

ヒラメ「ほっとけ飼育」における仔魚のワムシ摂餌と栄養価の特徴

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 森田, 哲男 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014807

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



ヒラメ「ほっとけ飼育」における仔魚のワムシ摂餌と栄養価の特徴

森田哲男
(屋島栽培漁業センター)

「ほっとけ飼育」は、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の種苗生産において飼育作業の軽減や作業時間の短縮を目的に考案され、安定的な種苗生産が可能な飼育手法である¹⁾。さらに、1988年より本飼育手法による量産技術開発に取り組んでいる小浜栽培漁業センターの飼育事例では、疾病の発症事例が極めて少なく²⁾、骨格異常魚の出現率が少ない傾向にあり、成長についても飼育初期から流水でワムシの給餌を行う標準的な飼育手法と比較して遜色なく、むしろ高成長の場合が多い等の「ほっとけ飼育」の特徴が把握されてきた。

本試験では、ヒラメの「ほっとけ飼育」において仔魚期のワムシ摂餌状況と飼育水中のワムシの栄養価の面から「ほっとけ飼育」の利点を検討したので報告する。

材料と方法

試験の設定 試験は2回に分けて実施した。試験1は2002年4月7日～6月6日に行い、仔魚の各日齢と給餌作業の前後でワムシの摂餌数を観察した。試験2は2003年4月1日～5月23日に行い、飼育水中のワムシの栄養価を分析した。試験区は、「ほっとけ飼育」¹⁾により飼育するほっとけ飼育区と従来型の換水とワムシ給餌を行いながら飼育する対照区を各1例ずつ設定した。なお、本試験は小浜栽培漁業センターが実施した種苗生産試験の中で実施しており、移槽後に小型個体の選別廃棄や大量のサンプリングを行っているため、飼育成績の評価は飼育手法が各試験区で異なるため、日齢15までの生残数の推定値で評価した。飼育は鱗の形成が進みスレの影響が少なくなる日齢で一度全数取り上げて、平均全長の計測、生残尾数の算出等を行った。

飼育方法 飼育水槽は、角型20kℓコンクリート水槽(実水量18kℓ)を用いた。飼育に供した受精卵は、福井県栽培漁業センターの養成親魚から自然産卵により得られたものを採卵当日に譲り受け、試験1では浮上卵各286g(42.9万粒)、試験2では浮上卵各179g(26.9万粒)を飼育水槽に収容した。

飼育に供した海水は、紫外線殺菌処理したろ過海水を用いた。飼育水温は、採卵水温である15℃に設定し、ふ化後は18℃になるまで1日1℃ずつ昇温させた。通気方法および通気量は、ほっとけ飼育のマニュアル¹⁾

に従ったが、対照区では、ほっとけ飼育のようにエアーストーンを水槽底から数cm上に吊り下げる手法とせず、一般的な底面設置とした。底掃除は、着底直前の移槽までの飼育では両試験区とも実施しなかった。

飼育水への濃縮ナンノクロロプシス(マリンフレッシュ;マリンバイオ,100億細胞/ml)の添加は、ほっとけ飼育区ではマニュアル¹⁾に従ってふ化後に1,000万細胞/mlになるよう添加し、対照区では飼育水中の密度が50万細胞/ml程度を維持するように定量ポンプにより添加した。

餌料には、シオミズツボワムシ(L型ワムシ小浜株。以下、ワムシ)、アルテミアノープリウス(以下、アルテミア)および配合飼料(おとひめ:日清丸紅飼料,なぎさ:オリエンタル酵母工業)を用いた。ワムシはほっとけ飼育区では日齢0に給餌し、対照区では開口日から平均全長8mmまで、濃縮ナンノクロロプシス(添加量2,000ml/kℓ)で12時間栄養強化した後に給餌した。対照区のワムシ給餌は1日2回行い、給餌前にワムシの密度を観察し、飼育水中のワムシ密度が10個体/mlとなるよう給餌した。アルテミアは平均全長9mmから給餌し、水温28℃,48時間でふ化分離して、マリンオメガA(添加量2,500ml/kℓ,オリエンタル酵母工業)で14～24時間栄養強化後給餌した。配合飼料は、平均全長10mmからマニュアル¹⁾に従って給餌した。

