

イ. アマダイ等の種苗生産技術等の開発

①山口県沖におけるアマダイ類の種苗生産技術の開発

山口県水産研究センター

阿武 遼吾

【目的】

山口県沖で漁獲されるアマダイ類の成熟個体の出現時期と出現割合を明らかにし、同海域で採卵に適した時期を明らかにする。また、得られたデータにより種苗生産技術（主に採卵技術、親魚養成技術）の開発を行う。本研究ではシロアマダイを対象種として、親魚養成試験等により基礎的知見を収集し、本種の種苗生産技術（親魚養成・採卵技術）の開発を目的とする。

【研究方法】

1) 精子凍結保存

4月17、18日に本県瀬戸内海で漁獲された11尾の雄親魚から採取した精液を使用して凍結保存試験を行った。0.5mL ストロー管にDMSO 10%、FBS 80%、精子10%の組成で収容し、液体窒素中に保存した。冷却は、液体窒素液面からの高さを3cmで5分間予備凍結し、その後、液体窒素に浸漬した。

2) 人工採卵試験

雌親魚確保および人工授精からなる一連の人工採卵試験の作業は、4月17日～5月26日に実施した。

4月17～5月13日に本県瀬戸内海で漁獲された10尾の雌個体を、5月18日まで10kL灰色FRP製円形水槽で飼育した。5月18日にそれぞれの個体にヒト絨毛性ゴナドトロピン（HCG）を300IU/体重1kgを目安に打注し、その24～188時間後に搾卵した。搾卵後、速やかに精子を加えて攪拌し、乾導法により人工授精を行った。精子は凍結保存した精子を使用した。

2) 種苗生産試験

5月22日から表1の飼育条件で飼育試験を行った。初期摂餌の状況は、3～5日齢の仔魚の消化管内のワムシの咀嚼器を計数し、群摂餌率および仔魚1尾あたりのワムシ摂餌個数を確認した。また、5～7日齢は、開鰓を促すために油膜除去を行い、仔魚の開鰓状況を確認した。42日齢に生残尾数を計測した。

3) 種苗放流試験

（公社）山口県栽培漁業公社と共同で実施した量産試験で生産した7千尾の種苗（平均全長81mm）を、本県瀬戸内海海域に放流した。放流は、9月1日に漁場付近の漁港内に、9月3日に沖合の漁場に、それぞれ3.5千尾ずつ放流した。放流した種苗は標識として左腹鰭を抜去した。また、港内に放流した種苗の定着状況および分布密度を把握するため、

11月25日、12月16日および1月20日に放流を行った漁港内で、ライントランセクト法を用いた潜水調査を実施した。

4) 人工種苗からの親魚養成試験

令和2年7月17日から、平均全長50mmの人工種苗を用いて親魚養成試験を開始した。

3、4kL 青色FRP製円形水槽に各500尾ずつ収容し、表2の飼育条件で飼育した。

【研究成果の概要】

1) 精子凍結保存

凍結から30日後の精子を解凍し顕鏡観察したところ、問題なく運動していることが確認された。

2) 人工採卵試験

採卵結果を表3に示した。10尾中3尾の雌個体から卵が得られ、計70.6万粒の卵を搾出、媒精した。その結果、計23.0万粒の浮上卵を得た（浮上卵率32.5%）。HCG打注から24～72時間後に搾出した卵の殆どが過熟卵であった。

3) 種苗生産試験

2基の3kL青色FRP製円形水槽および2基の1kL青色FRP製円形水槽に、HCG打注から96～120時間後に搾出、媒精した受精卵を計118,600粒収容した。ふ化は受精から36時間後に始まり、48時間後に完了した。各試験区のみ化仔魚数およびふ化率を表4に示した。

摂餌状況および開鰓率を表5および表6に示した。水槽①、②、③で2～6日齢に沈降死が発生し、生存している仔魚が確認できなくなったため、途中で試験を終了した。42日齢における生残数、生残率および平均全長を表7に示した。

4) 種苗放流試験

いずれの放流においても種苗は放流後に速やかに潜行する様子が観察された。漁港内で実施した潜水調査の結果を表8に示した。

5) 人工種苗からの親魚養成試験

飼育水温と生残率の関係を図1に示した。2月1日時点で計15尾を飼育している。

【次年度に向けた提言】

現在、シロアマダイ親魚の入手は天然個体の漁獲に依存しているため、安定的、計画的に確保できないという課題を抱えている。また、天然個体は漁獲時のダメージが大きいため、飼育中の死亡率も高く、親魚として養成することが難しい。今後、人工種苗からの親魚養成技術の確立を目指すこととする。

また、令和元～3年にかけて、山口県瀬戸内海に計12.2万尾の種苗放流してきたため、その放流効果を調査する。

表1 種苗生産試験の飼育条件

| 水槽番号 | ① | ② | ③ | ④ |
|-------------|--|--|------------------|------------------|
| 飼育水槽 | 3kL 青色 FRP 製円形水槽 | 3kL 青色 FRP 製円形水槽 | 1kL 青色 FRP 製円形水槽 | 1kL 青色 FRP 製円形水槽 |
| 試験期間 | 0～42 日齢 | | | |
| 人工照明および水面照度 | 白色 LED 電球 10,000Lux | | | |
| 飼育水 | 砂ろ過紫外線殺菌処理海水 | | | |
| 飼育水温 | 20.5～25.9℃ (ヒーターの設定温度は 22.0℃) | | | |
| 通 気 | エアストーン (長さ 70mm、直径 20mm の円柱形) を 1 水槽あたり 4 個設置 1 個あたりの通気量は 100ml/分 | エアストーン (長さ 70mm、直径 20mm の円柱形) を 1 水槽あたり 2 個設置 1 個あたりの通気量は 100ml/分 | | |
| 換 水 | 7 日齢まで止水。7 日以降は徐々に換水率を上げていき、40 日齢で換水率 100%に設定 | | | |
| 微細藻類の添加 | スーパー生クロレラ (クロレラ工業社製) を 50 万 cells/ml になるように 1 日 2 回投与 | | | |
| ワムシ | 2～3 日齢 : S 型ワムシを 10 個/ml になるよう 1 日 1～2 回投餌 4～25 日齢 : 栄養強化した S 型ワムシを 10 個/ml になるように 毎日 1～2 回投餌 | | | |
| ワムシの栄養強化 | スーパー生クロレラ (クロレラ工業社製) をワムシ 1 億あたり 200ml 投与し、20 時間強化 | | | |
| アルテミア | 15～42 日齢 : 2 時間で残餌がなくなる数量の栄養強化したアルテミアを 1 日 2 回投餌 | | | |
| アルテミアの栄養強化 | バイオクロミスパウダーをアルテミア 1 億あたり 80g 投与し、5 時間強化 | | | |
| 配合飼料 | 1 日 2 回、適量を投餌 | | | |

表2 親魚養成試験における飼育条件

| | 9 週齢～ (R2. 7. 17) | 12 週齢～ (R2. 8. 6) | 15 週齢～ (R2. 8. 24) | 22 週齢～ (R2. 9. 29) | 26 週齢～ (R2. 10. 24) | 40 週齢～ (R3. 2. 1) | 54 週齢～ (R3. 5. 14) | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------------|
| 飼育水 | 砂ろ過海水 | | | | | | | |
| 収容尾数(尾) | 500 | 350 | 100 | 75 | 50 | 50 | 30 | |
| 収容密度(尾/m ²) | 111 | 78 | 22 | 16 | 11 | 11 | 7 | |
| 水温(°C) | 11.5～30.9 (自然水温) | | | | | | | |
| 給餌方法 | 回数(回/日) | 6～12 | 12 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | 餌料 | 配合飼料 | 配合飼料 | 配合飼料 | 配合飼料 オキアミ | 配合飼料 オキアミ | 配合飼料 オキアミ、 アジ、イカ | オキアミ、 イカ |
| | 給餌量 | 飽食量 | 飽食量 | 魚体重の1% | 魚体重の4% | 魚体重の6% | 魚体重の0.5% | 魚体重の1% |

