

水産技術

Journal of Fisheries Technology

水産技術 第2巻 第1号 2009年9月

原著論文

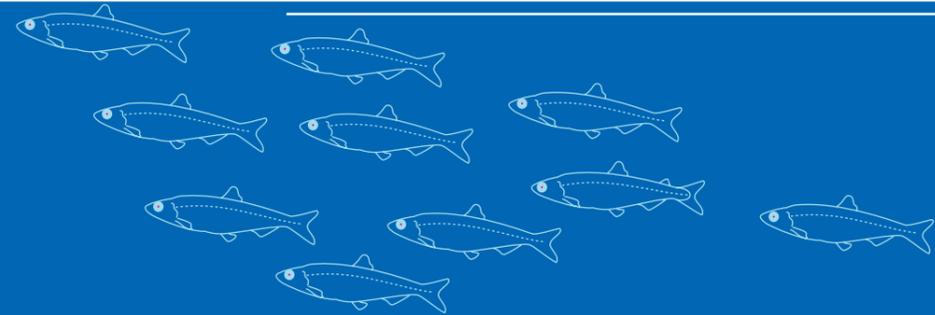
- 浮延縄の釣針沈降速度；中西部太平洋まぐろ類委員会（WCPFC）における
海鳥類混獲削減のための技術としての枝縄加重法の検討・・・横田耕介・南 浩史・細野隆史・清田雅史 1-7
- 船びき網のコッドエンドの目合拡大によるカタクチイワシシラスの品質と価格の向上
・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 守岡佐保・上田幸男 9-17
- 成長の良さに基づいて選抜された世代数が異なるアユ種苗の河川における冷水病耐性の差異
・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 湯浅明彦・竹内 章 19-24
- サクラマスの子石バーコード標識パターン数を増やすための低水温飼育と昇温刺激を併用した標識方法
・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 坂本 準・桑木基靖・江場岳史 25-30
- 飼育条件下におけるキジハタ仔稚魚期の摂餌生態と成長の変化 ・・・・・・・・・・ 萱野泰久 31-38
- 水槽内でのマナモコの摂餌行動におよぼす砂粒の影響・・・・・・・・・・ 木原 稔・田本淳一・星 貴敬 39-43
- 人工産卵基質マブシの素材がニシンの卵発生におよぼす影響
・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 長倉義智・野田 勉・熊谷厚志・新井崇臣・大河内裕之 43-48

短 報

- ワムシ粗放連続培養の収穫槽と連結したクロソイの種苗生産初期飼育の有効性
・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 野田 勉・長倉義智・熊谷厚志 49-56

資 料

- 海産魚介類における種苗生産期の疾病発生状況（2000～2006年度）
・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 西岡豊弘・藤本 宏・岡 雅一・有元 操 57-66



目次

原著論文

浮延縄の釣針沈降速度；中西部太平洋まぐろ類委員会（WCPFC）における

海鳥類混獲削減のための技術としての枝縄加重法の検討… 横田耕介・南 浩史・細野隆史・清田雅史 1- 7

船びき網のコッドエンドの目合拡大によるカタクチイワシシラスの品質と価格の向上

…………… 守岡佐保・上田幸男 9-17

成長の良さに基づいて選抜された世代数が異なるアユ種苗の河川における冷水病耐性の差異

…………… 湯浅明彦・竹内 章 19-24

サクラマスの耳石バーコード標識パターン数を増やすための低水温飼育と昇温刺激を併用した標識方法

…………… 坂本 準・桑木基靖・江場岳史 25-30

飼育条件下におけるキジハタ仔稚魚期の摂餌生態と成長の変化

…………… 萱野泰久 31-38

水槽内でのマナマコの摂餌行動におよぼす砂粒の影響…………… 木原 稔・田本淳一・星 貴敬 39-43

人工産卵基質マブシの素材がニシンの卵発生におよぼす影響

…………… 長倉義智・野田 勉・熊谷厚志・新井崇臣・大河内裕之 45-48

短 報

ワムシ粗放連続培養の収穫槽と連結したクロソイの種苗生産初期飼育の有効性

…………… 野田 勉・長倉義智・熊谷厚志 49-55

資 料

海産魚介類における種苗生産期の疾病発生状況（2000～2006年度）

…………… 西岡豊弘・藤本 宏・岡 雅一・有元 操 57-65

第2巻第1号掲載報文要旨 …………… 67-68

技術開発情報 …………… 69-71

CONTENTS

Original articles

Sinking Speed of Baited Hooks in Pelagic Longlines; Examination of Weighted Branch Line Required in Specifications of Seabirds Conservation and Management Measures of the Western and Central Pacific Fisheries Commission (WCPFC)	Kosuke YOKOTA, Hiroshi MINAMI, Takashi HOSONO, and Masashi KIYOTA 1-7
Improvement of Quality and Price of Larval Anchovy "Shirasu" <i>Engraulis japonicas</i> by Enlargement in the Codend Mesh Size of Seine Nets	Saho MORIOKA and Yukio UETA 9-17
Difference of Resistance to Bacterial Coldwater Disease in Natural Environment between Two Hatchery Populations of Ayu <i>Plecoglossus altivelis</i> with Different Number of Generations Subjected to Selection Based on Character of Growth	Akihiko YUASA and Akira TAKEUCHI 19-24
A Newly Thermal Induced Otolith Marking Method Applied to Masu Salmon Using Cool Rearing Water and an Abrupt Rise in Temperature to Increase the Number of Marks Pattern	Jun SAKAMOTO, Motoyasu KUWAKI and Takeshi EBA 25-30
Changes of Feeding Behavior and Growth in Larval and Juvenile Stages of Red Spotted Grouper <i>Epinephelus akaara</i> under Rearing Conditions	Yasuhisa KAYANO 31-38
Effect of Sand Particles on Feeding Behavior of Sea Cucumber <i>Apostichopus japonicas</i> Reared in Tank	Minoru KIHARA, Junichi TAMOTO, and Takahiro HOSHI 39-43
Effect of Artificial Spawning Beds on Egg Development in the Pacific Herring <i>Clupea pallasii</i>	Yoshitomo NAGAKURA, Tsutomu NODA, Atsushi KUMAGAI, Takaomi ARAI and Hiroyuki OKOUCHI 45-48
Short paper	
Effectiveness of Seedling Production Connected with Harvest Tank of the Extensive Continuous Rotifer Culturing System for Early Stage Rearing of Black Rockfish <i>Sebastes schlegeli</i>	Tsutomu NODA, Yoshitomo NAGAKURA, and Atsushi KUMAGAI 49-55
Technical data	
Diseases of Marine Fish and Shellfish in Hatcheries in Japan	Toyohiro NISHIOKA, Hiroshi FUJIMOTO, Masakazu OKA, and Misao ARIMOTO 57-65
Abstracts 67-68
Information 69-71

原著論文

浮延縄の釣針沈降速度；中西部太平洋まぐろ類委員会 (WCPFC)における海鳥類混獲削減のための 技術としての枝縄加重法の検討

横田 耕介^{*1}・南 浩史^{*1}・細野 隆史^{*2}・清田 雅史^{*1}

Sinking Speed of Baited Hooks in Pelagic Longlines; Examination of Weighted Branch Line Required in Specifications of Seabirds Conservation and Management Measures of the Western and Central Pacific Fisheries Commission (WCPFC)

Kosuke YOKOTA, Hiroshi MINAMI, Takashi HOSONO, and Masashi KIYOTA

A weighted branch lines is one of the available and effective mitigation measures for reducing incidental catch of seabirds in pelagic longline fisheries. The sinking speeds of baited hooks on four types of weighted branch lines (weights from 45 g to 98 g and attachment points from 0 m to 4.0 m above the hooks at the leader) required in specifications of WCPFC seabirds conservation and management measures were examined in line-setting experiments on a quay. We also preliminary examined sinking speeds of weighted branch lines using lead core lines or fluorocarbon leader to develop new weighting methods as alternative to weights. The average sinking speeds of the baited hooks in depths from 0 to 5 m were 0.30 ~ 0.43 m/s in the weighted branch lines of the WCPFC specification, and were 0.19 m/s in the conventional non-weighted branch line. Results suggest that the 0.30 m/s is the target sinking speed of the baited hooks when we develop and test new weighting regime or materials for branch lines. The use of a lead core line in the “sekiyama” part of the branch line (above the leader) with a short leader has the potential to sufficiently improve the sinking rate of baited hooks.

2008年10月28日受付, 2009年7月30日受理

浮延縄漁業における海鳥類の混獲は、主に投縄時に漁船から海に投入された釣針の付いた餌を、アホウドリ類や大型のミズナギドリ類が食べて釣針に掛かってしまうために生じる¹⁾。海鳥の混獲問題は、海鳥類の個体群に影響を与える様々な要因のひとつとして懸念され、国際的な対策が講じられてきた²⁾。また、浮延縄漁業における海鳥類の混獲回避手法の研究・開発も広く行われてき

た³⁻⁶⁾。

近年、海洋生態系の保全に考慮した漁業管理が求められる中、まぐろ類の地域漁業管理機関においても、浮延縄漁業における海鳥類の混獲回避措置の具体的な導入が進められており、特に、中西部太平洋まぐろ類委員会(WCPFC)では、海鳥類の混獲削減に関する詳細な保存管理措置が導入されている。WCPFCでは、海鳥類と漁

*1 独立行政法人 水産総合研究センター 遠洋水産研究所

〒424-8633 静岡県静岡市清水区折戸5-7-1 (National Research Institute of Far Seas Fisheries, FRA, 5-7-1, Orido, Shimizu, Shizuoka 424-8633, Japan).

yokotaks@affrc.go.jp

*2 日本エヌ・ユー・エス株式会社

業との競合が多い水域（北緯 23 度以北，南緯 30 度以南）において，漁業者は浮延縄操業時に具体的な海鳥類の混獲回避手法の中から 2 つ以上の手法を選ぶことが求められている⁷⁾。回避手法は，トリライン（鳥おどしを付けた長いロープを曳航して，海鳥の餌取り行動を妨げる方法），加重枝縄（枝縄に錘などを付けて重くすることによって，海鳥が餌取り行動を起こす前に素早く釣針を沈める方法），着色餌（餌を食用色素で青く着色し，水中にある餌を海鳥が視認しにくくする方法），舷側投縄（舷側から投縄を行うことで，船体自体の威嚇効果によって海鳥の餌取り行動を妨げる方法），夜間投縄（海鳥の餌に対する視認力が落ちる夜間に投縄を行う方法）等があり，各手法に関して具体的な仕様も定められている^{7),8)}。

これらの中で，WCPFC 保存管理措置 CMM 2007-04⁷⁾における延縄の加重枝縄の仕様は，付加する錘の位置と重量が以下のように定められている。

- 付加する錘の最低重量は 45 g
- 釣針から 1 m 以内の場合，錘の重量は 60 g 未満
- 釣針から 3.5 m 以内の場合，錘の重量は 60 g 以上 98 g 未満
- 釣針から 4.0 m 以内の場合，錘の重量は 98 g 以上

しかしながら，釣針の真上や釣元部分に大型の錘を付けることは，揚縄作業時に強い張力が掛かって釣元が切れたり，釣針が外れたりした際の反動で，甲板上の作業員に向かって錘が飛んでくる危険がある。また，日本の遠洋及び近海まぐろ延縄漁船は，一般的に枝縄をコイル状に巻いて収納するが，ナイロンテグスの釣元に大きな錘が付いていると，収納時に枝縄が絡み易くなる。こうしたことから，多くの日本のまぐろ延縄漁船では，WCPFC 仕様による加重枝縄の導入をためらうことが多い。また，WCPFC の CMM 2007-04 には，各仕様における具体的な沈降速度等の沈降特性についても記述されていない。そのため，WCPFC 仕様における釣針の沈降特性を明らかにするとともに，それに匹敵し，安全性，操作性に優れた枝縄の加重方法を開発することは，漁業者の作業負担を軽減でき，混獲回避手法を普及する上で役立つであろう。

加重枝縄をはじめとして，釣針の沈降特性を検討する際に，操業中の漁船上で得られた釣針沈降速度の計測結果は，様々な要因（天候，海況，幹縄の繰り出し速度，プロペラ後流など）によって変動する⁹⁾。これに対して，水槽あるいは港湾内など閉鎖的な環境内での投縄実験では，比較的均一な条件の下で沈降速度を簡単に計測することができる。また，船を必要としないために，低コストで簡便に実験を行える利点もある。これらのことから，岸壁での投縄実験は，数種類の枝縄間の釣針沈降特性を比較するといった場合には，特に適しているといえる。延縄で混獲されやすい海鳥類はアホウドリ類であり，種によっては 10 m 以上潜水することもあるが，投

縄時における餌取りの 60% は，海面から 4～5 m 以浅で起こるとされている¹⁰⁾。枝縄末端の釣針の沈降は，水深 0～5 m，または 0～10 m 程度の範囲といった初期段階の沈降速度（初期沈降速度）においては幹縄の影響を受けない（自由落下に近い）と考えられる¹¹⁾。そのため，岸壁実験における計測値は，漁業現場において多くの試行から得られる平均的な釣針の初期沈降速度と同等値になることが期待できる。

本報では，WCPFC 仕様の加重枝縄の沈降特性に匹敵する新たな枝縄の加重方法の検討へ向けた基礎資料を得るために，WCPFC 仕様の加重枝縄における釣針の沈降特性を，港湾における岸壁からの投縄実験で検討した。同時に，釣針初期沈降特性を検討する場合における港湾内岸壁からの投縄実験の妥当性についても検証した。さらに，錘の付加に代わる枝縄の加重方法に関しても，予備的に検討を行った。

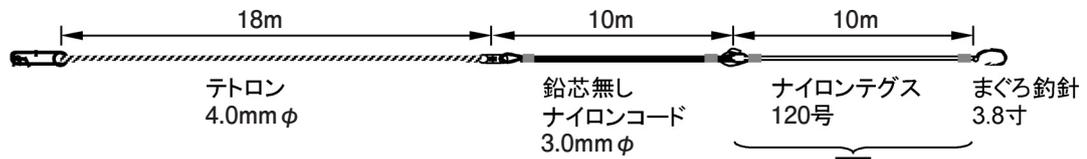
材料と方法

実験は，2007 年 9 月 13～14 日に，静岡県静岡市清水港の港湾内，日の出 5 号岸壁（水深約 13 m）で実施した。実験には，遠洋まぐろ延縄漁船で使用されている代表的な枝縄の中から，1 種類〔4.0 mm φ テトロン 18 m，3.0 mm φ 鉛芯無ナイロンコード 10 m（セキヤマ），ナイロン・モノフィラメント 120 号（標準直径 1.81 mm）10 m（釣元），まぐろ釣針 3.8 寸；枝縄総重量：419 gw（空中），132 gw（水中）〕を選び，非加重であるコントロール（対照実験）の枝縄とした。WCPFC の仕様に従って，このコントロールに錘を付加した 4 種類の加重枝縄（i）釣針の直上に 45 g の錘を付加，ii）釣針から 1.0 m 上部に 55 g の錘を付加，iii）釣針から 3.5 m 上部に 76 g の錘を付加，iv）釣針から 4.0 m 上部に 98 g の錘を付加）を試験対象とした。また，錘の付加に代わる加重方法の予備的検討として，3 種類の加重枝縄を試作し（以下の①～③），これらも試験対象とした。コントロール及び試験対象の各枝縄の仕様を図 1 に示す。

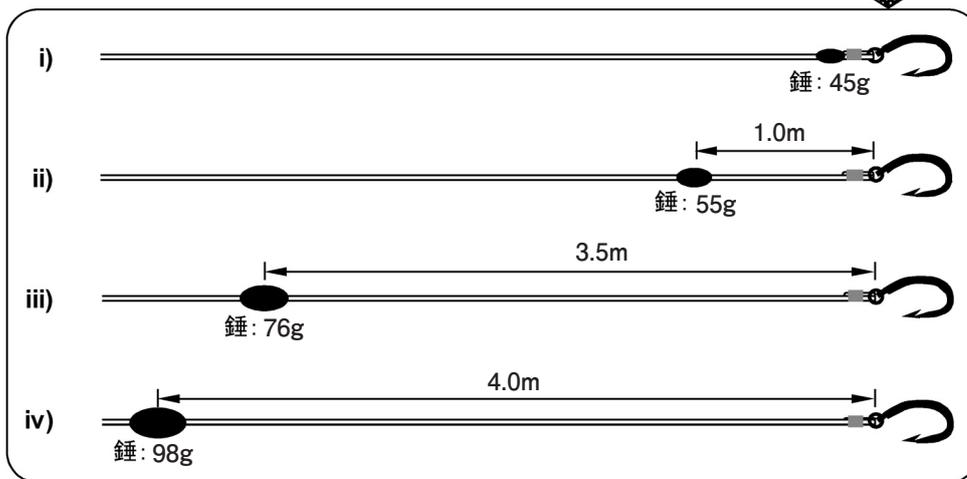
- ① コントロールの釣元をナイロン（比重 1.14）から同じ太さのフロロカーボン（比重 1.76）に変えた枝縄〔枝縄総重量：438 gw（空中），154 gw（水中）〕
- ② コントロールのセキヤマを同じ太さと長さで鉛芯入のものに変えた枝縄〔枝縄総重量：480 gw（空中），160 gw（水中）〕
- ③ コントロールのセキヤマを同じ太さと鉛芯入，長さ 15 m のものに変えて，ナイロン釣元を 5 m と短くした枝縄〔枝縄総重量：525 gw（空中），214 gw（水中）〕

胡ら¹¹⁾に従って，釣針の水深変化を計測するために，各枝縄の釣針部分に超小型メモリー式深度計（アレック電子㈱ MDS-MkV/D，直径 18 mm，長さ 93 mm，分解能

コントロール(非加重)



加重枝縄(WCPFC仕様)



加重枝縄(試作)

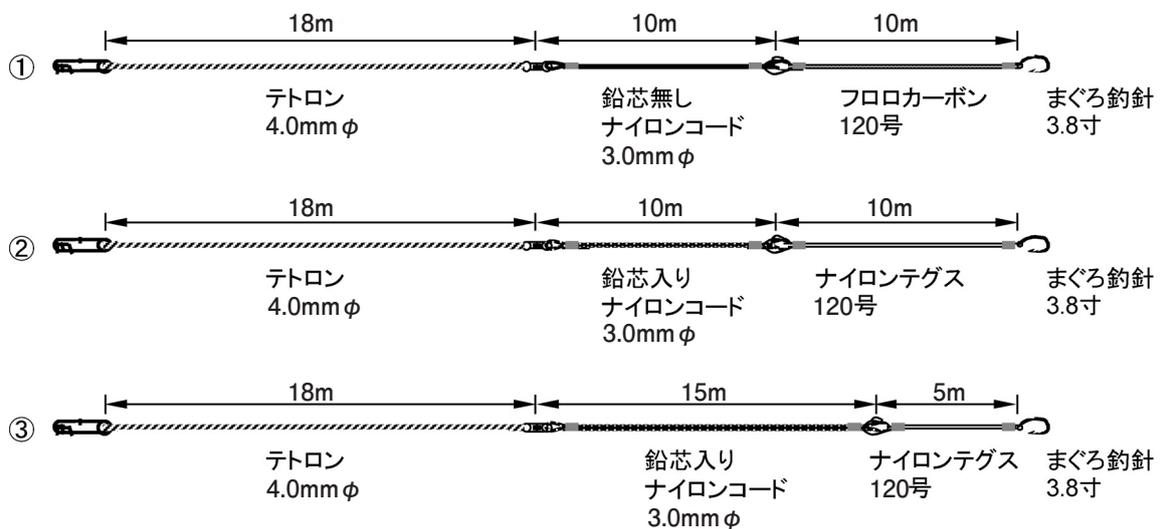


図1. 実験に使用した枝縄の仕立て

5.0 cm) を取り付けた。深度計の水中重量を 0 gw となるように浮力を持つ小型の浮子を付けて、餌として釣針に取り付けたサバ(平均空中重量 235 gw, 同水中重量 8.8 gw) の腹部に埋め込んだ¹¹⁾。深度計のデータ取得間隔は 1 秒とした。人の手による投縄を各枝縄に関して 5 回ずつ行った。一般に枝縄の基部には、枝縄を幹縄へ取り付けるためのスナップが付けてある。実験では、スナップを別のロープに取り付けることによって、スナップまでを含む枝縄全体を海中に投下した。1 回の試行において、投縄から約 1 分後に枝縄を海中から引き上げた。各種類の枝縄に関して、深度計の 1 秒毎の水深記録データに基づき、水深 5 m 及び水深 10 m に達するまでの釣針の平均沈降速度を計算した。

結 果

WCPFC 仕様の加重枝縄の沈降特性

WCPFC 仕様の加重枝縄とコントロールの枝縄に関して、着水後の経過時間に対する釣針の水深変化(5 回試行の平均値)を図 2 に示す。釣針上に 45 g の錘を付加したものと、釣針から 1.0 m 上に 55 g の錘を付加したものは、コントロールに比べて速く沈降し、着水直後か

ら深い水深に到達していた。これらの仕様に比べて、実験中で釣針から最も遠い位置に最も重い錘(4.0 m 上に 98 g の錘)を付加したものは、着水直後はコントロールと類似した沈降速度を示したが、時間経過とともに釣針沈降への加重の効果が現れ、最終的に釣針は他の仕様よりも速く沈降していた(図 2)。3.5 m 上に 76 g の錘を付加した釣針も、沈降速度増加への加重効果の現れが若干遅いが、着水から 7 秒後頃にはコントロールに比べて、深い水深に位置していた。

各種類の枝縄の平均沈降速度を表 1 に示す。コントロールの釣針の平均沈降速度は 0.19 m/s であり、WCPFC 仕様にに基づき錘を付加させた釣針の平均沈降速度は、水深 5 m までで 0.30-0.43 m/s, 水深 10 m までで 0.29 ~ 0.38 m/s であった。錘を付加したいずれの枝縄においても、コントロールに比べて、釣針の沈降速度は増加した。

試作した加重枝縄の沈降特性

試作した枝縄(図 1; ①, ②, ③の枝縄)に関して、着水後の経過時間に対する釣針の水深変化、及び船尾からの推定距離を図 3 に示す。水深 5 m までの平均沈降速度 ± 標準誤差は、それぞれ① 0.23 ± 0.011 m/s, ② 0.19 ± 0.018 m/s, ③ 0.25 ± 0.010 m/s であった。

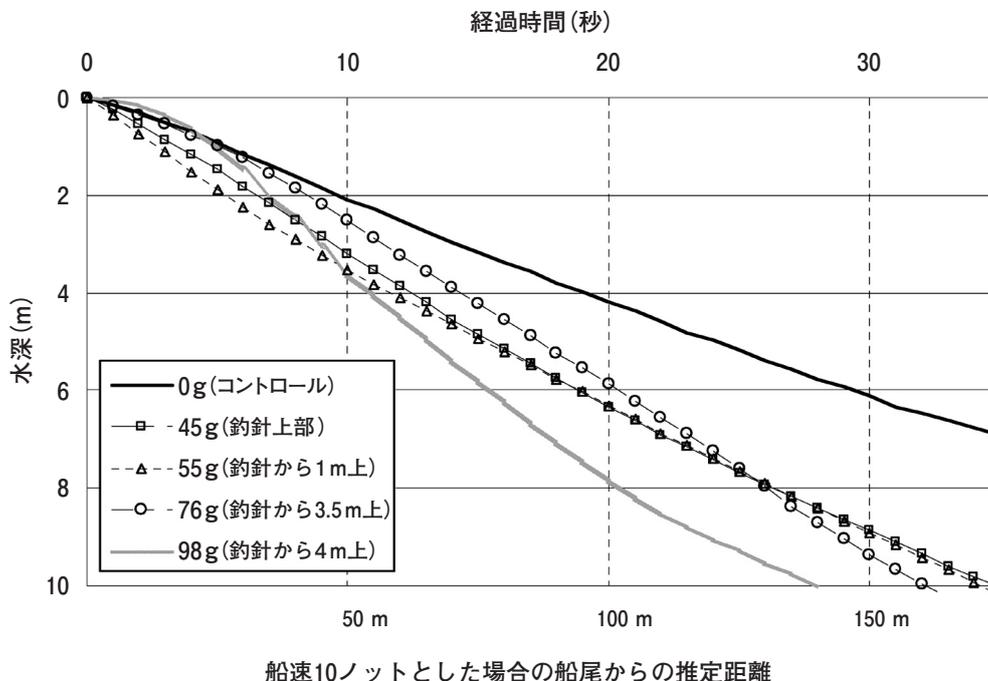


図 2. WCPFC 仕様の加重枝縄とコントロール(非加重)の枝縄における着水後の経過時間に対する釣針の水深変化(横軸上)、および船速を 10 ノットとした場合の船尾からの推定距離に対する釣針の水深変化(横軸下)

表1. 各種類の枝縄における釣針の平均沈降速度（水深0-5 m, 0-10 m）

枝縄仕様	水深0-5 m		水深0-10 m	
	平均 (m/s)	標準誤差	平均 (m/s)	標準誤差
コントロール（非加重）	0.19	0.024	0.19	0.028
釣針の上部に45 gの錘	0.33	0.024	0.29	0.018
釣針の1.0 m 上部に55 gの錘	0.33	0.016	0.29	0.009
釣針の3.5 m 上部に76 gの錘	0.30	0.010	0.32	0.009
釣針の4.0 m 上部に98 gの錘	0.43	0.024	0.38	0.013

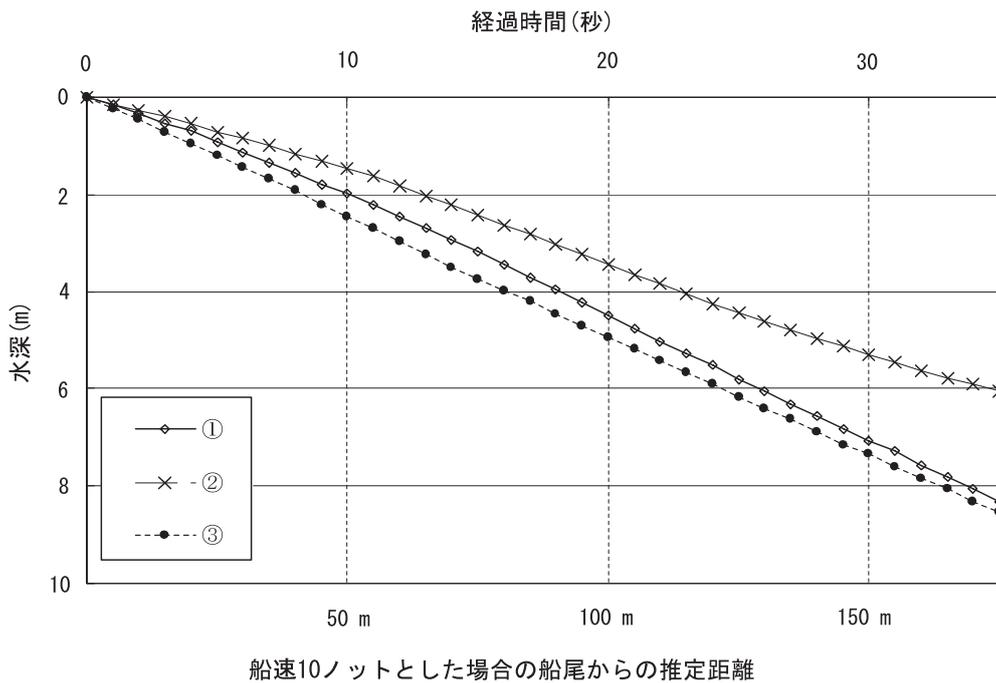


図3. 試作した加重枝縄における着水後の経過時間に対する釣針の水深変化（横軸上），および船速を10ノットとした場合の船尾からの推定距離に対する釣針の水深変化（横軸下）. 各枝縄（①-③）の仕立て概要は図1を参照のこと

考 察

岸壁における投縄実験の妥当性

胡ら¹¹⁾は、航走中の船上で行った投縄実験において、一般的な日本のまぐろ延縄漁船が使用している10種類の枝縄の平均沈降速度を0.16～0.23 m/sと報告している。本報でのコントロールの沈降速度0.19 m/sもこの速度の範囲内にある。また、同じく胡ら¹¹⁾は、釣針の真上に45 gの錘を付加した枝縄（釣元は、直径1.5 mmのナイロンテグス10 m）の釣針の平均沈降速度を0.32 m/sと報告しており、本報での値はこれとほぼ同じである（表1）。このように、岸壁実験における計測値は、船上

における計測値と同等であり、岸壁での投縄実験は、枝縄の初期沈降速度の代表値を容易に計測する方法として妥当であることが確認された。

WCPFC仕様の加重枝縄の有効性

浮延縄における海鳥類の混獲回避に関しては、複数の手法を併用することで、混獲回避効果が非常に高くなることが知られている¹²⁾。前述したように、WCPFCの保存管理措置においても最低2つの手法を選び、実施しなければならない⁷⁾。ここで、回避手法の併用の中から、一般的な組合せのひとつである加重枝縄とトリラインの併用に関して、WCPFCの仕様に基づいて考えてみる。

海鳥類の餌取りの多くは水深5 m以浅で生じるということから¹⁰⁾、釣針が水深5 mへ到達する時間と船尾からの距離を検討することにする。釣針が水深5 mへ到達した時間は、コントロールでは着水後約25秒後、WCPFC仕様の加重枝縄では約13～17秒後であった(図2)。これらの到達時間を基に、投縄時の船速を一般的なまぐろ延縄漁船における投縄作業中の船速である10ノット(約5 m/s)とした場合の船尾からの距離と水深の関係を算出したところ、釣針の水深5 m到達時において、コントロールでは船尾後方約125 m、WCPFC仕様の加重枝縄では船尾後方約65～90 mと推定された(図2)。一方、WCPFC仕様のトリラインに関して Yokota *et al.*¹³⁾は、75 GRT、全長24.5 mのまぐろ延縄漁船、及び196 GRT、全長42.4 mのまぐろ延縄調査船において、WCPFC仕様のトリライン(主ライン:全長150 m、3.8 m φ ポリエステルマルチフィラメント製、オドシ:0.5 m 二又ポリプロピレンバンド製を1 m 間隔で60本取り付け)は、最大で船尾後方の90 m程度まで空中をカバーしていたと報告している。上述したように、本報ではWCPFC仕様の加重枝縄は、船尾後方約90 mまでに釣針が水深5 m(沈降速度:0.3 m/s以上)に到達すると推定された。これらのことから、WCPFC仕様のトリラインと加重枝縄の組合せでは、加重枝縄は、トリラインの空中カバー(有効)範囲内(約90 m)で、海鳥類の餌取りがほとんど発生しない深度(5 m以深)に釣針を到達させると推測できる。

以上のことから、WCPFC仕様の加重枝縄は、海鳥混獲回避手法のひとつとして妥当な沈降特性を有していることが示唆される。錘の付加に代わる加重方法を検討し、新たに加重枝縄の仕様として提案する場合にも、その加重枝縄の沈降速度が、WCPFC仕様の加重枝縄の沈降速度である0.3 m/s以上を有する必要があると考えられる。

試作した加重枝縄の有効性

釣元がフロロカーボン製である①の枝縄は、コントロールに比べて沈降速度は増加したが、WCPFC仕様の加重枝縄の沈降速度である0.3 m/sには及ばなかった。胡ら¹¹⁾は、フロロカーボン釣元での釣針の沈降速度を0.26 m/sと報告している。これらの結果から、フロロカーボンの使用のみによる加重では、WCPFC仕様の加重枝縄に匹敵する沈降速度を達成することは難しいことが示唆される。フロロカーボンは高比重、低屈折率で耐久性が高く、実際の商業船でも使用されることもあるが、ナイロンテグス等に比べて高価であるため、いずれの船でも容易に導入できるとは限らない。

セキヤマを鉛芯入りにした②の枝縄は、先のコントロールの沈降速度と同様であり、沈降速度の改善は認められない。セキヤマを鉛芯入りにして長くし、かつ釣元を短くした③の枝縄に関しては、沈降速度はWCPFC仕様

の加重枝縄の沈降速度である0.3 m/sには及ばなかったものの、その改善はみられた。経過時間に対する水深変化をみても、③は②に比べて、沈降速度が速く着水直後から深い水深に位置していた(図3)。先のWCPFC仕様の加重枝縄の検討においても、釣針に近い(末端)箇所を加重した方が、初期の沈降速度は、より改善される傾向が認められた(図2)。WCPFCの錘による加重方法の仕様も⁷⁾、このことを考慮した上で、付加する重量だけでなく、付加する位置(釣針からの距離)を指定していると推察される。釣元を短縮しないでセキヤマを長くし加重した実験は行っていないが、②の枝縄の例のように、釣針から離れた位置の加重では沈降速度の改善はほとんど期待できない。これらのことから、単にセキヤマ部分の加重を行っても、釣元が長い場合は、海鳥類の混獲発生と関係が大きな初期沈降速度の十分な改善は望めないこと、鉛芯入ナイロンコード等によるセキヤマ(釣元上)部分の加重を行う場合は、釣元も短くすれば(加重する位置をより釣針に近くすれば)沈降速度が改善される可能性がある。

鉛芯入ナイロンコードに関しては、数種類の太さ(重さ)のものが市販されている。また組テグスの中に鉛線を入れたものなども、加重方法としては有望である。釣元上部に適切な重さと長さの鉛芯入ナイロンコードや鉛線入り組テグスを用い、かつ釣元を適切な長さに(短く)することによって、WCPFC仕様の加重枝縄と同等の沈降速度を有し、かつ安全性、操作性に優れた枝縄の加重方法を考案できる可能性がある。

謝 辞

実験を行うにあたって、清水港管理局港営課の皆様には岸壁の使用を快く許可して頂いた。ナニハ繊維工業㈱の佐藤正由氏には、延縄漁具に関する有益な情報を頂いた。東京海洋大学の胡夫祥博士には、実験に対して有益なご助言を賜った。遠洋水産研究所の本多仁博士には、本稿の作成に当たり有益なご助言を賜った。厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) BROTHERS, N (1991) Albatross mortality and associated bait loss in the Japanese Longline Fishery in the Southern Ocean. *Biol. Conserv.*, **55**, 255-268.
- 2) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (1999) International plan of action for reducing incidental catch of seabirds in longline fisheries. United Nations Food and Agriculture Organization, Committee on Fisheries, Roma, 26p.
- 3) BROTHERS, N., COOPER, J., and LØKKEBORG, S (1999) The incidental catch of seabirds by longline fisheries: Worldwide review and technical guidelines for mitigation. *FAO Fish. Circular*, No. 937. 101 p.

- 4) 清田雅史 (2002) 延縄漁業における海鳥類の偶発的捕獲：問題の特性と回避の方法. 山階鳥研報, **34**, 145-161.
- 5) Bull, L. S (2007). Reducing seabird bycatch in longline, trawl and gillnet fisheries. *Fish Fish.*, **8**, 31-56.
- 6) 横田耕介・清田雅史 (2008) 海鳥類の混獲回避技術－近年の取り組み. 日水誌, **74**, 226-229.
- 7) Western and Central Pacific Fisheries Commission (WCPFC) (2007) Conservation and Management Measure to Mitigate the Impact of Fishing for Highly Migratory Fish Stocks on Seabirds (Conservation and Management Measure 2007-04). WCPFC, Tumon, Guam, USA.
- 8) 南 浩史 (2008) トリポール～日本の漁業者が生み出した海鳥混獲回避手法. 遠洋リサーチ&トピックス, **4**, 4-6.
- 9) ANDERSON, S., and MCARDLE, B (2002) Sink rate of baited hooks during deployment of a pelagic longline from a New Zealand fishing vessel. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.*, **36**, 185-195.
- 10) ナイジェル・ブラザーズ (1994) 捕まえるのは魚, 海鳥ではありません：延縄漁の効率を高めるための指針. パンダニ出版, ホバート. 60 p.
- 11) 胡 夫祥, 志賀未知瑠, 横田耕介, 塩出大輔, 東海 正, 酒井久治, 有元貴文 (2005) まぐろ延縄の釣針沈降特性に及ぼす枝縄構成の影響. 日水誌, **71**, 33-38.
- 12) KIYOTA, M., and MINAMI, H (2005) Japanese research on mitigation measures to reduce incidental catch of seabirds in tuna longline fishery. Proceedings of the International Tuna Fishers Conference on Responsible Fisheries and Third International Fishers Forum, 79-81.
- 13) YOKOTA, K., MINAMI, H., and KIYOTA, M (2008) Direct comparison of seabird avoidance effect between two types of tori lines in longline fishing experiments. WCPFC-SC-4-2008/EB-WP-7, 10 p.

原著論文

船びき網のコッドエンドの目合拡大による カタクチイワシシラスの品質と価格の向上

守岡 佐保*・上田 幸男*

Improvement of Quality and Price of Larval Anchovy “Shirasu” *Engraulis japonicas* by Enlargement in the Codend Mesh Size of Seine Nets

Saho MORIOKA and Yukio UETA

To evaluate the effect of enlarging the cod-end mesh size of seine nets on the commercial value of boiled or semi-dried larval anchovy (hereinafter called shirasu), two parallel experimental hauls were carried out in the Kii Channel off Tokushima Prefecture, Japan, using four sets of paired fishing boats equipped with seines with cod-end mesh sizes of 200, 220, 240, and 260 *kei* (strands per 500-mm width). A mesh size of 260 *kei* is most frequently used in the shirasu fishery of this area. For each cod-end mesh size, we examined catch weight, species composition, and size frequency of larval anchovy. The larval anchovy caught in the experiments was processed as shirasu and was evaluated by 25 shirasu distributors in a simulated auction, using a blind test on unit price and a questionnaire survey on quality. The catch value of shirasu per haul, which was estimated from the unit price at the simulated auction and the catch in weight, was highest with cod-ends of 220 *kei* mesh, followed in decreasing order by 200, 240, and 260 *kei*. Therefore, the use of boat seine nets with codend mesh sizes larger than 240 *kei* (200-240 *kei*) improve the quality of the fish caught and consequently increases fisheries income.

