

さまざまな基質および水域におけるホンモロコ自然産着卵のふ化率

藤岡康弘^{1,2}・大植伸之¹

Author & Article Info

¹ 滋賀県水産試験場 (彦根市)

YF: yasuhiroufujioka@outlook.jp (corresponding author)

NO: oue-nobuyuki@pref.shiga.lg.jp

² 滋賀県立琵琶湖博物館 (草津市)

Received 16 April 2025

Revised 24 April 2025

Accepted 24 April 2025

Published 25 April 2025

DOI 10.34583/ichthy.54.0_80

Yasuhiro Fujioka and Nobuyuki Oue. 2025. Hatching rates of naturally spawned *Gnathopogon caerulescens* eggs on various substrates and sites. *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan*, 54: 80–89.

Abstract

We examined the hatching rates of naturally spawned eggs of *Gnathopogon caerulescens*, a small cyprinid fish indigenous to Lake Biwa, central Japan. Spawning behavior was observed near the lakeshore, in satellite lakes and a small river flowing into a satellite lake, and the main substrates for the egg deposition were reed roots and stalks, willow roots near lakeshore and satellite lakes, and gravel and moss in the river. Naturally spawned egg batches assessed as 2–5 days at each site were collected from various substrates over two years, and incubated till hatching in the laboratory. The mean hatching rate for each year was about 50% and no clear difference during each spawning season in the hatching rates was detected in both years. The mean hatching rate in the satellite lakes tended to be lower than the other spawning sites. These results suggest that more than half of naturally spawned eggs die before hatching, and the hatching rate of the eggs in the satellite lakes may be affected by some environments and egg quality due to stress for spawning parents of the higher water temperature.

多数の小卵を産み卵保護を行わない魚類では、生活史の初期段階で個体数が急激に低下するとされており (Dahlberg, 1979; 塚本, 1989; 田中・渡邊, 1994), このような初期減耗過程の原因には、仔稚魚期の飢餓や被食などがあるとされている。魚類の個体数変動を理解するためには、これらの実態を知ることが重要であり、海産魚を中心に様々な魚種で初期減耗過程が研究されてきた (田中・

渡邊, 1994)。また、魚類の初期減耗の1つである卵の生残率は、一般に、卵をまき散らし親が卵保護を行わない魚ではかなり低いことが知られているが、親魚が直接卵を保護する種や卵を砂礫などで覆って間接的に保護する種では比較的高いことが報告されている (Dahlberg, 1979; 後藤・前川, 1989)。卵の段階における減耗要因としては、受精率やふ化率、あるいは卵の被食などによる死亡などがあるものと考えられるが、自然状態におけるこれらの実態は、一部の魚種を除いてこれまでほとんど研究されていないのが現状である (Dahlberg, 1979)。

ホンモロコ *Gnathopogon caerulescens* (Sauvage, 1883) はコイ科タモロコ属の小型魚で、琵琶湖の固有種であるが (細谷, 2013), これまで国内各地で放流や養殖が行われ分布域の人為的な拡大が知られている (藤岡, 2024)。本種の産卵は、春から初夏にかけて琵琶湖岸や内湖、さらには内湖に流入する小河川など様々な場所で行われ (中村, 1969; 亀甲ほか, 2020; 藤岡, 2024), 雌親は産卵期間中に数度の産卵を繰り返して数千から1万粒以上の小型卵 (直径 1.2–1.5 mm) を産むことが報告されている (藤岡ほか, 2013, 2015; Kikko et al., 2018)。内湖で生まれた稚魚は、夏までに琵琶湖の沿岸域へ移動し、冬には沖合の深場で越冬する (中村, 1969; Kikko et al., 2018)。ふ化後1年で成熟して産卵を行い、その後はほとんどの個体が死亡するとされている (Fujioka and Saegusa, 2015)。古来、ホンモロコは琵琶湖の重要な水産資源の1つであるが、その漁獲量は産卵場所である湖岸域の開発や魚食性の外来魚の増加などで1980年代以降に大幅に減少したままで推移し (藤岡, 2013), 環境省のレッドリストで絶滅危惧IA類 (CR) として記載されている (環境省, 2020)。最近では水田を使用した稚魚放流の効果などで個体数の増加が報告されており (寺井ほか, 2023), さらに、個体数減少により産卵が見られなくなっていたかつての繁殖場でも産卵の回復が認められている (馬淵ほか, 2023)。

ホンモロコ個体群変動に関する初期減耗については、仔魚が内湖などに生息する様々な魚に昼夜を問わず高率に

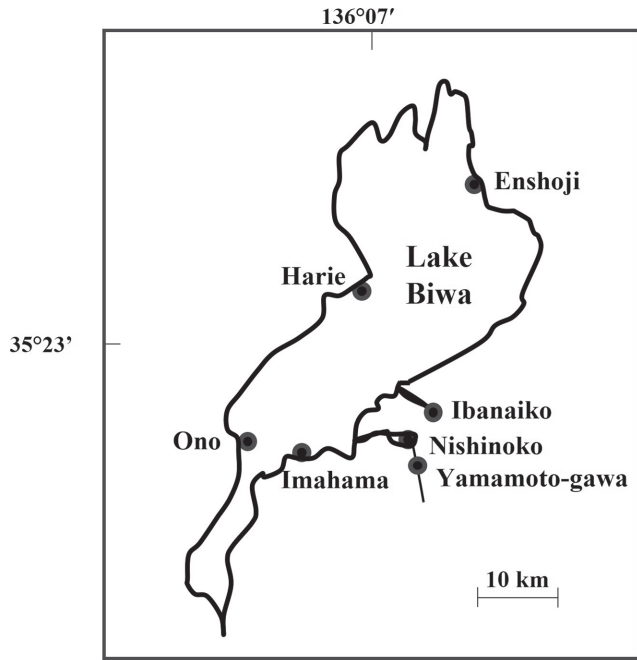


Fig. 1. Map showing seven spawning sites (●) collected *Gnathopogon caerulescens* eggs batches.

捕食されることが実験的に明らかにされている（藤岡ほか，2021）。また，毎年産着卵調査が行われ産卵数の変化がモニターされているが（大植・藤岡，2017），それら自然産着卵がどの程度のふ化率を示すのかについてはこれまでまったくわかっていない。本研究では，ホンモロコの初期減耗過程を研究する一環として様々な産卵場で卵を収集し，そのふ化率を明らかにすることを試みた。また，卵は多様な水域や基質に産み付けられていることから，それら水域や基質間のふ化率の比較もあわせて行った。

材料と方法

2017年と2018年に，これまでホンモロコの産卵が観察されている長浜市の延勝寺，高島市の針江，大津市の小野，守山市の今浜の琵琶湖岸4か所，琵琶湖周辺の内湖で比較的大きな面積の西の湖（221.9 ha）東岸および伊庭内湖（49.0 ha）の東岸の2か所，ならびに西の湖に流入する小河川の山本川の河口から上流に1.2 kmの地点にある堰堤の直下の合計7か所にホンモロコ卵の採集地点を設定した（Fig. 1）。3月下旬から7月に1週間に1度の頻度でホンモロコの産卵状況を各採集地点で観察するとともに，10–12時に各地点の中心付近に定点を定め水深と水温を計測した。卵の採集地点の中で山本川は他の採集地点と異なり流域であることから，2017年の産卵中期である5月30日に産卵の認められる範囲の流速と水深を測定した。測定は，川を横切るように岸から50 cm毎に定点を定め，各定点から1–2 m毎に下流に向かって卵の有無と水深および流速を記録した。

