

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

下村雄志, 田原大輔¹, 藤井亮吏, 岸 大弼

Growth and maturation of the 0+ aged fourspine sculpin (*Rheopresbe kazika*) in a small circular tank

YUSHI SHIMOMURA, DAISUKE TAHARA, RYOUJI FUJII AND DAISUKE KISHI

アユカケ *Rheopresbe kazika* は淡水域に生息するものの、成熟魚は繁殖のために海域に回遊する降河回遊性のカジカ科魚類である (Goto et al., 2019)。産卵は冬季から早春に海岸の礫で行われ、浮遊期の仔魚および稚魚は海域で成長し、30 mm 前後になると河川に遡上する (杉山, 2015)。また、北海道を除く、本州、四国地方、九州地方に生息し、岐阜県においては、美濃地方平野部の木曽三川流域で生息が確認されている (向井, 2017)。

当研究所下呂支所では、アユカケに近縁なカジカ属魚類であるカジカ *Cottus pollux* の養殖普及を 15 年ほど前から行っており、県内養殖業者の施設の規模に合わせて、飼育装置の小型化、簡素化に取り組んできた (藤井, 2008; 藤井ほか, 2018)。これにより養殖業者自らが種苗生産から親魚養成に至るまで一貫して行うことが可能となった。現在では、美濃地方山間部および飛騨地方の地域特産魚種の 1 つとなっている。そこで、カジカ類の食材としての活用範囲を広げるため、より成長が速く大型化するアユカケに着目した。

アユカケの養殖技術については、福井県や高知県などの先行研究があり、採卵から養成に至るまでの一定の知見が得られている (鈴木・山田, 1990; 山田・松崎, 1991; 菊池ほか, 1997; 上野ほか, 1998)。しかしながら、これらの養殖は海水をかけ流しで利用できる施設や大型の水槽 (福井県では 0.5 t-1 t、高知県では 0.2 t-5 t) を用いた養殖技術が多い (谷村・根本, 1997; 西山ほか, 1999; 岩谷・渥美, 2001)。そこで、本研究では、カジカ養殖に使用している小型円形水槽を用いたアユカケ養成時期における飼育試験を行い、その実用性および 0 歳魚の成長・成熟状況を調査した。

キーワード：アユカケ、養殖技術、成長率、生残率、成熟率

材料と方法

供試魚には、福井県立大学海洋生物工学研究室で生産された、平均 2.8 g/尾の 0 歳魚のアユカケを用いた。飼育試験は円形水槽 (直径 28 cm、底面積 0.051 m²、水深 15 cm) を 3 面使用し、2017 年 9 月 13 日から 2018 年 1 月 12 日の 4 か月間実施した。飼育には地下水を用い、注水量は 5 L/min とした。飼育期間の水温は 12.6-19.0 °C であった。各円形水槽の飼育尾数は低密度区 (50 尾 : 2.70 kg/m²)、中密度区 (100 尾 : 5.30 kg/m²)、高密度区 (150 尾 : 8.77 kg/m²) と

した。飼育試験期間中は成長段階に応じて海産魚用飼料おとひめ EP1-3 (日清丸紅飼料株式会社) を全ての試験区で飽食となるよう自動給餌機を使用して与えた。成長および生残率を求めるために試験開始日 (2017 年 9 月 13 日) と試験終了日 (2018 年 1 月 12 日) に加え、1 か月に 1 回取り上げ、水槽ごとに生残尾数のカウントを行い、無作為に抽出した 30 個体を麻酔にかけて、1 個体ずつ全長 (1 mm 単位) および体重 (0.1 g 単位) を測定した。なお飼育試験期間中は、疾病予防を目的とした濃度 2%、30 分間の塩水浴を 1 週に 1 回の頻度で実施した。

