

原著論文

メガネモチノウオ仔魚の飼育条件と微小餌料生物 プロアレス *Proales similis* の餌料価値の検討

平井慈恵 *¹・小磯雅彦 *²・照屋和久 *¹・奥澤公一 *³・小林真人 *¹・武部孝行 *¹・
佐藤 琢 *¹・中村 航 *⁴・後藤敬行 *⁵・萩原篤志 *⁶

Rearing Conditions for Humphead Wrasse *Cheilinus undulatus* Larvae, and Introduction of the Minute Rotifer *Proales similis* as an Initial Live Food

Narisato HIRAI, Masahiko KOISO, Kazuhisa TERUYA, Masato KOBAYASHI, Takayuki TAKEBE,
Taku SATO, Koh NAKAMURA, Takayuki GOTO and Atsushi HAGIWARA

We investigated suitable rearing conditions and live food for humphead wrasse *Cheilinus undulatus* larvae at the time of initiation of feeding. We also examined aeration rates and methods of preventing surface deaths in order to find suitable rearing conditions. We used two different size of monogonont, the SS-type rotifer *Brachionus rotundiformis* Thai strain and the more minute Proalid rotifer *Proales similis*, as candidate live foods for the first feeding. Adding oil to the surface of the rearing water prevented surface deaths in the initial feeding stage. In larvae reared in a 0.5-kl tank, survival rates at 4 days posthatch were lower at an aeration rate of 80 ml/min than at 20 ml/min. When larvae were reared at 20 ml/min aeration and with the addition of surface oil, they preferred *P. similis* over *B. rotundiformis* at the first feeding and survived for 9 days when provided with *P. similis* until day 6. Growth in total length and increasing pigmentation were observed by day 8. These results suggest that the *P. similis* is suitable for the rearing of humphead wrasse larvae at the start of feeding.

2011年6月23日受付, 2012年1月31日受理

メガネモチノウオ *Cheilinus undulatus* (通称, ナボレオンフィッシュ) は, ペラ科モチノウオ属に属するペラ科の最大種である。インド・太平洋の熱帯・亜熱帯域に広く分布し, 日本では沖縄県以南の岩礁域やサンゴ礁外縁部に生息する¹⁾。しかし, 近年乱獲や環境破壊などによって資源が減少しつつあり²⁾, 1996年には国際自然保護連合 (IUCN) の危急種に, 2004年には絶滅危惧種

に登録され, 加えて, 「絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約」(CITES: 通称, ワシントン条約) の付属書IIにも記載されるなど, 国際的な資源保護が取り組まれている。また, 日本国内でも1989年から2007年の沖縄県八重山海域における本種の年間漁獲量は, 1990年に最多の6.4tであったが, その後, 次第に減少して2005年には3.0tと過去最少を記録し,

*1 独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所亜熱帯研究センター
〒907-0451 沖縄県石垣市桴海大田148

Research Center for Subtropical Fisheries, Seikai National Fisheries Research Institute, FRA, 148 Fukai-Ohta, Ishigaki, Okinawa907-0451, Japan
nrhirai@affrc.go.jp

*2 独立行政法人水産総合研究センター 日本海区水産研究所資源生産部

*3 独立行政法人水産総合研究センター 増養殖研究所養殖技術部

*4 長崎大学大学院生産科学研究科

*5 長崎大学水産学部

*6 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

2006年に3.2 t、2007年には3.6 tと低水準で推移している³⁾。

本種の資源保護と持続的利用に貢献すると考えられる種苗生産技術に関しては、インドネシアにおいて、採卵⁴⁾、卵黄仔魚の発育⁵⁾に関する研究が行われ、1990年代に稚魚生産の可能性が示されたものの⁶⁾、その後は生産されていない。近年、Hiraiらは、本種の産卵、成熟に関する基礎情報の収集と自然産卵での受精誘発技術の開発を行い、1回当たり平均46万尾のふ化仔魚を確保した^{*1}。しかしながら、本種の種苗生産の成功に不可欠な適正飼育手法や餌料生物などについては、これまでほとんど検討されていない。通常、海産魚の種苗生産における初期餌料は、複合種 *Brachionus plicatilis* sp. complexとして記載されるシオミズツボムシである⁷⁾。その中で、S型ワムシ八重山株(平均背甲長160 μ m)は、本種と同じベラ科魚類のシロクラベラでは初期餌料として用いられている⁸⁾。一方、SS型ワムシと呼ばれる *B. rotundiformis*⁹⁻¹¹⁾ のインドネシア株¹²⁾ やタイ株¹³⁻¹⁵⁾ (平均背甲長130 μ m、以下タイワムシ)などは、ふ化仔魚が小さいハタ類などの種苗生産で用いられている。本種のふ化仔魚は、全長2 mm程度と従来の飼育対象魚種と比べ極めて小さいため、これまで海産魚の種苗生産で利用してきたシオミズツボムシよりも微小な餌料生物が適している可能性があり、また、飼育環境下で物理的・化学的な影響を受けやすいことが推測される。近年、Wullurらは沖縄県石垣島で採取した従来のワムシよりも小型のスナワムシ科の微小ワムシ *Proales similis*(以下プロアレス)をタイワムシと併用給餌することにより、マハタ仔魚に対してタイワムシ単独給餌時よりも高い餌料価値を示したことを報告している^{16,17)}。

