

**広島県立総合技術研究所  
水産海洋技術センター研究報告**

**第 5 号**

2018年(平成30年)12月

**広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター**

広総研水技セ研報

Bull. Fish.Mar.Tech.Cent,HiTRI



# 広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター研究報告 5 号

## 目 次

### 原 著

工藤孝也・相田 聡・御堂岡あにせ

広島県鹿川湾の複合藻場周辺の砂泥域へ放流したオニオコゼ人工種苗の移動分散の状況について… 1

永井崇裕・中森三智

むき身かきの品質低下に関与する細菌の性状…………… 15

岩本有司・御堂岡あにせ

n-3HUFA含有量の異なるワムシの初回給餌がカサゴ仔魚の生残に及ぼす影響…………… 21

藤吉栄次・玉城泉也・阿部真比古・吉田吾郎・安江 浩・相田 聡

広島湾およびその周辺海域沿岸におけるアサクサノリの分布…………… 27

御堂岡あにせ・工藤孝也・相田 聡・松下理恵・塩野忠彦・青山康司

餌料の色彩（赤色）と硬さがオニオコゼの摂餌に与える影響について（ノート）…………… 37

### 抄 録

川口 修・平田 靖・若野 真・山本民次・陸田秀実

かき養殖の実施形態別有機物負荷特性の評価…………… 41

陸田秀実・村上一樹・土井康明・山本民次・川口 修

江田島湾のカキ筏配置の季節変動と海水交換率への影響…………… 41

永井崇裕・福馬敬紘・中津沙弥香・柴田賢哉・坂本宏司

凍結含浸処理した魚介類の軟化と筋肉タンパク質の変化…………… 42

永井崇裕・中井敏博

魚類血清での*Flavobacterium psychrophilum*の増殖性は病原性と関連する…………… 42

小路 淳・年藤俊一・水野健一郎・上村泰洋・堀 正和・平川浩司

地球温暖化が魚類生産に与える影響：

産卵期、分布域の移動による日長変化が初期生活史の成長の与える影響…………… 43

E. S. Hassan・M. M. Mahmoud・河東康彦・永井崇裕・川口 修・飯田悦左・湯浅 啓・中井敏博

河川アユにおけるエドワジエラ・イクタルリ不顕性感染…………… 43

上村泰洋・水野健一郎・野田 勉・平川浩司・玉置 仁・小路 淳

シロメバル稚魚の耳石日周性の確認及び成長解析…………… 44

木下 光・上村泰洋・平井香太郎・水野健一郎・岩本有司・小路 淳

瀬戸内海中央部のアマモ場における稚魚に対する魚食性魚類による捕食圧は夜間に増大する…………… 44

永井崇裕・中森三智・水野健一郎・高辻英之・若野 真

低温保存されたむき身かきの品質低下に及ぼす細菌増殖の影響…………… 45

毛利紀恵・上村泰洋・水野健一郎・木下 光・年藤俊一・小路 淳 瀬戸内海中央部のアマモ場における魚類相の季節変化……………	45
河東康彦・山田康生・永井崇裕・E. S. Hassan・中井敏博 アユのエドワジエラ・イクタルリ感染症に対する薬剤の有効性……………	46
永井崇裕・中井敏博 アユのエドワジエラ・イクタルリ感染に及ぼす水温の影響……………	46
三代和樹・岩本有司・井上慎太郎・森田拓真・水野健一郎・上村泰洋・平井香太郎・小路 淳 太田川感潮域浅所における魚類群集の季節変化—人工放水路と天然河川の比較……………	47
木下 光・上村泰洋・水野健一郎・小路 淳 夜間のガラモ場におけるシロメバル稚魚の被食：被食率と体長の関係……………	47
高辻英之・水野健一郎・中森三智・若野 真 むき身カキの鮮度保持技術への品質工学の適用 I ……………	48
水野健一郎・若野 真・高辻英之・永井崇裕 有害渦鞭毛藻 <i>Karenia mikimotoi</i> がマガキ幼生の着底に及ぼす影響 ……………	48
J. Kittiwanchi・山本民次・川口 修・I. Madinabeitia リンと窒素負荷量の増加または減少に対する広島湾生態系の応答の評価……………	49
永井崇裕 コノシロ病魚から分離された <i>Vibrio harveyi</i> の性状 ……………	49
岩本有司・御堂岡あにせ・相田 聡 給餌開始時期の遅れがカサゴ仔魚の成長および生残に及ぼす影響……………	50
御堂岡あにせ・川口 修・工藤孝也・飯田悦佐・長尾則男・松本拓也 低塩分飼育が外傷のある海産魚の生残性に与える影響について……………	50
西堀菜穂子・黒田麻美・山田 修・後藤奈美 ワインにおいて <i>dimethyl trisulfide</i> の生成に影響を与える要因について ……………	51

## 雑 録

学会誌，各種雑誌投稿，学会，研究会発表等……………	52
水産海洋技術センター研究発表会要旨（2011，2012，2013，2014，2015年度）……………	54
広島県立総合技術研究所成果発表会・ポスター発表……………	58

## 各種刊行物リスト

各年度事業報告（発行年月のみ）	
水産と海洋（No.20～27）……………	60

## 要 旨

### 広島県鹿川湾の複合藻場周辺の砂泥域へ放流したオニオコゼ人工種苗の移動分散の状況について

工藤 孝也・相田 聡・御堂岡あにせ

2007年および2008年の2ヶ年にわたり、広島県江田島市地先の鹿川湾にオニオコゼ人工種苗(以下、人工オニオコゼ)を約5,000尾~8,000尾放流し、2年間にわたり放流後の移動状況を中心にソリネット等で追跡調査を実施した。各年調査ともに放流から1~3ヶ月といった期間ではほとんどの個体が放流地点周辺の海域で再捕された。1年~2年経過した後に湾内外で実施した調査においても同様の傾向が認められ、移動が限定的であることが分かった。人工オニオコゼの胃内容を調べたところ、胃内容物の80%がハゼ類などの魚類であり、高い魚食性を示すことが分かった。別途室内で実施した人工オニオコゼの被食試験から、対照としたアカオビシマハゼ(全長50mm)に比べて、人工オニオコゼ(全長35mm)はヒラメなどの捕食者から被食されにくいことが分かった。移動量が少なく、被食されにくいというオニオコゼの生態から考えて、放流場所としてハゼ類などの魚類の十分に生息する場所であつ、砂泥底にカキ殻などの隠れ場のある場所が適していると考えられた。

広水技セ研報 5号  
1-14 (2018)

### n-3HUFA含有量の異なるワムシの初回給餌がカサゴ仔魚の生残に及ぼす影響

岩本 有司・御堂岡あにせ

n-3HUFAの含有量が10.4% (1区)、5.6% (2区) および0.4% (3区) であるワムシを給餌した区および無給餌区(4区)の4つの試験区でカサゴ仔魚を22時間飼育したのち、滅菌ろ過海水を満たした3L円筒ビーカーに100尾ずつ移して油球体積のモニタリングおよび無給餌生残試験を行った。5日齢までの油球体積は試験区間で有意差がみられず、すべての試験区で時間の経過とともに一様に減少した。無給餌生残指数(SAI)は1区が最も高く、次いで2区、3区、4区の順となり、給餌したワムシのn-3HUFA含有量とSAIとの間に正の相関がみられた。以上のことから、給餌するワムシのn-3HUFAの含有量はカサゴ仔魚の初期生残に影響を及ぼすと推察された。

広水技セ研報 5号  
21-25 (2018)

### むき身かきの品質低下に関与する細菌の性状

永井 崇裕・中森 三智

不快臭の発生したむき身かきの浸漬液の細菌叢について16S rDNAクローンライブラリー法で調べた。菌叢の中では*Vibrio*属が最も多く、嫌気性細菌として報告されている*Psychrilyobacter*属が次に多かった。由来の異なる2試料の菌叢に大きな違いはなく、海洋性のものがほとんどを占めた。一方、浸漬液から分離された*Vibrio*属、*Photobacterium*属、および*Pseudoalteromonas*属等の細菌の増殖温度を調べた。これらの細菌のほとんどは20℃から30℃でよく増殖したが、4℃でも緩やかに増殖し、0.5℃でも一部の菌株は増殖した。むき身かきの保存温度である10℃以下でも増殖可能な細菌が、品質低下に関与していることが示唆された。また、4℃と比べて0.5℃で増殖できる菌株が少なかったことから、保存温度を0℃に近い低温にすることでより高品質なむき身かきの生産が可能となる。

広水技セ研報 5号  
15-20 (2018)

### 広島湾およびその周辺海域沿岸におけるアサクサノリの分布

藤吉 栄次・玉城 泉也・阿部真比古  
吉田 吾郎・安江 浩・相田 聡

有用遺伝資源の確保に向けた基礎的な調査として、広島湾沿岸の河口域を中心に19地点でアサクサノリの分布調査を行った。採集された葉状体について、形態およびDNA分析で種判別を行った結果、9地点で採集された葉状体がアサクサノリであることが明らかになった。アサクサノリが採集された地点では、広い感潮域または干潟が形成されていた。そのうち3地点では、希少アマノリ類のカイガラアマノリまたはソメワケアマノリも確認された。採集されたアサクサノリの葉状体は多様な形態に加え、葉長が約80cmの大型の葉状体もあり、遺伝資源として多様な形質を含んでいると考えられた。

広水技セ研報 5号  
27-35 (2018)

## 飼料の色彩（赤色）と硬さがオニオコゼの摂餌に与える影響について（ノート）

御堂岡あにせ・工藤 孝也・相田 聡  
松下 理恵・塩野 忠彦・青山 康司

ソーセージ飼料の色彩や硬さがオニオコゼの摂餌行動に及ぼす影響について調べた。飼料の色彩の影響を調べるため、試験区には赤色飼料を、対照区には非着色飼料を給餌し、平均摂餌率を比較すると、赤色飼料で $38.9 \pm 1.6\%$ 、非着色飼料で $31.1 \pm 3.1\%$ であり、赤色飼料の方が非着色飼料に比べて有意に高い割合で摂餌された。硬さの影響については、3段階に硬さを調整した飼料（飼料A； $6709 \pm 247 \text{N/m}^2$ 、飼料B； $4235 \pm 281 \text{N/m}^2$ 、飼料C； $2817 \pm 308 \text{N/m}^2$ ）を用いて給餌試験を実施した。飼料Aおよび飼料Bはすべての個体が正常な摂餌行動を示したが、飼料Cでは全体の8割の個体が摂餌を完了できなかった。このことからオニオコゼは餌の硬さに嗜好性があることが分かった。

## 広島県鹿川湾の複合藻場周辺の砂泥域へ放流したオニオコゼ人工種苗の移動分散の状況について

工藤孝也・相田 聡・御堂岡 あにせ

Locomotion investigation of juvenile devil stinger, *Inimicus japonicas*, hatchery reared released in muddy sand area adjacent seaweed bed complex in Kanokawa Bay, Hiroshima Prefecture

Takaya KUDOH, Satoshi AIDA and Anise MIDOOKA

オニオコゼ *Inimicus japonicus* は淡白な白身を持つことから、生き造りや空揚げ等に調理され、料亭や居酒屋等を中心に食される高級魚の一つである。天然オニオコゼに関する研究は、年齢と成長<sup>1, 2)</sup>、稚魚の成育場と食性<sup>3)</sup> などに関して見られるが、知見は少ない。本種は、魚価が2,000円~3,000円/kgと比較的高く、漁業者から漁獲量増加を望む声が高いことから、全国各地で人工種苗が放流されている<sup>4)</sup>。広島県においては、主にはえ縄漁、刺し網漁、底びき網漁などで漁獲され、他府県と同様な漁業者ニーズがあることから、平成11年から種苗生産技術に関する研究が開始され<sup>5)</sup>、平成17年から一般社団法人広島県栽培漁業協会で継続して人工種苗が生産されている<sup>6)</sup>。同協会により生産された種苗は県西部海域を中心に放流が行われ<sup>7)</sup>、平成27年度には県内全体で185千尾が放流された。平成29年度からは本県の施策推進のために更なる増産放流が実施されている。

放流された人工種苗に関する研究については、地域特産種増殖技術開発事業（昭和63年~平成4年）および地域特産種増産放流開発事業（平成5年~9年）によって、種苗放流後の移動分散や定着状況<sup>8-14)</sup>、放流最適サイズ<sup>10, 14)</sup>、標識手法<sup>8-10, 12-14)</sup>、被食状況<sup>9-14)</sup>等に関して多くの知見が蓄積された。また、その後に放流効果の向上を目的に行われたアマモ場と非アマモ場へ放流されたオニオコゼの追跡調査で、放流される海域によって初期の生育場としてアマモ場の重要性が異なることが報告された<sup>15)</sup>。過去に行われた放流種苗の追跡調査については、漁獲による長期間の追跡調査を除くと2週間程度か、長くても1~2ヶ月のものが多く<sup>8-14)</sup>、放流から半年間という中期的な放流種苗の追跡に関する情報は少ない<sup>16)</sup>。

本研究では複数の手法を用いて、放流したオニオコゼ

人工種苗（以下、人工オニオコゼ）の追跡調査を約半年間にわたって行った。放流された人工オニオコゼの移動および分散過程を調査し、そこで得た生態情報から放流場所等について新たな知見を得たので報告する。また、調査を通じて漁獲された様々なサイズの天然オニオコゼの分布密度から放流適地に関しても若干の考察をしたので加えて報告する。

### 材料と方法

**短中期的な放流後の人工オニオコゼの分布状況** 放流種苗の移動状況を調べるために、当センターで生産した人工オニオコゼを広島県江田島市能美町鹿川に位置する鹿川湾東岸地先に2007年10月15日および2008年11月11日に放流した（図1~3）。

2007年調査（放流~同年度末までの期間を対象とした調査を指す、以下も同様）では平均体長50mmの種苗431尾、同35mmの種苗5,042尾を満潮時水深8~9mの海域にSCUBA潜水により下記の要領で決定した放流地点に集中放流した（表1）。短期間の放流魚の移動状況を調べるために、放流に先立って潜水によって周辺にアマモ群落およびガラモ群落が見られる砂場を探し、その場所を放流地点に決定した後、海底のアンカーからロープで浮きを目印として水面まで立ち上げた。決定した放流地点を中心に海底には50m×4mmクレモナロープを岸側から沖に向けて5本5m間隔に並行に設置した。ロープには距離が分かる様に5m刻みに目印を設けた。設置したロープの両側50cmの範囲の底質の状況を目視によって確認し、転石域、礫域、粗砂域、砂域、砂泥域、アマモ域およびミル・ガラモ域の6類型に分類して記録した。



放流当日から翌日にかけての分布状況を把握するために、放流直後、放流から約3時間後および翌日の午前中に計3回の潜水調査を実施した。調査はライントランセクト法とし、ロープの左右各50cmの範囲で目視できた放流魚を計数した。放流魚の中には一定時間が経過した後に、長浜、丹下<sup>17)</sup>の定義したレベルV程度まで潜砂行動を示して目視による計数が困難となった個体があったため、1m×1mの直径16mmの塩化ビニル管を用いたコドラートを海底につけ、その内部の砂を熊手で掘り返し潜砂個体を計数した。その後、潜砂していた個体の割合を求め、目視個体との割合から実際の分布密度を算出した。目視個体の有無に関わらず、この計数作業はライン両幅50cmの範囲かつ5m間隔で各3ヶ所実施した。この作業によって得られた平均値を分布密度の算出に用いた。

潜水調査とは別に中期的な放流魚の分布状況を把握するために、ソリネットを使用し、2007年10月18日（放流3日目）、10月22日（放流7日目）、および10月29日（放流14日目）に計3回の調査を実施した。ソリネットの形状は網口幅2m×高さ0.3m×網丈3m（モジ網105径）のものを用いた。調査では、刺し網漁船（2.5トン）を使用し、放流地点を中心に13本の調査定線を設け（図1）、約5分間2.5ノットでネットを曳航した。

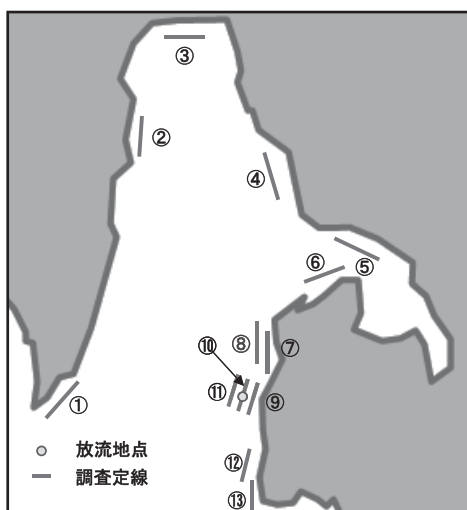


図1 人工オニオコゼの放流地点およびソリネットの調査定線の概略（2007年調査）

2008年調査では平均全長42mmおよび同60mmの種苗を各3,800尾、計7600尾放流した（表1）。放流地点は前年（2007年）の調査とほぼ同じ場所とし、放流および潜水観察の方法は前年に準じて行ったが、底質の状況と分布に関する詳細な調査は実施しなかった。潜水調査による短期的な放流魚の動向の把握については前年調査の際に想定より分散がなかったことから、放流当日の3時間後、7日後、および17日後の計3回とした。中期的な放流魚の分布状況の把握については、前年と同一のソリネットを使用し、2008年11月18日（放流後7日後）、11月28日（放流後17日後）、2009年1月9日（放流後59日後）および2月10日（放流後91日後）の計4回の調査を実施した。調査定線は前年同様に放流地点を挟む形で15本設置した（図2）。さらに2008年調査ではさらにより

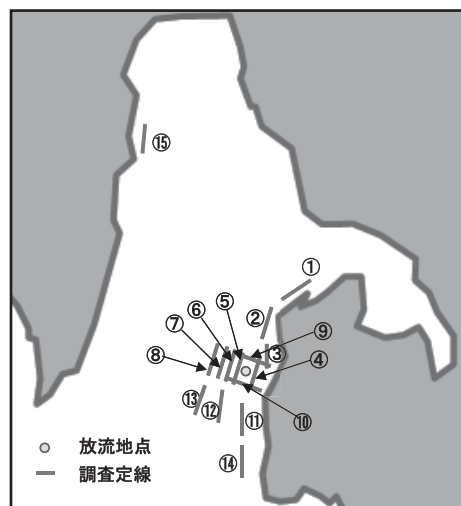


図2 人工オニオコゼの放流地点およびソリネットの調査定線の概略（2008年調査）

沖合にも18本の調査定線を設け（図3）、2009年1月28日および2月28日の計2回の調査を実施した。調査には手繰り第3種なまこぎ網漁業で使われる幅約4mの桁網を使用した。コッドエンド部分の網の目が放流種苗の通り抜ける大きさであったため、調査に際しては市販の防風ネット3枚をコッドエンド部分に入れて調査に

表1 調査に使用した人工オニオコゼのサイズ、放流尾数、標識手法および放流日

	2007年調査		2008年調査	
	35mm種苗	50mm種苗	42mm種苗	60mm種苗
放流尾数	5042	431	3800	3800
合計放流尾数	5473		7600	
標識手法	右腹鰭切除+ALC	ALC	背鰭第6,7棘場切除+ALC	背鰭第6,7棘場切除
放流日	2007年10月15日		2008年11月11日	



使用した。曳網には小型底びき網漁船を用船し速度2.5ノットで約30分間操業した。

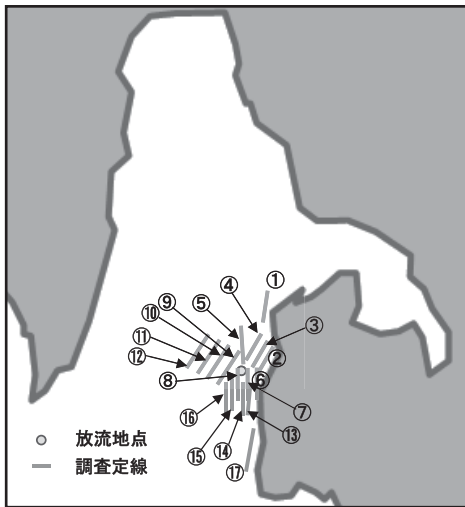


図3 人工オニオコゼの放流地点および小型底びき網の調査定線の概略(2008年調査)

両年度とも調査で採捕されたオニオコゼは船上で速やかに99%エタノールにより固定し、後日体長と湿重量を計測した後、胃を取り出し、胃内容物を綱または目レベルまで同定した。魚類のうち、種が判別できるものについては種まで同定した。胃内容物の評価は個体数法でおこなった。外部標識から放流個体と判別できない個体については、耳石の観察によって放流個体を識別した。耳石の観察は各個体から平衡石を取り出し、ALC標識の有無を蛍光顕微鏡下で確認し、放流魚かどうかを判別した。

**長期的な放流後の人工オニオコゼの分布状況** 2007年、2008年のソリネット調査終了後およびソリネット調査の未実施の2009年におけるオニオコゼの分布状況を把握するために、放流地点である鹿川湾で操業する小型底びき網漁船(なまここぎ網および桁網で操業)による標本船混獲調査を実施した。調査対象とした漁業者は、12月～翌年3月までなまここぎ網および桁網によりマナマコ *Stichopus japonica* を漁獲し、かつ主に本湾で操業する者1名である。この漁業者にマナマコとともに混獲されるオニオコゼを次の手順で記録してもらった。まず、調査に先立ち、湾内外の海域を漁業者からの操業形態の聞き取りを基に、A～Gの7区画に便宜的に区切った(図4)。2007年および2008年調査では漁業日誌に操業1回当たりの時間と漁獲されたオニオコゼの個体数をサイズごとに記入してもらった。漁獲されたオニオコゼは全長から当歳魚と推定される個体、当歳魚以外と推定される

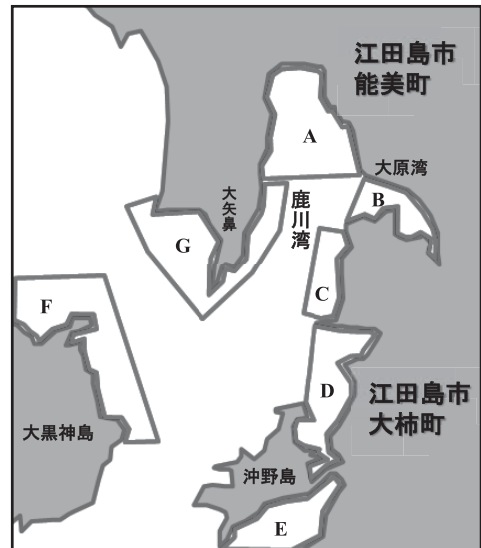


図4 小型底びき網標本船調査で区分した海域の模式図

13cm未満の個体、漁獲対象となるそれ以上の全長の個体に分類したが、そのうち、2007年調査では当歳魚と推定される個体を、2008年調査ではそれに加えて13cm未満の個体を海域区分ごとに99%エタノールへの保存を依頼した。各海域における分布密度を把握するために、事前に確認した操業時のおよその曳網速度と桁網の幅から操業面積を求め、人工および天然オニオコゼの分布密度を推定した。漁獲魚は実験室において外部標識を確認の上、体長測定をした。その後、各個体のALC標識の有無を確認した。

2009年調査で2ヶ年にわたり放流されたオニオコゼの多くが全長13cm以上の漁獲規制サイズを超えたため、漁業者に外部標識の種類および再捕魚の全長計測を依頼した。漁獲魚の全長は正規により1cm単位で計測し、上述の海域区分とともに日誌に記帳してもらった。

**放流海域に生息する他魚種の把握** 2007年調査では放流海域周辺に捕食者の可能性がある魚類がどの程度生息し、人工オニオコゼが実際にどの程度捕食されているのかを把握するために、刺し網による採捕調査を実施した。調査は調査前日10月14日夕刻に刺し網を漁船により放流地点周辺に設置し、翌日の9時半から10時にかけて網を引き上げ、採捕された魚類を回収した。採捕された魚類の固定法及びその後の処理は他の調査に準じ、各魚類は種まで同定し、人工オニオコゼの被食状況を把握した。

2008年調査では人工オニオコゼの餌となる魚類の分布状況を把握するために2008年11月28日と2009年2月10日の2回、定線4および5においてソリネットによる調査を行った。調査では上述の人工オニオコゼの分布調査と

同時に採捕された魚類を別途99%エタノールで保存した。採捕魚は、種の同定および大まかな魚種の判定をおこなったが、胃内容物の確認は行わなかった。

**室内における人工オニオコゼの被食試験の実施** 本県において主に放流される人工オニオコゼの平均全長は35mmであり、このサイズの種苗が捕食者に被食されるかを確認するために、人工オニオコゼの被食試験を実施した。人工オニオコゼの比較対照として、アカオビシマハゼ *Tridentiger trignocephalus* を用いた。捕食者としては、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (全長34cm)、オニオコゼ (全長20cm) を各1尾用意し、人工オニオコゼ (平均全長35mm) とアカオビシマハゼ (平均全長50mm) を各5尾計10尾とともに1トン円形水槽に同時に収容し、同居条件下でいずれの種が選択的に被食されるかについて、収容1時間後と24時間後で比較した。被食試験はヒラメで4回、オニオコゼで2回実施した

**放流後の人工オニオコゼの成長** 両年調査に放流されたオニオコゼの成長を把握するため、各段階の調査で再捕した人工オニオコゼの全長データを基にして、ソリネット調査、小型底びき網調査及び小型底びき網混獲調査の各調査ごとに全長データを平均し、体サイズの推移を確認した。2007年および2008年調査では、2つの平均全長の種苗を放流したため、内部および外部標識により放流サイズの判別が出来た場合には放流群毎に平均値を算出した。最終年調査となった2009年調査では対象漁業者に外部標識と全長の測定を依頼し、内部標識を確認できなかったため、この2群を区別せず、単一の各年放流群として全長データを平均した。

## 結 果

**2007年調査における人工／天然オニオコゼの分布状況** 海底付近でダイバーによりカゴから放流された人工オニオコゼは、海底から約1mの海中をしばらく遊泳した後着底し、高密度で密集していた。放流された人工オニオコゼの一部は放流後すぐに潜砂行動を示したが、特に50mm種苗でその傾向が強かった。潜水調査により、人工オニオコゼの分布状況をライトランセクト法で調査したところ、放流後3時間後は放流地点を中心に188尾/m<sup>2</sup>の非常に高い密度で分布したが、24時間後には分布の中心は放流地点からやや岸よりに移動し、最大の密度も89尾/m<sup>2</sup>に低下した(図5)。放流された人工オニオコゼの潜砂率は放流当日3時間後で14.6%、翌日で56.6%であった。放流前に事前にライトランセクト法により調査した結果、放流域周辺の底質は、転石域

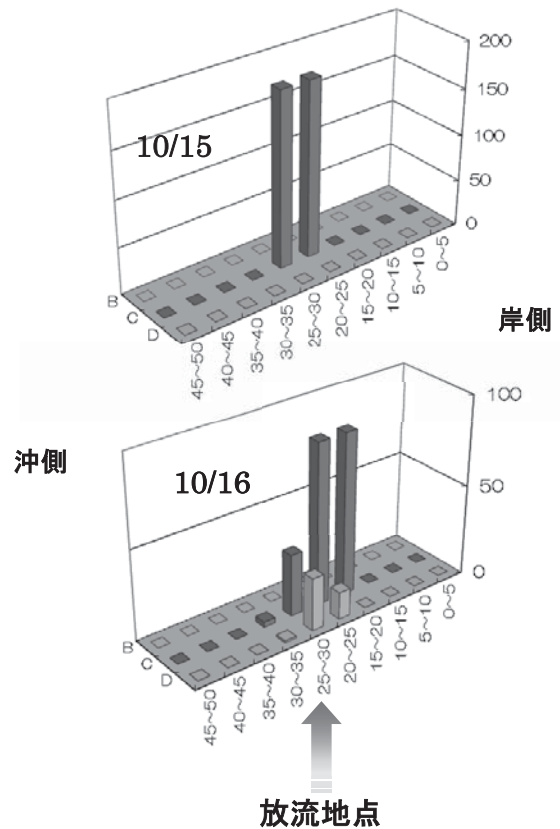


図5 ライトランセクト法による人工オニオコゼの分布状況(2007年調査)

0.3%、礫域8.0%、粗砂域17.3%、砂域35.0%、砂泥域33.3%、ガラモ・ミル域6.0%の割合で、砂域および砂泥域が優占していた。

放流から3日後、7日後および14日後の計3回にわたり、ソリネット調査により再捕された人工オニオコゼの分布状況を表2に示した。放流3日後には9本の定線(定線1~5, 9~11, 13)において、調査を実施したが、定線1~5においては人工オニオコゼが再捕されることはなかった。人工オニオコゼは放流地点周辺の定線9~11で計6尾(定線9; 1尾, 定線10; 2尾, 定線11; 3尾)が再捕された。定線10および11では35mm放流群が、定線9では50mm種苗が再捕された。放流7日目には12本の定線(定線1~6, 8~13)において調査を実施し、放流地点近傍の3本の定線(定線9; 23尾, 定線10; 5尾, 定線11; 4尾)とやや離れた定線12で1尾の人工オニオコゼ計33尾が再捕され、すべて35mm放流群であった。放流14日後には11本(定線2, 4~13)の定線で調査を実施し、放流地点近傍の定線9~11で計19尾(定線9; 13尾, 定線10; 5尾, 定線11; 1尾)の人工オニオコゼが再捕された。この日もすべて35mm放流群が再捕された。人工オニオコゼとともに採捕された天然オニオ

表2 ソリネット調査における人工オニオコゼの各調査定線での再捕尾数と調査の実施状況 (2007年調査)

調査日	放流からの日数	調査定線1~13での再捕尾数													総再捕尾数
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
10月18日	3日後	0	0	0	0	0	×	×	×	1	2	3	0	0	6
10月22日	7日後	0	0	0	0	0	0	×	0	23	5	4	1	0	33
10月29日	14日後	×	0	×	0	0	0	0	0	13	5	1	0	0	19
各定線での再捕尾数合計		0	0	0	0	0	0	0	0	37	12	8	1	0	58

