

栽培漁業センター技報

第10号

平成21年10月

目 次

未成熟の天然クルマエビの催熟方法について 崎山一孝・山崎英樹・水藤勝喜・伏屋玲子……………	1
クルマエビ用配合飼料を使用したイセエビ稚エビの生残と成長 神保忠雄・村上恵祐・榮 健次……………	6
宮津栽培漁業センターのヒラメ量産試験における無眼側黒化個体の出現状況 渡辺 税・升間主計・竹内宏行・町田雅春・中川 亨……………	11
マダコの幼生飼育におけるアルテミアの栄養強化の必要性和給餌密度の検討 山崎英樹・ ^故 奥村重信・岩本明雄……………	21
ブリの早期採卵によって得られた受精卵を用いた種苗生産事例 吉田一範・本藤 靖・中川雅弘・堀田卓朗・服部圭太……………	26
ウナギ仔魚飼育における初期飼育水温の検討 橋本 博・足立純一・西 明文・今泉 均・加治俊二……………	35
採卵時期と飼育水温がクロマグロ仔魚の初期生残と成長に与える影響 田中庸介・久門一紀・二階堂英城・江場岳史・西 明文・塩澤 聡……………	38
若狭高浜漁協市場におけるヒラメの漁獲実態調査 藤本 宏・山田達哉・山本岳男・高橋庸一・森田哲男・塩澤 聡……………	43
植え継ぎ培養法とケモスタット式間引き培養法で生産したシオミズツボワムシのヒラメ仔魚に対する餌料価値 友田 努・小磯雅彦・手塚信弘・島 康洋……………	51
ワムシの仔虫における栄養強化の効果について 小磯雅彦・友田 努・手塚信弘・榮 健次……………	58

未成熟の天然クルマエビの催熟方法について

崎山一孝^{*1}・山崎英樹・水藤勝喜^{*2}・伏屋玲子^{*3}

(^{*1} 瀬戸内海区水産研究所百島実験施設, ^{*2} 愛知県水産業振興基金,

^{*3} 西海区水産研究所資源培養研究室)

我が国では、放流を目的としたクルマエビの種苗生産は秋田県から宮崎県に至る19県において実施され、2007年度は14,500万尾の稚エビが生産された¹⁾。

クルマエビの種苗生産では、使用する採卵用の親エビは、その多くを天然の雌エビに依存しており、これらの個体の中から卵巣が成熟した個体を選別して利用している。しかし、漁獲されたクルマエビの中に含まれる採卵可能な成熟個体の割合は低く、種苗生産の現場では、生産に必要な大量の幼生を安定して得るための親エビの確保が重要課題となっている。また、成熟を確認した採卵用の親エビであっても、実際に産卵する個体の割合は10~50%^{*4}であり、半数以上の親エビが利用されていないのが現状である。したがって、種苗生産の現場における慢性的な親エビ不足を解消するためには、入手した親エビの選別時に未成熟と判断された個体や、産卵に至らなかった個体を成熟および産卵させる技術が必要とされている。

近年、稚エビから養成したクルマエビの片側眼柄を除去（以下、眼柄処理）し、ゴカイを給餌することにより成熟が促進され産卵に至ることが報告されている²⁾。しかし、実際の種苗生産機関では、天然クルマエビの眼柄を除去すると死亡率が高くなり、その成熟促進効果は再現性が不明確であることから、採卵手法として利用するための技術開発はほとんど進展していない。

そこで、本試験では、種苗生産機関で利用可能なクルマエビの採卵技術を開発することを目的として、漁

獲された天然クルマエビのうち、卵巣が未成熟な個体を用いて、眼柄処理の方法について検討した。さらに、眼柄処理とゴカイ給餌による催熟試験を実施し、飼育期間中の死亡率や成熟及び産卵状況を調査することにより、この催熟方法が未成熟な天然クルマエビからの採卵手法として有効かどうかを検討した。

材料と方法

供試エビ 試験には、2006年11月15~27日に広島県尾道市近海で刺網により漁獲されたクルマエビを用いた。漁船で尾道市百島福田港に輸送した後、活力の良いクルマエビ28尾をトラック（容量500 lの輸送水槽を積載）で百島実験施設に輸送し、5 kL水槽（水温15℃）内に設置した小割網（80×80cm）4つに、7尾ずつ収容した。デジタルノギスを用いて、これらのクルマエビの第1腹節と卵影の幅を測定し、生殖腺指数と相関のある卵影比（卵影幅/第1腹節幅×100）³⁾を調査した。試験には、これらの個体のうち卵影比20%以下の未成熟な個体を用いた。

眼柄処理方法 眼柄処理の方法として手術用縫合糸による眼柄結紮法（結紮区：写真1）と、ハサミによる眼柄切除法（切除区）における生残率を比較した。各区13尾の親エビを用いて、それぞれの方法で左側眼柄を処理した後、小割り網に収容し、翌日、各試験区が生残尾数を計数した。この試験では、眼柄処理後の給餌は行わなかった。



写真1 縫合糸によるクルマエビの眼柄結紮

^{*4} 平成19年度西日本種苗生産機関連絡協議会甲殻類分科会資料

結 果

催熟試験 試験には、眼柄結紮法により処理を行ったクルマエビ10個体を用いた（親エビ No.1～10）。飼育水槽にはポリカーボネイト製水槽（容量100ℓ）10個を用い、それぞれの水槽に眼柄処理を施したクルマエビを1個体ずつ収容した。飼育水にはろ過海水を使用し、ウォーターバス方式で水温を22～23℃に設定した。試験期間中、毎日1回、全量を換水した。水槽への通気はエアストーンにより行った。

催熟試験では、1日に1回、生きたイシイソゴカイ *Perinereis vallata* を1個体当たり30gずつ給餌した。翌日、個体ごとに残餌を回収し、給餌量と残餌量の差から個体別の摂餌量（g）を調査し、体重（g）に対する摂餌量の割合（%）を求めた（以下、摂餌率）。

また、飼育期間中は、毎日、各水槽の産卵の有無を確認するとともに、卵巣の大きさの変化を見るために卵影比の経日変化を個体ごとに調査した。産卵が確認された水槽では、卵を回収して容量法で卵数を求めた。採集した卵はプラスチック容器（水量10ml）3個に100粒ずつ収容し、恒温器（23℃）内に収容した。翌日、容器内のふ化幼生数を計数し、ふ化率（幼生数/収容卵数×100）を求めた。

眼柄処理方法別の生残 百島実験施設の飼育水槽に収容した供試クルマエビの平均体長±標準偏差は186.4±2.3mm、平均体重は76.2±5.2g、平均卵影比は14.7±2.1%であった。収容翌日の死亡個体数は1尾であった。眼柄処理直後に、結紮区で4尾、切除区で6尾が横転した。6時間後の横転尾数は、結紮区で1尾、切除区で5尾であった。結紮区と切除区の眼柄処理24時間後の生残率を図1に示した。結紮区が生残尾数は11尾（生残率84.6%）、切除区は5尾（38.4%）であり、結紮法による生残率が有意に高かった。なお、この結果から以降の催熟試験における眼柄処理には結紮法を用いた。

催熟試験の生残と産卵 眼柄を結紮処理した後、ゴカイを給餌して7日間飼育した供試クルマエビの生残率、産卵個体率および平均採卵数を表1に示した。本試験における供試エビの生残率は60%であり、飼育開始1日目に2尾、2日目に1尾、4日目に1尾の死亡が確認された。飼育開始5日目に個体 No.6が、7日目に個体 No.2が産卵し、生残個体のうち産卵に至

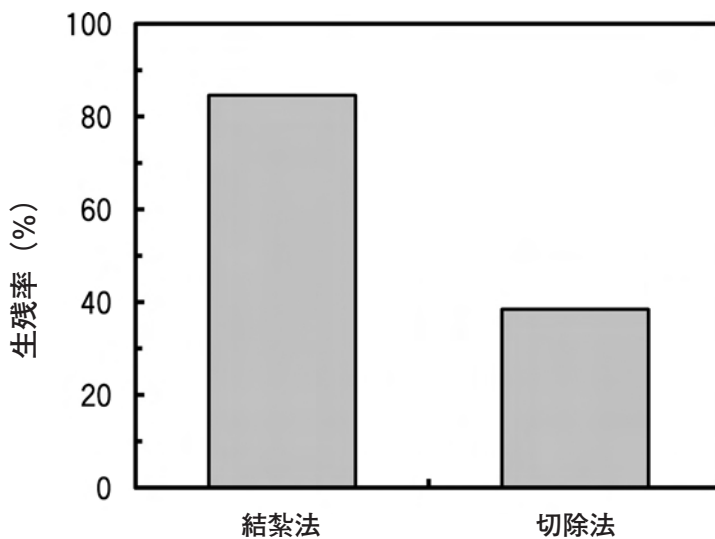


図1 結紮法と切除法で眼柄処理をしたクルマエビの生残率（%）
（ χ^2 検定 $p<0.05$ ）

表1 眼柄処理（眼柄結紮法）を施し、ゴカイを給餌した天然クルマエビの飼育結果

供試親エビ				飼育結果				
供試尾数 (尾)	平均体長 (mm)	平均体重 (g)	平均卵影比 (%)	飼育期間 (日)	生残尾数(尾) (生残率 %)	産卵尾数(尾) (産卵個体率 %)*1	平均採卵数 (万粒/尾)	ふ化率 (%)
10	186.4±2.3	76.2±5.2	14.7±2.1	7	6 (60.0)	2 (33.3)	11.3 (8.5～14.2)	58.5 (55～62)

*1 産卵個体率：生残個体のうち産卵した個体の割合

考 察

った個体の割合（産卵個体率）は33.3%であった。個体 No.6と No.2の採卵数は14.2万粒と8.5万粒であり、1尾あたりの平均採卵数は11.3万粒であった。

催熟試験における個体別の成熟状況 催熟試験に使用した供試個体の卵影比の経日変化を図2に示した。試験開始時の卵影比は12.5~18.2%であった。個体 No.6と No.2の卵影比は、それぞれ飼育2日目と4日目から高まる傾向が認められ、飼育4日目と6日目に各個体とも46%に達した。個体 No.6, No.2ともその翌日に産卵が確認され、それぞれの卵影比は22.4%と32.2%に低下した。個体 No.6, No.2以外の個体では、卵影比の上昇と産卵は確認されなかった。

個体別の摂餌量 供試した各個体の摂餌率（%）の変化を図3に示した。試験期間中に卵影比が上昇し、産卵が確認された個体 No.2と No.6では、摂餌率の割合が18~24%に増加した。一方、卵影比が増加しなかった個体では、個体 No.3のみで摂餌率の割合が増加したが、それ以外の個体は10%以下であり、試験期間中ほとんど増加しなかった。

本飼育試験により、眼柄処理（眼柄結紮法）とゴカイ給餌は未成熟な天然クルマエビの成熟促進手法として有効でありことが示された。

眼柄処理による成熟促進効果は多くのエビ類で認められているが、死亡率の増加、産卵数の減少、ふ化率の低下等の問題が指摘されている⁴⁾。眼柄処理による親エビの死亡率の増加は、眼柄を切除することによる外傷が大きな原因であり、眼柄の処理方法については十分検討する必要がある。今回採用した縫合糸による眼柄結紮法は、ハサミによる切除法よりも生残率が高く、同じ方法で養成エビ（稚エビから養成した親エビ）を処理した場合の生残率60~80%（崎山、未発表）と同程度であった。また、本催熟試験で眼柄結紮法とゴカイ給餌を併用することにより、卵影比が上昇し産卵に至った個体が存在したことから、眼柄結紮法は未成熟な天然クルマエビを催熟させるための方法として有効であると判断された。眼柄切除法では、切除部位

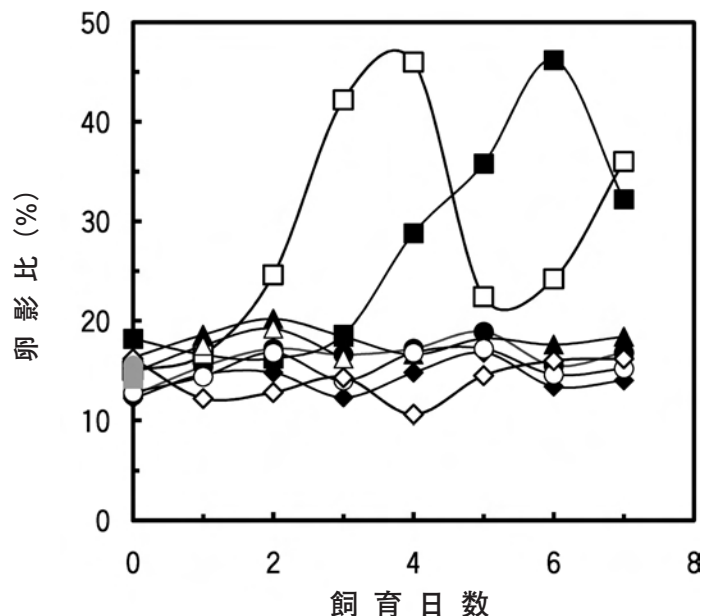


図2 眼柄処理（眼柄結紮法）を施し、ゴカイを給餌した天然クルマエビ（未成熟）の個体別の卵影比の経日変化

親エビ番号： ●-1 ■-2 ▲-3 ◆-4 ○-5
 □-6 △-7 ◇-8 ●-9 ■-10

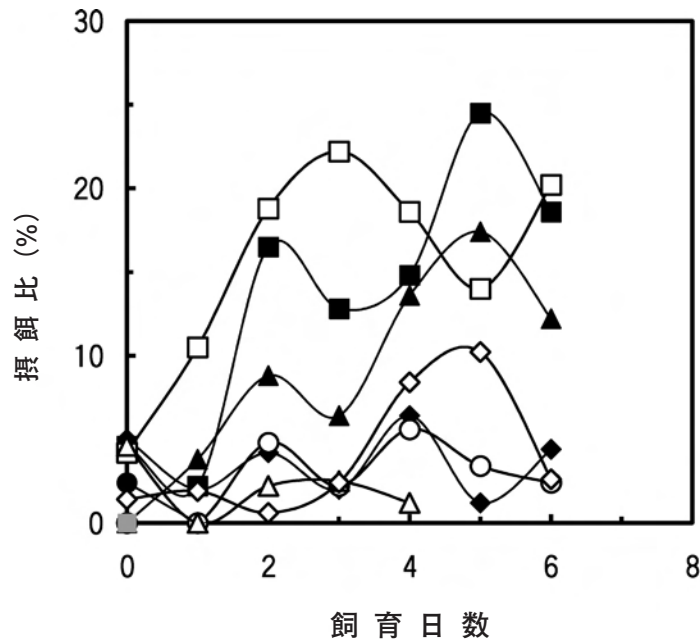


図3 眼柄処理（眼柄結紮法）を施し、ゴカイを給餌した天然クルマエビ（未成熟）の個体別の摂餌量（%）の経日変化

親エビ番号 ●1 ■2 ▲3 ◆4 ○5
□6 ▲7 ◇8 ●9 ■10

から体液が流出するのに対し、結紮法では、結紮部位が徐々に壊死して眼柄が脱落するため体液が流出することなく眼柄を除去できる。このため、切除法に比べて死亡率が低くなったと推察された。眼柄結紮と同様に体液を流出させることなく眼柄を除去する方法として、熱したハサミまたはペンチ類で焼き切る方法があり、養成したクルマエビでは、眼柄結紮法とほぼ同等の生残率や催熟効果が認められている⁵⁾。作業性や現場の状況に応じて、眼柄結紮法と焼き切る方法を使い分けることが可能である。

ゴカイ類の給餌による成熟促進効果は、クルマエビだけではなく *Penaeus* 属の *Penaeus kerathurus*⁶⁾、*P. setiferus*⁷⁾ にも認められている。その理由として、ゴカイ類に含まれるプロスタグランジンやその前駆物質⁸⁾、リノール酸、リノレン酸³⁾ およびアラキドン酸⁹⁾ などの脂肪酸がエビ類の成熟に関与している可能性が示唆されている。成熟促進効果のある成分を含むゴカイ類を催熟用餌料として種苗生産現場で利用できる催熟技術を開発するためには、採卵用親エビの摂餌量を把握する必要がある。本催熟試験では、個体別の成熟状況と体重に対する摂餌量の割合（摂餌率）を調査した結果、産卵に至った個体は1日当たり体重の約20%のゴカイを摂餌することが明らかとなった。今後、ゴカイの成熟促進効果を検討する際には、摂餌量が体

重の2割程度まで増加することが一つの基準になると考えられる。

本催熟試験で採用した眼柄結紮法とゴカイ給餌による催熟手法を、種苗生産の現場で利用可能な技術に改善するために、成熟個体の出現率、採卵数および幼生のふ化率について検討した。今回の催熟試験における成熟個体の出現率は33.3%で、その値は低水準である。一般に、天然エビは環境の影響を受け易く、漁獲や購入後の飼育環境が親エビの活性や産卵に影響すると考えられている¹⁰⁾。そこで、試験期間中に卵影比が上昇した個体と、変化しなかった個体の摂餌率を比較したところ、成熟しなかった個体のゴカイの摂餌率は成熟した個体に比べて明らかに低いことがわかった。これは、供試個体の中に漁獲のストレスにより活力が低下し、十分摂餌できなかった個体が含まれている可能性を示唆している。したがって、摂餌量の増加は産卵可能な親エビの選別基準として有効な指標になり得るものと考えられる。

また、今回の試験では、産卵に至った親エビ2尾の採卵数は8.5万粒と14.2万粒であり、採卵に利用されている成熟した天然エビ¹⁰⁾ より少ない。採卵数が少なかった理由として、産卵直前の卵影比が40%程度の低い状態で産卵に至ったことが挙げられる。従来が目視による成熟度の評価手法¹¹⁾ では、卵影比40%の個

体は、産卵に達しないCランクにあたる。卵影比40%程度の成熟度でも産卵に達したのは眼柄処理による特異的な事例と考えられた。1個体当たりの産卵数を増加させるためには、成熟の過程において卵巣卵数を増加させ、成熟度が高まった時点で産卵させることが必要であり、眼柄処理による卵成熟の組織学および生理学的な研究の進展が望まれる。本催熟試験で産卵に至った個体2尾のふ化率は55%と62%で、天然エビとほぼ同じ値であり、卵質には問題なかったものと判断された。

今回の試験結果から、これまで困難とされていた未成熟な天然クルマエビから催熟および産卵を可能にする方法として、以下の2点に配慮することが比較的効率的な親エビ利用につながるものと考えられる。

- 1) 入手した未成熟の天然クルマエビにゴカイを給餌して、体重比20%以上摂餌する個体を選別する。
- 2) 眼柄結紮法により処理した後、ゴカイを給餌し、体重比20%以上に摂餌する個体から採卵する。

今回の飼育試験で採用した眼柄結紮とゴカイ給餌の併用による催熟手法では、卵質は比較的良好であるものの、産卵に至った個体の割合は3割程度で、卵影比も40%程度と低位であることから、催熟技術としてはさらに改善する必要がある。今後は、成熟度をより発達させる方法を検討するとともに、採卵用の親エビとして購入したものの産卵に至らなかった個体(成熟度は高いが産卵に至らなかった個体)の産卵誘発技術に取り組み、種苗生産現場で利用可能な、より効率的な採卵技術の確立を目指したい。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、有益なご意見とご助言を賜った福井県立大学生物資源学部海洋生物資源学科講師、田原大輔博士に厚くお礼申し上げます。本試験の実施にあたり、多大なご指導とご協力をいただいた瀬戸内海区水産研究所栽培技術研究室山崎哲男前室長、百島実験施設の職員の方々に深謝いたします。また、クルマエビの採取に御協力いただいた尾道漁協島村春幸氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会(2009)平成19年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)～資料編～. 34-37.

- 2) 玉城英信・村越正慶・喜屋武みつる(1998)養殖クルマエビの母エビ養成(甲殻類増養殖試験).平成8年度沖縄県水産試験場事業報告書, 147-154.
- 3) 崎山一孝・清水大輔・田原大輔(2004)卵影によるクルマエビの成熟度評価.2004年度日本水産学会大会講演要旨集, 156.
- 4) Bray, W. A. and A. L. Lawrence (1992) Reproduction of *Penaeus* species in captivity, in "Marine Shrimp Culture : Principles and Practices" (ed. By A. W. Fast and L. J. Lester). Developments and Aquaculture and Fisheries Science, **23**, Elsevier, Amsterdam, pp.93-170.
- 5) SANO, M., M. MINAGAWA, M. TAMAKI, T. HAYASHIBARA, and H. SHIMIZU (2002) Effects of water temperature on the spawning interval of the kuruma prawn *Penaeus japonicus* after unilateral eyestalk ablation. *Suisanzoshoku*, **50**, 433-434.
- 6) O. J. Luis and A. C. Ponte (1993) Control of reproduction of the shrimp *Penaeus kerathurus* held in captivity. *J. World Aquat. Soc.*, **24**, 31-39.
- 7) A. Jr. Brown, J. McVey, B. S. Middleditch and A. L. Lawrence (1979) Maturation of white shrimp (*Penaeus setifera*) in captivity. *Proc. World Maricul. Soc.*, **10**, 435-444.
- 8) L. Croz, L. V. Wong, G. Justine and M. Gupta (1988) Prostaglandins and related compounds from the polychaete worm *Americanuphis reesi* Fauchald (Onuphidae) as possible inducers of gonad maturation in penaeid shrimps. *Rev. Biol. Trop.*, **36**, 331-332.
- 9) 田原大輔(2002)クルマエビ *Penaeus japonicus* のプロスタグランジン測定系の開発とその生理作用に関する研究. 学位論文, 北海道大学, 137p.
- 10) 水藤勝喜(1996)愛知県一色産クルマエビ種苗生産用親エビについて-Ⅱ, 採卵の効率化に関する研究. 栽培技研, **24**, 75-81.
- 11) 宮島義和・松本 淳(1996)人工養成クルマエビを用いた生検法による採卵用親エビの成熟度判別と効率的な採卵方法. 栽培技研, **25**, 37-40.

クルマエビ用配合飼料を使用したイセエビ稚エビの生残と成長

神保忠雄*¹・村上恵祐*¹・榮 健次*²

(*¹ 南伊豆栽培漁業センター, *² 能登島栽培漁業センター)

イセエビ *Panulirus japonicus* は、台湾北部以北から千葉県までの太平洋沿岸、および九州西岸から朝鮮半島南岸に分布しており、水産上重要な磯根資源の一つである¹⁾。南伊豆栽培漁業センター（以下、当センター）では、1989年の開所以来イセエビの種苗生産技術の開発を行っているが、現在でも技術は確立には至っていない。その原因として、イセエビフィロソーマの飼育では幼生期間が300日以上に及ぶこと、個体干涉による胸脚の欠損や共食いの発生すること、さらに細菌性疾病への罹病や成長および生残に有効な餌料がムラサキガイの生殖腺に限られていること等の問題があり、年間の稚エビ生産尾数は数十～数百尾程度に留まっている²⁾。

また、当センターでは、種苗生産技術の開発とともに、将来の人工種苗放流による積極的な資源増殖を目指した資源管理技術の開発に資するため、天然ブルルスの採集調査³⁻⁵⁾、標識放流試験⁶⁾や漁獲物組成調査⁴⁾等により天然個体の生態調査についても取り組んでいる。そこで、着底期以降の飼育環境下における成長および生残に関する基礎的な知見を得ることを目的に、当センターで人工生産した稚エビの餌料について検討した。当センターでは、餌料には主にオキアミを使用しているが、これまでに稚エビ以降の生残や成長に対して市販の配合飼料の有効性について検討した例はほとんど無い。

本報では、市販のクルマエビ用配合飼料をオキアミと比較し、稚エビの成長と生残についての有効性を検討した。また、試験に用いた人工生産稚エビの性比を調査するとともに、雌雄別の成長についても検討したので、以下に報告する。

材料と方法

供試稚エビ 本試験では、2004年7月7～19日にふ化し2005年6月までに稚エビになった110尾を用いた。試験開始時の稚エビの平均頭胸甲長、平均体長および平均体重は、それぞれ 11.0 ± 2.2 mm（平均値±標準偏差、以下同様）、 32.4 ± 6.5 mm および 1.2 ± 0.7 gであった。

試験区の設定と稚エビの飼育方法 試験区は、餌料として冷凍オキアミを給餌する区（以下、オキアミ区）と、市販のクルマエビ種苗用配合飼料（ゴールドプル

ーン後期種苗用；ヒガシマル）を給餌する区（以下、配合飼料区）の2区を設定し、各区における稚エビの収容数は55尾とした。試験は7月29日から開始し、水温が20℃以下に低下し成長が鈍化した11月25日までの119日間とした。

飼育水槽には、1.5kl角形FRP水槽（縦120×横216×高48cm、実容量1.2kl；アース）を各区1面ずつ使用した。飼育水には砂ろ過海水を使用し、注水は約30回転/日の流水方式で、水温は自然水温とし、毎日午前中に測定した。また、稚エビの隠れ場として、1水槽あたり3本の人工海藻（1.5m、エスラン；田中三次郎商店）を水槽内に投入した。給餌量はオキアミ区が湿重量で約50～80g（体重比51～82%）、配合飼料区が約15～20g（同13～22%）で、残餌が出る程度に適宜調整した。給餌は毎日午前中に残餌等の除去を行った後に行った。また、給餌前に死亡個体の確認と共食いの痕跡について調べた。

生残尾数の確認と体サイズの測定 試験期間中に月1回の頻度で、各試験区の生残尾数と体サイズ（頭胸甲長、体長および体重）を測定した。測定時の麻酔は冷却法⁷⁾で行った。すなわち、13ℓバケツに入れた約5ℓのろ過海水を海水氷で約10℃に冷却し、これに稚エビを収容して動きが緩慢になった段階で、ノギスと秤（FX300N；A&D）を用いて頭胸甲長と体長は0.1mm単位で、体重は0.1g単位で測定した。さらに、9月21日以降の測定時では、雌雄別（後述）に測定した。体サイズの測定結果の有意差はt検定により評価した。

雌雄の判別 雌雄の判別は、稚エビの腹面を上にして実体顕微鏡（SMZ1000；ニコン）に乗せ、顕微鏡用ファイバーハロゲン照明装置（FIBER OPTIC LIGHT SOURCE；ニコン）で照射して観察し、中村らの方法⁸⁾を参考に、生殖孔が第5歩脚底節に認められれば雄、第3歩脚底節に認められれば雌とした（写真1）。

結 果

水温 試験期間中の水温の推移を図1に示した。水温は、黒潮の離接岸の影響により9月上旬および11月上旬に一時的に約2℃低下し、10月上旬には一時的に約3℃上昇した。平均水温は 21.9 ± 1.3 ℃、最高水温は

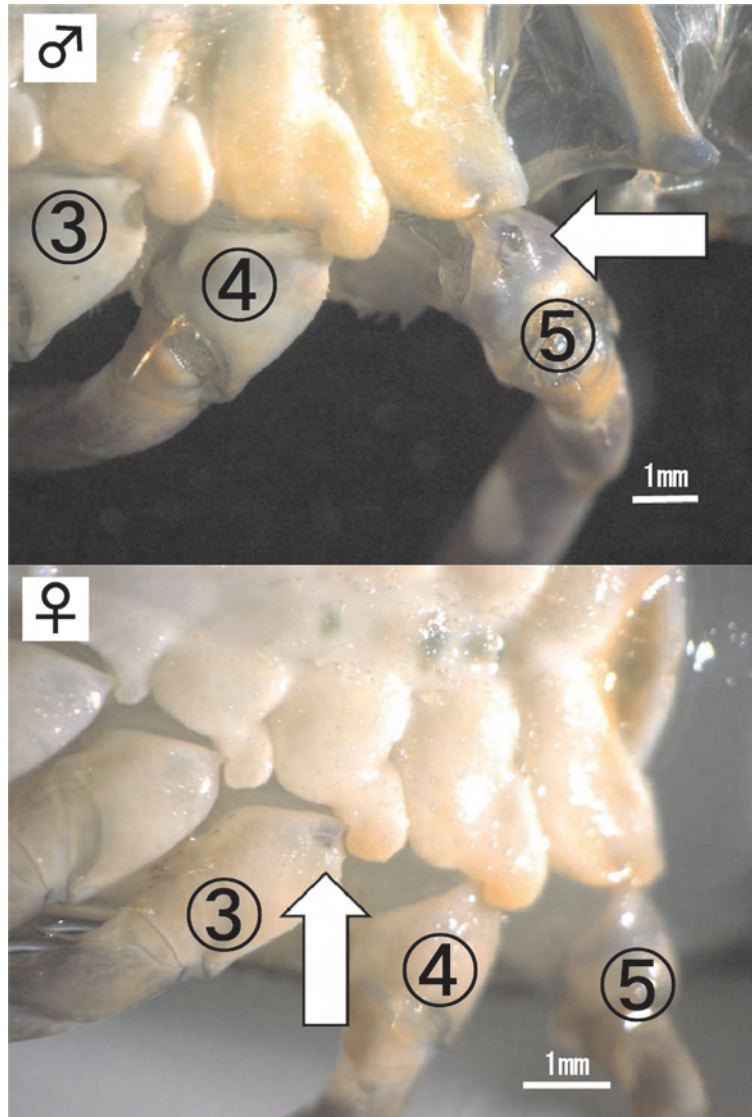


写真1 イセエビ稚エビの生殖孔（矢印）

上：雄（頭胸甲長13.3mm）の第5歩脚底節の生殖孔

下：雄（頭胸甲長19.7mm）の第3歩脚底節の生殖孔

③～⑤は第3～5歩脚

24.9℃（8月8日）、最低水温は17.9℃（11月10日）であった。

生残 生残状況を表1に示した。試験終了時の生残率は、オキアミ区の36.4%に対して、配合飼料区が50.9%と高くなった。死亡個体のうち共食いによると考えられる個体はオキアミ区が7尾、配合飼料区が9尾であった。

成長 試験期間中の体サイズの測定結果を表1と図2に示した。両試験区とも10月28日までは頭胸甲長、体長および体重はともに順調な成長が見られた。しかし、11月25日の測定では、両区とも体重は増加したが頭胸甲長および体長は停滞する傾向が見られた。両区間の成長を比較すると、試験終了時の体長ではオキ

アミ区が配合飼料区に対して有意に大きかった ($p < 0.05$)。

試験終了時における雌雄別の稚エビの体サイズは、オキアミ区の雄では頭胸甲長、体長および体重は、それぞれ $18.5 \pm 2.5\text{mm}$ 、 $54.6 \pm 7.1\text{mm}$ および $5.2 \pm 2.1\text{g}$ 、雌ではそれぞれ $17.2 \pm 2.6\text{mm}$ 、 $51.2 \pm 7.4\text{mm}$ および $4.3 \pm 2.0\text{g}$ であった。配合飼料区では、同様に雄ではそれぞれ $16.4 \pm 3.1\text{mm}$ 、 $48.8 \pm 8.7\text{mm}$ および $3.7 \pm 2.0\text{g}$ 、雌では $16.0 \pm 2.1\text{mm}$ 、 $46.9 \pm 5.4\text{mm}$ および $3.3 \pm 1.2\text{g}$ であった。雌雄間の体サイズは、雄の方がやや大きい傾向が見られたが有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。

