

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

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2025-04-24
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 高橋, 庸一
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014399

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



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

高 橋 庸 一*

(1992 年 10 月 22 日受理)

ヒラメを始めとする種苗の量産が可能となった魚種では、種苗生産の定着化を市町村や漁業協同組合レベルで推進するため、生産技術の平易化と標準化および生産コストの大幅な低減化が求められている¹⁾。生産技術の標準化では、生産機関ごとに独自の飼育技術のマニュアルが作成されており、生産技術の平準化が進んでいる。また、生産コスト低減化への一環として、配合飼料の給餌機や自動底掃除機などの導入による生産方式の自動化および省力化が検討され、飼育作業の合理化および作業量の軽減などに効果を挙げつつある。

しかし、種苗を生産する技術のマニュアル化が進められても、飼育作業の内容自体についての見直しは充分に行われているとはいえず、種苗生産の過程でどのような内容の作業を行い、それぞれの作業にどの程度の時間を要し、その作業が生産過程の中でどの程度重要な位置を占めているか、という観点からの報告は見当たらない。量産が可能な魚種では、作業パターンは比較的一定しており、毎日の作業はルーチン化している。従って、作業の種類とそれぞれの作業時間を把握することは比較的容易であり、またこれらは作業の合理化を進める上で重要なデータとなる。

筆者は、50 m³ 規模の水槽によるヒラメの種苗生産において、飼育作業の簡素化と作業時間の短縮を目的とした生産方式の開発に取り組んできた。本報では、1986～1991 年に行ったヒラメの種苗生産過程で、飼育作業を項目に分類し、またそれぞれの作業に要する時間を測定し飼育作業のパターン化を試みた。

稿を進めるに当たり、飼育試験に協力いただいた日本栽培漁業協会小浜事業場の職員の方々に深謝する。

材 料 と 方 法

飼育方法の概要 種苗生産として、配付の目標である全長 30 mm までの飼育を 7 例実施し、その概要を表 1 に示した。飼育方法は、飼育水槽内でヒラメ仔魚の飼育と L 型のシオミズツボワムシ（以下、ワムシ）の増殖を同時に行い、ワムシの自然増殖と仔魚による摂餌とのバランスを保つことでワムシの使用量と作業量の軽減を図る方法である。1～4 区の生産概要の詳細はすでに報告²⁾したが、飼育の基本方針は以下のとおりである。

飼育水槽は、50 m³ (6.0×6.0×1.6 m) の角型コンクリート水槽を用いた。飼育水にはナンノクロロプシスを

表 1 1986～1991 年に行ったヒラメ種苗生産の概要と全長 30 mm 時点での生残状況

試験区	開始月日		飼育水槽 (m ³)	ふ化仔魚		飼育日数*			全長 30 mm 時		
	試験開始	ふ化		収容尾数 (万尾)	収容密度 (尾/m ³)	前期	後期	合計	ふ化後 日数*	生産尾数 (万尾)	生残率 (%)
1	'86.4.13	4.15	50	25.0	6,300	23	25	48	45	10.0	40.0
2	'86.4.22	4.26	50	40.0	10,000	25	35	60	55	19.4	48.5
3	'88.4.17	4.19	50	36.0	8,000	23	37	60	57	28.5	79.2
4	'88.5. 1	5. 5	50	46.0	10,200	25	30	55	50	37.5	81.5
5	'89.4.13	4.15	50	130.0	32,500	24	33	57	53	60.5	46.5
6	'90.4. 9	4.12	50	129.0	32,300	24	33	57	53	46.5	36.0
7	'91.4. 2	4. 4	50	98.8	24,700	23	30	55	50	28.6	28.9

* 前期の飼育日数には、ヒラメ卵ふ化以前の作業（水槽の準備や卵収容等）に要する日数を含めているため、飼育日数の合計はふ化後日数と一致しない。

* 日本栽培漁業協会・若狭湾小浜事業場（〒917-01 福井県小浜市泊 26 号）

1,500 万細胞/ml 程度の密度になるように添加し、ヒラメの受精卵（宮津事業場産）を直接収容し飼育を開始した。収容する受精卵数は、予め求めたふ化率から推定して、ふ化仔魚で 1 万尾/m³ 程度になるようにした。ワムシは、ヒラメ卵のふ化と同時に 5 個体/ml 程度の密度で植え付けた。5～7 区では、ふ化仔魚の収容密度を 3 万尾/m³ に高めた試験を行った。また 6 区では、飼育水槽中で増殖したワムシの餌料として、遠心分離機で濃縮したナンノクロロプシス（密度 170～200 億細胞/ml、以下濃縮ナンノクロロプシス）を用いた試験³⁾を、7 区では濃縮ナンノクロロプシスの代用として、市販の濃縮淡水クロレラ（クロレラ V₁₂、クロレラ工業社。以下、淡水クロレラ）を併用した試験⁴⁾を行った。

飼育は前期飼育と後期飼育に別れる。前期飼育はワムシを主餌料として止水状態で飼育する期間で、ふ化後 20 日目（全長約 9 mm）までとした。後期飼育は、21 日目以降の配合飼料を主餌料として飼育する期間で、全長 30 mm までとした。なお、30 mm 以降の飼育は中間育成として行っているが、本報では生産実績の目標としている 30 mm までの飼育について報告する。

本報では、飼育経過の日数を表す方法として、飼育日数とふ化後日数を用いた。飼育日数では種苗生産のための作業を開始した日を 1 日目とし、ふ化後日数ではヒラメ卵のふ化した当日を 0 日目とした。従って、飼育日数には卵のふ化以前の作業に要した日数が含まれており、ふ化後日数より常に 3～5 日多くなっている。なお、本文中に示した日数は、特に断らない限りふ化後日数で示した。

飼育作業の項目別分類 飼育作業を作業の内容から 7 つの項目に分類した。7 項目のうち前期飼育で行った作業は、環境測定、成長と生残尾数の測定、投餌、飼育環境の維持および飼育準備の 5 項目である。また、後期飼育では前期飼育と共通した環境測定、成長と生残の測定、投餌および飼育環境の維持と、これに移槽と配付および薬浴などの 2 項目を加えた 6 項目である。7 項目の作業内容は以下のとおりである。

