

琵琶湖に生息するウツセミカジカ *Cottus reinii* の 産卵期と成熟サイズ

藤岡康弘・木戸裕子*

Spawning season and size at maturity of *Cottus reinii* (Pisces: Cottidae) in Lake Biwa,
central Japan

Yasuhiro Fujioka^{1,2*} and Yuko Kido²

キーワード: ウツセミカジカ、成熟、産卵、琵琶湖、*Cottus reinii*,

Spawning season and size at maturity of *Cottus reinii* caught in Lake Biwa was investigated. The gonadal development of both sexes was classified four stages. There were matured individuals from January to May and spent appeared from March to June. 50% size at maturity was 5.23 cm in male, and 5.41 cm in female. These results suggest that spawning season is from late February to May and there is no large difference between sexes in size at gonadal maturation.

我が国には6種のカジカ属 *Cottus* の魚類が分布し、主に河川や湖沼などの淡水域を生息場所としている。¹⁾ これらの中で琵琶湖とその流入河川にはカジカ(カジカ大卵型) *Cottus pollux* とウツセミカジカ(カジカ小卵型) *C. reinii* が分布し、²⁾ 前者は河川の上流部に、後者は河川の中下流部と琵琶湖にそれぞれ棲み分けて生息していることが知られている。³⁾ さらに、ウツセミカジカは湖内では湖岸から沖合の水深70 mを越える深い湖底水域まで広く生息していることが報告されている。⁴⁾ 主に河川上流域に生息するカジカ大卵型は、カジカ属魚類の中では比較的大型の卵(卵径2.5~3.7 mm)を産み、生まれた仔稚魚は河川上流域に留まって生活(陸封型)するのに対し、ウツセミカジカは小型卵(卵径1.4~2.4 mm)を産出し、ふ化した仔魚は一旦海や湖沼に流下する。一定期間の後に再度川に遡上して河川での生活(両側回遊型)を送る。⁵⁾ 琵琶湖に生息するウツセミカジカ個体群は、他の地域に分布するカジカ属魚類に比較して最も卵径が小さいことが知られている。^{5,6)} 本種は琵琶湖において主要な水産生物ではないが、主に冬季に沖合の深層域で行われる沖曳網や湖岸部のエリあるいはスジエビ *Palaemon paucidens* を目的としたエビタツベなどで混獲され、

食材として流通することがある。⁴⁾

これまでカジカ属魚類の産卵や成熟に関する研究は、カジカ(大卵型)⁷⁾、ハナカジカ *Cottus nozawae*⁸⁾、アユカケ(カマキリ) *Cottus kazika*⁹⁾ などがある。また、ウツセミカジカについては、人工飼育された両側回遊型のカジカ小卵型の生殖腺の発達についての詳細な観察が報告されているが、¹⁰⁾ 湖沼型のウツセミカジカ個体群に関するものはこれまでに知られていない。今後ウツセミカジカを琵琶湖において増殖あるいは保全していくためには、本種の性成熟に関する特徴を明らかにしておくことが重要であると考えられる。また、上述のように、ウツセミカジカは琵琶湖とその流入河川の両方の生息域に周年生息していることが判明しているが、両生息域における環境は止水と流水という違いにとどまらず、琵琶湖では水深25 m以深では水温が周年にわたり10°C以下でほぼ一定であるのに対し、河川では明瞭な季節的変化がある。^{3,4)} また、琵琶湖の深い水域では、照度の強さやその変化も河川とはかなり異なっていることが推測できる。このため、琵琶湖で捕獲した個体に限定して生殖腺の発達と産卵期を明らかにすることを目的に本研究を実施した。

* 滋賀県立琵琶湖博物館 〒525-0001 滋賀県草津市下物町1019

材料および方法

本研究に用いたウツセミカジカは、1997年10月から翌年の9月までの期間に琵琶湖の沿岸や沖合の湖底で毎月漁獲されたものである。この内、琵琶湖の沿岸では高島市マキノ町知内に設置された定置漁具の1種であるエリ（目合4.3 mm）で混獲された個体を1997年11月から1998年9月（1月を除く）まで収集して標本とした。このエリは岸から直角の方向に水深10~20 mの場所に設置されている。これらの標本に加えて、沖合の湖底で行われる底曳網の1種である沖曳網（目合2 mm）やカゴ網の1種であるエビタツベ（目合2 mm）で混獲された個体も収集した。標本数は1998年5月の26個体から1998年4月の347個体で、全体では2004個体（雄604個体、雌1400個体）であった。なお、収集した標本の詳細については、前報⁴⁾に記載されている。

全ての標本は、漁獲直後に10%ホルマリン液に固定して実験室に持ち帰り、体長（標準体長；SL）と体重（BW）を測定した。さらに、開腹して生殖腺を取り出し外部の色や形態を観察して後に生殖腺重量（GW）を計測し、生殖腺指数（ $GSI = GW \times 100 / BW$ ）

を算出した。一部の生殖腺は70%エタノールに保存し、パラフィンで包埋して後に6-7 μm の切片を作成しヘマトキシリン-エオシン染色を施して顕微鏡で観察した。また、産卵期の個体の卵巣卵の一部については、ピンセットで卵粒を分離し万能投影機（ニコンV-12；株式会社ニコン）で1個体あたり約200粒の直径を計測した。さらに、半数個体が成熟する体サイズを求めるため、雌雄毎に体長10 mm刻みで成熟魚の割合（ P_x , 0.00-1.00）を産出し、体長SL（ x ）と成熟割合（ P_x ）の関係についてロジスティック曲線（ $P_x = e^{ax+b} / 1 + e^{ax+b}$ 、または $\ln(P_x / 1 - P_x) = ax + b$ ）への当てはめを行い、¹¹⁾ 半数個体が成熟する体長を係数aおよびbを求めることにより算出した。

