

## 集約的魚類養殖におけるアミルウージニウム症(AMYLOODINIOSIS)の診断 および管理技術の進歩

Sara M. Picón-Camacho, Ignacio Masson, **Reginald Blaylock\*** & Jeffrey Lotz  
Gulf Coast Research Laboratory, The University of Southern Mississippi, Ocean Springs,  
MS 39564 USA

\*Email: reg.blaylock@usm.edu

*Amyloodinium ocellatum* は、温水性海産魚類の養殖にあつて各種の温水性海産魚類および汽水性魚類に感染し、極めて重篤な疾病を引き起こす寄生性渦鞭毛藻類の一種である。本種の生活史はダイレクトであり、主に鰓へ寄生する trophont（栄養体）、自由生活・分裂増殖性 tomont、および寄生性 dinospore の三つのステージから成る。本種は、次の二点において、問題を抱えている。第一点としては、現行診断法が、皮膚または鰓組織に寄生する本種を検鏡することで同定する方法に依存しているため、大量斃死が発生するまで感染を見落としてしまうことが多いことである。第二点としては、その生活史はダイレクトであり、各 tomont 個体から 256 個体の寄生性 dinospore が生じ、このことにより循環系養殖システムにおいては重篤な感染が急速に発生することである。感染に関して一般的なコースについては周知であるが、その制御を可能とする本種の生存率や繁殖率に関する定量的な把握はなされていない。

そこで、アミルウージニウム症(amyloodiniosis)を診断および制御する際の問題点に対処するために、それら方法の向上に関する事業を実施した。診断については、検水中にいる自由遊泳期である *A. ocellatum* を検出するための Loop Mediated Isothermal Amplification (LAMP)反応に基づいた新規で高感度であり、また特異的でもある診断ツールが開発された。LAMP 反応の利点は、PCR と比べて迅速であり、また精巧な機器および熟練者を要しないことである。近縁種の DNA を用いても増幅はみられず、アッセイの特異性を示した。検水中の *A. ocellatum* の検出に関して、PCR 法に比べて LAMP 法は感度が優れていることもわかった。本 LAMP 法により、検水中の *A. ocellatum* を迅速にまた高感度に検出する効果的なツールが得られ、養殖施設における *A. ocellatum* の初期検出および制御を容易とすることができる。

本種の管理については、本種集団の成長を左右するバイタルレート(vital rate)を試験的に推定し、集団モデルを構築するためにその情報を活用することで、バイタルレートにおける変動が集団成長率へ及ぼす相対的影響について評価した。本種の生活史の概略を作製し、実験室チャレンジモデルを用いることにより宿主二種：spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*)および red snapper (*Lutjanus campechanus*)について生活史における各プロセスの定量化を行った。この二種間で感染率に有意の差は無かったが、spotted seatrout に比べて red snapper では、trophont の成長が大きく寄生時間が長いこと、また、多数の trophonts に寄生された場合、red snapper に比べて spotted seatrout の耐性が高いことが明らかとなった。本モデルにより、tomont 一個体あたりから生じる dinospore の個体数は本種集団の成長に多大な影響を与えることが示された。本モデルにより、コントロール戦略としては養殖システムにおける dinospore 個体数の制御に重点を置くべきであることが明瞭となったが、また、多様な条件下にある本種集団の成長率に対する様々な要因の相対的関与を評価するための体制も可能となった。

## ブチナマズ *ICTALURUS PUNCTATUS* におけるカロチノイド強化飼料の産卵前給餌による繁殖特性の改善および次代群の飼育成績

Chatakondi, N. G.\* , M. H. Li, B. C. Peterson and N. J. Booth

USDA ARS Catfish Genetics Research Unit, Thad Cochran National Warmwater, Aquaculture Center, Stoneville, MS 38776, USA.

\*E-mail: nagaraj.chatakondi@ars.usda.gov

孵化場では、排卵能力のあるブチナマズ雌の個体数を安定して確保することは、ブチナマズ雌と blue catfish *I.furcatus* 雄の交配種を効率的に生産する上で必須である。ナマズ養殖業者は、養殖池において交配種を育成すること、すなわち、改良された成長率、生残率および飼料効率を活用することで生産性を向上させることが可能となる。交配種の生産は着実に増加してきたものの、稚魚の生産は今なお需要に満たない。交配種のエンブリオ生産にはホルモン処理によるブチナマズの産卵誘発が必用であり、搾出卵を blue catfish の精子で受精させ、ブチナマズの場合と同様にトラフ(trough)を用いて受精卵をふ化させる。

ふ化場にて交配種種苗を手際良く持続的に生産するためには高品質親魚用飼料が重要なポイントである。親魚用飼料にカロチノイドを強化することで成熟や卵質が改善されることがあらゆる水棲動物において示唆されてきたが、植物および原生動物のみがカロチノイドを生合成することができ、魚類や甲殻類はアスタキサンチンを生合成することができない。

産卵の二ヶ月前に先立ち、10週間の産卵前親魚飼育試験を実施した。飼育槽として直径 1.5m、容量 760 L のプラスチック性水槽を使用し、飼育水としては通気した再循環池水を用いた。各水槽(計 20 基)には‘Delta’種で 4 年魚の完全成熟ブチナマズ雌 10 尾を収容した。本試験は、産卵前期間中におけるカロチノイド強化飼料給餌がブチナマズの繁殖能力に及ぼす影響について評価するために実施したものである。4 種類のカロチノイド強化試験飼料を、コンクリートミキサー中にてカロチノイドの必要量を水と混合し、これをブチナマズ市販飼料(粗タンパク質 35%)に噴霧、続いてメンハーデンオイルによってコーティングすることで、調製した。カロチノイド試験区として、1) 50 mg/kg アスタキサンチン区、2) 100 mg/kg アスタキサンチン区、3) 25 mg/kg ルテインおよび 25 mg/kg ゼアキサンチン区、4) 50 mg/kg ルテインおよび 50 mg/kg ゼアキサンチン区を設け、また同量の水と油を噴霧した飼料区(対照区)も設け、一試験区あたり、4 水槽を無作為に割り当てた。

100 mg/kg アスタキサンチン区では、ホルモン処理に適した産卵可能な雌の割合が他の試験区に比べて有意に大きかった ( $P<0.05$ )。2 度の産卵試験において、全試験区から得られた産卵可能雌を産卵誘発ホルモン処理することで交配種種苗を生産した。ホルモン処理による排卵雌の割合、受精率、およびふ化率については試験区間で差はみられなかった ( $P>0.05$ )。排卵指示値(ovulatory index)、妊孕力(fecundity)、および雌魚体重 1kg 当たりの種苗生産尾数については、100 mg/kg アスタキサンチン区において有意に優れた成績が得られた ( $P<0.05$ )。

以上のことから、親魚飼料にアスタキサンチン 100 mg/kg を添加することで、妊孕力、卵質および種苗生産が改善されることに加えて産卵誘発に対する親魚の生理的応答も促進されるということが示唆された。さらに、アスタキサンチン強化飼料与えた親魚から得られた稚仔魚においては、優れた成長、エドワジェラ敗血症(ESC)チャレンジに対する抵抗性の強化、また低酸素環境に対するストレス反応の低下がみられた。

## アワビの萎縮症候群：その分布、影響、診断技術および新たな知見について

C.S. FRIEDMAN<sup>1\*</sup>, N. Wight<sup>1\*</sup>, L. Crosson<sup>1\*</sup>, G. R. VanBlaricom<sup>1\*,2\*</sup>, I. KIRYU<sup>3\*</sup>,  
J.D. MOORE<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup>School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington, Box 355020, Seattle,  
WA 98195 USA

