

増殖場効果調査

鳥取県水産試験場栽培漁業部

米村進司・宮永貴幸・松本勉

西田輝己・古田晋平

鳥取県農林水産部水産課

山田英明・細本 誠

調査実施年平成6～平成8年度

1. 緒言

平成2年～5年度に「ヒラメ中間育成施設造成技術開発調査：国委託事業（以下「ヒラメ中間育成開発調査」）」を実施し、1, 200㎡の育成施設を造成するなど中間育成の開発には一応の成果を得、また育成実証実験により中間育成施設を利用してヒラメ人工稚魚が育成可能なことが判明した。しかし、実験施設造成後の3カ年の調査は短く必ずしも生物学的知見を十分に蓄積できたとは言い難い。ヒラメについてはさらに当該施設を利用して一層の中間育成技術の開発、また、ヒラメ以外の魚種を対象として、施設の多目的利用等の可能性について調査を行い、施設の効率的利用技術を解明し、実用化を図る必要がある。

2. 事業の目的

平成2年～5年度のヒラメ中間育成開発調査で解明できなかった事項について更に検討を加え、本県特有の砂浜海岸を活用した中間育成施設の実用化を促進することを目的とする。そのため、主に次の点について検討を加える。

①生物学的要素

育成サイズの小型化：

中間育成施設に収容するヒラメのサイズは、これまで全長30mmまでの大きさの個体を対象としていたが、より小型の種苗を収容して中間育成池での育成が可能であるかまた歩留まりがどの程度あるのか検証する。

小型種苗の馴致：

全長30mm未満の小型種苗を収容して、育成期間中に種苗の馴致がどの程度行われたのか検討する。

複数回の育成及び馴致の可能性：

施設を利用するに当たり、ヒラメの中間育成期間は約1ヶ月程度となるため、施設自体は周年の利用ではない。ヒラメの小型種苗の中間育成が、複数回行えないか、種苗生産行程との関連から吟味する。

天然海域生息餌料の施設内導入方法の検討：

当施設は、外海に面しており波の力を利用して飼育水の導入を行っており電力等を利用しない省エネルギータイプの施設である。人手をかけないで中間育成が行えるよう検討するため、育成期間中の種苗への給餌に対して、外海域に生息しているアミ類の施設内への導入手法について検討する。

中間育成終了後のヒラメ種苗の追跡：

育成した種苗の放流口開放後の海域内への分散及び生残状況について吟味する。

②造成した施設の環境変化の推移

周辺域の砂の移動と施設内の砂の移動の関係

③クルマエビ等の新たな施設利用開発

ヒラメ以外の魚種の施設利用の可能性について吟味する。

表 平成6年度以降の施設利用計画及び調査項目

施設利用項目	6年度	7年度	8年度
①ヒラメ中間育成			
早期稚魚育成	○	○	
早期稚魚馴致	○	○	○
複数回馴致・放流方法	○	○	○
餌料生物導入	○		
放流ヒラメ追跡	○	○	
②栽培対象甲殻類中間育成	○	○	○
③施設維持環境調査	○	○	○

3. これまでの経過及び結果

①中間育成実証実験で得られた成果等の概要

- 1) 育成効果：全長3cm～5cmの人工種苗を配合飼料を用いて順調に成長させられる。
- 2) 馴致効果：底面が砂で可能な限り自然に近い状態であり、育成期間中の人工種苗でも比較的俊敏な行動が示されることが判明した。しかし、配合飼料を投餌した場合は、毎日の給餌行為に対して稚魚の摂食行動が餌付け学習によって緩慢になること、さらに、給餌量の過不足によっては飢餓が進行して稚魚の行動を緩慢にする可能性が懸念された。
- 3) 放流方法：育成終了後、種苗は放流口（10穴）と排水口の開放によって約1週間でほぼ施設外部に移動し、放流できることが判った。
- 4) 天然餌料：天然域での稚魚の餌料の主体となるアミ類の池内への導入については、簡単に導入できないことが判った。時期、及び手法等の検討を要する。
- 5) 省力化：自然エネルギー等の利用により海水の導入が可能であり、運営費の削減が図られることが判った。

②中間育成施設整備及び実証実験で残された課題

- 1) 施設：
 - ①排水口の外圧に対する強度、排水口と放流口の開閉の簡素化。
 - ②施設奥部の水交換の促進（底質悪化の防止）
 - ③施設物理的條件の経時的把握
- 2) 実証実験
 - ①育成開始サイズの小型化、早期化、量産化
 - ②天然餌料の導入とそれによる馴致効果
 - ③生理、形態学的効果の検証
 - ④中間育成個体の生残効果の検証
 - ⑤他魚種による中間育成の検討
 - ⑥多目的利用の検討

4. 実証調査等

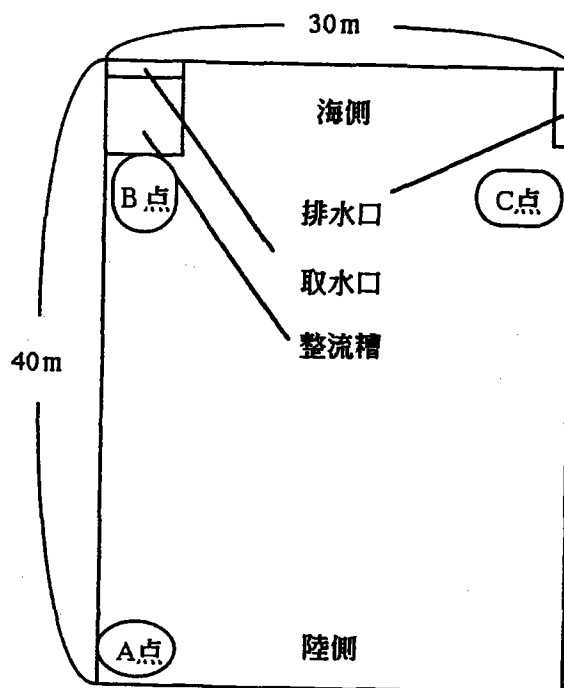
(1) ヒラメ中間育成

ア. 中間育成施設を利用した早期稚魚育成

調査目的

平成2年～5年度鳥取県で実施した海域特性総合利用技術開発調査事業で、ヒラメ中間育成施設（図（1）一ア-1）が造成された。この施設が備えるべき条件の一つとして、ヒラメを全長30mm程度から全長50mm程度に育成することがあげられている。そして平成4年と平成5年の育成試験では、この条件は満たされていたことが確認された¹⁾。この施設でより小型のヒラメで中間育成を開始できれば、種苗生産の経費削減や種苗性の向上に有利と考えられる。

この可能性を探るため、平成6年度に中間育成開始時の全長が25mmのヒラメを供試魚として、平成7年度に中間育成開始時の全長が22mmのヒラメを供試魚として、中間育成試験を行った。



図（1）一ア-1 中間育成施設模式図

①平均全長25mmのヒラメの育成

調査方法

平成6年4月18日にヒラメの稚魚を、合成樹脂製の籠（36cm×26cm×深さ13cm）に800～900個体程度ずつ入れて、トラックに積んだ水槽に0.5klの海水を入れ、酸素を給気して36籠収容し、延べ10便に分けて中間育成施設に輸送した。輸送したヒラメの大半を籠から直接、中間育成施設の取水口から約40m陸側のA点（図（1）一ア-1）に放流するとともに、一部を直径90cm深さ35cmの合成樹脂容器に移した

後、中間育成施設内の各所で放流し分散を促した。このヒラメは鳥取県栽培漁業協会によって種苗生産された、ふ化後68日目の稚魚29.6万個体で、100個体の全長を測定した平均は25mmであった。

中間育成施設に收容した日を中間育成1日目として、中間育成3日目に、それまで堰板で閉じていた取水口の3ブロックの内の一つを開放した。そして中間育成6日目に、取水口の二つ目のブロックを開放した。残りの1ブロックは常に閉じておいた。

配合飼料の1日の投与量を二分し、午前と午後に投与した。1日の投与量は、中間育成1日目がおとひめ2号（日清製粉株式会社）を1.6kg、2日目から10日目がおとひめ2号を2kg、11日目がおとひめ2号2kgとホワイト1号1kg、12日目から19日目がおとひめ2号2kgとホワイト1号0.5kg、20日目と21日目がホワイト1号2kg、22日目から29日目がホワイト1号4kgであった。1日目から29日目の投餌量の合計は78.6kgであった。

中間育成2日目から29日目の午前の投餌前に、各20個体を放流した付近でサンプリングした。このサンプルの全長をノギスで0.1mm単位で測定し、体表の水分を軽く拭き取った後、体重を0.01g単位で測定した。全長及び体重の測定結果から、それぞれ大きい方から5個体（以後大型個体とする）と小さい方から5個体（以後小型個体とする）及び残りの10個体（以後中型個体とする）の平均値を求め、生長を検討した。中間育成29日目には、午後の投餌後にも20個体をサンプリングし、同様に全長及び体重を測定した後サンプルを20℃の恒温室で一晩乾燥させ、個体毎に摂餌されたホワイト1号の粒数を、サンプルの腹部を光に透かして観察、計数した。

ヒラメをサンプリングしたA点で午前9時～10時頃と午後3時前後に、溶存酸素量、水温、Ph、水位及び塩分を測定した。溶存酸素量は飯島電子工業社製のMY900、水温は棒状温度計、pHは堀場製作所のB-212、水位は池中に立てた10cm間隔で目盛りをつけたポールでの読み取り、塩分はアタゴ社製の屈折計によって測定した。

結果と考察

輸送中に少数のヒラメが籠から出ていたが、輸送方法に大きな問題は見られなかった。中間育成施設に放流したヒラメの大半は、すぐに自発的に分散するのが観察され、人為的に分散を促すための、合成樹脂容器での放流の必要はなかったと考えられた。

中間育成3日目までは、取水口の開放後に比較して少量の海水が、堰板の隙間から流入した。ただし排水口の観察結果から、排水口からの海水の出入が、中間育成期間中常にあったと推定された。取水口の1ブロックは、中間育成期間中常に閉じて置いた。しかし後述の溶存酸素量から判断すると、中間育成に必要な海水の交換は、排水口からの流入を含めると確保されていたと考えられる。取水口を3ブロックともに開放した場合のデメリットは、整流槽及び中間育成池への、ゴミや砂の流入量が多くなることであると考えられる。

11日目におとひめ2号2kgとホワイト1号1kgを投餌した後、捕食されなかったホワイト1号が、それ以前に投与したおとひめ2号や、それ以後に投与したおとひめ2号とホワイト1号の沈澱量に比較して、大量に沈澱しているのが見られた。後述するヒラメの生長と、捕食されずに沈澱したおとひめ2号やホワイト1号の観察結果から、11日目の投餌量は過剰であったが、中間育成期間中の投餌量はほぼ適切であったものと考えられた。

中間育成2日目から29日目の午前の投餌前のサンプル20個体の平均全長の散布図から直線回帰式を、また同じく平均体重の散布図（図（1）-ア-2）から三次曲線への回帰式を求めたところ、 $L=0.084d+2.39$ （ L ：全長cm、 d ：中間育成日数；中間育成2日目を1とする；以後同）及び $w=0.0001d^3-0.0032d^2+0.0478d+0.0304$ （ w ：体重g；以後同）が得られた。この曲線式から求められる変曲点は中間育成11.7日目で、変曲点における体重は0.28gであった。全長及び体重の測定結果から、それぞれ大型個体、中型個体

及び小型個体の平均値の回帰直線又は回帰三次曲線を、図(1)-ア-3、図(1)-ア-4に示した。大型個体の生長が小型個体の生長に比べ大きいことは、図(1)-ア-4の体重の平均値の差が、中間育成が進につれ大きくなっていることから明白であったが、図(1)-ア-3の全長では明らかではなかった。しかし、大型個体、中型個体及び小型個体の全長の平均値の変化から、直線回帰式を求めるとそれぞれ $L=0.091d+2.76$ 、 $L=0.085d+2.39$ 、 $L=0.075d+2.10$ 、となり、大型個体と中型個体の全長の日間生長に大きな差はみられないが、小型個体の全長の日間生長がやや小さいことを示す結果が得られた。しかし、日間生長率は、各グループの平均全長の差が日間生長に比べて大きいために、小型個体、中型個体、大型個体の順に大きかった。

また体重について求めた回帰三次曲線式は大型個体、中型個体及び小型個体でそれぞれ $w=0.0001d^3-0.0041d^2+0.0634d+0.0507$ 、 $w=0.0001d^3-0.0033d^2+0.0495d+0.0199$ 、 $w=0.00007d^3-0.0021d^2+0.029d+0.0274$ であった。この式から求められる変曲点は、大型個体、中型個体及び小型個体でそれぞれ中間育成14.7日目、12.0日目、11.0日目であった。またこの変曲点における体重は、大型個体、中型個体、小型個体でそれぞれ0.41g、0.31g、0.19gであった。従って、中間育成施設に収容した供試魚の体重が、ある値に達することによって、体重増加傾向に変化が現れるとは限らないと推定される。なお、水温等と体重増加傾向との変化の関連は明らかではなかった。

中間育成29日目の、午前の投餌前のサンプルと午後の投餌後のサンプルの、全長と体重の関係を図(1)-ア-5及び図(1)-ア-6に示した。投餌前と投餌後のサンプルの回帰式はそれぞれ $W=0.46L-1.21$ 及び $W=0.48L-1.33$ (L :全長)で、全長を導入して得られる体重は、投餌前の方が大きい傾向を示した。投餌後のサンプルのヒラメは、ホワイト1号を全く捕食していなかった一頭を除いて、2粒から11粒(合計103粒)のホワイト1号を捕食していた。ホワイト1号の重量は1000粒で約3gであり、平均体重と平均摂餌重量から計算した摂餌率は1.7%になる。従って投餌前と投餌後のサンプルでは、摂餌の影響以上の何らかの差があったものと考えられる。

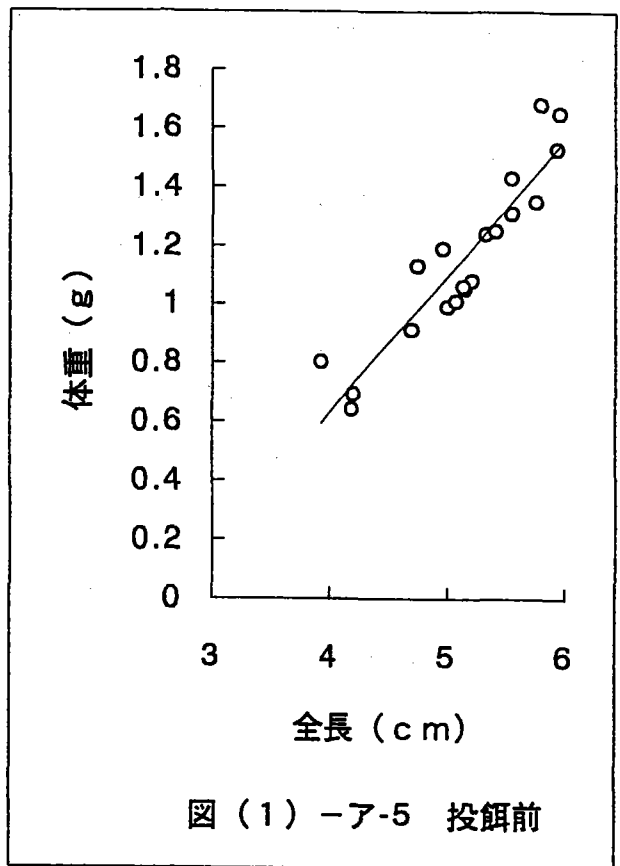
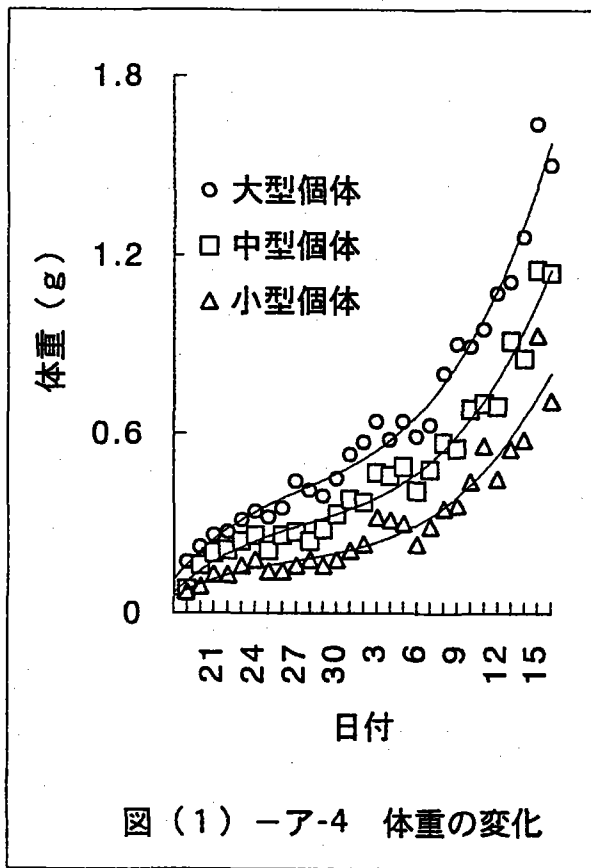
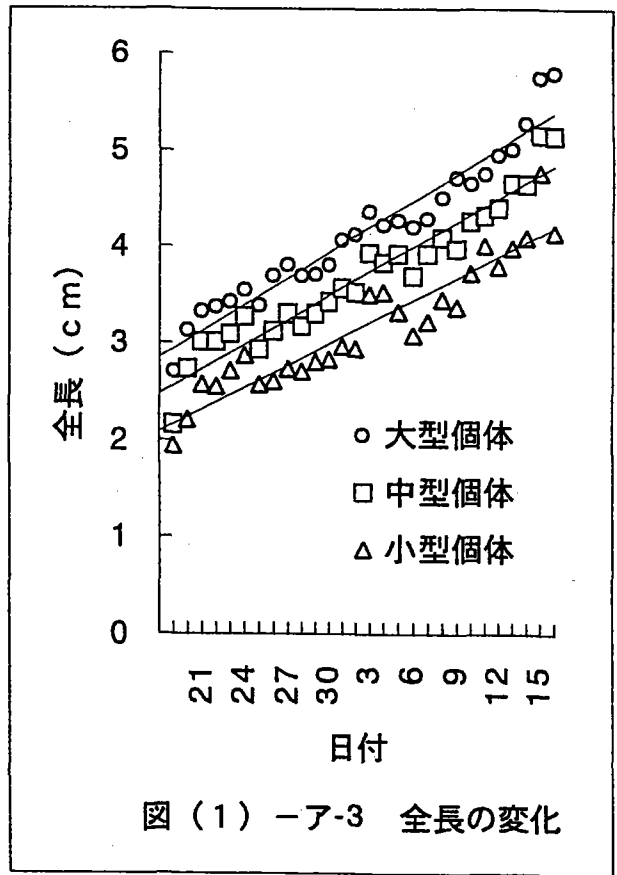
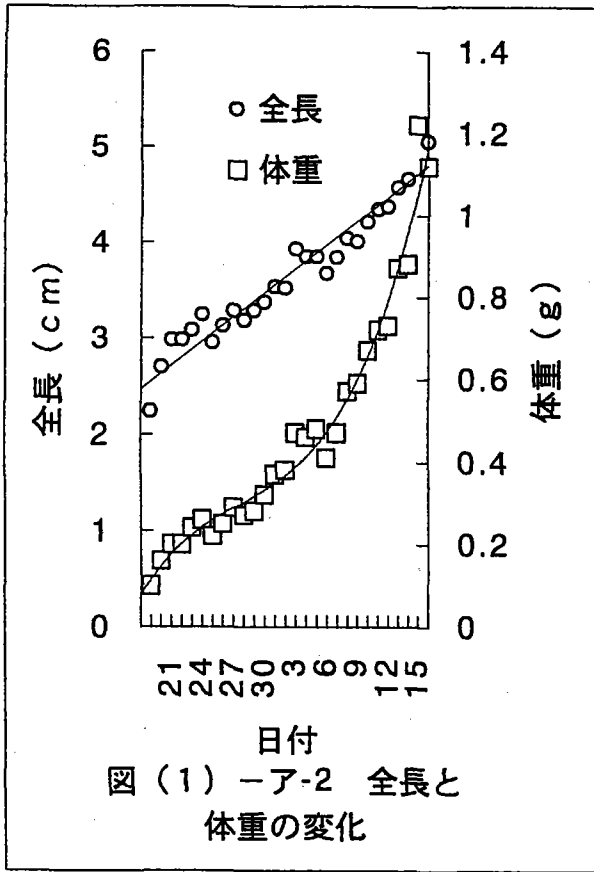
午前と午後の測定値を比較すると、溶存酸素量、水温及びpHは、何れも午後の測定値の方が高い傾向がみられた(図(1)-ア-7~図(1)-ア-9)。午後水温が午前水温より高いのは、気温及び日射の影響であると推察できる。中間育成施設で1992年に3時間間隔で測定された溶存酸素量の経時変化³⁾から判断して、酸素不足が生じた可能性は低かった。

