

短 報

通気量の違いがプロアレス *Proales similis* の 水槽内分布状況に及ぼす影響

武部孝行^{*1}・篠田理仁^{*2}・小磯雅彦^{*2}

Effects of aeration on dispersion of the brackish water rotifer *Proales similis* in a rearing tank

Takayuki TAKEBE, Rihito SHINODA and Masahiko KOISO

The change in distribution of the proalid rotifer *Proales similis* was determined during a 5-hour experiment under no aeration in order to confirm the behavioral specificity in a 500-L polyethylene tank. The effect of the amount of aeration on the scattering of *P. similis* in the tank was also analyzed. The aeration volume was set at six levels from 10 to 500 mL/min, and dispersion of *P. similis* was investigated at each level. The results showed that *P. similis* sank more easily without aeration. Under the condition of 20 mL/min aeration, a slight stirring effect by the aeration was evident at 10-30 cm in depth. The stirring effect became more remarkable as the aeration volume increased, resulting in an almost uniform density of *P. similis* throughout the rearing tanks with 200 and 500 mL/min of aeration.

キーワード：プロアレス, 水槽内分散, 通気量, 密度
2015年7月8日受付, 2016年11月14日受理

プロアレス *Proales similis* は被甲を持たず体が柔軟であるスナワムシ科に属し, 種苗生産で使用されているシオミズツボワムシ (以下, ワムシ) *Brachionus plicatilis* sp.complex タイ株より小型であり (Hagiwara *et al.* 2014), アカハラヤッコ *Centropyge ferrugata* (Wullur *et al.* 2009), マハタ *Epinephelus septemfasciatus* (Wullur *et al.* 2011) およびメガネモチノウオ *Cheilinus undulatus* (平井ら 2012) 等の仔魚飼育において餌料生物として有効性が示されている。また, 本種は微細藻類ナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* やクロレラ *Chlorella vulgaris* を餌料として培養が可能で基礎的な増殖条件が把握されており (Wullur *et al.* 2011, 小磯 2012), 栄養強化も可能である (友田ら 2014)。そのため, 大量培養が可能となれば, ワムシを摂餌することが困難な口径が小

さい仔魚の初期餌料として利用できるものと期待される (Wullur *et al.* 2011, Hagiwara *et al.* 2014)。

一方, ワムシは飼育水中に浮遊して分散するのに対し, プロアレスは底生種で (Schmid-Araya 1993) 沈降しやすく, 水槽の壁面および底面, 沈殿物等に付着分布することが観察されており (内桶ら 未発表), プロアレスを餌料として利用する場合には飼育水中に分散させることが不可欠である。

本研究では, 仔魚飼育規模の水槽におけるプロアレスの沈降傾向を確認するために, プロアレスを 500L 水槽に収容して強制的な攪拌により水槽内に均一に分布させた後, 無通気条件下で静置し, その後の分布状況の変化を経時的に調べた。さらに, プロアレスを飼育水中に均一に分散させるために必要な通気量を求めるため, 異な

*1 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 研究推進部

〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3 クイーンズタワー B 棟 15 階

Research Management Department, Fisheries Research Agency, National Research and Development Agency, Minato-mirai, Nishi-ku, Yokohama, Kanagawa 220-6115, JAPAN

ttakebe@fra.affrc.go.jp

*2 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 西海区水産研究所 亜熱帯研究センター

る通気量の試験水槽間でプロアレスの経時的な分布変化を比較した。

材料と方法

プロアレスの培養には200Lアルテミアふ化槽(培養水量:200L)を使用し、飼育水には塩分20の希釈海水を用いて、水温は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ とした。培養開始時の個体数密度が100個体/mLとなるように接種した後、止水状態で増殖させ、5日後に個体数密度1,500個体/mLまで増殖させた。その後、培養水200Lから100Lを分取して、そこに同量の希釈海水を注水する“間引き式”によって増殖させ(日間増殖率約100%)、日間増殖率の低下がないものを試験に用いた。餌料には、市販の濃縮淡水クロレラ(生クロレラV12, クロレラ工業株式会社)を間引き前は10~50mL/日、間引き状態では毎日100mLを給餌した。

500L黒色ポリエチレン水槽(試験水量:500L,水深63cm,以下、試験水槽)を用いて、各試験は3回ずつ繰り返した。試験水は、ろ過海水(塩分35)とし、水温を $25 \pm 1^\circ\text{C}$ に調温し、冷凍ナンノクロロプシス(マリンクロレラ, メルシャン株式会社)を100万細胞/mLになるように添加し、それぞれの水槽にプロアレスを30~40個体/mL(以下、開始密度)になるように接種した。なお、水面の明るさは光量子センサー(LI-250A Light meter, メイワフォース株式会社)での測定では、 $23 \sim 27 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の範囲であった。

