

ハダムシ*Neobenedenia girellae*の産卵とふ化の日周リズム

誌名	魚病研究
ISSN	0388788X
著者	平野, 千早 石丸, 克也 白樫, 正
巻/号	50巻1号
掲載ページ	p. 23-28
発行年月	2015年3月

論文

ハダムシ *Neobenedenia girellae* の産卵とふ化の日周リズム

平野千早・石丸克也・白樫 正*

(2014年12月9日受付)

Egg Laying and Hatching Rhythms of the Skin Fluke
Neobenedenia girellae

Chihaya Hirano, Katsuya Ishimaru and Sho Shirakashi*

Fisheries Laboratory, Kinki University, Wakayama 649-2211, Japan

(Received December 9, 2014)

ABSTRACT—Diurnal rhythms in egg laying and hatching of the skin fluke *Neobenedenia girellae* were investigated under different light conditions. Egg production was monitored every 2 h for 3 days under two light conditions (darkness and natural light) using *Seriola dumerili* infected with multiple *N. girellae* as well as black molly *Poecilia sphenops* that had been transplanted by a single mature fluke. In any cases, oviposition was continuously observed with no obvious diurnal rhythm. The maximum egg production was approximately 60 eggs/h/worm for both multiple- and single-infection. Such high fecundity emphasizes the importance of the prompt eradication of mature flukes from culture sites to prevent parasite multiplication. The hatching rhythm was monitored under natural light condition and controlled light condition with LED lamp (24L, 12L:12D, 24D). An obvious hatching rhythm with a monomodal peak in the morning was detected under natural light condition. This rhythm was different from that previously reported for *Benedenia seriolae* whose hatching has bimodal peaks in the early morning and evening. Under controlled light conditions, no such pattern was observed and the overall hatching was considerably less than that under natural light condition.

Key words: skin fluke, *Neobenedenia girellae*, oviposition, hatching, diurnal rhythm, monogean

ハダムシの一種である *Neobenedenia girellae* (以下、本虫) は海面養殖で最も問題となっている寄生虫の一つである。本虫は宿主特異性が低く、西日本の養殖場を中心に1990年代より被害が拡大している (Ogawa *et al.*, 1995; Ogawa and Yokoyama, 1998; Yamamoto *et al.*, 2011)。寄生を受けた魚は体表のスレや失明、細菌等による二次感染を起こして重篤な場合は死亡する。現在養殖場では、淡水浴や過酸化水素剤浴による駆虫が主な防除対策として行われているが、これらの作業は多大な時間と労力を要するため養殖業者の大きな負担となるだけでなく、魚にも大きなストレスとなる。そのため、より簡便で低コスト、かつ低ストレスなハダムシ防除技術の開発が強く求められている。その一つとして、寄生後の駆

虫ではなく、ふ化幼生の寄生を抑制、もしくは減少させることで駆虫作業を軽減する、といった新しい対策が考えられる。

本虫のふ化幼生は活発に遊泳し、正の走光性を有する (Yoshinaga *et al.*, 2000; Shirakashi *et al.*, 2010)。一般的に単生類のふ化幼生は寿命が短く、ふ化後48時間以内 (高水温時はさらに短い時間) に魚に寄生できなければ死亡する (Whittington *et al.*, 1999)。もし、本虫の産卵やふ化が集中する時間帯を特定できれば、効率良く虫卵を除去する方法や、魚体への寄生を未然に防ぐ新たな防除法の開発に繋がる可能性がある。しかし、これまで本虫については発育や養殖場での感染動態が調べられているものの、産卵やふ化に関して詳細な情報は少ない (Bondad-Reantaso *et al.*, 1995; Li and Yang, 2002; Hirazawa *et al.*, 2010; Shirakashi *et al.*, 2013a)。そこで本研究では、異なる光条件下での *N. girellae* の産卵とふ