表3 採卵結果

| HCG 打注後の経過時間 | 雌親魚 | | 総採卵数 (粒) | 浮上卵数 (粒) | 浮上卵率 (%) |
|--------------|---------|---------|-------------|-------------|-------------|
| | 供試魚数(尾) | 採卵魚数(尾) | | | |
| 24 時間 | 10 | 3 | 113,400 | 0 | 0.0 |
| 48 時間 | 10 | 2 | 102,960 | 29,160 | 28.3 |
| 72 時間 | 10 | 1 | 52,200 | 0 | 0.0 |
| 96 時間 | 9 | 2 | 75,420 | 39,960 | 53.0 |
| 120 時間 | 9 | 2 | 115,380 | 78,840 | 68.3 |
| 144 時間 | 9 | 2 | 106,920 | 37,800 | 35.4 |
| 164 時間 | 9 | 2 | 83,340 | 31,860 | 38.2 |
| 188 時間 | 9 | 2 | 56,700 | 12,600 | 22.2 |

表4 ふ化仔魚数およびふ化率

| 水槽 | ① | ② | ③ | ④ |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 収容受精卵数(粒) | 39,600 | 39,780 | 18,720 | 20,500 |
| ふ化仔魚数(尾) | 24,000 | 23,586 | 7,138 | 7,138 |
| ふ化率(%) | 60.6 | 59.3 | 38.1 | 34.8 |

表5 摂餌状況

| 水槽 | | ① | ② | ③ | ④ |
|----------------|-----------|-------------------|---------------|------|------|
| 3日齢 (9:00) | 群摂餌率(%) | 2日齢に大量死亡が発生し、試験終了 | 73 | 40 | 100 |
| | 摂餌個数(個/尾) | | 5.0 | 0.8 | 11.8 |
| 3日齢 (15:00) | 群摂餌率(%) | | 90 | 100 | 100 |
| | 摂餌個数(個/尾) | | 8.7 | 8.4 | 9.5 |
| 4日齢 (9:00) | 群摂餌率(%) | | 90 | 30 | 100 |
| | 摂餌個数(個/尾) | | 10.1 | 0.6 | 20.5 |
| 4日齢 (15:00) | 群摂餌率(%) | | 90 | 80 | 100 |
| | 摂餌個数(個/尾) | | 10.1 | 8.6 | 11.4 |
| 5日齢 (9:00) | 群摂餌率(%) | | 100 | 100 | 100 |
| | 摂餌個数(個/尾) | | 12.0 | 18.3 | 23.3 |
| 5日齢 (15:00) | 群摂餌率(%) | | 大量死亡が発生し、試験終了 | 100 | 100 |
| | 摂餌個数(個/尾) | | 大量死亡が発生し、試験終了 | 10.8 | 42.3 |

表 6 開鰓率 (%)

| 試験区 | ① | ② | ③ | ④ | |
|------------|-------------------|-------------------|---------------|------|---|
| 5日齢(9:00) | 2日齢に大量死亡が発生し、試験終了 | 5日齢に大量死亡が発生し、試験終了 | 0 | 0 | |
| 5日齢(19:00) | | | 0 | 0 | |
| 6日齢(9:00) | | | 大量死亡が発生し、試験終了 | 0 | 0 |
| 6日齢(19:00) | | | | 48.9 | |
| 7日齢(9:00) | | | | 50.0 | |
| 7日齢(19:00) | | | | 50.0 | |

表 7 42日齢における生残尾数および生残率、平均全長

| 試験区 | ① | ② | ③ | ④ |
|-----------|--------|--------|-------|-------|
| ふ化仔魚尾数(尾) | 24,000 | 23,586 | 7,138 | 7,138 |
| 生残尾数(尾) | 0 | 0 | 0 | 2,488 |
| 生残率(%) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 34.9 |
| 平均全長(mm) | - | - | - | 23.40 |

表 8 種苗放流した漁港内の放流魚生息状況

| | 放流 86 日後 (R3. 11. 25) | 放流 106 日後 (R3. 12. 16) | 放流 146 日後 (R4. 1. 20) |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 生息密度 (尾/100m ²) | 2.0 | 5.2 | 2.6 |
| 漁港内の推定生息尾数(尾) | 466.5 | 1,212.8 | 606.4 |
| 調査時の水温 | 17.8 | 14.8 | 12.4 |

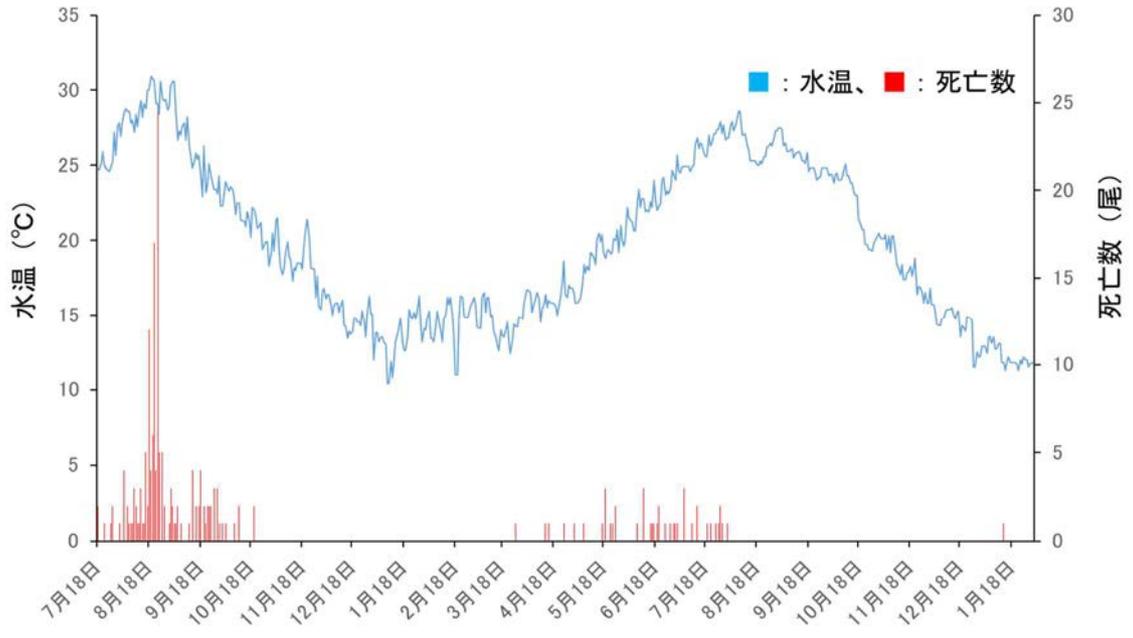


図1 飼育水温と死亡数

イ アマダイ等の種苗生産技術等の開発

②山口県沖におけるアマダイ類の種苗量産技術の開発

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。

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、全長3cmサイズの種苗を生残率30%以上、飼育密度2,000尾/k l で安定的に生産する技術を開発するとともに、アカアマダイについては、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/k l)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) 種苗量産技術の開発

1) シロアマダイ

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24日から5月26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20℃)、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、受精卵90千粒を50k l 八角形水槽に収容し、ふ化させた。59千尾がふ化し(全長2.2mm)、ふ化率は65.6%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5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カ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3~6に水面の油膜除去を行った。

電照は、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 28 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 17 から日齢 48 まで給餌した。配合飼料は、日齢 24 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44まで添加した。

2) アカアマダイ

成熟個体(天然親魚)を9月23日から9月24日に雌82尾、雄12尾、9月28日に雌35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收容した。雄は精巢を摘出し人工精漿中で細片し、精巢重量の 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9月25日から9月27日、9月30日から10月1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200Lアルテミア孵化槽に收容した。5日間の採卵で2,235千粒の受精卵を得た。

浮上卵を200Lアルテミア孵化槽内で再浮上させた後、500Lポリカーボネート水槽に收容し、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、50kL八角形水槽に收容し、ふ化させた。採卵結果を表2に、卵の收容とふ化を表3に示した。