プロアレスの水槽内分布状況を調べるための採水ポイントは、水槽の中心部から水槽壁面までの中間点(図1a)の水面下10cmと30cm,底面上10cmと底面の4つの水深帯(図1b)とした。各ポイントからの採水は、水槽内の試験水を極力攪拌しないように注意してガラ

ス製ピペット(2mL駒込ピペット, 株式会社マルエム)またはビニールホース(透明管, 直径 $4 \times 6\text{mm}$, 十川産業株式会社)をゆっくり沈めて、ポイント毎に3回、3~5mL/回採水した。なお、水槽底面での採水は、一度採水を行うと、そのポイントでのプロアレスの沈降状態が変化するため、2回目以降の採水はそれぞれ同心円上の異なるポイントで行った(図1a)。水槽の中心部底面近くに円柱形エアーストーン(レイシーPA-30, 株式会社イワキ)1個を設置し(図1), 攪拌棒で強制的に試験水を攪拌し水槽内のプロアレスが均一に分布していることを確認した後、各試験区の間隔を設定した。通気量は0(無通気), 10, 20, 50, 100, 200および500mL/分の7段階として、開始(0時間)から5時間後まで1時間毎に採水した試験水を実体顕微鏡で検鏡してプロアレスの分布密度を求め、採水ポイント間および試験区間で比較した。

結果

各試験区のプロアレスの分布密度の変化を図2に示す。

無通気の場合のプロアレスの分布密度は、水面下10cmと30cmでは開始時の密度(以下、開始密度)から2時間後には大幅に減少して15~16個体/mLとなり、その後、減少割合は鈍化したものの5時間後にはそれぞれ約13および17個体/mLまで減少した。底面上10cmでは開始時から3時間後までは32個体/mLを維持したが、それ以降減少し始め、5時間後には約15個体/mLまで減少した。一方、底面では開始密度から徐々に増加して5時間後には70~90個体/mLに達した。

