

アユ種苗生産における低水温飼育による胸腺の発達と鱗数の比較

芦澤晃彦・倉田 修*

アユ *Plecoglossus altivelis* は内水面漁業において重要な魚種であり、特に遊漁の対象として人気が高い。山梨県では河川横断工作物等により、アユの天然遡上がない河川が大半であり、アユ資源は放流によって保たれている。山梨県水産技術センター（以下、当所）ではアユの種苗生産を行っており、その多くを放流用として出荷している。

アユの種苗生産では通常、成長促進を目的に飼育水の加温が行われる。一方、高水温で飼育したアユは胸腺の発達が抑制されることが知られている¹⁾。胸腺は免疫系に關与する器官であり、発達すると抗病性が高まることが期待される。また、人工産アユは天然産に比べ鱗数が少ないことが知られており²⁾、外観が劣ることが課題となっている。鱗数は飼育初期の環境で変化するものと考えられている。そこで当所の通常の飼育水温より低い温度で飼育を行い、胸腺の発達状況や鱗数、生残率を検討した。

材料及び方法

供試魚

供試する種苗は当所で継代飼育している駿河湾海産系（以下、海産系）と鶴田ダム湖産系（以下、ダム湖産系）とした。2019年10月及び2020年10月に孵化した種苗を用い、当所のアユ種苗生産で使用する池（50 m²、水深0.7m）において飼育を行った。各年ともにふ化直後の水温は18～19℃程度であり、その後徐々に低下していき、2019年度は11月5日、2020年度は10月26日に15℃を下回ったため加温を開始した。通常は加温開始から1次選別後（孵化後約3ヶ月）まではボイラーの設定温度を15℃とし、加温された人工海水中（アレン処方、比重1.0040程度）で循環濾過飼育を行っている（15℃区）。これに加え、孵化直後は設定温度を15℃とするが、循環濾過飼育中に設定温度を12℃へ変更し、1次選別まで加温する池を12℃区として設定した。2019年度は12℃区海産系1池、15℃区海産系2池、12℃区ダム湖産系1池、15℃区ダム湖産系2池とした。2020年度は12℃区海産系1池、15℃区海産系2池、12℃区ダム湖産系1池、15℃区ダム湖産系1池とした。12℃区の設定温度変更は2019年度は孵化後60日目に、2020年度は孵化後45日目に行った。両区とも1次選別後は淡水馴致し、18℃の地下水を掛け流しながら飼育した。掛け流し飼育後の水温は気温の変動に伴い、2～3月は13～17℃程度、4月は15～18℃程度、5月は15～20℃程度で推移した。生物餌料の給餌は両区とも同一としたが、配合飼料の給餌量は摂餌状況により適宜調整した。

胸腺体積の測定

胸腺体積の測定は日本獣医生命科学大学において行い、2019年10月に孵化したアユを用いた。海産系12℃区は孵化後217日目、海産系15℃区は孵化後219日目、ダム湖産系12℃区は孵化後207日目、ダム湖産系15℃区は孵化後208日目にそれぞれの飼育群のアユ10尾ずつをFA100（DSファーマアニマルヘルス（株））で麻酔後、体長を測定し、10%リン酸緩衝ホルマリン液で固定した。固定魚を2.5%リンモリブデン酸水溶液に6日間暗所で浸漬した後、蒸留水で5分間の水洗を3回行い、撮影に供した。撮影は実験動物用X線CT装置（日立（株）、Latheta LCT-100A）を用いて行った。画像解析にはオープンソース画像解析ソフトHoros（v2.2.0）を用い、胸腺の体積を計測した。個体毎の胸腺体積比を以下の計算式で求めた。

$$\text{胸腺体積比} = \text{胸腺体積} / \text{体長}$$

Ashizawa Akihiko, Kurata Osamu* 日本獣医生命科学大学獣医学部獣医学科

側線上方横列鱗数の計数

側線上方横列鱗数の計数には2020年10月に孵化した海産系のアユを用いた。両区ともに孵化後225日目に各飼育池から採取し、計数を行うまで -20°C 以下で凍結保存した。各区10尾を計数に用いた。1%メチレンブルー溶液を用いて体側部を染色し、背鰭第5条基部から側線にかけての鱗数を実顕微鏡下で計数した。