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、受精卵收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カ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、飼育水中のD0を6mg/L以上に維持させるため、日齢6から酸素発生装置により酸素を供給した。また、開鰓させるため日齢3~6に水面の油膜除去を行った。

電照は、200w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 18 から日齢 43 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41まで添加した。

(2) 閉鎖循環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14日に30k l 角形水槽に平均全長59.48mmの稚魚14.13千尾を収容し、飼育水温は18℃とし、飼育水は80%海水とした。飼育密度は730尾/m²(470尾/k l)。

2) 小型水槽を用いた飼育では、12月14日に500L水槽に平均全長59.48mmの稚魚503尾を収容し、飼育水温は18℃とし、飼育水は80%海水とした。飼育密度は780尾/m²(1,160尾/k l)。

【研究成果の概要】

(1) 種苗量産技術の開発

1) シロアマダイ

ふ化仔魚収容尾数は59千尾で、飼育開始密度は1,180尾/k l であった。56～58日間の飼育で平均全長35.8mmの稚魚14千尾を取り上げた。生残率は23.7%で、飼育密度は280尾/k l であった。日齢8における開鰓率は83%で、取り上げ時の形態異常率は3割程度であった。

日齢と全長を表1に示した。

2) アカアマダイ

ふ化仔魚収容尾数は633千尾で、飼育開始密度は3,600～4,640尾/k l であった。45～51日間の飼育で平均全長37.5mmの稚魚319千尾を取り上げた。平均生残率は50.4%で、飼育密度は1,640～2,700尾/k l であった。

種苗生産結果を表4に示した。

(2) 閉鎖循環システムによるアカアマダイの中間育成

1) 大型水槽での飼育結果は、12月14日から1月20日まで中間育成を行い、平均全長79.52mmの稚魚を14.06千尾取り上げた。生残率は99.5%であった。

2) 小型水槽での飼育結果は、12月14日から1月20日まで中間育成を行い、平均全長84.44mmの稚魚を498尾取り上げた。生残率は99.0%であった。

閉鎖循環システムでの飼育期間中は従来型の間育成(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】

シロアマダイの種苗量産技術の開発では、受精卵量が十分に確保できず3日間の受精卵を水槽に収容したことにより開鰾率、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。

アカアマダイの間育成では、飼育密度について再度検討したい。

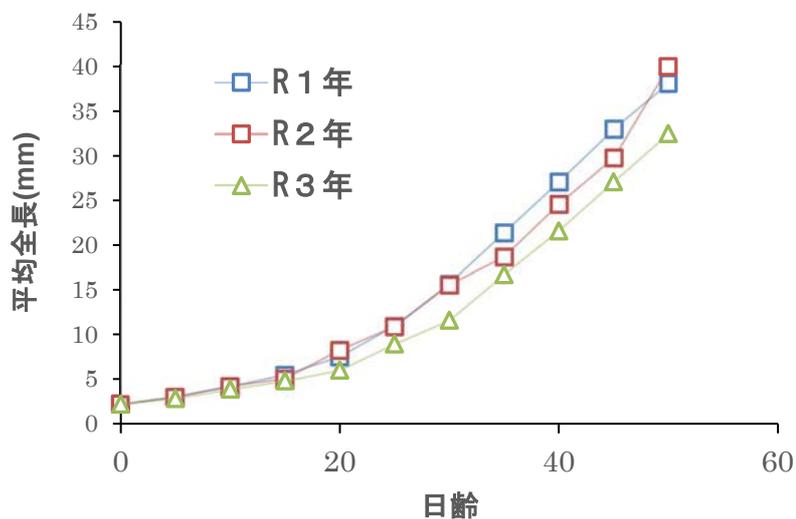


図1 年齢と成長

表1 採卵結果

| 回次 | 月 日 | 浮上卵 | 沈下卵 | 浮上率 |
|-----|-------------|--------|------|-------|
| 1回次 | 9月25日～27日 | 794g | 118g | 87.1% |
| 2回次 | 9月30日～10月1日 | 323g | 39g | 89.2% |
| 計 | | 1,117g | 157g | 87.7% |

表2 卵の収容とふ化

| 水槽番号 | 収容日 | ふ化日 | 収容卵数 (千粒) | ふ化尾数 (千尾) | ふ化率 (%) |
|------|-------|-------|--------------|--------------|------------|
| M3 | 9月27日 | 9月27日 | 280 | 232 | 82.9 |
| M2 | 9月27日 | 9月27日 | 280 | 221 | 78.9 |
| M1 | 9月28日 | 9月28日 | 260 | 180 | 69.2 |
| 計 | | | 820 | 633 | 77.2 |

表3 種苗生産結果

| 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 (%) |
|------|--------------|--------------|--------------|------------------|------------|
| M3 | 9月27日～11月11日 | 232 | 135 | 35.3 | 58.2 |
| M2 | 9月27日～11月16日 | 221 | 102 | 37.9 | 46.2 |
| M1 | 9月28日～11月18日 | 180 | 82 | 39.4 | 45.6 |
| 計 | | 633 | 319 | 37.5 | 50.4 |

イ アマダイ等の種苗生産技術等の開発

③日向灘におけるアマダイ類の種苗生産技術の開発

一般財団法人 宮崎県水産振興協会

甲斐 晴貴

④日向灘におけるアマダイ類の種苗量産技術の開発

宮崎県水産試験場

中西 健二

【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』、『中間育成技術の開発』の3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』と『中間育成技術の開発』では、昨年度まで実施していた 30mm サイズでの一次取り揚げについては、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、本年度は一時取り上げを行わないで、放流サイズである全長 70mm サイズまでの生産を実施し、その効果を検証する。

【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、精巣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 ウィルスの検査を行い、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、100L アルテミアふ化槽に收容し、一晚卵管理した。翌日、胚体形成後に 0.5ppm オキシダント海水で 1 分間卵消毒を行い、ウナギ袋に收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、昨年度に発生した初期減耗の原因究明のため、採卵日ごとに SAI 試験を実施した。飼育水入りの 1,000mL ビーカーに浮上卵を数十粒ずつ收容し、飼育水槽内に吊るした。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 指数を求めた。

2) 種苗生産技術の開発

飼育水槽は屋内 40KL 角形水槽（7×3×2m、コンクリート製）2 槽を使用し、自然光の

魚を 38 尾購入し、うち 28 尾が VNN 陰性であった。その中から精子の活性が良かった 4 尾のものを使用した。活魚は 110 尾のうち 72 尾がメスであり、それらを用いて 11 月 5 日から 3 日間採卵を行った結果、58 尾のメスから計 883.5 千粒の卵を得た。浮上卵は 358.0 千粒、沈下卵は 526.0 千粒で、浮上卵率は 40.5%であった。

SAI は採卵 1 日目の卵が 7.76、2 日目の卵が 6.58、3 日目の卵が 6.53 であった。各日とも 5 日齢頃へい死が増加し、生残尾数がゼロとなるまでの日数は採卵 1 日目の卵が 8 日、採卵 2 日目、3 日目の卵は 6 日であった。

表-2 採卵結果

| 採卵日 | 卵重量 (g) | 総卵数 (千粒) | 浮上卵 (千粒) | 沈下卵 (千粒) | 浮上卵率 (%) | SAI 指数 |
|-------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| 11月5日 | 280.5 | 249.5 | 139.5 | 110.0 | 55.9 | 7.76 |
| 11月6日 | 244.2 | 369.0 | 94.5 | 274.5 | 25.6 | 6.58 |
| 11月7日 | 172.4 | 265.0 | 124.0 | 141.0 | 46.8 | 6.53 |
| 合計 | 697.1 | 883.5 | 358.0 | 525.5 | | |
| 平均 | 232.4 | 294.5 | 119.3 | 175.2 | 42.8 | 6.96 |

