Pseudodactylogyrus spp. のウナギ寄生に対する高水温処理の効果

田中 眞*・佐藤孝幸・松山 創

(2009年2月3日受付)

Efficacy of High Water Temperature Treatment against *Pseudodactylogyrus* spp. Infection in Japanese Eel

Makoto Tanaka*, Takayuki Satoh and Hajime Matsuyama

Hamanako Branch, Shizuoka Prefectural Research Institute of Fishery,
Shizuoka 431-0214, Japan

(Received February 3, 2009)

ABSTRACT—We investigated seasonal changes in the abundance of *Pseudodactylogyrus* spp. (Pd) in Japanese eel *Anguilla japonica* in culture ponds. For this purpose, the number of parasite eggs floating in the rearing water was counted as an indicator. In spring, the average number of floating eggs was 40.3 (SD= 53.2) per liter of rearing water, which was maintained at 28–30°C by heating. In summer, the water temperature increased up to 30°C or higher without heating. During this period, the number of floating eggs was high at 30°C and was low at ≥ 32°C. The number of floating eggs was the highest (maximum number of eggs, 1,678 per liter) in autumn when the temperature ranged from 23°C to 30°C. In winter, the number of eggs was again low. On the basis of these results, we reared eels infected with Pd in fresh water at 29°C, 32°C and 35°C for 20 days to control this parasitic disease. Parasites did not decrease in number at 29°C, but clearly decreased at 32°C, and almost disappeared at 35°C within 5 days. When heavily infected eels were maintained at 35°C for 5 days in a greenhouse pond, mortality due to the infection clearly decreased.

Key words: *Pseudodactylogyrus* spp., *Anguilla japonica*, water temperature, control, seasonal change

Pseudodactylogyrus 属の単生虫は、わが国におけるニホンウナギ *Anguilla japonica* に被害を与えるばかりか、ヨーロッパおよびアメリカ合衆国に伝播し、それぞれヨーロッパウナギ *A. anguilla* およびアメリカウナギ *A. rostrata* に深刻な被害を与えている (Buchmann *et al.*, 1987; Hayward *et al.*, 2001)。シュードダクチロギルス症の治療に関しては、塩化ナトリウム、ホルマリン、トリクロルホンおよびアンモニアが成虫に対する駆虫効果を有することが報告されている (Chan and Wu, 1984; 堀内ら, 1988; 今田・室賀, 1979)。また、Umeda *et al.* (2006) は過マンガン酸カリウム、トリクロルホン、メチレンブルー、塩化ナトリウムおよび塩素について、本虫の卵および孵化幼生 (オンコミラキジウム) に対する駆除効果を報告している。さらに、デンマークのウナギ養殖では MBZ (methyl-5-benzoylbenzimidazole carba-

mate) が *Pseudodactylogyrus* 感染に対して駆虫目的で広く使用されている (Buchmann and Bjerregaard, 1990a; Buchmann and Bjerregaard, 1990b; Møllergaard, 1990)。しかし、我国には本虫の駆除に使用できる水産用医薬品が承認されていないことから、本病の対策の確立が望まれている。

今田・室賀 (1977) は露地池で飼育されているヨーロッパウナギの *P. microrchis* (= *P. anguillae*) について寄生数の季節変化を調査し、本虫は夏から秋にかけて水温 28–30°C で急激に増殖し、冬に減少することを報告している。現在、わが国のウナギ養殖ではハウス加温式が主流となり、水温は周年 28–30°C に保たれ、露地池養殖が中心で水温が外気温の影響を受けた 1970 年代とは飼育環境が大きく異なっている。このような飼育状況の変化の中、本研究では本病治療対策の一環として、民間養殖場における本虫の寄生状況を池水中に浮遊する本虫卵を指標に調査し、本虫の増殖が高水温により抑制されていることが推定された。また、この結果を基に本虫寄生

静岡県水産技術研究所浜名湖分場

* Corresponding author

E-mail: makoto1_tanaka@pref.shizuoka.lg.jp

と飼育水温との関係について水槽で実験したところ、32°C以上の高水温飼育により寄生数が減少することが明らかとなり、この現象を利用して本病の治療が可能となった。ここにこれらの結果を報告する。

