

ホンモロコの初期成長に及ぼす飼育水温の影響

藤岡康弘

Effects of rearing temperatures on juvenile growth of
honmoroko *Gnathopogon caerulescense*

Fujioka Yasuhiro

The honmoroko of six broods were reared in four different water temperatures (20, 25, 30 and 34°C) from 10 days to 80 days after hatching and compared with the early growth. The fast growth was seen in four broods when the fish were reared in 25°C and in another two broods in 30°C. Difference of the growth between female and male was hardly seen at 100 days after hatching. The deformed fish appeared in the 34°C and gonadal development of the fish reared in this temperature remained at an early stage. These results suggest that the most suitable temperature for the early growth is 25~30°C, and the 34°C is inadequate for the early growth in honmoroko.

キーワード：ホンモロコ・水温・成長・琵琶湖固有種・雌雄

ホンモロコ *Gnathopogon caerulescense* はコイ科の琵琶湖の固有種で、多くがふ化後1年で成熟して繁殖に参加するとともに、寿命は大半の個体が1~2年と言われている。^{1,2)} 本種は琵琶湖漁業において重要な水産資源の一つとなっており、冬季に沖合の深層域で沖曳網とよばれる底曳網の一種で漁獲されるほか、早春には産卵回遊により湖岸に来遊した親魚が刺網で漁獲される。ホンモロコの漁獲量は年間200tから300tであったが、1995年以降に急激に低下して現在も低迷した状態が続いている。³⁾ この資源低下原因は、オオクチバスやブルーギルなどの有害外来魚による食害に加えて、産卵期における水位の人工的な変動によるものではないかと推測されているが、まだその詳細は明らかになっていない。ホンモロコ資源を回復させるため、種苗放流や産卵繁殖場の造成などこれまでの増殖対策に加えて、2006年度からは本格的な資源回復対策が開始されている。これは本種が年魚に近い生態をもつことから、ふ化後の稚魚を大量に放流して一気に資源回復を図ろうとするものである。一方、休耕田等を用いた本種の養殖も各地で行われ始めており、今後は養殖魚種として重要な位置づけを得るものと考えられる。本種の生態については、琵琶湖における生活史の概要^{1,2)} や個体群変動の要因、⁴⁻⁸⁾ 生殖生理、^{9,10)} あるいは性決定要因^{11,12)} などについての報告がなされているが、

基本的な成長に及ぼす環境の影響についてはこれまで研究がなされていない。そこで本報ではホンモロコの初期成長に及ぼす水温の影響について検討したのでその結果を報告する。

材料および方法

本実験に使用したホンモロコは数代にわたり滋賀県水産試験場で経代飼育している個体で、その成熟した満2年魚の雌親4尾(体重9-13g)に人由来のゴナドトロピン(日本帝国臓器社製)を採卵の10時間前に腹腔に各個体100IUを注射して採卵を行った。また同様に成熟した雄親4尾(7-9g)を用意し、親魚毎に採卵し3尾の雌親の卵には1尾の雄親からの精子を受精させた(それぞれA-C群)。残る1尾の雌親の卵は約700個ずつ3つに分割し、上記とは異なる雄親3尾からの精子をそれぞれ受精させた(それぞれD-F群)。各受精卵はふ化まで19.5±0.4°C(平均値±SD)で培養し、一部の卵についてふ化率を計測した。各群のふ化仔魚は容積30Lの丸形のパンライト水槽に放養して19.6±0.3°Cの水温の元で主に動物プランクトンのワムシを与えて飼育した。ふ化後10日に各群の稚魚を4つに分け、それぞれを20°C、25°C、30°Cおよび34°Cの4つの水温区で動物プランクトンのミジン

コヤそのノープリウスを1日1回午前中に十分量を与えてふ化後80日まで飼育した。その後20日間は20℃でコイ用の人工配合飼料を与えて飼育し、ふ化後100日に各群の63~82尾を取り上げ10%ホルマリンで固定した。各群各水温区の飼育魚は、ふ化後50日および80日にもそれぞれ10尾から25尾をそれぞれから取り上げて10%ホルマリンで固定し、2ヶ月以上経過して後に標準体長(以降、体長)を測定した。また、ふ化後100日の標本については、実体顕微鏡下で解剖して生殖腺を取り出し、顕微鏡下で100倍から200倍に拡大して観察し、雌雄の性別判定を行った。