生残数の推定 浮遊期の仔魚の生残尾数の推定は、日齢0,5,10,15の22時に実施し、内径40mmの塩ビパイプを用いて7定点における柱状サンプリング行い推定した。取上げ時の稚魚の生残数は重量法により算出した。

仔稚魚の成長 仔稚魚の全長測定は、日齢3,5,7,10,13,15,17,20,25および30に実施し、内径40mmの塩ビパイプを用いた7定点における柱状サンプリングした個体30尾を無作為に30尾抽出し、電子ノギスを用いて計測した。有意差の検定はStudentのt-testを用いて危険率5%以下で行った。

骨格異常個体の出現状況 主要な骨格形態異常の有無は、取上げた稚魚を無作為に100尾抽出して10%海水ホルマリンで固定後に観察した。観察項目は顎骨と中軸骨格とし、顎骨は上顎骨と下顎骨の長短の異常の有無について目視観察し、明らかな異常個体のみを骨格異常魚とした。中軸骨格は軟X線装置(軟X線フ

イルム用プロセサー FIP800：富士写真フィルム）を用いて30秒間20kVp, 2mA で撮影した写真を3～4倍の実体顕微鏡下で目視観察して異常の有無を観察し、中軸骨格の癒合、湾曲が見られる個体を異常個体とした。

ワムシの摂餌数（試験1） ヒラメ仔魚のワムシ摂餌数の観察は日齢4以降に実施した。対照区では午前8時40分と午後15時の2回給餌を行っており、それぞれ給餌5分前と給餌40分後に仔魚をサンプリングしてワムシ摂餌数を観察した。ほっとけ飼育区では給餌作業はないが、対照区のサンプリングと同じ時刻に実施した。午前の給餌前後はそれぞれ、午前給餌前、午前給餌後、午後の給餌前後は午後給餌前、午後給餌後と定義し、必要に応じて給餌前、給餌後のみの標記とした。仔魚は柱状サンプリングで採集し、ワムシ摂餌数は30尾の仔魚を1尾ずつカバーガラスで押しつぶし、光学顕微鏡下でワムシ咀嚼器の数を計数した。午前の観察はワムシ摂餌期間中毎日、午後の観察は日齢6、11および16について行った。

ワムシ栄養価の分析（試験2） 飼育水槽中のワムシ栄養価の分析は、仔魚のワムシ摂餌が活発になる日齢10に実施した。ワムシの分析サンプルは、対照区では給餌直後の8時40分～9時10分の間、排水口にプランクトンネットを設置して採取した。ほっとけ飼育区では同時刻に一時的な換水を行い、同様の方法でサンプルを採取した。採取後は水道水で洗浄した後、ネットで十分に水切りを行い、-80℃で冷凍保存した。

栄養分析は一般分析及び脂肪酸分析について実施し、一般分析では水分、灰分、タンパク質、全脂質、炭水化物の構成比率、脂肪酸分析では主な脂肪酸20項目についての構成比率および含有量を測定し、これらの結果から乾燥重量100g当たりの含有量を算出した。水分は105℃の常圧加熱乾燥法、灰分は直接灰化法、

タンパク質はマイクロ・ケルダール法、全脂質はクロロホルム・メタノール混液抽出法により行った。炭水化物については、全量から水分、灰分、タンパク質、全脂質を差し引いて求めた。

結 果

仔稚魚の生残と成長 飼育結果の概要を表1、浮遊期の生残率の推移を図1に示した。生残率は日齢15で90.2～100%であり、浮遊期の飼育では疾病の発生や大きな減耗はなく良好に推移し、対照区とほっとけ飼育区に明瞭な差は認められなかった。各試験区の成長の推移は図2に示した。試験1では、日齢7までは成長に有意な差はなく、日齢10以降はほっとけ飼育区の成長が有意に高くなった。試験2では、日齢20までは成長に有意差はなかったが、日齢25以降はほっとけ飼育区の成長が有意に高くなった。

