

## 高密度で飼育したカマキリ当歳魚の成熟抑制

竹下直彦<sup>1†</sup>, 鳩岡史隆<sup>1,2</sup>, 上原 崇<sup>1,3</sup>, 小木たま<sup>1,4</sup>, 濱田敏範<sup>1,5</sup>, 池田 至<sup>1</sup>

### Inhibitory Control of Maturation for 0-year-old Fourspine Sculpin, *Rheopresbe kazika* in High-density Rearing Conditions

Naohiko Takeshita<sup>1†</sup>, Fumitaka Hatooka<sup>1,2</sup>, Takashi Uehara<sup>1,3</sup>, Tama Ogi<sup>1,4</sup>  
Toshinori Hamada<sup>1,5</sup> and Itaru Ikeda<sup>1</sup>

**Abstract** : Inhibitory control of maturation in 0-year-old *Rheopresbe kazika* in high-density rearing conditions was examined using 3 replicate trials. In each trial, 4 groups of 52 fish at 90 days after hatching were reared in four 150 liter tanks. Juveniles at 180 days after hatching were reared in the following 4 different conditions: 1) duration of lighting and water temperature were not treated (control), 2) duration of lighting was not treated but water temperature kept at 22°C (heating treatment), 3) duration of lighting was extended but water temperature not treated (long-day treatment), 4) both extended duration of lighting and water temperature kept at 22°C (long-day and heating treatment). These experiments were continued until 300 days after hatching. Gonad indices in the control condition were higher than the other rearing conditions, and those in the long-day and heating treatment condition were lower than the other rearing conditions. Therefore, it seems that the rearing method of maintaining the duration of lighting at long-day and water temperature kept at 22°C is an available method for inhibitory controlling 0-year-old of *R. kazika* in an immature condition in high-density rearing.

**Key words** : Inhibitory control of maturation, *Cottus kazika*, *Rheopresbe kazika*, Heating condition, Long-day condition

## 緒 言

カマキリ *Rheopresbe kazika*<sup>1)</sup>は日本固有種で、青森県から山口県に至る日本海側と神奈川県から宮崎県に至る太平洋側及び瀬戸内海兵庫県の千種川に分布する淡水カジカ科魚類である<sup>2)</sup>。本種は降河回遊型の生活史をもち、海域で繁殖を行い、稚魚は河川を遡上して成長する<sup>3)</sup>。その幼魚は、低い堰でも遡上が阻害されるため、生息域が下流に狭められ、全国的に減少し<sup>4)</sup>、環境省のレッドリストでは絶滅危惧II類に指定されている<sup>5)</sup>。福井県の九頭竜川中流域は本種の生息地として、1935年に国の天然記念物に指定されて

いる。その福井県<sup>6,20)</sup>と高知県<sup>21,28)</sup>では、カマキリを地域特産種あるいは内水面養殖対象魚種として内水面養殖の振興を図るために、種苗生産及び増養殖に関する技術開発が行われてきた。その過程において、本種は0歳から成熟し、卵巣が発達し腹部が膨張した雌（特に0歳魚）が大量斃死するという問題も生じている<sup>10, 14, 25)</sup>。そこで、長時間の電灯照射による成熟抑制試験が行われ、その方法は成熟抑制には有効とされたが<sup>26)</sup>、翌年の1歳時に大量斃死が起き、生理状態に少なからず影響を及ぼしていると推察された<sup>28)</sup>。

筆者らは前報<sup>29)</sup>で、高密度の飼育条件において、0歳魚（産卵期には満1歳魚）のほとんどが成熟するという現象は、

1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

2 株式会社うおいち 〒567-0853 大阪府茨木市宮島1-1-1 (Uoichi Co., Ltd. 1-1-1 Miyajima Osaka 567-0853)

3 株式会社物産フードサービス 〒812-0025 福岡県福岡市博多区店屋町1-35 (Bussan Food Service Co., Ltd. 1-35 Tenya Fukuoka 812-0025)

4 〒454-0932名古屋市中川区中島新町1-1011-1 (1-1011-1 Nakashima-shinmachi Nagoya 454-0932)

