

イ 種苗生産・中間育成技術の開発

①キンメダイの種苗生産技術の開発

静岡県水産・海洋技術研究所

石田 孝行

【目的】

静岡県におけるキンメダイの年間水揚量は、最盛期の7千トンから近年は2千トン未満に減少している。関東近海のキンメダイ資源は低位・横ばい傾向と評価され、漁業者による自主的な資源管理に加えて資源回復のために漁獲圧削減などが提案されている。本県の漁業者からは資源を回復させる方法の一つとして、栽培漁業の実現による種苗放流が求められている。キンメダイの種苗生産に関する研究については、これまでのキンメダイ種苗生産に関する研究では、日本栽培漁業協会（現、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所）は、ホルモン打注による水槽内での自然産卵及びふ化仔魚の飼育を行っており、ふ化後13日目まで生存していた記録がある¹⁾。また、このほかに出典は不明であるが、ふ化仔魚がタイ産ワムシを摂餌し、ふ化後18日間生存した資料が残されている。高知県では、キンメダイの船上授精による種苗生産研究を実施し、タイ産ワムシの摂餌を確認、最長でふ化後20日間生存させた²⁾。一方で、消化管から餌が確認された個体の組織学的観察から、脂肪タンパク質を吸収した組織像はあまり観察されず、消化吸収が充分に行われていない可能性を示唆している³⁾。本県における近年の研究では、親魚にホルモン投与し、実験室内で自然産卵によりふ化仔魚を得ており、SS型ワムシの摂餌を確認し、ふ化後18日間生存させている⁴⁾。しかし、これらの研究は100～1000L規模の水槽で行われているが、飼育条件と生残状況の関係についての検討はあまりされていない。本事業によるこれまでの研究では、実験室内での人工授精により授精からふ化までの適水温が変化していくことを明らかにしたが、ふ化仔魚の生存日数は短く初期餌料の検討まで至っていない。そこで、胚体形成卵からふ化仔魚の飼育環境及び初期餌料について検討を行った。

【研究方法】

1) 仔魚育成条件の検討

① 飼育水温の検討

ア 胚体形成卵及びふ化仔魚の飼育水温の検討

令和4年9月2日に捕獲した雌親魚2個体から、腹部の圧迫及び卵巣卵洗浄により未受精卵を得た。水温12℃で人工授精後、浮上卵を15℃のウォーターバスに静置し、翌日に水温20℃のウォーターバスに移し換えた。授精2日後に得られた胚体形成67粒について、10～12粒ずつ6個の300mLビーカーに入れ、20℃及び25℃に設定したウォーターバスに3個ずつ静置した。その後、毎日死亡卵及び死亡魚を計数しながら除去し、生存状況を確認した。ふ化1日後からマガキ幼生を5～10個体/mLの濃度、

ふ化3日後からSSワムシのうちオープニング71 μ mのメッシュを通過した小型個体を1~10個体/mLの濃度で毎日給餌した。

イ ふ化後に飼育水温を変化させた場合の影響

令和4年8月18日に捕獲後、ひん死状況になった雌親魚1個体から卵巣卵洗浄により未受精卵を得て、雄1個体の精液を用いて水温12℃で人工授精を実施した。浮上卵を15℃のウォーターバスに静置し、翌日に水温20℃のウォーターバスに移し換えた。受精2日後に得られた胚体形成卵1,600粒について、300mLビーカー8個に200粒ずつ入れ、引き続き20℃に設定したウォーターバスに静置した。翌日、ふ化仔魚が得られたため、ビーカー5個を水温25℃のウォーターバス中に移し、更に翌日、20℃飼育中のビーカー3個のうち1個について、水温15℃のウォーターバス中に移し、毎日死亡魚を計数しながら除去し、生残状況を観察した。ふ化2日後からマガキ幼生を5個体/mLの濃度で毎日給餌した。

ウ ふ化後に飼育水温を下降させた場合の影響

令和4年9月17日に捕獲し、死亡した雌親魚4個体から搾出及び卵巣卵洗浄により未受精卵を得て、雄4個体の精液を用いて水温12℃で人工授精を実施した。浮上卵を15℃のウォーターバスに静置し、翌日に水温20℃のウォーターバスに移し換えた。受精2日後に得られた胚体形成卵51粒について、300mLビーカー3個に17粒ずつ入れ、引き続き20℃に設定したウォーターバスに静置した。翌日、ふ化仔魚が得られたため、ビーカー2個を水温17.5℃のウォーターバス中に移し、更に翌日、17.5℃飼育中のビーカー2個のうち1個について、水温15℃のウォーターバス中に移し、毎日死亡魚を計数しながら除去し、生残状況を観察した。試験開始4日後からマガキ幼生を2個体/mLの濃度で毎日給餌した。

② ふ化仔魚の飼育塩分の検討

令和4年8月24日に捕獲後、8月25日にひん死状況になった雌親魚1個体から採卵し、雄1個体の精液を用いて水温12℃で人工授精を実施した。浮上卵を15℃のウォーターバスに静置し、死卵を毎日除去しながら、受精翌日に水温20℃、受精2日後に水温25℃のウォーターバスに移した。受精3日後に得られたふ化仔魚58尾について、塩分を30、33、36に調整した300mLビーカー3個に19~20尾ずつ入れ、引き続き25℃に設定したウォーターバスに静置した。塩分調整は、伊豆分場の前面海域から汲み上げた砂ろ過海水に、精製水又は塩化ナトリウムを添加することにより行った。その後、毎日死亡魚を計数しながら除去し、生残状況を観察した。

③ 受精卵及びふ化仔魚飼育における抗菌剤活用の検討

これまでの飼育経験から、受精卵及びふ化仔魚の飼育中に、死亡魚や餌料の混入物等による水質の悪化、又は水質の悪化による死亡が疑われたため、抗生物質の添加効果について検討した。令和4年7月28日に捕獲し、7月29日に生存していた雌親魚1個体から採卵し、雄1個体の精液を用いて水温12℃で人工授精し、浮上卵を15℃のウォーターバスに静置した。翌日に抗生物質の塩酸オキシテトラサイクリン（商品名：水産用OTC散10%「第一」BL、以下OTCとする）を有効成分量として、0、1、10、100

$\mu\text{g/L}$ の濃度になる様に15℃の飼育水中に懸濁し、水温20℃のウォーターバスに静置し、翌日に水温25℃のウォーターバスに移し換えた。その後、毎日死亡魚を計数しながら除去し、生残状況を観察した。

④ 初期餌料の検討

ア マガキ幼生給餌試験

令和4年7月28日に捕獲し、7月29日にひん死となった雌親魚1個体から搾出卵及び卵巢洗浄卵と、雄1個体の精液を用いて水温12℃で人工授精を実施し、浮上卵を300mL ビーカーに入れ、15℃のウォーターバスに静置した。翌日に水温20℃のウォーターバスに移し換え飼育した。その翌日（受精2日後）にふ化仔魚14個体をOTC10 $\mu\text{g/L}$ 添加飼育水入りの300mLのビーカーに入れ、翌日、水温25℃のウォーターバスに移し換えた。ふ化3日後から、人工授精し、ふ化させたマガキ幼生を飼育水1mL 当たり5個体添加した。飼育期間中は毎日死亡魚を計数しながら除去し、生残状況を観察した。

イ 餌料比較試験

令和4年8月18日に捕獲し、ひん死となった雌親魚1個体から搾出卵及び卵巢洗浄卵と、雄1個体の精液を用いて水温12℃で人工授精を実施し、浮上卵を10L 円形スチロール水槽に入れ、15℃のウォーターバスに静置した。翌日に水温20℃のウォーターバスに移し換え飼育した。その翌日胚体形成卵893粒を得た。これらを300mL ビーカー4個に200粒ずつ、1個に93粒入れ、水温25℃のウォーターバスに入れて飼育した。ふ化仔魚14個体をOTC10 $\mu\text{g/L}$ 添加飼育水入りの300mLのビーカーに入れ、翌日、水温25℃のウォーターバスに移し換え、その2日後、1L ビーカーにふ化仔魚を移し換えた。ふ化2日後から試験終了まで、人工授精してふ化させたマガキ幼生、メッシュで大小に選別したSSワムシ大小それぞれ、マガキ幼生+SSワムシ小、を供試卵数200個体入りの1L ビーカーに飼育水1mL 当たり5個体添加した。残りの93粒の胚体形成卵を無給餌区とした。飼育期間中は毎日死亡魚を計数しながら除去し、生残状況を観察した。

ウ 餌料の比較及び摂餌状況の観察試験

令和4年10月4日に捕獲し、船上でひん死となった雌、雄親魚各1個体を冷蔵保存して持ち帰り、卵巢洗浄卵と精液を採取して水温12℃で人工授精を実施した。浮上卵を目分量で約200粒ずつ300mLのビーカー12個に入れ、15℃のウォーターバスに静置した。翌日に水温20℃のウォーターバスに移し換え飼育した。その翌日胚体形成卵705粒を得た。このうち500粒を300mL ビーカー5個に100粒ずつ入れ、水温20℃のウォーターバスに入れて飼育した。ふ化4日後から、人工授精してふ化させたマガキ幼生、メッシュで大小に選別したSSワムシ大小それぞれ、シラスウナギ餌付用餌料（ステップー1、日本農産工業製）を磨砕してSSワムシと同じ大きさになるようにメッシュでろ過したものを餌料とし、飼育水1mL 当たり各餌料を0.5～10個体（シラスウナギ餌付け餌料は粒の数）を毎日添加した。飼育期間中は毎日死亡魚を計数しながら除去し、生残状況を観察し、ふ化6日後の給餌2時間30分後に、各区から10個体ずつサン

リングし、10%中性海水ホルマリンで固定し、後日実体顕微鏡下で摂餌状況を観察した。

⑤ 大型容器によるふ化仔魚の飼育

令和4年10月4日に捕獲し、船上でひん死となった雌、雄親魚各1個体を冷蔵保存して持ち帰り、卵巣洗浄卵と精液を採取して水温12℃で人工授精した。浮上卵を目分量で約200粒ずつ300mLのビーカー12個に入れ、15℃のウォーターバスに静置した。翌日に水温20℃のウォーターバスに移し換え飼育した。その翌日、胚体形成卵705粒（上記④ウと重複記載）及びふ化仔魚584尾を得たため、これらを試験に供した。試験区の設定を表1に示した。試験区1-ふ化仔魚0日齢184尾を1Lビーカーに入れ20℃で止水飼育した。ふ化5日後に生残した142尾を500L円形パンライト水槽に収容し、自然水温で流水飼育した。注水の向きにより水槽内に渦を描くように水流を起こした。試験区2、3-ふ化0日齢魚200尾を1Lビーカーに入れ20℃で止水飼育した。ふ化6日後に生残した173尾及び148尾を100Lアルテミアふ化槽に入れ、20℃の海水を注水、弱い通気を行いながら流水飼育した。試験区4-胚体形成卵100粒を300mLビーカーに入れ20℃で止水飼育した。ふ化5日後に生残した59尾を100L円形パンライト水槽に収容し、20℃のウォーターバスに入れ止水飼育した。水槽中にネットで包んだ水中ポンプを設置し水槽内に渦を描くように水流を起こした。ビーカー飼育期間中は毎日死亡魚を計数しながら除去し、生残状況を観察した。試験区1、2、3のふ化仔魚にはふ化2日後からマガキ幼生を飼育水1mL当たり5個体毎日給餌し、ふ化4日後からはSSワムシを飼育水1mL当たり0～1個体追加で給餌した。試験区4のふ化仔魚にはふ化4日後からマガキ幼生を飼育水1mL当たり5個体毎日給餌し、5日後にはSSワムシを飼育水1mL当たり0.03個体追加で給餌した。大型容器収容後は、試験区1はふ化5日及び6日後にマガキ幼生2万個体及び17万個体、ふ化9～22日後にSSワムシを15.6～71.5万個体給餌した。試験区2、3はふ化6日及び7日後にマガキ幼生0.3万個体及び17万個体、ふ化6～22日後にSSワムシを200個体～14.3万個体給餌した。どの試験区においても、飼育水中に最高でOTCを10μg/Lになるように添加し、仔魚の生存状況を目視で観察した。

