

栽培漁業技術開発研究

第 35 卷 第 1 号

2007 年 10 月

目 次

| | | |
|---|------------------------|----|
| 漂着海藻を利用した輸送時におけるガザミ稚ガニ脚の脱落防止効果 | 甲本亮太 | 1 |
| 北海道噴火湾に放流されたマツカワ 0 歳魚の分布と食性 | 吉田秀嗣・高谷善幸・松田泰平 | 5 |
| 選別した小型 S 型ワムシを用いたアカハタの種苗生産 | 川辺勝俊・木村ジョンソン | 11 |
| アカアマダイ人工種苗の巣穴形成に及ぼす標識の影響 | 町田雅春・竹内宏行・中川亨・渡辺税・升間主計 | 23 |
| 南伊豆海域におけるイセエビ標識放流再捕結果の検討 - I 標識の有効性の検討 | 成生正彦・長谷川雅俊・山田博一 | 29 |
| 南伊豆海域のイセエビプエルルス幼生の来遊量と黒潮および台風による時化との関係 | 山田博一・長谷川雅俊・成生正彦 | 43 |
| 炭酸ガスとエタノール製剤との併用によるクロアワビ稚貝の剥離処理 | 中牟田弘典 | 51 |
| PCR 法による種苗生産用親ヨシエビからのクルマエビ急性ウイルス血症ウイルス検出法の検討 | 山根史裕・西岡豊弘・瀬古慶子・徳澤秀渡 | 55 |
| 北海道日本海南西部泊村沿岸におけるクロソイ稚魚の生息場所と行動 (短報) | 川井唯史・秋野秀樹・田中禎孝・武藤卓志 | 59 |
| ワムシ培養に関するアンケート調査結果 (2006 年度) (資料) | 小磯雅彦 | 63 |

SAIBAI GYOGYOU GIJUTSU KAIHATSU KENKYU

— Technical Reports of Japanese Sea Ranching Programs —

Vol. 35, No.1, 2007

CONTENTS

| | |
|---|--|
| Ryota KOMOTO | Transportation of juvenile swimming crab, <i>Portunus trituberculatus</i> , on drift seaweeds to prevent loss of pereopods |
| Hidetsugu YOSHIDA, Yoshiyuki TAKAYA, and Taihei MATSUDA | Distribution and feeding habits of age-0 barfin flounder, <i>Verasper moseri</i> , released in Funka Bay, southwestern Hokkaido |
| Katsutoshi KAWABE and Johnson KIMURA | Larval Production of Blacktip Grouper, <i>Epinephelus fasciatus</i> , Initially Fed with Smaller Rotifers Filtered through a Fine Mesh Net |
| Masaharu MACHIDA, Hiroyuki TAKEUCHI, Toru NAKAGAWA, Mitsugi WATANABE, and Shukei MASUMA | Effects of tagging on burrowing of marked and unmarked hatchery-reared red tilefish, <i>Branchiostegus japonicus</i> |
| Masahiko NARIU, Masatoshi HASEGAWA, and Hirokazu YAMADA | Mark-recapture experiment using Japanese Spiny Lobster, <i>Panulirus japonicus</i> , in the Minami Izu Coastal area- I Examination of the validity of the tagging |
| Hirokazu YAMADA, Masatoshi HASEGAWA, and Masahiko NARIU | Relation between the abundance of pueruli of Japanese spiny lobster, <i>Panulirus japonicus</i> , the Kuroshio current, and typhoon in the southern Izu coastal area |
| Hironori NAKAMUTA | Exfoliation of juvenile abalones, <i>Haliotis discus</i> , with the combined use of carbon dioxide and ethanol additive |
| Fumihiro YAMANE, Toyohiro NISHIOKA, Keiko SEKO, and Hideto TOKUZAWA | Retention of penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV) in Broodstock of the Greasy Back Shrimp, <i>Metapenaeus ensis</i> |
| Tadashi KAWAI, Hideki AKINO, Yoshitaka TANAKA, and Takashi MUTO | Habitat and behavior of juvenile and young black rockfish, <i>Sebastes schlegeli</i> , in Tomari, in the Southwestern area of the Sea of Japan, Hokkaido, Japan |
| Masahiko KOISO | Results of a questionnaire on the recent status of mass culture of rotifers (2006) |

漂着海藻を利用した輸送時におけるガザミ稚ガニ脚の脱落防止効果

甲本 亮太

1～3 齢のガザミ稚ガニを輸送する際に、輸送容器にホンダワラ類を主体とする漂着海藻を付着基材として入れることで、輸送中の脚脱落を防止する技術を開発した。付着基材を入れずに輸送すると、齢期が進むほど脚脱落率が高まり、中でも歩脚と遊泳脚の脱落が顕著だった。一方、2、3 齢の稚ガニを海水 20 L に対しホンダワラ類を 500～1000 g 入れて輸送すると、入れない場合に比べ脚の脱落数が有意に減少した。漂着海藻は放流時に回収する必要がないことから、本方法の放流技術への応用も期待できる。

栽培技研, 35(1), 1-4, 2007

アカアマダイ人工種苗の巣穴形成に及ぼす標識の影響

町田雅春・竹内宏行・中川 亨・渡辺 税・升間主計

スパゲティ型タグと胸鰭・腹鰭切除標識を施したアカアマダイ人工種苗（全長 85～145 mm）を用い、底面に泥を敷いた水槽内での掘削行動と各標識による巣穴形成への影響について観察した。アカアマダイ種苗は標識の有無、種類とは無関係に口を用いて掘削する行動が観察された。巣穴形成は胸鰭切除区で 44 %（4 / 9 個体）、腹鰭切除区で 33 %（3 / 9 個体）、無標識区で 44 %（4 / 9 個体）であったが、スパゲティ型タグ区は 0 %（0 / 9 個体）であった。この結果から、スパゲティ型タグは巣穴形成を妨げることが示唆された。

栽培技研, 35(1), 23-27, 2007

北海道噴火湾に放流されたマツカワ 0 歳魚の分布と食性

吉田秀嗣・高谷義幸・松田泰平

マツカワ 0 歳魚の分布と食性を調べるため、北海道南西部の噴火湾で平均全長 73 mm の人工種苗を水深 6 m 地点に放流し、桁網による追跡調査を実施した。マツカワは放流 3 日後には水深 3～9 m の範囲では均等に分散していたが、放流 5～11 日後には分布の中心は水深 3 m に移行した。マツカワの胃内から出現した主要な餌生物は、水深により異なり、本種の食性は多様であることが示された。また、マツカワが多く出現する地点では、摂餌量も多い傾向が見られたことから、マツカワの分布が浅い方へ移行したのは、餌を求めて移動した結果と考えられた。

栽培技研, 35(1), 5-10, 2007

南伊豆海域におけるイセエビ標識放流再捕結果の検討—I 標識の有効性の検討

成生正彦・長谷川雅俊・山田博一

南伊豆海域で 1973 年から 2004 年まで行われてきたイセエビの標識放流再捕結果と水槽での標識飼育実験の結果を取り纏め、「伏見・松原法」の有効性を検討した。飼育実験では標識装着による生残への影響は無く、頭胸甲長 20 mm サイズから標識を装着できる事が確認できた。標識放流再捕結果での最高再捕率 41.2 %、最長再捕日数 3,260 日、最長移動距離 93 km は、過去の記録を更新していた。本法はイセエビの外部標識方法としては有効な手法である事を再確認した。

栽培技研, 35(1), 29-41, 2007

選別した小型 S 型ワムシを用いたアカハタの種苗生産

川辺勝俊・木村ジョンソン

小笠原諸島父島でアカハタの種苗生産を行い、稚魚の量産に成功した。餌料は S 型ワムシ、アルテミア幼生、配合飼料を成長にしたがって給餌した。なお、給餌開始から 5 日間は、選別した背甲長 150 μ m 以下の小型 S 型ワムシを給餌した。仔稚魚の摂餌はいずれの餌飼料に対しても良好であった。一方、水槽表面の油膜除去を頻繁に行ったために、浮上死亡による大きな減耗がみられた。取り上げ時の生残率は 0.7～2.0 % で、開鰓率は 38.1～82.6 % であった。水量 1 kl 当たりの生産尾数は 671～2,000 尾であった。

栽培技研, 35(1), 11-21, 2007

南伊豆海域のイセエビプエルルス幼生の来遊量と黒潮および台風による時化との関係

山田博一・長谷川雅俊・成生正彦

1989～2004 年に南伊豆海域に位置する白浜と石廊崎でイセエビプエルルス幼生をコレクターにより採集した。プエルルスの採集量は 1994, 1999, 2002, ならびに 2004 年に多かった。これらの年は黒潮が伊豆半島に接岸傾向であった。また、台風の通過により有義波高が高くなり、その時に採集量も増加した。プエルルスの採集量と黒潮離岸距離、プエルルスの採集量と有義波高との関係をみたところ、それぞれ相関は低かった。しかし、プエルルスの採集量と黒潮離岸距離および有義波高との関係でみると、黒潮が接岸し、有義波高が高くなった時にプエルルスの採集量が増加した。その関係は白浜では有意であり、石廊崎では有意ではなかったが、プエルルスの採集量には黒潮以外に時化の影響も大きいと考えられた。

栽培技研, 35(1), 43-50, 2007

炭酸ガスとエタノール製剤との併用によるクロアワビ稚貝の剥離処理について

中牟田弘典

アワビ稚貝の剥離工程で使用されている炭酸ガスでは、剥離溶液中で稚貝が付着器に固着するため、剥離率が低く、稚貝を完全に剥がすのに手間がかかる。そこで、炭酸ガスとエタノール製剤（エタノール濃度で0.25～3%）を併用した剥離溶液による剥離率、作業時間及び稚貝の生残、成長への影響について検討した。その結果、炭酸ガスとエタノール製剤の併用により、剥離率が向上し、エタノール濃度が高いほど剥離率は高く、作業時間も短縮できた。また、この処理が、稚貝の成長、生残に与える影響はほとんど認められず、炭酸ガスとエタノール製剤をエタノール濃度で0.5%併用することにより、剥離作業が実用レベルで効率的に実施できると考えられた。

栽培技研, 35(1), 51-54, 2007

北海道日本海南西部泊村沿岸におけるクロソイ稚魚の生息場所と行動（短報）

川井唯史・秋野秀樹・田中禎孝・武藤卓志

北海道日本海南西部の泊村においてクロソイ *Sebastes schlegeli* 稚魚の生息地と生息環境と行動は、2006年7～9月にかけて毎月1回潜水観察された。小型の稚魚（全長3～4cm）は水深2.0mで見られ、比較的大きな全長5～8cmの稚魚は水深1.5～5.0mで出現した。彼等の生息環境は岩礁域の浅所で、比較的浅所は海藻群落が形成され、深所は無節サンゴモが優占した。稚魚の行動は以下のように3区分された。Aは群泳、Bは基質上で静止、Cは転石や岩盤の隙間に隠れる。全長3～4cmの稚魚はAを示したが、5cm以上の稚魚はBとCを示した。行動Aが観察されたのは7～8月、Bは7～9月、Cは8～9月であった。

栽培技研, 35(1), 59-62, 2007

PCR法による種苗生産用親ヨシエビからのクルマエビ急性ウイルス血症ウイルス検出法の検討

山根史裕・西岡豊弘・瀬古慶子・徳澤秀渡

ヨシエビ種苗生産過程におけるPAV防除法を開発する目的で、親エビからPCR法によりPRDVを検出するために適した部位および採取時期を検討した。産卵前後の個体から7部位を採取して検出を試みたところ、産卵後の生殖器のみからPRDV遺伝子が検出された。このことから、クルマエビと同様にヨシエビにおいても、垂直感染により種苗生産現場でPAVが発生している可能性がある。産卵後の親エビの生殖器をPCR法により検査し、PRDV陰性個体由来の受精卵のみを用いて種苗生産を行ったところ、PAVの発生は認められず、本方法の有効性が実用規模で実証された。

栽培技研, 35(1), 55-58, 2007

ワムシ培養に関するアンケート調査結果（2006年度）（資料）

小磯雅彦

ワムシ類の大量培養方法の現状を把握する目的で、2006年7月に70の公的種苗生産機関を対象にアンケート調査を実施した。この結果、ワムシ培養の安定性や効率性の改善に有効である連続培養や希釈海水の利用及び連続給餌等の技術が多くの機関で採用されていた。また、培養用餌料は、従来用いられてきたナンノクロロプシスやパン酵母に代わって淡水クロレラが主餌料として利用されていた。近年のワムシの培養技術は急速に発展しており、従来法とは大きく変化していることがわかった。

栽培技研, 35(1), 63-71, 2007

漂着海藻を利用した輸送時における ガザミ稚ガニ脚の脱落防止効果

甲本亮太*¹

Transportation of juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus*, on drift seaweeds to prevent loss of pereiopods

Ryota KOMOTO

Transporting first to third instar swimming crabs, *Portunus trituberculatus*, on drift seaweeds was effective at preventing loss of pereiopods. When crabs were transported without drift seaweeds, pereiopods, walking legs, and swimming legs in particular decreased remarkably with instar development. Crabs transported on drift seaweeds (500 - 1000 g per 20 ℓ of seawater) retained significantly more pereiopods than controls. Since it is not necessary to collect drift seaweeds at the time of release, this method can also be applied to the release of swimming crabs.

2007年7月11日受理

ガザミ *Portunus trituberculatus* の種苗において脚の脱落は、放流後の摂餌行動や外敵からの逃避・潜砂行動に直接影響を及ぼすため、放流用種苗の健全性を示す指標の一つとして考えられている¹⁾。これまでに、種苗の脚の脱落は主に輸送時に生じることが指摘されており、1齢稚ガニでは輸送後に脱落率が上がり、その要因としては輸送時の収容密度と輸送時間が関係していると報告されている²⁾。また、脚の種類別では歩脚の脱落率が鋏脚や遊泳脚より高いことが指摘されている^{2, 3)}。

種苗（以下、稚ガニ）の輸送方法は、ビニール袋や水槽に海水と共に収容する方法や無水で輸送する方法など様々である。稚ガニを海水とともに収容する場合、附着基材を入れずに100～800尾/ℓの密度で1齢稚ガニを輸送した場合は、輸送中に稚ガニが挟み合い、脚を脱落することが報告されている²⁾。

一方、秋田県における稚ガニの輸送には、放流場所が砂浜であることなどから、軽量で取り扱いが容易なビニール袋に稚ガニを250～2500尾/ℓと比較的高密度で収容し、また、放流時に附着基材を回収する手間を省くため附着基材を入れずに行われるため、輸送中の脚の脱落を防ぐ簡便な技術の確立が強く求められていた。稚ガ

ニを輸送する際に脚の脱落を防止する目的で附着基材を使用している例は多いが、附着基材が脚の脱落に及ぼす影響を齢期ごとに調べた例はみられない。附着基材としては人工産卵床が広く用いられているが⁴⁾、輸送後に稚ガニを放流する際には回収しなければならない。一方、天然のガザミではホンダワラ類からなる流れ藻上に稚ガニが分布することが知られており⁵⁾、稚ガニを附着基材とともに放流することで放流後の稚ガニの生残を高めることが期待できる。そこで、放流後に回収する必要がないホンダワラ類を輸送時の附着基材として利用することにより、輸送時の脚の脱落を防止するとともに放流後の附着基材としても利用することを考えた。

本研究では、1齢～3齢の稚ガニについて、輸送時にホンダワラ類の藻体を附着基材として入れることで、脚の脱落を抑制できることを明らかにしたので報告する。

材料と方法

試験には、平成18年6～7月に種苗生産した1齢～3齢のガザミ稚ガニを用いた。種苗生産では、ガザミ抱卵雌1尾から得たふ化幼生全数を50トン角形水槽に収

*¹ 秋田県農林水産技術センター水産振興センター 〒010-0531 秋田県男鹿市船川港台島字鶴ノ崎 8-4
(Institute of Fisheries, Akita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center, 010-0531, Japan)

容し、第4齢ゾエア～メガロパまで60～70%海水で換水せずに飼育し、以後は海水でバッチ換水を行い徐々に比重を上げて取り上げまでに95%海水とした。餌料はL型ワムシ、アルテミアノープリウス幼生、配合飼料(協和発酵製N250, 400, C700)を成長に応じて与えた。L型ワムシは二次栄養強化せず、アルテミアノープリウスは栄養強化剤(クロレラ工業製スーパーカプセルA1)を与えて給餌した。また、ワムシ給餌期間中は飼育水に濃縮淡水クロレラ(クロレラ工業製生クロレラV12)を1日2回に分けて0.5～1ℓ添加した。

取り上げは、50kℓ角形水槽の底面から稚ガニを海水とともにモジ網(900×750×深さ550mm, 目合い360経)に受け、金ザル(直径280×深さ110mm)ですくい水を切って計量した後、輸送用の容器に移した。輸送用の容器はビニール袋(1300×545mm)を使用し、海水20ℓを入れて1齢は2.5～2.8万尾、2齢は2.0～2.1万尾、3齢は0.5～0.8万尾を収容した後、純酸素を充填して密封した。輸送時は車両の平荷台にビニール袋を倒して並べ、直射日光を遮るため荷台全体を厚手のキャンバスシートで覆った。輸送時間は2～3時間とした。輸送開始時の水温は23℃であった。

試験区は、従来法として漂着海藻を入れない区と、漂着海藻(ノコギリモク、フシスジモク、フシイトモク、ウミトラノオ、マメタワラ、ヨレモク、アカモクを主体とし、ツノマタ、ソゾ類および若干の種子植物も含む。以下、ホンダワラ類と記す)を入れる区を設けた。ホンダワラ類は海岸に漂着したものを採集し、ろ過海水に1昼夜浸して軽く洗浄後、水を切って計量し用いた。ホンダワラ類の量は、水量20ℓにおおよそ500g, 1000gの2区とし、試験はそれぞれ2回行った。

輸送前の脚の脱落測定には、種苗生産水槽内を遊泳する稚ガニを各区12～54個体、水ごとすくい上げて用いた。輸送後については、ホンダワラ類を入れない区は袋中の個体を62～91尾を、ホンダワラ類を入れた区では藻体に付着した個体を各区70～83尾を用いた。採集した個体は脚を脱落させないように直ちに冷却海水に入れ、その後70%エタノールで固定し保存した。脚の脱落については、実体顕微鏡で稚ガニの腹面を検鏡し、脚が切断あるいは節から欠落しているものを脱落とした。なお、計数の際は、取り上げ及び輸送中の脱落のみを評価するため、切断・欠落面に再生芽の隆起が認められる脚は計数しなかった。

また、ホンダワラ類を入れた場合と入れなかった場合について、輸送後の脚別の脱落数の統計的な差をMann-Whitney検定で確認した。

ホンダワラ類などの褐藻類はタンニンなど生理活性物質を溶出することが知られているため⁶⁾、それらが輸送後の稚ガニの生残に及ぼす影響を評価する目的で以下の試験も行った。すなわち、付着基材を入れない条件と、人工産卵床(川島商事株式会社製キンラン)1000gある

いはホンダワラ類1500gを入れた条件で輸送した直後の2齢稚ガニを約100尾ずつ取り上げ、それぞれを水槽(水量10ℓ, 人工産卵床450g入り)に収容して流水で配合飼料(協和発酵製C-1000)を給餌飼育し、3齢に至った個体数から生残率を求めた。また、3齢に至った段階で各区69～80尾採集して脚の脱落数を計数するとともに、各区の脱落数の統計的な差をSteel-Dwass検定によって確認した。

結果と考察

輸送当日は輸送前後の水温を測定しなかったが、いずれの日も曇天で収容時の水温からほとんど上昇しなかったと考えられた。

輸送前の稚ガニにおける脚脱落本数別の個体数を表1に示した。1齢では鋏脚と遊泳脚を脱落した個体はおらず、歩脚を1本脱落した個体が1尾であった。2齢では鋏脚あるいは遊泳脚を1本脱落した個体がそれぞれ1尾と4尾、歩脚を1～3本脱落した個体が9尾であった。3齢では鋏脚あるいは遊泳脚を1本脱落した個体がそれぞれ3尾と1尾、歩脚を1～2本脱落した個体が3尾であった。

表1. ガザミ稚ガニにおける輸送前の脚別の脱落本数別個体数

| 齢期 | 飼育密度 (万尾/kℓ) | 脚 | 脚脱落本数別の個体数 | | | | | | |
|----|-----------------|-----|------------|---|---|---|---|---|----|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6本 |
| 1齢 | 1.12 | 鋏脚 | 12 | 0 | 0 | — | — | — | — |
| | | 歩脚 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 遊泳脚 | 12 | 0 | 0 | — | — | — | — |
| 2齢 | 0.31 | 鋏脚 | 53 | 1 | 0 | — | — | — | — |
| | | 歩脚 | 45 | 6 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 遊泳脚 | 50 | 4 | 0 | — | — | — | — |
| 3齢 | 0.15 | 鋏脚 | 17 | 0 | 0 | — | — | — | — |
| | | 歩脚 | 14 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 遊泳脚 | 16 | 1 | 0 | — | — | — | — |
| 3齢 | 0.13 | 鋏脚 | 14 | 3 | 0 | — | — | — | — |
| | | 歩脚 | 14 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 遊泳脚 | 16 | 1 | 0 | — | — | — | — |

輸送後の脚脱落本数別の個体数を表2に示した。ホンダワラ類を入れなかった区では、1回目の1齢を除く区で歩脚を全て脱落した個体が認められるなど脚数が著しく減少し、また、脱落本数は齢期の進行に伴い増加する傾向を示した。

一方、ホンダワラ類を入れた区では、1回目の1齢の500g区を除き、入れなかった区に比べ脚の脱落数が有意に減少し、その傾向は特に歩脚と遊泳脚で顕著であった。ホンダワラ類の量については、各齢において500gと1000gとの間で脚脱落数に差は認められなかった。脚脱落数が減少した要因としては、ホンダワラ類を入れた区で多くの稚ガニが藻体に付着し、遊泳する稚ガニが著しく減ったことから、稚ガニが挟み合う機会が減少した結果、脚の脱落が抑えられたと考えられた。また、ホンダワラ類は海水20ℓに対し500g以上あれば、脚の脱落を抑える効果は十分であると考えられた。

稚ガニの潜砂行動に重要な脚は歩脚および遊泳脚⁷⁾、3齢稚ガニでは歩脚³⁾であることが指摘されており、ま

表 2-1. ガザミ稚ガニの輸送後における脚別の脱落本数別個体数 (1 回目)

| 齢期 | 輸送密度 (尾/籠) | 試験区 | 脚 | 脚脱落本数別の個体数 | | | | | | | | |
|--------------|--------------|-------------|--------|------------|-----|----|----|----|----|----|---|---|
| | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6本 | | |
| 1 齢 | 1,250 | 付着基材なし | 鉄脚 | 60 | 2 | 0 | — | — | — | — | — | |
| | | | 歩脚 | 49 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | 遊泳脚 | 59 | 3 | 0 | — | — | — | — | — | |
| | | 付着基材あり 500g | 鉄脚 | 82 | 1 | 0 | — | — | — | — | — | |
| | | | 歩脚 | 72 | 9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | 遊泳脚 | 80 | 3 | 0 | — | — | — | — | — | |
| | 付着基材あり 1000g | 鉄脚 | 75 | 1 | 0 | — | — | — | — | — | | |
| | | 歩脚 | 71 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | 遊泳脚 | 74 | 2 | 0 | — | — | — | — | — | | |
| | | 2 齢 | 1,000 | 付着基材なし | 鉄脚 | 68 | 13 | 1 | — | — | — | — |
| | | | | | 歩脚 | 37 | 24 | 8 | 5 | 3 | 2 | 3 |
| | | | | | 遊泳脚 | 60 | 17 | 5 | — | — | — | — |
| 付着基材あり 500g | 鉄脚 | 65 | | 10 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 歩脚 | 73 | | 6 | 1 | — | — | — | — | | | |
| | 遊泳脚 | 73 | | 3 | 0 | — | — | — | — | | | |
| 付着基材あり 1000g | 鉄脚 | 60 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| | 歩脚 | 68 | 8 | 0 | — | — | — | — | | | | |
| | 遊泳脚 | 66 | 13 | 0 | — | — | — | — | | | | |
| | 3 齢 | 250 | 付着基材なし | 鉄脚 | 2 | 5 | 11 | 17 | 19 | 17 | 8 | |
| | | | | 歩脚 | 16 | 41 | 22 | — | — | — | — | |
| | | | | 遊泳脚 | 76 | 2 | 0 | — | — | — | — | |
| 付着基材あり 500g | 鉄脚 | | 47 | 19 | 7 | 4 | 1 | 0 | 0 | | | |
| | 歩脚 | | 53 | 23 | 2 | — | — | — | — | | | |
| | 遊泳脚 | | 73 | 1 | 0 | — | — | — | — | | | |
| 付着基材あり 1000g | 鉄脚 | | 52 | 13 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | |
| | 歩脚 | | 60 | 14 | 0 | — | — | — | — | | | |
| | 遊泳脚 | | — | — | — | — | — | — | — | | | |

注) 各齢期について、付着基材を入れた場合と入れなかった場合の脱落数を比較した * : p<0.05, ** : p<0.01

表 2-2. ガザミ稚ガニの輸送後における脚別の脱落本数別個体数 (2 回目)

| 齢期 | 輸送密度 (尾/籠) | 試験区 | 脚 | 脚脱落本数別の個体数 | | | | | | | | |
|--------------|--------------|-------------|--------|------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6本 | | |
| 1 齢 | 1,250 | 付着基材なし | 鉄脚 | 87 | 4 | 0 | — | — | — | — | | |
| | | | 歩脚 | 45 | 21 | 10 | 4 | 5 | 3 | 3 | | |
| | | | 遊泳脚 | 73 | 14 | 4 | — | — | — | — | | |
| | | 付着基材あり 500g | 鉄脚 | 79 | 2 | 0 | — | — | — | — | | |
| | | | 歩脚 | 62 | 17 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | | 遊泳脚 | 77 | 4 | 0 | — | — | — | — | | |
| | 付着基材あり 1000g | 鉄脚 | 80 | 2 | 0 | — | — | — | — | | | |
| | | 歩脚 | 66 | 15 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | |
| | | 遊泳脚 | 80 | 2 | 0 | — | — | — | — | | | |
| | | 2 齢 | 1,000 | 付着基材なし | 鉄脚 | 67 | 9 | 1 | — | — | — | — |
| | | | | | 歩脚 | 8 | 21 | 13 | 7 | 7 | 10 | 11 |
| | | | | | 遊泳脚 | 34 | 21 | 22 | — | — | — | — |
| 付着基材あり 500g | 鉄脚 | 67 | | 3 | 0 | — | — | — | — | | | |
| | 歩脚 | 57 | | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 遊泳脚 | 66 | | 4 | 0 | — | — | — | — | | | |
| 付着基材あり 1000g | 鉄脚 | 70 | 4 | 0 | — | — | — | — | | | | |
| | 歩脚 | 63 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| | 遊泳脚 | 68 | 6 | 0 | — | — | — | — | | | | |
| | 3 齢 | 350 | 付着基材なし | 鉄脚 | 60 | 16 | 1 | — | — | — | — | |
| | | | | 歩脚 | 2 | 8 | 15 | 14 | 21 | 9 | 8 | |
| | | | | 遊泳脚 | 26 | 39 | 12 | — | — | — | — | |
| 付着基材あり 500g | 鉄脚 | | 70 | 8 | 0 | — | — | — | — | | | |
| | 歩脚 | | 41 | 25 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 遊泳脚 | | 63 | 14 | 1 | — | — | — | — | | | |
| 付着基材あり 1000g | 鉄脚 | | 64 | 9 | 0 | — | — | — | — | | | |
| | 歩脚 | | 44 | 26 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 遊泳脚 | | 61 | 11 | 1 | — | — | — | — | | | |

注) 各齢期について、付着基材を入れた場合と入れなかった場合の脱落数を比較した * : p<0.05, ** : p<0.01

た、これらの脚は逃避行動などにも重要であると考えられている。今回の結果から、特に2, 3 齢の稚ガニでは付着基材を入れずに高密度で輸送すると歩脚と遊泳脚の脱落が著しく、ホンダワラ類を入れることで脱落を大幅に抑えることができたことから、稚ガニの潜砂能力や逃避能力を損なわずに高密度で輸送するには、ホンダワラ類を付着基材として入れることが有効であると考えられる。一方、今回の輸送密度では、輸送中の袋内においてホンダワラ類の量に関わらず藻体から離脱した稚ガニが認められ、その数は1 齢でもっとも多かった。この原因としては初期稚ガニの潜砂行動の発達⁷⁾に依存する齢期に対応した現象である可能性もあるが、ホンダワラ類の量と稚ガニの適正な収容密度との関係をさらに検討する必要があると考える。

2 齢稚ガニを輸送した後の、3 齢までの生残率と脚脱落本数別の個体数を表 3 に示した。生残率は付着基材を入れなかった区で 69 %、付着基材を入れた場合は人工

表 3. 輸送試験に用いた 2 齢稚ガニの 3 齢までの生残率と脚別の脱落本数別個体数

| 試験区 | 収容数 (尾) | 生残数 (尾) | 生残率 (%) | 脚 | 脚脱落本数別の個体数 | | | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|-----|------------|----|---|---|---|---|----|
| | | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6本 |
| 基材なし | 101 | 70 | 69.3 | 鉄脚 | 67 | 3 | 0 | — | — | — | — |
| | | | | 歩脚 | 63 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | 遊泳脚 | 60 | 10 | 0 | — | — | — | — |
| 基材あり 人工産卵床 (1000g) | 102 | 69 | 67.6 | 鉄脚 | 66 | 3 | 0 | — | — | — | — |
| | | | | 歩脚 | 58 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | 遊泳脚 | 64 | 5 | 0 | — | — | — | — |
| ホンダワラ類 (1500g) | 100 | 80 | 80.0 | 鉄脚 | 67 | 13 | 0 | — | — | — | — |
| | | | | 歩脚 | 69 | 7 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| | | | | 遊泳脚 | 76 | 4 | 0 | — | — | — | — |

注1) いずれも飼育水量は10ℓとし、人工産卵床450gを入れて5日間給餌飼育した

産卵床で 68 %、ホンダワラ類で 80 % だった。また、脱皮に伴い脚の再生が認められ、脱皮後の脚数には試験区間で有意な差は認められなかった。ホンダワラ類を入れた区ではいずれも海水が濃い茶褐色を呈するが、輸送時間が 2 ~ 3 時間であれば、溶出物が輸送後の稚ガニの生残と成長に何らかの影響を及ぼす可能性は低いと考えられた。しかし、溶出物の性状は海藻の種組成や採集時の状態、輸送条件により大きく異なることが考えられるため、付着基材として海藻類を使用する際は慎重な検討が必要である。

以上の結果から、稚ガニを高密度で輸送する際に、ホンダワラ類を主体とする漂着海藻を入れることで、放流直後の稚ガニの潜砂行動や逃避行動を阻害する脚の脱落を防ぐことができると考えられた。天然海域において流れ藻上には1 齢~ 3 齢のガザミ稚ガニが高密度に分布する例が報告されており、ホンダワラ類の藻体は稚ガニにとっての隠れ場所や摂餌場として好適であると考えられている⁵⁾。従って、人工産卵床のように放流時に回収する必要がないホンダワラ類の藻体とともに稚ガニを輸送、放流することで、放流直後の稚ガニの生残率を高めることができる可能性もあり、ガザミ類稚苗の放流技術への応用も期待できる。しかし、ホンダワラの種類や採集時の状態によりその浮力は異なると考えられ、それに伴い放流後の藻体および稚ガニの移動距離も異なることが考えられる。従って、ホンダワラ類を付着基材に用いる場合は、放流後に稚ガニが藻体から離脱するのに要する時間を明らかにするとともに放流適地により長時間留まらせる工夫が必要であると考えられる。

謝 辞

本稿の取りまとめにあたり、終始懇篤なご指導を賜った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の小畑泰弘主任技術開発員に深く感謝申し上げます。また、ガザミ親ガニの確保に多大なご協力を頂いた秋田県漁業協同組合の皆様にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 松村靖治 (1997) ガザミ稚苗生産技術の理論と実践。栽培漁業技術シリーズ No.3, pp.117-119.
- 2) 松村靖治・池田義弘・新山 洋・高木将愛 (1996)

- 島原分場，ガザミ種苗量産放流事業．平成7年度長崎県水産試験場事業報告書，pp.129-131.
- 3) 原田和弘・山本 強 (1998) ガザミ種苗の脚脱落状況.兵庫水試研報, **34**, pp.9-16.
 - 4) 清田圭一郎 (1997) ガザミ種苗生産技術の理論と実践. 栽培漁業技術シリーズ No.3, pp.108-111.
 - 5) 谷川貴之 (2001) 燧灘の流れ藻上に出現するガザミ稚ガニ. 愛媛水試研報, **9**, pp.21-28.
 - 6) 大石圭一編 (1993) 海藻の科学. 朝倉書店, 東京, pp.160-179.
 - 7) 山崎哲男 (1974) ガザミの *Megalopa* および稚ガニ初期の趨光性, 付着性および潜砂能力について. 栽培技研, **3**, pp.19-25.

北海道噴火湾に放流されたマツカワ0歳魚の分布と食性

吉田秀嗣*¹・高谷義幸*²・松田泰平*²

Distribution and feeding habits of age-0 barfin flounder, *Verasper moseri*, released in Funka Bay, southwestern Hokkaido

Hidetsugu YOSHIDA, Yoshiyuki TAKAYA, and Taihei MATSUDA

To investigate the distribution and feeding habits of age-0 barfin flounder, *Verasper moseri*, we released hatchery-reared flounder (mean total length: 73 mm) into shallow waters at 6 m depth and recaptured then by beam trawl in Funka Bay, southwestern Hokkaido. Three days after release, the flounder were equally dispersed in the deeper waters between 3 and 9 m depth, but the distribution gradually shifted to the bottom of the shallower waters at 3 m depth at 5 to 11 days after release. Dominant prey items in their stomach contents differed depending on the depths of recapture. This result suggests that the flounder feed on a wide variety of prey. Furthermore, they tended to take a large amount of prey where they congregated, so we consider that the distribution of flounder shifted to shallower waters as a result of migrating to find feeding grounds.

2007年7月13日受理

マツカワは、冷水性の大型カレイで、日本では主に北海道太平洋沿岸に分布するが、北海道における天然魚の資源量は1970年代には急減したと推測され、近年は年間3～20尾しか漁獲されないほど枯渇した状態にある¹⁾。一方、本種は成長が速く、また単価が高いことから、北海道では栽培漁業対象種として、1987年以降日本海側を除く各地で人工種苗が放流されている。

人工種苗を放流する場合、放流場の環境は放流種苗の生残を左右する重要な要因であり、その最適な環境条件は天然稚魚の生息場所や食性などの生態を参考にすることが多い。しかし、マツカワの場合、天然稚魚が採集された報告はなく、生態は不明である。そこで、本種の生態を解明し、放流に適した環境条件を探索するため、我々は北海道太平洋沿岸域で人工種苗を放流し、追跡調査を行っている。ここでは、噴火湾に放流したマツカワ0歳魚の水深別の移動分布と食性についてとりまとめた。

材料と方法

供試魚は、北海道立栽培漁業総合センター（現：北海道立栽培水産試験場^{*3}）で2001年に生産されたマツカ

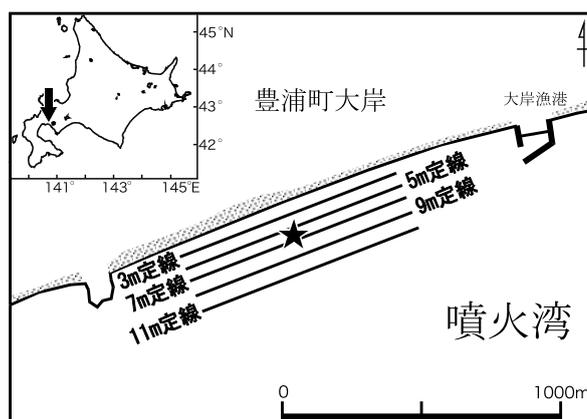


図1. 放流地点および調査定線位置
★は放流地点を示す

*¹ 北海道立函館水産試験場 〒042-0932 北海道函館市湯川町1-2-66

(Hokkaido Hakodate Fisheries Experiment Station, 1-2-66 Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

*² 北海道立栽培水産試験場 〒051-0013 北海道室蘭市舟見町1-156-3

*³ 2006年4月に北海道立栽培水産試験場として室蘭市に移転

ワ0歳魚（平均全長73 mm）10,319尾で、2001年9月14日に噴火湾の豊浦町大岸沖水深6 mの地点に船上から放流された（図1）。放流にあたっては、放流魚が特定の全長に偏らないように、全長10 mm間隔で種苗の量を調整し、全長50 mm台から80 mm台の放流尾数はそれぞれ2,000～2,500尾の範囲内となった。なお、全長90 mm以上の放流尾数は約1,200尾と少なかった（図2）。

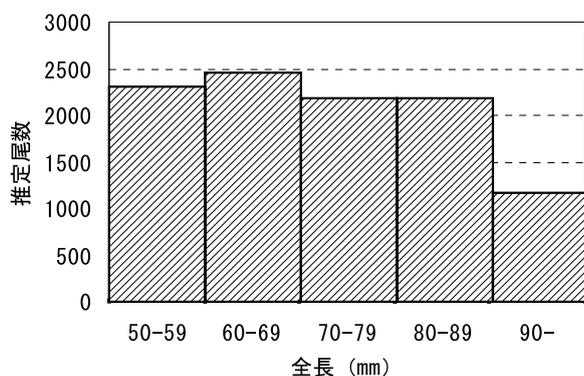


図2. 放流したマツカワ人工種苗の全長組成

放流魚を再捕するために、放流地点周辺の砂底域において、桁網を用いて追跡調査を行った。桁網は、網口幅2.0 m×高さ0.4 mと網口幅1.5 m×高さ0.3 mの2種類で、袋網の目合いはどちらの桁網も2.5 mmとした。調査は放流3日、5日、7日、11日、20日および40日後の6回実施した。調査定線は水深3 m、5 m、7 m、9 mおよび11 mの5つの水深に設定し、海岸線と平行に一水深当り1～2回、それぞれ800 mを曳網した（図1）。なお、放流40日後の水深11 mの調査定線については、桁網のトラブルにより調査できなかった。再捕数は、用いた桁網が2種類あること、また曳網回数も異なることから、以下のように網口幅2.0 mの桁網を一回曳網した面積1,600 m²当りの個体数に換算した。

再捕数（個体数/曳網）

$$= \text{再捕数} \div (\text{調査面積 (m}^2) \div 1,600 \text{ m}^2)$$

再捕されたマツカワは10%ホルマリン海水で固定後、全長を測定し、胃を摘出した。胃内容物については、餌生物を種類別に個体数と重量測定を行った。また、一部の餌生物については体長を測定した。これらの餌生物は、ヨコエビ類、アミ類、等脚類、エビジャコ類、魚類およびその他の生物の6つのカテゴリーにまとめ、主要な餌生物を判断するため、渡辺・南²⁾の方法に従い、餌料重要度指数IRI（Index of Relative Importance）を百分率組成にした%IRIを計算した。%IRIの求め方は以下のとおりである。

$$\% IRI_i = IRI_i / \sum IRI_i \times 100$$

$$\text{ここで、} IRI_i = (\% N_i + \% W_i) \times \% F_i$$

$$\% N_i = n_i / N \times 100$$

$$\% W_i = w_i / W \times 100$$

$$\% F_i = f_i / F \times 100$$

N は胃内容物から出現した全ての餌生物の総個体数、 n_i はそのうち餌生物*i*の個体数。 W は胃内容物から出現した全ての餌生物の総重量、 w_i はそのうち餌生物*i*の重量。 F は胃内容物の観察を行った個体数、 f_i は餌生物*i*を摂餌していた個体数。

結 果

マツカワの分布と再捕全長 追跡調査により、全長56～116 mmのマツカワが152尾再捕された。水深6 m地点に放流したマツカワについて、調査日ごとに水深別の定線上の再捕数を見ると、放流3日後の水深3～9 mでは10～13尾/曳網とほぼ同数が再捕され、一番深い水深11 mだけは4尾/曳網と少なかった（表1）。放流5日後では一番浅い水深3 mでの再捕数が6尾/曳網と最も多く、深くなるほど再捕数は少なくなる傾向が見られた。この傾向は、放流7日と11日後でも見られ、特に11日後の水深3 mでは16尾/曳網が再捕され、放流3～7日後の水深3 mよりも再捕数は増加した。放流後17～19日後に時化があり、その翌日の放流20日後の調査では、これまで再捕数が多かった水深3 mでは再捕されなかった。しかし、二番目に浅い水深5 mでは5尾/曳網が再捕され、この水深での再捕数は放流5日後からほとんど増減していなかった。放流後33～34日目には再び時化があり、放流40日後の調査では水深3 mで1尾/曳網、水深5 mで3尾/曳網が再捕されただけで、水深7 mおよび9 mでは再捕されなかった。このように、水深6 m地点に放流したマツカワは、一旦は水深3～9 mの範囲では均等に分散したが、その後、分布の中心は水深の浅い方に移っていった。

表1. マツカワ人工種苗の再捕数

| 水深 (m) | 再捕数 (個体数/曳網) * | | | | | |
|--------|----------------|-----|-----|------|------|------|
| | 3日後 | 5日後 | 7日後 | 11日後 | 20日後 | 40日後 |
| 3 | 13 | 6 | 8 | 16 | 0 | 1 |
| 5 | 11 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 7 | 10 | 3 | 5 | 6 | 1 | 0 |
| 9 | 12 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| 11 | 4 | 1 | 2 | 0 | 1 | — |
| 計 | 50 | 16 | 22 | 27 | 8 | 4 |

* 曳網面積1,600 m²当りの再捕個体数を示す

次に、マツカワの分布と全長との関係について検討した。再捕されたマツカワの全長範囲は、放流3日後には全長57～106 mm、5日後には56～111 mm、7日後には63～106 mm、11日後には63～116 mm、20日後には66～107 mm、40日後には94～108 mmであり、再捕数の少なかった放流40日後を除いて全長範囲はそれほど変わらなかった。このうち、再捕数が多かった放流3、7、11日後の再捕全長を水深別に見ると、いずれの調査日でもマツカワの分布水深と全長との間には、相関関係は認められなかった（スピアマンの順位相関係数検

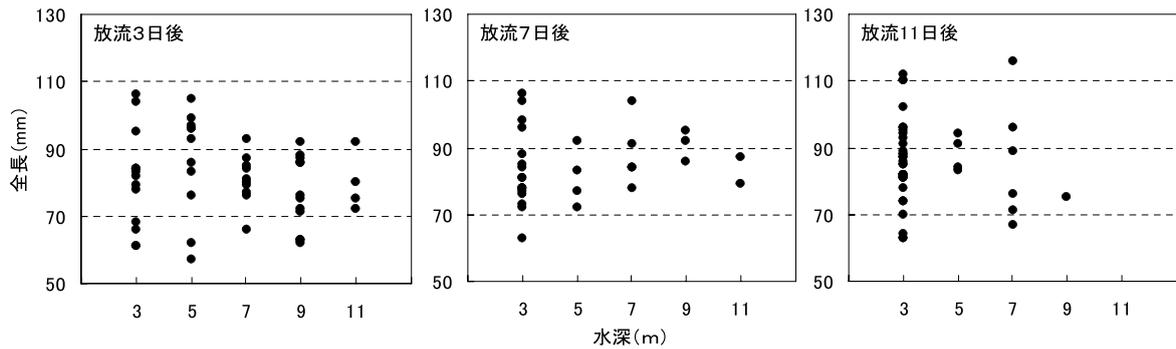


図3. 放流3日, 7日, 11日後に再捕されたマツカワ人工種苗の水深別全長

定, $p > 0.05$; 図3)。

マツカワの食性と餌のサイズ 再捕された152尾の内, 132尾のマツカワから胃内容物が得られた。摂餌個体出現率(摂餌個体数÷調査個体数×100)は, 放流3日後で74%, 5日後で100%, 7日後で84%, 11日後で93%, 20日後で100%, 40日後で67%であった。胃内容物として出現した餌生物は, ヨコエビ類, アミ類, 等脚類(コツブムシ類, ヘラムシ類), エビジャコ類, 魚類(ネズブコ稚魚, カタクチイワシ仔魚), その他の生物としてクマ類, ワレカラ類, カニ類, ヤドカリ類, 二枚貝類, 多毛類等であった。

6つにカテゴリー分けした餌生物の%IRI(餌料重要度指数の組成)を表2に示した。放流3日後の水深別

の%IRIを見ると, %IRIが最も高かったのは, 水深3mでは魚類の86%, 水深5mではエビジャコ類の88%, 水深7mと9mではヨコエビ類でそれぞれ64%と82%, 水深11mではその他の生物の60%であった。このように同じ調査日も, 水深により%IRIの高い餌生物は異なっていた。この傾向は5日後以降でも同様であった。また, 水深3mの%IRIを調査日ごとに見ると, %IRIが最も高かった餌生物は, 放流3日後と7日後では魚類でそれぞれ86%と64%, 5日後と11日後ではエビジャコ類でそれぞれ55%と88%であった。このように同じ水深でも調査日により%IRIの高い餌生物は異なっており, この傾向は水深5m以深でも同様であった。

表2. 放流3~40日後に再捕されたマツカワ人工種苗の水深別餌料重要度指数組成

| 放流後の経過日数 | 調査水深(m) | マツカワ調査個体数 | %IRI | | | | | |
|----------|---------|-----------|-------|-----|--------|-----|----|-----|
| | | | ヨコエビ類 | アミ類 | エビジャコ類 | 等脚類 | 魚類 | その他 |
| 3 | 3 | 9 | 1 | 2 | 11 | 0 | 86 | 0 |
| | 5 | 7 | 4 | 7 | 88 | 1 | 1 | 0 |
| | 7 | 7 | 64 | 15 | 19 | 1 | 0 | 1 |
| | 9 | 10 | 82 | 1 | 13 | 4 | 0 | 0 |
| | 11 | 1 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 5 | 3 | 5 | 6 | 12 | 55 | 13 | 8 | 6 |
| | 5 | 5 | 81 | 0 | 9 | 4 | 5 | 0 |
| | 7 | 3 | 67 | 21 | 6 | 0 | 0 | 6 |
| | 9 | 1 | 18 | 0 | 0 | 82 | 0 | 0 |
| | 11 | 1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 3 | 12 | 2 | 2 | 32 | 0 | 64 | 0 |
| | 5 | 2 | 31 | 0 | 49 | 19 | 0 | 0 |
| | 7 | 5 | 20 | 34 | 39 | 6 | 0 | 0 |
| | 9 | 3 | 17 | 34 | 46 | 1 | 0 | 3 |
| | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 11 | 3 | 29 | 0 | 4 | 88 | 0 | 7 | 1 |
| | 5 | 4 | 2 | 8 | 88 | 0 | 1 | 1 |
| | 7 | 4 | 57 | 8 | 16 | 8 | 0 | 11 |
| | 9 | 1 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| | 11 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 3 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| | 5 | 8 | 5 | 3 | 51 | 0 | 39 | 1 |
| | 7 | 1 | 43 | 0 | 33 | 0 | 0 | 24 |
| | 9 | 1 | 23 | 0 | 17 | 0 | 0 | 59 |
| | 11 | 1 | 7 | 3 | 90 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 3 | 1 | 0 | 27 | 73 | 0 | 0 | 0 |
| | 5 | 1 | 23 | 8 | 69 | 0 | 0 | 0 |
| | 7 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| | 9 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| | 11 | 0 | - | - | - | - | - | - |

表 3. 放流 3 日後に再捕されたマツカワ人工種苗の全長別餌料重要度指数組成

| マツカワ 全長 (mm) | 調査水深 (m) | マツカワ 調査個体数 | % IRI | | | | | その他 |
|-----------------|-------------|---------------|-------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | | | ヨコエビ類 | アミ類 | エビジャコ類 | 等脚類 | 魚類 | |
| <70 | 3 | 4 | 8 | 4 | 0 | 0 | 88 | 0 |
| | 5 | 2 | 4 | 26 | 65 | 0 | 6 | 0 |
| | 7 | 1 | 68 | 14 | 0 | 17 | 0 | 0 |
| | 9 | 3 | 92 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| | 11 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 70-79 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| | 5 | 1 | 27 | 0 | 73 | 0 | 0 | 0 |
| | 7 | 2 | 96 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 9 | 4 | 90 | 1 | 6 | 4 | 0 | 0 |
| | 11 | 1 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 80-89 | 3 | 3 | 0 | 0 | 60 | 0 | 40 | 0 |
| | 5 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| | 7 | 3 | 31 | 18 | 42 | 0 | 0 | 10 |
| | 9 | 3 | 54 | 0 | 44 | 2 | 0 | 0 |
| | 11 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| 90≤ | 3 | 1 | 0 | 27 | 0 | 0 | 73 | 0 |
| | 5 | 4 | 2 | 2 | 94 | 2 | 0 | 0 |
| | 7 | 1 | 22 | 25 | 53 | 0 | 0 | 0 |
| | 9 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| | 11 | 0 | - | - | - | - | - | - |

次に、マツカワの全長と % IRI との関係を見るため、個体数が多かった放流 3 日後について、マツカワの全長範囲ごとに % IRI を表 3 に示した。全長別に分けるとマツカワ個体数は非常に少なくなるが、全長 70 mm 未満 (57 ~ 68 mm) で % IRI が最も高かったのは、水深 3 m では魚類の 88 %、5 m ではエビジャコ類の 65 %、7 m および 9 m ではヨコエビ類でそれぞれ 68 % と 92 % であ

