

ヒラメ増殖上の諸問題に関する基礎的研究

I. 低塩分順化, 摂餌および蝟集性について

安永 義暢¹⁾・奥石 裕一¹⁾

Basic Studies of Problems on the Propagation of Plaice, *Paralichthys olivaceus*

I. Acclimatization to Low Salinity, Feeding and Gathering Behaviour

YOSHINOBU YASUNAGA¹⁾ AND YUICHI KOSHIISHI¹⁾

Abstract

Basic problems of physiology and ecology of plaice juveniles, *Paralichthys olivaceus*, were studied by means of laboratorial experiments. First, tolerance to salinity change of sea water was examined. Juveniles acclimatized themselves to low salinity and survived for 24 hours in 5‰ sea water. Second, feeding habits and food demand of them were researched with rearing method in water tanks. They ate food most in first one hour after beginning of feeding. The optimum water temperature to their feeding was 20-25°C and they demanded about 4-7% protein per body weight in a day.

Then three types of model frames were set in the center place of the water tank to examine how strongly they have nature of gathering to fabrics in the sea. However they didn't get near any type of frames and it was suggested that nature of gathering to fabrics was fairly weak as compared with those of parrot bass, *Oplegnathus fasciatus*, and black sea breams, *Mylio macrocephalus*, as control fish.

ヒラメは砂浜性浅海域の増殖対象魚種として, また, 養殖対象魚種としても多数の試験研究機関あるいは事業体で扱われるようになってきている. これは主に種苗量産の隘路となつていた親魚養成技術が確立し, 一定数の種苗の生産が可能になつてきたことに由来していると考えられる. ただし, 種苗の生産サイズは着底期から全長20mm程度までであり, 放流用あるいは養殖用として求められる30mm以上の種苗を作るのに必要な中間育成技術はまだ確立されていない. また, ヒラメは生長速度および餌料効率の高さと高級魚としての市場性から養殖用の

1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所
(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

対象種として注目されつつあるが稚魚期から幼・若魚期における水温、塩分その他の理化学的環境変化への適応能力，あるいは摂餌生態，等に関しての本種の増養殖技術の開発に必要な知見の集積もまだ十分ではない。

他方，浅海砂浜域における増殖対象種としてヒラメがとりあげられ，その種苗放流，あるいは培養魚礁投入が日本海ブロック沿岸を中心に進められている。しかしながら種苗放流については放流後の海域への順化能力，培養魚礁については蛸集効果といった点の解明がその技術開発には不可欠である。そのためにはヒラメ幼稚魚の行動生態，環境変化への順化能力，必要餌料量の算定，等々ヒラメ幼稚魚期の生態・生理と環境条件の関係に関する基礎的諸問題の解明がいそがれよう。

本研究は以上の状況を踏まえ，主に飼育実験手法によつてヒラメ幼稚魚期の生態・生理上の主要な点に検討を加え，ヒラメ増養殖技術開発に資することを目的として実施した。

I. 材料および方法

新潟県栽培漁業センターより提供を受けた養成親魚からの産出卵より常法によつて得たヒラメ種苗と新潟市沿岸域で採集したヒラメ幼魚を材料とした。調査項目および方法は以下の通りである。

1. ヒラメ幼稚魚期（以降略す）の低塩分順化能力

後期仔魚から TL 200 mm までを対象として各種低塩分への耐性能力を生残率と生残個体での摂餌率を指標として検討した。一方，摂餌実験による摂餌量を指標として低塩分への順化能力を求めた。実験水槽には容積30ℓの亚克力水槽を用い，餌料として TL 50 mm サイズまではアルテミア成体を与え，TL 50 mm 以上ではサイズに応じて各種稚魚を与えた。ヒラメの実験魚は各サイズとも1つの塩分濃度について20～30尾を用いた。また，摂餌率は低塩分生残率実験終了後ただちに摂餌して1時間後の生残尾数に対する摂餌個体の比率をもつて表わした。

2. 潜砂能力および被食率

変態終了期の後期仔魚から変態終了後3～5日の着底期稚魚を対象とし，潜砂率を指標として変態終了後の経過日数と潜砂能力，砂粒径と潜砂能力の関係を調べた。潜砂率は約2 cmの厚さに砂を敷いた60ℓ亚克力水槽中に30尾前後のヒラメ稚魚を投入，砂上に体の一部あるいは全部が認められる個体数を経時的に測定し， $(\text{投入尾数} - \text{砂上尾数}) / \text{投入尾数}$ ，によつて求めた。なお，砂上尾数の測定は1時間に3～4回とし，その平均値をもつて1時間ごとの潜砂率を算出した。また，水槽は流水とし，餌料としてアルテミア成体を常時与えるようにした。

次いで着底期稚魚 (TL 13～15 mm) を対象に潜砂能力と被食の関係を水槽 (塩ビ製，1 × 1 × 0.5 m) 実験によつて調べた。食害実験魚としてヒラメ幼稚魚 (TL 100～150 mm) とクロダイ幼魚 (TL 110～150 mm) を用いた。ヒラメ稚魚の食害の様式としてクルマエビ種苗での食害実験 (安永，1979) と同様下記の3つの場合を設定して各2～3回一定時間内の被食尾数を測定し，その平均値を求めた。

- A. 砂を入れない水槽に測定前日より食害魚を入れておき，ヒラメ稚魚を投入する。
- B. 1～2 cmの厚さに砂を入れた水槽に前日より食害魚を入れておき，ヒラメ稚魚を投入する。
- C. Bと同様の水槽に前日よりヒラメ稚魚を入れておき，食害魚を投入する。

実験時間は6～8時間とし，ヒラメ稚魚の投入尾数は食害魚の種類とサイズに応じ100～150尾とした。なお，A～Cについては食害魚を入れない対照実験を行なつたが，いずれもヒラメ

