

種苗生産時におけるエツ稚魚の餌料の変化 および諸器官の形成状況について

篠原 直哉
(内水面研究所)

エツ稚魚の成長に伴う諸器官の形成状況と種苗生産餌料の変化について人工種苗を用いた知見を得た。エツの各鱗は背鱗、臀鱗、腹鱗、胸鱗の順に形成され、成長にともない肛門前長や背鱗前長は短くなり、臀鱗基底長は延長するなど、外部形態の変化は全長約40mmではほぼ終了することなど形態変化について詳細な過程を明らかにした。また、鰾(うきぶくろ)は全長約20mm以下では明暗による刺激で鰾が膨満と収縮を繰り返すこと、約20mm以上になると昼間(照明下)でも鰾が膨満している個体が多くなることを明らかにした。また、種苗生産時の生産餌料ではごく初期の稚魚はワムシのみを捕食するが、全長約10mmを超えるとアルテミアを多く捕食し、全長約17mmを超えるとミジンコの捕食が可能になることを明らかにした。

キーワード：エツ、種苗生産、鱗形成、形態変化、鰾の収縮、ワムシ、アルテミア、ミジンコ

エツ (*Coilia nusus*: 図1) は有明海に生息するカタチイワシ科に属する魚類で、筑後川を主産卵場とする両側回遊性魚類である。筑後川河口域では、エツ流し刺網で漁獲され、地元では初夏の風物詩として親しまれている。漁獲量は1980年代前半は100t前後であったものの、その後年々減少が続き、近年では20t前後で推移しており、資源の維持・増大が望まれている。有明海や筑後川河口に生息するエツは6月から7月の間に産卵を目的として筑後川に遡上することが知られており、産卵場は筑後大堰のやや下流付近の塩分濃度が0.1%以下のほぼ淡水となる水域であることが報告されている。¹⁻⁴⁾ 実

際の産卵は日没後の午後7時前後であり、同じ時刻に操業するエツ流し刺網では成熟した卵や精子を持つ親エツが多く漁獲される。¹⁻⁴⁾

このような経緯から人工授精・種苗生産に関する研究も着手されており、人工授精が可能な時期が6月から7月であること、飼育水の塩分濃度は0.16%程度であること、初期餌料はS型ワムシとアルテミアであること⁵⁻¹²⁾が明らかになっている。これらの成果を元に、下筑後川漁業協同組合では受精卵放流、種苗生産及び放流を行っている。これらの取り組みは全国的にも例のないものである。

具体的なエツ種苗の生産過程を示すと、まず、エツ流し刺網漁業者が6月中旬から7月中旬にかけて漁獲した親エツから受精卵を採取する。この受精卵を各漁業者宅へ河川水とともに持ち帰り、ふ化後、育成施設に持ち込むまで20ℓポリバケツでエアレーションを行う。持ち込まれた全長5~6mm(2~3日齢)のふ化仔魚を、放流サイズの全長15~25mmに達するまでの約20~30日間飼育する。育成期間中の餌料は、開口直後(5~6日齢)からワムシを与え、15~21日齢頃から徐々にアルテミアに切り替える。できた種苗は、漁業者自らの手で筑後川に放流されている(図1)。

一方、種苗生産の目安となるエツの成長に伴う各諸器官の形成状況や体型の変化などの基礎的な知見は河川で採集された稚魚標本に基づく報告¹³⁻¹⁵⁾がほとんどで、人工種苗に関する詳細な報告は少ない。また、エツ稚魚の

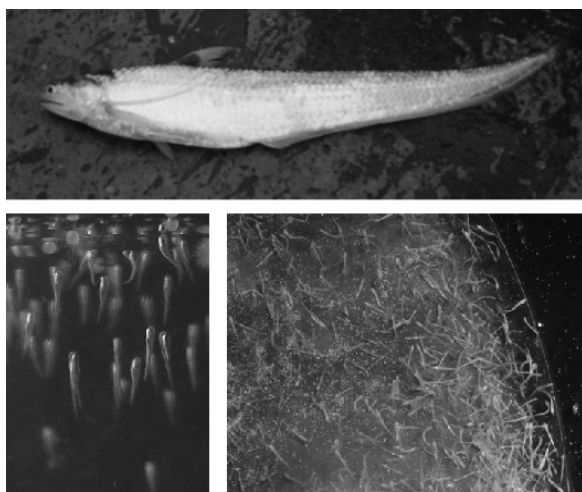


図1 エツ(上:成魚, 左下:ふ化直後(0日齢), 右下:育成中の稚魚)

