

イ アマダイ類等の種苗生産技術等の開発

⑤アマダイ類の親魚養成技術の開発

公益財団法人 海洋生物環境研究所

林 正裕

【目的】

アマダイ類の種苗生産に必要な受精卵を安定的に得るために、人工生産種苗および天然の未成熟個体を飼育し、成熟した親魚を養成する技術を開発する。

【研究方法】

1) 人工生産魚および天然魚を用いた親魚養成試験

アカアマダイを用いた親魚養成試験には、人工生産魚として水産技術研究所宮津庁舎より譲渡された2013年生産魚6尾および2016年生産魚6尾を、天然魚として京都府伊根周辺で漁獲された2尾(2018年6月9日入手個体を1尾、2019年7月30日入手個体を1尾)をそれぞれ用いた。

養成試験は、屋外設置の10tドーム型水槽2基で実施した。

〔水槽①〕2020年9月25日に2013年生産魚(雌)5尾(体重:768±120 [SD] g)、天然魚(雌)1尾(体重:985g)、および天然魚(推定雄)1尾(体重:1,023g)を収容した。

〔水槽②〕水槽①と同日に、2016年生産魚(雌)6尾(体重:534±85 [SD] g)および2013年生産魚(推定雄)1尾(体重:723g)を収容した。

給餌は、午前に冷凍オキアミ、午後にモイストペレットをそれぞれ体重の1%を目安に与えた。自然日長条件で、水温は24℃を超えないように調整し、飼育水の換水率は0.5回転/時とした。2020年9月26日より10月20日まで、毎日、産卵の有無、産卵数(浮上卵数、沈下卵数および総卵数)および受精卵の正常発生率を確認した。なお、本年度は、雌の成熟が一昨年度および昨年度に比べて約半月ほど遅れたため、試験の開始も約半月ほど遅れた。

2) アカアマダイ人工生産魚の性分化の確認

人工生産魚の性分化を確認するため、2019年12月に山口県栽培漁業公社から譲渡された2019年生産魚(入手時は約2ヶ月齢)について、昨年度の結果(2018年度は山口産生産魚、2019年度は宮津産生産魚を用いたが、生産地間で飼育水温差による成長の違いが認められ、その成長差異が生殖腺の発達に影響を及ぼした可能性が示唆された)から成長を考慮しながら定期的に生殖腺を採取(平均体長が約40mm、約60mm、約80mm、約100mm、約120mm、約160mmおよび約180mmで採取)し、生殖腺の組織学的観察を行った。

昨年度実施した2017年生産魚(山口)の観察において、24月齢の1尾(体長:230mm)が精巣様組織と卵母細胞が混在する雌雄同体であり、性転換の可能性が推察された。この可能性を検証するため、2017年生産魚(山口、36ヶ月齢)の性別不明17尾(平均体長:242±9 [SD] mm)を用いて、10月にバイオプシーを実施した(図1)。麻酔(300ppmの2-

フェノキシエタノール)下で、供試個体の腹部を約 2cm 切開し、片側の生殖腺から直径 5mm ほどの組織片を採取した。組織採取後の個体は、切開部を縫合した後、飼育水槽に収容して麻酔から回復させた。

上述の生殖腺の組織学的観察は、全て以下の方法で行った。まず、魚体の大きさに応じて魚体丸ごと、生殖腺を含む躯幹部、または生殖腺のみを Davidson 液で固定した。後日、固定試料を 70~100%のエタノール系列で脱水した後、親水性樹脂 (Technovit7100、Kulzer 社) に包埋し常法により厚さ 5 μ m の切片を作成した。これらの切片に Gill のヘマトキシリンとエオシンの 2 重染色を施し、光学顕微鏡を用いて生殖腺の組織学的観察を行った。

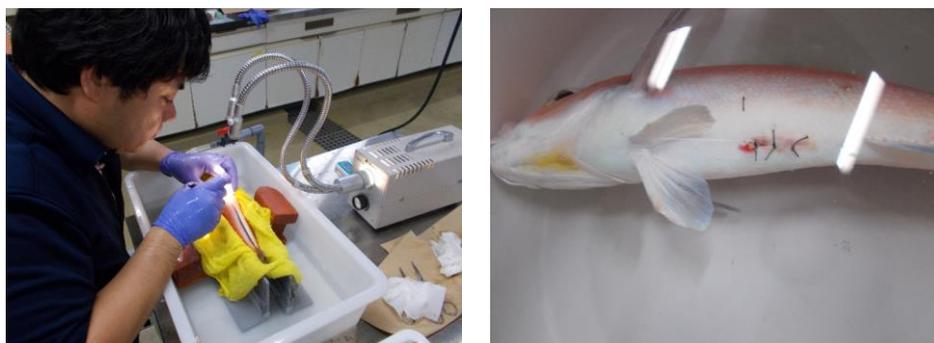


図 1 バイオプシーの様子 (左) およびバイオプシー後の個体の様子 (右)

3) 養成した親魚を用いた人工授精

雌個体として、「1) 人工生産魚および天然魚の養成試験」で使用した水槽①の雌 6 尾 (2013 年生産魚 5 尾および 2018 年に入手した天然魚 1 尾: ホルモン非投与群) および水槽②の雌 6 尾 (2016 年生産魚: ホルモン投与群) を使用した。また、雄個体として柏崎沖で漁獲された天然魚 1 尾 (体重: 1,100g) を使用し、漁獲された日に精巢を摘出し、精子抽出液を作製した。なお、精子抽出液は、試作マニュアルに従い、人工授精の実施前に精子活性を確認した。人工授精は、日本海区水産研究所宮津庁舎が作成した試作マニュアルを参考に実施した。2020 年 10 月 14 日、ホルモン投与群の雌個体にホルモン剤 (ヒト絨毛性性腺刺激ホルモン、HCG、あすかアニマルヘルス(株)「動物用ゴナトロピン 3000」) を魚体重 1kg あたり 300IU 打注し、1 日後および 2 日後に腹部を圧迫し、卵を絞り出した (1 日後の卵でホルモン投与群の人工授精 1 回目を、2 日後の卵でホルモン投与群の人工授精 2 回目を実施)。また、ホルモン非投与群は、人工授精実施日 (2020 年 10 月 16 日) に水槽から取り上げ、採卵した (ホルモン非投与群の人工授精を実施)。採取した卵を洗卵した後、精子抽出液を加えて受精させた。