なお、本研究では *Pseudodactylogyrus anguillae* と *P. bini* が混在していたことから、以下、両者を合わせて Pd と表記し、調査時点での両者の出現割合を記した。

材料および方法

供試魚

静岡県水産技術研究所浜名湖分場で26°Cの淡水を用い、流水（換水率500%以上/日）でシラス期から飼育したニホンウナギを供試魚とした。この供試魚には *P. anguillae* および *P. bini* が自然寄生しているが、その他の感染症および投薬の経歴はなかった。

飼育方法

供試魚の飼育には底面 8 m²、深さ1.2 m（水深 0.5 m）の 8 角形コンクリート製水槽を使用した。水温はボイラーで設定水温±0.5°Cに調整した。餌は市販のウナギ用配合飼料にフィードオイルを10%添加し、毎日魚体重の1～2%を与えた。試験時には換水率を約15%/日に下げて飼育した。

Pd 寄生数と浮遊卵数の関係

供試魚300尾（平均体重 82.4 g）を使用し、前述の方法により水温28°Cで飼育した。飼育開始後、3、10、16、23、29および35日目に供試魚を10尾ずつ取り上げ、鰓1枚当りの Pd 寄生数を計数した。供試魚の取り上げと同時に飼育水中に浮遊している卵を計数し、Pd 寄生数と浮遊卵数の相関関係を検討した。

民間養殖場の池水中に浮遊する Pd 卵数の季節変化

浜名湖周辺の12の民間養殖場の飼育池各1面を対象として、2007年5月、8月、11月および2008年2月に池の表層から池水を採水し、Pd 浮遊卵数の季節変化を調査した。

5月および8月の調査では12面を調査し11月には養殖を終了した4業者を除く8面を、2月には4面を調査した。採水時には調査対象となった池の午前9時の水温および飼育状況を聞き取った。また、今回の調査対象池の3面について、その池で飼育されているウナギに寄生している Pd の種類の出現割合を調査した。

飼育水温と Pd 寄生数の関係

前述の方法により供試魚を約3週間予備飼育（水温28°C）し、Pd の寄生数を増加させたウナギを試験魚とした。

試験は2回実施し、試験1では Pd が鰓葉1枚当たり約100尾寄生している試験魚342尾（平均体重 182.1 g）を飼育水と共に同型水槽3面にほぼ同数分養した。分養後、29°C、32°Cおよび35°Cの3段階に水温を設定し、その他は同じ条件で飼育を継続した。分養前と分養直後、分養後5、10、15および20日目に各試験区から10尾ずつ無作為にウナギを取り上げ、Pd 寄生数を計数した。

試験2では、Pd が鰓葉1枚当たり約50尾寄生している供試魚277尾（平均体重 189.6 g）を同型水槽2面に分養し、水温28°Cおよび35°Cで飼育した。分養後1、3、5および10日目にウナギを10尾ずつ取上げ、Pd 寄生数を計数した。

また、試験魚に寄生している Pd の種類の出現割合を分養直前に調査した。

Pd 卵孵化に及ぼす飼育水温の影響

P. anguillae のみ寄生の確認された群のウナギ15尾（平均体重 120 g）を、75 L 容水槽（水量 15 L）に収容し、1時間後ウナギを取上げ飼育水中に産卵された Pd 卵を全量回収した。回収した202個の卵を96穴マイクロプレートに1穴あたり1から3個収容し（1区：30～48個）、15°C、20°C、25°C、30°Cおよび35°Cの暗所に保った。収容した Pd 卵は12時間ごとにふ化状況を換水なしで30日間観察した。