表1 試験区の設定（小型容器→大型容器）

試験区	飼育容器	収容尾数	水温設定	換水率	OTC添加	餌料
1	1Lビーカー	184尾	20℃	止水	飼育開始時	マガキ幼生
	→500Lパンライト水槽	→142尾	→自然水温	→1回/時間	→毎日添加	→SSワムシ
2	1Lビーカー	200尾	20℃→20℃	止水	飼育開始時	マガキ幼生
	→100Lアルテミアふ化槽	→173尾		→0.6回/時間	→毎日添加	→SSワムシ
3	1Lビーカー	200尾	20℃→20℃	止水	飼育開始時	マガキ幼生
	→100Lアルテミアふ化槽	→148尾		→0.6回/時間	→毎日添加	→SSワムシ
4	300mLビーカー	100粒	20℃→20℃	止水→止水	飼育開始時	マガキ幼生
	→100Lパンライト水槽	→59尾			→飼育開始時	→SSワムシ

⑥ ふ化仔魚飼育結果とりまとめ

今年度のキンメダイ種苗生産に関する各種試験（上記の試験と重複あり）のふ化仔魚の飼育状況を取りまとめ、昨年度の状況と比較した。

【研究成果の概要】

1) 仔魚育成条件の検討

① 飼育水温の検討

ア 胚体形成卵及びふ化仔魚の飼育水温の検討

胚体形成後の飼育水温とふ化率について図1に示した。ふ化率は20℃区の方が高い傾向がみられた。

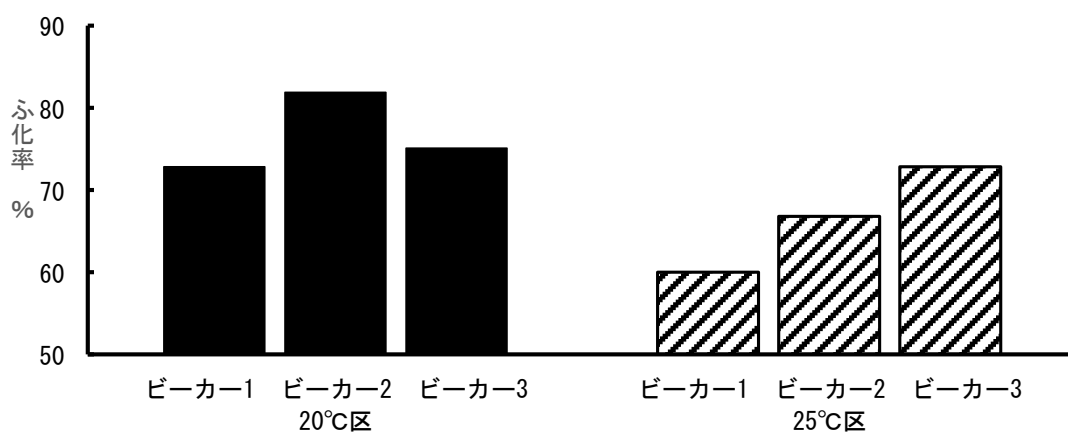


図1 胚体形成後の飼育水温とふ化率

胚体形成後の積算温度と生残率の推移について図2に示した。ふ化率は20℃区の方が高い傾向を示したが、20℃区ではふ化後に死亡が起こり、生残状況に大きな差はみられなかった。積算温度50℃・日付近では、ふ化仔魚がゆっくり沈降し、泳いで上昇するという鉛直行動が観察された。また、積算温度75℃・日付近では、ふ化仔魚が給餌したカキ幼生に対して、啄むような行動が観察された。しかし、どちらの温度帯でも積算温度160～200℃・日辺りに急激な減耗が起こり、全ての個体が死亡した。なお、供試数に対して、毎日死亡魚を除去し生残率を算出したが、ビーカー内のふ化仔魚がいなくなっても計算上は個体が残っている状態となり、実際とはずれが生じたため供試尾数から不明尾数を差し引いて記載した。

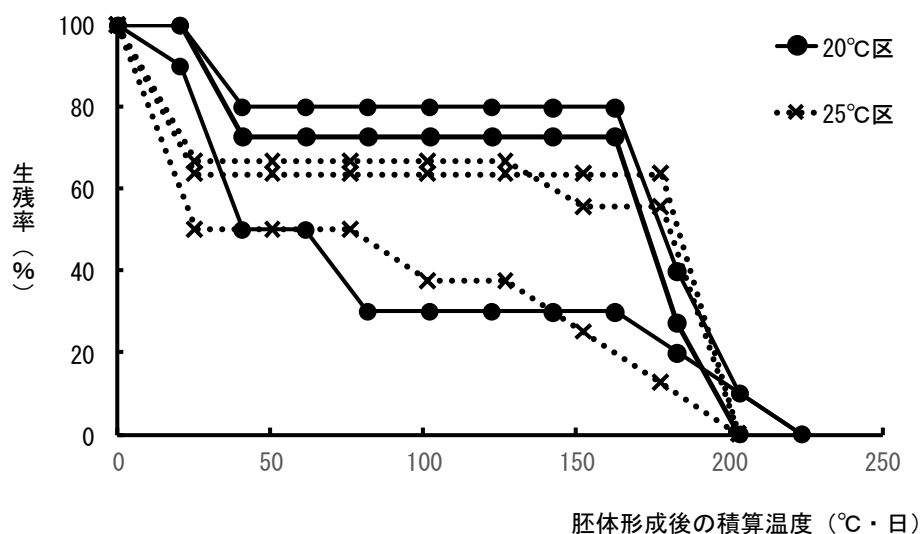


図2 胚体形成後の積算水温と生残率の推移

イ ふ化後に飼育水温を変化させた場合の影響

胚体形成後の飼育水温とふ化率について図3に示した。ふ化時点では全て20℃飼育であるが、ふ化率は15℃区で90%、20℃区で79%及び91%、25℃区で81%、91%、91%、91%及び92%であった。ふ化仔魚はいずれの試験区においても積算温度25～75℃・日でほとんどが死亡し、温度による違いはみられなかった。

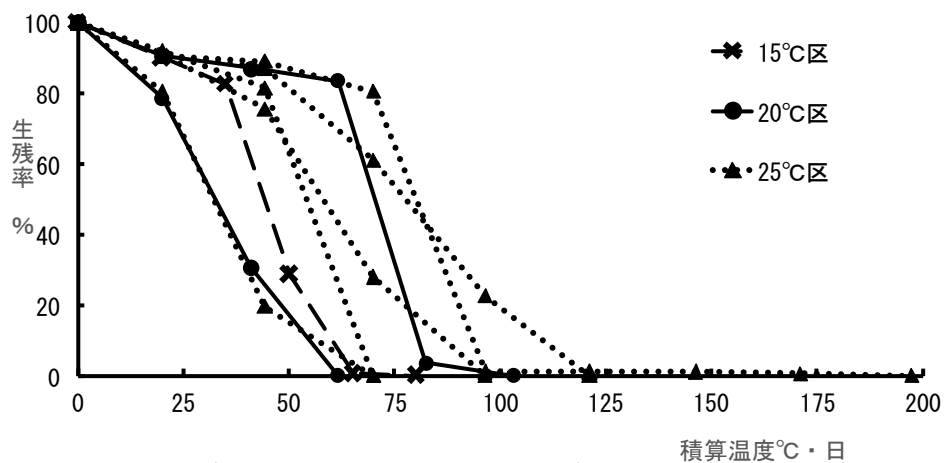


図3 胚体形成後の積算水温と生残率の推移（ふ化後に飼育水温を変えた場合）

ウ ふ化後に飼育水温を下降させた場合の影響

胚体形成後の飼育水温とふ化率について図4に示した。ふ化時点では全て20℃飼育であるが、ふ化率は20℃区で76%、17.5℃区で71%、15℃区で76%であった。ふ化仔魚は20℃区では積算温度で160℃・日まで生残した。なお、毎日死亡魚を除去して生残率を算出したところ不明尾数が発生したため供試尾数から差し引いた。一方、

17.5℃区では積算温度 125℃・日、15℃区では 81℃・日で全てが死亡し、水温を降下させると生残状況は悪くなった。

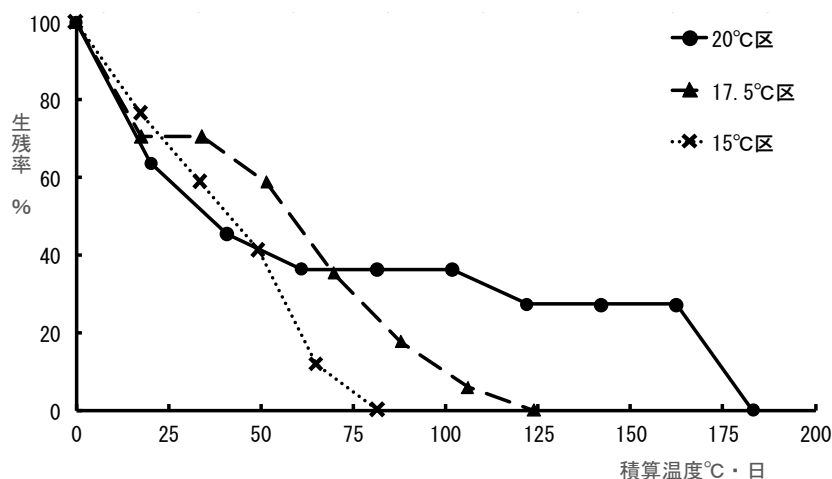


図 4 胚体形成後の積算水温と生残率の推移（ふ化後に飼育水温を下げた場合）

以上のことから、胚体形成卵の飼育水温は 20℃、ふ化仔魚の飼育水温は 20～25℃が適していると考えられた。一方、天然海域では、ふ化仔魚は海水中で沈降していくと想定されており、それに合わせて飼育適水温は低下していくと考えたが、今回は飼育水温を降下させることで早期に死亡した。そこで、当面は胚体形成以降は水温 20℃で飼育し、ふ化後は水温 20～25℃で飼育することが適当であると考えられた。

② ふ化仔魚の飼育塩分の検討

ふ化後の飼育塩分と生残率の推移について図 5 に示した。調整前の塩分は 33 台であり、馴致を行わずに各塩分濃度にふ化仔魚を入れたが、直後の死亡は起こらなかった。また、魚体が低塩分で沈降する、高塩分で浮上するということはなく、各塩分濃度に順応している様であった。生残状況は各塩分濃度で大きな差はみられなかった。