ふ化後100日の稚魚の体長は、各標本の分散が等しかったことから等分散の場合のt検定を使用して比較した。

なお、本実験はホンモロコの水温が性比に及ぼす影響についての実験を行った際に集めたデータを水温と成長に焦点をあてて分析したものであり、その詳細はFujioka (2001)¹⁰に示した通りである。

結 果

各群各水温区の飼育尾数の変化をTable 1に示した。ふ化後10日の飼育数は、A、BおよびC群は基本的に200尾としたがA群では20℃区で230尾、C群の30℃区で150尾と他区と差があった。この差はふ化後100日まで継続した。また、D、EおよびF群ではふ化後10日の飼育数を基本的に150尾とし水温区によっては160尾または170

Table 1. Changes in number of the rearing fish in each brood

Brood	Temperature(°C)	Days after hatching			
		10	50	80	100
A	20	230	216	205	148
	25	200	199	178	139
	30	200	154	136	110
	34	200	172	153	122
B	20	220	208	184	149
	25	220	207	192	151
	30	200	198	182	149
C	34	200	175	142	122
	20	200	195	176	139
	25	200	187	169	139
	30	150	135	121	101
D	34	200	170	143	116
	20	150	149	133	98
	25	170	161	142	111
	30	160	153	136	111
E	34	150	141	99	77
	20	150	149	128	100
	25	160	151	133	103
	30	150	142	127	102
F	34	150	146	124	103
	20	150	0	0	0
	25	160	151	133	103
	30	160	157	142	117
F	34	150	144	0	0

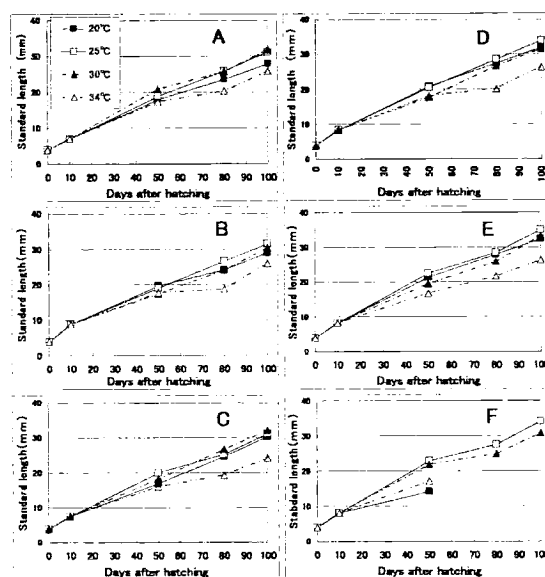


Fig. 1. Comparisons of the growth of each brood reared in four temperatures during 70 days after 10 days hatching. The fish was reared at 20 °C from the day 80 to the day 100 after hatching.

尾としたが、F群の20℃区および34℃区ではそれぞれふ化後20日および60日頃に病気の発生により死滅した。

各群の各水温区における平均体長の変化を見ると (Fig. 1)、各群の各水温区とも34℃区を除いてほぼ直線的に増加した。34℃区では、E区を除いてふ化後50日以降の成長線の傾斜が緩くなる傾向が認められた。また、各群とも水温区により成長が異なる傾向が認められた。なお、F群の20℃区および34℃区はふ化後10日あるいは50日以降に病気により多数の実験魚が死亡したため資料が得られなかった。なお、ふ化後80日目から100日目には各水温区とも20℃で飼育したが、この間の成長は、各群とも34℃区で成長線の傾きが大きくなる傾向が認められたが、E群の20℃と30℃の関係を除いて各区の平均値が入れ替わるものはなかった。