餌料に関する報告についても、河川で得られた稚魚の胃内容物に基づく報告¹⁵⁾のみであり、種苗生産時のエツの餌料についての詳細な知見も少ない。さらに、生産した種苗には振動や光など一時的なショックによって遊泳障害（麻痺した状態）を起こすなど活力不足の問題があり、種苗生産現場から解決手法の検討が望まれている。

そこで今回はエツの成長に伴う諸器官の形成過程や餌料の嗜好性の変化についての若干の知見が得られたので報告する。

方 法

種苗生産に用いた受精卵は、6月から7月中旬にかけて筑後川の感潮域で夕方から夜間にかけて漁獲された雌雄の親魚から得られた成熟した卵及び精子を船上で人工授精させ得られたものである。これらの受精卵は河川水とともに20ℓポリバケツで持ち帰り、定法によりふ化させた後、ふ化仔魚を計数し、飼育水槽（500ℓパンライツ水槽）に収容した。

1. 諸器官の形成状況

(1) 各鱗の形成時期

10%中性緩衝ホルマリン（以下、ホルマリン）で固定したエツ稚魚について背鱗、臀鱗、胸鱗及び腹鱗の形成状況を実体顕微鏡下で観察した。このとき各鱗の形成開始時期は鱗膜内に鱗条が形成されているか否かを指標として整理した。

(2) 体型の変化

エツ稚魚は図2のように初期はシラス型の形態であるが、成長に伴い、エツ成魚の体型に近づくことが知られている。そこで今回は、ホルマリン固定したエツ稚魚を用いて全長（a）、肛門前長（b）、背鱗前長（c）、臀鱗基底長（d）を測定した。¹⁶⁾ さらに比較対象となる部位の位置関係を比較するため、肛門前長、背鱗前長及び臀鱗基底長それぞれについて全長に対する割合を算出した。また、稚魚から成魚に変化する状況を確認するため、漁獲されたエツ成魚についても同様の測定を行った。

(3) 腹腔内の変化

エツ成魚の腹腔内の様子については、全長141mmの成魚の消化管及び鰾（うきぶくろ）について観察を行い、その様子を模式的に図示した。¹⁷⁾ 併せて、成長に伴う稚魚の消化管の形成状況を実体顕微鏡下で観察した。

(4) 鰾（うきぶくろ）の形状変化

鰾の形状については、分類学的に近縁であるカタクチイワシで鰾が昼夜で膨満・縮小するという報告や今回の供試魚である種苗生産したエツ稚魚においても夜間のみ鰾の膨満が確認できたことから、「鰾の形状変化に関しては光が関与をしている」という仮説を立て、夜間（午前0時から2時）に暗室内および照明（家庭用蛍光灯）下に静置した全長15mmから30mmのエツ幼魚各50尾を水槽（5ℓ）に収容して鰾の形状変化を観察した。

また、鰾を膨満させるために空気を直接、嚙下する必要があるのかを確認するため、昼間に鰾が収縮したことを確認した体長20mm以下のエツ稚魚を小型容器に入れ、上面をネットで覆い、その容器ごと水中に沈め、稚魚が水面と接することができない条件と通常水槽（水面に接することが可能な水槽）の条件で暗室下において比較試験を実施した。

