

# 中間育成場におけるヒラメ稚魚の 活力の向上と野生化の検討

日本海区水産研究所資源増殖部

野口昌之・藤井徹生・小林時正\*・原素之\*\*

共同調査機関：鳥取県水産試験場

調査実施年度：平成2～5年度

## 緒言

ヒラメ人工種苗は放流直後における摂餌行動や害敵に対する逃避行動が緩慢であり、空胃率や食害による被食圧が高く、放流直後に大量の減耗が起こることが知られている。放流直後の生残率を向上させるためには、一定の期間馴致し（中間育成）、天然稚魚に近い能力を備えて（野生化）から放流するのが望ましいと考えられる。鳥取県が砂浜域に造成した中間育成施設で行われる中間育成中の人工種苗と天然稚魚の体成分や酵素活性を分析し、比較することから、種苗の栄養生理学的状態を把握し、ヒラメ稚魚の活力の定量的把握と、適度な活力が形成される、すなわち、野性化される中間育成方法を検討し、放流された種苗の生残率の向上を図り、放流効果を高めることを目的とした。まず、天然稚魚と人工種苗の栄養生理学的な比較を行い、その違いを明らかにした。次に人工種苗の中での栄養生理学的差異および飼育条件と分析値の関係を明らかにした。最後に実際の中間育成施設での栄養生理学的な変化をとらえ、中間育成の方法について検討を加えた。生化学分析の方法は中央水産研究所生物機能部細胞生物研究室中野広室長（現研究課研究管理官）に指導していただいた。

## 材料と方法

### 1) 天然稚魚と人工種苗の比較

天然稚魚と人工種苗の栄養生理学的な比較を行うため、タンパク質の合成の指標として核酸比、体内の栄養蓄積の指標としてCN比、運動能力の指標としてMgATPase活性、タンパク質の分解の指標として酸性プロテアーゼ活性の4種類の分析を行った。核酸比、CN比の分析には、天然稚魚は鳥取県東伯郡泊村石脇地先で91年6月11・12日に採集した体長32.7～66.7mmの29個体を用いた。人工種苗は鳥取県栽培漁業センターで飼育中の個体を91年5月31日、6月7日に採集した体長31.6～49.5mmの47個体を用いた。MgATPase活性及び酸性プロテアーゼ活性の分析には、天然稚魚は鳥取県東伯郡泊村石脇地先で93年6月28日に採集した体長31.2～60.6mmの32個体を用いた。人工種苗はパンライト0.5 t 水槽に約3cm種苗を約5000尾収容し、20日以上飼育した、体長39.2～61.6mmの20個体を使用した。4種類の分析にはいずれも有限側の背部の筋肉組織を用いた。

### 2) 人工種苗の中での栄養生理学的差異

大量種苗生産現場では水槽中に浮遊している種苗が見られることがある。このような種苗は他の種苗と栄養生理学的にどのような差異があるのかを調べるために生化学分析を行った。鳥取県栽培漁業センターで種苗生産中の個体を水槽内で水面近くにいる個体（S）、底にいる個体（B）と壁にいる個体（W）の3つのグループに分けて91年5月31日、6月7日の2回サンプリングを行い、S・B・Wの各グループ24個体の背部の筋肉組織を用い、核酸比及びCN比の測定を、また肝臓組織を用いて酸性プロテアーゼ活性の測定を行った。

\*現 中央水産研究所

\*\*現 国際農林水産業研究センター

### 3) 飼育条件と分析値の関係

飼育条件と分析値の関係を明らかにするため、給餌回数、密度、日数を変えた飼育実験を行い、実験終了後に核酸比、CN比、MgATPase活性、酸性プロテアーゼ活性の4種類の分析を行った。50lのアクリル水槽に給餌回数(0、1、2回/日)、密度(8、24個体/水槽)、日数(5、10日)の異なる10の区を設定した。分析には有眼側背部の筋肉組織を用いた。

### 4) 中間育成中の種苗の栄養生理学的変化

中間育成は91年には予備実験池で、92、93年には中間育成施設で行われた。以下に年別に記述する。

91年には鳥取県が東伯郡泊村宇谷の海岸に造成した中間育成の予備実験用の池(10×10mの矢板打ち素堀池)で、91年6月26日から7月6日まで飼育した人工種苗を用いた。経時的変化をみるために中間育成開始当日、1、3、5、7、10日後に12個体ずつサンプリングを行った。核酸比及びCN比の測定には有眼側の背部の筋肉組織を、酸性プロテアーゼ活性、G6PDH活性、ICDH活性の測定には肝臓組織を用いた。

92年には鳥取県が東伯郡泊村宇谷に設置した中間育成施設(図1)において92年5月29日から6月27日まで中間育成を行った。5月29日に27mm15万の種苗を搬入し、飼育面積は100m<sup>2</sup>(図1のA)とした。飼育開始4日後の6月2日に中仕切り網を開放し、飼育面積を200m<sup>2</sup>(図1のA+B)とした。飼育開始後20日の6月18日に仕切り網を開放し、施設全体を使い、飼育面積を1200m<sup>2</sup>とした。天然餌料の導入実験のためこの日から5日間給餌を中止したが天然餌料の導入はうまくいかず、試験開始25日後の6月23日に給餌を再開した。中間育成開始29日後の6月27日に放流口を開放した。餌は1日あたり3~6kg与えた。試験開始27日後の6月25日の鳥取水試の計測では個体数は3.8万であった。経時的変化をみるために中間育成開始当日、1、4、10、20、23、27、34日後に12個体ずつサンプリングを行った。試験開始後34日後の種苗は施設内に残っていた個体をサンプリングした。核酸比、CN比、MgATPase活性、酸性プロテアーゼ活性の測定には有眼側の背部の筋肉組織を用いた。

93年には前述の中間育成施設で第1回次(TL32.9mmの種苗129,000個体を搬入、5月31日開始)の種苗の経時的な(0、2、5、10、20、26、30日目)サンプリングを行った。また、比較対照のためにパンライト0.5t水槽に3cm5000尾で中間育成と同じ種苗を収容し、同時に飼育を開始した群を対照飼育群とし、5、10、26、30日後にサンプリングを行った。天然稚魚は6月28日採集した。7月8日に開始した中間育成2回次(TL51.8mmの種苗60,000個体を搬入)でもサンプリング(0、3、5、8、11日目)を同様に行った。核酸比、CN比、MgATPase活性、酸性プロテアーゼ活性の測定には有眼側の背部の筋肉組織を用いた。

