

飼育水温がカマキリ当歳魚の摂餌と成長に及ぼす影響

竹下直彦^{1†}, 石丸真美¹

Effects of water temperature on feeding and growth of the catadromous fourspine sculpin, *Rheopresbe kazika*, reared in the laboratory

Naohiko Takeshita^{1†} and Mami Ishimaru¹

Abstract : Effects of water temperature on feeding and growth of the 0-year-old catadromous fourspine sculpin *Rheopresbe kazika* were studied using 8 different temperatures from 12 to 26°C for 60 days. At each of the 8 temperatures, 20 fish were reared in aquaria. In the ranges of 16 to 24°C and 22 to 26°C the daily growth rate and daily feeding rate, respectively, were higher than the others. Also, the optimal water temperatures were calculated 19.6°C for daily growth rate and 25.5°C for daily feeding rate. The optimal water temperature for daily growth rate was lower than that for daily feeding rate. While, feeding efficiency were showed high values in the range from 12 to 22°C. These results indicate that the optimal water temperature range is from 16 to 22°C, and that a water temperature of 12°C is too low and above 24°C is too high for sustainable growth during culture of *R. kazika*.

Key words : *Rheopresbe kazika*; Effect of water temperature; Feeding; Growth

緒言

カマキリ *Rheopresbe kazika*¹⁾は日本固有種で、青森県から山口県に至る日本海側と茨城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²⁻⁴⁾。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が、低い堰でもその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^{2, 5)}、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⁶⁾。また、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おり⁷⁾、そこにはアラレガコという地方名で呼ばれるカマキリの伝統漁法と食文化がある⁸⁾。筆者らは、島根県江の川におけるカマキリの季節別成長と飼育実験による0歳魚の摂餌と成長に及ぼす水温の影響について報告した⁹⁾。本種は幼魚期には主に水生昆虫を、10 cmを超える個体はアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* などの小魚を食べる⁹⁾ (Fig.

1A) ほか、大型の甲殻類も捕食するため (Fig. 1B)、採集された個体の体重は捕食した餌生物により大きく異なると考えられるので、成長率の算出には全長を用いた。それによると、野外における個体識別法による研究では、7-9月の成長は4-7月および9-11月の成長に比べ劣ること、飼育研究では16-22℃区は12、26℃区より成長が良いことが明らかになった⁹⁾。

本種は福井県¹⁰⁻²⁴⁾、高知県²⁵⁻³²⁾、岐阜県³³⁾、鳥取県³⁴⁻⁴⁴⁾では、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古くから行われてきた。しかし、水温が本種の成長に及ぼす詳細な研究は行われていない。そこで、本報では、水温がカマキリの摂餌と成長に及ぼす影響について、日間給餌率、日間増重率、餌料効率を明らかにし、本種の種苗生産から増養殖に資する基礎資料を得ることを目的とした。さらに、飼育実験により水温が摂餌と成長に及ぼす影響が明らかになった淡水カジカ科魚類と比較した。

2023年6月30日受付, 2023年8月30日受理

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

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

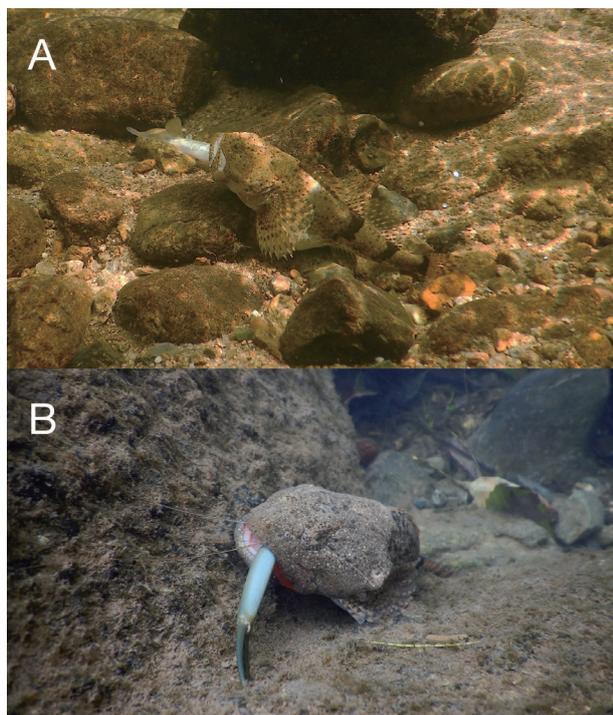


Fig. 1. *Rheopresbe kazika* that had just preyed on a fish (A, ca. 17 cm TL) and a crustacean (B, ca 20 cm TL), photographed in the Midani River on 25 October 2023 and in the Kanzui River on 26 October, 2021, both of the Gonokawa River System, respectively.