結果

体長の頻度分布

収集した標本の体長範囲は、雄では1.82~10.92 cm、雌では1.98~9.88 cmであった。各月の雌雄の体長の頻度分布をFig. 1に示した。1997年10月、11月と1998年6月、7月は雌雄とも2峰型の分布

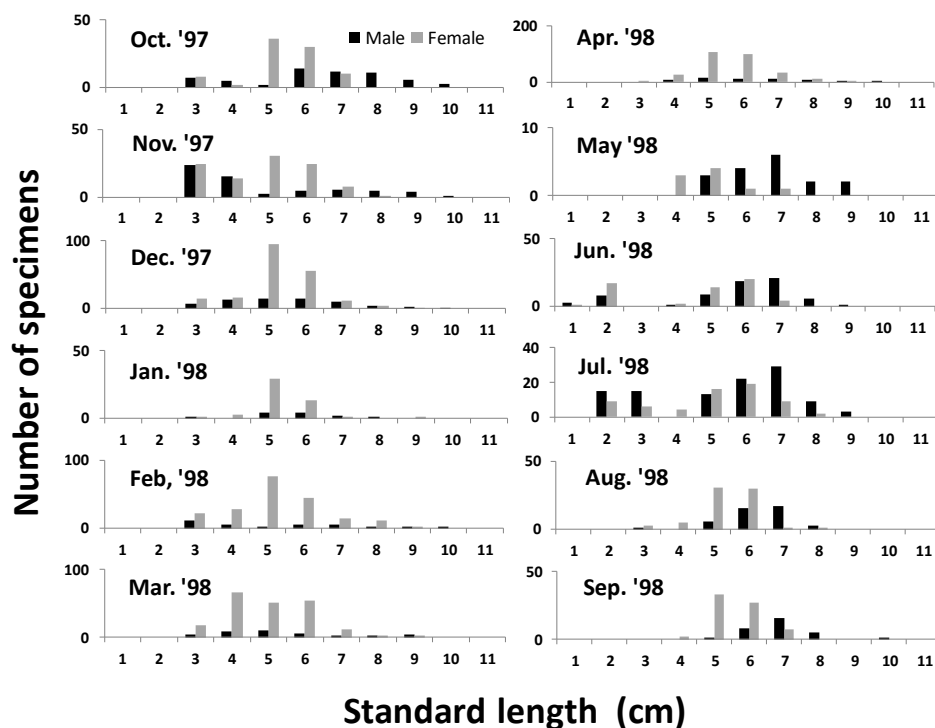


Fig. 1. Changes in standard length distributions of *Utusemikazika Cottus reinii* captured in Lake Biwa. Black and shaded bars show male and female, respectively.

を示し、小型のモードは体長 2-3 cm、大型のモードは体長 5-7 cm であった。これら以外の月は 1 峰型で、モードはいずれも体長 4-7 cm であった。

生殖腺の位置

ウツセミカジカの生殖腺の位置は、標本の頭部を前方に腹部を上にして解剖すると、腸管等の内臓諸器官の背部にあり、体腔壁に沿うように左右に位置していた。形は左右がつながったように見える V 字状で、その基部が肛門部で接続した泌尿生殖孔を形成していた (Fig. 2)。

生殖腺の発達と GSI の変化

雄の生殖腺は、小型個体 (体長 2 cm 以下) では糸状であるが、体長 2-4 cm の少し成長した個体では中間部が方形に膨れた灰白色をしていた (Fig. 3A)。これらの個体は GSI が 1.5 以下で周年にわたって認められた (Fig. 4)。組織切片を観察すると、核が濃染する円形の精原細胞が分散して観察された (Fig. 5A)。いっぽうで体長が 4 cm 以上の個体に 9 月から 12 月にかけて生殖腺が白色から黄白色を呈し大きく発達するものが出現し (Fig. 3B-E)、GSI は 2 から 3 に増加して 4 月までその値が維持された (Fig. 4)。1 月末の成熟した雄の精巣の組織像を見ると、ヘマトキシリンに濃染する精細胞が多数認められた (Fig. 5B)。また、一部で正形精子と多数の異形精子と考えられる像が見られた (Fig. 5C)。この期間の成熟した雄であっても、下腹部を圧迫しても精液状のものが泌尿生殖孔から漏出することはなかった。5 月には生殖腺が急激に小さく退縮し紐状で灰白色に変化した。このような精巣組織では、空胞および精細胞や異形精子の退行現象と見られる像が観察された (Fig. 5D)。

以上の観察結果から、雄の精巣の発達段階を大きく 4 つに区分した。未熟期：精巣が糸状または紐状で精子や異形精子が見られず GSI は 1.5 未満の状態。発達期：精巣はしだいに膨らみを増し白色から黄白色で精細胞が多数観察されるようになり、GSI は 1.5 から 2.5 に増加する。成熟期：精巣は厚みのある三角形を呈して正形精子や異形精子で満たされ、GSI は 2.5 以上を示す。ただし、発達期末期のものと成熟期の生殖腺発達は連続的に厳密に区別することはできない。退縮期：精巣はまだ白色から灰白色を呈するが精細胞が疎らとなり空胞が多く、全体のサイズが小さくなり GSI は 1.5 以下となる。

雌の生殖腺は、体長 4 cm 未満の小型個体では糸状

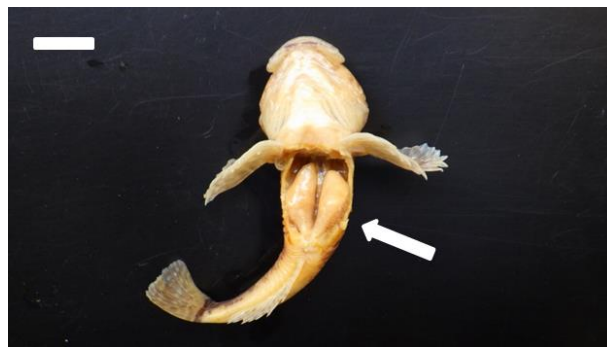


Fig. 2. The photograph shows gonad of Utusemikazika *Cottus reinii*. This individual was caught in December. Allow indicates ovary. Bar shows 10 mm.