RNA及びDNAの定量はSTS変法(中野1988<sup>1)</sup>)によった。組織に約10倍量の0.25Msucrose-1mM EDTA-20mM Tris-HCl(pH7.5)溶液を加え、ホモジナイズし、2500rpmで20分間遠心分離する。この上澄みを酵素抽出液とする。この沈殿に0.45M KCl-20mM Tris-maleate(pH7.0)を加え0℃16時間放置後3000rpmで30分間遠心分離を行い、上澄みに冷蒸留水を加え、2500rpmで20分間遠心分離する。さらに得られた沈殿に0.45M KCl-20mM Tris-maleate(pH7.0)を加え、冷蒸留水を加え、2500rpmで20分間遠心分離する。得られた沈殿に0.45M KCl-20mM Tris-maleate(pH7.0)を加え再溶解し塩溶性タンパク質の抽出液とした。酸性プロテアーゼ活性は上記の酵素抽出液0.2mlにAcetate buffer(pH2.5)0.2ml、1%酸変性ヘモグロビン0.6mlを加え、30℃で60分反応させた。このとき生成したペプチドをLowry法で測定した。G6PDH(グルコース6リン酸脱水素酵素)活性は上記の酵素抽出液0.1mlに0.5M Tris-HCl(pH7.5)1.0ml、0.1M MgCl<sub>2</sub>0.5ml、5mg/ml Glucose-6-Phosphate0.3ml、5mg/ml NADP0.1ml、H<sub>2</sub>O1.15mlを25℃のセル内で加え、340nmでの吸光度の減少より求めた。ICDH(イソクエン酸脱水素酵素)活性は上記の酵素抽出液0.05mlに0.1M Tris-HCl(pH8.5)2.5ml、0.1M MgCl<sub>2</sub>0.15ml、0.1M Isocitrate0.1ml、10mg/30ml NADP0.1mlを25℃のセル内で加え、340nmでの吸光度の減少より求めた。MgATPase活性は上記の塩溶性タンパク質抽出液0.5mlに0.5M Tris-maleate buffer(pH7.0)0.1ml、0.1M MgCl<sub>2</sub>0.05ml、H<sub>2</sub>O1.5ml、20mM ATP(pH7.0)を加え、25℃

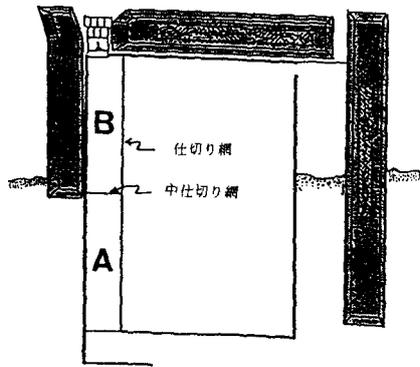


図1 中間育成施設

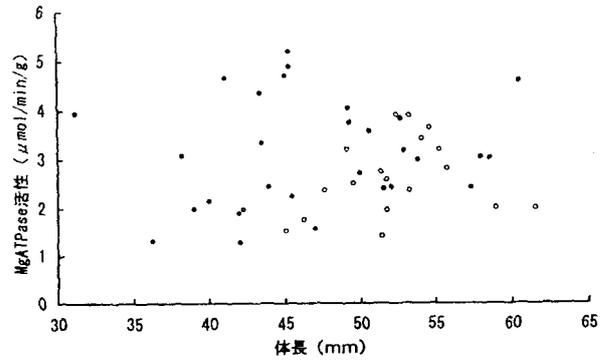


図5 MgATPase活性比と体長の関係  
●：天然ヒラメ ○：ヒラメ人工種苗

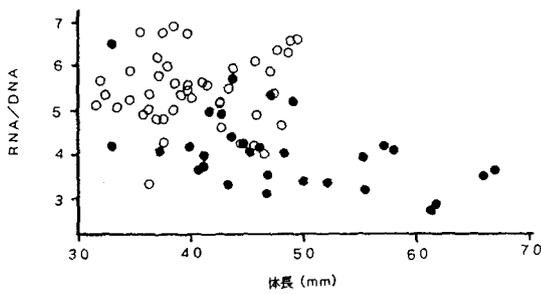


図2 核酸比と体長の関係  
●：天然ヒラメ ○：ヒラメ人工種苗

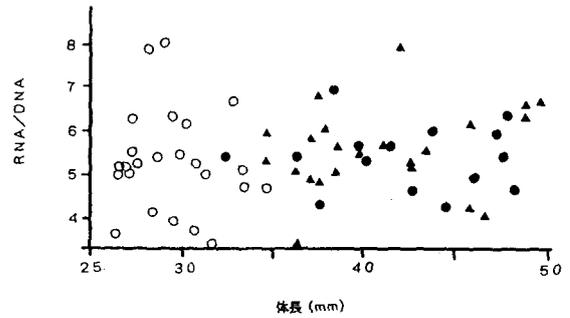


図6 核酸比と体長の関係  
○：水面近くにいる個体 (S)  
●：底にいる個体 (B)  
▲：壁にいる個体 (W)

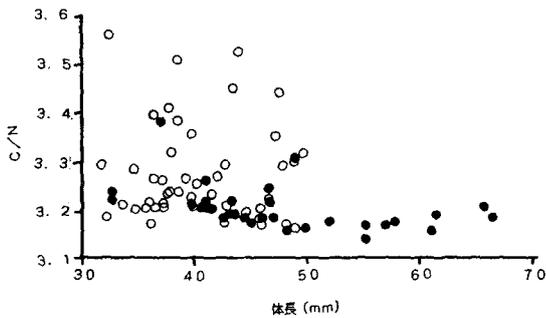


図3 CN比と体長の関係  
●：天然ヒラメ ○：ヒラメ人工種苗

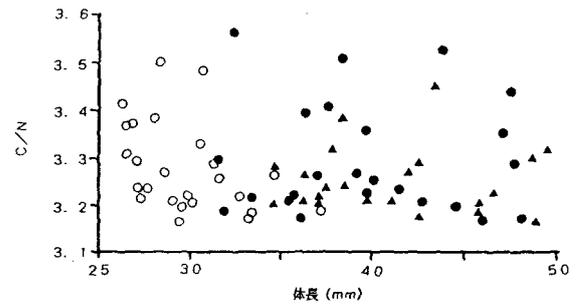


図7 CN比と体長の関係  
○：水面近くにいる個体 (S)  
●：底にいる個体 (B)  
▲：壁にいる個体 (W)