近畿大学水産研究所

* Corresponding author

E-mail: shirakashi@kindaisuiken.jp

化の日周リズムについて調べた。

材料および方法

産卵リズム 一複数寄生一

実験は2013年10月に実施した。複数の *N. girellae* に寄生されたカンパチ *Seriola dumerili* の稚魚（全長約 25 cm）6尾を透明と黒色の蓋付きプラスチック容器（幅 380 mm, 奥行き 264 mm, 高さ 230 mm）各3基に1尾ずつ収容し、室内の自然光が当たる場所に設置した（透明と黒色容器内の日中の平均光量はそれぞれ、 8.3 ± 7.3 と $0.5 \pm 0.1 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ （DEFI-L, JFE アドバンテック株式会社）。夜間に照明は用いなかった。それぞれの容器には目合い 64 μm のナイロンメッシュで濾過した砂濾過海水 7 L を入れ、エアストーンによる通気を行い、ウォーターバスで各水槽の水温を保った（ $26.1 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ）。実験中は2時間毎に魚を新鮮な濾過海水が入った別の容器に移し、魚が入っていた海水は目合い 30 μm のナイロンメッシュで濾して虫卵を回収し、50%エタノールで保存した。これを12時から76時間後の16時まで繰り返した。虫卵はフィラメントが絡まって卵塊になっており、そのままでは計数が困難であったため、精密ピンセットを使ってスライドガラス上でほぐし、カバーガラスで圧平して虫卵同士が重ならないようにしてから実体顕微鏡下で計数した。

実験後、各供試魚の *N. girellae* 寄生数を調べるため、脱塩素水道水が入ったバケツで約5分間個別淡水浴をして虫を脱落させた。虫体は70%エタノールで固定し、後日実体顕微鏡下で計数して個体別の寄生数を求めた。このとき、Kinami *et al.* (2005) に従い、形態から *N. girellae* であることを確認し、虫体長によって大 (>4 mm)、中 (2–4 mm)、小 (<2 mm) に分類した。Bondad-Reantaso *et al.* (1995) の知見から、2 mm 以上の虫（大と中）を産卵可能な成虫とし、2時間毎の成虫1虫あたりの産卵数を算出した。試験区間や昼夜間の産卵数の比較は Wilcoxon の順位検定を用いた。

産卵リズム 一単数寄生一

N. girellae 1虫体の産卵をより詳細に調べるため、カンパチに寄生していた虫のうち1虫体を他の魚に移植し、上記と同様に産卵数を調べた。移植先の魚は予備試験の結果から、ハンドリングに強く、取り扱いが簡単な海水馴致したブラックモーリー *Poecilia sphenops* を用いた。被寄生カンパチからメスの刃を用いて虫体（平均虫体長 3.6 ± 0.8 mm）を採取し、一旦ガラスシャーレに収容した。実体顕微鏡下で傷等がある虫体を除去した後、筆とメスを使って、ブラックモーリー 9尾（平均体長 2.7 ± 0.4 cm）の頭部や背部に1虫体ずつ移植した。移植後は数十分ほど観察し、虫が脱落した場合には再度移植を

行った。実験は移植後12時間馴致させた後に行った。寄生させたブラックモーリーは濾過海水 600 mL が入ったプラスチックカップに個別に収容し、室内窓際での自然光下（自然光区計4尾）もしくは黒いカバーで覆って（暗黒区計5尾）、78時間飼育した。試験期間中の自然光区における明期と暗期の平均光量は $24.0 \pm 11.4 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ と $0.5 \pm 0.2 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ で、暗黒区の平均光量は $0.1 \pm 0.2 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ であった。水温はウォーターバスで $25.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$ に保った。虫卵の採取と計数は上記と同様、2時間毎に魚を新しいカップに移し、産卵された虫卵を数えた。

ふ化リズム

2012年11月（試験1）と2013年8月（試験2）の2回、室内実験でふ化の日周リズムを調べた。実験用の虫卵は *N. girellae* が寄生したカンパチを収容した水槽から約1週間にわたって採取した。虫卵は水道水で良く洗い、さらに実体顕微鏡下でゴミを除去した後、UV 殺菌砂濾過海水に入れ、 18°C 以下の暗所で保存した。保存中は1～2日毎に水替えと簡単な虫卵洗浄を行った。実験開始2日前までに虫卵を 25°C の室内に移し、自然光下でエアレーションしながら発達を促進させ、ふ化を確認した時点で実験を開始した。

目合い約 3 mm のナイロンメッシュを側面と底面に張り付けた円筒形の卵収容器（直径 27 mm × 高さ 15 mm）に虫卵約 0.1 g を入れ、UV 殺菌砂濾過海水を 5 mL ずつ入れた6ウェルプレートの1ウェルに収容した。それぞれのウェル内の虫卵の状態ができるだけ均一になるよう、産卵日が異なる虫卵が混在した卵塊から一部を取り分ける際、1度ほぐしてばらばらにして混ぜた後、無作為に 0.1 g を取り分けた。虫卵を収容したウェルプレートは温度を一定にするため、水を張ったバットに入れ、自然光（自然光区）もしくは照明で明暗期を調整した条件（明暗期調整区）でふ化を調べた。試験2における各試験区の虫卵は同じ期間に採取したものを分けて使用した。実験は各試験区3反復で行った。