材料と方法

採卵用親魚の採集と産卵

島根県江の川水系尻無川において、2001年11月4日に雄全長205 mm、雌215 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 cm × 30 cm × 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）100 g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33–34 pptの海水飼育とした。1月中旬に、海水水槽（90 cm × 45 cm × 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 cm × 9 cm、長さ30 cm）を産卵基質として入れ、雄を移して飼育した後、同月17日に雌をそこに移した。これらの雌雄は2002年1月24日に繁殖を行い、雄の保護のもと同年2月6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（200 ml/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（パワフルブライン、協和発酵株式会社）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、ミヤコ化学株式会社）、30–70日には海産稚稚魚用の乾燥ペレットB-400およびB-700（協和発酵株式会社）、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、90日以降は曝気水道水のみを掛け流し式とした。

魚体の測定と給餌実験

孵化後150日の稚魚を2日間絶食させ、無作為に20個体ずつ8区に分け、背鰭棘条と軟条切除の組み合わせにより個体識別を施した後、体重（BW）を0.01 g単位で測定し（Table 1）、157 lの90 cm × 45 cm × 45 cmのガラス水槽（水量は約100 lに調整）に収容した。なお、カマキリには体サイズの性的二型は認められないため⁴⁵⁾、雌雄の区別は行わなかった。飼育室を20℃に保ち、各水槽を冷却装置（RZ-

Table 1. Body weight (BW), daily growth rate (DGR), total diet intake (TDI), daily feeding rate (DFR), and feeding efficiency (FE) of *Rheopresbe kazika* for the 8 groups reared at different water temperatures for a period of 60 days

WT (°C)	12	14	16	18	20	22	24	26
Number of fish	20	20	20	20	20	20	19 ¹	18 ²
BW (g)								
Initial	2.00±0.42	2.01±0.34	2.00±0.28	2.00±0.34	2.02±0.34	1.94±0.36	1.98±0.36	1.96±0.30
Final	3.90±1.22 ^{b, c}	4.19±0.71 ^{b, a}	5.14±1.75 ^{a, b, c}	5.21±1.46 ^{a, b}	5.79±1.86 ^a	5.46±1.27 ^a	4.81±1.13 ^{a, b, c}	3.84±0.71 ^c
DGR (%)	1.54±0.51 ^g	1.83±0.42 ^{f, g}	2.61±1.20 ^{d, e}	2.69±1.02 ^{d, e}	3.12±1.24 ^d	3.03±0.71 ^d	2.45±0.99 ^{d, e, f}	1.63±0.60 ^{f, g}
TDI (g)	67.94	80.65	117.15	125.64	131.88	132.14	123.07	99.47
DFR (%)	1.89±0.56 ^k	2.15±0.61 ^k	2.73±0.87 ^k	2.93±0.94 ^{i, j}	2.86±0.95 ^j	3.05±1.12 ^{h, i}	3.29±1.03 ^h	3.24±0.84 ^h
FE (%)	55.86	54.22	53.61	51.03	57.13	58.17	43.72	33.92

¹ One fish died without feeding. ² Two fish died without feeding. Different alphabetical letters show significant differences (a–g, Steel-Dwass multiple comparison test, $P < 0.05$; h–k, Contrasts, $P < 0.05$).