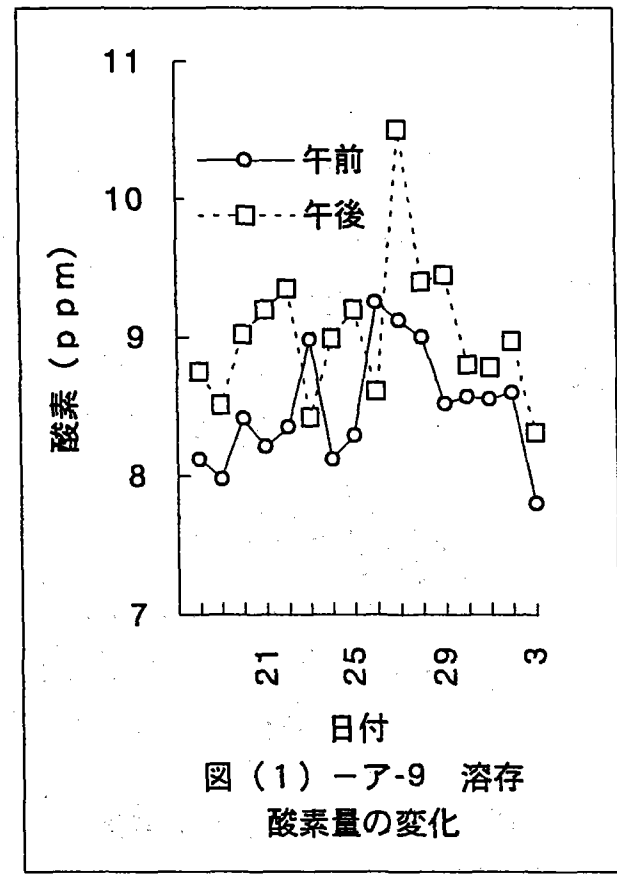
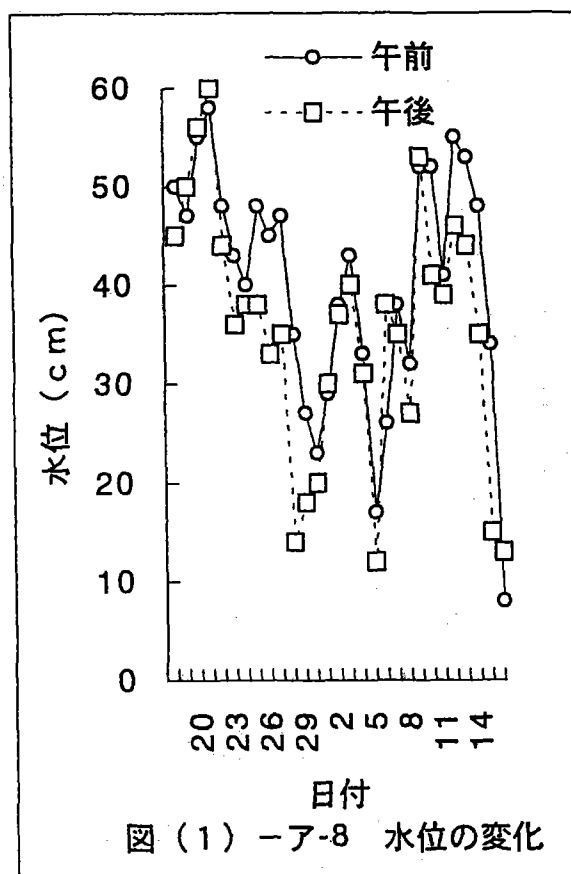
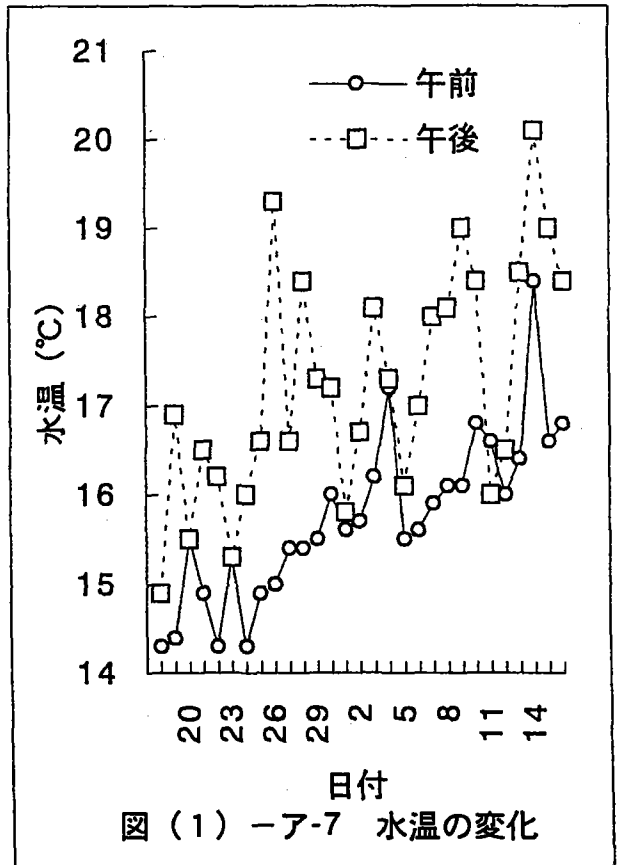
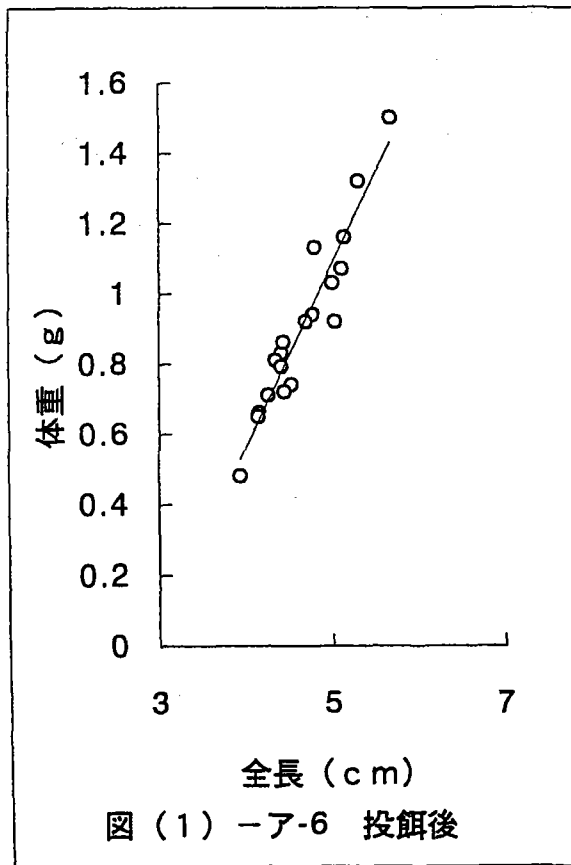
水位は午前の方がわずかに高い傾向がみられ、鳥取県岩美郡岩美町田後検潮所のデータと比較すると、 $DL=1cm$ から $DL=53cm$ の間で変化した(図(1)-ア-9)。塩分は2.9%から3.6%の値を示し、午前と午後で一定の傾向を示すことはなかった(図(1)-ア-10)。塩分の変化は流入する海水と池底からの湧水(低塩分)に影響されると考えられるが、水位との関連は明かではなかった。

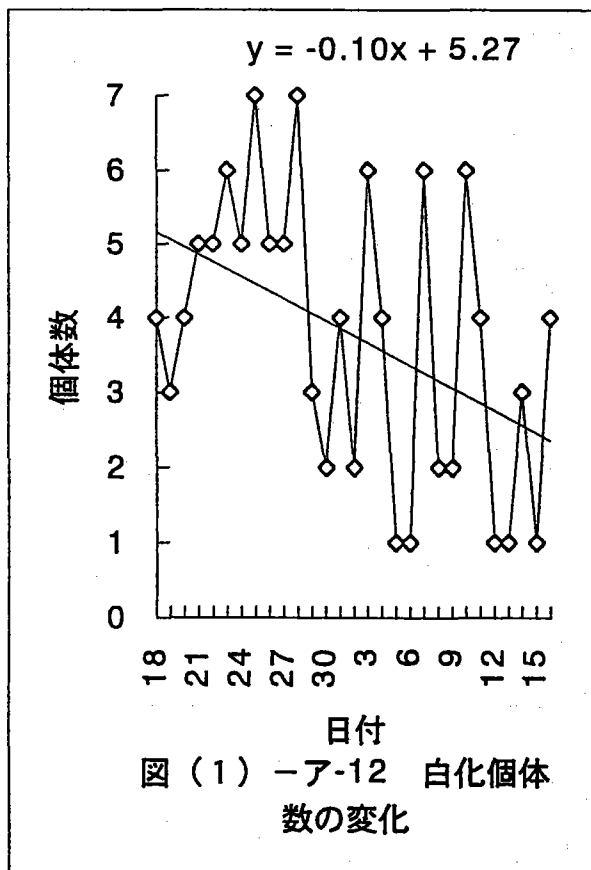
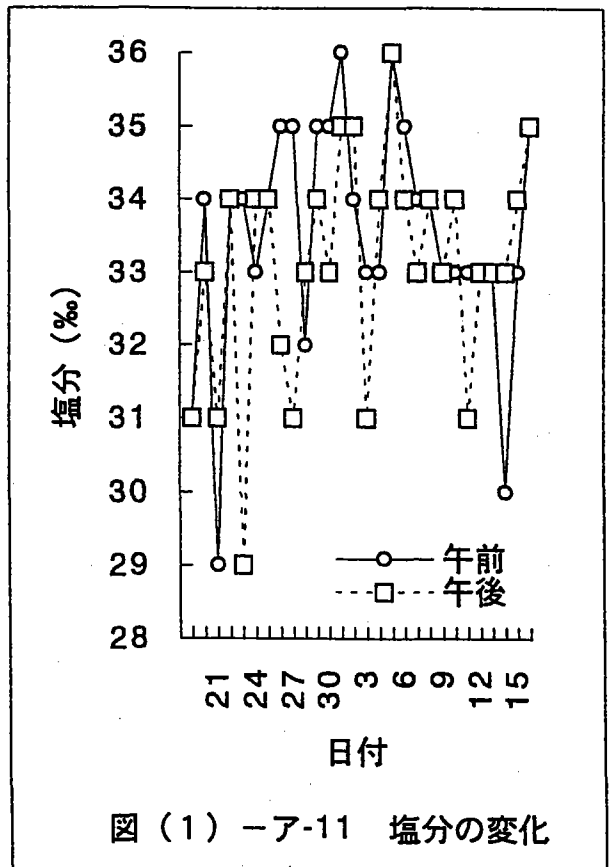
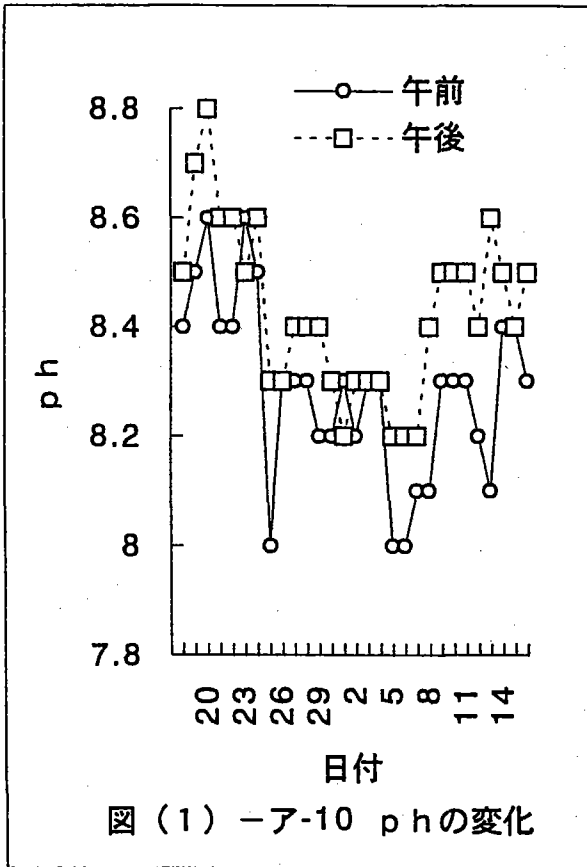
20個体のサンプル中に含まれていた、有眼側の体色異常(全面白化及び一部白化)個体数は、中間育成日数の経過に従ってわずかに減少する傾向がみられた(図(1)-ア-11)。このことは、平成7年の育成試験で、有眼側体色異常個体が正常個体に比べ異常に多くへい死しているのが観察されており、紫外線ランプの点灯でへい死する率は、白化個体の方が高かった結果を反映している可能性が考えられる³⁾。

中間育成29日目に、坪狩り方式で中間育成施設内の一定面積のヒラメを、潜水して目視計数した結果からの推定生残個体数は7.2万(生残率24%)であった。また、投餌したホワイト1号は全てサンプリングまでに摂餌されたと仮定して、投餌した配合餌料の粒数とサンプリングしたヒラメの個体毎の摂餌粒数から推定した生残個体数は25.9万(生残率88%)であった。より正確な生残個体数を推定するには、投餌したホワイト1号の粒数に対するサンプリングまでに摂餌されたホワイト1号の粒数の比を知る必要があるが、この比を確定することはできなかった。

中間育成30日目に放流口を開放した後、ヒラメはしだいに中間育成池から逸散していった。ただし、放流口開放以前に中間育成施設の近くで、中間育成施設から逸散と推定されるヒラメが観察された。







②平均全長22mmのヒラメの育成

調査方法

平成7年4月18日にヒラメの稚魚を、前年と同じ合成樹脂製の籠に1700~1800個体程度ずつ入れて、トラックに積んだ水槽に0.5klの海水を入れ、酸素を給気して36籠収容し、延べ10便に分けて中間育成施設に輸送した。ヒラメを籠から直接中間育成池の取水口から約40m陸側のA点に放流した。このヒラメは鳥取県栽培漁業協会によって種苗生産された、ふ化後56日目の稚魚25万個体とふ化後60日目の稚魚37万個体の合計62万個体で、90個体の全長を測定した平均は22mmであった。この日を中間育成1日目とし取水口の3ブロックの内の二つの堰板を開放して中間育成した。残りの1ブロックの堰板は常に閉じて置いた。

配合飼料の1日の投与量を2分し、午前と午後投与した。1日目から9日目までは、午前の投餌量をさらに2分し、午前は2回に分けて投与した。1日の投与量は、中間育成1日目から9日目までは、おとひめ1号20kgと2号24kg（日清製粉株式会社）を混合したものを約5kg、10日目から15日目がおとひめ2号を4kg、16日から20日目がおとひめ2号1kgとひらめ稚魚1号（林兼産業）2.5kg、21日目から24日目がひらめ稚魚1号5kg、以後ひらめ稚魚号を、26日目の7kg以外は25日目から29日目まで6kgであった。1日目から29日目までの投餌量の合計は136.5kgであった。

中間育成2日目から29日目の午前の投餌前に、各20個体を中間育成池の放流地点付近でサンプリングした。このサンプルの全長をノギスで0.1mm単位で測定し、体表の水分を軽く拭き取った後、体重を0.01g単位で測定した。全長及び体重の測定結果から、それぞれ大きい方から5個体と小さい方から5個体及び残りの10個体の平均値を求め、生長を検討した。

中間育成22日目には午後の投餌前にも、29日目には午後の投餌前後にも各20個体をサンプリングし、全長及び体重を測定した後サンプルを一晩乾燥させ、個体毎に摂餌されたひらめ稚魚1号の粒数を、腹部を光に透かして観察計数した。

また30日目から33日目までひらめ稚魚1号を合計30kg投餌し、34日目は投餌せず、35日目にひらめ稚魚1号を4kg投餌した。35日目の投餌後に図（1）-ア-1に示したA、B、Cの3点で各20個体サンプリングし、22日目及び29日目のサンプルと同様にして、摂餌粒数を計数した。ひらめ稚魚1号の1粒の重量から計算した投与粒数と摂餌粒数から生残個体数を推定した。

ヒラメをサンプリングした地点の表層水の、午前9時~10時頃と午後3時前後の溶存酸素量、水温、pH、水位及び塩分を測定した。なお、溶存酸素量は採水直後の測定値と、約20℃の恒温室に暗黒状態で24時間放置後の測定値を比較した。測定方法は前年度と同じ方法である。

結果と考察

輸送中に少数のヒラメが籠から出ていたが、輸送方法に大きな問題は見られなかった。放流したヒラメの大半はすぐに自発的に分散していくのが観察された。前年と違って人為的に分散を促す放流方法は取らなかったが、問題は無かったと考えられた。

排水口からの波浪による海水の出入が、中間育成期間中常に推察された。取水口の1ブロックは、中間育成期間中常に閉じておいた。しかし後述の溶存酸素量から判断すると、中間育成に必要な取水量は、排水口からの流入を含めると確保されていたと考えられる。

中間育成2日目から29日目の午前の投餌前のサンプル20個体の平均全長の散布図から直線回帰式を、また同じく平均体重の散布図（図（1）-ア-13）から三次曲線への回帰式を求めたところ、 $L=0.070d+2.22$ 及び $w=0.00004d^3-0.0012d^2+0.024d+0.0576$ が得られた。この直線回帰式は中間育成中の全長の生長及び生長率共に、前年より小さかったことを示している（前年の結果の回帰式は $L=0.084d+2.39$ ）。この

二つの直線回帰式から判断すると、最大の生長速度を得るには、今年度は投餌量がやや不足していた可能性があった。この曲線式から求められる変曲点は中間育成11.0日目で、前年とほぼ同じ育成日数であった。この変曲点における体重は0.23 gで、前年より小さかった。

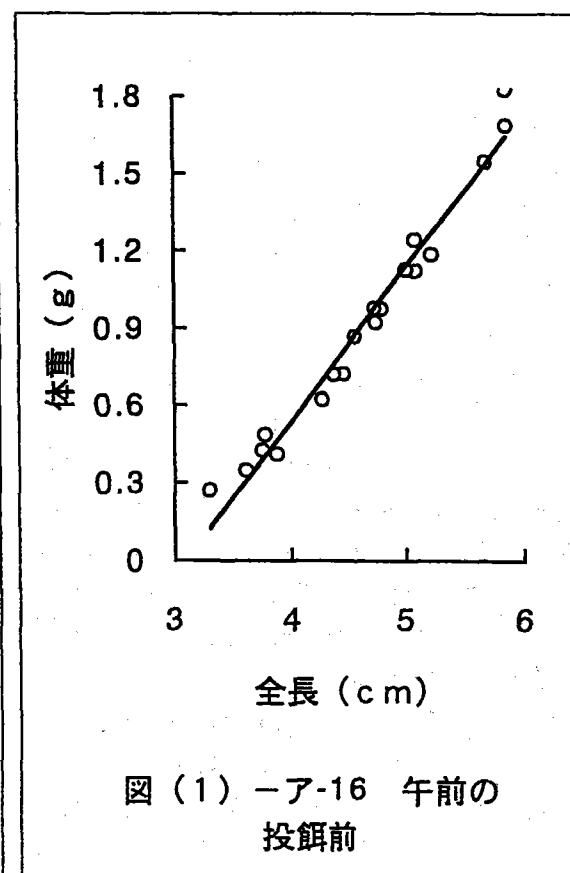
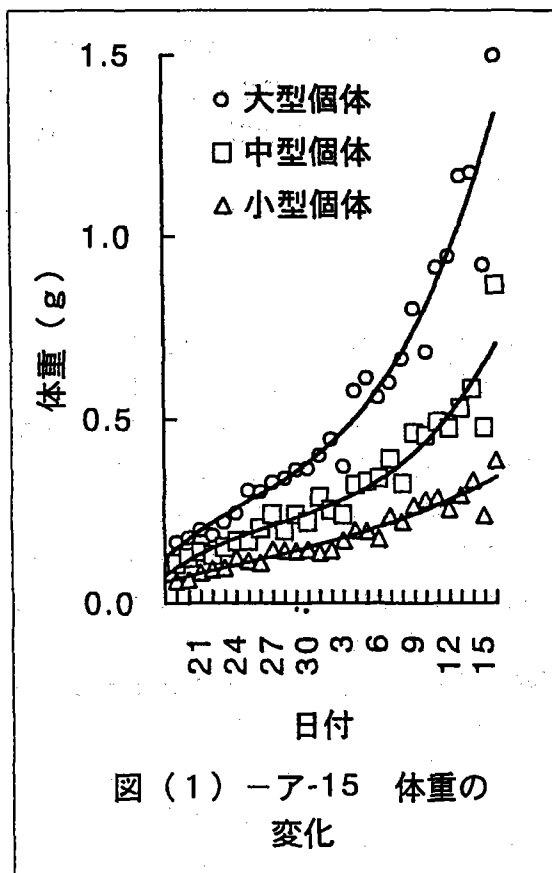
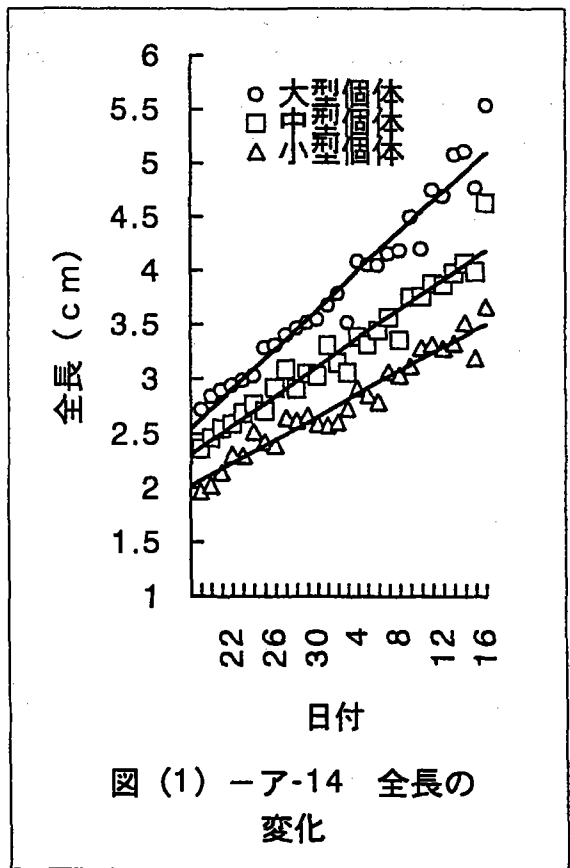
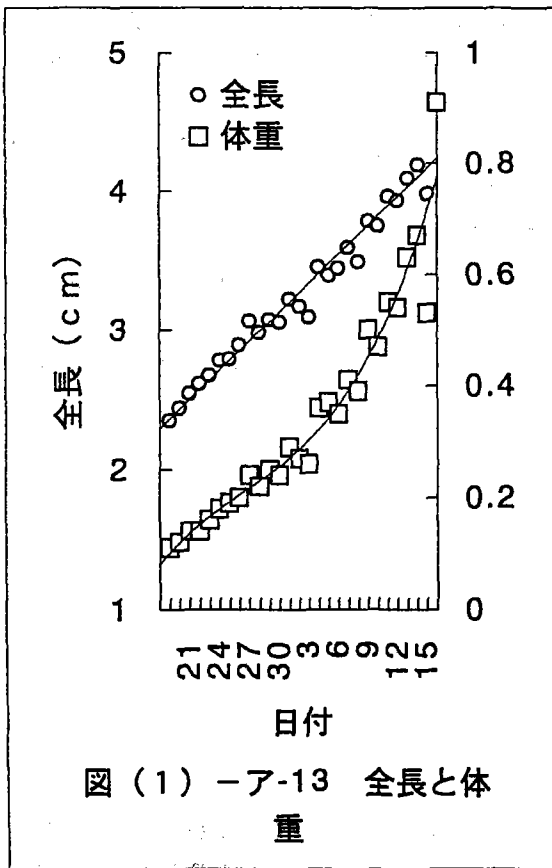
これらのサンプルのそれぞれ大きい方から5個体（以後大型個体）と、小さい方から5個体（以後小型個体）、及び残りの10個体（以後中型個体）の全長及び体重の平均値の散布図を図（1）-ア-14、図（1）-ア-15に示した。大型個体の生長が小型個体の生長に比べ大きいことは、図（1）-ア-15の体重の平均値の差が、中間育成が進むにつれ大きくなっていることから明白であった。この傾向は、体重の場合に比べて差は少なかったが、図（1）-ア-14の全長でも見られた。そして大型個体と中型個体、及び小型個体の全長の平均値（中間育成2日目から29日目）の散布図から、直線回帰式を求めるとそれぞれ $L=0.091d+2.45$ 、 $L=0.067d+2.24$ 、 $L=0.053d+1.96$ となり、大型個体の全長の日間生長が大きく、小型個体の全長の日間生長が小さいことを示す結果が得られた。これは前年の結果に比べ、大型個体と小型個体の全長の日間生長の差が前年より大きいこと、また大型個体と中型個体の全長でも日間生長に差が見られたことを示している。さらに、生長率も大型個体、中型個体、小型個体の順に大きく、前年とは逆の生長率を示した。このため前年度に比べ中間育成1日目の大型個体、中型個体、小型個体の大きさの差は小さかったにも関わらず、その差は中間育成日数の経過と共に大きくなった。また体重について求めた回帰三次曲線式は大型個体と中型個体及び小型個体で、それぞれ $w=0.00007d^3-0.0016d^2+0.0319d+0.0904$ 、 $w=0.00005d^3-0.0015d^2+0.0264d-0.0485$ 、 $w=0.000006d^3-0.0001d^2+0.0084d+0.049$ であった。この式から求められる変曲点は、大型個体、中型個体及び小型個体でそれぞれ中間育成8.6日目、11.0日目、6.6日目であった。またこの変曲点における体重は、大型個体、中型個体、小型個体でそれぞれ0.27 g、0.12 g、0.09 gであった。従って前年の結果と同様に、中間育成施設に収容した供試魚の体重が、ある値に達することによって、体重増加傾向に変化が現れるとは限らないと推定される。なお、水温等と体重増加傾向との変化の関連は明らかではなかった。