2) 種苗生産技術の開発

種苗生産結果を表-3、成長曲線を図-1 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 5 日に得られた浮上卵 139.5 千粒を全面遮光と 24 時間電照を施した 40KL 角形水槽（以下、対照区）に収容し、11 月 6 日に得られた浮上卵 94.5 千粒を 24 時間電照のみを施した 40KL 角形水槽（以下、試験区）に収容した。11 月 7 日に得られた浮上卵は 39.0 千粒を対照区、85.0 千粒を試験区に分けて収容した。対照区では 112.0 千尾がふ化し、ふ化率は 62.7%、飼育開始密度は 2,700 尾/KL であった。試験区では 130.0 千尾がふ化し、ふ化率は 72.4%、飼育開始密度は 3,200 尾/KL であった。

開鰓は 5 日齢から始まり、開鰓率は対照区で 7 日齢までに 100%に達したのに対し、試験区では 95%であった。また、ワムシ摂餌率は試験区で 5 日齢までに 100%に達したのに対し、対照区では 90%であった。

成長速度に両区で大きな差はなかったが、試験区では 37 日齢に約 9 千尾の大量へい死が発生し、その後も 80 日齢頃から滑走細菌症、ピブリオ病の併発によるへい死が継続して発生した。隣接する対照区では大量へい死及び疾病によるへい死は発生しなかった。

試験区で大量へい死、滑走細菌症等が発生した原因として、40 日齢頃から自然光の照度変化による狂奔や蝟集した状態が継続して見られており、その中で体表のスレが生じたものと推測した。

82 日齢から対照区の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。99 日齢までの 17 日間をかけて遮光幕を全撤去したが、照度変化による狂奔やへい死は発生しなかった。

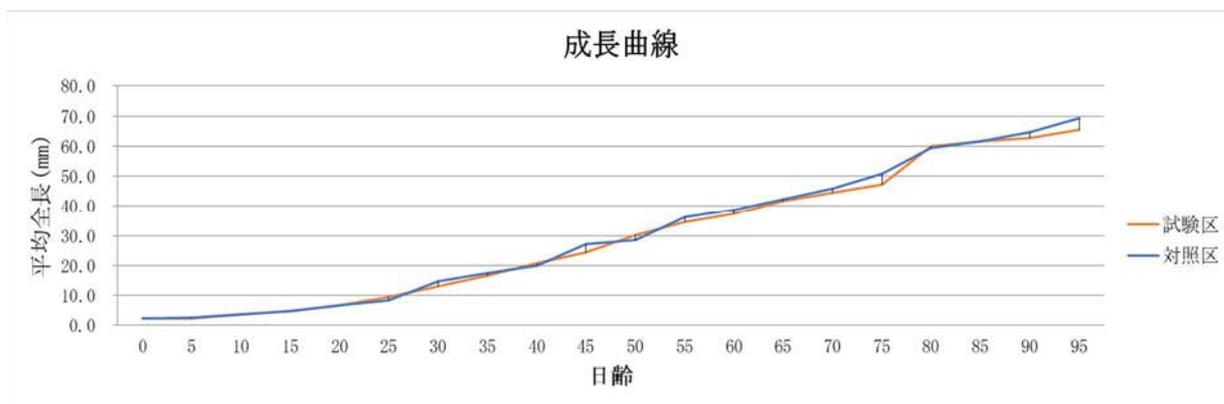
取り揚げは両区とも 101 日齢で実施した。試験区では 28.7 千尾を取り揚げ、ふ化仔魚からの生残率は 22.1%、取り揚げ密度は 708 尾/KL であった。対照区では 27.6 千尾を取り揚げ、ふ化仔魚からの生残率は 24.6%、取り揚げ密度は 681 尾/KL であった。

両区において、生残率に大きな差はなかったが、試験区では照度変化による狂奔や疾病が継続して発生したことから、完全遮光を施した種苗生産方法の有効性が確認された。昨年度までは、全長 30mm サイズで取り上げ後に大量死亡が発生したが、今年度は 70mm サイズまで同一水槽で飼育する方法を採用し、大量死亡を回避することができた。

表-3 種苗生産結果

| | 24時間電照 (試験区) | 完全遮光 + 24時間電照 (対照区) |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 卵収容日 | 11/7・8 | 11/6・8 |
| 卵収容数 (千粒) | 179.5 | 178.5 |
| ふ化仔魚数 (千尾) | 130.0 | 112.0 |
| ふ化率 (%) | 72.4 | 62.7 |
| 開始時水槽 (KL×槽) | 40×1 | 40×1 |
| 開始時照度 (Lux) | 723~1,438 | 21~193 |
| 開始密度 (尾/KL) | 3,200 | 2,700 |
| 飼育水温 (°C) | 22.8~15.2 | 22.8~15.2 |
| 開票率 (%) | 95 (7日齢) | 100 (7日齢) |
| 摂餌率 (%) | 100 (5日齢) | 90 (5日齢) |
| 取り揚げ日齢 | 101 | 101 |
| 取り揚げ尾数 (千尾) | 28.7 | 27.6 |
| 取り揚げ密度 (尾/KL) | 708 | 681 |
| 生残率 (%) | 22.1 | 24.6 |
| 大量へい死 | ・37日齢 約9千尾 ・80~97日齢 約3千尾 | なし |
| ※ふ化率はふ化仔魚数/卵収容数×100で計算した値 | | |

図-1 成長曲線



【次年度以降に向けた提言】

今年度は浮上卵数、浮上卵率ともに過去最高数となった。しかし、10月に2回実施する計画であった親魚確保が、時化等により11月に1回の実施となり、繁殖盛期である親魚を確保できなかった。結果としては過去最高数の浮上卵が得られたが、親魚確保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9月からの親魚確保も視野に入れ生産計画を立てる必要がある。

種苗生産においては、取り揚げ尾数が両区合わせて56.3千尾と過去最高尾数であった。両区で生残率に大きな差はなかったが、遮光幕の有無による自然光の照度変化が稚仔魚に与える影響、行動の違いが把握できた。次年度は今年度の結果を踏まえた上で適正な種苗生産技術方法を検討する。

イ アマダイ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

渡邊 裕介

【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、人工生産魚として日本海区水産研究所宮津庁舎（現：水産技術研究所宮津庁舎）より譲渡された2013年生産魚および2016年生産魚を、天然魚として京都府伊根周辺で漁獲された2個体（2020年12月入手個体）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] 2021年7月2日に、2016年生産魚（雌）4個体（体重： $575 \pm 82\text{g}$ （平均値±標準偏差；以降同様）、2013年生産魚（雌）1個体（体重：899g）および天然魚（推定雄）1個体（体重：1,120g）を収容した。

[水槽②] 上記の水槽①作業の同日に、2016年生産魚（雌）4個体（体重： $540 \pm 100\text{g}$ ）、2013年生産魚（雌）1個体（体重：632g）および天然魚（推定雄）1個体（体重：1,276g）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%を目安に行った。自然日長条件で、水温は 25°C 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。2021年8月16日から10月4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、2021年度は、産卵状況の改善効果を目的として巣穴（塩ビ管VU125A、長さ75cm）を設置して、親魚養成を行った（図1）。

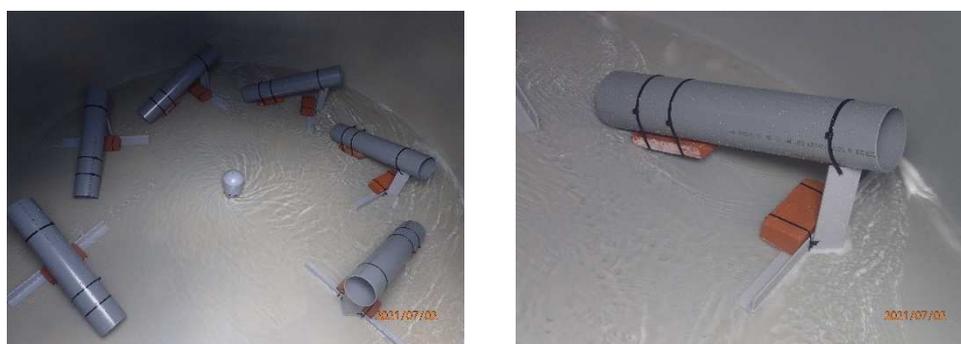


図1 巣穴の設置状況（左）および巣穴単体の拡大写真（右）

2) アカアマダイ人工生産魚の性分化の確認

2019年度に実施した、2017年山口県産生産魚の生殖腺の組織観察において、1個体(24ヶ月齢、体長23cm)が精巣様組織と卵母細胞が混在する状態であり、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、同生産魚群(2017年山口県産生産魚)を用いてバイオプシー(生体組織採取検査)を2020年度に引続き実施した。供試材料として2020年度にバイオプシーを行い、雌と判明した10個体(平均体長 26.8 ± 1.0 cm)、を用いた。300ppmの2-フェノキシエタノール麻酔下で、供試個体の腹部を約2cm切開し、片側の生殖腺から直径約5mm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、飼育水槽に收容して麻酔から回復させた。採取した組織片をDavidson液で固定し、後日、固定試料を70~100%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二重染色を施し、光学顕微鏡を用いて生殖腺の組織学的観察を行った。

