

岐阜県におけるコイ科7魚種の生殖年周期 Annual reproductive cycle of seven species of Cyprinidae in Gifu Prefecture

古屋康則¹・大野貴也¹・脇田泰教²
Yasunori Koya, Takaya Ohno and Yasunori Wakita

¹〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学教育学部 ; ²〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1
岐阜大学大学院教育学研究科
TEL 058-293-2255 (Email: koya@gifu-u.ac.jp)

要 約

岐阜県産のコイ科魚類7種について生殖腺の組織学的観察に基づき、岐阜県岐阜市付近における繁殖期と配偶子形成過程の特徴を明らかにした。ゼゼラでは、産卵期が6-7月であり、雌では4-5月に卵黄形成を行うが、雄の精子形成は10月に開始し、冬季間は停滞して3月から再開すると考えられた。カワムツでは、産卵期が6-7月であり、雌雄とも2-3月に配偶子形成を開始すると考えられた。タモロコでは、産卵期が5-6月であり、雌では10月頃から断続的に卵黄形成を開始し、3月から急激に進行させるが、雄では産卵期終了後まもない8月から精子形成を開始し、冬に入るまでに大部分を終えていると考えられた。オイカワでは、産卵期が6-9月であり、雌では3月に卵黄形成を開始し、その後急激に卵巣を発達させるのに対し、雄では1月から精子形成を開始させることが示された。カマツカでは、産卵期が3-7月で5-6月が盛期であり、雌では産卵とほぼ同時進行で卵黄形成を開始させるが、雄では前年の11月に精子形成を開始し、冬季間徐々に進行させると考えられた。アブラハヤでは、産卵期が4-7月であり、雌雄ともに配偶子形成は前年の11月に開始し、冬季間緩やかに進行させると考えられた。ヤリタナゴでは、産卵期が5-7月であり、雌雄ともに配偶子形成は12月に開始するが、雄では雌よりも進行が早い特徴が見られた。

緒 言

コイ科魚類は世界で3006種 (Nelson et al., 2016)、日本では66種・亜種 (斉藤, 2018) が知られる、淡水魚では最大のグループである。繁殖の時期については、一部のタナゴ亜科魚類を除き多くが春 (~初夏) 産卵型か春夏産卵型に属する (清水, 2006)。日本国内に在来するコイ科魚類の分布は種によって異なるものの、多くの種は比較的広く分布しており、分布する地域によって繁殖の時期も異なることが予想される。一般に図鑑に掲載されている繁殖期は国内全体を網羅したものであり、地域ごとに見れば繁殖時期はより狭い期間に集中しているかもしれない。岐阜県には37種・亜種のコイ科魚類が生息し、このうち26種・亜種は在来であるとされている (向井, 2019)。これらの種のうち、岐阜県内での繁殖時期が詳しく調べられているものは、カワヒガイ *Sarcocheilychthys variegatus variegatus* (番・古屋, 2020) などごくわずかである。

コイ科魚類の配偶子の形成過程については、繁殖が春から夏にかけて行われるという共通点がありながら、ウシモツゴ *Pseudorasbora pugnax*

(大仲ほか, 2009) やカワヒガイ (番・古屋, 2020) では、雌雄とも前年の秋から配偶子形成を開始するが、タナゴ亜科の数種の雌 (朝比奈ほか, 1980; 清水・羽生, 1981; Hatakeyama and Akiyama, 2008) やカワバタモロコ *Hemigrammocypripis neglectus* の雌 (Onikkura, et al., 2010) では水温が上昇する春に開始するなど、多様性が見られる。このような配偶子形成過程の多様性が類型化できるのか否か、あるいはどのように進化してきたのかを考えるためには、様々な種について配偶子形成過程の詳細を調べ、比較する必要がある。

そこで本研究では、岐阜県内に生息するコイ科魚類の中から比較的多く生息する魚種を7種選定し、最低1年間にわたる定期的な試料採取を行い、生殖腺の組織学的観察に基づく成熟度を判定した上で、各魚種の繁殖時期の特定と配偶子形成過程の特徴を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

対象魚種と採集 本研究では岐阜県に生息するコイ科魚類として、ゼゼラ *Biwia zezera* (カマツ

カ亜科)、カワムツ *Candidia temminckii* (クセノキプリス亜科)、タモロコ *Gnathopogon elongatus* (カマツカ亜科)、オイカワ *Opsariichthys platypus* (クセノキプリス亜科)、カマツカ *Pseudogobio esocinus* (カマツカ亜科)、アブラハヤ *Rhynchocypris logowskii steindachneri* (ウグイ亜科)、ヤリタナゴ *Tanakia lanceolata* (タナゴ亜科) の7魚種を選定した(表1)。これらの選定には、生息数が比較的多いことを考慮した。なお、コイ科魚類の分類体系はNelson et al. (2016) に従った。