×：調査実施なし、定線9では50mm放流群が1尾再捕された(10月18日)。

表3 各海域区分において小型底びき網漁業者の操業で再捕/採捕された人工および天然オニオコゼの分布密度 (尾/ha) (2007年調査)

由来およびサイズ	海域区分ごとの分布密度 (尾/ha)							合計
	A	B	C	D	E	F	G	
人工オニオコゼ (2007年放流魚)	0.004	0	0.02	0	0	0	0	0.024
天然オニオコゼ稚魚 (当歳魚)	0.19	0.24	0.19	0.04	0.02	0.09	0.1	0.87
天然オニオコゼ (全長13cm未満)	0.29	0.67	0.05	0.12	0.04	0.09	0.32	1.58
天然オニオコゼ (全長13cm以上)	0.06	0.17	0.06	0.04	0.006	0.14	0.02	0.496
合計	0.544	1.08	0.32	0.2	0.066	0.32	0.44	2.97

コゼ稚魚は放流3日後に定線11で1尾、7日後に定線12で2尾、14日後に定線5で1尾の計4尾であった。

小型底びき網による混獲調査によって再捕/採捕された人工および天然オニオコゼの分布密度と再捕/採捕尾数を表3に示した。人工オニオコゼは鹿川湾奥の海域Aで1尾と放流海域に近い海域Cで3尾、計4尾が再捕され、その他の海域からは再捕されなかった。操業面積当たりの人工オニオコゼの分布密度は、放流海域に近い海域C (0.02尾/ha)の方が海域A (0.004尾/ha)に比べ、5倍以上の高い密度であり、再捕されたのはすべて50mm放流群であり、35mm放流群の再捕は認められなかった。

人工オニオコゼとはほぼ同じサイズの天然オニオコゼ稚魚 (当歳魚)の分布密度を海域間で比較すると、海域Aで0.19尾/ha、海域Bで0.24尾/ha、海域Cで0.19尾/ha、海域Dで0.04尾/ha、海域Eで0.02尾/ha、海域Fで0.09尾/ha、海域Gで0.10尾/haであった。このことから、天然のオニオコゼ稚魚は大原湾 (海域B)、鹿川湾奥 (海域A)および放流海域周辺 (海域C)の順に多く分布していたと推定された。

漁獲対象に満たない全長13cm以下の小型のオニオコゼの分布密度を海域間で比較すると、このサイズの密度は海域Aで0.29尾/ha、海域Bで0.67尾/ha、海域Cで0.05尾/ha、海域Dで0.12尾/ha、海域Eで0.04尾/ha、海域Fで0.09尾/ha、海域Gで0.32尾/haであった。このことから、このサイズのオニオコゼは大原湾内 (海域B)、鹿川湾

奥 (海域A)と大矢鼻周辺 (海域G)が同程度の密度で分布していたと推定された。

漁獲対象となる全長13cm以上のオニオコゼの分布密度を海域間で比較すると、このサイズの密度は海域Aで0.06尾/ha、海域Bで0.17尾/ha、海域Cで0.06尾/ha、海域Dで0.04尾/ha、海域Eで0.006尾/ha、海域Fで0.14尾/ha、海域Gで0.02尾/haであった。このことから、このサイズのオニオコゼは大原湾内 (海域B)、大黒上島の北西岸地先海域 (海域F)、鹿川湾奥 (海域A)と放流海域周辺 (海域C)の順に高い密度で分布していたと推定された。  
**2008年調査における人工/天然オニオコゼの分布状況** 放流された人工オニオコゼをダイバーにより観察したところ、放流された人工オニオコゼは2007年調査と同様に長時間水中を遊泳することなく、放流地点を中心に数分程度で速やかに海底のくぼ地などの起伏に沿って密集した状態となり、放流3時間後の観察でも、大きな移動はなかった。放流7日後には人工オニオコゼの密度は0.2~1.4尾/m<sup>2</sup>とわずかに確認されたのみであった。放流17日後には人工オニオコゼは放流地点を中心とした海底に十文字に敷設した15mのトランセクトライン上には確認されなかった。

放流7日後、17日後、59日後および91日後の4回にわたり、ソリネット調査により再捕された人工オニオコゼの分布状況を表4に示した。放流7日後には放流地点近傍の定線2~5および11、14の6本の定線において調査を実施し、定線4 (5尾)および定線5 (4尾)で、計

9尾の人工オニオコゼを再捕した。放流17日後には、放流近傍に設けた定線4～6, 9～11および14において調査を行い、定線4, 5, 9, 10(各1尾)および定線11(2尾)で計6尾の人工オニオコゼが再捕された。放流59日目には放流魚の分散を考慮し、放流地点周辺の定線2, 4, 5, 7, 11に加えて定線1, 8, 13の計8本の定線において調査を行ったが、定線11で1尾再捕されたのみであった。放流91日後には、定線4～7, 11, 12, 14, 15の8本のすべてで人工オニオコゼの再捕は見られなかった。

同様の海域において、放流78日後および105日後の2回人工オニオコゼの分布状況を小型底びき網により調査した(表5)。放流78日後には放流地点を中心に浅所から沖合まで定線1～15, 計15本の定線を調査し、岸寄りの定線13および14において4尾(定線13; 2尾, 定線

14; 2尾)の人工オニオコゼを再捕した。放流105日後の調査では、定線3, 4, 6～14, 16, 17の計13本の定線を調査し、岸寄りの定線4, 6, 13において、各1尾計3尾の人工オニオコゼが再捕された。また、定線6では2007年50mm放流群の人工オニオコゼが再捕され、全長129mmまで成長していた。

小型底びき網による混獲調査によって再捕/採捕された人工および天然オニオコゼの分布密度を表6に示した。人工オニオコゼは大原湾内(海域B)で2尾, 放流海域近辺(海域C)で21尾および大矢鼻西部海域(海域G)で1尾, 計24尾が再捕され, その他の海域からは再捕されなかった。人工オニオコゼの分布密度は, 放流海域に近い海域C(0.21尾/ha)の方が海域B(0.04尾/ha)と海域G(0.02尾/ha)に比べに比べ, 約5倍および10倍以上の高い密度であった。

表4 ソリネット調査における人工オニオコゼの各調査定線での再捕尾数と調査の実施状況(2008調査)

調査日	放流からの日数	調査定線1～15での再捕尾数															総再捕尾数
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
11月18日	7日後	×	0	0	5	4	×	×	×	×	×	0	×	×	0	×	9
11月28日	17日後	×	×	×	1	1	0	×	×	1	1	2	×	×	0	×	6
1月9日	59日後	0	0	×	0	0	×	0	0	×	×	1	×	0	×	×	1
2月10日	91日後	×	×	×	0	0	0	0	×	×	×	0	0	×	0	0	0
各定線での再捕尾数合計		0	0	0	6	5	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	16

×：調査実施なし

表5 小型底びき網調査における人工オニオコゼの各調査定線での再捕尾数と調査の実施状況(2008調査)

調査日	放流からの日数	調査定線1～17での再捕尾数																	総再捕尾数
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1月28日	78日後	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	×	×	4
2月24日	105日後	×	×	0	1	×	1	0	0	0	0	0	0	1	0	×	0	0	3
各定線での再捕尾数合計		0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	7

×：調査実施なし, 漁具としては手繰り3種漁業(なまこけた網)を使用した。定線6では2007年50mm放流群が1尾再捕された(2月24日)。

表6 各海域区分において小型底びき網漁業者の操業で再捕/採捕された人工および天然オニオコゼの分布密度(尾/ha)(2008年調査)

由来およびサイズ	海域区分ごとの分布密度(尾/ha)							合計
	A	B	C	D	E	F	G	
人工オニオコゼ(2008年放流魚)	0	0.04	0.21	0	0	0	0.02	0.27
天然オニオコゼ稚魚(当歳魚)	0.27	0.15	0.38	0.1	0.03	0.27	0.27	1.47
天然オニオコゼ(全長13cm未満)	0.08	0.18	0.16	0.07	0	0	0.11	0.6
天然オニオコゼ(全長13cm以上)	0.05	0.33	0.08	0.07	0.03	0.15	0.11	0.82
合計	0.4	0.7	0.83	0.24	0.06	0.42	0.51	3.16



人工オニオコゼとほぼ同じサイズのオニオコゼ稚魚(当歳魚)の分布密度を海域間で比較すると、天然オニオコゼ稚魚の分布密度は海域Aで0.27尾/ha、海域Bで0.15尾/ha、海域Cで0.38尾/ha、海域Dで0.10尾/ha、海域Eで0.03尾/ha、海域Fおよび海域Gで0.27尾/haであった。このことから、天然オニオコゼ稚魚は放流海域周辺(海域C)、鹿川湾奥(海域A)、大矢鼻西部海域(海域G)および大黒神島東部海域(海域F)に多く分布したと推定された。

漁獲対象に満たない全長13cm以下の小型のオニオコゼの分布密度を海域間で比較すると、このサイズのオニオコゼの分布密度は海域Aで0.08尾/ha、海域Bで0.18尾/ha、海域Cで0.16尾/ha、海域Dで0.07尾/ha、海域Gで0.11尾/haであった。一方、海域Eおよび海域Fではまったく採捕されなかった。このことから、このサイズのオニオコゼは大原湾内(海域B)と放流海域(海域C)がほぼ同じで最も分布密度が高く、海域Eおよび海域Fを除くそれ以外の海域では、ほぼ同程度の両海域よりやや低い密度で分布したと推定された。

漁獲対象となる全長13cm以上のオニオコゼの分布密度を海域間で比較すると、このサイズのオニオコゼの分布密度は海域Aで0.05尾/ha、海域Bで0.33尾/ha、海域Cで0.08尾/ha、海域Dで0.07尾/ha、海域Eで0.03尾/ha、海域Fで0.15尾/ha、海域Gで0.11尾/haであった。このことから、このサイズのオニオコゼは大原湾内(海域B)、大黒上島の北西岸地先海域(海域F)、大矢鼻西部海域(海域G)の順に高い密度で分布していたと推定された。

**2009年調査における人工オニオコゼの分布状況** 2009年調査で小型底びき網によって行った混獲調査で採捕された人工オニオコゼの海域区分ごとの再捕尾数を表7にま

とめた。人工オニオコゼはすべてで28尾再捕され、うち2007年放流群が3尾、2008年放流群が25尾であった。2007年放流群は海域A(鹿川湾奥海域)で1個体、海域C(放流域周辺海域)で2個体再捕された。2008年放流群は海域A(鹿川湾奥海域)で3尾、海域C(放流域周辺海域)で22尾再捕された。これらの結果を基に、全海域区分に占める海域Cでの再捕率を算出すると放流後1年後で66.7%および2年後で88%であり、1年~2年では湾内から散逸せず、放流地点周辺海域からほとんど動かないことが分かった。

**人工オニオコゼの胃内容物** 2007年調査においてソリネットで再捕された人工オニオコゼの再捕個体に占める摂餌個体の割合(以下、摂餌率)を確認したところ、放流3日後に33.3%と低い値であったが、7日後に45.5%、14日後に68.4%となり、摂餌率は徐々に高くなった。この調査期間を通じて再捕したすべての人工オニオコゼの摂餌率は51%であった(空胃率は全体の49%)。胃内容物の内訳を見ると、ハゼ類が全体の79.4%とほとんどを占め、次いでその他の魚類(13.8%)、端脚綱(3.4%)および腹足目(巻貝類;3.4%)であり、何らかの魚類が全体の93%を占めた(表8)。体サイズごとに胃内容物を比較すると、体サイズに関わりなく、ハゼ類およびその他魚類の占める割合が非常に高かった(表9)。

2008年調査においてソリネットおよび小型底びき網で再捕された人工オニオコゼの調査期間を通しての摂餌率は18%と昨年度に比べて低かった(表8)。放流からの経過日数と人工オニオコゼの摂餌率の推移には一定の傾向はなく、放流から7日後に5.3%、17日後に9.1%、59日後に100%、78日後に75%、105日後に33.3%であった。胃内容物の内訳を見ると、ハゼ類が全体の85.7%と最も

表7 2009年調査に各海域で再捕された各年度放流群の人工オニオコゼの再捕尾数、全長および全長範囲

採捕海域	2007年放流群			2008年放流群		
	再捕尾数	全長 (cm) *	範囲 (cm)	再捕尾数	全長 (cm) *	範囲 (cm)
A	1	20	—	3	15.0±1.7	13-16
B	—	—	—	—	—	—
C	2	20.5±3.5	18-23	22	14.5±2.9	10-16
D	—	—	—	—	—	—
E	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—
G	—	—	—	—	—	—
合計/ 全体平均	3	20.3±2.5		25	13.8±2.0	

\* : 平均全長±標準偏差を示す

高く、次いでその他魚類（14.3%）となり、昨年度同様に放流された人工オニオコゼは魚類を中心に捕食していた（表8）。

**2007年調査において放流海域周辺で採捕された捕食の可能性のある魚類とその胃内容物** 刺し網により漁獲された人工オニオコゼの捕食する可能性がある3種の魚類の全長と胃内容物を表10にまとめた。最も採捕された魚類はトカゲエソ *Saruida elongata* で4尾（全長31～44cm）、次いで採捕された魚種がメバル類 *Sebastes* spp.（全長17cm）およびカサゴ *Sebesticus marmoratus*（全長20cm）が1尾であった。トカゲエソは4尾中3尾が空胃個体で、うち1尾の個体からはカタクチイワシと推定される魚類が1個体確認された。メバル類からは貝形虫類52個体が確認された。カサゴからはスジハゼが1個体確認された。いずれの魚種の胃内容物からも天然および人工オニオコゼは確認されなかった。

**2008年調査において放流海域周辺で採捕された魚類の季節変動** 放流地点を東西に挟む形で設置した定線4および5の人工オニオコゼ放流17日後（11月28日）と放流91日後（2月10日）の2回にわたり、2つの定線で混獲

された魚類の種（または種類）と採捕尾数の季節変化を比較した（表11）。放流17日後の定線4での調査では全体で3,780尾/haの魚類が再捕され、ハゼ類（3,090尾/ha）、ハオコゼ（390尾/ha）が優占し、その他にアミメハギ、ネズヅポ類等が採捕された。放流91日後の定線4での調査では全体で7,920尾/haの魚類が採捕され、ハゼ類（4,635尾/ha）、ハオコゼ（2,790尾/ha）が優占し、その他にカサゴ類、トラギス、異体類等が採捕された。

一方、放流17日後の定線5での調査では全体で5,208尾/haの魚類が採捕され、ハゼ類（4,320尾/ha）、アミメハギ（463尾/ha）およびネズヅポ類（270尾/ha）が優占し、その他にハオコゼなどが採捕された。放流91日後の定線5での調査では全体で180尾/haの魚類しか採捕されず、ハゼ類（126尾/ha）の他、ハオコゼ等などがわずかに採捕されたのみであった。

**室内における人工オニオコゼの被食試験** ヒラメを捕食者と見立てて実施した被食試験において、人工オニオコゼおよびアカオビシマハゼともに、1時間後に被食された個体は認められなかった（表12）。24時間後に被食された個体はオニオコゼでは認められなかったが、アカオ

表8 2007年および2008年調査で再捕された人工オニオコゼの摂餌率および全個体に占める胃内容物の割合

調査年度	摂餌率*	全個体に占める各胃内容物の割合**			
		ハゼ類	不明魚類	腹足目（巻貝類）	端脚類
2007年調査	51	79.4	13.8	3.4	3.4
2008年調査	18	83.3	16.7	—	—

\*：再捕魚のうち、摂餌摂餌していた再捕魚/全再捕魚×100

\*\*：すべて1個体から1種類、1つの胃内容物が検出された。

表9 各全長サイズにおける再捕された人工オニオコゼの胃内容物組成（%）の比較（2007年調査）

全長範囲	TL (mm) *	全個体に占める各胃内容物の割合**				
		個体数	ハゼ類	不明魚類	腹足目（巻貝類）	端脚類
30-35mm	32.9±1.5 (30.1-34.8)	11	72.8	18.2	9	0
35-40mm	36.6±1.0 (35.2-38.9)	12	83.3	16.7	0	0
40-45mm	41.2±1.3 (40.2-43.7)	6	75	16.7	0	8.3

\*：平均±標準偏差（全長範囲）

\*\*：すべて1個体から1種類、1つの胃内容物が検出された。

表10 刺し網で採捕された人工オニオコゼを捕食する可能性のある魚類の全長、摂餌率および胃内容物（2007年調査）

種名および種類名	個体数	全長範囲 (cm)	摂餌率 (%)	胃内容物の種類	内容物の個体数
トカゲエソ	4	31-44	25	不明魚類	1
メバル類*	1	17	100	貝形虫類	52
カサゴ	1	20	100	スジハゼ	1

\*：メバル類はアカメバル、クロメバル、シロメバルのいずれかであるが、同定を行っていないのでメバル類とした。

ビシマハゼは平均で70%の個体が被食された。被食試験の様子を観察したところ、ヒラメがアカオビシマハゼを捕食するには体をΩ型に曲げた後に捕食行動を示したが、人工オニオコゼが捕食対象の場合には、この捕食態勢に入っても捕食を回避する様子が観察された。

オニオコゼを捕食者と見立てて実施した被食試験においても、1時間以内に被食された兩種個体は認められなかった(表13)。24時間後に被食された個体は人工オニオコゼで平均10%、アカオビシマハゼでは20%の個体が被食された。被食試験の様子を観察すると、オニオコゼ

表11 2008年調査においてソリネットで2つの調査定線で採捕された魚類種数と採捕密度(尾/ha)の季節変化

調査日/調査定線	定線4		定線5	
	11月28日	2月10日	11月28日	2月10日
種名および種類名	採捕密度(尾/ha)		採捕密度(尾/ha)	
ハゼ類	3090	4635	4320	126
ハオコゼ	390	2790	77	18
カサゴ類	—	135	—	18
アミメハギ	150	90	463	18
ネズボ類	60	—	270	—
トラギス	60	135	39	—
キュウセン	—	—	39	—
異体類	30	135	—	—
合計	3780	7920	5208	180

表12 ヒラメ\*と同居させた場合における人工オニオコゼおよびアカオビシマハゼの被食率(%)の比較

被食魚	供試個体数	平均全長(mm)	実験回次	被食率(%)	
				1時間後**	24時間後**
アカオビシマハゼ	5	50	1	0	100
			2	0	100
			3	0	20
			4	0	60
			平均	0	70
人工オニオコゼ	5	35	1	0	0
			2	0	0
			3	0	0
			4	0	0
			平均	0	0

\* : 全長34cmの個体1尾を繰り返し、使用した。  
 \*\* : 捕食魚と被食魚を同居させてからの経過時間を示す。

表13 オニオコゼ\*と同居させた場合における人工オニオコゼおよびアカオビシマハゼの被食率(%)の比較

被食魚	供試個体数	平均全長(mm)	実験回次	被食率(%)	
				1時間後**	24時間後**
アカオビシマハゼ	5	50	1	0	0
			2	0	40
			平均	0	20
人工オニオコゼ	5	35	1	0	0
			2	0	20
			平均	0	10

\* : 全長20cmの個体1尾を繰り返し、使用した。  
 \*\* : 捕食魚と被食魚を同居させてからの経過時間を示す。



は目前を通過する魚類を魚種に関わらず非選択的に摂餌している様子がうかがわれた。これらのことから、全長35mmの人工オニオコゼは少なくともアカオビシマハゼなどのハゼ類よりはヒラメおよびオニオコゼといった捕食者にはかなりの頻度差で被食され難いことが分かった。

**鹿川湾内とその周辺海域で再捕された各年放流群の成長** 2007年放流群のうち、35mm放流群はソリネット調査時に全長35.7mm±3.8 (N=58) であったが、小型底びき網混獲物調査では再捕されなかった。50mm放流群はソリネット調査時に全長57mm (N=1) であったが、小型底びき網混獲物調査では全長81.8mm±10.6 (N=6) まで成長し、その1年後に全長129mm (N=1)、2年後に全長203.3mm±25.1 (N=3) にまで成長した(図6)。

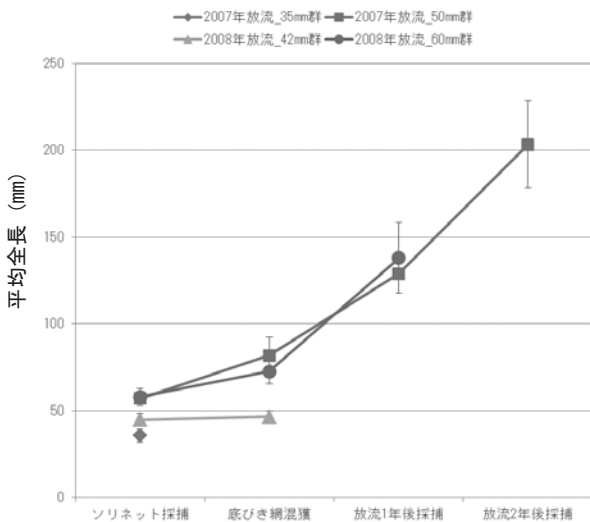


図6 2007年および2008年に放流した人工オニオコゼの成長

2008年放流群のうち、42mm放流群はソリネット調査時に全長44.7mm±3.4 (N=17)、小型底びき網混獲物調査時には全長46.5mm±3.5 (N=2) となり、ほとんど成長していなかった(図6)。60mm放流群はソリネット調査時に全長58.0mm±5.0 (N=14)、小型底びき網混獲物調査時には全長72.5mm±6.9 (N=5)、放流1年後には全長138.0mm±20.4 (N=24) と順調に成長していた(図6)。2ヶ年ともに放流尾数に関わらず大型の放流種苗の方が小型の種苗よりも長期間にわたり再捕され、成長が良好な傾向にあった。

## 考 察

**人工オニオコゼの放流後の移動** 今回の調査結果から、

これまでの報告<sup>8-14)</sup>と同様に放流から数時間の間には人工オニオコゼは、放流地点からほとんど移動せず、徐々に潜砂行動を示して天然魚の生態に近づいていくことが分かった。2007年調査における潜水調査による潜砂行動の観察では、潜砂率は放流約4時間後には14.6%、放流から24時間後の翌日には56.6%となり、全体的に潜砂率は低かった。一方、2008年調査では、放流約3時間後には68.8%の高い潜砂率を示した。長浜・丹下<sup>17)</sup>によると、全長40mm群では1~2時間という短い時間で顕著な潜砂行動を示したとされる。今回放流した人工オニオコゼのサイズは、2008年調査(全長42mm群, 60mm群同数)に比べて2007年調査(全長32mm群主体)の方が相対的に小さかった。また、放流時の潜水観察によると両年の放流場所はほぼ同じ海域で、海底は細砂から砂泥底であった。これらのことから、放流後の潜砂率の差異は、放流海域の底質の差ではなく、放流された人工オニオコゼのサイズ差によるものと推定された。

調査定線を定めて、2007年にソリネット調査により14日間追跡調査を行ったところ、放流地点周辺の定線9~11で35mm放流群が再捕され、放流場所から大きく移動していないことが分かった(表2)。その後、小型底びき網による混獲調査を継続したが、このサイズの放流群は再捕されず、再捕されたのは50mm放流群のみであった。愛媛県で実施された10日程度の短期間の放流オニオコゼの潜水調査では、平均全長20mmの種苗に比べて、平均全長40mmの種苗の方が調査域からの流れによる分散が小さいことが報告されている<sup>10)</sup>。今回の35mm放流群はこの報告のほぼ中間のサイズであるため、短期間で再捕されなかった要因のすべてが流れによる受動的移動とは考え難いが、その要因の一つの可能性はある。

2008年調査で11月~2月まで行ったソリネットおよび小型底びき網による放流魚の追跡調査では、放流地点周辺の定線でのみ人工オニオコゼは再捕されていた(表4, ソリネット調査; 定線4, 5, 9~11, 表5, 小型底びき網調査; 定線4, 6, 13, 14)。この結果に加えて、これら調査と並行して1月~3月まで実施した漁業者によるオニオコゼ混獲調査においても、放流地点を含む海域Cで人工種苗のほとんどが漁獲された(表7; 2007年調査; 83.3%, 2008年調査; 77.8%)。これらのことから、放流から5ヶ月程度では今回放流した全長42mmから60mmの範囲の人工オニオコゼは放流地点からそれほど移動しないことが分かった。これまでの報告では、放流された人工オニオコゼの動態は10日程度の短期間のものがほとんどで、半年程度の人工オニオコゼの

動態に関する報告はほとんどない<sup>8-14)</sup>。草加ら<sup>16)</sup>は平均全長61mmの人工オニオコゼを岡山県内のアマモ場に放流し、約3ヶ月間のSCUBA潜水により移動状況と分布密度の推移を調査し、分布の中心に大きな変化がないことを報告している。今回の結果をこの報告と照らし合わせると、全長40~70mmの範囲の人工オニオコゼは放流から3ないし5ヶ月間には大きく移動しないことを示していると考えられた。ただし、再捕尾数は低下していることから、既報<sup>16)</sup>と同様に人工オニオコゼは天然環境に馴致し、徐々に放流地点から分散したものと推定された。

2008年調査のソリネットおよび底びき網での調査では、沖合への移動を把握するために、2007年調査よりも沖合の深い場所に調査定線（ソリネット；定線7, 8, 12, 13, 小型底びき網；定線10~12）を設けたが、これらの定線で放流種苗は再捕されず（表4, 5）、分布は放流海域から岸寄りの南北方向に広がったと推測された。放流地点を中心に岸寄りおよび沖合海域の魚類相の季節的变化を調べたところ、放流地点から岸寄り（定線4）では調査期間を通じてハゼ類を中心に種類組成および分布密度ともに安定した魚類相が形成された。一方、沖側（定線5）では魚類の種類数および分布密度は放流から約3か月後の2月上旬には11月下旬に比べ、大幅に低下していた（種類数で33.3%減、採捕密度96.5%減）。今回の調査結果によると、放流された人工オニオコゼの主たる餌はこれまでの報告<sup>3)</sup>と同様にハゼ類などを中心とした小型の魚類であった（表8, 9）。また、ソリネットや底びき網調査で魚類と混獲された藻類と潜水調査に基づく観察から、岸寄りの海域には転石帯の周辺にアマモ場とガラモ場の混合藻場が形成され、複雑な生息環境であったのに対して、沖合海域には単純な砂泥底に寄り藻が散在する単純な環境であったと推定された。これまでの報告でも、放流サイズのオニオコゼの生息適地の条件として、潜砂可能な底質であることや<sup>17)</sup>、身を寄せることが出来るカキ殻や転石等の障害物<sup>8, 11)</sup>があることの他に、ハゼ類などの餌生物が豊富なこと<sup>3)</sup>等が挙げられている。これらのことから、今回の調査で人工オニオコゼの分布が沖合方向ではなく、放流地点から岸寄りの南北方向に拡大したのは、放流海域の底質、植性および餌環境に起因する可能性が高いと考えられた。

放流から1年ないし2年経過した後の人工オニオコゼは、両年放流群ともに海域Aおよび海域Cですべての個体が再捕されたが、そのなかでも放流海域周辺の海域Cにおいて非常に高い割合で採捕された（表7）。放

流地点から海域Aまでの距離は最も移動したとしても約2km~3kmであり、放流から1年~2年の間は放流地点から大きく移動しないことが分かる。愛媛県大三島において、今回の調査と同様の全長50~60mmで放流された人工オニオコゼは1~3年後に放流地点であるアマモ場から約3kmの範囲で再捕されており、移動は小さくアマモ場に定着していたと報告されている。<sup>15)</sup> また、大阪府における全長70~120mmの人工オニオコゼによる標識放流後の移動に関する調査<sup>18)</sup>でも、1年ないし2年経過した後でも、そのほとんどが放流海域から3~10km未満しか移動していなかったとの報告がある。今回の調査はこれらの結果と同様であり、放流後1年ないし2年では人工オニオコゼは放流海域周辺からあまり移動しないと推定された。今回実施した人工オニオコゼの底びき網漁船による混獲調査は、海域D~G等の湾外も含めて調査を行っており、放流魚は少なくともこの範囲には移動していないと推察された。ただし、この調査が1名の漁業者によるものであること、調査期間が短いこと（11月~3月）、調査海域が沿岸に限定されていることや、海域による底質の差異による漁獲効率に差が生じる可能性が高いこと等は、成長した人工オニオコゼが大矢鼻と大黒神島の間からの広島湾へと移動した可能性とともに考慮する必要がある。

**他魚種からの被食の可能性** 今回の調査では、捕食者の可能性のある魚種の胃内容物からオニオコゼ稚魚は確認されなかった（表10）。これまでの研究においても、魚類の捕食事例は全体的に少なく<sup>9-14)</sup>、イシガニなど魚類以外の生物<sup>19)</sup>が挙げられている。一方、全長20mmサイズの人工オニオコゼはカサゴやマダイが捕食したという事例<sup>19, 20)</sup>があるが、全長40mmの種苗主体に放流したほとんどの調査では被食実態は観察されていないか、あってもわずかである<sup>10, 11, 13, 14)</sup>。今回室内で行った実験においても、全長35mmの種苗はオニオコゼには若干捕食されたものの（表13）、ヒラメから全く被食を受けていないことから（表12）、放流後の被食による減耗はこれまでの調査同様に少ないと推定された。

**放流された人工オニオコゼの成長** 2009年に再捕された人工オニオコゼは、2007年放流群で全長20.3cm±2.5、2008年放流群で全長13.8cm±2.0に成長していた（図6）。瀬戸内海で行われた年齢と成長に関する研究では、満1歳および満2歳時に大阪府では全長約13cmおよび約19cm<sup>21)</sup>、岡山県では全長約12cmおよび約16~18cm<sup>2)</sup>、愛媛県では全長約10cmおよび約15cm<sup>22)</sup>に達すると推定している。また、愛媛県大三島で行われた標識