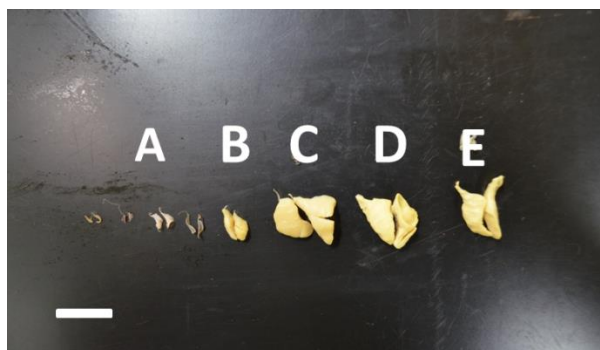


Fig. 3. The photograph shows the development of testes of Utusemikazika *Cottus reinii*. A: immature testes, B and C: developing testes (November and December), D: matured testis (February), E: contracting testis (April). Bars show 10 mm.

または中間部の円筒状に膨らんだ紡錘形で淡い桃色を呈し、GSI は 10 以下で周年にわたって認められた (Fig. 4)。このような卵巣では、周辺仁期の卵母細胞が多数観察された (Fig. 6A, B)。体長 4 cm 以上では、10 月から翌年 2 月にかけて卵巣が急速に大きく発達し、GSI が 10 から 20 以上に上昇し、その色は桃色から橙色となり卵巣外部から卵粒が確認できるようになる (Fig. 7A)。

この卵巣断面を見ると、基本的に 2 つのサイズの異なる卵母細胞が全体に混じり合っていて分布していた (Fig. 7B)。卵巣組織を見ると、卵黄球期の卵母細胞が多数観察された (Fig. 6C)。また、これらの卵母細胞の直径の頻度分布は、直径 0.4 mm と 1.1 mm にモードのある明瞭な 2 峰型を示した (Fig. 8A)。2 月から 5 月には卵巣卵のサイズは 1 月のものと変化はない

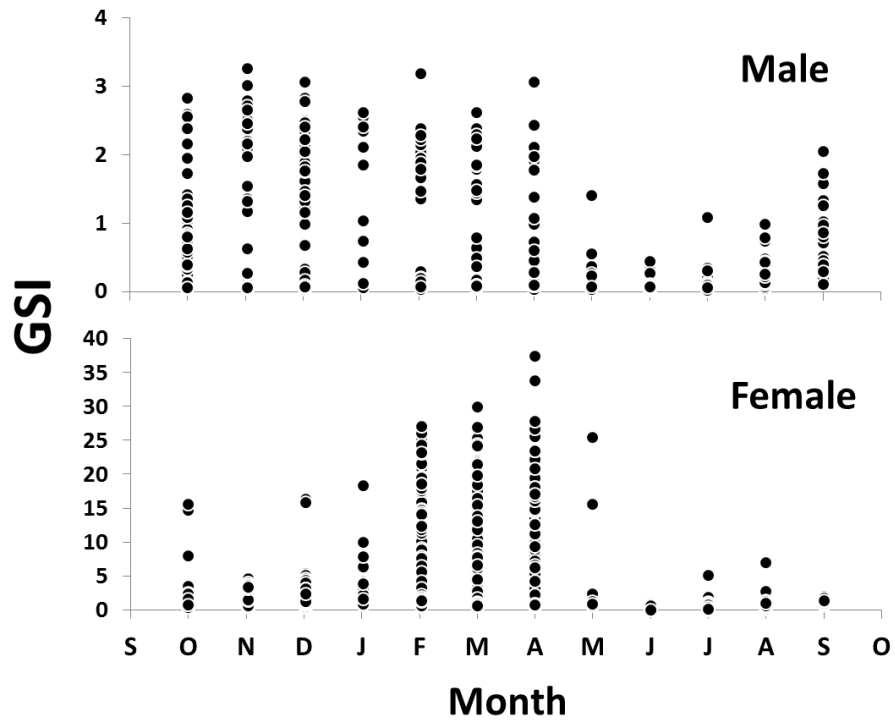


Fig. 4. Changes in GSI of *Utusemikazika Cottus reinii*. captured in Lake Biwa.

