

論文の内容の要旨

水圏生物科学 専攻
平成 11 年度博士課程 進学
氏名 篠田 章
指導教官名 塚本勝巳

論文題目 ウナギの接岸回遊に関する生態学的研究

ウナギ *Anguilla japonica* はわが国では年間 13 万トンも消費されている水産重要魚種である。しかしながら、シラスウナギの採捕量はここ 30 年間変動を繰り返しながらも確実に減少しており、早急に適切な資源保全の対策が望まれている。保全策の立案・計画のためには、まず、ウナギの接岸状況の実態を把握し、その初期生活史や接岸回遊機構を解明する必要がある。

近年の耳石を用いた日齢解析によって、孵化から接岸までに要する日数や、変態時期に関する情報が数多く集積されてきた。しかしながら、いずれの研究も扱った材料が単年度のものであったり、限られた地域のものであったりするため、ウナギの接岸回遊の全貌は依然として不明であり、また資源変動機構についても十分に理解されたとは言い難い。

本研究の目的は、まず (1) 東アジアの各地に接岸したシラスウナギを複数年度に亘って採集し、耳石の解析に基づいてその初期生活史を明らかにすることにある。また (2) 種子島において、13 年間に亘って実施したシラスウナギの接岸調査から、接岸状況の実態とその年変動を把握することを目的とした。さらに、(3) 個体の孵化日、初期成長率、体サイズ、色素発達段階、接岸時期などの相関関係から、シラスウナギの接岸加入機構を明らかにすることも本研究の狙いとした。

1. 初期生活史

1999 年 1 月に水産庁養殖研究所で人工孵化・飼育した 30 日齢のウナギ仔魚の耳石微細構造を

走査型電子顕微鏡を用いて観察した。その結果、孵化輪の外側に 26-28 本の輪紋が認められ、プレプトケファルス期とレプトケファルス期の早期において、本種は耳石に日周輪を刻むことが明らかになった。また、全ての耳石において直径約 23 μm のチェックが給餌開始とほぼ時期を同じくして形成されることから、これは摂餌開始輪であると考えられた。

1997 年 11 月から 2000 年 4 月までの 3 年度に亘り、本種の全分布域を代表する 9 地点からシラスウナギを採集し、計 307 個体の耳石微細構造を解析した。その結果、いずれの年度、地点、時期に採集された個体においても、輪紋間隔は中心から外縁に向かってほぼ同様の変化パターンを示した。すなわち、輪紋間隔はまず孵化輪の外側で増大し、孵化後 20-40 日で小さなピーク（小ピーク）に達した。その後しばらく低値で推移した後、輪紋間隔は再び急増し、最大（大ピーク）に達した後耳石外縁で急激に減少した。

外洋で採集された変態完了直後とみられるシラスウナギ 6 尾の耳石微細構造と Sr:Ca 比の解析を行った。変態に伴って生じる Sr:Ca 比の急減と一致して、輪紋間隔の急増とそれに続く大ピーク、その後の輪紋間隔の急減が全ての耳石に認められた。このことから、輪紋間隔の急増が変態期に相当し、大ピーク直前に変態が終了するものと考えられた。また、これらのサンプルにおいては耳石縁辺部にチェックが全く存在しなかった。

シラスウナギの耳石には一般に次のようなチェックと輪紋間隔の特異点があった。すなわち中心から外縁に向かって、耳石核、孵化輪、摂餌開始チェック、輪紋間隔急増点、最大輪紋間隔点（大ピーク）、淡水チェックである。これらのチェックと特異点でシラスウナギの初期生活史を以下の 6 期に区分した。すなわち、胚期、プレプトケファルス期、レプトケファルス期、変態仔魚期、海洋シラス期、淡水シラス期である。

日齢査定の結果から、胚期を除くこれら 5 期の長さは、平均値 \pm SD（範囲）で表すとそれぞれ、 8.8 ± 1.2 (6-13)、 106.4 ± 19.6 (59-170)、 20.5 ± 5.6 (8-39)、 20.5 ± 9.6 (0-52)、 6.3 ± 8.5 (0-41) 日となった。また、変態開始日齢、接岸日齢、総日齢はそれぞれ、 115.2 ± 19.6 (67-119)、 156.1 ± 21.0 (98-227)、 162.4 ± 21.8 (110-227) 日であった。レプトケファルス期の耳石成長率は 0.84 ± 0.12 (0.59-1.27) $\mu\text{m}/\text{日}$ であった。推定孵化日は 5-11 月の範囲にあり、本種の産卵の盛期は 7-9 月と推定された。

本種の初期生活史においてレプトケファルス期が 106 日と最も長く、接岸までの平均日数の約 2/3 の期間を占めた。また各個体のレプトケファルス期の長さには約 110 日もの変異があった。変態開始から接岸までの日数は 41 日で、範囲は 12-67 日と、レプトケファルス期よりも変異が少なかった。このことから接岸日齢にみられた約 130 日の個体差は、主にこのレプトケファルス期の長さの変異によるものと考えられた。ウナギのように海流によって受動的回遊をする種にとって、レプトケファルス期の長さの柔軟性が仔魚の接岸場所に変異を与え、より広範囲な地理分布を獲得するための戦術となっているものと推察された。

