

# 深層水を用いたヒラメ養殖実証試験 III 異なる溶存酸素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、異なる溶存酸素下で成長等を調査し、最適な溶存酸素量を明らかにするとともに、水中酸素最小必要レベルを把握することを目的とした。

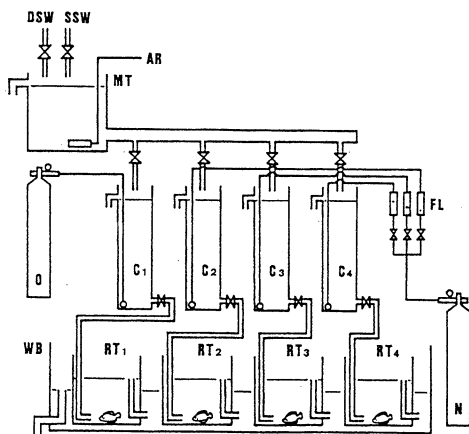


図1 溶存酸素調整飼育装置

DSW	深層水	Deep Seawater
SSW	表層水	Surface Seawater
MT	混合	Mixing Tank
AR	空気	Air
O	酸素ガス	Oxygen gass
C <sub>1-4</sub>	溶存酸素量制御筒	Dissolved oxygen control chanber
RT <sub>1-4</sub>	飼育水槽	Rearing Tank
WB	ウォーターバス	Water Bath
N	窒素ガス	Nitrogen gass
FL	流量計	Flow meter

## 【材料と方法】

飼育装置を図1に示した。本装置は、混合槽で深層水と表層水を強い空気曝気により攪拌、調温した後、溶存酸素量制御筒で窒素ガス及び酸素ガスを曝気して所定の溶存酸素量に調整し、飼育水槽へ供給するものである。飼育水槽には内部をクリーム色に塗装した有効水量75ℓの円形ポリエチ

レン水槽を使用し、水温の急変を防止するため、飼育水槽からの排水を利用したウォーターバス内に設置した。飼育水槽へは日量1800ℓ（24回転／日）の飼育水を注水し、飼育水槽内での曝気は行わなかった。

実験区は、1～4区とし、それぞれの飼育水槽中の酸素飽和度が約95%、75%、60%、45%となるように酸素及び窒素ガスの通気量を調整した。

供試したヒラメは、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実験開始まで育成してきたものを用いた。各飼育水槽中にヒラメを3尾ずつ収容し、酸素飽和度90%以上の環境下で、摂餌が安定するまでの7日間予備飼育した。その後、飼育水の酸素飽和度を実験条件どおりに制御し、22日間飼育した。

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。

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。なお、魚体測定の前には40時間以上の絶食時間を設けた。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<sub>o</sub>とW<sub>t</sub>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。

溶存酸素及び水温の測定には小型溶存酸素計(堀場製作所製)を用い、飼育水槽中央部で日中3回以上測定した。なお、あらかじめ小型溶存酸素計の水温を検定付水銀温度計で校正した。塩分はモニタリング装置に表示された深層水と表層水の塩分から混合割合を基に算出した。

### 【結果の概要】

#### 飼育環境

表1に各実験区における水温、塩分、溶存酸素量及び酸素飽和度を示した。実験期間中の平均水温及び平均塩分はいずれの実験区においても20.1℃及び34.23%であった。1～4区における溶存酸素量は、それぞれ6.9mg/l、5.36mg/l、4.32mg/l及び3.28mg/lであった。これらを酸素飽和度で表すとそれぞれ95.9%、74.6%、60.1%及び45.7%であり、ほぼ各実験区の設定値に制御することができた。

#### 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、体重、肥満度

を表2に示した。

平均全長は、実験開始時には277.7～281.0mmの範囲にあり、実験終了時には294.7～306.7mmに成長した。実験開始時及び終了時ともに、実験区間の全長の平均値には差が無かった( $p > 0.05$ 、ANOVA)。

実験開始時における平均体重は279.2～285.2gの範囲にあり、実験区間の平均値には差が無かった( $p > 0.05$ 、ANOVA)。実験終了時における平均体重は1区では385.6g、2区では377.4g、3区では359.7g、4区では310.5gであり、溶存酸素量の多い実験区ほど平均体重が大きかった。実験終了時の各実験区の平均体重の間には、1区が残りの全ての実験区に対して有意差が認められたが( $p < 0.05$ 、ダンカンの検定)、2～4区の間には有意差が認められなかった( $p > 0.05$ )。

実験開始時における平均肥満度は12.6～13.3の範囲にあり、実験区間の平均値には統計的な有意差は無かった( $p > 0.05$ 、ANOVA)。実験終了時における平均肥満度は、1区では13.6、2区では13.1、3区では12.9、4区では12.1であり、溶存酸素量の多い実験区ほど平均肥満度は大きかったが、実験区間の平均値には統計的な有意差は無かった( $p > 0.05$ 、ANOVA)。

表1 実験区における水温、塩分、溶存酸素量及び酸素飽和度

実験区名	水温(℃)	塩分(%)	溶存酸素量(mg/l)	酸素飽和度(%)
1区	20.1	34.23	6.90	95.9
2区	20.1	34.23	5.36	74.6
3区	20.1	34.23	4.32	60.1
4区	20.1	34.23	3.28	45.7

