

## 高級魚ホシガレイの人工種苗生産コストを削減する技術体系

試験研究計画名：地域重要魚種の増養殖に関する低コスト化に係わる生産体系の確立

地域戦略名：ホシガレイ・マコガレイの増養殖に関する事業化戦略

研究代表機関名：公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会

### 地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

ホシガレイは50cm超に成長する大型カレイであり、漁獲量が少なく味的高级魚として知られています(写真1)。福島、宮城、岩手県はホシガレイの産地であり、約30年前から同種の栽培漁業の技術開発が行われてきましたが、東日本大震災により大きな被害を受けました。3県の種苗生産施設が復旧したことで、震災復興のシンボルとしてホシガレイの増殖事業による漁獲増に漁業者から大きな期待が寄せられています。一方、マコガレイも内湾漁業の重要種であり青森県から



写真1 ホシガレイ成魚

長崎県までの12県で放流試験が行われています。しかし、増殖事業が大規模に展開されているサケやヒラメと比較すると、ホシガレイ、マコガレイともに人工種苗の生産コストが高いことが、増養殖を事業化するためのボトルネックとなっています。そこで、本事業において、ホシガレイ放流種苗の3つの生産工程(親魚養成、種苗生産、中間育成)において(図1)、それぞれの工程に適した革新的技術(閉鎖循環飼育、省力低コスト飼育、特定波長光照射飼育)を導入し、全体を最適化して種苗の生産コストを大幅に低減化(数値目標:ホシガレイ生産の直接経費40%削減)する技術体系の確立を目指しました。マコガレイについても中間育成に特定波長光照射を用いたコスト削減に取り組みました。



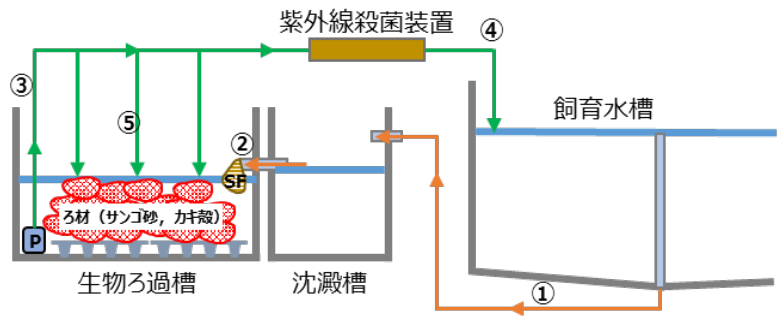
図1 人工種苗の生産工程

### 技術体系の紹介：

#### 1. 閉鎖循環飼育システムはホシガレイ親魚養成と採卵に有効

一般に閉鎖循環飼育に必要な水質浄化技術には、魚類が排出するアンモニアを亜硝酸、硝酸へと変換する硝化と、硝酸を窒素ガスとして空気中へ放出する脱窒の2つの工程があります。高密度で飼育する養殖では、硝化を行う大型の生物ろ過槽が必要ですが、親魚養成では適正な成熟・採卵を行うために低密度で飼育するので、小型の生物ろ過槽で十分です。また、定期的な移槽、生物ろ過槽の更新を行えば脱窒の必要もありません。本事業では、親魚養成を実施している種苗生産機関に、簡易的な閉鎖循環システムを導入することを想定し、閉鎖循環飼育によるホシガレイ親魚の養成試験を行いました。2年間の試験の結果、流水飼育と同等の良質な受精卵を実証規模(受精卵50万粒/日)で得ることができました。閉鎖循環飼育での安定採卵は異体類では初めてのことです。さらに、海水使用量と加温にかかる経

費は、流水飼育に比べて約 30%削減できました。また、ホシガレイ親魚の窒素排出速度 (101~242mg/day) とろ材の硝化能力 (平均 19.2mg/day/L) から、親魚 1尾を飼育するために最大 13L のろ材が必要であり、人工種苗の大量生産に必要な規模の採卵に必要な親魚 50 尾の飼育には最大 650L のろ材が必要であることがわかりました。既存の水槽に簡易的な閉鎖循環システム (図 2) を導入する場合、ホシガレイの親魚養成 (50 尾) では、生物ろ過槽、ろ材 (サンゴ砂等)、水中ポンプ、紫外線殺菌装置が必要であり、初期投資は最大で 200 万円程度となります。