通気量10mL/分の場合、無通気条件とほぼ同様な推移が認められ、底面以外では時間経過と共に徐々に減少

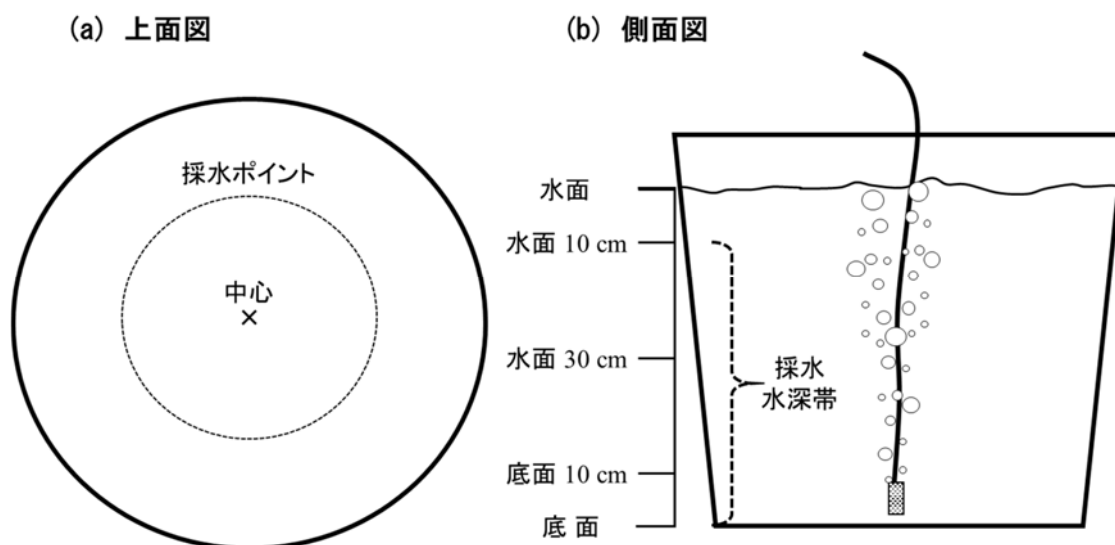


図1. 試験水槽における採水ポイント

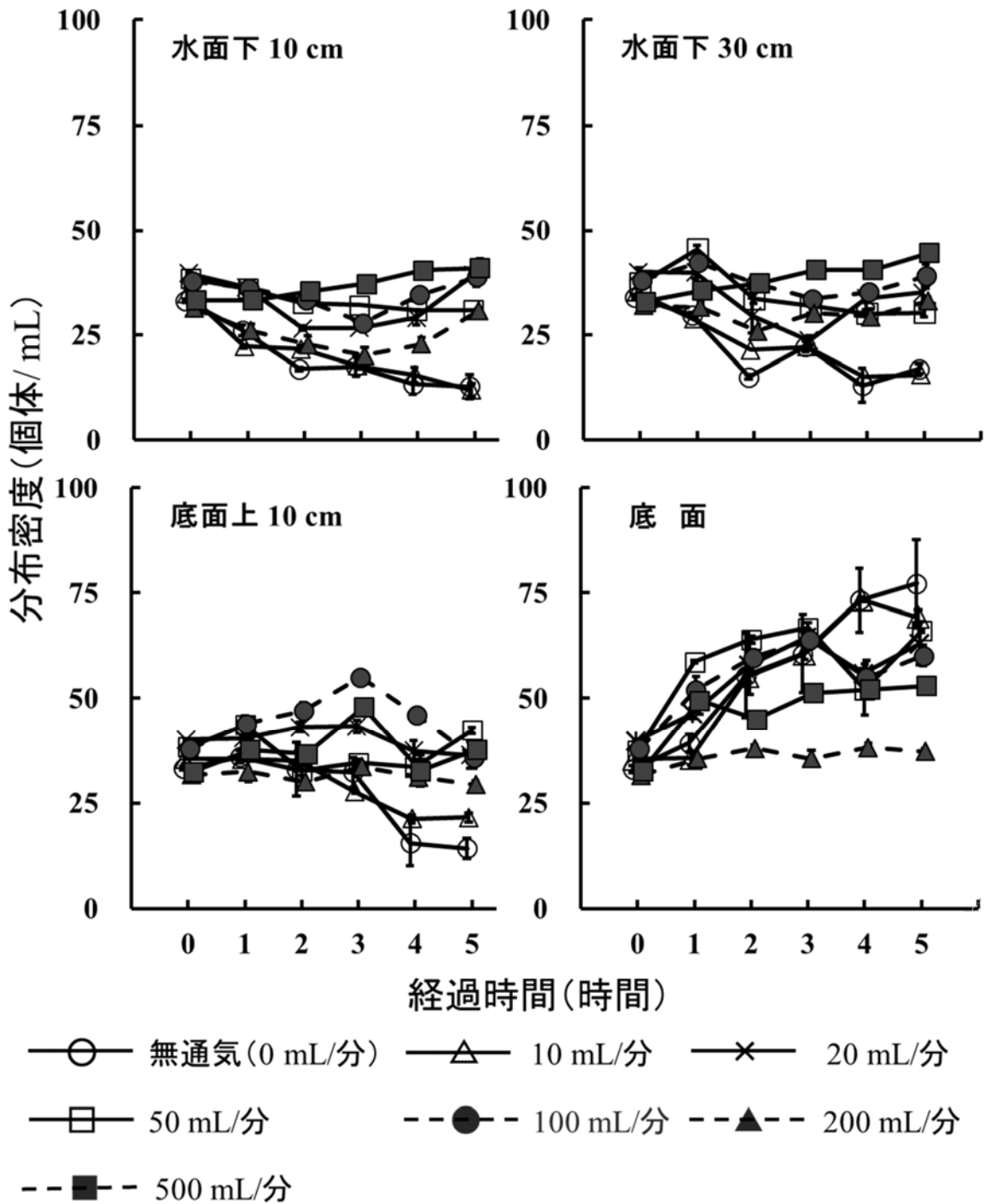


図2. 異なる通気条件でのプロアレスの分布密度の変化
バーは標準偏差を表す(標準偏差が重ならないようマーカーをずらして表示)

する一方底面では増加し、5時間後にはそれぞれ10～20個体/mLおよび70個体/mLに達した。

通気量20mL/分の場合、水面下10cmおよび30cmで一旦20個体/mL程度まで減少したものの、底面上10cmを含めて5時間後に開始時と同程度の分布密度を示した。一方、底面では開始密度から徐々に増加して5時間後には60個体/mL前後に達した。