再捕調査では放流から2年後に全長22cmに成長している<sup>15)</sup>。これらの結果から、放流された人工オニオコゼは放流海域周辺で他の海域に比べてもかなり良好に成長していたと推定された。

**湾内での天然オニオコゼの分布状況** 今回の調査では、小型底びき網の操業混獲調査で多くの天然オニオコゼが採捕された(表3, 6)。2007年および2008年調査を通じた天然オニオコゼ全体の分布密度を見た場合、その分布密度は海域B(大原湾内)が最も高く、鹿川湾内では海域A(湾奥)と海域C(放流地点周辺海域)、海域G(大矢鼻周辺海域)が高い傾向にあった(表3, 6)。鹿川湾外の調査域では海域F(大黒神島周辺)が高かった。当歳魚と推定される天然のオニオコゼ稚魚の分布密度は2007年調査では海域A～Cで、2008年調査ではそれに加えて、海域FおよびGでも高い傾向にあった。水揚げ対象にない全長13cm未満の天然オニオコゼの分布密度は2007年調査では海域B, G, Aの順で、2008年調査では海域B, C, Gの順で高かった。これらのことから、当歳魚から水揚げ対象サイズ未満のオニオコゼは鹿川湾奥に西向きに開いた大原湾と湾奥から放流地点にかけて例年高い密度で分布していたと推定された。また、漁獲サイズに達した全長13cm以上のオニオコゼは、2007年調査では海域B, Fの順で、2008年調査では海域B, F, Gの順で高い密度で採捕された。これらのことから、いずれのサイズ、調査年においても、海域B(大原湾内)の密度がともに高い傾向にあることが分かった。海域Bの底質は概ね泥場であり、カキ筏もあることからかき殻の堆積量も多いことが分かっている(漁業者聞き取り)。オニオコゼ稚魚の生息に適した環境としては、潜砂可能な底質であること<sup>16)</sup>に加えて、身を寄せるかき殻などの隠れ場所や物陰があること<sup>8)</sup>が良いと推定されるため、大原湾内が適した環境であった可能性は高い。天然稚魚の胃内容物調査から本種稚魚は全長12cm未満では小型のハゼ類を、全長12cm以上ではそれに加えて異体類を摂餌する割合が高くなるとされる。<sup>3)</sup>今回海域B(大原湾内)の詳細な餌環境に関しては不明だが、どのサイズ群のオニオコゼも多く漁獲されたことから、底質環境以外の餌環境もオニオコゼにとって適した環境であった可能性が高い。一方、今回放流を行った海域Cも2007年および2008年調査の間天然稚魚の分布密度は海域Bと同じかそれ以上であり、人工オニオコゼの放流には適した場所であったと考えられた。

今回の調査から、約半年間にわたって人工オニオコゼを追跡することで、放流後の移動は限定的であることが

分かった。その後の小型底びき網による混獲調査でも放流魚は継続的に再捕され、数年にわたる調査でも放流地点周辺の海域での再捕がほとんどであった。全長35mm群が主体となった2007年放流群に比べて、全長42mmおよび60mmが主体となった2008年放流群の方が単年の調査では長期間再捕されており、定着率は高かったことがうかがわれた。

本県(一般社団法人広島県栽培漁業協会生産分)では、2005年からのオニオコゼ種苗の本格的な種苗生産の開始から今日まで一貫して平均全長30mmサイズの種苗を放流している。本報告の内容を精査すると、他府県同様<sup>23)</sup>により大型の種苗を放流することが望まれるが、大型の種苗を生産することはコスト増に繋がる面がある。一方、広島市中央卸売市場のオニオコゼの水揚げ量を放流開始前(2004年度)と現在(2016年度)と比較すると、水揚げ量は放流開始前には約6トンであったのに対して、現在は約3.6倍の約22トンまで増加している。詳細な調査は実施していないため増加の要因は不明だが、この様なオニオコゼの急激な増加は放流による可能性がある。本県のオニオコゼの放流は主に県西部の広島湾とその周辺で行われることが多い。この海域は放流地点周辺にかき筏も多く、これらの海底に多くのかき殻があると推察される。今回調査を行った海域のうち、海底にかき殻や障害物が多い大原湾内(海域B)のオニオコゼの漁獲量が他の区域に比べて、常に高い状況にあったが(表3, 6)、広島湾域のオニオコゼ放流海域の海底は大原湾同様にかき殻が多く、オニオコゼが身を隠すことができ、その周辺に餌となる生物が多く生息している環境と推察される。実際に、2004年～2008年度にかけて「小型底びき網漁業包括的資源回復計画策定」の一環で行った調査においても、大野水道や広島湾内に位置する奈佐美島周辺および西能美島南端沖(通称下瀨)などのかき筏が多く配置された海域周辺では、当歳魚から未成魚が多く漁獲されており(工藤未発表)、重要な生息場所となっていると考えられた。

本県では2017年度から3年間にわたりオニオコゼの集中放流事業を実施するが、これらのことを総括すると起伏に富み(海底にかき殻がある)かつ、餌が多い(ハゼ類など小型魚類が多い)かき筏周辺に放流することができれば、全長30mmの小型種苗であっても、一定以上の放流効果を期待できるのではないかと考えられた。

## 謝 辞

調査計画の立案および実施にあたっては、研究当時当



センターに在籍した赤繁 悟博士（現クニヒロ株式会社）、安江 浩氏（現神奈川県藤沢市在住）、飯田悦左博士（現広島県農林水産局水産課長）、横内昭一氏（現広島県農林水産局水産課参事）らに様々なご助言、ご協力を賜った。潜水調査の実施に当たっては高辻英之氏（現広島県農林水産局水産課水産技術指導担当主査）にご協力頂いた。調査船あきで実施した種苗の運搬や潜水調査等には、帯刀俊彦氏（現広島県西部農林事務所水産課主任）ならびに水主村敏治氏（現一般社団法人広島県栽培漁業協会嘱託員）にご協力頂いた。また、調査海域に漁場および漁業権を有する鹿川漁業協同組合の代表理事組合長勝間 譲氏（当時）、職員木葉登喜夫氏（現同漁協参事）には、潜水調査、短中期・長期調査を実施するために当たって使用する漁船の手配等、調査を順調に進めるための各種調整に関して様々な便宜を図っていただいた。小型底びき網漁船による混獲調査および用船調査では、同漁協所属の静間良輝氏および静間美佐子氏に多大なご協力を頂いた。刺し網漁船によるソリネット調査および捕食魚漁獲調査には同漁協所属の静間正浩氏にご協力頂いた。放流用種苗の飼育および放流標識のための背鰭棘の抜去作業等には当センター嘱託員各位にご協力頂いた。これら多くの方々に深謝いたします。

本調査の一部は財団法人広島県漁業振興基金による受託研究により、実施した。記して謝意を表します。

### 引用文献

- 1) 渡邊憲一, 貝田雅志, 花田利香子, 伊藤 東 (2003) : 新潟県沿岸海域におけるオニオコゼ *Inimicus japonicus* の年齢と成長および産卵期, 日水誌, 69, 201-207.
- 2) 岩本俊樹 (2013) : 岡山県東部海域におけるオニオコゼの年齢と成長及び成熟, 岡山水研報, 28, 23-30.
- 3) 首藤宏幸, 梶原直人 (2008) : 佐渡島真野湾のアマモ場で採集されたオニオコゼ稚魚の食性と成長に伴う変化, 日水誌, 74, 827-831.
- 4) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 (2017) : オニオコゼ, 種苗放流実績 (人工種苗) - 魚類, 平成27年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) ~資料編~, pp. 152-159.
- 5) 広島県水産試験場 (2000) : 1999 (平成11) 年度広島県水産試験場事業報告, pp. 35-37.
- 6) 社団法人広島県栽培漁業協会 (2007) : 平成18年度広島県栽培漁業協会事業報告, pp. 55-57.

- 7) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 (2017) : オニオコゼ, 種苗生産実績 (放流用) - 魚類, 平成27年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) ~資料編~, pp. 23.
- 8) 愛媛県 (1992) : IV. 資源添加技術開発, 地域特産種増殖技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 愛23-39.
- 9) 愛媛県 (1993) : IV. 資源添加技術開発, 地域特産種増殖技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 愛19-45.
- 10) 愛媛県 (1994) : IV. 資源添加技術開発, 地域特産種増殖技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 愛10-21.
- 11) 愛媛県 (1996) : IV. 資源量産放流技術開発, 地域特産種量産放流技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 愛14-19.
- 12) 大阪府 (1993) : IV. 資源添加技術開発, 地域特産種量産放流技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 大13-22.
- 13) 大阪府 (1994) : IV. 資源添加技術開発, 地域特産種量産放流技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 大11-18.
- 14) 大阪府 (1995) : IV. 資源添加技術開発, 地域特産種量産放流技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 大10-18.
- 15) 独) 水産総合研究センター, 大阪府, 岡山県, 愛媛県, 広島大学, 愛媛大学 (2013) : 沿岸育成場を利用したキジハタ, オニオコゼの資源増殖技術の開発, 平成24年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業事後評価報告書.
- 16) 草加耕司, 増成伸文, 池田博明 (2007) : 放流オニオコゼ種苗の定着状況と周辺砂浜域の魚類相, 岡山水誌報, 22, 22-29.
- 17) 長浜達章, 丹下勝義 (1987) : 種苗生産したオニオコゼ稚魚の潜砂行動について, 兵庫水試研報, 25, 47-52.
- 18) 佐野雅基 (2003) : 大阪湾における外部標識オニオコゼの移動, 大阪水試研報, 14, 29-35.
- 19) 大阪府 (1989) : IV. 資源添加技術開発, 地域特産種増殖技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 大7-23.
- 20) 大阪府 (1990) : IV. 資源添加技術開発, 地域特産種増殖技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 大10-27.

- 21) 有山啓之 (1995) : 大阪湾におけるオニオコゼの成長, 大阪水試研報, 9, 33-39.
- 22) 愛媛県 (1990 : V. 資源生態調査, 地域特産種増殖技術開発事業, 魚類, 甲殻類グループ総合報告書, 愛28-37.
- 23) 国立研究機関法人 水産研究・教育機構 (2017) : 平成27年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) ~資料編~, オニオコゼ, 152-159.

## むき身かきの品質低下に関与する細菌の性状

永井 崇裕・中森 三智

Characterization of bacterial floras in immersion seawater of the shucked oysters

Takahiro NAGAI and Misato NAKAMORI

生鮮向けのマガキ *Crassostrea gigas* は、養殖海域から陸揚げされた後、殻を除去してむき身にされ、洗浄や選別の後、プラスチック製容器への包装、出荷、輸送を経て販売される。むき身かきは、その軟弱な構造を維持するため、海水に浸けた状態で包装される。生かきの消費期限は1995年に示された水産食品衛生協議会策定のガイドラインで、「保存温度が10℃以下で消費期限が4日以内」とされている<sup>1)</sup>。この消費期限を過ぎると、包装容器内で不快臭が発生し、むき身かきの品質低下につながる。

この不快臭の発生原因は、むき身を漬けている海水（以下、浸漬液）での細菌の増殖によるもので、むき身かきを0℃に近い低温で保存することで、細菌の増殖を抑制し、不快臭の発生も抑制できることが明らかにされている<sup>2)</sup>。しかし、浸漬液で増殖する細菌の種類や性状については明らかにされていない。これまでも、むき身かきの鮮度と細菌に関する検討が行われたが、菌の種類などの詳細は調べられていない<sup>3, 4)</sup>。また、かき類の保存中の細菌汚染に関する研究は食中毒原因菌を対象としたものが多く<sup>5, 6)</sup>、品質変化に関与する細菌を詳細に調べた研究は少数に過ぎない<sup>7, 8)</sup>。

本研究では、不快臭が発生した浸漬液の菌叢を分子生物学的手法で調べるとともに、培養可能な細菌について種類を同定し増殖温度を調べた。

### 材料と方法

**むき身かき** 海面筏で飼育していたマガキ（試料A、むき身重量：11.0±1.6g、平均値±標準偏差、以下同様）および室内水槽で給餌飼育していたマガキ（試料B、16.8±1.6g）を用いた。試料Aも試料Bも2012年3月に採取した。殻を除去したマガキは、滅菌海水で十分に洗浄してから、チャック付きポリ袋に3個ずつ入れ、同容量

の滅菌海水（以下浸漬液）とともに空気を抜いて密封した。一方、浸漬液からの細菌分離には、3ロットの市販のむき身かきも用いた。

**16S rDNAクローンライブラリー法による浸漬液の菌叢解析** 前述のようにポリ袋に包装したむき身かきを10℃で6日間保存し浸漬液を採取した。1mLの浸漬液を遠心分離し（12000×g, 10分間, 4℃）、上清を除去した残渣からQuickGene DNA tissue kit S（Kurabo）を用いてDNAを抽出した。16S rDNAは20Fおよび1500Rプライマー<sup>9)</sup>を用いて増幅した。PCRにはBiotaq DNA polymerase（Bioline）を用い、1μLの抽出DNAを9μLのPCR反応液に添加した。なお、残渣から抽出した2試料のDNAの平均濃度は80ng/μLであった。PCR反応では、94℃で5分反応させた後、94℃・30秒、50℃・60秒、72℃・60秒を1サイクルとして20サイクル反応させ、最後に72℃で5分反応させた。PCR産物はMiniElute PCR purification kit（Quiagen）で精製し、Target clone（Toyobo）を用いてDNAライブラリーを作製した。プラスミドDNAは、TE（10mM Tris-HCl, 1mM EDTA pH8.0）に懸濁させた菌体を、5分間煮沸してから遠心分離（12000×g, 5分間, 4℃）することで抽出し（ボイル法）、T3およびT7プライマー（Takara）を用いたPCR法で増幅した。精製したPCR産物は20Fまたは336Fプライマーを用いて、BigDye terminator cycle sequencing kit v.3.1（Applied Biosystems）で反応させ、310 genetic analyzer（Applied Biosystems）を用いて塩基配列を決定した。得られた塩基配列はDDBJのBLASTで解析した。なお、塩基配列については20Fプライマーに近い約450塩基を決定した。

**浸漬液から分離した細菌の同定** 不快臭の発生した浸漬液を段階希釈しMarine agar 2216（BD）に塗布し、20℃で48時間培養した。培地上の優占するコロニーを20株鈹菌し、16S rDNAの一部塩基配列を基に同定した。なお、

8株（HCG株）は水槽飼育由来のむき身かきの浸漬液から、12株（CG株）は市販のむき身かきの浸漬液から分離した。菌体からボイル法により抽出したDNAを20Fおよび1500Rプライマーを用いたPCR法に供し、PCR産物の塩基配列をクローンライブラリー法と同様に解析した。なお、塩基配列については20Fプライマーに近い約760塩基を決定した。

**分離菌の増殖温度** 分離菌の増殖温度は、海水で調整した液体培地（0.5% Lab-Lemco powder (Oxoid), 1% Bacto pepton (BD)) を用いて調べた。L型試験管に入れた液体培地に分離菌を接種し、10℃から37℃で振盪培養（60rpm）し、660nmの吸光度を培養装置（TVS126MA, Advantec）で15分ごとに測定した。また、10℃より低温での増殖性を調べるために、試験管に入れた液体培

地に分離菌を接種後、0.5℃（氷水中）と4℃で静置し、1日後、3日後および7日後に菌数を測定した。測定された菌数を最初の菌数で除して増殖率とした。

## 結 果

**浸漬液の菌叢解析** 10℃で6日間保存した浸漬液の菌叢を16S rDNAクローンライブラリー法で調べた結果を表1および図1に示した。試料Aでは60クローンを、試料Bでは64クローンの解析を行った。試料AおよびBにおいても*Vibrio*属の割合が最も高く、試料Aでは51.7%（31クローン）、試料Bでは42.2%（27クローン）になった。*Vibrio*属については、試料Aでは*V. gigantis*, *V. splendidus*, *V. tasmaniensis*, *V. lentus*, *V. fischeri*, *V. marinus*および13種の*Vibrio* sp. と相同

表1 16S rDNAクローンライブラリー法によるむき身かき浸漬液の菌叢解析（BLAST解析による菌種の同定）

試料	属	推定される菌種	No. <sup>a</sup>	No. <sup>b</sup>	相同性 (%)
試料 A	<i>Vibrio</i>	<i>Vibrio gigantis</i>		4	100
		<i>Vibrio splendidus</i>		3	99-100
		<i>Vibrio tasmaniensis</i>		3	99-100
		<i>Vibrio lentus</i>		2	99-100
		<i>Vibrio fischeri</i>		1	98
		<i>Vibrio marinus</i>		1	100
		<i>Vibrio</i> sp.	13	17	99-100
	<i>Psychrilyobacter</i>	<i>Psychrilyobacter</i> sp. STAB703		2	100
		<i>Psychrilyobacter</i> sp. STAB704		11	99-100
	<i>Pseudoalteromonas</i>	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	6	7	99-100
	<i>Psychromonas</i>	<i>Psychromonas antarctica</i>		1	98
		<i>Psychromonas</i> sp.	1	2	99
	<i>Photobacterium</i>	<i>Photobacterium phosphoreum</i>		1	99
		<i>Photobacterium profundum</i>		1	99
		<i>Photobacterium</i> sp.	1	1	99
	<i>Ilyobacter</i>	<i>Ilyobacter psychrophilus</i>		1	99
	<i>Fusobacteria</i>	<i>Fusobacteria</i> sp.	1	1	100
<i>Aliivibrio</i>	<i>Aliivibrio</i> sp.	1	1	100	
試料 B	<i>Vibrio</i>	<i>Vibrio splendidus</i>		1	99
		<i>Vibrio</i> sp.	13	26	99-100
	<i>Psychrilyobacter</i>	<i>Psychrilyobacter</i> sp. STAB703		4	99-100
		<i>Psychrilyobacter</i> sp. STAB704		17	99-100
	<i>Photobacterium</i>	<i>Photobacterium</i> sp.	3	12	99-100
	<i>Moritella</i>	<i>Moritella</i> sp.	1	1	99
	<i>Pseudoalteromonas</i>	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	1	1	100
	<i>Psychromonas</i>	<i>Psychromonas</i> sp.	1	1	99
		Uncultured firmicute	1	1	99

No. <sup>a</sup> : 菌種の数

No. <sup>b</sup> : クローンライブラリーのクローン数



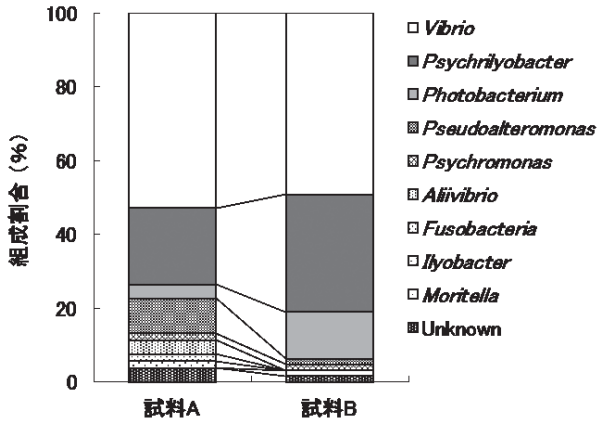


図1 16S rDNAクローンライブラリー法によるむき身かき浸漬液の菌叢解析における各属の割合 (10℃で6日間保存されたむき身かきの浸漬液を試料とした。試料Aは海面養殖されていたかき由来、試料Bは室内水槽で給餌飼育されていたかき由来の浸漬液)

性が高く、試料Bでは*V. splendidus*および13種の*Vibrio* sp. と相同性が高かった。次に多いのが両者に共通して*Psychrilyobacter*属で試料Aでは21.7% (13クローン)、試料Bでは32.8% (21クローン) となった。両試料ともに*Psychrilyobacter* sp. STAB703株 (JF825447.1) と STAB704株 (JF825448.1) に近いクローンが共通して見られた。次に多いのが試料Aでは*Pseudoalteromonas* 属で11.7% (7クローン)、試料Bでは*Photobacterium* 属で18.8% (12クローン) になった。*Pseudoalteromonas*

属も*Photobacterium*属も両試料ともに確認された。なお、クローンの塩基配列は (AB819505~AB819564, AB819630~AB819693) としてDDBJに登録した。浸漬液から分離された細菌 分離された20株の細菌について、16S rDNAの塩基配列から同定した結果を表2に示した。分離された細菌は*Vibrio*属が6株、*Photobacterium*属が6株、*Pseudoalteromonas*属が5株および*Pseudomonas*属が3株となった。*Vibrio*属6株および*Pseudoalteromonas*属5株の塩基配列はそれぞれ一部が異なった。一方、*Photobacterium*属では6株中3株の塩基配列が完全に一致したことからCG36を代表株に、*Pseudomonas*属では3株の塩基配列が完全に一致したことからHCG1018を代表株とした。*Vibrio*属では*V. fischeri*や*V. splendidus*と相同性が高い菌株が1株ずつ、5株はそれぞれ異なる*Vibrio* sp. に近かった。また、*Photobacterium*属では1株が*P. phosphoreum*と一致したが、残りはそれぞれ異なる*Photobacterium* sp. に近かった。また、*Pseudoalteromonas*属ではそれぞれ異なる*Pseudoalteromonas* sp. に近かった。*Pseudomonas*属の3株は海洋環境由来の*Pseudomonas* sp. と一致した。*Pseudomonas* sp. は水槽で飼育していたマガキ由来のむき身からのみ分離され、市販のむき身かきからは分離されなかったが、*Vibrio*属、*Photobacterium*属および*Pseudoalteromonas*属は両方のむき身かきから分離された。なお、分離菌の塩基配列は (AB819694~AB819713)

表2 むき身かき浸漬液から分離された細菌と増殖温度

分離株	推定される菌種	相同性 (%)	増殖温度 (°C)	
			至適	最高
CG2	<i>Vibrio fischeri</i>	99	25.0	29.4
CG3	<i>Vibrio splendidus</i>	99	27.4	31.6
CG4	<i>Vibrio</i> sp.	99	27.4	31.6
CG6	<i>Vibrio</i> sp.	99	27.3	29.5
HCG1016	<i>Vibrio</i> sp.	99	27.2	31.5
HCG1019	<i>Vibrio</i> sp.	99	27.2	31.5
CG1	<i>Photobacterium</i> sp.	100	22.6	29.2
CG36	<i>Photobacterium</i> sp.	100	22.9	29.5
CG39	<i>Photobacterium phosphoreum</i>	100	22.9	29.5
HCG1021	<i>Photobacterium</i> sp.	99	25.0	29.3
CG5	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	100	29.4	34.0
CG7	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	99	29.2	33.9
CG8	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	100	31.3	> 37.0
HCG1024	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	100	31.5	> 37.0
HCG1025	<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	97	31.4	> 37.0
HCG1018	<i>Pseudomonas</i> sp.	100	> 37.0	> 37.0

としてDDBJに登録した。

**分離菌の増殖温度** 同属の分離菌の増殖温度に大きな違いが見られなかったことから、各温度で測定された吸光度は属ごとに平均値と標準偏差で示した(図2)。*Vibrio*属の至適増殖温度は25.0℃から27.4℃、*Photobacterium*属で22.6℃から25.0℃、*Pseudoalteromonas*属で29.2℃から31.4℃、*Pseudomonas* sp. で37.0℃以上となった(表2)。*Vibrio*属および*Photobacterium*属においては37℃で増殖する菌株は見られなかったが、*Pseudoalteromonas*属の6株のうち3株が37℃でも緩やかに増殖した。また、いずれの菌株も10℃では緩やかに増殖した。

0.5℃および4℃における分離菌の増殖率についても、同属の分離菌で大きな違いが見られなかったことから、属ごとに増殖率の平均値と標準偏差で示した(図3)。*Pseudomonas* sp. については、0.5℃および4℃での増殖が認められなかったので図示しなかった。0.5℃では、*Vibrio*属で増殖する菌株は確認されなかった

が、*Photobacterium*属では6株のうちCG1株とCG39株の2株が徐々に増殖した。一方、*Pseudoalteromonas*属では全ての菌株で0.5℃における増殖が確認された。また、4℃では*Vibrio*属、*Photobacterium*属および*Pseudoalteromonas*属の全ての菌株が増殖した。

## 考 察

食品・添加物等の規格基準では生食用かきの保存温度は10℃以下とされる<sup>10)</sup>。一方、10℃でむき身かきを保存した場合、浸漬液の菌数は3日目で $10^8$ CFU/mL程度となり、初期腐敗状態に達していることが明らかにされている<sup>2)</sup>。しかし、3日目では不快臭の発生はわずかで、6日目に増加していることも示されている<sup>2)</sup>。そこで10℃で6日間保存し不快臭が発生したむき身かき浸漬液の菌叢を、16S rDNAクローンライブラリー法で調べた。16S rDNAクローンライブラリー法では、培養困難な細菌も種レベルで明らかにすることができる<sup>11)</sup>。由来の異なる2種類のむき身かきの浸漬液を材料とした結

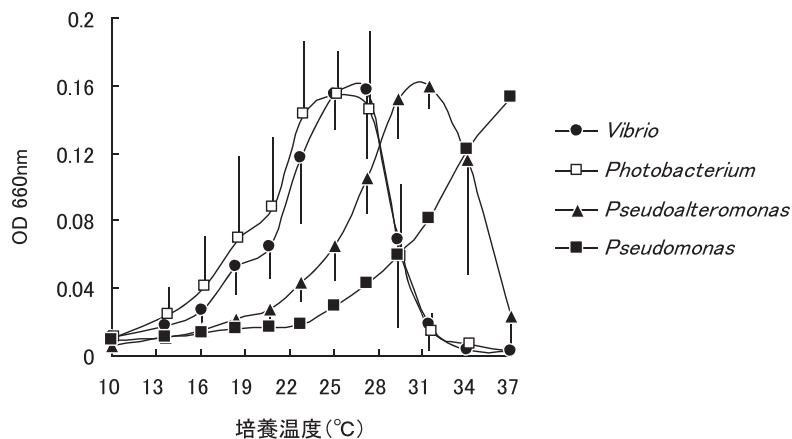


図2 むき身かき浸漬液から分離された細菌の10℃から37℃における増殖状況(平均±標準偏差で図示)

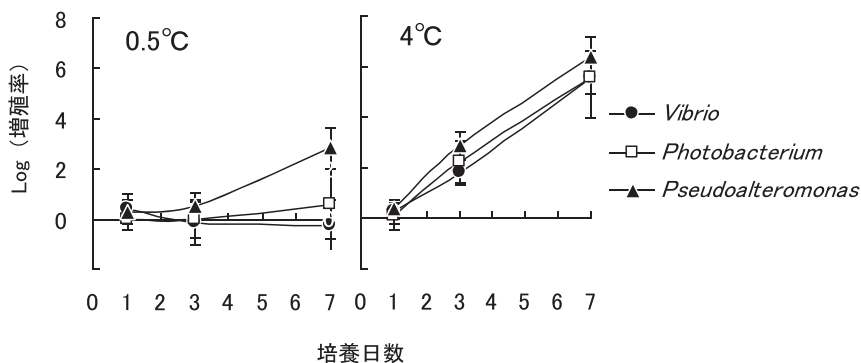


図3 むき身かき浸漬液から分離された細菌の0.5℃および4℃における増殖率(平均±標準偏差で図示)

果、菌叢のほとんどは属レベルで両者に共通し、いずれも *Vibrio* が構成種の51.7%および42.2%と優占した。次に、*Psychrilyobacter* が21.7%および32.8%と多かったが、Fernandez-Piquer *et al*<sup>8)</sup> の研究では *Psychrilyobacter* は4℃で8日間保存された殻付きのマガキからもクローンライブラリー法で多く(全体の43.8%)検出されており、マガキの品質低下に広く関与する可能性がある。また、腐敗細菌として重要な<sup>12)</sup> *Photobacterium* や *Pseudoalteromonas* も多く検出され、品質低下の原因と推定された。菌叢のほとんどは海洋性で生息環境由来のものと考えられた。Cao *et al*<sup>7)</sup> が5℃で保存したむき身かき全体の菌叢を培養法で調べた結果、保存前は *Pseudomonas* が全体の22%および *Vibrio* が20%であったが、12日間の保存後は *Vibrio* が19%とあまり変化しなかったものの *Pseudomonas* は73%と大幅に増加したことを報告している。本研究ではむき身かきの浸漬液を試料とし、菌叢の調べ方も異なるが、*Pseudomonas* はクローンライブラリー法では検出されなかった。一方、給餌飼育していたマガキ由来のむき身かきの浸漬液からは培養法で3株の *Pseudomonas* が分離されたが、分離菌全体の15%を占めるに過ぎなかった。ライブラリー作製で用いたプライマーで *Pseudomonas* のDNAが増幅されることを著者らは確認しており、*Pseudomonas* が浸漬液に存在したとしても、その割合はかなり低いものと考えられた。また、Cao *et al*<sup>7)</sup> はむき身かきのホモジネートを材料としているので、*Pseudomonas* はマガキ体内に多い可能性もある。

浸漬液から分離された細菌は *Vibrio* (30%)、*Photobacterium* (30%)、*Pseudoalteromonas* (25%) および *Pseudomonas* (15%) であった。*Pseudomonas* を除いては、クローンライブラリー法でも多く検出されており、浸漬液で増殖している培養可能な細菌を代表しているものと考えられた。一方、*Psychrilyobacter* は分離されず、この細菌は嫌気性細菌として報告されていることから<sup>13)</sup>、本研究の培養法では分離されなかったものと考えられた。また、CG39株は *Photobacterium phosphoreum* とその配列が完全に一致し、また、クローンライブラリー法でも本菌が1クローン認められた。*P. phosphoreum* はヒスタミン生成菌として報告されていること<sup>14)</sup> から食品衛生学的に注意が必要である。

分離された *Vibrio*、*Photobacterium* および *Pseudoalteromonas* の至適増殖温度は20℃から30℃前後で低温菌の範疇に入るものであった。これらの細菌が10℃でも増

殖したことから、さらに低温である4℃および0.5℃での増殖性を調べた。4℃では *Pseudomonas* 以外の全ての分離菌が増殖したが、0.5℃では *Pseudoalteromonas* および一部の *Photobacterium* しか増殖できず、菌叢の大半を占める菌種は増殖しにくいものと考えられた。また、分離された *Pseudomonas* はその増殖温度の高さから、10℃以下で保存されるむき身かきの品質低下への関与は低いと考えられた。

むき身かきを0.5℃、4℃および10℃で保存したところ、0.5℃では4℃や10℃と比較して細菌の増殖が大幅に抑制され、6日間保存しても臭気の発生が有意に抑制されることが示されている<sup>2)</sup>。菌叢の大半を占める *Vibrio* および一部の *Photobacterium* が0.5℃で増殖しなかったことで、品質低下が抑制されたものと考えられる。

むき身かきの生産は海水温が低い時期に行われることから、低温で増殖する海洋細菌が製品中に多く混入するものと考えられる。また、冬期には5℃で増殖できる *Vibrio* 属細菌がマガキの消化管内から多く分離されることも明らかにされている<sup>15)</sup>。これらの低温性の細菌を増殖させないためには、むき身かきを0℃に近い低温で保存することが重要である。むき身直後からの十分な冷却で、高品質のむき身かきの生産が可能になると考えられる。

## 引用文献

- 1) 生かきの日付表示(期限表示)設定のためのガイドライン(1995)、水産食品衛生協議会。
- 2) 永井崇裕・中森三智・水野健一郎・高辻英之・若野真(2013):低温保存されたむき身かきの品質低下に及ぼす細菌増殖の影響。日水誌, 79, 1020-1022.
- 3) 上田貞善・佐々木 諭・甲 充(1958):かきの鮮度保持試験(洗浄による影響)。広島衛研所報, 8, 53-55.
- 4) 岸本敬之・得能弘志・高田千賀子(1968):かきの鮮度保持試験について(洗浄および温度による影響)。広島衛研所報, 18, 14-19.
- 5) Melody K, Senevirathne R, Janes M, Jaykus LA, Supan J(2008): Effectiveness of icing as a postharvest treatment for control of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus* in the eastern oyster (*Crassostrea virginica*). *J. Food Prot.*, 71, 1475-1480.