民間養殖場での治療試験

民間養殖場で発生した本病に対して昇温による治療を試みた。広さ 250m²、水深 0.6 m のハウス加温式の池にシラスウナギ約10万尾を収容し、30°Cで飼育を始めたところ、開始5日目に6尾が死亡し、ひん死魚の鰓には多数の *P. anguillae* および *P. bini* が確認された。外部症状から他の感染症の可能性が低かったため、確認当日から2日間かけて35±1°Cへ昇温し、5日間保った。昇温処理後は30±1°Cで飼育し、昇温前後の死亡状況の変化により治療効果を判定した。

Pd 浮遊卵の回収と計数方法

Pd 浮遊卵調査時の採水量は5 Lとした。採水した池水は目合い 100 μm のメッシュで大きな異物を取除き、このろ過液を再度目合い 45 μm のメッシュにかけ、メッシュに残った Pd 卵を回収した。回収物をプランクトン計数板に広げ、顕微鏡下で大きさ 50～100 μm の卵円形で1端に柄を持つものを Pd 卵として計数した。

Pd 寄生数の計数方法

ウナギをアミノ安息香酸エチルで麻酔し、鰓を切り出し、左側第2鰓葉のウェットマウント標本作製し、顕微鏡下で鰓の両面に寄生している Pd を計数した。

Pd 種類の判別方法

切出した鰓を0.2%ホルマリン水の入ったスピッツ管に10分間浸漬した後、ボルテックスで約30秒間攪拌してPdを鰓から剥離した。その後、鰓を取り除き、3,000 rpm、5分間の遠心分離により得られた沈殿物をスライドグラス上に塗布し、カバーガラスをかけて顕微鏡により観察した。確認されたPdについては鉤の大きさを計測し、Ogawa and Egusa (1976) の分類に従い、その大きさの違いから *P. anguillae* と *P. bini* に区別した。

結 果

Pd 寄生数と浮遊卵数の関係

水温28°Cで飼育したウナギのPd寄生数と浮遊卵数の関係を調査したところ、Pd寄生数および浮遊卵数は時間の経過とともに増加した。飼育開始から23日目に最高数に達し、その後35日目まで安定していた。このときのPd寄生数と浮遊卵数の間には高い相関が見られた (Fig.1)。なお、この試験の供試魚に寄生していたPdは、*P. anguillae* が90%、*P. bini* が10%であった (n = 20)。

Fig. 1. Relationship between the number of *Pseudodactylogyrus* spp. on the second gill of eel *Anguilla japonica* and eggs floating in the rearing water of a culture pond.

養殖池中に浮遊するPd卵の季節変化

調査した飼育池12面の浮遊卵数の季節変化について、飼育水温と共に Table 1 に示した。飼育水温は年間を通して28°Cから30°Cに設定され、春季の各池の水温は設定水温±1°Cに保たれていた。春季、浮遊するPd卵の数は0から175.2個/Lと池により大きな差があり、平均40.3個/L (SD = 53.2) であった。ハウス内では、夏季の飼育水温は設定温度を超えて自然に上昇し、多くの池の水温が32°C以上となっていた。水温が32°C以上に上昇した池 (S1, S2, W3, W5, W6, W8, W9) では浮遊卵数は春季に比べ減少し、34°Cの池 (W4) では全く確認されなかった。秋季になり飼育水温が低下すると浮遊卵数は増加し、その数は多くの場合春季以上であった。しかし、冬季の浮遊卵数は減少していた。年間を通して飼育水温が30°C以下に保たれていた池 (W1, W7) では、春季から夏季へ、夏季から秋季へと浮遊卵数は増加し、冬

Table1. Seasonal changes in the number of floating *Pseudodactylogyrus* eggs in the rearing water of eel culture ponds

Pond*	Number of egg / L rearing water (WT °C)			
	May	Aug.	Nov.	Feb.
S1	0 (28)	0 (30)	ND (ND)	ND (ND)
S2	0 (30)	0 (32)	ND (ND)	ND (ND)
S3	20.6 (30)	15.2 (32)	ND (ND)	ND (ND)
S4	68.8 (30)	0.4 (33)	ND (ND)	ND (ND)
W1	3.2 (30)	28.8 (30)	0 (23)	ND (ND)
W3	2.0 (28)	1.2 (32)	0.8 (28)	0 (28)
W4	8.0 (29)	0 (34)	51.2 (28)	44.8 (27)
W5	25.2 (31)	1.6 (33)	4.8 (27)	ND (ND)
W6	30.4 (30)	12.8 (32)	329.6 (30)	ND (ND)
W7	44.8 (29)	136.8 (30)	334.4 (28)	113.6 (26)
W8	105.6 (29)	25.6 (33)	112 (29)	57.6 (28)
W9	175.2 (28)	9.6 (33)	1678.4 (25)	ND (ND)