環境測定 前期飼育では、高濃度のナンノクロロプシス維持、および長期の止水飼育に伴う飼育環境の悪化を把握するために環境測定を行った。測定項目および測定方法は以下のとおりである。水温（棒状水銀水温計またはデジタル水温計）、pH（東亜オート pH メーター）、溶存酸素（YSI DO メーター）、全アンモニア態窒素（ORION イオンアナライザー）、亜硝酸態窒素（GR 試薬法）、硝酸態窒素（ORION イオンアナライザー）、およびナンノクロロプシス密度（ビルケルチルク血球計算盤）とワムシ密度（5 ml×2 回計数）の餌料密度である。このうち、水温、pH、全アンモニア態窒素および餌料密度の測定は、共通の測定項目として毎年必ず測定した。後期飼育では、流水状態で飼育を行うため測定は水温のみとした。

成長と生残 成長の測定では、前期および後期飼育とも、5～7 日ごとに 30 尾程度の個体について全長を測定した。生残尾数の計数は、前期飼育では 2～3 回、後期飼育では全長 20～25 mm 頃に 1 回行った。前期飼育での計数は、直径 50 mm の塩ビパイプで水槽の十数カ所から柱状サンプリングで 150 l 程度の採水（水槽容量の約 1/300）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容積法で行った。後期飼育での計数は、実数計数した個体を収容した 70 l プラスチック容器（2,000 個体収容と 3,000 個体収容の 2 例を準備）を基準とし、計数のため取り上げたヒラメ稚魚を収容した容器と、基準とする容器との色の濃淡の比較から、取り上げ尾数を推定する比色法で行った。

投餌 前期飼育の投餌作業では、飼育水槽へのワムシ接種、およびワムシの密度が低下した場合のワムシと北米産アルテミア幼生の投餌を行った。後期飼育の作業は主として配合飼料の投餌であり、全長 18 mm 頃まではアルテミア幼生または養成アルテミア（全長 1.5～4 mm）を併用した。

飼育環境の維持 前期飼育における飼育環境の維持（以下、環境維持）では、ヒラメ卵を収容する前に、飼育水槽にナンノクロロプシス（密度 2,000 万細胞/ml 以上）と濾過海水を添加し飼育水とするいわゆる水作りを行った。また、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低下した場合のナンノクロロプシスまたは淡水クロレラの添加、および飼育水の汚れに伴う換水（注排水）の作業を行った。後期飼育の主な作業は、注排水に用いる排水用アンドン（40×40×100 cm）とサイフォン用ホース（カナラインホース、直径 50 mm×5 m）の設置、および排水用ネット（テトロンラッセル、目合い 40～18 目）の交換および洗浄などであり、底掃除は水槽底の汚れが著しい場合のみ行った。

飼育準備および移槽と配付 前期飼育では、飼育開始前の使用水槽の消毒（次亜塩素酸ナトリウム）とチオ硫酸ナトリウムで中和後に洗浄を行う飼育準備とヒラメ卵の収容が主な作業である。後期飼育の主な作業は移槽と配付である。移槽作業では、移槽と分槽の作業を行う。移槽は前期飼育終了後の浮遊期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り、分槽は着底以降の時期に小型魚を選別して新たな水槽に分ける作業である。

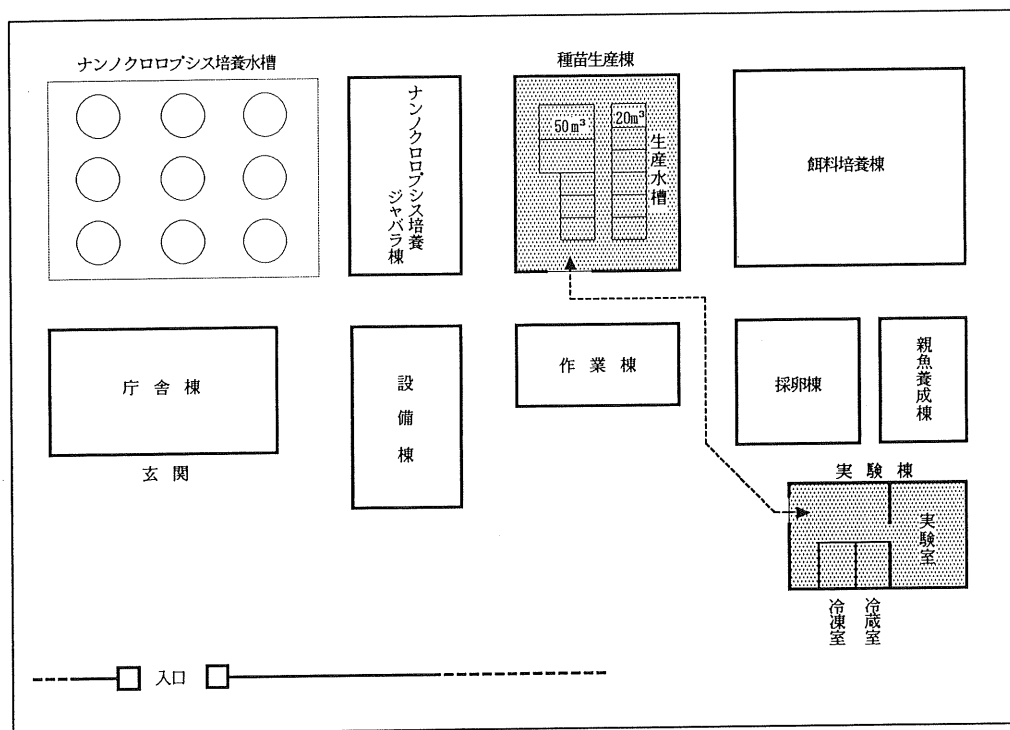


図 1 小浜事業場の施設の俯瞰と作業経路

ヒラメの種苗生産は種苗生産棟で行い、作業のない時は実験室で待機する。図中の破線は移動経路を示す。

移槽作業では、サイフォン（直径 50 mm カナラインホース）による移槽のための準備として集魚用電灯（100W レフランプ）の設置、水槽間の水位調節および夜間の見回りなどを行う。分槽作業では、水槽の表層や隅に集まった小形魚をバケツや金魚用ネットですくい新しい水槽（20m³ 水槽、4.0×4.0×1.6 m）に収容する方法で、飼育密度の調整と選別を兼ねている。種苗の配付作業では、輸送用のトラックにヒラメ稚魚を積み込み、送り出すまでの作業である。

薬浴など 移槽および分槽後の個体に対して行う薬浴作業が主である。その他、飼育に用いる機具類の補修などのように、分類の困難な作業を行った場合はこの項目に含めた。

作業時間の測定 上記の作業項目ごとに、それぞれの作業に要した時間の測定を行った。作業時間の計測は 1990 年（6 区）、1991 年（7 区）の生産過程で行った。また、種苗生産では、1 日の作業を開始してからその日の全作業を終了するまで、待機している時間（以下、拘束時間）を必要とするため、6 区の種苗生産過程では毎日の拘束時間を調べた。

