

栽培漁業センター技報

第13号

平成23年3月

目 次

| | |
|--|----|
| 天然雌親魚と比較したウナギ雌化養成親魚の催熟成績 増田賢嗣・今泉 均・小田憲太郎・橋本 博・足立純一・加治俊二・照屋和久…………… | 1 |
| カタクチイワシ <i>Engraulis japonicus</i> のアンモニア濃度耐性 ～かつお一本釣り漁業のコスト削減のために～ 小田憲太郎・橋本 博・増田賢嗣・今泉 均・薄 浩則・照屋和久・木村拓人・黒坂浩平・ 橋ヶ谷伊久生・大島達樹・山下秀幸・伏島一平・小河道生・岡 雅一…………… | 10 |
| ハッチングジャーを用いたトラフグ受精卵のふ化 小金隆之・片山貴士・荒井大介・中野昌次・森田哲男・山本義久…………… | 18 |
| ワムシの粗放連続培養を活用した連続給餌によるキツネメバルの種苗生産 野田 勉・長倉義智・藤浪祐一郎・青野英明…………… | 23 |
| 閉鎖循環システムを用いたズワイガニゾエア期の飼育 山本岳男・藤本 宏・山田達哉・高橋庸一・山本義久…………… | 29 |
| 標識としてヒラメ無眼側に黒化を作出できるか 山田達哉・藤本 宏・山本岳男・高橋庸一…………… | 34 |
| タウリン強化飼料の給餌と砂馴致飼育によるヒラメ人工種苗の放流初期の生残率の向上 森田哲男・崎山一孝・藤本 宏・山田達哉・富永 修…………… | 41 |
| アリザリン・コンプレクソンを用いた大量のトラフグ受精卵の耳石標識 橋本 博・町田雅春…………… | 48 |
| 長崎県におけるクエの漁業 中川雅弘・乾 政秀・堀田卓朗・吉田一範・服部圭太…………… | 51 |

天然雌親魚と比較したウナギ雌化養成親魚の催熟成績

増田賢嗣^{*1}・今泉 均^{*1}・小田憲太朗^{*1}・橋本 博^{*1}・足立純一^{*2}・加治俊二^{*3}・照屋和久^{*4}

(*1 志布志栽培漁業センター, *2 本部経営企画部広報室,

*3 南伊豆栽培漁業センター, *4 西海区水産研究所石垣支所)

水産総合研究センター養殖研究所は、2002年に初めて人工シラスウナギの生産に成功した¹⁾。その後はシラスウナギの安定した大量生産に向けて多くの研究が進められている²⁻⁴⁾。ウナギ仔稚魚の量産には大量の良質な受精卵の確保が前提となるが、飼育下では雄のウナギが多いことが知られている⁵⁾。雄親魚については養鰻業者から容易に入手できるが、雌親魚についてはかつては天然の漁獲物から確保するか、養鰻場に時折現れる雌ウナギを用いる他なかった。近年は稚魚期にエストラジオール17 β を与えることにより雌化養成する技術が確立され⁶⁾、雌の確保は比較的容易になった。しかし、この技術を用いても、ウナギが飼育下で自発的に成熟することは稀であり⁷⁾、受精卵を得るには数ヶ月に及ぶホルモン投与を中心とする催熟操作が必要である⁸⁻¹¹⁾。このため、催熟期間中の環境管理や催熟の手法が卵質に影響を及ぼすことは明白である⁸⁻¹¹⁾が、良質な受精卵を効率よく得るためには、催熟操作を開始する前の養成期間中の飼育条件についても検討する必要がある。

雌化養成ウナギが利用できるようになって、雌親魚の確保は格段に至便になったが、雌化した養成親魚では、催熟成績が天然雌親魚よりも劣ることが報告されている¹²⁾。これは、養成期の飼育条件が催熟成績に影響することの傍証であり、これら条件の最適化によって、催熟成績を向上させることができる可能性を示唆している。例えば、催熟操作の開始に先立つ海水馴致の後、しばらく養成したもののほうが、すぐに催熟操作を開始するよりもホルモンの平均投与回数が少なく済むことがこれまでに明らかとなっている¹³⁾。したがって、天然雌親魚と雌化養成親魚の催熟成績を比較することによって、養成手法を最適化するための情報を得ることが可能であると考えられる。

そこで本研究では、雌親魚について、宍道湖で漁獲された天然雌親魚と志布志栽培漁業センターで雌化養成した親魚との間で、採卵成績および卵質を比較した。その結果、雌化養成親魚は産卵量が天然雌親魚よりも劣るものの、十分な確率で受精卵を得ることができ、卵質についても天然雌親魚とほぼ遜色ないことが明らかになったので報告する。

材料と方法

親魚 親魚には、2008年10月に宍道湖で漁獲された天然雌ウナギ(天然群)と、雌化養成親魚を用いた。雌化養成親魚は、2005年2月(2005年度群)と2006年12月(2007年度群)にシラスウナギとして購入し、それぞれ、エストラジオール17 β (シグマアルドリッチジャパン)による雌化处理⁶⁾を行った。雌ウナギは、各群30尾ずつを試験に供した。雄ウナギは、養鰻業者から購入した(総数420尾)。

催熟および採卵 雌ウナギの催熟は、サケ脳下垂体抽出物(SPE;シンコー水産製サケ脳下垂体から抽出)を毎週注射し¹⁴⁾、体重が催熟開始時体重の110%を越え、卵径が750 μ m以上になった個体を成熟期に達したと判断し、以下の様な卵成熟・排卵誘導処置を行った。

まず、卵径が850 μ m前後に達した個体に、SPEを注射(プライミング)、24時間後に17 α -ヒドロキシprogesterone(OHP;シグマアルドリッチジャパン)を注射(ファイナルショット)して、成熟・排卵を誘導した⁹⁾。OHPの投与は、産卵予定前日の9~10時に行った。第1回目のSPE投与時の体重を催熟開始時体重とした。雄ウナギでは、ヒト胎盤性生殖腺刺激ホルモン(あすか製薬)を6週目まではオスモティックポンプを用いて^{10, 11)}、以降は毎週注射により投与し⁸⁾、排精を確認できた個体を使用した。OHPの投与後、1水槽に雌1尾と雄3尾を収容して「誘発産卵」¹⁵⁾させ、飼育水のオーバーフローによって受精卵を回収した。回収した受精卵は7~8時に取り上げ、直ちに万能投影機(V-12B;Nikon)で卵径を測定するとともに、一部を48穴マイクロプレートに収容し、その後の測定、観察等に供した。体重当たり産卵数は、オーバーフローにより回収できた卵数と、水槽内に残った卵数の合計を、催熟開始時体重で除して求めた。なお、17週目までに体重・卵径が基準に満たなかった雌ウナギは、未成熟個体として催熟作業を打ち切った。80%の個体が成熟に至る週数は、プロビット法¹⁶⁾により算出した。

試験に供した雌親魚のうち、全項目のデータを得ることができなかった個体については、以下に記述する要領によって処理した。

催熟期間中に死亡または逸走した個体(天然群 1尾, 2005年度群 2尾, 2007年度群 1尾) および成熟しなかった個体(天然群 2尾, 2005年度群 2尾, 2007年度群 6尾)は, 催熟開始時の体重・卵径, 成熟個体率の算出にのみ用いた。

産卵前日の水温が20℃であるべきところが15℃となっていた個体(2007年度群 1尾)は, 受精卵卵径の結果のみを用いた。

OHP 投与後の未産卵個体(2005年度群 1尾, 2007年度群 1尾)は, 成熟個体率, 体重当たり産卵数のみを用いた。

ウナギの精子の質に関する明確な基準はないが, 誘発産卵の際には目視により排精量が比較的多く, かつ運動活性が良好な精子を排出する雄を選定した。この基準を満たす雄が必要数得られなかった場合は, 排精量が十分でない雄も使用した(天然群 3例, 2007年度群 1例)。このデータは, 体重当たり産卵数からは除外したが, 受精卵卵径の結果には含めた。また, 基準を満たした雄 2尾のみで行った誘発産卵が天然群で 1回あり, これについては, すべての結果に含めた。

催熟開始時卵径の測定 催熟開始時に雌ウナギの生殖腺を摘出し, 5%ホルマリン-生理食塩水で固定した。万能投影機を用いて, 各個体につき200粒の卵の長径と短径を測定し, 各卵の長径と短径の中間値を卵径とした。また, 卵径の大きい方から30粒の平均値を平均上位卵径とした。

卵質の評価 得られた受精卵の卵質の評価基準として, 受精率, 正常卵割率, 孵化率, 受精後 7 日目の生残率(7日後生残率)および受精後 7 日目に形態異常が認められなかった個体の生残率(7日後正常仔魚生残率)を求めた。これらの評価基準は Unuma *et al.*¹⁷⁾の方法に準じた。

統計処理 得られた数値は, Dunnett の多重範囲検定を行い, p -値が0.05以下のとき, 統計的に有意な差があると見なした。

結 果

催熟開始時の体重および卵径 催熟開始時の平均体重(±標準誤差)は, 天然群, 2005年度群, 2007年度群の順に483±16g, 470±10g および503±13gであり, 3区の間で有意な差は認められなかった(図1)。雄ウナギは316±2.9gであった。催熟開始時の平均卵径は, 2005年度群で有意に小さかった(図1)。また, 催熟開始時の平均上位卵径は, 2005年度群が2007年度群に対して有意に小さかった(図1)。

産卵成績 成熟個体数および80%の個体が成熟するのに要した期間は, 天然群が30尾中28尾(93.3%)で

15.1週, 2005年度群が28尾中25尾(89.3%)で15.9週, 2007年度群が30尾中24尾(80.0%)で15.4週であった(図2)。また, 産卵個体は天然群が30尾中27尾(90.0%), 2005年度群が28尾中23尾(82.1%), 2007年度群では29尾中22尾(75.9%)であった。全産卵量のうち, オーバーフローにより回収できた卵量は, 天然群, 2005年度群, 2007年度群の順に88.6±4.4%, 88.8±3.0%および82.8±5.9%であり, 3区の間で有意な差は認められなかった。

体重当たり産卵数は, 天然群, 2005年度群, 2007年度群の順に1,163.1±91.1千粒/kg, 695.2±81.3千粒/kg および828.8±114.9千粒/kgで, 天然群と2005年度群との間, 天然群と2007年度群との間で有意差が認められた(図3)。ただし, 生殖孔から生殖腺の一部がはみだした(プラグ)が確認された個体を除くと, 天然群, 2005年度群, 2007年度群の順に1,163.1±91.1千粒/kg, 732.8±86.8千粒/kg および1,025.2±93.9千粒/kg(標本数はそれぞれ24, 20, 15個体)であり, 天然群と2005年度群との間では有意差が認められたが, 天然群と2007年度群との間では有意差は認められなかった。

回収時点での受精卵の発生段階は, 桑実胚~胞胚初期にあり, 卵径は天然群, 2005年度群, 2007年度群の順に1,672.6±13.3μm, 1,636.3±18.4μm および1,611.9±20.3μmで, 天然群と2007年度群との間のみ有意差が認められた(図3)。

なお, 排精量が十分でない雄を使用したために結果から除外した天然群 3尾の平均の体重当たり産卵数は, 1,179.8千粒, 2007年度群の 1尾では1,311.7千粒であった。また, 温度処理が適切でなかったため結果から除外した2007年度群 1尾の体重当たり産卵数は, 854.3千粒であった。

催熟開始時の卵径と産卵成績の関係 催熟開始時の卵径と体重あたり産卵数の間には, 相関は認められず($R^2=0.1189$, 図4), 産卵の際にプラグが認められた個体を除いても, 同様の傾向を示した。催熟開始時の平均上位卵径と成熟に要した期間の間には, 弱い負の相関が認められた($R^2=0.2516$, 図4)。

卵質評価 天然群, 2005年度群および2007年度群の受精率は, それぞれ74.3±5.9%, 70.8±5.7%および68.5±6.2%, 正常卵割率は66.2±6.6%, 58.7±7.7%および53.6±7.6%, 孵化率は56.1±6.9%, 51.5±7.2%および39.7±6.7%, 7日後生残率は50.4±6.4%, 45.5±6.5%および33.9±5.9%, 7日後正常仔魚生残率は38.3±5.6%, 30.3±4.6%および22.0±4.2%であった(図5)。全ての項目で, 天然群の平均値が高かったが, 7日後正常仔魚生残率の天然群と2007年度群との間でのみ有意差が認められた。

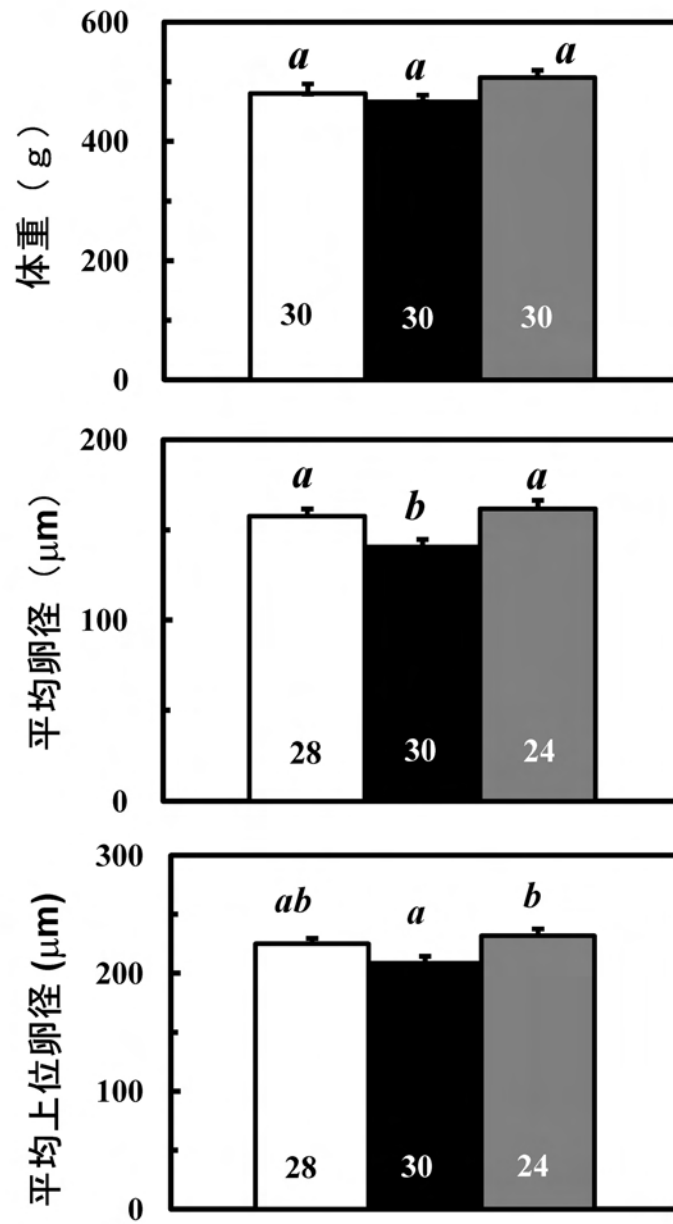


図1 催熟開始時の雌親魚および卵巣卵の状態
 図中の数字は標本数, 同じアルファベット間は有意差なし.
 □:天然群, ■:2005年度群, ▒:2007年度群

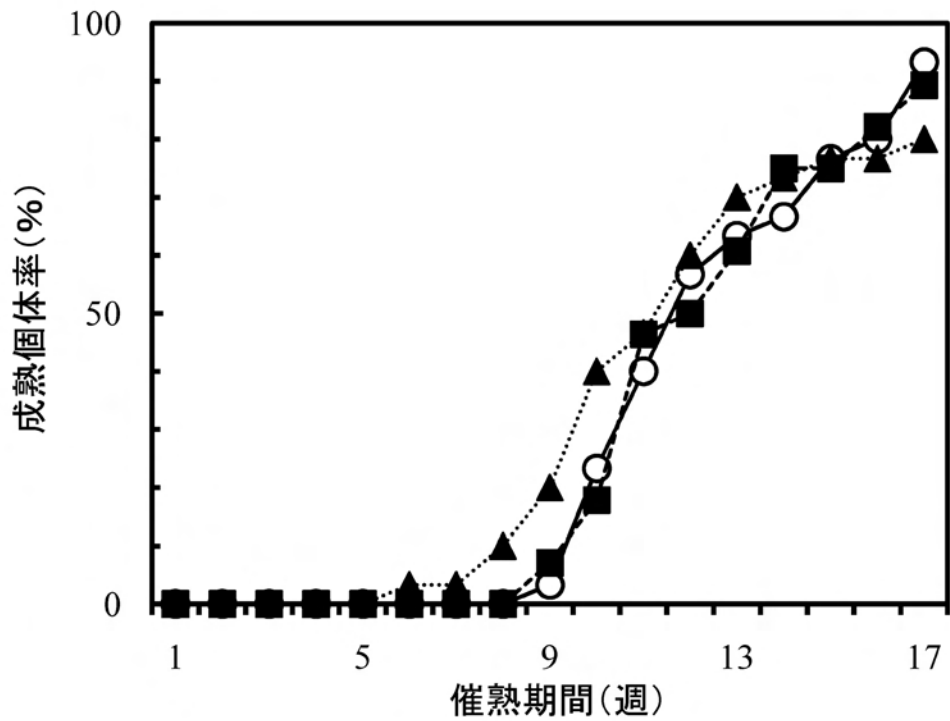


図2 OHP 投与まで至った個体の割合 (累積)
 標本数は天然群30個体, 2005年度群28個体, 2007年度群30個体

—○— 天然群 --■-- 2005年度群 ···▲··· 2007年度群

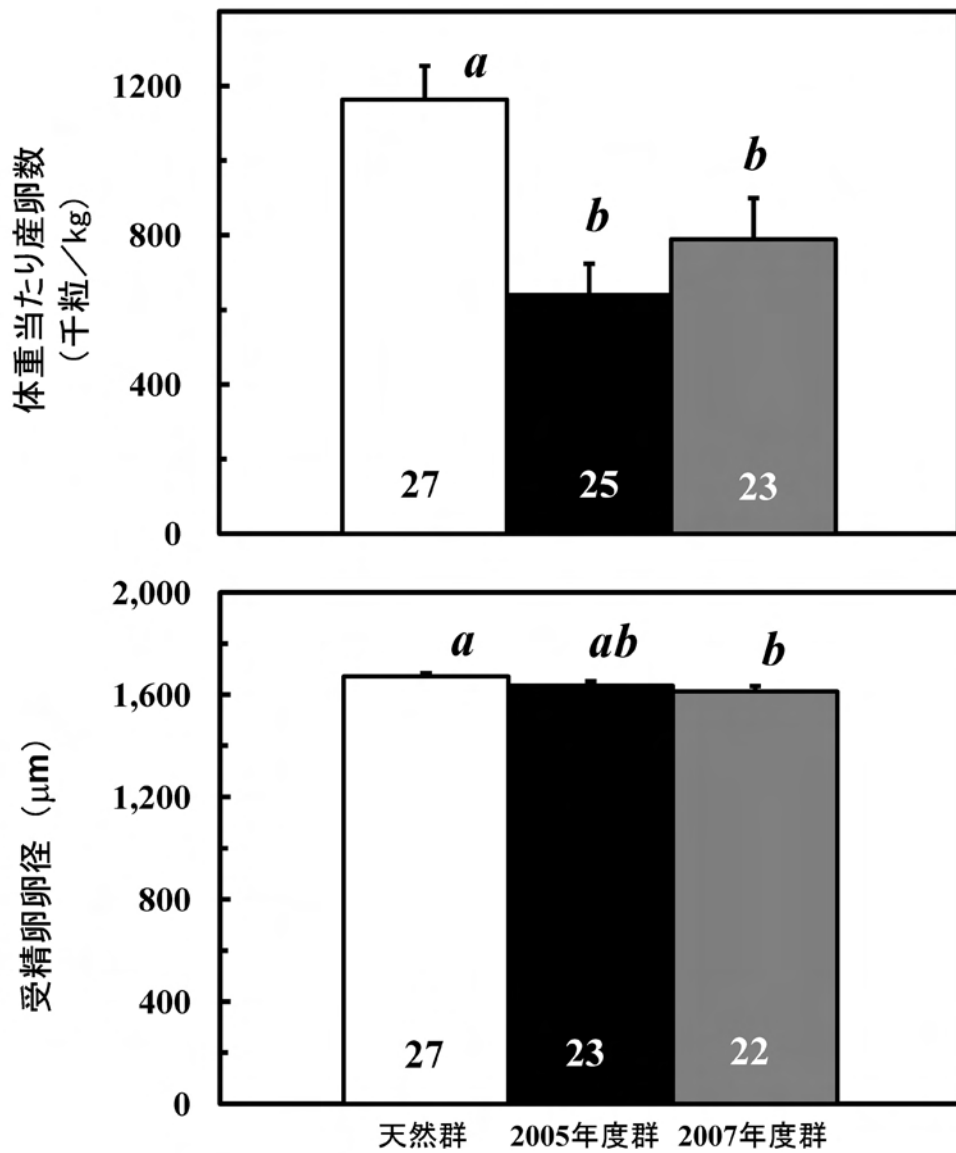


図3 産卵数と受精卵の卵径
 図中の数字は標本数, 同じアルファベット間には有意差なし
 □: 天然群, ■: 2005年度群, □: 2007年度群

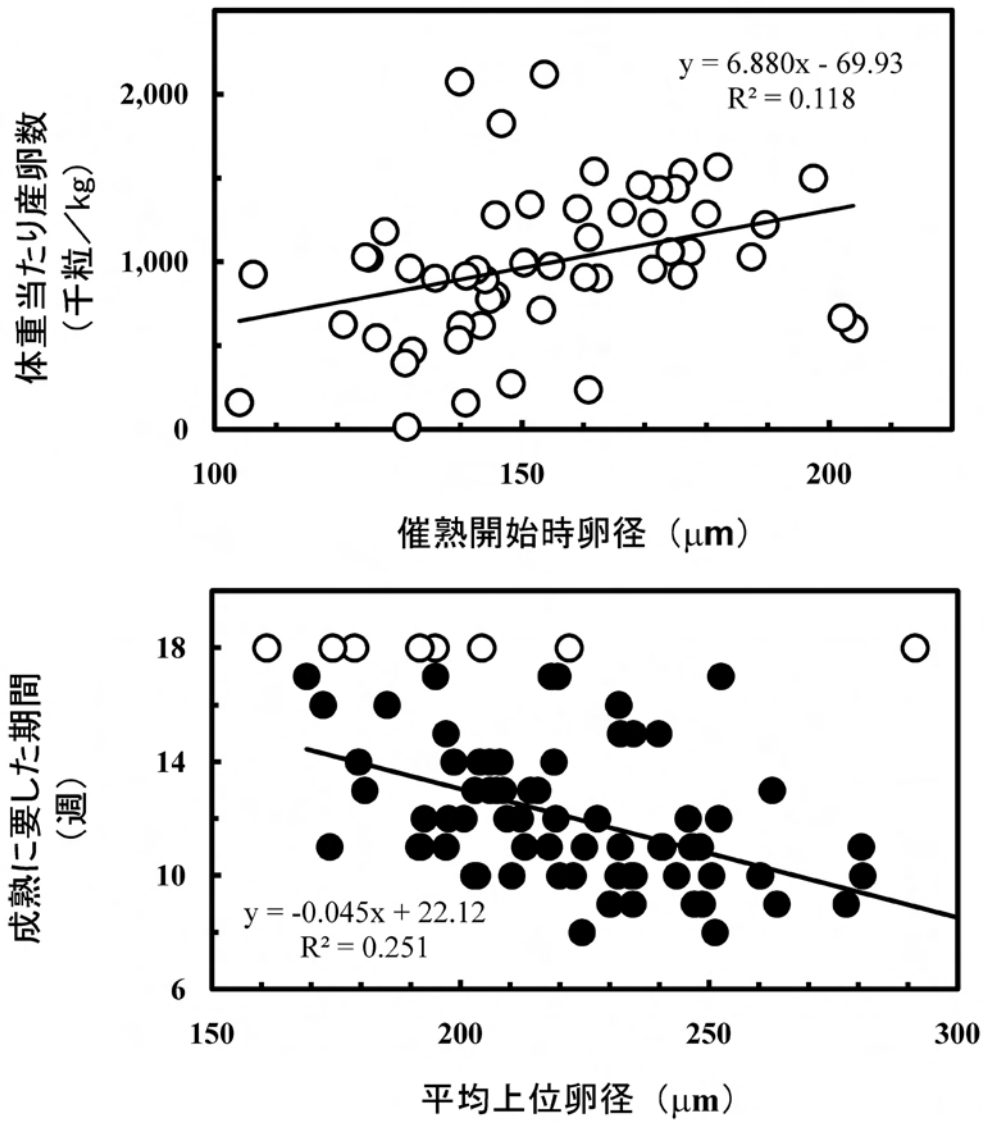


図4 催熟開始時の卵巣卵径と催熟成績の関係
 平均上位卵径は各個体で測定した200粒のうち上位30粒の平均値。下図中の白抜きは試験期間中に成熟しなかった個体の値で、回帰式の計算には含まれていない。

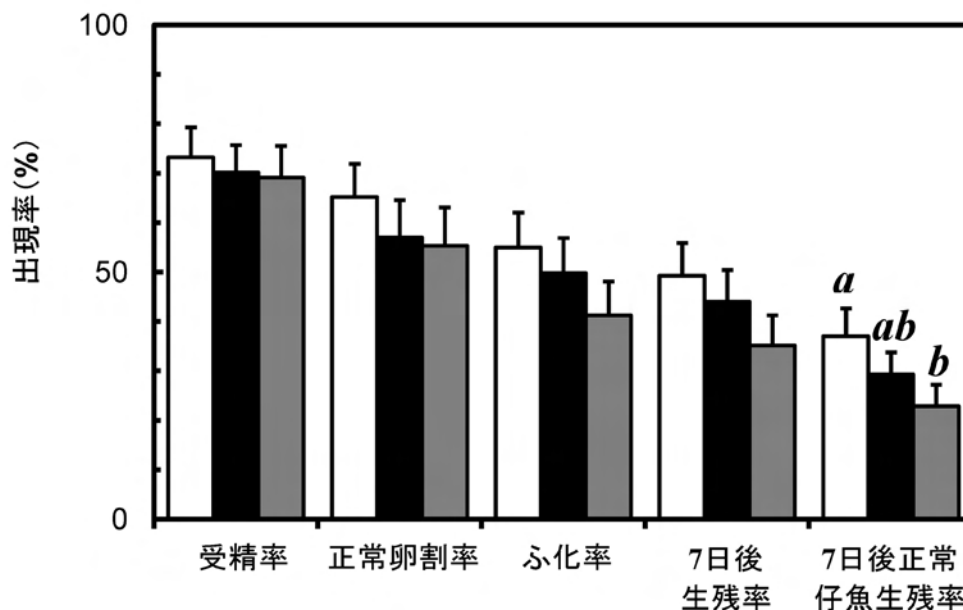


図5 得られた卵の受精率，正常卵割率，ふ化率および7日後の生残率と正常仔魚生残率
同じアルファベット間には有意差なし

□：天然群 (N=24)， ■：2005年度群 (N=23)， ▒：2007年度群 (N=20)

なお，排精量が十分でない雄を使用したために結果から除外した天然群3尾の平均の受精率，正常卵割率，孵化率，7日後生残率，7日後正常仔魚生残率は，それぞれ96.4%，92.7%，72.6%，67.8%および56.6%，2007年度群1尾では，75.0%，36.4%，32.1%，30.7%および15.7%であった。また，温度処理が規定通りでなかったために結果から除外した2007年度群の1尾では，受精率が15.4%で，他の項目は0%であった。

考 察

本研究において，天然由来の雌親魚と雌化養成親魚について，催熟の成績と得られた卵の質を検討した結果，雌化養成親魚は天然雌親魚より体重あたり産卵数が劣るものの，卵質には顕著な差がなかった。成熟個体の出現率が最も低かった2007年度群においても，80%の個体が試験期間内に成熟した(図2)。Ijiri *et al.*¹²⁾は，雌化養成親魚では成熟個体率が低い傾向がみられることを指摘しているが，催熟技術が向上したためか，本研究の結果から判断すると，実用上は問題にならないレベルであると言える。平均上位卵径については，群間に若干の差が見受けられたが，成熟に至るまでの期間の長さには顕著な差は認められなかつ

た。上位卵径と成熟に至るまでの期間の長さには，弱い相関が見られた。

体重あたり産卵数は，天然群と2005年度群および2007年度群との間に有意差が認められた。しかし，催熟開始時の平均卵径は，天然群・2007年度群と2005年度群との間に有意差が認められたものの，天然群と2007年度群との間には有意差が認められず，天然親魚と雌化養成親魚との間で明確な差があるとはいえなかった。2007年度群については，試験期間内に成熟しなかった個体が6個体あったが，これらを含めた催熟開始時卵径と体重あたり産卵量との間に相関は認められなかった。

雌親魚の体重の増加が顕在化して，1週間以内の産卵が予想されるころになると，生殖腺の一部が生殖孔からはみ出してしまうプラグの形成が時折見られ，これが産卵に支障を来すことがある。このような雌親魚では，産卵後も腹腔内に排卵卵が留まっている。そこで，プラグが認められた個体(2005年度群3個体，2007年度群5個体，天然群は0個体)を除くと，2007年度群の体重あたり産卵数は，天然群に匹敵した。雌化養成親魚で天然雌親魚よりも体重あたり産卵数が劣ったことは，雌化養成親魚にプラグを形成する個体が多く現れたことにより，部分的には説明できる。しかし，排卵量が記録されていなかったため，催熟開始時

卵径と体重当たり排卵数の関係を明らかにすることはできなかった。雌化養成親魚にプラグ形成個体が多く出現する理由については、今後検討が必要である。プラグ形成以外に産卵成績に影響を与える要因としては、催熟開始時の生理的な条件の違いが考えられた。試験に供した天然雌親魚は、秋季に宍道湖で漁獲されたものであるが、三河湾における調査では、秋季にウナギの捕獲数が増えることが知られており¹⁸⁾、産卵回遊中のウナギは、GSIが高く、最大卵径群の卵径が大きいことが報告されている¹²⁾。しかし、雌化養成親魚においては、養成水槽内で500g程度に達したウナギを無作為に選別して催熟に供しているため、天然親魚では産卵に向けた生理的な変化が始まっているが、雌化養成親魚ではその変化が十分でない等の催熟開始時の卵巣卵卵径の解析だけではわからない生理的な違いが産卵成績に影響している可能性がある。

受精卵の卵径については、天然群と2007年度群との間に有意差が認められたが、卵径と体重あたり産卵数、7日後正常仔魚生残率との間に関連は認められず、卵径の差と発生への影響については、孵化仔魚の飢餓耐性や摂餌開始後の飼育成績との関連から今後明らかにしていく必要がある。

