短 報

庄内川の天然アユおよびその他数種の
魚類におけるイカリムシ
Lernaea cyprinacea の
寄生状況好峯 侑¹・一色 正^{1*}・間野静雄¹
Kay Lwin Tun²・良永知義²

(2014年12月10日受付)

Occurrence of *Lernaea cyprinacea*
(Copepoda) in Wild Ayu
Plecoglossus altivelis and
Several Other Fishes in the
Shonai River, JapanYu Yoshimine¹, Tadashi Isshiki^{1*}, Shizuo Aino¹,
Kay Lwin Tun² and Tomoyoshi Yoshinaga²¹Graduate School of Bioresources, Mie University,
Mie 514-8507, Japan²Graduate School of Agricultural and Life Sciences,
The University of Tokyo, Tokyo 113-8657, Japan

(Received December 10, 2014)

ABSTRACT—*Lernaea cyprinacea*, known as an anchor worm, was found on wild ayu *Plecoglossus altivelis* collected in the Shonai River, Japan, from early June to middle September 2013, with the maximum prevalence of 64.3% in late August. The prevalence was positively correlated with water temperature and standard length of the fish. Most (90%) of parasites were found at the base of the fins. Impact of the parasite on ayu populations might be supported by high prevalence in individuals detained downstream. The parasite also infected four other fishes including *Rhinogobius giurinus*, *Pseudogobius esocinus*, *Mugil cephalus cephalus*, and *Carassius auratus langsdorffii*; the former three fishes were new hosts for *L. cyprinacea* in Japan.

Key words: *Lernaea cyprinacea*, anchor worm, *Plecoglossus altivelis*, ayu, new hosts

イカリムシ *Lernaea cyprinacea* は世界中に広く分布する淡水魚の寄生虫である。多数のイカリムシが寄生した養殖魚では、その固着部位における炎症や粘液過剰分泌

を伴った壊死や潰瘍の形成、およびそれら病変部からの細菌や真菌などの二次感染により、衰弱して死亡することがある。このため、我が国におけるイカリムシの研究は主に養殖魚を対象に行われ、多くの知見が得られている(笠原, 1962)が、天然魚におけるイカリムシの寄生生態に関する知見は乏しい。

庄内川は岐阜県と愛知県を流れ、伊勢湾に注ぐ本川流路延長 96 km の一級河川で、近年では環境の改善に伴って天然アユ *Plecoglossus altivelis* の遡上が見られるようになった。庄内川におけるアユの資源調査によると、河口から約 17 km にある小田井堰堤までの下流域が現在の主な生息域と考えられている。しかし、この水域において 3 – 5 月の遡上期に増加したアユの個体数は 8 月中旬以降になると激減し、産卵期である 9 – 10 月にはほとんど確認できなくなることが知られている^{*1}。このことは、庄内川に遡上してきたアユが再生産に関与できていないことを示唆しており、アユの資源増殖に関わる重要な問題であるが、その原因についてはわかっていない。

2012年 8 月に小田井堰堤下に滞留していたアユにおいて、イカリムシの寄生が確認された。一般に、イカリムシは流れのある河川に生息している魚類での寄生率は低く、宿主魚に害を与えることは少ないが、閉鎖した陸水環境では寄生率が高くなり、病害を引き起こすことがある (Demaree, 1967)。このことから、小田井堰堤の下流域に滞留しているアユ群にイカリムシの寄生による病害が発生し、その個体数の減少に影響を及ぼしている可能性が考えられる。天然アユにおけるイカリムシの寄生に関しては 2 つの報告 (中井, 1927; 松井・熊田, 1928) があるが、寄生率などの詳細な情報は含まれていない。本研究では、2013年 5 – 10 月に庄内川小田井堰堤下で採捕されたアユおよびその他数種の魚類におけるイカリムシの寄生動態を調査した。

材料および方法

供試魚および水温

愛知県名古屋市長小田井堰堤 (北緯 35°12'41", 東経 136°53'26") の下流側約 550 m までの水域 (約 42,500 m²) において、目合いが 18, 21 あるいは 26 節の投網を用いて 2013 年 5 月 3 日 – 10 月 13 日に採集したアユ (計 627 尾)、および 6 月 8 日 – 9 月 26 日に採集したその他 11 種の魚類 (計 190 尾) を供試した。調査定点の水温は、水温ロガー (HOBO, Onset Computer Corporation) を用いて 1 時間毎に測定し、調査日別平均水温を求めた。

寄生の検査

供試魚の標準体長および体重を測定したのち、体表、鰭、口腔および鰓腔を肉眼で観察し、イカリムシ雌成虫の寄生の有無と寄生部位別の虫体数を検査した。アユ、ゴクラクハゼ、カマツカ、ボラから採集した合計 10 虫体をグリセリンで透徹後、形態を観察し、同定を試みた。

¹ 三重大学大学院生物資源学研究所² 東京大学大学院農学生命科学研究科

* Corresponding author

E-mail: isschiki@bio.mie-u.ac.jp

^{*1} 間野静雄ら (2013): 平成 25 年度日本水産学会春季大会講演要旨集. p. 75.