産卵場所や卵の色，形・サイズ（中村，1969）などか

らホンモロコの産卵が各採集地点で認められた場合は，各地点の1–3か所から各200個程度になるように基質ごと卵を採集した。卵は産着卵周辺の水で満たした容積1000 mlのポリエチレン性の標本瓶に入れ，水温変化を避けるためにクーラーボックスに收容して実験室へ持ち帰った。卵の採集にあたっては，1週前に観察された産卵状況からそれ以降新たに産卵されたと考えられる卵を採取するように努めた。同一採集地点で複数の卵群を採集する場合には，3 m以上離れた場所の卵塊から採集した。持ち帰った卵は，水産試験場の琵琶湖沖合からくみ上げた新鮮な湖水を満した容積300 mlのプラスチックビーカーに，基本的に生卵100粒を卵の付着した産卵基質ごと收容し，エアーストーンで軽く曝気して溶存酸素を保つようにして培養した。卵を收容したビーカーは，琵琶湖沖合からくみ上げた湖水を注水したウォーターバスに浸して水温を研究室のある彦根市の湖岸の水温に合わせた。收容した卵は毎日観察し，ふ化仔魚が見られた場合は，ピペットを使って毎日取り上げてふ化仔魚数を計数した。変動水温下における産卵日とふ化終了日数の関係（ $y = -0.21x + 22$ ， x : 4月1日を1とする産卵日， y : 最終ふ化日数）から卵採集日を産卵日とした場合のおおよそのふ化終了日数がわかるので（藤岡ほか，2016），予測されるふ化終了日数から実験室における最終ふ化日数の実測値を引くことで産卵日を推定し，各ロットの産卵日とした。飼育水は汚れの状況に応じて随時新鮮な湖水と交換した。

得られた各ロットのふ化仔魚数からふ化率（%）を算出し，年・産卵時期・産卵場所や産卵基質毎に集計した。また，産卵時期を前期（4/3–5/5），中期（5/6–5/31）および後期（6/1–6/25）に分けて比較した。データ群ごとに分布の正規性検定を実施した上で，比較群の母分散が等しいかどうかを確認した後，ふ化率などの平均値の差の有意性

Table 1. Fields, sites and frequency of collected *Gnathopogon caerulescens* egg batches.

Field	Site	Spawning substrate	Frequency	
			2017	2018
Lakeshore	Enshouji	Reed root	2	0
		Willow root	2	4
		Weed	0	1
	Harie	Willow root	0	5
	Ono	Willow root	1	1
Satellite lake	Ibanaiiko	Willow root	0	1
		Reed stalk	6	5
	Nishinoko	Reed root	6	2
		Willow root	3	5
		Reed stalk	10	10
River	Yamamoto-gawa	Reed root	1	0
		Weed	2	1
		Gravel	11	10
		Moss	12	9
		Total	56	54

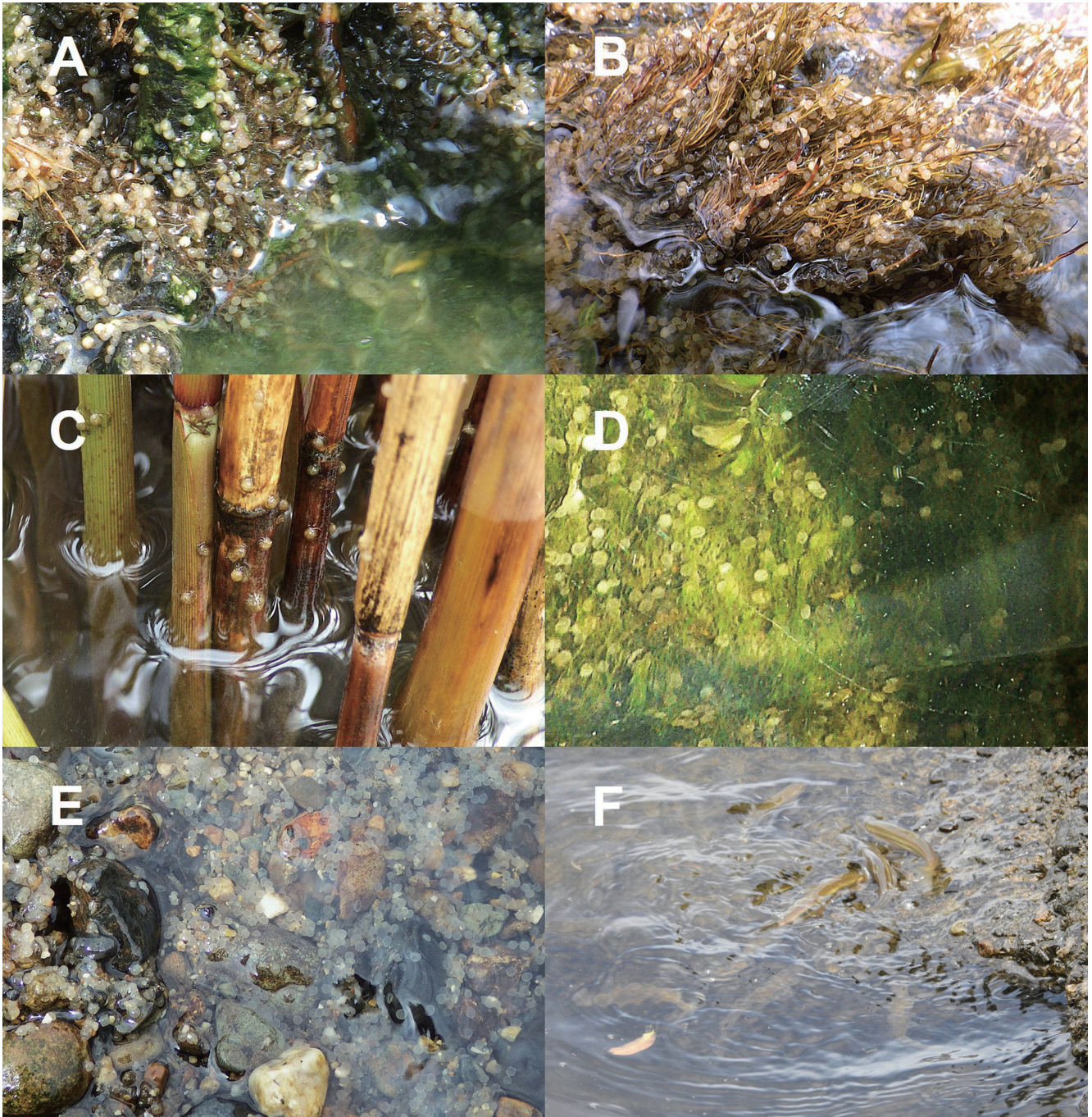


Fig. 2. Spawned eggs in several spawning sites. The eggs were deposited at reed roots in the lakeshore (Enshoji) (A), at willow roots in the lakeshore (Imahama) (B), at reed stalks in the satellite lake (Nishinoko) (C), at moss in the river (Yamamoto-gawa) (D), at gravel in the river (Yamamoto-gawa) (E), and the spawning behavior of *Gnathopogon caerulescens* on concrete block in the lakeshore (Imahama) (F).

を一元配置分散分析法・Tukey-Kramer法・Scheffe's F test, あるいは Mann-Whitney's U test で検定した (柳井, 2011).

結 果

産卵状況と産卵基質 ホンモロコの産卵は, 調査した7か所の採集地点で2017年は4月6日から6月22日の間に見られ, 4月28日から6月22日の間に針江と今浜を除く5か所の採集地点から56ロットの卵を収集した. 2018年は3月26日から7月2日の間に産卵が認められ, 4月3日から6月25日の間に全7か所の採集地点から54ロットの卵を収集した (Table 1).