卵質評価については、7日後正常仔魚生残率において、天然群と2007年度群間で有意差が認められたが、両者の催熟開始後の処理は同じように行っているため、催熟開始前の養成段階に原因があったと考えられた。このことから、催熟開始前までの養成の良否が、産卵数だけでなく給餌開始期である受精後7日（孵化後6日）までの正常な発達にまで影響することがわかった。しかし、天然群と2005年度群との間には有意差が認められず、雌化養成親魚由来の卵質が必ずしも天然雌親魚由来のものより劣るとはいえなかった。他の指標についても、全て天然群で高い傾向がみられたが有意差は認められず、7日目までの卵質については、本試験では天然雌親魚と雌化養成親魚との間に明白な差は見いだせなかった。

本試験の結果、雌化養成親魚は8割以上の個体が成熟し、卵質の面では天然雌親魚と遜色ないと考えられた。しかし、産卵数は天然雌親魚より少なく、この一因として、雌化養成親魚にしばしば観察されるプラグが生殖孔を塞いでいたことが考えられるため、今後は、プラグの形成を防除する技術開発が必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、作業に協力頂いた山元栄一さん、恒吉守一さん、津曲良子さん、湯地幸枝さん、上野裕幸さん、研究の遂行および論文の作製を補助し

てくださった桐原久子さんにお礼を申し上げる。また香川浩彦博士、田中秀樹博士、野村和晴博士の各氏に有用な助言をいただいたことに感謝する。

文 献

- 1) Tanaka, H., Kagawa, H., Ohta, H., Unuma, T., Nomura, K., 2003. The first production of glass eel in captivity: fish reproductive physiology facilitates great progress in aquaculture. *Fish Physiol. Biochem.*, **28**, 493-497.
- 2) Kurokawa, T., Okamoto, T., Gen, K., Uji, S., Murashita, K., Unuma, T., Nomura, K., Matsubara, H., Kim, S.-K., Ohta, H., Tanaka, H. 2008. Influence of water temperature on morphological deformities in cultured larvae of Japanese eel, *Anguilla japonica*, at completion of yolk resorption. *J. World Aqua. Soc.*, **39**, 726-735.
- 3) Okamoto, T., Kurokawa, T., Gen, K., Murashita, K., Nomura, K., Kim, S.-K., Matsubara, H., Ohta, H., Tanaka, H. 2009. Influence of salinity on morphological deformities in cultured larvae of Japanese eel, *Anguilla japonica*, at completion of yolk resorption. *Aquaculture*, **293**, 113-118.
- 4) Okamura, A., Yamada, Y., Mikawa, N., Horie, N., Utoh, T., Kaneko, T., Tanaka, S., Tsukamoto, K. 2009. Growth and survival of eel leptocephali (*Anguilla japonica*) in low salinity water. *Aquaculture*, **296**, 367-372.
- 5) 松井 魁 (1972) 内部形態とその構造. 鰻学 [生物学的研究編], 恒星社厚生閣, 東京, pp.148-184.
- 6) 立木宏幸, 中川武芳, 田村憲二, 廣瀬慶二 (1997) ニホンウナギにおける estradiol-17 β の経口投与による雌化効果, 成長および親魚養成. 水産増殖, **45**, 61-66.
- 7) Matsubara, H., Tanaka, H., Nomura, K., Kobayashi, T., Murashita, K., Kurokawa, T., Unuma, T., Kim, S.-K., Lokman, M. P., Matsubara, T., Kagawa, H., Ohta, H. 2008. Occurrence of spontaneously spermiating eels in captivity. *Cybiuim*, **32**, 174-175.
- 8) Ohta, H., Kagawa, H., Tanaka, H., Okuzawa, K., Hirose, K., 1996. Change in fertilization and hatching rates with time after ovulation induced by 17, 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-

- one in the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, **139**, 291-301.
- 9) Kagawa, H., Tanaka, H., Ohta, H., Okuzawa, K., Iinuma, N., 1997. Induced ovulation by injection of 17, 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one in the artificially matured Japanese eel, with special reference to ovulation time. *Fish. Sci.*, **63**, 365-367.
 - 10) Kasuga, Y., Adachi, J., Nishi, A., Hashimoto, H., Kaji, S., Horiuchi, Y., Kagawa, H. 2008. Induction of sexual maturation of male Japanese eel (*Anguilla japonica*) by continuous administration of various hormones using osmotic pump. *Cybium*, **32**, 171.
 - 11) Kagawa, H., Kasuga, Y., Adachi, J., Nishi, A., Hashimoto, H., Imaizumi, H., Kaji, S. 2009. Effects of continuous administration of human chorionic gonadotropin, salmon pituitary extract, and gonadotropin-releasing hormone using osmotic pumps on induction of sexual maturation in male Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, **296**, 117-122.
 - 12) Ijiri, S., Kayaba, T., Takeda, N., Tachiki, H., Adachi, S., Yamauchi, K. 1998. Pretreatment reproductive stage and oocyte development induced by salmon pituitary homogenate in the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Fish. Sci.*, **64**, 531-537.
 - 13) Kagawa, H., Iinuma, N., Tanaka, H., Ohta, H., Okuzawa, K. 1998. Effect of rearing period in seawater on induced maturation in female Japanese eel *Anguilla japonica*. *Fish. Sci.*, **64**, 77-82.
 - 14) Yamamoto, K., Yamauchi, K. 1974. Sexual maturation of Japanese eel and production of eel larvae in the aquarium. *Nature*, **251**, 220-222.
 - 15) Satoh, H., Yamamori, K., Hibiya, T. 1992. Induced spawning of the Japanese eel. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 825-832.
 - 16) Goldstein, A. 1976. 生物検定法入門 (木村正康, 渡辺和夫, 木村郁子訳), 南江堂, 東京, pp. 140-155.
 - 17) Unuma, T., Kondo, S., Tanaka, H., Kagawa, H., Nomura, K., Ohta, H. 2004. Determination of the rates of fertilization, hatching and larval survival in the Japanese eel, *Anguilla japonica*, using tissue culture microplates. *Aquaculture*, **241**, 345-356.
 - 18) Okamura, A., Yamada, Y., Tanaka, S., Horie, N., Utoh, T., Mikawa, N., Akazawa, A., Oka, H. P. 2002. Atmospheric depression as the final trigger for the seaward migration of the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **234**, 281-288.

カタクチイワシ *Engraulis japonicus* のアンモニア濃度耐性

～かつお一本釣り漁業のコスト削減のために～

小田憲太朗^{*1}・橋本 博^{*1}・増田賢嗣^{*1}・今泉 均^{*1}・薄 浩則^{*1}・照屋和久^{*2}・木村拓人^{*3}・

黒坂浩平^{*3}・橋ヶ谷伊久生^{*3}・大島達樹^{*3}・山下秀幸^{*3}・伏島一平^{*3}・小河道生^{*3}・岡 雅一^{*4}

(*1 志布志栽培漁業センター, *2 西海区水産研究所石垣支所, *3 開発調査センター, *4 養殖研究所)

わが国の遠洋および近海かつお一本釣り漁業では、カタクチイワシ *Engraulis japonicus* を生きた状態で漁場まで運び、撒き餌として使用している¹⁾。熱帯海域で操業する遠洋かつお一本釣り船の場合、1航海の日数が50日と長いことから、漁場までのカタクチイワシの輸送に際し、飼育水の温度を15℃まで下げている。さらに、飼育環境の悪化を防ぐために、飼育水を160%/時以上の割合で換水している。そのため、冷却に多大なエネルギーコストが生じており、近年、魚価の低迷や燃料の高騰により経営状況が悪化している中、遠洋かつお一本釣り漁業において、エネルギーコストの削減は喫緊の課題となっている。一方、近海かつお一本釣り船の場合、1航海の日数が4日と短いことから、飼育水は冷却せずに、500%/時の換水により水質の悪化を防いでいる。しかし、夏場の高水温時(29℃以上)には、しばしば大量死亡が起こるため、問題となっている。

このように、漁場まで安全かつ低コストでカタクチイワシを運搬するには、飼育環境を保ちながら、現状より可能な限り高い水温で、しかも飼育水の換水率を抑えた輸送方法の開発が望まれる。しかし、このような環境条件下では、カタクチイワシから出された老廃物や残餌などによって、アンモニア濃度が上昇し、生残状況に悪影響を与えることが予想される。

そこで本研究では、3つの実験を行った。まず実験1ではカタクチイワシの水温別のアンモニア濃度耐性を把握し、実験2では近海一本釣りでの畜養密度を再現して無換水条件下でのアンモニア濃度耐性を調べた。さらに、実験3では、換水条件下でのアンモニア濃度耐性を調べ、アンモニア濃度耐性から、運搬上安全と考えられる飼育水の最低の換水率を検討した。

材料と方法

実験1 水温別アンモニア濃度耐性の検討

試験区の設定 アンモニア濃度耐性試験は、飼育水温15℃、20℃および25℃の条件下でおこなった。

15℃での試験は、全アンモニア態窒素濃度(Total ammonia nitrogen, 以下 TAN)で40, 80, 120およ

び160ppmの4試験区を設けた。20℃での試験は2回行い、1回目は10, 20および40ppmの3試験区、2回目は80, 160, 320および640ppmの4試験区を設けた。25℃の試験では、10, 20, 40および80ppmの4試験区を設けた。試験には200ℓ黒色ポリエチレン水槽(実水量175ℓ)を用い、それぞれの水温条件で、試験区ごとに2基ずつ用いた。対照区については、15℃、20℃、25℃いずれの試験においても20.8%/時の換水を行うとともに、空気通気によるエアレーションを施した。水槽は、試験区ごとに2基ずつ用いた(図1)。

供試魚 試験には、長崎県西海海域で捕獲された平均体重 5.97 ± 1.22 gのカタクチイワシを用いた。輸送後、ハンドリング等による擦れやストレスによる死亡が落ち着くまで80ℓコンクリート水槽へ収容し、魚体重1gあたり0.006gの配合飼料(いわし大漁;日清丸紅)を毎日3回に分けて給餌し、20日以上飼育した。飼育には、電気分解殺菌装置(送水量50トン/時、殺菌塩素濃度0.55ppm;ヤンマー船用システム)による殺菌海水を用い、12.5%/時の換水をおこなった。飼育水温は20℃とした。試験開始時には、供試魚からの排泄物による水質悪化を防ぐため、前日に給餌を止めて、遠洋かつお一本釣り漁船で実際に積み込まれている密度(13kg/ℓ)となるように、それぞれの試験水槽へ収容した。なお、試験期間中は絶食とした。

飼育水の調整とアンモニア濃度の測定 飼育水の調整水槽として、2ℓのFRP水槽を用いた。加温した電解殺菌海水を満たした調整水槽では、アンモニア態窒素が設定濃度になるように、計算値で求めた塩化アンモニウム(NH₄Cl;ナカライテスク)を添加し、そこから各試験水槽へ小型のポンプ(CSL-100L;寺田ポンプ)を用いて送水した(図2)。換水率は、4mg/ℓ程度²⁾以上の溶存酸素量を維持できる20.8%/時とした。調整水槽のTANの調整および試験水槽のTAN濃度は、サリチル酸法³⁾により分光光度計(DR2010;HACH)で測定した。毒性の強い非解離アンモニア態窒素の濃度(Un-ionized ammonia nitrogen, 以下 UIAN)は、サンプリング時のpHの値から Hampson *et al.*^{4,5)}の方法により算出した。pH

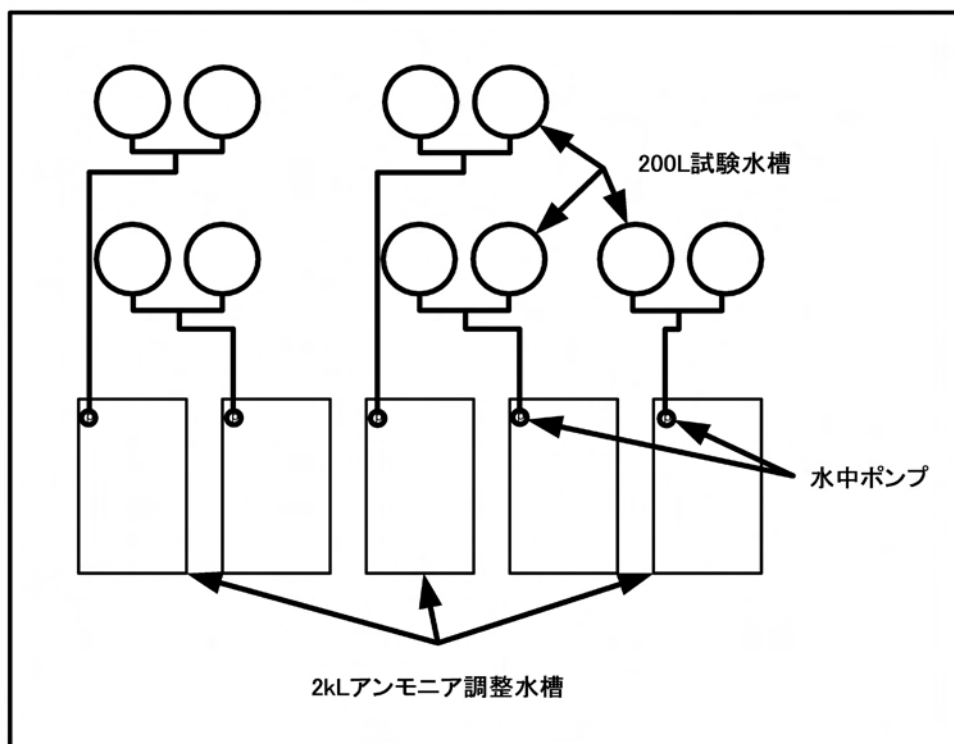


図1 実験水槽配置図

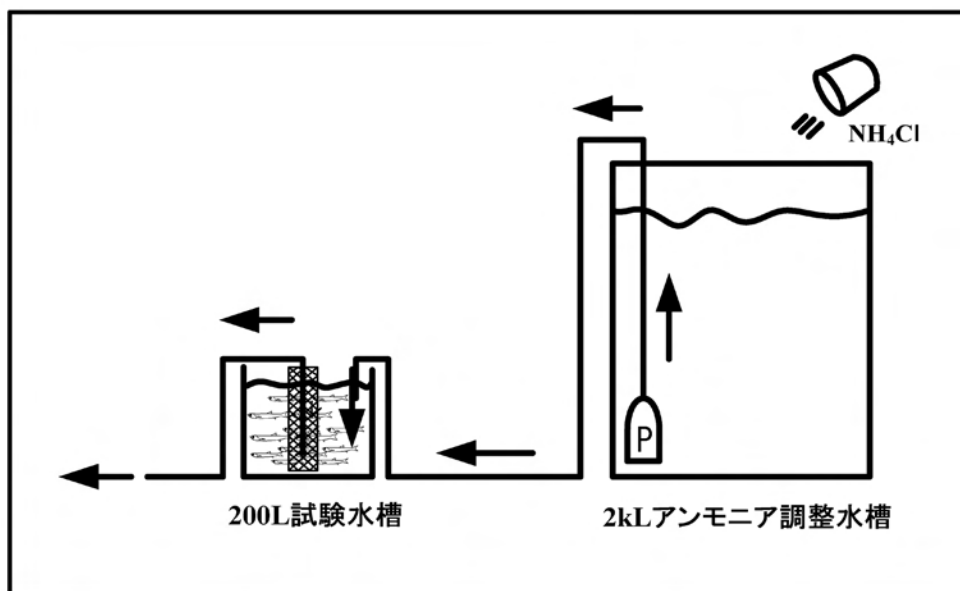


図2 アンモニア調整水槽から試験水槽への配管図

の測定には、ベーシック pH 計 (PB-11; ザルトリウス) を使用した。TAN 測定用のサンプルは、試験期間中 3 時間ごとに計 17 回、各水槽から飼育水 50ml を採取して -80℃ で凍結保存した。これらを後日解凍し、5000rpm、10 分間の遠心分離後、5 ml シリンジに取り付けた孔径 0.2 μm のシリンジフィルター (Minisart-plus; ザルトリウス) でろ過し、十分に異物を除去してから測定に供した。試験実施中は、経過時間ごとの生残率を算出するため、3 時間ごとに死亡魚を取り揚げた。24 時間後および 48 時間後の生残率から、プロビット法⁶⁾ を用いて半数致死濃度 (LC₅₀ 値) を求めた。

実験 2 無換水の畜養におけるアンモニア濃度と生残率の変化

近海かつお一本釣り漁船の現場で、実際に積み込まれているカタクチイワシの収容密度 (49kg/kℓ) と同じ密度の区 (高密度区)、その半分の密度の区 (低密度区) の試験区を設けた。飼育水温は 25℃ とし、無換水で酸素通気によるエアレーションを施した。試験には、200 ℓ 黒色ポリエチレン水槽 (実水量 100 ℓ) をそれぞれ 2 基ずつ用いた。供試魚は、実験 1 で用いたカタクチイワシと同群の平均体重 7.76 ± 1.98g の個体を用いた。試験区は、96 時間の無換水飼育とした。対照区は、高密度区と同じカタクチイワシ密度で、換水率を近海かつお一本釣り船とほぼ同じ 500% / 時とした。

死亡魚を 6 時間ごとに取り除き、時間ごとの生残率を求めた。また、6 時間ごとに実験 1 と同様の方法によって、TAN を測定し、UIAN を算出した。

実験 3 断続的に換水した畜養におけるアンモニア濃度と生残率の変化

実験 3 では、実験 2 の高密度区と同じ収容密度の 1 試験区を設け、供試魚には、実験 1 で用いたものと同群の平均体重 8.28 ± 1.62g のカタクチイワシを用いた。試験期間中の飼育水温は 25℃ とし、酸素通気によるエアレーションを施した。断続的な換水方法として、12 時間ごとに飼育水の 1/3 を排水し、同量の新鮮海水を補充した。対照区は、試験区と同じ収容密度で、換水率を 500% / 時とした。死亡魚を 6 時間ごとに取り除き、時間ごとの生残率を求め、有意差は *t* 検定により評価した。また、6 時間ごとに実験 1 と同様の方法によって TAN から UIAN を算出した。

結 果

実験 1 15℃ の試験では、対照区および 40ppm 区で試験期間中の死亡はほとんど見られず、生残率はそれぞれ平均 99.8%、99.4% であった。80、120 および 160ppm 区では、TAN が高くなるほど生残率は急激に低下した。終了時の生残率は、80ppm 区で平均

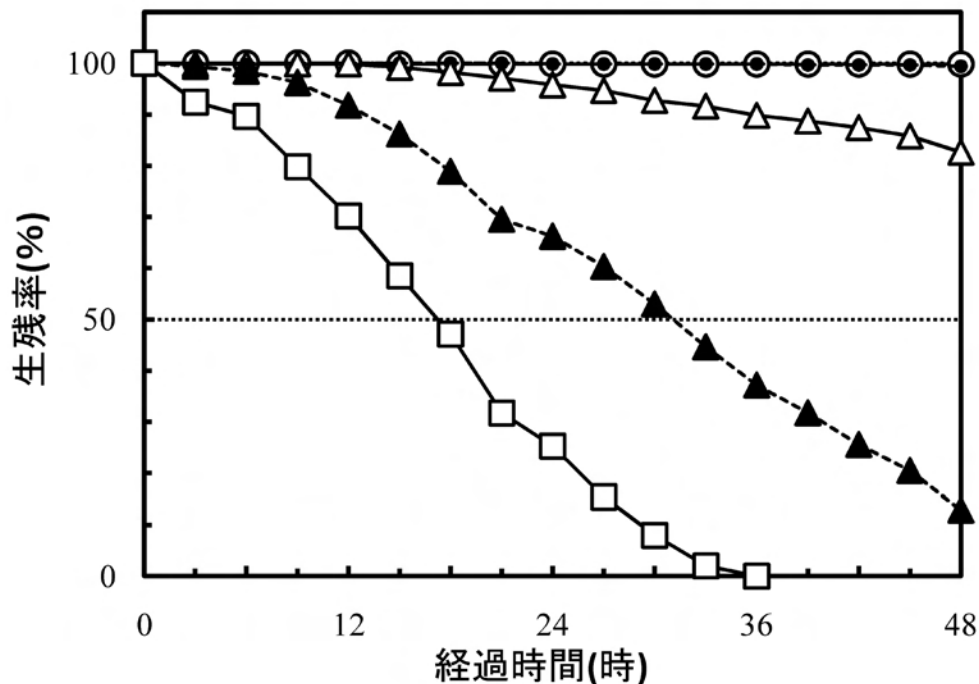


図 3 水温 15℃ で全アンモニア態窒素濃度がカタクチイワシの生残率に与える影響 (実験 1)

○ : 対照区, ● : 40ppm, △ : 80ppm, ▲ : 120ppm, □ : 160ppm

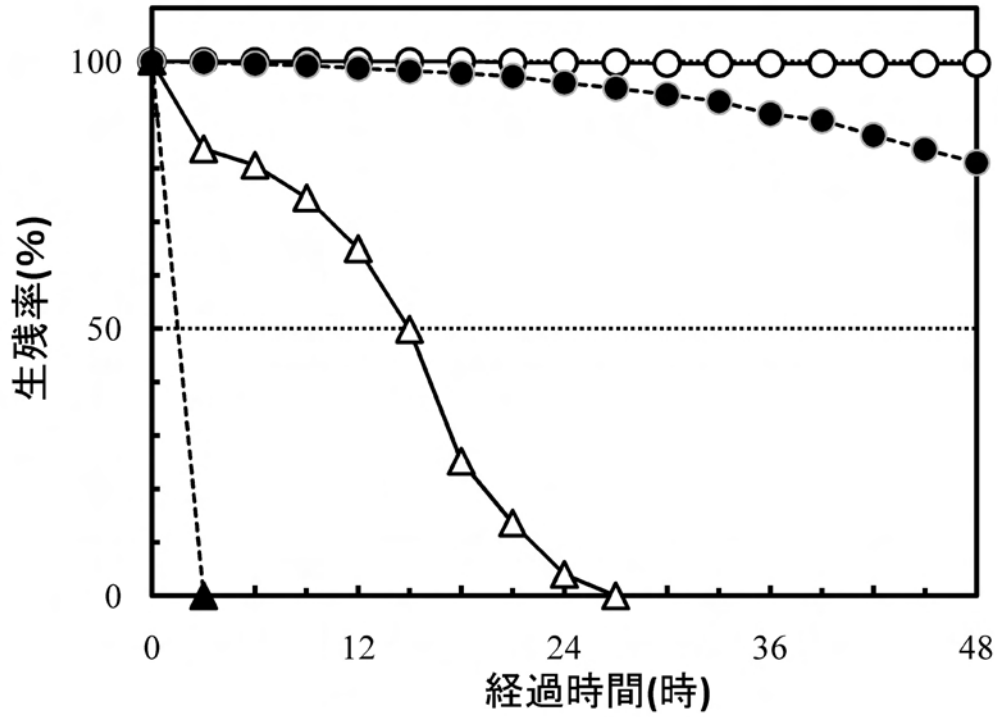


図4 水温20℃で全アンモニア態窒素濃度がカタクチイワシの生残率に与える影響 (実験1)
○：対照区, ●：80ppm, △：160ppm, ▲：320&640ppm

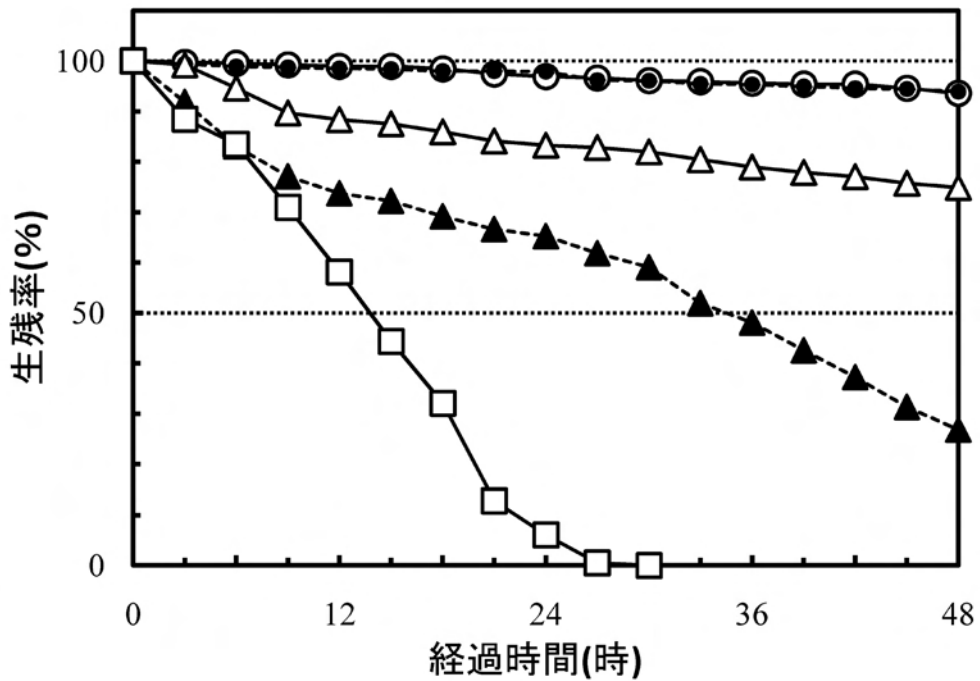


図5 水温25℃で全アンモニア態窒素濃度がカタクチイワシの生残率に与える影響 (実験1)
○：対照区, ●：10ppm, △：20ppm, ▲：40ppm, □：80ppm

82.6%, 120ppm 区で平均12.9%であり, 160ppm 区では開始から36時間後に全滅した。TAN の LC₅₀ 値は, 24 時間後で 129.9~137.3ppm (UIAN で 1.169~1.236ppm), 48 時間後で 93.9~98.5ppm (UIAN で 0.947~1.027ppm) であった (図 3)。

20℃ の 1 回目の試験では, TAN 値が 0 (対照区) ~40ppm の範囲では死亡はほとんど見られず, 各試験区の生残率は, 99%前後と高かった。2 回目の試験 (図 4) では, 80ppm 区では時間経過とともに徐々に死亡個体が増加し, 48時間後の生残率は平均81.1%であった。160~640ppm 区では, 飼育直後から生残率は急激に低下し, 160ppm 区では開始から27時間後に全滅した。特に320ppm 区と640ppm 区では, 開始直後から著しい狂奔状態が見られ, それぞれ2時間後および30分後に全滅した。TAN の LC₅₀ 値は, 24時間後で 110.6~115.7ppm (UIAN で 1.318~1.382ppm) であった。48時間後の LC₅₀ 値は計算できなかった。

25℃ の試験 (図 5) では, 対照区と10ppm 区の生残率は約94%と高かった。20ppm 区と40ppm 区では, 時間経過とともに死亡数が増加し, 終了時の生残率はそれぞれ74.8%および26.8%であった。80ppm 区では, 生残率の低下が最も顕著であり, 30時間後に全滅した。TAN の LC₅₀ 値は, 24時間後で 50.7~63.8ppm (UIAN で 0.932~1.136ppm), 48 時間後で 27.3~29.6ppm (UIAN で 0.548~0.587ppm) であった。

実験 2 対照区では, 顕著な生残率の低下は認められず, 終了時の生残率は87.5%であった。一方, 高密度区では, 27時間以降, 低密度区では54時間以降に生残率の急激な低下が見られ, いずれも終了までに全ての個体が死亡した (図 6)。

TAN は, 対照区では試験期間中 1 ppm 以下であったが, 高密度区と低密度区では, 開始 6 時間後から高くなり始め, さらに, 高密度区では30~36時間後, 低密度区では60~66時間後までに100ppm 以上に達し, 供試魚の密度が高い区で急速な上昇が認められた (図 7)。

実験 3 試験区と対照区の生残率は, 開始12時間後から徐々に差が生じ, 終了時の96時間後では, 対照区の平均71.5%に対し, 高密度区では平均50.8%と有意差が認められた (図 8)。

対照区の TAN は, 試験期間中 1 ppm 以下であったが, 高密度区では開始12時間後には20ppm 以上に達し, その後20~60ppm の間で変動を繰り返しながら推移した (図 9)。

考 察

水中におけるアンモニアには, イオン状態(解離型,

NH₄⁺) と分子状態 (非解離型 (UIAN), NH₃) の二態があり, お互いに平衡を保ちながら存在している⁷⁾ が, NH₃ は魚類にとって毒性が強いとされる⁸⁾。水中の全アンモニア態窒素濃度 (NH₃ + NH₄⁺) 中に占める NH₃ の割合は, 主に pH と水温によって大きく変化し, pH が高いほど, また水温が高いほど大きくなる⁹⁾。このことは, 海水温が低いと TAN が高くても魚への影響が少ないことを意味している。本試験の実験 1 では, 水温が高い区ほど TAN および UIAN の LC₅₀ 値は低く, 漁業者の長年の経験から設定された輸送水温である15℃は, 魚へのアンモニアの影響が少ないと推察され, 今回の設定温度の中でも最も良好な結果を示した。UIAN に着目すると, カタクチイワシを飼育している遠洋船の魚倉の飼育水の値は, 0.011ppm 以下 (木村ら, 未発表) であるが, 今回15℃での実験において, 48時間後も99%以上の生残率を示した40ppm 区でも最高0.36ppm であり, この濃度以下であれば, 生残にほとんど影響を与えないことが判った。また, 15℃と25℃における UIAN の48時間後 LC₅₀ は, 0.548~1.027ppm の範囲にあり, 遠洋船の魚倉の飼育水の値は, そのほぼ50分の1以下という極めて低い値となっている。

一方, 水温に着目すると, 橋本ら¹⁰⁾ は, カタクチイワシの20℃および25℃での水温耐性について, 5日間の飼育試験を行い, 試験終了時の生残率が, 20℃で99.6%, 25℃では97.5%という結果を得ていることから, 25℃での飼育でもアンモニアの影響を抑えられれば, 十分高い生残が期待できると考えられる。これらより, 遠洋船では, アンモニア耐性という観点からは必要以上の換水が行われていることが窺え, さらに, 水温についても必要以上に低く設定されている可能性があり, 現行の換水率30%~100%を, インバーター制御により30%一定に固定し, さらに, 輸送水温も現行の15℃より5℃以上高めて輸送できる可能性が示唆された。仮に, 現行の輸送水温を5℃上げることができると, 冷却コストを年間1,300万円削減する効果が試算されている (木村ら, 未発表)。しかし, 今回の試験は短期的な試験であるため, 実用化するためには, 実際の遠洋航海での輸送期間である1ヶ月間の長期的な飼育試験を行う必要がある。

一方, 数日の航海に留まる近海かつお一本釣り漁業に対しては, 断続的換水で対応できる可能性が示された。すなわち, 実験 2 および 3 の結果から, 水温25℃において無換水で飼育を継続すると, 飼育水の TAN がほぼ60ppm (UIAN で 1.08ppm) を超える頃から死亡個体数が急激に増加するが, 12時間ごとに飼育水の1/3を換水すれば, TAN は40ppm (UIAN で 0.48ppm) 程度に留まり, 96時間後でも, ほぼ50%の