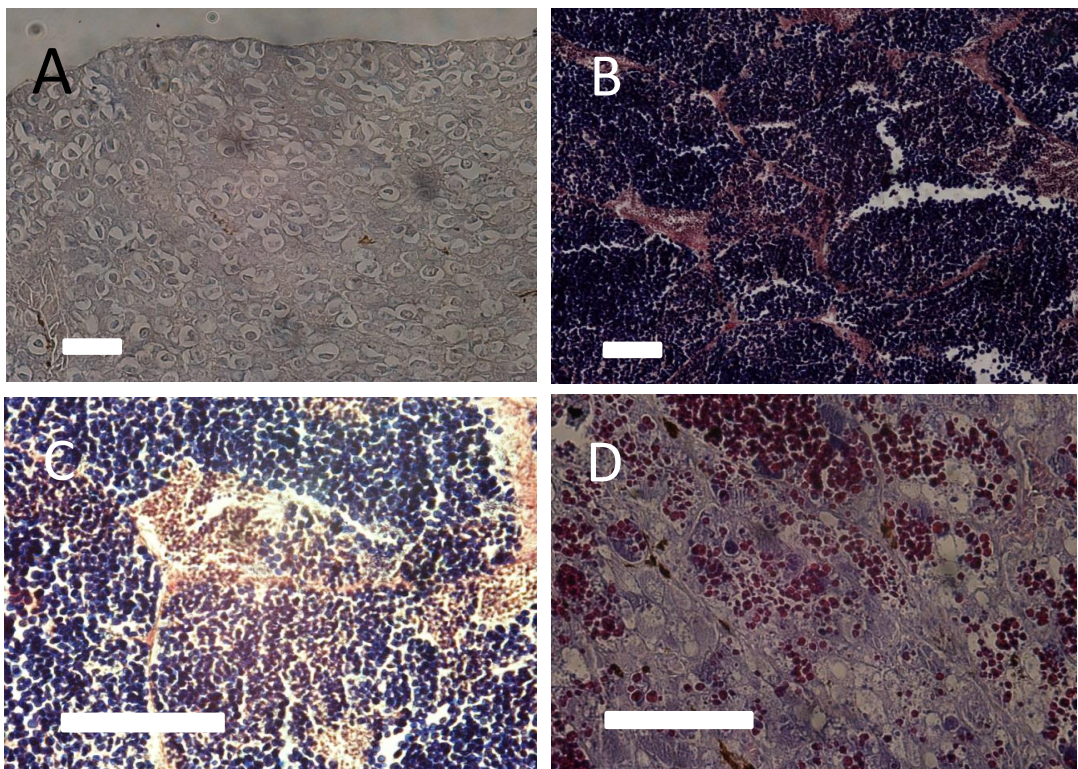


Fig. 5. The photographs show histological sections of testes of *Utusemikazika Cottus reinii*. A: immature testis, B and C: matured testes, D: contracting testis. Bars show 20 μm .

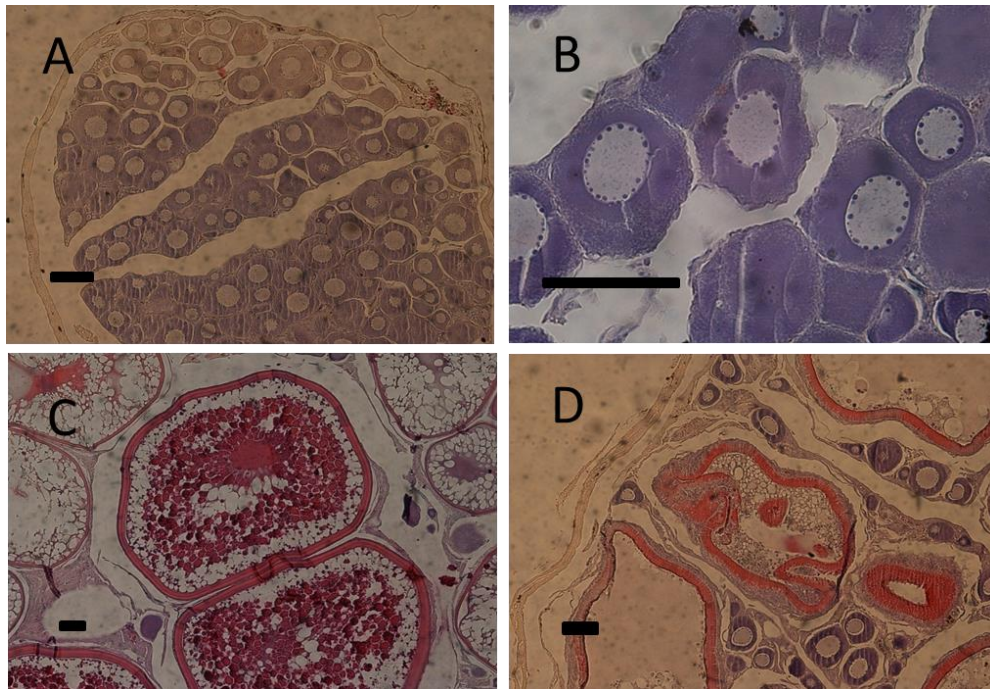


Fig. 6. The photographs show histological sections of ovaries of *Utusemikazika Cottus reinii*. A and B: immature ovaries, C: matured ovary, D: spent ovary. Bars show 100 μ m.

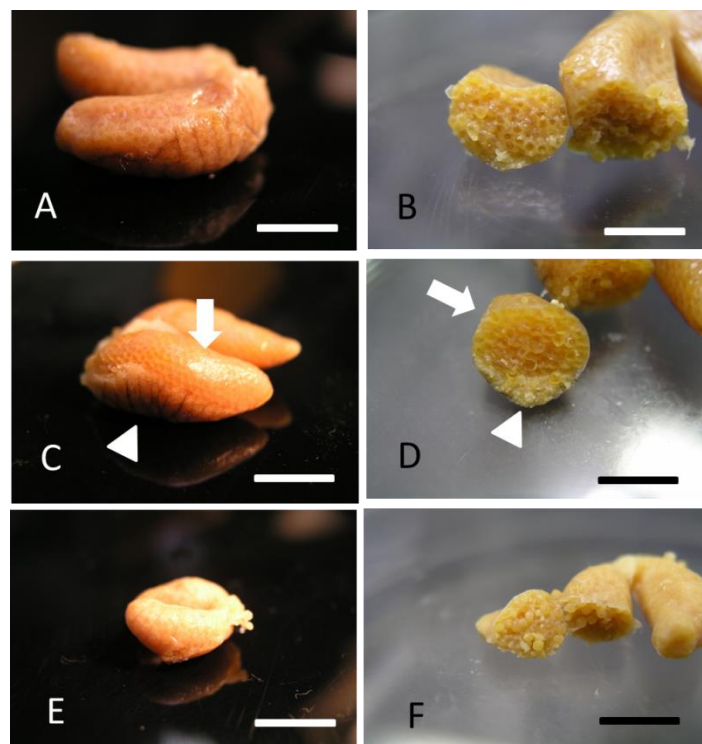


Fig. 7. The photographs show some ovaries of *Utusemikazika Cottus reinii*. A: developing ovary, B: sectional appearance of developing ovary, C: matured ovary just before spawning (Allow indicates matured eggs and triangle shows a mass of small sized oocytes.), D: sectional appearance of matured ovary (Allow indicates matured eggs and triangle shows a mass of small sized oocytes.), E: spent ovary, F: sectional appearance of spent ovary. Bars show 10 mm.

