魚類学雑誌
48(1): 49–52

同一河川に棲息する両側回遊性ヨシノボリ類３種の卵数および卵サイズ

玉田一晃

〒646–0031 和歌山県田辺市湊1372–4　田辺市立高雄中学校

(2000年8月30日受付；2001年2月5日改訂；2001年2月15日受理)

キーワード：ヨシノボリ類，両側回遊魚，一腹卵数，卵サイズ，種間比較

魚類学雑誌
Japanese Journal of Ichthyology
© The Ichthyological Society of Japan 2001

Kazuaki Tamada. 2001. Clutch size and egg size in three species of *Rhinogobius* complex dwelling in a single stream. Japan. J. Ichthyol., 48(1): 49–52.

Abstract The three species of amphidromous gobies (*Rhinogobius* sp. CB, CO and LD) allopatric in the Aizu River, Wakayama Prefecture, Japan were examined for their clutch size and egg size. Clutch size was the largest in *R.* sp. CO and the smallest in *R.* sp. CB, whereas egg size was in the reverse order. Larger clutch size in *R.* sp. CO and LD than *R.* sp. CB was partly explained by the difference in body size, because the formar two species have a larger body size at maturation than the latter. The differences in reproductive characteristics may be a result of the different survival rates of larvae during migration to the sea, because their spawning ground distributions are different from one another along the stream.

Takao Public Junior High School, Minato 1372–4, Tanabe, 646–0031, Japan (e-mail: chichico@mb.aikis.or.jp)

従来，両側回遊性ヨシノボリ類は，卵数ならびに卵サイズに関する共通した特徴から，河川性のカワヨシノボリ*Rhinogobius flumineus*との対比で，一括して小卵型と呼ばれてきた（Mizuno, 1960; 水野，1987）．Katoh and Nishida (1994) は，沖縄島の源河川におけるヨシノボリ類中卵型（アオバラヨシノボリ*R.* sp. BB）および小卵型（アヤヨシノボリ*R.* sp. MO，クロヨシノボリ*R.* sp. DA，シマヨシノボリ*R.* sp. CB）の調査をおこない，小卵型各種の間にも卵数および卵サイズに変異があることを認めている．卵サイズは両側回遊魚の進化を考える上で，鍵となる形質として取り上げられる（後藤，1994）．ところが，先の知見を除き，両側回遊性ヨシノボリ類の卵サイズに関する知見は乏しい．本研究では，種間比較を通じて，同一河川に棲息する両側回遊性ヨシノボリ類3種（シマヨシノボリ，ルリヨシノボリ*R.* sp. CO，オオヨシノボリ*R.* sp. LD）の繁殖形質（一腹卵数，卵巣卵サイズおよび産着卵サイズ）を明らかにすることを目的とした．

なお，日本産ヨシノボリ類の学名は未だ確定されておらず，本文におけるヨシノボリ類の表記は川那部・水野 (1989) に従うものとした．

調査場所と方法

調査は流程およそ30 kmの和歌山県会津川水系でおこなった．果無山脈に源流部をもつ左会津川と右会津川が，河口から約1.7 km上流の地点で合流して会津川となり，紀伊半島西岸の田辺湾に注ぎ出る．本水系では，シマヨシノボリが下流域から中流域にかけての広い範囲（河川形態; Bb-Bc移行型–Aa-Bb移行型），ルリヨシノボリが中流域から上流域にさしかかる狭い範囲（Aa-Bb移行型–Aa型），オオヨシノボリが上流域の広い範囲（Aa-Bb移行型–Aa型）に棲息し（玉田・山本，1987; 玉田，1988, 1990, 1995），産卵場も各種成魚の棲息域内に形成される（玉田，2000）．

一腹卵数および卵巣卵サイズに関する調査は，

1995年および1996年の5月から6月（産卵期）にかけて採捕した標本に基づいておこなわれた．供試魚の固定・保存には10%ホルマリン溶液を用いた．一腹卵数の計測は重量法に従った．全卵巣重量および部分卵巣重量とそれに含まれる第1卵群（最も大型の卵群）の卵数から，一腹卵数（1回の放卵で産出されると考えられる卵数）を推定した．ほぼ球形を示す卵巣卵1個あたりのサイズは，長径と短径の中央値によって表し，1個体につき30卵の平均値をもってその個体の卵巣卵サイズを代表させた．卵成熟の程度は外見により判定し，細胞質が透明な状態になった卵を成熟卵とみなした（長浜，1991）．生殖腺の発達程度を比較するために，体サイズおよび種の違いによる影響を考慮して，標準体長と卵巣重量の回帰直線からの残差を成熟度指数として採用した．標準体長 (SL, cm) と卵巣重量 (GW, g) の間には，次の関係式が成立した．

