

水産技術

Journal of Fisheries Technology

水産技術 第1巻 第2号 2009年3月

原著論文

- マグロおよび数種のブリ類魚肉のテクスチャー測定について
..... 岡崎恵美子・白井一茂・木宮 隆・山下由美子・大村裕治 1-12
- Bench-top VPR (B-VPR) を用いたホルマリン液浸動物ブランクトン試料の計測
..... 市川忠史・瀬川恭平・森田 宏・田中照喜 13-23
- サケ科魚類の産卵床からのホースポンプによる発眼卵採集方法..... 岸 大弼・苅谷哲治・徳原哲也 25-28
- サケ人工増殖における親魚捕獲、蓄養および受精作業の現状と問題点
..... 宮本幸太・平澤勝秋・宮内康行・戸叶 恒 29-38
- 胃と腸の内容物からみた周防灘南部沿岸におけるナルトビエイの食性..... 伊藤龍星・平川千修 39-44
- 多段開閉式ネットによって採集されたシンカイエビの躯体の損傷度合いと
飼育生存期間の関連性..... 伊藤寿茂・三宅裕志・ドゥーグル ジョン リンズイー 45-51
- 瀬戸内海の開放性の高い海域に形成されたアマモ場における潜水式囲い網を
用いた生息生物の種組成と空間分布の調査..... 森口朗彦・高木儀昌 53-64
- 歩脚欠損を指標としたクルマエビの中間育成密度に関する一考察..... 山根史裕・辻ヶ堂謙 65-69

短 報

- オオクチバスの耳石と鱗へのアリザリン・コンプレキソンによる染色..... 加納光樹・久保田正秀・荒山和則 71-75
- 人工種苗マハタ、オニオコゼ、シマアジおよびニシンにおける鼻孔隔皮欠損の出現状況..... 松岡正信 77-80

目次

原著論文

- マグロおよび数種のブリ類魚肉のテクスチャー測定について
..... 岡崎恵美子・臼井一茂・木宮 隆・山下由美子・大村裕治 1-12
- Bench-top VPR (B-VPR) を用いたホルマリン液浸動物プランクトン試料の計測
..... 市川忠史・瀬川恭平・森田 宏・田中照喜 13-23
- サケ科魚類の産卵床からのホースポンプによる発眼卵採集方法..... 岸 大弼・荻谷哲治・徳原哲也 25-28
- サケ人工増殖における親魚捕獲, 蓄養および受精作業の現状と問題点
..... 宮本幸太・平澤勝秋・宮内康行・戸叶 恒 29-38
- 胃と腸の内容物からみた周防灘南部沿岸におけるナルトビエイの食性..... 伊藤龍星・平川千修 39-44
- 多段開閉式ネットによって採集されたシンカイエビの躯体の損傷度合いと
飼育生存期間の関連性..... 伊藤寿茂・三宅裕志・ドゥーグル ジョンリンズイー 45-51
- 瀬戸内海の開放性の高い海域に形成されたアマモ場における潜水式囲い網を
用いた生息生物の種組成と空間分布の調査..... 森口朗彦・高木儀昌 53-64
- 歩脚欠損を指標としたクルマエビの中間育成密度に関する一考察..... 山根史裕・辻ヶ堂諦 65-69

短 報

- オオクチバスの耳石と鱗へのアリザリン・コンプレキソンによる染色... 加納光樹・久保田正秀・荒山和則 71-75
- 人工種苗マハタ, オニオコゼ, シマアジおよびニシンにおける鼻孔隔皮欠損の出現状況..... 松岡正信 77-80

第 1 卷第 2 号掲載報文要旨 81-82

技術開発情報 83-85

CONTENTS

Original articles

Investigation of Methods Used for Physical Measurement and Sensory Evaluation of Meat Texture in Tuna and Some Species of Yellowtail

Emiko OKAZAKI, Kazushige USUI, Takashi KIMIYA, Yumiko YAMASHITA, and Yuji OMURA1-12

Usefulness of Bench-top VPR(B-VPR) in Measuring Formalin-preserved Zooplankton Samples

Tadafumi ICHIKAWA, Kyohei SEGAWA, Hiroshi MORITA, and Teruki TANAKA 13-23

Sampling of Eyed Eggs of Salmonids from Redds by Using a Hose Pump

Daisuke KISHI, Tetsuji KARIYA, and Tetsuya TOKUHARA 25-28

Adult Capture, Adult Holding for Maturation, and Fertilization in Artificial Propagation of the Chum Salmon (*Oncorhynchus keta*): Current Status and Problems

Kouta MIYAMOTO, Katuaki HIRASAWA, Yasuyuki MIYAUCHI, and Kou TOKANO 29-38

Observation of Stomach and Intestinal Contents to Reveal the Feeding Habits of the Longheaded Eagle Ray, *Aetobatus flagellum*, in the Coastal Waters of Southern Suo-Nada, Seto Inland Sea, Japan

Ryusei ITO and Chishyu HIRAKAWA 39-44

Relationship Between Body Damage and Long-term Survival in Deep-sea Shrimp, *Bentheogennema borealis*, Collected with the IONESS Plankton Net

Toshishige ITOH, Hiroshi MIYAKE, and Dhugal JOHN LINDSAY 45-51

SCUBA Net Analysis of Species Composition and Spatial Distribution of Inhabitants of an Open Water Eelgrass Bed in the Seto Inland Sea

Akihiko MORIGUCHI and Norimasa TAKAGI 53-64

Effect of Rearing Density in Intermediate Culture of the Kuruma Prawn *Marsupenaeus japonicus* on Pereiopod Loss

Fumihiko YAMANE and Akira TSUJIGADO 65-69

Short paper

Alizarin Complexone Staining of the Otolith and Scale of Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*

Kouki KANOU, Masahide KUBOTA, and Kazunori ARAYAMA 71-75

Deformity of the Inter-nostril Epidermis in Artificially Raised Juveniles of Sevenband Grouper (*Epinephelus septemfasciatus*), Devil Stinger (*Inimicus japonicus*), Striped Jack (*Pseudocaranx dentex*), and Pacific Herring (*Clupea pallasii*)

Masanobu MATSUOKA 77-80

Abstracts

..... 81-82

Information

..... 83-85

原著論文

マグロおよび数種のブリ類魚肉の テクスチャー測定について

岡崎恵美子*^{1a}・白井一茂*²・木宮 隆*¹・山下由美子*¹・大村裕治*¹

Investigation of Methods Used for Physical Measurement and Sensory Evaluation of Meat Texture in Tuna and Some Species of Yellowtail

Emiko OKAZAKI, Kazushige USUI, Takashi KIMIYA, Yumiko YAMASHITA, and Yuji OMURA

The quality of the raw fish used as sashimi differs with such factors as species, physiological condition, body region, and freshness, and these differences in quality result in differences in price. We investigated the methods used to analyze the physical properties of raw fish flesh and the sensory methods used for texture evaluation. Selection of the appropriate words was important in sensory evaluation. Appropriate selection of the shape of the plunger used to measure meat texture in each fish species gave reliable data. The results of some of the physical evaluations were well correlated with the results of sensory evaluations.

2008年12月2日受付, 2009年2月2日受理

わが国における水産物の消費形態では、商品価値が最も高い刺身によるものが非常に多い。マグロでは、国内消費の8割以上が刺身等の生食用として消費されている¹⁾。水産物の生食・刺身商材としての評価は、魚種、生理状態や魚体の大きさ、魚体部位による成分の違いや鮮度等により影響され、味、風味、物性、色調等が重要な品質評価要因となる。魚肉の物性は、魚種^{2,4)}ばかりでなく、魚体の成分(養殖・天然物の違い等)^{5,6)}、致死条件、死後硬直と解硬を伴う鮮度変化等に影響される⁷⁻¹²⁾。地域により物性を重視するところや味を評価するところなどがあり、食の場面を想定して最適な「食べ頃」の状態で食卓に届けるために、産地あるいは市場での活け締め時間設定などが行われている¹³⁾。また養殖魚の飼育技術や漁獲・流通技術の改良により高品質化を図り、より嗜好性の高い肉質の魚介類を生産しようとする動きも高まっている。

このような中で、刺身商材としての魚介肉の肉質を適

正に評価する手法の開発は、品質管理や消費者の嗜好性に合致した商品の提供のためにも重要であるが、その有力な手法と考えられる物性測定法や官能検査法は系統立ってマニュアル化されたものがなく、個々の研究者がそれぞれの研究目的に合わせて個別に設定した条件に従い行われるにとどまっている。

例えばこれまでに、魚介肉の物性に着目した研究として、マアジ⁵⁾、ティラピア⁷⁾、ウナギ¹⁴⁾、ブリ¹⁵⁾、クルマエビ¹⁶⁾、ホタテガイ¹⁷⁾、ホシガレイ¹⁸⁾などで破断試験による魚介肉の物性測定が行われている¹⁹⁾が、その測定に用いられたプランジャーの形状は異なっており、上に挙げた例ではそれぞれV字型^{5,15)}、円柱型^{7,14)}、球状¹⁴⁾、ナイフ^{16,18)}、ピアノ線¹⁷⁾が用いられている。これらの測定法から得られる各種の物性パラメーターは、それぞれその表現しようとする特質が異なっていると考えられ、このように多岐の方法が用いられている事実は、恐らく刺身として消費される各種魚介類の肉質特性

*¹ 独立行政法人水産総合研究センター 中央水産研究所 〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4
National Research Institute of Fisheries Science, FRA 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan
eokazaki@affrc.go.jp

*^{1a} 現所属：長崎県総合水産試験場水産加工開発指導センター

*² 神奈川県水産技術センター

の豊富さ、多様さを示しているが、その方法を用いることの妥当性を検証した例は、安藤らの円柱型プランジャーによる方法²⁰⁾など、わずかな例にとどまっている。魚介類の肉は組織中に筋隔膜があることや、筋繊維に方向性があり、魚体部位によっては脂質含量が大きく異なるなど組織が不均一であること、多岐にわたる魚介類の肉質がそれぞれに特徴的であること、鮮度変化等により物性が経時的に大きく変化すること等もこれらの客観的な評価を困難にしており、個々の魚介類の特性に応じた評価方法を適切に選択するための指針が求められている。

一方、特徴の異なる食品の相互比較によりそれらの特徴づけを行う場合、官能検査は有効な方法であり、これを高い精度で行うためには対象食品の特性に応じた評価項目の設定が必要不可欠である²¹⁾。食品分野全般における食品の特性を表現するための用語の収集や整理はなされつつある^{22,23)}が、水産分野、特に魚介類のテクスチャーに関する官能検査は煮熟魚肉²⁴⁾や一部の刺身²⁵⁾について報告されたのみで、その評価方法を系統的に検討した例はなく、生鮮魚介類の嗜好性を適正に評価する上での障害となっている。

そこで本研究では、生食用のメバチ (*Thunnus obesus*)、ブリ (*Seriola quinqueradiata*) およびその近縁種のヒラマサ (*Seriola lalandi*)、ブリヒラ (ブリ×ヒラマサの交雑魚)²⁶⁾を対象種として、テクスチャー特性評価に焦点を絞り、魚肉特性の官能評価方法および魚肉物性の測定方法について検討を行ったので、研究結果について報告する。

材料および方法

試料 ブリ類の官能検査においては、養殖ブリ (愛媛県で養殖後、神奈川県三浦市で蓄養、体重 $3.60 \pm 0.12\text{kg}$ 、体長 $50.9 \pm 4.9\text{cm}$)、養殖ヒラマサ (香川県産、体重 $4.19 \pm 0.71\text{kg}$ 、体長 $63.5 \pm 4.3\text{cm}$)、養殖ブリヒラ (三重県産、体重 $4.00 \pm 0.08\text{kg}$ 、体長 $60.7 \pm 3.1\text{cm}$)、天然ブリ (富山県産、体重 7.7kg 、体長 73cm) を活け締め後、氷蔵で実験室に搬送したものを解体してフィレーとし、漁獲後1日～3日後のものを官能検査に供した。

養殖ブリの物性測定においては、長崎県総合水産試験場で畜養した養殖ブリ10尾 (体重 $3.78 \pm 0.36\text{kg}$ 、尾叉長 $61.6 \pm 3.3\text{cm}$) を用いた。生け簀から取り上げて活け締め後、氷蔵で実験室に搬送し、解体してフィレーと

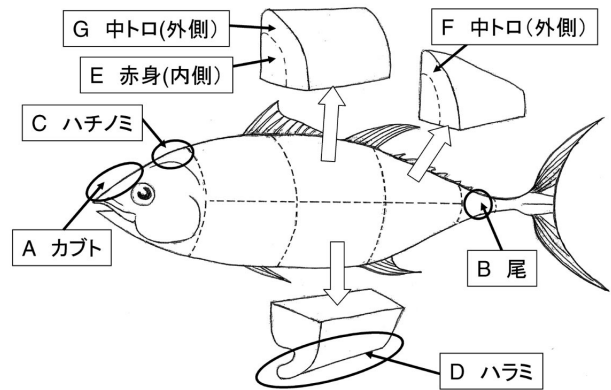


図1. メバチの各部位と呼び方

し、活け締め直後から120時間後までのものを物性測定に供した。測定部位は、「2 魚体の測定部位による影響」についての試験以外は、背部普通肉の頭部後方5cmより後方魚体の約1/2までの部位を用いた。

マグロ肉は、マグロ加工業者 (神奈川県三浦市) によるセミドレスの凍結メバチの解体時に、各部位を凍結状態のまま小片にカットしたものを入手し、実験まで -40°C で保管した。これを 5°C 冷蔵庫にて約6時間緩慢解凍し、物性測定ならびに官能検査に供した。図1にメバチのサンプル部位と部位の呼称を示した。また表1には各部位の成分組成として脂質含量と水分含量について測定した結果を示した。

官能評価 刺身の官能検査における評価用語について検討するため、①近縁種で肉質が類似している魚種のモデルとして養殖ブリ、ヒラマサ、ブリヒラを、また②同じ魚種であるが特性のかなり異なった魚種のモデルとして天然ブリと養殖ブリを用いた官能検査を行った。

評価項目については、まず自由記述によるアンケートを用いて刺身の評価に必要なと考えられる項目をリストアップし、次いで研究者4名によるオープンパネル法により評価項目を絞り込んだ。

①については、外観からみたおいしさ、血合肉の色調、外観からみた肉質 (身の締まり具合・しっかりした感じ)、外観からみた身割れの有無、表面に脂が浮いているような感じ、外観からみた脂の多寡、血が滲んでいるような感じ、普通肉の部分の赤みの強さ、普通肉の透明感、においの強さ、歯ごたえの強さ、舌触り (なめらかさ、ねっとりした食感)、筋っぽさ、水っぽさ、ブリプリした感じ、噛み切りやすさ、不快な味、新鮮な感じ、脂っぽさ、総合的な嗜好性の20項目を選択した。

表1. メバチ各部位の脂質ならびに水分含量

	A	B	C	D	E	F	G
呼称	カブト	尾	ハチノミ	ハラミ	赤身	中トロ	中トロ
水分(%)	62.3	68.3	69.7	59.4	72.0	72.1	60.7
粗脂肪(%)	12.0	2.1	3.3	14.4	0.2	0.9	6.3

A～Gについては図1を参照のこと。

なお、試験用の刺身は、対象となる試験区3種類（養殖ブリ、ブリヒラ、ヒラマサ）のほかに養殖ブリを対照区として用い、これを基準（0）としてその違いを具体的に言葉で説明した7段階評点法（+3～-3）で評価した。例として、色調であれば、3（対照より非常に鮮やかである）、2（対照よりやや鮮やかである）、1（対照より僅かに鮮やかである）、0（対照と同じ）等の言葉を付記し、-3～+3の評価点の定義を明示できるようにした。

②については、外観からみたおいしさ（おいしそうにみえる-おいしそうにみえない）、色調（普通肉の赤みの強さ）、透明感、においの強さ、生臭さ、不快な味、脂の多さ、硬さ（歯ごたえ）、舌触り（ねっとり感、なめらかさ）、身の締まり、しっとり感、新鮮感、うまみ、総合的な味の強さ、素材としてのランク（高価格と感じる-低価格と感ずる）の16項目を選択した。なお、味覚を表現する用語として、「酸味」「渋味」「生臭い味」「脂臭い味」もリストアップされたが、パネルにとってこれらの区別が困難であることから、味覚に関する項目は「うまみ」、「不快な味」、「総合的な味の強さ」で代表させた。試験用の刺身は、対象となる試験区（天然ブリ、養殖ブリの2種類）を対照区を置かず評価した。すなわち、各個人が自分のイメージとして持っている「ハマチの刺身」を基準とし、「ハマチの刺身としてどのように感じるか」を、具体的に言葉で説明した5段階評点法（1～5点）で評価した。例として、透明感の評価については、5（ハマチの刺身としては、かなり透明感が強い方だと思う）、4（ハマチの刺身としては、比較的透明感が強い方だと思う）、3（ハマチの刺身としては、ふつうだと思う）、2（ハマチの刺身としては、やや透明感がない方だと思う）、1（ハマチの刺身としては、全く透明感がないと思う）のような説明を付記し、1～5点の定義を明示できるようにした。

パネルによる誤差を少なくするため、外観、におい、色調など食わずに評価できる項目については各試験区について複数の刺身を盛り合わせた試料を用いた。同一のパネルが評価する各試験区の試料は、比較しようとする対象種の、同一の部位から採取するようにした。また、形状による誤差を少なくするため、サイズや切り口、血合肉の量等が一定になるように整形した。また色調を同一条件下で評価できるように、調光ランプを用いて光量を一定とした。食味試験は醤油をつけずに評価したが、通常の食形態を考慮すると醤油が不可欠であることから、醤油をつけた総合的な評価項目を付け加えた。またパネルによる評価尺度の理解のばらつきを少なくするために、検査開始時には口頭で検査項目の主旨を補足説明した。なお、①、②の官能検査のいずれも、中央水産研究所員等20～30名をパネルとした。

検査結果は分散分析により項目ごとの標準偏差と平均値を求め、食味の概念の構造を探るために因子分析、クラスター分析を行った。そのために、各評価項目間の相

関係数を求め、相関行列から因子負荷量を求めた。また因子得点散布図を作成し、各魚肉特性の差異表現の検討を行った。

マグロについては、食感の異なる各種部位の肉について、物性測定値と官能評価による評価の関連を調べるため、中央水産研究所員12名をパネラーとして官能検査を行った。評価項目として「歯ごたえ」ならびに「とろけ感（とろけるような食感）」を選び、「中トロ」を対照として-3～+3の7段階評点法で評価した。

物性測定 養殖ブリ魚肉の物性は、レオメーター（レオテック社製）により、3種のプランジャー（φ3mm円柱型、楔型、φ5mm球形）を用いて、即殺後0～144時間水蔵した鮮度の異なる試料の破断試験を行い、プランジャーの形状と鮮度低下に伴う物性値変化との関連を調べた。試料の採取は安藤らの方法²⁰⁾に準じ、フィレーを筋繊維の方向と垂直に切断し、破断試験に供した。円柱型、球形の場合には筋隔膜を避けてプランジャーが進入するように、楔型の場合には筋隔膜に垂直にプランジャーが当たるように、図2に示す部位を選定した。同一試料について各々10～20回の測定を繰り返し、平均値と標準偏差を求めた。試験用の魚肉片は直接水に触れないように留意しながら氷冷して保管し、5℃以下で測定を行った。

マグロ肉の物性測定は、テクスチャーアナライザー（Stable Microsystems社製）を用い8種類（φ5mm球形、φ3mm円柱型、プレート形、楔型、針状、ボルト形、ピアノ線、ナイフ）の形状のプランジャーにて、破断試験を行った。

いずれの測定においても、破断強度の極大値と最大値（図3）を測定した。極大値は、レオメーターによる測定ではテクスチャープロファイルの形状から判断し、テクスチャーアナライザーによる測定では肉中へのプランジャーの進入に伴い増大した応力が、1g以上減少した時点を読み取った。プランジャーの移動速度は1mm/sec.とした。試験片の形状は部位により異なるが、高さはいずれも20mmとなるように調整した。

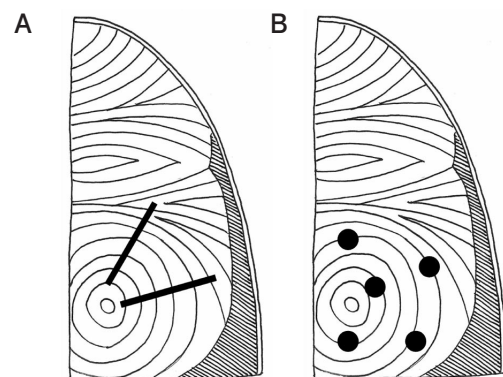


図2. 物性測定部位
(A: 楔型プランジャー, B: 円柱型・球形プランジャー)

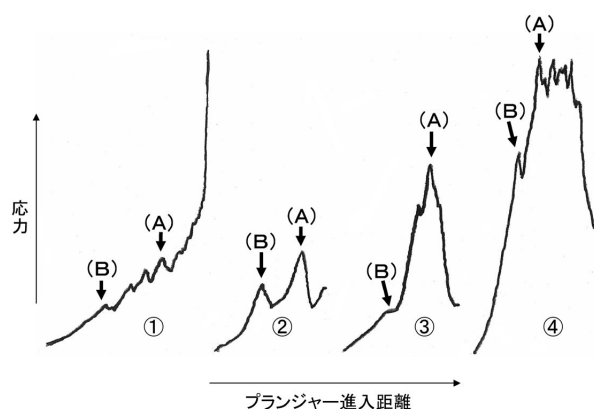


図3. 魚肉のテクスチャープロファイルにおける応力の最大値と極大値
(A: 最大値, B: 極大値, ①新鮮度時の側定例, ②球形プランジャーによる測定例, ③円柱型プランジャーによる測定例, ④楔型プランジャーによる測定例)

結果と考察

ブリ類魚肉の官能検査による魚肉特性評価 本研究では、魚肉の官能検査における評価用語を適切に選定するため、その特徴が類似している養殖ブリ、天然ブリ、ヒラマサ、ブリヒラを対象として種々の評価項目を用いた官能検査を行い、その結果から評価項目間の相関を求め、官能的な特徴に寄与する因子の抽出を試みた。

まず、①養殖ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの組み合わせについて、漁獲後1日～3日後の3回にわたり評価を行った。このときに用いた20の評価項目ごとの評価点を、図4に示した。この評価点に基づいて評価項目間の類似性を示す相関係数(表2)を求めたところ、外観による美味しさの評価と高い相関を示す項目はなく、食しての総合評価との相関係数は0.46であった。「脂の浮き」と「外観による脂の量」が0.70、「筋っぽさ」と「噛み切りやすさ」が-0.64を示したほかは全般的に低かった。

①と同様の方法により、②天然ブリと養殖ブリを比較した官能検査において用いた16の評価項目間の相関係数を求め、表3に示した。外観により美味しそうに見えるかどうかの評価と高い相関を示す項目はなかったが、「透明感」が各項目の中では比較的高い値(相関係数0.47)を示した。また「うまみ」と「総合的な味の強さ」が0.69、「硬さ・歯ごたえ」と「身の締まり」が0.73を示したほかは全般的に相関が低かった。これらのことから、官能検査に用いたそれぞれの評価項目は、相互に異なる概念を持つことが示唆された。②の官能検査における評価項目間の相関から得たクラスター分析樹形図(図5)からも、上記の関係が裏付けられた。

次に、それぞれの評価項目による評価が全体の評価に与える影響をみるために、因子分析を行った。表4に示すように、①ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの比較において

は、もっとも寄与率の高い因子1(寄与率15.98%)に関わる評価項目は、「筋っぽさ」「噛み切りやすさ」「歯ごたえ」「プリプリ感」「舌触り」であり、テクスチャーに関する評価項目が上位を占めた。また因子2(寄与率10.54%)は新鮮さに関する項目、因子3(寄与率8.87%)は脂質に関する項目、因子4(寄与率8.03%)および因子5(寄与率5.87%)は主に外観に関する項目であった。第1～第5因子までの累積寄与率が約50%であることから、これら3種の魚肉の識別においては第1～第5因子までの総合的な判断をしていることが推察されたが、主な因子はテクスチャーの違いによるものであることが示された。

一方、表5に示すように、②天然ブリ、養殖ブリの比較においては、因子1(寄与率28.25%)、因子2(17.28%)のいずれについても味、脂質、テクスチャー、色調など、各種要因が広く関わっていた。第1～第2因子までの累積寄与率は45.53%であり、これら2者の比較においても官能評価にかかわる各種要因を総合的に評価し識別していることが示唆されたが、因子1に寄与する項目として「うまみ」、「総合的な味の強さ」「脂の多さ」「しっとり感」など脂質の存在に関与する項目が上位を占めた。この理由として、天然ブリは大型(7.7kg)であり脂質量が多いことがこれらすべての項目に影響したことも一因と推定されるが、このような食味評価に及ぼす各種成分の影響については別途検討する必要がある。

以上のように、官能検査結果に及ぼす各因子の寄与率は①と②の場合で異なっていたが、①では因子1(食感)、因子2(新鮮さ)、因子3(脂)、因子4(外観)、因子5(におい)の累計が、②では因子1(味、食感)と因子2(味、食感)の累計が、それぞれ約50%を占め、刺身としての魚肉の評価において「食感」が重要であることが示された。

図6には、①ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの評価に関与した因子1および因子2を縦軸と横軸にとった座標面に、各々のパネルによって評価された各試料の因子得点をプロットした因子得点散布図を示した。すでに図4に示したように、ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの各項目の評価点は個別にはほとんどの項目で有意差がみられなかったが、因子分析による因子得点の散布図を用いて種による特徴の差異を視覚的に表現することができた。また図7には、②天然ブリ、養殖ブリについての因子得点散布図を示し、天然ブリと養殖ブリが異なる特徴をもつことを示すことができた。

以上のように、対象とする魚種、あるいは比較しようとする魚種等の組み合わせに応じて官能検査の評価項目や評価尺度の定義をきめ細かく設定し、それぞれの魚肉の官能的特性の違いを表現するための取り組みを行い、対照区を置いた試験(①ブリ、ヒラマサ、ブリヒラ)、対照区を置かず各パネルの基準で評価した試験(②天然ブリ、養殖ブリ)のいずれについても、それぞれの魚

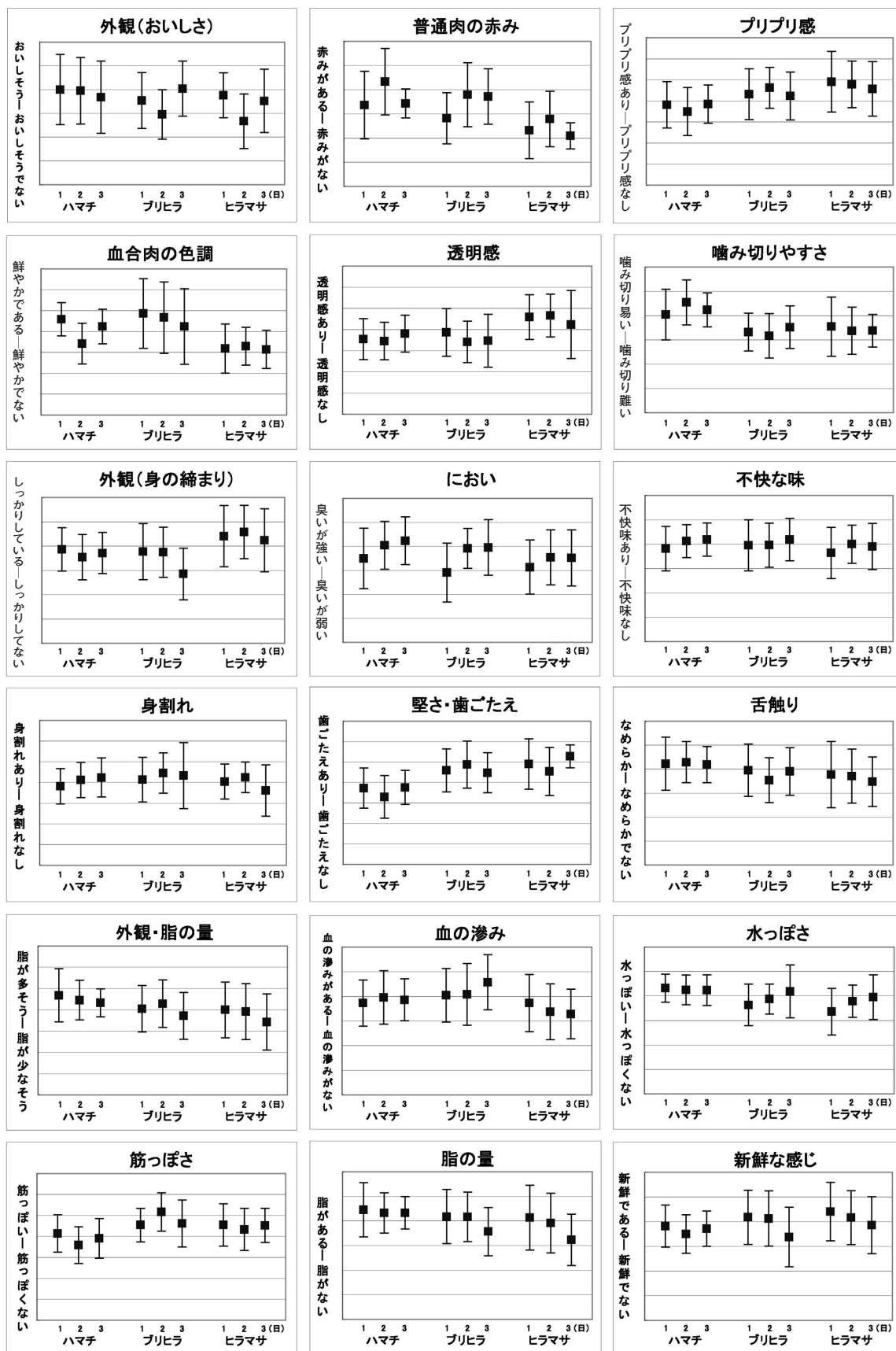


図4. 養殖ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの官能検査評点
(漁獲後1日目、2日目、3日目を図示)

表2. 養殖ブリ, ヒラマサ, ブリヒラの官能検査項目相互の相関関係

	外観・お いしさ	血合肉 の色調	外観・身 の縮まり	身割れ	脂浮き	外観・脂 の量	血の 滲み	普通肉 の赤み	透明感	におい	硬さ・歯 ごたえ	舌触り	筋っぼ さ	水っぼ さ	プリプリ 感	噛み切 りやすさ	不快 な味	脂の量	新鮮な 感じ	総合評 価	
外観・おいしさ	1.00																				
血合肉の色調	0.12	1.00																			
外観・身の縮まり	0.26	0.14	1.00																		
身割れ	-0.26	0.07	-0.30	1.00																	
脂浮き	0.05	0.02	-0.32	0.22	1.00																
外観・脂の量	0.18	0.07	-0.25	0.12	0.70	1.00															
血の滲み	-0.24	0.26	-0.11	0.15	0.12	-0.09	1.00														
普通肉の赤み	-0.07	0.05	-0.25	-0.25	0.09	-0.03	0.31	1.00													
透明感	0.25	0.02	0.56	-0.09	-0.30	-0.34	-0.16	-0.33	1.00												
におい	-0.14	-0.03	-0.21	0.09	0.03	-0.22	0.37	0.30	-0.20	1.00											
硬さ・歯ごたえ	-0.20	0.14	-0.01	0.30	-0.14	-0.14	-0.01	-0.28	0.01	-0.04	1.00										
舌触り	0.19	-0.02	-0.21	-0.05	0.16	-0.02	0.01	0.21	-0.21	0.11	-0.29	1.00									
筋っぼさ	-0.28	0.17	0.02	0.23	-0.22	-0.08	0.05	-0.23	-0.01	-0.16	0.57	-0.50	1.00								
水っぼさ	-0.07	-0.08	-0.06	0.01	0.05	0.12	-0.04	-0.13	-0.06	-0.22	-0.09	0.10	0.07	1.00							
プリプリ感	0.03	0.09	0.27	0.07	-0.16	-0.11	-0.18	-0.36	0.18	-0.25	0.59	-0.36	0.54	-0.15	1.00						
噛み切りやすさ	0.16	-0.12	-0.10	-0.13	0.16	0.18	-0.11	0.24	-0.07	0.04	-0.62	0.35	-0.64	0.24	-0.61	1.00					
不快な味	-0.19	-0.09	-0.14	-0.12	0.05	-0.01	0.05	-0.03	-0.17	0.06	-0.02	0.13	-0.20	0.08	-0.23	0.25	1.00				
脂の量	-0.04	0.01	-0.09	0.18	0.36	0.30	0.15	-0.22	-0.12	0.15	-0.15	0.24	-0.23	0.20	-0.40	0.29	0.31	1.00			
新鮮な感じ	0.23	0.13	0.13	-0.01	-0.02	0.06	-0.07	-0.10	0.10	-0.40	0.27	-0.18	0.42	0.02	0.53	-0.41	-0.36	-0.40	1.00		
総合評価	0.46	0.16	0.31	-0.06	0.00	0.18	-0.18	-0.16	0.28	-0.31	0.12	-0.06	0.11	0.08	0.41	-0.13	-0.48	-0.13	0.44	1.00	

