

Studies on the life histories of catadromous fishes, *Trachidermus fasciatus* and *Cottus kazika* (Family: Cottidae)

鬼倉, 徳雄  
Graduate School of Agriculture, Kyushu University

<https://doi.org/10.11501/3150853>

---

出版情報 : 九州大学, 1998, 博士 (農学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :



#### 4) 成熟と繁殖生態

##### (1) 二次性徴，生殖腺指数および成熟ステージの季節的变化

**二次性徴** 本種の当歳魚では外観に雌雄差が認められないが，1歳魚(全長約100mm)以上であれば，雌の口腔内が白色であるのに対し，雄のそれは黄褐色に変化することで容易に識別できる。

**生殖腺指数の変化** 前述の年齢査定によって確認された1歳魚以上の生殖腺重量指数(GSI)の季節的变化をFig.71に示した。雄のGSIは10月から急上昇し，12~3月に体重の3%以上の高い値を示した。その後は徐々に減少し，3~4月には2以下の値となった。一方，雌のGSIは11月から上昇を開始し，満2歳魚となった1~2月には高い値を示し，最大は33であった。その後は減少し，3~4月は5以下の値となった。

次に当歳魚の生殖腺重量指数の季節的变化をFig.72に示した。雄の場合，1歳魚以上では10月に急上昇し，11，12月には3%以上の高い値を示したが，当歳魚ではそれらの期間は0.3以下の極めて低い値であった。雌では1歳魚で高いGSIを示した11~2月に，4尾のみ9~24の値を示した。

これらの結果から，一部の雌は満1歳で成熟するが，大半のカマキリの成熟は雌雄とも満2歳で起こり，標識・再捕調査で明らかとなった降河年齢とも一致し，本種は満2年で産卵すると結論される。また，雄では10~3月に，雌では1~2月に生殖腺が発達し，本種もヤマノカミと同様，雄の成熟の方が先に始まることが明らかとなった。このように雄のGSIが先に上昇を開始する傾向は他の淡水カジカ科魚類にも認められており(後藤，1974；Goto，1983)，淡水カジカ科魚類の特徴と考えられる。

**成熟ステージの季節的变化** 成熟ステージは雌雄とも前述したヤマノカミと

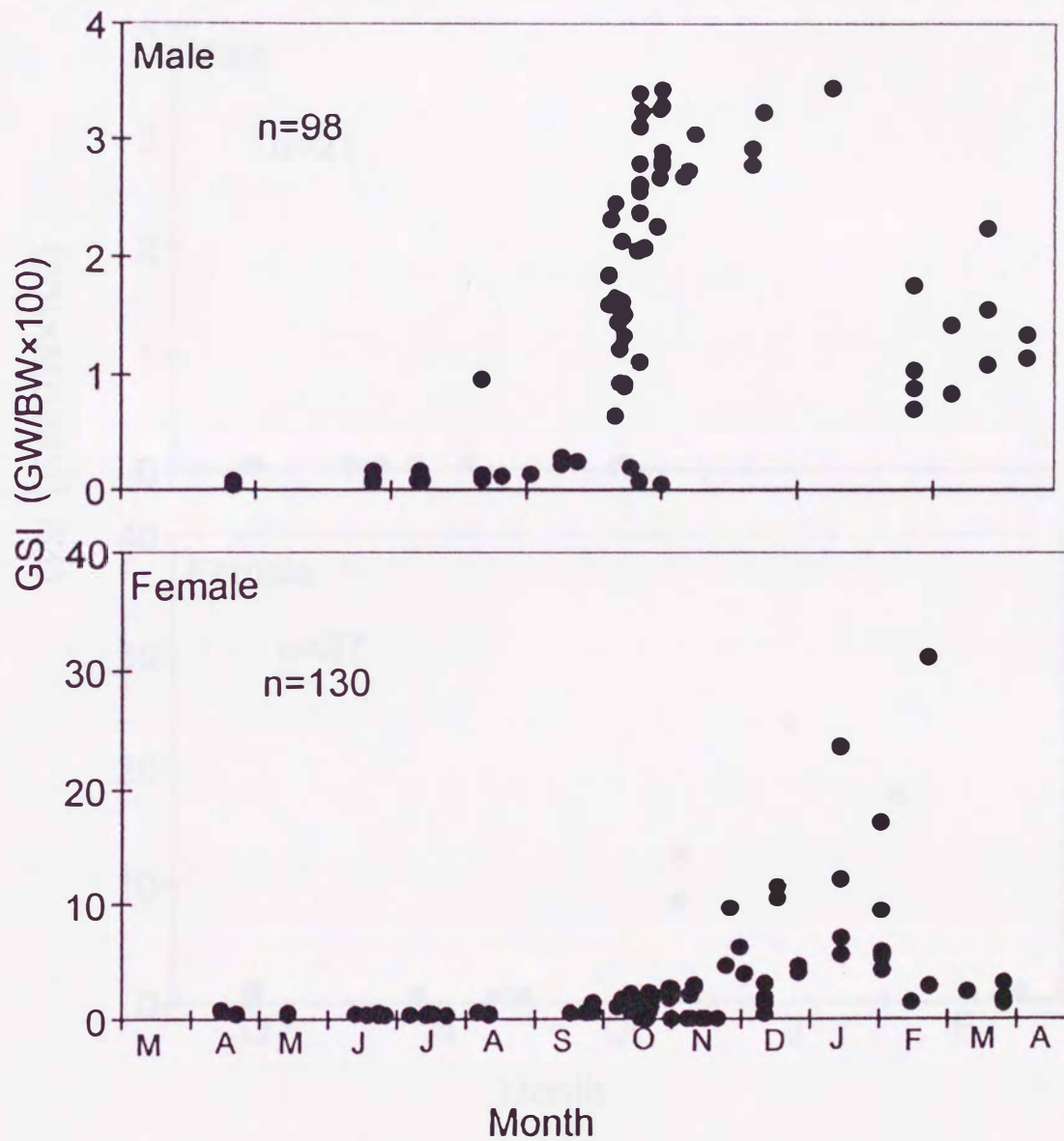


Fig.71. Seasonal changes in the gonadosomatic index [ (ovary and testis weight: g)  $\times$  100 / (body weight: g) ] of 1~3-years fish. The specimen were collected in the Gonokawa River and Gotsu Port from 1995 to 1998.

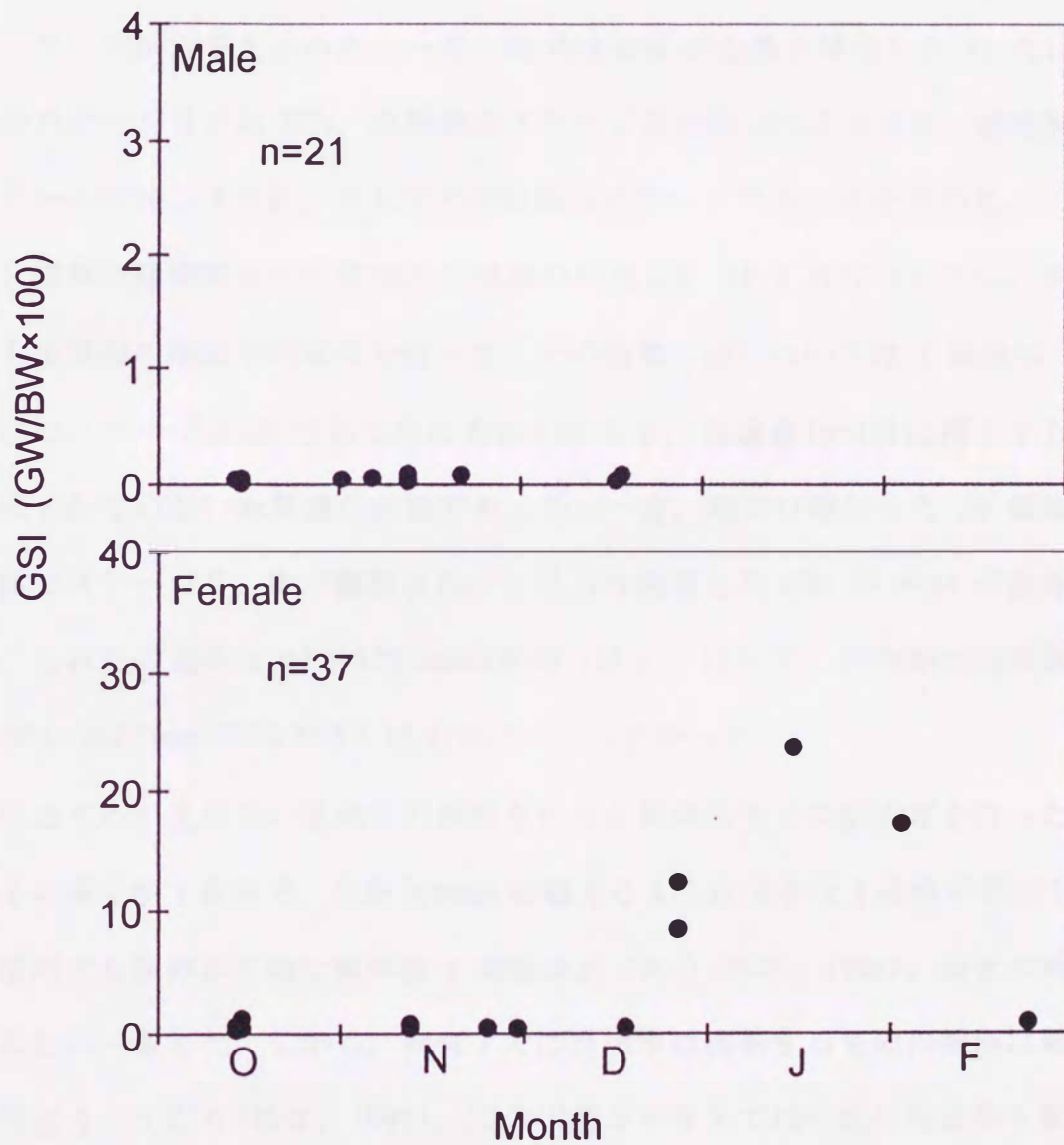


Fig.72. Seasonal changes in the gonadosomatic index [ (ovary and testis weight: g)  $\times$  100/(body weight: g) ] of 0~1-year fish. The specimen were collected in the Gonokawa River and Gotsu Port from 1995 to 1998.

同様に区分した (Fig.73). この区分に従い, 1 歳魚以上の個体における成熟ステージの季節的变化を Fig.74 に示した. 雄の場合, 先に述べた GSI の上昇が始まる 10 月に発達中のステージ II, III の精巣がみられ, GSI の値が高い 12~1 月にはステージ II, III と成熟期の IV, V が観察された. そして, 2 月以降はステージ V, VI が大半を占めた. 一方, 雌では GSI が上昇を開始した 11 月に発達期のステージ II が約 70%, 成熟期のステージ III が約 30% を占めた. 経産卵期のステージ IV は 1~3 月に, そしてそれ以降はステージ V が大半を占めた.

1 歳魚で発達期から成熟期の生殖腺が出現した 11~2 月については, 当歳魚でも生殖腺の組織学的観察を行った. その結果, 雄については 1 歳魚は 10~12 月にはステージ II~IV であったにもかかわらず, 当歳魚 (n=11) は精子すらまだ形成されていない未発達な状態であった. 一方, 雌では観察した 29 個体中 4 個体でステージ II, III が観察され, これらは前述した GSI が 9~24 の個体であり, これらの全長は 97.2~123.0mm (平均  $113.6 \pm 11.5$ ) で, 同時期の当歳魚の全長 60.0~107.5mm (平均  $84.5 \pm 13.4$ ) に比べて大きかった.

後述するが生殖腺の組織学的検討を行った個体の中で年齢査定を行った個体はその多くが 1 歳魚で, 全長 200mm を越えるような大きな 2 歳魚が混在した. 水槽内でも採卵が可能な個体は 1 歳魚以上であり (杉本, 1995), 著者の結果はおおむね一致した. しかし, 飼育下では当歳魚は成熟するものの採卵は難しいと報告されており (杉本, 1995), 江の川産カマキリでは少数の当歳魚も繁殖に参加する点で相違がみられた.

カマキリ雄では 12~2 月に精巣中の管状組織が十分に発達し精子で満たされ (ステージ IV), 雌では 1~3 月に卵巣中に排卵痕が観察されており (ステージ IV), 精巣と卵巣の組織学的観察からも, 江の川の河口域では繁殖期は 12~3 月と考えられる.

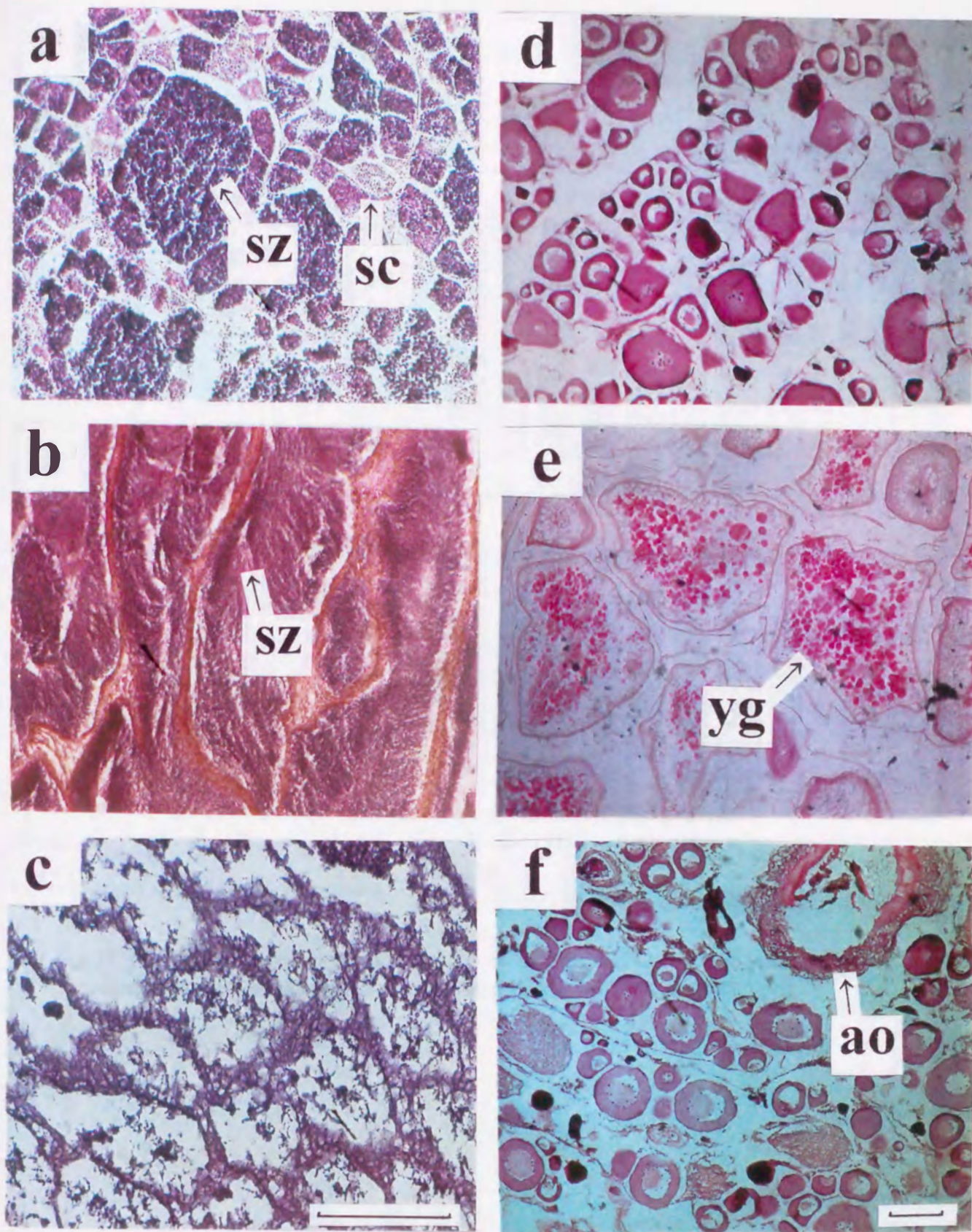


Fig.73. Photomicrographs of ovaries and testes in various maturity stages. a) testis at stage II, 178.4 mmSL, collected on November 1 in 1997; b) testis at stage III, 177.0 mmSL, collected on January 15 in 1996; c) testis at stage V, 119.0 mmSL, collected on February 23 in 1996; d) ovary at stage I, 143.4 mmSL, collected on September 24 in 1997; e), ovary at stage II, 170.5 mmSL, collected on November 12 in 1996; f) ovary at stage V, 149.3 mmSL, collected on March 23 in 1996; yg, yolk globule stage; oocyte; ao, atretic oocytes; sc, spermatocytes; sz, spermatozoa. The bars indicate 0.20 mm.