<sup>2\*</sup>US Geological Survey, Washington Cooperative Fish and Wildlife Research Unit,  
University of Washington, Box 355020, Seattle, WA 98195 USA

<sup>3\*</sup>National Research Institute of Aquaculture, Fisheries Research Agency, Mie 516-0193,  
Japan;

<sup>4\*</sup>California Department of Fish and Game and UC Davis-Bodega Marine Laboratory, PO  
Box 247, Bodega Bay, CA 94923 USA

<sup>1\*</sup>Email: carolynf@uw.edu

萎縮症候群(Withering Syndrome, WS)は、ある種の*Rickettsia*-様生物 (WS-RLO)によつて引き起こされるアワビの致死性疾病の一つである。病原体である“*Candidatus Xenohalotus californiensis*”は米国カリフォルニア州およびメキシコ・バハカリフォルニア半島など北米東部太平洋岸に沿って存在している。しかし、感染個体が、チリ、中国、台湾、アイスランド、アイルランド、イスラエル、スペイン、タイ国、またごく最近には日本へと、あるいは他の諸国へも移植されてきたので、病原体の地理的分布は、カリフォルニア・アカネアワビ*Haliotis rufescens*の養殖海域、すなわち本種が在来種に接触している海域など広域に及ぶと考えられる。感受性は種によって異なり、米国における実験室ないし野外調査によると、死亡率が99%に達するクロアワビ*H. cracherodii*から死亡に至らないタイ国の*H. diversicolor supertexta*まで種によって異なる。WSによつて破滅的被害を被った集団によつては本疾病に対する耐性の強化がみられ、またWS-RLOに対する新規に同定されたファージ重寄生体によつてWS-RLOによる病原性を抑制して、死亡率を低下することが可能である。WSの診断には、本症を特徴付ける形態学的変化（例えば、ペダルおよび消化腺萎縮、消化腺化生など）に加えて、病原体による感染の確認（*in situ* hybridizationによるWS-RLOの同定またはPCRと組み合わせた組織学によるWS-RLOの同定および配列解析）を必用とする。リアルタイムPCR法（qPCR）も開発され、本法は病原性DNAの定量において効果的であろう。PCR法は病原体DNAを検出するだけなのでWS-RLO感染の確認にはPCR解析のみでは不可能であるが、検出体制が確立している区域においては感染確認のプロキシとして使用することができる。防除対策としては、感染回避、感染個体の淘汰、また連邦規則に示されてあるようにオキシテトラサイクリンによる経口投与または薬浴があげられる。動物の移植に先立ち健康歴や複数の検診制度を確立することで首尾良く「感染回避」は達成される。感染の確認には組織学または*in situ* hybridizationが必用であるが、qPCR法で微量の病原体DNAを検出することが可能であり、本法を検診の一部として組み込むことが賢明である。

## タマカイ *EPINEPHELUS LANCEOLATUS* の人工ふ化仔魚への給餌法

Armando García-Ortega<sup>\*</sup>, Adam Daw, Kevin Hopkins  
Pacific Aquaculture & Coastal Resources Center, College of Agriculture, Forestry and

Natural Resource Management, University of Hawaii at Hilo, 1079 Kalaniana'ole St., Hilo, HI 96720, USA

\*Email: agarciao@hawaii.edu

タマカイ *Epinephelus lanceolatus* 仔魚の飼育に関する研究がハワイ大学ヒロ校 Pacific Aquaculture and Coastal Resources Center (PACRC)にて初めて実施された。タマカイ受精卵についてはハワイ島カイルアコナにあるカンパチ養殖場の養成親魚より得た。中央部に排水口を備えかつ底部が円錐状で海水1立米をようする円形水槽3基に生卵約36,000粒をストックした。受精卵は、粒径 $0.89 \pm 0.01$  mmで、受精後30時間にてふ化した。ふ化後2日目で、卵黄期仔魚は $2.4 \pm 0.2$  mm、口および肛門は閉鎖しており、また卵黄の半分ほどが吸収されていた。ふ化後1日目から20日目までの期間、全ての水槽に30,000~45,000個体/mlの濃度で微少藻類 *Isochrysis galbana* を添加した。二通りの給餌法について試験した。一つの水槽については、ふ化後2および3日目にマガキ (*Crassostrea gigas*) の栄養強化トロコフォア幼生を給餌して、ふ化後4日目からは20個体/mlの濃度で栄養強化S型ワムシ (*Brachionus rotundiformis*) を給餌した(第一水槽)。他の二水槽については、カラノイドコペポータ (*Parvocalanus crassirostris*) ( $0.5 \sim 3.0$ /ml) および栄養強化S型ワムシ(10/ml)の混合餌料を2回/日の頻度で給餌した(第二および第三水槽)。ふ化後4日目、仔魚(体長 $3.0 \pm 0.0$  mm)の卵黄はほぼ消失し、コペポータ/ワムシ給餌区においてはその腸管内に餌料が観察された。ふ化後6日目、ワムシ給餌区において大量斃死が発生し、本種仔魚がワムシを消化・吸収できないことは明らかで、ふ化後8日目までに試験仔魚は全滅した(第一水槽)。これに対して、コペポータ/ワムシ混合給餌区の試験仔魚は安定した摂餌行動を示し、腸管が充満していることが顕微鏡下で目視確認された。ふ化後10日目より、残存した第二および第三水槽のうち第二水槽にて、粒子サイズ200~300  $\mu$ mである微粒子飼料との組み合わせ給餌を開始した。なお、仔魚の体長が $5.1 \pm 0.3$  mmであるふ化後14日目からは粒子サイズ300~500  $\mu$ mの飼料を給餌した。コペポータ/ワムシ混合餌料区は引き続き飼料を摂餌したが(第三水槽)、成長は組み合わせ飼料区(第二水槽)の方が優れていたため、ふ化後17日目よりこの試験区(第三水槽)も組み合わせ給餌とした。成長の優れた組み合わせ飼料区(第二水槽)には、ふ化後14日目より *Artemia* 一齡期 nauplii、また続いてふ化後16日目より栄養強化 metanauplii も併せて与えた。成長の劣った第三水槽についてもふ化後17日目より同様に *Artemia* を給餌した。 *Artemia* については、1~3個体/mlの濃度にて2回/日給餌とした。ふ化後20日目にワムシ/コペポータの給餌を終了とした。試験仔魚は、 *Artemia* 給餌期において優れた成長率を示し、ふ化後25日目には変態を開始したものの、ふ化後35日目でも浮遊性仔魚がみられ、変態は完全には終了していなかったが、同日より稚魚用飼餌料の給餌を開始した。なお、上記給餌条件によるふ化から前期稚魚期に至るまでの生残率は2.1%であった。光条件については、ふ化後1日目~20に目については24L:0Dとし、それ以降は12L:12Dとした。試験期間中の水温および塩分については、それぞれ $27.6 \pm 0.2$  °C および  $29.5 \pm 0.3$  pptであった。

#### 生簀における種苗生産されたクロマグロ稚魚の衝突に関する研究

樋口健太郎\*・田中庸介・江場岳史・西明文・久門一紀・二階堂英城・塩澤聡  
水産総合研究センター西海区水産研究所まぐろ増養殖研究センター

\*Email: higuken @ affrc.go.jp

クロマグロは市場価値が高いことから、地中海やメキシコ、オーストラリア、日本などの多くの国や地域で養殖されてきた。クロマグロ天然資源の減少を背景とした天然稚魚の捕獲による養殖システムについて、最近の関心事は養殖用人工種苗の安定供給の必要性である。これは天然資源への影響を軽減する目的と養殖産業の振興のための目的の両方によるものである。2002年に近畿大学が太平洋クロマグロの完全養殖に成功してから、人工種苗を養殖産業へ応用することを目的として、様々な研究が活発におこなわれてきた。しかしながら、日齢30日後ぐらいに陸上種苗生産水槽から海面生簀へ移した後の人工種苗の高い死亡率が頻繁に観察されている。

