

栽培漁業技術シリーズ

ヒラメの種苗生産マニュアル

—「ほっとけ飼育」による飼育方法—



「栽培漁業技術シリーズ」の刊行について

栽培漁業は、有用魚介類の種苗を大量に生産して放流し、資源の維持・増大を図ることを目的に構想され、瀬戸内海を対象海域として昭和38年に産声を上げた。栽培漁業への取り組みは、昭和50年代半ばに全国域に展開され、今日では国や都道府県の栽培漁業センターばかりではなく、市町村や漁業協同組合でも種苗生産施設が整備されている。種苗生産技術をはじめ、中間育成や放流などに関する技術、放流効果を把握するための調査手法等は、過去30年余りの間に、当初の予想を上回るスピードで進展してきた。

現在、我が国において栽培漁業の対象となっている魚介類は、技術開発の初期段階のものも含めると90種類以上にものぼる。そのうちいくつかの種類については、種苗の量産化や資源添加の技術が確立しつつあり、防疫対策を含む種苗量産の安定化、生産コストの低減、放流効果を高めるための種苗性の強化、放流技術の向上等、栽培漁業の最終段階である事業化に必要な技術課題についても多くの取り組みがなされている。

このような状況の下で、栽培漁業の実践をより一層促進するために、種々の栽培技術の体系化、マニュアル化が強く求められるようになり、平成5年度には水産庁の栽培漁業技術体系化事業が開始された。

(社)日本栽培漁業協会では、水産庁より本事業の委託を受け、栽培漁業に関わる各種技術を体系的に整理し、種苗生産をはじめとする中間育成や放流等に携わっている現場の方々に参考となるような実践的なマニュアルを作ることを目標として、「栽培漁業技術シリーズ」を刊行している。

本書は、福山大学付属内海生物資源研究所の高橋庸一講師により、ヒラメの種苗量産における飼育作業の省力化と作業時間の短縮を目的とした飼育方法（通称「ほっとけ飼育」）をマニュアルとしてとりまとめられたものであり、「ヒラメ種苗生産マニュアル」－「ほっとけ飼育」による飼育方法－と題して、この度栽培漁業技術シリーズNo.4として刊行することとした。

ヒラメ稚仔魚の人工飼育の歴史は30年以上にも及び、放流種苗の量産技術は過去約20年の間に急速に進展した。近年では全国約70カ所の生産施設で年間3,000万尾以上の稚魚が生産され、2,000万尾以上の種苗が37都道府県で放流されており、栽培漁業対象種としては最も重要な魚種となっている。ヒラメ種苗生産の方法は、各施設の色々な条件等により様々なバリエーションが生じているが、本書が各地で行われているヒラメ種苗生産における飼育作業の省力化と効率化の一助となれば幸いである。

おわりに、本書のとりまとめにあたりご尽力された福山大学高橋庸一講師には、心より感謝申し上げます。

平成10年2月

社団法人 日本栽培漁業協会
理事長 今村弘二

ヒラメの種苗生産マニュアル

－「ほっとけ飼育」による飼育方法－

高橋庸一*

* 福山大学附属内海生物資源研究所，〒722-2101 広島県因島市大浜町 452.

《目次》

はじめに	1
1. このマニュアルの使い方	2
2. 「ほっとけ飼育」を始めよう	4
2.1 「ほっとけ飼育」とは	4
2.2 「ほっとけ飼育」のポイント	7
2.2.1 飼育開始時期	7
2.2.2 水作りとナンノクロプシスの添加	7
2.2.3 ナンノクロプシスのアンモニア濃度	8
2.2.4 ヒラメ卵収容時の注意	8
2.2.5 ワムシの接種と増殖密度	10
2.2.6 ワムシの質の改良	10
2.2.7 飼育水の汚れと換水のタイミング	11
2.2.8 配合飼料への餌付け	12
2.3 「ほっとけ飼育」がうまく開始できない	12
2.3.1 ナンノクロプシスが落ちる	12
2.3.2 ワムシが増殖しない	13
2.3.3 「ほっとけ飼育」に失敗したら	13
2.4 「ほっとけ飼育」の効果	14
3. 種苗生産を開始するための計画表の作成	16
3.1 成長の推定方法	16
3.2 生残率の推定方法	18
3.3 計画表の作成	18
4. 飼育作業の内容	21
4.1 飼育準備	21
4.1.1 水槽の洗浄と消毒	21
4.1.2 ヒラメ卵の収容	21
4.2 飼育環境の維持	22
4.2.1 水作りと初期の管理	22
4.2.2 淡水クロレラの添加	27
4.2.3 換水と底掃除	28
4.3 環境測定	29

4.4 投 餌	29
4.4.1 生物餌料の投餌と栄養強化	29
4.4.2 配合飼料の投餌	30
4.5 成長と生残の測定	30
4.5.1 容量法による生残尾数の計数	31
4.5.2 重量法による生残尾数の計数	31
4.6 移槽と配付	32
4.6.1 移 槽	32
4.6.2 分 槽	34
4.6.3 配 付	35
5. 飼育水槽の使用計画	37
6. 投餌スケジュール	39
7. 餌料の投餌方法	40
7.1 ワムシとアルテミア幼生の投餌方法	40
7.1.1 生物餌料投餌の基本方針	40
7.1.2 全長 7 mm までにワムシ密度が低下した場合の投餌方法	40
7.1.3 全長 7~8 mm の間にワムシ密度が低下した場合の投餌方法	41
7.1.4 全長 8~9 mm の間にワムシ密度が低下した場合の投餌方法	41
7.1.5 全長 9~10 mm 間の投餌方法	42
7.2 配合飼料の投餌方法	43
7.2.1 配合飼料の位置付け	43
7.2.2 全長 10 mm からの配合飼料への餌付け方法	43
7.2.3 配合飼料中心の投餌方法への切り替え	44
7.2.4 着底以降の投餌方法	44
8. 配合飼料の投餌基準	46
8.1 魚体重からの投餌量の算定	46
8.2 配合飼料の投餌結果からの算出	48
8.3 配合飼料の投餌比率	51
9. 生産時に必要な物品	53
9.1 水槽関係	53
9.2 餌料関係	54
9.3 その他	55
10. 引用文献	56

はじめに

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 仔稚魚の人工飼育は、1960年代に原田ら¹⁾によって始められ、その後1970年代に入って、ふ化仔魚から放流種苗を大量に生産するための技術開発が急速に進められた。これまでの技術開発の成果の一部は、技術集として1984年に「北部日本海ブロックにおけるヒラメ種苗生産技術の現状」²⁾が、また1994年には「太平洋北区におけるヒラメ種苗生産技術集」³⁾が編纂された。これらの内容は、親魚養成に始まり、種苗生産、中間育成、疾病および種苗の輸送など多岐にわたり、北日本各県の研究機関で行われてきた種苗生産の飼育方法が詳細に報告されている。

ヒラメの種苗生産における基本的な飼育方法には、各研究機関で大差が見られないが、施設の規模や環境条件、また飼育担当者の好みにより様々なバリエーションが生じている。筆者は、1986年から日本栽培漁業協会(以下、日裁協)の小浜事業場において、50m³水槽(実水量45m³)を用いて、1回の種苗生産で全長30mmの稚魚40~50万尾程度の生産を目標とした試験を行い、飼育作業の省力化と作業時間の短縮を目的とした飼育方法(通称「ほっとけ飼育」)に取り組んできた^{4,5)}。

本報では、これらの試験結果を飼育マニュアルとして整理し、取りまとめたが、当マニュアルは実用面に重点を置き、他の魚種を含めてある程度種苗生産の経験がある技術者を対象としている。従って、ヒラメの種苗生産方法について全てを網羅するのではなく、「ほっとけ飼育」の特徴的な部分を取り上げて、現場作業に即応できる内容になるように留意した。なお、当マニュアルで触れていない飼育技術は、標準的なヒラメの種苗生産方法^{2,3)}が応用できる部分である。

当マニュアルを作成するに当たり、1986~1993年にかけてヒラメの種苗生産に協力頂いた日裁協小浜事業場の当時の職員の方々、また稿をまとめるに当たり貴重な御意見を頂いた日裁協古澤 徹常務、および野上欣也主任技術員を始めとする小浜・伯方島両事業場のヒラメ種苗生産担当者に深謝する。

1. このマニュアルの使い方

ヒラメの種苗生産における基本的な飼育の流れは、標準的な飼育方法^{2,3)}と、「ほっとけ飼育」の間で顕著な相違はない。両者の飼育のフロー図を図 1-1~3 に示したが、水作り、ふ化仔魚の收容、および前期飼育(後述)の方法の内容には若干の技術的差違がある(表 1)。当マニュアルでは、それらの技術的差違の解説に重点を置いている。

また、図では、「ほっとけ飼育」に必要な飼育作業をフロー図で示し、それぞれの作業の内容が解説されている章を、目次の項目番号で示した。また、関連する図表がある場合は、その番号を示した。例えば、「卵收容」を行う場合(図 1-1)、マニュアルでは「收容方法」と「收容時の注意」についての説明があり、それぞれの内容は、「4.1.2 ヒラメ卵の收容」と「2.2.4 ヒラメ卵收容時の注意」に示されている。

同様に、前期飼育で「生物餌料の投餌」を行う場合(図 1-2)、「ワムシの接種」方法は「2.2.5 ワムシの接種と増殖密度」と「2.3.2 ワムシが増殖しない」に、どのようなス

飼育準備

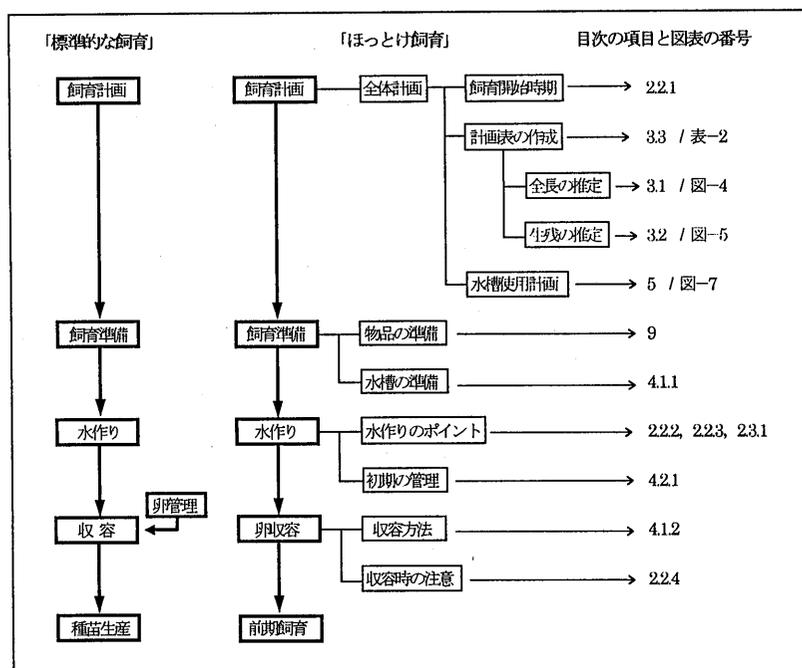


図 1-1. ヒラメの標準的な飼育方法と「ほっとけ飼育」における飼育開始までの作業手順。

「ほっとけ飼育」で行う飼育作業はフロー図で、それぞれの内容はマニュアル目次の項目番号と図表の番号で示す。

スケジュールで投餌を行うか(「投餌計画」)は、「6.投餌スケジュール」と「表 4」に示した。また、配合飼料の投与方法の判断基準(「投餌方法の基準」)は、「7.2 配合飼料の投餌方法」で説明されている(図 1-3)。

前期飼育

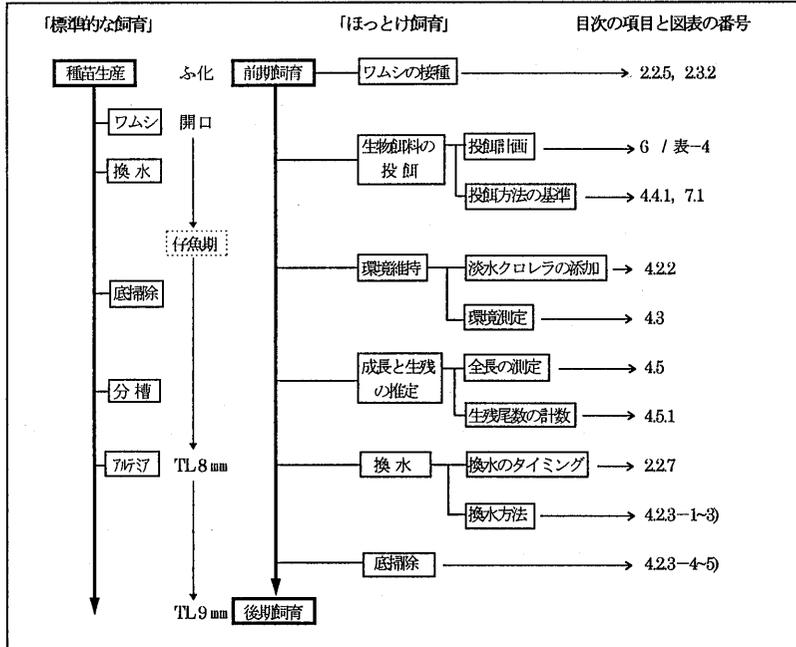


図 1-2. ヒラメの標準的な飼育方法と「ほっとけ飼育」の前期飼育における作業手順。

後期飼育

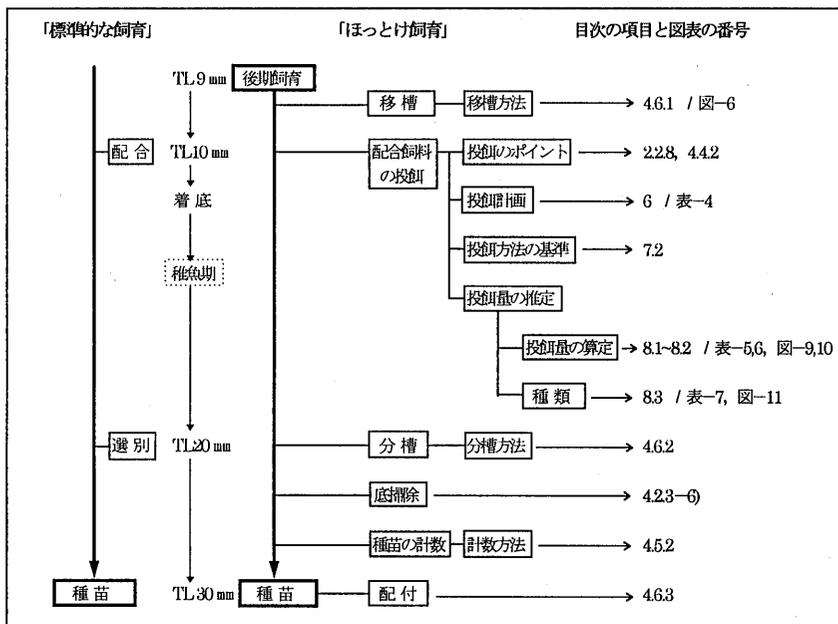


図 1-3. ヒラメの標準的な飼育方法と「ほっとけ飼育」の後期飼育における作業手順。

2. 「ほっとけ飼育」を始めよう

2.1 「ほっとけ飼育」とは

「ほっとけ飼育」とは、飼育作業の省力化と作業時間の短縮に重点を置き、1人でヒラメの種苗生産が行えるように開発した飼育方法である。

「ほっとけ飼育」は、前期飼育と後期飼育に分かれ⁵⁾、特に前期飼育における飼育技術の改良を中心に、以下の4段階を経て技術開発を進めてきた。

Step 1: 「ほっとけ飼育」の基本的な飼育方法の開発(1986～1988年)。

Step 2: ヒラメ仔魚の高密度収容と濃縮したナンノクロロプシス *Nannochloropsis* sp.の利用(1989～1990年)。

Step 3: 濃縮ナンノクロロプシスと市販淡水クロレラ(生クロレラ-V12:クロレラ工業)の併用(1991年)。

Step 4: 市販淡水クロレラの利用(1992年～)。

前期飼育とは、シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*(以下、ワムシ)を主餌料として、止水状態で飼育するふ化後20日目(全長約9mm)までの飼育を指す。前期飼育では、飼育水槽内でワムシを自然増殖させることで、ふ化直後から成体まで種々のサイズのワムシが揃い、仔魚は口径の発育に合わせてサイズの選択が可能となる。また、摂餌量の少ないふ化後10日目までにワムシを増殖させ、摂餌行動が活発になる全長7～8mm以降の餌とすることで投餌量の節約が可能となる。一般に、種苗生産の過程において、最も重要な作業は仔稚魚に餌を与えることである⁵⁾。従って、前期飼育では生物餌料の使用量を軽減することが、餌料培養に必要とする時間を含めて作業時間および作業量を減少し、飼育作業を簡素化する近道だと考えている。

後期飼育の期間は、21日目から配付の目標サイズである全長30mm(約55～60日目)までで、配合飼料を主餌料として飼育する。ここでは配合飼料の投餌方法の改良、および分槽による選別などにより、飼育作業の省力化を主な目的としている。

「ほっとけ飼育」における飼育上の基本方針は、高濃度のナンノクロロプシスによる水作り、ワムシ培養とヒラメ仔魚飼育の同時進行、長期の止水飼育、および着底直前での移槽、の4点である。表1に、「ほっとけ飼育」と標準的な飼育方法³⁾との比較を示し、「ほっとけ飼育」としての特徴的な飼育方法を(※)で示した。