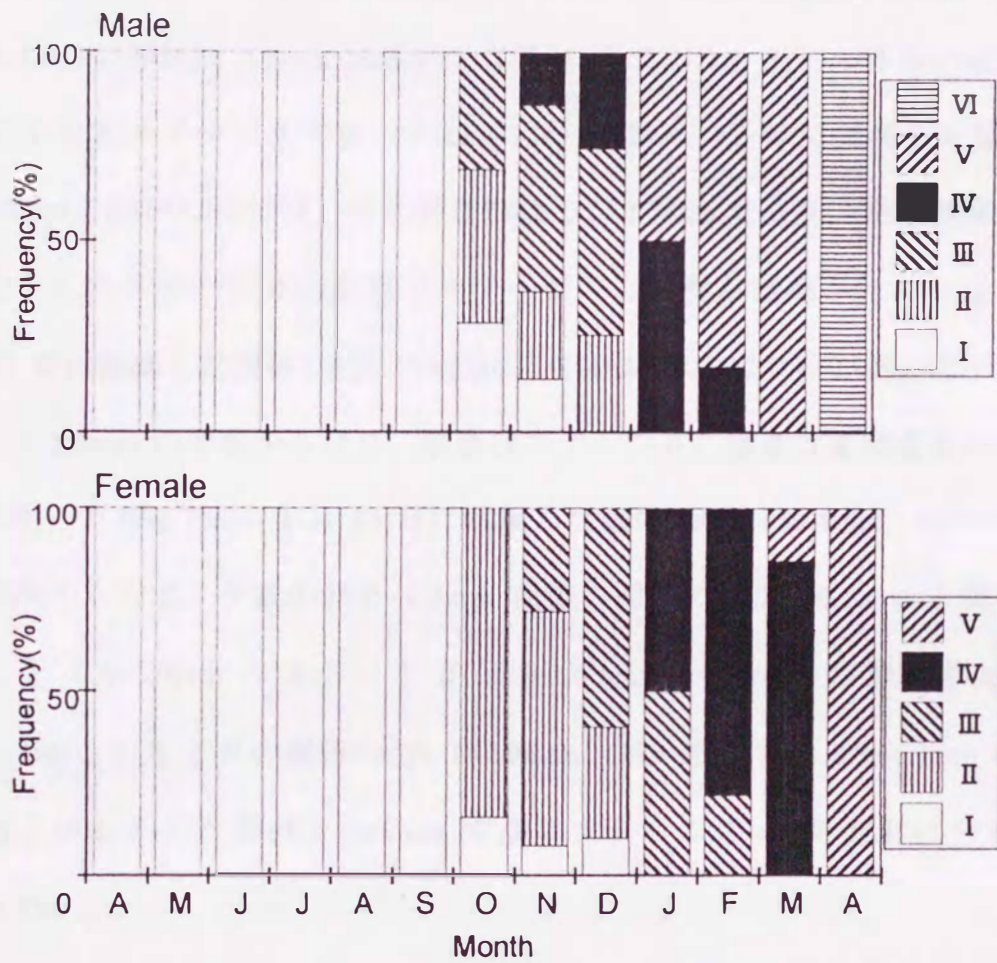


Fig.74. Monthly changes in maturity stages of ovaries and testes. The specimen were collected in the Gonokawa River and Gotsu Port from 1995 to 1998.

## (2) 卵巣中の卵径分布と体内卵数および産卵回数の推定

卵径分布の変化 1996年10月から1997年2月における卵径の頻度分布の季節変化をFig.75に示した。降河期の10月19日に採集した個体(全長155.8mm, GSI=1.01)の卵径は0.5mm未満からなる1群であり, 前述の卵巣の成熟ステージによるとステージIであった(Fig.75a)。12月12日に採集した個体(全長188.0mm, GSI=1.26)では, その卵径群は0.2~0.7mmであり, 第三次卵黄球期を中心としたステージIIの卵群とステージIの卵群が観察された(Fig.75b)。12月31日に採集した個体(全長195.2mm, GSI=24.2)では0.4~0.9mmの小型の卵群と1.1~1.6mmの卵群からなり, 前者はステージII, 後者は産卵直前のステージIIIであった(Fig.75c)。1月15日に採集した個体(全長189.4mm, GSI=7.04)は経産卵期のもので, 少数の卵径1.5mm前後の卵群のほか, 0.6mm未満のステージIと0.6~1.0mmのステージII(0.5~1.0mm)の2つの卵群で構成された(Fig.75d)。2月2日の個体(全長192.0mm, GSI=10.2)では0.9~1.3mmのステージIIIを中心とした卵群と0.6mm未満のステージI~IIの卵群に分けられた(Fig.75e)。

このような卵径分布の推移により, カマキリ雌は次のような成熟, 産卵過程をとるものと考えられる。まず, 未発達期は1つのモードを持つ卵群からなり, 発達が進むにつれて2つのモードに分離し, 大型の卵群から産出される。その後の卵巣中には次に産卵される発達中の卵群のほか, 少数の産み残しと考えられる卵群からなる(Fig.75d)。産み残しの卵は魚体中に吸収され, 次の発達中の卵群が徐々に成熟し, 再び産出される。

このように卵径分布が2群以上観察される時期をもつこと, 卵巣組織中に排卵痕のある個体が発達卵や成熟卵をもち, 再び成熟していることから, カマキリもヤマノカミと同様に多回産卵魚であることが明らかとなった。

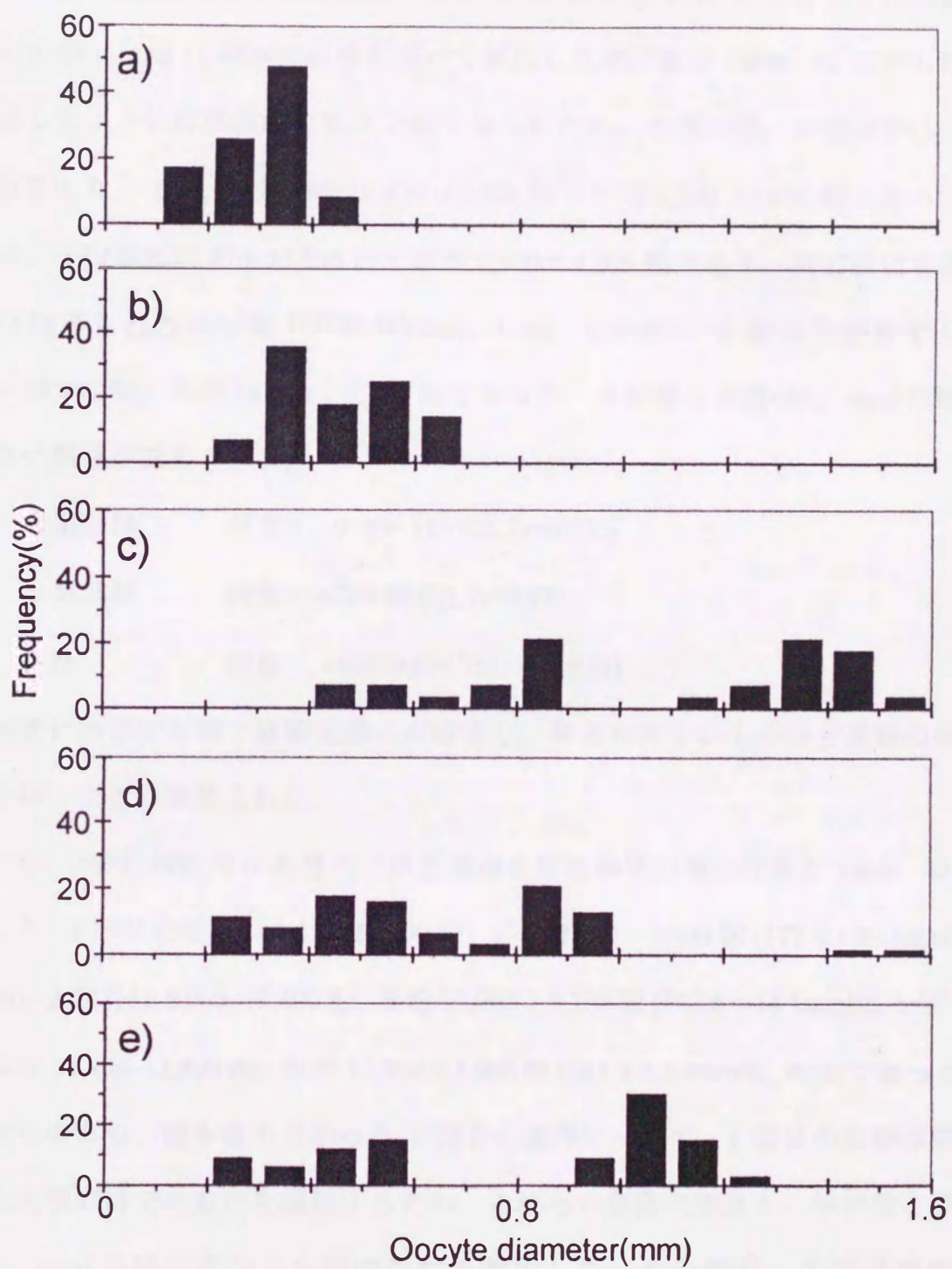


Fig.75. Seasonal changes in composition of oocyte diameters. a, GSI=1.1, 155.8 mmTL, collected on 19 October, 1996 ; b, GSI=1.3, 188.0mmTL, collected on 12 December, 1996; c, GSI=24.2, 195.2mmTL, collected on 31 December, 1996; d, GSI=9.8, 148.8mmTL, collected on 15 January, 1997; e, GSI=9.8, 189.4 mm TL, collected on 2 February, 1997.

**孕卵数、産卵数および産卵回数** 1996年12月から1997年2月までに採集された成熟した雌11個体の卵巣を用いて算出した孕卵数をTable 42に示した。前述したように卵径組成分布は2群であったため、大型卵群、小型卵群に分けて計数した。まず、大型卵群は410~17,900粒で平均 $8,300 \pm 5,600$ 粒であった。一方、小型卵群は470~15,500粒で平均 $6,100 \pm 4,200$ 粒であり、両卵群に有意な差は認められなかった (Mann-Whitney, U-test,  $p > 0.05$ )。2卵群を合計すると880~33,400粒、平均 $14,400 \pm 9,700$ 粒であった。孕卵数と体長(SL, mm)の間には次の関係が認められた。

大型卵群 卵数 =  $-9780 + 113.9SL$  ( $r=0.970$ )

小型卵群 卵数 =  $-6769 + 80.9SL$  ( $r=0.931$ )

合計 卵数 =  $-16550 + 194.7SL$  ( $r=0.970$ )

両者には高い相関で直線回帰式が成立し、体長の大きいものほど多数の体内卵を持つことが確認された。

一方、1994~1996年に水槽内で自然産卵させた個体の産出卵数をTable 43に示した。1回目の産卵は1,100~18,000粒、平均 $7,700 \pm 3,600$ 粒 ( $177.8 \pm 30.3\text{mmSL}$ ,  $n=10$ )、2回目は6,000~19,400粒、平均 $13,000 \pm 5,300$ 粒 ( $193.6 \pm 14.1\text{mmSL}$ ,  $n=4$ )、3回目は11,800~15,400粒、平均 $13,300 \pm 1,900$ 粒 ( $211.9 \pm 5.4\text{mmSL}$ ,  $n=2$ )であった。これらのうち、標本数の多かった1回目の産卵について、1回目の産卵は前述した大型卵群であるかを検証するため、これらの個体の体長と、孕卵数と体長(SL, mm)の関係式から大型卵群数を算出した。その結果、大型卵群では4,800~14,200粒、平均 $10,477 \pm 3,453$ 粒となり、実際の産卵数よりも範囲、平均値ともにやや大きな値を示したが、有意な差は認められず (Mann-Whitney, U-test,  $p > 0.05$ )、大型卵群が1回目の産卵時に産出されると考察される。

卵巣内の孕卵数をみた場合は大きい卵群が $8,300 \pm 5,600$ 粒、小さい卵群が $6,100 \pm 4,200$ 粒で、両者の数に違いは認められず、ヤマノカミのような初回の

Table 42. Number of eggs in an ovary, and standard length of female, *C. kazika* captured from December, 1996 to February, 1997

SL (mm)	The number of egg		
	Large group	Small group	Total
145.7	5,800	4,900	10,700
155.2	6,800	5,700	12,500
189.3	13,800	9,800	23,600
220.2	16,700	8,300	25,000
156.9	6,400	4,700	11,100
94.3	2,100	1,500	3,600
179.5	8,300	5,900	14,200
119.3	4,700	3,000	7,700
240.5	17,900	15,500	33,400
163.8	8,800	7,300	16,100
85.4	410	470	880
(159.1 ± 48.1)	(8,300 ± 5,600)	(6,100 ± 4,200)	(14,400 ± 9,700)

Parenthesis, average ± SD.

Table 43. Number of spawned eggs and standard length of females, *C. kazika* spawned in aquaria from 1994 to 1996

SL (mm)	Number of spawned eggs			Number of eggs in large group
	1st	2nd	3rd	
128.5	1,100	+	-	4,856
144.1	6,100	+	-	6,632
149.4	6,600	+	-	7,236
159.2	5,800	+	-	8,352
176.4	+	6,000	-	
181.9	12,800	+	-	10,938
186.9	8,300	+	-	11,507
190.1	+	19,300	-	
197.7	+	8,500	-	
205.0	9,500	+	-	13,569
205.6	11,800	+	15,500	13,637
207.8	18,000	+	-	13,888
210.1	11,200	14,500	-	14,150
214.5	+	+	12,600	
215.2	+	+	11,800	

(187.5 ± 27.1) (7,700 ± 3,600) (13,000 ± 5,300) (13,300 ± 1,900) (10,477 ± 3,453)

+, no measurements. -, no spawning. The eggs of large group were estimated with the expression formulated by regressions between the number of the ovary and SL of females (shown in Table 42).

産卵時の卵数が多い傾向はみられなかった。標本数は少ないものの、実際に自然産卵させた場合では、同一個体の産出卵数は体長 210.1mm の個体では 1 回目が 11,200 粒、2 回目が 14,500 粒、体長 205.6mm の個体では 1 回目が 11,800 粒、3 回目が 15,500 粒であり、むしろ 2, 3 回目の方が多く、上述した産卵回数と産出卵数の間に関連はないと考えられる。

カマキリの孕卵数は他のカジカ科魚類同様に(後藤, 1981; Marconato and Bisazza, 1988), 体長に対して一次回帰した。しかし、仮に体長 150mm の個体で他のカジカ類と比較した場合, *Cottus gobio* では産卵数で約 800 粒(Marconato and Bisazza, 1988), *Cottus hangiongensis* では孕卵数で約 3400 粒であるのに対して(後藤, 1981), カマキリの 7,300 粒はかなり大きい値である。しかし、カマキリの卵径は成熟卵で 1.5mm 前後であるのに対し, *Cottus gobio* の受精卵は 2.2~2.7mm (Marconato and Bisazza, 1988), *Cottus hangiongensis* では 2.0~2.4mm と本種の方がかなり小型である。このように同じカジカ科に属する魚類で、卵径や孕卵数において、一方は大卵少産、他方は小卵多産と種間の相違が認められ、これが産卵場所と仔稚魚の生育環境の違いで特徴づけられる陸封種、両側回遊種および降河回遊種の差異に起因するものと考えられる。

### (3) 江津漁港内における産卵場

産卵場と産卵期の特定 江津漁港内(St.1, 2)の水深 3m 以浅の岩礁部で 1996 年 2 月 23 日に潜水調査により、カマキリの卵塊とそれを保護する雄親魚が採集された(Fig.76)。卵塊が見つかった地点は St.2 付近で、塩分は 33, 水深は 1.2~2.0m であり、砂質底であるが、石組みの護岸沿いの底部には長径 20~100cm の石が積み重なり、緑藻、褐藻や紅藻が繁茂していた。

前述したようにこの海域でこれまでに多くの成熟した親魚や日齢 0~4 の孵化後間もない卵黄吸収前仔魚が採集され、同海域が江の川産カマキリの繁殖場所

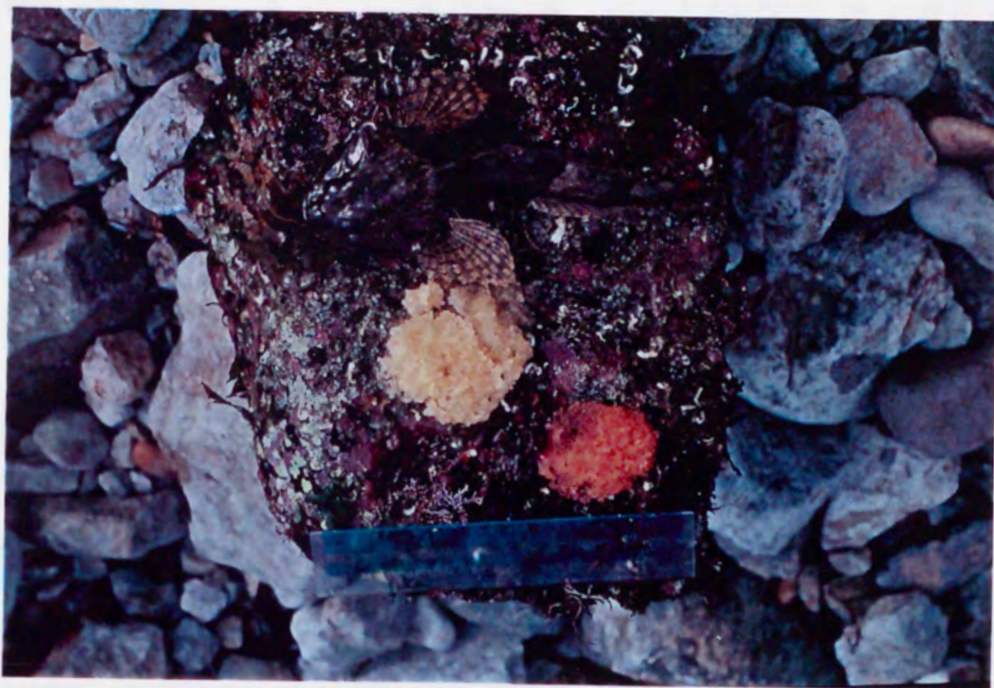


Fig.76. Stone of nest, two egg masses and a male (189.8mm TL) collected in Gotsu Port on 23 February, 1996.