が、卵巣の体腔側のおおよそ 1/4 が黄白色となり、腹側の残り 3/4 は透き通った橙色の均一なサイズの成熟卵で満たされていた (Fig. 7C)。この断面を見ると、体腔側は不均一で小型の卵母細胞であり、腹部側は大型のサイズの揃った成熟卵であった (Fig. 7D)。また、腹部側の成熟卵サイズの頻度分布は、直径 1.0 から 1.4 mm の範囲にあり、1.1~1.2 mm にモードのある 1 峰型を示した (Fig. 8B)。その後 3 月から 6 月には、サイズが均一で大型の成熟卵の一部が減少する個体とまったくなくなる個体が出現し、体腔側のサイズが不均一で黄白色の小型の卵母細胞のみが残った状態で収縮した卵巣をもつ個体が多く出現し (Fig. 7E, F)、GSI はほとんどの個体が 5 以下となった (Fig. 4)。このよ

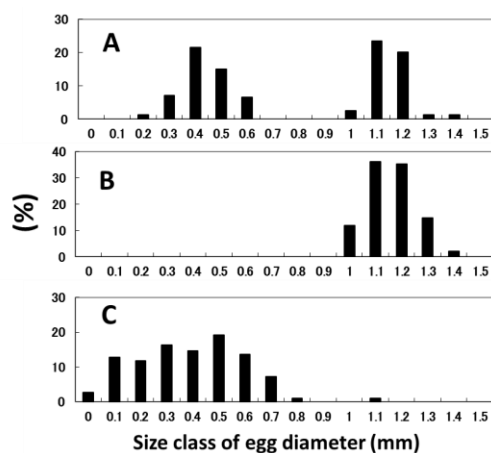


Fig. 8. Oocyte diameter distributions of ovaries in spawning season. A: developing ovary in January, B: matured eggs of ovary, C: small sized oocytes of ovary.

うな卵巣組織では、退行卵とその周辺に周辺仁期の卵母細胞が観察された (Fig. 6D)。この卵巣の卵サイズの頻度分布は、1.0 mm 以上のものが少しあるものの大半は 0.8 mm 以下で 0.3 から 0.5 mm にピークをもつ卵母細胞で占められていた (Fig. 8c)。

以上の観察結果から雌の生殖腺の発達段階を以下の 4 つに区分した。未熟期：卵巣は糸状または紡錘形で淡い桃色を呈し、GSI は 5 以下である。発達期：卵巣が急速に大きく発達し、GSI が 10 から 20 以上に上昇する。生殖腺の色は、桃色から橙色となり卵巣外部から卵粒が確認できる。産卵期：卵巣の体腔側のおおよそ 1/4 が黄白色となり、腹側の残り 3/4 は透き通った均一なサイズの橙色ないしは黄色の成熟卵で満たされる。また、一部の個体では、一部成熟卵が減少したも

のが認められる。退縮期：サイズが均一で大型の成熟卵は無くなり、体腔側のサイズが不均一で黄白色の小型の卵母細胞のみが残った状態の収縮した卵巣をもつ。

産卵期と 50%成熟サイズ

上記の雄と雌の生殖腺の発達段階区分に従い各月のそれぞれの発達段階の出現割合の変化を Fig. 9 に示した。雄では発達期の個体が主に 9 月から 12 月に増加し、続いて 1 月から 3 月に成熟期に変化していった。3 月から 5 月には徐々にその割合が減少し、逆に退縮期の個体が増加して 8 月には未熟な個体のみとなった。いっぽう雌では、9 月には全て未熟期の個体で占められていたが、10 月から 12 月に発達期の個体が増加し、続いて 1 月から 5 月に産卵期の個体が出現した。退縮期の個体は 3 月から認められ、4 月には最も多くなり 8 月まで見られた。

生殖腺が最も発達する 1 月から 5 月の標本から、生殖腺の発達した成熟個体の最小サイズは、雄では 4.78 cm、雌では 4.50 cm であった。また、雄では体長 8 cm 以上では全ての個体が成熟していた。雌では、体長 7 cm 以上で全ての個体が成熟していた。成熟割合と体長との関係に当てはめたロジスティック曲線の関係式は、雄では

$$\ln(Px/1-Px)=5.5404x-29.012,$$

雌では

$$\ln(Px/1-Px)=5.3469x-28.933$$

で示され、これらの式から求めた半数成熟体型は、雄では 5.23 cm、雌では 5.41 cm であった (Fig. 10)。

考 察

本研究で成熟期の卵巣の変化から産卵期を明確に特定できることが明らかとなった。すなわち、産卵直前の卵巣では産卵される成熟卵と産卵されずに卵巣に残り退縮する卵細胞に分離し、この現象が卵巣外部から明確に識別できた。このような卵巣では直径 1.2mm ほどの大型で均一なサイズの成熟卵が大幅に減る個体とほとんど消失する個体が現れ、成熟卵のなくなった個体では卵巣が小さくなり直径が 0.8mm 以下の様々なサイズの卵細胞で占められていたことから、ウツセミカジカでは産卵直前に発達した卵母細胞群から成熟卵群が分離して後、1 回から 2 回に分けて産卵が行われるものと考えられる。成熟卵群の分離した雌は主に 2 月から 5 月に見られ、また、成熟卵群の消失した個

