

栽培漁業センター技報

第12号

平成22年12月

目 次

人工授精により採卵したホシガレイの卵質について 清水大輔・藤浪祐一郎	1
ブリ当歳魚の成長に及ぼす飼育水温の影響 吉田一範・本藤 靖・中川雅弘・堀田卓朗・服部圭太	7
ヒラメ「ほっとけ飼育」における仔魚のワムシ摂餌と栄養価の特徴 森田哲男	15
電解処理海水で飼育したクエ稚魚に出現する頭部の皮膚異常 井手健太郎・岩崎隆志・渡辺研一	23
エゾメバル稚魚に施した腹鰭抜去標識が成長に及ぼす影響と標識の残存状況 野田 勉・長倉義智・青野英明	28
若狭高浜漁協市場におけるヒラメの漁獲実態調査-2 - 漁獲尾数の修正と放流効果の推定 - 藤本 宏・山田達哉・山本岳男・高橋庸一・森田哲男・塩澤 聡	32
アカアマダイ人工種苗へ装着したイラストマー標識の有効性 町田雅春・竹内宏行・中川 亨・升間主計	44
億単位のワムシ複相単性生殖卵の消毒法 小磯雅彦・手塚信弘・友田 努・榮 健次	49

人工授精により採卵したホシガレイの卵質について

清水大輔・藤浪祐一郎
(宮古栽培漁業センター)

ホシガレイ *Verasper variegatus* はマツカワ属に分類される大型のカレイ科魚類で、本邦では北海道以南の本州沿岸に分布する。近年、その漁獲量は減少傾向にあり、漁業対象として10トン以上の水揚げがあるのは、岩手県南部から福島県の三陸沿岸と瀬戸内海の愛媛県以西、九州西部の限られた海域である。このように希少であることや、魚価は10,000円/kg前後と極めて高価であることから、新たな栽培漁業対象種として注目され、岩手県や宮城県、福島県、神奈川県、大阪府および長崎県の試験研究機関¹⁾で採卵や種苗生産の技術開発が実施されている。

ホシガレイの産卵期は、採集された成熟魚の卵巣成熟段階^{2,3)}や、陸上水槽での飼育下における生殖腺重量指数(GSI)の周年変化⁴⁾から1月～2月と推定されている。現在、ホシガレイを水槽内で自然産卵させることは困難であり、種苗生産を行っている全ての機関で、搾出法により採卵し人工授精することで受精卵を確保している⁴⁾。採卵技術開発が始まった当初、搾出法による採卵では、受精能のない白濁した卵しか得られない、発生が進んでもふ化に至らないなどの問題があったが⁵⁾、澤口ら⁶⁾によりホシガレイの排卵周期が約3日であり、産卵中に複数回の産卵を行うことが明らかになったことから、排卵周期に同調して排卵直後の搾出卵を人工授精に用いることにより、効率的に受精させることが可能になった。採卵に供する親魚は、未成熟の状態で入手した天然魚を養成して得られた親魚(以下、天然親魚)、もしくは種苗生産した稚魚から3年以上養成して得られた親魚(以下、人工親魚)を使用している。飼育下において天然親魚は自然産卵しないが、排卵は起こるためそのまま採卵に供することができるが、人工親魚は排卵しない個体が多いため^{4,7,8)}、黄体形成ホルモン放出ホルモンアナログ(LHRHa)の投与により排卵を誘発して、採卵を行っている⁸⁻¹⁰⁾。宮古栽培漁業センターでは、天然親魚およびLHRHaを投与した人工親魚から、受精卵およびふ化仔魚の量的確保が可能になっている。しかし、種苗生産現場では卵質の不良が原因と考えられる仔魚の開口までの死亡や開口時の摂餌不良等が見られることから、種苗生産技術を安定化するためには種苗生産に用いる卵質の改善が必須の課題となっている。

そこで卵質の評価手法の確立を目的として、2008～2009年に実施した採卵試験において、多くの魚種でふ

化仔魚の活力判定に用いられている無給餌生残指数¹¹⁾(Survival Activity Index: SAI)を算出した。飢餓耐性試験によるSAI算定は、試験結果が判明するまで2週間程の期間を要するため、種苗生産に供する以前にふ化仔魚の活力判定の結果を得ることは困難である。より実用的な早い段階での判定項目を検索するため、SAIと受精率、ふ化率、卵径との関連性を検討した。

また、親魚情報と卵質の関係を明らかにすることは、養成方法の検討に重要な知見となるため、親魚の由来、年齢毎に採卵結果を比較した。なお、ホシガレイは産卵中に複数回の産卵を行うため、同一の親魚でも採卵回次毎に卵質が異なると考えられる。初回採卵では、前産卵期から卵巣腔内に残存していた変性卵塊が混ざること(清水、未発表)、まとまった初回排卵が起こる以前に少しずつ排卵された卵が過熟卵となり、卵質が低下する可能性があるため、初回採卵後に排卵周期に同調して行った2回次の採卵において卵質を評価することとした。そして、2回次の採卵における卵質評価が適切かどうか確認するため、採卵回次毎の受精率、ふ化率、卵径およびSAIを把握した。

材料と方法

供試魚 2008年と2009年に行った採卵試験に供した親魚の由来を表1に示す。両年とも天然親魚は、採卵試験を行う前年の10～12月に岩手県大船渡市魚市場に水揚げされた天然魚もしくは放流した人工種苗の再捕魚であり、宮古栽培漁業センターで入手後1～3ヶ月間養成した。人工親魚は宮古栽培漁業センターで2004年と2005年に種苗生産した稚魚を親魚として採卵可能になるまで養成した4～5歳魚を用いた。天然親魚と人工親魚は、それぞれ異なる30kℓ円形水槽内で自然の光周期で養成を行った。養成水温は通常は自然水温で、冬季には水温が8℃以下にならないように加温を行った。養成期間および試験期間中は天然親魚、人工親魚共に冷凍のサバとサンマを週2～3回飽食量給餌した。

採卵 採卵試験は2008年、2009年ともに1月上旬～2月下旬の間に実施し、2年間で計144回の採卵を行った。人工親魚の排卵誘発は清水ら⁸⁾の方法に従い、1月中旬(2008年群:2008年1月10日,2009年群:

2009年1月11日)にLHRHa コレステロールペレットを体重1kgあたり20 μ gの濃度で、筋肉中に埋め込んだ。天然親魚にはLHRHaを投与しなかった。試験期間中は毎日午前中に排卵の有無を確認し、排卵が確認された場合には、腹部を圧迫して採卵を行った。採卵後、直ちに3個体以上の雄親魚から得た精子を用いて乾導法により人工受精させた。受精卵は、10 l バケツに収容し、10 $^{\circ}$ Cのウォーターバス内で3時間静置後、卵発生および受精率の確認を行うとともに卵径を測定(30~50粒)した。初回排卵が認められた個体は、その後の排卵周期にあわせて、3~4日間隔で採卵を繰り返した。

ふ化率およびSAI 個体別、採卵回次別にふ化率およびSAIを算出した。ふ化率は、受精卵200~300粒を底面に200目のナイロンネットを貼り付けた容量500mlのポリプロピレン製カップに収容し、設定水温10 $^{\circ}$ Cで4回転/日の流水で卵管理して得られたふ化仔魚を計数し、収容した受精卵数で除して算出した。

SAIは、飢餓耐性試験より算出した。飢餓耐性試験は、ふ化率算出の際に得られたふ化仔魚30個体を用いて行った。容量500mlのポリプロピレン製サンプル瓶にふ化仔魚を収容し、10 $^{\circ}$ Cのウォーターバス内に静置して毎日午前11時に仔魚の観察を行うとともに死亡魚を駒込ピペットで除去し、供試した全個体が死亡する

まで継続した。流水および通気は行わなかった。SAIは次式¹⁾を用いて算出し、受精率、ふ化率、卵径との関連を調べた。

$$SAI = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (N - hi) \times i$$

N: 試験開始時のふ化仔魚数

hi: i日目の累積死亡個体数

k: 生残個体数が0となるまでの日数

親魚情報と卵質の関係 親魚情報と卵質の関係は2回次の採卵で評価した。まず、排卵周期に合わせて5回次以上の採卵を繰り返した天然親魚2個体、人工親魚5個体の合計7個体において、採卵回次ごとの受精率、ふ化率、SAIおよび卵径の推移を把握し、親魚と卵質との関係把握に2回次の採卵での評価が適切かどうか判断した。

親魚の由来と卵質の関係は、天然親魚では天然魚と放流された人工種苗の再捕魚とを分け、人工親魚を加えて採卵成績を比較した。また、人工親魚は年齢が判明しているため、4歳魚と5歳魚に分けて採卵状況を比較した。なお、採卵を1回しか行っていない個体は除外した。

表1 試験に供した親魚の由来

区分	採卵年	尾数	由来	養成期間(天然) 年齢(人工)
天然親魚*	2008	12	2007年10-12月漁獲	1~3ヶ月
	2009	10	2008年10-12月漁獲	1~3ヶ月
人工親魚	2008	10	2004年種苗生産	4歳
	2009	11	2004・2005年種苗生産	4・5歳

* 2008年は人工種苗の再捕魚3尾を含む

表2 採卵試験の結果

区分	採卵年	尾数	平均全長 ±SD(cm)	平均体重 ±SD(kg)	平均肥満度	延べ採卵回数	受精率 (%)	ふ化率 (%)
天然親魚*	2008	12	47.4±5.4	1.7±0.7	14.8	34	71.5	65.3
	2009	10	51.0±3.8	1.9±0.5	14.1	34	69.3	68.3
人工親魚	2008	10	43.2±3.1	1.3±0.3	16.0	37	63.3	42.8
	2009	11	46.4±3.5	1.6±0.3	15.6	39	64.7	54.1

* 2008年は人工種苗の再捕魚3尾を含む

結 果

採卵結果 各年の採卵試験の結果を表2に示す。天然親魚の平均受精率は2008年が71.5%、2009年が69.3%、平均ふ化率はそれぞれ65.3%、68.3%であったのに対し、人工親魚は平均受精率が63.3%と64.7%、平均ふ化率が42.8%と54.1%で、受精率、ふ化率共に天然親魚の方が高く、人工親魚では胚胎形成期で死亡する卵が多いことが特徴的であった。

受精率、ふ化率および卵径とSAIの関係 2年間で行った計144回の採卵における受精率、ふ化率および卵径とSAIの関係を図1に示す。SAIは受精率とふ化率で正の相関関係が見られ、特にふ化率とは強い相関関係があったが、卵径とは相関関係は見られな

った。

採卵回次と採卵結果 排卵周期にあわせ5回次以上の採卵を繰り返した7個体について、採卵回次毎の受精率、ふ化率、SAI、および卵径を図2に示す。ほとんどの個体で初回採卵時の受精率、ふ化率、SAIは低いですが、2回次の採卵で高くなり、その後採卵回次を重ねる毎に採卵成績は低下する傾向が見られた。卵径は採卵回次によりあまり変化しなかった。

親魚の由来と採卵結果 2回以上の採卵を行った天然魚は14個体、再捕魚は3個体、人工親魚は20個体であった。このうち2回次の採卵における親魚区分ごとの採卵結果を表3に示す。これを見ると、受精率とふ化率はともに天然魚で高く(78.2%、67.1%)、次いで放流種苗の再捕魚(70.9%、59.7%)、採卵成績が

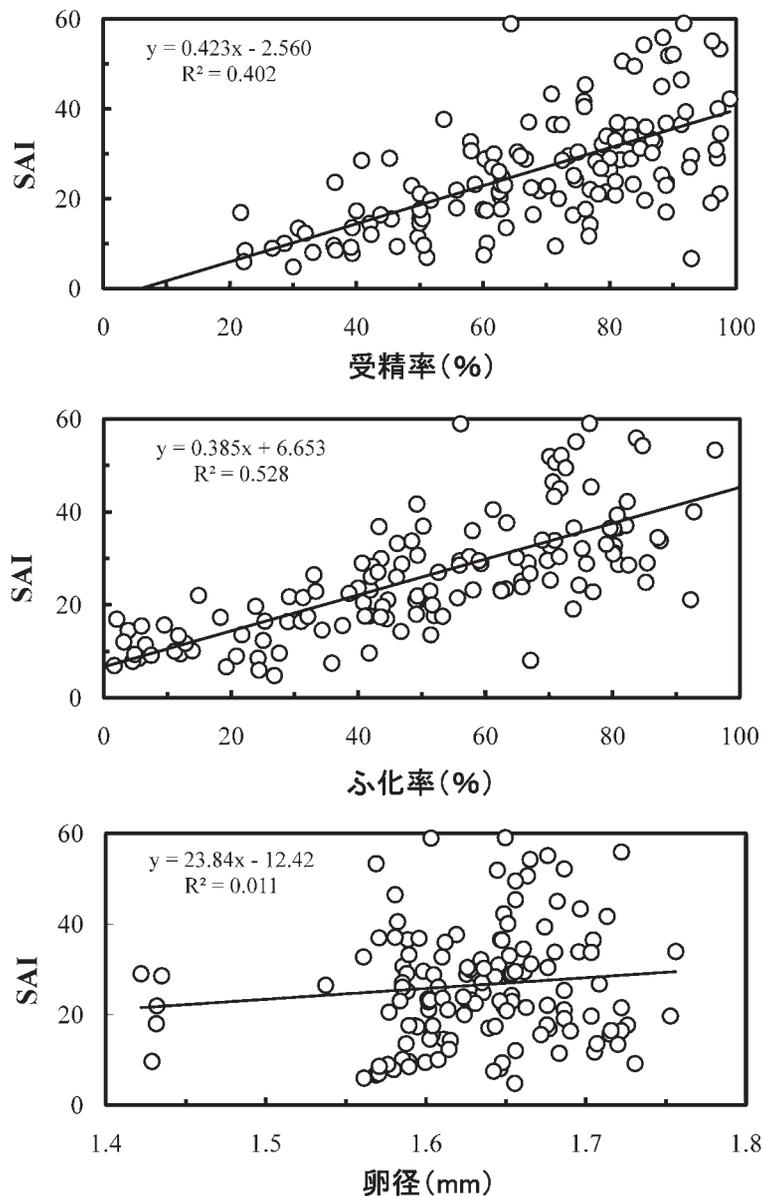


図1 ホシガレイの受精率、ふ化率および卵径とSAIとの関係

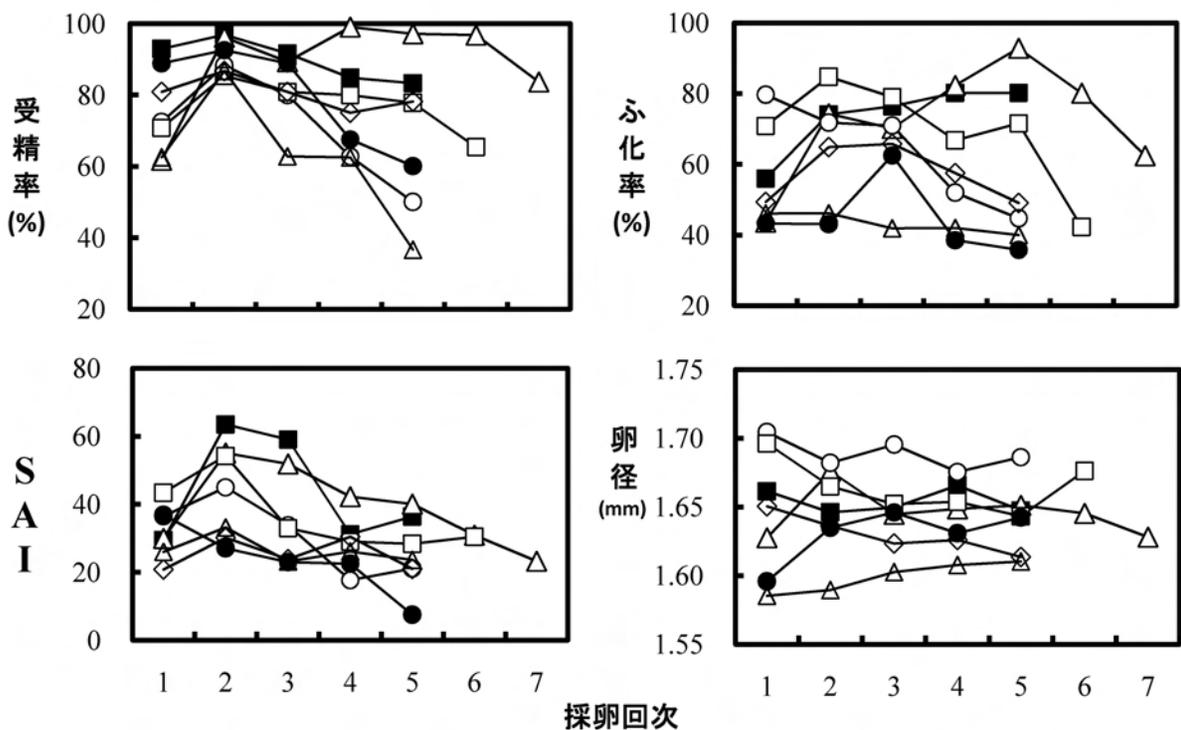


図2 排卵周期にあわせ5回以上の採卵を行った個体の採卵回次ごとの受精率、ふ化率、SAI、および卵径

■：天然 (TL40.7cm), ▲：天然 (TL48.7cm), ●：天然 (TL44.9cm),
 □：人工4歳 (TL47.7cm), △：人工4歳 (TL37.7cm),
 ○：人工5歳 (TL50.0cm), ◇：人工4歳 (TL45.5cm)

悪かったのは人工親魚 (70.4%, 50.6%) であった。

人工親魚において2回以上の採卵を行った4歳魚は14個体、5歳魚は6個体であった。4歳魚の受精率、ふ化率はそれぞれ72.9%, 55.4%であったのに対し、5歳魚は64.4%, 37.6%であり、受精率ふ化率共に4歳魚が高かった (表3)。

考 察

魚類の種苗生産で問題となっているふ化仔魚の開口までの死亡、開口時の摂餌不良等による初期減耗は卵質由来の要因の一つと考えられ、多くの魚種では卵質の改善により初期減耗が抑えられ、量産規模での種苗生産が可能となっている。本研究ではホシガレイの卵質の評価手法の確立を目的に卵質の評価手法を検討した。卵質の評価には、試験結果が判明するまで時間を要するSAIを用いなくても、SAIと強い相関関係を持つふ化率が種苗生産に供する以前に卵質を判定できる実用的な指標と考えられた。また、ホシガレイは多回産卵を行い、同一の親魚でも採卵回次毎に卵質が異

なるため、多くの親魚で最も採卵成績が良くなる2回次の採卵での卵質を指標にすることで、親魚情報と卵質の関係を明らかにし、現行の親魚養成・採卵における問題点を把握することができた。

天然親魚は陸上水槽内でも産卵期になると自然に排卵するのに対し、人工親魚はホルモン投与しないと排卵せず、採卵成績も天然親魚に比べて劣っていた。また、天然魚と同様に天然海で成魚まで育ったにもかかわらず、放流種苗の再捕魚における採卵成績は、天然魚より劣っていた。これらのことから、人工親魚に養成する前の人工種苗の質に問題があると考えられる。さらに、有瀧ら¹²⁾による魚の発育と形態異常出現の関係性について知見があるものの、いまだに種苗生産現場では形態異常魚が多く、防除に関する技術開発が求められる。

一方、人工種苗由来であっても、放流され天然海で成魚まで育った再捕魚は、ホルモン投与なしで排卵し、天然親魚には劣るものの人工親魚より採卵成績が良かった。また、人工親魚では5歳魚より4歳魚で成績が良かった。天然親魚でも陸上水槽での養成年数が長い

表3 2回次の採卵における親魚区分ごとの採卵結果

区分	尾数	平均全長 ±SD(cm)	平均体重 ±SD(kg)	平均 肥満度	受精率 (%)	ふ化率 (%)	
天然親魚	天然魚	14	49.1±4.7	1.8±0.6	14.4	78.2	67.1
	再捕魚	3	51.3±5.5	2.0±0.6	14.3	70.9	59.7
人工親魚		20	44.8±3.6	1.5±0.3	15.8	70.4	50.6
人工親魚	4歳魚	14	43.4±2.9	1.3±0.2	16.0	72.9	55.4
	5歳魚	6	48.1±3.1	1.7±0.3	15.3	64.4	37.6

ほど排卵しにくくなり、採卵成績も悪い（清水，未発表）ことから、親魚の養成方法自体にも問題があると考えられる。

宮古栽培漁業センターでは、30kℓ円形水槽内で自然の光周期および自然水温で養成を行っている。ホシガレイの種苗生産技術開発を行っている機関のうち最も北に位置する宮古でも、夏場（8～9月）の飼育水温は20℃を超え、水温上昇による摂餌量の低下が観察される。卵黄形成が始まる9月以降の高水温による産卵状況や卵質への悪影響も考えられ、親魚の越夏、高水温対策が課題である。

また、最も採卵成績が良い天然親魚における受精率やふ化率は70%前後であり、自然産卵により受精卵を得ているヒラメなどに比べて低いことから、本種の採卵方法や人工授精方法についても再検討する必要がある。ホシガレイは天然親魚、人工親魚いずれにおいても飼育下において自然産卵しないため、周期的に排卵された卵が卵巣腔内で過熟となり卵質の低下につながる⁶⁾。近縁種であるマツカワでは、排卵後の時間経過に伴い受精能が低下すること、受精しても発生が進まなくなることが示されており、卵巣腔内に残留した卵の過熟が進行すると、それ以降新たに排卵された卵の受精率がさらに低下することが*in vitro*の実験で示されている¹³⁾。本試験で、産卵回次毎の採卵成績を比較すると、初回採卵よりも2回次の採卵成績が良く、その後採卵回数を重ねる毎に採卵成績は低下する傾向が見られた。初回採卵時は、以前に排卵された卵が過熟卵として残留しているためであり、1回次の採卵で過熟卵が除去されることで、2回次の採卵成績が高くなったと考えられる。また、ホシガレイは櫛鱗を有するため卵の搾出作業の際に大きな摩擦が生じ擦過傷の原因になるなどストレスが大きく、嚢状卵巣型の卵巣を持つため排卵卵の移動経路は非常に複雑で、排卵された卵を完全に搾り出すことは困難である¹⁴⁾。そのため、排卵周期に同調した採卵を行っていても回次を重ねる毎に少しずつ過熟卵が貯留し、採卵成績が低下したと

考えられる。そのため、親魚への負担を避け効率的に受精卵を確保するには、採卵回数を3回程度に限定するか、送液ポンプ¹⁴⁾を利用した親魚に負担をかけない採卵方法を行う必要がある。

今後は本試験で得られた指標を基に親魚養成・採卵方法の改善を行い、卵質の改善に取り組んでいきたい。

文 献

- 1) 水産庁・(独)水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会(2009) 県別種苗生産、放流実績、放流カ所数。平成19年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)、14-32。
- 2) 山口園子・米田道夫・太田耕平・宮木廉夫・荒川敏久・松山倫也(2001) 長崎県橘湾産ホシガレイの成熟生態。九大農学芸誌, 55, 179-184。
- 3) 山田敏之・宮木廉夫・荒川敏久(2002) 天然ホシガレイからの採卵-HCG処理の効果-。長崎水試研報, 28, 15-20。
- 4) 日本栽培漁業協会(2002) ホシガレイ栽培漁業技術開発推進検討会報告書。86pp。
- 5) 津崎龍雄(1995) ホシガレイの種苗生産の現状と問題点。水産増殖, 43, 273-276。
- 6) 澤口小有美・大久保信幸・有瀧真人・太田健吾・松原孝博(2006) ホシガレイの卵母細胞の最終成熟過程と排卵周期。水産増殖, 54, 465-472。
- 7) 兼松正衛・熊谷厚志・島 康洋(2007) 瀬戸内海燧灘におけるホシガレイ人工種苗の成熟について。栽培漁業センター技報, 6, 4-8。
- 8) 清水大輔・藤浪祐一郎・松原孝博(2010) LHRHa コレステロールペレットを用いた人工生産したホシガレイ親魚からの採卵。投稿中。
- 9) 兼松正衛・太田健吾・島 康洋(2004) ホシガレイの成熟・排卵に及ぼすLHRHaの投与効果について。栽培漁業センター技報, 1, 4-7。

- 10) 渡辺 透・平田豊彦・河合 孝 (2005) LHRHa コレステロールペレットを用いたホシガレイの採卵. 福島種苗研報, 4, 13-17.
- 11) 新聞郁子・辻ヶ堂 諦 (1981) カサゴ親魚の生化学的性状と仔魚の活力について. 養殖研報, 2, 11-20.
- 12) 有瀧真人・太田健吾・堀田又治・田川正朋・田中 克 (2004) 異なる水温がホシガレイ仔魚の発育と変態に関連した形態異常の出現に及ぼす影響. 日水誌, 70, 8-15.
- 13) 萱場隆昭・杉本 卓・足立伸次・山内皓平 (2003) マツカワの卵質劣化に及ぼす残留過熟卵の影響. 日水誌, 69, 414-416.
- 14) 澤口小有美・大久保信幸・安藤 忠・鈴木重則・有瀧真人・山田徹生・松原孝博 (2005) 送液ポンプによるマツカワ・ホシガレイの新規人工採卵技術の開発. 水産増殖, 53, 167-173.

