

夏季の高水温期におけるヒラメ幼魚期の飼育について

小 林 啓 二

最近、ヒラメの種苗生産技術が開発されはじめ種苗放流のほかブリ・タイ類と同じく養殖対象種としても各地で取りあつかわれるようになった。ヒラメの分布域は北海道から九州の沿岸域におよぶ広範囲で生活の適水温範囲は広いものと考えられるが、陸上水槽で周年飼育を行なう場合とくに夏季の高水温期には摂餌量が減り死亡率が高くなることを親魚養成で観察している¹⁾。また陸上水槽で養殖する場合も夏季に死亡率が高くなるという情報を得ている。

筆者は1973年7～9月に日本海栽培漁業事前調査（魚類放流技術開発調査）でヒラメ幼魚期の飼育を行なったが²⁾、とくに高水温期の飼育について放養密度と摂餌や成長等について資料を検討した。

飼 育 方 法

供試魚は1973年5、6月に試験船第2鳥取丸（19.86トン）でけた網により夜間採集した。飼育試験に入るまで上屋付10トン円型水槽で約1カ月間予備飼育²⁾し、餌付を終えた全長20.4～33.5cm、体重74～384gのヒラメを合計120尾用いた。

飼育水槽は屋内1トン型水槽（コンクリート製0.8×1.2×0.8m、底面積0.96㎡）を4槽使用した。飼育時の水深は0.7mとし水量は672ℓである。水槽の設置場所は屋根より一部採光しているが日射は入らない。

表1 試験区分と飼育条件

試 験 区 分	I	II	III	IV
試 験 期 間	7.10～9.6	7.10～9.6	7.10～9.6	7.10～8.23
全 長 (cm)	20.4～33.5	22.2～30.5	22.0～29.0	23.2～32.0
(\bar{x})	(26.6)	(26.5)	(25.8)	(26.9)
体 重 (g)	74～384	101～288	120～260	120～253
(\bar{x})	(199)	(184)	(182)	(191)
放 養 尾 数 (尾)	60	30	15	15
体 表 総 面 積 (㎡)	1.23	0.61	0.29	0.31
放 養 密 度 ($\frac{\text{体表総面積}}{\text{水槽底面積}}$)	1.28	0.64	0.30	0.32
給水量 ℓ/分(換水率 回/時)	75(6.7)	75(6.7)	40(3.6)	30(2.7)
給 餌 回 数 (回/日)	1(飽食)	1(飽食)	1(飽食)	無給餌

飼育方法や条件等は表1に示した。予備飼育したヒラメを上記の水槽にそれぞれ60尾(Ⅰ区)、30尾(Ⅱ区)、15尾(Ⅲ、Ⅳ区)と4区に分け飼育した。飼育期間はⅠ～Ⅲ区60日間、Ⅳ区は45日間とした。成長については各区とも15日ごとに全長と体重の全数測定を行った。

給餌方法は、測定日に給餌を中止したため給餌日数はⅠ～Ⅲ区で56日、Ⅳ区は45日間無給餌飼育した。餌料は冷凍小アジ、イワシ類を海水で解凍し、給餌は1日1回午前8時から9時までの間に、各水槽ごとに餌を1個づつ投げあてた。摂餌動作はしゅん敏で平常は水槽底に静止しているが、餌が水面にとどくと同時に下からとびつき噛みつくとき水槽底に降り飲み込む。このように餌が水槽底へ落ちるまでに捕食する動作を繰り返すが、投餌回数を重ねていくと餌を投げてても摂餌動作は緩慢となり、終には餌が近づいても捕食せず餌は水槽底に落ち摂餌なくなる。このような状態が見られるようになると飽食³⁾したものと認め投餌を終えた。投餌する際に採卵用の親魚飼育¹⁾で見られたような人影等による摂餌行動への影響は認められなかった。

各区の摂餌量は投餌前に計量し投餌終了後水槽底の残餌を取り出し計量して、投餌量－残餌量＝摂餌量(飽食量)として各区の毎日の摂餌量を算出した。

各区の放養尾数は表1に示したが、ヒラメは平常水槽底に定位しているので、放養密度をヒラメの体表総面積と水槽底面積の割合で表した。体表総面積は採集したヒラメを1mm方眼紙に載せ、無眼側の投影面積を計測して図1より体表面積(S)と全長(TL)との関係式 $S = 0.29 TL^2$ を求め、各区の平均全長から算出した。