そこで本研究ではメガネモチノウオの仔魚飼育技術を高めるために、初期飼育における適正な飼育管理手法として、飼育水への油添加効果と通気量、餌料生物としてプロアレスの餌料価値をそれぞれ検討した。

材料と方法

親魚養成、採卵および卵管理 親魚には独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所亜熱帯研究センター八重山庁舎(以下八重山庁舎)において養成した雄1尾、雌2尾を用いた。これら3尾を八角形の60 k ℓ コンクリート水槽1面に収容して周年混合飼育した。餌料として週3回魚類(タカサゴ *Pterocaesio digramma*)とイカ(スルメイカ *Todarodes pacificus*)の切り身を総魚体重の1.5%、週2回アサリ *Ruditapes philippinarum*を殻付き重量で総魚体重の2%程度給餌し、タカサゴとイカにはビタミン剤(ヘルシーミックス-2、大日本製薬株式会社)

を給餌量の5%添加して与えた。採卵は平成22年6月から10月までの期間、親魚養成水槽の排水口の外側にゴース地製の直方体型採卵ネット(サイズ:130 \times 130 \times 80 cm、目合い:250 μ m)を張った採卵水槽(2 k ℓ FRP水槽)を設置し、養成水槽からのオーバーフロー海水を採卵ネット内に導水して行った。受精卵が確認された場合、胚体に体節が形成された後(受精後10時間以降)に卵を回収した。本種の卵は分離浮性卵であるため、通常、回収した卵を静置すると、9割以上の未受精卵および死卵は沈下し、逆に受精卵は水面の表層に浮上する。そこで受精卵を効率よく回収するために、回収した卵を20 ℓ 水槽中で約10分間静置し、浮上卵と沈下卵に分離した後、サイフォンを用いて水槽の底層の沈下卵のみ除去した。その後、浮上卵を0.5 k ℓ アルテミアふ化槽に収容し、自然光下で、水温29 $^{\circ}$ C、注水量0.8 ℓ /分、通気量約0.1 ℓ /分に調整して、ふ化まで管理した。ふ化は受精16~20時間後に見られ、受精24時間後にふ化仔魚を1万個体/k ℓ の密度になるよう各試験水槽に移槽した。

飼育手法と餌料生物の検討 試験はすべて止水式を採用し、水温30 $^{\circ}$ C、飼育水には冷蔵ナンノクロロプシス(マリーナフレッシュ、マリーナバイオ株式会社)を30万細胞/mlの密度になるように毎日1回添加して行った。本研究以前の予備検討下では、本種の仔魚は2日齢で開口すると、日中水面下に蟬集し、水面に張り付くように死亡する、いわゆる浮上死を起こしやすいこと、適正な通気量が不明であること、プロアレスが餌料として有効であるかが不明であることなどの問題があった。このため、本研究での試験内容は、(1)飼育水への油添加による浮上死防除効果、(2)適正な通気量の把握、(3)プロアレスの餌料価値とし、以下に各試験方法について示した。また、照明変化による浮上死への影響については不明であるため、これらの試験では、すべて蛍光灯を用いて恒明条件(24L:0D)に統一して実施した。

1. 飼育水への油添加による浮上死防除効果 ふ化仔魚は1 k ℓ ポリエチレン黒色円形水槽6面に1万尾ずつ収容し、4日齢まで飼育した。通気は水槽中央の底面1~2 cmの高さにエアーストーンを設置し、約0.1 ml/分の通気量とした。試験区は開口後(2日齢)にフィードオイル(理研フィードオイルいか、栄研商事、以下油)を添加する「添加区」と「無添加区」を3水槽ずつ設けた。油の添加量は水槽あたり1 mlとし、紫外線滅菌海水10 mlとともによく混合した後、2日齢の日出前に各水槽の水面全域に油膜がいきわたるようにした。2日齢および3日齢の9、12、15、18時に、浮上死個体がほぼ均一に分散していることを確認した後、飼育水槽の水面の4分の1区画の死亡個体をガラスピペットで除去しながら

*1 Hirai et al. Sexual maturation, reproduction, and stimulation of successful fertilization of reared humphead wrasse (*Cheilinus undulatus*) originally captured from the Yaeyama islands area of Okinawa, Japan (投稿中)

計数した。得られた計数値を水槽あたりに換算し、各観察時の浮上死の累積数を各日齢の浮上死数とした。計数後、残りの区画の死亡個体についてもガラスピペットで除去した。また、3、4日齢での生残率は、柱状計数すなわち内径30mm、長さ1mの採水管を用いて水槽内の4箇所を採水し、得られた仔魚数から、水槽当たりの仔魚数を換算して求めた。餌料にはタイワムシを用い、2～4日齢の期間に飼育水中の餌料密度が30個体/mlになるように1日当たり1、2回給餌した。

2. 適正な通気量の把握 ふ化仔魚は5千尾ずつ0.5klポリエチレン黒色円形水槽12面に収容した。試験区は通気量を10, 20, 40, 80 ml /分 /水槽になるように調節し、試験区ごとに3水槽ずつ設定した。通気には高温焼結エアストーン (S103-G, 株式会社スドー) 1個を用い、水槽中央の底面から1～2 cm 上げて設置した。試験中は無給餌で4日齢まで飼育を行い、生残率を柱状計数の値から求めた。