*: Eels in Group S reached the marketable size (180 g) within a year, while many eels in Group W took longer than one year to the size.
ND: not determined.

季には減少する傾向が認められた。養殖形態による寄生の差異を見ると、1年以内に飼育を終了する単年養殖の形態 (S) が浜名湖周辺地域には4業者あり、今回の調査ではこれら4業者の飼育池4面中2面で調査期間を通して浮遊卵が検出されなかった (S1, S2)。なお、W9池の秋季調査で8,392個の浮遊卵が検出された。この池のウナギは調査時に摂餌不良にあり、1枚の鰓葉に1,500虫以上のPdが寄生しているものも存在した。また、調査池のウナギに寄生していたPdの種類は池により大きく異なり、*P. anguillae* が24~99%および*P. bini* が1~76%であった。

Pd 寄生が成魚に与える飼育水温の影響

試験1: Pdが寄生しているウナギを、水温29°C、32°Cおよび35°Cの3面に分けて飼育したときの、左側第2鰓葉に寄生するPd数の平均の推移を Fig. 2 に示した。29°C区では、寄生数に若干の増減が見られたものの、試験期間中平均100個体前後で推移し、飼育期間による寄生数に有意差は認められなかった (Kruskal-Wallis 検定: $p > 0.05$)。32°C区では飼育開始後5日目から10日目にか

Fig. 2. Changes in the number of *Pseudodactylogyrus* spp. on the second gill of eel *Anguilla japonica* reared under different water temperatures (Test 1). Significant differences were detected between numbers with different letters (Scheffe test, $p < 0.01$).

けて寄生数は飼育開始時の約4割に減少した。15日目から20日目にかけて1割以下になり、寄生数は緩やかに減少する傾向が認められた。このとき、飼育期間による寄生数に有意差が認められ (Kruskal-Wallis 検定: $p < 0.01$), 多重比較により飼育開始0日目と15日目および20日目との間に有意差が認められた (Scheffe 法: 15日目および20日目ともに $p < 0.01$)。35°C区では、5日目に平均0.2尾となってPdはほとんど見られなくなり、その後、Pd寄生は確認されず、35°CではPdは消失することが明らかとなった。0日目と5日目で寄生数に有意差が認められた (Kruskal-Wallis 検定: $p < 0.01$)。なお、本試験では同じ池で飼育していたウナギを3面に分けて供試した。このときのPd寄生数は分養前平均93.7個体、分養直後平均93.5個体であり、分養前および分養後の3面の試験区間において寄生数に差は認められなかった (Kruskal-Wallis 検定: $p > 0.05$)。本試験におけるPdの比率はP

Fig. 3. Changes in abundance of *Pseudodactylogyrus* spp. on the second gill of eel reared under different water temperatures (Test 2). Significant differences were detected between numbers with different letters (Scheffe test, $p < 0.01$).

bini が86%および、*P. anguillae* が14%であった。

試験2: 28°Cを対照に35°Cでの時間経過による減少をより詳細に検討した (Fig. 3)。28°C区の寄生数は試験期間中大きな変化はなく、平均38.1個体で10日間推移し、飼育期間による寄生数に有意差は認められなかった (Kruskal-Wallis 検定: $p > 0.05$)。これに対し35°C区の寄生数は1日目で平均約20個体となり、その後、3日目では平均6.9個体、5日目では平均0.5個体と減少し、10日目には全く確認されなくなった。このとき、飼育期間による寄生数に有意差が認められ (Kruskal-Wallis 検定: $p < 0.01$), 多重比較により飼育開始0日目と3日目および5日目との間に有意差が認められた (Scheffe 法: 3日目および5日目ともに $p < 0.01$)。なお、本試験におけるPdの比率は*P. bini* が72%および*P. anguillae* が28%であった。