作業毎の所要時間の測定基準として、1 人で行う作業の場合には、作業を開始する起点を実験室（図 1）とし、作業現場までの往復時間、作業に要する時間および作業後の片付けに要する時間をストップウォッチにより秒単位まで測定した。生残尾数の計数や配付等の複数員数で行う作業の場合は、作業現場での開始から終了までの所要時間を測定した。なお、飼育作業は種苗生産棟で行い、作業のない時は実験室で待機しているものとした。

結 果

作業の手順と所要時間 表 2 に、1990、1991 年の種苗生産で行った各作業の内容と、それぞれの実測所要時間の平均値を示した。平均所要時間は、各作業ごとに測定した 2 カ年のデータを単純平均して求めた値で、原則として秒単位の端数は切り上げて示した。なお、本文中の（→）は移動経路および作業の手順を表す。

環境測定 前期飼育における環境測定の基本的な作業は、実験室→種苗生産棟→水温測定→飼育水のサンプリング→実験室、の順で行い、実験室を出て再び戻って来るまでに平均 4 分を要した。種苗生産棟での作業に、溶存酸

表 2 1990, 1991 年のヒラメ種苗生産における飼育作業の内容と各作業に要した時間

作業項目	作業内容	平均所要時間 (分)
環境測定	1. 前期飼育（試験開始からふ化後 20 日目まで）	
	①飼育現場での水温測定と飼育水のサンプリング	4
	②①の作業に DO の測定を加えた場合	7
	③①の作業に pH, TA-N, ナンノクロロプシス, およびワムシ密度の測定を加えた場合（年度により NO ₃ -N 測定）	28
	④③の作業に NO ₂ -N の測定を加えた場合	41
	2. 後期飼育（ふ化後 21 日目～全長 30 mm まで）	
	水温測定は投餌等の作業の合間に行うため、種苗生産棟の往復に要する時間は含めない	
成長と生残	①測定する水槽数が 5 水槽まで	1
	②6 水槽以上	2
	1. 全長測定（仔稚魚 1 尾当たり）	
	①全長 6 mm 以下	2
	②全長 6～8 mm	1
	③全長 8 mm 以上	0.6
	2. 生残尾数の計数	
投 餌	①浮遊期（容積法, 所要員数 2 人）	12
	②着底期（比色法, 10 万尾当たり, 所要員数約 7 人）	91
	1. ワムシ（栄養強化水槽からの全量抜き取り）	
	①0.5 m ³ ポリカーボネイト水槽からの抜き取り	11
	②1 m ³ ポリカーボネイト水槽からの抜き取り	15
	2. アルテミア幼生（200 l アルテミアふ化器）	
	①1 回の抜き取りが 100 l 未満	4
環境維持	②100 l 以上	5
	3. 冷凍養成アルテミア	
	①冷凍室からの取り出し, 解凍後投餌	14
	②冷凍室からの取り出し, 直接投餌	9
	4. 配合飼料（1 日の投餌作業時間）	
	①全長 15 mm 未満（5～6 回投餌）	23
	②全長 15 mm～18 mm まで（5 回投餌）	33
飼育準備	③全長 18 mm 以降（4 回投餌）	37
	④配合飼料調餌（調餌量 1.0 kg まで）	9
	⑤配合飼料調餌（調餌量 1.0～3.0 kg まで）	14
	1. 水作り（添加中の待機時間は含まない）	
	①ナンノクロロプシス添加（使用する水槽容量の 60% 量添加）	15
	②濾過海水添加（同, 20% 量添加）	10
	2. 濃縮ナンノクロロプシスまたは淡水クロレラ添加	
飼育準備	①冷蔵室からの取り出し, および直接添加	5
	②100 l の海水に薄めて, 滴下法で添加	11
	3. 排水用アンドンおよびサイフォンの設置	
	①新設（アンドン 1 ケ当たり）	7
	②アンドンネットの洗浄とネット交換（1 ケ当たり）	8
	③アンドンネット洗浄のみ（1 ケ当たり）	6
	4. 底掃除は作業時間を決めて行った	
飼育準備	1. 使用水槽の消毒と洗浄	
	①50 m ³ 水槽, 1 面	37
	②20 m ³ 水槽, 1 面	32
	2. 卵収容（卵の受け取りや輸送に要する時間は除く）	
飼育準備	①水温馴致と受精卵の確認および卵収容	30

表 2 (続き)

作業項目	作業内容	平均所要時間 (分)
移槽と配付	1. 移槽・分槽	
	①移槽 (サイフォン装置の準備, 夜間の見回りなど)	62
	②移槽後の片付け	24
	③分槽は作業時間を決めて行った	
	2. 配付 (10 万尾配付, 所要員数約 7 人)	
	①準備作業 (水槽の水引きなど)	7
	②配付作業 (輸送水槽への稚魚の積み込みなど)	49
	③後片付け	20
薬浴 など	1. 薬浴 (1 水槽当たりの所要時間)	
	①テラマイシン (10 ppm)	7
	②エルバージュ (1 ppm)	10

1 人で行う作業の場合, 平均所要時間には, 実験室を起点とした作業現場までの往復時間, 作業に要する時間および作業終了後の片付けに要する時間を含む。

素 (DO) の測定を加えた場合は作業時間に 3 分が加わり平均 7 分を要した。なお, 実験室と種苗生産棟の飼育水槽までの距離は約 100 m (図 1) で, 往復のみに要する時間は平均 2 分であった。実験室では, イオンアナライザーのキャリブレーションとそれに続く全アンモニア態窒素 (TA-N) の測定を行い, TA-N 測定の合間に pH, 餌料密度の測定を行った (平均 28 分)。餌料密度の計数のみに要する時間は, 平均 5 分/回であった。なお, 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の測定は TA-N と並行して行えるため, 測定の有無は所要時間に影響しなかった。亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) の測定を行った場合は, GR 試薬を加えた後約 30 分間放置して発色させるため, 作業時間の合計は平均 41 分と長くなった。後期飼育における環境測定は水温のみで, 配合飼料投餌などの作業の合間に測定を行い, 作業時間に実験室からの往復に要する時間は含まなかったため所要時間は平均 1~2 分であった。