【研究成果の概要】

1) 人工生産魚および天然魚を用いた親魚養成試験

[水槽①] 試験開始当日から 10 月中旬まで、ほぼ毎日産卵が認められたが (図 2)、いずれ

も未受精卵（恐らく雄が機能していなかった）であった。1日の産卵数の最大は61,000粒であった。

[水槽②] 試験期間中に1回の産卵しか認められなかった（2020年9月28日、僅かの未受精卵）。

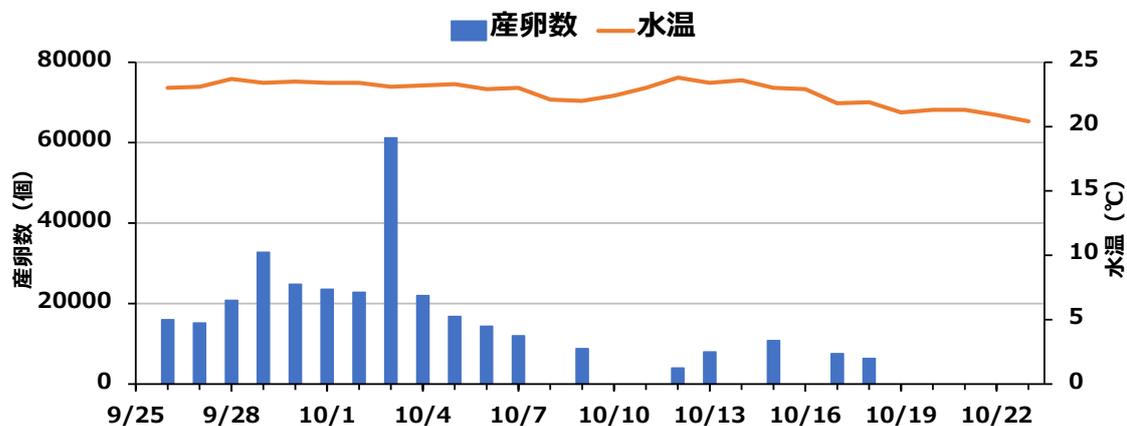


図2 人工生産魚（水槽①）の産卵数および水温の推移

注：10/16に、人工授精のための採卵を実施したので、10/16の産卵数は0である。

2) アカアマダイ人工生産魚の性分化の確認

2019年生産魚（山口）における生殖腺の組織学的観察の結果、平均体長 34 ± 2 (SD, N=20, 約2ヶ月齢) mm および平均体長 56 ± 9 (SD, N=26, 約3ヶ月齢) mm の個体では、生殖細胞が認められ（図3A）、観察した全個体が未分化であった。一方、平均体長 79 ± 8 (SD, N=30, 約4ヶ月齢) mm の個体では、卵母細胞が認められ（図3B）、観察した全個体が雌であった。なお、生殖腺を採取した平均体長約100mm以上の個体でも、卵母細胞が認められ、観察した全個体が雌であった。以上の結果から、アカアマダイの人工生産魚は、体長70mm前後で雌に分化することが分かった。

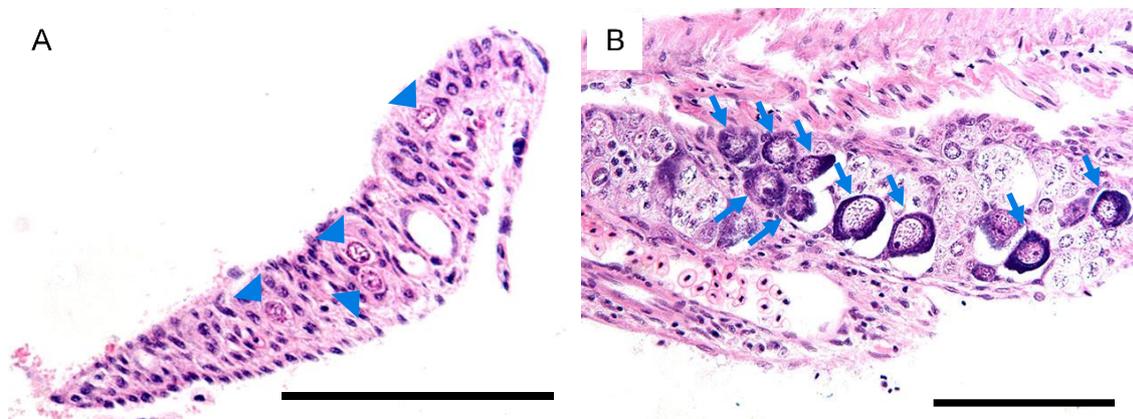


図3 アカアマダイの生殖腺組織の例（Aは体長42mm、Bは体長74mmの個体）
矢尻は生殖細胞、矢印は卵母細胞、スケールバーは0.1mm

バイオペシーによって採取した生殖腺組織片の組織学的観察の結果、観察した全個体が雌であった。これらの個体を継続飼育し、約1年後に再度バイオペシーを実施して、性転換について検証する。なお、同じ2017年生産魚（山口、36ヶ月齢）において、バイオペシーを実施しなかった17尾は全て雌であり、飼育していた2017年生産魚は、この時点で全個体（34尾）が雌だった。

3) 養成した親魚を用いた人工授精

表1に、3回実施した人工授精の成績を示す。3回とも受精卵を得ることができ、一番高い受精率は95%だった（ホルモン投与群2回目）。しかし、3回ともふ化率が非常に低かった。また、ホルモン非投与群（養成試験で自然採卵していた個体群）は、卵質が悪く（過熟卵が多い）、受精率も一番低い値（4%）であった。ホルモン投与群においても、1回目では過熟卵が見られた。これらのことから、養成した雌では一度卵を搾出（過熟卵の排除）した後にホルモンを投与した方が、良質な卵を得られる可能性が推察された。

表1 3回の人工授精の成績（採卵した卵量、受精率およびふ化率）

	卵量（粒）	受精率（浮上卵率）（%）	ふ化率（%）
ホルモン投与群1回目	28,000	23	<1
ホルモン投与群2回目	39,600	95	3.5
ホルモン非投与群	62,000	4	受精率が低い ため廃棄

【次年度以降に向けた提言】

親魚養成に関して3年連続で自然産卵を確認し、再現性が認められた。しかし、本年度も受精卵は得られなかった。本年度、新たに大型の天然魚を入手したので、飼育条件（主に水温および巣穴の配置）を再検討した上で雄候補の親魚として養成し、産卵試験を実施する。

また、昨年度までの結果と同様に、人工生産魚の性比が雌に大きく偏っていた。この偏りが種苗生産に由来するならば、体長70mmまでの環境要因が影響を及ぼしていると推察された。次年度、養成した親魚を用いた人工授精により良質な仔魚が得られた場合は、仔稚魚の飼育条件（主に水温）を変化させて、雄の出現率が上昇するか調査する。

本年度、養成した親魚を用いた人工授精において初めて受精卵を得ることができたが、ふ化率が非常に低かった。この原因が卵質の問題なのか、人工授精の操作や受精卵の取り扱いの問題なのかは不明である。次年度はふ化率を向上させることが目標である。

イ アマダイ類の種苗生産技術等の開発

⑥アカムツの種苗生産技術の開発

富山県農林水産総合技術センター水産研究所

福西悠一

【目的】

本研究では、安定的に健全なアカムツ種苗を大量生産する技術を開発することを目的とした。具体的には全長 4cm サイズの種苗 5 万尾を生残率 15%以上、飼育密度 2,000 尾/m³で種苗生産する技術を開発することを目標とする。

【研究方法】

- 1) 天然魚の人工授精による採卵（寺泊の採卵は、新潟市水族館マリニピア日本海、水産研究・教育機構 水産資源研究所と共同実施）

産卵期（9～10月）に新潟県長岡市寺泊および富山県富山市沖でアカムツ天然魚を用いて乾導法により人工授精を行った。今年度の新潟採卵では、新型コロナウイルスの影響で漁船に乗れなかったことから、寺泊市場に水揚げされた鮮魚を用いて人工授精を行なった。富山採卵では例年と同様に刺網漁に同行し、船上での人工授精を実施した。