雌雄の判別 雌雄比の判別調査によると、オキアミ

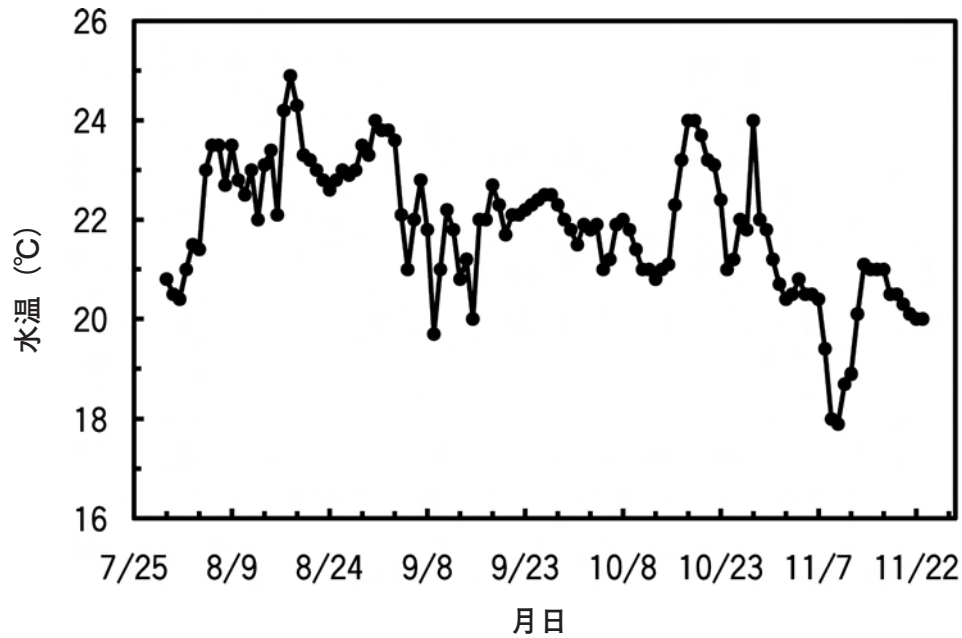


図1 イセエビ稚エビの餌料試験における飼育水温の推移

表1 オキアミおよび市販のクルマエビ用配合飼料を給餌したイセエビ稚エビにおける成長と生残の推移

月日	オキアミ区					配合飼料区				
	頭胸甲長 (mm)	体長 (mm)	体重 (g)	生残 尾数	生残率 (%)	頭胸甲長 (mm)	体長 (mm)	体重 (g)	生残 尾数	生残率 (%)
7/29	10.9±2.1	31.6±6.4	1.1±0.7	55	100.0	11.2±2.3	33.2±6.6	1.2±0.8	55	100.0
8/31	13.5±2.4	40.6±7.2	2.5±1.2	39	70.9	13.1±2.9	39.1±7.3	2.3±1.2	48	87.3
9/21	14.9±2.3	44.4±6.5	2.8±1.2	32	58.2	14.0±2.7	41.8±7.9	2.4±1.4	45	81.8
10/28	20.9±3.5	52.8±7.6	3.3±1.7	23	41.8	19.0±3.1	50.0±8.2	3.1±1.6	32	58.2
11/25	17.6±2.6	52.2±7.3*	4.5±2.0	20	36.4	16.2±2.6	47.9±7.2	3.5±1.7	28	50.9

頭胸甲長, 体長, 体重については平均値±標準偏差で示す

* 配合飼料区に対し有意差あり (*t*検定, $p < 0.05$)

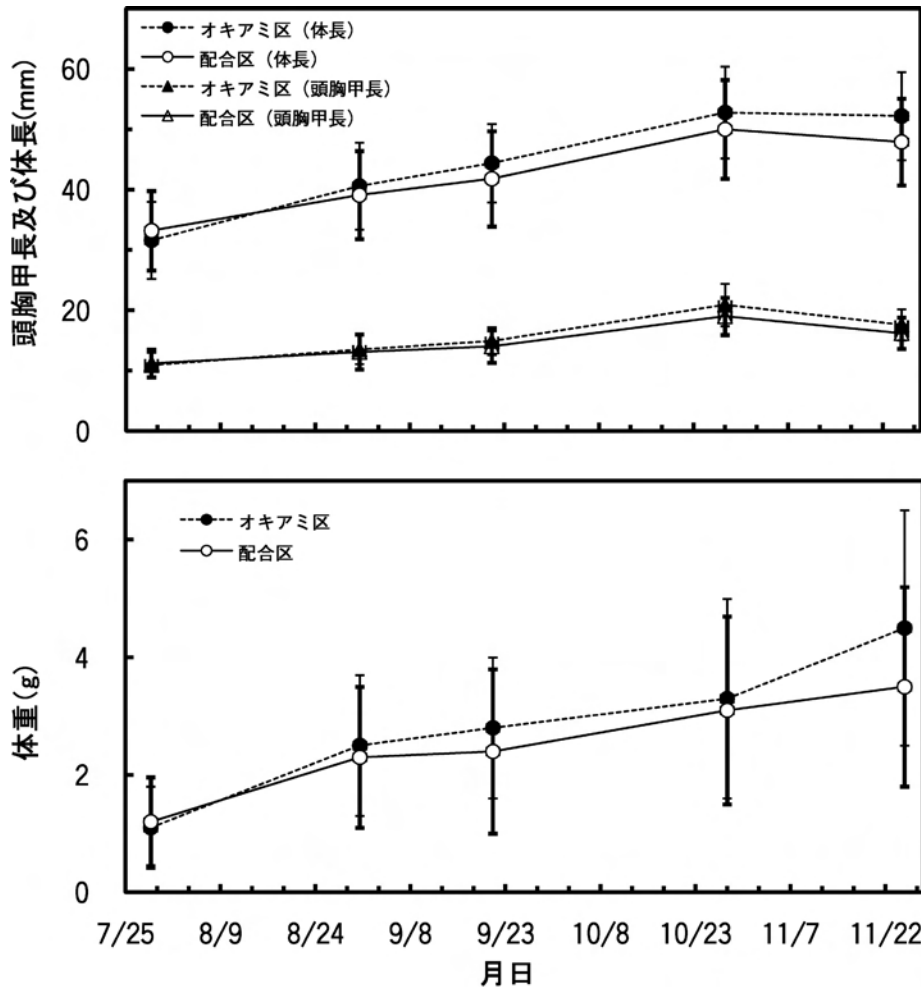


図2 イセエビ稚エビの餌料試験における稚エビの大きさと体重の推移

区では9月21日が1:1.7, 10月28日が1:2.3および試験終了時が1:2.3であった。同様に配合飼料区では、それぞれ1:1.5, 1:1.8および1:1であった。配合飼料区では3回目の調査で雄の尾数が前回の調査時より増加しており、小型サイズでの判別の難しさが示された。

考 察

餌料の種類を変えたイセエビ稚エビの飼育では、生残率は配合飼料区がオキアミ区より高く、成長では両区間で顕著な差は認められなかったことから、市販のクルマエビ用配合飼料でも稚エビの育成が可能であることが分かった。これまで、当センターで行った天然産稚エビの飼育試験（餌料にオキアミとアサリを使用）⁹⁻¹¹⁾では、8~9月に平均頭胸甲長8.3~9.0mmの個体が、12月には12.3~17.9mmまで成長し、千葉県でも8月に採集された天然産稚エビが11月には11.6~

18.6mmに成長したと報告¹²⁾されている。さらに、天然海域では、9月に平均頭胸甲長7.6mmの稚エビが、12月に18.5mmまで成長したと報告¹³⁾されている。人工生産の稚エビでも、これらの結果と同程度の成長を示したことから、飼育は順調に行えたと考えられた。

雌雄別の稚エビの成長について、山川¹³⁾は頭胸甲長30mm以上では成長には雌雄差があり雌より雄の成長が速いとした。しかし、本試験で行った頭胸甲長20mm以下の個体では雌雄間の成長に有意差は認められなかった。中丸ら⁸⁾も、プエルルスおよび1脱皮齢の稚エビ（頭胸甲長約7mm）の個別飼育で雌雄間に成長差はないとしているが、小型サイズにおける雌雄別の成長を詳細に調査した事例はほとんどなく、今後データの蓄積等による検討がさらに必要である。

雌雄の判別については、今回の調査方法でもある程度の判別が可能なが分かったが、判定結果に見誤りも生じた。当判別法では稚エビの大きさが充分ではなかったことが原因と考えられ、中丸ら⁸⁾が行った脱

皮殻を用いた詳細な判別手法も取り入れていく必要がある。

文 献

- 1) 関口秀夫 (1988) イセエビ *Panulirus japonicus* (Von Siebold) の地理的分布をめぐって. 水産海洋研究会報, **52**, 160-168.
- 2) Murakami, K., T. Jinbo, and K. Hamasaki (2007) Aspects of the technology of phyllosoma rearing and metamorphosis from phyllosoma to puerulus in the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus*, reared in the laboratory. 水研センター研報, **20**, 59-67.
- 3) 成生正彦・山田博一・長谷川雅敏 (2006) 南伊豆海域におけるイセエビのプエルルス採集量の変化と黒潮流路との関係. 栽培技研, **34**, 13-32.
- 4) 山田博一・長谷川雅敏・成生正彦 (2006) 南伊豆海域に來遊したイセエビ幼生の漁獲への加入状況. 栽培技研, **34**, 33-41.
- 5) 山田博一・長谷川雅敏・成生正彦 (2007) 南伊豆海域のイセエビプエルルス幼生の來遊量と黒潮および台風による時化との関係. 栽培技研, **35**, 43-50.
- 6) 成生正彦・山田博一・長谷川雅敏 (2007) 南伊豆海域におけるイセエビ標識放流再捕結果の検討 - I 標識の有効性の検討. 栽培技研, **35**, 29-41.
- 7) 成生正彦・町田雅春・橋本 博 (2004) イセエビの眼球部に装着したイラストマー蛍光タグ標識の有効性の検討. 栽培漁業センター技報, **2**, 72-75.
- 8) 中丸 徹・内野加奈子・田中種雄 (2005) イセエビの着定期における雌雄判別 (短報). 千葉水研研報, **4**, 73-74.
- 9) 島 康洋 (1993) L-5イセエビ. 日本栽培漁業協会年報 (平成3年度), 333-338.
- 10) 島 康洋 (1994) L-5イセエビ. 日本栽培漁業協会年報 (平成4年度), 291-294
- 11) 成生正彦 (1996) L-3イセエビ. 日本栽培漁業協会年報 (平成6年度), 287-289
- 12) 田中種雄・金子信一・石田 修 (1985) 飼育によるイセエビの成長. 千葉県水試研報, **43**, 51-57.
- 13) 山川 卓 (1997) イセエビの資源管理と漁業管理. 三重水技研報, **7**, 19-29.

宮津栽培漁業センターのヒラメ量産試験における無眼側黒化個体の出現状況

渡辺 税・升間主計・竹内宏行・町田雅春・中川 亨

(宮津栽培漁業センター)

旧日本栽培漁業協会(現水産総合研究センター)では、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の種苗量産技術開発における全国的に共通な解決すべき重要課題について、プロジェクトチームを立ち上げて取り組んできた^{1,2)}。宮津栽培漁業センター(以下、当センター)では、1986年から有眼側白化防除技術開発プロジェクトに参加した。また、1995年から開始された無眼側黒化防除技術開発プロジェクトでは、1995年と1996年は着底期後期の飼育密度の影響、1997~1999年は底質改善材としてミクロスセラミック(NORRA社)による防除効果、1999~2001年は照度の影響、2002年はワムシのDHA強化の影響について試験を行った²⁾。一方、量産試験は1998年に発生したヒラメ貧血症のため1999年と2000年は休止したが、2001年から再開し疾病防除と無眼側黒化防除技術の開発を主な目的とした。

無眼側の黒化防除を目的とした要素解明試験では、得られた成果は学術論文や資料としてまとめられることが多いものの、量産試験の過程で得られた結果は単一年度ごとの報告書としてまとめられ、複数年間の結果として取りまとめている例は少ない。しかし、ヒラメのように事業規模で飼育されている魚種では、大型水槽での飼育事例は都道府県の各機関にとって参考となる情報であると考えられる。

当センターでは、2002年までに行った無眼側の黒化防除に関する小型水槽での試験結果についてはすでに報告²⁾したが、量産試験での結果の取りまとめは未だに行われていない。そこで本報では、2001~2008年の8年間に取り組んだ量産飼育の技術開発の過程で得られた結果について取りまとめた。

材料と方法

試験区分 当飼育試験での試験区分は、各年度の飼育を開始した水槽ごとに2001-1区、2002-2区と表記した。さらに、この水槽から分槽によって水槽数が増えた場合には2001-1区-1、2001-1区-2のように示した。

飼育方法 2001~2008年に行った量産試験における基本的な飼育方法を表1に示した。飼育水には紫外線殺菌処理(日本フォトサイエンス社)したろ過海水を用い、50kℓ水槽を使用した飼育では水量40kℓでヒラメふ化仔魚を収容し、開口までに45kℓまで注水し、それ

以降は流水飼育とした。飼育水温は卵管理水温と同じ水温で開始し、収容5日目までに17~18℃となるように徐々に昇温した。飼育水へのナンノクロロプシス(以下、ナンノ)の添加は、ナンノ培養水槽(50kℓキャンパス水槽8面で培養)から一旦15kℓFRP水槽へポンプ(65×50FSFDN;EBARA)で移送し、さらに小型ポンプ(CSL-100;寺田ポンプ製作所)で密度50~100×10⁴細胞/mlを維持するように飼育水槽へ連続添加した。ナンノの飼育水への添加は日齢3から約30日目(着底への移行時期)まで続けた。

シオミズツボワムシ(以下、ワムシ)は比較的低い水温で培養が可能なL型小浜株を用いた⁴⁾。ワムシは開口から日齢30前後の着底期まで、飼育水中の密度5~10個体/mlを維持するよう1日に1~3回に分けて給餌した。培養槽から収穫したワムシは、一旦ナンノ(約2,000~2,500×10⁴細胞/ml)を満たした2kℓFRP水槽へ100~700個/mlの密度で収容した。このワムシは翌日に2回に分けて給餌した。まず、翌日の午前給餌予定のワムシは、別の水槽へ移して栄養強化剤(添加量100g/kℓ。プラスアクアラン;BASFジャパン)を添加して強化した。残りのワムシにはナンノを添加し、翌朝全量を別水槽に移して栄養強化剤(添加量1ℓ/kℓ。マリングロス;日清マリンテック)を添加して強化した。栄養強化時の培養水温は20℃に維持した。なお、2008年のワムシ連培式「ほっとけ飼育」(能登島方式)³⁾では、飼育水中のワムシ密度が20~60個体/mlに維持されるように1日1~4ℓの濃縮淡水クロレラ(スーパー生クロレラSV12;クロレラ工業)を定量ポンプ(EH controller, EHC-100PE;IWAKI)で添加した。

アルテミアノープリウス(以下、アルテミア幼生)は全長約8mmから約20mmまで1日に1~3回に分けて給餌した。28℃、24時間でふ化させたアルテミア幼生は2kℓ水槽に収容し、栄養強化剤(添加量2ℓ/億個体、バイオクロミスリキッド;クロレラ工業)を添加し、6時間以上の栄養強化を行った。給餌量は残餌の状態を確認しながら適宜調整した。配合飼料は全長約9mmまたは12mmからタイマー付き自動給餌器(YDF-200BO;YAMAHA)を用いて1日5~13回(6~18時)給餌した。

照度は水槽上面に設置した遮光幕(遮光率約90%)によって調整した。底掃除はサイホンを用いて日齢14

前後（全長約5mm）から毎日実施した。飼育水の表面の汚れは、日齢3から水面にU字形に組んだ塩ビパイプを設置して集め、柄杓を用いて適宜取り除いた。

疾病対策 当センターでは2001年以降、採卵前に親魚の生殖腺から採取した組織のウイルス検査の実施と、種苗生産過程での疾病防除（ウイルス性出血性敗血症、ウイルス性表皮増生症、ウイルス性神経壊死症、腸管白濁症等）のため上浦栽培技術開発センターの指導を受けて以下の取り組みを行った（表1）。まず、飼育作業を行う時の注意点として、飼育棟の各入り口に踏み込み式殺菌槽（ベンザルコニウム塩化物；オリエンタル薬品工業）を設置して長靴を消毒し、水槽周

辺で作業に当たる場合にはさらに別の長靴に履き替えた。また、作業の前後には手足のアルコール（70%）消毒、カップなどの容器の殺菌（次亜塩素酸ナトリウム50ppm）を励行し、道具の共用を避けるなどの対策を実施した。2007年からは電解殺菌装置（OZR-015；荏原実業）のオキシダント（0.5～0.8ppm）海水を長靴や器具類の殺菌用に利用した。飼育海水には紫外線殺菌装置で殺菌処理したろ過海水を使用したが、2005年からは殺菌効果を高めるために装置を通過する海水量を低く抑えるように心掛けた。

受精卵はヨード剤（有効ヨウ素50ppm、10分間）で殺菌し、さらに2008年からは電解殺菌装置によるオキ

表1 宮津栽培漁業センターでのヒラメ量産飼育における各年のねらいと飼育方法の概要

年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005	2006	2007	2008
飼育試験のねらい	ウイルス性疾病対策を重点課題とし、健全種苗の生産を目的とする。	無眼黒化防除を目的に配合飼料の給餌時期について検討した。	前年と同様に無眼黒化防除と配合飼料の給餌時期について検討した。	前年と同様に無眼黒化と配合給餌時期について検討した。	配合飼料の給餌を全長12mmから開始し、黒化個体の出現を軽減することを目的とした。	前年と同様。	生物・配合飼料の給餌時期の違いが有眼黒化の出現に及ぼす影響について検討した。	従来の飼育方法とほっとけ飼育を行い黒化個体の出現状況の違いを比較した。
水槽 容積 (kℓ)	50, 100							
飼育密度 (千尾/kℓ)	26	26	24	22	12	11-15	10-11	11-13
分槽時 (千尾/kℓ)	9	12	11	-	-	-	-	-
水温 (°C)	18	18	18	18	17-18	17	17	17
換水率 (%)	10-40	10-50	20-50	10-50	10-40	10-30	10-20	0-20
日齢11-20	40-100	50-90	50-100	50-90	40-100	30-50	20-70	20-50
日齢21-30	100-120	90-140	100-120	90-140	100	50-90	70-90	50-80
日齢31-40	120-160	140-190	120-160	140-190	100-150	90-120	90-130	80-120
日齢41-50	160-180	190	160-170	190	150-160	120-150	130-170	120-140
ナノ添加 日齢	1-30	3-27	3-27	3-27	3-29	3-29	4-20	4-31
濃度 (万セル/ml)	40-100	15-80	15-80	15-80	17-40	15-40	5-30	10-35
ワムシ培養 株	小浜L型株							
方法	粗放連続培養							
水温 (°C)	23							
餌料	フレッシュグリーン				クロレラV12			
ワムシ培養強化 強化剤	プラスアクアラン（長期効果）・マリングロス（短期効果）							
時間	7-14							
水温 (°C)	20							
密度 (個/ml)	100-600				100-700			
給餌回数	1-3				1-2			
アルテミア幼生 強化剤	DHAc・マリン777		マリングロス		バイオクロミスリキッド			
時間	7-14							
水温 (°C)	24							
密度 (個/ml)	100							
給餌回数	1-2							
配合飼料 メーカー・種類	日清飼料・おとひめ				日清飼料・おとひめ			
給餌時期	12mmから				日本配合飼料・アングローズ			
給餌回数	12mmから				12mmから			
給餌方法	9mm・12mmから取り上げ(比較試験)				5-13回/日 自動給餌器			
疾病対策	・ヨード剤による卵洗浄を行った(～2007年まで)。 ・アルテミア卵の次亜塩素酸ナトリウムによる殺菌を行った(～2004年まで)。 ・生物餌料を給餌前に紫外線海水により洗浄した。				・収容密度を約1万尾/m ³ とした(2005年～)。 ・アルテミア卵の洗浄にハッチコントロールを使用した(2005年～)。		・卵洗浄に電解装置によるオキシダントを使用した(2008年～)。	
備考	飼育水へ着底までナンノをポンプを用いて連続添加した。	同左	ナンノの他に1回次では水質改善材FPCセラミックスを飼育水槽へ垂下した。2回目はなし。	ワムシのタウリン強化を行った。着底までナンノの連続添加を行った。	飼育水へ着底までナンノの連続添加を行った。	同左	飼育水へ着底までナンノをポンプを用いて連続添加した。	同左

表2 宮津栽培漁業センターでのヒラメ量産飼育における飼育結果の概要

年	試験区分	平均飼育水温 (℃)	収容			分槽			取り上げ				備考		
			水槽 (kℓ)	月.日	尾数 (千尾)	月日	日数 (日)	平均全長 (mm)	月.日	日数 (日)	尾数 (千尾)	平均全長 (mm)		生残率 (%)	白化率 (%)
2001	1-1	17.8	50	3. 2	1,200				4.19, 5. 8	48, 67	274	27.1, 30.7			
	1-2	17.8	50			3.17	15	8.1	4. 2, 5. 1	49, 60	408	27.8, 34.3	74.8	0.1	1-1から分槽
	1-3	17.8	100			3.29	29	12.5	4.23	52	216	32.9			1-1, 1-2から分槽
	2-1	17.9	50	3.12	1,180				5. 2	51	168	28.3			
	2-2	17.7	50			3.28		7.2	5. 2	51	169	28.3	55.3	0.5	2-1から分槽
	2-3	17.9	100			4. 9		11.7	5. 7, 5.14	56, 63	315	33.5, 33.6			2-1, 2-2から分槽
	合計				2,380						1,550				
2002	1-1	17.0	50	3.26	1,226	4.12	17	7.6							4.17飼育中止
	1-2	17.4	50	3.26	1,289				5.13	48	68	21.9			
	1-2-1	17.7	50			4.12	17	8.0	5.13	48	64	21.9			
	1-2-2	17.8	50			4.22	27	11.5	5.14	49	61	22.0	20.9	5.2	
	1-2-3	17.6	50			4.22	27	11.3	5.14	49	77	22.0			
	2	18.3	25	5. 1	458				6.19-7. 2	49-63	122	27.3-24.2	26.6	61.0	
	3	20.1	50	5.20	253				7. 8	50	45	24.4	17.8	89.3	
	4	20.3	50	5.23	837				7. 8	45	163	21.3	19.5	79.0	
	合計			4,063						600					
2003	1-1	17.3	50	2.21	1,100				4.14, 4.21	53, 60	525	25.2, 28.7		3.1	
	1-2	17.2	50			3.12	19	8.8				25.8, 28.7	69.7	2.4	1-1から分槽
	1-3	17.3	100			3.24	31	13.5	4.15, 4.21	54, 60	442	28.7		-	1-1, 1-2から分槽
	2-1	17.4	50	3. 1	1,000				4.23	54	92	28.6		4.6	
	2-2	17.4	50			3.19	18	8.4	4.23	54	97	28.6	65.0	2.9	2-1から分槽
	2-1,2	17.5	50						5. 2	63	237	30.6		-	2水槽を併合飼育
	2-3	17.5	100			3.31	30	13.5	4.22, 5. 2	53, 63	224	27.2, 23.0		-	2-1, 2-2から分槽
	合計			2,100						1,617					
2004	1-1	17.0	50	2. 3	1,000				3.22	49	114	27.9		3.7	
	1-2	17.0	50			2. 2	18	8.0	3.22	49	136	29.1		5.6	9mmから配合給餌
	1-3	-	100			3. 4	31	13.7	3.23	50	176	28.3		4.4	12mmから配合給餌
	1-1~1-3	-	50						3.24	51	184	23.0		5.5	3水槽を併合飼育
	2-1	17.2	50	2.12	1,200				4. 1	49	195	28.2		3.6	
	2-2	17.1	50			2.29	18	8.0	4. 1	49	185	27.9	74.9	3.4	9mmから配合給餌
	2-3	-	100			3.12	30	13.2	4. 2	50	264	27.1		-	12mmから配合給餌
	2-1~2-3	-	50						4. 5	53	255	24.3		6.2	3水槽を併合飼育
	合計			2,200						1,509					
2005	1-1	17.7	50	2.10	500				3.30	49	121	25.7	46.8	7.9	
	1-2	18.1	50			3.13	32	13.1	3.30	49	113				1-1から分槽
	2-1	18.2	50	2.24	600				4.15	51	200	29.3	65.0	1.4	
	2-2	18.0	50			3.24	29	13.2	4.13	49	190				2-1から分槽
	合計								4. 6	624					
2006	1-1	17.3	50	2.16	660				4. 6	50	390	28.9	59.2	1.0	
	1-2	17.5	50			3.10	23	9.0							1-1から分槽
	2-1	17.5	50	2.23	490				4.14	50	365	26.4	74.5	3.4	
	2-2	17.5	50			3.17	23	9.9							2-1から分槽
	3	17.6	100	3.13	1,005				4.28	47	643	24.3	64.0	2.1	
	合計			2,155						1,398					
2007	1-1	17.4	50	2.15	530				4. 5	50	346	23.8	65.3	0	
	1-2	17.3	50	2.15	501				4. 5	50	338	23.9	67.5	0	
	2-1	17.3	50	2.22	505				4.11	48	313	26.9	62.0	0	
	2-2	17.4	50	2.22	476				4.11	48	303	24.5	63.7	0	
	3	17.4	100	3. 1	596				4.24	46	333	24.8	55.9	0	
	合計			2,608						1,633					
2008	1-1	17.5	50	2.14	598				4. 7	54	135	25.9	22.6	0	
	1-2	17.5	50	2.14	572				4. 7	54	220	21.4	38.5	0	ほっとけ飼育
	2-1	17.4	50	2.21	565				4.11	51	216	23.6	38.2	4.5	
	2-2	17.4	50	2.21	455				4.11	51	140	17.1	30.8	7.1	ほっとけ飼育
	3	17.4	100	3. 5	785				4.28	55	100	27.0	12.7	3.4	
	4	17.9	20	3.20	212				5. 6	53	59	29.0	27.8	6.0	
	合計			3,187						870					

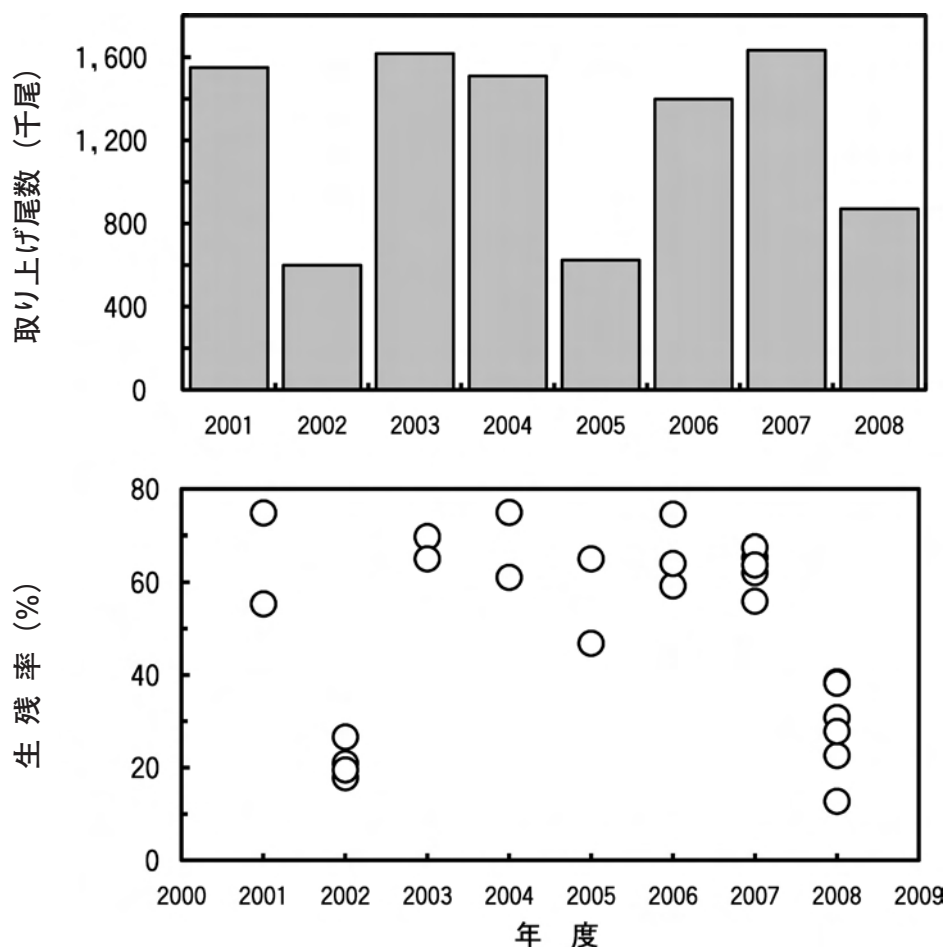


図1 ヒラメ量産飼育における各年の取り上げ尾数と生残率

シダント (0.5ppm, 2分間) による洗浄を行った⁵⁾。

ワムシは給餌前に紫外線殺菌したろ過海水で洗浄した。アルテミアは、ふ化作業の前に耐久卵を2004年までは次亜塩素酸ナトリウムで、2005年からはハッチコントローラー (100g/kl; INVE社) で洗浄し、さらに給餌前に紫外線殺菌ろ過海水で洗浄した。

環境測定, 生残数と成長の推定 飼育水の環境として毎朝水温とpHを測定した。生残尾数の推定は収容日と開口日、および日齢20まで3~5日毎に容積法で計数した。成長の推定はふ化から着底までに3~5日間毎、および取り上げ時に行った。全長の測定は各回30尾以上の仔稚魚を採集し、MS222 (m-アミノ安息香酸エチルメタンスルホナート; ナカライテスク) で麻酔した後スライドグラスに載せて万能投影機 (PJ311; Mitutoyo) とデジタルノギス (CD-20C; Mitutoyo) で0.1mmまで測定した。測定時には摂餌状態も併せて観察した。

無眼側黒化判定 無眼側黒化パターンの類型化は水産庁基準^{1,2)} に準じた。

統計解析 無眼側黒化を類型化したデータは、順

序カテゴリーデータの差の検定に用いられるリジット分析⁶⁾ を行い、無眼側黒化の出現数、Aパターンによる出現数の差について検定した。相関分析ではSpearmanの順位相関係数 (ρ) を求めた。回帰分析では3次の多項式回帰分析を行い、推定された回帰式は分散分析により検定した。有意水準は5%とした。統計解析には統計解析ソフトSPSS (エス・ピー・エス・エス) を用いた。

結果と考察

飼育結果の概要 飼育結果の概要を表2に示した。図1に8カ年の取り上げ尾数と生残率を示した。収容尾数、飼育回数および目標とした生産尾数等の違いはあるが、量産飼育が不調に終わったのは2002年と2008年の2カ年であった。2008年の死亡原因は不明であるが、2002年は粘液物質の出現による水質の悪化が原因と推測され、ワムシ、配合飼料の過剰投与や飼育海水の管理を改善することで防除が可能なケースと考えられた。

生残 2001～2006年は飼育の過程で1～3回の分槽を行っているため、通算の生残率の推定が困難であった。しかし、分槽元と分槽先の水槽での減耗状況や死亡時期などがほぼ一致していたことから、分槽による生残への影響は少ないと考え生残率は通算と比較した。

2001～2008年の生残率は13～75%と年度および試験区間で大きく異なった(表2)。2002年と2008年を除いて生残率は47～75%と高かった(表2, 図1)。2007年は4試験区で生残率が56～68%と高く、しかもバラツキが小さいことから順調な飼育が行えたと考えられた。また、各年ともそれぞれの年内の生残率は同様の傾向を示していたことから、飼育水、ワムシ・アルテミアなどの生物餌料、生物餌料の栄養強化、ワムシの培養状況、環境要因等の飼育に共通する要素が年度によって一定していたと推察された。