P. anguillae 卵孵化に及ぼす飼育水温の影響

P. anguillae 卵孵化に及ぼす飼育水温の影響を検討した結果をTable 2に示した。*P. anguillae* は20, 25および30°Cでは全ての卵が眼点出現まで発生が進み、その割合は15°Cおよび35°Cにおいても96.6%と83.3%と、いずれの水温においても高かった。水温区間の発眼率には有意差が認められたが (Fisherの正確確率検定: $p < 0.05$), 多重比較では各試験区の間には差は認められなかった (Holm 法: $p > 0.05$)。ふ化率は15~30°Cで80%以上と高い値を示し、ふ化までの期間は水温が高いほど短い傾

Table 2. Hours required from egg laying to hatch and hatching rate of *P. anguillae* eggs at different temperatures

Water temperature	Number of eggs used ^{*1}	Eyed rate ^{*2} (%)	Time required for egg hatching ^{*3} (h)	Hatching rate ^{*4}
15°C	45	96.6	300–612	86.7 ^a
20°C	46	100	108–216	95.7 ^a
25°C	33	100	72–120	87.9 ^a
30°C	48	100	48– 96	95.8 ^a
35°C	30	83.3	72–120	46.7 ^b

*1: 202 eggs laid by *P. anguillae* within 1 h were used.

*2: Eyed rates were not significantly different (Holm's test after Fisher's exact test, $p > 0.05$)

*3: Eggs were observed at every 12 hours until 720 h from the start.

*4: Values followed by the same letter within a column were significantly different (Holm's test after Fisher's exact test, $p < 0.05$)

向があった。35°Cでのふ化率は46.7%と低かった。水温区間のふ化率には有意差が認められ（Fisherの正確確率検定： $p < 0.05$ ）、多重比較により15から30°Cと35°Cとの間に差が認められた（Holm法： $p < 0.05$ ）。

民間養殖場での治療試験

民間養殖場で発生した本病に対して35°C、5日間の治療試験を実施したところ、30°Cから2日間かけて35°Cに昇温した処理当日は飼育魚約10万尾中の146尾、翌日は262尾が死亡したが、処理3日目には86尾と減少に転じた。その後も死亡数は減少し、6日目には死亡数は10尾以下になったことから、2日間かけて水温を30°Cに下げた。通常の飼育水温に戻った後、死亡数が増加することにはなかった。

考 察

Pd浮遊卵数をPd寄生数の指標として用いる妥当性を検討するために、Pd寄生数と浮遊卵数の関係を調査したところ、両者の間には高い相関が認められた。しかし、この回帰係数はPdの産卵速度に影響する水温、卵の池外への流出に関係する換水率、卵の浮遊密度に影響するウナギの飼育密度などの要因により養殖業者や飼育池ごとに変化するものと推察される。したがって、浮遊卵数から正確なPd寄生数を推定することは困難であるが、同一業者の同一池ならばPd寄生数の多少を示す指標として、飼育水中の浮遊卵数は適当であると考えられる。

この結果を基に、養殖池中に浮遊するPd卵により、ウナギに寄生するPdの季節変化を推定したところ、Pdは30°C以下に水温を維持している池では増加するが、32°C以上では減少し、34°Cでは消失する傾向が認められた。今田・室賀（1977）は*P. microrchis*（=*P. anguillae*）の寄生数が夏から秋にかけて顕著に増加し、9月ないし10月にピークを迎え、11月から12月にかけて減少し、この夏から秋にかけての増加は水温25°C以上の時期にはほぼ一致することから、寄生数の増加は*P. microrchis*が28～30°Cで急速に増殖することに起因することを報告してい