対象魚種の採集は、岐阜県岐阜市と山県市の長良川水系の支流や用水路にてタモ網を用いて行った。魚種ごとの採集を行った期間、および

表 1. 使用した魚種との採集期間

種名	採集期間	体長 最小-最大
ゼセラ	2014, Mar-2015, Jan 2015, Apr-2015, Dec	2.6-5.2 cm
カワムツ	2010, May-2011, Apr	6.0-14.3 cm
タモロコ	2009, Mar-2010, Feb 2015, Apr-2015, Dec	4.4-10.3 cm
オイカワ	2010, Jun-2011, May	5.6-11.9 cm
カマツカ	2010, Jun-2011, May 2015, Apr-2015, Dec	5.0-14.7 cm
アブラハヤ	2010, Jun-2011, May	4.4-10.3 cm
ヤリタナゴ	2010, Jun-2011, May	4.2-7.8 cm

使用した魚の標準体長を表1に示した。期間中にはほぼ1ヶ月に1回採集を実施した。

組織学的観察 実験室にもち帰った魚をオイゲノールで麻酔した後、標準体長 [mm] と体重 [g] を測定した。その後、生殖腺を取り出して重量 [g] を測定した。生殖腺体指数 (gonadosomatic index: GSI) を以下の式で算出した。

$$GSI = \text{生殖腺重量} / \text{体重} \times 100$$

魚から取り出した生殖腺をBouin氏液で固定した後、通常のパラフィン法により厚さ6 μmの切片を作成した。これにDelafieldのヘマトキシリンおよびエオシンの二重染色、またはPAS染色を施し、光学顕微鏡にて観察した。

卵巣については、7魚種すべてについて卵母細胞の発達段階をYamamoto and Yamazaki (1961) に準じて染色仁期、周辺仁前期、周辺仁後期、表層胞期、第1次卵黄球期、第2次卵黄球期、第3次卵黄球期、および核移動期の8段階に分け、卵巣内での出現頻度を計数した。また、これらの卵母細胞以外に、排卵後濾胞や退化濾胞の存在についても記録した。図1には代表的な組織像としてカマツカにおける7段階の発達段階の卵母細胞 [染色仁期 (図1a)、周辺仁前期 (図1b)、周辺仁後期 (図1c)、表層胞期 (図1d,e)、第1次卵黄球期 (図1f)、第2次卵黄球期 (図1g)、第3次卵黄球期 (図1h)、排卵後濾胞 (図1i)、退化卵 (図1j)] を示した。

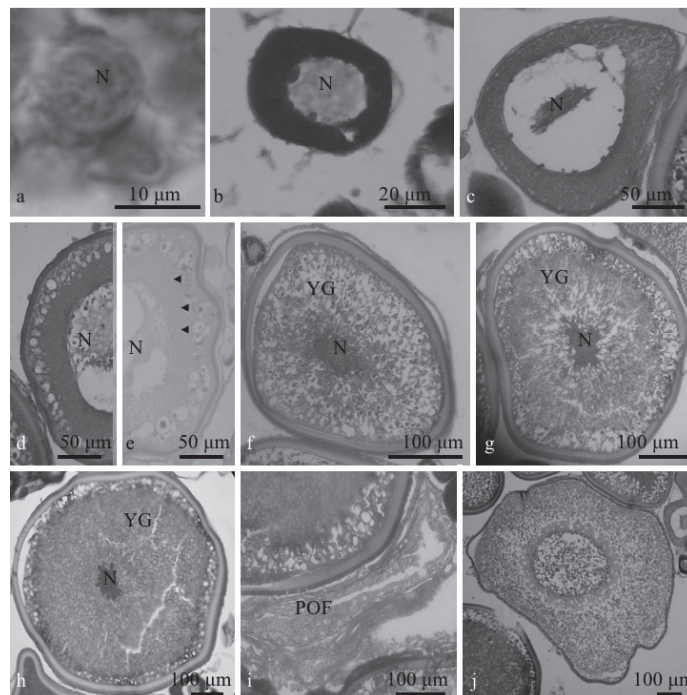


図 1. カマツカにおける各発達段階の卵母細胞の組織像. a: 染色仁期, b: 周辺仁前期, c: 周辺仁後期, d: 表層胞期, e: 表層胞期 (PAS 染色), 矢尻は表層胞を示す, f: 第1次卵黄球期, g: 第2次卵黄球期, h: 第3次卵黄球期, i: 排卵後濾胞 (POF), j: 退化卵. N: 卵核胞, YG: 卵黄球.

表2. 卵巣の成熟度の区分と定義

成熟度区分	定義
回復期	産卵が終了した直後の時期で、排卵後濾胞があっても、次の産卵のための卵群（第3次卵黄球期以降の卵母細胞）を含まない
無卵黄期	卵黄形成が起きていない時期で、表層胞期までの卵母細胞しか含まない
卵黄形成前期	卵黄形成の初期で、第1次卵黄球期までの卵母細胞しか含まない
卵黄形成後期	卵黄形成の盛期から終盤にかけての時期で、第2次および第3次卵黄球期の卵母細胞を含むが、核移動期、成熟期あるいは排卵後濾胞は含まない
成熟・産卵期	卵成熟・産卵が繰り返し行われる時期で、第3次卵黄球期の卵母細胞とともに排卵後濾胞、あるいは核移動期や成熟期の卵母細胞を含む