成長測定及び生残率の算出

孵化日を起点におよそ10日毎に各池の成長測定を行った。成長測定は池からランダムに仔魚を採取し、濾紙で水分を除去した後に30尾の重さをまとめて分析天秤（株）エーアンドデイ：AJ180）で測定し、尾数で割り戻した数値を各池の平均体重とした。平均体重が0.4gを超える頃を目安に1次選別を実施した。1次選別後に各池の生残率を以下の計算式で算出した。

$$\text{生残率} = \text{1次選別取り上げ尾数} / \text{収容尾数} \times 100$$

結果

胸腺体積比の比較

胸腺の測定に供したアユの体長、胸腺体積及び胸腺体積比を表1に示した。各系統毎に胸腺体積比を比較した結果を図1に示した。どちらの系統においても 12°C 区の方が 15°C 区に比べて胸腺体積比が有意に高かった。

表1 12°C 及び 15°C で飼育されたアユの体長、胸腺体積及び胸腺体積比

	駿河湾海産系		鶴田ダム湖産系	
	12°C 飼育区	15°C 飼育区	12°C 飼育区	15°C 飼育区
体長 (cm)	8.0 ± 0.5	7.9 ± 0.6	7.4 ± 0.6	7.7 ± 0.5
胸腺体積 (mm^3)	0.770 ± 0.207	0.535 ± 0.200	0.306 ± 0.111	0.146 ± 0.070
胸腺体積比	0.10 ± 0.03	0.07 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.02 ± 0.01

※表記は平均±標準偏差

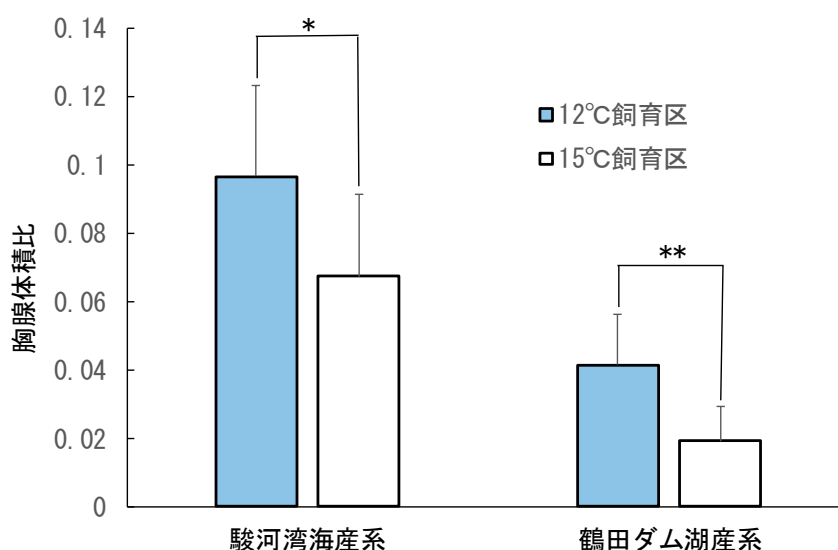


図1 12°C 及び 15°C で飼育されたアユの胸腺体積比の比較

(* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$ スチューデントの t 検定)

側線上方横列鱗数の比較

側線上方横列鱗数の計数結果を表 2 に示した。海産系の側線上方横列鱗数は 12℃区の方が 15℃区に比べて有意に多かった。

表 2 12℃及び 15℃で飼育された駿河湾海産系アユの魚体測定結果

	全長 (mm)	体重 (g)	側線上方横列鱗数 (背鰭第5条基部)
12℃飼育区	105±11 (94-127)	9.1±2.9 (6.6-14.8)	16.9±0.9 (16-18)
15℃飼育区	106±8 (93-120)	9.3±2.3 (6.2-13.6)	15.6±0.8 (14-17)