この死亡原因は夜明け時の生簀網への衝突によるものと思われる。クロマグロでは視覚に頼った生活をしている他の魚種よりも生簀網の生残率がずっと低いので、衝突を防止する技術開発が取り組まれている。衝突の死亡率を低減するには、生簀網で衝突が起こる時の人工種苗の発育段階を解明することは重要である。

骨の傷害は、物理的衝撃による損傷が原因である明らかな衝突の指標と考えてよい。本研究では生簀網への衝突頻度を確かめるため、死亡魚の骨傷害を調査した。供試魚は水産総合研究センター西海区水産研究所奄美庁舎において、陸上水槽から生簀網へ移した後、90日間にわたり20m円形生簀3面を使用して飼育された。死亡魚はサンプリングされ脊椎骨と副蝶形骨の傷害を確認するため透明標本による染色、もしくは解剖によって検査された。

その結果、脊椎骨のずれや骨折は通常1~15番目の脊椎で起こっていた。生簀収容30日後までの全長5.5~15.2cmの脊椎骨と副蝶形骨傷害の頻度は低く、0から12%であった。その後、生簀収容が31日以後の全長21~39.2cmの傷害頻度は急激に増加して17.8~78%となった。この結果から、全長20cmよりも大きいクロマグロの死亡率は生簀網への衝突が原因であると示唆された。着実に安定的な養殖への人工種苗の供給には、今後もさらに研究が必要である。

## 産卵誘発、摂餌、飼育条件の改善によるメガネモチノウオの種苗生産の成功

平井慈恵<sup>1\*</sup>、小磯雅彦<sup>2\*</sup>、照屋和久<sup>3\*</sup>、小林真人<sup>3\*</sup>、武部孝行<sup>3\*</sup>、佐藤 琢<sup>3\*</sup>、奥澤公一<sup>4\*</sup>、萩原篤志<sup>5\*</sup>

<sup>1\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所養殖システム部

<sup>2\*</sup> 水産総合研究センター日本海区水産研究所資源生産部

<sup>3\*</sup> 水産総合研究センター西海区水産研究所亜熱帯研究センター（石垣庁舎）

<sup>4\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所養殖技術部

<sup>5\*</sup> 長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

<sup>1\*</sup> Email: nrhirai@fra.affrc.go.jp

メガネモチノウオ *Cheilinus undulatus* はベラ科最大種で太平洋、インド洋の熱帯、亜熱帯域のサンゴ礁周辺海域に生息する。本種はサンゴ礁域に生息する魚種の活魚取引の対象であり、このため1990年代初頭より漁獲圧が増大し、多くの国で漁獲量が落ち込んだ。現在では、2004年よりCITES附属書IIに掲載されており、国際的な取引は政府間で制限され、いくつかの国では漁獲そのものが禁止されている。

日本では、メガネモチノウオの漁獲は琉球列島で見られ、1990年には年間漁獲量が6.4トンあったが、過去20年間におよそ半分の漁獲量まで減少している。このた

め、メガネモチノウオの持続的利用のためには人工養殖の試みが重要視されつつある。種苗生産の成功は 2003 年にインドネシアで 1 度（稚魚：120 尾）達成されたが、再現性のある生産技術は確立していない。そこで、我々は産卵の誘導方法、初期餌料、仔魚の飼育条件についての検討を行った。その結果、通常の産卵は水温が 28°C 以上で、6~9 月の新月の前後 1 週間以内に見られた。受精は通常の産卵では 10~25% であったが、親魚の飼育水槽の海水を水位低下させたときにはすべての産卵において受精を誘導させることに成功した。仔魚飼育においては、本種の仔魚の口径は小さく（133 $\mu$ m）、初期餌料の検討が必要であった。そこで、二種類のワムシ類、SS 型ワムシ *Brachionus rotundiformis* タイ株とより小型のスナワムシ科のプロアレス *Proales similis* を生物餌料の候補として、鶏卵の卵黄粉末と粉ミルクを非生物餌料の候補として、初期餌料について調べた。仔魚は初回摂餌から最初の 7 日間はプロアレスを他の餌料よりも好んで摂餌し、その後、SS 型ワムシを好んで摂餌した。仔魚を 0.5kL 円形水槽で飼育した場合では、生残率は水温 30°C、通気量 20ml/分のときに最も高く、水面に油を添加することで、仔魚の浮上死を防ぐことが可能であった。そこで、プロアレスを初期餌料とし、最適な通気量とフィードオイルの添加によって仔魚飼育を試みたところ、2011 年 8 月に 50 日齢の稚魚を 22 尾（生残率=0.25%，全長=9.0 mm）生産し、2011 年 9 月には通気に濃縮酸素を用いることで 50 日齢の稚魚を 537 尾（生残率=10.7%，全長=9.1 mm）生産することに成功した。これらの結果、検討した試験方法ではメガネモチノウオの再現性ある種苗生産が可能であることを示した。

#### 日本におけるアワビのキセノハリオチス症について

桐生郁也<sup>1\*</sup>、栗田潤<sup>1\*</sup>、湯浅啓<sup>1\*</sup>、西岡豊弘<sup>1\*</sup>、嶋原佳子<sup>1\*</sup>、釜石隆<sup>2\*</sup>、丹下菜穂子<sup>3\*</sup>、大迫典久<sup>1\*</sup>、C. S. Fredman<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所魚病診断センター

<sup>2\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所病害防除部

<sup>3\*</sup> 鳥取県農林水産部

<sup>4\*</sup> School of Aquatic and Fishery Sciences, University of Washington, Box 355020, Seattle, WA 98195 USA

<sup>1\*</sup>Email: ikunari @ affrc.go.jp

「キセノハリオチス症原因菌(WS-RLO)」が日本のクロアワビで検出されたので報告する。本症は米国西海岸において、1980 年代半ばから発症してい、日本国内では報告がなかった。2011 年に日本の養殖場においてクロアワビ稚貝で 32.8% の死亡率があった。病理組織観察により、WS-RLO に特徴がある菌塊が観察され、WS-RLO に特異的な PCR でにより陽性をしめし、増幅された核酸の法塩基配列を決定した結果、WS-RLO と完全に一致した。本発表ではキセノハリオチス症に対する国内の防疫対策を紹介する」

#### THAD COCHRAN 海面養殖センターにおけるふ化場技術および研究

Phillip G. Lee\*, Reginald Blaylock, Eric Saillant and Jeffery Lotz

Thad Cochran Marine Aquaculture Center Gulf Coast Research Laboratory-University of Southern Mississippi 703 E. Beach Road, Ocean Springs, MS 39564