しかし、ほとんどの虫体標本が採集時に大きく損傷していたため、アユならびにゴクラクハゼから採集したそれぞれ3虫体について、Song et al. (2008) に従って、18S および 28S rRNA 領域の塩基配列を決定し、分子生物学的同定を試みた。

データの分析

供試魚におけるイカリムシ寄生の状態を記載するため、Bush et al. (1997) に従って、寄生率 (prevalence) (%) を (被寄生尾数/調査尾数) × 100 で算出した。また、供試魚から見出された寄生虫体数を寄生数とし、このうち、被寄生魚における寄生数の平均値を平均寄生数 (mean intensity) とした。

アユにおける寄生 各調査日別・月別の寄生率および平均寄生数を求めた。寄生率の月変動は Holm 法の比率の多重比較により、日別平均水温と寄生率との関係はスピアマン順位相関係数検定により調べた。体長別の寄生状況を調べるために、全供試魚を 10 mm 毎に区分し、各体長範囲の供試魚における寄生率を求めた。体長 130 mm 以上の供試魚では本虫の寄生が確認されなかったため、体長と寄生率との関係は 130 mm 未満のデータを用いてピアソンの相関係数で検定した。各供試魚の肥満度と寄生数との関係は、スピアマン順位相関係数検定で調べた。また、魚体部位による寄生数の差異を調べた。

アユ以外の魚種における寄生 各調査日別の寄生率および全供試魚における寄生数の平均値と範囲を求めた。

結 果

種の同定

形態観察した虫体 (全長: 8.0–9.5 mm) のうち、1 虫体 (ボラから採集) のみは種の同定で重要な形態形質である頭部の構造がよく保存されていた。この個体の頭部は、背面と腹面に角状突起が存在し、腹面の突起は背面の突起に比較して長く先端が二叉していた。また、躯幹部の形態が保存されていた 1 虫体 (ゴクラクハゼから採集) では躯幹に 5 対の遊泳脚が観察された。これらの形態は、Robinson and Avenant-Oldewage (1996) による *L. cyprinacea* 記載と合致した。また、異なる魚種から得られた虫体間で明瞭な形態学的違いは観察されなかった。しかし、形態形質のみでの種同定は困難であった。一方、塩基配列の決定に供したアユおよびゴクラクハゼから得た各 3 虫体の 18S rRNA 遺伝子部分塩基配列 (1,498 bp) と 28S rRNA 遺伝子 D1–D2 領域塩基配列 (712 bp) はそれぞれ単一の配列を示し (GenBank accession No. KP235363 and KP235364), いずれも既報の *L. cyprinacea* の 18S rRNA 遺伝子の塩基配列 (DQ107554-107557) および 28S rRNA 遺伝子の塩基配列 (DQ107546-104958, KM281817) と、それぞれ 1 塩基対を除いて、99% 以上の相同性を示した。以上より、本研究で様々な魚種から得られた虫体はいずれも *L. cyprinacea* であると結論した。

アユにおける寄生

イカリムシの寄生は、6 月 8 日の供試魚 20 尾中 4 尾から初めて 4 虫体確認された (Fig. 1 および Table 1)。その後も 9 月 13 日までの全ての調査日において確認され、寄生率は 12.8% であった。また、調査日別の平均寄生数は 1.0–1.9、および最大寄生数は 3 であった。なお、寄生が確認された期間の日別平均水温の範囲は 24.5–30.6°C であった。

一方、調査日別の寄生率は、6.0–64.3% の範囲を大きく変動した。月別の寄生率の差異を解析した結果、5 月と 6 月および 6 月と 7 月の間にはそれぞれ有意差が認められ ($p < 0.05$ および $p < 0.01$), イカリムシの寄生率は 5 月から 7 月にかけて上昇していることが明らかとなった。また、調査日別の平均水温と寄生率との関係を解析した結果、両者の間には有意な正の相関が認められ ($r_s = 0.66$, $0.39 \leq r_s$, $n = 26$), 水温の上昇とともに寄生率も上昇していることが明らかとなった。

