えた 47 形質では誤判定率は 0 となった。さらに実用性を高めるために、主成分分析によって 28 形質を選択した結果、誤判定率は 0.00-0.06% となり、最も簡便な判別式が得られた。

2. 集団遺伝学的解析：4種の集団遺伝学的特性を検討するためにアロザイム多型解析を行った。4種がほぼ同所的に生息する北海道東部から得られた標本を用い

て、筋肉、眼球、肝臓及び心臓の組織を分析した。その結果、*Acp**、*Mdh-1**及び*Sod**遺伝子座で顕著な種間の対立遺伝子頻度の差異が認められ、*Sod**では全種間で完全な対立遺伝子置換が確認された。これらの遺伝子座は単独で種の判別に有効なことが判明した。仔稚魚では *Acp**に成魚と同様な活性が認められ、仔稚魚の種判別に有効であることが確かめられた。次に、得られた 10 遺伝子座を用いた遺伝距離による UPGMA デンドログラムから4種の類似性を検討した。オクカジカとギスカジカが最も高く、次にシモフリカジカとトゲカジカが類似した。これらの関係は *Acp**と *Mdh**の対立遺伝子頻度によると考えられた。

3. 個体発生学的解析：4種の仔稚魚の一連の発育段階からそれぞれの特徴を明らかにし、分類を確実にを行うために解析を行った。これらの仔稚魚は体形、体側と腹部の正中線上の黒色素胞の分布、頭部の突起の状態などに明瞭な種の特徴が認められた。次に、仔稚魚から幼魚について鱗の発育過程を透明二重染色法を用いて観察した結果、各種の鱗の分布域に種の特徴が認められた。また、これらの鱗は成長に伴って消失する傾向にあり、その過程にも種的な特徴が認められた。

4. 分類学的問題点の整理：日本産ギスカジカ属魚類に関連する種の模式標本及び原記載を調査して日本産4種の学名を検討し、シノニムの整理を行い、種群、属群及び科群名を次のごとく提唱した。カジカ科 Family COTTIDAE Bonapart, 1831；ギスカジカ亜科 Subfamily MYOXOCEPHALINAE Taranetz, 1941；ギスカジカ族 Tribe MYOXOCEPHALINI Taranetz, 1941；ギスカジカ属 Genus *Myoxocephalus* Jordan & Gilbert, 1899；ギスカジカ *Myoxocephalus stelleri* Jordan & Gilbert, 1899；シモフリカジカ *Myoxocephalus brandti* (Steindachner, 1867)；トゲカジカ *Myoxocephalus ensiger* (Jordan & Starks, 1904)；オクカジカ *Myoxocephalus joak* (Cuvier, 1829)。

従来、ギスカジカに用いられてきた *Myoxocephalus stellei* Tilesius, 1811 は動物命名規約上不適格名であることが判明した。しかし混乱を避けるために、国際動物命名法審議会の強権発動により本学名の安定をはかることを提唱することで解決する。シモフリカジカの学名は *Myoxocephalus brandtii* を用いるべきであるが、審議会の強権発動により *M. brandti* で安定をはかることを提唱する。トゲカジカは *M. polyacanthocephalus* と同種とされてきたが、両者は別種であることが判明した。よって前種に対して *M. ensiger* を用いることが妥当である。

5. 記載と検索：本研究で得られた新知見をふまえて日本産ギスカジカ属魚類4種及び *M. polyacanthocephalus* を記載すると共に、形態、アロザイム多型、計数形質による判別式及び仔稚魚形質に基づく検索表を提示した。

以上により申請者の研究成果は魚類の系統分類学及び水産学の分野において大きく貢献したものと高く評価され、審査員一同は本研究の申請者が博士(水産学)の学位を授与される十分な資格を有すると判定した。