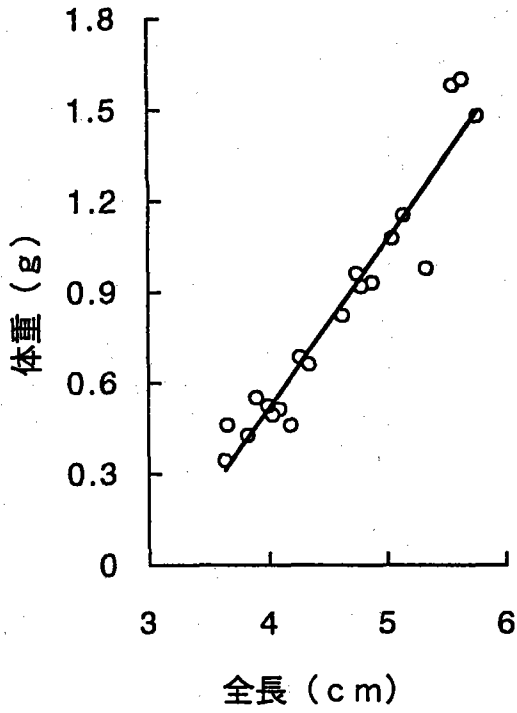
コイやブラウンマスでは餌の大きさや投餌量及び投餌回数によって稚魚の大小のできやすさが違うとされている⁴²。今年度と前年度では、大型個体と小型個体等の生長に異なった結果が見られたのは、今年度投与した配合飼料が、前年に投与した配合飼料と一部異なっていたことや、中間育成施設への収容個体数等が異なっていたことによると推定される。

ヒラメ稚魚の大小の差が大きくなると、共食いの頻度が高くなるので⁴³ 生残率を高めるためには、中間育成によってヒラメ種苗の大きさにバラツキを生じないようにする必要がある。このためにはヒラメに投与する餌料の大きさや量及び投餌方法等を検討しなければならない。

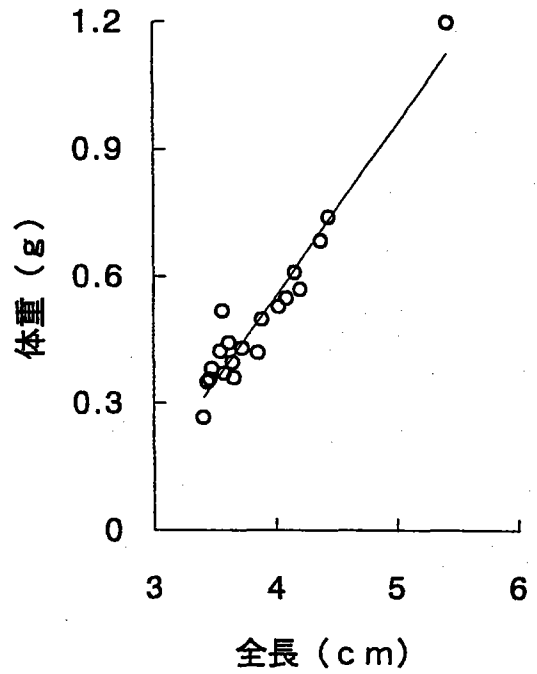
中間育成29日目の、午前の投餌前のサンプルと午後の投餌前後のサンプルの、全長と体重の関係を図

（1）-ア-16～図（1）-ア-18に示した。午前の投餌前と午後の投餌前後のサンプルの回帰式はそれぞれ $W=0.60L-1.86$ 、 $W=0.56L-1.72$ 及び $W=0.40L-1.07$ で、全長を導入して得られる体重は、午前の投餌前のサンプルが一番大きい傾向を示し、午後の投餌後のサンプルが一番小さい傾向を示した。この傾向は前年の結果と同様であり、後述する摂餌率を考えると、投餌の影響でサンプリングされるヒラメの特性に差が出ることを示していると考えられる。午後の投餌前サンプルのヒラメ（平均体重0.83 g）は、ひらめ1号を全く摂餌していなかった4個体をのぞいて、1粒から7粒（合計60粒）のひらめ稚魚1号を摂餌していた。午後の投餌後サンプルのヒラメ（平均体重0.51 g）は、ひらめ稚魚1号を全く摂餌していなかった3個体を除いて、2粒から7粒（合計71粒）のひらめ稚魚1号を摂餌していた。この摂餌粒数は前年度の29日目の午後のサンプルのヒラメ（平均体重0.88 g）のホワイト1号（林兼産業）の摂餌粒数（合計103粒）に比べ少なかった。ひらめ稚魚1号の重量は1000粒で約4.7 gで29日目の午後の投餌後には約130万粒投与したことになり、ホワイト1号の重量は1000粒で約3.0 gで前年度の29日目の午後の投餌後には同じく約130万粒投与したことになる。しかし、平均体重と平均摂餌重量から計算した摂餌率は午後の投餌前のサンプルのヒラメが1.7%で、午後の投餌後のサンプルのヒラメが3.3%であり、摂餌率から推定すると、前年度

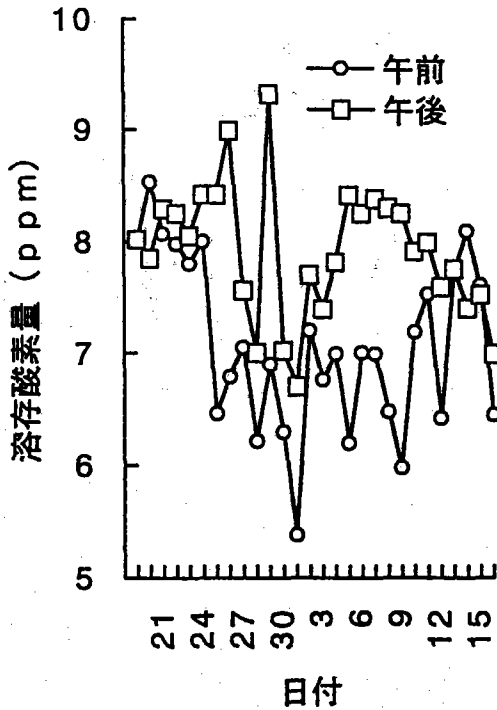




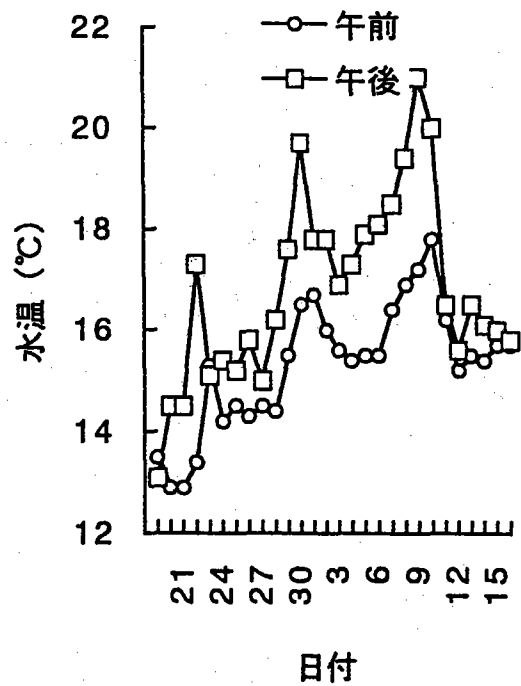
図(1) -ア-17 午後の
投餌前



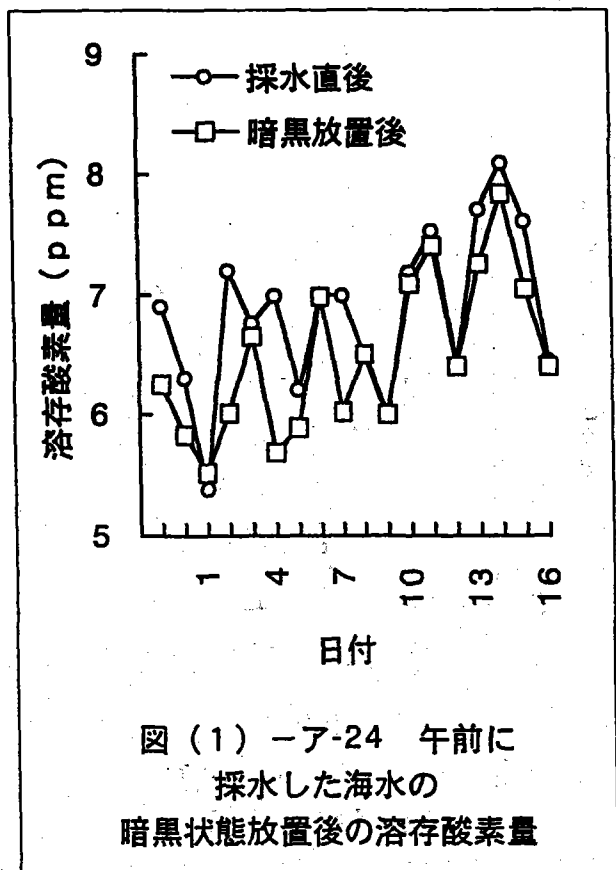
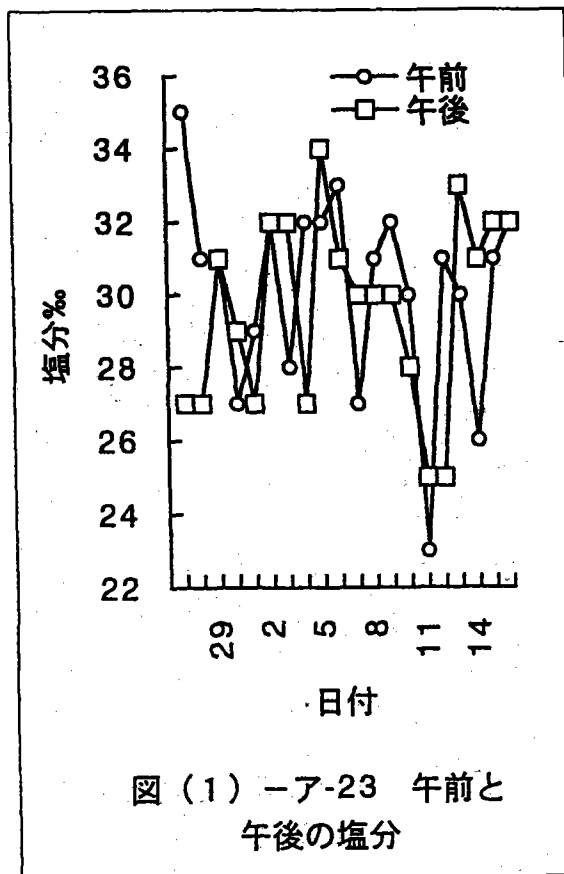
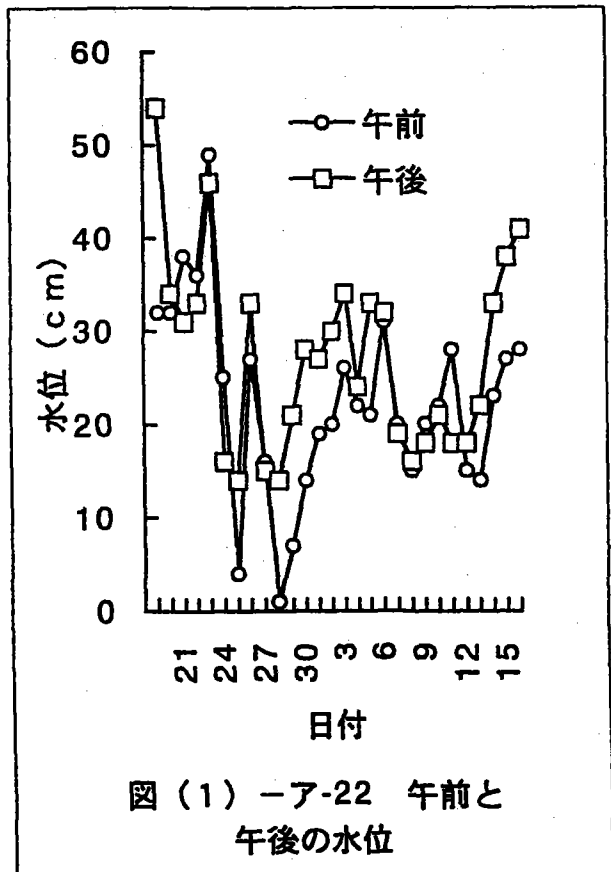
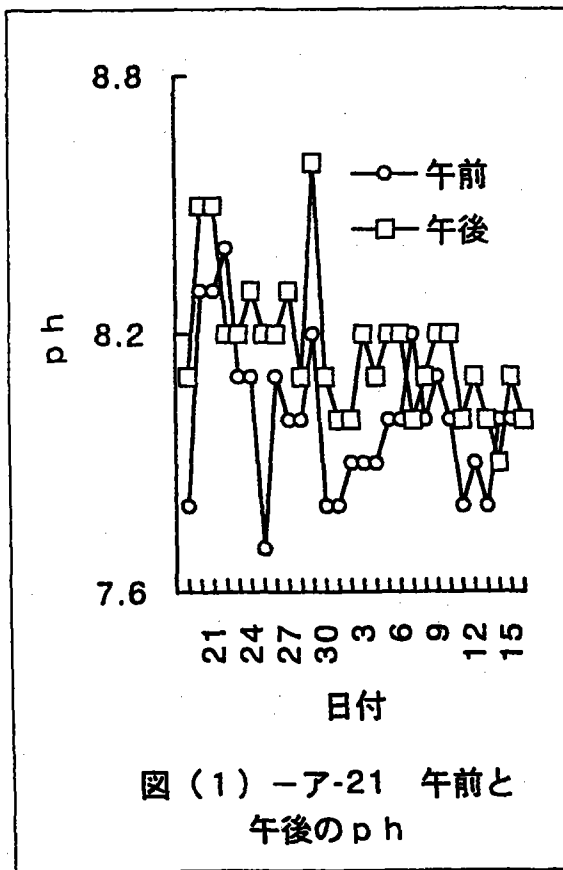
図(1) -ア-18 午後の
投餌後



図(1) -ア-19 午前と
午後の溶存酸素量



図(1) -ア-20 午前と
午後の水温



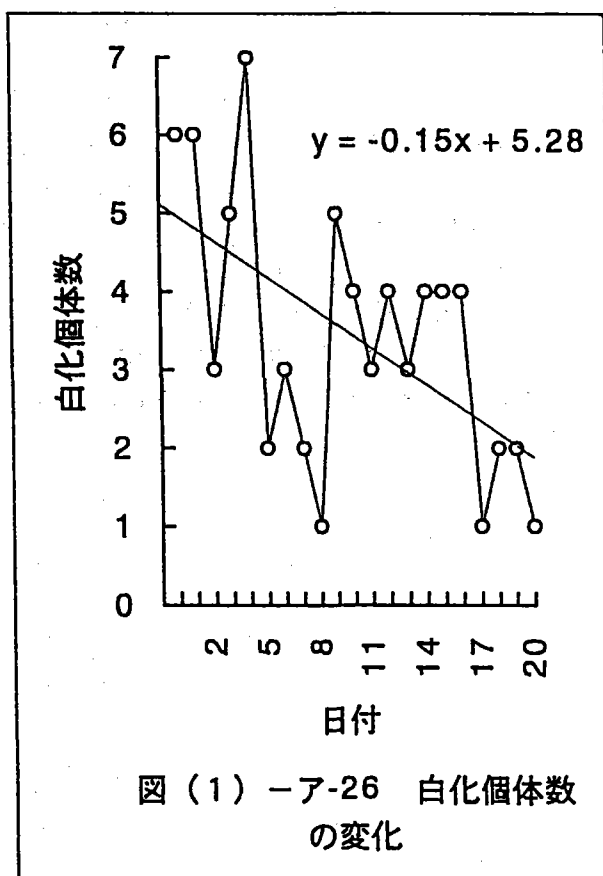
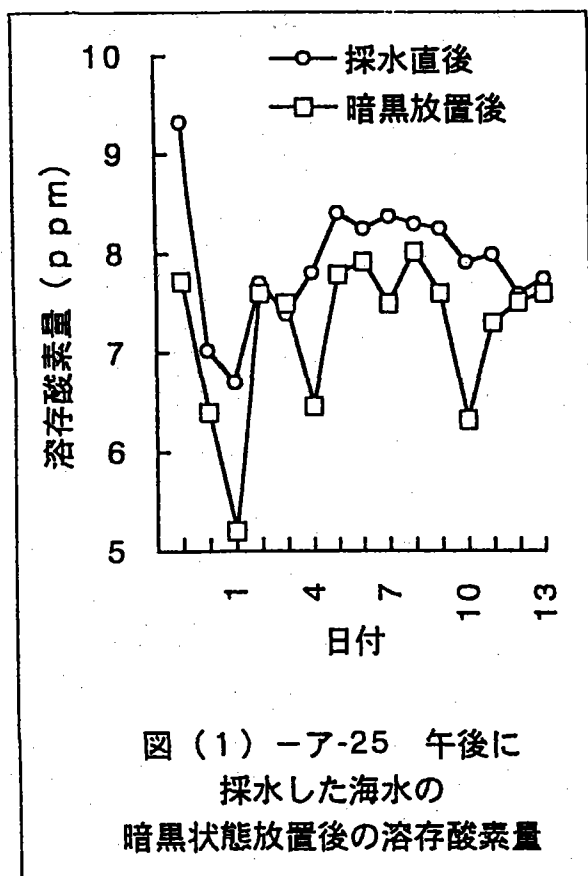
に比べ摂餌活動が活発であったか、ホワイ1号に比べヒラメ稚魚1号が摂餌しやすかったものと考えられる。

午前と午後の測定値を比較すると、溶存酸素量、水温及びp hは何れも午後の測定値の方が高い傾向がみられた(図(1)-ア-18~図(1)-ア-20)。溶存酸素量、水温、p h、水位及び塩分等の測定結果は平成6年度の結果とほぼ同様であった(図(1)-ア-16~図(1)-ア-20)。

中間育成施設で1992年に3時間間隔で測定された溶存酸素量の経時変化²⁾から判断して、5月1日を除くと、ヒラメに影響する程の酸素不足が生じた可能性は低かった。溶存酸素量とp hの午後の値が午前の値より高いのは、光合成の影響であると推察できる。また暗黒放置後の溶存酸素量は採水直後に比べて減少する傾向が見られた(図(1)-ア-21、図(1)-ア-22)。従って、海面が平穏な日が続き海水の交換が十分行われない場合、植物プランクトンの過剰な増殖に起因する、昼間の酸素の過飽和とともに、夜間の酸素不足にも注意が必要と考えられる。

水位は午前と午後で明らかな差は見られず、鳥取県岩美郡岩美町田後検潮所のデータと比較すると、DL=1cmからDL=53cmの間で変化した。塩分は2.3%から3.5%の値を示した。塩分の変化は流入する海水と池底からの湧水(低塩分)に影響されると考えられるが、水位との関連は明かでなかった。また表層の水質であるので、塩分が特に低かった日は上下の水が強く攪拌されることがなかったものと推定される。

4月30日から5月20日の各20個体のサンプル中に含まれていた、有眼側の体色異常(全面白化及び一部白化)個体数は、中間育成日数の経過に従ってわずかに減少する傾向が見られ(図(1)-ア-23)、平成6年の育成試験と同様の結果であった。そして、4月29日に水表面で円を描くような動きや、キリモチ状の動きをする体色異常個体が観察され、4月29日、30日にへい死魚が多く見られた。5月1日に50個体のへい死個体を取り上げたところ、49個体が体色異常個体であった。体色異常個体と正常個体の生残率に差が出る要因として、紫外線の影響が考えられた³⁾。



摂餌粒数の計数結果は、22日目が20個体の合計で57粒、29日目の投餌前と投餌後が同じく60粒及び71粒、35日目が60個体の合計で200粒であった。投餌したひらめ稚魚1号は全てサンプリングまでに摂餌されたと仮定して、ヒラメの生残個体数を推定すると、22日目は37.0万個体（生残率60%、29日目の午後の投餌前は21.1万個体（生残率34%）、投餌後は35.7万個体（生残率56%）、35日目は25.3万個体（生残率41%）であった。実際の生残個体数は、この数字に、投餌したひらめ稚魚1号の粒数に対するサンプリングまでに摂餌されたひらめ稚魚1号の粒数の比を掛ける必要がある。この比を確定することは実質的にできないが、投餌量を少なくしたり、投餌に時間をかけたり、前日に投餌しなかったりすることで、1に近付けることができると考えられる。しかし、29日目の投餌前後の推定生残個体数の差が大きいことから、サンプル数が20個体程度ではおおまかな推定しかできないものと考えられる。これらのことから35日目の推定生残個体数は、22日目と29日目の推定生残個体数より信頼度が高いと考えられる。また36日目に、坪狩り方式で中間育成施設内の一定面積のヒラメを、目視計数した結果からの推定残個体数は13.5万個体（生残率22%）であった。

放流口開放以前の中間育成池からのヒラメの逸散を、完全に防止することはできなかつたので、放流口の開放以前に中間育成池外に出たヒラメもあったものと考えられる。中間育成36日目に放流口を開放した後、ヒラメはしだいに中間育成池から逸散していった。

文献

- 1) 鳥取県, 1994 : 海域特性総合利用技術開発調査報告書, PP. 1~89.
- 2) 藤原正幸・久保敏・山本正昭, 1993 : 砂浜海岸に造成された中間育成池の水質環境、水産工学研究所技報15, 号PP. 17-29.
- 3) 稲葉伝三郎, 1978 : 養魚法と育種, 養魚学総論. P584.
- 4) 松本勉 : 捕食魚と被捕食魚の全長から見たヒラメの共喰い現象, (鳥水試報告に発表予定)
- 5) 松本勉 : 紫外線照射によるヒラメ稚魚のへい死と有眼側体色異常, (鳥水試報告に発表予定)

摘要

- 1: 中間育成施設で平均全長25mmまたは22mmの稚魚の育成を試みた。
- 2: 平均全長25mmの稚魚は1ヶ月の育成で約全長50mmになった。
- 3: 平均全長22mmの稚魚は1ヶ月の育成で約全長43mmになった。
- 4: 中間育成施設での有眼側の体色異常個体（全面白化および一部白化）の生残率は、体色の正常個体のそれに比べ低い可能性が見られた。
- 5: 投餌粒数とサンプルのヒラメの摂餌粒数による推定生残率は、中間育成施設内の一定面積のヒラメを、潜水して目視計数した結果からの推定残個体数より高かった。

イ. 中間育成施設を利用したヒラメ早期稚魚馴致

調査目的

中間育成施設で飼育した人工種苗の質的变化を把握し、野生化を進めるための手法を検討する。

調査方法

(調査 1-1 平成 6 年度馴致実証実験)

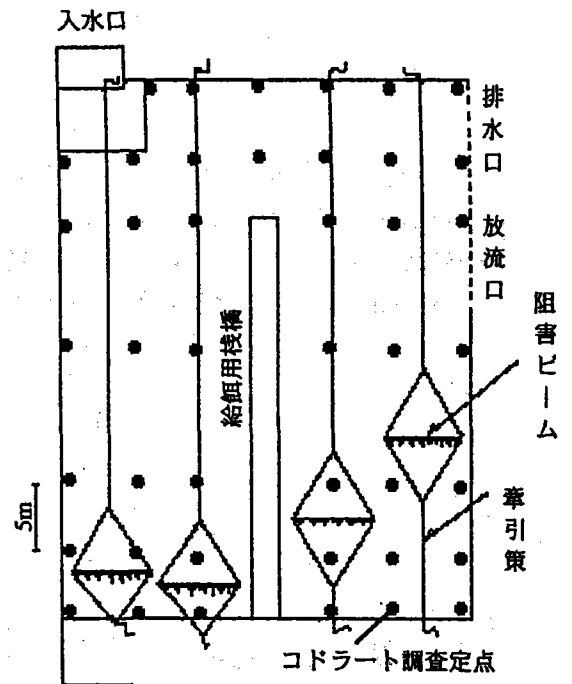
一回次中間育成個体と通常の陸上飼育個体との行動特性を比較するため、鳥取県栽培漁業センター内に設置した円形水槽（ポリカーボネイト製 1.0 m³）に搬出時に同じ飼育経歴の稚魚 3,000 個体を収容し、配合飼料を用いて飼育を継続した（対照群）。中間育成開始 27 日後にそれぞれの稚魚から 15 個体（5 個体×3 組）を抽出し、摂食行動の離底時間を実験的に比較した。実験は、サンプル採集後、アクリル水槽内（60×30×35cm）で無給餌、24 時間静置した後、活アミを投与し、摂餌行動をビデオ撮影した。このビデオ画像を再生し、摂食行動の離底時間を測定した。