産卵は, 琵琶湖岸の延勝寺ではおもに波打ち際のヤナギ類 *Salix* spp. の根とヨシ *Phragmites australis* の根に (Fig. 2A), 針江, 小野と今浜ではヤナギ類の根に認められた (Fig. 2B). 伊庭内湖と西の湖ではヨシ茎周辺 (Fig. 2C), ヨシ根またはマコモ *Zizania latifolia* の葉や水面に浮かぶビニール袋にも産卵していた. さらに, 山本川では, 堰堤直下のコンクリート底にアオハイゴケ属の水苔類 *Rhynchostegium* spp. が繁茂し, その水苔に多くの産着卵が認められた (Fig. 2D). さらに, その下流部の砂礫 (長さ 8.5 m までの区間) にも多くの産卵が認められた (Fig. 2E). 調査期間中にホンモロコの産卵行動に出会うことはほとんどなかったが,

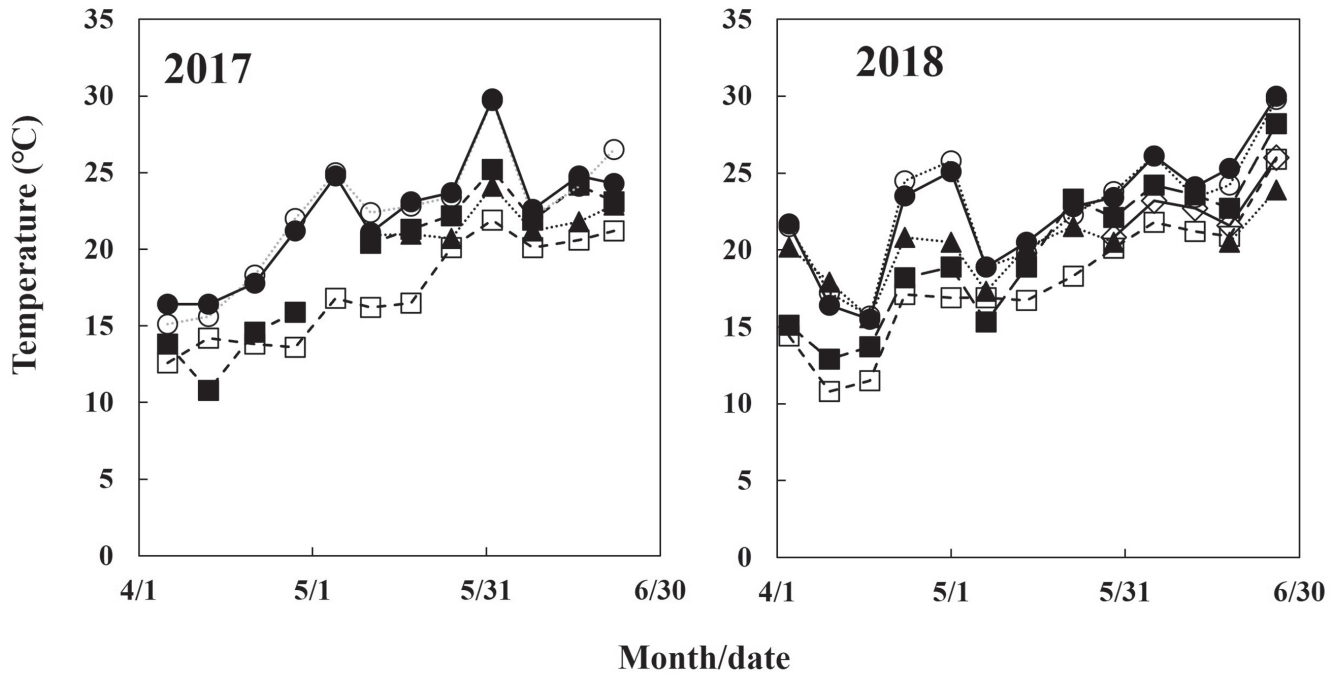


Fig. 3. Changes in water temperatures at the spawning sites of *Gnathopogon caerulescens* in 2017 and 2018. (○): Nishinoko, (●): Ibanaiiko, (◇): Harie, (▲): Yamamoto-gawa, (□): Enshoji, (■): Ono, No data: Imahama.

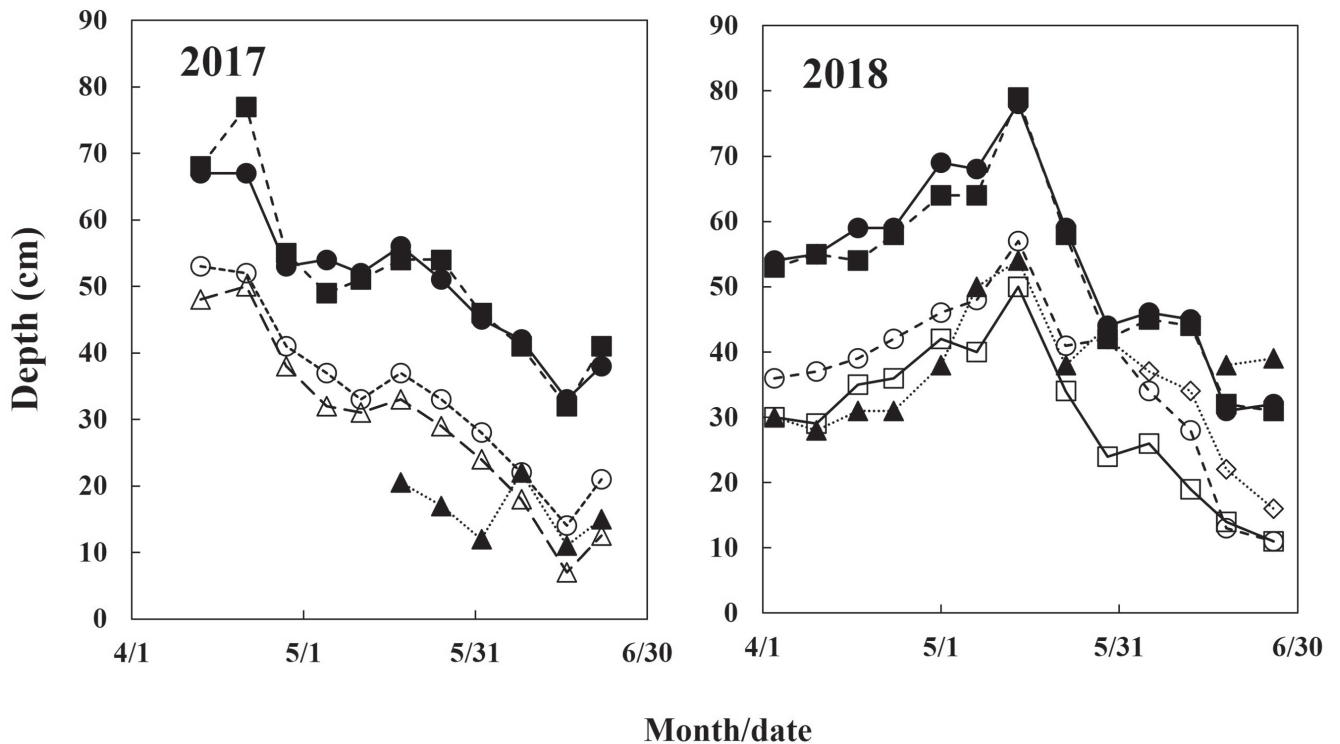


Fig. 4. Changes in water depth at the spawning sites of *Gnathopogon caerulescens* in 2017 and 2018. (○): Nishinoko, (●): Ibanaiiko, (◇): Harie, (▲): Yamamoto-gawa, (□): Enshoji, (■): Ono, No data: Imahama.

今浜ではコンクリートブロックの斜面に産卵する行動が観察された (Fig. 2F).

採集した卵の実験室におけるふ化日数は、2017年は4–10日 (7.1 ± 0.22 日; 平均値 \pm SE), 2018年は4–21日 (10.6 ± 0.91 日)で、産着卵が産卵された日から採集されるまでの日数は、2017年は0–11日 (4.8 ± 0.38 日), 2018年は0–7日 (2.1 ± 0.34 日)と推定された。

各採集地点の水温は、2017年は10.8–29.8°C (4/6–6/30),

2018年は10.8–30.0°C (4/3–6/26)の範囲で、両年とも内湖では他の場所に比べ高い値で推移する一方で、湖岸の延勝寺は他の産卵場に比較して低い値を示すことが多く、平均水温は両内湖との間に有意差が認められた (Scheffe's F test, $p < 0.05$)。山本川は、多くの場合それらの中間値を示した (Fig. 3)。また、2017年は、延勝寺の前半と両内湖の6月1日の値を除いて、全調査期間を通じて20–25°Cの範囲で変化したが、2018年では全期間を通じて4月下旬

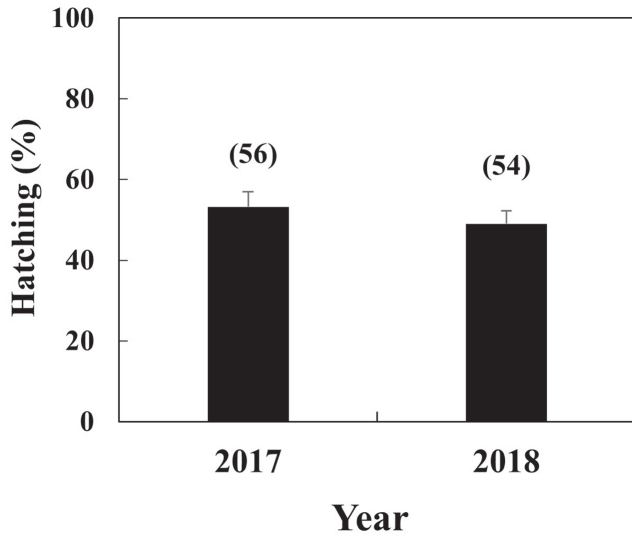


Fig. 5. Comparisons with the mean hatching rates of *Gnathopogon caerulescens* in 2017 and 2018. No significant difference of the mean hatching rates of eggs was seen between 2017 and 2018 (Student's *t*-test, $t=0.85 < t_{(0.95)}=1.66$). (): Number of specimens.

