

深層水を用いたヒラメ養殖実証試験 I

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。現在、海産魚の陸上養殖では、ヒラメ養殖が最も広く行われている。ヒラメ養殖に深層水を利用する最大の利点としては、夏季の高温期に冷却源として用いることで、成長至適水温を長期間維持することが可能となり、成長の促進が得られると予想される。しかしながら深層水を利用したヒラメ養殖に関しては、2年魚の越夏に関する試験が行われただけであり、稚魚期から製品サイズまでの一貫した飼育試験は行われていない。そこで、1年間の飼育で平均体重1kg、最終養殖密度20kg/m²、通算生残率85%を目標として、深層水を利用したヒラメの養殖実証試験を行う。

【材料と方法】

平成6年6月15日から平成7年3月30日までの288日間、養殖実証試験を行った。

試験には、徳島県栽培漁業センター産の受精卵をもとに高知県栽培漁業センターが平成6年2月9日から種苗生産した放流用ヒラメ566尾を用いた。6月15日から8月23日までは予備飼育として成長に応じて無作為に間引きしながら飼育し、8月23日以降は残存魚を大型群53尾と中小型群124

尾に選別して各群を個別に飼育した。

予備飼育及び本飼育期間の飼育条件を表1に示した。

飼育水槽には成長に合わせて、8kl角形FRP製水槽と2kl円形FRP製水槽を使用した。

飼育水には表層水と深層水を用いた。6月15日から10月11日の間は飼育水温が24℃以下になるように深層水と表層水を手動で混合調節し、10月11日以降は表層水のみを飼育水とし、自然水温の成り行きに任せた。水槽には1日当たり水槽容量の25倍の飼育水を給水した。排水は水槽中央底面で行い、3個のエアストーンで20~30ℓ/分の通気を行った。

試験期間中の餌は、総合ビタミン剤を規定量添加したイカナゴとし、6月15日から8月10日までは冷凍カッターで細断したものを、8月11日以降は丸のままのものを、原則として1日2回、午前9時頃と午後4時30分頃に、ほぼ毎日与えた。残餌の回収はイカナゴを丸のまま与え始めた8月11日以降、午後4時頃と翌朝8時30分頃に行い、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。このため、後述の日間摂餌率、日間増重率、増肉係数及び餌料効率は、大型群と中小型群に分離した8月23日以降の値で求めた。

表1 ヒラメ養殖実証試験における主要飼育条件

期 間	飼育水槽	飼 育 水	収 容 尾 数	餌 料	投餌回数
H 6. 6.15~ 7.20	8 kl角形水槽 (実容量7 kl)	深・表*1	566尾	イカナゴ細断片 総合ビタミン剤	2回/日
7.20~ 8.23	2 kl円形水槽 (実容量1.8kl)	深・表	180尾	イカナゴ細断片 イカナゴ 総合ビタミン剤	2回/日 (飽食量)
8.23~ H 7. 3.30	2 kl円形水槽 (実容量1.8kl) × 2 個	深・表 ~表層水 単独	大型群: 53尾 中小型群: 127尾	イカナゴ 総合ビタミン剤	2回/日 (飽食量)

* 1 深層水と表層水の混合

飼育期間中の生残率は、次式により求めた。

$$\text{生残率(\%)} = (N1 - N2 - N3) / (N1 - N2) \times 100$$

ここで、N1は収容尾数、N2は除外魚尾数（間引き、飛び出しによる事故死、細菌検査用サンプル）、N3は死亡魚、衰弱除去魚（咬み合い、黒化、両眼異常）及び不明魚の合計尾数を表す。