\*E-mail: leenrcc@gmail.com

THAD COCHRAN 海面養殖センターは7棟の新しい研究実験棟を有し、メキシコ湾における海面養殖の振興を目的としている。研究実験棟として、餌料生物生産システム、ふ化・親魚・種苗・成魚生産システムとともに、遺伝・病気・栄養・行動に関する研究のための通常の実験室および飼育施設が備えられている。このほか、講習や公共教育用の施設が数棟ある。本センターの主要な目的は、メキシコ湾域において産業的にまた遊漁上重要な種の増殖を図ること、そして産業界への移転を目的とした養殖技術の開発を行うことである。当面の目標は、資源培養計画において稚魚の生産、育成、タギング、放流および評価を促進するために海産魚の親魚を捕獲、飼育して、産卵を促す方法を開発することである。本センターでは、最先端技術、研究の査読、および環境的持続的であり経済的に実現可能な方法で飼育するための実践的試験 (hands-on testing) を取り入れている。また、連邦機関、州政府期間のみならず私企業とのパートナーシップによって研究資金を得ている。当施設は、ふ化用および飼育水槽の全てが人工海水による閉鎖循環系を採用しており、飼育水槽と施設環境との間でバイオセキュリティが保証されているという点において特徴的である。研究課題および施設には、大別して3つのプログラム: Spotted Seatrout プログラム、Red Snapper プログラムおよび新規対象種に関するデモンストレーション・プログラムがある。この数年間、50万尾を超える標識 Spotted Seatrout (*Cynoscion nebulosus*) を当該湾域に放流し、その評価プログラムがミシシッピ州海洋資源局との共同で実施中である。第2の主要プロジェクトである Red Snapper (*Lutjanus campechanus*) については、近年、数千尾を放流してきたところで、新規のふ化場や育成施設を敷設することで、この2年間、その規模をおおいに拡大してきたところである。このふ化場生産増大プロジェクトを成功させるためには、餌料生物生産系の改善が必須である。デモンストレーション・プロジェクト研究チームが注目している新たな種としては、Cobia (*Rachycentron canadum*), Tripletail (*Lobotes surinamensis*) および Atlantic Croaker (*Micropogonias undulatus*) があげられる。本センターはメキシコ湾海産魚ふ化場コンソーシアムの確立に努力してきたところであるが、本コンソーシアムによってメキシコ湾岸にある多くの公私研究機関の連携が可能となり、情報交換や共同研究の計画・調整の促進が期待される。

## DHA およびタウリンがカンパチ仔魚の成長や生残に及ぼす影響

松成宏之<sup>1\*</sup>、橋本 博<sup>2\*</sup>、岩崎隆志<sup>3\*</sup>、小田憲太郎<sup>2\*</sup>、増田賢嗣<sup>2\*</sup>、今泉 均<sup>2\*</sup>、照屋和久<sup>2\*</sup>、古板博文<sup>1\*</sup>、山本剛史<sup>1\*</sup>、浜田和久<sup>4\*</sup>、虫明敬一<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所養殖システム部

<sup>2\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所志布志庁舎

<sup>3\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所上浦庁舎

<sup>4\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所古満目庁舎

\*<sup>1</sup>Email: matsunari @ affrc.go.jp

カンパチ (*Seriola dumerili*) は、ブリ (*Seriola quinqueradiata*) とともに西日本で重要な養殖対象種となっている。しかしながら、養殖用のカンパチ種苗は天然種苗に依存しており、人工種苗の大量生産技術の確立が求められている。人工種苗生産では、給

与する生物餌料への適切な栄養強化が求められる。これまでの研究から、天然種苗および天然種苗が摂餌していると考えられるプランクトンの DHA およびタウリン含量は、人工種苗および人工種苗に給与する生物餌料と比較して高いことが明らかになった。このことから、種苗生産で用いられているワムシには、DHA およびタウリンが不足していることが示唆された。

はじめに DHA がカンパチ仔魚の成長や生残に及ぼす影響について調べた。4 段階の異なる濃度で DHA を強化したワムシを 3 日齢から 10 日齢まで仔魚に与えて飼育した結果、DHA の強化に伴い成長、生残率および初期の開腔率が改善する傾向がみられた。次にカンパチ仔魚に給与するワムシの培養に用いる藻類の DHA 含量の違いが、仔魚の成長、生残および開腔率に及ぼす影響を検討した。その結果、EPA 含量の高いナンノクロロプシスでワムシを強化した区では、成長および生残率は改善するものの、開腔率は改善されず、開腔率の改善には DHA が必要であることが示唆された。さらに、市販のタウリン強化剤を用いて 4 段階の異なる濃度でタウリンを強化したワムシを 3 日齢から 10 日齢まで仔魚に与えて飼育した結果、ワムシへのタウリン強化により生残率および初期の開腔率が改善する傾向がみられた。

これらの結果から、DHA およびタウリン強化ワムシの給与はカンパチ仔魚の成長や生残率の向上に有効であること、カンパチ仔魚の DHA およびタウリン要求量はそれぞれ、1.5、5.3mg/g であることが明らかになった。

## ブリにおけるゲノム情報を用いた遺伝育種への応用

尾崎照遵<sup>1\*</sup>、吉田一範<sup>2\*</sup>、甲斐渉<sup>1\*</sup>、青木純哉<sup>1\*</sup>、川端優美<sup>1\*</sup>、藤加菜子<sup>3\*</sup>、久保田論<sup>3\*</sup>、秋田一樹<sup>3\*</sup>、小山喬<sup>3\*</sup>、中川雅弘<sup>2\*</sup>、堀田卓朗<sup>2\*</sup>、津崎龍雄<sup>2\*</sup>、岡本信明<sup>3\*</sup>、坂本崇<sup>3\*</sup>

荒木和男<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所養殖技術部

<sup>2\*</sup> 水産総合研究センター西海区水産研究所

<sup>3\*</sup> 東京海洋大学海洋科学科

<sup>1\*</sup> Email: aozaki @ affrc.go.jp

天然資源を直接利用する漁業を中心に発達してきた水産業では、育種はさして重要な研究分野と見なされていなかったが、天然資源の枯渇により、養殖産業への期待が高まるにつれ、魚介類の生活史を人為的に完結させ、継代ごとに経済形質の改良の可能性のある育種研究とそれを利用した優良品種の開発に期待が寄せられている。我々はブリを対象種として、天然遺伝資源から重要な経済形質の選抜に関する研究、及び実用化を行っている。

我々の研究で、代表的な 2 値要素の形質として、ブリ養殖で性を制御するのに有用な遺伝的性別を識別するためのマーカーを同定した、効率的な性の判別方法がブリで利用可能であれば魚の成長に伴う表現型による雌雄を確認する必要がなく、マーカーにより雌雄を判別し、次世代のために雌を多く残し、雄を早く出荷することで生産効率を上げることが可能となる。また性決定遺伝子座は遺伝連鎖地図上の連鎖群 Squ12 位置しており、性対立遺伝子は雌親から継承され、ブリは ZZ-ZW 様式の性決定システムを持っていることがわかった。

また我々は重要な病害抵抗性形質の育種を目標としており、特に外部寄生虫



*Benedenia seriola* によるベネデニア症は、ウイルスや細菌の二次感染につながるブリ養殖の深刻な寄生虫疾患である。魚は寄生虫を除去するために魚のケージに対して自分の体をこすするため、稚魚期の死亡率が特に高く、寄生虫を除去する主要な方法は、淡水浴中に魚を浸漬するであり、また淡水浴による方法は、時間、コスト、労力の多くを必要とする、ベネデニア症は海面養殖のシステム上、防止することは非常に困難である。我々はブリのベネデニア症病抵抗性の遺伝的根拠を評価するために、ゲノムワイドと染色体ワイド連鎖解析をブリ F<sub>1</sub> ファミリーにおいて行った。結果として二つの主要な量的形質遺伝子座 (QTL) を連鎖群 Squ2 と Squ20 上の領域に見つけ出した。これらの QTL 領域は、表現型分散の 32.9 から 35.5 パーセントを説明し、これらの初めてのベネデニア症抵抗性の表現形質に関する遺伝学的証拠は、ブリのこの重要な病気への抵抗性のメカニズムを解決するのに役立つであろう。