に一旦上昇したもののその後低下し、再度5月上旬から6月にかけて徐々に上昇していった。

琵琶湖の水位変動に伴い変化する水深は、2017年は各地点とも4月21日までは上昇傾向を示したが、それ以降は6月下旬まで徐々に下降していった。一方2018年は、5月14日まで上昇し、その後急激に下降した (Fig. 4)。

山本川では、堰堤直下のコンクリート底で水苔類が繁殖して産着卵が認められた範囲は幅5 m・長さ4 mで、水深は0.1–10 cm、平均値は 6.7 ± 0.27 cm (平均値 \pm SE, $n=44$)、流速は0–193 cm/sec、平均流速は 133.5 ± 5.86 cm/secであった。また、その下流部の砂礫底で産着卵が認められた範囲は幅4.5 m・長さ8.5 mで、水深は11–68 cm、平均値は 38.3 ± 2.59 cm ($n=41$)、流速は11–45 cm/sec、平均値は 28.4 ± 1.78 cm/secであった。

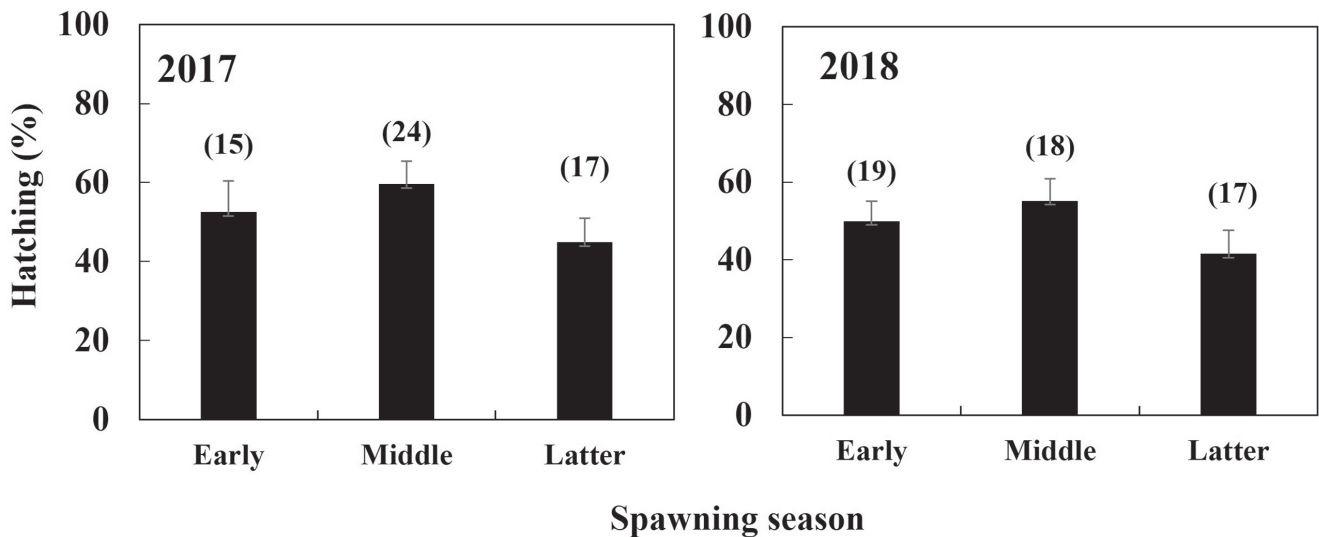


Fig. 6. Comparisons with the mean hatching rates among the spawning seasons of *Gnathopogon caerulescens* in 2017 and 2018. No significant difference of the mean hatching rates of eggs was seen among the early, middle and latter season in 2017 (Single-factor ANOVA, $f=1.38 < f_{(0.95)}=3.17$) and 2018 (Single-factor ANOVA, $f=1.48 < f_{(0.95)}=3.18$). (): Number of specimens.

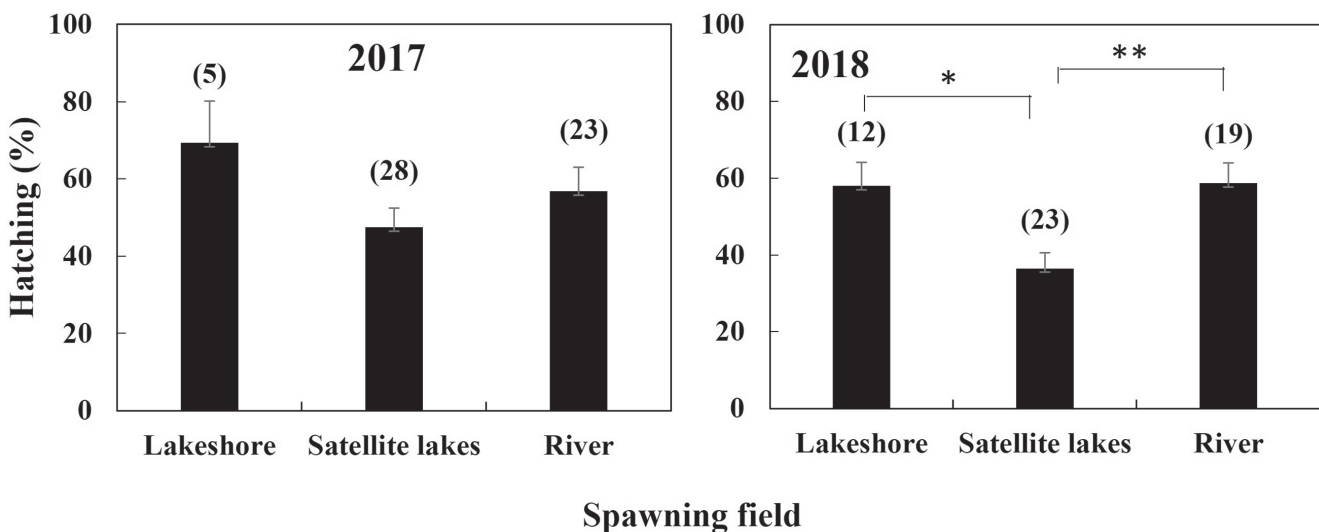


Fig. 7. Comparisons with the mean hatching rates among the spawning fields of *Gnathopogon caerulescens* in 2017 and 2018. No significant difference of the mean hatching rates of eggs was seen among the lakeshore, satellite lakes, and river in 2017 (Single-factor ANOVA, $f=1.62 < f_{(0.95)}=3.17$), but significant differences were seen between the satellite lakes and lakeshores and between the satellite lakes and river in 2018 (Single-factor ANOVA, $f=6.82 > f_{(0.95)}=3.18$, Tukey-Kramer test, $p < 0.05$). (): Number of specimens.