表3. 天然ブリおよび養殖ブリの官能検査評価項目相互の相関関係

	外観・お いしさ	色の 強さ	透明感	におい	うまみ	生臭さ	不快 な味	脂の 多さ	脂の 臭み	総合的 な味の 強さ	硬さ・ 歯ご たえ	舌触り	身の縮 まり	しっとり 感	新鮮な 感じ	素材ラ ンク	
外観・おいしさ	1.00																
色の強さ	0.01	1.00															
透明感	0.47	-0.20	1.00														
におい	-0.14	-0.16	0.01	1.00													
うまみ	0.27	0.44	-0.02	-0.30	1.00												
生臭さ	-0.35	-0.14	-0.14	0.42	-0.42	1.00											
不快な味	-0.23	0.00	-0.11	0.19	-0.38	0.56	1.00										
脂の多さ	0.10	0.50	-0.13	-0.25	0.60	-0.28	-0.15	1.00									
脂の臭み	-0.13	0.07	-0.07	0.12	-0.09	0.38	0.52	0.20	1.00								
総合的な味の強さ	0.12	0.49	-0.11	-0.18	0.68	-0.24	-0.21	0.65	0.05	1.00							
硬さ・歯ごたえ	-0.02	-0.49	0.23	0.11	-0.32	0.07	-0.09	-0.39	-0.12	-0.40	1.00						
舌触り	0.27	0.43	0.01	-0.29	0.47	-0.21	-0.18	0.38	0.06	0.40	-0.42	1.00					
身の縮まり	0.08	-0.52	0.34	0.15	-0.28	-0.04	-0.16	-0.38	-0.20	-0.28	0.73	-0.30	1.00				
しっとり感	0.10	0.46	-0.11	-0.26	0.43	-0.17	-0.12	0.43	0.01	0.42	-0.50	0.49	-0.54	1.00			
新鮮な感じ	0.21	-0.07	0.32	-0.12	0.12	-0.26	-0.33	0.03	-0.22	0.09	0.40	0.02	0.50	-0.14	1.00		
素材ランク	0.36	0.35	0.08	-0.22	0.55	-0.43	-0.46	0.37	-0.26	0.44	-0.13	0.49	-0.02	0.41	0.47	1.00	

表 4. 官能検査（養殖ブリ・ヒラマサ・ブリヒラ）の因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
筋っぼさ	0.806	0.098	-0.061	0.064	-0.008
噛み切りやすさ	-0.755	-0.193	0.118	0.024	-0.194
堅さ・歯ごたえ	0.765	0.000	0.016	-0.026	0.057
プリプリ感	0.677	0.384	-0.123	-0.164	-0.112
舌触り	-0.512	-0.051	0.096	0.126	0.047
総合評価	0.090	0.660	0.110	-0.280	-0.119
新鮮な感じ	0.388	0.626	-0.067	0.042	-0.143
不快な味	-0.137	-0.570	0.068	0.051	-0.143
外観・おいしさ	-0.340	0.521	0.066	-0.293	-0.095
脂浮き	-0.173	0.106	0.740	0.287	0.037
外観・脂の量	-0.122	0.249	0.721	0.264	-0.236
脂の量	-0.221	-0.382	0.550	-0.140	0.025
透明感	0.038	0.141	-0.206	-0.703	-0.061
外観・身の締まり	0.021	0.230	-0.220	-0.675	-0.025
普通肉の赤み	-0.366	0.075	-0.213	0.455	0.340
血の滲み	0.032	-0.138	0.100	0.143	0.589
におい	-0.140	-0.300	-0.054	0.145	0.553
血合肉の色調	0.109	0.208	0.149	-0.111	0.316
身割れ	0.339	-0.164	0.371	0.077	0.129
水っぼさ	-0.056	-0.101	0.165	0.017	-0.328
寄与率	15.98	10.54	8.87	8.03	5.87
累積寄与率	15.98	26.52	35.39	43.42	49.29

表 5. 天然ブリと養殖ブリの官能検査項目についての因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
うまみ	-0.785	-0.172	0.071	-0.131	-0.045
総合的な味の強さ	-0.735	0.018	0.203	-0.287	0.016
脂の多さ	-0.714	0.105	0.225	-0.227	-0.198
しっとり感	-0.668	0.190	-0.071	0.135	0.117
色の強さ	-0.645	0.257	0.039	-0.082	0.112
舌触り	-0.641	-0.003	0.122	0.193	0.099
素材ランク	-0.624	-0.443	0.069	-0.037	0.237
身の締まり	0.529	-0.648	0.195	-0.174	0.013
硬さ・歯ごたえ	0.597	-0.516	0.143	-0.240	-0.081
生臭さ	0.453	0.514	0.252	-0.070	0.250
新鮮な感じ	-0.037	-0.663	0.230	-0.186	0.079
脂の臭み	0.054	0.506	0.518	-0.007	-0.169
不快な味	0.334	0.604	0.313	0.093	-0.061
透明感	0.102	-0.455	0.319	0.405	-0.013
外観・おいしさ	-0.265	-0.423	0.213	0.454	-0.016
におい	0.390	0.171	0.157	-0.079	0.395
寄与率(%)	28.25	17.28	5.23	4.54	2.48
累積寄与率(%)	28.25	45.53	50.76	55.30	57.79

肉の肉質の差異をある程度表現することができた。養殖条件による養殖魚の肉質を比較しようとする場合などは、必ずしもすべての条件の試料を同時に比較できるわけではない。また、複数回にわたって試験を繰り返して行う場合に、全く同じ品質の対照区を用いることは困難である。必要となる用語や対照区の設定等の方法は官能検査を行う目的によって随時変更する必要があるが、本報で用いたような手法は、対照区を設定しにくい魚肉の評価に応用できるものと考えられる。

養殖ブリ肉の物性測定による評価 食品の食感のうち「かたさ」は物理的測定値と官能評価値の相関が最も高いといわれ²⁷⁾、水産物では冷凍すり身品質検査基準としてのすり身加熱ゲルの物性測定方法が確立されている²⁸⁾が、魚肉の物性測定についてはレオメーターによる破断荷重の測定が行われているものの具体的な手法は統一されていない²⁹⁾。そこで、本研究では、魚肉の破断試験における測定法について、いくつかの観点から検討を行った。

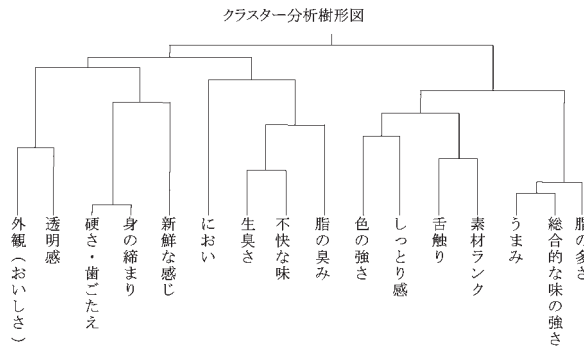


図5. 官能検査における評価項目間の相関から得たクラスター分析樹形図

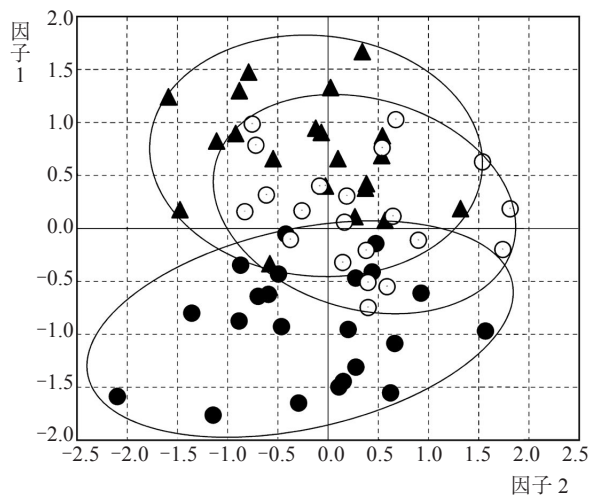


図6. 養殖ブリ、ヒラマサ、ブリヒラの官能検査による因子得点散布図 (○養殖ブリ、▲ブリヒラ、●ヒラマサ)

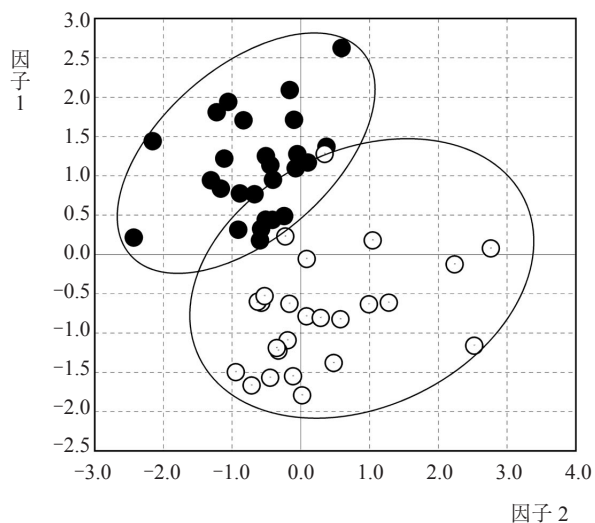


図7. 天然ブリと養殖ブリの官能検査による因子得点散布図 (○天然ブリ、●養殖ブリ)

1. 破断試験における最大値・極大値 魚肉にプランジャーを突き刺したときに生じる応力は、試料の魚肉表面をプランジャーが突き破る力のほか、筋隔膜のずれ易さや、表面からは見えにくい内部構造の影響なども複合的に関与し合っているものと考えられ、比較的均一な構造をもつ練り製品等の試料と比較して安定した物性値が得られにくい。また、場合によっては、図3-①に示すようにプランジャーの進入に伴って破断強度が一方的に上昇して最大値を読み取りにくいことがあり、また図3-②のように最大値の前に極大値のピークを示す場合や、図3-③のように極大ピークではなく肩状の変曲点が現れる場合もある。そこで、ここではブリ肉の物性評価において比較的良好に用いられている3種の形状のプランジャー(円柱型、球形、楔型)を用いて、その形状および物性測定値の読み取り方と、測定値のばらつきとの関係について検討した。

球形の場合には比較的明瞭な極大ピークが得られたため、極大値と最大値を測定した。円柱型および楔型の場合には、明瞭な極大ピークが得られない場合も多かったため、最大値のピーク以前に出現する極大ピークおよび肩(変曲点)の部分のいずれかを極大値として読み取った。

測定値のばらつきの程度を示す指標として便宜的に、同一試料の測定において得られた10~20の計測値から“標準偏差/破断強度平均値”を算出し、各種の試料の測定において得られた値を図8中にプロットした。この図において、“標準偏差/破断強度平均値”の値が低いほうが測定値のばらつきが少ないことを示す。測定値のばらつきの大きさは、円柱型および球形プランジャーを用いた場合は最大値よりも極大値(変曲点)の方が、楔型プランジャーを用いた場合には逆に極大値よりも最大値を求める方が、ばらつきが小さくなるとの結果が得られた。

2. 魚体の測定部位による影響 養殖ブリ背肉の異なる部位(頭に近い部分、中心部、尾部)を用いて、測定部位による物性測定値の変動について調べた結果を図9に示す。円柱型、球形プランジャーを用いた場合には、いずれも頭部で、また楔型では頭部および尾部で、やや高い破断強度を示す傾向があった。

測定部位を示した図2にみられるように、試料となる魚肉切り身には多くの筋隔膜が存在しているが、筋節は脊椎骨に対し斜めに入り込んでいる構造になっており³⁰⁾、魚肉試料にプランジャーが進入する際に、内部で筋隔膜に接する、あるいはこれを突き破るときに応力を生じ、これが破断強度に影響を与えることが推察される。この筋隔膜は、魚体中心部よりも背に近い部分で間隔が狭く密な構造になっており、頭部では密な構造の範囲が大きい。また尾部に近くなり試料表面の面積が小さくなるに従って、同心円状の筋節における筋隔膜の間隔が小さくなり、その結果として筋隔膜の影響を受けやす

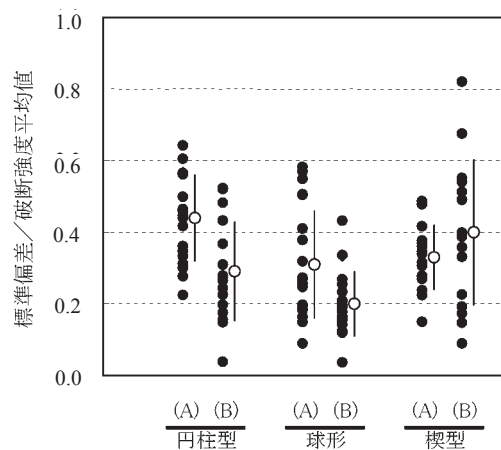


図8. 魚肉物性測定におけるプランジャー形状と物性測定値の精度との関係 (A: 最大値, B: 極大値)

くなることが推察された。これらのことから、魚肉の物性測定を行う際に、その測定部位はできるだけ背肉の頭部や尾部を除くなど、特定して行う必要のあることが確認できた。

3. 保存期間の異なる養殖ブリ肉の物性評価 破断試験におけるプランジャーの形状の相違や、ピークの読み取り方の影響を確認するため、漁獲後の保存期間の異なる養殖ブリ肉の物性について、3種のプランジャーを用いて最大値ならびに極大値を測定した結果を図10に示した。いずれの測定方法による場合も、明瞭に死後硬直による筋肉収縮が観察された24時間後までに破断強度が急激に低下し、その後の変化は小さかった。また漁獲直後から死後硬直に至るまでは非常に高い測定値を示すが、測定値のばらつきも大きく、一定の値を得にくいことも示された。また楔型プランジャーでは、致死後の初期に一旦破断強度が上昇してから低下する傾向が示されたが、円柱型ならびに球形の場合にはそのような変化は示されなかった。

鮮度低下に伴う物性低下の勾配に着目すると、円柱型・球形・楔型のいずれの場合にも、極大値よりも最大

値における変化の方が大きかった。一方、測定値のばらつきの度合いは、図8で示されたように、円柱型ならびに球形では最大値よりも極大値で、楔型では極大値よりも最大値で小さく、比較的収束した値となった。

刺身を食する場合、通常はまず前歯(楔型)で噛み切ってから奥歯(円柱型)で噛み締めること等を考えると、本試験で用いたプランジャーはそれぞれに魚肉の特徴を示すことが推察されるため、一概に単一の評価手法に絞り込む必要はないと考えられる。また複数のパラメーターを組み合わせることも有効であろう。畑江は複数の物性測定値や筋繊維の長さ・太さなどの指標を組み合わせることにより、種々に異なる魚種間のテクスチャーの違いを判別値として示した²⁴⁾。また5魚種のクリープ・コンプライアンスを求め、粘弾性定数からの魚肉特性の特徴付けを試みた⁴⁾が、得られた結果は経験的なテクスチャー評価による硬さの順序とは必ずしも一致せず、むしろ逆であり、我々が硬いと感じる感覚は弾性率・粘性率といった物理化学的性質ではなく、結合組織による噛み切りにくさなどの性状を捉えていると結論づけた。これらのことから考えると、経験的手法である魚肉の破断試験は、「硬さ」に関しては人間が食したときに口腔内で感じる魚肉の食感を比較的よく反映した簡便な手法であると考えられる。

ただし、今回の結果で示されたように、同一のプランジャーを用いた場合にもそのテクスチャープロファイルの読み取り方によって測定精度が異なる場合や、変化の勾配が異なる場合があることから、このような破断試験によって魚介類の物性測定を行おうとする場合には、用いようとする方法が試験の目的である対象物の物性の差を有意差として示し得るものであるかどうかの確認は事前に必要となるものと考えられる。

なお、今回は同様の測定をブリヒラ、ヒラマサについて測定したが、粘着性の強いブリヒラでは挙動が異なり、破断試験による測定そのものが困難であった。またすでに記したように死後硬直前の魚介肉は独特の粘りのある物性を示すため測定精度が悪く、初期の死後変化の肉質変化を明瞭に示しにくい。生食を目的とする養殖魚の肉質向上に向けての関心が高まる中、このような性状

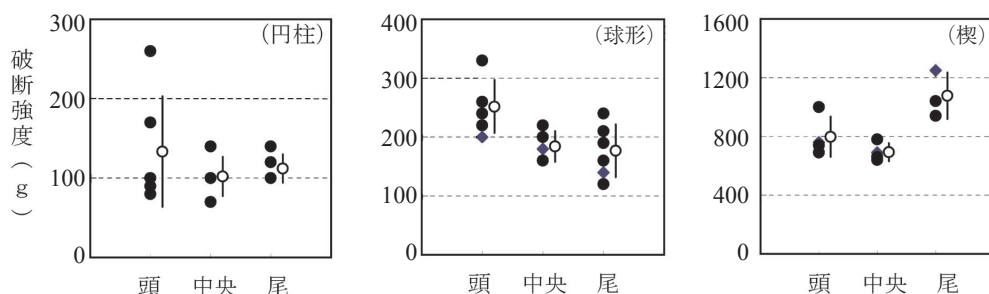


図9. 養殖ブリ物性測定における測定部位の影響

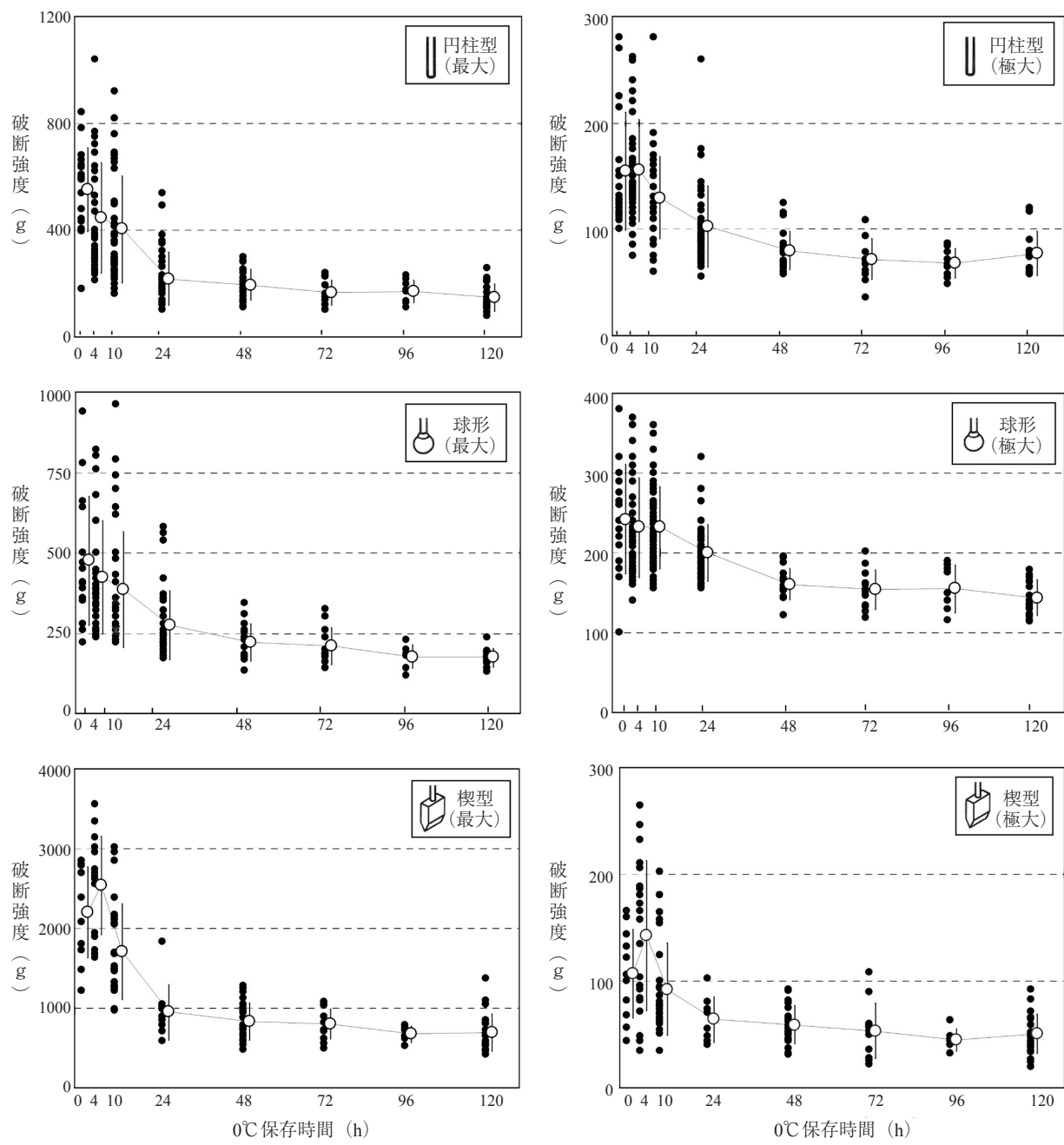


図 10. 養殖ブリ即殺後の 0℃ 保存期間中における魚肉の物性変化

を適切かつ簡便に表現できる物性測定方法の検討は、今後さらに必要とされてくると思われる。

マグロ肉の物性測定と官能評価 魚肉の物性測定において、その性状に適したプランジャーの選択が必要であることが示されたため、特性が種々に異なるメバチの各部位を用いて、その物性値（破断強度の極大値と最大値）を、各種プランジャーを用いて測定した。また各種部位の魚肉の官能評価による歯ごたえととろけ感を評価し、これらを合わせて表 6 に示した。ここで得られた各種プランジャーによる物性値と官能評価の歯ごたえおよびとろけ感との相関を表 7 に示した。これらのうち物性値と

強い相関が得られたのは、歯ごたえと球状プランジャーの最大値（相関係数 0.952）、とろけ感とピアノ線による最大値（相関係数 0.795）、および歯ごたえと円筒プランジャー極大値（相関係数 0.787）であった。また、とろけ感とプレートプランジャーによる破断強度極大値（相関係数 0.523）およびとろけ感と脂肪含量（相関係数 0.681）も比較的相関が高かった（図 11）。

以上のように、魚肉の硬さや官能物性特性について、物性測定用のプランジャーやサンプル調製方法および測定機器を検討することにより、より肉質特性を反映する測定が可能となることが示唆された。

表 6. メバチ各部位の官能検査ならびに各種プランジヤーを用いた物性測定結果

	A	B	C	D	E	F	G
球・極大	71	61	138	225	125	113	256
球・最大	91	92	177	301	215	169	362
円柱・極大	64	50	90	175	93	117	227
円柱・最大	78	87	180	209	195	140	301
ナイフ・極大	262		583	584	313	622	965
ナイフ・最大	272		820	663	700	905	1043
針・極大	14	13	21	18	14	22	47
針・最大	23	15	48	57	64	37	227
ピアノ線・極大	328		609	778	793	598	755
ピアノ線・最大	464		740	778	854	855	805
プレート・極大	551	1045	626	1156	1151	1655	985
プレート・最大	551	1130	809	2241	1298	1858	1516
ボルト型・極大	138	235	293	401	298	428	581
ボルト型・最大	145	293	406	510	385	483	724
楔・極大	206	317	408	485	953	568	761
楔・最大	228	541	651	984	1592	775	829
歯ごたえ	-0.95	-1.13	-0.50	1.23	0.45	-0.36	0.00
とろけ感	2.00	-1.20	0.40	0.55	-1.90	-1.40	0.00

表 7. メバチの機器測定による物性値と官能検査項目との相関

	水分	球		円柱		ナイフ		針	
		極大	最大	極大	最大	極大	最大	極大	最大
とろけ感	0.595	0.009	0.013	0.002	0.055	0.369	0.048	0.008	0.049
歯ごたえ	0.085	0.837	0.933	0.787	0.763	0.085	0.793	0.042	0.750

	脂肪	ピアノ線		プレート		ボルト型		楔	
		極大	最大	極大	最大	極大	最大	極大	最大
とろけ感	0.681	0.452	0.796	0.524	0.133	0.216	0.205	0.513	0.432
歯ごたえ	0.108	0.754	0.327	0.120	0.555	0.410	0.490	0.342	0.518

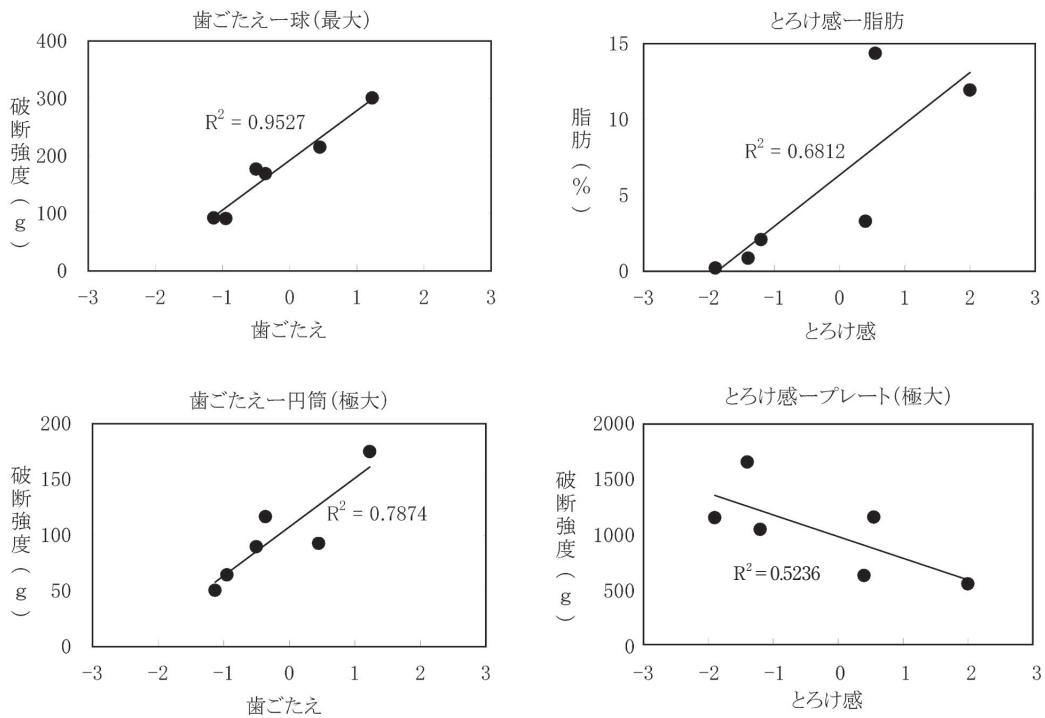


図 11. メバチ機器測定による物性値と官能検査項目との相関

本研究では、水産物の生食に特徴的な刺身の肉質評価方法について、魚肉特性の官能評価方法ならびに破断試験による物性測定法についていくつかの検討を行った。その結果、魚種特性などによりその測定方法を工夫することにより、よりの確かな客観的評価が可能であることを示すことができた。

今後、さらに各種の魚種特異性を考慮した測定法を吟味し知見を集積していくことにより、鮮魚の肉質評価のためのマニュアル化も可能となることと思われる。そのうえで、各種最適養殖条件の検討や新規養殖魚種選別、あるいは新規鮮度維持加工法や冷凍解凍方法等が魚肉物性に及ぼす影響等の、より客観的な評価が可能となるものと期待される。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、試料採取にご協力戴いた(有)丸福水産 磯辺久美子氏、小安浜水産(株) 鈴木 晋氏ならびに長崎県総合水産試験場水産加工開発指導センター職員諸氏、官能検査にご協力戴いた(独)水産総合研究センター中央水産研究所職員諸氏、ならびに本論文のとりまとめに際しご助言戴いた元中央水産研究所利用加工部長木村郁夫博士に厚く御礼申し上げます。

本研究の一部は、独立行政法人水産総合研究センター交付金プロジェクト研究「水産生物育種の効率化基礎技術の開発 (平成9～14年度)」により行われた。

文 献

- 1) みなと新聞 (2008) 世界まぐろマップ. (平成20年度まぐろ需給協議会資料 (水産庁) ならびに FISHSTAT (FAO) に基づく算出資料)
- 2) 畑江敬子・玉利朱美夏・宮永邦子・松本重一郎 (1985) 魚肉の物性の魚種間の差および鮮度低下による変化. 日水誌, **51**, 1155-1161.
- 3) Ando M., Toyohara H., Shimizu Y., and Sakaguchi M (1991) Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi* **57**, 1165-1169.
- 4) 畑江敬子・中山照雄・松井由佳・島田淳子・松本重一郎 (1988) 5魚種の魚肉物性のクリープ・コンプライアンスによる特徴づけ. 日水誌, **54**, 1595-1599.
- 5) 國崎直道・鷹田 馨・松浦宏之 (1986) 天然ならび養殖アジの脂肪含量, 筋肉硬度および脂肪酸組成について. 日水誌, **52**, 333-336.
- 6) 畑江敬子・李敬姫・土屋隆英・島田淳子 (1989) 養殖魚と天然魚のテクスチャー特性について. 日水誌, **55**, 363-368.
- 7) 豊原治彦・志水 寛 (1988) 魚体の死後硬直現象と魚肉の物性の関係. 日水誌, **54**, 1795-1798.
- 8) Mishima T., Nonaka T., Okamoto A., Tsuchimoto M., Ishiya T., Tachibana K., Tsuchimoto M. (2005) Influence of storage temperatures and killing procedures on post-mortem changes in the muscle of horse mackerel caught near Nagasaki Prefecture.

Fish Sci., **71**, 187-194.

- 9) 望月 聡 (1996) マサバおよびマルアジ筋肉の死後変化に対する致死条件の影響. 日水誌, **62**, 453-457.
- 10) 望月 聡・佐藤安岐子 (1996) マサバおよびマルアジ筋肉の死後変化に対する致死条件の影響. 日水誌, **62**, 453-457.
- 11) 望月 聡・乗田嘉子・前野久美子 (1998) マアジ筋肉の死後変化に及ぼす脱血の影響. 日水誌, **64**, 276-279.
- 12) 望月 聡・前野久美子・乗田嘉子 (1997) 首折りによって致死させたマアジ筋肉の死後変化. 日水誌, **63**, 396-399.
- 13) 岩本宗昭 (1989) 魚類の生きの保持に関する研究. 島根県水産試験場研究報告, 第6号, 1-59.
- 14) 三重県 (1995) 養殖生産物の品質評価要因の解明とその制御技術の開発. 高品質ウナギの養殖技術開発研究. 平成6年度特定研究開発促進事業報告書, 三重県水産試験場内水面漁業研究所, 1-16.
- 15) 岡 弘康・大野一仁・二宮順一郎 (1990) ハマチの致死条件と冷蔵中における魚肉の硬さとの関係. 日水誌, **56**, 1673-1678.
- 16) 畑江敬子・徳田仁美・島田順子・松本美鈴・山中英明 (1991) 調製方法の異なるクルマエビ“あらい”の呈味およびテクスチャー. 日水誌, **57**, 2133-2137.
- 17) 木村 稔・成田正直・野俣 洋・金子博実・山中英明 (1997) ホタテガイ貝柱の硬化に与える貯蔵温度の影響. 日水誌, **3**, 621-626.
- 18) 安藤正史・仁保 浩・塚正泰之・牧之段保夫 (1998) 養殖ヒラメとの比較による養殖ホシガレイの品質評価. 日水誌, **64**, 1027-1033.
- 19) 岡崎恵美子 (2006) 物性評価技術. 水産大百科事典, ((独)水産総合研究センター編), 朝倉書店, 東京, 702-707pp.
- 20) Ando M., Toyohara H., Shimizu Y., and Sakaguchi M (1991) Validity of a Puncture Test for Evaluating Change in Muscle Firmness of Fish during Ice Storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 2341.
- 21) 岡崎恵美子 (1987) III官能検査の実際, 魚肉加工品. 水産食品のテクスチャー. 水産学シリーズ 67 (丹羽栄二編), 恒星社厚生閣, 東京, 87-97pp.
- 22) 早川文代 (2008) 官能評価のためのテクスチャー用語の収集と分析. 食品工業, **51**, 46-55.
- 23) Yoshikawa S., Nishimaru S., Tashiro T. and Yoshida M. (1970) Collection and classification of words for description of food texture. *J. Texture Stud.*, **1**, 437-463.
- 24) 畑江敬子 (1990) 魚肉テクスチャーの総合的把握の試み. *New Food Industry*, **32**, 51-66.
- 25) 愛知県水産試験場内水面漁業研究所・三重県水産技術センター内水面分場・岐阜県水産試験場・長野県水産試験場 (1995) 平成2～6年度特定研究開発促進事業報告書 養殖水産物の品質評価要因の解明とその制御技術の開発.
- 26) 村田 修 (1998) 海産養殖魚の品種改良に関する研究. 近畿大学水産研究所報告, 第6号, 1-101.
- 27) 戸田 準・和田武夫・紺野 昭 (1978) ゼラチン, 寒天, 卵白を素材とするゲルのテクスチャー. 農化, **52**, 539-544.
- 28) 水産庁 (1994) 冷凍すり身の品質検査基準の設定について. 水産庁漁政部長通達, 6水漁第1065号.
- 29) 畑江敬子 (1995) テクスチャー測定器. 魚介類の鮮度判定と品質保持. 水産学シリーズ 106 (渡邊悦生編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.20-31.
- 30) 日比谷京 (1976) 筋肉組織. 白身の魚と赤身の魚. 水産学シリーズ 13 (日本水産学会編), 18-22pp.

