

日本産硬骨魚類の耳石の外部形態に関する研究

飯塚 景記 (元東北水産研究所)

片山 知史 (中央水産研究所)

耳石形態に関する研究は、魚類年齢研究と共に早くから行われており、研究報告も比較的多い。それらの内容は、一魚種の耳石外形から複数魚種の耳石の外形、溝、核等の特徴を解析した研究まで様々である。しかし、耳石サイズを含めて耳石形態を体系的に整理した報告はこれまで発表されていない。筆者らは、耳石の形と大きさを分類群内、分類群間で比較を行い、さらに縦偏形、側偏形等の魚体型や定着性、回遊性等の生活型との関連を検討することにより、多様な耳石形態法則性を見いだすことを目的として、日本産硬骨魚類29目、162科、550種の耳石を収集し、表面各部の観察と耳石の長さ高さの計測を行った。本稿では第1章において、耳石形態研究が国内外でどのような研究経緯で進められてきたかを簡潔に述べ、次に、耳石の外部形態について、全体の形および各部位の形状を類型化し、さらに耳石の大きさの基準を決めた。第2章では魚種毎の観察結果、計測結果を基に、魚種毎の耳石形態を分類群毎に整理して記載した。第3章では各章で得られた耳石形態の特徴を総括し、耳石形態に関する系統進化的、生態学的、機能形態学的な検討を行い、耳石形態を規定する要因を考察した。耳石平面形は、楕円形が一般的であり、耳石長比(耳石高に対する耳石長の比)が0.8~3.0の魚種が、全体の約83%を占めた。ただし、耳石長比が3を超える広線形は16種に限られていた。しかし、それらは、ムネダラ、ギンダラ、オニカサゴに加え、エソ類、コチ類、カマス類、マグロ類の一部から構成されており、広い分類群にわたっていた。長方形の耳石はマサバ、ゴマサバ、カツオの3種であり、また不定形の帆船に似た特異な型の平面形はマトウダイ目とフグ目のみに見られる特徴であり、分類形質として有用であると考えられた。側面形については、全体の3/4以上の魚種が、外側に反った耳石を有していることが示された。突出隆起型はニベ科に特有な形状である。また、逆反り状型で弱いながらも内側に反った耳石(溝側に僅かに湾曲)は、マツカサウオ、シラウオ、ナガレメイタガレイ、イヌノシタのみにみられており、種判別に有用であると考えられた。溝の形については、全体の3/4以上の魚種が、耳石前縁の欠刻部から中央部もしくは後縁にいたる構造であることが示された。溝が耳石中央部のみであるのは、カレイ目、ハゼ科にみられる特徴的な型であるが、これら分類群以外ではリュウキュウホラアナゴ、ホタテウミヘビ、ヒモアナゴ、インキウオ、ワヌケフ

ウリュウウオにみられた。耳石の形状をまとめると、併せて40%以上の魚種が、外側に反った楕円形で溝が欠刻部から後縁付近まで形成されている耳石を有していることが示された。また、耳石形状から魚種が数種に絞り込むことができるのは70種弱であり、全体の12%程度しか種判別ができないことがわかった。しかし、種レベルではなく分類群レベルでは、前述のように特有の耳石形状を有する場合が多く、本論文が耳石から分類群を推定する際の有用な資料となるものと考えられる。耳石外部形態の形成要因については、平面形、側面形、溝のいずれの類型も複数の分類群に共通しており、系統進化的な傾向が認められなかった。平面形が円形の魚種はソコギス科とハゼ科、クサウオ科、ゲンゲ科、ヒラメ科の一部、ゴンズイ、キントキダイ、サンゴタツ、マメハダカ等であり、これらのほとんどは底棲魚類である。広線形の魚種はカマス科、クロタチカマス科、エソ科の一部とヒカリフデエソ、ムネダラ、ギンダラで、底棲魚類も少なくなかった。このように、同じ底棲性であるのに最も丸みがある形状と最も長い形状のものが存在し、生活型が平面形を規定するとは考えられなかった。溝については、十分に発達しているタイプの分類群は、その80%以上の種がニシン目、サケ目、タラ目、アイナメ科、ホタルジャコ科、ハタ科、テンジクダイ科、アジ科、イサキ科、タイ科、クロタチカマス科、サバ科、フグ目であり、十分に発達していないタイプの分類群は、その60%以上の種がウナギ目、コチ科、フサカサゴ科、カジカ科、クサウオ科、ゲンゲ科、タウエガジ科、ハゼ科、カレイ目であった。総じて、遊泳性もしくは集群性の強い魚種が多い分類群は溝が発達し、定着性もしくは底棲性の強い魚種が多い分類群は溝が発達していない傾向がみられた。更には、メバル属では、生息水深が浅いほど耳石後縁まで達せず中央と後縁の途中で途切れるタイプが多かった。今回は溝の深さを計測しなかったが、溝の形・大きさと生活型との関連性が示唆された。