表 1. 「ほっとけ飼育」と標準的な飼育方法³⁾の比較

項目	「ほっとけ飼育」	標準的な飼育方法
ふ化仔魚の収容		
飼育水槽	・着底時の生残目標 1~2 万尾/m ³ と、生産目標数から水槽の容量を決定。50m ³ 水槽が標準的。	・50m ³ 水槽以上での飼育例が多いが、20~50 m ³ 水槽での飼育が適当。
収容方法	※産卵当日の受精卵で収容。収容卵数はふ化率を想定して求める。	・ふ化は 0.5~1.0m ³ 水槽で行い、ふ化仔魚で収容、
収容密度	・3~5 万尾 / m ³	・1~4 万尾 / m ³
飼育管理		
水作り	※飼育開始時のナンノクロロプシス密度は 1,500 万細胞 / ml.	・飼育開始時のナンノクロロプシス密度は 100~200 万細胞 / ml.
飼育水温	・ふ化まで産卵水温を維持(16~17℃)以降 18~19℃に昇温。 ・止水飼育の期間は外気温、海水温が 20℃以下の時期が適している。	・ふ化仔魚収容時 15℃前後、以降数日間で 18~22℃まで昇温。
通気	・エアーストーンは水量 4~5m ³ 当たり 1 個。各ストーンは水槽底から数 cm 上に吊り下げる。	・エアーストーンは水量 1.2~4.3m ³ 当たり 1 個。エアブロックでの通気もある。
遮光	・ふ化まで遮光幕(遮光率 95%)を使用。ふ化後は遮光幕を開く。	・遮光率を定めて実施。ガス病、水槽の汚れの防除を目的とする。
ナンノクロプシスの密度維持	※ワムシ投餌期間は、濃縮ナンノクロロプシスまたは市販淡水クロレラを 200~400 万細胞 / ml の密度で 1~2 回 / 日添加。	・ふ化後 20~30 日目まで、水作り時のナンノクロロプシス密度を維持。
止水飼育 換水	※原則としてワムシ投餌期間は止水。 ※換水は TA-N、水の汚れにより適宜開始。全長 9 mm から 100%/日以上の換水を行う。	・止水期間は飼育開始から 4~10 日間。 ・当初は水槽容量の 1/3 程度、以降注水量を増加し、終日注水は全長 12~15 mm 以降。
pH TA-N	※止水期間は 7.3 程度まで低下。 ※止水飼育により急激に増加、10ppm 程度までは上昇する。	・流水ではあるが 7.6 程度まで低下。 ・流水のため大きな増加はない。最大 1ppm 程度まで増加。
底掃除	※浮遊期間は原則として行わない。後期飼育では、適宜汚れのみをサイフォンで吸い出す。	・飼育開始から 5~10 日間に行わない。それ以降は毎日、または 2~3 日ごとにサイフォンで行う。
移槽	※全長 11 mm で全個体を移槽し、新しい水槽で着底させる。	・収容尾数が少ない場合は、着底まで一貫飼育。密度が高い場合は、浮遊期に分槽を行う。
選別	・着底以降に、小型個体を分槽することで選別を行う。	・プラスチック製ネットやモシ網を用い、全長 20 mm 前後で選別を行う。

TA-N : 全アンモニア態窒素。

※ : 「ほっとけ飼育」の特徴的な飼育方法。他の項目は、標準的な飼育方法と差が見られても互換は可能。

表 1. (つづき)

項目	「ほっとけ飼育」	標準的な飼育方法
ワムシ		
種類	※低温馴致(15~17℃)L型ワムシ	・L型またはS型ワムシを使用.
投餌期間	・全長9mmまで(ふ化後20日目).	・全長12mmまで(ふ化後20~25日目).
投餌量	※卵の収容またはふ化と同時に5~10個体/mlの密度で接種. ふ化後10日目に40~60個体/mlまでの増殖を期待.	・飼育開始時5個体/ml以上の密度を維持. 開口時30個体/尾/日, 全長10mmで200~1,600個体/尾/日を投餌.
投餌回数	・飼育水中のワムシが食い尽された時点で, 1~3回/日投餌.	・4回/日程度.
栄養強化	・ナンノクロロプシス	・ナンノクロロプシス
アルテミア幼生		
投餌期間	・原則として全長8mmから開始, 18~20mmで終了. ワムシの増殖が不調な時は, 全長7mmから開始.	・全長7mmから開始, 30~40日目で終了.
投餌量	・全長9~10mm(2~3日間)はアルテミア幼生の単独投餌となる.	
投餌回数	・全長8mmで10~20個体/尾/回. 10mmで60個体/尾/回.	・全長8mmで8~100個体/尾/日. 10~13mmで800個体/尾/日.
投餌回数	・4~1回/日. 配合飼料との併用により, 投餌回数は減少.	・ワムシとの組み合わせで, 2回/日程度.
栄養強化	・可消化処理クロレラ	・脂溶性ビタミンおよび乳化オイル.
配合飼料		
投餌開始	・全長10mmから開始.	・早い機関で全長6~8mm, 平均では9~10mmから開始.
投餌量	※餌付け時は魚体重の10~7%/日, 全長12~20mmで5%/日.	・魚体重の5~15%/日. 併用する生物餌料の量により変動する.
投餌回数	・6~4回/日. 成長に合わせて投餌回数を減らす.	・4~8回/日. 1日8回程度が望ましい.
粒 径	・全長を基準に変更.	・粒径の変更は約10日ごと.
種苗生産の結果		
成長 (全長30mm)	・平均50.1日(46~57日).	・50~80日.
生残率 (全長15mm)	・平均62.4%(35~97%).	・50~90%以上.
(全長30mm)	・平均41.7%(18~82%).	・20~80%.
疾病の出現	※1986~1993年に行った11例の飼育で, 細菌性およびウイルス性疾病の出現は見られていない.	・伝染性腸管白濁症, 腹部膀胱炎, 連鎖球菌症, ウイルス性表皮増生症, 腹水症, ビブリオ症などが報告されている.
体色異常	・体色異常率は10%以下.	・体色異常率はおおむね10%以下.

2.2 「ほっとけ飼育」のポイント

「ほっとけ飼育」を初めて経験する者が、飼育に当たって戸惑うと予想される点、「ほっとけ飼育」の技術として特に重要な点、および残された問題点を以下に示した。

2.2.1 飼育開始時期

- 1) ヒラメ種苗生産の適水温の範囲は、18～20℃とされている³⁾。「ほっとけ飼育」の前期飼育では、止水状態での飼育期間が2週間以上と長いため、飼育水温が外気温の影響を受け易い。このため、飼育を開始する時期は外気温および濾過海水温が20℃以下で、加温により水温調整の可能な時期が適している(止水であるため加温経費の節約にはなる)。
- 2) 量産規模では浮遊期を20℃以上で飼育する試験は行っていないが、1997年の飼育例(1m³FRP水槽)では水温25℃までは仔魚の成長、生残に悪影響は認められなかった(未発表)。今のところ、23～24℃が上限ではないかと考えているが、止水飼育期間の水温上昇がどの程度まで「ほっとけ飼育」が可能であるか、量産規模での検討が必要である。

2.2.2 水作りとナンノクロロプシスの添加

- 1) 一般に、海産魚類の種苗生産では、飼育開始時の飼育海水にナンノクロロプシスを添加し、これを水作りと称している。水作りでは、餌料として与えたワムシの飢餓防止や水質の安定、適度な濁りを与えることで仔魚を落ち着かせる効果などを期待している。しかし、これらの効果やナンノクロロプシスの適正な添加密度などについては、十分な検討が為されていない³⁾。「ほっとけ飼育」では、飼育水中のワムシへの給餌効果のみを目的としてナンノクロロプシスの添加を行っている。当マニュアルでも、飼育開始時のナンノクロロプシスの添加を水作りと称することにする。
- 2) 水作り時のナンノクロロプシス密度は、1,000～1,500万細胞/mlを基準としており、標準的な飼育方法の100～200万細胞/ml³⁾と比較してかなり高濃度である。ナンノクロロプシスの添加密度は、これ以上高くてもワムシの増殖に差はなく、逆に1,000万細胞/ml未満ではワムシによる消費が早くワムシの増殖率が低下する⁴⁾。
- 3) ヒラメふ化仔魚の収容尾数が1万尾/m³程度の飼育では、1回の「ほっとけ飼育」に用いるナンノクロロプシスの量(2,000万細胞/ml換算)は、使用する水槽容量の約1.5倍になる。50m³水槽を用いた飼育では、水作り用30m³、添加用40～50m³(4～5m³/日添加で10日間)の確保が必要である。収容尾数を3万尾/m³以上で飼育を行

う場合は、ワムシの増殖に合わせて適宜濃縮ナンノクロロプシスまたは淡水クロレラの添加量および回数を増加させる必要がある。

- 4) 通常培養のナンノクロロプシスを毎日添加すると飼育水槽の容量(有効水量 45m³)を超えるため、同量分の飼育水を排水する必要がある、この時飼育水中のワムシが排出される。1989年以降は、ワムシの流出を防ぐためワムシの餌料として、濃縮ナンノクロロプシスまたは淡水クロレラを用いている。
- 5) 小型水槽(1~2m³)を用いた試験で、水作りも淡水クロレラで代用した場合でもヒラメ仔稚魚の成長および生残は順調であった。しかし、淡水クロレラには、海産仔稚魚の生育やヒラメ稚魚の有眼側体色の正常化に必要な EPA(エイコサペンタエン酸)や DHA(ドコサヘキサエン酸)がほとんど含まれていないことから、淡水クロレラにのみ依存した飼育には危険性がある。淡水クロレラの使用方法については、ナンノクロロプシスとの併用の比率や飼育水中のワムシの栄養強化方法も含めてさらに検討を加えて行く必要がある。

2.2.3 ナンノクロロプシスのアンモニア濃度

- 1) 水作りに用いたナンノクロロプシスのアンモニア濃度(全アンモニア態窒素:TA-N)は、1989年の飼育例では卵収容時 4.7ppm、ふ化時 2.8ppm と高い値であったが、卵発生およびふ化に悪影響は認められなかった⁴⁾。
- 2) 様々な TA-N 濃度で受精卵をふ化させた試験では、10ppm 以上では濃度の上昇に伴いふ化率が低下するが 10ppm まではふ化率にほとんど影響しない結果が示された(図 2)。これらの結果から、通常の飼育の範囲の TA-N では、卵のふ化率にほとんど影響しないものと考えられる。しかし、TA-N は低いに越したことはなく、「ほっとけ飼育」用として、施肥後 5~7 日程度経過した増殖状態の良いナンノクロロプシスを準備するのが好ましい。
- 3) TA-N 濃度が卵のふ化に与える影響については、さらに十分な検討を行って行く必要がある。

2.2.4 ヒラメ卵収容時の注意

- 1) 「ほっとけ飼育」では受精卵の直接収容で飼育を開始するが、この時の卵は産卵当日のものを使用することが重要なポイントである⁴⁾。高濃度のナンノクロロプシスに受精卵を収容してふ化させる場合、胚体が形成された卵ではふ化時の奇形が多く、ふ化率が著しく低下する⁴⁾。また、ふ化仔魚での収容も、これまでの飼育では良い結果は得られていない⁴⁾。

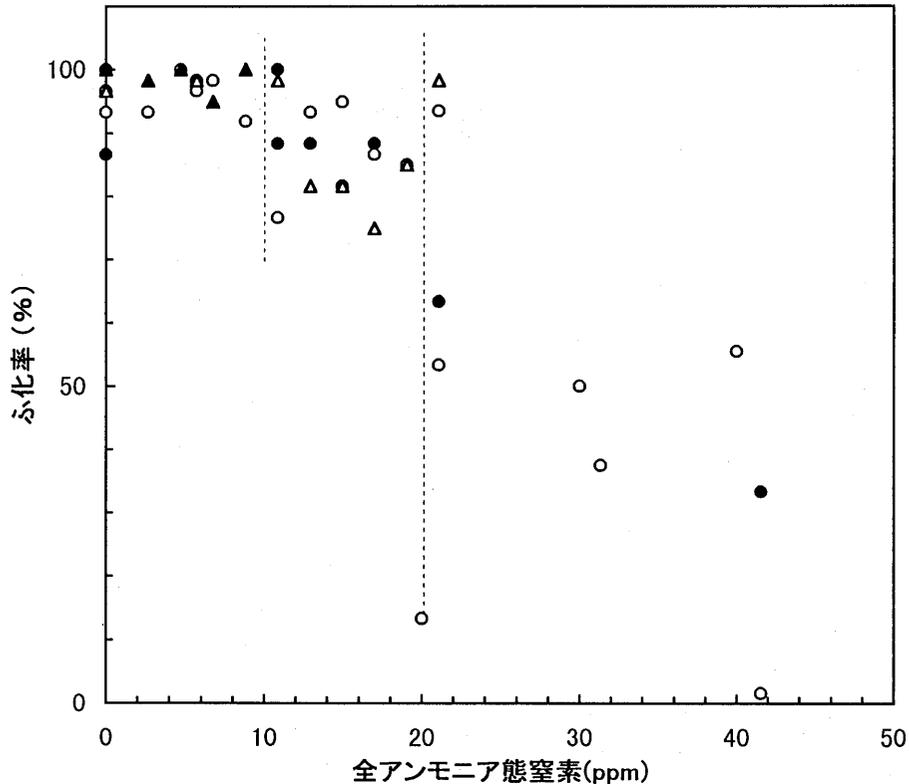


図2. 全アンモニア態窒素がヒラメ受精卵のふ化率に与える影響。
産卵後の時間経過に伴う卵の発育段階は、12時間以内(○)では胞胚期～桑実期後期、30時間目(●)では眼胞形成期、40時間目(△)では心臓の搏動開始、および50時間目(▲)ではふ化直前である。

- 2) 500～2,500万細胞/mlのナンノクロロプシス密度でふ化させた試験では、産卵当日の胚体形成初期までの卵ではふ化率に影響は認められなかったが、産卵後2日目(産卵後30時間)の眼胞が出現したステージの卵ではナンノクロロプシス密度が高いほどふ化率が低下する傾向が示された(未発表)。
- 3) また、卵のふ化率を低下させる原因がナンノクロロプシス細胞自体にあるのか、培養液にあるのかを試験したところ、遠心分離して得られた上澄み液(培養液)は卵のふ化を阻害しなかったが、沈澱したナンノクロロプシス細胞を濾過海水で希釈した場合1,000万細胞/ml以上でふ化率が低下する傾向がうかがえた(未発表)。
- 4) 水作り時のナンノクロロプシス密度は、「ほっとけ飼育」では重要な飼育のポイントであり、これらの原因についてさらに検討する必要がある。

2.2.5 ワムシの接種と増殖密度

- 1) ワムシ(L型)は、ヒラメのふ化と同時に5~10個体/mlの密度で接種し、増殖状態が悪い場合は3~4日後に再度接種を行う。ワムシは、それぞれの培養施設の一次培養の過程で、安定した増殖を続けているものを増殖状態の良いワムシと判断する。小浜事業場では、15℃の培養水温で10%/日程度の増殖率を示すものを用いている。
- 2) ワムシの接種密度は、その初期密度が高いほど飼育水中での増殖が期待できるが、増えすぎても(100個体/ml以上)溶存酸素量の減少などの水質の悪化を招く結果となる。従って、1回目の接種は5~10個体/ml(増殖が悪いと予測できる場合は15個体/ml)で行い、増殖傾向を見ながら再接種を何度か行う方法が良い。
- 3) 目標とするワムシの最大増殖密度(ふ化後10日目頃)は、飼育開始時のふ化仔魚の収容密度により変えている。ふ化仔魚1万尾/m³収容の場合でワムシの最大密度は30~40個体/ml(接種密度5個体/ml)を、ふ化仔魚3万尾/m³の場合で60~70個体/ml(接種密度10個体/ml)を目安に、ワムシ接種の量、回数を決める。ワムシが順調に増殖すると、ふ化後2週間以上にわたって投餌に関する作業が不要となる。
- 4) ワムシは、量より質(増殖率)の維持に重点を置いた培養を行う。「ほっとけ飼育」の特徴の一つはワムシの使用量が少ないということである⁴⁾。ヒラメ種苗の生産目標が40~50万尾であれば、ワムシの増殖が不調な時の毎日の添加分(最大で47億個体の使用を想定、表2)を含めても、保有量は20m³水槽1~2面で40~50億個体(培養密度200個体/ml前後)を維持する程度で良い⁵⁾。複数回の生産を行う場合は、ワムシの投餌期間が重ならないように生産開始の時期をずらすことで対応可能である。

2.2.6 ワムシの質の改良

- 1) 「ほっとけ飼育」では、ワムシ接種時の水温条件が16~17℃であるため、この条件下で良好な増殖が得られるようにL型ワムシの低温馴致を行っている。馴致方法は、生産期のオフシーズンの種(タネ)培養を15℃で行うだけであり、2~3シーズンで低温株として固定され、17℃で最も良好な増殖を示すようになる。L型ワムシの水温馴致は比較的容易に行え、例えば八重山事業場では24℃で良好な増殖を示す高温株のL型ワムシを維持している。
- 2) 一方、「ほっとけ飼育」の普遍化にはS型海産ワムシ *Brachionus rotundiformis* の利用も重要な課題であり、使用方法(接種密度や最大増殖密度など)や水温馴致についての検討が必要である。

2.2.7 飼育水の汚れと換水開始のタイミング

- 1) 前期飼育では、極力止水状態で飼育することを基本方針としているが、飼育水の汚れが著しい場合は適宜換水を開始する。この時、飼育者が最も戸惑うのが換水のタイミングであると言える。
- 2) 「ほっとけ飼育」では、高濃度のナンノクロロプシス、高密度のワムシ、およびワムシの餌料として添加する市販淡水クロレラ(または濃縮ナンノクロロプシス)により、飼育水の汚れはかなり目立ったものになる(写真1, p.36)。外観的にはワムシの培養水槽と同程度の汚れ具合になる場合も多く、従来の飼育方法の経験者はこの状態で換水を開始してしまう(某県栽培漁業センター職員談)。
- 3) しかし、この程度の汚れではヒラメ仔魚への影響はなく、飼育水の汚れの目安にしている TA-N が 12ppm まで上昇した飼育例(1988年)でも仔魚の成長や生残、および着底時の体色異常への影響は認められていない⁴⁾。
- 4) TA-N に対する仔魚の 24 時間半数致死濃度(TLm²⁴)試験では、TA-N 濃度の上昇に伴い仔魚の生残率は低下するものの、通常の飼育で予想される 10ppm 程度では大きな影響は認められず、TLm²⁴ は 25ppm 前後にあると推測される(図3)。ただし、長期的に見た場合の影響濃度は、さらに低いところにあると考えられ、今後さらなる検討が必要である。

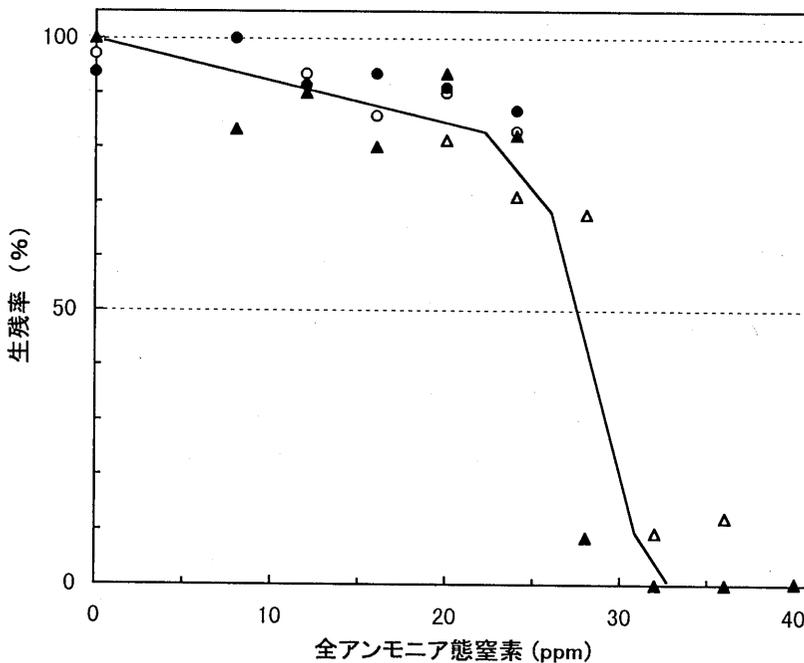


図3. ヒラメ仔魚における全アンモニア態窒素の24時間半数致死濃度。
○ : 開口直後, 全長3.4mm, ● : 全長4.3mm, ふ化後5日目,
△ : 全長5.0mm, ふ化後7日目, ▲ : 全長6.5mm, ふ化後11日目。
図中の線は目測で引いたものである。