そして今なお高度な研究が進んでおり、DNA マーカー選抜育種 "MAS"により、連鎖群 Squ2 と Squ20 のベネデニア症に関する有意な QTL 領域をについて、F<sub>2</sub> ファミリーを使用し選抜育種を行っています。F<sub>2</sub> の QTL ジェニック系統は、親の遺伝子型の組み合わせ、すなわちマーカーの遺伝型により、感受性の高い両親と、抵抗性の高い両親を選び交配させ、その子孫 F<sub>2</sub> 集団において、ベネデニア症におけるハダムシ寄生虫の数に有意に差があることが確認できた。

DNA マーカー選抜育種 "MAS"による遺伝育種法は水産生物の他のターゲットにも広く適用できます、また水産研究における遺伝的資源の有効活用は、植物や動物と比べて多くの利点を持っています、それは水産生物が野生集団のため、依然として高い遺伝的多様性を維持しており、野生種は育種素材として遺伝資源でもあり、持続的養殖産業に貢献します。今回は、我々の研究であるブリのゲノム情報で使った "MAS" 育種プログラムを紹介したいと思います。

キーワード

ブリ、性決定遺伝子座、ベネデニア症 (*Benedenia seriola*)、量的形質遺伝子座 (QTL)、マーカー選抜育種 "MAS"

## ニューイングランド地方における藻類養殖に関する共同体制—産学そして技術普及による養殖産業における新分野開発の現状

**Sarah Redmond\***, Dana Morse Charles Yarish, Jang Kim, Paul Dobbins, Tollef Olson  
Maine Sea Grant & University of Maine Cooperative Extension University of Maine Orono,  
ME 04469

\*E-mail: sarah.redmond@maine.edu

ニューイングランド地方における産学そして技術普及のパートナーシップによりメイン州およびロングアイランド海峡における在来藻類種の産業レベルの養殖は成功を収めた。コネチカット州立大学藻類バイオテクノロジー研究所および Ocean Approved, LLC (合同会社) (ポートランド、メイン州)所属試験場/養殖場において開発されたカラフトコンブ (*sugar kelp, Saccharina latissima*) 用の種苗生産および育成技術によって、米国における初のコンブ養殖産業の確立ならびにロングアイランド海峡における啓蒙・実験施設の設立が可能となった。本技術については、普及を目的としたメイン州海洋開発助成金 (Sea Grant) 共同研究事業によって 6 カ所の異なる介類

養殖場にコンブ養殖ラインを造りあげることでメイン州沿岸に沿って共用し、展開した。この事業の結果、第1回目の藻類養殖地域研究集会が開催され、海藻養殖業者、新規参入養殖業者、研究者、技術普及員、学生および起業家が参加した。ニューイングランド地方においては、この新興の産業分野は産学および技術普及による公開された共同体制をとおしてアイデア・技術・情報を共用することで発展し続けている。

## 南カリフォルニアにおけるヒラマサ種苗の集約的生産

**Federico Rotman\***, Kevin Stuart, and Mark Drawbridge

Hubbs-SeaWorld Research Institute 2595 Ingraham St. San Diego, CA 92109, USA

\*E-mail: kstuart@hswri.org

Hubbs-SeaWorld 研究所(HSWRI)では、2003年より、当所に属するサンディエゴ試験場にてヒラマサ(yellowtail amberjack, *Seriola lalandi*)を飼育してきたところである。産業スケールでの技術の洗練化を目的として、2007年より、ミッション湾研究施設において大量生産が開始されたが、最初の結果は、「体重1g時の稚魚の生残率は0.2~5.0%で、程度は様々であるが(多くの場合40%超える)骨格異常を伴う」という結果であった。また、仔魚の鰾開腔率はまったく一定しておらず、本種のケージ養殖にとって無視することのできない問題となることが危惧された。種苗の品質と生産量を改善することを目的として、2012年には、生産プロトコルおよび生産システムについて、餌料生物の品質改善および仔魚養成の微生物環境の改良を実施した。これらの改良・改善については、世界的な養殖技術の進展とすり合わせながら、HSWRIにて実施した仔魚飼育試験の結果に基づいて実施したものである。

ワムシ(*Brachionus plactilis*)およびアルテミア(*Artemia franciscana*)双方へ供給する水質の改善に加えて餌料生物生産システムにおける細菌量を制限することで、餌料生物の品質強化に努めた。餌料生物系の水質については、高性能1 $\mu\text{m}$ プリーツフィルター(pleated filter)および高出力UV殺菌装置(high-intensity ultraviolet sterilizer)を新たに導入することで改良した。さらに、アルテミアの生産プロトコルでは、INVE Separt system、INVE Hatch Controller、改良消毒法、および冷蔵法の自動化を採用することで *Vibrio spp* の細菌量を減少した。ワムシ生産系については、再循環技術および改良冷蔵法を用いることにより微生物群落がより安定するように改善した。

仔魚飼育系については、専用の高性能1 $\mu\text{m}$ プリーツフィルター、紫外線殺菌/加温装置を新たに導入することで改良を加えた。水槽、配管および諸装置から蓄積したバイオフィルムを除去するために、操業と次の操業の間において通常の生産システム総殺菌プロトコルを実施した。さらに、定量的バクテリアスクリーニング法を所定通り実施することでクリーニング/消毒プロコールを確実なものとした。上記システムの適切化を図った上で、既知の実験結果に基づいて実用スケールの仔魚タンク(容量1.6~8.0 $\text{m}^3$ )を用いて種々の仔魚飼育方法について試験した。ほぼ全試験において、自動温度制御冷蔵ユニット(automated temperature controlled cold-storage unit)によって仔魚飼育水槽のワムシおよび濁度(藻類ペーストまたは粘度粒子)を継続的に管理した。粘度粒子に基づく濁度管理プロトコルでは余りよい結果は得られなかったが、藻類ペーストに基づく濁度管理プロトコルと仔魚のpassive-transfer法を組み合わせることで最も良い生産成績が得られた。

結果として、改良型システムおよびプロトコルを用いることで、2012年の夏期シ

ーズンにおいては2回のヒラマサ種苗生産を実施し、また現在も種苗生産を操業中である。第1回目の操業においては20万尾を超える0.75gの稚魚（卵からの生残率は30%）を生産することができ、第2回目においては、45,000尾を超える1.3gの稚魚を生産することができた。第3回目においては、まだ後期仔魚期ではあるが、これまでと同様に良好な結果が得られそうである。骨格異常の発生率は以前に比べて比較的低かった(<5.0%)。得られた成果は励みになるが、前年と比べてみても鰓開腔率はまったく安定しておらず、第1回目、第2回目の生産操業において、それぞれ、<1.0%および23.0%であった。