耳石の大きさについては、全体として体長の大きな魚種ほど相対サイズ(全長に対する耳石長の比)が小さくなる。耳石相対サイズが5以下の魚種は、体型が紡錘形、ウナギ型の魚種もしくはカジキ類、フグ類に多い。これに対して相対耳石サイズの大きい魚種は、頭部が体長に対して相対的に大きな魚種が多い。したがって、耳石相対サイズは、沿岸性、外洋性、底棲性、遊泳性というグループ分けや生活型では解釈しきれず、頭部の大きさや分類群毎の特性によるものと考えられる。耳石の形を特徴付ける耳石長比についても、前述のように系統進化的な傾向は認められなかった

が、頭部が縦扁している魚種は耳石長比が大きく、頭部が丸い魚種は耳石長比が小さい傾向があった。したがって、耳石の大きさや細長さは、頭部の大きさや形、神経頭蓋の耳殻部の大きさや形に大きく規定されるものと考えられた。

No.25, 1-222 (2008)

クロソイの栽培漁業技術開発に関する研究

中川 雅弘 (五島栽培漁業センター)

メバル属魚類の多くは、有用な水産資源として沿岸漁業、栽培漁業、養殖の対象種である。我が国において栽培漁業対象種とされるメバル属魚類は、クロソイやメバルをはじめとして6種におよぶ。しかし、どの種類においても親魚養成や種苗生産に関して断片的な報告があるものの、中間育成、標識技術、放流効果調査を含めた一貫した栽培漁業技術としての研究はない。本研究ではメバル属魚類の中で最も多くの種苗が放流されているクロソイを研究対象として、本種の生物学的知見に基づいた栽培漁業技術の構築を図るとともに、残された問題点を検討した。クロソイの成長と成熟過程に対する水温の影響を調べるために、生後7カ月から4歳まで3つの異なる水温(対照区、12℃区、15℃区)で飼育した。生後10~15カ月の全長は15℃区>12℃区>対照区の順で有意差が認められたが、それ以降は補償的な成長が観察され、試験区ごとの全長に顕著な差は認められなくなった。また、同一水温の雌雄間の全長を比較した結果、すべての試験区で雌が早く成長し、かつ高水温区ほど早期に雌雄差が現れた。水温を高めることにより雄の早熟を引き起こしたものの、雌には認められなかった。一方、対照区および12℃区では正常に出産したが、15℃区では未受精卵を放出する異常出産が観察された。飼育水温は、クロソイの成長、成熟および出産に大きな影響を与えることが明らかになったが、本研究の水温条件下では、親魚養成に対する低水温期の加温の効果は認められなかった。飼育下のクロソイの生殖年周期を明らかにすることを目的とした飼育試験を行った。雌は11月に卵黄形成を開始し、4月に成熟して妊娠し、6月に出産した。雌の生殖周期はGSIおよび卵巣組織の変化に基づき以下の5期に分けられた。卵黄形成期・交尾期(11~12月)、卵黄形成盛期(1~3月)、妊娠期(4~5月)、出産期(6月)、回復期(7~10月)。雄は6月に精子形成を開始し、11月に成熟した。雄の生殖周期は以下の5期に分けられた。精原細胞増殖期(3~5月)、精子形成前期(6~7月)、精子形成後期(8