成長と生残 成長の測定では, 作業は実験室→種苗生産棟(サンプリング)→実験室→万能投影機による測定, の手順で行い, 20~30 個体の全長の測定に要する時間をサンプリングの時間も含めて測定した。仔稚魚 1 個体当りの測定時間は, 全長 6 mm 以下の仔魚では麻酔 (MS-222) 時に体が収縮する個体が多く, 測定できる状態の個体が少ないため, 予定数の測定を行うのに平均 2 分/尾を要した。しかし, 全長 8 mm 以上の個体では麻酔した全個体を測定でき, 測定時間は平均 36 秒/尾であった。飼育尾数の計数では, 前期飼育の容積法による計数の所要時間は平均 12 分/槽/2 人であった。後期飼育の比色法による計数では, 飼育水槽の水位調整作業とサンプルの計数→水槽の中へ 2~3 人が入り, ヒラメをネットですくう作業→比色法による計数→後片付け, の順に作業を行い, 所要時間は平均 91 分/10 万尾/7 人であった。

投 餌 ワムシ投餌作業は, 採集用ネットの準備→ワムシ抜き取り (栄養強化用ポリカーボネイト水槽からの全量抜き取り)→投餌→ネットおよび水槽の洗浄, の順に行った。ワムシの投餌に要する時間は, 他の作業との都合により実験室から種苗生産棟までの往復時間を含めた場合と含まない場合があり, 両者をまとめて平均値を求めたところ, 0.5 m³ 水槽の場合で 11 分, 1 m³ 水槽で 15 分を要した。アルテミア幼生の投餌作業は, 200 l アルテミアふ化器からの抜き取り→投餌→ネットおよびふ化器洗浄, の手順で行い, 所要時間は平均 4~5 分であった。なお, ワムシの投餌作業では, 培養および栄養強化に要する作業時間, またアルテミア幼生ではふ化および分離作業に要する時間は, 上記の所要時間に含まなかった。これらの作業は餌料培養担当の職員が行った。養成アルテミアの投餌作業に要する時間は, 冷凍の養成アルテミアについてのみ測定した。冷凍養成アルテミア投餌の作業手順は, 実験室→冷凍室→種苗生産棟→直接投餌または解凍して投餌となり, 所要時間は直接投餌で平均 9 分/回, 解凍後の投餌で平均 14 分/回であった。1986~1988 年に用いた生きた養成アルテミアについては, 投餌に要する時間の測定を行っていないが, 作業手順および所要時間はアルテミア幼生とほぼ同様である。配合飼料の投餌では, 投餌に要する時間は投餌回数には関係なく, ヒラメ稚魚の成長とともに長くなり, 平均で 23 分/日から 37 分/日と増加した。配合飼料の調餌は, 成長に合わせて粒径の異なる 2~3 種類の配合飼料を混合する作業で, 所要時間は調合する量によって異なった (平均 9~14 分/回)。

環境維持 ヒラメ卵を収容する前に行う水作りでは, ナンノクロロプシスの添加 (使用する水槽容量の 60% 分添

加)のための注水用ホースの準備、ナンノクロロブシス培養水槽(図1)での送水用水中ポンプのスイッチ開閉などの作業に平均15分を要した。また、濾過海水の添加(水槽容量の20%分添加)には、バルブの開閉および注水量の点検などで平均10分を要した。なお、ナンノクロロブシスや濾過海水添加の所要時間には、添加中の待ち時間は含まなかった。濃縮ナンノクロロブシスおよび淡水クロレラの添加作業は、実験室→冷蔵庫→種苗生産棟→直接添加または滴下による添加、の手順で行い、直接添加の場合の所要時間は平均5分/回であった。滴下による添加は、100lのアルテミアふ化器を用い、濃縮ナンノクロロブシス(または淡水クロレラ)を濾過海水で薄めて添加する方法で、ふ化器洗浄→注水→滴下の作業が加わるため平均11分/回を要した。1986~1988年は、通常のナンノクロロブシス(2,000万細胞/ml)を飼育水槽に直接添加していたため、この方法について新たに所要時間を測定したところ、ナンノクロロブシス送水用水中ポンプのスイッチ開→直接添加→スイッチ閉、の作業で添加量1m³につき5分を要した。注排水の作業では、排水用アンドン枠に排水用ネットを装着、または使用中のネットの洗浄などを行い平均6~8分/回を要した。なお、これらの作業には、サイフォン用ホースの設置に要する時間を含めた。底掃除は原則として行わないことにしていたが、底の汚れが特に目立つ場合は作業時間を決めて行った。従って、底掃除に要する作業時間は特に測定しなかった。

飼育準備および移槽と配付 飼育準備のうちヒラメ卵の収容では、卵の搬入(宮津事業場への往復約4.5時間)に要する時間は含めず、作業は運び込んだ卵(ビニール袋入り)を袋ごと飼育水槽に入れて水温馴致→受精率の確認→袋を開けて卵収容、の手順で行い、平均30分を要した。生産開始時、および移槽や分槽のための水槽の準備作業は、飼育水槽への注水→消毒→中和→排水→ジェットガンを用いて洗浄→注水、の手順で行った。これらの作業は2~3日に跨がって行っているため、所要時間はそれぞれの作業の合計として求め、20m³水槽で平均32分、50m³水槽で平均37分を要した。移槽は、移槽用サイフォンホースと集魚用電灯の設置→水槽間の水位差調整→移槽→夜間の見回り(サイフォンホースのエア抜き)→後片付け、の手順で行った。移槽作業も2~3日に跨がって行っているため、所要時間はそれぞれの作業の合計として求め、1回の移槽作業で平均86分を要した。分槽では、所要時間の測定は行わず1回の作業時間を決めて行った。配付作業は、飼育水槽の水引き→輸送水槽への注水→輸送水槽への稚魚の積み込み→輸送水槽の水位、酸素量調整→後片付け、の手順で行った。稚魚の積み込みに要する時間は平均49分/10万尾/7人であったが、準備作業と片付けは稚魚の尾数に関係なくそれぞれ平均で7分/回、20分/回を要した。

薬浴など テラマイシンによる薬浴では、薬浴の濃度を約10ppm(100g入り1袋/10m³)とし、20m³水槽では2袋、50m³水槽では4袋を淡水に溶かした後添加した(平均7分/槽)。エルバージュでは、1ppmの濃度になるように実験室で計量→種苗生産棟→淡水に溶かして添加、の作業手順で平均10分/槽を要した。薬浴などの項目に含めた分類の困難な作業では、各作業毎に所要時間を測定または推測して求めた。