3. プロアレスの餌料価値 餌料生物にはプロアレス(平均体長 ± 標準偏差 : 74.8 ± 7.7 μm) とタイワムシ(平均背甲長 ± 標準偏差 : 125.6 ± 6.3 μm) を用いた。プロアレスは、長崎大学大学院生産科学研究科から譲渡されたもの¹⁶⁾ を水温28℃、塩分20 psu で拡大培養して用いた。一方、タイワムシは、独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所資源生産部(能登島庁舎)(以下能登島庁舎) から譲渡され、八重山庁舎で水温30℃、塩分20 psu で拡大培養して用いた。仔魚はふ化仔魚を1kl水槽1面に1万尾収容した。プロアレスとタイワムシは2日齢の7時にそれぞれ30個体/mlの密度になるように給餌した。その後、9、14、17、21時に仔魚を10尾ずつ採取し、消化管内容物に各餌料生物の咀嚼器が確認された個体を摂餌個体とし、各個体の消化管内容物中の咀嚼器の数を摂餌数とみなすとともに、摂餌個体率 [%、(摂餌個体数) / (観察個体数)] を求めた。

ふ化仔魚の飼育試験 前項での飼育手法と餌料生物の検討結果から、仔魚飼育において、飼育水への油添加を行うとともに通気量を20 ml /分に設定し、初期餌料としてプロアレスの給餌を行った。飼育には0.5klポリエチレン黒色円形水槽1面を用い、ふ化仔魚を5千尾収容した。また予備検討において、油添加時は、消灯しても浮上死が認められなかったため、本飼育試験における照明条件はメガネモチノウオの石垣島での産卵期の日長を参考として、蛍光灯を用いて14L:10D(6～20時に点灯)とし、照明の点灯および消灯は、インバータ装置を使って照度が緩やかに変化するように調節した。飼育水への油添加は、2日齢の照明点灯前に油0.5 ml と紫外線滅菌海水5 ml をよく混和して、水槽の水面全域にいきたるように添加した。プロアレスは能登島庁舎で水温

25℃、塩分20 psu 希釈海水で培養したものを八重山庁舎へ輸送した。輸送後、プロアレスは、水温28℃、塩分30 psu 希釈海水を満たした30lポリエチレン黒色水槽に収容し、冷蔵ナンノクロロブシスとDHA含有冷蔵クロレラ(スーパー生クロレラ-V12, クロレラ工業株式会社)で約12時間かけて栄養強化した後、仔魚に給餌した。プロアレスは、2～6日齢には照明点灯後1時間以内に17～20個体/mlの密度になるように計数して、1日に1回給餌した。タイワムシは、前述と同様の手順で培養したものをを用いて6日齢から3個体/ml、7日齢以降には20個体/mlの密度になるよう給餌した。仔魚の生残率は、0～6日齢の期間は柱状計数によって2l採水し、その中の仔魚数から算出した。7日齢以降では飼育水槽中に仔魚は認められるものの、採水サンプル中には仔魚が認められなくなったため、白色板(10×15 cm)を飼育水槽に垂下し、飼育水中の仔魚全数を肉眼で計数して、各日齢での生残数とした。

仔魚の摂餌状況と全長、上顎長の測定 上記の飼育期間中、2～8日齢の16時に仔魚をサンプリングし(N=6～10)、摂餌個体率と摂餌数を「飼育手法と餌料生物の検討 3. プロアレスの餌料価値」で述べた方法と同様の方法で計数した。全長測定は、ふ化仔魚(0日齢)および摂餌開始後の2～8日齢の仔魚を0.02%アミノ安息香酸エチルメタンスルホン酸ナトリウム(ナカライテスク株式会社)で麻酔し、光学顕微鏡(E600, 株式会社ニコン)に設置したデジタルカメラ(E4500, 株式会社ニコン)で撮影後、その画像を画像解析ソフト(ImageJ ver. 1.44p, NIH, Bethesda, MD, USA)で処理して行った。2日齢の仔魚については4%パラホルムアルデヒド-リン酸緩衝液(和光純薬工業株式会社)で固定し、上顎長の測定も行った。測定値は、全長については0.01 mm単位で表記し、上顎長については1 μm単位で表記した。また、上顎長の測定値から、代田¹⁸⁾の方法に従い、口径を算出した。

統計処理 2群のデータの場合は、F検定で分散の均一性を検定した後、t検定を実施した。多群データの場合は、Bartlett検定で分散の均一性を検定した後、Tukey-Kramerの検定により多重比較を行った。分散が均一でない場合にはSteel-Dwassの検定を実施した。プロアレスとタイワムシの摂餌個体率の比較については、 χ^2 検定を実施した。各検定ともに有意水準5%で行った。比率データについては、各値についてデータを正規分布化するために逆正弦変換(比率pを $\arcsin[\sqrt{p}]$ に変換)した後、上記の統計解析を行った。各データは平均値 ± 標準偏差で表示し、統計処理はStat-view ver.5.0(SAS Institute, inc. Cary, NC, USA)を用いて行った。