表3. 精巣の成熟度の区分と定義

成熟度区分	定義
回復期	繁殖期が終了した直後の時期で、精原細胞の占める割合が大きく、それ以外には、残留した減数分裂途上の生殖細胞や精子がわずかに見られる
精原細胞期	精原細胞が増殖する時期で、1次精原細胞が大部分を占め、精母細胞は見られてもその割合は30%以下である
精子形成前期	減数分裂が開始し、1次精母細胞が大部分を占め、精原細胞も見られる
精子形成後期	減数分裂が進行し、2次精母細胞と精細胞が大部分を占め、精子も見られ始める
機能的繁殖期	繁殖が可能な時期で、多量の精子が見られ、輸精管内にも精子が見られる

〔図1g）、第3次卵黄球期（図1h）〕および排卵後濾胞（図1i）と退化濾胞（図1j）の写真を示した。個体ごとに各発達段階の卵母細胞の数と排卵後濾胞の有無を記録し、表2に示す基準に従って卵巣の成熟度を無卵黄期、卵黄形成前期、卵黄形成後期、成熟産卵期、回復期の5段階に分けた。なお、未熟な個体については、初回成熟個体と経繁殖個体が混在することから、回復期と無卵黄期の両期を併せて回復・無卵黄期として扱った。

精巣については、7魚種すべてについて雄性生殖細胞を精原細胞、1次精母細胞、2次精母細胞、精細胞、および精子の5段階に分けた。図2には代表的な組織像としてカマツカにおける5段階の雄性生殖細胞の写真を示した。1個体あたり精巣の組織切片から無作為に選んだ5つの視野（275 μm X 140 μm）を写真撮影し、各発達段階の胞囊の面積を測定することで、各生殖細胞の存在比率を算出した。面積の測定にはA4用紙に印刷した写真から各発達段階の胞囊を切り取って重量を測定するか、画像解析ソフト（Image J : Wayne Rasband）を用いた。個体ごとの各雄性生殖細胞の発達段階の存在比率から表3に示す基準に従って精巣の成熟度を精原細胞期（図2a）、精子形成前期（図2b）、精子形成後期（図2c）、機能的繁殖期（図2d）、回復期（図2e）の5段階に分けた。なお、未熟な個体については、初回成熟個体と経繁殖個体が混在することから、回復期と

精原細胞期の両期を併せて回復・精原細胞期として扱った。

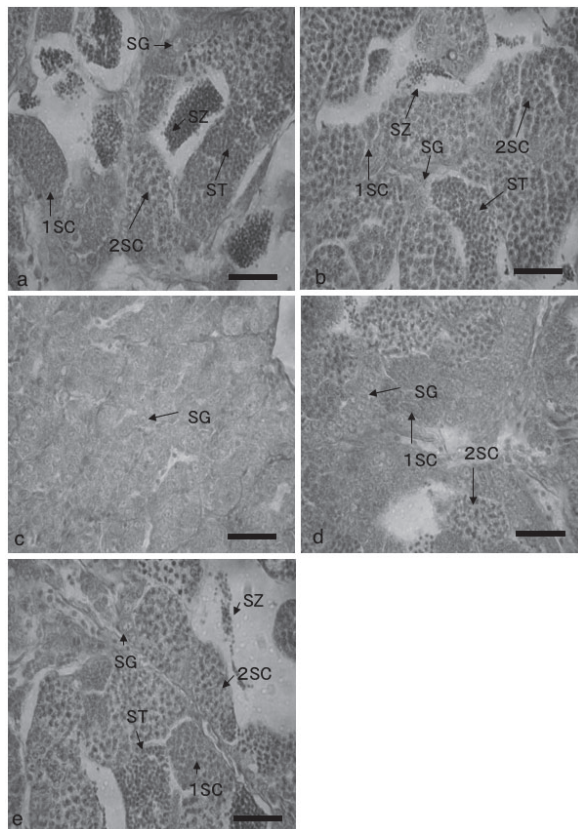


図2. カマツカにおける精巣の組織像. a: 機能的繁殖期, b: 回復期, c: 精原細胞増殖期, d: 精子形成前期, e: 精子形成後期. スケールバーは20 μm.

統計 数値のデータはすべて平均値±標準誤差 (SEM) で表した。GSI値の月ごとの差については、分散分析 (ANOVA) を行なった後、post-hoc testとしてTukey-Kramer Test ($P<0.05$) を用いた。

結果および考察

以下では、本研究で調べた7魚種のGSIの推移と生殖腺の成熟度から、各魚種の生殖周期を示し、その特徴について考察する。
ゼゼラ 雌のGSI (図3a左) は、1月の1%程度から4月には2-3%程度にまで増加する傾向にあり、5月には8%近くまで急増し、6月まで高値を維持した。その後9月にかけて減少し、10月以降は1%程度で推移した。卵巢の成熟度 (表4) は、1月と3月には回復期・無卵黄期の個体のみであったが、4月には卵黄形成前期の個体が現れ、5月には観察した全個体が卵黄形成前期であった。6月には全個体が成熟・産卵期となり、7月にも成熟・産卵期が1個体見られたが、2個体は回復期・無卵黄期となり、それ以降は全て回復期・無卵黄期であった。