種苗生産における作業時間 1~7区における作業時間を項目ごとに求め、前期飼育の作業時間を表3に、後期飼育のそれを表4に示した。1986~1989年に行った1~5区の作業時間は、飼育野帳に記載された作業内容に、表2に示したそれぞれの平均所要時間を掛けて求めた。6区および7区の作業時間は実測の所要時間である。

前期飼育(表3)における総作業時間は、平均1,604分(1,336~2,261分)となり試験区により最大900分以上の差が認められた。また1日当たりの作業時間(総作業時間/飼育日数)は、平均68分(56~94分)であった。総作業時間に占める各項目の作業時間の割合(以下、作業比率)を見ると、環境測定が平均51.3%と最も高く、次いで環境維持20.6%、投餌17.6%の順になり、前期飼育の作業時間の1/2以上が環境測定であった。作業比率は各項目とも試験区により大きなばらつきが見られたため、変動係数(標準偏差/平均値)を求めたところ、投餌(0.74)>飼育準備(0.44)>環境維持(0.42)>成長と生残(0.36)>環境測定(0.29)の順となった。変動係数の高い環境維持や投餌では、作業比率の平均は20%程度と低いが、換水やワムシなどの投餌を開始する時期は年度によりまた試験区により異なることから作業時間には大きなばらつきが生じた。

後期飼育(表4)では、総作業時間は平均2,687分(1,813~4,393分)、1日当たりの作業時間は平均84分(60~133分)となり、総作業時間、1日当たりの作業時間とも試験区により2倍以上の差が認められた。各項目の作業比率は投餌が平均60.0%と最も高く、次いで移槽と配付が17.6%であった。環境測定や成長と生残、環境維持などの作業比率はそれぞれ10%未満であり、投餌が後期飼育の主な作業であった。作業比率の変動係数は、環境測定(1.18)>薬浴など(0.89)>環境維持(0.58)>成長と生残(0.42)>移槽と配付(0.36)>投餌(0.34)の順になり、作業時間が長いものの配合飼料の投餌回数や量の基準が決まり、毎日の作業内容がほぼ確定している投餌作業で作業比率が一定した。環境測定で変動係数が最も高くなったのは、4~7区では水温の測定のみであったが、1~3区

表 3 ヒラメ種苗生産の前期飼育（ふ化後 20 日目まで）における飼育作業の項目別に見た総作業時間（分）と各作業の比率（％）および 1 日当たりの作業時間（分）

試験区	環境測定	成長と生残	投餌	環境維持	飼育準備	合計	1 日当たりの 作業時間
1	597 (42.2)	53 (3.7)	100 (7.1)	569 (40.2)	97 (6.9)	1,416	62
2	556 (35.6)	106 (6.8)	446 (28.5)	301 (19.3)	154 (9.9)	1,563	63
3	866 (64.8)	103 (7.7)	59 (4.4)	243 (18.2)	65 (4.9)	1,336	59
4	904 (60.9)	80 (5.4)	220 (14.8)	231 (15.6)	50 (3.4)	1,485	60
5	1,026 (45.4)	135 (6.0)	690 (30.5)	350 (15.5)	60 (2.7)	2,261	94
6	1,234 (65.3)	108 (5.7)	326 (17.2)	136 (7.2)	87 (4.6)	1,891	79
7	577 (45.1)	35 (2.7)	136 (10.6)	486 (38.0)	45 (3.5)	1,279	56
平均	823 (51.3)	89 (5.5)	282 (17.6)	331 (20.6)	80 (5.0)	1,604	68

表 4 ヒラメ種苗生産の後期飼育（全長 30 mm まで）における飼育作業の項目別に見た総作業時間（分）と各作業の比率（％）および 1 日当たりの作業時間（分）

試験区	環境測定	成長と生残	投餌	環境維持	移槽と配付	薬浴等	合計	1 日当たりの作業時間	
								後期	通算
1	612 (29.8)	72 (3.5)	1,057 (51.4)	87 (4.2)	201 (9.8)	26 (1.3)	2,055	82	78
2	546 (18.5)	251 (8.5)	1,481 (50.1)	205 (6.9)	474 (16.0)	0	2,957	84	75
3	145 (5.2)	154 (5.6)	1,656 (59.8)	199 (7.2)	595 (21.5)	20 (0.7)	2,769	75	68
4	30 (1.3)	245 (10.8)	1,457 (64.3)	191 (8.4)	283 (12.8)	7 (0.3)	2,213	74	67
5	33 (0.8)	265 (6.0)	2,885 (65.7)	470 (10.7)	710 (16.2)	30 (0.7)	4,393	133	117
6	33 (1.3)	132 (5.1)	1,557 (59.7)	273 (10.5)	608 (23.3)	7 (0.3)	2,610	79	79
7	26 (1.4)	103 (5.7)	1,187 (65.5)	66 (3.6)	431 (23.8)	0	1,813	60	58
平均	204 (7.6)	175 (6.5)	1,611 (60.0)	213 (7.9)	472 (17.6)	13 (0.5)	2,687	84	77

ではふ化後 25～40 日目まで TA-N などの測定を行ったため作業時間に大きな差が生じたことによる。

作業時間の内訳 種苗生産の作業中に占める割合の高い、投餌、環境維持、飼育準備および移槽と配付について、それぞれ総作業時間（平均）の内訳を見る。

前期飼育の投餌作業では、総作業時間（282 分）に占める割合はワムシの投餌が 63.8%，アルテミア幼生が 32.6%と高く、養成アルテミアは 6 区で、配合飼料は 4 および 6 区でのみ与えたためそれぞれ 1.5%，2.1%であった。後期飼育では、配合飼料の投餌が総作業時間（1,611 分）の 80.3%を占め、次いで養成アルテミア 11.4%，アルテミア幼生 6.8%，ワムシ（1,2 および 7 区のみ投餌）1.5%となった。環境維持の前期飼育（総作業時間 331 分）では止水状態での飼育期間が長いことから、ナンノクロプシスの添加に 49.2%と最も時間を要し、次いで注排水 26.0%，底掃除 24.5%の順となった。後期飼育（同 213 分）では、注排水が全作業の 95.3%を占めた。底掃除は 6