全長及び体重の測定は毎月、40時間以上無給餌のヒラメを250～300ppmの2-フェノキシエタノール溶液で麻酔し、試験終了日は全数、それ以外は15～50尾について行った。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。

$$\text{期間平均体重(g)} : W = (W_0 + W_t) / 2$$

$$\text{期間平均尾数(尾)} : N = (N_0 + N_t) / 2$$

$$\text{補正増重量(g)} : G = W_t \cdot N_t - W_0 \cdot N_0 + W_d$$

$$\text{日間摂餌率(\%)} = F / (N \cdot t \cdot W) \times 100$$

$$\text{日間増重率(\%)} = G / (N \cdot t \cdot W) \times 100$$

$$\text{増肉係数} = F / G$$

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

ここで、W₀とW_tは、それぞれ実験開始時及び終了時の平均体重(g)、W_dは死亡魚等の総重量、Fは期間中の総摂餌量(g)、N₀とN_tは実験開始時及び終了時の飼育尾数、tは飼育日数を示す。

飼育水温は午前8時30分頃と午後3時30分頃の2回測定し、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。定期的な溶存酸素量の測定は行わなかったが、9月以降4回、携帯型溶存酸素計で飼育水の溶存酸素量を測定した。

【結果】

飼育水温と溶存酸素量

飼育水温と夏季の表層水温の推移を図1に示した。表層水は6月中旬以降急激に水温が上昇し、8月上旬から約1ヶ月間29℃前後を推移した後、10月中旬に24℃台にまで低下した。この間、深層水を混合することで、飼育水は21～23℃を維持した。10月中旬以降深層水の混合を停止し、表層水のみを飼育水として用いた。10月中旬以降の飼育水温は2月中旬の15℃台まで徐々に低下し、それ以降水温は上昇に転じた。

なお、毎月の体重測定期間で区切られる期間中の平均飼育水温を表2に示した。

9月以降の大型群の飼育水中の溶存酸素量（酸素飽和度）は、5.98～6.66mg/l（82.5～97.4%）であり、小型群のそれは5.56～5.84mg/l（76.2～85.8%）であった。

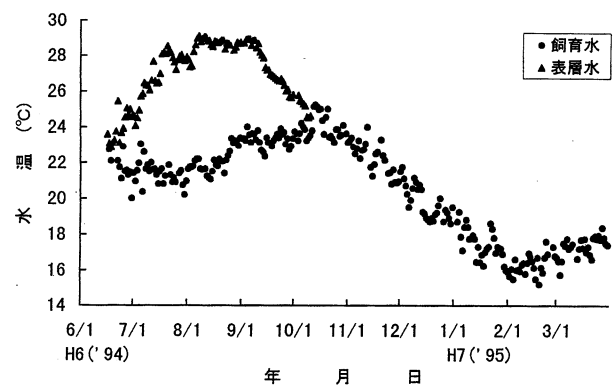


図1 飼育水温及び表層水温（夏季）の推移

表2 平均飼育水温

区分	飼 育 期 間									
	H 6. 6.15	7.20	8.23	9.22	10.25	11.23	12.26	1.27	2.27	2.27
	7.19	8.22	9.21	10.24	11.23	12.25	H 7. 1.27	2.26	3.30	
予備飼育	21.6	21.5								
大型群			23.2	23.8	22.9	20.2	17.9	16.3	17.3	
中小型群			23.2	23.8	22.9	20.2	17.9	16.3	17.3	

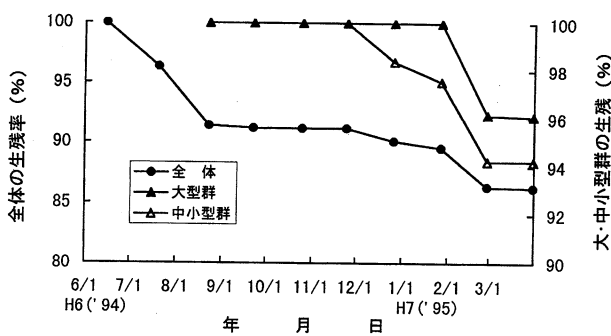


図2 飼育期間中における生残率の推移

生 残

飼育期間中の生残率の推移を図2に示した。飼育全期間を通じた生残率は86.2%であった。大型群と中小型群に分離以降の生残率はそれぞれ96.1%及び94.2%、両者を併せた生残率は94.8%の高率であった。このことから、設定目標は、ほぼ達成できたものと思われた。