5 日本水産株式会社 〒105-8676 東京都港区西新橋1-3-1 (Nippon Suisan Kaisha, Ltd. 1-3-1 Nishisinnbashi Tokyo 105-8676)

†別刷り請求先 (Corresponding author): takeshin@fish-u.ac.jp

養殖条件の高密度飼育という飼育環境に起因することを明らかにした。一般に、魚類の成熟に関わる主要な外的刺激となるものは、季節的に変化する光周期（日長）と水温である<sup>30)</sup>。カマキリと近縁なカジカ小卵型*Cottus reini*<sup>31-34)</sup>とカジカ大卵型*C. pollux*<sup>35)</sup>においても電灯照射による成熟抑制および促進に関する研究が行われていることから、淡水カジカ科魚類の成熟に及ぼす主要外部因子は光周期と考えられる。本研究では、カマキリ0歳魚を養殖条件に相当する高密度飼育の条件において、夏季の日長程度の長日処理及び加温処理を行い、繁殖期まで飼育してそれらの成熟抑制の効果を調べることを目的とした。

## 材料と方法

### 採卵用親魚の採集と産卵

採卵用親魚は、島根県江の川水系尻無川で採集した。2010年10月11日に雄全長195 mm, 雌223 mm, 2011年10月20日に雄208 mm, 雌221 mm, 2012年10月26日に雄212 mm, 雌212 mmを採集し、水産大学の飼育施設に搬入した。親魚は淡水（曝気水道水）水槽（60×30×35 cm, 閉鎖循環式）で個別に飼育を行い、ウナギ育成用配合飼料（うなぎハイステップ, 林兼産業株式会社）100gに対し、水90 mlを加えてよく練り給餌した。採集年の12月中旬から、飼育水の塩分を徐々に上げ、翌年の1月上旬には塩分33~34pptの海水飼育とした。1月中旬に、海水水槽（90×45×45 cm, 閉鎖循環式）に、コンクリート製のU字ブロック（内径9×9 cm, 長さ30 cm）を産卵基質として入れ、1月中旬に雄を移して飼育した後、同月下旬に雌をそこに移した。繁殖は2011年2月24日, 2012年1月29日, 2013年2月3日に行われ, 2011年3月19日, 2012年3月1日, 2013年3月4日に孵化した。

### 孵化した仔魚の飼育

孵化した仔魚をポリカーボネイト水槽（30 ℓ）に約500 個体ずつ収容し、海水の掛け流し式（200ml/分）で、600 ml/分のエアレーションを行い飼育した。孵化後2~40日には、栄養強化（パワフルライン, 株式会社北村）したブラインシュリンプのノープリウス幼生（*Artemia* sp., ブラインシュリンプエッグス-90, 株式会社北村）、30~70日にはラブラバNo. 4（林兼産業株式会社）、60日以降は上記のウナギ育成用配合飼料を給餌した。孵化後60日から、徐々に曝気水道水を注水して淡水馴致し、80日以降は曝気

水道水のみを掛け流し式とした。

### 魚体の測定と実験

孵化後90日の稚魚を無作為に52個体ずつ4区に分け、全長（TL, mm）を測定し（Table 1）、150 ℓのFRP製角形水槽（KF-150S, アース株式会社、水量は約100 ℓに調整）に収容した。換水方法は曝気水道水の掛け流し式（800ml/分）とし、2基のエアレーション（各600ml/分）を行った。水温は実験室のエア・コンディショナーによる室温管理により調整し、6月約18℃, 7月約22℃, 8月約24℃, 9月約22℃とした。

成熟抑制に関する実験は、2011年9月15日~2012年1月13日（1期）、2012年8月28日~12月26日（2期）、2013年8月31日~12月19日（3期）に3回繰り返し行った。孵化後180日目に、4区をそれぞれ自然光・無加温区（対照区）、自然光・加温区、長日処理・無加温区、長日処理・加温区とした。長日処理の2区では、実験開始時に、水槽直上に蛍光灯（20w）を2基ずつ設置し、タイマーにより5:00点灯、20:00消灯に調節した。無加温の2区の水温は実験室のエア・コンディショナーによる室温管理により調整し、9月約22℃, 10月約20℃とし、11月以降は室温管理を行わず、11月15~19℃, 12月11~16℃, 1月9~12℃に低下させた。加温を行った2区は、実験開始時にサーモスタットと500wのヒーターを用いて、水温を22±0.5℃に保った。