成長 各年の飼育において、ふ化仔魚の収容から取り上げまで継続できた24例について日齢と平均全長の関係を図2に示した。これを見ると、各試験区とも日齢20以降から成長のバラツキが認められた。特に、2002-4区, 2005-1区, 2008-1区-1, 1区-2および2区-2～4で成長の遅れが顕著であった。その他の試験区で成長が遅れた原因は明らかでないが、2005-1区を除いた6例の平均生残率は25.3%(12.7～38.5%)と低く、また他の年度と比較して飼育が不調であったことから、飼育環境の悪化、ワムシ等の生物餌料の栄養不足等の影響、または大型個体の死亡による見かけ上の成長の遅れ等が推察された。成長の遅れている5試験区(2008-4区は成長データなし)を除いた19試験区から日齢毎の平均値、不偏標準偏差を求め図2に示し、3次の多項式で成長の推定式を求めた。なお、同じ日齢の例数が2例以下のものは除いて計算した。その結果、推定式の決定係数は0.995と高く、分散分析の結果でも有意差($p < 0.0001$)が認められた。得られた推定成長式は、当センターにおいて水温17～18℃で飼育したヒラメの標準的な成長の基準値として利用している。

体色異常 有眼側に何らかの白化部位を有する個体の割合(以下、白化率)は2002年に平均58.6%と最も高く、2001年は0.5%以下、2007年は0%であった(表

2)。その他の試験区では数%前後であった。白化率と生残率に相関は認められなかったが、高い白化率を示した試験区では生残率が低い傾向が認められた(図3)。白化個体の出現を防ぐためには生物餌料の栄養強化、十分な摂餌や栄養素の取り込みができる健全な仔魚を育てること、浮遊期仔魚の生残率を高めることの重要性が指摘されている¹⁾。白化率の高い2002年は活力の衰えた仔魚が多数出現し、ニフルスチレン酸ナトリウムによる殺菌を行いながら飼育を継続した例であることから、仔魚が浮遊期に十分な栄養を取り込めず、健全な生育が得られなかったためと推測された。一方、2002-4区を除いた4試験区の成長は順調であり(図2)、成長と白化個体の出現率との関係は認められなかった。

一方、無眼側の黒化個体の出現率(以下、黒化率)は20～100%で2001年, 2002年, 2007年および2008年で高い傾向が認められた(表3, 4, 図3)。生残率と黒化率の関係は負の相関を示し、Spearmanの ρ (順位相関係数)は-0.521、両側有意確率 P は0.013となった(図3)ことから、黒化個体の出現防除には生残率を高める必要がある結果が示された。しかし、黒化率が高かった2001年と2007年は全ての試験区で生残率が50%以上であったことから、生残以外の要因も無眼側黒化に影響することが示唆された。

2002～2004年は、配合飼料の給餌時期の違いが無眼側黒化の発現に及ぼす影響を調べた。また、2007年はアルテミアの給餌時期(日齢16～18)を5日程度、配合飼料の給餌を4～6日遅らせて給餌した場合の影響を検討した(表1)。2002年は飼育が不調であったことから、2003年, 2004年および2007年について無眼側黒化、Aパターン(頭部、胸鰭・腹鰭基底周辺部、尾柄部を除いた部分)の出現を比較した(表5)。その結果、配合飼料の給餌時期については2003-1区の試験においてAパターンで有意差が認められ、全長9mmからの給餌が黒化Aパターンの出現を防除する結果が示された(表5)。また、生物餌料と配合飼料の給餌時期に差を設けた2007-1区では無眼側黒化、Aパターンの両方に有意差が認められ、給餌時期を遅らせた区で黒化の出現率が低い結果が得られたが、2007-2区では有意差が認められなかった(表5)。以

表3 2001年の水産庁基準による類型別黒化個体の出現

年	試験区分	平均全長 (mm)	検査個 体数 (尾)	体表全体に対する黒化面積比率(%)					
				0～5 (正常)	6～10 (軽微)	11～30 (軽度)	31～60 (中度)	61～90 (重度)	91～100 (全体黒化)
2001	1-1	30.6	100	18	12	25	12	17	16
	2-1	30.9	100	49	20	21	5	3	2

表 4 2002～2008年の類型別黒化個体の出現状況

年	試験区分	平均全長 (mm)	検本個 体数 (尾)	無眼側黒化の出現数				A (緑側部+体幹部)				C (頭・胸部)				D (尾柄部)		備 考	
				正常	黒≤1/2	黒>1/2	黒化	正常	+	++	+++	1	2	3	4	1	2		
2002	1-2	21.9	100	4	52	42	2	4	10	42	42	2	0	0	1	4	13	46	
	2	29.9	100	21	57	21	1	21	28	30	20	1	16	14	22	57	65		
	3	24.4	100	4	92	4	0	4	79	13	4	0	59	2	12	37	41		
	4	21.3	100	18	79	2	1	18	65	13	3	1	10	5	23	33	35		
2003	1-1	25.3	100	62	38	0	0	62	37	1	0	0	0	0	0	0	0	0	配合を12mmから給餌
	1-2	25.9	100	81	19	0	0	81	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	配合を9mmから給餌
	2-1	28.6	100	80	20	0	0	83	16	1	0	0	0	0	7	0	1	0	配合を12mmから給餌
	2-2	28.7	100	95	5	0	0	96	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	配合を9mmから給餌
2004	1-1	47.1	200	127	73	0	0	155	30	15	0	0	8	3	10	0	0	0	上記の試験区を継続飼育し成長させて調べた結果
	1-2	47.4	200	123	76	1	0	145	49	5	1	0	6	4	49	2	1	1	
	2-1	45.8	200	90	110	0	0	134	54	12	0	0	6	4	73	0	6	6	
	2-2	46.8	200	92	104	4	0	145	41	11	3	0	9	2	95	2	33	0	
2005	1-2	27.9	100	59	25	10	6	70	10	4	9	7	8	0	12	12	4	4	配合を9mmから給餌
	1-3	29.1	100	46	40	13	1	56	18	14	7	5	14	6	18	25	13	13	配合を12mmから給餌
	2-2	28.2	100	54	17	26	3	59	16	5	14	6	8	0	15	24	19	19	配合を9mmから給餌
	2-3	27.9	100	56	19	25	0	60	9	18	8	5	9	0	4	24	16	16	配合を12mmから給餌
2006	1	—	100	64	35	1	0	76	15	8	1	0	0	0	15	0	0	0	
	2	—	100	71	29	0	0	90	7	3	0	0	0	0	25	0	0	0	
2007	1	—	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2	—	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1-1	69.1	100	11	74	14	1	19	32	34	14	1	17	51	47	35	25	25	
	1-2	65.1	100	29	68	2	1	33	36	27	2	2	8	29	24	7	10	10	
2008	2-1	81.7	100	49	46	4	1	52	36	9	3	0	5	5	1	6	1	1	
	2-2	84	100	42	51	7	0	48	33	12	7	0	8	9	1	7	2	2	
	1-1	49.2	100	25	68	6	1	65	26	8	0	1	2	62	6	0	0	0	ほっとけ飼育
	1-2	51.3	100	0	39	54	7	13	21	27	32	7	3	79	89	14	7	7	
2008	2-1	65.3	100	4	40	55	1	28	10	20	41	1	45	79	68	9	15	15	
	2-2	60.3	100	24	52	24	0	35	23	25	17	0	29	31	47	5	0	0	ほっとけ飼育

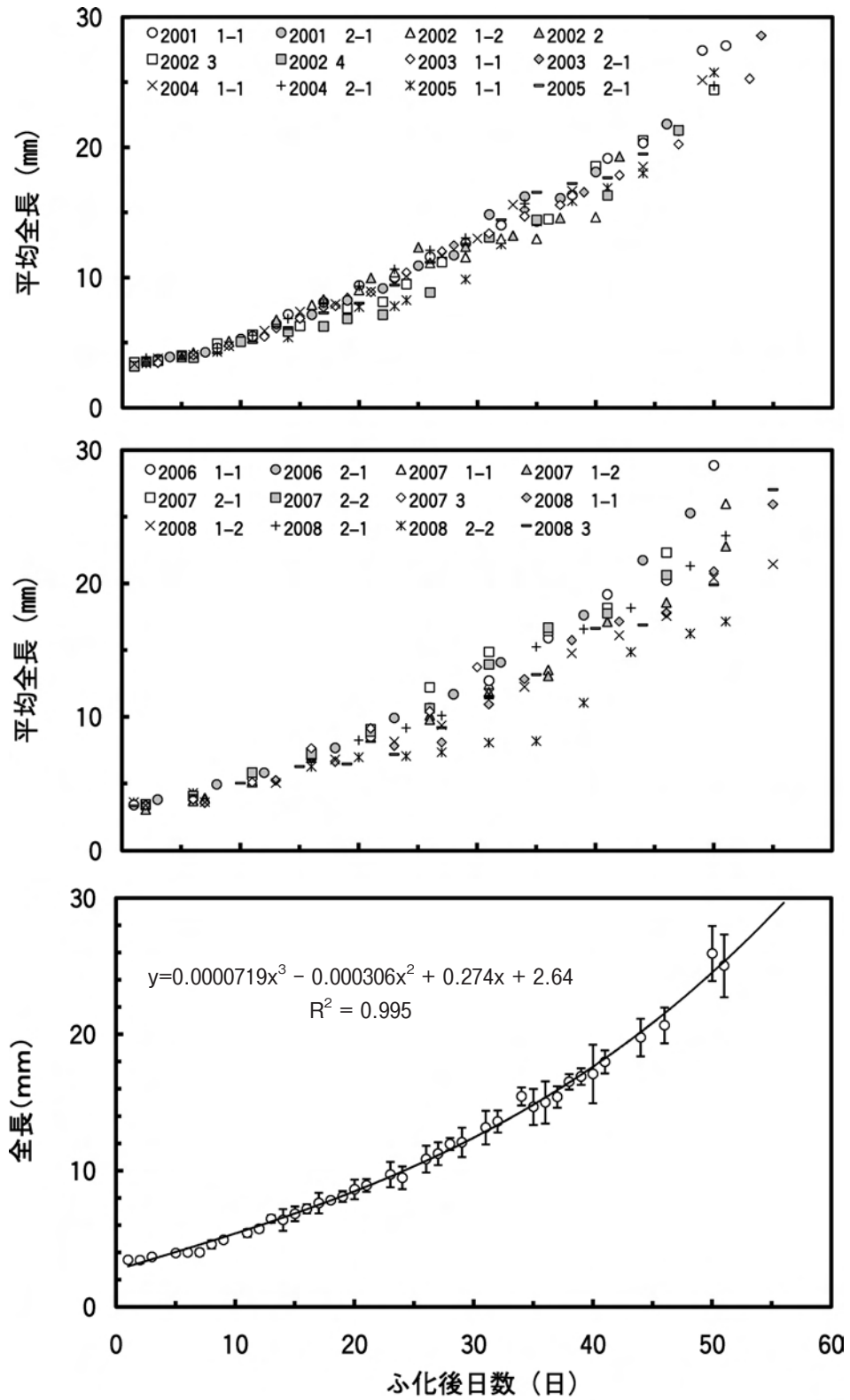


図2 各年のヒラメ量産飼育における成長

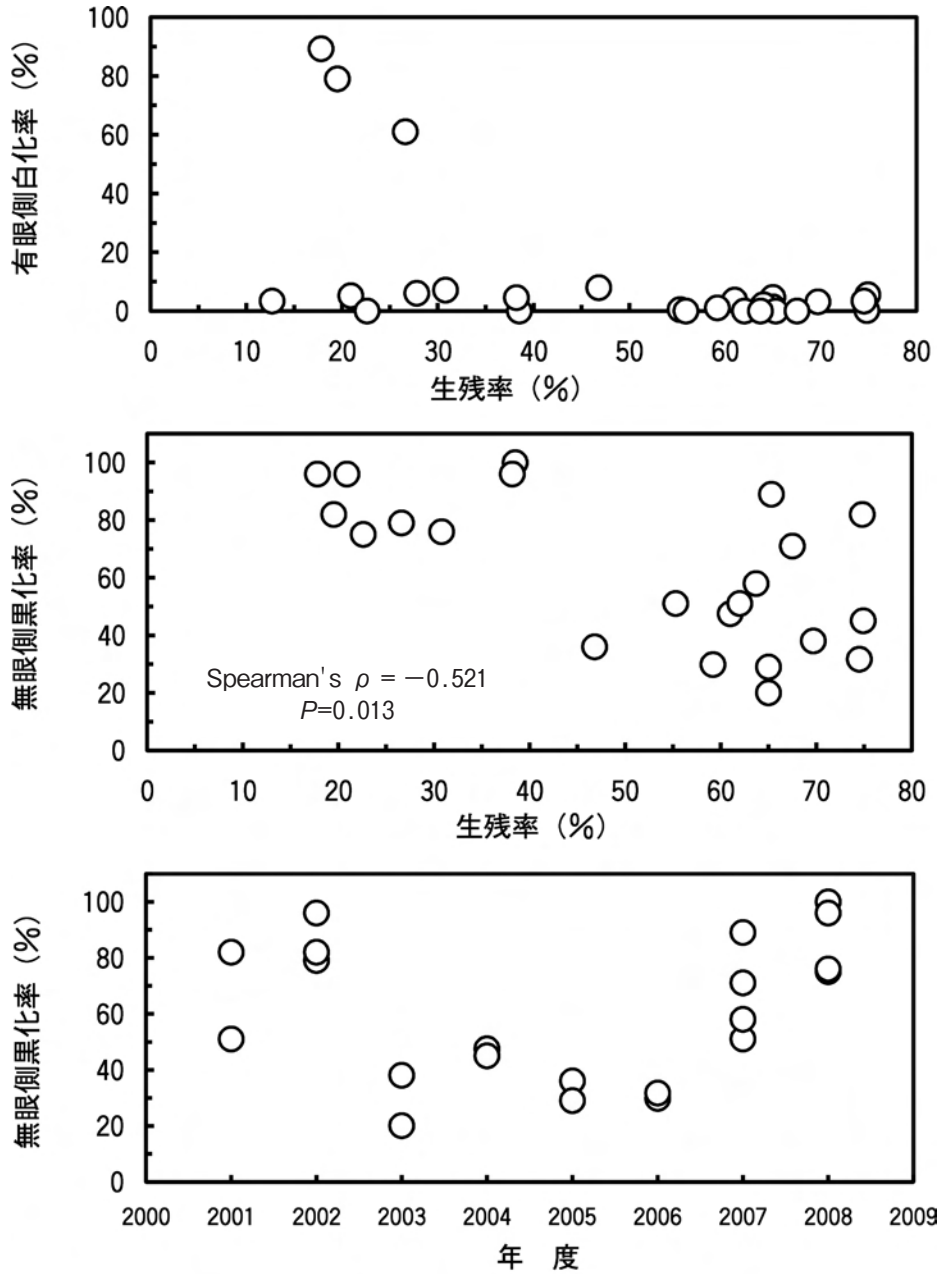


図3 ヒラメ量産飼育における体色異常の出現状況

表5 リジット分析によって得られたp値

年	試験区分	無眼側黒化	A (縁側部+体幹部)	備考
2003	1-1	0.0589	0.0467	配合を12mmから給餌
	1-2			
	2-1	0.116	0.159	配合を9mmから給餌
	2-2			
	1-1	0.718	0.545	上記の試験区を継続飼育し成長させて調べた結果
	1-2			
2-1	0.987	0.435		
2-2				
2004	1-2	0.292	0.150	配合を9mmから給餌
	1-3			配合を12mmから給餌
	2-2	0.641	0.754	配合を9mmから給餌
	2-3			配合を12mmから給餌
2007	1-1	0.0186	0.00639	従来 ^{*1}
	1-2			変更 ^{*1}
	2-1	0.408	0.374	従来
	2-2			変更

*1 ワムシ・アルテミアの給餌時期について、それまでの時期(従来)と変更した試験区を示す。

上のように年度や試験間で異なる結果となり、無眼側黒化とAパターンの出現への給餌時期の影響の有無について明確にすることはできなかった。

高橋⁷⁾は浮遊期型異常(黒化)の防除方法として飼育密度を下げて成長差を少なくし、さらに配合飼料の投餌を控え、生物餌料の比率を増やすことで対処できることを示した。また、配合飼料は全長10mmからよりも12mmからの給餌で黒化率が低下し、逆に白化率が高くなり、この差は40mmでさらに顕著となった²⁾。今回、量産規模で配合飼料の給餌時期を全長約9mmと12mmで開始した試験では両者に差が認められなかった。小型水槽での試験結果を大型水槽で再現することの難しさは経験的に知られているが、大型水槽では照度など水槽間や時期で変動しやすい環境条件を一定にするなどの試験方法について検討する必要がある。

山田⁸⁾は大型水槽での飼育結果をもとに、ヒラメが十分な摂餌により必要な栄養素を取り込み、疾病や密度効果の制限要因が働かない限り、ある水温下で最大の成長を示し同時に正常な変態を行うことで、黒化の出現を抑えることができ、再現性が高いことを報告している。特に、アルテミアの給餌量とエアリフト設置による餌料環境(稚魚と生物餌料の遭遇率)の向上がポイントであると述べている。水温17~18℃で飼育する当センターの場合、日齢60時の推定全長は28.6mm(図2)であり茨城方式(飼育水温20℃)の53.1mm⁸⁾に比べて著しく劣っていた。また2008年の飼育では、いずれの試験区でも成長が遅く、無眼側黒化率は平均

87%(75~100%)と高かったことから、山田⁸⁾の考えを支持する結果となった。

当センターでのヒラメ量産試験は、健全な放流種苗の確保を主眼としつつ、無眼側黒化防除の技術開発に取り組んできた。8年間の飼育試験では目的とした防除方法は明らかにできなかったが、ヒラメ量産飼育に関わる多くの担当者が経験的に得ているように、また今回検討した結果からも高い生残率で健全な種苗を得ることのできる飼育方法の中に有眼側および無眼側の体色異常、さらに、疾病等を防除するためのキーワードが隠されていることが示唆された。

謝 辞

本論文は宮津栽培漁業センターでヒラメに関わってきた8年間の記録として取りまとめた。この間には前宮津栽培漁業センター(現玉野栽培漁業センター)津崎龍雄場長を始め、多くの研究職職員、嘱託職員に支えられてきた。これまで支えてきて頂いた全ての方々に深謝の意を表したい。

文 献

- 1) 高橋庸一(1992)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. 日裁協特別研究報告(1986~1989年), 3, 1-50.
- 2) 独水産総合研究センター(2004)ヒラメの無眼側

- 体色異常個体の出現要因と防除技術. 栽培漁業技術シリーズ, 10, 1-167.
- 3) 島 康洋・小磯雅彦・友田 努・手塚信弘・荒井大介 (2008) 市販の濃縮淡水クロレラを用いたマダイの「ほっとけ飼育」. 栽培漁業センター技報, 8, 27-30.
 - 4) (社)日本栽培漁業協会 (2000) 海産ワムシ類の培養ガイドブック. 栽培漁業技術シリーズ, 6, 1-137.
 - 5) 竹内宏行・升間主計・渡辺 税・中川 亨・町田雅春 (2008) オキシダント海水がアカアマダイ卵に及ぼす影響. 栽培漁業センター技報, 8, 5-8.
 - 6) 石村貞夫・謝 承泰・久保田基夫 (2003) リジット分析. 「SPSSによる医学・歯学・薬学のための統計解析」東京図書株式会社, 東京, 122-139.
 - 7) 高橋庸一 (1994) 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. 日水試, 60, 593-598.
 - 8) 山田 浩 (2004) ヒラメ黒化防除技術開発の取り組みと成果－茨城方式の種苗生産－. 「平成15年度栽培漁業技術中央研修会 テキスト集－異体類の種苗生産における形態異常防除の技術的アプローチ－」社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 東京, 1-17.
 - 9) 山本栄一 (2004) ヒラメ人口種苗の脊椎骨融合と防除方法. 「平成15年度栽培漁業技術中央研修会 テキスト集－異体類の種苗生産における形態異常防除の技術的アプローチ－」社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 東京, 1-11.

マダコの幼生飼育におけるアルテミアの栄養強化の必要性と給餌密度の検討

山崎英樹*1・奥村重信*2・岩本明雄*3

(*1 瀬戸内海区水産研究所百島実験施設, *2 屋島栽培漁業センター,

*3 瀬戸内海区水産研究所)

マダコ *Octopus vulgaris* はふ化後1カ月ほど浮遊生活を送り、徐々に底生生活へ移行する。伊丹ら¹⁾ はエビ類幼生などの生物を餌料にして世界で始めてマダコ幼生を着底期まで飼育した。その後、日本国内では40年以上幼生飼育に関する研究が進められているが、餌料となるゾエア幼生など大型の動物プランクトンを大量かつ長期間安定して確保するのが困難であること、栄養強化したアルテミアを主餌料とした飼育方法では、底生生活に移行した着底幼生が大量減耗することから種苗量産技術は確立されていなかった²⁾。

屋島栽培漁業センターでは、伊丹ら¹⁾ に代わる手法として2001年にチベット産アルテミア(中国青海省で採取されたノープリウスの全長が650 μ m前後の大型のアルテミア:以下、大型アルテミア)とイカナゴ細片肉を給餌することにより60%以上の高い生残率で着底期幼生を1万尾以上生産することに世界で初めて成功した³⁾。その後、アルテミアを用いたマダコ幼生の飼育には大型アルテミアの給餌が有効であること⁴⁾、イカナゴがマダコ幼生のDHA供給源となっていることを明らかにした⁵⁾。しかし、大型アルテミアを餌料としたマダコ幼生の飼育事例は少なく、種苗量産を前提とした飼育技術は未開発である。

本研究ではマダコ幼生の種苗生産技術の確立を目指し、大型アルテミアの適正な給餌方法について検討した。

材料と方法

親ダコとふ化幼生 親ダコは兵庫県南淡町周辺(淡路島紀伊水道沖)で漁獲された個体であり、2005年4月2日に5尾、5日に2尾、5月12日に5尾の雌親を屋島栽培漁業センターに搬入した。搬入時の親ダコの体重は平均1,875g \pm 473gであった。親ダコの養成は前報⁶⁾と同様の方法で幼生のふ化まで行い、ふ化後24時間以内の幼生を飼育実験に用いた。

餌料 餌料には、大型アルテミアとイカナゴを用いた。大型アルテミアのふ化方法および栄養強化は前報⁶⁾と同様の方法で行った。25 $^{\circ}$ C、30時間でふ化させたノープリウスは、サメ卵乾燥粉末(プラスアクアラン;BASF ジャパン)を250ppmの濃度で添加した20 $^{\circ}$ Cの海水中で18~24時間栄養強化した。イカナゴは、

2005年3月上旬に兵庫県淡路島沖で漁獲された平均全長37mmのものを凍結して屋島栽培漁業センターに搬入し-25 $^{\circ}$ Cで保管した。給餌用のイカナゴは、まとめてアイスライサー(ISL-2TD;ホシザキ電機)で0.5~1.0mm厚に細断して冷凍保存し、給餌の際には規定量をそのまま水面に撒布した。

大型アルテミアの栄養強化 大型アルテミアとイカナゴを併用給餌する場合の、大型アルテミアへの栄養強化の必要性を検討した。

試験期間は2005年6月17日~7月22日(日齢35)とした。飼育水槽には5kl FRP水槽(3.0 \times 1.5 \times 1.0m)2面を用いた。試験区は、給餌する大型アルテミアを栄養強化した区(栄養強化区)と未強化で与える区(無強化区)の2区を設定した。ふ化ダコの収容尾数はそれぞれ17,500尾とした。各水槽には水面上70cmに32Wの蛍光灯2本を設置し、10時間(8~18時)の照明を行った。照明を行った以外の時間は窓などからの自然採光が見られた。水温は自然水温としたが、水温の上昇に伴いチタン製熱交換器を用いて25 $^{\circ}$ Cを上回らないように冷却した。飼育開始時は止水状態で飼育し、溶存酸素量が5mg/l以上を保つように、水槽長辺の底縁辺に配置した2本のユニホース(長さ126cm;株ユニホース)で適宜調整した。

大型アルテミアの給餌量は、飼育開始時に1,000万個体を与え、2個体/mlの密度を維持するように毎日9時と14時に不足分を添加した。さらに、飼育開始時に飼育水にスーパー生クロレラV12(クロレラ工業)を90ml添加し、換水を開始した日齢5から大型アルテミア給餌の際に50mlずつを添加した。

飼育環境として、水温、溶存酸素量(以下、DO)、塩分濃度および水面照度を大型アルテミアの給餌前に測定した。

日齢5からイカナゴの給餌と換水および底掃除を開始した。イカナゴの給餌量は30~50g/回/槽とし、給餌間隔は2時間毎(9~17時)とした。飼育水には砂ろ過海水を用い、換水量は100%/日を目安とした。底掃除は9時のイカナゴ給餌終了後にサイホンにより毎日定量(70l)を排水し、死亡個体数から生残尾数を推定した。また、マダコ幼生の成長として、5日毎に各試験区から10個体を採取し湿重量を測定した。さらに、収容時と試験終了時には20個体の吸盤数⁷⁾と湿

重量を測定した。

大型アルテミアの給餌密度 大型アルテミアの適正な給餌密度を検討した。給餌密度は0.5, 1, 2および4個体/mlの4段階を設定した。

試験期間は、7月1日～8月5日(日齢35)とした。試験には5kl水槽4面を用い、それぞれ16,000個体のふ化ダコを収容した。なお、本実験に用いた大型アルテミアは無強化とし、餌料条件以外の飼育方法は試験1と同様とした。

餌料とマダコ幼生の分析 餌料およびマダコ幼生に含まれるDHA量を分析した。大型アルテミアの分析には、栄養強化と無強化について給餌前のものを3日間分用いて平均値を求めた。マダコ幼生では、試験終了時の生残個体を用いた。各試料は水道水で洗浄後、十分に水分を切りビニール袋に入れて分析まで

-70℃で凍結保存した。分析方法は既報⁵⁾に準じた。

統計処理 試験終了時のマダコ幼生の吸盤数、湿重量およびDHA含量の差の検定は、Kruskal-Wallis検定により有意水準5%で行った。検定結果が有意であった場合は、Sheffe's検定により多重比較を行った。また、生残率の比較では3試験区以上の試験では、それぞれの試験区間の検定をBonferroniの修正を行い有意水準5%で χ^2 検定した。

結 果

大型アルテミアの栄養強化の必要性 試験結果の概要を表1に、マダコ幼生の推定生残率および平均湿重量を図1に示した。試験終了時(日齢35)の生残率は栄養強化区が30.4%、無強化区が27.0%であった。また、

表1 マダコ幼生の飼育における大型アルテミアの栄養強化の必要性

試験区	収容		取り上げ		
	吸盤数 (個)	平均湿重量 (mg)	生残率 (%)	吸盤数 (個)	湿重量 (mg)
無強化区	3.7±0.5	2.24 ^{*1}	27.0	20.9±2.8 ^a	25.8±8.0
栄養強化区			30.4	17.5±2.0 ^b	25.3±7.8

*1 20尾をまとめて測定

異なるアルファベットは有意水準5%で有意差があることを示す (a>b)

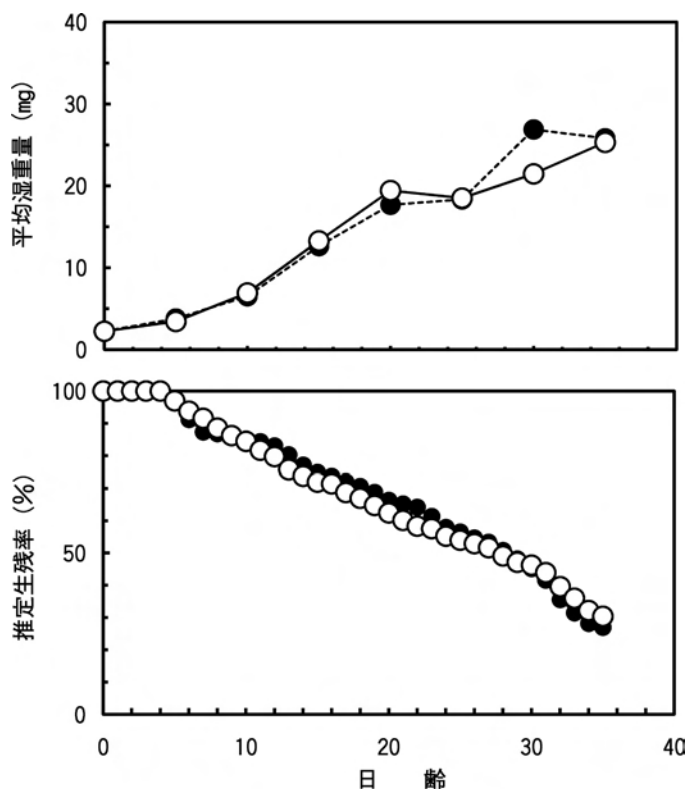


図1 大型アルテミアの栄養強化の有無がマダコ幼生の湿重量と生残に与える影響

○：栄養強化区， ●：無強化区

成長の目安とした吸盤数は栄養強化区が 17.5 ± 2.0 個と無強化区の 20.9 ± 2.8 個に比べ有意に少なかったが、平均湿重量には栄養強化の有無による有意差は認められなかった。

飼育期間における栄養強化区と無強化区的环境測定値の平均は、それぞれ水温が 24.6°C と 24.7°C 、DOが6.6ppmと6.3ppm、塩分濃度が31.3psuと31.2psu、および水面照度が2,560 lxと2,289 lxと、両試験区と

も同様の環境条件を維持できた。

大型アルテミアの給餌密度の効果 試験結果の概要を表2に、マダコ幼生の推定生残率と平均湿重量を図2に示した。生残状況を見ると、給餌密度の低い0.5個体/ml区では日齢10以降に顕著な減耗が見られたが、日齢20以降は他の3区でも大きな減耗が見られた。試験終了時（日齢35）の生残率は、2個体/ml区(24.0%) > 4個体/ml区(11.6%) > 1個体/ml区(8.4%)

表2 マダコ幼生の飼育における大型アルテミアの給餌密度の検討

試験区	収容		取り上げ		
	吸盤数 (個)	平均湿重量 (mg)	生残率 (%)	吸盤数 (個)	湿重量 (mg)
0.5個体/ml区			6.7 ^B	16.7 ± 2.0	25.6 ± 4.9^a
1個体/ml区	3.1 ± 0.3	2.13^{*1}	8.4 ^B	15.9 ± 3.0	23.6 ± 6.8^a
2個体/ml区			24.0 ^A	18.1 ± 1.8	23.7 ± 6.8^a
4個体/ml区			11.6 ^B	18.1 ± 3.2	17.0 ± 4.5^b

*1 20尾をまとめて測定

異なるアルファベットは有意水準5%で有意差があることを示す (A>B, a>b)