- 5)これらの結果から、飼育水の汚れが気になっても、少なくとも TA-N 値が 8ppm までは換水しないように薦めている。初めて飼育を経験する者には、この時の汚れの程度が我慢できる限界だと思われる。ただし、換水は仔魚にとって必ずしも良い環境に変わるのではなく、急激な換水は急激な環境の変化をもたらし、逆に悪影響を及ぼすと考えている(換水量については、「4.2.3 換水と底掃除」参照)。
- 6)「ほっとけ飼育」では、換水と底掃除は極力我慢すること、すなわち「放っておく」ことが重要な飼育のポイントである。

2.2.8 配合飼料への餌付け

- 1)配合飼料への餌付けは全長 10 mm から開始し、3 日間で餌付けを完了させることを目指す。
- 2)餌付け方法は、「7.2 配合飼料の投餌方法」に示したが、餌付け期間は自動投餌器などに頼らず、人力で丁寧に行うのが唯一のコツである。

2.3 「ほっとけ飼育」がうまく開始できない

「ほっとけ飼育」に初めて取り組む場合、飼育の立ち上げ時の失敗で後の飼育を断念する例が多い。ここでは、「ほっとけ飼育」のキーポイントとなるナンノクロロプシスとワムシの取り扱い、および飼育に失敗した場合の対処方法について説明する。

2.3.1 ナンノクロロプシスが落ちる

- 1)ヒラメ卵の収容前日に行う水作りで、増殖状態があまり良好でないナンノクロロプシスを用いると、翌日密度が著しく低下したり飼育水の色が悪く(黄緑または茶色がかった薄緑色)なることがある。この様な時は、ナンノクロロプシスを不足分の密度まで新しく追加し、密度を調整する方法で飼育を継続することもある。しかし、一旦密度が低下した水槽では、新たな添加を行っても落ち現象は止まらず、その後のワムシの増殖にとって良い環境に戻る可能性は少ない。ヒラメ卵を収容する前の段階であれば、思い切って水作りをやり直す方が良い。
- 2)ヒラメ卵の収容からふ化までの 3~4 日間は、飼育水槽を寒紗で遮光するため(4.2.1 水作りと初期の管理)、ナンノクロロプシスの密度が低下する場合がある。これまで、この期間に急激にナンノクロロプシス密度が減少した例はないが、そのような場合も飼育をやり直した方が良い。

- 3)しかし、ナンノクロロプシス密度の減少が見られた場合でも、ヒラメ卵のふ化への影響は少ない。ナンノクロロプシスの保有量やヒラメ卵の確保などの点で新たに飼育をやり直す余裕がない場合は、生産に必要なふ化仔魚数が得られたことを確認した上で、生産方法を標準的な飼育方法³⁾に切り替えて飼育を継続することも可能である。
- 4)ワムシの接種後、ナンノクロロプシス密度は急激に低下するが、これはワムシの摂餌によるものであり、正常な減少である。

2.3.2 ワムシが増殖しない

- 1)「ほっとけ飼育」の成否は、ふ化後10日目までに如何に好調にワムシを増殖させるかにかかっている(2.2.5 ワムシの接種と増殖密度)。このため、接種するワムシの質(増殖状態)が特に重要であるが、飼育水槽内での増殖状態を、一次培養時のそれから予測することは難しい。
- 2)ワムシ接種の方法は、増殖が不調の場合、上述したように接種の回数を増やして対処する方法が増殖過多を防止する上でも有効である。しかし、どうしても増殖が思わしくない場合、思い切って20~30個体/ml(あるいはそれ以上)の密度で添加してみるのも一つの方法である。ワムシの添加は少々多すぎてもヒラメ仔魚には影響しないし、思っている以上にヒラメ仔魚は環境の変化に強い。元々、「ほっとけ飼育」はこれまでの常識にとらわれない思い切った飼育方法である。
- 3)以上の方法でもワムシが増殖しない場合は、毎日投餌を行う標準的な飼育方法に移行する。

2.3.3 「ほっとけ飼育」に失敗したら

- 1)「ほっとけ飼育」を中断する要因として、水作り時のナンノクロロプシスの落ち、ふ化率の低下によるふ化仔魚数の不足、ワムシの増殖不調、止水飼育による飼育水温の上昇およびTA-Nの急変、の5つが挙げられる。
- 2)ヒラメ卵収容前のナンノクロロプシスの落ちの場合は、まだ飼育の初期段階であることから飼育全体へのダメージは少ない。従って、あらためて水作りからやり直した方が良い。しかし飼育を継続したい場合は、上述したようにナンノクロロプシスの再添加を行ってみるのも一つの方法である。
- 3)計画したふ化仔魚数が得られなかった場合は、基本的には飼育を中止する。しかし、計数したふ化仔魚数から生産尾数を推定し(生残率40~50%)、必要数が確保できそうなら飼育を継続する。当マニュアルではふ化仔魚の開始密度を3万尾/m³

としているが、1万尾/m³以上であれば「ほっとけ飼育」は可能である。

- 4)ワムシの増殖が不調で、どうしても計画密度に達しない場合は、密度が0または0近くまで低下した時点から毎日投餌を行う方法に切り替える(表2のカッコ内のワムシ投餌、および「7.1 ワムシとアルテミアの投餌方法」)。この場合も、止水飼育や淡水クロレラ(または濃縮ナンノクロロプシス)の添加、底掃除をしない、などの基本的な飼育は「ほっとけ飼育」の方法で行う。
- 5)外気温の影響で飼育水温が上昇する場合、寒冷紗の開閉で水槽に当たる直射日光を調整し、さらに水槽回りの風通しを良くするなどの処置を講ずる。22~23℃までの上昇ならこの方法で止水状態を維持するが、さらに上昇する場合は換水を開始する(昼間のみ水槽容量の40~50%)。換水に伴ってワムシ密度が低下するので、毎日の添加が必要となる。また、淡水クロレラ(または濃縮ナンノクロロプシス)の添加量、回数も適宜増加させる。
- 6)止水期間中にTA-Nが急激に上昇し10ppm以上に達した場合は、昼間のみ50%/日の換水を開始する。TA-N値は50%/日以上以上の換水で低下する⁴⁾。水温上昇時の対処と同様に、換水の開始に伴いワムシと淡水クロレラの添加に注意が必要である。
- 7)「ほっとけ飼育」の利点の一つは、飼育経過が思わしくない場合、いつでも標準的な飼育方法に戻れることである。しかし、その場合でも、「ほっとけ飼育」の基本的な飼育方法である水槽内のワムシへの投餌、底掃除を行わずに着底前に移槽する方法などは十分に活用できる。

2.4 「ほっとけ飼育」の効果

1)成長と生残

「ほっとけ飼育」の効果をこれまでの生産結果から見ると(表1)、全長30mmまでの所要日数は平均50日であり、標準的な飼育方法³⁾と比較しても成長の良い事例に位置する。「ほっとけ飼育」では生残を高めることには特に重点を置いていないが、全長30mm時点の生残率は標準的な飼育方法と同程度の範囲にある。また、選別は分槽のみで行うため、全長20mm以降は共食いによる減少が著しい。従って、より高い生残率を必要とする場合は、ネットや網を使用した選別³⁾を行うことも有効である。

2)作業時間の短縮

投餌などのように1日のうちに何回か行う必要のある作業ため、種苗生産には拘束時間を必要とする⁵⁾。「ほっとけ飼育」では、拘束時間を通常の勤務時間の範囲内である8:00~16:30に設定しているが、飼育自体に要する1日の総作業時間

は、前期飼育では平均 68 分(56~94 分)、後期飼育で平均 84 分(60~133 分)と極めて少ない⁵⁾。従って、種苗生産を 50m³ 水槽 2~3 面で同時に開始しても、通常の飼育作業は一人で十分対応可能であり、人手を要するのは計数や配付の時のみである。

3) 疾病の出現

これまで 1986~1993 年に 11 例の「ほっとけ飼育」を実施したが、いずれの飼育でも疾病の出現は認められなかった。特に 1988~1989 年に、ウイルス性表皮増生症が宮津事業場に出現し大きな被害を出したが、同じ受精卵を用いた「ほっとけ飼育」では出現しなかった^{6,7)}。阪本ら⁸⁾は、「ほっとけ飼育」の止水期間中の細菌相を調べ、総菌数は 10⁶CFU/ml と流水飼育(総菌数 10⁵CFU/ml)に比べて 1 桁多いが、菌相が単純で安定していると報告している。これらの細菌数の違いと、「ほっとけ飼育」で疾病の出現が見られない理由との関連はまだ明らかでないが、高い総菌数と単純な菌相が疾病の防除に何らかの好結果をもたらした可能性も考えられ、今後の重要な検討課題である。

4) 生物餌料の使用量

1986~1993 年の「ほっとけ飼育」で用いた、ヒラメ 1 尾当たりのワムシの使用量(全長 15 mm 時点の総投餌量/生残尾数)は、飼育水槽中でのワムシ増殖の良否により 680~13,300 個体/尾(平均 6,900 個体/尾)*⁴⁾と大きな差が認められたが、一般的な種苗生産の使用量⁴⁾と比較して 1/6~1/3 程度に軽減されている。また、増殖率を重視したワムシの質および培養方法などの改良により、ふ化後 10 日目までに飼育水槽内でワムシを安定的に増殖させる技術を確立することで、使用量をさらに軽減させることも可能である。アルテミア幼生の使用量(全長 20 mm 時点)は 3,000 個体/尾程度*であった。

5) 体色異常の出現防除

1987~1993 年に生産した種苗で、有眼側に何らかの体色異常を持つ個体の出現率は平均 10.2%(1.0~29.4%)であった*⁴⁾。これを 1991 年以降に限ると、異常率は平均 6.5%と低下している。有眼側体色異常の防除には、餌料の栄養面のみならず、浮遊期の成長と生残を安定させ、仔魚を健全に飼うことが重要であることから⁹⁾、「ほっとけ飼育」の飼育方法は体色異常の防除面でも適していると言える。しかし、配合飼料を主体とした後期飼育では、無眼側の黒化個体の出現を促進している可能性が示され¹⁰⁾、今後の投餌方法の見直しが必要である。

* 平成元年~5 年度小浜事業場事業報告(内部資料)。

3. 種苗生産を開始するための計画表の作成

種苗生産を開始するに当たっては、生産全体の流れを示す計画表が必要である。計画表の作成に当たっては、まず種苗の配付サイズと予定日を決め、次いで受精卵の収容日を始めとする飼育作業の大まかな日程を決める。それを基にワムシの培養開始時期と保有量、アルテミア *Artemia* sp.卵や配合飼料の購入量などを決定していく。

飼育作業、すなわち投餌や移槽、配付などの作業を行う時期の判断はすべて全長を基準に行う。従って、まず第一に、予定する大きさに達するまでの飼育日数を推定する必要がある。また、各飼餌料の購入量および保有量を決定するには毎日の大まかな投餌量の算定が必要であり、このためには生残尾数の推定が不可欠である。

3.1 成長の推定方法

飼育の管理が十分なされているヒラメの種苗生産では、仔稚魚の成長は飼育水温に最も強く影響される。1989～1993年の「ほっとけ飼育」で得られた積算水温(AT : D°)と全長(TL : mm)の関係から(図4, 上図), 仔稚魚の成長に要する飼育日数を推定するための以下の式を得た。この式に予定する全長を代入して求めた積算水温を、飼育水温で除して飼育日数を求める。

$$\begin{aligned} 2.8 < TL \leq 18.2 \text{ mm} & \quad AT = 51.691TL - 78.038 \quad (r=0.988, \quad n = 57) \\ 18.2 < TL \leq 105.7 \text{ mm} & \quad AT = 12.048TL + 644.01 \quad (r=0.970, \quad n = 40) \\ 105.7 < TL \leq 167.0 \text{ mm} & \quad AT = 23.330TL - 548.18 \quad (r=0.993, \quad n = 8) \end{aligned}$$

上記の式から、当マニュアルでの飼育目標としている全長 30 mmまでの予想成長を、飼育水温 19～22℃の範囲で求めると(図4, 下図), 19℃では飼育日数が約 53 日, 20℃で約 51 日, 21℃で約 48 日および 22℃で約 46 日となる。

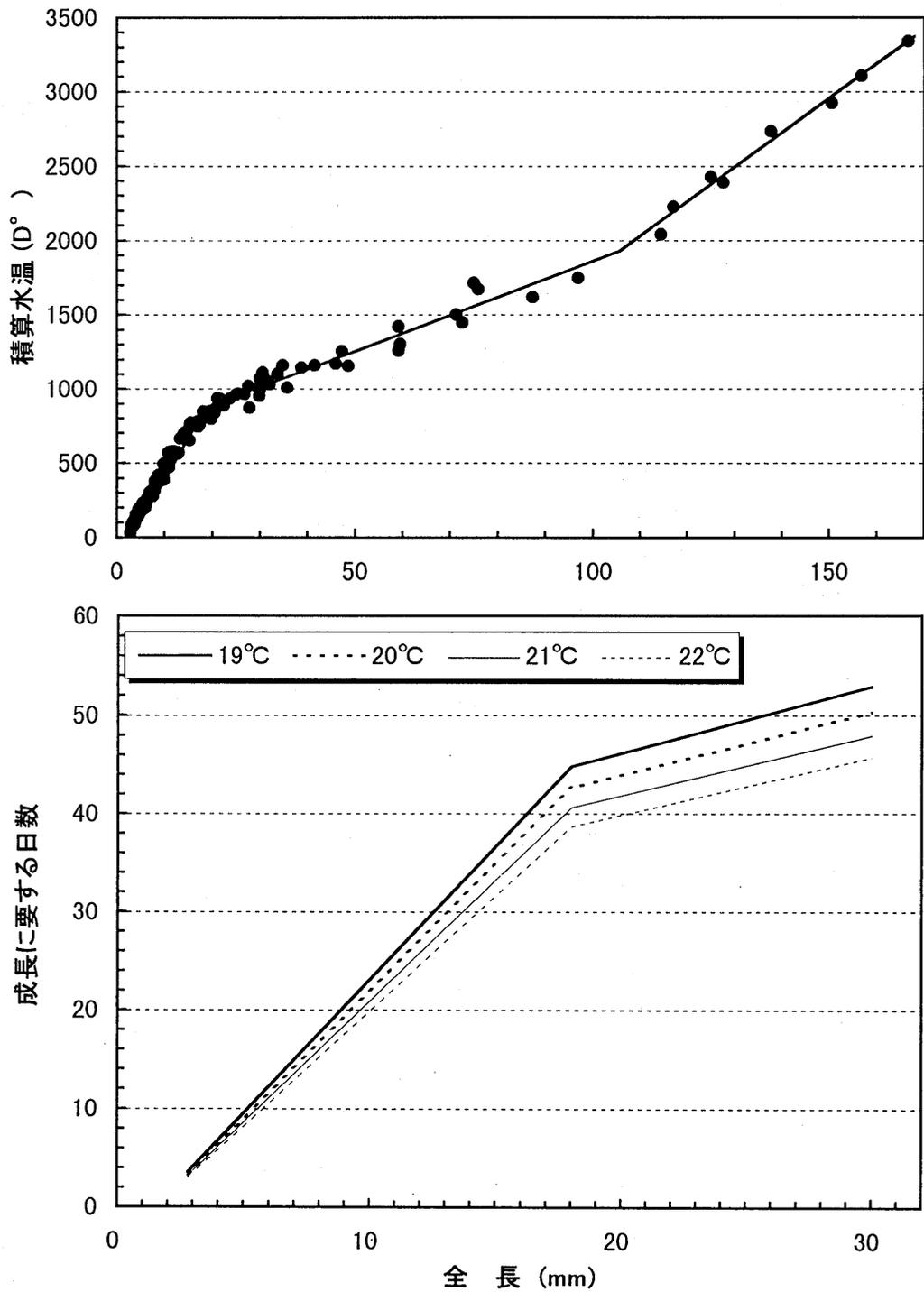


図4. 種苗生産の結果から見たヒラメ仔稚魚の全長と積算水温の関係。
 上図は1989～1993年の種苗生産の結果から得られた全長167mmまでの積算水温との関係。下図は飼育水温19～22℃で飼育した場合、計画全長までの成長に要するそれぞれの飼育日数の計算値。

3.2 生残率の推定方法

生残率には、飼育環境(例えば塩分濃度^{2,9)}や卵質、摂餌不良、および疾病の出現などが影響し、生産計画の中で最も定式化し難い要素の一つである。各生産機関における全長 30 mm での生残率は 20~80%³⁾と大きな変動が見られるが、環境や飼育の適正な管理を行うことで、着底期までの生残率がおおむね 90%以上を確保できるようになった生産機関もある³⁾。

図 5 に 1989~1993 年の「ほっとけ飼育」における生残率を示した。生残率(SR:%)とふ化後日数(D)の関係(図 5, 実線)は以下の式で表わされるが、生残率の上限(SR_{Max})を結んだ直線(図 5, 破線)は安定した生産例の生残率として妥当な推定値である。

$$\begin{aligned} SR &= -22.66 \ln(D) + 133.04 & (r=0.899, \quad n = 25) \\ SR_{Max} &= -1.0975D + 105.62 & (r=0.998, \quad n = 7) \end{aligned}$$

「ほっとけ飼育」では、共食い防止を目的とした選別は分槽でのみ行い、脆弱な個体は共食いにより早期に淘汰されるようにしている。このため、全長 30 mm での生残率の目標は 40%程度と低いが、生産目標に合わせてふ化仔魚の収容密度を 3 万尾/m³以上に高めることで、必要数の種苗を確保することが可能である。