※表記は平均±標準偏差 (範囲)

※側線上方横列鱗数は両区に有意差あり ($p < 0.01$ スチューデントの t 検定)

成長及び生残率

2019 年度の成長測定結果を図 2, 2020 年度の成長測定結果を図 3 に示した。各年度の 15℃区海産系は 2 池の平均値を示した。2019 年度の 15℃区ダム湖産系は 1 池で孵化後 43 日目から原因不明の摂餌不良があり、給餌量を大幅に減らしたため成長測定結果からは除外した。2019 年度は設定温度変更時 (孵化後 60 日目) は各系統とも 15℃区より 12℃区の方が高い値を示したが、孵化後約 80 日目には同程度の値となった。2020 年度は設定温度変更前 (孵化後約 40 日目) は各系統とも 12℃区と 15℃区で同程度の値であったが、孵化後約 80 日目には 12℃区より 15℃区の方が高い値となった。

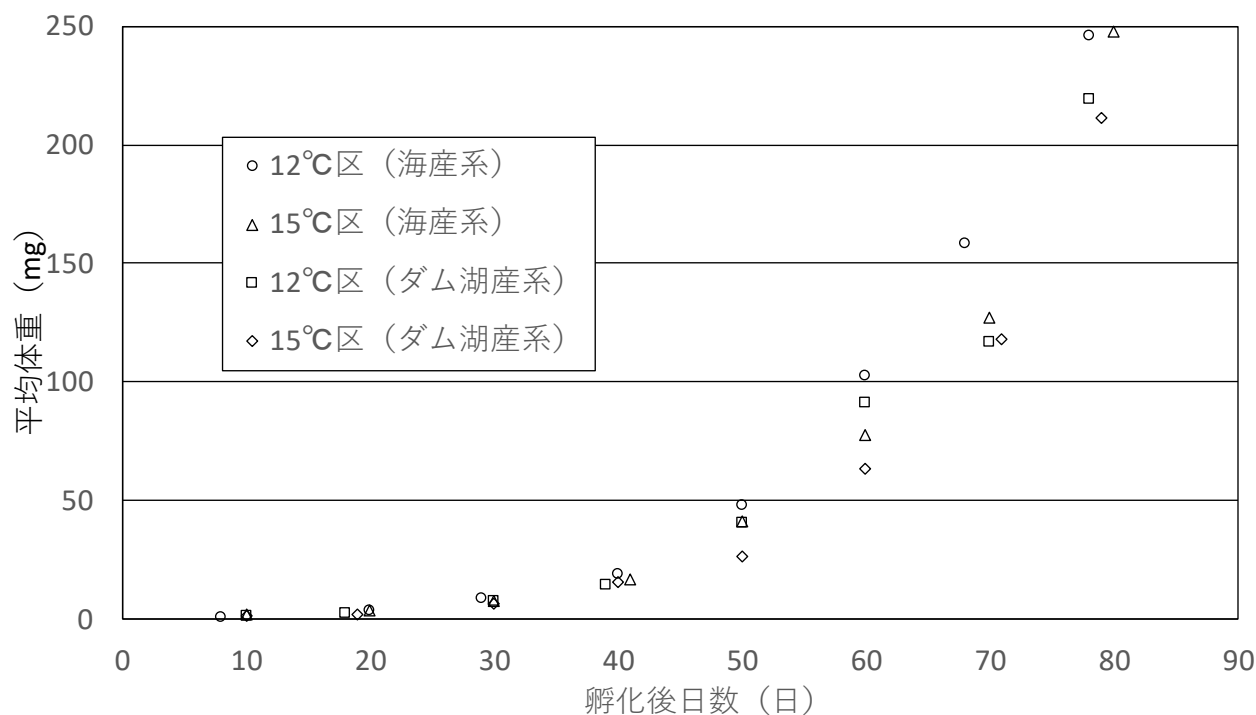


図 2 2019 年度の成長測定結果

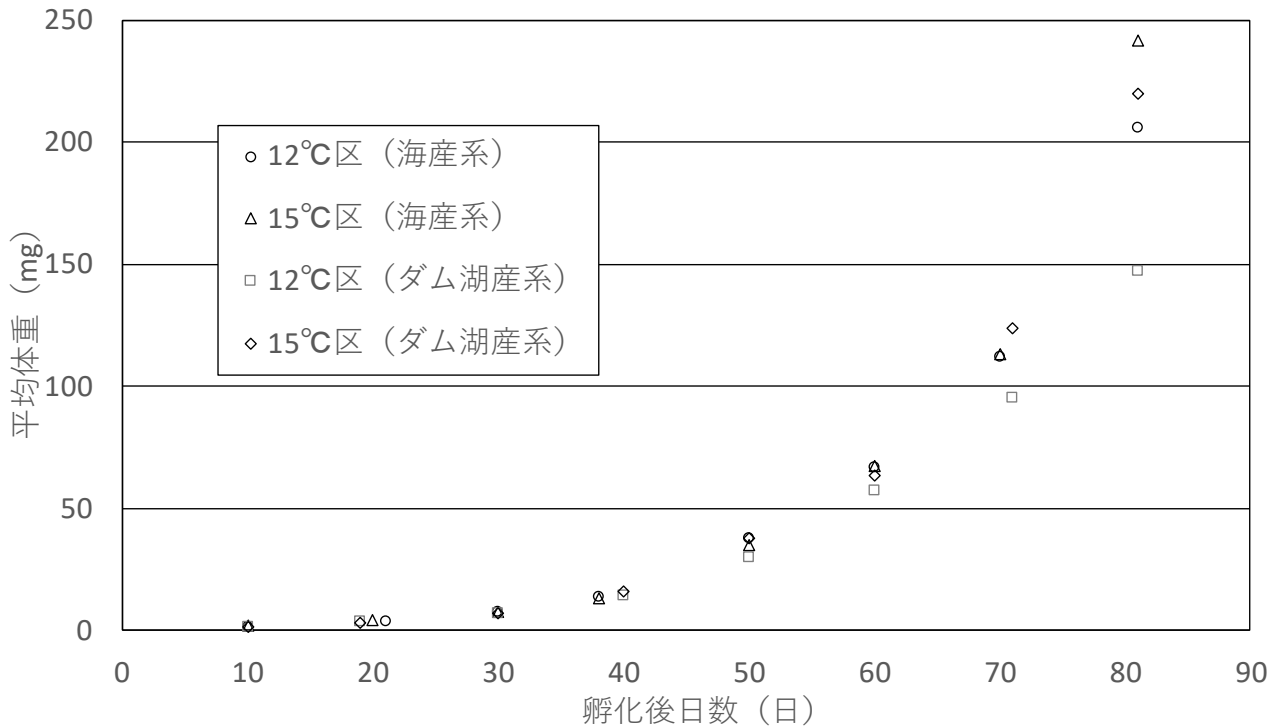


図3 2020年度の成長測定結果

2019年度及び2020年度の1次選別までの各池の生残率を表3に示した。12°C飼育区は、15°C飼育区は生残率の範囲内であった。孵化から1次選別までの日数は、2019年度海産系で、15°C区が93～99日であったのに対し、12°C区は112日であった。2019年度ダム湖産系は、15°C区が94～101日であったのに対し、12°C区は114日であった。2020年度海産系は、15°C区が87～101日であったのに対し、12°C区は114日であった。2020年度ダム湖産系は、15°C区が109日であったのに対し、12°C区は116日であった。いずれも12°C区は孵化から1次選別までの日数が最も長かった。

表3 2019年度及び2020年度の池毎の水溫別飼育による生残率 (単位：%)

	12°C飼育区		15°C飼育区			
	33号池	35号池	31号池	32号池	34号池	36号池
2019年	29.8	46.7	42.2	77.8	26.8	65.0
2020年	32.6	52.8	47.2	48.8		32.0