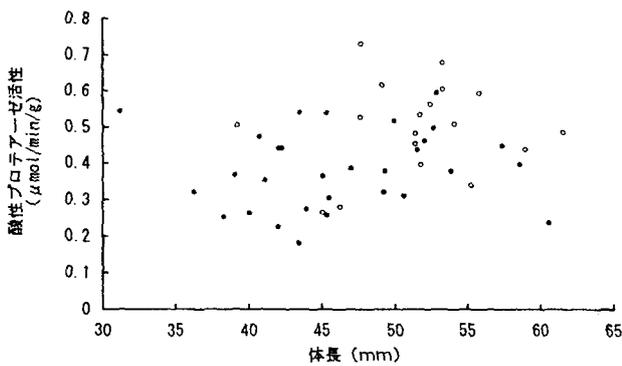


図4 酸性プロテアーゼ活性と体長の関係  
●：天然ヒラメ ○：ヒラメ人工種苗

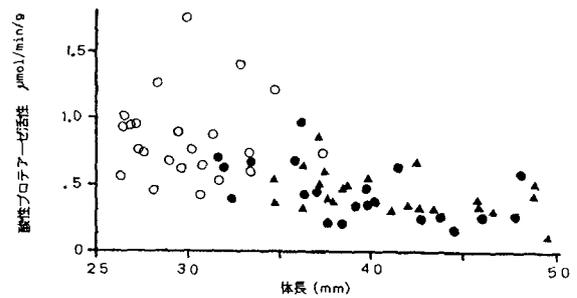


図8 酸性プロテアーゼ活性と体長の関係  
○：水面近くにいる個体 (S)  
●：底にいる個体 (B)  
▲：壁にいる個体 (W)

で20分反応させて10%CCl<sub>3</sub>COOH 1.0mlを加え反応を停止し、2500rpmで20分間遠心分離した。得られた上澄み1.0mlに5N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-2.5%(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>Oを2ml加え、蒸留水を2ml加える。還元剤を1滴加え、室温で30分放置後660nmで吸光度を測定した。10%CCl<sub>3</sub>COOHをインキュベート前に加え反応を起こさせないものに同様の操作を行い、ブランクとした。

CN比の測定はCHNコーダー（柳本MT-5）を用いた。

## 調査結果

### 1) 天然稚魚と人工種苗の比較

核酸比と体長の関係を図2に示した。天然稚魚では、体長33~45mm（以下魚の大きさは体長とする）の個体で平均4.4、45~50mmで4.1、50~67mmで3.5と小さい個体ほど高い傾向が見られた。人工種苗ではこの傾向は見られなかった。また、人工種苗と天然稚魚を比較すると30~50mmの全ての範囲で人工種苗が天然稚魚よりも高い傾向がみられた。CN比と体長の関係を図3に示した。天然稚魚では33~45mmの個体で平均3.23、45~50mmで3.20、50~67mmで3.17と小さい個体ほど高い傾向が見られた。人工種苗でもこの傾向は見られ、32~35mmの個体で3.29、35~40mmで3.28、40~45mmで3.28、45~50mmで3.26であった。また、人工種苗と天然稚魚を比較すると、30~50mmの全ての体長範囲で人工種苗の方が天然稚魚よりも高い傾向がみられた。また、人工種苗の中には天然稚魚と同程度の3.3以下の値を示す個体も多いが、天然種苗には見られない3.4以上の値を示す個体があり、結果として平均値が高く、ばらつきが大きいことが特徴であった。酸性プロテアーゼ活性と体長の関係を図4に示した。分析を行った体長範囲では体長と酸性プロテアーゼ活性の関係は明瞭ではなかった。また、人工種苗と天然稚魚を比較すると人工種苗の方がやや高い傾向がみられた。MgATPase活性と体長との関係を図5に示した。分析を行った体長範囲では体長とMgATPase活性の間に明瞭な関係はみられなかった。また、人工種苗と天然稚魚を比較すると人工種苗の方がやや低い傾向がみられた。

核酸比は1細胞当りのタンパク合成能の良い指標となることが知られている（Bulow 1970<sup>2)</sup>、Buckley 1984<sup>3)</sup>）。今回の分析では、同じ体長範囲で比較すると人工種苗の方が天然稚魚より核酸比が高く、タンパク質の合成能が高いことが伺える。CN比は脂肪含有量の指標となることが知られている（首藤ら1983<sup>4)</sup>）今回の分析では、同じ体長範囲で比較すると人工種苗の方が天然稚魚よりCN比が高いことから、脂肪含有量が高い傾向が伺える。酸性プロテアーゼ活性は飢餓状態で高い値を示すことが知られており（中野・白旗1988<sup>5)</sup>）、タンパク質の分解の指標として考えられる。今回の分析では、同じ体長範囲で比較して人工種苗の方が天然稚魚よりもやや高く、タンパク質の分解がやや活発化している傾向が伺えた。MgATPase活性は筋肉の収縮速度と相関があることが知られており（Barany1967<sup>6)</sup>）、運動能力の指標として考えられる。今回の分析では、同じ体長で比較して人工種苗の方が天然稚魚よりもやや低く、運動能力がやや劣ることが伺えた。

### 2) 人工種苗の中での栄養生理学的差異

水面近くにいる個体（S）は底にいる個体（B）や壁にいる個体（W）に比べて、体長が明らかに小さかった。体長の重なる範囲（32~35mm）で比較するとSはBやWに比べて核酸比がやや低い（図6）ことから、タンパク質の合成能が若干低いと考えられる。CN比も（図7）核酸比と同様のことがいえ、脂肪含量がやや少ないと考えられる。酸性プロテアーゼ活性は体長の重なる範囲（32~38mm）で比較してSがBやWに比べて高く、タンパク質の分解がより活性化していることが伺える（図8）。また、BとWの間には差はみられなかった。SはBやWに比較して明らかに体が小さいこと、核酸比の結果からタンパクの合成能が劣ること、CN比の結果から脂肪含有量が少ないこと、酸性プロテアーゼ活性の結果からタンパク質の分解が活性化していることなどが伺われ、健全な成長をしているとは言えず、栄養生理学的に問題があると考えられた。