稚魚の生残率は 99.0~100% であつた。また、Cにおける投入1日後の潜砂率は約92%であつた。

3. 摂餌生態

着底期から TL 300mm までを対象とし、各種サイズにおける日内摂餌量変化、胃内容物重量変化、日間摂餌量を求めた。餌料として TL 10~50mm まではアルテミア成体を用い、50~300mm では各種海産魚稚魚あるいは稚エビを生き餌として用いた。摂餌量は、投餌重量-残餌重量、で求め連続3日間の平均値で表わした。また、胃内容物重量は、取り揚げ時重量-胃内容物除去後重量、で求め、1回の測定について5~6尾の平均値をもつて表わした。

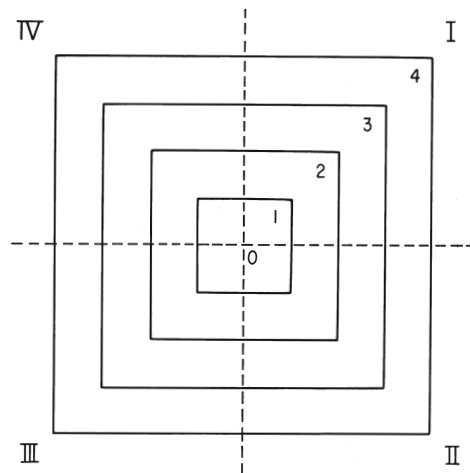
水槽は 40~300 l の恒温水槽を材料のサイズに応じて用い、投餌実験中は室内光によつて常時照明するようにした。また、アルテミア成体を餌料とした場合、その重量測定にあつてはまず夾雑物を除去し、清浄海水で洗滌した上次いで吸引ろ過器を用いて体表の水分をとり除いてから秤量するようにした。また、用いた餌料の種類によつて栄養組成の相違が大きいため各餌料での蛋白含有率を別途測定し、摂餌量を蛋白量に換算して表示した。

4. 水中構造物への寄りつき行動

TL 90~150 mm のヒラメ幼魚、および、対照魚種としてはほぼ同サイズのインダイ、クロダイを材料とし、不透明の塩ビ製水槽 (1 × 1 × 0.5m) 中央部にセットした構造物への寄りつき行動を調べた。寄りつき行動の観察に際して水槽平面を中央部より等間隔に4ブロックに区分して中央部に構造物を置いた。そして、寄りつき方を構造物に近いブロックへの滞留頻度の指標として表わした。

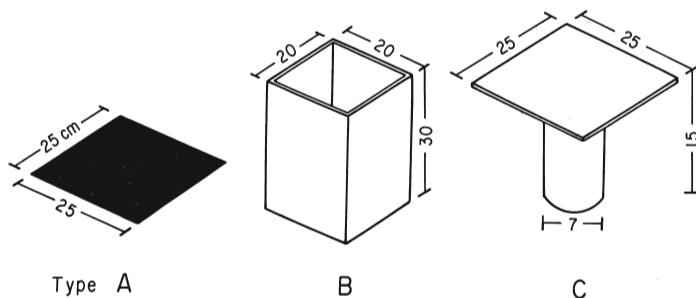
滞留頻度の測定は水槽上部 2 m の位置にて目視で行ない、2つのブロックにまたがつて実験魚が滞留する場合は体の半分以上が入つているとみなし得るブロックを優先させた (第1図)。

他方、実験に用いた構造物は実験魚が体を隠しやすくした様式あるいは色合い (黒色) を有する3種類の塩ビ製模型 (第2図) で、水槽からの上げ下げができるように細ひもで2~3箇所を結んで用いた。また、実験魚は各種類とも1回の測定に1尾とし、実験用水槽に馴らすた



第1図 寄りつき効果実験用水槽 (1 × 1 m) 平面区分図。
0 は中心点、1~4 は各区分の番号を示す

Fig. 1. Plane blocks of the water tank figured on the purpose of the experiment of gathering effect of fish to frames. 'O' indicates the center of the water tank and '1-4' does number of blocks.



第2図 寄りつき効果実験用模型構造物

Fig. 2. Model frames for the experiment of gathering effect.

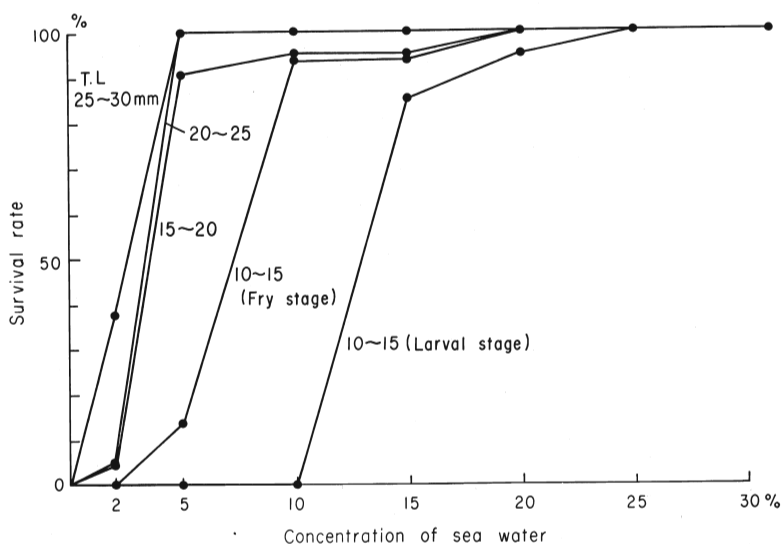
め測定1～2日前に収容し、測定は1魚種につき2～3回行なつた。なお、ヒラメ幼魚については構造物をセットしない水槽で対照実験を行なつた。

この場合は水槽中央部に実験魚を入れ、実験魚が確認できるよう5mm程度に砂を敷いた場合と砂を入れない場合との2つのケースを設定し経時的に移動、滞留を調べた。

II. 結 果

1. 低塩分順化能力

低塩分への耐性はサイズが大きくなるにつれて強まつた。24時間内の半数致死海水濃度は変態終了前1～2日内の仔魚では10～15%であつたのに対し、変態終了期～TL 15mmの稚魚では5～10%、TL 15～30mmでは2～5%であつた。とくに、TL 15～30mmでは5%海水でも90%以上の生残率が示された。また、このうちTL 25～30mmに限れば2%海水でも37.5%の生残率が示された(第3図)。