考察

当所のアユ種苗生産現場においては、淡水化以降は地下水の掛け流しとなり、低水温を維持することが困難であり、加温飼育を行っている循環濾過飼育期でなければ事業規模での低水温飼育は難しい。これまでに飼育水温と胸腺の発達に関する報告は複数^{1,4)}あるが、体重0.5g未満のアユを用いた例は無い。今回、仔魚期においても飼育水温が胸腺の発達に影響を与えることが明らかとなった。このことにより、従来より胸腺が発達したアユを当所の事業規模で生産できることが示された。胸腺の発達が抑制されたアユは細菌性冷水病に対する抗病性が低下することが示唆されており^{3,4)}、胸腺が発達したアユを放流種苗として出荷することは重要である。また、飼育水温が鱗の細か

さに影響を与える可能性が示唆された。鱗が細かく見た目がきれいなアユを好む釣り人も少なくない。これらのことから、低水温飼育を取り入れることで胸腺の発達により抗病性の向上が期待できるとともに、鱗が細くなることでアユの外観が良くなるため、当所産アユ種苗の高品質化が図れると考えられる。

一方で鱗数は従来よりは改善されたものの、既報⁹⁾では天然アユの背鰭第5条上方横列鱗数は平均18.3枚であり、今回の結果は平均16.9枚となり、天然アユには及ばない。また、鱗数については飼育水温に加え、飼育密度などの影響も受ける可能性があることから、鱗数に及ぼす他の環境要因についても検討を行う必要がある。

種苗生産においては初期の生残率が重要であるが、12℃区は15℃区が生残率の範囲内であった。経験上、孵化後1ヶ月半までが最も減耗が多い時期であり、今回の試験では最短で孵化後45日目から水温を下げているため、生残率には影響を与えなかったと考えられる。しかし、水温を下げることで摂餌行動が緩慢になる様子がみられた。そのため、給餌量を減らすこととなり、それに伴い成長が遅れ、孵化から1次選別までの日数が伸びる結果となったと考えられる。今後、低水温で飼育を行っていく上で過給餌には注意が必要である。

要約

1. 当所のアユ種苗生産で使用する池において通常水温（15℃）に加え、仔魚期から淡水化まで低水温（12℃）での飼育を行った。
2. 当所で保有する2系統（駿河湾海産系・鶴田ダム湖産系）とも、12℃飼育区は15℃飼育区に比べ、胸腺の体積比が有意に大きくなる。
3. 駿河湾海産系について、背鰭第5条側線上方横列鱗数を比較したところ、12℃飼育区は15℃飼育区に比べ有意に多い。
4. 12℃飼育区が生残率は、15℃飼育区が生残率の範囲内であった。

文献

- 1) Takada, Y., Taguchi, K., Suzuki, K., Ashizawa, A., Kaji, K., Watanabe, S., Wada, S., Kurata, O.. (2020) : Subsequent Changes in the Thymus of Ayu *Plecoglossus altivelis* Reared from Juveniles with Temperature-induced Differential Thymus Growth. *Fish Pathology*, 55, 31-37.
- 2) 原日出夫・山本充孝・村木誠一・三輪理 (2006) : 飼育水温および飼育密度がアユの胸腺の発達に与える影響 . 日本水産学会誌, 72, 182-185.
- 3) 加藤豪司・中島隼人・佐野元彦・鈴木究真・神澤裕平・田口仰星・高田優三・倉田修 (2022) : 高水温で飼育したアユの細菌性冷水病に対する抵抗性および免疫応答. 令和4年度日本魚病学会春季大会講演要旨集, 日本魚病学会, 30.
- 4) 中島隼人・鈴木究真・倉田修・田口仰星・佐野元彦・加藤豪司 (2018) : 異なる飼育水温で生産されたアユの細菌性冷水病に対する抵抗性について. 平成30年度日本魚病学会春季大会講演要旨集, 日本魚病学会, 28.
- 5) 占部敦史・海野徹也 (2018) : 人口および天然アユにおける計数形質の比較. 日本水産学会誌, 84, 70-80.