シマヨシノボリ; $\mathrm{Log}\,GW = 2.35\,\mathrm{Log}\,SL - 1.99$ ($r_{44}=0.896$, $p<0.0001$),

オオヨシノボリ; $\mathrm{Log}\,GW = 2.97\,\mathrm{Log}\,SL - 2.38$ ($r_{22}=0.964$, $p<0.0001$),

ルリヨシノボリ; $\mathrm{Log}\,GW = 3.00\,\mathrm{Log}\,SL - 2.35$ ($r_{16}=0.884$, $p<0.0001$).

産着卵サイズに関する調査は2000年の産卵期におこなった．川底の石の底面に作られた産卵巣から産着卵を採集し，10%ホルマリン溶液で固定した．産着卵は楕円球に近い形状を示す (Mizuno, 1960; Sakai and Yasuda, 1978)．1巣につき30卵の計測を行い，長径 (a) ならびに短径 (b) から算出される楕円球の体積 ($\pi ab^2/6$) をもって産着卵のサイズとした．

結　　果

一腹卵数 (CS) は，標準体長の増加とともに増加する傾向を示し (Fig. 1)，次の回帰式で表された．

シマヨシノボリ; $\mathrm{Log}\,CS = 2.60\,\mathrm{Log}\,SL + 1.64$ ($r_{44}=0.968$, $p<0.0001$),

オオヨシノボリ; $\mathrm{Log}\,CS = 2.85\,\mathrm{Log}\,SL + 1.61$ ($r_{22}=0.973$, $p<0.0001$),

ルリヨシノボリ; $\mathrm{Log}\,CS = 2.54\,\mathrm{Log}\,SL + 2.68$ ($r_{16}=0.968$, $p<0.0001$).

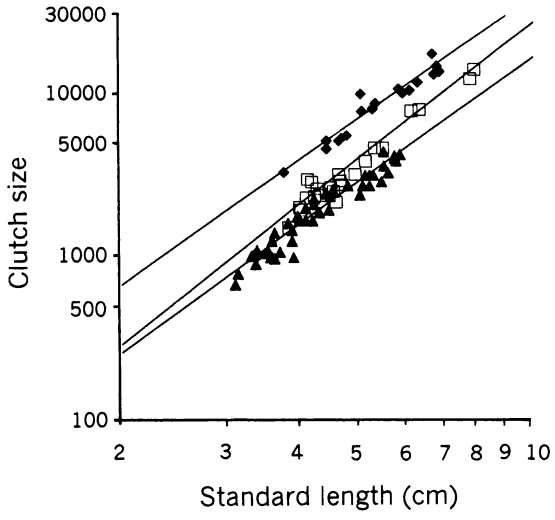

Fig. 1. Relationships between standard length and clutch size on log scales among *Rhinogobius* sp. CB (▲), *R.* sp. LD (□) and *R.* sp. CO (◆).

これら3直線の切片には違いが認められ (ANCOVA, $F_{2,84}=233.45$, $p<0.0001$)，同一体長における一腹卵数は，ルリヨシノボリ，オオヨシノボリ，シマヨシノボリの順に少なくなった (Bonferroni test, $p<0.0001$)．雌成魚の標準体長は種間で同じではなく (Table 1; ANOVA, $F_{2,85}=10.56$, $p<0.0001$)，ルリヨシノボリはシマヨシノボリよりも繁殖期の体サイズが大きかった (Seffé test, $p<0.0001$)．オオヨシノボリもシマヨシノボリより体サイズが大型になる傾向を示すが，有意差は認められなかった (Seffé test, $p=0.0585$)．採捕されたルリヨシノボリおよびオオヨシノボリの標準体長の最大値はシマヨシノボリよりも大きいため，前2種の一腹卵数の最大値はシマヨシノボリの3倍以上に達した (Table 1).