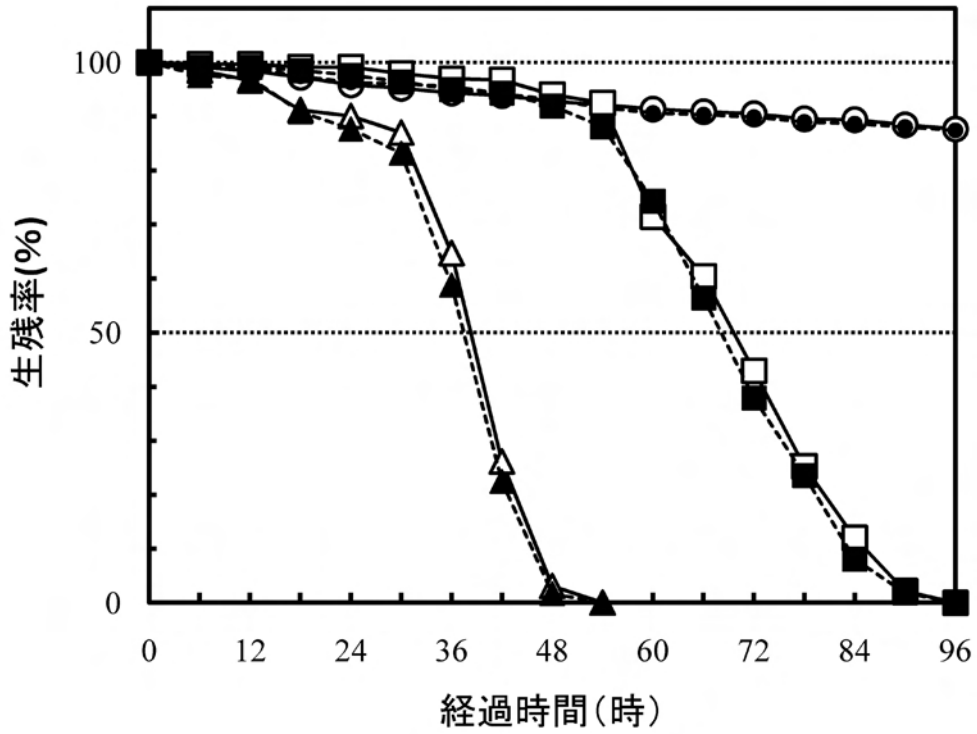


図6 水温25℃で止水畜養したカタクチイワシの生残状況 (実験2)
 ○：対照 1 区, ●：対照 2 区, △：高密度 1 区, ▲：高密度 2 区
 □：低密度 1 区, ■：低密度 2 区

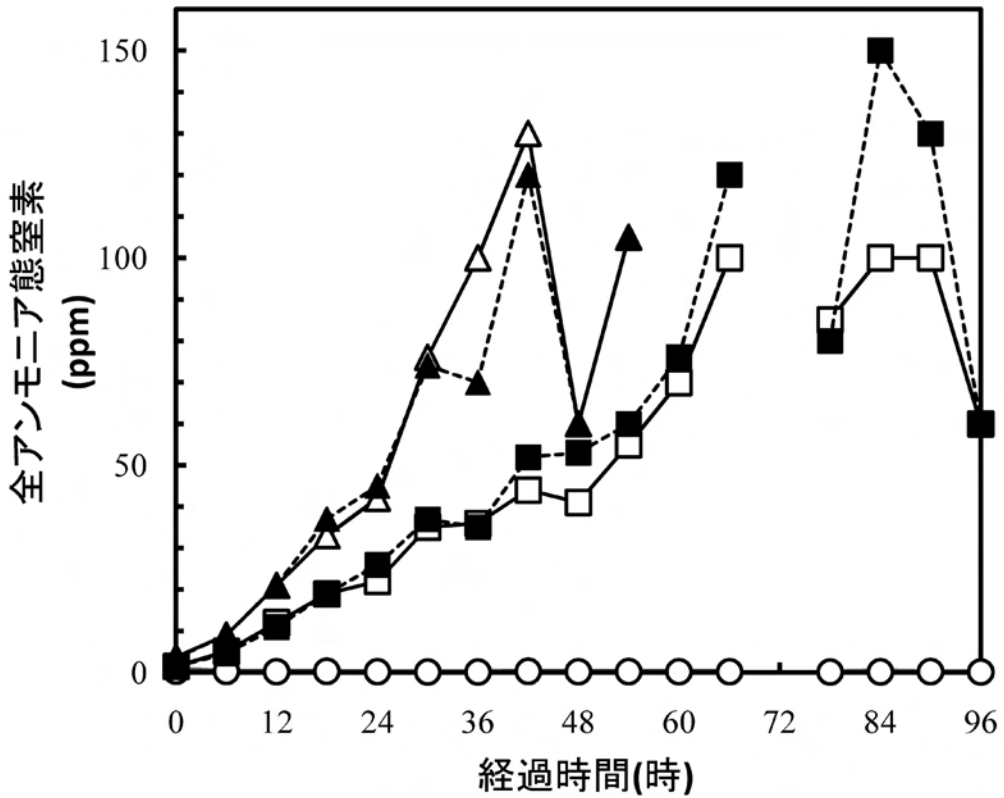


図7 カタクチイワシを水温25℃で止水畜養した時の全アンモニア態窒素濃度の変化 (実験2)
 ○：対照 1&2 区, △：高密度 1 区, ▲：高密度 2 区, □：低密度 1 区, ■：低密度 2 区

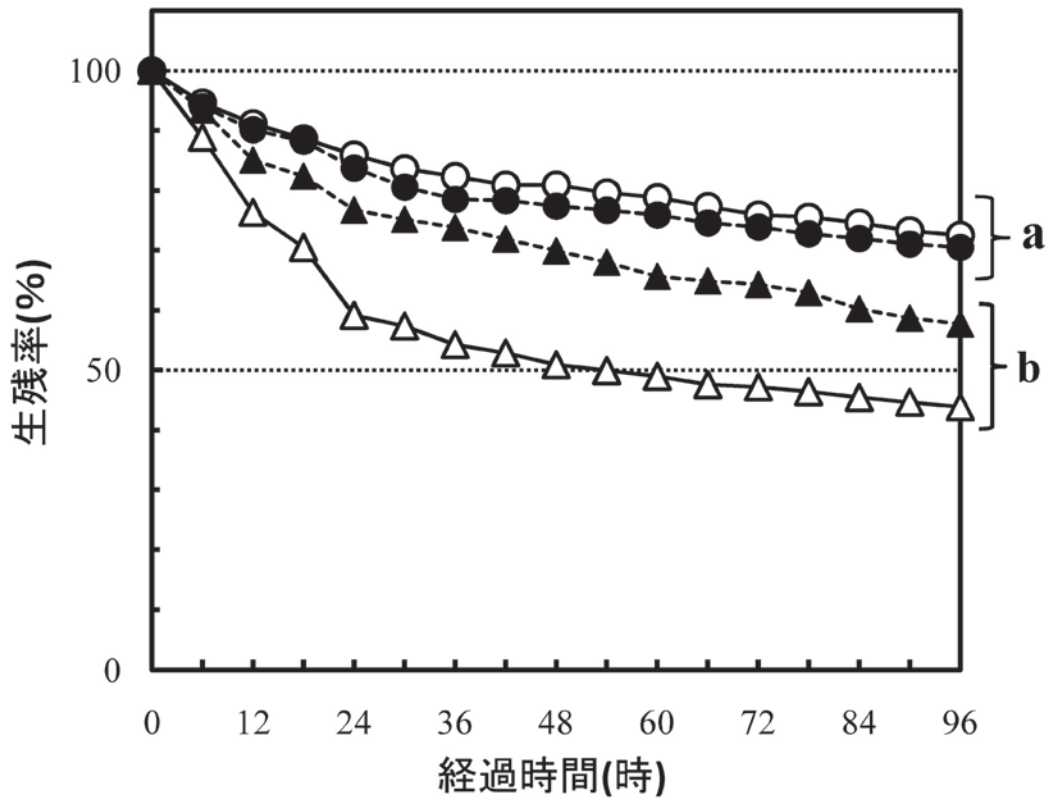


図8 水温25℃で断続的に換水した場合の密度別の生残状況 (実験3)
 ○: 対照 1区, ●: 対照 2区, △: 試験 1区, ▲: 試験 2区
 (対照区平均 a と試験区平均 b との間に有意差あり $p < 0.05$)

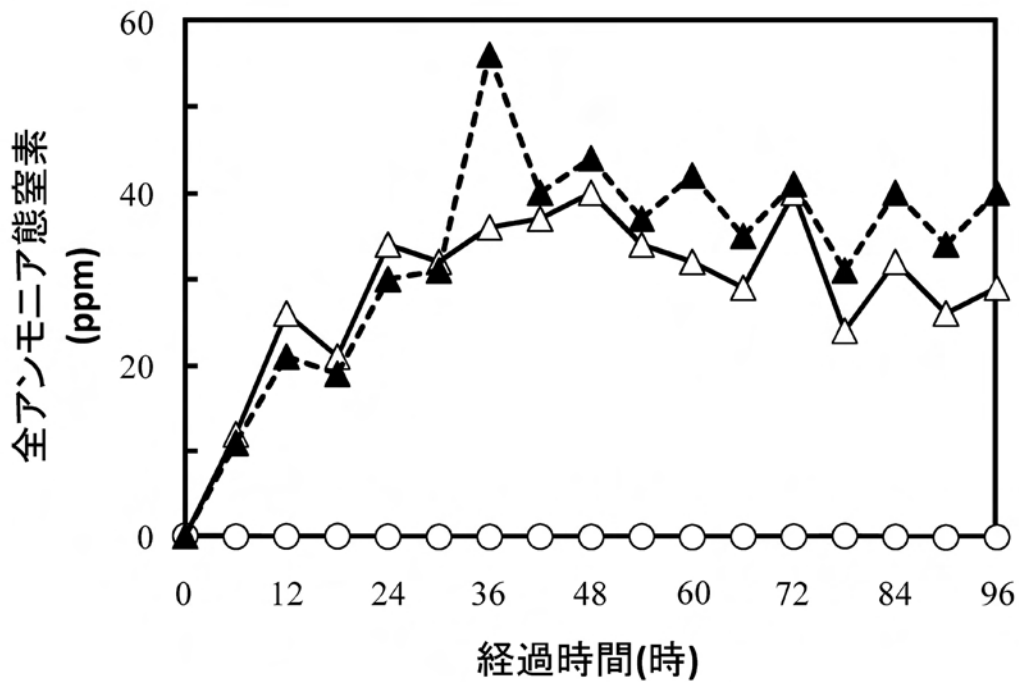


図9 水温25℃で断続的に換水した時の飼育密度別に見た全アンモニア態窒素濃度の変化 (実験3)
 ○: 対照 1 & 2区, △: 試験 1区, ▲: 試験 2区

生残率が得られることがわかった。実際の操業では、実質3日間程度生残させればよい。例えば、出港前に大量の海水氷で飼育水を25℃まで下げ、さらに、別の水槽に25℃に冷却した換水用の海水を用意するなどして、夏場の大量死亡を軽減できる可能性が示唆された。

今後、これらの結果を踏まえ、実用的な規模での水槽試験および漁船を用いた実証試験を行い、コストの削減につながるのかを検証する必要がある。

文 献

- 1) 小田憲太郎, 橋本 博, 増田賢嗣, 今泉 均, 照屋和久 (2010) カタクチイワシのアンモニア濃度耐性. 平成22年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 19.
- 2) 橋本 博・小田憲太郎・増田賢嗣・今泉 均・照屋和久 (2010) カタクチイワシの水温別の酸素消費量の調査. 平成22年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 3.
- 3) 山本義久, 鴨志田正晃, 岩本明雄 (2005) マダイを対象とした閉鎖系循環飼育-①~生物ろ過装置の機能向上について~. 栽培漁業センター技報, 3, 30-36.
- 4) R. P. Trussell (1972) The percent unionized ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH level and temperatures. *J. Fish. Res. Board Can.*, 29, 1505-1507.
- 5) B. L. Hampson (1977) Relationship between total ammonia and free ammonia in terrestrial and ocean waters. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 37, 117-122.
- 6) A. Goldstein (1976) 「生物検定法入門 (木村正康・渡辺和夫・木村郁子訳)」, 南江堂, 東京.
- 7) 吉村研治, 岩田 剛, 田中賢二, 北島 力, 石崎文彬 (1995) 非解離アンモニア抑制のためのpH制御によるシオミズツボムシの高密度培養. 日本水産学会誌, 61, 602-607.
- 8) 杉山元彦, 田中秀樹, 福所邦彦 (1991) プリ若魚に対するアンモニア態, および亜硝酸態窒素の毒性. 養殖研報, 19, 31-33
- 9) 出口吉昭 (1980) 淡水養魚と用水, 水産学シリーズ. 日本水産学会, 恒星社厚生閣, 東京, 84-94.
- 10) 橋本 博, 小田憲太郎, 増田賢嗣, 今泉 均, 照屋和久 (2010) カタクチイワシの水温耐性試験. 平成22年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 19.

ハッチングジャーを用いたトラフグ受精卵のふ化

小金隆之^{*1}・片山貴士^{*2}・荒井大介^{*3}・中野昌次^{*2}・森田哲男^{*2}・山本義久^{*2}

(^{*1} 玉野栽培漁業センター, ^{*2} 屋島栽培漁業センター, ^{*3} 水産庁栽培養殖課)

重要な栽培対象魚種であるトラフグの種苗生産は、1964年から1967年頃に屋島栽培漁業センターで基礎的な技術が開発された¹⁾。2008年度における放流用種苗は18県56機関で計322.6万尾、養殖用種苗は9県13機関で計843.8万尾が生産されている²⁾。採卵は通常、養成された親魚にホルモン (LHRH) を投与し、人工授精により行われる^{3,4)}。トラフグの卵は、沈性粘着卵であるため、ふ化管理時に未受精卵の除去ができないこと、卵が底面に沈下してかたまり易いこと³⁾ およびふ化に要する日数が9~12日と長いこと (15~19℃)^{3,5)} から、ふ化管理時に沈下や未受精卵の腐敗に起因するふ化率の低下が起こることが知られている。このため、屋島栽培漁業センターでは、1klの逆円錐形のふ化槽を用い、受精卵収容密度の上限を1kg/klに制限し、20~25回転/日の換水を行っている³⁾。また、卵の沈下状態等に応じて、通気の調整や沈下した卵の攪拌などを適宜行っている。大量のふ化仔魚を得るためには、このように大型のふ化容器や大量の水温調節した海水等が必要であるが、これらの条件がそろった場合でも、腐敗した卵の影響と考えられるふ化率の低下がみられることがある。

マダラの沈性卵のふ化には、沈性卵用のふ化器 (以下ハッチングジャーと呼称) の使用が有効であったことから⁶⁻⁹⁾、2008年に屋島栽培漁業センターでトラフグの卵のふ化にハッチングジャーを使用したところ、十分なふ化仔魚が得られた¹⁰⁾。本試験では、トラフグの受精卵のふ化に対するハッチングジャーの有効性を明らかにすることを目的として、ふ化率や利便性

を従来のふ化槽と比較した。

材料と方法

供試卵 試験には既報⁴⁾に基づき、加温とLHRH投与により成熟させた養成親魚を用い、選別した4尾の雌親魚 (No.1~4) から、2009年3月10~12日に人工授精によって受精卵を得た。受精率は50.0~91.8%で、平均卵径は1,080~1,180 μ mであった (表1)。

試験区の設定 ふ化容器にはハッチングジャー (H区) とアルテミアふ化槽 (A区) を用い (表2)、採卵親魚 (No.1~4) との組み合わせで試験区を1-H区、2-A区のように設定した (表3)。なお、ハッチングジャーの容量は20 ℓ (円柱形の透明アクリル容器; アース) で、注水は水槽中央の ϕ 20mmのパイプ底面の注水ホースから行い、排水は水槽上部のストレーナーからオーバーフローさせた (図1)。アルテミアふ化槽 (アース) は容量200 ℓ (3基) と500 ℓ (1基) を用い、注水は水槽の表面から行い、水槽中央部のストレーナーから排水した。

収容とふ化方法 受精卵はネットですくい、重量を測定した後に各容器に収容した。収容密度は、ハッチングジャーではマダラのふ化試験⁹⁾ (25kg/kl) に準じて、平均27.6kg/kl (21.5~34.0kg/kl)、アルテミアふ化槽は、従来の収容密度³⁾ の平均1.1kg/kl (1.0~1.3kg/kl) とした (表2)。ふ化用水は、17℃に加温したろ過海水の流水とした。注水量は、ハッチングジャーでは受精卵が水流により全体に緩やかに動く程

表1 試験に供した親魚と採卵状況 (2009年)

| 親魚No. | 雌親 | | | 採卵概要 | | |
|-------|------------|------------|-----------|----------|------------|--------------------|
| | 体長 (cm) | 体重 (kg) | 年齢 (歳) | 採卵日時 | 受精率 (%) | 平均卵径 (μ m) |
| 1 | 44.4 | 3.20 | 7 | 3月10日16時 | 50.0 | 1,114 |
| 2 | 45.4 | 4.06 | 7 | 3月11日10時 | 78.0 | 1,180 |
| 3 | 42.4 | 3.15 | 7 | 3月12日10時 | 74.1 | 1,080 |
| 4 | 36.6 | 2.32 | 4 | 3月12日16時 | 91.8 | 1,108 |

表2 各試験区における卵の収容状況と注水量の概要

* H: ハッチングジャー, A: アルテミアふ化槽

| 親魚No. | 試験容器* | 実水量 (l) | 卵の収容 | | | | | 注水量 | |
|-------|-------|------------|-----------|-------------|--------------|----------------|----------------|--------------|---------------|
| | | | 重量 (g) | 総卵数 (万粒) | 受精卵数 (万粒) | 密度1 (kg/kℓ) | 密度2 (万粒/kℓ) | 注水量 (ℓ/分) | 換水率 (回転/日) |
| 1 | H | 20 | 450 | 30.2 | 15.1 | 22.5 | 1,508 | 1.8 | 129 |
| | A | 153 | 200 | 13.4 | 6.7 | 1.3 | 88 | 5.9 | 56 |
| 2 | H | 20 | 650 | 43.6 | 34.0 | 32.5 | 2,178 | 2.5 | 183 |
| | A | 468 | 500 | 33.5 | 26.1 | 1.1 | 72 | 9.6 | 30 |
| 3 | H | 20 | 680 | 45.6 | 33.8 | 34.0 | 2,278 | 3.0 | 218 |
| | A | 192 | 190 | 12.7 | 9.4 | 1.0 | 66 | 4.9 | 36 |
| 4 | H | 20 | 430 | 28.8 | 26.4 | 21.5 | 1,441 | 3.2 | 234 |
| | A | 187 | 200 | 13.4 | 12.3 | 1.1 | 72 | 4.6 | 35 |
| 平均 | H区 | | 553 | 37.0 | 27.3 | 27.6 | 1,851 | 2.7 | 191.1 |
| | A区 | | 273 | 18.3 | 13.6 | 1.1 | 74 | 6.2 | 39.2 |
| 合計 | H区 | | 2210 | 148.1 | 109.3 | | | | |
| | A区 | | 1090 | 73.0 | 54.6 | | | | |

*H: ハッチングジャー, A: アルテミアふ化槽

表3 ふ化結果と海水使用状況の概要

| 試験区 | ふ化月日 | ふ化期間 (ふ化後日数) | 平均水温 (°C) | 卵発生率 (3/18) (%) | ふ化仔魚数 (万尾) | 受精卵から のふ化率 (%) | 卵1kg当たり海 水使用量 (kℓ/kg/日) | 備考 |
|-------|----------|-----------------|--------------|-----------------------|---------------|----------------------|-------------------------------|---------|
| | | | | | | | | |
| 1-A | 3月21~23日 | 11~13 | 17.1 | 18.8 | 0.7 | 10.3 | 42.5 | |
| 2-H | 3月18~23日 | 7~12 | 17.1 | 59.2 | 27.1 | 79.9 | 5.6 | 種苗生産に使用 |
| 2-A | 3月19~23日 | 8~12 | 17.0 | 65.3 | 26.2 | 100 | 27.7 | 種苗生産に使用 |
| 3-H | 3月20~23日 | 8~11 | 17.1 | 77.7 | 29.2 | 86.5 | 6.4 | 種苗生産に使用 |
| 3-A | 3月21~23日 | 9~11 | 17.0 | 35.5 | 2.3 | 24.1 | 36.8 | |
| 4-H | 3月21~23日 | 9~11 | 17.1 | 84.8 | 32.5 | 100 | 10.9 | |
| 4-A | 3月21~23日 | 9~11 | 17.0 | 81.0 | 15.8 | 100 | 32.8 | |
| H(平均) | | 8.0~11.8 | 17.1 | 57.2 | 22.7 | 69.9 | 7.2 | |
| A(平均) | | 9.3~11.8 | 17.0 | 50.2 | 11.2 | 58.6 | 35.0 | |
| H(合計) | | | | | 90.9 | | | |
| A(合計) | | | | | 44.9 | | | |

度の1.8~3.2ℓ/分(換水率129~234回転/日)、アルテミアふ化槽では4.6~9.6ℓ/分(換水率30~56回転/日)とした。通気は、ハッチングジャーでは行わず、アルテミアふ化槽では卵が水槽底面で固まらない程度に行い、さらに、底面の沈下卵を1日2回程度攪拌棒で分散させた。また、ウイルス性神経壊死症(VNN)等の疾病防除を目的として、全試験区とも収容1~3日目に卵を取り出してヨード消毒(50ppm, 30秒×2回)した。

ふ化仔魚の計数 水温と注水量は、各試験区とも1日1回測定した。受精率と卵発生率の測定は、授精4時間後と6~8日後に実態顕微鏡下で細胞分裂または胚胎を確認して行った。ハッチングジャーでふ化した

仔魚数は、卵収容後6~8日目に600ℓ容器内でふ化仔魚をオーバーフローさせて回収し、容量法により計数した(図2)。アルテミアふ化槽では、容量法により直接、または別の容器(10~500ℓ)に移して計数した。ふ化率は、収容時の卵1kg当たりの卵数を67万粒として、 $\text{ふ化仔魚数} \div (\text{総卵数} \times \text{受精率}) \times 100$ の式から算出した。孵化率の区間差の検定は、対応のある場合のt検定法¹¹⁾により行った。

さらに、2-H区および2-A区で得られたふ化仔魚25.0万尾と24.0万尾(飼育1区)、3-H区からのふ化仔魚28.5万尾(飼育2区)を用いて種苗生産試験を行い、ふ化仔魚の状態を比較した。

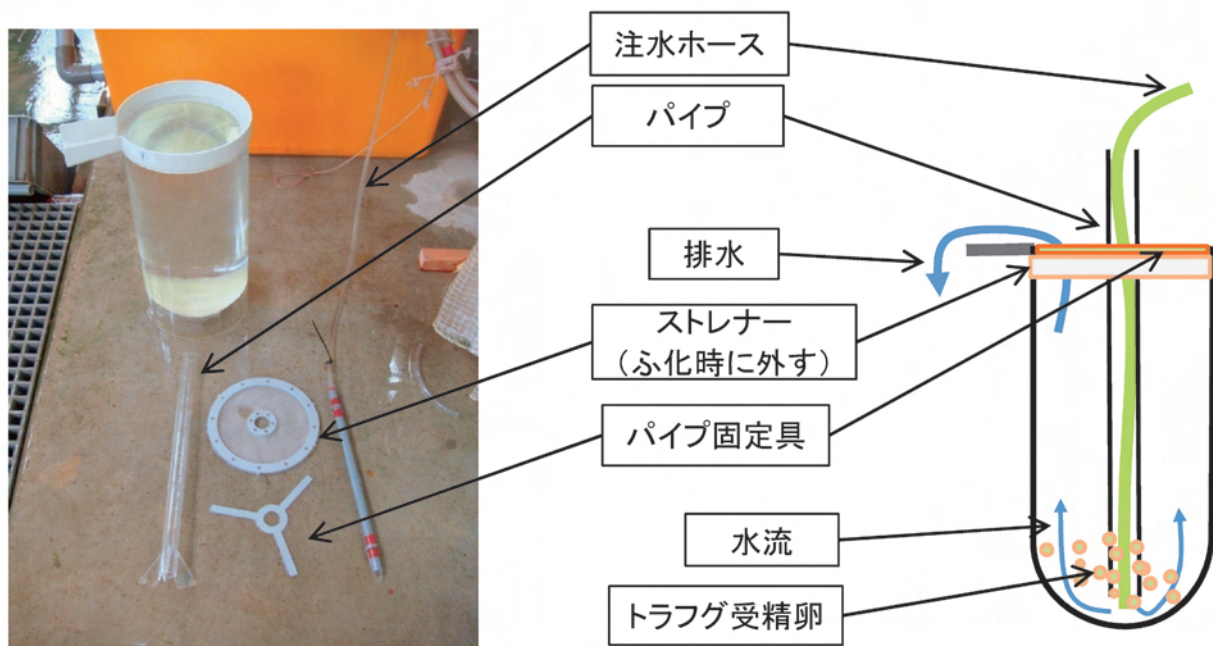


図1 ハッチングジャーの構造

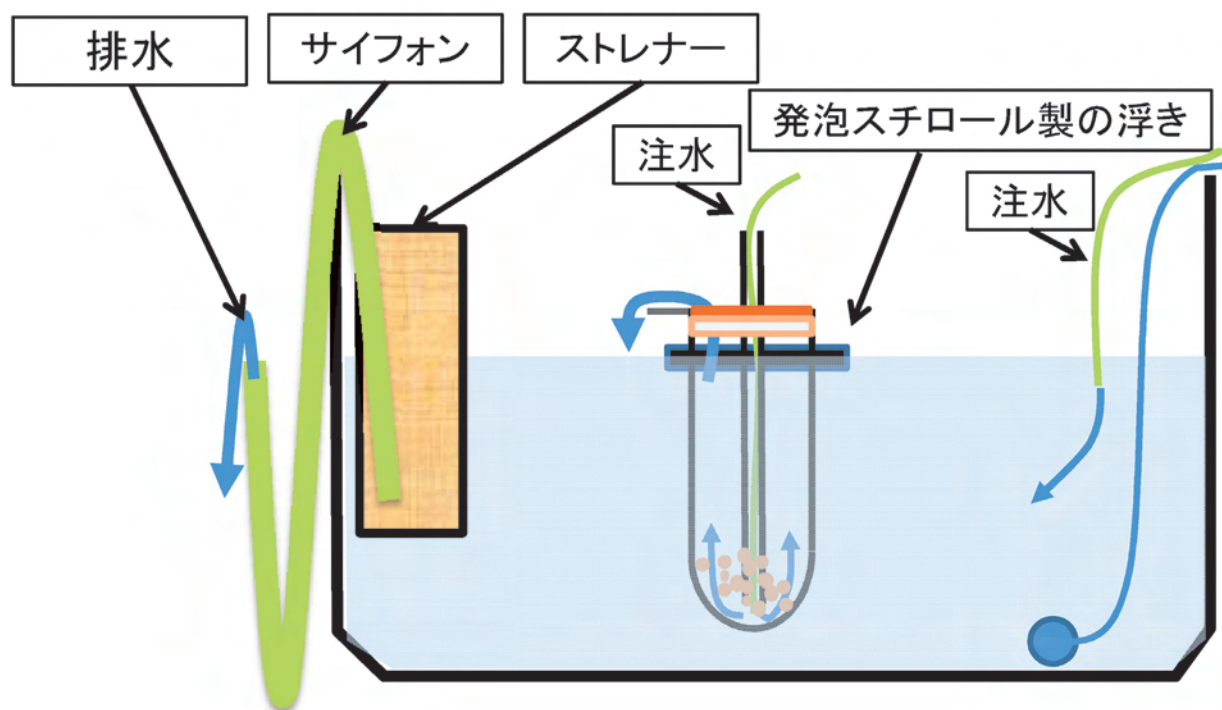


図2 ハッチングジャーにおけるふ化仔魚の回収方法

結 果

各水槽のふ化結果の概要を表3に、総ふ化尾数に占める日間ふ化尾数の推移を図3に示した。試験期間中の平均水温は、H区17.1℃、A区17.0℃と顕著な差はなかった。

収容からふ化開始までの日数は、H区が平均8.0日、A区が9.3日となり、H区が約1日早くなったが、ふ化終了までの日数は両区とも平均11.8日と差はなかった。親魚No.1のふ化率は、両区とも低かった。No.2では、A区のふ化率が高かったが、No.3ではH区が高かった。No.4は、両ふ化方法とも100%であった。ふ化率が高かったNo.2と4では、日間ふ化尾数の割合は同様の傾向を示した(図3)。2-H区では、ハッチングジャーと発泡スチロール板(図2)の隙間に入り込んで死亡しているふ化仔魚が観察された。3-A区では、試験の後半に卵が付着し合ってきたかたまりが多く観察された。平均ふ化率は、H区が69.9% (13.4~100%)、A区が58.6% (10.3~100%)であり、両方法に有意差はなかった($P > 0.05$)¹¹⁾。また、卵1kgのふ化に要した海水の使用量は、H区が平均7.2kl/kg/日、A区が35.0kl/kg/日であった。

種苗生産試験における生残率は、飼育1区がふ化後

9日目に100%、飼育2区が8日目に88%と高く、仔魚の活力も良好であった。

考 察

本試験では、ハッチングジャーにおける受精卵の収容密度(平均27.6kg/kl)をアルテミアふ化槽(1.1kg/kl)の約25倍と高くしたが、両ふ化容器での平均ふ化率に有意差はなかった。また、No.3ではふ化率に差が見られたが、他の親魚では顕著な差が認められず、ハッチングジャーを用いた卵管理は、アルテミアふ化槽と同様のふ化が得られると考えられた。また、今回の試験では、ハッチングジャー1水槽から30万尾前後のふ化仔魚を得ることができ、種苗生産の飼育状態も良好であったことから、本容器をトラフグのふ化管理に利用できると考えられた。

本試験で見られたふ化率低下の原因は、No.1では良い卵質の卵が得られなかったこと、2-H区ではふ化仔魚が発泡スチロールとハッチングジャーの間に挟まり死亡したこと、3-A区では卵が塊状になり腐敗した未受精卵が悪影響を及ぼしたことによると考えられた。