給水方法は給水管(直径40mm)を水槽底に入れ底層より給水した。また排水も水槽底より排水管(直径65mm)で集めて行った。給水量は試験開始時に給水バルブを調整し1分間の給水量を計量した。通気は飼育水の交流を促すため各水槽とも、中央部1カ所で行った。

飼育水温は期間中毎日午前9時に測定した。

結果のとりまとめに使用した計算は次の方法によった。

$$\text{日間摂餌率}(f) = \{ F / (W_1 + W_2 + W_3) / 2 \times D \} \times 100$$

$$\text{日間増重率}(r) = \{ G / (W_1 + W_2 + W_3) / 2 \times D \} \times 100$$

$$\text{増重量}(G) = (W_2 + W_3) - W_1$$

$$\text{餌料転換効率} = (r / f) \times 100$$

$$\text{増肉係数} = F / G$$

上記の記号はF～摂餌量 ϑ 、 W_1 ～開始時の魚体重 ϑ 、 W_2 ～終了時の魚体重 ϑ 、 W_3 ～死亡魚体重 ϑ 、D～給餌日数を表す。

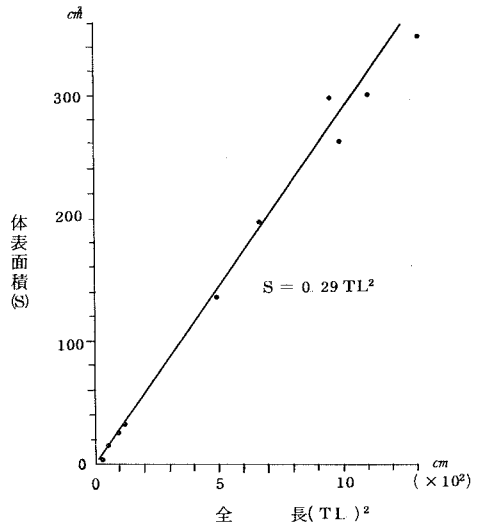


図1 ヒラメの全長(TL)²と体表面積(S)との関係

結 果 と 考 察

上記の方法で幼魚期のヒラメを密度別に飼育して、飼育水温、放養密度と成長の関係を検討した。

飼育水温 飼育期間中の水温変化を図2および表2に示した。水温は25.7～29.6℃の範囲であるが、8月3日から9月3日までの32日間は連続28℃以上の高温である。飼育期間を15日ごとに1期から4期まで4期間に分けると(表2)、午前9時の水温が28℃以上の日数は1期1日、2期6日、3期15日、4期では10日で飼育期間の区分は水温28℃を基準に区分したとも表される。

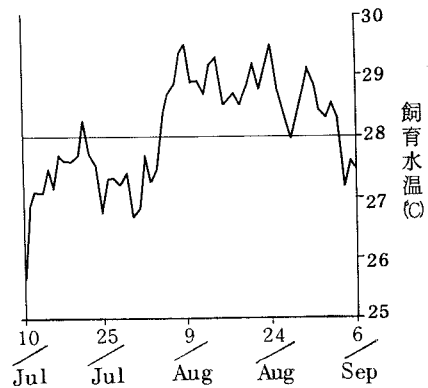


図2 飼育水温の日変化

表2 飼育水温の変化

期間 水温	1 期 7.10～24	2 期 7.25～8.8	3 期 8.9～23	4 期 8.24～9.7
最 高 (℃)	28.3	29.5	29.6	29.2
最 低 (℃)	25.7	26.7	28.5	27.1
平 均 (℃)	27.3	28.0	28.9	28.3
28℃以上の 日 数 (日)	1	6	15	10

飼育期間中の成長 各試験区の飼育開始時と終了時の全長、体重、体表面積および減耗等を表3に示した。60日間の飼育で平均全長はⅠ～Ⅲ区で12～19%の成長がみられ、平均体重ではⅠ区49%、Ⅱ区73%、Ⅲ区では91%とほぼ2倍の増重を示した。45日間無給餌飼育のⅣ区では全長の伸びは全く見られず、平均体重は-13%と減量した。飼育終了時の放養密度はⅠ区でヒラメの体表総面積は飼育水槽底面積の約1.5倍となり、平常時ヒラメは水槽底で1部重なりあって静止していることになるが、飼育中のヒラメは2、3尾が水槽底で重なっている状態で静止していることが観察された。飼育期間中の減耗は総て水槽外へのとび出しによる損傷が原因で死亡したものである。