原著論文

Bench-top VPR (B-VPR) を用いた ホルマリン液浸動物プランクトン試料の計測

市川忠史^{*1}・瀬川恭平^{*1}・森田 宏^{*1}・田中照喜^{*2}

Usefulness of Bench-top VPR(B-VPR) in Measuring Formalin-preserved Zooplankton Samples

Tadafumi ICHIKAWA^{*1}, Kyohei SEGAWA^{*1}, Hiroshi MORITA^{*1}, and Teruki TANAKA^{*2}

Zooplankton, especially of the class Copepoda, are an important component of the diets of most fish species during development. Consequently, copepod size and species composition can affect fish larval survival and therefore fisheries resources. However, the counting and sizing of formalin-preserved copepods by conventional microscopic methods is time consuming. To improve the speed and convenience of measuring copepod abundance and biomass density, we assessed the utility of bench-top VPR (B-VPR) for counting formalin-preserved zooplankton samples. Plankton imaging speed by B-VPR was more than 1500 individuals/min, and the total measurement time required was significantly shorter than with the conventional microscopic method. Because the accuracy of identification and classification of zooplankton images by using computer analysis systems has not yet been optimized, we hypothesized that a combination of both computer and manual classification with selection of regions of interest (ROIs) would enable efficient analysis. Copepod ROI image data obtained from B-VPR were compared with those taken by manual measurements under a microscope. B-VPR was capable of accurately estimating copepod abundance and biomass density using a conversion factor. We concluded that B-VPR enables zooplankton samples

2008年7月16日受付, 2008年12月19日受理

動物プランクトンは海洋生態系における物質輸送, 生物生産および魚類資源の加入の仲介者としての鍵となる生物群である¹⁾。特にカイアシ類は個体数の上で大きな割合を占め,²⁾ 稚仔魚の餌料として重要な存在である。一方, 魚類の餌料選択要因としては餌料の個体サイズが重要であり³⁾, たとえば太平洋ヘイクの再生産が動物プランクトンのサイズ別現存量変動と関係すること⁴⁾, 魚類の成長, 加入, 生産が動物プランクトンの分類群組成や体長組成の影響を受けることが指摘されている⁵⁻⁷⁾。このため稚仔魚の成長・生残によって左右される魚類資源の変動を考える上でカイアシ類のサイズ別現存量に関する情報は不可欠と考えられる。

カイアシ類など動物プランクトン現存量を把握するため, プランクトンネットを用いた採集が行われてきた。ネット採集は比較的簡便であること, 濾水量が大きく, 確実に試料が得られることなどから, 現在, 最も広く用いられている手法であり, 多くの試料が蓄積されている^{8,9)}。しかし, プランクトンネットで採集された大量のホルマリン液浸試料を顕微鏡下で分類, 計数ならびに計測する作業は, 多大な時間, 労力, さらに専門的な知見を必要とする。そのため稚仔魚の成長・生残を考える上で重要と考えられるカイアシ類のサイズ別現存量の長期変動に関する報告は NAKATA & HIDAKA¹⁰⁾ などに限られる。

^{*1} 独立行政法人水産総合研究センター 中央水産研究所 〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4
National Research Institute of Fisheries Science, FRA, 2-12-1, Fuku-ura, Kanazawa-Ku, Yokohama, Kanagawa 236-8648, JAPAN
wamusi@affrc.go.jp

^{*2} 株式会社エス・イー・エイ

こうした問題を解決するため、ネット採集されたホルマリン液浸試料について機器を用いた計測が行われてきた^{4,11,12)}。その多くは Optical Plankton Counter¹³⁾ (OPC) を用いている。OPC は装置の構造が簡単で計測結果が即時に得られる利点があるが、得られる情報は粒子の大きさと数に限られる。そのため、計測した粒子の生物・非生物の判断や分類群の識別は難しい¹⁴⁾。

一方、動物プランクトンを画像として記録し、解析ならびに計数・計測することが試みられている。ホルマリン液浸試料を対象とした装置としては、試料をスキャナー上に展開し、スキャンされた画像からプランクトンを抽出し分類と計数・計測を行う ZOOSCAN があり¹⁵⁾、地中海で WP2 ネットで採集された試料を中心に測定が進められている¹⁶⁾。しかし、ZOOSCAN は前処理が必要で一度に記録できるプランクトン数に制限があるなどの問題があるため、記録数に制限がなく、より簡便に保存試料が計測できる装置の開発が必要と考えられた。一方、現場で動物プランクトンを計測する測器としては Video Plankton Recorder¹⁷⁾ (VPR) を用いた研究報告が多い¹⁸⁻²⁰⁾。VPR は *in situ* での記録を目的として開発されたため、ネット採集されたプランクトン試料を計測した例はないが、フローセルとポンプ採水を組み合わせ、二枚貝幼生を対象とした船上での連続観測が行われてい

る*。フローセルによる計測はスキャナー上に試料を展開しなければならない Zooscan に比べ、前処理の手間が無く、記録されるプランクトン数に制限がないため、より簡便に保存試料の画像化と計測が行えると考えられる。

本研究では、長期に渡って採集・蓄積されたプランクトン試料から、カイアシ類のサイズ別現存量を簡便かつ迅速に計測する手法として、水中用の VPR を実験室用に改良した室内型 VPR (Bench-top VPR; B-VPR) の有効性について検討した。B-VPR の計測に必要な条件や測定結果の信頼性について検討を行うとともに、簡便かつ迅速に大量の標本を処理する技術の実用性を検証し、今後の動物プランクトン保存試料の活用方法について考察した。

方 法

装置の概要 本研究では、SeaScan Inc. が制作した室内型 VPR (Bench-top VPR; B-VPR) を改良した装置を使用した。B-VPR は試料の投入部、フローセル部、カメラ・ストロボ部、試料の回収部および画像記録用 PC から構成される (図 1, 写真 1)。本研究で使用した B-VPR は、プランクトン計測数の信頼性向上のため流量計を取り付

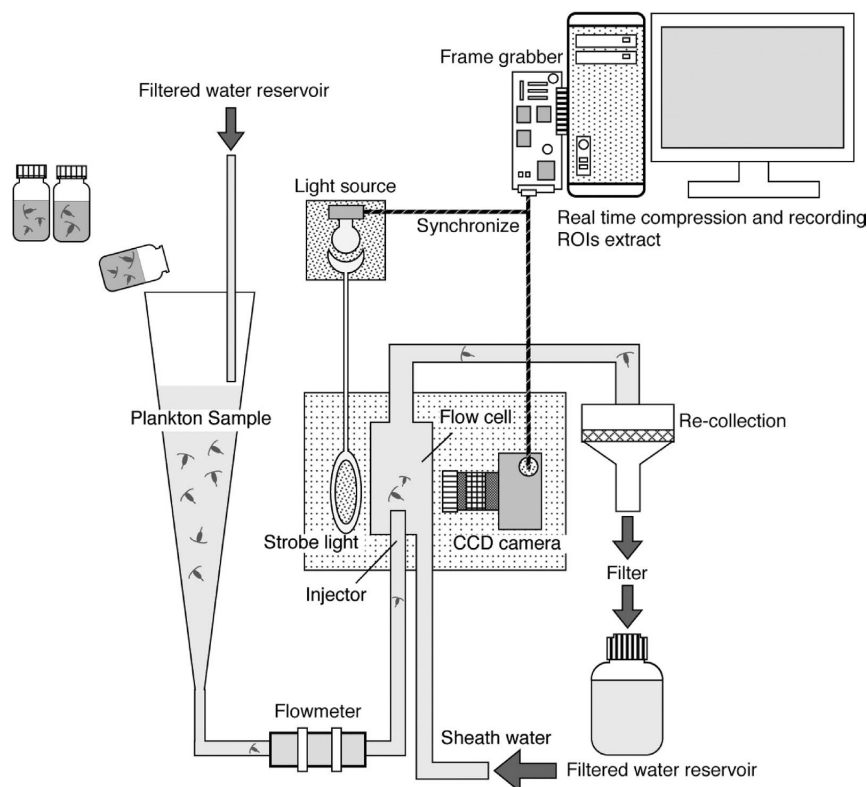


図 1. B-VPR の構成。左が試料の投入部、中央がフローセル部、カメラ・ストロボ部、右が試料の回収部。フローセルとカメラ・ストロボはケース内に格納される

* Gallager 私信

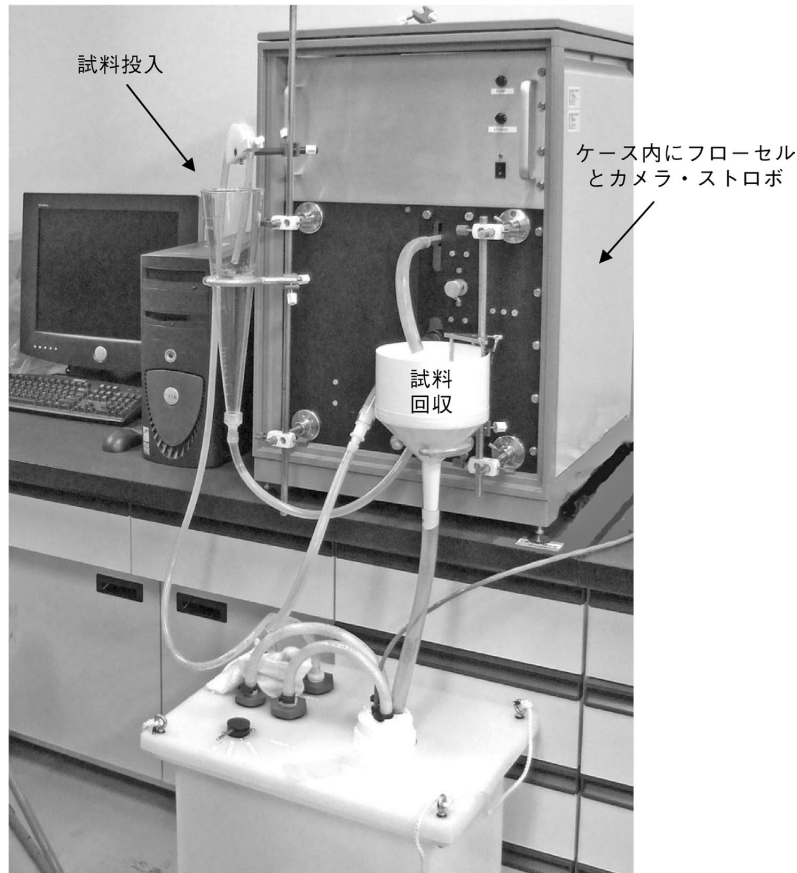


写真 1. 本研究で使用した Bench-top VPR (B-VPR)

け、画像と同時に流量データを取得できるソフトウェアを開発して使用した点、計測対象となるプランクトン試料に合わせたフローセルを設計して取り付けられた点について改良を行った。

試料の投入部は円すい型の容器で、容器上部から計測するプランクトンを投入する。水中ポンプを用いてリザーバタンク内の水を投入容器上部から循環させ、プランクトンはその水流 (sample water) によってフローセルに運ばれる。sample water の流量を把握するため、フローセルの直前に流量計 (カイジョーソニック SLF-100) を取付け、1 秒ごとの平均流量を記録した。

フローセル (写真 2) は、プランクトンが流れるインナーチューブ (インジェクター) の外側に鞘状 (sheath) のアウターチューブを配置した構造となっている*。アウターチューブにもリザーバタンクからの水 (sheath water) を流すことで、インジェクターから出てくるプランクトンが壁面に接近してカメラの視野外となり、計測できない状況を防ぐ。同様の 2 重構造のフローセルは FlowCytobot²¹⁾ などでも使用されている。フローセルを通過したプランクトンは、採集時に使用されたプランクトンネットの網目幅に応じたネット地を用いて回収され

る。

カメラとリング状ストロボ (直径 6cm) はフローセルを挟んで設置されている。カメラは、1,392 × 1,024 pixel のプログレッシブ型の 2/3 インチ白黒 CCD カメラ (Hitachi KP-F120CL) を使用し、24fps でストロボと同調するように調整した。カメラからの画像は、画像記録用コンピュータに組み込まれたフレームグラバ (Matrox Meteor2-CL/32) 経由で、1 フレーム毎に JPEG2000 によるリアルタイム圧縮を行いながらハードディスクに記録される。圧縮記録されたファイルからは、専用の画像抽出プログラムを用いて 1 フレーム毎にプランクトンが記録された関心領域 (Region of Interests, ROI) を切り出し、TIFF 形式でディスクに保存する。

カメラ視野 本装置では、網目幅 0.33mm のプランクトンネットで採集されたホルマリン液浸試料を主な測定対象とし、さらに動物プランクトンの中でも稚仔魚の餌量として重要なカイアシ類を中心に計測を行うことを目的とした。そのため計測対象となるカイアシ類の体幅は 0.2mm 以上、前体部長 (Prosome Length, PL) は 0.4mm 以上を想定した。画像をカイアシ類として識別するためには最低 30pixel が必要であることから²²⁾、B-VPR で記

*Gallager 私信

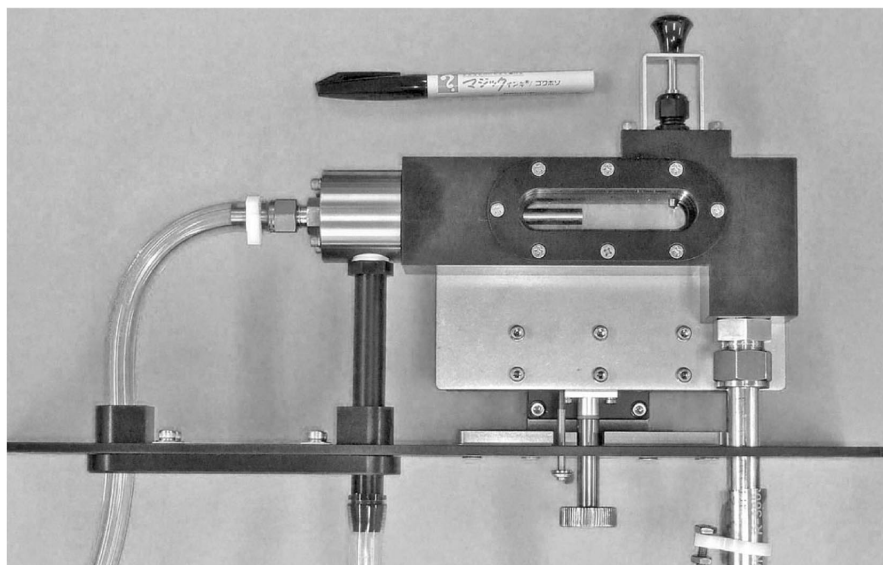


写真2. B-VPRのフローセル。左の矢印からサンプルと sample water が、中央の矢印から sheath water がセル内に入る

録される画像では 0.015mm/pixel 以上の解像度が必要と考えた。カメラ画素数が 1,392 × 1,024pixel であること、本装置では、解像度を優先してカメラ視野の短辺方向へプランクトンを流す構造としたことから、カメラ視野の幅、高さはそれぞれ 20.4 × 15.0mm に設定した。視野の幅はアウターチューブの内径にほぼ相当する。アウターチューブの sheath water とインジェクターの sample water がほぼ 1 : 1 で流れるようにするため、インジェクター内径は 11mm とした。本装置で使用した CCD カメラ用レンズ (Computar® M2514-MP, f=25mm, F=1.4-16) の最大絞り (F16) で使用した場合、計算上の被写界深度は約 12mm とインジェクター内径より大きく、また後述する実験においてカイアシ類を 1 個体ずつ計測した場合も、カイアシ類として判断できない画像はなかったため、インジェクターを通過するプランクトンはすべて被写界深度内に入っていたと判断された。

B-VPR と顕微鏡計測結果の比較 B-VPR による測定結果と顕微鏡下での計数・計測結果を比較する実験を行った。土佐湾内の水深 100m の定点 (B8) において、ボンゴネット (網目幅 0.33mm) を用いて 100m 深からの斜行曳網で採集した試料、および中央水産研究所海洋生産部が定線観測を実施している御前崎沖東経 135° 上の黒潮内側から黒潮域の測点において、ノルバックネット (網目幅 0.1mm) の 200m 深からの鉛直曳網で採集した試料を実験に用いた。いずれの試料もホルマリンの最終濃度が 5% となるように固定した。

実験では、カイアシ類の 1) 個体数、2) サイズ、および 3) 試料全体のサイズ別個体数について顕微鏡と B-VPR の測定結果を比較した。個体数の比較では、土佐湾採集試料から全長 0.5mm 以上のカイアシ類を 50 個

体ずつ分取したサブサンプルを複数用意し、流量を変えながら B-VPR で測定した。サイズの比較では、同じく土佐湾試料からカイアシ類を 1 個体ずつ分取し、接眼マイクロメーターを装着した生物顕微鏡下で、全長 (TL)、前部体長 (PL) および全幅 (W) を 0.001mm 単位で計測した。計測後のカイアシ類を 1 個体ずつ B-VPR で測定した。試料全体のサイズ別個体数の比較では、御前崎沖の定線で採集された試料を用いた。顕微鏡による計数・計測ではプランクトン量に応じて分割器で最大 1/64 まで試料を分割し、カイアシ類の種あるいは属段階で計数するとともに接眼マイクロメーターによりカイアシ類の PL を計測した。B-VPR による測定では試料の分割を行わず全試料を測定した。B-VPR では、フローセル通過時にプランクトンの個体同士が重なると正確な個体数・サイズデータが得られないため、OPC を使った循環装置の結果^{11,14,23)}を参考に、1 フレーム内の記録個体が 5 以下となるよう投入量を調整しながら測定した。

B-VPR の測定後、フレーム単位で記録された圧縮画像から専用のソフトウェアを用いて、フレーム内のプランクトンが記録された部分 (ROI) を抽出し、TIFF 形式の画像ファイルとして保存した。ROI の抽出条件は市川ら²⁴⁾を参考に、Segmentation threshold=150, Sobel threshold=100 とした。抽出された ROI は、Woods Hole 海洋研究所が提供する VPR 用の解析ソフトウェア²⁵⁾ (Visual Plankton) を用いてカイアシ類の自動分別ならびに計測を行った。

Visual Plankton は、事前に構築したデータベースに従って、ROI として抽出された動物プランクトンを分類群ごとに自動分別する。しかし、今回使用したデータベースでは自動分別の学習が不十分で判定精度が低かった

め、自動分別後、再度全ての ROI を肉眼で確認・修正し、分類群を最終的に確定した。しかし、数万の ROI の確認・修正には時間を要した。顕微鏡による計数の場合、作業の効率化のため試料中のプランクトン量に応じて分割作業を行う。そこで同様に、全 ROI から一定の割合でランダムに ROI を選択した後、分別・計測する手法について検討した。選択する割合 (ROI の選択率) がカイアシ類のサイズ別個体数におよぼす影響を検討するため、御前崎沖の測点で採集された3試料を用いて

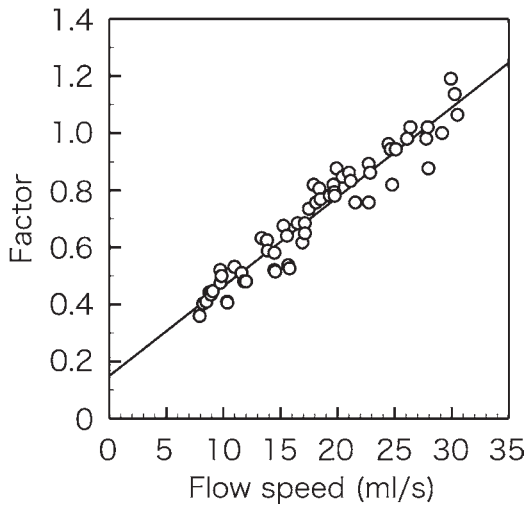


図2. 流量と B-VPR で計測されたカイアシ類個体数の関係。Factor はフローセルを通過したカイアシ類の個体数 (実数) に対して、B-VPR で記録された個体数 (画像数) の比 (実数/画像数) を示す

ROI の選択率ごとにカイアシ類のサイズ別個体数を比較した。なお、全 ROI からの選択は、乱数を用いて TIFF 形式で保存された ROI のファイル名を元に選択を行う専用ソフトウェアを開発・使用した。カイアシ類のサイズは Visual Plankton による ROI の自動計測結果を顕微鏡計測結果と比較した。

結果

カイアシ類個体数の換算 本装置では、カメラとストロボが 24 fps で同調するため、プランクトンが 1/24 s 以下でカメラ視野を通過すると、理論的に画像として記録されない場合が生じる。一方、1/24 s 以上では確実に記録されるが、同一個体が複数回記録される可能性がある。このようにフローセル内の流量によって記録されるカイアシ類個体数が変わるため補正が必要となる。流量を変えながら既知数 (50 個体) のカイアシ類を B-VPR で測定し、実数と比較した (図2)。流量は、最初の個体が記録された瞬間から最後の個体が記録された瞬間までの平均値、係数 (Factor) は、実数に対して B-VPR で記録されたカイアシ類個体数の比とした。Factor が 1 以上の場合、画像として全く記録されないプランクトン個体が

存在することになる。B-VPR で画像として記録されたカイアシ類の個体数は、流量とともに一定の割合で変化することが示され (図2)、流量 (x) と Factor (y) の間には

$$y = 0.0313x + 0.1494$$

$$(n = 74, r^2 = 0.925, p < 0.01) \dots (1)$$

の有意な正の相関が得られた。記録された画像枚数に Factor を乗ずることで、実際に計測したプランクトン数を再現できることが示された。本研究に使用した

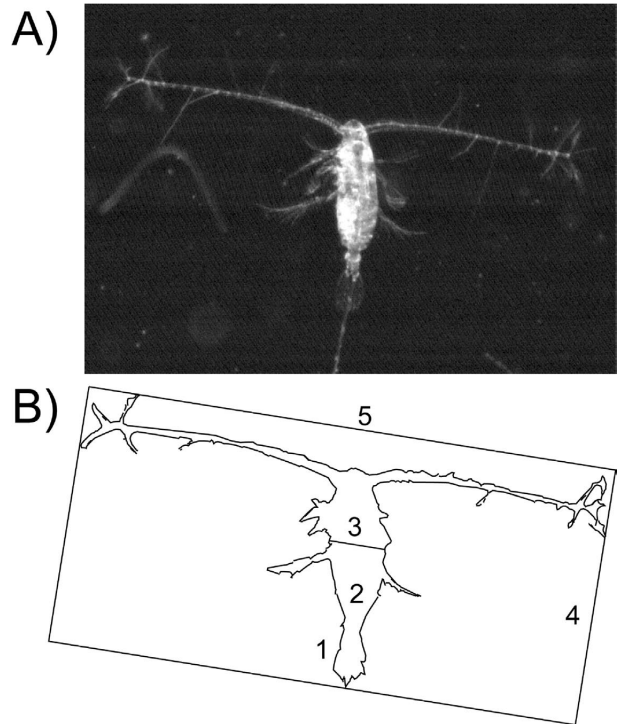


図3. ROI として抽出されたカイアシ類の画像 (A) と Visual Plankton によるカイアシ類の計測のイメージ (B)。1: 周囲長, 2: 面積, 3: 幅, 4: 矩形の短辺, 5: 矩形の長辺長

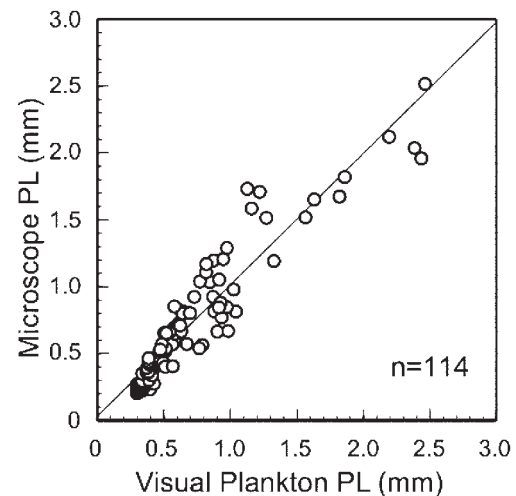


図4. Visual Plankton による全てのカイアシ類画像の計測結果と顕微鏡による計測結果との比較。図中の直線は $y = x$

B-VPR とフローセルのサイズで、計算上、カイアシ類が画像として記録されない場合が生じる Factor が 1 以上となるのは、流量が 27.2 ml/s 以上であった。従って、実際は Factor が 1 以下、流量が多少変動しても画像として確実に記録できるように Factor は 0.8 を目安（流量で 18 ~ 20 ml/s）として計測を行った。本装置では、1 秒ごとの平均流量を記録して画像が記録された瞬間の流量を求め、(1) 式を使って実際に計測したプランクトン数を計算した。

カイアシ類サイズの換算 Visual Plankton ではプランクトンの 1) 周囲長 (x_1)、2) 面積 (x_2)、3) 幅 (x_3)、4) 矩形の短辺長 (x_4)、5) 矩形の長辺長 (x_5)、の 5 部位をピクセル単位で計測する (図 3)。これら 5 部位を説明変数として顕微鏡で計測した PL との相関を調べ、相関係数が 0.5 以上となった説明変数を用いて重回帰分析を行った。その結果、周囲長 (x_1)、面積 (x_2)、幅 (x_3) と矩形の長辺長 (x_5) を用いた換算式で有意な関係が得られることが分かった (図 4)。ただし説明変数 (x_n) の単位はピクセルである。

$$PL \text{ (mm)} = 0.271 - 1.26 \times 10^{-3} x_1 + 4.40 \times 10^{-6} x_2 + 5.92 \times 10^{-3} x_3 + 6.56 \times 10^{-3} x_5 \quad \dots (2)$$

($n = 114, r^2 = 0.889$)

一方、B-VPR では、プランクトンがフローセルを通過する際、カメラに対するプランクトンの向きが一定でないため、同じ大きさの個体でも計測されたサイズが異なる場合がある。特にカイアシ類では、正面（背面）から撮影された場合と正面以外（側面または背腹面）で撮影された場合とでは、顕微鏡で計測した全体長 (TL) あるいは前部体長 (PL) との関係が全く異なると考えられた。そこで正面と正面以外それぞれについて上記と同様に Visual Plankton で計測される 5 部位を説明変数として顕微鏡で計測した PL との相関を調べ、相関係数が

0.5 以上となった説明変数を用いて重回帰分析を行った。その結果、正面からの場合は、面積 (x_2) と矩形の長辺長 (x_5) の 2 変数で、正面以外の場合は、周囲長 (x_1)、面積 (x_2)、幅 (x_3) と矩形の長辺長 (x_5) で、それぞれ $p < 0.01$ となった。これらの説明変数を用いて B-VPR 計測結果から PL への換算式を作成した (図 5)。

$$\text{正面: PL (mm)} = 0.823 + 0.438 \times 10^{-3} x_2 - 0.017 x_5 \quad \dots (3)$$

($n = 15, r^2 = 0.923$)

$$\text{正面以外: PL (mm)} = 0.341 - 1.25 \times 10^{-3} x_1 + 5.40 \times 10^{-5} x_2 + 8.35 \times 10^{-3} x_3 + 4.88 \times 10^{-3} x_5 \quad \dots (4)$$

($n = 117, r^2 = 0.874$)

カイアシ類の向きを考慮することにより (3) 式で決定係数が高くなったが、(4) 式では (2) 式よりわずかに決定係数が低くなった。また、いずれの場合も面積と矩形の長辺で囲まれた長さが説明変数として重要であった。自動計測から求めた PL は、顕微鏡による実測結果とは異なり、統計的計算に基づいた結果であるが、(2) 式、あるいは (3)・(4) 式を用いることで Visual Plankton による自動計測結果からカイアシ類のサイズに換算できることが示された。

ROI の選択率 B-VPR で得られた黒潮周辺海域の 1 試料あたりの ROI は数千~数万ファイルであり、その全てについて自動分別結果の確認・修正を行うと時間と労力を要する。そこで、ROI の最適な抽出数を判断するため、試料から抽出された全 ROI について、顕微鏡計測の際に行われているプランクトン試料の分割と同様、ランダムに ROI を選択してその中のカイアシ類を計数し、そのサイズ別個体数の割合を全画像から計数した結果と比較した (図 6)。カイアシ類の個体数は選択率 100% の場合を 1 とした相対値で示している。

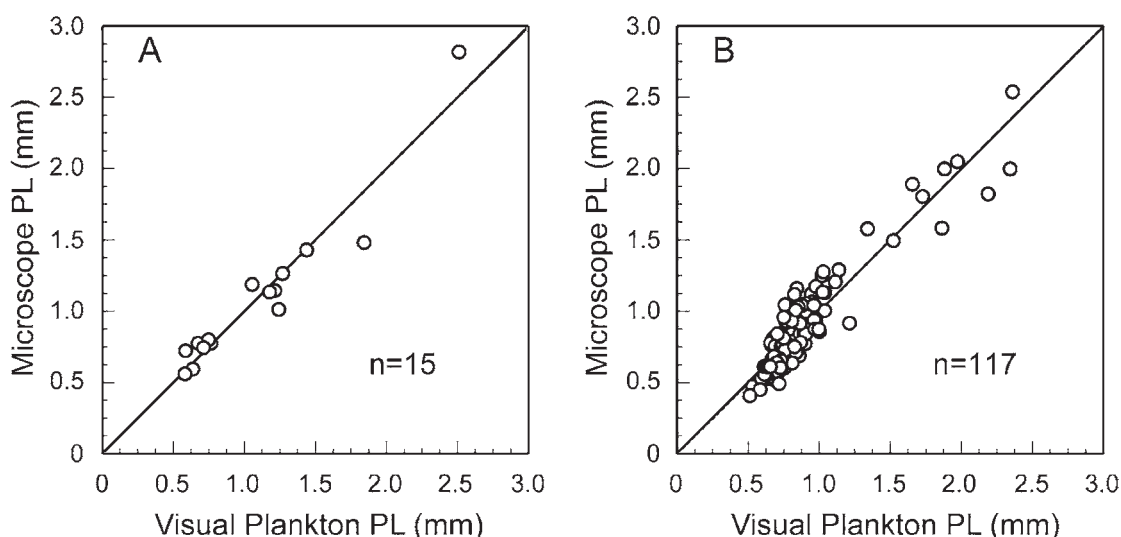


図 5. Visual Plankton によるカイアシ類画像の計測結果と顕微鏡による計測結果との比較。A: 正面から記録されたカイアシ類画像による比較。B: 正面以外の方向から記録されたカイアシ類画像による比較。図中の直線は $y = x$

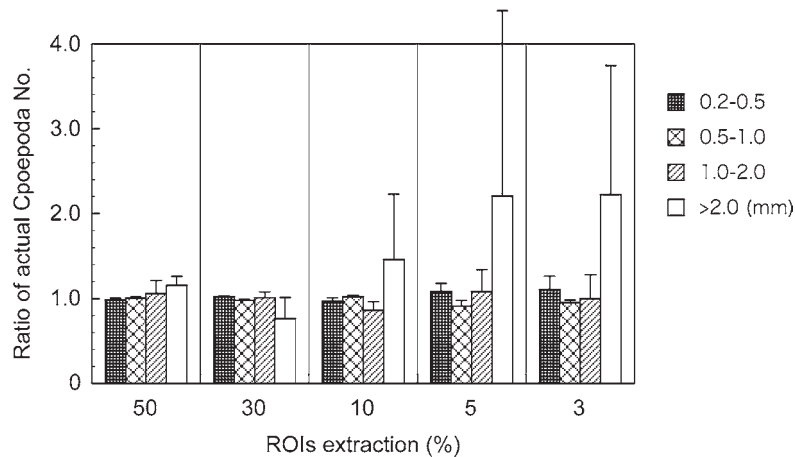


図6. 試料中の全ての Region of interests (ROI, フレーム内からプランクトンとして切り出された関心領域) から選択率を変えて ROI を選択した場合、各選択率におけるカイアシ類のサイズ別個体数の比較。カイアシ類個体数は選択率 100% を 1 とした場合の相対値で示した。エラーバーは標準偏差 ($n=3$)

分割前の 3 試料中のカイアシ類の個体数はそれぞれ 2,308, 2,958, 3,824 個体, その中で 1.0mm 以下の個体数の割合は 98.4, 87.4, 91.5% であり, さらに 2.0mm 以下では 99.9, 99.1, 99.8% と大半が 2.0mm 以下の個体で占められた。PL が 2.0mm 以下のカイアシ類では, 元の個体数に対する選択率 50% と 30% では, 選択率 50% の 1.0 ~ 2.0mm を除き, 元の個体数に対する差は 2% 以下と小さく, 標準偏差も小さかった。選択率 3% でも元の個体数に対して 10% 以下の差であった。標準偏差は 1.0mm 以下より 1.0 ~ 2.0mm のサイズが大きくなり, 試料中で個体数が相対的に少ないサイズほど標準偏差が大きくなった。一方, PL が 2mm 以上では, 選択率 10% で元の個体数との差が 45%, 選択率 5% 以下では 100% (2 倍) 以上の差が生じ, 元の個体数に対して過大評価となった。個体数が相対的に少ない大型個体, 特に PL が 2.0mm 以上のカイアシ類では, 選択率 10% 以上で計数・計測を行う必要がある。

試料全体のサイズ別個体数の比較 御前崎沖の黒潮内側から黒潮域において, ノルパックネット (網目幅 0.1mm) で採集した試料について, B-VPR と顕微鏡で測定したカイアシ類のサイズ別個体数を比較した (図 7)。なお, ROI の選択率は前述の実験結果を参考に 25% 以上に設定して計数した。季節や測点に関係なく, また, B-VPR, 顕微鏡いずれの計測でも, サイズが大きくなるほど個体数密度が減少する傾向が認められた。B-VPR では PL が 0.3 または 0.4mm 以下では顕微鏡に比べて個体数密度が低かった。これは本研究で設定した B-VPR の解像度 (0.010 ~ 0.015mm/pixel) およびカイアシ類を認識するために必要なピクセル数 (最低 30pixel) から計算した計測限界値と一致した。0.4mm 以上では B-VPR の計測数が多く, 一方, 1mm 以上では, 例えば