両ふ化容器の換水率を比較すると、H区は平均

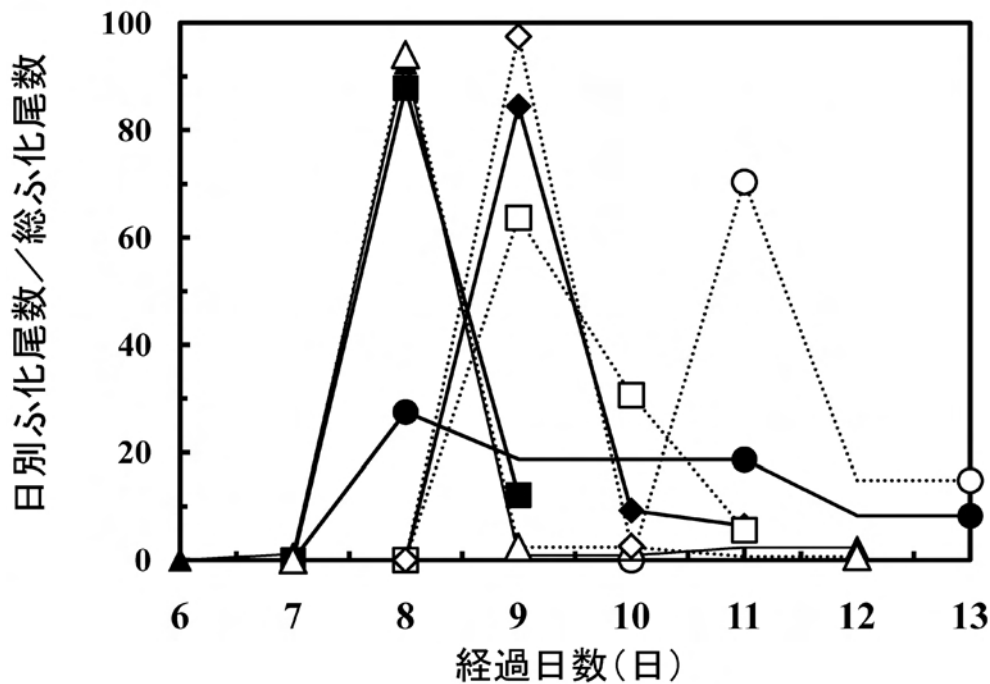


図3 総ふ化尾数に占める日別ふ化尾数の割合

● : 1-H区, ▲ : 2-H区, ■ : 3-H区, ◆ : 4-H区
○ : 1-A区, △ : 2-A区, □ : 3-A区, ◇ : 4-A区

191.1回転/日、A区は39.2回転/日と5倍近い差があったが、卵1kg当たりの注水量は、H区が平均7.2kl/kg/日、アルテミアふ化槽が35.0kl/kg/日であり、H区はA区の約1/5であった。また、藤本³⁾のふ化方法(収容密度1kg/1kl、換水率20回転/日)では、卵1kg当たりの日間注水量は20kl/kg/日となり、この例と比較しても、ハッチングジャーの使用水量は約1/3であった。

以上の結果から、ハッチングジャーを用いた卵管理は、従来のふ化方法に比べ、容器の小型化とふ化率の安定の面で利点があると考えられた。さらに、本種では、早期に採卵するため、採卵期の地先水温が低いこと(試験時の平均地先水温は11.5℃)から、省エネルギーの面でも効果が大きいと考えられた。また、ふ化後に未受精卵がハッチングジャーに残り、ふ化仔魚のみを回収できる点や通気を必要としない点も利点として考えられた。

文 献

- 1) 社団法人日本栽培漁業協会(2003)日本栽培漁業協会40年史. 67-68.
- 2) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会(2010)平成20年度栽培漁業種苗生産. 入手・放流実績(全国)資料編74-75, 219-225.
- 3) 藤本 宏(1996)日裁協におけるトラフグの種苗生産. さいばい, 79, 19-25.
- 4) 山崎英樹(2002)良質卵の効率的採卵技術開発(トラフグ). 日本栽培漁業協会年報, 平成12年度, 189-192.
- 5) 藤田矢郎(1962)日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎水試論文集第2集, 121 pp., 40 pls.
- 6) 與世田兼三(1992)成体の確保と採卵(マダラ). 日本栽培漁業協会年報, 平成2年度, 45.
- 7) 山本和久(2001)成体の確保と採卵(マダラ). 日本9栽培漁業協会年報, 平成11年度, 55-56.
- 8) 友田 努・手塚信弘・小磯雅彦・荒井大介・島 康洋・榮 健次(2009)省力化型マダラ種苗生産手法の検討. 栽培漁業センター技報, 9, 15-19.
- 9) 手塚信弘・荒井大介・小磯雅彦・友田 努・島 康洋・榮 健次(2010)マダラ受精卵の発生とふ化に及ぼす水温の影響. 栽培漁業センター技報, 11, 19-21.
- 10) 荒井大介・小金隆之・西郷晃一・千田直美・山本義久(2009)閉鎖循環飼育システムを用いたトラフグ種苗生産での低塩分条件の有効性. 栽培漁業センター技報, 9, 24-26.
- 11) 石居 進(1975)生物統計学入門. 株式会社培風館. 167-169.

ワムシの粗放連続培養を活用した連続給餌によるキツネメバルの種苗生産

野田 勉・長倉義智・藤浪祐一郎・青野英明

(宮古栽培漁業センター)

キツネメバル *Sebastes vulpes* は、日本海の沿岸や朝鮮半島南部、銚子以北の太平洋側に生息するメバル属の胎生魚である¹⁾。1994～1995年に岩手県宮古市の魚市場で行った調査では、沿岸性メバル属魚類の中で本種の水揚げ尾数が最も多く重要な漁業対象種となっている²⁾。また、本種は栽培漁業の対象種でもあり、2008年には全国で23万尾の種苗が放流された³⁾。

キツネメバルは、飼育技術がほぼ確立されているクロソイ⁴⁾と同様に量産が可能となっているが、初期成長が遅く⁵⁾、稚魚期までの飼育に水温約15℃で60日以上を要する⁶⁻⁸⁾。種苗生産の過程における飼育作業の省力化と時間の短縮に重点をおいた飼育手法として、ヒラメ、マダイ、オニオコゼでは「ほっとけ飼育」の有効性が確認されている⁹⁻¹¹⁾。ほっとけ飼育は、水槽に対象魚の受精卵とシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* sp. complex (以下、ワムシ) を收容し、淡水クロレラなどの植物プランクトンを添加することでワムシの増殖、栄養強化および仔魚への給餌を同時に行うため、作業時間の大幅な削減を可能とする飼育手法である。しかし、ほっとけ飼育では対象魚の飼育水温がワムシの培養水温¹²⁾より低い場合、ワムシの増殖が停滞するため、魚種によっては飼育に取り入れることが難しい¹³⁾。

一方、ワムシ培養の安定化と省力化を図る手法として、「粗放連続培養」¹²⁾が実用化されている。また、クロソイの初期飼育では、粗放連続培養とほっとけ飼育を組み合わせ、ワムシの培養槽から仔魚の飼育槽へ連続給餌する「ワムシ収穫槽を利用した飼育 (以下、収穫槽飼育)」の有効性が確認されている^{4,13)}。収穫槽飼育は、仔魚の飼育槽とワムシの粗放連続培養槽(以下、培養槽)が分離しているため、仔魚の飼育水温とワムシの培養適水温が異なる場合でも実用が可能で、作業時間の削減や飼育初期の生残率の向上を図ることができる^{4,13)}。

収穫槽飼育は他魚種への展開や様々な水槽規模での実証が期待されているものの、本飼育方法を取り入れて生産した報告はクロソイ^{4,13)}やヒラメ(藤浪, 未発表)で数例存在するのみである。そこで、これまで報告されている魚種よりも飼育水温の低いキツネメバルを対象として、収穫槽飼育を用いた種苗生産方法を検討した。

材料と方法

供試魚 試験に用いた仔魚は、2008年2～4月に宮古市内の魚市場で購入した全長28～33cmのキツネメバル雌親魚4尾から得た。親魚を黒色の1kℓポリカーボネート製水槽を用いて4～12℃の自然水温で約1～3カ月養成した後、自然出産により仔魚を得た。ふ出した仔魚(全長約5mm)は、直ちに水面付近を遊泳するため、水槽の壁面に設けた排水口からオーバーフローにより500ℓポリカーボネート製水槽に回収し、容量法で計数後、速やかに飼育に供した。なお、出産日を日齢0とした。

仔魚の飼育 飼育試験は2回(1区および2区)行った。水槽にはFRP製5kℓ水槽を3面用い、1面をワムシ培養に、2面を飼育試験に供した。1区は2008年5月22日に仔魚10万尾(2.0万尾/kℓ)、2区は5月27日に8.5万尾(1.7万尾/kℓ)を收容して飼育を開始した。飼育期間は平均全長25mmまでとした。

飼育水温は仔魚の收容時は親魚の養成水温(1区が10.5℃、2区が11.4℃)とし、收容後は0.5℃/日で15.0℃まで昇温させたが、自然水温が15℃を超えた場合は自然水温とした。1日あたりの換水率は、両区とも飼育開始時の20%から徐々に上昇させ、試験終了時には1区は500%、2区は550%とした。通気は水槽底面の四隅に設置した塩ビパイプ(内径13mm×長さ60cm、10cm間隔で直径1mmの穴)4本で行い、通気量は飼育水が緩やかに環流する程度とした。

ワムシの培養 ワムシはL型ワムシ小浜株を用い、1区の飼育開始と同時に培養槽に密度70個体/ml(3.5億個体)となるように收容し、粗放連続培養¹²⁾で約120個体/mlの密度を維持した。培養水には80%希釈海水を用い、換水率(注水量/培養水量)は20%/日、培養水温は18℃とした。通気は水槽底面の四隅に設置したユニホース(外径26mm×長さ1m)で行い、通気量は培養水が緩やかに環流する程度とした。ワムシの餌料には高度不飽和脂肪酸を含有した濃縮淡水クロレラ(ハイグレード生クロレラV12;クロレラ工業)を用いた。給餌量は1.5～2.0ℓ/日とし、水道水で50ℓに希釈したものを定量ポンプ(NフィーダーPXシリーズ;タクミナ)で24時間かけて連続的に添加した。なお、培養開始時には濃縮淡水クロレラ1ℓを培養槽へ添加した。

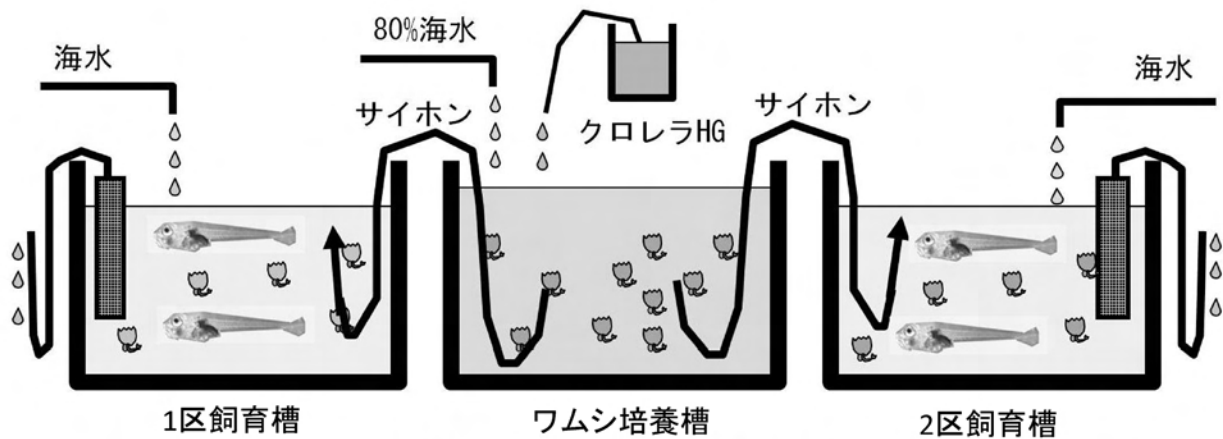


図1 ワムシ収穫槽利用飼育の概要

クロレラ HG：高度不飽和脂肪酸を含有した濃縮淡水クロレラ

培養槽：ワムシの粗放連続培養を行う水槽

飼育槽：ワムシの粗放連続培養における収穫槽。本飼育方法では仔魚の飼育槽となる

培養槽には80%希釈海水を注水し、飼育槽とサイホンで連結し、ワムシを培養水ごと流入させた。

また、飼育槽にはろ過海水も注水し、余剰分の海水は排水用ネットとサイホンホースを用いて排水した。

仔魚へのワムシの給餌は、内径13mmのホースを用いてサイホン方式で培養槽から2つの飼育槽へ直接培養水を送る方法で行った(図1)。なお、両区への培養水の添加量は、培養槽への注水と濃縮淡水クロレラの添加により増加した分の水量とした。また、培養槽および飼育槽のワムシの密度は毎日計数した。

餌料系列と栄養強化 餌料系列は仔稚魚の発育ステージ⁵⁾に合わせて以下のように切り替えた。

- A期：ふ化から棘条出現前までの時期は、ワムシのみ
- B期：全長9mm以降で棘条が出現する時期は、ワムシとアルテミア幼生の併用
- C期：全長10mm以降で胸鰭や腹鰭の鰭条が定数に達する時期は、アルテミア幼生のみ
- D期：全長13~17mm以降で鰭条の分枝が開始する時期は、アルテミア幼生と配合飼料の併用
- E期：全長25mmで浮遊期稚魚期への移行後は、配合飼料のみ

アルテミア幼生は、水温24℃、48時間でふ化させた後、プラスアクアラン(科学飼料研究所)で栄養強化(添加量100g/kℓ、16~24時間)した。アルテミア幼生の給餌量は、クロソイ⁴⁾を参考に、B期は30~600個体/尾、C期は600~1,600個体/尾およびD期は250~1,600個体/尾を1日2回に分けて与えた。また、用いた配合飼料(C700;協和発酵)の粒径は700μmで、給餌量は魚体重の5~10%を基準とした。

飼育環境の維持 飼育期間中は、ワムシの質的向上

や水質改善を目的として^{14,15)}、各区とも粒径0.5~1.0mmの貝化石粉末(ロイヤルスーパーグリーン;グリーンカルチャア)を100g/日散布した。なお、A~C期の間は底掃除を行わなかったが、配合飼料の給餌を開始したD期以降は毎日底掃除を行った。

環境測定 試験期間中の環境測定として、飼育水温、溶存酸素濃度(以下、DO)およびpHの測定を毎日行った。

仔魚の成長と生残 試験期間中は、5日ごとに各区から仔魚を無作為に30尾ずつ採取し、海水で1%以下に希釈した2-フェノキシエタノールで麻酔を施した後、50日齢までは万能投影機を用いて10倍に拡大し、以降は実測によりノギスで全長を測定した。生残尾数の推定は、飼育試験終了時に全数を取り上げて、重量法により行った。

結 果

飼育結果の概要を表1に示した。飼育期間は1区が68日間、2区が66日間であった。試験終了時の生残尾数(生残率)は、1区が2.3万尾(22.9%)、2区が5.2万尾(60.9%)であった。

仔稚魚の成長を図2に示した。仔魚の発育状況は、B期とC期の開始と期間に違いが見られ、B期は2区(12日間)>1区(6日間)であったのに対して、C期は1区(22日間)>2区(10日間)となった。しかし、両区で全長に差は見られず、日齢55までの日間成

表1 キツネメバルの飼育試験結果の概要

| 試験区 | 年月日 | 尾数 (万尾) | 平均全長および 標準偏差(mm) | 密度 (万尾/kℓ) | 試験終了時 の日齢 | 生残率 (%) |
|-----|-----|------------|---------------------|---------------|--------------|------------|
| 1区 | 開始時 | 2008.5.22 | 10.0 | 5.3±0.1 | 2.00 | |
| | 終了時 | 2008.7.29 | 2.3 | 26.8±3.9 | 0.46 | 68 |
| 2区 | 開始時 | 2008.5.27 | 8.5 | 5.0±0.1 | 1.70 | |
| | 終了時 | 2008.8.1 | 5.2 | 25.7±3.8 | 1.04 | 66 |

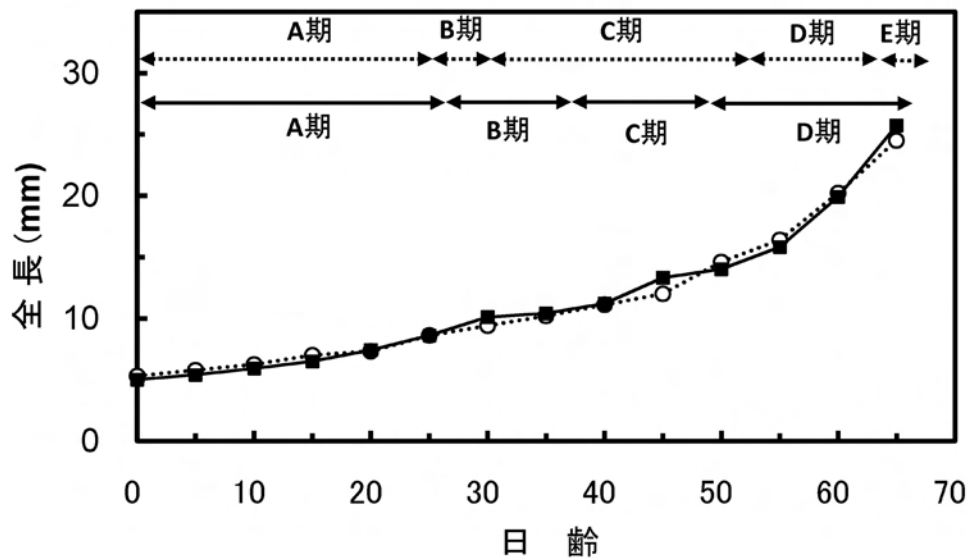


図2 キツネメバル種苗生産における仔魚の成長

…○… 1区 —■— 2区

A～E期は、点線が1区、実線が2区における仔魚の発育段階を示す。

各期の開始の基準は永沢2001⁵⁾に準じた。

A期：ふ化から棘条出現前までの時期

B期：全長9mm以降で棘条が出現する時期

C期：全長10mm以降で胸鰭や腹鰭の鰭条が定数に達する時期

D期：全長13～17mm以降で鰭条の分枝が開始する時期

E期：全長25mmで浮遊期稚魚期への移行後の時期

長は両区とも0.1～0.5mm/日、56日齢以降は0.4～1.2mm/日であった。

培養槽および飼育槽におけるワムシ密度の推移を図3に示した。70個体/mlで開始した培養槽のワムシ密度は、培養7日目には140個体/mlまで増加したが、培養13日目には69個体/mlまで減少し、密度に変動が見られた。15日目以降の密度は110～140個体/mlで推移した。一方、A期における飼育槽中のワムシ密度は、両区とも4～40個体/mlで推移したため、ワムシの追加給餌は行わなかった。

日齢40以降の飼育水温は、自然水温の上昇のため、15℃を超え、試験終了時の水温は、1区では18.0℃、2区では18.7℃であった。

培養槽におけるDOとpHの推移を図4に示した。DOは5.4±1.4mg/l(2.5～7.5mg/l)、pHは7.56±0.17(7.28～7.80)で、培養開始後18日までは両者の値は低下する傾向が見られたが、19～20日には増加し、以降のDOは6～8mg/l、pHは7.5～7.8であった。

飼育槽におけるDOとpHの推移を図5に示した。

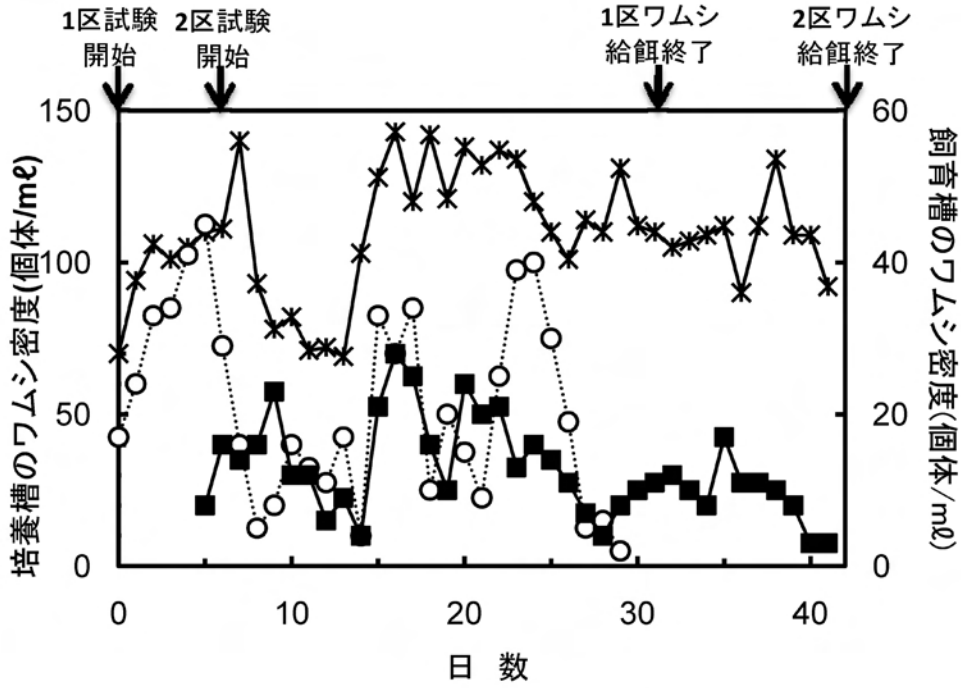


図3 ワムシ培養槽および飼育槽中のワムシ密度の推移

—*—ワムシ培養槽 ---○---1区 —■—2区

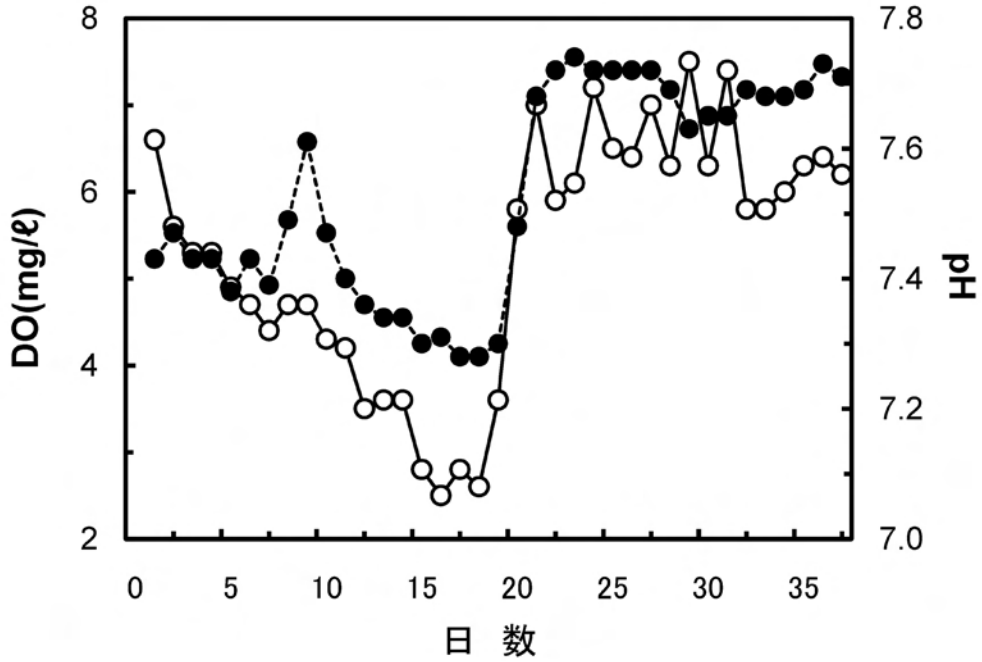


図4 ワムシ培養槽のDOおよびpHの変化

—○—DO ---●---pH

DOは、1区では $7.5 \pm 1.0 \text{ mg/l}$ ($5.2 \sim 12.4 \text{ mg/l}$), 2区では $7.4 \pm 0.8 \text{ mg/l}$ ($5.2 \sim 8.9 \text{ mg/l}$), pHは、1区では 8.20 ± 0.20 ($7.70 \sim 8.34$), 2区では 8.18 ± 0.11 ($7.95 \sim 8.35$)で、ワムシの培養水を飼育槽へ添加するA期およびB期(1区:日齢30, 2区:日齢37まで)のDOは7.0以下, pHは8.0以下に低下したが、ワムシ給餌を終了したC期以降は8.2以上を維持した。また、2つの飼育槽のDO, pHの値は培養槽より高い値であったが、1区のDOおよびpHの値は2区の値より変動が大きかった。

考 察

ワムシの粗放連続培養における収穫槽を利用したキツネメバルの収穫槽飼育を行ったところ、これまで「ほっとけ飼育」で問題となっていたワムシの培養水温(18℃)より低い飼育水温(飼育開始時に約10℃)で種苗の生産が可能であった。本手法による生残率は、2区では通常の方法(41.8~52.0%)⁶⁻⁸⁾と遜色ない結果が得られた。一方、1区では生残率が22.9%と低かったが、1区は2区よりも飼育槽のワムシ密度の変動が大きく、飼育環境が不安定であった可能性が考えられる。

収穫槽飼育の利点は、ワムシの培養、栄養強化およ

び給餌を同時に行うため、種苗生産の行程を省力化できることである^{4,13)}。また、粗放連続培養を用いて生産したワムシは、植え継ぎ培養法で生産したワムシよりも餌料価値が高いことが確認されており¹⁶⁾、良質な餌料の密度を十分維持できることも本飼育法の特徴である。当飼育法が飼育環境に与える影響を見ると、ワムシを主餌料とするA期およびB期は、ワムシの培養水を飼育槽へ添加するため、飼育槽内のDOおよびpHの低下が見られた。DOの低下は酸欠を引き起こすが、本試験の1区ではDOが 5.2 mg/l まで低下したことから、酸欠が起こった可能性が考えられる。一方、pHの値の影響については、ヒラメ仔魚では低下が徐々であれば7.3~7.5でも悪影響は認められていない⁹⁾。しかし、本試験の1区のpHは日齢3で7.70まで急激に低下したため(図5)、急激な環境の変化がキツネメバルの仔魚に影響を与え、生残率が低下したと考えられた。

坂本ら¹⁷⁾は、「ほっとけ飼育」の止水期間中の細菌叢を調べた結果、総菌数は流水飼育に比べて10倍多いが、細菌叢は単純で安定しており、疾病の防除に効果がある可能性を示唆している。本試験での培養槽におけるワムシ密度は、培養開始後7日で140個体/mlに増加したが、13日目には69個体/mlに減少したこと、

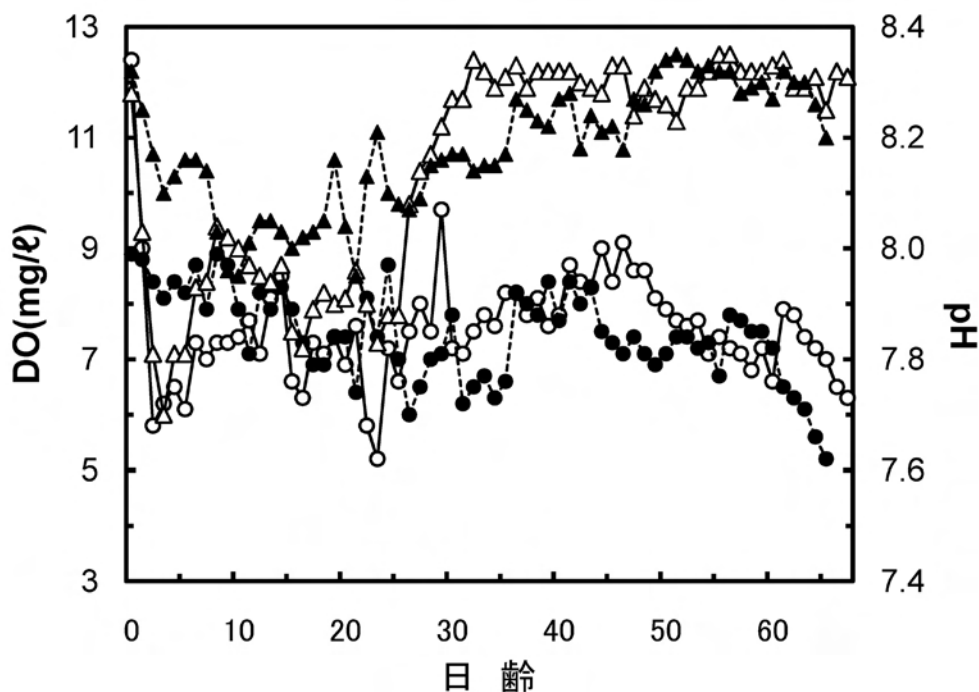


図5 飼育槽のDOおよびpHの変化

○—1区DO ●---2区DO
 △—1区pH ▲---2区pH

20日目まではDOやpHの低下が見られたことから、ワムシの培養が安定せず、細菌叢が不安定であったと考えられる。また、収穫槽飼育ではB期以降のアルテミアの給餌やD期以降の底掃除の開始に伴い、細菌叢が変化する。本試験では疾病の発生は認められなかったが、ワムシ密度やDO、pHの環境要因の変動、餌料系列の切り替えに伴う細菌叢の変化については、今後の検討課題である。

謝 辞

本論文のとりまとめにあたり、飼育業務に御協力いただいた、宮古栽培漁業センターの熊谷厚志氏、菊地哲子氏、前川裕弥氏に厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫 (1984) 日本産魚類大図鑑, 東海大学出版会, 297-299 pp.
- 2) 野田 勉・中川雅弘・熊谷厚志 (2007) 宮古魚市場に水揚げされた沿岸性メバル属魚類の年および季節変動. 栽培漁業センター技報, 6, 43-49.
- 3) 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2010) 平成20年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国). 8-9 pp.
- 4) 野田 勉・中川雅弘・服部圭太・青野英明・有瀧真人 (2010) クロソイの栽培漁業技術-一定着種の種苗生産と放流効果調査-. 栽培漁業技術シリーズ, 15, 59 p.
- 5) 永沢 亨 (2001) 日本海におけるメバル属魚類の初期生活史. 日水研研報, 51, 1-132.
- 6) 青森県水産総合研究センター・青森県水産総合研究センター増養殖研究所・青森県水産総合研究センター内水面研究所 (2007) 平成18年度青森県水産総合研究センター事業概要年報. 87-88 pp.
- 7) 青森県水産総合研究センター・青森県水産総合研究センター増養殖研究所・青森県水産総合研究センター内水面研究所 (2008) 平成19年度青森県水産総合研究センター事業概要年報. 75-76 pp.
- 8) 青森県水産総合研究センター・青森県水産総合研究センター増養殖研究所・青森県水産総合研究センター内水面研究所 (2009) 平成20年度青森県水産総合研究センター事業概要年報. 71-72 pp.
- 9) 高橋庸一 (1998) ヒラメの種苗生産マニュアル-「ほっとけ飼育」による飼育方法-. 栽培漁業技術シリーズ, 4, 57 p.
- 10) 島 康洋・高橋 誠 (2005) 「ほっとけ飼育」によるマダイの種苗生産事例. 栽培漁業センター技報, 4, 14-17.
- 11) 清水智之・佐々木正 (2005) オニオコゼ仔稚魚飼育における大量斃死軽減のための2, 3の試み, 栽培技研, 32 (1), 5-13.
- 12) 日野明徳・桑田博・小磯雅彦・山下貴示・藤浪祐一郎 (2000) 海産ワムシ類の培養ガイドブック. 栽培漁業技術シリーズ, 6, 137p.
- 13) 野田 勉・長倉義智・熊谷厚志 (2009) ワムシ粗放連続培養の収穫槽と連結したクロソイの種苗生産初期飼育の有効性. 水産技術, 2 (1), 49-55.
- 14) 熊谷厚志・藤浪祐一郎・清水大輔 (2008) ワムシ培養における貝化石の添加効果について. 栽培漁業センター技報, 7, 29-32.
- 15) 小金隆之・兼松正衛 (2004) 飼育水への貝化石の添加がクエの成長, 生残および水質に及ぼす影響. 栽培漁業センター技報, 2, 17-21.
- 16) 友田 努・小磯雅彦・島 康洋 (2007) 植え継ぎ培養法と粗放連続培養法で生産したシオミズツボワムシの栄養強化における餌料価値. 日本水産学会誌, 73 (3), 505-507.
- 17) 阪本憲司・高橋庸一・岡 雅一・板垣恵美子 (1998) 止水方式におけるヒラメ初期飼育水の細菌相. 栽培漁業技術開発研究, 27, 1-5.