1 福井県立大学海洋生物資源学部

第1表 水槽別のアユカケ（0歳魚）飼育成績

水槽	試験期間	平均全長（mm）±標準誤差 平均体重（g）±標準誤差		日間成長率 （%/日）※ ¹	1か月あたりの平均 生残率（%/月）※ ²	出典
		開始時	終了時			
小型円形水槽 直径 28 cm	9月13日－ 1月12日	58.6±0.9	88.8±2.2	1.18	92.7	本試験（低密度区）
		2.8±0.1	12.1±0.9			
		57.6±0.7	84.3±1.3	0.95	91.1	本試験（中密度区）
		2.7±0.1	10.0±0.5			
		59.4±0.9	80.1±1.4			
角形水槽※ ³ 1.5 m×1 m	9月5日－ 11月6日	58	79	1.49	95.8	高知県内水面漁業 センター（1996）
		3.13	8.49			
円形水槽※ ⁴ 0.5 m ³	9月1日－ 2月28日	34	52	0.66	90.7	岩谷・渥美（2001）
		0.4	1.6			

※¹ 日間成長率（%/日）は $100 \times \text{平均日間成長量（g/日）} / \text{中間体重（g）}$ を用いて算出

中間体重は（開始時平均体重（g）＋終了時平均体重（g））/2 を使用

※² 1か月あたりの平均生残率（%/月）は $100 \times \left(\left(\text{飼育期間の生残率（\%）} / 100 \right) ^{1 / \text{飼育期間（月）}} \right)$ を用いて算出

※³ シェルター別飼育試験の中で最も飼育成績が良好な区（瓦区）を記載

※⁴ 電照養殖試験のコントロールである自然日長区の飼育成績を記載

また、アユカケの成熟期にあたる試験終了日（2018年1月12日）に満1歳における雄の成熟状況を記録した。雄は成熟期に口腔や鰓などにオレンジ色の婚姻色が現れるため（小島ほか，1999）、これを指標に判断した。なお、雌の成熟は目視の確認による腹部の膨満だけでは確実な判断が困難であった。そのため、成熟雄とその他（雌＋未成熟雄）の2群に分けて比較した。

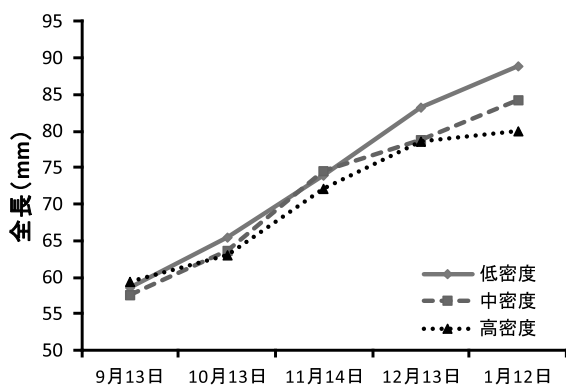
生残率の比較ではフィッシャーの正確確率検定を行い、3群間における3通りの組み合わせの多重比較であることから、ボンフェローニ法による補正後の有意水準（ $p=0.05/3=0.0167$ ）を適用した。全長および体重については、正規性と等分散性を示した9月から11月は、一元配置分散分析およびチューキーのHSD検定による多重比較を実施し、正規性は示したが等分散性を示さなかった12月と1月は、クラスカル・ウォリス検定およびネメニ・ダン検定による多重比較を実施した。

結果および考察

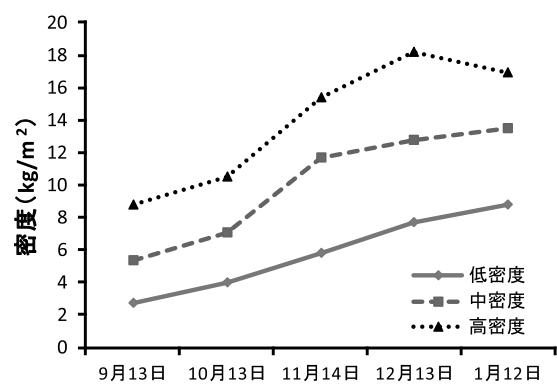
カジカ養殖に使用している小型円形水槽の実用性について検討するため、水槽別のアユカケ0歳魚における飼育成績についてまとめた（第1表）。9月13日から1月12日の120日間において、低密度区では全長51–68mm（平均