形態異常の出現状況 形態異常の出現状況を表2に示した。試験1におけるほっとけ飼育区の形態異常率は1%であり、尾椎癒合が1尾のみであった。対照区の形態異常率は73%であり、腹椎および尾椎の癒合割合が高く、2ヶ所以上が癒合する重篤な個体は短軀症状を示した。試験2では、ほっとけ飼育区の形態異常率は2%であり、尾椎癒合が2尾のみであった。対照区の形態異常率は22%であり、腹椎の癒合割合が高くなった。

ワムシの摂餌数 試験1のワムシ給餌量は、ほっとけ飼育区が2.5億個体、対照区が83.3億個体であった。ワムシ密度の増加状況は、ほっとけ飼育区では給餌後に飼育水槽内で徐々にワムシが増加し、日齢10には約40個体/mlとなり、その後もワムシは順調に増殖した（図3）。ヒラメ仔魚のワムシ摂餌数の推移を図4に示した。午前の平均ワムシ摂餌数は日齢とともに増加し、

表1 飼育結果の概要

試験区	受精卵 収容個数 (万粒)	ふ化 尾数 (万尾)	ふ化率 (%)	日齢15 ^{*1} の生残率 (%)	飼 育 結 果 ^{*2}			
					日齢	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	ワムシ給餌量 (億個体)
試験1 対照区	42.9	41.4	96.5	97.6	43	13.8	30.1	83.3
ほっとけ飼育区	42.9	42.9	100.0	90.2	47～55	28.4	11.8	2.5
試験2 対照区	26.9	27.7	103.0	97.1	49	24.8	13.6	46.6
ほっとけ飼育区	26.9	20.7	77.0	100.0	49	30.0	6.7	2.0