卵巣内の卵サイズ (OD, mm) は，成熟度指数 (MI) の増加に伴って増加する傾向を示し (Fig. 2)，次の回帰式で表された．

シマヨシノボリ; $OD = 0.35\,MI + 0.71$ ($r_{44}=0.700$, $p<0.0001$),

オオヨシノボリ; $OD = 0.20\,MI + 0.62$ ($r_{22}=0.620$, $p<0.05$),

ルリヨシノボリ; $OD = 0.30\,MI + 0.54$ ($r_{16}=0.839$, $p<0.0001$).

3種の回帰直線を比較すると，切片には違いが認められ (ANCOVA, $F_{2,84}=212.41$, $p<0.0001$)，同

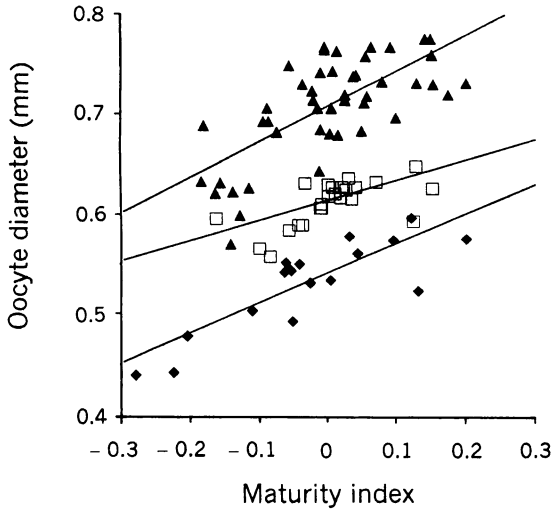

Fig. 2. Relationships between maturity index and oocyte diameter among *Rhinogobius* sp. CB (▲), *R.* sp. LD (□) and *R.* sp. CO (◆).

じ成熟段階では，シマヨシノボリ，オオヨシノボリ，ルリヨシノボリの順に卵サイズは小さくなった (Bonferroni test, $p<0.0001$)．シマヨシノボリ，オオヨシノボリ，ルリヨシノボリでは，それぞれ，成熟度指数 0.090, 0.025, 0.094 から成熟卵が確認された．

体積で示された産着卵サイズは，3種の間で異なり (Table 1; ANOVA, $F_{2,107}=55465.81$, $p<0.0001$)，シマヨシノボリ，オオヨシノボリ，ルリヨシノボリの順に小さくなった (Bartlett test, $\chi^2=133.60$, $p<0.0001$; Games-Howell test, シマヨシノボリVSオオヨシノボリ，$p<0.0001$，シマヨシノボリVSルリヨシノボリ，$p<0.0001$，オオヨシノボリVSルリヨシノボリ，$p<0.05$)．

考　　察

今回の調査によって，会津川における両側回遊性ヨシノボリ類3種の卵巣卵サイズおよび産着卵サイズは，シマヨシノボリ，オオヨシノボリ，ルリヨシノボリの順に小さくなり，同一体長における一腹卵数の多さは，卵サイズの大きさ順とは逆になることが明らかになった．一般に，ルリヨシノボリおよびオオヨシノボリは，シマヨシノボリよりも体サイズが大型になることが報告されているが（川那部・水野，1989），今回の調査でも成熟雌の体サイズに関して同様の傾向がみられ，そのことが前2種の絶対的な一腹卵数の多さを助長している．

一般に，卵サイズの増加に伴い，1子当たりの生残率は上昇すると考えられる (Smith and Fretwell, 1974)．両側回遊魚では，飢餓や被食の影響を受け，初期生残率が仔魚の流下距離（流下時間）の関数として表される（塚本，1991; Iguchi and Mizuno, 1999)．会津川では，ヨシノボリ類3種の産卵場が形成される流程に違いが認められる（玉田，2000)．従って，初期生残に影響する繁殖形質の種間変異は，3種間の仔魚の流下条件の相違に起因する可能性がある．上流側に産卵する傾向のあるルリヨシノボリおよびオオヨシノボリは，シマヨシノボリに比べて卵サイズは小さく，1繁殖当たりの投資量は高かった．前2種では，1子当たりの生残率の低下を卵数の増加によって補償していると考えられる．一方，河川上流部に棲息する河川性のカワヨシノボリでは，両側回遊性のヨシノボリ類に比べて，極めて大型の卵を産むことが知られている (Mizuno, 1960; 水野，1963)．河川への侵入・定着のプロセスにおいて，ヨシノボリ類の祖先は2つの生活史タイプを獲得してきた．卵数・卵サイズ