死亡等の個別の原因は、死亡と判定しなかった除外魚では無作為の間引き365尾、飛び出しによる事故死6尾及び細菌検査用サンプル3尾、合計374尾であり、死亡と判定したものは死亡魚7尾

(滑走細菌症6尾、不明1尾)、衰弱除去魚19尾(咬み合い11尾、黒化4尾、両眼異常4尾)及び不明魚3尾、合計29尾であった。

成 長

飼育期間中におけるヒラメの全長の推移及びヒラメの体重の推移をそれぞれ図3、図4に示した。全長は、飼育開始時の6月15日では平均全長121.5mmであったが、翌年3月30日には大型群で423mm、中小型群で390mm、両者を合わせた全体では400mmであった。体重は、6月15日では平均体重17.5gであったが、飼育終了時には大型群で1,058g、中小型群で797g、両者を合わせた全体では875gであった。夏季の高水温期に深層水を用いて水温調節することができたため、その期間成長の遅滞も見られず、特に7月以降の体重ではほぼ直線的な増加を示した。1年間未満の飼育であったが、飼育を継続していれば1年間の飼育で平均体重1kgという目標を十分達成できていたものと思われた。

表3 大型群及び中小型群の飼育結果

(1) 大型群

飼育期間	(自)	8/23	9/22	10/25	11/24	12/26	1/27	2/27	全期間
	(至)	9/21	10/24	11/23	12/25	1/26	2/26	3/30	
開始時平均体重	: g	199.5	317	462.8	575	743.8	867.3	983.8	199.5
開始時尾数	: 尾	53	52	52	52	52	52	50	53
終了時平均体重	: g	317	462.8	575	743.8	867.3	983.8	1058.3	1058.3
終了時尾数	: 尾	52	52	52	52	52	50	49	49
死亡・除外魚総重量	: g	238	0	0	0	0	1035	895	2168
飼育日数	: 日	30	33	30	32	32	31	32	229
総摂餌量	: kg	21.143	28.399	19.336	20.483	18.168	14.668	16.485	138.682
期間平均体重	: g	258.25	389.9	518.9	659.4	805.55	925.55	1021.05	628.9
期間平均尾数	: 尾	52.5	52	52	52	52	51	49.5	51
補正増重量	: g	6148.5	7581.6	5834.4	8777.6	6422	5125.4	3561.7	43451.2
日間摂餌率	: %	5.20	4.24	2.39	1.87	1.36	1.00	1.02	1.97
日間増重率	: %	1.51	1.13	0.72	0.80	0.48	0.35	0.22	0.62
増肉係数		3.44	3.75	3.31	2.33	2.83	2.86	4.63	3.19
餌料効率		29.1	26.7	30.2	42.9	35.3	34.9	21.6	31.3

(2) 中小型群

飼育期間	(自)	8/23	9/22	10/25	11/24	12/26	1/27	2/27	全期間
	(至)	9/21	10/24	11/23	12/25	1/26	2/26	3/23	
開始時平均体重	: g	133.7	277.7	352	442.6	555.4	646.4	738.4	133.7
開始時尾数	: 尾	127	124	123	123	121	119	114	127
終了時平均体重	: g	227.7	352	442.6	555.4	646.4	738.4	796.8	796.8
終了時尾数	: 尾	124	123	123	121	119	114	114	114
死亡・除外魚総重量	: g	449	207	0	830	963	1336	0	3785
飼育日数	: 日	30	33	30	32	32	31	32	219
総摂餌量	: kg	39.404	49.569	34.189	33.153	28.905	28.715	28.160	242.095
期間平均体重	: g	180.7	289.85	397.3	477	600.9	692.1	767.6	465.25
期間平均尾数	: 尾	125.5	123.5	123	122	120	116.5	114	120.5
補正増重量	: g	11703.9	15268.2	11143.8	16593.6	10681.2	8592	6657.6	77640.3
日間摂餌率	: %	5.79	4.20	2.33	1.70	1.25	1.15	1.01	1.96
日間増重率	: %	1.72	1.29	0.76	0.70	0.46	0.34	0.24	0.63
増肉係数		3.37	3.25	3.07	2.44	2.71	3.34	4.23	3.12
餌料効率		29.7	30.8	32.6	41.0	37.0	29.9	23.6	32.1