閉鎖循環システムを用いたズワイガニゾエア期の飼育

山本岳男^{*1}・藤本 宏^{*1}・山田達哉^{*1}・高橋庸一^{*1}・山本義久^{*2}

(^{*1} 小浜栽培漁業センター, ^{*2} 屋島栽培漁業センター)

小浜栽培漁業センターでは、1984年からズワイガニの種苗生産試験に取り組んでおり、ゾエア期の飼育条件として飼育適水温¹⁾、餌料の系列²⁾と栄養強化手法³⁾、幼生の強制浮上方法⁴⁾および細菌感染症防除⁴⁾の必要性を明らかにしてきた。これらの成果により、2003年以降はメガロパまで数万尾単位の安定した量産が可能となった⁵⁾。しかし、現時点では、疾病防除の手法としてズワイガニでは認可されていないニフルスチレン酸ナトリウム⁶⁾ (以下、NFS-Na) を実験的に用いている段階である。

そこで本試験は、薬剤に頼らない飼育手法の開発を目的として、外部からの新水が極めて少なく疾病等のリスクが軽減されることから、マダイ⁷⁾ やトラフグ⁸⁾ で使用実績のある閉鎖循環飼育システムを用いた飼育方法を検討した。また、閉鎖循環式の飼育で水中に残留してゾエアに影響すると考えられるアンモニア態窒素 (以下、NH₃-N) の毒性についても検討した。

材料と方法

アンモニアの毒性 NH₃-N 濃度は、ガザミの24時間半数致死濃度である 4~8 mg / ℓ⁹⁾ を目安に、0 (対照区)、1、3、6 および 9 mg / ℓ の 5 試験区とし、各区とも 3 ロットを設けた。試験期間は 5 日間とした。NH₃-N 溶液は滅菌海水に工業用塩化アンモニウム (有効濃度 99.5%。セントラル硝子) を溶解して作成した。飼育容器には 1 ℓ の蓋付き透明ボトルを使用し、各容器にはふ化ゾエアを 50 尾ずつ収容した。飼育水温は温度勾配恒温器 (MTI-202; EYELA) を用いて 14℃¹⁾ で管理した。試験期間中は無換水、無給餌とし、試験開始時と終了時に NH₃-N 濃度を測定 (DR/2400; HACH) した。生残尾数は、毎日死亡個体をピペットで取り除いて収容尾数から引いて計数し、さらに試験終了時に全数取り上げて実数計数した。

閉鎖循環飼育システムの作製 閉鎖循環飼育システムの模式図を図 1 に示した。システム⁷⁾ は、飼育水槽

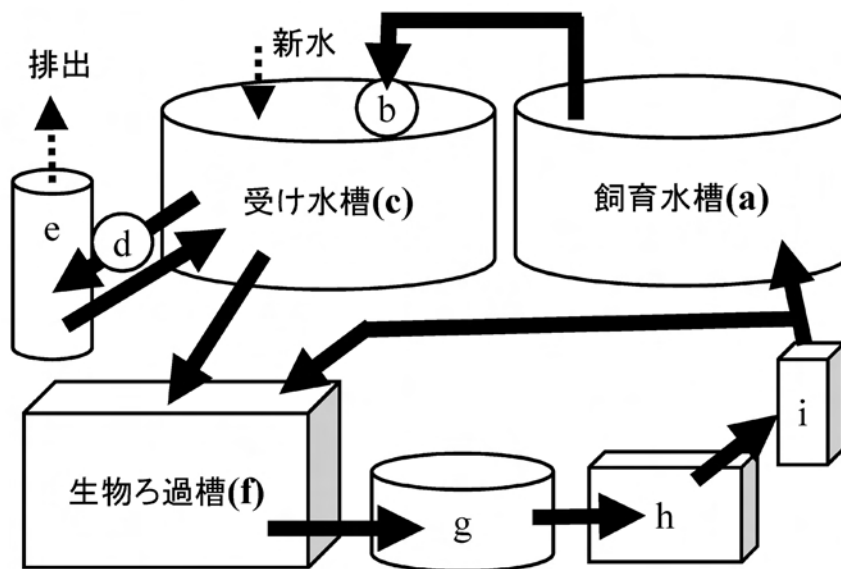


図 1 閉鎖循環飼育システムの模式図

矢印は海水の流れを示す。

- 1) 飼育水槽 (a: 500 ℓ) からの排水は、ナイロンネット (b: 目合い 63 μm) で残餌を回収して受け水槽 (c: 1 kℓ) へ。
- 2) 水中の汚濁物は、受け水槽から自給式ポンプ (d: 400W, 流量 120 ℓ / 分) で泡沫分離装置 (e) へ循環させて除去。
- 3) 受け水槽の海水は、生物ろ過槽 (f: 400 ℓ) で硝化後、生物ろ過槽の受け水槽 (g)、海水冷加温ユニット (h)、紫外線殺菌装置 (i) を経由し、一部は飼育水槽へ注水され、残りは再度生物ろ過槽 (f) へ戻る。
- 4) 蒸発および泡沫分離装置 (e) からの排出で減少した水量は、受け水槽への注水により補充される。

(容量500ℓ), 受け水槽(容量1ℓ), 泡沫分離装置(400W 自給式ポンプで循環水量120ℓ/分; 栄和商事), 生物ろ過槽(容量400ℓ), 生物ろ過槽の受け水槽(容量180ℓ), 海水冷加温ユニット(200W 自給式ポンプ, 3kW 電気ヒーター内蔵, 冷却能力2,800kcal/時; 栄和商事)および紫外線殺菌装置(フロンライザ2DL; 千代田工販)で構成される。生物ろ過槽には, ろ材として多孔質ソフトセラミック(フィルテック)およびサンゴ砂(粒径約2~5mm)を容量200ℓずつ使用した。

ろ材の熟成 硝化細菌を増殖させるため, 2007年9月17日からろ材の熟成を開始した。熟成には閉鎖循環飼育システムの生物ろ過槽, 生物ろ過槽の受け水槽および海水冷加温ユニットを使用し, 生物ろ過槽の循環率は110回転/日とした。生物ろ過槽には, 硝化細菌の増殖を促進させるため塩化アンモニウムを10g/日添加した。水温は効率的に硝化細菌を増殖させるため, 熟成開始から95日目までは25℃とし, その後1℃/日の割合で低下して104日目以降はゾエア期の飼育水温である14℃¹⁾とした。なお, ろ材は, 熟成開始105日目に生物ろ過槽に塩化アンモニウムを60g添加してNH₃-N濃度が27.1mg/ℓから10時間後に0.3mg/ℓまで減少し, 十分な硝化能力が得られたのを確認後, 試験に使用した。

ふ化幼生の確保 試験に使用したふ化ゾエアは, 石川県漁協西海支所から購入した抱卵雌ガニから得た。親ガニの養成方法は既報¹⁰⁾に準じ, 飼育水槽は4ℓFRP水槽で, 水温は3℃とし, 餌には冷凍のアサリとオキアミを与えた。ふ化したゾエアは親ガニ養成水槽からオーバーフローで500ℓFRP水槽に設置したポリエチレンネット(目合い150目, 直径30cm, 深さ20cmの円柱形)に24時間かけて回収して, 浮上個体のみを使用した。

試験区の設定と試験期間 試験区は, 循環区, 流水区および対照区として薬浴区の3区設けた。循環区は閉鎖循環飼育システムを使用して薬浴を行わず, 流水区はろ過海水の掛け流し状態で薬浴なしとした。薬浴区は掛け流し状態でNFS-Na(有効濃度10%。水産用ニフルスチレン酸10%散「KMK」; 川崎三鷹製薬)を2mg/ℓ/週で添加した。試験は2008年と2009年に2回ずつ合計4回行い(試験1~4), 試験開始は, 試験1が2008年1月29日, 試験2が同3月4日, 試験3が2009年2月5日, 試験4が同3月6日とした。試験期間は, 非薬浴では第2齢ゾエア脱皮時にはほぼ全滅する^{4,5)}ことから, 試験1~3では全数が第2齢ゾエアに脱皮するまでとした。試験4では全数がメガロパに脱皮するまでとし, 試験1~3の結果から生残状況が著しく悪い流水区は設けなかった。

飼育方法 飼育水槽として500ℓの透明ポリカーボネート水槽を各区1基使用し, ふ化ゾエアの収容数は各区5,000尾(収容密度10尾/ℓ)とした。飼育水温は14℃¹⁾, 飼育水槽の換水率は1.5回転/日, 通気は水槽底の中央1ヶ所からエアストーンで行い, 通気量は600ml/分とした。幼生を強制浮遊させるため攪拌機を1回転/分⁴⁾で使用した。餌料として第1齢ゾエア期には栄養強化したL型ワムシ小浜株を10個体/mlと未強化の北米産アルテミアを0.5個体/mlの密度で併用し, 第2齢ゾエア期には栄養強化ワムシ10個体/mlと栄養強化アルテミア1個体/mlを併用して与えた²⁾。飼育水槽にはナンノクロロプシス(細胞密度100億細胞/ml。マリーナフレッシュ; マリーナバイオ)を飼育開始時に50ml添加し, その後は100万細胞/mlの密度で毎日添加した。

ワムシの栄養強化には500ℓのアルテミアふ化槽を用い, 水温16℃でユニホースからの強通気と6ℓ/分の酸素通気(オージネーター600; 近畿酸素)を行った。ワムシの強化密度は1,000個体/ml以下で, ナンノクロロプシス500ml/ℓで24時間の強化を行い, 給餌前にDHA 14ml/ℓ(DHA70G; 日本科学飼料)とEPA28ml/ℓ(EPA28G; 日本科学飼料)で18時間の強化を行った³⁾。アルテミアは水温28℃, 24時間でふ化させた後, 水温22℃でマリンオメガ(2ℓ/ℓ。日清マリンテック)とパワッシュA(80ml/ℓ。オリエンタル酵母工業)で24時間の強化を行った。

環境測定 飼育環境として, 水温とpH(HM-20P, 東亜DKK)を毎日測定した。三態窒素濃度としてNH₃-N, 亜硝酸態窒素(NO₂-N)および硝酸態窒素(NO₃-N)について, 試験1と2では毎日, 試験3と4では週に2回測定した(DR/2400; HACH)。

生残数の推定 生残尾数の推定は, 5日毎に浮上尾数と沈下尾数を合計して求めた。浮上個体は透明のアクリルパイプ(φ30mm)で水槽の5箇所から合計約2ℓを採水し, 容量法で計数した。沈下個体は水槽底面に記した2.5cm角のマス目を目印にして75マス(5×5マス×3カ所)に分布する幼生をアクリルパイプ採集し, 底面積(約0.75m²)との比で計数した。なお, 試験終了時には生残個体を実数計数した。

結 果

アンモニアの毒性 毒性試験の結果を表1に示した。NH₃-N濃度1~9mg/ℓで5日間飼育したふ化ゾエアの生残率は, いずれの区も94%以上で対照区に比べて生残率の低下はなく(χ^2 検定, $p > 0.05$), 9mg/ℓ以下の濃度でNH₃-Nに対する毒性は見られなかった。

表1 ズワイガニのふ化ゾエアに対するアンモニア態窒素5日間の毒性

| 試験区 | NH ₃ -N濃度 (mg/l) | | 供試尾数 (尾) | 生残率 (%) | |
|--------|-----------------------------|------|----------|---------|-------|
| | 開始時 | 終了時 | | | |
| 対照区 | 1 | 0.00 | 0.00 | 50 | 94.0 |
| | 2 | 0.00 | 0.00 | 50 | 100.0 |
| | 3 | 0.00 | 0.00 | 50 | 98.0 |
| 1mg/L区 | 1 | 0.96 | 0.99 | 50 | 100.0 |
| | 2 | 0.97 | 0.95 | 50 | 100.0 |
| | 3 | 0.95 | 1.04 | 50 | 100.0 |
| 3mg/L区 | 1 | 3.20 | 3.20 | 50 | 100.0 |
| | 2 | 3.20 | 3.10 | 50 | 96.0 |
| | 3 | 3.30 | 3.30 | 50 | 100.0 |
| 6mg/L区 | 1 | 6.70 | 6.20 | 50 | 98.0 |
| | 2 | 6.50 | 6.20 | 50 | 98.0 |
| | 3 | 6.60 | 6.00 | 50 | 100.0 |
| 9mg/L区 | 1 | 9.70 | 9.10 | 50 | 100.0 |
| | 2 | 9.70 | 9.30 | 50 | 96.0 |
| | 3 | 9.70 | 9.00 | 50 | 94.0 |

*各試験区のロット間および試験区間の生残率に有意差無し ($p>0.05$, χ^2 検定)

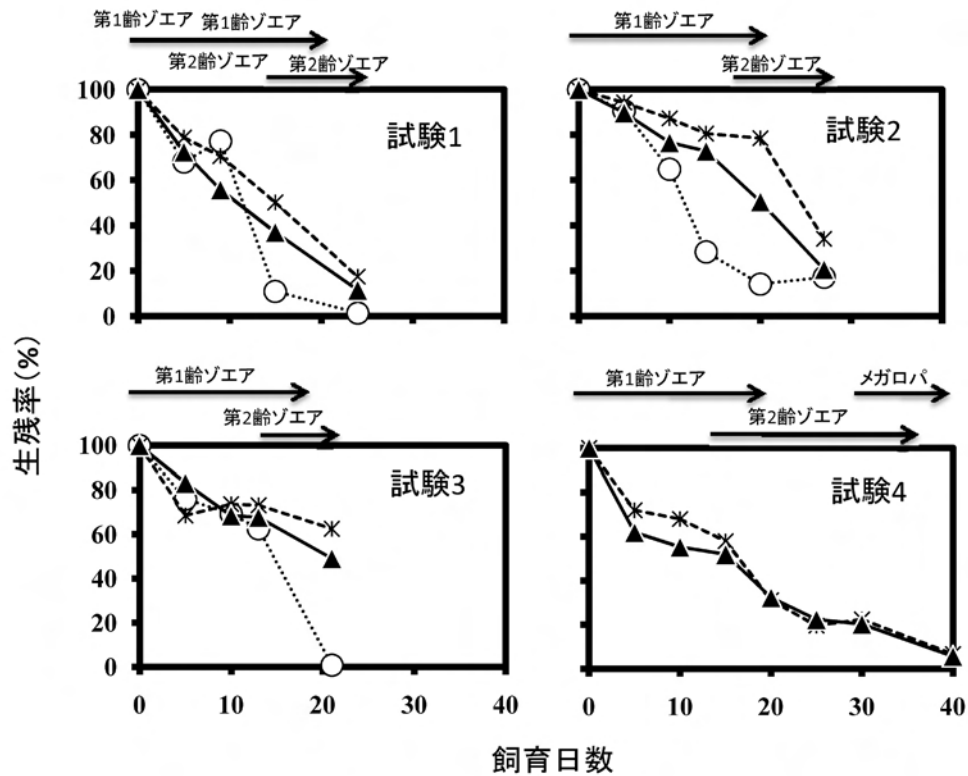


図2 ズワイガニゾエア期の種苗生産試験における生残率の推移

図の矢印は、各齢期の出現期間を示す。

○流水区 *薬浴区 ▲循環区

表2 500ℓ水槽を用いたズワイガニゾエア期の種苗生産試験の結果概要

| 試験 No. | 試験区 | Z ₁ 収容尾数(尾) | 試験期間 (日) | 飼育水温(°C) | | 生残尾数(尾) | | 生残率(%) | | |
|--------|-----|---------------------------|-------------|----------|-----------|----------------|-----|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | 平均±SD | 範囲 | Z ₂ | M | Z ₁ ~Z ₂ | Z ₁ ~M | Z ₂ ~M |
| 1 | 流水区 | 5,000 | 24 | 13.5±0.2 | 13.2~13.9 | 73 | - | 1.5 | - | - |
| | 薬浴区 | 5,000 | 24 | 14.1±0.3 | 13.6~14.5 | 872 | - | 17.4 | - | - |
| | 循環区 | 5,000 | 24 | 14.0±0.3 | 13.3~14.7 | 576 | - | 11.5 | - | - |
| 2 | 流水区 | 5,000 | 27 | 13.6±0.4 | 13.0~14.6 | 858 | - | 17.2 | - | - |
| | 薬浴区 | 5,000 | 27 | 13.7±0.3 | 13.0~14.1 | 1,706 | - | 34.1 | - | - |
| | 循環区 | 5,000 | 27 | 13.9±0.4 | 12.7~14.6 | 1,034 | - | 20.7 | - | - |
| 3 | 流水区 | 5,100 | 21 | 13.5±0.4 | 12.6~14.2 | 45 | - | 0.9 | - | - |
| | 薬浴区 | 5,200 | 21 | 13.7±0.2 | 13.5~14.4 | 3,106 | - | 59.7 | - | - |
| | 循環区 | 5,300 | 21 | 13.8±0.4 | 13.4~15.0 | 2,511 | - | 47.4 | - | - |
| 4 | 薬浴区 | 5,000 | 40 | 13.7±0.6 | 12.1~15.7 | 1,560 | 335 | 31.2 | 6.7 | 21.5 |
| | 循環区 | 5,000 | 40 | 13.4±0.4 | 13.4~15.6 | 1,620 | 287 | 32.4 | 5.7 | 17.7 |

Z₁:第1齡ゾエア, Z₂:第2齡ゾエア, M:メガロバ

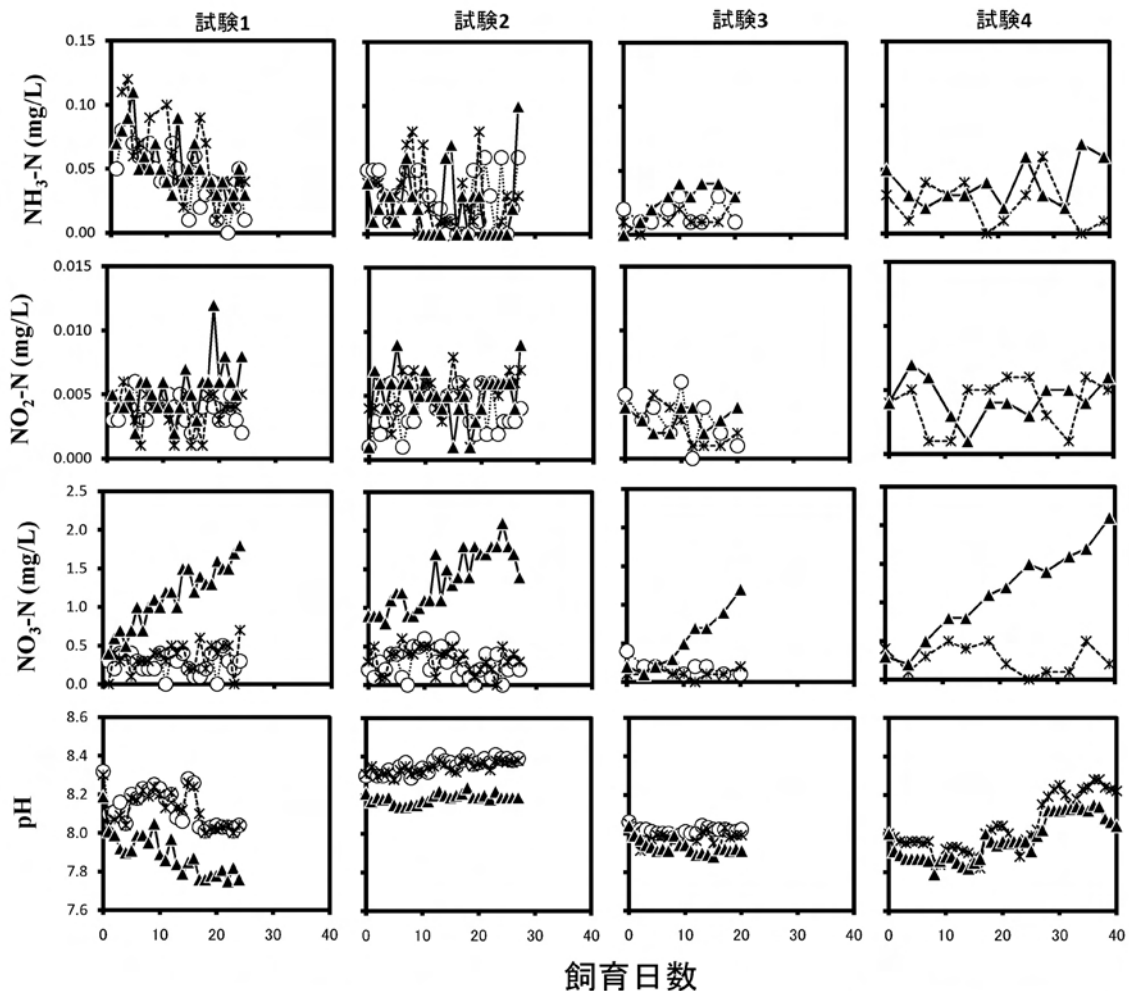


図3 500ℓ水槽を用いたズワイガニゾエア期の種苗生産試験における三態窒素濃度および pH の推移
○流水区 *薬浴区 ▲循環区

種苗生産試験 試験1～4の結果を表2と図2に示した。全個体が第2齢ゾエアおよびメガロパに脱皮した時点の生残率(表2)は、試験1～3で薬浴区(17～60%)>循環区(11～47%)>流水区(1～17%)、試験4で循環区(32%)≒薬浴区(31%)となり、循環区で薬浴区に次ぐ高い生残が得られた。メガロパの生残率(試験4)は薬浴区(7%)≒循環区(6%)であった。循環区におけるゾエアの減耗(図2)は流水区と比較すると緩やかで、両区の生残には試験開始14～15日目以降(試験1, 2)、または21日目以降(試験3)に顕著な差が見られた。一方、循環区の生残を薬浴区と比較すると、試験1～4ともに循環区が薬浴区より低く推移することがほとんどであったが減耗傾向に顕著な違いは見られなかった。

各試験区における飼育環境(表2)は、試験4では自然水温が高かったために飼育水温が16℃近くまで上昇したが、試験1～4ともに当初の計画通り平均14℃を維持できた。試験1～4の三態窒素濃度およびpHの推移を図3に示した。循環区のNH₃-NとNO₂-N濃度はほぼ一定で流水区および薬浴区と顕著な違いは見られず、NH₃-N濃度は0.12mg/l以下と低い値であった。循環区のNO₃-N濃度とpHは流水区および薬浴区と異なり、NO₃-N濃度は飼育日数の経過に伴い上昇傾向を示し、pHは試験期間を通じて低かった。

考 察

本試験では、飼育試験に先立ってゾエアへのNH₃-N耐性を調べたが、NH₃-N濃度9mg/lでもゾエアの生存に影響がないことが判った。閉鎖循環式飼育システムはマダイ⁷⁾やトラフグ⁸⁾の飼育に用いられているが、飼育生物に有害なNH₃-NおよびNO₂-N濃度は流水飼育よりも高く、さらにpHが低下することが知られている。しかし、本試験の循環飼育ではNH₃-N、NO₂-N濃度ともに顕著な増加は見られず、またpHについても最も低下した試験1の循環区でも生残は薬浴区と顕著な差がなかったことから、水温が低く摂餌量も少ないズワイガニの循環飼育では、飼育環境はゾエアの生残に悪影響を及ぼす範囲はないと考えられた。

安定したゾエア期の飼育には、ビブリオ属細菌への感染防除¹¹⁾のためNFS-Naの添加が不可欠であったが^{4,5)}、本試験で用いた閉鎖循環飼育システムでは、第2齢ゾエアまでNFS-Na添加に次ぐ生残が得られた。また、第2齢ゾエア期以降でも、生残向上の効果が得られる可能性が示された。このことから、閉鎖循環飼育はズワイガニ種苗生産の手法として有効である

と考えられ、今後さらに検討を進めたい。

文 献

- 1) 小金隆之・浜崎活幸・野上欣也(2005)ズワイガニ幼生の生残と発育日数に及ぼす水温の影響. 日水誌, 71, 161-164.
- 2) 小金隆之・團重樹・浜崎活幸(2010)ズワイガニ幼生の生残と脱皮・成長に及ぼす餌料密度と餌料系列の影響. 水産増殖, 58, 357-362.
- 3) 小金隆之・團重樹・浜崎活幸(2009)ズワイガニ幼生の生残と脱皮・成長に及ぼすn-3高度不飽和脂肪酸の影響. 日水誌, 75, 1004-1010.
- 4) 小金隆之・浜崎活幸・團重樹(2007)ズワイガニ種苗生産における飼育水の攪拌と薬浴による生残率の向上. 日水誌, 73, 226-232.
- 5) Kogane T, S Dan, and K Hamasaki (2007) Improvement of larval rearing technique for mass seed production of snow crab *Chionoecetes opilio*. *Fish. Sci.*, 73, 851-861.
- 6) 農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課(2009)水産用医薬品の使用について第22報.
- 7) 鴨志田正晃・山崎英樹・山本義久(2006)閉鎖循環システムを用いたマダイの種苗生産. 栽培技研, 33, 67-76.
- 8) 荒井大介・小金隆之・西郷晃一(2009)閉鎖循環飼育システムを用いたトラフグ種苗生産での低塩分条件の有効性. 栽培漁業センター技報, 9, 24-26.
- 9) 安信秀樹・永山博敏・檉秀隆(2001)pH9.25で飼育した時のガザミ幼生の生残に及ぼす水温の影響. 水産増殖, 49, 181-184.
- 10) 森田哲男・野上欣也(2003)養成環境下におけるズワイガニ雌ガニの産卵とふ化. 栽培技研, 31, 5-9.
- 11) 森田哲男・小金隆之(2005)ズワイガニ種苗生産試験における薬浴による飼育水の細菌数の動態. 栽培漁業センター技報, 3, 57-60.

