

(論文内容の要旨)

メバル属魚類は、アジア大陸東岸から北アメリカ大陸西岸にかけての太平洋を中心に、ごく浅海域から水深 1000m 前後までの海域に 90 種以上が分布し、胎生という特徴的な再生産の様式を有する。また、東アジアでは水産資源として沿岸漁業、栽培漁業、養殖の重要な対象種となっている。我が国においても、メバル属魚類はクロソイやメバルなど 6 種が、栽培漁業の対象種として種苗生産されてきた。とくにクロソイは、日本や韓国において年間 100 万尾前後の種苗が放流される栽培漁業の基幹魚種である。しかし、栽培漁業を経済的に成功させるためには、さらなる種苗生産コストの削減と漁獲加入した放流魚の回収率の増大が求められている。

本研究では、本種の仔稚魚期における生理生態学的特性を解明し、その知見を基礎として、効率の高い種苗生産技術、放流技術の開発を目指した。得られた主な研究成果は次のようにまとめられる。

1) 効率的な種苗生産技術の開発

通常用いられるシオミズツボワムシからアルテミア幼生へ移行する給餌系列と、産仔直後の仔魚からアルテミア幼生のみを用いる給餌系列で比較したところ、35 日齢までの成長速度と生残率に有意差はなく、アルテミア幼生のための給餌の有効性を確認した。また、給餌量については、種苗生産施設により 3 倍の差が報告されていた。そこで、飼育実験により給餌量と成長速度、生残率の関係を詳しく調べ、摂餌開始期の体重の 150%から 40 日齢では 25%まで、仔魚の発育に伴って給餌量を徐々に減らす手法が最も合理的であることを明らかにした。

10℃から 24℃間に 5 通りの水温を設定して、産仔直後から 40 日齢まで成長速度と生残率を比較した。この水温範囲では、成長には 16.8℃以上、生残には 13.4～18.5℃の範囲が好適なことが明らかになった。また、飼育水温に 14～18℃の日周変化を与え、固定水温との成長を比較したが、このような水温刺激には成長を促進する効果は見られなかった。さらに、水温が本種の性比に大きく影響することを明らかにした。水温 22℃未満では性比は同じであったが、22℃を越えると雌化する傾向がみられ、24℃では 82.5%が雌となった。従来、異体類などで高水温により雄化する現象は報告されているが、雌化はほとんど知られていない。種苗生産施設では、100%海水で飼育した場合産仔約 10 日齢までの浮遊仔魚期に大きな減耗が報告されている。発育段階ごとの塩分と生残率の関係から、この時期に塩分を 16～20ppt 程度に維持すると高い生残の得られることが示された。

飼育条件下で 70 日齢まで仔稚魚の行動を詳しく観察したところ、稚魚への移行期である 30～40 日齢（全長約 25mm）で、浮遊生活から水槽底の人工海藻内へ分布場所を移した。また、成魚は夜行性であるが、稚魚は 70 日齢まで昼行性であることを確認した。甲状腺ホルモンのサージは稚魚の変態と分布場所の移行に同期しており、甲状腺ホルモンと形態および生態変化との関係が示唆された。

2) 天然魚の生態と放流技術の開発

岩手県宮古湾を調査フィールドとして、天然魚の生態調査と実験的な種苗放流を実施した。天然クロソイの成魚は湾口から外海側の水深 50～100m の海底で生活し、11 月には交尾のために雌雄が、5 月には産仔のために雌だけが湾内へ移動し漁獲された。湾の中部で産仔された仔魚は湾奥の藻場・浅海域へ移動し、6 月、7 月に全長 25mm 前後で着底して稚魚期を過ごした。とくに水深 2m 以浅のごく浅海の藻場が稚魚の成育場となることがわかった。

クロソイ稚魚は当歳魚の秋まで藻場で過ごし、水温の低下とともに水深の深い湾内の中央部へ分散し、翌年秋まで湾内で生活した後湾外へ出ることが示された。

最も稚魚の分布量が多かった、湾奥部の津軽石川河川水の影響を強く受ける St. 1 とそれよりも約 1km 湾口側の St. 2 において、3 年間にわたる天然稚魚の生態調査を行った。稚魚の成長速度は、汽水的な環境である St. 1 の方が St. 2 よりも高かった。摂餌指数に両調査点間で明瞭な差は認められなかったが、St. 1 において汽水性のアミ類および大型のヨコエビである *Ampithoe* 属が多く摂餌されており、餌生物の質が高成長につながったことが推察された。藻場で採集された放流種苗についても同様の傾向が認められ、天然稚魚の成育場の中でも河口に近いアマモ場 (St. 1) が、放流場としてより適していることが示唆された。