150V, レイシー株式会社)と200Wヒーター(ニッソー株式会社)を用いて冷却と加温を行い, 2℃間隔で8水槽を12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26℃(±0.5℃)に24時間かけて調整した。各水槽の水温を毎日8:30と18:30に水銀精密棒状温度計を用いて測定し, 設定水温の±0.5℃の範囲に保たれていることを確認した。その際, 設定水温の±0.5℃を僅かでも外れていた場合には, サーモスタットのダイヤルを微調節し, 設定水温の±0.5℃になるように再調整した。飼育水槽は閉鎖循環式とし, 2基のテトラブリラントフィルター(テトラジャパン株式会社)を用いて通気と濾過を行った。通気量は600 ml/分に調整し, 毎日の給餌と残餌の回収の後, 約30 lの換水(曝気水道水)を行った。

実験に用いた餌料は前述のウナギ育成用配合飼料を用い, 実験開始から14日までは1粒0.030 g, 15-60日は0.040 gに調節し, 60日間の飼育実験を行った。給餌は各水槽に手撒きで毎日19-20時に行い, 残餌が約10粒になった時点で給餌を終了し, 約30分後に残餌を回収し, 給餌粒数から残餌粒数を差し引き, 各水槽の1日あたりの給餌量を決定した。60日間の給餌実験終了後2日間絶食させ, 各個体の体重を測定した。

日間給餌率(DFR), 日間成長率(DGR), 餌料効率(FE)は以下の式により算出した。

$$\begin{aligned} \text{DFR}(\%) &= 100 \text{DDI}_n \text{TW}_n^{-1} \\ \text{DGR}(\%) &= 100 (W_2 - W_1) W_1^{-1} T^{-1} \\ \text{FE}(\%) &= 100 (TW_2 - TW_1) \text{TDI}^{-1} \end{aligned}$$

なお, DDI_n はn(1-60)日目の各水槽の給餌量を表す。 TW_n はn日目の各水槽の推定体重の合計で, 体重の増加は一次回帰すると仮定し, 実験開始時と終了時の体重の合計から算出した。 W_1 は実験開始時, W_2 は実験終了時の各個体の体重, Tは給餌実験日数(60日)を表す。 TW_1 は実験開始時の各水槽の合計体重, TW_2 は実験終了時の各水槽の合計体重, TDIは30日間の総給餌量を表す。

統計解析には, Stat View - J 5.0 (SAS institute Inc.)およびSuper ANOVA (ABACUS Institute Inc.)を用い, 原則としてパラメトリック検定(一元配置分散分析, Tukey-Kramerの多重比較, 一元配置反復測定分散分析, 対比, 回帰分析)を行い, 条件を満たさない場合にはノンパラメトリック検定(Kruskal-Wallisの検定, Steel-Dwassの検定)も併用した。

結 果

実験開始時のカマキリ0歳魚の体重(n=20)においては, 各区の平均値(標準偏差)が1.94(±0.36)-2.02(±0.34)gであり, 8区間で差が認められなかった(一元配置分散分析, $P > 0.05$)。給餌実験の60日間において, 24℃区では1個体が摂餌を全く行わず45日目に, 26℃区では2個体が摂餌を全く行わず34日目と54日目に斃死した(Table 1)。そこで, 実験終了時の体重については, 24℃区は生残した19個体, 26℃区は18個体, 他の区では20個体を用いて8区間で比較すると, 14-24℃区が12, 26℃区より重い傾向が認められた(Kruskal-Wallisの検定, $P < 0.01$; Steel-Dwassの検定, $P < 0.05$)。さらにカマキリ0歳魚の成長を詳しく調べるために, 日間増重率(DGR)を用いて検討した結果, 日間増重率は16-24℃区で高く, 12, 14, 26℃区が低かった(Kruskal-Wallisの検定, $P < 0.01$; Steel-Dwassの検定, $P < 0.05$; Table 1)。また, 水温(WT)と日間増重率(DGR)の関係は以下の2次多項式が適合し(Fig. 2), 日間増重率は19.6℃が至適水温と算出された(Fig. 2)。

$$\begin{aligned} \text{DGR} &= -8.065 + 1.129 \text{WT} - 0.02884 \text{WT}^2 \\ (r &= 0.520, P < 0.01) \end{aligned}$$

日間給餌率については, 22-26℃区で高く, 22-26℃が最も高く, 12-16℃区で低かった(一元配置反復測定分散分析, $P < 0.01$; 対比, $P < 0.05$; Table 1)。また, 水温(WT)と日間給餌率(DFR)の関係は以下の2次多