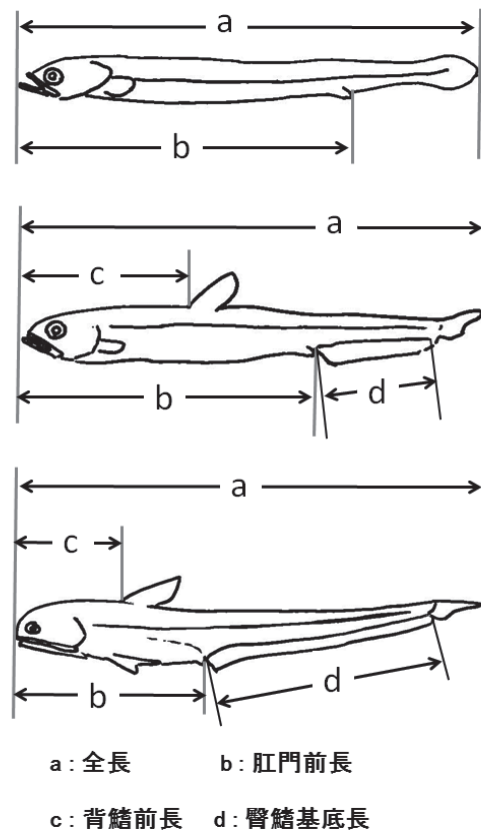


図2 測定方法

2. 種苗生産における成長段階別エツの餌料の選択性

飼育後9日齢経過した仔稚魚を対象に初期餌料であるワムシ（S型シオミズツボワムシ）とアルテミアを飽食給餌した後、3時間経過した段階でその一部を取り上げ、ホルマリンで固定して観察用の標本とした。固定した標本は後日、全長を測定した後、解剖して各個体の消化管

内のワムシ、アルテミアを計数し、摂餌状況を観察した。

また、飼育後22日齢経過した時期にアルテミアとミジンコを飽食給餌し、同様に消化管内の各餌料の摂餌状況を観察した。

結 果

1. 諸器官の形成状況

(1) 各鱭の形成時期

各鱭の形成状況と全長の関係を整理した(図3)。この結果、エツ稚魚の鱭の形成される順序は背鱭、臀鱭、腹鱭、胸鱭の順であることが分かった。また、鱭の形成時期については、まず、背鱭は全長約7mmから形成されはじめ、全長8mmを超えると全ての個体で確認されるようになった。次いで、臀鱭は全長8mmを超えたあたりから確認できるようになり、全長10~12mmになるとすべての個体で確認されるようになった。腹鱭は全長約15mm、胸鱭は全長約20mmで鱭が形成されはじめ、全長24mmでいずれの個体にも全ての鱭が形成されるのを確認した。

(2) 体型の変化

全長80mmから347mmのエツ成魚について全長、肛門前長、背鱭前長、臀鱭基底長の測定を行い、全長に対する各測定項目の割合を求めたところ、肛門前長で40%、背鱭前長で24%、臀鱭基底長で51%であった。

種苗生産により得られたエツ稚魚について全長と肛門前長の割合をグラフ化したところ全長約10mmまでは約

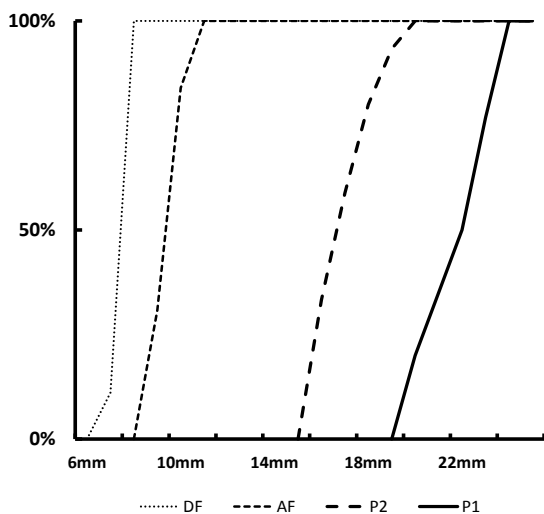


図3 背鱭 (DF)、臀鱭 (AF)、胸鱭 (P1)、腹鱭 (P2) の形成状況

70%から80%の割合であるが、以降、約30mmまで成長するまでの間で約40%に変化し、肛門から尾鱭先端までが延長したエツ成魚の形態に近づいた。全長40mm以上ではほぼ成魚と同じ割合になった(図4)。

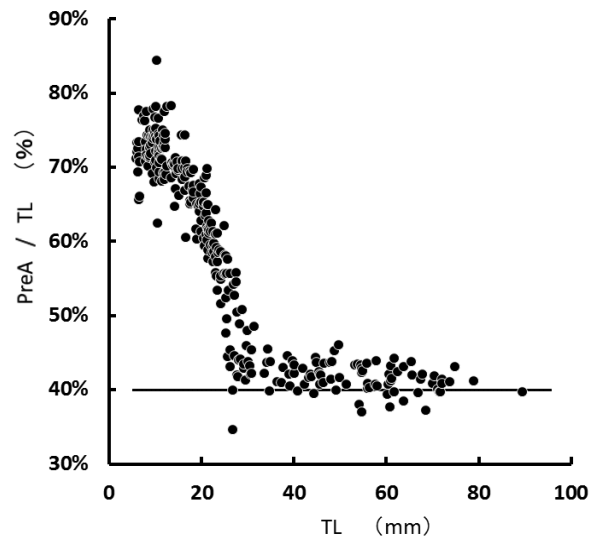


図4 全長 (TL) と全長に対する肛門前長比 (PreA/TL) との関係 (図中の直線はエツ成魚の平均値: 40%)