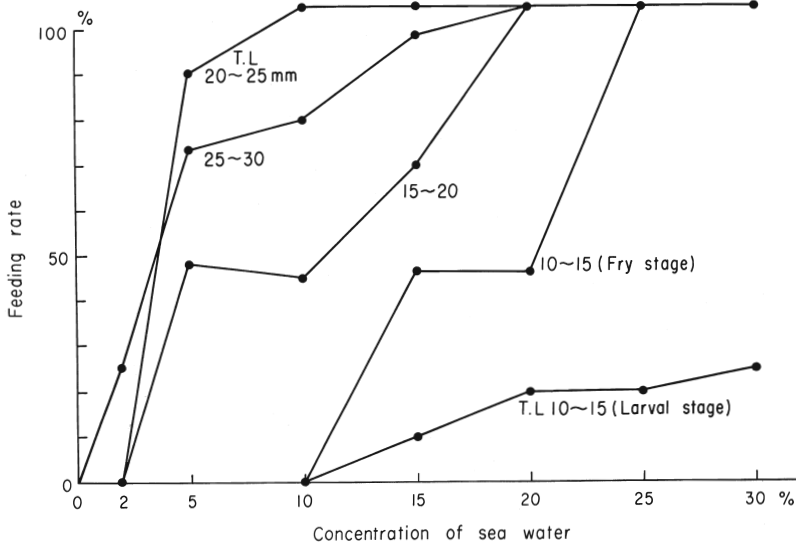


第3図 ヒラメ稚仔魚の海水濃度と24時間生残率の関係。100%海水の塩分は33.4%

Fig. 3. Relation between diurnal survival rate of each size of juveniles of *Paralichthys olivaceus* and concentration of sea water solution.

これらの生残した個体に投餌して得られた摂餌率についても海水濃度と生残率の関係とほぼ同様の傾向が認められ、サイズが大きくなるにつれて低塩分でも摂餌する個体数が多くなっている。摂餌個体数が50%以下になるのは着底直前の後期仔魚では30~100%海水の間にあつたのに対し、TL 10~15mmでは20~25%海水、TL 15~20mmでは10~15%海水、TL 25~30mmでは2~5%海水であつた。このうちTL 20~25mmでは5%海水でも91%の個体が摂餌していた(第4図)。

一方、稀釈海水中の日間摂餌量(体重当りパーセント)を20~100%海水について求めた結果では濃度と摂餌量の間に関連は認められず TL 10~15mmでは4.50~5.26%、TL 15~30mmでは4.91~6.67%、TL 100~200mmでは2.27~3.97%の値が示された(第1表)。



第4図 ヒラメ稚仔魚のサイズ別にみた海水濃度と24時間生残個体中の摂餌個体の関係。100%海水の塩分は33.4‰

Fig. 4. Percentage of number of individuals which ate food among total number of juveniles of *Paralichthys olivaceus* which survived for 24 hours in each concentration of sea water solution. Salinity of 100% sea water solution is equivalent to 33.4‰.

第1表 ヒラメ幼稚魚のサイズ別にみた海水濃度と体重当り日間摂餌量の関係。100%海水の塩分は33.5‰

Table 1. Relation between diurnal food consumption rate of various size of juveniles of *Paralichthys olivaceus* and concentration of sea water solution. Salinity of 100% sea water solution is equivalent to 33.5‰.

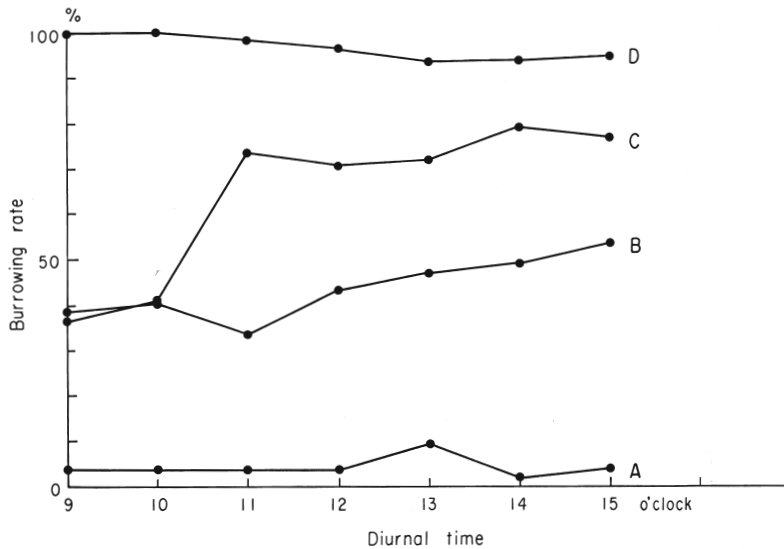
Size (mm)	Concentration of sea water (%)					W. T. (°C)
	20	40	60	80	100	
T.L. 10 ≤ ~ < 15	5.02%	5.26	4.49	5.12	4.50	28
15 ≤ ~ < 30	4.95	4.91	4.91	6.67	6.05	28
100 ≤ ~ < 200	3.47	2.60	3.97	2.97	2.72	20

2. 潜砂能力および被食率

変態終了前1～2日内の仔魚の日内潜砂率の変化は2～10%であつたが、変態が終了し、稚魚期に入ると33～52%と大幅に上昇した。2日経過稚魚では38～79%、4～5日経過稚魚では93～100%の値を示すようになった(第2表, 第5図)。

TL 10～15mmの稚魚を用いた砂粒径と日内平均潜砂率の関係では測定5日間に一定の潜砂率の増減が各粒径ともに見られた。とくに、2～3日目は各粒径ともに潜砂率が低下している。増減傾向は粒径が小さいほど顕著であり、また、平均潜砂率自体も全般的に小さい値が示されている(第6図)。

次に食害実験におけるヒラメ稚魚の被食尾数と水槽設定様式A～Cとの関係は食害実験魚の種類によつて異なつていた。すなわち、Aでの被食尾数を1としたA～C間の比率で表わすと、ヒラメ幼魚の場合A : B : C = 1 : 1.11 : 1.00となり、A～Cの間にほとんど差がみられなかつた。これに対し、クロダイ幼魚の場合にはA : B : C = 1 : 0.69 : 0.55となり、明らかに砂を入れた水槽での被食尾数が少なかつた(第3表)。