通気量50mL/分の場合、底面以外は開始密度をほぼ維持した。一方、底面では開始1時間後には60個体/

mLへと増加して5時間後には約70個体/mLになった。

通気量100mL/分の場合、水面下10cmと30cmでは開始密度を維持した。底面上10cmでは開始密度から徐々に増加して3時間後には55個体/mL前後に達したが、その後減少し、5時間後には35個体/mL前後となった。底面では開始密度から徐々に増加して3時間後には60個体/mL以上になり、その後もこの密度が維持された。

通気量200mL/分の場合、全てのポイントでほとんど増減がなく開始密度が維持された。

通気量 500mL/分の場合、水面下 10cm と 30cm では開始密度から徐々に増加して 5 時間後には 40 個体/mL 以上になった。底面上 10cm では増減しつつ 5 時間後には約 40 個体/mL を示した。一方、底面では開始 1 時間後には 50 個体/mL に増加して、その後、密度は維持された。

考 察

無通気条件下では水面下 10cm と 30cm でのプロアレスの個体密度が試験開始から 2 時間後には約半分まで減少し、その後も減少または同レベルを維持した。底面では時間経過と共に徐々に密度が増加して 5 時間後には開始密度の 2 倍以上になった (図 2)。このことから、プロアレスは仔魚飼育規模の水槽においても底面に集積する傾向を有することが確認され、プロアレスを海産仔魚の初期生物餌料として利用する場合には可能な限り分散させる技術が必要であると考えられた。

そこで、水槽内で均一に分布させる方法の一つとして、通気量について検討した。通気量が 10mL/分では無通気条件下と同様に時間経過と共に徐々に底面への集積がみられた。一方、20mL/分では増減はあるものの水面下 10cm でも密度がほぼ一定に維持され、50 ~ 100mL/分では底面の密度は徐々に増加したもののそれ以外のポイントでは密度がほぼ維持され、200mL/分以上では水槽内全域において密度がほぼ維持された (図 2)。

これらの結果から、500L 水槽に収容したプロアレスは通気量が 20mL/分から分散効果がみられ、50 ~ 100mL/分では底面以外は均一に分布し、200mL/分以上では水槽内全域に比較的均一に分布する傾向があることが明らかになった。

本実験では、通気量を調整することによりプロアレスを飼育水中に均一に分布させることができることが示されたが、実際に仔魚を収容した飼育試験は行っていないため、プロアレスを均一に分布させる通気量で仔魚の飼育が可能かどうか現時点では判然としない。

海産魚類の種苗生産の初期段階では、仔魚は体内の卵黄および油球消失によって体比重が大きくなり飼育水槽の底面に沈降しやすいことが知られている (Takashi *et al.* 2006, 照屋ら 2009)。この防止策として通気があるが、通気量が少ないと仔魚の沈降を十分に防ぐことができず、いわゆる“沈降死”と呼ばれる大量死亡の原因になることが懸念される。逆に通気量が多すぎると、上昇水流によって仔魚が水面近くに移動し、表面張力によって水面に引きつけられ、そのまま死亡するいわゆる“浮上死”と呼ばれる大量死亡を誘発する懸念がある (Yamaoka *et al.* 2000, Sakakura *et al.* 2006)。

これらのことから、今後は実際に仔魚を収容した飼育試験を実施する中で、本研究での結果を反映したいくつかの通気量を設定して、プロアレスの分布状況に加えて、

仔魚の沈降死もしくは浮上死の発生状況や、仔魚のプロアレスの摂餌状況も観察しながら総合的に適正な通気量を判断する必要がある。なお、魚種によっては通気による物理的刺激の影響を受けやすい仔魚もあるため、その様な仔魚では通気ではなく、水中ポンプなどを用いた飼育水の攪拌方法 (Masuma *et al.* 2011, 武部ら 2011) を採用することも提案される。

また、ワムシでは培養状態によって活力が変化することが報告されており (小磯・日野 2002)、プロアレスも培養状態によって活力が変化するとすれば飼育水での分布状況に影響する可能性があるため、培養方法についても十分な配慮が必要である。

プロアレスが種苗生産の初期餌料として有効利用できれば、仔魚の口径の小ささから飼育が困難であったナミフエダイ *Lutjanus rivulatus* (Nakagawa *et al.* 2007) やメイチダイ *Gymnocranius griseus* (Nakagawa *et al.* 2011) などといった水産有用魚種の種苗生産がこれまでよりも容易になる。また、第 4 次レッドリスト (環境省 2013) の「絶滅危惧 IB 類」に該当するタナゴモドキ *Hypseleotris cyprinoides* も口径の小さい魚であり (鈴木 1975)、過去には放流用種苗生産を目指した取り組みも行われていることから (道津ら 1998)、今後は、このよう絶滅危惧種の餌料生物として有望な候補であると考えられ、資源回復の一助にもなることが期待される。