表 3 試験区の全長、体重、体表面積および減耗

試験区	測定月日	平均全長 cm	平均体重 g	総体重 g	体表総面積	飼育尾数 (減耗率%)
					水槽底面積	
I	Jul. 9	26.6	199	11,946	1.28	60
	Sep. 7	29.8	297	16,319	1.48	55(8.3)
II	Jul. 9	26.5	184	5,507	0.64	30
	Sep. 7	30.3	319	9,258	0.80	29(3.3)
III	Jul. 9	25.8	182	2,732	0.30	15
	SeP. 7	30.8	347	4,855	0.40	14(6.7)
IV	Jul. 9	26.9	191	2,861	0.32	15
	Aug. 23	26.9	166	2,494	0.32	15(0)

飼育水温と摂餌 毎日の摂餌量を飽食量として期間中の平均体重から摂餌率を計算し、水温との関係を試験区ごとに示したのが図3である。各区とも摂餌率は日較差が認められ水温の変化によく対応しており、水温が28℃を越える頃から減少する傾向がうかがわれる。放養密度と摂餌率の関係をみると、図3にみられるようにI区の減少傾向は他の区に比べて著しく、放養密度が高くなるほど高水温の影響が顕著であることを示している。I区における飼育水温と摂餌率の関係を図4に示した。摂餌率は28℃以下で3より大きく80%が3～5の範囲であるが、28℃以上では3より小さく83%が2～3の範囲にある。7～9月採集した全長20～35cmの天然ヒラメの摂餌量は体重の1～5%で²⁾、試験魚の給餌量は体重の5%を目安に投餌したが、水温が28℃を越えると飽食量は著しく減少するようである。

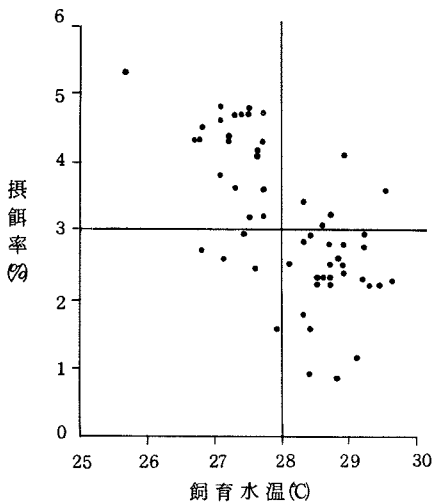


図4 試験区Iにおける飼育水温と摂餌率(摂餌量 \bar{g} /平均体重 \bar{g}) \times 100

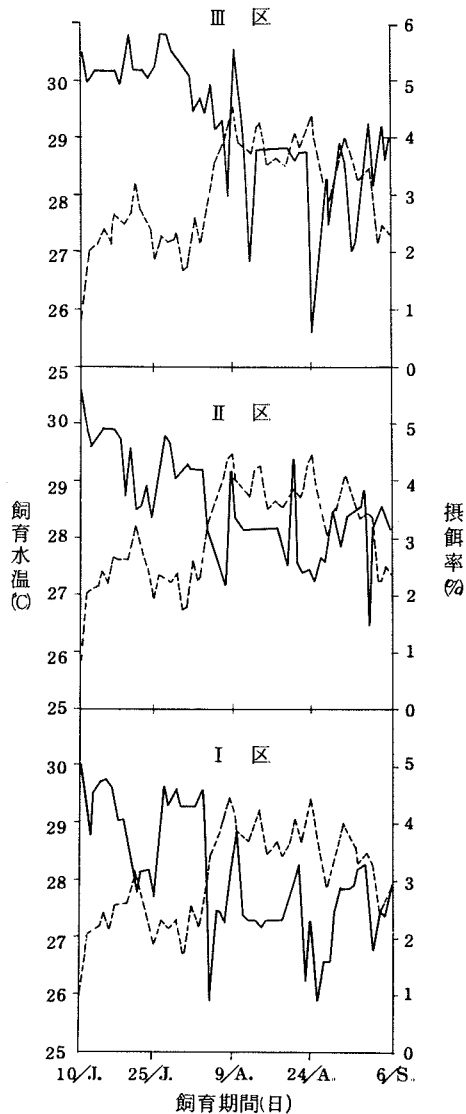


図3 飼育期間中の水温と摂餌率の日変化 (--- 飼育水温、— 日間摂餌率を示す)