った。このように同じ全長範囲内のマツカワでも、水深により % IRI の高い餌生物の種類は異なっていた。さらに、全長範囲が異なっても同じ水深では同じ餌生物の % IRI が高い傾向が見られた。

マツカワに摂餌されたエビジャコ類、アミ類、ネズツポ科稚魚およびカタクチイワシ仔魚の体長を図 4 に示した。全長範囲が 56 ~ 116 mm のマツカワに摂餌された

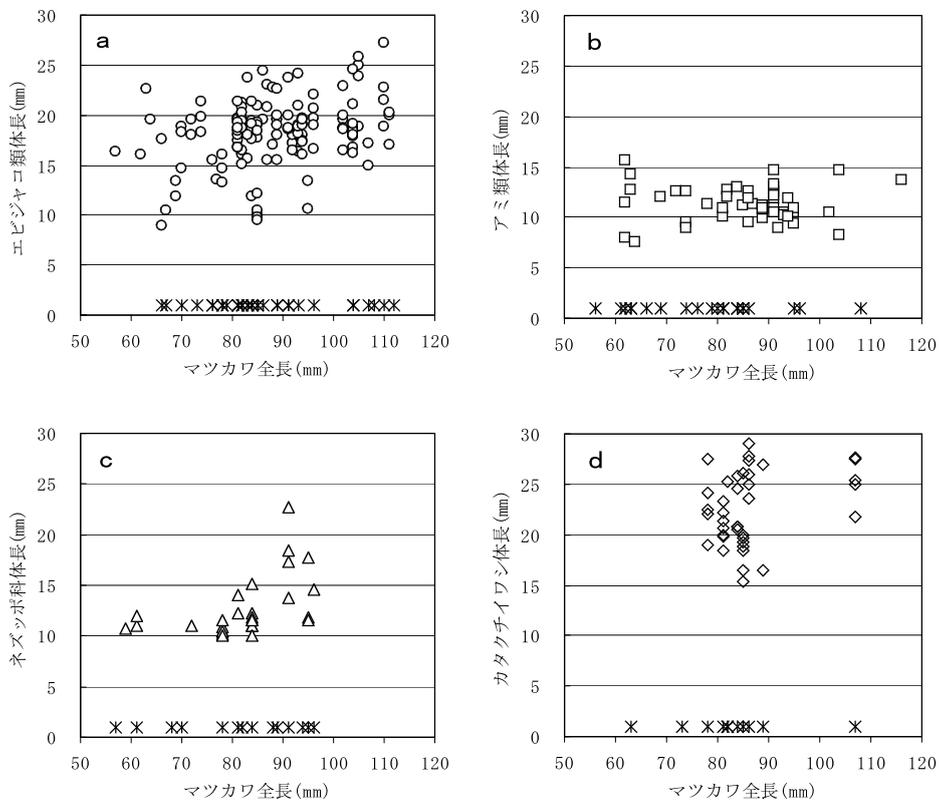


図 4. マツカワ人工種苗が摂餌していた餌生物の体長
 a : エビジャコ類 b : アミ類 c : ネズツポ科稚魚 d : カタクチイワシ仔魚
 注) 図中の *印は消化により体長測定できなかった個体を示す

餌生物の体長範囲は、エビジャコ類 9 ~ 27 mm, アミ類 8 ~ 16 mm, ネズボ科稚魚 10 ~ 23 mm, カタクチイワシ仔魚 15 ~ 29 mm であった。また、マツカワの全長とエビジャコ類の体長およびマツカワの全長とネズボ科稚魚の体長との間には、正の相関関係が見られた (スピアマンの順位相関係数 $r_s = 0.258, p < 0.01$; $r_s = 0.623, p < 0.01$)。マツカワは全長 50 mm 台から甲殻類も魚類も摂餌をしており、これら餌生物の体長は 30 mm より小さかった。餌生物体長とマツカワ全長の比を求めると、エビジャコ類では 0.11 ~ 0.36, アミ類では 0.08 ~ 0.25, カタクチイワシ仔魚では 0.12 ~ 0.25, ネズボ科稚魚では 0.18 ~ 0.35 であり、マツカワは自らの全長の最大 0.36 倍の大きさの餌生物を摂餌していた。

考 察

本研究では、放流直後のマツカワ 0 歳魚は、少なくとも水深 11 m まで分散し、水深 3 m から 9 m にかけては均等に分布したが、5 ~ 11 日目の分布の中心は水深 3 m に移ることが示された。マツカワの放流後の移動分布に関して、岩手県吉浜湾でも、放流種苗は放流 3 日後には水深 5 ~ 15 m に均等に分散したが、放流 10 日と 17 日後には、水深 5 m でのみ再捕されたことから³⁾、放流直後の種苗の移動は小さいと考えられる。

魚類の分布は、様々な外部環境の影響を受けて変化すると推察されるが、その中でも重要な要因は餌料環境と考えられる。そこで、噴火湾に放流されたマツカワの食性を見たところ、エビジャコ類、アミ類、ヨコエビ類、等脚類、魚類等甲殻類を主体に多様な餌生物が出現した。さらに、主要な餌生物の水深別出現は、同一調査日でも水深によって異なり、マツカワの全長組成に依存したも

のではなかった。これらのことから、マツカワ 0 歳魚は放流場所周辺に生息する餌生物を幅広く摂餌していたと推察される。同じ噴火湾で過去に食性を調査した結果では、再捕数が少なかったため、詳細な解析はされていないが、主要な餌生物は年によりアミ類やエビジャコ類であり、マツカワ 0 歳魚の摂餌選択性は強くないと報告されている⁴⁾。他の海域でも主要な餌生物は、北海道厚岸湾ではアミ類であり²⁾、岩手県吉浜湾では一種類の生物に特定できない年もあれば³⁾、ヨコエビ類とされている年もある⁵⁾。このように調査年や海域により食性が異なるのは、環境中の餌生物の豊度に起因していると考えられている²⁾。本研究では、主要な餌生物の出現 (% IRI) は、同じ水深でも調査日によって異なり、水深 3 m では魚類とエビジャコ類が調査日ごとに交互に出現した。このことは、カタクチイワシなど魚類の来遊により、魚類の豊度が高くなったときには、マツカワは魚類を摂餌するものと推察され、マツカワの食性の違いが餌生物の豊度に起因するとの前述した説を支持する。また、本研究では、全長 56 ~ 116 mm のマツカワは、餌生物の種類にかかわらず体長 30 mm より小さな餌生物を摂餌しており、摂餌可能な餌生物の最大体長は、マツカワの全長の 0.36 倍であった。このことは、マツカワの食性は、餌生物の豊度の他に、餌生物の大きさにも影響されていることを示唆する。

次に、マツカワは多様な餌生物を摂餌していたことから、マツカワの移動分布は、餌料環境面から見ると、餌生物の種類ではなく、餌生物の現存量に影響されている可能性がある。本研究では餌生物の現存量を把握していなかったため、マツカワの摂餌量について移動分布との関係を検討した。マツカワの水深別再捕数と再捕個体 1 尾当りの平均摂餌量について見ると、放流 3 日後では再

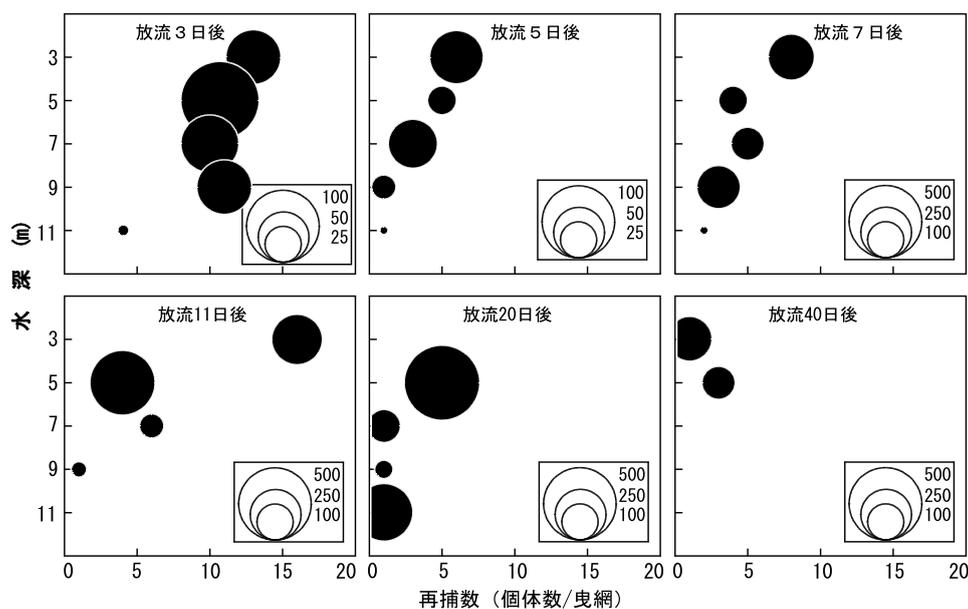


図 5. 放流 3 ~ 40 日後に再捕されたマツカワ人工種苗の再捕数と摂餌量の関係
注) 図中の円の大きさは摂餌量 (mg/個体数) を示す

捕数が10～13尾/曳網と多かった水深3～9mでの摂餌量は57～117mg/個体と多く、再捕数が4尾/曳網と少なかった水深11mでは3mg/個体と少なかった(図5)。5～11日後には再捕数は水深3mで最も多く、その水深での摂餌量は5日後と7日後ではそれぞれ55mg/個体と210mg/個体で最も多く、11日後では240mg/個体で2番目に多かった。20日後には再捕数は水深5mで最も多く、その水深での摂餌量は535mg/個体で最も多かった。40日後には再捕地点数と再捕数が少なく、再捕数と摂餌量との関係はわからなかった。このように、マツカワの再捕数が多かった地点では、摂餌量が多い傾向が見られたことは、放流したマツカワが摂餌しやすい環境、つまり、餌生物の豊度が高い地点に移動分布している可能性を示唆している。

今後は、魚類の移動分布と餌生物との関係を明らかにするために、餌生物の現存量を把握することが重要である。桁網等ではアミ類など遊泳性生物の定量採集は困難な場合が多く、潜水式囲い網による定量採集方法が考案されている⁶⁾が、広範囲な面積を定量採集できる方法ではないことから、餌生物の採集方法を検討する必要がある。前述したように、マツカワが捕食可能な餌生物の大きさには限界があると考えられることから、餌料環境調査の際には、種類組成や重量組成だけではなく、捕食可能なサイズを考慮した上で餌環境を評価しなければならない。

また、夏期の北海道厚岸湖のように、高水温期でかつ餌生物であるアミ類の発生量が多い8月に5～6cm種苗を放流することにより、9月に8cmで放流する場合と同等、あるいはそれ以上の成長と回収率が期待できるとの報告もある⁷⁾。噴火湾では、主要な餌生物である甲殻類の現存量は、1996～1999年の調査では秋から冬にかけて多くなる傾向が見られた⁸⁻¹¹⁾ため、本研究では餌生物の現存量が多いと思われる9月に放流を行った。今後、噴火湾でも餌生物の現存量が異なる時期に異なる大きさの種苗を放流し、食性の違いや成長・生残について調べる必要がある。

最後に、放流場所は地形、底質、水深、餌料環境、漁具の配置などから決定される。北海道南西部の噴火湾を含めりも町から函館市南茅部支所管内に至るりも以西太平洋沿岸では、平成18年から放流数はこれまでの約10倍の100万尾に増加し、30カ所以上で放流されている。マツカワは餌料選択性が強くないと考えられることから、餌料環境面からみた放流適地の条件はそれほど

厳しくないと推察され、今後本種の放流事業を展開していく上で、比較的有利な面を有すると判断された。

謝 辞

本報告にあたり、生産したマツカワ種苗を実験用に提供して下さった北海道立栽培漁業総合センター(現北海道立栽培水産試験場)の職員に心より御礼申し上げます。また、追跡調査にご協力頂いた、いぶり噴火湾漁業協同組合豊浦支所、豊浦町役場、胆振地区水産技術普及指導所の各位に感謝いたします。

文 献

- 1) 松田泰平(2003)マツカワ. 新北のさかなたち. 北海道新聞社, 札幌, pp.242-245.
- 2) 渡辺研一・南 卓志(2003)北海道厚岸湾に放流されたマツカワ人工生産魚の食性. 日水誌, **69**, 3-9.
- 3) 岩手県(2000)平成7～11年度放流技術開発総括報告書, 異体類, 岩手13-19.
- 4) 松田泰平・高谷義幸(2002)マツカワ. 平成12年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 152-158.
- 5) 岩手県(2003)平成14年度資源増大技術開発事業報告書, 魚類Cグループ, 岩手17-22.
- 6) 木元克則・日向野純也・足立久美子・高木儀昌・新井健次・寺島裕晃・横山禎人・中畑敬章(1996)潜水式囲い網による底生性小型魚類とアミ類の定量的採集法, 日本海沿岸の砂浜域における採集例. 水工研技報, **18**, 45-57.
- 7) 関谷幸生(2007)マツカワの栽培漁業, 最前線. 豊かな海, **11**, 10-15.
- 8) 松田泰平・佐藤 充(1997)マツカワ放流技術開発. 平成8年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 188-193.
- 9) 松田泰平・元谷 怜・高橋正士(1999)マツカワ放流技術開発. 平成9年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 183-190.
- 10) 松田泰平・高谷義幸・高橋正士(2000)マツカワ放流技術開発. 平成10年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 156-164.
- 11) 松田泰平・高谷義幸・高橋正士(2001)マツカワ放流技術開発. 平成11年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 142-146.

選別した小型 S 型ワムシを用いたアカハタの種苗生産

川 辺 勝 俊*^{1, 2} ・ 木 村 ジ ョ ン ソ ン*¹

Larval Production of Blacktip Grouper, *Epinephelus fasciatus*, Initially Fed with Smaller Rotifers Filtered through a Fine Mesh Net

Katsutoshi KAWABE and Johnson KIMURA

We examined the technical feasibility of mass larval production of blacktip grouper, *Epinephelus fasciatus*, in small tanks three times between 1998 and 1999. Normally developing eggs collected from the spawning tank were stocked into 4 to 9 transparent 1-kℓ round tanks at a density of about 100,000 eggs per tank. Hatched larvae were fed on S-type rotifers, *Artemia* nauplii, and formula feed in progression with their growth. Rotifers were selected for size (<150 μm) and fed at high density (30 individuals per ml of rearing water) from 3 to 7 days after hatching. The oil film that formed naturally on the water surface was removed frequently in an attempt to promote inflation of the swim bladder of the larvae, even though this protocol may induce the so-called 'floating death'. As a result, survival at 52 to 56 days after hatching was 0.7 % to 2.0 % (671 - 2,000 individuals /kℓ), and 38.1 % to 82.6 % of the juveniles produced had a swim bladder. The overall survival rate was low, but the number of individuals produced per kℓ of rearing water was high and suitable for commercialization.

2007年7月4日受理

アカハタ *Epinephelus fasciatus* は本州中部以南、インド洋および太平洋の熱帯から温帯域に広く分布するマハタ属の魚類である¹⁾。小笠原諸島ではアカバという地方名で呼ばれ、美味であることから刺身や煮付の食材として古くから珍重されてきた重要な沿岸漁業資源である。

小笠原諸島管内では、本種は高級魚として取り引きされているが、近年は資源の減少が懸念されている²⁾。このため、同諸島父島にある東京都小笠原水産センターでは、栽培漁業の対象種として1983年から本種の種苗生産技術開発を開始したが³⁾、これまでは1991年に全長30～40mmの稚魚を約1,000尾生産したのが最高であった⁴⁾。一方、和歌山県水産増殖試験場⁵⁻⁹⁾と高知県水産試験場¹⁰⁻¹⁴⁾でも本種の種苗生産試験が試みられたが、和歌山県水産増殖試験場では1991年に全長約40mmの稚魚24尾(生残率0.08%)、高知県水産試験場では1991年に全長約40mmの稚魚2,649尾(生残率0.63%)を生産した事例が最高であり、いずれも安定生産には至っていなかった。

ハタ類の種苗生産では、開口直後の急激な減耗が大きな問題となっており、この時期の有効な餌料生物の種類や大きさなどが生残率向上のための課題の一つと言われている¹⁵⁾。アカハタも他のハタ類同様、開口時の全長が小さいため、わが国の海産魚で広く種苗生産に用いられているいわゆる S 型ワムシ *Brachionus rotundiformis* (以後ワムシと略記) では初期餌料として大きすぎて十分に摂餌できないと考えられた。そのため、川辺¹⁶⁾ は、開口直後の本種仔魚が摂餌可能なワムシの大きさを明らかにするため、飼育水温 26℃で背甲長 110～225 (平均 178) μm のワムシを給餌して、摂餌されたワムシの背甲長が 100～185 (平均 150) μm であることを明らかにした。この結果から、背甲長 150 μm 以下のワムシを選別して仔魚に給餌した 1998～99 年の種苗生産では、稚魚の生産量は飛躍的に増加した。本報では、開口時に選別した S 型ワムシを用いて小型水槽で行った 3 回の種苗生産結果の概要と、種苗生産過程における仔稚魚の摂餌状況や鰾の開腔 (以後、開鰾と記す) 状況、浮上死亡¹⁷⁾、

*¹ 東京都小笠原水産センター 〒100-2101 東京都小笠原村父島字清瀬

(Tokyo Metropolitan Ogasawara Fisheries Research Center, Azakiyose, Chichi-jima, Ogasawara, Tokyo 100-2101, Japan)

*² 現所属：東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所 〒100-0212 東京都大島町波浮港 18

行動などの知見について報告する。

材料および方法

種苗生産実験は、1998年6～8月（1回次）と9～11月（2回次）、1999年10～12月（3回次）の3回、いずれも当所の屋内飼育棟で行った。

飼育水槽 飼育水槽は、1～3回次とも1kl 円型透明ポリカーボネイトタンク（M-1000, ダイライト）で、1回次は4基（総水量4kl）、2回次と3回次は9基ずつ（総水量9kl）を使用した。各水槽は飼育開始前にいずれも50ppm程度の次亜塩素酸ナトリウム溶液（ツルクロン、鶴見曹達）で24時間消毒した。なお、水槽は白色ウレタンマットを敷いた上に設置した。

供試卵 1998年の採卵用親魚は、1995年7月から1996年4月にかけて小笠原諸島父島沿岸域で一本釣りにより釣獲した106尾で、1998年4月4日に全数測定した全長と体重は、24.3～38.5（平均33.4）cmと219～1,096

（平均587）gであった。一方、1999年の採卵用親魚は、1999年1月から1999年8月にかけて釣獲した151尾で、1999年12月1日に全数測定した全長と体重は、21.7～37.7（平均29.4）cmと148～879（平均447）gであった。これらの親魚は釣獲後、直ちに当所の屋内70kl 円型水槽に収容して、砂濾過海水を4回転/日の割合で注水しながら養成した。親魚養成方法および採卵方法は川辺ら¹⁸⁾に準じた。実験に使用した受精卵は、1回次は1998年6月10日、2回次は1998年9月6日、7日、11日、3回次は1999年10月26日、27日、29日に自然産卵されたものである。2回次と3回次では、各産卵日毎に3水槽ずつ卵を収容したため、収容した順にそれぞれ2-1、2-2、2-3回次、3-1、3-2、3-3回次とした。飼育水槽には、川辺¹⁹⁾が定義した発生段階で胚体駆動期に達した卵を10万粒ずつ収容した。なお、卵収容後5時間以内にはふ化が完了して、1～3回次のいずれの場合にも、水槽底面には未ふ化卵がほとんど認められなかったため、収容卵のほぼすべてがふ化したものと判断

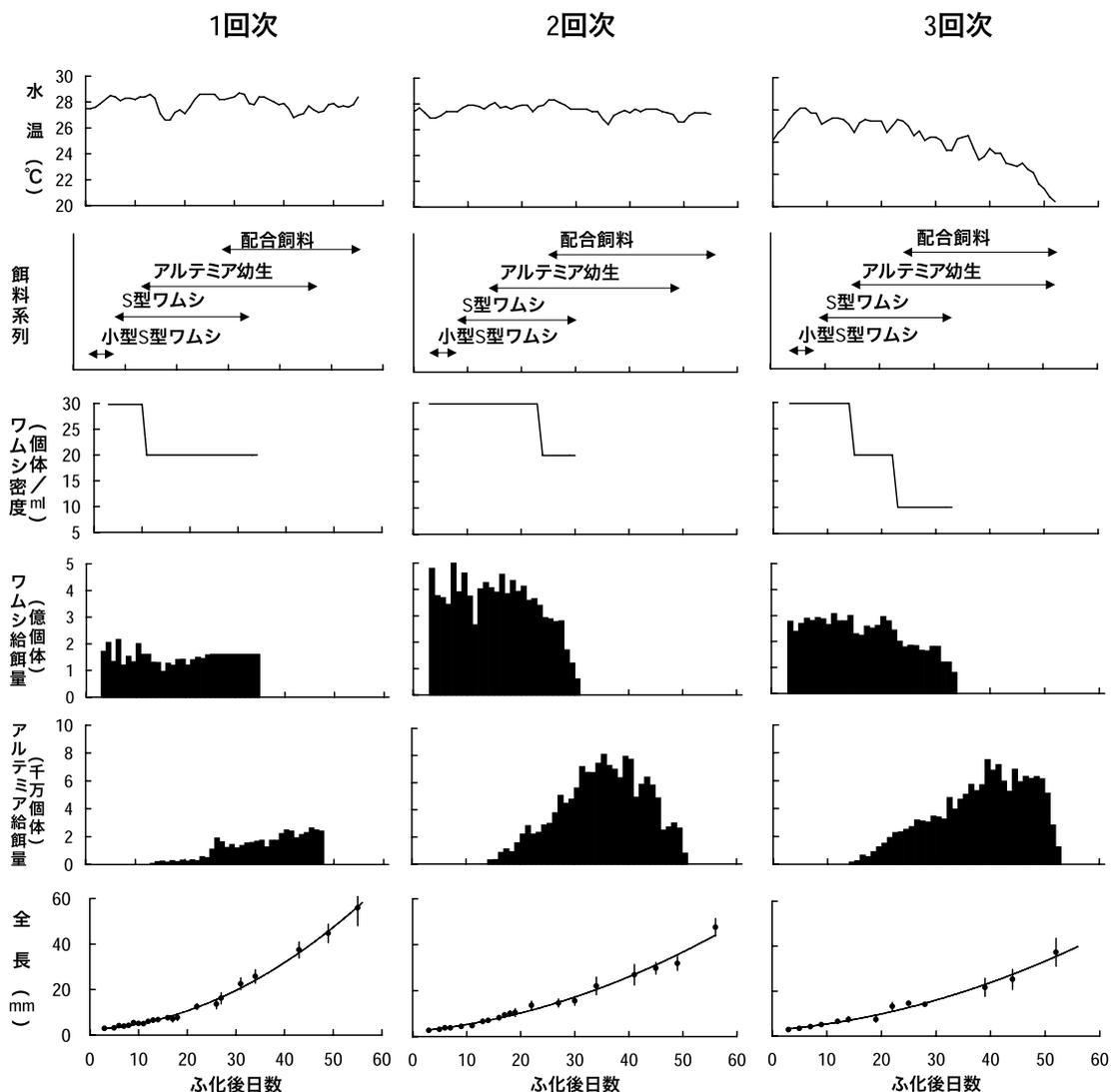


図1. アカハタ種苗生産における水温、餌料の種類と給餌期間、給餌量および仔稚魚の成長（平均±標準偏差）

した。

飼育水温 採卵時の親魚水槽の水温は、1回次は27.5℃、2-1～2-3回次はそれぞれ27.4℃、27.4℃、27.1℃、3-1～3-3回次はそれぞれ26.1℃、26.4℃、26.8℃であった。卵収容直後の親魚水槽と仔魚飼育水槽の水温差はいずれも0.2℃以下であった。1回次と2回次では稚魚の取り上げ時まで水温制御はせず、自然水温とした。3回次では卵を飼育水槽に収容後1～2日間かけて27℃台まで昇温し、以後27～28℃台を維持したが、日齢26からは取り上げに備えて徐々に自然水温まで降温した(図1)。飼育期間中の平均水温は、1回次と2回次ではそれぞれ27.9℃と27.5℃であった。3回次では日齢25までは加温したため、1、2回次とほぼ同じ平均27.3℃であったが、その後は自然水温に近づけたために、全期間中の平均水温は1、2回次より低い26.2℃であった。なお、昇温はチタン製熱交換機を設置してあるコンクリート製10kl角型恒温水槽1基につき上述の1kl水槽を3基ずつ収容したウオーターバス方式で行った。

餌料の種類と給餌期間 飼育回次毎に各種餌料の給餌期間を図1に、給餌量を表1に示した。餌料はワムシ、ソルトレイク産アルテミア *Artemia* sp. 幼生(以後、アルテミアと略記)、配合飼料の3種類を用いた。ワムシは、給餌開始日の日齢3から日齢30～34までの間、淡水濃縮クロレラ(生クロレラV12、クロレラ工業)と海洋酵母(イーストM、三共)で培養後栄養強化したものを1日2回8時と14時に給餌した。なお、日齢3～7までの5日間は背甲長150μm以下のワムシを給餌するため、85μmと37μmのメッシュネットを2重にしてワムシを濾し取り、85μmのネットを抜けて37μmのネットに留まった小型個体のみを給餌した。この選別した小型ワムシ(以後、小型ワムシと略記)のほぼ90%以上が背甲長150μm以下であり、給餌時の平均背甲長は134～145μmの範囲内であった。日齢3～7の小型ワムシの給餌量は以下のように設定した。すなわち、8時の給餌では、後述するように予め夜間の換水率を高めて飼育水槽内のワムシをほぼすべて排出させた上で、新たに飼育水槽1ml当たり30個体(=3000万個体)の小型ワムシを給餌した。14時の給餌では給餌直前に飼育水槽内のワムシ密度を計数し、30個体/mlを維持するように不足分を給餌した。日齢8以降は、8時と14時それぞれの給餌直前に飼育水槽内のワムシ密度を計数して、飼育水槽内のワムシ密度が30個体/mlを維持するように不足分を給餌した。その後は仔稚魚の成長にしたがって飼育水槽内のワムシ密度は、1回次は日齢11頃から、2回次は日齢24頃から20個体/mlに減らした。3回次は、日齢15頃から20個体/ml、日齢23頃からは10個体/mlに減らした。

アルテミアの給餌は、1～3回次とも日齢13～14から開始した。給餌開始当初は1回の給餌量が10～50万個体(=0.1～0.5個体/ml)として1日2～4回行い、

表1. 使用した餌料の種類と給餌量

| 餌料の種類 | 1回次 | 2回次 | 3回次 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| ナンノクロロプシス [*] (kl) | 7.44 | 26.43 | 23.28 |
| 小型S型ワムシ(億個体) | 7.24 | 20.65 | 10.75 |
| S型ワムシ(億個体) | 41.15 | 77.38 | 60.79 |
| アルテミア幼生(億個体) | 4.51 | 15.59 | 15.04 |

^{*}ナンノクロロプシスはS型ワムシの餌料として給餌。1,500万細胞/mlで換算

その後は仔稚魚の成長とともに次の給餌までアルテミアが飼育水槽内に残らない程度に最高600万個体(=6個体/ml)まで増量した。なお、1回に200万個体以上給餌する場合は、サイフォンを用いて少量ずつ給餌した。

日齢24～29からは配合飼料(浜一番1C～3C、富士製粉)の給餌を開始した。給餌開始から約10日間は配合飼料を稚魚に餌付けるために約1時間毎に少量ずつ給餌し、それ以降取り上げまでの間は、1日4～6回とし、仔稚魚の摂餌状況をみながら毎回飽食給餌とした。

1～3回次とも、飼育水槽内には約1,500万細胞/mlのナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* 海水40lずつを1日3回、7時、12時、17時にサイフォンを用いて約1～2時間かけて添加した。

栄養強化方法 ワムシの栄養強化処理には0.5klアルテミアふ化水槽(SBF-500、アース)を使用し、収容密度は500～1,000個体/mlとした。栄養強化剤は、1回次はマリングロス(日清ファインケミカル)、2回次はアクアラン(BASF JAPAN)、3回次はスーパー生クロレラV12(クロレラ工業)を使用した。マリングロスはワムシ1億個体に対して200mlの割合で投与して5～15時間培養したものを仔魚に給餌した。アクアランは、ワムシ密度に関係なく水槽中に100g投与して12時間培養した後、さらに50g投与して12時間培養したものを仔魚に給餌した。スーパー生クロレラV12は、ワムシ1億個体に対して100mlの割合で投与して16～22時間培養したものを仔魚に給餌した。

アルテミアの栄養強化処理は0.2～0.5klアルテミアふ化水槽(SBF-200～500、アース)を使用し、アルテミアの収容密度は100～150個体/mlとした。栄養強化剤は、1回次はマリングロス、2回次と3回次はアクアランを使用した。そして、ふ化後約30時間経過したアルテミア幼生に対して、マリングロスは海水1kl当たり40ml、アクアランは海水1kl当たり300g投与して15～24時間培養したものを仔稚魚に給餌した。

照明 飼育水槽の水面から約30cmの高さの場所に37W白色蛍光灯2本、水面から約3mの飼育棟内天井全体にも同様の蛍光灯を計24本設置した。飼育水槽の電照時間は8時から22時までとした。朝の点灯に際しては、まず天井の蛍光灯を点灯し、1時間後に水面上

30 cm の蛍光灯を点灯した。夜の消灯は逆の順序で水面上 30 cm の蛍光灯を消した後、10 分経過後に天井の蛍光灯を消した。なお、飼育棟の窓は 9 時から 17 時までは雨戸を開けたため、この時間帯は外部からの自然光が棟内に差し込んできたが、飼育水槽内への直射はなかった。点灯時の水面照度は水槽の位置や天候により異なったが、約 500 ~ 2,500 lx の間であった。また、日齢 30 頃から取り上げまでは、飼育水槽への電照時間を 8 時から 17 時までとした。

換水率 飼育には、砂濾過後、紫外線殺菌装置 (UV 850, 荏原インフィルコ) で処理した海水を使用した。換水は卵収容直後から開始し、給餌開始前の日齢 2 までは換水率を 4 回転/日とした。小型ワムシ給餌期間中の日齢 3 ~ 7 では 8 時から 22 時まで止水とし、22 時から翌 8 時までには水槽内に残ったワムシを排出するため 5 回転/日とした。日齢 8 以降は終日同じ換水率とし、当初は 1.5 回転/日とした。その後は取り上げまでの間、仔稚魚の成長とともに換水率は最大 10 回転/日まで高めた。排水は外径 30 mm の塩化ビニル製パイプで作製したサイフォンで行い、排水口にはメッシュネット (ϕ 20 cm × 高さ 50 cm) を被せて仔稚魚の吸い込みを防いだ。メッシュネットの目合いは、卵収容直後は 297 μ m としたが、アルテミア給餌開始後は 493 μ m、配合飼料給餌開始後は 784 μ m、日齢 40 前後からは 1,000 μ m とした。なお、メッシュネットは目詰まりを防ぐために毎日水道水で洗浄した。

通気 飼育水槽中央の底面に、角型エアストーン (KA-20 R, 三井研削砥石) を 1 本設置した。卵収容からふ化完了までは通気量を約 400 ~ 600 ml/分に設定し、ふ化後は約 150 ~ 300 ml/分まで減らした。アルテミアを給餌開始する日齢 13 ~ 14 前後には約 400 ~ 600 ml/分として、その後は取り上げまで成長とともに約 1,000 ml/分まで増やした。なお、通気量の測定方法は岩谷²⁰⁾にしたがって 1 l メスシリンダーを用いた水中置換法で行った。エアストーンは目詰まりを防ぐために、1 ~ 4 日に 1 回の割合で高圧洗浄機 (SJM-410BA, シンショー) で洗浄した。

掃除 水槽表面の油膜除去は、ふ化直後から日齢 30 前後までの間は新聞紙を静かに水面に置き、新聞紙が油膜を含んだ海水を吸収し始めた頃に端の一方から静かに持ち上げるによって行った。新聞紙は 1/4 の大きさに切断したもの (400 mm × 270 mm) を、1 日 1 水槽当たり 30 ~ 80 枚程度使用した。その後、取り上げまでは、250 μ m メッシュネットで作製した柄付き網を使って 1 日数回水面の油膜を除去した。

水槽底面の掃除は日齢 10 前後から開始し、2 ~ 5 日毎に行った。日齢 20 頃からは、取り上げまでほぼ毎日行った。

取り上げ 日齢 50 前後に、生残している稚魚は水槽毎にすべて取り上げて計数した。また、飼育回次毎に、約

100 個体の稚魚を無作為に抽出して約 300 ppm の 2-フェノキシエタノール (関東化学) で麻酔をした後、全長を測定するとともに形態異常の有無を調べた。さらに、軟 X 線発生装置 (SRO-505, ソフロン) で開鰓の有無を確認した。なお、2 回次と 3 回次では取り上げ時の日齢が異なっていたが、予備的な測定によりロット間で全長や形態異常率に差が認められなかったため、ロット毎の測定と形態異常の判定は行わなかった。

成長、開鰓、摂餌 仔稚魚の観察は、各飼育回次のロット別に、ふ化直後から取り上げまで 1 ~ 10 日毎に飼育水槽から毎回 10 ~ 30 尾程度採集して 2 l 容柄付きビーカーに収容した中に、*P*-アミノ安息香酸エチル (和光純薬) 40 g を 99.5 % エタノール (昭和化学) 1 l で溶かした溶液を数滴滴下して麻酔した後に行った。そして、実体顕微鏡 (SMZ, ニコン) に取り付けられた接眼マイクロメーターで全長を測定するとともに、開鰓や摂餌状況について観察した。また、日齢 3 ~ 12 の仔魚のワムシ摂餌状態については、大野²¹⁾の消化管充満度指数で判定した。ただし、大野²¹⁾では、0 (空) ~ 5 (飽食) の 6 段階に区分し、「0 ; 内容物無し」、「1 ; 微量入っているが大部分は空」、「2 ; 一部に餌が入っていない部分が存在する」、「3 ; 全体に入っているが空隙がある」、「4 ; ほぼ充満しているが消化管内壁のしわが残っている」、「5 ; 内壁のしわが無くなるまで充満している」と定義しているが、このうちの段階 5 については、実体顕微鏡下での確認が困難であったため、本実験では 0 ~ 4 の 5 段階で区分した。

1 回次の摂餌開始日である日齢 3 には任意の 1 水槽で、選別した小型ワムシの有効性を確認するために仔魚の摂餌状況を詳細に調べた。すなわち、当日の 16 時に飼育水槽の仔魚を約 100 尾採集して上述した *P*-アミノ安息香酸エチルで麻酔後、5 % 中性ホルマリン溶液で固定した。標本は 3 時間程度固定した後、実体顕微鏡下で 30 尾の全長測定と摂餌の有無を確認し、摂餌が認められた仔魚の割合を求めて摂餌個体率 (%) とした。その後、消化管内のワムシを取り出して計数し、これをワムシ摂餌数とした。また、採集した約 100 尾の仔魚の消化管内から摂餌されたワムシを取り出して、計測可能な個体はすべて生物顕微鏡 (OPTIPHOT, ニコン) を用いて背甲長を 1 μ m 単位で計測した。飼育水槽内のワムシは同日の 15 時に採集して、グラム液 B (和光純薬) で固定後、200 個体の背甲長を同じく生物顕微鏡を用いて 1 μ m 単位で計測した。摂餌されたワムシと飼育水槽内のワムシの背甲長の平均値の差の検定には、背甲長組成が正規分布ではなかったため、Mann-Whitney's *U*-test によって行った。統計ソフトにはエクセル統計 2006 (社会情報サービス) を使用した。

アルテミアの摂餌状態の観察については、給餌開始初日から日齢 20 までは各飼育回次のロット別に、アルテミアを給餌した 2 時間後に仔魚を毎日 20 尾程度取り上

げてP-アミノ安息香酸エチルで麻酔した後、実体顕微鏡下で腸管内のアルテミアの有無を調べ、腸管内のアルテミアとワムシそれぞれの占有率が容積で50%以上占めている餌料を優占種と定義した。

配合飼料の摂餌状態の観察は、各飼育回次別に目視によりほとんどの稚魚が配合飼料給餌直後に水面に集まって活発に摂餌した時点をもって餌付いたものと定義した。

行動 飼育開始から取り上げまでの間、目視により飼育水槽中での仔稚魚の行動や分布を電照中と消灯後の夜間とに分けて観察した。なお、夜間は仔稚魚にストレスを与えないように、赤色セロファン紙を張った懐中電灯を用いて観察した。

結 果

取り上げ 実験結果の概要を表2に示した。各飼育回次の取り上げ尾数は2,685～18,001尾で、生残率は0.67～2.00%、水量1kl（1水槽）当たりの生産尾数は671～2,000尾と算出された。ロット別では、2回次は取り上げ尾数が4,832～5,758尾、生残率が1.61～1.92%、水量1kl当たりの生産尾数が1,611～1,919尾であった。3回次は取り上げ尾数が4,020～8,982尾、生残率が1.34～2.99%、水量1kl当たりの生産尾数が1,340～2,994尾であった。この結果、1回次を除いていずれの飼育事例でも生残率は1%以上で、水量1kl当たりの生産尾数は1,000尾以上であった。最も良い3-1回次では、生残率が2.99%、水量1kl当たりの生産尾数が2,994尾であった。稚魚の形態異常率は13.3～27.8%で、形態異常部位はどの飼育回次でも鰓蓋の一部欠損が圧倒的に多く、全体の約90%以上を占めた。

成長 図1に仔稚魚の平均全長の推移を示した。成長は、水温が高く、生産尾数の少なかった1回次が最も良好であった。逆に、水温が低く生産尾数の多かった3回次が最も成長が遅かった。日齢15までは飼育回次間での成

長速度にほとんど差はみられず、ふ化直後の仔魚の平均全長は1.6mmで、開口して摂餌が開始される日齢3で2.8mm、日齢5で3.3mm、日齢10で5.2mm、日齢15では7.5mmまで成長した。日齢20以降では、飼育回次間による成長速度の差が顕著となった。すなわち、日齢20では平均全長7.4～10.5mm、日齢30～31では15.5～22.5mm、日齢39～43では21.7～37.4mmとなった。取り上げ時の平均全長は1回次が55.9mm（日齢55）、2回次が47.6mm（日齢51～56）、3回次が34.7mm（日齢49～52）であった。

開鰓率 開鰓は日齢6から認められ、開鰓個体の最小全長は3.7mmであった。日齢10の時点で、各飼育回次の開鰓率は0～27%の範囲にあった。日齢20の時点では、1回次は100%であったが、2回次と3回次ではそれぞれ12%と58%であった。一方、実体顕微鏡による観察では、日齢15前後の全長約8mmの無鰓魚では、消化管内に気泡の入っている個体が多くみられた。そして、この時期の仔魚は盛んに通気の泡をついばむ行動が観察された。取り上げ時の開鰓率は1回次が82.6%、2回次が38.1%、3回次が58.3%であった。

摂餌 いずれの飼育回次においても、給餌開始の日齢3から取り上げまでの間、観察したほとんどの仔稚魚で摂餌状態は良好であった。日齢3～7に給餌した小型ワムシに対する仔魚の消化管充満度指数は、日齢3では2.50～3.82でやや飼育回次間や同一回次のロット間で差がみられたが、いずれも日齢7では3.94～4.00となり、差がほとんどみられなくなった。日齢8～12ではいずれの飼育回次でも観察したすべての仔魚が満腹状態を示す消化管充満度指数4.00であった（図2）。

1回次の日齢3に小型ワムシを仔魚に給餌した時の摂餌状況について詳細に調べた結果、仔魚の平均全長（±標準偏差）は2.76±0.05mmで、摂餌個体率は100%、ワムシの平均摂餌個体数（±標準偏差）は13.7±6.4個体であった。一方、仔魚の消化管内および飼育水中のワムシ背甲長組成は図3に示した通りで、消化管内ワムシ

表2. アカハタ種苗生産結果の概要

| 飼育回次 | 収容 | | | | 取り上げ | | | | | | | | |
|-------|-----|-------------|------------|------------|-----------|--------|-----------|------------|------------|-----------------------|--------------|------------|--|
| | 水槽数 | 年月日 | 仔魚数 (尾) | 水量 (kl) | 日齢 (日) | 月日 | 尾数 (尾) | 全長 (mm) | 生残率 (%) | 水量1kl(1水槽) 当たり生産尾数 | 形態異常率 (%) | 開鰓率 (%) | |
| 1回次 | 4 | 1998年 6月11日 | 400,000 | 4 | 55 | 8月 5日 | 2,685 | 55.9±0.9 | 0.67±0.50 | 671±494 | 19.8 | 82.6 | |
| 2-1 | 3 | 1998年 9月7日 | 300,000 | 3 | 56 | 11月 2日 | 4,832 | | 1.61±0.78 | 1,611±778 | | | |
| 2-2 | 3 | 1998年 9月8日 | 300,000 | 3 | 55 | 11月 2日 | 5,758 | | 1.92±0.24 | 1,919±241 | | | |
| 2-3 | 3 | 1988年 9月12日 | 300,000 | 3 | 51 | 11月 2日 | 5,213 | | 1.74±0.59 | 1,738±591 | | | |
| 2回次合計 | 9 | | 900,000 | 9 | | | 15,803 | | | | | | |
| 平均 | | | | | | | | 47.6±3.8 | 1.76±0.54 | 1,756±537 | 13.3 | 38.1 | |
| 3-1 | 3 | 1999年10月27日 | 300,000 | 3 | 52 | 12月18日 | 8,982 | | 2.99±2.26 | 2,994±2,561 | | | |
| 3-2 | 3 | 1999年10月28日 | 300,000 | 3 | 51 | 12月18日 | 4,020 | | 1.34±0.49 | 1,340±494 | | | |
| 3-3 | 3 | 1999年10月30日 | 300,000 | 3 | 49 | 12月18日 | 4,999 | | 1.67±0.50 | 1,666±504 | | | |
| 3回次合計 | 3 | | 900,000 | 9 | | | 18,001 | | | | | | |
| 平均 | | | | | | | | 34.7±6.2 | 2.00±1.08 | 2,000±1,186 | 27.8 | 58.3 | |

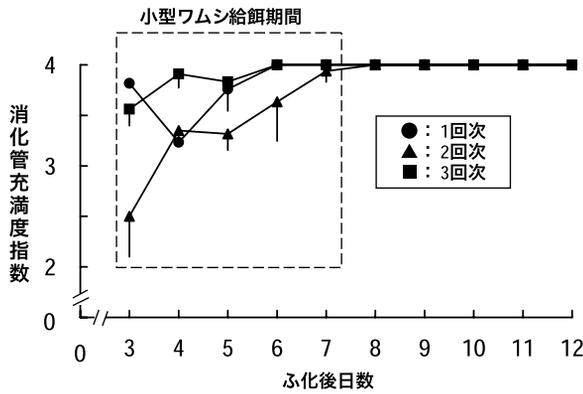


図2. アカハタ仔魚の成長にともなう消化管充満度指数 (平均値±標準偏差) の推移

の平均背甲長 (±標準偏差) は $128 \pm 17 \mu\text{m}$ でモードは $125 \sim 134 \mu\text{m}$ の階級にあった。飼育水中のワムシ背甲長は $134 \pm 13 \mu\text{m}$ でモードは $135 \sim 144 \mu\text{m}$ の階級にあり、両者には有意差が認められた ($p < 0.01$)。

アルテミアの給餌開始初日と翌日について、給餌から2時間経過後の仔魚の摂餌状態を調べた結果、全長 $5.2 \sim 9.7 \text{ mm}$ の仔魚 125 尾のうち、アルテミアの摂餌がみられた仔魚は $5.7 \sim 9.7 \text{ mm}$ の範囲にあり、アルテミアの摂餌がみられなかった仔魚は $5.2 \sim 7.4 \text{ mm}$ であった。仔魚の消化管内に占めるワムシとアルテミアの餌料容積の割合は、全長約 8 mm まではワムシの方が高かったが、 8 mm 以降ではアルテミアの方が高くなった。

配合飼料は日齢 24 ~ 29 から給餌開始したが、最も早い日齢 24 (平均全長約 14 mm) から給餌開始した3回次では、摂餌を確認するまで7日間程度を要した。一方、最も遅い日齢 29 (平均全長約 20 mm) から給餌開始した1回次では給餌開始の翌日から摂餌が認められた。各飼育回次とも完全に餌付いたのは、稚魚の全長が約

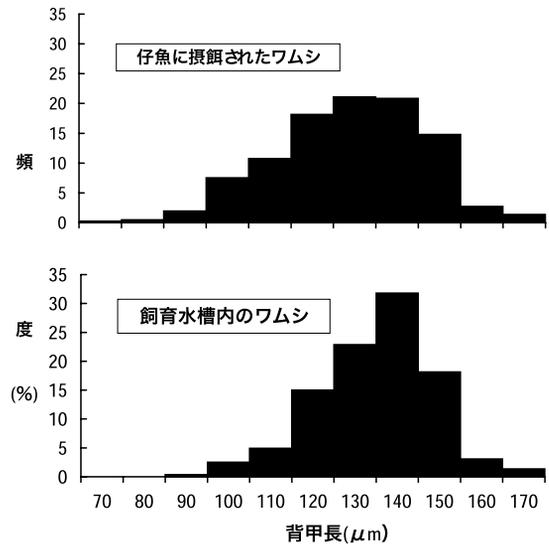


図3. 日齢3 (給餌開始日) のアカハタ仔魚が摂取したワムシと飼育水槽内のワムシの背甲長組成

20 mm 以上に達してからであった。

行動 ふ化直後から取り上げまでの間における水槽内での仔稚魚の行動は、以下の8段階に区分することができた (図4)。

区分1 (ふ化直後から摂餌開始前まで) : 昼夜の区別なく通気による水流で水槽中を浮遊しており、ほぼ水槽全体で均一に分布していた。また、ふ化の翌日からは浮上死亡が頻繁に認められた。

区分2 (摂餌開始から開鰓直前まで) : 電照中の仔魚は水槽の上層付近に分布しており、定位している場合が多かったが、ピペットの先端を近づけると瞬時に逃避した。消灯後の夜間は、通気による水流で仔魚は浮遊しながら水槽全体に分布していた。浮上死亡は昼夜の区別なく頻繁に認められた。

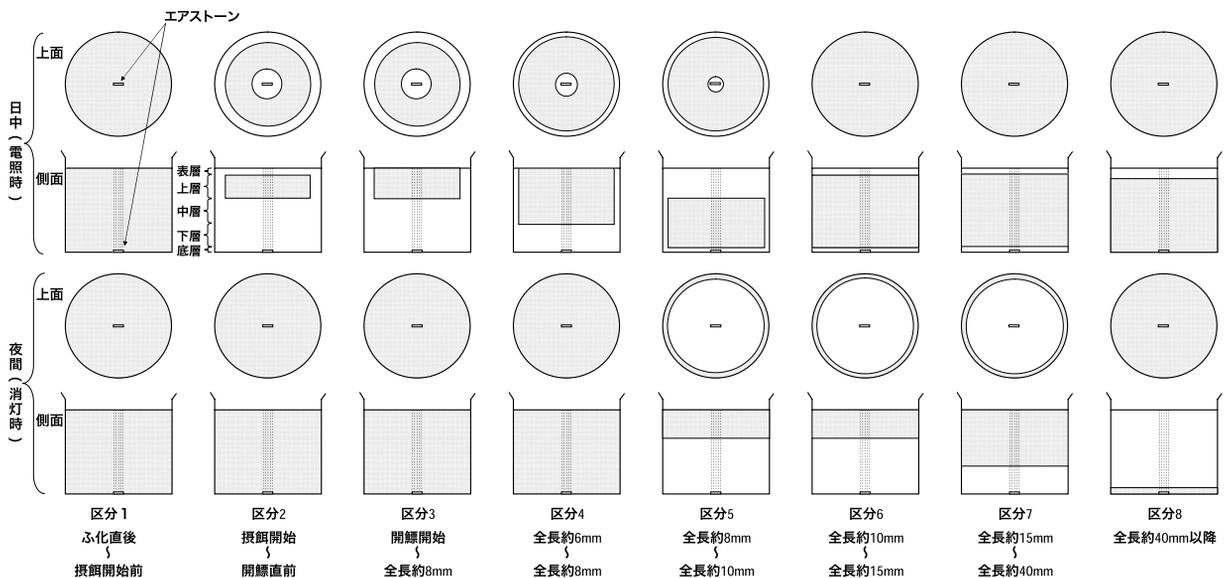


図4. 飼育水槽内におけるアカハタ仔稚魚の成長にともなう昼夜別の分布域 (ドット部分が仔稚魚の主な分布域)

区分3（開鰓開始から全長約6 mm まで）：電照中の仔魚は水面下のごく表層から上層にかけて分布するようになり、特に大型個体は表層に多く分布していた。そのため、油膜除去時には生きていた仔魚が油膜とともに新聞紙に多数吸着された。仔魚は一時的な遊泳行動がみられるようになったが、まだ定位している時間の方が長かった。消灯後の夜間は、通気による水流で仔魚は浮遊しながら水槽全体に分布していた。浮上死亡は昼夜の区別なく頻繁に認められた。