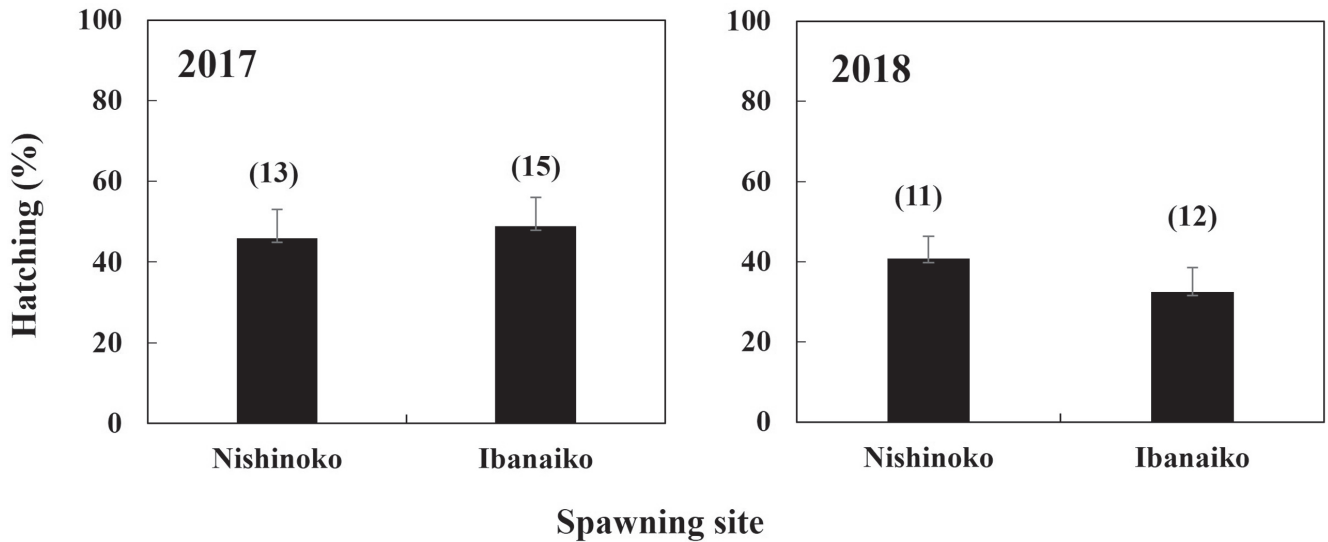


Fig. 8. Comparisons with the mean hatching rates of *Gnathopogon caerulescens* between the satellite lakes in 2017 and 2018. No significant difference of the mean hatching rates of eggs was seen between Nishinoko and Ibaiko in 2017 and 2018 (2017; Student's t-test, $t=0.29 < t_{(0.95)}=1.71$, 2018; Student's t-test, $t=1.00 < t_{(0.95)}=1.72$). (): Number of specimens.

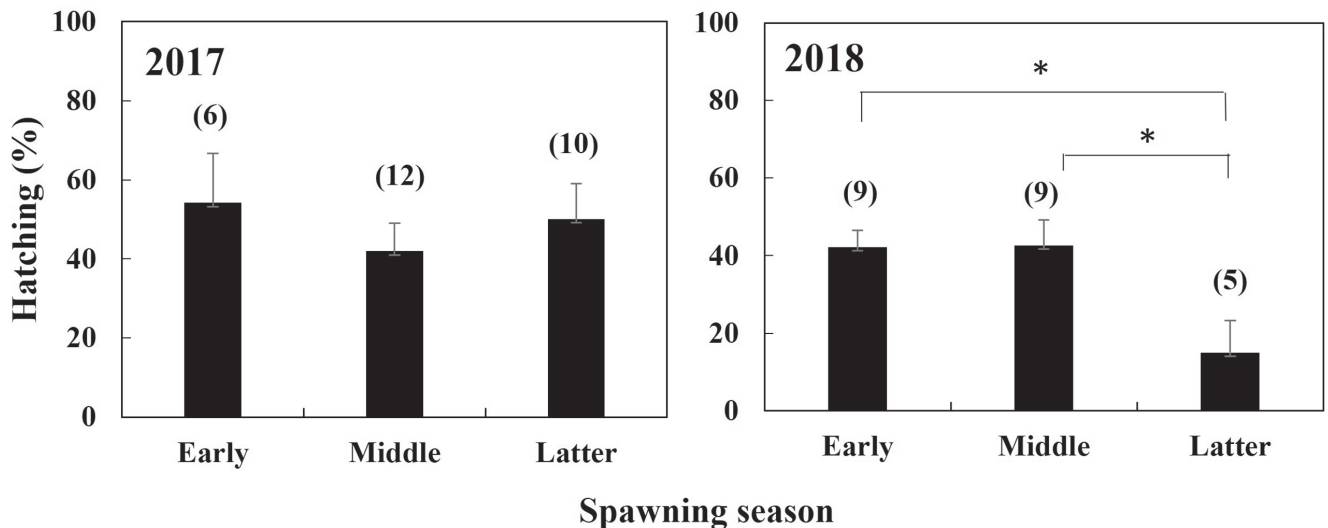


Fig. 9. Comparisons with the mean hatching rates of *Gnathopogon caerulescens* among spawning seasons of the satellite lakes in 2017 and 2018. No significant difference of the mean hatching rate of eggs was seen among the early, middle and latter season of the satellite lakes in 2017 (Single-factor ANOVA, $f=0.48 < f_{(0.95)}=3.39$), but significant differences were seen between the early and latter season, and the middle and latter season in 2018 (Single-factor ANOVA, $f=5.08 > f_{(0.95)}=3.49$, Tukey-Kramer test, $p < 0.05$). (): Number of specimens.

年・時期間の比較 採集した卵の全ロットのふ化率は、2017年は1–100% (53.3 ± 3.75 ; 平均 \pm SE), 2018年では1–100% (49.0 ± 3.24) で、両年の平均ふ化率に有意差は認められなかった (Fig. 5; Student's t test, $t=0.85 < t_{(0.95)}=1.66$).

両年の産卵時期別の平均ふ化率を比較すると (Fig. 6), 2017年は中期が59.6%と最も高く後期が44.9%と最も低かったが、3期間で有意差は認められなかった (Single-factor ANOVA, $f=1.38 < f_{(0.95)}=3.17$). また、2018年も41.6–55.2%の範囲で中期が高かったものの、2017年同様に3期間に有意差は認められなかった (Single-factor ANOVA, $f=1.48 < f_{(0.95)}=3.18$).

産卵水域間の比較 産卵場所を琵琶湖岸、内湖および河川の大きく異なる3水域に分けて平均ふ化率を比較する

と (Fig. 7), 2017年は湖岸が $69.3 \pm 10.80\%$ と高く、次いで河川の $56.8 \pm 6.23\%$ で、内湖が $47.5 \pm 5.00\%$ と低い値であったが、3水域間に有意差は認められなかった (Single-factor ANOVA, $f=1.62 < f_{(0.95)}=3.17$). 2018年では湖岸と河川が50%以上の値を示したが、2017年と同様に内湖が $36.5 \pm 4.16\%$ と他の2水域より低い値を示し (Single-factor ANOVA, $f=6.82 > f_{(0.95)}=3.18$), 内湖と湖岸・河川間にそれぞれ有意差が認められた (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$).

西の湖と伊庭内湖間のふ化率の比較では (Fig. 8), 2年間とも平均値に有意差は認められなかった (2017; Student's t test, $t=0.29 < t_{(0.95)}=1.71$, 2018; Student's t test, $t=1.00 < t_{(0.95)}=1.72$). 両内湖のふ化率を上記と同様に3期間に分け、各期間の平均値を比較すると (Fig. 9), 2017年では中期がやや低かっ