(調査 1-2 平成 6 年度馴致実証実験)

二回次中間育成個体においては、稚魚を阻害する個体による行動の野生化（阻害学習効果）を検討するため、飼育開始 5 日後の夕方以後からは、給餌直後に施設内全底面上で阻害ビーム（図（1）-イ-1）によって稚魚を脅かした。

また、中間育成個体と通常の陸上飼育個体との行動特性を比較するため、稚魚搬出時に一部の個体（500 個体）をアクリル水槽（90×45×45 cm）に収容し、この間、配合飼料を給餌して飼育を行った（対照群）。

中間育成個体の阻害学習効果を検討するため、阻害を行わないで 5 日間の飼育を行った個体（5 月 29 日 B 定点より抽出）と、その後、給餌後の阻害を行った 5 日間の飼育をした個体（6 月 4 日 B 定点より抽出）の摂食行動を実験的に比較した。また、6 月 4 日には対照群の摂食行動も同時に比較した。摂食行動の比較方法は前調査と同じとした。



図（1）-イ-1 阻害ビームとコドレート調査定点

(調査 2-1 平成 7 年度馴致実証実験)¹⁾

中間育成個体の形態特性を明らかにするため、人工種苗の主な形態異常である中軸骨格における骨異常について観察した。人工種苗のサンプリングは、搬入日の 4 月 18 日、中間育成期間中の 5 月 2 日、および放流直前の 5 月 22 日に行った。健苗の対照として福井県三方郡美浜町久子浜で得られた同齢の天然魚とも比較した。

骨格系は軟 X 線装置で撮影した。脊椎骨数の算定に際し、腹椎を側突起を備えた椎体、尾椎を腹端が単尖頭の血管棘を備えた椎体と定義し、尾部後端の尾部棒状骨 (urostyle) も尾椎に含めた。

(調査 3-1 平成 8 年度年馴致実証実験)

中間育成個体の形態特性を明らかにするため、体色異常、中軸骨格を観察した。中間育成開始日より 7 日間おきに約 120 個体ずつ 1 定点よりサンプリングし、採取後 5~10% フォルマリン溶液に固定保存した。無眼側体色異常のタイプ分けについては図 (1) -イ-2 に従い、また、中軸骨格については、軟 X 線装置により撮影し、観察した。

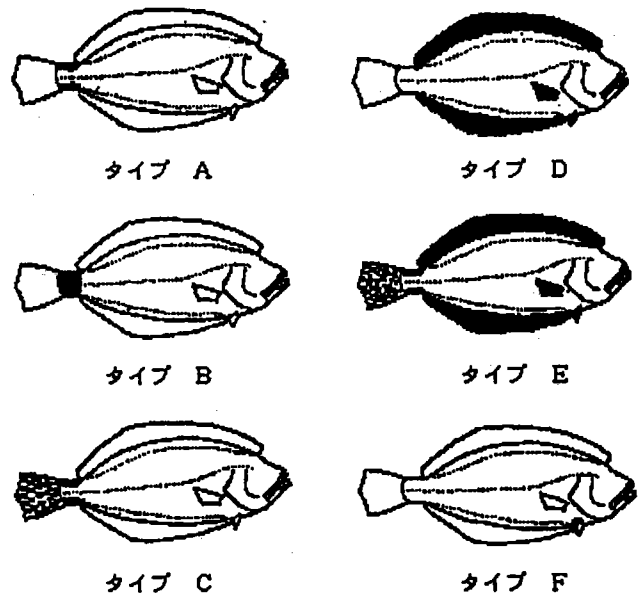


図 (1) -イ-2 無眼側体色異常タイプ

結果と考察

(調査 1-1)

中間育成開始後 2 8 日後に行った摂食行動の比較実験の結果、中間育成個体が対照飼育個体に比べて、より離底時間の平均値が低く、ばらつきも少なかった (図 (1) -イ-3)。また、その平均値はこれまでの天然稚魚を用いて行われた同様の実験で得られた値にごく近いことから²⁾、この中間育成によって野性的な行動特性のある人工稚魚が得られるものと考えられた。

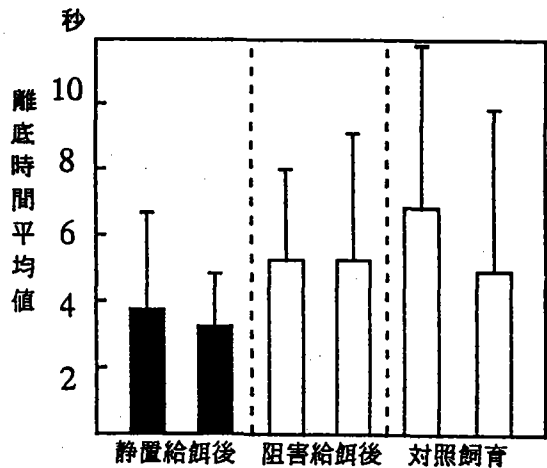
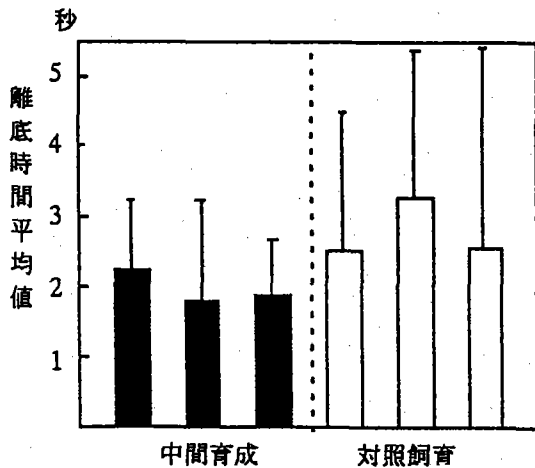


図 (1) -イ-3 摂餌行動 (離底時間) 測定結果 (1 回次) 図 (1) -イ-4 摂餌行動 (離底時間) 測定結果 (2 回次)

(調査 1-2)

摂食行動の比較実験の結果、対照飼育した稚魚及び中間育成飼育 10 日後に抽出した稚魚に比べて 5 日後に抽出した稚魚に摂食行動がやや低い値が示された (図 (1) -イ-4)。これより、5 日後以降に行った給餌後の阻害行為には稚魚の摂食行動の俊敏性を向上する効果はなく、反対に俊敏性を低下させたこ

とが考えられる。これは前述のとおり10日後の給餌直後に抽出した稚魚の摂餌率が阻害給餌開始前に比べて著しく低下していたことと、ヒラメ稚魚の摂食行動の離底時には短時間の絶食で鈍化する特性があること³⁾から、摂餌不良に伴う飢餓の進行がその要因となったことが考えられる。ただ、いずれの実験区とも1回次の中間育成個体に比べて摂食行動は鈍く、十分な種苗性の向上は得られなかったと考えられる。(調査2-1)

育成直前期(4月18日)、中間育成期(5月2日)、放流直前期(5月22日)から約100個体をランダムサンプリングして、それぞれ大きい順に50個体を選んで中軸骨格における骨異常を調べた(表(1)ーイー1)。その結果、何らかの骨異常が認められた個体総数は育成直前期に28個体(56%)であったものが、中間育成期には、17個体(34%)に、放流直前期には9個体(18%)に減少した。このことは、約5週間という短い期間であったにもかかわらず骨異常防御の効果を認める結果となった。この効果をもたらす原因として池内で正常な骨形成を促すような栄養学的また物理的な環境の改善があったからとも考えられるが、搬入した個体のサイズは体長19cmで、いずれも中軸骨格の形成を終えた変態期以降の個体ばかりであった。したがって、この骨異常の減少は、骨異常魚の死滅による淘汰と考えられる。

表(1)ーイー1 平成7年度中間育成によるヒラメ人工種苗魚中軸骨格の特性

	飼育直前期	中間育成期	放流期	天然魚
調査日	4.18	5.2	5.22	6.16
体長(cm)	18.91±1.44	28.77±1.81	45.81±2.57	40.96±7.94
腹椎異常(%)	38	20	10	0
尾椎異常(%)	44	22	12	0
骨異常総数(%)	56	34	18	0

(調査3-1)

育成開始日(4月18日)より育成終了日(5月23日)まで7日間おきにサンプリングし、体色異常、中軸骨格における骨異常の調べ、その結果を表(1)ーイー2に示した。体色異常については、比較的天然魚に近いタイプAは、育成開始日の2.5%から育成終了日には30.1%と増加した。また、育成開始日の体色異常魚割合の97.6%を占めたタイプC(13.3%)及びタイプE(83.3%)は、育成終了日には、それぞれタイプC 3.3%、タイプE 56.1%と、全体に占める割合は59.4%に減少した。このことは、当施設における中間育成が、体色異常魚の出現を減少させる効果を認める結果となった。

骨異常については、何らかの骨異常が認められた個体割合は飼育開始日に51.7%であったものが、育成終了日には80.3%と増加し、また、正常と認められる個体については、飼育開始日31.8%であったものが、飼育終了日には、19.7%に減少した。このことは、平成7年度の実験結果と全く異なる結果となった。搬入した個体のサイズは、前述のとおりすでに中軸骨格の形成を終えたサイズであり、したがって、この育成期間中に骨異常を発症させる何らかの要因があったと考えられる。また、平成8年度の収容尾数は過去最高の約110万尾で、平成7年度収容尾数約62万尾とほぼ1.8倍の高密度飼育を行っており、このことが原因に関係していることも考えられる。

表(1) -イ-2 平成8年度中間育成によるヒラメ人工種苗魚体色異常及び中軸骨格の特性

サンプリング日	4. 1 8	4. 2 5	5. 2	5. 9	5. 1 6	5. 2 3
飼育日数(日間)	1	7	14	21	28	35
全長(mm)	22.05±2.32	24.75±2.27	27.80±2.43	30.95±3.53	36.22±3.54	40.47±4.70
主な体色異常魚の割合(%)						
タイプA	2.5	0.8	2.5	16.8	0.0	30.1
" D	13.3	31.7	14.2	29.9	21.9	3.3
" I	83.3	66.7	82.5	35.8	59.4	56.1
骨正常個体割合(%)	31.7	27.7	23.3	23.7	14.1	19.7
骨異常個体割合(%)	51.7	61.7	69.2	71.9	85.2	80.3
不明個体割合(%)	16.6	11.7	7.5	4.4	0.8	0

摘要

- (1) 中間育成個体と対照飼育個体の摂食行動を比較した結果、俊敏性の指標である離底時間は中間育成個体のほうが天然魚に近い結果となった。
- (2) 給餌時の阻害行為は、摂餌不良を引き起こし行動は鈍化する結果となった。
- (3) 平成7年度中間育成においては骨異常防御の効果が認められた。
- (4) 平成8年度中間育成においては体色異常魚の出現は減少したが、何らかの要因で骨異常が発症する可能性があることが示唆された。

文献

- 1) 細谷和海・河村功一、1997:平成7年度健苗育成技術開発研究成果の概要、水産庁研究部研究課、東京、44~51.
- 2) S.Fruta: Predation on Japanese flounder (*paralichthys olivaceus*) Juveniles by diurnal piscivorous fishes: Field observations and laboratory experiments, Survival Strategy in Early Life Stage. International Workshop Proceeding. Reserch Council Secretariat Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Japan.
- 3) 古田晋平、1995:平成6年度健苗育成技術開発研究成果の概要、水産庁研究部研究課、東京、117~128.

ウ. 複数回馴致

調査目的

中間育成施設を効率良く利用するため、施設の利用頻度を高め複数回飼育による育成馴致を検討する。

調査方法

平成4～6年度、3カ年中間育成施設において実施されたそれぞれの複数回飼育及び育成馴致実証実験の結果¹⁾を比較検討する。

結果と考察

平成4～6年度の中間育成施設における複数回飼育結果の概要を表(1)一イ-3に示す。各年度とも残存率については、一回次より二回次の方が高い結果となっているが、この要因としては、搬入時の稚魚は一回次、二回次とも同時期に種苗生産したものであり二回次目は成長した稚魚を取り扱わざるを得ないため、一回次の稚魚よりサイズが大きく飼育が比較的容易であること、また一回次に比べ飼育期間が短かったことが考えられる。育成馴致の効果については、一回次と二回次とでは馴致に要する期間に差が認められ、有眼側体色については、平成4年度一回次では飼育開始時より20日、平成4年度二回次では6日後には底質の色調に近づくことが確認された。摂餌行動でも、配合飼料による給餌において平成4年度二回次では飼育開始2日後に、平成5年度一回次では飼育開始9～19日後には離底時間等も天然魚、対照魚に近い値となった。この要因としては、やはり搬入時の稚魚のサイズの差によるものと考えられる。しかし、離底時間については、前述のとおり一回次の中間育成個体のの方が、二回次の個体に比べて短く、より俊敏性があることが確認されている。これは小型サイズからの比較的長期間にわたる中間育成で、天然魚に近い種苗性が得られたと考えられる。また、二回次の中間育成個体の行動の野生化を検討するため天然餌料導入試験、給餌時の阻害行為などを行ったが、摂餌不良に伴う飢餓の進行により摂餌行動時の離底時間は長くなり俊敏性も乏しくなるという結果となった。

平成6年度は、以前の調査のうち最も早い時期に小型サイズの人工種苗の高密度飼育を試みた。このことは、陸上施設における従来の種苗生産より低コストでまた高い種苗性が得られる点で大きなメリットがある。また、野外調査で、本県浅海域におけるヒラメ育成場では、例年6月以降の生物環境は5月に比べ稚魚の生残に不利な要素が多いことが指摘されており²⁾、中間育成魚の放流もこれに併せ早期に行うのが好ましいと考えられる。したがって、複数回飼育による育成馴致は、二回次においても種苗生産時期を早め、より小型サイズの人工種苗から中間育成し放流を早期に行うことが可能であれば、種苗性、放流後の生残にも大きなメリットがあると考えられる。

表(1)一イ-3 平成4～6年度複数回飼育概要結果

	飼育開始月日	開始時稚魚サイズ・尾数		飼育終了月日	終了時サイズ・残存尾数		飼育期間	残存率	
		全長 mm	万尾		全長 mm	万尾			日間
平成4年度	一回次	5.29	27	15	6.27	3.8	30	25.3	
	二回次	7.17	75	14.2	7.23	5.9	7	41.5	
平成5年度	一回次	5.31	33	12.9	7.1	60	8.3	64.3	
	二回次	7.8	52	6	7.20	58	4.3	13	71.7
平成6年度	一回次	4.18	24	29.6	5.16	48	7.2	28	24.3
	二回次	5.25	62	8.9	6.3	71	7.5	10	84.2

摘要

- (1) 一回次飼育魚は、二回次飼育魚に比べより天然魚に近い俊敏性が得られた。
- (2) 二回次飼育魚の野生化を図るため、天然餌料の給餌や給餌後の阻害を行ったが、摂餌不良により行動は鈍化した。
- (3) 複数回飼育による育成馴致は、種苗生産の時期を早め、より小型サイズの種苗から中間育成を開始し、放流を天然餌料環境に併せ早期に行うことが、効果的であることが示唆された。

文献

- 1) 鳥取県、1994 : 海域特性総合利用技術開発調査報告書、鳥取県農林水産部水産課、59~70
- 2) S.Fruta : Predation on Japanese flounder (*paralichthys olivaceus*) Juveniles by diurnal piscivorous fishes : Field observations and laboratory experiments, Survival Strategy in Early Life Stage. International Workshop Proceeding. Reserch Council Secretariat Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Japan.

エ. 開放

調査目的

中間育成施設内で馴致育成を行った飼育魚の放流口からの放流方法を検討する。

調査方法

平成6年度において中間育成施設の東側矢板20枚に設けてある放流口のうち10枚及び排水口を開放し、その後の逸散状況等を把握するためコドラート調査¹⁾により残存量を推定した。また、平成4、5年度の開放後の逸散状況と比較検討した。

結果と考察

平成4～6年度の開放時及び開放後の残存状況について表(1)一イー4に示す。

平成6年度において放流口開放8日後に行ったコドラート調査の結果では、施設内にはなお21,674個体の稚魚が残存していることが推定された。これは、放流口を開放することによって7～9日後の短期間にほとんどの稚魚が施設内部から逸散するとして従来の結果¹⁾と大きく異なっているが、その原因としては従来行わなかった放流口開放後の給餌の継続による外部逸散の抑制効果が影響していることが考えられた。

表(1)一イー4 平成4～6年度の開放時及び開放後の残存状況

	飼育終了月日	開放時	残存尾数		飼育期間 日間	計数日開放何日後)	残存尾数	残存率 %
			全長 mm	万尾				
平成4年度	一回次	6.27		3.8	30	7.6(開放9日後)	1,258	3.3
	二回次	7.23		5.9	7	7.31(18日後)	603	1.0
平成5年度	一回次	7.1	60	8.3	32	7.8(17日後)	1,574	1.9
	二回次	7.20	58	4.3	13	7.28(18日後)	147	0.3
平成6年度	一回次	5.16	48	7.2	28	5.24(18日後)	21,674	30.1

摘要

(1) 開放後の給餌の継続は、外部逸散を抑制することが考えられた。

文献

1) 鳥取県、1994：海域特性総合利用技術開発調査報告書、鳥取県農林水産部水産課、70～73

オ. 餌料生物導入実験 (平成6年度)

調査目的

過去5ヶ年実施してきた「海域特性総合利用技術開発調査」で計画され、調査してきたヒラメの活餌生物として、アミ類の中間育成施設内導入の追加試験を実施した。

今回は過去の導入失敗が、アミ類の集積とその捕獲方法の選定にあるとの観点でそれらの強化した試験を実施した。

調査方法

平成6年5月30日、6年2回次のヒラメ中間育成の期間中に強制的な採集方法を探るため、施設の海域側のコーナを拠点として実験を実施した。強制導入の方法は過去に実施した夜間の灯火下(1Kw)に加えて、水中灯(1Kw)を図(1) - オー1 (海域特性総合利用技術開発調査報告書p74図VII-37と同) に示すA点の灯火の真下水深0.5mに併せて点灯し、採集は5年度より強力な揚水ポンプ(10.5ton/hr口径50mm)で水中灯の周辺域(0.8m陸域方向)にセットして、表(1) - オー1に示す様にサンプリングして計数した。また、同時に周辺域のアミ類の分布をみるため、平成5年度と同様に周辺海域の定点でノルパックネットによる採集を試みた。

結果と考察

点灯下のポンプ採集と周辺域のネット採集の結果は表(1) - オー1に示すが、周辺海域のアミ類の分布は、過去の調査結果と同様に点灯直下付近に分布密度は低く、10m位距離を置いた定点の方が高い密度を示した。また、ポンプ採集は水中灯の追加と吸水速度の向上で効率的採集を試みたが、ネット曳よりも効率が悪い結果となり、点灯により餌料生物を集束させ、そのマスを強制的に採水と共に取り上げるという形式の方法は過去3ヶ年と同様に失敗した。

ポンプ採水はサンプリング時以外の時間も継続して実施しており、潜水により吸水口付近を観察すると、アミ類の集束は灯火より約0.5m程離れてドーナツ状に底面より浮いた状況であるが、個体数量は視認しづらい程少なく、また、ドーナツ塊に吸水口を近づけると、約10cmの距離を常に保って平行に移動する様に観察された。従って、水面上の灯火及び水中灯による灯火間近の蛸集は認められなく、且つポンプ採集の効率も活アミ類については大変悪い結果であった。

アミ類に比べて端脚類は灯火に収束し、上下左右に運動を繰り返しており、採集は比較的容易な様であった。

残された問題点、改善策

・活アミ類の蛸集と施設内への導入は、アミ類の砂浜汀線域の分布とプランクトン類の灯火蛸集行動及び波浪を利用した施設導入水機能から提案され、中間育成中のヒラメにとって捕食行動による馴致効果と配合餌料残餌による水質悪化の問題から、最善の給餌環境と想定された。

・しかし、アミ類の分布とその生態が把握できていないため、施設内への導入方法の再検討が必要である。具体的には砂浜域の分布アミ(Archaeomysis kokuboiが主)の生態把握、多量発生時期と密度等の把握が考えられ、また、アミ類の行動生態、特に蛸集と捕獲(ポンプ吸水採集は困難)に関する行動の検討が必要である。

・これらアミ類に関する生態研究は甚だ遅れており、本実験は成果を得ることは少なかったが、ポンプによる吸水後もほとんどの個体が生きていたこと、灯光では大きな蛸集は困難であり、またアミ類は吸水圧

力に敏感で吸水口から一定の距離を保っている様であることが判明した。

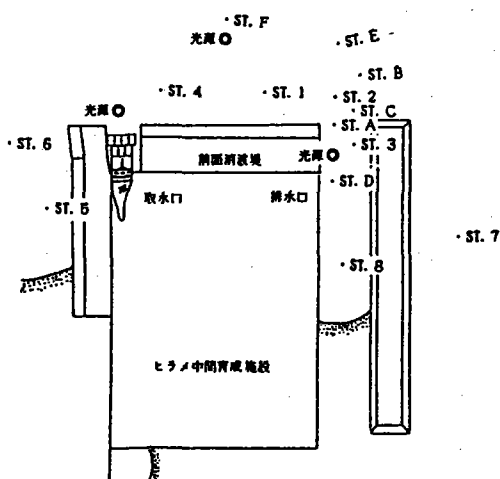
表 (1) -オ-1 中間育成施設周辺域ネット曳及び揚水による採集生物 (個体数/㎡)

s t	1	2	4	6	7	A	A	A	A
期 日	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30
時 刻	20:35	20:20	21:05	21:20	20:05	20:00	21:35	22:45	23:50
採集法	ノルバック	ノルバック	ノルバック	ノルバック	ノルバック	ノルバック	ポンプ	ポンプ	ポンプ
濾水量	1,590L	1,590L	1,590L	1,590L	1,590L	1,286L	1,286	1,286L	1,286L
アミ類	26.4	18.9	30.8	2.5	50.3	22.6	10.1	16.3	10.1
等脚類	2.5	4.4	2.5	3.1	1.3	2.3	6.2	2.3	2.3
端脚類	34.6	42.1	32.7	12.6	18.2	71.5	88.6	52.4	12.4
エビ類			0.6			5.4	1.6	1.6	1.6
クマ類			0.6		0.6				
その他	4.4	10.7	2.5		12.6	6.2	5.4	4.7	5.4
計	67.8	76.1	69.7	18.2	83.0	108.0	116.9	79.3	31.8

注) 数字 s t はネット表層曳きで、s t A は点灯下の揚水ポンプによる揚水ろ過による採集個体数。

要約

・平成6年度昨年度までの従前の海域特性総合利用技術開発調査の補完調査として、夜間集光したアミ類を、より強力な吸引できるポンプで海水と共に採集出来るか試験したが、昨年度と同様に失敗した。



注) 取水口の前の光源は平成4年の入水混入採集時に使用。

施設中央前面の光源は平成4年水中ポンプ採集時に使用。

施設前面消波堤右側面の光源は平成4、平成5年ポンプ採集に使用。

ST数字はネット採集点を、アルファベットは、ポンプ採集点を示し、平成4～平成6年とも共通する。

図 (1) -オ-1 アミ類採集点

文献

1) 鳥取県、1994: 海域特性総合利用技術開発調査報告書 (ヒラメ中間育成施設造成技術開発調査報告書), 1~89.