目下鋭意努力中の研究・技術開発としては、システム／プロトコルの一層の洗練化、仔魚生残率の安定化、ならびに鰓開腔率の改善をあげることができる。

### 種苗生産されたスジアラ、ヤイトハタ仔稚魚は放流された後にきちんと泳ぐことはできるのか？－野外実験による検証－

澁野拓郎<sup>1\*</sup>、阿部寧<sup>2\*</sup>、高田宜武<sup>3\*</sup>、橋本和正<sup>4\*</sup>

<sup>1\*</sup> 水産総合研究センター増養殖研究所資源生産部（横須賀庁舎）

<sup>2\*</sup> 水産総合研究センター国際水産資源研究所くろまぐろ資源部

<sup>3\*</sup> 水産総合研究センター日本海区水産研究所資源生産部

<sup>4\*</sup> 水産総合研究センター西海区水産研究所有明海・八代海漁場環境研究センター

<sup>1\*</sup> Email: shibunot @ affrc.go.jp

ハタ科魚類の稚魚の行動を明らかにするため、1997-1998年に石垣島北部の浦底湾礁原部において、スジアラ *Plectropomus leopardus* (n=81) とヤイトハタ *Epinephelus malabaricus* (n=61) の人工種苗を使い、日中、ダイバーの目視観察による人工種苗の野外行動追跡実験を行なった。岸から約1km離れた沖合水深約30mの地点では、スジアラの平均移動水深は10.2m、平均移動速度は4.9cm/sで、ヤイトハタの平均移動水深7.5m、移動速度は6.1cm/sであった。また、岸から約200m離れた水深約7mの地点では、両種ともリーフ近くで放した場合には補食をさけるために岸から遠ざかるように泳いだ。400m沖合、水深18mで放流した両種はスジアラ平均水深16.4m、ヤイトハタ平均水深15.4mの礁斜面へと着底したが、着底水深、着底までの時間、着底の遊泳速度、着底までの遊泳距離については両種間で有意な差はなかった。着底場所の選択実験では水深16m、礁斜面から3m、底から3m離れたところから放流したスジアラ稚魚は73%が礁斜面上の突出部の裏側へと入り込むように着底した。底のサンゴ片場にある岩等の下へ着底した個体は23%であった。

### 異体類稚魚の成長に及ぼす光環境

清水大介<sup>1\*</sup>、藤波祐一郎<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup> 水産総合研究センター東北区水産研究所資源生産部

<sup>2\*</sup> 水産総合研究センター東北区水産研究所資源生産部（宮古庁舎）

<sup>1\*</sup> Email: dshimizu @ affrc.go.jp

魚類の生活様式に光周期等への応答メカニズムが深く関与していることは広く知られている。光制御技術は、親魚養成・採卵では生殖サイクルをコントロールする際の大きな要素として利用されてきた。一方近年、種苗生産現場では開口直後の光環境が多様な種類の仔魚期摂餌に大きく影響することが明らかとなっており、健全で効率的な種苗生産には対象魚の生態に合わせた飼育手法の開発が不可欠である。

そこで、北日本の重要な増殖対象種の異体類の内、極浅海域で生活するホシガレイ（好明条件種）、深海域で生活するババガレイ（好暗条件種）、中間的なヒラメをモデルとして取り上げ、発育段階（開口（摂餌開始）、変態期、稚魚期）ごとに飼育実験を行い、摂餌状況（摂餌率・摂餌量）および成長・生残を指標として、飼育に最適な光環境条件（光強度、波長、光周期）を調査した。

光強度：ホシガレイでは明条件で摂餌状況が良好で、成長生残が向上した。また、成長に伴い暗条件でも摂餌が可能となる。逆に暗条件で摂餌状況が良好で、成長生残が向上した。中間種であるヒラメは、ホシガレイとババガレイの中間にあたる結果となった。

光周期：ホシガレイ・ヒラメでは開口直後に24時間照明を行うと、摂餌状況が良好で、成長生残が向上した。しかしババガレイでは効果が認められなかった。

波長：ホシガレイおよびヒラメで飼育実験を行った結果、両者とも通常の白色光と比べて、緑色光（518 nm）で摂餌が良好で、成長生残が向上した。成魚で行った網膜電位の計測結果、ホシガレイの感度ピーク波長は521 nm、ヒラメは511 nmであり、飼育実験の結果と合致した。

上記で得られた至適光環境を3種で最も種苗生産が困難なホシガレイに取り入れた結果、安定的な種苗生産が可能となった（平均生残率20%→50%、平均正常率50%→80%）。

## 南カリフォルニアにおけるカンパチ(*Seriola lalandi*)仔魚養成技術の進展

**Kevin Stuart\***, Federico Rotman, and Mark Drawbridge

Hubbs-SeaWorld Research Institute 2595 Ingraham St. San Diego, CA 92109, USA

\*E-mail: [kstuart@hswri.org](mailto:kstuart@hswri.org)

Hubbs-SeaWorld 研究所(HSWRI)では、2003年より、当所に属するサンディエゴ試験場にてヒラマサ(yellowtail amberjack, *Seriola lalandi*)を試験的に飼育してきたところである。2007年より、集約的種苗生産に着手して、2007年~2011年において、卵からふ化後50日齢まで5%の高生残率を達成した。2012年には、仔魚飼育の操作型研究を実施することで仔魚の飼育成績全般について改良した。本研究は、生物餌料給餌系列の適正化および仔魚飼育タンク内のバクテリア量(*Vibrio* spp.)を減少することを目的としたものである。

まず、餌料生物給餌方法について適正化を図ることから着手した。従来のヒラマサ用 HSWRI 給餌法では、まず2日齢から7日齢までワムシ(*Brachionus plicatilis*)を、6日齢から8日齢まで第1齢のアルテミア(*Artemia franciscana*)を、および7日齢から35日齢まで第2齢のアルテミアを順番に給餌する。試験1においては、適切な餌料の切り替え時機に加えてその時機を超えた場合の各餌料の摂餌レベルを把握するために、3日齢から20日齢までワムシ、第1齢のアルテミアおよび第2齢のアルテミアを同時に給餌した。この飼育試験から、ふ化仔魚は、早くも3日齢(脊索長、4.5 mm)

から第1齢のアルテミアを、また、早くて5日齢(脊索長、4.6 mm)から第2齢のアルテミアを摂餌することがわかった。次に、現行生物給餌方法から第1齢のアルテミアの給餌を除くことについて試みた。なぜなら、第1齢アルテミアを栄養学的に強化することは不可だからである。本試験では、1)5日齢目にワムシ給餌から第2齢アルテミア給餌に切り換える区、2)7日齢目にワムシ給餌から第2齢アルテミア給餌に切り換える区、および3)ワムシ給餌から順次、第1齢アルテミア給餌、第2齢アルテミア給餌と切り換える区(すなわち従来のHSWRI法)の計3区を設けた。その結果、試験区間で成長および生残率に差はみられず、5日齢においてワムシ給餌から直接第2齢アルテミア給餌へと切り替え可能であることが明らかとなった。

引き続き、仔魚飼育槽中のバクテリア(特にビブリオ種)量の減少を図った。仔魚養成環境におけるバクテリア数は、飼育槽への投入物(藻類または餌料生物など)ならびに水質や水温など他の要因によっても大きく左右される。そこで、二つの試験を実施して、水中のバクテリア量(ビブリオ種)を最小化するとともに仔魚の良好な飼育を維持するための方法を検討した。まず、グリーンウォーター型環境における藻類に代わる濁度剤としてベントナイトクレイ(Bentonite clay)の使用を試みた。本試験では、1)クレイ+連続給餌区、2)クレイ+バッチ給餌区、3)藻類ペースト+バッチ給餌区の計3区を設けた。培養開始14日後で水中のコロニー数は、藻類ペースト区( $5,692 \pm 2,396$  CFU)よりもクレイ処理両区( $377 \pm 120$  CFU)で有意に少なかった。成長については処理間で差はみられなかったが、生残率についてはクレイ+バッチ給餌区( $2.3 \pm 0.5\%$ )または藻類ペースト+バッチ給餌区( $2.8 \pm 1.5\%$ )よりもクレイ+連続給餌区( $14.1 \pm 2.6\%$ )で有意に大きかった。二番目の試験として、最初の2週間において1、5、9日齢目に仔魚を隣接するクリーンな水槽へサイフォン輸送することで飼育水槽中のバクテリア量を制限することを試みた。その結果、仔魚を輸送しなかった水槽水( $1,962 \pm 1,415$  CFU)よりも輸送先の水槽水( $1,025 \pm 541$  CFU)のほうがビブリオコロニー数が少ないことがわかった。また、生残率についても輸送しなかった水槽( $23.1 \pm 6.3\%$ )よりも輸送先の水槽( $43.9 \pm 13.5\%$ )のほうが良かった。