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を用いた親魚養成試験」で使用した水槽①の雌5個体(ホルモン投与群)および水槽②の雌5個体(ホルモン非投与群)を使用した。また、雄個体として10月4日に柏崎沖で漁獲された天然魚1個体(体重1,072g)を使用した。雄は漁獲された日に精巣を摘出し、精子抽出液を作製した。10月5日、水槽①の雌5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式会社「動物用ゴナトロピン3000」)を魚体重1kgあたり300IU打注した。2020年度の結果から、過熟卵の排除を目的としホルモン投与の際に腹部の圧迫により卵の搾出を行った。その後、24時間後の10月6日および48時間後の10月7日に水槽から取り揚げ、腹部を圧迫し採卵を試みた。また、水槽②の雌5個体は、10月5日にホルモン剤は打注せずに過熟卵の作出のみを行い、6日および7日に水槽①と同様の手順で採卵を試みた。

10月7日に採取した卵を洗卵した後、精子活性の確認をした精子抽出液を加えて受精させた。受精卵は100Lパンライト水槽に收容し10月10日に正常ふ化率を確認した。なお、精子抽出液の作製、人工授精は、日本海区水産研究所宮津庁舎(現：水産技術研究所宮津庁舎)が作成した試作マニュアルを参考に実施した。

【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では、8月下旬から9月下旬まで断続的に産卵が認められた（図2）。一部浮上卵を得ることができたが、いずれも未受精卵であった。1日の産卵数の最大は約70,000粒であった。水槽②では、水槽①と同様の期間内に4度の産卵が認められたが（図3）、すべて未受精の沈下卵であった。1日の最大産卵数は32,000個であった。巣穴を設置しなかった2020年度の産卵データ（図4）と比較した結果、巣穴の設置による産卵状況の改善効果は確認できなかった。



図2 水槽①の産卵数および水温の推移



図3 水槽②の産卵数および水温の推移

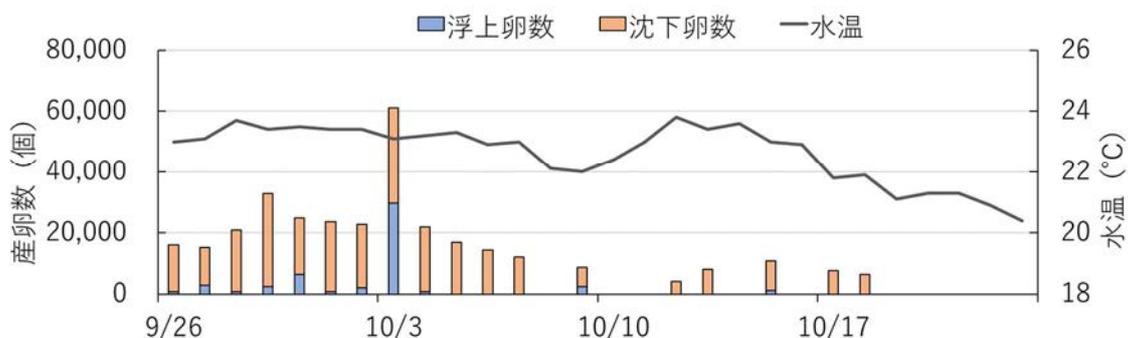


図4 2020年度の産卵数および水温の推移

2) アカアマダイ人工生産魚の性分化の確認

バイオブ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、2020年度同様、観察した全個体が雌であった(図5)。2021年度の観察までの間に性転換は確認できなかった。

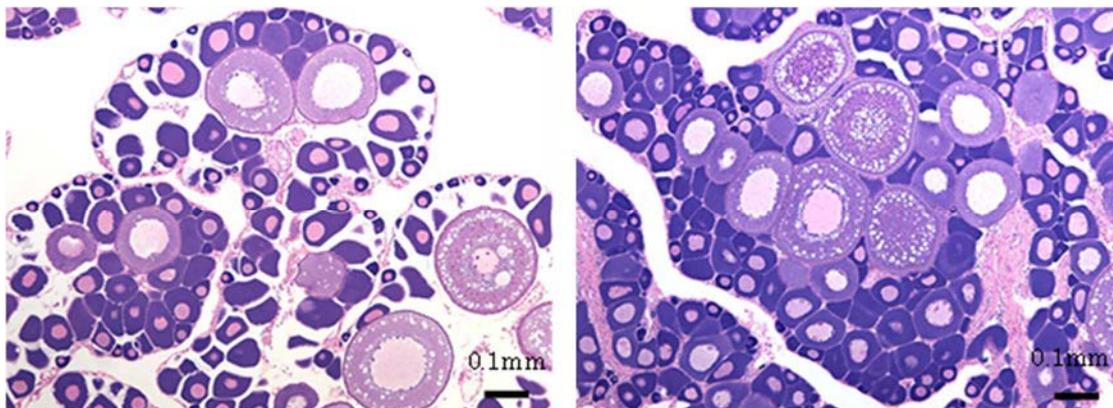


図5 バイオブシーによって採取した生殖腺組織片の画像

3) 養成した親魚を用いた人工授精

表1に、実施した人工授精の成績を示す。水槽①のホルモン打注48時間後に行った採卵での受精率は19.6%だった。10月10日にふ化水槽内の仔魚を計数したところ、正常ふ化率は54.0%であった。ホルモン非投与群の水槽②からは採卵することができなかった。受精率は昨年より低かったが、正常ふ化率は高い結果となった。

表1 人工授精の成績(産卵数、受精率およびふ化率)

| 実施年度 | 産卵数(個) | 受精率(浮上卵率) | 正常ふ化率 |
|--------|--------|-----------|-------|
| 2020年度 | 39,600 | 95.0% | 3.5% |
| 2021年度 | 36,600 | 19.6% | 54.0% |

【次年度以降に向けた提言】

これまでの検討の結果、自然産卵による受精卵を得るまでには至らなかった。産卵行動に必要な水深や密度など、産卵条件の解明には課題が残る。これらを検証するためには大規模な飼育水槽や調温設備が必要であり、飼育管理や経済性の面からも容易ではない。一方でこれまでの親魚養成の結果、雌の性成熟については再現性が確認され、人工授精に応用が可能であることが証明された。本種の産卵可能な水温範囲は18℃～25℃であるが、産卵に好適な水温範囲はこれより狭い可能性が高い(奥村, 1999)とされることから、夏期の水温を22℃前後に制御し、同一の雌からの複数回採卵や、天然雄の凍結精子を用いた人工授精の検討を行うなど、人工授精の試行頻度を上げて技術的な課題を検証する必要があるだろう。

【引用文献】

奥村 重信（1999）アカアマダイの親魚養成と種苗生産に関する研究. 平成 13 年度日裁協
特別研究報告 16 号 16

イ アマダイ等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】

新潟県と富山県沖で漁獲されるアカムツの成熟個体の出現時期と出現割合を把握し、採卵に適した時期を明らかにする。成熟個体が確保できた場合にはアカアマダイで開発された方法による人工授精を試み、天然成熟個体を用いた人工授精技術を開発する。ふ化管理方法の改良に取り組み、仔稚魚の飼育に適した水温や光条件を明らかにするとともに、生物餌料の栄養強化方法を検討し、形態異常の少ない健全な種苗の安定生産技術を開発する。なお、天然親魚の漁獲時期やサイズ、成熟状態等については「エ 技術を開発する魚種の自然界における生態等の把握」のうち「① 新潟から富山県沖のアカムツの資源・生態調査」に記載した。