- 6) DaSilva L, Parveen S, DePaola A, Bower J, Brohawn K, Tamplin M (2012): Development and validation of a predictive model for the growth of *Vibrio vulnificus* in postharvest shellstock oysters. *Appl. Environ. Microbiol.*, **78**, 1675-1681.
- 7) Cao R, Xue C, Liu Q (2009): Changes in microbial flora of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) during refrigerated storage and its shelf-life extension by chitosan. *Int. J. Food Microbiol.*, **131**, 272-276.
- 8) Fernandez-Piquer J, Bowman J, Ross T, Tamplin M (2012): Molecular analysis of the bacterial communities in the live Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and the influence of postharvest temperature on its structure. *J. Appl. Microbiol.*, **112**, 1134-1143.
- 9) Weisburg W, Barns S, Pelletier D, Lane D (1991): 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J. Bacteriol.*, **173**, 697-703.
- 10) 生食用かき「食品，添加物等の規格基準」（昭和34年厚生省告示第370号）（1959）.
- 11) 藤本淳治・福井 学（2005）：腸内フローラの構造解析，16S rDNA-クローンライブラリー法．腸内細菌学雑誌，**19**，47-52.
- 12) 里見正隆・及川 寛・矢野 豊（2004）：微生物学的品質評価．「水産物の品質・鮮度とその高度保持技術」（中添純一，山中英明編）恒星社厚生閣，東京，67-81.
- 13) Zhao J, Manno D, Hawari J (2009): *Psychrilyobacter atlanticus* gen. nov., sp. nov., a marine member of the phylum *Fusobacteria* that produces H<sub>2</sub> and degrades nitramine explosives under low temperature conditions. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **59**, 491-497.
- 14) Morii K, Cann D, Taylor L, Murray C (1986): Formation of histamine by luminous bacteria isolated from scombroid fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 2135-2141.
- 15) Iida Y, Honda R, Nishihara M, Muroga K (2000): Bacterial flora in the digestive tract of cultured Pacific oyster. *Fish Pathol.*, **35**, 173-177.

## n-3HUFA含有量の異なるワムシの初回給餌が カサゴ仔魚の生残に及ぼす影響

岩 本 有 司・御堂岡 あにせ

Influence of initial feeding of rotifers with different n-3HUFA contents on survival of  
marbled rockfish *Sebastiscus marmoratus* larvae

Yuji IWAMOTO and Anise MIDOOKA

種苗生産における仔稚魚の初期減耗の要因の一つとして、飼料として給餌するシオミズツボワムシ *Brachionus* sp. (以下、ワムシと略記) の栄養価の不足が原因のひとつに挙げられる。なかでもワムシの脂質、特にDHAやEPAといったn-3系列の高度不飽和脂肪酸 (n-3HUFA) の多寡は仔魚の生残に影響を及ぼすことが数種の海産魚類で明らかにされている。<sup>1)</sup> 種苗生産において、初期餌料として用いられるワムシに対してn-3HUFAなどを含む脂質類を添加し、仔魚の育成に必要な栄養素を補う作業は栄養強化と呼ばれ、主に市販品として流通している油脂酵母や濃縮淡水クロレラ等を規定量・規定時間、ワムシ培養水槽内に添加することにより行われる。種苗を安定的かつ効率的に生産するためには、生物餌料に含まれるn-3HUFAの多寡が本種の初期生残に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

カサゴ *Sebastiscus marmoratus* は北海道以南の日本沿岸に広く分布する沿岸性魚類で、<sup>2)</sup> 市場価格が高いことに加え、移動範囲が狭く、放流後の再捕率も高いことから、漁業者などから種苗放流のニーズが高い。<sup>3)</sup> 本種は産仔直後から摂餌を開始するため、産仔直後の餌料環境がその後の生残に影響を及ぼすことが知られる。<sup>4-6)</sup> しかし、これらの知見は生物餌料の給餌量や給餌開始時期に関するもので、餌料の栄養価の違いが本種の生残に与える影響について明らかにしたものはない。産仔直後に与える餌料の栄養価の多寡がその後の生残に影響するのであれば、種苗生産の初期段階でより良い給餌方法を選択することにより、最終的な歩留り等の生産性も向上すると考えられる。そこで、本研究ではn-3HUFA含有量の異なるワムシを初回摂餌させたカサゴの飢餓耐性に着目し、一般的に種苗の「活力」を調べる手法として用い

られる無給餌生残試験<sup>8-16)</sup> によって、給餌開始時の栄養価の違いが本種の初期の生残性に与える影響について評価を行った。

### 材料と方法

供試魚は2015年2月25日に広島県立総合技術研究所水産海洋技術センターで養成された雌親魚24尾 (標準体長 (標準偏差) 23.1±1.33cm, 体重261±49.6g) から産仔された仔魚 (全長4.48±0.13mm,  $n=30$ ) を用いた。

試験区は栄養強化条件の異なるワムシを給餌した3つの区 (1区~3区) に加え、無給餌の区 (対照区; 4区) の合計4つの区を設定した。ワムシの栄養強化には市販の濃縮淡水クロレラ (生クロレラV12およびスーパー生クロレラV12, クロレラ工業, 東京) を用いた。前者はワムシの培養のみを目的としているため、n-3HUFAの含有量はわずかであるが、後者はワムシの栄養強化を目的としているため、魚類の初期発育や成長に必要なn-3HUFAを多く含有する。本研究では、これらの2種類の濃縮淡水クロレラの混合割合を変化させることによって3段階の栄養強化条件とした。すなわち、スーパー生クロレラV12のみを与えて栄養強化した1区、スーパー生クロレラV12と生クロレラV12を1:2の比率で混合させたものを与えて栄養強化した2区、生クロレラV12のみを与えて培養した3区とした。各試験区に用いたワムシの栄養強化は25℃の恒温槽に設置した30L透明ペンライト水槽3個を用いて行い、試験区ごとに異なる混合比率の濃縮淡水クロレラ300mlを約22時間かけて定量添加し、栄養強化を行った。各試験区のワムシは栄養強化後に約1gを採取して冷凍した後、ガスクロマトグラフ法による脂肪酸分析に供した。



産仔直後の仔魚への初回給餌は、約15°Cの恒温槽内に設置した100L白色パンライト水槽4個（1区から4区）を用いて行った。各区の水槽にはカサゴ仔魚を1000尾ずつ収容したのち、水槽内照度を調整する目的ですべての水槽に生クロレラV12を30mL添加した。その後、1区から3区には栄養強化条件の異なるワムシ（S型）をそれぞれ飼育水1mlあたり40個体となるよう給餌し、4区は無給餌（対照区）とした。すべての試験区への給餌が完了した時刻を飼育開始時刻として、その後22時間の飼育を行った。水槽内は止水、微通気とし、照明は40Wの蛍光灯1本を各水槽の上部より常時点灯させて水槽表面の照度を約400lxに調整した。飼育終了後、各試験区から10個体のカサゴ仔魚をサンプリングしたのち、実体顕微鏡下で1尾ずつ解剖して摂餌の有無を確認し、摂餌率（消化管内にワムシが認められた仔魚の数/サンプル数×100）を算出するとともに、消化管内容物個体数の計数を行った。カサゴ仔魚のサンプリングと同時に各試験区の表層水を採取し、飼育水1mlあたりのワムシの密度を求めた。飼育終了後、約15°Cの滅菌ろ過海水を満たしたプラスチック製の3L円筒ビーカーを各試験区に対して3つ用い、それぞれのビーカーにカサゴ仔魚100個体を収容した。各試験区の3つのビーカーのうち、1つは油球体積のモニタリング（試験1）に供し、残りの2つは無給餌生残試験（試験2）に供した。

油球体積のモニタリング（試験1）：カサゴ仔魚100個体が収容されたビーカーを試験区ごとに1つ用意し、約15°Cに維持された恒温槽内に静置して5日齢まで無給餌で飼育した。照明は40Wの蛍光灯1本を恒温槽の上部より常時点灯した。ビーカー内は無通気とし、換水は行わなかった。各試験区のビーカーから毎日10個体を上限にカサゴ仔魚を採取し、3-アミノ安息香酸エチルメタンスルホン酸（MS222, Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA）で麻酔後、実体顕微鏡（SZX-12, ニコン, 東京）に接続したカメラコントロールユニット（DS-L1, ニコン）の2点間距離測定機能を用いて、油球の長径（ $a$ ）、短径（ $b$ ）を0.01 $\mu\text{m}$ 単位で測定した。油球は回転楕円体として次式により体積（ $V$ ）を算出した。<sup>7)</sup>

$$V = \frac{\pi ab^2}{6}$$

無給餌生残試験（試験2）：カサゴ仔魚100個体が収容されたビーカーを試験区ごとに2つ設置し、無給餌生残試験をおこなった。死魚の取り上げおよび計数を毎日行い、各試験区の1日毎の生残率を算出した。さらに、新聞ら（1981）に従い、次式により無給餌生残指数

（Survival Activity Index: SAI）を算出した。<sup>8)</sup>

$$SAI = \frac{\sum_{i=1}^k (N - hi) \times i}{N}$$

ここで、 $N$ は試験開始時の仔魚数、 $hi$ は $i$ 日目の累積死尾数、 $k$ は生残尾数が0尾となった日（試験終了日）を示す。なお、生残率およびSAIは各試験区の結果の平均値を代表値とした。

## 結 果

各試験区に給餌したワムシ1g当たりの脂肪酸の合計含量は1区で最も高く（51.6mg）、次いで2区（38.3mg）、3区（17.2mg）の順であった（表1）。各試験区のn-3HUFAの含有量および含有率は1区が最も高く（6.74mg, 10.4%）、次いで2区（2.82mg, 5.6%）、3区（0.08mg, 0.4%）の順であった。なお、3区のDPAおよびDHAの含有量はともに0mgであった。

給餌開始22時間後の1区から3区までの摂餌率は全て100%であった。4区は無給餌であったため、消化管内容物は認められなかった。消化管内容物個体数（±標準偏差）は1区で $5.1 \pm 1.7$ 個体、2区で $4.9 \pm 3.3$ 個体、3区で $4.4 \pm 2.0$ 個体であった。給餌飼育終了時の各試験区の表層水1mlあたりのワムシ密度は1区で21個体、2区で24個体、3区で17個体であり、試験区間の有意差はみられなかった。

各試験区の油球体積の平均値は試験開始後、すべての試験区で産仔後日数の経過とともに減少した（図1）。すべての産仔後日数で試験区間の有意差はみられなかった。

無給餌生残試験における生残率は、産仔後2日目にすべての試験区で低下し始めた（図2）。産仔後3日目以降、無給餌の4区の生残率は他の試験区と比べて低く推移した。2区および3区の生残率は産仔後6日目まで同程度の値を推移したが、産仔後7日目以降に3区の生残率が低下し、産仔後8日目に4区と同等の値（3区；68.1%、4区；67.0%）となった。1区の生残率は飼育期間を通じて最も高い値で推移した。3区および4区では産仔後10日目以降、1区および2区では産仔後11日目以降に生残率が50%を下回り、産仔後13日目に2区および3区が、14日目に1区および4区が全滅した。各試験区におけるSAIの平均値は1区（46.50）が最も高く、次いで2区（43.20）、3区（33.52）および無給餌の4区（33.01）の順となった。各試験区に給餌したワムシのn-3HUFA含有量とSAIとの間に有意な正の相関がみられた（図3）。

表1 各試験区の初回給餌に用いたワムシの脂肪酸組成 (乾燥重量比)

試験区	1		2		3	
脂肪酸 (略記)	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%
C14 : 0	0.78	1.2	0.66	1.3	0.30	1.3
C14 : 1	0.21	0.3	0.21	0.4	0.09	0.4
C16 : 0	9.07	14.0	7.19	14.3	3.17	14.2
C16 : 1	0.33	0.5	0.32	0.6	0.15	0.7
C16 : 2	5.06	7.8	3.78	7.5	1.81	8.1
C18 : 0	2.35	3.6	1.93	3.8	0.87	3.9
C18 : 1	1.65	2.5	1.11	2.2	0.45	2.0
C18 : 2	18.1	27.9	14.8	29.5	7.24	32.4
C18 : 3	5.63	8.7	4.61	9.2	2.35	10.5
C20 : 0	0.10	0.2	0.08	0.2	0.04	0.2
C20 : 1	0.53	0.8	0.40	0.8	0.17	0.8
C20 : 4	0.52	0.8	0.41	0.8	0.20	0.9
C20 : 5 (EPA)	2.26	3.5	1.14	2.3	0.08	0.4
C22 : 0	0	0	0	0	0	0
C22 : 1	0.23	0.4	0	0	0.32	1.4
C24 : 0	0	0	0	0	0	0
C24 : 1	0.28	0.4	0	0	0	0
C22 : 5 (DPA)	0.88	1.4	0.33	0.7	0	0
C22 : 6 (DHA)	3.59	5.5	1.35	2.7	0	0
不明	13.4	20.6	11.8	23.5	5.1	22.8
合計	65.0	100	50.1	100	22.3	100
n-3HUFA	6.7	10.4	2.8	5.6	0.1	0.4

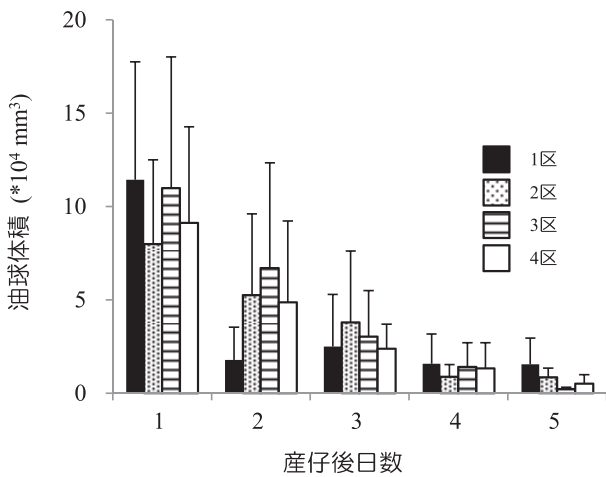


図1 無給餌飼育条件下における各試験区のカサゴ仔魚の油球体積の推移 (各グラフの縦棒は標準偏差を示す)

考 察

本研究では、各試験区に給餌したワムシのn-3HUFAの含有量は1区で最も高く、次いで2区、3区の順であった (表1)。さらに、無給餌生残試験におけるSAIは1区

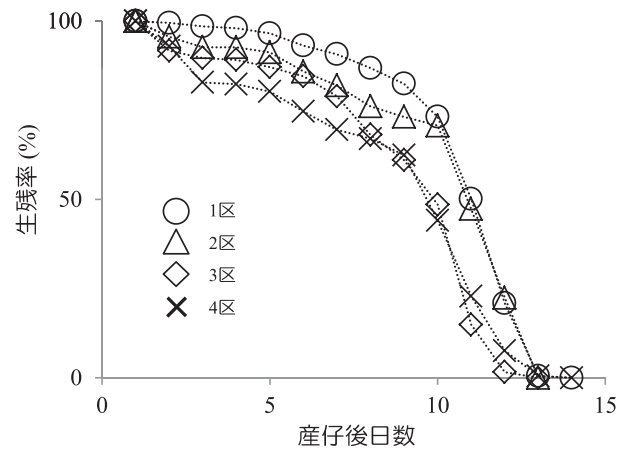


図2 無給餌生残試験における各試験区のカサゴ仔魚の生残率の推移

が最も高く、次いで2区、3区、無給餌の4区の順であり、仔魚が摂餌したワムシのn-3HUFA含有量とSAIとの間に有意な正の相関がみられた (Fig. 3)。本研究における給餌飼育22時間後の各水槽内のワムシ密度は17~24個



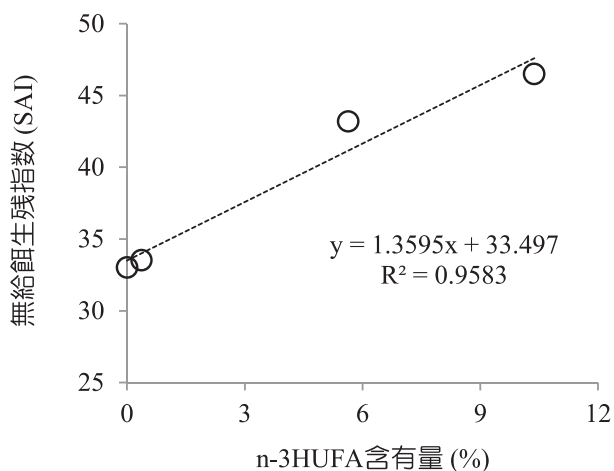


図3 各試験区の初回給餌に用いたワムシのn-3HUFA含有量 (%)と無給餌生残指数 (SAI) の関係

体/mlを推移していたことに加え、夜間も照明によって照度を一定に保っていたことから、給餌飼育中、水槽内は常に摂餌可能な環境であったと推察される。<sup>5)</sup> また、給餌飼育22時間後の摂餌率はすべての試験区で100%となり、摂餌個体数は試験区間で有意差がみられなかったことから、すべての試験区で仔魚の摂餌状況に大きな違いはなく、各試験区のSAIは摂取した生物餌料の栄養的な質の違いに影響を受けたと考えられる。

無給餌生残試験の結果から算出されるSAIは、飢餓耐性を元に産仔魚の「活力」や「卵質」を評価する目的で活用される。<sup>8-16)</sup> 数種の海産魚類では、SAIと初期の生残率に正の相関がみられることが確認されており、<sup>8-10, 12, 13, 15)</sup> カサゴにおいてはSAIの値が高いほど初期（産仔後13日、15日、30日）の生残率が向上することが明らかにされている。<sup>10, 13, 15)</sup> SAIは無給餌生残試験における経過日数に生残尾数を乗じたものを試験終了日まで加算する方法で算出されるため、<sup>10)</sup> 試験終了までの期間（試験区が全滅するまでの期間）が同じであっても、長期間生き残る個体の数が多いほど群としてのSAIは高くなる。本研究において、無給餌生残試験の各試験区の終了日は産仔後13日目または14日目となり、ほぼ同じであったが、試験前半から中盤にかけての減耗状況は試験区によって異なっていた（図2）。試験前半（1日目から5日目まで）は、1区から3区までの生残率が無給餌の4区に比べて高い値で推移したが、試験中盤（6日目から10日目まで）には、3区の生残率が無給餌の4区とほぼ同じ値となり、その後は試験終了時まで4区と比べて同程度あるいは低い値で推移した。その結果、3区と4区のSAIはほぼ同程度（3区：33.52，4区：33.01）であった。このことは、摂餌開始時期に栄養価の低い餌料

を摂餌したものは、初期の生残性において、無給餌のものと大きな違いがないことを示している。したがって、本種の初期生残を考えるうえでは、摂餌の有無だけでなく、給餌する餌料の栄養価にも注意を払う必要がある。

カサゴなど卵胎生魚類の産仔魚は内部栄養として主に油球を保有し、摂餌行動初期のエネルギー源として利用している<sup>17)</sup>。本研究では油球体積と飢餓耐性との関連性を調べるため、各試験区の油球体積を継時的に測定した（図1）。その結果、油球体積はすべての試験区で日数の経過とともに減少したが、試験区間で有意差はみられなかった。以上のことから、油球体積の減少過程は摂餌の有無や餌料の栄養価によって変化することはなく、飢餓耐性に直接関係するものではないと推察された。

## 謝 辞

国立研究開発法人 水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所 資源生産部 資源増殖グループ（伯方島庁舎）の太田健吾グループ長ならびに竹島 利技術員にはワムシの脂肪酸分析の実施にあたって多大なご支援、ご協力を賜りました。平成27年度瀬戸内海ブロック増養殖部会 暖水性メバル・カサゴ分科会参加機関の皆様からは、本研究に対し多くの有益なご助言を賜りました。広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター 非常勤嘱託員の山根 由美子氏、吉村 薫氏、西村 みどり氏、岩本 美喜雄氏、枝光 和恵氏、中谷 光大氏、沖 知哉氏にはワムシの培養や供試魚飼育作業でご協力いただきました。関係の皆様には、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 竹内俊郎. 魚類における必須脂肪酸要求の多様性. 化学と生物 1991; 29: 571-580.
- 2) 中坊徹次. カサゴ. 「日本産魚類検索 全種の同定 第二版」(中坊徹次編) 東海大学出版会, 東京. 2000; 585.
- 3) カサゴ放流技術研究会. 「カサゴ放流技術開発調査研究報告」社団法人瀬戸内海栽培漁業協会, 兵庫. 1975.
- 4) 桑原賢也, 水津洋志. カサゴ仔魚のシオミズツボウムシL型とS型に対する摂餌選択性について. 栽培漁業技術開発研究 1986; 15: 79-82.
- 5) 成田篤史, 柏倉 真, 齋藤 寛, 岡田喜裕, 秋山信彦. 飼育環境の違いがカサゴ仔魚の摂餌活動と摂餌量および成長に与える影響. 水産増殖 2010; 58:

- 289-296.
- 6) 岩本有司, 御堂岡あにせ, 相田 聡. 給餌開始時期の遅れがカサゴ仔魚の成長および生残に及ぼす影響. 日本水産学会誌 2016; **82**: 36-38
  - 7) 牧野 直, 内山雅史, 岩波重之, 遠山忠次, 田中克. スズキの仔魚期における鰾の分化と発達. 日本水産学会誌 1995; **61**: 143-150.
  - 8) 新聞脩子, 辻が堂 諦. カサゴ親魚の生化学的性状と仔魚の活力について. 養殖研報 1981; **2**: 11-20.
  - 9) 虫明敬一, 関谷幸生. シマアジふ化仔魚の活力判定の試み. 水産増殖 1993; **42**: 155-160.
  - 10) 虫明敬一, 藤本 宏, 新聞脩子. ブリふ化仔魚の活力判定の試み. 水産増殖 1993; **41**: 339-344.
  - 11) 萱野泰久, 何 玉環, 原 隆, 福永丈人. 年齢組成の異なるキジハタ親魚群の自然産出卵の卵質. 水産増殖 1998; **46**: 213-218.
  - 12) 土橋靖史, 栗山 功, 黒宮香美, 柏木正章, 吉岡基. 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 2003; **51**: 49-54.
  - 13) 渡邊新吾. カサゴ種苗生産における産仔時期と初期生残の関係. 大分県海洋水産研究センター研究報告 2004; **5**: 35-40.
  - 14) 渡辺憲一. オニオコゼ *Inimicus japonicus* 雌1尾の産卵と卵質. 水産増殖 2005; **53**: 107-114.
  - 15) Matsuo Y, Kasahara Y, Hagiwara A, Sakakura Y, Arakawa T. Evaluation of larval quality of viviparous scorpionfish *Sebastiscus marmoratus*. *Fish. Sci.* 2006; **72**: 948-954.
  - 16) 草加耕司, 岩本俊樹, 後藤真樹. 養成期間の異なるコウライアカシタビラメの親魚群の自然産卵と卵質. 水産技術 2014; **7**: 17-22.
  - 17) Heming TA, Buddington RK. York absorption in embryonic and larval fishes. In: Hoar WS, Randall DJ (eds). *Fish Biology Vol. I*. Academic Press, New York. 1969; 407-445.