全供試魚の体長範囲は 47–193 mm であった。体長と寄生率との関係を解析した結果 (Fig. 2), 130 mm 未満の体長範囲では両者の間に有意な正の相関が認められたが ($p < 0.05$), 130 mm 以上の供試魚では全く寄生が確認されなかった。なお、130 mm 未満の体長範囲における寄生率は 40–79 mm では体長の増加に伴って直線的に増加するが、80–129 mm では 16.7–19.4% の範囲をわずかに変動する傾向を示した。

肥満度と寄生数との関係を解析した結果、両者の間には関連が認められなかった ($r_s = 0.25$, $p > 0.05$, $n = 627$)。

今回の調査で確認された 123 虫体はいずれも供試魚の体表に寄生しており、口腔、鰓腔および鰭に寄生している虫体は確認されなかった。体表における寄生部位には偏りが見られ、123 虫体中 111 虫体 (90.2%) は鰭の基部、

Fig. 1. Seasonal changes in water temperature (A) and prevalence and mean intensity of *Lernaea cyprinacea* infection in ayu (B) in the Shonai River from May to October 2013. Vertical lines associated with the mean intensity indicate standard deviations.

Table 1. Prevalence and intensity of *Lernaea cyprinacea* in wild fishes collected in the Shonai River, Japan from May to October 2013

Fish species (Scientific name)	Prevalence							Intensity		
	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Total	(%)	Mean	Range
Ayu (<i>Plecoglossus altivelis</i>)	0/120 ^{*1}	18/223	43/175	18/95	1/6	0/8	80/627	(12.8)	1.3	1–3
Paradise goby (<i>Rhinogobius giurinus</i>)	ND ^{*2}	13/15	10/12	3/4	1/1	ND	27/35	(77.1)	1.9	1–5
Common brackish goby (<i>Acanthogobius flavimanus</i>)	ND	ND	ND	0/5	ND	ND	0/5	(0)	ND	ND
Dusky tripletooth goby (<i>Tridentiger obscurus brevispinis</i>)	ND	ND	0/1	0/1	ND	ND	0/2	(0)	ND	ND
Pike gudgeon (<i>Pseudogobio esocinus</i>)	ND	1/2	0/2	0/1	0/5	ND	1/10	(10.0)	1	1
Silver crucian carp (<i>Carassius auratus langsdorffii</i>)	ND	0/6	0/1	0/2	1/2	ND	1/11	(9.1)	1	1
Pale chub (<i>Zacco platypus</i>)	ND	0/19	0/18	0/21	0/12	ND	0/69	(0)	ND	ND
Korai-moroko (<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>)	ND	ND	ND	0/1	0/7	ND	0/8	(0)	ND	ND
Japanese dace (<i>Tribolodon hakonensis</i>)	ND	ND	ND	0/1	ND	ND	0/1	(0)	ND	ND
Flathead grey mullet (<i>Mugil cephalus cephalus</i>)	ND	1/9	0/9	0/11	0/7	ND	1/36	(2.8)	1	1
Japanese seabass (<i>Lateolabrax japonicus</i>)	ND	ND	0/2	0/4	0/3	ND	0/9	(0)	ND	ND
Largemouth black bass (<i>Micropterus salmoides</i>)	ND	ND	0/4	ND	ND	ND	0/4	(0)	ND	ND

*1 Number of fish infected/number of fish examined.

*2 No data.

Fig. 2. The relationship between the prevalence of *Lernaea cyprinacea* in ayu and the standard length of the fish. A dotted line indicates the boundary of the statistically analyzed area.

および他の12虫体は鰭基部から10–25 mm 離れた部位に寄生していた。また、各鰭別の基部における寄生数の比率は、背鰭、胸鰭、腹鰭、臀鰭および尾鰭でそれぞれ14.4%, 22.5%, 41.4%, 15.3%および6.3%であった。

アユ以外の魚種における寄生

イカリムシの寄生はゴクラクハゼ *Rhinogobius giurinus*, カマツカ *Pseudogobio esocinus*, ボラ *Mugil cephalus cephalus* およびギンブナ *Carassius auratus langsdorffii* で確認された (Table 1)。このうち、ゴクラクハゼにおける寄生は毎月確認され、寄生率は77.1% (n=35), 平均寄生数は1.9と、調査した魚種の中で最も高い値を示した。一方、ゴクラクハゼ以外で寄生が確認された3魚種では、各々1尾に1虫体寄生していたのみであった (寄生率: 2.8–10.0%, n=10–36)。