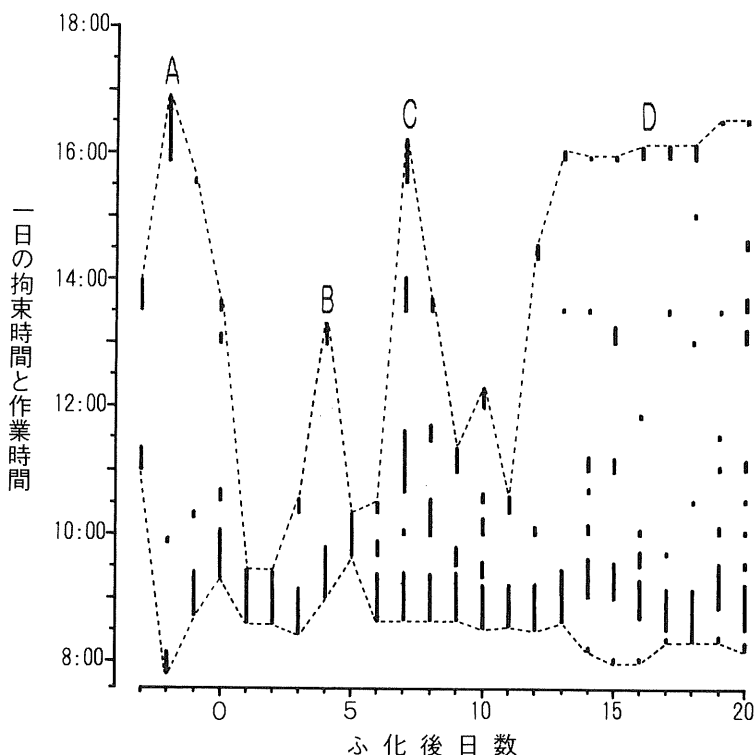


図2 ヒラメ種苗生産の前期飼育における1日の拘束時間と作業時間の実測値(1990年)
図中の破線で挟まれた部分はヒラメの飼育のために待機している時間、実線の垂線部は作業に要した時間を示す。A～Dの詳細は本文参照。

および7区で、ナンクロロプシス添加は2区のみで行い、総作業時間に占める割合はそれぞれ4.2%、0.5%であった。飼育準備および移槽と配付の作業では、前期飼育は総作業時間が80分と短いが、水槽の準備作業が92.5%を占めており、移槽を行ったのは2区の1例のみであった。後期飼育では、総作業時間(472分)のうち移槽や分槽の水槽準備に要した時間が40.0%、移槽または分槽が36.0%、配付が23.9%であった。

作業時間と拘束時間 6区における前期飼育の拘束時間と作業時間の実測値を図2に示した。

前期飼育の主な作業は環境測定であるが、作業の分散の程度を見ると、ほとんどの作業が午前中に集中している。拘束時間は、ふ化後11日目までは日によって大きく異なり、ふ化後0日目まではヒラメ卵搬入時の卵処理や環境測定(図2-A)、4日目では全長の測定(図2-B)、7～8日目ではワムシの投餌と濃縮ナンクロロプシスの添加に伴う環境の経時的変化の測定(図2-C)により作業時間および拘束時間が増加した。アルテミア幼生の投餌を開始した13日目以降(図2-D)は、最終の投餌を夕方に行ったため、拘束時間は8:00～16:30とほぼ一定した。しかし、主な作業は午前中に集中しており、午後の作業は5～15分/回の投餌作業を分散して行う程度であった。6区の前期飼育における1日当たりの作業時間は平均79分であったが、1日の拘束時間中(昼休み時間を除く)に占める全作業時間の割合を見ると、飼育開始からふ化後12日目までは51.3%(21.4～100%)、13～20日目までは18.7%(14.6～24.8%)であった。

後期飼育における拘束時間と作業時間を図3に示した。なお、作業時間は各作業の合計で示した。後期飼育では、拘束時間は朝一番の投餌を行う8:00から、夕方最終の投餌を行う16:30頃までとほぼ一定していた。また、この時期の主な作業は配合飼料の投餌作業であることから、作業は拘束時間内に分散して行われた。後期飼育の1日当たりの作業時間は平均79分であり、1日の拘束時間中(昼休み時間を除く)に占める全作業時間の割合は17.4%(6.9～50.6%)であった。図3では、3カ所で作業時間の増大が認められた。ふ化後25日目(図3-A)に見られる作業時間の増加は移槽作業によるもので、夜間の見回りのため拘束時間も20:20までとなった。40日目頃の増加(図3-B)は、分槽とその準備作業に要した時間である。50日目頃の増加(図3-C)は、生残尾数の計数および計数のた

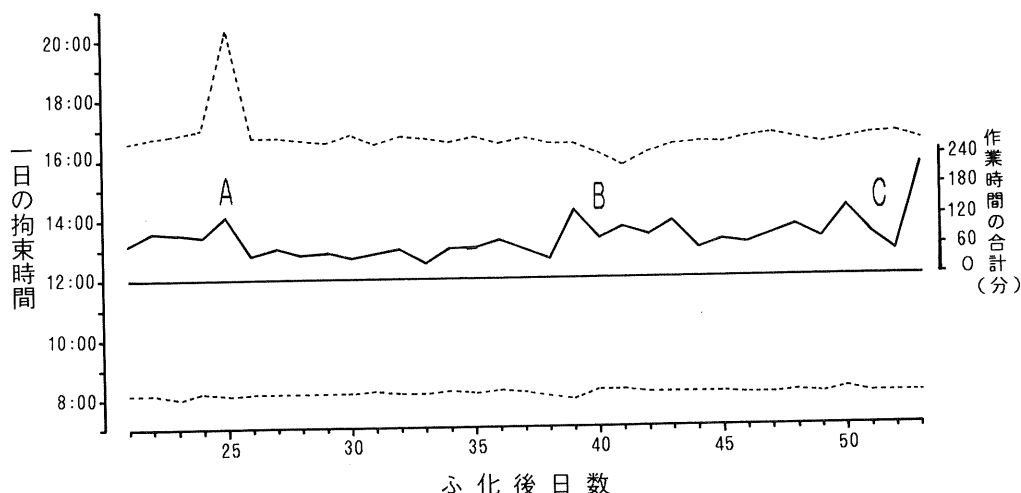


図 3 ヒラメ種苗生産の後期飼育における 1 日の拘束時間と作業時間の実測値の合計 (1990 年)
 図中の破線で挟まれた部分は拘束時間、実線の折れ線部は作業時間の合計を示す。A～C の詳細は本文参照。