自然光区では、ウェルプレートを窓際に置き、明暗期調整区では黒色の箱をウェルプレートの上から被せて LED 照明（昼白色 485 lm, LIFELEX, LDA6N-H-E17）で、12L:12D, 24L:0D, 0L:24D に調整した。12L:12D は 10:00～22:00 の間を明期、22:00～10:00 までを暗期とした。2時間毎に新鮮な海水の入った隣のウェルへ卵収容器ごと虫卵を移し、虫卵の入っていたウェルには99.5% エタノールを約 3 mL 入れ、ふ化した幼生を固定した。これを56時間（試験1）または76時間（試験2）繰り返した。暗期の操作は、外部から光が入らないようシートで遮光した中で行った。試験終了後に実体顕微鏡下で各ウェル内のふ化幼生を計数し、2時間毎にふ化した幼生数を比較した。LED 照明区でのふ化率が低かったことか

ら、実験終了後に各試験区の虫卵を自然光下に置き、約1週間ふ化を観察し、虫卵の生存を確認した。ふ化幼生数の比較には Wilcoxon の順位和検定を用いた。

結 果

産卵リズム

実験でみられたハダムシは形態から全て *N. girellae* と同定された。魚1尾あたりの平均寄生数は 154.3 ± 24.4 虫で、そのうち産卵可能と考えられる 2 mm 以上の虫体の平均寄生数は自然光区では 49.7 ± 16.9 虫、暗黒区では 68.3 ± 9.0 虫であり、全体の 25.5~41.6% と 36.3~51.3% を占めていた。自然光区と暗黒区における体長 4 mm 以上の虫体の割合は全体の 18.8~22.9% と 20.5~33.3% で、わずかではあるが、暗黒区のほうが大型虫体が多い傾向にあった。自然光区における成虫1虫体の2時間あたりの平均産卵数は明期 (6:00~18:00) で 43.3 ± 13.1 個、暗期 (18:00~6:00) で 38.8 ± 14.1 個と明期のほうが多かった (Wilcoxon, $Z = -2.0$, $p = 0.046$)。しかし、自然光区と暗黒区の実験期間中の平均産卵数はそれぞれ 41.2 ± 13.7 と 49.6 ± 13.3 個/虫/2時間、暗黒区のほうが多かった (Wilcoxon, $Z = -4.98$, $p < 0.0001$, Fig. 1)。いずれの場合も増減はあるものの、産卵は昼夜を通して、光の有無に関係なくみられた。自然光区では、試験期間中の総産卵数に対する2時間毎の産卵数の割合は 1.4~4.1% の範囲で大きな変化はなく、明確な日周期は認められなかった。暗黒区でも 1.2~4.7% の範囲であり、一日中継続して産卵していることが示された (Fig. 1)。実験期間中観察された1虫体あたりの最大産卵数は 110 個/虫/2時間で、成虫が 77 虫寄生していたカンパチ1尾から1日最大 55,466 個 (720 個/虫) の虫卵が得られた。

ブラックモーリーに成虫1虫体を移植した単数寄生の場合、自然光区における平均産卵数は明期で 46.3 ± 32.7 個/2時間、暗期で 53.9 ± 30.1 個/2時間で、複数寄生の場合とは異なり、暗期のほうが多い傾向にあった (Wilcoxon, $Z = 2.14$, $p = 0.033$)。2時間毎に観察された虫卵数にはばらつきがみられたが、これは産出後虫体に付着していた卵塊が外れて多数の虫卵が一度に採取された場合があったためだと考えられる (Fig. 1)。また、産卵数が多い時間帯が続いた後は減少する傾向もみられたが、明確な日周期はみられなかった (Fig. 1)。自然光区と暗黒区の間平均産卵数はそれぞれ 49.8 ± 31.7 と 44.6 ± 19.2 個/虫/2時間で、試験区間に有意な差はなかった。前述した例外的に多かった場合を除き (248 個と 259 個)、1 虫あたりの最大産卵数は 2 時間で 125 個で、複数寄生の場合とほぼ同等であった。また、1 日あたりの最多虫卵数も 738 個/虫と複数寄生とほぼ同じであった。単数寄生実験では、実験4日目に自然光区で2尾、暗黒区で1尾供試魚が死亡したが、魚は除去せずそのまま実験を継