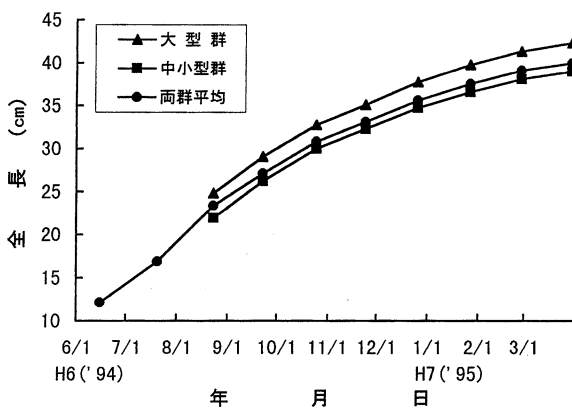


図3 飼育期間中における全長の推移

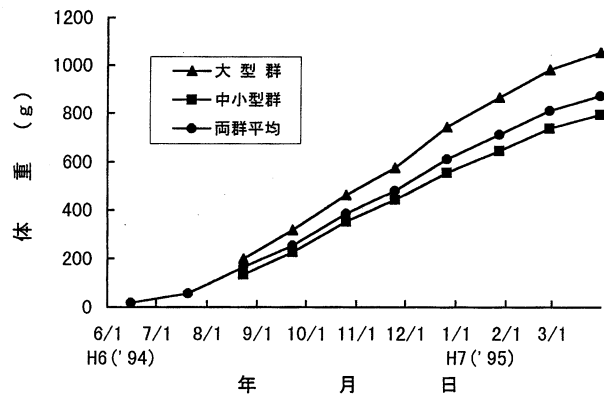


図4 飼育期間中における体重の推移

日間摂餌率及び日間増重率

日間摂餌率及び日間増重率を、表3の大型群及び中小型群の飼育結果の中に示した。

大型群の日間摂餌率及び日間増重率の最大は両群に分離直後の期間中であり、それぞれ5.20%及び1.51%であった。その後は、飼育期間の延長とともに両者の値は低下した。小型群の日間摂餌率及び日間増重率の推移は大型群とほぼ同じであった。

期間中の平均水温が異なるため、体重と日間摂餌率及び日間増重率の比較ができない。そこで、平均水温が比較的近い8月23日から12月25日まで

(至適水温期と呼ぶ。平均水温20.2~23.8℃、表2)と、それ以降の期間(低水温期と呼ぶ。平均水温16.3~17.9℃、表2)に分けたうえで、それぞれの期間の両群の値をあわせて比較した。

至適水温期及び低水温期における体重と日間摂餌率及び日間増重率の関係を図5と図6に示した。至適水温期では体重の増加とともに日間摂餌率及び日間増重率は直線的に減少し、これらの間には相関が認められ($p < 0.01$)、次式が成り立った。