表 4 試験区の期間別飼育結果

試験区	期間(日数)	増重量 g	摂餌量 g	日間摂餌率%	日間増重率%	餌料転換効率%	増肉係数
I	1 (15)	1,641	7,005	3.92	0.92	23.47	4.27
	2 (15)	2,037	7,075	3.62	1.04	28.72	3.47
	3 (15)	767	5,280	2.48	0.36	14.52	6.88
	4 (15)	1,040	5,440	2.42	0.46	19.01	5.23
	1～4(60)	5,485	24,800	3.01	0.67	22.26	4.52
II	1 (15)	1,246	3,780	4.40	1.45	32.95	3.03
	2 (15)	1,064	3,840	3.77	1.04	27.59	3.61
	3 (15)	636	3,400	2.99	0.56	18.73	5.35
	4 (15)	1,002	3,690	3.01	0.82	27.24	3.68
	1～4(60)	3,948	14,710	3.51	0.94	26.78	3.73
III	1 (15)	565	2,110	5.00	1.34	26.80	3.73
	2 (15)	742	2,340	4.82	1.53	31.74	3.15
	3 (15)	396	1,905	3.37	0.70	20.77	4.81
	4 (15)	622	2,015	3.17	0.98	30.91	3.24
	1～4(60)	2,325	8,370	3.84	1.07	27.86	3.60
IV	1 (15)	-47			-0.12		
	2 (15)	-117			-0.30		
	3 (15)	-203	無給餌	無給餌	-0.56	無給餌	無給餌
	1～3(45)	-367			-0.33		

飼育水温、放養密度と成長 飼育結果として各試験区の日間摂餌率、日間増重率、餌料転換効率および増肉係数を各期間の摂餌量と増重量から求め表4および図5に示した。日間摂餌率は各区とも3、4期に減少するが、餌料転換効率、日間増重率は各区とも3期に最低値を示している。日間増重率は日間摂餌率と餌料転換効率の積でも表され、これを成長としてみると水温28℃を境いに変化がみられる。I～III区とも1期に比べ3期の成長はI区で39.1%、II区で38.6%、III区では52.2%、また4期の成長は1期に比べI区50.0%、II区56.6%、III区では73.1%とそれぞれ1期の成長より減少している。3期ではI区とII区の間に差は認められず、飼育水温が28℃を越える期間では、表3に示す放養密度の差、0.8と1.48の間では成長は変わらないようである。

1日の飽食量と飼育期間の平均体重から求めた日間摂餌率(f)と日間増重率(r)の関係を石渡(1969)⁴⁾に於て検討すると両者の関係は、図6に示すように $r = 0.3637f - 0.3576$ の式が得られ、日間摂餌率が増加すると日間増重率は直線的に増大する。この時の日間摂餌率は表4にみられるように、飼育期間の放養密度や水温によって変わる。日間摂餌率と日間増重率の関係を飼育期間別に、図6と同じ方法で求め図7に表した。1期 $r = 0.32f - 0.12$ 、2期 $r = 0.37f - 0.30$ 、3期 $r = 0.38f - 0.57$ 、4期 $r = 0.53f - 0.79$ が得られた(IV区4期の日間増重率は図5から推定した)。この式から各期の $r = 0$ の時の f を計算すると、0.38、0.81、1.50および1.49が求められ、3、4期の維持摂餌量は1期の約4倍となる。また $f = 0$ の時の r から無給餌の時の1日の体重減量を求めると-0.12、-0.30、-0.57となり、1～3期の45日間で14.85%の減量となる。これは表4に示すIV区の1～3期の増重量、すなわち45日間の無給餌飼育で367g減量しており、この時の飼育開始時の総重量2,861gの12.82%に当る。