の一部であると判断された。しかし、卵黄吸収前仔魚の出現域が江津漁港ばかりでなく江の川河口とその 1km 上流(ともに左岸)にもあったことから、河口付近でも繁殖している可能性が高いと考えられる。長良川産カマキリの産卵地点は河口付近であった(建設省・水資源開発公団, 1992)。また、静岡県清水市三保地先では潮間帯で本種の産卵が確認されている(野口・荒尾, 1998)。前述したようにカマキリの孵化限界塩分は 10 であるので、総合すると本種の繁殖場は河口域とその周辺の浅海域に形成されると判断される。

江津漁港と江の川河口~1km 上流(左岸側)で、1995~1998 年の 12~4 月にカマキリ成魚 48 尾が採集され、これらの生殖腺を組織学的に検討した結果、雄ではステージIV~VI, 雌ではステージIII~V の状態であり、特に 1~3 月の雌の卵巣に排卵痕が観察されたことから、同時期が産卵盛期と考えられる。この結果は前述した仔稚魚の日齢から逆算した産卵期(12~3 月)とほぼ一致し、これらを総括すると江の川産カマキリの産卵期は 12~3 月と判断される。

**産卵基盤と卵塊の状態** 江津漁港内の St.2 で 1996 年 2 月 23 日に採集された卵塊とそれを保護する雄親魚(Fig.76)の巣材と親魚の大きさ、卵塊数と卵数および卵径を Table 44 に示した。卵塊は長径 24~45cm, 短径 19~35cm, 高さ 12~25cm の底に空隙のある石(以下、浮き石と称す)の下に付着し、その石にはそれぞれ 1 尾ずつの雄成魚(全長 119.0~189.8mm)が営巣していた。巣 1 個当たりの卵塊数は 2~3 塊で、それぞれ色彩が白, 黄, 赤褐色と異なっており、1 卵塊当たりの卵数は 1040~5190 粒、卵径は 1.44~1.66mm であった。そして、同じ巣に付着している複数の卵塊の発生段階はほぼ同一であり、実験室に持ち帰り孵化させたところ、孵化の早かった卵塊と遅かった卵塊の日数差が 5 日以内であった。

今回確認されたカマキリの産卵基盤は浮き石であり、静岡県清水市三保地先の潮間帯でみつかったカマキリ(野口・荒尾, 1998)と一致した。また、カマキ

Table 44. Nests and egg masses of *C. kazika* found in the sea area on 23 February, 1996

Water depth (m)	Nest size* <sup>1</sup> (mm)	TL of male (mm)	Number of egg masses	Number of eggs	Egg diameter (mm)	Day taken to the hatching* <sup>2</sup>
1.2	35 × 20 × 12	119.0	3	4490	1.59 ± 0.08	4~ 6
				1230	1.50 ± 0.07	5~ 6
				1040	1.66 ± 0.05	7~ 9
1.2	45 × 35 × 25	127.6	3	4110	1.56 ± 0.07	5~ 7
				3070	1.51 ± 0.09	5~ 6
				1700	1.44 ± 0.06	6~ 8
2.0	24 × 19 × 18	189.8	2	5190	1.61 ± 0.07	13~15
				3380	1.59 ± 0.06	14~17

\*<sup>1</sup>, Longest × shortest × height; \*<sup>2</sup>, egg masses were incubated till hatching in 9.3-10.1 °C.

りの雄が複数の卵塊を保護していたことから、後述する水槽内産卵実験で証明された Polygamy の婚姻形態が天然海域でも行われているものと考えられた。

産卵親魚の大きさと年齢構成および雌雄の性比 江津漁港、江の川河口~1km 上流(左岸側)で 1995~1998 年の 12~4 月に採集されたカマキリ親魚は雄 19 尾、雌 28 尾であり、その全長は各々 114.2~207.0mm および 92.8~219.6mm であり、雌雄間でその全長に有意な差は認められなかった(Mann-Whitney, U-test,  $p > 0.05$ )。これらの年齢組成を Fig.77 に示した。カマキリの産卵親魚は 0~2 歳魚で構成されており、雄の全長は当歳魚、1 歳魚、2 歳魚の順に 114.2~119.6mm, 127.6~196.6mm, 207.0mm, 雌では 92.8~123.6mm, 127.5~214.7mm, 181.8~219.4mm であり、その組成は年齢順に雄では 15.0, 80.0, 5.0%, 雌では 14.3, 71.4, 14.3% であった。

カマキリでは、産卵個体の年齢は満 2 歳以上と考えられてきた(名越ら, 1962 ; 杉本, 1995)。今回江の川河口域および江津漁港で得られた成熟個体の 80% 以上は満 2 歳以上であったが、一部には満 1 歳魚も含まれていた。前述したようにカマキリの成長は個体差が大きく、成長が速かった一部の当歳魚が成熟し、繁殖に至ったと推察された。また、採集個体の雌雄の年齢組成は極めて類似しており、それらの雌雄の全長にも有意な差は認められなかった。また、前述した本流(St.12)の降河トラップで繁殖に参加すると推察される雌雄の全長を比較しても、1996 年では雄が  $207.1 \pm 20.8\text{mm}$  ( $n=14$ )、雌が  $199.6 \pm 23.6\text{mm}$  ( $n=9$ )、97 年では雄が  $194.7 \pm 17.6\text{mm}$  ( $n=14$ )、雌が  $202.5 \pm 17.5\text{mm}$  ( $n=11$ )で、雌雄の大きさに有意な差は認められず(Mann-Whitney, U-test,  $p > 0.05$ )、大卵型カジカなどでみられる雌雄間の年齢や大きさに差(Natsumeda ら, 1997)は認められないものと推察された。

カマキリの産卵親魚の雌雄の性比については、産卵期のカマキリの雄は浮き

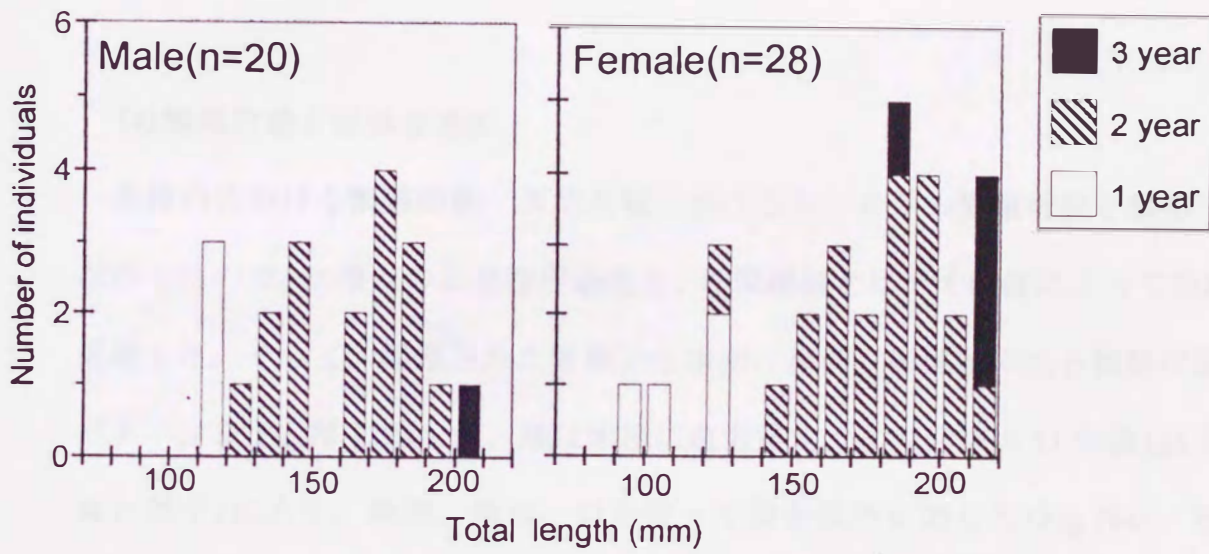


Fig.77. Composition of the year class in each size (total length) of *C. kazika* collected around the river mouth of the Gonokawa River from December to April during 1995 to 1998.

石や岩の下に潜り込み営巣および卵保護しているため、潜水下でのかぶせ網採集による捕獲が雌よりも難しく、雌雄差が現れる可能性が考えられたため、前述した降河トラップで捕獲された雌雄の個体数を比較した。1996年では雄は14尾、雌は9尾、1997年では雄は14尾、雌は11尾採集され、両年とも雌雄の個体数に有意な差は認められなかった(1996年： $\chi^2=0.34$ ,  $p>0.05$ ; 1997年： $\chi^2=0.08$ ,  $p>0.05$ )。カマキリにおいてもヤマノカミと同様に産卵親魚の性比は1:1であると結論される。

#### (4) 繁殖行動と配偶者選択

**水槽内における繁殖行動** 天然水域におけるカマキリの繁殖行動を観察できなかったため、水槽内の自然産卵過程を、目視観察とビデオ映像によって記録、追跡した。そして、観察された営巣から求愛、産卵、卵保護に至る繁殖行動のパターンを Fig. 78 に示した。雄は水槽に収容後すぐに産卵床の U 字溝(以下、巣と称す)に入り、胸鰭、尾部、口を使って砂を巢外に出した(Fig. 78a)。そして、腹部を上あるいは横にして、臀鰭をこすりつけながら巣の内壁面の清掃を何回も繰り返した。清掃行動が観察され始めると、2~3 日うちに同じ水槽内に成熟した雌を加えた。雄は雌を見つけると、口を大きく開き、全ての鰭を広げて誇示しながら、徐々に雌に接近し、雌の頭部や体側部にかみついた(Fig. 78b)。このかみつき行動は瞬時に終わり、雌を離れた後すぐに巣に戻り、再び口を大きく開き、各鰭を広げた。この一連の行動を 1~数回繰り返すうちに、雌の方から巣の内部に入り、腹部を巣の上壁に付けた。雄は雌と隣り合い、背位姿勢をとり(Fig. 78c)、雌の呼吸が速まるとともに、雄が雌に重なり合って、雌が放卵すると同時に雄の放精が観察された。卵は長径約 12cm、短径約 7cm、高さ約 2cm の半楕円球をした塊として、巣の上壁の最奥部に産み付けられた。これらの一連の求愛と産卵行動は主に日没から深夜にかけて行われた。1 卵塊を

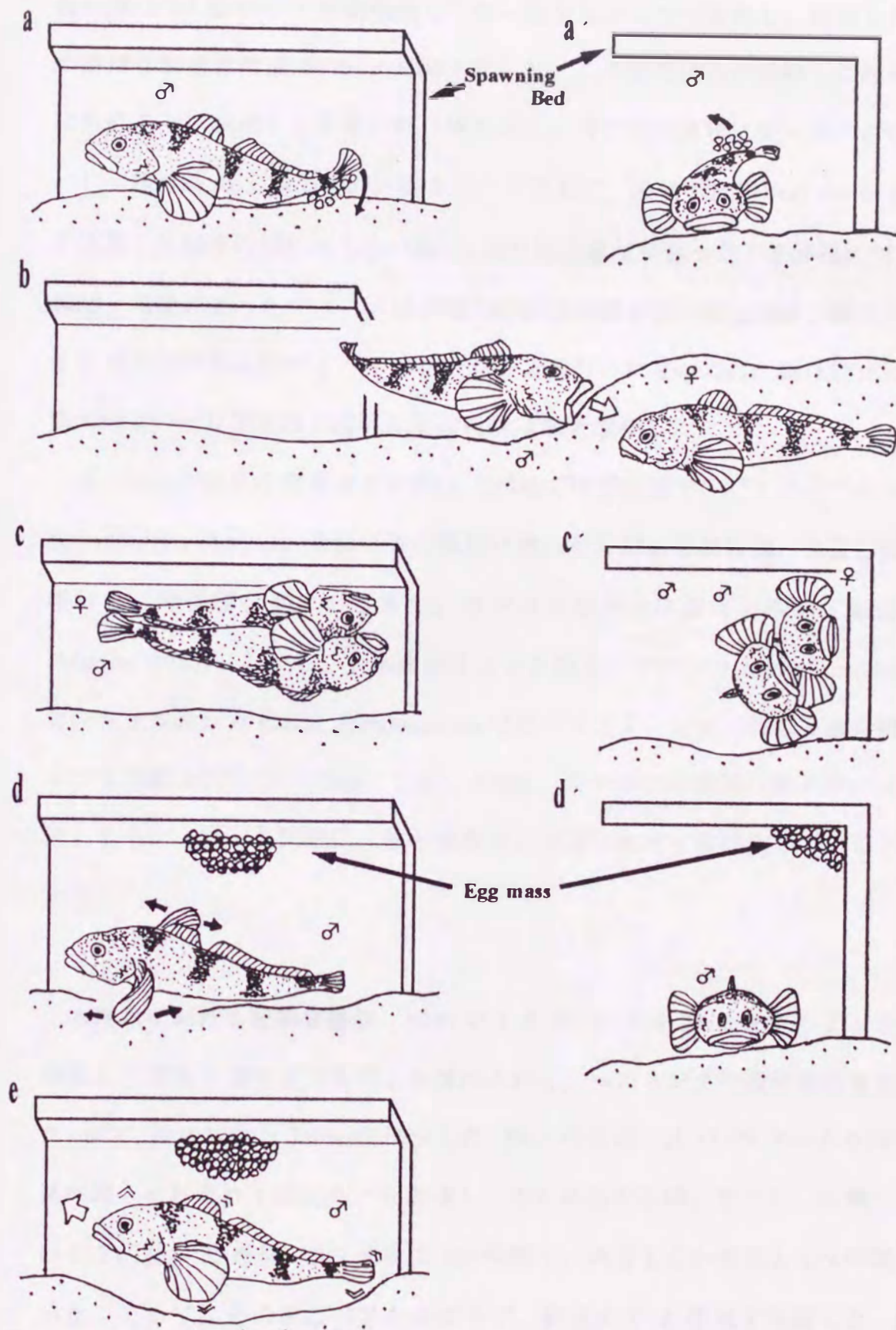


Fig. 78. Illustrations of spawning behavior of *C. kazika*. Left and right sketches are front and side views, respectively. a) tail digging; b) courtship by a bite; c) spawning; d) fanning; e) vibration for egg mass.

得た雄は 20 分から 1 時間経過した後に雌を巣からつつき出し、前述した巢内の清掃行動を放精後 5~10 日間繰り返した。この期間に次の成熟した雌を水槽に入れると、前述した求愛行動を繰り返し、再び放卵放精に至った。このようにして雄は最大 3 回の産卵に関与した。そして、最初の放精から 5~10 日経つと成熟した雌が近づいても追い払い、部分的に重なり合った 1~3 卵塊に対して、胸鰭、尾鰭を使ったファンニング等の卵保護行動を行い (Fig.78d)、孵化が近づくと全身で卵塊を揺するバイブレーションを行った (Fig.78e)。雄は孵化に至るまでの 35~40 日間営巣を続け、その後雄は巣を放棄した。

ヨーロッパに広く生息する *Cottus gobio* では卵保護中のバイブレーション行動を行わないものの、それ以外の繁殖行動は産卵前の営巣行動、求愛行動、産卵行動、卵保護行動に至るまで、カマキリやヤマノカミと極めて類似した (Morris, 1955)。しかし、日本産淡水カジカ類のハナカジカ *Cottus nozawae* とカンキョウカジカ *Cottus hangiongensis* ではバイブレーション行動と求愛時のかみつき行動を行わない (Goto, 1982, 1988)。カマキリの繁殖行動パターンは前述したヤマノカミと同様に、他の淡水カジカ類に比べて多様化しているといえよう。

**水槽内における配偶者選択** 1998 年 1 月 25 日~3 月 25 日までの 2 ヶ月間、成熟した雌雄 5 個体ずつを同じ水槽に入れて、ペアリングや産卵間隔等を調べた。まず、雄の行動を Table 45 に示した。No.1 の雄は 2 月 13~19 日の 6 日間に、3 尾の雌とそれぞれ 1 回のペアを形成し、ともに放卵放精に至った。放精の間隔は 1~2 回目が 32 時間、2~3 回目は 107 時間で、両者を合わせると 139 時間であった。そして、その後はペアを形成せず、孵化まで 3 卵塊を保護した。No.2 の雄は 2 月 19 日から 3 月 4 日までに 2 尾の雌と各 1 回の産卵を行ったが、その 2 卵塊はいずれも巣の上壁から外れ、巢外に流出し、雄はそれらを保護しな

Table 45. Behavior of males, *C. kazika* in an aquarium which some males and females were taken on from January to March, 1998