~10月)、機能的繁殖期(11~12月)、回復期(1~2月)。出産経験を有する7歳のクロソイ雌親魚を5尾用いて、交尾期の前から雌のみで飼育し、人為的に交尾ができな条件を設定した。カニキュレーションを用いて、各親魚の卵巣卵径の経時的変化を個体別に追跡した。その結果、すべての個体の卵巣卵径は測定開始時から増加したが、排卵2~3週間後から減少傾向に転じ、その後すべての個体で卵が放出された。このことから、交尾できなかったことが、種苗生産現場で観察されている卵の放出という異常出産の原因の一つと考えられた。飼育下のクロソイ雌親魚について、個体ごとに3年間にわたり卵巣内の胚の発生段階を調べたところ、調査年にかかわらず、個体ごとに毎年同じ時期に同じ胚の発生段階に達していた。これは、クロソイ親魚が個体ごとに固有の胚発生リズムを有していると示唆され、このリズムを利用した、種苗生産における効率的な親魚管理を検討した。散発的に行われるクロソイ親魚の出産の集中度を高めることを目的として選別試験を実施した。カニキュレーションによって得られた胚の発生段階から、出産日が近いと判断された親魚を選別し、選別しなかった区と3年間にわたり出産状況を比較した。その結果、選別によって出産期間が短縮され、出産の同調性が有意に高まった。カニキュレーションを用いた親魚選別法により、集中的に多数のふ化仔魚を得ることが可能となり、種苗生産の効率化が可能となった。また、胚の発生段階から予測された出産日と実際の出産期間がほぼ一致した。本種法を高い遺伝的多様性を維持できる種苗生産技術に発展させることが今後の重要な課題である。ワムシを与えない餌料系列が、クロソイ仔魚の成長と生残率に与える影響を調べた。ワムシ-アルテミアの順で給餌する区(対照区)と、アルテミアのみを給餌する区(アルテミア区)の2つの餌料系列を設定して15日間飼育した。各試験区の摂餌率、成長および生残率をそれぞれ比較した。アルテミア区では試験開始の24時間後には摂餌率が96.7%に達した。全長、生残率とともに、試験区間に有意差は認められなかった。この結果から、ワムシの培養工程を省くことが可能となり、クロソイの種苗生産工程の効率化を図ることができた。1982~2004年の23年間に宮古センターで実施されてきたクロソイの種苗生産の結果を整理し、本種仔稚魚の成長、発育段階および日間死亡率を調べて、仔稚魚の死亡要因を推察した。クロソイの種苗生産工程では、3~7日齢(前期)、18~25日齢(中期)、35~40日齢(後期)に死亡率の増加が認められた。前期の死亡個体は、口および脊椎骨に形態異常が観察され、消化管内には餌料が認められず生残魚に比べて発育が遅れていた。前期死亡