雄のGSI (図3a右) は、1年を通じて有意な変動は示さず、2%前後で推移したが、6月には平均値は4%程度と他の月よりも高い値を示した。精巢の成熟度 (表4) は、1月には精子形成前期、3-4月には精子形成後期と緩やかに進行し、5月には3個体中2個体が機能的繁殖期となった。その後7月まで機能的繁殖期が続き、8月には回復期・精原細胞期となり、10月以降は精子形成前期へと発達を開始した。

ゼゼラの産卵期については、全国的には4月から7月 (細谷, 2002a)、琵琶湖付近では5月中旬から7月中旬 (中村, 1969) とされており、九州北部では5月下旬に産卵行動が観察されている (川瀬ほか, 2011)。本研究の結果から、岐阜市付近における繁殖期は6月から7月であり、本種の分布域内では比較的遅いと言える。

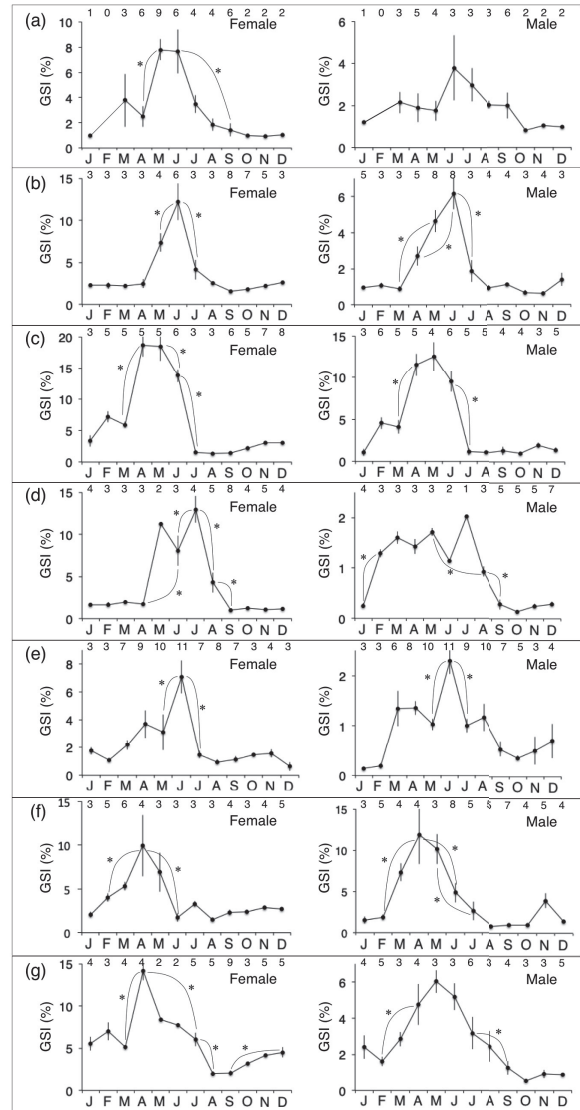


図3. 生殖腺体指数 (GSI) の周年変化. a: ゼゼラ, b: カワムツ, c: タモロコ, d: オイカワ, e: カマツカ, f: アブラハヤ, g: ヤリタナゴ. エラーバーは標準誤差, プロットの上の数字は検体数を示す.

GSIに関して、雌では繁殖期中に比較的明瞭な増加が確認できたが、雄では明瞭な年周変化を示さず、繁殖期の平均値は4%程度と低かった。このことは本種の雄の特徴と言える。本種

表4. ゼゼラにおける卵巢および精巢の成熟度の周年変化

成熟度	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
回復・無卵黄期	3		3	2			2	3	5	5	3	5
卵黄形成前期				1	5							
卵黄形成後期						4	1					
成熟・産卵期												
回復・精原細胞期								3	3			
精子形成前期	3									3	3	5
精子形成後期			3	5	1							
機能的繁殖期					2	3	3					

は、ぶどうの房状の卵塊を産むとされており（中村，1969）、ヒゲ状の細長い形態を持つ抽水あるいは陸上植物が密集したところに、卵塊を産み付ける様子が観察されている（川瀬ほか，2011）。このような卵塊を産む魚種はコイ科魚類では他に知られておらず、卵塊への放精という産卵生態が精巢の重量比が比較的低いこと、すなわち産生される精子量が比較的少なく済むことに関係しているのかもしれない。

繁殖に先立つ配偶子形成の特徴として、雌では4月から5月にかけて卵黄形成を開始し、その後卵黄形成後期の成熟度を示す個体が見られずに成熟・産卵期へと移行したことから、卵黄形成開始後、極めて短期間で産卵可能になることが示唆された。おそらく、繁殖期に入ってから卵黄形成を継続して行うことで、複数回の産卵を繰り返しているものと思われる。一方、雄では精子形成は10月に開始し、冬季間は精子形成前期の状態に変化がなく、3月から減数分裂を再開して精子形成後期を経て5月には繁殖可能になるとと思われる。このように、本種では雌雄で生殖内分泌系の発動時期が異なる可能性が考えられた。