表1 飼育実験の概要

LOT	0	Z8-5	Z8-10	H8-5	H8-10	H24-5	H24-10	F8-5	F8-10	F24-5	F24-10
飼育期間	0	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
給餌回数/日	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2
個体数	0	8	8	8	8	24	24	8	8	24	24
餌/BW %	-	0.0	0.0	3.9	3.6	3.8	2.6	6.3	4.8	4.9	4.8
平均体長	56.9	52.2	55.4	57.2	62.7	59.2	61.1	61.8	66.2	60.6	66.0
平均体重	3.04	2.04	2.28	2.97	3.91	3.42	3.73	3.75	4.90	3.74	4.93
成長率%	-	-3.96	-2.17	4.91	4.65	6.61	5.60	8.08	8.11	8.58	8.16

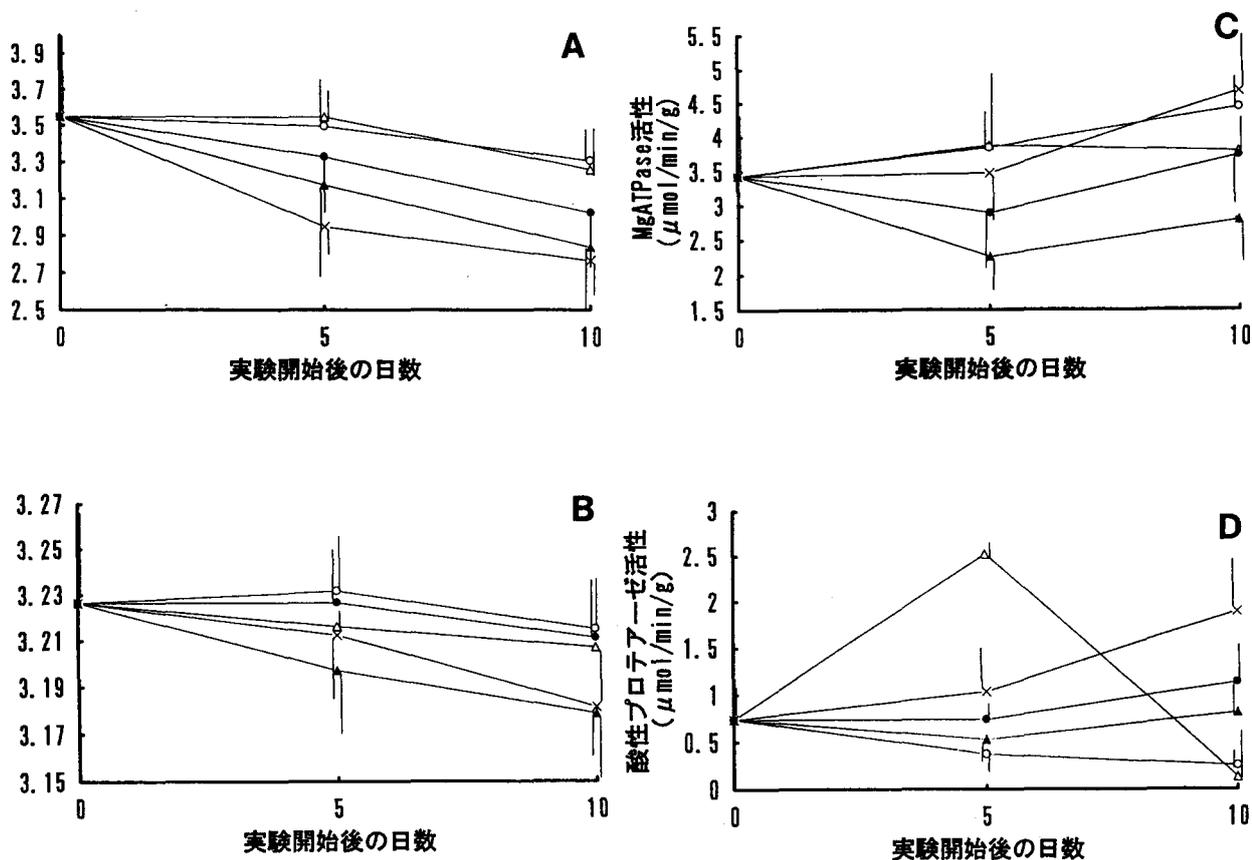
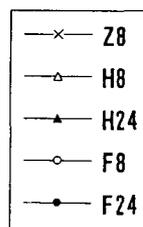


図9 飼育実験サンプルの分析値

A: 核酸比 B: CN比  
 C: MgATPase 活性  
 D: 酸性プロテアーゼ活性  
 縦棒は標準偏差

凡例  
 Z: 絶食  
 H: 一日1回給餌  
 F: 一日2回給餌  
 英字の後の数字は  
 飼育尾数を表す



### 3) 飼育条件と分析値の関係

表1に飼育条件と生化学分析値の対応関係を明らかにする目的で行った飼育実験結果の概要を示した。以下に各区の分析結果を示す。なお、0区は実験開始時の個体をサンプリングした個体である。各区の平均体長はZ8-5区で最も小さく(52.2mm)、F8-10区で最も大きく(66.2mm)なった。摂餌率(餌/体重/日)は1回給餌の区(H)で2.6~3.9%、2回給餌の区(F)で4.8~6.3%となった。成長率は絶食区(Z)で-2.2~-4.0%、H区で4.7~6.6%、F区で8.1~8.6%となった。核酸比ではすべての区で減少傾向となり、Z区でその傾向が最も強いが、H区とF区ではあまり変わらず、低密度区(H8、F8)と高密度区(H24、F24)の間の差が見られた(図9-A)。CN比もすべての区でやや減少傾向となり、F8区、F24区、H8区、Z8、H24の順に値が高かった(図9-B)。MgATPase活性はZ区を除くとF8区、H8区、F24区、H24区の順に高かった(図9-C)。酸性プロテアーゼ活性はH8区を除くとZ8、F24、H24、F8の順に高かった(図9-D)。

### 4) 中間育成中の種苗の栄養生理学的変化

91年の中間育成開始時と終了時の値を比較すると核酸比は開始時4.5終了時4.0と低くなった(図10-A)。CN比は開始時3.24終了時3.19と低くなった(図10-B)。酸性プロテアーゼは開始時0.4終了時1.0と高くなった(図10-C)。G6PDH活性およびICDH活性(図10-D・E)は各々低くなった。今回の分析結果からG6PDH活性、ICDH活性とも開始時と終了時を比較して活性は低下しており代謝系の機能が低下していることが伺えた。なお、実験魚の体長は平均で実験開始時に49mm、10日後の終了時に53mmと大きな差はなく(4mm)、この間の測定結果に及ぼす成長による影響はほぼ無視できると考えられた。

