

深層水を用いたヒラメ養殖実証試験 II 異なる水温下で飼育したヒラメの成長

岡村雄吾

【目的】

深層水を用いた魚類高密度養殖の実現が、その高い取水コストゆえに求められている。効率的な養殖の実施のためには、成長及び生残に最も影響を及ぼす飼育環境条件である水温、溶存酸素量について最適値を検討する必要がある。

そこで、本報ではヒラメをモデル対象種とし、異なる水温下で成長等を調査し、最適な飼育水温を明らかにするとともに、深層水を活用した飼育適水温維持可能期間を把握することを目的とした。

【材料と方法】

実験区の設定は16℃区、18℃区、20℃区、22℃区及び24℃区とした。18～24℃区の水温は深層水と表層水を用いた温度制御装置（海洋科学技術センター設置、清水建設株式会社製作）を利用して自動制御し、16℃区では深層水と表層水の混合比を手動で制御して行った。飼育水温の測定は、T型熱電対とデータロガーを用いて1時間毎に実施し、さらに棒状水銀温度計により1日2回の測定を併用した。

実験に用いた水槽は、16℃区では2kl角形FRP水槽（有効水量1.5kl）、18～24℃区では1kl円形黒色ポリエチレン水槽（有効水量700l）であり、それぞれ1日あたり水槽容量の34倍の調温した海水を注水した。また、各水槽に2個のエアストーンを設置し、強い曝気を施した。

実験に使用したヒラメは、高知県栽培漁業センターで放流用として種苗生産されたものを譲り受け、当研究所でイカナゴを餌料として試験開始まで育成してきたものを用いた。実験開始時に平均全長196.3～198.0mm、平均体重89.9～91.9gの供試魚を20尾ずつ水槽に収容した。

実験期間中の餌は、総合ビタミン剤を規定量添

加したイカナゴとし、原則として1日2回、午前9時頃と午後4時30分頃に残餌が必ず出る量を与えた。残餌の回収は午後1時頃と翌朝8時頃に行い、それぞれ回収した重量を予め求めておいた残餌放置中の重量減少係数で補正し、摂餌量を求めた。40日間の実験期間中、19日目は翌日の測定のため午前からのみの1回給餌、39日目と40日目は体重測定のため無給餌とした。

全長及び体重の測定は開始時及び終了時に、250～300ppmの2-フェノキシエタノール溶液で麻酔し、全数行った。日間摂餌率、日間増重率、増肉係数及び餌料効率は次式で求めた。

$$\text{日間摂餌率(\%)} = F / \{ N \cdot t \cdot (W_o + W_t) / 2 \}$$

$$\text{日間増重率(\%)} = (W_t - W_o) / \{ t \cdot (W_o + W_t) / 2 \} \times 100$$

$$\text{増肉係数} = F / (W_t - W_o)$$

$$\text{餌料効率(\%)} = (W_t - W_o) / F \times 100$$

ここで、 W_o と W_t は、それぞれ実験開始時及び終了時の平均体重(g)、 F は期間中の総摂餌量(g)、 N は期間中の尾数、 t は飼育日数を示す。

飼育適水温維持期間の推定に用いた深層水と表層水の取水温度の日間平均値は、モニタリング装置に記録・算出された値を用いた。

【結果】

実験水温

実験期間中の平均水温は16℃区では16.0℃、18℃区では18.0℃、20℃区では20.0℃、22℃区では21.9℃及び24℃区では23.9℃であり、ほぼ設定水温どおりに制御できた。

16℃区では、手動による水温調節であったため、頻繁なバルブ操作が必要であった。そのため、15.3～18.1℃の範囲で水温が変動した。一方、18～24℃区は温度制御装置による自動調温のため、

設定水温±0.5℃程度の変動幅であった。ただし、温度制御装置の温度センサーは調温水吐き出し部にあるため、約7 m離れた場所に設置していた飼育水槽の水温との間には配管及び飼育水槽中での昇温のため日中では0.5℃、夜間で0.2℃程度の差ができた。この差を補正するために、温度制御装置の設定温度を朝夕2回変更する必要があった。