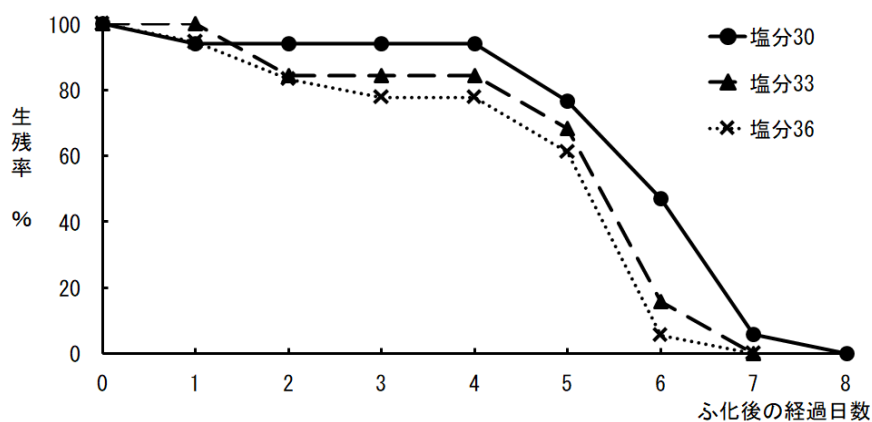


図 5 ふ化後の飼育塩分と生残率の推移

③ 受精卵及びふ化仔魚飼育における抗菌剤活用の検討

実験開始（受精 1 日）後の生残状況について図 6 に、OTC 濃度とふ化率の関係を図 7 に示した。実験開始から 1 日後にかけて生残率は $0\mu\text{g/L}$ では 20%、 $1\mu\text{g/L}$ では 21%、 $10\mu\text{g/L}$ では 27.5%、 $100\mu\text{g/L}$ では 25% となり、いずれの試験区においても約 8 割の卵が死亡した。この原因としては、卵質や受精 1 日後の胚体形成前の卵をハンドリングしたことの影響があったと考えられる。生残日数は $100\mu\text{g/L}$ が最も長く 5 日後まで、次いで $10\mu\text{g/L}$ で 4 日後まで、最も短かったのは $0\mu\text{g/L}$ 及び $1\mu\text{g/L}$ の 3 日後までとなった。ふ化率は $10\mu\text{g/L}$ が最も高く、次いで $100\mu\text{g/L}$ 、 0 及び $1\mu\text{g/L}$ の順であった。飼育期間中に水質悪化等による死亡はなく、OTC 濃度による生残状況に大きな差はみられなかった。生残日数及びふ化率をみると、少なくとも OTC による弊害はないと考えられるため、OTC を $10\mu\text{g/L}$ 程度添加して飼育することが現段階では妥当だと考えられた。

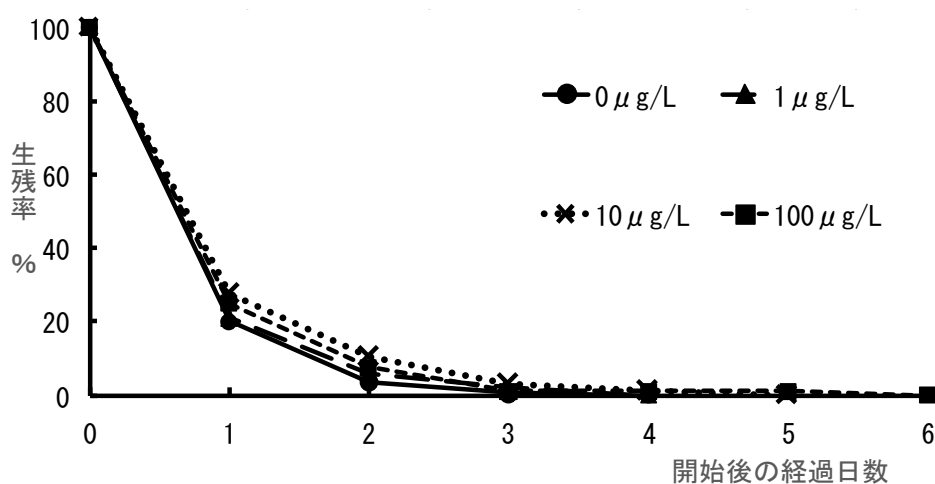


図 6 飼育水の OTC 濃度と受精 1 日後からの生残率の推移

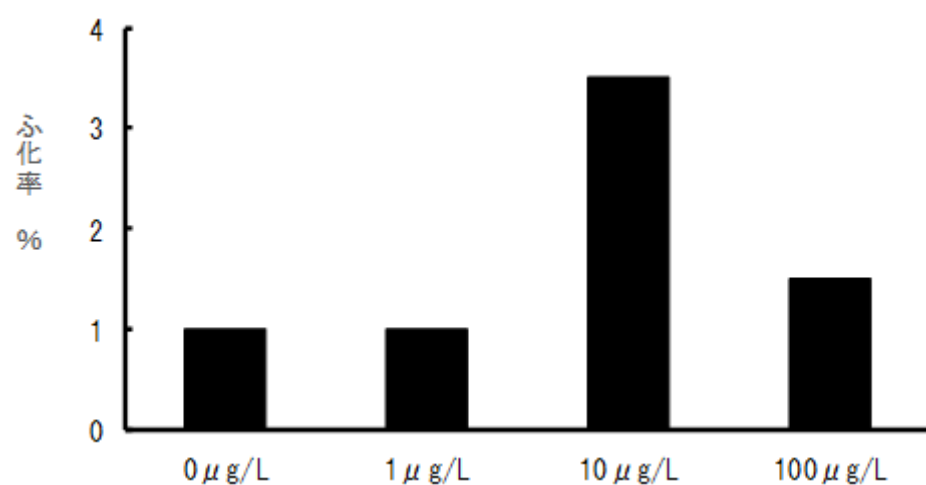


図 7 飼育水の OTC 濃度とふ化率

④ 初期餌料の検討

ア カキ幼生給餌試験

ふ化後の経過日数と生残率の推移について図8に示した。ふ化1日後から5日後まで毎日数尾ずつが死亡し、生残状況はあまり良くなかった。飼育8日後に全ての個体が死亡した。

ふ化4日後のふ化仔魚について、生きたまま駒込ピペットで吸い取り、プラスチックシャーレに入れて検鏡したところ、消化管内にマガキの幼生を確認した。①飼育水温の検討ーア胚体形成卵及びふ化仔魚の飼育水温の検討において記載したとおり、マガキ幼生に対しては啄む様な行動が観察されていることから、摂餌している可能性が高く、初期餌料として有望であると考えられた。

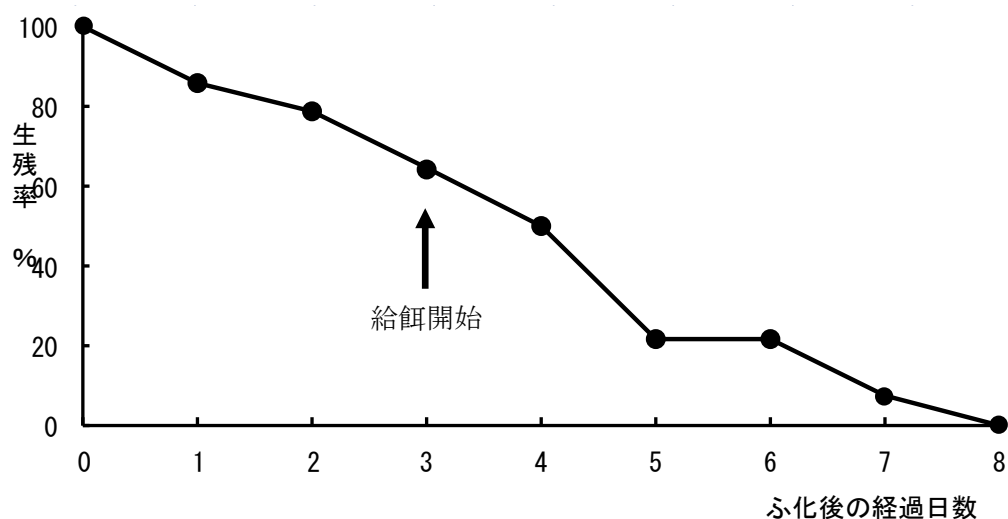


図8 ふ化後の経過日数と生残率の推移

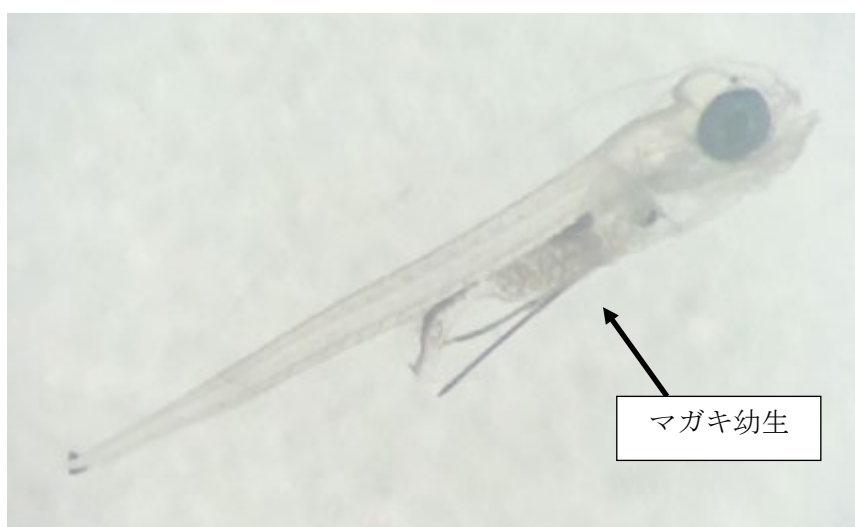


図9 マガキ幼生を摂餌したキンメダイふ化仔魚（ふ化4日後）

イ 餌料比較試験

ふ化後の経過日数と生残率の推移について図 10 に示した。ふ化 5 日後まではどの給餌区においてもほとんど死亡はみられず、生残率は 90% 以上であった。しかし、6 日後にはどの給餌区においても大量に死亡し、マガキ幼生+SS ワムシ小区以外の給餌区では全ての個体が死亡した。また、ふ化 3 日後のマガキ幼生区において、死亡魚を除去した後に飼育水をデカンテーションにより継ぎ足したところ、水流にまかれて 28 尾が即座に死亡したため、生残状況の計算から除外した。これらの死亡魚を顕微鏡観察したところ、摂餌している個体はみられなかった。また、無給餌区はふ化 3 日後に生残率が 11% まで低下したが、これは給餌区に使用した残りをういたためにふ化仔魚の質が悪かったことが原因と考えられ、図には示さなかったがふ化 7 日後に全ての個体が死亡した。

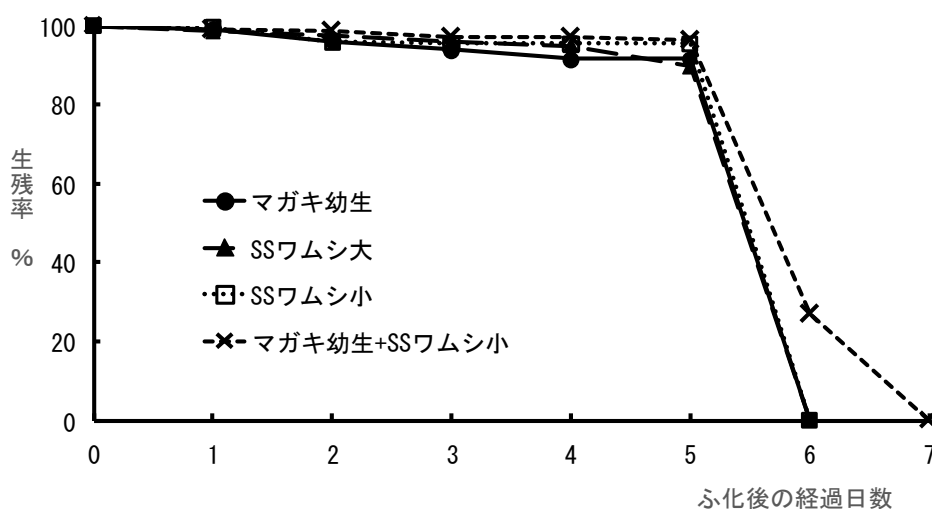


図 10 ふ化後の経過日数と生残率の推移

SS ワムシ及びマガキ幼生の回収に使用したメッシュと目合について、表 1 に示した。メッシュの目合から考えると、SS ワムシ大は背甲幅 $71\sim 292\mu\text{m}$ 、SS ワムシ小は背甲幅 $41\sim 71\mu\text{m}$ 、マガキ幼生は殻高 $20\sim 71\mu\text{m}$ 程度の大きさのものが給餌されていると考えられる。SS ワムシ大 5 個体の平均甲背長は $215\mu\text{m}$ で培養群の 95%、SS ワムシ小 10 個体の平均甲背長は $138\mu\text{m}$ で培養群の 5% 程度であった。この実験では確認できなかったが、ほかの実験でマガキ幼生を摂餌していることから考えると、キンメダイふ化仔魚の餌の適正なサイズは SS ワムシより小さい可能性があると考えられた。