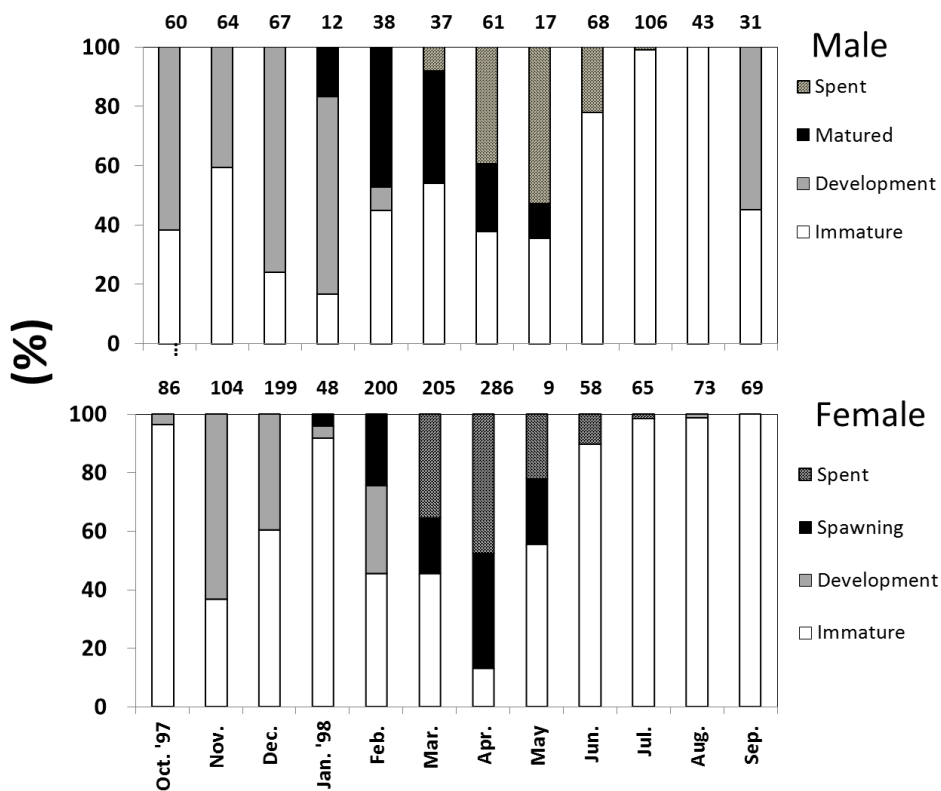


Fig. 9. Seasonal changes in gonadal development for Utusemikazika *Cottus reinii*. Numbers above each graph represent sample sizes.

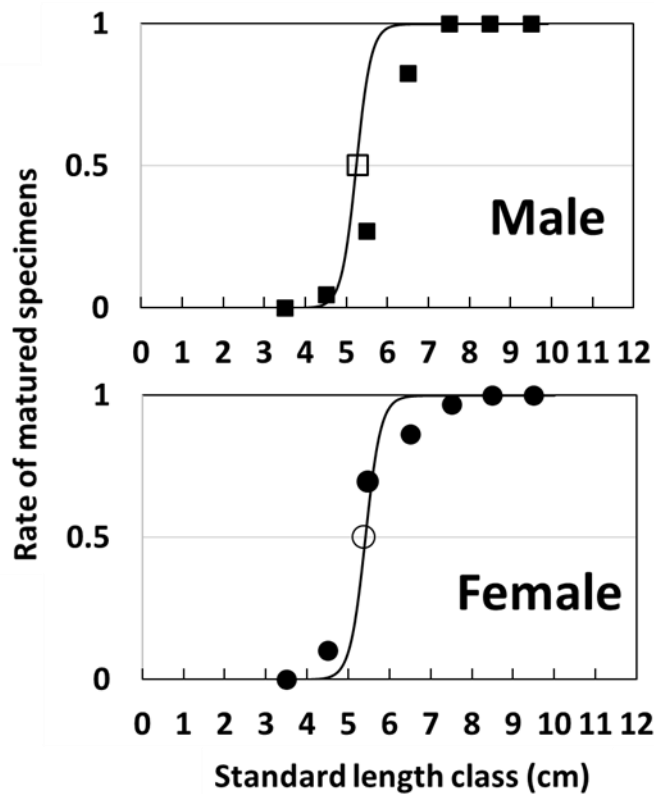


Fig. 10. Proportions of matured individuals for standard length in Utusemikazika *Cottus reinii*. White box and circle represent size at 50% sexual maturation of male and female, respectively.

体は3月以降に認められたことから、ウツセミカジカの産卵期は早くとも2月下旬から5月と考えられる。人工飼育下のカジカ小卵型では繁殖期が1月から2月であるとされていることから、⁹⁾琵琶湖のウツセミカジカはカジカ小卵型よりかなり産卵期が遅いことが明らかになった。1 繁殖期における産卵回数は、カジカ小卵型¹⁰⁾・エゾハナカジカ¹¹⁾・カンキョウカジカ¹³⁾およびカマキリ¹⁴⁾では1~3回とされ、ハナカジカ¹⁰⁾では1回と言われている。ウツセミカジカでは少なくとも2回に分けて産卵したと見られる個体が認められたことから、産卵回数は1~2回であると推察される。

ウツセミカジカのGSIの変化を見ると、雌では10月から翌年1月までは緩やかな増加を、2月から4月には急激な増加を示し、6月から9月まで低値で推移する明瞭な季節変化を示した。いっぽうで、雄では9月から10月に急増するが、その後は11月から翌年4月まで長期にわたりGSIが3前後の高い値で推移する個体が認められ、雌雄間で大きく異なる変化を示した。カジカ小卵型の雄と比較すると、両者は9月から10月に急増する点では一致していたが、カジカ小卵型はその後GSIは増加して1月に平均5.5のピークに達し、その後6月にかけて1以下に徐々に低下する変化が報告されている。¹⁰⁾ウツセミカジカ雄ではGSIが約3でピークとなることから、カジカ小卵型ではその約2倍近くまで増加する点とその増減の過程に違いが認められた。今後、これらの生殖腺発達に見られるウツセミカジカとカジカ小卵型の差異が両個体群に固有のものか、それとも生息環境の違いによるものかどうか明らかにする必要がある。