92年の中間育成魚の生化学分析の結果を以下に述べる。中間育成中の核酸比は平均値で開始時5.5から4日後に4.4と下がったが10日後には5.1と回復し、20日後に5.8と最高値を示し、徐々に下がり始め34日後には4.1と最低値となった(図11-A)。23日後以降の低下は給餌の停止した施設内の餌料の低下傾向の反映と考えられた。34日後の低下は開放後7日後であり、施設内に留まっていた種苗の餌料環境の反映であると考えられた。天然稚魚の同サイズの個体と比較するとやや高いレベルにあった。昨年の子備実験施設での結果と比較するとほぼ同レベルで経過した。CN比は開始時3.30から1日後に低下し、以後10日後まで3.23~3.25、20日後では3.20、34日後では3.13と徐々に低下した(図11-B)。1日後の急激な低下は環境の変化等の影響と考えられた。天然稚魚の同サイズの個体と比較すると同レベルにあった。昨年の子備実験施設での結果と比較すると初期の低下傾向は激しいが、やや高い値で推移した。酸性プロテアーゼ活性は開始時から10日後まで0.18~0.25の低い値を示したが20日後から34日後では0.6~0.7の高い値となった(図11-C)。天然稚魚の同サイズの個体と比較すると10日後までは低く20日後以降は同レベルとなり、昨年の子備実験で得られた天然稚魚より高いという結果と異なった。MgATPase活性は開始時0.5から1日後には低下したが10日後には1.0、その後27日後の4.8まで増加し、34日後には3.8にやや低下した(図11-D)。

93年の中間育成1回次のサンプルの体長は10日目まで平均30.1~35.8mm、20日目以後48.5~49.7mmであり、対照飼育群では前者が34.9~39.7、後者が51.4~51.6であった。体長の差が大きく、前期と後期に分けて考える必要があると判断した。天然稚魚は小型群(平均体長39.9mm)と大型群(平均体長50.46mm)に分けてそれぞれを前期(10日目まで)、後期(20日以降)と比較した。核酸比は中間育成10日目まで4.4~5.1と高く、20日以後3.0~3.7と低くなった。対照飼育群とほぼ同様に推移した。前期には、天然稚魚と比較するとやや高い値であった(図12-A)。CN比は中間育成10日目まで3.3~3.45と高く、20日以後3.15~3.2と低くなった(図12-B)。対照飼育群と比較するとほぼ同様に推移し、最後にはやや低い値であった。天然稚魚と比較すると10日目までは高く、26日以後はほぼ同じ値であった。MgATPase活性は10日目まで2.0~4.2、20日以降2.3~3.2であり、天然稚魚とほぼ同様であった(図12-C)。10日目までは対照飼育群の方が高い値であった。酸性プロテアーゼ活性は5日目まで0.7~1.4と高かったが、10日以後0.4~0.6で推移した