給餌は1日1回、日没約1時間前に行った。また、長日処理区も同時刻に給餌を行った。上記のウナギ育成用配合飼料を体重の4%を目安に、残餌が出るまで与えて飽食給餌とした。

孵化後300日目に、全長の測定を行った後（Table 1）、ホルマリン固定して保存した。後日、生殖腺を取り出し、雌雄の判別を行うとともにその重量（GW, g）を測定し、次式により熟度指数（GI）を計算した。

$$GI = 10^7 \times GW / TL^3$$

## 結 果

### 生残率

実験終了時の生残率は、1期（2011~2012年）では自然光・無加温区（対照区）78.8%, 自然光・加温区82.7%, 長日処理・無加温区86.5%, 長日処理・加温区84.6%, 2期（2012~2013年）自然光・無加温区90.4%, 自然光・加温区92.3%, 長日処理・無加温区92.3%, 長日処理・加温区

92.3%, 3期(2013~2014年)では自然光・無加温区96.2%, 自然光・加温区88.5%, 長日処理・無加温区92.3%, 長日処理・加温区90.4%であった。

### 異なる飼育条件における成長

実験開始時(孵化後90日)の全長は、3期間で差が認められた(Kruskal-Wallis検定,  $P<0.01$ , Table 1)ので、各期における自然光・無加温区, 自然光・加温区, 長日処理・

無加温区, 長日処理・加温区の4区間の成長についてのみ、雌雄をまとめて比較を行った。実験開始時では、4区間において3期とも差は認められなかったが、(Kruskal-Wallis検定,  $P>0.05$ , Table 1)。実験終了時においては差が認められた(Kruskal-Wallis検定,  $P<0.05$ , Table 1)。しかし、1期では自然光・加温区が、自然光・無加温区, 長日処理・無加温区, 長日処理・加温区より大型で(Steel-Dwass検定:  $P<0.05$ , Table 1), 2期では長日処理・加温区が自然光・

**Table 1.** Mean total length ( $\pm$ SD) and number of individuals (in parenthesis) of *Rheopresbe kazika* in the 4 experimental rearing conditions in the 3 experimental period, at 90 and 300 days after hatching.

Experimental period & rearing condition	Sex	Days after hatching	
		90 days (Initial)	300 days (Final)
1st period (2011-2012)			
Control	Both sexes	42.0 $\pm$ 2.4 (52) <sup>a</sup>	82.7 $\pm$ 8.2 (41) <sup>c</sup>
	Male		81.6 $\pm$ 6.3 (24)
	Female		84.3 $\pm$ 8.2 (17)
Heating treatment	Both sexes	42.1 $\pm$ 2.2 (52) <sup>a</sup>	97.3 $\pm$ 8.4 (43) <sup>b</sup>
	Male		94.8 $\pm$ 7.5 (27)
	Female		101.7 $\pm$ 8.2 (16)
Long-day treatment	Both sexes	42.4 $\pm$ 2.4 (52) <sup>a</sup>	85.8 $\pm$ 9.9 (45) <sup>c</sup>
	Male		85.2 $\pm$ 10.9 (25)
	Female		86.5 $\pm$ 8.6 (20)
Long-day & heating treatment	Both sexes	42.2 $\pm$ 2.3 (52) <sup>a</sup>	86.0 $\pm$ 12.1 (44) <sup>c</sup>
	Male		84.1 $\pm$ 11.0 (28)
	Female		89.2 $\pm$ 13.1 (16)
2nd period (2012)			
Control	Both sexes	32.8 $\pm$ 1.7 (52) <sup>d</sup>	94.1 $\pm$ 9.7 (47) <sup>e f</sup>
	Male		91.2 $\pm$ 7.1 (24)
	Female		97.2 $\pm$ 11.1 (23)
Heating treatment	Both sexes	33.4 $\pm$ 1.9 (52) <sup>d</sup>	95.7 $\pm$ 9.6 (48) <sup>e f</sup>
	Male		93.2 $\pm$ 8.1 (26)
	Female		98.6 $\pm$ 10.4 (22)
Long-day treatment	Both sexes	32.8 $\pm$ 1.6 (52) <sup>d</sup>	94.2 $\pm$ 10.4 (48) <sup>f</sup>
	Male		90.1 $\pm$ 8.8 (27)
	Female		95.3 $\pm$ 11.5 (21)
Long-day & heating treatment	Both sexes	32.5 $\pm$ 1.9 (52) <sup>d</sup>	98.5 $\pm$ 11.3 (48) <sup>e</sup>
	Male		97.2 $\pm$ 9.5 (26)
	Female		100.1 $\pm$ 13.1 (22)
3rd period (2013)			
Control	Both sexes	44.3 $\pm$ 2.1 (52) <sup>g</sup>	99.6 $\pm$ 9.1 (50) <sup>h</sup>
	Male		95.1 $\pm$ 8.1 (14)
	Female		101.3 $\pm$ 9.0 (36)
Heating treatment	Both sexes	43.8 $\pm$ 2.1 (52) <sup>g</sup>	95.9 $\pm$ 7.4 (46) <sup>h i</sup>
	Male		93.7 $\pm$ 6.4 (24)
	Female		98.3 $\pm$ 7.6 (22)
Long-day treatment	Both sexes	44.3 $\pm$ 2.1 (52) <sup>g</sup>	87.8 $\pm$ 14.3 (48) <sup>j</sup>
	Male		84.7 $\pm$ 16.7 (18)
	Female		89.7 $\pm$ 12.3 (30)
Long-day & heating treatment	Both sexes	44.3 $\pm$ 3.0 (52)	93.1 $\pm$ 14.0 (47) <sup>i j</sup>
	Male		86.6 $\pm$ 11.0 (21)
	Female		98.4 $\pm$ 13.9 (26)