ふ化後100日目における各群の各水温区における平均体長をFig. 2に示した。F群を除き各群とも20℃区に比較して25℃区あるいは30℃区の値との間で有意差 (0.1~5%の危険率) が認められ20℃区よりも体長が大きかった。逆に34℃区は5群とも20℃区より有意 (0.1%の危険率) に体長が小さかった。各群の25℃区および30℃区を比較すると、AおよびC群では有意差が認められなかった ($p > 0.05$) が、他の4群では有意差があり、いずれも25℃区の体長が大きかった。

雌雄の出現したA~DおよびF群とE群の一部の区について雌雄別の平均体長を比較すると (Fig. 3)、同じ水温区内の雌雄で有意差 ($p < 0.001 \sim 0.002$) が認められたの

はC群の25℃区とD群の34℃区のみで、あとの群は有意

その割合が6～24%に達した (Table 2)。

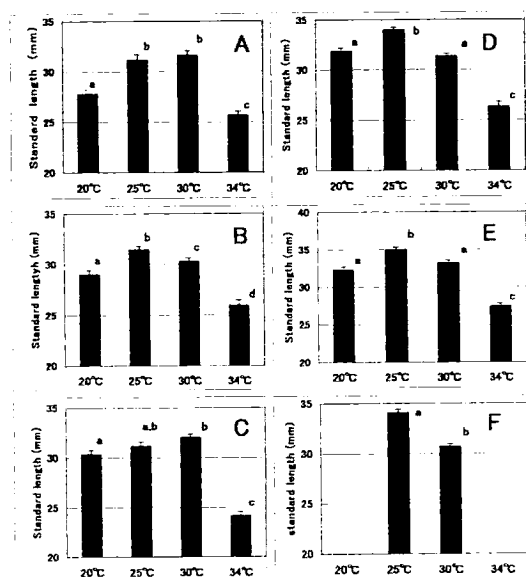


Fig. 2. Comparisons of average standard length of the broods reared in each temperature at the day 100 after hatching. Different letters indicate significantly different at $p < 0.01$ or $p < 0.05$.

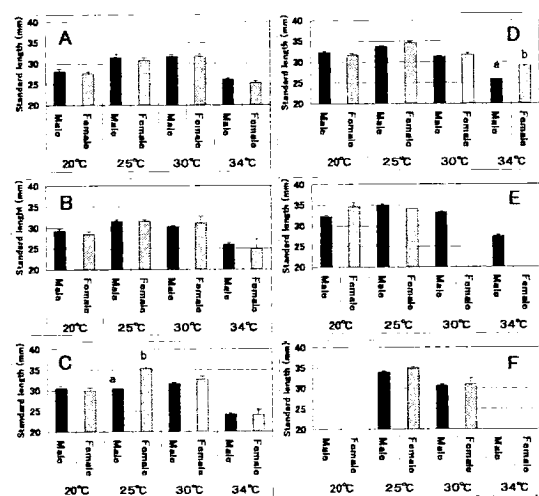


Fig. 3. Comparison of average standard length of each brood at the day 100 after hatching. Different letters indicate significantly different at $p < 0.01$.

Brood	Temperature(°C)	Number of deformed fish	Total number of fish	deformed fish (%)
A	34	6	81	7.41
B	34	13	80	16.25
C	30	1	72	1.39
C	34	20	83	24.10
D	30	2	80	2.50
D	34	10	65	15.67
E	34	5	81	6.17

差 ($p > 0.05$) が認められなかった。

実験終了時 (ふ化後 100 日) において、生残した全ての群の 34℃区および C・D 群の 30℃区で背鰭後方部で体が「く」の字に変形した異形魚が認められ、34℃区では