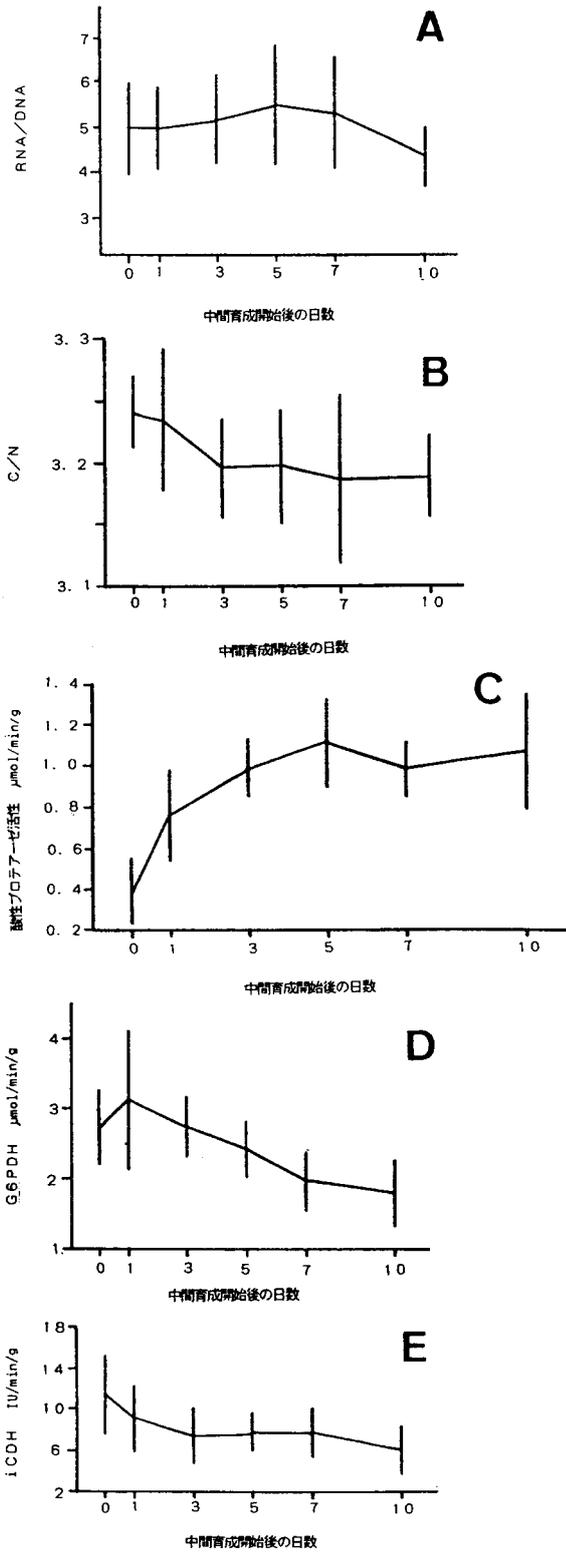


図10 91年の中間育成中の分析値の変化  
 A:核酸比 B:CN比 C:酸性プロテアーゼ活性  
 D:G6PDH活性 E:iCDH活性 縦棒は標準偏差

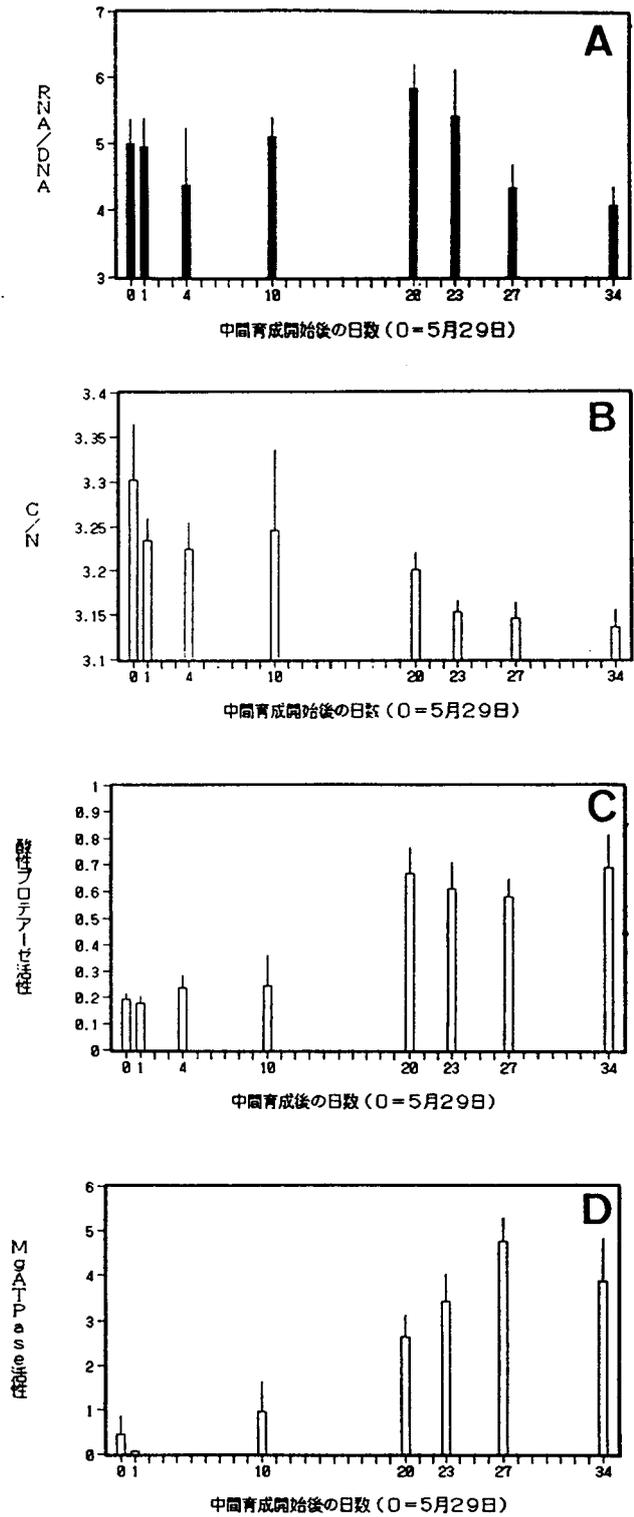


図11 92年の中間育成中の分析値の変化  
 A:核酸比 B:CN比 C:酸性プロテアーゼ活性  
 D:MgATPase活性 縦棒は標準偏差

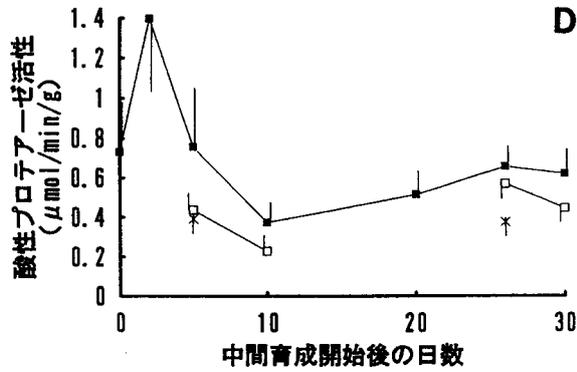
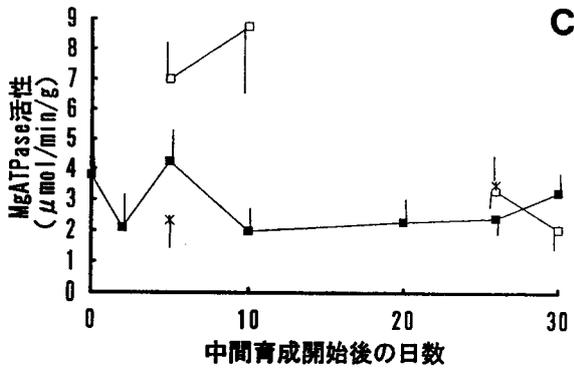
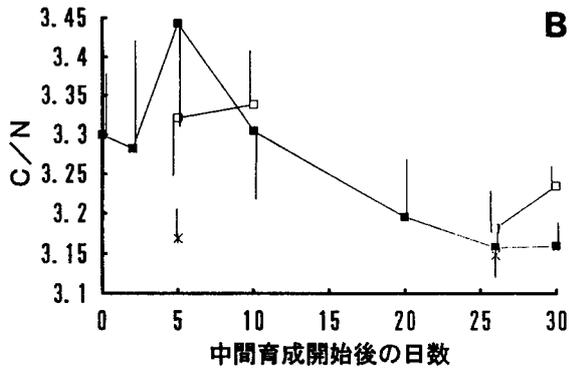
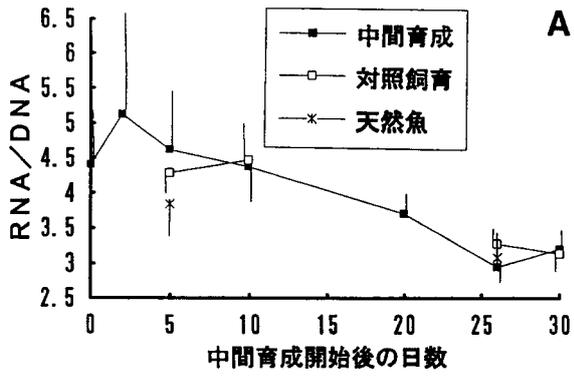