以上のことから、2012年には上記実験室レベルの方法を3度の実用スケールの生産操業に応用を図ったところ、卵から稚魚までの生残率は30%にも改善された。以上の研究は、実験室スケールの実験結果というものが現場生産スケールにとって有用でかつ技術移転の可能性があるのだということを実証している研究である。生産毎にみられる不安定性の改善を含めて仔魚生残率について総合的な安定性を図る新たな試験研究が必要である。

### 遺伝的多様性に配慮した希少種マツカワの親魚管理および交配技術

鈴木重則\*, 村上直人, 市川卓

水産総合研究センター増養殖研究所資源生産部(南伊豆庁舎)

\*Email: sshige@affrc.go.jp

栽培漁業対象種として資源水準の悪化した種、または市場価値の高い希少種が選定される機会が増えつつある。これら小集団に対する種苗放流事業では、資源水準の低さに起因するさまざまな遺伝的脆弱性への配慮が不可欠となる。ここでは、資源水準の悪化が著しいマツカワを対象とした親魚管理および交配技術について紹介する。

採卵技術:3セットの高変異性マイクロサテライトDNAマーカー(Vmo2, Vmo17, Vva7)

を用いて、保有する全ての親魚雌雄間の遺伝的血縁度を推定し、最小血縁個体選抜交配により人工種苗の近交度上昇を回避した。次に、搾出法により同時に得られた複数親魚由来の精子および卵を用いて、最小血縁となる全ての組合せで人工授精することにより、受精卵群の遺伝的バリエーションを最大限に高めた。さらに、得られた受精卵を雌親魚由来毎にふ化まで個別管理し、各親魚由来の家系サイズが均一となるように収容尾数を最適化することで有効集団サイズの最大化を図った。以上の手法により、種苗生産に供するふ化仔魚の近交最大回避および遺伝的多様性の最大化を同時並行して達成することができた。

親魚の継代技術：親魚候補として継続飼育した 1.5 歳の人工生産養成魚 197 尾に対して、個体識別用標識 (PIT タグ) の埋め込み、超音波断層法による性判別、および 3 セットの高変異性マイクロサテライト DNA マーカーによる遺伝子型の特定を行なった。これらの結果から、親魚候補集団が保有していた 3 マーカー遺伝子座の全ての対立遺伝子を必要最小限の尾数で維持できるように 35 尾を選抜した。以上の手法により、全親魚集団が保有する 3 マーカー遺伝子座の 99 対立遺伝子のうち 37 を新たな親魚集団に効率的に継代することができた。

### ふ化場におけるオオヒメ (*Hawaiian pink snapper*, *PRISTIPOMOIDES FILAMENTOSUS*) 種苗生産の改良

Clyde S. Tamaru<sup>1\*</sup>, Karen Brittain<sup>1\*</sup>, Benjamin Alexander<sup>1\*</sup>, Petra H. Lenz<sup>2\*</sup>, James Jackson<sup>2\*</sup>, and Harry Ako<sup>1\*</sup>.

<sup>1\*</sup>College of Tropical Agriculture and Human Resources/Hawaii Institute of Marine Biology,

<sup>1\*</sup>Pacific Biosciences Research Center

<sup>1\*</sup>E-mail: clydetamaru@gmail.com

opakapaka はハワイにあって“Deep Seven” と称される高級底魚類の一魚種であり、乱獲状態にあるとされてきた。このような状態にあってハワイ諸島における底魚漁業の漁業管理計画を策定することが委託されたわけであるが、その計画の一つとしてふ化場プロトコルの開発があげられ、初期の試みは親魚養成のみで終了したが、このことにより本種の増殖のためふ化場技術を開発する機会が得られた。

opakapaka の栄養学的要求が満たされていることを確実なものとするために、本種の産卵された卵の脂肪酸組成を明らかにした。本種卵の脂肪酸含量は天然カイアシの脂肪酸含量と同じであった。総脂肪含量は比較的低い、必須脂肪酸である DHA および EPA の%組成 (DHA で  $26.9\% \pm 4.3\%$ 、EPA で  $2.7\% \pm 0.4\%$ ) は他の報告と一致しており、両必須脂肪酸は opakapaka 仔魚の生残および成長に必要な不可欠であることを示している。また、種々の生物餌料の必須脂肪酸組成を調べたところ、ナンノクロロプシスを給餌したワムシを除いて使用した生物餌料は%組成において類似の脂肪酸組成を有し、また、開発されたプロトコルは opakapaka 仔魚の栄養要求を満たすように調整可能であることが示唆された。

給餌および無給餌仔魚の全長における変化また口径の時間的変化によれば、3 日齢までには給餌を開始しなければならないことが明らかとなった。生物餌料の単一種給餌で、または複数種の組合わせ給餌で仔魚を飼育した場合、カイアシ類ノープリウスのみを給餌する給餌法が最も優れていた。

カイアシ類成虫およびそのノープリウスの生産は使用する光合成プランクトンの

密度に影響されて変化するので、上記の結果に基づいて、3日齢までに3,000-L 培養槽を用いて5-10 個体数/mlの密度で *Parvocalanus sp.* ノープリウスを安定生産する体制を構築した。これは、仔魚飼育槽にストックするに先立ち、 $4 \times 10^5$  セル/mlの密度の *Isochrysis galbana* (タヒチ・ストレイン)を用いてカイアシ類培養のコンディショニングを実施することで可能となった。本技術を用いることで最初の給餌期から10~12日齢までの生残率が平均80%と前例のない結果が得られた。

opakapaka 仔魚の摂餌行動をビデオ観察することで、成体およびコペポダイト期カラノイドカイアシ類はそれらカイアシ類が有する回避能力によって仔魚による捕獲から逃れていることが明らかとなった。ワムシは容易に捕獲されるが、遍在型 (ubiquitous)のワムシは opakapaka 仔魚に対して適切な餌料生物ではなく他の移行型 (transitional)餌料生物が必用であることが明らかとなってきた。