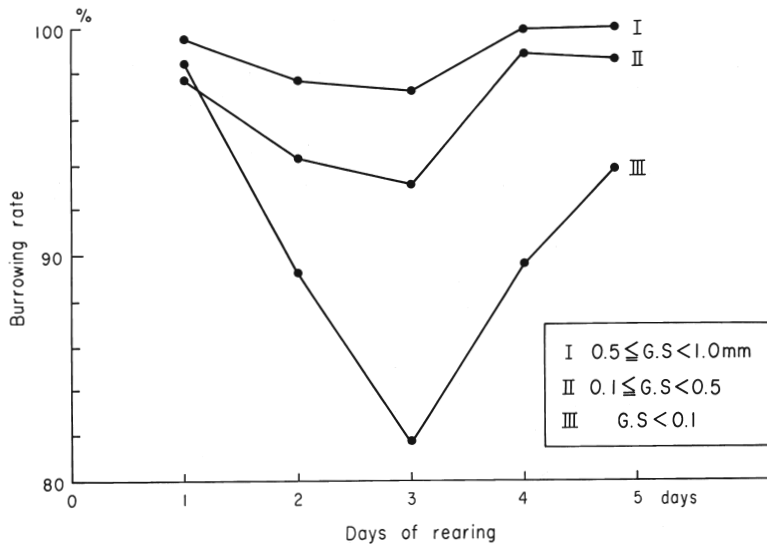


第5図 着底期ヒラメ稚仔魚の潜砂率日内変化。サイズA～Cは第2表に示される
 Fig. 5. Changes in deburrowing rate of juveniles of *Paralichthys olivaceus* in the depositing stage.

第2表 着底期ヒラメ稚仔魚の日内平均潜砂率

Table 2. Average diurnal deburrowing rate of juveniles of *Paralichthys olivaceus* in the depositing stage.

Stage	Range of burrowing rate	Average of burrowing rate
A Terminal larval stage	2.2～ 8.9%	3.9%
B 1 day fry	18.3～53.3	43.1
C 2 days fry	38.3～78.9	64.4
D 3～5 days fry	93.0～100	96.5



第6図 着底期ヒラメ稚魚の砂粒径 (G. S I ~ III) 別にみた日内平均潜砂率変化
 Fig. 6. Relation between deburrowing rate of juveniles of *Paralichthys olivaceus* in the depositing stage and size of sand grain.

第3表 水槽の設定様式 (A ~ C) 別にみた食害実験魚の6時間当りヒラメ稚魚捕食尾数. Aでの捕食尾数を1とした比率で表わす

Table 3. Predation by each fish species to juveniles of *Paralichthys olivaceus* in the depositing stage when number of juveniles eaten in pattern A is fixed at 1.

Fish	A	B	C
Hirame	1.00	1.11	1.00
Kurodai	1.00	0.69	0.55

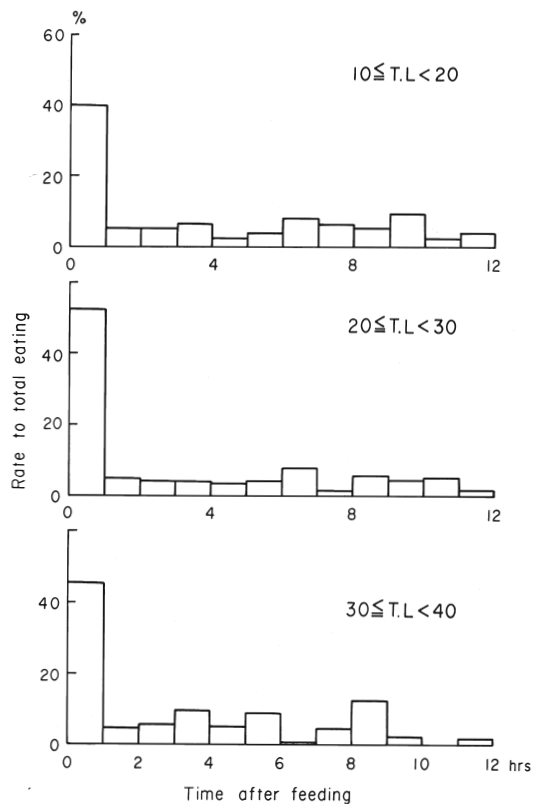
3. 摂餌生態

日内摂餌量変化はいずれのサイズにおいてもほぼ同様の傾向がみとめられ1時間当りの摂餌量では12時間の摂餌時間内に4~5回のピークがみとめられた. このうち摂餌開始後1時間内の第1回のモードが日間摂餌量の40~55%を占めもつとも大きかつた (第7図).

また, 体重に対する胃内容物重量の比率 (%) は摂餌開始の4時間後ではほぼ一定となつた. ただし, 値そのものはサイズ間で異なり, TL 20~25mm で2.9~3.6%であつたのに対し, TL 100mmでは9.9~11.3%で前者の約3倍の値であつた (第8図).

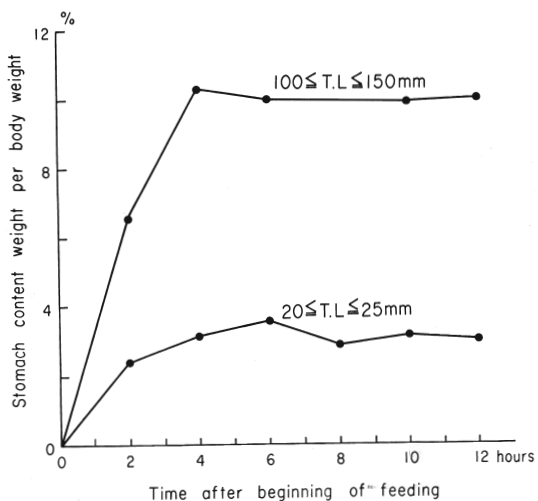
体重当りの蛋白摂取量はサイズ, 水温によつて変化するが, その最大値を示す水温は各サイズともほぼ共通して20℃か, あるいは25℃になつている. 最大値は150mmまでが4.6~6.6%の範囲であるのに対し, 150mm以上になると1.9~3.9%に低下した.