カ. 放流ヒラメ追跡調査

① ALCによる追跡調査

調査目的

本県の栽培漁業の主力魚種としてヒラメは、近年百万尾前後の人工種苗が各浜で放流されており、その回収率は鳥取県栽培漁業協会が放流数を母数に市場調査による年級別採捕率によって試算されている。

しかし、本施設からの放流魚の回収率は調査もできていない。しかも、放流直後の採捕率と試験操業での混獲率も施設放流魚の識別と供試個体数の問題から推定さえ困難となっている。

このため、施設放流魚の識別を魚体への負担を少なく、簡便に着標識できる方法として、高橋（1994増養殖研究推進連絡会議報告書、日水研）が飼育水槽により試みたALCの経口投与によるヒラメ耳石染色を野外粗放飼育ヒラメに試み、その有効性を試験した。

調査方法

表（1）-カー①-1に示す平成6年度の飼育ヒラメの飼育終了直前の5月13日から11日間、高橋の手法に従って、ヒラメの給餌に使用した配合餌料にALC水溶液をなじませ、新聞紙上で半日風乾後、通常通りに施設上からできるだけまんべんに給餌した。

その着色による識別について、放流直前の個体と放流後の施設海域の曳網により採集されたヒラメの耳石をそのまま倒立蛍光顕微鏡（Gフィルター）により検鏡し、表面の染色が不十分な耳石は研磨して再度検鏡し、その標識方法の検討を行った。

表（1）-カー①-1 ALC染色餌料給餌状況

給餌期間	給餌量	ALC濃度	ALC量	備考
	kg, 回/日	g/kg	g/日	
'95.5.13~5.14	3 2	1	6	水溶液で浸漬
'95.5.15~5.23	2 2	1	4	
計	11日間		48g	

結果と考察

ALC浸漬餌料作成時では、ALCの弱酸性水溶液への溶解は高く、5000ppmでも十分とけ込み、その希釈水溶液を配合餌料にまんべんに浸漬させると、風乾に半日程度かかる。風乾時間を短縮するため、エナメルによる溶解を試みたが、ALCがコロイド状となり使用できなかった。

浸漬した配合餌料は高橋の最高濃度である1000ppm水溶液で浸漬したことからALCの色に染まったが、配合餌料給餌で1ヶ月程飼育されているヒラメは従前と同様に捕食した。しかし、施設内のヒラメは餌料沈下に伴って底層より離底遊泳によって捕食するため、施設収容ヒラメが均一に浸漬餌料を捕食できる給餌が行われたとは思われなかった。

この浸漬餌料によるヒラメ標識の有効性を表(1) -カー①-2に示すが、施設内ヒラメの着色の有無を施設開放前のサンプル42個体の耳石で見ると、浸漬餌料給餌の最終日にサンプリングしたため、耳石表面の染色であり、13個体(31%)が識別可能に止まった。

また、施設開放7日後の5月30日に施設前面で小型底曳網で試験操業したところ、24個体の当歳ヒラメが採捕された。それらの体型、色素模様から放流の人工ヒラメと天然ヒラメと分けし、それぞれの個体の耳石を鏡し、判別不能の耳石は研磨して、識別個体を計数した。

海域に放流されたヒラメは12個体内、5個体(42%)の耳石外輪染色が確認できた。また、同時に採捕された天然魚の耳石を見ると12個体中1個体(8%)に染色が確認できた。

池内でサンプリングしたヒラメは、過半の個体が染色されていると予想したが、3割強の識別に終わった。これは、陸上水槽での高密度飼育環境とは異なって、給餌の際に全個体が均等に捕食できていなくて、捕食機会のばらつきが染色のばらつきに重なっていったものと思われた。

それらの放流後7日目に採集した天然海域のヒラメの染色は人工魚で42%が確認されたが、天然魚と見えるヒラメにも1個体染色された個体が識別された。この不可解な現象は人工、天然ヒラメの識別に問題があると思われるが、人工魚の体長と天然魚の体長差、体表色素と体型の差違で識別しているため、絶対的な識別ではないことを示した。また、その追跡に染色を利用するためには高い染色率が望ましい。

追跡個体の識別はともかく、池内でのヒラメ個体の耳石染色率の低さは予想を下回っており、放流後の追跡には放流後の分散を考えると、困難である結果となった。このため、全数標識は、中間育成の収容時のヒラメ種苗はようやく配合餌料に切り換えたサイズであるため、陸上水槽での経口染色を施した後中間育成池に収容するか、中間育成池に収容する前にALC浸漬を実施する必要がある。

表(1) -カー①-2 ALC染色餌料給餌による耳石染色状況

採集期日	種苗由来	染色発見率	平均全長	備 考
		有染/個体	■	
'95.5.22	飼育ヒラメ	13/42	53.2	放流前に採集
'95.5.30	採集人工ヒラメ	5/12	48.5	池前面で曳網採集
'95.5.30	採集天然ヒラメ	1/12	24.6	〃

残された問題点・改善点

・中間育成したヒラメの標識付けは、池内分布ヒラメの取り上げに困難が付きまとうことと簡便な標識方法であることから、ALC経口投与法を試験したが、上記の様に粗放的飼育による均一な給餌でなく、全体の飼育ヒラメの染色に失敗した。

・これらの改善法は、陸上水槽での経口染色を中間育成前に実施した後、中間育成に取りかかることが考えられるが、配合餌料投与期間の関係で、現在よりもその期間(10日間程)だけずれ込むこととなる。

また、外見標識ではないことから、再捕魚体の識別には耳石の取り出しと鏡の手間がかかってくる。

要約

・中間育成中のヒラメの標識付けは、粗放飼育ヒラメの取り上げ等に困難が付きまとうことと簡便な標識方法であることから、ALC経口投与法を試験したが、粗放的飼育による均一な給餌でなく、全体の飼育ヒラメの染色に失敗した。

文献

- 1) 鳥取県、1994：海域特性総合利用技術開発調査報告書（ヒラメ中間育成施設造成技術開発調査報告書），P1～89.
- 2) 高橋庸一、1994：アリザリン・コンプレクソン（ALC）の経口投与によるヒラメ稚魚の耳石染色。日本海区水産研究所増養殖研究推進連絡会議報告（平成5年度）PP. 1－8.

② 開放後の追跡

調査目的

放流口開放後、海域に展開した種苗の分布、成長、餌料環境等を明らかにし、中間育成池での馴致による放流の効果把握するため、追跡調査を行った。

調査方法

平成7年6月8日（放流口開放後15日目）に試験船第二鳥取丸（10トン）を用いて、中間育成施設前面の宇谷沖水深5m、7.5m、10m、15mを桁網（ビーム長5m、袋網目合40節）により放流魚の採集を行い、水深5m、7.5m、10mについては潜水によるヒラメ稚魚の計数（各水深帯400m²を調査）を行い、分布密度の調査を行うとともに、桁網の漁獲効率を推定した。また、6月7日及び6月13日に同海域をソリネット（網口2.0m、目合1.0mm）によるアミ類の採集を行った。

桁網の曳網距離は600mで、曳網速度は2.0ノットとした。また、ソリネットの曳網距離は400m、曳網速度は1.7～2.0ノットとした。

試験操業により得られたヒラメ稚魚は、全長、体重、胃内容物、肥満度について計測を行った。

結果と考察

試験操業により採集したヒラメ人工種苗及び天然稚魚の全長組成を図(1)-カ-②-1に示す。人工種苗のモードは65mmにモードがあり、放流口開放直前の人工種苗のモードが50mmであることから15日間で15mm程度成長しているものと判断された。また、天然稚魚のモードは35mmであり、約30mm大型であった。しかし、天然魚の早期に着底したと考えられるものは、大型のもので95mmに達しており、天然大型魚と同等のサイズの種苗放流を考える場合、より大型種苗の放流を考える必要があると考えられる。

水深別の分布密度を表(1)-カ-②-1に示す。人工種苗の分布密度は水深5mで多く、沖合ほど分布密度は低い傾向が認められることから、人工種苗の多くが浅海域に滞留していると判断された。天然稚魚は水深7.5mに多く分布しており、分布の中心は異なっていた。天然魚の水深別の全長組成をみると（図(1)-カ-②-2）、水深5mに大型の個体が多い傾向が見られるが、水深10m以浅で大きな差は見られなかった。

肥満度（ $\text{体重}/\text{体長}^3 \times 10^5$ ）については表(1)-カ-②-2）、天然稚魚（全長50mm以上）と比較すると、人工種苗がやや上回っていたが、放流口開放時よりもかなり減少していた。また、摂餌率（ $\text{胃内容物重量}/\text{体重} \times 100$ ）についてみると、人工種苗は天然稚魚を大きく下回っており、摂餌が十分ではないと考えられた。アミ類の分布の中心は、この時点で水深10m付近にあると考えられ（図(1)-カ-②-3）、人工種苗が多く分布していた水深5mの分布量は少ない傾向にあった。しかし、1週間後には浅海域の分布が多い傾向となっていた。

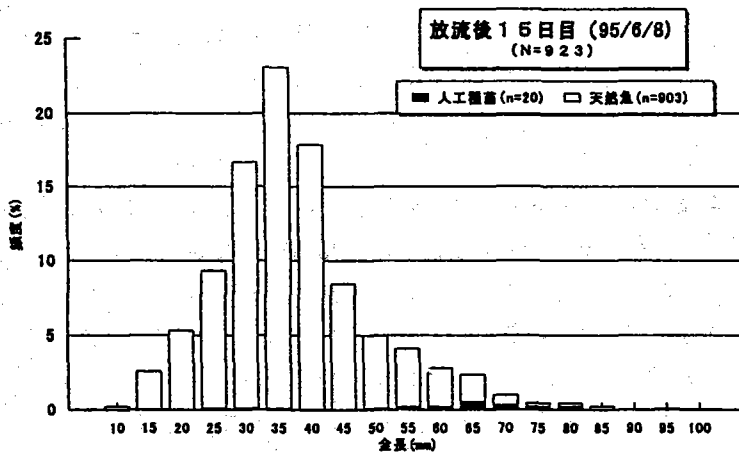
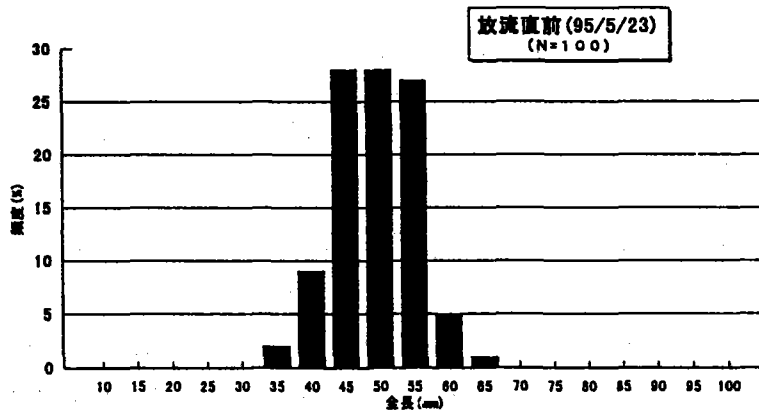
摂餌していた餌料生物組成（胃内容物重量に占める割合）は、人工種苗ではアミ類が64.9%と高い割合を占めているのに対し、天然稚魚（全長50mm以上）では、38.6%と低く、逆に魚類の占める割合が60.2%を占め、餌料生物に違いが見られた（図(1)-カ-②-4）。これは、水深10mを中心としてイワシ類シラスが分布しており、大型の天然稚魚がこれを摂餌していたためである。水深7.5m以浅のデータで比較した場合は（図(1)-カ-②-5）、アミ類の摂餌割合は、天然稚魚（全長50mm以上）が62.3%、人工種苗80.9%とアミ類の占める割合が増加し、大きな差は見られなくなる。しかし、放流場所が汀線であり、放流2週間後に

表(1)-カ-②-1 放流後15日目における宇谷沖のヒラメ当才魚水深別分布密度 (尾数/100 m²)

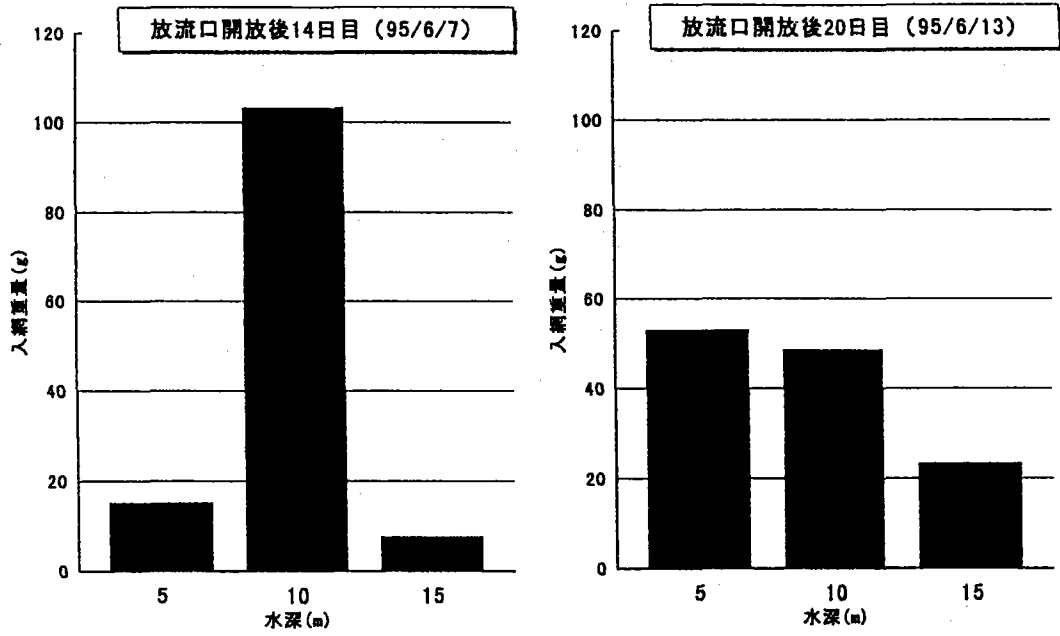
水深(m)	曳網面積(m ²)	分布密度	
		人工種苗	天然魚
5.0	3,000	0.99	19.77
7.5	3,000	0.49	48.20
10.0	3,000	0.00	14.25
15.0	3,000	0.17	3.46

表(1)-カ-②-2 放流直前における人工種苗及び試験操業により採集されたヒラメ稚魚の肥満度・摂餌率

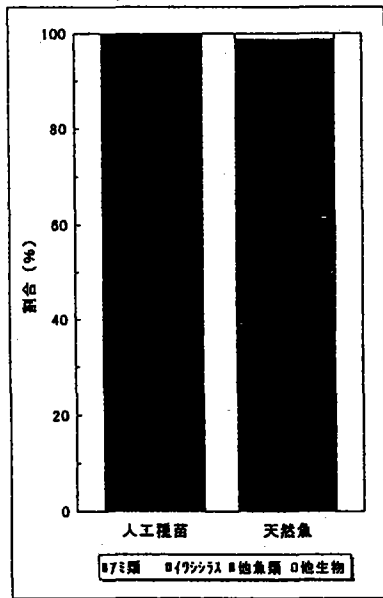
	放流直前	放流後15日目	
	人工種苗	人工種苗	天然魚(全長50mm以上)
平均全長	52.05±5.52	69.35±8.68	59.48±8.17
肥満度	1.36±0.11	1.23±0.13	1.19±0.10
摂餌率		0.598	2.049



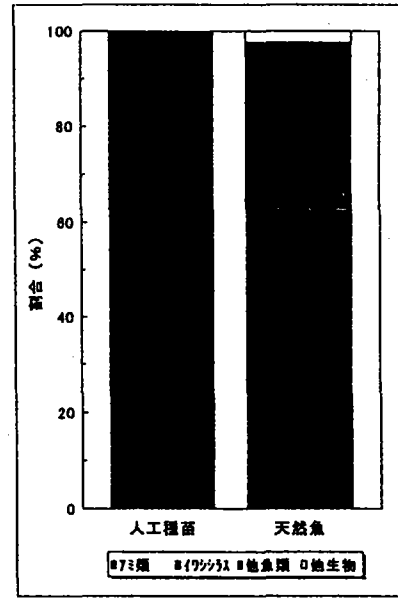
図(1)-カ-②-1 放流直前のヒラメ人工種苗の全長組成及び放流後15日目における試験操業により採集されたヒラメ稚魚の全長組成



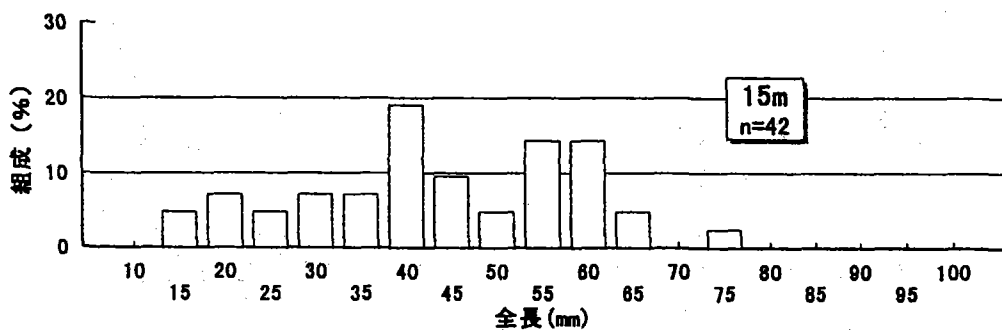
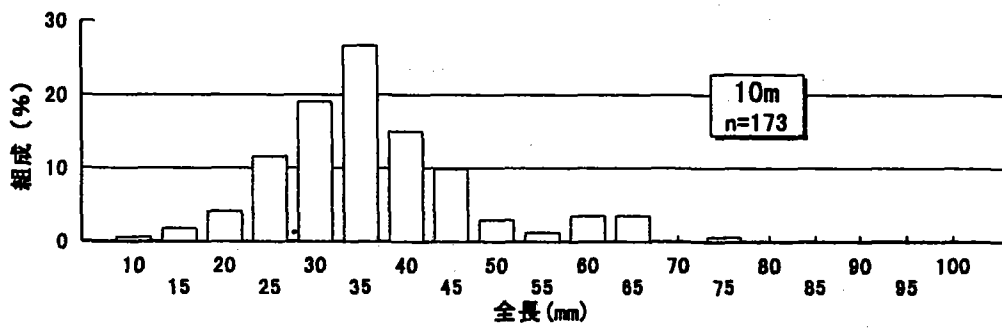
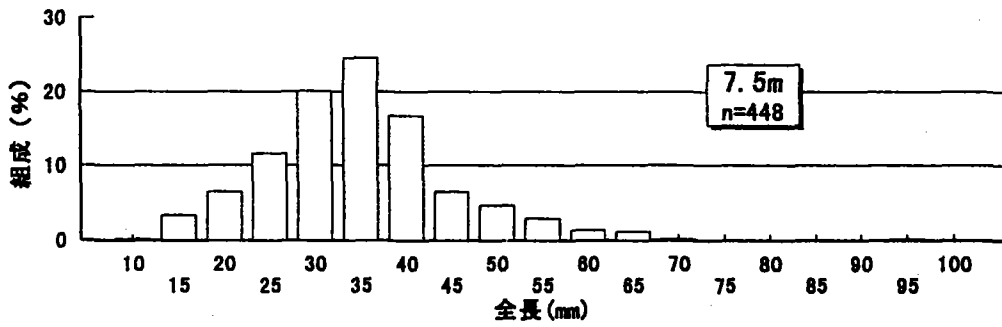
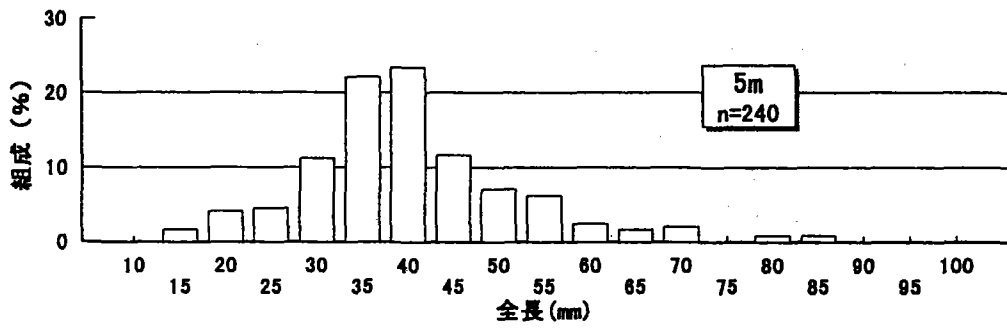
図(1)-カ-②-3 宇谷沖におけるアミ類分布状況 (ソリネット100m²曳網当たりの入網重量)



図(1)-カ-②-4 試験操作により採集された、人工種苗及び天然魚(全長50mm以上)の胃内容物組成(重量に占める割合)比較



図(1)-カ-②-5 試験操作により採集された、水深7.5m以浅の人工種苗及び天然魚(全長50mm以上)の胃内容物組成(重量に占める割合)比較



図(1)-カ-②-2 試験操業により採集された天然稚魚の水深別全長組成

於いても、浅海域に分布していることから、やや沖側に分布するイワシ類シラスを利用できない可能性も推測され、放流時期等を早め、海域に広く分散させる等の対策や、水深5 m以浅におけるアミ類の分布状況季節変化の把握を行い、アミ類分布が最大となる時期での放流口開放を考える必要があると考えられた。

残された問題点・改善点

- ・放流口開放後、餌料環境が良くないものと考えられる浅海域に放流種苗が滞留する傾向が見られ、摂餌状況も悪い。
- ・主要餌料であるアミ類の浅海域（水深5 m以浅）における分布が最大となる時期を把握し、その時期での放流実施により、種苗の餌料環境の向上を図る。

(2) 他魚種の間育成

ア. クルマエビ種苗の間育成

調査目的

平成3年度に設置された宇谷中間育成施設はヒラメ種苗の育成と馴致を目的に試験運用されているが、ヒラメ種苗育成期間は近年早期に繰り上がってきた結果、4月から5月、年度により6月までの約2ヶ月間の運用となってきた。

この運用期間だけでは施設の効率化と維持管理上能率的とは思われず、他の期間の利用をヒラメと同様の目的で運用するために、その他の生物で時期と飼育条件を考慮した結果、クルマエビの飼育及び馴致を実施し、その条件等を調査した。

両生物を短期間において連続して飼育する場合、両生物間の捕食関係からするとエビ類飼育が先行すべきであるが、両種の種苗生産時期が逆転しているため、ヒラメ種苗の施設内よりの完全放流を前提に3ヶ年の実験を実施した。

なお、中間育成試験に用いたクルマエビは県中部域の賀露漁協から泊漁協までの6漁協の間育成前のエビを用いて実施した。ここに委託された各漁協に感謝し、その協力を謝意を表します。

調査方法

過去3ヶ年の飼育の概要は下表に示すが、施設内への収容、給餌方法はヒラメの場合と同様に実施したが、給餌は原則的に収容エビ湿重量の5%の配合餌料を、飼育開始1週間は朝夕刻の2回、その後は夕刻1回で、毎日エビのサイズに合わせた粒径を用いて実施した。(例：平成6年7月30日H社製クルマエビ配合餌料4号4kg, 5号0.5kgを朝夕2回に分けて給餌)