結 果

飼育手法と餌料生物の検討

1. 飼育水への油添加による浮上死防除効果 添加区と無添加区の平均浮上死数は、2日齢では 3.3 ± 4.5 尾と 165.0 ± 162.8 尾、3日齢では 0.3 ± 1.2 尾と 294.7 ± 416.3 尾となり、添加区では浮上死数が有意に少なかった ($p < 0.05$, 図 1a)。生残率は、3日齢では $58.3 \pm 2.9\%$ と $36.7 \pm 7.6\%$ 、4日齢では $10.0 \pm 5.0\%$ と $1.7 \pm 2.9\%$ となり、添加区が有意に高かった ($p < 0.05$, 図 1b)。

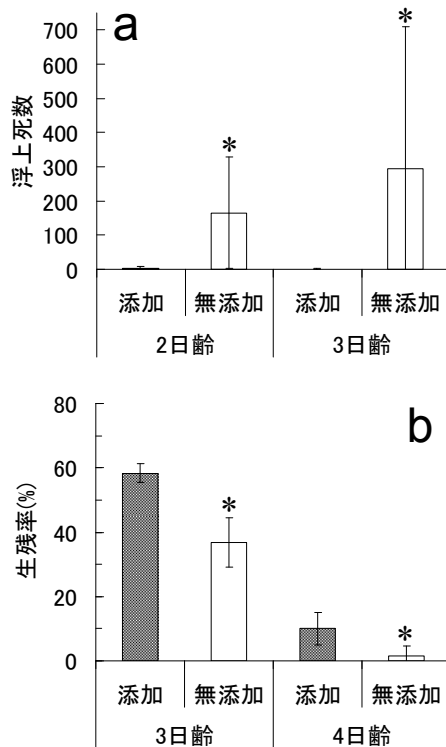


図 1. フィードオイル添加の有無による、2, 3日齢での浮上死個体数 (a) と 3, 4日齢での生残率 (b) (* $p < 0.05$) 各値は平均値 \pm 標準偏差で示す

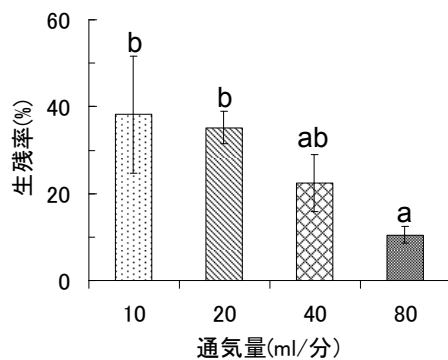


図 2. 異なる通気量で飼育した場合の4日間での生存率 各値は平均値 \pm 標準偏差で示す 各バーの上の異なるアルファベット間で有意差があることを示す ($p < 0.05$)

2. 適正な通気量の把握 4日齢の生残率は、 80 ml/分 の $10.5 \pm 2.0\%$ に対して、 10 ml/分 では $38.2 \pm 13.4\%$ 、 20 ml/分 では $35.2 \pm 3.8\%$ となり、有意に高くなった ($p < 0.05$, 図 2)。 10 ml/分 と 20 ml/分 の間では生残率に有意差は認められなかったが、生残率の変動係数は 10 ml/分 では 35% であったのに対し、 20 ml/分 では 11% と群内変動が小さく、各水槽間での生残率は安定していた。

3. プロアレスの餌料価値 2日齢の仔魚のプロアレスの摂餌個体率と摂餌数は、給餌2時間後の9時には摂餌はみられなかったが、14時には 80% 、 1.6 ± 1.8 個体、17時には 90% 、 2.7 ± 1.8 個体で最も高くなり ($p < 0.05$)、21時には 30% 、 0.9 ± 1.5 個体と減少した (図 3)。一方、タイムムシでは摂餌が見られたのは17時のみであり (摂餌個体率: 20%)、摂餌数はいずれの仔魚も1個体のみであった (図 3)。なお、14時と17時の摂餌個体率では、プロアレスはタイムムシよりも有意に高かった ($p < 0.05$, 図 3)。

ふ化仔魚の飼育実験 仔魚は、2日齢の生残率が 69% で、

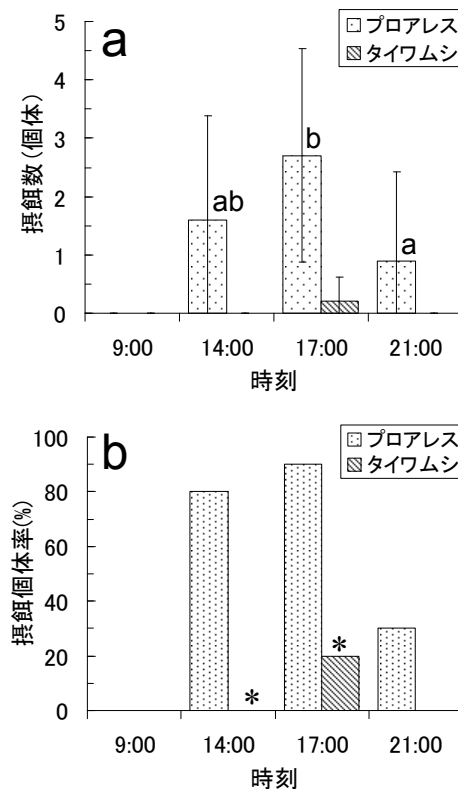


図 3. プロアレス、タイムムシを混合給餌した時のメガネモチノウオふ化仔魚 (2日齢) の摂餌数 (a) と摂餌個体率 (b) の経時変化 各値は平均値 \pm 標準偏差で示す 各バーの上の異なるアルファベット間で有意差があることを示す ($p < 0.05$)