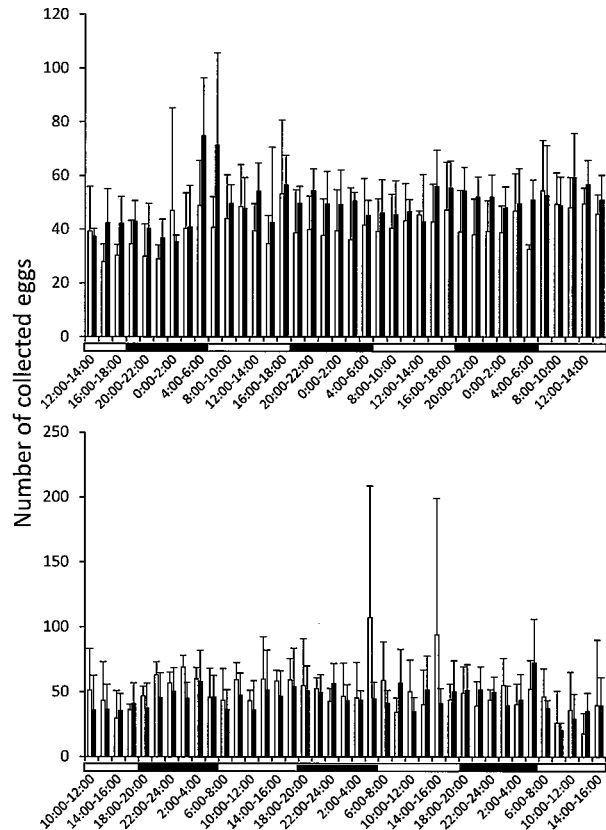


Fig. 1. The mean number (+SD) of *N. girellae* eggs collected at 2 h intervals over 3 d from greater amberjack *Seriola dumerili* infected with multiple flukes (top, calculated values for each adult fluke) and black molly *Poecilia sphenops* infected with a single fluke (bottom). The open bars represent the parasite exposed to natural light and the closed bars represent those in darkness. Day and night are indicated by the white and black bars on the x-axis, respectively.

続した結果、実験終盤には産卵数がやや減少した。死亡魚は尾鰭や背部に糜爛が認められ、ハダムシによる死亡と考えられた。

ふ化リズム

全ての試験区で実験開始直後にふ化が多くみられ、実験初日にふ化した幼生は全体の約 60~83% を占めていた (Fig. 2, Fig. 3)。しかし、自然光区では実験2日目以降も明期にふ化が多く、光が大きく影響していることが示された (Fig. 2)。自然光下のふ化には明確な日周期があり、両試験ともに明期でのふ化数は暗期より顕著に多かった (Wilcoxon, 試験1: $Z = -3.05$, $p = 0.002$, 試験2: $Z = -6.28$, $p < 0.0001$)。11月と8月の試験で、日の出から日没までの時間帯 (それぞれ 6:00~18:00 と 4:00~20:00) にふ化した幼生の割合はそれぞれ 86.7% と 94.4% であった。ふ化のピークは11月 (日の出 6:25 前後) で 10:00~12:00, 8月 (日の出 5:15 前後) で 6:00~8:00 と、午前中の比較的早い時間に1日1回あった。

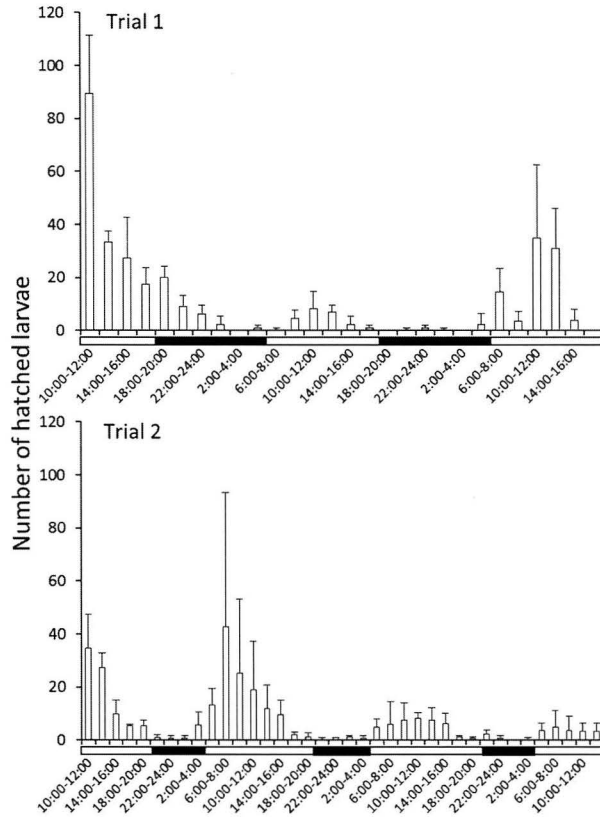


Fig. 2. The mean number (+SD) of hatched *N. girellae* larvae counted at 2 h intervals under natural light condition during the experiment conducted in Nov. 2012 (Trial 1) and Aug. 2013 (Trial 2). Day and night are indicated by the white and black bars on the x-axis, respectively.