区分4（全長約6 mm から約8 mm まで）：電照中の仔魚は表層から中層付近まで分布するようになった。仔魚は定位しているより遊泳している時間の方が長くなった。消灯後の夜間は、通気による水流で仔魚は浮遊しながら水槽全体に分布していた。この段階から浮上死亡はほとんどみられなくなった。

区分5（全長約8 mm から約10 mm まで）：電照中の仔魚は、分布域を表層～中層から徐々に中層～下層付近に移行した。このため、ナンノクロロプシス海水の濁りによって、仔魚は確認しづらくなった。また、この頃から仔魚は活発に遊泳するようになった。消灯後の夜間は、通気による水流で浮遊しながら水槽全体に分布していた仔魚は、徐々に表層や上層の水槽壁面付近に定位するようになった。

区分6（全長約10 mm から約15 mm まで）：電照中の仔稚魚は徐々に水槽のほぼ全体に分布するようになった。さらに、水槽内を時計回りあるいは反時計回りのいずれかの方向に対して、同じ向きで活発に群泳するようになった。ナンノクロロプシス海水の濁りのために、中層から下層の仔稚魚は確認するのが困難であったが、換水率を徐々に高めているため、ナンノクロロプシス濃度が薄くなると下層の仔稚魚も観察できた。消灯後の夜間は、ほとんどの仔稚魚が表層や上層の水槽壁面付近で定位していた。

区分7（全長約15 mm から全長約40 mm まで）：電照中の稚魚は、水槽全体に均一に分布するようになり、水槽内を同じ方向へ活発に群泳するのが観察された。小型魚は水槽の表層から上層付近に多く分布しており、大型魚は下層付近に多く分布していた。ナンノクロロプシス海水は仔魚の全長が約20 mm に達するまで添加していたが、換水量を高めているため、稚魚の観察は容易になった。消灯後の夜間は、ほとんどの稚魚が表層から中層の水槽壁面付近で定位していた。

区分8（全長約40 mm 以降）：これまで水槽全体で活発に遊泳していた稚魚は徐々に下層付近に移動し、全長約50 mm までにはほとんどの稚魚が水槽の底面に定着した。また、この時期の稚魚では、共食いが頻繁に観察され、大型魚が小型魚を丸呑みする場合と、呑み下すことができず、共倒れとなる場合がみられた。消灯後の夜間は、ほとんどの稚魚が表層から中層の水槽壁面付近に定位していたが、全長約50 mm までには水槽の底面

に定着するようになった。

考 察

東京都小笠原水産センターにおけるアカハタの種苗生産は、1997年までは無選別のS型ワムシを用いて行ってきたが、生産尾数は1991年の1kl水槽3基による約1,000尾（333尾/kl）が最高であった⁴⁾。その後、飼育初期に選別した小型ワムシを用いた1998～99年の種苗生産では、生産尾数が飛躍的に上昇し、671～2,000尾/klの稚魚を生産することができた。本種の初期摂餌に関しては、日齢3～7に使用した小型ワムシの消化管充満度指数が日齢3では平均3.29で、日齢7までに平均3.98まで上昇した。このように、給餌開始日から大野²¹⁾の基準で消化管全体に餌料が入っているとされる消化管充満度指数3以上であったことから、今回の小型ワムシに対する摂餌は良好であったと考えられた。著者らが以前行った飼育水温26℃下で開口当日に平均全長±標準偏差が $178 \pm 25 \mu\text{m}$ （110～220 μm ）の無選別S型ワムシを30～50個体/mlの割合で給餌した場合と仔魚の摂餌を比較すると¹⁶⁾、摂餌個体率は今回も無選別ワムシを給餌した場合でも100%であったものの、摂餌個体数は無選別ワムシを給餌した場合が2.5個体であったのに対して今回は13.7個体であり、大幅な増加がみられた。摂餌開始時のアカハタ仔魚は、胸鰭と膜鰭しか有しておらず遊泳力に乏しいため²²⁾、積極的なワムシの捕食行動は不可能と考えられた。したがって、今回のように小型ワムシを30個体/ml程度に維持することによって、飼育水槽内での小型ワムシの占める割合と密度を高めて、仔魚がワムシに遭遇する機会を増やしたことが本種の初期摂餌改善に有効であったと考えられた。これまで著者らが無選別のS型ワムシを用いて行った本種の種苗生産では、稚魚の生産数は約1,000尾が最高であったことから⁴⁾、今回の成功は小型ワムシの導入が最も大きな要因であったと推察された。キジハタ*E. akaara*²³⁾やヤイトハタ*E. salmonoides*²⁴⁾でも小型種であるS型ワムシタイ株の給餌が生残率の向上と生産尾数の増大に有効であったと報告されている。一方、升間・竹内¹⁵⁾は開口当日のスジアラ仔魚にS型ワムシとS型ワムシタイ株を同時に給餌した結果、摂餌選択性はワムシの種類ではなく、大きさに起因すると報告している。さらにヤイトハタでは、飼育水中でS型ワムシの密度を日齢14までは10～20個体/ml以上と高くして小型ワムシの割合を増やした方法でも大量生産に成功している²⁵⁾。今回、初期餌料には選別したS型ワムシの小型個体を使用した。小型のワムシであれば株を問わずハタ類の初期餌料として有効であることが示唆された。一般に、複数のワムシ株を培養する場合、株間の混入防止などの労力を伴う。また、通常のS型ワムシのみを用いる場合でも、ハタ類の種苗生産にはワムシのなかでも小型個体が

利用されているために大量培養の必要がある。このため、ハタ類の種苗生産現場では、ワムシの状態や準備できる労働力、予算に応じた最良の方法を選ぶべきであろう。ところで、開口当日にアカハタ仔魚が摂餌した小型ワムシの背甲長は、飼育水槽中のワムシのそれよりも有意に小さかった。したがって、開口直後のアカハタ仔魚は、給餌されたワムシのサイズ組成に応じて、より小さなワムシを好んで摂餌していることが判明した。

小型ワムシから通常の無選別 S 型ワムシへの転換時期となった日齢 8 では、開鰓開始時期と一致した。仔魚の全長は約 4.3 mm で、水面下のごく表層付近に多く分布するようになった。マダイ *Pagrus major* では、仔魚の水面における空気呑み込みが鰓の開腔に必須であることが知られており²⁶⁾、本種の表層付近での分布も開鰓との関連性が示唆された。クエ *E. bruneus* とヒトミハタ *E. tauvina* では、水表面の油膜は開鰓を妨げることが報告されており^{27, 28)}、そのため本実験ではいずれの飼育回次でも水槽表面の油膜除去を頻繁に行ったが、日齢 10 での開鰓率は 0 ~ 27 % で低かった。取り上げ時の開鰓率も 38.1 ~ 82.6 % で安定していなかった。著者らは、これまで今回のような 1 kl 水槽を用いた種苗生産では、水面の油膜を新聞紙や更紙で吸着させて除去する方法により、マダイ*³⁾、シマアジ *Pseudocaranx dentex**⁴⁾、カンパチ *S. dumerili**⁵⁾、ヒレナガカンパチ *S. rivoliana**⁶⁾、イシガキダイ *Oplegnathus punctatus*²⁹⁾ のいずれの魚種についても、ふ化後 10 日以内にほぼ 100 % の開鰓率を得ている。したがって、これらの魚種と比較して本種は開鰓しづらいことが伺えた。今回の油膜除去方法では油膜を除去しても、数分後には再び油膜が形成されてしまうため、本種の開鰓促進のためには、今後は LIM²⁸⁾ や塩澤ら³⁰⁾ が大型水槽で用いたように、終日水面に空気を吹き付けることによって、連続的に油膜を濃縮させて除去し、常に水面には油膜を形成させないような方法の必要性も示唆された。ハタ類の開鰓に関する報告は少ないが、油膜除去を行った場合と行わなかった場合の開鰓率は、クエでは日齢 9 でそれぞれ 53 % と 0 %²⁷⁾、ヒトミハタでは日齢 7 でそれぞれ 80 ~ 90 % と 40 % で²⁸⁾、いずれも油膜除去が開鰓促進に有効であることが報告されている。一方、マハタ *E. septemfasciatus* ではフィードオイルによって人為的に油膜を形成させたままでも、日齢 10 での開鰓率が 94 % を得ている事例も報告されている³¹⁾。開鰓の有無は、その後の正常な発育を左右する重要な指標であり、マダイ³²⁾ やクロダイ *Acanthopagrus schlegelii*³³⁾、スズキ *Lateolabrax japonicus*³⁴⁾ では未開鰓のまま成長すると脊椎骨湾曲の原因となることが報告されているので、本種でも開鰓促進を目指した早急な研究が必要である。また、今回いずれも日齢 10 以降に開鰓率が上昇したが、この開鰓率の上昇が、新たに開鰓魚が増えたこと

によるのか、あるいは無鰓魚が死亡したことによるのかの確認はできなかった。検鏡では、全長 8 mm 頃の無開鰓魚の消化管には空気の泡が入っている個体を多く確認でき、水槽での目視観察では、盛んに通気の細かい泡をついばむ様子も観察できた。照屋²⁷⁾ は、クエで日齢 55 以降で新たに開鰓した個体のあることを報告しており、本種の開鰓機序については、今後さらに注意深く観察する必要がある。

ふ化翌日から全長 6 mm 前後となる日齢 12 位までは頻繁に浮上死亡がみられた。今回、ふ化からの生残率の推移を調べていないため、浮上死亡による減耗率は明らかにできなかったが、目視観察では仔魚の全長が約 6 mm に達するまでは、浮上死亡による減耗が非常に大きかった。浮上死亡の機序はキジハタで詳しく報告されており¹⁷⁾、何らかの物理的な刺激により体表から多量に粘液が分泌された仔魚が水面に達すると、体表の粘液と表面張力による相互作用によって仔魚が水面に付着して死亡に至ると報告されている。そして、水表面の油膜形成は表面張力を消していると考えられ、ハタ類の種苗生産では浮上死亡防止のために人為的に油膜を形成させた試みも行われている³⁵⁾。しかしながら、クエやヒトミハタでは水表面の油膜は開鰓を妨げることが報告されており^{27, 28)}、著者らも油膜形成は開鰓阻害を引き起こすと考えたため、本実験では新聞紙による油膜除去を頻繁に行ったが、それが浮上死亡をさらに増大させる原因となった。それでも、今回取り上げ時までに多数の稚魚を残すことができたのは、浮上死亡による初期減耗を想定して仔魚の収容密度を高くしたことが功を奏したものと考えられた。他所の成功事例では、仔魚の収容密度はキジハタが 2,667 ~ 6,667 尾/kl²³⁾、ヤイトハタが 7,680 ~ 29,886 尾/kl³⁶⁻³⁸⁾、マハタが 2,000 ~ 3,400 尾/kl³⁹⁾、クエが 3,000 ~ 5,500 尾/kl⁴⁰⁾ で、著者らの収容密度はこれらの報告より 3 ~ 50 倍程度高かった。

全長 6 mm 前後となる日齢 12 以降の仔魚では、電照中は中層付近に分布するようになり、アルテミアも摂餌できるようになったが、この時期の仔魚はまだ積極的な遊泳能力を有していないことから²²⁾、餌料はワムシが主体であると考えられた。全長約 8 mm となる日齢 15 頃からは、電照中の仔魚は中層から下層付近にかけて分布するようになり、活発な遊泳行動が開始された。このために捕食能力も高まり²²⁾、摂餌の主体がアルテミアに変わったものと考えられた。したがって、遅くとも全長 8 mm からはアルテミアを本格的に給餌することが望ましいと考えられた。アルテミアの給餌時期について、ヤイトハタでは仔魚の全長が 6.5 ~ 7.0 mm から給餌した場合は、全長 10 mm 前後から給餌開始した場合より死亡数が少ないことが報告されている²⁴⁾。一方、早期にアルテミアを給餌すると成長差を拡大してしまうことか

*3-6 川辺・木村、未発表データ

ら、平均全長 7mm が給餌開始に適しているとの報告もある²⁵⁾。本種のアルテミア給餌時期や給餌量に関してはまだ不明な点が多いので、今後詳細に検討する必要がある。

本種は配合飼料への餌付きは遅く、完全に餌付いたのは全長 20 mm 以降であった。中村ら²⁵⁾はヤイトハタの種苗生産で、配合飼料を平均全長 5 mm で給餌しており、給餌開始から 1 週間後には、わずかながら摂餌が認められたことから、この時期からの給餌開始が望ましいと報告している。本種では配合飼料に餌付くまではアルテミア主体の給餌になってしまうが、アルテミア耐久卵の供給は生産地の天候に左右されやすく、価格の高騰は種苗の生産原価に大きな影響を与える⁴¹⁾。このため、近年はアルテミアの給餌を早めに切り上げて、冷凍魚卵や冷凍コペポダ等の天然餌料を使用する例が増えている⁴¹⁾。著者らは²⁹⁾、イシガキダイの種苗生産で、冷凍コペポダがアルテミアの代替餌料として有効であることを確認している。本種でもなるべく早い時期に配合飼料に餌付かせられるような技術の開発をするとともに、冷凍魚卵や冷凍コペポダの使用も視野に入れる必要がある。

種苗生産中の仔稚魚は、水槽内では成長に応じて電照中と消灯中でそれぞれ分布域が異なっていた。そして、全長 8 ~ 20 mm までの期間中は仔稚魚の観察や底掃除などの飼育管理が最も難しい時期であることが判明した。まず、電照中の仔稚魚は分布域が下層まで及んでいるため、ナンノクロプシスが添加された水槽中では肉眼での観察やサンプリングが困難であるとともに、底掃除の際にはサイフォンで仔魚を吸い出してしまう危険性を伴う。そのため、著者らはナンノクロプシスが排出され、仔稚魚が表~上層へ移動してくる夜間消灯後に赤色懐中電灯を用いて底掃除を行った。このように、本種では仔稚魚の成長にともなって変化する分布域に合わせた飼育管理も必要であることが、今回の実験で明らかとなった。

全長 40 ~ 50 mm まで成長したアカハタ稚魚は、ほとんどが水槽の底面に着底した。この時期は、鱗の形状が成魚とほぼ同じになり、軟条の分節、分枝も完了するとともに体表の全域が鱗で覆われるなど、より成魚の体型に近づくとともに物理的衝撃に対する耐性も備わっている²²⁾。一方、この時期には共食いが頻繁にみられるので、これによる減耗防止のためにも、全長 40 ~ 50 mm が取り上げや選別に適していると考えられた。本種が着底生活に移行する全長は、ヤイトハタ 44 mm⁴²⁾、ヒトミハタ 30 mm⁴³⁾、カンモンハタ *E. merra* 32mm⁴⁴⁾、マハタ 30.8 mm⁴⁵⁾、キジハタ 30 mm⁴⁶⁾、マダラハタ *E. polyphkadion* 26.5 mm⁴⁷⁾、スジアラ *Plectropomus leopardus* 35 mm⁴⁸⁾ などと比較して大きく、そのため取り上げ時期も遅くなるので、種苗生産を行う上ではより高度な飼育技術の開

発が求められる。

これまで述べてきたように、著者らは今回、飼育初期に S 型ワムシを選別した小型ワムシを給餌したことや、本種油膜除去に起因する大きな減耗に対して生産尾数の増加を優先に考え、仔魚の収容密度を高くして減耗に対処した。その結果、水量 1 kl 当たりの生産尾数は平均 1,476 尾で、最高事例では 2,994 尾の生産をすることができた。実際の生産現場では生残率よりも生産尾数が優先されるので、今回の飼育方法により、種苗量産に関しての目的は達成できたと考える。しかしながら、浮上死亡による大量減耗のために生残率は低く、良い事例でも 3-1 回次の約 3 % であり、ハタ類で大量生産に成功したキジハタの 34 %²³⁾ やヤイトハタの 28 %³⁷⁾、マハタの 26 %³⁹⁾、クエの 25 %⁴⁰⁾ などと比較すると低水準である。さらにハタ類の種苗生産では、初期減耗防止のための通気方法やワムシ給餌密度、給餌開始時期、日長条件の改善、多孔質物質による飼育水の水質変化の抑制など、新しい知見が報告されている^{40,49-53)}。このように、本種の種苗生産技術はまだ他のハタ類と比較して遅れているため、今後はこれらの報告を参考にしながら、初期減耗対策を講じて生残率を高める研究とともに、開鰓促進を目指した研究も併せて行っていきたい。

一方、今回の飼育方法を用いた地元小笠原島漁業協同組合でのアカハタ種苗生産においては、50 kl 水槽を使用して全長 50 mm サイズの稚魚を 2003 年には 6 万尾、2006 年には 12 万尾の生産に成功した*7。したがって、事業規模の大型水槽でも本報告の飼育方法は有効であることが判明した。

謝 辞

本論文をとりまとめるにあたり、貴重な助言と本稿の校閲を賜った東京都島しょ農林水産総合センターの加藤憲司主任研究員と英文要旨の校閲を賜った東京海洋大学集団生物学研究室の Carlos Augusto Strüssmann 准教授にお礼申し上げます。東京都小笠原水産センター漁業調査指導船「興洋」の五ノ井市朗船長他乗組員 8 名の方々にはアカハタ親魚の確保にご協力をいただき、同センター東城輝明、町田典子、鈴木直子の各職員には飼育管理に際して協力していただいた。これらの方々にも深謝する。

文 献

- 1) 松原喜代松 (1971) 形態と検索, マハタ属, 魚類の形態と検索 I, 石崎書店, 東京, pp.624-630.
- 2) 加藤憲司 (2005) アカハタ. 「東京おさかな図鑑—メダカからクジラまで—」(加藤憲司・安藤和人編), 東京都水産試験場, 東京, pp.76-77.

*7 小笠原島漁業協同組合養殖事業部新島信行係長, 私信

- 3) 東京都水産試験場 (1984) 南方海域諸島種苗生産基地化基礎技術開発研究報告書. 東京都水産試験場調査研究要報, **179**, 27pp.
- 4) 東京都水産試験場 (1993) アカハタ種苗生産試験. 平成3年度東京都水産試験場事業報告, 159.
- 5) 狭間弘学 (1991) アカハタ種苗生産試験. 和歌山県水産増殖試験場報告, **22**, 1-3.
- 6) 狭間弘学 (1992) アカハタ種苗生産試験. 和歌山県水産増殖試験場報告, **23**, 1-3.
- 7) 狭間弘学 (1993) ハタ類種苗生産試験. 和歌山県水産増殖試験場報告, **24**, 1-3.
- 8) 狭間弘学 (1993) アカハタ種苗生産試験. 和歌山県水産増殖試験場報告, **25**, 1-3.
- 9) 狭間弘学 (1994) アカハタ種苗生産試験. 和歌山県水産増殖試験場報告, **26**, 1-3.
- 10) 杉本昌彦 (1990) 種苗生産技術開発試験 (アカハタ). 昭和63年度高知県水産試験場事業報告書, 1-6.
- 11) 岡村雄吾 (1991) 種苗生産技術開発試験 (アカハタ). 平成元年度高知県水産試験場事業報告書, 1-8.
- 12) 岡村雄吾 (1992) 種苗生産技術開発試験 (アカハタ). 平成2年度高知県水産試験場事業報告書, 1-8.
- 13) 岡村雄吾 (1993) 種苗生産技術開発試験 (アカハタ). 平成3年度高知県水産試験場事業報告書, 325-329.
- 14) 岡村雄吾 (1994) 種苗生産技術開発試験 (アカハタ). 平成4年度高知県水産試験場事業報告書, 429-434.
- 15) 升間主計・竹内宏行 (2001) スジアラ仔魚の3タイプのワムシに対する摂餌選択性. 栽培技研, **28**, 69-72.
- 16) 川辺勝俊 (1999) アカハタ仔魚の初期餌料としてのいわゆるS型ワムシの有効性. 水産増殖, **47**, 403-408.
- 17) YAMAOKA, K., T. NAMBU, M. MIYAGAWA, T. ISSHIKI and A. KUSAKA (2000) Water surface tension-related deaths in prelarval red-spotted grouper. *Aquaculture*, **189**, 165-176.
- 18) 川辺勝俊・加藤憲司・木村ジョンソン (2000) 小笠原諸島父島におけるアカハタ養成魚からの周年産卵. 水産増殖, **48**, 467-473.
- 19) 川辺勝俊 (2005) アカハタ卵の発生過程とふ化におよぼす水温の影響. 水産増殖, **53**, 333-342.
- 20) 岩谷芳自 (1999) キジハタのふ化およびふ化仔魚に与える通気の影響. 栽培技研, **27**, 59-61.
- 21) 大野 淳 (1992) マダイの粗放的種苗生産に関する研究. 特別研究報告, **2**, 日本栽培漁業協会, 東京, pp.16.
- 22) 川辺勝俊 (2000) アカハタ仔稚魚の鱗と鱗の発達. 水産増殖, **48**, 39-46.
- 23) 福永恭平・野上欣也・吉田儀弘・浜崎活幸・丸山敬悟 (1990) 日本栽培漁業協会・玉野事業場における最近のキジハタ種苗生産の増大と問題点について. 栽培技研, **19**, 33-40.
- 24) 金城清昭・中村博幸・大嶋洋行・仲本光男 (1999) ヤイトハタ種苗生産におけるタイ産ワムシとアルテミア幼生の給餌効果の検討 (海産魚類増養殖試験). 平成9年度沖縄県水産試験場事業報告書, 149-154.
- 25) 中村博幸・大嶋洋行・仲盛 淳・仲本光男 (2000) 1998年度ヤイトハタ種苗生産. 平成10年度沖縄県水産試験場事業報告書, 152-155.
- 26) 北島 力・塚島康生・藤田矢郎・渡辺 武・米 康夫 (1981) マダイ仔魚の空気呑み込みと鰾の開腔および脊柱前彎症との関連. 日水誌, **47**, 1289-1294.
- 27) 照屋和久 (2003) クエの量産飼育試験. 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, 290-291.
- 28) LIM, L. C. (1993) Laviculture of the greasy grouper *Epinephelus tauvina* F. and the brown-marbled grouper *E. fuscoguttatus* F. in Singapore. *J. World Aquacult. Soc.*, **24**, 262-274.
- 29) 川辺勝俊・木村ジョンソン (2006) 小笠原諸島父島におけるイシガキダイの種苗生産. 水産増殖, **54**, 481-488.
- 30) 塩澤 聡・竹内宏行・廣川 潤 (2003) カンパチ種苗生産方法の改良. 栽培技研, **31**, 11-18.
- 31) 土橋靖史・栗山 功・黒宮香美・柏木正章・吉岡基 (2003) マハタの種苗生産過程における仔魚の活力とその生残に及ぼす水温, 照明およびフィードオイルの影響. 水産増殖, **51**, 49-54.
- 32) 北島 力・岩本 浩・藤田矢郎 (1977) 人工採苗マダイによる鰾の未発達と脊柱屈曲の関係. 長崎水試研報, **3**, 23-32.
- 33) 北島 力 (1979) クロダイ人工種苗の鰾の異常および脊柱屈曲症について. 長崎水試研報, **5**, 27-32.
- 34) 林田豪介・塚島康生・松清恵一・北島 力 (1984) 人工採苗スズキの鰾異常と脊柱前彎症の関連. 長崎水試研報, **10**, 35-40.
- 35) 狭間弘学 (1999) クエ稚魚の量産技術の開発. アクアネット, **11**, 48-51.
- 36) 多和田真周・仲盛 淳・勝俣亜生・仲本光男・柏瀬純司 (2003) ヤイトハタ種苗生産. 平成13年度沖縄県水産試験場事業報告書, 151-153.
- 37) 多和田真周・仲盛 淳・狩俣洋文・仲本光男・道清勇介 (2004) 2002年度ヤイトハタ種苗生産. 平成14年度沖縄県水産試験場事業報告書, 163-165.
- 38) 仲盛 淳・狩俣洋文・仲本光男・呉屋秀夫・大浜幸司 (2005) ヤイトハタ種苗生産事業. 平成15年度沖縄県水産試験場事業報告書, 169-172.
- 39) 照屋和久 (2005) マハタ種苗の安定生産に成功. 豊かな海, **5**, 32-34.
- 40) 照屋和久・與世田兼三 (2006) クエ仔魚の成長と生残に適した初期飼育条件と大量種苗量産試験. 水産増殖, **54**, 187-194.

- 41) 浅田雅弘 (2001) アルテミア耐久卵の需給動向. アクアネット, **42**, 40-43.
- 42) 濱本俊策・真鍋三郎・春日 公・野坂克巳 (1986) ヤイトハタ *Epinephelus salmonoides* (Lacépède) の水槽内採卵と生活史. 栽培技研, **15**, 213-218.
- 43) HUSSAIN, N. A. and M. HIGUCHI (1980) Larval rearing and development of the brown spotted grouper, *Epinephelus tauvina* (Forskål). *Aquaculture*, **19**, 339-350.
- 44) 佐崎 順・照屋和久・上野信平 (1999) カンモンハタの卵内発生と仔稚魚期の形態変化. 東海大学海洋研究所研究報告, **20**, 147-155.
- 45) 北島 力・高屋雅生・塚島康生・荒川敏久 (1991) マハタの卵内発生および飼育による仔稚魚の形態変化. 魚類学雑誌, **38**, 47-55.
- 46) FUKUHARA, O. and T. FUSHIMI (1988) Fin differentiation and squamation of artificially reared grouper, *Epinephelus akaara*. *Aquaculture*, **69**, 379-386.
- 47) 多和田真周 (1989) マダラハタの卵内発生と仔稚魚の形態変化. 水産増殖, **37**, 99-103.
- 48) MASUMA, S., N. TEZUKA, and K. TERUYA (1993) : Embryonic and morphological development of larval and juvenile coraltrout, *Plectromus leopardus*. *Japan. J. Ichthyol.*, **40**, 333-342.
- 49) 與世田兼三・浅見公雄・福本麻衣子・高井良幸・黒川優子・川合真一郎 (2003) サイズの異なる2タイプのワムシがスジアラ仔魚の初期摂餌と初期生残に及ぼす影響. 水産増殖, **51**, 101-108.
- 50) 與世田兼三・團 重樹・藤井あや・黒川優子・川合真一郎 (2003) 異なった日周条件がスジアラ仔魚の初期摂餌, 初期生残および消化酵素活性に及ぼす影響. 水産増殖, **51**, 179-188.
- 51) 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. 日水誌, **72**, 702-709.
- 52) 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.
- 53) YOSEDA, K., S. DAN, T. SUGAYA, K. YOKOGI, M. TANAKA and S. TAWADA (2006) Effect of temperature and delayed initial feeding on the growth of malabar grouper (*Epinephelus malabaricus*) larvae. *Aquaculture*, **256**, 192-200.

アカアマダイ人工種苗の巣穴形成に及ぼす標識の影響

町田雅春*¹・竹内宏行*¹・中川 亨*¹・渡辺 税*¹・升間主計*¹Effects of tagging on burrowing of marked and unmarked hatchery-reared red tilefish, *Branchiostegus japonicus*Masaharu MACHIDA, Hiroyuki TAKEUCHI, Toru NAKAGAWA,
Mitsugi WATANABE, and Shukei MASUMA

We observed the burrowing of hatchery-reared red tilefish (85-145 mm in Total length) unmarked or marked by anchor-type plastic tags with a spaghetti-form, pelvic-fin-clipping, or ventral-fin-clipping in a tank with mud on the bottom, and the influence of the tags on their burrowing. Fish were observed digging by mouth regardless of marking. Burrowing occurrence was 44 % (4/9 ind.) in the pelvic-fin-clipping treatment, 33 % (3/9 ind.) in the ventral-fin-clipping method, and 44 % (4/9 ind.) in the unmarked treatment, but 0 % (0/9 ind.) in the anchor-type plastic tagging method, indicating that the anchor-type plastic tag hinders the burrowing of red tilefish.

2007年7月17日受理

アカアマダイ (*Branchiostegus japonicus*) は東シナ海を中心として分布し、我が国における北限は、日本海側が青森県、太平洋側が本州中部であり、南限はフィリピンおよびベトナム南部沿岸である¹⁾。本種は水深60～200 mの砂質泥または泥質砂の海底に巣穴を形成し²⁾、巣穴を中心にして、体長に相応した強い縄張りを持つことが水槽実験を基に推測されている¹⁾。

アカアマダイは関西では「グジ」と呼ばれ高級魚として珍重され、魚価は2,000～3,000円/kgと比較的高値を維持しており、各地でブランド化の動きもみられている。しかし、本種の京都府における漁獲量は、1980年には86tであったが、1999年には48tとなり減少傾向を示していることから*²、アカアマダイはマダイやヒラメに続く新たな栽培漁業の対象種³⁾として、漁業者からの要望が高くなり、1998年以降には宮津栽培漁業センター（以下、当センター）⁴⁾、長崎県、山口県⁵⁾、島根県および京都府⁶⁾で放流試験が実施されている。

当センターでは2003年に種苗生産した平均全長116 mmのアカアマダイに外部標識の一つであるスパゲ

ティ型タグを付け、宮津湾奥部水深1 mの砂泥域に放流したが、放流後の再捕例は極めて少ない⁷⁾。放流後の生態調査では、コチ (*Platycephalus indicus*) やヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) による捕食が確認されており⁸⁾、捕食が本種の放流後の生残に影響することが示唆されている。

アカアマダイ人工種苗は、全長約75 mmからトンネル状の巣穴を形成することが認められており、本藤ら⁹⁾は写真撮影のために接近した際に魚が巣穴に逃げ込む行動を示すことから、この行動により捕食者からの追撃を避けている可能性を示唆している。このことから、放流されたアカアマダイ人工種苗の巣穴形成の成否や形成までに要する日数は、放流後の種苗の生残に深く関係すると考えられる。さらに、スパゲティ型タグや鱗切除*³⁾による標識は、放流したアカアマダイの巣穴形成の行動に影響を与えると考えられ、本種の巣穴形成に及ぼす標識の影響を明らかにすることは、放流技術を開発する上で極めて重要である。そこで、本研究では、これまでアカアマダイの放流試験に使用されてきたスパゲティ型タ

*¹ 独立行政法人水産総合研究センター宮津栽培漁業センター 〒626-0052 京都府宮津市小田宿野1721

(Miyazu Station, National Center for Stock Enhancement, FRA, 1721, Odashukuno, Miyazu, Kyoto 626-0052, Japan)

*² 京都府立海洋センター (2000) 丹後海のアカアマダイ, 京都府季報, 69号, 1-11.*³ 長崎県総合水産試験場 (2006) 平成17年度アカアマダイ栽培漁業技術開発検討会資料

グと鰭切除標識を用いて、全長 85 ~ 145 mm の種苗を水槽内で飼育し、標識装着がアカアマダイ人工種苗の巣穴形成に与える影響を調査した。

材料と方法

本試験に用いたアカアマダイ人工種苗の大きさと試験区の概要を表 1 に示した。

供試魚と標識 2005 年 10 月 16 日にふ化した人工種苗を試験に用い、フィラメント長が 17 mm チューブ長 14 mm のスパゲティ型タグ（ホールプリント社製）を装着した区（以下、スパゲティ型タグ区）、右胸鰭を切除した区（以下、胸鰭切除区）、右腹鰭を切除した区（以下、腹鰭切除区）の 3 種類の標識を施した区と無標識区 1 区の計 4 区を設定した。標識を装着した稚魚は、砂泥を敷いてない 0.3 kℓ FRP 水槽 1 面で飼育し、順次試験に供試した。なお、スパゲティ型タグは、背鰭前端よりやや後方の背鰭担鰭骨の位置に装着した（図 1）。胸鰭および腹鰭切除には鉗を用い、右側の鰭の基部から切除して標識とした。

表 1. 標識装着アカアマダイの巣穴形成行動の実験概要

| 試験区 | 供試魚 | | 水槽 | | 換水率 (回転/日) | 総実験期間 (年月日) |
|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|---------------|----------------|
| | 尾数 (尾) | 平均全長 (mm) ±標準偏差 | 水量 (ℓ) | 底面積 (㎡) | | |
| スパゲティ型タグ区 | 9 | 103.3±14.1 | 140 | 0.4 | 112 | 平成18.5.29-7.14 |
| 胸鰭切除区 | 9 | 108.9±12.6 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 腹鰭切除区 | 9 | 104.2±16.2 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 |
| 無標識区 | 9 | 108.3±20.0 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 |

試験水槽 試験には、透明のポリカーボネイト製ふ化器（実容量 140 ℓ，底面積 0.4 ㎡）4 個を用いた。水槽の底面には、当センター近くの栗田湾の水深 18 m から採取した砂泥（シルト・粘土の比率約 60 %）を最深部の深さが 14 cm になるように敷き、水深は 33 cm とした。各試験開始時の砂泥層を一定にするため、試験終了毎に水槽内の飼育水を抜き取り、砂泥をスコップで攪拌した後に海水を満たし、海水中の砂泥が沈殿するのを確認後、次の試験を開始した。

飼育方法 飼育水は、自然水温の砂ろ過海水を用い、供試魚の掘削行動による飼育水の濁りを速やかに排出するため、注水量を 172 ℓ / 時（換水率 112 回転 / 日）に調整した。通気および遮光は行わず、飼育水温は朝 9 時に、水槽上部の照度を照度計（T-10Ws, MINOLTA 製）で 12 時に測定し記録した。餌には配合飼料（おとひめ EP3 号、日清丸紅飼料製）を用い、1 日 2 回給餌した。

試験方法 全長を測定した供試魚を各水槽に 1 尾ずつ収容し、翌日（1 日目）の午前 7 時から 1 ~ 2 時間毎に午後 5 時まで、アカアマダイの行動および巣穴形成過程や巣穴の有無を 4 日目まで観察した。巣穴の形成過程に見られる構造状況により以下の 4 タイプに区分した。すなわち、すり鉢状に掘られ窪み状になったもの（以下、窪み）、溝状に掘られたもの（以下、溝）、トンネル状に穴

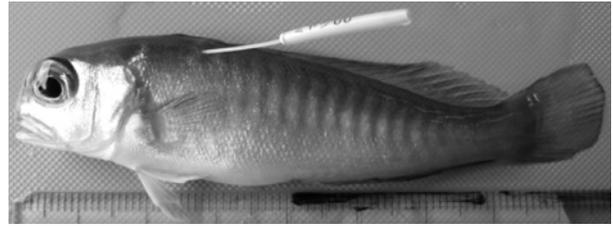


図 1. スパゲティ型タグの装着部位

を形成したが未貫通のもの（以下、穴）およびトンネル状に貫通したもの（以下、巣穴）である。供試魚は試験毎に別の個体を用い、2006 年 5 月 29 日から 7 月 14 日までの間に 9 回の試験を実施した。

統計解析 無標識区の巣穴の形成個体数に対して、各試験区の巣穴形成個体数を比較するために、Fisher の直接確率検定を行い、有意水準は片側検定で 5 % 以下とした。

結 果

試験期間中の試験区における飼育水温は、16.8 ~ 23.3 °C の範囲で推移し、水槽上部の照度は 120 ~ 962 lx であった。標識を施したスパゲティ型タグ区、胸鰭切除区、腹鰭切除区および無標識区の全ての個体は、試験終了時まで生残した。1 回目の試験の供試魚の平均全長は 90 mm であり、その後約 1 ヶ月経過した 8, 9 回目の試験に用いた種苗の全長は、スパゲティ型タグ区で 126, 117 mm, 胸鰭切除区で 130, 122 mm, 腹鰭切除区で 131, 125 mm, 無標識区で 121, 115 mm であった。

各試験区の供試魚が掘削行動を行っている時は、掘削により舞上がった泥や砂で海水が濁り、さらにアカアマダイ稚魚は警戒心が強く、観察のために人が近寄ると掘削行動を中断する場合もあり、その行動を詳細に観察することは難しかった。換水率を約 13 分間で 1 回転と高くしたことで、飼育水中の濁りが低減された時には、底面に潜り込む行動や敷いた泥やそれに含まれる礫、貝殻等を口に含み、水槽の壁面付近まで運んで吐き出す行動を繰り返す様子が観察された。これらの行動は、標識の有無および種類に関係なく全ての魚で認められた。巣穴を形成する時には、頭部から穴に入り、胸鰭と腹鰭を利用しながら後進して巣穴から出て来る行動が観察された。しかし、巣穴が貫通する時の様子を観察する機会は得られなかった。腹鰭切除区では巣穴を形成した 3 例のうち 2 例は昼間に形成したが、その他の試験区で形成された 8 例の巣穴は、濁りが収まった 8 時頃に形成されていることが確認された。また、アカアマダイ人工種苗は、昼間には溝や窪みの中に静止していることが多かった。形成された巣穴の底面は小石を含む泥で、その天井部分は主に粘土質であった。

各試験区におけるアカアマダイ人工種苗の個体別の巣穴形成状況を表 2 に示した。砂泥を掘削する行動は、各

表2. 標識を装着したアカマダイ稚魚の巣穴形成状況

| 試験区 | 個体番号 | 経過日数(日) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|----------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 0 | | | | | 1 | | | | | 2 | | | | | 3 | | | | | 4 | | | | |
| | | 無* | 窪み ^{*2} | 溝 ^{*3} | 穴 ^{*4} | 巣穴 ^{*5} | 無 | 窪み | 溝 | 穴 | 巣穴 | 無 | 窪み | 溝 | 穴 | 巣穴 | 無 | 窪み | 溝 | 穴 | 巣穴 | 無 | 窪み | 溝 | 穴 | 巣穴 |
| スパゲティ型タグ区 | 1-1 | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 1-2 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1-3 | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1-4 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| | 1-5 | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 1-6 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 1-7 | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 1-8 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 1-9 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 計 | | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 7 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 胸鰭切除区 | 2-1 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2-2 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | |
| | 2-3 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | |
| | 2-4 | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 2-5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| | 2-6 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 2-7 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |
| | 2-8 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | |
| | 2-9 | 1 | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | |
| 計 | | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 腹鰭切除区 | 3-1 | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3-2 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3-3 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 3-4 | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3-5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 3-6 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3-7 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | 3-8 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3-9 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 計 | | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 1 | 1 | 0 | 4 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 無標識区 | 4-1 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 4-2 | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | 4-3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| | 4-4 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4-5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| | 4-6 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | 4-7 | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| | 4-8 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4-9 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| 計 | | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |

*1 砂泥の掘削行動見られず
 *2 すり鉢状に掘られた窪み
 *3 溝状に掘削
 *4 トンネル状の穴を形成したが未完了
 *5 トンネル状に貫通

試験区共に0日目(試験開始当日)には認められなかった。スパゲティ型タグ区における1日目の巣穴の形成状況は、窪みを形成した個体が2尾、溝が7尾で、この内1尾は、穴も形成した。巣穴を作った個体は0尾であった。その後、窪みと溝を作る個体は出現したが、穴と巣穴を作る個体はいなかった。胸鰭切除区の1日目における巣穴形成状況では、窪み形成個体数が1尾、溝が7尾、穴が0尾、巣穴が1尾であった。その後も窪み、溝、穴、巣穴を作る個体は出現したが、4日目には窪みと溝を作る個体はいなかった。巣穴は1日から4日までに1個体ずつが形成した。同様に1日目の腹鰭切除区では、窪み形成個体が1尾、溝が7尾、穴が1尾、巣穴が1尾であった。その後、窪みと溝を作る個体は3日目以降に、穴

を作る個体は4日目には出現しなかった。巣穴は1, 2, 4日目に形成された。無標識区における1日目の巣穴形成状況は、窪み形成個体が1尾、溝が6尾、穴が1尾、巣穴が1尾であった。その後、窪みを作る個体は3日目まで、溝を作る個体は2日目まで、穴を作る個体は3日目まで出現した。巣穴は、1, 3, 4日目に形成された(表2)。

各試験区における巣穴形成結果を表3に示した。無標識区では9尾のうち4尾が巣穴を形成した。スパゲティ型タグ区では、巣穴を形成する個体はいなかった。胸鰭切除区では4尾が、腹鰭切除区では3尾が巣穴を形成した。Fisherの直接確率検定では、無標識区の巣穴の形成個体数と胸鰭切除区および腹鰭切除区の巣穴形成個体数に有意差は認められなかった($p > 0.05$)が、スパゲティ型タグ区の巣穴形成個体数との間には有意差が認められた($p < 0.05$)(表3)。

考 察

標識を施したスパゲティ型タグ区、胸鰭切除区、腹鰭切除区および無標識区の全ての個体は、試験終了時まで生残し標識装着の影響と考えられる死亡は認められなかった。また、1回目と9回目の試験開始までの約1ヶ月

表3. アカマダイ人工種苗の巣穴形成結果

| 試験区 | 供試尾数(尾) | 未形成(尾) | 形成(尾) |
|-----------|---------|--------|-------|
| スパゲティ型タグ区 | 9 | 9 | 0* |
| 胸鰭切除区 | 9 | 5 | 4 |
| 腹鰭切除区 | 9 | 6 | 3 |
| 無標識区 | 9 | 5 | 4 |

*有意水準5%以下で無標識区との間で有意差あり

間で約 33 mm 成長しており、これまでの当センターにおける育成試験での成長状況とほぼ同じであった¹⁰⁾。また、飼育期間を通して種苗は、配合飼料を活発に摂餌しており、標識装着による成長への影響はなかったと思われる。これらのことから、本試験における飼育水温や照度条件、標識装着および飼育条件がアカアマダイの生残や成長に大きく影響を与えたとは考えられなかった。また、本試験の無標識区での巣穴形成率は 44 % であり、本藤ら⁹⁾が、全長 75 ~ 115 mm のアカアマダイ人工種苗を用いた同様の試験結果における巣穴形成率の 20 ~ 40 % と同程度であることから、水槽、換水量、水温、泥組成などの実験条件は異なるものの、アカアマダイの巣穴形成行動に大きく影響を与える試験条件ではなかったと考えられた。

巣穴の形成は、腹鰭切除区では 3 例中 2 例が、昼間に形成された。しかし、朝 7 時の観察時には飼育水が非常に濁り、アカアマダイは、活発に掘削していることが推察され、胸鰭切除区および無標識区では、早朝に巣穴が形成されていたことから、本種の巣穴形成行動は早朝に活発になることが示唆された。アカアマダイ人工種苗 1 尾が、巣穴を作る本数について本藤ら⁹⁾は、アカアマダイ人工種苗を水槽に収容し 3 日間観察した結果、巣穴や溝を 2 本以上形成したのは、13 水槽中で 1 例のみであったことから、1 尾が巣穴を 2 本以上作る可能性は低いとしている。しかし、観察期間を 4 日間とし、個体別に観察した本試験では、11 尾が巣穴を形成し、この内 4 尾 (36 %) は、巣穴と窪みや溝を作っていることから、観察時間や水槽、底質などの実験条件を変えることにより、新たな生態学的な特徴が明らかになる可能性が示唆された。

アカアマダイ人工種苗が巣穴を形成する行動は、いずれの試験区においても試験開始当日の 0 日目には認められなかったが、1 日目には、巣穴の形成段階は異なるものの、全ての試験区において巣穴形成に関わる行動が認められ、使用した人工種苗は、全て巣穴を形成する形質を有していたと考えられた。巣穴形成の初期と考えられる窪みの形成は、スパゲティ型タグ区では、1 日目から 4 日まで認められたが、胸鰭切除区と無標識区では 4 日目以降に、腹鰭切除区では 3 日目以降は認められなかった。溝の形成は、1 日目までに作る個体の割合が全ての試験区で高く、スパゲティ型タグ区、胸鰭切除区、腹鰭切除区でそれぞれ 7 尾ずつ (78 %)、無標識区で 6 尾 (67 %) であった。穴を形成する個体は、胸鰭切除区では 2 ~ 4 日目まで、腹鰭切除区、無標識区では、1 日目から 3 日目まで観察され、その出現割合は、経過日数と共に増加傾向を示したが、スパゲティ型タグ区では 1 日目に 1 尾 (11 %) が観察されたに過ぎなかった。このことから、胸鰭切除区、腹鰭切除区および無標識区では、経過日数と共に掘削行動が発達しているように思えるが、スパゲティ型タグ区では、その発達が、溝を形成す

る段階で停滞しているように感じられた。トンネル状の巣穴は 1 ~ 4 日目にかけて、腹鰭切除区が 3 尾 (33 %)、胸鰭切除区および無標識区の種苗で 4 尾 (44 %) が形成した。しかし、スパゲティ型タグ区では、巣穴を形成する個体は出現しなかった。本種は吻部を用いて巣穴形成の行動を行っているため、スパゲティ型タグ、胸鰭切除、腹鰭切除を施した個体においても、掘削行動は可能であると考えられ、本試験の観察でも泥や貝殻を搬出する行動を確認し、窪み、溝、穴を作製する個体が出現している。また、スパゲティ型タグ区の窪みや溝の 1 日目の形成状況は、胸鰭切除区や腹鰭切除区および無標識区の形成状況と大きな違いはなく、溝を作製する個体が多かった。しかし、胸鰭切除区、腹鰭切除区および無標識区では、2 日目以降に穴や巣穴を形成する個体が出現したにもかかわらず、スパゲティ型タグ区では、それらを形成する個体は現れず、完全な巣穴を形成する個体は認められなかった。無標識区における巣穴の形成個体数と各試験区の巣穴形成個体数に対する検定結果では、スパゲティ型タグ区の巣穴形成個体数において、有意差は認められたが ($p < 0.05$)、胸鰭切除区と腹鰭切除区の巣穴形成個体数には有意差が認められなかったことから ($p > 0.05$)、スパゲティ型タグの装着がアカアマダイ人工種苗の穴および巣穴形成を阻害していると考えられた。アカアマダイ人工種苗が構築する巣穴は、内部で反転することが困難と考えられるほどに狭く⁹⁾、本試験で観察されたアカアマダイ人工種苗が作った巣穴の内径は、魚体のサイズよりわずかに大きいだけである。このことから、スパゲティ型タグを装着した個体は、窪みや溝を掘ることは出来るが、穴を作製する際には、魚体から横に飛び出した状態のスパゲティ型タグが、穴の壁面に接触するなどにより、稚魚の巣穴を形成する行動が阻害されたものと考えられる。そこで、全長 90 ~ 130 mm のアカアマダイ人工種苗にスパゲティ型タグを用いて標識することは、巣穴形成の観点から判断すると避けるのが妥当と考える。アカアマダイ稚魚は、胸鰭や腹鰭により泳ぎを制御しながら掘削行動を行うが、本試験での胸鰭切除区と腹鰭切除区のアカアマダイ人工種苗では、無標識区の種苗と掘削行動に差は認められず、両標識方法は、放流後のアカアマダイ人工種苗が巣穴を形成する行動を阻害することは少ないと推定される。

放流後のアカアマダイ種苗の生残には、捕食魚から逃避できる巣穴形成の成否が大きく関与すると考えられ、放流されたアカアマダイ人工種苗が、スムーズに巣穴を形成できるような放流手法が望まれる。放流後の生残率を高めるためには、今後、巣穴形成行動を発現させる要因を解明すると共に、サイズ毎に適した標識を選択することが必要と考えられる。本試験で用いた標識のうち巣穴の形成率が無標識区との間で違いが認められなかった標識は、胸鰭または腹鰭切除による標識である。鰭切除の標識は、多くの魚類で試験的に用いられており、高場¹¹⁾

は、腹鰭を切除して放流したマダイ再捕魚の腹鰭軟条の欠損個体が46～60%であったが、放流後1年以上を経過すると欠損個体が少なくなったことを報告している。また、マダイでは鰭切除時のサイズによって再生速度が異なることが報告されている^{12, 13)}。このように、鰭切除による標識は、切除後に再生する割合が高く、標識の持続性に問題を残している。今後、鰭切除標識を用いてアカアマダイの放流効果を推定するには、標識時の魚体サイズ、持続性および視認性について早急に検討しなければならない。一方、本試験ではスパゲティ型タグを装着した全長90～130mmのアカアマダイ人工種苗は、巣穴を形成しなかったが、竹内¹⁴⁾は、2002年にスパゲティ型タグを装着した平均全長102～114mmのアカアマダイ人工種苗が、放流1日後に放流魚が作ったと考えられる巣穴に潜んでいるところを観察していることから、スパゲティ型タグの装着の影響が少ない種苗の大きさやスパゲティ型タグの長さ等の標識方法の条件を検討する必要がある。

謝 辞

本実験に用いた海底土は京都府立海洋センター濱中雄一主任研究員に便宜を図って頂き、同センターの海洋調査船平安丸の宇野善治前船長と乗組員の方々に協力して頂き、栗田湾で採取した。ここに深謝の念を表したい。また、宮津栽培漁業センター嘱託職員の藤原敏子、小倉麻由美さんをはじめ、皆さんの協力を得て、本実験を実施することができた。協力して頂いたすべての職員に感謝します。

文 献

- 1) 林 泰行 (1985) 東シナ海産アカアマダイの漁業生物学的研究. 山口県外海水産試験場研究報告, **20**, 1-95.
- 2) 通山正弘 (1975) 潜水調査船“しんかい”からみたアカアマダイなどについて, 南西水研ニュース, 第13号, 12.
- 3) 奥村重信 (2000) アカアマダイの親魚養成と種苗生産技術に関する研究, 日裁協特別研究報告, **16**, 1-43.
- 4) 本藤 靖 (2001) 平成11年度日本栽培漁業協会事業年報, 301-303.
- 5) 山口県 (2005) 平成17年度栽培漁業関係技術開発事業(魚類Aグループ)報告書, 山口1-山口12.
- 6) 村上直人 (2001) 放流したアカアマダイが初めて再捕される. さいばい, No.97, 日本栽培漁業協会, 3-7.
- 7) 竹内宏行・渡辺 税・中川 亨 (2004) 若狭湾におけるアカアマダイの標識放流試験とその再捕状況. 平成15年度栽培漁業センター技報, 102-104.
- 8) 竹内宏行 (2003) 平成15年度日本栽培漁業協会事業年報, 71-72.
- 9) 本藤 靖・益田玲爾・津崎龍雄 (2002) アカアマダイ人工種苗の巣穴形成能力の発現. 栽培漁業技術開発研究, **29**, 85-89.
- 10) 日本栽培漁業協会 (2003) アカアマダイの水温別養成試験, 平成14年度資源増大技術開発事業報告書, 宮津1-宮津7.
- 11) 高場 稔 (1986) マダイの種苗放流・追跡-V. 栽培漁業技術開発研究, **15**, 177-186.
- 12) 立石 賢・田代征秋・北島 力・岩本 浩 (1981) マダイ小型種苗の腹鰭切除による標識, 長崎水試研報, **7**, 1-6.
- 13) 立石 賢・塚島康生・森 勇・北島 力 (1981) マダイ種苗の鰭切除による標識, 長崎水試研報, **10**, 27-33.
- 14) 竹内宏行 (2003) 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, 168-172.