$$Y1 = -0.0091X + 7.088 \quad (r^2 = 0.8006)$$

$$Y2 = -0.0022X + 1.9559 \quad (r^2 = 0.7561)$$

ただし、Xは体重(g)、Y1は日間摂餌率(%)、

Y2は日間増重率(%)を示す。

いっぽう、低水温期では至適水温期と同様に、体重の増加とともに日間摂餌率及び日間増重率は直線的に減少したが、有意な相関は認められなかった。

至適水温期及び低水温期における日間摂餌率と日間増重率の関係を図7と図8に示した。いずれの水温期とも日間摂餌率の増加とともに日間増重率は直線的に増加し、これらの間には相関が認められ(至適水温期: $p < 0.01$ 、低水温期: $p < 0.05$)、次式が成り立った。

$$\text{至適水温期: } Y = 0.2432X + 0.2361 \quad (r^2 = 0.953)$$

$$\text{低水温期: } Y = 0.6239X - 0.356 \quad (r^2 = 0.7776)$$

ただし、Xは日間摂餌率(%), Yは日間増重率(%)を示す。

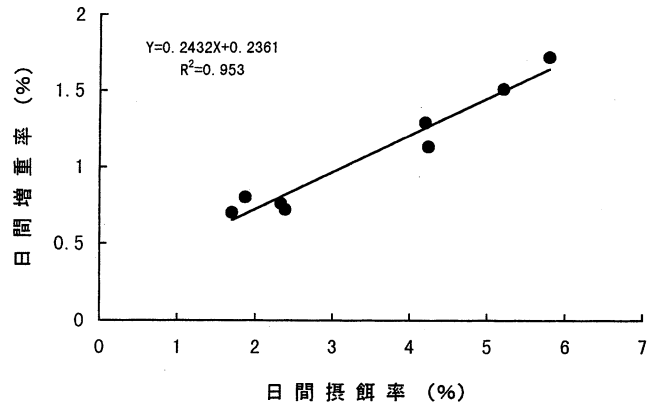


図7 至適水温期における日間摂餌率と日間増重率との関係

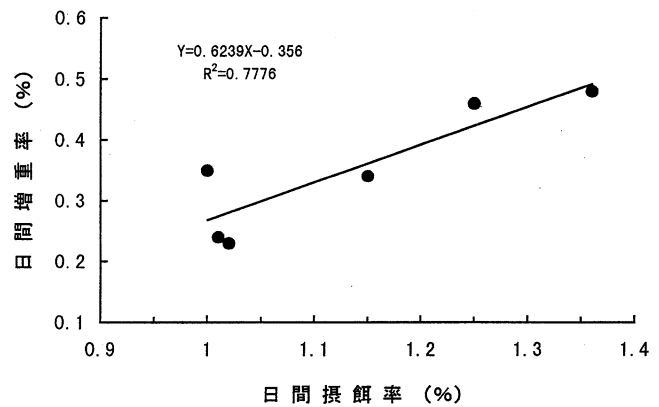


図8 低水温期における日間摂餌率と日間増重率との関係

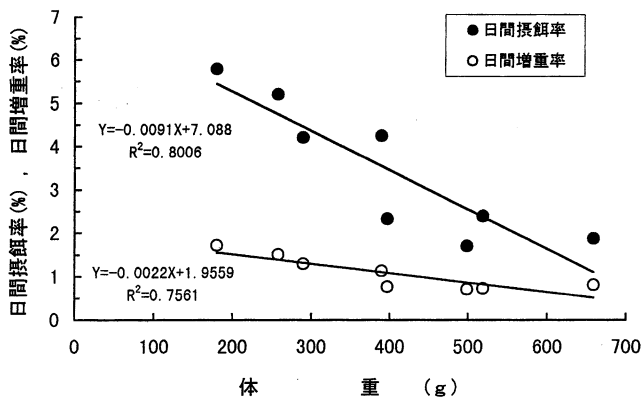


図5 至適水温期における体重と日間摂餌率及び日間増重率との関係