表 1 ふ化後の経過日数と生残率の推移

餌の種類	通過メッシュ	回収メッシュ	通過目合	回収目合	平均背甲長	選別割合
SSワムシ大	MS-70	21XX-71	292 μ m	71 μ m	215 μ m	95%
SSワムシ小	21XX-71	NY41-HC	71 μ m	41 μ m	138 μ m	5%
マガキ幼生	21XX-71	NY20-HC	71 μ m	20 μ m	-	-

ウ 餌料の比較及び摂餌状況の観察試験

試験開始の経過日数と生残率の推移について図 11 に示した。試験の途中でサンプリングを行っているため、生残率の推移は、毎日の生残率の積で算出した。どの試験区においても試験開始の翌日に死亡卵を除き全ての個体がふ化した。どの試験区においてもふ化直後からの生残率の低下はみられず、生残率は高めで推移した。試験開始 8 日後にシラスウナギ餌付け餌料給餌区において、死亡魚及び飼育水中のゴミがピンク色になって大量に死亡した。飼育実験の際に度々起こる現象ではあるが、原因は不明であった。他の区については試験開始 9～10 日後に大量に死亡が起こった。なお、供試数に対して、毎日死亡魚を除去し生残率を算出したが、試験終了時にビーカー内の生残尾数とずれが生じたため供試尾数から不明尾数を差し引いて記載した。また、サンプリング個体の摂餌状況観察結果では、全ての試験区において摂餌個体は 1 尾も観察されなかった。

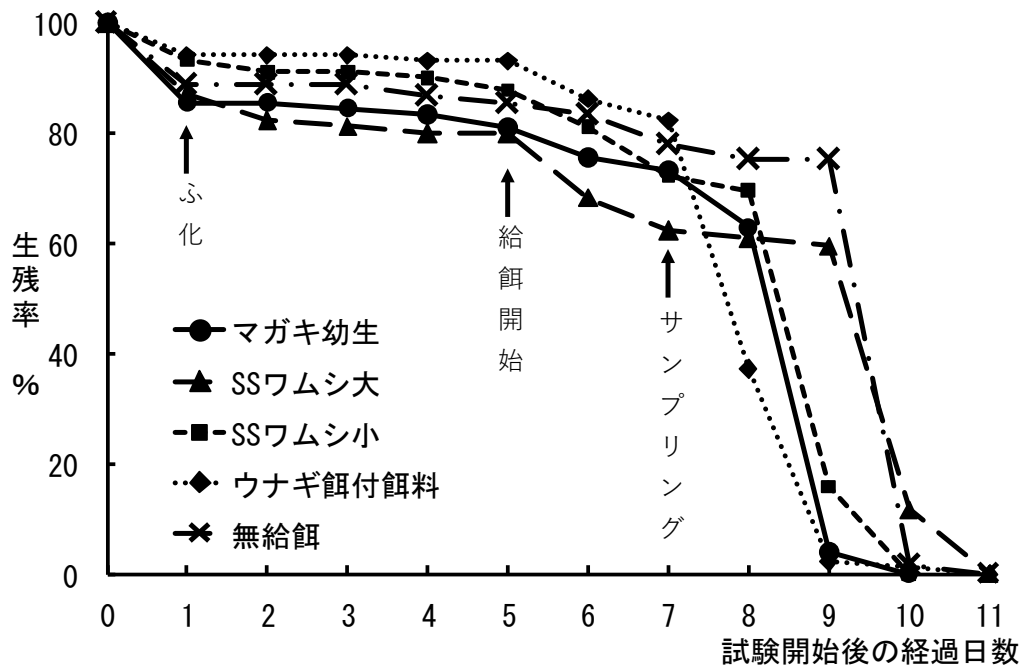


図 11 試験開始後の経過日数と生残率の推移

⑤ 大型容器によるふ化仔魚の飼育

試験区 1 ではふ化 9 日後(大型容器に収容して 4 日後)、試験区 2、3 ではふ化 7 日後(大型容器に移して 1 日後)、試験区 4 ではふ化 5 日後(大型水槽に移して 1 日後)までふ化仔魚を目視確認できたが、その翌日以降はいずれの試験区においても確認できなかった。各試験区とも給餌しながらその後も飼育を継続し、ふ化 24 日～25 日後にかけて、飼育水をメッシュでろ過して仔魚の回収を行ったが、生存魚は確認できなかった。

⑥ ふ化仔魚飼育結果とりまとめ

昨年度と今年度のふ化後の生残率の推移について図 12 に示した。昨年度はふ化翌日から急激に生残率が低下する事例がほとんどであった。今年度についてもふ化翌日から生残率が急激に低下する事例が多かったが、ふ化数日後は高い残率を維持する事例がみられた。この理由は、ふ化仔魚の飼育条件がある程度解明されたこともあるが、実験に使用した親魚及び卵の質が影響すると考えられる。このような事例を増やしていくことで、ふ化仔魚の初期餌料の検討など、有効な実験を行える様になると考えられる。

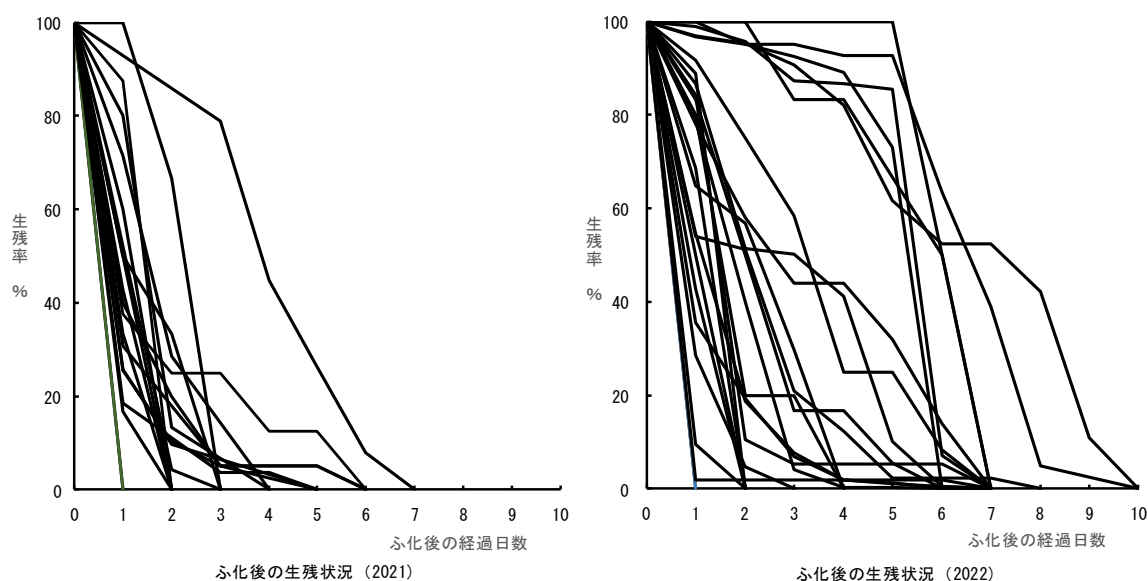


図 12 ふ化後の生残率の推移 (左：令和 3 年、右：令和 4 年)

【次年度以降に向けた提言】

昨年度及び今年度は、親魚を生かしたまま持ち帰り、研究施設内で人工授精を行った。これにより試験区を組みやすくなり、さらに、小型のビーカーを用いて試験を行うことにより飼育条件設定が楽になった。加えて、ビーカー内の仔魚を観察し、死亡魚を取り除くことで生残状況をデータ化し、比較検討することができるようになった。

ふ化仔魚の生残状況については、昨年度はふ化後に急激に減耗する事例が多かったが、今年度は、数例ではあるものの、ふ化後数日間は安定した生残が得られるようになった。

これは、ふ化仔魚の飼育条件、取り扱い方法に改善がみられたこともあるが、親魚及び卵の質が向上したことが大きいと考えられる。今後は親魚及び卵の質を更に向上させ、ふ化後数日間は安定して飼育できるようになることが重要と考えられ、それにより初期餌料の解明が進むと考えられる。

現時点で考えられる受精卵の管理手法について以下に記載する。

<キンメダイの受精卵及びふ化仔魚管理手法>

1 受精卵管理

- ・10～12℃で受精させた浮上卵を入れたビーカーを水温 15℃のウォーターバスに入れ、止水、無通気で管理する（図 13）。
- ・飼育水は 10ppm の OTC を添加した海水を用いる。海水をタンクに入れ、ウォーターバスに投げ込んで冷海水を作ると、タンクのネジロに原生動物が繁殖するため、飼育水に混入しないように注意する。
- ・受精 1 日後に、死卵を駒込ピペットで吸い取り廃棄する。飼育水を変えずにそのまま 20℃のウォーターバスに移す。受精 1 日後から 2 日後にかけては、卵が死にやすい時期なので、極力手を加えない。
- ・受精 2 日後に、死卵を駒込ピペットで吸い取り廃棄する。浮上卵は胚体形成されており（図 14）、安定期に入っているため、この時点で飼育水を取り替える、又は胚体形成卵を駒込ピペットやスプーンで移し、試験区を設定しても良い（図 15）。
- ・試験区を設定する際は、300mL ビーカーで 100 粒程度を入れれば、ふ化仔魚飼育まで可能である。ふ化率をみるだけであれば 200 粒入れても差し支えない。
- ・駒込ピペットを使う場合は、吸い込んだ卵が知らないうちに吐き出されないよう、また、ピペット内部に付着して出てこないことがあるので、カウントにずれが生じないように注意する。
- ・スプーンを使う場合は、飼育水ごと掬ってカウンターで計数しながら移す。金属スプーンを使用する場合は、浮上卵がスプーンに映り込むのでダブルカウントに注意する。プラスチック製のカレー用スプーンが使用しやすかった。



図 13 受精卵の管理

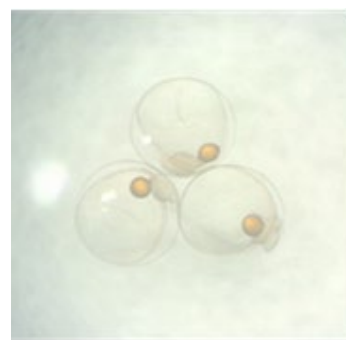


図 14 胚体形成卵



図 15 卵計数用スプーン

- ・飼育水温は 20℃に設定し、OTC を 10 μ g/L の濃度で添加する。塩分は、30～36 程度であれば特に調整する必要はない。

2 ふ化仔魚飼育

- ・受精 3 日～4 日後にかけてふ化が起こる（図 16）。
- ・ふ化仔魚は 10 μ g/L の OTC 添加海水で、水温 20～25℃、止水、無通気飼育する。
- ・ふ化直魚の魚体が丸まっている状態では移し変えが可能だが、魚体が伸びてから、20℃飼育ではふ化 4 日後まで、25℃飼育ではふ化 3 日後まで、飼育水を継ぎ足すだけでも大量へい死が起こるため、死卵及び死亡魚を除去する程度にとどめ、極力手を加えない。生残状況は、供試卵数から除去した個体数を引くことにより把握する。
- ・ふ化 3 日後ぐらいから給餌を始める場合は、100～1000 μ L のマイクロピペットで静かに滴下する。
- ・ふ化仔魚は、飼育水温で多少変動するが、ふ化 1 日後は水中を浮遊している。ふ化 2 日後には頭を下にして、緩やかに沈降しては遊泳して上昇する鉛直運動を行うようになる（図 17）。ふ化 3 日後には、ビーカーの上層で水平方向に遊泳するようになる（図 18）。水平方向に遊泳し始めた段階で給餌を開始する。
- ・有効な初期餌料は解明されていないが、現段階で有力なものはマガキ幼生及び SS ワムシである。以下にマガキ幼生の作出方法を記載する。