る。この結果は現在の養殖場で夏季水温を30°C以下に抑えている養殖場の浮遊卵の増加パターンと一致し、夏季32°C以上に水温が上昇しPd卵が減少あるいは消失する現象は、現在のハウス加温式養殖の特徴と考えられる。

Slotved and Buchmann（1993）はPdの感染を経験したヨーロッパウナギは感染していない魚に比べて再感染時に寄生数が少ないことから細胞性の非特異的な防御メカニズムの関与を報告している。また、Fang et al.（2008）のPd感染後6週間にわたる飼育実験では、ニホンウナギは再感染の機会がある3週間で降も寄生数は増加しなかったことを報告している。ハウス加温養殖では冬季に飼育水温等の飼育条件が秋季と変わらないにもかかわらず、浮遊卵数の減少が見られたことから、ウナギは長期間のPd寄生により本虫に対する抵抗性を獲得するものと推察される。

養殖形態を見ると、単年度養殖では浮遊卵が検出されないことがあった。このことから、Pd寄生のない健全な種苗を用いることで、防疫管理を徹底すれば本病の発生を防止できると考えられる。また、単年度養殖でもPd卵が検出されることがあったが、これらの池は他の養殖業者の池が隣接しているか、加工を手がけていて、常時ウナギの出入りのある業者であり、どちらも飼育水を介してPd寄生魚との接触の可能性のある池であった。

なお、今回養殖池水中に存在するPd卵を形態のみから判断し、Pdの推定を行っている。コイ科魚類やスズキ等に寄生する*Dactylogyrus*属の卵がPd卵と類似しているが（小川，2004）、今回調査した養魚場ではこれらの魚種が混養されていないこと、および地下水の利用により類似卵の混入の可能性がないことから、観察された卵はすべてPd卵と推定された。

次に、Pd寄生魚を用い、Pd寄生に与える飼育水温の影響を検討したところ、水温35°CではPdは消失し、水温32°Cでは減少するものの、35°Cと比べると減少速度は緩やかであった。この結果は前述の養魚場調査で8月の浮遊卵数が水温32°C以上で減少し、34°Cでは消失した結果を裏付けた。また、Buchmann（1988）は、*P. anguillae*

の成虫が34°Cではヨーロッパウナギ上で17日間生残していることを報告している。今回の35°C、10日で間消失した結果と比較すると、Pdは34°Cと35°Cでは生残性において大きな違いが認められるものと推定される。試験2の結果を合わせて考えると、この高水温飼育は1日で寄生数の減少が見られるものの、殆どのPdを駆除するためには5日間の処理が必要であると考ええる。また、今回の試験で使用したPdは*P. bini*と*P. anguillae*が混在していたことから、温度処理はどちらの種に対しても効果的であると考えられる。

なお、池には多数のPd卵が浮遊していることから、これら浮遊卵からの再感染を防ぐことも必要である。*P. bini*卵は34°Cでは発生は進むが、ふ化しないことが報告されている(Buchmann, 1988)こと、および*P. anguillae*は今回の試験結果から35°Cではふ化率は15から30°Cに比べ有意に低く、また、5日以内にふ化していることから、35°C、5日間の処理は寄生するPdの駆除のみならず、浮遊卵からの再感染防止も十分に期待される。

以上のように、養殖場で発生した本病に対し、35°C、5日間の処理は治療方法として有効であることが明らかとなった。ウナギ養殖では35°Cで治療が可能な疾病として、すでにウイルス性血管内皮壊死症が報告されている(田中ら, 2008)。この疾病の場合、35°Cではウイルス自体は不活化されないことから、35°Cの治療効果のメカニズムは明らかにされていない。Pd症の場合では、35°C、5日間の飼育により鰓からPdが脱落することから、治療効果のメカニズムは明らかである。また、現在のハウス加温式養殖では夏季の飼育水温は、換水率の向上や換気等の水温を下げる操作を行わなければ、自然に35°C程度まで上昇する。したがって、この季節に全ての池でいっせいに水温を35°Cに上げて5日間以上飼育することで、養殖場からPdを駆除できるものと推察される。

なお、汽水域の天然ウナギから*P. kamegaili*が報告されているが(Iwashita et al., 2002)、本虫については今回の調査の中では確認できなかった。

謝 辞

本研究遂行にあたり有益なる御助言をいただいた日本水産株式会社中央研究所梅田奈央子氏、また、調査に御協力いただいた浜名湖養魚漁業協同組合組合員の皆様に感謝する。

文 献

Buchmann, K. (1988): Temperature-dependent reproduction and survival of *Pseudodactylogyrus bini* (Monogenea) on the European eel (*Anguilla anguilla*). *Parasitol. Res.*,

75, 162–164.