その後急激な減耗が見られたものの、最長9日齢まで確認された。また、平均全長は0日齢では 2.48 ± 0.06 mm ($2.36 \sim 2.58$ mm), 2日齢では 2.58 ± 0.06 mm ($2.50 \sim 2.66$ mm) でその後緩やかな成長が認められ、8日齢では 2.78 ± 0.09 mm ($2.64 \sim 2.88$ mm) に達した(図4)。仔魚のプロアレスの摂餌個体率と摂餌数は、2日齢では37%, 0.8 ± 1.3 個体, 4日齢では100%, 5.0 ± 3.7 個体とすべての仔魚で摂餌が見られ、6日齢では83%, 23 ± 18 個体と平均摂餌数が最も多かった(図5)。一方、7日齢では83%, 1.5 ± 1.0 個体と減少し、8日齢では摂餌は

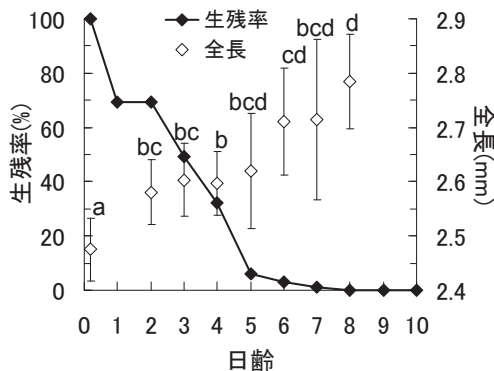


図4. 適正条件での飼育における生存率(◆), 仔魚の全長(◇: 平均±標準偏差)の変化。各値は平均値±標準偏差で示す。各バーの上の異なるアルファベット間で有意差があることを示す ($p < 0.05$)

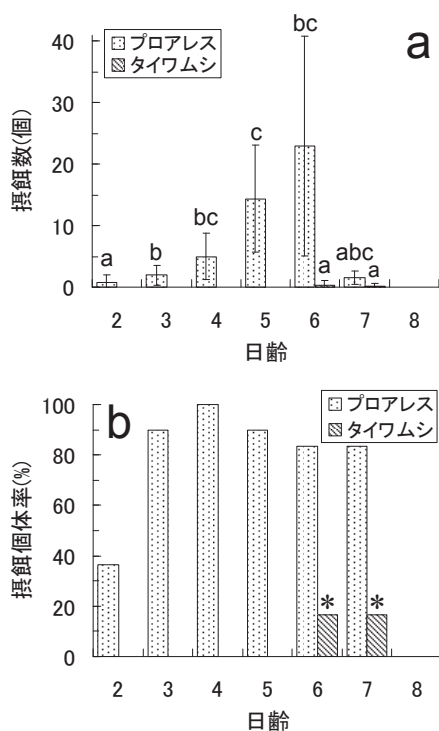


図5. 適正条件での飼育における摂餌数(a)と摂餌個体率(b)の変化。各値は平均値±標準偏差で示す。各バーの上の異なるアルファベット間, またはアスタリスクで有意差があることを示す ($p < 0.05$)

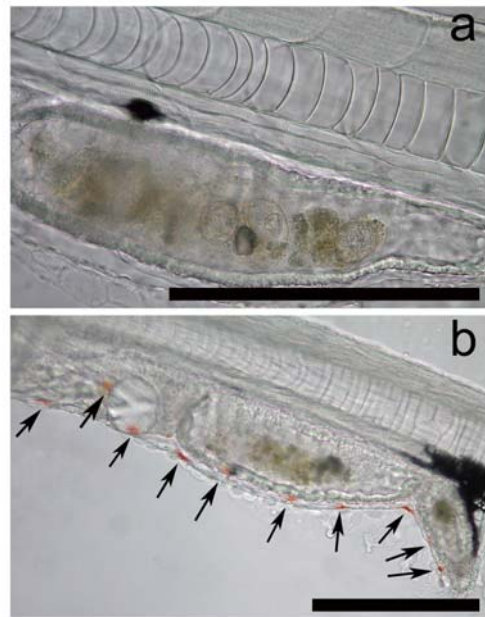


写真1. 適正条件で飼育したメガネモチノウオ仔魚の腹部に見られた赤色素胞(矢印)の発現。(a): 2日齢, (b): 6日齢 Bar: 500 μ m

認められなかった。また、タイワムシの摂餌個体率と摂餌数は、6日齢では17%, 0.3 ± 0.8 個体, 7日齢では17%, 0.2 ± 0.4 個体であり、8日齢以降では摂餌は認められなかった。6日齢と7日齢の摂餌個体率では、プロアレスはタイワムシよりも有意に高かった ($p < 0.05$, 図5)。なお、2日齢の本種仔魚の口径は 154 ± 10 μ m ($135 \sim 166$ μ m)であった。仔魚の観察から、2日齢には卵黄が消失して眼の黒化が確認され、4日齢には油球が消失し、6日齢以降には腹部に赤色素胞が発現するなどの形態変化(写真1)が認められた。