文 献

- 1) 道津喜衛・柳 昌之・乾 輝男 (1998) タナゴモドキ (ハゼ科魚類) の採卵、卵内発生、仔魚. 長崎県生物学会誌, **49**, 15-21.
- 2) Hagiwara A, Wullur S, Marcial HS, Hirai N, Sakakura Y (2014) Euryhaline rotifer *Proales similis* as initial live food for rearing fish with small mouth. *Aquaculture*, **432**, 470-474.
- 3) 平井慈恵・小磯雅彦・照屋和久・奥澤公一・小林真人・武部孝行・佐藤 琢・中村 航・後藤敬行・萩原篤志 (2012) 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. 水産技術, **4**, 57-64.
- 4) 平田喜郎・浜崎活幸・照屋和久・虫明敬一 (2009) マハタおよびクエ仔稚魚の成長にともなう体密度の変化. 日水試, **75**, 652-660.
- 5) 環境省 (2013) 第 4 次レッドリストの公表について (汽水・淡水魚類) (お知らせ). <https://www.env.go.jp/press/files/jp/21437.pdf>, 2015 年 4 月 4 日 (閲覧日).
- 6) 小磯雅彦 (2012) プロアレスの増殖特性と餌料価値. うみうし通信, **75**, 4-5.
- 7) 小磯雅彦・日野明德 (2002) シオミズツボムシの大量培養における増殖停滞の機構に関する研究. 水産増殖, **50**, 197-204.
- 8) Masuma S, Takebe T, Sakakura Y (2011) A review of the broodstock management and larviculture of the Pacific northern

- bluefin tuna in Japan. *Aquaculture*, **315**, 2-8.
- 9) Nakagawa Y, Senoo S, Miyashita S (2007) Protozoa and Diatoms as primary food sources for larvae of the blue spotted snapper *Lutjanus rivulatus*. *Aquacult. Sci.*, **55**, 125-130.
 - 10) Nakagawa Y, Hashimoto T, Murata O, Miyashita S (2011) Ontogenetic mouth size change in naked-head large-eye bream *Gymnocranius griseus* larvae. *Aquacult. Sci.*, **59**, 235-239.
 - 11) Sakakura Y, Shiotani S, Chuda H, Hagiwara A (2006) Improvement of the survival in the seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* larvae by optimizing aeration and water inlet in the mass-scale rearing tank. *Fisheries Sci.*, **72**, 939-947.
 - 12) Schmid-Araya JM (1993) Benthic rotifera inhabiting the bed sediments of a mountain gravel stream. *J. ber. Biol. Stn. Lunz.*, **14**, 75-101.
 - 13) 鈴木寿之 (1975) 南西諸島の珍魚タナゴモドキ *Hypseleotris cyprinoides*. *淡水魚*, **1**, 116-117.
 - 14) Takashi T, Kohno H, Sakamoto W, Miyashita S, Murata O, Sawada Y (2006) Diel and ontogenetic body density change in Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel), larvae. *Aquacult. Res.*, **37**, 1172-1179.
 - 15) 武部孝行・小林真人・浅見公雄・佐藤 琢・平井慈恵・奥澤公一・阪倉良孝 (2011) スジアラ仔魚の沈降死とその防除方法を取り入れた種苗量産試験. *水産技術*, **3**, 107-114.
 - 16) 照屋和久・浜崎活幸・橋本 博・片山俊之・平田喜郎・鶴岡廣哉・林 知宏・虫明敬一 (2009) カンパチ仔魚の成長にともなう体密度と水槽内鉛直分布の変化. *日水誌*, **75**, 54-63.
 - 17) 友田 努・古板博文・鴨志田正晃・黒木洋明・澁野拓郎・田中秀樹・手塚信弘 (2014) 市販材料を用いた微小ワムシ *Proales similis* 栄養強化の試行. *水産技術*, **6**, 179-184.
 - 18) Wullur S, Sakakura Y, Hagiwara A (2009) The minute monogonont rotifer *Proales similis* de Beauchamp: Culture and feeding to small mouth marine fish larvae. *Aquaculture*, **293**, 62-67.
 - 19) Wullur S, Sakakura Y, 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.
 - 20) Yamaoka K, Nanbu T, Miyagawa M, Isshiki T, Kusaka A (2000) Water surface tension-related deaths in prelarval red-spotted grouper. *Aquaculture*, **189**, 165-176.