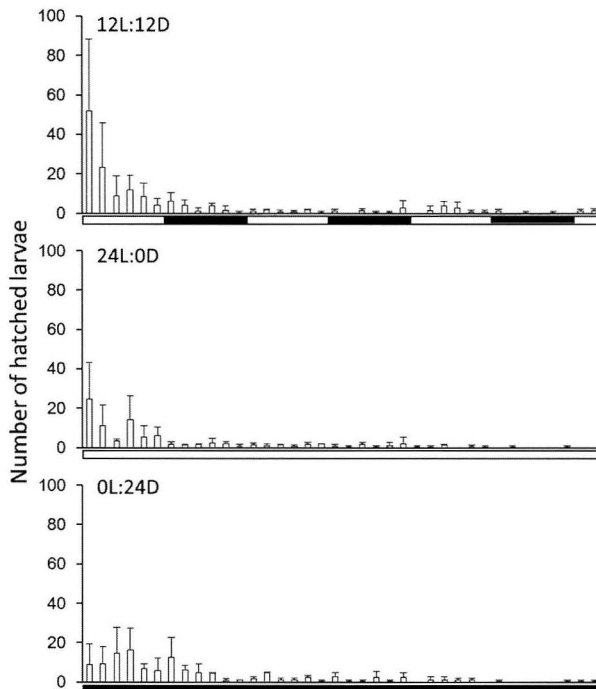


Fig. 3. The mean number (+SD) of hatched *N. girellae* larvae counted at 2 h intervals under controlled light condition with LED lamp. Light and dark conditions are indicated by the white and black bars on the x-axis, respectively.

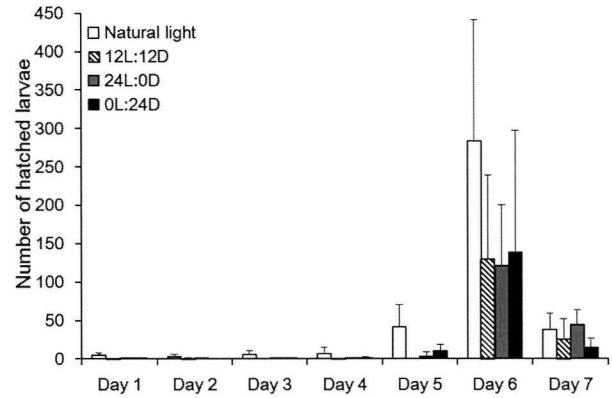


Fig. 4. The mean number (+SD) of hatched *N. girellae* larvae counted daily at post-experimental period. Eggs from all the treatment groups were placed under natural light condition. The treatment groups during the experiment were indicated by different bar colors.

一方、LED照明で明暗期を調整した区では、自然光下のような明確なふ化リズムはみられなかった。しかし、12L:12D区では明期と暗期にふ化した幼生の割合はそれぞれ84.3%と15.7%であり、自然光区同様、明期に多くふ化していた (Wilcoxon, $Z = -2.88$, $p = 0.004$, Fig. 3)。自然光, 12L:12D, 24L:0D, 0L:24Dを同時に比較した実験では、ふ化した幼生の総数はそれぞれ 288 ± 152.6 虫, 150 ± 69.8 虫, 93 ± 46.5 虫, 115 ± 63.8 虫で、自然光下でのふ化幼生数は他の条件よりも顕著に多かった (Wilcoxon, $p < 0.0001$)。

実験後、全ての試験区の虫卵を自然光下に移動して1週間ふ化数を観察したところ、実験終了後からふ化幼生数は減少し、実験終了6日後に再びふ化幼生数が増加した (Fig. 4)。

LED照明12L:12D, 24L:0D, 0L:24D区の実験後1週間自然光下でふ化した幼生の総数は、それぞれ 159.0 ± 122.1 虫, 171.6 ± 98.5 虫, 165.6 ± 181.5 虫であった。一方、自然光区の実験後1週間のふ化幼生数は 383.3 ± 209.8 虫とLED照明区より倍程度多かった。LED照明下で培養した虫卵を実体顕微鏡下で観察したところ、眼点は確認できたが、虫卵内でふ化幼生が動いていないものが大半で、ふ化前に死亡している可能性が高いと考えられた。