*1 生残率は飼育方法の異なっている飼育初期の生残率で評価した。

*2 飼育を終了した日齢が大きく異なっていること、別途実施した試験によるサンプリングおよび、生産数調整のための廃棄数が多いため、生残率は算出していない。

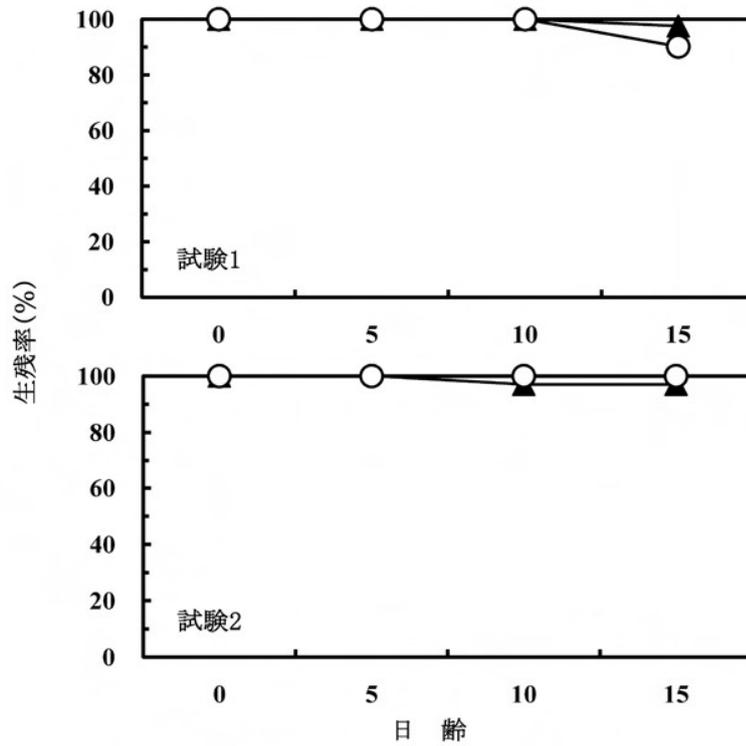


図1 浮遊期の生存率の推移
○：ほっとけ飼育区，▲：対照区

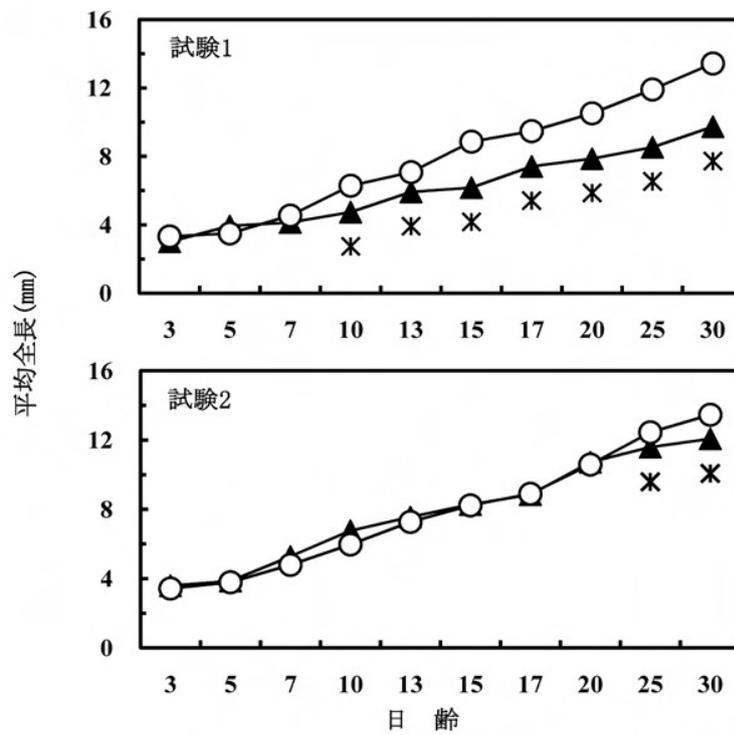


図2 飼育期間中の平均全長の推移
○：ほっとけ飼育区，▲：対照区
米印は有意差（危険率5%）があることを示している

表2 主な形態異常出現状況の概要

試験区	観察個体 (個体)	正常率 (%)	異常率 (%)	顎骨 (個体)			中軸骨格 (個体)				
				正常	上顎 異常	下顎 異常	正常	腹椎骨		尾椎骨	
								癒合	湾曲	癒合	湾曲
試験1 対照区	100	17.0	73.0	98	0	2	17	76	1	83	5
ほっとけ飼育区	100	99.0	1.0	100	0	0	99	0	0	1	0
試験2 対照区	100	78.0	22.0	100	0	0	78	20	0	5	0
ほっとけ飼育区	100	98.0	2.0	100	0	0	98	0	0	2	0