カワムツ 雌のGSI（図3b左）は、1月から4月まで2%程度の低値で推移し、5月から急増して、6月には12%程度の最大値に達した。その後7月には4%程度まで減少し、8月以降は2-3%程度の低値で推移した。卵巣の成熟度（表5）は、

1-2月には回復期・無卵黄期であったが、3月には卵黄形成前期から後期、4-5月には全ての個体が卵黄形成後期となり、6-7月には成熟・産卵期となった。8月以降は12月まで全ての個体が回復期・無卵黄期であった。

雄のGSI（図3b右）は、1-3月には1%程度の低値で推移し、4月以降増加して6月に6%以上の最大値に達した。その後、7月には急減し、8月以降は1%前後の低値で推移した。精巢の成熟度（表5）は、1月には回復期・精原細胞期であったが、2月には精子形成前期が出現し、3月には全個体が精子形成前期、4月には全個体が精子形成後期へと順次進行した。5-9月には全個体が機能的繁殖期の状態にあり、10月以降は回復期・精原細胞期となった。

カワムツの産卵期は、朝鮮では5月下旬から6月末（内田，1939）、琵琶湖周辺では5月下旬から8月上旬（中村，1969）、近畿地方では5月中旬から8月下旬（宮地ほか，1982）とされている。岐阜市付近での産卵期は、雌の成熟度から判断して6月と7月の2ヶ月間であることが示されたが、雄の機能的繁殖期は5月から9月までと長かったことから、河川の環境によって雌の産卵可能な時期が前後するのかもしれない。分布域全体で見ると、岐阜市付近の産卵期はほぼ中盤にあると言える。

繁殖期に先立つ配偶子形成の開始時期は雌雄でほぼ同じ2-3月であり、およそ4ヶ月の配偶子

表 5. カワムツにおける卵巣および精巢の成熟度の周年変化

成熟度	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
回復・無卵黄期	3	3						2	3	3	3	3
卵黄形成前期			2									
卵黄形成後期			1	3	3							
成熟・産卵期						3	3					
回復・精原細胞期	2	2								3	3	3
精子形成前期		1	3									
精子形成後期				3								
機能的繁殖期					3	3	3	3	3			

表 6. タモロコにおける卵巣および精巢の成熟度の周年変化

成熟度	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
回復・無卵黄期	1						4	3	3	1	3	1
卵黄形成前期			3							2		2
卵黄形成後期			1	4								
成熟・産卵期					3	3						
回復・精原細胞期							2					
精子形成前期								3	3	1	2	
精子形成後期	3		3		3					2	1	3
機能的繁殖期				3	3	2						

形成期間を経て産卵期を迎えることが示された。

タモロコ 雌のGSI (図3c左) は、1月には3%程度の低値であったが、2-3月には5%程度に増加する傾向を示し、4月には急激に増加して18%程度の高値となり、その状態は5月まで維持された。6月にはやや減少し、7月には1%程度まで急激に減少して、以後2-3%程度の低値で推移した。卵巣の成熟度 (表6) は、1月には回復期・無卵黄期であり、3月には卵黄形成前期から後期となった。4月には全個体が卵黄形成後期となり、5-6月には成熟・産卵期となった。7月には全個体が回復期・無卵黄期となり、10-12月には卵黄形成前期の個体が出現した。

雄のGSI (図3c右) は、1月には1%程度の低値であったが、2-3月には5%程度に増加する傾向を示し、4月から5月にかけて増加して12%程度の最大値に達した。その後7月にかけて1%程度まで急減し、以後低値で推移した。精巣の成熟度 (表6) は、1月から3月には精子形成後期の状態にあり、4月から6月にかけては全個体が機能的繁殖期となり、7月には回復期・精原細胞期となった。8-11月には精子形成前期の個体が見られ、10月以降には精子形成後期の個体も出現した。

タモロコの産卵期は、全国的には4月から7月とされ (宮地ほか, 1982; 細谷, 2002b)、琵琶湖付近では4月中旬以後から最終は7月であるとされている (中村, 1969)。岐阜市付近での産卵期は、雌の成熟度から判断して5月から6月であることが示され、全国的な産卵期のほぼ中盤にあると言える。

雌では10月頃から断続的に卵黄形成を開始し、3月からは急激に卵黄形成が進行して5月に成熟に至った。一方、雄の精子形成は産卵期が終わってまもない8月から開始し、10月には精子形成後期にまで進むが、3月までそのままの状態を維持し、4月に機能的繁殖期になった。このように、配偶子形成は雌雄共に繁殖期の半年以上

前に開始するが、その進行には雌雄でやや違いが見られ、雄が雌よりも早く開始し、終了すると考えられた。

オイカワ 雌のGSI (図3d左) は、1月から4月まで1-2%の低値で推移し、5月から6月にかけて8%程度にまで急増した。7月にはさらに増加して13%程度の最大値に達し、その後9月にかけて1%程度にまで急減し、そのまま低値で推移した。卵巣の成熟度 (表7) は、1-2月は回復期・無卵黄期であり、3月には卵黄形成前期が出現し、4月には卵黄形成後期となり、5月から9月の間は全ての個体が成熟・産卵期であった。10月以降は回復期・無卵黄期となった。