ウツセミカジカは卵から孵化後に琵琶湖で浮遊生活を送り、体長1cmで着底して湖底における生活を開始する。⁴⁾本研究で、6月から7月のウツセミカジカの体長の頻度分布は雌雄とも2峰型を示し、それらの小型のモードは当歳魚であることが明らかである。さらにFig.1から、当歳魚のモードはその後11月には3~5cmに、翌年3月には3~6cmに移行する。本研究で半数が成熟する体型は5.2~5.4cmであったことから、雌雄とも成長の早い個体では満1歳で成熟が可能である。また、産卵による当歳魚の新規加入のない4月から5月の体長分布は、多くが体長4cm以上であったことから、その成熟の始まる9月には少なくとも5cm以上に成長して全ての個体が満2歳で成熟するものと考えられる。

淡水カジカ類の成熟サイズは、カジカ大卵型では雄7.0 cm、雌5.75 cmであり、¹³⁾ハナカジカ *C. nozawae*では雄6.9 cm、雌6.5 cm、^{16,17)}カンキョウカジカ *C. hangiogensis*は雄7.3 cm、雌5.2 cm^{18,19)}と報告されている。本研究から琵琶湖のウツセミカジカの半数成熟サイズは、雌雄とも5.2~5.4 cmとほぼ同じサイズで、他の淡水カジカ類に比較して小型で成熟していることが判明した。また、一般的に雌が雄より小型で成熟する傾向があるのに対し、琵琶湖のウツセミカジカでは雌雄がほぼ同じ体サイズで成熟していた。淡水カジカ類の一般的な産卵生態は、雄が石の下に巣を構え、複数の雌が産卵にやってくる一夫多妻の婚姻形態である。雄は雌に番い相手として選択される立場にあり、より大型の雄が選ばれる傾向にあると言われている。¹⁶⁾このため雄はより大型に成長して成熟する傾向をもち、雄の成熟体サイズが雌より大きくなる原因と考えられる。上述のカジカ大卵型やハナカジカ・カンキョウカジカでは最小成熟サイズが雌より雄が大きくこの傾向が明瞭に見られるが、琵琶湖のウツセミカジカでは成熟体サイズがほぼ同じで、このような傾向が認められなかった。これまでカジカ魚類が生息域の環境条件によって成熟年齢や寿命が影響を受けることはすでに知られているが、¹⁶⁾さらに棗田²⁰⁾は、カジカ大卵型において繁殖資源(産卵巣となる石など)の充足状況や繁殖開始時期などの変異が雄の成熟サイズや性的サイズ2型に大きな影響を及ぼすことを指摘している。これらの報告から、琵琶湖のウツセミカジカ個体群の成熟開始サイズにほとんど雌雄差がなかったことは、本種の産卵生態を明らかにする中でその原因を検討する必要があるものと考えられる。琵琶湖のウツセミカジカの生息環境は、水深20 m以深の沖合では底質がほとんど泥であり、産卵に適した石のある礫帯は湖岸に限定される。⁴⁾湖内に生息するウツセミカジカの産卵場所がこのような湖岸であるのか、それとも河川に遡上して産卵するのかなど本種の繁殖生態の解明が必要である。

前述のように、琵琶湖のウツセミカジカは周年にわたり琵琶湖の水深70 mを超える深い湖底に生息していることが判明しているが、本研究で明らかになったように、一部の個体を除いて雌ではGSIが季節的に明瞭な変化を示した。一般的に、生殖周期に関わるものとしては水温と日長が代表的な環境要因である。²¹⁾琵琶湖の水深25 m以深では水温が約10°Cで周年大きな

変化がない。それにも関わらず生殖腺の周期的な変化が認められたことは、水温の変化が生殖周期に大きくは作用していない可能性を示唆している。琵琶湖の沖合に生息し昼間は深い湖底付近に分布するハゼ科魚のイサザ *Chaenogobius isaza* は、夜間に表層付近まで浮上する昼夜移動によって表層部の季節的に異なる水温を経験することで生殖年周期が成立しており、特に卵の成熟開始の引き金としてこれを利用しているとされている。²²⁾ 琵琶湖のウツセミカジカでは、このような昼夜移動は確認されていないことから、もし周年にわたり沖合の深い湖底に生息しているのであれば明瞭な水温変化を経験することによる生殖周期の成立は考え難い。以上から、琵琶湖のウツセミカジカでは、光周性の概日性リズムのもとで日長時間などが生殖周期の成立に重要な役割を果たしているのではないかと考えられ、²¹⁾ 実験などを通してこれらの点を今後検討することが必要である。

ウツセミカジカの成熟期の雄の精巣組織像には多数の異形精子が見られた。異形精子は日本の淡水カジカ類全てでその存在が認められているが、その機能はまだ解明されていない。²³⁾ ウツセミカジカと同じ体外受精をする海産のヨコスジカジカでは、異形精子が正形精子とともに体外へ放出され受精時における雄同士の精子競争に関わっているとされているが、²⁴⁾ 淡水カジカ類では異形精子の確かな機能は分かっていない状況であり、今後の解明が待たれる。

なお、本研究で使用したウツセミカジカ標本は、琵琶湖博物館に保存されている (No. 1210055406-1210055429)。

謝 辞

本研究を実施するにあたり標本の収集に協力していただいた近江八幡市の川田義光氏、高島市の大釜俊弥氏および百瀬漁業協同組合にお礼を申し上げます。また、研究の遂行にお世話になった滋賀県水産試験場の職員の方々に感謝します。