表(2) -ア-1 中間育成施設でのクルマエビ飼育状況

項目 年度	収 容 時			放 流 時			飼 育 結 果		
	月	日	尾 数 平均体長	月	日	尾 数 平均体長	飼育期間	歩 留	成長体長
平成			千尾 mm			千尾 mm	日間	%	mm
6	7.29	929	20	10.5	191	40	69	20	20
7	7.25	1,220	25	9.1	684	39	39	56	14
8	9.6	610	23	10.11	162	39	26	27	16
平均		920	23		346	39	45	38	17

飼育開始からの飼育尾数は、栽培センター出荷時の尾数と、予定飼育期間の過半過ぎと放流直前に施設池を40点のメッシュ計数を行い、メッシュごとの尾数を集計して全体の数量として用いた。

この際のエビの計数はヒラメの場合に用いた施設内定点(5または10m間隔でクロスする定点40点)を潜水作業にて31.6cm角の採泥器で砂層5cm厚を採集し、1mmメッシュにて濾過後、容器に移して計数した。

飼育エビの成長は10日間程に一度、エビの集束している池中央部の棧橋先端定点でサンプリングし、固

定後体長と重量を測定し、それらの経過でみた。

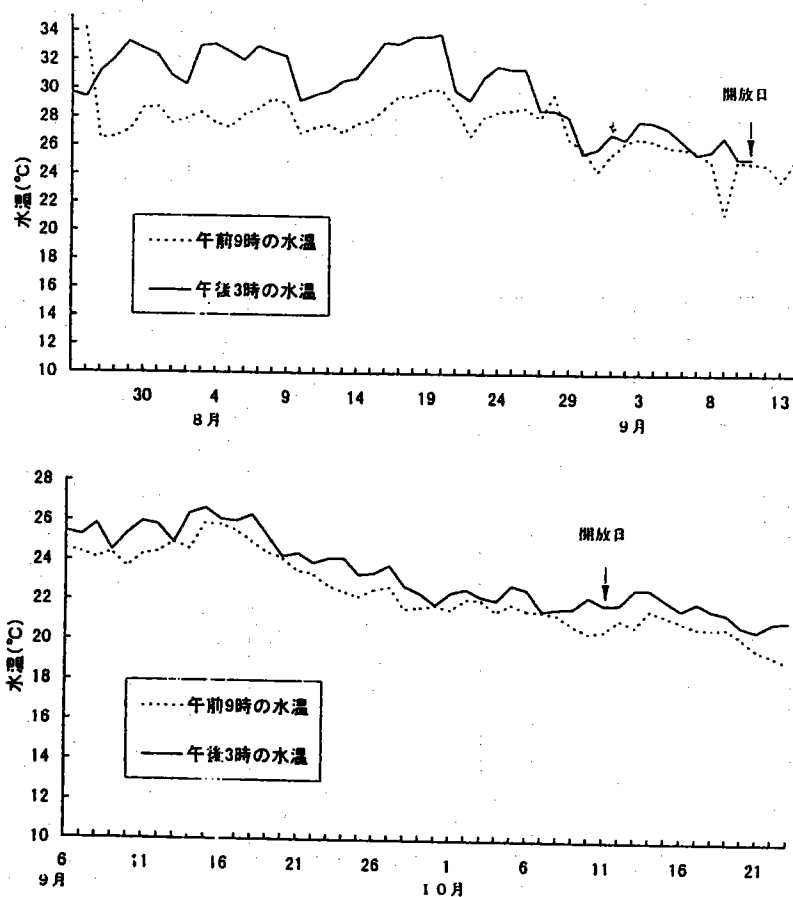
飼育環境は水温の経過を各年追ったが、6年は表層の水温で欠損が多く、7年は底層のセンサーの不調で表層のみのデータであった。8年は底層のみのデータとなったため、3ヶ年の直接の比較はできないこととなった。なお、測点位置は3ヶ年とも棧橋中央部であった。

その他の水質測定として平成7年8月に表層と底層の水温とDOを測定したので、補足データとして用いた。

表(2) -ア-1に示す飼育を終了後、各年の施設からの放流はヒラメと同様に施設の排水口と排水口に隣接している放流口10~13個の開放によって実施したが、施設内の残存は平成6年10月19日(開放14日後)、平成7年9月12日(開放11日後)を前述の方法で計数確認をした。なお、平成6年は飼育依頼者の要望により、活エビ取り上げを9月26日に幅1mの電気網を人曳き46回により実施したが、飼育エビ8,459尾の回収に止まり、残りのエビは10月5日に開放した。

これらのエビ飼育中は夏季が主体であったため、施設内に入水と共に間隙から他の多くの生物が流入し、エビを捕食または影響を与えているように思われた。主な混在生物はカタクチイワシ、クサフグ、ネズッコ類、メジナ、ボラ、スズキ、アイナメ、イシガニであった。平成7、8年は飼育開始10日間程施設内にジグザクに14節ナイロンテグス刺網を設置し、前記の生物の駆除を実施した。排除生物と共に、クルマエビ(1才)、アサリ、ナマコ等の生物も共生したがその発見はエビ密度調査等によるものであった。

施設からのエビの追跡は放流後の前浜の桁網曳網で各年実施したが、秋季の浅海の曳網は波浪と他の生物分布(平成7年のエチゼンクラゲの大量分布)により、予定した回数は実施できなかった。



図(2) -ア-1 平成7、8年度宇谷中間育成池水温経過

上段は平成7年度で表層、下段は8年度の底層で、各々池中央部での計測。

結果と考察

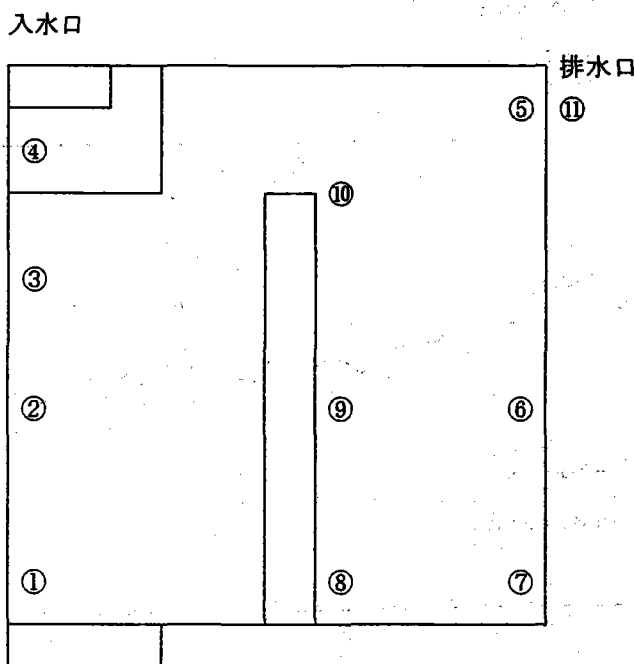
①エビの飼育環境

エビの育成期間は、ほぼ平成6年は8月、9月、平成7年は8月、平成8年は9月であり、図(2) - アー1に平成7、8年の水温経過を示すが、平成7年は表層で25~34℃を、平成8年は底層で21~27℃台に保たれていた。水温では、この時期の気象と海象条件及び入水量から判断して外海水に比べて池内は高水温を示し、クルマエビの育成にとっては好条件であったと思われる。図(2) - アー1に午前9時と午後3時のそれぞれの水温の推移を示しているが、平成7年では3℃、平成8年には午前と午後とで1℃前後の上昇幅がみられたが、平成7年の盛夏季の経過と下記の水質調査の結果から判断して、測定した水深帯の微妙な相違によって、また、気温の影響による水温変異が大きかったものと思われる。

飼育期間中の水質確認として図(2) - アー2に示す施設定点の表層、及び底層の水温、DOの平成7年8月7日、及び8月10日の2日間の計測結果を表(2) - アー2に示した。両日共測定時刻は午前11時前後、天候は8月7日は晴れ、8月10日は曇りであり、両日も入排水口は閉鎖状況であった。

8月7日は天候が良くまた測定時刻が正午前であったため、いずれの定点の上下層でも水温はほぼ30℃まで上昇し、溶存酸素も過飽和を呈した。8月11日は8月7日と同時刻の測定であったが曇天のため、水温は28℃台の上昇に止まり、溶存酸素は飽和量の50~95%であったが、飼育エビにとっては問題のない量と思われる。これら両日の差違は天候によって、水温上昇と底砂上及び浮遊植物プランクトンによる酸素補給によってもたらされたものと思われる。これらは両日の入水口、排水口付近と海水循環の悪い背後地域と比べて水温と酸素量の差違が少ないことから想定される。従って、前期のヒラ中間育成施設造成技術開発調査報告書で設計された入水量240m³/hrが充分に入水してなくて、施設内で植物プランクトンにより供給されていたことを示しており、設計入水の均等な施設循環を計画する場合は、入水口とその背後の整流柵及び整流層入水口の検討が必要とされる。

また、排水口付近の定点では他の定点より、両日共底層の酸素量が表層に較べて大変少なく、循環水の排水が排水口付近まで底層を伝わって、排水口で遣い上がって外海に放出されていたことを想定させた。



図(2) - アー2 宇谷中間育成池水質測定定点

注) ○内数値がst数値を示し、st 4は入水升を示す。

表(2) -ア-2 宇谷中間育成池の池内水温とDO

	平成7年8月7日				平成7年8月10日			
	水温 (°C)		DO (mg/L)		水温 (°C)		DO (mg/L)	
	表層	底層	表層 (%)	底層 (%)	表層	底層	表層 (%)	底層 (%)
1	30.4	29.7	11.69(186)	5.73(91)	27.9	27.9	4.72(72)	4.79(73)
2	30.8	29.6	9.11(145)	6.66(106)	28.2	27.9	6.09(93)	4.83(74)
3	30.6	30.5	10.60(169)	7.66(122)	27.8	27.8	5.67(87)	6.40(98)
4	30.5	30.4	8.26(132)	8.12(129)	27.8	27.8	6.20(95)	6.22(95)
5	30.9	30.2	12.43(198)	7.23(115)	28.1	28.1	5.63(86)	3.43(53)
6	30.7	30.3	11.46(182)	9.18(146)	28.1	28.0	4.19(64)	3.77(58)
7	30.3	30.3	11.75(187)	6.52(104)	28.0	27.9	5.07(78)	3.22(49)
8	30.8	30.4	10.52(168)	6.73(107)	28.2	28.2	5.29(81)	4.60(71)
9	31.0	30.6	11.50(183)	7.65(122)	28.2	28.2	4.91(75)	4.33(66)
10	30.8	30.7	12.52(199)	12.58(200)	28.7	28.2	5.55(85)	5.14(79)
11			9.30(148)		27.8		5.85(90)	

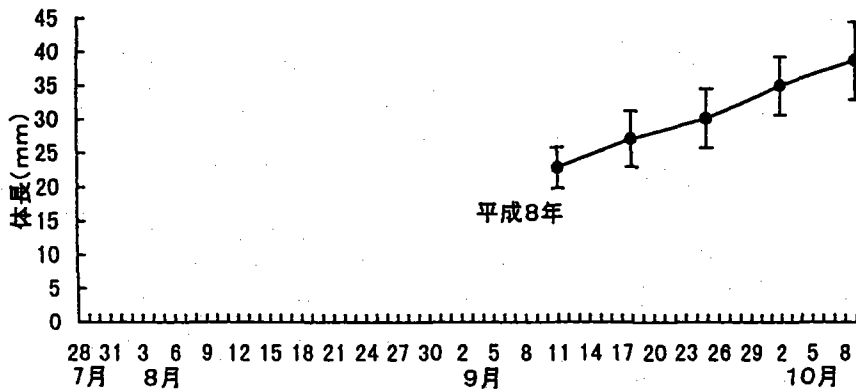
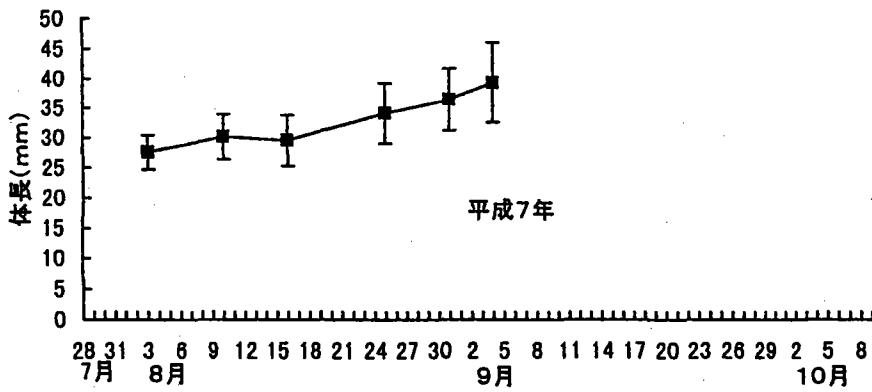
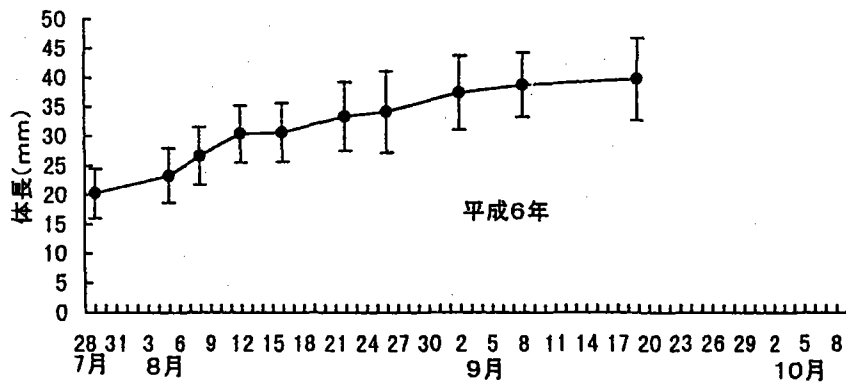
注) 酸素飽和量は池水の塩素量を18‰として28, 30℃を各6.52, 6.28mg/Lとした。

測定はHORIBA社の水質チェッカー-U-10で測定した。

②エビの成長

3ヶ年の飼育による成長は、ほぼ10日間隔で同一定点にてサンプリングしたクルマエビの体長によって図(2) -ア-3に成長と成長の偏差を示すが、6年の飼育約2ヶ月と7年の飼育約1ヶ月は飼育時期と体長がほぼ重なっており同様な成長を示した。しかし、8年の成長は過去2ヶ年の成長速度に較べて速い結果となり、1ヶ月を切る飼育期間で過去のより長い期間と同様な成長を呈した。また、8年は飼育期間が秋季にずれ込んだことにより水温経過も過去2ヶ年に較べて約3~7℃も低く経過したことを考慮すれば、クルマエビにとって高水温と高成長が直接関連しなくて、一定の水温下では飼育密度等の他の条件が大きいことを示していた。これらの稚エビの成長は0.29~0.62mm/日であり、放流時には各年共エビの体長はほぼ40mmに達しており、26日以上砂泥上の飼育による複数回脱皮を経験していたことを考慮すれば、自然界への馴致は充分できたと想定できた。飼育期間中、昼間のエビ観察でも、飼育初期の表層匍匐個体も見えるものが、10日間ほどで全個体潜砂していた。

飼育に伴う体長のばらつきについては成長と併せて標準偏差値を図示しているが、各年共、飼育に伴って増大しており、これは粗放的飼育であることと、脱皮を伴うエビ類の飼育の特徴に起因すると思われた。



図(2) -ア-3 過去3ヶ年のクルマエビ中間育成成長

③エビの歩留まり

3ヶ年の飼育で放流されたエビ個体数は、各191、684、162千尾で、放流時の収容時に対する歩留まりは、各20、56、27%であり、収容時の密度と飼育歩留まりは比例していない結果となった。

また、飼育期間とも歩留まりは直接関連してなく、飼育開始の体長と歩留まりが関連している様に見えるが、成長体長からみると、その他の飼育条件が影響を与えていたものと推定される。

3ヶ年の本施設での結果では、夏季の1～2ヶ月の幼エビ（約体長20mm）の閉鎖施設での飼育歩留まりは20～56%であり、鳥取県栽培協会が実施している収容エビの前段の飼育として無敷砂陸上水槽での育成の歩留まりは50～60%であった、また、漁業者の実施している港内中間育成（1～2週間）では施設の維持が困難なことが多く、正確な歩留まりが求められていないが、平均的には本施設と同程度と推定されている。

本試験は漁業者が実施している中間育成の代替えとして位置づけられるが、施設が陸上施設と海上施設の双方の利点と欠点を有するため、施設の波浪等による耐久性、給餌等の維持管理作業性、施設規模に合わせた育成数量、期間を含めた利用期間の任意性、中間育成による放流後の生残性向上、を勘案した設置と管理のコストによって従前の港内中間育成施設と比較検討されるべきものである。

④エビの放流

飼育、馴致されたエビは外海に放流したが、その方法は施設によって限定されており、ヒラメと同様に施設東側面の矢板に開口した放流口11～13個と排水口の開口によって、放流とした。6年に限っては育成期間中に、浜村漁協により電気網（12v）で施設より採集し、漁協の前浜に放流したが、電気網での採集効率は大変悪くて、5、6人での曳網によった予定尾数の採捕は困難となり、残ったエビは放流口からの放流となった。

放流口からの逸散を確認するため、6年と7年に放流口開口後14日と11日後に施設内のエビを前項と同じ方法で計数してみると、各々4、1千尾の現存量でありほとんどのエビが施設外へ逸散していたものと想定され、ヒラメと同様に10日位で施設外に逸散するものと思われた。

⑤その他の生物

当施設を使用するヒラメの中間育成は春季に実施され、クルマエビの中間育成はその種苗生産時期から盛夏期を中心に使用されている。ヒラメ及びエビの飼育中には入水と排水口には、該当生物が流入しないうように各々濾過シートを設置しているが、施設そのものいくつかの濾水箇所があること、入排水濾過シートの破損、高潮による越波等により、数多くの他の生物が施設内に流入及び生息していた。

エビの育成中は、夏季であることとヒラメ育成の継続使用及びヒラメ放流による施設開放が長期間実施されていることにより、ヒラメの場合に較べて多くのその他の生物が混在していた。

6年は防除は全く実施しなかったが、カタクチイワシ、クサフグ、ネズッポ類、メジナ、ボラ、スズキ、アイナメ、イシガニ等が飼育期間中エビと混在し、観察中にもこれらに捕食されていることもあった。この経験から7、8年は飼育当初に刺網にてカタクチイワシでは約全長80mm以上、クサフグ等の魚類では約全長60mm以上の魚体を捕獲し、約10日間、隔日に刺網設置と採捕を繰り返し、施設内の魚類等を排除した。

これらの遊泳性の外敵及び競合生物以外にアサリ、ナマコ等の生物も混在していた。アサリは7年にはエビと同じ程度の数量が分布しており、エビと同時に計数したところ、8月24日に124千個体が施設奥部を主体に分布しており（サイズは未測）、エビによる捕食と死殻も観察され、エビにとっては有用な分布と認められる。アサリ分布の由来については近隣の外海域では想定されず、約5km西方に流出している橋津川からの浮遊幼生によるものと思われた。

このアサリもエビの開放と同様に、外海水の大量流入に従って減少しており、9月12日には56千個体に

減少した。過去3ヶ年のエビの飼育中にアサリの大量発生は7年に限られていたが、毎年僅かな個体数は発見されており、当施設でアサリの飼育の可能性が確認された。

その他の有用生物としては、夏季に流入し施設の角部に蟻集しているナマコがいる。個体数は施設全域で100個体前後であろうが、秋季以降の水温降下に伴い施設全面の底砂上に広がって分布する。

施設内は冬季に堆積砂が少なく、施設は物理的に浚渫を大がかりに実施しなくても無事翌年のヒラメ育成に使用できたことが平成6年にあつたが、施設内で堆積砂の少ない奥域ではシオミドロ等の藻が繁茂して、ヒラメの潜砂行動に支障が生じること及び水温上昇等による藻の枯死と腐敗の恐れが生じている。これらの防止のため、飼育前に繁茂している藻の除去を実施したが、アサリとナマコ等の底砂耕耘の効果があると思われる生物の育成を考慮するのも一法と思われた。

⑥放流エビの追跡

育成馴致したクルマエビは施設の開放により、各年16万尾～68万尾が施設外に放流されており、その宇谷海域での追跡を各年夜間桁網曳網を実施し、その入網エビ類を表ア-3に列記した。

平成6年の曳網は施設に西側隣接する海域での試験操業で、入網したクルマエビは11月24日では比較的多かったが、体長より比較すると放流エビとは考えられないサイズであった。平成7年は施設前面海域の曳網であるが、数十年來と言われたエチゼンクラゲ騒動で沿岸域での曳網が困難であり、表示の事例に止まった。9月28日のクルマエビは水深5m域で1個体採集されているが、体長からして放流エビの可能性はある。また、平成8年にも施設前面曳網を実施したが、クルマエビの採集は少なく、その体長からも放流エビとは考えにくいものであった。

以上のように放流エビの追跡とクルマエビの分布調査は該当体長のエビは1個体というはかばかしくない結果であった。外海域での放流の追跡は他県の事例でも放流直後のみの結果が多く、その追跡には困難が付きまどっている。これらの解決方法は、原点に帰って大型サイズから始めるべきと思われるが、クルマエビの漁獲対象漁法が衰退している現状では、広報活動、曳網調査等多大な調査体制が必要となってくる。

残された問題点・改善策

- ・クルマエビの中間育成は生息域の水質悪化には比較的強いこと、給餌もヒラメの様な捕食行動の確認に気を使わなくても良い等比較的楽に育成できた。
- ・クルマエビの育成後の追跡は、曳き網による調査では採集が困難であり、また識別の問題も抱えており、今後の検討が必要である。
- ・本施設は陸上施設（人為コントロール施設）と海上施設（海域条件での充足施設）の利点と欠点を有する施設であり、海水導入にしても、陸からみれば安いコストの海水流入が、海からみれば潮位や波浪及び施設によって海水流入が制限される等の相反する面を有している。この2面性のため、施設の設置位置と施設整備程度により双方の利点が決定される。

要約

- ・平成6年度より3ヶ年間毎年ヒラメ中間育成終了後の池を使用してクルマエビの中間育成を実施したが、毎年育生開始時期、数量等が異なっており、育成結果も放流尾数、放流体長等異なった結果となった。
- ・3ヶ年で最大育成は平成7年度の約68万個体で、育成留まりも56%と最も高い結果となった。

表(2) -ア-3 放流クルマエビ追跡曳網調査結果

'94年クルマエビ追跡曳網分離網10m桁 (天神川沖)

期日	水深	曳網距離	エビ種類	尾数	重量	備考
	m	m		尾	g	
11.10	9.5~17.5	2157	クルマエビ	3	43.1	BL99.4~106.2
			フトミゾエビ	1	15.7	
			シラカサルエビ	271	346.8	
			ツノソリアカエビ	586	1609.1	
			シハエビ	2	2.7	
11.17	13.5~22.9	7243	クルマエビ	1	9.1	BL88.9mm
			フトミゾエビ	8	124.3	
			シラカサルエビ	66	84.3	
			ツノソリアカエビ	540	1813.9	
11.24	13.9~20.1	6655	クルマエビ	28	676.7	BL87.2~160.5
			フトミゾエビ	375	89.25	
			シラカサルエビ	57	14.79	
			ツノソリアカエビ	476	264.88	
			キシエビ	116	21.86	

'95年クルマエビ追跡曳網5m桁 (宇谷沖1km)

期日	水深	曳網距離	エビ種類	尾数	重量	備考
	m	m		尾	g	
9.8	5	1852	-	-	-	-クダ多
	10	1852	-	-	-	-クダ多
9.28	5	926	クルマエビ	1	1.07	BL47.04mm
			フトミゾエビ	1	4.95	
			エビシヤコ	63	5.51	
			ロウソクエビ	36	1.50	
			サルエビ	51	26.43	
	10	926	クルマエビ	62	46.14	
			ツノソリアカエビ	292	144.47	
			フトミゾエビ	1	30.52	
			サルエビ	375	89.25	
			キシエビ	57	14.79	
15	926	ツノソリアカエビ	476	264.88		
		サルエビ	116	21.86		
		キシエビ	26	6.07		
			ツノソリアカエビ	63	74.63	

'96年クルマエビ追跡曳網分離網 (天神川沖)

期日	水深	曳網距離	エビ種類	尾数	重量	備考
	m	m		尾	g	
10.23	13~15	6460	クルマエビ	2	41.48	BL119.8~126.9

文献

- 1) 海域特性総合利用技術開発調査報告書（ヒラメ中間育成施設造成技術開発調査報告書）（1994）．鳥取県，1～89.
- 2) 谷口朝宏他3名（1983）：クルマエビ中間育成事業。昭和56・57年度鳥取県栽培漁業試験場事業報告書 pp. 71-76.
- 3) 谷口朝宏他3名（1984）：クルマエビ中間育成事業。昭和58年度鳥取県栽培漁業試験場事業報告書 pp. 100-103.
- 4) 谷口朝宏他2名（1985）：クルマエビ中間育成事業。昭和59年度鳥取県栽培漁業試験場事業報告書 pp. 127-130.
- 5) 谷口朝宏他2名（1986）：クルマエビ中間育成事業。昭和60年度鳥取県栽培漁業試験場事業報告書 pp. 98-101.
- 6) 谷口朝宏他3名（1987）：クルマエビ中間育成事業。昭和61年度鳥取県栽培漁業試験場事業報告書 pp. 111-113.
- 7) 谷口朝宏他3名（1988）：クルマエビ中間育成事業。昭和62年度鳥取県栽培漁業試験場事業報告書 pp. 122-124.
- 8) 谷口朝宏他3名（1989）：クルマエビ中間育成事業。昭和63年度鳥取県栽培漁業試験場事業報告書 pp. 114-117.
- 9) 谷口朝宏他3名（1990）：6. クルマエビ中間育成。平成元年度鳥取県水産試験場年報 pp. 136-139.
- 10) 谷口朝宏他（1991）：6. クルマエビ中間育成。平成2年度鳥取県水産試験場年報 pp. 159-161.
- 11) 谷口朝宏他（1992）：6. クルマエビ中間育成。平成3年度鳥取県水産試験場年報 pp. 152-153.
- 12) 浜川秀夫他2名（1994）：クルマエビ中間育成事業。平成5鳥取県水産試験場年報 pp. 188-189.
- 13) 浜川秀夫他2名（1995）：クルマエビ中間育成事業。平成6鳥取県水産試験場年報 pp. 208-209.