Table 1. Mean (±SD) and range of reproductive characters compared among the three *Rhinogobius* species. Figures in parenthesis show sample size

	R. sp. CB	*R.* sp. LD	*R.* sp. CO
Adult standard length (cm)	4.33±0.88 (46)	4.92±1.10 (24)	5.52±0.97 (18)
	3.09–5.93	3.78–7.84	3.75–6.93
Clutch size	2146±1120 (46)	4414±3550 (24)	9720±4238 (18)
	700–4583	1600–15268	3374–18500
Oocyte diameter (mm)	0.71±0.05 (46)	0.62±0.02 (24)	0.53±0.04 (18)
	0.57–0.78	0.56–0.65	0.44–0.60
Spawned egg volume (mm^3)	0.87±0.09 (55)	0.44±0.04 (34)	0.33±0.02 (21)
	0.65–1.05	0.38–0.58	0.29–0.38

のトレードオフのあり方が，生活史に応じて逆方向の淘汰を受けてきたと考えられ，興味深い．

謝　辞

本研究を進めるにあたって，懇切にご助言と励ましを頂いた愛媛大学名誉教授の水野信彦博士および大阪教育大学教授の牧　岩男博士に感謝の意を表する．なお，本研究の一部は文部省科学研究費（課題番号12918021）によっておこなった．

引 用 文 献

後藤　晃．1994．通し回遊魚の陸封と種分化－特に多所的種分化と同所的種分化に関連して．後藤　晃・塚本勝巳・前川光司（編），pp. 222–241．川と海を回遊する淡水魚．東海大学出版会，東京．

Iguchi, K. and N. Mizuno. 1999. Early starvation limits survival in amphidromous fishes. J. Fish. Biol., 54: 705–712.

Katoh, M. and M. Nishida. 1994. Biochemical and egg size evolution of freshwater fishes in the *Rhinogobius* complex (Pisces, Gobiidae) in Okinawa, Japan. Biol. J. Linn. Soc., 51: 325–335.

川那部浩哉・水野信彦（編）．1989．日本の淡水魚．山と渓谷社，東京，719 pp.

Mizuno, N. 1960. Study on a freshwater goby, *Rhinogobius similis* Gill, with a proposition on the relationships between land-locking and speciation of some freshwater gobies in Japan. Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, Ser. B, 27: 97–115.

水野信彦．1963．カジカとカワヨシノボリの分布．とくに陸封と分化の特異性に関連して．大阪学芸大学紀要，(11): 129–161.

水野信彦．1987．ヨシノボリ類．水野信彦・後藤　晃（編），pp. 179–188．日本の淡水魚類．その 分布，変異，種分化をめぐって．東海大学出版会，東京．

長浜嘉孝．1991．生殖．配偶子形成の制御機能．板沢靖男・羽生　功（編），pp. 234–286．魚類生理学．恒星社厚生閣，東京．

Sakai, H. and F. Yasuda. 1978. Development of eggs and larvae of the freshwater goby, *Rhinogobius brunneus*. Japan. J. Ichthyol., 25: 92–100.

Smith, C. C. and S. D. Fretwell. 1974. The optimal balance between size and number of offspring. Amer. Nat., 108: 499–506.

玉田一晃．1988．紀伊半島南部におけるヨシノボリ4型およびカワヨシノボリの分布 (I) 追補．南紀生物，30: 107.

玉田一晃．1990．会津川中下流域における渇水による魚類個体群の減少および絶滅について．南紀生物，32: 89–94.

玉田一晃．1995．会津川の魚類相．南紀生物，37: 8–14.

玉田一晃．2000．和歌山県会津川における両側回遊性ヨシノボリ属魚類4種の産卵場の分布．魚類学雑誌，47: 55–59.

玉田一晃・山本二郎．1987．紀伊半島南部におけるヨシノボリ4型およびカワヨシノボリの分布．南紀生物，29: 15–20.

塚本勝巳．1991．長良川・木曽川・利根川を流下する仔アユの日齢．日水誌，57: 2013–2022.