全長と背鱭前長との関係についてグラフ化したところ、全長約10mmまでは約40%から50%であるが、以降、全長約30mmまで成長する間に約25%まで変化し、背鱭の位置が前方にする。肛門前長と同じく約40mm以上ではほぼ成魚と同じ割合となった(図5)。

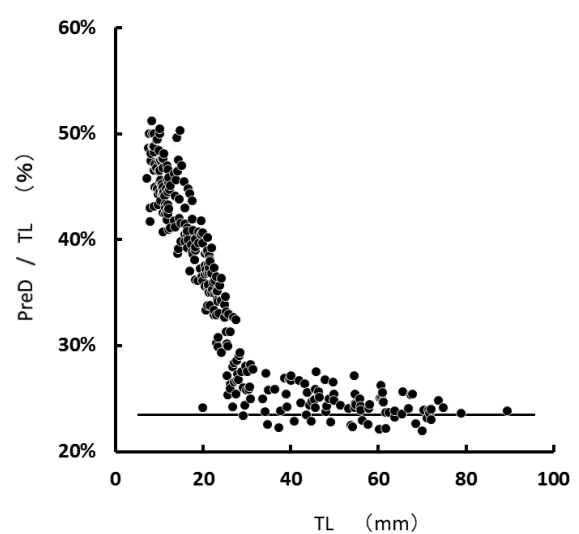


図5 全長 (TL) と全長に対する背鱭前長比 (PreD/TL) との関係 (図中の直線はエツ成魚の平均値: 24%)

全長と臀鰭基底長との関係についてグラフ化したところ、臀鰭は約10mmまでは形成されないが、以後は基底長が延長し、約40mmでは約45%にまで達し、その後、緩やかに延長した。成魚と同様の形態になるのは全長約60～80mmと思われた(図6)。

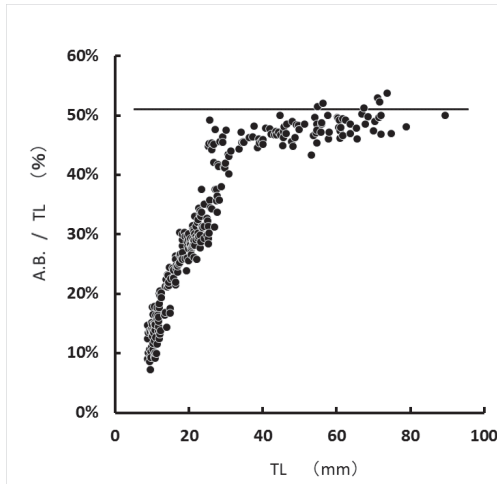


図6 全長(TL)と全長に対する臀鰭基底長比(A.B./TL)との関係(図中の直線はエツ成魚の平均値:51%)

(3) 腹腔内の変化

エツの胃はY型であり、盲嚢部がやや発達する。また、鰾は紡錘形で後端は腹腔後縁にまで達しており、成魚になった後も鰾が消化管と気道で繋がっている。全長約20mmまでは消化管は直線状であるが、20mm前後から前端部がくびれるなどの変化がみられ、約25mmに達すると幽門垂などの形成が確認された。その後、約35mmではほぼ成魚と同様に噴門部、盲嚢部、幽門部が発達した状態となった(図7, 8)。

(4) 鰾(うきぶくろ)の形成状況

飼育時の観察では晴天時の昼間や照明下などの明るい条件下(以下、照明下)ではエツ稚魚に鰾の膨満は確認されなかった。一方、夜間や雨天、曇天時および暗室内などの暗い条件下(以下、暗下)では多くの個体で鰾が確認された(図9)。また、観察中に鰾の膨満を確認することができた最小個体は8.2mmであり、それ以下の個体では確認できなかった。さらに、昼間に人工的に暗下として飼育したエツ稚魚にも鰾の膨満が確認された。