考 察

今回の実験では複数寄生、単数寄生のどちらの場合でも *N. girellae* は昼夜を通して産卵し、明確な日周期はみられなかった。Mooney *et al.* (2008) は、同様にブリハダムシ *Benedenia seriola* の産卵について、12L:12Dで3時間毎に3日間調べたところ、目立った日周期は無かったと報告している。一方、エラムシの *Heteraxine heterocerca* や *Zeuxapta seriola* は明確な産卵リズムを

示し、総産卵数のそれぞれ45.4%と71.6%が暗期に転じた直後の3時間に集中していた (Mooney *et al.*, 2006; 2008)。また、バラマンディ *Lates calcarifer* 1尾に対して *Neobenedenia* sp. 1虫を実験的に寄生させて産卵周期を調べた研究では、明確な日周リズムがみられ、夜間の0:00~3:00に産卵のピークがあったと報告されている (Dinh Hoai and Hutson, 2014)。この近縁のハダムシを対象に類似の方法で行われた実験結果と本実験の結果が異なった理由は不明であるが、ハダムシ種の違い、宿主魚の違い等が考えられる。特に、バラマンディは夜行性であるのに対し、カンパチ、ブラックモーリーは昼行性であり、宿主の活動量が時間帯によって異なることが虫体の産卵にも影響を与えたのかもしれない。宿主を含む環境や条件によって産卵リズムがどの程度影響されるのかは今後さらに調べる必要があるだろう。

自然光下での明期の産卵数は単数寄生、複数寄生いずれの場合でも、それぞれ2時間あたり40個前後であり、単純計算すると3分程度に1個の割合で継続的に産卵したことになる。また、1虫あたりの最大産卵数もほぼ同等で2時間で125個と110個であった。すなわち、*N. girellae* の成虫は最多で毎分1個程度の産卵が可能であると考えられる。Bondad-Reantaso *et al.* (1995) によると、*N. girellae* が卵形成から産出までに要する時間は平均73秒 (最短45秒) で、小型の成虫 (虫体長 2.1~2.9 mm) の平均産卵数は約0.2個/分、大型 (虫体長 3.9~5.2 mm) のそれは約0.6個/分であった。これはウェルプレート内の虫体を観察した *in vitro* 実験の結果であるが、今回の *in vivo* 実験でもほぼ同様の結果が得られており、本種の産卵速度は発育段階によって異なるものの、数分毎に1個程度であると考えられる。Ogawa *et al.* (2014) は *N. girellae* は精包を打ち込むことで受精し、自家受精も可能であることを明らかにしている。本実験において、単数寄生でも複数寄生の場合と同等の産卵がみられた理由はこの生殖生態によるものであると考えられる。

本実験で観察された、複数寄生と単数寄生での1日の最大産卵数は、720個/虫と738個/虫で、寄生数によって産卵速度に大きな差はなく、生簀内の虫卵産出量は寄生数と比例して増加することが示された。実験時の水温は25~26°Cであったが、30°C程度の高水温期には産卵数が倍増するため (Hirazawa *et al.*, 2010)、*N. girellae* が多く発生する夏期には瞬間に膨大な数の虫卵が生簀内に放出され、生簀網に蓄積することになるため、虫が成熟する前の駆虫が極めて重要であることが改めて示された。*N. girellae* が寄生してから成熟するには水温30°Cで6日、25°Cで8日であるため (Hirazawa *et al.*, 2010)、虫卵の蓄積を防ぐには最低5~7日に1度の駆虫が必要となる。今回の実験では電照の有無や時間帯に

よって産卵数に顕著な変化は認められなかった。そのため、光環境の制御等による産卵抑制は困難であり、ハダムシ被害を抑えるには継続した駆虫と虫卵除去作業が不可欠であると考えられる。

N. girellae の自然光下でのふ化には明確な日周期があり、午前中の比較的早い時間に1日1回ふ化のピークがあった。試験1, 2のふ化のピークはそれぞれ10:00~12:00と6:00~8:00で、数時間のずれがあったが、これはおそらく試験実施時期が異なるため、日の長さや光量によって変化したためだと考えられる。Dinh Hoai and Hutson (2014) によると、*Neobenedenia* sp. のふ化は光が当たって3時間以内に最も多く (81%)、本研究の結果とほぼ一致する。しかし一方、*B. seriolae* のふ化のピークは1日2回、早朝の6:00~8:00と夕方14:00~16:00にあることが報告されており (Kearn *et al.*, 1992)、ハダムシの種によってふ化の日周リズムが異なることが示された。ハダムシのふ化幼生は寿命が短く、寄生可能な時間は限られている。例えば、*Neobenedenia melleni* ふ化幼生の寿命は30°Cで0.5~4時間であると報告されている (Li and Yang, 2002)。ふ化の日周リズムは幼生が宿主に辿り着く確率を高める適応だと考えられる。ハダムシは種によって宿主が異なり、*B. seriolae* がブリ属に特異的に寄生するのに対し、*N. girellae* は宿主特性が低く、様々な海産魚に寄生する。もしかすると、*B. seriolae* のふ化リズムはブリ属の生態に合わせたものかもしれない。