考 察

アユの調査結果により、調査水域において天然アユのイカリムシ症が発生していることが明らかになった。また、調査期間中の天然アユの遡上は4月頃から始まって

おり (間野, 私信), 天然アユは河川へ遡上後間もない時期から、本虫のコペポディットによる寄生を受けたと思われる。笠原 (1962) は、養魚池のメダカ *Oryzias latipes* におけるイカリムシの繁殖は15°C以上でみられ、5月中旬–11月下旬頃に5世代が繰り返されたのち、水温の低下とともに成長を停止し、そのまま越冬すると報告している。今回の研究では、10月以降にはイカリムシの寄生を確認することはできなかったが、寄生が確認された期間の水温は本虫の繁殖可能な温度域であった。これらのことから、本虫は宿主が異なっても、温度に依存して繁殖していることが示唆される。

月別の寄生率の差異および調査日別の平均水温と寄生率との関係を解析した結果から、アユにおけるイカリムシの寄生率の変動した要因の一つとして、水温の影響があると考えられる。今回の調査では水温が高くなるほど孵化ノープリウスの個体数が増加し、それに伴ってその後に寄生できるコペポディットの個体数も増加したため、高い寄生率となったと考えられる。一方、アユの生息可能水温は5–30°C, 適水温は15–25°Cとされているが (吉澤, 2005), 今回の研究において寄生が確認された期間の日別平均水温の範囲 (24.5–30.6°C) は、本種の生息可能水温の上限にまで至っていた。このことから、イカリムシの寄生を受けていたアユは温度ストレスに曝されたことによって、その生体制御系に何らかの変調をきたしていた可能性もある。

体長と寄生率との関係を解析したところ、体長130 mmを境にして寄生状況に明らかな相違が認められた。データは示さないが、供試魚の体長組成を月別に求めたところ、5月から8月にかけてのデータは正規型分布を保ったままで、そのモードが月を追うごとに10–20 mmずつ大きいサイズへ徐々に移行する傾向を示したが、9月になるとデータのモードが大きいサイズへ60–80 mm大幅に移行して左裾広がり型分布となり、それまでの月とは明らかに異なる変動が見られた。このことは、採捕した個体群が8月から9月にかけて変わった可能性が高いことを示している。また、体長130 mm以上の供試魚

は、1尾を除いて8月後半以降に採集されていた。9月以降は、庄内川におけるアユの降河時期である（間野、私信）ことから、採捕された供試魚のうち、体長130 mm以上の魚のほとんどは上流域から降河してきた個体群であり、イカリムシの寄生を受けていなかったと思われる。一方、小田井堰堤の魚道を利用して遡上できずにその周囲で滞留したアユは、下流域に止まる可能性があること^{*2}、および庄内川のアユの多くは小田井堰堤を含む複数の堰堤により遡上を阻害され、本来の成育場所まで遡上できないため、順調に成長できず、小型化している傾向のあることが知られている（佐久間、2009）。これらのことから、8月下旬より以前に採集された体長130 mm未満の供試魚のほとんどは、魚道を利用して遡上できずに小田井堰堤の下流域で滞留していた個体群であろうと思われる。なお、体長130 mm未満の供試魚においては、体長と寄生率との間に正の相関が認められたが、体長80 mmを境にして寄生率の変動がやや相違した。データは示さないが、各体長範囲別に採捕時の水温を求めたところ、40–79 mmでは体長の増加に伴って19.5–25.9°Cへ約6°C上昇するが、80–129 mmでは26.3–27.4°Cの範囲をわずかに変動する傾向がみられた。小田井堰堤の下流域で滞留していた個体群の成長に伴う寄生率の変動は、滞留期間と水温に依存していることが示唆される。

以上の結果より、今回調査した天然アユにおけるイカリムシの寄生経路については、次のように推定される。すなわち、小田井堰堤下に到着後、速やかに魚道を遡上した個体は、本虫に寄生されなかったが、魚道を遡上できず、本来の成育場所でない堰堤の下流域に滞留し続けた個体が本虫に寄生されたと考えられる。その中でも、8月の高水温期まで堰堤の下流域に長く滞留していた個体では、複数世代に及ぶ本虫の寄生を受ける機会が増したため、その寄生率が高まったと考えられる。したがって、今回、調査した小田井堰堤の下流域は天然アユにおいて本虫の寄生が起りやすい環境にあると推察される。