図12 中間育成1回次サンプルの分析値

A: 核酸比 B: CN比

C: MgATPase 活性

D: 酸性プロテアーゼ活性

縦棒は標準偏差

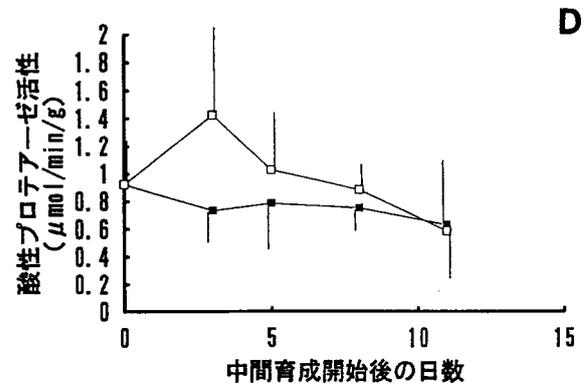
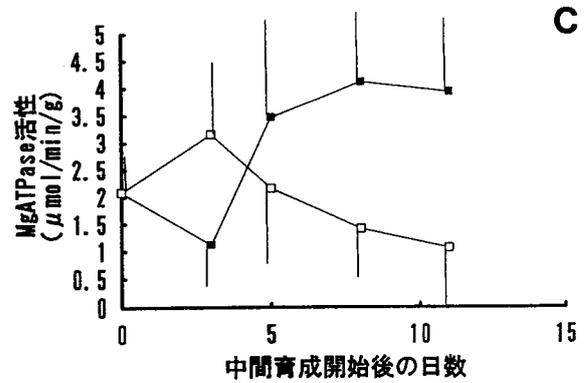
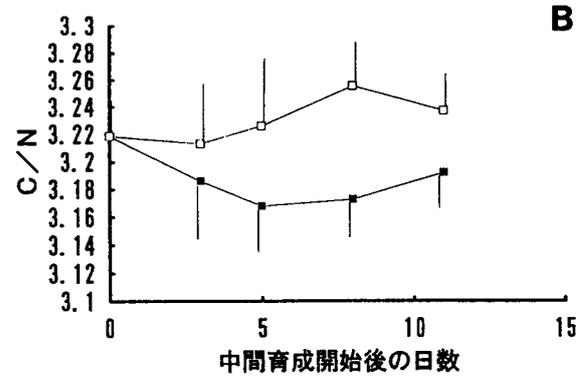
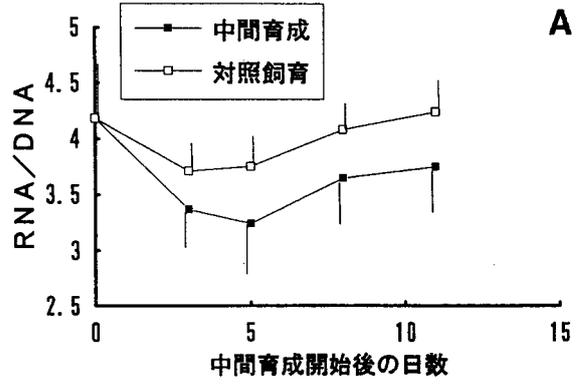


図13 中間育成2回次サンプルの分析値

A: 核酸比 B: CN比

C: MgATPase 活性

D: 酸性プロテアーゼ活性

縦棒は標準偏差

(図12-D)。天然稚魚や対照飼育群ではこれよりもやや低い値となった。中間育成後期で対照飼育群、天然稚魚と比較してみると核酸比では差が見られず、CN比では対照飼育群よりやや低い天然稚魚と同じ、MgATPase活性では対照飼育群より高く天然稚魚と同じ、酸性プロテアーゼ活性では対照飼育群や天然稚魚よりやや高かった。タンパク質の合成能や栄養状態、運動能力は天然稚魚と同じ程度であるが、タンパク質の分解能がやや高いという結果になった。

93年の中間育成2回次のサンプルの体長は49.9~59.7mm、対照飼育群は50.9~60.0mmであり、体長による差は考慮しないこととした。核酸比は3.2~3.7と対照飼育群の3.7~4.2よりやや低く推移した(図13-A)。天然稚魚と比較するとやや高い値であった。CN比も3.17~3.19と対照飼育群の3.21~3.26よりやや低く推移した(図13-B)。天然稚魚とほぼ同程度である。MgATPase活性は3日目は1.1と低かったが、5日目以降3.5~4.1と高くなった(図13-C)。これに対し、対照飼育群は3日目は3.2と高いが、5日目以降1.1~2.2と低くなった。天然稚魚と比較しても5日目以降やや高い値である。酸性プロテアーゼ活性は0.6~0.7で推移した(図13-D)。対照飼育群は3日目1.4、5日目1.0と高かったが、8日以降0.6~0.9で推移し、ほぼ同じ値となった。天然稚魚と比較するとやや高い値となった。中間育成の後期で判断すると、核酸比・CN比では対照飼育群より低い天然稚魚と同程度、MgATPase活性では対照飼育群より高く天然稚魚と同じ、酸性プロテアーゼ活性では対照飼育群と同程度で天然稚魚よりやや高かった。タンパク質の合成能や栄養状態、運動能力は天然稚魚と同じ程度であるが、タンパク質の分解能がやや高いという結果になった。

#### 考察

ヒラメの人工種苗と天然稚魚の体成分を比較した藤井(1990)<sup>7)</sup>の報告では、天然稚魚で40mm以上、飼育魚では30mm以上で核酸比及びCN比は体長によらずほぼ一定で、核酸比は天然稚魚では4前後、CN比は飼育魚では1個体を除き3.20以上なのに対し、天然稚魚では大部分の個体が3.20以下であるとしている。今回の結果の値はこれらの値とほぼ一致した。今回の生化学分析の結果から、栄養生理学的にみると、人工種苗は天然稚魚に比較してタンパク質の合成・分解が激しく(代謝が速い)、脂肪の蓄積が多く、運動能力が低いことが示唆された。一般に人工種苗の方が摂餌量や運動量の関係で脂肪含量が多いと考えられている(福原1989)<sup>8)</sup>。人工種苗と天然稚魚で栄養生理学的に明らかな違いがみられたことから、人工種苗を天然稚魚に近づける(野生化)には、この栄養生理学的な差異が少なくなる方向で中間育成方法を改善していくことが一つの方向であると考えられた。

一般に大量生産現場では水槽中で浮いている人工種苗は小型の個体で、水槽中の密度が高く他の種苗に追い出されて底にいたることができず、水面近くでふらふらしている個体であり、種苗性に問題があると考えられている。また、密度が高い場合には取り除いても後からまた次々に浮いてくることなどが経験的に知られている。今回このような種苗は他の種苗とどのような栄養生理学的差異があるのかを調べた結果、浮いている個体は壁や底にいた個体に比較してタンパク質の合成能が低く、分解能が高い。また、脂肪含量も少ないことが分かった。このことから、一般に言われているとおり、浮いている個体は壁や底にいた個体に比較して栄養生理学的に問題があると考えられた。逆に言えば、種苗が浮くような状態での中間育成は問題があると生化学的分析からも裏打ちされたことになる。