これまでの調査では、養殖場における *N. girellae* の寄生は昼間 (12:00~16:00) の表層に集中しており、ふ化が多い時刻とほぼ一致していた (Shirakashi *et al.*, 2013a)。おそらく *N. girellae* の幼生はふ化後短時間で魚に寄生していると考えられるため、ふ化が最も多い時刻に何らかの方法で寄生を抑制すれば、被害を大幅に軽減できる可能性がある。Shirakashi *et al.* (2013b) は、生簀を遮光し、ふ化幼生を明るい生簀外に移動させれば寄生を減らせる可能性があるとしている。実際、マサバ養殖生簀での試験では、遮光によって *N. girellae* の寄生が大幅に軽減されたと報告されている (Yamamoto *et al.*, 2014)。もしかすると、遮光もふ化が最も多い午前中の一定時間だけである程度の効果が得られるかもしれない。今後、*N. girellae* ふ化幼生が寄生可能な時間をより詳細に調べることで、より効果的な対策の開発に繋がるのが期待される。

実験では全ての試験区において、実験開始直後に最も多くふ化がみられたが、おそらく虫卵を取り分ける際の物理的刺激によってふ化が促進されたためだと考えられる。また、12L:12D区では明期にふ化した幼生の割合は暗期に比べ5倍以上多かったが、これはふ化が最も多かった実験開始直後が明期であったためだと考えられる。

試験2の自然光下でふ化した幼生の総数はLED照明による明暗期調整区に比べ、約2倍以上多かった。同じ水槽から同じ期間に採取した虫卵を約0.1gずつ分けて用いたにも関わらず、自然光下でのふ化幼生数は他の条件よりも顕著に多かったことから、*N. girellae*のふ化には、自然光に特有な何らかの要因、例えば特定の波長や、明け方や夕方のように徐々に増減する条件が重要である可能性が示された。また、実験終了後、1週間に渡って自然光下でふ化を観察したところ、実験終了4日後まではほとんどふ化がみられなかったが、6日目に全試験区で再びふ化幼生数が増加した。実験に使用した虫卵は数日間にわたって採取したため、おそらく実験中にふ化していた虫卵とは産卵日の異なる虫卵がふ化したと考えられる。しかし、この実験後のふ化においても、LED照明区のふ化数は自然光区の半分以下であったことから、LED照明による何らかの影響によって虫卵が正常に発育できなかった可能性もある。実験1週間以降のふ化については不明であるが、今回得られた*N. girellae*産卵とふ化の日周リズムの結果から、虫卵内で発達した幼生は明るくなるのを待って、特定の光刺激(特に自然光)に反応してふ化していると考えられる。LED照明下では、ふ化せずに死亡するのは実験で確認する必要があるが、今後光波長とふ化についてさらに詳しく調べ、ふ化を誘発もしくは抑制する光要因を特定すれば、新しい防除法開発への手がかりになるかもしれない。

謝 辞

本研究はJSPS科研費25450284および平成26~28年度文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業S1412003の助成を受けたものです。