標識としてヒラメ無眼側に黒化を作出できるか

山田達哉・藤本 宏・山本岳男・高橋庸一
(小浜栽培漁業センター)

1980年代後半から、全国各地でヒラメの種苗放流が行われ、それらの標識には、アンカータグ、鱗切除、焼印等の体外標識法と、耳石蛍光染色や墨汁、イラストマー蛍光タグ等の皮下注射による体内標識法が用いられている。また、標識作業を伴わない容易な識別方法として、種苗生産の過程で生じる無眼側の黒化魚を利用している例もある。

しかし、無眼側の黒化は、飼育技術の向上に伴って改善されつつあり、無眼側黒化魚を出現させない生産機関もある。無眼側黒化魚は、飼育技術の進展とともに、減少していくと考えられるが、無眼側の黒化が利用できなくなると、市場調査における放流魚の発見が困難となる。このため、他の標識法による調査が必要となるが、これには多大な労力がかかると考えられる。種苗生産過程で発生する無眼側の黒化は、形態異常であり、飼育技術上の問題ではあるが、人為的に放流種苗であることが判る程度の黒化を発生させることが可能になれば、市場調査における便利な標識と成りうる。

これまでの飼育事例で、屋外の小割網飼育において無眼側黒化個体率が高くなる傾向が見られた。そこで本試験では、人為的な黒化の発生方法として、屋外での小割網飼育により黒化が発現するかについて調査し、さらに無眼側の一部に人工魚とわかる程度の小さな黒化を発生させることが可能かについて検討した。

材 料 と 方 法

飼育方法 屋外での飼育方法として、500ℓポリカーボネイト水槽に小割網(0.6×0.6×0.6m, 目合い2.3mm)を設置し、直射日光(照度約2,000~100,000lx)の下で飼育した。水槽の底には白色の断熱材を敷き、ヒラメの無眼側に下からも反射光が当たるようにした。小割網での飼育終了後は、無眼側黒化の抑制に効果があるとされる屋内で砂を敷いた100ℓ、または500ℓの黒色水槽に移槽して飼育を継続した。照度は約10~2000lx, 砂の厚さは20mmとした。

屋外および屋内飼育とも、ろ過海水で10回転/日程度の流水とし、水温は自然水温(10~30℃)とした。餌料には市販配合飼料(おとひめ;日清丸紅飼料)を用い、給餌量は残餌が少し残る程度とした。

試験区の設定 試験は2回行った(表1)。試験1では、2008年に小浜栽培漁業センターで生産した無眼側黒化が軽度な平均全長50mmのヒラメ種苗を用い、屋外小割網飼育(以下、50mm小割網区)と屋内での砂敷飼育(以下、50mm対照区)を行った。試験は6月6日から開始し、飼育期間は、50mm小割網区では屋外59日間、屋内226日間とした。50mm対照区では、屋内で285日間の飼育を行った。

試験2では、平均全長70mmで生産履歴が異なる種苗を用い、無眼側黒化の出現状況の違いと砂敷き飼育

表1 試験開始時における大きさと黒化被覆率

| 試験 | 試験区名 | 供試尾数 (尾) | 平均全長(範囲) (mm) | 被覆率(%) |
|----|----------|-------------|------------------|-----------------|
| | | | | 平均(範囲) |
| 1 | 50mm小割網区 | 9 | 48.6(40.4~54.0) | 1.62(0.33~8.00) |
| | 50mm対照区 | 9 | 45.8(38.4~52.0) | 1.70(0.18~7.59) |
| 2 | 福井区A | 10 | 69.3(62.4~74.0) | 0.09(0.01~0.33) |
| | 福井区B | 15 | 70.7(62.6~78.4) | 0.07(0.02~0.16) |
| | 小浜区 | 15 | 73.1(64.9~80.9) | 0.28(0.21~0.43) |
| | 宮津区 | 10 | 72.3(68.1~79.9) | 0.32(0.08~0.75) |

による黒化の定着状況を調査した。供試魚は、2009年に福井県栽培漁業センター、小浜栽培漁業センターおよび宮津栽培漁業センターで生産された個体で、無眼側に黒化が見られない個体を選別して用いた。福井県栽培漁業センターと小浜栽培漁業センターの種苗は、福井県栽培漁業センターで得た受精卵を用い、それぞれのセンターで生産した（以下、前者は福井区、後者は小浜区）。宮津栽培漁業センターの種苗は、自場で養成した親魚から得た卵を用いて生産した（宮津区）。なお、福井区では2回の試験を行ったため、それぞれ福井区Aおよび福井区Bとした。各個体は、イラストマー標識(田中三次郎商会)で個体識別した。試験は、福井区Aと宮津区は6月5日から、福井区Bと小浜区は6月21日から開始し、それぞれ屋外で約2ヶ月間の小割網飼育を行った後、屋内で約8ヶ月間飼育した。

なお、各試験とも無眼側黒化部位の観察は、7～10日毎に写真撮影により行った。

黒化部位の被覆率 無眼側の体表に何らかの色素が出現している部位を黒化部位とし、無眼側の体表面積に占める黒化部位の面積の割合を黒化被覆率とした。体表および黒化部位の面積は、画像データをピクセル化して体表と被覆部のピクセル数を比較する方法（フリーソフト「画像から面積」を利用）で算出した。

結 果

黒化被覆率の変化（試験1） 試験1における被覆率の変化を表2に示した。50mm小割網区では、試験開始時の平均被覆率1.62%が1ヶ月後には2.95%に、さらに2ヶ月後には13.6%まで増加した。これらの個体を屋内で砂敷き飼育したところ、3ヶ月後（砂敷き1ヶ月後）に被覆率は18.7%まで増加したが、6ヶ月後（同4ヶ月後）は14.7%、9.5ヶ月後（同7.5ヶ月後）は16.6%と顕著な増加は見られなかった。被覆率が最小であった個体（全長40mm、写真1）の被覆率の変化をみると、試験開始時の被覆率0.36%が1ヶ月後（全

長71mm）には0.62%に微増したが、新たな黒化部位は出現しなかった。しかし、2ヶ月後（全長102mm）には被覆率は7.5%まで急増した。この個体を屋内で砂敷き飼育したところ、頭部下顎後方、胸鰭下、尻鰭付近および背・尻鰭側尾柄部の5カ所に認められた黒化部位では、9.5か月後（砂敷き7.5ヶ月後）の被覆率は5.4%に減少したが、黒化部は皮が肥厚し鮮明に識別できた。

50mm 対照区では、開始時の平均被覆率1.70%が1ヶ月後に1.05%、2ヶ月後に0.74%、9.5ヶ月後に0.81%となり、飼育経過に伴う被覆率の増加はほとんど見られなかった。試験開始時の被覆率が7.5%の個体（全長42mm）について、開始時と2ヶ月後（全長96mm）および9.5ヶ月後（全長216mm）の状況を写真2に示した。この個体では、試験開始時に見られた腹鰭付近および尾柄部に近い体幹部の色素が飼育経過とともに消失し、被覆率は低下したが、残った色素は鮮明に識別できた。

生産履歴による黒化の出現状況（試験2） 生産履歴の異なる全長70mmの種苗での試験結果を表3に示した。各試験区の平均被覆率は、開始時の0.1～0.3%から、飼育経過に伴って1ヶ月後には0.4～2.1%、2ヶ月後には6.0～13.2%まで増加した(表3)。しかし、屋内での砂敷き飼育に移行すると、1ヶ月後の被覆率は5.2%～13.1%と低下した。

屋外の小割網飼育により、無眼側体表に黒化部位の出現した日数を表4に示した。黒化が出現するまでの平均日数は、宮津区が33日と最も早く、福井区はA、Bとも44日で、11日間の差があった。黒化が出現した最短日数は、小浜区の15日、最長日数は福井区Bの71日で56日の差があった。平均日数や範囲には違いが見られるものの、有意差（Kruskal-Wallis test; $p > 0.05$) はなかった。2ヶ月間の屋外飼育と1ヶ月間の屋内飼育を行った時の被覆率を図1に示した。屋外飼育では、福井区Aおよび宮津区と福井区Bおよび小浜区で被覆率に差がみられたが、有意差（Kruskal-Wallis test; $p > 0.05$) はなかった。また、屋内砂敷き飼育

表2 屋外の小割網飼育と屋内の砂敷き飼育による黒化被覆率の変化

| 試験区 | 飼育期間 (砂敷き飼育期間) | 開始時 | 1ヶ月後 | 2ヶ月後 | 3ヶ月後 | 6ヶ月後 | 9.5ヶ月後 | 生残尾数 (生残率%) |
|----------|-------------------|------|------|-------|-------|-------|---------|----------------|
| | | | | | (1ヶ月) | (4ヶ月) | (7.5カ月) | |
| 50mm小割網区 | 被覆率(%) | 1.62 | 2.95 | 13.6 | 18.7 | 14.7 | 16.6 | 8 (88.9) |
| | 平均全長(mm) | 48.6 | 72.4 | 105.5 | 133.0 | 200.5 | 237.4 | |
| 50mm対照区 | 被覆率(%) | 1.70 | 1.05 | 0.74 | — | 0.63 | 0.81 | 8 (88.9) |
| | 平均全長(mm) | 45.8 | 70.4 | 105.1 | — | 217.1 | 234.2 | |

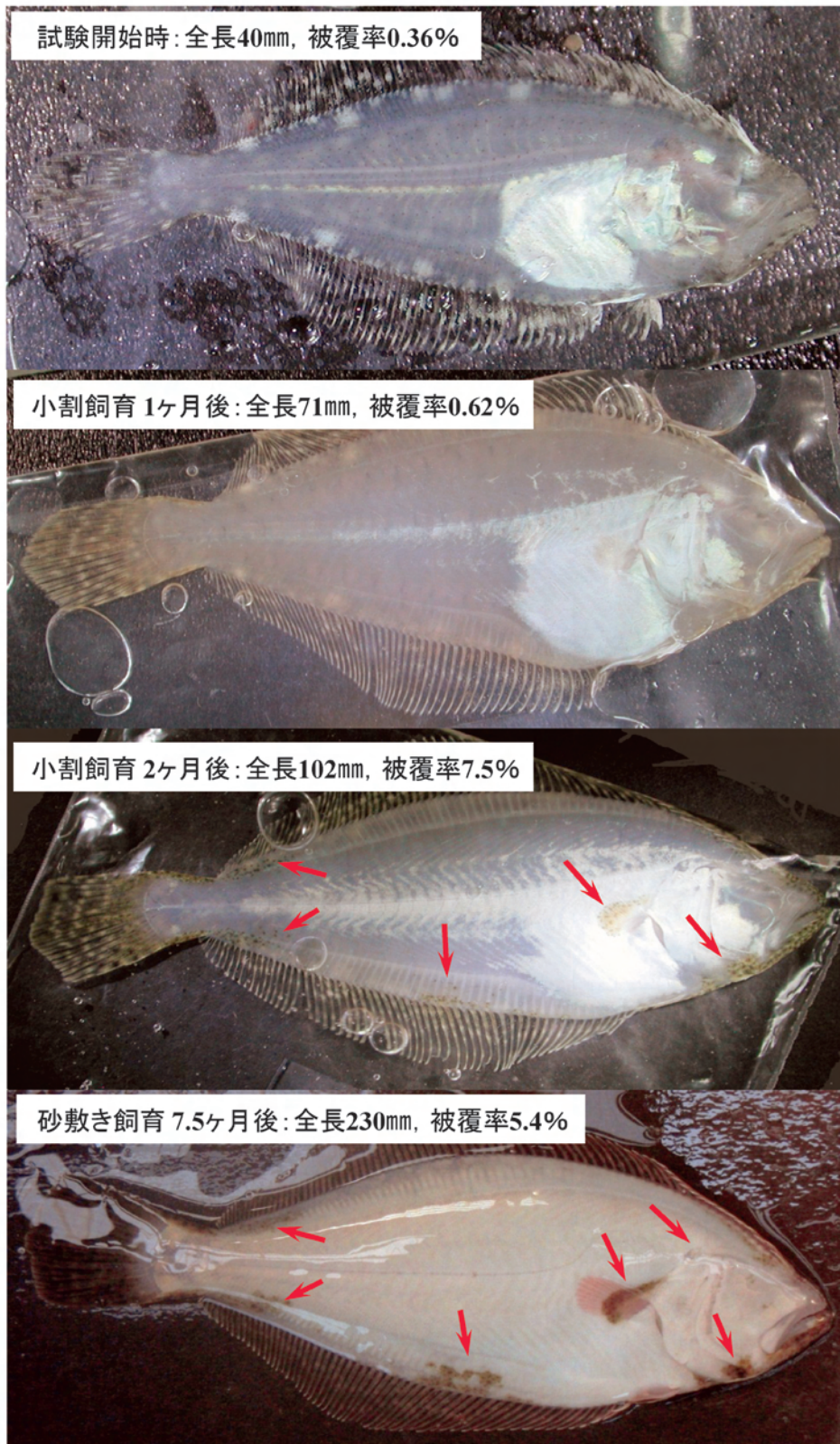


写真1 無眼側黒化の被覆率の低い個体を屋外（小割網）および屋内（砂敷き）で飼育した場合の被覆率の変化

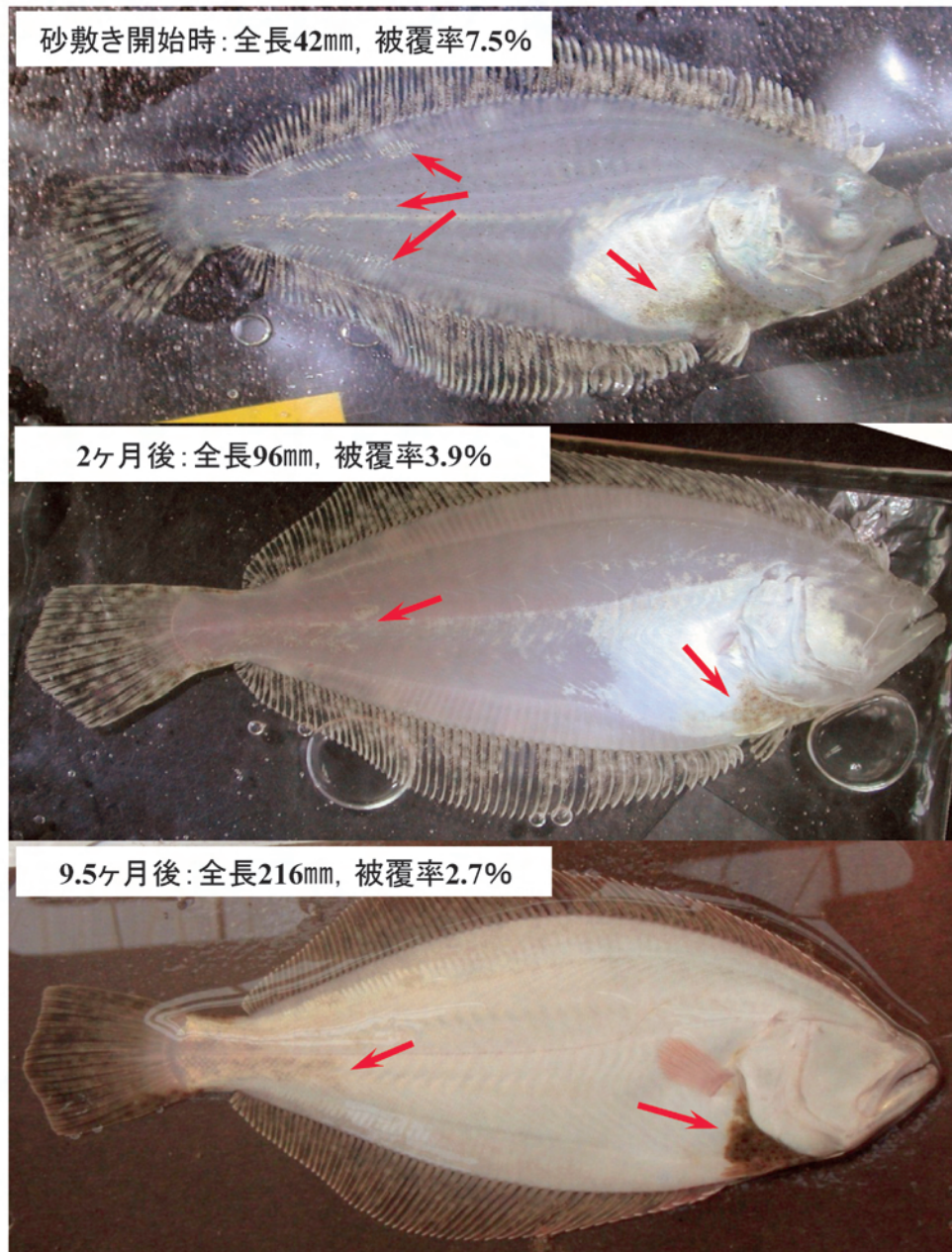


写真2 屋内で砂敷き飼育（対照区）した個体の無眼側黒化被覆率の変化

表3 全長70mmから屋外で2カ月の小割網飼育と屋内で1カ月の砂敷き飼育を行った場合の被覆率の変化

| 試験区 | | 開始時 (砂敷き飼育) | 1ヶ月後 | 2ヶ月後 | 3ヶ月後 (1ヶ月後) | 生残尾数 (生残率%) |
|------|----------|----------------|------|-------|----------------|----------------|
| 福井区A | 被覆率(%) | 0.09 | 0.36 | 13.2 | 12.8 | 6 |
| | 平均全長(mm) | 69.3 | 91.0 | 132.0 | 167.6 | (60.0) |
| 福井区B | 被覆率(%) | 0.07 | 0.55 | 6.00 | 5.15 | 13 |
| | 平均全長(mm) | 70.7 | 90.6 | 130.3 | 163.3 | (86.7) |
| 小浜区 | 被覆率(%) | 0.28 | 2.08 | 7.63 | 6.58 | 8 |
| | 平均全長(mm) | 73.1 | 96.2 | 135.9 | 173.7 | (53.3) |
| 宮津区 | 被覆率(%) | 0.32 | 1.22 | 13.2 | 13.1 | 10 |
| | 平均全長(mm) | 72.3 | 95.3 | 138.4 | 163.5 | (100) |

表4 全長70mmから屋外小割り網飼育をした場合の黒化発現日数

| 試験区 | 平均日数 | 最短期数 | 最長日数 | 個体数(尾) |
|------|------|------|------|--------|
| 福井区A | 44 | 32 | 53 | 6 |
| 福井区B | 44 | 23 | 71 | 13 |
| 小浜区 | 36 | 15 | 50 | 8 |
| 宮津区 | 33 | 16 | 53 | 10 |
| 平均 | 39 | | | |

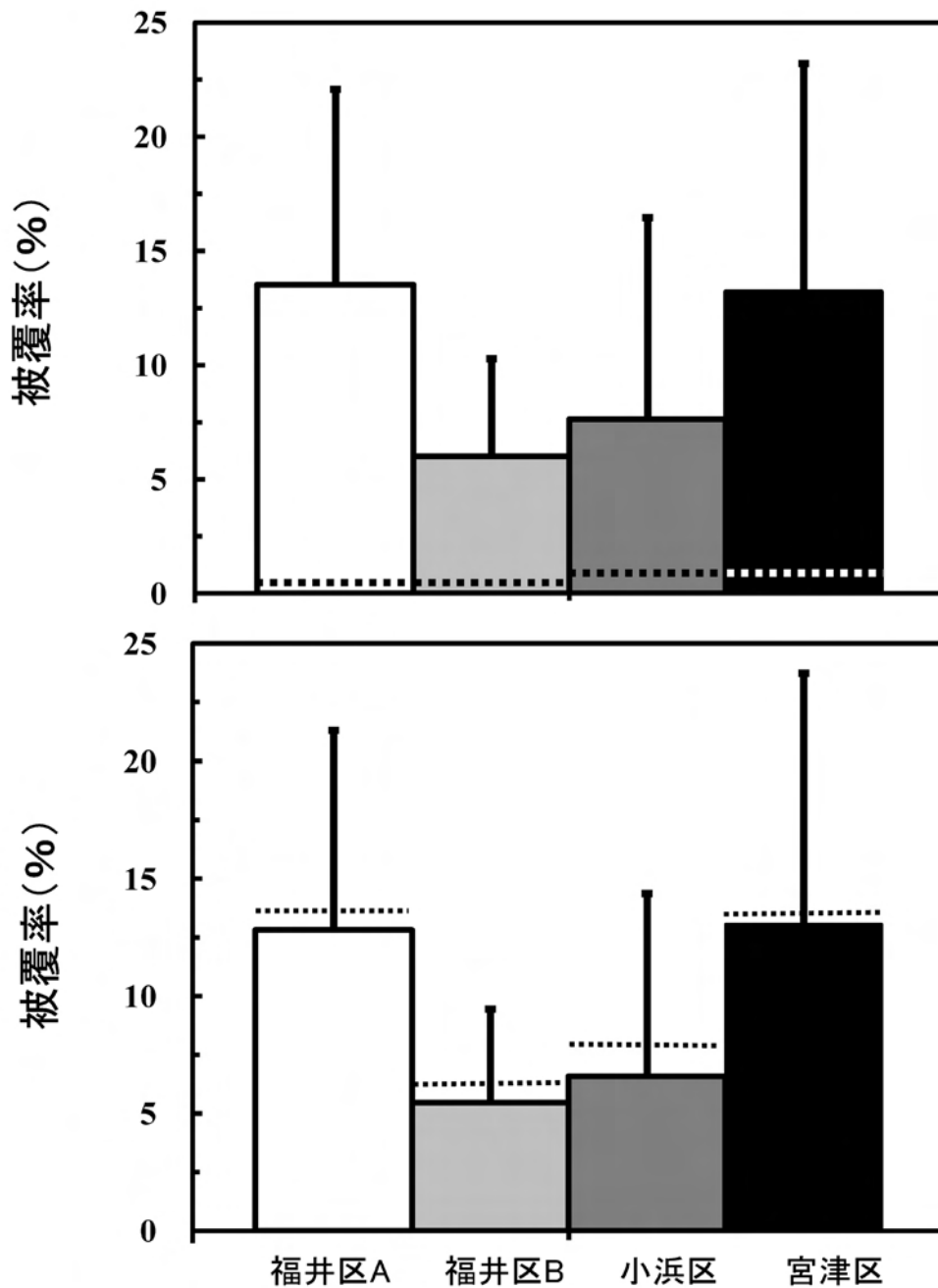


図1 全長70mmから約2カ月間屋外で小割り網飼育(上図)し、その後1カ月間屋内で砂敷飼育(下図)した時の無眼側の黒化被覆率
 図中の破線は開始時の被覆率、縦線は標準偏差を示す。

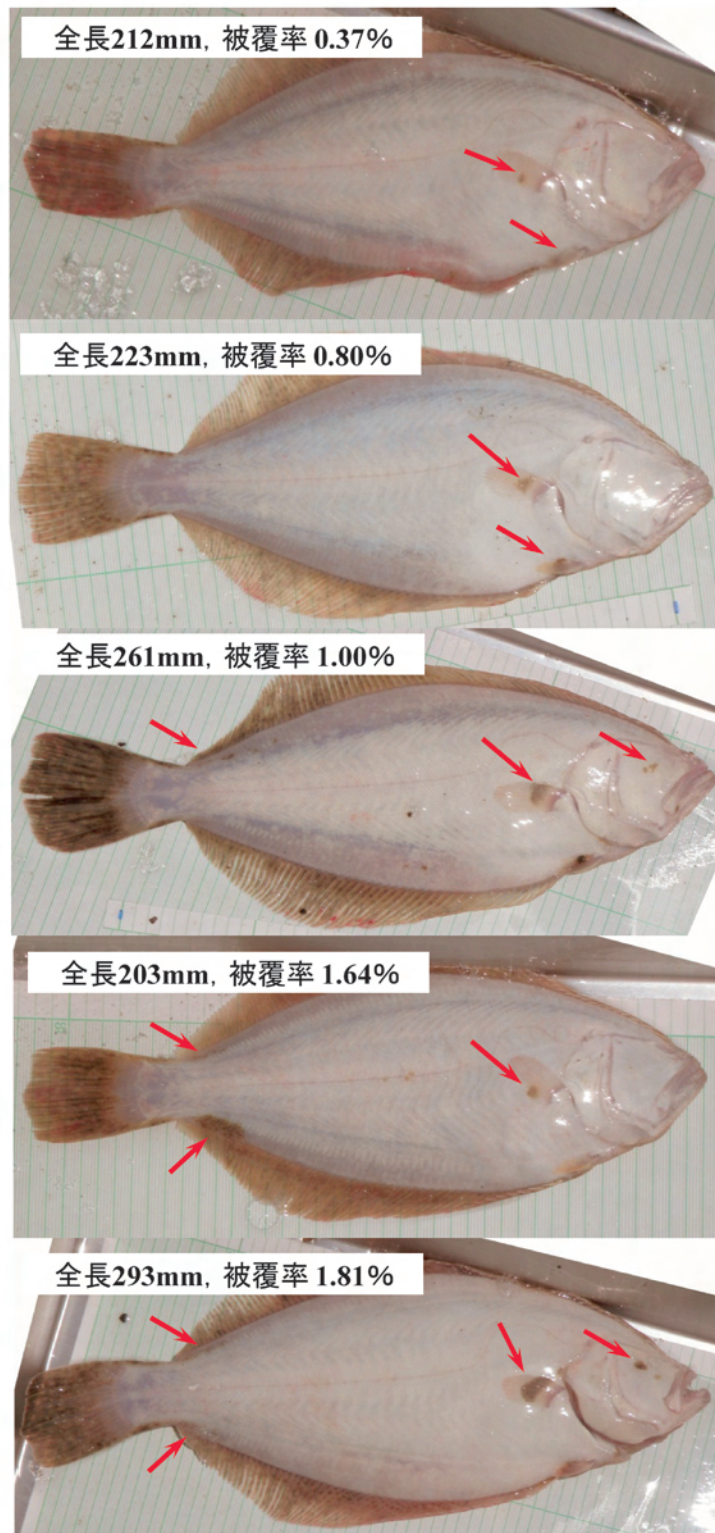


写真3 2カ月間屋外で飼育し、8カ月間屋内で砂敷き飼育した個体で無眼側黒化の出現が最も少なかった個体の被覆状況

により、被覆率は減少したが、各試験区間で有意差 (Kruskal-Wallis test ; $p > 0.05$) はなかった。

標識としての識別状況を調べるため、約8カ月の砂敷き飼育を行った個体で、被覆率が最も低い5個体を写真3に示した。胸鰭下と肛門周辺に黒化部位が出現し、被覆率が0.37%と最も低い個体 (全長212mm) でも識別は容易であった。同様の部位に同程度の色素が出現した被覆率0.8%以上の個体では、さらに明瞭に識別が可能であった。

考 察

ヒラメの放流種苗に、標識となる軽微な無眼側黒化を作出させる方法として、全長50mmの個体を屋外の直射日光の下で小割網飼育したところ、約1カ月間の飼育で黒化の出現が認められ、2カ月後にはさらに明瞭となった。同サイズの種苗を、天然の状態を想定し、屋内で砂敷き飼育した試験では、黒化の増加が認められなかったことから、人為的に作出できることが判った。

しかし、作出までの期間をさらに短縮できるかについて、全長70mmの種苗で同様の飼育を行った試験では、出現状況は50mmサイズと同様であり、黒化の出現はヒラメのサイズではなく、飼育期間に影響されることが考えられた。また、全長70mmからの試験では、生産履歴の違う種苗について黒化の被覆率と出現までの日数を比較したところ、履歴による有意差は認められず、着底以降の黒化の出現は、飼育手法に大きく影響されるのではないかと考えられた。無眼側の黒化には、真の両面有色型、着色型および斑紋型の3種類があり¹⁾、本試験で出現した黒化は、無眼側に異常が見られない稚魚の黒化であることから、着色型に相当する。これらの黒化の原因として、岩田ら²⁾、青海³⁾は、ヒラメが砂に潜れないストレスにより進行するとしている。今回の試験では、ヒラメへのストレスが、小割網の刺激によるものか紫外線の影響によるものかについて、

不明であり、今後さらに検討を進めたい。

一方、屋外での小割網飼育により出現した黒化は、屋内での砂敷き飼育により、それ以上の出現が抑制されること、さらに、一旦出現した黒化は、飼育経過に伴い被覆面積は減少するが、色素がより鮮明になること、被覆率が0.5%前後あれば、十分に標識として識別可能であることが判った。今回の試験では、全ての個体で放流魚の指標となり得る胸鰭下の黒化が生じたが、富山ら⁴⁾は、天然魚にも無眼側の黒化があり、その中でも胸鰭下のみ黒化がみられる個体は、33%を占めることを指摘している。これらの放流魚に対する混獲率の誤差は、0.3%と大きくないことも指摘しているが、放流海域に応じて黒化部位や面積を調整する技術が必要となると考えられた。当手法を実用化するには、小割網での飼育期間と被覆率の関係を調べるとともに、黒化の出現部位と面積を調整する方法を検討する必要があると考えられた。

文 献

- 1) Norman, J. R. (1934) Albinism, ambicoloration and reversal. In "a systematic monograph of the flatfishes (*Heterosomata*) Vol. *Psettodidae, Bothidae, Pleuronectidae*," Johnson Reprint Co. Ltd., London. 22-29.
- 2) Iwata, N. and K. Kikuchi (1998) Effects of sandy substrate and light on hypermelanosis of the blind side in cultured Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Environ. Biol. Fish.*, **52**, 291-297.
- 3) 青海忠久 (1990) ヒラメ幼魚の無眼側着色におよぼす光照射、有眼側の体色、および供試魚の由来の影響。水産増殖, **39**, 173-180.
- 4) 富山 毅・水野拓治・渡邊昌人・藤田恒雄・川田 暁 (2008) ヒラメ天然魚における無眼側体色異常パターンと出現頻度。日水誌, **74**, 171-176

タウリン強化飼料の給餌と砂馴致飼育によるヒラメ人工種苗の 放流初期の生残率の向上

森田哲男^{*1}・崎山一孝^{*2}・藤本 宏^{*3}・山田達哉^{*3}・富永 修^{*4}

(*1 屋島栽培漁業センター, *2 瀬戸内海区水産研究所百島実験施設,

*3 小浜栽培漁業センター, *4 福井県立大)

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の種苗生産技術の開発は、1960年代に原田ら¹⁾によって始められ、現在では全国で放流尾数の最も多い魚種となっている²⁾。しかし、放流した種苗の回収率が低く、十分な放流効果が得られていないことが大きな問題となっている。この原因のひとつとして、放流初期の被食による減耗が指摘されている³⁾。人工種苗が被食されやすい理由として、放流直後の稚魚の行動が天然種苗と比較して鈍いこと、人工種苗において特異的に出現する有眼側体色異常魚（以下、白化魚）は目立ちやすく、害敵生物に狙われやすいことが考えられる。そのため、被食による減耗を防除するには、放流種苗の逃避能力や潜砂能力の向上と白化魚の出現防止が重要である。

そこで本試験では、模擬生態系を利用した放流試験（模擬放流試験）を行い、砂敷水槽による馴致飼育と、タウリン強化飼料の給餌がヒラメ種苗の行動や放流後の生残に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。また、模擬放流試験では、白化魚について有眼側色素が正常な種苗との生残率の比較をおこなったので合わせて報告する。

材料と方法

試験は、放流に適したサイズまで飼育する馴致飼育試験と模擬放流試験を行った。馴致飼育試験は小浜栽培漁業センターで、模擬放流試験は瀬戸内海区水産研究所百島実験施設（以下、百島実験施設）で行った。

馴致飼育試験

供試魚と試験区 試験には、小浜栽培漁業センターで生産した平均全長58.2mm (32.0~89.3mm)、平均体重1.8g (0.5~3.8) のヒラメ種苗を用い、2006年6月12日~7月2日の22日間実施した。水槽は500ℓ黒色ポリポリエチレン水槽を用い、試験区として、①対照区（砂なし+市販配合飼料）、②タウリン区（砂なし+タウリン強化飼料）、③砂区（砂あり+市販配合飼料）および④砂+タウリン区（砂あり+タウリン強化飼料）の4試験区を設けた。各試験区とも有眼側体色正常魚（以下、正常魚）250尾と白化魚60尾の計310尾を収容した。なお、正常魚は有眼側の体色異常が目

視では確認できない個体、白化魚は体幹部の1/2以上色素が出現していない個体とした。

飼育方法 飼育期間中の水温は24.1~25.4℃であった。飼育水槽への注水量は4~5回転/日に調整し、通気は200~400ml/分で行った。タウリン強化飼料は、配合飼料を一度溶解させ、タウリンを添加して再形成したものを使用した。タウリンの添加量は朴ら⁴⁾の報告に従い、魚体中のタウリン量が飽和量に達する20mg/gの割合に調整した。市販の配合飼料（FP2；日清丸紅飼料）のタウリン含量は5mg/gであった。両飼料とも日間給餌量は魚体重の4%とし、1日6回に分けて給餌した。砂区およびタウリン+砂区では、水槽底面に直径約1mmの海砂を約5mm厚に敷いた。また、飼育開始19~20日目に体幹部の2ヶ所にイラストマー標識を施し、種苗の区分を行った。

種苗性の評価方法 馴致飼育試験では、種苗性の賦活効果を比較する指標として種苗の底面到達時間と潜砂能力を測定した。底面到達時間の測定では、実験水槽には100ℓ透明カーボネイト水槽を用い、水槽底面に直径約1mmの海砂を約10mm厚に敷いた。海水を満たした状態で杓子を用いて稚魚を静かに水面に放ち、水槽底面に着底するまでの時間（底面到達時間）と着底の瞬間から潜砂行動が生じるまでの時間（潜砂時間）を測定した。潜砂行動は、30秒以上認められない場合は潜砂なしとし、潜砂時間の平均は潜砂行動が認められた個体の平均値とした。また、潜砂した個体の割合を潜砂率と定義した。実験は、馴致飼育の開始時（飼育開始1~2日目）と終了時（15~16日目）に行った。各試験区における有意差の検定は、底面到達時間、潜砂時間についてはStudentのt-test、潜砂率についてはカイ二乗検定を用いて危険率5%以下で行った。

タウリン含有量の測定 タウリン強化飼料を給餌した日数と種苗の体内に取り込まれたタウリン量との関係を調査した。試験期間は18日間とし、その間、2日毎に各区から5尾ずつ採取し、分析用サンプルとして-80℃で冷凍保存した。筋肉中のタウリン量を高速液体クロマトグラフ法により測定し、1ロット5尾の測定を3回繰り返して平均値を求めた。