上記 St. 1、St. 2 および天然稚魚が成育場としない他の 2 点において、2002 年から 2007 年まで小型種苗 (全長 40mm) の試験放流と魚市場での効果調査を行った。本調査では、放流魚のほぼ全てが単一魚市場に水揚げされるという好条件を活かし、精度の高い回収率推定を行うことができた。市場での回収率は St. 1 放流群が他の放流群よりも明瞭に高く、天然稚魚の生態から推定されたとおり、湾奥の藻場が放流場として最も優れることが実証された。しかし、このような好適な成育場においても、天然稚魚、放流種苗ともに成長速度は飼育環境下の最大成長速度よりも低かった。フィールド採集された稚魚の成長速度と稚魚密度との間には負の相関が認められ、成育場では種苗放流により天然魚と放流魚間に餌をめぐる種内競争がおこり、密度効果によって成長が抑制される実態が明らかになった。栽培漁業においては、放流により漁獲物中の放流魚の割合が増加するにもかかわらず漁獲量そのものは増加しない、すなわち放流魚が天然魚を排除して生産力を横取りする、「置き換わり」が重大な問題となっている。宮古湾においても「置き換わり」がおこっている可能性が示唆された。ところが、宮古湾でのクロソイ漁獲量は 1999 年に種苗の試験放流が開始されて以降増加しており、近年は放流開始以前の 2.5 倍に達することがわかった。これらのことから、約 3 ヶ月間利用する浅海域の成育場では、種苗放流により一時的に密度効果による成長停滞が発生するが、漁獲までの長期的な視点でみると、その後放流魚は湾内全域へ拡散して未利用の余剰生産力を有効に利用している実態が考察された。すなわち、クロソイ種苗の放流は、宮古湾における本種資源量の増大に大きく貢献していると判断された。

本研究では、好適な放流場環境と考えられる宮古湾湾奥の藻場域において、全長約 40mm の種苗を放流し、経済効率 (水揚げ額/種苗生産費用) として 0.91 が推定された。これは、従来の放流場であった湾中央部において全長 95mm の種苗を放流した場合の経済効率とほぼ同じであった。小型種苗放流は、大型種苗の生産と較べると飼育期間を大幅に短縮し、大きな飼育スペースを必要としないことから、経済効率以外の観点からも効果は大きい。また、経済効率の推定では市場での水揚げ金額のみを利益としているが、本来クロソイの市場外流通、観光、遊漁などへの経済効果も含められるべきであり、実際にはクロソイの種苗放流が地域産業に大きく貢献していることが推察された。

以上の結果から、従来よりも効率的な種苗生産のための給餌系列と飼育環境条件が明らかとなった。また、天然魚の生態特性が明らかになり、それを基礎とした放流場所の選定により、従来の半分以上の小型サイズの種苗放流で同等の放流効果の得られることが示された。

氏 名

陳 炳 善

(論文審査の結果の要旨)

沿岸魚類の漁獲量は1980年代後半以降長期的な減少傾向が止まらず、我が国の沿岸漁業は危機的な状況にある。種苗放流は、栽培漁業の一環として人工生産した種苗の添加により天然資源を培養しようとするものであり、漁獲規制と比較すると漁業者に負担をかけずに資源を増殖できることから、その効果には大きな期待が寄せられてきた。しかし、行政主導の事業として、多くの魚種において天然魚の生理生態的特性を考慮しない放流が行われたことから、近年、種苗放流の資源培養に対する効果や経済効率について問題点が指摘されている。本研究は、地域定着性の沿岸魚であるクロソイについて、初期の成長、生残に好適な給餌方法と飼育環境条件の抽出を行うとともに、天然魚の生活史と生態特性を詳細に調査し、効果の高い種苗生産と放流技術を検討しようとするものである。評価すべき点は次の5点にまとめられる。

1) 多くの魚類種苗生産では、種苗の発育に応じてシオミズツボワムシからアルテミア幼生へ移行する給餌系列が用いられていたが、本種では産仔直後からのアルテミア給餌で同等の成長と生残が得られることを実証した。また、初期発育段階の成長、生残と水温、塩分との関係を把握し、効率の高い種苗生産手法を提案した。さらに、仔稚魚期の水温が本種の性決定に大きな影響を与え、高水温条件下で雌化する傾向のあることを明らかにした。22℃を越える水温での飼育においても高成長が得られるが、性比への影響を考えると不適当なことを示した。

2) 本種の発育に伴う行動様式の変化を詳細に観察し、共食いによる初期減耗の低減手法を検討した。また、仔魚から稚魚への移行期における形態と行動様式の変化に甲状腺ホルモンが関係していることを明らかにした。

3) 天然稚魚が、湾奥の水深の浅い藻場を主要な成育場として利用することを示した。とくに、河川水の影響を受けるアマモ場には主食となるアミ類や大型のヨコエビ類が豊富であり、稚魚の成長速度も高いことを明らかにした。

4) 湾奥のアマモ場が種苗の放流場として最適なことが推察され、これを試験放流と魚市場での再捕調査により実証した。また、好適な放流場へ放流することにより、放流サイズを従来の2分の1以下に小型化しても同程度の放流効果が得られることを示した。

5) 栽培漁業では、放流種苗による天然資源との置き換わりが最大の問題となっているが、フィールドにおいて実証的にこれを分析した研究はほとんど無い。本研究では、放流場となる天然魚の成育場において、一時的には天然魚と放流魚との間で生産力に対する競争がおり、密度依存的な成長低下が認められたが、漁獲加入までの長期的な観点では、放流魚が湾内の余剰生産力を有効に利用して本種の資源量増大に大きく貢献していることが確認された。

以上のように、本論文は飼育実験とフィールド調査により、クロソイの生理生態学的特性を詳細に明らかにし、それを基礎とした効率の高い種苗生産と放流技術を提案するものであり、水産増殖学、魚類生理学ならびに魚類生態学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成21年2月9日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。