文 献

- Bondad-Reantaso, M. G., K. Ogawa, M. Fukudome and H. Wakabayashi (1995): Reproduction and growth of *Neobenedenia girellae* (Monogenea: Capsalidae), a skin parasite of cultured marine fishes of Japan. *Fish Pathol.*, **30**, 227-231.
- Dinh Hoai, T. and K. S. Hutson (2014): Reproductive strategies of the insidious fish ectoparasite, *Neobenedenia* sp. (Capsalidae: Monogenea). *PLoS ONE*, **9**(9), e108801.
- Hirazawa, N., R. Takano, H. Hagiwara, M. Noguchi and M. Narita (2010): The influence of different water temperatures on *Neobenedenia girellae* (Monogenea) infection, parasite growth, egg production and emerging second generation on amberjack *Seriola dumerili* (Carangidae) and the histopathological effect of this parasite on fish skin. *Aquaculture*, **299**, 2-7.
- Kearn, G. C., K. Ogawa and Y. Maeno (1992): Hatching patterns of the monogenean parasites *Benedenia seriola* and *Heteraxine heterocerca* from the skin and gills, respectively, of the same host fish, *Seriola quinqueradiata*. *Zool. Sci.*, **9**, 451-455.
- Kinami, R., J. Miyamoto, T. Yoshinaga, K. Ogawa and Y. Nagakura (2005): A practical method to distinguish between *Neobenedenia girellae* and *Benedenia seriola*. *Fish Pathol.*, **40**, 63-66.
- Li, L. W. and W. C. Yang (2002): Study on the life-span of *Neobenedenia melleni* on maricultured fish, *Seriola dumerili*. *J. Xiamen Univ. Nat. Sci.*, **41**, 99-102. (in Chinese)
- Mooney, A. J., I. Ernst and I. D. Whittington (2006): An egg-laying rhythm in *Zeuxapta seriola* (Monogenea: Heteraxinidae), a gill parasite of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture*, **253**, 10-16.
- Mooney, A. J., I. Ernst and I. D. Whittington (2008): Egg-laying patterns and *in vivo* egg production in the monogenean parasites *Heteraxine heterocerca* and *Benedenia seriola* from Japanese yellowtail *Seriola quinqueradiata*. *Parasitology*, **135**, 1295-1302.
- Ogawa, K. and H. Yokoyama (1998): Parasitic diseases of cultured marine fish in Japan. *Fish Pathol.*, **33**, 303-309.
- Ogawa, K., M. G. Bondad-Reantaso, M. Fukudome and H. Wakabayashi (1995): *Neobenedenia girellae* (Hargis, 1955) Yamaguti, 1963 (Monogenea: Capsalidae) from cultured marine fishes of Japan. *J. Parasitol.*, **81**, 223-227.
- Ogawa, K., S. Shirakashi and H. Ishitani (2014): Insemination of the monogenean *Neobenedenia girellae* (Capsalidae, Benedeniinae). *Parasitol. Internat.*, **63**, 473-478.
- Shirakashi, S., S. Nakatsuka, A. Udagawa and K. Ogawa (2010): Oncomiracidial behavior of *Heterobothrium okamotoi* (Monogenea: Dicliphoridae). *Fish Pathol.*, **45**, 51-57.
- Shirakashi, S., C. Hirano, H. Ishitani and K. Ishimaru (2013a): Diurnal pattern of skin fluke infection in cultured amberjack, *Seriola dumerili*, at different water depths. *Aquaculture*, **402-403**, 19-23.
- Shirakashi, S., C. Hirano, A. b. Asmara, N. b. M. Noor, K. Ishimaru and S. Miyashita (2013b): Shading reduces *Neobenedenia girellae* infection on cultured greater amberjack *Seriola dumerili*. *Fish Pathol.*, **48**, 25-28.
- Whittington, I. D., L. A. Chisholm and K. Rohde (1999): The larvae of Monogenea (Platyhelminthes). *Adv. Parasitol.*, **44**, 139-232.
- Yamamoto, S., S. Shirakashi, S. Morimoto, K. Ishimaru and O. Murata (2011): Efficacy of oral praziquantel treatment against the skin fluke infection of cultured chub mackerel, *Scomber japonicus*. *Aquaculture*, **319**, 53-57.
- Yamamoto, S., A. Fukushima, K. Ishimaru and S. Shirakashi (2014): Shading of net cage is an effective control measure against skin fluke *Neobenedenia girellae* infection in chub mackerel *Scomber japonicus*. *Fish. Sci.*, **80**, 1021-1026.
- Yoshinaga, T., T. Nagakura, K. Ogawa and H. Wakabayashi (2000): Attachment-inducing capacities of fish tissue extracts on oncomiracidia of *Neobenedenia girellae* (Monogenea, Capsalidae). *J. Parasitol.*, **86**, 214-219.

ハダムシ *Neobenedenia girellae* の産卵とふ化の日周リズム

平野千早・石丸克也・白樫 正

異なる明暗条件下で、ネオベネデニアの産卵とふ化の日周リズムを調べた。被寄生カンパチ稚魚およびブラックモーリーを透明もしくは黒色容器に収容し、室内自然光と暗黒下で産出された虫卵を2時間毎に3日間数えた。産卵は光の有無に関係なく昼夜を通してみられ、明確な日周リズムは認められなかった。また、ネオベネデニア卵のふ化について、自然光またはLED照明で明暗期を調整した光条件で調べた。その結果、自然光下では1日1回、午前中にふ化のピークがあり、1日2回、早朝と夕方方にふ化するブリハダムシ *Benedenia seriolae* とは異なることがわかった。一方、LED照明による明暗条件下では明確な周期はみられず、ふ化した幼生の総数が顕著に少なかった。

魚病研究, 50 (1), 23–28 (2015)