2. 輸送過程

1956-2002 年までの 46 年間に行われた 31 回の研究航海から報告された計 2418 個体のウナギ仔稚魚を解析することにより、その輸送過程を検討した。レプトケファルスは北赤道海流域、黒潮源流域、黒潮反流域に出現した。変態期仔魚は黒潮源流域と黒潮反流域に、シラスウナギは黒潮流軸と黒潮より西の沿岸域に出現した。体長が 10 mm より小さい個体は、北緯 11° 54′ から 15° 52′、東経 136° 52′ から 140° 00′ の範囲の海域にのみ出現した。一般に、体長が大きくなるにつれて分布域は西方へと移動し、40-50 mm になると北方へ分布が移り、50 mm 以上になると台湾東方の黒潮源流域と黒潮反流域にのみ出現した。これらのことから、本種はマリアナ諸島西方海域で孵化し、その後北赤道海流によって西方へと輸送されるものと考えられた。黒潮への乗り換えと前後して、レプトケファルスはシラスウナギへ変態を開始し、黒潮を利用して東アジアのほぼ全域に接岸するものと考えられた。

1998-2002 年の間の 5 回の研究航海で採集した 20 個体のレプトケファルスと 6 個体のシラスウナギの日齢査定を行い、既報の 166 個体のデータと併せて解析した。その結果、レプトケファルス期においては、体長、耳石径、日齢のいずれの組み合わせでも有意な正の相関が認められた。これより、レプトケファルス期では耳石成長から体成長の良否を推定できることがわかった。

3. 接岸過程

鹿児島県種子島の伊原川河口において、1991 年 10 月から 2003 年 5 月までの 12 年度に亘り、10 日間に 1 回、計 199 回のウナギ接岸状況調査を行った。採集は夜間に波打ち際で手網を用いて行い、シラスウナギ計 3531 個体を得た。これらの個体を尾部の色素発達状態と形態計測に基づいて種査定した。その結果、種子島にはウナギ、オオウナギおよび、*A. bicolor pacifica* の 3 種が接岸し、その割合はそれぞれ 95.4 (3367 個体)、4.5 (158 個体)、0.2 % (6 個体) であることが明らかになった。

全 12 年度の接岸状況調査から算出した CPUE は、37.4 (尾/時間/人) であった。年度ごとに求めた年度 CPUE は、1991-1997 年度では緩やかな減少を示し、1998 年度からは増加に転じた。年度 CPUE の最低値は 1997 年度の 14.2、最大値は 2002 年度の 121.8 で、年度によって約 9 倍の変動があった。接岸期間は 10 月から翌年 5 月までの 8 ヶ月間で、1991 年度の約 7 ヶ月から 1997 年度の約 4 ヶ月までと年度によって最大 3 ヶ月の違いが認められた。

東アジア全域からウナギの分布域を代表するように選んだ 13 地点で、1997 年 11 月から 2002 年 3 月までの新月の晩に計 127 回の採集を行った。得られたシラスウナギ計 3702 個体について体長、体重、乾燥重量、肥満度および色素発達状態の 5 形質を測定・観察した。これらの形質の平均値±SD は、それぞれ 57.0±2.6 mm、74.4±17.1 mg、22.7±4.5 mg、0.40±0.09 であった。

色素はIV-VIB までの8段階のものが出現したが、色素が比較的未発達なVA-VIA I の3段階のものが全体の88 %を占めた。体長、体重、乾燥重量および肥満度は、色素の発達に伴い小さくなる傾向が認められた。このことは、レプトケファルスからシラスウナギへの変態の過程で生じる体長の収縮と体重の減少が、河口に接岸したシラスウナギでも継続していることを示唆している。

外部形態形質と採集時期および採集地点の緯度の関係をみると、一般に、採集地点の緯度が高く、また採集時期が遅いほど、体重、乾燥重量、肥満度は減少し、逆に色素は発達する傾向が認められた。体長についても高緯度の採集地点ほど大きい傾向がみられたが、接岸時期との間には有意な相関は認められなかった。

4. 加入メカニズム

採集日、採集地点の緯度、外部形態形質、初期生活史パラメータ、耳石成長率および孵化日の相関関係を調べた。変態開始日齢は接岸日齢と強い正の相関を示し、レプトケファルス期の耳石成長率との間では逆に負の相関を示した。レプトケファルス期の耳石成長と体成長が正の相関を示すことから、レプトケファルス期の成長が良い個体ほど、若齢で変態を開始し、より若齢で河口に接岸するものと考えられた。レプトケファルス期の成長と変態のタイミングがその後の接岸日齢を決定する主要因であると考えられた。

孵化日は緯度・採集日との間に正の相関を示すことから、産卵期の早期に孵化した個体は、接岸時期の早期により低緯度域に接岸する傾向があるといえる。1997 年を除くと、変態開始日齢と接岸日齢は、孵化日と無相関で、採集日と正の相関を示した。これは、若齢で変態・接岸するものが早期に接岸・加入するものの、孵化日には無関係であることを示している。1997 年にはこうした関係は認められず、エルニーニョによる異常海洋環境によって、例年とは異なる加入パターンを呈したものと考えられた。さらに、淡水シラス期の長さは、色素発達段階と正の相関を示し、体重とは負の相関を示すことから、接岸後に発育が進行するにも関わらずウナギの体重は減少し続けることが示唆された。

以上本研究では、複数年度に亘り分布域から広く採集したシラスウナギについて、初期生活史パラメータ、外部形態形質、採集データを総合して解析することにより、ウナギの接岸回遊生態のほぼ全貌を明らかにすることができた。今後、ウナギの接岸行動のより詳細な年変動解析のために、さらに情報を集積していくことが重要である。また、本種の加入時期を支配している変態について、その過程や引金機構について研究を展開する必要がある。