Different alphabetical letters show significant differences (Steel-Dwass multiple comparison test,  $P<0.01$ ).

無加温区より大型で (Steel-Dwass検定:  $P < 0.05$ , Table 1), 3期では自然光・無加温区が長日処理・無加温区と長日処理・加温区より, 自然光・加温区が長日処理・無加温区より大型であり (Steel-Dwass検定:  $P < 0.05$ , Table 1), 一定の傾向は認められなかった。

#### 異なる飼育条件における熟度指数の違い

雄の全長とGIの関係をFig. 1に示す。各期における各区のGIの平均値は自然光・無加温区が最も高く8.20~9.78, 自然光・加温区で1.56~1.79, 長日処理・無加温区で0.28~0.52, 長日処理・加温区が最も低く0.06~0.10となり, 3期とも有意にその順になった (Kruskal-Wallis検定,  $P < 0.01$ ; Steel-Dwass multiple comparison test,  $P < 0.01$ ; Fig. 1)。

雌の全長とGIの関係をFig. 2に示す。各期における各区のGIの平均値は自然光・無加温区が最も高く25.42~29.75, 自然光・加温区で2.58~3.40, 長日処理・無加温区で1.25~1.46, 長日処理・加温区間が最も低く0.75~0.86で, 雄と同じ傾向が認められた (Kruskal-Wallis検定,  $P < 0.01$ ; Steel-Dwass multiple comparison test,  $P < 0.01$ ; Fig. 2)。

## 考 察

天然水域において高密度では成長が遅いが成熟年齢が早まり, 低密度では成長が速いが成熟年齢が遅れるというように, 成長と成熟年齢に変異が起こることは, 降河回遊, 両側回遊, 河川型という生活環の違いに関わらず, 淡水カジカ属魚類の特徴と考えられている<sup>36-44</sup>。高密度の飼育条件において, カマキリ0歳魚 (産卵期には満1歳魚) のほとんどが成熟するという現象<sup>6,28</sup>は, 島根県江の川におけるカマキリの成熟年齢<sup>42,44</sup>とは大きく異なっている。また, 岐阜県水産研究所で行われた小型円形水槽を用いた本種0歳魚の飼育研究<sup>45</sup>においても, 0歳魚のほとんどが成熟するという同様の結果が得られていることから, 高密度飼育という養殖条件特有の飼育環境に起因すると考えられる<sup>29</sup>。これまでに行われた長日処理によるカマキリ0歳魚の成熟抑制試験では, 17~01時に点灯<sup>26</sup>あるいは19時間明条件5時間暗条件<sup>28</sup>という自然より極めて長い時間の長日処理を行っており, 成熟抑制の効果は認められたが, 1歳時に大量斃死が起こったため, 少なからず生理の状態に影響を及ぼした可能性を示唆している<sup>28</sup>。そこで, カマキリ0歳魚を養殖条件に相当する高密度飼育の条件において, 孵化後180日目の個体を用いて, 夏季の日長程度の長日処理区, 江の川における夏季の水温を考慮して22℃に調節した加温処理区, 両処理の併用区および両処理を行わない対照区の