### ふ化場生産および種苗品質と関連したアルテミア生物地理学の把握

**Laura Torrentera**

NOAA Visitor Scientist Kirkland, WA 98034 1

\*E-mail: torrentera@yahoo.com

魚介類の仔魚・幼生生産については、管理されたふ化場や種苗育成環境で実施されているが、大量生産に失敗するか、大量生産してもコスト高に終わり、これは一部にはブラインシュリンプなど餌料生物に関する生態学的研究が不十分なことによる。発育中にある仔魚・幼生は通常は極めて小さく、はなはだ脆弱で、また生理学的に未熟である。養殖産業にあって仔魚・幼生に適正な栄養物を与えることは主たるボトルネックの一つである。今でも、最良の栄養源は発育中の仔魚・幼生に対する餌料として生物餌料類の系列を確立して使用することから得られる。養殖産業においてアルテミアは最も重要な生物餌料の一種であり、サイズが1~50  $\mu\text{m}$  である微少餌料粒子を経口摂取することができ、それは活微少藻類、パン酵母、乾燥微少藻類、プロバイオティクスおよび食品産業界の廃棄物をはじめとして広範にわたる。アルテミアが粒子性食物を非選択的に摂取することから、ベクターあるいはバイオカプセルとしての用途が可能であり、特定の栄養素および生物学的保護物質を海水性・淡水性仔魚に供給して、種苗の健全性を保証している。そうした栄養素や免疫的保護物質は仔魚に相当量蓄積されることはないので、急速な成長期にあっては欠乏あるいは疾病の兆候が数週間内に発生する。養殖動物にとって有用な一次飼料原料 (米ぬか、トウモロコシフスマ、大豆粕、ホエータンパク質など) は人の食糧用の動植物性製品の製造過程において生じる産物である。このような原料の大部分は栄養素のレベルが限られており、抗栄養因子をもたらすことさえある。そのような不十分な原料の栄養強化を図ることができるが、活発な捕食者である仔魚は、人工飼料を容易には利用することができない。天然の食物源に代わる人工的な手立ては無く、かかる人工飼料は水圏の富栄養化をもたらし、また仔魚の成長を損なうおそれがある。今や、その天然の栄養特性ばかりでなく重要なバイオカプセル (必須栄養素、ビタミン類、色素類、抗酸化物質、活性酵素群、プロバイオティクス類、抗微生物剤、ワクチン) としてアルテミアは重要な栄養源とますますみなされている。重要な栄養素の至適量を含んだ人工飼料を調製することがコスト高で技術的に困難であることを考慮すると、アルテミアにはいくつかの長所が備わっている。以上のような理由によりアルテミア生物地理学やその栄養学的

品質に関する研究が近年ますます盛んになってきている。かかる分野、またアルテミア品種に関する研究によりその栄養学的な価値とともに天然の生態学的条件の指標も明らかとなりつつある。要約すると、養殖においてアルテミアを餌料生物として活用することには既存の栄養学的に不十分な食糧源に勝る利点があり、このため、アルテミア生物地理学や生態学といった新たな研究分野が促進されて、世界レベルにおいて異なるアルテミア集団の品質や生産コストについて検討が進められている。

### 異体類資源培養のための中間育成技術：世界におけるその進展そして盲点

**Michelle L. Walsh**

Office of Sustainable Fisheries, National Marine Fisheries Service, NOAA Silver Spring, MD 20910

E-mail: michelle.walsh@noaa.gov

資源培養計画を成功させるには放流魚が生存することが必用であり、そのためには放流魚が新しい環境に馴致して首尾良く摂餌ができ、また捕食者から回避することができることが必須である。しかし、天然の同種個体と比べて、ふ化場で育成した異体類（ヒラメ類、オヒョウ類、シタビラメ類など）の種苗は不規則な遊泳、摂餌行動、隠蔽行動（潜砂行動、体色変化）を示すことが多く、この行動上の欠点により放流した後の捕食者による捕食リスクが高まると考えられている。放流前に種苗を自然界の刺激に対して馴致することでその行動を改善することが可能となり、このことにより自然界での生残率も高まり、結果として漁業資源への加入量も増加することになる。

ふ化場において異体類に試みられてきた中間育成技術の例としては、飼育水槽に堆砂を設けること、活（または疑似）餌料、捕食者刺激を提供することがあげられる。兵庫県水産技術センターふ化場では種苗法流用に育成しているマコガレイ

*Pseudopleuronectes yokohamae* に冷凍オキアミミンチに加えて栄養素を強化するために配合ペレット飼料を給餌しているが、放流の2週間ほど前にペレットの給餌を中断することで対象魚がより天然の餌料に集中するように育成している。米国では、ふ化場で生産した winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* に活餌料（多毛類、端脚類）を給餌することにより、速やかに天然魚と同等となるように放流後の摂餌行動の順応を図ってきたが、ふ化場では長期的に活餌料を給餌する上でその浪費は今なお大きな障害である。

放流場所近辺の自然環境への移行を容易なものとするために適用可能な技術としては、放流直後の数日間もしくは数週間の補足的給餌に対して光キューまたは音響キューに反応するようにオペラント条件付けを実施すること、または完全に放流する前に捕食者が生息するケージに短期放流を実施することがあげられる。ケージ中間育成することにより、放流種苗は自然界の基質／底質、餌料源を経験することに加えて、実際の放流以前に捕食者に対して安全に遭遇することが可能となる。2004年以來、デンマークでは、放流用 Atlantic turbot *Psetta maxima* のケージ中間育成法を採用することで放流後の死亡率を大幅に低下することに成功した。水産総研究センター小浜実験場では、2008年以來、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* のケージ中間育成を実施したところ、馴致魚は漁獲による再捕率が有意に高く、潜砂行動・摂餌技術に長けていることが明らかとなった。デンマークおよび日本の両例において、放流サイト近辺における集中的な再捕試験努力は（摂餌していない、移動していない）弱っている放流魚を



作為的にサンプリングしてしまうおそれがあることが明らかとなった。ニューハンプシャー州立大学（米国）では、2004年以來、ケージ中間育成を放流用 winter flounder のプロトコルの一つとしているが、ケージ自体がケージ構造を好む捕食者（ほとんどカニであるが）を誘引することが明らかとなり、したがって近年、ケージのデザインについて改善が施されているところである。

放流前に放流種苗を首尾良く馴致することができれば放流後の生残率が改善され、再捕率を高めることができるが、もし種苗放流の取り組みが日の目を見ることで将来への取り組み（すなわち、資金、資源、支援）が左右されることになるなら、モニタリングを適切に実施することが可能な放流サイトを選択することもまったく同様に重要である。

### ブリのハダムシ寄生症に関する形質評価法

吉田一範<sup>1\*</sup>、尾崎照遵<sup>2\*</sup>、堀田卓朗<sup>1\*</sup>、中川雅弘<sup>1\*</sup>、青木純哉<sup>2\*</sup>、小山喬<sup>3\*</sup>、荒木和男<sup>2\*</sup>、岡本信明<sup>3\*</sup>、坂本崇<sup>3\*</sup>、津崎龍雄<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>水産総合研究センター西海区水産研究所（五島庁舎）

<sup>2\*</sup>水産総合研究センター増養殖研究所養殖技術部

<sup>3\*</sup>東京海洋大学海洋科学科

<sup>1\*</sup>Email: kyoshida @ affrc.go.jp

ブリは日本において、漁獲・養殖共に重要な対象種の一つである。ブリ類の生産は、日本の海面魚類生産の50%以上を占め、年間15,000トンにも及ぶ。現在、その養殖産業においては、天然資源（モジャコ）を採捕して、それを畜養する産業構造となっている。しかしながら、ブリ養殖を持続的に実施していくためには、人工種苗の導入が必要となってくる。

その養殖において、問題となる疾病の一つとして、外部寄生虫であるベネデニア（ハダムシ寄生症）がある。この寄生虫の寄生によって、ブリは成長減退や外傷を負い、その結果、ウイルス病や細菌感染症の二次感染の危険性が増加する。この疾病の防除方法としては、一般的に淡水浴が実施される。しかしながら、この方法は、作業回数がかかるとともにコストや労力を要する。

そこで、このような状況における解決方法の一つとして、ハダムシ寄生症に抵抗性を示す人工種苗をブリ養殖に導入するための、マーカーアシスト選抜育種の研究を行っている。この研究を確実に推進するためには、「再生産技術」、「形質評価」、及び「DNA解析」の3つの要素が重要と考える。

本発表では、本種のハダムシ寄生症に関する「形質評価手法」を紹介する。