- 2) 種苗生産試験

3.6 m³キューロタンク（水量 3 m³）1 水槽用いて種苗生産試験を実施した。仔魚の餌料であるワムシ（S 型、L 型）はスーパー生クロレラ V-12（クロレラ工業株式会社）、プログロスリッチパウダー（株式会社 USC）およびタウリンで栄養強化した。アルテミアはプログロスリッチパウダーで栄養強化した。飼育水にはナンノクロロプシスおよびスーパー生クロレラ V-12 を添加した。配合飼料は海産仔稚魚用アンブローズ（フィードワン飼料株式会社）とおとひめ（日清丸紅飼料株式会社）を使用した。底質改善を期待し、貝化石を水槽内に散布した。また、水質改善を期待し、アクアリフト（アクアサービス株式会社）を飼育水槽内に吊るした。

- 3) 親魚養成による受精卵確保の試み（新潟市水族館マリニピア日本海と共同実施）

コンクリート製 25 m³（八角形）の水槽を使用して、富山県で刺網と釣りで採集したアカムツの天然魚を養成した。給餌は週 4～7 回とし、ホタルイカ、シラエビ、オキアミ、マイワシ、カタクチイワシおよびマアジに栄養添加剤（パラミックス TU、株式会社餌料研究所）を添加して給餌した。採卵槽に設置した採卵ネットに飼育水槽からオーバーフローした飼育水を受け、集卵した。

- 4) メスを増やす飼育条件の探索

- ① 仔魚期の低水温（21℃）飼育（新潟市水族館マリニピア日本海は高水温（26℃）飼育を実施）

これまでに人工的に生産したアカムツは、ほとんどの個体がオスになることが問題となっている。仔稚魚期の飼育水温が性比に影響を及ぼすという仮説を検証するため

に、平成 29 年度は着底期前後から水温を 15℃前後まで低下させて飼育したが、メスは増えなかった。令和 2 年度は、令和元年度に 50 日齢まで低水温（約 21℃）で飼育したアカムツの性別判定を生殖腺の観察により行なった。

② estradiol-17β 添加配合飼料の給餌

女性ホルモンである estradiol-17β をエタノールに溶かしてから、配合飼料に添加し、稚魚に給餌することで、育成魚のオス化を防ぐことを目的とする。

ホルモンを添加していない餌を給餌する対照区、ホルモンを添加した餌を試験開始時から給餌するホルモン給餌区、試験開始から約 3 ヶ月後からホルモン餌を給餌するホルモン短期給餌区の 3 つの試験区を設定した。各区につき 500L 水槽 2 つを用意し、令和 2 年度に生産した稚魚（全長約 43mm）を各水槽に 60 尾収容し、試験を開始した。

5) 水温別精子活性試験（新潟市水族館マリニピア日本海、水産研究・教育機構 水産資源研究所と共同実施）

アカムツの精子活性が高くなる水温範囲を明らかにすることを目的とし、5 つの水温（14℃、18℃、22℃、26℃、30℃）において精子の運動活性を調べた。人工精漿で 80 倍に希釈したアカムツの精子を、各区の水温に調温した 450mM NaCl 溶液で 5 倍希釈し、最終希釈倍率を 400 倍とした。希釈精子を攪拌してから直ちにスライドグラスに滴下し、顕微鏡下で精子の動きを観察し、動画を撮影した。後日記録した映像を観察し、太田ら（1995）に従い、運動精子比を以下の 0～5+ の 6 段階に区分し、motility score を算出した。5+：75%以上の精子が運動を行っている。4+：50～74%の精子が運動、3+：25～49%が運動、2+：24%以下が運動、1+：極めて少数の精子が運動、0：全ての精子が運動を行わない。各水温区について 3 試行とし、1 試行あたり 3 視野の motility score を算出した。

参考文献：太田 博巳，楠田 聡，工藤 智（1995）シシヤモ精巣精子の運動活性. 日本水産学会誌, 61(1), 7-12.

6) 標識試験

① 外部標識試験

アカムツ稚魚の有効な外部標識方法を明らかにすることを目的とした。腹鰭抜去区、腹鰭切除区、リボンタグ区および対照区（麻酔のみ）を設定し、令和元年 6 月に平成 30 年度産稚魚（全長約 58mm）に麻酔をしてから標識した。

各区につき 500L 水槽 2 つを用意し、各水槽に 50 尾収容した。370 日間飼育し、令和 2 年度に全数を取り上げ、標識率と鰭の再生状況を調べた。

② 内部標識試験（アリザリン・コンプレクソン（ALC）による耳石の標識）

アカムツ稚魚の ALC 耳石標識に必要な ALC 溶液の濃度と浸漬時間を明らかにすることを目的とした。試験には、令和 2 年度に生産したアカムツ稚魚（全長約 43mm）を使用した。4 つの ALC 濃度（0mg/L、15mg/L、30mg/L、50mg/L）と 2 つの浸漬時間（12h、24h）を設定した。12L のバケツに ALC 溶液 8L を入れ、稚魚を 15 尾収容した。各試験区につ

き 2 試行とした。試験に用いた稚魚は、ALC 溶液への浸漬終了後に別の水槽に移し、1 週間後まで生残を調べ、全数を取り上げて 70%エタノールで固定した。

7) 水槽の色および照度が稚魚の摂餌と成長に及ぼす影響

親魚養成の効率化を図るため、異なる色の水槽（黄色、緑色、水色および灰色）と照度でアカムツ稚魚を飼育し、成長と摂餌が良くなる水槽の色と照度を調べた。

8) 漁獲実態調査

富山県内の 7 市場においてアカムツの全長を測定した。水産情報システム (<http://www.fish.pref.toyama.jp>) を用いて、県内産アカムツの漁獲量を算出した。

【研究成果の概要】

1) 天然魚の人工授精による採卵

寺泊での鮮魚を用いた人工授精について、9 月 21 日と 29 日に富山県水産研究所に持ち帰った受精卵の結果概要を表 1 に示した。採卵数は、38,601~179,200 個、浮上卵率は 1~90%、浮上卵数に対するふ化率は、0~35%であった。9 月 21 日の卵は、途中で発生が停止し、全く孵化しなかった。9 月 29 日に得た受精卵から孵化した仔魚の全て (41,650 尾) を種苗生産に用いた。

富山市沖の結果概要を表 2 に示した。採卵は、9 月 14 日、15 日、16 日、17 日、29 日、10 月 1 日、2 日および 18 日の計 8 回行った。その結果、受精卵が得られたのは、9 月 16 日の 1 回であった。採卵数は、22,500~143,250 個、浮上卵率は 6~31%、浮上卵数に対するふ化率は、16~33%であった。合計 11,156 尾の仔魚がふ化したが、孵化率が低く数も少ないため、種苗生産に用いるには適さないと判断した。その後良質な受精卵は得られず、今年度は富山産親魚からの種苗生産は実施できなかった。

2) 種苗生産試験

生産結果の概要を表 3 に示した。120 日齢時の生産稚魚数は 3,754 尾、生残率は 9.0%、稚魚密度は、1,251 尾/m³であった。今年度は事業の目標である生産尾数 5 万尾、生残率 15%以上、飼育密度 2,000 尾/m³に至らず、2 年連続での目標達成とはならなかった。

3) 親魚養成による受精卵確保の試み

今年度初めて水槽内でアカムツに自然産卵させることに成功した（産卵時の親魚の尾数 9~10 尾）。8 月 29 日に 6,800 粒、9 月 1 日に 300 粒、10 月 20 日に 38,250 粒（浮上卵：29,700 粒、沈下卵：8,550 粒）の卵が得られた。受精卵もあったと考えられるが、全て卵発生が途中で停止し、孵化仔魚を得ることはできなかった。