- ① 飼育水槽から沈殿槽へ排水, 大きなゴミは沈殿
- ② 沈殿槽から生物ろ過槽へオーバーフロー排水  
排水はスクリーンフィルター (SF, 目開き200μm) を通し, 細かなゴミを除去する
- ③ 生物ろ過槽内の浄化水を飼育水槽へ水中ポンプ (P) で圧送
- ④ 浄化水は紫外線殺菌装置を通して飼育水槽へ戻す  
飼育水槽へ戻す浄化水の流量は, 飼育水槽容量の8~12回転/日
- ⑤ ポンプで圧送された浄化水の一部は生物ろ過槽へ戻す  
生物ろ過槽への流量 (②+⑤) は, 生物ろ過槽容量の90~100回転/日

図 2 ホシガレイ親魚の閉鎖循環飼育システム模式図

## 2. 省力低コスト飼育でホシガレイ種苗の生産経費を低減

海産魚の種苗生産では、飼育水槽内に仔魚を收容し、別水槽で培養したワムシを餌料として飼育水槽に毎日給餌しながら、水質維持のためにろ過海水を掛け流ししつつ初期の飼育管理を行うのが普通です。省力低コスト飼育は

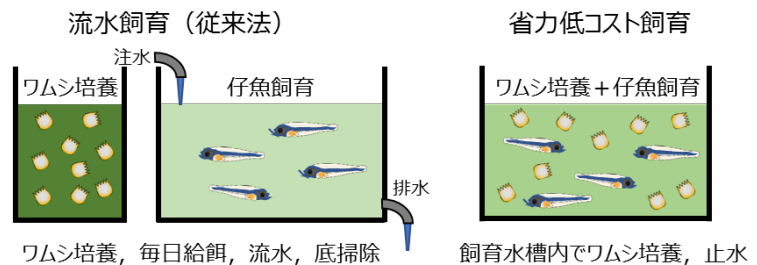


図 3 省力低コスト飼育による種苗生産の模式図

ヒラメで開発された飼育技術であり、止水の飼育水槽内に仔魚を收容し、その水槽にワムシを投入し、水槽内でワムシを増殖管理しつつ、底質改良材 (貝化石) を投入することで底掃除を省略する飼育手法です (図 3)。従来法の流水飼育と省力低コスト飼育の比較種苗生産試験を行ったところ、両飼育手法で生残や正常率に差はありませんでした。そこで省力低コスト飼育を実用レベルの量産飼育に導入したところ、生残率が 56~89%の安定生産が可能となりました。また、省力低コスト飼育を行うことで作業時間は大幅に短縮でき、約 40%のコスト削減が可能でした。

## 3. 緑色 LED 光照射により中間育成時のホシガレイとマコガレイの成長を促進

ホシガレイとマコガレイの中間育成において、特定波長光照射が成長に及ぼす影響を比較する飼育試験を行いました。その結果、両魚種ともに、緑色 LED 光照射によって有意な成長促進効果が確認できました (図 4、5)。

ホシガレイでは中間育成にも閉鎖循環飼育を導入し、高成長による人件費の削減とともに加温用重油代も同時に節減できました。

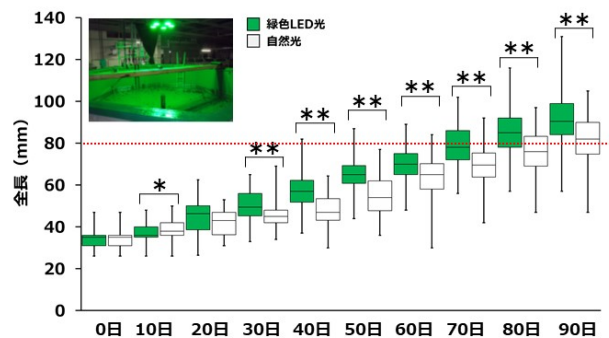


図 4 ホシガレイの中間育成における緑色 LED 光の成長促進効果 (\* P<0.05、\*\* P<0.01)

また、緑色 LED 光照射による成長促進の作用機序を解明するために、促成・食欲関連ホルモンの遺伝子発現に及ぼす影響を、ホシガレイを主な対象として検討しました。その結果、緑色 LED 光照射によってメラニン凝集ホルモン MCH1 の発現が亢進され、MCH1 の食欲亢進作用によって摂餌量が増加し、成長が促進されると考えられました。