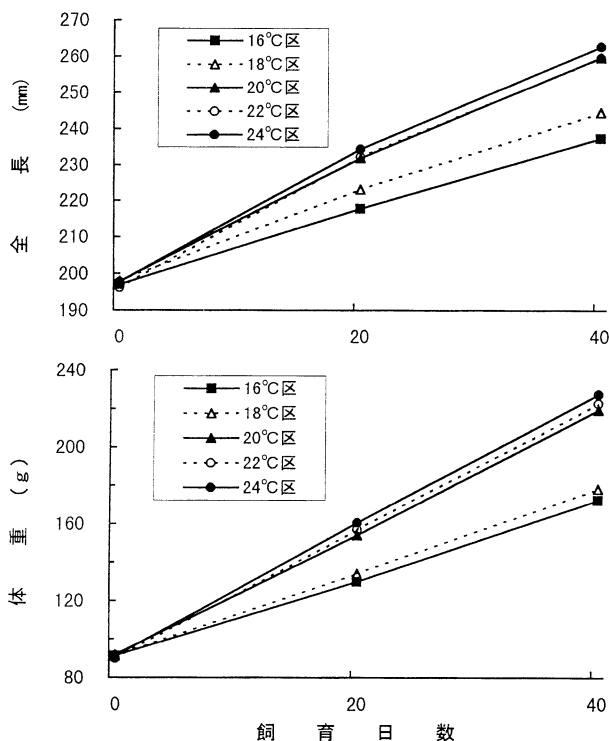


図1 各水温区における全長と体重の推移 (上段：全長、下段：体重)

生残及び成長

実験期間中にヒラメの死亡はなく、全実験区とも生残率は100%であった。

各実験区におけるヒラメの全長及び体重の推移を図1に示した。実験終了時の平均全長及び平均体重は24℃区では26.3cm及び227.4g、22℃区では26.0cm及び222.8g、20℃区では26.0cm及び219.2g、18℃区では24.5cm及び178.2g、16℃区では23.7cm及び172.3gであり、全長及び体重とも24℃区が最も大きく、16℃区が全長及び体重とも最も小さかった。

実験終了時における各実験区の全長と体重の間には、20℃区から24℃区のいずれの実験区も16・

18℃区に対して有意に大きかったが (p < 0.01、Tukeyの多重比較)、16℃区と18℃区の間ならびに20℃区から24℃区の間には有意差がなかった。

日間摂餌率及び日間増重率

各実験区の日間摂餌率及び日間増重率を表1に示した。

日間摂餌率は実験前半では6.13～9.23%の範囲にあり、水温が高い実験区ほど大きかった。実験後半のそれは4.95～6.03%の範囲にあり、最大は22℃区、最小は18℃区であった。全期間をとしてみた場合、5.47～7.28%の範囲であった。

日間増重率は実験前半では1.75～2.77%の範囲にあり、水温が高い実験区ほど大きかった。実験後半のそれは1.33～1.67%の範囲にあり、最大は20℃区、最小は16℃区であった。全期間をとしてみた場合、1.50～2.09%の範囲であり、水温が高い実験区ほど大きかった。

図2に日間摂餌率と日間増重率の間の関係を示した。両者の間には相関が認められ (p < 0.01)、次式が成り立った。

$$Y = 1.994 \ln X - 1.8426 \quad (r^2 = 0.9657)$$

ただし、Xは日間摂餌率、Yは日間増重率を示す。

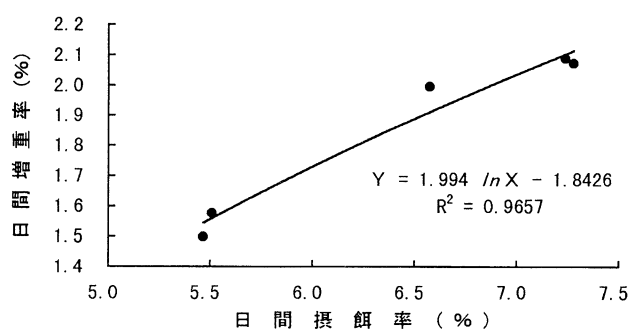


図2 日間摂餌率と日間増重率との関係

表1 飼育結果

(1) 飼育0～20日目

項 目	単位	実 験 区				
		16℃区	18℃区	20℃区	22℃区	24℃区
開始時平均体重	(g)	91.3	91.1	91.9	89.8	91.0
終了時平均体重	(g)	130.0	134.3	153.9	157.0	160.6
開始時総体重	(g)	1825.9	1822.9	1838.9	1796.3	1820.7
終了時総体重	(g)	2600.1	2685.4	3078.7	3140.4	3212.7
増 重 量	(g)	774.2	862.5	1239.8	1344.1	1392.0
尾 数	(尾)	20	20	20	20	20
飼 育 日 数	(日)	20	20	20	20	20
総 摂 餌 量	(g)	2712.0	2832.5	3954.6	4515.2	4645.1
日 間 摂 餌 率	(%)	6.13	6.28	8.04	9.15	9.23
日 間 増 重 率	(%)	1.75	1.91	2.52	2.72	2.77
増 肉 係 数		3.50	3.28	3.19	3.36	3.34
餌 料 効 率	(%)	28.55	30.45	31.35	29.77	29.97