4) メスを増やす飼育条件の探索

① 仔魚期の低水温（21℃）飼育

令和元年度の低水温飼育群の受精水温は約 21℃、卵・孵化仔魚管理水温は 21.7~23.1℃、1~50 日齢の飼育水温は 21.2 ± 0.6℃であった。令和 3 年 1 月 13 日に 60 尾

(全長：96.9 ± 8.4mm、75.8 ± 6.8g) を解剖し、生殖腺を観察して性別の判定を行なった結果、全ての個体がオスであった。したがって、受精から着底期までの水温を低くしてもメスは増やせないことが示唆された。

②estradiol-17β 添加配合飼料の給餌

令和3年度の冬まで給餌試験を継続し、全数を取り上げる。解剖して生殖腺の観察により性別を判定し、estradiol-17β の経口投与により、メスが増えるか検証する。

5) 水温別精子活性試験

水温別の精子活性 (Motility Score) を図1に示した。全ての水温区において精子の運動が確認されたが、活性は18～26℃の範囲で高くなる傾向がみられた。これは、アカムツの分布水深が産卵期に浅くなることを反映していると考えられる。

6) 標識試験

①外部標識試験

リボンタグの標識率を図2に示した。腹鰭カット区と腹鰭抜去区では、標識の判別レベルを、「判別不可能」、「よく見たら判別可能」、「一目で判別可能」の3段階に分け、その出現頻度を図3に示した。また、鰭の再生率 (切除鰭/無切除鰭×100) を算出し、図4に示した。

リボンタグは、約90%以上が脱落した。腹鰭カット区と腹鰭抜去区の標識を判別できる個体の割合は、それぞれ約60～70%、90%以上であった。鰭の再生率は、腹鰭カット区は70%以上、腹鰭抜去区は0～90%であった。鰭が80%以上再生すると判別ができない個体が出ることが示唆された。以上の結果より、アカムツの外部標識には腹鰭抜去が適していると考えられる。

②内部標識試験 (アリザリン・コンプレクソン (ALC) による耳石の標識)

令和2年度に生産した稚魚を用いて、上述の方法で標識試験を行なった。耳石の摘出と染色レベルの判定は来年度に実施し、データを取りまとめる。

7) 形態異常の把握

形態異常の出現頻度を図4に示した。頭部陥没が31%、体幹部異常が86%、口部異常が17%、鰓蓋欠損が1%、鼻孔隔壁欠損が4%であった。

8) 水槽の色および照度が稚魚の摂餌と成長に及ぼす影響

今年度は計画通りに試験を実施することができなかった。来年度に実験を実施し、結果をまとめる。

9) 漁獲実態調査

市場調査を令和2年4月～令和3年1月に107回行った。測定した富山産のアカムツ1,987尾の全長組成を図5に示した。その結果、漁獲の中心は、全長20～30cm台であった。2020年の富山県のアカムツ漁獲量は、18.5tであった。

令和2年4月～令和3年1月に鼻孔隔壁欠損のある放流魚が5尾見つかった。

【次年度に向けた提言】

天然魚の人工授精に依存した採卵だと、受精卵を安定的に確保するのは容易でないことが改めて露呈した。今年度は養成天然親魚が産卵したが、孵化しなかったことから、来年度は養成親魚から採卵し、種苗生産できるように、飼育条件や卵管理の方法を改善する。

人工育成魚がオス化する問題を仔稚魚期の水温の調整により解決することはできなかつたため、光など別の条件についても検討する必要がある。また、ホルモン投与によるメス作成技術を開発する必要がある。

表 1. 新潟県長岡市寺泊の人工授精概要

採卵日	全長(mm)		総卵数	浮上卵数	浮上卵率	ふ化仔魚数	浮上卵ふ化率	生産回次
	♀	♂						
9月21日	318	286	43,401	43,400	58%	0	0%	
9月21日	315	286	38,601	38,600	67%	0	0%	
9月21日	326	286	88,001	88,000	77%	0	0%	
9月29日	358	306	67,200	60,800	90%	16,150	27%	1-1
9月29日	357	319	131,400	104,200	79%	5,000	5%	1-1
9月29日	314	319	85,200	18,600	22%	1,500	8%	1-1
9月29日	353	319	42,600	600	1%	0	0%	
9月29日	423	319	179,200	43,000	24%	0	0%	
9月29日	324	271	76,600	600	1%	0	0%	
9月29日	334	271	127,350	53,700	42%	19,000	35%	1-1
合計			879,552	451,500		41,650		

表 2. 富山市沖の人工授精概要

採卵日	全長(mm)		総卵数	浮上卵数	浮上卵率	ふ化仔魚数	浮上卵ふ化率	生産回次
	♀	♂						
9月16日	354	222	31,300	9,600	31%	3,000	31%	生産に不適と判断
9月16日	263	333	68,900	7,600	11%	1,333	18%	
9月16日	266	305	95,000	7,400	8%	2,425	33%	
9月16日	315	302	143,250	12,500	9%	3,233	26%	
9月16日	300	321	112,700	7,300	6%	1,165	16%	
9月16日	254	333	22,500	2,100	9%	廃棄	-	
合計			473,650	46,500		11,156		

表 3. 種苗生産試験の概要

回次	由来	水槽 (t)	収容ふ化 仔魚数	生産 稚魚数	生残率 (%)	稚魚密度 尾数/m ³
1-1	新潟	3	41,650	3,754	9.0	1,251/m ³

生産稚魚数、生残率および稚魚密度は、120日齢時（約4cm前後）の値を算出。

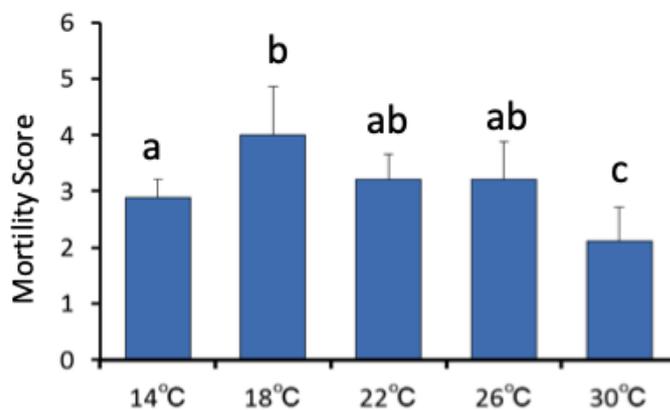


図 1. 水温別の精子活性 (Motility Score)