南伊豆海域におけるイセエビ標識放流再捕結果の検討— I 標識の有効性の検討

成 生 正 彦*¹・長谷川雅俊*²・山田博一*³

Mark-recapture experiment using Japanese Spiny Lobster, *Panulirus japonicus*, in the Minami Izu Coastal area- I . Examination of the validity of tagging

Masahiko NARIU, Masatoshi HASEGAWA, and Hirokazu YAMADA

We examined the validity of the Fushimi / Matsubara method of tagging Japanese spiny lobster by performing water tank and mark-recapture experiments between 1973 and 2004 in the Minami Izu coastal area. Tagging had no influence on survival in the water tank experiments. Tags could be attached at a minimum cephalothorax length of 20 mm.

The maximum recapture rate (41.2 %), longest recapture period (3,260 days), and longest movement distance (93km) in the mark-recapture experiments are new records. We reconfirmed that this method is a valid technique for tagging spiny lobster.

2007年6月15日受理

わが国におけるイセエビ *Panulirus japonicus* の標識放流は、和歌山県¹⁾、三重県²⁾による BONDE 法の導入を最初とする。静岡県水産技術研究所伊豆分場（以下、伊豆分場と記す）は 1973 年から、独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター（以下、南伊豆栽培漁業センターと記す）は 1989 年から以下に述べる方法でイセエビの標識放流を継続して行ってきた。

その結果の一部は、生態究明³⁾、増殖場の効果把握⁴⁾、放流技術開発の基礎資料^{5, 6)}、普及活動指導⁷⁾の観点で報告されている。

南伊豆海域におけるイセエビ資源動態の究明に資することを目的として、両機関が 1973～2004 年の間に同海域で実施した全てのイセエビ標識放流試験の結果を総括し、並行して実施した水槽における標識有効性確認試験結果も加えて、イセエビの標識放流方法の有効性を検討した。

材料と方法

標識方法 伏見・松原は、SCARRATT and ELSON⁸⁾、SWEAT⁹⁾により報告されたロブスター用のアンカー方式の標識方法（図 1）を参考として、バノック銃を使用して原型アンカータグ（以下原型タグと記す、図 1）をイセエビ標識として装着する方法を導入した³⁾。それは、頭胸甲背面と第 1 腹節の境界から正中線を左または右側に避けてバノック銃の針を腹部伸筋内に挿入して標識を装着する方法である。この方法は、従来アンカータグ法と通称されてきたが、考案者に敬意を表し「伏見・松原法」と呼ぶことを提唱する。

甲殻類において、外部認識可能な標識は脱皮の際に脱落しやすいが、この方法は、装着が簡単で確実であり長期に標識が保持されることから、様々な研究機関で使用

*¹ 独立行政法人水産総合研究センター 南伊豆栽培漁業センター 〒415-0156 静岡県賀茂郡南伊豆町石廊崎 183-2 (Minamiizu Station Center, National Center for Stock Enhancement, FRA 183-2 Irouzaki Minamiizu, Kamo, Shizuoka 415-0156, Japan)

*² 静岡県水産技術研究所伊豆分場 〒415-0012 静岡県下田市白浜 251-1

*³ 静岡県産業部水産局水産資源室 〒420-8601 静岡県静岡市葵区追手町 9 番 6 号

されてきた^{3,7)}。

1. 標識有効性確認試験

南伊豆栽培漁業センターでは、1991年から原型タグより情報量を多く記載できるスパゲティタグ(図1)を導入し、その有効性を陸上水槽で飼育試験により検討した¹⁰⁾。また、1993年には装着できるイセエビ最小サイズの検討を目的として、1998年には被覆スパゲティタグ(図1)の有効性を検討することを目的として、飼育試験を行った。試験の区分を表1にまとめて示した。

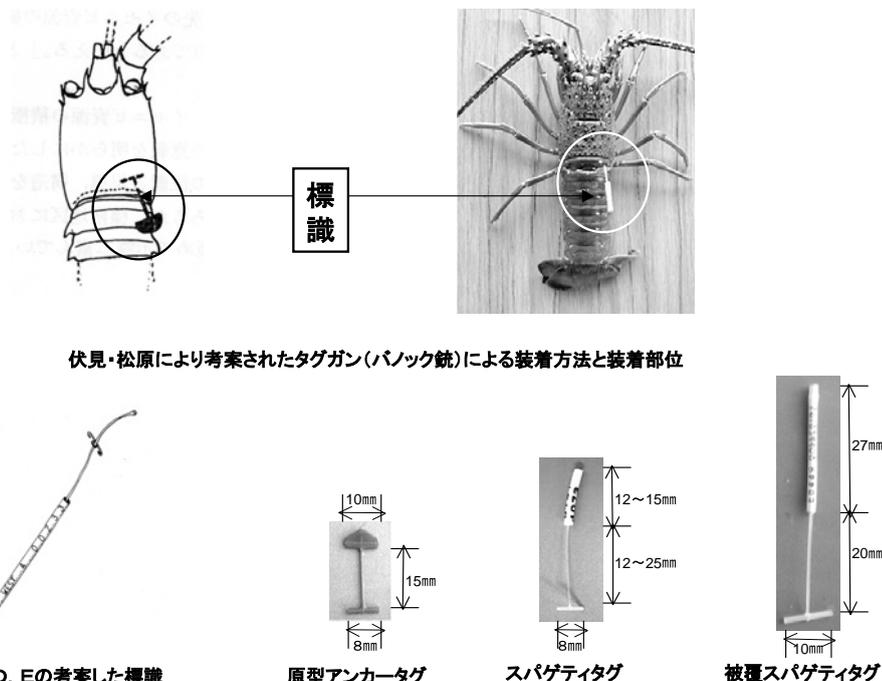
1) 1991年試験¹⁰⁾ 原型タグとスパゲティタグの影響(死亡, 脱落)を比較するために行った。

供試個体には、イセエビ刺網漁により捕られた漁獲規制サイズ以下の平均頭胸甲長42~44mmの個体を使用した。スパゲティタグ区、原型タグ区、無標識の対照区を設け、それぞれ24尾ずつ供試した。試験に用いた水槽は1.5kl(3×1×0.5m)FRP水槽3面で、各水槽とも底面にシェルターとしてコンクリートブロックを設置した。餌料にはオキアミ、アサリを与え、自然水温

(12.5~26.0℃)で飼育した。試験は1991年10月31日から1993年4月までの1年6ヶ月間行い、1年後と1年6ヶ月後に生残尾数と標識残存状況を確認し、生残個体の頭胸甲長を測定した。なお、標識は脱落するもの以外に、番号部分の判読が不可能となるものがあり、そうした個体も標識脱落個体とみなした。

2) 1993年試験 装着できるイセエビ最小サイズを検討するために行った。

供試個体にはコレクター¹¹⁾によって天然海域から採集されたイセエビ幼稚仔を育成し、頭胸甲長20~29mmおよび30~40mmまで成長した個体を使用した。頭胸甲長20~29mm群はスパゲティタグ区と無標識の対照区としてそれぞれ40尾ずつ、同様に30~40mm群もそれぞれ25尾ずつの4試験区を設定した。試験に用いた水槽は1.5kl(3×1×0.5m)FRP水槽4面で、各水槽とも底面に硬質プラスチック網を敷き、シェルターとしてコンクリートブロック10個を設置した。流量は0.5kl/hとして、自然水温(12.2~26.5℃)



伏見・松原により考案されたタグガン(パノック銃)による装着方法と装着部位

図1. 標識の種類と方法

表1. 標識飼育試験の概要

| 試験名 | 1991年試験 | | | 1993年試験 | | | | 1998年試験 | | |
|------------|---------------------|------|------|-----------------------|---------|---------------------|---------|-----------------------|---------|---------|
| 試験目的 | 装着タグ種類の影響比較 | | | 装着出来る最小サイズの検討 | | | | 被覆スパゲティタグの有効性の検討 | | |
| 試験期間 | 1991年10月31日~1993年4月 | | | 1993年7月13日~1995年7月21日 | | | | 1998年7月29日~1999年8月1日 | | |
| 試験区 | A | B | C | 20mm~29mm群 | | 30mm~40mm群 | | A | D | C |
| | | | | A | C | A | C | | | |
| 供試尾数 | 24尾 | 24尾 | 24尾 | 40尾 | 40尾 | 25尾 | 25尾 | 10尾 | 10尾 | 10尾 |
| 平均頭胸甲長 | 42.2 | 42.2 | 42.2 | 24.5 | 24.2 | 34.1 | 34.4 | 43.2 | 40.2 | 42.2 |
| (最大~最小・mm) | (-) | (-) | (-) | (29~20) | (29~20) | (30~40) | (30~40) | (33~46) | (35~47) | (39~48) |
| 飼育方法 | 群飼育 | | | 群飼育 | | | | 個別飼育 | | |
| 飼育密度 | 8尾/m ² | | | 13.3尾/m ² | | 8.3尾/m ² | | 1尾/0.15m ² | | |

A: スパゲティタグ区 B: 原型アンカータグ区 C: 無標識区(対照区) D: 被覆スパゲティタグ区

で飼育した。餌料にはオキアミ、アサリ、アジの切り身を摂餌量に応じて週に1～3回、2日後まで残餌が残らないように与えた。試験は1993年7月13日から1995年7月21日までの2年間行い、1年後と2年後に生残尾数と標識残存状況を確認し、生残個体の頭胸甲長を測定した。

3) 1998年試験 スパゲティタグは、番号などの情報記入部が劣化損傷したり、藻類が着生して情報が読み取れなくなる恐れがある。そこで、スパゲティ部分をコーティングした被覆スパゲティタグ（オーストラリアHALLPRINT社製、図1）が情報記入部を保護するのに有効かどうか検討するために行った。

供試個体には1998年に標識放流に用いた漁獲対象サイズ以下の小型イセエビを7月まで飼育して使用した。試験区には、既存のスパゲティタグ区、被覆スパゲティタグ区及び無標識対照区の3試験区を設定した。試験に用いた水槽は1.5kl（3×1×0.5m）FRP水槽2面で、1水槽内をトリカルネットで20区画に仕切り、さらにそれを二つに分け1水槽当り2試験区を設置した。1試験区は10尾として、1尾ずつ個別に分けて個体干渉の無い状態で飼育した。流量は0.5kl/hとして、自然水温（12.8～25.5℃）で飼育した。餌料にはオキアミを1週間に2回とアジの切り身を月に2回与え、給餌した翌日に残餌は取り除いた。試験は1998年7月29日から1999年8月1日までの1年間行い、試験終了時に生

残尾数を確認し、生残個体の頭胸甲長を測定した。

4) 統計処理 標識有効性確認試験において、試験区間の生残率の比較は χ^2 検定で、頭胸甲長の比較は分散分析で行った。

2. 標識放流

1) 供試個体 静岡県漁業調整規則では体長13cm以下のイセエビ（頭胸甲長45mm以下に該当）は漁獲が禁止されている。下田市漁業協同組合、南伊豆町漁業協同組合では制限体長13cm以下のイセエビが漁獲された場合は、各漁協支所に集荷した後、一括して放流している。伊豆分場、南伊豆栽培漁業センターは、各漁協支所によって集荷された漁獲制限以下の小型イセエビと、一部は試験操業により得られた大型のイセエビを標識放流に使用した。放流時には雌雄別に頭胸甲長を測定した。

2) 標識放流 伊豆分場は、1973年から2004年までの32年間に北川、稲取、白浜、須崎、吉佐美、田牛、下流、大瀬、石廊崎、中木、妻良、雲見、岩地、仁科、田子の15ヶ所（図2）で165群、31,125尾の標識放流を行った。また、南伊豆栽培漁業センターは、1989年から2002年までの14年間に須崎、田牛、小稲、下流、大瀬、石廊崎、中木、妻良の8ヶ所（図2）で138群、45,277尾の標識放流を行った。両場の放流合計は303群、76,402尾であった。

3) 再捕報告 再捕については、伊豆分場では各漁協支所（図2）に報告を依頼した。南伊豆栽培漁業センター

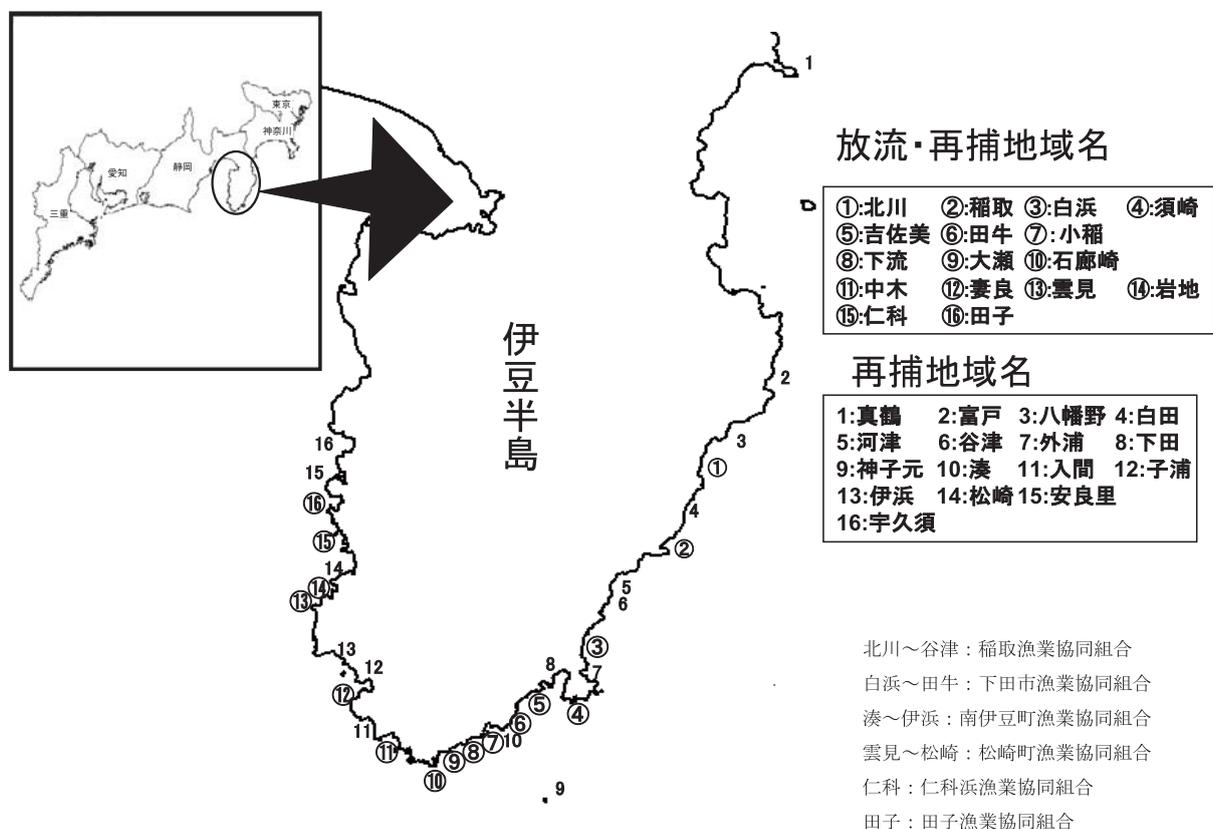


図2. 標識放流試験海域

表 2. 標識試験結果

| 試験区 | 試験開始時 | | | | 1年後 | | | | 試験終了時 | | | | |
|---------|-----------------|----------|--------------|---------|----------|------------|------------------|------------------|--------|----------|------------|------------------|------------------|
| | 年月 | 生残尾数 | 頭胸甲長 (mm) | 年月 | 生残尾数 | 生残率 (%) | 標識 残存率 (%) | 頭胸甲 長 (mm) | 年月 | 生残尾数 | 生残率 (%) | 標識 残存率 (%) | 頭胸甲 長 (mm) |
| | | (標識残存尾数) | | | (標識残存尾数) | | | | | (標識残存尾数) | | | |
| | 年月 | 1991.10 | | 1992.10 | | | | | 1993.4 | | | | |
| 1991年試験 | 合計 | 24 | | 24 | 100 | | | | 21 | 88 | | | |
| | 対照区 | ♂ | 12 | 43.4 | 12 | 100 | - | 46.2 | 9 | 75 | - | | 65.0 |
| | | ♀ | 12 | 41.6 | 12 | 100 | - | 43.3 | 12 | 100 | - | | 55.9 |
| | スパゲティタグ区 | ♂ | 12(12) | 43.1 | 8(6) | 67 | 50 | 45.5 | 6(3) | 50 | 25 | | 61.7 |
| | | ♀ | 12(12) | 41.2 | 11(9) | 92 | 75 | 43.1 | 11(9) | 92 | 75 | | 56.1 |
| | 原型アンカータグ区 | ♂ | 12(12) | 42.6 | 9(8) | 75 | 67 | 44.9 | 8(6) | 67 | 50 | | 63.3 |
| ♀ | | 12(12) | 41.8 | 11(9) | 92 | 75 | 42.8 | 11(6) | 92 | 50 | | 55.5 | |
| | 年月 | 1993.7 | | 1994.7 | | | | | 1995.7 | | | | |
| 1993年試験 | 20~29mm対照区 | 40 | 24.4 | 30 | 75 | - | 36.3 | 15 | 38 | - | | 47.2 | |
| | 20~29mmスパゲティタグ区 | 40(40) | 24.5 | 25(20) | 63 | 50 | 37.5 | 17(14) | 43 | 35 | | 47.8 | |
| | 30~40mm対照区 | 25 | 34.4 | 17 | 68 | - | 47.7 | 14 | 56 | - | | 55.2 | |
| | 30~40mmスパゲティタグ区 | 25(25) | 34.1 | 21(11) | 84 | 44 | 45.0 | 13(3) | 52 | 12 | | 56.2 | |
| | 年月 | 1998.7 | | 1998.8 | | | | | | | | | |
| 1998年試験 | 対照区 | 10 | 42.2 | 9 | 90 | - | 53.1 | | | | | | |
| | スパゲティタグ区 | 10(10) | 43.2 | 8(7) | 80 | 70 | 49.1 | | | | | | |
| | 被覆スパゲティタグ区 | 10(10) | 40.2 | 9(8) | 90 | 80 | 48.4 | | | | | | |

でも各漁協支所に再捕報告を依頼したが、1994年からは報告漏れを避けるために、石廊崎でイセエビの集荷場に職員が出向き、標識イセエビの再捕を調査した。また、妻良では2002年に、下流では2001年と2002年に職員が出向き調査した。漁協ないし漁業者からの報告の場合は、体長、全長、頭胸甲長、体重のうち任意のサイズの報告を受けたが、サイズの測定結果がないものもあった。職員が調査した場合は、頭胸甲長と体重を雌雄別に記録した。

移動距離は、1 : 50000の地図上で地区間の海岸線距離をキルビメータ（内田洋行製）で測って求めた。

成長の検討は、標識放流再捕から得られた成長を山川の成長式¹²⁾により推定した成長と比較することで行った。再捕時に体重のみ記録した個体については、頭胸甲長-体重関係式¹³⁾により頭胸甲長に換算した。

結 果

1. 標識有効性確認試験

標識有効性確認試験の結果を表2に示した。

1) 1991年試験 それぞれ24個体ずつで飼育を開始し、1年後の生残率は対照区の100%（24尾全部が生残）に対して、スパゲティタグ区が79%（24尾中19尾生残）、原型タグ区が83%（24尾中20尾生残）であり、1年6ヶ月後では対照区が88%（24尾中21個体）に対して、スパゲティタグ区が71%（24尾中17個体）、原型タグ区が79%（24尾中19個体）であった¹⁰⁾。生残率は、標識区が対照区よりもやや低かったものの、有意な差は認められなかった（ $p = 0.36$ ）。標識区では、いずれも雌の生き残りが雄を上回った。

標識の残存率は、スパゲティタグ区の雌雄合計では50%（24尾中12尾残存）であるが、雄では25%（12尾中3尾残存）、雌では75%（12尾中9尾残存）であ

った。原型タグ区では雌雄それぞれ50%であった¹⁰⁾。

頭胸甲長は、3区ともに期間中にわたり雄が雌を上回った。試験区間で比較すると、雌では差がなかったが、雄では標識区が対照区よりやや劣っていた。

以上により、原型タグとスパゲティタグによる著しい生残率の低下や成長の遅れは起こらないと窺えた。

2) 1993年試験 20~29mm群の2年後の生残率は、対照区で38%（40尾中15尾生残）、スパゲティタグ区で43%（40尾中17尾生残）、30~40mm群の2年後の生残率は、対照区で35%（25尾中14尾生残）、スパゲティタグ区で52%（25尾中13尾生残）であり、生残率には試験区間で有意な差がなかった。（ $p = 0.44$ ）。

標識残存率は20~29mm群で35%（40尾中14尾残存）、30~40mm群で12%（25尾中3尾残存）であり、1991年試験より低かった。

成長は、20~29mm群、30~40mm群のいずれも対照区と有意な差は見られなかった（20~29mm群 $p = 0.78$ 、30~40mm群 $p = 0.68$ ）。

以上から、2年の長期に渡ってもスパゲティ型タグの生残や成長へほとんど影響は無く、装着作業時間が長くなるが頭胸甲長20mm台の個体へもこの標識の装着が可能であった。

3) 1998年試験 1年後の生残率は、対照区で90%（10尾中9尾生残）、スパゲティタグ区で80%（10尾中8尾）、被覆スパゲティタグ区で90%（10尾中9尾）であり、試験区間で有意差はなかった（ $p = 0.75$ ）。

標識の残存率は、スパゲティタグ区で70%（10尾中7尾残存）、被覆スパゲティタグ区で80%（10尾中8尾残存）であった。これらの値は1993年試験より高く、また、1991年試験のスパゲティタグ区より高かった。

期間中の成長ではスパゲティタグ区、被覆スパゲティタグ区の間では差がなかったが、対照区を下回った。

2. 標識放流再捕結果

本報で総括した放流群毎の放流尾数、再捕尾数、再捕率、最長再捕日数、最長移動距離をまとめて表3に示した。

1973年から、両場による放流群は合計303群、総放流尾数は76,402尾に及んだ。総再捕尾数は6,644尾であり、全体の再捕率は8.7%であった。地区毎の再捕率は2.1～17.0%であった。放流地ごとの再捕率の最も高かったのは石廊崎17.0%、最も低かったのは岩地2.1%で

あった。再捕率の最も高かった放流群は、1975年9月6日に大瀬から放流したOS75A3群の41.2%であった。

1994年以降の石廊崎地区の調査は、南伊豆栽培漁業センターの職員が、イセエビ集荷時に実施した。その結果、1994年以前の同地放流群の再捕率 $6.89 \pm 6.30\%$ （平均±標準偏差）は、1995年以降は $20.0 \pm 8.0\%$ となり、2.9倍となった。また、妻良でも同様に2001、2002年放流群の再捕率が高かった。

放流地毎の最長日数は561日（吉佐美）～3,260日

表3-1. 放流群別放流再捕状況

| 放流地 | 放流 | | | | | 再捕 | | | | |
|-----------|------|--------|------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | 放流機関 | 放流群 | 放流年月日 | 放流尾数 (尾) | 平均頭胸甲長 (mm) | 再捕尾数 (尾) | 再捕率 (%) | 最長日数 (日) | 最遠隔地 (場所) | 最長距離 (km) |
| 田子 | I | TA83S | 1983.5.19 | 270 | 43.5 | 24 | 8.9 | 1062 | 仁科 | 6.5 |
| | I | TA85S | 1985.5.16 | 205 | 50.0 | 55 | 26.8 | 3260 | 雲見 | 16.5 |
| | I | TA86S | 1986.5.17 | 197 | 50.0 | 14 | 7.1 | 1081 | 安良里 | 6.8 |
| | I | TA86A | 1986.12.16 | 197 | 42.6 | 4 | 2.0 | 316 | 宇久須 | 9.8 |
| 小計 | | | | 869 | | 97 | 11.2 | | | |
| 仁科 | I | NI81S | 1981.8.1 | 46 | 50.2 | 3 | 6.5 | 799 | 仁科 | 0.0 |
| | I | NI81A | 1981.9.19 | 14 | 55.4 | 1 | 7.1 | | | |
| | I | NI82A1 | 1981.10.8 | 46 | 57.8 | 3 | 6.5 | 1080 | 仁科 | 0.0 |
| | I | NI82A2 | 1982.12.13 | 62 | 54.7 | 3 | 4.8 | 300 | 仁科 | 0.0 |
| | I | NI83A | 1983.10.10 | 191 | 45.1 | 9 | 4.7 | 713 | 雲見 | 10.0 |
| | I | NI84A | 1984.10.27 | 88 | 42.4 | 3 | 3.4 | 354 | 仁科 | 0.0 |
| | I | NI85A | 1985.12.6 | 166 | 43.3 | 13 | 7.8 | 747 | 岩地 | 7.5 |
| | I | NI87S | 1987.6.10 | 146 | 43.2 | 8 | 5.5 | 564 | 田子 | 6.5 |
| | I | NI88S | 1988.5.14 | 136 | 46.3 | 5 | 3.7 | 144 | 仁科 | 0.0 |
| 小計 | | | | 895 | | 48 | 5.4 | | | |
| 岩地 | I | IW80A | 1980.11.26 | 83 | 42.3 | 4 | 4.8 | 315 | 岩地 | 0.0 |
| | I | IW81A | 1981.10.13 | 178 | 41.3 | 12 | 6.7 | 1531 | 伊浜 | 9.6 |
| | I | IW83A1 | 1983.1.14 | 109 | 41.0 | 2 | 1.8 | 649 | 田子 | 16.5 |
| | I | IW83A2 | 1983.12.9 | 44 | 40.8 | 3 | 7.0 | 311 | 岩地 | 0.0 |
| | I | IW84A1 | 1984.10.9 | 122 | 40.8 | 0 | 0 | | | |
| | I | IW84A2 | 1984.12.13 | 117 | 41.2 | 1 | 0.9 | 301 | 田子 | 16.5 |
| | I | IW85A | 1985.12.18 | 61 | 40.9 | 0 | 0 | | | |
| | I | IW86A | 1986.12.15 | 54 | 41.6 | 0 | 0 | | | |
| | I | IW87A | 1987.11.18 | 152 | 43.2 | 1 | 0.7 | 143 | 岩地 | 0.0 |
| | I | IW88A | 1988.11.2 | 181 | 44.2 | 0 | 0 | | | |
| 小計 | | | | 1101 | | 23 | 2.1 | | | |
| 雲見 | I | KU77A | 1977.1.13 | 102 | 43.8 | 3 | 2.9 | 273 | 岩地 | 16.5 |
| | I | KU81A | 1981.9.29 | 189 | 43.4 | 5 | 2.6 | 423 | 雲見 | 0.0 |
| | I | KU82S | 1982.7.1 | 402 | 45.4 | 17 | 4.2 | 499 | 妻良 | 12.2 |
| | I | KU86A | 1986.1.11 | 61 | 42.3 | 2 | 3.3 | 1041 | 田牛 | 31.8 |
| 小計 | | | | 754 | | 27 | 3.6 | | | |
| 妻良 | I | ME76A | 1976.10.23 | 134 | 42.0 | 2 | 1.5 | 199 | 妻良 | 0.0 |
| | I | ME77A | 1977.9.28 | 270 | 46.8 | 3 | 1.1 | 396 | 中木 | 10.7 |
| | I | ME82A1 | 1982.9.29 | 284 | 46.6 | 13 | 4.6 | 747 | 子浦 | 1.6 |
| | I | ME82A2 | 1982.9.29 | 247 | 45.3 | 15 | 6.1 | 753 | 白浜 | 52.2 |
| | I | ME82A3 | 1982.10.28 | 381 | 44.1 | 17 | 4.5 | 1280 | 妻良 | 0.0 |
| | I | ME83A1 | 1983.10.30 | 191 | 45.6 | 8 | 4.2 | 914 | 妻良 | 0.0 |
| | I | ME83A2 | 1983.10.30 | 232 | 45.3 | 10 | 4.3 | 1266 | 妻良 | 0.0 |
| | I | ME84A1 | 1984.10.15 | 310 | 46.6 | 42 | 13.5 | 931 | 妻良 | 0.0 |
| | I | ME84A2 | 1984.10.15 | 124 | 46.6 | 11 | 8.9 | 560 | 子浦 | 1.6 |
| | M | ME91A | 1991.12.10 | 299 | 44.3 | 22 | 7.4 | 851 | 妻良 | 0.0 |
| | M | ME92S | 1992.5.19 | 57 | 38.0 | 6 | 10.5 | 899 | 松崎 | 14.7 |
| | M | ME92A | 1992.11.1 | 213 | 40.2 | 13 | 6.1 | 1056 | 中木 | 10.7 |
| | M | ME93S | 1993.5.28 | 50 | 43.2 | 2 | 4.0 | 518 | 妻良 | 0.0 |
| | M | ME93A | 1993.12.14 | 360 | 46.7 | 9 | 2.5 | 313 | 妻良 | 0.0 |
| | M | ME94S | 1994.5.31 | 112 | 45.8 | 18 | 16.1 | 869 | 妻良 | 0.0 |
| | M | ME94A | 1994.12.20 | 285 | 47.3 | 29 | 10.2 | 728 | 妻良 | 0.0 |

放流機関欄のIは静岡県水産技術研究所伊豆分場が行った標識放流、Mは南伊豆栽培漁業センターが行った標識放流を示す
放流群の書式NNYYSS1はNN：地名、YY：西暦、S：季節（春、秋）、1：季節内の放流群別を表す

(田子)であった。最も長かった再捕日数の事例は1985年5月16日に田子で放流された個体(TA85S群)で、3,260日後、9年近く経過した1993年4月19日に放流地で再捕された。この個体は雌であり、放流時に頭胸甲長46mmであったものが、再捕時の大きさは体重400g(推定頭胸甲長76mm)に達していた。

最長移動距離の個体は、1981年10月16日の田牛放流群の中に認められ、ほぼ3年後の1984年11月26日に93.3kmを移動して神奈川県真鶴で再捕された。この

間を単純計算した移動速度は82m/日であった。この個体は雄であり放流時の大きさが頭胸甲長41mmであったが、再捕時の大きさは体重240g(推定頭胸甲長64mm)であった。

再捕までの期間が明確な報告事例について、経過年数毎に再捕尾数合計を表4に示した。放流後1年以内に4,765尾(累計80.1%)が再捕された。2年目には944尾(累計95.9%)、3年目には181尾(累計99.0%)、4年目に42尾(累計99.7%)、5年目に11尾(累計

表3-2. 放流群別放流再捕状況

| 放流地 | 放流 | | | | | 再捕 | | | | |
|-----------|-------|-----------|------------|-------------|------------|------------|------------|---------|----------|----------|
| | 放流機関 | 放流群 | 放流年月日 | 放流尾数(尾) | 平均頭胸甲長(mm) | 再捕尾数(尾) | 再捕率(%) | 最長日数(日) | 最遠隔地(場所) | 最長距離(km) |
| 妻良 | M | ME95S | 1995.6.7 | 159 | 47.1 | 15 | 9.4 | 491 | 中木 | 10.7 |
| | M | ME95A | 1995.12.26 | 269 | 46.5 | 29 | 10.8 | 1083 | 妻良 | 0.0 |
| | M | ME96S | 1996.5.30 | 122 | 46.3 | 10 | 8.2 | 550 | 妻良 | 0.0 |
| | M | ME96A | 1996.11.22 | 387 | 43.0 | 9 | 2.3 | 491 | 伊浜 | 5.1 |
| | M | ME97S | 1997.6.3 | 73 | 45.5 | 4 | 5.5 | 148 | 妻良 | 0.0 |
| | M | ME98S | 1998.6.3 | 299 | 43.4 | 3 | 1.0 | 710 | 妻良 | 0.0 |
| | M | ME99S | 1999.5.24 | 112 | 44.5 | 0 | 0 | | | |
| | M | ME00S | 2000.5.24 | 106 | 45.1 | 0 | 0 | | | |
| | M | ME01S | 2001.5.17 | 203 | 43.6 | 28 | 13.8 | 896 | 子浦 | 1.6 |
| | M | ME02S | 2002.5.17 | 1033 | 47.8 | 170 | 16.5 | 1088 | 雲見 | 12.2 |
| 小計 | | | | 6312 | | 488 | 7.7 | | | |
| 中木 | I | NA74A1 | 1974.10.11 | 169 | 38.1 | 24 | 14.2 | 576 | 妻良 | 10.7 |
| | I | NA74A2 | 1974.10.24 | 115 | 42.6 | 13 | 11.3 | 697 | 妻良 | 10.7 |
| | I | NA75S | 1975.6.20 | 16 | 40.8 | 0 | 0 | | | |
| | I | NA76A | 1976.9.22 | 376 | 39.5 | 67 | 17.8 | 949 | 中木 | 0.0 |
| | I | NA77A | 1977.9.27 | 296 | 42.1 | 34 | 11.5 | 917 | 中木 | 0.0 |
| | M | NA89S | 1989.6.16 | 105 | 41.6 | 0 | 0 | | | |
| | M | NA89A | 1989.12.8 | 193 | 42.6 | 1 | 0.5 | 306 | 妻良 | 10.7 |
| | M | NA90S | 1990.5.16 | 141 | 41.2 | 3 | 2.1 | 538 | 岩地 | 25.3 |
| | M | NA91S | 1991.6.13 | 32 | 42.7 | 3 | 9.4 | 166 | 中木 | 0.0 |
| | M | NA91A1 | 1991.9.24 | 174 | 56.7 | 31 | 17.8 | 388 | 妻良 | 10.7 |
| | M | NA91A2 | 1991.11.1 | 300 | 42.5 | 18 | 6.0 | 500 | 雲見 | 22.8 |
| | M | NA92S | 1992.5.19 | 236 | 41.9 | 11 | 4.7 | 218 | 妻良 | 10.7 |
| | M | NA92A1 | 1992.9.9 | 227 | 53.7 | 17 | 7.5 | 69 | 妻良 | 10.7 |
| | M | NA92A2 | 1992.11.4 | 242 | 40.4 | 10 | 4.1 | 404 | 妻良 | 10.7 |
| | M | NA93S | 1993.5.28 | 149 | 42.6 | 4 | 2.7 | 1011 | 妻良 | 10.7 |
| | M | NA93A | 1993.12.13 | 250 | 42.1 | 2 | 0.8 | 443 | 妻良 | 10.7 |
| | M | NA94S | 1994.6.1 | 82 | 41.7 | 2 | 2.4 | 1254 | 中木 | 0.0 |
| | M | NA94A | 1994.11.17 | 372 | 44.7 | 28 | 7.5 | 684 | 中木 | 0.0 |
| | M | NA95S | 1995.5.28 | 139 | 43.7 | 22 | 15.8 | 1399 | 妻良 | 10.7 |
| | M | NA95A | 1995.12.13 | 263 | 44.3 | 10 | 3.8 | 308 | 雲見 | 22.8 |
| M | NA96S | 1996.5.30 | 173 | 41.0 | 21 | 12.1 | 1225 | 妻良 | 10.7 | |
| M | NA96A | 1996.11.7 | 199 | 45.2 | 27 | 13.6 | 859 | 妻良 | 10.7 | |
| M | NA97S | 1996.5.28 | 100 | 41.4 | 4 | 4.0 | 519 | 石廊崎 | 4.6 | |
| M | NA98S | 1998.5.28 | 298 | 41.7 | 24 | 8.1 | 500 | 妻良 | 10.7 | |
| M | NA99S | 1999.5.24 | 182 | 41.5 | 2 | 1.1 | 158 | 中木 | 0.0 | |
| M | NA00S | 1999.5.16 | 256 | 41.5 | 0 | 0 | | | | |
| M | NA01S | 2001.5.17 | 107 | 42.4 | 7 | 6.5 | 147 | 入間 | 2.6 | |
| 小計 | | | | 5192 | | 385 | 7.4 | | | |
| 石廊崎 | I | IR74S | 1974.6.10 | 100 | 39.5 | 8 | 8.0 | 479 | 大瀬 | 3.5 |
| | I | IR75S1 | 1975.5.9 | 92 | 41.0 | 10 | 10.9 | 349 | 大瀬 | 3.5 |
| | I | IR75S2 | 1975.8.21 | 105 | 43.0 | 18 | 17.1 | 2584 | 中木 | 4.6 |
| | I | IR77A | 1977.12.26 | 97 | 63.0 | 6 | 6.2 | 641 | 石廊崎 | 0.0 |
| | M | IR89S1 | 1989.6.13 | 18 | 43.4 | 3 | 16.7 | 111 | 石廊崎 | 0.0 |
| | M | IR89S2 | 1989.7.11 | 81 | 59.8 | 7 | 8.6 | 82 | 石廊崎 | 0.0 |
| | M | IR89S3 | 1989.8.17 | 71 | 57.8 | 13 | 18.3 | 271 | 石廊崎 | 0.0 |
| | M | IR89A1 | 1989.9.16 | 69 | 66.2 | 3 | 4.3 | 599 | 石廊崎 | 0.0 |
| | M | IR89A2 | 1989.12.12 | 262 | 42.5 | 9 | 3.4 | 1398 | 須崎 | 26.6 |
| | M | IR90S | 1990.5.16 | 153 | 42.3 | 0 | 0 | | | |

99.9%)が再捕された。6年目までの再捕尾数は、対数値が直線的に減少している。 $N = N_0 e^{-\lambda t}$ により計算すると6年目までの全減少係数 λ は1.44、9年目まで入れると1.02となり、生残率は0.24、0.36と計算される。

表4に示した2年後以降の再捕尾数は242尾であるが、そのうち再捕時の頭胸甲長と再捕年月日が明確な165個体について、雌雄別に再捕までの年数と再捕時頭胸甲長の関係を図3に示した。雄では2年目に80mm、2.5年で90mm、3年で100mmに達する個体があった。

しかし、成長の悪い個体は5年目でも50mmで止まっていた。雌では2年目で60mm、3年目に80mmに達した。しかし、5年目に40mm台、7年で60mm、9年で70mm台に止まるものも見られた。図3に放流時のサイズに山川の成長式¹²⁾を当てはめて推定した成長を併示した。放流後3年目までを比較すると下回っている例がやや多かったものの、上回っている成長例もあり、値は山川の成長推定¹²⁾の上下に散らばっていた。

表 3-3. 放流群別放流再捕状況

| 放流 | | | | | | 再捕 | | | | |
|-----------|--------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 放流地 | 放流機関 | 放流群 | 放流年月日 | 放流尾数 (尾) | 平均頭胸甲長 (mm) | 再捕尾数 (尾) | 再捕率 (%) | 最長日数 (日) | 最遠隔地 (場所) | 最長距離 (km) |
| 石廊崎 | M | IR90A1 | 1990.11.26 | 48 | 54.4 | 0 | 0 | | | |
| | M | IR90A2 | 1990.11.26 | 161 | 59.8 | 0 | 0 | | | |
| | M | IR91S | 1991.6.13 | 119 | 42.2 | 10 | 8.4 | 317 | 須崎 | 26.6 |
| | M | IR91A | 1991.11.20 | 349 | 40.6 | 14 | 4.0 | 334 | 妻良 | 15.2 |
| | M | IR92S | 1992.6.2 | 216 | 42.5 | 42 | 19.4 | 893 | 須崎 | 26.6 |
| | M | IR92A | 1992.11.6 | 300 | 41.2 | 3 | 1.0 | 736 | 大瀬 | 3.5 |
| | M | IR93S | 1993.6.11 | 394 | 42.2 | 7 | 1.8 | 1221 | 下流 | 5.6 |
| | M | IR93A | 1993.12.13 | 377 | 42.7 | 2 | 0.5 | 465 | 妻良 | 15.2 |
| | M | IR94S | 1994.6.2 | 145 | 40.1 | 6 | 4.1 | 1255 | 妻良 | 15.2 |
| | M | IR94A | 1994.12.29 | 1294 | 41.5 | 74 | 5.7 | 1360 | 妻良 | 15.2 |
| | M | IR95S | 1995.6.8 | 282 | 42.0 | 33 | 11.7 | 869 | 妻良 | 15.2 |
| | M | IR95A | 1995.12.20 | 1569 | 40.0 | 274 | 17.5 | 1038 | 田牛 | 11.5 |
| | M | IR96S | 1996.6.6 | 426 | 40.9 | 127 | 29.8 | 1249 | 吉差美 | 15.4 |
| | M | IR96A | 1996.11.20 | 1737 | 40.7 | 479 | 27.6 | 1766 | 妻良 | 15.2 |
| | M | IR97S | 1997.6.5 | 1353 | 41.6 | 26 | 1.9 | 1595 | 下流 | 5.6 |
| | M | IR98S | 1998.6.5 | 660 | 41.7 | 159 | 24.1 | 1616 | 須崎 | 26.6 |
| | M | IR99S | 1999.5.31 | 1992 | 45.9 | 466 | 23.4 | 899 | 妻良 | 15.2 |
| | M | IR00S | 2000.5.31 | 2785 | 44.0 | 738 | 26.5 | 1281 | 妻良 | 15.2 |
| | M | IR01S | 2001.6.4 | 1439 | 45.0 | 310 | 21.5 | 1010 | 八幡野 | 59.8 |
| | M | IR02S | 2002.5.24 | 994 | 46.0 | 159 | 16.0 | 1228 | 中木 | 4.6 |
| 小計 | | | | 17688 | | 3006 | 17.0 | | | |
| 大瀬 | I | OS73A | 1973.9.8 | 147 | 51.2 | 37 | 25.2 | 976 | 田牛 | 8.0 |
| | I | OS74S1 | 1974.4.6 | 147 | 41.1 | 36 | 24.5 | 1279 | 稲取 | 44.9 |
| | I | OS74S2 | 1974.6.10 | 131 | 39.7 | 43 | 32.8 | 1926 | 入間 | 10.7 |
| | I | OS74S3 | 1974.7.20 | 39 | 49.1 | 0 | 0 | | | |
| | I | OS74S4 | 1974.7.20 | 42 | 50.2 | 5 | 11.9 | 482 | 下流 | 2.1 |
| | I | OS74S5 | 1974.7.20 | 32 | 50.0 | 2 | 6.3 | 436 | 大瀬 | 0.0 |
| | I | OS74S6 | 1974.7.20 | 31 | 50.0 | 0 | 0 | | | |
| | I | OS74S7 | 1974.8.24 | 41 | 53.4 | 2 | 4.9 | 77 | 白浜 | 33.5 |
| | I | OS74S8 | 1974.8.24 | 31 | 52.4 | 1 | 3.2 | 27 | 大瀬 | 0.0 |
| | I | OS74S9 | 1974.8.24 | 106 | 52.6 | 8 | 7.5 | 44 | 中木 | 8.0 |
| | I | OS74S10 | 1974.8.24 | 59 | 51.4 | 2 | 3.4 | 58 | 下流 | 2.1 |
| | I | OS74A1 | 1974.9.7 | 58 | 52.4 | 8 | 13.8 | 108 | 大瀬 | 0.0 |
| | I | OS74A2 | 1974.9.7 | 36 | 50.4 | 2 | 5.6 | 70 | 大瀬 | 0.0 |
| | I | OS74A3 | 1974.9.7 | 64 | 54.1 | 9 | 14.1 | 34 | 大瀬 | 0.0 |
| | I | OS74A4 | 1974.9.7 | 65 | 52.6 | 21 | 32.3 | 383 | 中木 | 8.0 |
| | I | OS74A5 | 1974.12.5 | 75 | 39.6 | 15 | 20.0 | 329 | 田牛 | 8.0 |
| | I | OS75S1 | 1975.4.30 | 47 | 38.8 | 10 | 21.3 | 218 | 中木 | 8.0 |
| | I | OS75S2 | 1975.6.16 | 53 | 39.7 | 8 | 15.1 | 165 | 中木 | 8.0 |
| | I | OS75S3 | 1975.8.9 | 22 | 51.5 | 0 | 0 | | | |
| | I | OS75S4 | 1975.8.9 | 24 | 51.6 | 2 | 8.3 | 49 | 大瀬 | 0.0 |
| | I | OS75S5 | 1975.8.9 | 31 | 53.8 | 2 | 6.5 | 117 | 石廊崎 | 3.5 |
| | I | OS75S6 | 1975.8.9 | 94 | 53.0 | 9 | 9.6 | 62 | 中木 | 8.0 |
| I | OS75A1 | 1975.9.6 | 40 | 53.9 | 9 | 22.5 | 83 | 石廊崎 | 3.5 | |
| I | OS75A2 | 1975.9.6 | 98 | 54.1 | 21 | 21.4 | 88 | 田牛 | 8.0 | |
| I | OS75A3 | 1975.9.6 | 85 | 52.6 | 35 | 41.2 | 611 | 田牛 | 8.0 | |
| I | OS76A | 1976.10.15 | 94 | 53.2 | 23 | 24.5 | 363 | 中木 | 8.0 | |
| I | OS77A1 | 1977.9.30 | 81 | 44.9 | 32 | 39.5 | 6 | 大瀬 | 0.0 | |
| I | OS77A2 | 1977.12.26 | 92 | 63.6 | 0 | 0 | | | | |