また, TL 100mmまでは高温部の30℃での摂取量が最大値の79~97%ほどの値を示していたのに対し, TL 100~150mmでは急速に減少して26%程度の値となり, 150mm以上になると摂餌が行なわれなくなつた. 低温部の10℃ではほぼこの逆の傾向がみられ, TL 150mm以上では最



第7図 サイズ別にみたヒラメ稚魚の摂餌量経時変化. 摂餌量は総摂餌量に対する比率で表わす

Fig. 7. Hourly changes in food consumption of each size of juveniles of *Paralichthys olivaceus*. Hourly consumption is indicated with percentage among total consumption for 24 hours.



第8図 サイズ別にみたヒラメ幼稚魚の体重当り胃内容物重量の経時変化

Fig. 8. Changes in stomach contents weight per body weight of various size of juveniles of *Paralichthys olivaceus*.

大値の21~39%の値が示されるのに対し、TL 50~150mm では7.8~11.7%と減少して、TL 50 mm以下では摂餌が行なわれなかつた（第4表）。

第4表 ヒラメの着底期から未成魚期（T. L 10~300mm）までの水温別体重当り日間蛋白摂取量

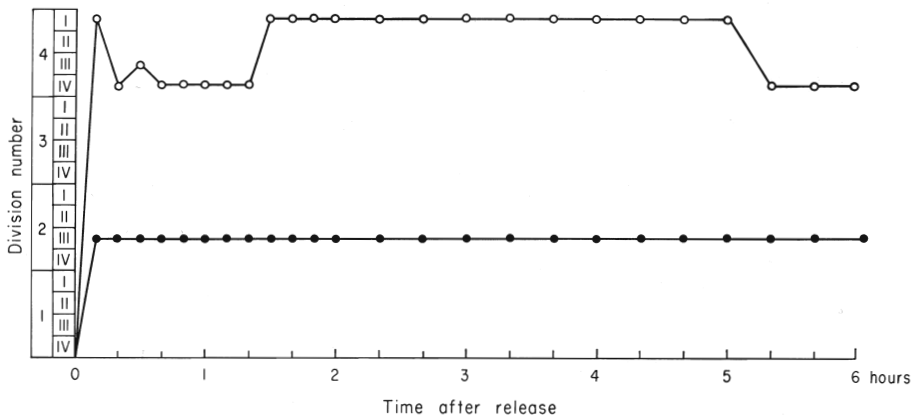
Table 4. Relation between diurnal protein demand per body weight of various size of juveniles of *Paralichthys olivaceus* and water temperature.

Size (mm)	Water temperature (°C)					
	5°C	10	15	20	25	30
T. L 10 ≤ ~ < 15	0 %	0	3.14	4.94	5.14	4.38
15 ~ 20	0	0	3.70	4.56	5.01	3.96
20 ~ 25	0	0	2.57	3.54	4.58	3.87
25 ~ 30	0	0	2.26	4.02	5.80	5.61
30 ~ 50	0	0	1.83	6.58	6.27	6.05
50 ~ 100	0	0.37	3.60	4.41	4.73	4.77
100 ~ 150	0	0.70	3.20	3.93	6.00	1.56
150 ~ 200	0	0.83	2.87	3.89	3.37	0
200 ~ 300	0	0.75	1.65	1.90	1.77	0

4. 水中構造物への寄りつき行動

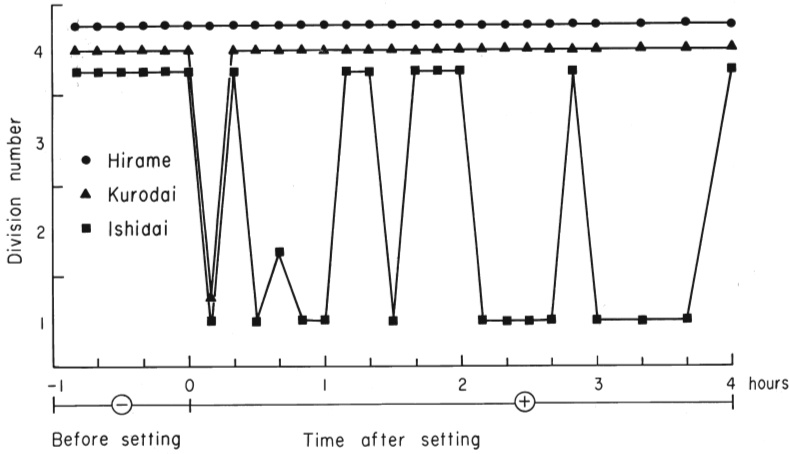
ヒラメ幼魚の水中構造物への寄りつき効果を求める対照実験として構造物をセットしない場合での水槽内移動、滞留を調べた。この際、測定時にヒラメ幼魚が確認できるよう5 mm程度に砂を敷いた水槽と、一方にはまったく砂を入れない水槽の2つの水槽を準備した。

まず、砂を入れない水槽の場合、ヒラメ幼魚を中央部に移入したところ10分以内に最外部の第4ブロックに移動した。その後同ブロック内で多少移動したが他のブロックへの移動は一度もみられなかつた。砂を敷いた水槽中では投入後10分以内で水槽中間部の第2ブロックに移動、以後測定終了までの6時間の間第2-Ⅲブロック内に滞留したままで移動はみられなかつた（第9図）。



第9図 水槽投入後のヒラメの分布経時変化。白丸は水槽内に砂を入れない場合。黒丸は砂を入れた場合

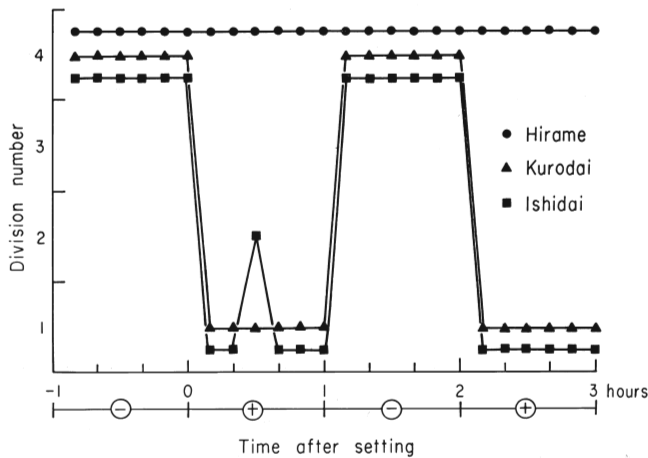
Fig. 8. Movement of juveniles of *Paralichthys olivaceus* after release into the water tank. The line with white circles indicates the movement in the water tank where sand grain was put in. The line with black circle without sand.