## 広島湾およびその周辺海域沿岸における アサクサノリの分布

藤吉 栄次<sup>\*1</sup>・玉城 泉也<sup>\*1</sup>・阿部 真比古<sup>\*2</sup>・吉田 吾郎<sup>\*3</sup>・  
安江 浩<sup>\*4</sup>・相田 聡

Distribution of *Pyropia tenera* along the coasts of Hiroshima Bay and its vicinity

Eiji FUJIYOSHI, Motoya TAMAKI, Mahiko ABE,  
Goro YOSHIDA, Hiroshi YASUE and Satoshi AIDA

アサクサノリ *Pyropia tenera* (= *Porphyra tenera*)<sup>1)</sup> は、我が国に生育するアマノリ属の中では最も広範に分布し、ノリ養殖が始まって以来長らくの間代表的な養殖種であった<sup>2)</sup>。1956-7年の調査までは日本各地の河口域や内湾に広く分布していたが、ノリ養殖におけるスサビノリ *Pyropia yezoensis* (= *Porphyra yezoensis*)<sup>1)</sup> の導入と、沿岸部の開発による環境変化により生育地が大幅に減少し、1994年には絶滅危惧種と判断されるに至った<sup>2)</sup>。この状況を受けて、最近は各地でアサクサノリの探索が行われ、東京湾等で生育が確認されている<sup>3-9)</sup>。広島湾でも生育が確認されているが、最近の採集報告は西部の宮島での1例だけである<sup>8)</sup>。現在広島湾ではノリ養殖は行われていないが、江戸時代より昭和の中頃まで広島湾東部は東京湾と並ぶ著名なノリ養殖場<sup>10)</sup> であり、かつては天然採苗が行われていたので、東京湾と同様にアサクサノリが残存している可能性は高いと考えられる。

著者らは、有用遺伝資源の確保に向けた基礎的な調査として、広島湾沿岸の河口域を中心にアサクサノリの分布調査を行ったのでその結果を報告する。

### 材料と方法

**調査点** アサクサノリは河口域を主な生育場所とするため<sup>2)</sup>、流入する各河川の河口域を中心に調査を行った(図1)。調査を行ったのは、広島湾北岸の西側から

順に地御前の海岸(図1-1)、太田川放水路の河口付近(図1-2)、天満川の皿山付近(図1-3)、太田川本流の江波漁港付近(図1-4)、京橋川の出島1丁目付近(図1-5)、猿猴川の仁保4丁目付近(図1-6)、的場川の船越橋付近(図1-7)、瀬野川の厳島神社付近(図1-8)、矢野川(図1-9)、宮下川(図1-10)、総頭川(図1-11)、大屋川(図1-12)、江田島の小用港南側に流れ込む小河川(図1-13)、長谷川(図1-14)、西能美島の麓川(図1-15)、木ノ下川(図1-16)、倉橋島東岸の太田川(図1-17)、呉市広地区の大谷川(図1-18)、黒瀬川(図1-19)の各河口付近である。調査は2005年2月22日と2010年2月28日に大谷川、黒瀬川について、2010年3月1日に長谷川、木ノ下川について、3月2日に地御前海岸について、2011年の3月3日に太田川放水路について、3月4日に長谷川(再調査)について、2012年3月21日に大屋川、小用港南側に流れ込む小河川、麓川、木ノ下川、倉橋島太田川について、3月22日に地御前(再調査)と天満川、太田川本流、京橋川、猿猴川、的場川、瀬野川、矢野川、宮下川、総頭川について、2013年3月14日に大屋川(再調査)について行った。

採集したアマノリ類の葉状体(以下、アマノリ葉状体)は、ペーパータオルで脱水後、冷蔵して西海区水産研究所まで持ち帰り、-35℃で凍結保存した。これらのサンプルを常温の滅菌海水に浸して解凍後、葉状体の形

\*1 国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所

\*2 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産大学校

\*3 国立研究開発法人水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所

\*4 元広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター

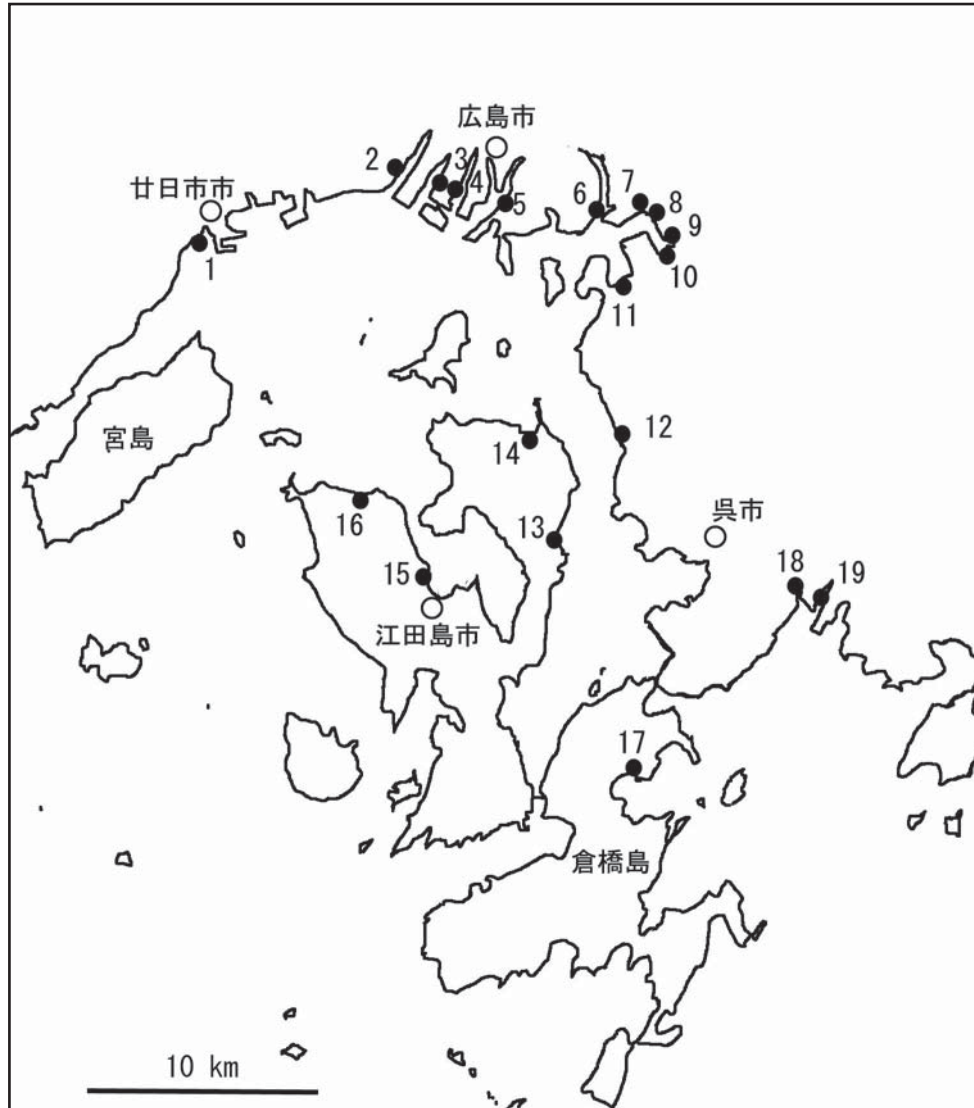


図1 調査地点

1：地御前海岸, 2：太田川放水路, 3：天満川, 4：太田川本流, 5：京橋川, 6：猿猴川, 7：的場川, 8：瀬野川, 9：矢野川, 10：宮下川, 11：総頭川, 12：大屋川, 13：小用港南側に流れ込む小河川, 14：長谷川, 15：麓川, 16：木ノ下川, 17：太田川（倉橋島）, 18：大谷川, 19黒瀬川

態観察を行い、その結果からアサクサノリの可能性のあるものについて、DNAによる種判別を行った。

**DNA判別** サンプルから、Isoplant II（ニッポンジーン（株））によりDNAを抽出し、Niwa and Aruga<sup>11)</sup>の方法に従い、葉緑体DNAのRuBisCOスペーサー領域の336塩基対を増幅したものについて制限酵素Bsp 1286 Iを用いて切断し、2%アガロースで電気泳動を行って断片長多型により種判別を行った。対照として、西海区水産研究所で保存されている熊本県天草市一町田川産アサクサノリ糸状体（以下一町田株）およびスサビノリの養殖品種U-51糸状体（以下U-51株）を用いた。また、アサクサノリとスサビノリの交雑体が東日本を中心に発見されて

いる<sup>8)</sup>ため、本研究においても、交雑体の有無の確認を目的として、上述と同じサンプルについて、Park *et al.*<sup>12)</sup> およびNiwa and Sakamoto<sup>13)</sup>の方法をもとに、核DNAのTOP2領域の1208塩基対を増幅したものについて制限酵素Taq Iを用いて切断し、同様に泳動して種および交雑体の確認を行った。

## 結 果

アサクサノリの葉状体の形態的な特徴のうち、比較的簡易に確認できる特徴として、葉形は倒披針形、線形から長楕円形、楕円形、卵形、倒卵形ないし半円形を示すこと、縁辺には顕微鏡的な鋸歯が無く、雌雄同株で、成



熟した葉状体では精子嚢斑はおもに縁辺に沿って形成されることが多く、時に縁辺部の内側に飛白状を呈する場合もあることが知られている<sup>2, 14)</sup>。調査点のうち、これらの特徴に類似したアマノリ葉状体（以下、アサクサノリ型葉状体）が採集されたのは、地御前、太田川放水路の河口付近、猿猴川、的場川、大屋川、長谷川、麓川、倉橋島の太田川、呉市の大谷川、黒瀬川である。猿猴川で採集された葉状体は雌部が確認されなかった。この他に、地御前では縞状の明瞭な雄斑を持つ葉長約25cmの広葉型の葉状体が、小用港南側に流れ込む小河川の河口付近では、葉長約10cmの赤みがあった丸葉型のアマノリ葉状体と縞状の明瞭な雄斑を持つ葉長10~20cmの細葉~広葉型の葉状体が見られた。丸葉型の葉状体は縁辺に鋸歯が観察され、丸葉型の形態および分布<sup>15)</sup>を考慮するとマルバアマノリ *Pyropia suborbiculata* (= *Porphyra suborbiculata*)<sup>1)</sup> と判断された。地御前の広葉型葉状体と小用港南の細葉~広葉型の葉状体は、スサビノリの特徴である縞状の明瞭な雄斑<sup>14)</sup> が多数見られ、スサビノリと判断された。また、2010年の地御前の調査では、沖側の潮間帯下部のアサリの殻に、貝殻中の糸状体から直接葉状体が生じるという特有の生態を持つ<sup>4, 16)</sup> カイガラアマノリ *Pyropia tenuipedalis* (= *Porphyra tenuipedalis*)<sup>1)</sup> の葉状体（図2-C）が確認された。2013年の大屋川の調査および2005年と2010年の黒瀬川の調査では、滯筋の水中でウツロムカデ *Grateloupia catenata* に付着する赤みがあった丸葉型葉状体（図2-D）が見られた。ウツロムカデに付着し、雌雄生殖斑が葉状体の左右に分かれていること<sup>17)</sup> から、ソメワケアマノリ *Pyropia katadae* (= *Porphyra katadae*)<sup>1)</sup> と判断された。

アサクサノリ型葉状体の採集地の状況と形態の詳細は以下の通りである。これらの葉状体は、縁辺には顕微鏡的な鋸歯が無く、すべて一層細胞で、1細胞に星状の葉緑体が1個観察された。アマノリ葉状体に形成される雌雄生殖細胞の分裂表式は、種を区別するための特徴として重視されてきた<sup>18)</sup> ため、形態観察は雌雄生殖細胞の分裂表式を中心に行った。

**地御前（図1-1）** 御手洗川河口から西側に広がる海岸では、広い干潟が形成されておりカキの抑制柵が設置されていた。アサクサノリ型葉状体は抑制柵の岸側、堤防近くの潮間帯上部に石等に疎らに付着していた。採集した葉状体は（図2-E）、長さ20.1~34.3cm、幅3.9~8.0cm、中心部の断面の厚さ32.8-34.4 $\mu$ mで、葉形は線形から広線形をしており、基部は鋭形が多く見られた。色

は薄い褐色を呈し基部は緑色が強くなっていた。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、方形や不定形の小斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) までのもの（図3-A, B）が多かったが、断面観cが8になりかけている部分（図3-C）も観察された。接合胞子嚢の分裂表式は表面観が4 (a/2, b/2) であった（図3-D）が、断面観(c)は3-4まで分裂しているもの（図3-H）が多く観察された。

**太田川放水路（図1-2）** 河口付近の扇1-2丁目東岸の干潟部の石に多数のアサクサノリ型葉状体が付着していた。採集した葉状体（図2-F）は、長さ17.9~37.2cm、幅1.8~16.5cm、中心部の断面の厚さ23.0~24.8 $\mu$ mで、葉形は主に線形~広線形をしており、基部は鈍形が多く見られた。色は黄色みを帯びた褐色を呈し基部は緑色が強くなっていた。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、縁辺と平行する約1cmの線状の斑や、方形や不定形の小斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで観察された。接合胞子嚢の分裂表式は8 (a/2, b/2, c/2) までのもの（図3-I）が多かったが、表面観(a $\times$ b)が5-6のもの（図3-E）や断面(c)が3-4のもの（図3-J）も観察された。

**猿猴川（図1-6）** 仁保4丁目の護岸に小型のアサクサノリ型葉状体が付着していた。採集した葉状体（図2-G）は、長さ3.0~4.7cm、幅0.5~2.4cm、中心部の断面の厚さ25.1~31.5 $\mu$ mで、葉形はおもに倒披針~広線形をしており、裂葉を呈する個体も見られ、基部は鈍形または心臓形であった。色は茶褐色を呈し基部は緑色が強くなっていた。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、不定形の小斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで観察された。接合胞子嚢は確認できなかった。

**的場川（図1-7）** 国道2号線をはさみその上下流の干潟部の石等に多数のアサクサノリ型葉状体が付着していた。葉状体は緑色がかかった青芽タイプと、赤みがかかった赤芽タイプの2タイプが見られた。青芽タイプの葉状体（図2-H）は、色は緑色がかかった褐色で、長さ11.4~26.8cm、幅2.6~10.6cm、中心部の断面の厚さ27.9~32.2 $\mu$ mで、葉形は長楕円形~広線形をしており、基部は鈍形または心臓形であった。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、方形や不定形の小斑も見られた。また、一部の個体では約1cmの線状の斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで観察された。接合胞子嚢の分裂表式は8 (a/2, b/2, c/2) までのものが多かったが、断面(c)が3~4のものも（図3-K）

観察された。赤芽タイプの葉状体（図2-I）は、色は赤褐色を呈し、長さ8.1~21.6cm、幅3.4~18.2cm、中心部の断面の厚さ21.7~28.6 $\mu$ mで、葉形は長楕円形~腎臓形をしており、基部は心臓形であった。葉状体は成熟が進んでいない個体が多く、精子嚢斑が確認できた個体では線状の斑や不定形の小斑が見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで観察された。接合胞子嚢は非常に少なく、表面観の分裂表式は4 (a/2, b/2) まで観察されたが、断面観は確認できなかった。

**大屋川（図1-12）** 河口付近の護岸や石にアサクサノリ型葉状体が付着していた。採集した葉状体（図2-J）は、長さ9.0~16.0cm、幅5.7~7.1cm、中心部の断面の厚さ27.5~29.8 $\mu$ mで、葉形は長楕円~広線形をしており、基部は心臓形であった。色は緑色がかかった褐色を呈し基部は緑色が強くなっていた。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、不定形の小斑も見られた。また、一部の個体では5mm程度の線状の斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで観察された。接合胞子嚢の分裂表式は8 (a/2, b/2, c/2) までのものが多かったが、表面観が5~6のもの（図3-F）や、断面観cが一部4のもの（図3-L）も観察された。

**長谷川（図1-14）** 河口干潟部の石等に多数のアサクサノリ型葉状体が付着していた。採集した葉状体（図2-K）は、長さ12.2~26.2cm、幅4.4~9.7cm、中心部の断面の厚さ25.9~29.0 $\mu$ mで、葉形はおもに倒披針形をしており、基部は鈍形が多く見られた。色は緑色がかかった褐色を呈し基部は緑色が強くなっていた。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、方形や不定形の小斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで、接合胞子嚢の分裂表式は8 (a/2, b/2, c/2) まで観察された。

**麓川（図1-15）** 河口干潟部の石等に多数のアサクサノリ型葉状体（図2-A）が付着していた。採取した葉状体（図2-L）は、長さ4.5~27.2cm、幅2.8~12.4cm、中心部の断面の厚さ30.7~37.9 $\mu$ mで、葉形は広線形その他、倒披針形や腎臓形をしており、基部は心臓形またはロート状であった。色は緑色がかかった褐色を呈し、基部付近は緑色が強くなっていた。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、方形や不定形の小斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで観察された。接合胞子嚢の分裂表式は8 (a/2, b/2, c/2) までのものが多かったが、表面観が5~6のものや断面(c)が3~4のもの（図3-M）も観察された。

**太田川（倉橋島）（図1-17）** 河口部のアオノリ類が密

生する護岸に疎らにアサクサノリ型葉状体が付着していた。採取した葉状体（図2-M）は、長さ4.8~19.7cm、幅0.6~6.7cm、中心部の断面の厚さ27.9~42.8 $\mu$ mで、多くの個体で先端部は流失し、葉形はおもに披針形~広線形を呈しており、基部は鈍形が多く、心臓形やロート状も見られた。色は色落ちし薄い褐色を呈していた。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、方形や不定形の小斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで観察された。接合胞子嚢の分裂表式は8 (a/2, b/2, c/2) までのものが多かったが、表面観が5のもの（図3-G）や断面観cが3のもの（図3-N）も観察された。  
**大谷川（図1-18）** 2005年の調査ではアサクサノリ型葉状体は、呉線鉄橋下流側のごく限られた範囲の小石等に付着していたが、2010年の調査では呉線鉄橋から阿賀南4丁目付近まで分布していた。採集した葉状体（図2-N）は、長さ19.6~80.7cm、幅2.7~20.4cm、中心部の断面の厚さ26.7~30.6 $\mu$ mで、葉形は倒披針形、広線形等をしており、基部は心臓形が多く見られた。色は茶褐色を呈し基部は緑色が強くなっていた。精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、縁辺と平行する最大3cmの線状の斑や、方形や不定形の小斑も見られた。精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで観察された。接合胞子嚢の分裂表式は8 (a/2, b/2, c/2) までのものが多かったが、表面観が5~6のものや断面(c)が3のものも観察された。

大谷川では葉長約80cmの大型の葉状体が採集されたが、地元の人のお話では、かつてはこのような大型の葉状体を選んで収穫し、物干し竿に掛けて乾燥させて食用に供していたとのことであった。

**黒瀬川（図1-19）** アサクサノリ型葉状体（図2-B）は、2005年の調査では広大橋の上流にある堰の下から広大橋上流側までの小石や木の枝等に付着していたが、2010年の調査ではさらに約200m下った呉線鉄橋の下流まで分布していた。採集された葉状体（図2-O）は、長さ26.0~44.4cm、幅2.2~10.9cmで、葉形は線形~線形倒披針形をしており、基部はおもに浅めの心臓形で、鈍形や鋭形も見られた。色は全体的に緑色がかかった褐色で基部付近は緑色が強くなっていた。葉状体中心部の断面の厚さは23.4~27.7 $\mu$ m、精子嚢斑は縁辺に帯状に形成されているほか、不定形や方形に近い小斑も見られた。また、一部の大型個体では5~7mm程度の線状の斑が見られる場合があった。雌雄同株で、精子嚢の分裂表式は64 (a/4, b/4, c/4) まで確認された。接合胞子嚢の分裂表式は8 (a/2, b/2, c/2) までが多かったが、表



面観が5以上のものや、断面(c)が3-4のものも観察され、なかには断面の分裂面が大きく斜行し表面に対して垂直側に近い角度となっている場合(図3-O)も見られた。

DNA分析による種判別を行った結果、採集した葉状体の電気泳動像は、葉緑体DNAのRuBisCoスパーサー領域のBsp1286 Iによる切断結果(図4上)では、猿猴川と的場川の赤芽タイプはスサビノリU-51株の泳動像と、その他はアサクサノリ一町田株の泳動像と一致した。また、核DNAのTOP2領域のTaq Iによる切断結果(図4下)では、猿猴川はスサビノリU-51株の泳動像と一致したが、的場川赤芽タイプはスサビノリU-51株とアサクサノリ一町田株の両者の断片を併せ持つ結果が得られ、その他はアサクサノリ一町田株の泳動像と一致した。

### 考 察

アマノリ葉状体に形成される雌雄生殖細胞の分裂表式は、種を区別するための特徴として重視されてきた<sup>18)</sup>。アサクサノリの場合は、精子嚢は64 (a/4, b/4, c/4)、接合胞子嚢は8 (a/2, b/2, c/2) までが一般的であるが、まれに精子嚢で128 (a/4, b/4, c/8) まで、接合胞子嚢で16 (a/2, b/2, c/4) まで分裂が進むことが知られている<sup>2)</sup>。アサクサノリ葉状体と形態の類似しているスサビノリの葉状体では精子嚢は128 (a/4, b/4, c/8) または256 (a/4, b/4, c/16)、接合胞子嚢で16 (a/2, b/2, c/4) まで分裂が進むことが知られている<sup>2)</sup>。今回採集されたアサクサノリ型葉状体では、精子嚢は地御前を除

き最大64 (a/4, b/4, c/4) で、地御前では断面観(c)が8になりかけている場合がみられた。接合胞子嚢については、表面観(a×b)は地御前、的場川赤芽タイプ、青芽タイプ、長谷川では4であったが、太田川放水路、大屋川、麓川、倉橋島の太田川、大谷川、黒瀬川では表面観が5以上の場合がみられ、アサクサノリおよびスサビノリの一般的な値4より大きかった。断面観(c)は、長谷川では2であったが、地御前、太田川放水路、的場川青芽タイプ、大屋川、麓川、倉橋島の太田川、大谷川、黒瀬川では最大3または4の場合が見られた。的場川赤芽タイプについては、接合胞子嚢の形成が非常に少なく断面観は確認できなかった。猿猴川では接合胞子嚢が確認できなかった。

宮城県松島湾や大分県の国東半島で採集されたアサクサノリ葉状体では、接合胞子嚢の表面観(a×b)が5以上や断面観(c)が3以上になっている事例<sup>9, 14)</sup>が観察されており、東京湾のアサクサノリでも表面観が5以上に見える場合<sup>19)</sup>や断面観が3になっている事例<sup>6)</sup>が報告されている。これらのことから、生殖細胞の分裂表式から判別すると、長谷川は典型的なアサクサノリの分裂表式を示し、地御前、猿猴川、的場川赤芽タイプ、青芽タイプでは観察された分裂表式はアサクサノリ、スサビノリの両種と一致した。太田川放水路、大屋川、麓川、倉橋島の太田川、大谷川、黒瀬川では接合胞子嚢の表面観を除き、分裂表式はアサクサノリ、スサビノリの両種と一致したが、表面観が5以上に見えたことからアサクサノリの可能性が高いのではないかと考えられた。

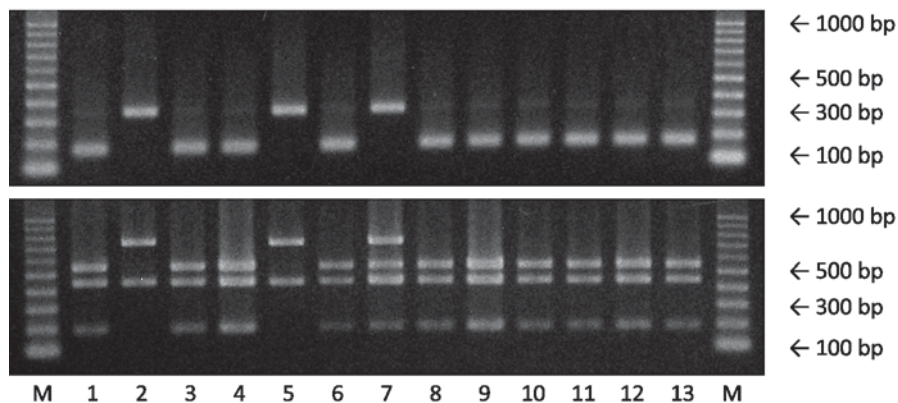


図4 各試料の電気泳動像

(上) RuBisCoスパーサー領域の336塩基対を制限酵素Bsp1286 Iで切断, (下) TOP2領域の1208塩基対を制限酵素Taq Iで切断

M: 100bp DNA ladder, 1: アサクサノリ一町田株, 2: スサビノリU-51株, 3: 地御前, 4: 太田川放水路, 5: 猿猴川, 6: 的場川青芽タイプ, 7: 的場川赤芽タイプ, 8: 大屋川, 9: 長谷川, 10: 麓川, 11: 太田川(倉橋島), 12: 大谷川, 13: 黒瀬川

DNA分析結果からは、猿猴川の葉状体はスサビノリ、的場川赤芽タイプ以外の他の各サンプルはアサクサノリであると判断され、形態による判別結果と整合する内容であった。また、的場川赤芽タイプは、葉緑体DNAのRuBisCOスペーサー領域においてはスサビノリの、核DNAのTOP2領域においてスサビノリとアサクサノリの両種の断片を併せ持っている。そのためNiwa and Sakamoto<sup>13)</sup> がスサビノリ♀とアサクサノリ♂の種間交雑体としているMT-1株と同様に、的場川赤芽タイプもスサビノリとアサクサノリの交雑体である可能性が考えられる。交雑体はスサビノリの分布地、またはノリ養殖場が近傍に存在する地点や過去に存在した地点で発見されてきた<sup>8)</sup>。的場川赤芽タイプが交雑体である場合は後者であり、広島湾に養殖種苗として移入されたスサビノリ<sup>15)</sup> が関係している可能性が考えられる。

形態とDNA分析の結果から、交雑体の可能性がある的場川赤芽タイプを除くと、採集されたアサクサノリ型葉状体については、地御前、太田川放水路、的場川青芽タイプ、大屋川、長谷川、麓川、倉橋島の太田川、大谷川、黒瀬川はアサクサノリ、猿猴川はスサビノリと判断された。アサクサノリは19調査地点中9地点で確認され、広島湾では新たに6地点でのアサクサノリの生育が明らかになった。かつてアサクサノリの種場が存在した広島湾東部でも東京湾<sup>5)</sup> や別府湾<sup>9)</sup> と同様に生育が確認された。9地点のうち地御前、大屋川、黒瀬川の3地点では、希少アマノリ類のカイガラアマノリ<sup>16)</sup> またはソメワケアマノリ<sup>17)</sup> が確認され、比較的良好な自然環境が保全されてきたと考えられる。また、残りの6地点を含めた9地点すべてにおいて、福岡県や大分県のアサクサノリ採集地と同様に河口付近に高い堰が無く広い感潮域が形成されており、このことがアサクサノリの生存に関係している可能性が考えられる。

今回アサクサノリが採集された9地点の内、接合胞子嚢の表面観(a×b)が一般的な値4より大きい場合が地御前と長谷川を除く6地点、断面観(c)が一般的な値2より大きい場合が長谷川を除く8地点で観察され、分裂表式で種判別を試みる場合には注意が必要である。黒木<sup>14)</sup> は、表面観が5以上の場合については異常ではないかと推察しているが、今回は6地点で観察され、大分県でも3地点<sup>9)</sup> で観察されていることから、遺伝的な形質か生育環境の影響かは明らかではないが、異常分裂とは考え難い。Kunieda<sup>19)</sup> は、隣接する2つの接合胞子嚢が癒合している可能性を指摘しているが、そのような状況は観察されなかった。今回表面観が5以上の場合

が観察された6地点では、断面観(c)の最大値は各地とも2より大きく3~4であった。

接合胞子嚢の断面(c)が2から3~4になるときの分裂は、スサビノリでは藻体表面のラインと比べると分裂面は斜行して入るのに対し、アサクサノリでは平行に入るので判別が可能であるとされてきた<sup>2)</sup> が、アサクサノリでも分裂面が斜行する例があることが菊地ら<sup>6)</sup> により近年確認された<sup>6)</sup>。今回、同様に分裂面の斜行(図3-J~M, O)が観察されたが、菊地ら<sup>6)</sup> の結果と比較すると斜行の程度が大きく分裂面は接合胞子嚢の中心部付近に向かっており、表面に対して垂直側に近い角度となっている場合(図3-O)も観察された。このような分裂面の大きな斜向が、表面観が5以上に見える原因の一つとなっていると考えられる。

主要ノリ産地では、単価の向上を目指しておいしい海苔づくり等、製品差別化への取り組みが行われている<sup>20)</sup>。アサクサノリは、収量や色調の問題から現在ではほとんど利用されなくなっている<sup>21)</sup> が、味と香りの良さから再度見直されており、各地でアサクサノリの試験養殖が試みられてきた<sup>22-26)</sup>。三重県では、さらに進めてアサクサノリ製品のブランド化に取り組み、成果を上げている<sup>27)</sup>。今回採集されたアサクサノリの葉状体は多様な形態(図2)に加え、葉長が約80cmの大型の葉状体(図2-N)もあり、遺伝資源として多様な形質を含んでいると考えられる。今回発見されたアサクサノリの特性を明らかにし、その特徴を活かした育種素材や地域特産としての利活用が期待される。

## 謝 辞

本研究を開始するにあたりご協力を頂いた千葉県立中央博物館分館海の博物館菊地則雄氏および水産庁研究指導課小林正裕氏に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) Sutherland, J. E., S. C. Lindstrom, W. A. Nelson, J. Brodie, M. D. Lynch, M. S. Hwang, H. Choi, M. Miyata, N. Kikuchi, M. C. Oliveria, T. Farr, C. Neefus, A. Mols-Mortensen, D. Milstein and K. M. Muller. (2011): A new look at an ancient order: generic revision of the Bangiales (Rhodophyta). *J. Phycol.*, 47, 1131-1151.
- 2) 三浦昭雄 (1994) : アサクサノリ「日本の希少な野生生物に関する基礎資料 (I)」, 水産庁, 東京, pp. 664-672.

- 3) 吉田忠生・菊地則雄・吉永一男 (1999) : アサクサノリの野生個体群. 藻類, 47, 119-122.
- 4) 菊地則雄・吉田忠生・吉永一男 (2002) : 絶滅が危惧される紅藻アマノリ属植物数種の生育状況. エコソフィア, 9, 112-117.
- 5) 菊地則雄・二羽恭介 (2006) : 東京湾多摩川河口干潟における絶滅危惧種アサクサノリ (紅藻) の生育状況とその形態. 藻類, 54, 149-156.
- 6) 菊地則雄・阿部真比古・島村嘉一・玉城泉也・藤吉栄次・小林正裕 (2009) : 千葉県における絶滅危惧種紅藻アサクサノリの生育. 千葉中央博自然誌研究報告, 10 (2), 45-56.
- 7) 尾田成幸・上妻智行・藤吉栄次・玉城泉也・小林正裕・吉田吾郎・菊地則雄 (2012) : 福岡県豊前海河口域に生育するアサクサノリの発見. 福岡水技セ研報, 22, 77-81.
- 8) 大西舞・菊地則雄・岩崎貴也・河口莉子・寫田智 (2013) : 絶滅危惧 I 類に指定されている紅藻アサクサノリの集団遺伝構造. 藻類, 61, 87-96.
- 9) 伊藤龍星・原 朋之・樋下雄一・藤吉栄次・玉城泉也・小林正裕・阿部真比古・吉田吾郎・菊地則雄 (2014) : 国東半島および別府湾におけるアサクサノリほか絶滅危惧種アマノリ類の分布. 大分県農林水研セ研報 (水産), 4, 9-22.
- 10) 宮下 章 (1970) 「海苔の歴史」, 全国海苔問屋協同組合連合会, 東京, 1399pp.
- 11) K. Niwa, K. and Y. Aruga(2006): Identification of currently cultivated *Porphyra* species by PCR-RFLP analysis. FISHRIES SCIENCE, 72, 143-148.
- 12) Park, E. J., S. Fukuda, H. Endo, Y. Kitade and N. Saga (2007) : genetic polymorphism within *Porphyra yezoensis* (Bangiales, Rhodophyta) and related species from Japan and Korea detected by cleaved amplified polymorphic sequence analysis. Eur. J. Phycol., 42 (1), 29-40.
- 13) Niwa, K. and T. Sakamoto (2010) : Allopolyploidy in natural and cultivated populations of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta). J. Phycol., 46, 1097-1105.
- 14) 黒木宗尚 (1961) : 養殖アマノリの種類とその生活史. 東北水研研究報告, 18, 1-115.
- 15) 殖田三郎 (1973) : 「新編・海苔養殖読本」, 全海苔漁連, 東京, 156pp.
- 16) 三浦昭雄 (1996) : カイガラアマノリ「日本の希少な野生生物に関する基礎資料 (Ⅲ)」, 日本水産資源保護協会, 東京 pp. 394-396.
- 17) 鬼頭 鈞 (1996) : ソメワケアマノリ, 「日本の希少な野生生物に関する基礎資料 (Ⅲ)」, 日本水産資源保護協会, 東京, pp. 400-403.
- 18) 黒木宗尚・岩崎英雄 (1971) : ノリの生物学的研究「改訂版浅海完全養殖」(今井丈夫監修), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 1-49.
- 19) Kunieda, H. (1939): On the Life-history of *Porphyra tenera* Kjellman. 東京帝国大学農科大学紀要, 14 (5), 377-405.
- 20) 荒巻和博 (1996) : 味評価による等級格付けの試み. 私達の海苔研究, 45, 20-25.
- 21) 大房 剛 (2001) 「図説海苔産業の現状と将来」成山堂, 東京, 223pp.
- 22) 伊藤龍星・樋下雄一 (1998) : ノリ品種 (イズミアサクサ) 養殖試験. 平成8年度大分県海洋水産研究センター浅海研究所事業報告, 23-26.
- 23) 藤井直幹 (2008) : 有明海におけるアサクサノリの養殖試験. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 18号, 155-159.
- 24) 藤井直幹 (2011) : アサクサノリの育種に関する研究. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 21, 95-98.
- 25) 岩出将英・林 茂幸・羽生和弘 (2015) : アサクサノリ養殖品種の作出. 平成26年度三重県水産研究所事業報告, 55.
- 26) 岩出将英・畑 直重・羽生和弘 (2016) : アサクサノリ養殖品種の作出. 平成27年度三重県水産研究所事業報告, 81.
- 27) 三重県漁連指導部 (2015) : 伊勢あさくさ海苔の取り組み. 海苔タイムス, 2164, 3.