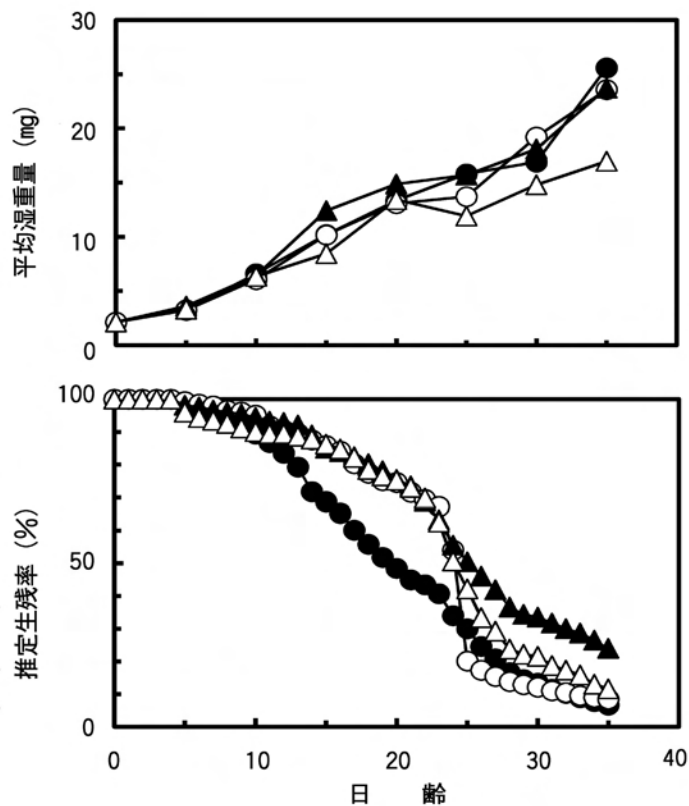


図2 大型アルテミアの給餌密度がマダコ幼生の湿重量と生残に与える影響

● : 0.5個体/ml, ○ : 1個体/ml, ▲ : 2個体/ml, △ : 4個体/ml

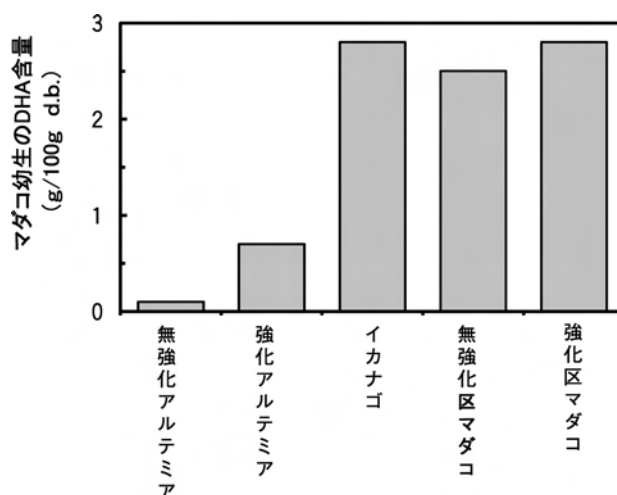


図3 大型アルテミアの栄養強化の有無、およびイカナゴとマダコ幼生のDHA含量の比較

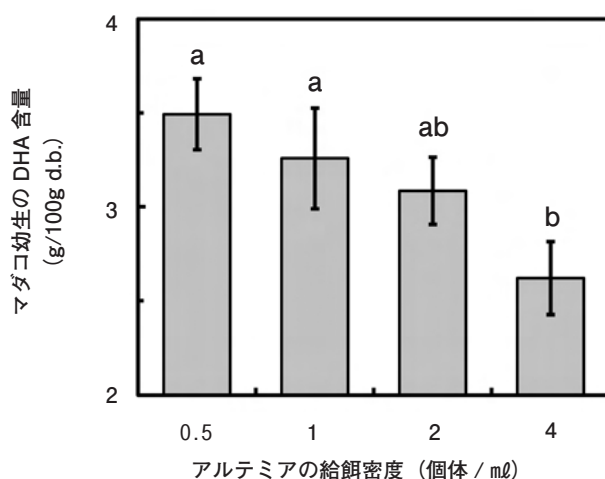


図4 大型アルテミアの給餌密度とマダコ幼生のDHA含量の比較異なるアルファベットは有意水準5%で有意差があることを示す (a>b)

>0.5個体/ml区 (6.8%) となり、2個体/ml区が他の試験区より有意に高かった。また、平均湿重量は、0.5個体/ml区 (25.6mg) > 2個体/ml区 (23.7mg) ≒ 1個体/ml区 (23.6mg) > 4個体/ml区 (17.0mg) となり、大型アルテミアの給餌密度が最も高い4個体/ml区が他の3区より有意に低下した。吸盤数は試験区間で有意差は認められなかった。

飼育期間中の環境測定値は、各試験区とも水温24.8~25.0℃、DO 6.2~6.7ppm、塩分31.1psuおよび水面照度2,328~2,654 lxの範囲にあり、同様の環境条件が維持できた。

餌料とマダコ幼生のDHA含量 餌料およびマダコ幼生のDHA含量を図3および図4に示した。大型アルテミアのDHA含量 (100g乾物当り重量) は、無強化時の0.1gが強化により0.7gまで増加した。イカ

ナゴのDHA含量は2.8gと大型アルテミアに比較して極めて高く、マダコ幼生では両試験区とも給餌したイカナゴとほぼ同程度の2.5~2.8gであった。大型アルテミアの給餌密度の違いによるマダコ幼生のDHA含量は、給餌密度と反比例し0.5個体/ml区 (3.5g) > 1個体/ml区 (3.3g) > 2個体/ml区 (3.1g) > 4個体/ml区 (2.6g) となった (図4)。

考 察

海産魚介類の種苗生産では、餌料に用いるシオミズツボワムシやアルテミアにn-3HUFAsの栄養強化を行い、仔稚幼生の成長や生残率並びに活力の向上が図られている⁸⁾。マダコ幼生の飼育でもアルテミア単独の餌料で飼育する場合はDHA強化の重要性が指摘

されており^{2,9)}、特にサメ卵乾燥粉末の有効性が報告されている²⁾。しかし、マダコ幼生は給餌されたアルテミアを短時間に摂餌しないため、飼育水中には多数のアルテミアが残存することになる¹⁰⁾。さらに、アルテミアはDHAを短鎖化してEPAに変えDHAはあまり蓄積しない¹¹⁾ため、残存したアルテミアからはDHAがほとんど検出されなくなる。このため、マダコ幼生が必要とするDHA量は大きく低下していると推察され、アルテミアのDHA含量を増加させる飼育手法の開発の必要性が指摘されていた²⁾。

一方、我々の一連の研究において、種苗生産現場で広く用いられている北米産アルテミアと比較して、チベット産の大型アルテミアはEPA含量が高く、マダコ幼生の飼育に適していることを明らかにした⁴⁾。また、イカナゴがマダコ幼生のDHAの供給源であることを明らかにし、イカナゴ給餌の有効性を示した⁵⁾。本試験では、マダコ幼生の飼育においてイカナゴに併用給餌する大型アルテミアへさらにDHAを強化する必要があるかを検討したところ、日齢35までの飼育では生残率と平均湿重量、およびマダコ幼生のDHA含量に顕著差は認められなかった。さらに、マダコ幼生のDHA含量はイカナゴと同程度であったことから、大型アルテミアへの栄養強化は必要ないと判断された。

マダコ幼生の飼育における餌料の給餌密度は、全長1.5~2mmの養成アルテミア(北米産)では1個体/ml程度とされている¹²⁾。大型アルテミアの給餌密度は、これまで経験的に2個体/mlとしてきたが、本試験で0.5~4個体/mlの範囲について検討したところ、生残率の面からこれまでの給餌密度が適切であったことが判った。しかし、マダコ幼生のDHA含量はアルテミアの給餌密度と反比例し、湿重量は給餌密度が最も高い4個体/mlで有意に低下した。その原因としてアルテミアの密度が高いほどアルテミアの摂餌量が増加し、逆にイカナゴの摂餌量が減少した可能性が考えられた。

マダコ幼生は小規模の水槽では、大型アルテミアとイカナゴ細片肉の併用給餌により、吸盤数20個(着底期)程度まで飼育可能となった³⁾。さらに量産規模での飼育技術を開発するためには、大型アルテミアの有効成分を特定するとともに、イカナゴの給餌方法、植物プランクトンの添加効果、適正照度とその照射時間、およびマダコ幼生の収容密度などについての解明が必要である。

文 献

1) 伊丹宏三・井沢康夫・前田三郎・中井昊三(1963)

マダコ稚仔の飼育について. 日水誌, **29**, 514-519.

- 2) 浜崎活幸・竹内俊郎(2001) 油脂酵母あるいはサメ卵乾燥粉末で栄養強化したアルテミアのマダコ浮遊期幼生に対する餌料価値. 栽培技研, **28**, 65-68.
- 3) 白木美聡(2002) マダコの種苗量産に成功!! さいばい, **100 & 101**, 9-11.
- 4) Okumura S., A. Kurihara, A. Iwamoto, and T. Takeuchi (2005) Improved survival and growth in *Octopus vulgaris* paralarvae by feeding large type Artemia and Pacific sandeel, *Ammodytes personnatus* improved survival and growth of common octopus paralarvae. *Aquaculture*, **244**, 147-157.
- 5) Kurihara A., S. Okumura, A. Iwamoto, and T. Takeuchi (2006) Feeding Pacific sandeel enhances DHA level in common octopus paralarvae. *Suisanzoshoku*, **54**, 413-420.
- 6) 奥村重信(2004) マダコ幼生の生残に及ぼす環境要因. 栽培漁業センター技報, **2**, 34-43.
- 7) Okumura S., A. Kurihara, A. Iwamoto, and T. Takeuchi (2005) Correlations among arm sucker count, wet and dry weight of reared common octopus paralarvae. *Suisanzoshoku*, **53**, 329-330.
- 8) 渡辺 武(1978) 脂質からみた仔稚魚用生物餌料の栄養価. 「水産学シリーズ22養魚と飼料脂質」(日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.93-111.
- 9) Navarro, J.C. and R. Villanueva (2003) The fatty acid composition of *Octopus vulgaris* paralarvae reared with live and inert food deviation from their natural fatty acid profile. *Aquaculture*, **219**, 613-631.
- 10) 浜崎活幸・竹内俊郎(2000) マダコ浮遊期幼生の生残と成長に及ぼす飼育水へのナンノクロロプシスの添加効果. 栽培技研, **28**, 13-16.
- 11) Navarro, J.C., R.J. Henderson, L.A. McEvory, M.V. Bell, and F. Amat (1999) Lipid conversions during enrichment of Artemia. *Aquaculture*, **174**, 155-166.
- 12) 森岡泰三(1988) III-3 種苗生産技術の開発, M-1 マダコ. 日本栽培漁業協会事業年報昭和61年度, 259-266pp.

ブリの早期採卵によって得られた受精卵を用いた種苗生産事例

吉田一範・本藤 靖・中川雅弘・堀田卓朗・服部圭太

(五島栽培漁業センター)

1970年代に入り天然ブリの漁獲量が減少し、特に本種を対象とする大型定置網での漁獲量の激減が大きな問題として取り上げられた。その一因として養殖用のモジャコ採捕の影響が大きいと定置網業界からの声を受け、五島栽培漁業センターでは、1981年の開所以来ブリの栽培漁業や養殖に関する技術開発に取り組んでいる。親魚養成については、ホルモン注射を用いた産卵誘発手法、人工授精による採卵手法、飼育環境条件の制御（特に水温と光）による2月採卵など、基礎となる技術は概ね開発されている¹⁾。また、養成親魚の通常産卵期である4月下旬から5月上旬の受精卵を用いた種苗生産については、①夜間に浮上横臥する性質を利用した分槽による共食いの防止、②平均全長15~20mm サイズでの配合飼料への餌付け、③油膜除去による脊椎骨上湾症の防除など、様々な問題に対して解決策を提示してきた²⁾。さらに近年は、より早く(12月)採卵することを目的とした技術開発に取り組み、2002年³⁾ および2004年には量産規模での採卵や種苗生産を実施した。

本報では、これまでの飼育技術を取りまとめた技術マニュアル²⁾ (以下、ブリマニュアル) に準じ、早期に採卵した卵を用いて生残率10%を取り上げ目標とした量産規模での実証試験を実施したので報告する。

材料と方法

供試魚 試験には、当センターでHCG(胎盤性性腺刺激ホルモン; あすか製薬)を使用した産卵誘発により、2008年1月9日に採卵した受精卵から1月12日にふ化した仔魚35.9万尾(生産試験1)と37.9万尾(生産試験2)を用いた。

飼育方法 飼育水槽は60kl角型コンクリート水槽(縦6.8m×横4.8m×高さ1.9m, 実水量55kl)を2面使用した。飼育水は砂ろ過海水を用い、飼育水温は22℃とし、ふ化仔魚の収容時(日齢1)の20℃から開口時(日齢3)までに徐々に加温した。注水量は0.1回転/日で開始(日齢1)し、毎日徐々に増加して日齢8に1回転/日、日齢29に2回転/日、日齢40に3回転/日とした。通気は、水槽中央部に1個のエアーストーンと四隅に設置したエアブロックで行った。通気量は、収容時にはふ化仔魚の沈降を防止するためエアーストーンから20ℓ/分、各エアブロックから

100ℓ/分とし、その後は遊泳状態や飼育水の溶存酸素量に応じて適宜増加させた。ただし、開口直後は仔魚の空気の飲み込みを促すため一旦通気を弱めた(エアーストーン1.5ℓ/分、各エアブロック30ℓ/分)。

飼育水には貝化石(フィッシュグリーン; グリーン・カルチャア)を添加した。添加量はふ化仔魚の収容前日に4kg、それ以降日齢44まで毎日0.25~0.75kgとした。また、給餌したワムシの飢餓を防止するため、日齢2~36は高度不飽和脂肪酸を強化した濃縮淡水クロレラ(スーパー生クロレラV12; クロレラ工業。以下、SV12)を定量ポンプで毎日2ℓ連続投与した。水槽には、飼育水表面の油膜を除去するため、日中のみエアーによる油膜除去装置を設置した。曇天時の日中には、照度不足を補うため日齢10~30まで投光器(450wレフランプ、照射時間7時30分~16時30分)を1水槽あたり3台設置した。

餌料 餌料にはL型ワムシ、アルテミア幼生および配合餌料を用いた。生物餌料の栄養強化は、ワムシにはSV12(添加量100ml/億個)またはプラスアクアラン(添加量100g/kl; BASF ジャパン)とアクアプラスET(50g/億個; 日清丸紅工業)を、アルテミア幼生にはプラスアクアラン(100g/kl)またはバイオクロミスパウダー(200g/億個; クロレラ工業)を用い、それぞれ15~22時間強化した。ワムシは日齢3に1水槽あたり5.5億を給餌した後、日齢36まで5~10個/mlを維持するように2回/日添加した。アルテミアの給餌は日齢25から開始し、2時間程度で食べきる量を1日1~3回与えた。配合餌料は日齢40より給餌し、粒径および給餌量は稚魚の成長に合わせて徐々に増加させた。給餌には主に自動給餌機を用いたが、手撒きも併用した。

生残尾数の推定 初期の生残率は、日齢1, 2, 3, 5, 7および10に夜間の柱状サンプリングによる容量法で推定した。また、取り上げ時には選別器(金網カゴ40×50×20cm, 目合6mmと7mm)で選別した個体をそれぞれ重量法により計数した。

分槽と選別 成長に伴い、飼育密度の低下と共食いの防止を目的に1回の分槽と3回の選別を行った。本種は10mmサイズから照度が 10^{-3} lx以下になると夜間に浮上横臥するため、この特性を利用して平均全長20mm(日齢40)で分槽と1回目の選別を行った。分槽は、浮上個体をサイホン管(直径50mmカナライン

ホース)で元水槽から移槽先の水槽内に設置した小割網(4.5×1.8×1.4m, 120径モジ網, 目合4.2mm)に移動させる方法で行った(図1)。分槽は一晩で終了し, さらに小割網に移すことで小型個体は網目を抜けて大型個体のみが小割内に残るため, これらを他の水槽に移す方法で大きさの選別を行った。2回目および3回目の選別は, 取り上げ時に選別器を用いて行った。

なお, 分槽までの飼育を一次飼育, 分槽から取り上げまでを二次飼育とした。

結 果

生産試験の結果の概要を表1に示した。また, 飼育の詳細を別表1~4に示した。51~54日間の飼育で,

両試験とも水質環境に大きな変動はなく, 過去の事例から飼育に適した範囲²⁾と考えられる水温15℃以上, pH 7.9~8.3, DO 4 mg / ℓを維持できた。

日齢10までの生残状況(図2)を見ると, 試験1は47.1%, 試験2は68.2%とブリマニュアルにおいて基準となる50~60%と比較して試験1では基準を若干下回ったが, 試験2では基準を上回る値であり, さらに底掃除による死亡の確認ができた日齢20以降は500~8,000尾/日の死亡個体が見られた。しかし, 選別後の二次飼育では両試験区とも大型群, 小型群ともに死亡が減少し, 試験1では平均全長46.6mmの種苗3.3万尾(生残率9.2%), 試験2では平均全長43.6mmの種苗5.1万尾(同13.5%)の計8.4万尾(平均11.4%)を取り上げ, 当初の目標を達成できた。

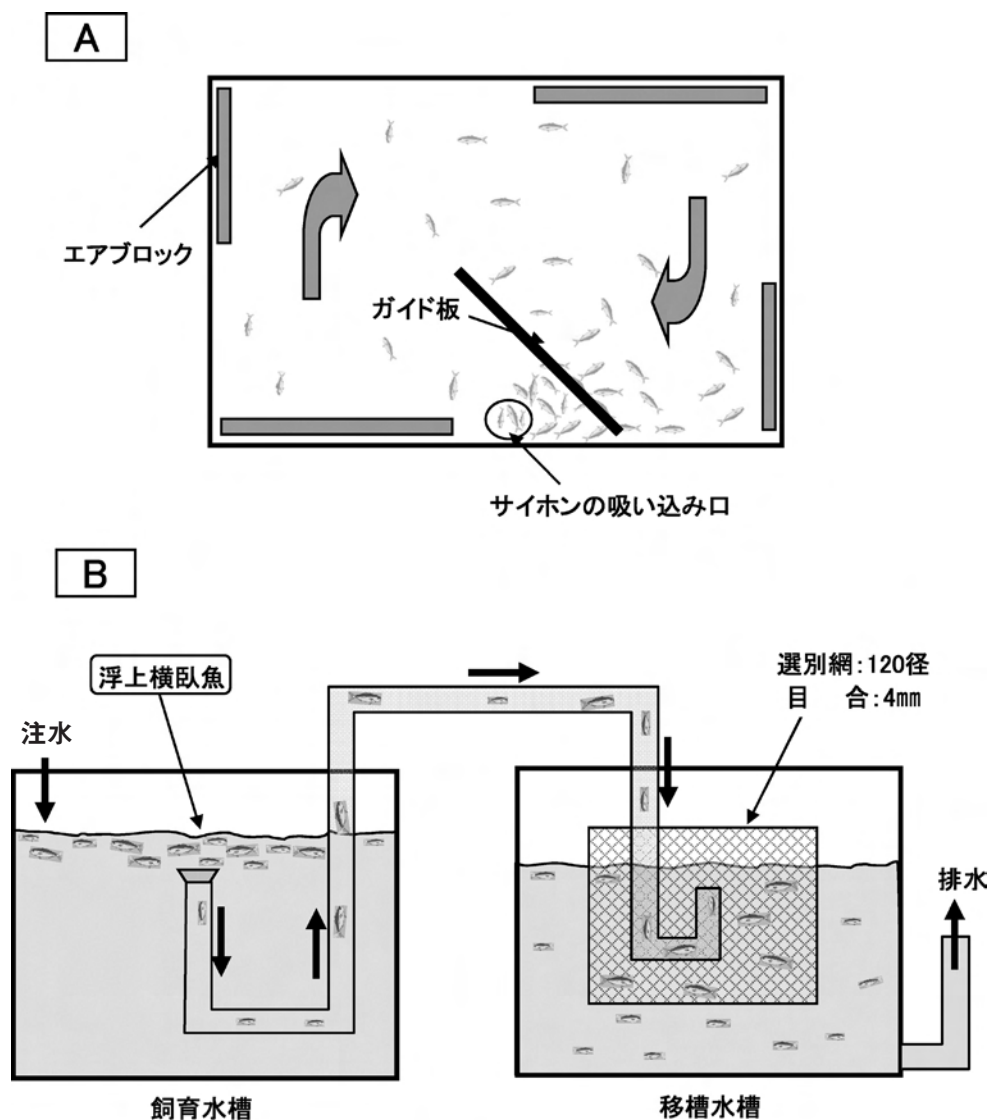


図1 ブリの夜間取り揚げ及び選別

A: 飼育水槽直上からみた飼育水の流れと種苗の分布

B: 種苗の取り上げとサイズ選別の概要

表1 2007年ブリ早期種苗生産試験の結果概要

生産試験	水槽収容			飼育					取り上げ			
	水量 (kl)	月日	尾数 (万尾)	水温 (°C)	使用した飼料			飼育 日数	月日	尾数 (万尾)	全長 (mm)	生残率 (%)
					ワムシ (億個)	アルテミア (億個)	配合飼料 (kg)					
1	角型 55	1/13	35.9	22	137.4	4.3	9.8	51~54	3/3 3/6	3.3	46.6	9.2
2	角型 55	1/13	37.9	22	144.5	5.4	12.7	51~54	3/3 3/6	5.1	43.6	13.5
合計(平均)			73.8		281.9	9.7	22.5			8.4	(44.8)	(11.4)

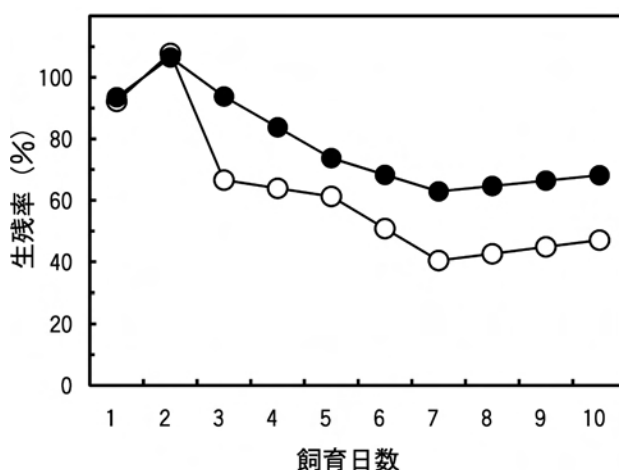


図2 飼育初期の生残率の推移

○-生産試験1 ●-生産試験2

分槽と選別の状況を図3に示した。分槽は両試験とも平均全長が約20mmになった日齢40に実施した。試験1では、分槽時での選別（1回目）により大型群（1.6万尾、平均全長29.1mm）と小型群（1.8万尾、同22.8mm）の2群に分けた。同様に、試験2では大型群（2.5万尾、同28.7mm）と小型群（3.2万尾、同21.3mm）に分け、両試験とも飼育密度を約半分に調整できた。2回目の選別は、両試験とも日齢51に大型群について実施した。試験1では、目合7mmの選別器により平均全長52.5mmの種苗0.4万尾と46.5mmの種苗1.2万尾を取り上げた。試験2では、目合7mmの選別器により平均全長50.6mmの種苗0.4万尾と44.2mmの種苗2.1万尾を取り上げた。

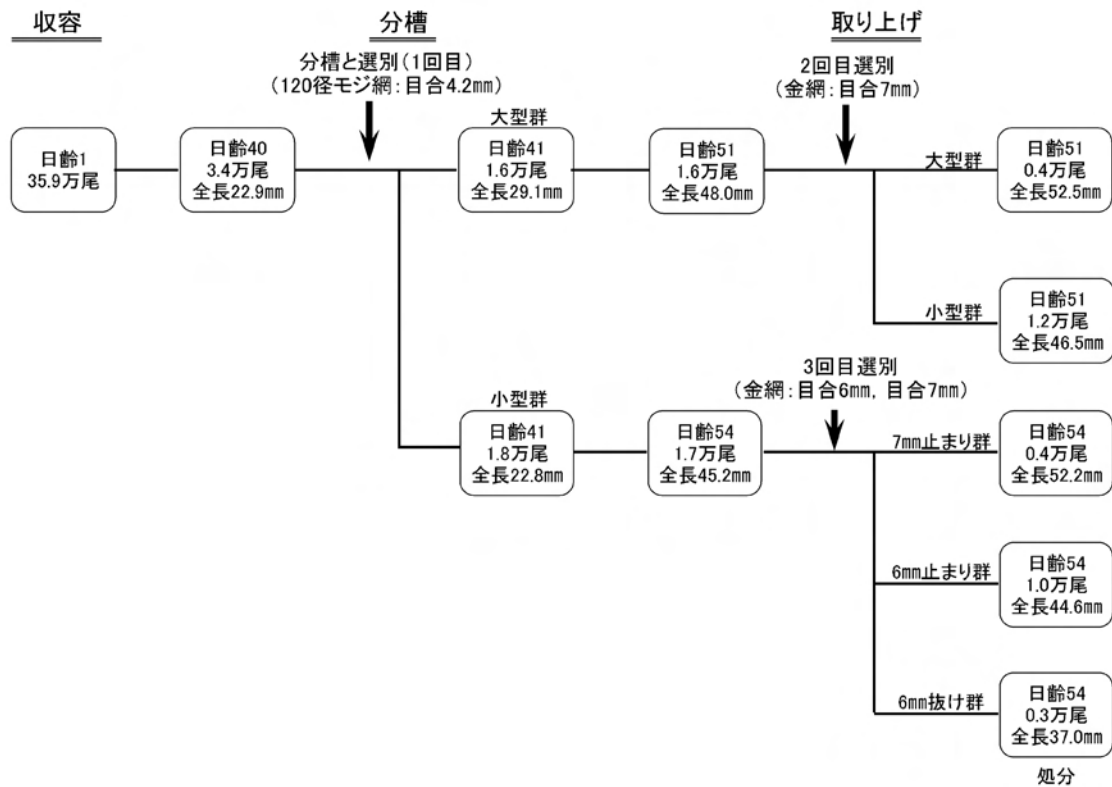
3回目の選別は、日齢54に小型群について実施した。試験1では、目合7mmと6mmの2種類の選別器により3群に分け、平均全長52.2mmの種苗0.4万尾と44.6mmの種苗1.0万尾および37.0mmの種苗0.3万尾を取り上げた。試験2では、目合6mmの選別器を用い平均全長44.4mmの種苗1.1万尾と40.0mmの種苗1.5万尾を取り上げた。両試験とも目合い6mmの選別器を抜けた個体は形態異常が目立ったことから処

分した。

考 察

1982~2000年におこなったブリ種苗生産における平均生残率²⁾は、五島栽培漁業センターが13.7%、屋島栽培漁業センターが10.0%であり、このうち現在主流となっている配合飼料を用いた飼育試験では五島栽培漁業センターが平均11.5%、屋島栽培漁業センターが9.8%となっている。また、12月採卵の技術開発に取り組んでからの早期種苗生産での生残率は、2002年が14.2%⁴⁾、2004年が11.8%であり、今回実施した2回の飼育試験における平均生残率11.4%はこれまでと遜色ない結果が得られた。1994年以降は、飼育初期にエアーストーンとエアブロックを併用して開口（日齢3）までの通気量を高めるとともに、飼育水を循環させることにより日齢10での生残率を50~60%に向上することができ、本試験においても47.1%および68.2%と上記の飼育手法が初期減耗の防除に有効であることを実証した。なお、日齢3以降の両試験区の生残状況には顕著な差がないことから、日齢10および取り上げ

生産試験1



生産試験2

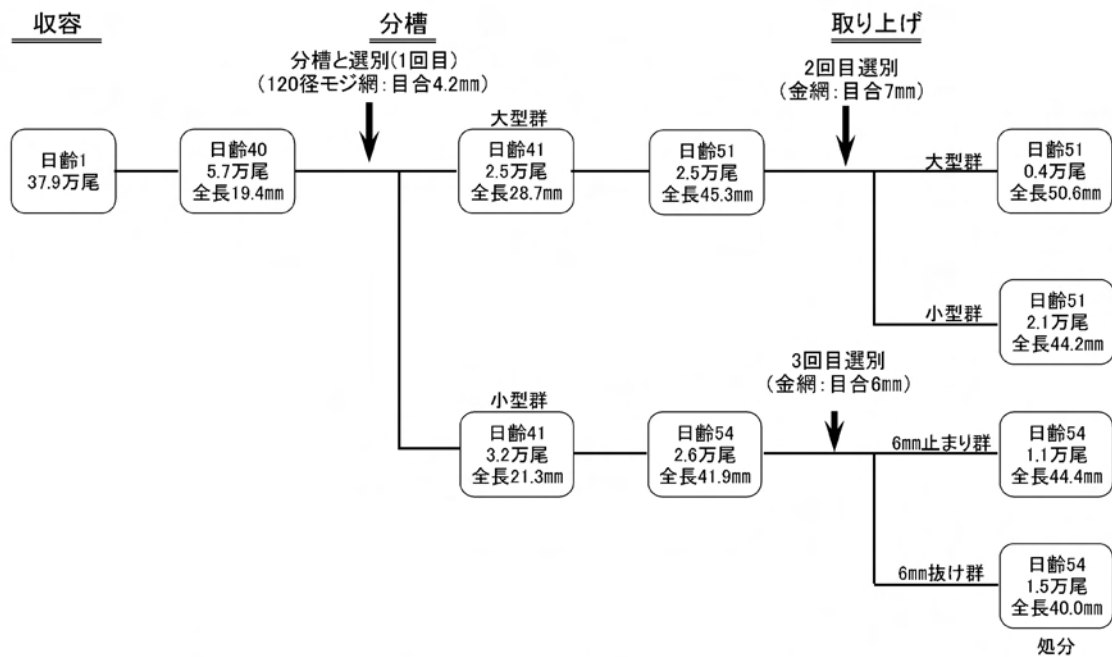


図3 生産試験ごとの分槽と選別の実施状況

時の生残率の差は、開口までの差、すなわち内部栄養の状態に起因していると考えられた。

本報告では、早期（1月）に採卵した受精卵を用いて、量産規模でブリの技術マニュアルの実施が可能かを検証したが、先に述べたように生残率は過去の例と同様で、取り上げた種苗も合計8.4万尾と当初目的とした尾数を確保することができた。これは、分槽で飼育密度を下げ、選別でサイズをそろえて共食いを抑制できたためと考えられ、ブリマニュアルにおける「分槽による共食いの防止」を実証できた。このことから、ブリマニュアルは早期種苗生産においても実用可能な技術であると判断された。

一方、早期種苗生産は時期が冬季になるため、通常期（4～5月）の生産と比較して曇天の日が多く日照（照度）が不足気味になる。これまで、ブリの種苗生産において、照度が仔稚魚の生理や生態に及ぼす影響を検討した事例はないが、過去の飼育結果から極度な明・暗条件下では、仔稚魚の摂餌率や鰓の開腔率が低下することが知られており²⁾、通常、水面照度を1,000～5,000 lxに維持して種苗生産を行っている。今回の試験においても、日齢8前後に曇天が続き、種苗が飼育水表面に蝸集したことから、急遽、投光器による補助照明を設置した。今後は、本種の光条件に対する生

理生態的な特性を明らかにすると共に、それらを実際の飼育に適応させた技術の開発が急務である。また、早期採卵・種苗生産を現状のレベルから一段進め、生産結果の向上および安定化を実現させるためにも、より多くの事例を重ねて種苗生産データの集積を行っていく必要があると考える。

文 献

- 1) 日本栽培漁業協会（1999）ブリの親魚養成技術開発．栽培漁業技術シリーズ，5，日本栽培漁業協会．
- 2) 日本栽培漁業協会（2006）ブリの種苗生産技術開発．栽培漁業技術シリーズ，12，独立行政法人水産総合研究センター．
- 3) 浜田和久・今泉 均・虫明敬一（2004）養成水温と日長の制御によるブリの早期（12月）採卵について．栽培漁業センター技報平成15年度，10．
- 4) 高橋 誠（2003）早期優良種苗の量産安定化技術開発．平成15年度日本栽培漁業協会事業年報，130．