雄のGSI (図3d右) は、1月には0.2%程度であったが、2月には1.2%程度まで急増し、その後、6月まで1.0-1.7%の間で推移した。7月には検体数が1であるが2%を超える最大値を示した後、9月にかけて減少し、その後は0.2%程度の低値で推移した。精巣の成熟度 (表7) は、1月には回復期・精原細胞期か精子形成前期であり、2月には全個体が精子形成前期となり、3月には精子形成後期のものが現れた。4-5月は精子形成後期の状態にあり、6月から9月までは全ての個体が機能的繁殖期の状態にあった。10月以降は回復期・精原細胞期となった。

オイカワの産卵期は、全国的には5月下旬から8月下旬までとされている (宮地ほか, 1982)。各地の産卵期については、千曲川では5月30日から8月27日までの間 (盛期は6月下旬から7月上旬) (中村, 1952)、朝鮮では6月初めから8月 (盛期は7月初めから8月上旬頃) (内田, 1939)、琵琶湖付近および多摩川では5月下旬から8月下旬 (中村, 1969)、静岡県中部では5月中旬から8月下旬 (板井, 1982) とされている。岐阜市付近での産卵可能な時期は、本研究の雌雄の成熟度から判断すると6月から9月であり、開始時期は他の地域とほぼ同じであるが、終了時期はこれまでに報告されている他の地域よりもやや遅かった。生殖腺の組織像からの判断であ

表7. オイカワにおける卵巣および精巣の成熟度の周年変化

成熟度	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
回復・無卵黄期	3	3	2							3	3	3
卵黄形成前期			1									
卵黄形成後期				2								
成熟・産卵期					2	2	2	3	3			
回復・精原細胞期	1									3	3	3
精子形成前期	2	3	1									
精子形成後期			2	3	3							
機能的繁殖期						2	1	3	3			

るので、実際に9月中に産卵が行われているのか否かを確認する必要がある。

配偶子形成の特徴として、雌では3月に卵黄形成を開始し、4月から5月にかけて卵巣は急激に発達して産卵が可能になるのに対し、雄では1月から5月までの5ヶ月をかけて精子形成が進行することが示された。卵巣における短期間での急激な発達については多摩川水系での調査でも同様に指摘されており（水口，1970）、本種の特徴であると言える。

カマツカ 雌のGSI（図3e左）は、1-2月には2%以下の低値であったが、3月から5月にかけて4%程度にまで増加傾向を示した後、6月には7%程度にまで急増した。その後、7月には再び2%以下に急減し、以後は低値で推移した。卵巣の成熟度（表8）は、1月と2月には回復期・無卵黄期であったが、3月には回復期・無卵黄期のものは6個体中2個体のみで、1個体では卵黄形成前期、1個体は卵黄形成後期、2個体では成熟・産卵期と様々な段階にあった。その後、5-6月には全ての個体が成熟・産卵期の状態にあり、7月には3個体中1個体が成熟・産卵期であったが、2個体は回復期・無卵黄期となり、8月以降は全ての個体が回復期・無卵黄期であった。

雄のGSI（図3e右）は、1-2月には0.1%程度の低値を示し、3-5月には1.2%程度で推移した後、6月には2.3%まで急増し、7月には再び1.0%程度にまで減少した。その後、9月から12月までは1.0%以下の値で推移した。精巣の成熟度（表8）は、1月には精子形成前期、2-3月には精子形成後期であり、4月から7月までは全個体が機能的繁殖期の状態にあった。8月には3個体中2個体では機能的繁殖期であったが、1個体では回復期・精原細胞期となり、9-10月は回復期・精原細胞期であった。11月には精子形成前期の個体が現れ、12月には調べた2個体とも精子形成前期の状態にあった。

カマツカの産卵期は、全国的には5月から6月とされており（細谷，2002c）、朝鮮半島では5月

から6月頃（内田，1939）、琵琶湖付近では5月から6月中旬（中村，1969；宮地ほか，1982）であるが、東京付近では3月下旬から4月中旬（宮地ほか，1982）とやや早く、いずれも産卵期間は2ヶ月程度であるとされている。一方、大阪府下の河川において定期的な採集により卵と精液が搾取できるか否かで判断した研究では、4月下旬から8月上旬の4ヶ月間が産卵期であるとされている（上野ほか，2000）。また、九州北部において、流下卵の採集を行った研究では、4月下旬に受精卵が得られている（中島，2015）。本研究の結果から判断すると、岐阜市付近では雌は3月以降には産卵が可能となり、少なくとも5月と6月は盛期であり、7月でも産卵可能な個体が見られた。また、雄では4月から8月まで産卵可能な状態であった。したがって、本種の産卵期はこれまでに知られているよりも実際には長い可能性がある。