Buchmann, K. and J. Bjerregaard (1990a): Mebendazole treatment of pseudodactylogyrosis in an intensive eel-culture system. *Aquaculture*, **86**, 139–153.

Buchmann, K. and J. Bjerregaard (1990b): Comparative efficacies of commercially available benzimidazoles against *Pseudodactylogyrus* infection in eels. *Dis. Aquat. Org.*, **9**, 117–120.

Buchmann, K., S. Møllergaard and M. Køie (1987): *Pseudodactylogyrus* infection in eel: a review. *Dis. Aquat. Org.*, **3**, 51–57.

Chan, B. and B. Wu (1984): Studies on the pathogenicity, biology and treatment of *Pseudodactylogyrus* for the eels in fish-farms. *Acta Zool. Sin.*, **30**, 173–180.

Fang, J., S. Shirakashi and K. Ogawa (2008): Comparative susceptibility of Japanese and European eel to infections with *Pseudodactylogyrus* spp. (Monogenea). *Fish Pathol.*, **43**, 144–151.

Hayward, C. J., M. Iwashita, J. Crane and K. Ogawa (2001): First report of the invasive eel pest, *Pseudodactylogyrus bini*, in North America and in wild American eels. *Dis. Aquat. Org.*, **44**, 53–60.

堀内三津幸・桑原 章・相馬武久・中田 実 (1988): 養殖ウナギのシュードダクチロギルス症に対するアンモニア水長時間薬浴の有効性. 水産増殖, **35**, 259–263.

今田良造・室賀清邦 (1977): 養殖ウナギの鰓に寄生する *Pseudodactylogyrus microrchis* (単生目)–I 寄生数の季節的变化. 日本水産学会誌, **43**, 1397–1401.

今田良造・室賀清邦 (1979): 養殖ウナギの鰓に寄生する *Pseudodactylogyrus microrchis* (単生目)–III トリクロロンによる実験的駆虫. 日本水産学会誌, **45**, 25–29.

Iwashita, M., J. Hirata and K. Ogawa (2002): *Pseudodactylogyrus kamegaili* sp. n. (Monogenea: Pseudodactylogyridae) from wild Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Parasitol. Int.*, **51**, 337–342.

Møllergaard, S. (1990): Mebendazole treatment against *Pseudodactylogyrus* infection in eel. *Aquaculture*, **91**, 15–21.

小川和夫 (2004): ダクチロギルス症・シュードダクチロギルス症, 魚介類の感染症・寄生虫病, 江草周三監修, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 354–358.

Ogawa, K. and S. Egusa (1976): Studies on eel pseudodactylogyrosis – I Morphology and classification of three eel dactylogyrids with a proposal of a new species, *Pseudodactylogyrus microrchis*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **42**, 395–404.

Slotved, H. C. and K. Buchmann (1993): Acquired resistance of the eel, *Anguilla anguilla* L., to challenge infections with gill monogeneans. *J. Fish Dis.*, **16**, 585–591.

田中 眞・佐藤孝幸・馬 文君・小野信一 (2008): ウナギのウイルス性血管内皮壊死症に対する昇温処理および無給時の効果. 魚病研究, **43**, 79–82.

Umeda, N., H. Nibe, T. Hara and N. Hirazawa (2006): Effect of various treatments on hatching of eggs and viability of oncomiracidia of the monogenean *Pseudodactylogyrus anguillae* and *Pseudodactylogyrus bini*. *Aquaculture*, **253**, 148–153.