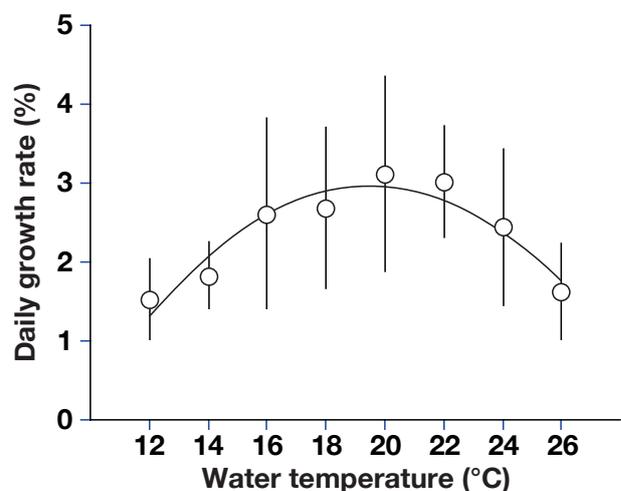


Fig. 2. Daily growth rate of *Rheopresbe kazika* at 8 different water temperatures for a period of 60 days. Error bars indicate the standard deviation.

項式に適合し (Fig. 3), 日間給餌率は25.5°Cが至適水温と算出された。

$$\text{DFR} = -1.515 + 0.3749 \text{ WT} - 0.007358 \text{ WT}^2$$

$$(r = 0.456, P < 0.01)$$

餌料効率は12–22°Cで50%以上の値を示したが, 24°Cで43.7%と低くなり, 26°Cで33.9%と最も低い値を示した (Table 1, Fig. 4)。

考 察

本研究により, カマキリ0歳魚の日間増重率は16–24°Cで高く, その至適水温は19.6°Cであり, 全長を用いた日間成長率は16–22°Cで高く, その至適水温は19.6°Cであったこと⁹⁾から, 全長を用いた解析とほぼ同じ結果が得られたことになる。また, 日間給餌率は22–26°Cで高く, その至適水温は25.5°Cとなり, 成長に対する至適水温が日間給餌率の至適水温より約6°Cも低かった。そのため, 餌料効率は24, 26°Cで低下すると考えられた。給餌終了後の絶食期間中に, 8区毎に各個体の観察を行ったところ, 正確なデータは取れていないが, 24, 26°C区の個体の鰓の開閉速度が12–22°C区の個体のそれより速いと感じられた。したがって, 24, 26°Cの高水温時においては, 成長へのエネルギー投資以外に, 鰓の開閉という呼吸等に関わるエネルギー投資を必要とする可能性が示唆された。

筆者らは, カマキリ0歳魚は高密度飼育という養殖条件特有の飼育環境では, そのほとんどが満1歳で成熟するこ

とを明らかにした⁴⁶⁾。また, 秋季以降では夏季の日長程度の長日処理, 秋季以降の水温低下を加温により夏季水温を維持することにより, それらの成熟を抑制することを可能とした⁴⁷⁾。そこで, 約1年で出荷サイズの全長15cmにまで成長させるには⁸⁾, 高い餌料効率を維持させるために, 夏季の飼育水温が22°Cを超えないよう, 地下水や湧水等を効果的に併用して養殖を行い, 給餌コストを削減して高成長を維持することが可能であると考えられた。さらに, 生殖腺が未成熟な状態の魚体の出荷が望まれる場合には, 秋季以降には長日処理と加温を併用して成熟を抑制することも必要であろう。

カマキリと同じ降河回遊型の生活史をもつ淡水カジカ科魚類のヤマノカミでは, 体サイズの性的二型は認められないため同様に0歳魚を用いて飼育研究が行われており, 日間増重率は19.7–19.8°C, 日間給餌率は21.8–26.0°C, 餌料効率は16.9–17.5°Cが至適水温であった⁴⁸⁾。両側回遊型のカジカ中卵型, 河川型のカジカ大卵型では体サイズの性的二型が認められ, 雄が雌より大型になるので, 性別判別が可能で1–3歳魚を用い, 雌雄別に報告されている^{49,50)}。それらによると, カジカ中卵型では日間増重率は13.9–17.2°C, 日間給餌率は18.0–20.2°C, 餌料効率は11.2–16.2°C⁴⁹⁾, カジカ大卵型では日間増重率は13.2–17.9°C, 日間給餌率は17.3–24.0°C, 餌料効率は10.0–14.9°Cが至適水温と算出されている⁵⁰⁾。これらの結果より, 降河回遊型のカマキリとヤマノカミでは, 日間増重率と日間給餌率はともに, 両側回遊型のカジカ中卵型と河川型のカジカ大卵型