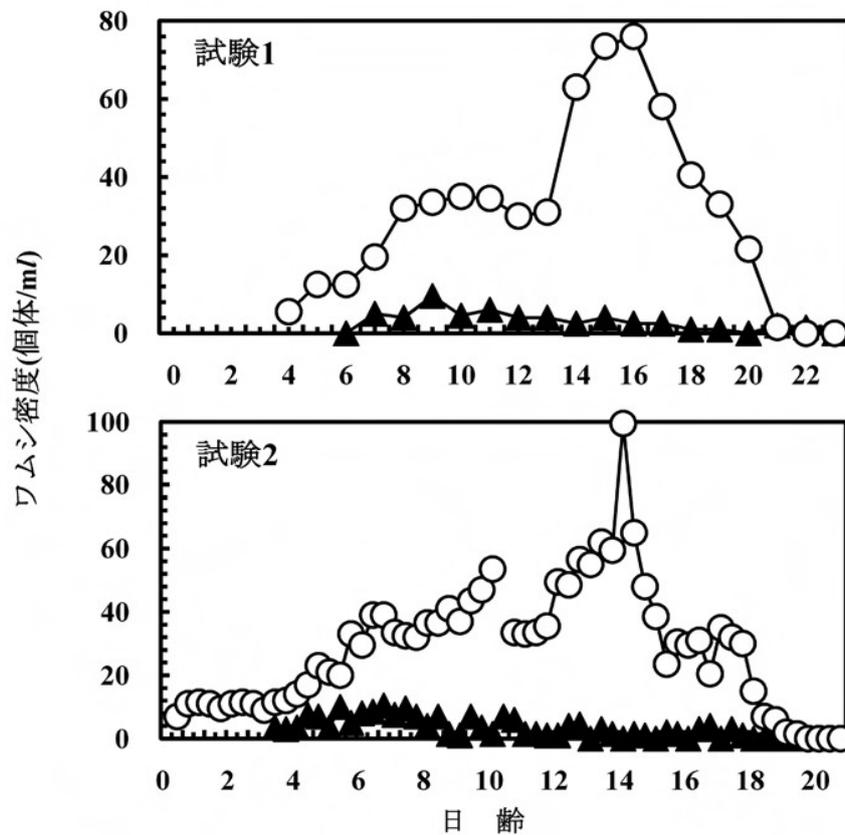


図3 飼育期間中のワムシ密度の変化
○：ほっとけ飼育区，▲：対照区

対照区では給餌前よりも給餌後の摂餌数が明らかに多くなった。日齢6、11および16におけるワムシ摂餌数を図5に示した。日齢6のほっとけ飼育区の摂餌数は、対照区より顕著に多い傾向にあった。また、対照区では、午前中の観察では給餌前の方が多く、午後では給餌後に摂餌数が多くなった。日齢11では、対照区で給餌前と給餌後にワムシ摂餌数が顕著に増加した。日齢16では、午前の給餌前のみほっとけ飼育区のワムシ摂餌数が多くなったが、それ以外では対照区の方が多くなった。また、日齢11と同様に対照区では、給餌前と

給餌後では顕著に摂餌個体数が増加した。

ワムシ栄養価の分析 試験2のワムシ給餌量は、ほっとけ飼育区が2.0億個体、対照区が46.6億個体であった。ワムシ密度の増加状況は、ほっとけ飼育区では給餌後は飼育水槽内で徐々に増加し、日齢10には53個体/ml、日齢14で99個体/mlとなり、ワムシは順調に増殖した(図3)。対照区の日齢10における午前の給餌前の飼育水中ワムシ個体数は1.5個/mlであり、1.7億個体(9.4個/ml)給餌した。対照区では給餌30分後には6.0個/mlであったが、その後は0.5~1.0個/ml

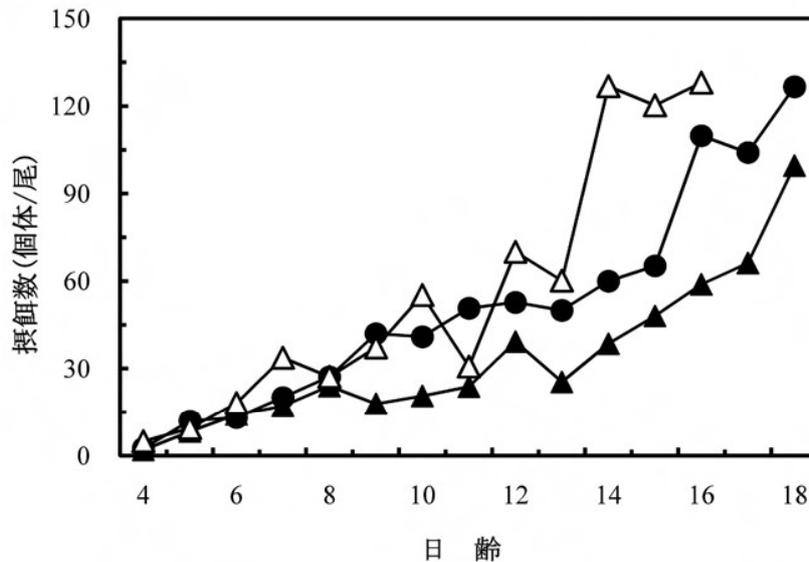


図4 飼育期間中の午前のワムシ摂餌個体数の推移 (試験1)