No.	TL (mm)	Time	Behavior of males
1	202	18:30 on 13 February 0:00 on 14 February 2:00 on 15 February 8:00 on 15 February 15:30 on 19 February 19:00 on 19 February	Pairing with No. 6 Spawning with No. 6 Pairing with No. 7 Spawning with No. 7 Pairing with No. 8 Spawning with No. 8 and guarding three egg masses (spawned No. 6, 7 and 8) until hatching
2	188	15:30 on 19 February 19:00 on 19 February 0:00 on 26 February 16:00 on 27 February 20:00 on 27 February 19:30 on 4 March 19:00 on 6 March 22:30 on 6 March 19:00 on 8 March 3:30 on 9 March 20:30 on 12 March 23:00 on 12 March	Pairing with No. 10 Spawning with No. 10 (no fertilization) Stripping an egg masses (spawned No. 10) Pairing with No. 7 Spawning with No. 7 (no fertilization) Stripping an egg masses (spawned No. 7) Pairing with No. 6 Spawning with No. 6 Pairing with No. 10 Spawning with No. 10 Pairing with No. 9 Spawning with No. 9 and guarding three masses (spawned No. 6, 10 and 9) until hatching
3	178	17:00 on 5 March 21:30 on 5 March	Pairing with No. 6 Cancellation of pairing with No. 6 without spawning
4	198	From 25 January to 18 March	No pairing and spawning (no nest)
5	152	From 25 January to 18 March	No pairing and spawning (no nest)

かった。この2卵塊を水槽から取り上げ、実体顕微鏡で観察したところ、いずれも未受精であり、雌の産卵のみが行われたと推察された。その後、この雄は3月6~12日の6日間に3回のペアを形成し、3回の放精を行い、3卵塊を得た。

最初の未受精の2回を除くと、放精間隔は1~2回目が53時間、2~3回目が90.5時間であり、累計で143.5時間であった。その後はペアを形成せず、3卵塊を孵化まで保護した。No.3の雄は3月5日にNo.6の雌と1回ペアを組んだが、No.6がペアを組み替えたため、放精には至らなかった。No.4と5の2尾の雄は実験期間中に営巣せず、ペア形成や放精は行わなかった。

このように雄の放精間隔は最大6日で、それを過ぎるとペアを形成しなかった。さらに、前述したように天然で採集した卵塊において、同一の雄が保護している複数の卵塊の孵化日が極めて近い減少は短期間のうちに複数の雌と産卵したことを示している。このようにカマキリでもヤマノカミと同様に雄の実効繁殖期間は短く、すでに述べたように卵保護期間の短縮のためと推察された。

同実験における雌の行動についてTable 46に示した。産卵を1回行った後斃死したNo.8を除くと、全てが2回産卵した。ただし、No.9は1回目の産卵時はペアを形成せずに産卵し、未受精であった。これら2回の産卵間隔は289~499時間(平均 $398.8 \pm 86.6$ 時間)であった。1度ペアを形成した後に産卵せずに他の雄とペアを組み直したのはNo.6の雌の1回のみで、産卵回数(1~2回、平均 $1.8 \pm 0.4$ 回)とペア形成回数(1~3回、平均 $1.8 \pm 0.8$ 回)がほぼ同数となった(Mann-Whitney, U-test,  $p > 0.05$ )。ペア形成から産卵に至るまでの時間は2.5~8.5時間(平均 $4.6 \pm 1.9$ 時間)であった。

淡水カジカ科魚類の多くは雄主導型のペア産卵、Polygynyの婚姻形態をとる(Goto, 1987; Broun, 1973)。カマキリの場合、雄が複数の雌とペアを形成、繁殖し、複数の卵塊を保護した点は他の淡水カジカ類と同様であった。しかし、雌が1産卵期に複数回産卵する点で、他の淡水カジカ類と異なっており、雌雄

Table 46. Behavior of females, *C. kazika* in an aquarium which some males and females were taken on from January to March, 1998

No.* <sup>1</sup>	TL (mm)	Number of spawning times	Spawning interval (h)	Number of Pairing times	Pairing periods A (h)		Pairing periods B (h)	
					~1st	~2nd	~1st	~2nd
6	179	2	499	3	5.5	3.5	-	29.5
7	181	2	289	2	6.0	4.0	-	-
8	210	1	-	1	3.5	-	-	-
9* <sup>2</sup>	145	2	390	1	-	2.5	-	-
10	194	2	417	2	3.5	8.5	-	-

Pairing period A, from pairing with a male spawned to spawning; pairing period B: from first pairing to spawning.

\*<sup>1</sup>, Numbers refer to females shown in Table 44.

\*<sup>2</sup>, This female spawned at the first time without a male.

とも複数回、異なった配偶者と繁殖することから、カマキリの婚姻形態は Polygamy と考えられた。

カマキリの雌の産卵回数とペア形成回数はほぼ同数であり、ペアの組み替えがほとんどなかった。これはヤマノカミの雌におけるペアの組み替え回数(1回目:平均  $2.0 \pm 1.4$  尾, 2回目:  $2.6 \pm 0.9$  尾, 3回目:  $3.0 \pm 2.2$  尾)に比べて明らかに小さい値である。また、ペア形成から産卵に至るまでの時間も 2.5~8.5 時間(平均  $4.6 \pm 1.9$  時間)であり、ヤマノカミに比べて短い。これは両種の求愛行動の違いによると考えられる。両種とも求愛時にかみつき行動を行うが、ヤマノカミの雄は雌をくわえ込んだまま巢内に引き入れる。しかし、カマキリ雄のかみつき行動は瞬時に終わり、雌を離してすぐに巢に戻る。すなわち、ヤマノカミの雌は雄に強引に巢に引き入れられ、求愛時に雄を選択できないため、ペアの組み替えが多く、産卵までの時間も長期化すると考えられる。しかし、カマキリ雌は雄がかみつき時に巢に引き入れないため、求愛時に雄を選択でき、ペアの組み替えが少なく、産卵までの時間も短くなると考えられる。

### 3. カマキリの生活様式

日本海に流入する江の川を主な研究の場として、初期形態、生息域や成長などの成育生態、遡上と降河などの回遊生態ならびに産卵生態等の、カマキリの生活史を飼育実験と野外調査によって明らかにした。その生活史を Fig.79 にとりまとめた。

本種の受精卵は粘性沈着卵で、雄親魚の保護により水温 10℃下で約 31 日間の長い卵内発生期間を経て孵化に至る。孵化直後の仔魚は腹部に卵黄と油球を持ち、すでに開口している。仔魚は正の走光性を持ち、孵化の翌日には水槽内では水面に向け活発に泳ぎ回り、水槽壁部に群れをなし、孵化後 5 日目には卵黄を完全に吸収し、前屈曲仔魚期に移行するとともに、摂餌を開始する。カマキリの場合は沈性付着卵を産み、孵化仔魚は比較的大型で開口しており、このような発達の進んだ状態で孵化する特徴は他の淡水カジカ科魚類全般にも当てはまる(水野・丹波, 1961; 後藤, 1975; 清水ら, 1994)。

カマキリの卵黄吸収前仔魚は毎年 1 月から江津漁港と江の川河口付近に、浮遊生活をする後屈曲仔魚と稚魚は江津漁港内に現れ、いずれも環境水塩分が 11 以上にみられ、淡水域には出現しない。飼育下では体長 8~9mm の間に脊索上曲が終わり、ちょうどこの頃各部位の体長比の変曲点が多く認められる。体長 10.5mm 頃稚魚期に、体長 13mm 頃若魚期に移行するが、各骨格の化骨やその他の部位の変曲を終えるのもちょうどこの時期である。このような外的あるいは内部的形態の変化に伴って、表層性や走光性が薄れ、水槽底部に着底し、淡水での飼育が可能となる。天然では 2 ヶ月弱の浮遊生活を営み、全長 20~22mm に達する頃に海域、汽水域で着底し、最大 100 齢まで海域にとどまった後、徐々に河川に遡上し始める。広塩性魚類の多くは鰓や腸、腎臓の機能調節およびプロラクチンやコルチソールなどのホルモン作用により浸透圧調節を行うことが知られており(平野, 1994)、カマキリの場合は浮遊期から着底期に

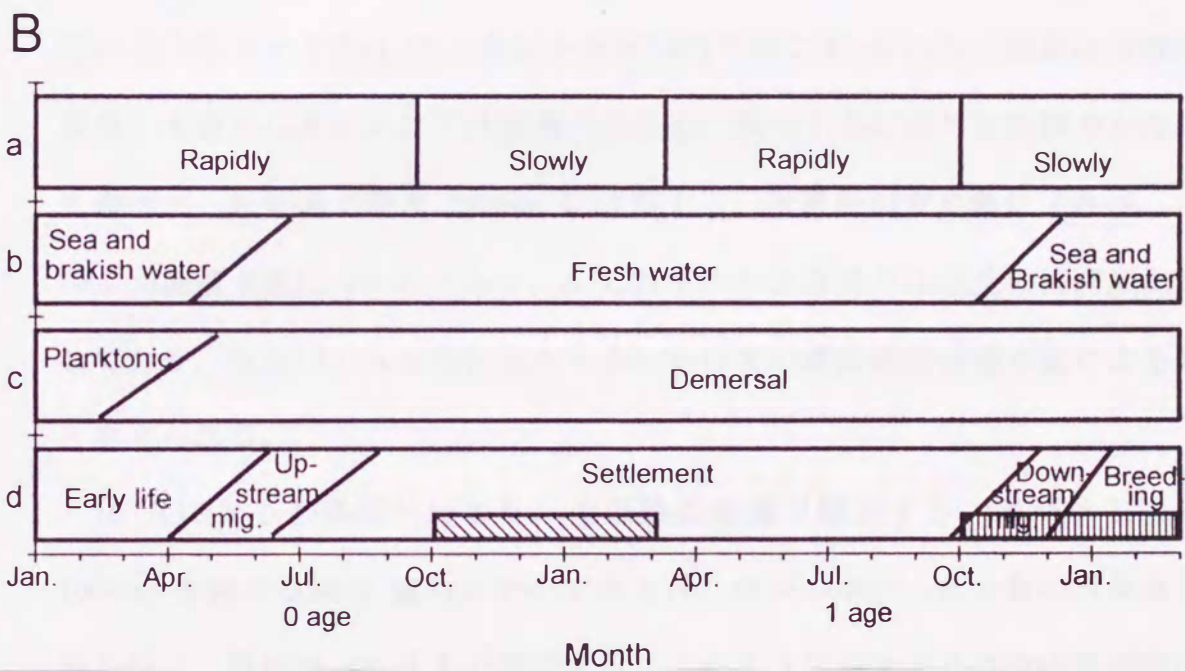
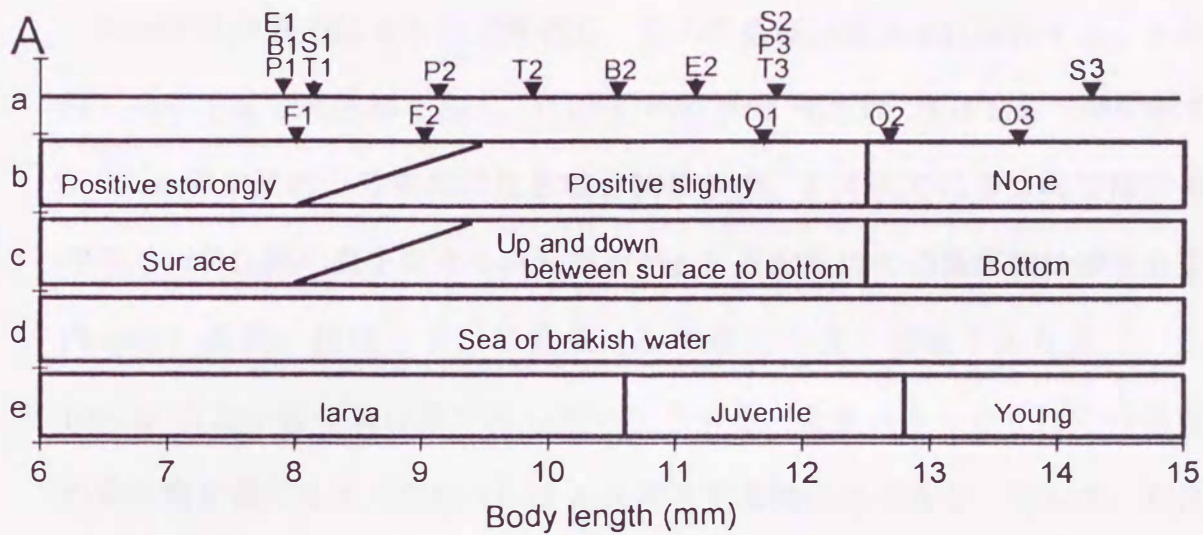


Fig.79. Body length in early life (A) and periods (B) when the morphology, behavior, habitat and migration of *C. kazika*.

- |                                               |                    |
|-----------------------------------------------|--------------------|
| A a: position of flecion point, ossification. | B a: growth.       |
| b: phototaxis.                                | b: habitat.        |
| c: swimming layer.                            | c: swimming layer. |
| d: habitat.                                   | d: life history.   |
| e: developmental stage.                       |                    |

Marks indicate flecion points; F1, F2) notochord; T1~T3) total length; S1~S3) snout length; P1~P3) preanal length; B1, B2) body depth; E1, E2) eye diameter; O1~O3) ossification.

移行する全長 20~22mm 前後にそれらの機能や作用が発現すると考えられる。

カマキリの遡上は 8 月まで継続し、その生息域は淡水域に移行する。その後河川の淡水域で定住期を迎え、江の川では 1995 年では 23~45km, 1996 年では 5~50km の本流部と各支流に生息域を拡張した。8 月までは各支流で個体数が増加し、特に堰の直下に多くみられたが、9 月からはその個体数は安定し支流内の広い範囲に出現する。当歳魚は淵や瀬尻の流れの緩やかな所に、全長 100mm 以上の越年魚は瀬や流心部に生息する。大半のカマキリはその後翌年の降河期を迎えるまでの約 17~19 ヶ月間同じ支流にとどまる。そして、定住個体の一部は河川内で越冬した後、翌年の遡上期にさらに上流へと遡上を行う。このようにカマキリは 17 ヶ月以上を河川内で過ごす。それらの成長は当歳魚、1 歳魚とも春から夏にかけては急激な成長を、秋から冬にかけては緩やかな成長を遂げて、2 年間で最大 250mm に成長する。水槽内飼育実験によれば、カマキリの最適水温は 15℃であり、6℃以下の水温環境では成長の停滞傾向を示しており、江の川でみられた秋から冬にかけての成長停滞は低水温による影響と考えられる。

10 月に入ると降河が始まり、生殖腺の発達を開始する。降河は主に全長 100mm を越える満 2 歳魚が中心であるが、成長の早かった少数の当歳魚も降河を行う。降河は 12 月まで継続する。このようにカマキリは降河回遊型の生活史を送り、同じ回遊スタイルを持つ種は前述のヤマノカミ、そしてウナギ *Anguilla japonica* だけである(塚本, 1994)。

各年 12 月末から 3 月まで江津漁港でカマキリの繁殖が確認された。卵黄吸収前仔魚(日齢 0~4)の出現域から江津漁港だけでなく江の川河口域でのカマキリの繁殖も示唆された。江の川河口域は弱混合型であるため、塩分くさびを形成しており、卵黄吸収前仔魚の出現地点の底層塩分は 10 を常に越えていた。正常で高い孵化率を得るためには塩分 10 以上の環境水で卵を受精、発生させ

ることが条件であることが水槽内実験により明らかにされ、上述したようにカマキリ親魚は天然水域では塩分 10 以上の水域で繁殖していた。

天然域におけるカマキリの産卵は岩礁域にある大型の浮き石の下で行われ、1 尾の雄が複数の卵塊を保護する。水槽内の繁殖様式からカマキリの産卵は淡水カジカ科魚類に共通した前適応的形質(後藤, 1988, 1994)である雄主導型のペア産卵で、婚姻形態は Polygamy である。水槽内での雄の実効繁殖期間はヤマノカミと同様で短く、卵保護期間を短くするための有利な戦略と考えられた。繁殖行動は営巣から卵保護行動に至るまで、日本産の他の淡水カジカ類と似るが、求愛行動時のかみつぎ、卵保護行動時のバイブレーションがみられた点で異なっていた。産卵期のカマキリは最大 250mm に達し、これらの大半は満 2 歳魚で、一部満 1 歳魚と、満 3 歳魚で構成される。産卵後の個体の大半は産卵後 1~2 ヶ月で寿命を終えるが、成長が遅かった 2 歳魚は繁殖に関与せずに満 3 歳で降河、産卵すると考えられる。そして、約 1 ヶ月に及ぶ雄の卵保護によって、次世代の生活史が開始する。

江の川を主要な研究場所として、カマキリの生活史をとりまとめたが、本種は日本海側では秋田県から島根県、太平洋側では神奈川県から宮崎県に分布し、これらの生息域の環境は異なることが考えられる。とりわけ水温をはじめとした気象条件は大きく違っていることが示唆され、各々の生態における時期については地域によって多少異なっていると考えられる。しかし、本種に関する研究報告は少なく、断片的であるが、これらの知見を統合すると基本的な生活様式については本研究と一致しており、日本固有種カマキリの生活史を明らかにしたものとする。

#### 4. 保護と増殖対策

カマキリは近年生息数が急減しており、環境庁のレッドデータブックの中で減少種に指定されている(杉田, 1995). その原因として、河口域の護岸、港湾整備や埋め立てなどによる産卵場所と仔稚魚の成育環境の悪化、農薬や生活排水の河川流入による生息環境水の悪化のほか、堰の建設による遡上阻害に伴う生息域の縮小化と生息河川の減少などが挙げられる。ここではそれらの中で本種の生息に直接的に影響を及ぼしていると考えられる堰による遡上阻害とその対策、人工産卵基盤の利用について検討する。

##### 1) 堰の遡上阻害とその対策

前述したように{3-(4)}, 遡上期の7~8月には江の川支流の最下流の堰直下にカマキリ当歳魚が集まり、遡上が阻害されていた。全国的にみても最下流の堰までしか遡上せず、上流へ遡上できない河川が多く存在する(高木・谷口, 1992; 杉田, 1995). 一方、カマキリ当歳魚(全長35~73mm)を用いた平均流速10~97cm/sec.で行われた泳力実験では、1時間のうちに56~100%の個体が1mの水路内を流れの上流へと移動し、隔壁高30~120cm, 落差10~80cm, 流速45~56cm/sec.で行われた階段式模型魚道の遡上実験では、隔壁高120cmでも17~40%の遡上率を示している(建設省・水資源開発公団, 1992). このように実験的にはカマキリは比較的高い遊泳性と遡上性を示している。そこで、天然河川に設置された魚道におけるカマキリの遡上状況を調査するため、1997年6~8月に島根県下府川の最下流堰の魚道で合計4回の24時間調査を行った。この魚道は6個の隔壁が2m間隔で並ぶ階段式のもので、幅2m, 落差が30cmで、1m幅の切り欠けが設置されていた。切り欠け部の落差は25cmで、最上段隔壁の切り欠けにトラップを仕掛け(Fig.80A), 3時間間隔で流速と流量、および捕獲魚種の個体数を調べた。このトラップは長さ1.5m, 幅1m, 目合い6mm



Fig. 80. Fishway of the lowest dam and a trap in the Shimoko River.  
A) fishway and a trap; B) individuals captured with a trap.