率は、中期、後期の死亡率よりも高く、また中期の死亡個体は鰹が正常魚に比べて著しく大きく、ガス病の疑いが示唆された。後期の死亡原因は共食いであった。

クロソイの中間育成経費の削減を目的として、飼育密度および給餌回数を変えた試験を行った。種苗の収容密度は200尾/kL, 400尾/kL, 800尾/kL, 1日の給餌回数1回, 2回の6試験区を設定した。42日後の生残率は99.9~100%, 日間成長率は3.3~3.5%となり、試験区間には差が認められなかった。しかし、飼料効率は1日に1回給餌する区が2回給餌する区に比べて高かった。また、全長40 mmの種苗を100 mmまで飼育する場合には、収容密度を800尾/kLにすることで200尾/kLより1尾あたり約10円、給餌回数を1日1回にすることで1尾あたり1円を削減することが可能と試算された。同一生産群のクロソイ種苗を使い、全長40 mm (60日齢), 60 mm (90日齢), 80 mm (120日齢), 100 mm (150日齢)の4試験区を設定して各100尾に対して腹鰭抜去標識を施し、2年間水槽内で飼育した。生残率および腹鰭抜去標識の残存率を試験開始から1, 3, 6, 12カ月および24カ月後に調べた結果、生残率は95~97%, 標識の残存率は40 mm区が97%, その他は100%であった。標識の残存率および成長、生残率では試験区間に差はなく、40 mmで腹鰭抜去標識の装着は可能であると判断された。ALC標識をクロソイ種苗(全長45 mm)へ安全に、かつ経済的に装着する技術を得ることを目的として、3段階(15, 30, 50 mg/L)の浸漬濃度を設定し、試験区ごとの生残率、標識としての視認性および持続性を2年間調べた。15 mg/L区が生残率は99.9%と安定し、30 mg/L区の52.4, 81.7%, 50 mg/L区の13.7, 3.9%に比べると高い値を示した。視認性の評価についても15 mg/Lが最も高い値を示し、かつ2年間にわたって耳石を研磨せずにALC標識の確認が可能であった。15 mg/L区, 30 mg/L区および50 mg/L区が生残尾数の平均値を基に、1尾あたりに要したALCの経費を算出した結果、それぞれ1.50円, 4.47円, 57.0円であった。これらの結果から、本試験の設定範囲内では、15 mg/L区が最もクロソイに適したALC濃度であると判断された。11年間の全開場日・全数の調査で得られた山田魚市場のクロソイの漁獲データを用いて、山田湾に放流したクロソイの放流効果を推定した。1989~1997年の間に8つの群を放流した。魚市場調査では、水揚げされたすべてのクロソイについて全長および標識の有無を調べた。放流された447,400尾のうち51,512尾の放流魚が魚市場へ水揚げされた。回収された放流魚の年齢構成は、1歳61.2%, 2歳30.3%, 3歳以上8.6%であっ

た。各放流群の回収率は9.3~15.4%と高い値を示した。しかし、水揚げ金額を放流経費で除した経済回収率は、0.68~1.25となり、8群のうち5群で1以下であった。クロソイの栽培漁業を経済的に成立させるためには、漁獲サイズの制限による水揚げ金額の増加や放流経費の低減を図る必要がある。全長10 cmを対照群として、8 cm, 6 cm, 5 cmの4つの異なるサイズの試験群を設定し、クロソイの放流サイズと回収率、経済回収率の関係を調べた。10 cm群の回収率の平均(範囲)は19.0% (13.8~22.9%)となった。試験群の回収率は、8 cm群では9.5%, 6 cm群では9.6%, 5 cm群では3.4%であった。放流全長(X)と回収率(Y)の間には $Y=3.2092X-12.166$ ($r^2=0.76$, $P<0.05$)の一次回帰関係が得られた。10 cm群の経済回収率の平均(範囲)は1.03 (0.93~1.18)となった。試験群の経済回収率は、8 cm群では0.78, 6 cm群では0.58, 5 cm群では0.29であった。放流全長(X)と経済回収率(Y)の間には $Y=0.1542X-0.4254$ ($r^2=0.93$, $P<0.05$)の一次回帰関係が得られた。放流サイズを大型化することにより、回収率および経済回収率は増加した。湾奥部でカゴ網を用いて調査した結果、0歳の放流魚(7.0~20.2 cm, $N=211$)および天然稚魚(4.7~19.8 cm, $N=522$)が採集された。放流魚が放流場所から湾奥部へ移動する現象が認められた。小型サイズの本種稚魚の放流適地については、湾奥部の藻場である可能性が示唆された。山田湾では、クロソイ種苗の放流により、漁獲量の増加が認められたが、マダイやヒラメと比べると、栽培漁業として経済的に自立できる効果は得られなかった。これは魚価の低い1歳魚が主に水揚げされることが要因である。従って、放流効果を高めるためには1歳魚を保護し、2歳魚以降で漁獲するなどの漁獲管理の導入が早急に必要である。対象種の生態特性に基づいて、種苗放流を資源管理および成育場環境の保護と密接に連携させて推進することが、これからの沿岸資源において極めて重要である。

No.25, 223-287 (2008)