ほととけ飼育区 △: 午前
対照区 ▲: 午前給餌前, ●: 午前給餌後

であり、給餌2時間までに飼育水中のワムシ密度は摂餌もしくは換水による流出により減少した。

ワムシの栄養分析結果を表3に示した。乾燥重量100g当たりの脂肪酸含量はほととけ飼育区が高かった。20種類の脂肪酸組成は、ほととけ飼育区ではC20:4(アラキドン酸), C20:5(エイコサペンタエン酸, 以下, EPA) およびC22:5の含有量が高く、特にC20:4とC20:5では、対照区の4~12倍量に達した。一方, C16:2, C18:2, C18:3, C22:6(ドコサヘキサエン酸, 以下, DHA) は対照区で高い含有量を示していた。

考 察

ほととけ飼育では疾病の発症が少ないこと²⁾、骨格異常が少ないこと³⁾が報告されているが、その理由の一つとして飼育の特徴である止水飼育期間中の餌料環境にあると考え、仔魚のワムシ摂餌状況とワムシの栄養価について一般的な飼育手法と比較検討した。

今回行った2回の飼育試験で疾病の発症は認められず、また浮遊期の生残数にも顕著な差は認められず疾病防除の効果を示すことはできなかった。一方、両試験ともほととけ飼育では仔魚の成長は良好で、骨格形態異常率も極めて低かった。

ワムシの摂餌状況を比較すると、1日2回の給餌を行う対照区では摂餌数は給餌に強く影響され、特に日齢10以降ではその傾向が顕著に見られたことから、仔

魚が摂餌したい時間に十分量摂餌できる給餌手法ではないと言える。一方、飼育開始時に1度だけ給餌するほととけ飼育区では、日齢6以降は成長に伴って摂餌能力も向上するため、観察時にはすでに大量のワムシを摂餌しており、常時飼育水中に高密度のワムシがいるほととけ飼育は、仔魚が摂餌したい時間に、常に十分量を摂餌できる環境であると言える。稚魚以降では自発的に十分な摂餌ができた場合には、ストレスの軽減や免疫機能の向上に効果があることが知られており⁴⁻⁵⁾、このようなことも疾病が生じにくい一因であると考えられる。また、稚魚以降では自発的な摂餌により十分な摂餌ができた場合には、高成長が得られる事例はすでに報告されていることから⁶⁻⁷⁾、十分な摂餌環境が高成長や骨格形成に有利に働いていると考えている。

両試験区の飼育水槽中のワムシの栄養価は、一般組成ではほととけ飼育区が圧倒的に高く、脂肪酸組成もEPAが突出して多くなった。これは飼育水中に高濃度でナンノクロロプシスを添加する効果と考えられる⁸⁾。一般的に海産魚類では脂肪酸の中でもDHAやEPAに代表されるn-3HUFAの含量が成長や生残、活力向上に重要であると考えられており⁹⁻¹⁰⁾、ヒラメ仔魚では体内に蓄えられたEPA, DHA等のn-3HUFA量の違いにより成長や生残に差がみられることが報告されている¹¹⁾。ほととけ飼育区のワムシは対照区と比較してDHA量は若干少ないものの、EPA