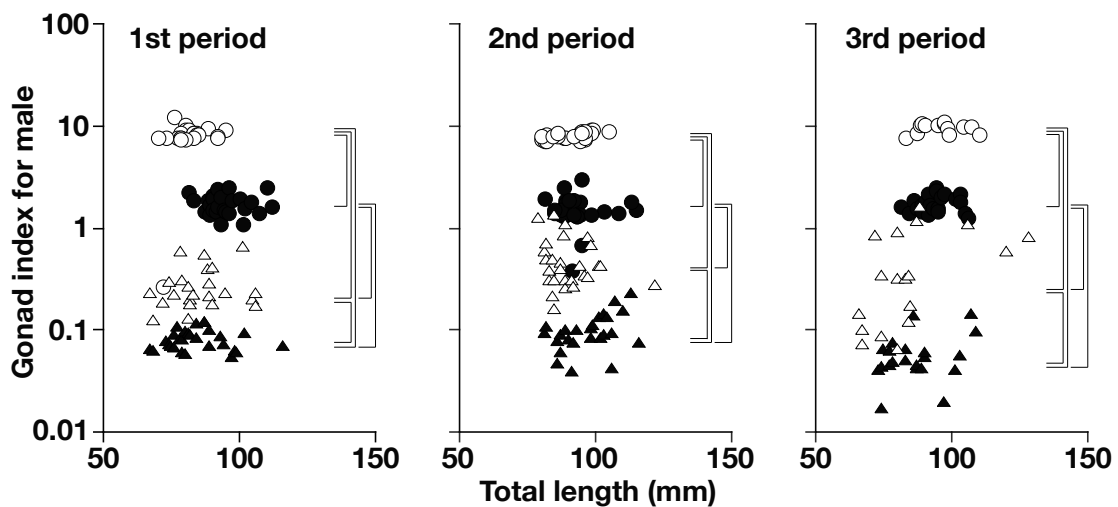


Fig. 1. Relationships of total length and gonad index for males of *Rheopresbe kazika* in the 4 experimental rearing conditions at 300 days after hatching. ○, control, ●, heating treatment; △, long-day treatment; ▲, long-day and heating treatment. Lines linking bars indicate significant differences (Steel-Dwass multiple comparison test,  $P < 0.01$ ).

4区において、飼育条件における繁殖期（孵化後300日）まで飼育し、それらの成熟抑制効果を調べた。その結果、3期とも雌雄ともにGIは、自然光・無加温区が最も高く、自然光・加温区、長日処理・無加温区、長日処理・加温区の順に低くなった。なお、1期の自然光・無加温区において、GIが他の個体より低い値となる個体が雌雄ともに1個体ずつ認められたが（Figs. 1, 2）、長日処理・加温区のGIよりも高い値であり、その区よりも成熟は進んだ状態と考えられた。

島根県江の川の河口から16km上流で本流に合流する支流の八戸川において、1999年5月～2000年9月に採集したカマキリ1歳魚（雄62個体、雌82個体）のGIは4月に最も低く、雄では0.09以下、雌では0.9以下であった（田原・竹下 未発表データ）。さらに、雄では10月から急上昇して12月にはGIが約6に、雌では10月から徐々に上昇して12月には21を超える個体も多く出現した（田原・竹下 未発表データ）。江の川水系における本種の産卵期は12～3月で<sup>31)</sup>、4月に採集した1歳魚は、海域に降河しなかった未成熟魚と考えられることから、雌雄ともに4月のGIが生殖腺の最も未成熟な状態を示すと考えられる。この未成熟と考えられるGIに近い値となった飼育実験条件は長日処理と加温を併用した区であるので、長日処理のみや加温のみの飼育方法は、成熟抑制効果が長日処理と加温を併用した飼育方法より劣ると考えられた。しかし、今回の研究では、成熟抑制によ