2004 年 1 月 21 日の St.B02 の 1.8 ~ 1.9mm 分画のように顕微鏡による個体数密度が高い場合があった。2mm 以上では, 顕微鏡でのみ特定のサイズ分画について個体数が記録された場合があった。

顕微鏡と B-VPR でサイズごとに計数されたカイアシ類個体数の平均値を比較した (図 8)。図 7 で指摘したように 0.2 ~ 0.3mm のサイズ分画では, 本研究で使用した B-VPR の計測限界により過小評価となっていたため, 0.2 ~ 0.3mm 分画の結果を除いた回帰式を作成した。1:1 の直線と比較した場合, 1mm 以下では B-VPR で個体数密度が高く, 1.0mm 以上のサイズ分画では顕微鏡がわずかに高かった。1.0mm 以上で顕微鏡の個体数が高かったのは 2004 年 1 月 21 日の St.B02 で, 2.0mm 以上のカイアシ類が多かった結果を反映したためと考えられた。

考 察

本研究では, B-VPR を用いたホルマリン液浸試料の計測の有効性について検討した。B-VPR を用いた計測結果は, 試料全体で比較した場合において顕微鏡計測結果と同じ傾向を示し (図 7, 図 8), 実個体数への換算 (図 2), カイアシ類の前部体長 (PL) への換算 (図 4, 図 5) とともに有意な相関関係が得られ, データとして有効に活用可能と判断された。B-VPR では 1,500 個体/min 以上でプランクトンの画像化が可能で, 1 試料に含まれるプランクトン数によって異なるが 1 試料あたり 20 ~ 30 分で画像化が完了する。記録された画像は Visual Plankton で自動分別・計測を行い, さらに自動分別された ROI の分類群を手作業で確認・修正する。ROI の抽出割合によって作業時間は異なるが, 5,000 個の ROI の

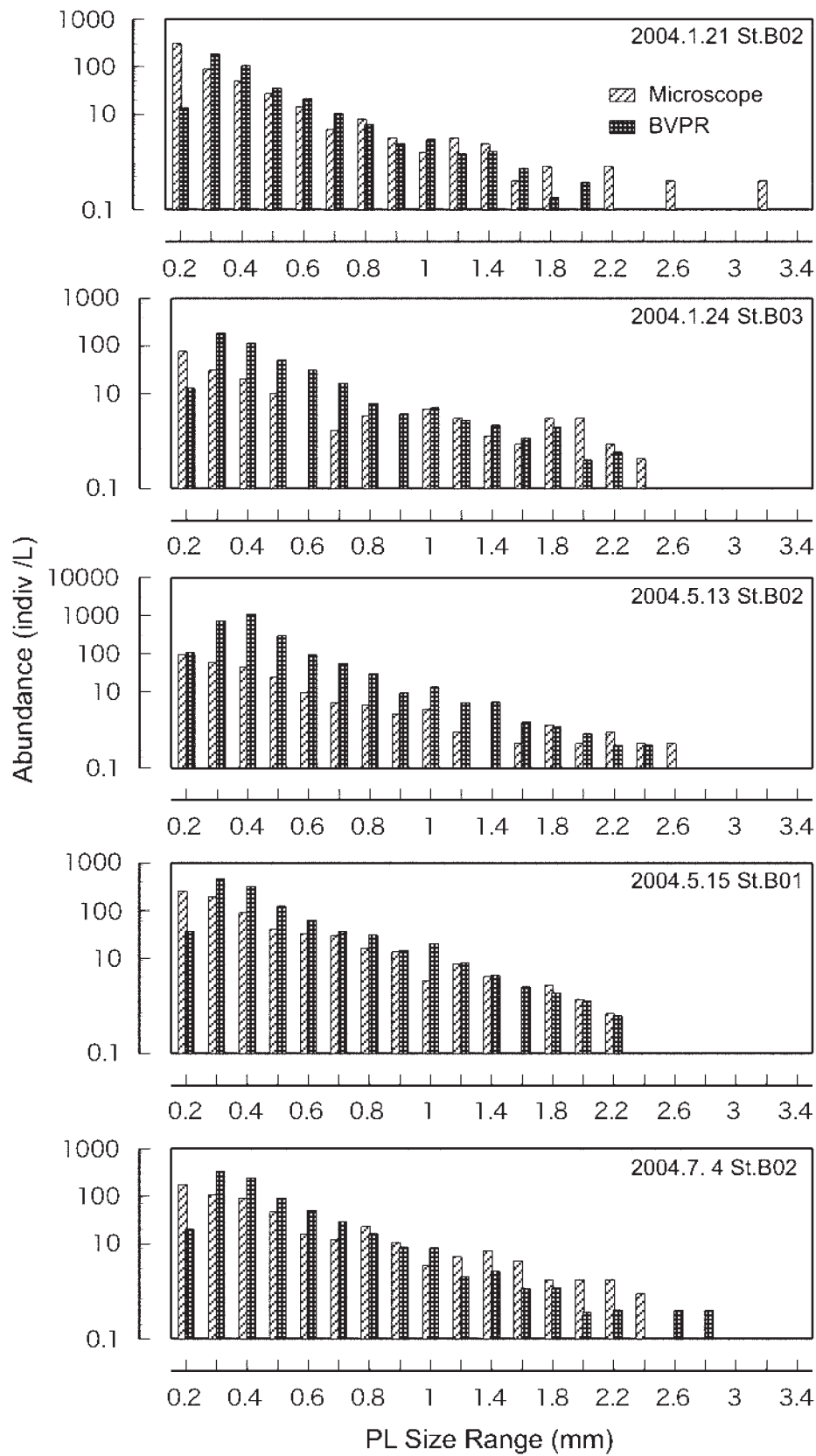


図7. 御前崎沖測点において採集された試料を、B-VPRと顕微鏡で計測した場合のシアノバクテリアのサイズ別個体数密度の比較

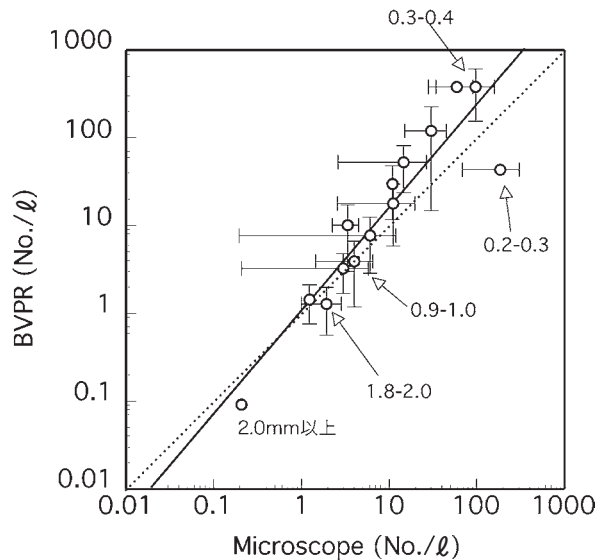


図8. 顕微鏡およびB-VPRで計測したカイアシ類の各サイズ別個体数密度の比較。図中の数字はカイアシ類のサイズを示す。直線は0.2-0.3mmを除いた回帰直線，エラーバーは標準偏差 ($n=5$)

手作業による確認・修正に約1時間を要する。1試料の処理は約1～1.5時間で終了する。現在、専門知識がなくても一連の作業を進められるように手順等のマニュアル化を行っており、大量の保存試料のデータ化、調査船上で採集結果の準リアルタイム提供なども可能になると考えられる。B-VPRと同様、プランクトンを画像として記録・計測するZooscan¹⁵⁾では、試料をあらかじめ0.5mm以下と0.5mm以上のサイズに分け、それぞれ解像度を変えてスキャンを行う¹⁶⁾。画像化の方式が異なるためB-VPRとZooscanの単純な優劣はつけられないが、B-VPRは、試料中の全プランクトンの画像化に手間がかからないこと、係数による復元が必要であるが、試料中の全個体数を正確に把握できること、動揺する船上でも使用できることが長所としてあげられる。

本研究では、作業効率の向上のためROIとして保存された全画像の中から一部をランダムに選択して（ROIの選択）プランクトンの分別と計測を行った。ROIの選択は乱数を元にソフトウェアで機械的に行われるため、試料を分割器で分割する際に発生する人為的影響は生じない。しかし、ROIの選択率10%以下の場合、PLが2mm以上のカイアシ類個体数が過小評価となった（図8）。伊東・青木²⁶⁾はカイアシ類の計数値にポアソン分布の信頼区間を適用できること、また計数値が10未満の場合、信頼区間は計数値の数倍に達するが、計数値が30以上であれば信頼区間は計数値 $\pm 40\%$ 以内となることを示した。また大森・池田²⁷⁾は優占種の個体数組成の把握に必要な計数値について検討し、計数値の信頼区間が計数値 $\pm 40\%$ 以内とするために総個体数で300以上

の計数が必要と報告している。カイアシ類の全個体数に対して2mm以上の個体が占める割合は試料ごとに異なる。本研究でROIの選択率を検討した黒潮周辺海域の3試料ではカイアシ類総個体数の0.9%以下、1試料あたりの個体数では25個体以下と少なく、信頼区間を計数値 $\pm 40\%$ 以内に近づけるためには、2mm以上のカイアシ類について全ROIの計測が必要となる。現在、自動判別精度が100%でないため、特定サイズ以上のカイアシ類のみをROIから選択することは難しいが、プランクトンサイズとROIのファイルサイズは比例するため、ファイルサイズを指標としたROIの選択は可能と考えられる。一方、顕微鏡による計測結果で1mm以下のサイズがB-VPRより少なく、特定の試料で2mm以上の個体数が多かったことは、顕微鏡の計測においても、伊東・青木²⁶⁾が述べた信頼区間においても個体数の信頼性に問題が生じる可能性があることを示していると考えられた。

本研究において、B-VPRによる計測で最も労力を必要としたのは、自動分類された画像を1画像ずつ肉眼で確認する作業である。現在、プランクトンの自動分別ソフトウェアとして公開されているのは、本研究で使用したVisual Planktonの他、ZooImage、Plankton Visual Analyzer²⁸⁾(PVA)である。ZooImageはShadow Image Particle Profiling and Evaluation Recorder²⁹⁾(SIPPER)用に開発されたソフトウェア³⁰⁾をベースにZooScanで使えるように改変されたソフトウェアで、ウェブ上にフォーラムが構築され自動分別用のデータセットなども公開されている*。しかし、ソフトウェアによる自動分別において100%の判定精度で分類群を分けるのは不可能であり、種組成が異なるため試料ごとに判別精度も異なる可能性も高い。最終的には、分別された結果を目で確認し、判別精度を確定する作業が不可欠と考えられる。今後、手作業による負担を軽減するようなソフトウェアの改良も同時に必要と考えられる。また自動計測では、顕微鏡による計測とは異なりPLを実測していない。本研究では(2)～(4)式で統計的に有意な相関が得られたが、実際にはカイアシ類の姿勢、アンテナの角度などによって計算結果が変わる可能性も高い。自動分別精度の向上とともに自動計測精度の向上も今後の課題である。

OPCあるいはZooScan、SIPPERのようにある線上を通過するプランクトンを計測する方式では同一個体の複数回記録はない。一方、B-VPRのようにあるエリアを記録するカメラで計測する測器では、ある瞬間を切り取った情報を使用するため複数回記録は避けられない。実験結果（図2）では流量による計測数の分散が小さく、直線性も高かったため、本研究は画像を確実に記録するためFactor=1以下で計測を行い、流量と(1)式から実際に計測したプランクトン数を推定できた。しかし、イ

* <http://www.sciviews.org/zooimage/>

インジェクターからフローセル内への水流は、厳密にはセル内の全ての場所で同方向かつ同速度ではないと考えられる。また、粒子の大きさや形状によって水流から受ける力が変わるため、セル内の通過時間も異なる可能性が高い。本研究では、カイアシ類 50 個体と 1 秒間の平均流量から換算式を作成したが、必要があればサイズ別、あるいはフローセル内の位置別に換算式を作成することで精度の向上が図れると考えられる。フローセル内の位置、すなわちフレーム内から ROI を抽出した場所については、座標情報として ROI に埋め込む事が可能である。

本研究では、網目幅 0.33mm のプランクトンネットで採集された保存試料を対象としたため、カイアシ類の計測下限を 0.3 ~ 0.4mm に設定した結果、0.3mm 以下のカイアシ類について過小評価が認められた (図 8)。海洋では 0.3mm 以下のカイアシ類の現存量は多く³¹⁾、仔稚魚の餌料としても重要と考えられ、より小さいサイズの測定を検討することも必要と考えられる。視野を狭くすることで計測下限を下げることは可能であるが、そのためにはフローセルのインジェクター直径を小さくする必要があり、1 試料あたりの計測時間も増大する。現在、民生用機器でもフル HD (1,980 × 1,080 pixel)、60fps の記録が可能となっており、画素数の多い CCD / CMOS カメラの使用、データ圧縮プロセスの見直し、高速なデータ転送ならびに記録可能な装置を使用することで、より小型サイズのプランクトンについても短時間で画像化が可能と考えられる。本研究で改良を行ったように、B-VPR のフローセルでは流量、インジェクター直径、解像度、1 試料あたりの計測時間の 4 条件をバランスさせることが必要である。

現在、地球温暖化による海洋環境への影響評価や資源の変動要因解析、変動予測のため生態系モデルが構築・利用されている^{32,33)}。水温・流れのような物理データ、栄養塩、植物プランクトン現存量と関係するクロロフィル *a* などは、測器によってほぼリアルタイムでデータが得られ、人工衛星によるリモートセンシングやアルゴフロートなどにより、ほぼ全球スケールでデータの蓄積が進んでいる。しかし、動物プランクトンについては、このようなデータセットは少ないのが現状である。B-VPR の使用により、短時間でカイアシ類動物プランクトンの個体数・サイズについて信頼性の高いデータを得ることが可能となる。これらのデータは、生態系モデルや予測モデルの精度向上に大きく貢献し、海洋生態系や魚類資源に対する動物プランクトンの役割の一端が明らかになると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、B-VPR の改良に技術的なご助言とご協力をいただいたウッズホール海洋研究所の

Scott M. Gallager 博士、SeaScan Inc. の Pierre Tillier 氏、(株)エス・イー・エイの中川拓郎氏に謝意を表します。本研究の一部は、水産庁「我が国周辺水域資源調査推進委託事業実施要領」に基づき水産総合研究センターが実施している「資源動向要因分析調査」ならびに農林水産技術会議委託プロジェクト研究「環境変動に伴う海洋生物大発生の予測・制御技術の開発」の一環として行ったものである。

文 献

- 1) LENZ, J. (2000) Introduction. in "Zooplankton Methodology Manual" (ed. by R. HARRIS, P.H. WIEBE, J. LENZ, H. R. SKJOLDAL, and M. HUNTLEY), Academic Press, San Diego, pp. 1-32.
- 2) RAYMONT, J. E. G. (1983) Plankton and Productivity in the Oceans 2nd ed. Vol.2 Zooplankton, Pergamon Press, Southampton, pp. 52-332.
- 3) SHELDON, R. W., W. H. SUTCLIFFE JR. and M. PARANJAPE (1977) Structure of pelagic food chain and relationship between plankton and fish production. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **34**, 2344-2353.
- 4) MULLIN, M. M., D. M. CHECKLEY JR. and M. P. THIMGAN (2003) Temporal and spatial variation in the sizes of California current macrozooplankton: analysis by optical plankton counter. *Prog. Oceanogr.*, **57**, 299-316.
- 5) FLINKMA, J., E. ARO, I. VUORINEN, and M. VIITASALO (1998) Changes in northern Baltic zooplankton and herring nutrition from 1980s to 1990s: top-down and bottom-up processes at work. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **165**, 127-136.
- 6) 高橋素光 (2001) カタクチイワシの仔稚魚期における成長・発達様式と資源加入機構. 東京大学農学生命科学研究科 学位論文, 107pp.
- 7) PARSONS T. R. and C. M. LALLI (1988) Comparative oceanic ecology of the plankton communities of the subarctic Atlantic and Pacific Oceans. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **26**, 317-359.
- 8) 大関芳沖・木村 量 (2002) 日本周辺海域の卵稚仔プランクトンモニタリング. 水産海洋研究, **66**, 262-264.
- 9) 市川忠史・瀬川恭平 (2008) VPR による黒潮・黒潮続流域の動物プランクトン群集構造の長期変動解析, 環境変動に伴う海洋生物大発生の予測・制御技術の開発「魚種交代の予測・利用技術の開発」平成 19 年度研究成果報告書, 水産総合研究センター, 40-41.
- 10) NAKATA, K. and K. HIDAKA (2003) Decadal-scale variability in the Kuroshio marine ecosystem in winter. *Fish. Oceanogr.*, **12**, 234-244.
- 11) BEAULIEU, S. E., M. M. MULLIN, V. T. TANG, S. M. PYNE, A. L. KING and B. S. TWINING (1999) Using an optical plankton counter to determine the size distributions of preserved zooplankton samples. *J. Plankton Res.*, **21**, 1939-1956.
- 12) NOGUEIRA, E., G. GONZÁLEZ-NUEVO, A. BODE, M. VARELA, X. A. G. MORÁN and L. VALDÉS (2004) Comparison of biomass and size spectra derived from optical plankton counter data and net samples: application to the assessment of mesoplankton distribution along the Northwest and North Iberian Shelf. *ICES*

- J. Mar. Sci.*, **61**, 508-517.
- 13) HERMAN, A. W. (1988) Simultaneous measurement of zooplankton and light attenuation with a new optical plankton counter. *Cont. Shelf Res.*, **8**, 205-221.
 - 14) 市川忠史・加藤 聡・中田 薫 (1999) 親潮水域および混合水域における動物プランクトン現存量把握のためのプランクトンカウンターの有効性. 中央水研報., **13**, 1-14.
 - 15) GORSKY, G. and P. GROSJEAN (2003) Qualitative and quantitative assessment of zooplankton samples. *GLOBEC Internat. Newsletter*, **9**, 5.
 - 16) GROSJEAN, P., M. PICHERAL, C. WAREMBOURG and G. GORSKY (2004) Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. *ICES J. Mar. Sci.*, **61**, 518-525.
 - 17) DAVIS, C. S., S. M. GALLAGER, M. S. BERMAN, L. R. HAURY and J. R. STRICKLER (1992) The video plankton recorder (VPR): design and initial results. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, **36**, 67-81.
 - 18) DAVIS, C. S., S. M. GALLAGER, M. MARRA and W. K. STEWART (1996) Rapid visualization of plankton abundance and taxonomic composition using the Video Plankton Recorder. *Deep Sea Res. II*, **43**, 1947-1970.
 - 19) GALLAGER, S. M., C. S. DAVIS, A. W. EPSTEIN, A. SOLOW and R. C. BEARDSLEY (1996) High-resolution observations of plankton spatial distributions correlated with hydrography in the Great South Channel, Georges Bank. *Deep Sea Res. II*, **43**, 1627-1663.
 - 20) BENFIELD, M. C., D. A. CARON, A. F. MICHAELS, S. M. GALLAGER and C. S. DAVIS (2002) Video plankton recorder reveals high abundances of colonial Radiolaria in surface waters of the central North Pacific. *J. Plankton Res.*, **24**, 797-805.
 - 21) OLSON, R., A. SHALAPYONOK and H. SOSIK (2003) An automated submersible flow cytometer for analyzing pico- and nanophytoplankton: FlowCytobot. *Deep Sea Res. I*, **50**, 301-315.
 - 22) 市川忠史・瀬川恭平・清沢弘志・古澤一思・寺崎 誠 (2006) マクロ動物プランクトンの個体数密度把握における VPR II と MOCNESS との比較 - クラゲ類・クシクラゲ類に対する VPR II の有効性 -. 日本プランクトン学会報, **53**, 87-97.
 - 23) 市川忠史・加藤 聡・瀬川恭平 (2003) プランクトンセンサーで何が分かるか - 水産海洋学の視点から -. 日本プランクトン学会報, **50**, 29-35.
 - 24) 市川忠史・瀬川恭平・寺崎 誠 (2005) VPR II における画像取得パラメーターの特性. 日本プランクトン学会報, **52**, 65-71.
 - 25) DAVIS, C. S., Q. HU, S. M. GALLAGER, X. TANG and C. J. ASHJIAN (2004) Real-time observation of taxa-specific plankton distributions: an optical sampling method. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **284**, 77-96.
 - 26) 伊東 宏・青木延浩 (2000) 動物プランクトンの計数について. 日本プランクトン学会報, **47**, 82-85.
 - 27) 大森 信・池田 勉 (1973) 動物プランクトン生態研究法 生態学研究法講座 5. 共立出版株式会社. 東京, 229p.
 - 28) BOYRA, G., X. IRIGOIEN, A. ARISTEGIETA and I. ARREGI (2005) Plankton Visual Analyser. *GLOBEC Internat. Newsletter*, **11**(1), 9-10.
 - 29) REMSEN, A., T. L. HOPKINS and S. SAMSON (2004) What you see is not what you catch: a comparison of concurrently collected net, Optical Plankton Counter, and Shadowed Image Particle Profiling Evaluation Recorder data from the northeast Gulf of Mexico. *Deep Sea Res. I*, **51**, 129-151.
 - 30) LUO, T., K. KRAMER, D. B. GOLDFOF, L. O. HALL, S. SAMSON, A. REMSEN and T. HOPKINS (2004) Recognizing plankton images from the Shadow Image Particle Profiling Evaluation Recorder. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. B.*, **34**, 1753-1762.
 - 31) GALLIENNE, C. P. and D. B. ROBINS (2001) Is *Oithona* the most important copepod in the world's oceans? *J. Plankton Res.*, **23**, 1421-1432.
 - 32) KISHI, M. J., M. KASHIWAI, D. M. WARE, B. A. MEGREY, D. L. ESLINGER, F. E. WERNER, M. NOGUCHI-AITA, T. AZUMAYA, M. FUJII, S. HASHIMOTO, D. HUANG, H. IIZUMI, Y. ISHIDA, S. KANG, G. A. KANTAKOV, H. C. KIM, K. KOMATSU, V. V. NAVROTSKY, S. L. SMITH, K. TADOKORO, A. TSUDA, O. YAMAMURA, Y. YAMANAKA, K. YOKOUCHI, N. YOSHIE, J. ZHANG, Y. I. ZUENKO, V. I. ZVALINSKY (2007) NEMURO-a lower trophic level model for the North Pacific marine ecosystem. *Ecol. Model.*, **202**, 12-25
 - 33) ITO, S., B. A. MEGREY, M. J. KISHI, D. MUKAI, Y. KURITA, Y. UENO and Y. YAMANAKA (2007) On the interannual variability of the growth of Pacific saury (*Cololabis saira*): A simple 3-box model using NEMURO. *FISH. Ecol. Model.*, **202**, 174-183.

原著論文

サケ科魚類の産卵床からのホースポンプによる 発眼卵採集方法

岸 大弼*・苅谷哲治*・徳原哲也*

Sampling of Eyed Eggs of Salmonids from Redds by Using a Hose Pump

Daisuke KISHI, Tetsuji KARIYA, and Tetsuya TOKUHARA

A method of sampling eyed eggs of salmonids from redds by using a hose pump was newly developed and was found to be faster than the traditional netting procedures. The influence of the physical shock of hose-pump aspiration on eyed-egg survival in masu salmon (*Oncorhynchus masou masou*), amago salmon (*O. m. ishikawae*), and white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) was tested in laboratory experiments. Survival rates of the three salmonid species from eyed egg to alevin were not decreased by aspiration. This method may improve the efficiency of eyed-egg sampling and reduce potential impacts on the egg.

2008年7月28日受付, 2008年12月24日受理

魚類の産卵数やその生残率は、資源量あるいは個体群規模の決定に関与する重要な基礎情報である。水産資源あるいは保全対象として重視されているサケ科魚類の場合、その卵は河床の礫中に埋設する。サケ科魚類の卵は、低水温条件下で生育し受精から孵化まで一般に長期間を必要とすることから、産卵床の内部環境への依存性は相対的に高い。そのため、卵の生残率あるいは孵化率は、人間活動に起因する環境改変の指標のひとつとして注目され、例えば陸域から流入する土砂が産卵床に堆積した時の卵への影響が検証されている^{1,2)}。また、近年、渓流域におけるサケ科魚類の資源増殖の方法のひとつとして産卵場所の造成³⁾が国内各地の内水面漁業協同組合によって試行される例が増加しており、その増殖効果を評価するため産卵数やその生残率が調査項目として認識されている。このようにサケ科魚類の卵は、研究機関による学術研究の対象としてだけでなく、民間においても増殖効果を評価する際の調査項目として注目されるようになった。

これまでサケ科魚類の産卵床からの卵の採集は、手網を使用した方法が一般的であった。この採集方法は、①産卵床の掘削、②発掘した卵を下流に構えた手網で捕

捉、③手網から卵を回収して水上の容器に集積、④混入する砂礫の除去の計4段階の手順に大別される。卵の採集は、特に春季に産卵する一部の種を除いて多くは冬季の流水中での長時間作業となるため従事者の労力的な負担が大きいため、上記②の手網による卵の捕捉には熟練を要することから、作業の省力化や簡略化が望まれる。③については、卵の回収の際に手網を河床に接する状態で使用することから礫の混入が避けられず、単純作業ではあるものの④の礫の除去が必要となるため、採集の長時間化の一因となっている。また、産卵床によっては、水面が波立つ箇所において採集を行う場合がある。こうした箇所では、水面下の視認性を確保するため箱メガネの併用を必要とし、箱メガネを保持する都合上、片手で採集を行わなければならない、作業の効率化を図る際の懸案になっている。このほか、水圧ポンプにより産卵床を掘削し卵を採集する方法が提示されている⁴⁾。作業の省力化の点では有望と考えられるが、現場における機械の準備や動力源の確保を勘案すると、この水圧ポンプによる採集方法は実用的といえない。研究機関だけでなく内水面漁業協同組合独自による産卵床調査でも使用できるよう、平易かつ安価で実施可能な採集方法の考案が求め

* 岐阜県河川環境研究所 下呂支所 〒509-2529 岐阜県下呂市萩原町羽根 2605-1

Gero Branch, Gifu Prefectural Research Institute for Freshwater Fish and Aquatic Environments, Hagiwara, Gero, Gifu, 509-2592 Japan.

kishi-daisuke@pref.gifu.lg.jp

られているのが現状である。

こうした背景から、学術研究だけでなく内水面漁業協同組合による調査での使用も意識し、平易かつ安価に実施可能であることを条件として新たな採集方法を検討した。著者らは、以下のとおり、観賞魚水槽の清掃に使用される手動のホースポンプを転用した採集方法のほか、調査時に併用する自立式の箱メガネについて報告する。また、本報告では、このホースポンプによる採集が卵に及ぼす影響について検討し、実験的に吸引を経験させた後の卵の生残率を検証したので併せて報告する。

材料と方法

採集器材の構造と使用方法 卵の採集には、ニッソーホースポンプ AQ31M（株式会社マルカン、埼玉県春日部市）あるいは同様の機能を有するフィッシュポンプ DX（株式会社貝沼産業、名古屋市）またはクリーナーポンプ（ジェックス株式会社、大阪府東大阪市）を使用した（以下、本報告ではホースポンプと記述）。ホースポンプの吸引口の濾過網を外し、ポンプ部分および排水口を洗濯ネット（47 × 35 cm、目合 0.5 mm）に封入して卵を採集した（写真 1）。現場ではホースポンプおよびネットは常時水中で使用し、採集者が産卵床の掘削と吸引口の操作を、補助者がポンプ部分の操作をそれぞれ担当する（写真 2）。採集方法は、採集者が手およびホースポンプの吸引口を使用して産卵床の掘削を行い、礫の中から卵が出現した後、補助者がポンプの手動を開始して卵を吸引し排水口のネットに集積するという手順で構成される。

自立式箱メガネの構造と使用方法 産卵床によっては、水面が波立つ箇所において箱メガネを必要とする場合がある。これは、箱メガネの保持のため片手での作業になることから作業性の点で問題となっている。そこで、水面下の視認性を確保しつつ両手での作業が可能となるよう、自立式の箱メガネを製作した（写真 3）。これは、無色透明のデスクマット（50 × 50 cm、厚さ 2 mm）を加工してレンズ部分を自作し、小型の洗濯ネット（28 × 22 cm、目合 2 mm）を水糸（長さ 40 cm）で連結した（写真 3）。現場では、レンズ部分が産卵床の直上の水面で浮揚した状態で保持されるよう、礫を封入したネットを錘としてそれを産卵床の上流側に置いて使用した。

発眼卵に対する安全性の検討 卵は、産卵床からホースポンプによって吸引される際、ホース内壁に衝突しながら流送される。サケ科魚類の卵は、受精直後から発眼前までの時期および孵化直前には外部からの刺激に対する耐性が低い一方、発眼後から孵化前までは物理的衝撃に対して耐性を獲得することが知られている⁴⁻⁶。そのため、産卵床内部の卵を採集する野外研究は、ハンドリングの際に卵が受ける負担を可能な限り抑制すべく、一般に発眼後に行われている^{3,10}。ホースポンプによる採集

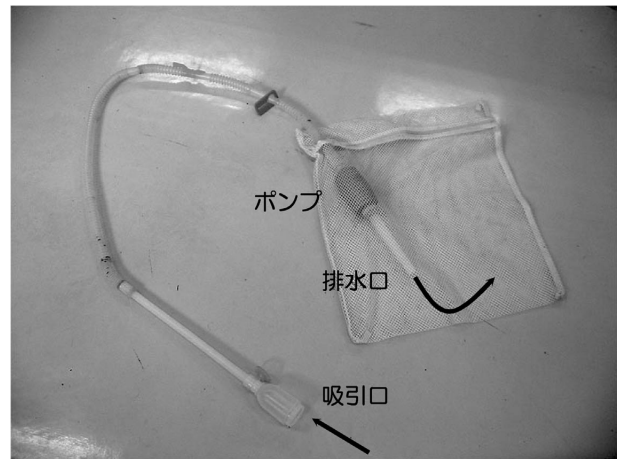


写真 1. 採集に使用するホースポンプ。ポンプ部分および排水口は洗濯ネット内に封入して使用し、吸引された卵はネット内に集積される



写真 2. 河川における採集作業の様子。左の採集者が産卵床の掘削を行い、右の補助者がポンプを手動で操作して卵を吸引を行う

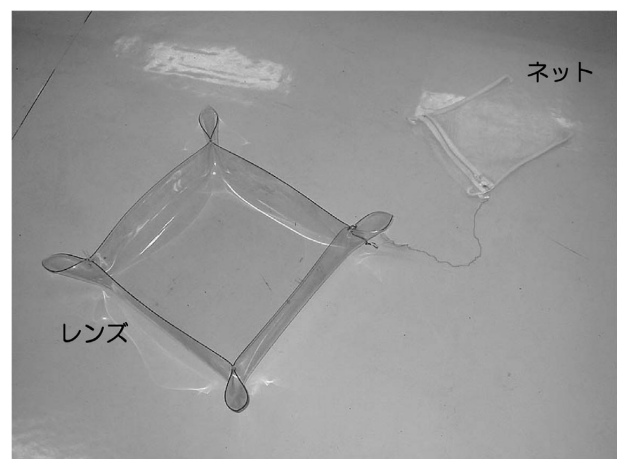


写真 3. 自立式の箱メガネ。左のレンズ部分が水面上で浮揚した状態で保持されるよう、右の洗濯ネットに礫を封入して錘として使用する

でも、従来方法と同様、卵が物理的衝撃への耐性を獲得する発眼後であれば、その後の生残に及ぼす影響は軽微であると考えられる。ただし、本報告では念のため、ホースポンプによる吸引の安全性について裏付けを得ることとした。そこで、ヤマメ (*Oncorhynchus masou masou*)・アマゴ (*O. m. ishikawae*)・イワナ (*Salvelinus leucomaenis*) の発眼卵を対象とし、ホースポンプによる吸引操作を実験的に経験させ、吸引後から孵化仔魚となるまでの間の生残率を検証した。これら発眼卵の親魚には、岐阜県河川環境研究所下呂支所で継代飼育中のものを使用した。ヤマメは東京都水産試験場奥多摩分場(当時)から導入した系統⁷⁾、アマゴは木曾川水系の飛騨川および馬瀬川(岐阜県下呂市)で採捕された個体を起源とする系統⁸⁾、イワナは神通川水系の小谷(同飛騨市)で採捕された個体を起源とする系統⁹⁾である。ヤマメおよびアマゴについては、2007年11月5日に採卵と人工受精を行って円筒型の育成水槽(直径25 cm, 高さ80 cm)に收容し、発眼後の同28日(積算水温300.0℃・日)に卵を取り出して、1群あたり16 gを両種8群ずつ用意して実験に使用した(ヤマメの卵数は8群の平均±標準偏差=171.6±11.0粒, アマゴは同172.9±6.7粒)。イワナについては、11月12日に採卵および人工受精を行って育成水槽に收容し、発眼後の12月13日(積算水温351.4℃・日)に卵を取り出して、1群あたり16 gを計8群用意して実験に使用した(8群の卵数の平均±標準偏差=170.5±4.0粒)。ホースポンプによるこれらの発眼卵の吸引操作は井戸水を常時導入したプラスチックバケツ内で行い、ホースポンプの排水口のネットで回収した卵を再度吸引させるという操作を反復した。吸引回数は、0, 12, 24, 36, 48, 60, 72 および 84 回の計8段階を設定し(0回については吸引操作を省略して孵化容器に直接收容)、3種とも各段階の吸引操作に発眼卵を1群ずつ使用した。実際の現場における採集作業では、ホースポンプによる卵の吸引は1回のみであるが、今回の室内実験では、この採集方法の安全性を示唆するため、あえて過度の吸引操作を卵に経験させることとし、最大84回の吸引を行った。その後、1群ずつ孵化容器(10×10×3 cm)に個別に收容し、孵化するまで通水して養成した。孵化した後、仔魚の生残数と死亡数および死卵数を確認して、ホースポンプによる吸引後から孵化時までの生残率を算出した。なお、目視確認により奇形と判別された個体は、生残数には含めず死亡数に加算した。解析では、ホースポンプによる吸引回数を独立変数、生残率を従属変数とする単回帰分析を魚種ごとに行い、吸引回数と生残率との関係性について検討した。