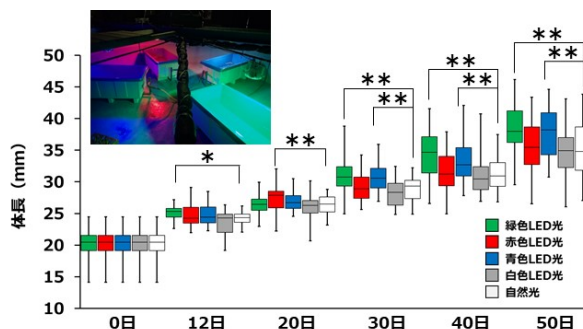


図5 マコガレイの中間育成における光環境ごとの成長 (\* P<0.05, \*\* P<0.01)

## 技術体系の経済性は：

### 経営改善効果

革新的技術（閉鎖循環飼育、省力低コスト飼育、緑色 LED 光照射飼育）導入によるコスト削減効果を試算した結果、閉鎖循環飼育による親魚養成では海水使用量と加温にかかる重油代を大幅に削減、省力低コスト飼育による種苗生産ではワムシ培養や底掃除などの作業時間を 52%削減、緑色 LED 光照射飼育による中間育成では成長を約 10%促進させることが可能となり加温経費を全て削減できました。以上を総合すると、試験規模（種苗生産目標：全長 30mm, 5 万尾, 中間育成目標：全長 80mm, 3 万尾）でのホシガレイの生産単価は従来法で 181.9 円、新技術の導入で 109.3 円であり、単価を約 40%削減できました。さらに、閉鎖循環飼育で大量の親魚を低コストで養成できるようになり、量産規模の採卵が可能になったこと、また省力低コスト飼育で安定した種苗生産が可能となったため、実用レベル（20 万～50 万尾規模）での大量生産技術が確立できました。そこで、量産規模（種苗生産目標：全長 30mm、20 万尾、中間育成目標：全長 80mm、10 万尾）で生産実証し、種苗生産経費を試算しました。その結果、生産数量が増えても人件費はさほど変わらないことから、80mm 種苗を 10 万尾生産する場合の種苗単価は従来法で 52.6 円、新技術の導入で 40.4 円になりました（表 1）。

表 1 ホシガレイ種苗生産経費概算（大量生産）

生産工程		従来法（大量生産）		革新技術（大量生産）			
飼育方法	用途	内訳	金額(円)	飼育方法	内訳	金額(円)	
親魚養成	人件費	848円×208h	176,384		848円×208h	176,384	
	流水7回転	親魚購入	20尾×1kg×10,000円	200,000	閉鎖循環	20尾×1kg×10,000円	200,000
	50kL（水量20kL）	餌料費	冷凍魚1t×250円	250,000	50kL（水量20kL）	冷凍魚1t×250円	250,000
	50尾	光熱水費	電気+重油	890,727	50尾	電気+重油(流水の1/10)	649,801
採卵・卵管理	人件費	正規20h+臨時20h	79,400		正規20h+臨時20h	79,400	
	光熱水費	電気+重油	13,126		電気代+重油	13,126	
小計			1,609,637			1,368,711	
種苗生産	人件費	正規260h+臨時422.5h	1,170,000	省力低コスト飼育	正規170h+臨時175h	679,140	
	50kL1面（流水）	餌料費	アルテミア、クロレラ等	852,800	50kL1面	アルテミア、クロレラ等	860,400
	30mm、20万尾	光熱水費	電気+重油	479,416	30mm、20万尾	電気+重油	455,195
ワムシ培養	人件費	正規120h+臨時120h	476,400			0	
	5kL×2面	餌料費	クロレラ、強化剤	256,800	なし		0
	18°C、CC200個体	光熱水費	電気+重油	26,312			0
小計			3,261,728			1,994,735	
中間育成	人件費	正規35h+臨時140h	227,990		正規30h+臨時120h	195,420	
	自然光、流水7回転	餌料費	配合飼料	2,240,000	緑色光、閉鎖循環	配合飼料	1,950,000
	80mm、10万尾	光熱水費	電気+重油	353,820	80mm、10万尾	電気+重油	212,722
	50kL2面（水20kL）				50kL2面（水20kL）		
小計			2,821,810			2,358,142	
合計			7,693,175			5,721,588	
種苗生産単価			52.6			40.4	