別表 1 生産試験 1 の一次飼育

天然鯉魚由来
飼育水槽： B-3

日付	日齢	飼育量 (尾)		死亡率 (%)		水温 (°C)		pH		DO (mg/L)		自化石 (g)		SVI2 変化 (g/L)	換水率 (%)	水質検査 (個/100)		餌料残量 (万個)		配合飼料 種類	回数	自動給餌量 (g)	総量 (g)	備考		
		飼育量	死亡	飼育量	死亡	朝	夕	朝	夕	AM	PM	AM	PM			AM	PM	計	残						タ	計
		尾	尾	尾	尾	尾	尾	尾	尾	尾	尾	尾	尾			尾	尾	尾	尾						尾	尾
1/12	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/13	1	359,000	0	20.0	8.22	-	9.13	-	-	-	-	-	-	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/14	2	387,000	0	20.7	8.22	21.1	8.22	9.02	-	-	-	-	-	0.4	17.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/15	3	239,000	0	21.3	8.23	21.2	8.23	8.23	-	-	-	-	-	30.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/16	4	220,000	0	21.7	8.20	21.5	8.20	8.20	-	-	-	-	-	42.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/17	5	220,000	0	21.7	8.16	21.9	8.16	8.14	8.29	8.11	500	0	0	51.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/18	6	145,000	0	22.0	8.04	21.9	8.04	8.04	7.33	500	250	250	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/19	7	145,000	0	22.1	8.05	21.8	8.05	8.05	7.38	-	500	250	500	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/20	8	145,000	0	22.1	8.06	21.7	8.06	8.07	7.43	-	500	250	500	1	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/21	9	169,000	0	22.1	8.13	22.1	8.13	8.32	8.08	7.97	500	250	500	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/22	10	169,000	0	22.1	8.16	22.1	8.16	8.16	8.04	8.04	500	250	500	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/23	11	169,000	0	22.2	8.16	22.2	8.16	8.16	8.06	8.15	500	250	500	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/24	12	169,000	0	22.2	8.18	22.2	8.18	8.18	8.30	8.18	500	250	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/25	13	169,000	0	22.1	8.15	21.9	8.15	8.17	8.15	8.01	500	250	500	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/26	14	169,000	0	22.1	8.16	22.1	8.16	8.16	7.50	7.50	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/27	15	169,000	0	22.1	8.17	22.1	8.17	8.16	7.96	-	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/28	16	169,000	0	22.2	8.16	22.2	8.16	8.15	7.84	7.84	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/29	17	169,000	0	22.2	8.19	22.2	8.19	8.17	7.85	7.85	250	250	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/30	18	169,000	0	22.1	8.17	22.0	8.17	8.16	7.87	7.87	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/31	19	169,000	0	22.2	8.18	22.1	8.18	8.17	7.72	7.92	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/1	20	169,000	0	22.1	8.17	22.1	8.17	8.17	7.81	8.02	250	250	250	2	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/2	21	169,000	0	22.1	8.22	22.1	8.22	8.23	-	8.10	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/3	22	169,000	0	22.1	8.23	22.1	8.23	8.22	8.16	-	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/4	23	169,000	0	22.2	8.24	22.2	8.24	8.24	8.27	8.27	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/5	24	169,000	0	22.2	8.28	22.2	8.28	8.27	8.26	8.19	250	250	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/6	25	169,000	0	22.2	8.28	22.2	8.28	8.26	8.43	8.44	250	250	250	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/7	26	169,000	0	22.1	8.28	22.1	8.28	8.26	8.43	8.44	250	250	250	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/8	27	169,000	0	22.1	8.28	22.1	8.28	8.26	8.43	8.44	250	250	250	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/9	28	169,000	0	22.1	8.26	22.1	8.26	8.26	8.43	8.44	250	250	250	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/10	29	169,000	0	22.1	8.30	22.1	8.30	8.27	8.10	-	250	250	250	1.5	184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/11	30	169,000	0	22.1	8.28	22.1	8.28	8.28	7.93	-	250	0	250	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/12	31	169,000	0	22.2	8.28	22.2	8.28	8.24	7.93	7.85	250	0	250	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/13	32	169,000	0	22.1	8.24	22.1	8.24	8.22	8.12	7.83	250	0	250	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/14	33	169,000	0	22.1	8.24	22.1	8.24	8.18	7.91	7.30	250	0	250	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/15	34	169,000	0	22.1	8.19	22.1	8.19	8.14	7.87	7.40	0	0	250	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/16	35	169,000	0	22.1	8.27	22.1	8.27	8.20	7.20	7.04	0	0	250	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/17	36	169,000	0	22.0	8.20	22.0	8.20	-	7.40	-	0	0	250	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/18	37	169,000	0	22.1	8.24	22.1	8.24	8.19	7.77	7.71	250	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/19	38	169,000	0	22.1	8.24	22.1	8.24	8.24	8.32	8.10	250	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/20	39	169,000	0	22.3	8.23	22.2	8.23	8.26	8.33	7.94	250	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/21	40	169,000	0	22.3	8.22	22.2	8.22	8.22	8.21	7.78	250	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/22	41	169,000	0	22.1	8.21	22.1	8.21	8.21	8.21	8.21	250	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2/22	41	169,000	0	22.1	8.21	22.1	8.21	8.21	8.21	8.21	250	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
合計		36720	2000								31500			35.4											5568	
平均														21.9											4.0	
最大														22.6											2694	
最小														20											5100	
														0.4											250	

別表2 生産試験1の二次飼育

大群		水槽 B-1												備考
月日	日齢	死亡尾数(尾)	水温(°C)			pH		DO (mg/l)		貝化石 (g)	アルテミア (万個)		配合給餌量 (g)	
			AM	PM	平均	AM	PM	AM	PM		AM	PM		
2/22	41	21	-	22.3	22.3		8.32	-	8.16	250	-	1000	120	午前少量手撒き アンドン内に11尾(アンドン破れ)
2/23	42	20	22.2	-	22.2	8.38	-	8.29	-	250	1000	-	204.8	
2/24	43	4	22.2	22.2	22.2	8.27	-	8.10	7.70	250	1500	-	345.6	
2/25	44	6	21.9	22.2	22.1	8.29	8.25	8.10	7.93	250	1500	-	307.2	
2/26	45	3	21.9	22.1	22.0	8.29	-	8.34	-	-	-	1000	153.6	
2/27	46	2	22.0	21.3	21.7	8.29	-	8.27	-	-	-	-	153.6	
2/28	47	8	21.8	22.0	21.9	8.27	-	8.26	-	-	-	-	153.6	
2/29	48	4	21.9	21.6	21.8	8.27	-	8.22	-	-	-	-	153.6	
3/1	49	1	21.9	-	21.9	8.24	-	8.34	-	-	-	-	268.8	
3/2	50	0	21.9	-	21.9	8.26	-	7.26	-	-	-	-	250	
3/3	51	2	21.5	-	21.5	-	-	-	-	-	-	-	-	10時と11時半に飽食量手撒き 取り上げ
合計		71												7mm止まり 4237 尾 平均全長 52.5 mm
平均			21.9			8.28		8.08		1000	6000		2110.8	7mm抜け 12406 尾 平均全長 46.5 mm
最大			22.3			8.38		8.34						
最小			21.3			8.24		7.26						計 16643 尾 取り上げ

小群		水槽 B-4												備考	
月日	日齢	死亡尾数(尾)	水温(°C)			pH		DO (mg/l)		貝化石 (g)	アルテミア (万個)		給餌量 (g)		
			AM	PM	平均	AM	PM	AM	PM		AM	PM			
2/22	41	144	21.5	21.9	21.7	-	8.27	-	8.46	250	2500	1800	38.4	10時に飽食量手撒き(少し足りない) 取り残しの取り上げ(生172尾, 死0尾)	
2/23	42	147	22.1	-	22.1	8.33	-	8.74		250	2000	1500	211.2		
2/24	43	210	21.7	22.3	22.0	8.31	-	9.05	8.63	250	2500	2000	134.4		
2/25	44	329	22.2	22.2	22.2	8.33	8.31	8.95	8.91	250	2500	1000	86.4		
2/26	45	201	22.2	22.2	22.2	8.32	-	8.92	-	-	2000	2000	86.4		
2/27	46	82	22.0	21.4	21.7	8.34	-	8.91	-	-	1500	1500	102.4		
2/28	47	51	21.9	22.2	22.1	8.33	-	8.88	-	-	1000	1000	102.4		
2/29	48	27	21.9	22.2	22.1	8.32	-	8.91	-	-		1400	153.6		
3/1	49	4	21.9	-	21.9	8.28	-	8.98	-	-	-	-	217.6		
3/2	50	7	22.0	-	22.0	8.31	-	8.19	-	-	-	-	300		
3/3	51	6	22.2	22.3	22.3	-	-	-	-	250	-	-	409.6		
3/4	52	3	22.1	21.9	22.0	-	8.18	-	8.53	-	-	-	409.6		
3/5	53	1	20.6	21.6	21.1	8.27	-	9.00	-	-	-	-	230.4		
3/6	54		22.2		22.2	-	-	-	-	-	-	-	-		
合計		1212													7mm止まり 3781 尾 平均全長 52.2 mm
平均			22.0			8.30		8.79		1250	26200		2098.4		6mm止まり 9594 尾 平均全長 44.6 mm
最大			22.3			8.34		9.05						6mm抜け 2622 尾 平均全長 37.0 mm	
最小			20.6			8.18		8.19						計 15997 尾 取り上げ	

人工飼魚(F1)由来
飼育水槽: B-5

別表3 生産試験2の一次飼育

日付	日齢	飼養数 (尾)	底掃除 死亡数 (尾)	環境測定		DO (mg/l)		自化石 (%)		S-V12 添加 (%)	換水率 (%)	リシ濃度 (μm)		リシ総量 (億個)		7/157総量 (万個)		飼育関係		配合飼料 回数	自動給餌量 (g)	総量 (g)	備考				
				AM	PM	AM	PM	AM	PM			AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM					AM	PM	AM	PM
1/12 0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1/13 1	378,500	未実施	203	203	20.4	8.23	--	9.11	--	--	10.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1/14 2	403,000	未実施	212	212	21.2	8.23	8.23	9.06	--	0.4	19.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
1/15 3	365,000	未実施	214	216	21.9	8.23	8.23	--	8.74	250	125	2	30.0	--	7.1	5.50	2.20	7.70	--	--	--	--	--	--			
1/16 4	--	未実施	221	220	21.6	8.22	--	8.51	8.58	250	125	1	40.8	11.8	9.1	1	2	2.75	--	--	--	--	--	--			
1/17 5	279,000	未実施	221	220	22.0	8.16	8.12	8.42	7.98	500	0	2	53.4	11.2	21.3	2	3	5.20	--	--	--	--	--	--			
1/18 6	--	未実施	220	219	22.0	8.03	8.03	7.21	7.32	500	250	1	--	12.7	16	2	1	3.30	--	--	--	--	--	--			
1/19 7	238,000	未実施	219	213	21.8	8.04	8.05	7.48	--	500	250	1	--	10.4	10.3	3	1	3.85	--	--	--	--	--	--			
1/20 8	--	未実施	218	217	22.0	8.08	8.09	7.62	--	500	250	1	99	7.2	8.5	2	1	3.30	--	--	--	--	--	注水を室温海水に変更			
1/21 9	--	未実施	216	--	22.2	8.14	8.15	8.09	8.05	500	250	1.5	--	3.7	5.1	4	3	6.30	--	--	--	--	--	--			
1/22 10	258,000	未実施	216	22.2	--	21.9	8.17	8.16	7.97	7.96	500	1.5	--	4	3.8	4	4	7.60	--	--	--	--	--	--			
1/23 11	--	未実施	217	--	22.2	8.15	8.15	7.90	8.03	500	1.5	--	--	9.9	2.3	0	5	5.00	--	--	--	--	--	--			
1/24 12	--	未実施	220	221	22.0	8.18	8.15	8.09	8.07	500	250	0	2	4.2	4	3	3	6.05	--	--	--	--	--	--			
1/25 13	--	未実施	220	22.2	22.0	8.15	8.14	7.83	7.83	500	250	2	--	3.5	6.9	3	2	4.95	--	--	--	--	--	--			
1/26 14	--	未実施	217	--	22.3	8.15	8.15	7.70	7.94	250	250	2	--	2.2	3.3	3	3	6.50	--	--	--	--	--	--			
1/27 15	--	未実施	219	22.0	22.0	8.16	8.15	7.97	--	250	250	2	--	4.6	4.7	2	2	4.40	--	--	--	--	--	--			
1/28 16	--	未実施	221	22.2	--	22.2	8.16	8.14	7.87	7.77	250	250	2	--	3.6	5.2	3	2	4.40	--	--	--	--	--	--		
1/29 17	--	未実施	220	--	22.1	8.17	8.16	7.83	7.83	250	250	0	2	2.6	5	3	2	4.80	--	--	--	--	--	--			
1/30 18	--	未実施	218	--	22.0	8.17	8.15	7.81	7.81	250	250	2	--	1.7	4.1	2	2	4.00	--	--	--	--	--	--			
1/31 19	--	未実施	217	--	22.2	8.21	8.20	7.92	8.10	250	250	2	--	1	2	3	3	6.00	--	--	--	--	--	--			
2/1 20	1720	戻し	220	--	22.0	8.19	8.19	8.02	8.14	250	250	2	125	2.6	1.9	1	2	3.10	200	--	--	--	--	--			
2/2 21	2029	戻し	221	22.0	22.1	8.21	--	8.05	--	250	250	2	--	0.5	2.1	3	2	5.20	--	--	--	--	--	--			
2/3 22	933	戻し	220	22.1	--	22.1	8.24	8.23	8.12	--	250	250	2	--	1.8	1.8	2	3	4.95	--	--	--	--	--	--		
2/4 23	1866	戻し	220	22.3	--	22.2	8.25	8.25	8.36	8.35	250	250	2	--	1.2	1	2	2	4.40	--	--	--	--	--	--		
2/5 24	5442	戻し	220	22.1	22.2	8.28	8.28	8.26	8.25	250	250	0	2	0.6	2.3	3	2	4.25	--	--	--	--	--	--			
2/6 25	3200	戻し	221	21.9	--	22.2	8.26	8.24	8.31	8.21	250	250	2	--	0.7	0.7	2	3	4.40	150	220	370	--	--	--		
2/7 26	7620	戻し	221	22.0	--	22.1	8.24	8.25	8.31	8.35	250	250	1.5	--	0.8	2.6	2	1	2.80	480	800	1080	--	--	--		
2/8 27	5200	戻し	220	22.2	--	22.1	8.27	8.26	8.11	8.26	250	250	1.5	--	0.1	1	3	1	4.00	800	900	1700	--	--	--		
2/9 28	3000	戻し	221	21.9	--	21.9	8.26	--	7.61	--	250	250	1.5	--	2.4	2.2	2	2	3.00	900	900	1800	--	--	--		
2/10 29	3110	戻し	221	--	22.1	8.31	8.27	8.13	--	250	250	1.5	185	0.1	0	2	2	4.40	900	900	--	--	--	--			
2/11 30	2500	戻し	221	--	22.0	8.28	--	7.98	--	250	0	250	1.5	--	0.2	2	1	3.10	1000	--	--	--	--	--			
2/12 31	3250	915	221	22.3	22.0	8.29	8.24	7.92	7.81	250	0	250	1.5	--	2	2	3.50	1000	--	--	--	--	--	--			
2/13 32	1900	686	218	22.1	--	22.0	8.24	8.23	8.17	7.89	250	0	250	1.5	--	1	1	1.80	1200	1400	4000	4000	150	662	--		
2/14 33	1620	200	221	22.1	--	22.1	8.25	8.20	7.97	7.21	250	0	250	1	--	1	1	1.95	1200	800	3200	N-400	310	822	--		
2/15 34	1433	500	220	22.2	22.0	8.18	8.15	7.80	7.92	0	0	250	1	--	1.08	1.03	2.11	1200	1400	4000	N-400	165	512	677	--		
2/16 35	1010	123	220	22.0	--	22.0	8.26	8.20	7.38	7.14	0	250	1	--	2	2	3.14	1500	--	--	--	--	--	--	422.4	513.4	
2/17 36	800	360	220	--	22.0	8.21	--	7.44	--	0	0	250	1	--	1	1	1	2000	--	--	--	--	--	--	4	422.4	
2/18 37	1200	250	219	22.2	--	22.1	8.25	8.20	7.91	7.78	250	250	--	--	--	--	--	3000	5500	N-400	20	4	422.4	442.4	--		
2/19 38	1200	400	219	--	22.2	8.25	8.21	8.09	7.91	8.09	250	250	--	--	--	--	--	2900	--	--	--	--	--	--	20	583.2	
2/20 39	1800	160	219	--	22.3	8.22	8.19	8.29	7.67	250	250	250	--	--	--	--	--	2950	--	--	--	--	--	--	20	583.2	
2/21 40	2053	290	220	22.2	--	22.2	8.21	8.22	8.18	7.78	250	0	0	--	--	--	--	3300	--	--	--	--	--	--	20	583.2	
2/22 41	1582	--	1582	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3600	6900	N-400	20	数回	583.2	--	--	--	
2/22 41	54488	3884	合計	--	--	--	--	--	--	31500	35.4	--	--	--	--	--	--	142.20	53400	--	--	--	--	--	6386	--	
				平均	21.9	8.19	7.98			1.6								4.3	3338								
				最大	22.3	8.31	9.11			2.0								7.7	6900								
				最小	20.3	8.03	7.14			0.4								1.8	370								

別表4 生産試験2の二次飼育

大群		水槽 B-7												備考	
月日	日齢	死亡尾数(尾)	水温(°C)			pH		DO (mg/l)		貝化石(g)	アルテミア(万個)		配合給餌量(g)		
			AM	PM	平均	AM	PM	AM	PM		AM	PM			
2/22	41	52	-	22.1	22.1	-	8.31	-	8.16	250	-	1000	120	午前手撒き	
2/23	42	35	22.1	-	22.1	8.29	-	7.88	-	250	1000	-	512		
2/24	43	12	22.0	22.0	22.0	8.23	-	7.96	7.58	250	1500	-	512		
2/25	44	11	22.0	22.2	22.1	8.25	8.2	8.05	7.90	250	1500	-	512		
2/26	45	18	22.0	22.2	22.1	8.27	-	8.09	-	-	-	1000	358.4		
2/27	46	7	22.0	20.6	21.3	8.25	-	8.13	-	-	-	-	358.4		
2/28	47	11	21.9	22.1	22.0	8.25	-	8.01	-	-	-	-	358.4		
2/29	48	19	22.0	20.7	21.4	8.19	-	7.56	-	-	-	-	358.4		
3/1	49	15	21.4	-	21.4	8.22	-	7.88	-	-	-	-	390.4		
3/2	50	17	21.0	-	21.0	8.25	-	7.47	-	-	-	-	300		
3/3	51	11	21.8	-	21.8	-	-	-	-	-	-	-	-	10時と11時半に飽食量手撒き 取り上げ	
合計	208													7mm止まり 4221尾 平均全長 50.6 mm	
平均				21.8	8.25			7.89		1000	6000		3780	7mm抜け 21088尾 平均全長 44.2 mm	
最大				22.2	8.31			8.16							
最小				20.6	8.19			7.47						計 25309尾 取り上げ	

小群		水槽 B-8												備考	
月日	日齢	死亡尾数(尾)	水温(°C)			pH		DO (mg/l)		貝化石(g)	アルテミア(万個)		給餌量(g)		
			AM	PM	平均	AM	PM	AM	PM		AM	PM			
2/22	41	187	22.0	22.0	22.0	-	8.24	-	8.65	250	3000	1800	38.4	午前手撒き	
2/23	42	54	21.9	-	21.9	8.3	-	8.25	-	250	2500	2500	211.2		
2/24	43	57	22.1	22.0	22.1	8.27	-	9.05	8.71	250	2500	2500	147.2		
2/25	44	188	22.0	22.2	22.1	8.28	8.25	8.97	8.86	250	2500	1000	115.2		
2/26	45	408	22.0	22.2	22.1	8.26	-	8.85	-	-	2000	2000	115.2		
2/27	46	704	22.1	21.4	21.8	8.31	-	8.94	-	-	1500	1500	172.8		
2/28	47	834	22.0	22.1	22.1	8.3	-	8.96	-	-	1000	1000	172.8		
2/29	48	1470	22.0	22.0	22.0	8.27	-	8.86	-	-	-	-	204.8		
3/1	49	713	21.9	-	21.9	8.26	-	8.97	-	-	-	-	281.6		
3/2	50	-	21.9	-	21.9	8.28	-	8.48	-	-	-	-	390		
3/3	51	780	21.9	22.1	22.0	-	-	-	-	250	-	-	409.6	10時に飽食量手撒き(少し足りない)	
3/4	52	327	22.0	21.8	21.9	8.14	-	8.57	-	-	-	-	409.6		
3/5	53	361	20.4	21.3	20.9	8.23	-	8.99	-	-	-	-	307.2		
3/6	54	-	21.9	-	21.9	-	-	-	-	-	-	-	-		
合計	6083													6mm止まり 11073尾 平均全長 44.4 mm	
平均				21.9	8.26			8.79		1250	27300		2578.8	6mm抜け 14676尾 平均全長 40.0 mm	
最大				22.2	8.31			9.05							
最小				20.4	8.14			8.25						計 25749尾 取り上げ	

ウナギ仔魚飼育における初期飼育水温の検討

橋本 博^{*1}・足立純^{*2}・西 明文^{*3}・今泉 均^{*1}・加治俊二^{*4}

(*1 志布志栽培漁業センター, *2 本部経営企画部広報室,
*3 奄美栽培漁業センター, *4 南伊豆栽培漁業センター)

ウナギ *Anguilla japonica* は、北海道の幌別川（太平洋）と石狩川（日本海）以南の日本各地、朝鮮の西海岸から朝鮮海峡、中国東北地方から北ベトナム、台湾、フィリピンのルソン島に広く分布する。本種は、古くから日本人の好みに合った魚で、万葉時代から夏やせに効果があるとして食されている¹⁾。しかし、ウナギの養殖には全て天然のシラスウナギが用いられているが、そのシラスウナギの減少と価格の高騰が養鰻業界にとって深刻な不安材料となっている。また、天然ウナギの漁獲量も過去40年間で3分の1に減少している²⁾。このような背景から、ウナギの種苗を人工的に生産する技術の開発が強く求められている。

このような状況の中、養殖研究所の田中らは2002年に卵からシラスウナギまでの飼育に成功した³⁾。その後、2004年に志布志栽培漁業センターにおいても田中らの方法に準じシラスウナギの人工生産に成功した⁴⁾。しかし、量産化に向けてはウナギの性分化、親魚の成熟誘起法、卵質、ふ化仔魚の健全性、仔魚の適正飼育環境、適正飼餌料など多くの課題が残されている⁵⁾。

これらの課題の解明に不可欠な天然における仔魚の生態については、東京大学の塚本らが2005年6月に行った西マリアナ海嶺の海山域での調査で、全長4.2～6.5mmのプレレプトセファルス⁶⁾の採取に成功し、耳石による日齢査定からふ化後2～5日を経たものであることが判った⁶⁾。採集個体の発育・成長過程を人工のふ化仔魚の発育過程から推測すると、水温28℃程度で発育したものと考えられている⁷⁾。

これまでの飼育試験では、16～31℃の水温でふ化およびふ化仔魚の飼育が試みられ、22～28℃では高いふ化率が観察されている。また、19～28℃で無給餌、無換水の飼育条件では、高水温ほど早期に減耗がみられ、19℃で生存期間が長くなることが確認されている⁸⁾。これらの結果から、ふ化および初期飼育時の飼育水温は22～23℃で行われている⁹⁾。さらに、最近の飼育では、これまでシラスウナギまで日齢300以上を要した飼育日数が、水質の十分な管理と25℃での飼育により日齢200～250でシラスウナギへと変態し、期間の短縮と死亡のリスクを軽減することが可能となっている⁵⁾。しかし、適正な水温帯は天然個体の発育状況から考えるとさらに高いところにあると推測されるこ

とから、本報では従来の飼育水温より高い水温での飼育を検討した。

材料と方法

供試卵 採卵に用いた雌個体は、島根県宍道湖において小型定置網で漁獲された個体（催熟開始時体重600g）を用いた。雄個体は、志布志栽培漁業センターで天然のシラスウナギより養成した個体および300gサイズで購入した養殖個体（催熟開始時体重300～400g；東海澱粉）を使用した。養成および催熟期間中は無給餌とした。雌雄個体の催熟は田中らの方法¹⁰⁾に従い、採卵はホルモン剤による自発産卵法を用いた¹¹⁾。採卵水槽は0.6kℓ FRP水槽（126×106×深さ78cm。KF-640S；田中三次郎商店）を用い、雌1個体と雄4個体を収容した。採卵水温は22℃に設定した。受精卵は、採卵水槽からオーバーフローにより100ℓポリエチレン丸型容器（ダイライト T-100；船橋化成）に設置したネット（φ460×380mm。テトエースハニークイーン9000；東レ）で受けて回収した。

試験区の設定 試験は水温を変えた2試験区を設けた。試験区1は産卵水温と同じ22℃の水温でふ化および初期飼育を行った。試験区2では、桑実期に産卵水温の22℃から約8時間かけて26℃まで徐々に昇温した。飼育期間は日齢20までとしたが、試験区2ではシラスウナギへの変態開始まで飼育を継続した。

卵管理 ふ化までの卵管理は、100ℓポリエチレン丸型容器にφ460×380mmのネット（容量44ℓ）を設置し、水槽中央のエアストーン（半丸25；田中三次郎商店）から0.1ℓ／分の通気と、2.0ℓ／分（41回転／日）の注水を行った。ふ化仔魚管理水槽から飼育水槽への収容は開口2日前に行った。

仔魚の飼育方法 仔魚の飼育方法は田中ら³⁾に準じた。飼育には、イセエビのフィロソーマ飼育用の10ℓアクリルボウル水槽を使用した（図1）。試験区1では、日齢5にふ化仔魚管理水槽から飼育水槽3基にそれぞれ400尾ずつ収容し、日齢7から給餌した。試験区2では、日齢3に飼育水槽3基にそれぞれ400尾ずつ収容し、日齢5から給餌を開始した。飼育海水は紫外線殺菌装置（フナテック）により処理したものをを用いた。注水にはφ5×10mmのアクリルパイプを用い、注水

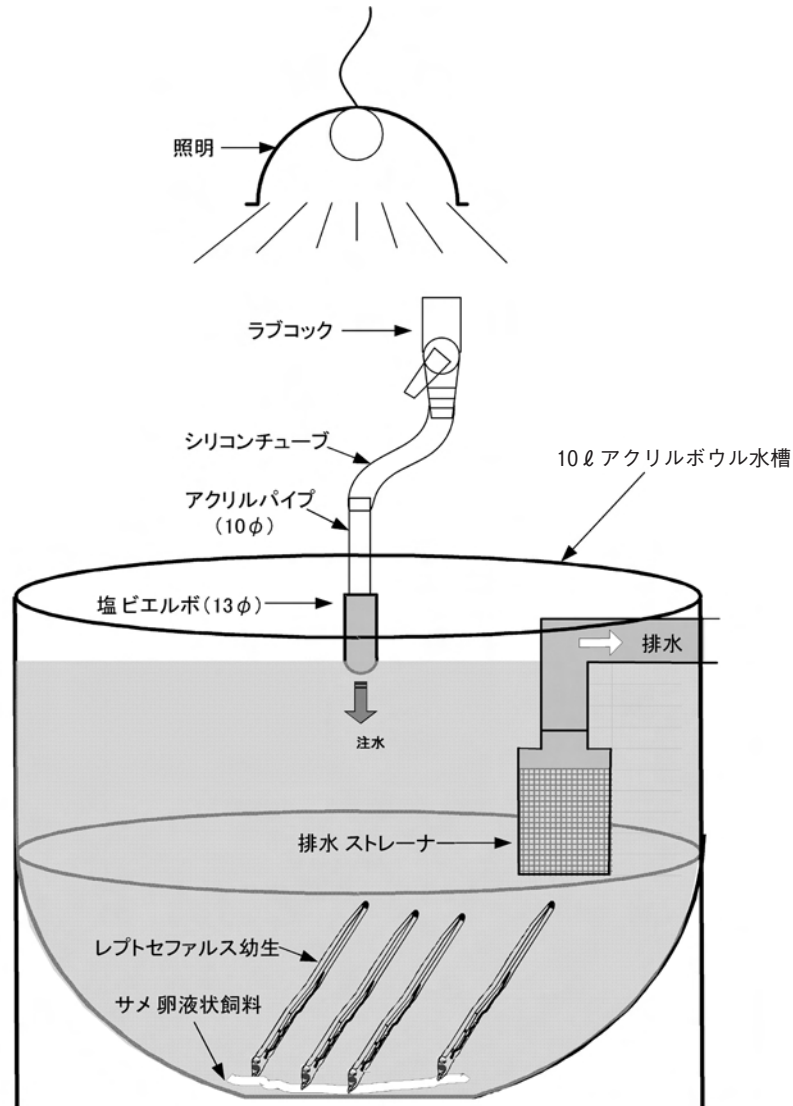


図1 ウナギ仔魚の飼育に用いた水槽と給餌の模式図

量は0.4～0.6ℓ／分の範囲で仔魚の成長に伴い増加させた。また、仔魚の浮上死亡を軽減するため、飼育水には卵白を約6ppmの濃度で添加した。飼料には冷凍サメ卵ペースト（FROZEN DOGFISH EGGS；ROBSON）にフィチン酸低減大豆ペプチド（不二製油）、オキアミ自己消化物（YOP-C；日本水産）、ビタミンE、C（混合飼料EとC；ニュートリテック）、およびビタミン抽出液（アトルブランドオリジナル；アトル）を混合し、蒸留水を加えて粘度を調整したものをを用いた。給餌時は注水を止め毎日7時から2時間間隔で5回、各回15分間行った。給餌後は毎回注水によって残餌を洗い流した。水槽の交換は毎日行い、5回目の給餌が終了した1.5時間後に仔魚をアクリルパイプ（φ14×18mm）で新しい水槽へ移動させた。

仔魚の測定 仔魚の全長は、給餌開始時および試験

終了時に測定した。各試験区とも20個体を採集し、エチレングリコールモノフェニルエーテル（2-フェノキシエタノール；和光純薬）350ppmで麻酔後、万能投影機（V-12B；Nikon）を用いて0.01mm単位で測定した。また、生残尾数は試験終了時の全数計数により確認した。試験区間の生残率と全長の差は、*t*検定により統計処理した。

結 果

仔魚の成長と生残 水温試験の結果を表1に示した。試験開始時の仔魚の平均全長は、試験区1（22℃）が 6.92 ± 0.28 mm、試験区2（26℃）が 7.17 ± 0.10 mmであった。試験終了時（日齢20）の平均全長は、試験区1が 10.31 ± 0.64 mm、試験区2が 11.67 ± 0.65 mm

表1 ウナギの初期飼育水温試験の結果

試験区	飼育水温	試験開始		試験終了 (20日齢)		日間成長量 (mm/日)
		全長 (mm)	全長 (mm)	全長 (mm)	生残率 (%)	
1	22°C	6.92±0.28 ^{*1}	10.31±0.64 ^b	68.5±10.9 ^a		0.26
2	26°C	7.17±0.10 ^{*2}	11.67±0.65 ^a	63.4±3.7 ^a		0.30

*1 日齢7, *2 日齢5

と試験区2の成長が有意($p < 0.05$)に良かった。また、この間の日間成長量は、試験区1が0.26mm/日、試験区2が0.30mm/日であり両者に差が見られた。試験終了時の生残率は、試験区1が68.5%、試験区2が63.4%と両区間で有意差($p > 0.05$)は認められなかった。

日齢20以降も飼育を継続した試験区2では、日齢144で変態を開始する個体が出現した。

考 察

本試験の結果、26°Cの飼育水温は、従来飼育の22°Cと生残率に差は認められなかったが、日齢20での成長は有意に向上した。天然のレプトセファルスでは28°C程度で発育していること⁷⁾、天然個体が採集された水深100~150mの水温は約26~28°Cと特定されている(黒木、投稿中)ことが知られている。さらに、天然のレプトセファルスは1日に約0.5mmずつ成長し、ふ化後150日前後で全長約60mmに到達し、変態を開始することが明らかになっている¹²⁾。これらのことから天然のレプトセファルスの生息水温は26~28°Cの範囲内にあると推測され、今回の結果はそれを支持しており、人工飼育時の水温も従来の22°Cよりも高い26°Cが適していると考えられた。また、シラスウナギへの変態開始までに要した日数は、志布志栽培漁業センターの飼育例では22°Cでは最短で日齢194であったが、今回行った26°C飼育では日齢144と約1/4短縮できた。

今回の試験により、水温26°C以上での飼育により天然と同程度の期間でシラスウナギへ変態させられる可能性が得られた。しかし、現在の飼育方法では水温を高めることで環境の悪化が顕著となり、仔魚が水槽壁に接触して体表が傷つき易い現在の給餌方法(図1)では細菌感染症の出現が懸念される。従って、飼育水温を高めた飼育には、注水方法や換水率等の飼育手法の見直しとともに、仔魚が水槽壁に極力接触しないように水槽の中層域で摂餌可能な飼料および給餌方法の開発が必要である。

文 献

- 1) 落合 明・田中 克 (1986) ウナギ。「新版魚類学(下)」恒星社厚生閣, 558-566.
- 2) 加藤雅也 (1999) 日本のウナギ資源の減少, 原因, 対策 月刊海洋 号外 No.18, 海洋出版株式会社, 174-177.
- 3) 田中秀樹・野村和晴・山本剛史・奥 宏海 (2006) ウナギ仔魚用飼料・飼育システムの開発-世界で初めてシラスウナギの人工生産に成功-。水産総合研究センター研究報告別冊5, 独立行政法人水産総合研究センター, 63-69.
- 4) 加治俊二 (2007) 量産化への第1歩, シラスウナギ年間100尾台生産の段階へ。おさかな瓦版 No.17, 独立行政法人水産総合研究センター, 4.
- 5) 田中秀樹 (2007) 養鰻業安定化と天然資源保全のため大量生産を目指す「ウナギの人工種苗生産研究の歴史と今度の可能性」。養殖, 緑書房, 18-21.
- 6) Katsumi Tsukamoto (2006) Spawning of eels near a seamount. *Nature*, **439**, 929.
- 7) 篠田 章 (2008) ウナギ資源の現状と保全 月刊海洋 号外 No.48, 海洋出版株式会社, 16-23.
- 8) 田中秀樹 (1996) ふ化仔魚の飼育. 107水産学シリーズ ウナギの初期生活史と種苗生産の展望, 恒星社厚生閣刊, 119-127.
- 9) 田中秀樹 (1999) 仔魚の飼育技術 月刊海洋 号外 No.18, 海洋出版株式会社, 16-23.
- 10) 田中秀樹・太田博巳・香川浩彦 (2000) ウナギの人工催熟技術と仔魚の飼育技術の開発に関する研究. 日水誌, **66**, 623-626.
- 11) 堀江則行・宇藤明子・三河直美・山田祥朗・岡村明浩・田中 悟・塚本勝巳 (2008) ウナギの人工種苗生産における採卵法が卵質に及ぼす影響(搾出媒精法と自発産卵法の比較). 日水誌, **74**, 26-35.
- 12) 塚本勝巳 (2006) ウナギ回遊生態の解明. 日水誌, **72**, 350-356.