ブリ当歳魚の成長に及ぼす飼育水温の影響

吉田一範*1・本藤 靖*2・中川雅弘*1・堀田卓朗*1・服部圭太*3

(*1 五島栽培漁業センター, *2 元・五島栽培漁業センター, *3 本部経営企画部経営企画室)

ブリ人工種苗を放流あるいは養殖に用いる場合、陸上水槽で種苗生産し全長20~30mmサイズで取り上げた後に、多くは種苗の利用目的に応じたサイズまで二次飼育（中間育成）が行われる。近年、親魚養成において日長と水温を人為的にコントロールすることにより採卵時期を早め、天然稚魚よりも早期に人工稚魚を得る技術が開発されたが¹⁻²⁾、早期採卵により1~2ヶ月早く稚魚が沖出しされるため、低い水温での成長の遅滞が懸念される。しかし、稚魚期での水温を検討した事例はほとんどなく³⁻⁹⁾、本試験では早期種苗を用いてブリ当歳魚の飼育水温の違いによる成長差について検討した。

材料と方法

供試魚 試験には、2010年1月に当センターで実施した早期種苗生産試験で得た種苗を用い、同年2月8日まで陸上水槽で継続飼育した平均全長59.3mm、平均体重2.1gの稚魚2.5万尾を供した。

試験区の設定 各試験区の水温設定は自然水温を対照として、加温装置により16℃、18℃、20℃および24℃を維持する条件の5試験区を設けた。なお自然水温区は5日間の16℃加温馴致の後に自然水温とした。

飼育方法 飼育には90kl角型コンクリート水槽（6.8m×6.8m×1.9m、実水量70kl）内に設置した小

割網（選別前：2.9m×3.9m×1.4m・目合4mm、選別後：4.5m×1.8m×1.4m、目合6mm）を用いた。収容尾数は各試験区とも5,000尾（4,948~5,387尾）とした。飼育用水は砂ろ過海水を用い、注水量は3~5回転/日とした。通気は、水槽四隅に設置したエアブロックで行った。

餌料 餌料は、市販の配合飼料（初期餌料協和；協和発酵工業、おとひめ；日清丸紅飼料、マリン；林兼産業）を1~2回/日、飽食量を手撒きにより給餌した。使用した配合飼料の粒径は、種苗の成長に合わせて1mmから3mmまで徐々に増大させた。

分槽と選別 各試験区とも、飼育開始後23~32日目に成長に合わせて分槽を行い、5,000尾/網から1,000尾/網へ密度調整した。

成長測定 飼育開始後12日目、23日目および44~45日目（取り上げ時）に各試験区とも50尾を無作為に抽出し、全長と体重を測定した。また、分槽および選別時（飼育開始後23~32日目）にも無作為に抽出した30~50尾の全長と体重を測定した。

結 果

試験期間中の飼育水温の変化を図1に示した。平均水温（範囲）はそれぞれ自然水温区が15.6℃（14.2~16.8℃）、16℃区が16.3℃（15.7~17.6℃）、18℃区が

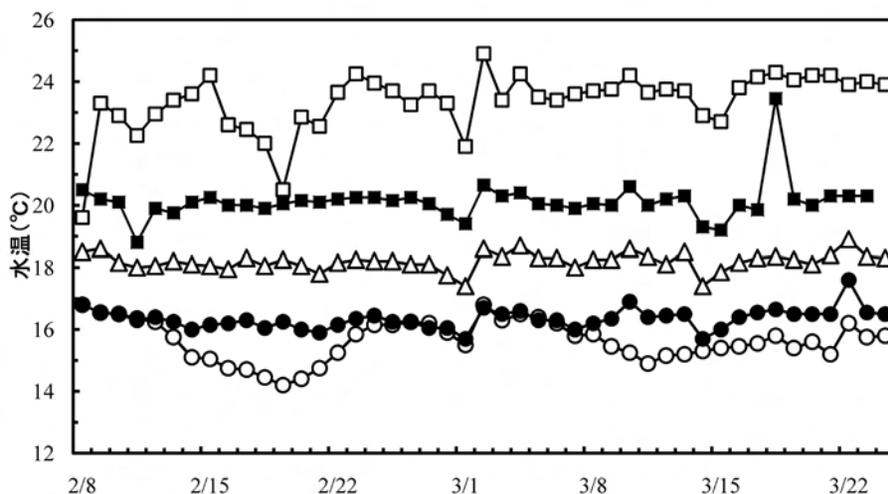


図1 ブリ当歳魚の水温飼育試験における飼育水温の変化

○：自然水温, ●：16℃区, △：18℃区, ■：20℃区, □：24℃区

18.2℃ (17.4~18.9℃) および20℃区が20.1℃ (18.8~23.5℃) と概ね設定温度を維持できたが、24℃区では23.4℃ (19.6~24.9℃) と取水温度および加温能力に影響されて設定水温より1~2℃低下した。

水温試験の結果の概要を表1に示した。また、飼育の詳細を別表1~5に示した。生残率は、試験開始から選別までは各試験区とも99%以上と差はなく、死亡した種苗は小型魚であった。選別から取り上げまでの生残率は、飼育44日目に20℃区で白点虫の寄生により42尾が死亡したため試験を中止したが、その他の試験区では生残率99%以上と飼育は良好であった。

全長および体重の推移をそれぞれ図2と図3に示した。全長および体重共に飼育水温が高いほど成長が早い傾向が認められた。取り上げ時には、最も成長の良

かった24℃区では対照区となる自然水温区と比べて全長で1.9倍、体重では5.9倍であった。

考 察

冬季低水温期に全長60mm、体重2gサイズのブリ種苗は、天然種苗ではほとんど存在しない。そのため、早期種苗生産によって得られた人工種苗は、天然種苗ではほとんど経験することのない水温環境下にさらされる。全長30~60mm、体重2g未満の種苗を低水温期に飼育した場合、沖出し直後に原因不明の減耗¹⁰⁾、ビブリオ病発生⁵⁾、ウイルス性腹水症の発生⁶⁾等により飼育に支障をきたした事例が多く報告されており、2008年に当センターで早期生産した人工種苗について

表1 プリ当歳魚の水温試験の結果概要

試験区	選 別						取 り 上 げ					
	収容尾数 (尾)	年月日	平均全長 (mm)	平均体重 (g)	死亡尾数*1 (尾)	生残率*2 (%)	再収容尾数 (尾)	年月日	平均全長 (mm)	平均体重 (g)	死亡尾数*3 (尾)	生残率*4 (%)
自然水温区	5,387	2010年 3月11日	80.1 ± 5.2 (69.6 ~ 92.4)	5.7 ± 1.2 (3.6 ~ 8.1)	21	99.6	1,117	2010年 3月24日	86.5 ± 6.9 (70.3 ~ 103.1)	8.6 ± 2.1 (4.4 ~ 13.6)	1	99.9
16℃区	4,948	2010年 3月9日	80.8 ± 6.0 (65.1 ~ 94.3)	6.4 ± 1.6 (3.0 ~ 11.7)	15	99.7	1,148	2010年 3月24日	94.0 ± 6.6 (82.4 ~ 109.7)	11.1 ± 2.5 (7.1 ~ 18.4)	3	99.7
18℃区	5,181	2010年 3月8日	93.9 ± 6.3 (81.4 ~ 110.8)	9.3 ± 2.2 (6.0 ~ 16.6)	20	99.6	1,096	2010年 3月24日	115.6 ± 7.5 (100.0 ~ 132.2)	19.4 ± 4.3 (12.2 ~ 32.0)	3	99.7
20℃区	5,032	2010年 3月8日	111.4 ± 9.7 (94.1 ~ 126.5)	15.3 ± 4.2 (7.6 ~ 22.0)	15	99.7	1,076	2010年 3月23日	131.9 ± 10.2 (103.9 ~ 157.4)	25.0 ± 6.3 (10.1 ~ 39.9)	46	95.7
24℃区	5,042	2010年 3月2日	111.1 ± 6.4 (89.3 ~ 116.8)	12.7 ± 2.7 (7.7 ~ 19.1)	25	99.5	1,089	2010年 3月24日	161.5 ± 15.0 (124.8 ~ 193.7)	51.1 ± 15.9 (18.3 ~ 94.1)	6	99.4

試験開始: 2010年2月8日, 開始時全長: 59.3 ± 4.2mm (52.5 ~ 70.0mm), 体重: 2.1 ± 0.5g (1.4 ~ 3.5g)

*1: 試験開始から選別時までの死亡尾数, *2: 試験開始から選別時までの生残率, *3: 再収容時から取り上げまでの死亡尾数, *4: 再収容時から取り上げまでの生残率

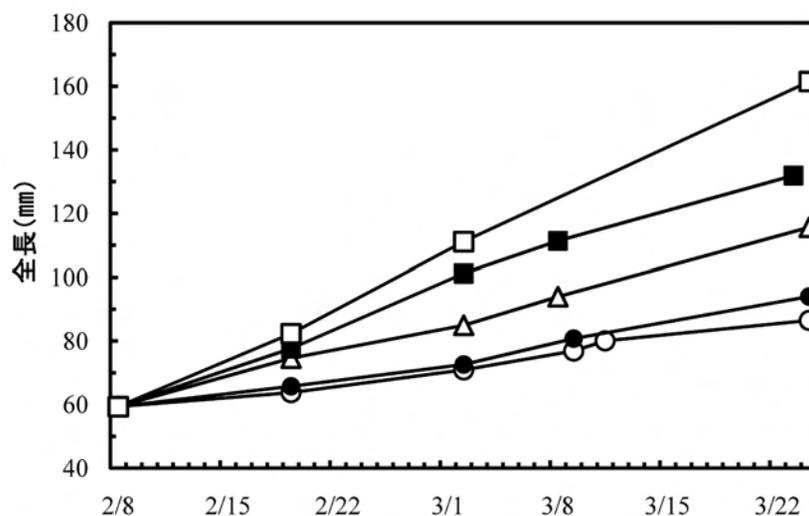


図2 プリ当歳魚の水温飼育試験における全長の推移

○: 自然水温, ●: 16℃区, △: 18℃区, ■: 20℃区, □: 24℃区

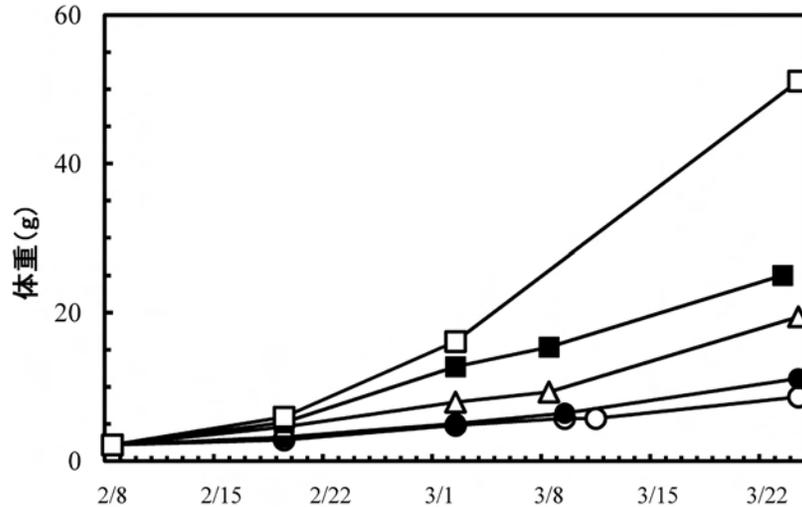


図3 プリ当歳魚の水溫飼育試験における体重の推移
○：自然水溫，●：16℃区，△：18℃区，■：20℃区，□：24℃区

同一ロットの種苗を陸上飼育と海上飼育で比較したところ、海上飼育群のみにピブリオ病が発生した事例もみられた（堀田，未発表）。本試験においては、一部白点虫の寄生による死亡が見られたが、成長は遅滞するものの低水溫条件であっても顕著な減耗はなかったため、低水溫期には海面飼育よりも陸上飼育の方が管理に適していると考えられた。

プリ当歳魚の成長に適した水溫は20~29℃¹¹⁾であり、本試験で行った適水溫帯以下の水溫では、生残に影響は認められなかったが成長は著しく遅滞した。水産総合研究センターでは養殖用プリ類の種苗生産の方向性として、天然種苗よりも大型化を図るために早期採卵および早期生産の技術開発に取り組んでいる。種苗供給という観点からはできるだけ適水溫の範囲内での高水溫域で二次飼育（中間育成）を実施し、高成長を実現した大型種苗を養殖場に提供するほうが望ましい。しかし、加温施設の能力および掛け流しの流水飼育であるために莫大な加温コストが掛かり、経済的には産業規模では成り立たない。今後、産業レベルでプリ人工種苗を利用する場合にはコストを考慮した低水溫期の二次飼育手法についても検討し、早急に具体的な方策を実現することが重要である。

文 献

1) 浜田和久・今泉 均・虫明敬一（2004）養成水溫と日長の制御によるプリの早期（12月）採卵について。栽培漁業センター技報，1，10。
2) 吉田一範・本藤 靖・中川雅弘・堀田卓朗・服部

圭太（2009）プリの早期採卵によって得られた受精卵を用いた種苗生産事例。栽培漁業センター技報，10，26-34。

3) 藤本 宏・白井重行（1996）Ⅲ-3種苗生産技術の開発，Cプリ。日本栽培漁業協会事業年報平成6年度，128-132pp。
4) 中野昌次（1996）Ⅲ-3種苗生産技術の開発，Cプリ。日本栽培漁業協会事業年報平成6年度，137-138pp。
5) 白井重行・武部孝行（1997）Ⅲ-3種苗生産技術の開発，Cプリ。日本栽培漁業協会事業年報平成7年度，152-155pp。
6) 塩澤 聡（1997）Ⅲ-3種苗生産技術の開発，Cプリ。日本栽培漁業協会事業年報平成7年度，157-159pp。
7) 白井重行・武部孝行（1998）Ⅲ-3種苗生産技術の開発，Cプリ。日本栽培漁業協会事業年報平成8年度，147-149pp。
8) 中野昌次（1998）Ⅲ-3種苗生産技術の開発，Cプリ。日本栽培漁業協会事業年報平成8年度，154-156pp。
9) 藤本 宏（2002）2.良質種苗の種苗生産技術開発（プリ，トラフグ）。日本栽培漁業協会事業年報平成12年度，179-181pp。
10) 小林 孝（1994）Ⅲ-3種苗生産技術の開発，Cプリ。日本栽培漁業協会事業年報平成4年度，141pp。
11) 原田輝雄（1965）プリの増殖に関する研究。近畿大学農学部紀要，3，105 pp。

別表1 自然水温区の飼育

試験区 自然水温区

月日	日齢 (日)	飼育 期間 (日)	飼育水槽	飼育尾数			水温			DO			配合飼料			備考		
				生残 尾数 (尾)	死亡 尾数 (尾)	サンプル 採取 (尾)	朝 (°C)	夕 (°C)	平均 (°C)	朝 (mg/l)	夕 (mg/l)	平均 (mg/l)	種類	回数 (回)	手撒き 給餌量 (g)			
2/8	57	1	E-2左	5387				16.8	16.8			7.32	7.32	C1000	1	300	5387尾収容	
2/9	58	2	"	5387				16.5	16.6	16.6		7.37	6.15	6.8	"	2	600	
2/10	59	3	"	5387				16.4	16.6	16.5		7.21	5.87	6.5	"	2	600	E-1へ移槽
2/11	60	4	E-1	5387				16.3	16.4	16.4		7.01	5.64	6.3	"	2	600	
2/12	61	5	"	5387				16.1	16.4	16.3		5.3	5.89	5.6	C1000→EP1	2	567	
2/13	62	6	"	5387				16.1	15.4	15.8		9.15	9.12	9.1	おEP1	2	306	10:00加温停止
2/14	63	7	"	5387				15	15.2	15.1		9.01	10.62	9.8	"	2	410	
2/15	64	8	"	5387				15	15.1	15.1		10.15	10.54	10.3	"	2	435	
2/16	65	9	"	5387				14.8	14.7	14.8		10.87	10.88	10.9	"	2	442	
2/17	66	10	"	5386	1			14.7	14.7	14.7		11.34	11.19	11.3	"	2	530	
2/18	67	11	"	5385	1			14.6	14.3	14.5		11.29	10.91	11.1	おEP1:ま2号	2	446	
2/19	68	12	"	5286		99		14	14.3	14.2		11.32	11.12	11.2	"	2	442	測定用サンプル採集
2/20	69	13	"	5285	1			14.3	14.5	14.4		10.89	10.39	10.6	"	2	535	
2/21	70	14	"	5285				14.5	15	14.8		11.16	10.89	11.0	"	2	430	
2/22	71	15	"	5282	3			15.1	15.4	15.3		10.87	10.67	10.8	"	2	600	
2/23	72	16	"	5281	1			15.8	15.9	15.9		10.74	10.35	10.5	"	2	600	
2/24	73	17	"	5279	2			16	16.3	16.2		10.78	9.02	9.9	おEP1	2	800	
2/25	74	18	"	5277	2			16.1	16.2	16.2		10.09	10.04	10.1	"	2	700	
2/26	75	19	"	5275	2			16.2	16.3	16.3		10.4	10.2	10.3	"	2	700	
2/27	76	20	"	5275				16.3	16.1	16.2		10.19	9.27	9.7	"	2	700	
2/28	77	21	"	5273	2			15.6	16.2	15.9		11.06	10.79	10.9	"	1	350	
3/1	78	22	"	5272	1			15.5	15.5	15.5		10.87	11.18	11.0	"	2	500	
3/2	79	23	"	5200	2	70		17.1	16.5	16.8		10.42	11	10.7	"	1	300	測定用サンプル採集
3/3	80	24	"	5199	1			16.2	16.4	16.3		11.02	10.54	10.8	"	2	600	
3/4	81	25	"	5199				16.5	16.5	16.5		9.57	10.06	9.8	"	2	600	
3/5	82	26	"	5199				16.7	16.1	16.4		9.62	10.54	10.1	"	2	600	
3/6	83	27	"	5198	1			16.2		16.2		10.59		10.6	"	2	800	
3/7	84	28	"	5198				15.8		15.8		10.01		10.0	"	2	800	
3/8	85	29	"	5197	1			15.8	15.9	15.9		10.49	10.35	10.4	"	2	800	
3/9	86	30	"	5147		50		15.5	15.4	15.5		10.5	10.64	10.6	"	2	800	測定用サンプル採集
3/10	87	31	"	5147				15.6	14.9	15.3		10.49	10.84	10.7	"	2	698	
3/11	88	32	"	1117		4030		14.6	15.2	14.9		11.07	11.54	11.3	"	2	95	E-5へ1117尾再収容
3/12	89	33	E-5右	1117				15.1	15.2	15.2		11.92	11.15	11.5	"	2	137	
3/13	90	34	"	1117				15.2		15.2		11.64		11.6	"	1	100	
3/14	91	35	"	1117				15.3		15.3		12.48		12.5	"	1	72	
3/15	92	36	"	1117				14.9	15.9	15.4		12.27	12.07	12.2	おEP1→おEP1:ま2号	2	140	
3/16	93	37	"	1117				15.5	15.4	15.5		12.05	11.9	12.0	おEP1:ま2号	2	140	
3/17	94	38	"	1117				15.6	15.5	15.6		12.63	11.95	12.3	ま2号	2	160	
3/18	95	39	"	1117				15.7	15.9	15.8		12.17	12.38	12.3	"	2	180	
3/19	96	40	"	1117				15.2	15.6	15.4		11.74	11.76	11.8	"	2	200	
3/20	97	41	"	1117				15.6		15.6		10.23		10.2	"	1	200	
3/21	98	42	"	1117				15.2		15.2		10.4		10.4	餌止め			送水系トラブルのため、餌止め
3/22	99	43	"	1117				16.2		16.2		10.48		10.5	ま2号	1	155	
3/23	100	44	"	1116	1			15.7	15.8	15.8		11.25	11.49	11.4	"	2	380	
3/24	101	45	"	1116				15.8		15.8		11.5		11.5	餌止め			全数取り上げ
合計					22	4249											19550	
平均										15.6					10.36			
最大										16.8					12.48			
最小										14.2					5.60			

別表2 16℃区の飼育

試験区 16℃区

月日	日齢 (日)	飼育 期間 (日)	飼育水槽	飼育尾数			水温			DO			配合飼料			備 考
				生残 尾数 (尾)	死亡 尾数 (尾)	サンプル 採取 (尾)	朝 (℃)	夕 (℃)	平均 (℃)	朝 (mg/l)	夕 (mg/l)	平均 (mg/l)	種類	回数 (回)	手撒き 給餌量 (g)	
2/8	57	1	E-2右	4948				16.8	16.8				C1000	1	300	4948尾収容
2/9	58	2	"	4948			16.5	16.6	16.6	7.37	6.15	6.8	"	2	600	
2/10	59	3	"	4947	1		16.4	16.6	16.5	7.2	5.98	6.6	"	2	600	
2/11	60	4	"	4947			16.3	16.3	16.3	6.88	5.39	6.1	"	2	600	
2/12	61	5	"	4947			16.4	16.4	16.4	5.7	5.96	5.8	C1000→EP1	2	542	
2/13	62	6	"	4947			16.3	16.2	16.3	9.12	9.29	9.2	おEP1	2	327	10:00加温停止
2/14	63	7	"	4947			16	16	16.0	8.54	10.16	9.4	"	2	419	
2/15	64	8	"	4947			16	16.3	16.2	10.03	10.48	10.3	"	2	490	
2/16	65	9	"	4947			16.2	16.2	16.2	10.58	10.55	10.6	"	2	440	
2/17	66	10	"	4947			16.3	16.3	16.3	10.98	10.95	11.0	"	2	600	
2/18	67	11	"	4947			16.2	15.9	16.1	10.45	10.22	10.3	おEP1:ま2号	2	576	
2/19	68	12	"	4890		57	16	16.3	16.3	10.82	10.78	10.8	"	2	600	測定用サンプル採集
2/20	69	13	"	4890			16		16.0	9.89		9.9	"	2	600	
2/21	70	14	"	4890			15.8	16	15.9	10.51	10.35	10.4	"	2	475	
2/22	71	15	"	4887	3		16.3	16	16.2	10.76	10.27	10.5	"	2	600	
2/23	72	16	"	4887			16.4	16.3	16.4	10.77	10.62	10.7	"	2	600	
2/24	73	17	"	4885	2		16.4	16.5	16.5	10.88	9.24	10.1	おEP1	2	770	
2/25	74	18	"	4885			16.2	16.3	16.3	10.33	10.33	10.3	"	2	700	
2/26	75	19	"	4885			16.3	16.2	16.3	10.72	10.31	10.5	"	2	700	
2/27	76	20	"	4885			16	16.1	16.1	9.59	9.19	9.4	"	2	700	
2/28	77	21	"	4882	3		15.8	16.3	16.1	11.23	10.77	11.0	"	1	350	
3/1	78	22	"	4882				15.7	15.7	10.98	11.37	11.2	"	2	600	
3/2	79	23	"	4812		70		16.7	16.7	10.53	10.99	10.8	"	1	350	測定用サンプル採集
3/3	80	24	"	4812			16.4	16.6	16.5	11.02	10.67	10.8	"	2	700	
3/4	81	25	"	4812				16.6	16.6	9.03	10	9.5	"	2	700	
3/5	82	26	"	4812			16.3	16.3	16.3	10.82	10.59	10.7	"	2	700	
3/6	83	27	"	4806	6		16.3		16.3	10.75		10.8	"	2	900	
3/7	84	28	"	4806			16		16.0	9.73		9.7	"	2	900	
3/8	85	29	"	4806			16.2	16.2	16.2	10.37	10.25	10.3	"	2	900	
3/9	86	30	"	1148		3658	16.2	16.5	16.4	10.35	11.14	10.7	"	2	207	10:00 1148尾をE-4へ移槽
3/10	87	31	E-4右	1148				16.9	16.9	10.85	11.23	11.0	"	2	191	
3/11	88	32	"	1148			16.4	16.4	16.4	11.11	10.75	10.9	"	2	220	
3/12	89	33	"	1148			16.5	16.4	16.5	10.81	10.69	10.8	"	2	240	
3/13	90	34	"	1148			16.5		16.5	10.98		11.0	"	1	150	
3/14	91	35	"	1146	2		15.7		15.7	11.85		11.9	"	1	145	
3/15	92	36	"	1145	1		15.5	16.5	16.0	11.63	11.13	11.4	おEP1→おEP1:ま2号	2	300	
3/16	93	37	"	1145			16.5	16.3	16.4	11.25	11.17	11.2	おEP1:ま2号	2	161	
3/17	94	38	"	1145			16.7	16.4	16.6	11.48	11.16	11.3	ま2号	2	280	
3/18	95	39	"	1145			16.6	16.7	16.7	11.19	11.32	11.3	"	2	300	
3/19	96	40	"	1145			16.4	16.6	16.5	10.85	10.88	10.9	"	2	300	
3/20	97	41	"	1145			16.5		16.5	10.27		10.3	"	1	257	
3/21	98	42	"	1145			16.5		16.5	9.92		9.9	餌止め			送水系トラブルのため、餌止め
3/22	99	43	"	1145			17.6		17.6	9.93		9.9	ま2号	1	270	
3/23	100	44	"	1145			16.5	16.6	16.6	10.66	10.61	10.6	"	2	600	
3/24	101	45	"	1145			16.5		16.5	10.97		11.0	餌止め			全数取り上げ(一部、TAG試験へ供試)
合計					18	3785									20960	
平均									16.3				10.17			
最大									17.6				11.85			
最小									15.7				5.83			

別表3 18℃区の飼育

試験区 18℃区

月日	日齢 (日)	飼育期間 (日)	飼育水槽	飼育尾数			水温			DO			配合飼料		備考	
				生残尾数 (尾)	死亡尾数 (尾)	サンプル採取 (尾)	朝 (℃)	夕 (℃)	平均 (℃)	朝 (mg/l)	夕 (mg/l)	平均 (mg/l)	種類	手撒き 回数 (回)		給餌量 (g)
2/8	57	1	E-5右	5181				18.5	18.5		7.11	7.11	C1000	1	300	5181尾収容
2/9	58	2	"	5177	4			18.6	18.6	18.6	7.11	6.11	"	2	600	
2/10	59	3	"	5177				18.1	18.2	18.2	6.71	5.52	"	2	600	
2/11	60	4	"	5177				18	18	18.0	7.02	5.56	"	2	600	
2/12	61	5	"	5174	3			17.9	18.2	18.1	5.1	5.53	C1000→EP1	2	600	
2/13	62	6	"	5174				18.3	18.1	18.2	8.69	8.74	おEP1	2	726	
2/14	63	7	"	5174				17.8	18.4	18.1	8.03	9.99	"	2	1135	
2/15	64	8	"	5174				17.8	18.3	18.1	9.38	9.97	"	2	940	
2/16	65	9	"	5174				18	17.9	18.0	9.64	9.62	"	2	1045	
2/17	66	10	"	5173	1			18.3	18.3	18.3	10.28	10.18	"	2	971	
2/18	67	11	"	5172	1			18.3	17.8	18.1	10.16	9.32	おEP1:ま2号	2	838	
2/19	68	12	"	5074		98		18	18.4	18.3	10.18	9.97	"	2	1200	測定用サンプル採集
2/20	69	13	"	5074				18	18.1	18.1	9.03	9.07	"	2	1200	
2/21	70	14	"	5074				17.7	17.9	17.8	9.64	9.22	"	2	1005	
2/22	71	15	"	5074				18.4	17.9	18.2	9.94	9.07	"	2	1200	
2/23	72	16	"	5074				18.3	18.2	18.3	9.95	9.62	"	2	1200	
2/24	73	17	"	5074				18.3	18.1	18.2	10.01	8.45	おEP1:おEP2	2	1200	
2/25	74	18	"	5071	3			18.2	18.2	18.2	9.54	9.36	"	2	1200	
2/26	75	19	"	5070	1			18.2	18	18.1	9.9	9.31	"	2	1200	
2/27	76	20	"	5070				18.1	18.1	18.1	9.45	8.64	"	2	1200	
2/28	77	21	"	5069	1			17.6	17.9	17.8	10.13	9.72	"	1	600	
3/1	78	22	"	5067	2			17.4	17.4	17.4	10.15	10.35	"	2	1200	
3/2	79	23	"	5004		63		18.6	18.6	18.6	9.63	10.33	"	1	700	測定用サンプル採集
3/3	80	24	"	5004				18.2	18.5	18.4	10.2	9.7	"	2	1200	
3/4	81	25	"	5003	1			18.7	18.7	18.7	8.19	9.56	"	2	1400	
3/5	82	26	"	5003				18.3	18.3	18.3	10.07	9.65	"	2	1400	
3/6	83	27	"	5000	3			18.3		18.3	9.8		おEP1:おEP2→おEP-2	2	1810	
3/7	84	28	"	5000				18		18.0	9.09		おEP2	2	2000	
3/8	85	29	"	1096		3904		18.2	18.3	18.3	9.3	10.4	"	2	1315	P.M 1096尾をE-6右へ移槽
3/9	86	30	E-6右	1096				18.3	18.2	18.3	10.25	10.29	"	2	405	
3/10	87	31	"	1096					18.6	18.6	10.23	10.62	"	2	440	
3/11	88	32	"	1096				18.2	18.5	18.4	10.28	10.52	"	2	410	
3/12	89	33	"	1096				18.2	18	18.1	10.08	9.68	"	2	440	
3/13	90	34	"	1096				18.5		18.5	10.23		"	1	250	
3/14	91	35	"	1095	1			17.4		17.4	11.15		"	1	320	
3/15	92	36	"	1095				17.4	18.3	17.9	11.24	10.3	"	2	600	
3/16	93	37	"	1095				18.2	18.1	18.2	10.5	10.26	"	2	600	
3/17	94	38	"	1095				18.5	18.1	18.3	10.74	10.23	"	2	660	
3/18	95	39	"	1095				18.3	18.4	18.4	10.4	10.4	"	2	660	
3/19	96	40	"	1095				18.2	18.3	18.3	9.93	9.92	"	2	700	
3/20	97	41	"	1095				18.1		18.1	9.05		"	1	505	
3/21	98	42	"	1095				18.4		18.4	9.11		餌止め			送水系トラブルのため、餌止め
3/22	99	43	"	1095				18.9		18.9	9.38		おEP2	1	460	
3/23	100	44	"	1093	2			18.3	18.4	18.4	9.78	9.63	おEP2	2	1100	
3/24	101	45	"	1093				18.3		18.3	10.02		餌止め			全数取り上げ(一部、TAG試験へ供試)
合計					23	4065									38135	
平均									18.2				9.40			
最大									18.9				11.15			
最小									17.4				5.32			