2009年3月24日受付, 2009年8月31日受理

持続的かつ効率的な漁業を行うためには資源持続性を満たす漁獲量の資源管理だけでは不十分であり、生産物の量と質の両面に対応する多元的資源管理のビジョンが必要とされる¹⁾。

イワシ類は沿岸漁業にとって重要な魚種であり、瀬戸内海では特にシラス（イワシ類の稚魚）を対象とした漁業が発達している²⁾。船越³⁾は、イワシ類資源では人為的制御の可能性は低く、この魚種を対象とする漁業者は地先への来遊群から最大の経済価値をあげる操業方法の実践が何よりも重要と述べている。

このような観点から、斎浦・東海^{4,5)}、斎浦ら⁶⁾および斎浦⁷⁾は徳島県紀伊水道海域においてシラスを主な対象とするひき回し船びき網の合理的な操業に適する漁具の網目に関する知見を得るため、200、220、240および260 経の目合のモジ網から成るポケット網を稚魚ネットおよび当業船の船びき網に装着し、カタクチイワシシラスに対する網目選択性試験を実施した。モジ網の目合の単位である「経」は、50 cmの網幅にある網糸（縦糸）の本数を表す⁷⁾。この試験の結果、240あるいは220 経を用いると、逸出する魚体の大半がチリメンへの加工時

* 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所

〒779-2304 徳島県海部郡美波町日和佐浦 1-3

Fisheries Research Institute, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, 1-3 Hiwasaura, Minami, Kaifu Tokushima 779-2301 Japan

morioka_saho_1@pref.tokushima.lg.jp

に異物として除去される 15 mm 未満の小型魚であり、漁獲量の減少が少ないことが明らかになった。このことから、品質と漁獲量の確保の両面から、240 あるいは 220 経が船びき網でカタクチイワシシラスを対象に操業する場合の適切な目合であることを報告している。

しかしながら、当業船が使用する船びき網の目合拡大に伴うシラスの品質に関する経済的な評価はなされていない。そこで、本研究では、紀伊水道で操業する当業船により 200, 220, 240 および 260 経の異なる目合のモジ網のコードエンドで漁獲された漁獲物のシラス干しおよび釜揚げへの加工品について、ブライントテストによる模擬競りを行い、価格評価を試みた。さらに、その価格評価と漁獲重量の両面から合理的な操業に適したモジ網の目合について検討した。

方 法

並行操業試験

2004 年 10 月 17 日に徳島県阿南市沖のシラス漁場において、クレモナ並 4・4 の 200, 220, 240 および 260 経の 4 種類の目合のモジ網をコードエンドに用いて、2 隻 1 組の曳船（総トン数 20 トン）4 組で 2 回の並行操業試験を実施した（図 1）。今回の試験操業に用いた網目幅は齋浦ら⁶⁾が並行操業試験に用いた網と同一（2001 年測定結果によると網目幅がそれぞれ 260, 240, 220, 200 経の順に 1.36, 1.56, 1.72, 1.82 mm）である。1 回目の曳網は西から東へ 91 分間、2 回目は折り返して東から西へ 54 分間ほぼ直線的に曳網した。

採集した漁獲物は、曳網回および目合別に総漁獲量（全生重量）を測定した後、無作為抽出した約 150 g を 85% エチルアルコールで固定し、研究室へ持ち帰った。その標本の重量の 20% について、カタクチイワシシラス、その他の魚、甲殻類、サルバ類およびその他の動物プランクトンに分類し、それぞれの重量を測定した。総漁獲量においてもこの重量比であるとして扱うものとした。カタクチイワシシラスについて、さらに標本抽出した約 400 尾について全長を計測した。

シラス干しおよび釜揚げ製品への加工

地元加工業者に依頼して、上記の少量の標本を採集した残りの漁獲物を目合別に、曳網 1 回目をシラス干し（チリメン）に、2 回目を釜揚げに加工した。1 回目の漁獲物は、全自動煮釜装置（株式会社カワクボ製作所製 KSS 式自動チリメン煮沸装置）で釜揚げした後、遠赤外線チリメン自動乾燥機（株式会社カワクボ製作所製 KSS 式自動チリメン乾燥機）で 15 分間乾燥させる「半干し」と呼ばれる方法でシラス干しに加工した。2 回目の漁獲物は、同様に全自動煮釜装置で釜揚げした後、乾燥を行わない釜揚げに加工した。

各曳網毎のシラス干しと釜揚げについて、商品として箱詰めされる直前の状態で重量を計測した。その後、これらのシラス干しの一部を無作為に抽出し、透明のトレイに置き、20 cm 真上から写真撮影を行った。さらに、これらのシラス干しの一部（約 20 g）をカタクチイワシシラス、その他の魚、甲殻類およびその他の動物プランクトンに分類し、それぞれの重量を計測した。

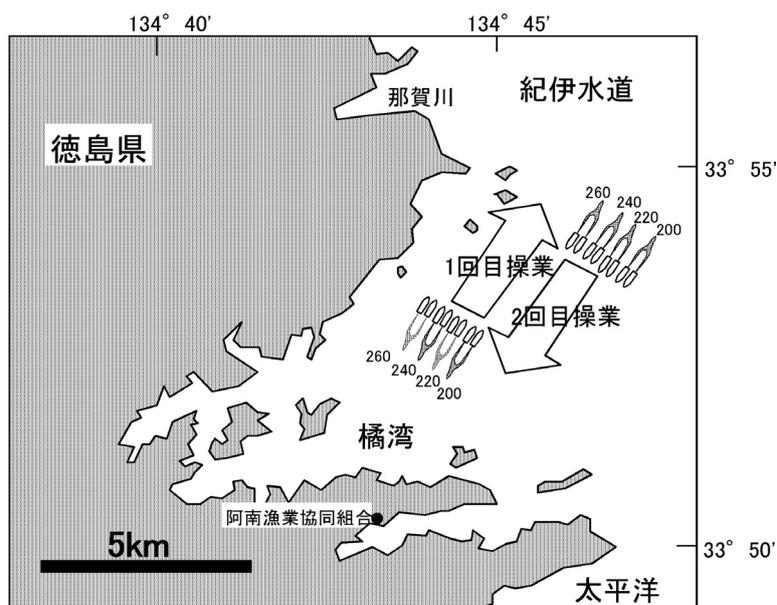


図 1. 紀伊水道の橘湾において平成 16 年 10 月 17 日に実施した試験操業の調査位置図。矢印は阿南漁業協同組合所属の船曳網 4 統による操業コースを、数字は袋網のコードエンドの目合を示す

表1. シラス干しと釜揚げの価格および品質についての模擬競り（ブラインドテスト）とアンケート調査の回答者の内訳

都府県	卸売業者			回答者の内訳			計
	卸売業者	中卸売業者	産地仲買	漁業協同組合	量販店	その他	
東京	6	—	—	—	—	—	6
大阪	3	4	—	—	—	—	7
徳島	1	1	5	2	1	—	10
匿名	—	—	—	—	—	2	2
計	10	5	5	2	1	2	25

流通業者へのアンケート調査による入札価格と品質評価

シラス干しと釜揚げの一定量（70 g と 200 g）を各シール付きビニール袋に入れ、曳網回毎に目合に対応する番号を付けた 8 種類を 1 セットのサンプルにして、冷蔵または冷凍の状態ですべての都府県、大阪および徳島県内のシラスを扱う流通業者 25 人（表 1）にアンケート用紙とともに配布し、どのサンプルがどの網で漁獲されたかを伏せたブラインドテストを実施した。回答者には各サンプルについて、回答日前後の市況を基準に入札価格（1 kg 当たりの単価）および商品としての「良い・普通・悪い」の三段階評価の回答を依頼した。回答日より市況が異なるため、アンケート調査における入札価格の目合間の比較については、曳網回毎に目合が最も大きな 200 経の入札価格を 100% とした相対価格を評価金額とした。

結 果

漁獲物およびシラス干し・釜揚げの重量組成

総漁獲量は、1 回目の曳網では 260 経の目合で、また 2 回目の曳網では 200 経の目合で最も少なかったが、カタクチワシシラスの総重量は、2 回とも 260 経の目合で最も少なく、200 経の目合では 220 経に比べて少なかった（図 2）。カタクチワシシラスの重量割合は、1 回目の曳網では 4 種の目合ともに 87.8 ~ 92.7% で、目合による差がみられなかった。2 回目の曳網ではカタクチワシシラスの重量割合は、200, 220, 240 経の目合で 74.0 ~ 87.7% であったのに対し、260 経の目合では 55.0% と著しく低く、サルパ類が 35.9%、甲殻類が 5.0% 混獲されていた。

シラス干しおよび釜揚げへの加工後の総重量およびカタクチワシシラスの重量は、1, 2 回目の曳網とも 260

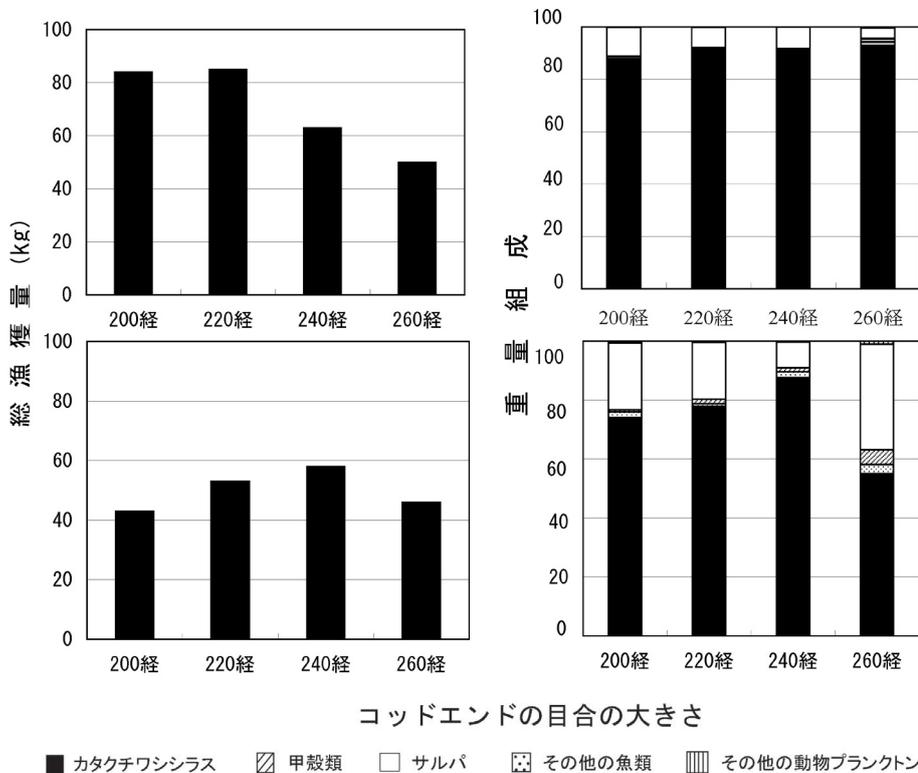


図 2. コッドエンドの目合が異なる 4 統の船びき網の並行試験操業により漁獲された漁獲物の加工後の重量および種類別重量組成
上図は 1 回目の曳網、下図は 2 回目の曳網を示す

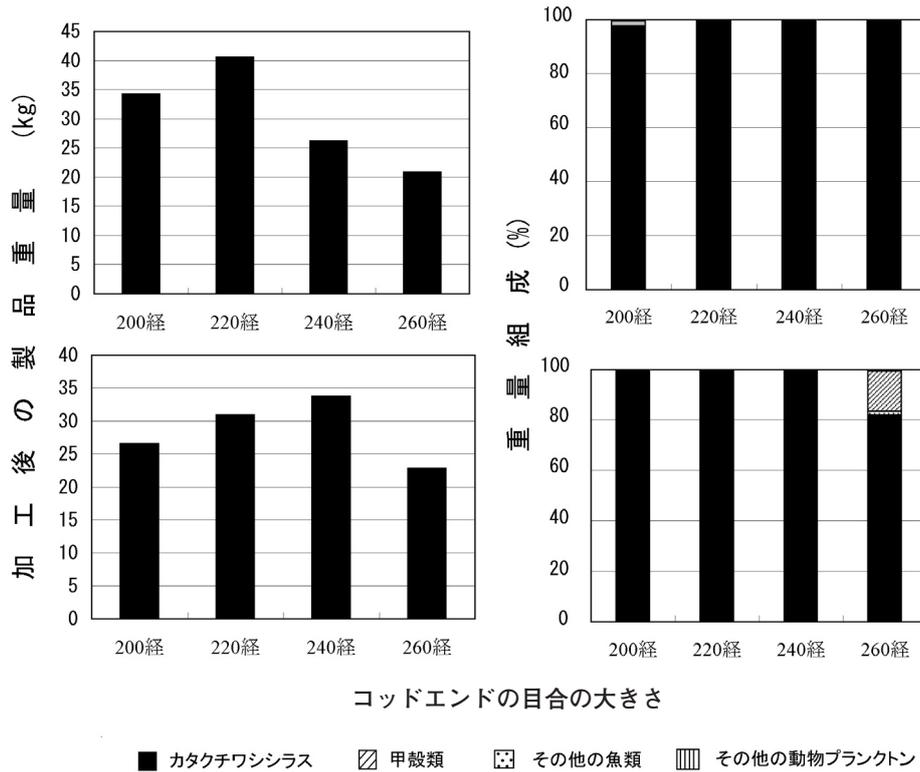


図3. コッドエンドの目合が異なる4統の船びき網の並行試験操業により漁獲された漁獲物の加工後の重量および種類別重量組成
上図は1回目の曳網, 下図は2回目の曳網を示す

網の目合で最も少なく、200 網の目合では 220 網に比べて少なかった (図3)。重量組成については、1 回目の曳網のシラス干しでは4 種の目合ともにカタクチイワシシラスが97% 以上を占めていたが、2 回目の曳網の釜揚げでは、カタクチイワシシラスの割合が200 網と220 網が99.0%、240 網が98.2%であったが、260 網は240 網より16.1%低い82.1%であった。逆に、200、220 および240 網の目合では1%未満であった甲殻類の割合が、260 網では15.8%と最も高かった。サルバ類を含むその他の動物プランクトンの割合はいずれも1%未満で漁獲時に比べて低下した。シラス干しを肉眼でも見て、2 回目の曳網における260 網の目合には小型の甲殻類の割合が他のサンプルに比べて著しく多いことが確認できた (写真1)。

漁獲物の全長組成

漁獲物のカタクチイワシシラスの全長組成を曳網回および目合別に比較したところ、1 回目の全長の最小階級と最大階級は、200 網で16~18 mmと38~40 mm、220 網で16~18 mmと40~42 mm、240 網で14~16 mmと40~42 mm、260 網で14~16 mmと40~42 mmで、最小階級は200、220 網よりも240、260 網が小さい傾向がみられた。また、200 網の目合のみが他の3

種の目合に比べ明瞭な単峰形を示した (図4)。平均全長は、200 網の目合で26.8 mmと最も大きかったが、他の3 種の目合では25.6~25.9 mmにあり統計的に有意な差は認められなかった (ノンパラメトリック多重検定法の Steel-Dwass の方法 $p>0.05$)。変動係数については、200、220、240 網および260 網の順にそれぞれ0.13、0.18、0.20 および0.21 で、目合が小さいほど大きくなる傾向がみられた。

2 回目の全長の最小階級と最大階級は、200 網で16~18 mmと36~38 mm、220 網で12~14 mmと38~40 mm、240 網で16~18 mmと38~40 mm、260 網で12~14 mmと38~40 mmで、2 回目についても200 網の最小階級が最も大きい傾向がみられた。2 回目の曳網においても1 回目と同様に、他の3 種の目合に比べ200 網の目合のみが明瞭な単峰形を呈した。200 網の目合で採集されたカタクチイワシシラスの平均全長が26.8 mmで最も大きかったのに対し、260 網の目合でのその平均全長は24.9 mmで最も小さい値を示した。Steel-Dwass の方法により検定を行ったところ、200 網の目合の全長は他の3 種の目合に比べて明らかに大きく ($p<0.05$)、他の3 種の目合では統計的な差は認められなかった ($p>0.05$)。変動係数については、200、220、240 および260 網の順にそれぞれ0.13、0.18、0.19 および0.25で、

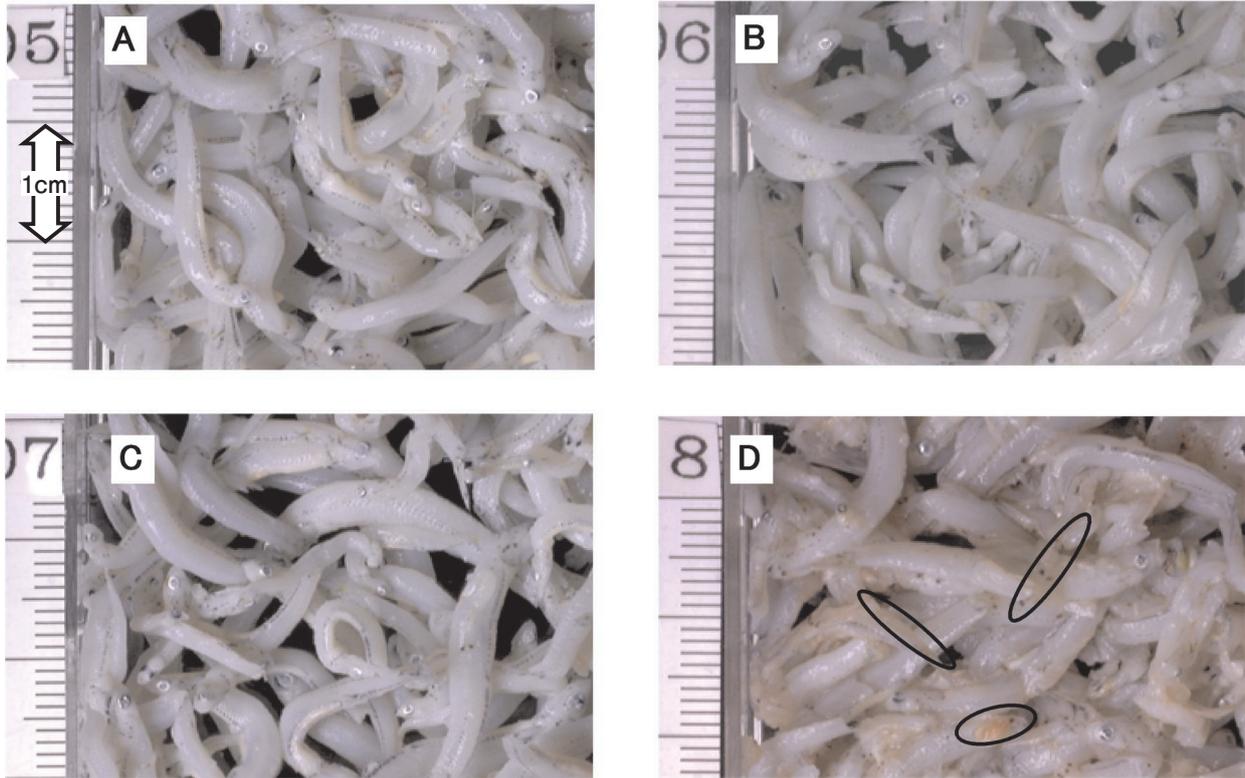


写真1. 2回目の曳網における200 経 (A), 220 経 (B), 240 経 (C), 260 経 (D) の漁獲物から加工された釜揚げ。260 経 (D) には小型の甲殻類 (一部を楕円で囲んで示す) が著しく多く混ざっていた

1 回目同様、目合が小さいほど大きい傾向がみられた。

全長組成については、1, 2 回目の曳網とも、200～240 経の目合では 16 mm 未満の小型魚の漁獲率が 1% 以下であったが、260 経の目合では 1, 2 回目でそれぞれ 3%, 5% で、他の 3 種の目合に比べ高い割合を示した。さらに、全長 18 mm 未満の割合についてみると、1 回目の 200 および 220 経で 0%, 240 経で 3%, 260 経で 6%, 2 回目の 200 経で 1%, 220 経で 2%, 240 経で 2%, 260 経で 9% であり、図 4 にみられるように、目合が小さいほど小型魚の割合が増加した。

流通業者等へのアンケートによる加工後の評価

各流通業者の評価金額 (200 経を 100 としたときの相対価格) を都府県ごとに平均すると、全体に東京の価格が徳島より高い傾向がみられるものの、曳網回および流通業者の所在地域によらず、目合が大きいほど評価金額が高い傾向がみられた (図 5)。200 経の目合の評価金額 (全地域の平均) を 100% とした相対価格は、1 回目の曳網において 220 経で 98%, 240 経で 91%, 260 経で 74% であった。多重検定 (Steel-Dwass 法) の結果、目合の一番小さい 260 経と 240 経、220 経および 200 経のそれぞれの評価金額との間には統計的に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。240 経と 200 経の評価金額の間にも

同様に統計的に有意な差が認められたが ($p < 0.05$)、240 経と 220 経および 220 経と 200 経では有意な差が見られなかった ($p > 0.05$)。また、目合が小さくなるにつれて地域間の評価金額の分散が大きくなる傾向がみられた。特に 260 経で変動が大きく、その目合の評価金額は東京で 89%、大阪で 60%、徳島で 79% であった。

2 回目の曳網については、基本的には 1 回目と同様の傾向であったが、260 経に対する評価がさらに低く、全地域の平均で 200 経に対してわずか 38% であった。多重検定結果 (Steel-Dwass 法) 行ったところ、1 回目と同様に ($p < 0.05$) 260 経の評価金額と他の 3 種の評価金額は統計的に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。さらに、240 経と 200 経の評価金額の間にも同様に統計的な差が認められたが ($p < 0.05$)、240 経と 220 経および 220 経と 200 経では有意な差が認められなかった ($p > 0.05$)。

アンケートによるサンプルの「良い・普通・悪い」の三段階評価については、1, 2 回の曳網とも目合が大きいほど「良い」の評価割合が高く、目合が小さいほど「悪い」の割合が高かった。1 回目では、「良い」が 200 経で 60%、220 経で 45%、240 経で 30%、260 経では 5% で、「悪い」は目合が大きい順に 5%、5%、10%、45% であった。2 回目については、「良い」の割合が目合の大きい順に 37%、11%、11%、0% で、「悪い」の割

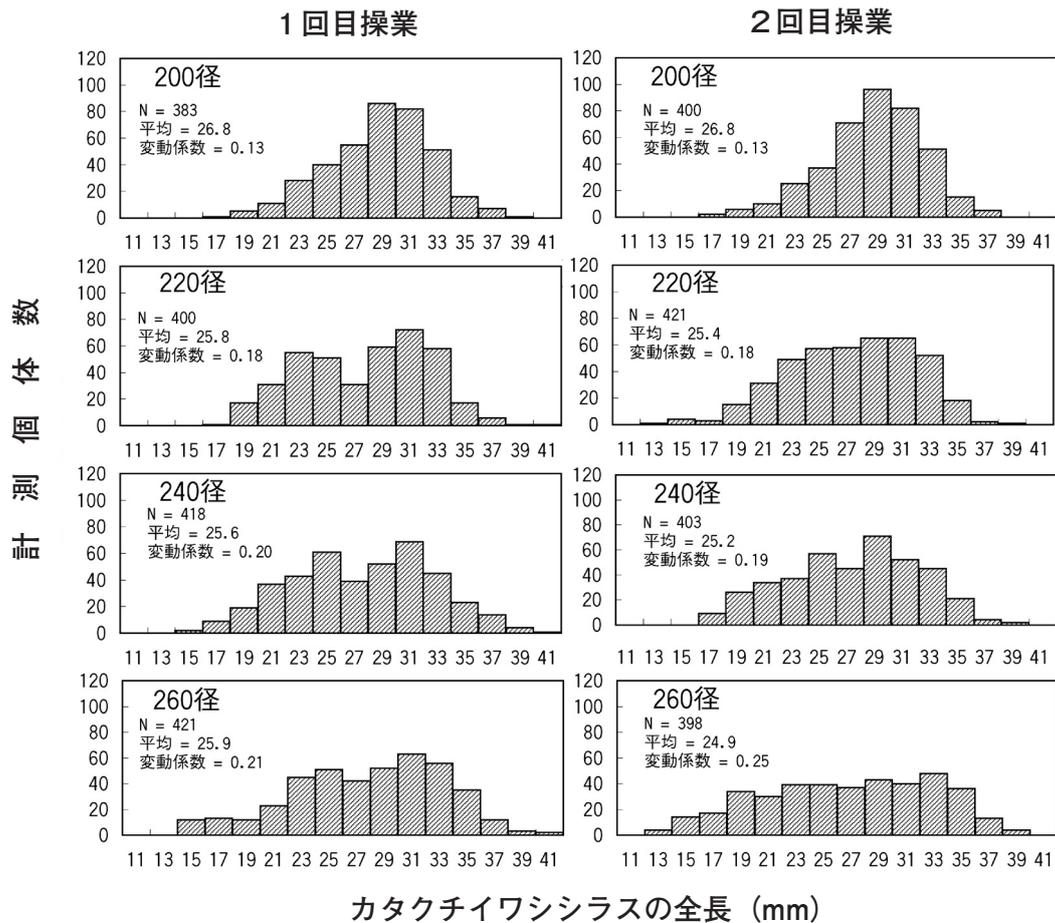


図4. コッドエンドの目合が異なる4統の船びき網の並行試験操業により漁獲されたカタクチイワシの全長組成

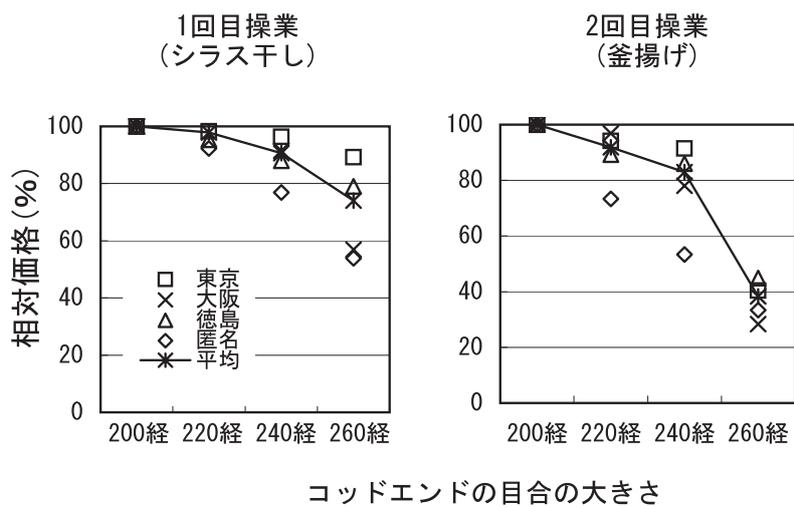
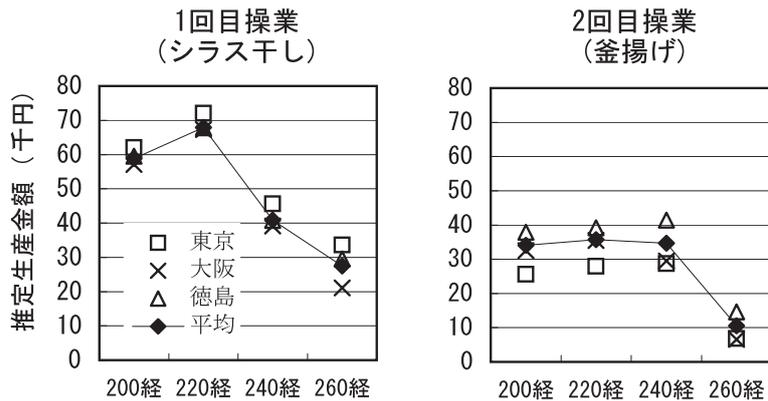


図5. コッドエンドの目合が異なる4統の船びき網の並行試験操業により漁獲されたカタクチイワシの加工後の相対価格
25のシラスの流通業者に対してブラインドテストによる模擬競りを実施し、200径の価格を100とし、目合別に3都府県の平均値を示したものである



コッドエンドの目合の大きさ

図 6. コッドエンドの目合が異なる 4 統の船びき網の並行試験操業により漁獲された漁獲物の仮定生産金額。漁獲量に加工後の 3 都府県のシラスの流通業者による平均入札価格 (kg 単価) を乗じた値を仮定生産金額とした

合が同様に 16%, 16%, 26%, 95% で、2 回目の 260 経については、回答者の殆どが「悪い」と評価した。

自由記入形式による各目合に対する回答者の意見によると、1 回目の曳網では目合が大きいくほど「サイズが揃っている」という肯定的な意見が多く、逆に目合が小さいほど「サイズが不揃い」という否定的な意見が多かった。

また、2 回目の 260 経を「悪い」と評価した人のうち 78% がアンケートに「混じり多い」という感想を記しており、「商品価値無し」という厳しい意見もみられた。2 回目の 200, 220 および 240 経の目合では「混じり有り」という感想はあるものの、「混じり多い」という感想はみられなかった。

目合別の推定生産金額

曳網 1 回目のシラス干しおよび曳網 2 回目の釜揚げの製品重量に、流通業者によるアンケートの地域毎の入札価格をかけたものを、推定生産金額として求め (図 6)、今回の調査に関する量と質の両面から 4 種の目合について評価を行った。

1 回目の曳網の推定生産金額については、高い方から 220 経, 200 経, 240 経および 260 経の目合の順であった。最下位の 260 経の推定生産金額 (全地域平均値) は 27,475 円で、1 位の 220 経の約 4 割になった。2 回目の曳網については、220 経, 240 経, 200 経および 260 経の目合の順に低くなり、200 ~ 240 経の目合の推定生産金額はほぼ同額であり、最下位の 260 経の目合が 10,513 円と上位 3 位までの 3 割を下回る結果となった。今回の並行操業試験において、2 回の曳網ともに 260 経の目合の推定生産金額が最も低かった。

考 察

船越⁸⁾はシラスの色, 大きさ, ばらつき, 混じり物などの漁獲量の質によって商品価値が何倍も変わること報告している。今回の流通業者等へのアンケート結果では、1 回目のサンプルについて、大きい目合ほど「サイズが揃っている」、小さい目合ほど「サイズが不揃い」という意見が多かった。「サイズが揃っている」という意見の多い目合が大きいものほど評価金額が高いことから、魚体の大きさが揃っているほど商品価値が上がると考えられる。また、2 回目の 260 経は、回答者の殆どに「悪い」と評価され、その 78% が「混じりが多い」という意見であった。逆に、2 回目の 200 経については、4 種の目合の中で「混じりが少ない」という意見が最も多かった。「混じりが多い」と意見の多い 260 経の評価金額は、「混じりが少ない」という意見の多い 200 経のその 38% に当たるほど低く、混じり物が増えるほど商品価値が下がる傾向がみられた。

釜揚げに加工された後の 2 回目の重量組成において、200, 220 および 240 経では 98% 以上カタクチイワシシラスで占められていたが、260 経では 15.8% の甲殻類が混じっていた。2 回目の 260 経において、加工前の重量組成ではカタクチイワシシラスの次にサルパ類が多く、次いで甲殻類が多かったが、加工後の重量組成ではサルパ類は 1% 未満に低下した。これは、水分を多く含むゼラチン様のサルパ類が⁹⁾釜揚げへの加熱時に破損・脱水して重量が減少するのに対し、キチンや炭酸カルシウムの重い外殻を持つ甲殻類⁹⁾は釜揚げ加工後の重量減少が小さかったため、加工前後で順位が逆転したと考えられる。

そして、写真 1 に示すとおり、「混じり」とされる甲

殻類はカタクチイワシシラスよりも小型である。徳島県の和田島漁協において、260 経から 220 経への目合拡大後の 2001 年 11 月に行われたアンケート調査によると、回答者の 85% が目合拡大により品質が「良くなった」と回答し、その過半数が「エビ・カニなどの混ざりが少なくなった」としている⁷⁾。この意見から、今回 2 回目の 260 経で甲殻類が多く漁獲されたのは、小型の甲殻類が多い環境で操業すると、260 経では小型の甲殻類が留まりやすいからと考えられる。斎浦・東海⁴⁾は 260 経の網目選択性試験の結果より、漁獲量が多いほどコッドエンドの目詰まりにより、小さい個体が逸出しにくくなることを報告している。2 回目の 260 経は今回の試験の中で漁獲量が多いわけではないが、全長 16 mm 未満のカタクチイワシシラス小型魚の割合は 4 種の日合の中で一番高いことから、カタクチイワシシラス小型魚の目詰まりの影響により小型の甲殻類の重量組成が高くなった可能性が示唆された。260 経よりも大きい 200～240 経の日合を使用すると、「混じり」の主体となり、評価金額を下げる小型の甲殻類の混獲を減らすことができると考えられる。

また、今回の曳網 2 回とも 260 経では、異物として除去されるような 16 mm 未満の小型魚の割合が高かった。全体的な傾向としては、斎浦ら⁶⁾の実施した並行操業試験の結果と同様に 2 回とも目合が小さいほど小型魚の尾数割合が増加し、目合が大きいほど全長の分散が小さかった。これらの結果から、240 経より大きい目合が評価金額の高い商品に適したカタクチイワシシラスを漁獲するために有効であり、さらに目合が大きいほど漁獲物のサイズが揃うことが分かった。

一方、目合の大きさと漁獲量の関係については、2 回とも、260 経よりも 200～240 経の日合の方が、カタクチイワシシラスの総重量が増加する傾向がみられた。これは、200～240 経の日合は、260 経に比べて網口開口比が大きいことになり、結果としてコッドエンドの濾水率が向上した可能性が考えられる。この濾水率の向上によって、網内に入るカタクチイワシシラスの量が増え、目合拡大により小型魚逸出の影響は見られるものの、結果として漁獲量が上昇したのと考えられる。また、斎浦らは 2001 年に並行操業試験を実施し、200、220、240 および 260 経のコッドエンドへの入網重量 (= 漁獲重量 + 推定逸出重量) に対するポケット網の採集物から推定した逸出重量 (= 推定逸出重量) の比率を比較した。その結果、240 経では 0.02% と 0.06%、220 経では 0.7% と 1.1% と僅かであったのに対し、200 経では 10.1% と 17.0% と急激に高まったと述べている⁶⁾。このことから、本調査において、220 経に比べて 200 経のカタクチイワシシラスの漁獲量が減少したのは、小型魚の逸出量が網内に入るその量を上回ったことによるのと考えられる。

今回の推定生産金額から、1、2 回目両方の曳網において、220 経の日合が最も経済的に効率的な網であると判

断された。斎浦・東海^{4,5)}、斎浦ら⁶⁾および斎浦⁷⁾のポケット網の調査においても 220～240 経が効率的な目合であると報告されている。しかし、2 回目の推定生産金額について、200～240 経の日合の間では明瞭な差がみられなかったことから、引き続き、漁獲時期および操業海域が異なり、混ざりものの種やカタクチイワシシラスのサイズが異なる状況下でのデータを収集する必要があると考えられる。

本研究では、漁業生物学的な観点に止まらず、加工および流通・経済的な観点まで踏み込んで船びき網の袋網のコッドエンドにおける目合の大きさについてより現実的な検討を試みた。その結果、これまで徳島県の多くの当業船が使用してきた 260 経の日合よりも大きい 240～200 経の日合のモジ網をコッドエンドに用いることは、漁獲物の品質を向上させ、船びき網漁業者の収入の向上に繋がることを明らかにした。

謝 辞

本研究に御協力いただいた徳島県阿南漁業協同組合の船びき網漁業者および模擬競りとアンケートに回答頂いた加工流通業者に記して謝意を表す。また、本研究に貴重な御助言をいただいた徳島県水産課漁業調整室の斎浦耕二博士とおよび池脇義弘係長をはじめ調査にご協力いただいた皆様に深謝する。最後に、調査全般にご協力とご便宜を図ってくださった、徳島県の東京事務所、大阪事務所、および徳島県庁水産課のご担当の方々に感謝の意を表す。

さらに本報のご校閲を賜った匿名の査読者の方々には多数の有益なご助言をいただいた。感謝申し上げます。

文 献

- 1) 有路昌彦 (2006) 水産経済の定量分析 - その理論と実践. 成山堂書店, 東京, 2006; 1-18 pp.
- 2) 河野悌昌・銭谷 弘 (2009) 平成 20 年カタクチイワシ瀬戸内海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価・TAC 種以外) 第 2 分冊, 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 東京, 713-750 pp.
- 3) 船越茂雄 (1998) イワシ類およびイカナゴの資源生態研究とその資源管理型漁業への応用. 水産海洋研究, **62**, 218-234.
- 4) 斎浦耕二・東海 正 (2003) ポケット網実験から推定したカタクチイワシシラスに対する船曳網の網目選択性. 日本誌, **69**, 611-619.
- 5) 斎浦耕二・東海 正 (2005) 船曳網コッドエンドに使用されるモジ網のカタクチイワシシラスに対する網目選択性の推定. 日本誌, **71**, 24-32.
- 6) 斎浦耕二・森 啓介・東海 正 (2006) カタクチイワシシラスに対する船曳網の日合別網目選択性. 日本誌, **72**, 414-423.

- 7) 斎浦耕二 (2007) 徳島県紀伊水道海域における船びき網の漁業管理に関する研究. 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所研究報告, 5, 1-72.
- 8) 船越茂雄 (1988) 駿河湾・遠州灘のシラス生産機構. 水産海洋研究, 52, 240-243.
- 9) 塚本勝巳 (2006) 海洋生物の大航海. 学術の動向, 9月号, 14-21.

原著論文

成長の良さに基づいて選抜された世代数が異なる アユ種苗の河川における冷水病耐性の差異

湯浅明彦^{*1}・竹内 章^{*1}

Difference of Resistance to Bacterial Coldwater Disease in Natural Environment between Two Hatchery Populations of Ayu *Plecoglossus altivelis* with Different Number of Generations Subjected to Selection Based on Character of Growth

Akihiko YUASA and Akira TAKEUCHI

We compared the resistance of two hatchery populations of ayu *Plecoglossus altivelis* having a different number of successive hatchery generations (F2 and F18 in 2007, F3 and F19 in 2008) to bacterial coldwater disease in a river. Both populations originated from the Yoshino River in Tokushima Prefecture, Japan, and they were selected by character of growth. Hatchery-reared juveniles of two populations were released in April and May 2007 and in April 2008 in a branch of the Kaifu River, Tokushima Prefecture, in the stream above a dam, which prevented access by wild ayu. The percentages of diseased ayu in the total numbers recovered were 14.9% and 45.9% for F2 and F18, respectively, and 22.1% and 47.2% for F3 and F19, respectively. After the disease outbreak, the percentage of F2 and F3 in recoveries exceeded recoveries of F17 and F18. These results indicate that F2 and F3 ayu have superior resistance to bacterial coldwater disease compared to F18 and F19.

2009年3月24日受付, 2009年8月31日受理

Flavobacterium psychrophilum を原因とするアユ *Plecoglossus altivelis* の細菌性冷水病は1987年に養殖場で¹⁾, 次いで1993年に天然河川でそれぞれ発生²⁾が確認されて以来, 全国的に蔓延し大きな被害を及ぼしている³⁾。養殖魚の発病に対しては, 抗菌剤の投与による治療が行われるとともに, ワクチンの開発研究が進められている^{*2}。河川における冷水病被害軽減策として, 谷口^{*3}は保菌魚の移植放流の中止を提案した。また, 全

国の関係機関で組織するアユ冷水病対策協議会によって防疫のための具体的方策について指針が取りまとめられ活用されている^{*4}。一方, Nagai *et al.*⁴⁾は, アユの系統により冷水病に対する感受性が異なることを実験的に明らかにした。この知見に基づき, 系統の異なるアユ種苗の冷水病に対する感受性の差と, 放流後の河川におけるCPUEとの関係について検討が試みられたが⁵⁾, 明瞭な結果は得られていない⁵⁾。

*1 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所 〒779-2301 徳島県海部郡美波町日和佐浦1-3

Fisheries Research Institute, Tokushima Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, 1-3 Hiwasaura, Minami-cho, Kaifu-gun, Tokushima, 779-2301 Japan

yuasa_akihiro_1@pref.tokushima.lg.jp

現所属: 徳島県南部総合県民局農林水産部

*2 アユ冷水病対策協議会 (2004) アユ冷水病対策協議会取りまとめ, 平成16年3月

*3 谷口順彦 (2002) シンポジウム「魚病研究の現状と展望」, アユの種苗放流と冷水病被害について. 魚病研究, 37, 220p.