58.6mm）、体重1.7–4.2g（平均2.8g）が全長63–115mm（平均88.8mm）、体重5.4–24.3g（平均12.1g）に成長した。その日間成長率は1.18%/日であり、高知県内水面漁業センター（1996）の日間成長率1.49%/日や岩谷・渥美（2001）の日間成長率0.66%/日とは水温条件や供試魚のサイズ等が異なるため、一概には比較できないものの、遜色のない成長率を示した。また、1か月あたりの平均生残率に関して各試験区において低密度区で92.7%、中密度区で91.1%、高密度区で92.1%であり、高知県内水面漁業センター（1996）の95.8%や岩谷・渥美（2001）の90.7%と同程度の成績を示した。したがって、カジカ養殖に使用している小型円形水槽のアユカケ養殖への応用が可能であることが示唆された。

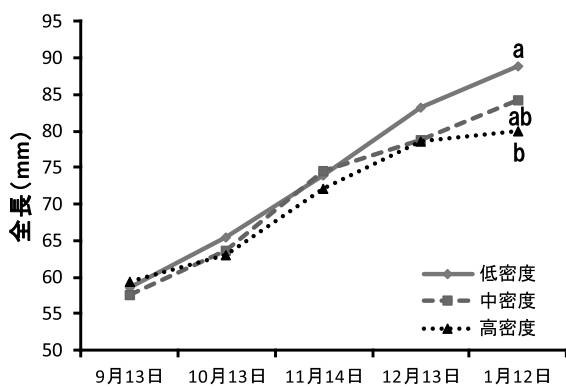
飼育密度試験について、今回、全ての試験区において大量へい死は見られなかった。各試験区の4か月後の生残率は低密度区で74%、中密度区で69%、高密度で72%となった（第1図）。各試験区の間には有意差は認められなかった（フィッシャーの正確確率検定、 $p=0.794-0.967$ ）。次に、全長および体重の推移に関して1ヶ月後は低密度区で全長52–80mm（平均65.5mm）、体重2.0–7.0g（平均4.2g）、中密度区で全長52–74mm（平均63.7mm）、体重2.5–5.6g（平均3.8g）、高密度区で全長55–72mm（平均63.0mm）、体重2.0–5.4g（平均3.7g）に成長した（第2、3図）。2ヶ月後



第1図 飼育密度別の生残率の推移

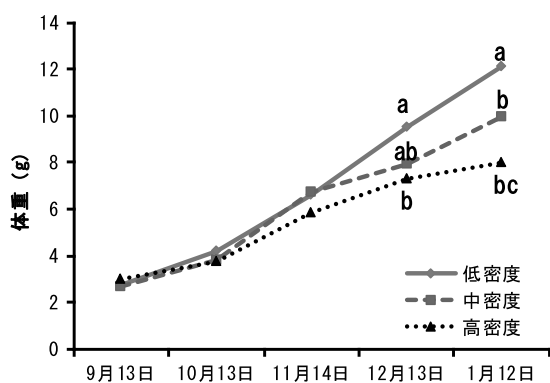


第4図 飼育密度の推移



第2図 飼育密度別の平均全長の推移

アルファベットは有意な差があるもののみ記入。同じアルファベット間には有意な差はない。(ネメニイ・ダン検定の多重比較, $p < 0.05$)



第3図 飼育密度別の平均体重の推移

アルファベットは有意な差があるもののみ記入。同じアルファベット間には有意な差はない。(ネメニイ・ダン検定の多重比較, $p < 0.05$)