めの準備作業に要した時間である。特に計数を行った 53 日目の作業時間は 225 分と長く、拘束時間中に占める作業時間の割合は 50.6% と最も多くなった。

考 察

近年、週休 2 日制の導入と労働時間の短縮、いわゆる「時短」の促進が強く求められているが、種苗の生産に携わる現場では、種苗生産時期の作業形態は依然人手と飼育担当者の経験に依存する割合が高く、定期的な休日の導入と作業時間の短縮を促進するに当たって大きな障壁となっている。特に問題となるのは、従来からの「子育てに休みなし」の作業体制であり、種苗生産方法の簡易化、コストダウン化の技術開発とともに、通常の勤務時間内で可能な生産方式の確立が必要である。

小浜事業場におけるヒラメの種苗生産方式は、生産が他の魚種の飼育試験などと並行して実施可能であり、なおかつ基本的な飼育作業が 1 人でできるように開発した方法であり、いわゆる「ほっとけ飼育」と称している。また、種苗生産量も 1 回の生産で 40 万尾程度 (全長 30 mm) としたことにより、1 日の平均作業時間が約 80 分と作業時間の時短が可能となった。ただし、本報で示した作業内容と時間は、筆者を基準として求めた値であるため、人によりまた経験の有無や程度により若干の差は生じると思われる。

種苗量産において、飼育方法をより簡素化しパターン化するためには、作業の種類が単純でかつ作業量が少なければ良い。「ほっとけ飼育」では、まず底掃除をほとんど行わない方法により、従来からの飼育方法に比べて毎日の作業量はかなり減少できるようになった²⁾。分槽による選別方法では、モジ網⁵⁾やプラスチック製のネット⁶⁾による選別に比べ選別後の体長のばらつきが大きい。従って、分槽では共食いの防止は充分に行えず生残率は低下したが、作業面では選別の手間や人手が不要となり作業量は減少した³⁾。一方、共食いによる生残率の低下に対しては、ふ化仔魚の収容尾数を増すことで生産予定数の種苗の確保が可能となることから、「ほっとけ飼育」では共食いを防止して生残率を高めることより作業の簡素化に重点を置いている。

一方、現在行っている作業について見ると、全長の測定や環境維持などの作業は所要時間も少なく、また必要な作業であることから欠くことはできない。作業の短縮を図るには、不定期の作業より毎日行っている作業を見直すことが効果的であり、前期飼育では環境測定、後期飼育では配合飼料の投餌が考えられる。特に両者は、ともに最も作業時間を要する項目であることから、作業時間の短縮にはこれらの作業の合理化が重要であると考えられる。環境測定については、これまでの飼育結果²⁾ではヒラメ仔魚の成長や生残に悪影響を及ぼす環境要因は認められなかったことから、「ほっとけ飼育」で種苗生産を行う際には水温のみの測定でも充分であると考えられる。前期飼育における飼育作業について、従来の飼育結果から得られた平均的な作業パターンと、表 2 から求めた各作業に要す

表 5 前期飼育におけるヒラメ仔魚の飼育作業に要する作業時間(分)の推定値

飼育 日数	ふ化後 日数	全長 (mm)	生残 (万尾)	環境測定*1	全長 測定	生残 計数	投餌			注排水	飼育準備	合計
							ワムシ	Ar*2	ナンノ*3	添加		
1												
2	-3										37 (水槽準備)	37 (37)
3				28 (9)							25 (水作り)	25 (25)
4				28 (9)							30 (卵収容)	58 (39)
5	0	2.6	100	28 (9)	30		15 (接種)					28 (9)
6				28 (9)								73 (54)
7				28 (9)								28 (9)
8				28 (9)		12						28 (9)
9				28 (9)								40 (21)
10	5	4.5		28 (9)	30		15					28 (9)
11				28 (9)								73 (54)
12				28 (9)								28 (9)
13				28 (9)								28 (9)
14				28 (9)					22			28 (9)
15	10	6.0	90	28 (9)	30		30 (投餌)		22			50 (31)
16				28 (9)			30		22			50 (31)
17				28 (9)		12	30		22			110 (91)
18				28 (9)			30		22			80 (61)
19				28 (9)			30		22			92 (73)
20	15	7.5		28 (9)	30		30		22			80 (61)
21				28 (9)			30	8	22			80 (61)
22				28 (9)			15			7 (換水開始)		110 (91)
23				28 (9)				12				66 (47)
24				28 (9)				16				62 (43)
25	20	10.0	80	28 (9)	18			20				44 (25)
				28 (9)				51*4				48 (29)
				28 (9)								97 (78)
644 (207) 138 24 255 107 176 7 92 1,443 (1,006)												

*1 測定項目は水温, pH, 全アンモニア態窒素, ナンノクロロアブシスおよびワムシ密度, () 内は水温とナンノクロロアブシスおよびワムシ密度のみ測定した場合の作業時間, *2 アルテミア幼生, *3 濃縮ナンノクロロアブシスまたは淡水クロレラ, *4 養成アルテミアおよび配合飼料の投餌を含む。

表 6 前期飼育における餌料の培養に要する作業時間（分）の推定値と飼育作業時間との合計（分）

飼育日数	ふ化後日数	ワムシ培養		アルテミア の分離	1 日当たりの作業時間*		
		培養	栄養強化		餌料培養	飼育作業	総作業時間
1		15 (密度計数)			15	37 (37)	52 (52)
2	−3	60 (換水)			60	25 (25)	85 (85)
3		15			15	58 (39)	73 (54)
4		15	30		45	28 (9)	73 (54)
5	0	150 (植え替え)			150	73 (54)	223 (204)
6		15			15	28 (9)	43 (24)
7		15			15	28 (9)	43 (24)
8		60			60	40 (21)	100 (81)
9		15	30		45	28 (9)	73 (54)
10	5	15			15	73 (54)	88 (69)
11		60			60	28 (9)	88 (69)
12		15			15	28 (9)	43 (24)
13		15			15	50 (31)	65 (46)
14		60	30		90	50 (31)	140 (121)
15	10	15	30		45	10 (91)	155 (136)
16		15	30		45	80 (61)	125 (106)
17		60	30		90	92 (73)	182 (163)
18		15	30		45	80 (61)	125 (106)
19		15	30		45	80 (61)	125 (106)
20	15	60	30	50	140	10 (91)	250 (231)
21		15	30	50	95	66 (47)	161 (142)
22				50	50	62 (43)	112 (93)
23				50	50	44 (25)	94 (75)
24				50	50	48 (29)	98 (79)
25	20			50	50	97 (78)	147 (128)
		720	300	300	1,320	1,443 (1,006)	2,763 (2,326)