模擬放流試験

供試魚 模擬放流試験に供するため、馴致飼育試験で飼育した4試験区の種苗を2006年7月3日に百島実験施設（広島県尾道市）に輸送した。種苗の輸送にはエビ籠（570mm×320mm×深さ90mm、収容尾数約100尾）を使用し、ヒラメ種苗を収容した籠を1kl水槽に入れて7時間かけてトラック輸送した。百島実験施設に到着後は、試験区毎に500ℓ黒色ポリエチレン水槽で模擬放流試験まで2日間飼育した。

模擬放流試験 模擬放流試験には内湾の浅海域と類似した環境を持つ実験池（横40m×縦130m、平均水深1.5m）を仕切り網で二分し、その片方を使用した。試験前には、ヒラメ稚魚を捕食する可能性のある生物を駆除するとともに、実験池の注水口と排水口に目合い5mmのネットを設置し大型の魚介類の進入を防止した。

試験は2006年7月5日に開始し、試験期間は9日間とした。試験では、放流種苗の捕食魚として天然ヒラメ（全長346～457mm）30尾を収容し、定期的に捕食魚を採捕して全長、体重および胃内容物を調査した。また、採捕した捕食魚と同数を随時追加した。放流9日後から放流種苗と捕食魚を全て回収した。回収は潮の干潮とポンプを利用して実験池の海水を排出し、海水面が低下して現れた水溜まりに残ったヒラメ種苗と捕食魚を市販の柄付きタモ網を用いて採捕した。また、試験区による逃避能力の違いを比較するため、回収時間を回収開始0～2時間（14～16時）、回収開始2～4時間（16～18時）、回収開始4～6時間（18～20時、日没後）および回収開始6～8時間（6～8時、翌朝）に区分し、回収尾数と回収率（回収時間の回収尾数/全回収尾数×100）を求めた。回収した種苗はイラストマー標識で試験区を識別し、全長および体重を計測した。捕食魚は全長および体重を計測後、消化管内容物の有無とイラストマー標識の個数を調査した。イラストマー標識が発見された場合は、原則標識2個で種

苗1尾としたが、標識数が奇数個の場合は標識の体外への排出されたものとして1尾にカウントした。

結 果

馴致飼育試験

成長と生残 試験の結果を表1に示した。飼育期間中目立った減耗はなく、各試験区とも生残率は97～99%と高かった。試験終了時の平均全長に試験区間で有意差は認められなかった。また、イラストマー標識の脱落は認められなかった。

種苗性の評価

底面到達時間 馴致飼育前後の底面到達時間を図1に示した。各試験区とも馴致飼育前の平均底面到達時間に有意差は認められなかったが、馴致により到達時間は対照区以外で効果が認められ、さらにタウリン区と砂+タウリン区では砂区よりも有意に短くなった。

潜砂時間 馴致前の潜砂時間（図2）は試験区間で有意差はなかったが、馴致により砂+タウリン区>砂区>タウリン区>対照区の順に潜砂時間が短縮される効果認められたが、砂+タウリン区、砂区、タウリン区の間には有意差はなかった。これらの結果、タウリン添加、砂敷飼育の何れかを行った飼育ではより種苗性が向上したが、相乗効果は認められなかった。

潜砂率 馴致前の潜砂率（図2）は試験区間で有意差はなかったが、馴致により潜砂率は砂+タウリン区>砂区>タウリン区=対照区となり砂敷きの馴致に効果が見られた。これらの結果、砂敷飼育を行った飼育はより種苗性が向上し、さらにタウリンも合わせて添加することにより相乗効果が認められた。

タウリン含有量の変化 タウリン強化飼料と市販配合飼料を与えたヒラメ種苗のタウリン含有量を図3に示した。市販配合飼料を与えた種苗では、タウリンの含有量は1.0～1.2mg/gと変化はなかったが、タウリン強化飼料を与えた種苗では飼育開始の含量1.2mg/g

表1 馴致飼育試験結果の概要

| 項目/試験区* | 馴致飼育前 | | | 馴致飼育後 | | | | |
|---------|-----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|--------|
| | 飼育開始年月日 | 平均全長(mm) | 平均体重(g) | 飼育終了年月日 | 生残尾数(尾) | 平均全長(mm) | 平均体重(g) | 生残率(%) |
| 対照区 | 2006/6/12 | 59.6 | 1.9 | 2006/7/2 | 305 | 83.9 | 5.5 | 98.4 |
| タウリン区 | | 59.4 | 1.9 | | 307 | 82.4 | 4.8 | 99.0 |
| 砂区 | | 57.0 | 1.6 | | 302 | 79.8 | 5.4 | 97.4 |
| 砂+タウリン区 | | 57.1 | 1.6 | | 301 | 82.5 | 5.3 | 97.1 |

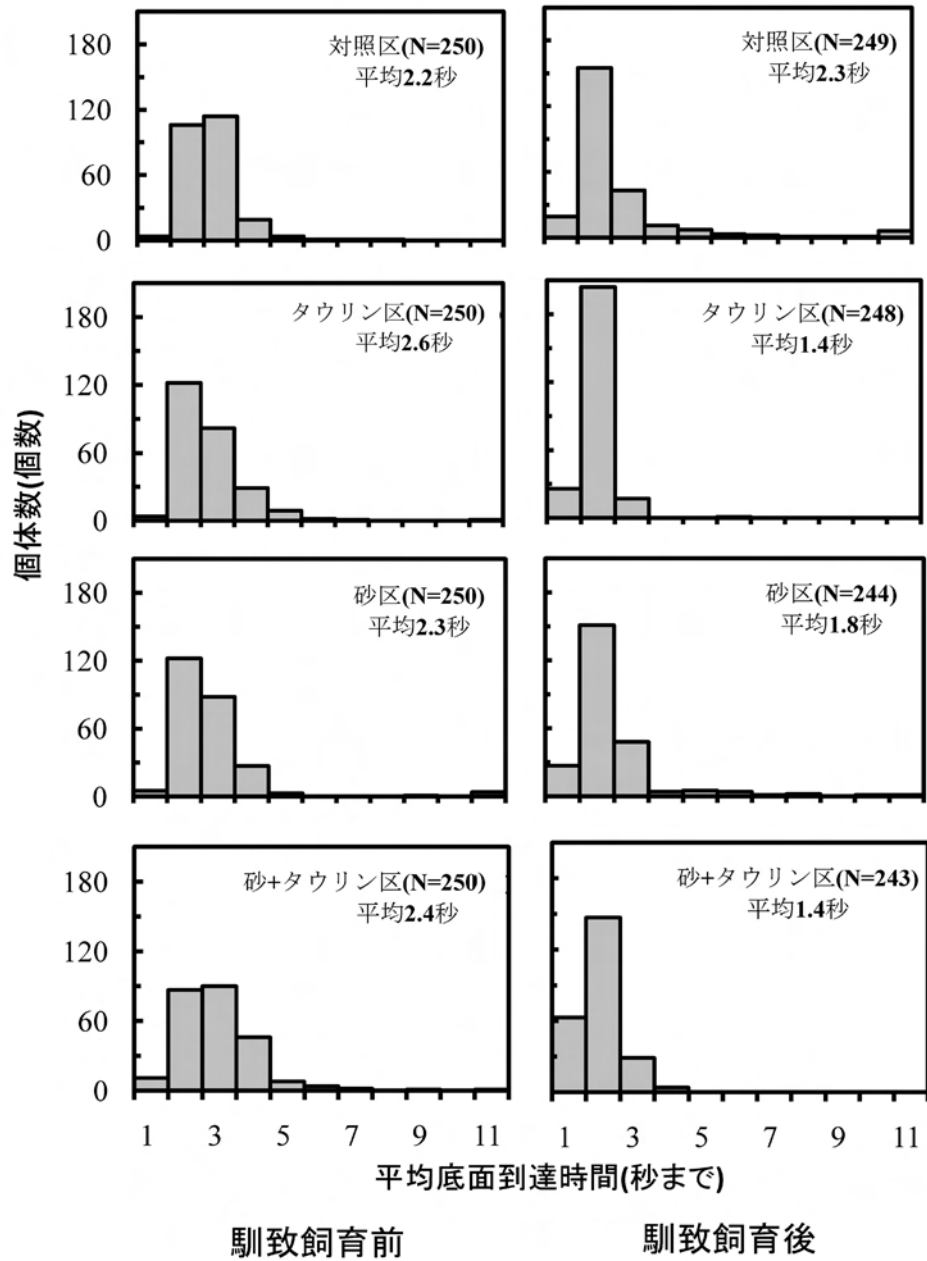


図1 馴致飼育試験における各試験区の平均底面到達時間
(10秒以上の場合は全て11秒に含めた)

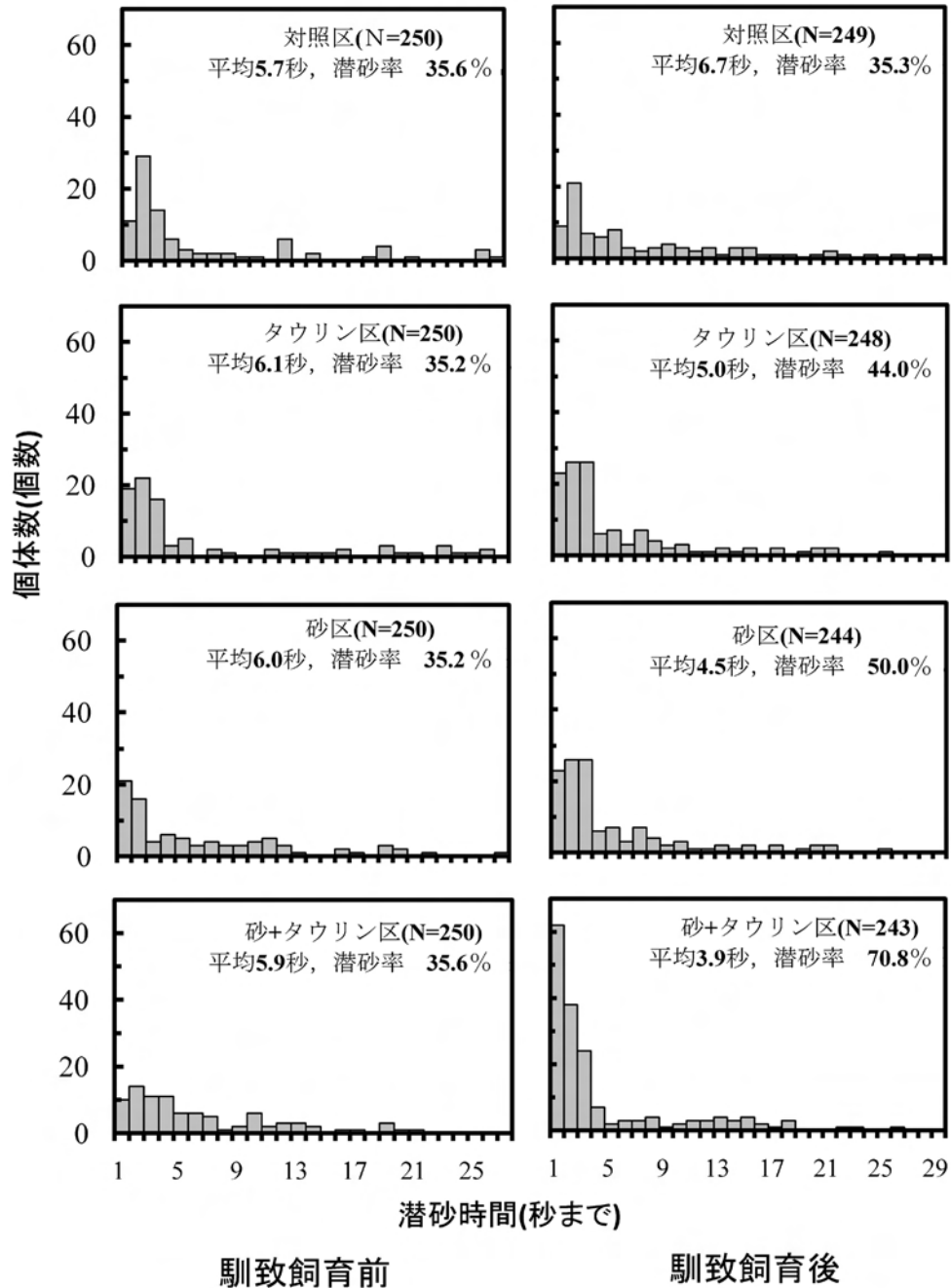


図2 馴致飼育試験における各試験区の種苗潜砂時間
(30秒以上潜砂行動がない場合は潜砂行動なしとした)

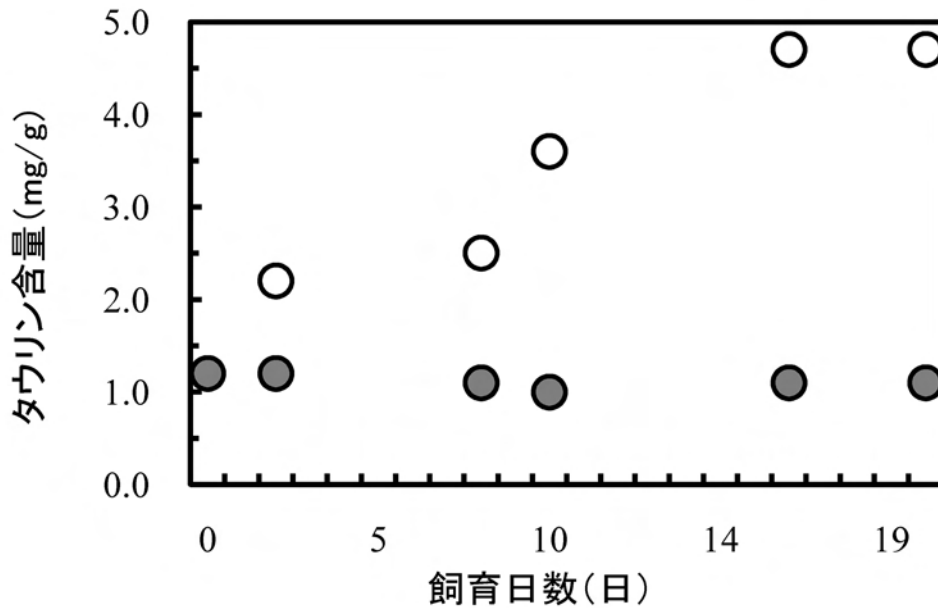


図3 タウリン強化飼料を与えたヒラメ種苗の筋肉中のタウリン含量の推移

○タウリン餌料区 ●市販配合飼料区

表2 模擬放流試験結果の概要

| 項目/試験区* | 放流 | | 種苗の回収結果(放流8日後) | | | | | | |
|---------|------|--------|----------------|-------|-------|-----|-----|--------|------|
| | 放流尾数 | 全長(mm) | 全長(mm) | 体重(g) | 生残個体数 | | | 生残率(%) | |
| | | | | | 小計 | 正常魚 | 白化魚 | 正常魚 | 白化魚 |
| 対照区 | 150 | 91.3 | 91.9 | 6.9 | 93 | 78 | 15 | 65.0 | 50.0 |
| タウリン区 | 150 | 93.8 | 95.5 | 7.7 | 100 | 85 | 15 | 70.8 | 50.0 |
| 砂区 | 150 | 92.3 | 92.3 | 6.8 | 111 | 96 | 15 | 80.0 | 50.0 |
| 砂+タウリン区 | 150 | 92.4 | 94.7 | 7.8 | 118 | 102 | 16 | 85.0 | 53.3 |

* 2006年7月5日に各試験区, 有眼側体色正常魚120尾, 白化魚30尾を放流した

が2日後には2.2mg/gに, さらに16日後には4.7mg/gまで増加した。

模擬放流試験 実験池に放流した各試験区のヒラメ種苗の生残率を表2に示した。生残率は, 砂+タウリン区(85.0%)>砂区(80.0%)>タウリン区(70.8%)>対照区(65.0%)となり, 馴致飼育した試験区が対照区より向上した。また, 馴致の効果はタウリン添加より砂敷飼育で高く, さらに両方の併用で生残率が高くなる傾向が認められた。

白化魚の生残率は50%程度であり各試験区で差はなかったが, 体色正常魚より顕著に低下した。

体色正常魚の時間毎の回収状況を図4に示した。回収作業開始当日の回収状況を見ると, 対照区は18時までの回収率が72%と他の試験区(51~64%)より高くなり, 1尾を除いて全て作業開始当日に回収された。一方, 砂区では4尾(4%), タウリン区では11尾(11%), 砂+タウリン区では12尾(14%)が回収当日に回収できず翌朝回収され, 馴致による逃避能力の向上効果は砂敷飼育よりタウリン添加で高く, 併用効果は認められた。

試験期間中および試験終了時に採捕した捕食魚によるヒラメ種苗の捕食状況を表3に示した。試験期間中

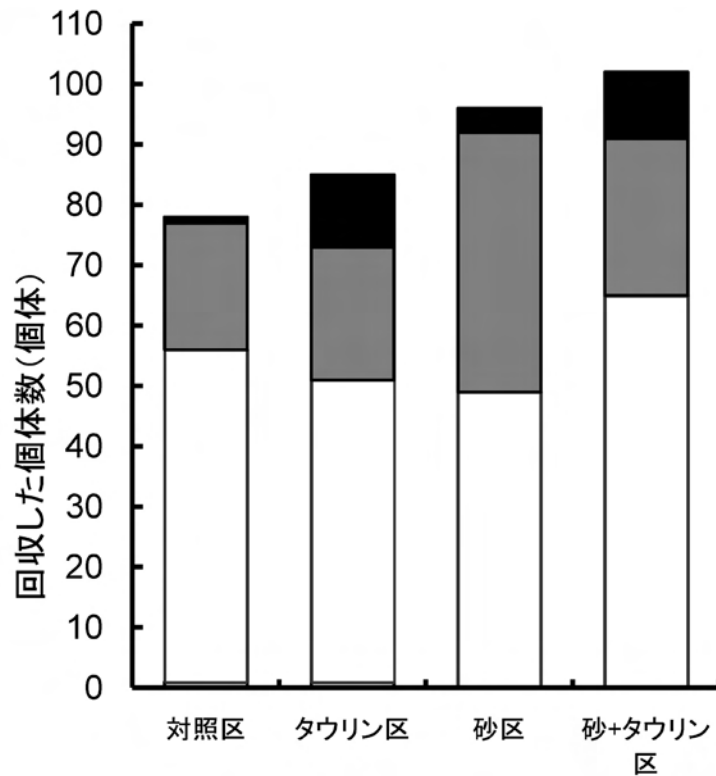


図4 実験池における回収作業経過時間による各試験区の種苗回収状況 (有眼側体色正常魚)

- 回収作業開始0~2時間(14~16時)
- 回収作業開始2~4時間(16~18時)
- 回収作業開始4~6時間(18~20時, 日没後)
- 回収作業開始6~8時間(6~8時, 翌朝)

表3 模擬放流試験における捕食魚の捕食状況

| 区分 | 採捕尾数 (尾) | | | 捕食していた種苗等の尾数 (尾) | | | | |
|-------|----------|------|------|------------------|-------|----|--------|------|
| | 合計 | 捕食魚数 | 空胃魚数 | 対象区 | タウリン区 | 砂区 | 砂+タウリン | 不明種※ |
| 試験期間中 | 9 | 4 | 5 | 3 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 試験終了時 | 28 | 23 | 5 | 6 | 2 | 0 | 2 | 20 |
| 合計 | 37 | 27 | 10 | 9 | 2 | 2 | 2 | 21 |

* 試験区の識別が不可能な放流魚のほかに、実験池に生息するハゼ類等も含んでいる

に9尾の捕食魚を採捕したところ4尾が魚類を捕食しており、その内訳は、対照区3尾、砂区2尾およびその他の魚類(未同定)1尾であった。また、試験終了時に採捕した捕食魚28尾のうち23尾が魚類を捕食しており、その内訳は対照区6尾、タウリン区2尾、砂+タウリン区2尾、その他の魚類20尾であった。

考 察

本試験により、ヒラメ人工種苗の逃避行動や潜砂能力の向上は餌料へのタウリン添加と放流前の砂敷き飼育により向上できる可能性が得られた。放流したヒラメ人工種苗の初期減耗が外敵生物による捕食であること

はすでに報告されている^{3,5-6)}。ヒラメを含む多くの放流対象魚種では、囲い網馴致を伴った放流⁷⁻⁹⁾や種苗性を高める飼育手法の検討¹⁰⁻¹¹⁾が行われてきた。これらの中でもヒラメのように潜砂して捕食者からの被食を回避する魚種にとっては、素早い着底と潜砂行動は、捕食者からの逃避に適した行動であることは容易に推察できる。

今回行った飼料へのタウリン添加試験では、体内への取り込み量は摂餌直後から急激に増加し、約2週間で市販配合飼料の5倍量に達した。ヒラメの活力向上にどの程度のタウリン量が必要であるかの知見は不足しているが、朴ら¹²⁾は19~25mg/gで活力の違いが生じるとしている。本試験では、給餌期間が約3週間と朴ら¹²⁾の5週間より短かったことが体内への蓄積量が少なかった原因として考えられるが、今回の試験ではタウリンを添加した2試験区で有意に種苗の行動に変化が見られたことから、朴ら¹²⁾の値より少ない取り込み量でも効果がある可能性が示された。

馴致した種苗を用いた模擬放流試験では、白化魚ではタウリンの添加および砂敷飼育による放流後の生残率の向上は見られず、体色の正常魚と比較して捕食による減耗等を受けやすいと考えられた。体色の正常魚では、生残率は砂とタウリン添加の効果が見られ、回収時の逃避行動から判断して、両者による馴致飼育は捕食者から放流初期に捕食される機会を減少させる効果があると考えられた。さらに、捕食魚の胃内容物から対照区の種苗は他の試験区より4.5倍捕食されやすい結果からも、被食が生残率低下の大きな原因であると考えられる。

今後は実用化に向けた大量の放流種苗を馴致させるため、タウリンを含む代替飼料の検討や砂敷き飼育に代替できる簡便な手法を開発していくことが重要と考えられる。

引用文献

- 1) 原田輝雄・楳田 晋・村田 修・熊井秀水・水野兼八郎 (1966) ヒラメの人工孵化仔魚の飼育とその成長について. 近大水研報, 1, 289-303.
- 2) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会 (2005) 平成15年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国).
- 3) 独立行政水産総合研究センター (2005) ヒラメ放流種苗の初期減耗の解明. 最近の研究紹介, 30-31.
- 4) 朴 光植・竹内俊郎・青海忠久・横山雅人 (2001) 飼料中のタウリンがヒラメ稚魚の成長および魚体内のタウリン濃度に及ぼす影響. 日水誌, 67, 238-243.
- 5) 古田晋平・西田輝巳・山田英明・宮永貴幸・渡邊敏明・平野誠師 (1992) 鳥取西部砂浜域におけるヒラメ放流稚魚と天然稚魚の追跡調査結果に基づく放流技術的考察. 鳥取水報, 36, 61-82.
- 6) 斉藤憲治・高垣 守・山下 洋 (2003) フィールドにおける捕食者胃内容物からのヒラメ特異的DNAの検出. 日水誌, 69, 473-477.
- 7) 有山啓之 (2000) 大阪湾におけるガザミの生態と資源培養に関する研究. 京都大学, 131pp
- 8) 浜崎活幸・竹内宏行・塩澤 聡・照屋和久 (2004) サンゴ礁域に放流したスジアラ人工種苗の滞留, 摂餌および被食に及ぼす囲い網による環境馴致効果. 日水誌, 70, 22-30.
- 9) 鳥取県栽培漁業試験場 (1989) 昭和63年度放流技術開発事業報告書 日本海ブロック ヒラメ班. 252-287
- 10) 津村誠一 (1993) 飼育方法と健苗性. 放流魚の種苗性と育成技術. 水産学シリーズ93. 84-93
- 11) 古田晋平 (1991) 捕食離底時間からみたヒラメ放流種苗の短期馴致効果. 栽培技研, 19, 117-125.
- 12) 朴 光植・竹内俊郎・青海忠久・良永和義 (2000) ヒラメ稚魚の成長にタイするアミ粉末中の残留塩類および遊離アミノ酸の影響. 日水誌, 66, 697-704.

アリザリン・コンプレクソンを用いた大量のトラフグ受精卵の耳石標識

橋本 博^{*1}・町田雅春^{*2}

(*1 志布志栽培漁業センター, *2 宮津栽培漁業センター)

トラフグ *Takifugu rubripes* はフグ目フグ科に分類され、室蘭以南の太平洋側、日本海西部、および黄海から東シナ海まで広く分布し¹⁾、冬の味覚の王様と言われ、食用フグ類の中では最も高価な魚種である。本種は1955年ごろから漁獲量が激減し^{2,3)}、種苗放流による漁獲量の回復が望まれてきた。それにともない、栽培漁業を目的とした種苗生産技術の開発が1963年に山口県で始まり、種苗放流も盛んに行われ、現在では16県52機関で330万尾が放流されている⁴⁾。放流種苗には、放流後の動向を探る目的でスパゲティー型やダート型⁵⁾、アンカー型⁶⁾などの外部標識が用いられている。また、市場調査等で放流効果を推定する場合には、小型サイズで大量に処理することが可能な ALC を用いた耳石標識が用いられている。

トラフグの耳石標識では、一般的に全長30~60mmの稚魚への浸漬法が用いられている⁷⁾が、これをハンドリングの影響を受けにくい受精卵段階で実施することにより、さらに効率的に標識を施せることが期待できる。

松村⁸⁾は、トラフグの受精卵から全長52mmまでの仔稚魚を用いて、アリザリン・コンプレクソン(以下、ALC)の濃度と浸漬時間について、実験規模(500ml~10ℓ)で詳細に検討している。また、ふ化仔魚から全長74mmまでの仔稚魚について、量産規模(20~50kℓ)で実証試験を行っているが、受精卵については500mlのビーカーによる小規模での試験に止まっており、量産規模での実証試験は行われていない⁸⁾。

そこで本報では、松村の方法⁸⁾を参考にして、受精卵を用いた量産規模での実証試験を行った結果、さらに短時間の処理により、安全でしかも安価に大量のトラフグ放流種苗に ALC 標識を施すことができたので報告する。

材料と方法

供試卵 2004年2月12日~25日に、静岡県浜名漁協の底延縄により漁獲されたトラフグ親魚を100kℓ角型コンクリート水槽で約2ヶ月間養成し、このうち雌1尾、雄2尾を採卵に用いた。餌料にはオキアミ、イカ、アジを用い、毎日飽食量を給餌した。人工授精を行うため、4月11日に生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン(gonadotropin-releasing hormone, GnRH; シグマ)

を注射(雌; 400 μg/kg/魚体重, 雄; 200 μg/kg/魚体重)し、72時間後に乾導法により1,300gの受精卵(受精率100%)を得た。試験には受精6日後の受精卵956gを用いた。

試験区 試験区は、松村⁸⁾が基準とした ALC (和光純薬工業)濃度50~100ppmで6時間の浸漬を参考に、100ppmの濃度で浸漬時間を3時間に短縮した ALC 区と ALC を添加しない対照区の2区を設けた。試験容器には500ℓアルテミアふ化水槽を用い、ろ過海水を満たした各水槽へ、受精6日後の受精卵を ALC 区には508g、対照区には448g収容した。飼育水温は、両区ともに19.0℃に設定した。通気はエアーストン1個による微通気とした。

標識方法 ALC50gを1規定の水酸化ナトリウム溶液10ℓに溶解させた後、1規定の塩酸水溶液を加え、pHを8前後に調整することにより ALC 溶液を作製した。これを ALC 区の500ℓアルテミアふ化水槽へ添加し、止水条件下で3時間浸漬した。ALC 標識作業の受精卵への影響を調べるため、ふ出したすべてのふ化仔魚数から卵重量を除いて、受精卵1gに対するふ化仔魚数を求め、対照区と比較した。

標識個体の飼育と耳石の観察 浸漬終了後、換水を行い ALC 溶液の廃液(総量2,800ℓ)を回収し、廃液は次亜塩素酸ナトリウムで処理した。各水槽ともふ化完了までろ過海水による換水(5回転/日)を行い、ふ出したふ化仔魚は、毎日取りあげて計数した。耳石の観察は、標識作業の終了直後に実体蛍光顕微鏡(MZFL III T-HL; Leica)下でB励起フィルターを使用して、受精卵50個体および日齢8の仔魚50個体について耳石の染色状況を調査した。その際、受精卵および仔魚を1個体ずつスライドグラスに載せ、カバーグラスで軽く圧平して観察した。

結 果

ふ化 対照区、ALC 標識区ともに受精後7日目よりふ化が始まり、9日目にすべてのふ化が完了した。得られたふ化仔魚数は、対照区が29.0万尾(受精卵1g当たり647尾)、ALC 標識区が34.0万尾(同669尾)であった(表1)。

耳石の観察 耳石は扁平石と星状石を観察した。浸漬終了直後の受精卵では、観察したすべての卵で耳石

の ALC 染色が確認できた。また、日齢8の仔魚でも観察したすべての個体で耳石の染色が確認できた（写真1）。

標識単価 使用した ALC の単価（1,200円/g）から算出したふ化仔魚1尾あたりの標識単価は、0.18円/尾であった。

考 察

対照区と ALC 標識区の受精卵1g当たりのふ化仔魚数は、それぞれ647尾および669尾と顕著な差はなかった。秤量法では、一般的にトラフグの卵1gは約600粒⁹⁾とされていることから、ふ化率はほぼ100%と考えられ、卵質的には問題はなく、また ALC の標識作業によるふ化への悪影響もなかったと考えられる。

受精卵と日齢8時点の仔魚の耳石（写真1）を実体蛍光顕微鏡下で観察したところ、すべての個体で耳石への ALC 染色が確認できたことから、受精後6日目の卵を34万個/500ℓ（68万個/kl）の密度で ALC 濃度100ppmの処理液へ3時間浸漬して耳石を染色する方法は、有効な標識手法であることがわかった。

従来、トラフグ種苗の ALC 標識法としては、全長30~60mmの稚魚を0.5~2万尾/klの密度で12~21時間前後浸漬する方法が用いられてきた⁷⁾が、松村は受精8日後の受精卵を50個/500ml（=10万個/kl）の密度で6~24時間浸漬することにより、標識が可能であることを示した⁸⁾。今回の試験では、大量の卵をさらに高密度、短時間の浸漬により標識が可能であることがわかった。

サケの卵および仔魚では、発生が進むにつれて、酸素消費量が急増することが知られている¹⁰⁾。酸素欠乏による事故を防止するためには、酸素消費が少ない発生段階で行うことが望ましく、受精卵での染色は、これまでのふ化仔魚、あるいは稚魚の段階での染色より、安全に耳石標識を施すことが期待できる。さらに、酸素消費量が少ないことから、染色時の密度を高めることができ、より多くの受精卵を染色することが可能である。