の直方体で、20 × 100cm の開口部をもち、高さが 0.5~1m の範囲内で調節できるものである。隔壁から落下する直前の水脈部に開口部が当たるように、調査時に高さを調整した。なお、この魚道にはウナギ穴は配置されていなかった。

下府川の魚道におけるトラップ採集結果を Table 47 に示した。6 月後半の調査では 31 尾、7 月前半では 1 尾、8 月後半では 4 尾のカマキリが採集された。他にカワムツ *Zacco temmincki*、フナ類 *Carassius auratus sp.*、ウグイ *Tribolodon hakonensis*、アユ *Plecoglossus altivelis altivelis*、ヨシノボリ類 *Rhinogobius brunneus sp.*、ウキゴリ *Chaenogobius urotaenia*、ヌマチチブ *Tridentiger brevispinis*、スジエビ *Palaemon paucidens*、モクズガニ *Eriocheir japonicus* の遡上が確認された (Fig.80B)。調査時の流速は 101.3~191.7cm/S、流量は 316.5~699.9l/S で、魚道部の流量は河川流量の 24.0~49.5%であった。一方、増水時の 7 月後半の調査ではカマキリの遡上は確認されず、わずかにカワムツ 1 尾、アユ 1 尾とモクズガニ 2 尾が採集されただけであった。この日の魚道内流速、流量はそれぞれ 149.7~160.8cm/S、794.4~1284.5l/S で、通常に近い流量を示した。魚道部の流量の割合は河川流量の 25.6~38.1%であった。

今回の調査では増水時を除き、全調査日にカマキリが採集された。建設省 (1992) によれば、隔壁の高さが 120cm、落差が 80cm であっても流速 49cm/s で 17~40%の個体 (全長 41~57mm) が遡上することが実験的に証明されており、わずか 12cm の隔壁を越えることができなかつたヤマノカミに比べ遡上力は高いと考えられる。そして、下府川の魚道の場合でも、増水時でない限り天然のカマキリが遡上していることが確認されたことから、カマキリの場合、現在一般的に用いられている魚道であっても、適正な流量にすることによって、その遡上阻害を防止することが可能であると考えられる。現在多くの河川でみられるカマキリの遡上阻害は魚道が設置されていないか、魚道に安定した流量の水流がないなどのためであると考えられる。

Table 47. The speed and the amount of flowing water in the fishway, and number of individuals of the species collected with a trap set at the fishway in the lowest reaches of the Shimoko River.

Date	Time	The speed of running fluid (cm/S)	The amount of flowing water (l/S)	The ratio of the amount of flowing water (fishway : dam)	Number of individuals*										
					*Zt	Ca	Th	Pa	Rs	Cu	Tb	Pp	Ej	Ck	
18 Jun.	10:00	124.4	-	-											
	13:00	163.6	-	-	**0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 15	0, 0	0, 0	0, 0	6, 1	
	16:00	123.6	404.0	49.5 : 50.5	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	4, 1	0, 70	0, 0	0, 0	0, 0	10, 1	
	19:00	123.7	-	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	1, 0	0, 85	4, 0	0, 0	0, 0	7, 0	
	22:00	101.3	-	-	0, 0	1, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 120	0, 0	0, 0	0, 3	3, 1	
19 Jun.	1:00	120.0	-	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 50	0, 0	0, 3	0, 2	0, 1	
	4:00	122.0	-	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	2, 40	0, 0	0, 2	0, 1	0, 0	
	7:00	-	-	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	1, 0	0, 35	0, 0	0, 0	0, 0	0, 1	
	10:00	-	-	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	2, 0	1, 65	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	
4 Jul.	17:30	138.4	529.3	30.7 : 69.3											
	20:30	105.7	355.9	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	
	23:30	150.0	517.3	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	1, 8	0, 0	
5 Jul.	2:30	164.4	506.5	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	5, 12	0, 0	
	5:30	143.0	422.0	32.1 : 67.9	0, 0	0, 0	0, 0	1, 0	0, 0	0, 0	1, 0	0, 0	0, 4	0, 0	
	8:30	138.2	420.3	30.3 : 69.7	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	
	11:30	129.4	390.7	33.3 : 66.7	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 3	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	
	14:30	191.7	316.5	25.6 : 74.4	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 4	0, 0	0, 0	0, 0	0, 1	
17:30	181.2	604.8	38.1 : 61.9	1, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 1	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0		

\*Zt: *Zacco temminckii*; Ca: *Carassius auratus sp.*; Th: *Tribolodon hakonensi*; Pa: *Plecoglossus altivelis altivelis*; Rs: *Rhinogobius sp.*; Cu: *Chaenogobius urotaenia*; Tb: *Tridentiger brevispinis*; Pp: *Paraemon paucidens*; Ej: *Eriocheir japonicus*; Ck: *Cottus kazika*. \*\*Fishway trap, side trap.

Table 47 continued

Date	Time	The speed of running fluid (cm/S)	The amount of flowing water (l/S)	The ratio of the amount of flowing water (fishway : dam)	Number of individuals*										
					*Zt	Ca	Th	Pa	Rs	Cu	Tb	Pp	Ej	Ck	
16 Jul.	10:00	212.5	809.8	27.5 : 72.5											
	13:00	154.5	830.9	26.7 : 73.3	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0
	16:00	149.7	797.8	34.0 : 66.0	0, 0	0, 0	0, 0	1, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0
	19:00	150.0	794.4	25.5 : 74.5	1, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0
	22:00	155.5	798.5	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 1	0, 0
17 Jul.	1:00	156.1	890.7	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0
	4:00	160.8	1284.5	22.2 : 77.8	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	1, 0	0, 0
15 Aug.	9:00	129.5	469.7	24.0 : 76.0											
	12:00	144.8	699.9	39.9 : 60.1	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 2	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	1, 1
	15:00	167.9	551.8	35.1 : 64.9	0, 0	0, 0	1, 0	0, 0	2, 19	0, 0	3, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 1
	18:00	138.0	455.1	29.1 : 70.9	0, 0	0, 0	1, 0	0, 0	2, 2	0, 0	4, 0	0, 0	0, 0	0, 0	1, 0
	21:00	123.8	346.1	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	1, 11	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 2	0, 0
16 Aug.	0:00	144.3	422.4	-	0, 0	0, 0	1, 0	0, 0	1, 2	0, 0	0, 0	0, 1	0, 1	0, 0	
	3:00	143.2	395.3	-	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 2	0, 0	0, 0	0, 2	1, 0	0, 0	
	6:00	131.5	397.9	30.3 : 69.7	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 1	0, 0	0, 0	0, 2	0, 0	0, 0	
	9:00	132.3	627.5	42.2 : 58.8	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0

\*Zt: *Zacco temmincki*; Ca: *Carassius auratus sp.*; Th: *Tribolodon hakonensi*; Pa: *Plecoglossus altivelis altivelis*; Rs: *Rhinogobius sp.*; Cu: *Chaenogobius urotaenia*; Tb: *Tridentiger brevispinis*; Pp: *Paraemon paucidens*; Ej: *Eriocheir japonicus*; Ck: *Cottus kazika*. \*\*Fishway trap, side trap.

## 2) 産卵環境の改善策としての人工産卵基盤の利用

福井県では積極的なカマキリの種苗生産が行われており、人工採卵による種苗生産技術はほぼ確立され、飼育による種の維持は可能となっている(杉本, 1993; 杉本ら, 1993; 杉本ら, 1994; 杉本, 1995; 鈴木ら, 1992; 鈴木・山田, 1990; 山田・松崎, 1990; 山田・杉田, 1991)。しかし、カマキリの生息域は全国的に減少しており、本種の増殖や保護の対策として、前述した魚道の配備以外には、河口域開発や埋め立てなどにより減少し消失した産卵環境の改善が重要である。本種の産卵場は河口域と海域に形成され、著者は江津漁港内で巨礫の下に卵塊とそれを保護する雄親魚を発見した。その産卵環境は河口域に隣接する塩分 10 以上の岸部であり、砂質底であるが、石組みの護岸沿いの底部には長径 20~100cm の浮き石が無数に積み重なっていた。また、仔稚魚の成育環境もこの岸部にあり、これらの環境が本種の産卵、仔稚魚の成育環境の必要条件と提言できる。このような環境が自然状態で維持されることが望ましいが、護岸や埋め立て、港湾事業などによる産卵環境の改変に対して、砂浜地域に人工産卵床を投入し、積極的に多自然型の海岸や河口域を構築する必要がある。福井県(鈴木・山田, 1990; 山田・松崎, 1990; 山田・杉田, 1991)では、水槽内で塩化ビニル製管、水槽壁、瓦などへカマキリを繁殖させており、また本研究においても水槽内でコンクリート製 U 字溝に繁殖させることに成功した。長良川河口域では人工産卵床へカマキリが繁殖した報告もあり(建設省・水資源開発公団, 1992)、本種の場合も人工産卵床の投入により産卵環境を改善することが可能であると考えられる。

### Ⅲ. 総合考察

#### 1. ヤマノカミとカマキリの生活史の比較

ヤマノカミとカマキリの分布域、形態と成長や回遊、産卵生態を対比させて Table 48 に示した。両種とも主な生息域は河川の淡水域であるが、産卵のため海域まで下る降河回遊魚である。ヤマノカミは日本では有明海北部とその流入河川に、国外では朝鮮半島から中国東部、南部の沿岸とその流入河川に分布する。これらの河口域は潮位差が大きい点で共通している。一方、カマキリは日本固有種で、日本海側では秋田から山口県まで、太平洋側では神奈川から宮崎県までの河川と河口域に生息する。これらの繁殖する河口域、沿岸域の潮位差は有明海に比べて小さい。両種の生息緯度はともに北緯 30~40 度でほぼ一致しているにもかかわらず、両種の分布の重複はなく、ヤマノカミにおいては潮汐差の大きい海域とその河川内という独特の場所で、カマキリにおいては日本国内の広範囲で、それぞれの生活史を送ってきたと推察される。

両種の卵は球形の粘性付着卵で、卵塊の状態産卵基盤に付着し、親魚の餌によって白、黄、橙、赤褐色とその色彩は様々である。他の淡水カジカ科魚類も球形の粘性付着卵を産卵基盤に卵塊で産み(岡田, 1936; 後藤, 1975, 1981), この共通した特徴は淡水カジカ類の前適応的特質である(後藤, 1988)。しかし、カマキリに比べてヤマノカミの方が卵径がやや大型である、孵化所要日数が短いなどの相違が認められる。両種とも淡水から海水までの広い範囲で産卵し、ヤマノカミでは塩分 20, カマキリでは 10 以上でほとんどの卵が正常に孵化し、受精後に塩分を変動させるとさらに高い広塩性を示し、塩分変動の著しい環境に適応した特質を備えることが明らかとなった。

孵化仔魚はヤマノカミでは標準体長 6.9~7.3mm, カマキリでは 6.3~7.0mm, 稚魚移行期の体長もそれぞれ 13.8~15.8mm, 10.1~11.4mm で、ヤマノカミの方が大型である。一般に大型卵からは大型の仔魚が孵化することが知られており

Table 48. Ecological characters of *T. fasciatus* and *C. kazika*

Characters of comparison	<i>T. fasciatus</i>	<i>C. kazika</i>
Distribution		
Japan	The coast of only northern Ariake Sound and the rivers flowing in these water bodies	The coasts of Japan Sea between Yamaguchi and Akita Prefectures, and Pacific Ocean between Kanagawa and Miyazaki Pref. and the rivers flowing in these water bodies
world	The coasts of Korean Peninsula, and eastern China and the rivers flowing in these water bodies	no distribution
Eggs		
Character	Spherical, adhesive	Spherical, adhesive
Diameter (mm)	1.98~2.21	1.71~1.84
Period (Days) between spawning to hatching under 10 °C	19.7	31.0
Larvae and juveniles		
Standard length (mm) of newly hatched larvae	6.9~7.3	6.3~7.0
Standard length (mm) when individuals transfer larvae to juveniles	13.8~15.8	10.1~11.4
Total length (mm) when individuals settled to the bottom	24.0	20.0~22.0
Planktonic season (occurrence area)	February to April (sea and blakish)	January to April (sea and blakish)
Planktonic period (Days)	33~41	40~47
Migration		
Types of migration	Catadromous	Catadromous
Total length (mm) when individuals occurred in the FRS water	more than 24	more than 27
Periods of upstream migration	April to July	March to August
Ages those individuals migrated upstream	0 years fish	mainly 0 year fish
Periods of downstream migration	October to January	October to December
Ages those individuals migrated downstream	0 year fish	mainly 1 year fish
Growth and age		
TL (mm) for 0, 1 and 2 year fish	120~190, no individuals for a year	70~120, 130~250
Life span		mainly for two years
Breeding behavior		
Spawning season (spawning area)	January to March (sea and blakish)	December to March (sea and blakish)
Materials of nest	Oyster shell	Rock
Spawning and mating system	pair spawning and polygamy	pair and polygamy
Maximum spawning times and spawning interval of a male	5 times for 7 days	3 times for 10 days
Spawning times and spawning interval of a female	3 times in about 2 weeks intervals	3 times in about 20 days interval
Number of spawned eggs per female (180mmTL)	7610	12600

(岩井・柏木, 1989), 仔稚魚の大きさの違いは卵径の相違に由来したと考えられる。浮遊期間はヤマノカミでは 33~41 日, カマキリでは 40~47 日でヤマノカミの方が短く, 着底時の全長はヤマノカミでは 24mm, カマキリでは 20~22mm と前者の方がやや大きい。この現象は両種が河口域を中心とした水域で浮遊期を過ごすことでは共通するものの, それぞれが異なった環境に適応した結果と考えられる。すなわち, ヤマノカミの場合, 浮遊期の生息環境はカマキリに比べて潮の干満による水位の変動が大きく, 水塊の移動も激しいため, 仔稚魚の拡散の機会が大きい。この環境特性に対応してより大型の魚体でより早い着底を獲得したと推察される。

両種とも降河回遊型の生活スタイルを持ち, その定住域は淡水域であるため, 一定期間を河口域とその周辺海域で過ごした後河川遡上する。ヤマノカミでは全長 30mm ですでに淡水域に出現するのに対し, カマキリでは約 40mm であり, カマキリの方がやや長期的に海域, 汽水域に留まり, 遡上開始時の全長が大型化する。ヤマノカミの遡上時期は 4~7 月, カマキリでは 3~8 月であり, カマキリの方が遡上期間は長期的である。この相違の原因としては産卵期がカマキリの方が長期にわたること, 遡上域がカマキリの方が上流におよび, 遡上距離が長いことが挙げられる。降河はともに 10 月から始まり, ヤマノカミは当歳魚であるのに対して, カマキリではその大半が 1 歳魚である。この降河年齢の違いは成熟年齢がヤマノカミは満 1 歳であるのに対し, カマキリの大部分は満 2 歳であることにもとづく。

ヤマノカミは 1 年で全長 120~190mm に達した後成熟し, その大半は寿命を終えるが, カマキリは最大でも 1 年で全長 120mm までにしか成長せず, 多くは満 2 歳, 一部は満 1 歳と満 3 歳で成熟する。繁殖期はヤマノカミでは 1~3 月, カマキリでは 12~3 月で, カマキリの方がやや長期にわたる。このように, ヤマノカミとカマキリは同じ降河回遊型カジカ科魚類でありながら, 成長, 成熟

年齢、寿命においては大きな相違がある。産卵場所はともに河口付近で塩分10以上の海水、汽水域であり、天然ではヤマノカミは主にカキ殻、カマキリは浮き石に産卵する。ヤマノカミの産卵環境の底質は軟泥であり、産卵基盤となりえる転石はない。逆にカマキリの産卵環境には産卵基盤として利用できるような二枚貝が生息しない。このような環境の中で、自ら巣穴を形成しない両種にとって、前者はカキ殻、後者は浮き石を最適な産卵巣材として獲得したと考えられる。両種の繁殖スタイルはペア産卵、Polygamyの婚姻形態であり、ともに複数回の放精・放卵をする点で一致する。しかし、雄の実効繁殖期間や雌の産卵間隔などの細部においては若干の違いがみられる。