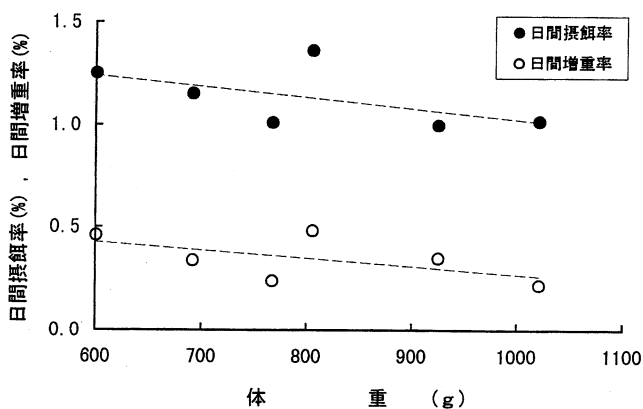


図6 低水温期における体重と日間摂餌率及び日間増重率との関係

増肉係数

増肉係数を、表3の大型群及び中小型群の飼育結果の中に示した。

大型群及び中小型群の両群に分離直後の期間から徐々に減少し、11月24日から12月25日の飼育期間中に最低となり、その後は増加に転じた。

至適水温期及び低水温期における体重と増肉係数の関係を図9に示した。両水温期とも、両者の間には有意な相関は認められなかった。

飼育密度

大型群及び中小型群における飼育密度の推移を図10に示した。大型群と中小型群に分離した8月23日の飼育密度は、それぞれ3.42kg/m²、5.50kg/m²であったが、試験終了時の飼育密度は大型群16.8kg/m²、中小型群29.4kg/m²にまで増加した。

このような高密度でありながら、成長の著しい鈍化は無く（図3、4）、重大な死亡もみられなかった（図2）。また、飼育水中の溶存酸素量は、両群とも $5.5\text{mg}/\ell$ 以上を維持したことから、注

水量を多くすることや通気を行うことで溶存酸素を高レベルで維持できれば、本試験の目標である $20\text{kg}/\text{m}^2$ の密度を越える $30\text{kg}/\text{m}^2$ での飼育にも問題ないものと思われた。

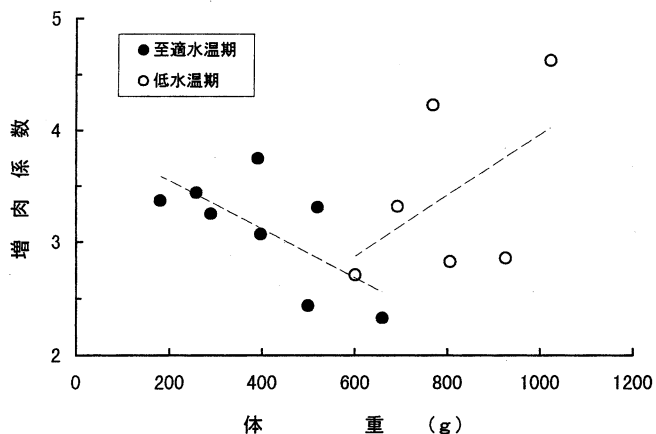


図9 至適水温期及び低水温期における体重と増肉係数との関係

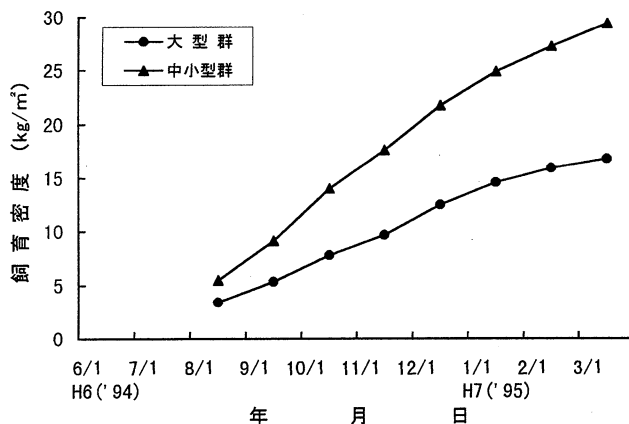


図10 大型群及び中小型群における飼育密度の推移