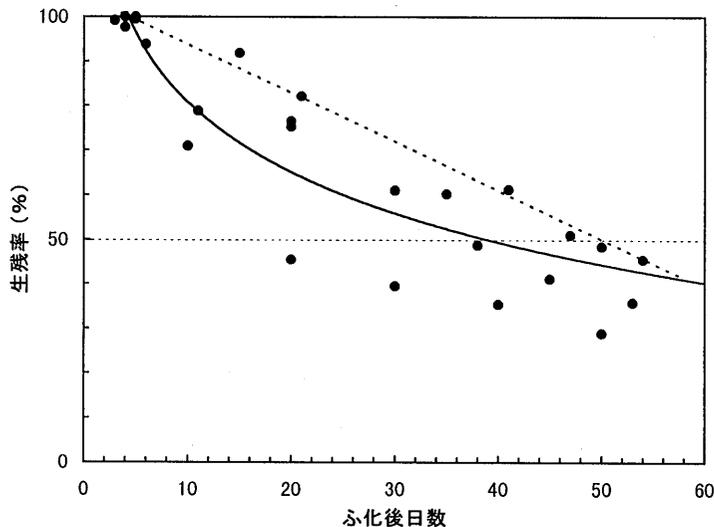


図 5. 種苗生産の結果から見たヒラメ仔稚魚の生残率とふ化後日数の関係。安定した生産例では、生残率の上限を結んだ破線が推定値となる。

3.3 計画表の作成

ヒラメの種苗生産における全体的な計画として、全長 30 mm までの飼育条件と、飼育に必要な投餌量および作業内容の概略を表 2 に示した。なお、表に示した全長と生残尾数の値は、これまでの生産結果から得られた平均的な予測値で示した。

表 2. 全体計画と主な作業予定

飼育 日数	DAH	全長 (mm)	生残 (万尾)	投餌量			作業予定	作業内容
				R (10 ⁸)	Ar (10 ⁸)	AD (g)		
1	-5						・飼育水槽(50m ³)の消毒	
2							・飼育水槽洗浄	
3							・ナノクロプシ30m ³ ,海水 10m ³ 収容.水温 16~17℃ ⇒①	
4							・受精卵収容(約 130 万粒). 環境測定開始.	
5								
6	0	2.6	100	3.0			・ふ化.ワムシ接種.水温 18℃に昇温開始.全長測定	
7								
8								⇒②
9							・ワムシ摂餌開始予定. 生残尾数計数	
10								
11	5	4.5		(3.0)			・ワムシ増殖不調の場合, 再接種	
12								
13								
14							・淡水クロレラ添加開始	⇒③
15								
16	10	6.0	90	(6.0)			・ワムシ密度 0 で毎日の投餌開始(1~2 回/日)	
17				(6.0)				
18				(6.0)				
19				(6.0)				⇒④
20				(6.0)	(0.4)		・Ar 投餌(ワムシ密度低下時)	
21	15	7.5		(6.0)	(0.6)		・淡水クロレラ添加終了	
22				(4.0)	0.8		・流水開始(換水率 30~50%/日).Ar 投餌(TL8 mm)	
23				(4.0)	1.2			
24					1.6		・ワムシ投餌終了(TL9 mm)	⇒⑤
25					2.0		・換水率 100~150%/日に増加	
26	20	9.5			1.5			
27					1.5	640	・配合飼料投餌開始(午前のみ 6 回). 配合飼料投餌量 10%	
28					1.5	640	・配合飼料投餌量 10~7%	
29					1.5	450	・移槽先水槽の準備(飼育水槽と同容量 50m ³ を使用)	⇒⑥
30					1.0	530	・配合飼料 6 回/日. 配合飼料投餌量 7%	
31	25	11.0	80	1.0	580		・移槽開始	

DAH: ふ化後日数, R: ワムシ, Ar: アルテミア幼生, AD: 配合飼料.

作業内容 ①~⑬: 「4. 飼育作業の内容」参照.

(): カッコ内の投餌を行うかどうかは, 飼育水槽内のワムシ密度の状況から判断する.

表 2. (つづき)

飼育 日数	DAH	全長 (mm)	生残 (万尾)	投 餌 量			作 業 予 定	作業内容	
				R (10 ⁸)	Ar (10 ⁸)	AD (g)			
32					1.0	580			
33					1.0	550	・移槽終了		
34					1.0	550	・移槽の終わった水槽は直ちに消毒・洗浄.	⇒⑦	
35					1.0	550			
36	30	12.0	75		1.0	500	・着底個体出現予定. 配合飼料 5 回/日. 配合飼料投餌量 5%		
37					1.0	550			
38					1.0	600	・浮遊個体の分槽先水槽の準備(50m ³)		
39					1.0	750		⇒⑧	
40					1.0	850	・浮遊個体分槽. アンドンネット目合い交換(18 目)		
41	35	15.0	70		1.0	900			
42					1.0	1,000			
43					1.0	1,100			
44					1.0	1,200		⇒⑨	
45					1.0	1,300	・着底個体の分槽先水槽の準備(20m ³ ・4 面)		
46	40	17.5			1.0	1,350	・配合飼料 4 回/日		
47					1.0	1,400	・適宜 20m ³ 水槽へ分槽(5 日間)		
48					1.0	1,400	・Ar 投餌終了		
49						1,400	・分槽先の水槽がない場合は 50m ³ 水槽	⇒⑩	
50						1,450	2 面でそのまま継続して飼育		
51	45	20.0	60			1,450	・配合飼料投餌量 4%		
52						1,750			
53						2,050			
54						2,300		⇒⑪	
55						2,600			
56	50	26.0				2,900	・稚魚の取り揚げと計数		
57						3,100	・稚魚の取り揚げと計数		
58						3,350			
59						3,600		⇒⑫	
60						3,800	・配付予定分の餌止め		
61	55	30.0	50			4,100	・配付. 配合飼料投餌量 3%		
Total					3.0 (47.0)	30.6 (31.6)	51,820		

4. 飼育作業の内容

表 2 の飼育作業の内容の詳細を表 3 に示した。当マニュアルでは、飼育作業をその内容から 1)飼育準備、2)飼育環境の維持、3)環境測定、4)投餌、5)成長と生残の測定、および 6)移槽と配付、の 6 項目に分けた⁵⁾。各項目の具体的な作業内容を以下に示した。

4.1 飼育準備

飼育準備作業では、水槽の洗浄と消毒、および受精卵の飼育水槽への収容を行う。

4.1.1 水槽の洗浄と消毒

- 1)使用する水槽は、必ず次亜塩素酸ナトリウムによる消毒を行う。水槽を濾過海水で満水にした後、次亜塩素酸ナトリウムを添加(200ppm)し、一夜放置する。この時、エアレーションは 1ヶ所で弱めに行う。翌日、チオ硫酸ナトリウムで中和(15ppm)し、直ちにジェットガンなどで洗浄する。
- 2)水槽の使用までに時間的余裕がある場合は、一昼夜以上乾燥させる。なお、次亜塩素酸ナトリウムやチオ硫酸ナトリウムの添加量に特に基準はない。

4.1.2 ヒラメ卵の収容

- 1)飼育水槽へ収容するヒラメ卵は、できるだけ産卵当日のものを用いる(2.2.4 ヒラメ卵収容時の注意)。しかし、産卵時の水温が低くふ化までに 3 日を要する時期は、産卵 2 日目までの卵の使用が可能である。
- 2)当マニュアルでは、ふ化仔魚の収容尾数を約 3 万尾/m³とした飼育を想定している。収容する卵数は、収容前日までの受精卵で予め求めておいたふ化率と、収容予定のふ化仔魚数から逆算して求める。ただし、実際のふ化率は計算値より若干低下することが多く、受精卵は多めに収容する必要がある。ふ化率が悪い(60~80%)と予想される場合は卵数を 20~30%増で、良い場合(90%以上)は 10%増程度で収容することもある。ふ化仔魚の計画的な収容ができないのが、「ほっとけ飼育」の弱点の一つである。

- 3)ヒラメ卵の収容は、成長差を出さないと言う観点からは1日の産卵分で対処することが望ましい。しかし、1日当たりの産卵量が少ない場合は2~3日続けて収容する場合もあり、この方法は遺伝的に多様性のある人工種苗を作るための方法¹¹⁾として好ましい。例えば、100万尾のふ化仔魚の収容を予定している場合、受精卵40万粒を3日間連続して収容(ふ化率80~90%)する方法もある。産卵日が2~3日の差であれば、その後の成長に顕著な差は生じず、従って着底以降の共食いの原因にはならない。
- 4)他の機関から受精卵を譲り受ける場合の輸送方法は、表3に示した。

4.2 飼育環境の維持

飼育環境の維持では、水作り、淡水クロレラ(または濃縮ナンノクロロプシス)の添加、換水および底掃除などの作業を行う。

4.2.1 水作りと初期の管理

- 1)ヒラメ卵を収容する前に水作りを行う。水作りは、2,000万細胞/mlの密度のナンノクロロプシス30m³と濾過海水10m³により行う(水量40m³で飼育開始)。ナンノクロロプシスの密度が低い場合は、濾過海水の添加量で調整する。水作りに当たっての注意事項は「2.2.2 水作りとナンノクロロプシスの添加」、「2.2.3 ナンノクロロプシスのアンモニア濃度」および「2.3.1 ナンノクロロプシスが落ちる」に示した。
- 2)寒冷紗(遮光率95%)による遮光は、卵収容からふ化後1~2日目まで行う。それ以降は寒冷紗を開け、日照不足による高濃度のナンノクロロプシスの落ちを防止するため光を当てる(日中の照度は1万lxを超えることもある)。ただし、止水飼育であるため、日射により水温が上昇する場合は、寒冷紗の開閉で対処する。

表 3. 作業内容の詳細

作業予定	飼育日数 (DAH)	作業項目	作業内容
①	1(-5)	飼育準備	1)種苗生産に必要な物品は「9. 生産時に必要な物品」参照。 2)飼育予定の水槽(当マニュアルでは 50m ³ を使用)に満水まで注水。 3)次亜塩素酸ソーダ 10 l 程度(200ppm)添加して消毒。
	2(-4)	飼育準備	1)飼育水槽にチオ硫酸ナトリウム 700g(約 15ppm)を添加し中和。 2)直ちに排水後ジェットガンにより洗浄。 3)エアーストーン等の点検、整備。
	3(-3)	環境維持	1)ナンノクロロプシス 30m ³ 添加。ナンノクロロプシスは 2,000 万細胞/ml 以上で、1 週間以内に施肥を行っていない増殖状態の良いものを用いる(全アンモニア態窒素が 5ppm 未満)。 2)濾過海水 10m ³ 添加(飼育水量 40m ³)。
	4(-2)	卵収容	1)自場産の卵を使用する場合。 卵は当日産卵したものを中心に、前日産卵分までを含め、ふ化仔魚で 100 万尾が得られる程度の卵を確保(ふ化率は別途測定し、ふ化率から収容する卵数を推定する)。 2)他機関から卵をもらう場合。 ア) 当方から卵を受け取りに行く場合準備するものは、発泡スチロール容器(20 l)5 個、60 l ポリ袋 10 枚、大型輪ゴム、酸素ポンベ、および分散器など。 イ) 卵の受け取りに出発。相手機関に到着後、産卵水温を自場へ連絡し飼育水の加温調整を行う。 ウ) 卵の積み込み。ポリ袋を二重にし発泡スチロール容器にセット、1 箱に 20~30 万粒程度の卵を収容。酸素を若干量注入した後、袋内の空気の部分ができるべく少なくなるように空気を逃がしながら封をする。5~6 時間程度の輸送では、これまで問題はない。 エ) 事業場到着後、ポリ袋ごと飼育水槽に収容、20~30 分程度放置し水温調整の後水槽へ卵を移す。この間に受精率の確認を行う。
		環境測定	1)環境測定の開始(水温、pH、全アンモニア態窒素、ナンノクロロプシス密度他)。
②	6(0)	投 餌	1)ふ化を確認後、ワムシ接種(密度 5~10 個体/ml)。 2)ワムシは、ナンノクロロプシス培養で増殖状態の良いものを使用。70 目ネットでゴミ、コペポードを取り除いた後、直接飼育水槽に添加。 3)飼育水温を計画水温である 18℃に向けて、1~2℃/日程度の割合で加温開始。
		環境測定	1)測定項目にワムシ密度の計数追加。
		成長・生残	1)全長の測定。MS-222 で麻酔後、20~30 尾程度を万能投影機で測定。 2)全長測定は、5 日毎に同様の方法で 30 尾程度について行う。

DAH : ふ化後日数

表 3. (つづき)

作業予定	飼育日数 (DAH)	作業項目	作業内容
②	9(3)	成長・生残	1)生残尾数(収容尾数)の計数. 12 lバケツ数個. φ 50 mm塩ビパイプ. 2)水槽の数カ所から塩ビパイプで柱状サンプリングを行う. 容積法により収容尾数を推定. 3)浮遊期の測定は, 仔魚が大きなパッチを作り計数が不能になる全長 10 mm頃までに 2~3 回行う.
	11(5)	投 餌	1)ワムシの増殖の状況が悪い場合, 再度ワムシの接種. 投与量は, 接種後のワムシ密度が 10~15 個体/ml 程度にする.
③	14(8)	環境維持	1)ナンノクロロプシス密度が 200 万細胞/ml 以下で市販淡水クロレラ (生クロレラ-V12)または濃縮ナンノクロロプシスの添加開始. 開始時期は臨機応変. 2)200 lアルテミアふ化器に淡水 100 l, 海水 100 l 注水. 淡水クロレラ 4~8 l 添加. 3~4 時間で滴下し終えるように調整. 3)飼育水中のワムシの増殖状態, クロレラの消費状態を見ながら 2)の作業を 1~2 回 /日行う.
	16(10)	投 餌	1)ワムシ密度が 0 または 0 に近い値で, ワムシの投餌開始. 開始時期は臨機応変. 2)4~6 億個体のワムシを, 1~3 回/日に分けて投餌. 3)ワムシは, ナンノクロロプシスで 6~24 時間の二次培養を行う. 4)餌料の投餌量や投餌間隔等は「6. 投餌スケジュール」, 餌料の投餌方法は「7. 餌料の投餌方法」参照.
④	20(14)	投 餌	1)ワムシ密度低下時, アルテミア幼生の併用投餌. 2)投餌初日はアルテミアに慣らす程度で, 10~20 個体/尾の見当で投餌する.
	21(15)	環境維持 投 餌	1)淡水クロレラの添加終了. 1)餌料の投餌方法は, 密度維持方式から食い切り方式へ移行.
⑤	22(16)	環境維持	1)換水開始. 排水用アンドンおよびホースの設置. アンドンネットの目合い 30 目. 2)換水時間 7 時間 /日. 注水量 10~12 l/15 秒(換水率 30~50%/日). 3)以下, アンドンネットの洗浄は 2~3 日毎に実施.
	24(18)	投 餌	1)ワムシの投餌終了. 2)配合飼料投餌までの 2~3 日間はアルテミア幼生の単独投与.
	25(19)	環境維持	1)終日換水(換水率 100~150%/日). 注水量 7~10 l/15 秒. 2)アンドンネットの目合い交換(30 目→24 目).
⑥	27(21)	投 餌	1)配合飼料投餌開始. 投餌量は「8. 配合飼料の投餌基準」参照. 2)投餌量は魚体重(湿重量)の 10%見当. 3)投餌回数は午前中のみ 6 回.

表 3. (つづき)

作業予定	飼育日数 (DAH)	作業項目	作業内容
⑥	28(22)	投 餌	1)配合飼料の総投餌量は魚体重(湿重量)の10~7%.
	29(23)	移槽準備	1)移槽先の水槽(飼育水槽と同容量)の注水(満水)と消毒.
	30(24)	投 餌	1)配合飼料の投餌回数 6 回/日(投餌間隔 1.5 時間). 2)配合飼料の投餌量を魚体重の 7%に減少.
		移槽準備	1)消毒液の中和, 水槽の洗浄および注水. 2)排水用アンドン(ネット目合い 24 目)およびホースの設置. 3)移槽用ホース(φ 50 mmカナライン)準備.
31(25)	移 槽	1)飼育水槽と移槽先水槽の水位調整. 水槽間が近い場合は水位差は 0 cm または移槽先水槽を 1cm 程度低くする. 2)午前中に移槽用ホースの設置. 昼間仔魚のパッチ部分を吸いながら, 水位差の調整(排水用ホースの排水口の位置調整)を行う. 移槽元水槽(A)に注水, 移槽先水槽(B)から排水を行う. 3)飼育水槽に集魚用電灯設置(水面上 30~40cm). 4)夜間の見回り. 仔魚の集まり具合と吸い込み口の位置の確認, および移槽用ホースのエア抜き.	
⑦	33(27)	移 槽	1)残りの個体が 1 万尾以下であれば移槽を終了する.
	34(28)	分槽準備	1)移槽が終了した飼育水槽を再度分槽先的水槽として使用するため, 直ちに注水と消毒を行う.
	36(30)	投 餌	1)配合飼料の投餌回数 5 回/日(投餌間隔 2 時間). 2)配合飼料の投餌量を魚体重の 5%に減少
⑧	38(32)	分槽準備	1)消毒液の中和, 水槽の洗浄および注水. 2)排水用アンドン(ネット目合い 24 目)およびホースの設置.
	40(34)	分 槽	1)約半数の個体の着底を確認後, 浮遊個体の分槽を行う. 2)分槽の方法は移槽方法と同様で, 電灯により浮遊個体を集めサイフォンにより移動する. 3)着底個体と浮遊個体の分離により, 共食い防止のための選別作業を兼ねている.
	41(35)	環境維持	1)着底個体の排水用アンドンネットの目合いを 18 目に交換.
⑨	45(39)	分槽準備	1)消毒液の中和, 水槽の洗浄と注水(20m ³ 水槽・4 面). 2)排水用アンドン(ネット目合い 18 目)およびホースの設置. 3)分槽先的水槽がない場合は, 50m ³ 水槽 2 面のみで飼育を行うためこの作業は不要.
	46(40)	投 餌	1)配合飼料の投餌回数 4 回/日(投餌間隔 2.5 時間).