*4 アユ冷水病対策協議会 (2004) アユ冷水病防疫に関する指針 平成16年3月 (平成20年3月改訂)

徳島県栽培漁業センター（以下同センター）では養殖に適したアユ種苗を生産する目的で、電照による成熟促進を行い、成長が早く体長が大きい個体を選抜して親魚とすることを長期間続けてきた。この種苗に関してアユ養殖業者から、摂餌が良く成長も早いため養殖に適しているが、一旦冷水病が発生すると被害が大きいとの指摘がある。この対策として同センターでは、2006年から主に放流用種苗として、河川遡上魚を初代の親魚とした新たな種苗の生産を開始した。

本研究では、これら2種類のアユ種苗の選抜回数の多い種苗を長期選抜群、短い種苗を短期選抜群と称し、2群の冷水病に対する耐性を感染試験により評価した。また、2007年および2008年の2年に亘り、両群の種苗を河川に放流して追跡調査を実施し、冷水病に対する耐性を河川放流後の発病状況と生残状況により比較した。

材料および方法

供試魚

人為感染試験および標識放流調査には、2007年と2008年に同センターで生産した2群のアユ人工種苗を用いた。短期選抜群は2005年に吉野川で採捕した遡上稚魚を同センターで育成した135尾を、長期選抜群は1989年に同河川で採捕された成熟魚625尾をそれぞれ初代親魚とし、同センターで継代飼育したものである。すなわち、2007年の短期選抜群は1回、長期選抜群は17回の選抜を繰り返したものを親魚として使用し、2008年はそれぞれ次の世代を親魚として使用した。それぞれの種苗生産に使用した親魚数は76尾から96尾であった（表1）。

人為感染試験による冷水病感受性の比較

2007年に同センターで淡水馴致した両群のアユを徳島県立水産研究所に輸送し、循環濾過水槽で市販のアユ用配合飼料を体重の1.5～2.0%給餌して飼育したものを試験に供した。供試魚の平均体重は短期選抜群が14.4g、長期選抜群が11.3gであった。

－80℃で凍結保存した冷水病原因菌 PH0424 株を、改

変サイトファーガ寒天培地（トリプトン 0.2%、酵母エキス 0.05%、肉エキス 0.02%、酢酸ナトリウム 0.02%、塩化カルシウム・2水和物 0.02%、硫酸マグネシウム・7水和物 0.02%、寒天 1.4%、pH7.2～7.4）の表面に塗抹して17℃で4日間培養した。培養後のコロニーを採取し、滅菌水道水で 10^7 CFU/mlに調整した菌液 50 μ l をアユの背鰭基部の皮下に接種し、死亡魚の腎臓から再分離した魚体通過株を感染試験に使用した。

改変サイトファーガ寒天培地を用いて17℃で4日間培養した魚体通過株を、蓋付き三角フラスコ内の改変サイトファーガ液体培地 50 mlに懸濁し、巡回振盪しながら17℃で24時間培養した。この菌液を5,000 \times gで15分間遠心分離して培養液を除去した後に、滅菌水道水を $10^{6.1}$ CFU/mlとなるように加えて接種菌液を調製した。飼育水にフェノキシエタノールを300 ppmとなるように添加して麻酔した19～20尾の供試魚の背鰭基部の皮下に、菌液を30 μ l（一尾あたりの菌量は $10^{4.6}$ CFU）ずつ接種した。接種後、17.5℃から18.5℃に調温した脱塩水道水の流水により14日間無給餌で飼育した。冷水病の診断は、死亡魚の体表患部と腎臓からルーブ径2 mmのステンレスエーゼを用いて細菌試料を採取し、改変サイトファーガ寒天培地上に塗抹して17℃で培養し、冷水病原菌の分離を確認することで行われた。冷水病原菌の確認は、培地上の黄色コロニーについて、*F. psychrophilum* に特異的なウサギ抗血清を用いたスライド凝集反応により行われた。両群の死亡率を、Fisherの正確確率検定法の片側検定で検討した。

標識放流

同センターで飼育した両選抜群のアユ種苗を海部川漁業協同組合の中間育成場で放流サイズまで育成した。2007年は4月3日と5月14日、2008年は4月15日と4月16日に標識放流を実施した（表2）。両群を区別するために、短期選抜群の放流魚の脂鰭を切除して標識とした。

各年の放流前に両選抜群から60尾ずつ採取して、冷水病の保菌検査を実施した。2007年は3尾から各1鰭弁を切除してマイクロチューブに入れて1 mlの滅菌 PBS

表1. 両選抜群の初代の親魚数および供試魚の種苗生産に用いた親魚数

選抜群	初代採卵年	初代親魚数	親魚数	
			2007年	2008年
短期	2005	135 (68, 67)*	96 (40, 56)	76 (31, 45)
長期	1989	625 (458, 167)	83 (31, 52)	90 (30, 60)

* 括弧内は雌と雄の親魚数

表2. 標識放流の概要

項目	2007年		2008年	
	短期選抜群	長期選抜群	短期選抜群	長期選抜群
平均体重(g)	4.9	4.5	5.5	5.0
放流尾数(尾)	19,500	22,900	12,700	14,000
放流日	5月14日	4月3日	4月16日	4月15日

を加え、試験管ミキサーで約 30 秒間激しく攪拌した。次に鰓弁を取り除いて 500 × g で 10 分間遠心分離した後、上清を別のマイクロチューブに移し、10,000 × g で 15 分間 4℃ で遠心分離して上清を丁寧に除去した。100 μl の滅菌 PBS を加えて再懸濁することで原液を 10 倍に濃縮した。この溶液 10 μl を、Chelex100 (SIGMA) を 5% 添加した滅菌蒸留水 300 μl とともにアルミブロックドライバスを用いて 55℃ で 30 分間加熱し、10 秒間試験管ミキサーで激しく攪拌し、更に 95℃ で 20 分間加熱した後に、10,000 × g で 10 分間 4℃ で遠心分離した⁶⁾。この上清 1 μl を 1 検体として、*F. psychrophilum* の PPIC 遺伝子を標的とした PCR 検査⁷⁾を実施したところ、すべての検体が陰性であった。

2008 年には検査魚の左側の鰓弁からループ径 5 mm のステンレスエーゼで検体を採取し、Tobramycin を 5 ppm 添加した改変サイトファーガ培地⁸⁾に塗抹した。冷水病原菌に類似した黄色コロニーが形成された場合は、コロニーの一部を 200 μl の TE (10mM Tris-HCl, 1mM EDTA, pH8.0) 緩衝液に懸濁し、95℃ に加熱して DNA を抽出した。この抽出液 1 μl で上記の PCR 検査

を実施したところ全て陰性であった。

徳島県南部を流れる海部川の支流小川谷川に設置された 2 基の砂防堰堤に挟まれた約 3.5 km の区間を調査水域とし、ここに供試魚を放流した (図 1)。調査水域の下流端および上流端の堰堤は落差があるため、下流からアユの遡上はなく、通常の水位では堰堤を越えて供試魚が移動することはない。また、調査水域より上流部でアユは放流されない。したがって、調査水域には放流魚以外のアユは生息せず、調査期間中供試魚は水域外へ能動的に移動しないと考えられた。

再捕調査

2007 年における調査水域のアユ漁の解禁日は 7 月 9 日であったが、再捕調査を 5 月 24 日から 9 月 13 日までの間に 9 回実施した。再捕は刺網、すくい網、シャクリ (掛け針を竹竿の先に取り付け、アユを引っ掛けて採捕する漁法) により行った。2008 年は 6 月 1 日の解禁日から 8 月 14 日までの間に 13 回調査した。再捕は友釣りのみで行った (表 3)。

表 3. 再捕調査の実施状況

項目	2007年	2008年
調査期間	5月24日～9月13日	6月1日～8月13日
再捕調査回数	9回	13回
再捕方法	刺網・すくい網・	友釣り
再捕尾数 (尾)	243	588

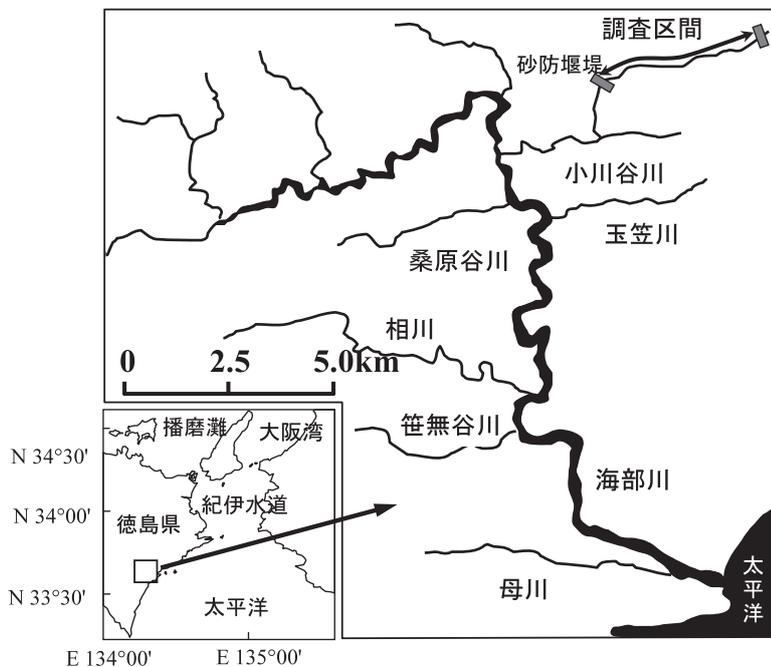


図 1. 徳島県の海部川の支流である小川谷川の調査水域。矢印区間は 2 基の砂防堰堤で区切られた調査区間 (3.5km) を示す

冷水病の確認

再捕魚について、顎・体表の発赤や潰瘍等冷水病に特徴的な外観症状³⁾を示す個体を発症魚として記録した。再捕魚に占める発症魚の割合を発症率とし、両群の発症率を χ^2 検定の片側検定で比較した。2007年には発症魚の脾臓組織をマイクロチューブ内で1mlのSTE緩衝液(100mM NaCl, 10mM Tris-HCl, 1mM EDTA, pH8.0)とともに磨碎し、磨碎液10 μ lを前述の5%Chelex100溶液とともに加熱し攪拌することで冷水病菌のDNAを抽出した。脾臓組織が採取できない場合は腎臓組織で代替した。さらに、発症魚の腎臓から改変サイトファーガ寒天培地を用いて原因菌の分離を試みた。脾臓および腎臓組織抽出DNAと分離された黄色コロニーをTE緩衝液に懸濁して熱抽出したDNAを用いて、それぞれPPIC遺伝子を標的としたPCR検査を実施した。2008年には再捕した発症魚の腎臓から改変サイトファーガ寒天培地を用いて細菌を分離した。形成された黄色コロニーを、上述のPCR検査により*F. psychrophilum*であるかどうか判定した。

結 果

人為感染試験

冷水病の発病による死亡が攻撃3日後から始まり、14

表 4. 冷水病の人為感染試験結果

選抜群	供試魚数	死亡魚数	死亡率(%)
短期	20	5	25.0*
長期	19	12	63.2

*長期と比較して有意に低い ($P<0.05$)

日以内に終息した。死亡率は短期選抜群で25.0%、長期選抜群で63.2%であった(表4)。短期継代群の死亡率は長期継代群と比較して有意に低かった ($P<0.05$)。

河川における冷水病の発生状況

2007年には7月19日に、2008年では7月10日に発症魚が初めて確認された(図2)。2007年では発症魚の脾臓と腎臓から*F. psychrophilum*が検出され、2008年には腎臓から原因菌が分離された。短期選抜群の発症率は長期選抜群より低く推移し、最も高い発症率は2007年で25.0%、2008年で26.3%であった。一方、長期選抜群の発症率は、両年とも発症魚の初確認以降急激に増加し、3週間以内に80%以上となった。

なお、2008年の長期選抜群は7月26日および7月31日にはいずれも1尾ずつ発症魚が再捕されたのみで、調

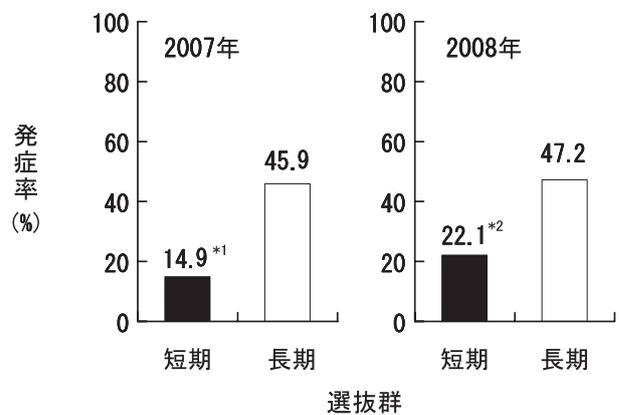


図 3. 冷水病発生後の再捕魚の発症率

*¹ 長期と比較して有意に低い ($P<0.05$)

*² 長期と比較して有意に低い ($P<0.01$)

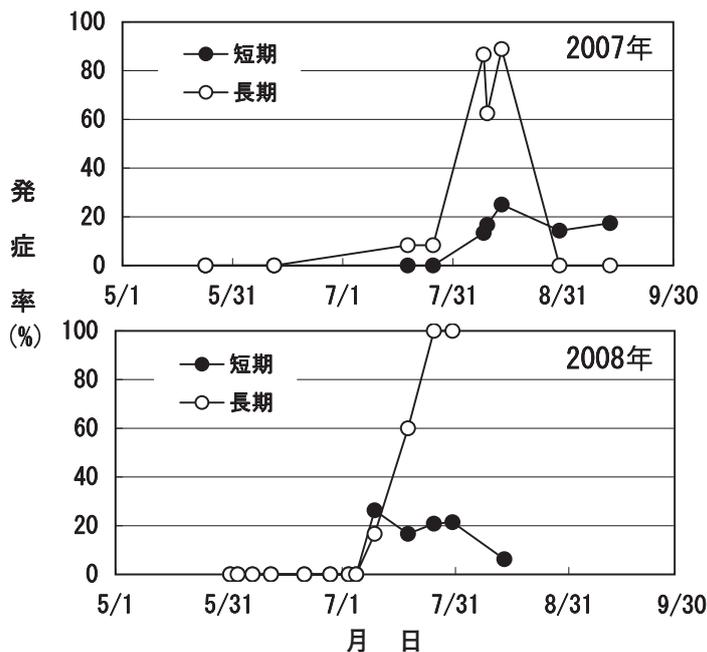


図 2. 両選抜群の冷水病の発症率の推移

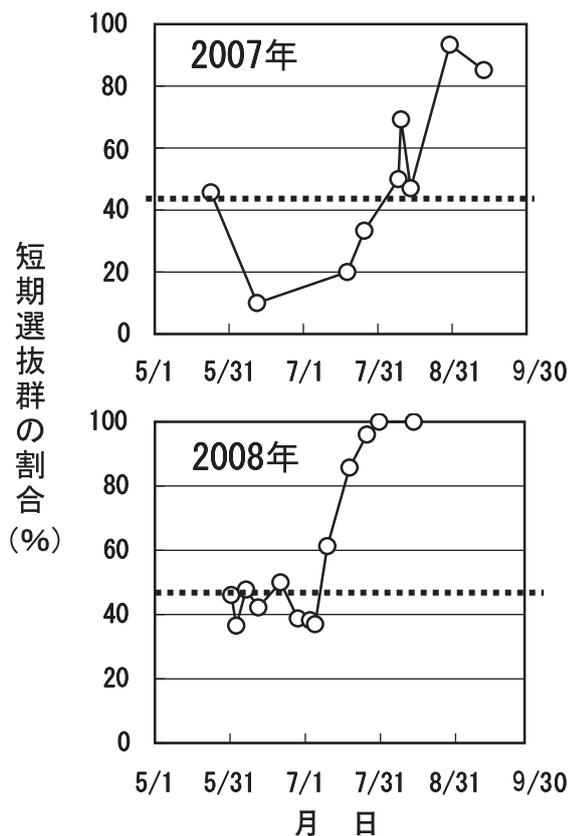


図4. 再捕魚に占める短期選抜群の割合
グラフ中央の破線は放流時における同群の割合を示す

査最終日の8月14日には1尾も再捕されなかった。

冷水病発生後に再捕されたアユに占める発症魚の割合は、2007年には短期選抜群および長期選抜群でそれぞれ14.9%および45.9%、2008年にはそれぞれ22.1%および47.2%であった(図3)。両年とも短期選抜群の発症率は長期選抜群に比べて有意に低かった(2007年 $P < 0.05$, 2008年 $P < 0.01$)。

再捕魚中の選抜群の割合

各調査日の再捕魚に占める短期選抜群の割合を図4に示した。2007年は7月19日に初めて発症が見られるまで短期選抜群の再捕割合は低く推移したが発症後は増加し、8月30日以降は80%を超えた。なお、短期選抜群の再捕割合が冷水病の発生まで低く推移したのは、本群の放流が長期選抜群より約40日遅れたため、漁獲加入が遅れたことによる可能性が考えられた。

2008年には初めて発症個体が確認されるまで、両群の再捕割合は放流尾数の割合とほぼ等しかったが、それ以後は短期選抜群の再捕割合が急激に増加し、7月26日以降はほぼすべての個体が短期選抜群であった。

考 察

アユの冷水病に対する耐性を、河川における自然感染により検証する試みはこれまで十分になされているとは

言えない。これは、自然河川では天然遡上アユ等の混在や供試アユの上下流への分散移動等、試験に影響を与える諸要因を排除することが困難なためと考えられる。本研究では供試魚以外のアユが存在せず、供試魚の能動的な逸散がないという条件下で試験を行うことができた。

室内での人為感染試験の結果、短期選抜群は長期選抜群に比較して高い耐病性を示したが、放流試験においても同様の結果を得た。すなわち両年とも冷水病の発生後、長期選抜群は発症率が急激に増加し、短期間のうちに再捕魚のほとんどが発症していたのに対し、短期選抜群の発症率は低く推移し、冷水病発生期間中を通して短期選抜群の発症率は長期選抜群より統計的に有意に低かった。このことから、冷水病の流行時にも短期選抜群のアユは長期選抜群より発病しにくく、冷水病に対する耐性が高いことが明らかになった。

再捕魚に占める短期選抜群の割合は冷水病発生後急速に増加し、2007年は発症後40日程度、2008年には10日程度で再捕魚のほとんどを短期選抜群のアユが占めるようになった。これは水域内で冷水病が発生した後、長期選抜群が速やかに発病し死亡した結果、生き残った短期選抜群の生息割合が増加したためと考えられる。

なお、試験に用いた両群の初代親魚を採捕した吉野川では、冷水病の疫学に関する詳しい実態が明らかになってはいないが、それぞれの採捕年またはその前年にアユが大量に死亡した記録はなく、短期選抜群においても初代親魚が自然界で選抜された冷水病耐性魚である可能性は低いと考えられる。

池田ら⁹⁾は、アユ人工種苗の継代数と遺伝的多様性には強い負の相関があり、継代種苗の集団内で近親交配が生じている可能性を指摘している。また、次世代の遺伝的变化を防ぐためには、500尾以上の親魚が種苗生産に用いられる必要があると考えられている¹⁰⁾。本研究で使用した2群の各世代の親魚数は初代を除けばいずれも100尾以下であり、さらに成長が早く体長が大きい個体を親魚に選抜していることから遺伝的多様性の低下は避けられず、特に選抜をうける世代数の多い長期選抜群で遺伝的多様性が低下している可能性がある。さらに永井・坂本¹¹⁾は、アユの冷水病に対する耐性が遺伝することを示唆するとともに、冷水病耐性アユの抗体産生能と関係している可能性があることを報告している。これらの報告から両選抜群間の冷水病耐性の差に、両群の初代親魚が有していた遺伝形質と体長による選抜に伴う何らかの遺伝的な変化が関与している可能性が考えられるが、これらの解明は今後の重要な研究課題である。

実用的なアユ種苗生産において耐病性を維持するためには、アユの系統により耐病性がどの程度異なり、選抜などの飼育方法によりどの様に変化するのかを把握する必要がある。そのためには、簡便な耐病性判定手法を開発し、放流用種苗が具備すべき耐病性の程度や耐病性に関連する遺伝形質を解明する必要がある。そして、それ

らの成果を種苗生産過程に組み込んでマニュアル化していく必要があると考えられる。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、土居雅明組合長をはじめ海部川漁業協同組合理事の皆様には調査全般にわたり多くのご支援をいただいた。標識放流では、財団法人徳島県水産振興公害対策基金職員の皆様にご支援をいただいた。2008年の採捕調査を担当していただいた沢田健蔵氏は、卓越した友釣りの技量で本研究に貢献していただいた。本報告の取りまとめに際して徳島県農林水産部ブランド戦略総局水産課漁業調整室大西圭二室長および徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所上田幸男次長に有益なご助言をいただいた。これらの方々に厚くお礼申し上げる。なお、本研究の2007年の調査は、独立行政法人水産総合研究センターの「健全な内水面生態系復元等推進委託事業」で行われた。

文 献

- 1) WAKABAYASHI, H., T. TOYAMA, and T. IIDA (1994) A study on serotyping of *Cytophaga psychrophila* isolated from fishes in Japan. *Fish Pathol.*, **29**, 101-104.
- 2) IIDA, Y. and A. MIZOKAMI (1996) Outbreaks of coldwater disease in wild ayu and pale chub. *Fish Pathol.*, **31**, 157-164.
- 3) 井上 潔 (2000) アユの冷水病. 海洋と生物, **126**, 35-38.
- 4) NAGAI, T., T. TAMURA, Y. IIDA and T. YONEJI (2004) Differences in susceptibility to *Flavobacterium Psychrophilum* among three stocks of ayu *Plecoglossus altivelis*. *Fish Pathol.*, **39**, 159-164.
- 5) 原 徹・桑田知宣・齊藤 薫 (2007) アユの河川内での冷水病感受性および放流効果の系統差. 岐河環研研報, **52**, 5-9.
- 6) IZUMI, S. and H. WAKABAYASHI (1997) Use of PCR to detect *Cytophaga psychrophila* from apparently healthy juvenile ayu and coho salmon eggs. *Fish Pathol.*, **32**, 169-173.
- 7) 吉浦康寿・釜石 隆・中易千早・乙竹 充 (2006) Peptidyl-prolyl cis-trans isomerase C 遺伝子を標的とした PCR による *Flavobacterium psychrophilum* の判別と遺伝子型. 魚病研究, **41**, 67-71.
- 8) KUMAGAI, A., C. NAKAYASU, and N. OSEKO (2004) Effect of Tobramycin Supplementation to Medium on Isolation of *Flavobacterium psychrophilum* from Ayu *Plecoglossus altivelis*. *Fish Pathol.*, **39**, 75-78.
- 9) 池田 実・高木秀蔵・谷口順彦 (2005) マイクロサテライト DNA 分析によるアユ継代種苗の遺伝的変異性と継代数の関係. 日水誌, **71**, 768-774.
- 10) 谷口順彦・中嶋正道・池田 実・谷口道子・高木秀蔵 (2005) アユの健苗性の促進に関する研究. 高知県内水面種苗センター報告, 1-62.
- 11) 永井崇裕・坂本 崇 (2006) 異なるアユ系統間の冷水病感受性と免疫応答. 魚病研究, **41**, 99-104.

原著論文

サクラマス¹の耳石バーコード標識パターン数を増やすための 低水温飼育と昇温刺激を併用した標識方法

坂本 準^{*1}・桑木基靖^{*2}・江場岳史^{*3}

A Newly Thermal Induced Otolith Marking Method Applied to Masu Salmon Using Cool Rearing Water and an Abrupt Rise in Temperature to Increase the Number of Marks Pattern

Jun SAKAMOTO, Motoharu KUWAKI, and Takeshi EBA

Thermally-induced bar-code otolith marking of salmonids is usually done at the eyed-egg or alevin stage by abruptly cooling the water temperature. In this study, we investigated a new otolith marking method for masu salmon *Oncorhynchus masou* to increase the number of otolith marks. We first attempted to delay the emergence time of fry by using a cooling system to extend the period of thermal marking. With cool water (5.5 °C), emergence time was delayed by 44 days compared to normal conditions (9.5°C). A 24h increase in rearing water temperature from 5.5 °C to 9.5°C produced 3 otolith marks at the eyed-egg stage and 5 otolith marks at the alevin stage. We show that this new thermal marking method results in more otolith marks than the former method.

2009年4月10日受付, 2009年7月27日受理

人工ふ化放流したサクラマス (*Oncorhynchus masou*) 幼稚魚の河川内分布, 移動, 成長や生残, 天然魚との相互関係, あるいは回帰した親魚の生態や放流効果などを明らかにするために, 標識放流は欠かせない手法である。サクラマス放流魚に対する標識は鱭切除やリボンタグなどが広く用いられているが, 我が国では1980年代後半からの大量標識放流に, アリザリンコンプレクソン等の蛍光物質を用いた浸漬法も併用されてきた¹⁾。さらに, 最近ではサケ (*O. keta*) やカラフトマス (*O. gorbuscha*) で行われている耳石温度標識も用いられるようになってきた²⁾。

耳石温度標識法は, サケ科魚類の発眼卵や仔魚に4°C

の低水温刺激を与えることで, 耳石に人為的な年輪状の標識を付ける手法である³⁾。近年ではこの標識方法が一般化し, 日本, アメリカ, カナダ, ロシア, 韓国で行われるようになった。

北太平洋溯河性魚類委員会 (NPAFC) は, 各国の標識が重複することを避けるため, 放流した国を識別するための標識を義務付けるとともに⁴⁾, 各国が付ける標識のパターンを集約している^{*4)}。

通常, 我が国では耳石標識を発眼卵期に施しているが, サクラマスのふ化までの期間は, 飼育水温8°Cの場合, 受精からふ化までの積算温度 (ふ化までの経過日数 × 1日の平均水温) が450°C前後⁵⁾で, サケ (480°C前

*1 独立行政法人水産総合研究センター さけますセンター 尻別事業所 〒048-0600 島牧郡島牧村字賀老11番1
Shiribetu Station, National Salmon Center, FRA 11-1 Garou, Shimamaki, Shimamaki, 048-0600 Japan
juns@fra.affrc.go.jp

*2 独立行政法人水産総合研究センター さけますセンター 十勝事業所

*3 独立行政法人水産総合研究センター 奄美栽培漁業センター

*4 <http://npafc.taglab.org/MarkSummary.asp>

後) やカラフトマス (570℃ 前後) に比べて短いため、国別標識を付けると標識パターン数が限られてしまう。辻本・田子⁶⁾は、サクラマスの仔魚に耳石温度標識を付ける手法を確立しているが、発眼卵期から仔魚期を通し連続して標識を付けられるようになれば、標識パターン数を増やすことができる。また、飼育水温を下げても発眼卵と仔魚の発育を抑制し、浮上期を遅らせることができれば、標識の組み合わせをさらに増やすことが可能になる。しかし、この条件下で通常の標識を行うと水温が低くなり過ぎるため、卵や仔魚への悪影響が懸念される。

そこで、本研究では、低温の飼育水を用いてサクラマスの発眼卵期から仔魚が浮上するまでの期間を延長させるとともに、飼育水を一時的に昇温して耳石温度標識を付けることで、標識パターンを増やす方法について検討した。

材料と方法

供試卵・仔魚の飼育管理 2007年9月18日に北海道の京極ふ化場で採卵したサクラマス卵 171.8 万粒を、さけ

ますセンター尻別事業所蘭越施設のボックス型ふ化槽に収容した。卵、仔魚の管理には、発生を抑制させるために飼育水である水温 9.5℃ の地下水を冷却器 (タカツ電気商会社製, ユニット型水温制御装置) で 5.5℃ に冷して用いた (写真 1)。採卵から 41 日後の 10 月 29 日に発眼を確認したあと、発眼卵期に異なるパターンの標識を施すために実験卵を 2 群 (A 群, B 群) に分けてボックス型ふ化槽に移した。発眼卵期の耳石標識終了後の積算温度が 410℃ となった 11 月 24 日に、仔魚期への連続耳石標識を施すため A 群から 65,000 粒を取り分け浮上槽上段に収容した。また、同じく B 群から 65,000 粒を取り分け、浮上槽下段に収容した (写真 2)。ボックス型ふ化槽への注水量は毎分 40 l, 浮上槽への注水量は毎分 20 l に設定し、実験期間中の水温を自記水温計 (テックジャム社製, おんどとり Jr) で 1 時間毎に計測した。また、卵と仔魚の発育段階を適宜確認した。

耳石標識の方法 耳石標識は、発眼卵と仔魚のいずれの時期も飼育水の温度刺激により行った。標識は、飼育水 (5.5℃ の冷却水) を源水 (9.5℃) に切り替えて 24 時間注水した後、再び飼育水に復して 24 時間注水する行程

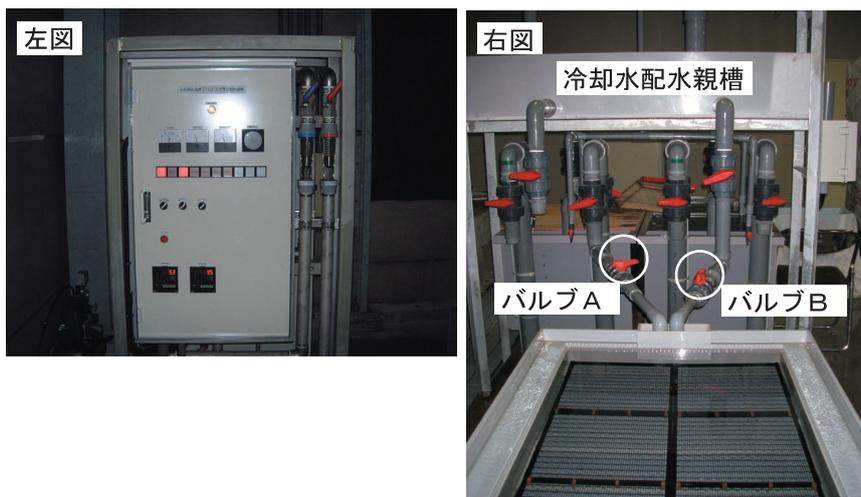


写真 1. 左図: 飼育水の冷却に用いたユニット型水温制御装置
右図: ボックス型ふ化槽及び浮上槽への飼育水導水、注水設備
バルブ A は源水 (9.5℃), バルブ B は冷却用水 (5.5℃) を流す

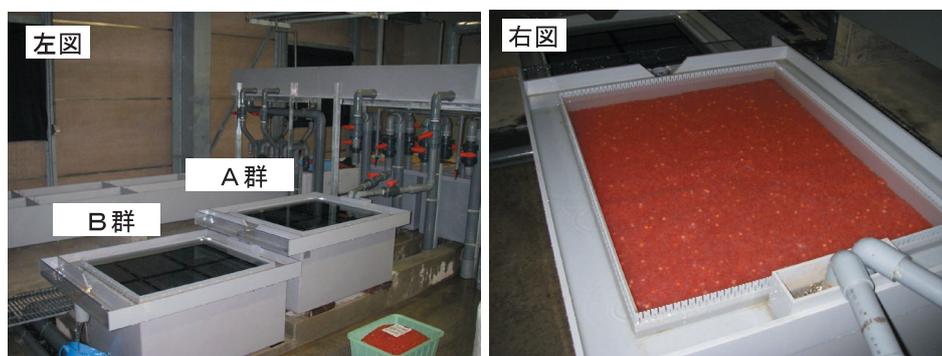


写真 2. 左図: ふ化直前の発眼卵を収容した浮上槽
上段には A 群, 下段には B 群をそれぞれ 65,000 粒収容した
右図: 発眼卵の収容状態

を1サイクルとして行った。耳石には飼育水から源水に切り替え、再び飼育水に復した時点で黒く太いリングが形成される。また、このサイクルを目標のリング数(2~3本)だけ反復したものを1バンドとして扱い、必要なバンド数を繰り返した。さらに、各バンド間の区切りを明瞭にするため、あるバンドの最後のリングを付けてから次のバンドの初めのリングを付けるまで、仔魚期では原則として144時間(6日間)の間隔を空けた。なお、源水と飼育水の切り替えは、写真1に示したバルブAとバルブBを操作して行った。

日本で耳石標識を行う場合、最初のバンドに国別標識として2本のリングを付けることが義務付けられている。今回の実験においても、発眼卵期の11月9日から

15日にかけて、A、B両群の1バンド目に国別識別コードとして2本のリング(E1)を標識した。その後、2本のリングをA群に対しては1バンド(E2)、B群に対しては2バンド(E2,3)、それぞれ標識した。発眼卵への標識が終了したのは、A群が11月19日、B群が11月24日であった。

浮上槽(写真2)でふ化したA群とB群の仔魚には、共に3本のリングを1バンドと2本のリングを4バンドの標識を、12月5日から1月21日の48日間で行った(R1-5)。その後1月27日から6バンド目の標識を試みたが、仔魚が浮上を開始したので、A群の仔魚に1本のリングを付けただけで終了した。実験開始当所に標識を予定したバンドパターンの模式図を図1に示した。

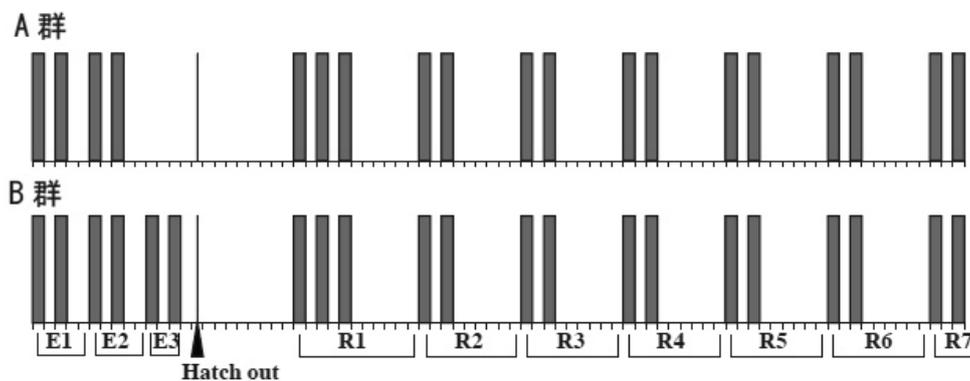


図1. 水温制御により耳石に形成される予定のバンドパターンの模式図

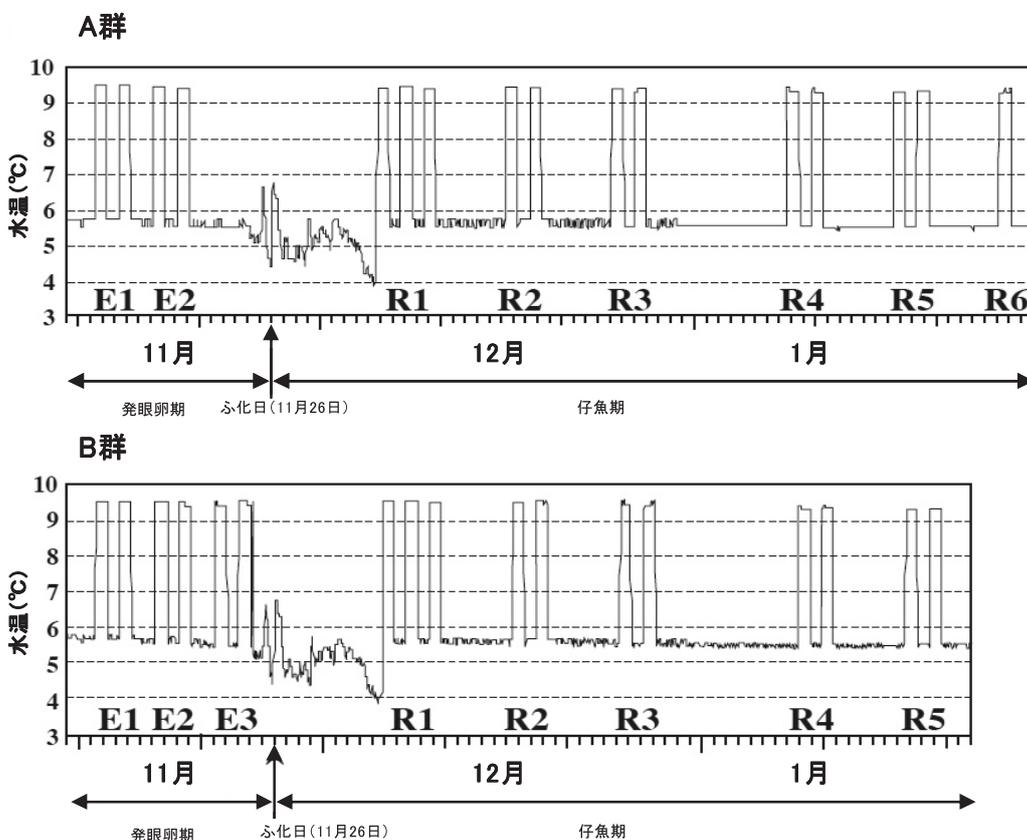


図2. 実験期間中のA群(上段)とB群(下段)に与えた飼育水の温度変化。横軸の1目盛は1日を表す

耳石標識の確認 耳石標識を確認するため、実験終了時に A 群と B 群の発眼卵および仔魚の合計 4 区から 10 尾を無作為に選び、耳石を採取した。採取した耳石標本をスライドガラスに貼り付け、片面の核が露出するまで研磨した後、透過型光学顕微鏡で標識の状態を確認するとともに、デジタル画像として保存した。

結 果

飼育期間中の水温変動 実験期間中の水温変動を図 2 に示した。冷却した飼育水の水温は、耳石標識の期間を除きほぼ 5.5℃ に保たれていた。標識期間中は冷却水から源水に切り替えて 24 時間の注水を行ったため、9.5℃ を示した。

A 群の発眼卵には 2 本のリングを 2 バンド、また B 群の発眼卵には 2 本のリングを 3 バンド、それぞれ標識するため、A 群には計 4 回、B 群には計 6 回の水温変化

を与えた。また、仔魚期には 2 本と 3 本のリングを組み合わせたバンドを設定したが、A、B 両群のパターンを統一したため、両区の水温も同様の変化を示した。しかし、11 月 23 日から 12 月 4 日までの 12 日間にわたり、水温が 4 ~ 7℃ の範囲で原因不明の不規則な変動を示した。

耳石に付いた標識の状態 標識を施した A 群と B 群の耳石を写真 3 に示した。いずれの標本においても発眼卵期から仔魚期を通して水温変化を与えた数に応じたバンド毎のリングが形成されていた。例えば、発眼卵期に A 群では 2 本のバンド (E1 ~ E2)、B 群では 3 本のバンド (E1 ~ E3) を標識したが、各バンドを構成する 2 本のリングが明瞭に識別できた。しかし、ふ化から仔魚期の最初の標識を行う 1 週目の間に、いずれの標本でも 1 ~ 3 本の弱いノイズが認められた。また、標識と読み間違える可能性のある強いノイズによるリングが、A 群では 10 個体中 3 個体に、B 群では 10 個体中 1 個体に認め

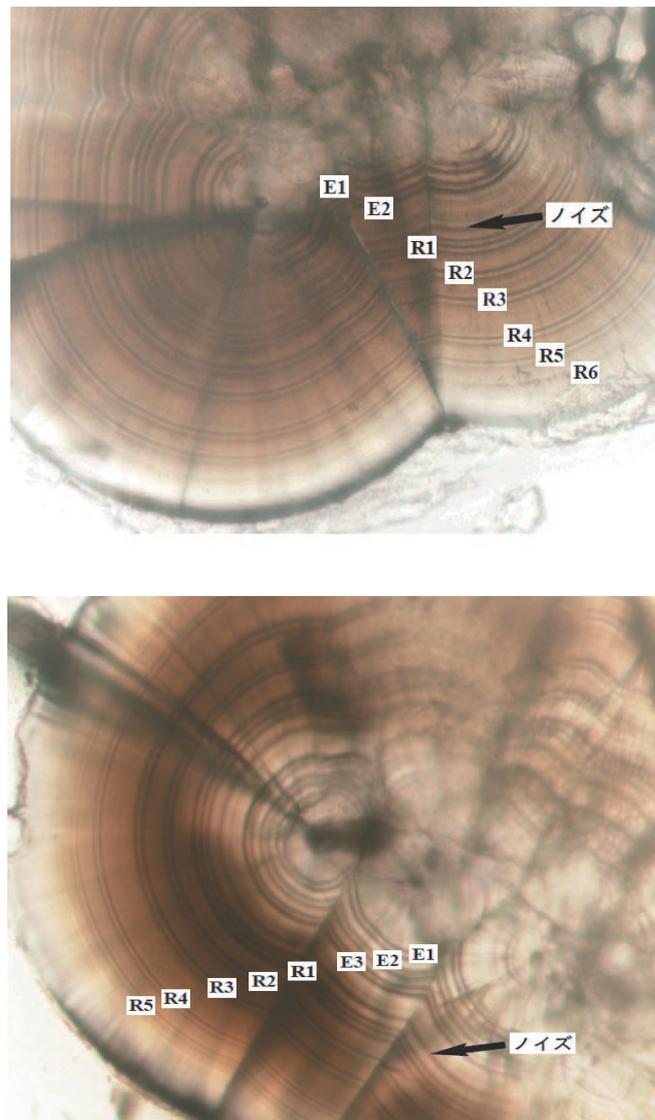


写真 3. 耳石温度標識像。上図は A 群、下図は B 群の耳石
E1 ~ E3 は発眼卵期、R1 ~ R6 は仔魚期に付けた標識

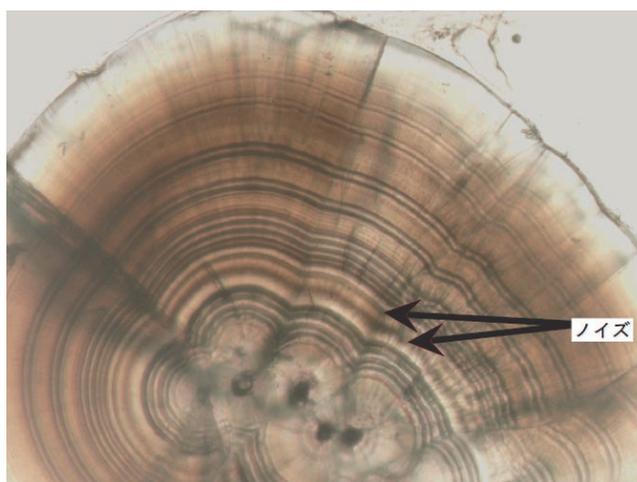


写真4. ハッチリング，飼育水温変動，卵に触れた刺激等により生じたと推測される耳石上のノイズ
図にはA群の一例を示した

られた（写真4）。いずれも発眼卵期の後期から仔魚期の初期に観察された。

サケ科魚類に対する耳石標識パターンの表記は，1バンド毎のリング数とし，発眼期と仔魚期の間にはHを加えて区別する。例えば，発眼期の1バンド目に国別標識として2本のリング，その後3本のリングを2回，ふ化後に2本のリングを3回施したとすれば，2,3,3H2-2-2と表記される。したがって，A群の標識パターンは2,2H3-2-2-2-1，B群の標識パターンは2,2,2H3-2-2-2-2となる。