* () 内の値は飼育作業の環境測定で項目で、測定項目を水温と餌料密度の測定のみにした場合の作業時間を表す。

る時間を表 5 に示した。これを見ると、前期飼育における 1 日の作業時間は、環境測定を行った場合で 58 分、環境測定を水温と餌料密度計数（ナンクロロプシスとワムシ）のみとした場合で 41 分となり、作業時間は約 30% 減少される。また、後期飼育では、表 4 に示した作業時間から配合飼料の投餌に要する時間を除くと、1 日の作業時間は平均 34 分（21～46 分）となることから、前期飼育の環境測定を水温と餌料密度計数のみとし、後期飼育では配合飼料の自動給餌機を利用することにより作業時間は大きく短縮され、1 日の作業時間も通算で 30～40 分程度に短縮できる可能性があると考えられる。

上述した方法で作業を行った場合の拘束時間を見ると、前期飼育のワムシの単独餌料で飼育する期間（ふ化後 12～15 日目まで）では作業時間＝拘束時間と考えられ、ヒラメの種苗生産に係わる時間は 1 日 1 時間以下に短縮できる。一方、アルテミアを投餌する時期や後期飼育では、午後の投餌のため拘束時間が長くなる。しかし、配合飼料の投餌作業では、自動給餌機の利用により午前中に給餌機の準備を行うことで午後からの作業を省略でき、拘束時間を大幅に短縮することが可能になると考えられる。同様に、アルテミアの投餌でも、新たに自動投餌機（例えば、タイマーと電動弁を組み合わせた簡単な容器など）を開発することにより、午前中に作業を終えることは充分可能であろう。このように、餌料の投餌方法のシステムを工夫、改良し、飼育作業を午前中に集中して行う方式により午後の作業はかなり軽減され、同時にヒラメの種苗生産に携わる時間を大幅に減少することができると考えられる。

すでに述べたように、今回の作業時間にはワムシの培養と栄養強化、およびアルテミア幼生のふ化、分離の作業に要する時間は含まなかった。しかし、これらの作業も一人で行うと仮定した場合には、餌料培養に要する作業時間は以下のように想定される。

「ほっとけ飼育」ではワムシの必要量が少ないことから²⁾、保有量として 20 m³ 水槽 1～2 面で 40～50 億個体（培養密度 200 個体／ml 前後）を維持するだけで良い。培養に要する期間は、保有量確保のための増殖期に当たる生産

開始前の3週間程度と、飼育中のヒラメ仔魚への投餌に供するふ化後16日目までの約40日間である。ワムシの培養に要する作業内容と時間は、毎日行う作業として個体密度の計数(約10分)とイースト投与(約5分)が、3日ごとの作業としてナンノクロプシスによる換水(ワムシ抜き取りに約20分/5m³、ナンノクロプシス添加に約25分/5m³)などがある。また、2週間ごとに全水槽の植え替え(約2時間/回)を要するが、前期飼育では最も作業量の少ないふ化後0~5日目の間(図2)に最終の植え替えを行うようにすれば、ヒラメの飼育作業への影響は少ないと考えられる。ヒラメ仔魚への投餌が予想されるふ化後10~17日目の作業は、ワムシの栄養強化に要する作業として、1m³パンライト水槽へナンノクロプシスを収容(約5分/m³)後培養槽からワムシを抜き取り(水量1m³分の抜き取りに約5分)水槽に収容する作業で、1日のワムシ使用量を6~8億個体とすると作業時間は30分程度である。

アルテミア幼生の分離作業を行う期間は、ふ化後15日目頃(全長約8mm)から40日目(18mm)までの26日間程度である。分離作業の手順は、500lアルテミアふ化器のエアおよびヒーターのスイッチ閉と採集用ネットの設置(約5分)→15分間放置(卵と幼生の分離)→幼生の抜き取り作業(約80分)→分離した幼生を栄養強化用水槽へ収容→ふ化器の洗浄→濾過海水注水と加温→アルテミア卵の収容(以上15分)であるが、幼生の抜き取り中には他の作業を並行して行えるため、実質の作業時間は合計で50分程度を見込めば良い。

上述の想定に基づいた、前期飼育における餌料培養の作業時間と、飼育に要する作業時間の推定値の合計を表6に示したが、餌料培養に要する時間の合計は1,320分となり、ヒラメの飼育に要する総作業時間(1,006分)の1.3倍になる。また、飼育と餌料培養とを行った場合の1日の平均作業時間は94分、最も多い1日の総作業時間は231分となったが、すでに述べたようにヒラメの飼育作業を午前中に集中して行い、餌料培養の作業は午後に行うなど、作業を分散させることにより対処は充分可能であると考えられる。

一方、前期飼育におけるワムシの投餌は、飼育水槽内での増殖が好調であれば最初の接種だけで良く、またアルテミア幼生の投餌もワムシの増殖が好調であれば必要量は減少することから、前期飼育ではまず増殖状態の良いワムシを培養することが、作業量を軽減する上での第一の条件であるといえる。ワムシは、現在の種苗生産技術では初期餌料として不可欠であるが、ワムシの使用量の減少には、保有量の確保を目的とした従来の培養方法から増殖状態の良いタネの維持、管理へと変えることで対処可能であると考えられる。また、近年の種苗生産方式でミンチ魚肉を市販の配合飼料に替えることで作業性や経済性が向上したように、ワムシの培養や栄養強化に必要なナンノクロプシスも、安定的にかつ容易に入手できる市販の濃縮ナンノクロプシスや淡水クロレラなどの既存の製品を有効に利用し、これまでの自給自足的な餌料の供給方法から脱却することで、種苗生産全体の作業量と時間の軽減が促進されるものと考えられる。

引用文献

- 1) マリノフォーラム 21 種苗生産システム研究会総合課題検討会(1992) 種苗生産システム要素技術集. MF21, 技術資料 No. 10, 266 pp.
- 2) 高橋庸一(1990) 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(1), 23-33.
- 3) 日本栽培漁業協会(1992) 日本栽培漁業協会事業年報 平成2年度, 169-170.
- 4) 日本栽培漁業協会(1993) 日本栽培漁業協会事業年報 平成3年度, 印刷中.
- 5) 日本栽培漁業協会(1988) 日本栽培漁業協会事業年報 昭和61年度, 170-173.
- 6) 茨城県栽培漁業センター(1989) (3) 茨城県. 種苗生産. 昭和63年度放流技術開発事業報告書. 太平洋海域ヒラメ班, 133-141.