表 3-4. 放流群別放流再捕状況

| 放流地 | 放流 | | | | | 再捕 | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|-------------|----------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| | 放流 機関 | 放流群 | 放流年月日 | 放流尾数 (尾) | 平均頭胸甲長 (mm) | 再捕尾数 (尾) | 再捕率 (%) | 最長日数 (日) | 最遠隔地 (場所) | 最長距離 (km) |
| 大瀬 | I | OS78A | 1978.9.5 | 241 | 47.2 | 13 | 5.4 | 381 | 石廊崎 | 3.5 |
| | I | OS81A | 1981.12.10 | 923 | 41.1 | 122 | 13.2 | 1217 | 白浜 | 33.5 |
| | I | OS82S | 1982.5.26 | 378 | 40.8 | 66 | 17.5 | 859 | 白浜 | 33.5 |
| | I | OS82A | 1982.10.28 | 565 | 39.8 | 21 | 3.7 | 703 | 妻良 | 18.7 |
| | I | OS83A | 1983.11.4 | 20 | 54.5 | 1 | 5.0 | 29 | 小稲 | 3.2 |
| | M | OS89S | 1989.6.16 | 62 | 39.0 | 0 | 0 | | | |
| | M | OS90S | 1990.5.23 | 210 | 42.3 | 1 | 0.5 | 140 | 妻良 | 18.7 |
| | M | OS91S | 1991.6.13 | 54 | 41.4 | 3 | 5.6 | 331 | 中木 | 8.0 |
| | M | OS91A | 1991.11.19 | 238 | 40.2 | 10 | 4.2 | 342 | 妻良 | 18.7 |
| | M | OS92S | 1992.5.26 | 296 | 42.0 | 25 | 8.4 | 707 | 妻良 | 18.7 |
| | M | OS92A | 1992.11.5 | 300 | 41.1 | 25 | 8.3 | 555 | 中木 | 8.0 |
| | M | OS93S | 1993.6.3 | 400 | 43.6 | 8 | 2.0 | 558 | 大瀬 | 0.0 |
| | M | OS93A | 1993.12.13 | 371 | 42.3 | 3 | 0.8 | 693 | 大瀬 | 0.0 |
| | M | OS94S | 1994.6.2 | 255 | 40.2 | 1 | 0.4 | 134 | 下流 | 2.1 |
| | M | OS94A | 1994.12.13 | 149 | 43.3 | 7 | 4.7 | 401 | 下流 | 2.1 |
| | M | OS95S | 1995.6.8 | 180 | 43.9 | 9 | 5.0 | 838 | 中木 | 8.0 |
| | M | OS95A | 1995.12.20 | 276 | 43.7 | 11 | 4.0 | 303 | 中木 | 8.0 |
| | M | OS96S | 1996.5.24 | 246 | 41.1 | 17 | 6.9 | 497 | 中木 | 8.0 |
| | M | OS96A | 1996.11.20 | 276 | 41.2 | 10 | 3.6 | 685 | 妻良 | 18.7 |
| | M | OS97S | 1997.5.26 | 299 | 41.9 | 8 | 2.7 | 491 | 中木 | 8.0 |
| M | OS98S | 1998.5.28 | 299 | 41.2 | 11 | 3.7 | 1246 | 妻良 | 18.7 | |
| M | OS99S | 1999.5.24 | 182 | 41.5 | 5 | 2.7 | 314 | 石廊崎 | 3.5 | |
| M | OS00S | 2000.6.8 | 235 | 44.0 | 2 | 0.9 | 167 | 石廊崎 | 3.5 | |
| M | OS01S | 2001.5.20 | 128 | 41.9 | 6 | 4.7 | 148 | 石廊崎 | 3.5 | |
| 小計 | | | | 8448 | | 727 | 8.6 | | | |
| 下流 | I | SI74S1 | 1974.7.19 | 14 | 57.5 | 1 | 7.1 | 69 | 下流 | 0.0 |
| | I | SI74S2 | 1974.7.19 | 71 | 57.3 | 2 | 2.8 | 86 | 不明 | |
| | I | SI74A1 | 1974.9.11 | 39 | 56.1 | 2 | 5.1 | 40 | 下流 | 0.0 |
| | I | SI74A2 | 1974.9.11 | 34 | 59.1 | 3 | 8.8 | 31 | 中木 | 10.1 |
| | I | SI82S | 1982.5.26 | 99 | 40.5 | 18 | 18.2 | 859 | 中木 | 10.1 |
| | I | SI82A1 | 1982.10.28 | 192 | 42.0 | 18 | 9.4 | 343 | 小稲 | 1.1 |
| | I | SI82A2 | 1982.12.6 | 99 | 42.3 | 4 | 4.0 | 368 | 小稲 | 1.1 |
| | I | SI84S | 1984.5.9 | 8 | 39.5 | 0 | 0 | | | |
| | M | SI01S | 2001.6.8 | 1450 | 47.2 | 307 | 21.2 | 640 | 富戸 | 59.3 |
| | M | SI02S1 | 2002.5.24 | 466 | 48.0 | 35 | 7.5 | 521 | 石廊崎 | 5.6 |
| | M | SI02S2 | 2002.5.24 | 418 | 46.8 | 35 | 8.4 | 290 | 妻良 | 20.8 |
| | M | SI02S3 | 2002.5.24 | 455 | 47.9 | 34 | 7.5 | 541 | 石廊崎 | 5.6 |
| | M | SI02S4 | 2002.5.24 | 483 | 45.8 | 39 | 8.1 | 665 | 妻良 | 20.8 |
| 小計 | M | | | 3828 | | 498 | 13.0 | | | |
| 小稲 | M | KO93S | 1993.5.30 | 298 | 42.3 | 7 | 2.3 | 596 | 小稲 | 0.0 |
| | M | KO93A | 1993.12.17 | 324 | 42.2 | 38 | 11.7 | 880 | 妻良 | 21.9 |
| | M | KO94A | 1994.11.30 | 264 | 41.1 | 3 | 1.1 | 1254 | 石廊崎 | 6.6 |
| | M | KO95S | 1995.6.11 | 36 | 41.6 | 3 | 8.3 | 489 | 妻良 | 21.9 |
| | M | KO95A | 1995.12.28 | 270 | 43.1 | 19 | 7.0 | 637 | 妻良 | 21.9 |
| | M | KO96S | 1996.5.30 | 22 | 39.6 | 0 | 0 | | | |
| | M | KO96A | 1996.11.20 | 340 | 38.9 | 13 | 3.8 | 405 | 中木 | 11.2 |
| | M | KO97S | 1997.5.27 | 36 | 40.6 | 0 | 0 | | | |
| | M | KO98S | 1998.5.20 | 160 | 40.3 | 4 | 2.5 | 511 | 松崎 | 36.5 |
| M | KO99S | 1999.5.20 | 32 | 35.6 | 0 | 0 | | | | |
| 小計 | | | | 1782 | | 87 | 4.9 | | | |

表 3-5. 放流群別放流再捕状況

| 放流地 | 放流 | | | | | 再捕 | | | | |
|-----------|----------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | 放流 機関 | 放流群 | 放流年月日 | 放流尾数 (尾) | 平均頭胸甲長 (mm) | 再捕尾数 (尾) | 再捕率 (%) | 最長日数 (日) | 最遠隔地 (場所) | 最長距離 (km) |
| 田牛 | I | TO74A1 | 1974.10.14 | 94 | 42.3 | 10 | 10.6 | 579 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO74A2 | 1974.10.24 | 69 | 40.2 | 10 | 14.5 | 345 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO74A3 | 1974.12.5 | 118 | 40.4 | 4 | 3.4 | 681 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO74A4 | 1974.12.27 | 110 | 62.3 | 2 | 1.8 | 103 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO75S1 | 1975.7.18 | 557 | 42.8 | 80 | 14.4 | 2657 | 大瀬 | 8.0 |
| | I | TO75S2 | 1975.8.21 | 56 | 57.9 | 2 | 3.6 | 626 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO75S3 | 1975.8.21 | 92 | 54.3 | 1 | 1.1 | 43 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO75A | 1975.11.29 | 177 | 42.2 | 9 | 5.1 | 878 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO76S | 1975.5.15 | 133 | 48.2 | 10 | 7.5 | 152 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO76A1 | 1976.10.4 | 80 | 52.7 | 3 | 3.8 | 217 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO76A2 | 1976.10.6 | 305 | 42.3 | 15 | 4.9 | 369 | 中木 | 16.1 |
| | I | TO77A | 1977.12.26 | 95 | 62.2 | 13 | 13.7 | 2682 | 妻良 | 26.7 |
| | I | TO78A1 | 1978.10.14 | 417 | 45.6 | 2 | 0.5 | 566 | 湊 | 3.4 |
| | I | TO78A2 | 1978.11.11 | 258 | 39.3 | 0 | 0 | | | |
| | I | TO79S | 1979.6.11 | 170 | 42.3 | 1 | 0.6 | 199 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO79A | 1979.12.26 | 410 | 40.7 | 17 | 4.1 | 1408 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO81S | 1981.6.15 | 538 | 45.3 | 22 | 4.1 | 1260 | 真鶴 | 93.3 |
| | I | TO81A | 1981.10.16 | 1042 | 43.5 | 37 | 3.6 | 760 | 石廊崎 | 11.5 |
| | I | TO82S | 1982.5.26 | 1060 | 43.2 | 66 | 6.2 | 1266 | 入間 | 18.7 |
| | I | TO82A1 | 1982.10.28 | 629 | 41.1 | 23 | 3.7 | 702 | 妻良 | 26.7 |
| | I | TO82A2 | 1982.12.6 | 56 | 40.7 | 2 | 3.6 | 1065 | 下田 | 6.4 |
| | I | TO83S | 1983.5.30 | 870 | 42.6 | 38 | 4.4 | 890 | 小稲 | 4.9 |
| | I | TO83A1 | 1983.11.4 | 714 | 43.2 | 3 | 0.4 | 8 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO83A2 | 1983.12.21 | 142 | 40.6 | 15 | 10.6 | 715 | 中木 | 16.1 |
| | I | TO84S1 | 1984.5.26 | 83 | 43.0 | 5 | 6.0 | 350 | 神子元 | 6.9 |
| | I | TO84S2 | 1984.5.26 | 120 | 43.9 | 4 | 3.3 | 1712 | 大瀬 | 8.0 |
| | I | TO84A | 1984.12.4 | 427 | 43.4 | 3 | 0.7 | 459 | 田牛 | 0.0 |
| | I | TO85S | 1985.6.4 | 387 | 42.7 | 0 | 0 | | | |
| | M | TO89S | 1989.6.27 | 204 | 42.2 | 2 | 1.0 | 111 | 田牛 | 0.0 |
| | M | TO89A | 1989.12.11 | 316 | 44.5 | 0 | 0.0 | | | |
| | M | TO91S | 不明 | 181 | 44.7 | 1 | 0.6 | | 湊 | 3.4 |
| | M | TO91A | 1991.11.19 | 297 | 43.1 | 2 | 0.7 | 344 | 田牛 | 0.0 |
| | M | TO92S | 1992.5.15 | 256 | 43.3 | 7 | 2.7 | 855 | 妻良 | 26.7 |
| | M | TO92A | 1992.10.31 | 300 | 45.0 | 0 | 0 | | | |
| | M | TO93S | 1993.5.14 | 495 | 46.5 | 2 | 0.4 | 1249 | 妻良 | 26.7 |
| | M | TO93A | 1993.12.16 | 292 | 44.5 | 4 | 1.4 | 1119 | 妻良 | 26.7 |
| | M | TO94S | 1994.5.23 | 254 | 42.6 | 1 | 0.4 | 140 | 下流 | 11.9 |
| | M | TO94A | 1994.12.30 | 248 | 44.8 | 10 | 4.0 | 513 | 田牛 | 0.0 |
| | M | TO95S | 1995.6.1 | 290 | 44.5 | 4 | 1.4 | 147 | 田牛 | 0.0 |
| | M | TO95A | 1995.12.30 | 300 | 45.4 | 20 | 6.7 | 493 | 田牛 | 0.0 |
| M | TO96S | 1996.6.3 | 74 | 48.5 | 4 | 5.4 | 135 | 石廊崎 | 11.5 | |
| M | TO96A | 1996.11.22 | 284 | 47.5 | 14 | 4.9 | 453 | 須崎 | 6.4 | |
| M | TO97S | 1997.6.20 | 97 | 41.9 | 25 | 25.8 | 830 | 妻良 | 26.7 | |
| M | TO98S | 1998.6.10 | 256 | 43.4 | 2 | 0.8 | 1237 | 須崎 | 6.4 | |
| M | TO99S | 1999.6.26 | 299 | 50.2 | 0 | 0 | | | | |
| M | TO00S | 2000.5.13 | 130 | 48.1 | 0 | 0 | | | | |
| 小計 | | | | 13782 | | 495 | 3.6 | | | |
| 盲佐美 | I | KI99S1 | 1999.3.24 | 17 | 44.5 | 0 | 0 | | | |
| | I | KI99S2 | 1999.5.21 | 32 | 41.0 | 0 | 0 | | | |
| | I | KI99A | 1999.10.15 | 158 | 45.8 | 21 | 13.3 | 561 | 北川 | 40.1 |
| 小計 | | | | 207 | | 21 | 10.1 | | | |

表 3-6. 放流群別放流再捕状況

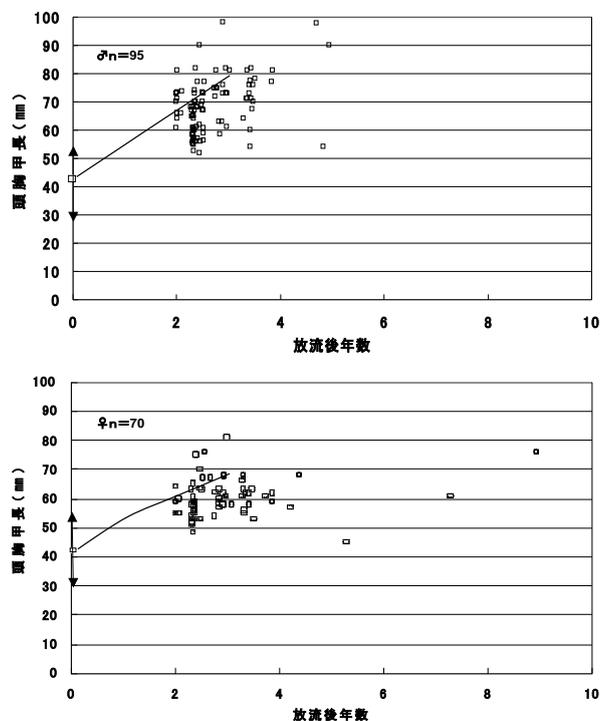
| 放流地 | 放流 機関 | 放流 | | | | 再捕 | | | | |
|-----------|----------|-----------|------------|-------------|----------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| | | 放流群 | 放流年月日 | 放流尾数 (尾) | 平均頭胸甲長 (mm) | 再捕尾数 (尾) | 再捕率 (%) | 最長日数 (日) | 最遠隔地 (場所) | 最長距離 (km) |
| 須崎 | I | SU78A1 | 1978.10.4 | 185 | 39.7 | 23 | 12.4 | 411 | 須崎 | 0.0 |
| | I | SU78A2 | 1978.10.12 | 303 | 37.7 | 13 | 4.3 | 400 | 須崎 | 0.0 |
| | I | SU79S | 1979.4.6 | 158 | 65.2 | 6 | 3.8 | 203 | 須崎 | 0.0 |
| | I | SU83A | 1983/10/不明 | 1000 | 不明 | 3 | 0.3 | 427 | 田牛 | 15.1 |
| | M | SU89S1 | 1989.6.20 | 149 | 42.6 | 4 | 2.7 | 134 | 須崎 | 0.0 |
| | M | SU89S2 | 1989.8.10 | 73 | 62.7 | 3 | 4.1 | 83 | 須崎 | 0.0 |
| | M | SU89A | 1989.11.1 | 163 | 65.1 | 0 | 0 | | | |
| | M | SU90S | 1990.7.25 | 126 | 43.5 | 0 | 0 | | | |
| | M | SU90A | 1990.10.14 | 148 | 64.9 | 0 | 0 | | | |
| | M | SU91S1 | 1991.6.13 | 90 | 44.5 | 11 | 12.2 | 181 | 稲取 | 21.8 |
| | M | SU91S2 | 1991.6.25 | 404 | 44.5 | 65 | 16.1 | 260 | 中木 | 31.1 |
| | M | SU91A1 | 1991.9.24 | 150 | 63.8 | 15 | 10.0 | 214 | 須崎 | 0.0 |
| | M | SU91A2 | 1991.11.18 | 349 | 41.2 | 6 | 1.7 | 162 | 小稲 | 19.9 |
| | M | SU92S | 1992.5.13 | 287 | 41.5 | 0 | 0 | | | |
| | M | SU92A1 | 1992.9.4 | 256 | 61.3 | 0 | 0 | | | |
| | M | SU92A2 | 1992.11.2 | 381 | 41.6 | 3 | 0.8 | 922 | 稲取 | 21.8 |
| | M | SU93S | 1993.5.21 | 294 | 42.4 | 0 | 0 | | - | |
| | M | SU93A | 1993.12.15 | 297 | 41.4 | 2 | 0.7 | 1031 | 田牛 | 15.1 |
| | M | SU94S | 1994.5.24 | 263 | 41.5 | 2 | 0.8 | 544 | 須崎 | 0.0 |
| | M | SU94A | 1994.11.21 | 298 | 41.4 | 12 | 4.0 | 493 | 須崎 | 0.0 |
| | M | SU95S | 1995.6.1 | 215 | 44.7 | 4 | 1.9 | 210 | 須崎 | 0.0 |
| | M | SU95A | 1995.11.20 | 299 | 45.3 | 14 | 4.7 | 511 | 須崎 | 0.0 |
| | M | SU96S | 1996.6.3 | 38 | 40.0 | 2 | 5.3 | 1803 | 須崎 | 0.0 |
| | M | SU96A | 1996.11.20 | 332 | 43.1 | 16 | 4.8 | 1084 | 谷津 | 14.4 |
| | M | SU97S | 1997.6.3 | 274 | 41.9 | 0 | 0 | | - | |
| | M | SU98S | 1998.5.28 | 225 | 42.0 | 5 | 2.2 | 330 | 谷津 | 14.4 |
| | M | SU99S | 1999.6.2 | 300 | 48.1 | 1 | 0.3 | 135 | 吉佐美 | 11.1 |
| | M | SU00S | 2000.5.13 | 130 | 48.9 | 0 | 0 | | | |
| 小計 | | | | 7187 | | 210 | 2.9 | | | |
| 白浜 | I | SH72S | 1972.8.28 | 200 | | 3 | 1.5 | 65 | | |
| | I | SH73A1 | 1973.9.7 | 74 | 46.5 | 1 | 1.4 | 85 | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH73A2 | 1973.9.13 | 32 | 47.1 | 1 | 3.1 | | | |
| | I | SH76A1 | 1976.10.18 | 30 | 39.8 | 1 | 3.3 | 720 | 石廊崎 | 37.0 |
| | I | SH76A2 | 1976.11.6 | 118 | 38.9 | 1 | 0.8 | | | |
| | I | SH84A1 | 1984.10.17 | 668 | 41.0 | 112 | 16.8 | 708 | 北川 | 18.6 |
| | I | SH84A2 | 1984.12.5 | 392 | 42.2 | 37 | 9.4 | 316 | 下田 | 19.0 |
| | I | SH86S | 1986.5.21 | 272 | 42.1 | 1 | 0.4 | 195 | 河津 | 4.0 |
| | I | SH95S1 | 1995.5.16 | 198 | 44.2 | 26 | 13.1 | 800 | 富戸 | 27.8 |
| | I | SH95S2 | 1995.8.25 | 46 | 54.9 | 3 | 6.5 | 420 | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH95S3 | 1995.8.27 | 84 | 56.5 | 13 | 15.5 | 422 | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH95S4 | 1995.9.4 | 30 | 59.1 | 9 | 30.0 | 366 | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH96S1 | 1996.5.22 | 112 | 57.2 | 14 | 12.5 | 153 | 稲取 | 11.4 |
| | I | SH96S2 | 1996.7.16 | 139 | 53.5 | 8 | 5.8 | 407 | 稲取 | 11.4 |
| | I | SH96S3 | 1996.7.17 | 73 | 49.9 | 7 | 9.6 | 441 | 富戸 | 27.8 |
| | I | SH96S4 | 1996.7.18 | 19 | 49.8 | 1 | 5.3 | 388 | 白浜 | 0.0 |
| I | SH96S5 | 1996.8.30 | 32 | 60.0 | 4 | 12.5 | 434 | 外浦 | 5.0 | |
| I | SH96S6 | 1996.8.30 | 32 | 59.2 | 0 | 0 | | | | |

表 3-7. 放流群別放流再捕状況

| 放流地 | 放流 | | | | | 再捕 | | | | |
|-----|----------|-----------|------------|-------------|----------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| | 放流 機関 | 放流群 | 放流年月日 | 放流尾数 (尾) | 平均頭胸甲長 (mm) | 再捕尾数 (尾) | 再捕率 (%) | 最長日数 (日) | 最遠隔地 (場所) | 最長距離 (km) |
| 白浜 | I | SH96S7 | 1996.9.6 | 32 | 58.4 | 0 | 0 | | | |
| | I | SH97S1 | 1997.7.4 | 11 | 48.5 | 1 | 9.1 | 54 | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH97S2 | 1997.7.5 | 32 | 52.1 | 2 | 6.3 | 496 | 外浦 | 5.0 |
| | I | SH97S3 | 1997.7.5 | 55 | 55.5 | 1 | 1.8 | 307 | 富戸 | 27.9 |
| | I | SH97S4 | 1997.8.27 | 59 | 56.9 | 2 | 3.4 | 421 | 富戸 | 27.9 |
| | I | SH97S5 | 1997.8.27 | 46 | 59.0 | 4 | 8.7 | 66 | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH97S6 | 1997.8.27 | 163 | 57.7 | 5 | 3.1 | | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH99S1 | 1999/3/不明 | 11 | | 0 | 0 | | | |
| | I | SH99S2 | 1999.3.24 | 36 | | 1 | 2.8 | | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH99A1 | 1999/2/不明 | 87 | | 4 | 4.6 | | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH99A2 | 1999.10.12 | 205 | 44.1 | 6 | 2.9 | 543 | 稲取 | 11.4 |
| | I | SH99A3 | 1999.12.7 | 83 | 42.5 | 4 | 4.8 | 477 | 稲取 | 11.4 |
| | I | SH01A | 2001.1.16 | 217 | 45.8 | 3 | 1.4 | 15 | 白浜 | 0.0 |
| | I | SH04A | 2004.1.13 | 1770 | 41.7 | 97 | 5.5 | 982 | 稲取 | 11.4 |
| I | SH04S | 2004.7.20 | 431 | 43.8 | 10 | 2.3 | 151 | 稲取 | 11.4 | |
| 小計 | | | | 5789 | | 382 | 6.6 | | | |
| 稲取 | I | IN78A | 1978.12.14 | 781 | 41.3 | 69 | 8.8 | 884 | 白田 | 3.5 |
| | I | IN80S | 1980.5.17 | 107 | 43.0 | 26 | 24.3 | 1245 | 谷津 | 4.0 |
| | I | IN80A | 1980.11.25 | 283 | 39.7 | 11 | 3.9 | 1765 | 稲取 | 0.0 |
| | I | IN81S | 1981.5.23 | 271 | 41.7 | 12 | 4.4 | 1583 | 稲取 | 0.0 |
| | I | IN81A | 1981.11.8 | 372 | 42.6 | 16 | 4.3 | 678 | 稲取 | 0.0 |
| | I | IN88A | 1988.12.24 | 170 | 42.9 | 3 | 1.8 | 1090 | 稲取 | 0.0 |
| | I | IN90A | 1990.11.21 | 544 | 43.4 | 7 | 1.3 | 1045 | 稲取 | 0.0 |
| | 小計 | | | 2528 | | 144 | 5.7 | | | |
| 北川 | I | HO81A | 1981.12.14 | 40 | 41.8 | 6 | 15.0 | 1243 | 北川 | 0.0 |
| 小計 | | | 40 | | 6 | 15.0 | | | | |
| 合計 | | 303群 | | 76402 | | 6644 | | | | |
| 平均 | | | | 252.2 | 45.8 | 21.9 | 8.7 | 614 | 9.0 | |
| 最大 | | | | 2785 | 66.2 | 738 | | 3260 | 93.3 | |
| 最小 | | | | 8 | 35.6 | 0 | | | | |

表 4. 再捕までの経過年数毎の再捕尾数合計と累計再捕率の状況

| 再捕経過年数 | 再捕尾数 | 累積% |
|--------|-------|--------|
| 0~1 | 4,765 | 80.1% |
| 1~2 | 944 | 95.9% |
| 2~3 | 181 | 99.0% |
| 3~4 | 42 | 99.7% |
| 4~5 | 11 | 99.9% |
| 5~6 | 4 | 99.9% |
| 6~7 | 0 | 99.9% |
| 7~8 | 3 | 100.0% |
| 8~9 | 1 | 100.0% |
| 合計 | 5,951 | 100.0% |



* 図中の線は放流時頭胸甲長から山川¹⁾の成長式からの推定値
□ 放流時平均頭胸甲長。矢印は最大と最小

図 3. 2年を超える長期再捕個体の成長

考 察

増殖場造成指針イセエビ編¹⁴⁾は日本におけるイセエビの標識放流報告を集約しており、それによると1931年から1982年までに日本で実施された標識法として、BONDE法、高山法、尾部アトキンス法、第2触角アトキンス法、伏見・松原法（アンカータグ法と記載）がある。このうち、尾部アトキンス法と第二触角アトキンス法は外部装着標識であり脱皮によって標識は脱落してしまうが、BONDE法、高山法、伏見・松原法は脱皮による脱落がない標識として開発されたものである。

BONDE法はアルミニウム板と釣り針状のアルミニウム線からなる標識を腹部屈筋内に挿入するもので、7例918尾の標識放流が行われ、最高再捕率21.5%、最長再捕日数428日、最長移動距離9kmという結果が報告されている¹⁴⁾。高山法は頭胸甲側面の鰓套線上の第4脚と第5脚の中間部に小穴をあけ、ここから腹部伸筋内に標識札の針金を挿入するもので、8例2,988尾の標識放流が行われ、最高再捕率18.8%、最長再捕日数250日、最長移動距離1.2kmという結果を得ている¹⁴⁾。

伏見・松原法は、頭胸甲背面と第1腹節の境界から腹部伸筋内にバノック銃により原型タグを装着する方法である。この方法はSCARRATT and ELSON⁸⁾、SWEAT⁹⁾による標識（図1）のアンカー部分を針で頭胸甲背面と第1腹節間の腹部伸筋内に挿入する方法の応用である。

バノック銃を標識放流に初めて使用した記録は、1972年の広島県水産試験場でのマダイ人工種苗の標識試験¹⁵⁾であるが、日本バノックの資料によると、1970年の日本バノック商会年賀状にマダイに原型タグを装着した写真があり、既にこの頃から標識方法としてバノック銃が使用されてきたことがわかる。伏見・松原は、装着作業が容易な利点からバノック銃の適用を実施した。伏見³⁾は開発にあたって約5ヶ月間の脱落と死亡の試験を伊豆分場野外実験池で行い、脱皮による脱落と死亡は認められず、標識装着が可能な最小頭胸甲長は30mmであることを報告した。

その後、原型タグより情報量を多く記載できるスパゲティタグが使用されるようになった¹⁰⁾。岡本・菊地¹⁶⁾は飼育試験によってスパゲティタグの有効性を検討した。さらに放流技術開発事業の飼育試験として⁶⁾、プエルルス着底後1年以内の稚エビへの装着や原型タグやスパゲティタグのかじられに対する対策が検討された。

本研究では、3回にわたる飼育による標識有効性確認試験を取りまとめた。その結果は次のように要約できる。

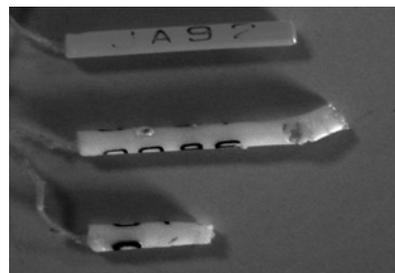
- ・5ヶ月を超えて2年に至るまで標識の有効性が確認された（1991、1993、1998年試験）。
- ・作業時間は長くなるものの、頭胸甲長20mm台のイセエビにもスパゲティタグの装着が可能であった（1993年試験）。

- ・番号部分の判読が不可能となった標識が確認された（1991、1993年試験）。
- ・個体干渉のない個別飼育では、標識残存率が高かった（1998年試験）。
- ・被覆スパゲティタグは、スパゲティ部分の脱落と記号が保護される利点はあるものの、その差異はわずかであり、価格差を越える利点は見られなかった（1998年試験）。

番号部分の判読が不可能となった標識は天然での標識再捕個体でも確認されており（図4）、他のイセエビ個体にかじられたものと推測される。このような標識は情報が読み取れないために放流群を特定できない。天然環境でもイセエビが密集して棲息していることを示しており、他個体がかじったことによる標識の欠損は、再捕結果を考える際に考慮しなければならない事項である。以上の飼育試験から、2年の長期に渡っても伏見・松原法の生残や成長への影響はほとんど無いものと判断されたとともに、頭胸甲長20mm台のイセエビにも標識の装着が可能であることが確かめられた。

本研究では過去32年間の303群に及ぶ南伊豆海域の伏見・松原法によるイセエビ標識放流再捕結果を集約した。実施機関、時期、標識形状、再捕報告等、不均一な条件下での集約であるが、大局を示す結果を得る事が出来る。1931～1982年の我が国におけるイセエビの標識放流再捕記録¹⁴⁾によると、最高再捕率は和歌山県が1978年10月～1979年3月までに1,649尾を放流した事例で、364尾が再捕され再捕率は22.1%であった。また、最長再捕日数は伊豆分場が1974年4月～1975年1月に南伊豆から放流した事例の1,280日後であり、最長移動距離の事例は伊豆分場が1979年11月～1980年2月に榛南から放流した事例での34kmであった。本報の標識放流再捕例は前述のとおり最高再捕率41.2%、最長再捕日数3,260日、最長移動距離93kmであり、これら三つの値¹⁴⁾を大きく更新した。これにより本法が長期残存する極めて有効な標識であることを明らかとした。

再捕率の1994年前後の石廊崎地区と2001年前後の妻良地区の差異は、漁業者からの報告率と栽培漁業センター職員が自ら確認した再捕率との差異を示している。こ



上：情報の識別可能な標識
中：スパゲティタグの先端がか欠損しているが情報の識別可能な標識
下：スパゲティタグの半分以上が欠落し、情報の識別不可能な標識

図4. 欠損して再捕された標識の状態

の差は報告漏れであることは明らかであり、再捕率を考
える際に考慮しなければならない。しかしながら、報告
率は市場の形態と漁業者の意識により変わるものであ
り、地域毎、事例毎に変動することが想定されるため、
補正法は今後の課題である。

また、標識放流再捕個体の成長と既存の報告での成長¹²⁾
を比較することで標識の有効性を検討した。成長の点で
も大勢として天然個体に近いと判断されるが、既存の成
長を下回る例が多いのも事実である。この問題は、諸段
階におけるコホート内の成長差の検討を経なければ、解
きえない。また、標識装着により成長が阻害されている
ことも考えられる。岡本・菊池¹⁶⁾は小型個体(頭胸甲
長50 mm以下)への装着は成長に悪影響を与えている
としているが、本報の飼育実験でもそのことを窺わせる結
果もみられた。しかしながら、高成長個体は脱皮回数が多
くなるために生残や脱落への影響が大きい可能性もある。
今後、イセエビの群成長を充分検討することが求め
られる。

本研究の結果と近年の飼育試験の報告^{6, 16)}を併せて考
えると、伏見・松原法はイセエビの頭胸甲長20 mm台
から使用できる優秀な方法であるが、標識のかじられへ
の対策や対案が必要であると考えられる。岡本・菊池¹⁶⁾
は、飼育によって得られた有効標識率(本報の標識残存
率)で回収結果を補正することを提案している。それは
標識のかじられへの補正になるが、飼育実験での結果を
野外に適用するにあたっては十分な検討が必要である。

今後は、今回整理した再捕データを詳細に解析し、移
動、分散、成長について検討を行う必要がある。

謝 辞

本論文の作成にあたり、2機関の総合的な取り纏めに
御指導と御教示をいただいた東京水産大学名誉教授野中
忠博士と独立行政法人水産総合研究センター業務企画部
研究開発コーディネータ桑田博氏に謝意を表す。さら
に本論文作成に御理解と適切な御配慮をいただいた静岡
県水産技術研究所伊豆分場長鈴木雄策氏と独立行政法人
水産総合研究センター 南伊豆栽培漁業センター場長榮
健次氏に謝意を表す。標識放流は、以下の漁業協同組
合各支所漁業者によって提供されたイセエビをもって実
施した。ここに記し、謝辞に替える。

稲取漁業協同組合、下田市漁業協同組合、南伊豆町漁
業協同組合、松崎町漁業協同組合、仁科浜漁業協同組合、
田子漁業協同組合。

また、本研究は両場の歴代のイセエビ研究担当者の御
尽力によって達成する事ができた。以下、担当者の名前
を記し、謝辞に替える。

伊豆分場：松原壮六郎、伏見浩、松岡玳良、佐々木正、
影山佳之、山本浩一、幡谷雅之、川合範明、後藤裕康、
岡本一利、御宿昭彦、鈴木朋和。

南伊豆栽培漁業センター：伏見浩、関根信太郎、島康
洋、石橋矩久、榮健次。

最後に、バノック銃に関して御教示いただいた株式会
社日本バノック峰岸康行氏と被覆スパゲティ型タグにつ
いて御教示いただいた田中三次郎商店 井上氏に謝意を
表す。

文 献

- 1) 木下虎一郎(1930)伊勢蝦類の標識に就いて. 水産
研究誌, **25**, 31-32.
- 2) 三重県水産試験場(1932)標識蝦類の再捕. 三重県
水産試験場時報, (32), 656.
- 3) 伏見 浩(1984)甲殻類の増殖. 水産土木, **20**, 59-
67.
- 4) 静岡県(1985)大規模増殖場開発事業調査報告書
(南伊豆・イセエビ). 27pp.
- 5) 島 康洋(1995)天然イセエビの標識放流と再捕結
果. 日本栽培漁業協会事業年報 平成5年度, 329-
332.
- 6) 静岡県・三重県・徳島県・高知県(2000)イセエビ
放流基礎技術の開発に関する研究. 平成7~11年度
放流開発事業総括報告書(基礎技術開発グループ),
73pp.
- 7) 鈴木 精(1981)第25回静岡県漁村青壮年婦人活動
実績発表大会から—イセエビの標識放流—. 伊豆分
場だより, **202**, 19-22.
- 8) SCARRATT, D.J., and P.F.ELSON(1965) Preliminary tri-
als of a tag for salmon and lobsters J.Fish.Res.Bd. Canada.
22 (2), 421-424.
- 9) SWEAT, D.E.(1968) Growth and tagging studies on
Panulirus argus (LATREILLE) in the Florida Keys. Fia.
Bd. Conserv. Tech. Ser., **57**, 1-30.
- 10) 島 康洋(1995)イセエビ標識試験.平成5年度日
本栽培漁業協会事業年報, 332-334.
- 11) 成生 正彦・山田博一・長谷川雅俊(2006)南伊豆
海域におけるイセエビブルス採集量の変化と黒
潮流路との関係.栽培技研, **34** (1), 13-32.
- 12) 山川 卓(1997)イセエビの資源評価と漁業管理.
三重県水産技術センター研究報告, **7**, 1-96.
- 13) 静岡県水産試験場伊豆分場(2005)伊豆の重要魚種
便覧 イセエビ.伊豆分場だより, 300, 24.
- 14) 全国沿岸漁業振興開発協会編(1988)沿岸漁場整備
開発事業増殖場造成計画指針イセエビ編, (社)全
国沿岸漁業振興開発協会, 197-362.
- 15) 野村和彦・佐藤正明(1974)マダイの標識方法につ
いて. 栽培技研, **3**, 1-7.
- 16) 岡本一利・菊池信介(1998)イセエビの生存・脱皮
に及ぼすアンカータグ標識装着の影響と標識残存
率. 静岡県水産試験場研究報告, **33**, 11-14.

南伊豆海域のイセエビプエルルス幼生の来遊量と 黒潮および台風による時化との関係*¹

山田博一*²・長谷川雅俊*³・成生正彦*⁴

Relation between the abundance of pueruli of Japanese spiny lobster,
Panulirus japonicus, the Kuroshio current,
and typhoons in the southern Izu coastal area

Hirokazu YAMADA, Masatoshi HASEGAWA, and Masahiko NARIU

Pueruli of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*, were collected at Shirahama and Irouzaki in the southern part of the Izu Peninsula from 1989 to 2004. Numbers were abundant in 1994, 1999, 2002, and 2004, years when the Kuroshio current approached Izu Peninsula. Typhoons caused high waves in the southern Izu coastal area, and collected numbers were also abundant. The correlation between numbers collected and offshore distance of the Kuroshio current was low, and that between numbers collected and wave height was low. But the correlation was high when the Kuroshio current approached Izu Peninsula and the wave height was high. The relation was statistically significant in Shirahama but not in Irouzaki. We consider that both the Kuroshio current and storms influence the abundance of pueruli.

2007年7月2日受理

イセエビ *Panulirus japonicus* は千葉県以南の太平洋沿岸で主に漁獲され、これら沿岸の各県で重要な磯根漁業の対象種となっている¹⁾。これまで本種の増殖を図るため、イセエビ幼生の加入機構の研究が進められてきたが、本種のプエルルスについては港の岸壁などからコレクターを用いて比較的簡単に採集することができるため、千葉県での田中ら²⁾、滝澤³⁾、静岡県での川合ら⁴⁾、成生ら⁵⁾、三重県⁶⁾、和歌山県⁷⁾、徳島県⁸⁾、ならびに高知県⁹⁾などで調査が行われた。

プエルルスの沿岸への来遊条件については主に黒潮や月齢との関係で考察されてきた。黒潮との関係については、流型⁵⁾、離岸距離⁷⁾との関係で検討され、黒潮との関わりが強いことが示唆されたが、例外も多く、黒潮以

外の他の要因も影響していると考えられている^{5, 7)}。月齢との関係については、新月期に多い傾向が認められた例⁷⁾、傾向がまったく認められない例⁴⁾もある。また、田中ら²⁾は、千葉県千倉町地先でのプエルルス採集個体数と気圧、降水量、雲量、風向、風速など気象条件との関係を検討したが、いずれも関係が認められなかった。

静岡県の下田市白浜および南伊豆町石廊崎における著者らのコレクター採集調査では、台風などの時化後にプエルルスの採集個体数が急増したことが認められた^{10, 11)}。プエルルスの採集個体数と時化の関係について、静岡県の他に千葉県での滝澤³⁾、三重県⁶⁾、徳島県⁸⁾、ならびに高知県⁹⁾でも報告されているが、現象の記載にとどめられている。静岡県ではコレクターによるプエルルスの

*¹ 静岡県水産技術研究所伊豆分場研究報告第143号

*² 静岡県産業部水産局水産資源室 〒420-8601 静岡県静岡市葵区追手町9-6

(Shizuoka Prefectural Department of Industry Division of Fishery Office of Fishery Management, 9-6 Otemachi, Aoi-ku, Shizuoka City, Shizuoka 420-8601, Japan)

*³ 静岡県水産技術研究所伊豆分場 〒415-0012 静岡県下田市白浜251-1

*⁴ 独立行政法人水産総合研究センター 南伊豆栽培漁業センター 〒415-0156 静岡県賀茂郡南伊豆町石廊崎183-2

採集個体数が、平成16年にこれまでで最も多く記録された¹²⁾。この年は、黒潮が伊豆半島に極めて強く接岸していた。これらのことから、イセエビのプエルスの沿岸への加入については黒潮の接岸と台風などの時化による影響が大きいのではないかと考えられた。

そこで、本報告では1989～2004年に静岡県水産試験場伊豆分場（以後、伊豆分場と称す）と独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター（以後、南伊豆栽培漁業センターと称す）の両機関で南伊豆海域において実施したコレクター採集データ⁵⁾を用いて、プエルスの採集と黒潮離岸距離との関係を再検討するとともに、時化の影響の指標として有義波高を用いて検討を試みた。

材料と方法

コレクターによるプエルスの採集 コレクターによるプエルスの採集点である白浜の板戸港と板見港、石廊崎の本瀬港の位置を図1に示した。用いたコレクターの形状については、川合ら⁴⁾、成生ら⁵⁾により詳細に記述されている。すなわち、白浜で調査を実施した伊豆分場のコレクターは、1本の長さ1.6mの合成樹脂テープ（幅10mm 緑色）を2つ折りにしてそれを10本束ねたものを1束とし、ステンレス板で補強した硬質プラスチック網（縦0.6×横0.3m）の両面に合計78束取り付けたものである^{4, 5)}。それをチェーンまたはロープに結び付け、コレクターの下部が海底に接するように岸壁から垂下した。使用したコレクターの合成樹脂テープの長さは80cmであり、この長さのコレクターを改良C型コレクターと呼んでいる⁵⁾。石廊崎で調査を実施した南伊豆

栽培漁業センターでも同様の形状のコレクターが使用されてきたが、年により合成樹脂テープの長さが50cmの共通型コレクター、60cmのC型コレクター、80cmの改良C型コレクターが単独でまたは併用して使用されてきた⁵⁾。コレクターの設置数は、下田市白浜の板戸港と板見港で年に4～15基、石廊崎本瀬港で年に5～12基であり⁵⁾、1989～2004年の調査期間中ほぼ毎日コレクターを引き上げてプエルスの採集を行った。

プエルスの採集個体数の補正 南伊豆栽培漁業センターでは合成樹脂テープの長さの違う共通型コレクター、C型コレクター、改良C型コレクターが用いられてきたが、合成樹脂テープの長さの違うコレクターを併用した場合、プエルスの採集個体数に有意な差が認められたため、改良C型コレクターを基準としてC型コレクター、共通型コレクターでの採集個体数をそれぞれ1.73倍、2.47倍とする補正値が求められている⁵⁾。そこで、各コレクターで採集されたプエルスの採集個体数を補正して用いた。

プエルスの採集時期から検討範囲の特定 静岡県の南伊豆海域におけるプエルスの採集は、1989～2004年では4～11月の間のみで確認されていたことから⁵⁾、黒潮離岸距離、有義波高についても4～11月のデータを用いることとした。

黒潮の離岸距離 1989～2004年の一都三県漁海況速報¹³⁾より、4月1日から11月30日までの間の日ごとの石廊崎から黒潮主流内側までの最短距離を定規（1mm単位）により計測し、速報図の1マス（緯度10分）の長さより、緯度1分の長さを計算し、石廊崎から黒潮主流内側までの最短距離を分の単位で求め、1.825km（＝1海里＝1分）を掛けて実際の距離（km）に換算した。そして、各月上旬、中旬、下旬で平均値を求めた。

有義波高 1989～2004年の下田市地先の有義波高データより、4月1日から11月30日の日別の平均値を求めた。そして、各月上旬、中旬、下旬でそれぞれ最大となる日別平均値（以下最大有義波高と称す）を抽出し、代表値とした。なお、欠測により1991年6月上旬、1992年8月中旬、1993年6月下旬から11月下旬の最大有義波高は求められなかった。有義波高のデータは独立行政法人港湾空港技術研究所から提供を受けた。

台風 台風の接近数および上陸数は、気象庁のホームページ^{*5)}にある「本土（本州、北海道、九州、四国）への台風接近数」および「台風の台風の上陸数」を用いた。また、同ホームページより1994、1999、2002、ならびに2004年の台風経路図より本土へ接近した台風のうち、静岡県に最も接近した日を台風接近日とした。ただし、「本土に接近した台風」は、台風が中心が本州、北海道、九州、四国のいずれかの気象官署から300km以内に入った場合、「日本に上陸した台風」は台風が中心が北海道、本

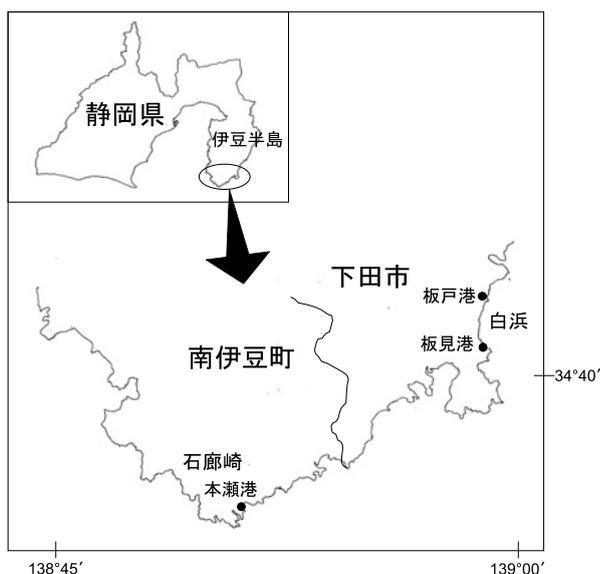


図1. コレクター採集点

*5 <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/index.html>

州，四国，九州の海岸線に達した場合とされている。

結 果

プエルルス¹⁾の卓越加入年におけるプエルルスの採集個体数と黒潮離岸距離，有義波高，ならびに台風との関係
南伊豆海域では1994年，1999年，ならびに2002年はプエルルスの採集が多く，その後の漁獲への加入状況から卓越した加入年と考えられている¹⁵⁾。また，2004年はプエルルスの採集が最も多く，黒潮の接岸と台風による時化の影響が顕著に認められた年であったことから¹²⁾，これら4か年のプエルルス採集個体数，黒潮離岸距離，有義波高，台風の接近または上陸を日別に図2～5に示した。

1. 1994年 (図2)

4～11月にかけて黒潮離岸距離はおおよそ30～130kmで推移し，接岸傾向であった。1994年には台風が6回本土に接近しており，そのうち3回は上陸していた。台風の接近により有義波高が高くなっていた。台風11号の上陸により白浜，石廊崎で採集個体数が大きく

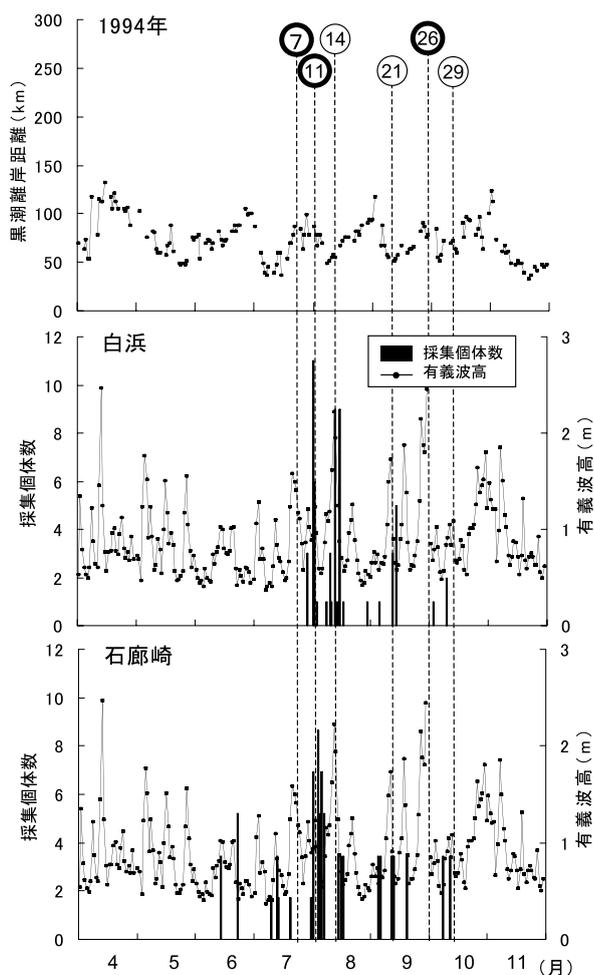


図2. 1994年の黒潮離岸距離と白浜と石廊崎におけるプエルルス採集個体数と台風および有義波高との関係

注)点線は台風が静岡県に接近した日を示し，丸中の数字は台風番号，太丸は上陸したことを示している

増加した。また，台風14号の接近により有義波高が2m以上と高くなり，白浜では採集個体数が大きく増加した。白浜では台風21号の接近時にも有義波高は2m近くになり，採集個体数が増加した。他の台風接近時にも有義波高が高くなっていたが，明瞭な採集個体数の増加は認められなかった。

2. 1999年 (図3)

黒潮は4月から徐々に接岸し，離岸距離は7月以降ほぼ100km以下で推移した。1999年には台風が5回本土に接近しており，そのうち2回は上陸していた。台風の接近により有義波高が高くなっていた。8月上旬の黒潮離岸距離が約50km，台風8号が接近し，有義波高が2m以上となった時に白浜と石廊崎で採集個体数が大きく増加した。他の台風接近時にも有義波高が高くなっていたが，明瞭な採集個体数の増加は認められなかった。

3. 2002年 (図4)

黒潮離岸距離は4月に50km程度まで接岸したが，5月には150km以上離岸し，その後7月にかけて徐々に接岸傾向となった。7月は50km以下と強い接岸を示し，その後非常に緩やかに離岸して行った。2002年には台