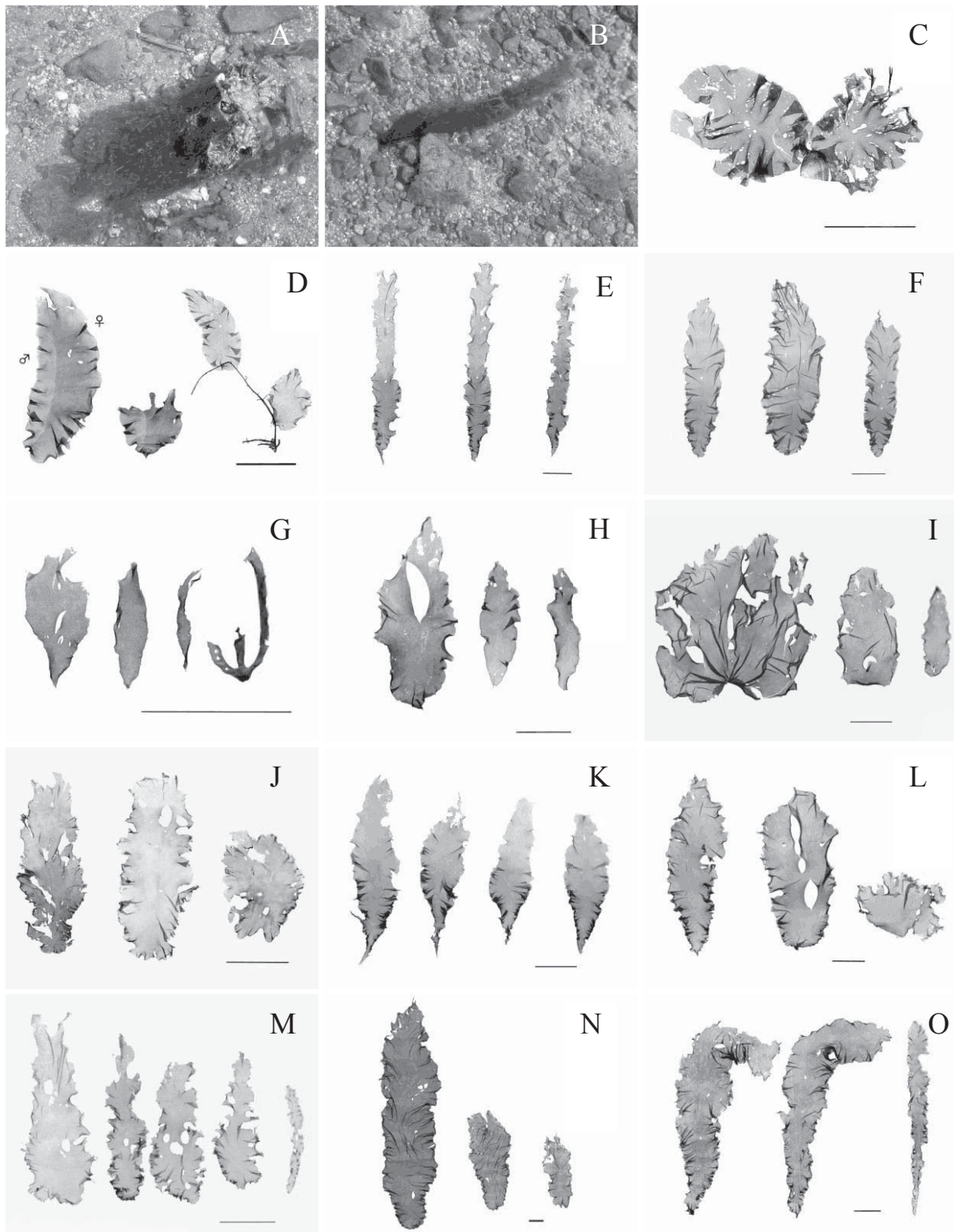


図2 調査地点で発見された葉状体の状況と採集された葉状体

A-B：調査地点での葉状体の状況，C-O：採集された葉状体（標本）。A：麓川，B：黒瀬川，C：地御前（カイガラアマノリ），D：黒瀬川（ソメワケアマノリ），E：地御前，F：太田川放水路，G：猿猴川，H：的場川（青芽），I：的場川（赤芽），J：大屋川，K：長谷川，L：麓川，M：太田川（倉橋島），N：大谷川，O：黒瀬川。スケール 5cm。

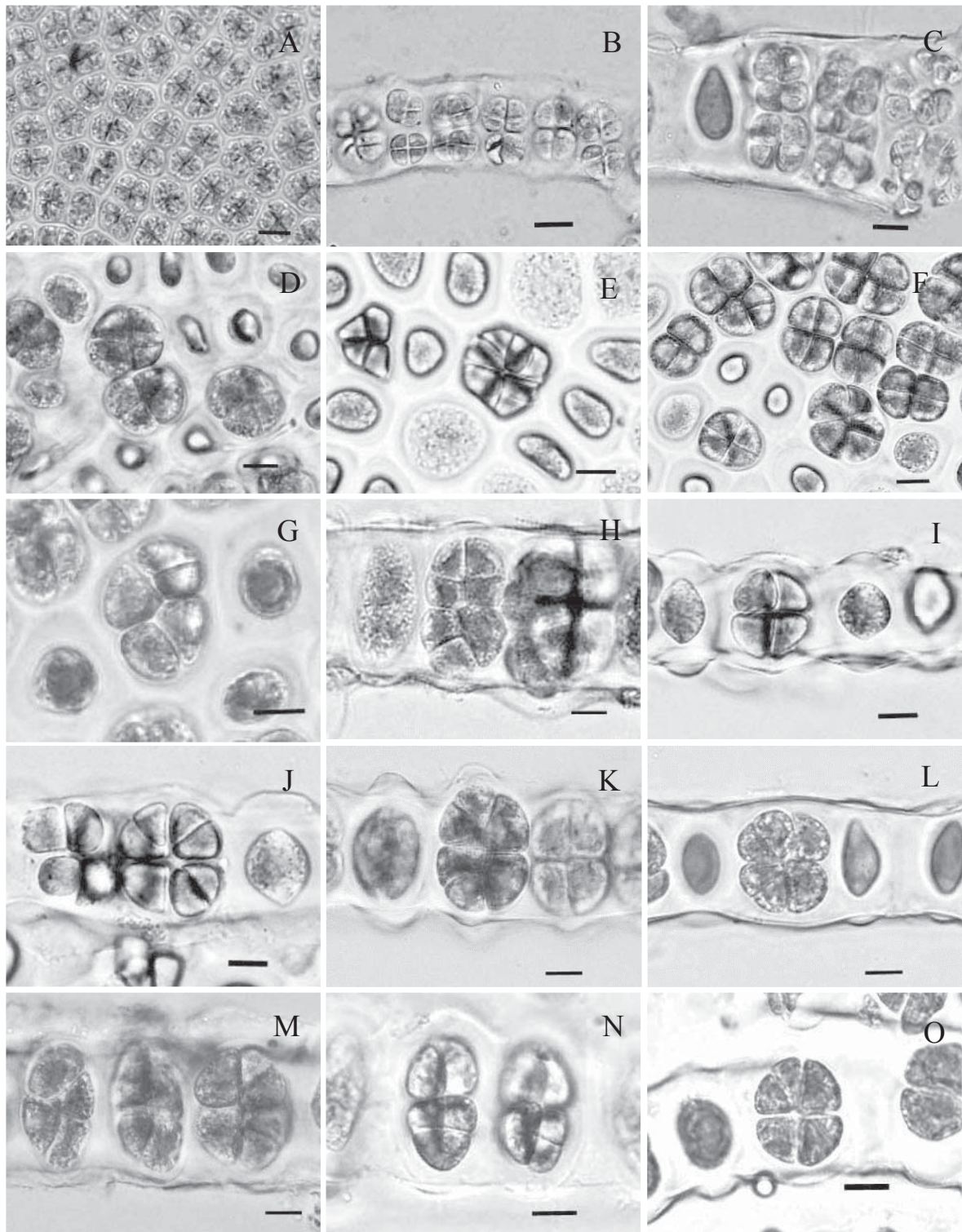


図3 雌雄生殖細胞の形態

A : 精子嚢表面観, B-C : 精子嚢断面観, D-G : 接合胞子嚢表面観, H-O : 接合胞子嚢断面観. A-D : 地御前, E : 太田川放水路, F : 大屋川, G : 太田川 (倉橋島), H : 地御前, I-J : 太田川放水路, K : 的場川 (青芽), L : 大屋川, M : 麓川, N : 太田川 (倉橋島), O : 黒瀬川. スケール10 $\mu$ m.





ノ ー ト

飼料の色彩（赤色）と硬さがオニオコゼの  
摂餌に与える影響について

御堂岡 あにせ・工藤 孝也・相田 聡・  
松下 利恵\*・塩野 忠彦\*・青山 康司\*

Effect of hardness and red color formula feed on the baiting performance  
of devil stinger, *Inimicus japonicus*

Anise MIDOOKA, Takaya KUDOH, Satoshi AIDA,  
Rie MATSUSHITA\*, Tadahiko SHIONO\* and Yasushi AOYAMA\*

近年、オニオコゼ *Inimicus japonicus* は栽培漁業の対象種として西日本を中心に種苗生産に取り組み、国内で年間約100万尾が放流されている<sup>1)</sup>。それに伴って、種苗生産機関では安定して大量の受精卵を養成した親魚から得ることが課題となっている。一般に放流用種苗は遺伝的多様性を確保するために、漁獲された天然魚を親魚として養成して用いることが多い。しかしながら、オニオコゼ天然魚は配合飼料やモイスト飼料に餌付くまで長い時間を要するため、補完的に活きた魚や甲殻類を給餌する必要がある。このことは現場において多大な労力を要するほか、様々な魚種を生産する種苗生産機関では、施設内に活き餌を入れることによる防疫上のリスクを伴う。よって当センターではこの問題を解決するためにオニオコゼの種苗生産技術開発過程において、自作したモイスト餌料を天然羊腸ケーシングに詰め、ソーセージ型の親魚養成用飼料（以下、ソーセージ飼料）として給餌し、良好な産卵親魚を得ることに成功した<sup>2)</sup>。

一方、ソーセージ飼料開発の後継課題である、「地付き魚の蓄養技術の高度化と効果的な活魚輸送技術の開発」<sup>3)</sup>では、この飼料を高度化し、オニオコゼのみならず漁獲された地付き魚の初期馴致用飼料として、汎用的に流用する方向性が出てきた。そこで我々は地付き魚の代表魚種としてオニオコゼを対象として、飼料の色彩や硬さといった要素が摂餌行動や餌付き易さに、どの様に影響するのかを調べたので報告する。

材料と方法

試験に使用したソーセージ飼料の作成方法は次のとおりとした。まず、冷凍アメビと冷凍アジを大型チョッパーを用いて細かく裁断し、重量比率で1:1に混合したものに対して、マッシュ（粗タンパク85%以上）を重量比25%、乾燥イカミールを重量比5%添加後、再度、チョッパーにかけて裁断、混合した。さらにこれに総合ビタミン剤（アトルブランドオリジナル）を1%添加して、1~2回、ソーセージ作製専用の小型のミートチョッパーで挽いて均質化させた後に、これらを天然羊腸のケーシングに詰め、大きさと規格を直径約10mm、長さ6~9cm（1本25g前後）になるように成形した。完成したこれらの試験用ソーセージ飼料は-18℃で冷凍保存し、給餌試験の30分前に解凍して給餌した。

飼料の色彩の影響について検討する試験では、赤色に着色したソーセージ飼料を作製した。その作製にあたっては、羊腸ケーシングをあらかじめ食品添加物着色用製剤（販売名称；食紅，共立食品株式会社製）の0.1%水溶液に24時間冷蔵庫で浸して色を添着させた後、前述の方法によってソーセージ飼料を作製した。これらの飼料は事前に分光色差計（NF333；日本電色工業株式会社製）を用いてL\*a\*b\*表色系のL\*値a\*値、およびb\*値を測定し、非着色飼料はL\*=44.8±2.9, a\*=5.0±0.4, b\*=10.3±0.9, 赤色着色飼料はL\*=41.3±1.9, a\*=11.0±1.9, b\*=10.2±0.4の値となった（ともにN=6）。

\* 広島県立総合技術研究所食品工業技術センター

色彩の影響試験の供試魚はソーセージ飼料を給餌した履歴がない3歳の人工生産オニオコゼ (TL=19.1±1.5cm, BW=187.3±41.6g) を用いた。供試魚を1kL円形FRP水槽 (白色) 4基に9尾ずつ収容し、砂ろ過と紫外線殺菌した海水を注水し、水温を19.4±0.4℃、照度を50lx、に維持した。設置した試験水槽の2基を試験区、残る2基を対照区とし、試験区には赤色ソーセージ飼料 (以下、赤色飼料) を対照区には非着色のソーセージ飼料 (以下、非着色飼料) を給餌した。

試験時の給餌方法は、1本のソーセージ飼料を釣竿の先に付けた糸に括り付けて、供試魚の目の前で1分間活餌の動作に見立てて動かす操作を魚が飼料に噛みつくまで、断続的に最大10分間継続した。この過程において、飼料に噛みついた時点を「摂餌開始」、飲み込み終える動作終了の時点を「摂餌完了」と定義し、摂餌完了した個体のみを「摂餌個体」とした。すなわち、摂餌開始しても完了まで至らなかった個体は「非摂餌個体」とし、摂餌率の算出対象から除外した。試験における各区の摂餌率は、次の式から求めた (摂餌率 (%) = 摂餌個体数 / 給餌したすべての個体数 × 100)。試験期間を通じた両区の摂餌率を比較するために、元の摂餌率をアークサイン変換した後、統計処理を行った。統計解析にはt検定を用いた。

また、ソーセージ飼料の硬さの摂餌率への影響を検討する試験については、材料へ蒸留水を添加して水分含有量を調整することで、硬さを3段階に調整したソーセージ飼料を用いて実施した。飼料の作製は水分量以外は前述した手順に準じて行った。試験に当たって、事前にこの3段階の硬さのソーセージ飼料の水分含量を把握するために、乾燥機で恒量に達するまで乾燥し、乾燥重量を測定し、湿重量 - 乾燥重量 = 水分含量の式から求めた (作成した3つの飼料を蒸留水の添加の少ない方から、飼料A、飼料B、飼料Cとする)。

硬さの影響試験の供試魚には、事前にソーセージ飼料に馴致させたオニオコゼ (TL=26.9±2.1cm, BW=483±122.4g/40尾) を用いた。試験は色彩の影響試験と同一の水槽、飼育条件下で (各水槽に供試魚を各10尾ずつ収容)、試験時の給餌手順と摂餌率の算出についても、色彩の影響試験に準じて行った。

作製した3段階の飼料の硬さについては、飼料Aを15本、飼料Bおよび飼料Cを各12本、テンシプレッサー (TTP-50BX II ; タケトモ電機製) を用いて直径9mmの円形プランジャーで2回圧縮 (プランジャー面積 ; 0.636cm<sup>2</sup>) し、測定した。

## 結 果

色彩の影響試験の結果、赤色飼料の平均摂餌率は38.9±1.6%であったが、非着色飼料の平均摂餌率は31.1±3.1%で、試験区 (赤色飼料給餌) の方が対照区 (非着色飼料給餌) に比べ、有意に高い摂餌率を示した (図1,  $P < 0.05$ )。

硬さの影響試験では、乾燥重量の測定から把握した水分含有量から、各飼料の水分含有率を計算すると、飼料Aで57%、飼料Bで65%、飼料Cで70%と算出された (表1)。テンシプレッサーで測定した硬さをみると、飼料A (水分含有率57%の飼料) が6709±247N/m<sup>2</sup>と最も硬く、次いで飼料B (水分含有率65%) が4235±281N/m<sup>2</sup>、飼料C (水分含有率70%) が2817±308N/m<sup>2</sup>となり、水分含有率が増えるとともに柔らかくなっていた。

飼料A (水分含有率57%) および飼料B (水分含有率65%) を10個体の供試魚に給餌したところ、全ての個体が各飼料に対して反応し、飼料への噛みつきから飲み込みといった一連の正常な摂餌行動が観察された。一方、飼料C (水分含有率70%) を10個体の供試魚に同様に給餌したところ、全ての個体が反応して飼料に噛みついたが、直後に口から飼料を離す個体が4尾、いったんは飲み込んだものの吐き出した個体が4尾で、摂餌完了した個体は2尾であった (表1)。

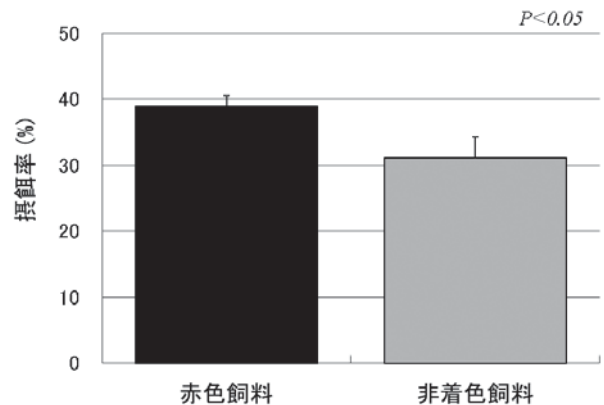


図1. 赤色および非着色飼料の摂餌率

表1. 各飼料の水分、物性および摂餌個体数

飼料	A	B	C
水分含有率 (%)	57	65	70
物性 (N/m <sup>2</sup> )	6709 ± 247	4235 ± 281	2817 ± 308
正常な摂餌行動を示した個体数	10	10	2
1回次	10	10	2
2回次	10	10	2

## 考 察

色彩の影響試験の結果から、飼料が赤色であることが、オニオコゼに摂餌行動を誘引させる要因となりうる可能性が示唆された。一般的に魚類の摂餌行動を誘引する要因として、餌の動き<sup>4)</sup>、色彩<sup>5) 6)</sup>、及びアミノ酸<sup>7)</sup>等の摂餌誘引物質などが知られている。今回の実験はそのうち、色彩のみを対象に実施しており、それ以外の要素は検討していないため、厳密には色彩のみによって、どの程度摂餌が誘引されたかの詳細は明らかに出来ない。しかし、試験区と対照区の実験条件はソーセージ飼料の色を除いて、ほぼ差はなく、試験の検定結果からも、飼料が赤色であることがオニオコゼの摂餌誘引に寄与したことが推測される。

魚類の色覚に関する研究は、20世紀初頭から数多く報告されており、大きく分けて行動学的研究と生理学的研究の2つの分野から論じられてきた。生理学的研究ではほとんどの海産魚が色盲である可能性が高いと考えられてきたが<sup>8)</sup>、近年メジナ *Girella punctata*では学習実験により赤色と青色を識別できることが明らかになっている<sup>9)</sup>。一方、スズキでは餌の色そのものではなく、背景とのコントラストが擬似餌に対する反応性を高めることが報告されている<sup>10)</sup>。広島県沿岸ではオニオコゼを一本釣りで漁獲する漁業者の中には、経験的に赤色の擬似餌を用いることで、漁獲効率を高めていることが知られており、今後さらなる生理学的考察を加えることによって、赤色飼料に反応したメカニズムが明らかになって来るものと考えられる。

また、今回の実験からオニオコゼは餌の硬さに対して嗜好性を示すことも分かった(表1)。具体的には飼料Aおよび飼料B(4235±281 N/m<sup>2</sup>以上)においては、噛みつきから飲み込みといった摂餌完了までの摂餌行動の全プロセスが正常に確認されたが、それよりも柔らかい飼料C(2817±308 N/m<sup>2</sup>)については10尾中8尾が摂餌を完了しなかった。今回実験に使用したオニオコゼはすべてソーセージ飼料を日頃から餌と認識して正常に摂餌していた個体を用いたにもかかわらず、吐出しなどの異常行動を示したことから考えると、餌の硬さが摂餌行動に影響を及ぼしたことは明らかである。

また、色彩の影響試験の際にはソーセージ飼料の摂餌経験の有無による履歴差を排除した群を用い、一方で飼料の硬さの摂餌率への影響試験では、ソーセージ飼料の摂餌経験のある、餌に慣れた群を供試魚として用いている。前者の試験における、非着色飼料を給餌した時の平均摂餌率(31.1%)は、後者の試験でのソーセージ飼料

の摂餌経験のある群の摂餌率(100%)に比べて、明らかに低い値を示した。この履歴の違いによる摂餌率の差は、オニオコゼが本来餌でないものを餌と認識するまでの学習が、一定以上の時間を要することを示すと考えられる。今回、赤色飼料と非着色飼料の摂餌率には有意差があったものの、その差は大きいものではなかった。しかしながら、種苗生産用に用いる天然由来の魚が極めて餌付きにくいことを考えると、赤色飼料を活用することで、一尾でも多くの天然魚が摂餌行動をとり、人工環境下で親魚として馴致する確率を上げられる可能性の意味は生産現場に大きな効果をもたらすと考える。

従来、オニオコゼの種苗生産現場では、親魚として天然魚を用いることが多いため、漁獲時の外傷に起因すると推定される死亡や人工飼料への餌付き不良による減耗が課題であった。前者に関しては低塩分飼育技術の導入で養成初期の高い生残率が得られる見通しが立ちつつある<sup>11) 12)</sup>。一方、後者に関しては本研究の知見を基に人工飼料へ馴致する成功率の向上と馴致期間の短縮が実現することで、より良いオニオコゼ親魚の安定的な養成に貢献できることが期待される。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたってご尽力頂いた広島県立総合技術研究所水産海洋技術センターならびに食品工業技術センターの職員各位に厚くお礼を申し上げます。

## 引用文献

- 1) 藤田智也(2012) 全国の種苗生産および種苗放流の状況について. 豊かな海, 27: 58-66.
- 2) 御堂岡あにせ・相田 聡・飯田悦左 オニオコゼの種苗生産技術の高度化 広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター事業報告 2008年度, 25
- 3) 飯田悦左・相田 聡・横内昭一・工藤孝也・田村義信・御堂岡あにせ・川口修・青山康司・松下利恵 地付き魚の蓄養技術の高度化と効果的な活魚輸送技術の開発 2009年度, 6
- 4) 丘 明城・石崎宗周・金 碩鍾・不破 茂 動きのある物標による視覚刺激がマダイの摂餌行動に与える誘発効果 日本水産学会誌2013; 79(2): 158-165
- 5) 摂餌を誘引する白色を有する養魚用飼料, 特開2010-22381, 塩谷格, 小瀨美奈子
- 6) 北村佐三郎(1973): 飼料原料と配合飼料. 「養魚飼料学」(橋本芳郎編), 恒星社厚生閣, 東京, 251-

252

- 7) 滝井健二 (1994) : アミノ酸. 「魚介類の摂餌刺激物質」(原田勝彦編), 恒星社厚生閣, 東京, 57-60
- 8) 宗宮弘明, 丹波 宏 (1991): 視覚. 「魚類生理学」(板沢靖男・羽生 功編), 恒星社厚生閣, 東京, 403-441
- 9) 吉田将之, 森吉健太・黒田昭仁・藤本隆俊・国吉久人・海野徹也 メジナにおける色覚に関する電気生理学的・行動学的検討 魚類学雑誌52 (2) : 141-145
- 10) 岡本 一・川村軍蔵・田中淑人 異なる背景色におけるスズキのルアー色の選択 日本水産学会誌67 (3) : 449-454
- 11) 御堂岡あにせ・工藤孝也 低塩分海水を用いた効率的魚類種苗生産技術ならびに外傷を負った海産魚延命および外傷悪化抑制・治癒技術について 日本海水学会誌69 (4) : 247-254
- 12) 御堂岡あにせ・川口修・工藤孝也・飯田悦左・長尾則夫・松本拓也低塩分飼育が外傷のある海産魚の生存性に与える影響について 日本水産学会誌 83 (1) : 77-79



## カキ養殖の実施形態別有機物負荷特性の評価

川口 修・平田 靖・若野 真・山本民次・陸田秀実  
日本水産学会誌 (2011) 77, 1043-1050

Evaluation of organic matter load in different methods of oyster culture

Nippon Suisan Gakkaishi 2011, 77, 1043-1050.

Osamu KAWAGUCHI, Yasushi HIRATA, Makoto WAKANO, Tamiji YAMAMOTO AND Hidemi MUTSUDA

江田島湾を対象に、カキ養殖モデルを構築し、カキ筏から負荷される有機物量を「ヨクセイ」、「イキス」および「ノコシ」と呼ばれる養殖実施形態別に見積もった。これにより、カキ養殖によって海底に負荷される有機物総量は年間  $13.5 \text{ kg P } \text{eta}^{-1} \text{ d}^{-1}$  であり、筏台数の多い「ヨクセイ」によるものが大きいことが明らかとなった。一方、筏単位では、「ノコシ」の負荷量が「ヨクセイ」の1.5倍と大きかった。また、「ノコシ」は負荷量/生産量比が最も大きいことから、環境に対する負荷が大きい養殖実施形態であると結論された。

## 江田島湾のカキ筏配置の季節変動と海水交換率への影響

陸田秀実・村上一樹・土井康明・山本民次・川口 修  
土木学会論文集B3 (2011) 67, I\_364- I\_369

Seasonal change of oyster raft placement and seawater exchange in Etajima Bay

Journal of Japan Society of Civil Engineers B3 2011, 67, I\_364- I\_369.

Hidemi MUTSUDA, Kazuki MURAKAMI, Yasuaki DOI, Tamiji YAMAMOTO,

Osamu KAWAGUCHI

To evaluate impacts of oyster raft placement on tidal current and seawater exchange in Etajima Bay, northern part of Hiroshima Bay, we have developed a coastal circulation model incorporating the drag force of the oyster raft in Etajima Bay. We found that the number of oyster rafts in summer season is twice as large as that in winter season. In Etajima Bay, the seawater exchange is relatively large in the northwest part, whereas the term of the seawater exchange is about one year in the southern part. Moreover, we computed some scenarios which the oyster rafts are reduced at each zone, and then it could be desirable to reduce 40% of the total number of oyster rafts in order to make a plan for reducing organic matter load from the oyster culture.

## 凍結含浸処理した魚介類の軟化と筋肉タンパク質の変化

永井崇裕・福馬敬紘・中津沙弥香・柴田賢哉・坂本宏司

日本水産学会誌 (2011) 77, 402-408

Softening of fish meat and changes of muscle protein by freeze-thaw enzyme infusion

Nippon Suisan Gakkaishi 2011, 77, 402-408.

Takahiro NAGAI, Takahiro FUKUMA, Sayaka NAKATSU, Kenya SHIBATA  
AND Koji SAKAMOTO

凍結含浸法による魚介類の軟化方法について、マダラおよびスルメイカを用いて検討した。凍結解凍した試料にプロテアーゼ製剤を減圧下で含浸し、一定時間酵素反応させることで、試料の形状を保持したまま、介護食レベルとなる  $5 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>以下の硬さにまで軟化させることが可能であった。酵素反応後の試料は40–60°Cの加熱で大幅に軟化したが、加熱に伴う筋肉タンパク質の変化が電気泳動により認められた。また、軟化したタラの遊離アミノ酸量は処理前と比較して増加したが、タンパク質構成アミノ酸の増加が顕著であった。

## 魚類血清での*Flavobacterium psychrophilum*の増殖性は病原性と関連する(英文)

永井崇裕・中井敏博

Journal of Fish Diseases (2011) 34, 303-310

Growth of *Flavobacterium psychrophilum* in fish serum correlates with pathogenicity

Journal of Fish Diseases 2011, 34, 303-310.

Takahiro NAGAI AND Toshihiro NAKAI

アユ、サケ科魚類3種類およびコイ科魚類2種類から分離された *F. psychrophilum* を実験に用いた。アユおよびアマゴの血清に分離菌を接種し18°Cで24時間培養した。全てのアユ由来の菌株はアユ血清で9–116倍に増殖したが、アマゴ血清では顕著に減少した。逆に、アユ以外の5魚種由来の菌株はアユ血清で増殖しなかったが、サケ科魚類由来の菌株はアマゴ血清で1.2–23.5倍に増殖した。アユやアマゴ血清で増殖しなかった菌株は、加熱したアユやアマゴの血清では増殖した。アユ由来の全ての菌株は腹腔内注射でアユに対して病原性を示したが、アマゴに対しては示さなかった。逆に、アユ以外の魚類由来の菌株はアユに対して病原性を示さなかったが、一部はアマゴに対して病原性を示した。これらの結果から、*F. psychrophilum* の *in vitro* の血清増殖性はその病原性と関連し、特にアユでその関連が強かった。

## 地球温暖化が魚類生産に与える影響 産卵期, 分布域の移動による日長変化が初期生活史の成長に与える影響

小路 淳・年藤俊一・水野健一郎・上村泰洋・堀 正和・平川浩司  
ICES Journal of Marine Science (2011) 68, 1165-1169.

Possible effects of global warming on fish recruitment: shifts in spawning season and latitudinal distribution can alter growth of fish early life stages through the changes in daylength.

ICES Journal of Marine Science (2011) 68, 1165-1169.

Jun SHOJI, Shun-ichi TOSHITO, **Ken-ichiro MIZUNO**, Yasuhiro KAMIMURA, Masakazu HORI, Koji HIRAKAWA.