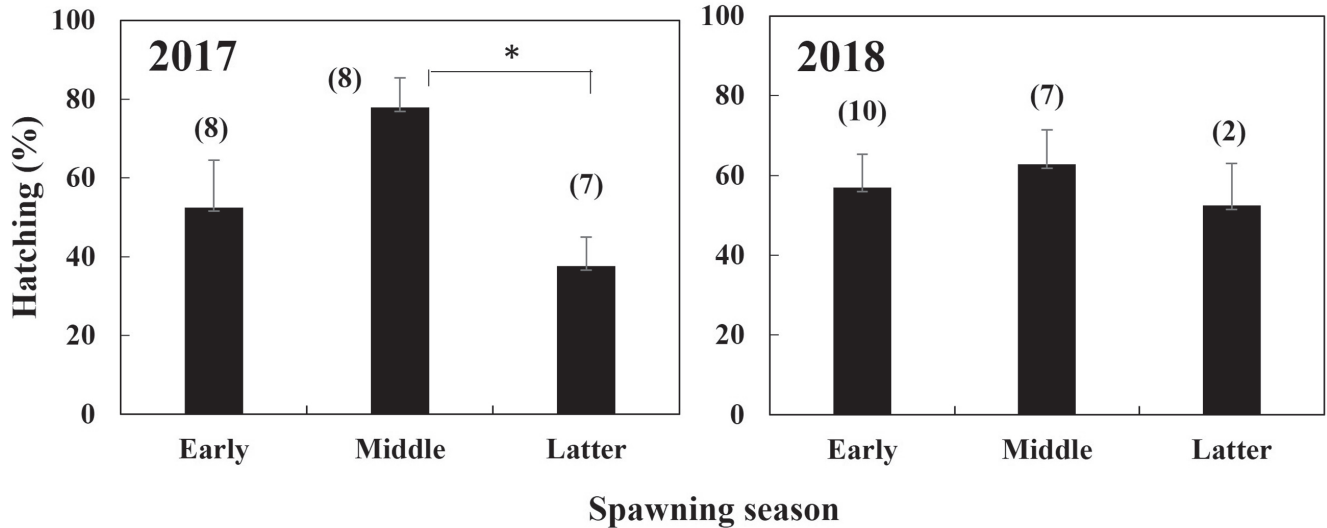


Fig. 10. Comparisons with the mean hatching rates of *Gnathopogon caerulescens* among spawning seasons of the river in 2017 and 2018. Significant differences were seen between the middle and latter season in 2017 (Single-factor ANOVA, $f=4.72 > f_{(0.95)}=3.49$, Tukey-Kramer test, $p < 0.05$), but no significant difference was seen among spawning seasons in 2018 (Single-factor ANOVA, $f=0.19 < f_{(0.95)}=3.63$). (): Number of specimens.

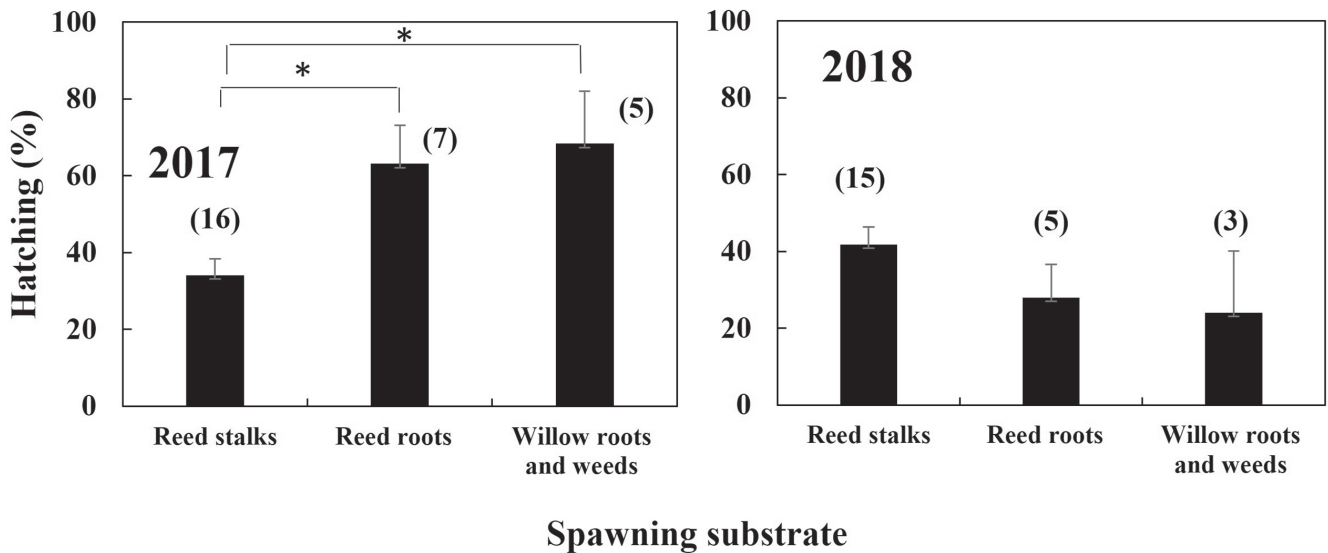


Fig. 11. Comparisons with the mean hatching rates of *Gnathopogon caerulescens* among spawning substrates of the satellite lakes in 2017 and 2018. Significant differences were seen between the reed stalks, and the willow roots and weed, and between the reed stalks, and the willow roots and weed in 2017 (Single-factor ANOVA, $f=6.9 > f_{(0.95)}=3.39$, Tukey-Kramer test, $p < 0.05$), but no significant difference was seen among spawning substrates of the satellite lakes in 2018 (Single-factor ANOVA, $f=0.19 < f_{(0.95)}=3.63$). (): Number of specimens.

たが有意差は認められなかった (Single-factor ANOVA, $f=0.48 < f_{(0.95)}=3.39$). 2018 年は前期・中期がともに約 42% であったが、後期が 15% と低く有意差があり (Single-factor ANOVA, $f=5.08 > f_{(0.95)}=3.49$), 前期と後期, 中期と後期の間にそれぞれ有意差が認められた (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$).

同様に、河川でも 3 期間の平均ふ化率を比較すると、2018 年では有意差は認められなかったが (Single-factor ANOVA, $f=0.19 < f_{(0.95)}=3.63$), 2017 年では中期の $77.8 \pm 7.43\%$ に対し後期は $35.6 \pm 7.33\%$ と低く (Single-factor ANOVA, $f=4.72 > f_{(0.95)}=3.49$), 中期と後期間に有意差が認められた (Fig. 10; Tukey-Kramer test, $p < 0.05$).

産卵基質間の比較 内湖の産卵では産卵基質にヨシ茎とヨシ根およびヤナギ類の根や水草に卵が多く見られたことから、内湖のこれら産卵基質間でふ化率を比較したところ (Fig. 11), 2017 年ではヨシ根とヤナギ類の根や水草の産卵では 60% 以上の平均値を示したが、ヨシ茎では $34.1 \pm 4.20\%$ と低値を示してヨシ根とヤナギ類の根や水草との間に有意差が認められた (Single-factor ANOVA, $f=6.9 > f_{(0.95)}=3.39$). 2018 年では、ヨシ茎は $41.8 \pm 4.61\%$ であり、ヨシ・ヤナギ根や水草ではさらに低い 28% 以下であったが、3 者間に有意差は認められなかった (Single-factor ANOVA, $f=1.7 < f_{(0.95)}=3.49$).

河川ではほとんどの卵が砂礫と水苔類へ産卵されて

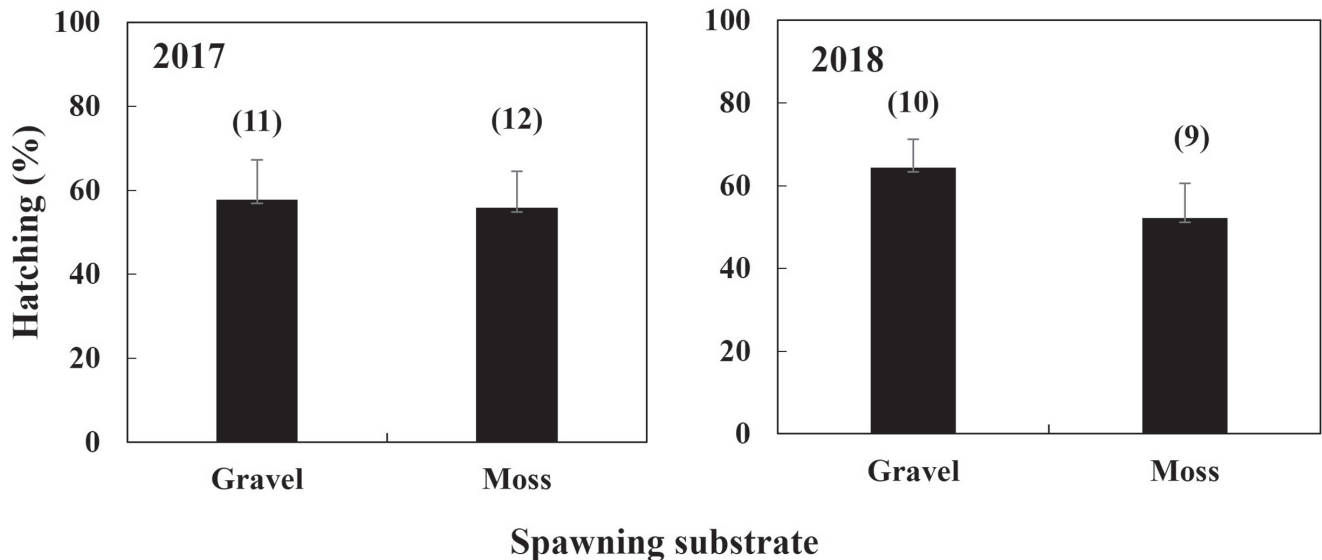


Fig. 12. Comparisons with the mean hatching rates of *Gnathopogon caerulescens* between spawning substrates of the river in 2017 and 2018. No significant difference of the mean hatching rates of eggs was seen between spawning substrates of the river in 2017 and 2018 (Student's t-test, 2017; $t=0.16 < f_{(0.95)}=1.72$, 2018; $t=1.14 < f_{(0.95)}=1.74$). (): Number of specimens.