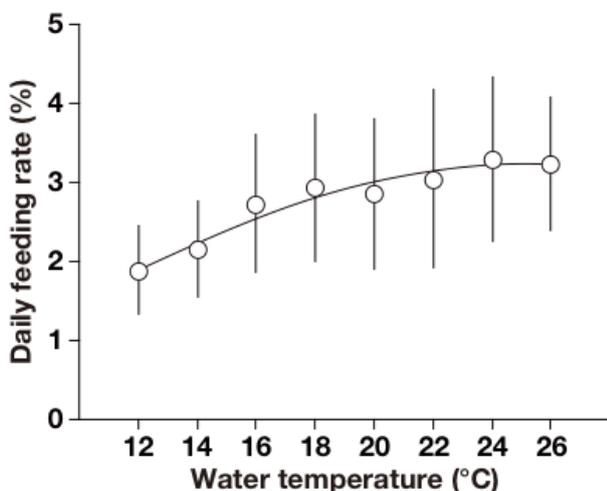


Fig. 3. Daily feeding rate of *Rheopresbe kazika* at 8 different water temperatures for a period of 60 days. Error bars indicate the standard deviation.

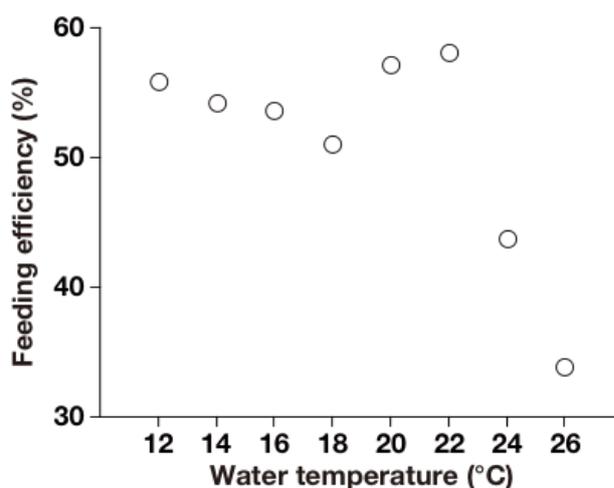


Fig. 4. Feeding efficiency of *Rheopresbe kazika* at 8 different water temperatures for a period of 60 days.

より至適水温が高いと考えられた、また、主に2, 3歳が成熟して繁殖を行うカマキリの至適水温における日間増重率が3.0%であるのに対し、ほとんどが1年で寿命を終えるヤマノカミでは3.4–5.3%と高く⁴⁸⁾、カマキリの日間成長率はヤマノカミのそれより低かった。

また、主に2歳以上で成熟し、複数年繁殖を繰り返す両側回遊型のカジカ中卵型の至適水温における日間増重率は0.51–0.77%、河川型のカジカ大卵型では0.3–1.2%であり^{49,50)}、降河回遊型の2種よりも日間成長率が極めて低いと考えられた。以上の結果より、日本においては仏神的な和名と地方名があり、それを食する文化がないヤマノカミ⁵¹⁾を除くと、水温12–22℃の広範囲において餌料効率が50%以上を示すカマキリは、内水面漁業における養殖対象魚種としても有望と考えられた。

謝 辞

本研究を行うにあたり、水産大学校生物生産学科池田至元教授に給餌実験を手伝っていただいた。心より感謝の意を表する。

引用文献

- Goto A, Yokoyama R, Kinoshita I, Sakai H: Japanese catadromous fourspine sculpin, *Rheopresbe kazika* (Jordan & Starks) (Pisces: Cottidae), transferred from the genus *Cottus*. *Environmental Biology of Fishes*, **103**, 213–220 (2020)
- 後藤 晃: アユカケ. 川那部浩哉, 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)
- 根本隆夫, 杉浦仁治: 久慈川におけるカマキリ (アユカケ) の出現について. 茨城県内水面水産試験場研究報告, **33**, 72–76 (1977)
- 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. 魚類学雑誌, **60**, 70–73 (2013)
- 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)
- 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> (2023.6.8 参照), 12–17 (2019)
- 文化庁: アラレガコ生息地. 国指定文化財等データベース. <https://kunikishitei.bunka.go.jp/heritage/detail/401/1051> (2023.6.8 参照) (1997)
- 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)
- 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. *Fisheries Science*, **71**, 784–790 (2005)
- 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).
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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. 日本水産学会誌, **51**, 423–428 (2003)