異なるアルファベットは、水温区間に有意な差があることを示す (GLM, Tukey's test, $P < 0.05$)。

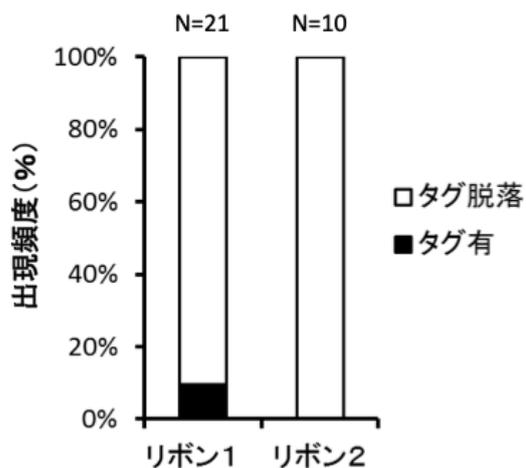


図 2. リボンタグ区の水槽別の標識率

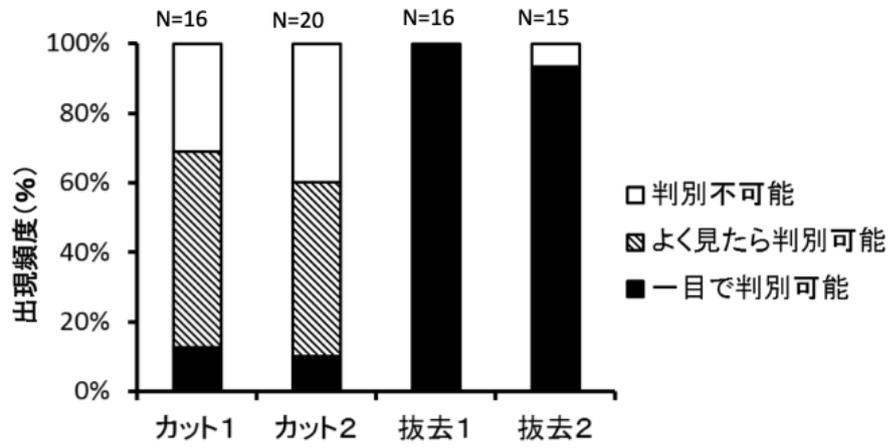


図 3. 腹鰭カット区と腹鰭抜去区の水槽別の標識率

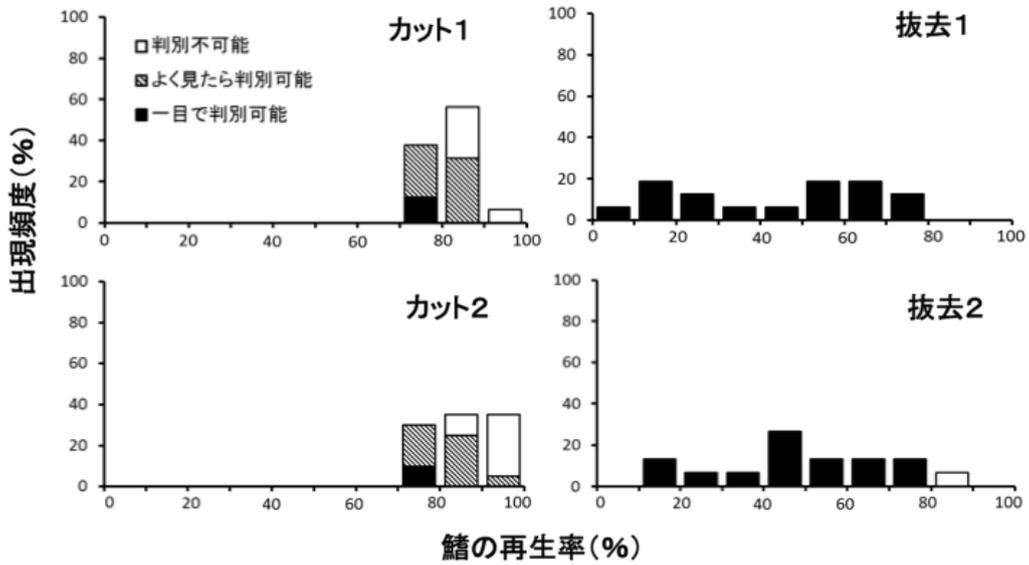


図 4. 腹鰭カット区と腹鰭抜去区の鰭の水槽別の再生率

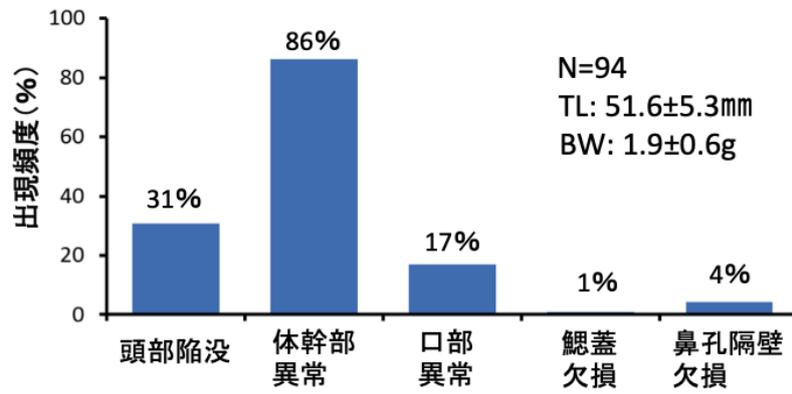


図5. 形態異常の出現頻度

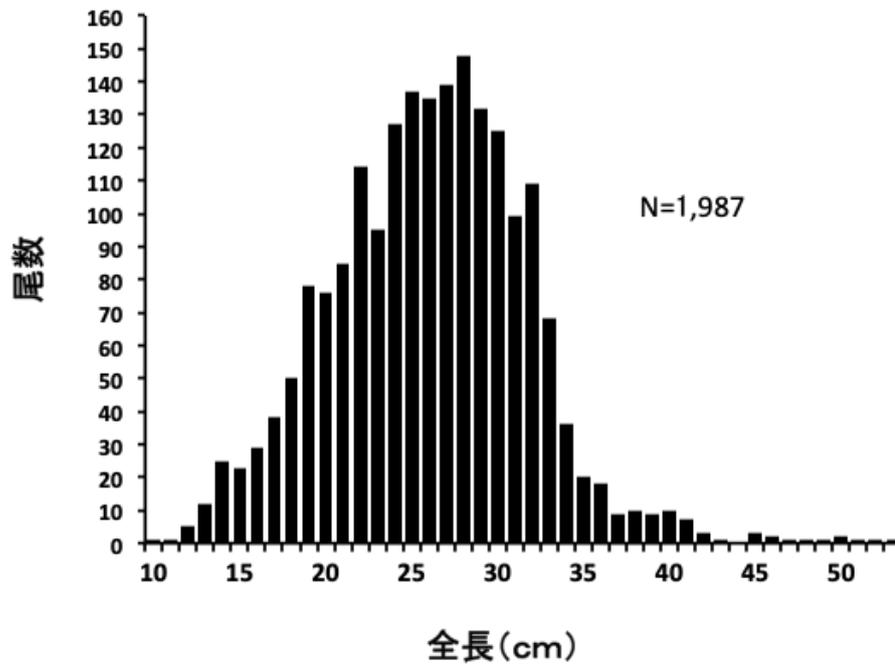


図6. 令和2年4月～令和3年1月に測定した富山県産アカムツの全長組成

イ アマダイ類等の種苗生産技術等の開発

⑦アカムツの親魚養成技術の開発

新潟市水族館マリンピア日本海

新田 誠

【目的】

アカムツの種苗生産において最も大きな課題は受精卵の確保であり、採卵・採精用親魚を安定的に確保することが必要不可欠である。本研究は、成熟年齢や採卵が可能な時期を明らかにし、人工生産した種苗から採卵および採精するための親魚養成技術の開発を目的としている。本年度は、生産魚の雄化により、雌の親魚養成技術の開発に必要な雌個体の入手が困難な状況にあることから、雌の生産技術開発とともに、天然魚を用いた雌の親魚養成を試みた。