考察

本研究の油添加実験により、メガネモチノウオ仔魚の浮上死防除には、油添加で水面を被膜することが効果的であることが明らかになった。海産魚の種苗生産における仔魚の初期生活段階における浮上死は、クロマグロ¹⁹⁾、アカアマダイ²⁰⁾、ハタ類²¹⁻²⁴⁾、ハガツオ²⁵⁾などでも報告されている。これらの浮上死は、水面の表面張力に起因するという説があり^{21,25)}、キジハタ仔魚では、水面への接触といった物理的な刺激が仔魚の体表での粘液の分泌を促進し、その粘液が他の仔魚もトラップすることで大量の浮上死を引き起こす可能性が報告されている²¹⁾。また、その対策として、卵白²⁵⁾や油^{21,23)}の添加によって水面を被膜することで防除できることが知られている。本種においても、既存の知見のある魚種と同様に発育初期の仔魚は飼育水槽の表面張力の影響を受けやすいものと推測された。本種の浮上死は0日齢および1日齢では観察されず、ふ化仔魚の眼が黒化して開口する2日齢の日中から観察された。このことから、本種の浮上死

は、眼の黒化後に日中の照度の増加とともに起こる可能性がある。また、本種ふ化仔魚の飼育実験では、2日齢以降も油膜によって浮上死を防除できたが、油膜が消滅した5日齢では仔魚が正午頃から水面直下に蟄集し、午後には浮上死個体が観察されるようになった。油膜が消滅した理由としては、飼育経過で油膜が飼育水中の餌料や糞などの懸濁物に付着して凝集した可能性も考えられる。このことから、5日齢以降も浮上死防除として油膜が必要であり、適宜飼育水へ油を添加するなどの対策を講ずる必要がある。

本種ふ化仔魚の飼育実験の生残率は、油膜により浮上死防除の効果があった4日齢までに10%まで低下したことから、浮上死以外にも初期減耗要因が存在することが示された。その1つとして、通気量が挙げられる。本種仔魚飼育における通気量の実験では、40 ml/分以上や10 ml/分よりも20 ml/分の通気量が優れた。通気量と飼育仔魚の生残に関する研究は、これまでも数多く行われており、マハタ仔魚では通気量が200 ml/分よりも増加あるいは減少すると浮上死数が増加し、生残率が低下する例が報告されている²⁴⁾。一方、クロマグロでは夜間は強通気(1,000 ml/分)のほうが微通気(100 ml/分)よりも高い生残率が得られている²⁶⁾。またクエでは650 ml/分²⁷⁾、カンパチでは100 ml/分²⁸⁾*2での飼育事例があるなど、魚種によって適正な通気量は異なるが、主に100 ml/分以上の通気量で飼育された事例が多い。これらに対して、メガネモチノウオ仔魚では20 ml/分以下の通気量がそれよりも多い場合よりも有意に生残率が高かった。また、10 ml/分が、20 ml/分より水槽間で生残率の変動係数が大きかった理由については(図2)、10 ml/分の通気量が弱すぎるため、エアーストーンの配置場所の若干のずれなどによって飼育水の対流にムラが生じた可能性がある。通気量に関しては、水槽の規模や形状、エアーストーンの形状などによって同じ通気量でも結果が異なる可能性があるため、量的な検討とともに他の要因についても調査する必要があると考えられる。

本種仔魚の初期餌料としてプロアレスの餌料価値を調べた実験では、タイワムシよりもプロアレスの餌料としての有効性が示された。本種の仔魚は開口した2日齢にプロアレスとタイワムシを同時に給餌した場合、タイワムシの摂餌はほとんど認められなかったが、プロアレスは多くの仔魚に摂餌された(図3)。また、適正と思われる飼育条件で仔魚にプロアレスを給餌した場合も、4日齢でのプロアレスの摂餌個体率は100%に達し、その後、プロアレスの給餌を継続した6日齢までは、プロアレスの摂餌数は有意に増加した。一方、タイワムシについては6,7日齢で一部の仔魚が摂餌したのみであった(図5)。本種の仔魚がプロアレスを摂餌し、タイワムシ