両種は近年資源数が急減しているといわれる。ともに堰による遡上阻害により生息域が下流に狭められているが、ヤマノカミでは遡上力が乏しく、既設の魚道を上れないことが遡上阻害の主な原因と考えられ、本種の遡上できる魚道の早急なる開発と設置が必要である。カマキリでは既設の落差の小さい魚道を上ることが確認され、魚道の設置と適正流量の維持が重要である。河口域の開発、護岸工事や干拓などにより両種とも産卵場所が縮小していることも資源減少の原因の1つである。水槽内では両種ともコンクリートブロックやU字溝、塩化ビニル管や瓦などに営巣、産卵しており、人工産卵床の投入により産卵基盤を増設することが、両種の産卵環境を維持する上で、最も効率の良い対策であると考えられる。

## 2. 淡水カジカ類との生態的比較

既知文献と本研究結果を取りまとめ、日本産淡水カジカ科魚類各種の生活様式を Table 49 に示した。ヤマノカミとカマキリは降河回遊型の生活スタイルをとることで、他種と区別され、産卵場所と仔稚魚の成育場所を海に、その後の成長の場を川にもっており、春から夏にかけての遡上と秋から冬にかけての降河の、生涯の中で2回の移動を行う。一方、他のカジカ類は両側回遊型、河川陸封型および湖沼型の生活様式をとる。両側回遊型は産卵場所を河川下流に、仔稚魚期を海に、その後遡上して川に成育の場をもち、冬期に河川下流への産卵回遊を行う。カンキョウカジカ *C. hangiongensis* (後藤, 1981; Goto, 1986), エゾハナカジカ *C. amblystomopsis* (後藤, 1975), カジカ *C. pollux* 小・中卵型 (水野・丹波, 1961; 岡崎・小林, 1992; 岡崎ら, 1994; 清水ら, 1994; 岡崎, 1997) がこれに属す。全てを河川内で生活する河川陸封型にはハナカジカ *C. nozawae* (後藤, 1975), カジカ *C. pollux* 大卵型 (水野・丹波, 1961) が、琵琶湖と河川間を行き来する湖沼型にはウツセミカジカ *C. reinii* (後藤, 1989) がいる。河川陸封型と湖沼型を除いていずれも通し回遊することで共通するが、産卵場所が海域と河川内である点で相違がある。カジカ科魚類のほとんどが北半球の温帯、寒帯の海産魚で (矢部, 1988), 淡水カジカ科魚類は海域から淡水域に侵入した海産カジカの派生群であると考えられている (後藤, 1988)。倉若 (1985) は低緯度地方に氷河期に生息したヤマノカミやカマキリの原型種が気候の温暖化に対して、冬期は沿岸域で産卵、成長し、夏季は淡水の低温部に移動することにより適応したと推察している。ヤマノカミやカマキリの成長は水温の上昇により停滞することが本研究によって明らかとなった。また、谷村、根本 (1997) はカマキリが海水でも低水温であれば成育できるとしている。これらの結果から、氷河期から間氷期にかけて両種の原型種が淡水域へ派生したか否かは定かではないが、少なくとも現在でも、カジカ類の多くが北方系の海産カジカで占められ

Table 49. Migration types of Japanese fresh-water sculpin

Species	Life cycle* <sup>1</sup>	Sites* <sup>2</sup>			Migration* <sup>2</sup>	
		Spawning	Early life	Growth	Upstream	Downstream
<i>T. fasciatus</i>	ca	S	S	R	S to R	R to S
<i>C. kazika</i>	ca	S	S	R	S to R	R to S
<i>C. hangiongensis</i>	am	R	S	R	S to R	R to R
<i>C. amblystomopsis</i>	am	R	S	R	S to R	?
<i>C. pollux</i> (S)	am	R	S	R	S to R	?
<i>C. reinii</i>	la	R	L	R	L to R	?
<i>C. nozawae</i>	fl	R	R	R	—	?
<i>C. pollux</i> (L)	fl	R	R	R	—	?

\*<sup>1</sup>, ca: catadromous; am: amphidromous; fl: fluvial; la: lacustrine.

\*<sup>2</sup>, S: sea; R: river; L: lake.

References, Goto (1975, 1977, 1981, 1986, 1989, 1990); Shimizu et al. (1994); Kuroda (1947); Tsukahara (1952); Takita and Chikamoto (1994)

ている中で、比較的南方域にまで生息域を広げている両種にとって、降河回遊を行う生活サイクルが水温選択という面で有利に作用していることは明らかである。

既知文献と本研究結果を取りまとめ、日本産淡水カジカ科魚類各種の卵径、産卵数および孵化仔魚の大きさを Table 50 に示した。ヤマノカミとカマキリの受精卵卵径は 1.4~2.2mm、両側回遊型と湖沼型の場合は 1.3~2.8mm である(水野・丹波, 1961; 清水ら, 1994; 後藤, 1977, 1981)のに対し、陸封型は 2.6~3.6mm であり(水野・丹波, 1961; 後藤, 1977)、回遊種の方が陸封型に比べ小さい。卵径は孵化直後の仔魚の全長にも反映されており、陸封型の 8~9mm に比べて回遊種(5.9~8.2mm)の方が小さく、またその孵化仔魚の発育段階も陸封型では鰭条原基が出現し、脊索が上屈しているのに対し、回遊種では鰭は膜鰭で覆われ、脊索は上屈前の状態である。産出卵数は降河回遊型、両側回遊型と湖沼型、陸封型の順に減少する。このような回遊型が小卵多産、陸封型が大卵少産という特徴はカジカ科魚類が海域から淡水域へと生息域を拡張する過程で起こったと考えられている(Goto, 1977)。一般に外敵が多く死亡率が高い条件では繁殖戦略上多産傾向が強い(ニコルスキー, 1961)。そして、温帯域では海域の方が淡水域よりも生産性が高く(Gross, 1987)、そのため淡水域の方が外敵の少ない環境であると考えられ、淡水域に侵入していったカジカ類の産卵数と卵径の相違は小卵多産から大卵少産へと淘汰されたものと推察される。

既知文献と本研究結果から取りまとめた日本産淡水カジカ科魚類各種の繁殖行動を Table 51 に示した。いずれの種類も産卵形態は雄主導型のペア産卵という点で共通する。しかし、婚姻形態は他の淡水カジカ科魚類が Polygyny であるのに対し、ヤマノカミとカマキリは Polygamy である。さらに、ヤマノカミとカマキリの雄の求愛行動は雌に対するかみつきの行動であるのに対して、カンキョウカジカ、エゾハナカジカ、ハナカジカはそれを行わず、雌に突進して巢

Table 50. Egg diameter, number of spawned eggs, total length and developmental stage of newly hatched larvae of Japanese fresh-water sculpin

Species	Egg diameter (mm)		Number of spawned eggs		New hatched larvae	
	Spawned	Matured	Spawned	Matured	TL (mm)	Stage
<i>T. fasciatus</i>	1.9~2.2	1.5~2.2	1200- 7800	1300- 8900	7.2-7.9	preflexion
<i>C. kazika</i>	1.4~1.6	1.2~1.6	1500- 8900	1500-10500	5.9-7.0	preflexion
<i>C. hangiongensis</i>	2.0~2.4	1.9~2.2	?	400- 1700	7.6-8.2	preflexion
<i>C. amblystomopsis</i>	1.9~2.2	1.5~1.8	?	550 - 3600	6.4-7.2	preflexion
<i>C. pollux</i> (S)	2.1~2.8	1.9~2.1	?	600 - 1900	?	preflexion
<i>C. reinii</i>	1.3~1.7	1.0~1.4	?	?	?	preflexion
<i>C. nozawae</i>	2.6~3.3	2.3~3.0	?	120 - 720	8 - 9	flexion
<i>C. pollux</i> (L)	3.3~3.6	2.6~3.1	?	147 - 190	?	flexion

References, Goto (1975, 1977, 1981, 1986, 1989, 1990); Mizuno and Tanba (1961); Shimizu et al. (1994); Takeshita et al. (1996)

Table 51. Characteristics on the breeding behavior on Japanese fresh-water sculpin

Species	Spawning system	Mating system	Courtship by a biting	Spawning times in female	Maturity ages*	Maturity size*
<i>T. fasciatus</i>	Pair	Polygamy	practice	2	1, M=F	M=F
<i>C. kazika</i>	Pair	Polygamy	practice	2	1~3, M=F	M=F
<i>C. hangiongensis</i>	Pair	Polygyny	lacked	1	?	M>F
<i>C. amblystomopsis</i>	Pair	Polygyny	lacked	1	2~3, M>F	M>F
<i>C. pollux</i> (S)	Pair	Polygyny	?	1 (?)	?	?
<i>C. reinii</i>	?	?	?	?	?	?
<i>C. nozawae</i>	Pair	Polygyny	lacked	?	2~3, M>F	M>F
<i>C. pollux</i> (L)	Pair	Polygyny	lacked (?)	1 (?)	2~3, M>F	M>F

\*, M: male; F: female.

Reference, Goto (1982, 1983, 1987, 1988, 1989).

に戻る行動を繰り返す(Goto, 1982, 1983, 1988). この求愛時のかみつぎ行動はイギリスに生息する陸封型の *C. gobio* でも観察されるが(Morris, 1955), 北アメリカ大陸に広く生息する陸封型の *C. bairdi* では他の淡水カジカと同様にそれを行わない(Savage, 1963). このようにかみつぎ型求愛行動と降河回遊生態との間に関連性はみられず, 営巣行動, 産卵行動, 卵保護行動などで種間における類似点はみられるものの, それぞれが種独自の進化を遂げる中で, 起源種の習性を残存しあるいは変化させ, 現在の繁殖行動パターンを形成したと考えられる. 淡水カジカ類の成熟年齢は, 雌では2歳, 雄では3歳と雌雄による違いがあるが(後藤, 1989; Natsumeda ら, 1997), ヤマノカミでは雌雄とも満1歳, カマキリでは1-3歳(多くは2歳)であり, いずれも他の淡水カジカ類よりも成熟年齢が早く, しかも雌雄間に違いはみられない. また, 陸封型のハナカジカと両側回遊型のエゾハナカジカの成長速度を比べた場合ハナカジカの方が遅い(後藤, 1977). これは海域への依存度の違いに関連し, 温帯域では海域の方が淡水域よりも生産性が高いため(Gross, 1987), 仔稚魚期を海域や汽水域で過ごす回遊種の方が成長が早く, 結果的に前述した成熟年齢の相違に現れるものと推察される.

一般にカジカ科魚類は北米西岸に分布の発祥地があり, アジアのカジカ科魚類は西方への分散によってもたらされたと考えられている(西村, 1974). そして, その原型的な種族は分布の中心部に, 特殊化した種族は周辺部に見いだされ(Mayr, 1963), 淡水カジカ科魚類の多様化した回遊生態は分布の周辺部にみられる特殊化した種族の特徴と考えられる. 日本にみられる淡水カジカ類は形態的な特徴とその多様化した回遊生態によって, 9タイプに分けられている(水野・丹波, 1961; 後藤, 1988; 岡崎・小林, 1992; 岡崎ら, 1994; 清水ら, 1994; 岡崎, 1997). 既知文献と本研究結果から取りまとめたこれらの地理的分布を Fig.81 に示した. ここではカジカ *C. pollux* は両側回遊型と陸封型の2タイプ

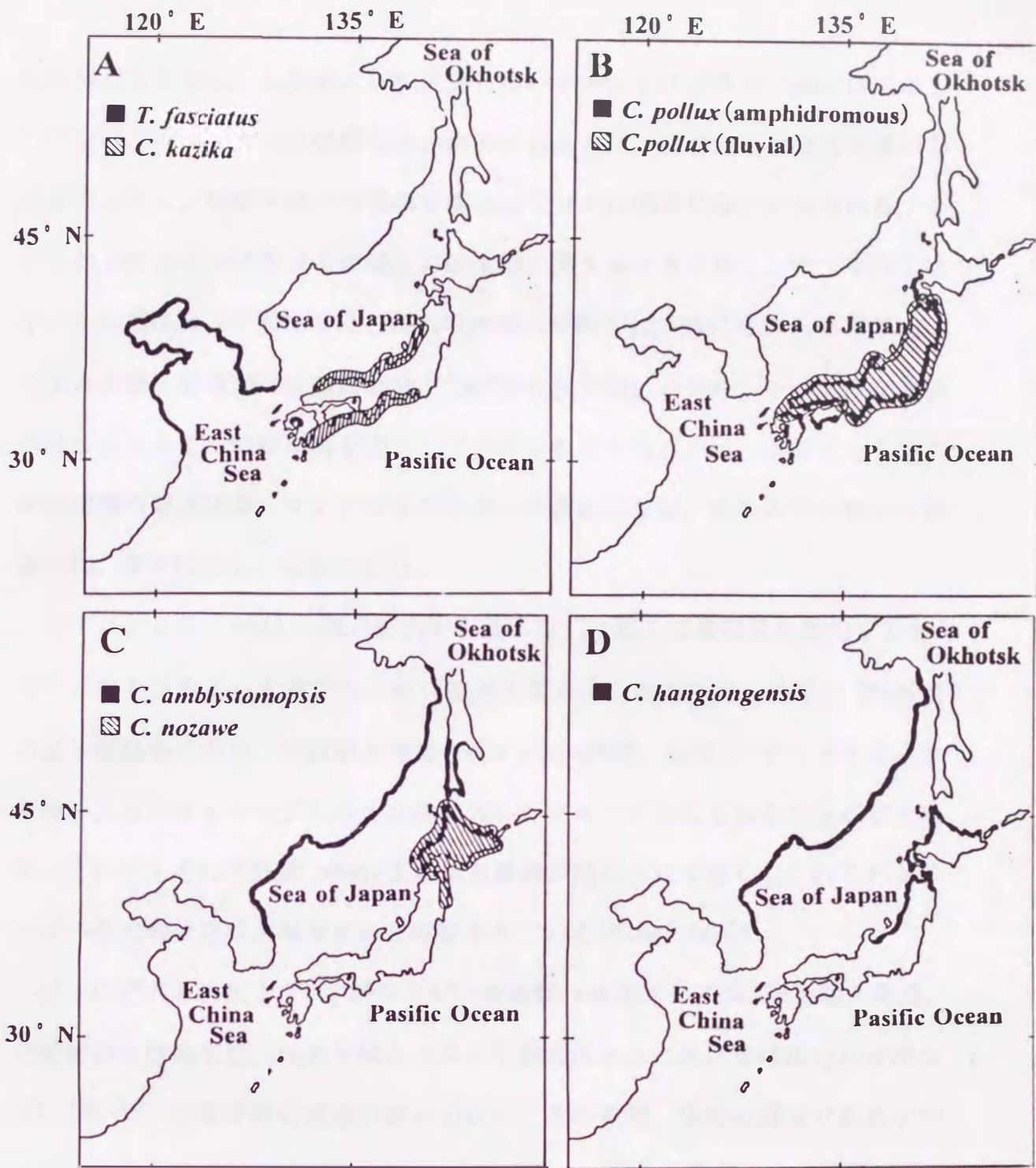


Fig.81. Map showing the distributions of fresh water sculpin which habitat in Japan.  
 A) *T. fasciatus* and *C. kazika*; B) *C. pollux*; C) *C. amblystomopsis* and *C. nozawae*;  
 D) *C. hangiongensis*

に区分して表示し，琵琶湖にしか生息しないウツセミカジカ *C. reini* は図示していない。ヤマノカミは朝鮮半島の南部から西方に，他のカジカ類は東岸から北方に分布し，朝鮮半島の南東部を境にして分布に明確な違いがみられる。今から約 200 万年前に始まる洪積世には氷期と間氷期を繰り返す，氷河が陸上に広がる氷期には日本海はしばしば太平洋から分断され，特に今から 7 万年前のウルム氷期の最盛期には朝鮮陸橋が形成された(西村，1974)。ヤマノカミと他の淡水カジカ類が朝鮮半島を境にして分布を異にすることは，少なくともこの朝鮮陸橋の形成以降，ヤマノカミの北方への進出はなく，他のカジカ類から隔離され，現在に至ると推察できる。

ミトコンドリア DNA の塩基配列から淡水カジカ類の類縁関係を解析すると，エゾハナカジカとハナカジカ，カジカ陸封型とカジカ太平洋回遊型は 2%程度の塩基置換率であり，姉妹群と推察されている(岡崎，私信)。ヤマノカミ，カマキリ，カンキョウカジカは比較的類似したグループとしてみることができが，それでもそれぞれ約 20%以上の塩基置換が認められており，これらのグループの歴史的分化はかなり古いと推察されている(岡崎，私信)。

以上に述べられたように，淡水カジカ科魚類は回遊スタイル，産卵数と卵径，求愛行動と婚姻形態，成熟年齢と成魚の年齢と大きさにおける雌雄差の有無などにおいて，生態学的に相違が認められた。その中で，降河回遊魚であるヤマノカミとカマキリは比較的多くの類似点を持ち，淡水カジカ類の中では近縁のグループとして考えることができる。しかし，ヤマノカミだけが朝鮮半島を境に他の淡水カジカ類と分布を異にする点，ヤマノカミとカマキリの生態に幾つかの相違点，特に成熟年齢と寿命が異なる点，遺伝学的面から分化年代はかなり古いと考えられる点などから，少なくとも日本海が氷河で寸断されたウルム期以降，各々が別々の環境に適応しながら，その生活史と諸生態を変化させたと推測される。