別表4 20℃区の飼育

試験区 20℃区

月日	日齢 (日)	飼育 期間 (日)	飼育水槽	飼育尾数			水温			DO			配合飼料			備 考	
				生残 尾数 (尾)	死亡 尾数 (尾)	サンプル 採取 (尾)	朝 (℃)	夕 (℃)	平均 (℃)	朝 (mg/l)	夕 (mg/l)	平均 (mg/l)	種類	回数 (回)	手撒き 給餌量 (g)		
2/8	57	1	E-8右	5032				20.5	20.5		6.59	6.59	C1000	1	300	5032尾收容	
2/9	58	2	"	5032				20.1	20.3	20.2	6.68	5.67	6.2	"	2	600	
2/10	59	3	"	5032				20.1	20.1	20.1	6.56	5.4	6.0	"	2	600	
2/11	60	4	"	5032				19	18.6	18.8	6.92	5.36	6.1	"	2	600	
2/12	61	5	"	5027	5			19.9	19.9	19.9	5.19	5.35	5.3	C1000→EP1	2	874	
2/13	62	6	"	5026	1			19.8	19.7	19.8	8.18	8.11	8.1	おEP1	2	1032	
2/14	63	7	"	5026				20.1	20.1	20.1	7.8	9.07	8.4	"	2	1820	
2/15	64	8	"	5025	1			20.4	20.1	20.3	9.36	9.02	9.2	"	2	1005	
2/16	65	9	"	5024	1			20	20	20.0	9.26	8.93	9.1	"	2	1245	
2/17	66	10	"	5024				20	20	20.0	9.38	9.06	9.2	"	2	1495	
2/18	67	11	"	5024				20	19.8	19.9	8.93	8.93	8.9	おEP1:ま2号	2	1729	
2/19	68	12	"	4951		73		20	20.2	20.1	9.42	9.27	9.3	"	2	2000	測定用サンプル採集
2/20	69	13	"	4951				20.2	20.1	20.2	9.12	8.65	8.9	"	2	2000	
2/21	70	14	"	4951				20.1	20.1	10.87	8.66	9.8	"	2	1535		
2/22	71	15	"	4951				20.2	20.2	20.2	9.33	8.86	9.1	"	2	2000	
2/23	72	16	"	4951				20.2	20.3	20.3	9.15	8.97	9.1	おEP1:ま2号→おEP1	2	2000	
2/24	73	17	"	4949	2			20.4	20.1	20.3	9.3	7.81	8.6	おEP2	2	1770	
2/25	74	18	"	4949				20.2	20.1	20.2	8.82	8.84	8.8	"	2	1800	
2/26	75	19	"	4949				20.3	20.2	20.3	9.08	8.84	9.0	"	2	2175	全数E-4へ移槽
2/27	76	20	E-4	4949				20.1	20	20.1	8.44	7.5	8.0	"	2	2000	
2/28	77	21	"	4949				19.5	19.9	19.7	9.02	8.53	8.8	"	1	800	
3/1	78	22	"	4948	1			19.4	19.4	19.4	9.13	9.4	9.3	"	2	1500	
3/2	79	23	"	4869		79		20.9	20.4	20.7	8.83	9.43	9.1	"	1	900	測定用サンプル採集
3/3	80	24	"	4867	2			20.2	20.4	20.3	9.27	8.73	9.0	"	2	1800	
3/4	81	25	"	4867				20.4	20.4	20.4	9.77	8.26	9.0	"	2	1800	
3/5	82	26	"	4867				20.1	20	20.1	9.17	8.5	8.8	"	2	1800	
3/6	83	27	"	4865	2			20		20.0	9.08		9.1	"	2	2300	
3/7	84	28	"	4865				19.9		19.9	8.05		8.1	"	2	2400	
3/8	85	29	"	1076		3789		20.1	20	20.1	8.5	9.84	9.2	"	2	1675	PM 1076尾をE-8へ移槽
3/9	86	30	E-8右	1076				20	20	20.0	9.83	9.8	9.8	"	2	725	
3/10	87	31	"	1076				20.7	20.5	20.6	10.25	10.3	10.3	"	2	813	
3/11	88	32	"	1076				19.8	20.2	20.0	9.5	9.86	9.7	"	2	665	
3/12	89	33	"	1076				20.3	20.1	20.2	9.94	9.69	9.8	"	2	588	
3/13	90	34	"	1076				20.3		20.3	9.35		9.4	"	1	300	
3/14	91	35	"	1076				19.3		19.3	10.7		10.7	"	1	550	
3/15	92	36	"	1076				19.2		19.2	10.98		11.0	"	2	1000	
3/16	93	37	"	1076				20.1	19.9	20.0	10.22	10.03	10.1	"	2	962	
3/17	94	38	"	1076				20.5	19.2	19.9	10.71	10.2	10.5	"	2	960	
3/18	95	39	"	1076				23.3	23.6	23.5	9.62	9.47	9.5	"	2	1000	温度センサーが空中に露出していた
3/19	96	40	"	1075	1			20.1	20.3	20.2	9.8	9.92	9.9	"	2	1100	
3/20	97	41	"	1074	1			20		20.0	9.27		9.3	"	1	701	
3/21	98	42	"	1072	2			20.3		20.3	9.23		9.2	餌止め			送水系トラブルのため、餌止め
3/22	99	43	"	1072				20.3		20.3	9.53		9.5	おEP2	1	425	
3/23	100	44	"	1030	42			20.3		20.3	9.64		9.6	餌止め			白点病発症のため全数廃棄
合計					61	3941										53344	
平均										20.1				8.91			
最大										23.5				10.98			
最小										18.8				5.27			

別表5 24℃区の飼育

試験区 24℃区

月日	日齢 (日)	飼育 期間 (日)	飼育水槽	飼育尾数			水温			DO			配合飼料			備 考		
				生残 尾数 (尾)	死亡 尾数 (尾)	サンプル 採取 (尾)	朝 (℃)	夕 (℃)	平均 (℃)	朝 (mg/l)	夕 (mg/l)	平均 (mg/l)	種類	回数 (回)	手撒き 給餌量 (g)			
2/8	57	1	E-7右	5042				19.6	19.6			6.97	6.97	C1000	1	300	5042尾収容	
2/9	58	2	"	5042				23.2	23.4	23.3		6.1	5.28	6.97	2	600		
2/10	59	3	"	5042				22.8	23	22.9		5.77	4.67	5.2	2	600		
2/11	60	4	"	5042				22.3	22.2	22.3		5.53	4.42	5.0	2	600		
2/12	61	5	"	5039	3			22.9	23	23.0		4.46	4.63	4.5	C1000→EP1	2	900	
2/13	62	6	"	5038	1			23.5	23.3	23.4		7.21	7.05	7.1	おEP1	2	1250	
2/14	63	7	"	5037	1			23.1	24.1	23.6		6.86	7.79	7.3	"	2	2000	
2/15	64	8	"	5037				24.3	24.1	24.2		8.04	7.6	7.8	"	2	2180	
2/16	65	9	"	5036	1			22.8	22.4	22.6		8.02	7.77	7.9	"	2	1780	
2/17	66	10	"	5036				22	22.9	22.5		8.7	7.94	8.3	"	2	2000	
2/18	67	11	"	5035	1			22.7	21.3	22.0		8.08	7.57	7.8	おEP1:ま2号	2	2000	
2/19	68	12	"	4973		62		20	20.6	20.5		8.93	8.74	8.8	"	2	2000	測定用サンプル採集
2/20	69	13	"	4973				22.5	23.2	22.9		7.9	7.6	7.8	"	2	2000	
2/21	70	14	"	4973				22.1	23	22.6		8	6.66	7.3	"	2	2120	
2/22	71	15	"	4973				23.2	24.1	23.7		7.76	6.11	6.9	"	2	2000	
2/23	72	16	"	4973				24.3	24.2	24.3		7.4	6.75	7.1	"	2	2600	
2/24	73	17	"	4970	3			24	23.9	24.0		7.45	5.54	6.5	おEP2	2	3000	
2/25	74	18	"	4970				23.7	23.7	23.7		7	5.91	6.5	"	2	3000	
2/26	75	19	"	4966	4			24	22.5	23.3		6.82	7.67	7.2	"	2	3100	E-6へ全数移槽
2/27	76	20	E-6	4963	3			23.9	23.5	23.7		7.3	6.3	6.8	"	2	3600	
2/28	77	21	"	4962	1			23.1	23.5	23.3		6.4	6.45	6.4	"	1	2000	
3/1	78	22	"	4955	7			21.9	21.9	21.9		8.13	7.57	7.9	"	2	4200	
3/2	79	23	"	1089		3866		24.9	24.9	24.9		7.34	8.73	8.0	"	1	600	AM 1089尾をE-7へ移槽 測定用サンプル採集
3/3	80	24	E-7左	1089				23.4	23.4	23.4		8.55	8.09	8.3	"	2	1200	
3/4	81	25	"	1088	1			24.3	24.2	24.3		7.9	7.9	7.9	"	2	1200	
3/5	82	26	"	1088				23.6	23.4	23.5		8.31	7.96	8.1	"	2	1200	
3/6	83	27	"	1088				23.4		23.4		8.09		8.1	おEP2→おEP3	2	960	
3/7	84	28	"	1088				23.6		23.6		7.67		7.7	おEP3	2	1000	
3/8	85	29	"	1087	1			23.7	23.7	23.7		7.89	7.22	7.6	"	2	1000	
3/9	86	30	"	1087				23.8	23.7	23.8		7.68	7.4	7.5	"	2	1000	
3/10	87	31	"	1087				24.3	24.1	24.2		8.43	7.97	8.2	"	2	1100	
3/11	88	32	"	1086	1			23.2	24.1	23.7		8.02	7.26	7.6	"	2	1200	
3/12	89	33	"	1086				23.5	24	23.8		7.74	6.75	7.2	"	2	1350	
3/13	90	34	"	1086				23.7		23.7		7.5		7.5	"	1	800	
3/14	91	35	"	1086				22.9		22.9		8.68		8.7	"	1	1200	
3/15	92	36	"	1086				22.9	22.5	22.7		8.56	7.61	8.1	おEP4	2	2200	
3/16	93	37	"	1086				23.9	23.7	23.8		6.91	6.24	6.6	"	2	2200	
3/17	94	38	"	1086				24.5	23.8	24.2		7.36	6.57	7.0	協和C3000	2	1825	
3/18	95	39	"	1086				24.2	24.4	24.3		7.52	6.86	7.2	"	2	1629	
3/19	96	40	"	1086				24.1	24	24.1		6.68	6.42	6.6	"	2	1321	
3/20	97	41	"	1085	1			24.2		24.2		6.3		6.3	"	1	1056	
3/21	98	42	"	1083	2			24.2		24.2		6.14		6.1	餌止め			送水系トラブルのため、餌止め
3/22	99	43	"	1083				23.9		23.9		6.95		7.0	協和C3000	1	1100	
3/23	100	44	"	1083				24	24	24.0		6.58	5.39	6.0	"	2	2460	
3/24	101	45	"	1083				23.9		23.9		6.01		6.0	餌止め			全数取り上げ(一部、TAG試験へ供試)
合計					31	3928											71431	
平均										23.4					7.16			
最大										24.9					8.84			
最小										19.6					4.55			

ヒラメ「ほっとけ飼育」における仔魚のワムシ摂餌と栄養価の特徴

森田哲男
(屋島栽培漁業センター)

「ほっとけ飼育」は、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の種苗生産において飼育作業の軽減や作業時間の短縮を目的に考案され、安定的な種苗生産が可能な飼育手法である¹⁾。さらに、1988年より本飼育手法による量産技術開発に取り組んでいる小浜栽培漁業センターの飼育事例では、疾病の発症事例が極めて少なく²⁾、骨格異常魚の出現率が少ない傾向にあり、成長についても飼育初期から流水でワムシの給餌を行う標準的な飼育手法と比較して遜色なく、むしろ高成長の場合が多い等の「ほっとけ飼育」の特徴が把握されてきた。

本試験では、ヒラメの「ほっとけ飼育」において仔魚期のワムシ摂餌状況と飼育水中のワムシの栄養価の面から「ほっとけ飼育」の利点を検討したので報告する。

材料と方法

試験の設定 試験は2回に分けて実施した。試験1は2002年4月7日～6月6日に行い、仔魚の各日齢と給餌作業の前後でワムシの摂餌数を観察した。試験2は2003年4月1日～5月23日に行い、飼育水中のワムシの栄養価を分析した。試験区は、「ほっとけ飼育」¹⁾により飼育するほっとけ飼育区と従来型の換水とワムシ給餌を行いながら飼育する対照区を各1例ずつ設定した。なお、本試験は小浜栽培漁業センターが実施した種苗生産試験の中で実施しており、移槽後に小型個体の選別廃棄や大量のサンプリングを行っているため、飼育成績の評価は飼育手法が各試験区で異なるため、日齢15までの生残数の推定値で評価した。飼育は鱗の形成が進みスレの影響が少なくなる日齢で一度全数取り上げて、平均全長の計測、生残尾数の算出等を行った。

飼育方法 飼育水槽は、角型20kℓコンクリート水槽(実水量18kℓ)を用いた。飼育に供した受精卵は、福井県栽培漁業センターの養成親魚から自然産卵により得られたものを採卵当日に譲り受け、試験1では浮上卵各286g(42.9万粒)、試験2では浮上卵各179g(26.9万粒)を飼育水槽に収容した。

飼育に供した海水は、紫外線殺菌処理したろ過海水を用いた。飼育水温は、採卵水温である15℃に設定し、ふ化後は18℃になるまで1日1℃ずつ昇温させた。通気方法および通気量は、ほっとけ飼育のマニュアル¹⁾

に従ったが、対照区では、ほっとけ飼育のようにエアーストーンを水槽底から数cm上に吊り下げる手法とせず、一般的な底面設置とした。底掃除は、着底直前の移槽までの飼育では両試験区とも実施しなかった。

飼育水への濃縮ナンノクロロプシス(マリーンプレッシュ;マリーンプライオ,100億細胞/ml)の添加は、ほっとけ飼育区ではマニュアル¹⁾に従ってふ化後に1,000万細胞/mlになるよう添加し、対照区では飼育水中の密度が50万細胞/ml程度を維持するように定量ポンプにより添加した。

餌料には、シオミズツボワムシ(L型ワムシ小浜株。以下、ワムシ)、アルテミアノープリウス(以下、アルテミア)および配合飼料(おとひめ:日清丸紅飼料,なぎさ:オリエンタル酵母工業)を用いた。ワムシはほっとけ飼育区では日齢0に給餌し、対照区では開口日から平均全長8mmまで、濃縮ナンノクロロプシス(添加量2,000ml/kℓ)で12時間栄養強化した後に給餌した。対照区のワムシ給餌は1日2回行い、給餌前にワムシの密度を観察し、飼育水中のワムシ密度が10個体/mlとなるよう給餌した。アルテミアは平均全長9mmから給餌し、水温28℃,48時間でふ化分離して、マリンオメガA(添加量2,500ml/kℓ,オリエンタル酵母工業)で14~24時間栄養強化後給餌した。配合飼料は、平均全長10mmからマニュアル¹⁾に従って給餌した。

生残数の推定 浮遊期の仔魚の生残尾数の推定は、日齢0,5,10,15の22時に実施し、内径40mmの塩ビパイプを用いて7定点における柱状サンプリングを行い推定した。取上げ時の稚魚の生残数は重量法により算出した。

仔稚魚の成長 仔稚魚の全長測定は、日齢3,5,7,10,13,15,17,20,25および30に実施し、内径40mmの塩ビパイプを用いた7定点における柱状サンプリングした個体30尾を無作為に30尾抽出し、電子ノギスを用いて計測した。有意差の検定はStudentのt-testを用いて危険率5%以下で行った。

骨格異常個体の出現状況 主要な骨格形態異常の有無は、取上げた稚魚を無作為に100尾抽出して10%海水ホルマリンで固定後に観察した。観察項目は顎骨と中軸骨格とし、顎骨は上顎骨と下顎骨の長短の異常の有無について目視観察し、明らかな異常個体のみを骨格異常魚とした。中軸骨格は軟X線装置(軟X線フ

イルム用プロセサー FIP800：富士写真フィルム）を用いて30秒間20kVp, 2mA で撮影した写真を3～4倍の実体顕微鏡下で目視観察して異常の有無を観察し、中軸骨格の癒合、湾曲が見られる個体を異常個体とした。

ワムシの摂餌数（試験1） ヒラメ仔魚のワムシ摂餌数の観察は日齢4以降に実施した。対照区では午前8時40分と午後15時の2回給餌を行っており、それぞれ給餌5分前と給餌40分後に仔魚をサンプリングしてワムシ摂餌数を観察した。ほっとけ飼育区では給餌作業はないが、対照区のサンプリングと同じ時刻に実施した。午前の給餌前後はそれぞれ、午前給餌前、午前給餌後、午後の給餌前後は午後給餌前、午後給餌後と定義し、必要に応じて給餌前、給餌後のみの標記とした。仔魚は柱状サンプリングで採集し、ワムシ摂餌数は30尾の仔魚を1尾ずつカバーガラスで押しつぶし、光学顕微鏡下でワムシ咀嚼器の数を計数した。午前の観察はワムシ摂餌期間中毎日、午後の観察は日齢6、11および16について行った。

ワムシ栄養価の分析（試験2） 飼育水槽中のワムシ栄養価の分析は、仔魚のワムシ摂餌が活発になる日齢10に実施した。ワムシの分析サンプルは、対照区では給餌直後の8時40分～9時10分の間、排水口にプランクトンネットを設置して採取した。ほっとけ飼育区では同時刻に一時的な換水を行い、同様の方法でサンプルを採取した。採取後は水道水で洗浄した後、ネットで十分に水切りを行い、-80℃で冷凍保存した。

栄養分析は一般分析と脂肪酸分析について実施し、一般分析では水分、灰分、タンパク質、全脂質、炭水化物の構成比率、脂肪酸分析では主な脂肪酸20項目についての構成比率および含有量を測定し、これらの結果から乾燥重量100g当たりの含有量を算出した。水分は105℃の常圧加熱乾燥法、灰分は直接灰化法、

タンパク質はマイクロ・ケルダール法、全脂質はクロロホルム・メタノール混液抽出法により行った。炭水化物については、全量から水分、灰分、タンパク質、全脂質を差し引いて求めた。

結 果

仔稚魚の生残と成長 飼育結果の概要を表1、浮遊期の生残率の推移を図1に示した。生残率は日齢15で90.2～100%であり、浮遊期の飼育では疾病の発生や大きな減耗はなく良好に推移し、対照区とほっとけ飼育区に明瞭な差は認められなかった。各試験区の成長の推移は図2に示した。試験1では、日齢7までは成長に有意な差はなく、日齢10以降はほっとけ飼育区の成長が有意に高くなった。試験2では、日齢20までは成長に有意差はなかったが、日齢25以降はほっとけ飼育区の成長が有意に高くなった。

形態異常の出現状況 形態異常の出現状況を表2に示した。試験1におけるほっとけ飼育区の形態異常率は1%であり、尾椎癒合が1尾のみであった。対照区の形態異常率は73%であり、腹椎および尾椎の癒合割合が高く、2ヶ所以上が癒合する重篤な個体は短軀症状を示した。試験2では、ほっとけ飼育区の形態異常率は2%であり、尾椎癒合が2尾のみであった。対照区の形態異常率は22%であり、腹椎の癒合割合が高くなった。

ワムシの摂餌数 試験1のワムシ給餌量は、ほっとけ飼育区が2.5億個体、対照区が83.3億個体であった。ワムシ密度の増加状況は、ほっとけ飼育区では給餌後に飼育水槽内で序々にワムシが増加し、日齢10には約40個体/mlとなり、その後もワムシは順調に増殖した（図3）。ヒラメ仔魚のワムシ摂餌数の推移を図4に示した。午前の平均ワムシ摂餌数は日齢とともに増加し、

表1 飼育結果の概要

試験区	受精卵 収容個数 (万粒)	ふ化 尾数 (万尾)	ふ化率 (%)	日齢15 ^{*1} の生残率 (%)	飼育結果 ^{*2}			
					日齢	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	ワムシ給餌量 (億個体)
試験1 対照区	42.9	41.4	96.5	97.6	43	13.8	30.1	83.3
ほっとけ飼育区	42.9	42.9	100.0	90.2	47～55	28.4	11.8	2.5
試験2 対照区	26.9	27.7	103.0	97.1	49	24.8	13.6	46.6
ほっとけ飼育区	26.9	20.7	77.0	100.0	49	30.0	6.7	2.0

*1 生残率は飼育方法の異なっている飼育初期の生残率で評価した。

*2 飼育を終了した日齢が大きく異なっていること、別途実施した試験によるサンプリングおよび、生産数調整のための廃棄数が多いため、生残率は算出していない。

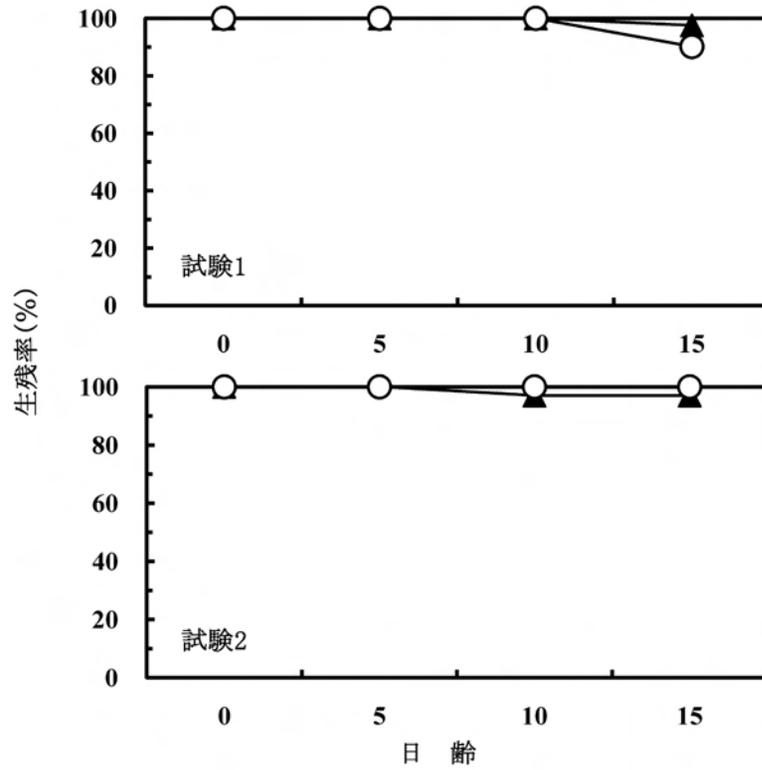


図1 浮遊期の生存率の推移
○：ほっとけ飼育区, ▲：対照区

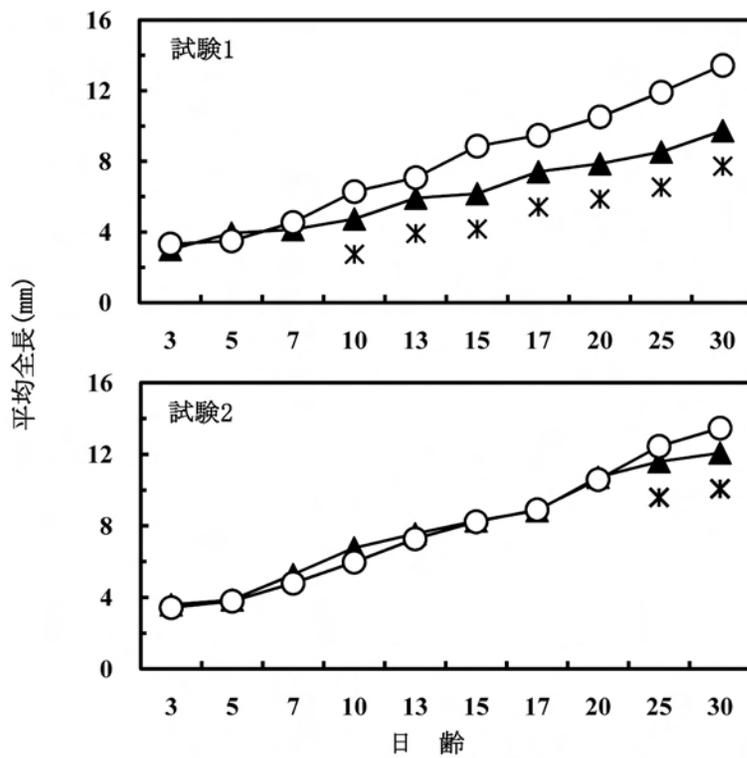


図2 飼育期間中の平均全長の推移
○：ほっとけ飼育区, ▲：対照区
米印は有意差（危険率5%）があることを示している

表2 主な形態異常出現状況の概要

試験区	観察個体 (個体)	正常率 (%)	異常率 (%)	顎骨 (個体)			中軸骨格 (個体)				
				正常	上顎 異常	下顎 異常	正常	腹椎骨		尾椎骨	
								癒合	湾曲	癒合	湾曲
試験1 対照区	100	17.0	73.0	98	0	2	17	76	1	83	5
ほっとけ飼育区	100	99.0	1.0	100	0	0	99	0	0	1	0
試験2 対照区	100	78.0	22.0	100	0	0	78	20	0	5	0
ほっとけ飼育区	100	98.0	2.0	100	0	0	98	0	0	2	0