イカリムシに寄生されたコイ科魚類の一種 *Barbus comizo* では、肥満度と寄生数との間には有意な負の相関があったと報告されている（Pe'rez-Bote, 2010）。今回の研究において、肥満度と寄生数との間には関連が認められなかったが、アユにおけるイカリムシの寄生部位では皮膚の腐爛・出血がしばしば確認されたことから、本虫の寄生によって天然アユが病害を被る可能性は残されていると思われる。

今回の調査結果において、イカリムシはアユの体表にのみ寄生し、特に鰭の基部に寄生する割合が高かったことは、既報（中井、1927；松井・熊田、1928）の知見と一致している。この理由について、鰭の基部は水流の影響を受けにくいこと、および鰭は魚体の擦過を防ぐ役割があることなど、鰭の形態的および機能的な要因が作用していると考えられる（Pe'rez-Bote, 2010）。また、腹鰭の基部において寄生数が高いのは、コペポディットが負

の走光性を示し日中は水底に分布するので、川底の付着藻類を餌とするアユの魚体下面に感染する機会が多いためと推察される（Poulin *et al.*, 1990; Marcogliese, 1991）。

著者らの知る限り、アユ以外で寄生が確認された魚種のうち、ゴクラクハゼ、ボラおよびカマツカは我が国における *L. cyprinacea* の新宿主である。特に、ゴクラクハゼは本虫の重度な寄生を受けていることが明らかになった。

以上の研究結果から、河川を遡上できず下流域に滞留した小型のアユ群に寄生が多いことが示唆され、イカリムシはアユ資源の減少に影響を与えている可能性がある。また、1年でその一生を終えるアユでは、本虫の越冬世代の宿主とはなり得ないことから、その生活環にはアユ以外の宿主が重要な役割を果たしていると考えられる。今後は、アユ以外の宿主における本虫の寄生動態を詳細に調査し、その生活環を明らかにするとともに、庄内川におけるイカリムシ症の発生がアユ個体群の減少に及ぼす影響を解明する必要がある。

文 献

- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz and A. W. Shostak (1997): Parasitology meets on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *J. Parasitol.*, **83**, 575–583.
- Demaree, R. S. (1967): Ecology and external morphology of *Lernaea cyprinacea*. *Am. Midl. Nat.*, **78**, 416–427.
- 笠原正五郎 (1962): 寄生橈脚類、イカリムシ (*Lernaea cyprinacea* L.) の生態と養魚池におけるその被害防除に関する研究。東大水実業績, **3**, 103–196.
- Marcogliese, D. J. (1991): Seasonal occurrence of *Lernaea cyprinacea* on fishes in Belews Lake, North Carolina. *J. Parasitol.*, **77**, 326–327.
- 松井佳一・熊田朝男 (1928): 魚病二関スル研究（第一報）鰻ニ寄生スル新橈脚類「イカリムシ」ニ就テ。水講試報, **23**, 101–107.
- 中井信隆 (1927): 鰻ニ寄生スルイカリムシ (*Lernaea elegans* Leigh-Sharpe) ノ發育ニ就テ。水講試報, **23**, 69–88.
- Pe'rez-Bote, J. L. (2010): *Barbus comizo* infestation by *Lernaea cyprinacea* (Crustacea: Copepoda) in the Guadiana River, southwestern Spain. *J. Appl. Ichthyol.*, **26**, 592–595.
- Poulin, R., M. A. Curtis and M. E. Rau (1990): Response of the fish ectoparasite *Salmonicola edwardsii* (Copepoda) to stimulation, and their implication for host-finding. *Parasitology*, **100**, 417–421.
- Robinson J. and A. Avenant-Oldewage (1996): Aspects of the morphology of the parasitic copepod *Lernaea cyprinacea* Linnaeus, 1758 and notes on its distribution in Africa. *Crustaceana*, **69**, 610–626.
- 佐久間元成 (2009): 庄内川水系における天然アユの生息状況～100万匹のアユが川と海を自由に行き交う清流を目指して～。「矢田・庄内川をきれいにする会活動35周年—日本水大賞 環境大臣賞受賞記念」, 矢田・庄内川をきれいにする会, 愛知, pp. 28–32.
- Song, Y., G. T. Wang, W. J. Yao, Q. Gao and P. Nie (2008): Phylogeny of freshwater parasitic copepods in the Ergasilidae based on 18S and 28S rDNA sequences. *Parasitol. Res.*, **102**, 299–306.
- 吉澤和俱 (2005): アユ, 「水産増養殖システム2 淡水魚, 隆嶋史夫・村井 衛編」, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 83–101.

^{*2} 間野静雄ら (2013): 平成25年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 72.