(2) 飼育20～40日目

項 目	単位	実 験 区				
		16℃区	18℃区	20℃区	22℃区	24℃区
開始時平均体重	(g)	130.0	134.3	153.9	157.0	160.6
終了時平均体重	(g)	172.3	178.2	219.2	222.8	227.4
開始時総体重	(g)	2600.1	2685.4	3078.7	3140.4	3212.7
終了時総体重	(g)	3446.1	3563.0	4384.9	4455.1	4548.1
増 重 量	(g)	846.0	877.6	1306.2	1314.7	1335.4
尾 数	(尾)	20	20	20	20	20
飼 育 日 数	(日)	21	21	21	21	21
総 摂 餌 量	(g)	3195.4	3249.8	4428.4	4811.1	4800.5
日 間 摂 餌 率	(%)	5.03	4.95	5.65	6.03	5.89
日 間 増 重 率	(%)	1.33	1.34	1.67	1.65	1.64
増 肉 係 数		3.78	3.70	3.39	3.66	3.59
餌 料 効 率	(%)	26.48	27.00	29.50	27.33	27.82

(3) 全 期 間

項 目	単位	実 験 区				
		16℃区	18℃区	20℃区	22℃区	24℃区
開始時平均体重	(g)	91.3	91.1	91.9	89.8	91.0
終了時平均体重	(g)	172.3	178.2	219.2	222.8	227.4
開始時総体重	(g)	1825.9	1822.9	1838.9	1796.3	1820.7
終了時総体重	(g)	3446.1	3563.0	4384.9	4455.1	4548.1
増 重 量	(g)	1620.2	1740.1	2546.0	2658.8	2727.4
尾 数	(尾)	20	20	20	20	20
飼 育 日 数	(日)	41	41	41	41	41
総 摂 餌 量	(g)	5907.4	6082.3	8382.9	9326.3	9445.6
日 間 摂 餌 率	(%)	5.47	5.51	6.57	7.28	7.24
日 間 増 重 率	(%)	1.50	1.58	2.00	2.07	2.09
増 肉 係 数		3.65	3.50	3.29	3.51	3.46
餌 料 効 率	(%)	27.43	28.61	30.37	28.51	28.87

増肉係数

各実験区の増肉係数を表1に示した。

増肉係数は実験前半では3.19～3.50の範囲にあり、20℃区が最も低く、成長の最も悪い16℃区が最も大きかった。実験後半のそれは3.39～3.78の範囲にあり、最大及び最小の実験区は実験前半と同じであった。全期間を通じてみた場合、増肉係数は3.29～3.65の範囲であり、20℃区が全期間を通じて最小であった。

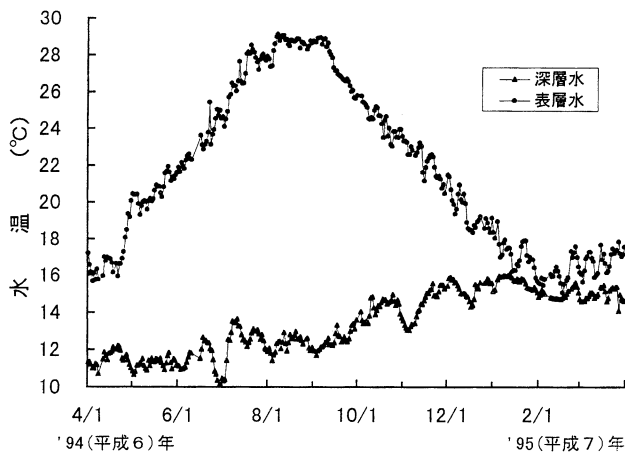


図3 平成6年度における深層水と表層水の取水水温の推移

飼育適水温維持可能期間

平成6年度における深層水及び表層水の取水水温を図3に示した。深層水の水温は最低10.1℃（6月29日）、最高16.09℃（1月12日）であり、深層水使用量の減る冬季にやや上昇したが、明瞭な季節変動は無かった。一方、表層水では明瞭な季節変動があり、最高水温は8月7日の29.12℃、最低水温は2月17日の15.07℃が観測された。

夏季の高水温時に、表層水と深層水を混合することで飼育水温を一定に維持するとした場合、成長が最も良い24℃と増肉係数が最も低い20℃の維持可能期間は、それぞれ123日間（6月22日から10月22日まで）及び227日間（4月30日から12月12日まで）であり、これは年間の33.7%及び62.2%にあたることがわかった。このことから、深層水を高水温期に冷却源として用いることで、長期間ヒラメの成長に有利な飼育水温環境を維持でき

ることが明らかになった。