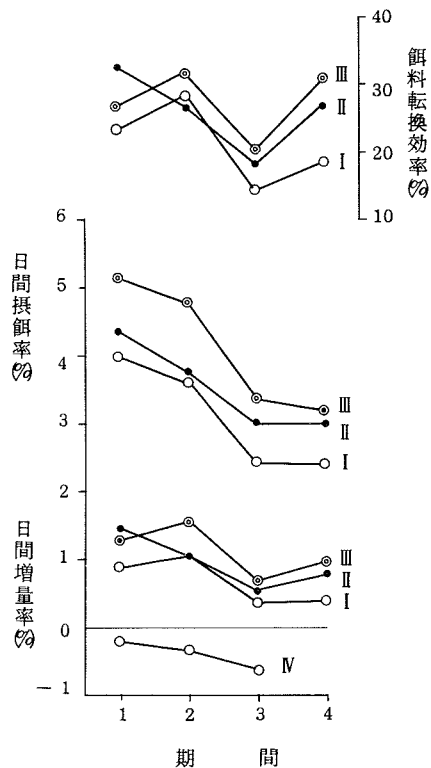


図5 各試験区の飼育期間別にみた日間増重率、日間摂餌率および餌料転換効率(○I、●II、◐III区を示す)

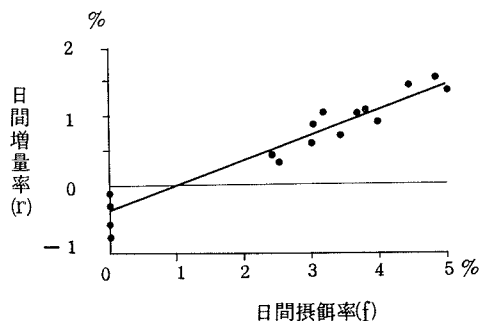


図6 日間摂餌率(f)と日間増重率(r)との関係

$$r = 0.3637f - 0.3576$$

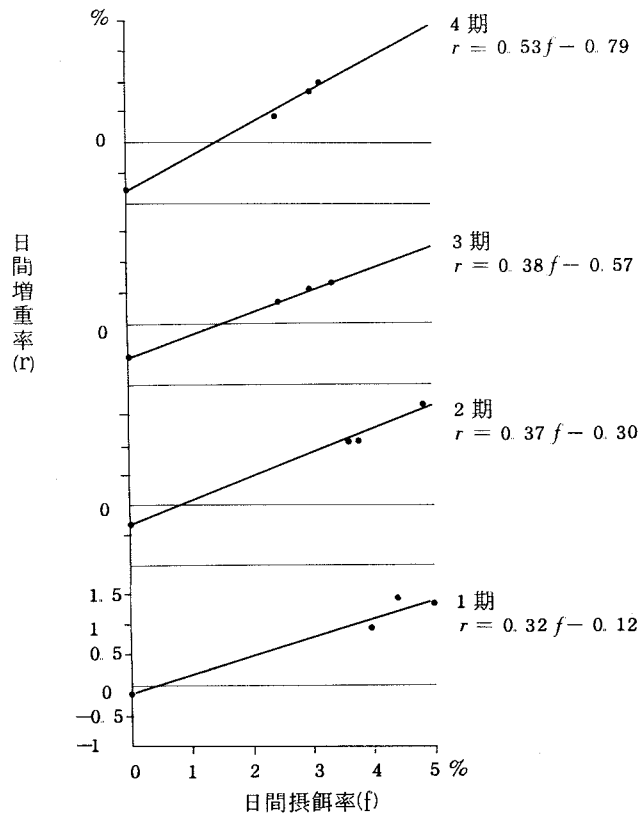


図7 飼育水温別にみた日間摂餌率 (f) と日間増重率 (r) との関係

以上の結果から明らかなように、飼育水温が28℃以上になると成長は著しく低下するが、その影響は放養密度の高い程顕著に現れることがうかがわれる。

魚類の成長について井上・田中(1966)⁵⁾は水温の他溶存酸素量(D.O.)が重要な条件になると述べている。本試験では測定しなかったため諸岡(1967)⁶⁾の方法により、飼育水槽の換水率から検討した。各区の総体重が最大となるⅠ、Ⅲ区の4期とⅣ区1期の必要な換水率を求めた。ここでは水温28℃の時のヒラメの酸素消費量を200ml/kg・h、飼育水の溶存酸素量5.0ml/lおよび酸素レベル4.0ml/lとして計算したが、必要換水率はそれぞれ4.87回/時、1.45回/時および0.85回/時となる。表1に示した実測換水率はそれぞれ6.7回/時、3.6回/時および2.7回/時で、上記の方法による必要な換水率の1.4～3.2倍となり、各区とも成長に関して酸素収支の上からは問題なく、平常な飼育条件であったと考えた。