【方法】

- 1) 新潟県長岡市寺泊での人工採卵を9月に計3回実施した（水産研究・教育機構 水産資源研究所新潟庁舎、富山県農林水産総合技術センター水産研究所と共同実施）。刺し網で漁獲された天然魚（鮮魚）を用いた乾導法により人工授精を行った。鮮魚は、漁獲直後に保冷容器へ入れ、低温で保管して港まで輸送した。
- 2) 人工生産魚の成熟状況を調べるため、6歳になる人工生産魚計66個体の生物精密測定を行った。雌雄の判定、全長、体長の測定および体重、生殖腺重量の秤量の5項目について実施し、生殖腺重量指数と肥満度を算出した。
- 3) 育成水温がアカムツの性比に及ぼす影響を検証するため、ふ化0日齢～50日齢を水温約21℃（富山県農林水産総合技術センター水産研究所が担当）、約26℃（新潟市水族館マリンピア日本海が担当）で育成した人工生産魚の性比判定を実施した。21℃試験区の60個体、26℃試験区の37個体について、生殖腺を摘出し、目視による雌雄判別を行った。
- 4) 雌を生産するための試験として、仔魚期の光波長が性の決定に影響するかを調べるため、光波長別生産試験を行った。赤色光、青+緑色光の2試験区で仔魚の育成を実施した。赤色光は、魚の認識しにくい光波長とされていることから、光がストレスになっている可能性を考慮し、ストレスの無い光環境として設定した。青+緑色光は、光の三原色のうち、天然海域で仔魚が分布するとされる水深20～40mに届く光波長のため、天然の光条件に合わせた光環境として設定した。
- 5) 雌の親魚養成試験のための天然魚の捕獲および養成を実施した。天然親魚の捕獲は、富山県滑川市で、釣りで漁獲された親魚を対象に5月に1回実施した（富山県農林水産総合技術センター水産研究所と共同実施）。捕獲した天然魚は、新潟まで輸送後、水族館の丸型水槽（FRP製、水量2m³）で飼育試験を開始した。飼育環境は、生息環境に合わせ

るため水槽周囲を遮光して照度を下げ、水温は、繁殖期以外では約 12℃、繁殖期となる夏～秋季は、浅所に移動する習性を考慮して約 18℃に設定した。

【研究成果の概要】

- 1) 寺泊沖の人工授精の結果を表 1 に示した。天然魚の雄と雌を用いた人工授精は、9 月 15 日、9 月 21 日、9 月 29 日の計 3 回行った。今年度は、新型コロナウイルスの影響で乗船ができず、陸上で鮮魚を用い、16 ペアで人工受精を実施した。採卵数は 1,858,242 粒、浮上卵数は 741,148 粒、ふ化仔魚数は 193,507 個体、浮上卵率は 1～90%、浮上卵数に対するふ化率は 0～79%であった。鮮魚を用いた人工授精でも受精卵の入手は可能であったが、活魚由来の受精卵に比べるとふ化率が低下する傾向が示された。
- 2) 人工生産魚の成熟状況の解析には 66 個体 (6 歳魚) を用いた。これらの 2019 年 12 月～2020 年 11 月までの飼育条件は、水量 15m³、水温 12.6 ± 0.3℃、照明 60W 相当白色 LED1 灯 (8:30～17:30)、30W 相当電球色 LED1 灯 (17:30～8:30) であった。得られた標本の生物精密測定の結果は表 2 の通りである。標本の全長は、192～267mm (平均 ± 標準偏差 : 222.3 ± 16.6mm)、体長は 153～228 mm (187.7 ± 17.3mm)、体重は 127.5～338.0 g (199.0 ± 41.8g) であった。性別は雄 66 個体、雌 0 個体で、雄の比率が 100%であったため、成長に伴う性転換の可能性は極めて低いと判断された。雄の生殖腺重量指数 (平均) は 0.18～3.21 (1.50) であった。
- 3) ふ化 0 日齢～50 日齢までの育成水温が性比に及ぼす影響を検証するため、21℃低水温区 (21.2 ± 0.6℃) および 26℃高水温区 (26.2 ± 0.2℃) で育成した 1 歳 4 か月齢魚について性比判定を実施した。低水温区の 60 個体 (全長 : 96.91 ± 8.38mm) では雄が 100%、高水温区の 37 個体 (全長 : 83.73 ± 6.87mm) では 8 個体が雌雄不明であったものの、判定が可能であった 29 個体は雄であり、雄の比率が高い結果となった。水温がアカムツ種苗の性比に及ぼす影響が低いと考えられる。
- 4) 水槽の周囲を遮光ネットで覆い、暗時の水面照度が 0.05lux 以下になるようにし、赤色光の水面照度は 33.6lux、青+緑色光の水面照度は 32.0lux にした。赤色光では、最長 14 日齢までしか生存しなかった。青+緑色光では、稚魚期まで生存した。赤色光の 14 日齢までの水温は 24.8 ± 0.2℃、青+緑色光の稚魚期までの水温は 24.6 ± 0.2℃であった。赤色光で生産した仔魚は成長不良であり、赤色光は魚の認識しにくい波長とされているため、餌が認識できず摂餌不良となっていた可能性が考えられた。
- 5) 天然魚の捕獲は、5 月 29 日に富山県滑川市で行った。捕獲した成魚 1 個体 (全長 209mm、体長 172mm、体重 151g) を 7 月 8 日に新潟まで輸送し、水族館の施設内で飼育試験を開始した。試験は 7 月 8 日～10 月 19 日までの 102 日間行った。水槽は、周囲を遮光ネットで囲い、水面照度を 0.02LUX とした。水温は、7 月 8 日～8 月 23 日は 11.7 ± 0.1℃、8 月 24 日から水温をゆっくりと上昇させ、8 月 31～10 月 9 日は水温 18.0 ± 0.2℃で飼育した。試験魚の解剖の結果、雄であったことが判明し、今年度は雌の親魚養成試験

は実施できなかった。

【次年度以降に向けた提言】

今年度は、新型コロナウイルスの影響で、船上での活魚による人工授精ができなかった。陸上での鮮魚を用いた人工授精を実施したが、卵発生が途中で止まりふ化しない例が6例みられたため、鮮魚を用いた場合では卵質が低下する可能性が示唆された。新型コロナウイルスの影響で活魚を用いた人工授精ができない場合に備え、活魚で輸送する簡易的な方法や鮮魚の輸送時の水温管理などを検討する必要がある。水温別試験において、低水温区(21℃)、高水温区(26℃)ともに雌の生産には至らなかった。次年度は、水温以外の条件での生産試験を検討する必要がある。波長別生産試験において、青+緑色光下での生産魚が得られており、次年度、波長が性分化に与える影響を検証する。判定時のサイズが小さいと雌雄不明の個体も多くみられるため、判定には生殖腺がより発達し観察しやすくなる全長130mm以上の個体が望ましい。雌の成熟条件試験に用いるため天然成熟個体の確保を試みたが、入手できなかった。捕獲の方法や時期、輸送方法について検討を進め、次年度再度入手を試みる。