結果および考察

発眼卵に対する安全性 単回帰分析の結果、いずれの魚

種についても、ホースポンプによる吸引回数と発眼卵の生残率との間には関係性は認められず、吸引による生残率の低下は起こらなかった(ヤマメ $r^2=0.003$, $p=0.90$; アマゴ $r^2=0.08$, $p=0.49$; イワナ $r^2=0.12$, $p=0.41$; 図1)。発眼後の卵は物理的衝撃に対する耐性を有することが知られており。このことから、ホースポンプによる採集は、発眼卵の生残に支障をきたすものではなく、実用可能な方法と判断された。もちろん、卵が受ける負担を可能な限り軽減するという観点では、従来の採集方法あるいはホースポンプによる採集方法のいずれであっても、発眼後を採集する時期として選択することが前提である。したがって、産卵床の調査を行う際には、あらかじめ自記式温度計を現場に設置して親魚の産卵時から定期的に水温を測定し、積算水温を算出して採集適期を予測することが不可欠である。

器材の実用性 今回の器材の考案では、安価かつ広範に流通する市販品を材料とすること、製作に特殊な技量を必要としないこと、取扱が容易であることを条件として重視した。ホースポンプを使用した採集器材は、研究機関だけでなく内水面漁業協同組合でも準備できるほか、使用方法の習得が容易であることから実用的な器材といえる。自立式の箱メガネについても、市販品あるいは不要品を使用して自作可能である。また、箱メガネの錘は、現場の礫を調査時に洗濯ネット内に封入して使用し、終了後に開封して放棄する方式とした。これにより器材の軽量化が図られ、調査地へ往復する際の従事者の器材輸送の負担の増大を抑制している。以上のように、これらの器材は、学術研究だけでなく内水面漁業協同組合による調査にも使用可能で十分な実用性を有していると考えられる。

作業手順の簡略化 従来の採集方法は前述の通り、①産卵床の掘削、②下流に構えた手網で卵を収集、③手網から水上の容器に卵を集積、④混入する砂礫の除去の計4段階に大別される。一方、ホースポンプによる採集では、卵は産卵床の掘削時に吸引されると同時に排水口の

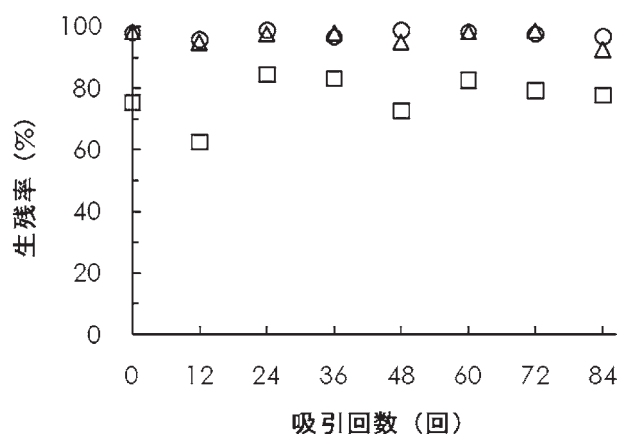


図1. ヤマメ・アマゴ・イワナ発眼卵のホースポンプによる吸引回数と、吸引後から孵化仔魚までの生残率との関係(○, ヤマメ; △, アマゴ; □, イワナ)

部分に設置したネットに集積され、従来方法の手順①～③を同時に進めることが可能である。手順③については、採集が終了するまで水上の容器に卵を仮置きする都合上、溶存酸素濃度の低下や水温変化あるいは気温変化や乾燥に注意しなければならなかった。ホースポンプによる採集では、常時流水中にあるネット内に卵が集積されることから、卵が受ける負担を従来方法よりも抑制できるものと考えられる。また、本来ホースポンプは、観賞魚水槽の底面の清掃に使用されるもので、砂礫よりも比重が小さいものを吸引する機能を有する。そのため、産卵床からの卵の吸引時に混入する砂礫の量は僅少であり、手順④の砂礫の除去作業を省略することができる。したがって、従来方法による4段階の手順を、ホースポンプによる採集では1段階に集約することが可能となった。併せて自立式の箱メガネを使用することで、両手での採集が可能となり、作業の効率化が期待される。ホースポンプによる採集方法や自立式の箱メガネの併用は、従事者の労力的負担の軽減に寄与すると考えられる。

謝 辞

実験に使用する卵の受精作業や発眼まで養成の際、同僚諸氏の支援を受けた。また、中央水産研究所の中村智幸博士に助言を仰いだ。ここに記して感謝する。

文 献

- 1) CHAPMAN, D. W. (1988) Critical review of variables used to define effect of fines in redds of large salmonids. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **117**, 1-21.
- 2) 山田浩之・河口洋一・江戸謙顕・小宮山英重 (2008) 北海道北部山地河川における細粒土砂の堆積がイトウの産卵環境および発眼卵生残率に及ぼす影響. *応用生態工学*, **11**, 19-40.
- 3) 中村智幸 (1999) 人工産卵場におけるイワナの産卵と産着卵のふ化. *日水誌*, **65**, 434-440.
- 4) COLLINS, K. M., L. E. BRANNON, L. L. MOULTON, M. A. CRONIN, and K. R. PARKER (2000) Hydraulic sampling protocol to estimate natural embryo mortality of pink salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **129**, 827-834.
- 5) BRUCE, C. R., and R. G. WHITE (1992) Effects of angler wading on survival of trout eggs and pre-emergent fly. *N. Am. J. Fish. Manage.*, **12**, 450-459.
- 6) DWYER, W. P., W. FREDENBERG, and D. A. ERDAHL (1993) Influence of electroshock and mechanical shock on survival of trout eggs. *N. Am. J. Fish. Manage.*, **13**, 839-843.
- 7) 森川 進・熊崎隆夫・立川 互 (1969) アマゴの増殖に関する研究 (第13報) アマゴとヤマメの比較試験について. *岐阜水試研報*, **16**, 1-9.
- 8) 立川 互・本荘鉄夫 (1968) 天然河川産アマゴの池中養成と採卵について. *岐阜水試研報*, **13**, 7-18.
- 9) 斉藤 薫・熊崎隆夫・立川 互 (1975) イワナの増殖に関する研究-Ⅲ イワナの生殖線の発達過程について. *岐阜水試研報*, **21**, 61-65.

原著論文

サケ人工増殖における親魚捕獲, 蓄養および受精作業の現状と問題点

宮本幸太^{*1}・平澤勝秋^{*2}・宮内康行^{*3}・戸叶 恒^{*3}

Adult Capture, Adult Holding for Maturation, and Fertilization in Artificial Propagation of the Chum Salmon (*Oncorhynchus keta*): Current Status and Problems

Kouta MIYAMOTO, Katsuaki HIRASAWA, Yasuyuki MIYAUCHI, and Kou TOKANO

To improve techniques for propagation of chum salmon, the propagation techniques used at hatcheries in various regions were surveyed to classify the problems involved. The survey indicated that the following were likely to have been causing decreases in hatching ratios: subjecting fish to excessive stress at capture; prolonged keeping of adult fish at room temperature until fertilization; and the use of high water temperatures for fertilization. Correction of these problems would require technical innovations, including the introduction of fishways for adult capture; the use of adult holding ponds to shorten the time taken for the fertilization process; and the securing of water of a temperature appropriate for fertilization. These technical innovations would improve hatching ratios.

2008年10月14日受付, 2009年2月19日受理

日本におけるサケ *Oncorhynchus keta* の人工孵化放流事業は1878年に開始され、すでに120年の歴史を有している。サケの回帰資源は1900年代から1960年代まで、500万尾前後で推移していた。しかし、1970年代から資源が増加し始め、1996年には日本全体で8,800万尾と史上最大を記録した。この資源の増大はサケの生態に基づいた人工孵化放流技術の開発と孵化放流施設の拡充による成果と考えられている。

サケの生活史を通じて、人為的コントロールが可能な期間は、河川で再生産用親魚を捕獲した後に採卵・採精・受精を行い、卵・仔稚魚の飼育管理を経て放流を行

うまでである。なお、捕獲した親魚が未成熟な場合は、催熟を目的に一時的に池に収容する蓄養と呼ばれる行程が加わる。いずれにしても、この一連の行程はわずか数か月間に過ぎない。しかし、捕獲から蓄養、採卵・採精・受精までの行程は、良質な種卵の確保、高い受精・孵化率を達成するための重要な技術の一つである。人工孵化放流事業における、採卵数を基にした放流までの減耗割合は、2001年以降でも16～19%¹⁾程度となっている。北海道では、発眼卵期までに未受精や体内死卵などにより、除かれる卵の割合は8～12%^{*4}に達し、放流までの期間で生じる減耗の60%は発眼卵期までに生じ

^{*1} 独立行政法人水産総合研究センター さけますセンター さけます研究部技術開発室
〒062-0922 北海道札幌市豊平区中の島2条2丁目4-1

Technology Development Section, Research Division, National Salmon Resources Center, FRA 4-1 Nakanosima, Toyohira, Sapporo, Hokkaido, 062-0922 Japan.

mkouta@fra.affrc.go.jp.

^{*2} 独立行政法人水産総合研究センター 東北区水産研究所 業務推進部 調査普及課

^{*3} 独立行政法人水産総合研究センター 日本海区水産研究所 業務推進部 調査普及課

^{*4} さけますセンター孵化放流成績

ていることが判る。すなわち、サケの放流種苗の生産効率をさらに向上させるためには、発眼卵期までの減耗を抑制することが重要である。これは、親魚の取り扱いの改善による体内死卵の防止や、受精率の向上に努めることが重要であることを示している。受精率の低下原因として、親魚の催熟・蓄養管理時の不適切な取り扱いによる体内死卵の増加²⁾、精液や体腔液への血液や尿の混入³⁾、潰卵の発生⁴⁾および撲殺した親魚の長時間の放置⁵⁾などが挙げられている。また、卵管理時の高水温⁶⁾や紫外線への曝露⁷⁾などにより孵化率が低下することも知られている。これらに対する技術の運用には基本となるものはあるものの、地理的条件や利用できる用水などが地域や河川によってそれぞれ異なるために、画一的な技術で対処することは不可能で、それらの条件に合わせて柔

軟に対応することが求められる。また、地域間で技術格差が見られることから、技術水準の低い地域に対してはより高いレベルの技術の普及を図る必要がある。

本研究では、北海道および本州の孵化場に対するアンケート調査の結果に基づき、それぞれの個所および地域的な特徴と問題点を摘出し、それらについて分析を行い、明らかになった問題点についての解決策を考察する。

方 法

捕獲から卵の収容に至るまでには、蓄養、採卵・採精・受精、受精後に余剰精液や潰卵液などを洗い流す洗浄および、卵の発生にとって重要な吸水の作業がある。

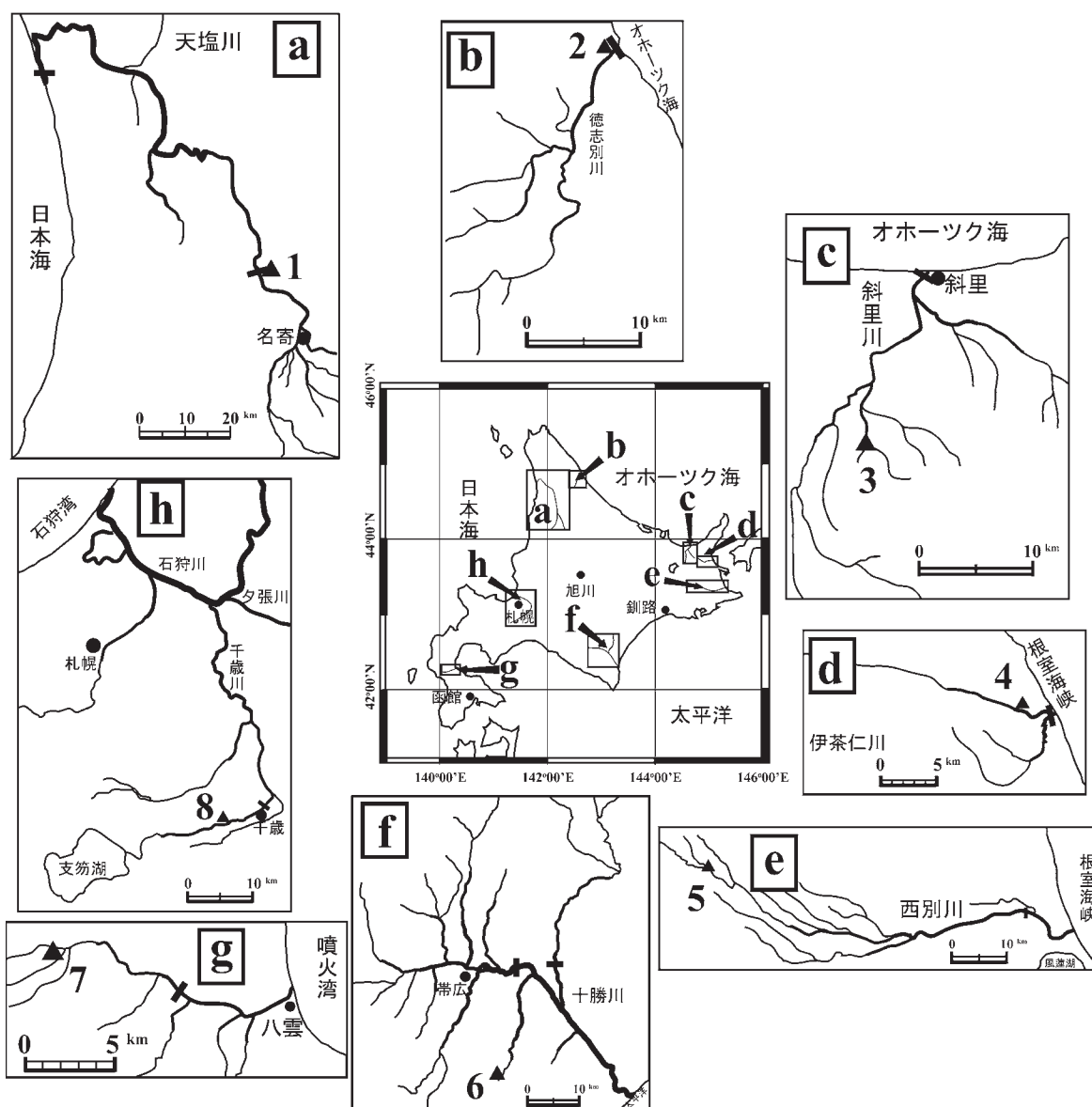


図1. 北海道における調査対象の河川名、捕獲場および孵化場の位置

▲：孵化場，■：捕獲場

1：天塩事業所，2：徳志別事業所，3：斜里事業所，4：伊茶仁事業所，5：虹別事業所，6：十勝事業所，

7：八雲事業所，8：千歳事業所

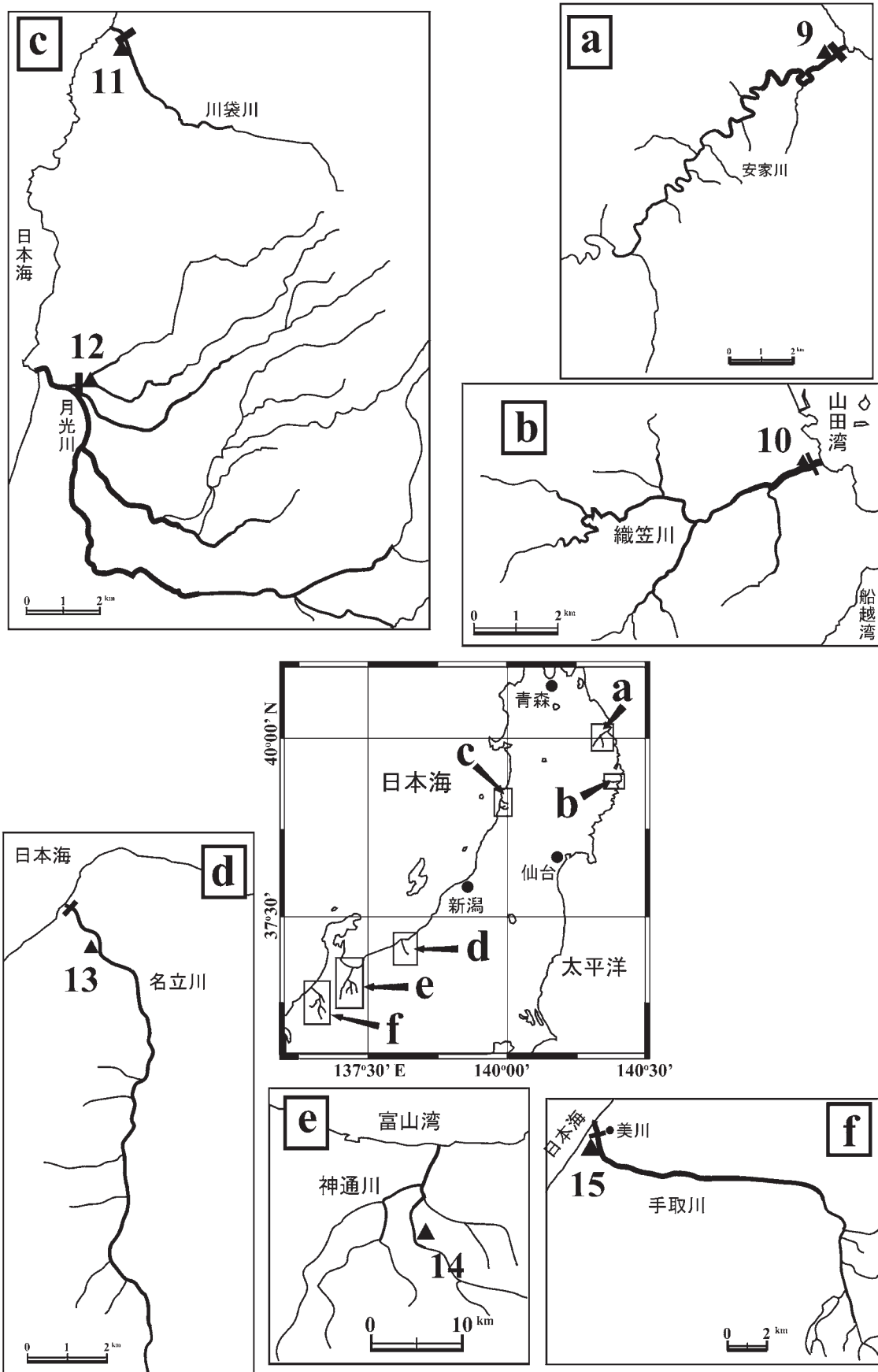


図2. 本州における調査対象の河川名、捕獲場および孵化場の位置

▲：孵化場，■：捕獲場

9：下安家孵化場，10：織笠孵化場，11：川袋孵化場，12：箕輪孵化場，13：名立孵化場，14：神通孵化場，

15：美川孵化場

これらの作業を孵化場あるいは捕獲場のいずれの場所で行うかは地域や立地条件によって異なっている。通常これらの一連の作業行程についての情報は、全て孵化場で把握しているため、本アンケート調査は孵化場を対象として行った。調査対象とした孵化場は、北海道では天塩、徳志別、斜里、伊茶仁、虹別、十勝、千歳および八雲の8個所で、本州の太平洋側では織笠、下安家（岩手県）の2個所、日本海側では川袋（秋田県）、名立（新潟県）、箕輪（山形県）、神通（富山県）および美川（石川県）の5個所である（図1、2）。孵化場名と孵化場の位置する河川名および捕獲場名については、それらの名称はそれぞれ異なる場合があった（表1）。また、天塩孵化場と十勝孵化場では2個所の捕獲場で捕獲を行っていた。対象とした北海道の孵化場は（独）水産総合研究センターさけますセンターが運営しており、捕獲場はそれぞれの管内さけ・ます増殖事業協会が運営している。また、本州で調査の対象とした孵化場は東北区水産研究所と日本海区水産研究所が技術普及を行っている孵化場に限定したが、それらの運営は県営である手取孵化場を除き、孵化場、捕獲場のいずれも海面または内水面漁業協同組合などが行っている。

2006年6月にアンケート票を送付し、2007年11月までにすべての回答を得た。アンケートは、サケの捕獲、蓄養および採卵・採精・受精作業に関する39項目について行ったが、本報告ではアンケート項目の中から特に重要と思われる14項目について分析を行った（表2）。また、本州の7個所についてはアンケートの回答内容を

踏まえ親魚捕獲、蓄養および受精作業についてさらに詳しい聞き取り調査を実施した。

結 果

親魚の捕獲状況 遡上親魚の捕獲方法についての結果を表3に示した。捕獲場の数は表1に示す通り17個所であるが、複数の方法で捕獲を行っている個所があるため、回答数は捕獲場の数を上回っている。捕獲方法については、固定漁具でない投網、曳網、巻網などの少人数で行うものは投・曳網類で一括し、トレーラーを使用する大規模な捕獲方法の掬い網とは区別した。また、水路を利用することで親魚を孵化場内まで自由に遡上させて捕獲する方法を魚道式とした。

最も多かった捕獲方法は、河川を網や木、竹、鉄、塩化ビニール等を用いた格子で遮断し、その一部に捕獲槽を設けたウライと呼ばれる漁具と投・曳網類であった。北海道では捕獲場の半数以上がウライを用いており、そのほとんどが大がかりな構造であった。これに対し、本州では主に投・曳網類による小規模な捕獲が行われていた。本州の捕獲場でウライを利用していない理由として、捕獲時期が台風シーズンであり、河川工作物としてのウライがあると氾濫を引き起こす可能性があるため、河川管理者の設置許可が得られないことが挙げられていた。魚道式による捕獲は5個所で行われており、これらのうち2個所では、曳き網や釣りによる捕獲方法を併用していた。

表1. 孵化場名と孵化場の位置する河川名および捕獲場名

	河川名	孵化場名	捕獲場名
北海道	徳志別川	徳志別	徳志別
	天塩川	天塩	美深
			天塩
	斜里川	斜里	斜里
	伊茶仁川	伊茶仁	伊茶仁
	西別川	虹別	西別
	十勝川	十勝	幕別
			千代田
	石狩川	千歳	石狩川
遊楽部川	八雲	遊楽部	
本州太平洋	織笠川	織笠	織笠川
	安家川	下安家	安家川
本州日本海	川袋川	川袋	川袋川
	月光川	箕輪	牛渡川
	名立川	名立	名立川
	神通川	神通	神通川
	手取川	美川	美川

表2. 分析に供したアンケート項目

親魚の捕獲状況	捕獲方法
	捕獲後の親魚の取扱い方法
	河口から捕獲場までの距離
	捕獲時期
親魚の蓄養状況	運搬方法
	蓄養水の起源
	運搬距離
	河口から蓄養池までの距離
	蓄養水温
採卵, 受精状況	蓄養日数
	撲殺後の放置時間
	卵洗浄水の起源
	卵洗浄水温
	受精後, 洗浄までの時間

表3. 北海道, 本州太平洋および本州日本海の17捕獲場における捕獲方法

捕獲方法	北海道	本州太平洋	本州日本海	合 計
ウライ	5		2	7
魚道	2	1	2	5
捕魚車	1			1
釣り			1	1
投・曳き網	3	1	3	7
掬い網	1			
合計	12	2	8	22

表4. 北海道, 本州太平洋および本州日本海の17捕獲場における河口から捕獲場までの距離 (km)

距離 (km)	北海道	本州太平洋	本州日本海	合 計
0-5	4	2	4	10
5-10	2			2
10<	4		1	5
合計	10	2	5	17

河口から捕獲場までの距離は, 本州では河口から10 km以上上流で投網による捕獲を行っている1箇所を除き5 km以内であった。それらの多くは1 km以内と河口から極めて近い位置に設置されていた。北海道でも4箇所が5 km以内で, そのうち2箇所は1 km以内に設置されていた。また, 10 km以上離れている捕獲場のうち, 3箇所は45 km以上で, 最長の美深捕獲場では110 kmにも達することから, 本州と比較して捕獲場が上流に設置されていることが特徴となっている(表4)。河口から近い位置に捕獲場が設置されているのは, 多くは密漁防止を目的として説明されている。また, 上流まで

遡上させると捕獲前に産卵してしまう個体が見られることもその理由となっていた。

サケ親魚の捕獲開始時期は, 北海道では8月中旬から10月中旬までの約2ヶ月にわたるが, そのほとんどは8月中旬から9月上旬に集中していた。本州太平洋では, 安家川捕獲場が8月中旬と早かったのに対し, 織笠川捕獲場では9月中旬と約1ヶ月の違いがあった。本州日本海では, 最も早い牛渡川捕獲場でも9月下旬で, その多くは10月上旬に開始されており, 北海道や本州太平洋よりも1ヶ月程度遅かった。捕獲終了時期は, 北海道では11月上旬から12月中旬であった。これに対し, 本州

では神通川捕獲場と美川捕獲場が11月中旬に終了したので除き、ほとんどが12月下旬以降に終了していた(図3)。

蓄養状況 蓄養は、アンケート対象とした孵化場またはその近接する孵化場の池を使用して行われているため、捕獲場で捕獲・蓄養・採卵までを行う天塩捕獲場を除き、蓄養場所の表記は孵化場名で統一した。蓄養状況については蓄養を行っていない名立孵化場を除く14個所から回答があった。

河口から蓄養池までの距離は、北海道では徳志別孵化場や天塩捕獲場を除くすべての蓄養池で河口から10 km以上の範囲にあり、最長では千歳孵化場で80 kmであった。一方、本州では15 kmの神通孵化場を除くすべての孵化場が2 km以内であった。蓄養に利用している用水の水温変動幅は、蓄養期間を通じて大きく変化している個所と一定水温で極めて安定している個所に分かれた。水温変動の大きい個所では河川水やその浸透水のポンプアップによって全ての用水を得ており、河川水が気温変動の影響を受け易いことがその原因となっていた。これに対して、湧水だけを利用した個所ではその水温は極めて安定していた。また、河川水を混合利用していた一部の個所でも変動幅は小さかった。河口からの距離が10 km以内で地下水や河川水を蓄養用水として使用している孵化場では、いずれも蓄養池の水温が13℃以上であった。なかでも、徳志別孵化場、天塩捕獲場では15℃に達し、本州の下安家孵化場では16℃を超える高水

温となっていた(図4)。

捕獲場から蓄養池までの距離は、本州では捕獲場の一部を蓄養池としても利用するなど、そのほとんどが捕獲場から1 km以内に近接して設けられていた。なお、投網による捕獲では、捕獲場と蓄養池の距離が一定していないため、不定として扱った。北海道では蓄養池と捕獲場が近接しているのは2個所に過ぎず、多くは5 km以上離れて設置され、千代田捕獲場と幕別捕獲場は45 km、最も遠い西別捕獲場では70 km以上も離れていた(表5)。このため、捕獲したサケ親魚は活魚タンクを利用して捕獲場から蓄養池までの間を輸送され、その輸送時間は2時間近くに及ぶこともあった。

最長蓄養日数には蓄養場所によって大きな変動が見られた。北海道では全般的に最長蓄養日数が長く、全て10日以上であった。最も長い天塩捕獲場では30日の蓄養を必要としていた。これに対して、本州では最も蓄養が長い下安家孵化場でも10日で、ほとんどが4日以内であった。蓄養期間は、北海道と本州太平洋では8月下旬から12月上旬まで行われていた。一方、本州日本海では10月上～中旬から開始され、12月下旬まで蓄養が行われていた箕輪孵化場を除き、全て11月下旬までには蓄養が終了していた(図5)。なお、捕獲開始時期と蓄養開始時期にずれが生じる理由として、北海道では早期に遡上した魚から採卵を行うと、現状の沿岸漁期前に回帰する親魚を増やすことになるため、漁獲対象とならないことが挙げられていた。それ以外にも、稚魚が放流

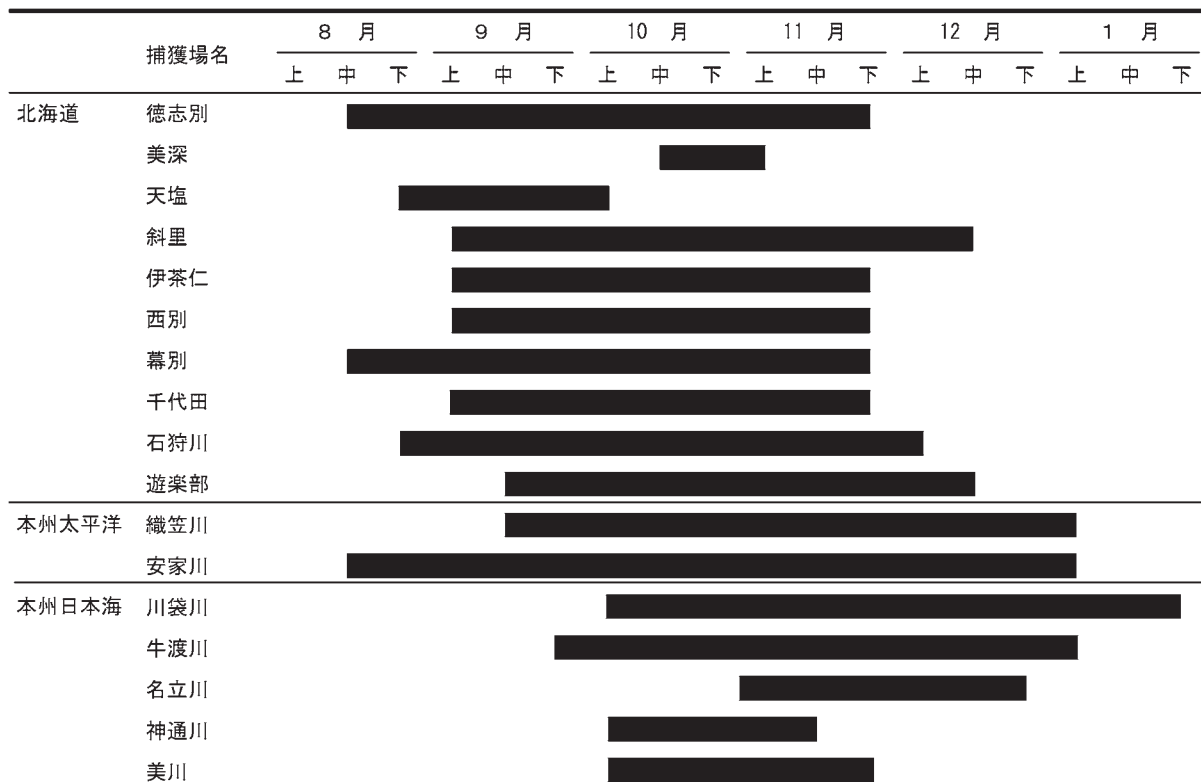


図3. 北海道、本州太平洋および本州日本海の17捕獲場の捕獲期間

	蓄養場所	蓄養水の起源	河口から蓄養池 までの距離 (km)	水温 (°C)													
				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
北海道	徳志別孵化場	河川水, 地下水	0.1														
	天塩捕獲場	河川水	5.0														
	斜里孵化場	湧水	11.0														
	伊茶仁孵化場	湧水, 河川水	10.1														
	虹別孵化場	河川水	78.0														
	十勝孵化場	地下水	45.0														
	千歳孵化場	湧水, 河川水	80.0														
	八雲孵化場	湧水, 河川水	20.0														
本州太平洋	織笠孵化場	地下水	0.5														
	下安家孵化場	地下水	0.1														
本州日本海	川袋孵化場	湧水	0.8														
	箕輪孵化場	湧水	2.0														
	神通孵化場	河川水	15.0														
	美川孵化場	地下水	1.0														

図 4. 北海道, 本州太平洋および本州日本海の 13 孵化場 (天塩, 名立孵化場を除く) と 1 捕獲場の蓄養水の起源, 河口から蓄養池までの距離 (km) および水温変動幅 (°C)

表 5. 北海道, 本州太平洋および本州日本海的美深, 名立川捕獲場を除く 15 捕獲場における捕獲場から蓄養池までの距離 (km)

距離 (km)	北海道	本州太平洋	本州日本海	合計
0-5	2	2	3	7
5-10	4			4
10-15				0
15<	3			3
不定			1	
合計	9	2	4	15

蓄養場所	最長蓄養日数	8 月			9 月			10 月			11 月			12 月			
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
北海道	徳志別孵化場	22															
	天塩捕獲場	30															
	斜里孵化場	11															
	伊茶仁孵化場	20															
	虹別孵化場	15															
	十勝孵化場	20															
	千歳孵化場	10															
	八雲孵化場	14															
本州太平洋	織笠孵化場	4															
	下安家孵化場	10															
本州日本海	川袋孵化場	2															
	箕輪孵化場	1															
	神通孵化場	3															
	美川孵化場	4															