自然条件下では鰾の膨満が確認できる夜間に、暗室内に静置した暗下条件と室内を照明により人為的に明るくした照明下条件で全長15mmから30mmのエツ稚魚を用いて鰾の形成状況について確認したところ、全長

20mm以下の個体では暗下では91.3%の稚魚で鰾の膨満が確認できたが、照明下では14.7%であった。また、全長20mm以上の個体では暗下ですべての個体に鰾の膨満が確認されたが、照明下においても同様に94.1%と大半の稚魚で鰾の膨満が確認された(表1)。

照明下での飼育で鰾の膨満が確認されなかった全長20mm以下のエツ稚魚を用いて、水面に接することが出来ない場合と接することが可能な場合で、暗下での試験を実施したところ、水面と遮断した条件のエツ稚魚には鰾の膨満が確認できなかった。

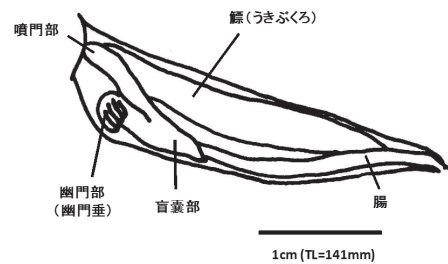


図7 消化管模式図(腹腔内)

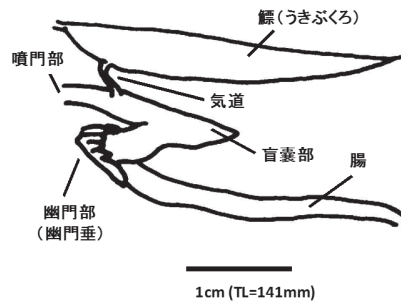


図8 消化管模式図(腹腔外に展開)

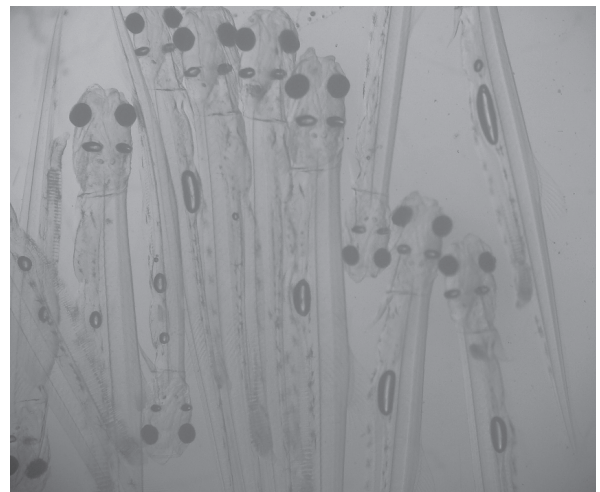


図9 鰾の膨満が確認されたエツ稚魚

表1 光による鰾の形成状況の影響について

	電照区	暗室区
鰾の形成状況(全個体)	41.2%	96.2%
鰾の形成状況(20mm以上)	94.1%	100.0%
鰾の形成状況(20mm以下)	14.7%	91.3%