おり、両者の平均ふ化率を比較したところ (Fig. 12)、2年間とも 52–64% の範囲で、両基質間に有意差は認められなかった (Student's t test, 2017; $t=0.16 < f_{(0.95)}=1.72$, 2018; $t=1.14 < f_{(0.95)}=1.74$).

考 察

本研究で、ホンモロコは琵琶湖岸だけでなく内湖や川など多様な場所を利用し、主に4月から6月までの比較的長い期間にわたって産卵していることがあらためて明らかになった。また、産卵場所は、内湖の止水域から最大流速 193 cm/sec の流水域の河川まで産着卵が認められた。採集したホンモロコ卵は、ふ化日数から推定して産卵後平均して2日ないし5日ほど経過したもので、ふ化率は2年間とも全体平均値で50%前後とほぼ同程度の値を示し、また、産卵期を前中後期に分けて比較しても有意差は認められなかった。これらの結果から、産卵から数日経過した自然産着卵のふ化率は、琵琶湖水域全体で産卵期を通して50%程度であると考えられる。水槽で自然産卵したホンモロコ卵のふ化率は、平均85%程度であることから (藤岡ほか, 2015)、天然産着卵のふ化率は管理下の値より35%ほど低いことになる。また、この値は、自然状態で数日経過して後に採取され管理された人為的環境下で培養された卵のふ化率で、野外では卵の捕食による減耗や水位低下による乾燥、さらには水質や物理的な影響をうけてふ化率はさらに低下していた可能性があるものと考えられる (Dahlberg, 1979; 亀甲ほか, 2012)。

ホンモロコ以外の魚卵ふ化率については、サケ科魚類では80%以上と高いが (中村, 1999; 有賀・鈴木, 2009)、海産魚10種で0.3–66%、淡水魚などで0.9–18%と

されており (Dahlberg, 1979)、種によって大きく異なっていることが知られている。これらのふ化率と条件が異なり単純には比較できないが、今回のホンモロコ卵のふ化率は、サケ科魚類よりはかなり低いが、それ以外の魚類と比較してそれほど低い値ではないと言える。繁殖時に親が多数の卵を産み卵保護しない魚類では、ふ化後の生残率が飢餓や被捕食などにより初期の段階で急激に低下するとされている (Dahlberg, 1979; 塚本, 1989; 田中・渡邊, 1994)。ホンモロコも親が卵を保護せず比較的多数の卵を産むが (中村, 1969; 藤岡ほか, 2013)、今回の結果から卵のふ化時点ですでに産卵数の少なくとも半数、あるいはそれ以上が減耗していることを示している。

ホンモロコ卵のふ化率に影響する要因としては、受精率や産卵場の水質 (水温やpH、濁りなど)・光などの環境が、また、波浪などによる卵に対する物理的な衝撃が考えられる (岩井・柏木, 1989)。また、産卵する親を通して影響を及ぼす卵質もその1つの要因と言われている (Bobe and Labbè, 2010)。本研究で、産卵場の水温は10.8–30°Cを示した。ホンモロコ卵の水温とふ化率の関係は、10–29°Cの範囲でふ化率は高く、32°Cで50%以下に低下することが判明していることから (藤岡ほか, 2016)、測定された水温の範囲内では高水温による卵のふ化率への直接の影響はほとんど無いものと推察される。産卵場のpHについては今回調査していないが、西の湖における本研究とは別の調査で調査期間中の値が2017年では8.6–9.5、2018年では8.7–8.6であり (藤岡ほか, 未発表)、これらの値が卵のふ化率に与える影響は現時点では不明である。

産卵水域別にふ化率を見ると、平均値は2年間とも湖岸や河川に比べ内湖で10–20%程度低かった。産卵場所の

物理的な環境は、河川では流れが速く絶えず攪拌されて酸素飽和度の高い水が卵に供給されていると考えられ、また、湖岸では風による波浪がある時には水が絶えず入れ替わっているものと推測される。一方、内湖は、魚類の初期餌料となる動物プランクトンが多く発生するが、水深が浅く一般に波浪は琵琶湖岸に比較してかなり小さく水の流れも少ない(西野・浜端, 2005)。このような内湖環境の特性が他水域に比較してホンモロコ卵のふ化率低下に影響している可能性が考えられる。さらに、琵琶湖岸では少し沖合の水深 8 m 以深には常に 25°C 以下の水温層が存在するが、水深の浅い内湖では 5 月から 6 月に 25°C を超える日があり、2017 年は 6 月 1 日に両内湖とも一時的に 29°C 超えていた。ホンモロコの産卵行動と水温の関係は、10°C 以上になると産卵が開始され 25°C 以上で終わるとされており(奥澤ほか, 1991)、実際に産卵行動が 10–26°C の範囲で認められている(藤岡ほか, 2013; Kikko et al., 2015)。内湖の時期別のふ化率は、2018 年では後期に大幅な低下が認められ(Fig. 9)、2018 年の内湖全体の平均ふ化率を低下させる要因となっていた。また、河川でも 2017 年の後期はふ化率が中期に対して後期で低下していたが、2018 年は同様な低下が見られなかった(Fig. 10)。ホンモロコは多回産卵することから(藤岡ほか, 2013, 2015)、内湖や内湖に流入する河川で産卵する親魚は、次の産出卵を内湖の沖合に待機して準備しているものと考えられる(亀甲ほか, 2014)。内湖の産卵場では産卵後期の水温が時々 26°C を超えていた。産卵期における高水温は親魚へのストレスとなり卵質低下に影響することが指摘されていることから(Billard et al., 1981)、高水温が親魚へのストレスとなって卵質に影響し、ふ化率低下要因の一つになっていた可能性があるものと推測される。しかし、ふ化率低下が内湖と河川で異なった年にみられることから、その原因については濁りや波浪・水位変化などを総合した詳細な検討が必要であると考えられる。

異なる産卵基質による卵のふ化率の差異については、いくつかの淡水魚でこれまで報告されており(Johnson, 1961; Macharia et al., 2005)、本研究では河川の砂礫と水苔類間ではふ化率に差はなかったものの、内湖の産卵基質間でふ化率に有意差が認められた。しかし、調査した 2 年間で異なる結果となっており、産卵基質以外の要因(例えば水位など)が関係していた可能性があるものと考えられる。川の産卵場所選択では、沈水植物が多く生えた流れの強い場所が選ばれることが判明している(Kikko et al., 2020)。一方、川に比べ波浪のない時は流れのない琵琶湖岸や内湖では、産卵が水際で行なわれ産着卵が水面上に露出している場合が多い。内湖の産卵基質間でふ化率に差が認められる要因には、例えばヨシ根ではスポンジ状に繊維が密生しているため、水位が産卵時より少し低下しても水分が保た

れ湿った状態が維持されて卵の乾燥を防ぐ効果が高いと考えられるが、ヨシ茎や毛の粗いブラッシ状に根が立っているヤナギでは、水位が低下すると卵が空气中に露出し、波浪がある時は卵の乾燥が防止されるが、波浪のない時には卵が乾燥しやすくなるものと推察される。実際に 2017 年では 4 月中期から 6 月下旬まで水位は低下する一方であったが、2018 年では逆に 5 月中旬まで上昇していった。卵の水面上への露出がどの程度卵の生存に影響しているのかは判明していないことから、今後その詳細を明らかにする必要があるものと考えられる。