る成長促進の効果は認められなかった。また、実験終了後に供試魚の全てをホルマリン固定したため、その後の生残率や成長、夏季の日長程度の長日処理及び加温処理がカマキリ生理的状态に影響を及ぼしたかどうかについても明らかにすることができなかった。

現時点において、カマキリの増養殖を行う際、採卵用親魚養成と出荷を目的とした養殖魚の飼育方法を分けて考える必要があるかもしれない。採卵用親魚の養成には、単独飼育による成熟抑制と成長促進<sup>29)</sup>が有効と思われる。また、淡水馴致した稚魚を、親魚を採集した河川に、遺伝的多様性を考慮した上で放流し、そこで成長した成魚を再捕し、採卵用親魚として使用することも検討する必要がある。約1年で出荷サイズの全長15cmにまで成長させる<sup>40)</sup>ことを目的とした養殖条件においては、高密度の飼育は避けられないので、長日処理と加温を併用した低コストの飼育方法を今後さらに改善していく必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、当時の水産大学校生物生産学科資源増殖学講座の学生諸氏にも手伝っていただいた。心より感謝の意を表す。

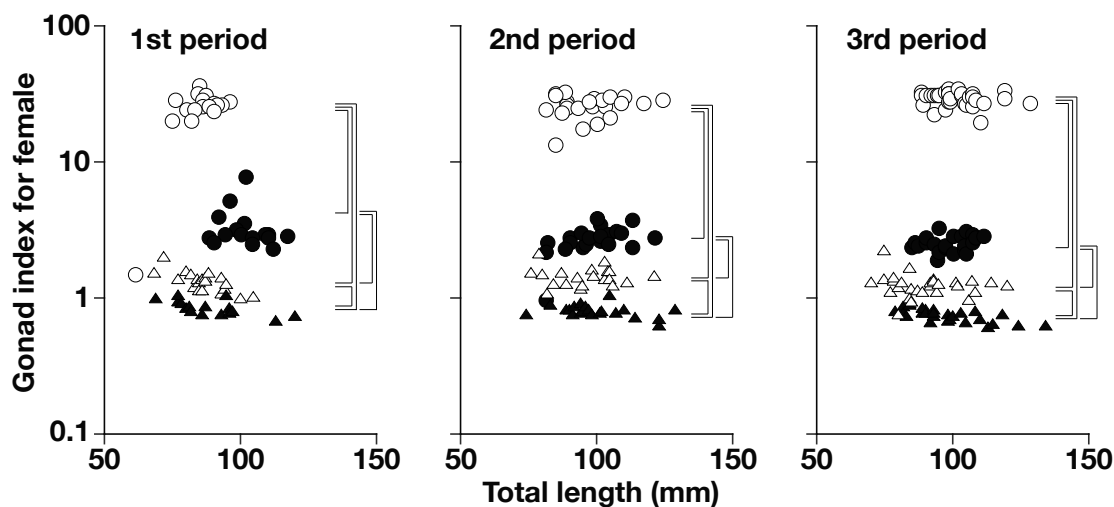


Fig. 2. Relationships of total length and gonad index for females of *Rheopresbe kazika* in the 4 experimental rearing conditions at 300 days after hatching. ○, control, ●, heating treatment; △, long-day treatment; ▲, long-day and heating treatment. Lines linking bars indicate significant differences (Steel-Dwass multiple comparison test,  $P < 0.01$ ).