を摂餌しない一因として、本種の仔魚の口径が小さいことが関係している可能性がある。本種の仔魚の開口時の口幅は133 μm であることが報告されており⁵⁾、本研究では2日齢の仔魚の口径は平均で154 μm であった。海産魚33種の摂餌開始時の仔魚の口径についての報告¹⁸⁾では、最小はマゴチの223 μm 、最大はテンジクダツの1,450 μm である。また、一般に他の海産魚類と比べて口径が小さいと言われるハタ類ではキジハタが156~204 μm ²⁹⁾、クエが233 μm ²²⁾、マハタが180 μm ¹²⁾であると報告されている。このように他の魚種と比べると、本種の仔魚の口径は極めて小さいと言える。萱野²⁹⁾はキジハタ仔魚の摂餌開始時の胃内容物のサイズ組成の上限は口径の50%であり、その後、仔魚の成長に伴い口径に対する餌料サイズの比率が増加することを示している。また、マハタ仔魚では摂餌開始時はプロアレスのほうが、SS型ワムシ*B. rotundiformis*のインドネシア株よりも選択性が高いことが報告されている¹⁷⁾。一般に種苗生産で用いられているタイワムシは平均背甲長130~150 μm ^{14,15,20)}と本種の仔魚の口径とほぼ同サイズであり、ふ化直後の仔ワムシでは背甲長が80~90 μm と本種の口径の半分程度であるが、このような仔ワムシは、通常、ワムシ培養の個体群内に5%以下しかいない^{14,15)}。これらの既存の知見と本研究での結果から、一般に仔魚は口径よりも小さい餌料を好む傾向があり、本種の仔魚に、タイワムシを給餌したとき、飼育水中に摂餌可能なサイズのワムシがほとんどいなかったと推察された。一方、プロアレスは平均全長が83 μm ¹⁶⁾で、本種の仔魚の口径の半分程度であることから、仔魚が摂餌可能な大きさの個体が多く含まれていたと考えられる。これらの結果から、本種の初期餌料にはタイワムシよりもさらに小型のプロアレスのようなサイズの餌生物が適しており、プロアレスはSS型ワムシよりもサイズ面で本種仔魚の摂餌選択性に適応した初期餌料であると判断された。

加えて、本研究で実施した、発育初期の仔魚の飼育を可能にした飼育条件下では、仔魚はプロアレスの摂餌によって最大9日齢まで生残し、日齢に伴う全長の増加や赤色素胞の発現などの形態変化が見られた(写真1, 図4)。また、本研究では7日齢以降はプロアレスの供給が困難となり、餌料をタイワムシに切り替えたが、タイワムシの摂餌はほとんど見られず、水中に残存するプロアレスのほうを選択的に摂餌した。このため、7日齢(平均全長2.72 mm, 図4)以降もプロアレスの給餌が必要であることが示唆された。

本研究での結果は、一般的な海産魚の初期飼育と比べて、生残率が極めて低く、成長も遅い。本研究では適正な通気量の把握や浮上死防除方法、プロアレスに対する高い摂餌選択性は示したが、適正な水温、照度、日長などについては未知のままである。また近年、プロアレス

*2 原著には0.1 ml/分と記載されているが、0.1 l/分=100 ml/分の誤り(共著者私信)

は市販の栄養強化剤を用いて、海産魚仔魚の発育に重要な高度不飽和脂肪酸含有量を高められることが報告されている¹⁷⁾。今後は本種仔魚の生残、成長に必要な化学組成の検討なども重要である。メガネモチノウオの種苗生産技術の確立には、今後さらなる、本種仔魚の適正飼育条件や、発育に伴う餌料種の把握、仔魚の正常発育に必要な化学組成の要求量などの解明等が必要不可欠である。

謝 辞

本研究で用いたプロアレスの培養と給餌操作にご助力とご助言を頂いた長崎大学大学院生産科学研究科のStenly Wullur 博士（現 サム ラトゥランギ大学、インドネシア）、大谷諒敬氏、糸山英輝氏、本研究で用いたフィードオイルを提供して頂いた（独）水産総合研究センター増養殖研究所養殖技術部の岩崎隆志氏に深謝する。本研究は（独）水産総合研究センター交付金国際共同研究「メガネモチノウオの種苗生産技術開発」、文部科学省科学研究費補助金基盤研究－B（平成21年度～平成23年度、No. 21380125）、平成21年度科学技術振興機構シーズ発掘試験（No. 1819）において実施した。