考 察

魚類の成長には餌料や水温、水質、光、あるいは密度や成熟、遺伝など多様な要因が影響していることが知られている。^{13,14)} 中でも水温は、餌とともに成長を支配する基本的な要因であり、ある閾値を越えて飼育水温が低下すると成長がほとんど停止することは日常的に経験することである。今回行ったホンモロコでは、ふ化後 10 日から 70 日間 20～34℃の範囲で飼育した場合、ふ化後 100 日の成長で見ると 5 例中 3 例で 25℃の成長が最も速く、その他 2 例では 30℃の成長が良かった。また、34℃では明らかに成長が遅かった。以上の結果からホンモロコの稚魚期に最も速い成長をもたらす水温は 25～30℃の間にあるものと考えられた。ところで、ホンモロコの産卵時期は 4 月初旬から 7 月上旬であり、ふ化した仔稚魚は琵琶湖沿岸部で 9 月頃まで生育するが、この間の水温はおおよそ 10～30℃である。また、産卵盛期は 4 月中旬から 6 月上旬で、ふ化までに 10 日ほどを要することから仔稚魚が生育する水温は琵琶湖沿岸部の 5 月から 7 月の水温である 13～25℃であると推測される。したがって今回の実験で成長の最も速かった 25～30℃は、天然での生息水温の上限值にあっている。

本実験では親の組み合わせの異なる 6 組の一腹仔を供試魚として用いたが、各水温における成長が各群で相違がみられ、A および C 群では 34℃区を除き水温の上昇に伴って成長が速くなる傾向が見られたが、B および E 群では 25℃をピークに 30℃ > 20℃であり、D 群では 20℃ > 30℃であった。このような水温と成長が示すパターンの相違は、親魚の遺伝的な影響を受けている可能性があるものと考えられる。

20～34℃におけるホンモロコの平均的な成長を見るため各水温区の 6 腹仔の体長の平均値の変化を Fig. 4 に示した。34℃区を除いて 20～30℃で飼育したホンモロコの成長差はふ化後 80 日で 1.5mm でその値は小さいものであった。一方、ふ化後 13, 16 および 19℃で飼育されたヒラメ *Palalichthys olivaceus* では、全長 20mm に達するのにそれぞれ 79 日、44 日および 33 日を要し 19℃の飼育に対し 13℃では 2 倍以上の日数が必要であると報告されている。¹⁵⁾ また、クロソイ *Sebastes schlegeli* では、10～24℃の 5 段階でふ化後 40 日間飼育すると、18～24℃では成長に大きな差はないが、14℃以下では成長率が大幅

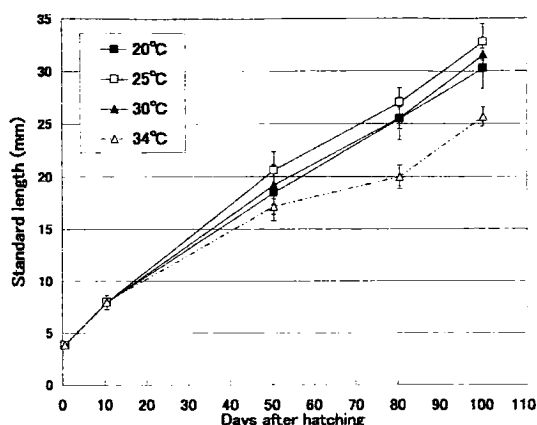


Fig. 4. Patterns of the growth in each temperature during 80 days after hatching. Each symbols represent the average of 6 broods, and vertical lines show standard deviation. The fish was reared at 20°C after 80 days hatching.

に低下することが示されている。¹⁶⁾ 以上のことから、ホンモロコの場合、その初期成長に20~30°Cの範囲の飼育水温は成長に影響を及ぼすものの、大きな差は表れないものと考えられる。

魚類には雌雄で成長に差が認められる種が比較的多く見られるが、ホンモロコにおいても雌雄で若干の差が存在するとされている。今回の実験でふ化後100日の各水温飼育の雌雄の成長差を検討したところ、1例(C群の25°C区)を除いて有意な雌雄差は認められなかった。

本実験においてホンモロコの稚魚を34°Cで飼育すると成長率が低下するばかりではなく異形魚が6~24%と比較的高い割合で出現した。また、34°Cで飼育した雌個体の生殖腺は未発達の状態に留まって、異常な卵母細胞を形成していることが報告されている。¹¹⁾ これらのことから、34°Cはホンモロコの生育にとって生理的な限界を超えているものと考えられる。