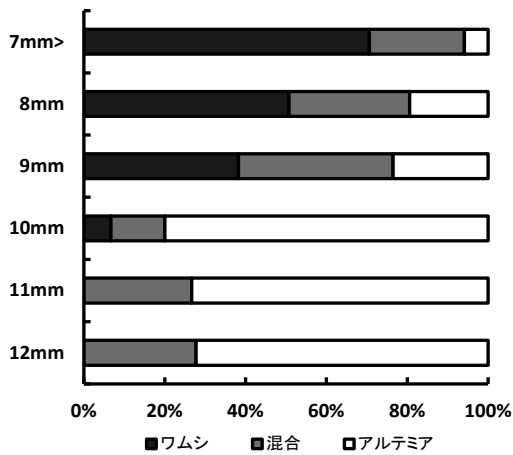


図10 ワムシ, アルテミアの摂餌状況

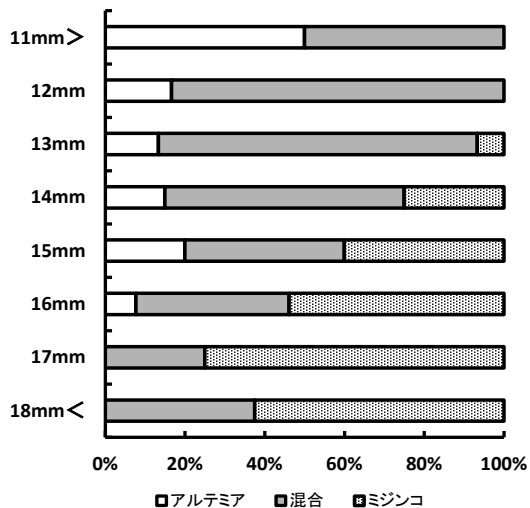


図11 アルテミア, ミジンコの摂餌状況

2. 成長段階別のエツの餌料選択制

全長7mmから12mmのエツ稚魚にワムシ及びアルテミアを飽和給餌したところ、9mmまでの稚魚ではワムシのみを捕食する個体が多かったものの、成長に伴いワムシに加え、アルテミアを混合して捕食する個体が増加し、全長10mmでは全体の7割を超え、11mm以上に達するとアルテミアのみを捕食した(図10)。また、試験実施時の観察では大型の個体ほどアルテミアを選択的に捕食する傾向がみられた。次に11mmから18mmのエツ稚魚に対してアルテミアとミジンコを飽和給餌したところ、全長11mmでもミジンコをアルテミアを混合して捕食していることが確認された。成長に伴い、ミジンコを捕食する割合が高くなり、全長17mm以上の稚魚ではすべての個体がミジンコを捕食することが確認された(図11)。

考 察

今回の試験では、エツ種苗生産時における形態的な変化について詳細な記載を行うとともにワムシからアルテミアへの転換するエツ稚魚のサイズを明らかにした。

全長80mmから347mmのエツ成魚では全長に対する肛門前長、背鰭前長、臀鰭基底長の比率はほぼ一定であり、これまでの報告¹⁸⁾と同様の結果であった。また、幼魚期の形態的な変化として人工種苗のふ化直後から成魚に至る形態変化を全長に対する肛門前長、背鰭前長、臀鰭基底長の比率がシラス型から成魚の体型へと変化する状況を図示した。このように人工種苗を用いて体型の変化を連続して示した。これらの結果は河川において採取された稚魚による知見と同様であった。

今回の報告では種苗生産した稚魚生物餌料が成長に伴いワムシからアルテミア、ミジンコへと変化することを明らかにした。また、ワムシからアルテミアに変化する時期は全長約10mmであり、アルテミアからミジンコへは全長約17mmであることも分かった。これらの結果は河川で得られた稚魚に基づく報告¹⁵⁾と一致した。この報告で河川域におけるサイズ別の食性と体長と下顎長との関係および口器の発達について報告しており、筑後川河口域で得られたエツでは全長8mmまでは口器はあまり発達しないが、全長8mmから30mmの後期仔魚期には口が急激に発達し、これらの時期に枝角類(ミジンコ類)やカイアシ類を多く捕食していることを報告している。今回、種苗生産時のエツ稚魚がワムシからアルテミアへ餌料を転換する時期は全長が10mmに達した時点であり、松井らの報告にある「口器が著しく発達し始める時期」に一致した。また、成長に伴いアルテミアからミ

ジンコへと餌料が変化した。ワムシからアルテミア、さらにミジンコへと捕食する餌料が変化する理由については、成長や各器官等の形成により、遊泳力などの運動能力が向上した結果、より大型の餌を捕食可能となった結果と考察される。大型餌料を捕食する利点としては少ない捕食回数で効率的に餌料を捕食できることが伺える。これらのことから種苗生産においてもアルテミアを早期から給餌することが望ましいと思われた。

エツの鰾の形状変化については全長20mm 前後までは昼夜で収縮が確認され、鰾の膨満が確認できた最小サイズは約8mmであった。これらの結果から、エツは全長約8mmから鰾の膨満がはじまり、約20mmまで昼夜(照明下、暗下)で膨満と縮小を繰り返すが、20mmを超えると照明下で飼育しても鰾の膨満が確認された。また、鰾の収縮は周囲の「明るさ(暗さ)」を外部刺激として認識して認識していることも確認された。エツに関してこれらの報告はこれまでになかった知見である。