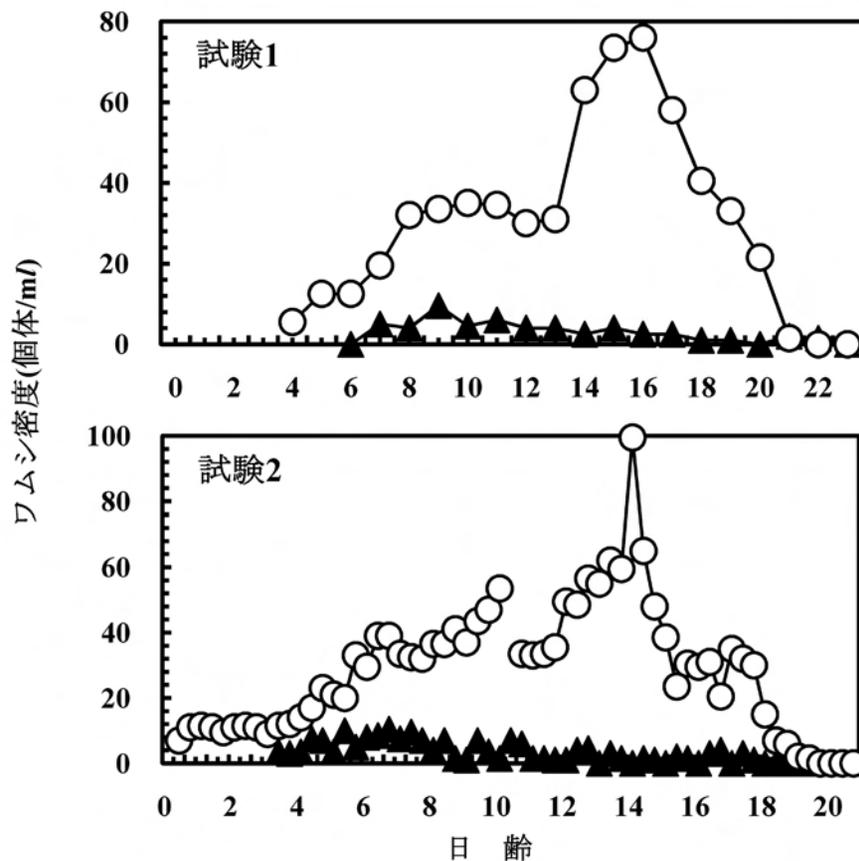


図3 飼育期間中のワムシ密度の変化
○：ほっとけ飼育区，▲：対照区

対照区では給餌前よりも給餌後の摂餌数が明らかに多くなった。日齢6、11および16におけるワムシ摂餌数を図5に示した。日齢6のほっとけ飼育区の摂餌数は、対照区より顕著に多い傾向にあった。また、対照区では、午前中の観察では給餌前の方が多く、午後では給餌後に摂餌数が多くなった。日齢11では、対照区で給餌前と給餌後にワムシ摂餌数が顕著に増加した。日齢16では、午前の給餌前のみほっとけ飼育区のワムシ摂餌数が多くなったが、それ以外では対照区の方が多くなった。また、日齢11と同様に対照区では、給餌前と

給餌後では顕著に摂餌個体数が増加した。

ワムシ栄養価の分析 試験2のワムシ給餌量は、ほっとけ飼育区が2.0億個体、対照区が46.6億個体であった。ワムシ密度の増加状況は、ほっとけ飼育区では給餌後は飼育水槽内で徐々に増加し、日齢10には53個体/ml、日齢14で99個体/mlとなり、ワムシは順調に増殖した(図3)。対照区の日齢10における午前の給餌前の飼育水中ワムシ個体数は1.5個/mlであり、1.7億個体(9.4個/ml)給餌した。対照区では給餌30分後には6.0個/mlであったが、その後は0.5~1.0個/ml

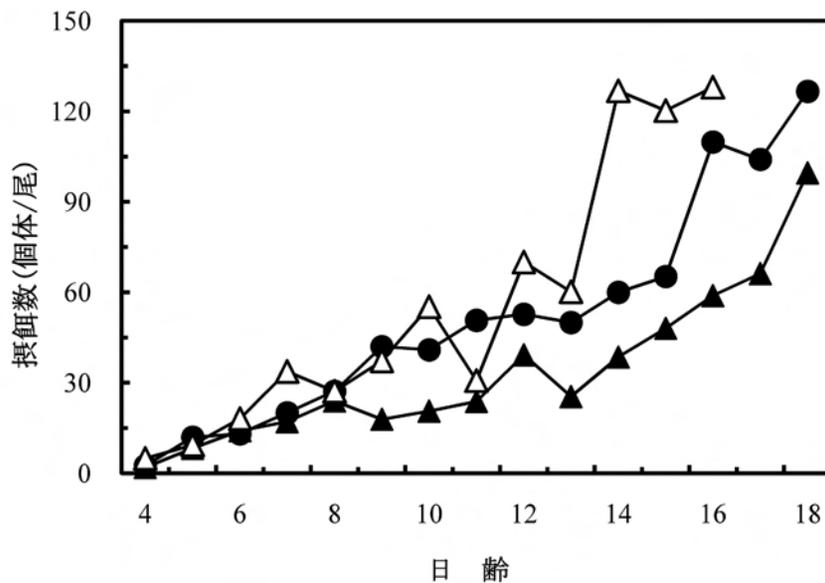


図4 飼育期間中の午前のワムシ摂餌個体数の推移 (試験1)
 ほっとけ飼育区 △：午前
 対照区 ▲：午前給餌前, ●：午前給餌後

であり、給餌2時間までに飼育水中のワムシ密度は摂餌もしくは換水による流出により減少した。

ワムシの栄養分析結果を表3に示した。乾燥重量100g当たりの脂肪酸含量はほっとけ飼育区が高かった。20種類の脂肪酸組成は、ほっとけ飼育区ではC20:4(アラキドン酸), C20:5(エイコサペンタエン酸, 以下, EPA) および C22:5の含有量が高く、特にC20:4とC20:5では、対照区の4~12倍量に達した。一方, C16:2, C18:2, C18:3, C22:6(ドコサヘキサエン酸, 以下, DHA) は対照区で高い含有量を示していた。

考 察

ほっとけ飼育では疾病の発症が少ないこと²⁾、骨格異常が少ないこと³⁾が報告されているが、その理由の一つとして飼育の特徴である止水飼育期間中の餌料環境にあると考え、仔魚のワムシ摂餌状況とワムシの栄養価について一般的な飼育手法と比較検討した。

今回行った2回の飼育試験で疾病の発症は認められず、また浮遊期の生残数にも顕著な差は認められず疾病防除の効果を示すことはできなかった。一方、両試験ともにほっとけ飼育では仔魚の成長は良好で、骨格形態異常率も極めて低かった。

ワムシの摂餌状況を比較すると、1日2回の給餌を行う対照区では摂餌数は給餌に強く影響され、特に日齢10以降ではその傾向が顕著に見られたことから、仔

魚が摂餌したい時間に十分量摂餌できる給餌手法ではないと言える。一方、飼育開始時に1度だけ給餌するほっとけ飼育区では、日齢6以降は成長に伴って摂餌能力も向上するため、観察時にはすでに大量のワムシを摂餌しており、常時飼育水中に高密度のワムシがいるほっとけ飼育は、仔魚が摂餌したい時間に、常に十分量を摂餌できる環境であると言える。稚魚以降では自発的に十分な摂餌ができた場合には、ストレスの軽減や免疫機能の向上に効果があることが知られており⁴⁻⁵⁾、この様なことも疾病が生じにくい一因であると考えられる。また、稚魚以降では自発的な摂餌により十分な摂餌ができた場合には、高成長が得られる事例はすでに報告されていることから⁶⁻⁷⁾、十分な摂餌環境が高成長や骨格形成に有利に働いていると考えている。

両試験区の飼育水槽中のワムシの栄養価は、一般組成ではほっとけ飼育区が圧倒的に高く、脂肪酸組成もEPAが突出して多くなった。これは飼育水中に高濃度でナンノクロロプシスを添加する効果と考えられる⁸⁾。一般的に海産魚類では脂肪酸の中でもDHAやEPAに代表されるn-3HUFAの含量が成長や生残、活力向上に重要であると考えられており⁹⁻¹⁰⁾、ヒラメ仔魚では体内に蓄えられたEPA, DHA等のn-3HUFA量の違いにより成長や生残に差がみられることが報告されている¹¹⁾。ほっとけ飼育区のワムシは対照区と比較してDHA量は若干少ないものの、EPA

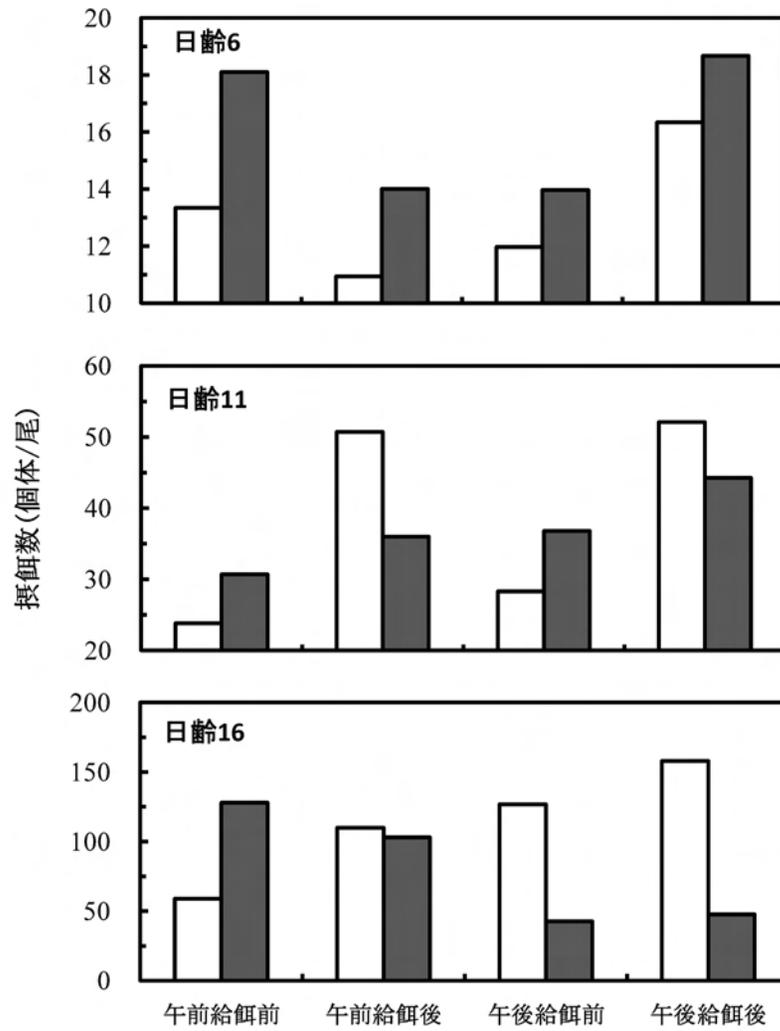


図5 飼育期間中のワムシ摂餌個体数の推移(試験1)
 ほっとけ飼育では給餌を実施していないため、対照区におけるワムシ給餌を示している
 □：対照区， ■：ほっとけ飼育区

表3 試験2におけるワムシ栄養分析結果の概要

分析項目	対照区		ほっとけ飼育区	
	組成比 (%)	含有量 (mg) *	組成比 (%)	含有量 (mg) *
水分	90.1		84.9	
一般組成				
灰分	2.1		2.2	
タンパク質	5.8		9.2	
全脂質	1.1		1.4	
炭水化物	0.9		2.3	
脂肪酸				
C14:0 (ミリスチン酸)	3.7	(105.9)	4.7	(207.4)
C14:1 (ミリストレイン酸)	1.2	(34.4)	0.5	(22.1)
C16:0 (パルミチン酸)	19.1	(546.7)	22.2	(979.7)
C16:1 (パルミトレイン酸)	3.7	(105.9)	11.8	(520.7)
C16:2(ヘキサデカジエン酸)	2.1	(60.1)	0.0	(0.0)
C16:3(ヘキサデカトリエン酸)	0.0	(0.0)	0.0	(0.0)
C18:0 (ステアリン酸)	6.7	(191.8)	3.8	(167.7)
C18:1 (オレイン酸)	6.0	(171.8)	6.0	(264.8)
C18:2 (リノール酸)	22.6	(646.9)	4.5	(198.6)
C18:3 (リノレン酸)	5.4	(154.6)	0.0	(0.0)
C20:0 (アラキジン酸)	0.0	(0.0)	0.0	(0.0)
C20:1 (エイコセン酸)	2.6	(74.4)	1.3	(57.4)
C20:4 (アラキドン酸)	1.8	(51.5)	4.5	(198.6)
C20:5 (EPA)	2.6	(74.4)	20.6	(909.1)
C22:0 (ベヘン酸)	0.0	(0.0)	0.0	(0.0)
C22:1 (エルシン酸)	2.8	(80.2)	1.5	(66.2)
C22:5 (DPA)	0.7	(20.0)	3.8	(167.7)
C22:6 (DHA)	2.5	(71.6)	0.5	(22.1)
C24:0 (リグノセリン酸)	1.0	(28.6)	1.2	(53.0)
C24:1(テトラコセン酸)	1.0	(28.6)	0.9	(39.7)
未同定	14.5	(415.1)	12.2	(538.4)
合計	100.0	(2862.5)	100.0	(4413.2)

*含有量は乾燥重量100g当たりの量として表示した

が豊富に含まれているため、n-3HUFAの総量では6倍量以上となった。このようなワムシを摂餌することにより成長に対し有利に働いたと推察される。さらに、近年、アラキドン酸は一部の熱帯性魚種の生残率の向上と安定化の効果が得られると報告されており¹²⁾、ヒラメのような温帯性魚類での効果について知見が不足しているものの、ほっとけ飼育区のワムシではアラキドン酸も豊富に含まれていることから、本飼育手法に見られる生残結果の安定性についても注目している。

今後は飼育手法によるストレス指標の比較を行うとともに、実証事例数を重ねて骨格形態異常の出現状況や成長についての知見を集積していきたい。

文 献

- 1) 社団法人日本栽培漁業協会 (1998) ヒラメの種苗生産マニュアルー「ほっとけ飼育」による飼育方法ー, 栽培漁業技術シリーズ4.
- 2) 高橋庸一 (1999) ヒラメ仔魚の「ほっとけ飼育」による疾病防除の可能性. アクアネット11月号, 38-42.
- 3) 森田哲男 (2001) 「ほっとけ飼育」と「通常飼育」におけるヒラメ種苗生産, 日裁協年報, 平成13年度, 134-139
- 4) 矢田 崇 (2001) 魚類における免疫ー内分泌研究の展開, 日本比較内分泌学会ニュース, 103, 27-31.
- 5) Espelid S, G.B Lokken, K Steiro, J Bogward (1996) Effects of cortison and stress on the immune system in Atlantic salmon (*salmo salar* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 6, 95-110.
- 6) 鈴木絃子・吉澤和具・佐藤敦彦・垣田誉志史・清水延浩・松井資元・小暮泰代・下条義信・樋口正仁 (2007) ニシキゴイの稚魚における14次選別までの自発摂餌導入の可能性, 日本水産学会春季大会講演要旨集34.
- 7) 島 隆夫 (2008) めざせ養殖改革「稚魚用自発摂餌システムー種苗生産技術の高度化」, 独立行政法人水産総合研究センター第3回技術交流セミナー要旨集, pp13
- 8) 小林孝幸・長瀬俊哉・藏野憲秀・日野明德 (2005) 高密度ナンノクロロプシスを用いた連続培養L型ワムシ *Brachionus plicatilis* の脂肪酸組成, 日水誌, 71, 328-334.
- 9) Watanabe T, Izquierdo M.S, Takeuchi T, Satoh S, Kitajima C. (1989) Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in term of essential fatty acid efficacy in larval red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1635-1640.
- 10) 佐藤敦一, 竹内俊郎 (2009) マガレイ仔魚のドコサヘキサエン酸 (DHA) 要求, 日水誌, 75, 28-37.
- 11) Hirofumi Furuita, K.Konishi, T.Takeuchi (1999) , Effect of different levels of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in *Artemia nauplii* on growth, survival and salinity tolerance of larvae of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*, *Aquaculture*, 1, 59-71.
- 12) 国際農林水産業研究センター (2006), 熱帯性魚類の稚魚を大量・安定に供給できる技術の開発, プレスリリース

電解処理海水で飼育したクエ稚魚に出現する頭部の皮膚異常

井手健太郎*1・岩崎隆志*1・渡辺研一*1,2

(*1 上浦栽培技術開発センター, *2 現, 東京農業大学生物産業学部)

ハタ類のクエ *Epinephelus bruneus*, マハタ *E. septemfasciatus* は, 現在, 魚価が低迷しているブリ *Seriola quinqueradiata*, マダイ *Pagrus major*, ヒラメ *Paralichthys olivaceus*, トラフグ *Takifugu rubripes* などに替わる放流あるいは養殖対象魚類として注目されている。

近年の種苗生産技術の飛躍的な発展により, 1 機関あたり数万~数十万尾の種苗を生産することが可能になった¹⁾。この要因の一つとしてハタ類の重要疾病であるウイルス性神経壊死症 (以下, VNN) の防除技術の開発が挙げられる^{2,3)}。しかし, ハタ類では種苗生産段階だけではなく育成段階においても本症の出現が見られることから, VNN 防除対策として電解殺菌処理後に活性炭処理した海水 (以下, 電解処理海水) を用いて飼育を行わなければならない。一方, 電解処理海水による流水飼育では頭部の皮膚に異常 (写真 1) が出現する事例が見られ, 健苗育成の点から問題になっている。

そこで, 電解処理海水に残留する微量なオキシダントと頭部皮膚異常の出現との関連性を調べ, 防除手法の可能性について検討した。

材料と方法

供試魚 供試した稚魚は, 上浦栽培技術開発センターで養成したクエ親魚から得た受精卵を用いて生産した。収容時 (日齢66) の平均全長は4.0cm (3.4~5.1cm) であった。この時点では, 頭部皮膚異常は認められなかった。

飼育方法 水槽には500ℓ 黒色ポリエチレン水槽 (実水量400ℓ) 5面を用い, 1水槽あたり170尾ずつを収容した。水温は自然水温とし, 気温が高い時期 (8月17日~9月20日) はウォーターバスにより水温が26℃を超えないようにした。飼育用水には電解処理海水 (処理時のオキシダント濃度0.3mg/ℓ) を使用し, 配管末端のラブコックで水面へ放射状に注水し, ストレーナーとサイホンホースで水槽底面から排水した。通気は水槽底面に設置したエアストーン1個で行った。餌料は市販の配合飼料 (おとひめ EP-2, おとひめ EP-3; 日清丸紅飼料) を手撒きで1日1~2回, 週に5~6日与えた。底掃除は適宜行った。

試験区 試験区は, 高換水率区, 低換水率区, チオ硫酸ナトリウム添加区, 淡水クロレラ添加区および貝

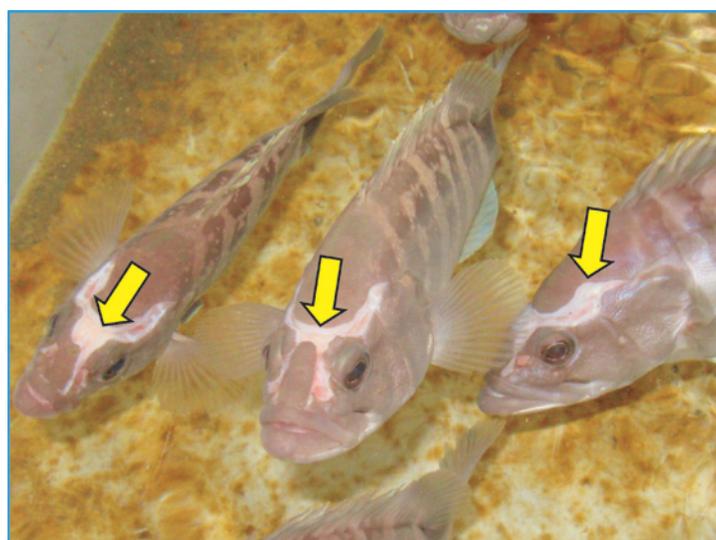


写真1 マハタの頭部皮膚異常 (矢印)

化石添加区の5区を設けた。各試験区の換水率は高換水率区は換水率10回転/日とし、その他の試験区は換水率3回転/日とした。さらに、チオ硫酸ナトリウム添加区では残留オキシダントを中和する過剰量のチオ硫酸ナトリウム(0.1mg/ℓを維持)を定量ポンプで連続滴下した。淡水クロレラ添加区では、濃縮淡水クロレラ(生クロレラV-12;クロレラ工業)を定量ポンプで連続滴下し密度50~100万細胞/mlを維持した。貝化石添加区では貝化石(フィッシュグリーン;グリーンカルチャー)を24g/日となるように、自動給餌器とタイマーを用いて添加した。

なお、試験開始後24日目まで何れの試験区においても頭部の皮膚に異常がみられなかったため、全区の換水率を3倍に増やし、添加するチオ硫酸ナトリウム、濃縮淡水クロレラおよび貝化石の量も3倍とした。

試験期間 飼育試験は2009年8月17日から開始し、各試験区で頭部の皮膚異常の出現が認められた10月21日までの65日間行った。

環境測定 高換水率区では、飼育水温と注水中の遊離塩素濃度(DPD法)を1日1回測定した。他の試

験区は、今回用いた測定法では遊離塩素濃度は検出限界以下だったため測定しなかった。

生残と成長 試験終了時に各試験区の生残尾数を計数し、各区30尾の全長と体重を測定した。

頭部皮膚異常の判定 取り上げた個体は、2-フェノキシエタノール(和光純薬工業)で麻酔(0.5ppm)した後、頭部の皮膚の状態を目視で観察した。観察部位は鼻孔周辺、前頭部付近、頭頂部付近および眼下部付近とし、さらに異常の程度を面積により3段階(重度、軽度および異常無し)に分けた(写真2)。

結 果

水温および遊離塩素濃度 試験期間中の水温は平均24.0℃(22.1~25.8℃)であった。高換水率区の遊離塩素濃度は平均0.016 mg/ℓ(0.01~0.02 mg/ℓ)であった。

成長と生残 試験終了時の全長、体重および生残率を表1に示した。平均全長は、貝化石添加区(10.5cm) > 低換水率区 = 淡水クロレラ添加区(10.2cm) > 高

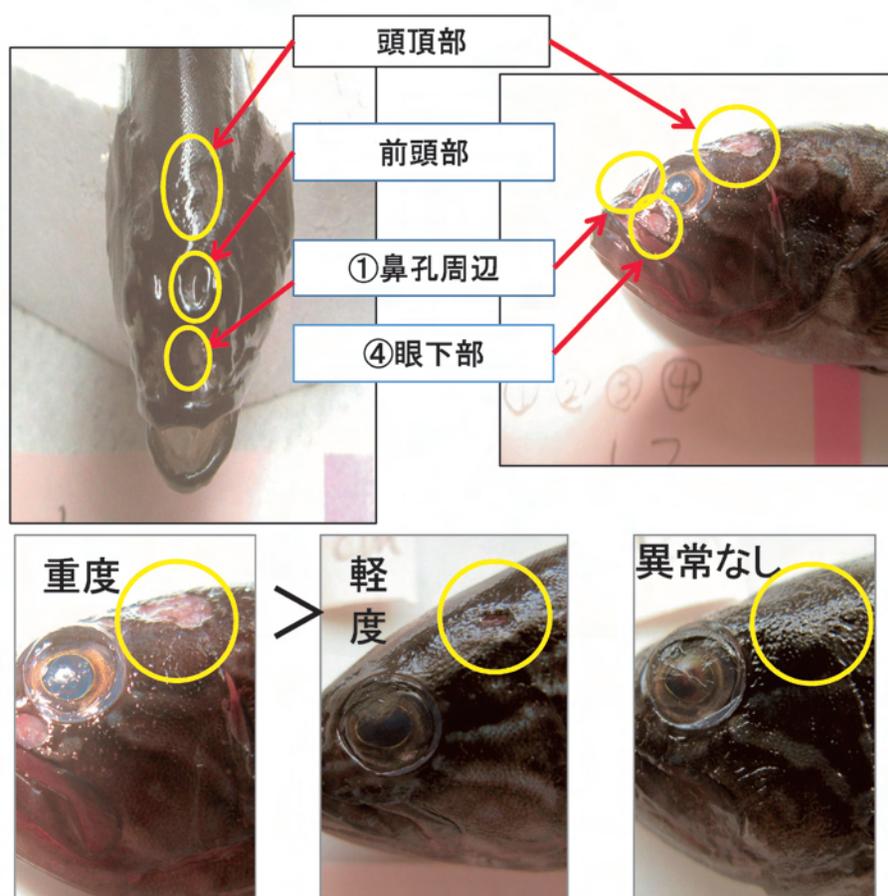


写真2 頭部皮膚異常の出現箇所および異常の程度

表1 頭部皮膚異常の防除試験におけるクエ稚魚の成長と生残

	収容時			取り揚げ時		
	全試験区	高換水率区	低換水率区	チオ硫酸ナトリウム 添加区	濃縮淡水クロレラ 添加区	貝化石添加区
平均全長(cm)*	4.0	9.4	10.2	-	10.2	10.5
範囲	(3.4-5.1)	(7.5-11.2)	(8.4-11.2)		(8.7-12.0)	(8.6-12.2)
平均体重(g)*	ND**	13.3	15.6	-	14.8	16.5
範囲		(7.3-20.2)	(9.2-20.8)		(9.7-20.8)	(10.2-23.7)
取上げ尾数(尾)	170	154	154	0	163	152
死亡尾数(尾)	-	1	7	123	0	3
不明尾数(尾)	-	15	9	47	7	15
生残率(%)	100	90.6	90.6	0	95.9	89.4

*:n=30, **:未測定



写真3 チオ硫酸ナトリウム添加区の衰弱魚 (試験開始後37日目)

換水率区 (9.4cm) であった。最も成長の低かった高換水率区では、残留オキシダントの影響と考えられる尾鰭の糜爛が顕著に見られた。また、生残率は淡水クロレラ添加区 (95.9%) > 高換水率区 = 低換水率区 (90.6%) > 貝化石添加区 (89.4%) であった。チオ硫酸ナトリウム添加区では、試験開始後36日目に頭部に白いかさぶた状のものが出現し、37~38日目に全滅した。衰弱個体の体表全体には、粘液が固まったと考えられる白いかさぶた状のものが観察された。(写真3)。

頭部皮膚異常の出現状況 頭部皮膚異常の出現状況を表2に示した。試験開始後23日目までは、全試験区とも頭部皮膚異常の発生はみられなかった。24日目以降に全試験区の換水率を3倍に高めたところ、高換水率区では増加後7日目に、低換水率区と淡水クロレラ添加区では同15日目に頭部の皮膚に異常が観察され