Changes in growth rates, shifts in the spawning season, and shifts in the spawning area (latitude) are expected after an increase in sea temperature resulting from global warming. Fish can avoid higher temperatures by a poleward shift in the spawning area and a temporal shift in spawning timing. However, these shifts will include changes in daylength experienced during their early life stages. To understand comprehensively the possible effects of global warming on fish recruitment, effects of temperature and daylength on growth, daily ration, and growth efficiency of black rockfish, *Sebastes cheni*, a dominant species in coastal waters of the western North Pacific, were examined under wild and laboratory conditions. The growth rate was elevated at higher temperatures between 11.1 and 21.3°C. Growth efficiency was highest at 16°C. The effect of photoperiod on growth was also significant, with enhanced growth resulting from the longer daylength. The effect of shifts in spawning season and spawning area would differ among fish species and spawning season. Comparison of early growth under different daylength conditions between *S. cheni* and ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*, indicated that the shifts in spawning season and spawning area would have different effects on fish early life stages (FELs) related to changes in daylength. Changes in daylength resulting from a poleward shift in the spawning area will have opposite effects for summer- and winter-growing FELs, and the effects are more prominent at higher latitudes.

## 河川アユにおけるエドワジェラ・イクタルリ不顕性感染 (英文)

Ebtsam Sayed Hassan・Mahmoud Mostafa Mahmoud  
河東康彦・永井崇裕・川口 修・飯田悦左・湯浅 啓・中井敏博  
魚病研究 (2012) 47, 64-73

Subclinical *Edwardsiella ictaluri* infection of wild ayu *Plecoglossus altivelis*

Fish Pathology 2012, 47, 64-73.

EBTSAM SAYED HASSAN, MAHMOUD MOSTAFA MAHMOUD, Yasuhiko KAWATO,  
**Takahiro NAGAI, Osamu KAWAGUCHI, Yoshisuke IIDA, Kei YUASA AND Toshihiro NAKAI**

2008年から2010年にかけて、広島県下の1河川において*E. ictaluri*の保菌調査を実施した。アユからは本菌が高頻度で分離され、特に9月以降の保菌率は高く平均45.4%であった。アユ以外の魚種では1尾のギギから分離されたにすぎず、また菌の由来を探るべくおこなった放流アユ種苗からは本菌はまったく検出されなかった。一方、*E. ictaluri*の指標としてのフェージが河川水から周年にわたって検出されたことから、本菌は河川環境に常在化し、それが河川アユへの感染源になると考えられた。

## シロメバル稚魚の耳石日周性の確認及び成長解析

上村泰洋・水野健一郎・野田 勉・平川浩司・玉置 仁・小路 淳  
水産増殖 (2012) 60 (3), 413-416

Validation of daily periodicity of otolith increment formation and application for analysis of early growth of wild juvenile black rockfish *Sebastes cheni* Otolith Increment Formation and Growth of Rockfish

Aquaculture Science 2012, 60(3), 413-416

Yasuhiro KAMIMURA, Ken-ichiro MIZUNO, Tsutomu NODA, Koji HIRAKAWA, Hitoshi TAMAKI  
and Jun SHOJI

日周性と耳石輪紋形成は、天然シロメバル*Sebastes cheni*の幼魚の初期成長率を推定するために、養殖魚を用い検証された。日周輪はサジッタとラピラス耳石の両方を押し出して沈着が始まった。日本の東北地方である宮城県のアマモ場で捕獲された天然幼魚（体長 $52.2 \pm 4.8$ mm）の平均成長率は、よく似た温度条件（10℃と12℃）で養殖された魚の成長率（ $0.16 \pm 0.06$ と $0.20 \pm 0.07$ mm/日）から、 $0.38 \pm 0.88$ /日と推定された。

## 瀬戸内海中央部のアマモ場における稚魚に対する魚食性魚類による捕食圧は夜間に増大する

木下 光・上村泰洋・平井香太郎・水野健一郎・岩本有司・小路 淳  
水産海洋研究 (2012) 76 (1), 24-30

Vulnerability of juvenile fish to piscivorous fishpredators increases during nighttime in a seagrassbed in the central Seto Inland Sea, Japan

Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr 2012, 76 (1), 24-30

Hikari KINOSHITA, Yasuhiro KAMIMURA, Kotaro KIRAI, Ken-ichiro MIZUNO,  
Yuji IWAMOTO and Jun SHOJI

瀬戸内海中央部のアマモ場において小型魚類への捕食圧が夜間に高まるという仮説を検証することを目的として、魚種組成、稚魚の潜在的捕食者の個体数、バイオマスおよび胃内容物、さらに糸つなぎ実験によって得られた稚魚の生存率を調べて昼夜で比較した。アマモ繁茂期（2007年8月28日と30日）に巻き網を用いて合計494個体（30分類群）の魚類を採集した。夜間には日中に比べて魚食性魚類（全長 $>82.5$ mm）の個体密度、バイオマスが大きく、アカメバル*Sebastes inermis*およびスズキ*Lateolabrax japonicus*の胃内容物からシロメバル*Sebastes cheni*稚魚、アミメハギ*Rudaris ercodes*が認められた。捕食された稚魚の個体数と藻場に現存する個体数の比から試算した優占種シロメバル仔稚魚の夜間（1930-2100h）の被食率は5.1%であった。シロメバル稚魚を用いたアマモ場での糸つなぎ実験（6時間）による生存個体の割合は日中よりも夜間に有意に低かった。以上の結果から、稚魚のゆりかごと呼ばれているアマモ場は、夜間には一部の魚食性捕食者の摂餌場としての役割も果たしていることが示唆された。

## 低温保存されたむき身かきの品質低下に及ぼす細菌増殖の影響

永井崇裕・中森三智・水野健一郎・高辻英之・若野 真

日本水産学会誌 (2013) 79, 1020-1022

Effect of bacterial growth on the quality of shucked oysters stored at low temperature

Nippon Suisan Gakkaishi 2013, 79, 1020-1022.

Takahiro NAGAI, Misato NAKAMORI, Ken-ichiro MIZUNO, Hideyuki TAKATSUJI  
AND Makoto WAKANO

低温保存されたむき身かきにおける不快臭の発生原因と対策について検討した。むき身かき浸漬液で菌数の増加が顕著であり、浸漬液への抗生物質の添加で臭気が有意に抑制されたことから、臭気発生への細菌の関与が示唆された。0.5℃、4℃および10℃でむき身かきを保存し、菌数と臭気の変化を比較した結果、0.5℃では細菌と臭気の増加が大幅に抑制された。むき身かきの不快臭の発生を防ぐためには、0.5℃での保存が有効であることが示された。

## 瀬戸内海中央部のアマモ場における魚類相の季節変化

毛利紀恵・上村泰洋・水野健一郎・木下 光・年藤俊一・小路 淳

水産増殖 (2013) 61 (1), 215-220

Seasonal Changes in the Fish Assemblage in a Seagrass Bed in the Central Seto Inland Sea

Aquaculture Science 2013, 61(2), 215-220

Kie MOHRI, Yasuhiro KAMIMURA, Ken-ichiro MIZUNO, Hikari KINOSHITA, Syun-ichi TOSHITO and Jun SHOJI

瀬戸内海中央部のアマモ場において2008年8月から2009年7月に月1回の魚類採集を実施した。各月に巻き網を用いて10m四方のエリア4箇所では採集した結果、53種5,885個体の魚類を得た。個体数ではアミメハギ (21.5%)、シロメバル (16.9%)、ヒメハゼ (12.3%)、重量ではシロメバル (15.8%)、ヒガンフグ (6.8%)、マタナゴ (10.1%) の順に多かった。出現魚類の100m<sup>2</sup>あたり種数、個体密度、湿重量の最大値はそれぞれ9月 (16.5種)、10月 (365.8個体)、6月 (672.6g) に、最小値はすべて2月 (7.5種、25.0個体、115.5g) に観測された。ヨウジウオ、マタナゴ、ヒメハゼ、スジハゼ、アミメハギは全ての月に採集され、シロメバル、ハオコゼ、ニクハゼ、ヒガンフグは11ヶ月間、アサヒアナハゼ、アカオビシマハゼは10ヶ月間採集された。



## アユのエドワジエラ・イクタルリ感染症に対する薬剤の有効性

河東康彦・山田康生・永井崇裕・E. S. Hassan・中井敏博  
魚病研究 (2014) 49, 23-26

Efficacy of chemotherapeutics against experimentally infected ayu *Plecoglossus altivelis*  
with *Edwardsiella ictaluri*

Fish Pathology 2014, 49, 23-26.

Yasuhiko KAWATO, Yasuo YAMADA, **Takahiro NAGAI**, E. S. Hassan  
AND Toshihiro NAKAI

アユのエドワジエラ・イクタルリ (*Edwardsiella ictaluri*) 感染症に対する有効な薬剤を明らかにすることを目的として、アユに対して使用が認められている水産用医薬品 (6 薬剤) の抗菌活性を調べた結果、本菌はスルフィソゾールとスルファモノメトキシニンには感受性が低く、フロルフェニコール、オキシリン酸、オリメトプリムおよびスルファモノメトキシニン・オリメトプリム配合剤に高い感受性を示した。このうち3薬剤 (フロルフェニコール、オキシリン酸、スルフィソゾール) について、実験感染させたアユに対する経口投与による薬剤治療試験をおこなった結果、フロルフェニコールとオキシリン酸では優れた治療成績が得られ、またスルフィソゾールでは延命効果が認められた。

## アユのエドワジエラ・イクタルリ感染に及ぼす水温の影響 (英文)

永井崇裕・中井敏博  
魚病研究 (2014) 49, 61-63.

Water temperature effect in *Edwardsiella ictaluri* infection of ayu  
*Plecoglossus altivelis*

Fish Pathology 2014, 49, 61-63.

**Takahiro NAGAI** AND Toshihiro NAKAI

アユ (平均体重8.6g) に対する *Edwardsiella ictaluri* PH-0744株の病原性を20℃と28℃の飼育水温条件下で比較した (観察期間14日間)。腹腔内接種における本菌株のLD<sub>50</sub>/fishは、20℃で7.4×10<sup>3</sup> CFU、28℃で<6.0×10<sup>4</sup>CFUであった。また、浸漬感染では (2.5×10<sup>7</sup> CFU/mL, 30分間浸漬)、20℃ではアユは死亡しなかったが、28℃では累積死亡率が95%となり、いずれの感染実験においても20℃と比較して本菌株は28℃で強い病原性を示した。この28℃でアユに高感染死亡率をもたらす要因として、*E. ictaluri*菌の増殖温度特性 (至適温度: 25~30℃) と高水温におけるアユの生体防御能の低下が考えられた。

## 太田川感潮域浅所における魚類群集の季節変化—人工放水路と天然河川の比較

三代和樹・岩本有司・井上慎太郎・森田拓真・水野健一郎・上村泰洋・平井香太郎・小路 淳  
水産海洋研究2014, 78, 169-175

Fish Community in Shallow Waters of Tidal Reach of the Ohta River, Southwestern Japan:  
Comparison between a Drainage Channel and a Natural River

Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography 2014, 78, 169-175  
Kazuki MISHIRO, Yuji IWAMOTO, Shintaro INOUE, Takuma MORITA, Ken-ichiro MIZUNO,  
Yasuhiro KAMIMURA, Kotaro KIRAI and Jun SHOJI

2007年3月から2008年2月まで月1回の頻度で太田川水系の2河川(放水路と天満川)の感潮域において魚類相調査を実施した。月ごとの平均水温は8.7°C(1月)–28.5°C(8月)の間で推移した。平均水温の河川間での差は小さく、多くの月において1.0°C以内であった。月ごとの平均塩分は3.3(6月)–20.5(2月)の間で推移した。ほとんどの月において平均塩分は天満川よりも放水路において高かったが、降水の影響を受けた月には両河川の平均塩分は近い値となった。1年間に計144回の曳網を実施し、16科23種以上7,456個体の魚類を採集した。個体数における優占種は、放水路ではビリンゴ、キチヌ、ウツセミカジカ、天満川ではスズキ、ビリンゴ、カダヤシであった。放水路に比べて天満川では淡水域産卵魚(カダヤシ、ウグイ)の個体数が多く、感潮域最上流部に形成される淡水あるいは低塩分汽水域がこれら魚類の生息場として機能することが示唆された。

## 夜間のガラモ場におけるシロメバル稚魚の被食：被食率と体長の関係

木下光・上村泰洋・水野健一郎・小路淳  
ICES Journal of Marine Science(2014) 71, 1022-1029.

Night-time predation on post-settlement Japanese black rockfish *Sebastes cheni* in a macroalgal bed:  
effect of body length on predation rate

ICES Journal of Marine Science(2014) 71, 1022-1029.  
Hikari KINOSHITA, Yasuhiro KAMIMURA, Ken-ichiro MIZUNO and Jun SHOJI

Recent field studies have pointed out that the vulnerability of juvenile fish to predation is higher than anticipated during night-time in vegetated habitats. Effects of abundance, body length, and growth rate on predation were examined in juvenile Japanese black rockfish in 2009-2011 in a macroalgal bed. Juvenile rockfish abundance ranged between 2.5 and 49.0 ind. 100 m<sup>-2</sup> and the biomass of potential predators (piscivorous fish >82.5 mm) between 140.0 and 601.3 g 100 m<sup>-2</sup>. *Sebastes inermis* was the most dominant predator, compromising more than 50% by wet weight on all sampling days. Comparison of the total length of juveniles surviving (as original population, OP) and that of juveniles ingested (IG) by predators provided the evidence of the size-selective predation on juvenile rockfish on three of seven sampling days. The juvenile predation rate estimated as abundance of IG (N 100 m<sup>-2</sup>)/(abundance of IG + OP (N 100 m<sup>-2</sup>)) × 100 varied between 0.4 and 12.5%. Neither juvenile rockfish abundance nor predator biomass had a significant effect on the juvenile predation rate, whereas the juvenile body length had a significant effect, smaller individuals being more vulnerable to predation. The growth-selective predation was not detected. Macroalgal habitats, although functioning as nurseries during the day, may contribute as feeding grounds for piscivorous fish predators at night leading to enhanced nocturnal predation rates.

## むき身カキの鮮度保持技術への品質工学の適用 I

高辻英之・水野健一郎・中森三智・若野真  
品質工学 (2015), 23 (1), 31-37,

Application of quality robust engineering for a freshness preservation of shelled oyster I

Journal of Quality Engineering Society 2015, 23(1), 31-37.

Hideyuki TAKATSUJI, Ken-ichiro MIZUNO, Misato NAKAMORI, Makoto WAKANO

広島県特産のむき身カキの鮮度を長く保持するため、むき身から流通までの工程条件についてパラメータ設計を行った。鮮度の指標として鰓部のトリフェニルフォルマザン (TF) 生成量を用いた。TF生成量 ( $P_M$ ) は保存日数  $M$  に伴って初期値  $P_0$  から指数関数的に減少していくとし、 $P_M = P_0 e^{(\beta - \gamma)d}$  とした。  $\beta$  は鮮度保持効果係数を、  $\gamma$  は鮮度低下定数を示す。入出力の関係は  $y = \beta M - \gamma M - \ln(P_0/P_M)$  とし、保存日数を信号因子、むき身の良否を誤差因子とした。制御因子は温度、塩分、包装条件等の8因子で、直交表  $L_{18}$  に各因子を割付けて実験を行った。確認実験において比較条件と現行条件の利得の再現性が概ね得られた。しかしながら、誤差因子の設定、TF生成量測定の高精度性と入出力関係についてはさらなる検討が必要と考えられた。

## 有害渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* がマガキ幼生の着底に及ぼす影響

水野健一郎・若野真・高辻英之・永井崇裕  
日本水産学会誌 (2015) 81 (5), 811-816

Effects of the dinoflagellate *Karenia mikimotoi* on larval settlement  
of Pacific oyster *Crassostrea gigas*

Nippon Suisan Gakkaishi 2015, 81(5), 1036-1041.

Ken-ichiro MIZUNO, Makoto WAKANO, Hideyuki TAKATSUJI, Takahiro NAGAI

有害渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* がマガキ幼生の着底に及ぼす影響を評価するため、培養株で作成した赤潮環境下で着底実験を行った。幼生着底率は、500cells/mLでは影響が見られなかったが5,000cells/mLで低下した。5,000cells/mLでは、遊泳でのみ到達可能な付着基盤への着底数が低下し、ピーカー壁面で増加したため、マガキ幼生の遊泳を伴う着底行動を阻害する影響が生じたと考えられた。本研究から、本種赤潮はマガキ養殖での採苗不良を引き起こす一因であることが示された。

## リンと窒素負荷量の増加または減少に対する広島湾生態系の応答の評価

J. Kittiwaniichi, 山本民次・川口 修・I. Madinabeitia

Marine Pollution Bulletin 2016, 102, 256- 264.

Assessing responses of the Hiroshima bay ecosystem to increasing or decreasing phosphorus and nitrogen inputs

Marine Pollution Bulletin 2016, 102, 256- 264.

Jutarat Kittiwaniichi, Tamiji YAMAMOTO, **Osamu KAWAGUCHI**, Ione Madinabeitia

The Japanese Government is seeking an appropriate level of nutrient load from the land to maintain the highest possible estuarine fishery production and water transparency simultaneously. To provide a scientific basis for the governmental inquiry, we conducted sensitivity analyses using an ecosystem model of Hiroshima Bay in order to assess the ecosystem's responses to phosphorus and nitrogen inputs. Load levels of phosphorus (Case P), nitrogen (Case N) and both phosphorus and nitrogen (Case NP) that were different from the average loading recorded during 1991-2000 ( $\pm 25\%$ ,  $\pm 50\%$ , and  $\pm 75\%$ ) were applied. The results showed that phosphorus had a significantly greater impact on the primary production of the bay than nitrogen. Case P+25 increased the primary production but led to N-limitation. However, it was found that Case NP at the levels over +25% could bring the Hiroshima Bay ecosystem back to its eutrophic state of 30 years ago.

## コノシロ病魚から分離された*Vibrio harveyi*の性状

永井崇裕

魚病研究 (2016) 51, 67-69

Characterization of *Vibrio harveyi* isolated from diseased dotted gizzard shad  
*Konosirus punctatus*

Fish Pathology 2016, 51, 67-69.

Takahiro NAGAI

2007年秋に広島市の太田川河口域で大量死亡したコノシロの死因を細菌学的に検討した。瀕死のコノシロの腎臓や脳からは短桿菌が純培養状に分離された。分離菌の生理・生化学的性状および一部の塩基配列の解析から、分離菌は*V. harveyi*に同定された。*V. harveyi*は魚介類病原菌として数多くの記載があるが、コノシロからは初めての分離例である。分離菌のアユ、アマゴおよびマダイに対する病原性を腹腔内注射感染で調べたところ、アユやアマゴでは $6.8 \times 10^2$ CFU/fish接種で病原性が確認された。一方、マダイに対する病原性はアユやアマゴよりもかなり低かった。瀕死魚から魚類に病原性を持つ*V. harveyi*が分離されたことから、コノシロの大量死の一因として本菌の感染が示唆された。

## 給餌開始時期の遅れがカサゴ仔魚の成長および生残に及ぼす影響

岩本 有司・御堂岡あにせ・相田 聡

日本水産学会誌 2016, 82, 36-38

Effects of delayed initial feeding on early survival and growth in marbled rockfish  
*Sebastes marmoratus* larvae.

Nippon Suisan Gakkaishi 2016, 82, 36-38.

Yuji IWAMOTO, Anise MIDOOKA AND Satoshi AIDA

給餌開始時期の遅れがカサゴ仔魚の成長および生残に及ぼす影響を調べるため、給餌開始日を産出日、産出後1、3、5、7日後および無給餌とした6つの試験区でカサゴ仔魚を10日間飼育し、実験期間中の生残率および全長を比較した。生残率は産出後5日までに給餌を開始しなかった場合に大きく低下し、実験終了時の全長は産出日の給餌開始に比べ、産出後1日以降の給餌ではいずれも有意に小さかった。従って、カサゴ種苗を効率生産するためには、産出直後から速やかに外部栄養を供給する必要があるだろう。

## 低塩分飼育が外傷のある海産魚の生残性に与える影響について

御堂岡あにせ・川口 修・工藤孝也・飯田悦左・長尾則男・松本拓也

日本水産学会誌 2017, 83, 77-79

Effect of the exposure to the low salinity water on the mortality rate  
in the wounded marine fishes.

Nippon Suisan Gakkaishi 2017, 83, 77-79.

Anise MIDOOKA, Osamu KAWAGUCHI, Takaya KUDOH,  
Yoshisuke IIDA, Norio NAGAO AND Takuya MATSUMOTO

外傷のある海水魚を6-100%の20段階に希釈した海水で48時間飼育して死亡率を調べた。オニオコゼは18-67%海水、アカメバルは23-50%海水、カサゴは21-92%海水およびマダイは36-92%海水の範囲で低い死亡率が認められた。また、外傷魚を33%海水と100%海水で8日間飼育して死亡率を比較すると、マダイ以外の3魚種では33%海水の方が100%海水よりも延命して累積死亡率も低かったが、マダイの33%海水区では、体色変化や遊泳異常が観察され、試験区間の死亡率に差が見られなかった。



# ワインにおいてdimethyl trisulfideの生成に影響を与える要因について

西堀奈穂子・黒田麻美・山田 修・後藤奈美  
日本食品科学工学会誌 2017, 23 (2), 241-248

Factors affecting dimethyl trisulfide formation in wine

Food Science and Technology Research  
Nahoko NISHIBORI, **Asami KURODA**, Osamu YAMADA  
AND Nami Goto-YAMAMOTO

Dimethyl trisulfide (DMTS) develops in wine during storage, creating an unpleasant aroma. However, the mechanisms of DMTS formation during the wine-making process are poorly understood. We attempted to identify the factors that affect DMTS development during storage. We found the death of yeast cells followed by the leakage of their cell contents into the must enhanced DMTS formation, but this effect varied between grape cultivars. Oxidation of the must and insufficient clarification of the grape juice can also lead to DMTS development during storage. However, DMTS-P1 and methanethiol, precursors of DMTS in other beverages, had little contribution to DMTS formation in wine. When synthetic grape must was fermented instead of grape juice, less DMTS developed, despite almost yeast cells having died. These findings indicate that unknown compounds contained in grape juice are involved in DMTS formation and that the key compounds involved in DMTS formation in wine originate from grapes.

## 雑 録 Miscellany

### 〈学会誌, 各種雑誌投稿〉

- 川口 修 他：カキ養殖場の実施形態別有機物負荷特性の評価。日本水産学会誌, 77 (6) 1043-1050 (2011)
- 川口 修 他：貧栄養化によってもたらされる食物連鎖構造の変化。水環境学会誌, 34, 51-53 (2011)
- 川口 修 他：江田島湾のカキ筏配置の季節変動と海水交換率への影響。土木学会論文集B3, 67 I\_364-I\_369 (2011)
- 川口 修 他：モデルから推測される周防灘の浮遊低次生態系の構造と生産性。日本水産学会誌 (懇話会ニュース)
- 永井崇裕：超音波を用いた魚病の発生を防ぐ技術。超音波テクノ, 23 (2) 17-20 (2011)
- 水野健一郎 他：広島湾・安芸灘・伊予灘の水質と底質。瀬戸内海, 62, 7-13 (2011)
- 御堂岡あにせ：低塩分飼育法による種苗生産技術の開発。アクアネット, 7, 42-45 (2012)
- 岩本有司 他：太田川が生み出す生態系サービス～魚類生産を中心に。水産海洋研究, 77, 94-96 (2013)
- 川口 修：環境配慮型かき養殖に向けた広島県の取り組み。水産海洋研究, 77, 174-181 (2013)
- 工藤孝也：太田川が育む天然アユの現状と課題, 水産海洋研究, 77 (2), 97-99 (2013)
- 工藤孝也：低塩分海水を活用した地付き魚の高付加価値化の取り組みについて。豊かな海, 31, 8-11 (2013)
- 御堂岡あにせ：「閉鎖循環飼育システム」を活用した低塩分海水によるカサゴ種苗生産。豊かな海, 30, 18-20 (2013)
- 御堂岡あにせ：低塩分蓄養による漁獲魚の延命技術。アクアネット, 5, 26-29 (2014)
- 御堂岡あにせ, 工藤孝也：低塩分海水を用いた効率的な魚類種苗生産技術ならびに外傷を負った海産魚の延命および外傷悪化抑制・治癒技術について。日本海水学会誌, 69, 247-254 (2015)
- 高辻英之, 水野健一郎：マガキの個体成長評価による養殖資材開発。第23回品質工学研究発表大会論文集, p22-25 (2015)
- 川口 修：漁獲魚の「低塩分飼育技術」活魚流通と養殖で実用化。養殖ビジネス, 5, 16-17 (2016)
- 川口 修：環境に配慮したカキ養殖にむけて～物質循環から見た適正な養殖方法と実現への課題。アクアネット, 6, 22-24 (2016)
- 工藤孝也：ダム湖産陸封アユを活用したアユ漁業の振興, ぜんない, 42, 18-19 (2016)
- 工藤孝也・御堂岡あにせ：低塩分海水を用いたウマヅラハギの閉鎖循環式陸上養殖の検討。養殖ビジネス, 9, 17-19 (2016)
- 御堂岡あにせ・岩本有司・川口修・工藤孝也・岡崎尚：知財活用による漁獲魚の販売戦略～肝を充実させた「フォアグラハギ®」の蓄養技術。第6回瀬戸内海水産フォーラム成果集11-12 (2016)
- 工藤孝也・御堂岡あにせ：低塩分海水の閉鎖循環システムによるウマヅラハギの養殖～魚種特性に応じた飼育手法の開発～。アクアネット, 11, 50-55 (2017)
- 御堂岡あにせ：低塩分による種苗生残向上, 外傷回復, 陸上養殖への効用。養殖ビジネス, 9, 32-35 (2017)

### 〈学会, 研究会発表等〉

- 御堂岡あにせ：「閉鎖循環飼育システム」を活用した低塩分海水によるカサゴ種苗生産。平成23年度栽培漁業技術研修会テキスト集 (2011)
- 永井崇裕：錦鯉の病気と防疫対策。平成23年度全国錦鯉飼育士養成講座テキスト (2011)
- 川口 修 他：外傷を受けた魚類数種に対する低塩分処理効果と至適塩分。平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集 (2012)
- 川口 修 他：モデルから推察される周防灘の浮遊低次生態系の構造と生産性。平成24年度日本水産学会秋季大会水産環境保全委員会シンポジウム (2012)
- 川口 修 他：周防灘の水底質環境の特徴。平成24年度日本水産学会秋季大会水産環境保全委員会シンポジウム (2012)
- 川口 修 他：高水温時に見られるウマヅラハギの呼吸障害。平成24年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 (2012)

- 川口 修 他：Revisiting the cultural oligotrophication of the Seto Inland Sea, Japan. ECSA 50(2012)
- 工藤孝也 他：メバル類2種で見られた擦れによる生残率の差異と希釈海水による延命について. 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集 (2012)
- 水野健一郎：マガキ成熟幼生の付着に及ぼす赤潮の影響. 平成24年度日本水産学会春季大会 (2012)
- 永井崇裕 他：マガキの高温耐性と熱ショックタンパク質遺伝子発現量の変化. 平成24年度日本水産学会春季大会講演要旨集 (2012)
- 永井崇裕 他：*Flavobacterium psychrophilum*の病原型と遺伝子型との関係. 平成24年度日本魚病学会春季大会講演要旨集 (2012)
- 御堂岡あにせ 他：広島県における「低塩分飼育法」の展開～カサゴの種苗生産から蓄養まで. 平成24年度日本水産学会中国四国支部大会 (2012)
- 水野 健一郎：品質工学を用いた赤潮発生予測の試み. ものづくり品質工学研究会 (2012)
- 高辻英之：むき身かき鮮度保持技術の開発－品質工学の試み－. 物づくりの機能性評価研究会 (2102)
- 高辻英之：生かきの鮮度判定技術の最適化. 物づくりの機能性評価研究会 (2012)
- 高辻英之：かき養殖資材を利用したアサリ垂下養殖技術の開発. 物づくりの機能性評価研究会 (2012)
- 高辻英之：むき身かきの鮮度保持技術の最適化. 物づくりの機能性評価研究会 (2012)
- 岩本有司 他：給餌開始時期の違いがカサゴの成長および生残に与える影響. 平成25年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 (2013)
- 川口 修 他：オニオコゼにおける致命的な外傷とイオン制御の関係. 平成25年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 (2013)
- 工藤孝也 他：アカメバルおよびクロメバルにみられた生態的種間差①・②. 平成25年度日本水産学会春季大会講演要旨集 (2013)
- 水野 健一郎：マガキ稚貝の濾水・生残・成長に及ぼす*Karenia mikimotoi*赤潮の影響. 平成25年度水産学会春季大会講演要旨集 (2013)
- 永井崇裕 他：酵素処理による浸漬ワクチンの有効性の向上. 平成25年日本水産学会春季大会講演要旨集 (2013)
- 永井崇裕：新規交配系アユの特徴とタイプの異なる冷水病菌に対する耐病性. 第2回江の川の天然アユを増やすためのシンポジウム, 島根県立大学 (2013)
- 岡崎 尚・御堂岡あにせ 他：蓄養魚の商品価値に与える低塩分処理の影響. 平成25年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 (2013)
- 高辻英之 他：むき身かきの鮮度保持技術の最適化 (1). 第21回品質工学研究発表大会論文集 (2013)
- 高辻英之 他：生かきの鮮度判定技術の最適化. 第21回品質工学研究発表大会論文集 (2013)
- 高辻英之 他：むき身かきの鮮度保持技術の最適化 (2). 第21回品質工学研究発表大会論文集 (2013)
- 中森三智：江田島湾におけるアサリ増殖に向けた垂下養殖の活用. 平成26年度日本水産学会春季大会講演要旨集 (2014)
- 高辻英之 他：合成樹脂材を用いた養殖かき採苗法の検討. 第22回品質工学研究発表大会論文集 (2014)
- 高辻英之 他：養殖カキのむき身鮮度保持技術の開発と普及. 平成26年度日本水産学会春季大会講演要旨集 (2014)
- 水野健一郎：MTシステムによる赤潮発生判別の試み. 第22回品質工学研究発表大会論文集 (2014)
- 水野健一郎 他：環境条件がマガキ種苗の与える影響. 第22回品質工学研究発表大会論文集 (2014)
- 永井崇裕 他：高病原型とは異なるカキヘルペスウイルス1型のマガキに対する病原性. 平成26年度日本魚病学会春季大会講演要旨集 (2014)
- 工藤孝也 他：飼育条件下におけるアカメバルおよびクロメバルの成長. 平成27年度日本水産学会春季大会講演要旨集 (2015)
- 工藤孝也 他：広島県田総川から灰塚ダム湖へ流下する陸封アユ仔魚の生態. 平成27年度日本水産学会春季大会講演要旨集 (2015)
- 工藤孝也 他：閉鎖循環システムと低塩分海水を活用したウマヅラハギ養殖手法の検討. 平成27年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 (2015)