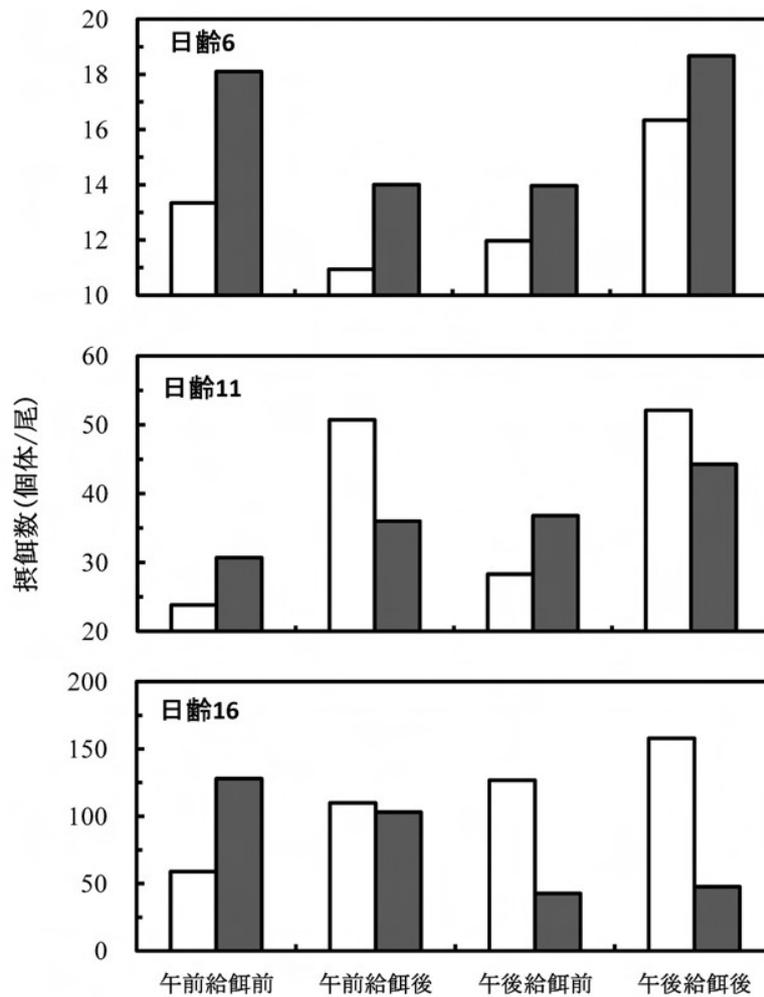


図5 飼育期間中のワムシ摂餌個体数の推移(試験1)
 ほっとけ飼育では給餌を実施していないため、対照区におけるワムシ給餌を示している
 □: 対照区, ■: ほっとけ飼育区

表3 試験2におけるワムシ栄養分析結果の概要

分析項目	対照区		ほっとけ飼育区	
	組成比 (%)	含有量 (mg) *	組成比 (%)	含有量 (mg) *
水分	90.1		84.9	
一般組成				
灰分	2.1		2.2	
タンパク質	5.8		9.2	
全脂質	1.1		1.4	
炭水化物	0.9		2.3	
脂肪酸				
C14:0 (ミリスチン酸)	3.7	(105.9)	4.7	(207.4)
C14:1 (ミリストレイン酸)	1.2	(34.4)	0.5	(22.1)
C16:0 (パルミチン酸)	19.1	(546.7)	22.2	(979.7)
C16:1 (パルミトレイン酸)	3.7	(105.9)	11.8	(520.7)
C16:2 (ヘキサデカジエン酸)	2.1	(60.1)	0.0	(0.0)
C16:3 (ヘキサデカトリエン酸)	0.0	(0.0)	0.0	(0.0)
C18:0 (ステアリン酸)	6.7	(191.8)	3.8	(167.7)
C18:1 (オレイン酸)	6.0	(171.8)	6.0	(264.8)
C18:2 (リノール酸)	22.6	(646.9)	4.5	(198.6)
C18:3 (リノレン酸)	5.4	(154.6)	0.0	(0.0)
C20:0 (アラキジン酸)	0.0	(0.0)	0.0	(0.0)
C20:1 (エイコセン酸)	2.6	(74.4)	1.3	(57.4)
C20:4 (アラキドン酸)	1.8	(51.5)	4.5	(198.6)
C20:5 (EPA)	2.6	(74.4)	20.6	(909.1)
C22:0 (ベヘン酸)	0.0	(0.0)	0.0	(0.0)
C22:1 (エルシン酸)	2.8	(80.2)	1.5	(66.2)
C22:5 (DPA)	0.7	(20.0)	3.8	(167.7)
C22:6 (DHA)	2.5	(71.6)	0.5	(22.1)
C24:0 (リグノセリン酸)	1.0	(28.6)	1.2	(53.0)
C24:1 (テトラコセン酸)	1.0	(28.6)	0.9	(39.7)
未同定	14.5	(415.1)	12.2	(538.4)
合計	100.0	(2862.5)	100.0	(4413.2)