【研究方法】

- 1) 天然魚の人工授精による採卵(新潟県での採卵は、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)
産卵期の9月に新潟県長岡市寺泊および富山市で刺網漁に同行し、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。
- 2) 種苗生産試験
3.6k1 ユーロタンク(水量3k1)2水槽および5k1丸型FRP水槽(水量4k1)4水槽を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。5k1水槽の1つ(1-3回次)には、試験的に冷凍コペポータ(S)を21~24日齢に給餌した。また、5k1水槽の2つ(1-1、1-2回次)はヒーターにより13日齢以降に加温を行った。
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) 人工生産魚の開鰓検査
人工生産魚の形態異常の発生要因を検討するための基礎情報とするために、各種種苗生産水槽の仔魚の開鰓状況を5日齢、10日齢および15日齢において20個体ずつ調べた。
- 4) 水温別授精試験(マリニピア日本海、水産資源研究所と共同実施)

アカムツの人工授精に適した水温を明らかにすることを目的とした。試験には令和3年9月21日に寺泊で採卵した受精卵を用いた。水温区を18℃、22℃、26℃に設定した。1尾のメスから採取した卵を重量により3分割し、各水温で人工授精を行った。2尾のメスの卵を用いて2回繰り返して試験を行った。受精卵は各水温に調温された海水とともにビニール袋に収容し、酸素封入してからコンテナに入れて富山県水産研究所に輸送した。到着後、総卵数、浮上卵数、沈下卵数、浮上卵率を計数した。自然水温で各水温区の卵を管理し、孵化仔魚尾数、孵化率を算出した。

5) メスを増やす飼育条件の探索 (estradiol-17 β 添加配合飼料の給餌)

女性ホルモンである estradiol-17 β 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した。

ホルモンを添加していない餌を給餌する①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②ホルモン給餌区、試験開始の約3ヶ月後からホルモン餌を給餌する③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)を令和3年1月に各水槽に60尾収容して試験を開始した。令和3年度も飼育を継続した。

6) 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。

令和2年度にアカムツ稚魚(全長約43mm)を使用して試験を実施した。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。

令和3年度は、各試験区の保存サンプルから無作為に10尾抽出し、耳石の視認性を蛍光顕微鏡下で確認した。

7) 仔魚の照度別飼育試験

アカムツ仔魚の飼育に適した照度を明らかにすることを目的とした。30Lのポリカーボネートタンクを試験水槽として使用した。水槽の上部にLED灯を吊るし、暗幕と高さの調整により水面直上の照度を2000lux, 500lux, 250lux, 15luxに設定した。光周期は、消灯による狂奔を起こさないために、24時間照明とした。各照度区につき、4試行とした。各水槽に32日齢のアカムツの屈曲後仔魚(全長: 9.2 ± 0.91 mm、体重: 0.013 ± 0.0038 g)を30尾収容した。アルテミアおよび配合飼料を給餌し、15日間飼育を行った。全数を取り上げて、全長と体重を計測し、生残率を算出した。

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、富山県内におけるアカムツの漁獲量

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

富山市沖の結果概要を表 1 に示した。採卵は、令和 3 年 9 月 10 日および 29 日の計 2 回行った。採卵数は、101,250～533,700 粒、浮上卵率は 57～89%、孵化仔魚数は、47,000～194,000 尾、浮上卵数に対する孵化率は、30～66%であった。9 月 10 日に得た受精卵から孵化した仔魚を種苗生産に用いた（回次：1-1～1-5）。

寺泊沖の人工授精について、9 月 28 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 2 に示した。採卵数は、136,200 個、浮上卵率は 85%、孵化仔魚数は、80,000 尾、浮上卵数に対する孵化率は、69%であった。孵化した仔魚を種苗生産に用いた（回次：2-1）。

2) 種苗生産試験

生産結果の概要を表 3 に示した。例年は、生産成績を評価する基準を 120 日齢としているが、13 日齢から 60 日齢まで加温飼育した 1-1 回次の水槽は成長が早くなり、103 日齢で放流を行ったことから、放流時の値を記載した。その他の水槽については、従来と同様に 120 日齢時の成績を示した。2-1 回次においては、82 日齢と 83 日齢時に 3-2 水槽から 3-3 水槽に合計で 7,000 尾分槽を行った。生産稚魚尾数は各水槽の値を、生残率と稚魚密度は 120 日齢時の 2 つの水槽を合算した値を示した。1-2 回次においては、加温開始の翌日（14 日齢）に全滅したことから、全体の生残率、稚魚密度の平均値の算出には含めなかった。

生産稚魚数は、6,893 尾～15,971 尾で、合計 64,591 尾であった。生残率は、11.6～26.7%で、全体の平均値は 17.4%であった。稚魚密度は、2,245～3,993 尾/m³で、平均すると 3,077 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をいずれも達成することができた。

3) 人工飼育魚の開鰓検査

種苗生産水槽の仔魚の開鰓結果を表 4 に示した。5 日齢においては、1-2 回次で 85%、2-1 回次で 65%であったが、その他の水槽は 100%であった。10 日齢においては、すべての回次において 100%であった。15 日齢では、10 日齢では 100%であった 1-4 回次において 75%となった。これは、サンプリングによる偏りの可能性がある。その他の水槽は 100%であった。

4) 水温別授精試験

結果の概要を表 5 に示した。総卵数は 52,200～78,000 個、浮上卵率は 63.1～69.8%、孵化仔魚数は 5,000～20,000 尾、浮上卵数に対する孵化率は、13.3～40.7%であった。浮上卵率は、2 つの試行のどちらにおいても、18℃区が最も高く、低い水温ほど高い傾向がみられた。孵化率は、1 試行目では 18℃が 35.2%と最も高い

のに対し、2 試行目では 26°C 区が 40.7% と最も高い結果となった。

輸送中に厳密な温度管理ができなかったこともあり、富山水研への到着時に水温変化の生じた試験区が多く、水温区間の厳密な比較はできないが、低水温での授精が良い可能性があるため、輸送中の水温変化を各水温区で一定にして再度検証する必要があると考えられる。

5) メスを増やす飼育条件の探索 (estradiol-17 β 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、全数を取り上げる予定であったが、② ホルモン給餌区の成長が想定していたよりも遅く (約 9 cm 前後)、生殖腺の目視観察により正確に性別を判定することが困難であると考えられることから、性別の判定は来年度に持ち越すこととした。

6) 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)

ALC 濃度・浸漬時間とアカムツの生残率との関係を表 6 に示した。試験終了時の生残率は、1 試行目は、15mg/L の 24 時間浸漬と 50mg/L の 12 時間浸漬で 93.3%、50mg/L の 24 時間浸漬で 80%、その他の処理区と対照区では 100% であった。2 試行目は、50mg/L の 24 時間浸漬で 93.3% であり、その他の処理区と対照区では 100% であった。

視認性 (図 1) は、いずれの ALC 濃度においても 12 時間よりも 24 時間浸漬のほうが高かった。また、本試験の設定範囲では、ALC 濃度が高いほど、視認性は高くなる傾向がみられた。15mg/L の 12 時間浸漬、15mg/L の 24 時間浸漬および 30 mg/L の 12 時間浸漬では、標識を確認できない個体が確認された (図 2)。以上の結果から、アカムツ稚魚に有効な ALC 濃度と浸漬時間は、浸漬による死亡がなく、標識の確認が可能な 30 mg/L の 24 時間浸漬か 50 mg/L 12 時間浸漬であると考えられる。

7) 仔魚の照度別飼育試験

結果の概要を表 7 に示した。全長と生残率は、試験区間に有意な差はみられなかった ($p > 0.05$)。体重においては、2000lux 区の値は 500lux 区と 151lux 区よりも有意に低かった ($p < 0.05$)。