図 5. 北海道, 本州太平洋および本州日本海の 13 孵化場 (天塩, 名立孵化場を除く) と 1 捕獲場での最長蓄養日数と蓄養期間

時期までに大きくなり過ぎることなどが挙げられた。本州では、河川の水温が高く蓄養施設も整っていないため、長期間の蓄養が出来ないこと、採卵を行ったとしても洗浄・吸水・収容に使用する用水の水温が高すぎるなどが挙げられていた。

受精状況 採卵・採精・受精作業は、アンケート対象とした全ての孵化場と天塩捕獲場で行われていた。

採卵・採精・受精作業を行う前処理として、体内の卵と精子への悪影響を少なくするために撲殺が行われる。撲殺を行ってから採卵・採精・受精までの最長経過時間

表 6. 北海道、本州太平洋および本州日本海の 15 孵化場と 1 捕獲場における親魚撲殺から受精までの最長経過時間 (分)

時間 (分)	北海道		本州太平洋	本州日本海
	雄	雌		
0-5	2	4		3
5-10	3	5	1	1
10-15	4			
15-20			1	
20-25				
25<				1
合計	9		2	5

を表 6 に示した。北海道で回答のあった 9 孵化場では、撲殺から最大でも 15 分以内に採卵・採精・受精を行っている。本州でも 5 箇所では 10 分以内に採卵・採精・受精を行っていたが、このほかの 2 箇所では 15 分以上を要し、最長では 30 分を要している場合も見られた。北海道において、雌雄をそれぞれ区別して経過時間を回答した 5 孵化場では、いずれも雄の経過時間の方が長かった。これは一定量の雌から採卵した後に受精するという採卵・受精の作業行程を反映しているためと考えられる。

卵の洗浄・吸水に用いている水の起源と使用期間中の水温変動幅を図 6 に示した。使用している洗浄用水の起源はほとんどが地下水か湧水で、河川水と湧水の混合水が 2 箇所であった。河川水と湧水の混合水を使用している神通孵化場の水温幅は 6℃ と大きく、蓄養池と同様に、河川水やその浸透水をポンプアップによって得ているため水温変動幅が大きくなっていた。しかし、地下水を使用していると回答のあった下安家孵化場でも 6℃ の変動が見られた。この水温変動の原因は明らかではないが、一部河川水や伏流水が混入している可能性が考えられる。北海道での最高水温は天塩捕獲場と天塩孵化場を除きいずれも 10℃ 以下であった。このうち天塩捕獲場では地下水を利用しているもののタンクで運搬しているた

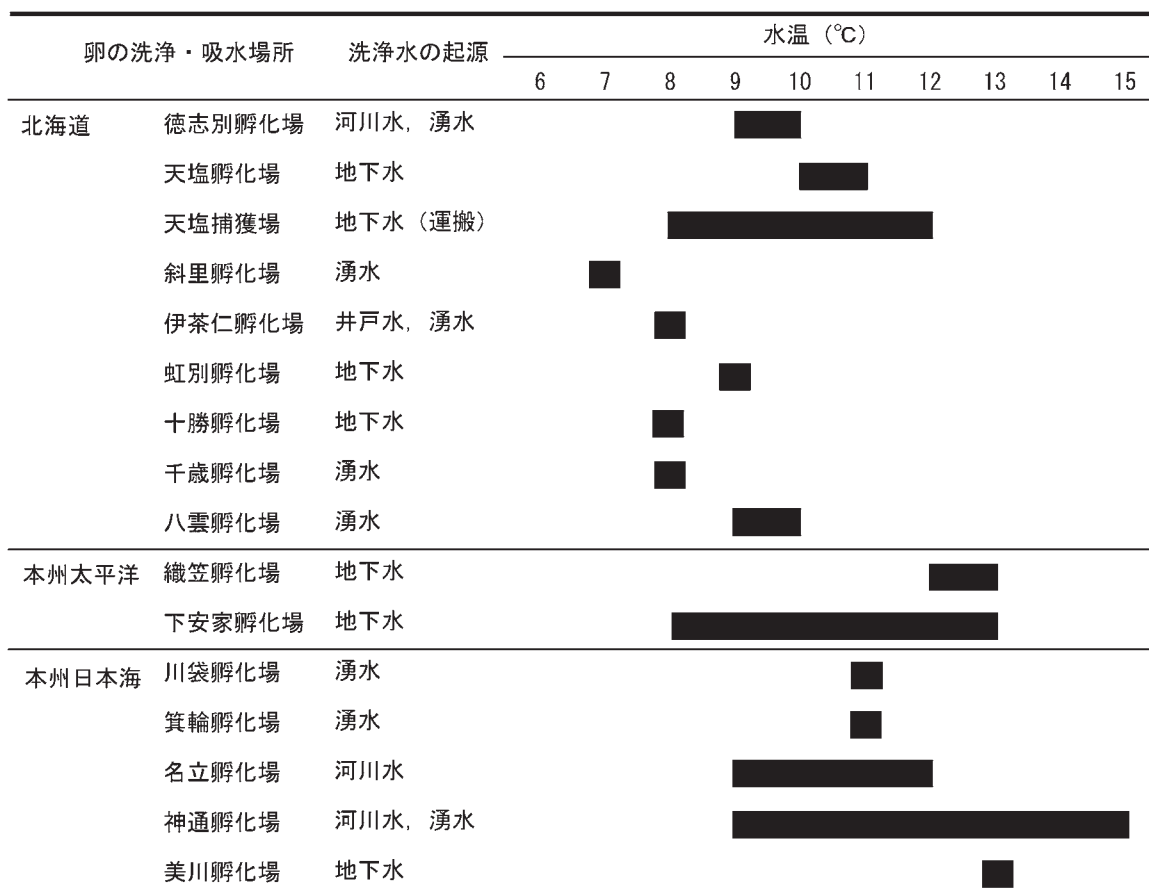


図 6. 北海道、本州太平洋および本州日本海の 15 孵化場と 1 捕獲場での卵の洗浄用水の起源と水温変動幅 (°C)

め、使用するまでの間に水温が上昇してしまうことが原因となっていた。本州では最低水温は8～9℃と北海道と同様かやや高い程度であったが、最高水温は11～15℃と高かった。

媒精から卵の洗浄・吸水を開始するまでに要する最長経過時間を表7に示す。調査した16個所のうち、13個所では5分以内に、2個所でも10分以内に卵の洗浄・吸水が行われていた。しかし、採卵作業所に吸水槽を備えていない1個所では、媒精後20～30分かけて輸送してから洗浄・吸水を行っていた。

考 察

今回調査を行った河川では、サケ親魚の捕獲方法として特に北海道ではウライが多く使用されている。この捕獲方法はサケの遡上生態に比較的合致しているため、サケの不要な運動を極力防ぎ、エネルギー消費を抑制し、さらに魚体を傷めることが少ないことから効果的な方法と考えられる。しかし、経済的理由や、河川管理者からウライの設置許可が得られないなどの理由により、投網や釣りによる捕獲が行われることも多い。聞き取り調査では、これらの方法で捕獲した親魚から採卵した卵は、発眼期までの発生率が低いことが指摘されている。これは捕獲方法が、親魚に物理的なストレスを与えているためと考えられる。このような腹部への過大な衝撃を与える危険性の高い捕獲方法は、体内の潰卵発生の原因ともなることから極力回避すべき方法である。河川内でサケの親魚を捕獲することは密漁や自然放卵による減耗を防ぐためにやむを得ないと言えるものの、採卵に至るまでの間に親魚に与えるストレスを少なくするためには、可能な限り自然環境下で催熟させることが望ましく、現時点では美深捕獲場、美川捕獲場などで行われている魚道式による自然遡上が最上の捕獲方法と考えられる。魚道式を導入した美川捕獲場では、発眼率が向上するなど好結果を得ているばかりでなく、一連の作業の効率が向上し経費削減も図られている。全ての孵化場が対象となるとは考えられないが、孵化場と河川の位置によっては自然遡上用の水路などの施設を設けることができるので、捕獲場の設置位置も含めて検討してみることが必要である。

サケは河川遡上途上に成熟が進むため、捕獲場が河川下流にある場合、捕獲される親魚は未成熟魚の割合が高くなり、多くの個体が長期間の蓄養を必要とする⁸⁾。流程の長い天塩川において、河口から5kmの蓄養池で20～30日の長い蓄養期間を必要としているのは、未成熟魚の割合が高いためであり、同一水系の100km以上上流の捕獲場で蓄養を必要としないのは、遡上途上に親魚の成熟が進んだことを示している。また、下流域では一般的に濁度⁷⁾、溶存酸素濃度⁹⁻¹¹⁾、アンモニア濃度⁹⁾および水温¹²⁾などの変動がサケ親魚の斃死率に影響を及ぼすことが知られている。サケの未熟魚は捕獲時に容易に脱鱗し、そのため水生菌の繁殖による斃死が起きやすく¹²⁾、蓄養日数が長いことは更にそのリスクを大きくする。河川の流程にもよるが、一般に蓄養日数の長い北海道では下流域での捕獲は極力避けるべきであり、もし河口域でやむを得ず捕獲を行う場合には可能な限り親魚へのストレスや損傷を与えない捕獲、運搬および蓄養の体制を構築する必要がある。一方、岩手県の津軽石川や大槌川、新潟県の三面川などのようにサケの産卵場が河口から上流数kmに見られる河川¹³⁾では、河口付近に設置された捕獲場で捕獲されたサケでも蓄養日数が平均2.5日と短かく、この時点でサケの成熟が進んでいることは明らかである。本州に多いこのような河川では捕獲場の位置が河口付近にあることは親魚確保のために合理的な理由があると考えられるため、捕獲される魚の成熟に合わせた蓄養場所と方法を導入することが必要と考える。

河川遡上期の完熟間近のサケ親魚は高水温にさらされると、体内の熟卵は体内死卵となって著しく減耗する¹⁴⁾。蓄養用水として河川水や河川水の伏流水を利用している幾つかの蓄養池では水温が14℃を越える期間があり、このような高水温下ではサケ親魚の体力の消耗とともに、体内の卵に与えるダメージも無視出来ないと考えられる。このように、一時的とはいえ高水温で蓄養を強いられている施設では、水温が低下するまでの間は低水温の用水が確保可能な孵化場の飼育池などを利用して蓄養を行うことが望ましい。

岡田ら⁵⁾は、撲殺後、魚体内において精液と卵が正常な状態を保持できる能力は18～19℃の時に、精液が30分、卵は90分が限度であることを明らかにしている。

表7. 北海道、本州太平洋および本州日本海の15孵化場と1捕獲場における媒精から洗浄・吸水までの最長経過時間(分)

時間(分)	北海道	本州太平洋	本州日本海	合計
0-5	8	1	4	13
5-10	1	1		2
10-15				0
15<			1	1
合計	9	2	5	16

北海道と本州のほとんどの孵化場では撲殺から採卵・受精までの経過時間は10分以内なので、精液、卵子ともに正常な状態で使用されていると言える。しかし、採卵時の外気温が、北海道よりも高い本州の一部の孵化場では20～30分も放置されている場合が見られた。新潟県の能代川の孵化場では、捕獲した親魚全数を撲殺していたため、撲殺から受精まで30～60分も要していた。しかし、捕獲した親魚を一旦蓄養することで、一度に採卵・採精する親魚の数を調整できるようになり、撲殺から受精までの時間が短縮され、生産率の向上が認められている¹⁵⁾。このように成熟が進んだ状態のサケ親魚が捕獲される本州では、蓄養を成熟目的のためではなく、撲殺から採卵・採精・受精までの時間短縮のために活用することも必要と考えられる。

広井ら⁶⁾は、受精卵の洗浄・吸水を14℃以上の高水温で行うと、受精率と孵化率のいずれもが低下することを報告している。卵洗浄の用水は北海道では12℃以下、本州孵化場ではほとんどが14℃以下の用水を使用している。本州の卵洗浄用水の水温が北海道と比べて高いのは、本州の方が温暖な気候のため、その影響を受けて河川水や地下水の水温が高くなるためと考えられる。本州において上限の水温に近い用水を用いている孵化場では、わずかな水温上昇でも受精率と孵化率の低下をきたす恐れがあり、これを防ぐためには水を使用して水温の上昇を抑えるなどの工夫も必要かもしれない。

これまでは技術的問題について述べたが、これらの問題以外に孵化場の運営に関して幾つかの問題が挙げられており、その代表的なものとして人不足と資金不足が挙げられる。これらの問題は運営資金を安定的に確保することによって解決出来ると思われる。多くの孵化場の運営資金の一部は水揚げ高に対する一定割合の分担金や不用親魚の売却益であるため、これらの運営上の問題を解決するためにも孵化放流技術の改善により、回帰率の向上と漁獲量の増加安定を図る必要がある。

謝 辞

アンケート調査と聞き取り調査に協力していただいた織笠、下安家、名立、川袋、箕輪、神通および美川孵化場の皆様と、さけますセンターの八雲、千歳、伊茶仁、虹別、斜里、十勝、天塩および徳志別事業所の職員の皆様にお礼申し上げます。また、東北区水産研究所と日本海区水産研究所の業務推進部調査普及課の皆様には、調査取り纏めに協力していただいた。養殖研究所札幌魚病診断研修センターの大迫典久博士、さけますセンターさけます研究部遺伝資源研究室の佐藤俊平博士には英文要旨の校閲をしていただいた。原稿を査読していただいた査読者の方々には的確なアドバイスをいただいた。これらの人に深く感謝いたします。最後に、さけますセンターさけます研究部技術開発室の職員の皆様には有益な助

言をいただいた。記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 独立行政法人水産総合研究センター (2008) 平成18年度さけますセンター業務報告書, 2 さけます増殖事業結果 (平成17-9年度), 116-125.
- 2) 広井 修 (1981) 4.3 サケ資源の初期減耗 - 特に人工ふ化放流における卵から稚魚放流までの減耗要因について, 「漁業資源研究会議報第22号 第17回漁業資源研究会議シンポジウム漁業資源の初期減耗をめぐる諸問題 - 卵から加入までの減耗機構について -」, 南西海区水産研究所コンピナー委員会編, 高知, 53-66pp.
- 3) 野村 稔 (1964) ニジマスの人工採卵に関する基礎研究 - VI 淡水・等調液・体腔液・尿の希釈による精子の活動性と精液の貯蔵について, 日水誌, 30, 723-733.
- 4) 稲葉伝三郎・野村 稔・須山三千三 (1958) 養殖マス類の人工採卵改善に関する研究 - II, 日水誌, 23, 762-765.
- 5) 岡田 雋・石川嘉朗・木村義一 (1956) 鮭人工孵化における不受精現象の研究 (第2報) 精子および卵子の生存能力について, 孵化場試験報告, 11, 7-17.
- 6) 広井 修・浦和茂彦・倉本 勉 (1988) 人工授精におけるサケ卵の受精水の適水温 - I 高水温の影響試験, 北海道さけ・ますふ化研報, 42, 75-79.
- 7) 高野和則・広井 修・安川雅夫・末武敏夫 (1980) サケ・マス類の卵および精子の保存に関する研究 - I サケ (*Oncorhynchus keta*) 未受精卵の保存について, 北海道さけ・ますふ化研報, 27, 31-27.
- 8) 帰山雅秀 (1977) 十勝川水系におけるサケ・マスの人工再生産効率向上に関する研究 - II 1976年, 十勝川におけるサケ親魚遡上動向とその捕獲・採卵方法について, 北海道さけ・ますふ化研報, 31, 55-70.
- 9) 帰山雅秀・小林明弘 (1977) 十勝川水系におけるサケ・マスの人工再生産効率向上に関する研究 - I 打内蓄養池のサケ蓄養条件と使用率について, 北海道さけ・ますふ化研報, 31, 37-53.
- 10) 橋本 進 (1966) サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の成熟期における代謝生理学的研究 - I 酸素消費量と代謝排泄物量からみた蓄養池の必要な条件ならびに蓄養可能量の推定, 北海道さけ・ますふ化研報, 20, 47-64.
- 11) 橋本 進 (1981) サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の成熟期における代謝生理学的研究 - VI 溶存酸素計による蓄養サケの行動ならびに活力の解析, 北海道さけ・ますふ化研報, 35, 1-8.
- 12) 橋本 進・阿部龍男・加藤久雄 (1980) サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum) の成熟期における代謝生理学的研究 - III 蓄養条件下における酸素消費量, 代謝排出量ならびに水中の溶存酸素濃度の日周・日間変動が収容量に及ぼす影響, 北海道さけ・ますふ化研報, 34, 105-113.
- 13) 稲葉伝三郎 (1969) サケ・マス類の増殖, 「改訂増補 淡水増殖学」(稲葉伝三郎編), 恒星社厚生閣, 東京, 289-300pp.
- 14) 広井 修 (1988) 卵発生と人工ふ化管理について, 「日本のサケマス その生物学と増殖事業」(久保達郎編), 株式会社たぐん総研, 札幌, 58-66pp.
- 15) 平間美信 (2007) 民間さけふ化場で生産率が向上, 日本海リサーチ&トピックス, 2, 3-5.

原著論文

胃と腸の内容物からみた周防灘南部沿岸における ナルトビエイの食性

伊藤龍星*・平川千修*

Observation of Stomach and Intestinal Contents to Reveal the Feeding Habits of the Longheaded Eagle Ray, *Aetobatus flagellum*, in the Coastal Waters of Southern Suo-Nada, Seto Inland Sea, Japan

Ryusei ITO and Chishyu HIRAKAWA

Longheaded eagle rays (*Aetobatus flagellum*) were caught by drift net in June and gill net in July and September 2005 in southern Suo-Nada in Japan's Seto Inland Sea. Their feeding habits were investigated from detailed observations of the stomach and intestinal contents of 16 rays. Seven types of food – *Ruditapes philippinarum*, *Macra chinensis*, *Fulvia mutica*, an unidentified bivalve, large and small gastropods, and a cephalopod – were found. Maximum occurrences in numbers of individuals of each food item here were 104 *R. philippinarum*, 47 *M. chinensis*, and 20 *F. mutica*. The mean percentage weight of the stomach contents in relation to the body weight of the ray was 0.4%. *R. philippinarum* was found at the highest frequency in the stomach of 25% of the rays dissected, while *F. mutica* occurred at the highest frequency in another 25%. Fifty-six percent of the rays had ingested only one kind of food item. These rays moved in groups and mainly ate bivalves that were available at high densities. We confirmed predation of bivalves in the sublittoral zone by the longheaded eagle ray.

2008年7月8日受付, 2008年12月22日受理

ナルトビエイ *Aetobatus flagellum* はトビエイ科に属し、西部太平洋、インド洋、紅海などの温帯から熱帯の沿岸域に生息している¹⁾。本種は国内では、1989年に長崎県五島沖で初めて記録され²⁾、その後は有明海³⁾や瀬戸内海⁴⁾でも確認されるようになった。本種はアサリ *Ruditapes philippinarum* 等の二枚貝を大量に食べるとされ、西日本各地の沿岸ではアサリやタイラギ *Atrina pectinata* などの食害被害が報告されており⁵⁻⁷⁾、有明海では2001年度から駆除事業が開始されている⁶⁾。大分県でも周防灘南部を対象に、2004年度から駆除事業が開始されているが⁸⁾、その効果は十分とは言い難く、大分県中津市沿岸に大量発生したバカガイ *Macra*

chinensis が⁹⁾、2005年⁹⁾、2006年¹⁰⁾と連続して本種の猛烈な食害にあい、ほぼ全滅する事態が発生している。

本種は近年になって西日本沿岸で確認されるようになったことから、分布や回遊、食性などの生態に関する知見は少なく、特に周防灘においての情報は著しく乏しい。周防灘沿岸に来遊するナルトビエイが、どこで、どのような生物を、どの程度捕食しているのかといった食性の基礎的部分を明らかにすることは、本種の資源特性の把握や、本種による被害実態の把握、効果的な駆除や防除対策の立案などにおいて、必要不可欠なものである。そこで、周防灘南部沿岸に来遊するナルトビエイを捕獲し、胃と腸の内容物を調査して、捕食している生物

* 大分県農林水産研究センター 水産試験場 浅海研究所 〒879-0617 大分県豊後高田市高田 3008-1
Shallow Water Laboratory, Fisheries Research Institute, Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center,
Oita 879-0617, Japan.
ito-ryusei@pref.oita.lg.jp.

の種類や量的な面を明らかにするとともに、同沿岸におけるナルトビエイの食性について考察した。

材料および方法

標本魚の捕獲 図1に示す周防灘南部沿岸において、2005年6月30日、7月6日、9月28日の3回にわたり標本魚の捕獲を実施した。6月30日は流し刺網（目合い87mm、長さ300m、高さ30mの1枚網）を用いた。6:30～9:30の3時間の間に、A（豊後高田市呉崎）、B（宇佐市駅館川）、C（宇佐市長洲）の順番で捕獲作業を行った。それぞれ、投網終了から揚網開始までの時間は20分間とした。また、7月6日はD（中津市小祝）で、9月28日にはE（中津市角木）で、それぞれ固定式刺

網（中網目合い24mm、外網56mm、長さ600m、高さ8mの3枚網）を用いて捕獲作業を行った。網は揚網前日の17:00に仕掛けてその場に放置し、14時間後の翌日7:00に揚網した。捕獲場所の海底と水深については、A、B、Cは砂泥質で水深4～6m、D、Eは砂質で、水深3～4mであった。捕獲尾数は、6月30日にはAで6尾、Bで4尾、Cで1尾の計11尾、7月6日にはDで3尾、9月28日にはEで2尾の合計16尾であった。

標本魚のサイズ、胃と腸の取り出し 標本魚は、捕獲時にはすべて生存していた。船上において、生殖器の肉眼観察によって雌雄を判断し、体盤長と体重を計測するとともに、開腹して胃と腸を取り出し、氷蔵して実験室に持ち帰った。雌雄比は1:1（雄雌各8尾）であった。雄の体盤幅は33.0～85.0cm、平均60.6cm、平均体重

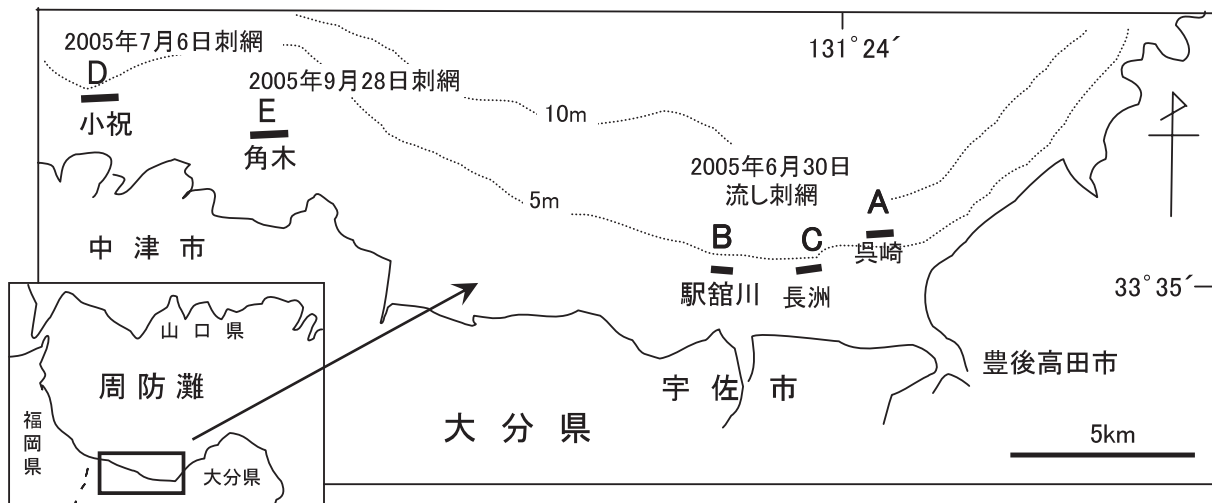


図1. ナルトビエイ捕獲場所の周防灘南部沿岸と捕獲日、捕獲漁法

表1. ナルトビエイの捕獲日と漁法、捕獲場所、No、体盤幅、体重、雌雄、胃と腸の内容物（個体数）、胃内容物の魚体重に占める割合（%）

捕獲日と漁法	捕獲場所	No.	体盤幅cm	体重kg	雌雄	胃と腸の内容物（個体数）						胃内容物重量比%		
						胃				腸				
						二枚貝綱				大型巻貝綱	小型巻貝綱		頭足綱	
						アサリ*1	バカガイ*2	トリガイ*2	種不明*1	種不明*3	種不明*4		種不明*5	
2005/6/30 流し刺網	A 呉崎	1	39.5	0.7	♂				1			0.1		
		2	63.0	3.3	♂	61			31		95	0.7		
		3	79.5	7.2	♂	35			20			0.3		
	4	67.0	4.0	♀	16							0.2		
	5	73.0	5.4	♀		47						0.6		
	6	74.0	5.7	♀		20						0.3		
2005/7/6 固定式刺網	B 駅館川	7	65.0	3.6	♂				13			0.5		
		8	75.0	5.9	♂				8			0.3		
	9	112.0	23.1	♀				19			1	0.2		
	10	114.0	24.6	♀				20		1	2	0.2		
C 長洲	11	33.0	0.4	♂			空				空	—		
12	45.0	1.0	♂			空					空	—		
2005/9/28 固定式刺網	D 小祝	13	85.0	9.1	♂	104	1				30		0.7	
		14	86.0	9.4	♀							空	—	
E 角木	15	82.0	8.0	♀							空	—		
	16	109.0	21.1	♀					3			—		
平均値	—	75.1	8.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	

*1 水管の数を計数

*2 斧足の数を計数

*3 中腸腺の数を計数

*4 蓋の数を計数

*5 顎板の数から個体数を算出

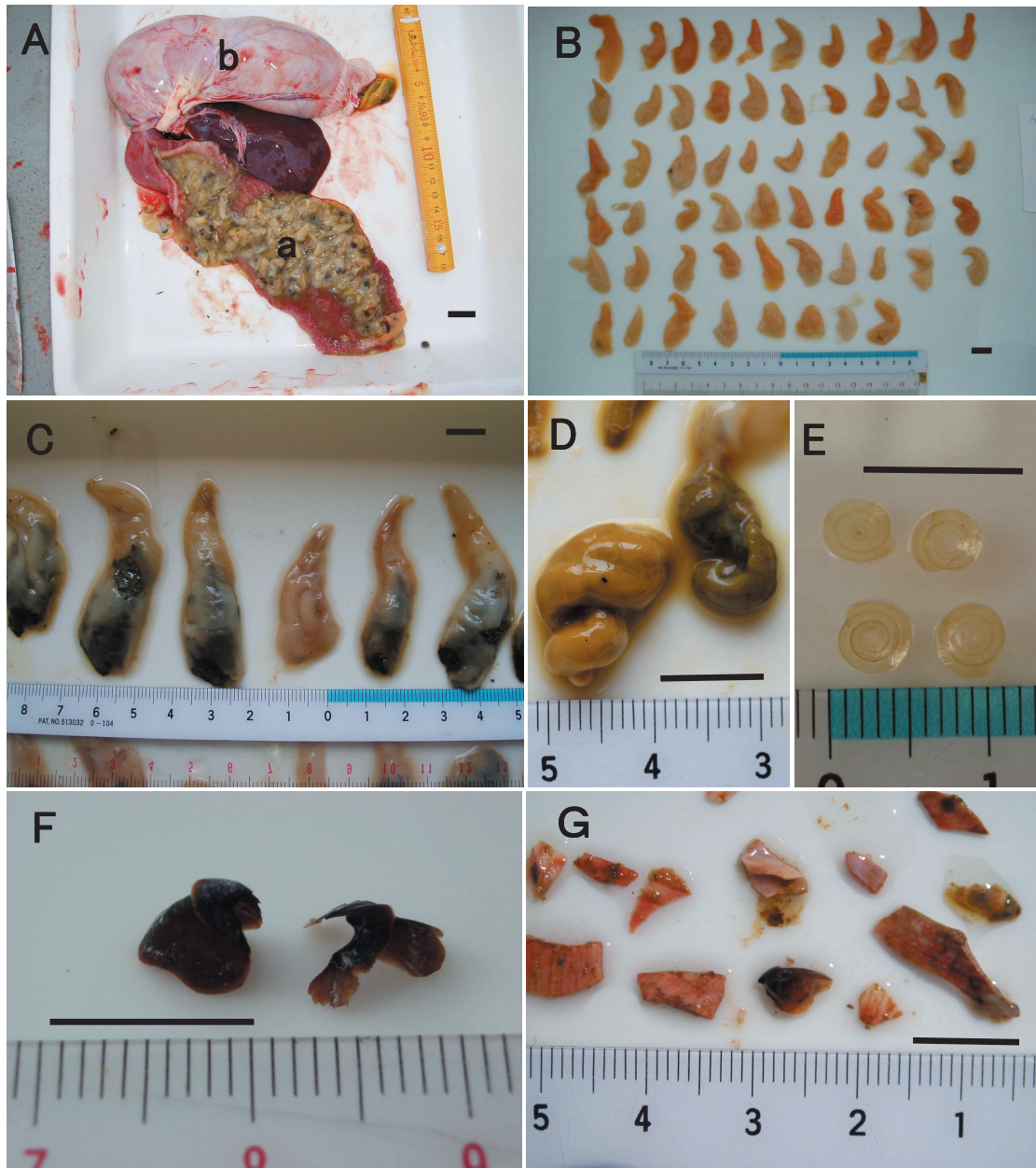


図2. ナルトビエイの胃内容物 (A, B, C, D) と腸の内容物 (E, F, G)

A : 胃と内容物のアサリ (a), 腸 (b). B : バカガイの斧足.
 C : トリガイの斧足. D : 大型巻貝網の中腸腺. E : 小型巻貝網の蓋.
 F : 頭足網の顎板 (左上顎, 右下顎). G : トリガイの貝殻片.
 図中スケールはすべて 1cm.