#### IV. 要約

ヤマノカミとカマキリの生活史を解明するために、ヤマノカミについては佐賀県鹿島川とその周辺海域で、カマキリについては島根県江の川とその周辺海域で、1993年から1998年の間、採集調査による生態学的研究を行った。そして、野外調査では解明できない幾つかの問題については、九州大学農学部附属水産実験所の実験施設を用いて水槽内実験を行った。これらの調査、実験により明らかとなった両種の生活史、その結果にもとづいた保護対策およびに淡水カジカ類との関連について以下に要約する。

**分布** ヤマノカミは日本では長崎県諫早湾、佐賀・福岡両県の有明海北部沿岸域とその流入河川のみに、カマキリは日本海側では秋田県から山口県まで、太平洋側では神奈川県から宮崎県までの河口周辺海域とその流入河川に生息していた。

**卵** 両種の産卵は球形の粘性付着卵で、白、黄、橙、赤褐色とその色彩は様々で、数千粒の塊の状態に産卵基盤に付着した。しかし、卵径はヤマノカミでは1.9~2.2mmであるのに対し、カマキリでは約1.7~1.8mmとやや小型であった。孵化所要日数は水温との間に指数関数的関係があり、ヤマノカミでは水温10℃下で20日、カマキリでは31日を要した。産卵から孵化まで同一の塩分で飼育した場合、ヤマノカミでは塩分20、カマキリでは塩分10以上で正常な卵内発生と孵化を得られた。しかし、海水で受精させた卵を低塩分に変化させた場合、ヤマノカミでは塩分10以上で孵化した。

**仔稚魚** 飼育下におけるヤマノカミの孵化直後仔魚の体長は6.9~7.3mm、前屈曲仔魚期への移行体長は8.2~8.4mm、後屈曲仔魚期への移行体長は

10.7~10.8mm, 稚魚への移行体長は 13.8~15.8mm, 若魚への移行体長は 17.9~18.9mm であった。カマキリでは順に 6.3~7.0mm, 6.6~7.6mm, 8.6~9.4mm, 10.1~11.4mm, 12.9~14.1mm であり, 各発育ステージに移行する体長はヤマノカミより小さかった。両種の仔魚は表層を遊泳し, 正の走光性を示し, 海水と汽水で成育した。着底後の個体は走光性がなくなり, 淡水での生存が可能となった。天然では浮遊期のヤマノカミ仔稚魚は有明海北部沿岸域とその河口付近の海水, 汽水域に 2~4 月に出現した。全長 24mm に達する頃, 底生生活に移行し, 河川遡上を開始した。カマキリの浮遊個体は江の川河口域と江津漁港内の海水, 汽水域に 1~3 月に出現した。全長 20~22mm に達すると, 底生生活に移行し, 最大 100 日まで海水, 汽水域にとどまった後, 徐々に河川遡上した。両種の天然仔稚魚の成長式はヤマノカミでは  $TL=7.34 \times 10^{0.0143 \times D}$ , カマキリでは  $TL=6.04 \times 10^{0.00957 \times D}$  となった。

**回遊** ヤマノカミの遡上期は 4~7 月であり, その後河川内に定住し, その年の 10 月~翌年 1 月に海域へと降河した。すなわち, 本種は 1 年で海域と河川の間を 1 往復する。一方, カマキリの遡上期は 3~8 月で, その後淡水域で 17 ヶ月以上の定住生活を送り, 翌年の 10~12 月に海域へと降河した。すなわち, 本種は 2 年で海域と河川の間を 1 往復するが, 成長の早い個体の一部は 1 年で, 成長の遅い個体の一部は 3 年で降河した。

**成長と年齢** ヤマノカミは 3 月には全長 20~50mm, 10 月には 90~130mm, 産卵期の翌 1 月には 130~190mm に達した。本種の繁殖年齢は満 1 歳であり, 1 年で寿命を終える。ごく稀に出現する越年魚は次の産卵期を迎える前に斃死すると思われる。一方, カマキリは 1 年で全長 60~100mm, 2 年で 120~210mm に達する。成長における個体差が大きく, そのため成熟年齢も満 1~3 歳と広いが,

大半は満 2 歳で産卵し、寿命を終える。両種とも雌雄間の成長差は認められなかった。

**二次性徴・成熟** ヤマノカミの二次性徴は雄の背、胸鰭鰭条先端が肥大する点、腹面が黄褐色に変化する点、カマキリでは雄の口の内部が赤褐色に変化する点に現れた。繁殖期の成熟個体の全長は雌雄ともヤマノカミでは最大 190mm、カマキリでは最大 250mm であり、カマキリの方が大きい。両種とも成熟魚の大きさや年齢構成において雌雄間の差がみられず、ともに多回産卵魚であり、繁殖期が冬期であるなどの類似点がみられた。産卵盛期の雌の GSI はヤマノカミでは最大 45、カマキリでは最大 33 で、孕卵数はともに体長に比例し、体長 150mm のヤマノカミが 2 回の産卵で合計 13800 粒、カマキリが 12,287 粒であった。

**繁殖行動** 両種の繁殖スタイルは他のカジカ科魚類と同じように雄主導型のペア産卵で、婚姻形態は Polygamy であった。両種の雄の行動は口や尾部を使って砂をかき出す営巣行動、かみつきの求愛行動、巢内で背位姿勢をとる産卵行動、ファンニングやバイブレーションなどの卵保護行動をする点でほぼ一致した。両種の雄は短期間で複数の雌と繁殖に至り、実効繁殖期間は短く、雌はヤマノカミでは約 14 日間、カマキリでは約 20 日周期で 2-3 回の産卵を行った。天然の繁殖場所はともに塩分 10 以上の河口付近とその周辺海域にあり、産卵基盤はヤマノカミでは主にカキ殻、カマキリでは石で、1~複数の卵塊を 1 尾の雄が保護していた。

**保護方法** ヤマノカミは遡上力が弱く、既設の魚道を上れず、生息域が下流に狭められており、本種の遡上できる魚道の早急なる開発と設置が必要である。

カマキリでは適正な流量のもとで既設の階段式魚道を上ることが確認され、さらに生息域を拡大するためには魚道の設置と適正流量の維持による方法が考えられた。さらに、産卵場の縮小した現状を解決するには、両種とも水槽内でコンクリートブロックや U 字溝などの人工産卵床に産卵し、またヤマノカミでは天然海域で実際に設置したコンクリートブロック内での産卵も確認され、人工産卵床の投入による産卵基盤の増設が最も効率の良い対策と考えられる。

**淡水カジカ類との比較** 日本に生息する淡水カジカ類はその生活スタイルから降河回遊型、両側回遊型、河川陸封型および湖沼型に大別でき、ヤマノカミとカマキリだけが降河回遊型に属す。これらの産卵数と卵径は降河および両側回遊型では小卵多産、陸封型では大卵少産でまとめられる。卵径は孵化直後の仔魚の全長にも反映され、陸封型に比べて回遊種の方が小さく、またその発育段階も陸封型より遅れている。淡水カジカ類の産卵形態は雄主導型のペア産卵で共通するが、婚姻形態では他の淡水カジカ類が Polygyny であるのに対し、降河回遊型のヤマノカミとカマキリは Polygamy であった。また、ヤマノカミとカマキリの雄の求愛行動は雌に対するかみつき型であったが、他の淡水カジカ類ではそれを行わない。成熟魚の年齢と大きさは、他の淡水カジカ類では雄が大型で高齢であるのに対し、ヤマノカミとカマキリでは雌雄間に差がみられない。淡水カジカ科魚類は多様な生活スタイルに分化しており、その中で降河回遊魚であるヤマノカミとカマキリは比較的多くの類似点を持ち、近縁のグループとして考えることができる。しかし、ヤマノカミとカマキリの生態にも幾つかの相違点があり、各々が別々の環境に適応しながら、その生活史と諸生態を変化させたと推測される。

## V. 謝辞

本研究をとりまとめるにあたり、終始懇親なご指導とご校閲を頂いた九州大学農学部附属水産実験所教授古市政幸博士，助教授松井誠一博士に深謝の意を表したい。本研究を行う機会を与えて下さった同大学農学部水産増殖環境学教室元教授の木村清朗博士に厚く御礼申し上げるとともに、大変お世話になった同教室の皆様，特に今田伸良助教授，大嶋雄治助手，伊藤美千代事務官に感謝したい。水産大学校生物生産学科講師竹下直彦博士には研究遂行に当たり多大なご助力とご指導を頂いた。厚く御礼申し上げる。また，水産学第一講座教授松山倫也博士，助教授竹田達右博士，及川信博士，米田道夫博士，大田耕平氏，九州大学農学部水産学第二講座教授中園明信博士，望岡典隆博士には生殖腺や耳石などの観察における手ほどきをして頂いた。水産庁養殖研究所岡崎登志夫氏には淡水カジカ類の遺伝的知見に関して貴重な情報および助言を頂いた。また，佐賀県藤津郡塩田町在住の川崎要吉氏にはヤマノカミ採集における降河トラップの管理と採集，同県鹿島市在住の中原豊氏，福岡県柳川市在住の古賀貞義氏には有明海での調査にご助力頂いた。ほかに九州大学農学部附属水産実験所の七田康治技官，当時九州大学の学生であった木本圭輔氏，淀真理氏，宮村和良氏，三浦慎一氏，現在同大学の学生である伊元九弥氏，荒木恵利加氏，水谷宏氏には採集，実験等で力を借りた。そして，佐賀県鹿島漁協，福井県水産試験場，島根県八戸川ダム管理事務所，同県川本漁協，川本土木事務所の方々に様々な情報を提供して頂いた。これらの方々に感謝の意を表する。

## VI. 参考文献

- Bisazza, A. & A. Marconato. 1988b. Female mate choice, male-male competition and parental care in the river bullhead, *Cottus gobio* L. (Pisces: Cottidae). *Anim. Behav.*, **36** : 1352-1360.
- Brown, L. 1973. Polygamy in the mottled sculpins (*Cottus bairdi*) of southwestern Montana (Pisces: Cottidae). *Can. J. Zool.*, **60** : 1973-1980.
- Choi, K., S. Jeon and I. Kim. 1984. The atlas of Korean Fresh-water fishes, 8th ed. Korean Institute of Fresh-water Biology, Seoul. viii+103pp.
- Dingerkus, G. and L. D. Uhler. 1977. Enzyme clearing for alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain Technol.*, **52**: 229-239.
- Downhower, J. F. & L. Brown. 1980. Mate preferences of female mottred sculpins, *Cottus bairdi*. *Anim. Behav.*, **28**: 728-734.
- 福井県. 1994. アラレガコ. 福井県水産試験場パンフレット.
- 後藤 晃. 1974. カンキョウカジカ *Cottus hangiongensis* Mori の産卵期の雄成魚に見られる未熟精巢. 北大水産学報, **24** : 139-143.
- 後藤 晃. 1975. ハナカジカ *Cottus nozawae* Snyder の生態的・形態的分岐-I. 産卵習性及び初期発育過程. 北大水産学報, **26** : 31-37.
- 後藤 晃. 1977. 北海道産淡水カジカの分化と適応. ミーチュリン生物学研究, **13** : 39-47.
- 後藤 晃. 1981. カンキョウカジカ *Cottus hangiongensis* の生活史と分布. 北大水産学報, **32** : 10-21
- Goto, A. 1982. Reproductive behaviour of a river sculpin, *Cottus nozawae*. *Japan. J. Ichthyol.*, **28** : 453-457.
- Goto, A. 1983. Spawning habits and reproductive isolating mechanism of two closely related river-sculpin, *Cottus amblystomopsis* and *C. nozawae*. *Japan. J. Ichthyol.*,

30 : 168-175.

Goto, A. 1984. Sexual dimorphism in a river sculpin *Cottus hangiongensis*. Japan. J. Ichthyol., 31 : 161-166.

Goto, A. 1985. Individual identification by spine and ray clipping for freshwater sculpin. Japan. J. Ichthyol., 32 : 359-362.

Goto, A. 1986. Movement and population size of the river sculpin *Cottus hangiongensis* in the Daitobetsu River of southern Hokkaido. Japan. J. Ichthyol., 32 : 421-430.

Goto, A. 1987. Polygyny in the river sculpin, *Cottus hangiongensis* (Pisces: Cottidae), with special reference to male mating success. Copeia, 32-40.

後藤 晃. 1988. 淡水カジカ類(非交尾型)の多様性と進化. 魚類学雑誌, 34 : 531.

Goto, A. 1988. Reproductive behavior and homing after downstream spawning migration in the river sculpin, *Cottus hangiongensis*. Japan. J. Ichthyol., 34 : 488-496.

後藤 晃. 1989. カジカ類. 川那部浩哉・水野信彦(編), 654-668pp. 日本の淡水魚. 山と溪谷社. 東京.

Goto, A. 1993a. Duration of male mating activity and male mate choice in the river sculpin, *Cottus hangiongensis*. Japan. J. Ichthyol., 40 : 269-272.

Goto, A. 1993b. Male mating success and female mate choice in the river sculpin, *Cottus nozawae* (Cottidae). Env. Bio. Fish, 37 : 347-353.

後藤 晃. 1994. カジカ属魚類の繁殖様式と生活史変異—回遊種と非回遊種の比較. 後藤晃・塚本勝巳・前川光司(編), 141-153pp. 川と海を回遊する淡水魚—生活史と進化—. 東海大学出版会, 東京.

Gross, M.R. 1987. Evolution of diadromy in fishes. American Fisheries Society Symposium 1: 14-25.

原田 治. 1980. 中国料理素材辞典 : 魚介. 柴田書店, 東京, 117-118pp.

- 平野哲也. 1994. 降海と陸封の生理的メカニズム. 後藤晃・塚本勝巳・前川光司(編), 20-39pp. 川と海を回遊する淡水魚—生活史と進化—. 東海大学出版会, 東京.
- 池田兵司. 1937. 筑後川水域(福岡縣)淡水魚相に見られる大陸系魚類の浸潤に就いて. 博物学雑誌, 35, 108-118.
- 岩井 保, 1985. 新水産学全集 4 水産脊椎動物II 魚類. 恒星社厚生閣, 東京, 225pp.
- 岩井 保, 1990. 魚学外論. 恒星社厚生閣, 東京, 149-150pp.
- 岩井寿夫・柏木正章. 1989. 魚類の成熟, 発生, 成長とその制御. 隆島史夫・羽生功(編), 1955-238pp. 水族繁殖学. 緑書房, 東京.
- 川辺勝俊・村井衛・加藤憲司・隆島史夫. 1991. シマアジ卵発生に及ぼす水温の影響. 水産増殖 39(2), 211-216.
- 環境庁. 1987. 第3回自然環境保全基礎調査: 河川調査報告書. 環境庁自然保護局, 東京, 全版, 全ページ.
- 環境庁. 1994. 第4回自然環境保全基礎調査: 河川調査報告書. 環境庁自然保護局, 東京, 全版, 全ページ.
- Kendall, A. W., A. H. Ahilstrom & H. G. Moser. 1984. Early life history of fishes and their characters. 11-22pp, H. G. Moser et al., eds. Ontogeny and systematics of fishes. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol., Spec. Publ., (1).
- 建設省・水資源開発公団. 1992. 長良川河口堰に関する追加報告書. 東京, 60-112pp.
- Kinoshita, I., K. Azuma, S. Fijita, I. Takahashi, K. Niimi & S. Harada. Early life history of a catadromous sculpin in western Japan. Env. Bio. Fish, in press.
- 倉若 欣司. 1985. 相互認知と種分化. 玉野井逸郎・上村保子・坂井昭宏(編), 50-74pp. 認知と行動. 培風館, 東京.

- 黒田長禮. 1947. カマキリ (*Cottus kazika* Jordan & Starks)に関する調査. 動雑, 57 : 101-103.
- Li, S.. 1981. Studies on zoogeographical divisions for fresh water fishes of China. Science Press, Beijing, iv+292pp.
- Liu, C and K. Qiu. 1987. FAUNA LIAONINGICA. Liaoning Science and Technology Press, Shenyang, 406-407pp.
- Marconato, A. and A. Bisazza. 1988a. Mate choice, egg cannibalism and reproductive success in the river bullhead, *Cottus gobio* L.. J. Fish. Biol., 33: 905-916.
- Matsuura, S., M. Matsuyama, Y. Ouchi and T. Hidaka. 1987. Maturity classification and group maturity of the red bream *Pagrus major*. II. Male maturity. 96 : 169-172.
- Mayr, 1963. Animal species and evolution. Belknap Press.
- 水野 信彦・丹羽 弥. 1961. カジカ *Cottus pollux* GUNTHER の生態学的二型. 動雑, 70 : 267-275.
- Morris, D. 1955. The reproductive behavior of the river bullhead (*Cottus gobio*) with special reference to the fanning activity. Behavior, 7 : 1-32.
- 中越誠・川那部浩哉・水野信彦・宮地傳三郎. 1962. 川の魚の生活 III, オイカワの生活史を中心として. 生理生態, 82 : 15-16.
- 中坊徹次, 1993. 日本産魚類検索. 東海大学出版会, 東京, 556pp.
- Natsumeda, T., S. Kimura and Y. Nagata. 1997. Sexual size dimorphism, growth and maturity of the Japanese fivial sculpin, *Cottus pollux* (large egg type), in the Inabe River, Mie Prefecture, central Japan. Ichthyol. Res., 44 : 43-50.
- ニコルスキー, 1961. 魚類生態学. 亀井健三訳. 新科学文献刊行会, 米子, 135-136pp.
- 西村 三郎, 1974. 日本海の成立, 生物地理学からのアプローチ. 築地書館, 東京, 32-36pp, 52pp, 133-139pp.