雌の配偶子形成の特徴として、雌では3月中に卵黄形成を開始すると共に、成熟・産卵期に達する個体も現れることから、卵黄形成は産卵期に先立って行われるというよりは、産卵期中に産卵と同時進行的に行われることが示された。一方、雄では雌とは異なり、精子形成は前年の11月に開始し、冬季間徐々に進行して、4月には機能的に成熟した状態に達した。このように、本種では雌雄で生殖内分泌系の発動時期が異なる可能性が考えられた。

アブラハヤ 雌のGSI（図3f左）は、1月の2%程度から4月の10%程度まで増加し続けた後、6月にかけて2%以下にまで減少し、それ以後は2-3%程度で推移した。卵巣の成熟度（表9）は、1月には全個体が卵黄形成前期であり、2-3月には全個体が卵黄形成後期となり、4月には3個体中2個体で成熟・産卵期となった。5-7月には全個体が成熟・産卵期の状態にあり、8月には2個体中1個体が成熟・産卵期、1個体が回復期・無卵黄期であった。9-10月には回復期・無卵黄期となり、11月には卵黄形成前期の個体が現れ、12月

表 8. カマツカにおける卵巣および精巣の成熟度の周年変化

成熟度	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
回復・無卵黄期	3	3	2				2	2	3	3	3	3
卵黄形成前期			1									
卵黄形成後期			1									
成熟・産卵期			2		3	2	1					
回復・精原細胞期								1	3	2	2	
精子形成前期	2										1	2
精子形成後期		3	3									
機能的繁殖期				3	3	3	3	2				

表 9. アブラハヤにおける卵巣およびの成熟度の周年変化

成熟度	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
回復・無卵黄期								1	3	3	2	1
卵黄形成前期	3										1	2
卵黄形成後期		3	3	1								
成熟・産卵期				2	3	3	3	1				
回復・精原細胞期								3	3	3		
精子形成前期	3	2									3	3
精子形成後期		1	3									
機能的繁殖期				3	3	3	3					

表 10. ヤリタナゴにおける卵巣および精巣の成熟度の周年変化

成熟度	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
回復・無卵黄期								1	3	3	3	
卵黄形成前期	3	1										3
卵黄形成後期		2	3	2								
成熟・産卵期					2	2	2	1				
回復・精原細胞期							2	3	3	3	3	
精子形成前期												3
精子形成後期	3	3										
機能的繁殖期			3	3	3	3	1					

には3個体中2個体が卵黄形成前期となった。

雄のGSI (図3f右) は、1-2月は2%程度の低値であったが、その後4月の最大値 (12%程度) まで増加し続けた後、緩やかに減少して8月には1%程度の低値となった。その後10月までは低値で推移し、11月には5%程度まで一過性の増加傾向を示したが、12月には2%程度の低値となった。精巣の成熟度 (表9) は、1月には全個体が精子形成前期であり、2月には精子形成後期の個体が現れ、3月には全個体が精子形成後期となった。4月から7月には全個体が機能的繁殖期の状態にあり、8月から10月には回復期・精原細胞期になった。11-12月には全個体が精子形成前期の状態になった。

アブラハヤの産卵期については、全国的には3月から8月とされ (宮地ほか, 1982)、滋賀県彦根市付近の河川では盛期が4月中旬ないし5月上旬であり、終期は7月下旬以後に及び (中村, 1969)、静岡では4月中旬から6月上旬に行われるとされている (板井, 1982)。岩手県の北上川水系の個体群では、GSIと血中性ホルモンの変動から、当地での産卵期は5月から6月であるとされている (Fujimoto et al., 2002)。本研究の結果から、岐阜市付近での産卵期は4月から7月であると考えられ、滋賀県や静岡県での報告とほぼ一致し、全国的な産卵期の中盤にあたると言える。

配偶子形成の特徴として、雌雄ともに産卵に

先立つ卵黄形成および精子形成は11月に開始し、冬季間緩やかに進行して4月に成熟にいたることが示された。

ヤリタナゴ 雌のGSI (図3g左) は、1月から3月までは5-7%で推移し、4月には14%程度にまで急増した。その後は減少し続けて、8月には2%程度の最低値となった。9月以降は緩やかに増加して、12月には4%程度となった。卵巣の成熟度 (表10) は、1月には卵黄形成前期であり、2月には卵黄形成後期の個体が現れ、3-4月には全個体が卵黄形成後期となった。5-7月には全個体が成熟・産卵期となり、8月には2個体中1個体では成熟・産卵期卵であったが、1個体は回復期・無卵黄期となり、その後11月までは回復期・無卵黄期であった。12月には全個体が卵黄形成前期となった。

雄のGSI (図3g右) は、1-2月には2%前後の値であったが、3月以降増加を続けて5月に6%程度の最大値に達した。その後は10月まで減少し続け、12月まで1%以下の低値で推移した。精巣の成熟度 (表10) は、1-2月には全個体が精子形成後期であり、3-6月には全個体が機能的成熟期であった。7月には3個体中1個体では機能的成熟期であったが、2個体では回復期・精原細胞期となり、その後11月までは全個体が回復期・精原細胞期であった。12月には全個体が精子形成前期となった。