表 3. (つづき)

作業予定	飼育日数 (DAH)	作業項目	作業内容
⑩	47(41)	分槽	1)20m ³ 水槽へ分槽を行う場合,6~8万尾/槽(全長18mm)を基準に行う。 2)分槽方法 7)バケツまたは金魚用ネット(市販品)により,水槽の表面および隅などに集まった小型個体をすくい,新しい水槽に収容する。 f)1回の作業時間を20~30分程度に決めて2~3人で行う(長時間作業を続けると稚魚の集まりが悪くなり,作業効率が低下する)。 g)飼育尾数にもよるが,2~3日で作業は終了できる。 3)飼育水槽の隅に追いやられた弱小個体をすくい取り,別の水槽に収容するだけで共食いによる減耗および小型個体の成長停滞をある程度防止することができる。
	48(42)	投餌	1)アルテミア幼生投餌終了(全長18mm)。 2)配合飼料投餌間隔3時間。
	51(45)	投餌	1)配合飼料の投餌量を魚体重の4%に減少。
⑪	56(50)	計数	1)飼育水槽の水引き。重量法のサンプルの計数(2~3回)。 2)小型ネットにより,水槽内の稚魚をすくい取りながら,重量法による計数を行い,直ちに移槽先の水槽へ収容(収容密度3,000尾/m ³)。 3)重量法による生残尾数の計数方法 7)100~200g量の稚魚(全長30mmの稚魚で500~1,000尾程度)を1回のサンプル量とし,全重量と尾数を計数する。2~3回のサンプリングを行い,稚魚1尾当たりの魚体重を求める。 f)海水を1/3程度満たしたバケツの重量を測り,そこへ水槽から取り上げた稚魚を収容し,魚体重を測定する。この作業を繰り返し,全量を測定する。 g)取り上げた稚魚の総体重と,サンプルから求めた1尾当たりの魚体重により,取り揚げ尾数を算定する。 c)魚体重の測定に当たっては,測定誤差を少なくするため,小型ネットで稚魚を取り揚げる際,同一人物が同程度の量の稚魚をすくい,同一の時間水切りを行った状態で体重を測定するようにする。
⑫	57(51)	計数	1)飼育水槽の水引き。重量法のサンプルの計数(2~3回)。 2)小型ネットにより,水槽内の稚魚をすくい取りながら,重量法による計数を行い,直ちに移槽先の水槽へ収容(収容密度3,000尾/m ³)。
	60(54)	投餌	1)酒配付予定がある場合,配合飼料の餌止め。
	61(55)	配付	1)酒配付予定水槽の水引き。 2)輸送用水槽への注水(水槽の7分目)。 3)稚魚の取り揚げと輸送水槽への収容。 4)輸送水槽の水位と酸素量の調整。
		投餌	1)残りの個体への配合飼料の投餌量を,魚体重の3%に減少。

4.2.2 淡水クロレラの添加

- 1) 飼育水中のワムシの増加により、ナンノクロロプシスの密度が 200 万細胞/ml 以下に低下した場合は、淡水クロレラまたは濃縮ナンノクロロプシスを新たにワムシの餌料として添加する。
- 2) これらの添加は、ヒラメ仔魚が摂餌するために一定の餌料密度を必要とする期間(7.1 ワムシとアルテミア幼生の投餌方法)を中心に、全長 8 mm 頃までとしている。ただし、全長 8 mm 以降の時期で飼育水中にワムシが残っている場合は、継続して淡水クロレラなどを添加する必要がある(全長 9 mm まで)。
- 3) 淡水クロレラは市販品であるため、随時必要量が確保できる。中空糸濾過膜方式の濾過装置を備えた生産機関では、ヒラメの飼育に合わせて濃縮ナンノクロロプシスを作製する。両者は同じ使い方ができ、共にワムシや仔魚、および飼育環境に悪影響を及ぼすことはない。当マニュアルでは、淡水クロレラを使用する。
- 4) 1 回の添加量は 4~8l、添加密度は 200~400 万細胞/ml 分とする。添加は 1 日 1~2 回行う。ワムシの接種密度が高い場合、およびワムシの増殖が良い場合は、餌料不足とならないように適宜添加量、回数を増やす。
- 5) 淡水クロレラは 200l アルテミアふ化器に収容し、濾過海水 100l および淡水 100l で希釈する。エアーストーン(直径 30 mm × 長さ 50 mm)1 個で通気を行う。添加にはビニールホース(内径 10 × 外径 12 mm が使い易い)を用い、水槽中央のエアレーションの部分から滴下する。ふ化器の出口にはコックを付け、3~4 時間で滴下するよう流量を調節する。添加が終了すれば直ちにふ化器やビニールホース内を淡水で洗浄する。洗浄液は水槽へ滴下する。
- 6) 止水飼育による水分の蒸発を補うため、淡水クロレラの希釈用に 1/2 海水を用いている。蒸発が著しい場合は、淡水のみで希釈している。ヒラメ仔魚の生残は、100% 海水よりむしろ 50~75% 海水で良くなるため^{2,9)}、淡水の添加に躊躇はいらない。
- 7) 飼育水の汚れとともに、水面にワムシ培養水槽と同様の泡が多く見られるようになる(写真 2, p.36)。これらの泡は、クロレラやナンノクロロプシス、ワムシの死骸、および仔魚の排泄物などによって生じると考えられるが、仔魚の成長や生残に何ら影響することはない。しかし、気になる場合は淡水の散水により泡を消すことができ、気休めにはなる。

4.2.3 換水と底掃除

- 1) 換水方式に特に基準はないが、当マニュアルでは排水用アンドン(直径7mmステンレス枠: 40×40×100 cm)と直径(以下, ϕ)50 mmサクシオンホースによる方法を説明する(図6)。50m³水槽では、換水量の増加に伴いアンドンを2ヶ所に設置する。各アンドンには、エアーを嚙んだ場合の安全策と換水量を増加させた場合の対応として、排水用のホースを2本ずつ設置する。
- 2) 排水用ネットの目合いは仔魚の成長に合わせ、MS-30目(メッシュ 25×23in., オープニング 761 μ m)→MS-24目(同 20×20in., 925 μ m)→MS-18目(同 16×16in., 1,243 μ m)と交換する。ネットの目合いは、仔魚の全長が10mmまでならMS-30目を、全長10~15mmではMS-24目を、全長15mm以降ではMS-18目を用いる。全長6mm頃から換水を行う場合は、MS-50目(42×40in., 408 μ m)を使用する。後期飼育では、配合飼料の排泄物によりネットの目詰りが著しいので、2~3日ごとに洗浄する。
- 3) 1日の換水量は以下の基準で行う。全長9mm以前に換水を開始する場合、換水は昼間のみ行い、換水量は30~50%/槽とする。全長9mm以降は終日の換水を行い、換水量は100%/日、また配合飼料を投餌する全長10mm以降は150%以上/日とする。特に、配合飼料のみで飼育する時期は、換水量は可能な限り多くすることが望ましい。
- 4) 前期飼育では、原則として底掃除は行わない。底掃除は、注意深く行ったつもりでも底の汚れを巻き上げることになり、それが水質を悪化(物理的、化学的および細菌学的に)させる要因となる可能性が強い。
- 5) 全長9mmから100%/日以上の換水を行い、配合飼料を投餌する全長10mmまでに飼育水を透明にする。この時、水槽底のほぼ全面に汚れが固まって数cmの厚さで層を成しているのが見える。天気の良い場合はこれに空気の泡が着き、一部が剥がれて浮き上がることがあるので、これを目視により掃除することが必要である。
- 6) 後期飼育では、適切な投餌量であれば水槽底の汚れも少なく、また稚魚が底をかき回すのでゴミや排泄物は水槽の数ヶ所に固まる。底掃除として、時々これをサイフォンで吸い出す。ただし、中間育成時で水温が24℃を超えてくると、エドワジエラ症(*Edwardsiella tarda*)¹²⁾の温床となるので、底質の環境維持には特に注意が必要である。

4.3 環境測定

長期の止水飼育に伴う飼育環境の悪化の程度を把握するために環境測定を行う。

- 1)前期飼育では、水温、pH、溶存酸素(以下、DO)、およびTA-Nを測定する。環境測定で最も重要な項目は水温とTA-Nであり、換水開始のタイミングを知るために「ほっとけ飼育」ではこの2項目は必ず測定した方が良い。
- 2)高濃度のナンノクロロプシスの添加および維持により、pHとDOは飼育初期には増加するのではないかとの予想が大きいですが、これまでの止水飼育の経過では、いずれも低下傾向のみが認められている。pHは、7.3～7.5程度まで低下するが、仔魚への悪影響は認められていない。DOは、9ヶ所のエアレーションで表層、底層とも6ppm以上は維持される。
- 3)前期飼育では、ナンノクロロプシス密度(途中からはクロレラ密度)およびワムシ密度を測定する。
- 4)後期飼育は流水で飼育を行うため環境の悪化はほとんど認められず、環境測定は水温の測定のみで十分である。

4.4 投 餌

前期飼育では、飼育水槽へのワムシの接種、およびワムシの密度が低下した場合にワムシとアルテミア幼生の投餌を行う。後期飼育では、主として配合飼料の投餌を行う。

4.4.1 生物餌料の投餌と栄養強化

- 1)ワムシの接種については、「2.2.5 ワムシの接種と増殖密度」および「2.3.2 ワムシが増殖しない」に示した。生物餌料の投餌方法は、「6.投餌スケジュール」および「7.1 ワムシとアルテミア幼生の投餌方法」にそれぞれ示した。
- 2)ワムシは、ナンノクロロプシス(1,500～2,000万細胞/ml)のみで6時間以上24時間以内の栄養強化を行う。栄養強化の途中でナンノクロロプシス密度が低下した場合は、濃縮ナンノクロロプシスを添加するか、新たに植え替える。濃縮ナンノクロロプシスがない場合は、n-3HUFAを強化した淡水クロレラで代用できる。
- 3)「ほっとけ飼育」では、アルテミア幼生の栄養強化は、可消化処理クロレラ(マリンオメガA:日清サイエンス)のみで行っている。マリンオメガAの添加量は 2.5 l/m^3 とし、6時間以上の強化を行う。投餌までにマリンオメガAの密度が低下した場合は、新たに添加する。強化の時間が24時間を超える場合は、必ず植え替えを行う。

- 4)生物餌料の投餌に当たっては、栄養強化を行った際の培養水が極力飼育水槽内に混入しないように注意する。投餌のため収穫ネットに取り上げた餌料は、飼育水槽内への雑菌の持ち込みを防止するため、濾過海水(できれば紫外線で殺菌した)で十分に洗浄する。
- 5)特にワムシで、一次培養にパン酵母を餌料として併用する場合は、培養水の雑菌やワムシの体内に残ったパン酵母を飼育水中に持ち込まないように、投餌前にはナンノクロロプシスで栄養強化を兼ねた二次培養が必要である。

4.4.2 配合飼料の投餌

- 1)配合飼料の投餌方法は、「7.2 配合飼料の投餌方法」に示した。
- 2)全長 10 mmからの配合飼料の餌付けでは、飼育水を懸濁させるように投餌するため、2日目頃から水槽の底や壁面に水カビ様物質が発生し、飼育水も若干白濁して異臭がする場合がある。これは明らかに配合飼料の投与過剰である。この場合、配合飼料の投餌量と回数を減らし、アルテミア幼生の投餌量を増し、さらに換水率を上げることで対処できる。
- 3)しかし、餌付け時に配合飼料の過剰投与で水槽が汚れるのは仕方がない。多少の汚れであれば気にすることなく、早急に餌付けを完了させ、さっさと移槽してしまう方が良い。配合飼料に餌付かせてしまうと、無駄な投餌がなくなるため、新しい水槽での汚れは減少する。これまで、餌付け期間の環境悪化で疾病が出現した例はない。

4.5 成長と生残の測定

飼育作業を行う時期の判断や、各餌料の投餌期間および投餌量を決定するため、定期的な全長の測定および生残尾数の計数が必要である。

全長の測定では、前期および後期飼育とも5日間隔で行っているが、測定尾数や間隔に特に基準はない。

生残尾数の計数は、前期飼育では容量法により行う。後期飼育の計数法には、重量法と比色法¹⁴⁾がある。比色法は、容器に入れたヒラメ稚魚の色の度合いで尾数を推定する方法であるが、計数に人手と時間が掛り、さらに推定値に計数者の主観が入り込むため現在では行っていない。ここでは重量法について説明する。

4.5.1 容量法による生残尾数の計数

- 1)容量法では、夜間にφ 50 mmの塩ビパイプで水槽の十数ヶ所から柱状サンプリングにより 60l程度の採水(水槽容量の約 1/750)を行い、採水中に含まれるヒラメ仔魚数から全体の数を推測する。
- 2)採水の際、パイプを水槽の底まで突っ込むと、底層の汚物を吸い込んだり、または巻き上げる可能性があるので注意を要する。
- 3)容量法は、他の魚種も含めて、浮遊期仔魚の計数方法として最も一般的に用いられている方法である³⁾。

4.5.2 重量法による生残尾数の計数

- 1)重量法による計数は、分槽時や配付前に行う。まず、計数のための準備として、水槽の水を 20cm 程度まで引く。水を引いている間にサンプルの計数を行う。500～1,000 尾程度の稚魚数(全長 20 mmの稚魚で 30～60g 量、全長 30 mmで 100～200g 量)を目安にサンプリングを行い、全魚体重と個体数を計数する。
- 2)この時、水槽の上層にいる個体は小型個体が多く、大型個体は水槽底に分布するので、サンプリングに偏りがないように注意する。2～3回のサンプリングを行い、1尾当たりの重量を求める。
- 3)水槽の水が引けたら、50m³水槽なら 2人、20m³水槽なら 1人が素足で中に入る。長靴を履いているとヒラメを踏み潰す危険性がある。予め濾過海水を 1/3 程度入れたバケツの重量を測り、この中へ小型の金魚用タモ網ですくったヒラメを入れ、重量を測る(写真 3, p.36)。この作業を繰り返し、取り上げた稚魚の総重量と、サンプルから求めた 1尾当たりの魚体重から生残尾数を算定する。
- 4)タモ網による取り揚げは、全長 20 mm以上の稚魚について行っている。初生鱗が出現する体長 18 mm以上¹³⁾では、この取り扱いに十分耐える。なお、取り揚げ時の擦れを防止するため、ネットの枠を水槽の底面に着けず、心持ち浮かした状態でヒラメをすくうようにする。ヒラメが底面や壁面に張り付いている場合は、手または足で水を煽ってやるとヒラメは浮き上るので、すかさずそこをすくう。
- 5)計数作業には、ヒラメをすくう係の他に、バケツを運ぶ係と重量を測定し記録を取る係をそれぞれ 1人ずつ必要とする。ヒラメ重量の測定に当たっては、測定誤差を少なくするため、ヒラメの取り揚げは同一人物が担当し、1回にすくう量、水を切る時間、およびバケツに入れる量を一定にする必要がある。

4.6 移槽と配付

移槽には、移槽と分槽の作業がある。前期飼育では底掃除を行わないため、全個体を新しい水槽に移槽して着底させる。また、着底以降は、共食いの防止と飼育密度の低減を図るため分槽を行う。配付とは、種苗を取り揚げて輸送用のトラックに積み込み、送り出すまでの作業を指す。

4.6.1 移 槽

- 1) 移槽は、前期飼育終了後の配合飼料に餌付いた浮遊仔魚を、新しい水槽で着底させるために全個体を移動する作業である。移槽は、夜間に電灯で集めた仔魚をサイフォンで新しい水槽に移す方法で行うが(図 6)、準備は日中から開始する。
- 2) まず、移槽先の水槽(以下、B 水槽)を準備する。できれば、ヒラメを飼育している水槽(以下、A 水槽)のすぐ横の水槽を移槽先として予定しておく。B 水槽に濾過海水を注水し、排水アンドンおよび排水用のサクシオンホース(以下、排水ホース)を設置する。低水温期は加温による水温調整を行う。まだ排水はしない。なお、B 水槽の水位は、A 水槽より数 cm 高めにする。
- 3) 移槽用のサクシオンホース(以下、移槽ホース)を準備する。移槽ホースの吸引側(A 水槽側)には、 $\phi 50$ mm(または $\phi 40$ mm)の塩ビパイプを差し込み(差し込むには若干の苦勞を要する)、さらにこの先をバーナーなどで熱しながらロート状に広げておく(酒瓶の肩の部分を利用して成型する)(写真 4, p.36)。さらに、カッターやヤスリで口の部分を削って滑らかにしておく。移槽ホースの長さには基準はないが、設置した時に B 水槽の底に垂れ下がらない程度の長さにする(図 6)。
- 4) 移槽ホースの排水側(B 水槽側)の先端にロープを付け、ロープの先を仮止めする。移槽ホースを B 水槽へ一旦全部沈める。ホースのロート口を手で押さえ、空気が入らないように注意しながら、ホースの U 字部+1m ほどを A 水槽へ移す(図 6)。この時、ホースが A 水槽へ入りすぎると、底の汚物を巻き上げることになる。この段階では、サイフォンが効けば飼育水は B 水槽から A 水槽へ流れ、ホースに入った空気は A 水槽側へ排出される。ロート側に取り付けたロープは、水槽の上に渡した角材などに固定する。
- 5) B 水槽から排水を開始する。排水ホースの排水口は、両水槽の水位が同じ程度になる位置にする。この時、A 水槽側では注水(換水量 150%/日)と排水を行っている。この状態で、 50m^3 水槽の場合は 1 時間ほど放置すると水位が安定するので、A 水槽からの排水を一旦止める。水位バランスの調整は、ヒラメ仔魚がホースの中を 15~20cm/秒で移動するのを目安に、速度が速い場合は A 水槽側からの排水により水位を調節する(なるべく注水量での調整はしない)。移動速度を 30~60 分ごとに

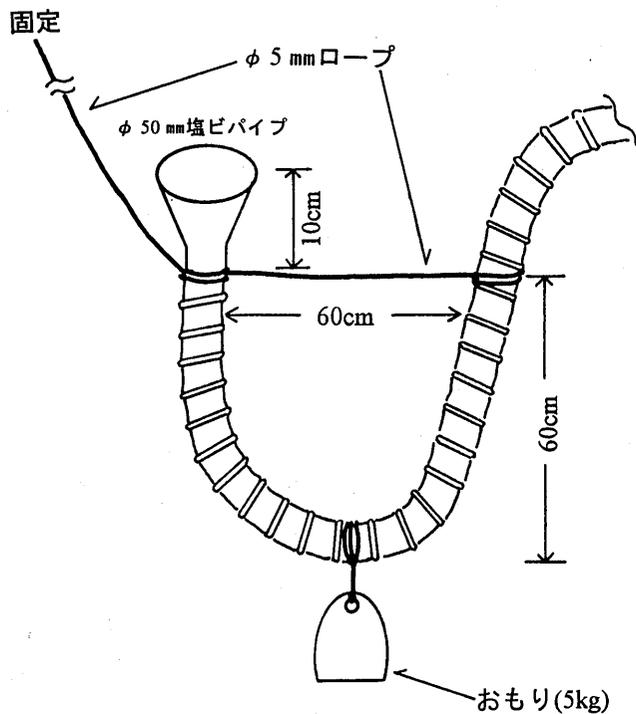
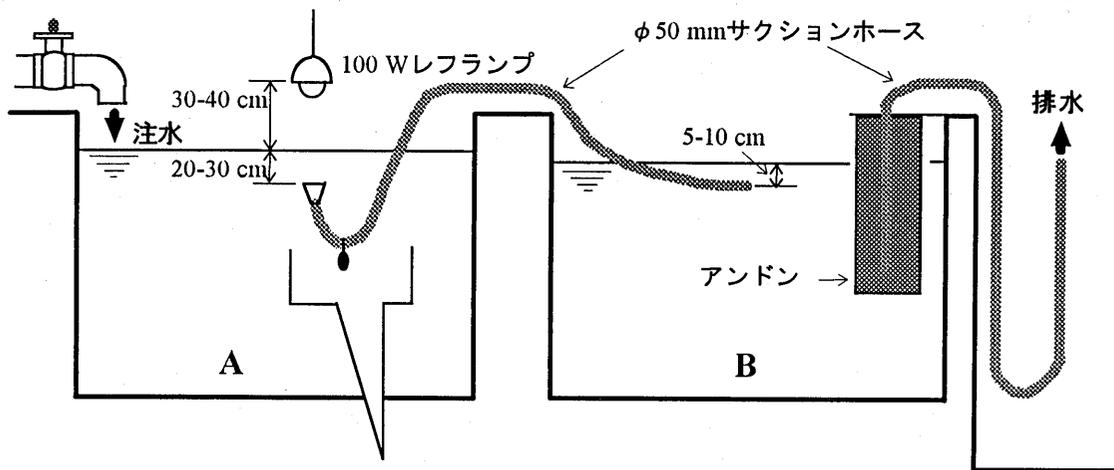