は低密度区で全長 55-96mm (平均 74.0mm)、体重 3.4-11.4g (平均 6.6g) 中密度区で全長 60-87mm (平均 74.5mm)、体重 3.1-10.4g (平均 6.7g)、高密度区で全長 56-90mm (平均 72.1mm)、体重 2.4-11.8g (平均 5.8g) に成長した。3ヶ月後は低密度区で全長 68-107mm (平均 83.2mm)、体重 4.3-16.6g (平均 9.5g)、中密度区で全長 66-90mm (平均 78.7mm)、体重 4.4-11.3g (平均 8.0g)、高密度区で全長 63-98mm (平均 78.7mm)、体重 3.5-12.5g (平均 7.3g) に成長した。4ヶ月後は低密度区で全長 63-115mm (平均 88.8mm)、体重 5.4-24.3g (平均 12.1g)、中密度区で全長 68-102mm (平均 84.3mm)、体重 4.8-18.4g (平均 10.0g)、高密度区で全長 69-100mm (平均 80.1mm)、体重 4.1-14.3g (平均 8.0g) に成長した。全長については、試験を始めて3か月後までは有意差が認められなかったものの(一元配置分散分析、 $p=0.189-0.419$)、4か月後に低密度区と高密度区間に有意差が認められた(クラスカル・ウォリス検定、 $p=0.005$ ；ネメニイ・ダン検定による多重比較、 $p=0.004$)。体重については、3か月後に低密度区と高密度区間に有意差が認められ(クラスカル・ウォリス検定、 $p=0.020$ ；ネメニイ・ダン検定による多重比較、 $p=0.016$)、全長に比べて飼育密度の影響が早期に現れた。4か月後は低密度区と高密度区、低密度区と中密度区間に有意差が認められた(クラスカル・ウォリス検定、 $p<0.001$ ；ネメニイ・ダン検定による多重比較、低密度区と高密度区、 $p<0.001$ 、低密度区と中密度区、 $p=0.020$)。また、飼育密度の推移は、低密度区および中密度区においては4ヶ月間増加傾向を示し、4か月目の低密度区の密度は 8.7 kg/m^2 であり、中密度区の密度は 13.5 kg/m^2 であった(第4図)。高密度区においては2か月後の 15.4 kg/m^2 のときまでは成長したが、3か月後の 18.2 kg/m^2 のときには成長が停滞していたことから、0歳魚の飼育密度はおよそ 15 kg/m^2 を超えると成長が遅れることが示唆された。先行研究において

第2表 密度別の雄の成熟状況および全長・体重

	雌雄	尾数 (尾)	平均全長 (mm) ±標準誤差	平均体重(g) ±標準誤差
低密度区	成熟雄	15	84.6±1.9	10.0±0.6
	雌+未成熟雄	15	93.0±3.7	14.2±5.5
中密度区	成熟雄	19	83.2±1.1	9.8±0.5
	雌+未成熟雄	11	86.2±2.9	10.3±3.4
高密度区	成熟雄	11	80.9±1.5	8.2±0.5
	雌+未成熟雄	19	79.6±7.8	8.2±2.6

10kg/m²を超えると成長が遅れることが報告されている（橋本・頼本, 2007）ものの、小型円形水槽を採用することで換水率が向上し、疾病による大量へい死および餌食いの低下を防ぐことが可能となり、より高密度である15kg/m²まで良好な成長を維持できると推察された。

成熟状況調査について密度ごとの雄の成熟状況について第2表に記載した。満1歳の雄において成熟していることが確認でき、成熟雄の最低サイズは全長71mm、体重5.2gであった。竹下ほか（2019）によると、アユカケ0歳魚を高密度（水槽100Lに対して52尾）で飼育するとそのほとんどが満1歳で成熟（雄の成熟率96%）し、未成熟の雄は小型であることが報告されている。本研究の実験区である低密度区、中密度区、高密度区は3区とも、竹下ほか（2019）の条件では高密度区である。今回は、採卵親魚に用いるため、開腹による雌雄判別および成熟度を調査することが出来なかったものの、全ての区を合計した90尾のうち45尾が成熟雄であったことから、雄の大半が成熟していたと見られ、竹下ほか（2019）を支持する結果となったといえる。

今回、飼育密度試験に使用していたアユカケから腹部が膨満していた雌（4尾）と口腔に婚姻色が現れている雄（4尾）を用いて、2018年2月23日に人工授精を試みたが、受精卵のごく少量が発眼卵期まで発生が進んだものの、ふ化には至らなかった。田原・岩谷（2007）によると、このような卵は卵成熟能を獲得していない未熟な卵母細胞か、または卵成熟を完了した卵が卵巣腔内で過熟化した排卵後過熟卵であることから、今後は満1歳魚から正常卵が獲得できるか検討を行う必要があると考えられた。また、仮に正常な卵が得られたとしても満1歳で成熟することは大型化を望む上では長所を欠く。そこで、日長処理による成熟の制御が可能であると報告されており（岩谷・田中, 1999; 黒原ほか, 2000）、岐阜県のような小型円形水槽を用いた養殖では、種苗生産を目的とした通常飼育による親