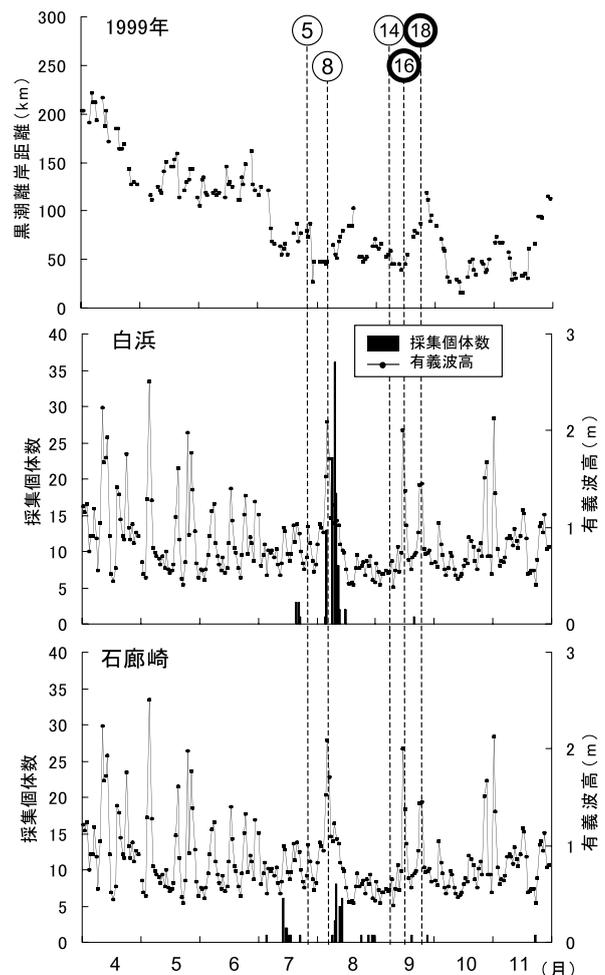


図3. 1999年の黒潮離岸距離と白浜と石廊崎におけるプエルルス採集個体数と台風および有義波高との関係

注)点線は台風が静岡県に接近した日を示し，丸中の数字は台風番号，太丸は上陸したことを示している

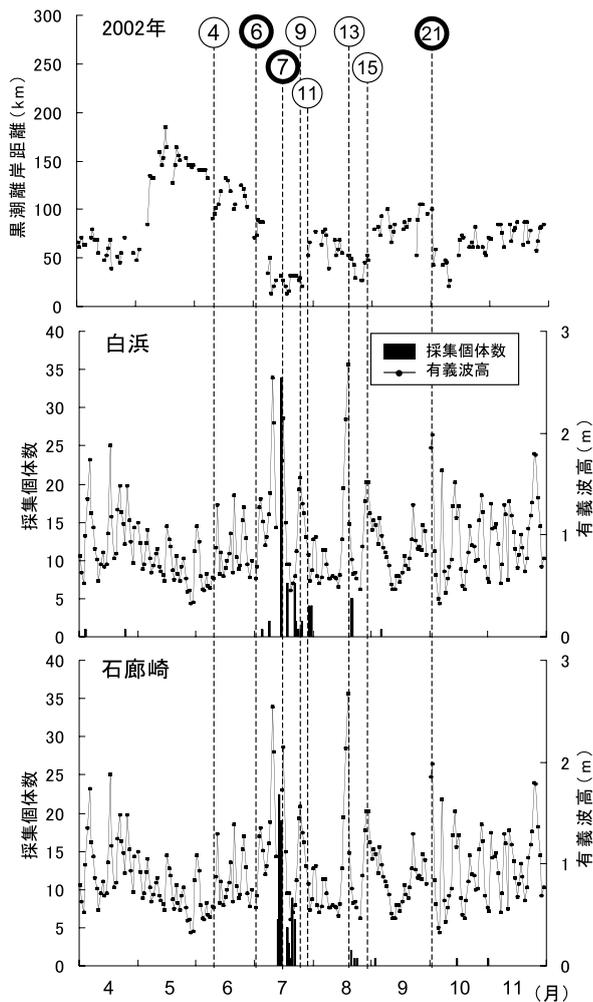


図4. 2002年の黒潮離岸距離と白浜と石廊崎におけるプエルルス採集個体数と台風および有義波高との関係

注)点線は台風が静岡県に接近した日を示し、丸中の数字は台風番号、太丸は上陸したことを示している

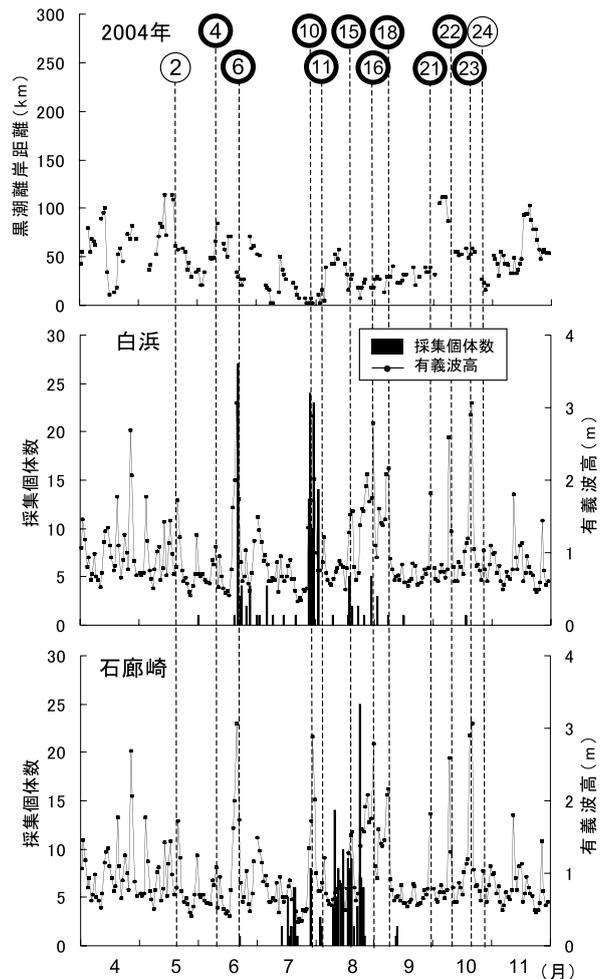


図5. 2004年の黒潮離岸距離と白浜と石廊崎におけるプエルルス採集個体数と台風および有義波高との関係

注)点線は台風が静岡県に接近した日を示し、丸中の数字は台風番号、太丸は上陸したことを示している

風が8回本土に接近しており、そのうち3回は上陸していた。台風の接近により有義波高が高くなっていた。7月中旬の黒潮離岸距離が50 km以下と接近し、台風7号が上陸し、有義波高が2 m以上となった時に白浜と石廊崎で採集個体数が急激に増加した。また、白浜では台風11号、13号の接近時に採集個体数の増加が認められた。他の台風接近時にも有義波高が高くなっていたが、明瞭な採集個体数の増加は認められなかった。

4. 2004年(図5)

黒潮離岸距離は、4月は50 km程度で上下変動し、5月以降さらに接岸傾向が進み、7月全般から8月上旬にかけて極めて強い接岸を示した。その後は非常に緩やかに離岸するものの、ほぼ50 km以内で推移した。2004年は非常に黒潮の接岸傾向の強い年であった。2004年には台風が12回本土に接近しており、そのうち10回は上陸するという台風の影響を大きく受けた年であった。また、台風の接近により有義波高が高くなっていた。6月中旬の黒潮離岸距離が50 km前後、台風6号の上陸により有義波高が3 m近くとなった時に白浜で採集個体数

が急激に増加した。黒潮が極めて強い接岸を示した7月下旬に台風10号が上陸し、有義波高が3 m近くになった時に白浜で採集個体数が急激に増加した。また、石廊崎でも採集個体数の増加が認められた。8月中旬の台風15号が上陸した数日後に石廊崎で採集個体数が急激に増加したが、それ以前から採集が増加しており、白浜ほど明瞭ではなかった。また、白浜では台風15号、16号で採集個体数の増加が認められた。他の台風接近時にも有義波高が高くなっていたが、明瞭な採集個体数の増加は認められなかった。

プエルルスの採集が多かったこれらの年は黒潮が50 km程度まで伊豆半島へ近づいていた。また、特に採集個体数が急増した時は台風の接近または上陸により有義波高が高くなった時と同調していた。

1989～2004年の旬別のプエルルス採集個体数と黒潮離岸距離および有義波高との関係

プエルルスの採集個体数と黒潮離岸距離や有義波高との関係は必ずしも日ごとの対応とは限らないため、以下の項目ではそれぞれ上旬(1～10日)、中旬(11～20日)、下旬(21～30日)

たは 31 日) にまとめて採集個体数と両者の関係を検定した。

1. プエルルスの採集個体数と黒潮離岸距離との関係

白浜と石廊崎における旬別のプエルルスの採集個体数と旬別の平均黒潮離岸距離との関係をそれぞれ図 6, 7 に示した。白浜と石廊崎ともに黒潮の離岸距離が近くなるほど採集個体数が多くなる傾向がみられたが、黒潮離岸距離が近い場合でも採集がない場合も多く、相関係数はそれぞれ -0.248 , -0.153 と低かった。

2. プエルルスの採集個体数と有義波高との関係

白浜と石廊崎における旬別のプエルルスの採集個体数と最大有義波高との関係を図 8, 9 に示した。白浜と石廊崎ともに相関係数は 0.240 , 0.082 と低かった。

3. プエルルスの採集個体数と黒潮離岸距離および有義波高との関係

白浜におけるプエルルスの採集個体数の多寡による黒潮離岸距離および有義波高との関係をみるため、旬ごとのプエルルスの採集個体数を 10 尾以上 (1 日 1 尾以上と採集が多い時), 1~9 尾, 採集なしの 3 つに分け、旬別のプエルルスの採集個体数と旬別の平均黒潮離岸距離および最大有義波高との関係を図 10 に示した。また、旬別の平均黒潮離岸距離および最大有義波高における採集個体数別の出現状況を図 11 に示した。10 尾以上の採集は明らかに黒潮離岸距離が近く、有義波高が高いほど多い傾向が認められた。1~9 尾の採集では黒潮離岸距

離に近い方が多い傾向が認められた。採集なしでは明瞭な傾向は認められなかった。そこで、旬別の平均黒潮離岸距離の中央値である 91.4km と最大有義波高の中央値である 1.39 m で 4 つに区分けし (表 1), 独立性の検定 (χ^2 検定) を行ったところ、有意な差 ($p = 0.00008$) が認められた。また、調整残差により示された有意差判定¹⁴⁾より (表 1), 白浜では黒潮離岸距離が近く、有義波高が高い場合は 10 尾以上の採集が多く、採集なしが少ないといえ、黒潮離岸距離が遠く、有義波高が高い場合は 10 尾以上の採集が少なく、黒潮離岸距離が遠く、有義波高が低い場合は 10 尾以上の採集が少なく、採集なしが多いといえた。

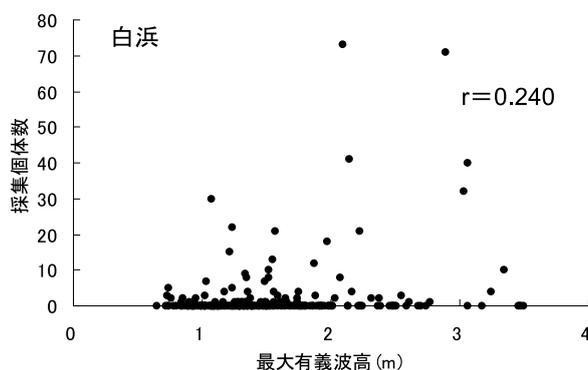


図 8. 白浜における旬別のプエルルス採集個体数と最大有義波高との関係

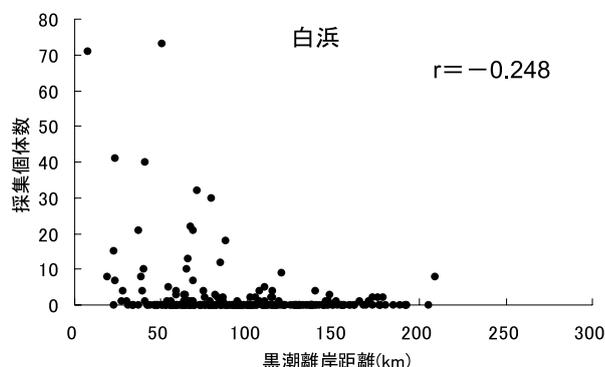


図 6. 白浜における旬別のプエルルス採集個体数と旬別の平均黒潮離岸距離との関係

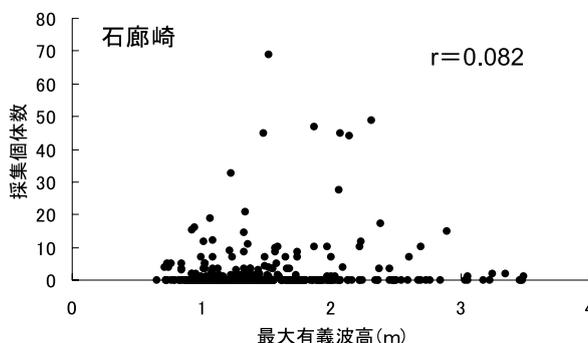


図 9. 石廊崎における旬別のプエルルス採集個体数と最大有義波高との関係

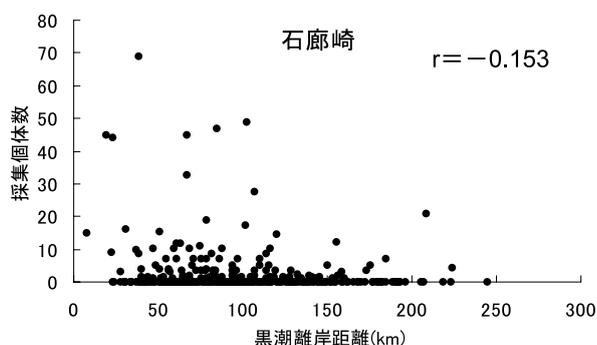


図 7. 石廊崎における旬別のプエルルス採集個体数と旬別の平均黒潮離岸距離との関係

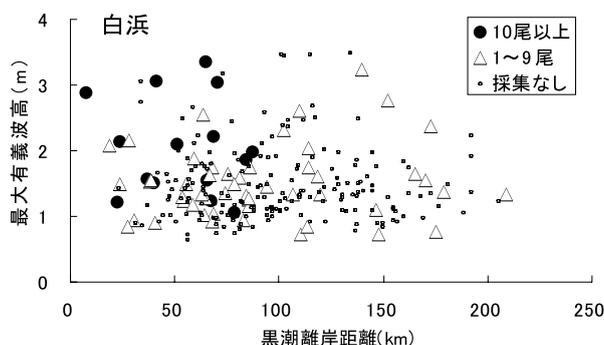


図 10. 白浜における旬別の平均黒潮離岸距離および最大有義波高におけるプエルルス旬別採集個体数

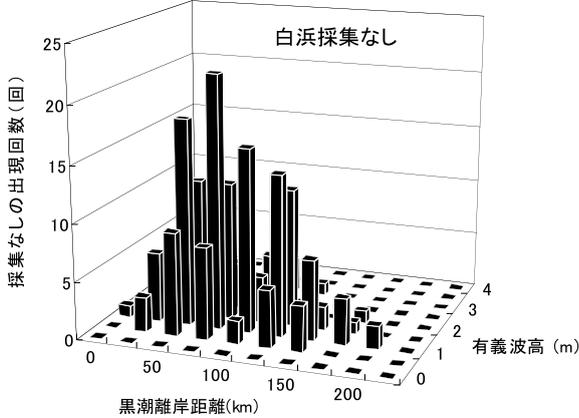
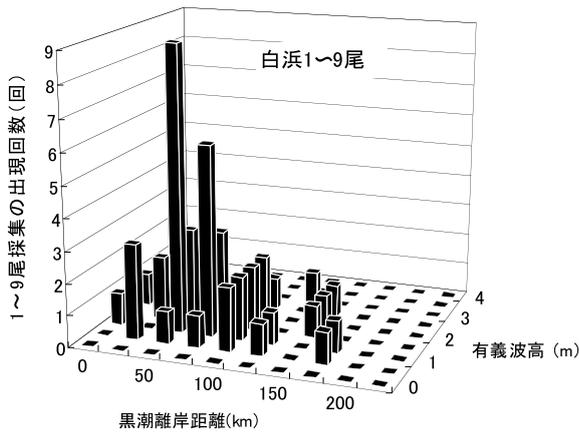
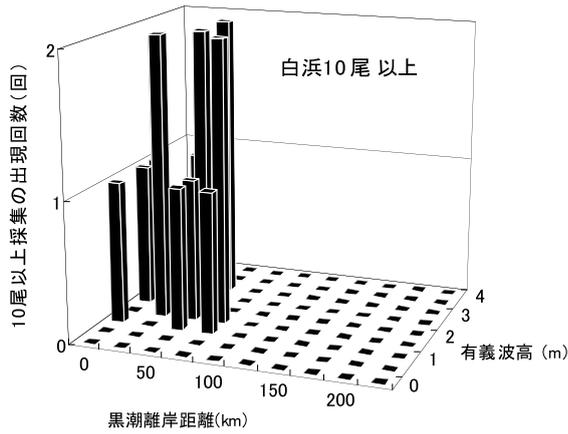


図 11. 白浜における旬別平均黒潮離岸距離および最大有義波高における旬別のプエルルス採集個体数の出現状況

表 1. 白浜における黒潮離岸距離と有義波高の区分けごとのプエルルス採集個体数別出現回数

| 黒潮離岸距離と有義波高の区分け | プエルルス採集個体数別の出現回数 | | |
|-----------------------------------|------------------|------|---------|
| | 0尾 | 1~9尾 | 10尾以上 |
| 黒潮離岸距離 91.4km 未満 有義波高 1.39m 以上 | 42 | 14 | 12 (**) |
| 黒潮離岸距離 91.4km 未満 有義波高 1.39m 未満 | 50 | 17 | 3 |
| 黒潮離岸距離 91.4km 以上 有義波高 1.39m 以上 | 47 | 11 | 0 (/) |
| 黒潮離岸距離 91.4km 以上 有義波高 1.39m 未満 | 54 (**) | 9 | 0 (/) |

注) 括弧内の記号は独立性の検定結果から調整残差により示された有意差判定を表す
 ** : 1%で有意に多い, * : 5%で有意に多い
 / : 1%で有意に少ない, / : 5%で有意に少ない

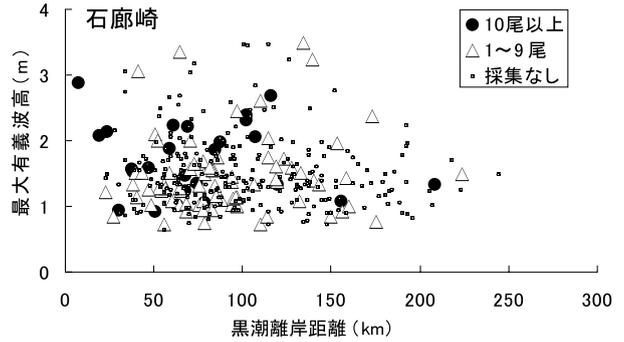


図 12. 石廊崎における旬別の平均黒潮離岸距離および最大有義波高におけるプエルルス旬別採集個体数

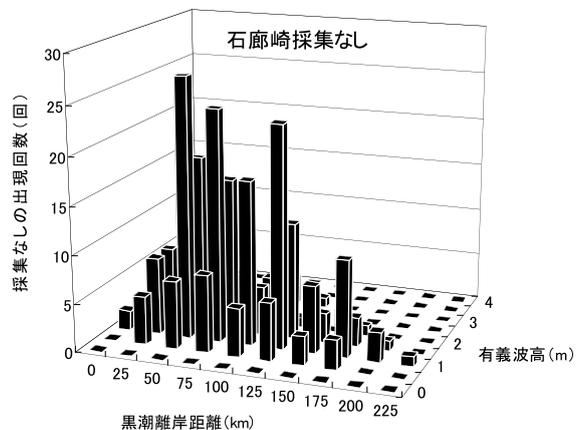
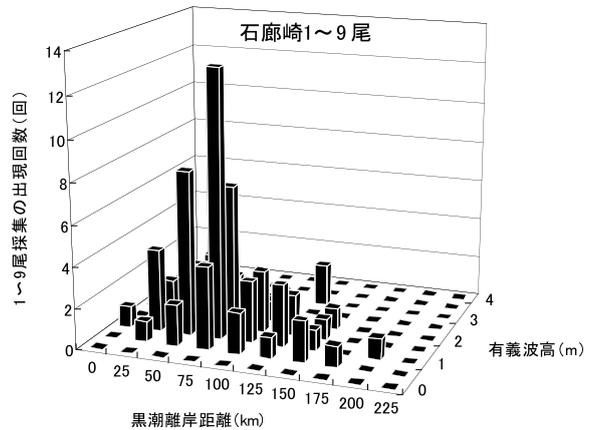
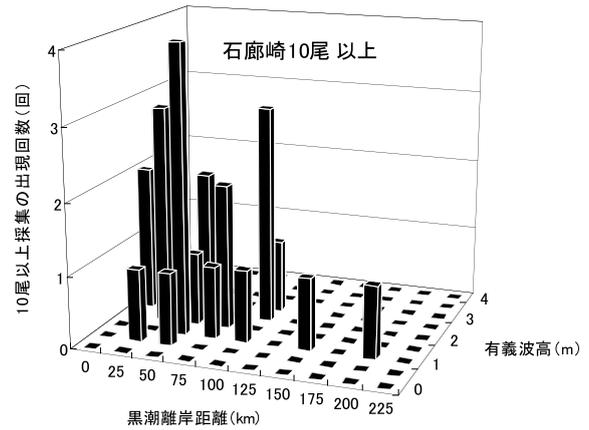


図 13. 石廊崎における旬別平均黒潮離岸距離および最大有義波高における旬別のプエルルス採集個体数の出現状況

表2. 石廊崎における黒潮離岸距離と有義波高の区分けごとの
プエルルス採集個体数別出現回数

| 黒潮離岸距離と 有義波高の区分け | プエルルス採集個体数別の出現回数 | | |
|-----------------------------------|------------------|------|-------|
| | 0尾 | 1~9尾 | 10尾以上 |
| 黒潮離岸距離 91.4km 未満 有義波高 1.39m 以上 | 68 | 18 | 12 |
| 黒潮離岸距離 91.4km 未満 有義波高 1.39m 未満 | 59 | 26 | 6 |
| 黒潮離岸距離 91.4km 以上 有義波高 1.39m 以上 | 65 | 16 | 4 |
| 黒潮離岸距離 91.4km 以上 有義波高 1.39m 未満 | 71 | 17 | 3 |

上記の白浜の場合と同様に、石廊崎における旬別のプエルルスの採集個体数と旬別の平均黒潮離岸距離および最大有義波高との関係を図12に示すとともに、各採集個体数別の出現状況を図13に示した。10尾以上の採集は白浜ほどではないが、黒潮離岸距離が近く、有義波高が高いほど多い傾向が認められた。1~9尾の採集では黒潮離岸距離が近い方が多い傾向が認められた。採集なしでは明瞭な傾向は認められなかった。そこで、旬別の平均黒潮離岸距離の中央値である91.4kmと最大有義波高の中央値である1.39mで4つに区分けし(表2)、独立性の検定(χ^2 検定)を行ったところ、有意な差($p = 0.08618$)は認められなかった。

考 察

イセエビプエルルス幼生の沿岸への来遊条件として黒潮との関係が検討されてきたが、吉村⁷⁾、成生ら⁵⁾は黒潮以外の要因も影響していると指摘している。プエルルスの採集個体数と台風などの時化との関係について、千葉県のコレクター調査において滝澤³⁾は「月齢との関係だけでなく台風や低気圧といったその他の海況条件がプエルルスの採集結果に影響を与えている可能性も高いと考えられる」と報告し、三重県⁶⁾では「悪天候の後の調査においてプエルルスが多く採集される傾向が認められた」、徳島県⁸⁾では「荒天後あるいは新月を中心として採集量が多くなる傾向があった」、高知県⁹⁾では「プエルルス、稚エビの来遊状況は台風等の波浪による影響を受けていることが考えられた」と現象が記載されてきた。このことからイセエビが分布している太平洋岸ではプエルルスの採集個体数の増加と時化が同調して起こっている可能性が考えられ、それを本研究では黒潮との関係を考慮に入れて検討した。

まず、プエルルスの採集の多かった卓越加入年で採集個体数、黒潮離岸距離、有義波高、ならびに台風との関係をみた結果、プエルルスの採集個体数の多寡は黒潮の接岸と台風による時化との対応が良く、重要な要因になっていると考えられたが、必ずしもすべてで対応していなかった。そこで、1989~2004年の旬別データでプエルルス採集個体数と黒潮離岸距離および有義波高の両者の関係について統計的検定を行ったところ、石廊崎では有意でなかったが、白浜では有意であった。従って、白

浜では黒潮離岸距離が近くなり、台風が接近し時化になることでプエルルス採集個体数が増加する可能性が高くなるといえ、プエルルスの採集個体数の増加と黒潮の接岸、台風の時化との関係を現象の記載^{3, 6, 8, 9)}以上に確かめることができた。関係が有意でなかった石廊崎では白浜に比べて黒潮や時化の影響の少ない時でも毎年ある程度の幼生が来遊しているとも考えられ、このことが伊豆半島の最南端に位置する石廊崎とその周辺海域で子エビと呼ばれる小型サイズのイセエビが毎年多い¹⁶⁾原因となっているのかもしれない。

コレクターによるプエルルスの採集個体数と沿岸へのプエルルスの来遊量の関係については、プエルルスの採集個体数からの漁獲量予測である程度関係がうかがえることから^{4, 15)}、プエルルスの採集個体数はおおよそ来遊したプエルルスの量を反映しているといえるだろう。プエルルスの来遊量は、親の産卵量やフィロソーマ期の生残以外に、本研究の結果、黒潮ばかりでなく時化といった物理的要因が大きく影響していることが分かった。黒潮流路内部で後期フィロソーマ幼生やプエルルス幼生が採集されている¹⁷⁾ので、黒潮が接岸することによりプエルルス幼生は沿岸に来遊すると考えられる。また、台風などの時化の時には有義波高が高くなっているが、これはうねりの影響である。波には質量輸送があり、浅くて閉じた水路で海岸に向かって波が進んできた場合には相対水深 $kh (= 2\pi h / L, h$:水深, L :波長)によって異なるが、上中下層のいずれかで岸向きの質量輸送速度が生じる¹⁸⁾。したがって、台風などの時化に伴ううねりは、プエルルス幼生をより浅所に強制的に輸送すると考えられるが、その詳細な機構は今後の検討課題である。

白浜での卓越加入年の月ごとの台風による時化の時のプエルルス大量採集の有無を表3に示したが、月によりプエルルスの大量採集と時化の関係は異なっていた。時化の時に大量採集される割合は5月の0%から次第に高くなり、8月に75%とピークを迎え、その後10月の0%に向けて低くなった。その増減はプエルルスの月別採集状況⁵⁾と一致していたことから、5月や10月などプエルルス自体の分布が少ない、あるいはない時にはたとえ時化であっても沿岸に来遊しない、あるいは来遊できないと考えられる。来遊量にはこのようなプエルルスの存否も関わっているだろう。

表3. 白浜での卓越加入年の月ごとの台風による時化の時の
プエルルス大量採集の有無

| 月 | 台風による時化の時の プエルルス大量採集の有無 | | 台風による時化 (回) (B) | 割合 (%) (A) / (B) × 100 |
|----|----------------------------|--------|--------------------|---------------------------|
| | 有り (回) (A) | 無し (回) | | |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 6 | 1 | 2 | 3 | 33 |
| 7 | 3 | 4 | 7 | 43 |
| 8 | 6 | 2 | 8 | 75 |
| 9 | 1 | 6 | 7 | 14 |
| 10 | 0 | 5 | 5 | 0 |

謝 辞

本論文に対する御指導、御鞭撻を賜った東京水産大学名誉教授野中忠博士に深甚なる謝意を表す。本論文の御校閲を賜った独立行政法人水産総合研究センター業務企画部研究開発コーディネーター桑田博氏に謝意を表す。波の質量輸送について御教示賜った独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所川俣茂博士に謝意を表す。本論文をまとめる際の会議のとりまとめおよび御助言をいただいた独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター場長榮健次氏、論文作成に御理解をいただいた静岡県水産技術研究所伊豆分場場長鈴木雄策氏、御助言をいただいた独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター技術開発員鈴木重則氏に謝意を表す。これまでに南伊豆栽培漁業センターおよび伊豆分場でコレクターによるプエルルスのの採集調査に関わった職員の方々に謝意を表す。

文 献

- 1) 野中 忠 (1982) 漁獲に表われたイセエビ資源の性状. 静岡水試研報, **16**, 31-42.
- 2) 田中種雄・内野加奈子・岡本 隆 (2005) 外房千倉町地先でのイセエビプエルルス幼生着底量と親えび資源量および房総沖黒潮離岸距離の関係. 千葉水研研報, **4**, 41-48.
- 3) 滝澤典子 (2002) 外房におけるイセエビ着底期幼生の生態と成長に関する研究. 東京水産大学大学院修士学位論文, 1-19.
- 4) 川合範明・長谷川雅俊・幡谷雅之・勝又康樹・野中忠 (1994) 静岡県におけるイセエビプエルルスの連続採集と漁況予測. 静岡水試研報, **29**, 7-17.
- 5) 成生正彦・山田博一・長谷川雅俊 (2006) 南伊豆海域におけるイセエビのプエルルス採集量の変化と黒潮流路との関係. 栽培技研, **34**, 13-32.
- 6) 三重県 (2000) イセエビ放流基礎技術の開発に関する研究. 放流技術開発事業総括報告書 (基礎技術開発グループ) 平成7～11年度, 23-42.
- 7) 吉村 拓 (2000) イセエビ放流基礎技術の開発に関する研究. 放流技術開発事業総括報告書 (基礎技術開発グループ) 平成7～11年度, 67-73.
- 8) 徳島県 (2000) イセエビ放流基礎技術の開発に関する研究. 放流技術開発事業総括報告書 (基礎技術開発グループ) 平成7～11年度, 43-49.
- 9) 高知県 (2000) イセエビ放流基礎技術の開発に関する研究. 放流技術開発事業総括報告書 (基礎技術開発グループ) 平成7～11年度, 51-65.
- 10) (社)日本栽培漁業協会 (2003) 平成14年度資源増大技術開発事業報告書. 南伊豆1-南伊豆22.
- 11) 静岡県 (2004) 平成15年度栽培資源ブランド・ニッポン推進事業環境調和型 (甲殻類グループ) 栽培漁業技術開発事業報告書. 静岡1-静岡14.
- 12) 静岡県 (2005) 平成16年度栽培資源ブランド・ニッポン推進事業環境調和型 (甲殻類グループ) 栽培漁業技術開発事業報告書. 静岡1-静岡17.
- 13) 東京都水産試験場・千葉県水産研究センター (水産試験場)・神奈川県水産総合研究センター (水産試験場)・静岡県水産試験場 (1990～2005) 一都三県漁海況速報 1989～2004年版.
- 14) 菅 民郎 (2003) 『EXCEL統計』のための統計分析の本改訂版. 株式会社エスミ, 東京, pp.228-229.
- 15) 山田博一・長谷川雅俊・成生正彦 (2006) 南伊豆海域に來遊したイセエビ幼生の漁獲への加入状況. 栽培技研, **34**, 33-41.
- 16) 伏見 浩 (1976) 南伊豆地区におけるイセエビの生態. 水産土木, **12**, 21-26.
- 17) YOSHIMURA, T., H.YAMAKAWA and E.KOZAWA (1999) Distribution of final stage phyllosoma larvae and free-swimming pueruli of *Panulirus japonicus* around the Kuroshio Current off southern Kyusyu, Japan. Marine Biology, **133**, 293-306.
- 18) 宇野木早苗・斎藤 晃・小菅 晋 (1990) 海洋技術者のための流れ学, 第7章摩擦と乱れ. 東海大学出版会, 98-131.

炭酸ガスとエタノール製剤との併用による クロアワビ稚貝の剥離処理

中牟田弘典*

Exfoliation of juvenile abalones, *Haliotis discus*,
with the combined use of carbon dioxide and ethanol additive

Hironori NAKAMUTA

Because carbon dioxide (CO₂) dissolves in seawater, it can be used to peel abalones from collectors. However, the exfoliation rate is low and the task is troublesome. We were able to increase the rate of exfoliation of juvenile abalones by adding ethanol to seawater aerated with CO₂. A higher concentration of ethanol increased the exfoliation rate and shortened the time to exfoliate abalones that were not initially exfoliated. A suitable concentration of ethanol was 0.5 %.

2007年8月13日受理

アワビ類人工種苗の生産工程では、付着珪藻板から稚貝を間引きする密度調整作業、殻長を揃える選別作業、出荷時の計数作業において、稚貝を付着珪藻板から剥離する剥離剤として、パラアミノ安息香酸エチル^{1,2)}、塩酸プロカイン³⁾、2-フェノキシエタノール⁴⁾及びエタノール製剤⁵⁾が使用されている。

佐賀県玄海水産振興センターでは、2003年の薬事法改正以前は、パラアミノ安息香酸エチルを用いてアワビ類稚貝の剥離を行っていたが、2005年8月以降は炭酸ガス⁶⁾を使用する方法で剥離作業を行っている。しかし、炭酸ガスを使用する方法では、クロアワビ (*Haliotis discus*) 稚貝が剥離溶液中で付着器に固着するため、エタノール製剤を使用した場合よりも稚貝の剥離率が低く、未剥離個体を手作業で剥離する際に時間がかかる。また、エタノール製剤を使用する方法では、エタノール濃度で3%程度とする必要があるため、使用量が多くなり剥離に要する経費が高くなる⁵⁾。そこで、筆者はエタノールによりクロアワビの筋肉が弛緩することに着目し、剥離作業時間を短くする目的で、炭酸ガスとエタノール製剤を併用する剥離方法について検討し、実用規模で剥離の有効性を確認したので報告する。

材料と方法

試験区の概要を表1に示した。試験は、2005年12月に採苗した平均殻長 18.7 ± 5.3 mm のクロアワビの稚貝 (以下稚貝という) を使用し、2006年8月に行った。

試験には、15 kℓ コンクリート角型水槽 (以下 15 kℓ 水槽という) で、塩化ビニール製波板 (40 × 32 cm, 以下波板という) を付着器として、アナアオサを給餌し飼育している稚貝を使用した。15 kℓ 水槽には、波板 10 枚が1組となったホルダーを 100 セット収容し、試験の 40 日前に波板 1 枚当たり 50 個体程度となるよう稚貝を付着させ、各試験区毎に 620 ~ 1,468 個体 (平均供試個体数で 778 ~ 1,373 個体)、すなわち波板 20 枚を供試した。エタノール製剤は食品添加物用のライダン・ハイ M (エタノール濃度 75.0 % v/v : 今津食品工業(株)製) を、炭酸ガスは液化炭酸ガスを使用した。また、従来法にはパラアミノ安息香酸エチル (和光純薬工業(株)製, 特級) を使用した。

試験区は、エタノール製剤をろ過海水に添加 (1, 2, 3 % v/v ; エタノール濃度) した区 (以下エタノール区という)、炭酸ガスをろ過海水に通気した区 (以下炭酸

* 佐賀県玄海水産振興センター 〒 847-0401 佐賀県唐津市唐房 6 丁目 4948-9

(Saga Prefectural Genkai Fisheries Research And Development Center, 6-4948-9, Toubou, Karatsu, Saga 847-0821, Japan)

表 1. 剥離試験に使用した剥離剤と添加条件

| 試験区 | 剥離剤 | 濃度 | | |
|-------------------|--------------|-------|------|------|
| | | (ppm) | (%) | (pH) |
| ろ過海水区 | - | 0 | 0 | 8.0 |
| パラアミノ安息香酸区 | パラアミノ安息香酸エチル | 60 | 0.11 | - |
| エタノール1%区 | エタノール製剤 | - | 1 | - |
| エタノール2%区 | " | - | 2 | - |
| エタノール3%区 | " | - | 3 | - |
| 炭酸ガス通気区 | 炭酸ガス | - | - | 5.2 |
| 炭酸ガス通気0.25%エタノール区 | 炭酸ガス、エタノール製剤 | - | 0.25 | 5.2 |
| 炭酸ガス通気0.5%エタノール区 | " | - | 0.5 | 5.2 |
| 炭酸ガス通気1%エタノール区 | " | - | 1 | 5.2 |
| 炭酸ガス通気2%エタノール区 | " | - | 2 | 5.2 |
| 炭酸ガス通気3%エタノール区 | " | - | 3 | 5.2 |

ガス通気区という), 炭酸ガス通気海水にエタノール製剤を添加 (0.25, 0.5, 1, 2, 3 % V/v ; エタノール濃度) した区 (以下炭酸ガス通気エタノール区という), パラアミノ安息香酸エチルをろ過海水に添加 (60 ppm) した区 (以下パラアミノ安息香酸区という) 及び対照区として剥離剤を添加しないろ過海水区を設け, それぞれの試験区について 2 例ずつ実施した。

剥離処理には, 角型コンテナ (内寸 50 × 62 × 43 cm) を使用した。各剥離液の容量は, 100 l (エタノール及びパラアミノ安息香酸エチルは内割) とし, その中に稚貝が付着した波板 20 枚を浸漬し処理した。炭酸ガスは, 通気後の海水の pH が所定の値となるまで, pH メータ (ホリバ (株) 製) で測定しながら小型分散器を用い毎分 5 l の通気量で通気し, その条件は, 杉山・田中⁶⁾ の実験結果より, 稚貝の剥離時間が 10 分以内で回復時間が 30 分以内を見込めると考えられる pH 5.20 とした。なお, パラアミノ安息香酸エチルは, 水に難溶性であるため, パラアミノ安息香酸エチル 6 g をエタノール製剤 150 ml に溶かし, これを 60 ppm 濃度となるようにろ過海水に添加した。

剥離処理後に波板から剥離した個体の確認は, パラアミノ安息香酸区では 5, 10, 12 分後まで, それ以外の試験区では 5, 10, 20 分後まで行い, 自然剥離した個体の割合 (以下累積剥離率という) を求めた。また, パラアミノ安息香酸区では 12 分後に, それ以外の試験区では, 20 分後に波板に残った個体を手作業で剥離し, これに要する時間 (以下手剥ぎ作業時間という) を測定した。

剥離後の生残率を比較するため, 各試験区ともに自然剥離した稚貝 (平均殻長 18.7 ± 5.3 mm) 400 個体ずつを塩化ビニール製のコレクター (40 × 11 × 4 cm) 4 個に再び付着させ, アナアオサを餌料として自然水温 (24.2 ~ 26.4 °C) で 10 日間飼育した。さらに, 剥離後の成長を比較するため, 各剥離剤により剥離した稚貝 (平均殻長 25.1 ± 2.9 mm) をネトロン製の籠 (10 × 10 × 10 cm) 3 つに 10 個体ずつ収容し, アナアオサを餌料として自然水温 (24.2 ~ 26.6 °C) で 1 ヶ月間飼育した。

結 果

各試験区の平均累積剥離率 (以下累積剥離率という) 及び最終浸漬後の平均手剥ぎ作業時間 (以下手剥ぎ作業時間という) を表 2 に示す。ろ過海水区では, 波板から剥離する個体は認められなかったが, その他の試験区では, 浸漬時間が長くなるほど累積剥離率が高くなった。浸漬時間が 5 分間の累積剥離率は, パラアミノ安息香酸区が 20.2 %, エタノール 1 % 区が 0.2 %, 同 2 % 区が 0.4 %, 同 3 % 区が 24.3 % であり, 3 % 区以外はパラアミノ安息香酸区を下回った。一方, 炭酸ガス通気区では 58.3 %, 炭酸ガス通気エタノール 0.25 % 区が 81.7 %, 同 0.5 % 区が 87.7 %, 同 1 % 区が 90.9 %, 同 2 % 区が 89.8 %, 同 3 % 区が 94.0 % であり, いずれの試験区もパラアミノ安息香酸区及びエタノール区を上回った。10 分間浸漬時では, パラアミノ安息香酸区が 49.0 %, エタノール 1 % 区が 0.3 %, 同 2 % 区が 11.4 %, 同 3 % 区が 71.2 %, 炭酸ガス通気区が 63.0 %, 炭酸ガス通気エタノール 0.25 ~ 3 % 区が 85.7 ~ 95.1 % の範囲であり, 5 分間浸漬時と同様な結果となった。20 分間浸漬時では, エタノール 1 % 区が 0.3 %, 同 2 % 区が 19.5 %, 同 3 % 区が 85.3 %, 炭酸ガス通気区が 64.2 %, 炭酸ガス通気エタノール 0.25 ~ 3 % 区が 86.9 ~ 95.8 % の範囲であった。

各剥離剤による処理後に波板に残った稚貝の手剥ぎ作業時間は, ろ過海水区 (累積剥離率 0 %) が 18 分 8 秒であり, 累積剥離率が 20 % 以下のエタノール 1 % 区 (同 0.3 %), 同 2 % 区 (同 19.5 %) では 16 分以上であった。累積剥離率が 50 % 以上の試験区では, パラアミノ安息香酸区 (同 57.6 %) が 6 分 19 秒, エタノール 3 % 区 (同 85.3 %) が 2 分 24 秒, 炭酸ガス通気区 (同 64.2 %) が 7 分 14 秒, 炭酸ガス通気エタノール 0.25 % 区 (同 86.9 %) が 4 分 12 秒, 同 0.5 % 区 (同 89.2 %) が 4 分 20 秒, 同 1.0 % 区 (同 92.4 %) が 3 分, 同 2 % 区 (同 93.6 %) が 2 分 34 秒, 同 3 % 区 (同 95.8 %) が 2 分 40 秒であった。

表 2. 各試験区における平均累積剥離率及び最終浸漬後の平均手剥ぎ作業時間

| 試験区 | 平均供試個体数 (個体) | 平均累積剥離率 (%) | | | | 平均手剥ぎ作業時間 (分:秒) |
|-------------------|--------------|-------------|------|------|------|-----------------|
| | | 5 | 10 | 12 | 20 | |
| ろ過海水区 | 1,023 | 0.0 | 0.0 | - | 0.0 | 18:08 |
| パラアミノ安息香酸区 | 954 | 20.2 | 49.0 | 57.6 | - | 6:19 |
| エタノール1%区 | 861 | 0.2 | 0.3 | - | 0.3 | 16:50 |
| エタノール2%区 | 1,373 | 0.4 | 11.4 | - | 19.5 | 17:47 |
| エタノール3%区 | 662 | 24.3 | 71.2 | - | 85.3 | 2:24 |
| 炭酸ガス通気区 | 863 | 58.3 | 63.0 | - | 64.2 | 7:14 |
| 炭酸ガス通気エタノール0.25%区 | 1,328 | 81.7 | 85.7 | - | 86.9 | 4:12 |
| 炭酸ガス通気エタノール0.5%区 | 1,199 | 87.7 | 88.7 | - | 89.2 | 4:20 |
| 炭酸ガス通気エタノール1%区 | 778 | 90.9 | 91.5 | - | 92.4 | 3:00 |
| 炭酸ガス通気エタノール2%区 | 1,049 | 89.8 | 92.7 | - | 93.6 | 2:34 |
| 炭酸ガス通気エタノール3%区 | 1,152 | 94.0 | 95.1 | - | 95.8 | 2:40 |

各試験区の剥離稚貝の10日後の生残率（以下生残率という）及び1ヶ月飼育した際の日間成長量（以下日間成長量という）を表3に示す。剥離後の稚貝の生残率は、対照のろ過海水区が98.7%であり、パラアミノ安息香酸区が97.6%、エタノール1%区が98.0%、同2%区が98.8%、同3%区が96.5%、炭酸ガス通気区が98.2%、炭酸ガス通気エタノール0.25%区が99.5%、同0.5%区が99.4%、同1%区が98.7%、同2%区が99.4%、同3%区が98.1%であった。へい死した稚貝の平均殻長は、対照のろ過海水区が 9.4 ± 1.8 mm、その他の試験区が 9.3 ± 1.7 mmであり、生残率試験に供した稚貝の平均殻長の 18.7 ± 5.3 mmと比べて小さい個体であった。

表3. 剥離処理後の稚魚の生残率及び日間成長量

| 試験区 | 浸漬時間 (分) | 生残率 (%) | 日間成長量 (μ m) |
|-------------------|-------------|------------|---------------------|
| ろ過海水区 | 20 | 98.7 | 77.8 |
| パラアミノ安息香酸区 | 12 | 97.6 | 108.6 |
| エタノール1%区 | 20 | 98.0 | 106.3 |
| エタノール2%区 | 20 | 98.8 | 112.6 |
| エタノール3%区 | 20 | 96.5 | 109.6 |
| 炭酸ガス通気区 | 20 | 98.2 | 104.8 |
| 炭酸ガス通気エタノール0.25%区 | 20 | 99.5 | 102.2 |
| 炭酸ガス通気エタノール0.5%区 | 20 | 99.4 | 102.9 |
| 炭酸ガス通気エタノール1%区 | 20 | 98.7 | 118.2 |
| 炭酸ガス通気エタノール2%区 | 20 | 99.4 | 111.6 |
| 炭酸ガス通気エタノール3%区 | 20 | 98.1 | 108.6 |

日間成長量は、対照のろ過海水区が 77.8μ mであったのに対し、その他の試験区では $102.2 \sim 118.2 \mu$ mの範囲であり、ろ過海水区が最も低くなった。最も日間成長量が高かったのは、炭酸ガス通気エタノール1%区であった。なお、日間成長量を把握する期間中に稚貝のへい死はみられなかった。

考 察

アワビ類の種苗生産工程において、各種剥離剤を用いた稚貝を剥離し、密度調整や選別、計数作業を実施する場合は、稚貝の剥離時間や回復時間、稚貝の生残や成長に与える影響、作業性及び経済性を考慮し、剥離剤の添加濃度や処理時間を決定する必要がある。種苗生産の現場において作業を実施する場合は、剥離剤への浸漬時間や手剥ぎ作業時間が短いほど効率的である。また、剥離・選別・計数作業が終了し、飼育水槽等に戻された稚貝は、その後の成長の遅滞や減耗もなく飼育できることが望ましい。

そこで、パラアミノ安息香酸エチル、エタノール製剤及び炭酸ガスを使用し、クロアワビ稚貝の剥離方法につ

いて試験した結果、ろ過海水区では、剥離する稚貝は認められず、剥離剤の溶液に5分間稚貝を浸漬した時の累積剥離率は、エタノール1%区が0.2%、同2%区が0.4%、同3%区が24.3%、パラアミノ安息香酸区が20.2%であったのに対し、炭酸ガス通気区では58.3%と高くなり、炭酸ガスと0.25%～3%濃度のエタノールを併用した炭酸ガス通気エタノール区では、81.7～94.0%と非常に高い剥離率となった。また、10分間及び20分間浸漬時において、炭酸ガス通気エタノール区の剥離率がパラアミノ安息香酸区、エタノール区及び炭酸ガス通気区より高く、且つ、エタノールの添加濃度が高いほど累積剥離率が高くなる傾向が強くと認められた。山名ら⁶⁾は、成体マナマコでメントールの麻酔効果について検討し、エタノールをメントールの溶媒として用いた場合は、メントール単独よりも高い麻酔効果が認められたと報告している。本試験においても、炭酸ガス通気エタノール区では、エタノールの同様な作用により、エタノールの添加濃度が高いほど、剥離溶液中で稚貝が波板に固着することなく速やかに波板から剥離されたため、剥離率が高くなったと考えられる。

規定時間浸漬した後の稚貝の手剥ぎ作業時間は、累積剥離率が高い炭酸ガス通気エタノール区が炭酸ガス通気区より短く、エタノールの添加濃度が高いほど作業時間が短くなる傾向が強くと認められ、パラアミノ安息香酸エチルやエタノール製剤、炭酸ガスを単独で用いた場合より、炭酸ガスとエタノール製剤を併用することで剥離作業が大幅に短縮できると考えられた。

さらに、炭酸ガスとエタノール製剤を併用した剥離剤で剥離された稚貝の生残率は、従来法のパラアミノ安息香酸エチルやエタノール製剤、炭酸ガスで剥離された稚貝の生残率と差はなく、また、剥離した稚貝の日間成長量は、ろ過海水区より良好であることから、剥離方法としては問題はないと考えられた。

本研究では、平均殻長 18.7 ± 5.3 mmのクロアワビの稚貝を用い、剥離剤の種類と濃度を変えて、稚貝の剥離状況、生残及び成長を比較した。

従来法のパラアミノ安息香酸エチルを使用し、平均殻長約5 mmのエゾアワビ稚貝約7万個体の剥離・選別・計数作業を5人で実施した場合の作業時間は、1水槽（波板1,000枚）あたり約3時間必要であった⁸⁾。このうち、剥離作業に約100分を要していたことから、1人10分間当たりの波板の剥離枚数は約20枚と推測された。このため、本報では波板20枚分に相当する1,000個体の稚貝を、1人で剥離する場合の剥離溶液への浸漬時間と手剥ぎ作業時間を含めた累積剥離作業時間が10分以内となる条件を、実用上の剥離作業時間と規定した。

今回の試験では、各試験区において浸漬時間毎の手剥ぎ作業時間を求めていないため、剥離剤の成分・濃度の違いが手剥ぎ作業時間の長短に影響しないものとして、各試験区の浸漬時間終了時に付着していた稚貝数(X；

個体数)と手剥ぎ作業時間(Y;秒)の関係を求めた結果、 $Y = 0.951X + 90$ ($r = 0.9722$)が得られた。この関係式を用い、各剥離剤で1,000個体の稚貝を1人で剥離する場合の推定手剥ぎ作業時間及び推定累積剥離作業時間を求め表4に示した。

表4. 各剥離剤で1,000個体の稚貝を1人で剥離する場合における推定手剥ぎ作業時間及び推定累積剥離作業時間

| 試験区 | 浸漬時間 (分) | 推定手剥ぎ作業時間 (分:秒) | 推定累積剥離作業時間 (分:秒) |
|-------------------|-------------|--------------------|---------------------|
| ろ過海水区 | 5 | 17:21 | 22:21 |
| | 10 | 17:21 | 27:21 |
| | 20 | 17:20 | 37:20 |
| パラアミノ安息香酸区 | 5 | 14:09 | 19:09 |
| | 10 | 9:35 | 19:35 |
| | 12 | 8:14 | 20:14 |
| エタノール1%区 | 5 | 17:20 | 22:20 |
| | 10 | 17:18 | 27:18 |
| | 20 | 17:18 | 37:18 |
| エタノール2%区 | 5 | 17:17 | 22:17 |
| | 10 | 15:32 | 25:32 |
| | 20 | 14:16 | 34:16 |
| エタノール3%区 | 5 | 13:30 | 18:30 |
| | 10 | 6:04 | 16:04 |
| | 20 | 3:50 | 23:50 |
| 炭酸ガス通気区 | 5 | 8:07 | 13:07 |
| | 10 | 7:20 | 17:20 |
| | 20 | 7:10 | 27:10 |
| 炭酸ガス通気エタノール0.25%区 | 5 | 4:24 | 9:24 |
| | 10 | 3:46 | 13:46 |
| | 20 | 3:34 | 23:34 |
| 炭酸ガス通気エタノール0.5%区 | 5 | 3:27 | 8:27 |
| | 10 | 3:18 | 13:18 |
| | 20 | 3:13 | 23:13 |
| 炭酸ガス通気エタノール1%区 | 5 | 2:57 | 7:57 |
| | 10 | 2:50 | 12:50 |
| | 20 | 2:42 | 22:42 |
| 炭酸ガス通気エタノール2%区 | 5 | 3:08 | 8:08 |
| | 10 | 2:39 | 12:39 |
| | 20 | 2:31 | 22:31 |
| 炭酸ガス通気エタノール3%区 | 5 | 2:27 | 7:27 |
| | 10 | 2:16 | 12:16 |
| | 20 | 2:08 | 22:08 |

この結果、実用上の剥離作業時間を満たす試験区は、炭酸ガス通気エタノール区のみであったことから、炭酸ガスとエタノール製剤を併用することにより、実用的な剥離作業が行えると考えられた。

また、極わずかであるが、成長不良と考えられる殻長10mm以下の個体がへい死していることから、本剥離方法に供試する稚貝のサイズについて、検討が必要であろう。さらに、小畑¹⁾や河西ら²⁾は、剥離剤に付着器を垂下した後に振動や振盪し、剥離効果を検討しており振盪するなどの物理的処理を行うことにより、本剥離方法の剥離率は更に向上し、作業時間の短縮が図られると考えられる。

佐賀県玄海水産振興センターでエタノール製剤を使用した剥離作業は、エタノール濃度として3%となるようエタノール製剤をろ過海水1m³に添加して実施している。そこで、エタノール製剤、炭酸ガス及び炭酸ガスとエタノール製剤との併用で量産規模の剥離⁸⁾を実施する

場合の経費を試算すると、エタノール製剤が11,670円、炭酸ガスが1,750円となる。また、併用した場合は、0.25%濃度で2,730円、0.5%濃度で3,700円、1.0%濃度で5,640円、2%濃度で9,530円となり、エタノール製剤単独使用より併用使用の方が安価に剥離できると試算された。

量産規模で剥離する場合は、エタノール濃度が低いほど経済的であるが、エタノールの添加濃度が0.25%の場合は、炭酸ガス単独使用と同様に稚貝が剥離溶液中で付着器に固着する現象がみられたことから、併用する場合のエタノール濃度は0.5%が適当と考えられた。

今後は、pHと水温の関係から、炭酸ガス濃度を推定できるデータの収集や異なる水温における剥離条件を検討する必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご協力いただいた佐賀県玄海水産振興センターの職員各位、並びに本報告をまとめる機会を与えていただいた佐賀県玄海水産振興センター村山孝行所長に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 小畑千賀志・高橋寛爾(1981)パラアミノ安息香酸エチルによるアワビ稚貝の麻酔処理. 栽培技研, **10**, 29-34.
- 2) 河西一彦・有馬孝和・斉藤 実(1987)パラアミノ安息香酸エチルのアワビ類稚貝3種の麻酔効果. 水産増殖, **35**, 43-46.
- 3) 石田 修(1999)塩酸プロカインによるクロアワビ稚貝の麻酔剥離効果. 千葉水試研報, **55**, 43-46.
- 4) 河西一彦・有馬孝和・隆島史夫(1987)2-フェノキシエタノールのアワビ類3種の剥離効果. 水産増殖, **35**, 47-51.
- 5) 津田 徹・山本直人・村田 実(2006)アワビ種苗生産事業. 平成16年度山口栽セ事報, 47-51.
- 6) 杉山元彦・田中彌太郎(1982)炭酸ガス麻酔によるアワビ稚貝の剥離について. 養殖研研報, **3**, 37-44.
- 7) 山名祐介・浜野龍夫・山元憲一(2005)成体マナマコのメントール麻酔に関する研究. 日水誌, **71**, 299-306.
- 8) 伊藤史郎・森勇一郎(1996)アワビ(エゾアワビ)の種苗生産. 佐賀県栽培漁業センターにおける種苗生産マニュアル, 1-14.

