

## 論文の内容の要旨

水圏生物科学専攻  
平成 17 年度博士課程 進学  
氏 名 飯田 碧  
指導教員名 塚本勝巳

論文題目 和歌山県太田川におけるボウズハゼの生活史に関する研究

ボウズハゼ亜科魚類は熱帯から亜熱帯の島嶼を中心に約 110 種が生息し、全て両側回遊性の生活史を持つ。日本に生息するボウズハゼ *Sicyopterus japonicus* は本亜科唯一の温帯種であり、分布の北限に生息する種といえる。そのため、起源した熱帯とその後適応した温帯双方の生活史特性を合わせもつと考えられるが、その生活史に関する知見は乏しい。温帯のボウズハゼの生活史特性を他の熱帯種と比較することは、ボウズハゼ亜科魚類の分布拡大と進化の過程を理解する上で重要である。そこで本研究では、和歌山県太田川において、孵化から繁殖に至るボウズハゼの全生活史を明らかにすることを目的とした。さらに、本研究で得られた知見を他のボウズハゼ亜科魚類や両側回遊性魚類と比較して、魚類の両側回遊現象について理解を深めることもねらいとした。

### 1. 分布

ボウズハゼの河川内分布とその季節変化を明らかにするため、流程 27km の太田川（和歌山県）に河口（St.1）から上流 22km（St.7）にかけて計 7 定点を設け、2003 年 6 月から 2006 年 3 月まで約 3 年間に亘り採集・観察を行った。得られた計 1273 個体の

標準体長は 24.0-120.0mm, 体重は 0.17-25.02g の範囲にあった。雄は体長・体重共に雌より大きかった。体長は St.5 を除くと上流ほど大きかった。全体の性比は 1:1 と有意に異ならなかった。本種の分布密度を求めるため, St.1, 2, 4, 6 の瀬で潜水観察を行ったところ, 中流域の St.2 と St.4 で高く (平均 2.1 個体/m<sup>2</sup>), 下流 (St.1: 0.5 個体/m<sup>2</sup>) と上流 (St.6: 0.1 個体/m<sup>2</sup>) では低かった。ボウズハゼは St.1 では春にのみ出現し, 冬は全定点でみられなかった。以上の結果から, 春から初夏にかけて河川に加入した個体は, 河口汽水域の St.1 にはほとんど定着せず, 直ちに中流 (St.2-5) まで成長しつつ遡上し, 定着するものと考えられた。一部はさらに遡上して上流域 (St.6, 7) に達し, 低密度のため大きな体サイズをもつようになったと推測された。低水温の冬季には岩や石の下で越冬するものと考えられた。

## 2. 年齢と成長

耳石の輪紋が年輪であることを確認し, 218 個体の年齢査定を行ったところ, その範囲は 1-6 歳であった。これを基にベルタランフィーの式と expanded von Bertalanffy growth equation により成長曲線を求めたところ, いずれの場合も雌は体長 60-70mm で成長が停滞したのに対し, 雄には成長の停滞は見られなかった。成長の季節変化をみるため, 雌雄別にコホート解析を行って成長率を求めたところ, 雌雄とも 4 月から 10 月にかけて 0.3-3.2mm/月と大きく, 10 月から 2 月の間は 0-0.7mm/月とほとんど成長がみられなかった。肥満度は, 雌雄とも 5 月から 7 月にかけて増大し, 7 月に最大 (平均 21.0) となった。その後 8 月に急減したが, 11 月に再び増大し, 冬にはまた減少した。春から夏の肥満度の上昇は繁殖準備, 秋の上昇は越冬の準備と考えられた。

## 3. 成熟と産卵

本種の産卵生態を明らかにするため, 生殖腺指数と卵巣組織の経月変化を調べたところ, 雌の生殖腺指数 (N=171, 範囲 0.0-20.8) は夏季に高値 (平均 6.5) を示し, 秋から春にかけては低値 (平均 0.7) を示した。これよりボウズハゼは高水温 (20-26°C) の夏に年 1 回の産卵期を持つと考えられた。2 歳魚で生殖腺指数 20.8 と高値を示す個体が出現したことから, 少なくとも 2 歳になると産卵に参加するものと推察された。卵巣には通年卵径 100µm 以下の小型卵が観察され, 産卵期の 7 月と 8 月には小型卵に加えて 200µm 以上の大型卵も観察された。卵巣の組織観察を行ったところ, 7, 8 月の個体 (雌: N=10) は全て大型卵を持ち, 成熟が進んでいた。7, 8 月に採集した 2, 3, 5, 6 歳の個体の卵巣卵径分布は, 全ての個体で大型卵と小型卵に分かれる二峰型を示し, 2 歳に達するとどの年齢でも産卵期には成熟し, 生涯複数回産卵するものと推察された。孕卵数 (N=10) は 22,540-109,290 粒 (平均 56,030 粒) で, そのうち大型卵数は 10,820-52,460 粒 (平均 26,900 粒) と推定された。野外で卵塊を採集し (N=8), 産着

卵数を推定したところ、11,700-76,300 粒であった。本種の孕卵数と産着卵数は他のボウズハゼ亜科魚類とほぼ同等であるが、ハゼ亜目魚類の中では多く、他の両側回遊魚と比較すると1桁から2桁多い値であった。