## 引用文献

- 1) Goto A, Yokoyama R, Kinoshita I, Sakai H: Japanese catadromous fourspine sculpin, *Rheopresbe kazika* (Jordan & Starks) (Pisces: Cottidae), transferred from the genus *Cottus*. *Biol. Fish*, **103**, 213-220 (2020)
- 2) 田原大輔・竹下直彦：瀬戸内海流入河川で採集されたカマキリ. 魚雑, **60**, 70-73 (2013)
- 3) 後藤 晃：アユカケ. 川那部広哉・水野信彦(編), 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚類. 山と溪谷社, 東京, 655-657 (1989)
- 4) 高木基裕・谷口順彦：高知県におけるカマキリ *Cottus kazika* の分布. 水産増殖, **40**, 329-333 (1992)
- 5) 環境省：環境省レッドリスト 別添資料2 汽水・淡水魚類. <https://www.env.go.jp/press/files/jp/110615.pdf> (2020.6.3参照), pp. 12-17. (2019)
- 6) 鈴木康仁・山田洋雄：アラレガコ増殖技術開発試験. 福井県水産試験場昭和63年事業報告書, 143-149 (1990).
- 7) 山田洋雄・松崎雅之：アラレガコ増殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成元年度事業報告書, 134-153 (1990)
- 8) 山田洋雄・杉田顕浩：アラレガコ増殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成2年度事業報告書, 109-119 (1991)
- 9) 鈴木聖子・山田洋雄・吉村祐一・塩谷昭三：カマキリ(アラレガコ) 養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成3年度事業報告, 175-188 (1992)
- 10) 杉本剛士・山田洋雄・鈴木聖子：カマキリ(アラレガコ) 養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成4年度事業報告, 171-204 (1993)
- 11) 杉本剛士・鈴木聖子・根本 茂：カマキリ(アラレガコ) 養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成5年度事業報告, 123-151 (1994)
- 12) 杉本剛士・根本 茂：カマキリ(アラレガコ) 養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成6年度事業報告, 119-151 (1995)
- 13) 谷村健一・根本 茂：特産魚種栽培事業化試験(アラレガコ). 福井県水産試験場平成7年度事業報告, 97-107 (1996)
- 14) 谷村健一・根本 茂：特産魚種栽培事業化試験(アラレガコ). 福井県水産試験場平成8年度事業報告, 89-94 (1997)
- 15) 杉田顕浩・山田洋雄：飼育したカマキリ仔稚魚の行動と形態の変化. 水産増殖, **43**, 11-18 (1995)
- 16) 杉本剛士：カマキリ編. カジカ類の養殖技術. 緑書房, 東京, 64-86 (1999)
- 17) 岩谷芳自・井上広滋・青海忠久・竹井祥郎：カマキリ *Cottus kazika* 仔稚魚期の淡水耐性. 日水誌, **51**, 423-428 (2003)
- 18) 岩谷芳自：カマキリ *Cottus kazika* の種苗生産と養殖に関する研究(九頭竜川の地域特産種をめざして) 学位論文. 福井県立大学, 1-186 (2006)
- 19) 田原大輔・岩谷芳自：カマキリ *Cottus kazika* 養成親魚の卵質評価指標と異常採卵の特徴. 日本水産学会誌, **73**, 718-725 (2007)
- 20) 田原大輔・羽多野 亮・岩谷芳自：カマキリ人工養成魚における残留卵の出現と成熟への影響. 水産増殖, **56**, 37-43 (2008)
- 21) 菊池達人：アユカケ種苗生産技術開発試験. 高知県内水面漁業センター平成4・5・6年度事業報告書, **5**, 12-21 (1996)
- 22) 菊池達人・児玉 修・西山 勝：アユカケ種苗生産技術開発試験. 高知県内水面漁業センター平成4・5・6年度事業報告書, **5**, 99-125 (1996)
- 23) 菊池達人・児玉 修・西山 勝：アユカケ種苗生産技術開発試験. 高知県内水面漁業センター平成4・5・6年度事業報告書, **5**, 197-203 (1996)
- 24) 菊池達人・西山 勝・佐伯 昭：アユカケ増養殖技術開発試験. 高知県内水面漁業センター平成7年度事業報告書, **6**, 73-141 (1997)
- 25) 上野幸徳・西山 勝・阿部正也・佐伯 昭：アユカケ増養殖技術開発試験. 高知県内水面漁業センター平成8年度事業報告書, **7**, 74-93 (1998)
- 26) 西山 勝・阿部正也・佐伯 昭：アユカケ増養殖技術開発試験. 高知県内水面漁業センター平成9年度事業報告書, **8**, 52-77 (1999)
- 27) 黒原健朗・阿部正也・佐伯 昭：アユカケ増養殖技術開発事業. 高知県内水面漁業センター平成10年度事業報告書, **9**, 25-40 (2000)
- 28) 黒原健朗：アユカケ増養殖技術開発事業. 高知県内水面漁業センター平成11年度事業報告書, **10**, 37-45 (2001)
- 29) 竹下直彦・濱田敏範・鳩岡史隆・上原 崇・小木たま・池田 至：飼育密度がカマキリ当歳魚の成長と成熟に及ぼす影響. 水大研報, **67**, 263-267 (2019)
- 30) 会田勝美：水産動物の成熟・産卵に関する内分泌機構 環境-視床下部-脳下垂体. 日本水産学会(編), 水