先述したカタクチワシの報告によると稚魚が鰾を昼夜で膨満、縮小させる理由として夜間に鰾を膨満させ浮力を付けることにより、種苗の地理的な拡散効果があることを報告¹⁹⁾している。しかし、エツ稚魚の場合、昼夜に関係なく、干満により上流・下流に大きな流れを生じる河口域に生息しており、単純に夜間に鰾を膨満させる行動が成育範囲の拡散につながるとは考えにくい。今回は、水槽内の観察で初期のエツ稚魚の特性として夜間にほぼすべての個体が鰾を膨満させることを確認したが、実際に生息する環境に当てはめて考えた場合、この「明暗の刺激」は単純に昼夜だけでなく、潮汐にともなう濁水などの影響も十分に考慮する必要があると思われる。一方、エツ稚魚が明暗の刺激を受けて鰾を膨満させるときに水面で外気を嚙下していることも確認されており、エツ稚魚は少なくとも暗下条件の外部刺激を受け、水面に接するために移動していることも十分に予測される。

最大6m近くになる干満差のある有明海に注ぐ筑後川河口域は感潮域も25km上流の筑後大堰直下まで達するなど、独特な環境であることが知られている。ここに生息する河口域のカイアシ類は満潮時に上流側への流れが強い表層に移動し、干潮時には下流への流れが緩やかな底層に移動することで生息域である感潮域に留まろうとする「定位機構」を有することが報告^{20,21)}されている。エツの初期稚魚が高塩分の海水に弱いことも報告されており、エツ稚魚が成育する場としては一定の塩分濃度の感潮域に留まる必要があると思われ、同様の「定位機構」のようなものを有することも考えられる。また、松井ら

は初期のエツ稚魚が枝角類や小型甲殻類を捕食していることを報告¹⁵⁾しており、これらが昼夜において鉛直移動を行っているという報告^{22, 23)}もある。エツ稚魚の餌料捕食との関係も示唆される。夜間でエツ稚魚が鰾を膨満させることについては生息環境下での知見などが乏しいために十分な考察はできないが、筑後川河口域という独特な河口域に生息する上での特性や餌料生物の捕食機構などエツ独特の生態が考えられ、今後、感潮域のエツ稚魚調査により、これらの機構を解明することが、種苗放流適地の選定等、放流手法の改良にもつながる。

また、種苗生産において生産した種苗の健苗性を確認する指標として鰾の形成状況を確認している例もあるが、20mm以下の小型のエツ稚魚の場合、暗下条件で種苗の鰾が膨満しているかを確認する必要がある。さらに、今回の試験で鰾の収縮が水面で外気を取り込み行っていたことから、エツ種苗生産においては飼育水槽水面の油膜の有無などが生産状況に影響することも十分に考えられ、注意が必要である。

今回、エツ種苗生産時には各鱗がほぼ形成され、体型が著しく変化し、直線状の消化管の「屈曲」、「くびれ」などの変化も確認され始めるなど、シラス型からエツの成魚体型へと大きく変化する時期に相当することが明らかになった。一方、生産現場ではちょうどこの時期に育成中の稚魚に振動や光等の刺激を与えると、一時的に遊泳しなくなる症状が知られており、これらの解決が望まれている。これは海産魚類種苗生産における必須脂肪酸不足による症状(通称:アルテミアショック)に似ている²⁴⁻²⁶⁾が、本報告により早期のアルテミア給餌が望ましいことが明らかになったが、エツ種苗生産においてアルテミア等の生物餌料に対する栄養強化手法などの検討はなされておらず、これらの生物餌料自体の栄養が乏しいこと²⁷⁻²⁹⁾も知られていることから、エツ種苗の栄養要求や餌料への栄養強化手法について今後の検討も必要である。