文 献

- 1) 島田和彦（2000）ベラ科，日本産魚類検索 第二版（中坊徹次編），東海大学出版会，東京，1007 p.
- 2) SADOVY Y., KULBICKI M., LABROSSE P., LETOURNEUR Y., LOKANI P., and DONALDSON T.J. (2003) The humphead wrasse, *Cheilinus undulatus* synopsis of a threatened and poorly known giant coral fish. *Rev. Fish Biol. Fisheries*, **13**, 327-364.
- 3) 太田 格・工藤利洋・海老沢明彦（2007）八重山海域の沿岸性魚類資源の現状。平成17年度沖縄県水産試験場事業報告書，165-175 pp.
- 4) SLAMET, B., SUTARMAT, T., PRIJONO, A., TRIDJOKO, NA. and GUFRON, AA. (2003) Observation on spawning season, number and quality of eggs of napoleon wrasse (*Cheilinus undulatus*) from natural spawning in the rearing tank. *Papers International Seminar on Marine and Fisheries, IMFS*, 15-17.
- 5) IMANTO, P.T., MELIANAWATI, R., and SLAMET, B. (2003) The endogenous absorption and morphological development on initial stage of napoleon fish (*Cheilinus undulatus*) larvae. *J. Penel. Perik. Indonesia*, **9**, 9-14. (In Indonesian)
- 6) SLAMET, B., and HUTAPEA, J.H. (2005) First successful hatchery production of Napoleon wrasse at Gondol Research Institute for Mariculture, Bali. *South Pacific Comm. Live Reef Fish Info. Bull.*, **13**, 43-44.
- 7) HAGIWARA, A., GALLARDO, W.G., ASSAVAAREE, M., KOTANI, T., and DE ARAUJO, A.B. (2001) Live food production in Japan: recent progress and future aspects. *Aquaculture*, **200**, 111-127.
- 8) 浅見公雄・與世田兼三（2004）シロクラベラの採卵と仔稚魚の飼育試験。裁セ技報，**2**, 55-61.
- 9) SEGERS, H. (1995) Nomenclature consequences of some recent studies on *Brachionus plicatilis* (Rotifera, Brachionidae). *Hydrobiologia* **313/314**, 121-122.
- 10) HAGIWARA, A., KOTANI, T., SNELL, T.W., ASSAVA-AREE, and M., HIRAYAMA, K. (1995) Morphology, genetics, and mating behavior of small tropical marine *Brachionus* strains (Rotifera). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **194**, 25-37.
- 11) KOTANI, T., HAGIWARA, A., SNELL, T.W., and SERRA, M. (2005) Euryhaline *Brachionus* strains (Rotifera) from tropical habitats: morphology and allozyme patterns. *Hydrobiologia* **546**, 161-167
- 12) 田中由香里・阪倉良孝・中田 久・萩原篤志・安元 進（2005）マハタ仔魚のワムシサイズに対する摂餌選択性。日水誌，**71**, 911-916.
- 13) 照屋和久・與世田兼三・岡 雅一・西岡豊弘・中野昌次・森 広一郎・菅谷琢磨・浜崎活幸（2008）光周期がマハタ仔魚の生残，成長および摂餌に及ぼす影響。日水誌，**74**, 645-652.
- 14) 升間主計・竹内宏行（2001）スジアラ仔魚の3タイプのワムシに対する摂餌選択性。栽培技研，**28**, 69-72.
- 15) 與世田兼三・浅見公雄・福本麻衣子・高井良 幸・黒川優子・川合真一郎（2003）サイズの異なる2タイプのワムシがスジアラ仔魚の初期摂餌と初期生残に及ぼす影響。水産増殖，**51**, 101-108.
- 16) WULLUR, S., SAKAKURA, Y., and HAGIWARA, A. (2009) The minute monogonont rotifer *Proales similis* de Beauchamp: Culture and feeding to small mouth marine fish larvae. *Aquaculture*, **293**, 62-67.
- 17) WULLUR, S., SAKAKURA, Y., and HAGIWARA, A. (2011) Application of the minute monogonont rotifer *Proales similis* de Beauchamp in larval rearing of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*. *Aquaculture*, **315**, 355-360.
- 18) 代田昭彦（1970）魚類稚仔期の口径に関する研究。日水誌，**36**, 353-368. URL: <http://www.journalarchive.jst.go.jp/japanese/jnlto/ja.php?cdjournal=suisan1932&cdvol=36&noissue=4>
- 19) 宮下 盛（2006）種苗生産における浮上および沈降死 ミニシンポジウム クロマグロの初期発育と種苗生産－現状と展望－。日水誌，**72**, 947-948.
- 20) 本藤 靖・村上直人・渡辺 税・竹内宏行・藤浪祐一郎・津崎龍雄（2001）人工授精によるアカアマダイの種苗生産。栽培技研，**28**, 73-79.
- 21) YAMAOKA, K., NANBU, T., MIYAGAWA, M., ISSHIKI, T., and KUSAKA A. (2000) Water surface tension-related deaths in prelarval red-spotted grouper. *Aquaculture*, **189**, 165-176.
- 22) SAWADA, Y., KATO, K., OKADA, T., KURATA, M., MUKAI, Y., MIYASHITA, S., MURATA, O., and KUMAI, H. (1999) Growth and morphological development of larval and juvenile *Epinephelus bruneus* (Perciformes: Serranidae). *Ichthyol. Res.*, **46**, 245-257.
- 23) 土橋靖史・栗山 功・黒宮香美・柏木正章・吉岡 基（2003）

- マハタの種苗生産過程における仔魚の活力とその生残に及ぼす水温、照明およびフィードオイルの影響. 水産増殖, **51**, 49-54.
- 24) 塩谷茂明・赤澤敦司・阪倉良孝・中田 久・荒川敏久・萩原篤志 (2003) 仔魚飼育水槽内の流場の計測：マハタ飼育水槽の検討例. 水産工学, **39**, 205-212.
- 25) KAJI, T., KODAMA, M., ARAI, H., TANAKA, M. and TAGAWA, M. (2003) Prevention of surface death of marine fish larvae by the addition of egg white into rearing water. *Aquaculture*, **224**, 313-322.
- 26) 田中庸介・久門一紀・樋口健太郎・江場岳史・西 明文・二階堂英城・塩澤 聡 (2010) 小型水槽飼育におけるクロマグロ仔魚の初期生残の向上. 水産技術, **3**, 17-20.
- 27) 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量産試験. 水産増殖, **54**, 187-194.
- 28) 平田喜郎・浜崎活幸・今井彰彦・照屋和久・岩崎隆志・浜田和久・虫明敬一 (2009) カンパチ仔魚の生残、成長、摂餌および鰾の開腔に及ぼす光周期と水温の影響. 日水誌, **75**, 995-1003.
- 29) 萱野泰久 (1988) キジハタ仔稚魚の口部の発達と摂餌. 岡山県水産試験場研究報告, **3**, 55-60.