＜マガキ幼生の作出＞

- ・天然海域で捕獲したマガキを研究所内で養成し、水槽内で増殖した付着珪藻をこすり落として給餌して成熟させた。
- ・マガキの殻を開け、白濁した軟体部をハサミで切り取り、顕微鏡観察する。雄の場合はキンメダイの精子と同じサイズの精子が確認できる。雌の場合は雄より遙かに大きな球体（卵）が確認できる。
- ・雌雄の軟体部を切り出し（図 19）、別々にハサミで細かく切り（図 20）、常温の海水を注いで混ぜる。
- ・5 分静置後、71 μ m のメッシュでろ過し、組織片を取り除く（図 21）。
- ・海水で薄めながら 20 μ m のメッシュでろ過し、マガ



図 16 ふ化仔魚（0 日後）

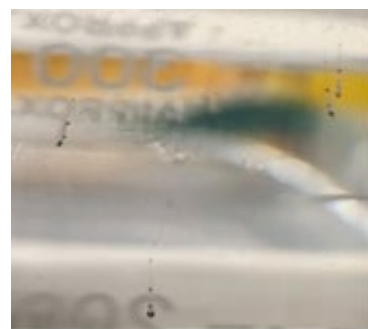


図 17 頭部を下に沈降する
ふ化仔魚（2 日後）



図 18 水平方向に遊泳する
ふ化仔魚（5 日後）



図 19 マガキ軟体部の摘出

キ受精卵を回収する。

- ・雌 1 個体分の卵を 20L の常温海水を入れた容器に入れ、20℃のウォーターバス中で管理する。このとき、容器を水平に置き、通気はしない。卵が 1 か所に集まると死亡するため。
- ・翌日にはふ化して泳ぎ出すため、20 μ m のメッシュで必要量回収して与える。

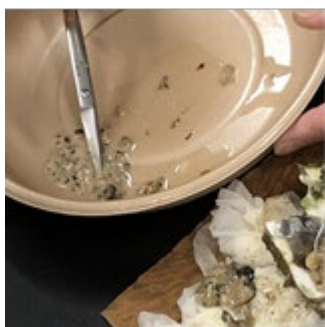


図 20 マガキ軟体部の細断



図 21 受精後の組織片除去

参考文献

- 1) 鴨志田正晃、成生正彦(1989-1998)種苗生産技術開発の概要、新しい栽培種として期待される魚類、キンメダイ、平成元年～平成 10 年度日本栽培漁業協会事業年報。
- 2) 渡辺貢(1997)キンメダイふ化仔魚の飼育試験Ⅲ、高知県海洋深層水研究所報第 5 号、47-48.
- 3) 菊池達人(2002)キンメダイふ化仔魚の飼育試験Ⅴ・Ⅵ、高知県海洋深層水研究所報第 6 号、22-24.
- 4) 野田浩之ら(2016)キンメダイ種苗生産技術開発、静岡県水産技術研究所事業報告、113-115.

イ 種苗生産・中間育成技術の開発

②アマダイ類の種苗生産技術の開発 - 1

公益社団法人山口県栽培漁業公社

桶屋 幸司

【目的】

消費者のニーズが高く、漁業者からの種苗生産に対する要望が強いアマダイ類の種苗量産技術の開発を促進させることを目的とする。

アマダイ類の種苗生産では、精子の凍結保存方法や人工授精技術、ウイルス性疾病の防除技術が開発され、数 10 万尾の生産が可能となったが、採卵用の親魚を天然魚に依存しているため必要な数量の受精卵を安定して確保できる状態にはなっていない。仔稚魚の飼育では、光条件や通気量を調整することで飼育初期の生残率をある程度高めることができるようになったが、ヒラメ等に比べて放流までの飼育期間が長いことから生産コストが高く、生産の省力化や低コスト化が求められている。

そこで、シロアマダイとアカアマダイでは成熟個体(天然親魚)を用いて従来法による人工授精を行い、得られた受精卵から種苗生産し、シロアマダイについては全長 3cm サイズの種苗を 25,000 尾生産し、山口県水産研究センターが実施する試験放流に用いる全長 7cm サイズの種苗を生産する。アカアマダイについては、全長 3cm サイズの種苗を生残率 30% 以上、飼育密度 2,000 尾/ kI で安定的に生産する技術を開発するとともに、生産した全長 3cm サイズの種苗を用いて閉鎖循環式飼育システムによる中間育成を実施し、適正な飼育密度や水温等を明らかにし、全長 7cm の種苗を高密度で飼育可能な中間育成技術を開発する。

中間育成の目標は全長 7cm サイズの放流種苗を生残率 95%以上、700 尾/ m^2 (450 尾/ kI) 以上の密度で生産するシステムを開発し、生産コストを従来の 1/2 以下に削減することである。

【研究方法】

(1) 種苗生産技術の開発

1) シロアマダイ試験放流用種苗の生産

山口県水産研究センターが成熟個体(天然親魚)から人工授精により 5 月 26 日から 5 月 27 日にかけて採卵した受精卵を一晩微流水で育卵し(育卵水温 21℃)、翌日、胚体を確認した後、浮上卵を 0.5ppm のオキシダント濃度に調整した電解殺菌海水で 1 分間消毒し、受精卵 60 千粒を 50 kI 八角形水槽に収容してふ化させた。21 千尾がふ化し(全長 2.2 mm)、ふ化率は 35%であった。

飼育水は、紫外線殺菌砂ろ過海水を使用した。換水は、日齢 0 から 10%で開始し、以降は注水量を徐々に増加させた。飼育水温は、自然水温とした。通気は、水槽底面 8 ヲ所に固定したユニホース 8 本と水槽中央部に設置したユニホース 1 本から行った。また、開鰓させるため日齢 3~10 に水面の油膜除去を行った。電照は、150w 形 LED レフランプ電灯 6 基を水槽上部に設置し、日齢 2 から取り上げまで 24 時間行った。

餌料は、S型ワムシ、アルテミア幼生、配合飼料とした。S型ワムシの給餌は、日齢2から開始し、日齢23に終了した。栄養強化は市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラで栄養強化した。アルテミア幼生は、市販の天然のDHAを含んだシドキトリウムで6時間栄養強化し、日齢16から日齢44まで給餌した。配合飼料は、日齢20から給餌を開始し、仔稚魚の成長に応じて増量し、粒径も大きいものに変更した。飼育水槽への藻類添加は、市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラを日齢2から日齢52まで添加した。

2) アカアマダイ種苗生産技術の開発

成熟個体(天然親魚)を9月29日から9月30日に雌144尾、雄11尾、10月15日から10月17日に雌86尾、雄5尾を購入し、雌にはヒト胎盤性生殖腺刺激ホルモンHCG(以下、HCG)を打注し、活魚籠に入れ、水温20℃に調整した屋内コンクリート水槽に収容した。雄は精巣を摘出し人工精漿中で細片し、精巣重量の50倍の人工精漿で希釈し精子抽出液を作製した。精子抽出液は、冷蔵庫内に4℃で保存した。

採卵は、HCGを打注し、48、72時間後の10月1日から10月2日、10月17日から10月19日に実施した。採卵方法は人工授精法とし、雌1尾ずつから卵を搾出後、冷蔵精子を滴下し媒精を行い、受精卵を2000アルテミア孵化槽に収容した。5日間の採卵で5,508千粒の受精卵を得た。

浮上卵を2000アルテミア孵化槽内で再浮上させた後、5000ポリカーボネート水槽に収容し、0.7ℓ/分の通気をし、一晩止水で育卵した(育卵水温23℃)。翌日、胚体を確認した後、浮上卵を0.5ppmの濃度に調整した電解殺菌海水で1分間消毒し、50ℓ八角形水槽に収容し、ふ化させた。

飼育水は、紫外線殺菌砂ろ過海水を使用した。換水は、日齢2から10%で開始し、以降は注水量を徐々に増加させた。飼育水温は、受精卵収容時からふ化までは23℃に設定し、ふ化後は24℃に設定した。

通気は、水槽底面8ヵ所に固定したユニホース8本と水槽中央部に設置したユニホース1本から行い、各通気管には流量計を取り付け調整した。通気量は側面の通気を0.3～1.0ℓ/分とした。また、開鰓させるため日齢3～7に水面の油膜除去を行った。

電照は、150w形LEDレフランプ電灯6基を水槽上部に設置し、日齢2から取り上げまで24時間行った。

餌料は、S型ワムシ、アルテミア幼生、配合飼料とした。S型ワムシの給餌は、日齢2から開始し、日齢24に終了した。栄養強化は市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラで栄養強化した。アルテミア幼生は、市販の天然のDHAを含んだシドキトリウムで6時間栄養強化し、日齢18から日齢47まで給餌した。配合飼料は、日齢22から給餌を開始し、仔稚魚の成長に応じて増量し、粒径も大きいものに変更した。

飼育水槽には市販の高度不飽和脂肪酸強化淡水クロレラを日齢2から日齢45まで添加した。

(2) 閉鎖循環式飼育システムによるアカアマダイの中間育成

- 1) 大型水槽を用いた飼育では、12月28日に30k ℓ 角形水槽に平均全長55.32mmの稚魚13.8千尾を収容し、飼育水温は17℃とし、飼育水は80%海水とした。飼育密度は720尾/m²(460尾/k ℓ)。電照は40w形LED電球2基を水槽上部に設置し開始し、日齢101からは20w形LED電球2基に変更し、取り上げまで24時間行った。
- 2) 小型水槽を用いた飼育では、12月28日に500 ℓ 水槽に平均全長55.32mmの稚魚500尾を収容し、飼育水温は17℃とし、飼育水は80%海水とした。飼育密度は775尾/m²(1,150尾/k ℓ)。電照は20w形LED電球1基を水槽上部に設置し、取り上げまで24時間行った。

【研究成果の概要】

(1) 種苗生産技術の開発

1) シロアマダイ試験放流用種苗の生産

ふ化仔魚収容尾数は21千尾で、飼育開始密度は420尾/k ℓ であった。59～60日間の飼育で平均全長40.8mmの稚魚5.6千尾を取り上げた。生残率は26.7%で、飼育密度は112尾/k ℓ であった。日齢8における開鰓率は90%であった。

2) アカアマダイ種苗生産技術の開発

ふ化仔魚収容尾数は1,832千尾で、飼育開始密度は2,760～5,960尾/k ℓ であった。49～50日間の飼育で平均全長38.4mmの稚魚128千尾を取り上げた。平均生残率は7%で、飼育密度は1,100～1,460尾/k ℓ であった。

種苗生産結果を表1、表2に示した。

(2) 閉鎖循環式飼育システムによるアカアマダイの中間育成

- 1) 大型水槽では、12月28日から2月5日まで中間育成を行い、平均全長84.18mmの稚魚を13.77千尾取り上げた。生残率は99.8%であった。
- 2) 小型水槽では、12月28日から2月4日まで中間育成を行い、平均全長75.78mmの稚魚を497尾取り上げた。生残率は99.4%であった。
- 3) 閉鎖循環式飼育システムでの飼育期間中は従来型の中間育成(流水飼育)と比較し、加温費用が1/2以下となった。

【次年度以降に向けた提言】

シロアマダイの試験放流用種苗の生産では、受精卵量が十分に確保できず、生残率が低い値となった。採卵時期について再検討したい。アカアマダイの閉鎖循環式飼育システムによる中間育成では、飼育密度について再度検討したい。

表 1 アカアマダイ種苗生産結果(1 回次)

水槽番号	飼育期間	収容尾数 (千尾)	取上尾数 (千尾)	取上全長 (平 均 (mm))	生残率 (%)
M 4	10 月 2 日～10 月 9 日	265	—	—	—
M 3	10 月 2 日～10 月 9 日	208	—	—	—
M 2	10 月 3 日～10 月 10 日	254	—	—	—
M 1	10 月 3 日～10 月 10 日	216	—	—	—
計		943	—	—	—

表 2 アカアマダイ種苗生産結果(2 回次)