耳石標識終了後の稚魚給餌飼育と成長 浮上を開始した稚魚は，2月6日から4月7日にかけての61日間の給餌飼育を行った。この間の給餌は，ライトリッツの給餌率表に従って行った。給餌開始時の魚体サイズは，A群が尾又長3.4 cm，体重0.28 g，肥満度7.12，B群が尾又長3.4 cm，体重0.29 g，肥満度7.38であった。給餌終了時の魚体サイズは，A群が尾又長5.0 cm，体重1.26 g，肥満度10.08，B群が尾又長5.0 cm，体重1.26 g，肥満度10.08と両群間に差はなかった。また，通常飼育群の浮上時の体重は0.28 g，給餌飼育46日後の放流時の体重は1.01 gであった。体重の日間成長率は，実験群と通常飼育群ともに約0.016 g/日となり，両群間に差は認められなかった。

稚魚の生残率（稚魚生残数/浮上稚魚数×100）は，A群が97.7%，B群が99.7%となり，過去3年間（2004～2006年級群）の平均生残率（97.4%）より高い結果となった。

考 察

本研究では，サクラマス⁷⁾の耳石温度標識パターン数を増やすための技術開発として，まず標識可能期間を延長する飼育方法について検討した。耳石温度標識の標識可

能期間は，発眼から浮上までの間に限られる。サクラマスの場合，この間の積算温度はほぼ570℃なので，本施設の水温9.5℃の飼育水を用いた場合，標識可能期間は60日となる。また，これまで耳石温度標識は飼育水温を約4℃程度冷却し，12～24時間維持した後，再び元の水温に戻す方法で行われており，水温低下時の发育速度低下にともなう浮上時期の遅れが必然的に生じるものの，標識可能期間を大きく延長する効果は期待できない。さらに，明瞭な標識形成に要する温度変化の時間はサケやカラフトマスでは12時間で十分であるが，サクラマスでは24時間以上は必要なため⁷⁾，1回の標識時間を短縮することでパターン数を増やすこともできない。そのため本実験では，9.5℃の源水を5.5℃に冷して飼育し，標識時に源水に戻して水温を4℃上げる方法を試みた。この結果，発眼から浮上までの日数は104日となり，標識可能期間を9.5℃に比べて44日間延長させることができた。この昇温による標識でも，これまでの方法と同様に発眼卵期および仔魚期の耳石に明瞭な標識を付けることができた。また，標識パターンを変えたA群とB群を比較した結果，その違いを明らかに判別できたため，24時間の昇温で標識が可能であると考えられる。さらに，耳石温度標識を付けた稚魚の成長と生残には，低水温飼育の影響は認められなかった。これらの結果から，サクラマスに対する耳石バーコード標識パターンを増やすためには，発眼卵期から仔魚期までの期間に冷却した飼育水を使用し，標識時に昇温させることが有効な管理方法といえる。

耳石温度標識を付ける場合，複数本のリングを1バンドとし，それらを組み合わせることで標識パターンとするが，バンド間にリングと見間違えるノイズができる場合がある。今回はこのノイズを識別するため，バンドとバンドの間に6日間あるいは11日間の休息を入れたため，1本のバンドに2本か3本のリングを付けるのにそれぞれ

9日と11日を要したが、それでも合計8本のバンドを標識することができた。なお、標識に必要な日数(D)は次式で表される。

$$D = (\text{リングの数} \times 2) - 1 + \text{休息日数}$$

本実験のように水温5.5℃の飼育水を用いた場合、発眼から浮上までの104日間に、計算上は2本のリングで最大11本のバンド、3本のリングで最大9本のバンドの標識が可能となり、両方を組み合わせることでさらにパターン数を増やすことができる。

標識されたリングは明瞭に形成されているので、標識判別時にリングを読み間違えることはなかった。また、標識したリング間に薄い縞模様がノイズとして見られるが、そのほとんどはリングとの区別が容易であり、読み間違えることはなかった。しかし、発眼卵期の後期から仔魚期の初期に強いノイズが認められることがあった。特に、発眼卵期の3回目に標識を行わなかったA群では10個体中3個体がパターンを読み間違える恐れがあった。これらのノイズが発生した原因として、①ふ化直前の発眼卵をふ化槽から浮上槽へ収容する際の衝撃によるストレス、②ハッチリングの形成、③この期間に発生した変動幅2.5℃程度の原因不明の水温変動等が推測されたが特定することができず、今後の課題として残された。なお、ノイズ発生原因の一つと推測されるふ化直前の浮上槽への収容は、飼育管理上好ましい行為ではないが、今回は水温制御装置の冷却水生産量の不足からふ化直前までボックス型ふ化槽での飼育をせざるを得ない状況となった。この標識を付ける際は水温変動現象とあわせ冷却水生産量の管理・把握にも十分注意を払うこと

が必要である。

サケ類のふ化飼育管理過程の中で、卵・仔魚管理に用いる浮上槽は岩手県で使用されている。浮上槽の利点の一つとして、使用する水量が少ないことが挙げられる。今回の実験から、浮上槽を活用した耳石温度標識は、少ない飼育水を効率的に使用できるばかりでなく、仔魚期の大量標識を可能にする有効な手段であることが明らかとなった。

文 献

- 1) TSUKAMOTO, K., SEKI, Y., OBA, T., OYA, M and IWAHASHI, M (1989) Application of otolith to migration study of salmonids. *Physiology and Ecology Japan, Special*, **1**, 119-140.
- 2) 浦和茂彦, さけ・ます類の耳石標識: 技術と応用. さけ・ます資源管理センターニュース, **7**, 3.
- 3) Volk E. C., S. L. Schroder, and J. J. Grimm (1994) Use of a bar cods symbology to produce multiple thermally induced otolith marks. *Trans. Am. Fish. Soc.* **123**, 811-816.
- 4) URAWA, S., P. Hagen, D. Meerburg, A. Rogatnykh, and E. Volk (2001) Compiling and coordinating salmon otolith marks in the North Pacific. *NPAFC Tech Rep.*, **3**, 13-15.
- 5) 眞山 紘 (2008) IV章サクラマス等に関する研究の足跡. 国における取り組み. 湖沼と河川環境の基盤情報整備事業報告書, 豊かな自然環境を次世代に引き継ぐためにサクラマス, ビワマス, 地方種. 社団法人日本水産資源保護協会 157-178
- 6) 辻本 良・田子泰彦, (1998) 耳石バーコードのサクラマスへの適用. 富山県水産試験場研究報告, **10**, 21-26
- 7) さけ・ます資源管理センター, 2005, さけ・ます資源管理センター業務報告書. 112 p.

原著論文

飼育条件下におけるキジハタ仔稚魚期^{*1}の 摂餌生態と成長の変化

萱野 泰久^{*2}

Changes of Feeding Behavior and Growth in Larval and Juvenile Stages of Red Spotted Grouper *Epinephelus akaara* under Rearing Conditions

Yasuhisa KAYANO

To investigate feeding behavior and growth of red spotted grouper *Epinephelus akaara* larvae, diel successive samplings and digestion experiments were conducted for five different stages of larvae and juveniles as follows: 6-day-old larvae, 11-day-old larvae, 16-day-old larvae, 24-day-old larvae, and 31-day-old juveniles. Larvae were reared in indoor tanks and fed rotifers (*Brachionus rotundiformis*) and/or artemia nauplius (*Artemia* sp.) in addition to artificial feed. I used the Elliott and Persson's model to determine the instantaneous gastric discharge rate of stomach contents of the species at night. The larval growth rate was low until day 6; thereafter growth increased with age at water temperatures of 24-29°C. The daily larval feeding pattern was synchronized with the photoperiods; feeding commenced in the early morning and peaked at dawn and/or dusk. No feeding was observed at night during experiments. The number of food organisms in the digestive tract gradually increased with age. The daily food consumption rate was estimated to range from 28.3% of wet body weight at 2.76 mm total length to 153.1% at 15.35 mm total length. Gastric digest exponentially decreased under night conditions for each larval stage.

2009年4月2日受付, 2009年7月13日受理

発育に伴う仔稚魚の摂餌生態の変化に関しては、飼育実験や天然海域の仔稚魚の食性が古くから研究されてきた^{1,2)}。一般に、海産魚類の仔魚期に生じる大量減耗は、内部栄養から外部栄養への栄養転換期、特に卵黄と油球を吸収する時期が密接にかかわることが推察されている^{3,4)}。個々の生物の成長は、まず摂餌による個体の増重によってもたらされるため、摂餌量の決定は生物個体の増重量や生産量を知る上で重要である¹⁾。また、魚類の種苗生産においては、仔稚魚の発育に必要な餌の量を把握することで生物餌料の計画的な培養が可能となり、成長段階に応じて適正な給餌を行うことができる。

キジハタ *Epinephelus akaara* は、スズキ目、ハタ科、

マハタ属の魚類で、本州中部以南から瀬戸内海、さらに朝鮮半島南部や中国沿岸域にかけて広く分布する⁵⁾。本種は主に沿岸岩礁域に生息し、主として刺網、釣りで漁獲されるが、漁獲量の減少から種苗放流等の積極的な増殖事業による資源回復が望まれ⁶⁾、近年、人工魚礁を利用した資源添加が試みられている⁷⁻⁹⁾。

本種の増養殖に関する研究は古くから行われており、これまでに産卵習性と初期生活史¹⁰⁾、幼期の形態¹¹⁾、自然産出卵の卵質^{12,13)}、卵発生に及ぼす水温の影響¹⁴⁾、鰭と鱗の分化¹⁵⁾、および尾骨の発達¹⁶⁾等の報告があり、その種苗生産数量は、いわゆるS型ワムシ（以下S型ワムシ）*Brachionus rotundiformis* タイ株が初期餌料とし

*1 本研究で供試している全長15 mmの個体は浮遊期の段階であるが、形態的には水戸（1967）より、鰭条数が定数に達していることから稚魚としているので、稚魚期として扱う。

*2 岡山県水産試験場 〒701-4303 岡山県瀬戸内市牛窓町鹿忍35

Fisheries Experiment Station, Okayama Prefecture, 35 Kashino, Ushimado, Setouchishi, Okayama, 701-4303, Japan

yasuhisa_kayano@pref.okayama.lg.jp

て導入されたのを契機に飛躍的に増大した^{17,18)}。しかしながら、その後15年以上経過した今日においても、本種の種苗生産は不安定で、10万尾以上の生産を安定的に達成している種苗生産機関は極めて少ないのが現状である。これは、本種の仔稚魚期の生態について依然として不明な点が多く、その摂餌生態についても十分解明されていないことに起因するものと考えられる。

キジハタのふ化仔魚はふ化後2～4日まで卵黄および油球を栄養として発育し、その後は外部栄養に依存するが¹⁰⁾、種苗生産過程での減耗はこの栄養摂取の転換期に大きく、仔魚が食べ易い餌料生物を十分に摂餌させることがその後の成長、生残に良好な結果を与える¹⁹⁾。種苗生産に際しては、魚種ごとの成長段階に応じて、仔魚がいつ、どのように、どれくらいの餌料を摂餌するかといった摂餌生態を把握することは、餌料生物の必要量を予測することが可能となり、計画的な無駄のない餌料培養が実現できる。例えば、ヒラメ²⁰⁾、マダイ²¹⁾、クロダイ²²⁾では、仔稚魚期の日間摂餌量が明らかにされ、種苗生産の安定化に寄与した。

本種の日間摂餌量については、すでに山本²³⁾の報告があるが、仔魚期に限定されている。そこで本研究では、種苗生産過程におけるキジハタ仔稚魚期の摂餌行動と摂餌の日周期性について再検討し、キジハタの安定的かつ効率的な種苗生産を行うための餌料系列や、仔稚魚期の成長にともなう摂餌量の変化をより詳細に検討したので、その結果を報告する。

材料と方法

親魚と採卵 採卵用の親魚は、建網および小型定置網漁で漁獲し、岡山県水産試験場栽培漁業センターで1992年7月から3年間養成した天然魚72尾（雌28尾、雄36尾、不明8尾）を供した。親魚の全長は、雌が24.5～34.5 cm（平均29.7 cm）、雄が29.5～36.5 cm（平均32.9 cm）、性別不明魚が25.0～37.5 cm（平均31.3 cm）であった。採卵用の親魚は水量を約30 kℓに調整した屋内のコンクリート水槽（3×10×1.5 m）内に収容し、飼育水は砂ろ過海水を用いた。産卵期間中は自然水温とし、水温は19.5～26.8℃、注水量は1日当たり150～300 kℓ、また、餌料としてイカナゴ *Ammodytes personatus*、オキアミ *Euphausia* sp.、スルメイカ *Todarodes pacificus* を2日に1回の頻度でほぼ飽食量を給餌した。

自然産卵で得られた卵は、産卵翌日に回収し、一旦20 ℓ 容水槽に収容後、受精卵と未受精卵とに分離し、受精卵のみを同センターの屋内45 kℓコンクリート水槽に収容した。キジハタ仔稚魚の摂餌調査には、1995年7月4日に得た卵を飼育に供し、その平均卵径と標準偏差は 0.82 ± 0.015 mm、ふ化率は89.6%、ふ化仔魚の平均全長と標準偏差は 1.72 ± 0.08 mmで、飼育開始時のふ化仔魚数は118万尾であった。

仔稚魚の飼育と実験条件 キジハタ仔稚魚の飼育は、同センターで7月5日から8月21日まで行った。餌料として、2日齢（ただし、ふ化仔魚を0日齢とする）から9日齢までS型ワムシタイ株を、その後12日齢まではタイ株よりもサイズの大きいS型ワムシ岡山株を給餌した。さらに、21日齢までS型ワムシ岡山株と配合飼料、22日齢からこれらに加えてアルテミア・ノープリウス期幼生 *Artemia* sp.（以下、アルテミア幼生）を給餌した。また、キジハタ仔魚を安静状態に保つとともにワムシの飢餓防止のため、市販の冷凍濃縮ナンノクロロプシス *Nannochloropsis* sp.（メルシャン）を飼育水中の細胞数が30万細胞/mlとなるように1日1～2回添加した。

飼育水槽上部には、ハロゲン灯（ナショナル、250W）6基および白色蛍光灯（ナショナル、40W）24基を設置し、照度を確保した。1日の照明時間は6時から18時までの12時間とし、水面照度の急激な変化を抑えるため、6時にまずハロゲン灯を、その30分後に白色蛍光灯を点灯し、その後はその照度を維持した。また、消灯の際には、17時30分にまず白色蛍光灯を、その30分後にハロゲン灯を消灯し、その他の時間は自然条件下とした。飼育水面の照度は、摂餌調査用の仔稚魚の採集時にデジタル照度計（ミノルタ、T-1）で測定した。

キジハタの摂餌調査は、群摂餌率（摂餌調査個体に占める摂餌個体の比率）が100%となった摂餌開始3日以降の6、11、16、24および31日齢の仔稚魚を用いて行い、摂餌調査日には、配合飼料の給餌を終日休止し、生物餌料のみを給餌した。また給餌は、S型ワムシタイ株および岡山株を餌料とした場合は、飼育水中の餌料密度が4～10個体/ml、アルテミア幼生の場合は0.2～0.5個体/ml以上を保つように、それぞれ1日1～4回の頻度で行った。実験に使用したワムシの平均湿重量と標準偏差は、6日齢のS型ワムシタイ株が 1.0 ± 0.09 μg、11日齢以降のS型ワムシ岡山株が 1.5 ± 0.16 μg、また、アルテミア幼生の平均湿重量と標準偏差は 20 ± 1.63 μgであった。なお、各生物餌料の湿重量は、ペースト状にした生物餌料の一部の塊をまず電子式上皿天秤（メトラー、AT261）で重量を測定し、それを100 mlのメスシリンダーに移して希釈・攪拌し、そこからピペットで餌料希釈液を0.5～1.0 ml採取し、実体顕微鏡下で餌料数を算出し、重量換算から1個体当たりの平均湿重量を推定した。

飼育水は、ろ過海水温が24℃以下の期間のみチタン製パイプヒーターで加温し、その他の期間は無加温とした。試験期間中の飼育水温は24～29℃の範囲で推移し、6日齢が27.5℃、11日齢が28.3℃、16日齢が28.0℃、24日齢が29.0℃、さらに31日齢が28.0℃であった。また、飼育水量は、当初30 kℓとし、受精卵の収容からふ化仔魚が開口するまでの間は止水、その後は1日当たり10 kℓの注水（換水率25%）を行い、ふ化後8日以降か

ら徐々に増加させ、最終的に 150 ~ 250 kl (換水率 375 ~ 625%) とした。

日間成長量と消化管内餌料数の計測 キジハタ仔稚魚の時期別全長は、日齢ごとに飼育水槽から無作為に 30 ~ 50 尾を採取し、直接あるいは万能投影機 (ニコン, V-12) で 10 ~ 20 倍に拡大し、デジタルノギス (ミットヨ, CD-20C) を用いて測定した。また、体重は先の電子式上皿天秤を用いて測定した。なお、仔稚魚の日間成長量および増重量は、それぞれ次式により求めた。

$$G_L = \{(L_2) - (L_1)\} / \{(t_2) - (t_1)\}$$

$$G_W = \{(W_2) - (W_1)\} / \{(t_2) - (t_1)\}$$

ただし、 G_L および G_W はそれぞれ日間成長量および増重量、 L_n および W_n はそれぞれ t_n 日齢の平均全長および平均体重とした。

また、摂餌調査用の仔稚魚の採集は、4 時 40 分から 8 時までの間は 20 分間隔、その後は 1 ~ 2 時間間隔、さらに消灯後の 18 時からは 20 ~ 30 分間隔で行った。採集した 5 ~ 12 尾の仔稚魚は、生きたまま、あるいは採集後直ちに 5% 中性ホルマリン海水で固定したものをスライドガラス上にとり、実体顕微鏡下で消化管内の餌料数を計数した。

排泄率の推定 消灯後新たな摂餌がみられなくなり、消化管内の餌料数が減少に転じた時点摂餌停止とみなし、その後の消化管内餌料数の減少過程から消化管内容物の排泄率を求めた。すなわち、消灯後の消化管内餌料数の経時的減少過程を次式で表し、減少係数および排泄率を求めた。

$$S_t = S_0 \cdot \exp(-R \cdot t)$$

$$E = 1 - \exp(-R)$$

ここで、 S_t は時刻 t における消化管内餌料数、 S_0 は $t =$

0 の消化管内餌料数、 R を減少係数、 E を排泄率とした。また本研究では、消化管内の餌料数が摂餌停止時の 1/10 まで減少するまでに要した時間を消化時間と定義した。

日間摂餌数の推定 日間摂餌数は Elliott and Persson²⁴⁾ の方法により次式から推定した。

$$F_t = (S_t - S_0 \cdot \exp(-R \cdot t)) \cdot R \cdot t / (1 - \exp(-R \cdot t))$$

$$F = \sum_{t=1}^n F_t$$

ここで、 F_t は時刻 0 から t までの摂餌数、 F を日間摂餌数とし、これに餌料湿重量を乗じた値を日間摂餌量、さらに日間摂餌量を魚体の湿重量で除した値を日間摂餌率とした。

結 果

仔稚魚の成長 飼育期間中のキジハタ仔稚魚の全長推移を図 1 に示した。キジハタの平均全長と標準偏差は、0 日齢が 1.72 ± 0.08 mm, 6 日齢が 2.76 ± 0.26 mm, 11 日齢が 4.62 ± 0.55 mm, 16 日齢が 8.15 ± 0.70 mm, 24 日齢が 11.27 ± 1.34 mm, 31 日齢が 15.35 ± 2.38 mm, および 40 日齢が 24.89 ± 3.98 mm であった。期間毎の日間成長量は 0.13 ~ 1.06 mm であり、16 日齢から 24 日齢の間にやや減少したが、日間成長量は日齢の増加とともに増加した。

仔稚魚期 (全長 2 ~ 28 mm) の全長 (L , mm) と体重 (W , mg) との関係式を図 2 に示した。体重は全長に対して指数関数的に増加し、 $W = 0.0164L^{2.956}$ ($r = 0.998$) の関係式で表された。

照度と摂餌 自然光をほぼ遮った屋内水槽で人工照明を

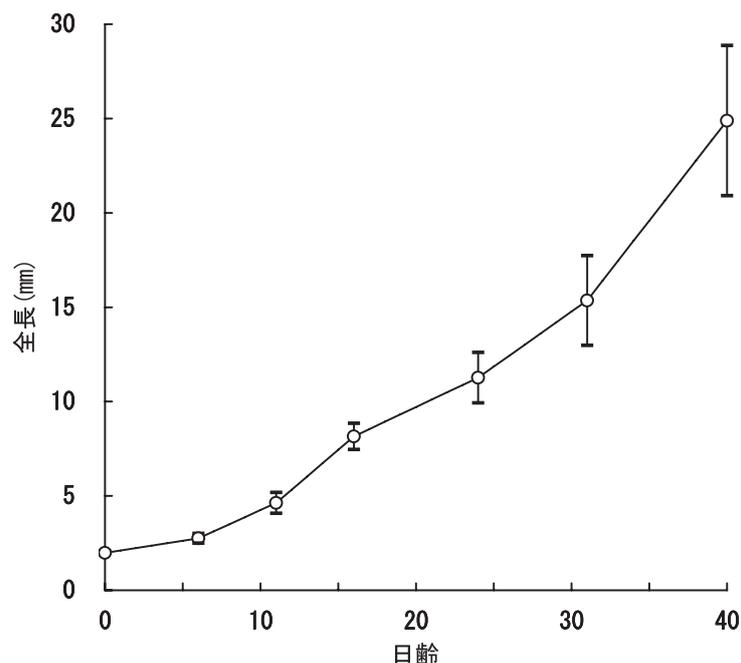


図 1. キジハタの時期別全長推移 (平均値 ± 標準偏差)

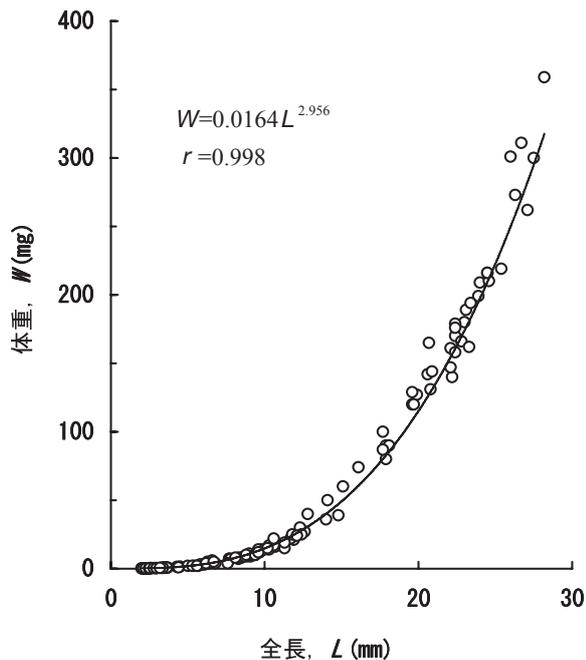


図2. キジハタ仔稚魚の全長と体重との関係

用いた飼育実験を行った結果、照明点灯時の水面照度は摂餌調査日にかかわらず飼育期間中一定で、ハロゲン灯直下が最も高く1,600～1,680 lx、またその他の水面照度は250～400 lxであった。消灯時の照度は、4時40分までが0 lx、5時が0.02～0.03 lx、5時20分が0.2～0.5 lx、5時40分が20～50 lxであった。また、18時から18時20分の間が3～9 lx、18時40分が3～5 lx、19時が0.2～0.8 lx、19時20分が0～0.02 lxで、その後は0 lxであった。

いずれの成長段階においても5時40分（照度20～50 lx）に初回摂餌が確認された。摂餌調査日ごとの群摂餌率は、6、11、および16日齢では6時20分までに、24、31日齢では5時40分までに、それぞれ100%に達した。一方、消灯後は、24日齢まででは18時以降（照度9 lx以下）は新たな摂餌がみられず消化管内餌料数は減少したが、31日齢では18時40分（照度5 lx）まで増加した後、消化管内餌料数は再び減少した。

消化管内餌料数の日周変化 日齢別消化管内餌料数の日周変化を図3に示した。時刻別の平均消化管内餌料数は早朝と夕方が多い傾向を示し、その変化は24日齢以降において特に顕著な2峰形を示した。また、キジハタ仔稚魚は夜間の暗黒条件下では全く摂餌しなかった。

消化管内餌料数は成長とともに増加し、個体別の摂餌数にみられる差も増大した。消化管内餌料数の個体差は、6日齢の仔魚においてすでにみられた。

成長段階別の飽食量 キジハタ仔稚魚の消化管内餌料数はいずれの成長段階においても照度の上昇とともに経時的に増加した。しかし、餌料数は経時的にあるレベルまで増加した後、一旦減少し、再び増加する傾向を示した。たとえば、最初の摂餌ピークに達した時点を飽食と

仮定すると、ワムシを餌料とした場合の飽食に至るまでの時間は、6日齢が2時間20分、11、16、24日齢が1時間から1時間20分であった。一方、飽食に至るまでの1分間当たりの消化管内餌料数の平均値は、6日齢が0.07個体、11日齢が0.5個体、16日齢が1.4個体、24日齢が3.4個体で、成長とともに指数関数的に増加した。また、アルテミア幼生を餌料とした31日齢では、摂餌開始20分までに一旦飽食に達し、その後摂餌数が減少したが、再び1時間後にピークに達した。

次に、時刻別平均消化管内餌料数の最大値に餌料1個体当たりの湿重量を乗じた値を摂餌1回当たりの飽食量、また、飽食量の魚体重に対する比率を飽食量指数とすると、ワムシを餌料とした6、11、16、および24日齢の飽食量指数はそれぞれ2.9、4.6、4.4および2.4%であった。また、アルテミア幼生を餌料とした31日齢の飽食量指数は19.2%で最も高かった。

排泄率と消化時間 日齢別の消化管内餌料の減少係数と排泄率を表1に示した。24日齢では、ワムシとアルテミア幼生を単独で給餌した個体の減少係数と排泄率を求めた。

ワムシを餌料とした場合の消化時間は、6および11日齢がそれぞれ2.5および2.4時間、16日齢が1.4時間、さらに24日齢が0.8時間で、発育に伴い短くなった。また、アルテミア幼生を餌料とした場合の消化時間は、24日齢が1.9時間、31日齢が1時間であった。これに対して、ワムシを給餌した場合の減少係数は、6日齢が0.916、11日齢が0.945、16日齢が1.644、さらに24日齢が2.959となり、排泄率はそれぞれ60.0、61.1、80.7、および94.8%となった。上述したようにワムシの排泄率は、11日齢以降、発育に伴い高くなる傾向を示した。一方、アルテミア幼生を給餌した場合の24および31日齢の減少係数と排泄率はそれぞれ、1.227と2.368、および70.7と90.6%となった。また、24日齢の排泄率はアルテミア幼生の方がワムシよりも低かった。

日齢別の日間摂餌数、日間摂餌量および日間摂餌率を表2に示した。平均全長2.76～15.35 mmのキジハタ仔稚魚期の日間摂餌量は0.102～91.08 mg、また、日間摂餌率は28.3～153.1%となり、発育に伴い増大した。

考 察

摂餌の日周性 群摂餌率と消化管内餌料数の経時変化から、キジハタ仔稚魚の摂餌活動には日周性が認められ、本種は12時間ごとの明暗条件下では、夜間は全く摂餌を行わず、視覚によって摂餌している。山本²³⁾はすでにこのことを明らかにし、9日齢（全長3.9 mm）では摂餌のピークが夜明け後に1回のみ認められたとしているが、本研究では6日齢（全長2.76 mm）の仔魚においてすでに摂餌のピークが2回みられ、24日齢以降、より顕著になるなど、成長にともなう摂餌の日周性の変化

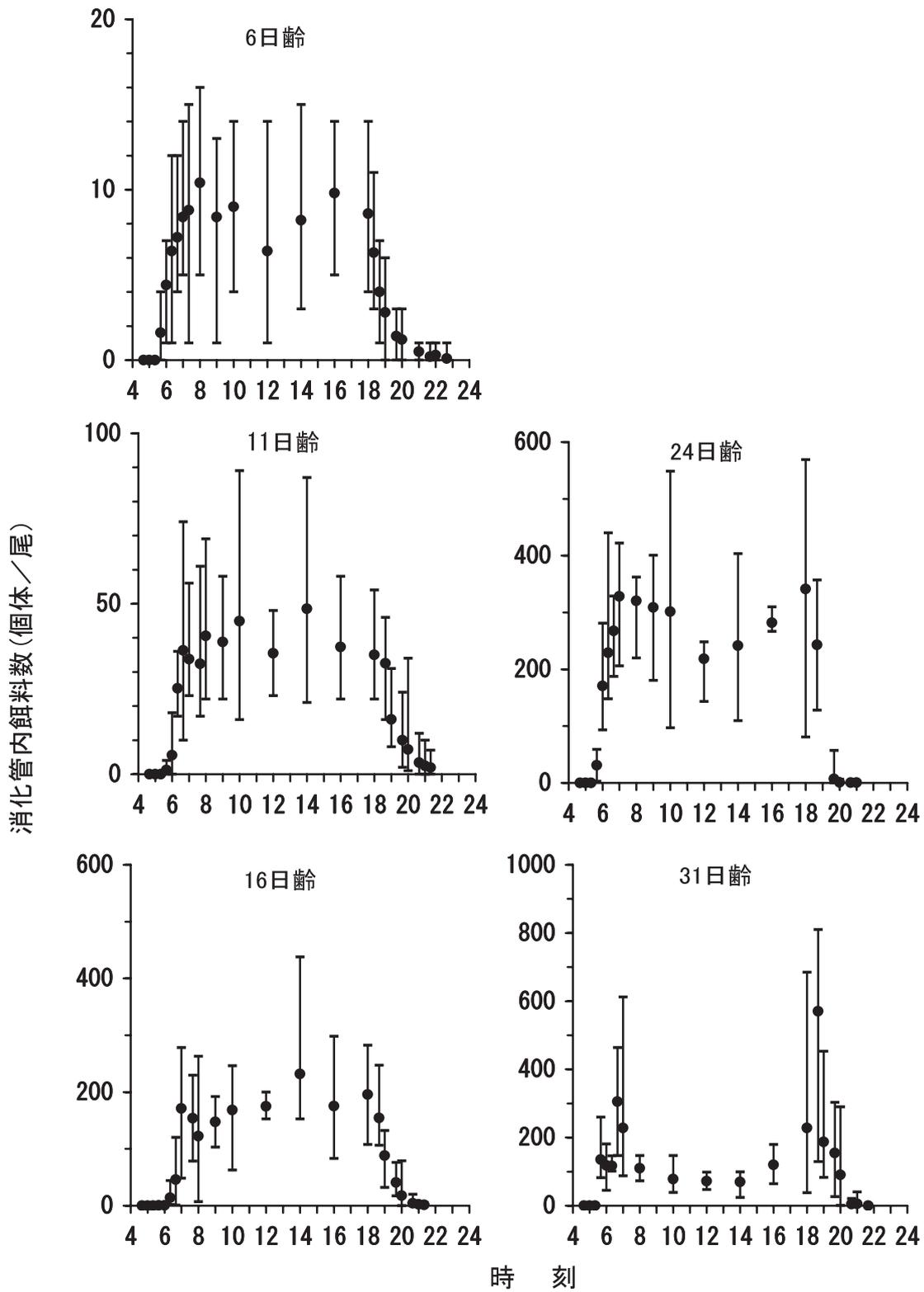


図3. キジハタ仔稚魚における消化管内餌料数の日周変化
 値は、最大値、平均値、最小値を示す
 餌料は、6、11、16、および24日齢がワムシ、31日齢がアルテミア幼生

表 1. 日齢別消化管内餌料の減少係数と排泄率

日齢 (日)	餌料種類	平均全長 (mm)	平均体重 (mg)	減少係数: R^*	排泄率: $E(\%)^{**}$	消化時間 *** (時間)
6	ワムシ	2.76	0.36	0.916	60.0	2.5
11	ワムシ	4.62	1.57	0.945	61.1	2.4
16	ワムシ	8.15	7.89	1.644	80.7	1.4
24	ワムシ	11.27	21.34	2.959	94.8	0.8
24	アルテミア	11.29	21.88	1.227	70.7	1.9
31	アルテミア	15.35	59.50	2.368	90.6	1.0

* : $S_t = S_0 \cdot \exp(-R \cdot t)$ より算出. ただし, S_t は時刻 t における消化管内餌料数, S_0 は $t=0$ の消化管内餌料数

** : $E = 1 - \exp(-R)$ より算出

*** : 消化管内餌料数が摂餌停止時の1/10以下に減少するまでの時間

表 2. キジハタ仔稚魚の日間摂餌率

日齢 (日)	餌料種類	平均体重 (mg)	日間摂餌数 * (個)	日間摂餌量 ** (mg)	日間摂餌率 *** (%)
6	ワムシ	0.36	102	0.102	28.3
11	ワムシ	1.57	472	0.708	45.1
16	ワムシ	7.89	3,631	5.446	69.0
24	ワムシ	21.34	10,424	15.64	73.3
31	アルテミア	59.50	4,554	91.08	153.1

* : Elliott and Persson²⁴⁾ の方法により推定

** : (日間摂餌数) × (餌料湿重量) より算出

*** : (日間摂餌量) / 平均体重 × 100 より算出

に若干の相違がみられた。また、キジハタ仔稚魚が摂餌可能な照度についても、山本²³⁾は 100 lx 前後としたが、本研究では 20 ~ 50 lx 以下のより低照度で、さらに、31 日齢の稚魚では 5 ~ 9 lx でも摂餌することが明らかとなった。一方、興世田ら¹⁹⁾が実施した 24 時間の恒明条件下での本種の初回摂餌試験によると、異なる時間帯の給餌群における摂餌のピークはいずれも 23 時に観察されており、しかもそのピークには日内変動が観察されている。このことは、本種仔魚がビジュアルフィーダーであり、日周条件が異なれば夜間でも摂餌し得ることを示唆している。さらに、このような摂餌の日周期性について

は、ヤイトハタ²⁵⁾、スジアラ²⁶⁾、マハタ²⁷⁾等でも認められている。

仔稚魚の消化管内餌料数が早朝一旦飽食数に達した後、昼間は飽食数以下で推移する現象は、ヒラメ²⁰⁾、マダイ²¹⁾などでも観察されるが、キジハタの場合、24 日齢以降にその傾向が顕著となった。キジハタの仔稚魚期における消化系の発達については、25 ~ 30 日齢 (全長 12.7 mm) に杯状細胞、胃腺等の分泌腺が分化し、この時期に消化系の吸収能力に大きな変化が生じるとされ、また、35 日齢 (全長 16.0 mm) には胃の幽門部で幽門垂の形成が始まり、消化管は成魚とほぼ同じ基本構

造が備わる^{28,*})。以上のことから、全長12 mm程度に成長したキジハタでは、消化器官の発達とともに消化能力が高まり、ある程度の食い貯めが可能になるものと考えられる。実際、本種の消化時間は6および11日齢では2.4～2.5時間と大差ないが、16日齢では1.4時間とかなり短くなっており、発育に伴って消化能力が高まるものと考えられる。31日齢(全長15.35 mm)では朝夕の摂餌のピークの時間帯以外では摂餌が間欠的に行われていることが観察されており、このステージはすでに食い貯めが可能と考えられる(図3)。

ワムシを給餌した場合の日間餌料効率を(日間増重量/日間摂餌量)×100から算出すると、11, 16, 24, および31日齢がそれぞれ34.2, 23.2, 10.8, および6.0%となり、成長とともに減少した。先の徳島水試²⁸⁾によれば、25日齢頃から胸鰭および背鰭の第1棘は体高に対して相対的に短くなり、底生生活に適応した形態への変化が始まるとともに、能動的に摂餌のための索餌遊泳を行うことが観察されている。このように、仔魚後期以降は遊泳力が高まり、生理的に高いエネルギーが要求されることから、良好な成長を維持するためにはより栄養価の高い餌料を効率的に摂餌する必要があるものと考えられる。特に全長15 mm程度に成長したキジハタにおいては、ワムシのみの給餌では餌料効率が劣るため、種苗生産においては、その前後からアルテミア幼生や配合餌料を積極的に給餌する必要があるものと考えられる。

日間摂餌率 日間摂餌量を求める方法には、飼育水中の餌料の減少数^{20,22)}、摂餌1回当たりの飽食量と摂餌可能時間²¹⁾、排泄率^{24,29,30)}によるなどの様々な方法が提案されている。今回、富山³⁰⁾および山本²³⁾が行った試験と同様に、摂餌停止後における消化管内餌料の残渣物の推移から求めた減少係数を用いてキジハタ仔魚の日間摂餌率を推定したところ、28.3～153.1%となった。本種の日間摂餌率は、成長段階が進むとともに高い値を示し、その摂餌パターンには日周性がみられた。特に31日齢のアルテミア幼生の摂餌例では、満腹になると摂餌を止め、空腹になると再び摂餌をはじめの傾向が強く見出されたことから、摂餌可能時間と消化時間から日間摂餌量を推定した場合は、日間摂餌量を過大評価する恐れがある。また、本研究では消化管内餌料数を直接計数したが、一定時間内に摂餌したワムシ、アルテミア幼生だけでなく、それ以前に摂餌され、未消化の状態での消化管内に残留していた可能性も考えられる。さらに、ビジュアルフィーダーである本種仔魚の消化時間は日中と夜間とでは異なる可能性もあり、日中の消化管内餌料の排泄率については今後の課題として残された。

魚種別の日間摂餌率は、17～45日齢のヒラメが40.4～192.5%²⁰⁾、全長3.9～10.1 mmのマダイが40～70%²¹⁾、全長4.9～11.4 mmのクロダイが79～167%²²⁾、

全長3.9～6.9 mmのイシダイが48～116%³¹⁾と推定され、日間摂餌率は発育に伴って変化する。キジハタの場合、日間摂餌率は発育とともに増加する傾向を示し、先に示した魚種とほぼ同程度の値となった。高水温域では、内部栄養から外部栄養へと栄養源を転換する期間が短く¹⁹⁻²⁵⁾、しかも仔魚期から稚魚期への移行期においては基礎代謝量が多いために日間摂餌量が増加するとされている³²⁾。キジハタ仔魚の場合、飼育水温が25℃以上と高いことから高成長を示すと考えられるが、摂餌量は発育ステージによって異なることから、今後、発育段階別の適正給餌量について明らかにする必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご助言とご指導をいただいた前岡山県水産試験場長 尾田 正氏に厚くお礼申し上げます。キジハタ仔魚の飼育にご協力いただいた岡山県水産課 藤井義弘氏、岡山県水産試験場栽培漁業センター 水戸 鼓氏、並びに職員の方々にお礼申し上げます。また、本稿をご高閲いただいた匿名の査読者の方々に感謝する。

文 献

- 1) 伏見 徹(1975) 餌料。「稚魚の摂餌と発育」,(日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, 67-83 pp.
- 2) 池脇義弘・澤田好史(1991) 海産仔魚の食性。「魚類の初期発育」,(田中 克編), 恒星社厚生閣, 東京, 86-104 pp.
- 3) BLAXTER, J. H. S., and G. HEMPEL (1963) The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **28**, 211-240.
- 4) KOHNO, H. (1998) Early life history features influencing larval survival of cultivated tropical finfish. in "Tropical Mariculture" (ed. by De Silva, S. S.), Academic Press, London, 72-110 pp.
- 5) RANDALL, J. E., and P. C. HEEMSTRA (1991) Revision of Indo-Pacific groupers (Perciformes: Serranidae: Epinephelinae), with descriptions of five new species. *Indo-Pacific Fishes*, No.20, B. P. Bishop Museum, Hawaii, 32 pp.
- 6) FUKUHARA, O. (1989) A review of the culture of grouper in Japan. *Bull. Nansei. Reg. Fish. Res. Lab.*, **22**, 47-57.
- 7) 萱野泰久・林 浩志・片山貴之(2001) 音響馴致放流したキジハタの人工魚礁域における滞留状況. *水産工学*, **38**, 185-191.
- 8) 奥村重信・津村誠一・丸山敬悟(2003) 野外放流実験による二種類のキジハタ幼魚保護実験礁の比較. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **69**, 57-64.
- 9) 奥村重信・萱野泰久・草加耕司・津村誠一・丸山敬悟(2003) ホタテガイ貝殻を利用した人工魚礁へのキジハタ幼魚の放流実験. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **69**, 917-925.
- 10) 鶴川正雄・樋口正毅・水戸 敏(1966) キジハタの産卵習性と初期生活史. *魚類学雑誌*, **13**, 156-161.
- 11) 水戸 敏・鶴川正雄・樋口正毅(1967) キジハタの幼期.