た。異常は最初に頭頂部に出現し、その後前頭部、眼下部、鼻孔部の順に広がる傾向が見られた。

試験終了時の部位別の出現状況を表3に示した。各試験区の頭部皮膚異常の出現率 (チオ硫酸ナトリウム添加区を除く) は、高換水率区 (100%) > 濃縮淡水クロレラ添加区 (95.7%) > 低換水率区 (85.7%) > 貝化石添加区 (0.7%)、となり貝化石添加区以外で異常の出現率が高く、特に高換水率区では顕著な異常が認められた。異常の出現部位は各試験区とも頭頂部と前頭部周辺が最も多く、鼻孔部と眼下部のみに出現した個体は見られなかった。重症の個体ではすべての部位に異常が出現する傾向が認められた。なお、チオ硫酸ナトリウム添加区で試験開始後37~38日目に死亡した個体には、頭部皮膚異常の出現は見られなかった。

表2 頭部皮膚異常防除試験における異常の出現状況

年月日	試験開始後日数	
2009/8/17	0	試験開始。
2009/9/10	24	全区で頭部皮膚異常は見られないため、全試験区の換水率を3倍に増加。濃縮淡水クロレラ、チオ硫酸ナトリウムおよび貝化石の量も3倍に増加。
2009/9/17	31	高換水率区で頭部皮膚異常が見られ始めた。
2009/9/23	37	チオ硫酸ナトリウム添加区81尾死亡。
2009/9/24	38	チオ硫酸ナトリウム添加区39尾死亡により全滅。 この頃、低換水率区と濃縮淡水クロレラ添加区でも頭部皮膚異常が見られるようになった。
2009/10/7	51	高換水率区で頭部皮膚異常がより目立ってきた。 貝化石添加区のみ未だ頭部皮膚異常は見られない。
2009/10/21	65	試験終了。

表3 試験終了時の頭部皮膚異常の部位別の出現状況

	高換水率区	低換水率区	チオ硫酸ナトリウム 添加区	濃縮淡水クロレラ 添加区	貝化石添加区
前頭部	154*	105	-	146	0
頭頂部	153*	103	-	134	1
鼻孔周辺	154*	0	-	0	0
眼下部	151*	0	-	1	0
異常なし	0	22	-	7	151
頭部皮膚異常出現率(%)	100	85.7	-	95.7	0.7
合計(尾)	154	154	-	163	152

* :症状が重度

考 察

VNN 防除対策のため電解処理海水を用いてクエ稚魚の流水飼育を行った結果、頭部に皮膚異常が出現し、この傾向は換水率が高いほど顕著となる傾向が確認された。マハタ³⁾、シロギス⁴⁾、ヒラメ⁵⁾、マツカワ⁶⁾、シマアジ⁷⁾ やクロマグロ⁸⁾ 受精卵のふ化管理時に微量のオキシダントを含む殺菌海水を流水状態で用いることにより、ふ化率が低下することが報告されており、オキシダント濃度、換水率、経過時間との関連性が指摘されている。また、クエでは種苗生産期中および中間育成中に尾鰭の糜爛⁹⁾ が、マツカワ⁶⁾ およびヒラメ^{10,11)} では有眼側の体色異常(白化)の出現が報告されており、本種の頭部皮膚異常の出現も用水中のオキシダントの影響が推察された。

一般に、オキシダントは、残留量が微量であれば飼育海水中の有機物等と反応して減衰する¹²⁾ とされている。本試験では、高換水率区以外では残留オキシダント濃度を測定しなかったため判断はできないが、有機物である濃縮淡水クロレラを添加した試験区では皮膚異常が出現し、貝化石を添加した試験区ではほとんど出現が見られなかった。貝化石は、有孔虫化石を細砕した多孔質物質であり、表面の微細な穴に水中の有害物質を吸着することができると考えられており¹³⁾、

貝化石では頭部皮膚異常の出現に影響を及ぼし、かつクロレラのような有機物では除去できない何らかの物質を吸着できた可能性がある。これらの結果から、貝化石の添加が頭部皮膚異常の防除に有効である可能性が示された。しかし、本試験での貝化石添加量は、実用規模に換算すると経済的に現実的ではなく、適正な添加量について更なる検討を要する。

また、残留オキシダントは、チオ硫酸ナトリウムにより中和される¹²⁾ が、本試験では試験中途の全滅によりチオ硫酸ナトリウムの添加効果は明らかにできなかった。

電解処理海水による飼育用水の殺菌処理は、多くの海産魚のウイルス性疾病防除に有効な手段である^{6,7,14-17)}。しかし、残留オキシダントが原因と考えられる頭部皮膚異常などの形態異常は、放流用および養殖用種苗の健全性の面から問題となる。本試験で有効性が示唆された貝化石の適正な添加量の把握を行うとともに、紫外線殺菌装置を併用した海水殺菌方法や閉鎖循環飼育の導入等により、形態異常の防除も考慮した疾病対策の確立が必要と考える。

文 献

- 1) 照屋和久・與世田兼三(2006)クエ仔魚の成長と

- 生残に適した初期飼育条件と大量種苗生産試験. 水産増殖, **54**, 187-194.
- 2) 森 広一郎・虫明敬一 (2006) 親魚管理による種苗期疾病の防除. **72**, 246-249.
 - 3) 土橋靖史・栗山 功・黒宮香美・柏木正章・吉岡 基 (2002) マハタ種苗生産におけるウイルス性神経壊死症 (VNN) の防除対策の検討. 水産増殖, **50**, 355-361.
 - 4) 磯野良介・伊藤康男・木下秀明・木戸勝利 (1993) シロギス卵・稚魚の生残に及ぼす海水オゾン処理の影響. 日本水産学会誌, **59**, 1527-1533.
 - 5) 三村 元・長瀬俊哉・片山泰人・長光貴子・難波憲二 (1998) オゾン処理海水のヒラメ, *Paralichthys olivaceus* 卵に対する影響. 水産増殖, **46**, 101-110.
 - 6) 渡辺研一 (2000) マツカワに発生したウイルス性神経壊死症の防除対策に関する研究. 特別研究報告15号, 社団法人 日本栽培漁業協会, 東京.
 - 7) 有元 操 (1995) シマアジのウイルス性神経壊死症に関する研究. 特別研究報告10号, 社団法人 日本栽培漁業協会, 東京.
 - 8) 今泉 均・武部孝行・二階堂英城・井手健太郎・升間主計 (2006) 海水中に残留した微量オキシダントがクロマグロ受精卵のふ化に及ぼす影響. 栽培センター技報, **5**, 34-38.
 - 9) 高橋 誠 (2002) クエの種苗生産試験. 平成12年度日本栽培漁業協会事業年報, 327-329.
 - 10) 山田徹生・藤波祐一郎・熊谷厚志 (2004) オゾン処理海水がヒラメ稚魚の白化出現に及ぼす影響. 栽培漁業センター技報, **1**, 35-37.
 - 11) 藤波祐一郎・熊谷厚志 (2006) オゾン殺菌装置と電気分解式殺菌装置で殺菌処理した海水がヒラメの生残と有眼側色素異常に及ぼす影響. 栽培漁業センター技報, **56**, 39-42.
 - 12) 三村 元 (1998) 種苗生産に使われる殺菌装置のメカニズムと利用上の注意. 栽培漁業 技術研修事業基礎理論コース種苗期疾病対策シリーズ No.10, 日本栽培漁業協会, 1-27.
 - 13) 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.
 - 14) 虫明敬一・有元 操 (2000) シマアジのウイルス性神経壊死症 (VNN) に関する防除対策. 栽培技研, **28**, 47-55.
 - 15) 独立行政法人水産総合研究センター (2008) ヒラメ VNN 防除に関するこれまでの取り組み. 栽培漁業技術シリーズ.
 - 16) 手塚信弘・升間主計・武部孝行・二階堂英城・井手健太郎 (2004) クロマグロ種苗生産におけるオキシダント処理海水のウイルス性神経壊死症 (VNN) への防除効果. 栽培漁業センター技報, **1**, 76-79.
 - 17) Katayose, M., K. Yoshida, N. Achiwa and M. Eguchi (2007) Safety of electrolyzed seawater for use in aquaculture. *Aquaculture*, **264**, 119-129.

エゾメバル稚魚に施した腹鰭抜去標識が成長に及ぼす影響と標識の残存状況

野田 勉・長倉義智・青野英明
(宮古栽培漁業センター)

日本では岩手県から北海道に分布するメバル属のエゾメバル *Sebastes taczanowskii* は、刺網や定置網等で漁獲される水産有用種であり¹⁾、根付魚のため構造物等に定着する習性から漁港整備と合わせた種苗放流が検討されている^{2,3)}。

エゾメバル種苗の放流においても、効果を定量的に把握するには放流魚の識別が不可欠であり、そのため標識は魚市場に水揚げされた放流魚を外見から識別でき、標識の残存率から水揚げ尾数を補正できるものが理想である⁴⁾。宮古栽培漁業センターでは、このような条件を満たす標識の一つとして、エゾメバルの近縁種であるクロソイ *S. schlegeli* に腹鰭抜去標識を施し、放流効果を把握してきた⁴⁻⁷⁾。しかし、マダイ *Pagrus major* の腹鰭抜去標識では魚体への悪影響が指摘されており⁸⁾、対象とする魚種ごとに本標識手法の影響を把握する必要がある。

このため本試験では、エゾメバル稚魚への腹鰭抜去が魚の成長に及ぼす影響と標識の残存状況について約2年間の継続飼育により調べたので報告する。

材料と方法

腹鰭の抜去方法 腹鰭の抜去は、ステンレス製の毛抜き(長さ120mm, 挟部の幅15mm)を用いて腹鰭を基部から引き抜く方法で行った。作業は2人で行い、一人が左右どちらかの腹鰭を抜去した。なお、作業にはクロソイで腹鰭の抜去を行う場合と同様に⁹⁾、「頭を上にして腹側から見た場合に右側を抜く、あるいは左側を抜く」と指示した。

供試個体 試験には2007年に宮古栽培漁業センターで生産したエゾメバル当歳魚を用いた。同一生産群の種苗400尾を同年8月6日に1kl水槽に収容し、全長 5.1 ± 0.5 cm(平均値 \pm 標準偏差)となった8月21日に無作為に100尾を抽出し、50尾ずつ左右どちらか一方の腹鰭を抜去した(以下、5cm区)。さらに、その4ヶ月後に平均全長 10.0 ± 0.7 cmとなった12月21日に、100尾を抽出して5cm区と同様の方法で腹鰭抜去を行った(以下、10cm区)。対照区として標識を施さない100尾を設けた。

飼育方法 エゾメバル稚魚の飼育は、5cm区は標識後28ヶ月、10cm区は標識後24ヶ月まで行った。稚魚の飼育には砂ろ過海水を用い、自然水温下で管理し

た。1日あたりの換水率は1,000~1,500%とした。餌料には市販の配合飼料(海産ソフト餌付用2.5, 海産ソフト3.3および海産ソフト4.4;坂本飼料)を用い、週に3~5回飽食量を与えた。

全長の測定 各区の個体の平均全長は、10cm区の腹鰭抜去標識を施した月を0ヶ月とし、その後1ヶ月毎に30尾を生かした状態で計測した。測定結果は、Tukey-Kramer法による多重比較検定を行い、各区間の差を比較した($P < 0.05$)。なお、測定後の個体は各区の水槽に戻して継続飼育した。

腹鰭抜去標識の残存の確認 標識の残存状態は、標識を施した日から1ヶ月毎に24ヶ月後まで目視で観察した。標識の判断基準は残存個体と脱落個体の2段階で行った。残存個体は、抜去した腹鰭が全く再生していない個体、および抜去した腹鰭が若干再生しているが識別が容易な個体とした。脱落個体は、抜去した腹鰭が9割以上再生して識別が困難な個体、および抜去した腹鰭が完全に再生して判別が不可能な個体とした。また、残存率として、収容尾数から標識が識別できなくなった個体を除いた値を求めた。抜去した腹鰭の左右の残存状況の比較は、t検定を用いて検定した($P < 0.05$)。

結 果

成長と生残 試験開始時の平均全長 \pm 標準偏差は、5cm区で 10.2 ± 0.6 cm, 10cm区で 10.0 ± 0.7 cm, 対照区で 10.0 ± 0.7 cmであり、各試験区の間で有意差は認められなかった($P > 0.05$)。平均全長は、5cm区が大きく対照区が小さい傾向が見られたが、腹鰭抜去時のサイズと成長に関連は見られなかった(図1)。試験終了時の24ヶ月後の平均全長は5cm区が 17.2 ± 0.9 cm, 10cm区が 17.0 ± 1.0 cmおよび対照区が 16.7 ± 1.1 cmであり、試験区間で有意差は認められなかった($P > 0.05$)。

各試験区の生残率の推移を図2に示した。5cm区では腹鰭抜去から3ヶ月後までに大きな死亡が見られ、その後も減耗が続いた。一方、10cm区と対照区では顕著な死亡は見られず、減耗状況は緩やかであった。腹鰭抜去から24ヶ月経過後の生残率は5cm区が66%, 10cm区と対照区が88%であった。

腹鰭抜去標識の残存状況 腹鰭抜去標識の残存率の

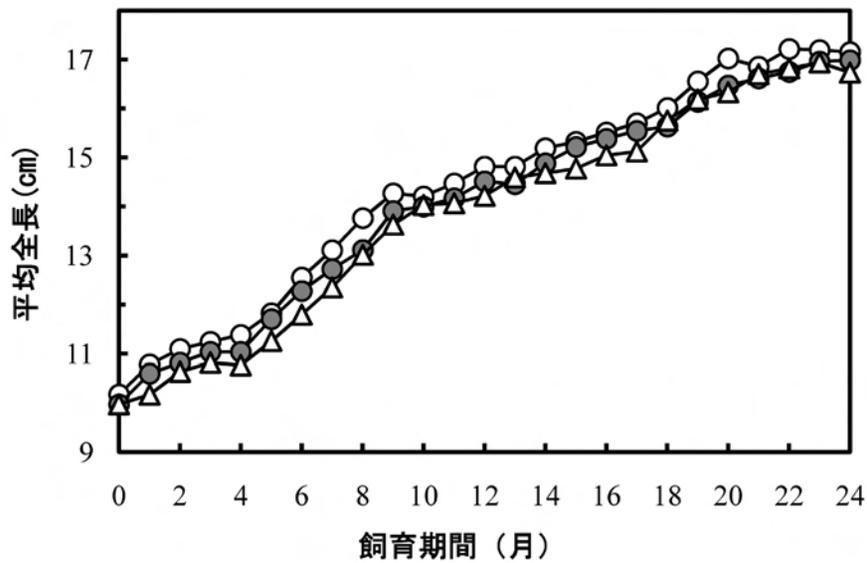


図1 各試験区における平均全長の推移

○5cm区 ●10cm区 ▲対照区

* 5 cm 区は約10cmに達するまで4ヶ月経過しているため、4ヶ月目を0ヶ月としている

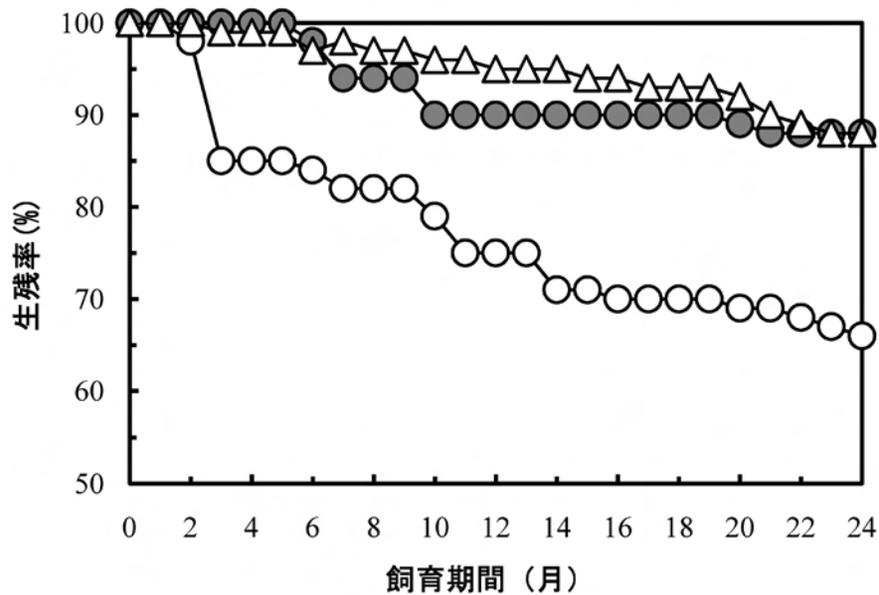


図2 各試験区における生残率の推移

○5cm区 ●10cm区 ▲対照区

推移を図3に示した。5 cm 区の残存率は3ヶ月後に約90%まで急激に低下し、その後も緩やかな減少傾向がみられた。一方、10cm区では11ヶ月後の残存率は95%まで低下したものの、12ヶ月後以降は低下は見られなかった。

腹鰭抜去標識の24ヶ月後の残存状況を左右別に表1に示した。5 cm 区の残存尾数は左が45個体、右が41個体と有意差はなかった ($P > 0.05$)。一方、10cm区は左が50個体、右が45個体となり有意差が認められた ($P < 0.05$)。

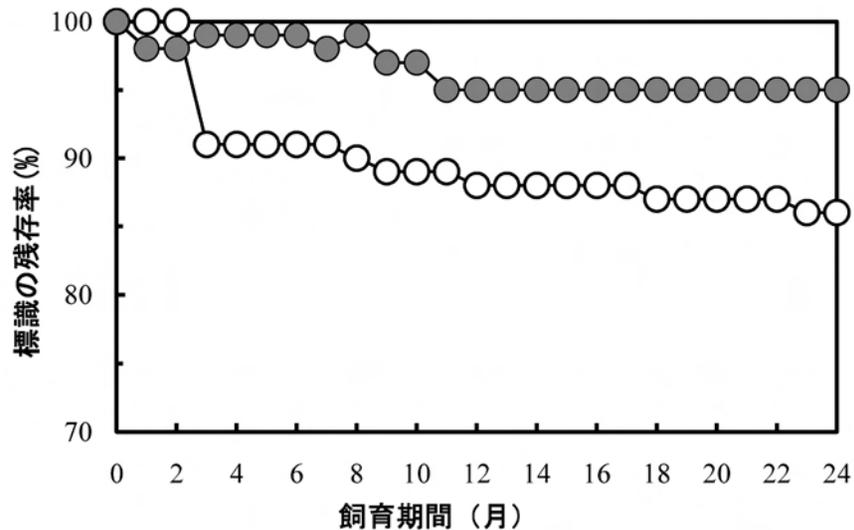


図3 各試験区における腹鰭抜去標識の残存率の推移

○-5cm区 ●-10cm区

表1 エゾメバルに施した腹鰭抜去標識の左右別の残存と脱落の概要

区分	5cm区			10cm区		
	残存 (左)	残存 (右)	脱落	残存 (左)	残存 (右)	脱落
生残個体数	34	24	8	44	41	3
死亡個体数	11	17	6	6	4	2
合計	45	41	14	50	45	5

考 察

エゾメバルに施した腹鰭の抜去が成長に与える影響を調べた結果、24ヶ月の飼育の範囲では成長への顕著な影響は見られなかった。全長4～10cmで腹鰭抜去したクロソイ稚魚でも、抜去時のサイズによる成長差は認められず⁷⁾、腹鰭の抜去が成長に与える影響はほとんどないと考えられた。

一方、腹鰭の抜去が生残状況に与える影響は、標識作業の直後には認められなかったが、5cm区では3ヶ月後までに生残率が85%まで低下した。エゾメバルでは、中間育成時に個体間の攻撃行動が確認されていることから¹⁰⁾、本試験においても小型個体が大型個体の攻撃により死亡した可能性が考えられる。

抜去した腹鰭の残存状態は、2年後でも5cm区が86%、10cm区が95%の個体で目視による識別が可能であり、標識としての有効性が示された。一方、左右の腹鰭では左側の抜去の残存率が高い傾向が見られた

が、これは抜去方法にあると考えられた。本試験では、作業員が右利きの場合、左手で稚魚の腹部を上にして尾を手前に持ち右手で抜去作業を行う。この時、左右の抜き間違いを防止するために野田ら⁹⁾の作業方式に従った指示を行うこととしているが、右手で抜きやすいのは左の腹鰭であるため、上記の結果になったことが原因として考えられる。クロソイでは放流魚の年級分離のため毎年左右交互に抜き分けているが⁴⁾、本試験の結果と同様に左側の残存率が高い傾向にあり(野田、未発表)、右腹鰭の抜去作業の際は、魚種に関わらず抜き損じの防止に一層注意する必要がある。

謝 辞

長期の継続飼育に協力いただいた宮古栽培漁業センターの熊谷厚志氏、菊池哲子氏、前川裕也氏に深くお礼申し上げる。

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, pp. 297-299.
- 2) 北海道 (2005) 海域別栽培漁業推進計画 (第5次栽培漁業基本計画付属), 北海道, 29 p.
- 3) 国土交通省北海道開発局 (2008) 第3種漁港久遠漁港. 国土交通省北海道開発局函館開発建設部江差港湾事務所資料, 3 p.
- 4) 大河内裕之 (2006) 栽培漁業技術開発の最前線 - II 放流効果の調査手法と標識技術. 日水誌, 72, 450-453.
- 5) 中川雅弘 (2008) クロソイの栽培漁業技術開発に関する研究. 水研センター研報, 25, 223-287.
- 6) 野田 勉・中川雅弘・大河内裕之 (2008) クロソイの放流効果と資源管理に向けた提言. 第18回日中韓水産研究者協議会論文集, 142-150.
- 7) 中川雅弘・大河内裕之 (2001) 水槽実験によるクロソイ小型種苗の腹鰭抜去標識の有効性. 栽培技研, 29, 9-11.
- 8) 林 泰行・檜山節久・木村 博 (1991) マダイ種苗放流における腹鰭抜去標識の弊害について. 栽培技研, 20, 41-45.
- 9) 野田 勉・中川雅弘 (2010) クロソイの栽培漁業技術 - 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.
- 10) 山岸 宏・高野和則・太田博己 (1984) エゾメバルの社会行動. 北大水産彙報, 35, 1-7.

若狭高浜漁協市場におけるヒラメの漁獲実態調査－2 －漁獲尾数の修正と放流効果の推定－

藤本 宏^{*1}・山田達哉^{*1}・山本岳男^{*1}・高橋庸一^{*1}・森田哲男^{*2}・塩澤 聡^{*3}

(^{*1} 小浜栽培漁業センター, ^{*2} 屋島栽培漁業センター, ^{*3} 奄美栽培漁業センター)

小浜栽培漁業センターおよび宮津栽培漁業センターでは、日本海沿岸におけるヒラメの放流効果を明らかにするため、そのほぼ中央部に位置する若狭湾をモデル海域として、2003年からヒラメ放流試験を開始した。これらの放流魚の追跡調査は、宮津栽培漁業センターでは2004年6月から京都府漁連の舞鶴市場と宮津市場の2カ所について、また小浜栽培漁業センターでは2004年7月から福井県高浜町の若狭高浜漁協市場で開始した。さらに、本種の広域に移動する習性から、これまでの府県単独による調査から関係府県が連携した市場調査の必要性が求められ、2004年より日本海沿岸の石川県～島根県（2005年より山口県参画）で「日本海中西部海域ヒラメ広域連携調査」が開始された。当センターが担当した若狭高浜漁協市場の調査結果は福井県へ提供し、県内全体のヒラメ漁獲量および放流魚の混入率のとりまとめに利用されている¹⁻⁵⁾。

前報⁶⁾で報告したように、当市場での調査は2004年7月～2005年10月は当センター職員が、2005年11月以降は専任調査員が行い、全日・全数調査から調査尾数を漁獲尾数とした。しかし、年別の平均体重（漁獲重量/漁獲尾数）を調べた結果、年によってバラツキがありこれまでの調査では見落としのあることが推察された。そこで、本報告では2004～2008年の5ヶ年間の

市場調査結果を再度見直し、全長測定データと月別漁獲重量データを基に漁獲尾数を再推定するとともに、新たに宮津、小浜栽培漁業センターで2003～2006年に実施した ALC 標識放流群の当市場での追跡調査結果についてとりまとめたので合わせて報告する。

材料と方法

標識放流試験の概要 2003～2006年の4年間に実施した若狭湾内の ALC 標識放流群の放流実施概要と放流地点を、表1および図1に示す。小浜栽培漁業センターでは、2003年に放流種苗（宮津栽培漁業センター産）の種苗性強化を目的に、タウリンを添加した試験用配合飼料を給餌した区（タウリン強化区）と市販の配合飼料を与えた区（タウリン未強化区）を福井県高浜町和田浜へ同時放流した（和田浜放流群）。2004年は自センター産の種苗を用いて福井県小浜市仏谷へ前年と同様にタウリンの強化区と未強化区を同時放流した（仏谷放流群）。また、宮津栽培漁業センターは、2004年から京都府宮津市の栗田湾由良川河口域の由良浜で、ALCの全数標識と焼印標識を施した全長10cmサイズ10万尾単位の放流を開始した（由良浜放流群）。なお、この場所での放流試験は現在も継続されている

表1 若狭高浜漁協市場で追跡した ALC 標識放流群の放流実施概要

年	月日	放流群	場所	尾数(尾)	大きさ(mm)	標識
2003	6/10	和田浜(タウリン強化) ^{*1}	福井県高浜町和田浜	56,000	86.8	ALC1重(47mm浸漬)
	6/10	和田浜(タウリン未強化) ^{*2}	〃	56,000	90.4	ALC2重(47, 56mm浸漬)
2004	7/12	仏谷(タウリン強化) ^{*1}	福井県小浜市仏谷	15,400	109	ALC2重(65, 80mm経口投与)
	7/12	仏谷(タウリン未強化) ^{*2}	〃	16,600	106	ALC1重(80mm経口投与)
	6/10	由良浜	京都府宮津市由良浜	100,000	112	ALC1重(35mm浸漬), 焼印背側2点
2005	6/13	由良浜	京都府宮津市由良浜	130,000	100	ALC1重(35mm浸漬), 焼印腹側2点
2006	6/19	由良浜	京都府宮津市由良浜	88,000	102	ALC1重(35mm浸漬), 焼印背側2点