図6. 浮遊期仔魚の移槽方法と移槽用サイフォン。
 A水槽：移槽元（飼育中の水槽），B水槽：移槽先（新しい水槽）
 移槽方法の詳細は「4. 6. 1移 槽」参照。

確認し、排水口の位置の微調整を行う。水槽同士が近接している場合は、水位差は1cm程度である。

- 6) 移槽ホースのロート部は、水面と水平に水深20~30cmの位置に固定する。排出側は、吐き出される仔魚のスピードを観察し易いように、水深5~10cmの位置に固定する(図6)。日中は、仔魚は水槽の隅などに大きなパッチを形成するので、ロート部を移動しながらこれを吸ってもよい。この時、エアーレーションの気泡を吸わないように注意する。
- 7) 夜間移槽の準備として、100Wレフランプをロートの真上、水面上30~40cmに設置する。吸入口回りのエアーレーションを止める。夜間には一度見回りを行い(20:00~21:00の間)、ホースへのエアーの溜まり具合を確認する。エアー溜りが多い場合は、エアー抜きを行うとともに、エアーレーションの位置、ロートまでの水深(浅ければ渦が生じ水面から空気を吸い込む)を確認し、調整する。集魚灯および吸入口は、水槽の隅よりも中央に設置の方が仔魚の集まりが良い。
- 8) B水槽に半数以上のヒラメ仔魚が移槽された段階で(通常は翌朝)、水質が悪化しないようにB水槽からの注水を開始する。換水に伴って、両水槽の水位バランスを調整する。
- 9) 移槽に要する日数は、20m³水槽では1昼夜、50m³水槽では2昼夜である。水槽容量が大きくなるほど移槽の効率が悪くなるが、残り尾数が1万尾以下(目視で判断)であれば移槽を終了する。3日目以降は着底個体が出現し始めて移槽が難くなる。

4.6.2 分 槽

- 1) 移槽後に約半数の着底を確認した時点で、残りの浮遊個体を分槽する(1回目の分槽)。この時の分槽は「4.6.1 移槽」と同様の方法で行う。分槽先としてA水槽を用いるため、前回の移槽後直ちに消毒と洗浄を行っておく。
- 2) 共食いの防止を目的とした分槽は、着底以降の時期に水槽の表面および隅などに集まった小型個体を、バケツや金魚用タモ網ですくい、新しい水槽(20m³水槽)に收容する方法で行う。この作業は長時間続けると作業の効率が低下するため、1日20~30分程度が適当である。この時、より多くの生残を望む場合は、ネットなどを用いた選別³⁾を併用すると良い。
- 3) 收容尾数は、全長18mmで20m³水槽当たり6~8万尾(4,000~5,000尾/m³)を基準に行う。收容尾数は、重量法(4.5.2重量法による生残尾数の計数)により求めてもよいが、慣れると目視で推定できる。

4)分槽した水槽も、成長と共にまた弱小個体が出現する。さらにこれらをすくって新しい水槽へ分槽し、飼育密度を下げていく。収容密度は、全長 30 mm時で 3,000 尾/m³を基準に行う。

4.6.3 配 付

- 1)配付に供する種苗は、配付予定日の 2~3 日前に重量法により計数し、3,000 尾/m³を基準に 20m³水槽へ分けて収容する(50m³水槽では取り揚げ時の効率が悪い)。収容には、水槽に設置した小割網が用いられる例も多い。この方法は、配付の際の取り揚げ作業が容易であり、作業時間が大幅に縮小できるが、水槽への直接収容に比べ収容できる尾数が少ない。
- 2)配付 24 時間前で給餌を止め、配付当日はサイフォンによる底掃除を十分に行い、斃死個体や排泄物などを取り除いておく。取り揚げのため水槽の水を引く。この間に輸送用水槽への注水(約 7 分目まで)、および酸素分散器などの準備を行う。水位が 15~20cm まで引けたら、2 人が素足で中へ入る。タモ網ですくったヒラメをバケツへ入れ、これを直ちに輸送用水槽へ運び均等に収容する。この時飼育水が輸送用水槽に入らないよう、バケツにはあまり水を入れない。または、予めバケツに濾過海水を入れておく。
- 3)取り揚げは 10~15 分/槽程度で終了する。「ほっとけ飼育」で作ったヒラメは強く、この方法でこれまでスレなどで斃死した例はない。輸送用水槽に均等に種苗を収容し終われば、満水まで濾過海水を加え、酸素の流量を調整し、トラックを送り出す。



写真 1. ふ化後 5 日目頃の飼育水の状態。
ナンノクロプシスやワムシの死骸、
仔魚の排泄物などが水面に集まり始
めている。



写真 2. ふ化後 15 日目頃. 飼育水の汚れ
はさらにひどくなり、白い泡状にな
り水面を覆っている。水槽中央の
200l アルテミアふ化槽は淡水クロレ
ラの添加用。



写真 3. 重量法によるヒラメ稚魚の計数。
ネットですくったヒラメは 10~15
秒程度水気を切ってから、予め計量
したバケツに入れて重量を測定する。
この程度の取り扱いでは、稚魚に影
響しない。



写真 4. 移槽用サイホン(直径 50 mm)の吸引
側には直径 50 mm の塩ビパイプを差し
込み、さらにパイプの先を広げてヒラ
メ仔魚が吸い込まれる際の衝撃を減
じるようにしてある。

5. 飼育水槽の使用計画

1) 当マニュアルで使用する水槽

当マニュアルで 50m^3 水槽を用いるのは、以下の理由による。

全長 10 mm からの配合飼料への餌付けには、仔魚の收容密度が高い方 ($1\text{万尾}/\text{m}^3$ 以上) が適している。従って、 50m^3 水槽にふ化仔魚 100 万尾を收容すれば、全長 10 mm 時点で餌付けに適した生残 (生残率 80% で密度 $1.8\text{万尾}/\text{m}^3$) が期待できる。さらに、最終的に生産目標である全長 30 mm, 40~50 万尾の達成が可能である。

2) 使用水槽の具体例

飼育に用いる水槽のスケジュールを図 7 に示した。当マニュアルでは、 50m^3 (実水量 45m^3) 水槽 1 面で飼育を開始し (図 7, B), 移槽用水槽 1 面 (50m^3) と分槽用 20m^3 水槽 4 面 (実水量 16m^3) の使用を想定している。着底直前 (ステージ G~Ha¹⁴) で全個体を同容量の水槽へ移槽する (図 7, F)。このため、「ほっとけ飼育」では、必ず同容量の水槽 2 面を必要とする。新しい水槽へ移槽した個体の約半数の着底を確認後、残り半分の浮遊仔魚を洗浄した元の水槽へ分槽する (図 7, G)。稚魚の成長に伴い、小型個体を 20m^3 水槽 4 面へ順次分槽する (図 7, H)。分槽先の水槽がない場合は、 50m^3 水槽 2 面で飼育を継続する。

3) 「ほっとけ飼育」に使用できる水槽の大きさ

「ほっとけ飼育」は生産尾数の多寡に合わせて、各種の水槽レベル ($1\sim 50\text{m}^3$) に応用可能である。1996 年は 1m^3 水槽 3 面で、約 10 万尾 (生残率 59%) の着底稚魚を生産した (未発表)。一方、 50m^3 以上の水槽での飼育例はまだないが、 100m^3 レベルの大型水槽では夜間の電灯下への仔魚の集まりが悪く、当マニュアルに示した移槽方法 (4.6.1 移槽) では 2~3 日間で移槽が終了できない可能性がある。より大型水槽への適用には、まず移槽方法の改良が必要である。逆に、 5m^3 以下の水槽では、サイフォンによる移槽より着底直前の底掃除を十分に行い、そのまま着底させる方が作業の面でも効率的である。

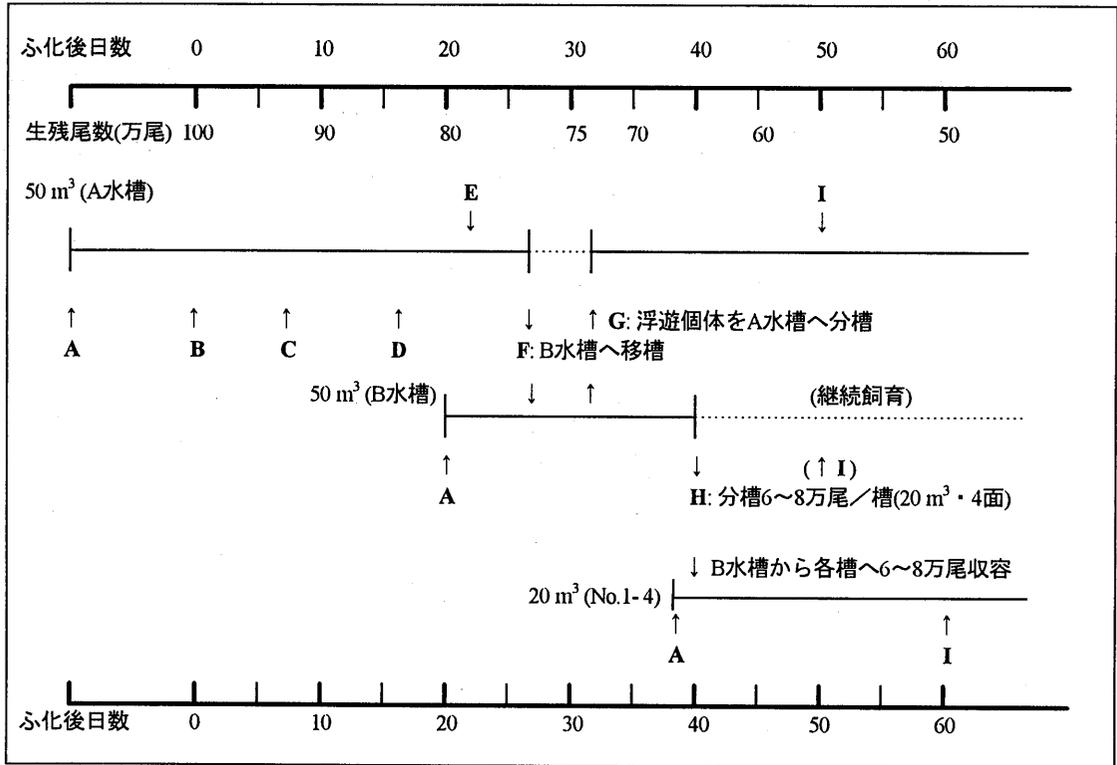


図7. 飼育水槽の使用予定.

50m³水槽2面、および20m³水槽4面を用いる場合の飼育例.

- A: 飼育水槽の準備作業. 特に、一度種苗生産に使用した水槽を再度用いる場合は必ず次亜塩素酸ソーダによる消毒を行う.
- B: ヒラメ卵ふ化予定(ふ化後0日目). ワムシの接種.
- C: 淡水クロレラ、または濃縮ナンノクロロプシスの添加開始.
- D: アルテミア幼生投餌開始.
- E: 配合飼料投餌開始.
- F: 全個体の移槽.
- G: 約半数の着底個体を確認した後、浮遊個体を分離する(1/2量の分槽). 移動の方法はFの移槽と同様.
- H: 水槽の表面や隅にパッチを作る小型個体を、バケツや金魚用ネット等ですくい取り、新たな水槽へ移槽する. 分槽先の水槽がない場合は、50m³水槽2面で継続して飼育を行う.
- I: 重量法による生残尾数の計数.

6. 投餌スケジュール

ヒラメ仔魚によるワムシの摂餌量が増大し始めるふ化後 10 日目から、配合飼料のみでの飼育になる 43 日目までの毎日の投餌予定を表 4 に示した。

ふ化後 17 日目までのワムシ投餌の有無は、飼育水中のワムシ密度から判断して行う。配合飼料に切り替える前の 2~3 日間(ふ化後 18~20 日目)は、アルテミア幼生の単独投餌とする。配合飼料への餌付けは 3~4 日間(ふ化後 21~24 日目)は午前中に集中して行う。配合飼料への餌付けを確認後は、配合飼料中心の投餌を行う。

これらの投餌方法については、次章に示した

表4. 投餌スケジュール

飼育日数 (DAH)	投 餌 時 間						投 餌 量		
	8AM	10	12	14PM	16	18	R (10 ⁸)	Ar (10 ⁸)	AD (g)
16(10)		(R)				(R)	(6.0)		*1
17(11)		(R)				(R)	(6.0)		
18(12)		(R)				(R)	(6.0)		
19(13)		(R)				(R)	(6.0)		
20(14)		(R)		(Ar)		(R)	(6.0)	(0.4)	*2
21(15)		(R)		(Ar)		(R)	(6.0)	(0.6)	
22(16)		Ar		Ar		(R)	(4.0)	0.8	*3
23(17)	Ar		Ar		Ar	(R)	(4.0)	1.2	
24(18)	Ar		Ar		Ar			1.6	*4
25(19)	Ar		Ar		Ar			2.0	
27(21)	▲▲▲	▲	▲	▲	Ar	Ar	Ar	1.5	*5
28(22)	▲▲▲	▲	▲	▲	Ar	Ar	Ar	1.5	
29(23)	▲▲▲	▲	▲	▲	Ar	Ar	Ar	1.5	
30(24)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	Ar	1.0	*6
31(25)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	Ar	1.0	
36(30)	▲		▲		▲		▲	Ar	*7
46(40)	▲		▲		▲		▲	Ar	
49(43)	▲		▲		▲		▲		

R : ワムシ, Ar : アルテミア幼生, AD : 配合飼料, ▲ : 配合飼料の投餌。

() 内の投餌は、飼育水中のワムシ密度を見ながら適宜行う。

*1~*7は「7. 餌料の投餌方法」参照。

7. 餌料の投餌方法

7.1 ワムシとアルテミア幼生の投餌方法(表 4, *1~4)

7.1.1 生物餌料投餌の基本方針

- 1) ワムシ投餌は、飼育水槽内での自然増殖分に対応することを基本としている。しかし、ワムシの増殖が不調である場合、ワムシ密度が 0 または 0 に近い値まで低下した時点でワムシの投餌を開始する。
- 2) アルテミア幼生の投餌は、仔魚の摂餌および消化能力が向上すると考えられる全長 8 mm¹⁴⁾ から開始するのを基本としているが、ワムシの増殖が不調の場合は全長 7 mm (ふ化後 14 日目頃) から与えている。
- 3) 生物餌料の投餌方法は、ヒラメ仔魚の摂餌能力によって異なり、全長 8 mm までは一定の餌料密度を維持する方法が必要である(密度維持方式)。ヒラメ仔魚に必要な餌料密度は、ワムシでは 5 個体/ml 以上とされているが、この密度は他の魚種でもほぼ共通した値である¹⁵⁻¹⁷⁾。
- 4) 全長 8 mm 以上の仔魚では眼径の相対成長比が増し、口裂長(Mouth cleft)が口幅長(Mouth breadth)より大きくなるなど、餌料を見つけ捕食する能力が向上する¹⁴⁾。また、それまで直線状であった消化管が回転し、胃の分化が進む。仔魚は密度に関係なく餌料を見つけて捕食し、投餌した餌料をすべて食い尽くすことができるようになる。この時期の投餌方法は、必要十分量の餌料を与える方法にし、かつ与える量は一定時間内(30~60 分程度)に食い切る量とする(食い切り方式)。

7.1.2 全長 7 mm までにワムシ密度が低下した場合の投餌方法(*1)

- 1) この時期の餌料はワムシのみとし、常に十分量が摂餌できるようにする(密度維持方式)。
- 2) 1 回の投餌量は、ワムシ密度を 5 個体/ml 以上維持できるような量とする。ただし、実際の飼育では、便宜上 50m³ 水槽では 3~4 億個体/回(添加密度として +7~10 個体/ml)と決めて行う場合が多い。
- 3) 1 日の投餌回数は、収容尾数や換水率の状態によって異なる。ヒラメ仔魚 100 万尾の収容であれば 1 日 1 回、朝(3 億個体)の投餌で充分であると思われるが、摂餌量の増大に伴い夕方(3~4 億個体)および昼間の投餌を加える(投餌回数 1~3 回/日)。なお、夕方の投餌量は朝より多めにする。

- 4)この時期のヒラメ仔魚では、ワムシの飽食状態から排泄までに約3時間を要する⁵⁾。当マニュアルでは、ワムシの栄養強化はナンノクロプシスのみで行い、脂溶性ビタミンやn-3HUFA(n-3系高度不飽和脂肪酸)による強化は基本的に行っていないが、有眼側の体色異常出現への影響はこれまで認められていない^{4,9)}。

7.1.3 全長7～8mmの間にワムシ密度が低下した場合の投餌方法(*2)

- 1)ワムシの投餌方法は*1と同様である。
- 2)アルテミア幼生の投餌量は、投餌初日はアルテミアに慣らす程度とし、1回の投餌量を10～20個体/尾としている。しかしこの時期の仔魚では、アルテミア幼生の摂餌の際にも一定の餌料密度を必要とするため、アルテミア幼生の摂餌を確認すれば、50m³水槽では1回の投餌量を4,000万個体以上(餌料密度1個体以上/ml)としている(密度維持方式)。
- 3)初回の投餌ではアルテミア幼生への餌付きが悪く、昼間に投餌した一部が翌朝まで残ることがある。しかし、2回目以降の投餌では、仔魚もアルテミア幼生に慣れて摂餌に要する時間は短くなり、また摂餌量も増加するため、適宜投餌量を増やしていく(密度維持方式から食い切り方式への転換)。
- 4)アルテミア幼生の栄養強化は、マリンオメガAのみで行う。これまでの試験結果では、マリンオメガAによる強化方法に脂溶性ビタミンやn-3HUFAの強化を付加しても、有眼側体色異常の防除に更なる効果は認められていない⁹⁾。

7.1.4 全長8～9mmの間にワムシ密度が低下した場合の投餌方法(*3)

- 1)全長8mm以上の仔魚では、摂餌能力の向上に伴い、より大型の餌料に嗜好性が示されるため、ワムシに替えてアルテミア幼生中心の投餌となる。投餌方法は食い切り方式とする。
- 2)この時期の仔魚の消化時間(飽食してから空胃になるまで)は、ワムシで約1.5時間、アルテミア幼生で約3時間を要する。従って、この時間が投餌間隔の基準となる。
- 3)食い切り方式によるアルテミア幼生の投餌方法では、常に飽食にある状態は避け、投餌→摂餌→消化→排泄→空胃→投餌の順になるように、摂餌された餌料が十分に消化・吸収されるだけの時間を与えるように注意する。短い間隔で投餌すると、摂餌の際に消化管内容物が未消化の状態排泄される。