- 野口文隆・荒尾一樹, 1998. 潮間帯で発見されたカマキリの卵塊. 1998 年度日本魚類学会年会講演要旨, 3pp.
- 岡崎登志夫・小林敬典. 1992. カジカの遺伝的分化一種分化の様式をめぐって. 1992 年度日本魚類学会講演要旨, 42pp
- 岡崎登志夫・小林敬典・洲澤譲・清水孝昭. 1994. 日本産カジカ両側回遊型内で認められた 1 未記載種. 1994 年度日本魚類学会講演要旨, 20pp
- 岡崎登志夫, 1997. mt-DNA に基づくカジカの遺伝的分化. 1997 年度日本魚類学会講演要旨, 26pp
- 岡田 篤. 1936. カジカ *Cottus pollux* Gunther の産卵習性. 動雑, 48 : 923-928.
- 佐賀県. 1998. 平成 10 年潮汐表(住の江港). 佐賀県有明海漁業協同組合連合会, 佐賀, 33-39pp.
- Savage, T. 1963. Reproductive behavior of the mottled Sculpin, *Cottus bairdi* Girard. Coperia, 317-325.
- Shao, B., G. Shen, Y. Qiu, Y. Shao, Z. Tang and Z. Xue. 1980. On the breeding habit of *Trachidermus fasciatus* Heckel. J. Fish. China, 4 : 81-86.
- 四宮明彦. 1988. アナハゼ類(非交尾型)について. 魚類学雑誌, 34 : 531-532.
- 清水 孝昭・洲澤 譲・水野 信彦・高楠 敏博. 1994. 愛媛県加茂川におけるカジカ *Cottus pollux* 回遊型の初期生活史. 徳島博研報, 4 : 49-66.
- 代田 晃彦・田中 勝久. 1981. 有明海における懸濁物質の研究— I : 筑後川懸濁粘土粒子の河口域への輸送. 西水水研報, 56 : 27-38.
- 管野 徹. 1981. 有明海. 東海大学出版会, 東京. 28~38pp.
- 杉本 剛士. 1993. アラレガコの種苗生産技術. 養殖, 30(13) : 70-74.
- 杉本 剛士. 1995. カマキリ. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料(II) III. 日本水産資源保護協会, 東京, 370-375pp.
- 杉本 剛士・山田洋雄・鈴木聖子. 1993. カマキリ(アラレガコ)養殖技術開発

- 試験. 福井県水産試験場事業報告書. 平成4年度. 3, 171-188.
- 杉本 剛士・鈴木聖子・根本茂. 1994. カマキリ(アラレガコ)養殖技術開発試験. 福井県水産試験場事業報告書. 平成5年度. 123-151.
- 鈴木聖子・山田洋雄・吉村祐一・塩谷昭三. 1992. カマキリ(アラレガコ)増殖技術開発試験. 福井県水産試験場事業報告書. 平成3年度. 175-188.
- 鈴木康仁・山田洋雄. 1990. アラレガコ増殖技術開発試験. 福井県水産試験場事業報告書. 昭和63年度. 143-153.
- 高木基裕・谷口順彦. 1992. 高知県におけるカマキリ *Cottus kazika* の分布. 水産増殖, 40: 329-333.
- 田北 徹・近本宏樹. 1995. 有明海周辺河川におけるヤマノカミの分布と生活史. 魚雑, 41(2): 123-130.
- 田北 徹. 1980. 有明海の魚類. 海洋科学, 12(2): 105-115.
- 竹下 直彦・木村 清朗. 1994. ヤマノカミの回遊と繁殖戦略. 後藤晃・塚本勝巳・前川光司(編), 59-71pp. 川と海を回遊する淡水魚—生活史と進化—. 東海大学出版会, 東京.
- 竹下 直彦・木村 清朗. 1995. ヤマノカミ. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料(II) III. 日本水産資源保護協会, 東京, 365-369pp.
- 谷村健一・根本茂. 1997. 特産魚種栽培事業試験(アラレガコ). 福井県水産試験場事業報告書. 平成8年度. 89-94.
- 塚原 博. 1952. ヤマノカミの生態・生活史. 九大農雑, 12: 225-238.
- 塚原 博. 1991. 魚のおもしろ生態学: その生活と行動はなぜ. 講談社, 東京, 145-147pp, 255-257pp.
- Tsukamoto, K., T. Kajihara. 1987. Age determination of Ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, 53: 1985-1997.
- 塚本勝巳. 1989. 仔稚魚の成長. 隆島史夫・羽生功(編), 239-290pp. 水族繁

殖学. 緑書房, 東京.

塚本勝巳. 1994. 通し回遊魚の起源と回遊メカニズム. 後藤晃・塚本勝巳・前川光司(編), 2-17pp. 川と海を回遊する淡水魚—生活史と進化—. 東海大学出版会, 東京.

内田 恵太郎. 1966. さかな異名抄. 朝日新聞社, 東京, 33-34pp.

矢部 衛. 1988. カジカ類の系統類縁関係. 魚類学雑誌, 34 : 530-531.

山田洋雄・松崎雅之. 1990. アラレガコ増産技術開発試験. 福井県水産試験場事業報告. 平成元年度. 134-153.

山田洋雄・杉田顕浩. 1991. アラレガコ増産技術開発試験. 福井県水産試験場事業報告. 平成2年度. 109-153.

山本 喜一郎. 1954. 海産魚類の成熟度に関する研究 : II. クロガレイの雌魚の成熟度について. 北水研報, 11 : 68-77.

淀 真理. 1997. 河口感潮域におけるマクロプランクトンの動態について. 平成8年九大農学部水産実験所修士論文.

Zhang, R., S. Lu, C. Zhao, L. Chen, Z. Zhang and Y. Jiang. 1985. Fish eggs and larva in the off shore waters of China. Shanghai Sci. Technol. Press, Shanghai. ii+206pp.

## VII. Summary

The ecological investigations of *Trachidermus fasciatus* and *Cottus kazika* were carried out in two rivers and near the river mouths, the former in the Kashima River, northern Kyushu, Japan while the latter in the Gono River, western Honshu, Japan. Observations were made on the collected specimens. The problems which could not be understood by investigations in the field were solved by various rearing experiments in aquaria at Fishery Research Laboratory, Kyushu University, Japan. These investigations, observations and experiments were practiced between 1993 and 1998, and the ecology which was clear by these studies are as follows.

**Distribution** *T. fasciatus* was captured in the rivers flowing into Isahaya Bay, Nagasaki Prefecture, and the northern Ariake Sound, Saga and Fukuoka Pref. *C. kazika* was reported to inhabit the rivers flowing into the Sea of Japan between Akita and Yamaguchi Pref., and the Pacific Ocean between Kanagawa and Mitazaki Pref. In outside of Japan, *T. fasciatus* was reported to be distributed in the rivers flowing through Korean Peninsula to eastern China, while no reports are available on the distribution of *C. kazika*.

**Eggs** The eggs of *T. fasciatus* and *C. kazika* are shaded with light white, yellow, orange, or red, and 1.9~2.2 mm and 1.7~1.8 mm in diameter, respectively. Eggs of both species are almost sphere, and adhesive. More than five thousands eggs gather and form one mass. Many small oilglobules are recognized on the yolk and begin to fuse and harden into a mass gradually when the hatchings are drawing near. Incubation times are short, 20 days in *T. fasciatus* and 31 days in *C. kazika* at 10 °C. The embryos of *T. fasciatus* and *C. kazika* hatch out at salinities more than 20 ppt and 10 ppt, respectively,

when the salinities are controlled before spawning. In case the salinities are controlled just after spawning, the embryos of both species hatch out at more than 10 ppt.

**Larvae and Juveniles** In aquaria, the newly hatched larvae of *T. fasciatus* are 6.9~7.3 mm BL, transfers to preflexion larval stage at 8.2~8.4 mm BL after 5 days, postflexion larval stage at 10.7~10.9 mm BL after 20 days, to juvenescent stage at 13.8~15.8 mm BL after 27 days, and to young stage at 17.5~18.9 mm BL after 34 days. While the newly hatched larvae of *C. kazika* are 6.3~7.0 mm BL, transfers to preflexion larval stage at 6.6~7.6 mm BL after 6 days, postflexion larval stage at 8.6~9.4 mm BL after 15 days, to juvenescent stage at 10.1~11.4 mm BL after 30 days, and to young stage at 12.9~14.1 mm BL after 35 days. Ratios between body length and total length, preanul length, body depth, or eye diameter in both species often changes in the periods which transfers to flexion, juvenescent, young stage. Ossifications of *T. fasciatus* and *C. kazika* are completed to young stage. These two species in larval stage swim to surface layer, gather to the light completely, live in the brakish or sea water and die out only in the fresh water. That in juvenescent stage go and come from surface to bottom, gather to the light slightly, live in the brakish or sea water and die out only in the fresh water. But that in young stage settle in bottom layer, not gather to the light, live whichever in the fresh, brakish and sea water however grow rapidly in low salinities.

In the nature, planktonic larvae and juveniles of *T. fasciatus* occur in the brakish or sea water area, near the coast of the Ariake Sound and near the mouth of the Kashima River from February to April. These larvae and juveniles are collected in surface layer, then they settle in bottom layer and begin moving to the fresh water area when total attain 24 mm TL. While pre-larvae of *C. kazika* occur in the brakish or sea area, near the mouth of the Gono River and in the Gotsu Bay from January to March, and pelagic larvae and

juveniles appear in the sea area, Gotsu Bay. These larvae and juveniles are collected in surface or middle layer, then they settle in bottom layer and begin moving to fresh water area when attain 20 to 24 mm TL.

**Migration** The youngs *T. fasciatus* migrate from river mouth or coasts to upstream between April and July. They settle down and grow up in fresh water area of the river, and move downstream to river mouth or coast between October and January. In other word, this species makes a round trip between sea and river in a year. While youngs *C. kazika* migrate upstream from river mouths or coasts between March and August, and settle down and grow up in fresh water for a year and half. They move downstream from river to river mouth or coast between next October and December. That is, this species makes a round trip between sea and river in two years. But a part of the individuals with rapid growth or slow growth complete the round trip in one or three years, respectively.

**Growth and Ages** *T. fasciatus* attains 20 to 50 mm TL in March, 90 to 130 mm TL in October, and 130 to 190 mm TL in January, that is, in spawning season. The life span of this species is one year and this fish spawns in the next year after hatching. A part of adults beyond their life span are unusually collected in the rivers only between spring and summer, but it is probable that those adults will not join re-breeding in next spawning season. The individuals collected with mark-recaptured method shows that the growth of this species is slow in summer. On the other hand, there is a wide difference between the growth of individuals of *C. kazika*. They attain 70 to 120 mm TL in a year and 130 to 250 mm TL in two years. So maturation ages also have a wide range, from 1 to 3 years, although mainly 2 years. Like this *T. fasciatus*, *C. kazika* is also estimated to

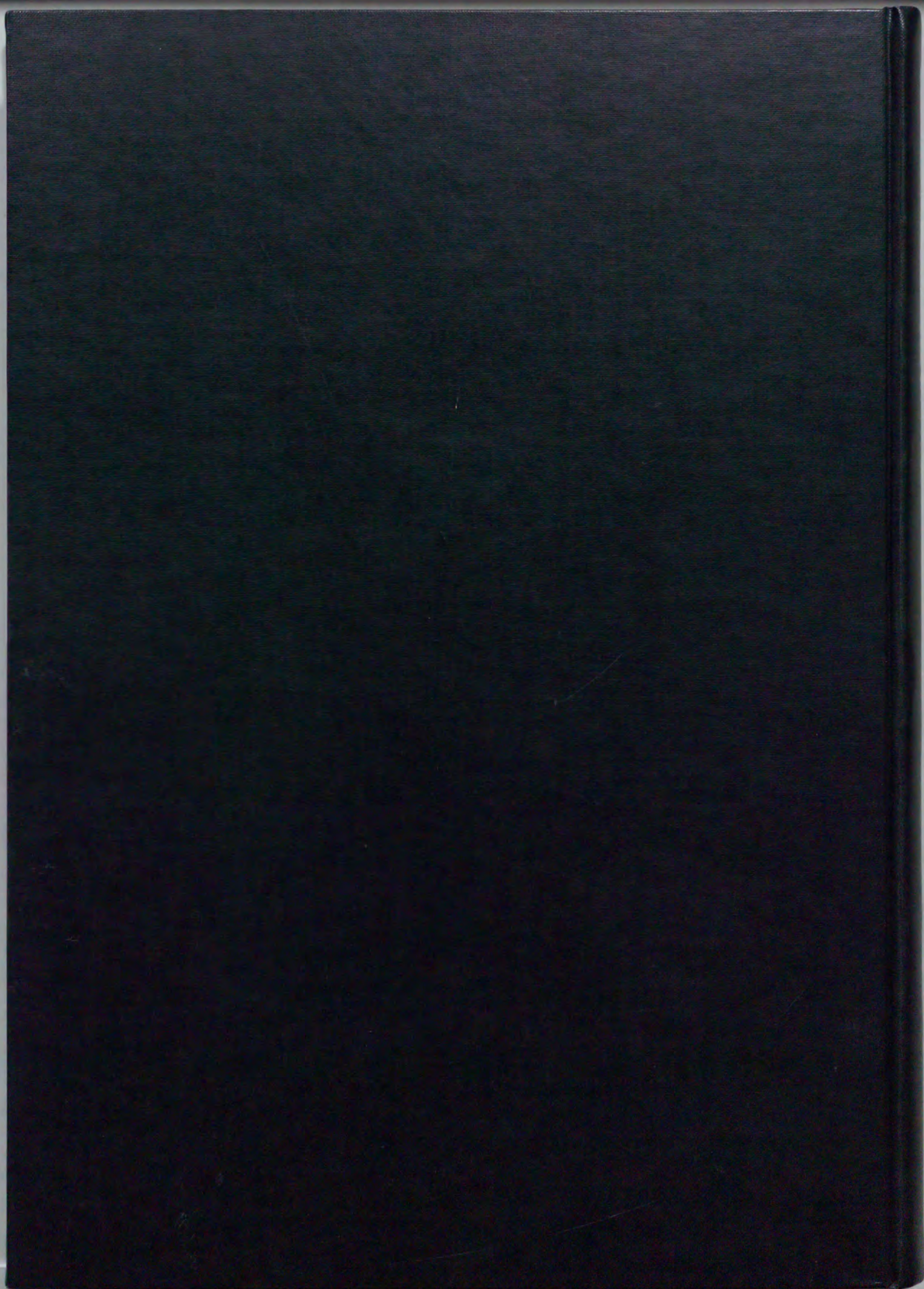
finish the life span after spawning. Growth of this species is different between tributaries and that in winter is slow.

**Sexual dimorphism and Maturity** The ripped *T. fasciatus* and *C. kazika* have some differences between male and female. In *T. fasciatus*, the tips of dorsal and pectoral fin spines and rays in males are thicker and shorter than that in females, and the abdomen of males are yellow, while that of females are white. In *C. kazika*, the mouth of ripped males are red, while that of females are white. The maturation ages and sizes are one year and 100~190 mm TL, respectively in *T. fasciatus*, and mainly two years, sometimes one and three years and 120~240 mm TL, respectively in *C. kazika*. There are no differences in maturation ages and sizes between males and females in both species.

Both *T. fasciatus* and *C. kazika* have 2~3 spawnings in one breeding season. In the seeks of breeding season, *T. fasciatus* shows highest GSI value of 45%, where as, *C. kazika* shows GSI values of only 20% or below. The number of eggs in ovary per female in both two species are in proportion to body length, and that in *T. fasciatus* is nearly same as that in *C. kazika*, when compared among females of 150 mm BL.

**Breeding** Breeding behaviors of *T. fasciatus* and *C. kazika* are similar to that of the other species of family Cottidae. The males of both two species show following behaviors in aquaria, mouth, tail and pectoral fin digging, and anal fin cleaning as nesting behavior, biting courtship as spawning behavior, upside-down pair spawning, pectoral fin fanning and the whole body vibration as parental behavior. They made pair with plural number of females during a few days, and the females spawn twice or three times on a fourteen days interval in *T. fasciatus* and twenty days interval in *C. kazika*. Both males and females always change their partners at next spawning, so the mating

systems of this two species are estimated to be polygamy. In the nature, *T. fasciatus* spawns 1~3km off the river mouth in the Kashima River, and *C. kazika* in the Gotsu Bay. The salinities of their spawning grounds are more than 10 ppt, and these values are in accordance with the values for breeding and hatching obtained in the rearing experiments. The nests of *T. fasciatus* are mainly of oyster shells and those of *C. kazika* are of stones in natural spawning grounds, which were identified from the appearance of some egg masses on the nest or from the appearance of the male guarding the nest.



Inches 1 2 3 4 5 6 7 8  
cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

# Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



# Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

**A** 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19