飼育実験による飼育条件と分析値の対応関係を調べた実験では、標準偏差が大きく、傾向が明瞭でないものもあるが、摂餌量が多いほど核酸比やCN比が高いという傾向がみられた。MgATPase活性と酸性プロテアーゼ活性では、いくつか例外があるものの、ほぼ摂餌量に対応した関係が見られた。これにより、これらの分析値をそれぞれの指標として使うことの妥当性がある程度証明できたものと考えられる。言い換えると、これらの分析を行うことにより、ある程度種苗の栄養生理学的状況が把握できると考えられる。また、密度が高いと核酸比、CN比、MgATPase活性がやや減少する傾向、酸性プロテアーゼ活性が上昇する傾向がみられた。このことは実験条件下のかなり低い密度においても、その密度の違いにより種苗の栄養生理学的

状態に変化をもたらすことを意味している。また、密度が高くなることにより、タンパク質の合成能が減少し、分解が活性化し、栄養物質の蓄積が減少し、運動能力が減少することが示唆されていることから、中間育成において、さらに密度の低い状態での中間育成を行うという方向が1つの方向として考えられた。

予備実験池での中間育成の結果から、開始時と終了時を比較すると、核酸比からタンパク質の合成能は低くなり、酸性プロテアーゼ活性からタンパク質の分解は活発化し、CN比から脂肪含有量は減り、代謝も普通に行われていないことが考えられた。核酸比とCN比は天然稚魚なみであるが、酸性プロテアーゼ活性は終了時に飼育魚の値より高く、タンパク質の分解の活性化が示唆され、この中間育成中の種苗は栄養生理学的に健全には成長していると言えず、中間育成はうまく行われていないことが示唆された。原因としてはこの実験を行った中間育成池は予備実験用の中間育成池のため、水の交換がほとんどなかったこと、植物プランクトンの影響で溶存酸素が昼間は過飽和、夜は貧酸素となったことなどが考えられる。

92年の中間育成施設での中間育成では、核酸比及びCN比から、放流時のショックや給餌の停止によると考えられる低下傾向がみられた。しかし、中間育成終了時の核酸比、CN比、酸性プロテアーゼ活性およびMgATPase活性の値は天然稚魚と同じレベルにあった。昨年の中間育成と比較すると核酸比は同レベルであったが、CN比はやや高く、酸性プロテアーゼ活性は低かった。これらのことから、今回の中間育成施設を使用した中間育成は給餌の停止などの問題はあがあるが、91年の予備実験施設で行われた中間育成に比較してより良い中間育成が行われたことが示唆された。

93年の中間育成の後期のサンプルの分析からは1・2回次とも天然稚魚と比較すると酸性プロテアーゼ活性がやや高い傾向、対照飼育群と比較するとCN比が低く、MgATPase活性が高い傾向があった。核酸比やCN比MgATPase活性から種苗が順調に成長していることが伺えた。飼育実験の結果から、密度をさらに減らしてやればタンパク質の分解が抑えられることが示唆されており、さらに中間育成中の種苗が栄養生理学的に改善されると考えられた。

人工種苗と天然稚魚及び対照飼育群を比較する形で中間育成方法に検討を加えた。生化学的分析により栄養生理学的な状態をとらえ、天然稚魚の状態に近くなる（野生化）ような中間育成方法を提唱した。この中で、中間育成により栄養生理学的に天然稚魚に近づく様子が伺え、放流後の種苗の生き残りに効果があると考えられたが、放流後の種苗の生き残りの効果についての量的な把握が積み残された問題点である

## 摘要

天然稚魚と人工種苗の栄養生理学的な比較、人工種苗の中での栄養生理学的差異、飼育条件と栄養生理学的状態との関係の把握、中間育成中の栄養生理学的変化について、生化学的分析を行い、論議した。

人工種苗は天然稚魚に比較してタンパク質の合成・分解が激しく（代謝が速い）、脂肪の蓄積が多く、運動能力が低いことが示唆された。種苗を天然稚魚に近づける（野生化）には、これらの栄養生理学的な差異が少なくなるような方向で中間育成を改善していくことが一つの方向であると考えられた。

人工種苗では浮いている個体が壁や底にいる個体に比較してタンパク質の合成が低く、分解が高く、脂肪含量が少なかった。浮いている個体は他の個体に比較して、栄養生理学的に問題があると考えられた。種苗が浮くような状態での中間育成は問題があると生化学的分析から考えられた。

飼育実験の結果から生化学分析の結果を指標として使うことの妥当性がある程度証明できた。また、高密度で、タンパク質の分解、運動能力の減少が示唆され、中間育成においても、さらに密度の低い状態での中間育成を行うという方向が1つの方向として考えられた。

予備実験池での中間育成の種苗は健全には成長していると言えず、中間育成はうまく行われていないと考えられた。92・93年の中間育成施設での中間育成では、予備実験施設で行われた中間育成に比較して、核酸比やCN比MgATPase活性から種苗が順調に成長していることが伺え、より良い中間育成が行われたことが示唆された。

人工種苗と天然稚魚及び対照飼育群を比較する形で中間育成方法に検討を加えた。生化学的分析により栄養生理学的な状態をとらえ、天然稚魚の状態に近くなる（野生化）ような中間育成方法を提唱した。

#### 引用文献

- 1) 中野 広, 1988: 稚仔魚研究のための核酸の定量法. 海洋と生物, 10(1), 23-26.
- 2) Bulow, F.J., 1970: RNA-DNA ratios as indicators of recent growth of a fish. J. Fish. Res. Bd. Canada 27, 2343-2349.
- 3) Buckley, L.J., 1984: RNA-DNA ratio: an index of larval fish growth in the sea, Marine Biology 80, 291-298.
- 4) 首藤弘幸・池本麗子・畦田正格, 1983: 志々伎湾における若魚期マダイの生息場所の評価. 西水研研報, (59), 71-84.
- 5) 中野 広・白旗総一郎, 1988: サケの健苗性について. 日水誌, 54(8), 1263-1269.
- 6) Barany, M., 1967: ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. J. Gen. Physiology, 50, 197-219.
- 7) 藤井徹生, 1990: 飼育条件によるヒラメ稚魚の体成分の変化について. 日本海ブロック試験研究集録, (19), 45-53.
- 8) 福原 修, 1989: 人工種苗の質的問題点—天然魚と人工魚はちがうか—. 水産の研究8(3), 67-72.