魚養成用と大型化を目的とした電照による成熟抑制用の2種類の飼育方法に分割し、目的に合わせた養殖手法をとることが望ましいと推察される。

要 約

1. アユカケ養成時期（0歳魚）における飼育試験を小型円形水槽を用いて行い、その実用性および成長・成熟状況を調査した。
2. 小型円形水槽の実用性が示され、0歳魚の飼育密度は15kg/m²が許容量であることが推察された。
3. 小型円形水槽での飼育では、大半の雄が満1歳で成熟していると考えられた。
4. 小型円形水槽を用いた養殖では、種苗生産を目的とした通常飼育による親魚養成用と大型化を目的とした電照による成熟抑制用の2種類の飼育方法に分割し、目的に合わせた養殖手法をとることが望ましいと推察される。

文 献

- 藤井亮吏. 2008. 簡易養殖法によるカジカの特産化. アクアネット, 11: 66-69.
- 藤井亮吏・下村雄志・田原大輔・棗田孝晴・岸 大弼. 2018. 飼育環境におけるカジカ大卵型・中卵型・小卵型の卵および仔稚魚の生残状況. 岐阜県水産研究所研究報告, 63: 7-16.
- Goto, A., R. Yokoyama and I. Kinoshita. 2019. Japanese catadromous fourspine sculpin, *Rheopresbe kazika* (Jordan & Starks) (Pisces: Cottidae), transferred from the genus *Cottus*. Environ. Biol. Fish., in press (DOI 10.1007/10641-019-00921-3).
- 橋本 寛・頼本華子. 2007. IV環境対応型養殖技術開発事業. 平成17年度福井県内水面総合センター事業報告書,

- 11-18.
- 岩谷芳自・渥美正廣. 2001. 特産魚種養殖技術開発事業. 平成 11 年度福井県内水面総合センター事業報告書, 21-28.
- 岩谷芳自・田中直幸. 1999. IV 特産魚種養殖技術開発事業. 平成 9 年度福井県内水面総合センター事業報告書, 18-29.
- 菊池達人・西山 勝・佐伯 昭. 1997. アユカケ増養殖技術開発試験. 平成 7 年度高知県内水面漁業センター事業報告書, 73-141.
- 高知県内水面漁業センター. 1996. 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事業報告書, 5: 199-203.
- 黒原健朗・岡部正也・佐伯 昭. 2000. 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事業報告書, 9: 25-40.
- 向井貴彦. 2017. 岐阜県の魚類. 岐阜新聞社総合メディア局出版室, 岐阜. 214pp.
- 西山 勝・岡部正也・佐伯 昭. 1999. 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事業報告書, 8: 52-77.
- 杉山秀樹. 2015. カマキリ (アユカケ), 環境省 (編), pp. 298-299. レッドデータブック 2014-日本の絶滅のおそれのある野生動物-4 汽水・淡水魚類. ぎょうせい, 東京.
- 鈴木康仁・山田洋雄. 1990. アラレガコ増産技術開発試験. 昭和 63 年度福井県水産試験場事業報告書, 143-158.
- 田原大輔・岩谷芳自. 2007. 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. 水産学会誌, 73: 718-725.
- 竹下直彦・濱田敏範・鳩岡史隆・上原 崇・小木たま・池田 至. 2019. 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.
- 谷村健一・根本 茂. 1997. 特産魚種栽培事業化試験 (アラレガコ). 平成 8 年度福井県水産試験場事業報告書, 89-94.
- 上野幸徳・西山 勝・岡部正也・佐伯 昭. 1998. 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事業報告書, 7: 74-85.
- 山田洋雄・松崎雅之. 1991. アラレガコ増産技術開発試験. 平成元年度福井県水産試験場事業報告書, 134-153.