- 4)従来の飼育方法では、常に飽食状態にするような投餌方法を行ってきたが、当マニュアルでは仔稚魚を空胃状態におくことを重視している。一般に、人工種苗は投餌過多から肥満傾向にあること(心臓肥大も指摘されている)¹⁸⁾、天然では常に飽食できる状態にはなく、飢餓に対する適応力はかなり大きいと思われることから、適度な空腹が重要であると考えている。ただし、日中の空胃時間をあまり長くすると、水中の気泡を飲み込む状態が見られる。
- 5)最終の餌料としてワムシを 16:00~16:30 の間に与え、日没後に空胃になり、夜間は空腹状態になるようにしている。仔魚の摂餌状態^{19,20)}からは、夜明けとともに摂餌可能な状態にする必要があると考えられるが、飼育作業の合理化を目的とした当マニュアルでは、朝の投餌は 8:00 以降としている。これまでタイマーと電磁弁を組み合わせた自動投餌器でアルテミア幼生を早朝から与える比較試験を行ったが、特に成長や生残を高める効果は認められていない。

7.1.5 全長 9~10 mm 間の投餌方法(*4)

- 1)全長 9~10 mm 間は、アルテミア幼生のための投餌としている。一般に、アルテミア幼生の単独投餌による飼育では、n-3HUFA の欠乏が生じ、大量斃死の一因になることがヒラメやイシダイ、マダイで報告されている^{21,22)}。しかし、当マニュアルの飼育方法では、単独投餌の期間が 2~3 日間であるため、これまで指摘されてきたような悪影響は認められていない。
- 2)「ほっとけ飼育」では、餌料の培養に要する緒作業の省力化を優先するため、ワムシの投餌は全長 9 mm で終了する。しかし、ワムシに余裕がある場合は、全長 10 mm までアルテミア幼生と併用して与えることに問題はない。
- 3)アルテミア幼生の 1 回の投餌量は、投餌したアルテミアが約 30 分で食い尽くされる程度の量とする。全長 10 mm の仔魚では、仔魚 1 尾当たりアルテミア幼生 60 個体程度を 1 回の投餌量の目安としている。
- 4)この時期の仔魚がアルテミア幼生の消化に要する時間は約 2 時間で、これに空胃時間の 1 時間を加えた 3 時間を投餌間隔の目安としている。ヒラメ仔魚約 80 万尾の飼育では、アルテミア幼生の投餌基準を 1 日 4 回、1 回 4,000~5,000 万個体としている。

7.2 配合飼料の投餌方法(表 4, *5~7)

7.2.1 配合飼料の位置付け

- 1)ヒラメの種苗生産が開始された頃には、生産過程における餌料系列の基本パターンは、ワムシ→アルテミア→魚肉ミンチの順に行われてきた。しかし、配合飼料は近年の飛躍的な品質の向上により、アルテミアや魚肉ミンチに代わる餌料として実績を上げている。また、配合飼料は魚肉ミンチに比べ総合的な栄養価はもとより、経済性、作業性および保存性などにおいてより優れた餌料であるといえる。
- 2)ヒラメ仔稚魚では、生物餌料のみを与えて飼育すると、物理的な刺激に対して過剰に反応する個体が多く出現し、死に至る場合も多い。一方、浮遊期から配合飼料を摂餌させることにより、移槽や計数の際の取り扱いに対して強い種苗となり、また有眼側の体色異常個体の出現率が低下する。しかし、配合飼料の投餌回数を増やすことで生物餌料の投餌比率が低下すると、無眼側の体色異常の出現が増加する傾向が指摘されている¹⁰⁾。
- 3)配合飼料の投餌開始時期は、各生産機関により全長 6 mm²³⁾、10 mm²⁴⁾および 12 mm²⁴⁾などの差が見られる。「ほっとけ飼育」では、着底直前に新しい水槽へ全個体を移槽する飼育方法を行っているため、配合飼料への餌付け期間は平均全長 10 mm とし、11 mm で移槽を開始する⁴⁾。なお、平均全長 12 mm では一部に着底個体が出現し、これらの個体は負の走光性を示すため集魚灯による移槽が不可能となる。
- 4)配合飼料投餌の基本方針は、飽食させず、消化時間を十分に与えることにおいている。

7.2.2 全長 10 mm からの配合飼料への餌付け方法(*5)

- 1)配合飼料への餌付け開始は全長 10 mm からとし、11 mm までの 3~4 日間(餌付け期間)でほぼ完全に餌付けを完了させる⁴⁾。
- 2)餌付け期間の投餌は午前中に集中して行う。この期間の投餌量は、収容尾数に対する必要量より飼育水に対する懸濁密度を重視している。これまでの飼育経過から、餌付け期間初日の投餌量は仔魚の体重(湿重量)の 10% 量とし、以降は摂餌状態を見ながら 7% まで減少させる⁴⁾。
- 3)配合飼料の投餌回数は午前中に 6 回とし、最初の 3 回は 30 分間隔で、その後は 1 時間間隔で行う。朝一番の投餌は特に丁寧に行い、飼育水全域に懸濁するように時間(10~15 分程度)をかけて行い、1 日の全投餌量の約 30% を投与する。2~6 回目の投餌で、残り 70% の配合を等分して与えるが、1 回の投餌に要する時間は 5 分程度である。

- 4)生物餌料の投餌は午後に行う。アルテミア幼生を3回程度、それぞれの消化、排泄の状態を見ながら投餌する。この時期、アルテミア幼生の消化時間は約1.5時間程度である。アルテミア幼生の投餌量は、仔魚1尾当たり100個体を基準にしている。
- 5)配合飼料と併用する生物餌料として、1992年までは養成アルテミア(冷凍)を用いていたが、アルテミアを養成するための作業手間を省略し、作業の簡素化を促進するため、1993年以降はアルテミア幼生のみを用いている。
- 6)配合飼料への餌付きの状態は、これまでの飼育結果では、投餌初日から3~5%程度の個体で摂餌が見られる。摂餌個体は毎日増加し、順調であれば投餌開始から3日目には90%以上の個体で摂餌が見られる。

7.2.3 配合飼料中心の投餌方法への切り替え(*6)

- 1)配合飼料への餌付きが確認されたら、投餌間隔を1.5時間にし、午後も配合飼料を与える(投餌回数1日で6回)。この時期の仔魚は与えた配合飼料を十分に摂餌するので、投餌量=摂餌量と考え、投餌量は魚体重の5~7%程度とする⁴⁾。
- 2)投餌方法は*5と同様に、朝一番目の投餌に重点をおき、1日の総投餌量の約1/3量を与える(10分程度)。2~6回目の投餌では、1回の投餌時間は4~5分程度で良く、軽く食わせる程度に与える。
- 3)生物餌料(アルテミア幼生)は夕方に最終の餌料として与え、配合飼料を十分に摂餌できなかった弱小個体が生き残るための餌料として必要である。しかし、無眼側の体色異常を防除するためには、従来の配合飼料を中心とした飼育方法から、より生物餌料の投餌比率を増した飼育方法へと改良していく必要がある¹⁰⁾。

7.2.4 着底以降の投餌方法(*7)

- 1)十分に配合飼料に餌付いた段階(全長12mm以降)では、配合飼料の投餌間隔を2時間にし、十分な消化時間を与える(投餌回数5回/日)。
- 2)投餌方法は*5および*6と同様に、朝一番の投餌に重点をおく(20分程度)。ヒラメの摂餌状態を見ると、マダイ等と異なり、積極的に餌を捜して餌に集まる個体は少なく、むしろ目の前にきた餌を摂るという傾向が強い。また、一つの餌を摂れば、次の餌を摂るまでに若干の時間を要する。このため、配合飼料の投餌に際しては少しずつ丁寧に、ヒラメの集まり具合を見ながら散布する必要がある。従って、ヒラメの成長に伴い摂餌量が増加すれば、十分に摂餌させるためには1回の投餌に要する時間が長くなる。

3)全長 18 mm頃には投餌間隔を 3 時間程度にし、投餌回数を 4 回/日とする。また、18 mm以降では生物餌料を切り、配合飼料のみの投餌で十分飼育が可能である。なお、全長 30 mm以降の配合飼料の投餌回数は成長とともに減らし、50～70 mm頃には 3 回/日、70～100 mmで 2 回/日、100 mm以降では 1 回/日とする⁴⁾。

8. 配合飼料の投餌基準

配合飼料の1日の投餌量の算出方法として、魚体重に対する割合から求める方法と、これまでの投餌結果の平均的な値を基準とする方法とを示した。

8.1 魚体重からの投餌量の算定

魚体重から配合飼料の投餌量を求める方法は、ヒラメ仔稚魚の平均全長の測定結果から魚体重(湿重量)を換算することで行う。1993年の種苗生産の過程で測定したヒラメ仔稚魚の全長と湿重量の関係から、配合飼料の投餌を開始する全長10mm以上の回帰式を図8に示した。全長(TL: mm)と湿重量(WW: mg)の関係は以下の式で示される。

$$10.0 \leq TL \leq 70.1 \text{ mm} \quad WW = 0.0073 TL^{3.0119} \quad (r = 0.999, \quad n = 180)$$

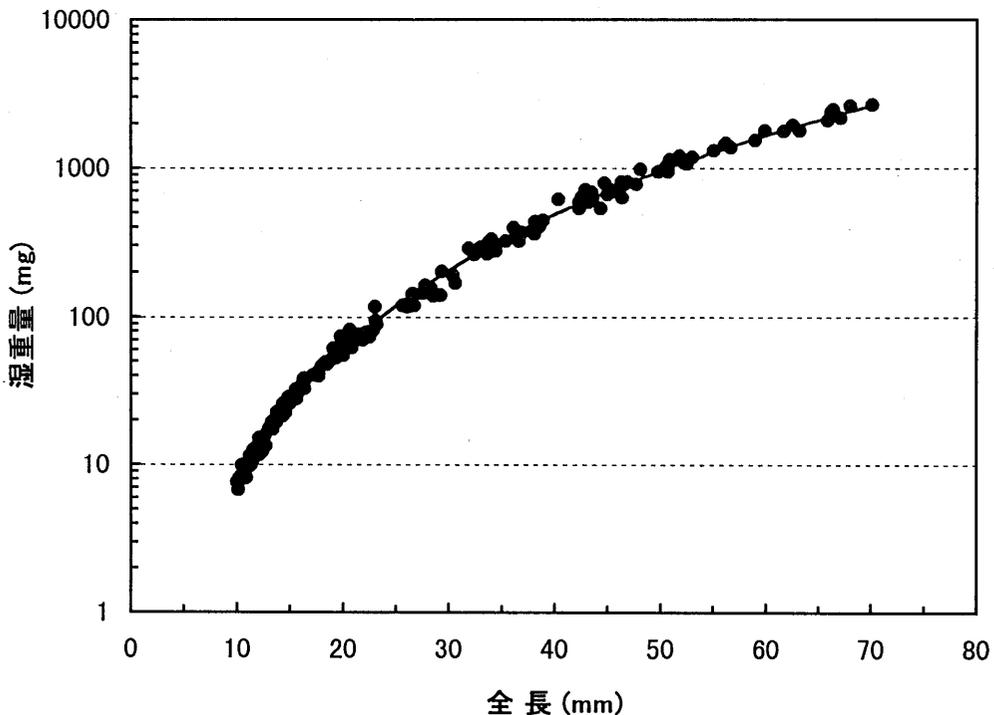


図8. 配合飼料の投餌を開始する全長10mm以降のヒラメ仔稚魚の全長と湿重量の関係。

配合飼料の投餌を開始する全長 10 mm から，種苗生産の目標サイズである全長 30 mm までの投餌量を表 5 に示した。表では，40～120 万尾を飼育する場合を想定し，それぞれの収容尾数ごとの日間総投餌量を示した。魚体重に対する日間投餌量の割合を全長を基準に示すと，全長 10 mm では 10%，11～12 mm では 7%，12～20 mm では 5%，および 20～30 mm では 4% とした。なお，表 2 に示した配合飼料の日間投餌量は，魚体重から求めた値である。

表 6 には，中間育成時(全長 35～90 mm)における配合飼料の日間投餌量を示した。表では，1～20 万尾の飼育を想定し，それぞれの収容尾数ごとの日間総投餌量を示した。なお，魚体重に対する日間投餌量の割合は，全長 35～60 mm では 3%，60 mm 以上では 2% とした。

表5. ヒラメ仔稚魚の魚体重から求めた，全長30mmまでの一日の配合飼料の投餌量(g)

全長 (mm)	投餌比率 (%)	ヒラメ尾数 (万尾)							
		0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2
10	10	280	340	410	480	550	620	690	830
12	7	340	430	510	600	690	770	860	1030
13	5	320	390	470	550	630	710	790	950
15	5	500	620	750	870	990	1120	1240	1490
18	5	890	1110	1330	1550	1770	1990	2210	2660
20	4	990	1240	1480	1730	1980	2220	2470	2960
25	4	2000	2500	3000	3510	4010	4510	5010	6010
30	4	3280	4100	4930	5750	6570	7390	8210	9850

表6. ヒラメ稚魚の魚体重から求めた、全長35~90mmまでの一日の配合飼料の投餌量(g)

全長 (mm)	投餌比率 (%)	ヒラメ尾数 (万尾)							
		1	2	3	4	5	10	15	20
35	3	100	200	290	390	490	980	1470	1960
40	3	150	290	440	590	730	1460	2200	2930
45	3	210	420	630	840	1040	2090	3130	4180
50	3	290	570	860	1150	1430	2870	4300	5740
60	2	500	990	1490	1990	2480	4970	7450	9930
70	2	790	1580	2370	3160	3950	7900	11850	15800
80	2	1180	2360	3540	4730	5910	11810	17720	23630
90	2	1680	3370	5050	6740	8420	16840	25260	33690

8.2 配合飼料の投餌結果からの算出

1989~1993年の配合飼料の投餌結果から求めた、全長(TL: mm)に対するヒラメ1尾当たりの日間投餌量(AD: mg)と魚体重当たりの日間投餌比率(AD%)は図9および図10のようになり、両者の関係式は以下で示される。

$$\begin{array}{lll}
 10 \leq TL \leq 30 \text{ mm} & AD = 0.0026TL^{2.289} & (r = 0.918, \quad n = 162) \\
 & AD\% = 25.188TL^{-0.6142} & (r = -0.557, \quad n = 148) \\
 30 < TL < 90 \text{ mm} & AD = 0.0001TL^{3.1502} & (r = 0.954, \quad n = 141) \\
 & AD\% = -0.002TL + 2.6278 & (r = -0.045, \quad n = 141)
 \end{array}$$

図9から求めた日間投餌量は、全長10mmでは0.51mg/日(投餌比率：6.1%)、15mmでは1.28mg/日(4.8%)、および30mmでは6.25mg/日(3.1%)となる。また、30mm以上の日間投餌量(図10)は、全長50mmで22.5mg/日(2.5%)、70mmでは64.9mg/日(2.5%)となる。