採卵時期と飼育水温がクロマグロ仔魚の初期生残と成長に与える影響

田中庸介・久門一紀・二階堂英城・江場岳史・西 明文・塩澤 聡

(奄美栽培漁業センター)

2008年, 奄美栽培漁業センターでは約5カ月(5~9月)の長期にわたって安定的にクロマグロ *Thunnus orientalis* の受精卵を自然産卵によって得ることができた。今後, 受精卵が長期間安定して確保できる状況が継続された場合, 飼育に適した卵質を的確に評価できることが種苗生産の成否に大きく影響する。

当センター地先水温は, 産卵初期である5月上旬では25℃前後, 後期の8月では28℃以上であり, 産卵および飼育期間中大きく異なる。加えて本種仔魚の初期生残は産卵後期になるほど不安定となることが経験則として捉えられてきた。そこで, 本研究では適正な採卵, 飼育条件を探るため, 時期と水温が初期の成長・生残に与える影響を検討した。

材料と方法

クロマグロ養成親魚および採卵 奄美栽培漁業センター地先海面において円形生簀(直径40m)に保有している4歳魚(2004年級群)より自然産卵された受精卵を飼育試験に用いた。この親魚群の産卵は2008年5月10日から9月26日まで連続的に認められた。試験には, 2008年6月3日(初期採卵群)および7月21日(後期採卵群)に採卵された受精卵を供した。試験に用いた受精卵は卵径を生物顕微鏡下で画像解析ソフトを用いて計測した($n=30$)。得られた受精卵を6穴マイクロプレートに移し26℃に調温したインキュベーター内でふ化させ, 採卵日ごとにふ化率を算出した。

産卵に関与した雌親魚数を推定するため, 使用した卵の一部を70%エタノールで固定し, 20粒の受精卵についてミトコンドリアDNAの解析を行った。升間²⁾の方法に従い, 受精卵のハプロタイプを決定した後, すでに得られている養成親魚のハプロタイプと照合し, 各採卵日の関与した雌親魚数を推定した。ただ

し, 升間¹⁾では6種類の制限酵素を用いているが, 本研究では5種類(*Bsa*I, *Dpn* II, *Msp* II, *Tsp509* II, *Alu* I)で調査した。

飼育実験 初期採卵群の受精卵をオキシダント海水で消毒したのち, 自然水温(25.0℃)でふ化管理を行った。これらの受精卵から得られた仔魚を用いて, 産卵初期の水温条件下(25℃)で飼育する実験区と, 産卵後期の水温(28℃)を想定した水温条件下で飼育する実験区を設定し, 飼育実験を行った。自然海水を用いたウォーターバスに200ℓ透明パンライト水槽3面を設置し, 日齢1のクロマグロ仔魚を各水槽に約2,000尾収容した(以下, “25℃区”とする)。ヒーターを用いて28℃に加温調温したウォーターバスに200ℓ透明パンライト水槽3面を設置し, 日齢1のクロマグロ仔魚を各水槽に約2,000尾収容した(以下, “28℃区”とする)。

後期採卵群も, 受精卵をオキシダント海水で消毒したのち, 自然水温(28.8℃)でふ化管理を行った。これらの受精卵から得られた仔魚を用いて, 自然水温条件下で飼育する実験区と, 産卵初期における自然水温を想定した水温条件下で飼育する実験区を設定し, 飼育実験を行った。自然海水を用いたウォーターバスに200ℓ透明パンライト水槽3面を収容し, 日齢1のクロマグロ仔魚を各水槽に約2,000尾収容した(以下, “28℃区”とする)。チラーを用いて25℃に冷却調温したウォーターバスに200ℓ透明パンライト水槽3面を収容し, 日齢1のクロマグロ仔魚を各水槽に約2,000尾収容した(以下, “25℃区”とする)。実験区の条件を表1にまとめた。

各水槽に, 日齢2よりL型シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* (以下, ワムシ)を5~10個体/mlとなるよう給餌した。飼育水には市販の濃縮ナンノクロロプシス(マリーナフレッシュ; マリーナバイオ)を50万細胞/mlの密度になるよう適宜添加した。

表1 飼育実験の概要

	採卵日	水温区	平均飼育水温(℃) (標準偏差)
初期採卵群	2008年6月3日	25℃区 (n=3)	25.18 (0.31)
		28℃区 (n=3)	28.17 (0.35)
後期採卵群	2008年7月21日	25℃区 (n=3)	25.40 (0.15)
		28℃区 (n=3)	28.85 (0.12)

通気量を昼夜ともに0.1 l / 分に設定した。日齢2から日齢6まで日没約1時間後に1~3 lの採水を複数回行い、容量法により各実験水槽の生残率を算出した。日齢7で実験終了とし、水槽内の生残個体数を全数計数した。日齢1, 3, 5, 7に各水槽より15個体採集し、麻酔を施した後、万能投影機を用いて全長を測定した。

統計処理 両採卵群について飼育水温が生残率と成長に与える影響を比較するため、日齢3から7の生残率と全長を *t* 検定に、日齢7の生残率と全長を採卵時期および飼育水温を要因とした二元配置分散分析に処した。

結 果

卵径、ふ化率の推移および産卵関与雌親魚数 産卵期間中における卵径およびふ化率の推移を図1に示した。産卵期初期である5月中下旬では平均卵径が0.95~0.99mmであった。6月下旬より卵径が小さくな

っていき、産卵期末期の9月中旬には0.88~0.90mmとなった。飼育試験に用いた初期採卵群と後期採卵群の平均卵径(±標準偏差)はそれぞれ0.99mm(±0.02), 0.93mm(±0.02)であり、両採卵日の卵径に有意差が認められた(*t*-検定, $P < 0.01$)。産卵初期にはふ化率は約20%から80%の間で変動したが、6月上旬以降には90%前後で推移した。8月中旬からふ化率は低下し始め、産卵晩期の9月上旬以降には50%前後となった。飼育試験に用いた初期採卵群と後期採卵群のふ化率はそれぞれ84.5%, 84.2%であった。

本試験に用いた2採卵群における受精卵ミトコンドリアDNAのハプロタイプと養成親魚のハプロタイプを照合した結果、8ハプロタイプが共通して出現した。8ハプロタイプの内、3ハプロタイプが個体固有のものであったため、少なくとも雌親魚3個体が飼育実験に用いた受精卵に共通して関与していた。

生残率 初期採卵群および後期採卵群の生残率の推移を図2に示した。初期採卵群、後期採卵群ともに28℃区で生残率の低い傾向が見られ、初期採卵群で日

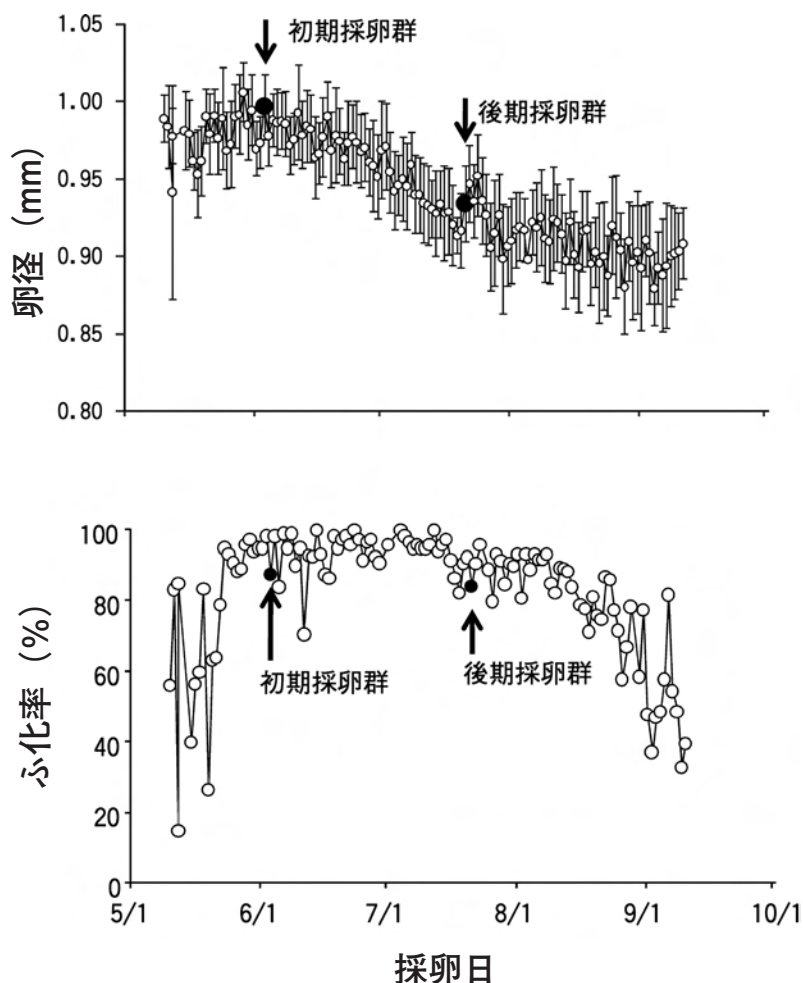


図1 産卵期間中における卵径(上段)およびふ化率(下段)の推移
飼育実験に用いた受精卵の採卵日を矢印で示した

齢5における25℃区の生残率が有意に28℃区より高くなった。しかし、初期採卵群におけるその他の日齢および後期採卵群の全ての日齢で飼育水温間に統計的に有意な差は認められなかった。実験終了時（日齢7）の平均生残率は、初期採卵群では12.2%（25℃区）と9.2%（28℃区）、後期採卵群では4.1%（25℃区）と3.4%（28℃区）であった。後期採卵群の生残率が初期採卵群より低い結果となったが有意差は認められなかった（表2）。

成長 初期採卵群および後期採卵群の全長の推移を図3に示した。初期採卵群における日齢1の仔魚の平均全長は3.78mm、後期採卵群では3.59mmであった。初期採卵群の日齢5において水温区間に有意差が認められたが、他の日齢では全長に有意な差は認められな

かった。実験終了時（日齢7）の平均全長は、初期採卵群では4.33mm（25℃区）と4.31mm（28℃区）、後期採卵群では4.55mm（25℃区）と4.43mm（28℃区）であった。後期採卵群の全長が初期採卵群より若干大きい結果となり、採卵時期間に有意差が認められた（表3）。

考 察

初期採卵群と後期採卵群に供試された受精卵のミトコンドリア DNA 解析の結果から、雌養成親魚の個体特有の3ハプロタイプが共通して出現したことにより、本実験は産卵期の初期と後期の卵質を比較しうる結果であったことが示唆された。しかし、用いたすべ

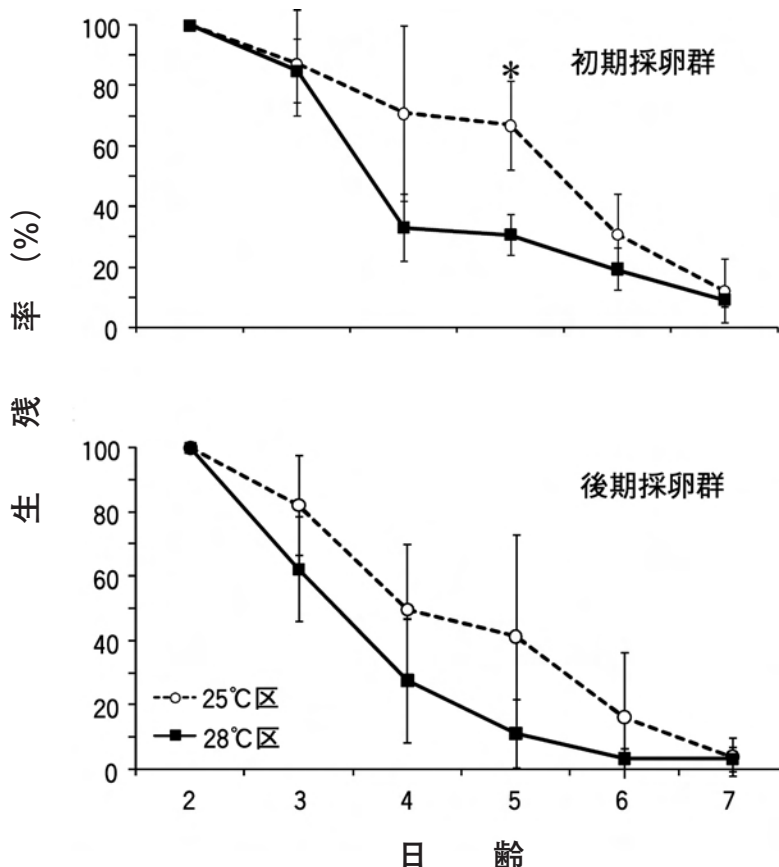


図2 各飼育水温における生残率の推移
 (上段：初期採卵群，下段：後期採卵群)
 * : $p < 0.05$, t 検定

表2 二元配置分散分析による生残率（日齢7）の検定結果

要因	偏差平方和	自由度	F 値	P 値
採卵時期	145.52	1	3.54	0.097
飼育水温	10.54	1	0.26	0.626
採卵時期×飼育水温	4.15	1	0.10	0.759
誤差変動	328.90	8		
総変動	489.10	11		

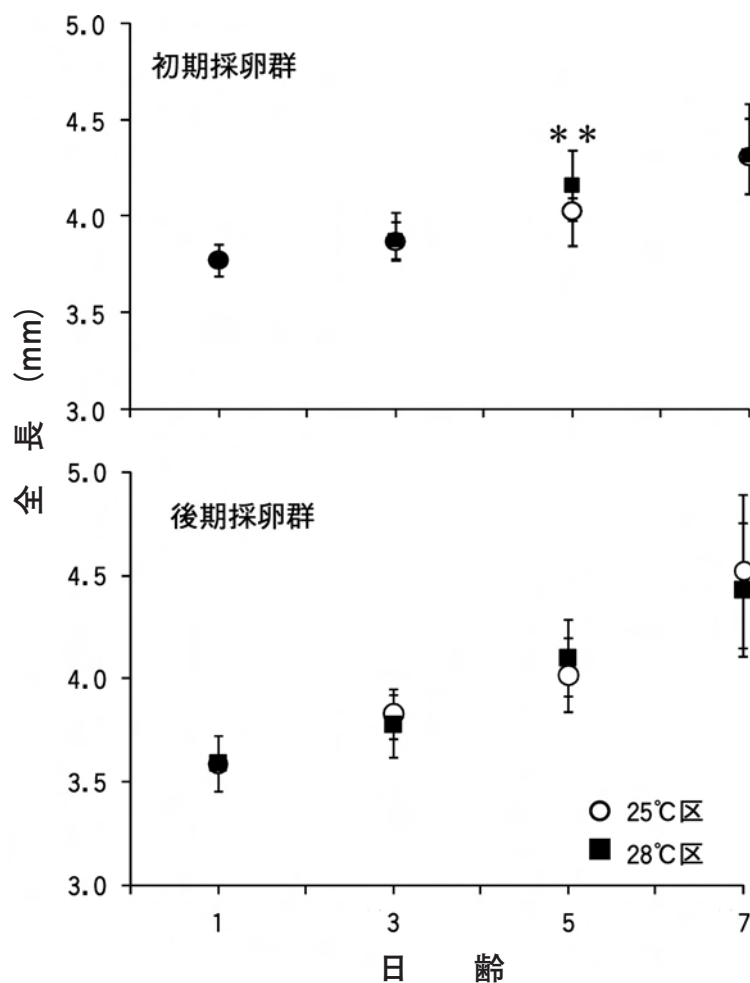


図3 各飼育水温における全長の推移
(上段：初期採卵群，下段：後期採卵群)
**： $p < 0.01$, t 検定

表3 二元配置分散分析による全長（日齢7）の検定結果

要因	偏差平方和	自由度	F値	P値
採卵時期	0.42	1	4.75	0.03
飼育水温	0.07	1	0.84	0.36
採卵時期×飼育水温	0.04	1	0.47	0.50
誤差変動	4.99	56		
総変動	5.53	59		

での受精卵の親魚が特定されていないため、8月や9月に産卵を開始した雌養成親魚が存在する可能性を否定できない。すなわち、産卵が始まったばかりの雌養成親魚の卵が後期採卵群に供試されていた可能性にも留意する必要がある。

マダイやヒラメなど多くの魚類で産卵期の進行と共に卵径の小さくなっていくことが知られているが、今回クロマグロにおいても同様の傾向がみられた。したがって、産卵時期の進行に伴い卵黄量が減少するため、卵径を指標とするならば卵質が低下していったことが

示唆される。しかし、採卵期間および飼育水温間で生存率に有意差は認められなかったこと、産卵のごく初期と最晩期でふ化率が低かったものの、実際生産に使用する初期採卵群と後期採卵群ではふ化率に顕著な差は認められなかったため、本実験の飼育条件下では採卵時期による卵質低下の影響は小さいと考えられた。

日齢7における平均全長は採卵後期群で有意に大きい結果となった。飼育環境下においてクロマグロ仔魚は小さい個体が選択的に減耗していくことが報告されている²⁾。本実験では、有意差は見られなかったもの

の、採卵後期群で生残率が若干低い結果となった。これらのことから、後期採卵群では成長の遅い小型の個体の減耗が初期採卵群より顕著であったため、後期採卵群における平均全長が見かけ上大きくなった可能性が考えられる。

クロマグロの種苗生産では飼育初期における大量減耗が問題となっており、仔魚が夜間に沈降して死亡する、いわゆる“沈降死”が原因と考えられている^{3,4)}。いくつかの魚種でその飼育初期に夜間に沈降することが知られているが、通気量を増加して飼育水を攪拌させることにより減耗の軽減が報告されている⁵⁻⁷⁾。クロマグロにおいても同様の手法で対処が可能である^{8,9)}。本実験では、全ての試験区で実験終了時の生残率が3.4~12.2%と低い結果となったが、これは、通気量が少なく沈降による減耗が生じていたと考えられる。

本研究の結果から、クロマグロ養成親魚において産卵期の後期になると卵径が小さくなるなどの卵質の低下が示唆される現象が認められたが、日齢7までは生残率にその影響は認められなかった。このことは、採卵時期に関わらず、飼育方法の改善によってより高い生残率を得ることが可能であることを示唆している。

文 献

- 1) 升間主計 (2006) クロマグロ・キハダの親魚養成と産卵生態に関する研究. 九州大学学位論文, 1-197.
- 2) 田中庸介 (2006) ミニシンポジウム クロマグロの初期発育と種苗生産－現状と展望－ 初期発育における耳石・核酸量の変化. 日水誌, 75, 941-942.
- 3) Y. Sawada, T. Okada, S. Miyashita, O. Murata, H. Kumai (2005) Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel) life cycle. *Aquac. Res.*, 36, 413-421.
- 4) T. Takashi, H. Kohno, W. Sakamoto, S. Miyashita, O. Murata, Y. Sawada (2006) Diel and ontogenetic body density change in Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel), larvae. *Aquac. Res.*, 37, 1172-1179.
- 5) 塩澤 聡・竹内宏之・廣川 潤 (2003) カンパチ種苗生産方法の改良. 栽培技研, 31, 11-18.
- 6) 山崎英樹・塩澤 聡・藤本 宏 (2002) 日本栽培漁業協会におけるブリ種苗生産の現状. 水産増殖, 50, 503-506.
- 7) 萱場隆昭・杉本 卓・松田泰平 (2003) マツカワ種苗生産における仔魚の大量沈下減耗. 水産増殖, 51, 443-450.
- 8) H. Nikaido, T. Takebe, K. Ide, H. Imaizumi, N. Tezuka, S. Masuma (2007) Status of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) seed production in Amami Station of NCSE FRA. *Proceedings of the Thirty-fourth U. S. -Japan Aquaculture Panel Symposium*, 31-35.
- 9) 升間主計 (2008) 水産総合研究センター (旧日本栽培漁業協会) によるクロマグロ栽培漁業技術の開発. 水産技術, 1, 21-36.

若狭高浜漁協市場におけるヒラメの漁獲実態調査

藤本 宏^{*1}・山田達哉^{*1}・山本岳男^{*1}・高橋庸一^{*1}・森田哲男^{*2}・塩澤 聡^{*3}

(*1 小浜栽培漁業センター, *2 屋島栽培漁業センター, *3 奄美栽培漁業センター)

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* は日本周辺の沿岸域に広く生息し、沿岸漁業の重要な対象種である。また、栽培漁業の代表魚種であり、近年では全国で約2,500万尾の種苗が放流されている¹⁾。日本海北・中部系群のヒラメの漁獲量は、1995年には1,581トンであったが、2000年には909トンまで減少している²⁾。この減少したヒラメ資源を回復させるため、種苗放流が各府県で実施された。

小浜栽培漁業センターおよび宮津栽培漁業センターでは、日本海沿岸におけるヒラメの放流効果を明らかにするため、そのほぼ中央部に位置する若狭湾をモデル海域として2003年から放流試験を開始した。

放流効果を評価するためには、選定された魚市場で定量的な調査を実施し、放流魚の回収率や混入率を調べることが必要となる。そのためには、調査市場における対象魚種の漁獲実態や市場特性を調べ、それに基づいた調査計画、および得られたデータを解析しなければならない。そこで、調査市場である若狭高浜漁協魚市場におけるヒラメの漁獲実態や市場特性を明らかにすることを目的として、漁獲量、漁獲金額、単価、全長組成について調べたので報告する。

材料と方法

調査市場の概要 調査市場である若狭高浜漁業協同組合魚市場（以下、高浜魚市場）は高浜湾のほぼ中央部に位置する（図1）。この湾内には高浜、若狭和田および小黒飯、隣接する内浦湾には内浦と音海の5つの漁協が存在した。しかし、2001年にこれらの漁協は高浜漁協に合併され若狭高浜漁業協同組合が新たに発足し、他の4つの組合は若狭高浜漁協の支所となった。したがって、現在の高浜湾内に存在する魚市場は高浜魚市場だけである。

漁獲量調査 2001～2006年に高浜魚市場に水揚げされた全魚種の総水揚げ重量に占めるヒラメの貢献度を漁獲統計資料^{3,4)}から調べ、さらに市場台帳より月別の水揚げ重量と金額、および銘柄の区分方法を聞き取り調査した。また、高浜魚市場に水揚げされたヒラメについては全長および漁獲尾数を調べた。2004年7月～2005年10月まではセンター職員によって全長を1cm単位で測定したが、それ以降は専任調査員を配置し、全開場日・全数の調査を行った。なお、センタ

一職員による調査では、午前中に水揚げされたヒラメはほぼ全数調査できたが、午後の水揚げ分はほとんど調査できなかった。そこで2005年10月までの未調査分については水揚げ台帳から日毎に銘柄別の漁獲重量を抜き出し、銘柄別の平均重量で除して漁獲尾数を推定した。

結 果

調査市場の特性 2001～2006年における高浜魚市場に水揚げされた全魚種の総水揚げ重量は平均964トン（705～1,069トン）で、特にブリ類（19%）、イカ類（10%）、マアジ（9%）の水揚げが多かった。ヒラメは主に定置網（大型定置網1統、小型定置網約10統）と刺網で漁獲されていた。水揚げされたヒラメは、漁協職員によって活力、体表の傷の有無、無眼側の黒化の状態によって活魚と鮮魚に選別される。さらに活魚扱いのヒラメは重量で小カレイ（400g以下）、小ヒラメ（400～700g）、中ヒラメ（700～1,200g）、大ヒラメ（1,200～4,000g）および特大ヒラメ（4,000g以上）の5銘柄に区分される。鮮魚扱いのヒラメは重量にかかわらず「ヒラメ」という銘柄になり、無眼側を表にして他の魚種と同様に市場へ並べられる。このうち無眼側黒化魚は活魚であっても鮮魚の「養殖」という別銘柄になり、活魚扱いとはならない。競りは10時と14時の2回行われ、毎週土曜日が定休日である。なお、福井県では全長30cm以下のヒラメは漁獲規制の対象となっているため市場では取り扱われない。

漁獲量と漁獲金額 2004年7月～2008年12月までの水揚げ台帳より得たヒラメの漁獲量と漁獲金額を表1に示した。2004年を除いた4ヶ年のヒラメ漁獲量は平均14.87トン、漁獲金額は平均2,441万円であった。また、漁獲金額を漁獲重量で除した単価の平均は1,600～1,700円の間で推移した。月別のヒラメ漁獲量と単価を図2に示した。500kg/月以上の漁獲量があったのは、2004年7月、2005年2～7月、2006年1～5月、2006年12月～2007年5月、および2007年12月～2008年6月と12月で、1年を通してみると冬期から初夏にかけて漁獲量が多かった。また、2004年および2005年の漁獲量の増加は1～2月からであったが、2006年以降はそれが早まり前年の12月から漁獲量が増加した。単価は月によって変動が大きく、漁獲量500kg/月以

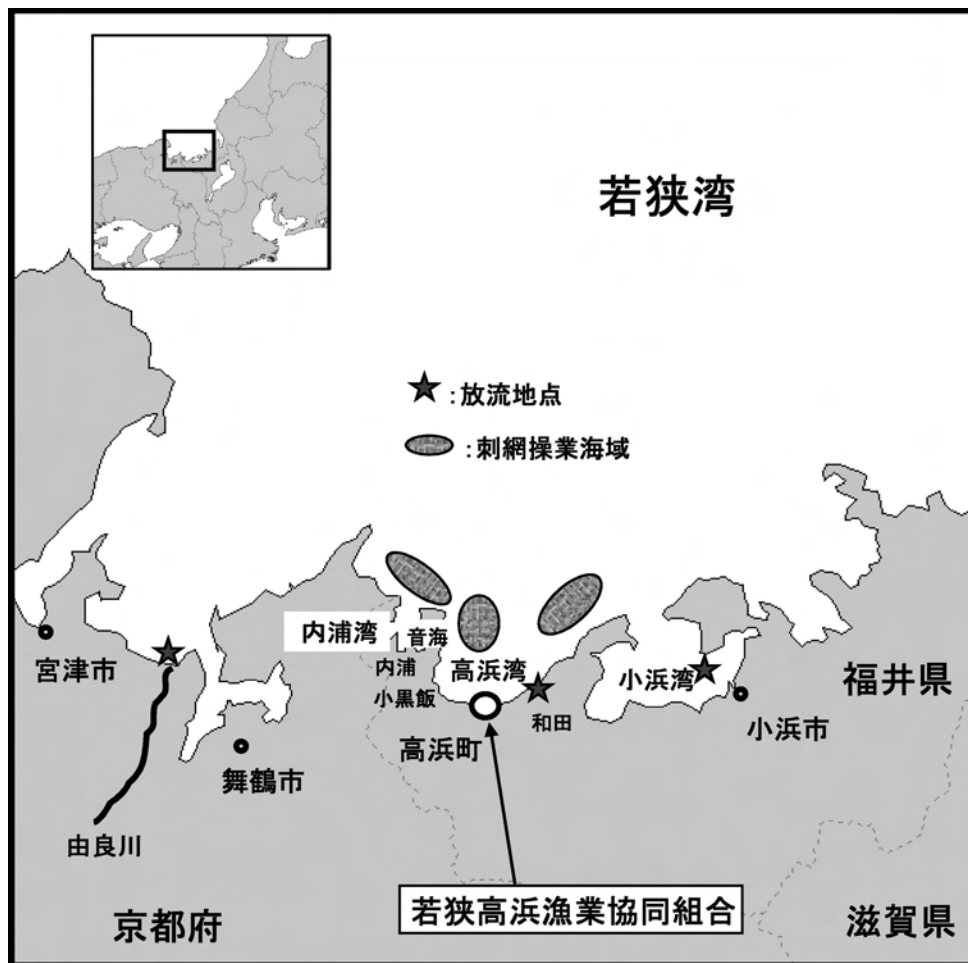


図1 ヒラメの放流地点と調査を行った若狭高浜漁協魚市場

上の月では平均1,592円/kg (1,024~2,264/kg), 500kg/月以下では平均2,448円/kg (1,470~3,479/kg) と、漁獲量が少ない月で単価が上昇した。2007年以降は単価3,000円/kgを超える月は見られなくなった。