PCR 法による種苗生産用親ヨシエビからの クルマエビ急性ウイルス血症ウイルス検出法の検討

山根 史裕*¹・西岡 豊弘*²・瀬古 慶子*³・徳澤 秀渡*¹

Retention of penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV) in Broodstock of the Greasy Back Shrimp, *Metapenaeus ensis*

Fumihiko YAMANE, Toyohiro NISHIOKA, Keiko SEKO, and Hideto TOKUZAWA

To control PAV (penaeid acute viremia) in seed production of greasy back shrimp, *Metapenaeus ensis*, we investigated the retention of PRDV (penaeid rod-shaped DNA virus) in broodstock used for seed production. We detected viral genes at ratios of more than 20 % in the thelycum of spawners but none in the thelycum of wild adult greasy back shrimps. These results suggest that some wild adult shrimps already have PRDV, and viruses may infect larvae from spawners via eggs. To control PAV, it should be effective to select eggs on the basis of PCR (polymerase chain reaction) analysis of the thelycum after spawning for seed production.

2007年7月10日受理

ヨシエビ *Metapenaeus ensis* は、エビ類においてはクルマエビ *Penaeus japonicus* に次ぐ重要な栽培漁業対象種であり、2005年には約3,000万尾の種苗が西日本を中心に放流されている¹⁾。三重県の伊勢湾では、クルマエビの漁獲量の減少に対応して種苗放流による資源増大に取り組んできたが、1976年に97トンであった漁獲量が²⁾、1999年には7トンにまで減少し³⁾、目立った効果が得られなかった。そのため、1999年からヨシエビの栽培漁業技術開発に着手した。しかし、近年、エビ類の種苗生産や中間育成過程において、クルマエビ類の急性ウイルス血症 (penaeid acute viremia : PAV)⁴⁾ が発生し、健全な種苗の確保が困難となっており、栽培漁業を推進する上で大きな障害となっている⁵⁾。クルマエビの種苗生産過程における本病の発生は、主に採卵用の親エビから原因ウイルス PRDV (penaeid rod-shaped DNA virus)⁴⁾ が垂直感染することによると推定されており、防除対策として PCR 法による親エビのウイルス保有検査結果に基づく選別、ヨード剤による受精卵の消毒が有効であると報

告されている⁶⁾。一方、ヨシエビは本ウイルスに対して高い感受性を有し⁷⁾、日本沿岸で漁獲された天然のヨシエビから本ウイルスが検出されること⁸⁾、種苗生産過程で PAV の発生により大量死亡すること⁹⁾ が報告されており、ヨシエビの種苗生産においても、クルマエビと同様に PAV の防除法を確立することが、安定した種苗生産のために必要不可欠である。そこで我々は、ヨシエビの種苗生産における PAV 防除法を確立するための一手段として、種苗生産に用いる親エビのウイルス保有の有無を確認するための PCR 検査に適した部位や採取時期の検討を行い、併せて漁獲海域の異なるヨシエビ成体および種苗生産用親エビの PRDV 保有状況を調査したので報告する。

材料と方法

親ヨシエビの PRDV 保有 PCR 検査に適した部位および採取時期の検討には、2005年7月6日に三重県伊勢

*¹ 財団法人三重県水産振興事業団 三重県栽培漁業センター 〒517-0404 三重県志摩市浜島町浜島 3564-1 (Mie Prefectural Fish Farming Center, 3564-1, Hamajima, Shima, Mie 517-0404, Japan)

*² 独立行政法人水産総合研究センター 養殖研究所 〒516-0193 三重県度会郡南勢町中津浜浦 422-1

*³ 財団法人三重県水産振興事業団 三重県尾鷲栽培漁業センター 〒519-3922 尾鷲市古江町二ノ前 811-1

湾で小型底曳き網により漁獲された天然雌ヨシエビ成体を使用した。水揚げされたヨシエビから、肉眼による卵影観察法¹⁰⁾により成熟した雌ヨシエビ62尾を選別し、うなぎ袋を入れた発泡スチロール(20ℓ: 34.5 cm × 27.5 cm × 深さ 21.5 cm) 3箱に、水量を10ℓとして収容した(20~21尾/箱)。うなぎ袋には酸素を封入し、水温を18℃にして、約3時間かけて三重県栽培漁業センター(以下当センター)まで輸送した。搬入した親エビのうち30尾は、産卵供試前のサンプルとして-30℃で凍結し、ウイルス検査に供するまでそのまま保存した。残りの32尾は、0.5 kℓ 黒色ポリエチレン水槽3面(水量0.5 kℓ)に10~12尾ずつ収容し、水温25℃の止水状態で一晩産卵試験に供した後、翌朝取り上げ、卵影の肉眼観察により、産卵状況を完全産卵、一部産卵および未産卵に区分した。親ヨシエビからPRDVを効率的に検出する部位を検討するため、産卵試験の前後に、血リンパ、卵巣、第5歩脚の指節、生殖器、中腸腺、胃の上皮および第一遊泳脚を個体別に採材し、PCR法によるウイルス検査に供した。

漁獲海域の異なるヨシエビ成体のPRDV保有状況調査には、2005年の産卵期に、伊勢湾(7月6日, 21日, 31日)、高知県の土佐湾(6月15日)、瀬戸内海の播磨灘(6月26日)で底曳き網または小型定置網により漁獲された雄125尾と雌145尾の合計270尾を使用した。雄の生物学的最小形は頭胸甲長で24mm程度とされており¹¹⁾、この値から安部ら¹²⁾の頭胸甲長と体長および全長と体長の関係式より得られた全長11.3 cm以上を成体とした。雌は目視により卵巣が確認できる個体を成体とした。選別した個体は水揚げ後直ちに-30℃で冷凍し、ウイルス検査に供するまで保存した。検査部位は、雌雄共に生殖器とした。

表1. 産卵供試前後における天然雌ヨシエビの組織別のPRDV検出結果

| 産卵供試 | 尾数(尾) | 平均全長±標準偏差(cm) | 平均体重±標準偏差(g) | nested PCR検査(%) | | | | | | |
|------|------------------|---------------|--------------|---------------------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | 血リンパ | 卵巣 | 第5歩脚 | 生殖器 | 中腸腺 | 胃 | 遊泳脚 |
| 無 | 30 | 14.4±1.0 | 26.0±5.0 | 0/30 ^{*2} (0) | 0/30 (0) | 0/30 (0) | 0/30 (0) | 0/30 (0) | 0/30 (0) | 0/30 (0) |
| 有 | 32 ^{*1} | 14.8±0.5 | 27.9±3.4 | 0/32 (0) | 0/32 (0) | 0/32 (0) | 6/32 (18.8) | 0/32 (0) | 0/32 (0) | 0/32 (0) |

*1 完全産卵個体14尾, 一部産卵個体8尾, 未産卵個体10尾

*2 PCR陽性数/検査数

表2. 異なる海域で漁獲された天然ヨシエビ成体の大きさと生殖器を用いたPCR法によるPRDV検出結果

| 漁獲海域 | 月日 | 性別 | 尾数 | 平均全長±標準偏差(cm) | 平均体重±標準偏差(g) | PCR結果(陽性数/検査数) |
|------|------|----|----------|---------------|--------------|----------------|
| 土佐湾 | 6.15 | ♂ | 30 | 12.7±0.9 | 15.7±4.2 | 0/30 |
| | | ♀ | 30 | 14.6±1.0 | 27.4±5.5 | 0/30 |
| 播磨灘 | 6.26 | ♀ | 30 | 14.2±0.9 | 24.8±4.7 | 0/30 |
| | | ♂ | 30 | 12.3±0.5 | 15.4±1.5 | 0/30 |
| 伊勢湾 | 7.6 | ♀ | 30 | 14.4±1.0 | 26.0±5.0 | 0/30 |
| | | ♂ | 35 | 12.2±0.7 | 13.7±1.8 | 0/35 |
| | 7.21 | ♀ | 25 | 14.6±1.0 | 26.3±4.4 | 0/25 |
| | | ♂ | 30 | 13.1±0.7 | 15.7±1.7 | 0/30 |
| 7.31 | ♂ | 30 | 15.4±0.8 | 28.1±3.8 | 0/30 | |
| | ♀ | 30 | | | 0/30 | |

親ヨシエビのPRDVの保有状況を調査するため、伊勢湾で7月21日, 31日に水揚げされた天然ヨシエビ成体から、肉眼による卵影観察で成熟した雌ヨシエビを選別し(それぞれ30尾, 34尾), 250ℓタンクを用いて当センターまで輸送した。搬入した親エビを一晩産卵に供した後、同様に産卵状況を観察し、完全産卵個体、一部産卵個体の生殖器を採材してウイルス検査に供した。

ウイルス検査は以下により行った。約50 mgの試料から、ISOGEN(日本ジーン製)を用いて常法に従って総DNAを抽出し、佐藤ら⁶⁾の方法に準じてPCR法によりPRDV遺伝子の有無を調べた。

結 果

産卵試験に供する前後の部位別のPCR検査結果を表1に示した。産卵試験前には、検査した何れの個体の何れの部位からもPRDV遺伝子は検出されなかった。しかし、産卵試験後には、生殖器のみからウイルス遺伝子が検出された(検出率18.8%)。

各海域の漁獲直後のヨシエビ成体の生殖器におけるPCR検査結果を表2に示した。その結果、何れの海域の天然ヨシエビ成体からも雌雄共にPRDVは検出されず、海域間および性別による検出率の違いは認められなかった。

伊勢湾産親ヨシエビの産卵状況別のPRDV検出率を表3に示した。未産卵個体も調査した7月6日の結果では、完全産卵個体、一部産卵個体、未産卵個体の検出率がそれぞれ21.4%, 25.0%, 10.0%であり、産卵した個体で高くなる傾向が認められた。7月21日, 31日の完全産卵個体の検出率は、それぞれ26.3%, 23.0%であった。

表3. 伊勢湾産親ヨシエビの生殖器におけるPCR法による産卵状況別PRDV検出結果

| 収容 月日 | 産卵状況 | | |
|----------|------------------------------|---------------|--------------------|
| | 完全(%) | 一部(%) | 未産卵(%) |
| 7/6 | 3/14 ^{*1} (21.4) | 2/8 (25.0) | 1/10 (10.0) |
| 7/21 | 5/19 (26.3) | 0/0 (—) | 検査せず ^{*2} |
| 7/31 | 6/26 (23.0) | 0/4 (0) | 検査せず ^{*3} |

*1 PCR陽性数/検査数

*2 未産卵個体11尾

*3 未産卵個体4尾

考 察

今回の調査から、伊勢湾に生息するヨシエビにもPRDV保有個体が存在することが確認され、PRDV保有の有無を検査するには、産卵試験後の生殖器を用いることが適当であると考えられた。クルマエビでは、産卵後の卵巣や受精嚢でウイルス遺伝子の検出率が高くなることが報告され、要因として、産卵行動やハンドリングに伴うストレスの影響が推測されているが¹³⁾、本報告によりヨシエビにおいても同様と考えられた。

天然ヨシエビ成体のPRDV遺伝子の保有状況を調査した福澄ら⁸⁾の筑前海の調査では、今回の結果とは異なり、天然ヨシエビ成体が雌雄共に50%の割合でPRDV遺伝子を保有したことが報告されているが、天然クルマエビ成体では、調査年、時期、海域によりPRDVの検出率が異なることが報告されており¹⁴⁾、ヨシエビについてもこれらのことが検出率の違いに関係している可能性が考えられた。また、7月21日、31日に購入した伊勢湾産ヨシエビについては、漁獲直後の雌成体からの検出率が0%であるのに対し、完全産卵個体の検出率がそれぞれ26.3、23.0%であり、産卵に供した後に検出率が高くなるのが本結果からも示された。

これらのことから、伊勢湾産天然ヨシエビ成体の一部が既にPRDVを保有し、クルマエビと同様に親エビからの垂直感染により種苗生産、中間育成過程でPAVが発生する可能性が高いと考えられた。従って、産卵後の親エビ生殖器をPCR法により検査し、陽性個体由来の受精卵を排除する方法が、ヨシエビの種苗生産、中間育成過程においてPAVの発生の危険を低減し、安定生産に寄与すると考えられる。三重県栽培漁業センターでは、親エビを個別に産卵水槽に収容し、産卵個体の生殖器をPCR法により検査して陰性個体の受精卵のみを種苗生産に使用することにより、中間育成過程も含めてPAVは発生しておらず、本方法の有効性が実用規模で実証されている。

謝 辞

本研究を行うにあたり、天然ヨシエビのサンプル入手にご協力を頂いた高知県栽培漁業センターの石川 徹研究員、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の関谷幸生場長（現、独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所栽培技術開発室長）に感謝いたします。また、PCR検査にご協力頂いた独立行政法人水産総合研究センター上浦栽培漁業センター（現、独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所上浦栽培技術開発センター）の職員の皆様にも御礼申し上げます。

文 献

- 1) 水産庁、独立行政法人水産総合研究センター、(社)全国豊かな海づくり推進協会(2006)平成16年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)、22pp.
- 2) 東海農政局三重統計情報事務所(1978)三重県漁業地区別統計表(1976)
- 3) 東海農政局三重統計情報事務所(2000)三重県漁業地区別統計表(1999)
- 4) INOUE, K., K.YAMANO, N.IKEDA, T.KIMURA, H.NAKANO, K.MOMOYAMA, J.KOBAYASHI and S.MIYAJIMA(1996) The penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV), which caused penaeid acute viremia (PAV). *Fish pathol.*, **31**, 39-45.
- 5) 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.
- 6) 佐藤 純・虫明敬一・森 広一郎・有元 操・今泉圭之輔(2003)種苗生産過程におけるクルマエビの急性ウイルス血症(PAV)の防除対策. 栽培技研, **30**, 101-109.
- 7) MOMOYAMA, K., M.HIRAOKA, and C.A.VENEGAS(1999) Pathogenicity of penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV) to juveniles of six crustacean species. *Fish Pathol.*, **34**, 183-188.
- 8) 福澄賢二・筑紫康博(2003)天然海域におけるクルマエビのPRDV保有状況. 福岡水技研報, **13**, 13-19.
- 9) MOMOYAMA, K., M.HIRAOKA, K.INOUE, T.KIMURA, H.NAKANO and M.YASUI(1997) Mass mortalities in the production of juveniles greasyback shrimp, *Metapenaeus ensis*, caused by penaeid acute viremia (PAV). *Fish Pathol.*, **32**, 51-58.
- 10) 村田 守(1990)ヨシエビの種苗生産, 栽培漁業と新養成技術. 水産の研究, **48**, 97-104.
- 11) 池末 彌(1959)有明海産ヨシエビの生活史について. 有明海研報, **5**, 19-29.

- 12) 安部恒之・日下部敬之・鍋島靖信・辻野耕實 (1995) 大阪湾におけるヨシエビの漁業生物学的研究. 大阪府立水産試験場研究報告, **9**, 57-75.
- 13) MUSHIAKE, K., K.SHIMIZU, J.SATOH, K.MORI, M. ARIMOTO, S.OHSUMI and K. IMAIZUMI (1999) Control of penaeid acute viremia (PAV) in *Penaeus japonicus* : selection of eggs based on the PCR detection of the causative virus (PRDV) from receptaculum seminis of spawned broodstock. *Fish Pathol.*, **34**, 203-207.
- 14) 虫明敬一・有元 操・佐藤 純・森 広一郎 (1998) 天然クルマエビ成体からの PRDV 検出. 魚病研究, **33**, 503-509.

短 報

北海道日本海南西部泊村沿岸におけるクロソイ稚魚の 生息場所と行動

川井唯史*¹・秋野秀樹*¹・田中禎孝*²・武藤卓志*¹

Habitat and behavior of juvenile and young black rockfish,
Sebastes schlegeli, in Tomari, in the Southwestern area of the Sea of Japan,
Hokkaido, Japan

Tadashi KAWAI, Hideki AKINO, Yoshitaka TANAKA, and Takashi MUTO

We visited the Southwestern area of the Sea of Japan monthly from July to September 2006 by scuba diving. Smaller black rockfish (total length 3-4 cm) were distributed in shallower waters of about 2 m depth. Larger fish (total length 5-8 cm) were observed at depths of 1.5 to 5.0 m. Their habitat was rocky shores, with small algae in the shallower areas and crustose coralline dominating in the deeper areas. The juvenile and young fish were observed shoaling, resting above the bottom, and hiding in gaps between rocks and boulders. The smaller individuals shoaled, whereas the larger individuals rested or hid. Shoaling was observed during July and August. Resting was observed from July to September. Hiding was observed in August and September.

2007年8月2日受理

クロソイ *Sebastes schlegeli* は、北海道以南の沿岸に分布する重要な水産資源である^{1,2)}。種苗生産技術が確立されており³⁾、北海道に生息するメバル属魚種の中でもっとも成長が早い^{1,3)}ため、栽培漁業の対象種として期待されている³⁾。そのため、各地で放流試験が行われている。そして放流適地を解明して放流後の生き残りや成長を向上させることが必要である。そのためには天然における稚魚の生息場所と環境の解明、稚魚の行動に関する知見の収集は重要である。

しかし、これまでの生息場所・環境に関する知見は、沖合域における浮遊期の個体や沿岸の成魚での研究が中心であり、天然における稚魚の行動に関する情報は乏しい¹⁾。本研究では北海道日本海南西部泊村沿岸におけるクロソイ稚魚の生息場所を探索し、その環境と稚魚の行動を記録することによって、種苗放流や放流環境整備のための基礎情報とする。

用語の定義として、草刈³⁾は各鱗条総数が定数に達した後、体がほぼ完全に被鱗するまでを稚魚とし、その全長は12～47 mmとした。また、成魚の外部形態上の主な特徴の全てを備えた段階から魚体が完全に被鱗した後満一歳までを若魚とし、その全長は49～170 mmとした。これと本研究の結果を参考とし、本研究では全長80 mm以下の個体を稚魚とした。

材料と方法

北海道西岸における既存知見¹⁾を参考にして、稚魚が出現する夏季、浅所の岩礁域で調査を行った。調査日は2006年7月4日、8月16日、9月13日とし、時間は10:00～12:00とした。なおクロソイの行動は波浪条件に大きく影響される可能性もあるので、静穏な波浪条件が3日以上継続した後を調査日とした。調査場所は

*¹ 北海道原子力環境センター 〒045-0123 北海道共和町宮丘 261-1

(Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, 261-1 Miyaoka, Kyowa, Hokkaido 045-0123, Japan)

*² 株式会社エコニクス 〒045-0123 北海道泊村照岸

北海道日本海南西部の泊村照岸沿岸とした(図1)。当地区は比較的開放的な岩内湾内に位置するが、海岸線の地形は大きく窪んで湾や岬状にならず概ね平坦で、流入河川が無い。ただし汀線付近から沖側は平磯が発達して岩礁が入組み複雑になる。また底質は汀線付近から距岸距離150m程度までが、表面に凹凸や亀裂の多い岩盤や大きな転石で、それより沖側が砂となり、このような地形や底質は北海道日本海側で広く見られる。なお当地区と周辺の町村では近年クロソイの稚魚放流が行われていない。そして照岸地区は天然のクロソイの稚魚が生息し、天然の稚魚の生息環境観察に適しているので、調査地区として設定した。

各調査日では、次の方法で測線を設置した。面積が約400m²の比較的狭い港の中心部を起点とし、海岸線とほぼ垂直になるように長さ200mのロープを、沖方向に向かって設置した。各調査日における測線の設置位置を均一にすることを目的に、起点部と終点付近の海底景観をデジタルカメラで撮影して記録し、さらに起点から沖側に向う角度を正確に記録し、これに基づいて測線の設置を行った。測線には10m毎に目印を付け、各目印間には1cm単位の日盛りを付けた。各調査日にダイバーは10m毎に水深、底質(海底の石の大きさ)、植生を記録した。水深は日盛りのある棒と巻尺を海底と垂直に立てて記録した。底質の記録方法は、石の径を数段階に区別する藤田ら⁴⁾の方法に従った。目印付近に1m²の方形枠を置き、この中で最も占有する面積の広い種類の底質を記録した。植生は方形枠内に出現した海藻種の中で、生育する面積が最も広がった種類を記録した。

ダイバーは測線の両側各1mの範囲に出現したクロソイ等の魚類を写真撮影した。撮影の方法は以下の通り行った。当地区のクロソイは活発に泳ぎまわらず、タモ網で採集できる程度までダイバーが近づかないと逃げ出さない。このことを利用し、そのすぐ背後に1cmの日盛りが刻まれた測線が写り込むように、日盛りをクロソイの背後にゆっくりと移動させ、できる限りクロソイに近

づけてその全長を推定して、測定が極力正確になるようにした。ただし、日盛りがクロソイに触れる程度まで接近させることや、日盛りを接近させる速さが急であると、クロソイは急激な速度で逃避するため、これに留意して測定を行った。また、別の角度からも2~3枚を撮影し、クロソイが示した行動、体色や紋様を記録した。出現したクロソイの個体数の計数方法は、測線にある一つの日印から10m離れた次の日印までの範囲で観察したクロソイの個体数を記録した。

本調査で得られる結果の一般性を確認するため、8月16日には、補足的な観察として通常の観察の終了後に、調査地点から0.5~1.5km程離れた範囲の3箇所汀線から沖側約200mの範囲を任意に潜水し、クロソイの分布、行動、体色・紋様、大きさを目視観察した。

調査場所の水温を推定する目的で、潜水調査地区から1km離れて隣接する泊村栽培漁業センターが毎朝10時に測定している海水表面水温の各月平均を求めた⁵⁾。また本調査年の水温推移を過去と比較して当該年の一般性を検証する目的で、各月平均を過去10年の月別の平均水温と比較して差を求めた⁵⁾。

結 果

各月平均水温は7月が18.3℃(10年平均との差が0.3℃)、8月が23.3℃(+1.2℃)、9月が21.9℃(+0.8℃)であった。なお水深、底質、植生、出現した魚類は、各調査で同じであった。潜水調査地区の水深は1.5~8.1mで、底質は距岸距離0~160mが岩盤、170~200mが砂となり、植生は距岸距離0~40mでは優占する海藻が距岸距離により異なり、距岸距離0mで優占したのは小型で葉状海藻であるエゾヤハズ *Dictyopteria divaricata* で、10mではアミグサ *Dictyota dichotoma*、20mではウラボシ *Laurencia nipponica*、30~40mでは海草スガモ *Phyllospadix iwataensis* が優占した。これに対して距岸距離50~160mでは岩盤上に殻状に生育する海藻のエゾイシゴロモ *Lithophyllum yessoense* だけが優占した(図2)。出現した魚類はヨウジウオ *Syngnathus schlegeli*、クロソイ、クジメ *Hexagrammos agrammus*、アイナメ *H. otakii*、ウミタナゴ *Ditrema temmincki*、タケギンポ *Pholis crassispina*、ネズッポ類、リュウグウハゼ *Pterogobius zaccalles* であった。ヨウジウオ、タケギンポ、リュウグウハゼは距岸距離0~40mの小型の葉状海藻が繁茂する藻場で見られ、クジメ、アイナメ、ウミタナゴ、ネズッポ類は距岸距離50~160mの岩盤上に殻状の海藻が優占する場所で見られた。

クロソイの稚魚は7~9月に出現した。出現場所の距岸距離は0~100mで、その水深は1.5~5.0mであった。

稚魚の全長は、7月で3~4cm、8月で3~6cm、9月で5~8cmであった。全長3~4cmの個体は体色が

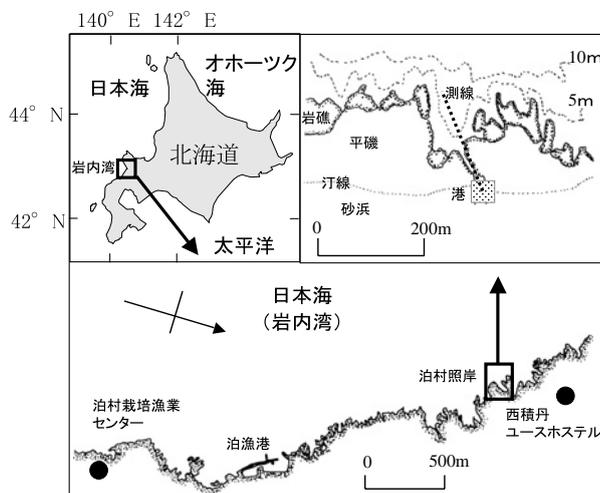


図1. 調査場所

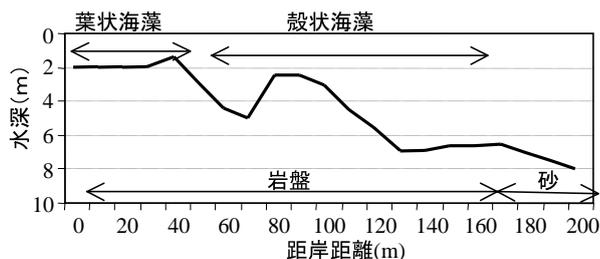


図2. 調査場所の距岸距離別水深、底質、植生

黄褐色となり、黒色の斑紋が入るが、全長5 cm以上の個体では、横縞が消えて体色が灰黒色となり成魚と同様になった。クロソイの行動は3区分され、A、10個体以上で群れを形成して泳ぐ行動を示す、B、隠れ家となる岩から離れて、水底から30 cm程離れて定位する、C、岩の下等に隠れるに大別された。行動Bの個体は観察者が触れることができる程度まで近づくと、早い速度で泳ぎ始め、近くにある以下に示す場所に隠れる行動が共通して観察された。隠れ家は、日光から遮蔽され、暗くなっていた場所で、突き出た岩盤の下、大きな転石が重なりあった隙間、切り立った岩盤の窪みであった。

クロソイ稚魚の群れる行動Aは、7月と8月の調査起点部および距岸距離10mで全長3～4 cmの稚魚において観察され、その水深は2.0 mであった(図3)。クロソイ稚魚が水中で定位する行動Bは、7月の距岸距離10m、8月の30 mと60 m、9月の80 mで全長5～8 cmの稚魚において観察され、それらの場所の水深範囲は2.0～4.5 mであった。クロソイ稚魚が隠れ家に潜む行動Cは8月の距岸距離40 mと100 m、9月の70 mで全長5～8 cmの稚魚において認められ、その水深範囲は1.5～

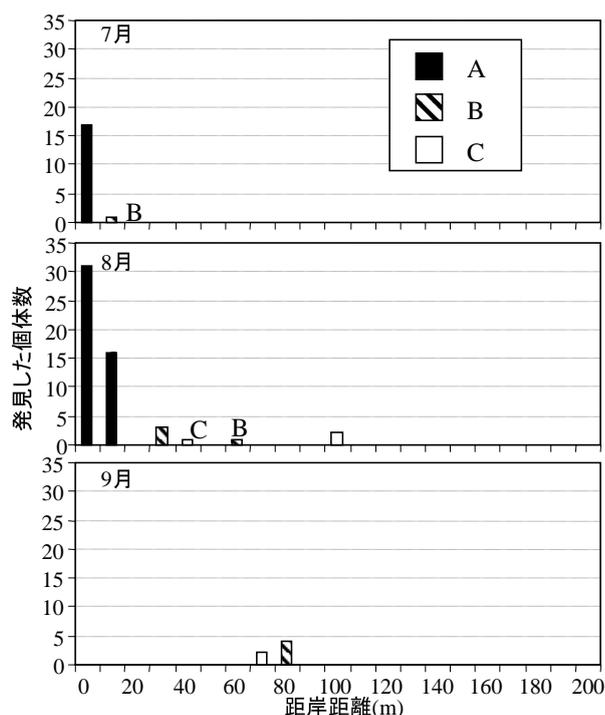


図3. 月別、距岸距離別、行動別のクロソイ稚魚個体数

5.0 mであった。

通常の観察に加えて行った補足的な観察として、8月16日に照岸の調査地区周辺の海岸を潜水目視観察した結果、クロソイの分布状況等は照岸地区と同様であった。

考 察

本調査により、北海道の天然海域における稚魚の体色や行動が初めて報告された。泊村沿岸では7～8月に全長3～4 cmのクロソイ稚魚が汀線付近の藻場内で群泳して体色は黄褐色に黒色斑紋が入り、これらが8～9月になり成長して、全長5 cmを超えると、比較的水深が深い場所で、起伏の多い岩礁域の間隙付近で単独または多くても数個体で生活し、体色は灰黒色となるものと考えられる。北海道日本海側の後志、石狩地方と南樺太では夏季、浅所の岩礁域における漁獲採集調査でクロソイの稚魚が得られている⁶⁻⁸⁾。宮城県で放流されたクロソイ種苗は、放流2ヶ月後までは藻場に留まり、その後は岩礁や岸壁周辺などを小生息域 (Minor habitat) とする⁹⁾。これらは本研究結果と同様である。ただし秋田県、新潟県、岩手県、宮城県ではクロソイの稚魚が流藻に付随していた報告例がある⁹⁻¹²⁾。そのため、クロソイ稚魚の分布場所は多様であり、地域や成長段階により生息場所が異なると考えられる。

本研究において確かめられた時期や体サイズによる行動や生息場所の状況が、北海道日本海西部の各地でも同様ならば、そこで放流事業を実施する際、7月までに全長5 cm未満の稚魚を放流する場合には浅所の藻場周辺、そして8月以降に全長5 cm以上の稚魚を放流する場合には、起伏があり複雑な岩礁域が目安として考えられる。また今後、種苗放流時における体色の重要性の検討が望まれる。

謝 辞

本研究に御理解と御支援を賜った泊村漁業協同組合、株式会社沿海調査エンジニアリング、株式会社エコニクスと北海道原子力環境センターの皆様、北海道立釧路水産試験場の佐々木正義氏に深謝します。

文 献

- 1) 佐々木正義 (2003) クロソイ. 「漁業生物図鑑 新北のさかなたち」(上田吉幸・前田圭司・嶋田宏・鷹見達也編), 北海道新聞社, 札幌, pp.188-193.
- 2) 益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫 (1984) 日本産魚類大図鑑解説. 東海大学出版会, 東京, 450pp.
- 3) 草刈宗靖 (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.
- 4) 藤田大介・新井章吾・村瀬 昇・田中次郎・渡辺孝夫・小善圭一・村松 航・長谷川和清・千村貴子・佐々木美貴・松井香里 (2003) 氷見市虻が島周辺のガラモ場の垂直分布, 生産構造および葉上動物相. 富山水試研報, **14**, 43-60.
 - 5) 社団法人北海道栽培漁業振興公社 (2006) 北海道沿岸漁場海況観測取りまとめ, 31-33.
 - 6) 山本喜一郎 (1948) 北方産魚類の生態調査. (1) 樺太, 楽磨附近の浅海魚と其の季節的消長を主とする生態的考察. 北水孵研報, **3**, 35-55.
 - 7) 山本喜一郎 (1949) 北方産魚類の生態調査. (1) 樺太, 楽磨附近の浅海魚と其の季節的消長を主とする生態的考察 (その2). 北水孵研報, **4**, 16-26.
 - 8) 佐々木正義・西内修一・塩川文康 (2002) 北海道西部中央域におけるクロソイ稚魚の生息域と胃内容物に関する予報. 栽培技研, **30**, 27-30.
 - 9) 酒井敬一・永島 宏・木曾克之 (1985) 松島湾に放流したクロソイの成長と移動. 東北水研報, **47**, 21-32.
 - 10) 杉山秀樹・中嶋正道・藤尾芳久 (1986) 日本海におけるクロソイの集団構造. 日本海ブロック試験研究集録, **8**, 63-70.
 - 11) SAFRAN, P., and M., OMORI (1990) Some ecological observations on fishes associated with drifting seaweed off Tohoku coast, Japan. *Mar. Biol.*, **105**, 395-402.
 - 12) 池原宏二 (1997) 佐渡海峡水域の流れ藻に付随する魚卵, 稚魚. 日水研報, **28**, 17-28.

資 料

ワムシ培養に関するアンケート調査結果 (2006 年度)

小磯雅彦*

Results of a questionnaire on the recent status
of mass culture of rotifers (2006)

Masahiko KOISO

To investigate the current status of mass culture of rotifers, a questionnaire was carried out at 70 public hatcheries producing larval and juvenile marine fish and shellfish in Japan in July 2006. Techniques to improve the stability and effectiveness of rotifer culture, such as continuous culture, use of diluted seawater, and continuous feeding, have been adopted in many public hatcheries. As diet in mass culture, freshwater *Chlorella* was the main food, displacing *Nannochloropsis oculata* and baker's yeast. Rotifer culture techniques have developed rapidly and changed greatly from conventional methods.

2007 年 6 月 11 日受理

ワムシ類は、1960 年のシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* の海水馴致の成功¹⁾を契機に海産魚の種苗生産の初期餌料として導入され、1970 年代における海産魚の種苗生産尾数の飛躍的な増加に大きく貢献した。その後も初期餌料として必須な存在であり、2004 年度における日本全国の海産魚の種苗生産では全 36 種類のうち 34 種類²⁾で利用されている。このようにワムシ類が 40 年以上もの長期にわたり利用されてきた理由としては、①仔魚の口径に見合う大きさで浮遊性があること、②仔魚の発育に必要な栄養素を含み消化吸収されやすいこと、③培養や入手が容易なこと^{3,5)}、④単性生殖で増殖するため増殖速度が速く大量培養に適していること⁶⁾、⑤飼育水の水質を悪化させにくいこと等、初期餌料として適した特性を有することが挙げられる。

ワムシ類の大量培養方法は、対象魚種、種苗生産規模、立地条件等が異なることもあり、各機関によって培養方式や培養環境条件はそれぞれ様々である。特に、近年、培養用餌料として市販の濃縮淡水クロレラ（以下クロレラ）が普及して、新たな培養方式である高密度培養法⁷⁾や連続培養法^{8,9)}が開発されたことで、大量培養方法は

さらに多様化している。また、この傾向は収穫後のワムシ類に高度不飽和脂肪酸を強化する栄養強化方法においても同様である。

このような背景のなか、ワムシ類の大量培養技術や栄養強化技術のさらなる高度化を図るためには、各機関における大量培養方法や栄養強化方法の実態を把握する必要があると考えられた。このため、2006 年 7 月に都道府県の栽培漁業関係機関、ならびに独立行政法人水産総合研究センターを対象にワムシ類の大量培養方法と栄養強化方法に関するアンケート調査を実施した（以下 2006 年調査）。本資料は、回答のあった 70 機関のデータを取りまとめたものであるが、機関によってはワムシ別や培養方式別で複数回答があったため資料中では必要に応じて機関数と事例数とで示した。なお、ワムシ類の培養に関するアンケート調査は、長崎県水産試験場増殖研究所が 1980 年に 62 機関を対象として行った調査（以下 1980 年調査）¹⁰⁾や、社団法人マリノフォーラム 21 が 2000 年に 99 機関を対象として行った調査（以下 2000 年調査）¹¹⁾等があるため、一部の項目においてはこれらの調査結果と比較した。

* 独立行政法人水産総合研究センター 能登島栽培漁業センター 〒926-0216 石川県七尾市能登島曲町 15-1-1 (Notojima Station, National Center for Stock Enhancement, FRA 15-1-1, Notojimamagari, Nanao, Ishikawa 926-0216, Japan)

1. ワムシ類の大量培養技術について

1) 元種の維持培養の有無 元種の維持培養とは、各機関において大量培養に用いるためのワムシ類を小型の容器や水槽で維持する培養のことである。2006年調査では元種の維持培養を実施している機関が54%で、実施していない機関が46%であった。元種の維持培養は、年間を通じて行うため労力や経費がかかる作業であるが、輸送技術が未熟であったことに加え、増殖特性が把握されているワムシを再度利用したいことから、以前はほとんどの機関で実施していた。近年はワムシ類の輸送技術が進歩し、宅配便などを利用して安価で大量に良好な状態のワムシ類が輸送できる¹²⁾ことから、元種の維持培養をやめて、大量培養を開始する直前にワムシ類を他機関から入手する機関も増加している。

2) ワムシ類の入手先 (図1) 2006年調査でワムシを入手した45事例の入手先の内訳は、水産総合研究センター能登島栽培漁業センター(以下水研セ能登島)が60%と最も多く、他は民間業者(24%)や近隣の栽培漁業関係機関(16%)であった。従来は、近隣の栽培漁業関係機関からの入手が主体であったが、現在では輸送技術の発展により、遠隔地からの輸送も可能となり、入手先やワムシの種類も選択できるようになった。

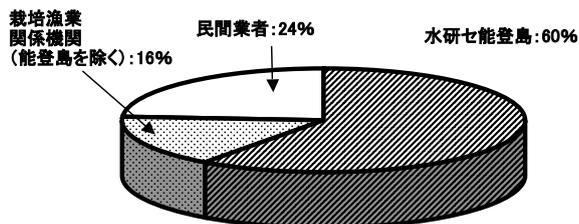


図1. 元種の維持培養を行っていない機関のワムシ類の入手先 (45事例)

3) 各機関で主に利用しているワムシ類の種類 (図2)

海産魚の種苗生産に利用しているワムシ類の種類は、S型ワムシと呼ばれる *Brachionus rotundiformis* と、L型ワムシと呼ばれるシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* がある^{13, 14)}。それぞれのワムシの大きさ(背甲長)は、ワムシの株や培養水温及び培養用餌料等によって多

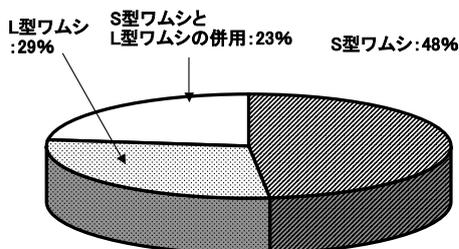


図2. 各機関で主に利用しているワムシ類の種類 (70機関)

少異なるが、S型ワムシが100~210 μ mの範囲で、L型ワムシが130~340 μ mの範囲である*。各機関で主に利用しているワムシの種類は、1980年調査では、L型ワムシ単独が48%を占め、S型ワムシ単独(32%)よりも高かった¹⁰⁾が、2000年調査では、逆転してS型ワムシ単独が96%を占めた¹¹⁾。2006年調査では、S型ワムシ単独が48%とL型ワムシ単独(29%)よりも高かったが、近年再びL型ワムシの利用頻度が高くなっている。

4) ワムシ類の培養方式 (図3) 従来からあるワムシ類の培養方式としては、植え継ぎ式(バッチ式)と間引き式が挙げられる。植え継ぎ式は、数個の同規格の水槽で順々に培養を繰り返し、培養途中で収穫や注水を行わず、生産したワムシの一部を次の培養の元種に利用する方式である¹⁰⁾。一方、間引き式は、毎日または数日おきに一部のワムシを培養水ごと収穫し、収穫水量と同量の新たな培養水を加える方式である¹⁰⁾。その後、クロレラの導入によって開発されたのが、高密度培養と連続培養である。高密度培養は、培養水の溶存酸素濃度とpHを制御して10,000個体/ml前後の高い密度で培養する方式である⁷⁾。連続培養は、培養槽と収穫槽を設け、培養槽に連続的に注水しながら同時に培養水をワムシごと収穫槽へ抜き取る一種の流水式培養で、閉鎖系の自動培養装置による装置連続培養⁸⁾とその原理を既存の水槽へ応用した粗放連続培養⁹⁾がある。1980年調査(75事例)では、間引き式が77%を占め、植え継ぎ式(23%)よりも高かった¹⁰⁾が、2000年調査(107事例)では、間引き式が37%で、植え継ぎ式が38%とほぼ同じ割合となり、一部(9%)で高密度培養や連続培養の新たな培養方式を採用している機関もあった¹¹⁾。2006年調査(101事例)では、連続培養が49%を占め、次いで植え継ぎ式(29%)、間引き式(18%)の順となり、L型ワムシ(38事例)では連続培養が68%を占めた。近年で

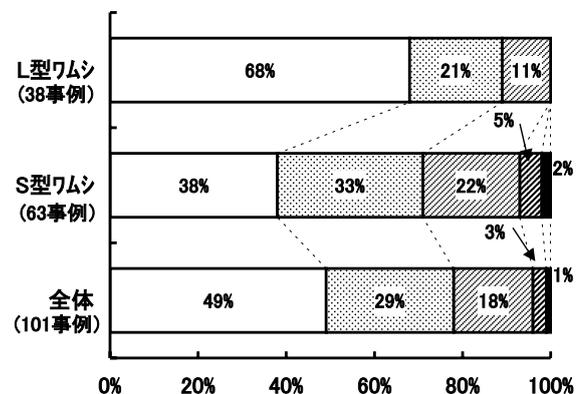


図3. ワムシ類の培養方法

□連続培養 ■植え継ぎ(バッチ) ▨間引き ▩高密度 ■その他

* 大上皓久・前田 譲 (1977) シオミズツボワムシの変異に関する研究-I. 形態と大きさの変異について. 昭和52年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.25

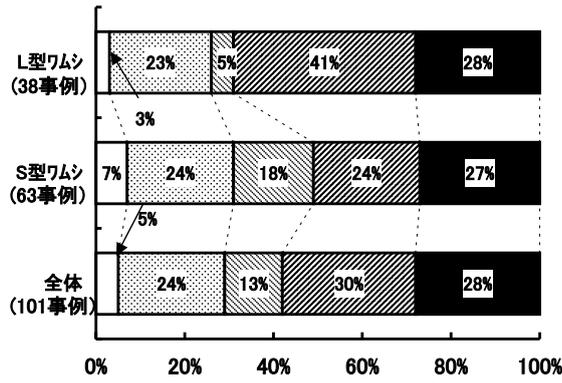


図 4. ワムシ類の培養日数

□2日以内 ▨5日以内 ▩10日以内
 ▪30日以内 ■31日以上

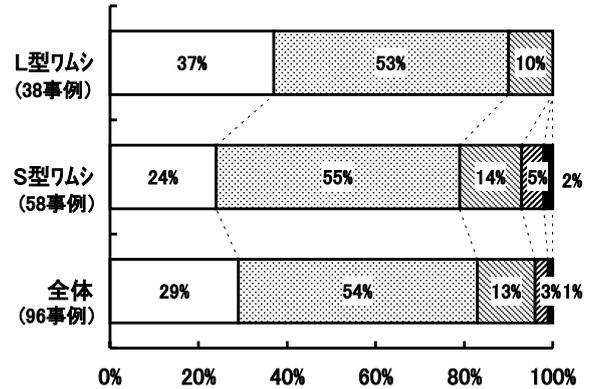


図 6. 培養開始時のワムシ密度

□100個体/ml以下 ▨500個体/ml以下 ▩1000個体/ml以下
 ▪3000個体/ml以下 ■3001個体/ml以上

は、従来の植え継ぎ式や間引き式に代わって、連続培養（特に粗放連続培養）が培養方式の主流になりつつある。5) 培養日数（図 4） 培養日数は、培養方式によって異なり、これまでの傾向では植え継ぎ式は 2～7 日間と短期間で、間引き式は 15～40 日間と比較的長期間であった。2006 年調査（101 事例）では、2 日以内（5%）と 5 日以内（24%）の事例が 29%（全て植え継ぎ式）であり、11～30 日以内（30%）と 31 日以上（28%）の事例が 58%（連続培養と間引き式）と高かった。特に L 型ワムシ（38 事例）では 11 日以上事例が 69% を占めた。近年大量培養方式として長期間安定培養が可能な連続培養が主流になりつつあるため、S 型、L 型ワムシ共に培養日数の長い事例が増加している。

6) ワムシ培養水槽の規模（図 5） 培養水槽の規模は、培養日数と同様に培養方式によって異なる傾向があり、植え継ぎ式では 10 kl 以下の水槽、間引き式では 20～50 kl の比較的大きな水槽が用いられることが多い。1980 年調査（75 事例）では、10 kl 以下の事例が 43% に対して、10 kl 以上の事例が 57% と高かった¹⁰⁾。2006 年調査（99 事例）でも、10 kl 以下の事例が 41% で、11 kl 以上の事例が 59% と高かった。1980 年調査

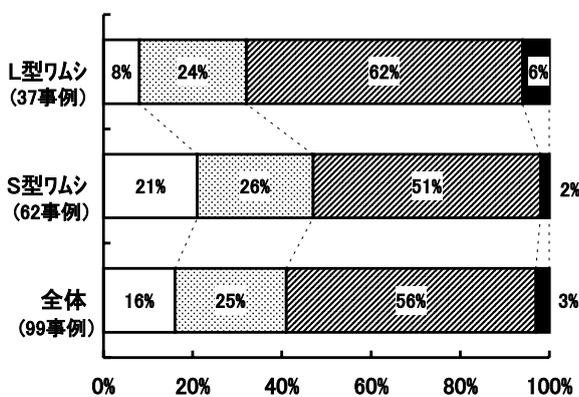


図 5. ワムシ類の培養水槽の規模

□1kl以下 ▨10kl以下 ▩50kl以下 ■51kl以上

では間引き式、2006 年調査では連続培養がそれぞれ培養方式として多く採用されたため比較的大型水槽の利用が多くなったと考えられる。また、1 kl 以下の水槽では、S 型ワムシ（62 事例）が 21% と L 型ワムシ（37 事例）の 8% よりも高かった。S 型ワムシは植え継ぎ式で培養されることが多いため、L 型ワムシよりも小型水槽の利用頻度が高いと考えられる。

7) ワムシ密度（図 6, 7） 2006 年調査（96 事例）では、培養開始時のワムシ密度は、100 個体/ml 以下の事例が 29% で、101～500 個体/ml の事例が 54% となり、500 個体/ml 以下の事例が 83% を占めた。なお、1000 個体/ml 以上の事例は 4% にとどまり、これは高密度培養が行われている S 型ワムシのみでみられた。一方、収穫時のワムシ密度は、500 個体/ml 以下の事例が 62% を占め、3001 個体/ml 以上の事例は 3% にとどまった。L 型ワムシは 500 個体/ml 以下の事例が 84% を占め、S 型ワムシ（49%）よりも低密度で収穫される事例が多かった。