*神野(未発表)

- 内水研研報, 25, 337-347.
- 12) 萱野泰久・尾田 正 (1987) 池中養成したキジハタの産卵. 岡山水試報告, 2, 52-55.
 - 13) 萱野泰久・何 玉環・原 隆・福永丈人 (1998) 年齢組成の異なるキジハタ親魚群の自然産出卵の卵質. 水産増殖, 46, 213-218.
 - 14) 萱野泰久・尾田 正 (1991) キジハタの卵発生に及ぼす水温の影響について. 水産増殖, 39, 309-313.
 - 15) FUKUHARA, O. and T. FUSHIMI (1988) Fin differentiation and squamation of artificially reared grouper, *Epinephelus akaara*. *Aquaculture*, 9, 379-386.
 - 16) 日下 文・山岡耕作・山田達夫・安部昌明 (1994) キジハタの尾骨の発達. 水産増殖, 42, 273-278.
 - 17) 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量の増大と問題点について. 栽培技研, 19, 33-40.
 - 18) 萱野泰久・水戸 鼓・杉野博之 (1993) キジハタの種苗生産. 岡山水試報告, 8, 90-96.
 - 19) 與世田兼三・照屋和久・菅谷琢磨・関谷幸生 (2006) 初回摂餌の遅れがキジハタ *Epinephelus akaara* 仔魚の摂餌, 成長, および生残に及ぼす影響. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 72, 702-709.
 - 20) 安永義暢 (1971) ヒラメ稚仔の摂餌生態と成長. 東海水研報, 68, 31-43.
 - 21) 北島 力・福所邦彦・岩本 浩・山本博敬 (1976) マダイ稚仔のシオミズツボワムシ摂餌量. 長崎水試研報, 2, 105-112.
 - 22) 岡内正典・尾城 隆・北村章二・辻ヶ堂諦・福所邦彦 (1980) クロダイ仔稚魚の日間ワムシ摂餌量. 養殖研報, 1, 39-45.
 - 23) 山本章造 (1996) キジハタ仔魚の摂餌日周期性の検討ならびに日間摂餌量の推定. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62, 399-405.
 - 24) ELLIOTT, J. M., and L. PERSSON (1978) The estimation of daily rates of food consumption for fish. *J. Anim. Ecol.*, 47, 977-991.
 - 25) YOSEDA, K., DAN, S., SUGAYA, T., YOKOGI, K., TANAKA, M., and S. TAWADA (2006) Effects of temperature and delayed initial feeding on the growth of Malabar grouper (*Epinephelus malabaricus*) larvae. *Aquaculture*, 256, 192-200.
 - 26) 與世田兼三・照屋和久・山本和久・浅見公雄 (2006) 異なる水温と初回摂餌の遅れがスジアラ仔魚の摂餌, 成長, および生残に及ぼす影響. 水産増殖, 54, 43-50.
 - 27) 照屋和久・與世田兼三・岡 雅一・西岡豊弘・中野昌次・森 広一郎・菅谷琢磨・浜崎活幸 (2008) 光周期がマハタ仔魚の生残, 成長および摂餌に及ぼす影響. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 74, 645-652.
 - 28) 徳島県水産試験場 (1993) 平成4年度地域特産種増殖技術開発事業魚類・甲殻類グループ総合報告書, 徳 15-徳 25.
 - 29) 森下正明 (1969) 陸水生物生産研究法, 講談社, 東京, 357-367 pp.
 - 30) 富山 実・首藤宏幸・畔田正格・田中 克 (1985) 志々伎湾におけるチダイ当歳魚の摂餌日周期と日摂餌量. 日水誌, 51, 1619-1625.
 - 31) 福所邦彦 (1977) イシダイの種苗生産に関する基礎的研究. 長崎水試論文集, 6, 173 p.
 - 32) 山下 洋 (1991) エネルギー収支. 「魚類の初期発育」, (田中 克編), 恒星社厚生閣, 東京, 71-85 pp.

原著論文

水槽内でのマナマコの摂餌行動におよぼす砂粒の影響

木原 稔^{*1}・田本 淳一^{*1}・星 貴敬^{*1}Effect of Sand Particles on Feeding Behavior of Sea Cucumber
Apostichopus japonicus Reared in Tank

Minoru KIHARA, Junichi TAMOTO, and Takahiro HOSHI

We tested the effects of sand particles on food intake of sea cucumber reared in tanks to develop appropriate feeding techniques for this animal. We fed sea cucumber either sand particles, seaweed powder, or sand particles + seaweed powder, for 70 days and then compared growth and survival among the groups. In the sand particles + seaweed powder group, feces were present in the tank at a high frequency, survival rate was 73%, and the final body weight was 2.2 times the initial weight. We could observe feces in the seaweed powder group, but not entirely observe in the sand particles group. However, survival rates of both groups in 30 days were below 20%. In this study, we demonstrated that sea cucumbers could be fed a sedimentary nutrition (like seaweed) efficiently when sand particles were mixed with nutrition.

2009年1月6日受付, 2009年8月13日受理

近年, 中国でのナマコ類の需要が増加していることからナマコの取引価格が高騰し, 乱獲などによる資源枯渇の問題も表面化している。この対策としてマナマコ(以下ナマコ)の種苗生産技術開発が進められ, 資源増大を目的に種苗生産が行われるようになった^{*2}。このような中, 人工飼育下で生産できるような完全養殖技術の開発や, 中間育成による大型種苗放流技術開発の必要性も示されている^{*3}。このためには種苗生産後のナマコ育成技術の開発, とくに配合飼料のような飼料効率の良い育成用飼料の普及も必要であろう。このような育成用配合飼料の開発には, ナマコに試験飼料を安定的に食べさせる技術を見つけ出す必要がある。

ナマコは, 天然海域では海藻の破片や微小生物などの有機物と同時に砂泥を摂食している¹⁾ことから, 砂粒が

ナマコの摂餌や成長促進に影響をおよぼしている可能性がある。いぶり噴火湾漁業協同組合伊達温水養殖センターのナマコ種苗生産施設では, 市販海藻粉末(リビックBW, 栄研商事株式会社, 東京)を給餌して飼育しているが, 自然条件を模して砂粒を同時に給与しているわけではない^{*4}。従って生産施設における効率化を目指すうえでも, 砂粒がナマコの摂餌や成長促進効果におよぼす影響を確認しておく必要があると考えられる。

そこで本研究では, 砂粒がナマコの摂餌におよぼす影響を把握するために, ワカメ粉末を利用して, ワカメ粉末のみ, ワカメ粉末と砂粒, および砂粒のみを飼育下のナマコに給餌し, 成長および生残の比較実験を行ったところ, 効果的なナマコの給餌方法につながる結果を得たので報告する。

^{*1} 東海大学 生物理工学部 海洋生物科学科 〒005-8601 北海道札幌市南区南沢5条1丁目1-1

Department Marine Biology and Sciences, Tokai University, Minamisawa 5-1-1-1, Minami-ku, Sapporo 005-8601, Japan.

kihara@tspirit.tokai-u.jp

^{*2} 石塚浩一 北海道におけるナマコ栽培漁業の推進方向. 平成19年度「育てる漁業研究会」ナマコの栽培漁業について. 講演要旨集, 11-26.

^{*3} 高橋英昭 私信

^{*4} 相沢智也 私信

材料と方法

動物と馴致飼育 ナマコは、いぶり噴火湾漁業協同組合伊達温水養殖センターが種苗生産した着底後 104 日齢の個体（体長およそ 5 mm）を、東海大学札幌キャンパスの実験室内の循環濾過式 60 l ガラス水槽に収容し馴致飼育した。飼育水槽の水温は、濾過槽に設置した投げ込み式クーラー（RZ-150Y, 株式会社レイシー, 東京）で 14℃ に調整した。水槽側面に黒色ポリエチレンシート、上部は黒色プラスチック板で蓋をして遮光した。全ての水槽内の照度を照度計（DIGITAL LIGHT METER LX-105, 株式会社カスタム, 東京）で確認したところ検出限界（1 lx）以下であった。1 水槽あたりの給水量は 174 l/日になるよう調節し、ワカメ粉末を与えて 9 日間飼育した。

このナマコを、飼育水と濾過槽を共有とする 3 つの循環式ガラス水槽（容量 60 l, 給水量 174 l/日）内に、各々 33 個体移し、1 g のワカメ粉末を与えて 1 週間飼育した。飼育水槽の下には 1 つの濾過槽を配置し、3 つの飼育水槽からの排水をこの濾過槽で受け、濾過槽を通過した海水を水中ポンプを使って飼育水槽に汲み上げた（図 1）。海水は砂濾過した天然海水を使用した。濾過槽には濾材としてサンゴ砂を用いた。

実験飼料 飼料とした粉末ワカメは、市販の塩蔵ワカメ 100 g を 3 分間水道水に浸して脱塩したのち、100℃、12

時間乾燥後ミルで粉碎し、分析ふるい（Opening 0.25 mm, Mesh No. 60）にかけ、通過した粉末を実験に供した。実験に供した砂は、北海道虻田郡豊浦町の海岸で採取したものを水道水で丁寧に洗浄して夾雑物を除去し、ワカメ粉末と同様の方法で乾燥、篩い分け処理をした。砂は画像解析で測定したところ、平均粒径が 0.22 mm であった。

表 1 に示した重量の砂およびワカメ粉末を、500 ml ビーカー内の海水中にガラス棒を使って沈殿させ、これを透明ビニール管（内径 4 mm）を使って、各実験区の水槽内底面全体にほぼ均一になるように散布した。ワカメ粉末区および砂粒+ワカメ粉末区のいずれの水槽も、水槽壁面にワカメ粉末は視認されなかった。

実験飼育 馴致飼育後に水槽内に残った馴致時の飼料をサイフォンですべて除去し、実験区ごとに、砂粒のみ、ワカメ粉末のみ、砂粒+ワカメ粉末の餌（表 1）を 10 日ごとにそれぞれ午前 10 時に新しい飼料と交換して 70 日間飼育した。この際減少した海水を補充し、飼育水槽の水深は約 30 cm になるように調整した。実験飼育期間中の海水塩分は 32～36‰（最頻値 34‰）であった。海水中のアンモニウムおよび亜硝酸は、飼育期間中いずれの試験区も毒性を示す値ではなかった（アンモニウムイオン 0.2 mg/l 以下、亜硝酸イオン 0.02 mg/l 以下）。水温、給水量、遮光は馴致飼育と同様に調整した。ただし実験飼育期間中、水槽からの排水部には二重にしたスト

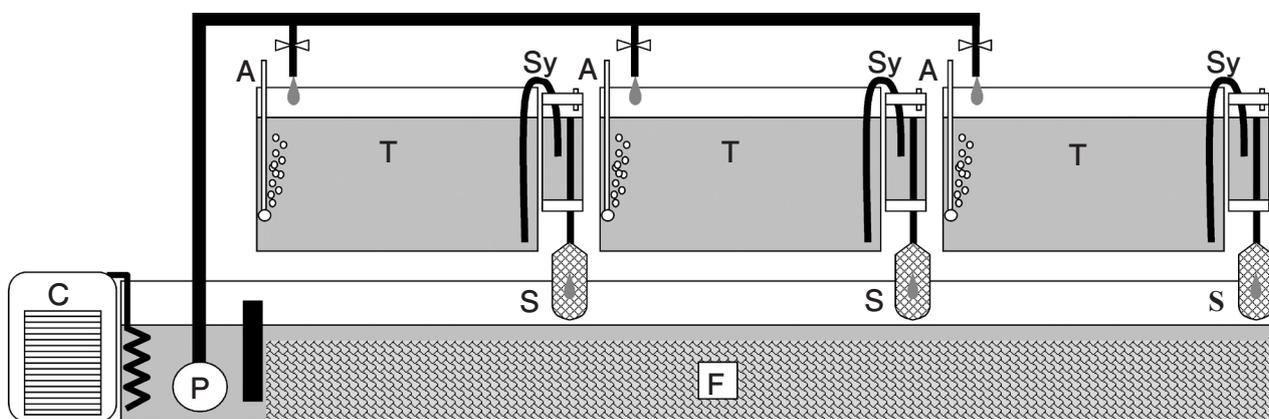


図 1. 飼育実験系の概要

T: 水槽, C: 冷却機, P: 水中ポンプ, F: 濾材, A: エアレーション, Sy: サイフォン, S: ストッキング

表 1. 飼料と水槽あたりの投入量 (g/水槽)

実験飼料	試験区		
	砂粒区	ワカメ粉末区	砂粒 + ワカメ粉末区
砂粒	40	0	40
ワカメ粉末	0	1	1

ッキングをかぶせ、ナマコ食害動物であるシオダマリミジンコ*を除去した。

馴致飼育終了時に、砂粒区で1個体、ワカメ粉末区で3個体の生息が確認できず、実験飼育開始時の平均体重にも実験区間で差が生じた(図2)。また、飼育30日目において、砂粒区およびワカメ粉末区の個体数がそれぞれ5個体に減少していたことから、この2つの水槽での実験を中止した。なお、稚ナマコのようなサイズにおいては、死亡個体を確認することは難しく、本実験におけるすべての減少個体数は、個体が確認できなかった数である。

糞の確認 毎日午前10時に水槽内を観察し、糞を排泄している個体および前日から新たに排泄された糞塊が確認された日数に対する飼育期間(30日)の比を糞塊確認率とした。

体重測定 飼育開始時、飼育開始後30日目および70日目において、飼育各水槽からサイフォンで吸い出したナマコを畑中・谷村の方法²⁾に従いL-メントール(和光純薬株式会社、大阪)を用いて麻酔後、1個体ずつトレイにのせて30秒間放置後に、電子天秤で全個体の体重を計測した。

生息位置と生残 各水槽を底面部とそこから高さ10 cm

ごとに水槽下部、中部、上部に4区分して、実験中の毎日午前10時に各位置に生息する個体数を計数した。

生息位置は、統計ソフト Dr. SPSS (SPSS Japan Inc. Tokyo) を使い解析した。生息位置別の個体数を、観察日ごとに総個体数あたりのパーセンテージに変換し、観察日を繰り返しとした試験区(砂粒、ワカメ粉末、砂粒+ワカメ粉末)×生息位置(上部、中部、下部、底面部)の二元配置分散分析により比較した。

本実験では生息が確認できなかった個体を死亡と仮定し、水槽内に確認されたナマコの個体数から生残率を求め、STATISTICA (StatSoft, Inc. Tulsa, OK) を用いて統計処理した。なお、実験を通じて水槽外に移動したナマコはなかった。

結果と考察

飼育開始後30日目に確認されたナマコは、砂粒区およびワカメ粉末区で各々5個体であった。いっぽう砂粒+ワカメ粉末区のナマコでは、飼育開始後30日目において31個体、飼育開始後70日目において24個体が認められ(図2)、他の2区よりも有意に生残率が高かった($p < 0.05$)。生残個体の平均体重は、飼育開始後30日目の砂粒区では飼育開始時に比べて1.2倍に増加したが、ワカメ粉末区では飼育開始時の52%に減少した。いっぽう飼育開始後70日目の砂粒+ワカメ粉末区の平均体

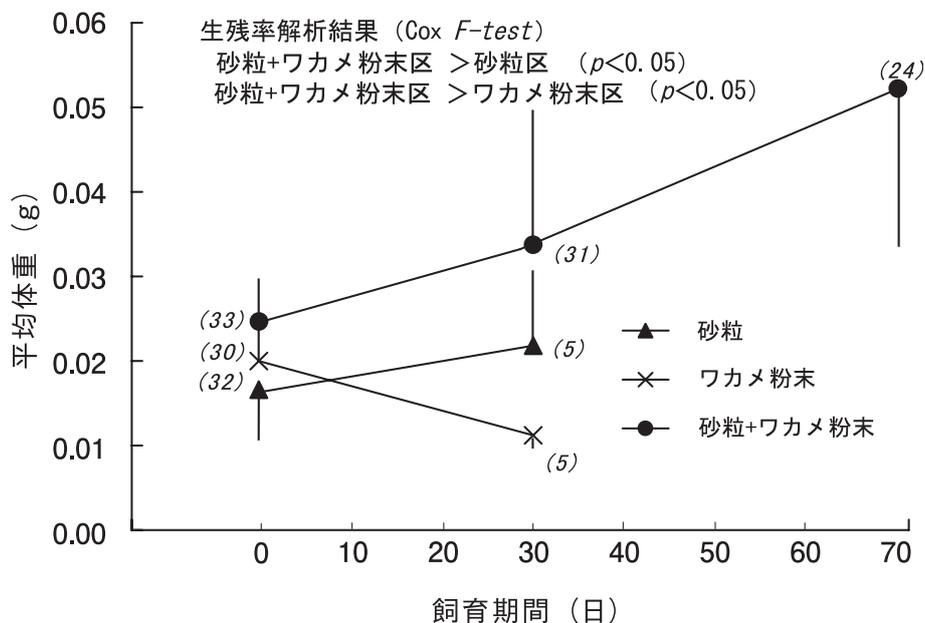


図2. 試験期間中の平均体重変化
 カッコ内は生存個体数、縦棒は標準偏差を示す
 生残率解析結果の“>”符合は砂粒+ワカメ粉末区の生残率が他の区より有意に高いことを示す

* 酒井勇一・近田靖子(2007) 稚ナマコを食害するシオダマリミジンコの分離方法について。試験研究は今、第596号。

重は、飼育開始時の2.2倍に増加した(図2)。

糞塊確認率は、飼育開始後30日までの期間中、砂粒区では3%、ワカメ粉末区では37%、砂粒+ワカメ粉末区では67%であった。ワカメ粉末区では緑褐色の細い糞が認められた(図3-a)。砂粒+ワカメ粉末区では、図3-bに示すように緑褐色の糞中に砂粒が確認された。これらのことから、砂粒やワカメ粉末の単独の投餌では、砂粒+ワカメ粉末ほど活発に摂餌しないと解された。ただしワカメ粉末区は、砂粒区より活発な摂餌が観察されたにもかかわらず、砂粒区よりも体重増加が劣った。また、飼育開始後30日目の生残率は、ワカメ粉末区および砂粒区でそれぞれ16.7%および15.6%で、両区の間で大きな違いがなかった(図2)。以上のとおり、活発な摂餌行動が見られた砂粒+ワカメ粉末区では、体重増

加率および生残率が高い値を示したが、それより摂餌活性が劣った実験区では摂餌行動と成長や生残の関係が明瞭ではなかった。

砂粒区での糞塊確認率が3%と低かったことから、ナマコは砂粒のみを摂餌しない可能性が推測された。天然のナマコは、海藻の破片や微小生物などの有機物を砂泥と同時に摂食して栄養を摂取している¹⁾。従って今回の結果から、ナマコの砂泥摂取は砂泥中に含まれる有機物などにより引き起こされ、砂泥自体を餌として認識しない可能性が推測された。

試験区と存在位置を独立変数とした二元配置分散分析の結果、試験区と存在位置の交互作用に有意差が認められた($p<0.05$, 図4)。ワカメ粉末区および砂粒+ワカメ粉末区では水槽底面に生息する割合がそれぞれ54%

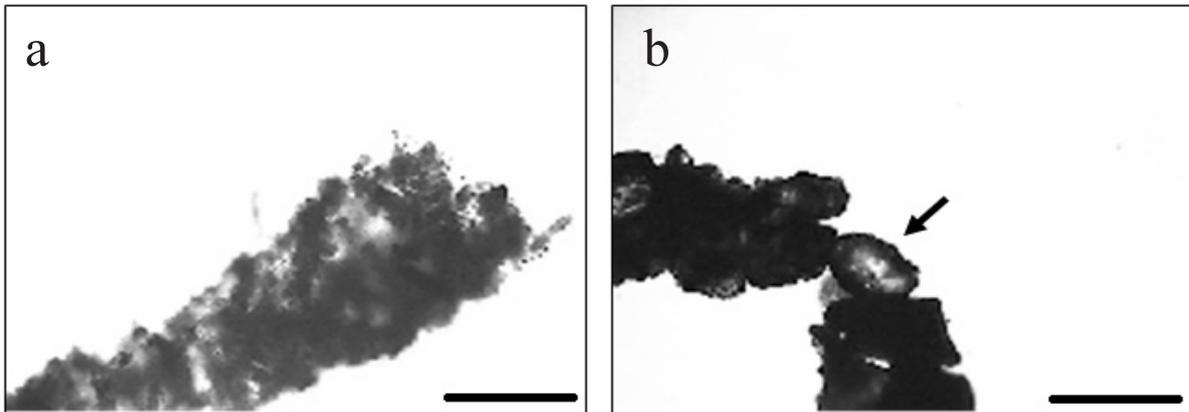


図3. ナマコの糞観察像(a:ワカメ粉末区, b:砂粒+ワカメ粉末区)飼育開始後23日目の糞
矢印は糞中の砂粒を示す
右下の横棒線はスケールバー(200 μ m)

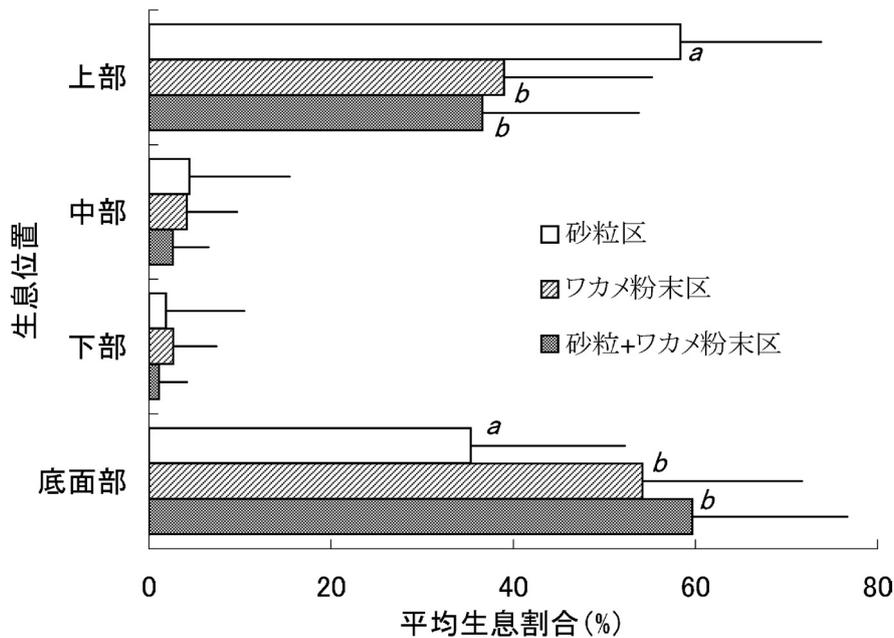


図4. 水槽内でのマナマコの位置別生息割合
横棒線は標準偏差を示す
同一生息位置において, a, bの記号を付した試験区間に有意差あり ($p<0.05$)

60%であり、砂粒区の35%よりも高かった。いっぽう砂粒区では上部に生息する割合が58%であり、ワカメ粉末区(39%)および砂粒+ワカメ粉末区(37%)よりも高く、飼料によってナマコの生息位置が異なった。いずれの実験区とも、飼料としたワカメ粉末や砂粒のある水槽底面と水槽上部にナマコは偏在していたが、水槽底面での出現頻度は、ワカメ粉末を含む2つの実験区が砂粒だけの実験区に比べ有意に高かった(図4)。この結果から、ワカメ粉末がナマコを誘引した可能性が推察された。

国内のナマコ種苗生産施設では、ナマコ用の配合飼料が市販されているにも関わらず、海藻粉末を使用するところが少なくない。中国においてはアワビなどの養殖かごに付着した泥の粉末と海藻粉末を混ぜた自家製造飼料がナマコ養殖に効果的に使用されている報告もあるが、人件費の安い中国ならではの製造方法である*。従って今後は、配合飼料のような使いやすく、かつ飼料効率の良い飼料の開発も必要であろう。このような配合飼料を開発するための実験には、まずは確実に試験飼料を食べさせる技術が必要となる。そのために我々は、ナマコ育成飼料開発の一端として本実験を実施し、これらの結果

から、人工飼育下のナマコに沈降性の微粒子状の栄養物質を効率的に摂餌させるためには、砂粒を併せた飼料を投与することで摂餌効果を上げることができると考えた。

謝 辞

本研究の実施において、北海道虻田郡豊浦町産業振興課の高橋英昭主任、ならびにいぶり噴火湾漁業協同組合伊達温水養殖センター相沢智也氏に助言をいただいた。また、いぶり噴火湾漁業協同組合伊達温水養殖センターより稚ナマコを供与していただいた。ここに記して深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 本川達雄・今岡 亨・楚山いさむ(2003)ナマコガイドブック。株式会社阪急コミュニケーションズ, 東京, 136 p.
- 2) 畑中宏之・谷村健一(1994)稚ナマコの体長測定用麻酔剤としての menthol の利用について。水産増殖, 42, 221-225.

* 酒井勇一・中尾博己(2007)中国のナマコ養殖事情(視察報告)。北水試だより, 75, 12-17.

原著論文

人工産卵基質マブシの素材がニシンの卵発生に及ぼす影響

長倉義智^{*1}・野田 勉^{*1}・熊谷厚志^{*1}・新井崇臣^{*2}・大河内裕之^{*3}Effect of Artificial Spawning Beds on Egg Development in the Pacific Herring *Clupea pallasii*Yoshitomo NAGAKURA, Tsutomu NODA, Atsushi KUMAGAI,
Takaomi ARAI and Hiroyuki OKOUCHI

We investigated the effect of artificial spawning beds on egg development and hatching in the Pacific herring *Clupea pallasii*. We compared hatching rates by using three different apparatuses of copper Mabushi (CM), which is a brush of palm fibers bundled with copper wire, iron Mabushi (IM), which is a brush of palm fibers bundled with iron wire, and Fukabon (FB), which is a square plate made of a nylon net in a wooden frame. Hatching rates were 0% (CM) and from 14.0% to around 49.5% (IM and FB). These results suggest that wire materials of Mabushi could seriously affect embryonic development and hatching rates of Pacific herring.

2009年4月13日受付, 2009年6月17日受理

太平洋ニシン *Clupea pallasii* (以下、ニシン) は、北太平洋に広く分布する冷水性魚類で、日本周辺において産卵群が漁獲される水域は、日本海側では北海道石狩湾以北¹⁾、太平洋側では宮城県万石浦とその周辺以北²⁾である。かつて100万トンの漁獲を記録した北海道・サハリン系群は大回遊型の繁殖集団であったが、20世紀中頃に北海道沿岸から姿を消したため、近年の日本沿岸で漁獲されているニシンは、地域型と呼ばれる小回遊型の繁殖集団にほぼ限られている¹⁻³⁾。一般的に本邦ニシンの漁獲量は著しく変動し、長期的にみて安定していない^{4,5)}。そのため、現在、地域型ニシンを対象とした資源の増大・維持を図るため、海産魚類ではヒラメ、マダイ、ハタハタに次ぐ588万尾の人工種苗が、北海道の沿岸海域・風蓮湖、岩手県宮古湾や宮城県松島湾で放流され⁶⁾、その産卵回帰も確認されている⁷⁾。

ニシンは沈性粘着卵を、沿岸域のアマモ類、ヒバマタ

類、コンブ類に産卵する¹⁾。このため、種苗生産における採卵は、人工授精によって様々な人工産卵基質に卵を付着させる方法で行っている。人工産卵基質として、1980年代は主にアワビ種苗生産に用いられるポリエチレン製波板を使用していたが、90年代に入ると水通しがよく卵が付着しやすいふ化盆（ポリエチレンあるいはナイロンネットを木枠に貼り付けたもの、写真1A）が普及し、1996年頃から「マブシ」（シュロ繊維を銅線で巻いてブラシ状に整形したもの、写真1B）が導入された。ニシンと同様に沈性粘着卵であるアユの種苗生産で開発されたマブシを用いた採卵作業は、ふ化盆を用いる方法に比べて技術的に簡便であり、作業時間がおおよそ1/20に短縮できる^{*4)}ことから、ニシン種苗生産尾数の増加に伴ってこの方法が主流となった。一方、マブシによる卵管理法が普及すると、この方法でのふ化率がふ化盆による卵管理法より低いことが複数の種苗生産機関で

*1 独立行政法人水産総合研究センター 宮古栽培漁業センター 〒027-0097 岩手県宮古市崎山4-9-1 (Miyako Station, National Center for Stock Enhancement, FRA 4-9-1 Sakiyama, Miyako, Iwate, 027-0097 Japan).

ynaga@fra.affrc.go.jp

*2 東京大学海洋研究所附属国際沿岸海洋研究センター

*3 独立行政法人水産総合研究センター 研究推進部

*4 大河内ら未発表

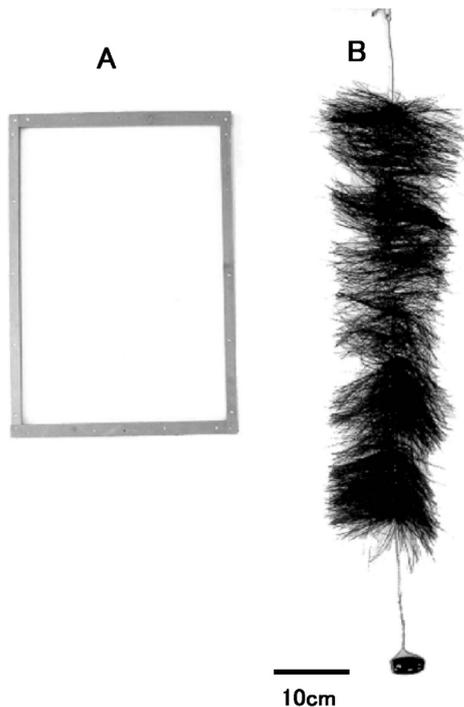


写真1. 人工産卵基質
A: ふ化盆 B: マブシ

確認された*。これに対し、マブシのあく抜き（海水への浸漬）、卵に付着する気泡の除去、管理水の換水率の増加などの対処が行われたが、改善効果は限定的であり、ふ化盆による卵管理法と同等のふ化率を得るには至らず、そのふ化率は不安定であった。そこで、本試験ではマブシにおいてふ化率が低い原因を探るため、マブシの素材がニシンの卵発生やふ化率に及ぼす影響について検討した。さらに、その結果から対応策を明らかにするとともに、現場規模での実証・普及についても言及した。

材料および方法

卵の付着基質 木枠に0.5 mmメッシュのナイロンモジ網を張ったふ化盆（40 × 25 cm：写真1A）、シュロ繊維を銅線で巻いた銅芯マブシ（オーギブラシ加工部製、芯長100 cm、ブラシ部分60 cm：写真1B）、銅芯を鉄芯で代替した鉄芯マブシ（オーギブラシ加工部製特注品、サイズは銅芯マブシと同じ）、の3種類を用意した。

飼育水槽と収容密度 ニシンの卵管理に銅芯マブシを使用している北海道の種苗生産機関では、およそ5万粒の受精卵を付着させたマブシを3本/kℓの密度で水槽に収容している。しかし、25～50 kℓの大型水槽に100～150本前後のマブシを収容しているため、水槽内に水回りが悪い、あるいはマブシ同士が重なり合う場所ができていると考えられる。本試験1、2では芯材の異なるマ

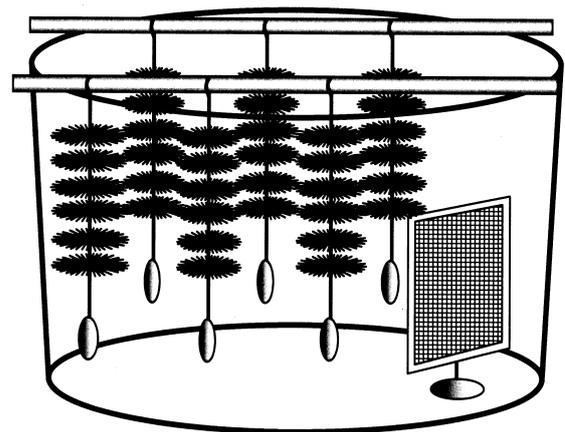


図1. マブシおよびふ化盆の水槽への収容方法

ブシの影響を明確にする必要があることより、6本/0.5 kℓの密度でマブシを収容した。卵管理水槽には0.5 kℓ円型ポリカーボネート水槽を用い、卵収容後、注水する海水およびウオーターバス内の海水を徐々に加温することで卵管理水温を10℃まで上昇させ、その後、10℃を維持した。換水率は、現場でのレベルと同様に、1回転/日とした。マブシは下方に沈子（瀬戸石：約40 g/個）1個を付けて水面から垂下し、ふ化盆は下方に沈子（瀬戸石：約400 g/個）1個を付けて沈めて、木枠の浮力で水槽底面から立ち上がる形で水槽に収容した（図1）。

試験1の設定 銅芯マブシ6本を収容した1区、鉄芯マブシ6本を収容した2区、対照区としてマブシを収容しない3区を設けた。また、それぞれの試験区をダブルで設け、1区の銅芯マブシ6本の内1本および2区の鉄芯マブシ6本の内1本に、2007年1月20日に宮城県松島湾で漁獲された成熟ニシン雌10尾、雄8尾（平均全長±標準偏差は31.0 ± 3.4 cm）から得たニシン卵を、山本⁸⁾の方法に従っておよそ4万粒ずつ付着させた。さらに、マブシに付着させた卵は付着部位により卵発生時の生残率が異なることから、これらの生残率が均等で観察が容易なふ化盆に、マブシと同じニシン卵およそ1.6万粒/枚を付着させ、各試験水槽に1枚ずつ収容して経過観察に用いた（表1、2）。ふ化率は、1区、2区では、ふ化直前にふ化盆を取り出し、マブシからふ化した仔魚を、3区ではふ化盆からふ化した仔魚を容量法により推定した。ふ化盆付着卵の観察は毎日行い、適宜サンプリングして発生段階および生残率を把握した。発生段階は桑谷ら⁹⁾に従った。

試験2の設定 試験1の結果を補強し、鉄芯マブシがふ化率に与える影響を確認するため、鉄芯マブシ6本および2007年2月19日に岩手県宮古湾で漁獲された成熟ニシン雌5尾、雄7尾（平均全長±標準偏差は30.3 ± 1.0 cm）から得たニシン卵2.3万粒を付着させたふ化盆1枚を収容する1区と、対照区として同数のニシン卵を付着

* 長倉他未発表

させたふ化盆 1 枚のみを収容する 2 区をそれぞれダブルで設け、ふ化盆付着卵の卵発生時の生残状況およびふ化率を把握した (表 1)。

結 果

試験 1 受精後 6 日 (積算水温 55℃・日) のステージ 12 (眼胞にレンズが形成され、心臓の搏動がみられはじめるステージ) 到達時点では各試験区間の生残状況に差はなく、生残率は 66.9 ~ 73.0% の範囲であったが、受精後 8 日 (76℃・日) のステージ 13 (眼胞が淡褐色となり、頭部背面にふ化腺が散在するステージ) 到達時点で 1 区の生残率が 0 および 4.0% に低下し (図 2)、胚体の萎縮を伴う死亡卵がみられた (写真 2)。一方、2 区および 3 区では、ステージ 13 以降は目立った死亡はみられず、発眼が完了した受精後 11 日での生残率は 48.0 ~ 55.4% であった (図 2)。2 区および 3 区では受精後 13 日 (126℃・日) にふ化が始まり、14 日 (136℃・日) にふ化が完了した。ふ化率は 2 区では 22.4、14.0 (平均 18.2) %、3 区では 49.5、49.3 (平均 49.4) % であった。なお、1 区のふ化率は 0% であった (表 2)。2 区および 3 区におけるふ化完了日 (受精後 14 日) の仔魚の平均全長 ± 標準偏差は、それぞれ 9.3 ± 0.3 mm、9.3 ± 0.4 mm であった。

試験 2 1 区、2 区とも受精後 2 日以降、ふ化直前まで

目立った死亡はなく、両区における生残過程も同様に推移した。ふ化率は 1 区で 70.2、55.0 (平均 62.6) %、2 区で 57.7、62.2 (平均 59.9) % であった (表 2)。

考 察

試験 1 では、銅芯マブシを用いたニシンの卵管理によってふ化率が著しく低下することが確認された。銅は生体内では重要な生理的役割を果たす必須元素であるが、過剰に摂取すると毒性が発現する¹⁰⁾。特に水生生物では、環境水中から容易に銅が取り込まれるため陸上生物より毒性が強く発現し、海水魚における 96 時間半数致死濃度は 0.07 ~ 4.3 mg/l¹¹⁾ と低濃度である。また、銅が魚類の浸透圧調節能に異常を与えること¹²⁾、*Artemia salina* の卵のふ化率を低下させること¹³⁾ が報告されている。これらのことから、本実験の銅芯マブシによる卵管理での顕著な卵発生の異常やふ化率低下は素材に用いた銅の影響が強く疑われる。今後、さらに銅の卵発生阻害の機序を解明する必要がある。

試験 1 では鉄芯マブシも対照区に比べてふ化率が低下した。そのため、鉄芯あるいはシュロ繊維の影響も確認する必要が生じたが、鉄芯マブシと対照区でふ化仔魚の大きさに差はなく、さらに、試験 2 の結果から鉄芯マブシからの溶出物がふ化に影響する可能性が排除された。このことから、鉄芯マブシでのふ化率が低いのはマブシ

表 1. ニシン卵を用いた人工産卵基質比較試験

試験	試験区	水槽			マブシ		卵付着 ふ化盆 収容数
		容量	形状と 材質	個数	芯材	収容本数 (うち卵付 着本数)	
1	1	0.5kl	円型ポリ カーボ ネット	2	銅	6 (1)	1
	2				鉄	6 (1)	1
	3				0 (0)	1	
2	1				鉄	6 (0)	1
	2				0 (0)	1	

表 2. 試験区毎の収容卵数とふ化の結果

試験	試験区	卵収容数 (粒)	ふ化数 (尾)	ふ化率 (%)	備考
1	1-1	39,900	0	0.0	マブシ付着 卵のふ化率
	1-2	39,700	0	0.0	
	2-1	38,800	8,690	22.4	
	2-2	39,550	5,520	14.0	
	3-1	16,200	8,020	49.5	ふ化盆付着 卵のふ化率
	3-2	16,200	7,980	49.3	
2	1-1	23,330	16,370	70.2	ふ化盆付着 卵のふ化率
	1-2	23,100	12,710	55.0	
	2-1	23,350	13,480	57.7	
	2-2	23,150	14,390	62.2	

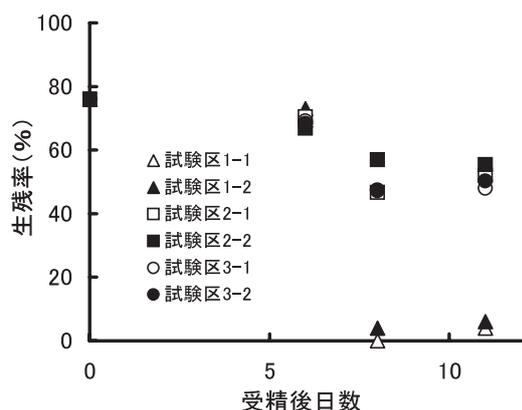


図2. ニシン卵の生残率の推移 (試験1)

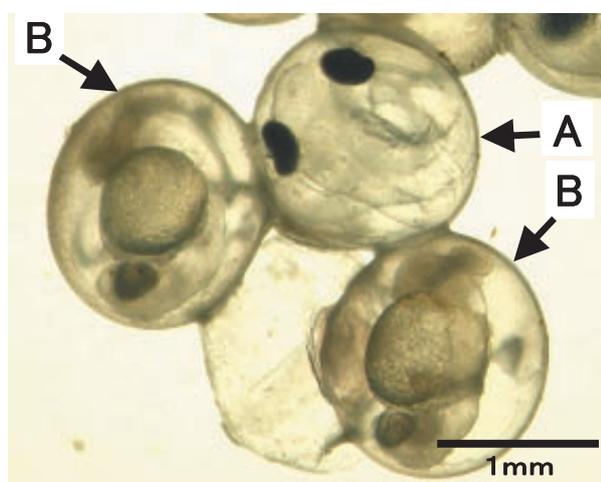


写真2. ステージ13における正常卵 (A) と胚体萎縮卵 (B)

の素材である鉄芯およびシュロ繊維の影響ではないことが考えられた。マブシを用いた採卵方法では、ふ化盆に比べて付着卵同士が重なり易いため、酸欠による卵の死亡が発生しやすかったことも考えられる。

以上述べてきたことから、その機序についての詳細は不明ながらも、マブシの素材、特に銅芯がニシンの卵発生に及ぼす影響が極めて大きいことを確認したため、この結果を重く見た著者らは関係会議等を通じてこの結果を都道府県に公表した。その結果、ニシン種苗生産機関が使用するマブシは2008年までにすべて鉄芯に変更され、各機関の平均ふ化率は変更以前の0～45.3 (平均21.9) %¹⁴⁾から32.1～54.9 (平均41.7) % (長倉他未発表)に向上し、安定したふ化率が得られるようになった。このように、今回実施した試験の結果を参考にして、マブシを用いたニシン卵の管理の問題は大きく改善され、ふ化率の向上、安定化が見込めることが現場規模でも実証された。

本報ではマブシの素材を銅芯から鉄芯に変更することで顕著なふ化率の向上が示された。しかし、海水中では

錆等による強度の低下は銅芯よりも鉄芯で進行しやすいことから、鉄芯マブシを現場レベルで使用して行くには耐久性に関しても検討しなくてはならない。さらに、前述のとおり、マブシの素材を銅芯から鉄芯へ変えても、依然として、ふ化率はふ化盆にくらべ低い。このことは、マブシの使い方に工夫が必要であることを暗示している。今後、ふ化率が低い原因をさらに究明し、マブシの使い方を工夫することでふ化率のさらなる向上、安定化を図ることが必要であろう。

謝 辞

御助言および本論文の御校閲を賜った水産総合研究センター有瀧真人博士に深謝する。また、採卵および試験水槽の管理にご協力頂いた宮古栽培漁業センターの職員の方々に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 小林時正 (1993) 太平洋ニシンの集団遺伝学的特性と種内分化に関する研究. 遠洋水研報, 30, 1-77.
- 2) 小林時正 (2002) 北海道におけるニシン漁業と資源研究 (総説). 北水試研報, 62, 1-8.
- 3) 菅野泰次 (1983) 日本周辺海域に分布するニシンの系統群とその生態. 栽培技研, 12, 59-69.
- 4) 花村宣彦 (1963) 北海道の春ニシン (*Clupea pallasii*. Cuvier et Valenne) の漁況予測に関する研究. 北水研報, 26, 1-66.
- 5) 児玉純一 (1997) 万石浦ニシンの個体群変動機構に関する研究. 宮城水セ研報, 15, 1-41.
- 6) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2008) 平成18年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~, 414 p.
- 7) 大河内裕之・児玉純一・永島 宏・兜森良則・岩本明雄 (2003) 本州の太平洋沿岸におけるニシン放流魚の移動生態と産卵回帰. 栽検資料, 16, 日本栽培漁業協会, 東京, 19-39 pp.
- 8) 山本義久 (2001) ニシンの種苗生産技術. 栽培漁業技術シリーズ No.7, 日本栽培漁業協会, 東京, 17-21.
- 9) 桑谷幸正・渋谷三五郎・和久井達哉・中西 孝 (1978) ニシンの卵発生と稚魚の飼育に関する研究-I, 卵発生に及ぼす水温の影響, ニシン増養殖技術開発企業化試験報告, 11-29.
- 10) 山本義和 (1979) 水生生物と重金属 [I] 銅. サイエンス社, 東京, 140-182 pp.
- 11) 社団法人日本水産資源保護協会 (2006) 水産用水基準 (2005年版). 66-68 pp.
- 12) Courtois, L. A. (1976) Copper intoxication - a possible biochemical homologue. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 15, 205-210.
- 13) Saliba, L. J. and R. M. Krzyz (1976) Effect of heavy metals on hatching of brineshrimp eggs. *Mar. Pollut. Bull.*, 7, 181-182.
- 14) 北海道 (2006) 平成14年～16年度日本海ニシン増大推進プロジェクト報告書. 233 p.