※ 種苗生産単価は 80mm サイズでの単価のため、親魚養成と種苗生産での 30mm サイズ 20 万尾生産経費の合計額の半額に中間育成経費を加えた額が 10 万尾生産の経費として計算した。

## 経済的な波及効果

過去の放流効果の調査結果から推測すると、本事業により放流された約 40 万尾のホシガレイ種苗は 2~4 年後に数 10 トンの漁獲対象魚となって水揚げされることが期待されます。これは、約 1,600 万円 (40 万尾×40 円) の経費 (施設にかかる経費を除く) で生産された放流種苗が約 5,000 万円 (約 1 万円/kg×約 50,000kg) の水揚げとなることを意味します。また、本事業の成果により、放流効果の高いホシガレイの 80mm 大型種苗を大量に安価に生産できる体制が整いました。さらに、本事業の開発成果は、全国の公営栽培漁業センターなど、さまざまな魚種の放流用種苗の生産施設や、養殖用の民間種苗生産施設、および民間のヒラメ養殖で活用が可能です。全国のヒラメ養殖の産業規模は約 33 億円であり、成長促進により商品サイズまでの養殖期間が短縮する大きな効果が期待できます。

## こんな経営、こんな地域におすすめ：

栽培漁業の持続可能な事業化のためには、低コストの種苗を大量に海面に放流し、それらが育ってから漁獲されることで水揚げ金額が増え、そこから放流経費を捻出する体制を構築することが必要です。本事業の開発技術は、低コストでの種苗の大量生産に貢献できるため、全国の異体類の栽培漁業に取り組んでいる都道府県栽培漁業センターに活用を推奨します。また、本開発技術は異体類の養殖にも適用可能であり、特に緑色 LED 光照射による成長促進と閉鎖循環飼育による加温費低減は低水温地域での養殖の採算性を向上させることができます。さらに、工程毎に開発した技術は、カレイ類に止まらず、海産魚類の種苗生産に応用可能であり、民間の魚類種苗生産業者や魚類養殖業者にも導入が可能な技術です。

## 技術導入にあたっての留意点：

3 工程で開発した技術は、必ずしもすべてを同時に実施する必要はなく、対象魚種と各機関の施設や設備の状況に応じて、一部を導入しても有益です。たとえば親魚養成における閉鎖循環飼育システムは、天然魚からすぐに採卵が可能な魚種・地域には不要ですが、長期間の加温や冷却が必要な魚種ではコスト削減効果が高く有効です。省力低コスト飼育は、ワムシ給餌期を止水で管理するため、飼育水温が気温より大幅に高いか低い場合には温度管理が難しく導入が困難ですが、それらの条件が適していれば作業時間が大幅に削減でき、その効果は多大です。その際に、良く増える状態の良いワムシを用いることが重要です。緑色 LED 光照射飼育は、着底前の浮遊期に行くと変態異常の増加や死亡を引き起こすため活用できません。しかし、ヒラメ、マツカワ、ホシガレイ、マコガレイ等の異体類の着底後の飼育で有効性が確認されており、この時期からの導入を推奨します。特に活動が低下する低水温期に食欲を亢進し、成長を促進するため、加温飼育に比べて施設費と維持費の両方で低コスト化が実現できます。また、異体類の放流種苗の生産に止まらず、養殖種苗生産や養殖においても有効です。

また、ホシガレイ・マコガレイの生産 (親魚養成~中間育成) で運用するための技術的な注意点を整理し、マニュアルを作成しました。マニュアルは下記の全国豊かな海づくり推進協会に照会ください。

**研究担当機関名：** (公社) 全国豊かな海づくり推進協会、(研) 水産研究・教育機構 東北区水産研究所、北里大学、スタンレー電気(株)、宮城県水産技術総合センター、福島県水産資源研究所、神奈川県水産技術センター、(公財) 神奈川県栽培漁業協会

**お問い合わせは：** (公社) 全国豊かな海づくり推進協会

電話 03-5651-3501 E-mail h.kuwada@yutakanaumi.jp

**執筆分担** (全国豊かな海づくり推進協会 桑田 博、水産研究・教育機構東北区水産研究所 清水大輔、北里大学 高橋明義)