*1: 試験用タウリン添加配合飼料を給餌

*2: 市販配合飼料を給餌

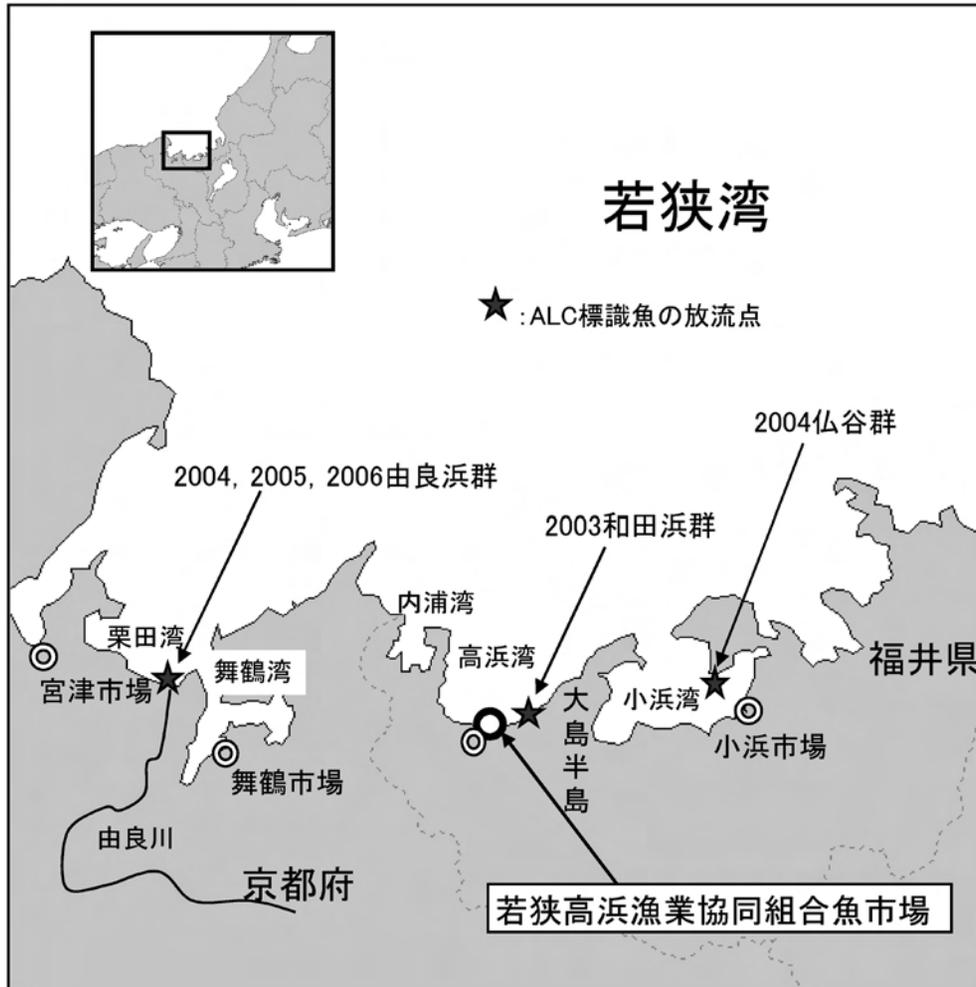


図1 2003～2006年に実施したヒラメ放流地点と調査を行った若狭高浜漁協魚市場

が、ここでは2006年放流群までの追跡結果を示した。

広域連携調査の概要 2005～2009年にかけて、広域連携調査として7府県で全長10cm サイズの種苗242～276万尾が放流された。これらの放流種苗は、放流前にロット毎に無眼側の黒化率を調べて放流尾数を補正している。各府県では、市場調査から年級別黒化魚数を推定して海域レベルでの回収率を算出している。これまでの回収率は、2005年放流群が1.85%、2006年が2.49%、2007年が1.00%である。また、各府県に水揚げされた放流魚の由来（県）を明らかにするため、放流したヒラメのDNAサンプルを収集してデータベースへ登録するとともに、市場に水揚げされた放流魚の鱗を採取しDNA分析を行っている¹⁻⁵⁾。

市場調査 若狭高浜漁協市場の調査は2004年7月より開始した。調査では、漁獲尾数、活魚と鮮魚の区分、漁法、無眼側黒化の有無、焼印標識の有無、銘柄区分および全長測定を行った。無眼側に黒化部位が認められるものを放流魚、認められないものを天然魚と判断

し、全長を1cm単位で測定した。なお、放流魚の判定は、調査開始時は担当者の判断に委ねていたが、2005年9月以降は宮津栽培漁業センターが提示した「日本海中西部ヒラメ連携調査における無眼側黒化判定基準」¹⁾に準じた。

高浜漁協市場では天然魚のみが活魚とされ、漁協職員が銘柄別に選別し重量の測定後に活魚水槽に付設した専用籠へ区分して収容される。専任調査員はこれを測定板で1尾ずつ全長を測定した。放流魚は活魚と異なる別の小型活魚槽へ収容されるので、それを測定した。鮮魚は他の魚と同様に無眼側を表にして並べられるものを測定した。

なお、今回再計算した調査データの月別集計値は付表1～6へ示した。

漁獲尾数の推定 調査データのうち全長測定データと、市場より入手した月別漁獲重量データを基に以下の手順で漁獲尾数を推定した。

- ① 市場調査で測定した天然魚と放流魚込みの全長

測定データを月毎に区分して平均全長を計測。

- ② 求めた月毎の平均全長を宮津栽培漁業センターより入手した全長-体重関係式 ($BW=0.0072 \times TL^{3.1008}$) より平均体重に換算。
- ③ 市場より入手した月別の漁獲重量を、②の平均体重で除して漁獲尾数を推定。
- ④ 調査尾数>推定尾数の場合は、実数計数した調査尾数をそのまま推定尾数として計上。
- ⑤ 推定した漁獲尾数は、市場調査で得た調査尾数に占める放流魚の割合(混入率)で天然魚と放流魚の漁獲尾数に区分。

漁獲尾数の年級分離 市場調査で得た全長の測定データを基に、年級を0歳魚、1歳魚、2歳魚、3歳魚および4歳魚以上の5段階に区分した。年級分離は、全長測定データを天然魚と放流魚別に月毎にとりまとめ、水研センター編・放流効果解析プログラム(Ver.1)の「正規分布のあてはめ法による年齢組成の推定」プログラムを用いた。このプログラムに使用した年齢情報(年齢別の月別平均全長と標準偏差)は、宮津栽培漁業センターが作成した天然魚と放流魚のデータ(未発表)を使用した。なお、ヒラメの年齢加算時期は若狭湾西部海域の産卵盛期⁷⁾より4月と仮定し、当年4月~翌年3月を同一年齢とした。

購入サンプルの調査 ALC標識放流群の標識を確認するため、2004年7月~2008年12月に高浜漁協市場へ水揚げされた放流魚を無作為に計1,086尾入手した。入手した魚は全体像の写真撮影(無眼側)、全長、体長、体重測定および耳石採取(れき石、扁平石)を行った。採取した耳石のうち、実体顕微鏡下で扁平石から年齢

を査定した。また、蛍光顕微鏡下でれき石からALC標識の有無を確認した。

ALC標識放流魚の漁獲尾数推定 購入サンプルの全長測定データとALC標識の有無を基に、以下の手順でALC標識放流魚の漁獲尾数を推定した。

- ① 購入サンプルの全長測定データを用い、前述した漁獲尾数の年級分離と同じ方法により月毎に年級を分離。
- ② 年級別購入尾数を年級別ALC標識魚確認尾数で除し、この値に年級別放流魚の漁獲推定尾数を乗じてALC標識放流魚の漁獲尾数を推定。

結果および考察

市場調査結果 2004年7月~2008年12月までの高浜漁協市場における調査結果の概要を表2に、月別の漁獲推定尾数と混入率の推移を図2にそれぞれ示す。5ヶ年間の総調査尾数は64,549尾でそのうち放流魚は3,642尾、混入率は平均で5.5%であった。月別に見ると、2004年と2007年に高い混入率を示す月が多い。前述したように2005年10月以降は広域連携調査で提示された「黒化魚の判定基準」に準じたため、これ以前の判定では天然魚扱いとなる軽微な黒化魚を放流魚として計上したことが考えられた。もう一点は放流種苗の黒化率は、連携調査が開始された2005年より調査されるようになり、放流種苗の黒化率が年によって異なるため、この影響を受けた可能性が考えられた。福井県では高浜湾へ毎年6~8万尾放流しているが、その黒化率は2005年が87%、2006年が30%、2007年が25%と

表2 若狭高浜漁協魚市場におけるヒラメ市場調査結果の概要

年・月	開市 日数	調査 日数	調査尾数(尾)			漁獲重量 (kg)	漁獲推定尾数(尾)			調査率		混入率*5 (%)
			天然魚	放流魚	合計		天然魚*2	放流魚*2	合計*1	日数*3 (%)	尾数*4 (%)	
2004年7月~12月	155	127	2,422	235	2,657	1,598	3,272	357	3,652	82	73	8.8
2005年1月~12月	308	278	13,667	878	14,545	14,005	21,678	1,365	23,043	90	63	6.0
2006年1月~12月	313	282	18,274	1,032	19,306	17,436	21,464	1,248	22,711	90	85	5.3
2007年1月~12月	300	281	13,652	831	14,483	13,160	17,795	1,073	18,869	94	77	5.7
2008年1月~12月	294	270	12,892	666	13,558	14,885	18,797	1,020	19,817	92	68	4.9
合計(平均)*6	(304)	(278)	60,907	3,642	64,549	(14,872)	83,006	5,063	88,092	(92)	(73)	(5.5)

*1: 月毎に漁獲重量を調査魚の平均全長から得た平均体重で除して算出
*2: 漁獲推定尾数合計値を調査尾数の天然魚と放流魚の比率で算出
*3: 調査日数/開市日数×100

*4: 調査尾数合計値/漁獲推定尾数合計値×100
*5: 放流魚調査尾数/(放流魚調査尾数+天然魚調査尾数)×100
*6: 平均値は2004年を除いた

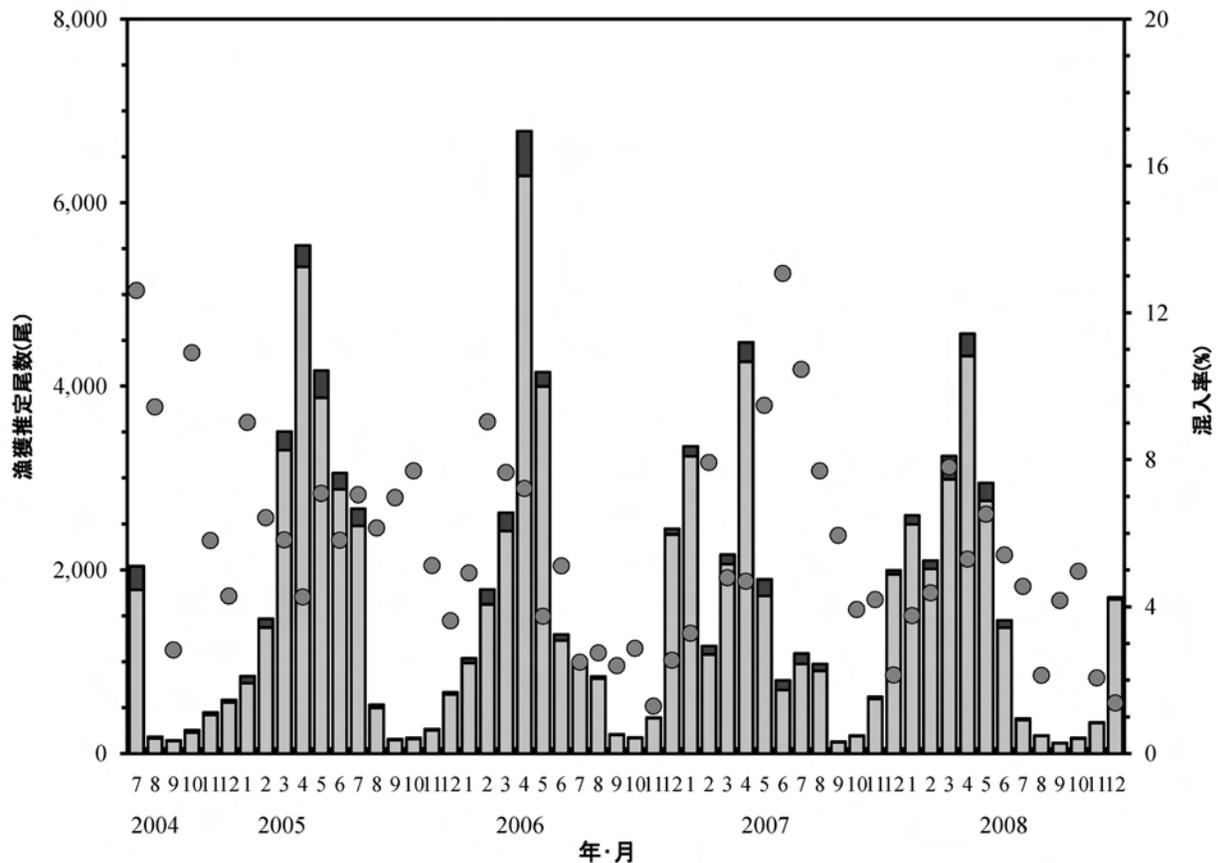


図2 年度および月別の漁獲推定尾数と混入率の推移

□天然魚 ■放流魚 ●混入率

変動している¹⁻³⁾。当海域は1, 2歳魚が漁獲の主体を占めることから、2005年の黒化率87%の放流群が2007年の混入率を高め、また2008年以降の混入率低下は2006~2007年の低い黒化率が影響していると考えられた。

漁獲重量と月別の全長測定データから再推定した漁獲推定尾数は88,092尾で、調査尾数は漁獲尾数の約7割を占めた。日数に対する調査率が平均で92%であったが、尾数に対する調査率は73%と低かった。高浜漁協市場ではヒラメ水揚げの約75%が活魚で扱われている。刺し網漁業者は競りの時間に間に合わせるため、沖合の漁場から一斉に戻ってくる。このため、漁獲量が多い時期は漁業者の水揚げが重なり、専用籠に入りきれなくなって漁協職員が直接活魚槽へ収容したことも関連していると推察された。なお、今回の調査では、全長測定データより平均全長を平均体重へ換算して漁獲尾数を推定したが、2009年より銘柄別の漁獲重量が入手可能となったため、今後はより精度の高い尾数推定が期待できる。

天然魚と放流魚別に年級分離した漁獲推定尾数を表3に示す。当市場に水揚げされるヒラメは、全長組成から1, 2歳魚が主体と推定される⁶⁾が、今回の「正規分布あてはめ法」でも天然魚、放流魚ともその8~9割が1, 2歳魚で占められた。

ALC 耳石標識魚の追跡結果 ALC 標識した放流魚の計7群を追跡した結果を表4に示す。2008年12月までの調査で、2003年の和田浜放流群はタウリン強化区が30尾、未強化区が18尾の計48尾が確認され、2006年2月に1尾確認されたのが最終確認であった。2004年の仏谷放流群では、タウリン強化区が8尾、未強化区が15尾の計23尾が確認され、2007年5月に3歳魚で1尾が最終確認された。由良浜放流群では2004年に10尾、2005年に10尾および2006年に6尾が確認された。この放流群は全数にALC 標識と焼き印標識を施していたが、焼き印標識の脱落(判別不可)が両群とも数尾確認された。

これらのALC 標識確認尾数より各放流群別の漁獲尾数を推定した結果、2003年の和田浜放流群は計153

表3 若狭高浜漁協市場における年級別漁獲尾数の推定結果

年・月		天然魚					合計	放流魚					合計
		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	
2004年7月～12月	尾	0	2,986	270	13	3	3,272	3	284	68	0	2	357
	%	0	91	8	0	0	100	1	80	19	0	0.6	100
2005年1月～12月	尾	6	9,617	10,759	1,254	37	21,673	8	730	599	15	14	1,366
	%	0	44	50	6	0	100	1	53	44	1	1.0	100
2006年1月～12月	尾	0	8,964	10,153	1,389	961	21,466	7	509	637	64	29	1,246
	%	0	42	47	6	4	100	1	41	51	5	2.3	100
2007年1月～12月	尾	24	11,489	4,866	780	649	17,808	13	649	364	35	12	1,073
	%	0	65	27	4	4	100	1	60	34	3	1.1	100
2008年1月～12月	尾	24	10,500	6,176	976	1,116	18,793	1	450	503	39	27	1,020
	%	0	56	33	5	6	100	0	44	49	4	2.6	100

表4 若狭高浜漁協市場で確認した ALC 放流魚確認尾数と漁獲推定尾数

年	放流群	放流尾数(尾)	黒化率(%)*1	ALC放流魚 確認尾数(尾)	漁獲推定尾数(尾)*2					回収率(%)*3	回収重量(kg)*4
					0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚	合計		
2003	和田浜(タウリン強化)	56,000	ND	30	0	53	47	0	100	0.18	68.1
	和田浜(タウリン未強化)	56,000	ND	18	0	49	4	0	53	0.09	25.5
2004	仏谷(タウリン強化)	15,400	ND	8	0	13	0	8	21	0.14	21.9
	仏谷(タウリン未強化)	16,600	ND	15	0	43	3	0	46	0.28	19.1
	由良浜	100,000	65.0	10	2	24	10	0	36	0.06	20.4
2005	由良浜	130,000	72.5	10	1	12	16	0	29	0.03	20.7
2006	由良浜	88,000	71.0	6	0	48	32	-	80	0.13	51.6

*1: 放流種苗の無眼側黒化魚確認割合, *2: 2008年12月までの集計値, *3: 漁獲推定尾数合計値/(放流尾数×黒化率)×100で算出
*4: 年齢別平均体重(0歳魚:178g, 1歳魚442g, 2歳魚950g, 3歳魚1675g)×漁獲推定尾数で算出

尾, 2004年の仏谷放流群は計67尾と推定された。2003年群の回収率と回収重量は, ともにタウリン添加区で高くなったが, 2004年群では回収重量は両者で差はなく回収率は未強化区で高くなった。若狭高浜市場の3ヶ年に限定した回収率と回収重量は, 2006年が2004年と2005年の2倍と多かった。京都府の由良浜放流群では2004年が36尾, 2005年が29尾および2006年が80尾と推定され, 各群とも1～2歳魚の漁獲が多かった。

若狭湾のヒラメは, 当センターが調査を行った若狭高浜市場以外では京都府の舞鶴市場と宮津市場および福井県の小浜市場に水揚げされる。前述したように, 舞鶴, 宮津および高浜の市場ではサンプル購入によりALC標識魚の追跡が行われているが, 小浜市場の調

査は全長組成や漁獲尾数, 混入率等のみでALC標識魚の追跡は行っていない。2004年の仏谷放流群は, 今回の結果では放流した小浜湾外へ出て大島半島を廻った放流魚が漁獲されたことになる(図1)。一方, 2003年に高浜湾で放流した和田浜放流群は, 漁場に近い高浜市場にはあまり水揚げされなかった。水揚げ尾数の約7割を調査しているので調査漏れの可能性は低い。放流サイズも小型であったことから, 放流から漁獲加入する間の飢餓や食害等による減耗が大きかったと推察される。

由良浜放流群は3ヶ年とも高浜での水揚げが少なかった。全長28～58cmの天然ヒラメを標識放流した結果⁸⁾では, 若狭湾西部海域から石川県能登半島西岸に

かけて10～12月に放流したヒラメは西方向へ移動し、放流点より東方向で再捕された個体はなかったことを報告している。また、京都府が栗田湾の由良川河口域で行った標識放流⁹⁾では、満1歳になる5月頃までは大きな移動をせず、満1歳を過ぎた水温下降期に沖合方向へ分散し、西方への長距離移動を行うと推察している。今回の由良浜放流群も放流点より東側にあたる高浜湾への移動が少なかったこと、2歳以降に再捕が途切れたこと等から、2歳以降は西方向へ移動したものと推察される。

文 献

- 1) 石川県他 (2006) 平成17年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書. pp56.
- 2) 石川県他 (2007) 平成18年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書. pp65.
- 3) 石川県他 (2008) 平成19年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書. pp66.
- 4) 石川県他 (2009) 平成20年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書. 日本海中西部海域ヒラメ, 121-218.
- 5) 石川県他 (2010) 平成21年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書. 日本海中西部海域ヒラメ, 233-328.
- 6) 藤本 宏・山田達哉・山本岳男・高橋庸一・森田哲男・塩澤 聡 (2009) 若狭高浜漁協市場におけるヒラメの漁獲実態調査. 栽培センター技報, 10, 43-50.
- 7) 竹野功爾・浜中雄一・宮嶋俊明 (1999) 京都府沿岸海域におけるヒラメの資源構造に関する研究 - IV, ヒラメの年齢と成長. 京都府立海洋センター研究報告, 21, 65-71.
- 8) 竹野功爾・浜中雄一 (1994) 標識放流からみた若狭湾周辺海域におけるヒラメの移動. 京都府立海洋センター研究報告, 17, 66-71.
- 9) 竹野功爾・葭矢 護・宮嶋俊明 (2001) 標識放流結果からみた若狭湾西部海域産ヒラメの若齢期の分布と移動. 京都府立海洋センター研究報告, 23, 1-5.

付表1 若狭高浜魚市場の月別調査結果

年	月	調査尾数			*1 漁獲重量 (kg)	*2 平均全長 (cm)	平均体重 (g)	推定尾数(体重換算)			
		天然魚 (尾)	放流魚 (尾)	調査尾数合計 (尾)				推定 漁獲尾数 *3 (尾)	天然魚	放流魚	混入率
2004	7	1,012	146	1,158	847	34.3	415	2,041	1,784	257	12.6
	8	96	10	106	71	33.6	389	182	165	17	9.4
	9	138	4	142	53	33.3	379	142	138	4	2.8
	10	196	24	220	120	35.7	470	255	228	28	10.9
	11	422	26	448	228	37.7	556	448	422	26	5.8
	12	558	25	583	279	37.3	538	583	558	25	4.3
2005	1	596	59	655	408	38.4	589	842	766	76	9.0
	2	758	52	810	815	39.3	633	1,468	1,374	94	6.4
	3	1,925	119	2,044	2,042	39.4	638	3,507	3,303	204	5.8
	4	2,941	131	3,072	3,642	40.7	705	5,537	5,301	236	4.3
	5	2,809	214	3,023	3,030	40.1	674	4,171	3,876	295	7.1
	6	1,443	89	1,532	1,787	37.0	525	3,055	2,878	177	5.8
	7	1,796	136	1,932	1,248	35.2	450	2,668	2,480	188	7.0
	8	321	21	342	255	34.8	434	530	497	33	6.1
	9	147	11	158	79	37.1	529	158	147	11	7.0
	10	156	13	169	101	38.0	570	171	158	13	7.7
	11	241	13	254	181	39.3	633	267	253	14	5.1
	12	534	20	554	417	40.8	711	669	645	24	3.6
2006	1	986	51	1,037	714	41.1	727	1,037	986	51	4.9
	2	1,441	143	1,584	1,280	40.9	716	1,787	1,626	161	9.0
	3	1,920	159	2,079	2,117	42.5	807	2,625	2,424	201	7.6
	4	4,814	374	5,188	5,921	43.6	873	6,782	6,293	489	7.2
	5	3,346	130	3,476	3,863	44.5	930	4,153	3,997	155	3.7
	6	1,021	55	1,076	808	39.1	623	1,298	1,232	66	5.1
	7	941	24	965	414	34.8	434	965	941	24	2.5
	8	817	23	840	293	34.1	407	840	817	23	2.7
	9	204	5	209	107	36.8	516	209	204	5	2.4
	10	170	5	175	81	37.2	534	175	170	5	2.9
	11	385	5	390	214	39.7	653	390	385	5	1.3
	12	2,229	58	2,287	1,625	39.9	663	2,450	2,388	62	2.5
2007	1	1,891	64	1,955	2,414	41.0	722	3,346	3,236	110	3.3
	2	930	80	1,010	872	41.4	744	1,172	1,080	93	7.9
	3	2,031	102	2,133	1,787	42.8	824	2,167	2,064	104	4.8
	4	2,742	135	2,877	3,799	43.2	848	4,478	4,268	210	4.7
	5	1,338	140	1,478	1,230	39.6	648	1,899	1,719	180	9.5
	6	512	77	589	378	35.8	474	797	693	104	13.1
	7	976	114	1,090	446	35.4	458	1,090	976	114	10.5
	8	468	39	507	413	34.5	422	977	901	75	7.7
	9	95	6	101	51	33.7	393	129	122	8	5.9
	10	147	6	153	113	38.1	575	197	189	8	3.9
	11	594	26	620	364	38.8	608	620	594	26	4.2
	12	1,928	42	1,970	1,294	39.6	648	1,997	1,954	43	2.1
2008	1	2,024	79	2,103	1,735	40.0	668	2,596	2,499	98	3.8
	2	1,422	65	1,487	1,406	40.0	668	2,104	2,012	92	4.4
	3	1,775	150	1,925	2,355	41.1	727	3,239	2,987	252	7.8
	4	2,522	141	2,663	4,434	45.1	970	4,573	4,331	242	5.3
	5	1,764	123	1,887	2,359	42.4	801	2,946	2,754	192	6.5
	6	893	51	944	1,047	41.0	722	1,451	1,373	78	5.4
	7	336	16	352	178	35.6	466	382	365	17	4.5
	8	184	4	188	76	33.5	386	196	192	4	2.1
	9	92	4	96	63	37.4	543	116	112	5	4.2
	10	115	6	121	94	37.6	552	170	161	8	5.0
	11	333	7	340	160	39.2	628	340	333	7	2.1
	12	1,432	20	1,452	978	38.1	575	1,702	1,679	23	1.4

*1: 月別の全長測定データの平均値

*2: $W=0.0072L^3.1008$ ($n=5336, R^2=0.981$, 宮津栽培センターデータより)

この式より平均体重を算出

*3: 月別漁獲重量を平均体重で除した値 ただし、調査尾数>推定尾数の場合は調査尾数を計上した

付表2 ヒラメ年級分離結果 (調査尾数のみ)

年	月	天然魚					放流魚				
		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上
		(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)	(尾)
2004	7	0	879	131	2	0	0	119	27	0	0
	8	0	91	5	0	0	0	9	1	0	0
	9	6	127	4	1	0	0	4	0	0	0
	10	0	191	4	0	1	0	22	1	0	1
	11	0	396	22	2	2	0	17	9	0	0
	12	17	535	0	6	0	3	12	9	0	1
2005	1	0	488	108	0	0	0	32	27	0	0
	2	0	590	166	2	0	0	42	8	1	1
	3	0	1,511	250	144	19	4	111	0	2	3
	4	0	109	2,397	433	1	0	8	122	0	1
	5	0	1,017	1,638	152	2	0	90	118	5	1
	6	0	312	1,128	3	0	0	47	42	0	0
	7	0	1,374	417	5	0	0	95	38	0	3
	8	0	310	11	0	0	0	17	2	2	0
	9	6	108	32	0	0	0	8	3	0	0
	10	0	72	84	0	0	0	6	7	0	0
	11	0	135	106	0	0	1	3	9	0	0
	12	0	336	198	0	0	0	13	7	0	0
2006	1	0	535	450	0	1	1	32	14	4	0
	2	0	884	554	3	0	0	103	37	2	2
	3	0	955	720	184	61	5	121	19	12	1
	4	0	483	3,655	367	310	0	21	319	21	14
	5	0	309	2,256	450	331	0	30	82	13	4
	6	0	538	369	66	49	0	30	24	0	0
	7	0	803	130	0	7	0	18	4	0	2
	8	0	785	25	3	4	0	23	0	0	0
	9	0	178	14	5	8	0	5	0	0	0
	10	0	152	14	2	2	0	5	0	0	0
	11	0	316	67	0	2	0	2	3	0	0
	12	0	2,186	0	43	0	0	52	6	0	0
2007	1	0	1,643	203	27	18	1	50	10	1	3
	2	5	805	70	44	5	3	53	17	5	2
	3	4	1,569	325	104	29	8	82	6	5	1
	4	0	366	1,861	242	273	0	25	110	0	0
	5	0	585	575	68	109	0	77	50	13	0
	6	0	410	81	15	7	0	51	24	0	0
	7	0	746	230	0	0	0	85	27	0	2
	8	0	444	19	4	0	0	32	6	1	0
	9	0	95	0	0	0	0	6	0	0	0
	10	0	133	7	4	4	0	4	0	1	1
	11	0	501	87	6	0	0	22	3	2	0
	12	0	1,852	0	73	3	0	30	11	0	0
2008	1	1	1,859	145	9	10	0	49	25	5	0
	2	2	1,282	98	36	4	0	35	28	2	0
	3	14	1,529	159	41	32	0	136	0	13	1
	4	0	235	1,609	295	383	0	0	132	0	9
	5	0	274	1,162	166	162	0	30	87	0	6
	6	0	242	570	8	73	0	12	35	4	0
	7	0	255	73	0	8	0	6	10	0	0
	8	0	181	3	0	0	0	2	2	0	0
	9	0	74	12	0	6	0	4	0	0	0
	10	0	106	5	2	2	0	6	0	0	0
	11	0	288	34	9	1	0	5	0	2	0
	12	0	1,384	0	47	1	1	16	3	0	0