トラフグの受精卵標識が有効な点は、その後の耳石標識調査の顕微鏡観察前の作業が容易な点である。マダイでは、耳石標識を確認するためには、標識後200~400日以上経過すると研磨処理が必要であるが¹¹⁾、トラフグの場合は、無処理で長期にわたり耳石標識を確認できることが知られている。これは、トラフグの扁平石は薄い形状をしており、耳石が成長しても厚みがほとんど増加しないためと考えられている⁸⁾。実際、受精卵標識は伊勢湾海域におけるトラフグ放流事業に使用されており、標識から1年後に回収した耳石の中心部に赤い「点」として視認できることから、すでに

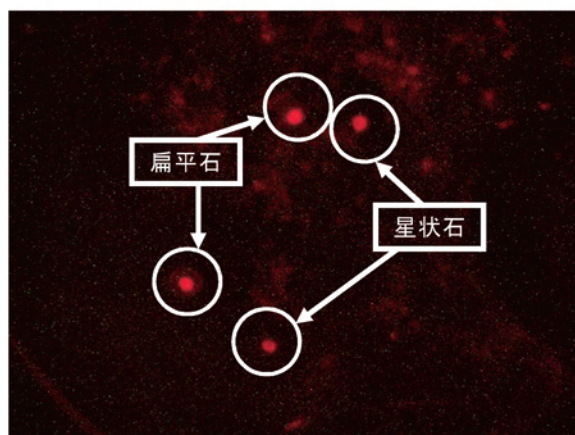
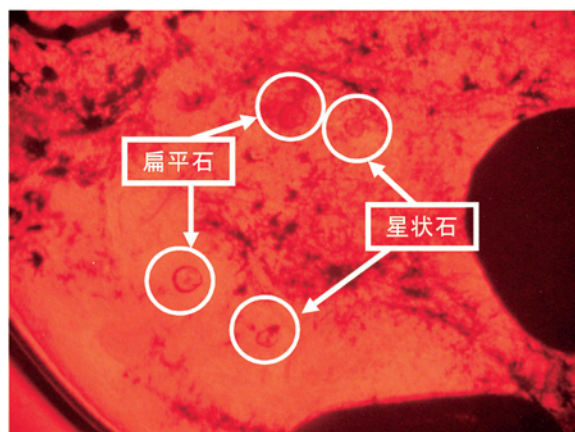


写真1. トラフグ仔魚の耳石（全長3.8mm、日齢8）の ALC 染色状況
（上段：自然光観察時、下段：B 励起観察時）

表1 トラフグ受精卵の ALC 標識試験の概要

| 試験区 | 供試卵 (g) | ALC 浸漬条件 | | | ふ化尾数 (万尾) | 受精卵1g当たりのふ化仔魚数(尾) |
|--------|---------|----------|-----------|---------|-----------|-------------------|
| | | 濃度 (ppm) | 浸漬時間 (時間) | 水温 (°C) | | |
| ALC標識区 | 508 | 100 | 3 | 19.0 | 34.0 | 669 |
| 対照区 | 448 | 0 | 3 | 19.0 | 29.0 | 647 |

両試験区とも使用水槽は500/アルテミアふ化槽

有効な標識であることが明らかになっている¹²⁾。

標識に用いる ALC は、高価 (1,200円/g) であるため、1尾当たりの標識単価を考慮しながら、有効な処理濃度範囲で実施することが重要である。トラフグでは、平均全長30~40mm サイズでの標識単価は2.3~3.8円/尾と算出されている⁸⁾。本試験の標識単価は、ふ化仔魚の段階では0.18円/尾であったが、既報¹³⁾に基づき取り揚げ時 (平均全長35mm) までの生残率を考慮すると0.26円/尾となった。それでも、これまでの標識単価の約1/9~1/15と大幅なコスト低減となった。このように、トラフグにおいては、受精卵段階での浸漬法による ALC 染色を行うことで、従来よりも大量の個体を安全に短時間で、しかも大幅に安価に標識することが可能である。

稚魚に施した ALC 標識では、標識の視認可能な期間は5年以上であることが飼育実験で確認されている⁸⁾。しかし、受精卵標識の場合は、標識の保持期間は不明であるため、今後は当標識方法の視認期間を検証する必要がある。

謝 辞

本報のトラフグ受精卵への ALC 標識の手法は、長崎県総合水産試験場 漁業資源部 栽培漁業科 科長 松村靖治氏から助言を頂きました。心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 山田梅芳 (1993) フグ科. 日本産魚類検索図鑑 (中坊徹次編). 東海大出版会, 東京, 1220-1233.
- 2) 水産庁資源生産推進部整備課 (2008) 全国の地方設定魚種の漁獲量 (増補版). 173-184.
- 3) 高見東洋・河村勇一・岩本哲二 (1974) トラフグの種苗生産に関する研究と量産化について. 栽培漁業技術開発報告, 山口県水産種苗センター, 1, 47.
- 4) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社) 全国豊かな海づくり推進協会 (2008) 種苗放流実績 (人工種苗) - 魚類. 平成18年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~, 227-233.
- 5) 中川 亨 (1986) 資源添加技術開発の概要, その他の魚類 (トラフグ). 昭和61年度日本栽培漁業協会事業年報, 379-380.
- 6) 福岡県 (1992) トラフグ, I 前年度までの総括. 福岡県, 平成3年度放流技術開発事業報告書, 1-4.
- 7) 山口県・福岡県・長崎県 (1994) トラフグ. 平成5年度放流技術開発事業報告書, 長1-22.
- 8) 松村靖治 (2005) アリザリンコンプレクソン並びにテトラサイクリンによるトラフグ *Takifugu rubripes* 卵および仔稚魚の耳石標識. 日水誌, 71(3), 307-317.
- 9) 藤田矢郎 (1988) 日本近海のフグ類. 水産研究叢書, 39, 93-95.
- 10) 永田光博・宮本真人・外崎 久 (1986) サケ卵, 仔魚の酸素消費量と注水量, 収容密度およびふ化盆の位置の違いが立体式ふ化器内ふ出仔魚の成長に及ぼす影響. 北海道水産孵化場研報, 41, 1-12.
- 11) 桑田 博・塚本勝巳 (1987) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識 - I. 栽培技研, 16, 93-104.
- 12) 佐賀県・山口県・三重県・愛知県・静岡県・秋田県 (2006) 平成17年度資源増大技術開発事業報告書回帰性回遊性種 (トラフグ). 愛1-13.
- 13) 鈴木重則・成生正彦・榮 健次 (2008) 飼育手法の改良によるトラフグ良質種苗の生産試験. 栽培漁業センター技報, 7, 18-22.

長崎県におけるクエの漁業

中川雅弘^{*1}・乾 政秀^{*2}・堀田卓朗^{*1}・吉田一範^{*1}・服部圭太^{*3}

(*1 五島栽培漁業センター, *2 (株)水土舎, *3 経営企画部経営企画室)

クエ *Epinephelus bruneus* は、日本では本州中部以南から東シナ海にまで分布し、沿岸域の岩礁域に生息している¹⁾。本種は白身で美味であるため、クエ鍋に代表されるように冬場の味覚としての需要が高い²⁾。本種は九州では「あら」、和歌山県では「くえます」、伊豆七島では「もろこ」などと呼ばれ、長崎県、福岡県、三重県、和歌山県、高知県などでは観光の目玉商材として珍重され、多くの観光客を呼び込むなど地域経済を支える貴重な漁業資源である。

長崎県地方卸売市場（以下、長崎魚市場）に水揚げされたクエ活魚は、2001年から2008年までの月ごとの単価の平均（範囲）が5,972円/kg（3,674~11,709円/kg）の高値で取引されている³⁾。このようなことから、長崎県内の漁業関係機関では、本種の資源増大を図り、漁業者の収入増加のための種苗放流を望む声大きい²⁾。

資源管理あるいはそのツールの一つである栽培漁業を実施するには、対象となる資源の範囲、漁場ごとの漁獲量などの情報を基に、資源の管理単位あるいは放流効果調査のエリアを設定しなければならない。このような中で、齋藤ら²⁾は長崎県の下五島周辺海域のクエの漁業実態調査を行い、漁獲統計に記載されていない本種の漁獲量、漁法および流通などを明らかにし、これらの基本情報を得ることが可能であることを示した。

このことから、本報では、漁獲実態調査のエリアを長崎県全域に拡大し、各漁協でクエ漁業に関する聞き取り調査を実施し、クエの漁業が実施されている地区とその漁獲量、経営体数および出荷先について知見が得られたので報告する。

材料と方法

長崎県内の漁業協同組合（以下、漁協）の数は、対馬地域に12、壱岐地域に5、上五島地域に10、下五島地域に3、本土地域に41、合計71が存在する（図1）。2002年から2006年にかけて、クエの延縄漁業が実施されている漁協および地区において、経営体数、漁場、漁期、漁獲量および出荷先についての聞き取り調査を行った。なお、クエの漁獲は主に延縄漁業で実施されているため²⁾、経営体数については延縄漁業を調査対象とした。

結 果

クエ延縄漁業の経営体数と経営実態の変遷 今回の調査で確認されたクエ延縄漁業を営む漁協は23、漁業地区は30、経営体数は180であり（表1）、長崎県内の71の漁協のうち、32.4%を占めていた。また、クエ延縄を営む漁業者が所属する漁協は、平戸を島とした場合には大瀬戸町漁協を除くと、すべて離島域に位置していた。

漁業地区別にクエ延縄漁業が開始された年代を調べたところ、クエ延縄漁業がこのように県下全域に広まったのは最近のことであることがわかった（表1）。1950年代からの長い歴史を有する漁業地区は、対馬地域の水崎地区、平戸島の前津吉地区、本土地域の大瀬戸地区である。水崎地区は、広島からの移住者の集落で瀬戸内海の延縄技術が発展したものである。一方、大瀬戸地区は、ブリ延縄にクエが混獲されたことから発展したもので、両地区のルーツは異なる。これらの地区に次いで古い歴史を有するのは、壱岐地域の箱崎地区、同初瀬地区で、壱岐地域の八幡浦地区、下五島地域の奈留島、三井楽地区、本土地域の志々伎、宮之浦、度島地区では1990年代から始まり、その他の地区は10年以内に開始されていた。

クエ延縄漁業の漁期 クエ延縄漁業の主な漁期は10~11月であるが、北方に位置する対馬地域、壱岐地域では、ほとんど年内に漁業を終了するのに対し、南方に位置する上五島および下五島地域では、翌年1~2月頃まで漁業が営まれていた。クエの漁期は、年末を中心とした3ヶ月程度に限定されていることから、その他の時期には様々な漁業を兼業していた。対馬地域では、クエ以外の延縄漁業、壱岐地域では、ワララの曳釣、ブリ、マグロの一本釣、イカ釣などの釣り漁業、上五島および下五島地域では、アマダイ延縄、イサキ釣、タチウオ、ヨコワ、ブリ、ヒラマサなどの曳釣、タコ壺および刺網漁業が営まれていた。本土地域では、ヒラメ刺網、延縄、タコ壺、イサキ釣などの漁業が営まれていた。

各地域におけるクエ延縄漁業の漁場 長崎県内でクエ延縄漁業を営む各漁業地区の漁場の海域を調べたところ、対馬地域の漁業者は、対馬の周辺海域で操業していた。水崎地区の漁業者は、対馬全域で操業しているが、その他の漁業地区の漁業者は、それぞれの地先

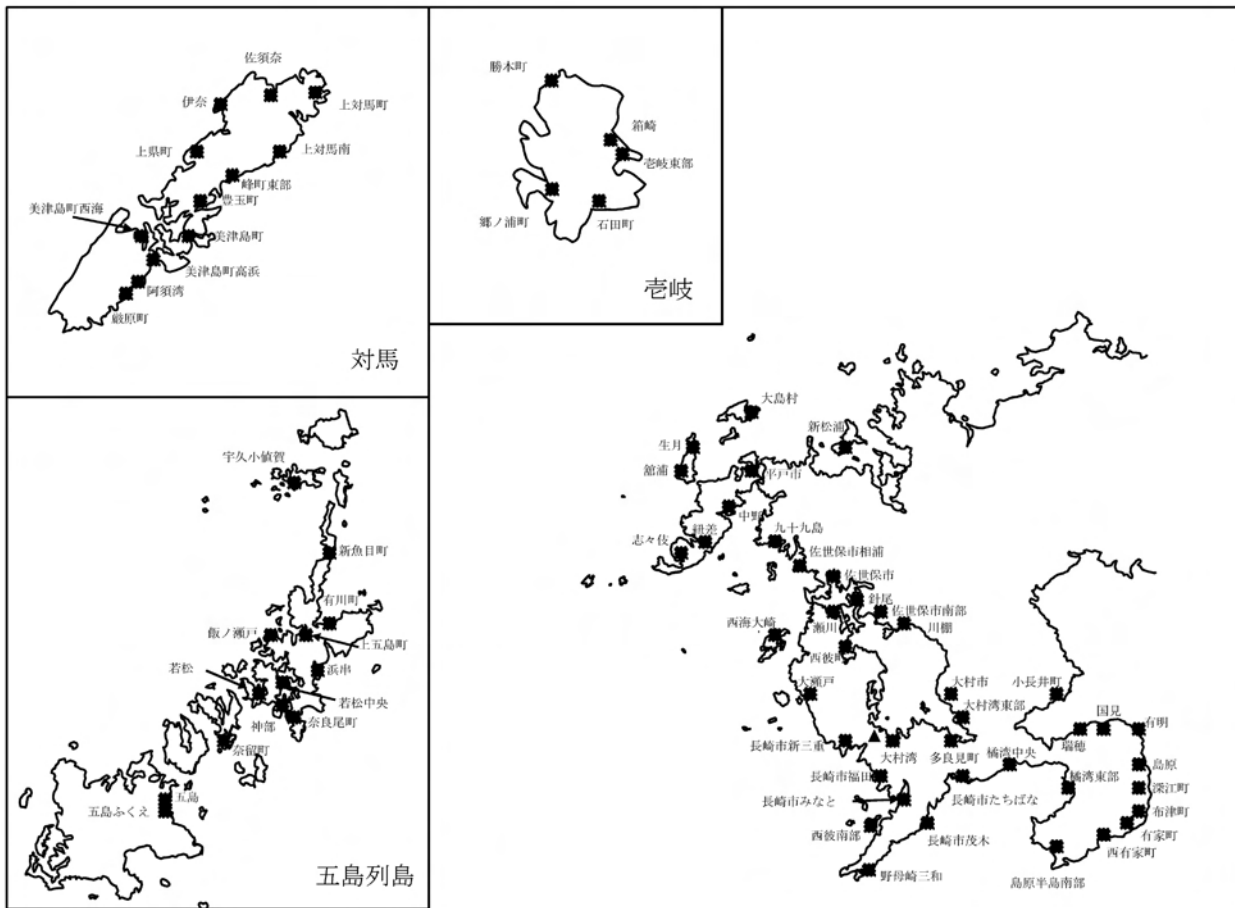


図1 長崎県下の漁業協同組合の配置図

を中心に操業していた。また、対馬海域は本土地域の志々伎地区および大瀬戸地区の漁業者も利用していた。

壱岐地域は、沿岸2マイル以内では島外船の操業を認めず、1マイル以内については地先権を優先している。従って、壱岐の各漁業地区の漁業者は、原則として地先権がある漁場で操業していた。

上五島地域の小値賀地区および若松地区の漁業者は、上五島海域と下五島海域を漁場としていた。一方、上五島海域は、下五島地域の奈留地区および三井楽地区、本土地域の前津吉地区および大瀬戸地区の漁業者も利用していた。

下五島地域の奈留地区、三井楽地区および大浜地区などでは、原則として五島列島周辺を漁場としているが、三井楽および大浜地区の一部の漁業者は、男女群島で操業していた。一方、下五島海域は、上五島地域、本土地域の大瀬戸地区の漁業者が利用していた。

本土地域の漁業地区のうち、度島および大島地区の漁業者は、地先の漁場を利用しているが、本土地域の漁場は限定されるため、志々伎地区の漁業者は主とし

て対馬海域、大瀬戸地区の漁業者は、対馬から鹿児島県屋久島・種子島方面についても遠征していた。また前津吉地区の漁業者についても、県外を含む広範囲の海域を漁場として利用していた。

漁獲量および漁獲金額 各漁協の水揚げ資料およびヒアリング結果に基づいたクエの漁獲量および漁獲金額の推移を地域別に示した(表2, 3)。長崎県内のクエの漁獲量は、2002年の61.0トンから年々増加傾向にあり、2006年には96.3トンとなり、1.6倍に増加した。漁獲金額は、2002年の2.9億円から年々増加して2006年には4.4億円となり、1.5倍に増加した。長崎県内の主要産地は、対馬地域の水崎地区、上五島地域の小値賀地区、下五島地域の三井楽地区、本土地域の大瀬戸、前津吉および志々伎地区であった。

産地別の出荷先 産地別の出荷先を表4に示した。長崎県内で漁獲されたクエは、市場に直接出荷、長崎県漁連に販売、地元の活魚問屋に販売、関西方面等の消費地に直接出荷の4つに大別された。産地別にみると、対馬地域では、福岡魚市場および福岡中央市場を中心に出荷しており、一部は北九州中央卸売市場に出

表1 長崎県下におけるクエの延縄漁業の経営体数と経営実態の変遷

| 地域 | 漁協名 | 漁業地区名 | ～1950年代 | 1960年代 | 1970年代 | 1980年代 | 1990年代 | 2000年 | 2005年 |
|-----|-----------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 対馬 | 上対馬町 | 上対馬 | | | | | | ○ | 5 |
| | 佐須奈 | 佐須奈 | | | | | | ○ | 1 |
| | 豊玉町 | 水崎 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 12 |
| | 美津島町 | 大船越 | | | | | | | 1 |
| | 上対馬南 | 琴 | | | | | | | 1 |
| | 美津島町西海 | 屋ヶ浦 | | | | | | ○ | 7 |
| | 伊奈 | 伊奈 | | | | | | ○ | 9 |
| | 厳原町 | 曲 | | | | | | ○ | 3 |
| 壱岐 | 勝本町 | 勝本 | | | | | | | 2 |
| | 壱岐東部 | 八幡浦 | | | | | ○ | ○ | 9 |
| | 箱崎 | 箱崎 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| | 郷ノ浦町 | 小崎 | | | | | | | 20 |
| | 郷ノ浦町 | 初瀬 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 5 |
| 上五島 | 宇久小値賀 | 小値賀 | | | | | | | 22 |
| | 宇久小値賀 | 宇久島 | | | | | | | 3 |
| | 若松町中央, 神部 | 若松 | | | | | | | 6 |
| 下五島 | 奈留町 | 奈留島 | | | | | ○ | ○ | 9 |
| | 五島 | 坪 | | | | | | | 3 |
| | 五島 | 玉之浦 | | | | | | | 2 |
| | 五島 | 岐宿 | | | | | | | 3 |
| | 五島 | 三井楽 | | | | | ○ | ○ | 18 |
| | 五島ふくえ | 奥浦 | | | | | | | 2 |
| 本土 | 五島ふくえ | 大浜 | | | | | | | 3 |
| | 志々伎 | 志々伎 | | | | | ○ | ○ | 6 |
| | 大島村 | 大島 | | | | | | ○ | 4 |
| | 大瀬戸町 | 大瀬戸 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 15 |
| | 志々伎 | 宮之浦 | | | | | ○ | ○ | 3 |
| | 平戸市 | 前津吉 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 |
| | 平戸市 | 津吉 | | | | | | | 1 |
| 平戸市 | 度島 | | | | | ○ | ○ | 1 | |
| 合計 | | | | | | | | | 180 |

数字：経営体数，○：経営実態あり

表2 各地域におけるクエの漁獲量の推移

| 地域／年 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 対馬 | 19,734 | 20,809 | 24,522 | 31,200 | 26,370 |
| 壱岐 | 7,695 | 6,109 | 10,819 | 8,761 | 9,150 |
| 上五島 | 4,696 | 10,055 | 8,826 | 7,974 | 12,825 |
| 下五島 | 11,418 | 17,840 | 19,116 | 20,149 | 24,234 |
| 本土 | 17,500 | 18,436 | 26,972 | 21,941 | 23,677 |
| 合計 | 61,043 | 73,249 | 90,255 | 90,025 | 96,256 |

単位:kg

表3 各地域におけるクエの漁獲金額の推移

| 地域／年 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 対馬 | 77,818 | 77,806 | 87,686 | 106,832 | 101,780 |
| 壱岐 | 30,848 | 30,410 | 33,612 | 32,386 | 30,549 |
| 上五島 | 19,935 | 45,021 | 47,448 | 44,873 | 70,994 |
| 下五島 | 65,689 | 85,694 | 77,974 | 117,899 | 116,561 |
| 本土 | 99,169 | 98,057 | 129,177 | 110,806 | 124,144 |
| 合計 | 293,459 | 336,988 | 375,897 | 412,796 | 444,028 |

単位:千円

荷していた。また、小規模の産地は、地元の活魚問屋に出荷していた。壱岐地域では、福岡魚市場に主に出荷し、一部では長崎魚市、北九州中央卸売市場に出荷していた。また、郷ノ浦町漁協では、産地市場を開設しており、鮮魚を中心に出荷され、そのうち一部は島内に流通していた。上五島地域のうち、小値賀地区は、主として長崎魚市、佐世保魚市に出荷しており、一部は福岡中央魚市に出荷していた。また、若松地区では、活魚については長崎魚市、鮮魚については福江魚市に出荷していた。下五島地域の各地区では、主として長崎魚市に、一部を佐世保魚市および福江魚市に出荷していた。さらに、近年では、関西方面等に直接出荷することもある。本土地域のうち大瀬戸地区では、主に関西方面等へ出荷していた。その他の地区では、福岡魚市、福岡中央魚市、北松魚市および県漁連へ出荷していた。

出荷先の市場におけるクエの水揚げ重量および金額
長崎県内で漁獲されたクエは、長崎魚市、佐世保魚市、長崎漁連、福岡魚市および福岡中央魚市にそれぞれ主に水揚げされていた（表5）。2002年にこれらすべての市場に水揚げされたクエの重量は84.1トンであったが、2006年には140トンとなり、1.67倍に増加した。水揚げ金額についても、水揚げ重量と同様の傾向を示し、2002年の合計が4.2億円に対して2006年は6.9億円となり、1.64倍に増加した。特に、長崎魚市場における水揚げ量の増加は顕著であり、2006年のクエ全体の水揚げ重量（水揚げ金額）に対する長崎魚市各市場の占める割合は、46.4%（50.8%）と高く、以下福岡魚市が31.6%（30.9%）、福岡中央魚市が10.1%（6.6%）、佐世保魚市が6.2%（6.0%）、長崎県漁連が5.7%（5.8%）の順となった。

表4 産地別の出荷先

| 地域 | 漁協名 | 漁業地区名 | 対馬 | 杵岐 | 小倉 | 福岡 | 福岡 | 北松 | 田平 | 佐世保 | 長崎 | 下五島 | 関西 |
|-----|-----------|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| | | | 活魚 問屋 | 郷ノ浦 市場 | 北九州 中央 | 福岡 魚市 | 福岡 中央 | 北松 魚市 | 田平 県漁連 | 佐世保 魚市 | 長崎 魚市 | 福江 魚市 | 市場・ 問屋 |
| 対馬 | 上対馬町 | 上対馬 | | | △ | ◎ | | | | | | | |
| | 佐須奈 | 佐須奈 | | | | ◎ | | | | | | | |
| | 豊玉町 | 水崎 | | | | ◎ | ◎ | | | | | | |
| | 美津島町 | 大船越 | | | | ◎ | ◎ | | | | | | |
| | 美津島町西海 | 屋ヶ浦 | ◎ | | | | | | | | | | |
| | 伊奈 | 伊奈 | | | | | ◎ | | | | | | |
| | 蔽原町 | 曲 | ◎ | | | | | | | | | | |
| 杵岐 | 勝本町 | 勝本 | | | | ◎ | | | | | | | |
| | 杵岐東部 | 八幡浦 | | | | ◎ | | | | | | | |
| | 箱崎 | 箱崎 | | | △ | ◎ | | | | | △ | | |
| | 郷ノ浦町 | 小崎 | | △ | | ◎ | | | | | | | |
| | 郷ノ浦町 | 初瀬 | | △ | | ◎ | | | | | | | |
| | 宇久小値賀 | 小値賀 | | | | △ | | | | ◎ | | | |
| | 若松町中央, 神部 | 若松 | | | | | | | | ◎ | | ◎ | |
| 上五島 | 奈留町 | 奈留島 | | | | | | | | | ◎ | | |
| | 五島 | 三井楽 | | | | | | | | ◎ | | ◎ | ◎ |
| | 五島 | 漁協管内 | | | | | | | | ◎ | | ◎ | ◎ |
| | 五島ふくえ | 漁協管内 | | | | | | | | △ | | ◎ | ◎ |
| | 志々伎 | 志々伎 | | | | ◎ | | | | | ◎ | | |
| | 大島村 | 大島 | | | | △ | | | | ◎ | | | |
| | 大瀬戸町 | 大瀬戸 | | | | △ | | △ | | | △ | | |
| 本土 | 平戸市 | 前津吉 | | | | ◎ | ◎ | | | | | | ◎ |
| | 平戸市 | 度島 | | | | | | △ | | | | ◎ | |
| | 平戸市 | 度島 | | | | | | △ | | | | ◎ | |

◎: 主な出荷先, ○: 出荷先, △: 希に出荷

表5 各市場の水揚げ重量および金額の推移

| 市場名 | | 2002年 | 2003年 | 2004年 | 2005年 | 2006年 |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 長崎魚市 | 重量(トン) | 30.7 | 31.9 | 52.2 | 48.2 | 65.0 |
| | 金額(百万円) | 168 | 147 | 213 | 241 | 349 |
| 佐世保魚市 | 重量(トン) | 7.0 | 9.5 | 11.3 | 3.4 | 8.7 |
| | 金額(百万円) | 40 | 41 | 42 | 18 | 41 |
| 長崎県漁連 | 重量(トン) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 8.0 |
| | 金額(百万円) | 0 | 0 | 0 | 15 | 40 |
| 福岡魚市 | 重量(トン) | 35.2 | 40.0 | 47.3 | 42.4 | 44.2 |
| | 金額(百万円) | 178 | 200 | 212 | 208 | 212 |
| 福岡中央魚市 | 重量(トン) | 11.2 | 12.8 | 15.1 | 13.5 | 14.1 |
| | 金額(百万円) | 37 | 42 | 44 | 44 | 45 |
| 合計 | 重量(トン) | 84.1 | 94.2 | 125.9 | 110.5 | 140.0 |
| | 金額(百万円) | 423 | 430 | 511 | 526 | 687 |

考 察

長崎県におけるクエの漁業の特徴 長崎県内のクエ延縄漁業は、離島域を中心にほぼすべての地区で行われ、多くの漁業者がクエ資源を利用していることが明らかになった。また、経営体数についても近年増加傾向にあるが、これは他種における魚価が近年、低迷している中で、クエの魚価は高く、収入増加を狙った漁業者が離島域を中心に増加しているためと考えられた。また、クエは、鍋物で代表されるように、冬季の限定した時期に需要が高いこと、冬季以外には他魚種の漁業が行われていることから、クエの延縄漁業の漁期は限定されているのが特徴である。齋藤ら²⁾は、下五島および大瀬戸地区におけるクエの漁期が10月～2月であることを明らかにしたが、今回の調査の結果から、長崎県全域で、ほぼ同じ時期に漁期が設定されていることがわかった。

クエの水揚げ量の増加要因 2006年の各漁協の水揚げ重量の合計は、2002年の1.6倍(表2)、金額については1.5倍に増加していた(表3)。また、主要市場の水揚げ重量についても、同様に1.7倍、金額についても1.6倍の増加が認められた(表5)。水揚げ量が増加する要因としては、クエ資源量の増加、あるいは漁獲努力量の増加などが考えられる。前者については、資源学的な調査を実施していないため、言及することはできないが、個々の漁業者の聞き取り調査からは、1回の操業あたりの漁獲尾数が大幅に増加していることはないようである。一方、各漁業地区の経営実態をみ

ると、経営体数の2000年以降の増加が伺えた(表1)。従って、本調査の期間中にみられたクエの水揚げ量の増加は、単純な資源の増加について否定することはできないが、漁獲努力量の変化が水揚げ量の増加に強く影響を与えていると考えられた。今後、水揚げ量および経営体数の調査を継続的に実施するとともに、漁獲物調査を行い、クエの体長組成の経年変化およびCPUEなど資源学的な調査を実施することが重要な課題である。

漁場および水揚げ市場からみた調査エリアのゾーニング クエ資源を持続的に利用するための手段として、資源管理、そのツールの一つである栽培漁業が有効と考えられるが、これらを実施する場合には、対象とする資源の範囲および調査エリアのゾーニングを行う必要がある。今回の調査により、各地区の漁場は、本土地域の大瀬戸、志々伎および前津吉地区を除くと、概ね地先周辺であることがわかった。また、漁獲されたクエについては、対馬および壱岐地域では、主に福岡魚市場、その他の地区では概ね長崎魚市場に水揚げされることがわかった(表4)。福岡および長崎魚市場に水揚げされたクエは、水揚げ全体に占める割合が約80%であることから、この2つの市場での調査体制の構築が可能になれば、長崎県海域でのクエの漁獲実態を把握することができると考えられた。今回の調査によって、概ねクエの漁場が把握されたため、今後は、ダート標識を用いた放流試験および再捕報告調査を実施して、放流後の移動範囲を調べるとともに遺伝学的集団構造を調べ、これらを総合的に判断して、対象資

源および調査エリアを決定することが重要であると考
えられた。

文 献

- 1) 瀬能 宏 (1993) ハタ科. 「日本産魚類検索」(中
坊徹治編) 東海大学出版会, 東京, 601-603.
- 2) 齋藤貴行・本藤 靖・服部圭太 (2005) 長崎県内
におけるクエの漁業実態と流通について. 栽培
漁業センター技報, 4, 56-60.
- 3) 中川雅弘・本藤 靖・堀田卓朗・吉田一範・服部
圭太 (2010) 長崎魚市場資料からみたクエの漁
獲傾向. 栽培漁業センター技報, 11, 29-33.
- 4) 中川雅弘 (印刷中) クエの栽培漁業事業化に向け
てのアプローチ, クエの社会的ニーズと漁業実
態. 豊かな海, 社団法人全国豊かな海づくり推
進協会, 東京.

栽培漁業センター技報第13号

平成23年3月15日 発行

編集人
発行

独立行政法人 水産総合研究センター

〒220-6115

神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3

クイーンズタワー B 15F

電話 045 (227) 2715

印刷所

日昇印刷株式会社

東京都中央区湊1-14-14

電話 03 (3553) 3161 (代)