文 献

- 1) 中坊徹次・甲斐嘉晃 (2013) カジカ科 Cottidae, 日本産魚類検索 (中坊徹次 編), 第三版, II, pp. 1160-1188. 秦野市, 東海大学出版会.
- 2) 藤岡康弘 (2017) 魚類と湖岸環境の保全, 琵琶湖岸からのメッセージ (西野麻知子・秋山道雄・中島拓男 編), pp. 151-173. 彦根市, サンライズ出版.
- 3) Fujioka Y., Kido Y., Uenishi M., Yoshioka M. & Kashiwagi M. (2014) Distribution of *Cottus reinii* and *Cottus pollux* in rivers around Lake Biwa, central Japan, *Biogeography*, 16. 31-37.
- 4) Fujioka Y., Sakai A. & Ide A. (2015) Horizontal and vertical distribution of *Cottus reinii* (Pisces: Cottidae) in Lake Biwa, central Japan, *Biogeography*, 17. 13-20.
- 5) 後藤 晃 (2001) 回遊形態の分化様式: カジカ類, 水生動物の卵サイズ (後藤晃・井口恵一郎 編), pp. 171-190. 東京, 海游舎.
- 6) 倉若欣司 (1976) 魚類における種分化に関する研究, 京都大学学位請求論文, p. 1-55. 京都大学.
- 7) 小山 一 (1950) 千曲川カジカの生態調査, 第1報 棲息状況と産卵に就いて, *日本水産学会誌*, 16. 5-12.
- 8) Goto A. (1978) Comparative studies on the maturation process of two types of *Cottus nozawae*-1. The annual cycle of ovarian development, *Jap. J. Ichthy.*, 25. 115-123.
- 9) Tahara D., Hatano R., Iwatani H., Koya Y. & Hayakawa Y. (2010) Annual changes in testicular development and occurrence of parasperm in the male reproductive organs of fourspine sculpin, *Cottus kazika*, *Ichthy. Res.*, 57. 62-70.
- 10) 福井謙太郎・藤井亮吏・田原大輔・早川洋一・古屋康則 (2007) 飼育下におけるカジカ (小卵型) の生殖腺組織および血中性ホルモン濃度の周年変化, *魚類学雑誌*, 54. 173-186.
- 11) 山田作太郎・北田修一 (1997) 一般化線形モデル, *生物資源統計学*, pp. 210-219. 東京, 成山堂書店.
- 12) Goto, A. (1990) Alternative life-history styles of Japanese freshwater sculpins revisited. *Env. Bio. Fish.*, 28. 101-112.
- 13) Goto, A. (1987) Polygyny in the river sculpin, *Cottus hangiongensis* (Pisces: Cottidae). With special reference to male mating success,

- Copeia, 32-40.
- 14) 杉本剛士 (1999) カマキリ, カジカ魚類の養殖技術, pp. 64-86. 東京, 緑書房.
- 15) Natsumeda T., Kimura S., & Nagata Y. (1997) Sexual size dimorphism, growth and maturity of the Japanese fluvial sculpin, *Cottus pollux* (large egg type), in the Inabe River, Mie Prefecture, central Japan, Ichthy. Res., 44, 43-50.
- 16) 後藤晃 (1994) カジカ属魚類の繁殖様式と生活史変異, 川と海を回遊する淡水魚—生活史と進化 (後藤晃・塚本勝巳・前川光司 編), pp. 141-153. 東京, 東海大学出版会.
- 17) Goto, A. (1993) Male mating success and female mate choice in the river sculpin *Cottus nozawae* (Cottidae). Environmental Biology of Fishes, 37, 347-353.
- 18) Goto, A. (1987) Life-history variations in males of the river sculpin, *Cottus hangioensis*, along the course of a river, Env. Bio. Fish., 19, 82-92.
- 19) Goto, A. (1989) Growth patterns, and age and size at maturity in female *Cottus hangioensis* with special reference to their life-history variation, Jap. J. Ichthy., 36, 90-99.
- 20) 棗田孝晴 (2011) 河川性カジカにおける繁殖・生態多様性と保全, カジカ類の多様性 (宗原弘幸・後藤 晃・矢部 衛 編), pp. 144-155. 秦野市, 東海大学出版会.
- 21) 朝比奈潔 (1989) 生殖周期とその調節, 水族繁殖学 (隆島史夫・羽生 功 編), pp. 103-131. 東京, 緑書房.
- 22) 高橋さち子 (1994) イサザの進化をたどる—海産ハゼから琵琶湖固有種へ, 川と海を回遊する淡水魚—生活史と進化 (後藤晃・塚本勝巳・前川光司 編), pp. 170-183. 東京, 東海大学出版会.
- 23) 田原大輔 (2011) 淡水カジカ類の異形精子の機能とは?, カジカ類の多様性 (宗原弘幸・後藤 晃・矢部 衛 編), pp. 144-155. 秦野市, 東海大学出版会.
- 24) 早川洋一・中内祐二・小林牧人・宗原弘幸・鬼武一夫・渡辺明彦 (2011) カジカ類における異形精子の分化機構と機能, カジカ類の多様性 (宗原弘幸・後藤 晃・矢部 衛 編), pp. 133-143. 秦野市, 東海大学出版会.

<訂正>

本文および図の一部に次の誤りがありましたので、上記原稿の該当部分を訂正いたしました。

<令和3年(2021年)3月16日訂正>

(ページ)	(左右)	(行: 上から)	(誤り)	(修正語句)
1 1		10	4.72	5.23
1 1		11	4.89	5.41
1 6	右	23	5.525x-26.086	5.5404x-29.012
1 6	右	25	5.307x-25.966	5.3469x-28.933
1 6	右	27	4.72	5.23
1 6	右	27	4.89	5.41
1 8	左	37	4.7~4.9	5.2~5.4
1 8	右	6	4.7~4.9	5.2~5.4
1 7			Fig. 10.	下記のグラフ

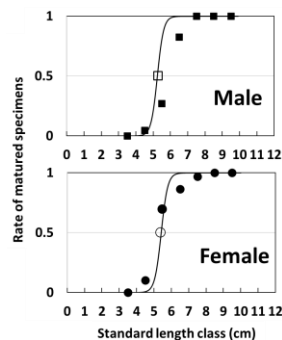


Fig. 10. Proportions of matured individuals for standard length in Utsusemikazika *Cottus reini*. White box and circle represent size at 50% sexual maturation of male and female, respectively.