8) 培養水温と日間増殖率（表 1） 2006 年調査では、S

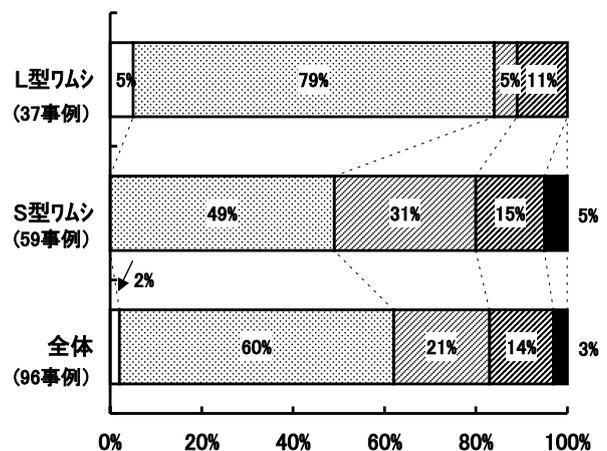


図 7. 収穫時のワムシ密度

□100個体/ml以下 ▨500個体/ml以下 ▩1000個体/ml以下
 ▪3000個体/ml以下 ■3001個体/ml以上

表 1. ワムシの種類別の培養水温と日間増殖率の関係

| ワムシの種類 | 培養水温 | 日間増殖率 | | | | 合計 |
|--------|-------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | | 30%以下 | 50%以下 | 80%以下 | 81%以上 | |
| S型ワムシ | 15℃以下 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 (0%) |
| | 20℃以下 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 (0%) |
| | 25℃以下 | 5 | 10 | 5 | 2 | 22 (37%) |
| | 26℃以上 | 6 | 12 | 9 | 10 | 37 (63%) |
| 合計 | | 11 (19%) | 22 (37%) | 14 (24%) | 12 (20%) | 59 (100%) |
| L型ワムシ | 15℃以下 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 (5%) |
| | 20℃以下 | 2 | 8 | 3 | 0 | 13 (34%) |
| | 25℃以下 | 7 | 8 | 2 | 1 | 18 (47%) |
| | 26℃以上 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 (13%) |
| 合計 | | 13 (34%) | 17 (45%) | 6 (16%) | 2 (5%) | 38 (100%) |

各数値は事例数で、カッコ内はワムシの種類別での割合を示した

型ワムシ（59 事例）の場合、水温が 20℃以下では培養は行われておらず、21～25℃の事例が 37%，26℃以上の事例が 63% となり、高水温での事例が多かった。日間増殖率は、水温 21～25℃と 26℃以上で、30%以下から 81%以上の全ての範囲で事例があり、その中でも 31～50%以下の事例が最も多かった。一方、L型ワムシ（38 事例）の場合、水温は 15℃以下から 26℃以上の広い範囲で事例があり、特に 21～25℃の事例が 47%と最も多かった。日間増殖率は、水温 15℃以下では 30%以下の事例のみであったが、21℃以上では S型ワムシと同様に全ての範囲で事例があり、その中でも 31～50%以下の事例が最も多かった。培養水温による増殖特性については、S型ワムシでは 15℃以下では増殖せず、20～30℃の範囲では水温上昇に伴い増殖率は高くなり 20℃と 30℃の増殖率には 3.6 倍の差があること、一方、L型ワムシでは 10℃の低水温でも増殖が認められ、水温上昇に伴って増殖率は高くなるが 25℃前後に適正水温があること等が報告されている^{15, 16)}。今回の結果は、培養水温の範囲はこれまでの知見とほぼ同様であるが、水温上昇に伴う日間増殖率の向上が明確に示されていない。日間増殖率には水温以外にも培養水の塩分や餌の種類や量等も影響するため一概には言えないが、高水温にもかかわらず日間増殖率が低い事例は給餌量不足や環境悪化等が疑われるため、培養管理を再検討

する必要がある。

9) ワムシ培養水の塩分 (図 8) ワムシ類の増殖率が低塩分で高くなることはこれまでも数多くの研究で示されている。しかし、1996 年の日本栽培漁業協会（現：独立行政法人水産総合研究センター）におけるワムシ培養では全体の 1 割程度しか希釈海水は利用されていない¹⁷⁾。2006 年調査（96 事例）では、希釈海水の利用が 85%を占め、L型ワムシ（37 事例）では 95%に達した。なお、海水の希釈率については、S型ワムシでは 80%希釈海水（海水：淡水＝8：2）の事例が、L型ワムシでは 60%希釈海水の事例がそれぞれ最も多かった。希釈海水は、ワムシ類の増殖率や餌料転換効率の向上に加えて、培養水の水質悪化を軽減する等¹⁸⁾、ワムシ類の培養の安定性や効率性の向上に効果的であることから、近年、各機関において採用割合が高くなったと考えられる。

10) 培養水の滅菌処理 (図 9) ワムシ類の培養槽内で発生する細菌の中には、ワムシ類の増殖を阻害する細菌もある¹⁹⁾ため、培養槽内への増殖阻害細菌の持ち込み防止策は、安定培養を行うためには重要であると考えられる。しかし、2006 年調査（96 事例）では培養水の滅菌処理を行っていない事例が 58%と半数以上を占めた。なお、培養水の滅菌処理の方法としては、紫外線処理（27%）が最も多く、次に塩素処理（12%）であった。

11) 通気方法 (図 10) ワムシ類は低酸素には強い抵抗性があるが、1.0mg/l 以下の極端に低い溶存酸素濃度では増殖率や餌料転換率が低下すること^{20, 21)}が報告されている。このため培養水中の溶存酸素濃度を極端に低下させないために通気が行われている。過去の大量培養での通気方法としては、エアーストーンや直径 1mm の穴を約 10cm の間隔で開けた塩ビパイプ（直径 13mm または 16mm、通称：エアブロック）が主流であった。2006 年調査（104 事例）では、ユニホース（ユニホース社製）が 47%を占め、次にエアーストーンが 28%，エアブロックが 21%であった。S型、L型ワムシともユニホースの利用頻度は高く、特に L型ワムシ

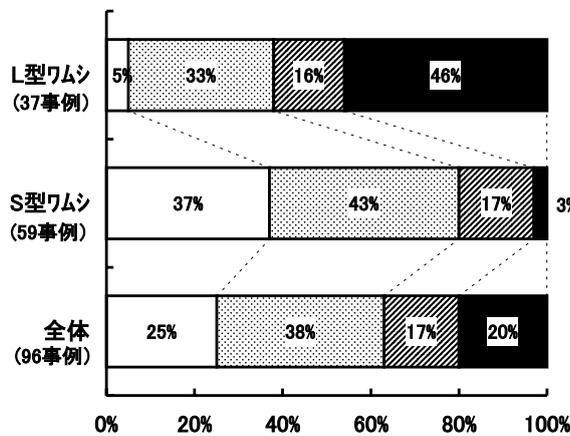


図 8. ワムシ培養水の塩分

□ 海水のみ
▨ 70%希釈海水
▩ 80%希釈海水
■ 60%希釈海水

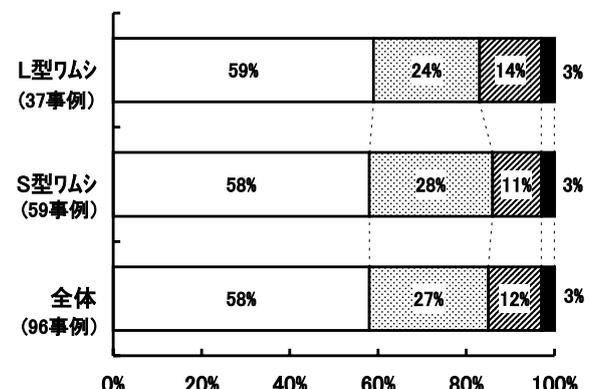


図 9. ワムシ培養水の滅菌処理

□ なし
▨ 紫外線処理
▩ 塩素処理
■ その他

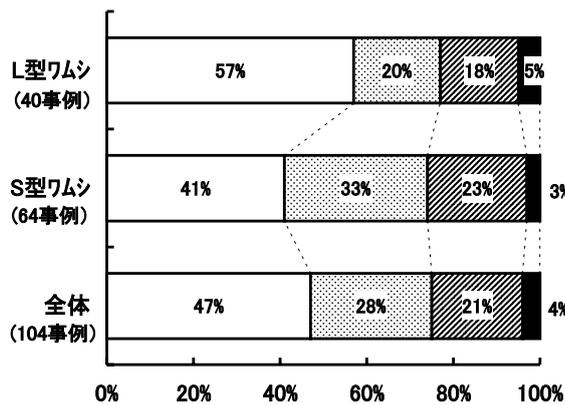


図 10. ワムシ培養の通気方法

□ユニホース ■エアーストーン ▨エアブロック ■その他

(40 事例) では 57 % を占めた。なお、近年では、溶存酸素濃度の維持だけでなく、添加した餌料の水槽底面への沈下を遅延させることや、培養水全体を攪拌するために、ユニホースを培養槽（水研セ能登島では 25 kl 角形水槽）の四隅に設置し、培養水に水平方向の水流を発生させる通気方法も行われている。

12) 培養水中の懸濁物の除去 (図 11) 2006 年調査では、培養水中の懸濁物の量については、97 事例中ほとんどないが 24 % で、普通 (66 %) と多い (10 %) の合計が 76 % を占めた。培養水中に発生した懸濁物の多くは細菌類が凝集したもので、浮遊時にはワムシ類と共に収穫され収穫ネットを詰まらせる原因となり、懸濁物が水槽底面に沈下すると時間経過に伴って水質悪化の原因となる²²⁾。また、懸濁物を介して仔魚飼育槽へ病原性細菌が持ち込まれる可能性も懸念されている²³⁾。懸濁物にはこのような問題があるため、これまでも培養槽内にエアフィルターを垂下して積極的に懸濁物の除去が行われてきた。2006 年調査 (95 事例) では、懸濁物の除去は 74 % で行われており、L 型ワムシ (37 事例) の 59 % に対して、S 型ワムシ (58 事例) は 83 % と高かった。懸濁物の除去に使用するエアフィルターの種類は、バイリーンマット (九州バイリーン) が最も多く、次に

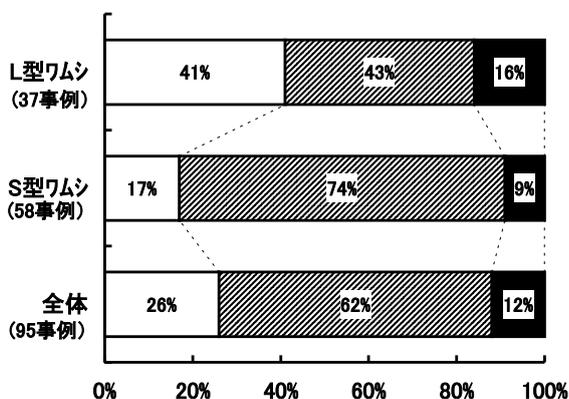


図 11. 培養水中の懸濁物の除去

□なし ▨エアフィルター処理 ■その他

トラベロンフィルター (金井重要工業) であった。なお、大型水槽 (11 kl 以上) で 100 ~ 200 個体 / ml のワムシ密度での連続培養では、弱通気により培養水中の懸濁物を水槽底面に沈下させる方法も行われている。

13) 培養水中の原生動物の量 培養水中の原生動物の量については、99 事例中ほとんどいないが 22 % で、普通 (65 %) と多い (13 %) の合計が 78 % を占めた。培養水中に発生する原生動物には様々な種類があるが、代表的な種類としてはユープロテス (*Euplotes*)、ウロネマ (*Uronema*)、ツリガネムシ (*Vorticella*) 等が挙げられる²⁴⁾。これらの原生動物がワムシ培養槽内で大量発生する時にはワムシが増殖不調であることが多いが、原生動物はワムシの増殖を直接阻害するのではなく、ワムシの増殖不調によって培養槽内に残った餌料により大量発生するため²⁵⁾、原生動物そのものよりも原生動物が大量発生する環境条件の方を問題視するべきである。

14) ワムシ類の培養用餌料の種類 (図 12) ワムシ類の大量培養技術の開発には、培養用餌料の開発が大きく貢献している。1980 年調査 (52 事例) ではナンノクロロプシスが主餌料であり¹⁰⁾、ナンノクロロプシスとパン酵母併用の事例が 52 % で、さらに油脂酵母を加えた 3 種類併用の事例が 29 % となり、これらの合計が 81 % を占めた。2006 年調査 (97 事例) では、クロレラ単独の事例が 51 % で、クロレラにパン酵母やナンノクロロプシスを加えた併用の事例が 41 % となり、これらの合計が 92 % を占めた。従来、ワムシ類の餌料用藻類と言えばナンノクロロプシスであったが、現在は入手が容易で品質の安定しているクロレラが主餌料になっている。

15) 餌料の給餌方法 (図 13) 近年は高濃度に濃縮された餌料藻類が普及したことで、培養水中の餌料密度を容易に高めることができるが、反面、過剰給餌になりやすく環境悪化を引き起こす可能性も高いと考えられる。クロレラを定量ポンプで少量ずつ連続的に 24 時間かけて給餌する連続給餌法は、1 日の給餌量を 1 回もしくは

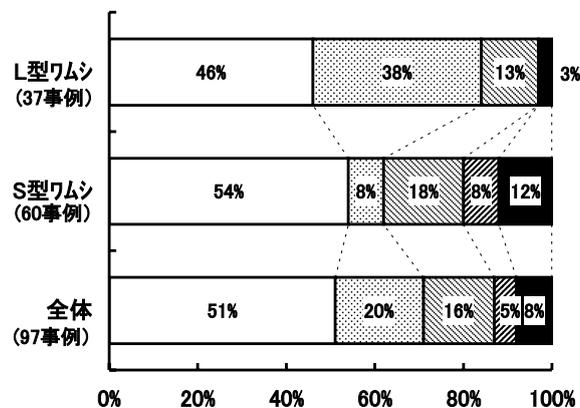


図 12. ワムシ培養の餌料の種類

□淡水クロレラ ▨淡水クロレラ+パン酵母
 ▨淡水クロレラ+ナンノクロロプシス ▨淡水クロレラ+パン酵母+ナンノクロロプシス
 ■その他

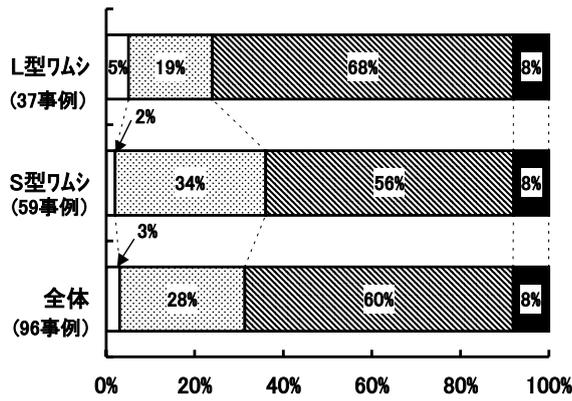


図 13. ワムシ培養での給餌方法

□ 1回/日給餌 ▨ 2-3回/日給餌
 ▩ 連続給餌 ■ その他

2回に分けて給餌するのに比べ、ワムシ類の増殖率や餌料転換効率が向上することが報告されている²⁶⁾。2006年調査(96事例)では、連続給餌が60%を占め、1回給餌(3%)や2~3回給餌(28%)よりも高かった。また、連続給餌の採用はS型ワムシ(59事例)の56%に比べL型ワムシ(37事例)では68%と高かった。

16) 給餌量の基準(表2) ワムシ培養における給餌量は、各機関によって使用するワムシや培養用餌料の種類、培養水温や塩分及び培養方式などがそれぞれ異なるため、各機関のデータを一律に比較することはできない。このため、クロレラ単独給餌に限定して、S型ワムシとL型ワムシに分けて、日間増殖率別のワムシ1億個体当たりのクロレラ給餌量を示した。各機関の平均給餌量は、S型ワムシでは日間増殖率が30%以下では183ml/億個体、31%以上から81%以上の範囲では約300ml/億個体であった。一方、L型ワムシでは30%以下では349ml/億個体で、50%以下では500ml/億個体であった。日間増殖率が同程度の場合、L型ワムシはS型ワムシの約2倍量を給餌していることがわかった。なお、ワムシの種類が同じで日間増殖率が同程度であっても各機関の給餌量には2倍以上の差があった。区分した日間増殖率の範囲での適正な給餌量は、給餌量範囲の最小値

表 2. ワムシの種類ならびに日間増殖率別のクロレラ給餌量

| ワムシの種類 | 日間増殖率(%) | ワムシ1億個体当たりのクロレラ給餌量(ml) 平均値(最小~最大) |
|--------|----------|-----------------------------------|
| S型ワムシ | 30%以下 | 183(100~300) |
| | 50%以下 | 300(150~500) |
| | 80%以下 | 279(200~500) |
| | 81%以上 | 323(200~500) |
| L型ワムシ | 30%以下 | 349(200~600) |
| | 50%以下 | 500(400~700) |
| | 80%以下 | 1000 |
| | 81%以上 | — |

表 3. 各機関におけるワムシ類の主な栄養強化剤^{*1}と強化条件

| ワムシの種類 | 添加量の基準(ワムシ1億個体当たり) | ワムシ密度(個体/ml) | 強化水温(°C) | 強化時間(時間) |
|--------------|--------------------|--------------|----------|----------|
| スーパー生クロレラV12 | S型 (多くは200~300mℓ) | 200~5000 | 18~32 | 3~29 |
| | L型 (多くは100~200mℓ) | 300~20000 | 15~26 | 1~29 |
| マリングロス | S型 100~150mℓ | 300~3500 | 20~28 | 2~24 |
| | L型 100mℓ | 1000 | 20~22 | 6~16 |
| プラスアクアラン | S型 5~30g | 200~2000 | 25 | 4~20 |
| | L型 10~80g | 300~1000 | 15~22 | 6~22 |
| インディベラス | S型 4~100g | 300~4000 | 20~28 | 2~24 |
| | L型 60~100g | 300~700 | 22~25 | 6~22 |
| バイオクロミス | S型 5~15g | 100~2000 | 23~25 | 2~6 |
| | L型 5~75g | 100~800 | 20~21 | 3~24 |
| ハイバークロス | S型 100~150mℓ | 500~1000 | 20~25 | 2~24 |
| | L型 100~200mℓ | 500~1000 | 18~30 | 2~15 |
| ドコサユージェナ | S型 2~20g | 1000 | 20~25 | 2~22 |
| | L型 8g | 500 | 25 | 18~22 |

*1: 強化剤はアンケートで5事例以上あったもの(事例数は少ないが、HGV12、生クロレラω3、マリンα、油脂酵母、スーパーカプセルA1、ナンノクロロプシス、アクアプラスET、油脂酵母レッド等の使用もあった)

に近い量であると推察されるため、最小値の2倍近い給餌を行っている機関は、給餌量を再検討する必要があると考えられる。

2. 栄養強化技術について

1) 栄養強化剤ごとの使用事例(表3) 栄養強化方法は、各機関において飼育対象となる海産魚介類が異なることから、使用する強化剤や強化方法は様々である。2006年調査では15種類の栄養強化剤が利用されていたが、その内5例以上の使用事例があった7種類の栄養強化剤について、S型ワムシとL型ワムシに分けて使用事例を示した。栄養強化剤の使用基準については、製造・販売会社が詳細を示しているため、ここでは使用事例の紹介にとどめる。

2) 栄養強化中の懸濁物の除去(図14) 2006年調査(127事例)では、栄養強化中の懸濁物の除去は73%で行われており、L型ワムシ(48事例: 62%)よりもS型ワムシ(79事例: 80%)で積極的に行われていた。“1-12) 培養水中の懸濁物の除去”でも説明したように懸濁物により病原性細菌の仔魚飼育槽への持ち込みが懸念されるため、できる限り取り除くことが望ましいと考えられる。

3) 栄養強化後ワムシの洗浄(図15) 収穫後のワムシ類を海水洗浄するとワムシ類の細菌数は1オーダー減少

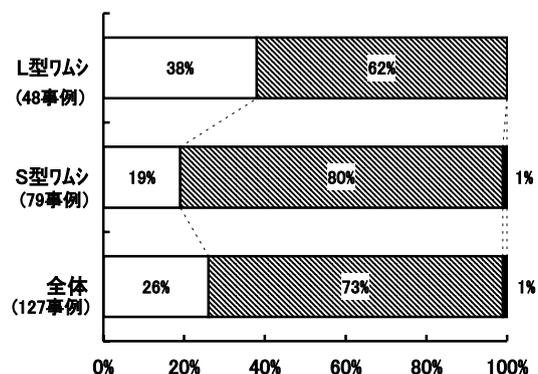


図 14. 栄養強化中の懸濁物の除去

□ なし ▨ A7-フィルター処理 ■ その他

する²⁷⁾ことから、仔魚飼育における疾病防除対策として栄養強化後にワムシ類の洗浄が行われている。2006年調査(129事例)では、86%で洗浄が行われており、洗浄に用いた海水は、紫外線処理海水が52%で、塩素処理海水が27%であった。洗浄方法としては、収穫したワムシが入っているネット内に紫外線処理海水を3~5分間かけ流す方法が最も多かった。注意点としては、洗浄に用いる海水の水温や塩分が培養条件と異なる場合には、急激な環境変化によってワムシが衰弱・死亡する可能性がある。従来、ワムシ類の細菌数を減少させるために、ニフルスチレン酸ナトリウム薬浴が多くの機関で行われていたが、薬剤の適切な使用の観点からワムシ類でも使用しなくなった。このため、ワムシ類の細菌数を1オーダー減らすことができる洗浄作業は今後も疾病防除対策として重要であると考えられる。

3. 餌料としてのワムシについて

1) ワムシ類の給餌の対象種(表4) アンケートの回答があった70機関におけるワムシ類の給餌対象の魚介類は、合計42種類(魚類:33種類, 甲殻類:9種類)であった。その中でも生産機関数が最も多かった種類はヒラメ(40機関)で、次にマダイ(24機関), アユ(21機関)の順であった。

2) ワムシ類の給餌期間の疾病とワムシ類との関連(表5) アンケートの回答があった70機関の内、ワムシ類の給餌時期の飼育における疾病に関する情報は13事例あった。疾病の多くが細菌性と思われることから、ワムシ類

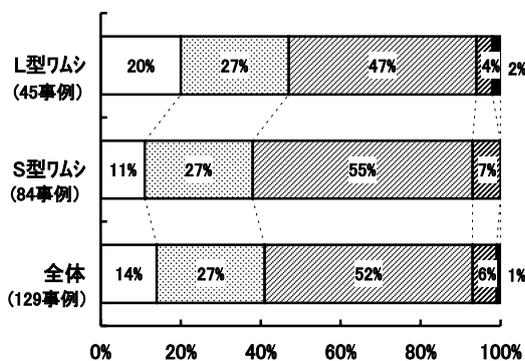


図15. 栄養強化後ワムシの洗浄

□なし
 ▨ろ過海水
 ▩紫外線処理海水
 ■塩素処理海水
 ■その他

表4. ワムシ給餌の対象種(機関数)

| |
|---|
| ヒラメ(40), マダイ(24), アユ(21), トラフグ(10), カサゴ(10), ガザミ(10), オニオコゼ(9), クロダイ(8), ホシガレイ(5), クロソイ(5), ニシン(4), マコガレイ(4), マハタ(4), キジハタ(4), マツカワ(4), カンパチ(3), クエ(3), イサキ(3), モクズガニ(3), メバル(2), スジアラ(2), クロマグロ(2), シマアジ(2), アカアマダイ(2), ヨシエビ(2), ズワイガニ(2), 以下1機関のみ: タケノコメバル, キツネメバル, マダラ, マガレイ, スズキ, スギ, オオニベ, ハマフエフキ, シロクラベラ, サワラ, タイワンガザミ, クルマエビ, サンマ, トゲノコギリガザミ, アミメノコギリガザミ, ノコギリガザミ, 以上42種類 |
|---|

からの病原性細菌の感染が疑われている。

4. ワムシ類の培養に関する意見と今後の技術開発の要望(表6) ワムシ類の培養に関する意見と今後の技術開発の要望としては、培養の安定性の向上や作業の省力化に関するものが多く、それ以外ではワムシ類の細菌叢の制御や原生動物の除去およびワムシ株の保存等が挙げられた。

5.最後に ワムシ類の培養技術は、培養用餌料としてのクロレラの普及、連続培養等の安定性や効率性に優れた培養方法の普及、ならびに希釈海水や連続給餌といった増殖率や餌料転換効率を高める手法の導入等により、この10年間で飛躍的に進歩した。今後は、培養のさらなる安定性の向上や作業の省力化に加えて、生産コストの低減も考慮する必要がある。さらにニフルスチレン酸ナトリウムの薬浴を行わなくなったことから、ワムシ類の細菌叢の制御についても早急に取り組む必要がある。近年ワムシの品質(増殖状態)がマダイ²⁸⁾やヒラメ^{29, 30)}仔魚の飼育成績を左右することが明らかにされていることから、餌料価値を高めるための培養技術の開発も並行して進めなければならない。種苗生産現場でのワムシの

表5. ワムシ給餌期間での疾病状況とワムシとの関連

| 対象種 | 疾病状況 | ワムシとの関連 |
|------------|---|--|
| ヒラメ | 腹部膨満症, 日齢10-20, TL6-9mm, 摂餌したワムシが消化, 吸収, 排泄されずに腸管に溜まる | ワムシ体内に短腸菌が認められる |
| ヒラメ | ワムシ給餌期以外の日齢20-30で腸管白濁症が発生 | 腸管白濁症は病原性が弱いため数日後に発病する, ワムシ由来のピロリ菌細菌叢が疑われる |
| ヒラメ | 腹部膨満症, 日齢10-15, TL6-7mm, 腹腔内に未消化ワムシが充満 | ワムシ培養での懸濁物増加など, 培養環境の悪化や変化を受けたワムシを給餌すると発症する傾向がある |
| ヒラメ | 腹部膨満症, 日齢10-15, 摂餌したワムシが消化排油されず, 消化管内に充満し, 腹膨が膨張 | 不明 |
| ヒラメ | H18はなし, 腹部膨満症, 日齢10~, TL5.5mm, 腸管内に未消化ワムシが充満 | 腹部膨満症の発病原因の1つとして, ピロリ菌細菌叢の感染があり, 感染したワムシを摂餌することで伝播する疑い |
| ヒラメ | 腹部膨満症, 未消化ワムシが充満 | ワムシからの感染の可能性が高い |
| ヒラメ | 腹部膨満症, 日齢18-40, TL7-8mm, 大量死 | ワムシ由来の可能性が高い |
| クロダイ | 腹水症に類似した症状, 日齢10~, TL4-5mm消化管内に未消化ワムシあり, 胆嚢が黄色 | 疾病がワムシ由来とは断定できないが, 仔魚の消化管に異常が認められるため, 餌であるワムシが疑われる |
| クロダイ | H18はなし, 腹部膨満症, 日齢15~, TL8.5mm, 腸管内に未消化ワムシが充満 | 腹部膨満症の発病原因の1つとして, ピロリ菌細菌叢の感染があり, 感染したワムシを摂餌することで伝播する疑い |
| アユ | ピロリ症(日齢10-30), 異常遊泳 | ワムシからの感染の可能性も大きい, 確認は無し |
| マコガレイ | 腹水症に類似した症状, 日齢10~, TL6-7mm消化管内に未消化ワムシあり, 胆嚢が黄色 | 疾病がワムシ由来とは断定できないが, 消化管に異常が認められるため, 餌であるワムシが疑われる |
| アミメノコギリガザミ | 細菌性壊死症(日齢5, Z2), 青棘, 頭棘, 側棘, 触角などの体各部位の壊死 | 壊死原因菌である滑走細菌がワムシから検出 |
| タイワンガザミ | ピロリ症?, 日齢5-7, Z2-3, 活力がなく, 白濁した個体が多い | 飼育槽で色素生産菌あり, 真菌症なし, ワムシのTCBS細菌体が多い |

表6. ワムシ培養に関する意見と今後の技術開発要望

| 項目 | ワムシ培養に関する意見と今後の技術開発要望 |
|------|--|
| 大量培養 | 元種の維持を目的とした耐久期の生産および保存方法の開発 安定培養技術の開発, 安定的な拡大培養技術の開発 生産期以外のワムシの維持管理法の開発, 閉鎖系のワムシ培養技術の開発 効率的で安定的な相放連続培養技術の確立, 耐久期の生産および保存技術の開発 好適な培養環境(通気, 餌料, 懸濁物, 原生動物)を維持した, 安定した長期培養の確立 L型近大株の水温26℃での安定培養技術の開発 200-300個体/m ² のワムシ密度での相放連続培養技術の開発 L型ワムシの培養技術の開発(S型ワムシと同レベルまで) 省力化に優れたワムシ培養法の開発, 連続培養ワムシの優劣判断の指標の開発 淡水クロレラの経費が高いため, 生産コストの削減に関する研究 作業の省力化と安定培養の技術開発 ワムシ作業の省力化のための高密度培養法の開発 S型ワムシの高密度での安定培養(アカアマダイ用), 高品質・低コストのワムシ培養技術 ワムシ培養における省力化 連続培養の培養経過における培養水の水質とワムシ活力の関係 ワムシ培養槽内の微生物生態系の制御による安定培養技術の開発 ワムシ培養での細菌叢制御, 適正な栄養強化法や飼育槽への選殖添加効果の解明 ワムシ培養水中に発生する懸濁物の除去方法 ツリガネムシ等の原生動物の除去法 相放連続培養の培養30日以降における原生動物の除去法 原生動物の除去法の開発, 長期保存が可能なワムシ餌料の開発 |
| 栄養強化 | 栄養強化の最新の技術と検定法の情報提供, 水研センターでの栄養強化の検定の可能性 |
| 細菌制御 | ワムシ培養での細菌叢制御 エルバージュに代わる細菌数制御方法の開発 薬剤を使用しないピロリ菌細菌叢の増殖制御技術の開発 |
| その他 | L型ワムシ高密度輸送の継続 クロマグロ等に適した, 高温で高増殖の特性を有する大型(300μm以上)ワムシの開発 ワムシの餌料であるナンクロロプシスの安定培養技術の開発 |

量的な確保はほぼ可能になったとはいえ、海産魚介類の種苗生産の初期餌料として不可欠なワムシ類の培養に関する研究開発はさらに重要なものになって行くと考えられる。

最後に、このアンケート調査にご協力していただいた都道府県の栽培漁業関係機関、ならびに独立行政法人水産総合研究センターの餌料培養担当の方々に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 伊藤 隆 (1960) 輪虫の海水培養と保存について. 三重県立大学水産学部研究報告, **3**, 708-740.
- 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 (2006) 平成 16 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~. pp8-9.
- 3) 倉田 博 (1959) ニシン稚仔の飼育について. 北水研報, **20**, 117-138.
- 4) 平野礼次郎・大島泰雄 (1963) 海産動物幼生の飼育とその餌料について. 日水誌, **29**, 283-293.
- 5) 藤田矢郎 (1973) 魚類種苗生産の初期餌料としてのプランクトンの重要性. 日本プランクトン学会報, **20**, 49-53.
- 6) 日野明德・平野礼次郎 (1975) 輪虫の生活史—とくに両性生殖誘導要因について. 化学と生物, **13**, 516-521.
- 7) 吉村研治 (2001) ワムシ高密度培養技術の進展とその現状. ミニシンポジウム ワムシ大量培養法の進展とその現状. 日水誌, **67**, 1138-1139.
- 8) FU, Y., T.YAMASHITA, Y.YOSHIDA, A.HINO (1997) Development of a continuous culture system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus*. *Hydrobiologia*, **358**, 145-151.
- 9) 桑田 博 (2001) 日裁協におけるワムシ大量培養技術開発の取り組み. ミニシンポジウム ワムシ大量培養法の進展とその現状. 日水誌, **67**, 1140-1141.
- 10) 北島 力 (1983) IV. 大量培養 7. 実施例と問題点. シオミズツボワムシ—生物学と大量培養 (日本水産学会編). 恒星社厚生閣, 東京, pp102-128.
- 11) 社団法人マリノフォーラム 21 (2000) 種苗生産技術の現状. pp.31-34.
- 12) 桑田 博 (2001) シオミズツボワムシの高密度宅配. 月刊養殖, **4**, 76-79.
- 13) SEGERS, H. (1995) Nomenclatural consequences of some recent studies on *Brachionus plicatilis* (Rotifera, Brachinidae). *Hydrobiologia*, **313 / 314**, 121-122.
- 14) HAGIWARA, A., T.KOTANI, T.W.SNELL, M.ASSAVAAREE, K.HIRAYAMA (1995) Morphology, reproduction, genetics and mating behavior of small, tropical marine rotifer *Brachionus* strains (Rotifera). *J.Exp.Mar.Biol.Ecol.*, **194**, 25-37.
- 15) 平山和次 (1983) 4. 増殖生理 2. 好適水温. シオミズツボワムシ—生産学と大量培養 (日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京, pp.55-56.
- 16) 岡 彬 (1989) 4. 増殖環境 4. 1 水温. 初期餌料生物—シオミズツボワムシ (福所邦彦, 平山和次編) 恒星社厚生閣, 東京, pp.29-30.
- 17) 藤波祐一郎・桑田 博 (2000) II 大量培養 1. 日本栽培漁業協会の現状. 海産ワムシ類の培養ガイドブック, 栽培漁業技術シリーズ No.6, 日本栽培漁業協会, 東京, 43-48.
- 18) 小磯雅彦・日野明德 (2001) 培養水の塩分がシオミズツボワムシの増殖, 培養コスト, 栄養強化に及ぼす影響. 水産増殖, **49**, 41-46.
- 19) YU, J.P., A.HINO, T.NOGUCHI, H.WAKABAYASHI (1990) Toxicity of *Vibrio alginolyticus* on the survival of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1455-1460.
- 20) YAMASAKI, S., D.H.SECOR, H.HIRATA (1987) Population growth of two types of rotifer (L and S) *Brachionus plicatilis* at different dissolved oxygen levels. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 1303.
- 21) 小磯雅彦・日野明德 (2006) シオミズツボワムシの増殖および摂餌に対する溶存酸素濃度の急激な低下の影響. 水産増殖, **54**, 37-41.
- 22) 桑田 博・日野明德 (2000) 4-6 懸濁物. 海産ワムシ類の培養ガイドブック, 栽培漁業技術シリーズ No.6, 日本栽培漁業協会, 東京, 19-20.
- 23) MUROGA, K., H.YASUNOBU (1987) Uptake of Bacteria by Rotifer. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 2091.
- 24) 前田昌調 (1987) 海洋および種苗生産過程に出現する原生動物・繊毛虫類. 栽培技研, **16**, 155-178.
- 25) CHENG, S.-H., S.AOKI, M.MAEDA, A.HINO (2004) Competition between the rotifer *Brachionus rotundiformis* and the ciliate *Euplotes vannus* fed on two different algae. *Aquaculture* **241**, 331-343.
- 26) 小磯雅彦・友田 努・桑田 博・日野明德 (2005) ワムシの増殖と生産コストに及ぼす連続給餌の効果. 栽培技研, **32**, 1-4.
- 27) 田中賢二 (2001) ワムシ高密度培養系におけるバクテリアの挙動と制御. ミニシンポジウム ワムシ大量培養法の進展とその現状. 日水誌, **67**, 1142-1143.
- 28) 友田 努・小磯雅彦・桑田 博・陳 昭能・竹内俊郎 (2004) 増殖ステージが異なるシオミズツボワムシのマダイ仔魚に対する餌料価値. 日水誌, **70**, 573-582.
- 29) 友田 努・小磯雅彦・桑田 博・陳 昭能・竹内俊郎 (2005) 増殖ステージが異なるシオミズツボワム

シのヒラメ仔魚に対する餌料価値. 日水誌, **71**, 30) 友田 努・小磯雅彦・陳 昭能・竹内俊郎 (2006) 増殖ステージが異なるワムシを摂餌したヒラメ仔魚の発育と形態異常の出現. 日水誌, **72**, 725-733.

資料. ワムシ培養に関するアンケートに回答していただいた機関名

| No | 機関名 | No | 機関名 |
|----|-------------------------------|----|---------------------------|
| 1 | 北海道区水研 厚岸栽培技術開発センター | 36 | 静岡県温水利用研究センター |
| 2 | 瀬戸内海区水研 伯方島栽培技術開発センター | 37 | 静岡県温水利用研究センター 沼津分場 |
| 3 | 西海区水研 石垣支所 八重山栽培技術開発センター | 38 | (財)愛知県水産業振興基金 栽培漁業部 |
| 4 | 養殖研 上浦栽培技術開発センター | 39 | 三重県栽培漁業センター |
| 5 | 水産総合研究センター 宮古栽培漁業センター | 40 | 三重県尾鷲栽培漁業センター |
| 6 | 水産総合研究センター 南伊豆栽培漁業センター | 41 | 京都府栽培漁業センター |
| 7 | 水産総合研究センター 能登島栽培漁業センター | 42 | (財)大阪府漁業振興基金 栽培事業場 |
| 8 | 水産総合研究センター 小浜栽培漁業センター | 43 | (財)ひょうご豊かな海づくり協会 栽培資源課 |
| 9 | 水産総合研究センター 宮津栽培漁業センター | 44 | (財)ひょうご豊かな海づくり協会 津名事業場 |
| 10 | 水産総合研究センター 玉野栽培漁業センター | 45 | 但馬栽培漁業センター |
| 11 | 水産総合研究センター 屋島栽培漁業センター | 46 | 和歌山県栽培漁業センター |
| 12 | 水産総合研究センター 五島栽培漁業センター | 47 | 和歌山県北部栽培漁業センター |
| 13 | 水産総合研究センター 奄美栽培漁業センター | 48 | (財)鳥取県栽培漁業協会 |
| 14 | 北海道立栽培水産試験場 | 49 | 島根県水産技術センター栽培漁業部 |
| 15 | (社)北海道栽培漁業振興公社 瀬棚事業所 | 50 | 岡山県水産試験場(栽培漁業センター) |
| 16 | (社)北海道栽培漁業振興公社 伊達事業所 | 51 | 広島県栽培漁業協会 |
| 17 | (社)北海道栽培漁業振興公社 羽幌事業所 | 52 | (社)山口県栽培漁業公社 外海生産部 魚貝類第一班 |
| 18 | (社)青森県栽培漁業振興協会 | 53 | 山口県外海第二栽培漁業センター |
| 19 | (社)岩手県栽培漁業協会 | 54 | 山口県栽培漁業公社 内海生産部 |
| 20 | 宮城県栽培漁業センター | 55 | (財)香川県水産振興基金 栽培種苗センター |
| 21 | 秋田県農林水産技術センター 水産振興センター | 56 | 徳島県水産振興公害対策基金 加島事業場 |
| 22 | (財)山形県水産振興協会 | 57 | 高知県栽培漁業センター |
| 23 | (財)福島県栽培漁業協会 生産部 魚類科 | 58 | 愛媛県水産試験場 |
| 24 | 茨城県水産試験場 浅海増殖部(栽培技術センター) | 59 | 愛媛県中予水産試験場 栽培推進室 |
| 25 | (財)茨城県栽培漁業協会 | 60 | (財)福岡県栽培漁業公社 |
| 26 | 千葉県水産総合研究センター 種苗生産研究所 勝浦生産開発室 | 61 | 佐賀県玄海水産振興センター |
| 27 | 千葉県水産総合研究センター 種苗生産研究所 富津生産開発室 | 62 | (株)長崎県漁業公社 |
| 28 | (財)神奈川県栽培漁業協会 | 63 | (社)大分県漁業公社 上浦事業場 |
| 29 | (社)新潟県水産振興協会 佐渡事業所 | 64 | (社)大分県漁業公社 国東事業場 |
| 30 | (社)新潟県水産振興協会 村上事業所 | 65 | (財)宮崎県栽培漁業協会 |
| 31 | (社)富山県農林水産公社 滑川栽培漁業センター | 66 | 熊本県栽培漁業協会 牛深事業場 |
| 32 | (社)富山県農林水産公社 氷見栽培漁業センター | 67 | 熊本県栽培漁業協会 大矢野事業場 |
| 33 | 石川県水産総合研究センター志賀事業所 | 68 | 鹿児島県水産技術開発センター |
| 34 | 石川県水産総合研究センター能登島事業所 | 69 | (財)鹿児島県栽培漁業協会 |
| 35 | 福井県栽培漁業センター | 70 | 沖縄県栽培漁業センター |

栽培漁業技術開発研究 投稿要領

[投稿の資格]

投稿者は、栽培漁業に関する技術開発および研究に従事するものとする。ただし、編集委員長が特に認めた場合についてはこの限りではない。

[投稿原稿の種類]

報文は原著論文及び総説、短報、資料とする。

短報・資料は、論文としてまとまらないが、限られた部分に関する実験結果や、新しい手法など情報として価値があるものや、栽培漁業技術の発展に寄与すると考えられる技術情報等とする。

[投稿原稿]

1. 投稿原稿は和文とする。
2. 投稿原稿は別に定める「原稿の書き方」にしたがって作成する。
3. 投稿原稿は、表題、著者名、所属および所在地、英文表題、英文著者名、英文要旨のあとに、本文、文献、表、図・写真、和文要旨の順に綴る。
4. 原則として、同一著者の同一シリーズの論文は1号につき1編を掲載する。

[投稿の方法]

1. 原稿を投稿する場合には、以下の印刷物の原本（各1部）および原稿を保存した電子媒体を編集事務局宛て送付する。電子媒体での送付が不可能な場合には、原稿の原本1部と写し（コピー）2部および投稿用紙1部を事務局あて郵送するものとする。
 - (1) 所定の様式にしたがって作成した原稿
 - (2) 投稿用紙（用紙は事務局あて請求するか、水産総合研究センターのホームページからダウンロードのこと <http://ncse.fra.affrc.go.jp/03kankou/03index.html>）
2. 電子メールを使った投稿を行う場合には、次頁「栽培漁業技術開発研究 原稿の書き方」の「電子メールを使った原稿の提出方法」に従って原稿を送付する。

[投稿原稿の取り扱い]

投稿された原稿は、編集委員会において審査する。内容について再検討を要すると判断された原稿は、コメントを付して著者に返送し、修正を求めることがある。

[著者校正]

誤植防止のため、校正は原則として著者が行う。校正では原則として印刷所のミスによる誤り以外の訂正、変更をしてはならない。

[別刷]

著者が別刷を希望する場合は、著者の実費負担にて印刷する。

[写真]

掲載する写真は原則としてモノクロームとする。著者の希望により編集委員長が認めた場合にはカラー印刷を可とする。

[刊行]

「栽培漁業技術開発研究」は、原則として年2回、4月および10月に刊行するとともに、電子ファイルにて水研センターのホームページに掲載する。

本誌掲載文の著作権は、水研センターに帰属する。

[投稿要領の変更]

本要領は栽培技研編集委員会の承認により変更することができる。

(平成 5年 10月 27日一部改訂)

(平成 13年 6月 18日一部改訂)

(平成 16年 4月 1日一部改訂)

(平成 18年 5月 17日一部改訂)

(平成 19年 5月 11日一部改訂)

栽培漁業技術開発研究 原稿の書き方

[原稿用紙]

原稿は原則としてワードプロセッサ（パソコン）を用いて作成する。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。手書きの場合には、A4 版原稿用紙（400 字詰）に明瞭な楷書で横書きとする。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。

[原稿の長さ]

原稿の長さは、概ね以下の通りとする。

短報：刷り上がり 2 頁程度

その他の報文：刷り上がり 10 頁を限度とする

ただし、編集委員会が認めた場合、及び、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。

[原稿の構成]

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

[表 題]

1. 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。
2. 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。
3. 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指定する。

[著 者 名]

英文著者名はローマ字で書き、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指定する。

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

[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, …）を付けて指定し、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、第二著者以下については、所属機関名と所在地を和文で記載する。

(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).

*²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

[要 旨]

要旨は和文と英文を併載する。

和文要旨は A4 版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 版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。

[本文の構成]

1. 原著論文の場合、本文の記載は、原則として、まえがき、材料と方法、結果、考察、謝辞、要約（必要な場合）、文献の順序に従う。
2. 原著論文以外の報文は、方法、結果、考察など項目に細分しなくてもよい。
3. 見出しは左寄せで記載しゴシック指定を行う。ただし、まえがきの見出しはつけない。
4. 材料と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、200〇年〇月〇日に…

：

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…

[文 献]

1. 引用した文献は, 引用順に連番号をつける。本文中では以下の例のように肩付き番号(上付き文字で指定する)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指定する。
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…

GULLAND⁸⁾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, 慣用法にしたがって略記する。巻数はゴシックで指定する。欧文雑誌から引用する場合, 雑誌名はイタリックで指定する。
6. 単行本から引用する場合は, 引用番号, 著者名, 年, 書名, 出版所, 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

- 1) 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.
- 2) NOGAMI, K., and M. MAEDA (1992) Bacteria as bio-control 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カ所の場合)

- 3) 田中昌一(1985)水産資源学総論。恒星社厚生閣, 東京, pp.181-183.
- 4) GULLAND, J. A. (1983) Fish stock assessment. Wiley, New York, pp.83-96.

- ・単行本(同一の本から複数カ所を引用している場合)
 - 5) 田中義麿・田中 潔(1980)科学論文の書き方。裳華房, 東京, 365pp.
 - 6) COCHRAN W. G. (1977) Sampling techniques. Wiley, New York, 428pp.

・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)

- 7) 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, pp.125-137.
- 8) ALLENDORF, F. W., and N. RTMAN (1987) Genetic management of hatchery stocks. in "Population genetics & fishery management" (ed. by N. RYMAN, and F. UTTER), Univ. of Washington Press, Seattle, pp.141-160.

・事業報告書(著者名が明示されていないもの)

- 9) 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.
 - 10) 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, 日本海大和推海域(本文編)。216pp.
9. 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。必要なら引用箇所に上付き指定でアスタリスク(*, *1, *2/…)をつけ, 脚注とする。

[図・写真・表]

1. 投稿原稿に添付する原図は, そのまま印刷可能なものを原則とする。ただし, 図の説明や数字, 記号は原図コピーに鉛筆書きしたものでも良い。
2. 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指定する。
3. 図, 写真, 表の原稿の大きさは, A4版を越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16cmまたは8cmとなるので, 縮小率または刷り上がり時の大きさを必ず明記する。
4. 図, 写真, 表には番号と和文の説明文をつける。
5. 図, 写真の番号及び説明文は, 「図 1. …」, 「写真 1. …」として原図の下部に直接記入する。表の番号及び説明文は, 「表 1. …」として表の原稿の上部に直接記入する。

[脚 注]

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

[文 字]

- 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： $m\sqrt{}$, $m^2\sqrt{}$ → m^2
：山田¹⁾, 山田¹⁾ → 山田¹⁾
下付き： $O\subscript{2}$, $O\subscript{2}$ → O_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。

[生 物 名]

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、イタリックで指定する。原則として命名者名を省略する。

[電子ファイル原稿の提出要領]

- 提出する電子媒体は、3.5 インチフロッピーディスクまたは CD-R ディスク等とする。
- フロッピーディスクは MS-DOS フォーマットとし、CD-R ディスクは ISO9660 フォーマットとする。
- 原稿は、Windows あるいは Macintosh の MS Office や一太郎で投稿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）。文字化けなどトラブル時の内容確認のためにテキストファイルも同時に提出すること。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。
- 写真などの画像を電子ファイルで入稿する際には、必ず別ファイルとすること。また、300 dpi 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。
- 日本語は全角を、英数字、小数点および斜線は半角を使用する。英文要旨や図表に全角特殊記号（÷, 凸, ∴, ♀, ℃, ¥, ☆, ◎, △, →, ※, ℓ など）を使用しない。
- 改行マークは文章の段落の区切りのみに使用する。
- 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。

- 電子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、電子媒体に同封して郵送すること。
- 電子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とり、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, CorelDraw |
| Macintosh | MS Office, 一太郎, Illustrator |

[電子メールを使った原稿の提出方法]

- 原稿の内容は Portable Document Format ファイル（以下 PDF ファイル）へ変換したものを送付する。ただし、閲覧パスワードや編集パスワード設定等の制限は行わないファイルを作成する。
- 原稿とは、表題（和文・英文）、著者名、著者所属先・所在地、本文、図表、写真、引用文献、謝辞、英文・和文要旨で構成されるものをいう。
- PDF ファイル作成時に変換ミスがないか、印刷可能であるか、確認した上で投稿する。
- 電子投稿においては、電子メールに添付された PDF ファイルで受付を行うが、何らかの原因でファイルの閲覧ができない場合は、印刷物での投稿に替えることがある。
- 送付方法は、以下の通りとする。
 - ① 原稿送付先アドレス：giken@ml.affrc.go.jp
 - ② メール題目（subject）：栽培技研（新規投稿）
 - ③ メール本文には責任著者（編集事務局とのやり取りを行う著者）、連絡先の所在地、電話番号、メールアドレスを表記する。
 - ④ 添付ファイルは投稿用紙、所定の様式に従って作成した原稿（表題、著者名、著者所属先・所在地、本文引用文献、謝辞、英文・和文要旨）、図表、写真の 4 ファイルで構成する
 - ⑤ 各添付ファイルにはファイル名として、著者名と投稿用紙、原稿、図表、写真を明記すること
例：清水智仁（投稿用紙）.pdf, 清水智仁（原稿）.pdf

[そ の 他]

- その他の記載様式は、栽培技研の最新号に記載された論文を参照する。
- 編集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作成する。その際字体，写真・図表の挿入位置およびカラーの指定を原稿へ明示する。なお，受理前の提出原稿については特別な場合以外は，字体指定等行わなくてよい。

(平成 5 年 4 月 14 日一部改訂)

(平成 5 年 10 月 27 日一部改訂)

(平成 6 年 4 月 21 日一部改訂)

(平成 8 年 4 月 22 日一部改訂)

(平成 10 年 12 月 21 日一部改訂)

(平成 13 年 6 月 18 日一部改訂)

(平成 16 年 4 月 1 日一部改訂)

(平成 17 年 10 月 1 日一部改訂)

(平成 18 年 5 月 17 日一部改訂)

(平成 18 年 12 月 5 日一部改訂)

(平成 19 年 5 月 11 日一部改訂)