年別、月別の漁法別漁獲尾数 2005~2008年に水揚げされたヒラメの漁法別の漁獲尾数の割合を図3に示した。高浜魚市場のヒラメは小型定置網、大型定置網および刺網で漁獲されているが、その70~80%は刺網によるものであった。漁獲量の多い2006年の月別および漁法別の漁獲尾数を図4に示した。定置網ではほぼ周年漁獲されるがその量は15~568尾と少なく、漁獲尾数が増加する12月~5月の主な漁法は刺網(833~5,053尾)であった。また、漁獲尾数の少ない6月~

11月は刺網と小型定置網で漁獲された。

年別、月別の全長組成 2005~2008年の市場調査で測定したヒラメの全長組成を図5に示した。調査期間内では各年ともモードは全長35~40cmにあり、このサイズの占める各年の割合はそれぞれ49.7%, 38.5%, 48.5% および50.1% と全漁獲尾数のほぼ半数を占めた。さらに、2006年と2007年の月別全長組成をそれぞれ図6および図7に示した。2006年は1~5月のモードは37~42cmであったが、6月以降は32cmと小型化し、11月から再び38cmとなった。2007年は2006年と同傾向の組成を示し、1~4月と10月以降は38cmで、6~9月は32~34cmにモードが見られた。また、両年とも3月~5月にかけて60cm以上の大型魚の漁獲が多かった。

表1 若狭高浜漁協市場におけるヒラメ年間漁獲量と漁獲金額

年	漁獲量 (kg)	漁獲金額 (万円)	単価 (円/kg)
2004 ^{*1}	1,598.0	321.8	2,013.8
2005	14,005.0	2,387.1	1,704.5
2006	17,436.1	2,795.6	1,603.3
2007	13,159.7	2,152.9	1,636.0
2008	14,885.4	2,428.5	1,631.5
平均 ^{*2}	14,871.5	2,441.0	1,643.8

*¹ : 7月～12月の集計値

*² : 2004年は除いた

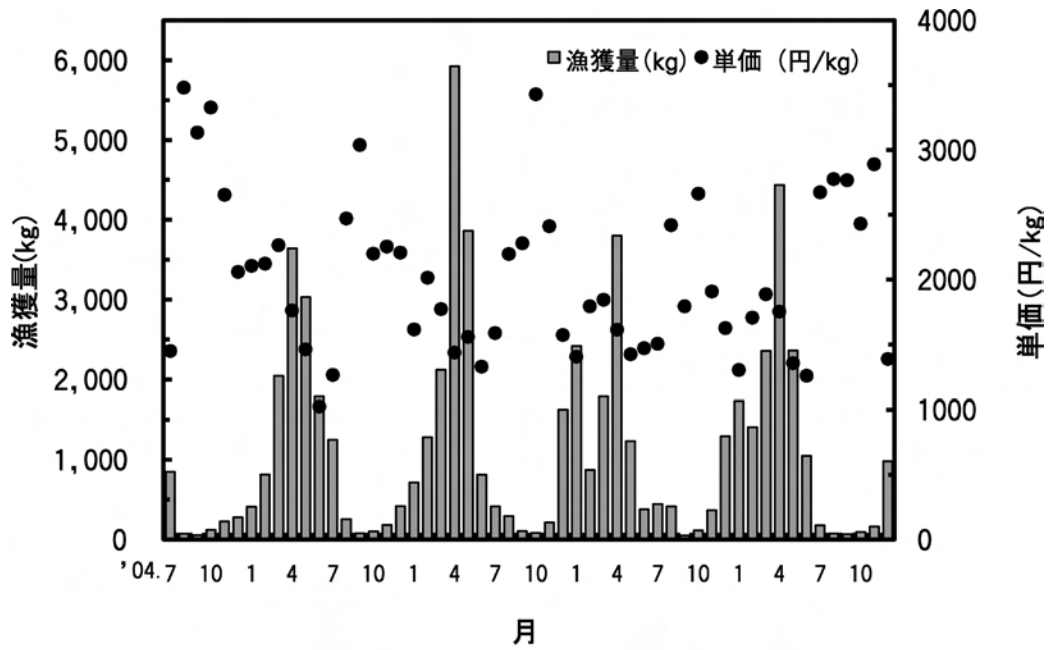


図2 若狭高浜漁協市場におけるヒラメの月別漁獲量と単価
(2004年7月～2008年12月)

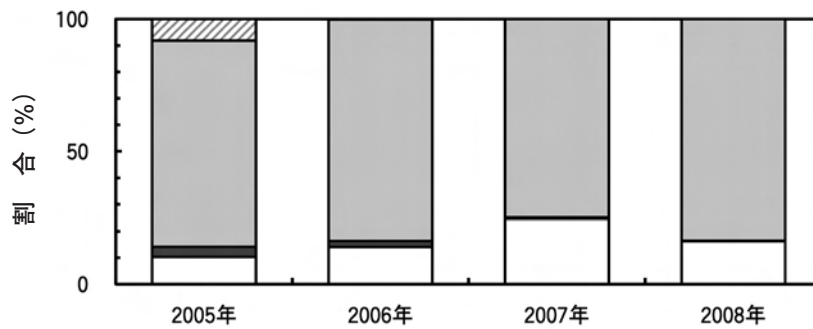


図3 若狭高浜漁協市場におけるヒラメの漁法別の漁獲尾数の割合

□ 小型定置網 ■ 大型定置網 ■ 刺網 ▨ その他

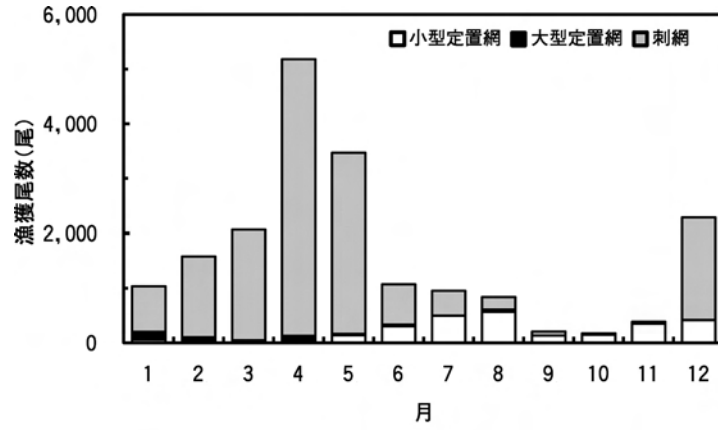


図4 2006年度のヒラメの月別、漁法別の漁獲尾数

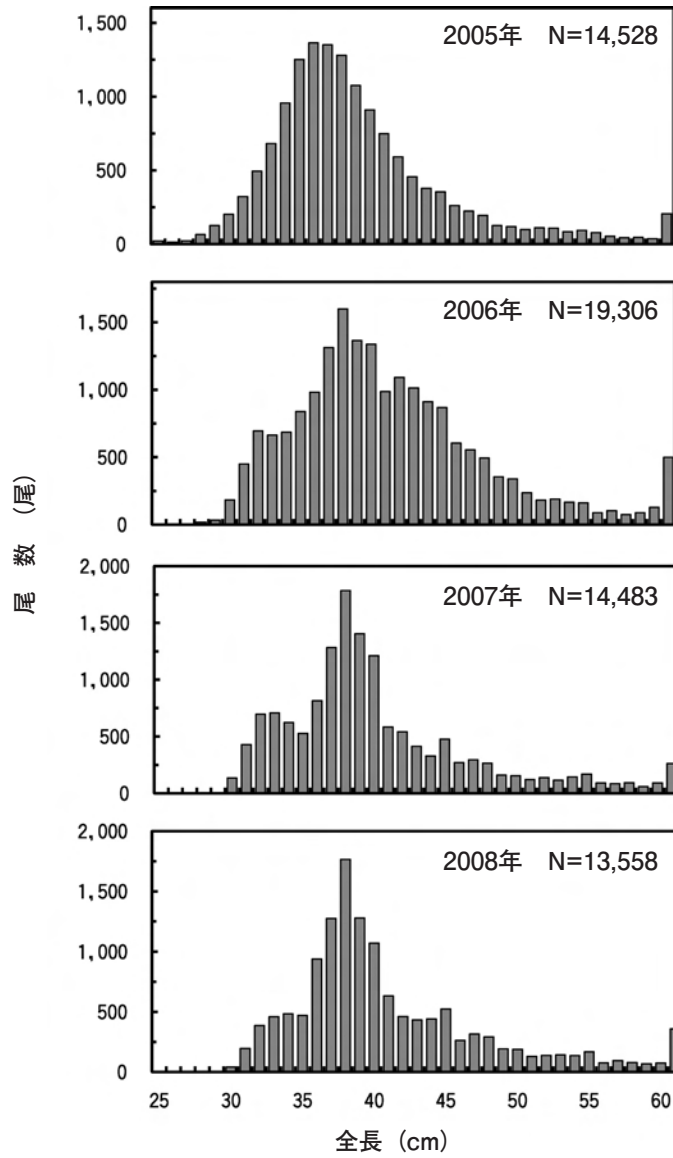


図5 若狭高浜漁協市場に水揚げされたヒラメの年別全長組成

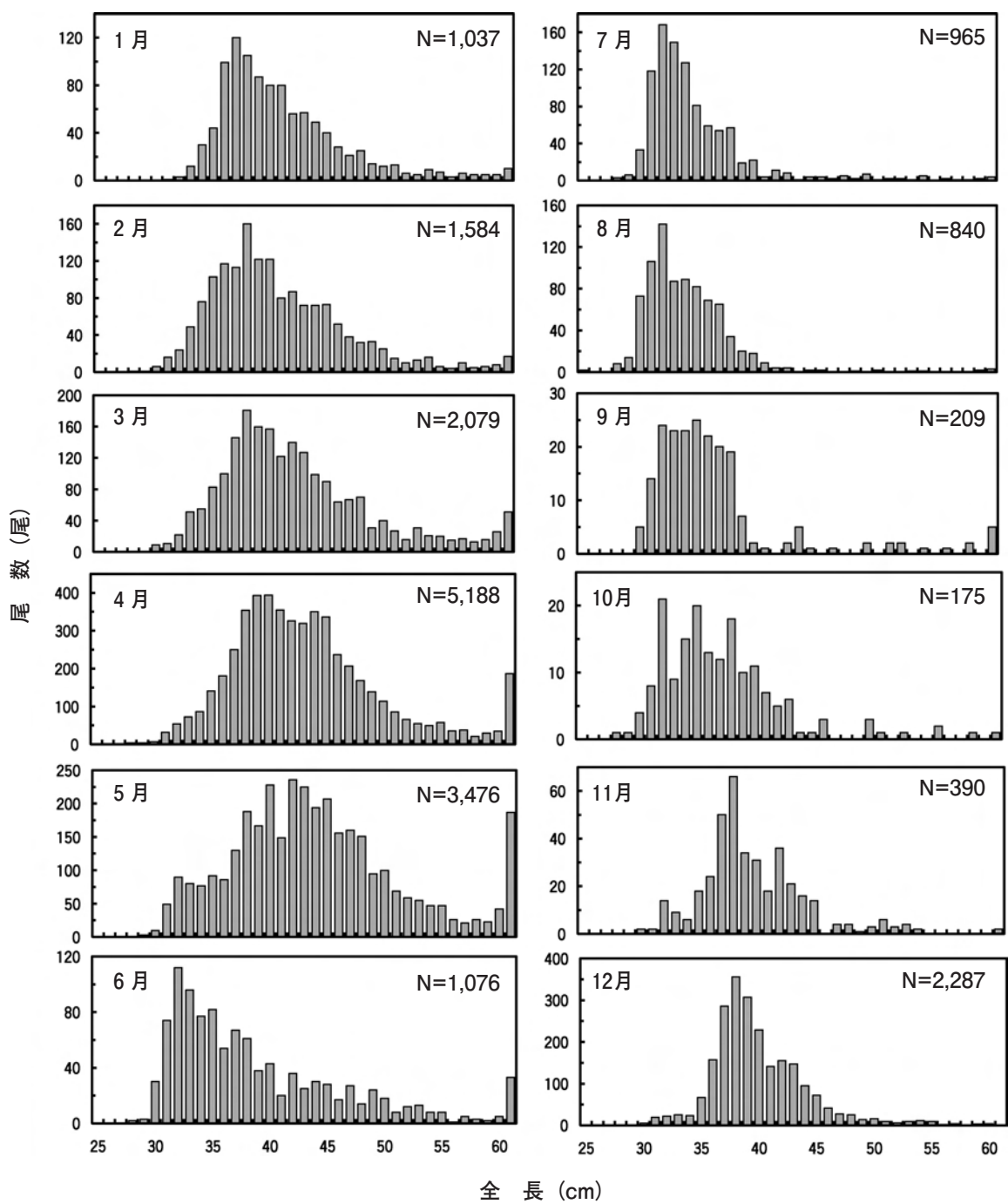


図6 2006年に水揚げされたヒラメの月別全長組成

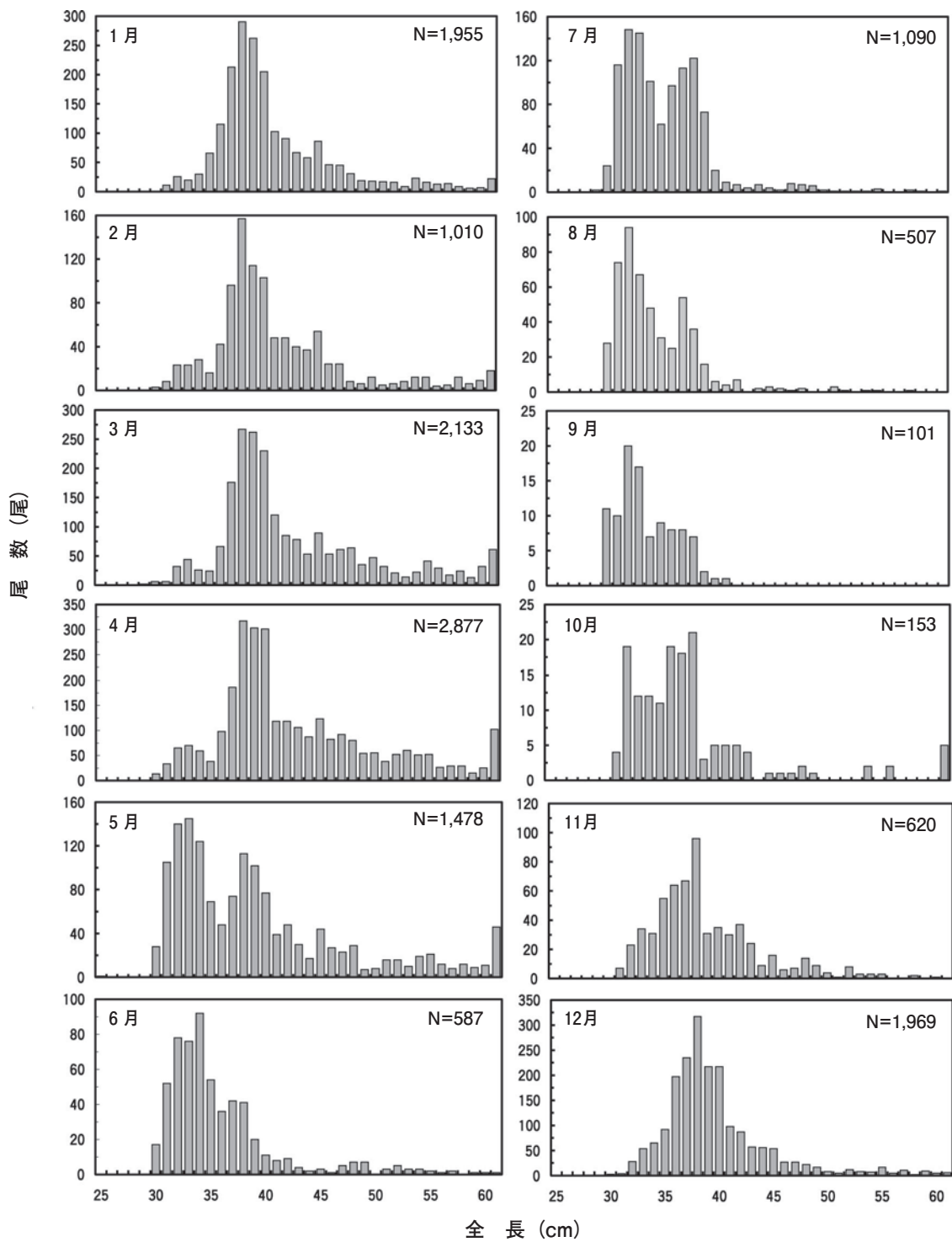


図7 2007年に水揚げされたヒラメの月別全長組成

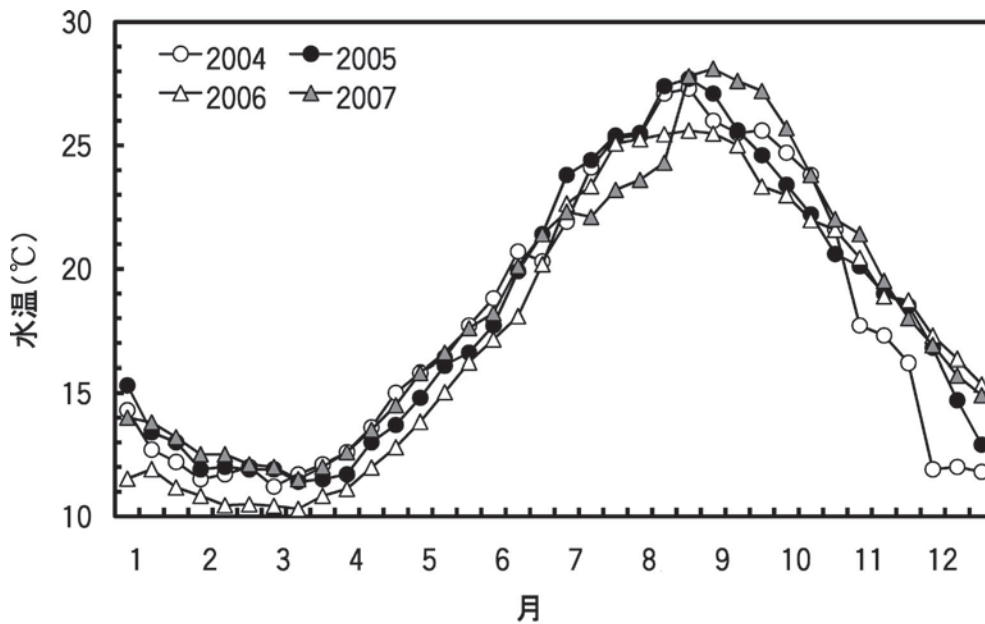


図8 小浜湾内の栽培漁業センター地先水温

考 察

高浜魚市場における全魚種の総水揚げ重量は平均964トン、ヒラメの漁獲重量は平均14.9トンであり、全魚種に占めるヒラメの割合は1.5%であった。しかし、福井県の2005～2007年におけるヒラメの漁獲量^{3,5)}は平均71トンであり、高浜魚市場は福井県全体の21.0%を占めた。

高浜魚市場のヒラメの水揚げは12月から翌年の5月頃が最盛期で、主な漁法は刺網であった。漁獲サイズは全長37～42cmが多く、特に3～5月は全長60cm以上の大型魚も多く漁獲された。若狭湾西部海域のヒラメの産卵期は3～6月頃⁶⁾で、産卵期には沖合から接岸し水深50m以浅の海域で産卵すること²⁾が知られている。高浜魚市場に水揚げされるヒラメ刺網の漁場は、漁業者からの聞き取りによると高浜湾内の大島半島側と音海側沖合の水深30～50m帯である(図1)。漁獲の最盛期は産卵期と重なり、水温の下降する12月～翌年の1月頃(図8)から産卵を控えたヒラメを対象として刺網漁業が行われていると考えられる。

漁法別にみると漁期の最盛期は刺網が主であるが、最盛期を過ぎた6月以降は定置網で漁獲されていた。これは定置網漁業がほぼ周年操業されるのに対し、刺網漁業者の対象が例年5～6月頃からサヨリ曳き網やアマダイの延縄漁等に替わるため、ヒラメの漁獲量が減少することがわかった。月毎の単価は、漁獲量の少ない時期が高く、水揚げされるヒラメは主に定置網に

よって漁獲されていた。刺網で漁獲されたヒラメは長時間網に絡まった状態のため、体表や鱗に傷がつきやすいことから鮮魚扱いになることが多い。高浜魚市場では総漁獲量の約25%が鮮魚扱いであり、鮮魚の価格は活魚の約5～6割程度である。定置網の漁獲物はほとんどが活魚扱いになるため、こうした漁法の違いも単価に影響していると考えられる。

一方、6月以降の漁獲量は減少し、月別全長組成のモードは全長32～34cmと小型化した。この海域のヒラメの誕生月を4月と仮定すれば、全長32～34cmサイズは前年生まれの1歳魚であり、最盛期の12～5月に漁獲される37～42cmサイズは2歳魚が主体と推定され、高浜魚市場に水揚げされるヒラメは1、2歳魚中心の若齢魚で構成されていると考えられる。全長30cmの漁獲規制もあることから、当歳魚を放流した場合、放流後約1年から漁獲加入すると考えられる。今後、高浜魚市場に水揚げされるヒラメの年齢を査定し、この海域のヒラメの成長特性を調べるとともに、放流魚の混入率および回収率を市場調査から調べて放流効果を把握することが重要な課題である。

文 献

- 1) 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会(2006)平成16年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)、107pp.
- 2) 水産庁・水産総合研究センター(2007)平成18年

- ヒラメ日本海北・中部系群の資源評価. 平成18年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 第3分冊, 1243-1254.
- 3) 北陸農政局福井統計・情報センター (2007) 平成17年福井県漁業の動き. pp.98.
 - 4) 北陸農政局福井農政事務所統計部 (2008) 平成18～19年福井農林水産統計年報, 212-215.
 - 5) 石川県他 (2008) 平成19年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 福井1-10.
 - 6) 竹野功爾・浜中雄一・木下 泉・宮嶋俊明 (1999) 若狭湾西部海域におけるヒラメの成熟, 日水誌, 65, 1023-1029.

植え継ぎ培養法とケモスタット式間引き培養法で生産したシオミズツボワムシのヒラメ仔魚に対する餌料価値

友田 努^{*1}・小磯雅彦^{*1}・手塚信弘^{*1}・島 康洋^{*2}

(*1 能登島栽培漁業センター, *2 瀬戸内海区水産研究所伯方島栽培技術開発センター)

魚類および甲殻類の初期餌料として用いられている海産ワムシ類の培養技術は飛躍的に発展し、多様な培養法が開発された^{1,2)}。これらにより、近年は計画的な安定生産が可能になり、量的確保の問題はほぼ解決された。さらに、質的問題となるワムシの栄養価についても、これまでに仔稚魚を対象とした様々な栄養学的な研究が行われており^{3,4)}、ワムシの活性⁵⁾に着目した研究も進められつつある。しかし、ワムシの培養法と仔魚の飼育成績との関連に着目した研究は見当たらない。

本研究では、粗放連続培養²⁾の変則型として近年普及しつつあるケモスタット式間引き培養法^{2,6)}と植え継ぎ培養法^{2,5)}で生産したシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* sp. complex (以下、ワムシ)を栄養強化し、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 仔魚への給餌効果を比較した。その結果、ワムシの餌料価値に関する新たな知見と問題点が得られたので、報告する。

材料と方法

試験区の設定 試験区には、植え継ぎ培養における対数増殖初期(培養開始2日目;以下BC-E区)、同後期(同4日目,以下BC-L区)およびケモスタット式間引き培養における定常状態(安定連続培養期,以下CTC区)のワムシをヒラメ仔魚に給餌する3区を設定し、各試験区とも3水槽ずつ、合計9水槽を設けた。

ワムシの培養 上記の培養法が異なるワムシ(L型小浜株,背甲長 $242 \pm 20 \mu\text{m}$)を準備するために、500ℓポリカーボネイト水槽5基では植え継ぎ培養を、20ℓコンクリート水槽1基ではケモスタット式間引き培養(毎日収穫,連続給餌,連続注水)を行った。培養水には、砂濾過海水と淡水を混合した60%稀釈海水を用い、培養水温は20℃とした。餌料には、市販の濃縮淡水クロレラ(生クロレラV12;クロレラ工業)とパン酵母(オリエンタルイースト;オリエンタル酵母工業)を用いた。植え継ぎ培養では、濃縮淡水クロレラをワムシ1億個体当たり500ml/日の割合で1日2回に分けて給餌した。ケモスタット式間引き培養では、ワムシ個体数に関係なく濃縮淡水クロレラとパン

酵母をそれぞれ一定量(3.0ℓ/日,および1.5kg/日)混合し、定量ポンプ(EH-B10;IWAKI)で24時間連続給餌した。

ワムシの栄養強化 ワムシの栄養強化は、80%稀釈海水を満たした100ℓポリカーボネイト水槽6基で行った。栄養強化剤にはマイクロカプセル油脂を含有した濃縮淡水クロレラ(生クロレラω3;クロレラ工業)を用い、ワムシ1億個体当たり200ml/日の割合で培養水に添加した。強化開始時のワムシ接種密度は300個体/ml,強化水温は20℃とした。強化時間は、6時間と17時間の2種類のワムシを準備した。

ワムシの観察 ワムシ活性の指標値として、試験に用いたワムシについては培養期間中のワムシ個体数、日間増殖率および総卵率を、栄養強化後のワムシについては強化水槽内のワムシ個体数および総卵率を算出した。日間増殖率と総卵率の算出は既報⁵⁾に準じた。

ヒラメの飼育 試験には、2005年5月17日に宮古栽培漁業センターで採卵されたヒラメ受精卵(受精率99.2%,64-128細胞期95.2%)を翌18日に能登島栽培漁業センターに搬入し(搬入時水温16.3℃,胚体形成期100%),200ℓアルテミアふ化水槽でふ化させて用いた。ふ化まで水温17℃前後,換水率20回転/日,通気量300ml/分で卵管理した。ふ化は5月20日に完了し、ふ化仔魚の大きさは体長 $3.05 \pm 0.20\text{mm}$ (n=30),ふ化率は72.5%であった。ヒラメ仔魚の飼育は、5月20日から6月9日までの20日間行った。飼育には500ℓポリカーボネイト水槽を用い、収容尾数は5,000尾(容積法)とした。飼育水温は3.2kwヒートポンプを用いて、17℃前後に調温した。0~18日齢の間、飼育水槽には濃縮淡水クロレラ(スーパー生クロレラV12;クロレラ工業)を50~100万細胞/mlの細胞濃度となるように1日2回(9,16時)添加した。2~19日齢の間、餌料はワムシのみを1日2回(9,16時)給餌した。飼育水中のワムシ密度は、2日齢に4個体/ml,3~6日齢に5個体/ml,7~8日齢に6個体/ml,9~12日齢に7個体/ml,13~15日齢に8個体/ml,16~17日齢に9個体/ml,および18~19日齢に10個体/mlを維持した。換水率は100~300%/日とし、通気はエアストーン(MA-30,アース)1個を用いて弱通気(450~500ml/分)とした。

結 果

ヒラメ仔魚の成長と発育段階の観察 サンプルとして、全水槽からふ化直後より5日齢ごとに仔魚を無作為抽出した。抽出したサンプルはメタアミノ安息香酸エチルメタンスルホン酸塩（三共）を用いて麻酔後、5%ホルマリン海水で固定し、後日30尾について体長の測定と発育段階の観察を行った。体長はデジタルマイクロスコープ（VHX-100F；KEYENCE）により0.01mmの精度で測定した。発育段階の区分は、南⁷⁾の示す形態変化の過程に準じ、5段階（ステージA-E）に区分した。

ヒラメ仔魚の生残尾数の推定 飼育試験終了時に仔魚を全数取り上げ、その約1/10量に当たる尾数を計数し、重量法によって推定した。

栄養強化ワムシとヒラメ仔魚の脂肪酸分析 脂肪酸分析用のサンプルとして、ワムシについては試験区ごとに6時間および17時間栄養強化したものを試験期間中に3回、ヒラメ仔魚についてはふ化時および飼育試験終了時に全水槽からそれぞれ採取した。各サンプルとも湿重量で20g前後を採取し、淡水でよく洗浄した後、水分を十分に切りビニール袋に入れて-80℃で凍結保存し、後日、分析に供した。サンプルは凍結乾燥した後、Folch *et. al.*⁸⁾の方法により総脂質を抽出した。脂肪酸は常法によりケン化・メチル化した後、ガスクロマトグラフ（GC-14A, FID付；島津製作所）で分離して組成比を求め、荒川ら⁹⁾に準拠し、総脂質含量に各脂肪酸の組成比を乗じて定量した。分析条件として、カラムはULBON HR-SS-10（50m × 0.25mm, 信和化工）、キャリアーガスはヘリウム（2.5 ml/min）を用い、スプリット比は1:100、温度は注入口250℃、カラム150~220℃（昇温3℃/min）、検出器270℃とした。

ワムシの活性と栄養価 植え継ぎ培養において、ワムシ個体数は278.6個体/ml（培養開始時）から1,258.2個体/ml（培養4日目）まで対数増殖を示し、日間増殖率は培養3日目で最高値（52.0%）に達した。一方、ケモスタット式間引き培養ではワムシ個体数が135.7個体/mlに維持される定常状態を示し、日間増殖率は52.3%となった。試験に用いたワムシの日間増殖率および総卵率は全区とも高いレベルを維持することができ、ほぼ同等であった。栄養強化後のワムシ個体数および総卵率はBC-E区が高く、CTC, BC-L区間においてはほぼ同等であった（表1）。また、栄養強化後のEPA, DHA および n-3 HUFA 含量はCTC区がBC-E, BC-L区よりも有意に高くなった（表2）。さらに、体色発現との関連性が報告されているEPA / ARA比¹⁰⁾もCTC区がBC-E, BC-L区よりも有意に高くなった。

ヒラメの飼育成績 飼育水槽内の水質および餌料環境は全区ともほぼ同等であった（表3）。また、ヒラメ仔魚のワムシ摂餌個体率も92.2~100.0%であり、試験期間中を通して差は認められなかった。BC-E, BC-L区では成長と生残に差は見られず、良好な飼育成績であった。CTC区では9日齢に2水槽で、13日齢には残りの1水槽で色素産生菌が発生し、17日齢には3水槽の内1水槽が全数死亡した（写真1）。また、CTC区は5日齢時点で発育の遅れが見られ、飼育経過に伴いBC-E, BC-Lの2区との間で成長差が顕著に広がった（図1, 表4）。一方、ヒラメ仔魚の魚体中のEPA, DHA および n-3 HUFA 含量に差は見られなかったものの、脂肪酸充足度の指標値とされる