水 槽 番 号	飼育期間	収容尾数 (千尾)	取上尾数 (千尾)	取上全長 (平 均 (mm))	生残率 (%)
M 4	10 月 19 日～10 月 28 日	298	—	—	—
M 3	10 月 20 日～10 月 30 日	278	—	—	—
M 2	10 月 20 日～12 月 9 日	138	73	—	52. 9
M 1	10 月 21 日～12 月 9 日	175	55	—	31. 4
計 (M1, M2)		889	128	38. 4	14. 4 (40. 9)

イ 種苗生産・中間育成技術等の開発

②アマダイ類の種苗生産技術の開発 - 2

一般財団法人 宮崎県水産振興協会

甲斐 晴貴

【目的】

全長 30mm のアマダイ類の種苗を飼育密度 2,000 尾/KL、生残率 30%以上で安定的に生産し、放流サイズ（全長 70mm）まで高密度で飼育する技術を開発するため、『採卵用親魚を大量確保する方法の確立』、『種苗生産技術の開発』の 2 課題について取り組む。

『採卵用親魚を大量確保する方法の確立』では、親魚運搬及び採卵、卵消毒技術の習得を目的とした。『種苗生産技術の開発』では、異常行動の発生及び共喰いによる減耗を抑制するため、照度条件を変えた比較飼育試験を行い、より健苗性の高い生産方法を探ることを目的とした。

【研究方法】

1. 採卵用親魚を大量確保する方法の確立

今年度はアカアマダイの親魚採捕を 11 月に 1 回行った。得られた活魚は現地でホルモン打注（HCG300IU/kg）を行い、宮崎県水産試験場に輸送し、後日採卵に供した。オスは鮮魚を購入し、精巢を摘出して精子抽出液を作製した。また、オスのみ個別別に脳と網膜をサンプリングし、VNN ウイルスの検査を行い、陰性個体の精子抽出液のみを媒精に使用した。

採卵はホルモン打注から 48 時間、72 時間、96 時間後を目安に搾出法で行い、得られた卵は受精させた後、120L アルテミアふ化槽に収容し、一晚卵管理した。翌日、胚体形成後に有効オキシダント濃度 0.5ppm の電解殺菌海水で 1 分間卵消毒を行い、ウナギ袋に収容して宮崎県水産振興協会（以下、「協会」という）に輸送した。

協会到着後、水温馴致を行い 30L パンライトに移し替えた後、浮上卵と沈下卵をそれぞれ密度法で計数した。また、採卵日ごとに SAI 試験を実施し、ふ化仔魚の活力を測定した。試験は飼育水入りの 1,000 mL ビーカーに浮上卵を数十粒ずつ収容し、飼育水槽内に吊るし、試験中は換水、通気は行わず、へい死は毎日 9 時頃に除去した。観察は全仔魚がへい死するまで継続し、毎日のへい死数をもとに SAI 値を求めた。

2. 種苗生産技術の開発

（1）種苗生産について

飼育水槽は屋内 40KL 角形水槽（7×3×2m、コンクリート製）2 槽に全面遮光を施し、照度条件の違いによる行動の違い、共喰いの発生頻度の違い、生残率の違いを比較するため、対照区と試験区を設けた。

対照区では 60W～100W の昼白色、白色 LED 電球各 5 個を水槽中央部に取り付け、LED 電球が水面から約 200cm の高さになるよう設置した。試験区では 50W の赤色 LED 電球 10 個を対

照区と同様に取り付け、調光機能付き水中青色 LED ライトを水中に垂下した（赤色 LED 及び水中青色 LED ライトの使用目的は後述）。

飼育水は殺菌処理したろ過海水を使用し、3 日齢から注水を開始し、稚魚の成長に合わせて増量した。飼育水温は、22.0℃に加温調整し、53 日齢頃から設定水温を徐々に下げ、82 日齢からは自然水温とした。

通気方法は後述する流速測定の結果から、最も飼育に適正であると判断されたエアリフト4本を使用した微通気で行った。また、開鰾を促すために3日齢からエア吹寄せによる油膜取り装置を設置し、水面の油膜除去を行った。

底掃除は 19 日齢から適宜実施し、53 日齢からは毎日実施した。また、底質改善を目的として 29 日齢から毎日、貝化石（フィッシュグリーン、株グリーンカルチャ）を散布した。

餌料はS型シオミズツボワムシ（以下、「ワムシ」という）、アルテミア幼生（（株）北村）、冷凍コペポダ（（有）アイエスシー）及び配合飼料を稚魚の成長に合わせて給餌した（表-1）。ワムシはナンノクロロプシスと油脂酵母（あすかアニマルヘルス（株））、タウリン（バイオ科学（株））で栄養強化を行い、3日齢から34日齢まで給餌した。ワムシの給餌期間中は飼育水に濃縮ナンノクロロプシス（マリンクロレラ100、（株）ヒガシマル：以後濃縮ナンノと略記）を毎日添加した。アルテミア幼生はバイオクロミス（クロレラ工業（株））で栄養強化を行い25日齢から53日齢まで給餌した。冷凍コペポダは32日齢から69日齢まで給餌した。配合飼料は23日齢から給餌を開始した。

また、30mm サイズでの一次取り揚げについては、これまで取り揚げ後にスレなどを起因とする大量へい死が発生していたことから、昨年度同様に本年度も 70mm サイズの大量生産を実現するために実施を見送った。

表-1 餌料系列

日 齢	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
ワムシ（S型）		←						→					
アルテミア						←						→	
冷凍コペ								←					
配合飼料					←								

(赤色 LED 電球及び水中青色 LED ライト使用の目的)

昨年度の種苗生産において、鼻上げ、狂奔等の異常行動、共喰いによる減耗の2点が問題として発生したため、これらの問題の抑制を目的として赤色LEDを使用した。

異常行動については、主に水面において発生していたことから、アカアマダイの稚魚が正の走光性を有していること、アルテミア給餌時にアルテミアが水面に蟄集することによる給餌行動の刷り込みが原因であると仮定した。

これらの原因を排除するために水槽上面の照明を暗くする方法を考え、魚が認識しづらいといわれている赤色 LED を使用した。また、動物プランクトンは青色 LED に対して顕著な蟻集行動が見られることが解かっているため（河村等 2010）、水面ではなく水中にアルテミアを分布させることを目的とし、水中に青色 LED ライトを垂下した。

共喰いについては、選別をすることで全長差をなくす方法、微細藻類を飼育水に添加することで水中照度を下げ共喰いを抑制する方法、通気量を増加し水流を発生させることで共喰いを抑制する方法が知られているが、協会では使用水槽が限られていることやアカアマダイ種苗は選別後に大量へい死が発生することがあるため、水中照度を下げた飼育方法により共喰いの抑制が可能か検証するために、白色 LED よりも暗い条件になる赤色 LED を使用した。

なお、赤色 LED を使用した飼育方法では摂餌不良による成長速度が低下する恐れがあるが、マコガレイ種苗の飼育試験で赤色 LED を使用した試験区では、成長速度の低下は見られたものの、異形魚（尾鰭欠損）の出現率がほかの光色に比べ極端に低く（植木等 2019）、共喰いの抑制に有効であると考えた。

（２）飼育水槽における流速の測定

今年度は水槽内の流速、流向を把握することを目的とした簡易的な流速測定を実施した。

簡易測定器は水槽の深さに合わせて切ったナイロン撚糸を塩ビパイプの左側、中央、右側の 3 カ所に取り付け、それぞれの撚糸に 30cm 間隔でシリコンスカート（以下、「吹き流し」という）3 本を熱収縮チューブで固定した。また、ナイロン撚糸を水中に垂下した際に弛まないようにするために樹脂製のボルトを重りとして取り付けた。

水槽の注水側 3 カ所、中央 3 カ所、排水側 3 カ所の地点で水位 30cm、60cm、90cm、120cm、150cm、180cm の計 54 カ所を注水の有無や通気パターンを変更して測定した。

水流は垂下した吹き流しの角度と水流に反応している吹き流しの本数から「強」、「中」、「弱」、「微弱」の 4 パターンを定め記録した。流速の把握には吹き流しの角度を 10 パターン設定し、滴下した濃縮ナンノが移動した距離から流速を測定した。（詳細は図-1、2、3）

強さ	強	中	弱	微弱
記号				
吹き流し 角度 (2本以上)				
	90° ∪ 70°	60° ∪ 40°	30° ∪ 10°	10° 以下

図-1 測定基準と記号

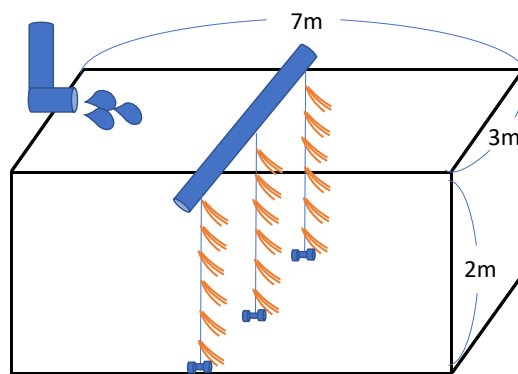


図-2 簡易測定器イメージ図

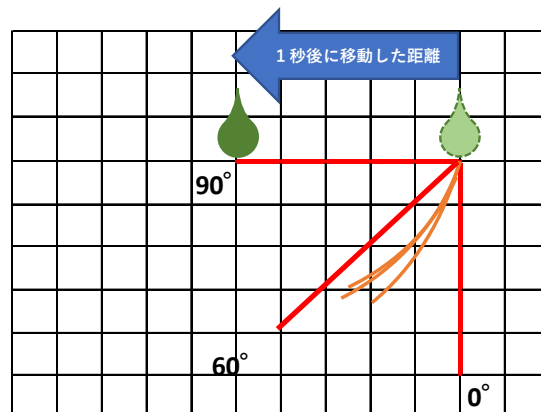


図-3 流速測定図 1cm 方眼用紙を背景に、吹き流しと濃縮ナンノの移動距離を動画撮影し、1 秒間に濃縮ナンノが移動した距離と吹き流し角度を記録する。これを数十回繰り返しグラフから関係式を導き出す。(角度は 5° 、 10° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° の 10 パターン)

※図の場合、流速は 45° の時に約 5cm/秒

【研究成果の概要】

1. 採卵用親魚を大量確保する方法の確立

採卵結果を表-2 に示す。

親魚採捕は令和 4 年 11 月 7 日～9 日の 3 日間で行い、活魚 123 尾を確保した。オスは鮮魚を 30 尾購入し、うち 20 尾が VNN 陰性であった。その中から精子の活性が良かった 7 尾のものを使用した。活魚は 123 尾のうち 89 尾がメスであり、それらを用いて 11 月 10 日から 3 日間採卵を行った結果、75 尾のメスから計 886.5 千粒の卵を得た。浮上卵は 329.5 千粒、沈下卵は 557.0 千粒で、浮上卵率は 38.8%であった。

SAI 値は採卵 1 日目の卵が 9.80、2 日目の卵が 5.40、3 日目の卵が 11.70 であった。生残尾数がゼロとなるまでの日数はいずれも 7 日であった。

表-2 採卵結果

採卵日	卵重量 (g)	採卵数 (千粒)	浮上卵 (千粒)	沈下卵 (千粒)	浮上卵率 (%)	SAI値
11月10日	244.4	380.5	114.5	266.0	30.1	9.80
11月11日	251.6	289.0	110.0	179.0	38.1	5.40
11月12日	135.2	217.0	105.0	112.0	48.4	11.70
合計	631.2	886.5	329.5	557.0		
平均	210.4	295.5	109.8	185.7	38.8	8.97

2. 種苗生産技術の開発

(1) 種苗生産結果

種苗生産結果を表-3、成長曲線を図-4に示す。

今年度は、3日間で得られた受精卵を2水槽に分けて収容した。11月10日に得られた浮上卵114.5千粒を対照区に収容し、翌11日に得られた浮上卵110.0千粒を試験区に収容した。11月12日に得られた浮上卵は対照区、試験区に分け、各区52.5千粒ずつ収容した。

対照区では78.0千尾がふ化し、ふ化率は48.0%、飼育開始密度は1,900尾/KLであった。試験区では60.0千尾がふ化し、ふ化率は35.9%、飼育開始密度は1,500尾/KLであった。