#### 4. 初期発生と流下

本種の発生初期の生態を明らかにするため、野外で採集した卵を飼育して、卵、仔魚の発育過程を観察するとともに、塩分と水温が発育と生残に及ぼす影響を検討した。卵は付着糸を備えた球形で、直径0.4 mmの沈性付着卵であった。孵化仔魚は全長1.5 mmで、口と肛門は開いておらず、目は未黒化であった。本種の仔魚は他のボウズハゼ亜科魚類の孵化仔魚と類似した形態をもつが、他のハゼ科魚類と比較するとより未発達な状態で孵化するといえる。卵の孵化率は、淡水と1/3海水中で平均73.3%と高く、海水中では18.9%と低かった。仔魚の生残と発育を異なる塩分3区(淡水、1/3海水、海水)と水温3区(18、23、28°C)の組み合わせで比較したところ、原則として1/3海水区、海水区、淡水区の順に生残がよく、また低温ほど生残がよかった。淡水では初期発育は全く進行しなかったが、海水区と1/3海水区では目の黒化、開口、卵黄吸収と進み、高温ほど発育が速いことがわかった。止水の水槽中で孵化仔魚の行動を観察すると、静止沈降と遊泳上昇の鉛直運動を休みなく繰り返した。1回の上昇距離、下降距離、上昇時間はいずれも、淡水、1/2海水、海水の順で大きかった。孵化仔魚の比重は1.034(23°C)-1.036(28°C)と海水(1.023)より大きかった。

流下仔魚調査を2004年から2008年の6-11月に行ったところ、7-9月にのみ仔魚が採集され、各年の仔魚の流下時期は夏の1-2ヶ月に限られることがわかった。いずれの年も流下仔魚量と水温、月周期に明瞭な関係は見られなかった。24時間調査では、流下仔魚は日中にはほとんど採集されず、夜間に集中した。流下のピークは21時から0時にあり、これは日没後に孵化が起こるためと推測された。以上総合して、夏の夜間に孵化した仔魚は、河床に沈んで流下が遅れることを防ぐため、終始鉛直運動を行いながら降海し、発育と生残に好適な河口・沿岸域に速やかに到達するものと考えられた。

#### 5. 海洋生活期

本種の海洋生活期の生態を知るため、2005年から2008年に河川に加入した仔魚計123個体の耳石日周輪を用いて流下から河川加入までの海洋生活期間を推定したところ、173-283日の範囲にあり、平均217日であった。孵化日は8月11日から12月17日と推定され、採集年によって有意な差はなかった。この推定孵化期間は太田川の産卵期より長く、また遅いことから、他の地域の河川で生まれた仔魚が太田川に加入していることが示唆された。そこで粒子追跡数値シミュレーションにより、生息域の南限と考えられる台湾南東部の黒潮域から、水深5m、50m、120m層に粒子を投入したところ、50m

層の粒子が 90-150 日で九州南部から紀伊半島沖を経て関東沿岸に接近したことから、台湾南部の河川で孵化、流下した仔魚が太田川に加入する可能性のあることが示された。

## 6. 加入

ボウズハゼの河川加入時の生態を明らかにするため、2006 年から 2008 年の 3-9 月に河口汽水域で仔魚の採集と観察を行った。仔魚は 4-8 月に採集され、盛期は 4-6 月であった。加入の大部分は水温 20°C 以下の 6 月末までに終了し、夏季の加入は散発的で個体数も少なかった。仔魚の体長と体重の範囲は 22.5-34.0mm, 0.11-0.53g であった。採集個体数は 2006 年には 12,766 個体、2007 年には 372 個体、2008 年には 942 個体と大きく変動した。いずれの年も一日で 20-200 個体以上採集されるピークが年に 2-6 回あった。干潮・満潮に合わせて 1 日 4 回の採集を 6 日間行ったところ、夜間（平均 9 個体）に比べ、昼間（266 個体）に多く加入することがわかった。2006 年と 2008 年に計 63 時間に亘り川岸から目視観察を行ったところ、2-300 個体で構成された群れの遡上が、計 183 例（2006 年：平均 3.3 例/時間、2008 年：2.4 例/時間）観察された。その約半数は 20 個体以上の群れであったが、単独で遡上する場合も計 43 例観察された。群れの出現ピークは干潮から 4-6 時間前後に見られ、上げ潮に同期していることがわかった。

本研究の結果、ボウズハゼはその生活史に明瞭な季節性をもち、温帯の河川水温の変動に合わせて、成長、繁殖、流下、加入などの規則的な生活史イベントをそれぞれ決まった季節に行うことが明らかとなった。これは周年に亘って繁殖・加入する熱帯のボウズハゼ亜科魚類が、仔魚の大規模分散による温帯への分布拡大に伴って獲得した生活史特性と考えられる。大量・小サイズの仔魚を未熟な状態で速やかに降海させ、海流を利用して大規模な分散を行うというボウズハゼの生活史戦略は、他の多くのボウズハゼ亜科魚類と共通している。一方でアユやヨシノボリ属など他科の両側回遊魚にみられる沿岸滞留型の両側回遊に比べると、より海洋依存度の高い、分散型の両側回遊と位置づけることができる。本研究で得られたボウズハゼの生活史に関する知見は東アジアにおける本種の保全に活用することができる。