短 報

ワムシ粗放連続培養の収穫槽と連結した クロソイの種苗生産初期飼育の有効性

野田 勉*・長倉義智*・熊谷厚志*

Effectiveness of Seedling Production Connected with Harvest Tank of the Extensive Continuous Rotifer Culturing System for Early Stage Rearing of Black Rockfish *Sebastes schlegeli*

Tsutomu NODA, Yoshitomo NAGAKURA, and Atsushi KUMAGAI

We designed a new labor-saving method to simplify black rockfish seedling production. In our method, fish larvae were reared in the harvest tank of the extensive continuous rotifer culturing system until 15 days after birth (DAB). We compared the hours worked, larval survival rates and larval growth with the control plot, and found the new method to result in shorter working hours and higher larval survival rate. Additionally, the differences in total length (TL) at 15 DAB (larger differences cause increased cannibalism) were smaller in the labor-saving method than in the control plot, although the mean TLs were similar. Based on these results, we consider our labor-saving method to be effective in black rockfish seedling production

2009年2月3日受付, 2009年7月15日受理

クロソイ *Sebastes schlegeli* は、北海道から九州までの全域、中国大陸、朝鮮半島の沿岸に広く分布するメバル属の底棲性魚類である¹⁾。本種はソイ・メバル類の中で極めて成長が速く²⁾、放流後の移動範囲も比較的狭いことから³⁾、重要な栽培漁業および養殖の対象種として2006年には全国で190万尾の種苗が生産された⁴⁾。

独立行政法人水産総合研究センター宮古栽培漁業センター（以下、宮古栽培漁業センター）では、1980年からクロソイの種苗生産試験を実施し⁵⁾、年間約50万尾の種苗を平均50%以上の生残率で生産するなど、量産の基礎技術は概ね確立している⁶⁾。一方、種苗放流の効果調査では20%以上の高い回収率が推定された例もあるが、経済回収率は約1.0となっている^{3,7)}。中川らはクロソイの生産コストを調べ、人件費の占める割合が44.8%と最も大きいこと、種苗単価を低減させるには生残率の向上が重要であることを報告した⁸⁾。本種の種苗生産の効率化には、作業時間や生産コストの削減、飼育

10日目までの初期死亡および仔稚魚に生じる成長差が引き起こす共食いの防止などについて検討する必要がある。

種苗生産における飼育作業の省力化と作業時間の短縮に重点をおいた飼育手法として、ヒラメ、マダイ、オニオコゼでは「ほっとけ飼育」の有効性が確認されている⁹⁻¹¹⁾。この方法は、飼育水槽に受精卵とシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* sp. complex（いわゆるL型ワムシ、以下、ワムシ）を収容し、淡水クロレラ等の植物プランクトンを添加してワムシを増殖させ、これを仔魚が摂餌する仕組みとなっており、ワムシ培養と種苗生産を同時に進行させることができる。

一方、ワムシ培養の安定化、省力化を確立する目的で、閉鎖系のシステムを用いて連続注水、連続給餌、連続収穫による「装置連続培養」が開発された。この培養法に加え、現在では既存の水槽を用いて低密度の粗放的な培養を行う「粗放連続培養」が実用化されている¹²⁾。

* 独立行政法人水産総合研究センター 宮古栽培漁業センター 〒027-0097 岩手県宮古市崎山4-9-1
Miyako Station, National Center for Stock Enhancement, FRA 4-9-1 Sakiyama, Miyako, Iwate, 027-0097 Japan.
ttmnoda@affrc.go.jp.

藤浪ら*は、ヒラメの省コスト・安定生産を目的に「ほっとけ飼育」と「粗放連続培養」を組み合わせ、ワムシ収穫槽で魚類を飼育する「ワムシ収穫槽利用飼育」（以下、収穫槽飼育）を開発し、大幅な生産経費削減を実証した。本研究では、この収穫槽飼育をクロソイ種苗生産に応用し、飼育初期における省力化を検討すると共に、生残率の向上の可能性と成長差の縮減効果について明らかにしたので報告する。

胎生魚である本種の試験に用いた仔魚は、1998年に宮古栽培漁業センターで種苗生産された稚魚を養成した親魚群（9歳魚）から、自然出産により得たものである。出産期以外（7月～3月）は150kℓコンクリート水槽、出産期は加温可能な10kℓ水槽（以下、出産水槽）で養成を行った。出産水槽の水温は4月中旬まで自然水温とし、それ以降13.0℃まで昇温（0.3℃/日）した¹³⁾。出産された全長約7mmの仔魚は水面付近を遊泳するため、出産水槽壁面の排水口からオーバーフローした海水とともに500ℓポリカーボネート製水槽に集めて回収した。回収した仔魚は水槽内で攪拌を行い、1ℓあたりの尾数を計数し、水槽毎の水量で乗算して仔魚数を求めたのち、速やかにクロソイ飼育水槽へ収容した。なお、本報告では出産日を0日として仔魚の日齢を定めた。

試験は2007年収穫槽飼育区（収穫1区、収穫2区）（図1）と通常宮古栽培漁業センターで実施している量産飼育区（以下、通常飼育区：通常1区、通常2区）を設け、ともに2例ずつ行った。飼育データは、飼育初期の省力化および初期減耗防除の効果を比較するため、両区とも15日齢までとした。飼育には加温が可能なコンクリート製水槽を使用し、飼育水は砂ろ過海水を用いた。

収穫槽飼育区は、20kℓ水槽（飼育水槽：実水量16kℓ）を用いた。また、ワムシの粗放連続培養を隣接する20

kℓ水槽（以下、ワムシ培養槽）で行った。ワムシは小浜株を用い、培養水温は20℃を維持した。培養水は海水に水道水を混合して80%希釈海水とし、24時間連続的に注水した。ワムシ培養槽は、発泡ゴム製散気管（空気用ユニホース；株・ユニホース）を用い、弱通気を施した。培養は、収穫1区が2007年4月30日（仔魚収容7日前）にワムシ8億個体を、収穫2区が5月26日（仔魚収容前日）にワムシ15億個体を収容して開始した。ワムシ培養槽および飼育水槽のワムシの密度は毎日計数した。

ワムシ培養の餌料は、高度不飽和脂肪酸を添加した濃縮淡水クロレラ（HG生クロレラV12；クロレラ工業、以下クロレラHG）を使用した。1日分の餌料は、前日からのワムシの密度の変化により、クロレラHG3.5～5.0ℓを淡水で50ℓまで希釈し、これを定量ポンプで24時間連続的に給餌した。

ワムシ培養槽から飼育水槽へのワムシの給餌は、0日齢から両水槽間を直径25mmのフレキシブルホースで連結し、サイホン方式で培養水を流入させて連続的に給餌した。ワムシ培養槽の換水率（注水量/培養水量）は30%/日に調整し、この注水量と同量が飼育水槽に流れるように調節した。

飼育水槽には培養水の流入に加え、水質維持のため海水を連続注水した。海水は0日齢から添加し、換水率は3日齢までは20%/日、4～6日齢は30%/日、7～15日齢は40%/日とした。飼育水温は、収容時に出産水槽と同じ13.0℃に設定し、以降1.0℃/日で18.0℃まで昇温した。飼育水槽はエアブロックを用い、飼育水が循環するように弱通気を施した。試験期間中、底掃除は行わなかった。また、ワムシ培養槽、飼育水槽ともに、水質改善および共存生物相の安定化に伴う培養成績や生産ワムシの質的向上を目的として¹⁴⁾、粒径0.5～1.0mm

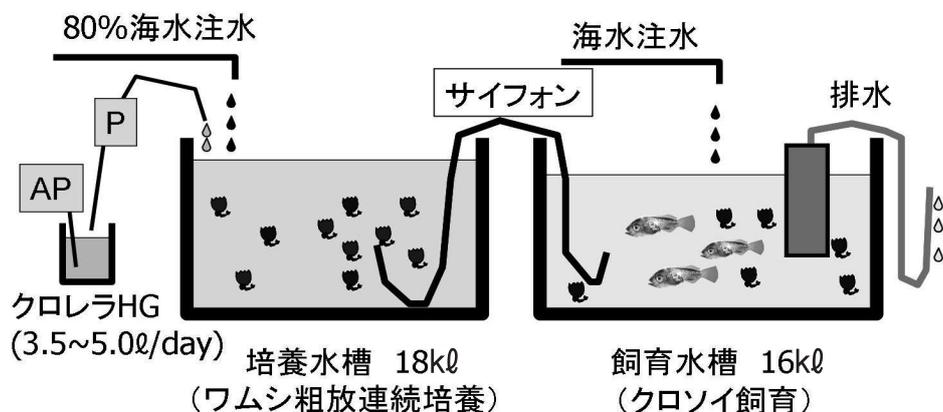


図1. 収穫槽飼育の模式図

P：定量ポンプ

AP：エアポンプ

クロレラHG：濃縮淡水クロレラ

* 藤浪ら未発表

の貝化石粉末（ロイヤルスーパーグリーン：株・グリーンカルチャ）を80～100g/日散布した。

試験期間中の平均全長の変化は、0、5、10、15日齢時に、無作為に30尾ずつ仔魚を採取し、2-フェノキシエタノールで麻酔を施したのち、万能投影機を用いて測定した。また、これらの値から、平均全長、分散、標準偏差、変動係数を算出した。収穫1区の生残尾数は、15日齢ですべての魚を取り上げ、重量法で計数した。一方、収穫2区は16日齢以降毎日死亡魚を計数し、44日齢で取り上げた尾数と足し合わせて15日齢時点の生残尾数を算出した。生残率は試験終了時の生残尾数を収容尾数で除して求めた。

通常飼育区は、50kℓ水槽（飼育水槽：実水量50kℓ）を用いた。宮古栽培漁業センターの常法として、飼育開始時から餌料はワムシを用いず⁶⁻⁸⁾、水温20℃でプラスアクアラン（株・BASFジャパン）を用いて、16～24時間栄養強化（添加量50g/kℓ）したアルテミア *Artemia* sp. 幼生（以下、アルテミア）を主に与える方式で飼育した。1日あたりの給餌量は0.4～2.2億個体/水槽を2回に分けて給餌した。また、給餌前に水槽内のアルテミアの密度を計数した。換水は0日齢から行い、1日あたりの換水率は5日齢までは50%、それ以降は100%とした。飼育水には仔魚が密集するのを防止する目的で、濃縮淡水クロレラ（生クロレラV12；クロレラ工業）を換水率によって200～500mlを1日に1～2回添加した。通気量は、省力区と同量に設定した。飼育水槽の水温管理及び環境測定、全長測定は、前述の収穫槽飼育区と同様に行った。底掃除は1日齢から毎日行い、死亡魚を回収することにより、日間死亡数および日間死亡率を求めた。なお、通常1区は51日齢、通常2区は49日齢で取り上げ計数を行ったため、試験終了までの給餌および生残尾数、生残率の算出は収穫2区と同様の手法で行った。

種苗生産の手法を経済的に評価するため、中川ら⁸⁾の試算した生産コストのうち、高い割合を占めていた賃金に影響する作業時間と生物餌料費（以下、餌料費）に注目し、以下の方法により各試験区の値を算出した（表1）。15日齢までの収穫槽飼育区は、ワムシの計数や培

表1. 収穫槽飼育区と通常飼育区における作業時間の試算

試験区	作業区分	非常勤職員		
		A	B	C
収穫槽飼育区	アルテミア分離	0	0	0
	栄養強化・給餌	0	0	0
	底掃除等	0	0	0
	ワムシ計数・培養	1.0	0	0
	観察・測定	2.0	0	0
	合計	3.0	0	0
通常飼育区 ^{*)}	アルテミア分離	0	2.0	2.0
	栄養強化・給餌	1.0	1.0	1.0
	底掃除等	3.5	3.5	3.5
	ワムシ計数・培養	0	0	0
	観察・測定	2.0	0	0
	合計	6.5	6.5	6.5

* 中川ら⁸⁾を改変

養などにかかる時間を合計し、収穫槽飼育区16日齢以降および通常飼育区は、中川ら⁸⁾に従って算出した。一方、15日齢までの餌料費について、収穫槽飼育区はワムシの培養に使用したクロレラHGの総使用量を算出した。これに対し、通常飼育区は、アルテミアの総使用個体数を積算し、クロレラHGの単価（675円/ℓ）、およびアルテミアの単価（3,500円/億個体、2007年当時）をそれぞれ乗じた。その値を15日齢時点での生残数で除して、種苗1万尾あたりに用いた餌料経費（以下、餌料経費）を試算した。なお、飼育に供するアルテミアは収容3日以前よりふ化させる作業が必要となっている。また、クロレラHGは、収穫1区と収穫2区で、飼育開始前までの使用量が異なるため、本試験における全ての餌料経費は、0～15日齢で積算した。貝化石粉末の値段は約150円/kgと単価が低いため、コストの算出からは除外した。

収穫槽飼育区および通常飼育区の飼育結果の概要を表2に示した。仔魚の収容尾数（収容密度）は、収穫1区、収穫2区、通常1区、通常2区それぞれ19.4万尾（1.21万尾/kℓ）、17.8万尾（1.11万尾/kℓ）、55.7万尾（1.11万尾/kℓ）、47.0万尾（0.94万尾/kℓ）であった。

試験期間における生残率の推移を図2に示した。試験

表2. 飼育の概要

試験区	試験開始				試験終了			
	年月日	尾数 (万尾)	水槽容量 (kℓ)	密度 (万尾/kℓ)	年月日	尾数 (万尾)	生残率 (%)	密度 (万尾/kℓ)
収穫1区	2007 5/7	19.4	16	1.21	2007 5/22	17.9	92.3	0.99
収穫2区	2007 5/27	17.8	16	1.11	2007 6/11	17.0	95.7	0.94
通常1区	2007 5/19	55.7	50	1.11	2007 6/3	31.9	57.3	0.64
通常2区	2007 5/23	47.0	50	0.94	2007 6/7	27.3	58.1	0.55

終了時の生残数（生残率）は、収穫1区、収穫2区、通常1区、通常2区それぞれ17.9万尾（92.3%）、17.0万尾（95.7%）、31.9万尾（57.3%）、27.3万尾（58.1%）となった。収穫槽飼育区の生残率の平均は94.0%と高い値を示したが、通常飼育区では58.5%と低い値となった。通常飼育区における日間死亡率の推移を図3に示した。値は通常1区が7.0%、通常2区が6.7%となり、3～10日齢の間に大きな減耗が認められた。

試験における仔魚の平均全長と変動係数の推移を図4および図5に示した。収容時における仔魚の平均全長と標準偏差（変動係数）は、収穫1区、収穫2区、通常1区、通常2区それぞれ 7.36 ± 0.17 mm (0.023), 6.84 ± 0.11 mm (0.016), 6.95 ± 0.10 mm (0.014), 7.09 ± 0.13 mm (0.018) であった。試験終了時の平均全長±標準偏差（変動係数）は、収穫1区、収穫2区、通常1区、通常2区それぞれ 10.72 ± 0.28 mm (0.026), 10.94 ± 0.39 mm (0.036), 11.69 ± 0.76 mm (0.065), 10.71 ± 0.76 mm (0.071) となり、どの試験区も11mm前後まで成長した。0日齢から15日齢の間に増加した変動係数の平均値（範囲）は、収穫槽飼育区が0.012 (0.003～0.020), 通常飼育区が0.054 (0.051～0.057) と前者は後者の約1/5であった。試験終了時の平均全長の分散についてF検定を行った結果、両試験区の間には有意な差が認められた ($P < 0.01$)

収穫槽飼育区におけるワムシの培養密度の推移を図6

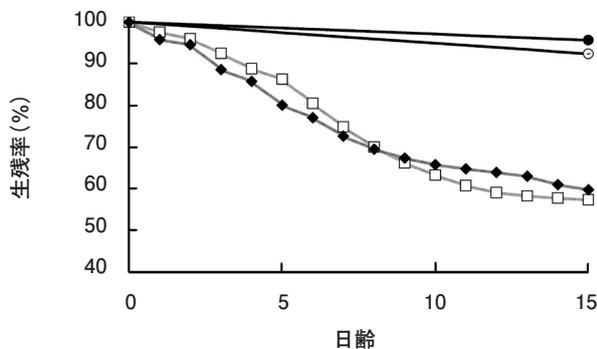


図2. 収穫槽飼育区および通常飼育区における生残率の推移
○—収穫1区 ●—収穫2区 □—通常1区 ◆—通常2区

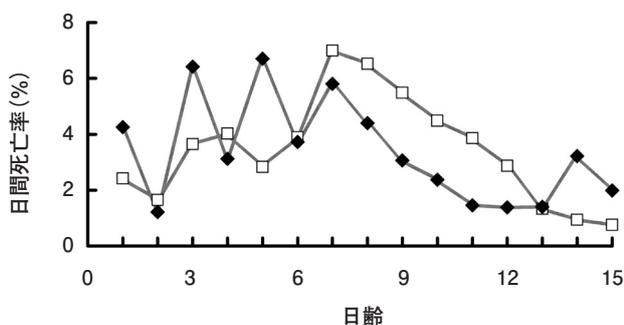


図3. 通常飼育区における日間死亡率の推移
□—通常1区 ◆—通常2区

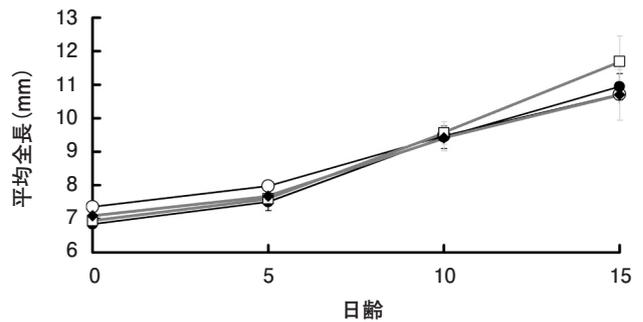


図4. 収穫槽飼育区および通常飼育区における平均全長の推移
○—収穫1区 ●—収穫2区 □—通常1区 ◆—通常2区

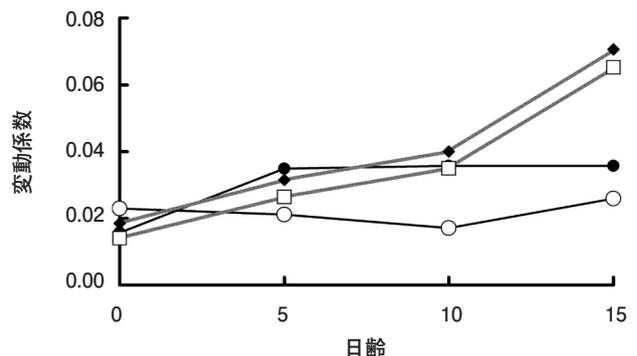


図5. 収穫槽飼育区および通常飼育区における変動係数の推移
○—収穫1区 ●—収穫2区 □—通常1区 ◆—通常2区

に示した。ワムシ密度は約100個体/mlで安定し、培養は順調であった。一方、飼育水中の餌料密度の推移を図7に示した。収穫槽飼育区の飼育水中のワムシ密度は、概ね5～40個体/mlで推移したが、通常飼育区のアルテミアの密度は、給餌前には常に0個体/mlであった。

作業時間に関する試算結果を表3に示した。収穫槽飼育期間（15日齢まで）における作業時間は、環境測定やクロレラHGの給餌、観察などを職員が1人で行うため、作業時間合計は、職員45.0時間、非常勤0.0時間で、通常飼育区の97.5時間および195.0時間と比較すると、前者が53.8%、後者が100%の削減となった。また、日齢55までの飼育を行った場合、収穫槽飼育区は職員が305時間、非常勤が520時間を要し、通常飼育区に比べ前者が14.7%、後者が27.3%の時間が削減できると算出された。

餌料経費に関する試算結果を表4に示した。収穫1区、収穫2区におけるクロレラHGの総使用量（金額）は、72.5ℓ（48,938円）、64.0ℓ（43,200円）であった。餌料経費は、それぞれ2,734円、2,541円となり、平均は2,638円であった。一方、通常1区、通常2区におけるアルテミアの総使用個体数（金額）は、24.65億個体（86,275円）、22.50億個体（78,750円）であった。餌料経費は、それぞれ2,705円、2,885円となり、平均は2,795円であった。収穫槽飼育区の餌料経費の平均は、通常飼育区の平均よりも約5%低い値を示した。

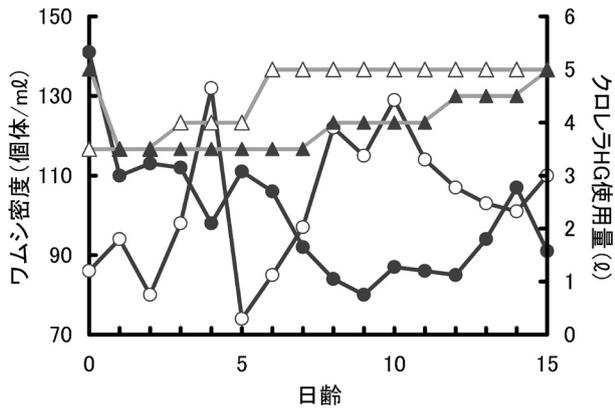


図6. 省力飼育区におけるワムシ培養結果

○ 収穫1区：密度 ● 収穫2区：密度
 △ 収穫1区：クロレラHG ▲ 収穫2区：クロレラHG

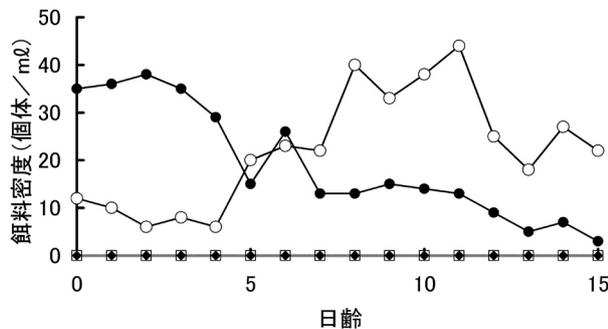


図7. 省力飼育区および通常飼育区における餌料密度の推移

○ 収穫1区 ● 収穫2区 □ 通常1区 ◆ 通常2区

*省力飼育区は1日1回のワムシ計数時、通常飼育区はアルテミア給餌前の密度

従来の種苗生産における作業は、餌料の栄養強化や給餌に加え、水槽底面に堆積する死亡魚や残餌、排泄物などを排除するための底掃除に占める割合が大きい^{15,16)}。これに対し、収穫槽飼育区では底掃除を行わなかったことに加え、飼育水槽内のワムシ密度はクロソイの摂餌が活発となる9 mm以降も高い値を示し、試験期間中にワムシを追加給餌する必要はなかった。このように収穫槽飼育区は底掃除や給餌などが基本的に不要であるため、作業時間を大幅に削減できることが明らかとなった。

ホシガレイでは、換水量を減らしたことで水質の急激な変化が減少し、仔魚に適した環境になる「少換水飼育」の有効性が確認されている¹⁷⁾。また、注水をほとんど行わない「閉鎖循環システム」を用いたマダイの種苗生産でも、流水区を上回る生残率が得られている¹⁸⁾。さらに、ヒラメの「ほっとけ飼育」は、飼育水中に出現する菌の種類が制限されるため、細菌相の安定性の面で優れている¹⁹⁾。一方、給餌作業や底掃除・換水などによって、飼育水槽内の餌料密度のみならず、細菌相や細菌数も急激に変化すると考えられている¹¹⁾。クロソイの種苗生産では、一般的に種苗生産初期の概ね3～7日齢において摂餌不良や発育の遅れが確認され、大量死亡が多発する⁷⁾。また、アルテミアには仔魚が卵殻を摂餌することで消化管が詰まり、衰弱する個体が出現する問題も指摘されている⁶⁾。しかし、収穫槽飼育区では、空胃の個体はほとんど観察されなかった。また、試験終了時の生残率は約90%と、通常飼育区に比べ30%以上も高く、初期死亡はほとんど生じなかった。以上のことから、本飼育手法は他の換水を抑えた飼育同様に安定した環境を構築できたことに加え、粗放連続培養によって餌料価値の高いワムシ²⁰⁾が生産できた上に、十分な餌料密度が維持されるといった好条件が整ったため、仔魚の

表3. 収穫槽飼育区と通常飼育区における合計作業時間の比較

	職員				非常勤職員			
	人数	時間	日数	日・時・人	人数	時間	日数	日・時・人
収穫槽飼育区	1	3.0	15	45.0				
	1	6.5	40	260.0	2	6.5	40	520.0
合計			55	305.0			40	520.0
通常飼育区	1	6.5	15	97.5	2	6.5	15	195.0
	1	6.5	40	260.0	2	6.5	40	520.0
合計			55	357.5			55	715.0
削減割合 (%)	15日齢まで			53.8				100.0
	55日齢まで			14.7				27.3

表 4. 収穫槽飼育区と通常飼育区における餌料経費の試算

試験区	クロレラHG		アルテミア		積算金額 (円)	1万尾あたり 餌料経費 (円)
	総使用量 (ℓ)	単価 (ℓ/円)	総使用量 (億個体)	単価 (億個体/円)		
収穫1区	72.50	675			48,938	2,734
収穫2区	64.00	675			43,200	2,541
通常1区			24.65	3,500	86,275	2,705
通常2区			22.50	3,500	78,750	2,885

活力が高い状態で維持され、高い生残率が得られたと考えられる。

本研究で実施したクロソイの収穫槽飼育区では、試験終了時には背鰭に棘が形成されるステージに相当する平均全長 11 mm 前後まで²¹⁾、通常飼育区とほぼ同様に成長した。一方、通常飼育区に比べ全長の変動係数が小さく、成長差縮減効果が認められた。先にも述べたとおり、収穫槽飼育区ではワムシ培養槽から連続給餌するため、飼育水槽内には常に十分な量の餌料が存在するが、通常の飼育では給餌作業によって飼育水槽内の餌料密度は大きく変動する。従って、ワムシの安定した餌料環境は、成長差の縮減の効果ももたらしたと推察される。クロソイは飼育段階で生じる仔稚魚の成長の差が共食いを誘発し、生残率が大きく低下する⁷⁾。同様の現象はヒラメやオニオコゼ、ブリなど多くの魚種でも認められており、種苗生産の大きな問題となっている²²⁻²⁴⁾。共食いの防除について、多くの魚種では大小のサイズ選別が有効な手法として用いられているが、種苗生産の初期において成長差の拡大を防ぐことができれば根本的な解決となる。ヒラメでは、アルテミアや配合飼料の給餌開始時期を遅らせつつ、やや小さい粒径の餌料を多く与える手法で成長差を縮減した事例が報告されている²⁵⁾。加えて、大小選別も有効であるが、今後は収穫槽飼育における摂餌量や成長に伴う摂餌状態の変化などを詳細に観察し、成長差縮減効果の要因を把握することが重要である。

クロソイの種苗生産において、今回試験を終了した 15 日齢以降はアルテミアや配合飼料の給餌量が急増するため、換水量も大幅に増える時期にあたる。ヒラメなどでは、「ほっとけ飼育」後、通常の飼育に移行する際には、全個体を新しい水槽に移す手法が確立している⁹⁾。今後は、ワムシ単独給餌の状態をどの段階まで継続可能かを明らかにするのに加え、飼育環境へ負荷の高いアルテミアや配合への移行手法の確立など、稚魚期までの一貫した飼育手法を検討する必要がある。また、CXUQRZ *et al.*²⁶⁾ は、スズキ目アカメ科の *Lates calcarifer* の種苗生産過程で、アルテミアを餌料系列から省略し、「ワムシ-配合飼料」という餌料系列での育成が可能であることを明らかにしている。本試験では収穫槽飼育に

における餌料コストの大幅な削減効果は認められなかったが、アルテミアを給餌しない種苗生産が実現できれば、種苗生産工程全体で極めて大きな省コスト、省力化が実現可能となる。将来的にはこのような技術の開発にも着手すべきであろう。

ワムシ培養に適した水温は、S 型で 30℃ 付近、L 型で 20～25℃¹²⁾ とされているが、クロソイを含めた冷水性の魚類ではこれより低い水温で飼育するため、「ほっとけ飼育」ではワムシの増殖にとって好適な水温とならない。しかし、収穫槽飼育はワムシ培養槽と魚類の飼育水槽が分離していることから、ワムシの適水温で培養が可能で、活性や増殖率が高い状態を維持できると考えられる。宮古栽培漁業センターでは、飼育開始時の水温が 10℃ 以下のメバル、キツネメバルでも収穫槽飼育を実施し、種苗の生産に成功している*。今後は他魚種への展開に加え、様々な飼育条件での利活用が期待される。

謝 辞

本論文のとりまとめにあたり、多忙のなか有益なご助言を頂いた西海区水産研究所有明海・八代海漁場環境研究センターの有瀧真人センター長に深く感謝する。また、飼育業務に御協力いただいた宮古栽培漁業センター職員の藤浪祐一郎氏、清水大輔氏、非常勤職員の坂井厚子氏、菊地哲子氏、前川裕弥氏に厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫 (1984) 日本産魚類大図鑑, 東海大学出版会, 297-299 pp.
- 2) 永沢 亨 (2001) 日本海におけるメバル属魚類の初期生活史. 日水研, 51, 1-132.
- 3) NAKAGAWA, M., OKOUCHI H., and ADACHI J. (2004) Stocking Effectiveness of Black Rockfish *Sebastes schlegelii* Released in Yamada Bay Evaluated by a Fish Market Census. In "Stock Enhancement and Sea Ranching" (ed. By K. M. LEBER, S. KITADA, H. L. BLANKENSHIP and T. SVASAND), Blackwell, Oxford, 501-511.

* 野田ら未発表

- 4) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2008) 平成 18 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), 8-12 pp.
- 5) 岩本明雄・芦立昌一 (1982) クロソイの種苗生産. 栽培技研, 11, 35-44.
- 6) 中川雅弘・大河内裕之 (2007) アルテミア単独給餌によるクロソイ *Sebastes schlegeli* 仔魚の成長, 発育段階組成および生残に与える影響. 水産増殖, 55, 607-612.
- 7) 中川雅弘 (2008) クロソイの栽培漁業技術開発に関する研究. 水研センター研報, 25, 223-287.
- 8) 中川雅弘・大河内裕之・有瀧真人 (2006) クロソイの種苗単価の試算. 栽培漁業センター技報, 5, 28-33.
- 9) 高橋庸一 (1998) 栽培漁業技術シリーズ No.4 ヒラメの種苗生産マニュアル, -「ほっとけ飼育」による飼育方法-. 日本栽培漁業協会, 東京, 57 p.
- 10) 島 康洋・高橋 誠 (2005) 「ほっとけ飼育」によるマガイの種苗生産事例. 栽培漁業センター技報, 4, 14-17.
- 11) 清水智之・佐々木正 (2005) オニオコゼ仔稚魚飼育における大量斃死軽減のための 2, 3 の試み, 栽培技研, 32, 5-13.
- 12) 桑田 博 (2000) 栽培漁業技術シリーズ No.6 海産ワムシ類の培養ガイドブック. 日本栽培漁業協会, 東京, 137 p.
- 13) NAKAGAWA, M. and K. HIROSE (2004) Individually specific seasonal cycle of embryonic development in cultured broodstock females of the black rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture*, 233, 549-559.
- 14) 熊谷厚志・藤浪祐一郎・清水大輔 (2008) ワムシ培養における貝化石の添加効果について. 栽培漁業センター技報, 7, 29-32.
- 15) 高橋庸一 (1990) ヒラメ種苗生産における生物餌料の軽減と飼育作業の簡素化. 水産増殖, 38, 23-33.
- 16) 高橋庸一 (1993) ヒラメの種苗生産工程における飼育作業の評価と作業の効率化の検討. 栽培技研, 21, 81-92.
- 17) 兼松正衛・熊谷厚志・太田健吾・島 康洋 (2008) ホシガレイ種苗生産における少換水飼育の有効性について. 栽培漁業センター技報, 8, 14-20.
- 18) 鴨志田正晃・山崎英樹・山本義久 (2006) 閉鎖循環システムを用いたマガイの種苗生産. 栽培技研, 33, 67-76.
- 19) 阪本憲司・高橋庸一・岡 雅一・板垣恵美子 (1998) 止水方式におけるヒラメ初期飼育水の細菌相. 栽培技研, 27, 1-5.
- 20) 友田 努・小磯雅彦・島 康洋 (2007) 植え継ぎ培養法と粗放連続培養法で生産したシオミズツボワムシの栄養強化における餌料価値. 日水誌, 73, 505-507.
- 21) 草刈宗明 (1995) クロソイの種苗生産に関する生殖生物学的研究. 北水試研報, 47, 41-124.
- 22) 山崎幸夫・柳田洋一・薮 伸一・児玉正碩 (1988) ヒラメが共食いを起こす体長差について. 茨城水試研報, 26, 193-197.
- 23) 八木秀志 (1996) オニオコゼ種苗生産時に共食いが発生する条件について. 栽培技研, 24, 121-122.
- 24) 藤本 宏・山本義久・山崎英樹・崎山一孝・高橋 誠・西岡富弘・塩澤 聡 (2006) 栽培漁業技術シリーズ No.9 ブリの種苗生産技術開発, 独立行政法人水産総合研究センター, 東京, 83 p.
- 25) 畑中宏之 (2007) ヒラメ・トラフグの種苗生産ーストレスにどう配慮するかー平成 18 年度栽培漁業技術中央研修会テキスト集, 全国豊かな海づくり推進協会, 東京.
- 26) CURNOW J.・KING J.・BOSMANS J. and KOLKOVSKI S. (2006) The effect of reduced *Artemia* and rotifer use facilitated by a new microdiet in the rearing of barramundi *Lates calcarifer* (BLOCH) larvae. *Aquaculture*, 257, 204-213.

資 料

海産魚介類における種苗生産期の疾病発生状況 (2000～2006年度)

西岡豊弘^{*1}・藤本 宏^{*2}・岡 雅一^{*3}・有元 操^{*4}

Diseases of Marine Fish and Shellfish in Hatcheries in Japan

Toyohiro NISHIOKA, Hiroshi FUJIMOTO, Masakazu OKA, and Misao ARIMOTO

A wide variety of diseases have been reported to occur in larvae and juveniles of marine fishes and shellfishes during seed production in Japan. With funding from the Japan Sea-Farming Association, the National Research Institute of Aquaculture, Fisheries Research Agency, Japan, collected information on fish and shellfish diseases occurring in public hatcheries in Japan. From fiscal year 2000 to 2006, a total of 444 disease cases were reported, including viral (22%), bacterial (36%), fungal (9%), parasitic (13%) and other (20%). Viral nervous necrosis (VNN), iridovirus disease and viral epidermal hyperplasia were the major viral diseases among finfish, whereas penaeid acute viremia (PAV white spot disease of shrimp; WSD) among shrimp species and amyotrophia in abalone were the main viral diseases of shellfish. Seven fish species were newly reported as being hosts of VNN during this period. The most prevalent bacterial diseases were gliding bacterial disease, abdominal swelling, vibriosis and bacterial enteritis. Fungal disease was a problem primarily in crustaceans, whereas protozoal diseases caused serious parasitosis in fin-fish. The type of diseases occurring during seed production during the study period were similar to those reported for the decade from 1989 to 1999, but numbers of host species for viral, bacterial and parasitic diseases were found to have increased during this period.