開鰓は5日齢から始まり、開鰓率は対照区、試験区ともに6日齢から10日齢までに86～100%に達した。また、ワムシ摂餌率も対照区、試験区ともに8日齢までに100%に達した。

奇形率は10日齢で対照区が50.0%、試験区が78.9%と昨年度と比べ高い値となった(R3年度同時期：17.9%)。奇形率が高くなった原因として、池入れした受精卵が薄い黄色を呈していたこと、胚体が濁っているものが多かったことから卵質が影響していると考えられる。

試験区では飼育初期に照度不足による沈降死または摂餌不良が原因と考えられる大量減耗が発生したため20日齢までで体長測定等の調査を中止し、目視での観察のみとした。

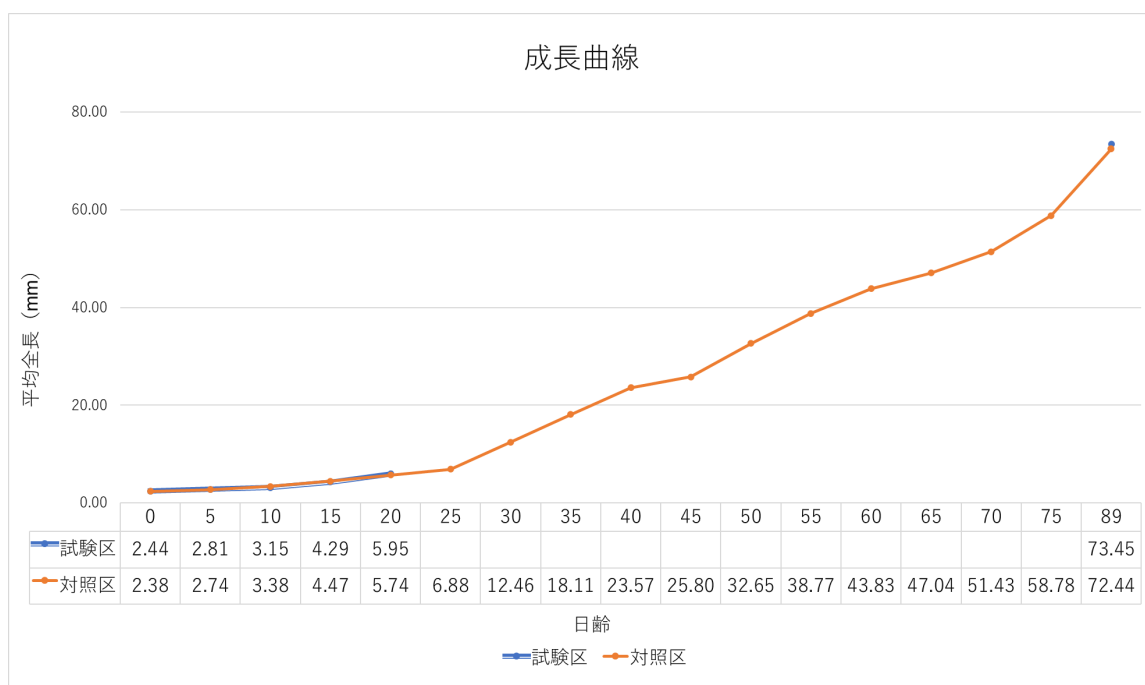
試験区では53日齢から照度馴致のために水中ライトを消し、水槽上部の中央に設置した赤色LED電球1つを白色LED電球に変更した。対照区では37日齢から照度馴致を開始し、徐々に電球を減らした。77日齢からは両区ともに遮光幕を徐々に撤去し、日中の照度変化への馴致を行った。遮光幕の撤去は急激な照度変化が生じないようにするため、曇りか雨の日の朝方または夕方に実施した。

89日齢に対照区でVNNが発生したため、当日中に両区ともに全殺処分を実施した。殺処分から2日後にへい死を回収し、重量法を用いて殺処分までの生産尾数を把握した。

対照区では8,400尾を取り揚げ、ふ化仔魚からの生残率は10.8%、取り揚げ密度は210尾/KLであった。試験区では370尾を取り揚げ、ふ化仔魚からの生残率は0.6%、取り揚げ密度は9尾/KLであった。

表-3 種苗生産結果

		対照区	試験区
卵収容日		11/12、11/13	11/11、11/13
卵収容数	(千粒)	162.5	167.0
ふ化仔魚数	(千尾)	78.0	60.0
ふ化率	(%)	48.0	35.9
開始時水槽	(KL×槽)	40×1	40×1
開始時照度	(Lux)	67.7	8.9
開始密度	(尾/KL)	1,900	1,500
飼育水温	(℃)	22.7～15.5	22.7～15.5
開鰓率	(%)	86～100 (6～10日齢)	86～100 (6～10日齢)
奇形率	(%)	50 (10日齢)	79 (10日齢)
摂餌率	(%)	100 (15日齢)	100 (15日齢)
殺処分時日齢		89	88
取り揚げ尾数 (尾)		8,400	370
取り揚げ密度 (尾/KL)		210	9
生残率	(%)	10.8	0.6
大量へい死		無し	飼育初期に大量減耗
※ふ化率はふ化仔魚数/卵収容数×100で計算した値			



※試験区は生残尾数減のため、20日齢以降の体長測定未実施

図-4 成長曲線

・行動の比較

試験区では 2 日齢の時点で対照区に比べ、明らかに水中（上層～中層）に分布している個体が多く、蝟集も見られなかった。3 日齢からワムシの給餌と同時に濃縮ナンノを添加し始め、水槽内の照度が下がると上層に分布する個体は数十尾しか観察されず、中層から下層にも生存しているか分からない状態となった。対照区では飼育初期から水面付近に多く分布し、着底が始まるまで水槽の上層にほとんどの個体が分布していた。

対照区では 17 日齢頃から水面で鼻上げ行動をする個体が現れ、水面の流れが緩やかなところに蝟集する行動が見られた。試験区では鼻上げ行動は見られなかったが、アルテミア給餌開始時期に合わせて水中ライトに蝟集する個体が見られ、30 日齢頃から水中ライト付近で螺旋状に回転する個体が見れ始めた。螺旋状に回転しながら泳ぐ個体は水中ライトから離れしばらくすると正常に泳ぎ始めたことから、30 日齢前後で光に対する感受性がかなり高くなると推察される。

また、試験区では例年より 2 週間程度早い 39 日齢頃に着底している個体を確認でき、同時期に水中ライトから少し離れた場所で光に対して背を向けて横泳ぎする個体が見れた（以下、「横泳ぎ」という）。横泳ぎの個体は真上から LED 懐中電灯（白色）で照らすと正常に泳ぎ始めたため、着底が始まる時期（全長約 15mm）になると光を感知する方向を上と認識していると考えられる。なお、横泳ぎ個体は水面にある配合飼料を摂餌する際、水面に対して横向きか背を下にして腹を真上に向けた状態で摂餌する様子が見られた。対照区の個体では横泳ぎ個体は全く出現せず、水面に浮遊している配合飼料を摂餌する際は鼻上げの状態で水面から少し頭部を出し摂餌行動をとっていた。

試験区では 53 日齢から照度馴致を開始したが、これまで見られなかった水面を走るような行動を示す個体が数尾みられた。なお、水面を走るような行動は対照区では 17 日齢頃から出現し、着底が始まる 50 日齢頃まで見られた。

・異常行動と共喰いの抑制について

異常行動については、対照区ではこれまでの種苗生産で発生していた鼻上げや狂奔遊泳が見られたが、試験区ではほぼ見られず、照度条件の違いによりある程度抑制できたと考えられる。ただし、試験区ではこれまで見られなかった異常行動（横泳ぎ）が発生したため、今後もアカアマダイ種苗生産における適正な照度条件を検討する必要がある。共喰いの抑制については、試験区で初期減耗が発生し生残尾数が少なかったため、検証に至らなかった。

・比較試験から得られた知見

今年度の比較試験において、試験区で飼育初期の大量減耗が発生したため照度条件の違いによる結果かは不明であるが、下記に示す 4 つの知見が得られた。

- ① アカアマダイ種苗生産において、飼育初期の照度不足が仔魚の沈降死及び摂餌不良を誘発する可能性がある。

- ② 水中ライトを昇降させることで稚魚の分布域を変更することが可能であることが分かった。

ただし、水中ライトに対する鰓集はアルテミア給餌期に見られ、仔魚期には水中ライトに鰓集する光景は見られなかった。また、着底後は水中ライトの光から避けるように水槽底に分布したことから、水中ライトに集まるアルテミアを摂餌するために鰓集したと推察される。よって、水中ライトを使用し稚魚を効率的に分散分布させるには 20～50 日齢頃が適していると考えられる。

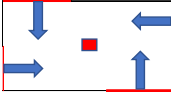
- ③ 試験区は鼻上げや狂奔等の異常行動は対照区に比べ少なかったが、30 日齢頃から水中ライトに背を向けて泳ぐ個体や方向感覚を失ったかのように螺旋状に回転して泳ぐ個体が少数見られた。このことから、アカアマダイは 30 日齢頃（全長 15mm 前後）から照度に対する感受性がより高くなり、光がある方を上と認識し着底生活に移行することが示唆された。
- ④ 試験区では例年に比べ 2 週間程度早く着底が始まったことから、水中ライト使用による成長の促進が期待されるが、生残尾数が少ないため水中ライトの効果によるものかは不明である。

（2）流速測定の結果

流速測定の結果を表-5、図-5～9 に示す。

流速の測定は表-4 に示す 4 つの条件で測定を行い、結果を基に流向を矢印で流速を微弱、弱、中、強の 4 段階に分け濃淡をつけることで可視化した。

表-4 水流測定条件

条件	水槽	水位 (cm)	注水量	副構造物	通気量	通気方法
①	A-7	200	無し	無し	中	 ・エアリフト 2 つ
②	A-7	200	4.32 t / 日 換水率 10%	無し	微通気	 ・エアリフト 2 つ
③	A-7	200	無し	無し	微通気	 ・エアリフト 4 つ
④	A-7	200	無し	無し	微通気	 ・エアリフト 4 つ ・中央にエアストーン 1 つ

条件①、②、④では流速が早い箇所と遅い箇所が混在しており、水流がほぼ停滞している箇所があるが、条件③では他の条件に比べ比較的安定した流速が得られることが分かった。また、条件③では各水位において水流が停滞している箇所が少ない結果となった。

この結果から、協会で使用している水槽においては、飼育初期の通気方法として条件③が適していると考えられる。ただし、条件③は止水の状態で測定したため、注水開始後は条件③を基本とした通気方法に加え、エアーストンの追加や、注水口にフローパイプを取り付け、水流を抑えるなど臨機応変に対応する必要がある。

表-5 流速測定結果

回数		吹き流し角度 (°)									
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90
流速 (cm/秒)	1	0.2	0.5	1	3	4	4	5	10	11	15
	2	0.3	1	1	4	3	6	7	10	11	14
	3	0.2	1	0.8	3	3	4	9	8	10	12
	4	0.6	1	1	3	3.5	5	8.5	9	14	14
	5	0.25	1	1	2	3.5	4	7	8	12	13
	6	0.5	1	1.8	3	4.5	5	5	10	12	13.5
	7	0.4	0.5	1.5	2.5	4.5	5	7.5	10	11	
	8	0.25	0.5	2	2	2.5	5	7.5	10	11	
	9		0.5	1	3		5.5	7.5		10	
	10		0.3	1	2		6	6		14	
	11		0.8	0.8			5.5	7		12	
	12		0.8	2			4.5	6.5		10	
	13		1				4				
	14		1				4				
	15						4				
	16						5.5				
	17						6				
	18						6				
	19						5				
平均流速 (cm/秒)		0.3	0.8	1.2	2.8	3.6	4.9	7.0	9.4	11.5	13.6
理論値 (cm/秒)		0.3	0.6	1.4	2.4	3.7	5.2	6.9	8.9	11.1	13.6
理論値：平均流速の多項式近似曲線から求めた式 (y = 0.0012x ² + 0.0419x + 0.0794) に吹き流し角度を代入して求めた値											