- 22) 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)
- 23) 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)
- 24) 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)
- 25) 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)
- 26) 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)
- 27) 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)
- 28) 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)
- 29) 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)
- 30) 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)
- 31) 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)
- 32) 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)
- 33) 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)
- 34) 松田成史：地域養殖特産種創出試験。平成20年度鳥取県栽培漁業センター成果報告集, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/436547/seikaroomseisan.pdf> (2023.8.18参照) 2-5. (2009)
- 35) 松田成史：地域特産種創出試験。平成21年度鳥取県水産試験場年報, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/447551/08-ayukake.pdf> (2023.8.18参照) (2010)
- 36) 松田成史：地域養殖特産種創出試験。平成21年度鳥取県水産試験場沿岸漁業部成果報告, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/970350/No01.pdf> (2023.8.18参照) (2010)
- 37) 松田成史：地域養殖特産種創出試験。平成22年度鳥取県水産試験場沿岸部成果報告集, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/776880/0122-seikahoukoku.pdf> (2023.8.18参照) (2011)
- 38) 松田成史：アユカケ養殖技術開発。平成22年度鳥取県水産試験場沿岸漁業部年報, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/447551/08-ayukake.pdf> (2023.8.18参照) (2011)
- 39) 松田成史：アユカケ養殖実用化試験。平成23年度鳥取県栽培漁業センター成果報告, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/968573/No01.pdf> (2023.8.18参照) (2012)
- 40) 松田成史：アユカケ養殖実用化試験。平成24年度鳥取県栽培漁業センター成果報告, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/972835/no01ayukake.pdf> (2023.8.18参照) (2013)
- 41) 松田成史：アユカケ養殖普及指導事業。平成25年度鳥取県栽培漁業センター成果報告, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1028279/1ayukake.pdf> (2023.8.18参照) (2014)
- 42) 浜田文彦, 松岡信行：アユカケ養殖用種苗生産委託業務。平成25・26年度鳥取県栽培漁業協会年報, <http://www3.torichu.ne.jp/~k-saibai/15.12/H2526.pdf> (2023.8.18参照), 36-40 (2015)
- 43) 浜田文彦, 松岡信行：アユカケ養殖用種苗生産委託業務。平成25・26年度鳥取県栽培漁業協会年報, <http://www3.torichu.ne.jp/~k-saibai/15.12/H2526.pdf> (2023.8.18参照), 69-72 (2015)
- 44) 松田成史：アユカケ養殖普及指導事業。平成26年度鳥取県栽培漁業センター成果報告, <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1111389/1-h26ayukake.pdf> (2023.8.18参照) (2015)
- 45) 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). *Ichthyological Research*, **46**, 309-313 (1999)
- 46) 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。水産大学校研究報告, **67**, 263-267 (2019)

- 47) 竹下直彦, 鳩岡史隆, 上原 崇, 小木たま, 濱田敏範, 池田 至: 高密度で飼育したカマキリ当歳魚の成熟抑制. 水産大学校研究報告, **69**, 17-23 (2020)
- 48) Takeshita N, Ikeda I, Aoki K, Miura Y, Katayama T, Ogi R: Effects of water temperature on feeding and growth of the catadromous roughskin sculpin, *Trachidermus fasciatus*, reared in the laboratory. *Aquaculture Science*, **64**, 21-27 (2016)
- 49) Takeshita N, Ikeda I, Aoki K, Nishimura Y, Hasegawa T, Sakata K, Nagata S, Kondou T, Shimada M: Effects of water temperature on feeding and growth of the amphidromous sculpin, *Cottus pollux* middle-egg (ME) type, reared in the laboratory. *Aquaculture Science*, **62**, 407-414 (2014)
- 50) Takeshita N, Katayama T, Ikeda I, Aoki K, Yoshikawa H: Effect of water temperature on feeding and growth of the fluvial sculpin, *Cottus pollux* large-egg (LE) type, reared in the laboratory. *Aquaculture Science*, **65**, 51- 60 (2017)
- 51) 竹下直彦: 降河回遊性ヤマノカミの生態とその保全. 宗原弘幸・後藤 晃・矢部 衛 (編), カジカ類の多様性—適応と進化—. 東海大学出版会, 秦野, 204-218(2011)