表2 実験区におけるヒラメの全長、体重及び肥満度

実験区名	1区	2区	3区	4区	
全長(mm)	開始時*1	277.7	281.0	279.0	281.0
	終了時*1	305.0	306.7	303.3	294.7
体重(g)	開始時*1	283.8	285.2	279.7	279.2
	終了時	385.6*2	377.4	359.7	310.5
肥満度	開始時*1	13.3	12.9	12.9	12.6
	終了時*1	13.6	13.1	12.9	12.1

\*1：実験区間の平均値に差は無い( $p > 0.05$ 、分散分析)

\*2：1区は2～4区に対して有意差がある( $p < 0.05$ 、ダンカンの検定)

日間摂餌率、日間増重率、増肉係数及び餌料効率  
飼育結果を表3に、また、各実験区の日間摂餌率及び日間増重率を図2に示した。

日間摂餌率は1区では14.0%、2区では12.6%、3区では11.7%、4区では7.2%であり、溶存酸素量が多い実験区ほど日間摂餌率は大きかった。日間増重率は1区では3.97%、2区では3.63%、3区では3.27%、4区では1.38%であり、日間摂餌率と同様に溶存酸素量が多い実験区ほど日間増重率が大きかった。

図3に日間摂餌率と日間増重率の関係を示した。両者の間には強い相関が認められ ( $p < 0.01$ )、次式が成り立った。

$$Y = 3.952 \ln X - 6.4317 \quad (r^2 = 0.9988)$$

表3 飼育結果

項 目	単 位	1 区	2 区	3 区	4 区
溶 存 酸 素 量	(mg/l)	6.90	5.36	4.32	3.28
酸 素 飽 和 度	(%)	95.91	74.62	60.07	45.68
開 始 時 平 均 体 重	(g)	283.8	285.2	279.7	279.2
終 了 時 平 均 体 重	(g)	385.6	377.4	359.7	310.5
開 始 時 総 体 重	(g)	851.4	855.6	839.0	837.5
終 了 時 総 体 重	(g)	1156.9	1132.3	1079.2	931.4
増 重 量	(g)	305.5	276.7	240.2	93.9
尾 数	(尾)	3	3	3	3
飼 育 日 数	(日)	23	23	23	23
総 摂 餌 量	(g)	1075.3	958.4	863.4	490.0
日 間 摂 餌 率	(%)	14.0	12.6	11.7	7.2
日 間 増 重 率	(%)	3.97	3.63	3.27	1.38
増 肉 係 数		3.52	3.46	3.59	5.22
餌 料 効 率	(%)	28.4	28.9	27.8	19.2

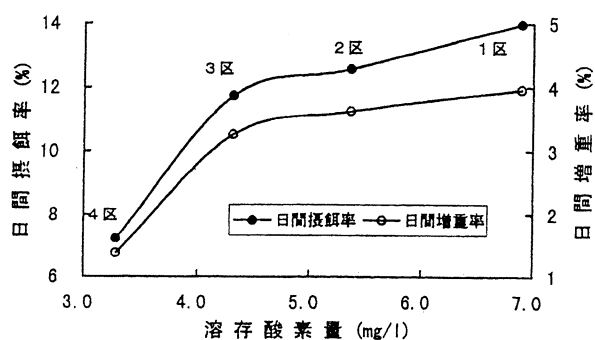


図2 各実験区における日間摂餌率と日間増重率

ただし、Xは日間摂餌率、Yは日間増重率を示す。このことから、日間摂餌率が大きくなれば増重率から見た成長が良くなることが明らかになった。

各実験区の増肉係数及び餌料効率を図4に示した。増肉係数及び餌料効率は、1～3区ではそれぞれ3.5前後及び28%前後であったが、最も溶存酸素量の低い4区では両者の値は大幅に悪化し、それぞれ5.22及び19.2%であった。

このことから、本実験から推測されるヒラメの水中酸素最小必要レベルは、成長、日間摂餌率、餌料効率、増肉係数等が極端に悪化する3区から4区の間、溶存酸素量で4.32～3.28mg/l (酸素飽和度で約60～45%) の間に存在するものと考えられた。

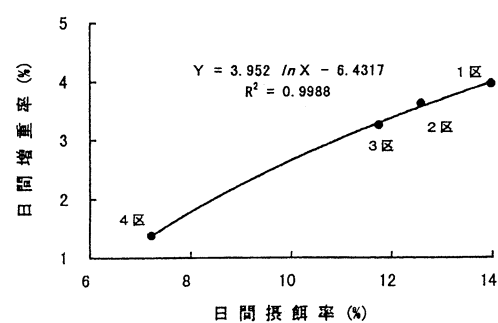


図3 日間摂餌率と日間増重率との関係

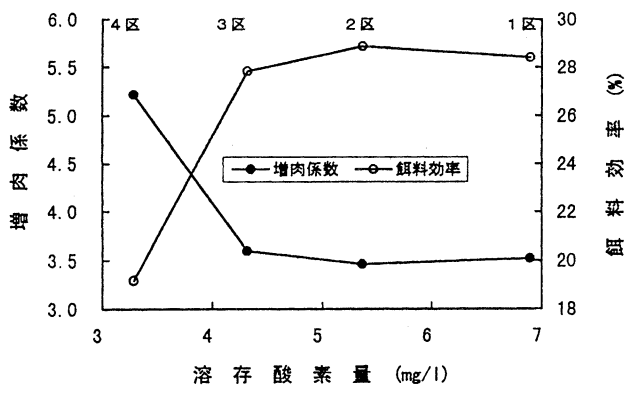


図4 各実験区における増肉係数と餌料効率