ヒラメの飼育について、稚魚期以後に関する資料は少く、飼育水温28℃以上での飼育例は報告が見当らない。ヒラメの飼育適水温は15～25℃で、26℃以上になると摂餌は不活発になると言われている⁷⁾⁸⁾⁹⁾。

本試験では飼育開始時の水温が既に26℃以上で、上記の飼育結果と比較できないが、魚類を養殖する場合、摂餌量と増重量の関係を明らかにすることは重要である。ヒラメを高水温期に陸上水槽で飼育する場合、本試験の結果から放養密度による成長の差が認められ、水槽の構造についても例えば底面積を大きくし、飼育水の交流が円滑に行われるような形状や給水方法等が、成長や歩留りを良くする上で重要な要因になると考えられる。

要 約

天然漁場で採集した幼魚期のヒラメを1973年7月10日から9月6日まで、60日間放養密度別に飼育し、飼育水温、放養密度と摂餌量や成長の関係について検討した結果、次のような資料が得られた。

- 1 飼育水温は25.7～29.6℃の範囲で、飼育期間60日のうち32日は連続28℃以上の高水温が続いた。
- 2 飼育期間60日の成長は平均全長で12～19%、平均体重では41～91%の増重がみられた。また45日間の無給餌飼育では平均全長は全く伸びず、体重は13%減量した。放養密度は最大区で、ヒラメ体表面積は水槽底面積の1.48倍になった。
- 3 飼育結果から日間摂餌率、日間増重率、餌料転換効率および増肉係数を求めた。いずれも飼育水温と放養密度による差がみられ、水温28℃以上では放養密度による成長差が顕著に現れた。
- 4 摂餌量は水温が28℃を越えると著しく減少する。I区の摂餌率は水温28℃以下で3～5%、28℃以上になると2～3%に減少した。
- 5 日間摂餌率(f)と日間増重率(r)の関係は直線で表され $r = 0.3637f - 0.3576$ の式が得られた。同じ方法で期間別に求めると、 $r = 0$ の時の f から維持摂餌量は、3、4期では1期の約4倍となる。また $f = 0$ の時の r から、45日間の無給餌飼育では14.85%の減量となるが、IV区の45日間無給餌飼育では、体重は飼育開始時の12.82%減量した。
- 6 飼育結果からヒラメを高水温期に陸上水槽で飼育する場合、飼育水温の他放養密度による成長差が認められ、水槽の構造や給水量が成長や歩留りを良くする重要な要因になると推察した。

文 献

- 1) 平本義春・小林啓二：昭和52年度指定調査研究総合助成事業種苗生産技術研究報告書（ヒラメ・カレイ類昭和49～52年度総括）、鳥取県水試、1～10（1978）。
- 2) 小林啓二：鳥取県水産試験場報告、第15号、104～112（1974）。
- 3) 石渡直典：日本水産学会誌、第34巻、第6号、495～497（1968）。
- 4) 石渡直典：日本水産学会誌、第35巻、第11号、1049～1054（1969）。
- 5) 井上裕雄・田中啓陽：日本水産学会誌、第32巻、第7号、558～564（1966）。
- 6) 諸岡等：長崎県水産試験場論文集、第3集、1～53（1967）。
- 7) 日南田八重・田村真樹・三上正一：北水試月報、第37巻、第4号、71～83（1980）。

- 8) 中村勉・田中邦三：千葉県水産試験場試験調査報告、第 10 号、76 ～92 (1968) 。
- 9) 大岡一・上西栄三郎・見奈美輝彦：昭和47年度事業報告書、第 5 号、和歌山県水産増殖試験場、31 ～34 (1973) 。