(3) 施設維持環境調査

1. 目的

中間育成池の取水口からの海水の導入には、波浪を利用した海水の導入が非常に有効であることが判明したものの、導入海水中の浮遊砂及び風等に伴う飛砂による施設内への砂の堆積は毎年繰り返して利用する場合の障害となるため、導入海水等により混入する砂の堆積に対応するためには、長期的資料の解析が必要であり、周辺海域を含めた砂の移動等についてその実態を明らかにする。

2. 調査方法

施設内及び施設外の周辺海域に定点を設け、委託によって定期的に深淺測量を行った。ヒラメ稚魚の飼開始前の4月には、池内を浚渫して底レベルを-1.0mまで掘削して均し稚魚が育成しやすい状況にしてある。観測点は、施設内20地点、施設外15地点、測量期間は7月、10月、12月、3月の年4回である。

3. 結果

1) 施設内の砂の状況

施設内の砂は、季節によって変化している状況がみられる。特に、砂の堆積がみられるのは、取水口周辺部であり、これは予測されたとおり、導入海水中の浮遊砂によるものであった。平成6年には、取水口付近から7、10、12、3月と進むに従って、南方向と南東方向に砂の堆積が確認される。砂の堆積は海底から新たに、50～60cm堆積した状況となり、推定堆積量は250 m^3 に達した。平成7年には、南方向への砂の堆積は少ないもののやはり南東方向に砂の堆積があり、平成7年の12月には、中間育成池の南東隅と排水口側の北東方向の一部を残して、砂が池全体に堆積して陸地部が出現し、砂州が形成された状況となった。3月には、排水口の周辺域のみを残して、後は全て陸地となり、海面が全くない状況となり、推定堆積量は、1200 m^3 以上に達した。平成8年に至っては、7月の段階で、既に中間育成池取水口から南東方向へ陸地となるほどの砂の堆積が認められたので、8月以降クルマエビの中間育成を開始した関係から、浚渫を再度施し、海底面を水深1mに均した。10月には堆積した砂が除去されたため、平坦な水準になっている。12月には取水口から南東方向部へ砂の堆積が再び顕著に認められ、砂の堆積量は、450 m^3 に達した。3月には、さらに堆積量が拡大し500 m^3 程度となっている。

また、施設内には整流槽が設けられておりある程度は浮遊砂が直接池内に流出しないよう考慮されているが、今回の実験施設では十分にその機能が果たされていなかった。飼育期間中に入水過剰な日が連続した平成8年5月には整流槽内に水面付近まで砂が堆積したため、吸水口径12cmのサンドポンプを利用して、砂の除去を行った結果、取水口の堰板の最下部が露出するまでに5日間の日数を要した。

一方、排水口部では、海の波動が排水口側から池内に伝わり排水口部周辺の砂面が波圧によって深く掘られる状況が見られる。池内の底面は取水口側から導入してくる海水中に含まれる浮遊砂と排水口側からの波動の影響により、常に不安定な状況となっている。また、施設の老朽化に伴い矢板と矢板の接合部の破損箇所から海水の出入りがあり、一部の箇所では砂の移動が見られている。

2) 排水口部、取水口部の門扉の気密性

池内への海水の流入は、排水口と取水口の門扉を完全に閉じることにより、防止することが物理的に可

能であると考えられる。しかし、本施設は実験的施設であり、取水口部は木製の堰板3枚と入れ替え用として交換できる金属製のグレーチングの門扉3枚、排水口部は最下部に鉄製の門扉（縦30cm横200cmの堰板3枚をボルトで固定したもの）とその上面に海水が排水できるよう金属製のグレーチングによって排水できるよう設計されているものの、時化がひどい場合は実験的な施設ということから完全には海水の流入を遮断することは困難であり、また、時化のひどい場合は波圧によって壊れ、実際には海水の遮断は不可能であった。特に排水口側は、放流時の放流口としても利用できるよう水深1mにまで開放してあるため、時化がひどい場合は波の強い力がかかり、門扉を留めるC型のチャンネルが破損して、冬季にかけて排水口側が完全に開放状態となっていた。排水口側の門扉の開放状況は、下表の通りであった。

表(3)-1 排水口部の門扉の開閉状況及び破損状況

年月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
平成	閉扉状態											
6年	閉扉		開扉			閉扉			破損状態			
7年	閉扉		開扉			閉扉			破損状態			
8年	閉扉		開扉			閉扉			閉扉			

このように排水口が、開放状態にあると波圧によって池内の底面が不安定となり、取水口側からの海水に含まれる浮遊砂の進入が助長され、底面への砂の堆積が促進されると考えられる。

3) 池外の砂の移動について

施設外の汀線域の海底は、波浪によって刻々と変化している状況が見られる。

表(3)-2 中間育成施設外の汀線域の水深と汀線の進退状況

年度	7月	10月	12月	3月
(水深)				
6年	1.4~1.8m	2.5~3.6m	2.0~4.5m	1.3~1.9m
7年	1.0m	2.0~2.4m	2.0~3.4m	1.0~1.5m
8年	1.5~2.2m	1.5~2.8m	1.5~2.6m	1.5~2.7m
(汀線の進退状況：陸側矢板部からの距離を示す)				
7年 西側	30m	30m	25m	30m
7年 東側	20m	15m	15m	22m
8年 西側	10m	10m	15m	10m
8年 東側	25m	25m	15m	10m

施設周辺域の砂については、季節的な移動が起こることが観察されたが、施設の設置が周辺海域への砂の移動に影響を及ぼしたことも考えられる。また、汀線域の海底の砂が波浪、うねりによって舞い上がり浮遊砂となって取水口から流入してくるため、完全には砂の堆積を防止することは不可能である。

4) その他施設の破損状況

使用した施設は実験施設であり、その耐用年数は7年である。しかし、耐用年数の期間内であっても、海岸域にあるということから錆等の腐食によって至る所に破損箇所が認められる。

表(3) - 3 施設内の破損状況

時 期	破損状況	原因
平成7年10月	排水口部C型チャンネル部 ボルト留め部脱落	錆等による腐食及び 連続的な強度の波圧
平成8年	放流口部矢板面一部脱落	錆等による腐食 連続的な強度の波圧
〃	排水口部グレーチング破断	連続的な強度の波圧による 金属疲労
平成9年1月	矢板固定のH型鋼材の継ぎ目ボルト 脱落	錆等による腐食 連続的な強度の波圧

4. 考察

施設内の砂の堆積は、取水口からの導入海水に含まれる浮遊砂と排水口部の波動の進入によって生じたと考えられる。今回の実験施設が取水口の門扉及び排水口の門扉の気密性が完全に保たれていない施設であったため、予想以上の海水が整流槽に入ってきたこと、中間施設内の海水の動きが排水口部からの波動及び波圧によって助長されたため、そのような場合には、平成8年3月のように砂の堆積が完全に池を埋め尽くすまでになることが判った。一方、気密性が比較的保守された平成9年10月、12月場合のように、池内の砂の堆積は顕著でないこと判った。

これらのことから、池内の砂の堆積を防止するためには、海水の導入を完全に遮断するような取水口、排水口の気密性の保持が重要であると考えられる。

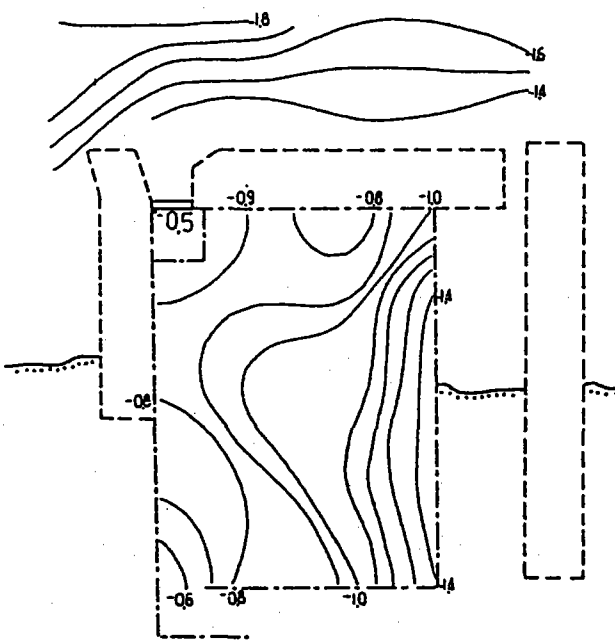
5. 残された問題点、改善策

本施設は、取水口から導入した海水に含まれる浮遊砂をいったん整流槽で受け止め、波力及び浮遊砂を整流して、飼育池内へ海水を導入する仕組みになっている。浮遊砂は、清流槽に入った場合は堆積するが、いったん堆積した砂はサンドポンプ等で除去してやる必要がある、この点は検討する必要がある。

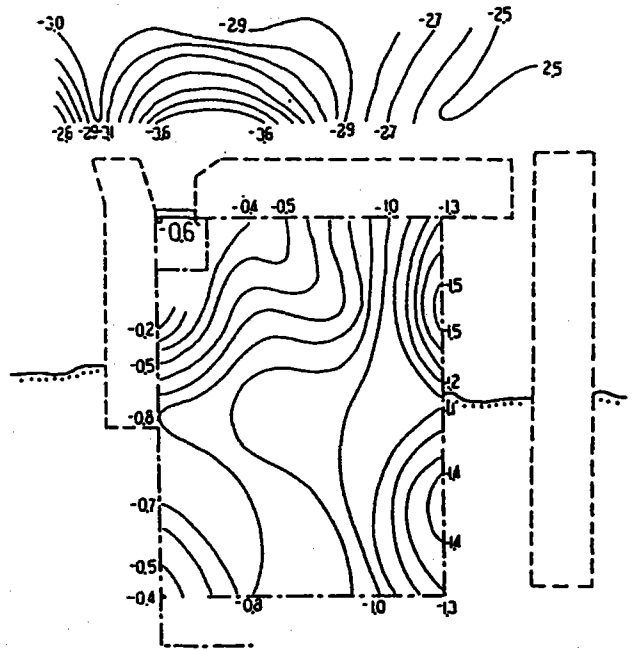
一方、整流槽で波力を制御する事となっているが、今回の規模の整流槽ではその波力を十分に制御できていない状況もあり、このことは、整流槽内に入った浮遊砂が取水窓を通過して飼育池内に大量に入り堆積したことから伺われる。この点に関しては、整流槽を大きくする等の検討も必要であろう。

6. 文献

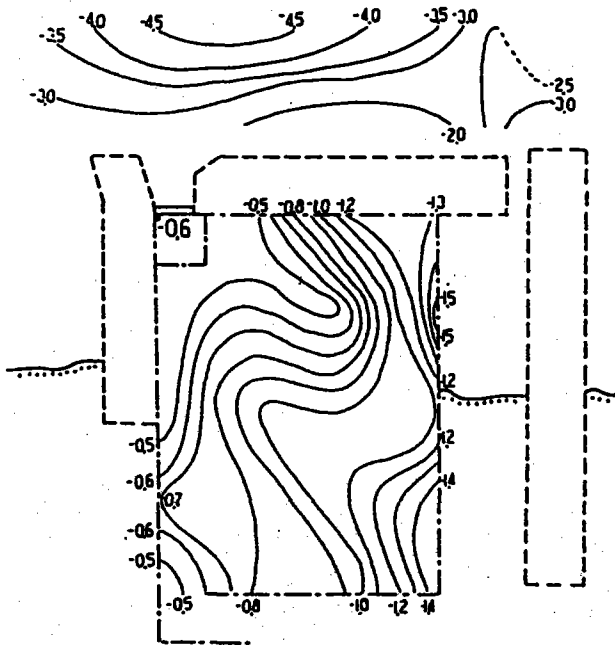
- 1) 鳥取県、1994年：海域特性総合利用技術開発調査報告書（ヒラメ中間育成施設造成技術開発調査報告書）、P1～89。



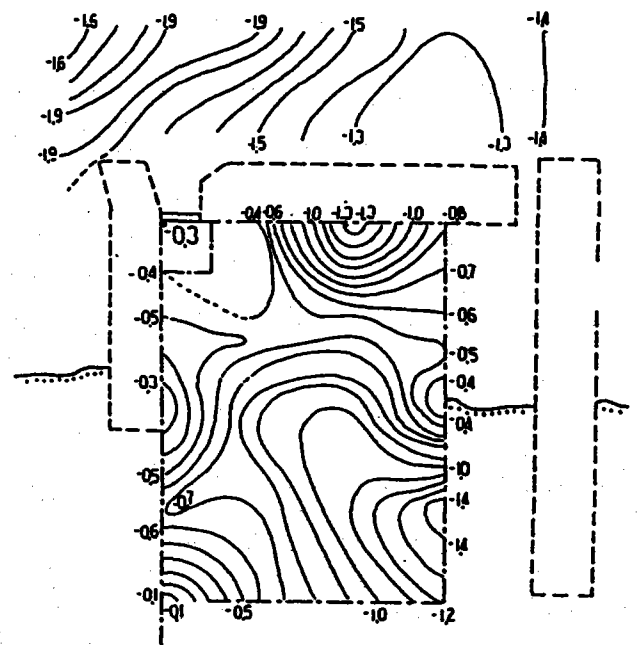
(1994年 7月)



(1994年10月)

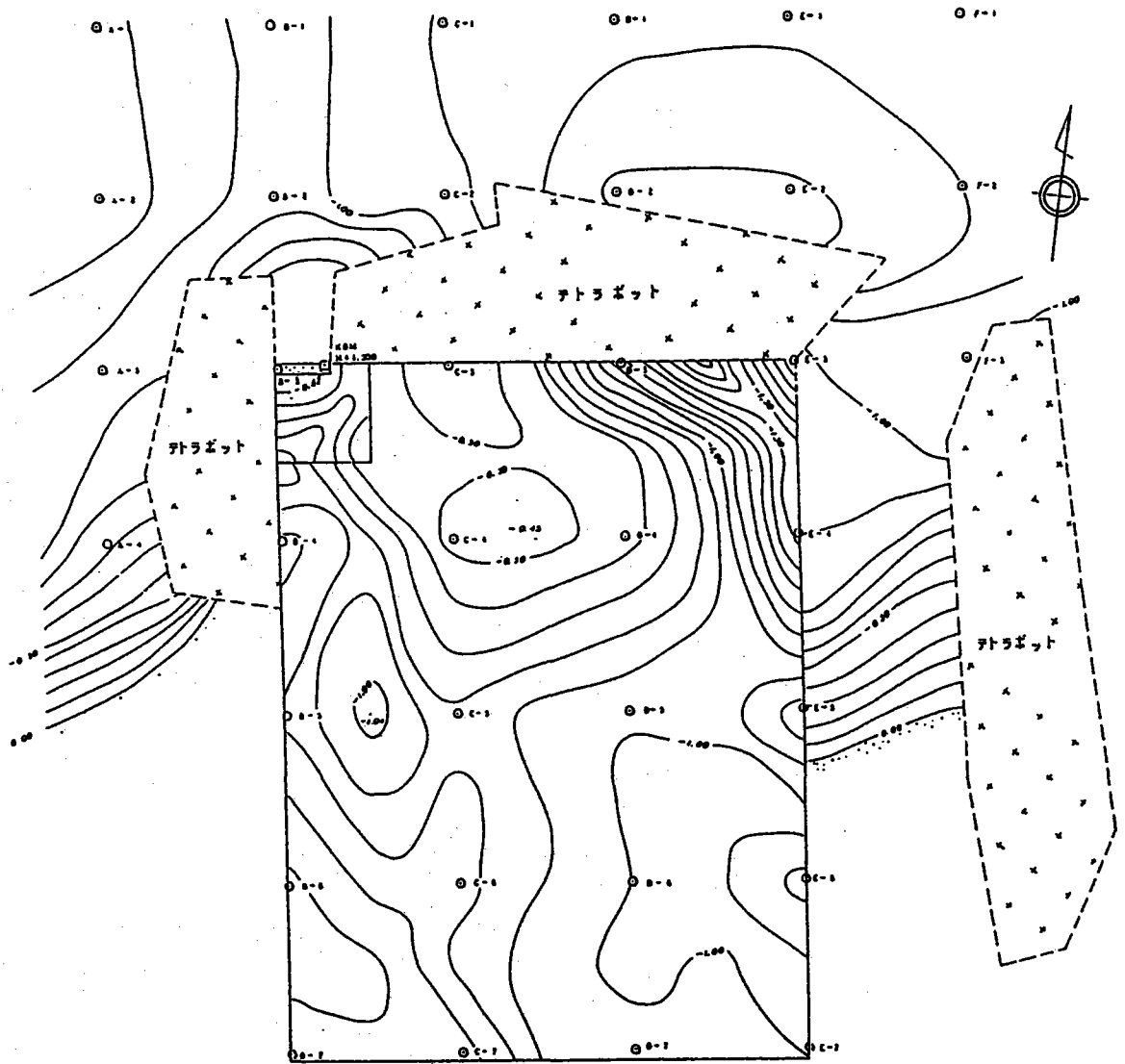


(1994年12月)



(1995年 3月)

図(3) - 1 施設内及び施設外の水深の変化(1994年7月~1995年3月)



図(3)-2 施設内及び施設外の水深の変化(1995年7月)