3.9kg, 雌は体盤幅 67.0 ~ 114.0cm、平均 89.6cm, 平均体重 12.7kg と雌のほうが大型で、全平均では体盤幅 75.1cm, 体重 8.3kg あった (表1)。

胃と腸の内容物の調査 持ち帰った胃と腸はすぐに冷凍し、3日以内に解凍して内容物を調査した。胃と腸を分離して、それぞれの内容物を、肉眼および実体顕微鏡で観察して、生物の種の査定や個体数、重量を測定した。査定は、可能なものは種まで行ったが、判別不可能なものは綱までとした。胃内容物は、二枚貝の水管や斧足、大型巻貝網の中腸腺などが出現したため、これらを種査

定の材料にするとともに、胃内容物の出現個体数を計数した。一方、腸内では、多くの内容物は溶解しており、ほとんど判別不可能であった。しかし、小型巻貝網の蓋や頭足網の顎板、貝殻片や小石は確認することができたので、これらを計数し、腸の内容物の出現個体数とした。

胃内容物重量の魚体重に占める割合を、胃内容物重量比 (%) として示した。また、各生物の出現の割合を出現頻度 (%) = (ある種類の生物を捕食していた標本魚の尾数 / 調査尾数) × 100 で示した。さらに、調査した

各標本魚の胃内から出現した生物の種類数は最大2種類であったので、種類数を出現なし（空胃）、1種類、2種類にわけて、調査尾数に占める割合（%）で示した。

結 果

胃と腸の内容物 胃内から確認された生物はアサリ、バカガイ、トリガイ *Fulvia mutica*、種不明二枚貝、大型巻貝綱の計5種類、腸内からは、小型巻貝綱、頭足綱の2種類で、合計7種類であった（表1）。胃内および腸内におけるこれらの内容物の状態を図2に示した。胃内では、アサリ（図2A）と種不明二枚貝の水管が残存し、バカガイ（図2B）とトリガイ（図2C）では斧足が残っていた。また、大型巻貝綱は内蔵塊先端のらせん状の中腸腺部分（図2D）が残存していた。腸内では、小型巻貝綱の蓋（図2E）や、頭足綱の顎板（図2F）、貝殻片（図2G）や小石が残っていた。小型巻貝綱の蓋はすべて革質、多旋型¹¹⁾の同一種で、直径は4.0～7.9mmであった。頭足綱の顎板は2尾のナルトビエイから確認され、1尾は上顎と下顎が各1個ずつ、他の1尾は上顎2個と下顎1個であった。下顎の側板長は2個とも6mm台であった。また、胃内ではアサリ、バカガイ、トリガイが確認されたナルトビエイからは、腸内でそれぞれの貝殻片が必ず確認された。貝殻片は多いものでは、ナルトビエイ1尾にトリガイ貝殻42片、重さ1.3g、長さは最大で13.8mmあった。

胃と腸の内容物の個体数と胃内容物重量比 各標本魚16尾（No.1～16）の胃内および腸内から確認された生物の種類と個体数、胃内容物重量比（%）を表1に示した。6月30日に流し刺網を用いてA,B,Cの3ヵ所で捕獲した11尾（No.1～11）では、CのNo.11のみ空胃・空腸であったが、その他の10尾からは生物が確認された。A（No.1～6）の胃内からは、3尾（No.2～4）で

アサリが確認され、最大個体数は61個体（No.2）であった。No.5,6の2尾からはバカガイが確認され、最大個体数は47個体（No.5）であった。No.1～3の3尾からは種不明二枚貝が確認され、最大個体数は31個体（No.2）であった。また、No.2の腸内からは、小型巻貝綱が95個体確認された。続いてBで捕獲された標本魚No.7～10の4尾すべての胃内からはトリガイが確認され、最大個体数は20個体（No.10）であった。また、No.9,10の2尾の腸内からは頭足綱がそれぞれ1、2個体確認された。さらに7月6日、Dの固定式刺網で捕獲されたNo.12～14の3尾のうち、2尾は空胃・空腸であったが、No.13からは胃内ではアサリ、バカガイが、腸内では小型巻貝綱が確認され、アサリは104個体であった。同じく固定式刺網で9月28日にEで捕獲された2尾のうち、No.15は空胃であったが、No.16の胃内からは大型巻貝綱が3個体確認された。

各標本魚の胃内容物重量比（%）は、最大で0.8%（No.16）、平均すると0.4%であった。

胃内容物の出現頻度 最も多く出現したのはアサリとトリガイでそれぞれ25.0%であった（表2）。ついでバカガイおよび種不明二枚貝が各18.8%、大型巻貝綱6.3%の順であった。

胃内容物の生物の種類数 内容物は1種類のみ出現が最も多く、全体の56.3%を占めた（表3）。ついで、出現なし（空胃）の25.0%、2種類の18.7%の順であった。今回の調査では3種類以上出現した標本魚はなかった。

考 察

胃内および腸内から確認された生物7種類は、すべて軟体動物門に属しており、うち4種類は二枚貝綱、2種類は巻貝綱、残りは頭足綱であった。胃の内容物を調査したところ、二枚貝の水管や斧足、大型巻貝綱のらせん

表2. ナルトビエイの胃内容物の出現頻度（%）

生物名	出現頻度（%）	
アサリ	25.0	
二枚貝綱	バカガイ	18.8
	トリガイ	25.0
	種不明	18.8
大型巻貝綱	種不明	6.3

表3. ナルトビエイの胃内容物の種類数とその尾数、割合（%）

胃内容物の種類数	標本魚の尾数	割合（%）
出現なし（空胃）	4	25.0
1種類	9	56.3
2種類	3	18.7
計	16	100

状の中腸腺部分などは、消化されながらも残存している場合が多かった。このため今回は、アサリでは水管を、バカガイやトリガイでは斧足を、大型巻貝綱では中腸腺を種の査定や個体数計数の材料にした。その他の内容物はすでに細かく切断され、消化も進んだ状態のため、種の査定をするのは困難であった。また、腸内の内容物はペースト状で、ほとんど原形をとどめていなかったが、小型巻貝綱の蓋や頭足綱の顎板、貝殻片、小石は溶解せずに残存していた。本種は捕食した貝殻は外に吐き出すため、消化管の中に貝殻はほとんど含まれないとされているが^{6,12)}、今回のように腸内を精査することで、捕食された生物を確認できる場合もあると考えられる。大型巻貝綱の種類は、残存していた中腸腺の大きさや筋肉部分の色彩、そして当該海域で通常見られる種類から類推すると、アクキガイ科のアカニシ *Rapana venosa* や、タマガイ科のツメタガイ *Glossaulax didyma* などが考えられる。小型巻貝の蓋はすべて革質の多旋型で¹¹⁾、イボキサゴ等のニシキウズガイ科の巻貝と推察される。頭足綱の顎板はいずれも側板が長く後方に伸びることから八腕目と思われ、着色部と半透明部が斜めに区分けできるとの特徴や*、下顎の側板長が6mm台と小さいことからイダコと思われる。ナルトビエイが頭足綱を捕食していたとの報告はこれまで見あたらないが、今回、頭足綱の捕食は同じ場所(B)で捕獲された2尾(No.9, 10)で見られ、そのうち1尾(No.10)からは2個体の頭足綱が確認された。頭足綱の捕食が偶然か、あるいは能動的なものかは、今後さらなる調査が必要であろう。なお、頭足綱を捕食していたナルトビエイは、いずれも体盤幅110cm以上、体重20kgを超える大型個体であったが、川原ら⁶⁾や山口¹²⁾は、ナルトビエイは魚体の大きさによって餌生物が異なることを指摘しており、ナルトビエイのサイズと頭足綱の捕食には関連があるかもしれない。

6月30日は、3時間の間にA, B, Cの3カ所で捕獲を行ったが、Aで捕獲した個体には複数尾でアサリまたはバカガイが出現したのに対し、約3キロ離れたBでは、それらは皆無で、かわりにトリガイや頭足綱が複数尾から出現するなど、わずかな場所の違いで捕食した生物に明らかな相違が見られた。以上から、本種は群れで行動しながら、それぞれの海域に生息している生物を集団で捕食していると推察された。

胃内容物重量比(%)は最大で0.8%、平均すると0.4%であった。有明海の調査で、川原ら⁶⁾は最大1.3%、平均0.7%とし、Yamaguchi *et al.*¹³⁾は、最大9.8%、平均1.0%と報告していることから、今回の値はそれらよりも小さいものであった。胃内容物の重量は、海域による餌生物の種類や量的な違いが関係すると考えられる。

また、捕獲の時間帯や、網がかりから開腹までの経過時間などによっても変化すると思われる。さらに、今回の調査では、第1回目と第2および3回目では網入れから開腹までの経過時間が大きく異なったこともこの結果に影響した可能性が考えられる。したがって、定量的な数値を把握するには、より広い範囲を対象に標本数を増やすことや、捕獲に要した時間や捕獲時刻の統一、漁具の統一などを行い、捕食の時間帯や消化速度などの推定もできるような調査を行うことが望ましい。

ナルトビエイ1尾からの胃内での各生物の最大出現個体数は、アサリ104個、バカガイ47個、トリガイや種不明二枚貝では各20個などで、同じ種類の貝類が多数捕食されていることが判明した。また、胃内容物の出現頻度はアサリとトリガイが最も多くそれぞれ25.0%、ついでバカガイと種不明二枚貝の各18.8%であった。さらに、胃内容物の種類数は1種類のみで56.3%で最も多く、3種類以上出現した個体はなかった。これらのことから、周防灘南部沿岸のナルトビエイは、アサリやバカガイ、トリガイなどの二枚貝が高密度に生息している場所を、集中的に捕食している可能性があると考えられる。山口¹²⁾は有明海の調査で、ナルトビエイは貝類を専食し、アサリ、サルボウ、カキ、タイラギなどの二枚貝が好物であること、摂餌量は多く、一度に200~300個の二枚貝を食べていたこと、また、高密度で貝類が生育している場所は格好な餌場となっている可能性があることなどを指摘しているが、周防灘南部沿岸の本種も、有明海と同様の傾向にあると考えられた。このため、時として局地的に大発生するバカガイやトリガイ、タイラギ、アカガイ *Scapharca broughtonii* などの貝類は¹⁴⁾、本種の餌生物として利用される可能性があり、発生した貝類の資源量に比較してナルトビエイの数量が極端に多い場合には、これらの貝類が全滅するほどの被害を受けることも懸念される。

本研究から、周防灘南部沿岸のナルトビエイは、干潟域のアサリをはじめ、バカガイやトリガイなどの非干出域の二枚貝、大型・小型巻貝綱、頭足綱などを捕食している実態が明らかとなった。また、本種は群れで行動しながら、高密度で生息している貝類を集中して捕食すると考えられた。バカガイやトリガイといった非干出域の貝類は、水深等の問題で有効な防除対策がとりにくのが現状であり、干潟域の貝類に比べると観察の機会も少ないため、被害把握の遅れや、被害に気づかないこともあると思われる。これらの貝類への警戒や対策も十分に検討する必要がある。

* <http://research.kahaku.go.jp/zoology/Beak-v1-3/>

謝 辞

本研究の実施と発表の機会を与えてくださった大分県農林水産研究センター水産試験場の伊島時郎場長，同場浅海研究所の田森裕茂所長，福田祐一主幹研究員に深謝する。また，長崎大学水産学部准教授の Cyril Glenn Satuito 博士には英文校閲をお願いした。厚くお礼申し上げる。標本魚の捕獲には，大分県漁業協同組合宇佐支店の皆様や大分県水産振興課三ヶ尻孝文氏，大分県東部振興局片野晋二郎氏にご協力をいただき，内容物の選別，測定には，浅海研究所の花野富美子氏，後藤貞子氏，近藤知子氏，澤井香織氏にご協力をいただいた。記してお礼申し上げます。さらに本報の御校閲を賜った匿名の査読者の方々には，有益なご助言をいただいた。感謝申し上げます。

文 献

- 1) 中坊徹次編 (1993) 日本産魚類検索－全種の同定－. 東海大学出版会, 東京, 150-151pp.
- 2) 山田梅芳・三谷卓美・入江隆彦 (1989) ナルトビエイ (仮称). 西海区水産研究所ニュース, 61, 1.
- 3) 鷺尾真佐人・有吉敏和・野口敏春 (1996) 有明海湾奥部の魚類相. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 17, 7-10.
- 4) 清水孝昭・波戸岡清峰 (1997) 伊予灘と大阪湾より得られた瀬戸内海初記録種. I.O.P. DIVING NEWS, 8, 2-6.
- 5) 薄 浩則・重田利拓 (2002) 広島県大野瀬戸のアサリ増殖漁場におけるナルトビエイによる食害. 平成 12 年度瀬戸内海ブロック水産業関係試験研究推進会議介類研究会, 40, 35-36.
- 6) 川原逸郎・伊藤史郎・山口敦子 (2004) 有明海のタイラギ資源に及ぼすナルトビエイの影響. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 22, 29-33.
- 7) 金澤 健 (2004) ナルトビエイ VS. アサリ漁業. おおいたアクア・ニュース NO.18, 6.
- 8) 伊藤龍星 (2007) ナルトビエイによる貝類への食害. ノリタイムス, 1870, 2.
- 9) 伊藤龍星・平川千修 (2007) 豊前海重要貝類漁場開発調査 (7) バカガイ稚貝調査. 平成 17 年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告, 216-218.
- 10) 伊藤龍星・林 亨次・平川千修 (2008) 豊前海重要貝類漁場開発調査 (5) バカガイの大量発生とナルトビエイによる食害被害. 平成 18 年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告, 207-209.
- 11) 波部忠重, 小菅貞男 (1992) 標準原色図鑑全集 3 貝. 保育社, 東京, 11-15.
- 12) 山口敦子 (2006) 日本沿岸域へのナルトビエイ *Aetobatus flagellum* の出現と漁業への影響. 月刊海洋号外, 45, 75-79.
- 13) YAMAGUCHI, A., IKAWAHARA, and S. ITO (2005) Occurrence, growth and food of longheaded eagle ray *Aetobatus flagellum*, in Ariake Sound, Kyushu, Japan. *Environ. Biol. Fish.*, 74, 229-238.
- 14) 巖 俊一・花岡 資 (1972) 海における異常発生. 「生態学講座 32 生物の異常発生」, 共立出版, 東京, 85-94pp.

原著論文

多段開閉式ネットによって採集されたシンカイエビの 躯体の損傷度合いと飼育生存期間の関連性

伊藤寿茂*¹・三宅裕志*²・ドゥーグル ジョン リンズイー*³

Relationship Between Body Damage and Long-term Survival in Deep-sea Shrimp, *Bentheogennema borealis*, Collected with the IONESS Plankton Net

Toshishige ITOH, Hiroshi MIYAKE, Dhugal JOHN LINDSAY

The relationship between body damage and long-term survival in deep-sea shrimp, *Bentheogennema borealis*, collected with the IONESS plankton net was investigated. The shrimp were reared in aquaria under a slow current (water temperature 4~10 °C, tank capacity 40~1000 ℓ). The survival rate was about 11% in the first month and about 6% after 3 months. Maximum duration of survival was 575 days. As expected, individuals with extensive body damage showed poor survival. The most important body parts to have intact were those such as the pereopods and gnathites, which are used in eating food. Under aquarium-rearing conditions, the amount of damage to body parts involved in keeping a stable attitude in the water or in swimming- such as antennae, uropods, and abdominal appendages- was not as important.

2008年9月1日受付, 2009年1月26日受理

シンカイエビ *Bentheogennema borealis* は全長約 65 mm になるクルマエビ上科チヒロエビ科オヨギチヒロエビ亜科に属する種で、鮮赤色の軟らかい甲殻と発達した遊泳肢(腹肢)を持つ¹⁾。本種を含むオヨギチヒロエビ亜科エビ類の多くは表層~漸深層の浮遊、遊泳生活者であり、トロールのような外洋の中層を曳く網より見出されるが、漁獲数が少なく、食用にされないため、一般には馴染みが薄い^{1,3)}。調査研究分野の面からも、よく似た数種類が一度に入網することや、甲殻が柔らかいため分類に必要な外部形態を損ないやすいことから、他の漸深層性生物に比べて知見に乏しく、特にそれは生態学的、飼育手法的な分野において著しい⁴⁾。

一方で本種は、相模湾において多段開閉式ネット(以下、IONESS と表記)^{5,6)}を曳網することでまとまった数が得られる⁴⁾。IONESS によって採集される生物の多く

は躯体の損傷が激しいが、一部が揚網した時点で生存しているため、近年そうした個体を飼育する試みがなされた⁴⁾。しかし、本種の飼育下における1ヶ月間の生存率は約1%と著しく低く、その飼育技術の確立には課題が残る。

この度著者らは、本種の死亡要因がネット入網後の躯体の損傷に関連があると考え、飼育中に死亡した個体の生存日数と体の損傷度合いを比較して、その飼育技術に関して若干の知見を得たので報告する。

材料と方法 使用したシンカイエビは、2006年3月14~28日に独立行政法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)が実施した相模湾上での生物採集調査(調査番号KY06-04)において採集された。IONESSは縦3,200mm×横1,810mm×高さ600mmのアルミ合金製のフレーム構造で、合計9枚のプランクトンネット(ネット開口面

*¹ 新江ノ島水族館 〒251-0035 神奈川県藤沢市片瀬海岸2-19-1
Enoshima Aquarium 2-19-1 Katase-Kaigan, Fujisawa, Kanagawa, 251-0035 Japan.
itou@enosui.com

*² 北里大学海洋生命科学部

*³ 独立行政法人海洋研究開発機構

積約 2 m², 目合 0.3mm) を装着し, 船上からの遠隔操作で 1 枚ずつ開くネットを切り替える仕組みを備える。ネットの末端部に塩化ビニル製のコードエンド(直径 14.5cm × 高さ 38.0cm の筒状。底面からの高さ 13.0cm より上部側面に 15ヶ所の目合 0.3mm の通水メッシュ部がある)があり, 入網した生物が収容される。採集方法について, 採集日(曳網開始日), 採集回, 曳網時間帯, 曳網時間, 曳網水深, 採集個体数などについて表 1 に記した。このような条件で採集された生物を船上で直ちに水温 4~7℃ の海水で洗いながらバットに移し, 速やかに生きた個体を選別して, 船上に複数設置した蓄養水槽に可能な範囲で採集回別に収容した。蓄養水槽は水量 40~100ℓ 程度のものを使用し, 底砂や障害物となる内装は特に設置せず, エアリフト式スポンジフィルターと密閉式ろ過装置(エーハイム社製)によって微弱な水流が水槽内に起こるようにしてあり, 冷蔵コンテナ室(気温 4℃ に設定)に設置することで水温を 4~10℃ 程度に冷却した。下船時(3月 28 日。下船地: 館山港)には 3~5 個体ずつビニール袋にパッキングして保冷剤とともに発泡スチロール箱につめて車で約 4 時間かけて輸送し, 新江ノ島水族館(神奈川県藤沢市)内に複数設置した飼育水槽に収容した。飼育水槽は水量 40~1,000ℓ 程度のものを使用し, 内装やろ過システムは船上の蓄養水槽に準ずるものとした。餌は隔日で細かくしたナンキョクオキアミ *Euphausia superba* などをピンセットで個体別に与え, 水底にも少量置き餌をした。

水族館での飼育開始後から 1 日に 1 回, 水槽内を確認し, 死亡個体があれば取り上げて採集日から数えた生存

日数を記録した。なお, 採集後, 船上で蓄養していた際の死亡も同様に記録した。個体の死亡の判断は, 生時の行動の観察結果から, 行動の停止を確認してから数日後に再確認し, なお動きが見られなかった場合とした。そのうち, 躯体に共食いや腐敗といった二次的な損傷が見られないものについては林¹⁾に従って同定した後, 全長をノギスで 0.1mm 単位で計測し, 体の破損部位, 破損の度合いを肉眼及び実体顕微鏡下で観察し記録した。記録部位は図 1 に示した各部位(頭胸部, 腹部, 尾部, 眼部 1 対, 第 1 触角 1 対, 第 2 触角 1 対, 第 1~3 顎肢 1 対, 第 1~5 胸肢 1 対, 第 1~5 腹肢 1 対, 尾扇部 1 対)とした。各部位について, 破損がある場合は残った部分の長さ(眼部, 各肢部, 各触角, 尾扇部といった細長い部位: 各関節を直線に伸ばした長さ)や面積(頭胸部, 腹部, 尾部といった幅広い躯体部分)をノギスを用いて 0.1mm 単位で測定して, 破損のない状態での同部位のサイズを 100 とした破損部分の占める割合を数値として算出し「破損度」と定義して比較に用いた。破損度は部位の形状が完全で全く破損などが無い状態を 0 とし, 肢部や触角部などが根元から失われている状態, 頭胸部や腹部などの躯体部分が甲殻の表面全体がすべてめくれ上がっていたり, 失われている状態を全損の 100 とした。

結 果

1. 飼育下における行動と生存日数(生残率) 採集後, 水槽に収容したシンカイエビは水中できりもみ状態で泳

表 1. IONESS によるシンカイエビの採集状況

曳網開始日	採集回次	曳網*1時間帯	曳網時間(h)	曳網水深(m)	採集個体数(個体)	飼育供試個体数(個体)	備考
3/14	1	D	3.7	0~1,000	7	5	
	2	D~A	3.0	0~1,000	31	23	
3/15	3	A	2.8	0~700	6	2	
	4	C	3.5	0~1,000	—	5	
	5	D	3.0	0~1,200	2	1	
3/16	6	B	—	0~1,000	17	7	曳網中断
	7	C	—	0~1,000	1	1	
3/17	8	B	2.5	0~1,000	13	11	曳網中断
3/19	9	B	—	—	—	13	
	10	D	—	—	—	5	
3/20	11	C	—	—	—	19	
	12	D	2.0	0~900	38	38	
3/21	13	C	—	0~800	—	1	
3/22	14	A	2.7	0~1,300	—	3	
	15	C	3.0	0~1,350	—	12	
3/23	16	C	2.5	0~800	—	2	
	17	D	—	0~1,350	—	6	
3/25	18	D	—	0~1,275	—	13	
その他	—	—	—	—	35	28	
合計						195	

*1 曳網時間帯はその曳き網を実施した主な時間帯として

A: 午前夜間 0:00~6:00, B: 午前昼間 6:00~12:00, C: 午後昼間 12:00~18:00,

D: 午後夜間 18:00~0:00 とした

*2 — の項目は記録無し, もしくは正確性に欠けることを示す

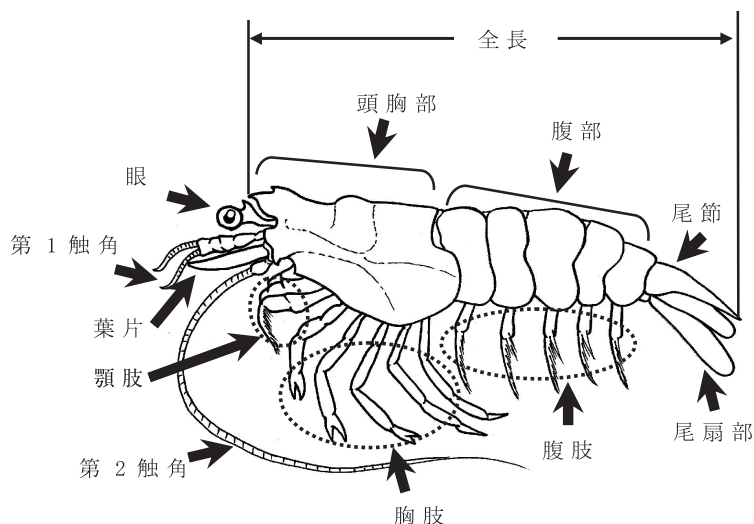


図1. シンカイエビの損傷部位の記録箇所

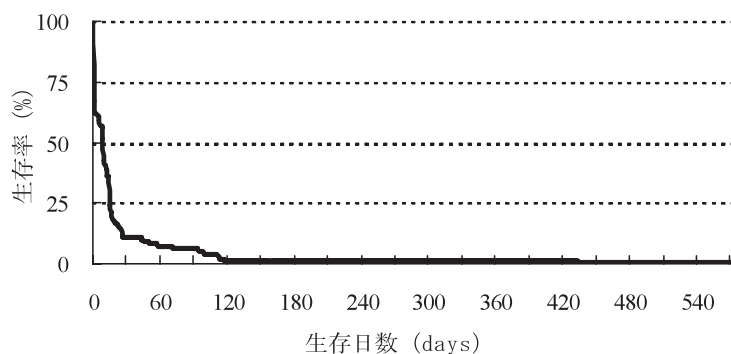


図2. シンカイエビの生存率の推移

ぐ、壁面に体をぶつける、水面に沿って泳ぐ（表面張力にトラップされている）、腹肢を動かすもの前進せずに水中を漂うといった様々な動きを見せた。その多くは、触角や肢部の破損などによりバランスを欠いた動きであった。また衰弱すると、腹部を折り曲げて肢部をあまり動かさなくなったが、そうでない個体も同様の行動をとることがあり、しばらくして再び活発な遊泳を行なうようになる場合もあった。死亡個体の誤認を避けるため、そのような衰弱状態の個体も数日間おいて観察してから死亡か否か判断した。

本種は摂餌の際に顎肢と胸肢を用いた。餌を腹側に近づけると、まず胸肢5対全てを使って餌を抱え込み、顎肢へと運び、泳ぎながら食べ続けた。餌が大き過ぎると一度胸肢で抱えても落としてしまうことがあり、また胸肢の破損が大きい個体はたとえ顎肢が破損していなくても餌をうまく抱えられず、摂餌に支障をきたした。観察中に本種が活発に他個体を追い回したり、闘争するところは見られなかったが、自分と同サイズの衰弱個体や脱皮直後の個体に抱きついて食べていたことがあった。

シンカイエビ 195 個体について記録された飼育日数と生残率の関係を図2に示した。本報における生残率は飼育開始直後に採集時のダメージに起因すると思われる斃

死が著しく、1ヶ月で約11%、3ヶ月で約6%であった。これは三宅⁴⁾による生残率より若干高かったが、飼育開始直後から約1ヶ月間の減耗率が高い傾向は同様であった。それ以上の期間生存した個体は約2ヶ月間隔で脱皮を行い、成功すれば破損した部位の大部分が再生したが、脱皮中の個体は他個体との接触により脱皮不全となったり、食害を受けることも多かった。

飼育開始後1年以上生存した個体が2個体あり、うち1個体（2006年3月14日採集個体）は2007年5月22日まで434日間生存した。最も長生きした1個体は2007年10月25日まで575日間生存した。その飼育下での動きは2007年8月29日頃までは飼育初期とほとんど変わらなかったが、徐々に餌を受け取らなくなり、腹部を強く曲げて逃げるようになった。2007年9月24日に摂餌と思われる行動を示した後は全く餌を受け取らなかった（置き餌を食べていた可能性は残る）。死亡する前の数日間は腹肢のみをゆっくりと動かしながら力なく水面に浮かんでいる状態であった。

2. 生存日数と破損度の関係 死亡した195個体のうち、96個体について詳細な破損度の値を得た。それらの個体について生存日数と計測結果の比較を行った。計測個体のうち、生存日数5日間未満の66個体を短命グルー

プ、5日間以上の30個体を長命グループとして便宜上分けて、グループ間で各計測値に差があるか検定した(Mann-WhitneyのU検定、短命グループの標本数m = 66、長命グループの標本数n = 30、有意水準5%)。なお、残りの99個体については脱皮失敗や共食い被害などによる死亡で躯体の二次的な損傷が著しかったため、破損度は記録しなかった。

試供個体の生存日数と各計測値との関係を図3に示した。

体全体の破損度(全測定部位の平均値)と生存日数と

の関係を図3Aに示した。破損度18以上の個体は全て採集後2日以内に死亡しており、長期生存個体ほど破損度が低い傾向がみられた。短命グループと長命グループの破損度の間には有意差が認められた($U=486$, $p<0.05$)。測定部位のうち、破損を受けた個体が多くて破損度が高かった部位は触角部(破損を受けた個体の割合D:97.9%, 破損度の平均値A:57.1)、胸肢部(D:86.5%, A:29.3)であった。これらの部位は形状が細く華奢で、躯体から突出しているなど外部からの接触を受けやすく、活動の際によく動かす部位であった。破

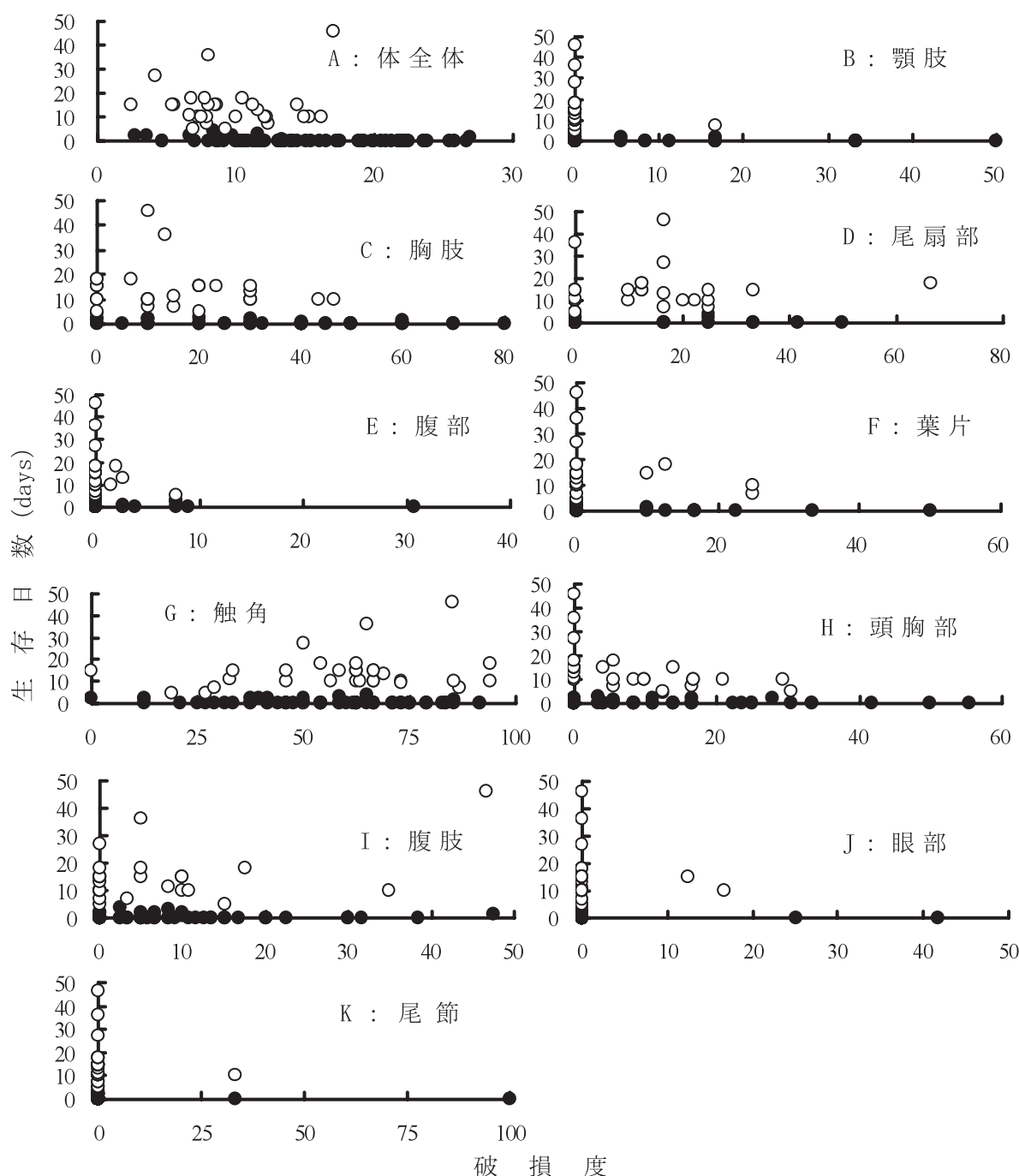


図3. 試供個体の生存日数と各計測値との関係

○: 生存日数5日以上の個体(長命グループ). ●: 生存日数5日未満の個体(短命グループ).

損を受けた個体が多いものの、破損度がそれほど高くなかった部位は頭胸部 (D:60.4%, A:9.3), 遊泳肢 (D:58.3, A:7.4), 尾扇部 (D:30.2%, A:7.1) で、破損を受けた個体が少なく破損度も低かった部位は顎肢部 (D:22.9, A:4.8), 葉片部 (D:14.6, A:2.8), 腹部 (D:13.5%, A:0.9), 眼部 (D:4.2, A:1.0), 尾部 (D:3.1, A:1.7) であった。これらの部位は全身が柔らかい本種にあって比較的頑丈であったり、形状が短い、幅広い、躯体の内側に位置するといった条件から外部からの接触を受けにくい部位であった。

各部位の破損度と生存日数との関係を図 3B ~ L に示した。

顎肢部 (図 3 B) についてみると、10 日以上生存した個体は破損が見られなかった。逆に破損した個体はその程度に関わらず短命であり、短命グループと長命グループの破損度の間には有意差が認められた ($U=617, p<0.05$)。

胸部部 (図 3C) も顎肢部と同様に破損度の高い個体ほど生存日数が短い傾向が強く、有意差が認められ ($U=498, p<0.05$)、特に破損度 47 以上の個体は全て短命であった。

尾扇部 (図 3D) では破損を受けた個体 27 個体のうち、17 個体は長命グループに含まれ、有意差が認められた ($U=290, p<0.05$)。

腹部 (図 3E) では破損を受けた 12 個体のうち、9 個体が短命であり、有意差も認められた ($U=260, p<0.05$)。

葉片 (図 3F) では破損を受けた 14 個体のうち、10 個体が短命であり、有意差が認められた ($U=277, p<0.05$)。

一方、触角部 (第 1 触角と第 2 触角の平均値) (図 3G) についてみると、ほとんどの個体が破損を受けており、破損度が高い個体でも長生きの個体も見られ、短命グループと長命グループの破損度の間には有意差が認められなかった ($U=885, p>0.05$)。

頭胸部 (図 3H) では破損度が低いほど長生きの傾向があり、破損度 31 以上の個体は全て短命であったが、短命グループと長命グループの間で有意差は認められなかった ($U=957, p>0.05$)。

腹肢 (図 3I) でも破損度が低いほど長生きの個体が多くなるが、例外もあり、短命グループと長命グループの破損度の間に有意差は認められなかった ($U=972, p>0.05$)。

眼部 (図 3J) では破損を受けた個体は 3 個体のみ、尾部 (図 3K) では破損を受けた個体は 2 個体のみで、きわめて破損を受けにくい部位であることが分かった。

全長と生存日数との関係を図 4 に示した。短命グループと長命グループの破損度の間に有意差は認められなかった ($U=908, p>0.05$) が、長生きの個体のうち、18 日以上生存した個体はいずれも成体サイズの個体で、小

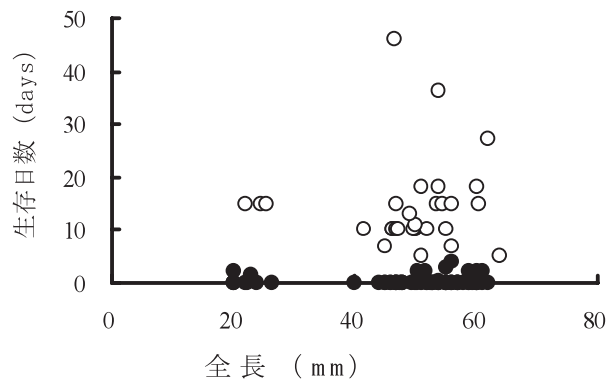


図 4. 試供個体の生存日数と全長との関係
○：生存日数 5 日以上個体 (長命グループ).
●：生存日数 5 日未満個体 (短命グループ).