表1 ワムシの活性

試験区	試験に用いたワムシ			6時間強化後のワムシ		17時間強化後のワムシ	
	ワムシ密度* ¹ (個体/ml)	日間増殖率 (%)	総卵率 (%)	ワムシ密度* ² (個体/ml)	総卵率 (%)	ワムシ密度* ² (個体/ml)	総卵率 (%)
BC-E	592.4±66.9	50.0±13.1a	67.0±7.9a	283.3±29.5a	68.9±9.0a	363.9±26.8a	38.3±5.7b
BC-L	1,258.2±150.0	40.4±9.7b	48.5±7.0b	261.1±23.2b	53.7±8.2b	292.2±42.1b	36.8±4.4b
CTC	135.7±13.4	52.3±17.7a	52.9±7.8b	264.0±24.7b	55.0±9.6b	288.2±30.8b	44.5±7.7a

データは平均値±標準偏差 (n=20-22)

*1: 培養水槽から収穫時のワムシ密度

*2: 栄養強化後のワムシ密度, 強化開始時は300個体/ml

a>b: $p < 0.05$ (Fisher's PLSD法)

表2 栄養強化ワムシの脂肪酸組成 (乾物重量)

強化時間	試験区	EPA (g/100g)	DHA (g/100g)	n-3 HUFA (g/100g)	EPA/ARA 比	18:1/n-3 HUFA 比
6時間	BC-E	0.39±0.03b	0.46±0.05b	0.94±0.08b	4.45±0.53b	0.61±0.07b
	BC-L	0.40±0.02b	0.45±0.03b	0.95±0.06b	3.45±0.51c	0.56±0.02b
	CTC	0.65±0.02a	0.65±0.06a	1.41±0.09a	9.29±0.03a	1.05±0.06a
17時間	BC-E	0.52±0.10b	0.52±0.08b	1.17±0.19b	6.13±1.58b	0.59±0.07b
	BC-L	0.48±0.03b	0.52±0.03b	1.12±0.07b	4.44±0.28b	0.59±0.02b
	CTC	0.71±0.12a	0.74±0.08a	1.58±0.15a	10.67±1.77a	1.04±0.05a

データは全て3検体の平均値±標準偏差
a>b : p<0.05 (Fisher's PLSD法)

表3 ヒラメ仔魚の飼育環境

試験区	水温 (°C)	pH	酸素飽和度 (%)	クロレラ濃度*1 (万cells/ml)	ワムシ密度	
					7時 (個体/ml)	15時 (個体/ml)
BC-E	17.3	8.03	93.7	19.6	3.4	3.6
	(16.2-18.5)	(8.00-8.08)	(90.5-97.8)	(3-75)	(0.8-7.2)	(1.8-7.6)
BC-L	17.3	8.05	92.9	19.5	3.4	4.0
	(16.2-18.5)	(8.01-8.09)	(89.2-97.2)	(3-75)	(0.8-5.2)	(2.0-6.8)
CTC	17.2	8.04	93.0	19.6	3.0	3.8
	(16.2-18.5)	(8.01-8.10)	(89.0-98.6)	(8-50)	(0.7-5.8)	(1.8-6.2)

*1 : スーパー生クロレラV12 (クロレラ工業)

p<0.05 (カイニ乗検定)

p<0.0001 (カイニ乗検定)

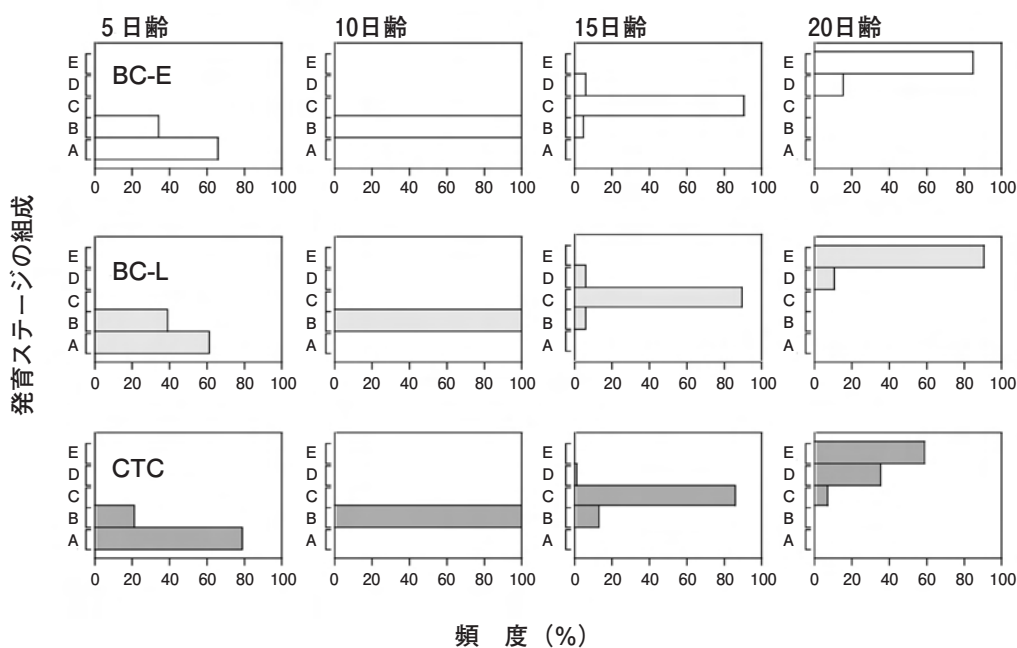
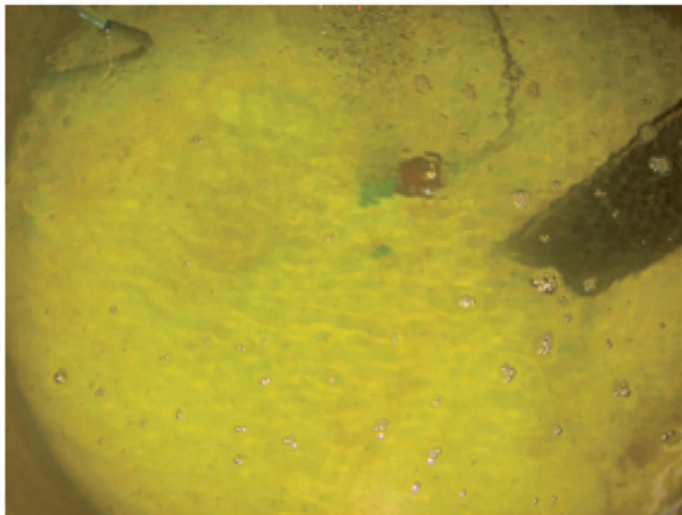


図1 培養法の異なるワムシを与えたヒラメ仔魚の発育過程
(BC-E, L区, 植え継ぎ培養, CTC区; ケモスタット式間引き培養)



BC-E 区



BC-L 区



CTC 区

写真1 培養法の異なるワムシを与えたヒラメ飼育水槽
(BC-E, L 区, 植え継ぎ培養, CTC 区; ケモスタット式間引き培養)

表4 ヒラメ仔魚の飼育結果

試験区	体長* ¹ (mm)				生残率* ² (%)
	5日齢	10日齢	15日齢	20日齢	
BC-E	3.44±0.17	4.88±0.30	6.54±0.44a	7.92±0.42a	96.0±2.7
BC-L	3.42±0.17	4.94±0.28a	6.52±0.41a	7.96±0.40a	92.5±5.8
CTC	3.42±0.18	4.80±0.31b	6.08±0.46b	7.40±0.44b	62.7±54.3

*1: 平均値±標準偏差 (n=90), 20日齢CTC区のみ (n=60)

*2: 3水槽の平均値±標準偏差

a>b: $p < 0.05$ (Fisher's PLSD法)

表5 ふ化時および20日齢ヒラメ仔魚の脂肪酸組成 (乾物重量)

日齢	試験区	EPA (g/100g)	DHA (g/100g)	n-3 HUFA (g/100g)	EPA/ARA 比	18:1/n-3 HUFA 比
0	-	2.99	4.48	8.48	4.02	0.46
	BC-E	1.34±0.04	3.12±0.01	5.24±0.07	4.92±2.21	0.21±0.00
20	BC-L	1.44±0.13	3.45±0.32	5.71±0.51	3.86±2.42	0.20±0.00
	CTC	1.34	3.23	5.24	3.14	0.32

データは3水槽の平均値±標準偏差

ふ化時 (0日齢) は1検体, 20日齢CTC区は2水槽の平均値

18:1/n-3 HUFA 比¹¹⁾ は CTC 区が BC-E, BC-L 区よりも高くなった (表5)。

考 察

本試験において、全区のワムシとも対数増殖期であるにもかかわらず、CTC 区ワムシの EPA, DHA および n-3 HUFA 含量は BC-E, BC-L 区よりも有意に高かった。一因として、ケモスタット式間引き培養では、培養水の希釈により水質が良好に維持されること、連続給餌¹²⁾により過剰な餌料密度や飢餓の影響¹³⁾および溶存酸素濃度の急激な低下の影響¹⁴⁾を排除できることが利点に挙げられ、本培養結果が良好であったことは上記のことから理解できる。一方、植え継ぎ培養では、対数増殖初期には摂餌機能の未熟なふ化直後の仔虫¹⁵⁾が個体群の中に占める割合が高いこと、対数増殖後期には同初期に比べて日間増殖率が低下しているため (表1)、既に環境抵抗の影響^{15,16)}を受けていることが考えられる。また、植え継ぎ培養では培養期間中において収穫時期が制限される⁵⁾のに対して、ケモスタット式間引き培養では収穫適期が持続されていた (表1, 2)。このことから、ケモスタット式

間引き培養により生産されるワムシの餌料価値は現状の種苗生産において有効と考えられる植え継ぎ培養の対数増殖期のワムシ⁵⁾よりも優れていることが示唆される。

一方、本試験における CTC 区ワムシの高い栄養価はヒラメの飼育成績に全く反映されず、仔魚の成長停滞と大量死亡をもたらした (図1, 表4)。本結果は、ケモスタット式間引き培養ワムシの給餌を介した色素産生菌の混入に起因するものと考えられ (写真1)、本培養法により生産されるワムシは増殖特性と高度不飽和脂肪酸の蓄積能の優位性 (良好さ) に反して、初期餌料としての清浄性の面においては不安定要素を抱えていること^{17,18)}が示唆された。

ケモスタット式間引き培養は、高い増殖率によりワムシを安定確保でき、保有水槽数やフィルター洗浄の作業量も少なく、大幅な省力化が可能である⁶⁾。また、高度不飽和脂肪酸の蓄積能が優れたワムシを効率的に生産するという観点からすると、植え継ぎ培養⁵⁾よりも優れていると考えられる (表2)。しかし、植え継ぎ培養や培養水槽と収穫水槽の2面を構える従来型の粗放連続培養²⁾から収穫されるワムシに比べ、培養の長期化に伴い水槽底面の腐敗および有害細菌^{19,20)}、原

生動物²¹⁾、カビ^{22,23)}やウイルス²³⁾増加の影響を受けやすいため、最終的には培養不調や種苗生産成績の不良¹⁷⁾に陥りやすい。その一因として、ケモスタット式間引き培養は毎日の収穫作業後には水槽内の水深が浅くなるため、必然的に培養水の攪拌効率が低下し餌料が水槽底面に沈降しやすくなることが挙げられる。これは、培養水槽が収穫水槽を兼ねているが故の欠点であると考えられる。本試験でCTC区に発生した色素産生菌(写真1)は、過去に報告されているワムシ培養不調を引き起こす菌株²⁰⁾とは性状が異なるものと考えられるが、ヒラメ仔魚の成長・生残に対しては顕著な悪影響を及ぼした(表4, 図1)。ワムシが感染源として疑われるウイルス性および細菌性疾患はこれまでも報告されており^{23,24)}、マダラ種苗生産においてもワムシ体表に付着するカビ状の微小原生動物が原因とされる仔魚の大量死亡も確認されている¹⁷⁾。今後、防疫的な見地から培養法別の細菌調査等も必要と考えられる。

一方で、上記のような不安定要素は、培養管理の不備に起因する面が大きいと考えられる。培養が比較的容易で培養期間の長期化が可能な粗放連続培養やケモスタット式間引き培養は、簡便かつ省力的であるが故に防疫面における日常管理が手薄に成りがちである。その対策として、①日常的な消毒作業の徹底(培養水槽, 収穫水槽, 餌料供給水槽, 培養水, 注水配管, 給餌配管, 収穫配管, 通気配管), ②培養水槽内への汚濁負荷の軽減(適正通気による餌料の沈降防止, 適正給餌による餌料の劣化防止, 糞や死骸等の除去, 低密度培養, 低温培養, 定期的な植え替え, 貝化石の散布), および③接種・供給前におけるワムシ洗浄作業の徹底が一例として挙げられる。

近年、ワムシの株や培養環境が仔魚の成長・生残を左右する因子となり得ることが強く指摘されている²⁵⁾。すなわち、種苗生産を行う上で健全な種苗を飼育するためには、量的確保と省力化を目指した効率的なワムシ培養のみではなく、清浄性(いわゆる、病原体フリー)を前提条件とした質的安定化を常に考慮しておくことが重要と考える。

文 献

- 1) Fu Y, Hada A, Yamashita T, Yoshida Y, Hino A (1997) Development of a continuous culture system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus*. *Hydrobiologia*, **358**, 145-151.
- 2) 桑田 博 (2000) II 大量培養. 「海産ワムシ類の培養ガイドブック」(栽培漁業技術シリーズ No.6), (社)日本栽培漁業協会, 43-117.
- 3) Watanabe T, Kitajima C, Fujita S (1983) Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish : a review. *Aquaculture*, **34**, 115-143.
- 4) Takeuchi T (2001) A review of feed development for early life stages of marine finfish in Japan. *Aquaculture*, **200**, 203-222.
- 5) 友田 努, 小磯雅彦, 陳 昭能, 竹内俊郎 (2006) 増殖ステージが異なるワムシを摂餌したヒラメ仔魚の発育と形態異常の出現. *日水誌*, **72**, 725-733.
- 6) 奥村重信, 岩本明雄 (2006) ワムシの連続注水間引き培養法と植え継ぎ培養法の比較. *栽培漁業センター技報*, **5**, 43-45.
- 7) 南 卓志 (1982) ヒラメの初期生活史. *日水誌*, **48**, 1581-1588.
- 8) Folch J, Lees M, Stanley GHS (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509.
- 9) 荒川敏久, 石崎靖朗, 中田 久, 清水 健, 有元 操, 竹内俊郎 (2002) 飼育および天然ブリ稚魚の脂質組成および脂肪酸組成の比較. *日水誌*, **68**, 374-381.
- 10) Estevez A, McEvoy LA, Bell JG, Sargent JR (1999) Growth, survival, lipid composition and pigmentation of turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae fed live-prey enriched in arachidonic and eicosapentaenoic acids. *Aquaculture*, **180**, 321-343.
- 11) Furuita H, Takeuchi T, Watanabe T, Fujimoto H, Sekiya S, Imaizumi K (1996) Requirements of larval yellowtail for eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid, and n-3 highly unsaturated fatty acid. *Fish. Sci.*, **62**, 372-379.
- 12) 小磯雅彦, 友田 努, 桑田 博, 日野明德 (2005) ワムシの増殖と生産コストに及ぼす連続給餌の効果. *栽培技研*, **32**, 1-4.
- 13) 小磯雅彦, 桑田 博, 日野明德 (2005) 短時間の飢餓がシオミズツボワムシの生残, 発達, 生物学的最小形および卵の大きさに及ぼす影響. *水産増殖*, **53**, 1-5.
- 14) 小磯雅彦, 日野明德 (2006) シオミズツボワムシの増殖および摂餌に対する溶存酸素濃度の急激な低下の影響. *水産増殖*, **54**, 37-41.
- 15) 小磯雅彦, 日野明德 (1999) ワムシの活力判定と個体群の増殖予測に関する研究. *水産増殖*,

- 47, 249-256.
- 16) 小磯雅彦, 日野明德 (2002) シオミズツボワムシの大量培養における増殖停滞の機構に関する研究. 水産増殖, **50**, 197-204.
 - 17) 久門一紀 (2003) 3. 冷水性魚類の早期種苗生産技術開発 (マダラ). 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, (社)日本栽培漁業協会, 109-110.
 - 18) 小磯雅彦 (2007) ワムシ培養に関するアンケート調査結果 (2006年度). 栽培技研, **35**, 63-71.
 - 19) Yu JP, Hino A, Noguchi T, Wakabayashi H (1990) Toxicity of *Vibrio alginolyticus* on the survival of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1455-1460.
 - 20) Maeda M, Hino A (1991) Environmental management for mass culture of the rotifer, *Brachionus plicatilis* in 'Rotifer and micro algae culture system' (ed. by W. Fulks and K. L. Main). The Oceanic Institute, Honolulu, 125-133.
 - 21) Cheng SH, Suzuki T, Hino A (1997) Lethality of heliozoon *Oxnerella maritima* on the rotifer *Brachionus rotundiformis*. *Fish. Sci.*, **63**, 543-546.
 - 22) Nakamura K, Hatai K (1994) *Atkinsiella parasitica* sp. nov. isolated from a rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Mycoscience*, **35**, 383-389.
 - 23) Comps M, Menu B (1997) Infectious diseases affecting mass production of the marine rotifer *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia*, **358**, 179-183.
 - 24) 室賀清邦 (1995) 海産魚介類の仔稚におけるウイルス性および細菌性疾病. 魚病研究, **30**, 71-85.
 - 25) 萩原篤志 (2002) 海産魚の初期餌料: 餌料生物ワムシの生物機能と種苗生産への応用. 水産増殖, **50**, 473-478.

ワムシの仔虫における栄養強化の効果について

小磯雅彦・友田 努・手塚信弘・榮 健次

(能登島栽培漁業センター)

多くの種苗生産対象の海産仔魚は、初期餌料であるシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* sp. complex (以下、ワムシ) の大きさに摂餌選択性があり、シロギス¹⁾、キジハタ²⁾、アカハタ^{3,4)}、スジアラ⁵⁾、マハタ⁶⁾などの口径の小さい仔魚は、摂餌開始時にワムシ個体群の中でも小型のワムシを選択的に摂餌することが知られている。この傾向は、ワムシ株の中でも小型サイズのタイ株を給餌した場合でも確認されている⁵⁾。このことは、これらの海産魚類の初期飼育においては、ワムシ個体群の中でも、サイズの小さい“仔虫”が仔魚の重要な餌料であることを示している。したがって、給餌するワムシ個体群に含まれる仔虫の割合や、その栄養価などが仔魚の初期飼育結果を左右する可能性が高いと考えられる。

一般的に、仔魚に給餌するワムシ個体群中の仔虫の割合を高める方法としては、培養水槽から収穫したワムシ個体群を目合いの異なるネットでサイズ選別し、小さい個体のみを採集する方法^{1,4)}がある。また、連続培養方法によりワムシの増殖率を高め、ふ化する仔虫の個体数を増やすことも有効であると考えられる(日間増殖率が100%の場合、個体群の半分が1日以内に生まれたワムシであると推察される)一方、これまでのワムシの栄養価に関する報告は、そのほとんどが“ワムシ個体群”としての情報であり、仔虫の栄養価に注目した知見はあまり認められない。

そこで本研究では、仔魚の餌料としてのワムシ仔虫の栄養価を明らかにするために、仔虫の割合の高いふ化後0～1日目と、割合の低いふ化後1～2日目の個体群を用いて、両者の栄養強化前と後の総脂質含量および脂肪酸組成を比較検討した。

材料と方法

ワムシ 実験には、能登島栽培漁業センターで5年以上にわたり継代培養しているL型ワムシ小浜株(携卵個体の背甲長: $238 \pm 15 \mu\text{m}$, $n=50$)を用いた。ワムシの培養には25klコンクリート水槽(実水量10kl, 塩分20psu, 水温20℃)を使用した。試験に使用するワムシの培養は、密度が約100個体/mlの培養水10klに毎日5klの海水を連続注水し、注水量と同量の培養水を抜き取る粗放連続培養法(日間増殖率50%)で行った。餌料は、市販の濃縮淡水クロレラ(以下、クロ

レラ。生クロレラ V12; クロレラ工業) 5ℓを毎日連続給餌した。

ふ化後0～1日目と1～2日目のワムシ個体群の準備 仔虫の占める割合が異なる個体群を準備するために、上記の培養水槽からワムシを収穫し、小磯らの方法⁷⁾に準じて約1億粒の複相単性生殖卵(以下、卵)を分離して回収した。その方法は、ワムシの収穫において、水中ポンプ(ポンディ SK-62510; 株工進)を使用することにより強制的にワムシ虫体から卵を外し、収穫したワムシをトレイ(44×32×7cm)に移し入れ、卵が沈下してから上澄み液を廃棄し、そこに新たな海水を加えて、再度、上澄み液を廃棄する作業を3回繰り返し、沈下した卵のみを回収した。

回収した約1億粒の卵は、ふ化水槽(500ℓポリカーボネイト製、塩分20psu, 水温20℃)に収容した。ふ化水槽内にはユニホースで通気を行い、ふ化した仔虫の餌料としてクロレラを500万細胞/mlになるように添加した。収容後1日目に、通気を止めて、未ふ化卵を水槽底面に沈下させた後、上澄み液中のワムシをワムシネットで収穫した(ふ化後0～1日群)。また、収穫したワムシの一部をふ化水槽と同じ条件の500ℓポリカーボネイト水槽へ移送し、その翌日にワムシを収穫した(ふ化後1～2日群)。

栄養強化 栄養強化水槽には100ℓポリカーボネイト水槽(塩分26psu, 水温20℃)2個を使用した。ふ化後0～1日とふ化後1～2日の個体群を、それぞれ別の水槽に密度が100個体/mlになるように収容した。栄養強化剤には生クロレラω3(クロレラ工業)を300ml/億個体を基準量として添加し、6時間の栄養強化を行った。

背甲長組成 栄養強化後に各個体群を一部採取して、ワムシの背甲長を生物顕微鏡のマイクロメーターで1μmの単位で測定し、背甲長組成を求めた。なお、本試験に使用したL型ワムシ小浜株の生物学的最小形は背甲長210μm前後である⁸⁾ことから、本報告では背甲長が210μm未満の未成熟ワムシを“仔虫”と定義して、各個体群中の仔虫割合を求めた。

総脂質含量と脂肪酸組成の分析 培養水槽から回収したワムシ卵、ふ化後0～1日群と1～2日群の栄養強化前と強化後の総脂質含量と脂肪酸組成をそれぞれ調べた。各サンプルの乾燥重量は110℃での加熱乾燥後に計量し、総脂質含量は加熱乾燥後に Folch ら

の方法⁹⁾により抽出後、測定した。脂肪酸組成は、得られた脂質から脂肪酸を抽出し、三フッ化ホウ素-メタノール法によるメチル誘導体としてガスクロマトグラフ (GC-14A 型; 島津製作所) で分析後、荒川らの方法¹⁰⁾ に準拠し、総脂質含量に各脂肪酸の構成比を乗じて定量した。

結 果

背甲長組成 ふ化後0~1日群と1~2日群の栄養強化6時間の背甲長組成を図1に示した。それぞれの群の平均背甲長は $195 \pm 19 \mu\text{m}$ と $236 \pm 15 \mu\text{m}$, $210 \mu\text{m}$ 未満の仔虫割合は79.8%と9.1%であり、大きさと仔

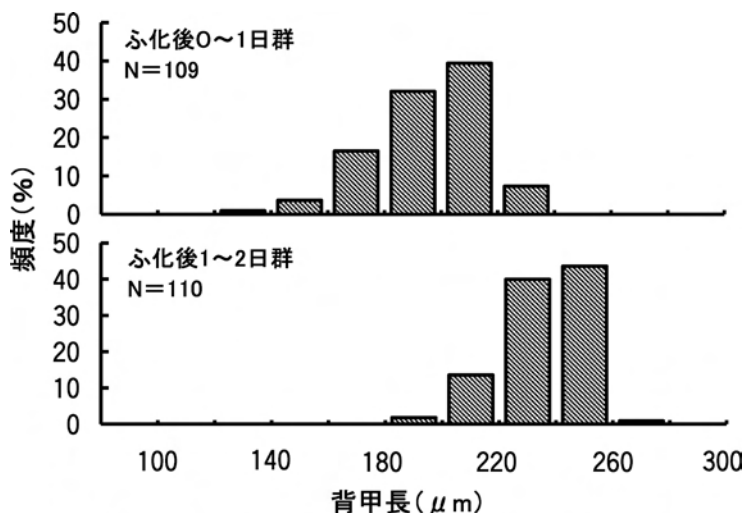


図1 ふ化後の経過日数の異なるワムシ個体群を6時間栄養強化した後の背甲長組成

表1 ワムシ卵とふ化後の経過日数の異なるワムシ個体群の総脂質含量と脂肪酸組成

ワムシ卵	ワムシ個体群				
	ふ化後0~1日群		ふ化後1~2日群		
	強化前	強化後	強化前	強化後	
総脂質 (g/100g, 乾重量)	13.1	11.4	15.6	13.0	16.8
脂肪酸組成 (g/100g, 乾重量)					
16:0	0.87	0.74	0.82	0.97	1.08
16:1	0.89	0.36	0.29	0.13	0.25
16:2	0.39	0.29	0.32	0.64	0.45
18:0	0.22	0.22	0.20	0.49	0.20
18:1(OA)	0.97	0.47	0.51	0.20	0.56
18:2 n-6 (LA)	1.40	1.49	1.47	2.50	1.97
18:3 n-3 (LNA)	0.42	0.42	0.43	0.76	0.66
20:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:1	0.12	0.11	0.10	0.07	0.10
20:4 n-6	0.04	0.03	0.02	0.01	0.03
20:5 n-3 (EPA)	0.01	0.02	0.33	0.00	0.43
22:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:1	0.08	0.07	0.10	0.07	0.09
22:5 n-3 (DPA)	0.00	0.00	0.05	0.00	0.06
22:6 n-3 (DHA)	0.00	0.00	0.30	0.00	0.40
24:6	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02
24:1	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
Σ n-3HUFA *1	0.01	0.02	0.68	0.00	0.89

*1 Σ n-3HUFAは、各サンプルの20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3の合計で示した。栄養強化は、水温20℃, 塩分26psuの条件で、強化剤として生クロレラ ω 3を300ml/億個体を基準量として添加し、6時間の強化を行った。

虫の割合に差が認められた。また、ふ化後1～2日群では、携卵個体が認められ、総卵率は10.3%であった。

総脂質含量と脂肪酸組成 ワムシ卵と両個体群の栄養強化前と強化後の乾重量あたりの総脂質含量と脂肪酸組成の分析結果を表1に示した。ワムシ卵ならびに栄養強化前の両個体群の総脂質含量は11.4～13.1g/100g、n-3HUFA含量は0～0.02g/100gであった。これらの個体群に栄養強化を行うと、ふ化後0～1日群の総脂質含量は15.6g/100gに、ふ化後1～2日群は16.8g/100gに増加した。また、n-3HUFA含量は、ふ化後0～1日群は0.68g/100gに、ふ化後1～2日群は0.89g/100gに増加した。栄養強化により、いずれの個体群とも総脂質量とn-3HUFA含量の増加が確認されたが、仔虫の割合の高いふ化後0～1日群の各成分量は、1～2日群に比べて少ない傾向が認められた。

考 察

本実験により、仔虫群に栄養強化を行うと、成体群と同様に総脂質量とn-3HUFA量が増加することが明らかとなった。しかし、仔虫群は成体群に比べて総脂質量は7%、n-3HUFA量は24%低く、栄養強化の効率が若干劣ると推察された。この理由として、ふ化直後の仔虫は成熟個体に比べて無摂餌個体が多く、これには摂餌器官である繊毛冠の運動活性が低いことが推測されている¹¹⁾、また、ふ化～ふ化後12時間の仔虫は、成熟個体より高塩分耐性が劣る¹²⁾ことから、本実験において、仔虫はふ化水槽（塩分濃度20ppt）から栄養強化水槽（塩分濃度26ppt）に移送した時に塩分差の影響を受けた可能性が考えられた。その他の原因として、仔虫と成熟個体では体内に取り込んだ物質の利用形態が異なる可能性が考えられた。これらのことから、通常の栄養強化方法では仔虫の栄養強化の効果は低いため、改善が必要である。

一般的なワムシ培養に用いられている餌料の中で、n-3HUFA含有クロレラ（スーパー生クロレラV12；クロレラ工業）を用いた培養では、ワムシ虫体のみならず、卵にもn-3HUFAが含有されていることが報告されている¹³⁾。この卵からふ化した仔虫はn-3HUFAを含有している可能性が高いため、このような餌料を利用することや、栄養強化時間を従来よりも延長することによって、n-3HUFAを含有した仔虫が得られるものと考えられる。

本研究の結果から、これまでの種苗生産において、小型ワムシに摂餌選択性がある海産仔魚は、摂餌開始時には栄養価の低い仔虫を選択的に摂餌してきた可能性が高い。このため、給餌するワムシ個体群中の仔虫

割合を高めるとともに、仔虫の栄養価を改善することで、これらの海産仔魚の初期飼育成績の向上が期待される。

文 献

- 1) 塚島康生・吉田範秋・北島 力・松村靖治 (1983) 小型シオミズツボワムシを用いたシロギスの種苗生産. 水産増殖, 30, 202-210.
- 2) 福永恭平・野上欣也・吉田儀弘・浜崎活幸・丸山敬悟 (1990) 日本栽培漁業協会・玉野事業場における最近のキジハタ種苗生産の増大と問題点について. 栽培技研, 19, 33-40.
- 3) 川辺勝俊 (1999) アカハタ仔魚の初期餌料としてのいわゆるS型ワムシの有効性. 水産増殖, 47, 403-408.
- 4) 川辺勝俊・木村ジョンソン (2007) 選別した小型S型ワムシを用いたアカハタの種苗生産. 栽培技研, 35, 11-21.
- 5) 與世田兼三・浅見公雄・福本麻衣子・高井良幸・黒川優子・川合真一郎 (2003) サイズの異なる2タイプのワムシがスジアラ仔魚の初期摂餌と初期生残に及ぼす影響. 水産増殖, 51, 101-108.
- 6) 田中由香里・坂倉良孝・中田 久・萩原篤志・安本 進 (2005) マハタ仔魚のワムシサイズに対する摂餌選択性. 日水誌, 71, 911-916.
- 7) 小磯雅彦・手塚信弘・桑田 博・渡辺研一 (2006) 消毒したシオミズツボワムシ複相単性生殖卵の短期冷蔵保存. 日水誌, 72, 239-240.
- 8) 小磯雅彦 (2003) 培養水温が海産ワムシの大きさに及ぼす影響について. 栽培センター技報, 1, 91-94.
- 9) Folch, J., M. Lees, and G. H. Stanley (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- 10) 荒川敏久・石崎靖朗・中田 久・清水 健・有元 操・竹内俊郎 (2002) 飼育および天然ブリ稚魚の脂質組成および脂肪酸組成の比較. 日水誌, 68, 374-381.
- 11) 小磯雅彦・日野明德 (1999) ワムシの活力判定と個体群の増殖予測に関する研究. 水産増殖, 47, 249-256.
- 12) 小磯雅彦・日野明德 (2006) 高塩分耐性を指標としたシオミズツボワムシ各成長段階における活力の評価. 水産増殖, 54, 95-99.
- 13) 小磯雅彦・團 重樹・島 康洋・日野明德 (2007)

ワムシ栄養強化中に起こる複相単性生殖卵への
n-3系高度不飽和脂肪酸の蓄積. 日水誌, 73,
284-286.

栽培漁業センター技報第10号

平成21年10月15日 発行

編集人
発行

独立行政法人 水産総合研究センター

〒220-6115

神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3

クイーンズタワー B 15F

電話 045 (227) 2715

印刷所

日昇印刷株式会社

東京都中央区湊1-14-14

電話 03 (3553) 3161 (代)