表1. 新潟県長岡市寺泊での人工授精結果

受精月日	全長(mm)		受精水温	搬入時				管理水温	ふ化仔魚数	ふ化率 浮上卵 に対して
	♀	♂		総卵数	沈下卵数	浮上卵数	浮上卵率			
9月15日	355	298	24.2	159,088	102,968	56,120	35%	27.4~27.7	7,808	14%
9月15日	344	298	22.0	244,518	163,012	81,506	33%	27.4~27.7	14,239	17%
9月15日	383	298	22.0	70,380	27,540	42,840	61%	27.4~27.7	15,570	36%
9月15日	365	275	21.4	214,866	122,484	92,382	43%	27.4~27.7	72,930	79%
9月15日	304	275	21.0	114,720	97,920	16,800	15%	-	卵計数後廃棄	-
9月21日	318	286	21.3	75,200	31,800	43,400	58%	20.8~23.8	0	0%
9月21日	315	286	19.0	57,800	19,200	38,600	67%	21.0~23.8	0	0%
9月21日	326	286	19.6	114,200	26,200	88,000	77%	21.0~23.8	0	0%
9月29日	358	306	23.2	67,200	6,400	60,800	90%	23.2~24.2	16,150	27%
9月29日	357	319	23.2	131,400	27,200	104,200	79%	23.2~24.2	5,000	5%
9月29日	314	319	23.2	85,200	66,600	18,600	22%	23.2~24.2	1,500	8%
9月29日	353	319	23.5	42,600	42,000	600	1%	23.2~24.2	0	0%
9月29日	423	319	21.7	179,200	136,200	43,000	24%	23.2~24.2	0	0%
9月29日	324	271	21.6	76,600	76,000	600	1%	23.2~24.2	0	0%
9月29日	334	271	21.3	127,350	73,650	53,700	42%	23.2~24.2	19,000	35%
9月29日	299	222	23.1	97,920	未計数	未計数	-	24.8~25.0	41,310	-

表 2. 人工生産魚の生物精密測定結果

性別	観察数	比率 (%)	全長 (mm)	体長 (mm)	体重 (g)	生殖腺重量 (g)	生殖腺重量指数	肥満度
♂	66	100	192~267 (222.3)	153~228 (187.7)	127.5~338.0 (199.0)	0.23~7.11 (2.9)	0.18~3.21 (1.50)	13.46~23.77 (17.80)
♀	0	0	-	-	-	-	-	-

括弧内は、各項目の平均値を示す

イ アマダイ類等の種苗生産技術等の開発

⑧ ヒゲソリダイの種苗生産技術の開発

公益財団法人 海洋生物環境研究所

山本 雄三

【目的】

ヒゲソリダイの成熟産卵生態や仔稚魚の生物学的特性を把握し、飼育技術の安定化と量産技術の開発を最終目標とする。

【研究方法】

1) 種苗生産技術の確立

2018年度の生産では孵化後9日以降に仔稚魚の大量減耗が起きた。孵化後7日目から大きく発達してくる特徴的な腹鰭が、個体間の行動に干渉し合うこと、また、人工光への過敏な反応が観察されたため、①仔稚魚の飼育密度および②光条件が大量減耗の主な要因であると推察された。そこで、2019年度は、①仔稚魚の飼育密度および②光条件の2点について、条件を再検討したところ、ふ化後24日目の稚魚期の歩留まりは45.7%となり、歩留まりは2017年度と比較して10%程度向上することができた。2020年度は改善が認められたこれら2点について、2019年度と同様に以下の条件で再現性の確認を行った。種苗生産は2020年8月2日に親魚養成技術の検討の過程で得られた受精卵9,200粒を種苗生産槽(500Lパンライト水槽)に収容して開始した。

①仔稚魚の飼育密度

孵化後7日目に種苗生産槽1基で飼育していた仔魚を2基の水槽へ分割した。収容密度は2,500尾/500Lとした。

②光条件

天然光のみを利用し、補助照明としての人工光は使用しなかった。種苗生産槽の水面での照度が200~2,000Luxの範囲に収まるよう、水槽上面に遮光ネット(遮光率70%)を設置して光量を調整した。

2) 親魚養成技術の検討

2019年度検討を行った①親魚の産卵時刻を避ける給餌を2020年度も行い、結果の再現性を確認した。また、2019年度、異なる年齢の親魚から成るグループを1つの水槽に集め、集卵を試みたところ、産卵の頻度や卵質が不安定になった。年級と体サイズが大きくかけ離れた2つの群れが産卵に影響を及ぼした可能性が推察されたため、②親魚候補の体サイズについて検討を行った。親魚には、柏崎市周辺で漁獲された天然魚を用いた。2008年秋~2016年10月に入手した体長 $28.9 \pm 2.1\text{cm}$ (平均 ± 標準偏差 n=9)の大型群と2018年5月~2019年10月に入手した体長 $22.6 \pm 0.6\text{cm}$ (平均 ± 標準偏差 n=9)の小型群の2

つのグループを親魚候補として養成し、それぞれのグループから採卵を試みた。産卵の観察期間は2020年7月7日から9月7日の2か月間とし、それぞれのグループにおける産卵状況について、総産卵数、浮上卵率および浮上卵発生率を調べた。

3) 種苗放流技術の検討

2020年度は、a) 背びれ第一棘条カット、b) 背びれ棘条抜去、c) 腹びれカットの3つの方法で標識した個体およびd) 鼻孔隔皮の欠損を標識とし、これら4標識の有効性について検討を行った。魚体への標識は2020年12月23日に実施した。供試魚の全長および体重はそれぞれ、 100.2 ± 8.4 mm、 22.2 ± 6.2 g (平均 \pm 標準偏差、n=10) であった。a) およびc) については、それぞれ18尾ずつ、解剖バサミを用いて、背びれ第1棘条および腹びれを切除した。b) は20尾について、背びれの第1および第2棘条を鉗子にて抜去した。また、d) については、a) ~c) の標識を施した個体の孔隔皮の欠損率を求めた。a) ~c) の標識を施した個体について、500L水槽1基に集めて飼育を行い、それぞれの経過について観察を行った。

【研究成果の概要】

1) 種苗生産技術の確立

①飼育密度と②光条件の2点について、2019年度の再現性の確認を行った。①では、2019年度同様に2,500尾/500Lで飼育したところ、2018年度にみられた孵化後9日目に起こった大量減耗はなく、飼育密度について、再現性を確認することができた。②では、2019年度同様に人工光を使用せず自然光のみを使用したところ、仔魚が水面に凝集し、奔走する異常行動は見られず、光条件についても結果の再現性を確認することができた。2020年度の種苗生産では生産尾数約3,300尾、ふ化後27目の稚魚期の歩留まりは36%であった。

2) 親魚養成技術の検討

産卵観察期間における供試魚の総産卵数および浮上卵率を図1に示す。ヒゲソリダイ親魚の産卵時刻を避けて給餌をする方法を検討した結果、いずれの飼育群でも自然産卵による受精卵を2か月間にわたり得ることができた。小型群からは1度の産卵で平均170,000個の卵が得られ、平均の上卵率および浮上卵発生率はそれぞれ約88%および約99%であった。大型群からは1度の産卵で平均450,000個の卵が得られ、平均の上卵率および浮上卵発生率はそれぞれ約63%および約88%であった。総産卵数は大型群が多く、産卵頻度も高い結果になった。これは、親魚候補の天然魚の入手状況により、大型群(雌6、雄3個体：放精あり)および小型群(雌3、雄6個体：放精あり)の雌雄の割合が異なっていたことが原因であると考えられた。浮上卵率を比較すると、大型群では8月1日付近から低下が認められたのに対して、小型群は安定して高く、2019年度より良質な卵を得ることが出来た。大型群における早期の卵質低下の原因は、大型群で使用した個体は実証試験場で10年程度