謝 辞

本実験を実施するにあたり滋賀県水産試験場の職員の方々には種々の便宜を図っていただき、厚くお礼を申し上げます。

要 約

- 1) 親の組み合わせが異なる6組の1腹仔を用いて、ホンモロコ稚魚をふ化後10日から70日間にわたり20、25、30および34°Cの水温で飼育し、100日目の成長を比較した。
- 2) ホンモロコの初期成長は飼育水温によって大きく影

響を受け、各水温間で有意差が認められた。

3) 25°Cの場合には6例中4例で、30°Cの場合には2例で成長が最も速い、最も速い初期成長をもたらす水温は、25~30°Cにあるものと考えられた。

4) 100日目における体長の雌雄差を比較したところ、1例を除いて各飼育水温とも有意差は認められなかった。

5) 親の組み合わせによって各水温における成長の早さが異なっており、水温と成長の関係には遺伝的な影響があるものと考えられた。

6) 34°Cで飼育すると成長が遅れ異形魚が比較的多く出現するとともに、生殖腺が未発達な状態で留まっていたことから、34°Cはホンモロコの生理的な限界を超えているものと考えられた。

文 献

- 1) 中村守純(1949): 琵琶湖産ホンモロコの生活史, 日本水誌, 15, 88-96.
- 2) 中村守純(1969): ホンモロコ, 日本のコイ科魚類, 財団法人資源科学研究所, 東京, pp. 117-125.
- 3) 藤岡康弘(2002): ホンモロコ *Gnathopogon caerulescens* の増養殖研究の現状と課題, 滋賀水試研報, 48, 47-56.
- 4) 牧岩男(1966): びわ湖のホンモロコ個体群における変動要因の解析, I. 生活環のどの位置が個体群の年変動に関係しているか, 日生態誌, 16, 183-190.
- 5) 牧岩男(1966): びわ湖のホンモロコ個体群における変動要因の解析, II. 冬期の個体群変動の要因解析の試み, 日生態誌, 16, 254-264.
- 6) 牧岩男(1966): びわ湖のホンモロコ個体群における変動要因の解析, III. 0+年魚における体内脂肪含有量の季節変化と“越冬”について, 日生態誌, 17, 199-205.
- 7) 牧岩男(1966): びわ湖のホンモロコ個体群における変動要因の解析, IV. ふたたび, 年変動に関係する生活環上の位置について, 日生態誌, 18, 112-119.
- 8) 牧岩男(1966): びわ湖のホンモロコ個体群における変動要因の解析, V. 0+年魚における成長の年変動と越冬期における個体群の年変動の関係, 日生態誌, 18, 158-1166.
- 9) 奥沢公一・古川清・会田勝美・羽生功(1986): ホンモロコ *Gnathopogon elongates caerulescens* の生殖年周期, 日本水誌, 52, 1957-1960.

- 10) 奥沢公一・古川清・会田勝美・羽生功(1991) : 非繁殖期におけるコイ科魚類ホンモロコ *Gnathopogon caerulescens* の光周反応, 養殖研報, 19, 11-16.
- 11) Fujioka, Y. (2001) : Thermolabile sex determination in honmoroko, J. Fish Bio., 59, 851-861.
- 12) Fujioka, Y. (2006) : Patterns of sex ratio response to water temperature during sex determination in honmoroko, Fisheries science., 72, 1034-1041.
- 13) Brett, J. R. (1979) : Environmental factors and growth, Bioenergetics and growth, Fish physiology, Vol. 8, Academic Press, London, pp. 599-675.
- 14) 塚本勝巳(1989) : 仔稚魚の成長, 魚類の成熟、発生、成長とその制御, 水族繁殖学, 緑書房, pp. 239-289.
- 15) Seikai, T., J. B. Tanangonan and M. Tanaka (1986) : Temperature influence on larval growth and metamorphosis of the Japanese flounder *Palalichthys olivaceus* in the laboratory, Bull. J. Soc. Sci. Fish., 52(6), 977-982.
- 16) Chin, B., M. Nakagawa and Y. Yamashita (2007) : Effects of feeding and temperature on survival and growth of larval black rockfish *Sebastes schlegelii* in rearing conditions, Aquaculture Sci., 55(4), 619-627.