付表3 ヒラメ年級分離割合（調査尾数のみ）

年	月	天然魚					放流魚				
		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上
		(尾)									
2004	7	0.00	0.87	0.13	0.00	0.00	0.00	0.82	0.18	0.00	0.00
	8	0.00	0.95	0.05	0.00	0.00	0.00	0.90	0.10	0.00	0.00
	9	0.04	0.92	0.03	0.01	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.97	0.02	0.00	0.01	0.00	0.92	0.04	0.00	0.04
	11	0.00	0.94	0.05	0.00	0.00	0.00	0.65	0.35	0.00	0.00
	12	0.03	0.96	0.00	0.01	0.00	0.12	0.48	0.36	0.00	0.04
2005	1	0.00	0.82	0.18	0.00	0.00	0.00	0.54	0.46	0.00	0.00
	2	0.00	0.78	0.22	0.00	0.00	0.00	0.81	0.15	0.02	0.02
	3	0.00	0.78	0.13	0.07	0.01	0.03	0.93	0.00	0.02	0.03
	4	0.00	0.04	0.82	0.15	0.00	0.00	0.06	0.93	0.00	0.01
	5	0.00	0.36	0.58	0.05	0.00	0.00	0.42	0.55	0.02	0.00
	6	0.00	0.22	0.78	0.00	0.00	0.00	0.53	0.47	0.00	0.00
	7	0.00	0.77	0.23	0.00	0.00	0.00	0.70	0.28	0.00	0.02
	8	0.00	0.97	0.03	0.00	0.00	0.00	0.81	0.10	0.10	0.00
	9	0.04	0.73	0.22	0.00	0.00	0.00	0.73	0.27	0.00	0.00
	10	0.00	0.46	0.54	0.00	0.00	0.00	0.46	0.54	0.00	0.00
	11	0.00	0.56	0.44	0.00	0.00	0.08	0.23	0.69	0.00	0.00
	12	0.00	0.63	0.37	0.00	0.00	0.00	0.65	0.35	0.00	0.00
2006	1	0.00	0.54	0.46	0.00	0.00	0.02	0.63	0.27	0.08	0.00
	2	0.00	0.61	0.38	0.00	0.00	0.00	0.72	0.26	0.01	0.01
	3	0.00	0.50	0.38	0.10	0.03	0.03	0.76	0.12	0.08	0.01
	4	0.00	0.10	0.76	0.08	0.06	0.00	0.06	0.85	0.06	0.04
	5	0.00	0.09	0.67	0.13	0.10	0.00	0.23	0.63	0.10	0.03
	6	0.00	0.53	0.36	0.06	0.05	0.00	0.55	0.44	0.00	0.00
	7	0.00	0.85	0.14	0.00	0.01	0.00	0.75	0.17	0.00	0.08
	8	0.00	0.96	0.03	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.87	0.07	0.02	0.04	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.89	0.08	0.01	0.01	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.82	0.17	0.00	0.01	0.00	0.40	0.60	0.00	0.00
	12	0.00	0.98	0.00	0.02	0.00	0.00	0.90	0.10	0.00	0.00
2007	1	0.00	0.87	0.11	0.01	0.01	0.02	0.78	0.16	0.02	0.05
	2	0.01	0.87	0.08	0.05	0.01	0.04	0.66	0.21	0.06	0.03
	3	0.00	0.77	0.16	0.05	0.01	0.08	0.80	0.06	0.05	0.01
	4	0.00	0.13	0.68	0.09	0.10	0.00	0.19	0.81	0.00	0.00
	5	0.00	0.44	0.43	0.05	0.08	0.00	0.55	0.36	0.09	0.00
	6	0.00	0.80	0.16	0.03	0.01	0.00	0.66	0.31	0.00	0.00
	7	0.00	0.76	0.24	0.00	0.00	0.00	0.75	0.24	0.00	0.02
	8	0.00	0.95	0.04	0.01	0.00	0.00	0.82	0.15	0.03	0.00
	9	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.90	0.05	0.03	0.03	0.00	0.67	0.00	0.17	0.17
	11	0.00	0.84	0.15	0.01	0.00	0.00	0.85	0.12	0.08	0.00
	12	0.00	0.96	0.00	0.04	0.00	0.00	0.71	0.26	0.00	0.00
2008	1	0.00	0.92	0.07	0.00	0.00	0.00	0.62	0.32	0.06	0.00
	2	0.00	0.90	0.07	0.03	0.00	0.00	0.54	0.43	0.03	0.00
	3	0.01	0.86	0.09	0.02	0.02	0.00	0.91	0.00	0.09	0.01
	4	0.00	0.09	0.64	0.12	0.15	0.00	0.00	0.94	0.00	0.06
	5	0.00	0.16	0.66	0.09	0.09	0.00	0.24	0.71	0.00	0.05
	6	0.00	0.27	0.64	0.01	0.08	0.00	0.24	0.69	0.08	0.00
	7	0.00	0.76	0.22	0.00	0.02	0.00	0.38	0.63	0.00	0.00
	8	0.00	0.98	0.02	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00
	9	0.00	0.80	0.13	0.00	0.07	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.92	0.04	0.02	0.02	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.86	0.10	0.03	0.00	0.00	0.71	0.00	0.29	0.00
	12	0.00	0.97	0.00	0.03	0.00	0.05	0.80	0.15	0.00	0.00

付表4 ヒラメ漁獲推定尾数の年級分離結果

年 月	天然魚						放流魚						
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	合計	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	合計	
2004	7	0	1,549	231	4	0	1,784	0	210	48	0	0	257
	8	0	157	9	0	0	165	0	15	2	0	0	17
	9	6	127	4	1	0	138	0	4	0	0	0	4
	10	0	222	5	0	1	228	0	26	1	0	1	28
	11	0	396	22	2	2	422	0	17	9	0	0	26
	12	17	535	0	6	0	558	3	12	9	0	1	25
2005	1	0	627	139	0	0	766	0	41	35	0	0	76
	2	0	1,069	301	4	0	1,374	0	76	14	2	2	94
	3	0	2,593	429	247	33	3,301	7	190	0	3	5	206
	4	0	196	4,320	780	2	5,299	0	14	220	0	2	236
	5	0	1,403	2,260	210	3	3,876	0	124	163	7	1	295
	6	0	622	2,249	6	0	2,878	0	94	84	0	0	177
	7	0	1,897	576	7	0	2,480	0	131	52	0	4	188
	8	0	480	17	0	0	497	0	26	3	3	0	33
	9	6	108	32	0	0	146	0	8	3	0	0	11
	10	0	73	85	0	0	158	0	6	7	0	0	13
	11	0	142	111	0	0	253	1	3	9	0	0	14
	12	0	406	239	0	0	645	0	16	8	0	0	24
2006	1	0	535	450	0	1	986	1	32	14	4	0	51
	2	0	997	625	3	0	1,626	0	116	42	2	2	162
	3	0	1,206	909	232	77	2,424	6	153	24	15	1	200
	4	0	631	4,778	480	405	6,294	0	27	417	27	18	490
	5	0	369	2,695	538	395	3,997	0	36	98	16	5	154
	6	0	649	445	80	59	1,233	0	36	29	0	0	65
	7	0	803	130	0	7	940	0	18	4	0	2	24
	8	0	785	25	3	4	817	0	23	0	0	0	23
	9	0	178	14	5	8	205	0	5	0	0	0	5
	10	0	152	14	2	2	170	0	5	0	0	0	5
	11	0	316	67	0	2	385	0	2	3	0	0	5
	12	0	2,342	0	46	0	2,388	0	56	6	0	0	62
2007	1	0	2,812	347	46	31	3,236	2	86	17	2	5	111
	2	17	934	81	51	6	1,090	3	62	20	6	2	93
	3	6	1,594	330	106	29	2,066	8	83	6	5	1	104
	4	0	570	2,896	377	425	4,268	0	39	171	0	0	210
	5	0	752	739	87	140	1,718	0	99	64	17	0	180
	6	0	555	110	20	9	694	0	69	32	0	0	101
	7	0	746	230	0	0	976	0	85	27	0	2	114
	8	0	855	37	8	0	900	0	62	12	2	0	75
	9	0	122	0	0	0	122	0	8	0	0	0	8
	10	0	171	9	5	5	190	0	5	0	1	1	8
	11	0	501	87	6	0	594	0	22	3	2	0	27
	12	0	1,877	0	74	3	1,954	0	30	11	0	0	42
2008	1	1	2,295	179	11	12	2,499	0	60	31	6	0	98
	2	4	1,814	139	51	6	2,013	0	50	40	3	0	92
	3	20	2,573	268	69	54	2,983	0	229	0	22	2	252
	4	0	404	2,763	507	658	4,331	0	0	227	0	15	242
	5	0	428	1,814	259	253	2,754	0	47	136	0	9	192
	6	0	372	876	12	112	1,373	0	18	54	6	0	78
	7	0	790	226	0	25	1,040	0	3	6	0	0	9
	8	0	189	3	0	0	192	0	2	2	0	0	4
	9	0	90	15	0	7	112	0	5	0	0	0	5
	10	0	149	7	3	3	161	0	8	0	0	0	8
	11	0	525	62	16	2	605	0	5	0	2	0	7
	12	0	1,622	0	55	1	1,679	1	19	4	0	0	23

付表5 放流魚の年級別漁獲推定尾数と購入尾数

年	月	年級別放流魚漁獲推定尾数					年級別放流魚購入尾数				
		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上
2004	7	0	210	48	0	0	1	59	0	0	0
	8	0	15	2	0	0	0	0	0	0	
	9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
	10	0	26	1	0	1	0	6	0	0	
	11	0	17	9	0	0	1	19	1	0	
	12	3	12	9	0	1	0	23	0	0	
2005	1	0	41	35	0	0	3	37	2	0	
	2	0	76	14	2	2	2	40	1	0	
	3	7	190	0	3	5	8	55	18	0	
	4	0	14	220	0	2	0	11	76	0	
	5	0	124	163	7	1	0	64	40	0	
	6	0	94	84	0	0	0	23	14	0	
	7	0	131	52	0	4	0	22	10	0	
	8	0	26	3	3	0	0	9	0	0	
	9	0	8	3	0	0	0	10	0	0	
	10	0	6	7	0	0	0	6	2	0	
	11	1	3	9	0	0	1	5	1	0	
		12	0	16	8	0	0	5	5	0	
2006	1	1	32	14	4	0	2	20	5	1	
	2	0	116	42	2	2	4	26	5	0	
	3	6	153	24	15	1	11	27	6	0	
	4	0	27	417	27	18	0	17	14	0	
	5	0	36	98	16	5	0	13	8	0	
	6	0	36	29	0	0	0	17	3	0	
	7	0	18	4	0	2	0	12	1	0	
	8	0	20	3	0	0	0	14	1	0	
	9	0	5	0	0	0	0	3	0	0	
	10	0	5	0	0	0	0	5	0	0	
	11	0	2	3	0	0	0	5	0	0	
		12	0	56	6	0	0	1	27	1	
2007	1	2	86	17	2	5	4	13	4	0	
	2	3	62	20	6	2	1	13	1	0	
	3	8	83	6	5	1	10	8	2	0	
	4	0	39	171	0	0	0	4	12	2	
	5	0	99	64	17	0	0	18	4	2	
	6	0	69	32	0	0	0	4	0	0	
	7	0	85	27	0	2	0	11	0	0	
	8	0	62	12	2	0	0	2	0	0	
	9	0	8	0	0	0	0	0	1	0	
	10	0	5	0	1	1	0	0	0	0	
	11	0	22	3	2	0	0	4	2	0	
		12	0	30	11	0	0	0	10	5	
2008	1	0	60	31	6	0	3	20	8	0	
	2	0	50	40	3	0	0	8	2	0	
	3	0	229	0	22	2	0	16	1	1	
	4	0	0	227	0	15	0	2	12	2	
	5	0	47	136	0	9	0	10	10	3	
	6	0	18	54	6	0	0	0	3	0	
	7	0	3	6	0	0	0	0	1	1	
	8	0	2	2	0	0	0	2	0	0	
	9	0	5	0	0	0	0	0	0	0	
	10	0	8	0	0	0	0	4	0	0	
	11	0	5	0	2	0	0	1	3	0	
		12	1	19	4	0	0	0	5	2	
合計		33	2,616	2,170	153	83	52	735	287	12	
										0	

付表6 購入魚のALC確認尾数とALC放流魚の漁獲推定尾数

年	月	ALC確認尾数(購入魚)							ALC引き延ばし尾数(放流魚中の漁獲推定尾数)						
		2003		2004		2005	2006		2003		2004		2005	2006	
		和田浜 (TU強化)	和田浜 (TU未強化)	仏谷 (TU未強化)	仏谷 (TU強化)	由良浜	由良浜	由良浜	和田浜 (TU強化)	和田浜 (TU未強化)	仏谷 (TU未強化)	仏谷 (TU強化)	由良浜	由良浜	由良浜
2004	7	7	9					25	32						
	8	0	0					0	0						
	9	0	0					0	0						
	10	0	0					0	0						
	11	2	2	0	0	0		2	2	0	0	0			
	12	5	0	0	0	0		5	0	0	0	0			
2005	1	0	1	0	0	0		0	1	0	0	0			
	2	2	2	0	0	0		4	4	0	0	0			
	3	5	3	0	0	2		17	10	0	0	2			
	4	2	0	3	2	1		6	0	4	3	1			
	5	3	1	1	2	1		12	4	2	4	2			
	6	1	0	0	1	0		6	0	0	4	0			
	7	1	0	2	0	1		5	0	12	0	6			
	8	0	0	3	0	0		0	0	9	0	0			
	9	0	0	0	0	1		0	0	0	0	1			
	10	0	0	2	0	0		0	0	2	0	0			
	11	1	0	0	1	0	0	9	0	0	1	0	0	0	
	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	
2006	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
	2	1	0	2	0	0	0	8	0	9	0	0	0	0	
	3	0	0	1	0	2	2	0	0	6	0	11	1	0	
	4			0	0	0	4			0	0	0	6	0	
	5			0	0	0	0			0	0	0	0	0	
	6			0	0	1	2			0	0	10	4	0	
	7			0	0	0	1			0	0	0	2	0	
	8			1	0	0	0			3	0	0	0	0	
	9			0	0	0	0			0	0	0	0	0	
	10			0	0	0	0			0	0	0	0	0	
	11			0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
	12			0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
2007	1			0	0	0	0			0	0	0	0	0	
	2			0	0	0	0			0	0	0	0	0	
	3			0	0	0	0			0	0	0	0	0	
	4			0	0	0	0			0	0	0	0	0	
	5			0	1	0	1			0	8	0	16	5	
	6													0	
	7													0	
	8													0	
	9													0	
	10													0	
	11													0	
	12													0	
2008	1													0	
	2													0	
	3													43	
	4													19	
	5													14	
	6													0	
	7													0	
	8													0	
	9													0	
	10													0	
	11													0	
	12													0	
合計		30	18	15	8	10	10	6	100	53	46	21	36	29	81

算出方法: 年級別ALC確認尾数/年級別購入魚尾数×年級別放流魚漁獲尾数

アカアマダイ人工種苗へ装着したイラストマー標識の有効性

町田雅春・竹内宏行・中川 亨・升間主計
(宮津栽培漁業センター)

アカアマダイ *Branchiostegus japonicus* の種苗放流は、1998年に京都府若狭湾内において宮津栽培漁業センターが京都府と共同で行い¹⁻³⁾、その後、長崎県、山口県⁴⁾、鳥根県等で放流試験が行われている。これまで放流効果調査には放流後の移動など定性的なデータ収集を目的としてスパゲティ型タグ等の外部標識³⁾が、回収率など定量的なデータの収集を目的として鰭切除標識等が使用されている⁵⁾。一方、著者らはアカアマダイの巣穴形成行動に及ぼす影響について検討し、スパゲティ型タグがその行動を阻害することを明らかにした⁶⁾。更に、巣穴形成の成否は放流後に捕食者から逃避するために重要であり、放流後の生残を高めるため、これらに影響しない標識方法の開発が必要であることを指摘した⁶⁾。一方、鰭切除標識は巣穴形成そのものを阻害しないことが示されたものの、鰭の再生による標識性の維持に問題を残し⁵⁾、さらに腹鰭の鰭条の乱れた個体が天然アカアマダイで稀に観察される(町田、未発表)ことから、放流魚との識別を困難にする可能性がある。また、体内標識であるアリザリンコンプレクソンによる標識は、買い取りによるサンプリングが必要であることから、予算的な困難さがある⁷⁾。

Northwest Marine Technology Inc.(以下、NMT社)によって開発された Visible fluorescent implant Elastomer tag (可視蛍光イラストマー標識、以下イラストマー標識)は、魚体への負担が小さく、持続性、識別性に優れていることから、近年トラフグ

Takifugu rubripes では定量的な調査において利用され、その有効性が報告されている⁷⁻⁹⁾。一方で見落としや脱落・埋没等による視認性と持続性の問題が指摘されている⁹⁾。

そこで、本試験ではアカアマダイ人工種苗に装着したイラストマー標識が稚魚の生残、成長に及ぼす影響と標識の視認性と持続性について検討するため、水槽内飼育試験を実施した。

材料と方法

供試魚 2005年10月に天然親魚から得た卵を用いて種苗生産し、ふ化後125日(平均体長49mm, 平均体重3.3g, n=15)まで飼育したアカアマダイ稚魚(計400尾)を試験に用いた。

標識試験 アカアマダイは各地でブランド化を進めていることから、水揚げされたアカアマダイは関係者以外の手で直接触ることが許されず、左横向きに並べられた状態での市場調査を強いられている。そこで、標識試験部位を決めるに当たり、その状態でも視認が可能な、頭部(両眼の間、以下頭部区)、左胸鰭基部(以下、胸鰭基部区)および左側眼球の角膜と虹彩の間(以下、眼部区)の3カ所を標識部位とした(図1)。標識は無麻酔で注射器(インシュリン用シリンジ3/10cc, BD社製)を用い、肉眼で容易に識別ができる分量を目安として、それぞれの標識部位に赤色イラストマーを注入することとし、2006年2月21日に各試

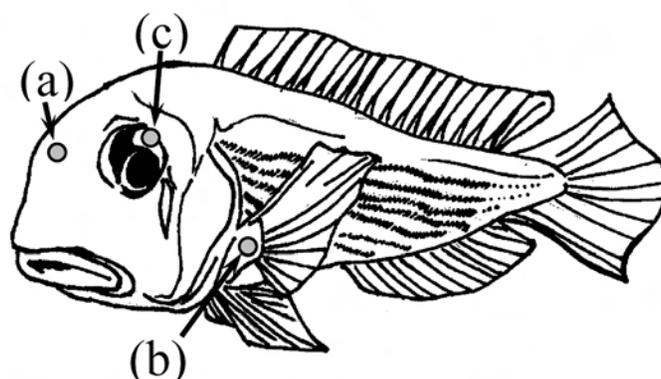


図1 アカアマダイのイラストマー標識部位
(a) 頭部, (b) 胸鰭基部, (c) 眼部

験区100尾のアカアマダイ稚魚に標識を行った。また、無標識魚100尾を対照区とした。

飼育 標識した3試験区および対照区は、FRP製円形2 m³水槽4面にそれぞれ収容し、2007年7月4日(498日間)まで飼育を行った。飼育水には紫外線殺菌海水を用い、水温が低下する2月～4月は約15～17℃に加温し、その他の期間は自然水温とした。水温は毎日午前9時に測定し、魚の状態を観察するとともに、死亡魚は全て回収し、計数後に廃棄した。餌には市販の配合飼料(ヒラメ用沈降タイプEP1～EP6; 日本配合飼料)を用い、毎日午前と午後の2回に分け、ほぼ飽食となるまで与えた。

標識保持率と成長 イラストマーの確認は標識装着後約30～200日の間隔で生残魚全数について実施するとともに、各試験区5～28尾の体長を測定した。標識は、最初に目視で確認し、視認できなかった場合にはNMT社製のLEDライトと専用のサングラスを用いて検査した。イラストマー標識が確認できた割合(標識保持率)は標識保持個体数を生残個体数で除して求めた。

統計解析 生残率の比較にはMantel-Haenszel検定を¹⁰⁾、体長の比較には一元配置分散分析を用いた。いずれも統計解析ソフトSPSS(エス・ピー・エス・エス株式会社、東京)を使用して解析した。

結 果

生残 眼部区では58日目(5月21日)に生残していた88尾の内53尾が、さらに89日目(5月21日)に生残していた25尾全てが死亡した。また、対照区では88日目までの死亡はわずか4尾であったが、翌89日目に全滅した。一方、胸鰭基部区と頭部区の89日目の生残率は、それぞれ76%および96%と高く、眼部区と対照区の死亡原因は不明であった。胸鰭基部区と頭部区は試験終了時の498日目までそれぞれ54%および61%が生残した。89日目までの各試験区の生残率と飼育水温の推移を図2に示した。標識後30日目までの生残率は対照区で99%、眼部区で91%、頭部区で96%、胸鰭基部区で100%を示し、眼部区で幾分低かったが、いずれの区でも90%以上の高い生残率を示した。標識後30日目までの対照区と各試験区の生残率をMantel-Haenszel検定¹⁰⁾によって比較したところ、眼部区($p = 0.023$)でのみ有意差が認められた。

成長 イラストマー標識後20日目の各試験区間の体長は、対照区 69 ± 3.4 mm(平均値±標準偏差、以下同様)($n=5$)、眼部区 69 ± 4.8 mm($n=28$)、頭部区 68 ± 7.8 mm($n=5$)および胸鰭基部区 71 ± 7.0 mm($n=5$)であった。標識装着時に比べて対照区で20mm、試験区で19～22mmの成長が認められた。各試験区間の体

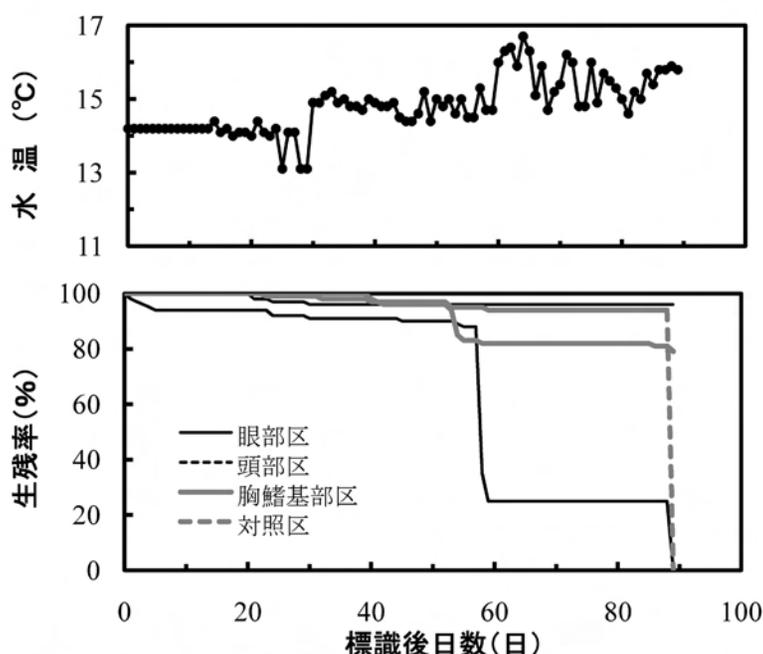


図2 イラストマー標識試験における飼育水温と生残率の推移

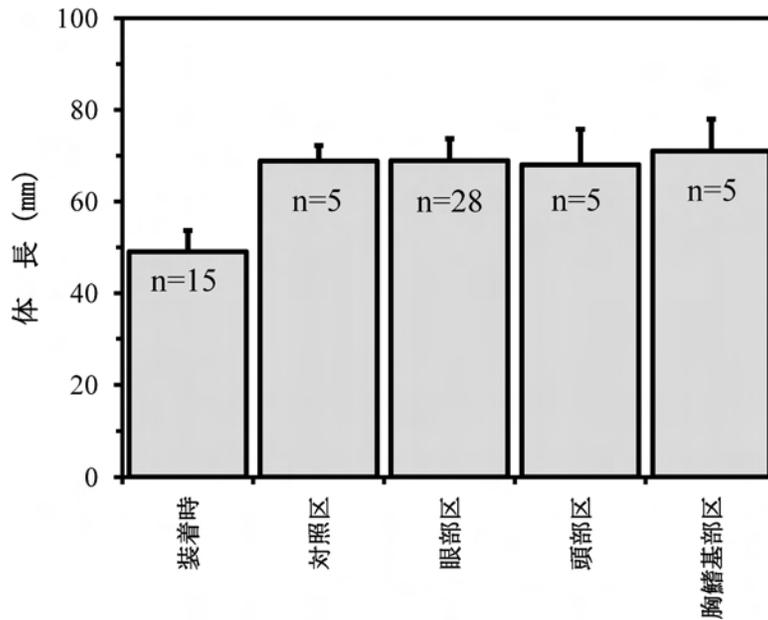


図3 イラストマー標識試験における標識装着時と20日目の体長 (縦棒は標準偏差, nは測定個体数)