第10図 魚種別にみた模型構造物 Type A の投入に伴なう水槽内分布経時変化
 Fig. 10. Movement of three species of fish juveniles after setting of the model frames (type A) at the center part of the water tank. Explanation of species is as follows. ● *Paralichthys olivaceus* ▲ *Mylio macrocephalus* ■ *Oplegnathus fasciatus*. ⊕ setting of frames ⊖ without setting.

次いで Type-A の構造物をセットして魚種別比較を行なった。構造物を水槽にセットするまではいずれの魚種でも最外側部の第4ブロックに滞留した。セット後クロダイは10分以内に1度だけ構造物のあるブロック内に移動・滞留したがその後は再度第4ブロックに移動そのまま滞留しつづけた。また、インダイはセット後3時間までは頻ぱんに第4ブロックと第1ブロックの間を移動したがその後は第1ブロック内での滞留頻度が多くなつた。これに対し、ヒラメはセット後も第4ブロック内に滞留したままで構造物への接近はみられなかつた(第10図)。

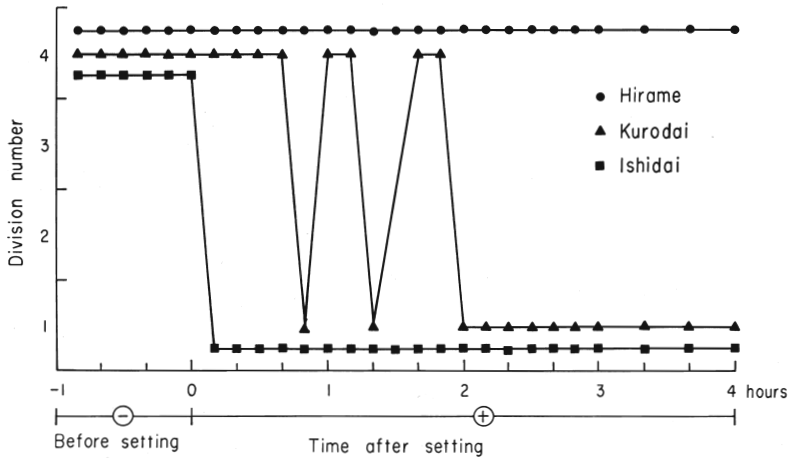
同様に Type-B の構造物をセットした。インダイはすみやかに第1ブロック移動し滞留するが構造物をひきあげるとただちに第4ブロックに移動、ふたたびセットすると第1ブロック



第11図 魚種別にみた模型構造物 Type B の投入に伴なう水槽内分布経時変化
 Fig. 11. Movement of three species of fish juveniles after setting of the model frame (type B) at the center part of the water tank. Other explanation same as in Fig. 10.

に再度移動し滞留した。このようにインダイは構造物の有無に伴う移動様式を示した。クロダイもほぼインダイに似た移動・滞留パターンをみせたが、ヒラメは構造物の有無にかかわらず第4ブロック内に滞留したままであつた(第11図)。

Type-C でもこの傾向は類似し、構造物セット後インダイは10分内に構造物下に移動し滞留し続けた。クロダイは3時間内までは第4ブロックと第1ブロック間を往来するが、ほぼ3時間後にはインダイと同様構造物下に滞留し続けるようになった。これに対しヒラメはType-A, Bと同様第4ブロックに滞留し続け、第1ブロックへの移動はみられなかつた(第12図)。



第12図 魚種別にみた模型構造物 Type C の投入に伴う水槽内分布経時変化

Fig. 12. Movement of three species of fish juveniles after setting of model frame (Type C) at the center part of water tank. Other explanation same as in Fig. 10.

これらの移動・滞留のパターンを各ブロックでの全測定回数に対する滞留測定頻度(%)を指標として表わすと3魚種ともTypeに関わらず非セット時は第4ブロックの頻度が94.4~100%となつた。一方、セット時はTypeおよび魚種で異なっており、まず、インダイではType-A~Cとも第1ブロックが83.3~100%を示している。クロダイのType-Aでの第1ブロックの頻度は10%であつたが、Type-Bでは100%、Type-Cでは63.2%を示した。以上2魚種に対し、ヒラメはType-A~Cを通じ第1ブロックでの滞留頻度は0%で構造物への能動的な接近は認められなかつた(第5表)。

III. 考 察

1. 低塩分順化能力

ヒラメ稚魚が河口周辺域を中心に分布することからヒラメ稚仔魚と低塩分との関連性については主として生態学的観点から論じられている(清野ほか, 1977)。ヒラメ稚魚が陸水の混入率の高い低塩分域におもに分布するとすれば低塩分に対する順応性を備えている必要があるがこの点についての生理学的検討はまだ十分には行なわれていない。

今回行なつた全長30mmまでの低塩分中への放養実験からみて、明らかに体長の増加とともに低塩分への耐性の強まることが認められる。着底期稚魚でも20%海水(塩分8.5‰)まで生

第5表 魚種別および模型タイプ別にみた槽造物の投入時(+), 非投入時(-)の水槽内分布頻度

Table 5. Frequency of movement to each block of three fish species.
+ setting of a frame - without setting.