飼育している個体も含まれていたため、加齢による生殖能力の低下などが考えられた。このことから、安定的に良質の卵を得るためには、年級と体サイズに近い個体を親魚候補として選抜することが有効と考えられた。

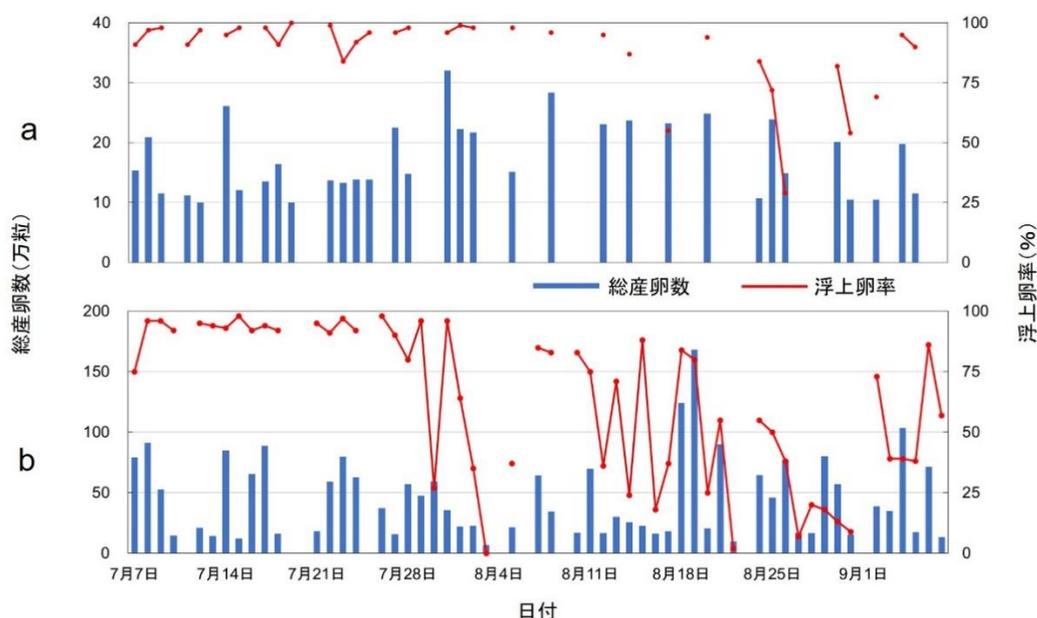


図1 産卵観察期間におけるヒゲソリダイの総産卵数および浮上卵率
(a：小型群、b：大型群)

3) 種苗放流技術の検討

4つの方法で標識した個体を飼育し、それぞれの標識の経過を観察した(図2 a~d)。2021年2月16日現在(処置後、56日)、標識のため切除された各ひれの再生は認められていない。d) 鼻孔隔皮の欠損率は約72%と昨年度(57%)より高い値を示した。鼻孔隔皮の欠損の有無による識別は、長期間にわたり人工種苗放流魚を追跡できることがマダイで報告されている(山崎1998)ため、ヒゲソリダイの標識としても有効であると推察される。なお、ヒゲソリダイの種苗生産における鼻孔隔皮の欠損率は年ごとにばらつきが認められたため、引き続き、種苗生産時の鼻孔隔皮の欠損率について把握するとともに原因を明らかにしていく必要がある。

2020年度は、全長および体重がそれぞれ $70 \pm 4\text{mm}$ 、 $7 \pm 1\text{g}$ (平均 \pm 標準偏差、 $n=30$)に成長した種苗を、2020年10月7日(日齢65日)に3,300尾を放流した。放流場所は昨年度と同様に荒浜漁港(柏崎市)とした。また、2020年7月、10月、および11月に新潟漁協柏崎支所より過年度に放流したと思われる個体の再捕の連絡が6件あった。内訳は7月に2件(2尾)、10月に3件(7尾)、および11月に1件(1尾)であった。連絡のあった全ての個体で鼻孔隔皮の欠損が見られ、うち3尾について背びれ棘条の欠損がみられた(図3)。これらについては、背びれの棘条を切除し放流した2018年度生産魚である可能

性が考えられた。

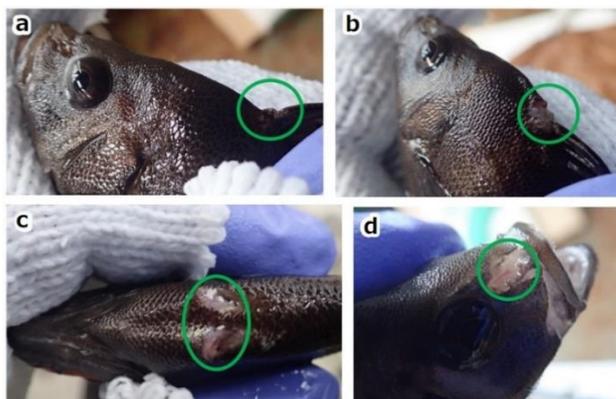


図2 検討した標識方法および鼻孔隔皮の欠損 (a:背びれ第一棘条カット、b:背びれ棘条抜去、c:腹びれカットおよび d: 鼻孔隔皮の欠損)

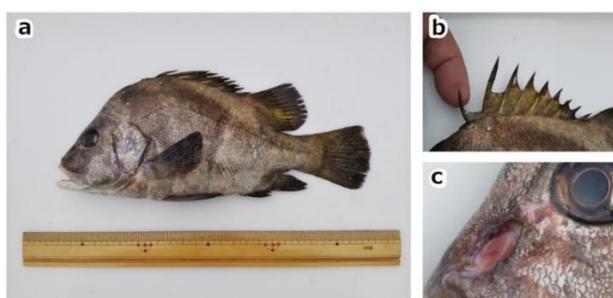


図3 放流魚と考えられる再捕個体 (a: 全体の様子、b: 棘条の様子、および c: 鼻孔隔皮の様子)

【次年度に向けた提言】

種苗生産技術の検討において、飼育密度および光条件について、結果の再現性を確認することが出来た。しかし、上述の結果は2回のみでの検討から得られたものであるため、次年度も引き続き再現性を確認していく必要がある。親魚養成技術の検討のための産卵試験において、年級と体サイズが近い群を用いたところ、安定した卵質の卵が得ることが出来た。また、本年度は、実施担当者を変更して種苗生産を行ったが、前年度と同程度の結果が得られたことから、本種苗生産方法の汎用性についても確認することが出来た。次年度はこれらを取りまとめ、種苗生産マニュアルを策定する。種苗放流技術の検討として、a) 背びれ第一棘条カット、b) 背びれ棘条抜去、c) 腹びれカット、d) 鼻孔隔皮の欠損した個体について、引き続き飼育を行い、それぞれの標識の経過を観察することでヒゲソリダイにおける有効な標識方法について検討する。また、鼻孔隔皮の欠損についても初期餌料にカイアシ類を加える等、対策を検討する。

参考文献

山崎明人 (1998).マダイにおける胸鰭変形および 鼻孔隔皮欠損による人工種苗放流魚と天然魚識別の有用性.栽培技研, 26 (2), 61-65.