以上の結果から、アカムツの屈曲後仔魚は、151lux の非常に暗い照度でも成長することが可能であり、暗い環境に適応している可能性が示唆された。また、2000lux の照度区では体重が小さかったことから、本発育段階において種苗生産水槽の照度が高すぎると成長が悪くなる可能性が考えられる。

8) 漁獲実態調査

市場調査を令和 3 年 4 月～令和 4 年 1 月に 110 回行った。測定した富山産のアカムツ 2,785 尾の全長組成を図 1 に示した。その結果、漁獲の中心は、全長 20～30cm 台であった。2021 年の富山県のアカムツ漁獲量は、24.5 t であった。

【次年度に向けた提言】

令和3年度も令和元年度に続き、生産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を達成することができたことから、アカムツの種苗を大量生産する技術はほぼ確立されたと言える。しかし、人工育成魚がオス化する問題がまだ解決されていないことから、引き続き飼育環境条件のコントロールやホルモン処理によりメスを作成する技術を開発することが急務である。

今年度は試験的に加温飼育を行ったところ、飼育期間を短縮することができた。また、中間育成期に分槽を行った水槽では、生残率が26.7%とこれまでで最も高い値となった。来年度も温度や飼育密度を調整して、飼育期間の短縮と効率化に取り組む必要がある。

表1. 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10日 | 306 | 242,253 | 175,600 | 137,800 | 78% | 86,000 | 62% | 1-4 |
| 9月10日 | 305 | 289 | 101,250 | 90,000 | 89% | 59,000 | 66% | 1-5 |
| 9月10日 | 416 | 242,253 | 533,700 | 356,700 | 67% | 194,000 | 54% | 1-2,1-3 |
| 9月10日 | 321 | 340 | 192,750 | 136,950 | 71% | 88,000 | 64% | 1-1 |
| 9月29日 | 400 | 327 | 274,500 | 157,000 | 57% | 47,000 | 30% | |
| 合計 | | | 1,277,800 | 878,450 | | 474,000 | | |

表2. 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28日 | 354 | 314 | 136,200 | 116,200 | 85% | 80,000 | 69% | 2-1 |

表3. 種苗生産試験の概要

| 回次 | 水槽 | 由来 | 水槽収容(t) | 収容ふ化仔魚数 | 生産稚魚数 | 生残率(%) | 稚魚密度(尾/kl) | 備考 |
|-----|-----|----|---------|---------|--------|--------|------------|------------------------------|
| 1-1 | 5-1 | 富山 | 4 | 79,200 | 10,324 | 13.0 | 2,581 | 加温飼育(13~60日齢) 早期放流 |
| 1-2 | 5-2 | 富山 | 4 | 77,600 | - | - | - | 加温飼育 加温翌日に全滅(14日齢) |
| 1-3 | 5-3 | 富山 | 4 | 77,600 | 8,981 | 11.6 | 2,245 | 冷凍コペ給餌(21~24日齢) |
| 1-4 | 5-4 | 富山 | 4 | 86,000 | 15,971 | 18.6 | 3,993 | |
| 1-5 | 3-1 | 富山 | 3 | 59,000 | 10,074 | 17.1 | 3,358 | |
| 2-1 | 3-2 | 新潟 | 3 | 72,000 | 12,348 | 26.7 | 3,207 | 82, 83日齢で3-2から3-3に合計7,000尾分槽 |
| | 3-3 | 新潟 | 3 | | 6,893 | | | |
| 合計 | | | | 451,400 | 64,591 | 17.4 | 3,077 | |

全体の生残率、稚魚密度数の平均値には、初期に全滅した5-2水槽の値は含めず。5-1は早期放流したため、放流した103日齢時点の値を記載した。その他の水槽は120日齢時の値を示した。

表 4. 仔魚の開鰓率

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 回次 | 1-1 | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 2-1 |
| 水槽 | 5-1 | 5-2 | 5-3 | 5-4 | 3-1 | 3-2 |
| 5日齡 | 100% | 85% | 100% | 100% | 100% | 65% |
| 10日齡 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 15日齡 | 100% | - | 100% | 75% | 100% | 100% |

表 5. 水温別授精試験の概要

| | 授精時刻 | 授精水温 (°C) | 富山水研 到着時刻 | 到着時 水温 (°C) | 卵管理水槽 収容時水温 (°C) | 孵化仔魚管 理水槽水温 (°C) | 浮上卵数 | 沈下卵数 | 総卵数 | 浮上卵率 (%) | 孵化仔魚数 | 孵化率 (%) |
|-------|-------|--------------|--------------|-------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|-------------|--------|------------|
| 18°C① | 21:02 | 17.8 | 1:30 | 22.3 | 24.1 | 23.2~23.9 | 36,000 | 16,200 | 52,200 | 69.0 | 12,667 | 35.2 |
| 22°C① | 21:05 | 21.8 | 1:30 | 24.4 | 24.1 | 23.2~23.9 | 36,800 | 17,600 | 54,400 | 67.6 | 7,000 | 19.0 |
| 26°C① | 21:08 | 25.8 | 1:30 | 22.8 | 24.1 | 23.2~23.9 | 37,600 | 20,000 | 57,600 | 65.3 | 5,000 | 13.3 |
| 18°C③ | 21:23 | 18.2 | 1:30 | 20.9 | 24.0 | 23.2~23.9 | 45,800 | 19,800 | 65,600 | 69.8 | 17,000 | 37.1 |
| 22°C③ | 21:23 | 21.7 | 1:30 | 21.6 | 23.9 | 23.2~23.9 | 46,800 | 23,800 | 70,600 | 66.3 | 18,333 | 39.2 |
| 26°C③ | 21:22 | 26.1 | 1:30 | 24.7 | 23.9 | 23.2~23.9 | 49,200 | 28,800 | 78,000 | 63.1 | 20,000 | 40.7 |
| 合計 | | | | | | | 252,200 | 126,200 | 378,400 | | 80,000 | |

表 6. ALC の濃度および浸漬時間とアカムツの生産率との関係

| 生残率 | | 対照区1 | | 15mg/ℓ | | 30mg/ℓ | | 50mg/ℓ | |
|-----|---|------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| | | 12時間 | 24時間 | 12時間 | 24時間 | 12時間 | 24時間 | 12時間 | 24時間 |
| 試行 | ① | 100 | 100 | 100 | 93.3 | 100 | 100 | 93.3 | 80 |
| | ② | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 93.3 |



図 1. ALC で標識された耳石の視認性評価 (藤原 1999 を参考)

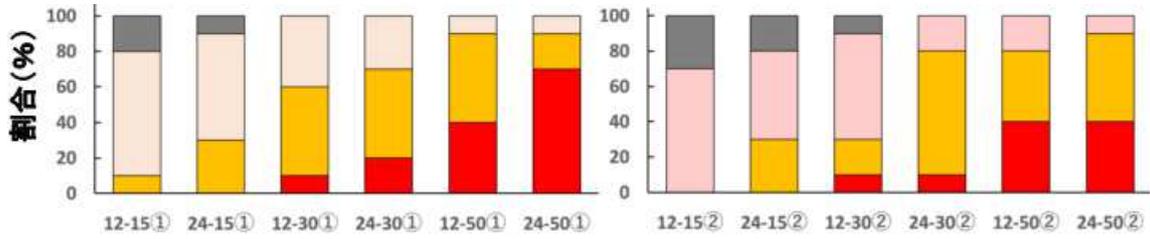


図2. ALC濃度と浸漬時間の組み合わせによる耳石標識の視認性の比較
横軸の記号は「浸漬時間 - ALC濃度 (mg/L) - 試験回次」を示す。

■ 確認できない □ 不明瞭で確認しにくい ■ 確認できる ■ 非常に明瞭で確認しやすい

表7. 照度試験の結果概要

| | 全長(mm) | 体重(g) | 生残率(%) |
|---------|--------------|-----------------|------------|
| 15lux | 16.01 ± 0.28 | 0.070 ± 0.0024 | 70.8 ± 8.1 |
| 250lux | 16.02 ± 0.03 | 0.067 ± 0.00013 | 82.5 ± 2.1 |
| 500lux | 16.32 ± 0.16 | 0.071 ± 0.0010 | 79.2 ± 0.8 |
| 2000lux | 15.61 ± 0.30 | 0.061 ± 0.0034 | 78.3 ± 6.5 |