以上のように、ホンモロコは産卵場所として止水域である湖岸や内湖ばかりではなく流水域の河川で産卵行動を行い、産卵基質として砂礫から様々な植物まで利用する。このような柔軟な繁殖場所や繁殖資源の選択・利用の幅の広さが本種の琵琶湖における個体群の比較的大きなサイズ維持を可能にしているものと考えられる。しかし、近年の本種個体群サイズの大幅な低下は(藤岡, 2013)、本種が多様な繁殖場所を選択する特性を持っていても、産卵場所がこれらの場所に共通する水域から陸域への移行帯(水際)であることから、琵琶湖水位が短期に大幅低下すると卵が干出死亡するなどの影響を強く受けるので、今後とも水位操作への慎重な配慮が求められる。

謝 辞

滋賀県水産試験場の石崎大介博士には原稿に有益なご意見を賜った。また、孝橋賢一氏、森田 尚氏、井戸本純一氏には研究に便宜を図り協力していただいた。その他の職員の方々にも大変お世話になった。さらに、査読者と編集者の方々にもお礼を申し上げる。

引用文献

- 有賀 望・鈴木俊哉. 2009. 豊平川のサケ産卵床における環境条件と浮上までの生残率. SALMON 情報, 3: 3–5. [URL](#)
- Billard, R., C. Bry and C. Gillet. 1981. Stress, environment and reproduction in teleost fish, pp. 185–208. In Pickering, A. D. (ed.) Stress and fish. Academic Press, London.
- Bobé, J. and C. Labbé. 2010. Egg and sperm quality in fish. General and Comparative Endocrinology, doi: org/10.1016/j.ygcen (Feb. 2009), 165: 535–548 (Feb. 2010).
- Dahlberg, M. D. 1979. A review of survival rate of fish eggs and larvae in relation to impact assessments. Marine Fisheries Review, March: 1–12.
- 藤岡康弘. 2013. 琵琶湖固有(亜)種ホンモロコおよびニゴロブナ・ゲンゴロウブナ激減の現状と回復への課題. 魚類学雑誌, 60: 57–63. [URL](#)
- 藤岡康弘. 2024. ホンモロコ, pp. 104–105. 藤岡康弘・川瀬成吾・田畑諒一(編)琵琶湖の魚類図鑑. サンライズ出版, 彦根.
- 藤岡康弘・三枝 仁・亀甲武志. 2015. ホンモロコの親魚ペアによる産卵および卵の孵化率. 水産増殖, 63: 463–468. [URL](#)
- 藤岡康弘・根本守仁・亀甲武志. 2021. 魚類 6 種による昼夜のホンモロコ仔魚捕食. 水産増殖, 69: 87–91. [URL](#)
- 藤岡康弘・岡本晴夫・石崎大介. 2016. 一定水温および変動水温下におけるホンモロコ卵の孵化時間. 水産増殖, 64: 97–102. [URL](#)

- Fujioka, Y. and J. Saegusa. 2015. Sex ratio in relation to age and body size in “Honmoroko” *Gnathopogon caeruleus*. *Ichthyological Research*, 62: 512–515.
- 藤岡康弘・田口貴史・亀甲武志. 2013. 多回産卵魚ホンモロコの産卵時期・産卵回数・産卵数. *日本水産学会誌*, 79: 31–37. [URL](#)
- 後藤 晃・前川光司. 1989. 魚類の繁殖行動. 東海大学出版会, 東京. 201 pp.
- 細谷和海. 2013. コイ科, pp. 308–327. 中坊徹次 (編) 日本産魚類検索 全種の同定. 第3版. 東海大学出版会, 秦野.
- 岩井壽夫・柏木正章. 1989. 発生の孵化管理, pp. 195–237. 隆島史夫・羽生 功 (編) 水族繁殖学. 緑書房, 東京.
- Johnson, F. H. 1961. Walleye eggs survival during incubation on several types of bottoms in Lake Winnibigoshish, Minnesota, and connecting waters. *Transactions of the American Fisheries Society*, 90: 312–322.
- 環境省. 2020. 環境省レッドリスト 2020 の公表について. 2020年3月27日. [URL](#) (18 Feb. 2025)
- Kikko, T., D. Ishizaki, Y. Kataoka, N. Oue, A. Sakai, K. Nishimori, Y. Kai and Y. Fujioka. 2020. Spawning habitat selectivity of Honmoroko, *Gnathopogon caeruleus*, in lagoon inlets, Lake Biwa, central Japan. *Ichthyological Research*, doi: org/10.1007/s10228-019-00698-6 (May 2019), 67: 185–190 (Jan. 2020).
- Kikko, T., D. Ishizaki, K. Kuwamura, H. Okamoto, M. Ujiie, A. Ide, J. Saegusa, Y. Kai, K. Nakayama and Y. Fujioka. 2018. Juvenile migration of exclusively pelagic cyprinid *Gnathopogon caeruleus* (Honmoroko) in Lake Biwa, central Japan. *Journal of Fish Biology*, 92: 1590–1603.
- 亀甲武志・根本守仁・澤田宣雄・藤岡康弘. 2012. 琵琶湖沿岸におけるフナ類およびコイ産着卵の大量干出. *魚類学雑誌*, 59: 84–89. [URL](#)
- 亀甲武志・岡本晴夫・氏家宗二・石崎大介・白杵崇広・根本守仁・三枝 仁・甲斐嘉晃・藤岡康弘. 2014. 琵琶湖内湖の流入河川におけるホンモロコの産着生態. *魚類学雑誌*, 61: 1–8. [URL](#)
- Kikko, T., T. Usuki, D. Ishizaki, Y. Kai and Y. Fujioka. 2015. Relationship of egg and hatching size to incubation *Gnathopogon caeruleus* (Honmoroko). *Environmental Biology of Fishes*, doi: 10.1007/s10641-014-0348-2 (Oct. 2014), 98: 1151–1161 (Apr. 2015).
- 馬淵浩司・西田一也・吉田 誠. 2023. 琵琶湖沿岸におけるホンモロコ産着卵の分布：野外および文献調査に基づく最近80年の歴史の変遷. *魚類学雑誌*, doi: 10.11369/jji.21-044 (Sept. 2022), 70: 1–20 (Apr. 2023).
- Macharia, S. K., C. C. Ngugi and J. Rasowo. 2005. Comparative study of hatching rates of African catfish (*Claria gariepinus* Burchell 1822) eggs on different substrates. *NAGA, Worldfish Center Quarterly*, 28: 23–26.
- 中村守純. 1969. ホンモロコ, pp. 117–126. 中村守純 (編) 日本のコイ科魚類. (財) 資源科学研究所, 東京.
- 中村智幸. 1999. 人工産卵場におけるイワナの産卵と産着卵のふ化. *日本水産学会誌*, 65: 434–440. [URL](#)
- 西野麻知子・浜端悦治. 2005. 内湖からのメッセージ. サンライズ出版, 彦根. 253 pp.
- 大植伸之・藤岡康弘. 2017. 琵琶湖沿岸、西の湖および伊庭内湖におけるホンモロコ産卵状況. 滋賀県水産試験場事業報告. 平成30年度, 22. [URL](#)
- 奥澤公一・古川 清・会田勝美・羽生 功. 1991. 非繁殖期におけるコイ科魚類ホンモロコ *Gnathopogon caeruleus* の光周期反応. 養殖研究所研究報告, 19: 11–16. [URL](#)
- 田中 克・渡邊良朗. 1994. 魚類の初期減耗研究. 田中 克・渡邊良朗 (編) 水産学シリーズ98. 恒星社厚生閣, 東京. 159 pp.
- 寺井章人・根本守仁・磯田能年. 2023. 2021年度秋季におけるホンモロコの資源尾数推定. 滋賀県水産試験場事業報告. 令和3年度, 39. [URL](#)
- 塚本勝巳. 1989. 仔稚魚の成長, pp. 239–289. 隆島史夫・羽生 功 (編) 水族繁殖学. 緑書房, 東京.
- 柳井久江. 2011. 4 steps エクセル統計. 第3版. (有) オーエムエス出版, 東京. 294 pp.