2009年4月10日受付, 2009年7月24日受理

我が国では、沿岸の水産資源を積極的に維持し増大を図る一手法として、海産魚介類を対象とした栽培漁業が、1963年から推進されている¹⁾。栽培漁業の普及に伴い、対象種の種苗生産に関する技術も急速に発展し、2006年には全国で魚類、甲殻類、その他の水産動物（軟体動物類および棘皮動物類、以下、その他）を合わせて94種が種苗生産され、これらのうち32種で年間100万個体以上の種苗が生産され、放流のみならず養殖にも利用されている²⁾。一方で、種苗生産現場では様々な疾病が発生し、ウイルス性神経壊死症 (viral nervous necrosis :

VNN)、クルマエビ急性ウイルス血症 (penaeid acute viremia : PAV)、細菌性腸管白濁症、細菌性腹部膨満症、甲殻類の真菌症などの疾病は、種苗生産に重大な被害を及ぼすことが報告されており³⁻⁵⁾、種苗生産効率の低下を招くことが懸念される。このことから、旧社団法人日本栽培漁業協会（以下、日栽協）は、1989年から水産庁の委託を受け、種苗生産期に発生する海産魚介類の疾病発生状況や生産現場での対処法を把握し、魚病被害の低減化と疾病発生の防除に役立て種苗の安定生産に繋げるために情報を交換する目的で、種苗期疾病情報事業を

*1 独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所魚病診断・研修センター 〒516-0193 三重県度会郡南伊勢町中津浜浦 422-1 National Research Institute of Aquaculture, Fishery Research Agency, Minami-Ise, Mie 516-0193, Japan toyohiro@affrc.go.jp

*2 独立行政法人水産総合研究センター小浜栽培漁業センター 〒917-0117 福井県小浜市泊 26 号

*3 独立行政法人水産総合研究センター本部 〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-3-3

*4 独立行政法人水産総合研究センター東北水産研究所 〒985-0001 宮城県塩釜市新浜町 3-27-5

開始した。2005年からは、独立行政法人水産総合研究センターの事業の中で種苗期疾病情報として、同様に情報の収集および交換が行われ、現在は、養殖研究所の水産増養殖関係研究開発推進特別部会の構成部会である魚病部会傘下の種苗期疾病連絡協議会により、情報交換が実施されている。1989年から1999年までの種苗生産現場における種苗期の疾病発生状況は、西岡ら⁶⁾および鴨志田ら⁷⁾により取りまとめられている。ここでは、同様に2000年から2006年度における種苗期の疾病発生状況を取りまとめたので報告する。

種苗期疾病情報 種苗生産期間中に発生した疾病または大量死亡例の情報の入手方法は、鴨志田ら⁷⁾の方法に準じた。すなわち、生産の対象種、発生時期、症状、種苗の飼育や被害状況および対処法について、種苗期疾病情報交換の参加機関からファックスや電子メールで入手した。また、必要に応じ関係機関にアンケート調査を実施して入手した情報も用いた。

参加機関 海産魚介類を種苗生産している全国の公的機関で、39都道府県の63の栽培漁業センターと16水産試験場、日裁協の16事業場（現独立行政法人水産総合研究センターの栽培漁業センターと栽培技術開発センター）の計95機関（2000年3月現在）が参加機関である。

疾病名 疾病名は基本的に日本魚病学会で選定された疾病名⁸⁾を使用した。本学会で選定されておらず、参加機関において一般的に呼称される疾病は、仮称（（仮）と記載）とし、原因については、情報提供者の推察に基づき分類した。また、甲殻類の卵や幼生に感染する真菌病は広く知られており⁹⁾、日本で発病が確認されている甲殻類の幼生の真菌病は、下等菌類である鞭毛菌類クサリフクロカビ目に分類されることから¹⁰⁾、真菌症として取り纏めた。

取りまとめ方法 提供された情報を基に種苗生産対象種、疾病の原因、発生地域、被害の状況および主な疾病の発生状況について、鴨志田ら⁷⁾の方法に準じ整理した。すなわち、疾病報告件数は、年ごとに1機関の単一の生産対象種において1つの疾病が発生した場合を1件とし、表中に飼育事例別の疾病発生事例数も併記すると共に、疾病発生時の生産対象種の大きさおよび発育ステージを示した。

種苗生産対象種 2000年度の種苗生産・入手放流実績に記載されている放流用に種苗生産されている種類を表1に示した。なお、ウミガメ類は除いた。海産魚介類のうち魚類が49種（46%）、甲殻類が18種（17%）、その他（軟体動物類および棘皮動物類）が39種（37%）の合計106種が種苗生産されている。

対象種別の疾病発生状況 2000～2006年度（2000年4月から2007年3月）に報告された情報を、疾病毎に動物種別に取りまとめたものが表2である。合計で444件の疾病の発生があった。動物群別の構成割合は図1に示したとおりである。魚類における疾病発生が331件

表1. 2000年度に栽培漁業で種苗生産されている対象種

動物種	種類数	構成割合 (%)
魚類	49	46
甲殻類	18	17
その他 (軟体動物類, 棘皮動物類)	39	37
計	106	100

(74%)で最も多く、甲殻類が83件（19%）、その他が30件（7%）であった。各動物群毎の疾病報告割合を示したものが図2である。対象種106種のうち47種（44%）で報告があり、種類別では、魚類では対象49種のうち33種（67%）、甲殻類では18種のうち6種（33%）、その他では39種のうち8種（21%）であった。魚類で疾病報告件数が多く、かつ対象種の7割近い魚種で報告された。対照的にその他では、対象種類数は39種と多いが、疾病報告件数と疾病発生種類数は少なかった。魚類、甲殻類、その他における種別の報告状況を示したのが図3～5である。魚類で報告件数が多かったのは、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の121件（38%）であった。次いで、マダイ *Pagrus major* が46件（14%）、クロダイ *Acanthopagrus schlegelii* が19件（6%）、オニオコゼ *Inimicus japonicus* とマコガレイ *Pleuronectes yokohamae* がそれぞれ13件ずつ（4%）、シマアジ *Pseudocaranx dentex* が11件（3%）、クエ *Epinephelus bruneus* が10件（3%）であった。ヒラメでは、細菌性腹部膨満症、細菌性腸管白濁症、滑走細菌症とスクーチカ症が、マダイでは滑走細菌症とマダイイリドウイルス病（red seabream iridoviral disease: RSIVD）が、クロダイでは、細菌性腹部膨満症が、オニオコゼではウズムシの寄生が、マコガレイではVNNと滑走細菌症が多く報告された。甲殻類では、クルマエビ *Marsupenaeus japonicus* の疾病が50件（55%）と最も多く、次いでガザミ *Portunus trituberculatus* の22件（24%）、ヨシエビ *Metapenaeus ensis* の11件（12%）の順となった。クルマエビでは未同定の真菌症が18件、PAVが13件であった。ガザミとヨシエビでは、同様の真菌症がそれぞれ9件と5件であった。その他では、クロアワビ *Haliotis discus* が17件（52%）でこのうち13件が筋萎縮症であった。アカウニ *Pseudocentrotus depressus* が5件（15%）で全て棘抜け症（仮）であった。メガイアワビ *H. gigantea* が4件（12%）であったが、いずれも原因は不明であった。

原因別の疾病発生状況 原因別の報告件数は、細菌病が162件（36%）、ウイルス病が112件（25%）、不明が75件（17%）、寄生虫病が55件（12%）、真菌病が40件（9%）であった（表2）。

ウイルス病では、VNNの報告が60件と最も多く、次いでPAVが15件、筋萎縮症が14件であった。本種苗期疾病情報の中では、新たに、クロマグロ *Thunnus*

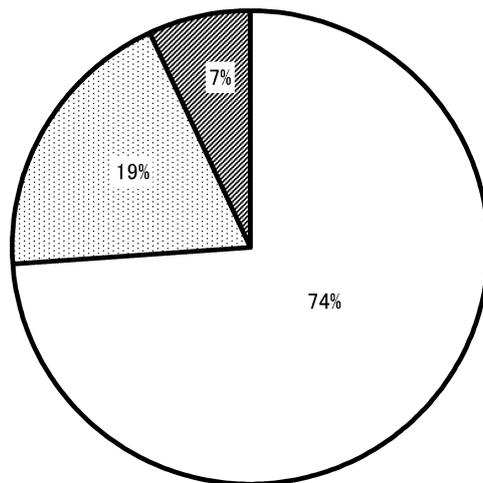
表2. 種苗期疾病の発生状況 (2000～2006年度)

原因 疾病報告件数 (%)	疾病名*	動物種	報告年 (20-)	発病サイズ (mm) ステージ*2	水温 (°C)	報告件数*3		疾病発生率**4 (%)	死亡率 (%)
						A	B		
ウイルス病 112件 (25)	ウイルス性出血 性敗血症	タケノコメバル	04	TL50～60	15～18	1	4	40	64
		ホシガレイ	02	TL15～25	14	1	1	25	97
	ウイルス性神経 壊死症	ヒラメ	02～04,05,07	TL10～75	16～27	10	27	69	7～89
		クエ	00～03,05,06	TL4～160	20～27	10	12	67	<1～100
		マハタ	00～03,06	TL4～150	17～26	7	28	82	7～100
		シマアジ	00～04	TL4～9	21～25	6	7	64	5～100
		クロマグロ	01～03,05,06	TL4～68	23～29	5	23	25	30～100
		オオニベ	02～04	TL20～120	17～28	3	5	71	6～33
		アカアマダイ	03,04,06	TL45～50	13～19	4	11	85	<1～4
		シロクラベラ	05,06	TL38～130	25～28	3	3	100	<1～18
		キジハタ	01,02	TL8～60	23～29	2	5	31	10～100
		マダラ	01,03	TL10～50	12～17	2	2	67	29～65
		マダイ	03,07	TL16	19～20	2	2	67	31～100
		チャイロマルハタ	06	TL23～39	27～28	1	2	100	—
		イシガキダイ	02	TL4～9	22～26	1	7	100	100
		コチ	02	TL12～20	17～20	1	4	100	95
		マコガレイ	01	TL20～40	18	1	5	100	42
	マサバ	06	TL8～9	23	1	1	50	80	
	ヤイトハタ	06	FL77	—*	1	1	100	—	
	ウイルス性表皮 増生症	ヒラメ	00,02,06	TL6～25	16～22	5	17	89	29～100
		ホシガレイ	02	TL6～8	18～22	1	2	100	100
		メイトガレイ	04	TL8～12	14	1	3	5	5
	ウイルス性腹水 症	ブリ	00～02	TL30～120	20～26	4	26	84	11～70
	ビルナウイルス 病	ヒラメ	00	TL30～45	18	1	1	100	15
	マダイイリドウ ウイルス病	マダイ	00～03,05	TL20～130	23～29	5	14	88	<1～70
		ヤイトハタ	05	FL38～64	—	3	5	100	—
		ハマフエフキ	06	TL40～45	—	1	1	100	—
	クルマエビ急性 ウイルス血症	クルマエビ	01～03,05	P15～90	23～28	13	24	65	<1～100
		ヨシエビ	01,04	P44～63	26～28	2	2	67	5～100
筋萎縮症	クロアワビ	00～04	SL5～40	12～26	13	79	80	1～50	
	マダカアワビ	04	SL7	15～22	1	1	100	80	
細菌病 162件 (36)	エビテリオシス チス類症	オニオコゼ	06	TL35～50	22～25	1	2	100	20～30
		ヤイトハタ	06	TL14～15	28～29	1	1	100	76
	スギ	05	TL12～17	—	1	1	100	—	
	滑走細菌症	ヒラメ	01～05	TL10～100	16～24	17	112	64	<1～100
		マダイ	00～06	TL20～60	15～25	15	60	59	3～56
		マコガレイ	03,04,06	TL15～80	13～22	3	4	36	20～30
		トラフグ	01,02,04	TL15～31	18～19	3	3	23	5～80
		クロダイ	01,02	TL20～40	23～25	2	2	17	5
		スジアラ	00,01	TL17～295	21～25	2	4	67	11～74
		オニオコゼ	00	TL10～21	24	1	1	25	9
	ハマフエフキ	05	TL30	22	1	5	63	57～93	
	細菌性腸管白濁 症	ヒラメ	00～04	TL5～18	16～22	17	92	69	2～99
オニオコゼ		02	TL4～6	20～26	1	9	56	100	
細菌性腹部膨満 症	ヒラメ	00～05	TL5～13	16～20	22	85	67	1～99	
	クロダイ	01,02,04,05	TL4～12	17～26	6	31	69	15～100	
	マダイ	03～05	TL6～20	18～23	3	15	79	35～100	
	ホシガレイ	01	TL8	18	1	1	50	45	
	ウスメバル	04	TL30	19～20	1	1	50	80	
	マコガレイ	02	TL7～8	16～17	1	1	50	50	
	シュードモナス 症	ヒラメ	01	TL70	25	1	1	100	25
カサゴ	05	TL30～40	15～16	1	1	100	50		
バスツレラ症	スギ	04～06	TL 85～140	27～28	3	4	57	100	
	イシガキダイ	01	TL40～45	28～29	1	4	100	20～30	
非定型エロモナ ス症	マコガレイ	03,04	TL 40～56	13～18	2	3	75	50～100	
ヒラメ	ヒラメ	04	TL20～30	17～20	1	6	30	—	
	ヒラメ	02～06	TL7～92	15～26	8	10	45	1～93	
ビブリオ病	クロソイ	01,02	TL15～44	17～19	4	10	53	6～60	
	トラフグ	02	TL10～17	20～25	2	9	75	50	
	マダイ	00～01	TL4～40	17～24	2	3	20	42～75	
	ウスメバル	00	TL40～60	23～25	1	1	4	90	
	タケノコメバル	04	TL20～60	12～18	1	1	50	7	
	クロダイ	02	TL33～35	21	1	1	100	12	
	シマアジ	02	TL12	21～22	1	2	100	10～15	
	スズキ	02	TL30～55	15～19	1	1	17	2	
	オニオコゼ	02	TL20～25	26～28	1	1	100	50	
	マコガレイ	05	TL80～90	20～21	1	1	100	5	
	シロクラベラ	05	TL14～24	—	1	1	100	—	
	ハマフエフキ	06	TL40～50	—	1	1	100	—	
	クルマエビ	02,06	P5～55	25～27	2	3	33	20～66	
	ヨシエビ	01	P6	25	1	3	20	50	
	クロアワビ	03	SL15～25	18～25	1	1	100	65	
	マダカアワビ	05	SL20～28	24	1	2	67	14～33	
	壊死症 (仮)	アミメノコギリ	01,02	Z2～M	30	3	5	24	99～100
		ガザミ	05,06	Z2～3	25～27	2	3	9	100
	放線菌症	クルマエビ	01	TL20	20～27	1	3	100	15
		アカウニ	00,01,03～05	SD2～15	11～16	5	24	60	15～100
棘抜け症 (仮)	パフンウニ	00,01	SD2～5	11～16	2	3	60	60～70	
	シラヒゲウニ	00	SD2～15	22	1	1	100	90	
斑点病 (仮)	マダイ	02	TL5～6	16～17	1	1	100	50	
	クルマエビ	00～06	Z3～P20	22～26	7	18	25	1～100	
	クルマエビ	02	—	24～25	1	1	50	90	
	ガザミ	03	Z4～M	22～26	1	4	44	75	

表2. つづき

寄生虫病 55件 (12)	イクチオオボド症	ヒラメ	01,02,04	TL15~70	16~21	4	5	31	24~95
		クロソイ	02	—	15~19	1	1	50	12
		ヤナギムシガレイ	00	TL20~30	12~17	1	1	33	32
		メバル	00	TL10~19	14	1	1	100	80
		タケノコメバル	07	TL17~22	12~18	1	4	100	2~100
	ウスメバル	04	TL10~20	14~17	1	3	100	30	
	ウーディニウム症	トラフグ	02,04	TL63~102	26~29	2	4	20	15
		オニオコゼ	03	TL30~40	25	1	1	100	1
	ウズムシ寄生(仮)	オニオコゼ	00, 06	TL50~70	18~22	2	2	67	若干~100
	クリプトビア症 スクーチカ症	カサゴ	00,06	TL9~12	16~18	2	6	100	4~50
		ヒラメ	00~02,04~06	TL25~100	17~24	12	22	48	<1~75
		マダイ	02,04	TL30~50	15~19	3	4	40	10~50
オニオコゼ		04	TL13~15	22~25	1	2	100	100	
メイタガレイ		04	TL8~30	10~20	1	1	50	若干~100	
クロソイ		01	TL10~15	18	1	1	17	30	
タケノコメバル		04	TL20~40	12~18	1	1	50	5~10	
トリコディナ症	マダラ	05	TL110~160	9	1	1	100	14	
ネオベネデニア症	カンパチ	02	TL97~123	28	1	1	50	10	
	キジハタ	00	TL70~90	19~21	1	1	100	25	
白点病	キジハタ	00,06	TL25~50	24~28	2	5	18	70~100	
	オニオコゼ	00	TL9~14	26	1	4	27	30	
	マダイ	00	TL12~20	21	1	1	100	5	
	スギ	04	TL30~50	27~28	1	5	100	100	
	トラフグ	04	TL15~40	26~27	1	3	60	10	
ピバギナ症	マダイ	02,03	TL80~120	23~26	3	6	60	5~50	
ブルークリネラ症	クロソイ	01,02	TL13~16	15~19	2	3	60	6~12	
鞭毛虫寄生(仮)	スジアラ	01	E~TL3	28~29	1	2	10	10~50	
ツリガネムシ寄生	ヨシエビ	02	—	25~29	1	2	100	50	
	クマエビ	02	—	24~25	1	1	50	96	
	ヒラメ	05	TL50	23	1	1	25	60	
寄生虫症	クロソイ	02	—	22~23	1	1	50	21	
	オニオコゼ	02	—	24~25	1	1	100	20	
	マダイ	04	TL30	23~26	1	10	100	10	
真菌病 40件 (9)	シマアジ	04	TL60~100	17~24	1	2	100	20	
	オクロコニス症	マダイ	04	TL22~66	20	1	1	100	56
	ミズカビ病	オニオコゼ	04	TL20~25	25~26	1	3	60	20~30
	真菌症	オニオコゼ	01,02	TL11~44	17~26	2	5	36	7~14
		クルマエビ	00~06	N2~P21	22~27	18	59	38	1~100
		ヨシエビ	00,01,03	N2~P7	22~28	5	10	29	1~100
		ガザミ	00~05	Z1~4	22~28	9	20	16	50~100
アミメノコギリヤ	01,02	Z1~3	30	2	3	23	52~100		
不明	リクモホラ症(仮)	ガザミ	00	Z3~4	20~28	1	1	100	50
75件(17)	不明	21種			74	104			
合計					444	1203			

1 疾病名と記載順は基本的に日本魚病学会で選定された疾病名^{)}に準じた
 *2 TL:全長, FL:尾叉長, SL:最長, SD:殻径, E:卵, N:ノープリウス, Z:ゾエア, M:メガロバ, ミシス, P:ポストラーバ
 *3 A:1機関, 1対象種, 1疾病を1件とした報告件数, B:飼育事例別疾病報告件数
 *4 飼育事例別疾病報告件数/飼育事例数×100
 *5 —:不明



■魚類: 331件 ■甲殻類: 83件 ■その他: 30件

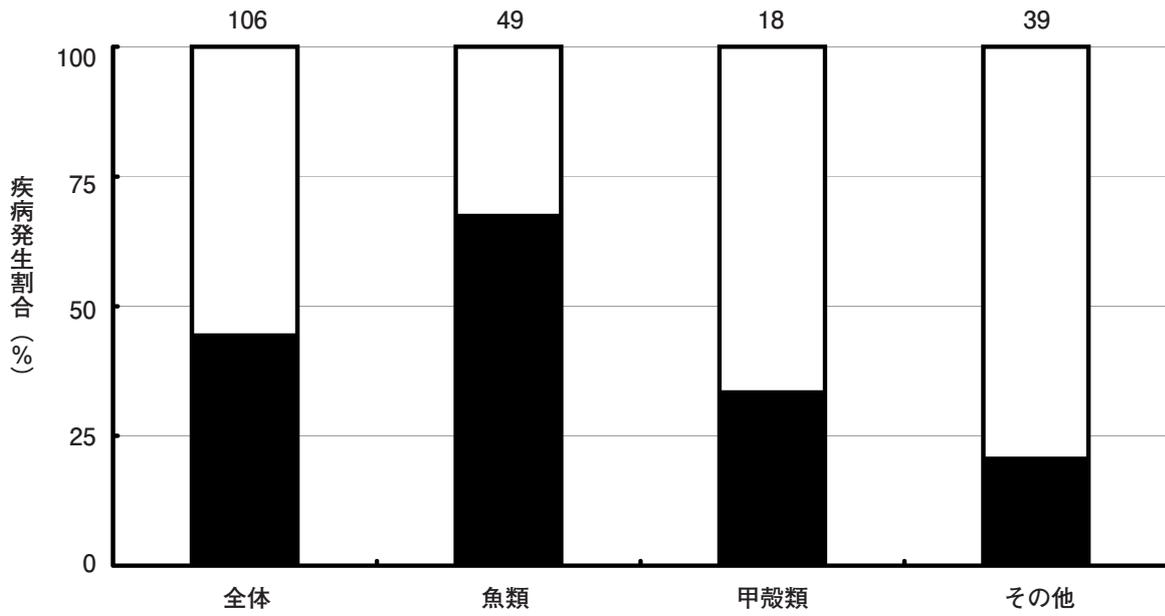


図2. 分類群ごとの疾病報告割合

■：疾病報告あり， □：疾病報告なし， 図中の数字は種類数を示す

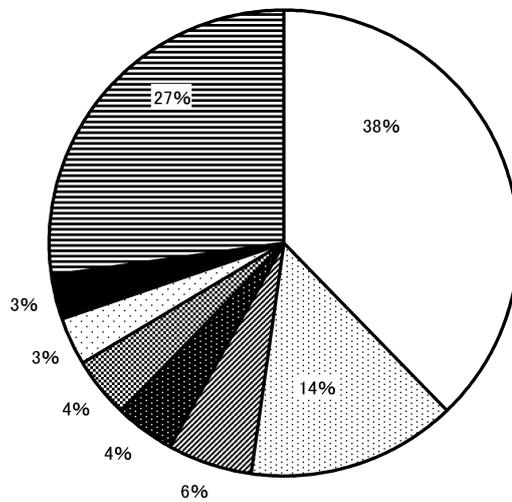


図3. 魚類の種別疾病報告状況

□ ヒラメ 121件 ▨ マダイ 46件 ▩ クロダイ 19件 ▤ オニオコゼ 13件
 ▦ マコガレイ 13件 ▧ シマアジ 11件 ■ クエ 10件 ▨ その他 87件

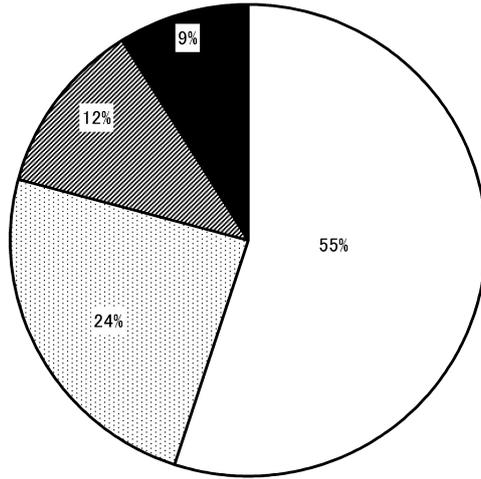


図 4. 甲殻類の種別疾病状況

クルマエビ 50件

 ガザミ 22件

 ヨシエビ 11件

 その他 8件

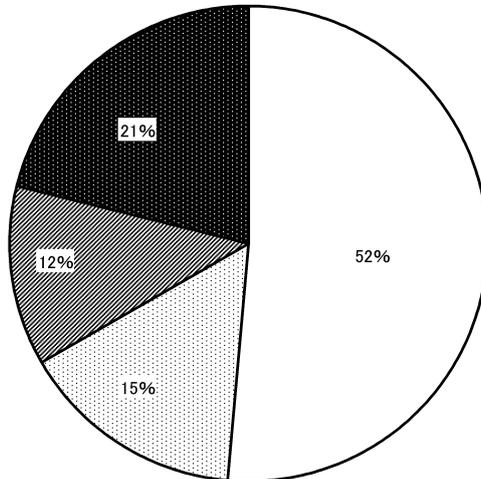


図 5. その他の種別疾病報告状況

クロアワビ: 17件

 アカウニ: 5件

 メガイアワビ: 4件

 その他: 7件

orientalis, オオニベ *Argyrosomus japonicus*, アカアマダイ *Branchiostegus japonicus*, シロクラベラ *Choerodon shoenleinii*, マダイ, チャイロマルハタ *E. coioides*, マサバ *Scomber japonicus* において VNN の発生が報告された。VNN はこれまでに海外の発生例を含むと 14 科 30 種の魚種から発生が報告されていることから^{11,12)}, 今後も発生魚種が増加する可能性が考えられる。その他のウイルス病で新たに発生した魚種は, RSIVD でヤイトハタ *E. malabaricus*, ハマフエフキ *Lethrinus nebulosus*, ウイルス性表皮増生症 (viral epidermal hyperplasia: VEH) でホシガレイ *Verasper variegatus*, メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus* であった。また, 新たにタケノコメバル *Sebastes oblongus*, ホシガレイのウイルス性出血性敗血症 (viral hemorrhagic septicemia; VHS), ヒラメのビルナウイルス病, マダカアワビの筋萎縮症が発生した。

細菌病では, 滑走細菌症が 44 件, 細菌性腹部膨満症が 34 件, ビブリオ病が 30 件と多く, マコガレイ, ヒラメの非定型エロモナス症, アミメノコギリガザミ *Scylla serrata* およびガザミの壊死症 (仮), シラヒゲウニ *Tripneustes gratilla* の斑点病 (仮), ヤイトハタのエピテリオシスチス類症が発生した。このうちマコガレイの非定型エロモナス症は, 非定型 *Aeromonas salmonicida* による感染症で, 水温が 17℃ 前後の水温時に発生し注意すべき疾病であるとされている¹³⁾。ガザミ類の壊死症 (仮) は, ガザミでは原因が不明であるが細菌の関与が疑われており¹⁴⁾, アミメノコギリガザミではグラム陰性の長桿菌が原因である¹⁵⁾。シラヒゲウニの斑点病では, 単年度のみの報告で原因は特定されていないが, 細菌による疾病と考えられている。また, 同じウニ類の疾病では, 北日本で種苗生産されているエゾバフンウニ *Strongylocentrotus intermedius* で *Tenacibaculum* sp. が原因の斑点病がある¹⁶⁾。本疾病は, 水温が低い時期に複数年に渡って発生していることから, シラヒゲウニとエゾバフンウニの事例では発生要因が異なると推察される。一方, 低水温期には, アカウニ, シラヒゲウニの棘抜け症 (仮) があり, アカウニでは滑走細菌が原因とされ¹⁷⁾, シラヒゲウニでは長桿菌が原因菌と疑われている¹⁸⁾。発生水温や原因菌の形態が類似するなど両疾病の共通点は多く, シラヒゲウニでの防除法¹⁹⁾が量産飼育で利用できる技術開発が期待される。新しく疾病が発生した魚種として, 滑走細菌症ではウスメバル *Sebastes thompsoni*, タケノコメバル *S. oblongus*, クロダイ, シマアジ, スズキ *Lateolabrax japonicus*, オニオコゼ, シロクラベラ, ハマフエフキ, クロアワビ, マダカアワビが, 細菌性腸管白濁症ではオニオコゼが, パスツレラ症ではスギ *Cryptomeria japonica* が, 棘抜け症 (仮) ではバフンウニが, シュードモナス症ではヒラメ, カサゴ *Sebastes marmoratus* が, 報告された。

寄生虫病では, スクーチカ症の発生が 19 件と最も多かった。また, 1999 年までに 10 種類の寄生虫病が報告

されていたが^{6,7)}, 本報告でヨシエビ, クマエビ *Penaeus monodon* のツリガネムシ寄生 (仮), クロソイ *S. schlegeli* のブルークリネラ症, カサゴのクリプトビア症, スジアラの原虫感染症, マダラのトリコジナ症, カンパチ, キジハタ *E. akaara* のネオベネデニア症, マダイのビバギナ症が新たに追加された。本疾病情報で新たに発生が確認された寄生虫病の罹病魚種は, スクーチカ症でマダイ, オニオコゼ, メイタガレイ, クロソイ, タケノコメバル, イクチオボド症でクロソイ, ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai*, メバル, タケノコメバル, ウスメバルであった。スジアラ *Plectropomus leopardus* の原虫感染症では, *Ichthyodinium* 属原虫が受精卵内や仔魚の卵黄中で分裂増殖し, 卵や仔魚が死亡に至るが, 防除法としてオキシダント殺菌海水中で親魚を産卵させることが提案されている²⁰⁾。

真菌病では, 新たにマダイ, シマアジのオクロコニス症, マダイ, オニオコゼのミズカビ病が報告され, オニオコゼで未同定の真菌症が報告された。

不明病では, ガザミに *Licmophora* 属の珪藻が付着するリクモホラ症 (仮) の発生があった。

地域別の疾病発生状況 参加 95 機関のうち 74 機関 (78%) で疾病の発生が報告された。疾病報告機関の割合は, 四国地区と九州地区がそれぞれ 90% と高く, 次いで近畿地区の 83%, 中国地区の 82% であり, 最も低い関東地区は 44% であった。1994 ~ 1999 年における疾病報告機関の割合は, 中国, 四国, 九州地区で 75 ~ 82% と高く, 関東, 北海道・東北地区では, 40% 以下であったのに対し⁷⁾のに対し, 2000 ~ 2006 年度の報告機関の割合は, 同様に西日本が高いのに加えて, 北海道・東北地区においても 72% と高くなった。疾病報告件数は, 九州地区が 157 件 (35%) と最も多く, 次いで北海道・東北地区の 62 件 (14%), 中国地区 58 件 (13%) となり, 関東地区は 23 件 (5%) と少なかった (表 3)。1994 ~ 1999 年までの地域別の疾病報告件数は, 中国, 四国, 九州地区の西日本において高い値を示し, 関東および北海道・東北地区では低かったが⁷⁾, 2000 ~ 2006 年度では, 西日本に加えて北海道・東北地区で高かった。これは, 北海道・東北地区において, ヒラメの腹部膨満症, 細菌性腸管白濁症, 滑走細菌症が多く発生したことによると考えられる。

被害状況 報告件数が 10 件以上で複数回発生し疾病発生率 (疾病発生事例数 / 飼育事例数) が約 7 割以上の疾病として, ヒラメ, マハタ, アカアマダイの VNN, マダイの RSIVD, プリ *Seriola quinqueradiata* のウイルス性腹水症 (viral ascites: VA), クルマエビの PAV, クロアワビの筋萎縮症, クロダイ, マダイの細菌性腹部膨満症, ヒラメの細菌性腸管白濁症, マダイのオクロコニス症があり, ウイルス病が発生した場合には治療方法がないため廃棄処分せざるを得ない。また, 死亡率が併せて報告されたクロダイの細菌性腹部膨満症では 6 例中 5

表3. 地域別の種苗期疾病報告件数 (2000～2006年度)

地区 (県名：県数)	疾病発生 都道府県 数	種苗生産 機関数 (A)	疾病発生 報告種苗 生産機関 数 (B)	(B/A) %	疾病報告件数	
					C(%)	D(%)
北海道・東北 (北海道, 青森, 岩手, 宮城, 秋田, 山形, 福島：7)	7	18	13	72	62(14)	265(22)
関東 (茨城, 千葉, 東京, 神奈川：4)	4	9	4	44	23(5)	74(6)
中部 (新潟, 富山, 石川, 福井, 静岡, 愛知：6)	6	15	11	73	46(10)	125(10)
近畿 (三重, 京都, 大阪, 兵庫, 和歌山：5)	5	12	10	83	56(13)	120(10)
中国 (鳥取, 島根, 岡山, 広島, 山口：5)	5	11	9	82	58(13)	136(11)
四国 (徳島, 香川, 愛媛, 高知：4)	4	10	9	90	42(10)	112(9)
九州 (福岡, 佐賀, 長崎, 熊本, 大分, 宮崎, 鹿児島, 沖縄：8)	8	20	18	90	157(35)	371(31)
合計	39	95	74	78	444(100)	1203(100)

C : 1機関, 1対象種, 1疾病を1件とした報告件数

D : 飼育事例別疾病報告件数

例, マダいの細菌性腹部膨満症では3例中3例, ヒラメの細菌性腸管白濁症では16例中14例で死亡率が50%以上であることから, これらのウイルス病や細菌病は種苗生産に与える被害が大きく, 種苗生産過程での防除対策の確立が望まれる。

死亡率が高い疾病としては, ヒラメ, クエ, マハタ, シマアジ, クロマグロ, オオニベ, キジハタ, マダイ, イシガキダイ *Oplegnathus punctatus*, マゴチ *Platycephalus* sp. およびマサバのVNN, ヒラメとホシガレイのVEH, ホシガレイのVHS, クルマエビとヨシエビのPAV, マダカアワビの筋萎縮症, ヒラメ, トラフグ *Takifugu rubripes* およびハマフエフキの滑走細菌症, アカウニの棘抜け症 (仮), ヒラメ, クロダイ, マダイおよびウスメバルの細菌性腹部膨満症, ヒラメとウスメバルのビブリオ病, ヒラメとオニオコゼの細菌性腸管白濁症, スギのパスツレラ症, マコガレイの非定型エロモナス症, ヤイトハタのエピテリオシスチス類症, アミメノコギリガザミとガザミの壊死症 (仮), シラヒゲウニの斑点病 (仮), クルマエビとクマエビの未同定の細菌性疾病, オニオコゼとメイタガレイのスクーチカ症, ヒラメ, メバルおよびタケノコメバルのイクチオボド症, キジハタとスギの白点病, クマエビのツリガネムシ寄生, オニオコゼのウズムシ寄生症 (仮), クルマエビ, ヨシエビ, ガザミ, アミメノコギリガザミの未同定の真菌症が挙げられる。これらは死亡率が80%以上になる事例があり, 種苗生産過程で発生すると被害が大きくなると考えられた。

種苗期疾病の発生状況 1989～1994年⁶⁾, 1994年～1999年⁷⁾における, 原因別の発生報告割合は, それぞれの期間においてウイルス病が24%と27%, 細菌病が

23%と23%, 真菌病が14%と15%, 寄生虫病が2%と4%であり, 発生状況に大きな変化はなかった。一方, 2000～2006年度での発生報告割合は, ウイルス病は22%, 真菌病が9%とやや減少した。細菌病は36%, 寄生虫病は13%といずれも増加し, いずれの疾病も新たな魚種での発生が報告されたため, 割合が増加したと考えられる。複数年にわたり報告された疾病は, VNN, RSIVD, 筋萎縮症, 滑走細菌症, 棘抜け症 (仮), 細菌性腹部膨満症, ビブリオ病, 細菌性腸管白濁症, スクーチカ症, 甲殻類の真菌症があり, これらの疾病は, 1989～1999年^{6,7)}においても同様に報告されていることから, 種苗生産期間で発生する主な疾病の種類は, 大きくは変化していないと言えよう。

種苗生産の初期においては, 感染性の疾病のみならず, 環境要因などにより仔稚魚などが大量に死亡することがあり, 死亡が感染症によるかを判断するためには, 疾病診断法の確立が必須である。本疾病情報に多く報告された疾病のうち, VNN, PAV, RSIVD, VHS, VEH, VAは, PCR法による診断法が開発されており²¹⁻²⁶⁾, 迅速診断法が確立した疾病は, 報告件数が多くなった可能性が考えられる。最近, DNAチップを用いて多種類の病原体遺伝子を簡易に且つ一度に検出できる方法が開発されている²⁷⁾。これらの方法を活用することにより, これまで主にその特徴的な症状により診断されている細菌性腹部膨満症や細菌性腸管白濁症, また, 不明と報告された情報についても, 既報の原因体によるのか明確にできると考えられる。

以上のことから, 種苗期の疾病発生に関する情報交換により, 種苗生産過程において発生する主たる疾病の種類は, 1989～1993年度, 1994～1999年の期間と2000

～2006年度の期間で大きく変化しておらず、依然として安定生産を妨げる要因となっていることが分かった。また、VNNやRSIVD、滑走細菌症、オクロコニス症、スクーチカ症、イクチオボド症等において、疾病が発生した魚種は増加していることが明らかとなり、被害がより拡大することも予想される。種苗生産時の疾病発生を低減するためには、迅速な診断を始め予防や治療に向けた技術開発が継続して必要である。本種苗期疾病情報により生産現場における疾病発生状況を把握し、その情報を整理・共有することは、種苗生産時の疾病発生の低減に資すると考えられ、詳細で正確な情報を収集するための努力が今後も必要である。

謝 辞

本報告をまとめるに当たり、種苗期疾病情報に専門家として貴重なご意見を頂いた、室賀清邦広島大学名誉教授、北海道大学の吉水 守教授、長崎大学の吉越一馬教授、社団法人日本水産資源保護協会の三戸秀敏氏、養殖研究所の佐野元彦病害防除部長に深謝致します。また、貴重な情報を頂いた都道府県の水産試験場および栽培漁業センターの担当者の方々並びにデータの整理に協力いただいた、養殖研究所上浦栽培技術開発センターの山路郁子氏に心から感謝致します。

文 献

- 1) (株)日本栽培漁業協会 (2003) 日本栽培漁業協会 40 年史. 東京, 8 p.
- 2) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2008) 平成 18 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国). 8-11 pp.
- 3) MATSUOKA, T. (1989) Current state of affairs and problems facing sea-farming with emphasis placed on technical problems of fingerling production. *Int. J. Aquacult. Fish. Technol.*, **1**, 324-332.
- 4) 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.
- 5) MUROGA, K. (2001) Viral and bacterial diseases of marine fish and shellfish in Japanese hatcheries. *Aquaculture*, **202**, 23-44.
- 6) 西岡豊弘・古澤 徹・水田洋之介 (1997) 種苗生産過程の海産魚介類における疾病発生状況 (1989～1994 年). *水産増殖*, **45**, 285-290.
- 7) 鴨志田正晃・高橋 誠・水田洋之介 (2005) 種苗生産過程の海産魚介類における疾病発生状況 (1994～1999). *栽培技研*, **32**, 15-24.
- 8) 日本魚病学会 (2004) 選定された魚病名 (2004 年改訂). *魚病研究*, **39**, 223-233.
- 9) SPARK, A. K. (1985) *Synopsis of invertebrate pathology*, Elsevier, Amsterdam, 219-230 pp.
- 10) 畑井喜司雄 (1998) 甲殻類種苗生産における真菌病. *月刊*

海洋号外 No.14, 総特集魚類防疫, 37-41.