- 産学シリーズ41, 恒星社厚生閣, 東京, 9-22 (1982)
- 31) 田中 浩・板屋圭作: 小卵型カジカ種苗生産試験 (6) カジカ (小卵型) の成熟抑制試験 (II). 石川県水産総合センター平成9年度事業報告書, 141-142 (1999)
- 32) 田中 浩・板屋圭作: 小卵型カジカ種苗生産試験 (7) カジカ (小卵型) の成熟抑制試験 (短報). 石川県水産総合センター平成9年度事業報告書, 143 (1999)
- 33) 田中 浩・板屋圭作: 小卵型カジカ種苗生産試験 (3) 成熟抑制試験. 石川県水産総合センター平成9年度事業報告書, 257-264 (1998)
- 34) 板屋圭作・浅井久夫: 小卵型カジカ種苗生産試験 (3) カジカ (小卵型) の成熟促進試験. 石川県水産総合センター平成10年度事業報告書, 257-264 (1998)
- 35) 増田泰隆: 電照処理によるカジカ (大卵型) に対する産卵・成熟のコントロールについて. 石川県農林水産研究成果集報, **22**, 41 (2020)
- 36) 碓井和也・後藤 晃: カンキョウカジカの成熟大型雄個体の特徴. 北大水産研究彙報, **37**, 38-49 (1987)
- 37) Goto A: Life history variation in males of the river sculpin, *Cottus hangiongensis*, along the course of a river. *Env Biol Fish*, **19**, 82-92 (1987)
- 38) Goto A: Reproductive behavior and homing after downstream spawning migration, in the river sculpin, *Cottus hangiongensis*. *Japan J Ichthyol*, **34**, 488-496 (1988)
- 39) 後藤 晃: 淡水カジカ類の繁殖スタイルと繁殖戦術. 後藤 晃・前川光司 (編), 魚類の繁殖行動 その様式と繁殖をめぐる. 東海大学出版会, 東京, 73-84 (1989)
- 40) Goto A: Male mating success and female mate choice in the river sculpin *Cottus nozawae* (Cottidae). *Env Biol Fish*, **37**, 347-353 (1993)
- 41) 後藤 晃: 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), 川と海と回遊する淡水魚 生活史と進化. 東海大学出版会, 東京, 141-153 (1994)
- 42) Takeshita N, Onikura N, Nagata S, Matsui S, Kimura S: A note on the reproductive ecology of the catadromous fourspine sculpin, *Cottus kazika* (Scorpaeniformes: Cottidae). *Ichthyol Res*, **46**, 309-313 (1999)
- 43) Takeshita N, Ikeda I, Onikura N, Nishikawa M, Nagata S, Matsui S, Kimura S: Growth of the fourspine sculpin *Cottus kazika* in the Gonokawa River, in Japan and effects of water temperature on growth. *Fish Sci*, **71**, 784-790 (2005)
- 44) 竹下直彦・藤澤真也・荒木 晶: 流れ分布に沿ったカマキリの成熟年齢の違い. 1999年度日本魚類学会講演会要旨 (1999)
- 45) 下村雄志・田原大輔・藤井亮史・岸 大弼: 小型円形水槽におけるアユカケ0歳魚の成長および成熟特性. 岐阜県水産研究所研究報告, **65**, 25-29 (2020)
- 46) 田原大輔: 九頭竜川のアラレガコとその食文化. 田原大輔 (編), 伝えよう! 味わおう! 九頭竜川の食文化. 福井県立大学九頭竜川プロジェクト, 福井, 13-19 (2015)