※4試行の平均 ± 標準誤差

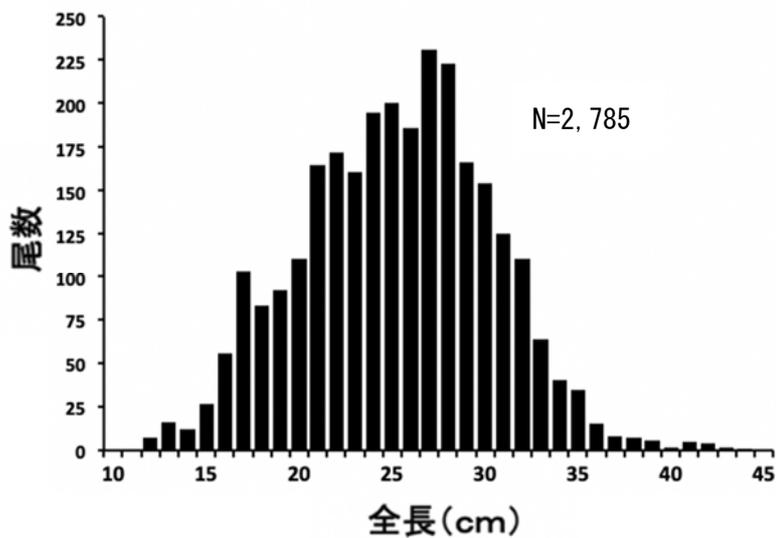


図3. 令和3年4月～令和4年1月に測定した富山県産アカムツの全長組成。

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

新潟市水族館マリニピア日本海

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、成熟年齢や採卵が可能な時期を明らかにすることが必要である。採卵・採精用親魚を安定的に確保するため、長期飼育した個体の成熟検査、成熟条件を解明するための飼育試験を行い、飼育下で採卵・採精するための技術開発に取り組む。

【方法】

1) 天然魚の人工採卵

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を用い、乾導法による人工授精を行った。

2) 人工生産魚の開鰓検査

人工生産魚の形態異常の発生要因を検討するための基礎情報として、5日齢、10日齢、15日齢各20個体の開鰓状況を記録した。

3) 人工生産魚の生物精密測定

人工生産魚の成熟状況を調べるため、6～7歳の人工生産魚計60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。

4) 高水温で生産した個体の性別判定

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26℃で育成した人工生産魚（1～2歳齢）の性比判定を実施した。50個体について、生殖腺を摘出し、目視による雌雄判定を行った。目視では判定できなかった個体は生殖腺の切片標本を作成し、雌雄判定を行った。

5) 天然魚による親魚養成試験

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4月に2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 11℃、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) 天然魚の人工採卵

天然魚の雄と雌を用いた人工授精は、9月14日、9月21日、9月28日の計3回行った。種苗生産用の受精卵を得るための人工授精は、9月14日と9月28日に行った（表1）。9月14日は4ペアで人工授精を行った。雄の漁獲が見込めず、陸上で鮮魚を用いた受精となった。9月28日は、1ペアで、活魚を用いて人工授精を実施した。鮮魚を用いた人工授精でも受精卵の入手は可能であるが、活魚を用いた受精卵に比べるとふ化率が低かった。9月21日は、水温別授精試験のための人工授精を行った（結果は富山県水産研究所の報告書参照）。

表1. 新潟県長岡市寺泊での人工授精結果

| 2021年9月14日 新潟寺泊沖 ♂2個体混合 鮮魚で受精 | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|--------|-----|-----|------|---------|---------|---------|------|-----------|--------|--------------------|
| eggs lot No. | 授精時刻 | 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 |
| | | ♀ | ♂① | ♂② | | 総卵数 | 沈下卵数 | 浮上卵数 | 浮上卵率 | | | |
| ① | 22:45 | 388 | 313 | 217 | 18.8 | 299,000 | 104,075 | 194,925 | 65% | 19.6~21.9 | 13,800 | 7% |
| ② | 22:57 | 381 | 313 | 217 | 18.6 | 226,683 | 75,376 | 151,307 | 67% | 19.9~21.9 | 0 | 0% |
| ③ | 23:03 | 334 | 313 | 217 | 18 | 158,570 | 23,035 | 135,535 | 85% | 18.8~25.6 | 0 | 0% |
| ④ | 23:08 | 378 | 313 | 217 | 18.6 | 278,408 | 238,636 | 39,772 | 14% | 19.1~25.6 | 0 | 0% |

| 2021年9月28日 新潟寺泊沖 活魚で受精 | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|--------|-----|--|------|---------|--------|---------|------|-----------|--------|--------------------|
| eggs lot No. | 授精時刻 | 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 | | | |
| ⑤ | 19:48 | 354 | 314 | | 23.7 | 136,200 | 20,000 | 116,200 | 85% | 23.9~24.6 | 80,000 | 69% |

2) 人工生産魚の開鰓検査

9月14日に人工授精した仔魚の開鰓率は、5日齢 60% (n=20)、10日齢 100% (n=20)、15日齢 100%であった (n=20)。

3) 人工生産魚の生物精密測定

人工生産魚の成熟状況の解析には6歳5か月～7歳3か月齢の成魚60個体を用いた（表2）。これらの2021年1月～2021年12月までの飼育条件は、水量15m³、水温12.5±0.2℃、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、204～314mm（平均±標準偏差：236.1±17.0mm）、体長は167～268 mm（195.8±14.8mm）、体重は172.0～790.0 g（240.6±79.5g）であった。性別は雄59個体、雌1個体で、雄の比率が99.9%であった。

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 |
|----|-----|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| ♂ | 59 | 98.3 | 204～261 (234.7) | 167～216 (194.5) | 172～303 (231.3) | 0.4～4.32 (1.7) | 0.16～1.84 (0.8) | 13.82～22.95 (17.80) |
| ♀ | 1 | 1.7 | 314 | 268 | 790 | 44.58 | 5.64 | 24.08 |

括弧内は、各項目の平均値を示す

4) 高水温で生産した個体の性別判定

標本（1歳9か月～2歳2か月齢）の全長は80.5～139.9mm（平均±標準偏差：105.1±11.0mm）、体長は68.5～111.4mm（83.5±8.4mm）、体重は10.0～37.5g（17.0±5.0g）であった。目視判定では、雄と判定された個体は30個体、雌が1個体、雌雄判定の困難な個体が19個体であった。目視で判定が困難とされた19個体から15個体を選び切片標本による判定を行った結果、雄9個体、雌1個体、不明5個体であった。

5) 天然魚による親魚養成試験

天然魚の捕獲は、4月15日、16日に富山県滑川市で行った。捕獲した成魚5個体（全長206～264mm、体長171～224mm、体重123～281g）を新潟まで輸送し、水族館の施設内で飼育試験を開始した。試験は4月17日～11月10日の206日間行った。遮光による水面照度は0.02LUXであった。水温は、4月17日～8月22日は10.8±0.4℃、8月23日から水温をゆっくりと上昇させ、9月1日～10月7日は水温18.2±0.2℃、塩分は34.6±0.7‰で飼育した。試験魚の解剖の結果、雄2個体、雌3個体であった。水温上昇前に雄2個体、雌2個体の計4個体が死亡した。試験終了時に解剖した雌（全長264mm、体長224mm、体重281g）の生殖腺重量指数は1.64で卵巣の発達は認められなかった。

【次年度以降に向けた提言】

水温試験において、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。また、性の決定する日齢を調べ、性決定前の育成条件を検討に加え

る。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、入手後に減圧の後遺症が出て試験前の減耗が激しく、また、入手個体の卵巣の発達が認められなかったために産卵特性を解明するに至らなかった。捕獲の方法や時期、減圧方法について検討を進め、次年度再度入手を試みる。