水野健一郎：気象・海象情報を用いた赤潮発生判別．第23回品質工学研究発表大会論文集（2015）

永井崇裕 他：Flavobacterium psychrophilumのアユに対する高病原化．平成27年度日本魚病学会春季大会講演要旨集（2015）

永井崇裕 他：MAS育種法によって作出された冷水病耐性・感受性アユ系統における冷水病菌接種後の血中菌数の推移．平成27年度日本魚病学会春季大会講演要旨集（2015）

永井崇裕 他：複数のアユ系統のFlavobacterium psychrophilumに対する感受性．平成27年日本魚病学会秋季大会講演要旨集（2015）

高辻英之 他：マガキの個体成長評価による養殖資材開発．第23回品質工学研究発表大会論文集（2015）

高辻英之 他：生カキの鮮度判定技術の最適化．平成27年度日本水産学会中国・四国支部例会講演要旨集（2015）

永井崇裕 他：マガキ幼生に病原性を示すVibrio属細菌の分離と同定．平成28年日本魚病学会春季大会講演要旨集（2016）

高辻英之：むき身カキの鮮度保持技術の開発．品質工学シンポジウム論文集（2016）

### 〈受賞〉

- 1) 高辻英之・若野真・水野健一郎・中森三智：第21回品質工学研究発表大会（2013. 6. 20）において「むき身カキの鮮度保持技術の開発」の成果が評価され，精密測定技術振興財団品質工学賞発表賞金賞を受賞
- 2) 水野健一郎：第22回品質工学研究発表大会（2014. 6. 26）において「MTシステムによる赤潮発生判別の試み」の成果が評価され，精密測定技術振興財団品質工学賞発表賞銀賞を受賞
- 3) 高辻英之・水野健一郎：第22回品質工学研究発表大会（2014. 6. 26）において「合成樹脂材を用いた養殖かき採苗法の検討」の成果が評価され，品質工学会会長賞を受賞
- 4) 水野健一郎：第23回品質工学研究発表大会（2015. 6. 16）において「気象・海象情報を用いた赤潮発生判別」の成果が評価され，精密測定技術振興財団品質工学賞発表賞金賞を受賞
- 5) 高辻英之 他：第24回品質工学研究発表大会（2016. 6. 23）において「樹脂製かき採苗器の開発」の成果が評価され，品質工学会会長賞を受賞
- 6) 高辻英之：第24回品質工学研究発表大会（2016. 6. 23）において，品質工学会の活動への貢献が評価され，品質工学会貢献賞を受賞
- 7) 永井崇裕：平成27年度全国水産試験場長会（2015. 11. 13）において「アユ冷水病の病原機構の解明と防除技術の開発」の成果が評価され，全国水産試験場長会会長賞を受賞

### 〈水産海洋技術センター研究発表会要旨〉

2012（H24）年2月

#### 1 特別講演 浜田の水産ブランド「どんちっち」の取組みについて

浜田市水産物ブランド化戦略会議 石井 信孝 氏

#### 2 口頭発表

##### ① 塩分処理が数種の漁獲した魚に及ぼす効果 御堂岡あにせ

水産海洋技術センターでは，これまでオニオコゼ，カサゴ，キジハタ等の種苗生産技術開発において限定的に飼育水を低塩分化することで初期生残性を向上させる低塩分飼育技術を確立し，種苗の量産化を可能にした。これらの魚種の漁獲量は増加傾向を示しており，種苗放流効果が高いことが推察されている。しかしながら，漁業者がこれまで以上に高い収益を得るためには，獲って直ちに出荷する形態から，市場の価格に合わせた出荷体制に移ることが必要である。県下の主要な漁業種類のひとつである小型底びき網漁業および小型定置網漁業（つぼ網）で漁獲されたオニオコゼやメバルは図1に示したように外傷を負っているため，生きたままの維持が難しく，直ちに出荷されることが多い。水技Cでは，外傷のある漁獲魚を延命させる技術開発に取り組み，1週間程度の短期蓄養の技術を開発したので報告する。

## ② 蓄養技術実用化への取組みについて 工藤 孝也

活魚や鮮魚を直接漁業者から購入できる朝市や道の駅が沿岸部を中心に近年増えている。水技Cでも漁獲魚を生かす技術の相談が増えており、このような活魚販売のニーズが背景にあると考えられる。そこで、水技Cでは平成21年度から漁獲魚の蓄養技術の開発に取り組み、低塩分海水で蓄養すると延命効果があることを見出した。今回の発表では、室内試験と現場実証試験の両面から低塩分海水による蓄養技術を検討し、その有効性を示す。また、低塩分海水で蓄養した魚の味についても評価したので加えて報告する。

## ③ 新規交配系のアユの特徴とタイプの異なる冷水病に対する耐病性 永井 崇裕

アユの冷水病による被害は、河川や養殖場で依然として多く見られる。これまでの研究から、広島県で生産されている海産交配系アユは、冷水病に対する抵抗性が比較的強いことが明らかにされている。しかし、漁業者からは、冷水病に対する抵抗性が強いだけでなく、放流後の遡上能力の高さや飼育しやすい性質を求める声強い。これまで水技Cで分離した冷水病菌を調べたところ、従来のもととは全く異なる、海産交配系に対して病原性が強い菌株の存在が明らかとなった。これらの結果を応用し、2010年度に作出した新規交配系アユに対する、冷水病菌の病原性を調べるとともに、とびはね能など新規交配系アユの特徴を明らかにし、放流魚としての適正を調べたので報告する。

## ④ 技術支援情報「広島かき」シーズン当初の身入りを早める技術について 平田 靖

近年、秋口の猛暑の影響などによってかきの身入りが遅れ、シーズン当初（10～11月）に中身が充実した身入りの良いかきに対するニーズが強まっている。そこで、当センターが「夏場のかき活力向上研究（平成16-18年度）」において開発した、かきの身入りを早める技術の現場移転を県普及組織と協力して進めている。今回、この技術の概要と取組み状況について報告する。

## 3 ポスター発表

高品質かき生産のための人工種苗生産技術

一粒かきの新しい養殖技術（殻の形も商品の要素）

漁獲した魚の延命・回復による出荷調整技術

冷水病に強い新規交配系アユの開発

## 2013（H25）年2月

### 1 特別講演 儲かる鮮度、おいしい鮮度

（独）水産大学校 特任教授 食品科学科 福田 裕 氏

お魚の「美味しさ」は魚種、季節など天然自然に大きく支配されていますが、同じ一匹のお魚でも「美味しさ」には登り坂、頂上、下り坂があり、坂の長さ・傾斜、山の高さ・広さは、鮮度管理によって大きく変えることができます。山のとっぺんが「美味しい鮮度」帯ですが、その前に「儲かる鮮度」帯があります。～これからこのお魚は美味しくなるぞ～。これが「儲かる鮮度」帯です。つまり「美味しい鮮度」帯まで十分な流通時間、準備時間がとれることが重要な要素なのです。「儲かる鮮度」をつくるために、全国の漁業者、養殖業者、蓄養業者、市場、流通関係者は血眼の努力をしています。

### 2 口頭発表「広島かきの鮮度保持に関する研究」

#### ① 研究のねらいと概要 平田 靖

広島かきの現状と問題点を示し、鮮度保持の技術開発に至った経緯を示す。今回の技術開発では、工業系分野で広く用いられ成果をあげている品質工学の手法を新たに導入し技術開発の効率化と技術の頑強性の確保を図った。

#### ② かき身かきの品質低下の原因とその対策について 永井 崇裕

むき身かきの品質低下の原因を調べた結果、浸漬液中での細菌の増殖によることが明らかになった。細菌の増殖を抑える方法として、低温保存の有効性を検討したので結果を報告する。

#### ③ むき身かきの鮮度評価技術の開発 水野 健一郎

生かきの消費期限を設定するために用いられている試験項目の1つであるトリフェニルホルマザン（TF）生成量（マガキの呼吸活性の指標）の測定方法の最適化を行った。今回、開発した測定法は公定法よりも測定感度が約2倍に



なり、測定誤差は1/2～2/3に低減することができる。

#### ④ 品質工学を用いた鮮度保持技術の開発 高辻 英之

むき身作業から流通・店舗販売までを想定し、高い鮮度が長期間、保持される生かきの保存方法について条件検討を行った。その結果、生産現場で導入可能と考えられる最適な組合せ条件で保存した場合、通常の消費期限は4日以内であるのに対して、少なくとも27日目までは消費期限設定の判定基準を満たすことがわかった。

#### ⑤ かき身かきの鮮度保持技術の生産現場への技術移転について 若野 真

生かきの生産および店舗販売を行っている養殖業者と協力・連携し、生産現場で、開発した鮮度保持技術の有効性について検証した結果を報告する。さらに当該技術を活用した「高鮮度広島かき」の流通・販売モデルについて紹介する。広島かきの品質向上に役立てるため、当該技術を広く普及する勉強会・研修会を開く予定である。

## 2014 (H26) 年2月

### テーマ「ブランド化につながる新技術」

#### 1 特別講演 魚類飼育のための閉鎖循環式養殖システムの開発と技術移転

(独) 水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所屋島庁舎

増養殖部 閉鎖循環システムグループ長 山本義久 氏

#### 2 口頭発表

##### ① かきの身入り促進技術の開発と技術移転 平田 靖

当センターが開発した、かきシーズン当初(10～11月)に身入りの良い高品質の「かき」を生産するための技術は、県が実施する「広島かき生産出荷体制強化事業」の早期出荷対策の一環として生産現場への移転が進められている。これまでの移転状況を移転の際に生じた問題点を交えて報告する。

##### ② 低塩分蓄養技術の開発と技術移転 工藤 孝也

当センターでは海産魚の延命及び外傷治癒に有効な低塩分海水を活用した技術(特開2012-200167)を開発した。本発表では、本技術の特徴とその移転過程とともに特許許諾先の漁業現場での技術移転の状況について報告する。

##### ③ 新規交配系アユの開発と技術移転 永井 崇裕

冷水病に対する抵抗性や落水に対するとびはね性が、これまで生産されていたアユよりも優れた新規交配系アユを開発した。新規交配系アユの特徴と、県内の河川で行った放流試験の結果、技術移転の状況について報告する。

#### 3 ポスター発表

- ・「広島かき」シーズン当初の身入りを早める技術
- ・むき身かきの鮮度保持技術の展開
- ・漁獲外傷魚の延命・回復技術の開発
- ・地域ブランド「フォアグラハギ」の確立と販売戦略
- ・冷水病に強い新規交配系アユの開発

## 2015 (H27) 年2月

### テーマ「開発技術の活用による新たな事業展開」

#### 1 企業発表

##### ① 塩田を活用した殻付かきの養殖と殻付かきの輸出 ファームスズキ 代表 鈴木 隆氏

##### ② 鮮度保持技術を活用した高鮮度むき身かきの商品化 マルタケ水産(株) 社長 竹内 剛氏

#### 2 口頭発表

##### ① 肝を充実させた「フォアグラハギ®」の養殖技術と販売戦略 御堂岡あにせ

近年、長引く魚価の低迷を背景に各地で魚価向上の取り組みがされており、特に沿岸部では地域資源として特色ある水産物を活用した6次産業化に寄せる期待は大きい。ウマヅラハギ(以下ハギ)は春先に定置網で大量に漁獲されるが(図1)、大量に漁獲されるがゆえに値崩れを起こしやすく400円/kgまで値下がりすることがある。一方で養殖ハギは品質が安定しているため、高値で取引されているものの、安定生産技術が確立されていない。この養殖ハギに注

目し、漁獲された天然ハギを飼育して養殖魚に仕立てるため、飼育技術を確立して生残率の改善を図るとともに、特色ある付加価値を有した商品化を目指した。そしてこの生産方法及び一定の規格を満たしたハギを「フォアグラハギR」の名称で商標を取得し、他の養殖ハギとの違いを明確にした。今回は、尾道地区における取り組みを中心に漁業関係者、市町、県行政と連携した技術移転状況と商標を活用した販売戦略について紹介する。

## ② 「広島かき」養殖を支えるかき天然採苗の安定化に向けて 平田 靖

1990年代以降、広島湾での種苗確保は、数年おきに必要量の確保が困難な年が発生するなど不安定になっている。この課題に対して水産海洋技術センターでは2005～2007年度に種苗の安定確保のための研究「海水流動モデルを用いたかき採苗技術研究」を実施、現状分析および安定化に向けた方策を提案した。2013年の採苗は、シーズン終期によりやく必要量の種苗が確保できたが、2014年は必要量の10%程度しか確保できないという未曾有の採苗不良の年であった。業界では危機感の高まりから採苗安定化に向けた取り組みを行う機運が高まってきた。県庁水産課および当センターでは前述の研究成果に基づいた方策の実施に向け、業界の取り組みを支援している。ここではこの状況を報告する。

## ③ 新たなワクチン処理技術による養殖魚の生産 永井 崇裕

魚類養殖において、ウイルスや細菌感染を予防するためのワクチン処理の重要性が増し、様々な水産用ワクチンが販売されている。希釈したワクチン液に魚を一定時間収容して免疫する浸漬ワクチンでは、小型の魚を大量処理できる利点があるが、体表や鰓からのワクチンの取り込み効率が低い。そこで、ワクチンの取り込み効率を高めるために、ワクチン処理前の魚を健全な状態で酵素処理し、浸漬ワクチンの有効性を高めることを目的とした。今回は、この技術の概要や今後の展望について報告する。

### 3 ポスター発表

- ・地域ブランド「フォアグラハギ®」の確立と販売戦略
- ・漁獲外傷魚の延命・回復技術の開発
- ・広島湾のかき採苗安定化技術
- ・むき身かきの鮮度保持技術の展開
- ・浸漬ワクチンの効果を高める技術の開発

## 2016 (H28) 年2月

### テーマ「貧栄養化対策としての漁業振興技術開発」

#### 1 基調講演 豊かな海の創生—私の提言

広島大学大学院生物圏科学研究科 教授 山本 民次 氏

#### 2 口頭発表

##### ① 低塩分処理技術による魚類の新たな飼育方法 川口 修

水産海洋技術センターでは、漁獲等によって外傷を受けた海水魚を、通常の海水よりも低い塩分の飼育水で処理（以下、低塩分処理）することによって延命・外傷回復（外傷悪化の抑制）の効果が得られることを明らかにした。本発表では、その効果やメカニズム、利用方法について紹介する。

##### ② かき採苗安定化に向けた新たな取り組み 相田 聡

広島湾はマガキの天然採苗ができる全国的にも希少な海域であり、このことは広島で全国第1位の生産量を誇るカキ養殖が発展してきた要因の一つでもある。しかし1990年代以降は数年に1回の割合で採苗不調年が発生し、カキ業界にとって大きな問題となっている（図1）。特に2014年は採苗率13%の大不調の年となり、前年の2013年（採苗率85%）と合わせた連続した不調は業界にとって極めて深刻な状況を投げかける結果となった。当センターでは、採苗不調対策として2005～2007年度に開発研究「海水流動モデルを用いたカキ採苗技術研究」を立ち上げて不調に対する提案を行ったが、今年はその研究結果に基づいた提案の実践として業界、県、広島市等の関係市町が一丸となって採苗不調の解消に向けた取り組みを行った結果、良好な採苗へと結びついたので紹介する。

##### ③ アユ冷水病の病原機構の解明と防除技術の開発 永井 崇裕

アユの冷水病は1990年代前半から日本各地のアユに蔓延している細菌性疾病である。広島県では1993年に河川のア

ユでの発生が確認され、毎年被害を与えるようになった。この病気は、河川環境中に生存しやすいフラボバクテリウム・サイクロフィラムが原因となる。養殖場だけでなく河川でアユの死亡を引き起こすことから、アユ漁獲不振の一因となっている。アユ冷水病の病原機構の解明と防除技術の開発について報告する。

### 3 ポスター発表

- ・「広島かき」シーズン当初の身入りを早める技術
- ・むき身かきの鮮度保持技術の展開
- ・漁獲外傷魚の延命・回復技術の開発
- ・浸漬ワクチンの効果を高める技術の開発

## 〈広島県立総合技術研究所成果発表会、ポスター発表〉

2011 (H23) 年11月

### 1 口頭発表

「広島のカキは日本一」 岡崎 尚

瀬戸内海の恵みである「広島カキ」の価値を高めるために実施した研究と、それが実用化され大量生産されている三倍体かき・かき小町の展開について紹介する。

### 2 ポスター発表

- ・高品質かき生産のための人工種苗生産技術
- ・アマモ藻場造成のための育苗シート技術

2012 (H24) 年10月

### ポスター発表

- ・食品技術を新規形態餌料に応用 (食品工業技術センター・水産海洋技術センター)

2013 (H26) 年2月

### 口頭発表

漁獲魚を活かす技術で新たなビジネスを支援～漁獲魚の延命・外傷回復技術～ 工藤 孝也

2015 (H27) 年2月

テーマ「品質から強みをみがく！」

### 1 口頭発表

新鮮な広島かきを全国に届ける高鮮度むき身かき生産技術の開発 西井 祥則

### 2 ポスター発表

- ・低塩分海水を用いた新しい活魚ビジネス
- ・広島かき」むき身鮮度保持技術の展開

## 〈定例研究会〉

2011 (H23) 年

10月7日

- |                            |                |
|----------------------------|----------------|
| 1) 水産食品の衛生管理について           | 富永 健 (食品生活衛生課) |
| 2) 藻場を利用するシロメバル稚魚の広域成長比較   | 水野健一郎          |
| 3) 異なるアユ系統に対する冷水病菌株の病原性の違い | 永井 崇裕          |

11月8日

- 1) ワムシの培養管理技術について
- 2) 総合技術研究所集合研修について

吉岡 孝治  
若野 真・平田 靖

2012 (H24) 年

12月14日

- 1) ドジョウの生殖現象に及ぼす環境ホルモンの影響
- 2) 太田川河口域における魚類生産の河川間比較について
- 3) 総合技術研究所集合研修から
  - ・演習Ⅰ「イノベーションに活用するフレームワーク」
  - ・演習Ⅱ「ステージゲート法及び技術動向の把握手法」
  - ・「フレームワークを活用した戦略プロジェクトの分析」

中森 三智  
岩本 有司  
工藤 孝也  
柳川 建  
工藤 孝也

2014 (H26) 年

9月25日

- 1) 技術動向の把握と先行事例調査
- 2) 殻付き高効率生産技術の開発

柳川 建  
岡崎 尚

## 各種刊行物リスト List of Additional HFMTTC Publications

平成22年度広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター事業報告 (2011 (H23). 5)

平成23年度広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター事業報告 (2012 (H24). 5)

平成24年度広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター事業報告 (2013 (H25). 5)

平成25年度広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター事業報告 (2014 (H26). 6)

平成26年度広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター事業報告 (2015 (H27). 6)

平成27年度広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター事業報告 (2016 (H28). 12)

### 水産と海洋

No. 20 2011 (H23). 7

- ・巻頭言 広島県立総合技術研究所の発足から4年経過して
- ・平成23年度研究課題
- ・水産加工品の製造 (1)
- ・平成22年度水産海洋技術センター研究成果発表会結果
- ・新人紹介

No. 21 2012 (H24). 3

- ・ワムシの培養技術について
- ・水産加工品の製造 (2)
- ・平成23年度水産海洋技術センター研究成果発表会
- ・トピックス  
過去40年間の海洋観測結果を水技センター HPに公開

No. 22 2012 (H24). 8

- ・巻頭言 6年目のスタートにあたり
- ・平成24年度研究課題の紹介
- ・アカメバルとクロメバルで見られた分布および行動の種間差
- ・水産食品の加工 (干物)
- ・新人紹介
- ・トピックス  
4月に鹿川地区の小型底引き網でサツキマスが漁獲されました

No. 23 2013 (H25). 3

- ・平成24年度水産海洋技術センター研究成果発表会
- ・低塩分海水による蓄養技術の現場普及を目指して (その1)
- ・水産食品の加工 (かき)
- ・空を飛ぶニシキゴイ

No. 24 2013 (H25). 8

- ・巻頭言 平成25年度の取り組みについて
- ・平成25年度研究課題の紹介
- ・低塩分海水による蓄養技術の現場普及を目指して (その2)
- ・水産食品の加工 (加熱殺菌)
- ・第50回広島県錦鯉品評会
- ・トピックス  
ギンカガミが阿賀近海で獲れました  
高辻副主任研究員が品質工学研究発表会で金賞を受賞
- ・転入者紹介

No. 25 2014 (H26). 3

- ・平成25年度研究成果発表会
- ・施設使用料及び手数料の見直しについて
- ・NHKの取材について

No. 26 2014 (H26). 9

- ・巻頭言 平成26年度の取り組みについて
- ・品質工学研究発表大会でW受賞
- ・灰塚ダム周辺で再生産する陸封アユの生態解明に向けてのとりくみ
- ・むき身かき鮮度保持技術の展開
- ・平均値の話
- ・トピックス  
フォアグラハギが商標登録されました

No. 27 2015 (H27). 3

- ・平成26年度研究成果発表会
- ・目標値の設定
- ・レジャーの釣りVS仕事の釣り
- ・トピックス  
音戸中学校職場体験  
第51回広島県錦鯉品評会



広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター研究報告 第5号

2018年（平成30年）12月

発行：広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター  
センター長 相田 聡  
[〒737-1207] 広島県呉市音戸町波多見 6 丁目21- 1  
TEL：(0823)-51-2171  
FAX：(0823)-52-2683

印刷：山脇印刷株式会社  
[〒725-0003] 広島県竹原市新庄町29  
TEL：(0846)-29-1535  
FAX：(0846)-29-1537

**Takahiro NAGAI AND Toshihiro NAKAI**

Water temperature effect in *Edwardsiella ictaluri* infection of ayu *Plecoglossus altivelis* ... 46  
Kazuki MISHIRO, Yuji IWAMOTO, Shintaro INOUE, Takuma MORITA, Ken-ichiro MIZUNO,  
Yasuhiro KAMIMURA, Kotaro KIRAI and Jun SHOJI

Fish Community in Shallow Waters of Tidal Reach of the Ohta River, Southwestern Japan:  
Comparison between a Drainage Channel and a Natural River ..... 47

Hikari KINOSHITA, Yasuhiro KAMIMURA, Ken-ichiro MIZUNO and Jun SHOJI

Nighttime predation on post-settlement Japanese black rockfish *Sebastes cheni*  
in a macroalgal bed: effect of body length on predation rate ..... 47

Hideyuki TAKATSUJI, Ken-ichiro MIZUNO, Misato NAKAMORI, Makoto WAKANO

Application of quality robust engineering for a freshness preservation of shelled oyster I... 48

Ken-ichiro MIZUNO, Makoto WAKANO, Hideyuki TAKATSUJI, Takahiro NAGAI

Effects of the dinoflagellate *Karenia mikimotoi* on larval settlement of  
Pacific oyster *Crassostrea gigas* ..... 48

Jutarat Kittiwanchi, Tamiji YAMOTO, Osamu KAWAGUCHI, Ione Madinabeitia

Assessing responses of the Hiroshima bay ecosystem to increasing or decreasing  
phosphorus and nitrogen inputs ..... 49

**Takahiro NAGAI**

Characterization of *Vibrio harveyi* isolated from diseased dotted gizzard shad  
*Konosirus punctatus* ..... 49

**Yuji IWAMOTO, Anise MIDOOKA AND Satoshi AIDA**

Effects of delayed initial feeding on early survival and growth in marbled rockfish  
*Sebastes marmoratus* larvae. .... 50

Anise MIDOOKA, Osamu KAWAGUCHI, Takaya KUDOH, Yoshisuke IIDA, Norio NAGAO AND Takuya MATSUMOTO

Effect of the exposure to the low salinity water on the mortality rate  
in the wounded marine fishes. .... 50

Nahoko NISHIBORI, Asami KURODA, Osamu YAMADA AND Nami Goto-YAMAMOTO

Factors affecting dimethyl trisulfide formation in wine ..... 51

---

**Miscellany**

---

Presentation of results of the Center's researches (2011~2016) ..... 52

---

**List of Additional FMTC, HiTRI Publications**

---

Reports of FMTC, HiTRI ..... 60

---

Abstracts of Papers on FMTC, HiTRI Investigations Published in Other Periodicals

---

- Osamu KAWAGUCHI, Yasushi HIRATA, Makoto WAKANO, Tamiji YAMAMOTO AND Hidemi MUTSUDA  
Evaluation of organic matter load in different methods of oyster culture ..... 41
- Hidemi MUTSUDA, Kazuki MURAKAMI, Yasuaki DOI, Tamiji YAMAMOTO, Osamu KAWAGUCHI  
Seasonal change of oyster raft placement and seawater exchange in Etajima Bay ..... 41
- Takahiro NAGAI, Takahiro FUKUMA, Sayaka NAKATSU, Kenya SHIBATA AND Koji SAKAMOTO  
Softening of fish meat and changes of muscle protein by freeze-thaw enzyme infusion ..... 42
- Takahiro NAGAI AND Toshihiro NAKAI  
Growth of *Flavobacterium psychrophilum* in fish serum correlates with pathogenicity ..... 42
- Jun SHOJI, Shun-ichi TOSHITO, Ken-ichiro MIZUNO, Yasuhiro KAMIMURA, Masakazu HORI, Koji HIRAKAWA  
Possible effects of global warming on fish recruitment:  
shifts in spawning season and latitudinal distribution can alter growth of fish early  
life stages through the changes in daytime ..... 43
- EBTSAM SAYED HASSAN, MAHMOUD MOSTAFA MAHMOUD, Yasuhiko KAWATO, Takahiro NAGAI,  
Osamu KAWAGUCHI, Yoshisuke IIDA, Kei YUASA AND Toshihiro NAKAI  
Subclinical *Edwardsiella ictaluri* infection of wild ayu *Plecoglossus altivelis* ..... 43
- Yasuhiro KAMIMURA, Ken-ichiro MIZUNO, Tsutomu NODA, Koji HIRAKAWA, Hitoshi TAMAKI and Jun SHOJI  
Validation of daily periodicity of otolith increment formation and application  
for analysis of early growth of wild juvenile black rockfish *Sebastes cheni*  
Otolith Increment Formation and Growth of Rockfish ..... 44
- Hikari KINOSHITA, Yasuhiro KAMIMURA, Kotaro KIRAI, Ken-ichiro MIZUNO, Yuji IWAMOTO and Jun SHOJI  
Vulnerability of juvenile fish to piscivorous fishpredators increases during nighttime  
in a seagrassbed in the central Seto Inland Sea, Japan ..... 44
- Takahiro NAGAI, Misato NAKAMORI, Ken-ichiro MIZUNO, Hideyuki TAKATSUJI AND Makoto WAKANO  
Effect of bacterial growth on the quality of shucked oysters stored at low temperature ..... 45
- Kie MOHRI, Yasuhiro KAMIMURA, Ken-ichiro MIZUNO, Hikari KINOSHITA, Syun-ichi TOSHITO and Jun SHOJI  
Seasonal Changes in the Fish Assemblage in a Seagrass Bed in the  
Central Seto Inland Sea ..... 45
- Yasuhiko KAWATO, Yasuo YAMADA, Takahiro NAGAI, E. S. Hassan AND Toshihiro NAKAI  
Efficacy of chemotherapeutics against experimentally infected ayu *Plecoglossus altivelis*  
with *Edwardsiella ictaluri* ..... 46

Bulletin  
Of  
The Hiroshima Prefecture Technology Research Institute  
Fisheries & Ocean Technologies Center

No. 5

December 2018

---

Contents

---

Original Articles

- Takaya KUDOH, Satoshi AIDA and Anise MIDOOKA  
Locomotion investigation of juvenile devil stinger, *Inimicus japonicas*,  
hatchery reared released in muddy sand area adjacent seaweed bed  
complex in Kanokawa Bay, Hiroshima Prefecture ..... 1
- Takahiro NAGAI and Misato NAKAMORI  
Characterization of bacterial floras in immersion seawater of the shucked oysters ..... 15
- Yuji IWAMOTO and Anise MIDOOKA  
Influence of initial feeding of rotifers with different n-3HUFA contents  
on survival of marbled rockfish *Sebastiscus marmoratus* larvae ..... 21
- Eiji FUJIYOSHI, Motoya TAMAKI, Mahiko ABE, Goro YOSHIDA, Hiroshi YASUE and Satoshi AIDA  
Distribution of *Pyropia tenera* along the coasts of Hiroshima Bay and its vicinity. .... 27
- Anise MIDOOKA, Takaya KUDOH, Satoshi AIDA, Rie MATUSHITA\*, Tadahiko SHIONO\*  
and Yasuji AOYAMA  
Effect of hardness and red color formula feed on the baiting performance  
of devil stinger, *Inimicus japonicas* ..... 37