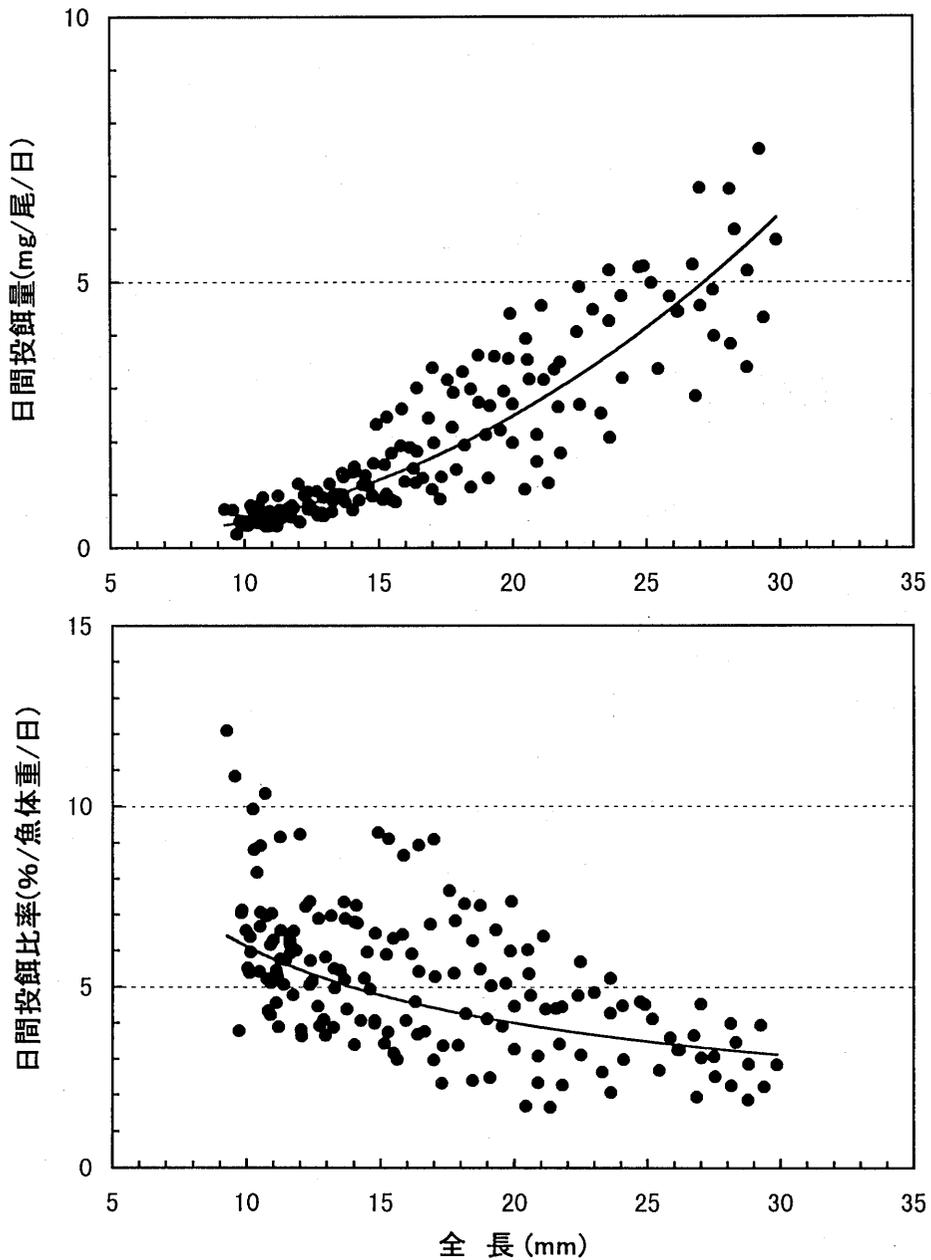


図9. ヒラメの種苗生産における、全長30mm以下の仔稚魚1尾に与えた配合飼料の日間投餌量と魚体重当たりの投餌比率。

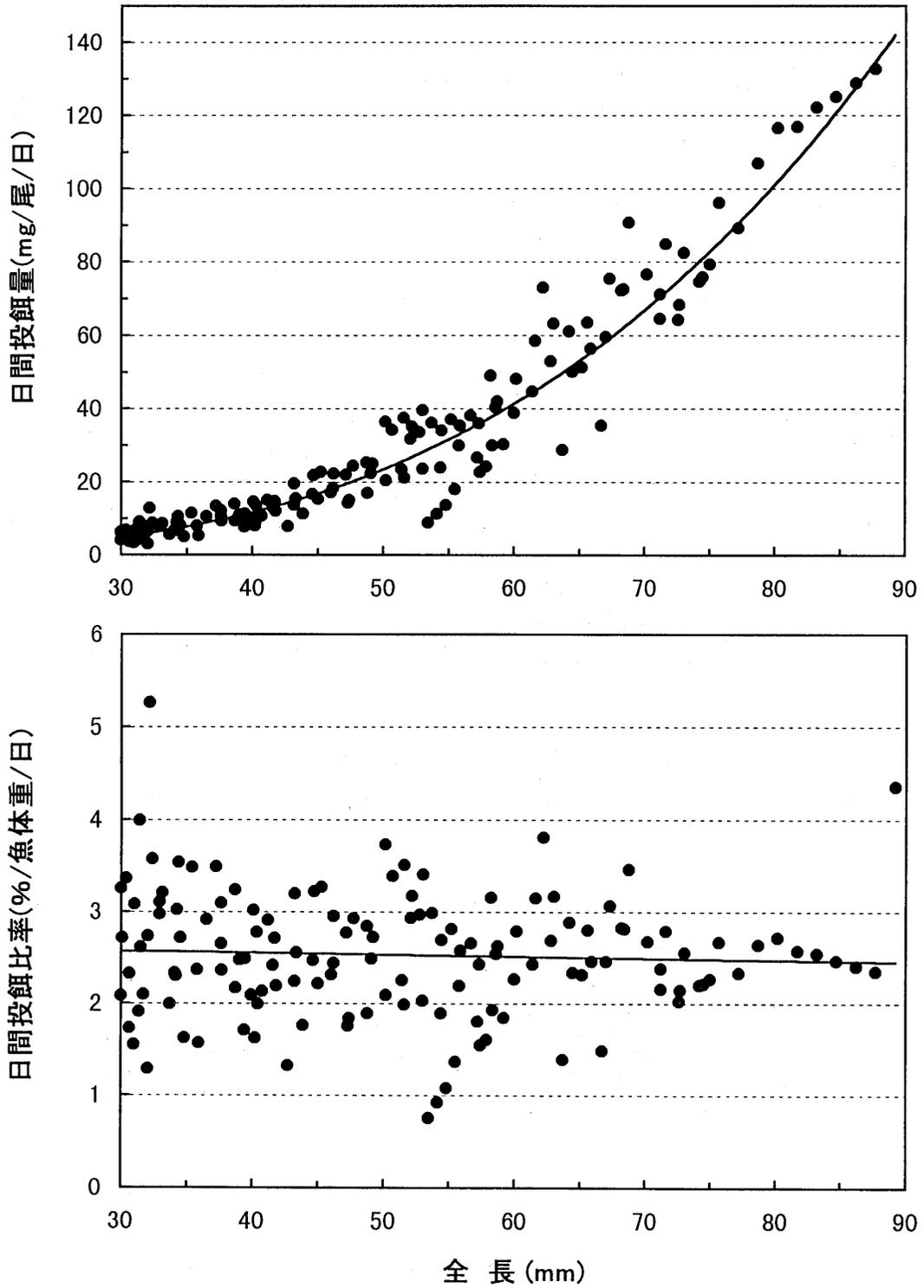


図10. ヒラメの種苗生産における, 全長30~90mmのヒラメ稚魚1尾に与えた配合飼料の日間投餌量と魚体重当たりの投餌比率.

8.3 配合飼料の投餌比率

配合飼料の種類(粒径)は、仔稚魚の成長段階に合わせて適宜変える。そのためには、仔稚魚の口径(Mouth size: 上顎長 $\times\sqrt{2}$)と口幅の成長を把握することが必要である。

図 11 に口径および口幅の相対成長¹⁴⁾と、仔稚魚の摂餌状態を観察しながら与えた配合飼料の粒径と投餌期間の関係を示した。これを見ると、摂餌可能な配合飼料の粒径はいずれも口幅と同じかやや小さい程度であり、配合飼料の粒径は口径の 15~30%、口幅の 40~80%程度の大さが投与の基準となる。

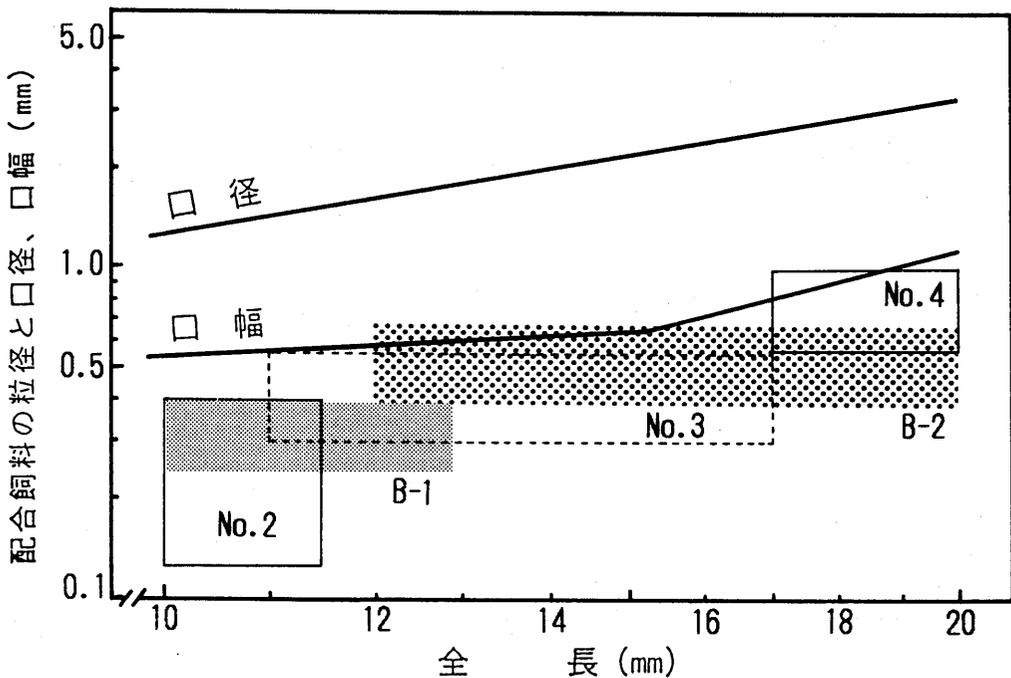


図 11. ヒラメ仔稚魚の口径長および口幅長の成長と、種苗生産で与えた配合飼料の粒径と投餌期間の関係。

No.2, No.3, No.4, B-1 および B-2 は配合飼料の種類。それぞれの配合飼料を表わす長方形の横軸は投餌期間を、縦軸は粒径の範囲を示す。なお、全長(TL)と口径長(MS)および口幅長(MB)の関係は以下の式で示される。

$7.0 < TL < 25.0 \text{ mm}$	$MS = 0.0676TL^{1.28}$	$(r = 0.926)$
$7.0 < TL \leq 15.2 \text{ mm}$	$MB = 0.218TL^{0.407}$	$(r = 0.860)$
$15.2 < TL < 25.0 \text{ mm}$	$MB = 0.00784TL^{1.65}$	$(r = 0.953)$

配合飼料は、各社各製品ごとに粒径の範囲の幅が規定されているが、大きさは製品ごとに比較的揃っており、粒径幅の範囲は狭い。このため、それぞれ単独では用いずに2~3種類を混合して用いることで粒径の範囲に幅を持たせ、仔稚魚の成長によって摂餌状態に差がでないように考慮する必要がある。これまでの飼育結果から求めた配合飼料の混合比率を表7に示した。混合比率は仔魚の成長に合わせ適宜変えており、摂餌可能な範囲で常により大きな粒径の配合飼料を与えるようにする。

なお、当マニュアルでは2社の配合飼料を使用しているが、ヒラメ仔稚魚の飼育では粒径のみに留意すれば他社の製品でも成長や生残に差はない。

表7. ヒラメ仔稚魚の成長に合わせた配合飼料の種類と混合率

種類	全 長 (mm)														
	10	11	12	15	17	20	22	25	30	35	40	50	70	90	100
No.2	4	2													
B-1	6	5	3												
No.3		3	6	6	4										
B-2			1	4	5	3									
No.4					1	7	8	6	3						
C1000							2	4	7	8	5	2			
C2000										2	5	8	8		
N-1													2	5	
N-2														5	1

No.2: 粒径125~400 μm (マダイ用前期飼料 No.2).

No.3: 粒径300~560 μm (マダイ用前期飼料 No.3).

No.4: 粒径560~1,000 μm (マダイ用前期飼料 No.4).

B-1: 粒径250~400 μm (初期飼料協和 B-1).

B-2: 粒径400~700 μm (初期飼料協和 B-2).

C1000: 粒径1,000 μm (初期飼料協和C-1000).

C2000: 粒径2,000 μm (初期飼料協和C-2000).

N-1, N-2: ハマチ親魚用ペレット.

9. 生産時に必要な物品

種苗生産を開始するに当たり、生産前に準備しておく必要がある物品について以下に示した。

9.1 水槽関係

1) 水槽の消毒

- a) 次亜塩素酸ナトリウム：5l/20m³×4面，10l/50m³×3面。計50l(20l入り3箱)。
- b) チオ硫酸ナトリウム：300g/20m³×4面，700g/50m³×3面。計3,300g。

2) 換水

- a) アンドン枠：50m³用×4個，20m³用×4個。計8個。
- b) アンドンネット：ポリエチレンネット MS-50目×2枚，MS-30目×2枚，MS-24目×4枚，MS-18目×8枚，全長30mm以上の飼育では3～5mmの目合いのモジ網が必要。各ネットのメッシュおよびオープニングは「4.2.3 換水と底掃除」に示した。
- c) 排水用ホース：φ50mmサクシヨンホース(4m)×16本。
- d) 注水用ネット：目合い150μm×8枚。

3) 通気

- a) エアーストーン (19×19×150mm)：9個/50m³水槽×2面，5個/20m³水槽×4面。計38個。
- b) ビニールホース：内径4×外径8mm，100m巻×1個。内径8×外径12mm，1～2m。
- c) 分岐管(三方分岐)：3個/50m³水槽×2面，2個/20m³水槽×4面。計14個。

4) 移槽・分槽

- a) 移槽用ホース：φ50mmサクシヨンホース(4～5m)×1本。ホースの吸引側(移槽元)には、10cmほど先が出るようにφ50mm(またはφ40mmでも可)の塩ビパイプを差し込む。さらにこの先をバーナーなどで熱しながらロート状に成型し、吸引口を広げる(写真4，p.36)。
- b) 集魚灯：屋外用レフランプ(100W)×1個。

- c)金魚用タモ網(2 mm目) : LL型×10個, LLL型×10個。
- d)その他 : 集魚灯固定用の角材, コードリール, 懐中電灯。

9.2 餌料関係

1)ワムシ

- a)1m³ポリカーボネイト水槽 : 1~2面(栄養強化用)。
- b)抜き取り用ネット(64 μ m) : 2枚(1枚は予備)。
- c)ゴミ取り用ネット(MS-70目) : 1枚。
- d)加温装置(低水温時のみ) : ヒーター(500W)×1~2個, サーモスタット×1~2個。

2)アルテミア幼生

- a)アルテミア耐久卵 : 約30缶(500g入)。アルテミア幼生の使用量は約30億個体。
1缶で約1億個体のふ化を期待(ふ化率 : 70~80%)。
- b)500lアルテミアふ化器 : ふ化および分離用3~4面。
- c)200lアルテミアふ化器 : 栄養強化用2面。
- d)マリンオメガA : 2~3l/2槽/日×30日。計60~90l(20l入り3~5箱)。
- e)その他 : 抜き取り用ネット(150 μ m)×2枚, ヒーター(500W)とサーモスタット各3~4個。

3)配合飼料

- a)No.2×5 kg(1箱), No.3×10 kg(1箱), No.4×30 kg(3箱), B-1×5 kg(1箱), B-2×15 kg(3箱), C1000×50 kg(5箱), C2000×30 kg(3箱)。各配合飼料の種類は表7に示した。
- b)ハマチ用1, 2号は中間育成の期間により量を決める。

4)淡水クロレラ

- a)生クロレラ-V12 : 4~8l/日×8~10日。計40~80l(20l入り2~4箱)。
- b)200lアルテミアふ化器 : 1面。
- c)ビニールホース : 内径10×外径12 mm, 3m。
- d)エアーストーン : 直径30 mm×長さ50 mm, 1個。

9.3 その他

- 1)水温計：棒状温度計またはデジタル温度計(いずれも補正が必要)。
- 2)12 lまたは15 lバケツ：最低7~8個は確保(目盛りにマジックインキでマーキング), 投餌, 計数, および取り揚げ時に使用。
- 3)2 l透明ポリビーカー：2個。仔稚魚の観察およびサンプリング用。
- 4)卵輸送：発泡スチロール容器5個, 60 l透明ポリ袋(厚手)10枚, 輪ゴム20本, 酸素ポンベ, 分散器, マジックインキ, 布テープ。
- 5)塩ビパイプ： ϕ 50 mm 2.5~3m \times 1本。浮遊期の計数用(容積法), 片側の先端に ϕ 50 \times 30 mmの塩ビ異型ソケットを, さらにその先に ϕ 30 mmのボールバルブを装着する。
- 6)電子ハカリ(4 kg用)：重量法による生残尾数の計数用。防水仕様が好ましい。
- 7)底掃除器：標準的な飼育³⁾で使用されている形式で良い。材質は本体を ϕ 25 mm塩ビパイプ, ホース部を ϕ 25 mmカナラインホースにしたものが使い易い。
- 8)クレモナロープ： ϕ 5 mm \times 1巻。

10. 引用文献

- 1)原田輝雄, 榎田 晋, 村田 修, 熊井英水, 水野兼八郎: ヒラメの人工ふ化仔魚の飼育とその成長について. 近大水研報, 1, 289-303 (1966).
- 2)北部日本海ブロック種苗生産研究会: 北部日本海ブロックにおけるヒラメ種苗生産技術の現状. 日本水産資源保護協会, 水産増養殖叢書, 33, 107 pp.(1984).
- 3)太平洋北区栽培漁業協議会技術部会ヒラメ作業部会: 太平洋北区におけるヒラメ種苗生産技術集. 日本栽培漁業協会, 栽培漁業技術シリーズ, 1, 87 pp.(1994).
- 4)高橋庸一: ヒラメ種苗生産における生物餌料の軽減と飼育作業の簡素化. 水産増殖, 38, 23-33 (1990).
- 5)高橋庸一: ヒラメの種苗生産工程における飼育作業の評価と作業の効率化の検討. 栽培技研, 21, 81-92 (1993).
- 6)日本栽培漁業協会: 種苗生産技術の開発, ヒラメ. 日裁協事業年報昭和 63 年度, 156-163 (1990).
- 7)日本栽培漁業協会: 種苗生産技術の開発, ヒラメ. 日裁協事業年報平成元年度, 133-140 (1991).
- 8)阪本憲司, 高橋庸一, 岡 雅一, 福永辰廣: ヒラメ種苗生産の仔魚期における飼育水の細菌叢. 平成 9 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 638 (1997).
- 9)高橋庸一: ヒラメの種苗生産における体色異常個体の出現と防除—体色異常防除試験結果報告(1986~1989年). 日裁協特別研究報告, 3, 58 pp. (1992).
- 10)高橋庸一: ヒラメ稚魚の無眼側の体色異常に及ぼす飼育密度と飼餌料の影響. 日水誌, 60, 593-598 (1994).
- 11)藤井徹生, 西田 睦: mt DNA D ループ領域の塩基配列から見た人工種苗の遺伝的多様性. 平成 8 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 630 (1996).
- 12)松岡 学: ヒラメ(細菌病), エドワジエラ症. 魚病図鑑(畑井喜司雄・小川和夫・広瀬一美編), 緑書房, 東京, p.63 (1992).
- 13)沖山宗雄: ヒラメの初期生活史に関する研究, II. 稚魚期の形態および近縁種との比較. 日水研報, 25, 39-61 (1974).
- 14)高橋庸一: 人工飼育したヒラメ仔稚魚の成長に伴う形態と行動の変化. 水産増殖, 33, 43-52 (1985).
- 15)北島 力, 福所邦彦, 岩本 浩, 山本博敬: マダイ仔稚のシオミズツボウムシ摂餌量. 長崎水試研報, 2, 105-112 (1976).

- 16) 福所邦彦：イシダイの種苗生産に関する基礎的研究．長崎水試論文集，第6集，173 pp. (1979).
- 17) 岡内正典，尾城 隆，北村章二，辻ヶ堂 諦，福所邦彦：クロダイ仔稚魚の日間ワムシ摂餌量．養殖研報，1，39-45 (1980).
- 18) 田中 克：飼育魚と天然魚の比較，放流魚の健苗性と育成技術(北島 力編)．恒星社厚生閣，東京，19-30 (1993).
- 19) 安永善暢：ヒラメ稚仔の摂餌生態と成長．東海水研報，68，31-42 (1971).
- 20) 山本章造：キジハタ仔魚の摂餌日周期性の検討ならびに日間摂餌量の推定．日水誌，62，399-405 (1996).
- 21) Watanabe, T., Oowa, F., Kitajima, C., and Fujita, S.: Relationship between dietary value of brine shrimp *Artemia salina* and their content of ω 3 highly unsaturated fatty acids. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 46, 34-41 (1980).
- 22) Watanabe, T. Ohta, F., Kitajima, C., and Fujita, S.: Improvement of dietary value of brine shrimp *Artemia salina* for fish larvae by feeding them on ω 3 highly unsaturated fatty acids. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 48, 1775-1782 (1982).
- 23) 尾田 正，萱野泰久：ヒラメの種苗生産．岡山水試報，1，176-181 (1986).
- 24) 渡辺研一：種苗生産技術の開発 ヒラメ．日裁協昭和60年報，157-161 (1986).

栽培漁業技術シリーズ No.4

ヒラメの種苗生産マニュアル

平成10年2月5日発行

編集 社団法人 日本栽培漁業協会企画調査室

発行 社団法人 日本栽培漁業協会

〒101-0047 東京都千代田区内神田3-14-8

ニシザワビル5階

電話 (03) 5296-3181

印刷所 日昇印刷株式会社

〒104-0043 東京都中央区湊1-14-14

電話 (03) 3553-3161