理論値：平均流速の多項式近似曲線から求めた式 ($y = 0.0012x^2 + 0.0419x + 0.0794$) に吹き流し角度を代入して求めた値

※0～10° でほぼ停滞状態の場合、濃縮ナンノが不規則に動くため（滴下箇所より真下、真上等）測定できたデータのみ使用を使用し、0～10° の間をとり 5° とした

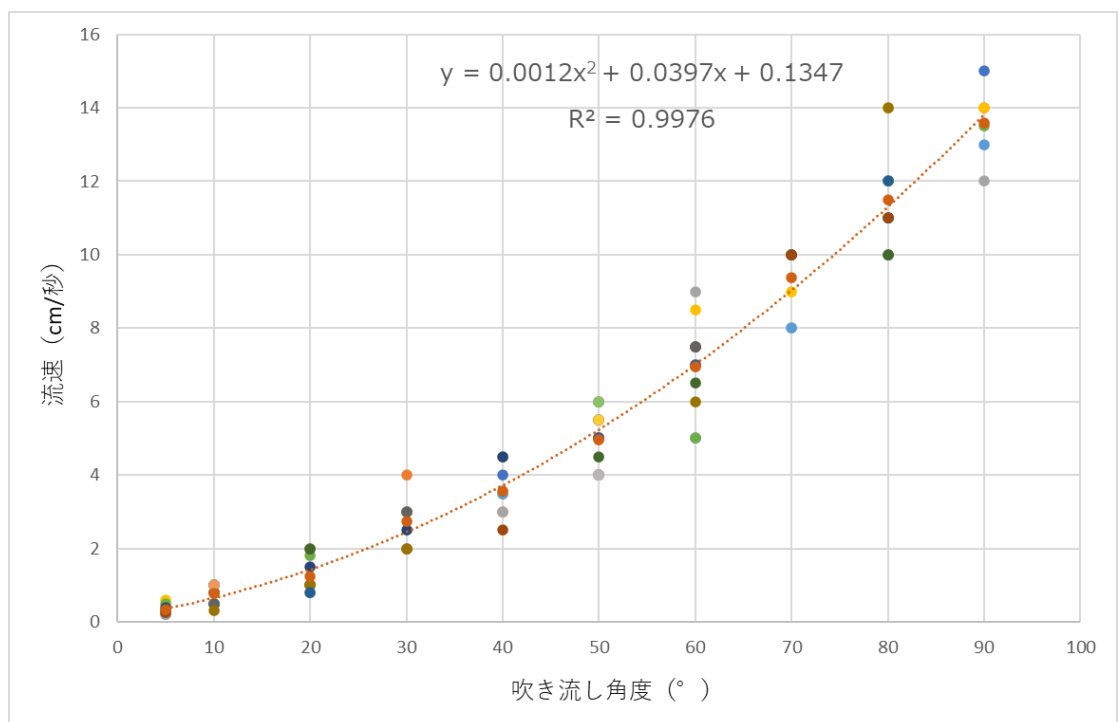


図-5 吹き流し角度と流速の関係式

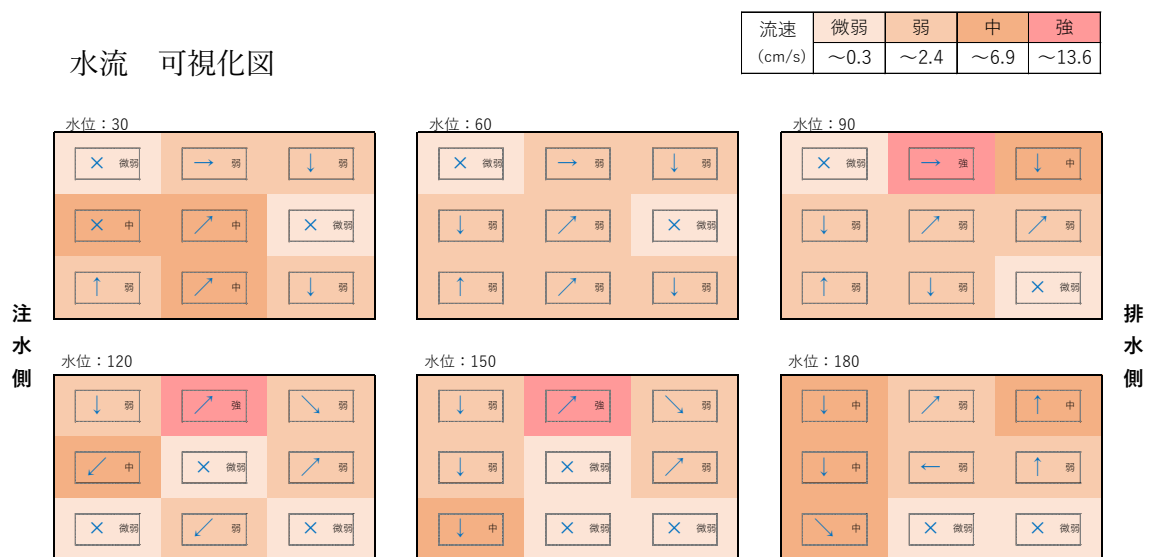


図-6 条件①

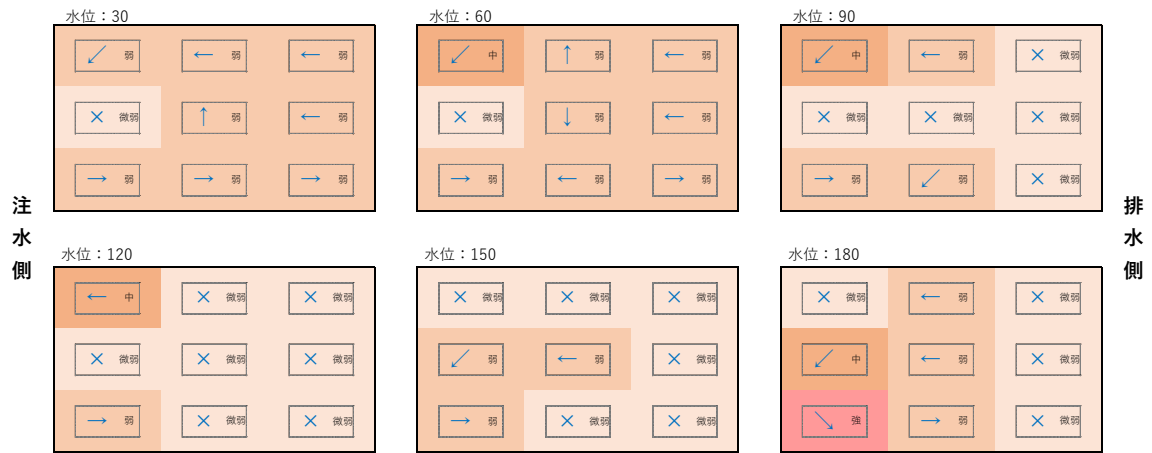


図-7 条件②

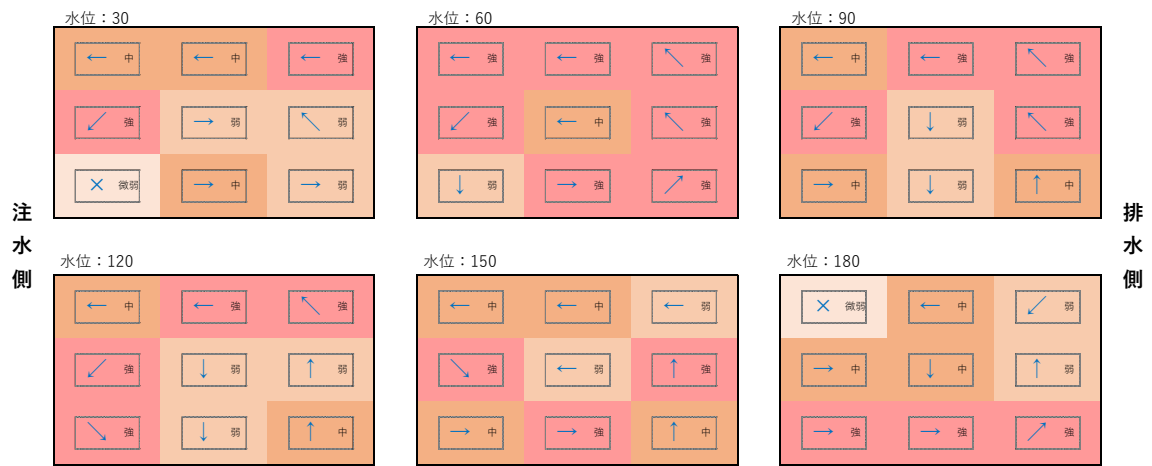


図-8 条件③

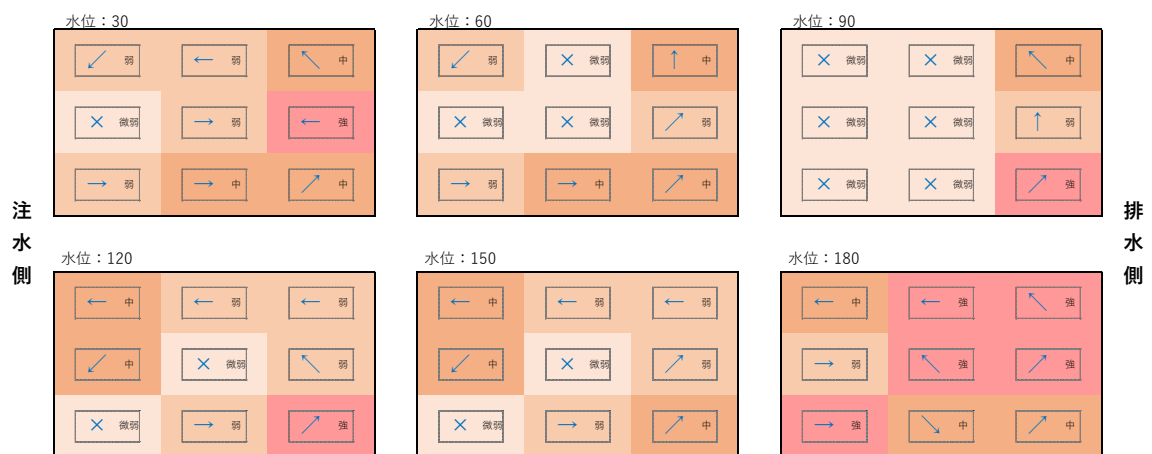


図-9 条件④

【次年度以降に向けた提言】

親魚採捕においては、浮上卵率、ふ化率ともに低い値となった。原因として繁殖盛期である親魚を確保できなかったことに加え、人工授精技術、卵管理技術の練度の低さが原因と考えられる。また、親魚採捕時期が不安定であり、それに伴い種苗生産時期も安定しないことから、次年度は繁殖盛期の9～10月に最低1回は親魚採捕を実施し、人工授精と卵管理方法についても検討する必要がある。

種苗生産においては、比較飼育の結果から照度条件の違いが仔稚魚に与える影響を検証することができた。試験区においては、照度不足による初期減耗が発生したが、仔魚期から着底後まで継続して対照区とは異なる行動が観察できた。

次年度は今年度の試験から得られた知見を活かし、当協会で使用している水槽に適した種苗生産方法及びアカアマダイ種苗生産に適した光条件を検討する必要がある。

また、今年度はVNNが発生し全殺処分する結果となったことから施設内の防疫体制の構築、人工親魚養成技術の開発が急務である。

【参考文献】

植木誠ほか（2019）マコガレイ種苗の尾鰭欠損防除に適した光環境の選定. 千葉県水産総合研究センター研究報告 13, 19-26

河村希典ほか（2010）発光ダイオードを用いた種苗生産における稚魚の飼集. 秋田大学大学院工学資源学研究科研究報告 31, 1-8