ヤリタナゴの産卵期については4月から6月で

あるとされており（岡田・清石，1936）、琵琶湖沿岸および関東地方の諸地域でもこれとほぼ同様であり（中村，1969）、福岡県では3月から6月、岡山県では4月から8月とされている（長田，2002）。本研究の結果から、雌では5月から8月に成熟・産卵期の個体が得られ、雄では3月から7月に機能的繁殖期の個体が得られたことから、岐阜市付近での産卵期は5月から7月であり、全国的な産卵期の中では中盤にあたりと考えられた。

ヤリタナゴの配偶子形成の特徴として、雌雄ともに卵黄形成と精子形成は12月に開始するが、雄では雌よりも配偶子形成の進行が早く、3月には機能的繁殖期に達するが、雌では5月まで比較的緩やかに卵黄形成を進行させることが示された。

謝 辞

本研究はJPSP科研費（No. 22510245）の助成を受けた。

引用文献

- 朝比奈 潔・岩下いくお・羽生 功・日比谷 京. 1980. タイリクバラタナゴの生殖年周期. 日本水産学会誌, 46: 299–305.
- 番 雅義・古屋康則. 2020. 二枚貝に卵寄託するカワヒガイの生殖腺発達過程と産卵管の形態. 魚類学雑誌, 67: 179–193.
- Fujimoto, Y., Chiba, H., Yamada, H., and Iwata, M. 2002. Annual reproductive cycle of the Japanese fat minnow *Phoxinus lagowski steindachneri*. Fisheries Science, 68: 417–418.
- Hatakeyama, H. and Akiyama, N. 2007. Annual reproductive cycle of a bitterling, *Tanakia tanago*, reared in an outdoor tank. Zoological Science, 24: 614–622.
- 細谷和海. 2002a. ゼゼラ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海（編）, p. 317. 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚（改訂版）. 山と溪谷社, 東京.
- 細谷和海. 2002b. タモロコ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海（編）, p. 299. 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚（改訂版）. 山と溪谷社, 東京.
- 細谷和海. 2002c. カマツカ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海（編）, p. 315. 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚（改訂版）. 山と溪谷社, 東京.
- 板井隆彦. 1982. 静岡県淡水魚類. 第一法規出版株式会社, 東京. pl. 3 + 208 pp.
- 川瀬成吾・乾 隆帝・鬼倉徳雄. 2011. 会員通信: ゼゼラの繁殖生態に関する知見. 魚類学雑誌, 58: 207–209.
- 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦. 1982. 原色日本淡水魚類図鑑（全改定新版7刷）, 保育社, 大阪. pl. 56 + 462 pp.
- 水口憲哉. 1970. オイカワ *Zacco platypus* (Temminck and Schlegel) の繁殖-II. 卵の生産. 魚類学雑誌, 17: 173–178.
- 向井貴彦. 2019. 岐阜県の魚類 第二版. 岐阜新聞社, 岐阜. 223 pp.
- 長田芳和. 2002. ヤリタナゴ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海（編）, p. 355. 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚（改訂版）. 山と溪谷社, 東京.
- 中島 淳. 2015. カマツカの産卵・初期生態に関する一知見. 水産増殖, 63: 65–70.
- 中村一雄. 1952. 千曲川産オイカワ (*Zacco platypus*) の生活史（環境, 食性, 産卵, 発生, 成長其他）並にその漁業. 淡水区水産研究所研究報告, 1: 2–25, 1 pl. Text figs. 1–14.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類（日本産コイ科魚類の生活史に関する研究）. 財団法人資源科学研究所, 東京. xiv + 455 pp.
- Nelson, J. S., Grande, T. D. and Wilson, M. V. H. 2016. Fishes of the World, Fifth Edition. John Wiley & Sons, New Jersey
- 岡田彌一郎・清石禮造. 1936. 日本産淡水魚の仔魚及び稚魚の形態並に生態的研究 (1). 水産研究誌, 31: 539–546, Figs. 1–11.
- 大仲和樹・前田時和・北野 忠・古屋康則. 2009. 絶滅危惧種ウシモツゴ *Pseudorasbora pumila* subsp. sensu Nakamura (1963) の生殖周期. 魚類学雑誌, 56: 47–58.
- Onikura, N., Nakajima, J., Kouno, H., Sugimoto, Y., Kaneto, J. 2010. Maturation and growth in the wild population of *Hemigrammocycpris rasborella*. Aquaculture Science, 58: 297–298.
- 斉藤憲治. 2018. ニシン・骨鰈類の系統進化. 日本魚類学会（編）. pp. 64–67. 魚類学の百科事典. 丸善, 東京.
- 清水昭雄. 2006. 魚類の生殖周期と水温等環境条件との関係. 水研センター研報, 4: 1–12.
- 清水昭雄・羽生 功. 1981. 春産卵魚アカヒレタビラの生殖周期. 日本水産学会誌, 52: 333–339.
- 内田恵太郎. 1939. 朝鮮魚類誌 第一冊, 絲鰈類, 内鰈類. 朝鮮総督府水産試験場報告, (6): viii + 458 pp.
- 上野 智・仁尾雅浩・長田芳和. 2000. カマツカの生長と繁殖. 大阪教育大学紀要 第三部門, 48: 97–106.