* 含有量は乾燥重量100g当たりの量として表示した

が豊富に含まれているため、n-3HUFAの総量では6倍量以上となった。このようなワムシを摂餌することにより成長に対し有利に働いたと推察される。さらに、近年、アラキドン酸は一部の熱帯性魚種の生残率の向上と安定化の効果が得られると報告されており¹²⁾、ヒラメのような温帯性魚類での効果について知見が不足しているものの、ほっとけ飼育区のワムシではアラキドン酸も豊富に含まれていることから、本飼育手法に見られる生残結果の安定性についても注目している。

今後は飼育手法によるストレス指標の比較を行うとともに、実証事例数を重ねて骨格形態異常の出現状況や成長についての知見を集積していきたい。

文 献

- 1) 社団法人日本栽培漁業協会 (1998) ヒラメの種苗生産マニュアルー「ほっとけ飼育」による飼育方法ー, 栽培漁業技術シリーズ4.
- 2) 高橋庸一 (1999) ヒラメ仔魚の「ほっとけ飼育」による疾病防除の可能性. アクアネット11月号, 38-42.
- 3) 森田哲男 (2001) 「ほっとけ飼育」と「通常飼育」におけるヒラメ種苗生産, 日裁協年報, 平成13年度, 134-139
- 4) 矢田 崇 (2001) 魚類における免疫ー内分泌研究の展開, 日本比較内分泌学会ニュース, 103, 27-31.
- 5) Espelid S, G.B Lokken, K Steiro, J Bogward (1996) Effects of cortison and stress on the immune system in Atlantic salmon (*salmo salar* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 6, 95-110.
- 6) 鈴木紘子・吉澤和具・佐藤敦彦・垣田誉志史・清水延浩・松井資元・小暮泰代・下条義信・樋口正仁 (2007) ニシキゴイの稚魚における14次選別までの自発摂餌導入の可能性, 日本水産学会春季大会講演要旨集34.
- 7) 島 隆夫 (2008) めざせ養殖改革「稚魚用自発摂餌システムー種苗生産技術の高度化」, 独立行政法人水産総合研究センター第3回技術交流セミナー要旨集, pp13
- 8) 小林孝幸・長瀬俊哉・藏野憲秀・日野明徳 (2005) 高密度ナンノクロロプシスを用いた連続培養L型ワムシ *Brachionus plicatilis* の脂肪酸組成, 日水誌, 71, 328-334.
- 9) Watanabe T, Izquierdo M.S, Takeuchi T, Satoh S, Kitajima C. (1989) Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in term of essential fatty acid efficacy in larval red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1635-1640.
- 10) 佐藤敦一, 竹内俊郎 (2009) マガレイ仔魚のドコサヘキサエン酸 (DHA) 要求, 日水誌, 75, 28-37.
- 11) Hirofumi Furuita, K.Konishi, T.Takeuchi (1999) , Effect of different levels of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in *Artemia nauplii* on growth, survival and salinity tolerance of larvae of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*, *Aquaculture*, 1, 59-71.
- 12) 国際農林水産業研究センター (2006), 熱帯性魚類の稚魚を大量・安定に供給できる技術の開発, プレスリリース