文 献

- 1) 富重信一：エツの増殖に関する研究－Ⅱ．福岡県有明海水試研報昭和57年度，147-150（1984）.
- 2) 富重信一：エツの増殖に関する研究－Ⅲ．幼魚調査福岡県有明海水試研報昭和58年度，85-98（1984）.
- 3) 松井誠一ら：エツ *Coilia nasus* Temminck et Schlegel の生態学的研究 I. 遡上群の生体に関する予報. 九州大学農学部学芸雑誌第40巻第4号；1986，221-228.
- 4) 松井誠一ら：エツ *Coilia nasus* Temminck et Schlegel の生態学的研究 II. 卵発生及び仔魚に及ぼす塩分濃度の影響. 九州大学農学部学芸雑誌第40巻第4号；1986，229-234.
- 5) 富重信一ら：エツの増殖に関する研究－Ⅰ．福岡県有明海水試研報昭和56年度，167-170（1983）.
- 6) 福永剛，浜崎稔洋：エツの受精，孵化及び初期飼育と塩分濃度，福岡県水産海洋技術センター研究報告書；1998，67-71.
- 7) 中本崇ら：エツの人工授精に関する検討，福岡県水産海洋技術センター研究報告；2004，21-24.
- 8) 福永剛ら：有明海地域特産種増殖事業 エツ種苗生産技術開発，福岡県水産海洋技術センター事業報告書；平成10年，323-324.
- 9) 福永剛ら：有明海地域特産種増殖事業 エツ種苗生産技術開発，福岡県水産海洋技術センター事業報告書；平成11年，329-330.
- 10) 中本崇ら：有明海地域特産種増殖事業 エツ種苗生産技術開発，福岡県水産海洋技術センター事業報告書；平成12年，289-290.
- 11) 中本崇ら：有明海地域特産種増殖事業 エツ種苗生産技術開発，福岡県水産海洋技術センター事業報告書；平成13年，345-347.
- 12) 中本崇ら：有明海地域特産種増殖事業 エツ種苗生産技術開発，福岡県水産海洋技術センター事業報告書；平成14年，309-311.
- 13) 田北徹：有明海産エツ *Coilia* sp. の産卵および初期生活史，長崎大学水産学部研究報告；1967，(23) 107-122.
- 14) 田北徹：エツ. 「日本産稚魚図鑑」沖山宗男編，東海大学出版会，東京，1988，11-12.
- 15) 松井誠一ら：エツ *Coilia nasus* Temminck et Schlegel の生態的研究 III. 筑後川における仔稚魚の出現生態と食性. 九州大学農学部学芸雑誌；1987，(1・2) 55-62.
- 16) 中坊徹次：日本産魚類検索 全種の同定. 東海大学出版会，東京，1993，viii-xxiii.
- 17) 松原喜代松ら：新版魚類学（上）. 恒星社厚生閣；1979，54-71.
- 18) 吉本宗央ら：有明海産エツの生態－Ⅱ－性比及び雌雄や生息域における形態的相違－，佐賀県有明水産試験場報告；1993；15：11-23.
- 19) 魚谷逸朗：カタクチその他イワシ類シラスの鰾と生態について，日本水産学会誌；1973；39(8)：867-876.
- 20) 上田拓史：有明海の泥水河口域にすむカイアシ類. 「カイアシ類学入門」(長澤和也編) 東海大学出版会，東京，2005，189-202.
- 21) 日比野学ら：筑後川河口域におけるカイアシ類群集とスズキ仔稚魚の摂餌. 日水誌. 1999；65(6)：1062-1068.
- 22) 花里孝幸：ミジンコ：その生態と湖沼環境問題. 名古屋大学出版会，愛知，pp83-139，1998.
- 23) 関野樹：第2章 プランクトンの日周鉛直運動：ミジンコが上がったり下がったり？. 「リズム生態学－体内時計の多様性とその生体機能」(清水勇・大石正編) 東海大学出版会，東京，2008，26-46.
- 24) 竹内俊郎：魚類における必須脂肪酸要求の多様性. 化学と生物，1991；29：571-580.
- 25) 竹内俊郎：魚類における栄養素の欠乏症と要求量，「平成3年度栽培漁業研修事業基礎理論コース テキスト集V. 仔稚魚期の発育シリーズ No. 4」. 水産庁・日本栽培漁業協会，東京，1991，1-68.
- 26) 渡辺武ら：改訂魚類の栄養と飼料（渡辺 武編）. 恒星社厚生閣，東京，2009.
- 27) 渡辺武ら：脂肪酸組成からみたシオミズツボワムシの栄養価. 日水誌. 1978；44：1109-1114.
- 28) 渡辺武ら：脂肪酸組成からみた *Artemia* の栄養価. 日水誌. 1978；44：1109-1114.
- 29) 荻原篤志：仔魚の餌料生物としての動物プランクトン. 「養殖の餌と水－陰の主役たち－」(杉田治男編). 恒星社厚生閣，東京，2008，59-96.