- 11) 室賀清邦・古澤 徹・古澤 巖 (1998) 総説: シマアジのウイルス性神経壊死症. *水産増殖*, **46**, 473-480.
- 12) MUNDAY, B. L., J. KWANG, and N. MOODY (2002) Betanodavirus infections of teleost fish: a review. *J. Fish Dis.*, **25**, 127-142.
- 13) 熊谷 明・杉本晃一・伊藤大介・釜石 隆・三輪 理・飯田貴次 (2006) マコガレイ稚魚に発生した非定型 *Aeromonas salmonicida* 感染症. *魚病研究*, **41**, 7-12.
- 14) 浜崎活幸 (1997) ガザミ種苗生産技術の理論と実践 (ガザミ種苗生産研究会編). (株)日本栽培漁業協会. 東京, pp138.
- 15) 浜崎活幸 (2002) (2) アミメノコギリガザミの種苗生産試験. 平成 12 年度日本栽培漁業協会年報, 362-366.
- 16) SUZUKI, M., Y. NAKAGAWA, S. HARAYAMA and S. YAMAMOTO (2001) Phylogenetic analysis and taxonomic study of marine *Cytophaga*-like bacteria: proposal for *Tenacibaculum* gen. nov. with *Tenacibaculum maritimum* comb. nov. and *Tenacibaculum ovolyticum* comb. nov., and description of *Tenacibaculum mesophilum* sp. nov. and *Tenacibaculum amylolyticum* sp. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **51**, 1639-1652.
- 17) 室賀清邦 (1998) 海産無脊椎動物の種苗生産における疾病. *月刊海洋号外 No.14, 総特集魚類防疫*, 31-36.
- 18) 真崎邦彦 (1994) 棘抜け症 (仮称) に罹病したアカウニ稚ウニの病変部位から観察された細菌について. *佐裁セ研報*, **3**, 105-106.
- 19) TANIGUCHI, R., T. SAWABE and K. TAJIMA (2006) Adhesion of *Tenacibaculum* sp. to short-spined sea urchin *Stroglyocentrotus intermedius* and control of spotting disease by inhibiting adhesion using carbohydrate. *Fish Pathol.*, **41**, 13-17.
- 20) MORI, K., K. YAMAMOTO, K. TERUYA, S. SHIOZAWA, K. YOSEDA, T. SUGAYA, S. SHIRAKASHI, N. ITOH and K. OGAWA (2007) Endoparasitic dinoflagellate of the genus *Ichthyodinium* infecting fertilized eggs and hatched larvae observed in the seed production of leopard coral grouper *Plectropomus leopardus*. *Fish Pathol.*, **42**, 49-57.
- 21) NISHIZAWA, T., K. MORI, T. NAKAI, I. FURUSAWA and K. MUROGA (1994) Polymerase chain reaction (PCR) amplification of RNA of striped jack nervous necrosis virus (SJNNV). *Dis. Aquat. Org.*, **18**, 103-107.
- 22) 木村武志・山野恵祐・中野平二・桃山和夫・平岡三登里・井上 潔 (1996) PCR 法による PRDV の検出. *魚病研究*, **31**, 93-98.
- 23) KURITA, J., K. NAKAJIMA, I. HIRONO and T. AOKI (1998) Polymerase chain reaction (PCR) amplification of DNA of red sea bream iridovirus (RSIV). *Fish Pathol.*, **33**, 17-23.
- 24) EINER-JENSEN, K., N. J. OLESEN, N. LORENZEN and P. E. JØRGENSEN (1995) Use of the polymerase chain reaction (PCR) to differentiate serologically similar viral haemorrhagic septicaemia (VHS) virus isolates from Europe and America. *Vet. Res.*, **26**, 464-469.
- 25) IIDA, Y. and T. NAGAI (2004) Detection of flounder herpesvirus (FHV) by polymerase chain reaction. *Fish Pathol.*, **39**, 209-212.
- 26) SUZUKI, S., N. HOSONO and R. KUSUDA (1997) Detection of aquatic birnavirus gene from marine fish using a combination of reverse transcription- and nested PCR. *J. Mar. Biotechnol.*, **5**, 205-209.
- 27) 釜石 隆 (2006) DNA チップを用いた病原体の探索～低コストで効率的な魚病診断が可能に!～. *アクアネット*,

本号掲載論文要旨

浮延縄の釣針沈降速度；中西部太平洋まぐろ類委員会（WCPFC）における海鳥類混獲削減のための技術としての枝縄加重法の検討

横田耕介・南 浩史・細野隆史・清田雅史

WCPFCにおける浮延縄の海鳥類混獲削減措置で、加重枝縄は選択可能な混獲回避手法の一つであり、その仕様（付加する錘の重量と位置）も決められている。港湾内における岸壁からの投縄実験から、一般的な枝縄とWCPFC仕様の加重枝縄における釣針の水深5mまでの平均沈降速度を求めたところ、それぞれ0.19 m/sと0.30 - 0.43 m/sであった。今後、錘の付加に代わる加重方法を検討する際にも、釣針が概ね0.30 m/s以上の初期沈降速度を有する必要があると示唆され、試作したいくつかの加重方法をさらに改良すれば同等の沈降速度を得られるものと期待される。

水産技術, 2 (1), 1-7, 2009

サクラマスの耳石バーコード標識パターン数を増やすための低水温飼育と昇温刺激を併用した標識方法

坂本 準・桑木基靖・江場岳史

サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の耳石バーコード標識パターン数を増やすための標識方法について検討した。水温を9.5℃から5.5℃に冷却した飼育水を用いた結果、標識が可能な発眼卵から浮上までの期間を9.5℃の飼育に比べて44日間延長することができた。また、標識時に24時間の昇温刺激(4℃)を与えることで、卵期に3本、仔魚期に5本の明瞭なバンドを施すことができた。この結果から、低水温飼育と標識時の昇温刺激標識を併用することで耳石バーコード標識パターン数を増やすことが可能となった。

水産技術, 2 (1), 25-30, 2009

船びき網のコッドエンドの目合拡大によるカタクチイワシシラスの品質と価格の向上

守岡佐保・上田幸男

200, 220, 240, 260 経の目合のモジ網のコッドエンドを装着した船びき網により、2回の並行操業試験を実施した。得られた漁獲物について、重量、種組成およびカタクチイワシシラスの全長組成を調べた。この漁獲物をシラス干しおよび釜揚げに加工し、25のシラスの流通業者による模擬競りとアンケート調査を行い、目合別に単価と品質の評価を比較した。模擬競りによる単価と漁獲重量から求めた一網あたりの推定生産金額は、220, 200, 240, 260 経の順に高かった。200 ~ 240 経の目合を使用することにより、260 経よりも品質と価格が向上し、収入の増大が期待できる。

水産技術, 2 (1), 9-17, 2009

飼育条件下におけるキジハタ仔稚魚期の摂餌生態と成長の変化

萱野泰久

飼育条件下におけるキジハタの摂餌日周期と消化管内餌料の排泄率との関係から、ワムシ、アルテミア幼生の日間摂餌量を推定した。仔魚の成長は6日齢まで緩やかであったが、その後、日齢の増加とともに日間成長量は増大した。仔稚魚の消化管内餌料数の変化には日周期性がみられ、早朝と夕方が多く、12時間ごとの明暗条件下では夜間は全く摂餌を行わなかった。また、消化管内餌料数は日齢の増加とともに増加した。本種仔稚魚期の日間摂餌量をElliott and Perssonの方法で推定し、魚体湿重量に対する日間摂餌率を算出したところ、28.3 ~ 153.1%となった。

水産技術, 2 (1), 31-38, 2009

成長の良さに基づいて選抜された世代数が異なるアユ種苗の河川における冷水病耐性の差異

湯浅明彦・竹内 章

2群のアユ人工種苗を砂防堰堤で区切られた天然アユが遡上しない水域に放流し、冷水病の自然感染状況を比較した。この2群は吉野川で採取されたアユを初代親魚とし、成長の良さで選抜した少ない親魚で世代交代を繰り返したものであり、両群の間に世代数で16の差がある。放流後に冷水病が発生し、長期選抜群は発症個体が急増したのに対し、短期選抜群は低い発症率で推移した。冷水病発症後、再捕魚に占める短期選抜群の割合が増加して90%以上に達した。このことから、短期選抜群は長期選抜群より冷水病に対する耐病性が高く、放流後の生残率も高いと考えられる。

水産技術, 2 (1), 19-24, 2009

水槽内でのマナマコの摂餌行動におよぼす砂粒の影響

木原 稔・田本淳一・星 貴敬

マナマコへの給餌方法の検討を目的に、ワカメ粉末、ワカメ粉末と砂粒、および砂粒を水槽底面に散布し、マナマコに70日間給餌した。その結果、砂粒+ワカメ粉末区では糞塊が高い頻度で確認でき、生残率も高く(73%)、体重も実験開始時に比べ2.2倍に増加した。砂粒区では糞塊は確認できず、ワカメ粉末区では糞塊は確認できたものの、飼育開始後30日目での生残率は2区ともに20%以下であった。以上より、マナマコには微粒子の栄養物質に併せて砂粒を投与することで、給餌効果を高められると考えられた。

水産技術, 2 (1), 39-43, 2009

人工産卵基質マブシの素材がニシンの卵発生におよぼす影響

長倉義智・野田 勉・熊谷厚志・新井崇臣・大河内裕之
ニシンの人工産卵基質として従来のマブシを使用したふ化率は、ふ化盆を使用した場合より低いことから、マブシの素材がニシンの卵発生に及ぼす影響を調べた。銅線を芯材とした従来のマブシを用いる銅芯マブシ区、銅線の代わりに鉄線を芯材とした鉄芯マブシ区、マブシを入れない対照区のふ化率等を比較した結果、銅芯マブシ区におけるふ化率は0%であったのに対し、鉄芯マブシ区および対照区では14.0～49.5%であった。このことから、マブシの素材である銅芯がニシンの卵発生に甚大な影響を及ぼすことが明らかとなった。

水産技術, 2 (1), 45-48, 2009

海産魚介類における種苗生産期の疾病発生状況(2000～2006年度)

西岡豊弘・藤本 宏・岡 雅一・有元 操

全国の公的な種苗生産機関で、海産魚介類の種苗生産中に発生した疾病について、種苗期疾病情報に提供された2000年度～2006年度の情報を取りまとめた。合計444件の疾病発生があり、ウイルス病が98件(22%)、細菌病が159件(36%)、寄生虫病が56件(13%)、真菌病が40件(9%)、その他不明が91件(20%)であった。ウイルス病では、VNN, PAV, RSIVD, VEH, アワビ類の筋萎縮症、細菌病では、細菌性腸管白濁症、腹部膨満症、真菌病では、甲殻類の幼生において未同定の真菌症の発生が多かった。本取りまとめ期間に発生した主な疾病の種類は、1989年度～1999年と比較して大きな変化はなかったものの、ウイルス病、細菌病、寄生虫病において発生魚種が増加した。

水産技術, 2 (1), 57-65, 2009

ワムシ粗放連続培養の収穫槽と連結したクロソイの種苗生産初期飼育の有効性

野田勉・長倉義智・熊谷厚志

クロソイの種苗生産における効率化のため、ワムシの粗放連続培養の収穫槽で本種の仔魚を飼育する「ワムシ収穫槽利用飼育」を15日齢まで行い、作業時間、生残率、成長について従来の飼育方法と比較した。その結果、職員の作業時間は大幅に短縮できた。また、生残率は90%以上で、対照区で確認された生残率の大幅な低下は起こらなかった。さらに、対照区と同様のサイズまで成長したことに加え、成長差が少なく、クロソイの種苗生産後期で起こる共食いの防止に効果的と考えられた。

水産技術, 2 (1), 49-55, 2009

栽培漁業瀬戸内海ブロック会議 キジハタ分科会

キジハタは、青森県以南の日本沿岸、朝鮮半島南部、台湾及び中国の岩礁地帯に生息し、最大で 50cm 前後までしか成長しない小～中型のハタ科魚類です。瀬戸内海沿岸では「アコウ」と呼ばれ、美味なことから、高級食材として珍重されています。しかし、キジハタは幻の魚といわれるほど漁獲量が少なく、近年、さらに漁獲量が減少しているため、瀬戸内海沿岸の漁業者からは栽培漁業の推進による、キジハタ資源の回復が強く要望されています。国内におけるキジハタの種苗生産技術開発は、昭和 42 年に瀬戸内海栽培漁業協会伯方島事業場で開始され、現在では、西日本を中心とした県の水産研究機関、栽培漁業センター等が種苗生産技術の開発に取り組んでいます。平成元年に社団法人日本栽培漁業協会玉野事業場（現独立行政法人水産総合研究センター玉野栽培漁業センター）が約 40 万尾の稚魚の量産に成功しました。しかしながら、どの機関も毎年安定した種苗生産が行えていません。

昭和 63 年度に地域特産種増殖技術開発事業魚類・甲殻類グループの中でキジハタ増殖技術開発のための検討会を水産庁が主催したことが本分科会のはじまりです。以来この検討会を通じて、キジハタ増殖技術開発を行っている試験研究機関が情報交換を行ってきました。平成 19 年度からは栽培漁業瀬戸内海ブロック会議の傘下の「キジハタ分科会」として種苗生産と放流の技術開発に関する情報交換を行っています。

平成 20 年度のキジハタ分科会は、平成 21 年 2 月に鳥取県で開催し、県の水産研究機関、栽培漁業センター等 7 機関が平成 20 年度に実施したキジハタの種苗生産結果の報告や中間育成、放流技術に関する情報交換等を行いました。

この分科会では、キジハタの種苗生産と放流技術の問題点の抽出や、先進技術に関する情報提供を行い、種苗生産、放流技術を向上させて行きたいと考えています。興味のある機関は、是非参加をお願いします。

（水研セ玉野裁セ 津崎龍雄）

独立行政法人水産総合研究センター
玉野栽培漁業センター
〒 706-0002 岡山県玉野市築港 5-21-1
TEL:0863-32-3935 FAX:0863-32-1301
http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_07tamano.html

栽培漁業瀬戸内海ブロック会議 オニオコゼ研究会

オニオコゼは、市場での人気が高く、高値で取引される高級魚です。本種の種苗放流に対する漁業者の要望は強く、現在、西日本を中心に 12 機関が種苗生産に取り組んでいます。放流を目的に生産される種苗は平成 18 年度で 194 万尾に達し、今後、資源回復が期待される栽培漁業対象種のひとつとなっています。

本種では、安定した親魚養成と採卵技術、種苗生産の浮遊期における大量死亡の発生防除が課題となっており、そのための情報交換を行う目的で、岡山県をはじめ、各種苗生産機関が協力して平成 13 年度に「オニオコゼ研究会」を立ち上げました。当該研究会は、その後も「研究会」の名称を残しながら、平成 19 年度から栽培漁業瀬戸内海ブロック会議の分科会として引き継がれています。

研究会の立ち上げ当初は、その大半を各機関の問題点の抽出と整理に費やすことになりましたが、その後、親魚養成では養成環境や餌料面の改善が有効なこと、及び産卵時期及び卵形径が初期生残の良否に関係していることが明らかになりつつあります。また、種苗生産では飼育環境や餌料系列などから、浮遊期の大量死亡防除技術の開発が行われています。近年では、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センターで希釈海水を利用した飼育技術が、長崎県総合水産試験場では抗酸化剤を利用した飼育技術がそれぞれ開発されています。これらの技術は他魚種でもその有効性が確認されるなど、めざましい成果が得られており、本種においても生残率の一層の向上が期待されています。

近年は、各機関において 10 万尾単位での種苗生産が可能となり、全長 30～50mm の放流用種苗が安定して確保できるようになってきました。これに伴い、瀬戸内海や九州を中心とする各海域では、本種の移動分散や放流効果に関する調査も開始されています。オニオコゼ研究会では、今後は放流技術に関する課題の検討も視野に入れながら、本種の資源回復に貢献できるように努めたいと考えています。

（水研セ瀬水研 太田健吾）

独立行政法人水産総合研究センター
瀬戸内海区水産研究所 伯方島栽培技術開発センター
〒 794-2305 愛媛県今治市伯方町木浦甲 2780
TEL.0897-72-0204 FAX.0897-72-2544
<http://feis.fra.affrc.go.jp/cgi-bin/htmlgen/htmllab.cgi?gijutu>

栽培漁業瀬戸内海ブロック会議 暖水性メバル・カサゴ分科会

メバルやカサゴは美味なことから市場でも人気が高く、全国で放流を目的として生産される種苗は、平成18年度でメバルが57.2万尾、カサゴが340万尾であり、いずれも重要な栽培漁業対象種となっています。西日本を中心にメバル、タケノコメバル、カサゴの種苗生産を行っている9県11機関と水産総合研究センターは、これらの栽培漁業技術開発に関する情報交換を行うため、平成19年度に栽培漁業瀬戸内海ブロック会議の分科会として「暖水性メバル・カサゴ分科会」を立ち上げました。

当分科会では、親魚養成、種苗生産、放流効果調査における各機関が抱えている問題点の抽出と整理及び課題の絞り込みを行っています。当面の課題として、親魚養成と健全な産仔魚の確保、初期生残率の向上とクリプトビア症等の寄生虫性疾患の発生防除、放流種苗の回収率の向上や効率的な標識技術の開発などに取り組んでいます。また、同じカサゴ目のクロソイやキツネメバルを対象としている太平洋北ブロック会議の「冷水性ソイ・メバル分科会」とも連携をとり、先進事例、好事例などの紹介や情報交換に努めています。

最近のトピックスとしては、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センターがメバルの成長促進を図る技術として本種のエネルギー要求量からアルテミアの摂餌数、摂餌速度、消化速度を求め、配合飼料への適正な移行時期及び配合飼料の適正な給餌方法を開発したことが挙げられ、画期的な技術として今後の展開が注目されています。

今後、当分科会では事務局が窓口となって各機関の産仔情報及び種苗生産情報の取り纏めと、定期的な情報の配信を行うことを予定しているほか、問題解決の糸口を掴むために複数の機関で共通するデータの収集や様々な基礎試験を行うことも検討しており、メバルやカサゴの資源回復に積極的に貢献したいと考えています。

(水研七瀬水研 太田健吾)

栽培漁業関係研究開発推進特別部会 トラフグ分科会

トラフグは高級魚であり水産業上重要な栽培漁業対象種です。我が国での本種の資源は日本海・東シナ海・瀬戸内海系群と伊勢・三河湾系群等に区別され、資源量が低位で推移していることから資源回復計画の対象種とされています。本分科会は、トラフグを栽培漁業対象としている全国規模の会議で、屋島栽培漁業センターが事務局を運営しています。

会議では、各機関から種苗生産、中間育成、放流等の様々な技術開発の事例について意見交換が行われています。最近のトピックスとしては、伊勢・三河湾系群で、東海3県が積極的な種苗放流を行い、回収率の向上により、伊勢湾が放流適地であることがわかった事例をはじめ、その他の海域でもトラフグの栽培漁業の放流効果が徐々に明らかとなりつつあります。長崎県では「最適放流手法を用いた東シナ海トラフグ資源への添加技術の高度化」について事例紹介があり、有明海をナーサリーとした放流の有効性について詳細な情報が蓄積されてきていることが報告されました。瀬戸内海区水産研究所からは「トラフグの系群統合と放流効果」について日本海・東シナ海と瀬戸内海系群を統合することで資源評価の精度が向上すること、放流により資源の底上げ効果と漁獲規制と放流を組み合わせた資源管理型漁業の有効性が示されました。今後は、遺伝解析による放流魚の再生産効果が明らかにされることが期待されます。

また、トラフグは大規模な回遊をすることが放流効果調査で判明していることから、各海域での放流試験が円滑に進行するように、各放流群の標識方法の調整を本分科会で行っています。

この様にトラフグの栽培漁業は海域毎に取り組まれています。本分科会はその情報を共有し、有意義な議論を踏まえトラフグ栽培漁業の発展につなげる活動を行っています。

(水研七屋島裁七 山本義久)

独立行政法人水産総合研究センター
瀬戸内海区水産研究所 伯方島栽培技術開発センター
〒794-2305 愛媛県今治市伯方町木浦甲2780
TEL.0897-72-0204 FAX.0897-72-2544
<http://feis.fra.affrc.go.jp/cgi-bin/htmlgen/htmlab.cgi?gijutu>

独立行政法人水産総合研究センター
屋島栽培漁業センター
〒761-0111 香川県高松市屋島東町234
TEL: 087-841-9241 FAX: 087-841-9242
http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_08yashima.html

全国魚種別検討会 ガザミ分科会

ガザミは北海道から九州に広く分布し、主に小型底曳網、刺網で漁獲されている重要なカニです。ガザミの種苗生産研究が開始されてから半世紀以上が経ち、現在、種苗生産は全国規模で実施され、その生産数は昭和53年度に1,000万尾を超え、昭和61年度以降は5,000万尾前後で推移しています。

昭和45年度より種苗生産技術の平準化を目的に全国のガザミ種苗生産機関による「カザミ種苗生産研究会」が発足し、技術の進展に大きく寄与してきました。平成9年度には本研究会が編著した、栽培漁業シリーズ3「ガザミ種苗生産技術の理論と実践」が刊行されました。

しかし、ガザミの種苗生産では依然として、疾病やメガロバ変態時の大量死が発生し、安定生産には至っていない現状があります。一方、ガザミの放流効果調査に関して、水産庁主催で検討会が開催されていましたが、平成18年度よりこの研究会の中で検討して欲しいとの要望が出され、平成19年度より「ガザミ分科会」として種苗生産技術と放流技術を併せて情報交換を行う会となりました。

平成20年度の本分科会は広島市で開催しました。幹事県より関係機関に実施した、アンケート調査結果のとりまとめ報告が行われました。関係機関からは、種苗生産結果の概要が報告され、それに対する質疑・応答が活発に交わされました。種苗生産技術では、独立行政法人水産総合研究センター（以下水研センター）より「ワムシの栄養強化と過剰発育について」、「カザミのメガロバ変態時の脱皮異常に関する実験の結果」、「イセエビフィロソーマにおける抗生物質を使用しない飼育方法と応用事例」の3課題、中間育成、放流技術では、香川県より「築堤式大型池を用いたガザミ中間育成について」、水研センターより「遺伝的標識を用いたガザミ類の放流効果の推定」の2課題が話題提供され、活発な論議が行われました。

全国のガザミ類研究者・技術者が本分科会を通して論議を深めてもらうことで、技術力を向上させ、諸問題を解決し、ガザミ栽培漁業が進展することを期待しています。

（水研七玉野裁七 津崎龍雄）

独立行政法人水産総合研究センター

玉野栽培漁業センター

〒706-0002 岡山県玉野市築港 5-21-1

TEL:0863-32-3935 FAX:0863-32-1301

http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_07tamano.html

波 紋（編集連絡）

- 水産技術は、毎号多くの人の手を経て1冊の論文誌となります。また、論文によっては、編集事務局へ送られる前に、多くの人の手を経てひとつの論文が作成されていると思います。
- 本誌編集委員会においては、投稿原稿を査読し、よりよい論文へ仕上げるため、編集担当委員と査読委員を配置しています。
- 技術開発は事実の積み上げが基本であるため、科学的な裏付けがとれた事実であれば論文として取り上げます。そのために、様々な検証と議論が編集担当委員によって印刷所へ原稿が入る直前まで行われます。
- 著者が努力されて集めたデータが、文字となり、人々へ伝えられ、さらに新たな技術が創られてゆく・・・本誌で作られた波紋がどんどん広がってゆきますように。
- 今後もよりよい論文誌へと発展するように、情報収集、論文収集に努力いたしますので、ご愛読、また、ご投稿よろしくお願いたします。

（編集事務局）

水産技術（第2巻第1号）

編集協力者

岡内正典（水産総合研究センター養殖研究所）
桑田 博（水産総合研究センター日本海区水産研究所）
佐藤 純（水産総合研究センター養殖研究所）
田子泰彦（富山県農林水産総合技術センター水産研究所）
永田光博（北海道立水産孵化場）
藤田 薫（水産総合研究センター水産工学研究所）

桐原慎二（地方独立行政法人青森県産業技術センター）
齊藤節雄（北海道立栽培水産試験場）
菅谷琢磨（水産総合研究センター中央水産研究所）
中島博司（財団法人 三重県水産振興事業団）
福田 穰（大分県農林水産研究センター水産試験場）
與世田兼三（水産総合研究センター西海区水産研究所）

（敬称略）

水産技術 第2巻第1号

平成21年9月25日印刷

平成21年9月30日発行

監修者 社団法人日本水産学会

編集者 和田 時夫

発行者 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 15階
電話 045(227)2600（代）

印刷者 日昇印刷株式会社

〒104-0043 東京都中央区湊 1-14-14
電話 03(3553)3161（代）

「水産技術」創刊の趣旨と内容 ～技術の伝承・継続～

水産技術 企画・編集委員会

水産技術は、水産業に役立つ技術開発成果をいち早く伝え、最新技術の活用促進を目的とした技術論文誌です。水産業にはいろいろな技術が係わっているため、本誌は、資源、海洋、増養殖、水産工学、流通加工等、幅広い分野を対象としています。本誌が、水産業に関わる研究者、技術者や実務に携わる専門家等に広く愛読されることにより、最新の技術開発成果が現場にすぐに活用され、新たな技術が生まれ、さらに後世に伝承されることが期待されます。

学術論文は、仮説を検証し、再現できたものが報告されます。水産分野の技術開発は、自然を相手としているため、再現実験に時間を要し、論文を書くタイミングを逸してしまうこともありがちです。その結果として、貴重な科学的知見が埋もれてしまうこととなります。技術開発は事実の積み上げが基本であるため、本誌は、科学的な裏付けがとれた事実であれば論文として取り上げます。調査航海や実験研究で得た事実の記述も重要な知見と考えています。

本誌では、投稿された論文のひとつひとつを大切に精査し、読者の観点から、より理解しやすい論文へブラッシュアップしたいと考えています。このことにより、よりたくさんの技術者の足跡が本誌の上に残され、さらに次の世代の水産における技術者を育成することができると考えています。このことは、本誌の特徴であり、重要な使命であると考えています。

本誌は、これらの活動を通して水産業発展の一翼を担うことを目指しています。

水産技術（第2巻第1号）

企画・編集委員長

和田 時夫（水産総合研究センター研究推進部）

企画・編集委員

日野 明德（財団法人海洋生物環境研究所）

伴 真俊（水産総合研究センターさけますセンター）

小坂 善信（地方独立行政法人青森県産業技術センター
水産総合研究所）

東海 正（東京海洋大学）

上田 幸男（徳島県立農林水産総合技術支援センター）

鈴木 康仁（福井県水産試験場）

木村 郁夫（鹿児島大学）

廣瀬 慶二（元日本栽培漁業協会）

渡邊 研一（水産総合研究センター養殖研究所）

武内 智行（水産総合研究センター水産工学研究所）

中田 薫（水産総合研究センター中央水産研究所）

廣川 純夫（水産総合研究センター開発調査センター）

檜山 義明（水産総合研究センター研究推進部）

編集幹事

川崎 清（水産総合研究センター研究推進部）

鴨志田 正晃（水産総合研究センター研究推進部）

編集事務局

水産総合研究センター研究推進部研究支援課

e-mail: fish_tech@ml.affrc.go.jp

http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/fish_tech/index.html

水産技術投稿要領

第1条 水産技術への投稿は、本要領に定めるところによる。

第2条 論文等は原著で、未発表かつ他に発表を予定していないものに限る。

第3条 論文等は原著論文、総説、技術小史・技術論、短報および資料とする。

第4条 投稿者は、別記の水産技術投稿原稿の書き方および投稿の方法に従う。2 投稿者は、別紙の水産技術投稿用紙1部（用紙に出力したもの）、投稿原稿2部（同）、水産技術投稿用紙および投稿原稿それぞれを記録した電子記録媒体（CD-R ディスク等）1枚を水産技術企画・編集委員会事務局（以下「事務局」という。）あてに郵送する。

第5条 写真および図は、原則としてモノクロームとする。投稿者の希望により、水産技術企画・編集委員長が認めた場合には、カラー印刷も可能とする。

第6条 投稿者が、別刷を希望する場合は、投稿者の実費負担にて印刷する。

第7条 本誌掲載文の著作権は、独立行政法人水産総合研究センターに帰属する。

水産技術投稿原稿の書き方および投稿の方法

1. 原稿

用紙は、A4判白紙とし、縦長に置き、上下左右に各2 cm以上の十分な余白を設け、35字×25行の十分に行間を取った横書き形式で、文字の大きさは11あるいは12ポイント、字体は特に指定する以外は明朝体（MS明朝、平成明朝等）で作成する。本文、和文・英文要旨、文献には行番号を付し、全てのページにページ番号を付すこと。

2. 論文等の種別

掲載する論文等は、原著論文、総説、技術小史・技術論、短報および資料とする。

原著論文とは、オリジナルな技術開発についての論文とする。

総説とは、特定の研究領域に関する主要な文献内容の総覧とし、その記述は、単なる羅列でなく、特定の視点に基づく体系的なまとまりを持つものとする。

技術小史・技術論とは、これまでの技術開発の歴史を基に、技術開発の経緯および技術開発内容について取りまとめたもの、あるいは、ある分野における技術についての考え方等を取りまとめたものとする。

短報とは、実験結果や手法などに技術的な新規性もしくは価値が認められ、いち早く報告する必要があるものとする。

資料とは、限られた部分に関する実験結果や新しい手法等の技術開発情報として価値があるものとする。

3. 原稿の枚数および構成

原稿の長さは、概ね刷り上がり10頁を限度とする。ただし、水産技術企画・編集委員会が認めした場合および水産技術企画・編集委員会が特に依頼した総説等の原稿はその限りではない。

投稿原稿は、表題、著者名、所属、所在地、英文表題、英文著者名、英文要旨、本文、文献、表、図・写真、和文要旨の順に綴る。

4. 表題

表題は、論文内容を適切に表現する簡潔な文とし、英文表題を添える。和文表題での生物名は原則として標準和名のみとし、学名は併記しない。英文表題での生物名は、英名に続けて学名を記入し、イタリックで記載する。

5. 著者名

英文著者名はローマ字で記載し、名（first name）、姓（family name）の順とする。姓の最初の文字はキャピタル、2番目以降の文字はスモールキャピタルで記載する。

連名の場合、和文著者名では中点「・」で、英文著者名では、「,」と「and」で連ねる。

(例)

ヒラメの成熟に及ぼす水温の影響について

鈴木一郎^{*1}・山田二郎^{*1}・田中三郎^{*2}

Effect of Water Temperature on the Maturation of the Flounder *Paralichthys olivaceus*

Ichiro SUZUKI, Ziro YAMADA, and Saburo TANAKA

6. 所属および所在地

和文著者名の右肩にアスタリスク「*」（ただし、共著者のある場合には* 1, * 2, …）を付けて記載し、本文第1頁の下段に脚注として記載する。第一著者は所属する機関名とその所在地を和文と英文で記載し、電子メールアドレスを付す。第二著者以下については、所属機関名を和文で記載する。また、国家資格等の表記を希望する著者は、投稿用紙へ明記する。

(例)

*¹ 独立行政法人水産総合研究センター 玉野栽培漁業センター

〒706-0002 岡山県玉野市築港 5-21-1 (Tamano Station, National Center for Stock

Enhancement, FRA 5-21-1 Chikko, Tamano, Okayama, 706-0002 Japan). taro3@affrc.go.jp.

*² 独立行政法人水産総合研究センター 屋島栽培漁業センター

7. 要旨

要旨は和文と英文を併載する。

和文要旨はA4判用紙に横書きで作成し、表題、著者名を含めて300字以内とする。

英文要旨はA4判用紙に横書きで作成し、表題、著者名を除いて200語以内とする。ただし、著者が英訳を編集事務局に依頼する場合は、事務局が要旨の英訳を行う。

8. 本文の構成

原著論文の場合、本文の記載は、原則として、まえがき、方法（分野によっては材料と方法等）、結果、考察、謝辞、要約（必要な場合）、文献の順序に従う。

原著論文以外の論文等は、方法、結果、考察など項目に細分しなくてもよい。見出しは左寄せで記載しゴシックで記載する。ただし、まえがきの見出しはつけない。方法や結果の項等の小見出しはゴシック指定を行い、番号は付けず、本文は追い込みとする。さらに細分化した見出しが必要な場合には、番号を、1., 2., …, (1), (2), …, 1, 2), … の順に使用して区分する。A, B, は用いない。番号および小見出しは並字で記載する。この場合もゴシック指定を行い、本文は追い込みとする。

(例)

材料と方法

親魚の飼育 採卵に用いた親魚は、20〇〇年〇月〇日に…

1. 餌料 親魚用の餌料としてイカナゴ、イワシ、などの鮮魚と配合飼料を…

1) 配合飼料 市販の配合飼料を…

9. 文 献

- 1) 引用した文献は、引用順に連番号を付ける。本文中では以下の例のように肩付き番号（上付き文字で記載する）で示し、「田中（1993）は…」のような引用は行わない。著者が複数の場合、2名までは姓を連記し、3名以上の場合には筆頭著者の姓に「ら」または「*et al.*」を付けて示す。
- 2) 外国語の文献を引用する場合は、著者名はキャピタル・スモールキャピタルで記載する。
- 3) 句読点の箇所に引用番号を付ける場合には、句読点の前に付ける。

(例)

田中^{1,2)}は…, …が知られている³⁻⁶⁾。

鈴木ら⁷⁾は…

SUZUKI *et al.*⁸⁾は…

- 4) 文献のリストは、本文の末尾にまとめて引用番号順に記載する。
- 5) 雑誌に掲載された論文を引用する場合は、以下の例に示すように、引用番号、著者名、年、表題、雑誌名、巻、ページの順に記載する。雑誌名は、慣用法に従って略記する。巻数はゴシックで記載する。欧文雑誌から引用する場合、雑誌名はイタリックで記載する。
- 6) 単行本から引用する場合は、引用番号、著者名、年、書名、出版社、出版地、ページの順に記載する。
- 7) 文献リストでは、著者が3名以上の場合でも著者名は全て記載する。また、同一著者や同一題名が続く場合にも「-」のように省略しない。
- 8) 事業報告書等で、著者名が明示されていない文献から引用する場合には、引用番号、報告県名（機関名）、年、報告書、ページの順に記載する。

(例)

• 雑誌の場合

吉村研治・宮本義次・中村俊政（1992）濃縮淡水クロレラ給餌によるワムシの高密度大量培養. 栽培技研, **21**, 1-6.

NOGAMI, K., and M. MAEDA (1992) Bacteria as biocontrol agents for rearing larvae of the crab *Portunus trituberculatus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **49**, 2373-2376.

• 単行本（引用箇所が1箇所の場合）

田中昌一（1985）水産資源学総論. 恒星社厚生閣, 東京, pp.181-183.

GULLAND, J. A. (1983) Fish stock assessment. Wiley, New York, 83-96pp.

• 単行本（同一の本から複数箇所を引用している場合）

田中義麿・田中 潔（1980）科学論文の書き方. 裳華房, 東京, 365p.

COCHRAN, W. G. (1977) Sampling techniques. Wiley, New York, 428 pp.

• 単行本（複数の論文を集めた本の中の1編を引用する場合）

廣瀬慶二（1992）最近の成熟・産卵制御法. 「海産魚の産卵・成熟リズム」（廣瀬慶二編）, 恒星社厚生閣, 東京, 125-137pp.

ALLEN DORF, F. W., and N. RITMAN (1987) Genetic management of hatchery stocks. in "Population

genetics & fishery management” (ed. by N. RYMAN, and F. UTTER), Univ. of Washington Press, Seattle, 141-160pp.

- 事業報告書（著者名が明示されていないもの）

茨城県（1992）平成2年度放流技術開発報告書，太平洋ヒラメ班．茨 21- 茨 63.

海洋水産資源開発センター（1992）平成2年度沖合漁場総合整備開発基礎調査，日本海大和堆海域（本文編）．216 p.

- 私信，未発表（投稿中を含む）や学会講演，シンポジウム要旨，修士論文などは文献の項には記載しない。必要なら引用箇所を上付き指定でアスタリスク（ $\setminus*$ ， $\setminus*1$ ， $\setminus*2,3\dots$ ）を付け，脚注とする。

10. 図・写真・表

- 1) 図，写真，表の原稿は，本文とは別葉とし，挿入箇所を本文原稿中の右の欄に赤字で記載する。
- 2) 図，写真，表の原稿の大きさは，A4判を超えないことを原則とする。刷り上がりの時の大きさは，横幅が16 cm または8 cm となるので，縮小率または刷り上がり時の大きさ，カラー指定の有無を必ず明記する。
- 3) 図，写真，表には番号と和文の説明文をつける。
- 4) 図，写真の番号および説明文は，「図 1.…」，「写真 1.…」として原図の下部に直接記入する。表の番号および説明文は，「表 1.…」として表の原稿の上部に直接記入する。

11. 脚注

脚注は，1箇所なら「 $\setminus*$ 」，複数箇所の場合は連番号を使用し，「 $\setminus*1$ 」，「 $\setminus*2$ 」のように上付きで指定して，関連頁の下段に入れる。

12. 文字

- 1) 下記のとおり赤字で字体の指定を行う。

イタリック：abcd，abcd → *abcd*

ゴシック：abcd，abcd → **abcd**

スモールキャピタル：ABCD → ABCD

キャピタル：abcd，ABCD → ABCD

キャピタル・スモールキャピタル：abcd，ABCD → ABCD

上付き： $m\setminus\sqrt{\quad}$ ， $m^2\setminus\sqrt{\quad}$ → m^2 ：山田 $\setminus\sqrt{\quad}$ ，山田 $\sqrt{\quad}$ → 山田¹⁾

下付き： $O\setminus\Delta$ ， $O_2\setminus\Delta$ → O_2

- 2) 数式の上付き，下付きの記号，およびギリシャ文字は明瞭に指定する。

13. 用語等

- 1) 生物名は，標準和名をカタカナで書く。学名を入れる場合には本文中の初出の箇所に記載し，

イタリックで記載する。原則として命名者名を省略する。

- 2) 化学名は慣例に従って漢字もしくはカタカナで記載し、原語を用いる必要がある時は小文字で書く。
- 3) 遺伝子座の命名は、Gene Nomenclature for Protein-coding Loci (JB Dhaklee *et al.* *Trans. Am. Fish. Soc.* 1990; 119: 2-5) に準拠すること。
- 4) 酵素名は、本文中の必要な箇所に酵素番号および系統名あるいは常用名を記述する。酵素番号および系統名は、国際生化学連合 (International Union of Biochemistry and Molecular Biology, IUBMB) の酵素委員会 (Enzyme Commission) によって分類された “Enzyme nomenclature 1992” (Academic Press) に準拠する。ATPase のように基質が省略されている場合を除いて酵素の名前を省略しない。
- 5) 新規の核酸塩基配列およびアミノ酸配列データは、GenBank, EMBL あるいは DDBJ のいずれかのデータバンクに登録すること。本文中に accession number を表記する際には、報文の場合は試料および方法の最後に、短報の場合は本文の最後に表記すること。論文審査時に accession number が得られない場合は、その配列データファイルを CD-R ディスク等に収めて提出することを要求する場合がある。また、既に公表されている accession number を記載する場合には、適当な文献を引用すること。投稿直前と受理時に配列データの検索や比較結果を、最新のデータベースで再確認することが望まれる。
- 6) 物理量の名称や量記号等は、できるだけ国際純正・応用化学連合 (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC) の勧告に従う。物理量の記号はイタリックで記載する。添字はそれ自身が物理量を表すときはイタリックとし、そうでない場合にはローマン体 (立体) で記載する。
- 7) 単位の記載においては、国際単位系 (SI) を尊重する日本水産学会誌に準じる。略記するものについては複数でも s を付けない。
- 8) x, y, n (個体数など) などの変数, a, β などのパラメータ, $p, r, U\text{-test}, t\text{-test}$ などの統計量はイタリック指定とする。

化学関係の記号は次のように字体を区別する。

イタリックとするもの: $o\text{-}, m\text{-}, p\text{-}, N\text{-}, O\text{-}, S\text{-}, n\text{-}, d\text{-}, l\text{-}, prim\text{-}, sec\text{-}, tert\text{-}, cis\text{-}, trans\text{-}$

ローマンとするもの: pH, Rf, Cl⁻, bis⁻, iso⁻, homo⁻

- 9) 図、表など引用に伴う著作権に関係した紛争は、全て著者 (引用者) の責任となるので、他から図や表を引用する際には原著者および著作権所有者の了解を得ておくこと。

14. 原稿の提出方法

- 1) 提出する原稿は、字体指定等を行った原稿 (正原稿) と写し (コピー) および電子ファイルに保存した原稿 (電子ファイル原稿) とする。
- 2) 電子ファイル原稿は、Windows あるいは Macintosh の MS Office や一太郎で提出することが望ましい (その他対応ソフトウェアは表 1 を参照のこと)。どうしても表 1 に掲載したソフトウェアのファイルで投稿できない場合は、テキストファイルのみを提出すること。

- 3) 写真などの画像を電子ファイルで提出する際には、必ず別ファイルとすること。また、300dpi以上のTIFFかEPSファイルとすること。JPEGも可能であるが、破壊的圧縮方法であることに留意すること。また、色再現性を高めるために、オリジナル写真、版下あるいはプリントアウトしたものを必ず添付すること。
- 4) 日本語は、全角を使用し、英数字、小数点および斜線は、半角を使用する。英文要旨および図表に全角特殊記号（÷, 凸, ∴, ♀, ℃, ¥, ☆, ◎, △, →, ※, ℓなど）を使用しない。
- 5) 改行マークは、文章の段落の区切りのみに使用する。
- 6) スペースキーは、英単語などの区切りにだけ使用し、文献などの字下げには使用しない。
- 7) 電子ファイル原稿を電子メールに添付し送付することもできる。各添付ファイルにはファイル名として、著者名と原稿、図表、写真を明記すること。
例：清水智仁（原稿）.doc, 清水智仁（図表）.xls, 清水智仁（写真）.tif
- 8) 郵送で提出する電子記録媒体は、CD-Rディスク等とする。
- 9) CD-Rディスクは、ISO9660フォーマットとする。
- 10) 電子記録媒体を郵送する際には、ラベルに整理番号、連絡者氏名、原稿の表題、ファイル名および原稿作成に使用したソフトウェアを明記する。ラベルが使用できない場合は別紙に明記し、電子記録媒体に同封して郵送すること。
- 11) 電子記録媒体の郵送に際しては、物理的な破損を防ぐために丈夫なケースで保護すること。提出する電子ファイルはバックアップコピーを行い、印刷終了時まで著者の手元に保管する。

(表1) 電子ファイル投稿時の推奨ソフトウェア

プラットフォーム	ソフトウェア
Windows	MS Office, 一太郎, Illustrator, 花子, Corel Draw
Macintosh	MS Office

15. その他

- 1) その他の記載様式は、水産技術の最新号に記載された論文を参照する。
- 2) 事務局より原稿受理の連絡があり次第、著者は印刷用の最終原稿を提出する。