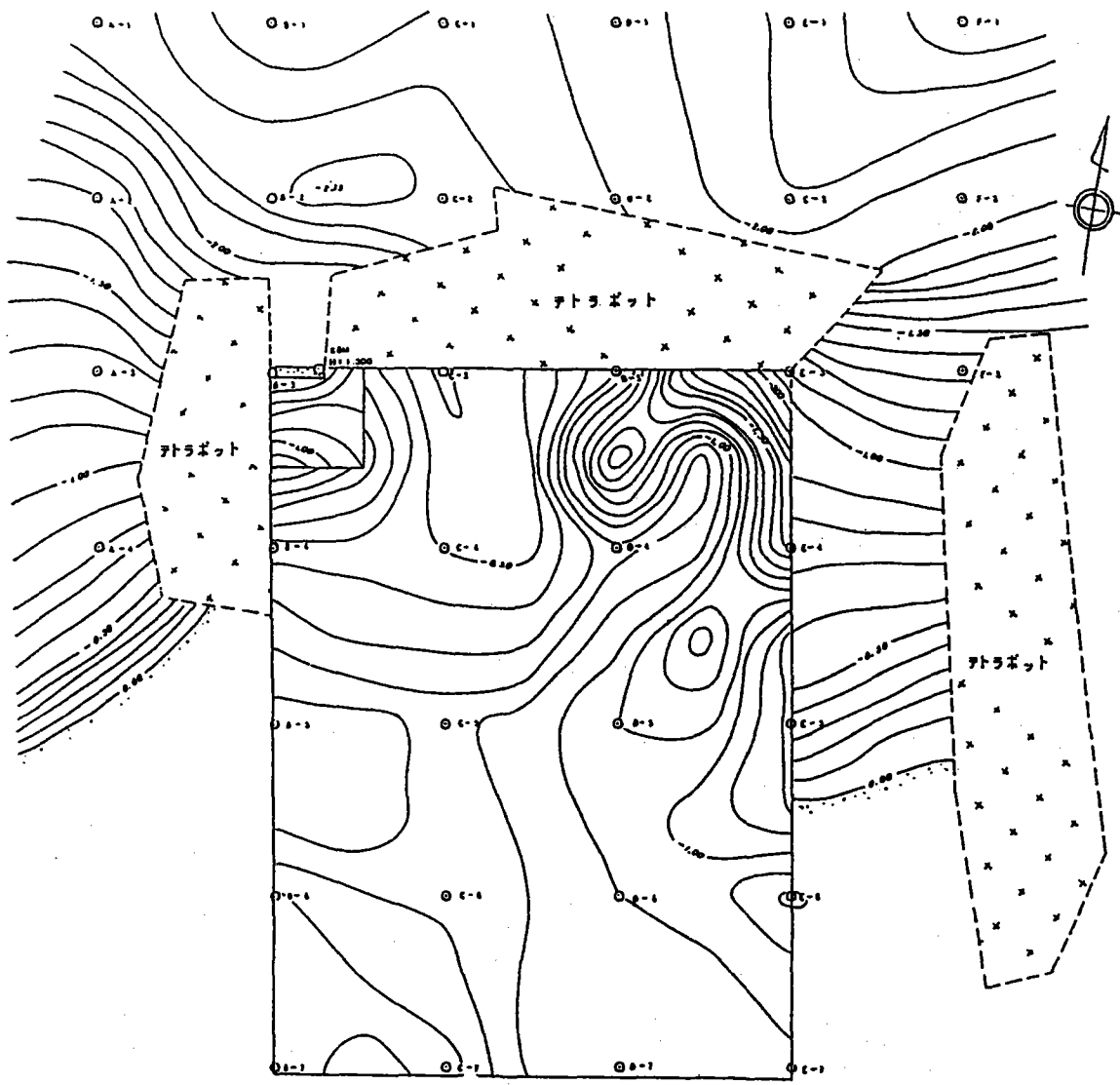
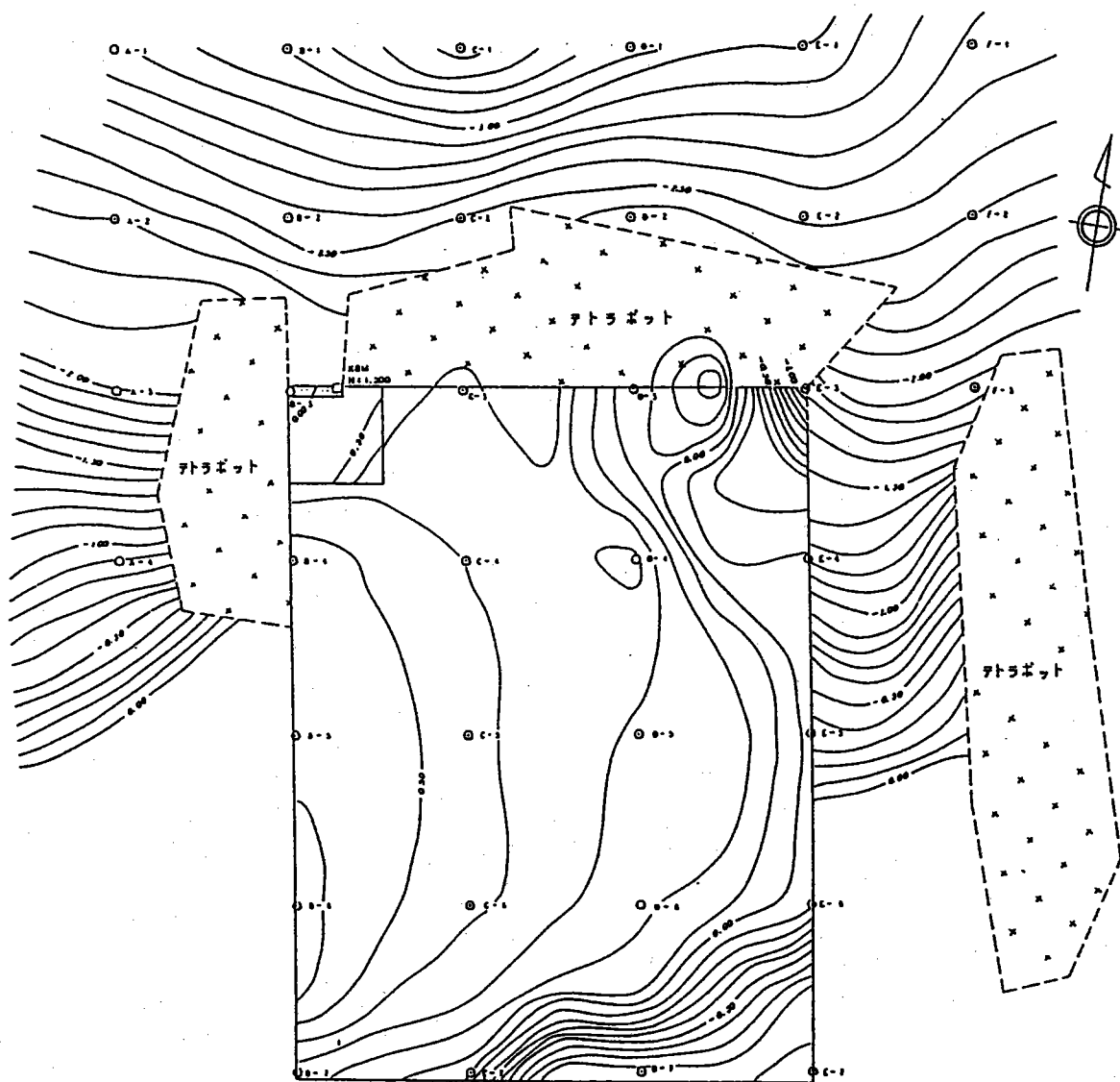
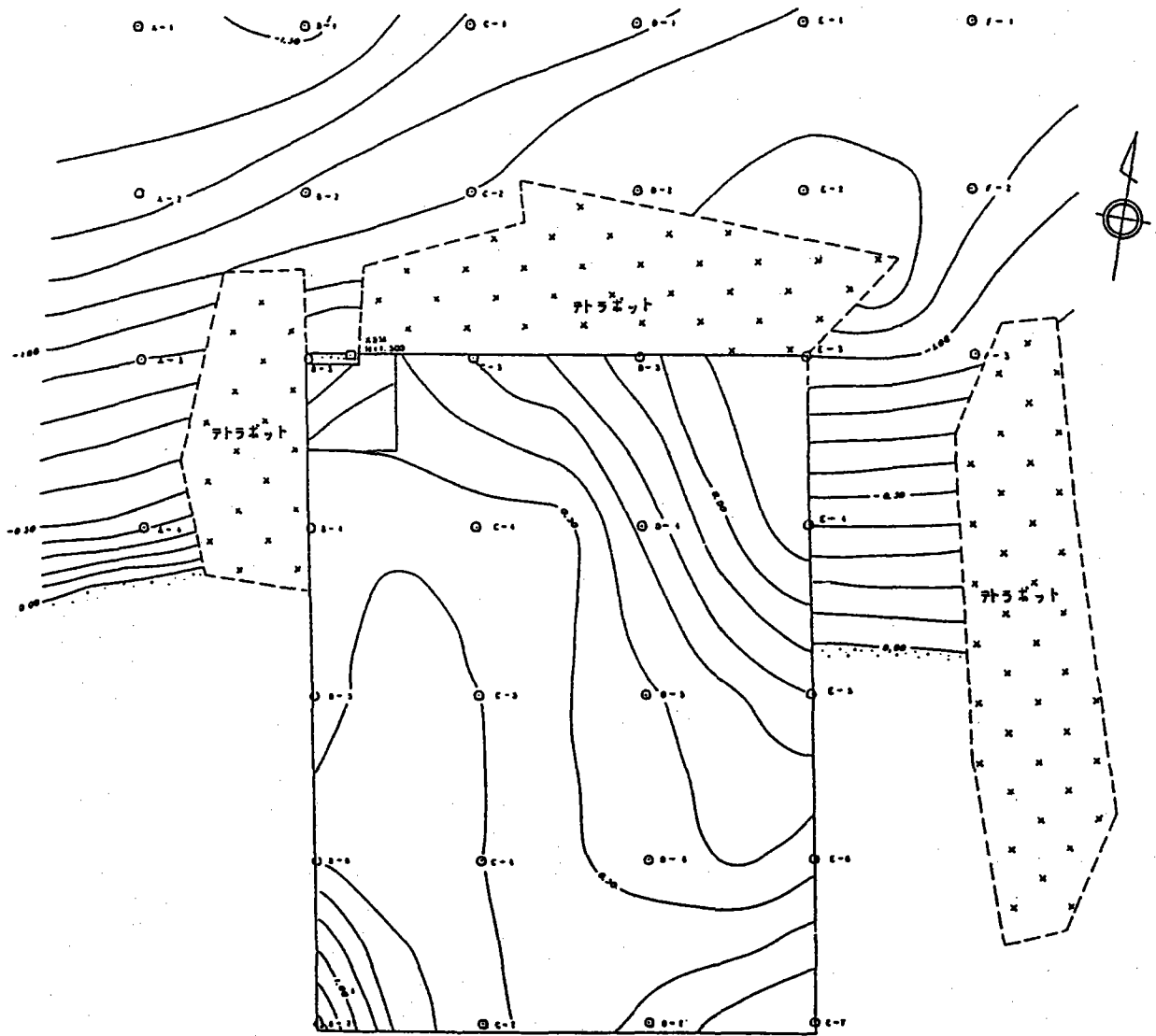


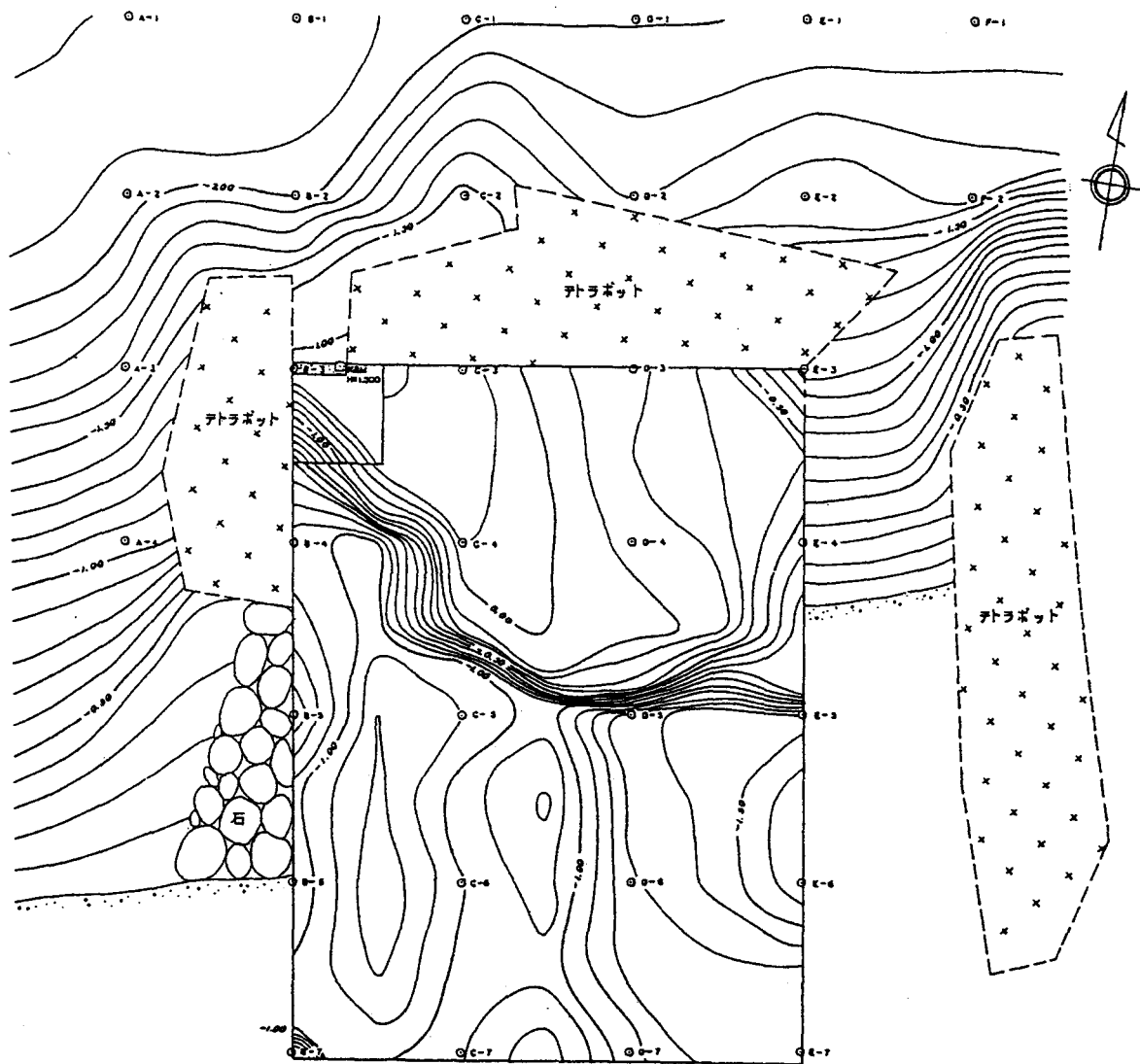
図 (3) - 3 施設内及び施設外の水深の変化 (1995年10月)



図(3) - 4 施設内及び施設外の水深の変化(1995年12月)



図(3) - 5 施設内及び施設外の水深の変化(1996年3月)



図(3) - 6 施設内及び施設外の水深の変化(1996年7月)

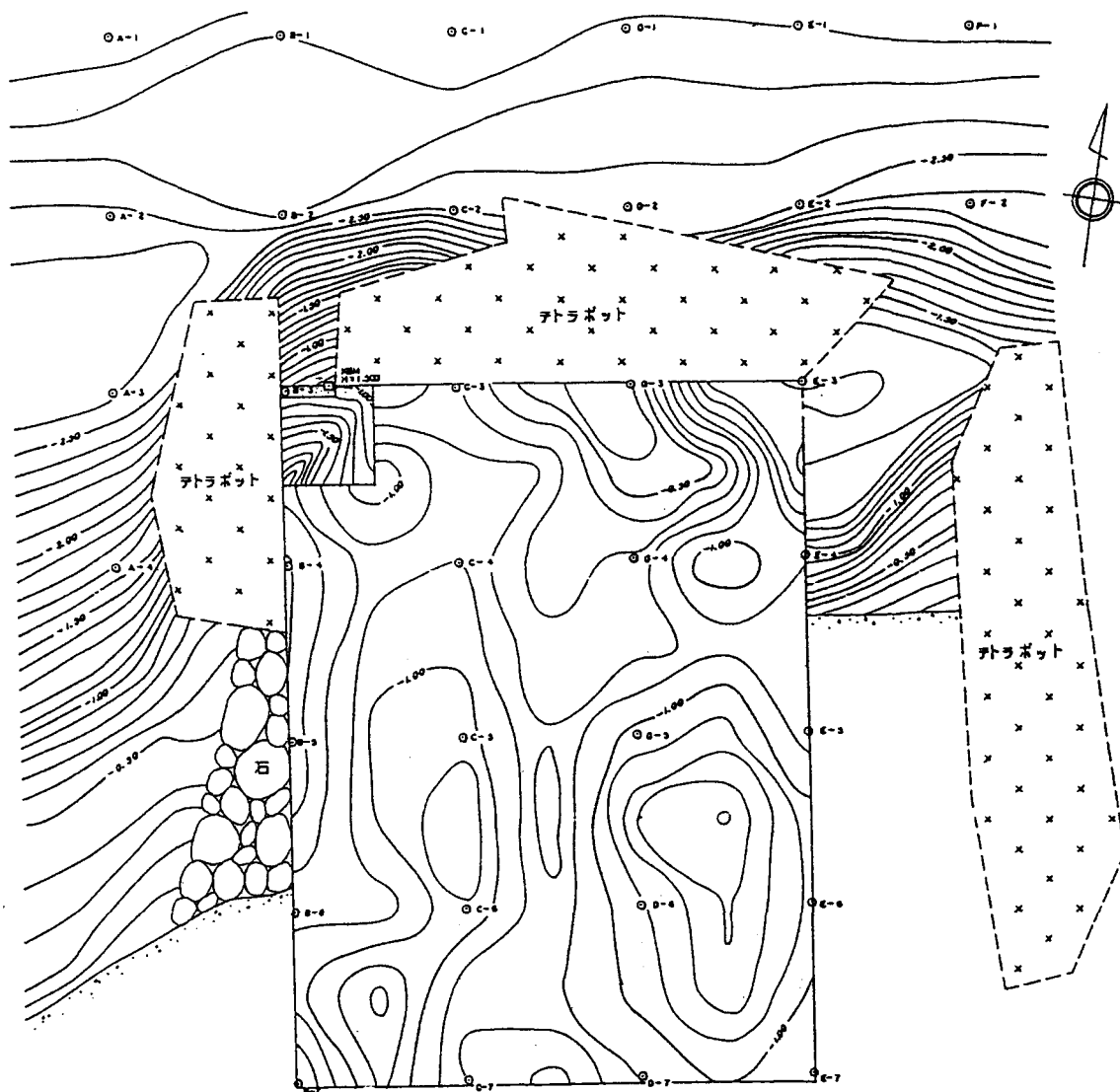


図 (3) - 7. 施設内及び施設外の水深の変化 (1996年10月)

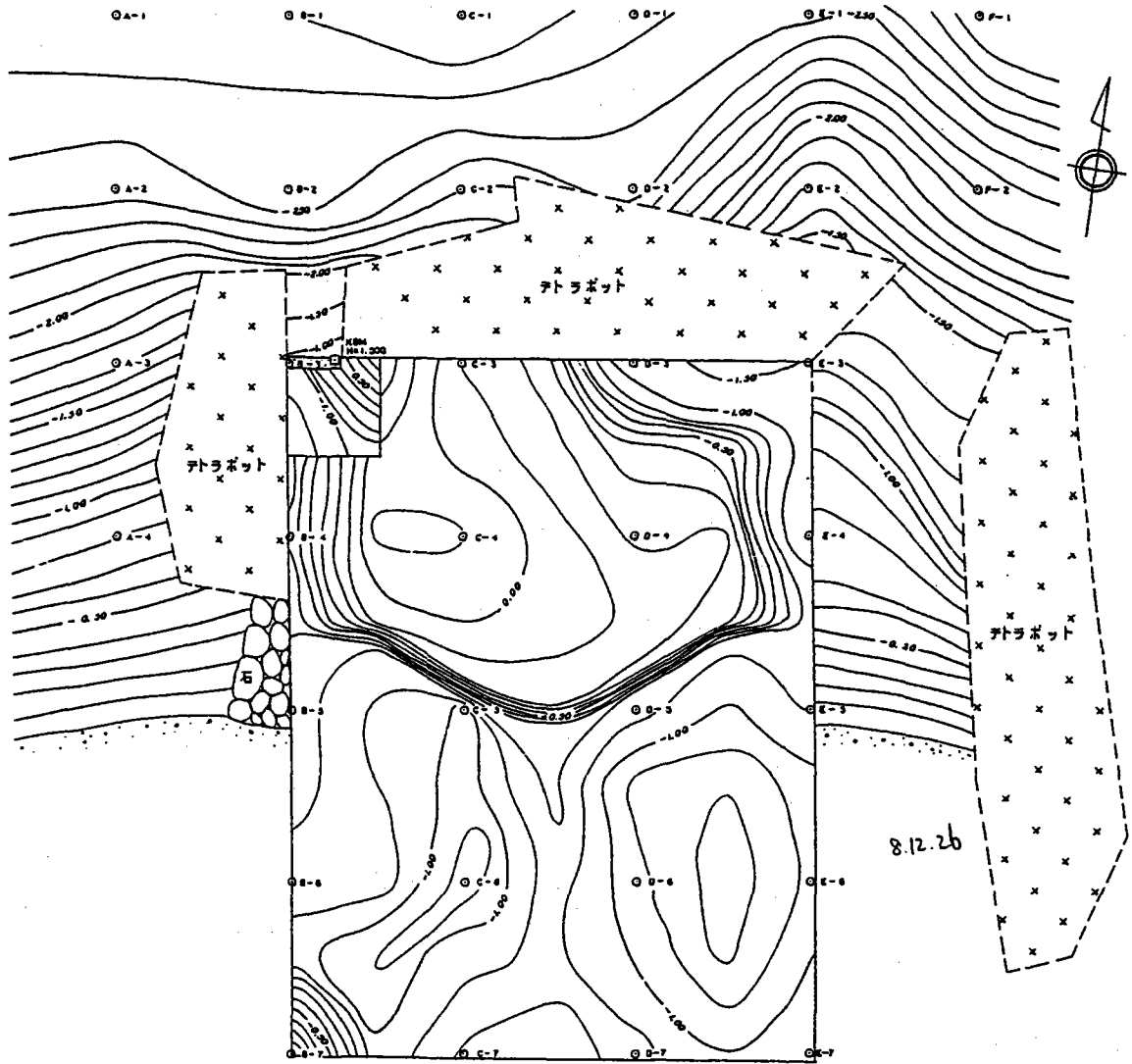


図 (3) - 8 施設内及び施設外の水深の変化 (1996年12月)

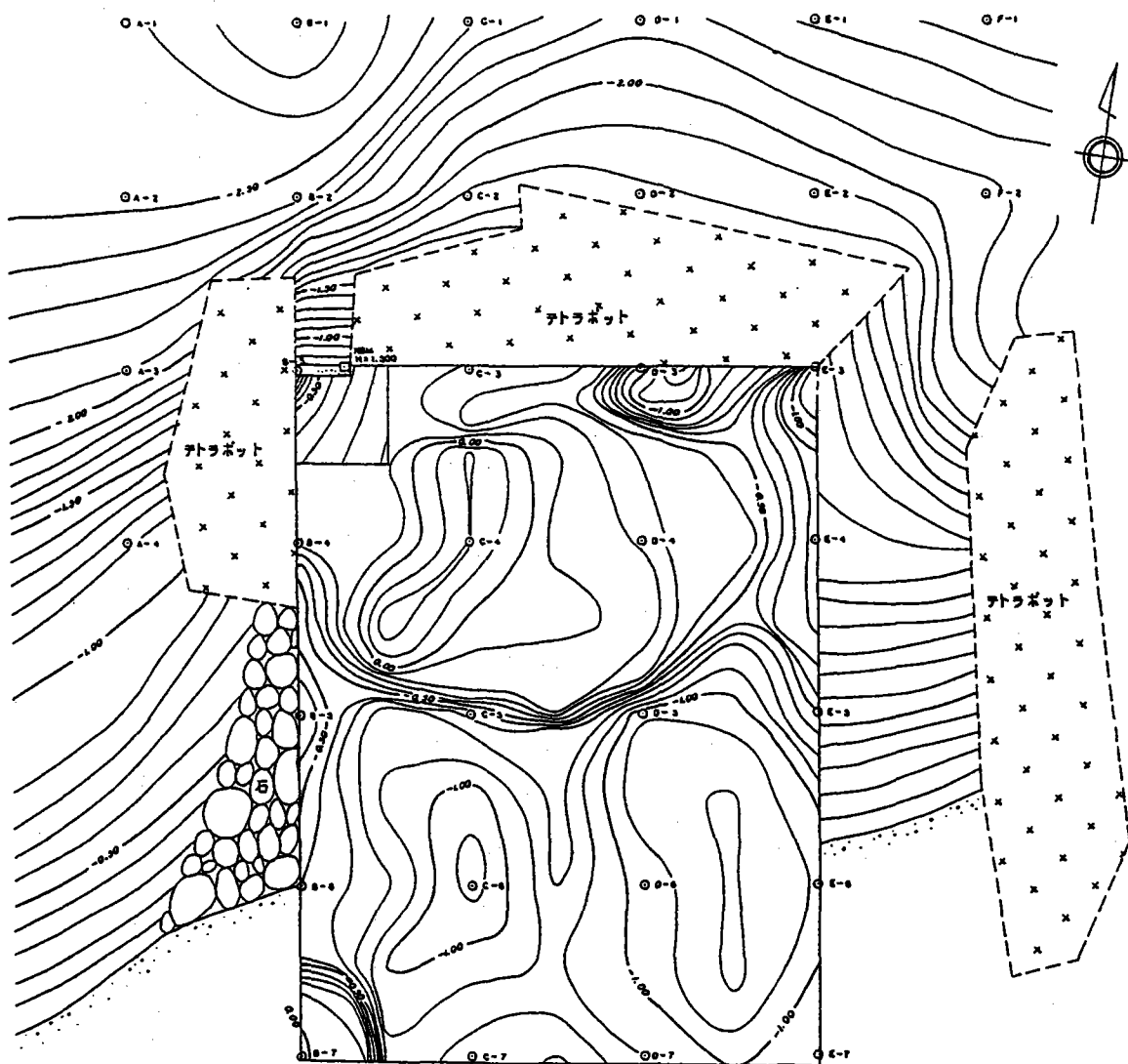


図 (3) - 9 施設内及び施設外の水深の変化 (1997年3月)