Type	Division number	Ishidai		Kurodai		Hirame	
		Setting					
		-	+	-	+	-	+
A	1	0%	83.3	0	10	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	20	0	0
	4	100	16.7	100	70	100	100
B	1	0	100	0	100	0	0
	2	0	0	0	0	10.0	0
	3	0	0	0	0	0	0
	4	100	0	100	0	90.0	100
C	1	0	100	0	63.2	0	0
	2	2.8	0	0	0	2.8	0
	3	2.8	0	0	0	2.8	0
	4	94.4	0	100	36.8	94.4	100

残率100%であり, また, TL 25~30mm では5%海水(塩分1.8‰)まで100%の生残率であった点からヒラメ稚魚に強い低塩分耐性の備わっていることは確かであろう。

この点は, 単に生き死にという面だけでなく, 生残した個体が同塩分中で摂餌をしていることから認められよう。また, 20%海水まででは日間摂餌量に差がない点も考慮するとヒラメ幼稚魚は低塩分中에서도生息することが可能と考えられる。これらの諸点は単なる現象面であり, 今後はヒラメの生長に伴う塩分調節機能の変化について生理学的視点での検討が必要であろう。

2. 潜砂能力および被食率

クルマエビと同様ヒラメ種苗についても放流時の潜砂行動が食害による減耗を防ぐために重要と思われる。さしあたり, 現在の放流標準サイズとなつている全長20~30mmでの潜砂能力についての検討を必要としよう。今回は水槽での潜砂率を指標として生長日数と潜砂活動力との関係を求めたが変態終了後3~5日での日内平均潜砂率は90%以上となつており, 着底と同時に潜砂能力の備わることが明らかになつた。

ただし, 上記サイズにおける砂粒径と潜砂率の関係においては粒径が小さくなり泥質粒が混在していると潜砂行動が不安定となり, 日内平均潜砂率も著しく低下していた。砂粒径の大小による潜砂率の変化はヒラメ稚魚の着底場の底質に対する選択性を意味するとも考えられる。この点についてさらに詳しい実験と天然稚仔の生態調査との照合が必要であろう。

一方, 食害実験の結果からヒラメ種苗の潜砂による食害からの防禦効果は食害実験魚がクロダイ幼魚の場合には認められたもののヒラメ幼魚に対する場合にはほとんど認められなかつた。今回の実験結果を天然条件下に単純に拡大することには実験条件上無理があるとしても捕食する魚種の違いでヒラメ種苗の潜砂行動による食害からの防禦効果に大きな差が生じることは十分考えられよう。

したがつて, 今後ヒラメ種苗を放流する場合にはクルマエビ種苗放流の場合と同様に放流域

での食害魚の事前調査を行なう必要がある。例えばヒラメ幼魚のような食害の危険性の高い魚種が放流前から大量に分布する水域では放流時期，放流サイズ，放流水深，放流用具，等に十分な検討を計るべきであろう。

3. 摂餌生態

ヒラメに限らずいずれの魚種においても増殖を計る場合，増殖対象水域の餌料条件を検討しておくことは極めて重要な意味を持つ。とくに種苗放流のように限定された水域に大量の尾数を投入する場合には食害その他による減耗をある程度見込んでいるにしても放流経費に見合う一定尾数が生残し，生長することを期待した方法である以上当然目的尾数の生残に適うだけの餌料量が種苗の分布域に存在することが必須条件となる。今後ヒラメの種苗放流あるいは育成場造成等で増殖効果を上げるには食害を防止する技術と平行してヒラメ幼稚魚にとつての適正な餌料環境を整備し，造成する技術の開発を進めることが重要な課題になると考えられる。

過去に栽培漁業事前調査，重要魚種生態調査等を通じヒラメの餌料条件に関する定性的な検討は行なわれているが定量的な面の調査は十分ではない。ヒラメに限らず増殖対象魚種と餌料条件との量的関係を求めるには魚種の餌量要求量と餌料生物の生産量の把握と対比が必要である。

後者の餌料生物の生産量の把握とは沿岸におけるプランクトン，ネクトン，あるいはベントスの生産量の把握という生態学上のテーマとほぼ同義であり，今後その関連分野における調査方法の確立と早急なデータの蓄積を待つ以外ない。また，前者の魚種ごとの餌料要求量については水槽実験あるいは生簀による測定例はあるものの，多くは未成魚あるいは成魚段階を対象としており，また，水温あるいは投餌方法が一定していない。

ヒラメについては種苗生産段階，あるいは幼魚期，未成魚期での断片的な測定例はあるが着底期から未成魚期について詳細に測定した例はみられない。ヒラメの摂餌量の測定例が少いおもな理由は本種が生き餌への嗜好性が強く，その性質に合った適当な実験用餌料を選び出して必要量を確保することが困難な点にある。本調査ではアルテミアの成体と稚魚類を生き餌として用い，ヒラメが常時摂餌できるよう余剰状態にして投餌した。また，投餌時間については日照時間＝摂餌可能時間という仮定に立つて平均12時間とした。当然実験環境と天然環境とでヒラメの日間摂餌量は違ってくるのが予想される。この相違を縮小するためには天然環境下の摂餌量を直接測定するか，実験条件を天然環境に近づける方法を将来考案していく必要がある。

今回の結果によるとヒラメの摂餌はおおよそ水温 20～25℃でもつとも活発になるが，TL 100 mmまでは30℃という高水温でも最大摂餌量の70～90%の摂餌が認められた点から幼魚期は比較的高温域でも飼育の可能な点が明らかとなった。

ただし，TL 100mmをこえると30℃での摂餌は40%～0%と少なくなり，逆に TL 10～50mmのサイズでは摂餌しなかつた10℃でも摂餌が行なわれた点から幼魚期から未成魚期にかけては高温への適応能力が低下し，逆に低温への適応能力が高まる傾向があると考えられよう。

なお，日間摂餌量，日本海ブロックにおけるヒラメの平均生長曲線および平均水温を基準に全長30cmに達するまでに要する総蛋白量を計算すると1個体当たり1,072.4gとなり，これを平均15%の蛋白分を有する餌料に換算すると7,149.3gになる。全長30cmのヒラメは体重約255gであるので餌料効率 η は $7,149.3/255=28.0$ となる。すなわち，全長15mmのヒラメが30cmになるまでには15%の蛋白質を有する餌料を体重の28倍ほど必要とすることになる。ただし，水槽実験での摂餌量，餌料効率および餌料成分は天然条件下と異なる可能性があり，将来これらの諸点に関してはさらに検討を必要としよう（第5表）。

第6表 ヒラメの着底期から未成魚期 (T. L 10~300mm) までの日間蛋白摂取量 (c) と積算蛋白摂取量 (d) の計算例. 生長 (a) および生息水温 (b) は日本海中部沿岸域を想定

Table 6. Example of computation of diurnal protein demand (c) and accumulated protein demand (d) according to growth of a juveniles of *Paralichthys olivaceus*. Growth (a) and water temperature (b) were quoted from the reports of research in the central part of the coast of Japan Sea.