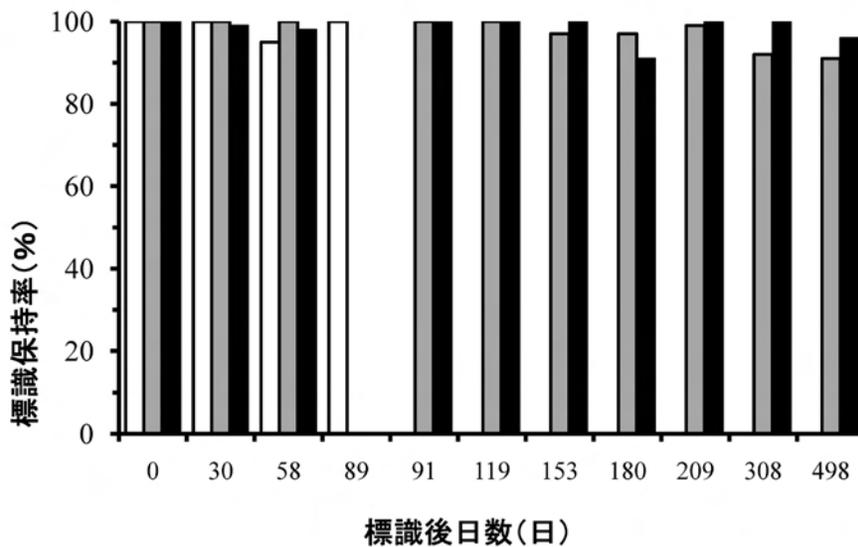


図4 イラストマー標識試験における標識保持率の推移
□：眼部区 ■：頭部区 ■：胸鰭基部区

長について一元配置分散分析による検定を行ったところ、試験区間の成長に有意な差は認められなかった ($p=0.825$) (図3)。

標識保持率 各試験区における標識保持率の推移を

図4に示した。標識保持率は89~91日目まで95~100%といずれの試験区においても高かった。頭部区と胸鰭基部区は試験終了の498日目においても、それぞれ91%および96%と高い値を維持した。

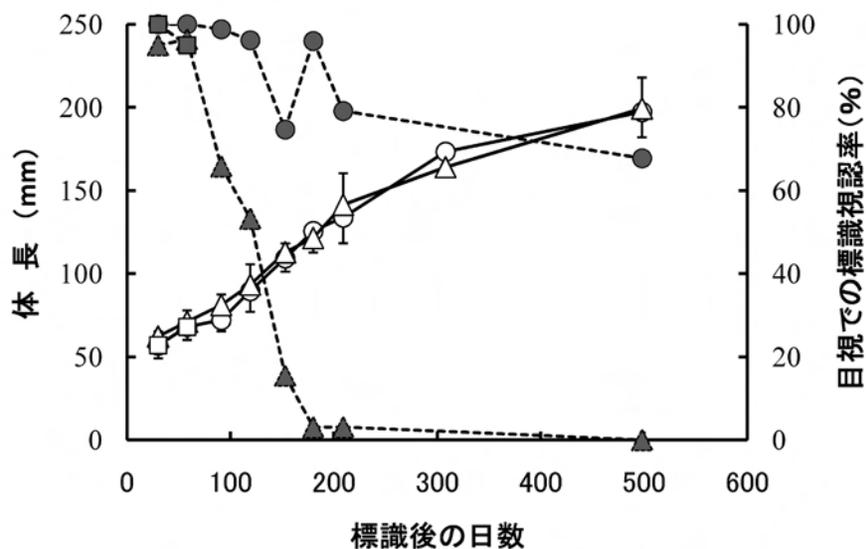


図5 イラストマー標識試験の頭部、胸鰭基部区、眼部区における成長と目視による標識視認率の変化

308日目はLEDライトでのみで検査したため、結果を除いて示した縦棒は標準偏差

体長：○ 頭部区，△ 胸鰭基部区，□ 眼部区
 視認率：● 頭部区，▲ 胸鰭基部区，■ 眼部区

考 察

本試験においてイラストマー注入後89日目に对照区、眼部区において大量死亡が発生し、両区の試験を中止せざるを得なかった。標識後89日経過していること、对照区が同じ日に全滅していることから、死因はイラストマー標識ではなくその他の原因によると考えられた。

イラストマー標識がアカアマダイ稚魚に及ぼす影響を検討するために、注入後約1ヶ月間の生残率の推移を比較したところ、頭部、胸鰭基部区と对照区の間統計的な有意差は認められず、眼部区でのみ差が認められた ($p=0.023$)。しかし、对照区も含めたいずれの試験区においても91~100%と高い生残率を示したことから、イラストマー標識によるアカアマダイ稚魚への影響はほとんどなかったものと考えられる。

宮木らは平均体長60.8mmのトラフグの両眼球後方にイラストマーを注入し標識後107日目で生残率が98.4%であったことを報告しており¹¹⁾、本種と同様イラストマー標識が魚体に影響しないことを示した。しかし、本試験において、頭部区、胸鰭基部区では装着5日後の生残率が100%であったが、眼部区では6尾

が死亡し、生残率は94%となった。このことは、眼部区では誤って針を深く挿入し、致命的な損傷を与えた可能性があり、眼部のイラストマーの注入時には、他の部位に比べて慎重な操作が必要であると考えられた。なお、2008年1月31日に再試験として105尾のアカアマダイ稚魚(体長 58 ± 4.5 mm, $n=10$)の眼部に同様な方法でイラストマー標識を行い、生残を観察したところ、標識後10日目に1尾が死亡したが、その後50日目まで死亡は観察されなかった(町田, 未発表)。また、今回の試験に供した稚魚の平均体長は49mmであり、再試験に供した稚魚がこれよりもやや大型であったことがイラストマーの注入操作を容易にし、魚体への影響を小さくできた可能性がある。宮木らのトラフグの試験サイズは体長60.8mm¹¹⁾と本試験魚に比べて大型であり、このことがアカアマダイに比べて高い生残率を得られた要因の一つと考えられる。さらに、Soula *et al.* は体重0.5gと2.0gのred pogy (*Pagrus pagrus*) 稚魚を用いてイラストマー標識の装着試験を行い、0.5gで有意に死亡率が高かったことを報告している¹²⁾。これらの結果から、特に眼部のように注入の困難な部位にイラストマー標識を行う場合には魚体サイズを考慮すべきである。

宮木らはトラフグ稚魚において, Soula *et al.* は red pogy 稚魚においてイラストマー標識が成長に影響しなかったことを報告している^{11,12)}。今回, アカアマダイではイラストマー標識後の成長に各試験区間で差は認められず (20日後: $p=0.825$), 本試験においても宮木らと同様な結果が得られた (図3)。

トラフグでは両眼球後方部位に注入し, 168日後で左目側72.0%, 右目側92.0%の個体において目視で標識を識別している¹¹⁾。太田らは平均全長131mmのヒラメ稚魚の無眼側胸鰭基部, 平均全長83mmのオニオコゼ稚魚の頭部皮下にイラストマーを注入し, LEDライトを用いた観察により, ヒラメでは3年間にわたって100% ($n=12$), オニオコゼでは18ヶ月後で73% ($n=45$)の保持率があったことを報告した¹³⁾。また, オニオコゼでは成長に伴い皮膚が肥厚し, 標識が皮下深く埋没したことにより, 標識の識別が困難となったことを明らかにしている¹³⁾。

本試験のアカアマダイにおいても, 概ね装着後90日目までは全ての試験区において目視で識別できたが, それ以降, 試験を継続できた頭部区と胸鰭基部区では成長に伴って視認率に差が認められた (図5)。頭部区では成長に伴って視認率は大きく低下しないが, 胸鰭基部区では体長約90mmで約50%にまで低下し, 120mm以上では視認可能な個体がわずかとなり, 識別するためにLEDライトと専用のサングラスを必要とするようになった。このことは, 太田ら¹³⁾が報告しているように, 胸鰭基部において成長に伴い筋肉, 表皮, 鱗等が肥厚したことで, 視認が難しくなったためと考えられる。これらの結果から, 頭部は胸鰭基部に比べて標識部位として適していると考えられる。また, 眼部へのイラストマー標識は角膜と虹彩の間に注入されることから, 魚の成長に影響されず長期にわたって視認が可能であり, 今後, 適正な標識サイズを検討することで有効な標識部位になりうると考えられる。

本研究によって, 視認性が高く, 巣穴形成行動に影響しないイラストマー標識がアカアマダイの標識法として有効であることが示された。しかし, 今回の試験は約3~17ヶ月間の試験期間であったことから, 本標識を回収状況等の定量的なデータ収集に活用するためには, 漁獲サイズまで長期間観察し, 標識部位ごとの成長に伴う視認性の変化について把握する必要がある。

文 献

- 1) 本藤 靖 (2001) 平成11年度日本栽培漁業協会事業年報, 301-303.
- 2) 村上直人 (2001) 放流したアカアマダイが初めて再捕される. さいばい, No. 97, 日本栽培漁業協会, 3-7.
- 3) 竹内宏行・渡辺 税・中川 亨 (2004) 若狭湾におけるアカアマダイの標識放流試験とその再捕状況. 平成15年度栽培漁業センター技報, 102-104
- 4) 山口県 (2005) 平成17年度栽培漁業関係技術開発事業 (魚類 A グループ) 報告書, 山口1-山口12.
- 5) 高場 稔 (1986) マダイの種苗放流・追跡 - V. 栽培漁業技術開発研究, 15, 177-186.
- 6) 町田雅春・竹内宏行・中川 亨・渡辺 税・升間主計 (2007) アカアマダイ人工種苗の巣穴形成に及ぼす標識の影響. 栽培技研, 35, 23-27.
- 7) 田中寿臣・中西尚文・阿知波英明・町田雅春・大河内裕之 (2006) トラフグ放流効果調査におけるイラストマー標識の適用. 栽培技研, 34, 43-51.
- 8) 阿知波英明・和久光靖・高須雄二・板東正夫・白木谷卓哉・町田雅春 (2006) イラストマー蛍光標識を付けて伊勢湾湾央東部で放流したトラフグ人工種苗の成長と回収. 愛知水試研報, 12, 19-33.
- 9) 大河内裕之・町田雅春・田中寿臣・小泉康二・阿知波英明・甲斐正信・中西尚文・中島博司 (2006) トラフグの長期飼育試験から推定したイラストマー標識の脱落率とその補正法. 栽培技研, 34, 53-58.
- 10) 石村貞夫・謝 承泰・久保田基夫 (2006) SPSSによる医学・歯学・薬学のための統計解析. 東京図書株式会社, 東京, 152-163.
- 11) 宮木廉夫・新山 洋・安元 進・池田義弘・田部多修 (1997) トラフグ *Takifugu rubripes* 幼魚におけるイラストマー蛍光標識の有効性について. 長崎水研報, 23, 27-29.
- 12) M.M. Soula, A. Navarro, M.J. Zamorano, J. Roob, F. Real, R. Ginesa, J.M. Afonso (2007) Evaluation of visible implant elastomer (VIE) and passive integrated transponder (PIT) systems to tag fingerling of red pogy (*Pagrus pagrus*): Effects on growth, mortality and tag loss, *Aquaculture*, 272, Supplement 1, 311-312.
- 13) 太田健吾・島 康洋・小林真人 (2004) ヒラメとオコゼに装着したイラストマー標識の識別期間. 栽培漁業センター技報, 2, 86-88.

億単位のワムシ複相単性生殖卵の消毒法

小磯雅彦・手塚信弘・友田 努・榮 健次
(能登島栽培漁業センター)

大量培養されたワムシは、 $10^6 \sim 10^8$ CFU/gの大量の細菌を保有していることが知られている¹⁻³⁾。これらの細菌の中にはワムシに増殖不良を引き起こすもの⁴⁾や、飼育仔魚に細菌性疾病を発生させる可能性があるもの⁵⁻⁸⁾が存在するため、ワムシの生菌数を減らす技術は、ワムシ培養や仔魚飼育において防疫上重要である。渡辺らが開発したグルタルアルデヒドによるワムシ複相単性生殖卵(以下、卵)の消毒法^{9,10)}は、ふ化率が66~96%とやや低下するものの、細菌の消毒率[消毒率 = $\{1 - (\text{消毒後の生菌数} \div \text{消毒前の生菌数})\} \times 100$]が99.99%以上と高く、効果的な消毒法であると考えられる。

しかし、この消毒法を用いて億単位のワムシ卵を処理すると、消毒前後の生菌数は 10^8 CFU/gから 10^6 CFU/gにとどまり、その消毒率が99%と低かった。この理由の1つには、渡辺らの方法では処理したワムシ卵量が約1g(約百万粒)と少なく^{9,10)}、億単位のワムシ卵の処理では卵量が多いこと、卵の分離精度の低下によって卵以外の有機物量が多くなるため、消毒効果が減少したと推察される。

このため、億単位のワムシ卵を効果的に消毒するために、卵の分離回収法と消毒法について再検討した。

材料と方法

供試ワムシ 実験には、能登島栽培漁業センターの25kℓ水槽を用いて、水温18℃、塩分26psuの希釈海水(以下、希釈海水)で粗放連続培養法により培養(日間増殖率:30%)したL型ワムシ小浜株(携卵個体の背甲長: $238 \pm 15 \mu\text{m}$)の個体群を用いた。

ワムシ卵の分離回収法 ワムシ卵量が約1g(約百万粒)の処理方法^{9,10)}は、家庭用ミキサーで培養水とともにワムシを攪拌して虫体から卵を分離して収穫した後、ワムシ濃縮液をトレイ(44×32×7cm)数個に移し、約5分間放置して卵がトレイ底に沈下してから上澄み液をワムシごと廃棄し、新たな希釈海水を加えて上澄み液を廃棄する作業を数回繰り返す。沈下した卵のみを回収する方法である。一方、億単位のワムシ卵の分離回収には、総卵率によって多少異なるものの約10億個体前後のワムシ数を必要とする。この大量のワムシを処理するためには、従来用いているトレイでは容量が小さく作業性が悪いため、大型容器(142

×67×35cm)での卵の分離回収法を検討した。

大型容器を用いた分離回収の手順は以下の方法で行った。

- ① ワムシ虫体からの卵の分離は、ワムシ虫体から卵を強制的に離すために海水ポンプ(ポンディSK-62510;工進)での収穫によって行う。
- ② 収穫後に約20ℓ量に調整したワムシ濃縮液を大型容器に移し入れる(濃縮液の水深は約3cm)。
- ③ 卵を容器底に沈下させるために10分間放置してから、海水ポンプで大型容器内に毎分5ℓ量の希釈海水を注水して、オーバーフローで希釈海水ごと表層のワムシ虫体を流す(図1)。
- ④ 大型容器内の希釈海水がほぼ透明となり、沈下した卵(一部ワムシ虫体を含む)が確認できるようになった段階で大型容器を傾けて沈下した卵を流してワムシネットで回収する。

億単位のワムシ卵の分離回収 海水ポンプの収穫によってワムシ虫体から卵を離れた12.58~15.32億個体のワムシ個体群を用いて、4回の分離回収実験を行った(表1)。各個体群の総卵率は36.0~48.2%であり、この値から各個体群の卵数は4.98~6.21億粒と計算された(表1)。大型容器による分離回収作業が終了した時点で、回収したワムシ卵数と混在しているワムシ数を計数して、以下の式で卵の回収率(%)とワムシ虫体の混在率(%)を求めた。

$$\text{卵の回収率(\%)} = (\text{分離回収後の卵数}) / (\text{分離回収前の卵数}) \times 100$$

$$\text{ワムシ虫体の混在率(\%)} = (\text{分離回収後のワムシ虫体数}) / \{(\text{分離回収後のワムシ虫体数}) + (\text{分離回収後の卵数})\} \times 100$$

ワムシ卵の消毒法と消毒処理法 渡辺ら^{9,10)}は、回収した卵をグルタルアルデヒド(水産用グルタール;川崎三鷹製薬)濃度1,250mg/ℓの消毒液1ℓに収容し、30分間ゆっくり攪拌して消毒処理した。億単位のワムシ卵の処理では、処理するワムシ卵量が多いことに加え、卵の分離精度の低下によって卵以外の有機物量が多くなるため、消毒効果が減少すると推察されたため、処理中の消毒液の交換について検討した。

2回目で回収した1.70億粒のワムシ卵を用い、渡辺ら^{9,10)}に準じグルタルアルデヒド濃度1,250mg/ℓの5ℓの消毒液(26psu海水の滅菌海水を使用)の中

に、卵を収容（消毒処理の卵密度：3.4万個/ml）し、ゆっくり攪拌して30分間処理したもの（消毒1回区）と、消毒開始15分後に消毒1回区から1.5ℓを取り出し、ワムシネットですろ過した卵を新たな消毒液1.5ℓに移し入れて合計30分間処理したもの（消毒2回区）および消毒開始10分後に消毒1回区から1.5ℓを取り出し、ワムシネットですろ過した卵を新たな消毒液1.5ℓに移し入れ、さらに10分後（合計20分後）に新たな消毒液に卵のみを移し替えて合計30分間処理したもの（消毒3回区）の3通りで行った（図2）。

細菌調査は、消毒前と消毒1回～3回区のワムシ卵をそれぞれ約0.1g秤量後、滅菌したHerbstの人工海水9倍量とともに磨砕して10倍希釈液列を作製してZoBell培地（海水1,000mlに、ペプトン5.0g、酵母エキス1.0g、FePO₄ 0.1g、寒天15.0gを添加）とTCBS培地（日水製薬）に塗抹し、25℃の恒温器内で48時間培養して、出現したコロニー数から生菌数を算出した。ふ化率の調査には、6穴のマイクロプレートを用い、各区とも1穴当たり卵約200個ずつを水温20℃の滅菌希釈海水5mlとともに収容し、20℃に調温した恒温器内に静置して48時間後の卵数とふ化ワムシ数を計数し、以下の式でふ化率（%）を求めた。

$$\text{ふ化率}(\%) = \frac{\text{ふ化ワムシ数}}{\{(\text{卵数}) + (\text{ふ化ワムシ数})\}} \times 100$$

ふ化率の差の検定は一元配置分散分析で検定し、有意差が認められた場合には多重比較検定（Tukey-Kramer法）で平均値の違い（有意水準5%）を求めた。

結 果

億単位のワムシ卵の分離回収 卵の分離回収実験の結果を表1に示した。回収された卵数は1.70～2.04億粒と億単位のワムシ卵が得られ、その回収率は平均32.7%（31.7～34.1%）であった。なお、回収した卵の中のワムシ虫体の混在率は平均10.6%（6.3～17.1%）であった。

億単位のワムシ卵の消毒処理実験 各区のワムシ卵の生菌数とふ化率を表2に示した。生菌数は、消毒前のZoBell培地が 4.2×10^7 CFU/g、TCBS培地が 1.2×10^5 CFU/gに対して、消毒1回区ではZoBell培地、TCBS培地ともに1/100に減少し、消毒2回区ではZoBell培地が1/10,000、TCBS培地が1/100,000と大幅に減少し、消毒3回区ではZoBell培地が

表1 大型容器を用いたワムシ卵の分離回収結果の概要

回次	分離回収前			分離回収後			
	ワムシ数 (億個体)	卵数 (億粒)	総卵率 (%)	ワムシ数 (億個体)	卵数 (億粒)	卵の ^{*1} 回収率(%)	ワムシ虫体の ^{*2} 混在率(%)
1	12.58	6.06	48.2	0.13	1.92	31.7	6.3
2	13.85	4.98	36.0	0.35	1.70	34.1	17.1
3	14.10	6.16	43.7	0.18	2.04	33.1	8.1
4	15.32	6.21	40.5	0.24	1.99	32.0	10.8
平均						32.7	10.6

^{*1} 卵の回収率 = (分離回収後の卵数) / (分離回収前の卵数) × 100

^{*2} ワムシ虫体の混在率 = (分離回収後のワムシ虫体数) / [(分離回収後のワムシ虫体数) + (分離回収後の卵数)] × 100

表2 異なる消毒処理法でのワムシ卵の生菌数とふ化率

	生菌数(CFU/g)		ふ化率 (%)
	ZoBell培地	TCBS培地	
消毒前	4.2×10^7	1.2×10^5	99.6 ± 0.2 ^a
消毒1回	8.5×10^5	1.3×10^3	94.8 ± 2.2 ^b
消毒2回	8.1×10^3	0	93.6 ± 1.0 ^b
消毒3回	5.5×10	0	93.3 ± 2.5 ^b

ふ化率は、水温20℃、塩分26psuの条件で48時間後に調べた。上付文字が異なる場合、有意差あり(Tukey-Kramer法、 $a > b, p < 0.05, n = 6$)

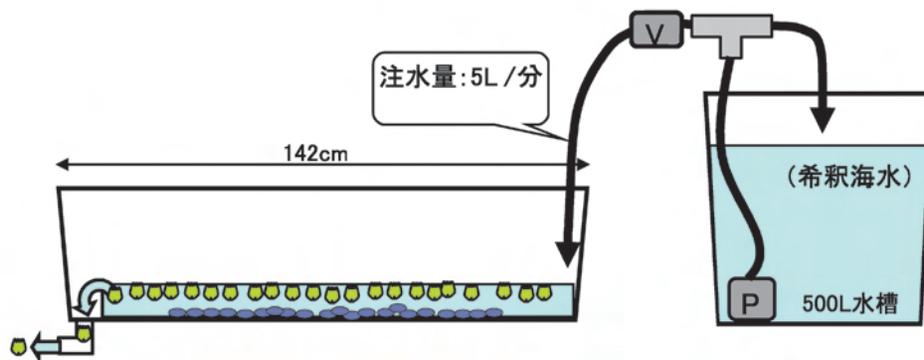


図1 億単位のワムシ卵の分離回収法の模式図

P: 海水ポンプ, V: バルブ

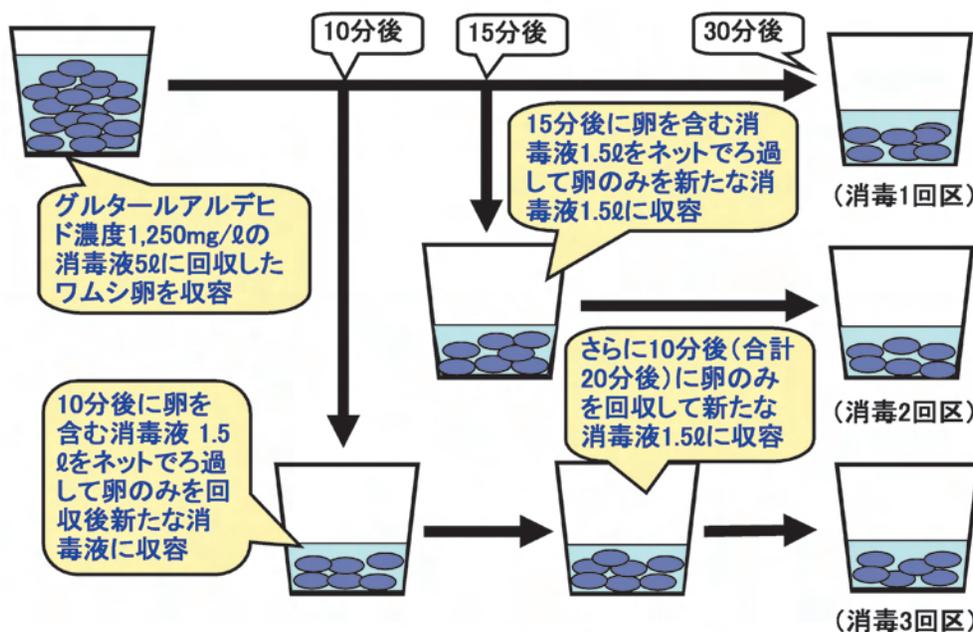


図2 億単位のワムシ卵の消毒処理実験

1/1,000,000, TCBS 培地が 1 /100,000まで減少した。ふ化率は、消毒前の99.6%に対して、消毒1回～3回区が93.3～94.8%と有意に低下したものの（各 $p < 0.05$ ）、消毒回数による違いは認められなかった。

考 察

本研究では、億単位のワムシ卵の分離回収法と消毒法を検討したところ、分離回収法では、大型容器を用いたワムシ卵の分離回収法により約3割の回収率で億単位のワムシ卵が得られた。消毒処理法では、グルタルアルデヒド濃度1.250mg / ℓの消毒液を用いて、

10分間隔で3回処理する（合計30分間）ことで、消毒率がZoBell培地では99.9999%, TCBS培地では99.999%といずれも大幅に高く、さらに処理した卵のふ化率が90%以上あることがわかった。従来法の消毒1回区では、本研究でも消毒率が99%と低いことから、億単位のワムシ卵を消毒処理する場合には、従来法では十分な消毒効果が得られないことが再確認できた。なお、分離回収の際に、流れ出たワムシ虫体は、一部、衰弱・死亡している個体が認められるものの、多くはワムシネットで回収して再利用できた。今後の課題としては、ワムシ収穫から分離回収を経て消毒するまでの作業工程に約3時間を要することから、

作業性の改善とともに卵の回収率を高め、ワムシ虫体の混在率を低下させる工夫が必要である。

ワムシの消毒卵は、消毒効果を維持したまま3日程度冷蔵保存することができ、ふ化率やその後の増殖にもほとんど影響がない¹¹⁾ことが報告されている。今回、億単位のワムシ卵の分離回収法と消毒法が把握されたことで、高密度輸送法¹²⁾を利用して生菌数が極めて少ない防疫面に配慮したワムシ消毒卵を億単位で日本全国に供給できる可能性が示された。また、消毒卵を利用した“ほっとけ飼育”¹³⁾の技術が開発できれば、ワムシ培養由来の原生動物や細菌の影響をほとんど受けない防疫的に優れた飼育手法が開発される可能性が高いと考えられる。

文 献

- 1) 宮川宗記・室賀清邦 (1988) シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* 細菌叢. 水産増殖, **35**, 237-243.
- 2) 岡 彬 (1989) 細菌. 「初期餌料生物－シオミズツボワムシ」(福所邦彦・平山和次編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 34-36.
- 3) 日野明德 (1989) 細菌による制御. 「初期餌料生物－シオミズツボワムシ」(福所邦彦・平山和次編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 205-208.
- 4) Yu, J. P., A. Hino, T. Noguchi, and H. Wakabayashi (1990) Toxicity of *Vibrio alginolyticus* on the survival of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1455-1460.
- 5) 田谷全康・室賀清邦・杉山瑛之・平本義春 (1985) 種苗生産過程の仔稚アユからの *Vibrio anguillarum* の検出. 水産増殖, **33**, 59-66.
- 6) 楠田理一・横山 淳・川合研児 (1986) クロダイ仔稚魚のいわゆる腹部膨満症に関する細菌学的研究. 日水誌, **52**, 1745-1751.
- 7) 安信秀樹・室賀清邦・丸山敬悟 (1988) マダイ仔魚の腹部膨満症に関する細菌学的検討. 水産増殖, **36**, 11-20.
- 8) 増村和彦・安信秀樹・岡田直子・室賀清邦 (1989) ヒラメ仔魚の腸管白濁症原因菌としての *Vibrio* sp. の分離. 魚病研究, **24**, 135-141.
- 9) 渡辺研一・篠崎大祐・小磯雅彦・桑田 博・吉水守 (2005) シオミズツボワムシ複相単性生殖卵の消毒. 日水誌, **71**, 294-298.
- 10) 渡辺研一・小磯雅彦 (2006) 市販薬剤を用いたシオミズツボワムシ複相単性生殖卵の消毒. 栽培技研, **34**, 67-71.
- 11) 小磯雅彦・手塚信弘・桑田 博・渡辺研一 (2006) 消毒したシオミズツボワムシ複相単性生殖卵の短期冷蔵保存. 日水誌, **72**, 239-240.
- 12) 小磯雅彦・島 康洋・桑田 博 (2007) シオミズツボワムシの高密度輸送試験の実施状況 (2001～2005年). 栽培漁業センター技報, **6**, 37-40.
- 13) 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 No.4. (社)日本栽培漁業協会.

栽培漁業センター技報第12号

平成22年12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)