Month	(a)	(b)	(c)	(d)								
	Growth (T. L)	W. T in habitat	Protein consump- tion in each month	Accumu- lative protein consump- tion	(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(b)	(c)	(d)
Jan.	-	-	-	-	150	13	13.47	118.20	250	13	69.18	619.93
Feb.	-	-	-	-	150	11	10.05	128.25	250	11	45.05	664.98
Mar.	-	-	-	-	150	10	7.46	135.71	250	10	40.22	705.20
Apr.	-	-	-	-	160	10	8.72	144.43	260	10	41.40	746.60
May	15mm	13°C	0.02 g	0.02 g	170	13	27.38	171.81	270	13	79.98	826.58
June	30	18	0.28	0.30	180	18	53.27	225.08	280	18	111.18	937.76
July	60	22	2.87	3.17	190	22	69.63	294.71	290	22	134.63	1072.39
Aug.	90	27	8.24	11.41	200	27	24.03	318.74	300	27	83.95	1156.34
Sep.	110	27	14.19	25.60	210	27	27.72	346.46	-	-	-	-
Oct.	120	23	25.49	51.09	220	23	58.74	405.20	-	-	-	-
Nov.	130	19	23.84	74.93	230	19	68.82	474.02	-	-	-	-
Dec.	140	15	24.80	99.73	240	15	76.73	550.75	-	-	-	-

一方、投餌開始後約4時間で体重当り胃内容重量は飽食状態に達していた。ただし、飽食量はサイズによつて異なり、TL 20~25mmの小型個体では3%前後、TL 92~120mmでは10%前後と大型個体での値が大きくなつている。天然条件下でのヒラメの胃内容物重量比の調査例は少ないものの TL 80~130mmで3%前後と見られ(安永ほか1980)、本実験における TL 90~120mmでの約10%という値のほぼ1/2~1/4に当る。飽食量は餌料種によつて変化する可能性があるが、天然条件下では水槽実験における飽食量まで摂餌することは困難であるものと推測される。

なお、TL 20~25mm および 100~150mmの体重当り日間摂餌量は日間蛋白摂取量から換算してそれぞれ76.3%と37.5%となる。したがつて日間摂餌量/飽食量は TL 20~25mm で76.3/3.0=25.4、TL 100~150mmで37.5/10.0=3.8となる。

4. 水中構造物への寄りつき行動

ヒラメ幼稚魚を対象として培養型魚礁の投入事業が行なわれているがヒラメあるいはカレイ類の魚礁への寄りつき効果に対する調査例は他の魚種にくらべて少い(鳥取水試, 1977)。

魚礁を投入する根拠として対象魚種がその身体の安定・安全を求めるといふ直接的な効果と餌料生物あるいは流動変化を媒体とするといふ間接的な効果が考えられる(小川, 1977)。今回は前者の効果を前提としてヒラメが魚礁に寄りつき性質をどの程度有しているかの基礎調査を行動生態学的手法によつて行なつた。

本実験では測定装置および測定方法の点からヒラメが構造物に寄りつき性質をどの程度有するかについて他の実験魚との相対的關係で調べたにとどまつた。今回用いた構造物に関しては寄りつき効果はインダイ、クロダイにくらべてはるかに弱くほとんどみとめられなかつたに等しいと言えよう。ただし、砂を入れない水槽では水槽の壁面付近に滞留する傾向があり、投入

構造物よりは壁面への寄りつき効果が大きく現われた可能性もあるので本実験からヒラメ幼稚魚に水中構造物へ寄りつき性質がまつたくないとは断言できない。

ヒラメ幼稚魚の生態調査において流木やゴミの下に隠れて生息するという知見（鳥取水試，1972）もあり，今後今回の実験より大型の水槽あるいは今回とは異なる構造物を用い，前述の間接的蝸集効果の問題と合わせてヒラメあるいはカレイ類を対象とした魚礁投入の意義を検討する必要がある。これらの点を明らかにすることによつて魚礁の構造あるいは投入，設置方法の一層の效果的改善が可能とならう。

以上ヒラメ幼稚魚期の生残，摂餌，寄りつき行動，といった本種を対象とした増殖技術開発を考える上で必要な基礎的な生物学上の問題をとりあげ，検討を行なつた。ヒラメに対する増殖事業ニーズは先行対象種であるマダイ，クルマエビ等とくらべて現状ではまだはるかに小さい。今後本種の合理的な増殖技術開発を指向する上で今回の課題以外にも栄養生理，あるいは感覚生理，病理といった点での基礎的研究の蓄積が望まれる。

本論を終えるにあたり，ヒラメ卵を提供して頂いた新潟県栽培漁業センターに御礼申し上げるとともに，論文作成上御助力下さつた浅海開発部，長沼典子技官に深謝いたします。

文 献

- 清野精次・板野安正・浜中雄一（1977）．若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究-IV．昭和52年度京都水試報告：16～26。
- 小川良徳（1973）．人工礁に関する生物学的諸問題．*Ocean age*, 5(3)：21～30。
- 島根水試（1972）．日本海栽培漁業漁場資源生態調査報告書。
- 鳥取水試（1977）．大規模増殖場開発事業調査報告書。
- 安永義暢・興石裕一（1980）．日本海沿岸におけるクルマエビ種苗放流追跡調査上の基礎的考察．日本水研報告，(31)：129～151。