型個体は採集後数日で水底に横たわるようになり、腹肢だけを動かす状態となるものがほとんどであった。

考 察

深海性甲殻類の展示や飼育に関する知見は底生種に関するものが比較的多く知られるが⁷⁻¹⁵⁾、遊泳性の大型種についてはナンキョクオキアミ *Euphausia superba*¹⁶⁻²²⁾ やサクラエビ *Sergia lucens*²³⁻²⁴⁾ などの有用種について知られる程度である。その方法は 500 l の FRP 製の水槽を用いた多数飼育から 2 l のビーカーを用いた個体別飼育まで様々な様式が用いられている。これらの飼育はいずれも長期飼育や展示を目的としたものではなく、別の実験に供するための一時的な蓄養といえるものであるが、主に漁獲により得られたこれらの種が混泳飼育可能な点、かなり狭い環境でも生存させることができることが示されている。シンカイエビに関してはこれらの飼育技法を参考に、本研究及び前報にあたる三宅⁴⁾によって初めてまとまった報告がなされたといえる。本種の産卵期は 11 月～2 月であり、3～5 ヶ月の幼生期間を経て変態し、4～6 月頃に稚エビとなる¹⁾。そのことを鑑みると、今回最も長生きした 1 個体は採集された時点で既に成体サイズであったことから、生後約 1 年経過していたと思われる、本種の自然下での寿命である約 2 年間¹⁾を大きく超えて生存した可能性が高い。本種の長期飼育例が本報のほか報告がない事からも、本種の最長飼育記録と考えられる。

飼育中は概ね三宅⁴⁾にもあるように定期的な脱皮とそれに伴う破損部位の再生が見られた。飼育個体数が少なくなつてからは脱皮の失敗や直後の被食がなくなったことも長期生存に有利に働いたと思われる。一方で、交尾行動や産卵については観察されなかった。採集を実施した 3 月は本種の産卵期の直後にあたるので、産卵行動の観察や採卵を行なうには、繁殖期前～初期の 10～12 月

頃に採集を試みるのが良いと思われる。

本種の生存日数と一部の部位の破損度との間にある程度の関連性が認められた。胸肢や顎肢といった部位は部分的な破損が直接の死因にはならないが、胸肢は餌の捕獲に、顎肢は捕獲した餌の捕食にそれぞれ使用される重要な部位であるため、破損度が高まることで長期生存が難しくなるものと考えられた。本種を飼育下で観察していると、他の深海性甲殻類と比較して運動量が多い印象があるため、摂餌量、頻度とも高い可能性がある。本種の飢餓耐性に関する知見はなく、その解明は今後の課題である。

一方で、触角や尾扇部では長期生存個体でも破損度が高い場合があり、直接の死因とはなりにくいと思われた。これらの部位は遊泳時にバランスをとるのに重要な役割を持つと考えられる。本種が生息する中深層にはぶつかるような障害物がなため、遊泳のバランスが多少崩れても問題ないかもしれない。しかしながら、外敵に襲われやすくなったり、生きた生物を自力で捕獲する場合には支障があると思われる。飼育下において外敵から遮断され、餌をピンセットから個別に与えたことで、これらの破損が直接の死因にはなりにくかったのかもしれない。

本研究においては、各部位とも破損度の多少に関わらず生存日数の短い個体が認められた。本研究では、各部位別にグループ間の生存日数を比較しているが、他の部位での破損の多寡が死亡に影響し、比較に用いた部位そのものが直接影響していない場合や、逆に致命的な破損となる部位と一緒に破損が生じる可能性が高い部位が死亡に影響したと解釈されたことも考えられる。より詳細な検証を行なうためには、各部位間での破損が他の部位に与える影響などを解析することも今後視野に入れることが必要である。また、試供個体のダメージの大部分はその採集と直後の蓄養の過程で受けるものと思われるので、まずは採集方法の工夫や採集機器の改良が必要と思われる。今回の調査では、IONESS 曳網の状況は一定ではなく、採集個体別の状況を示す事は困難であるが、微細なプランクトンなどの採集も目的の一つとされていたため、曳網速度は一般的な漁業におけるトロールなどと比較して低速で行なわれていた。このことは生物がうける網地やコッドエンドへの接触の圧力やネットの水深変化による水圧や水温の変化を緩慢にし、生物を生かした状態で採集する場合には有利に働いていたと判断される。しかし、コッドエンド内は曳網層の浮遊物が多い場合には、それら様々な採集物で高密度な状態になり、さらに水上に揚げられる際にはネット地の付着物をコッドエンドに収めるための水洗を行なうため、その内部は強く攪拌される。入網したエビはこれらの過程で破損を受けるものと考えられる。おそらく入網後の網地への接触とコッドエンド内での攪拌中に触角部や歩肢部などは破損し、曳網地に破損しなかった部位も水上での処理中に

破損を受けるものと考えられる。これらを考慮し、コッドエンドの素材を軽量化してサイズアップを図り、水から揚げた時のコッドエンド内の水量を増やしたり、水上でのネット地の水洗作業を省略して内部の個体の攪拌を避ける（この場合、ネットサンプルの定量採集は難しくなる）といった工夫が有効だと考えられる。さらに、入網した生物を、生かしてキープしたいものとそうでないものとに分けて収容できるようになれば、コッドエンド内での接触によるダメージを軽減できるかも知れない。近年の曳網漁業では、コッドエンドや網地目合いの改良による漁獲物の分離、選択、混獲防止の技術開発がすすめられており、一定の成果をあげている²⁵⁻³³⁾。これらの技術を参考にして、飼育を目的とした生物の採集に適した工夫を実施したい。

また、水槽収容後の飼育技術に関しては、混泳が可能だったとはいえ、それによる個体間の捕食被食や脱皮中の接触による脱皮不全が死因として無視できないものであった。飼育下における生存率をさらに上げるためには、高密度での混泳を避けて（可能であれば個別に分けて）飼育し、個別に給餌を行なう管理が望ましい。採集したエビを一定期間生存させ、脱皮を成功させる事が出来れば、破損部位の再生につながり、その生存率を高めるために効果的である。

本種をはじめとする新たな深海生物の長期飼育や繁殖の技術を確立することにより、水族館をはじめとする公共機関への展示物や各研究分野への生体サンプルとしての試供などが可能となる⁴⁾。

謝 辞

本研究の遂行に際して独立行政法人海洋研究開発機構の喜多村稔博士をはじめとする NT06-04 調査航海に参加した研究者および調査船「かいよう」の乗組員の皆様にはサンプルの採集および試供に多大なご協力を頂いた。また、新江ノ島水族館の堀由紀子館長、堀 一久氏ならびに展示飼育グループの北田 貢氏、佐藤 勝氏をはじめとする皆様には本研究に報告の機会を与えて頂き多大な助言、助力を頂いた。これらの皆様に心からお礼申し上げる次第である。

文 献

- 1) 林 健一 (1984a) 日本産エビ類の分類と生態 (17) チヒロエビ科 (オヨギチヒロエビ亜科) - シンカイエビ属およびオヨギチヒロエビ亜科の属の検索, 海洋と生物, 32, 212-215.
- 2) 林 健一 (1984b) 日本産エビ類の分類と生態 (15) チヒロエビ科 (オヨギチヒロエビ亜科) - スバスベチヒロエビ属 - ①, 海洋と生物, 30, 18-21.
- 3) 林 健一 (1984c) 日本産エビ類の分類と生態 (16) チヒロエビ科 (オヨギチヒロエビ亜科) - スバスベチヒロエビ

- 属-②. 海洋と生物, 31, 140-143.
- 4) 三宅裕志 (2005) 深海生物の飼育と観察. 日本プランクトン学会報, 52, 127-132.
 - 5) 喜多村稔・田中祐志・石丸 隆・峰 雄二・野田 明・浜田浩明 (2001) 多段開閉式ネット IONESS (Intelligent Operating Net Sampling System) の改良. 東京水産大学航海調査報告, 10, 149-158.
 - 6) 北田 貢・唐亀正直・伊藤寿茂・根本 卓・小西聡史 (2008) 相模海丘西にて採集されたピワアンコウの飼育記録. 神奈川自然誌資料, 29, 121-123.
 - 7) 有瀧真人・浜崎活幸・早乙女浩一 (2003) 飼育環境下におけるホッコクアカエビ幼生の相対成長. 日水誌, 69, 65-71.
 - 8) IGARASHI A. M. ROMERO F. S. and J. KITTAKA (1991) Bacteriological character in the culture water of Penaeid Homarid and Palinurid larvae. Nippon suisan gakkaiishi., 57, 2255-2260.
 - 9) 岩田雄治・杉田治男・出口吉昭・Fred I. LAMEMOTO (1992) サガミアカザエビ, *Metanephrops sagamiensis* 幼生の形態. 水産増殖, 40, 183-188.
 - 10) 水島敏博 (1995) モロトゲアカエビ幼生の成長および生残率と飼育水温との関係. 北水試研報, 46, 15-18.
 - 11) 中明幸広・杉本卓 (1994) 海中かごで飼育された0歳トヤマエビの成長. 北水試研報, 44, 25-27.
 - 12) 岡本一利・渥美 敏・高瀬 進・山内 悟・平井 亭・柳瀬良介・石渡敏郎・大上皓久 (1995) タカアシガニ幼生の生残, 脱皮間隔におよぼす飼育水, 餌料, 底質, 水温の影響. 水産増殖, 43, 367-375.
 - 13) 大富 潤・仲畑勝見 (1997) ナミクダヒゲエビの飼育の試み. Cancer, 6, 23-26.
 - 14) 坂井英世 (1973) ホッコクアカエビの人工ふ化実験. 水産増殖, 21, 50-54.
 - 15) 安原健允 (1995) タカアシガニの研究史-タカアシガニ研究に関する文献目録-. Cancer, 4, 31-35.
 - 16) ISHII H. OMORI M. and M. MURANO (1985) Feeding behavior of the Antarctic krill *Euphausia superba* Dana I. Reaction to size and concentration of food particles. *Trans. Tokyo Univ. Fish.*, 6, 117-124.
 - 17) KATO M. MURANO M. and S. SEGAWA (1979) Estimation of the filtering rate of the Antarctic krill under laboratory conditions. *Trans. Tokyo Univ. Fish.*, 3, 107-112.
 - 18) KATO M. SEGAWA S. TANOUE E. and M. MURANO (1982) Filtering and ingestion rates of the Antarctic Krill *Euphausia superba* Dana. *Trans. Tokyo Univ. Fish.*, 5., 167-175.
 - 19) MURANO M. SEGAWA S. and M. KATO (1979) Moulting and growth of the Antarctic krill in Laboratory. *Trans. Tokyo Univ. Fish.*, 3, 99-106.
 - 20) MURANO M. SEGAWA S. and M. KATO (1983) Recovery of *Euphausia superba* from injury under the Laboratory condition. Bulletin of the plankton society of Japan., 30, 91-92.
 - 21) SEGAWA S. KATO M. and M. MURANO (1979) Oxygen consumption of the Antarctic krill. *Trans. Tokyo Univ. Fish.*, 3, 113-119.
 - 22) SEGAWA S. KATO M. and M. MURANO (1982) Respiration and Ammonia excretion rates of the Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana. *Trans. Tokyo Univ. Fish.*, 5, 177-187.
 - 23) 福井 篤・土屋崇生・神戸祐一・喜多賢治・魚谷逸朗 (2003) 飼育下でのサクラエビの脱皮について. 日水誌, 69, 376-379.
 - 24) 近藤 優・大滝高明・窪田 久 (1988) サクラエビの幼生飼育とノウブリウス期幼生の形態. 日本プランクトン学会報, 35, 75-81.
 - 25) BROADHURST K. M. BARKER T. D. PATERSON D. B. and S. J. KENNELLY (2002) Fate of juvenile school prawns *Metapenaeus macleayi* after simulated capture and escape from trawls. Marine and Freshwater Research, 53, 1189-1196.
 - 26) 胡夫祥 (2007) MOHT および自動開閉型層別採集具の曳網特性. 日水誌, 73, 927-928.
 - 27) 藤森康澄 (2007) 音響散乱層調査のための採集具の開発. 日水誌, 73, 925-926.
 - 28) 梶川和武・藤石昭生・永松公明・東海 正・松田 皎 (1999) 混獲防御装置 (SURF-BRD) 付トロールの魚種分離とサイズ分離. 日水誌, 65, 278-287.
 - 29) 松下吉樹・井上喜洋・ANATOLY I. SHEVCHENKO (1996) 一重, 二重網地コッドエンドの漁獲選択性. 日水誌, 62, 78-82.
 - 30) 松下吉樹・井上喜洋・信太雅博・野島幸治 (1999a) 沿岸底曳網漁業における混獲防除ウィンドーを備えた2階式コッドエンドの開発. 日水誌, 65, 673-679.
 - 31) 松下吉樹・野島幸治・井上喜洋 (1999b) 小型底曳網漁業における漁獲物分離装置の開発. 日水誌, 65, 11-18.
 - 32) 中村元彦 (1991) 開閉式動物プランクトン採集器の試作. 日水誌, 57, 195-200.
 - 33) SALINI J. BREWERA D. FARMERA M. and N. RAWLINSONB (2000) Assessment and benefits of damage reduction in prawns due to use of different bycatch reduction devices in the Gulf of Carpentaria Australia. Fisheries Research, 45, 1-8.

原著論文

瀬戸内海の開放性の高い海域に形成された アマモ場における潜水式囲い網を用いた 生息生物の種組成と空間分布の調査

森口朗彦*・高木儀昌*

SCUBA Net Analysis of Species Composition and Spatial Distribution of Inhabitants of an Open Water Eelgrass Bed in the Seto Inland Sea

Akihiko MORIGUCHI and Norimasa TAKAGI

To clarify the function of eelgrass beds in open waters, we performed continuous observations of an eelgrass bed formed in Zushi-ga-hama, in the Seto Inland Sea off the town of Suo-oshima in Yamaguchi Prefecture, Japan, by using a quantitative method called SCUBA Net. We examined the species composition and spatial distribution of fishes and their prey animals in the eelgrass bed. The fishes in this open-sea eelgrass bed used fewer fish species but more species of small crustaceans as live food than did the fishes at a sheltered eelgrass bed in one of the innermost bays of the Inland Sea. The finding that the habitat was much more varied inside this open sea eelgrass bed than outside it suggests that a rich variety of bioenvironments can be created in such open sea areas through the formation of eelgrass beds.

2008年10月6日受付, 2009年2月19日受理

アマモ (*Zostera marina*) は海草 (sea grass) の一種であり, その群落であるアマモ場は一般に「海のゆりかご」とも称されるように, 海域の生産力の基盤をなしていると考えられている。アマモ場の消失と漁業生産の衰退との関連を直接解明することは機構の複雑さゆえに困難であるが, その可能性が非常に高いことは既往の調査・研究の結果として指摘されている¹⁾。

アマモ場における生息生物の調査・研究は, 1970年以前の岡山県水産試験場²⁾, 大島³⁾, 菊池^{4,5)}, 布施⁶⁾を基礎としている。以降, これらを補完する種々の調査が進められ, 得られた結果を菊池⁷⁾, 寺脇ら⁸⁾が総括している。

上記の調査は, 総じて閉鎖性の高い内湾域に形成されたアマモ場を対象としている。岡山県水産試験場²⁾は, 岡山県内の日生湾や牛深湾, 大島³⁾は愛知県三河湾内のさらに湾入した福江湾, 菊池^{4,5)}は熊本県天草市の富岡

湾, 布施⁶⁾は広島県笠岡湾の湾奥部を調査対象海域とした。

魚類調査の結論としては, ①周年定住種および季節定住種が大部分を占めることから, アマモ場は幼稚仔保護育成場としての機能が大きい, ②アオリイカの産卵は確認されたが, 他の場所でも産卵しており, 産卵場としての重要度については不明, ③一時来遊種がほとんど観察されないことから, 漁場としての機能は低い, とまとめられている⁸⁾。

魚類に関する調査に対して, 餌料生物に関するものは少ない。大島³⁾は胃内容物から推定しているが, アマモ場依存種とは確定できない。布施⁶⁾が実際に採取しているが, 一時期の調査に限られたり, 種の分類が高次にとどまっているなど, 十分な調査研究がなされていない状況にある。

以上から, アマモ場における生息生物の調査・研究の

* 独立行政法人水産総合研究センター 水産工学研究所 〒314-0408 茨城県神栖市波崎 7620-7
National Research Institute of Fisheries Engineering, FRA 7620-7, Hasaki, Kamisu, Ibaraki, 314-0408 Japan
morimori@fra.affrc.go.jp

課題として、次の事項を指摘することができる。

- ①対象海域が、閉鎖性の高い内湾域に限定。
- ②定量的な調査が未実施。
- ③餌料生物として価値の高い葉上動物および葉間浮遊動物の知見が不足。
- ④アマモ場の形成状況（面積、株密度、葉長）との関連の観点が欠如。

⑤漁場としての機能が小さいとの結論に、十分な調査を実施されたか疑問。開放性の高い海域は、波浪等の物理環境を制御することでアマモ場の形成が図られる可能性があることから、今後、造成の対象海域として期待される。

本研究は、瀬戸内海の開放性の高い海域に形成されたアマモ場について、生息生物の種組成および空間分布の

特徴を詳細に把握し、特に餌料生物として価値の高い葉上動物および葉間浮遊動物の供給機能の検討から、造成指針の策定に資することを目的とする。

方 法

調査対象海域 調査対象海域は、山口県大島郡周防大島町の逗子ヶ浜地先（図1）とした。当該海域は、屋代島東部に位置する安芸灘に面した北向きに開いた海岸で、対岸までの距離が約40kmと長く、島嶼等の遮蔽物も少ない（図2）。このことから冬季の季節風および台風により大きな波浪が生じることは、地形的概観からも推察される⁹⁾。

物理環境を比較する対象として、岡山県水産試験場²⁾

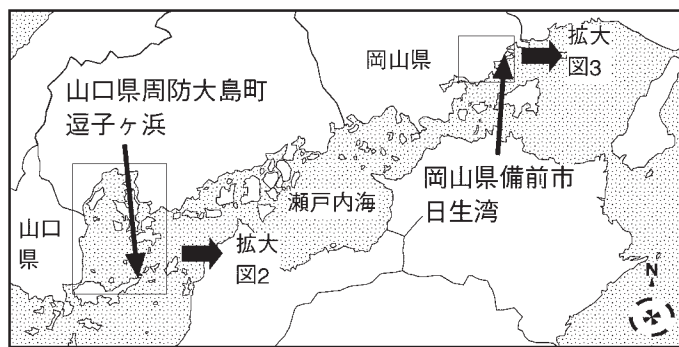


図1. 調査地点および比較対象地点位置図

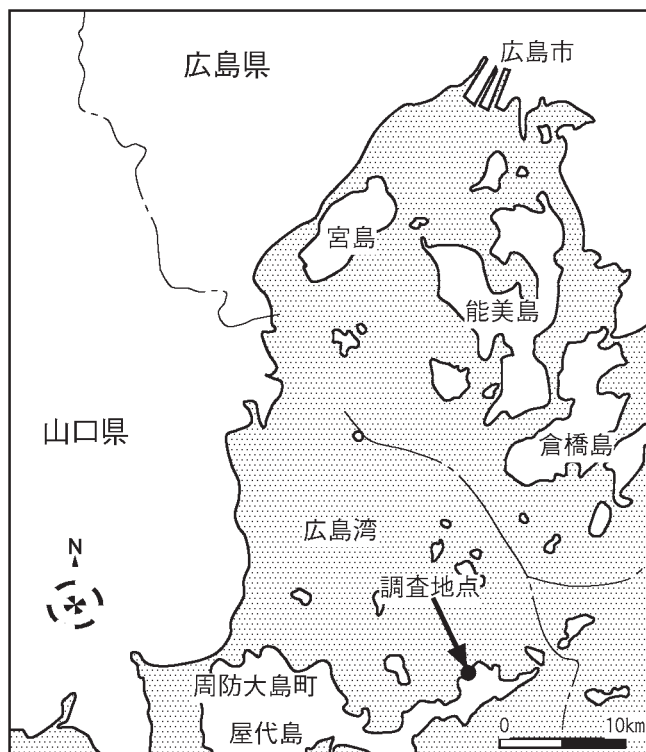


図2. 山口県周防大島町逗子ヶ浜地点図

が魚類育成状況調査を実施した岡山県備前市日生湾（図1）を選定した。日生湾は、鹿久居島西部に位置する北向きのU字型を呈した湾で、湾口部直近に本土が迫っていることから、極めて閉鎖性の高い地形となっている（図3）。物理環境を表す指標としては、波浪発生状況、水深方向の光量子透過率および底質の粒径分布・組成を実際に計測した。波高の計測には、アレック電子社製 Compact-WH を用い、調査対象海域の海底に直接設置した。光量子量の計測にはアレック電子社製 AL30-CMP を用いた。底質分析は、JIS-A-1204 に準じて実施した。アマモ場生息生物採取方法 採取方法は水産工学研究所で開発された潜水式囲い網¹⁰⁾を用いた。本手法は、主に砂浜海域において、ヒラメの稚魚およびその餌料生物の調査に用いられてきたもので、①単位面積あたりの生物量が把握できる、②対象生物の採取に要する時間が比

較的短く、多くの地点での調査が可能等の特徴がある。アマモ場に適用した場合、③アマモ場内部に生息する魚類および餌料生物のうち葉上動物、葉間浮遊動物が採取できる、④アマモへの負荷が小さい、等の利点が考えられる。

用いる網により、主に魚類を対象とした採取調査と餌料生物を対象とした採取調査を行うことができる。採取面積は、魚類対象では約 20m²、餌料生物対象では約 7m²である。各採取生物は、種および種毎の個体数、湿重量について分析した。

調査は、2000年6月から2004年6月にかけて、計16回実施した（表1）。この間、アマモ場形状・面積・株密度等の生育状況は時間的に変化していたが¹¹⁾、水深約5～10mの砂泥性海底に、岸沖方向約20m、汀線方向約40mの範囲に離れ島状を呈し形成していた（図4）。

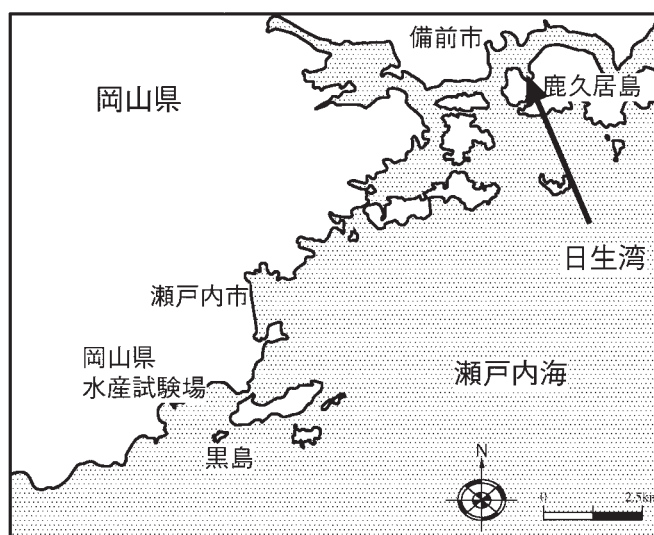


図3. 岡山県備前市日生湾内地点図

表1. 潜水式囲い網による生物採取調査実施状況（魚類・餌料）

調査実施年月日	内部	外縁部	密生部	疎生部	アマモ場外
	(略称)内	端	密	疎	
2000/6/19	○				○
2000/11/18	○				○
2001/7/7	○				○
2001/11/13	○				○
2002/4/24	○				○
2002/5/22	○	○			○
2002/7/1			○	○	
2002/9/3	○	○			
2002/11/8			○	○	
2002/12/5			餌料のみ	餌料のみ	
2003/1/19			○	○	
2003/2/17			○	○	
2003/3/10			○	○	
2003/10/23	○				
2004/2/15					
2004/6/1	○				

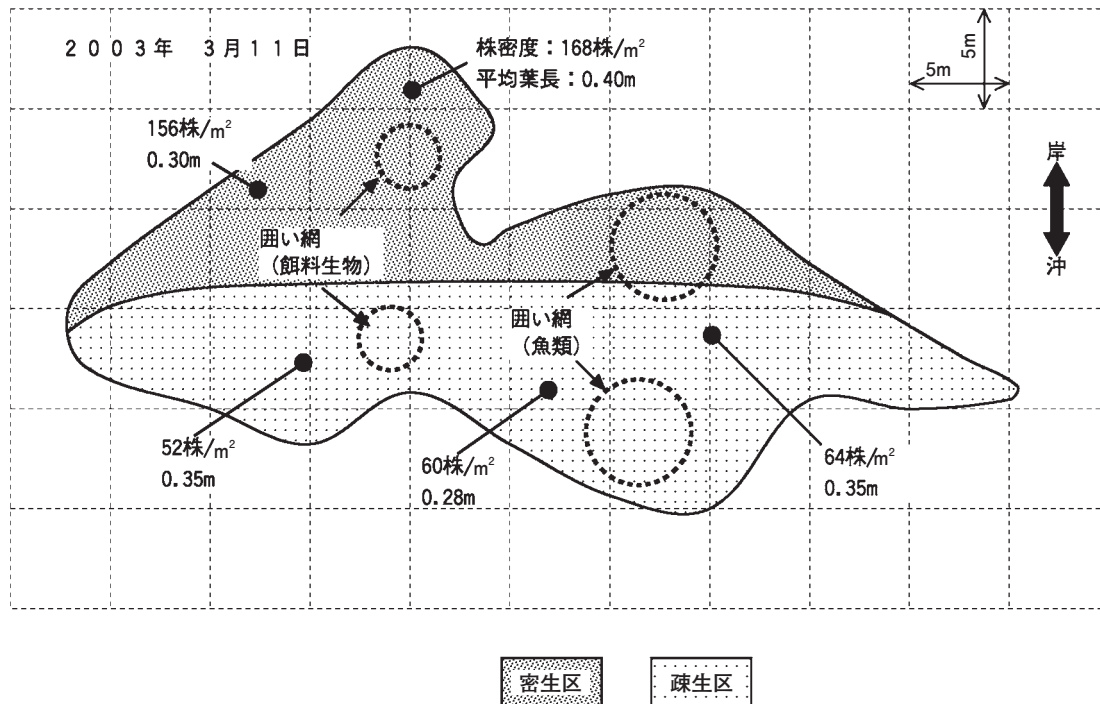


図4. 代表的なアマモ場形状と潜水式囲い網実施状況

当初はアマモ場内外の調査を基本とし、アマモ場の中央付近で採取したが（以下、「アマモ場内」）、アマモ場内部における生息生物の分布を把握するためアマモ場内の外縁部でも採取を行った（同、「アマモ場端」）。また、株密度が密な部分（同「アマモ場密」）と疎な部分（同「アマモ場疎」）に明白に分かれた時期には、その影響を検証するため各々において同時に調査を実施した。対照調査として、調査対象アマモ場から10m以上離れた地点（同「アマモ場外」）において同様の調査を適宜実施した。

結果

調査対象海域の物理環境の比較 波浪の発生状況を2005年10月～11月において比較すると（図5）、逗子ヶ浜地先では有義波高で0.5m近い波浪が頻繁に生じているのに対し、日生湾内で0.05mにも達しなかった。

ほぼ同時期に観測した水深方向の光量子透過率を逗子ヶ浜地先と日生湾内で比較した（図6）。その結果、逗子ヶ浜では比較的深くまで光は到達していたのに対し、日生では急速に減衰していた。底質の粒径分布を比較す

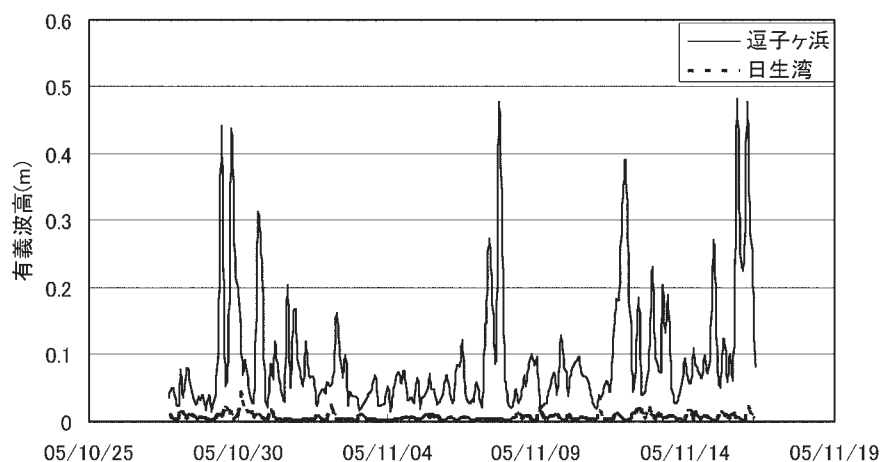


図5. 逗子ヶ浜地先および日生湾内の有義波高（2005年10～11月）

ると(図7), 逗子ヶ浜では全体に粒径が大きく比較的均等であったのに対し, 日生湾内では全体に粒径が小さく均等性も小さかった。組成では(表2), 含水比, 強熱減量, 粘土分, シルト分について逗子ヶ浜地先で小さく, 日生湾内で著しく大きかった。土粒子密度はほぼ同じであった。

生物採取調査結果 対象区を含む本調査で採取された全魚類を概観すると, カサゴ目, スズキ目を中心に, 1綱, 4目, 14科, 20属, 21種の魚類が確認された(表4)。また, 頭足綱で1種類, ヒメイカ (*Idiosepius paradoxus*) が採取された。

カサゴ目のうち, 優占的に採取されたのは水産有用種

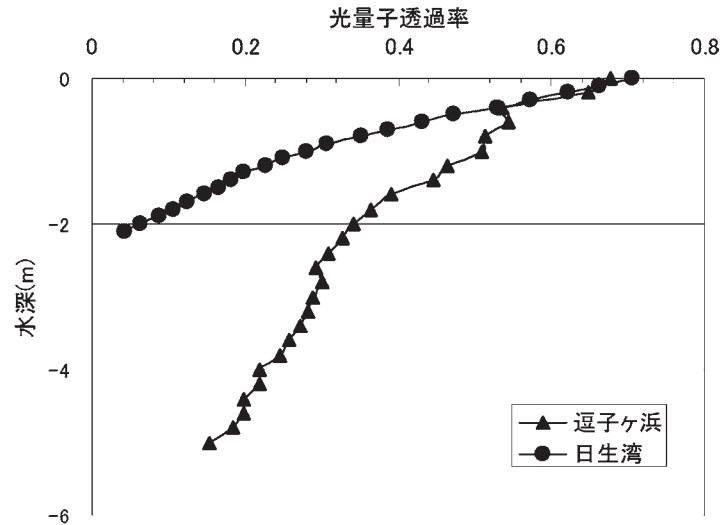


図6. 逗子ヶ浜地先および日生湾内の光量子透過率(2006年8月観測)

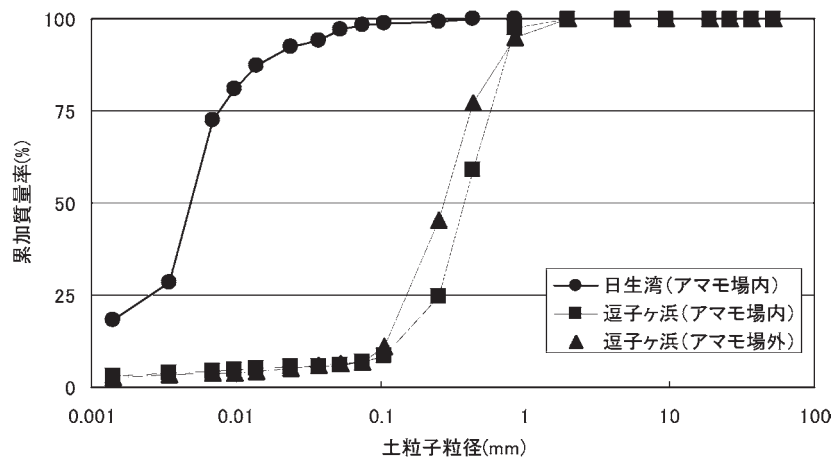


図7. 逗子ヶ浜地先および日生湾内の底質粒径分布(2002年11月採取)

表2. 逗子ヶ浜地先および日生湾内の底質組成(2002年11月採取)

区分	単位	日生湾 アマモ場内	逗子ヶ浜 アマモ場内	逗子ヶ浜 アマモ場外
含水比	%	177.9	40.0	37.8
強熱減量	%	10.7	1.7	1.3
中央粒径	mm	0.005	0.375	0.270
シルト分	%	53.8	2.9	3.2
粘土分	%	44.5	4.0	3.6
土粒子密度	g/cm ³	2.5	2.7	2.7

表3. 魚類採取調査により採取された生物一覧

綱	目	科	属	学名	種類	No.	全採取量			
							個体数 (-/m ²)	湿重量 (g/m ²)		
硬骨魚	カサゴ	アサカサゴ	メバル	<i>Sebastes inermis</i>	メバル (TL<90mm)	1	1.7	57		
				<i>Sebastes inermis</i>	メバル (TL>90mm)	2	19.9	70		
				<i>Sebastes</i> sp.	メバル属の一種	3	0.1	0.029		
			ハオコゼ	ハオコゼ	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	ハオコゼ	4	3.3	11	
			ホウホウ	ホウホウ	<i>Chelidonicichthys spinosus</i>	ホウホウ	5	0.1	0.034	
			カシカ	アナハゼ	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	アサヒアナハゼ	6	1.3	16.5	
					Cottidae	カシカ科	7	0.1	0.026	
					Scorpaeniformes	カサゴ目	8	0.7	0.19	
		スズキ	ヘラ	キユウセン		<i>Halichoeres poecilopterus</i>	キユウセン	9	1.4	7.1
						<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	ホシヘラ	10	0.1	0.29
					<i>Suezichthys gracilis</i>	イトヘラ	11	0.1	0.031	
			キス	キス	<i>Sillago japonica</i>	シロギス	12	0.7	1.5	
			イソギンボ	ハタタテギンボ	<i>Petroscirtus breviceps</i>	ニジギンボ	13	0.7	0.46	
			ハゼ	サシガキハゼ	<i>Fusigobius duospilus</i>	セトサシガキハゼ	14	0.1	0.10	
				ヒメハゼ	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	ヒメハゼ	15	15.9	6.586	
				マハゼ	<i>Acanthogobius</i>	マハゼ	16	4.3	3.2	
			ネズッコ	ネズッコ		<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	セトヌメリ	17	1.2	0.88
					<i>Repomucenus beniteguri</i>	トビヌメリ	18	0.9	2.7	
					<i>Repomucenus</i> sp.	ネズッコ属の一種	19	0.5	1.6	
			アイゴ			Perciformes	アイゴ科幼魚	20	0.1	0.022
					Perciformes	スズキ目幼魚	21	0.1	0.031	
	フグ	カワハギ	カワハギ		<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	カワハギ	22	0.5	10	
					<i>Thamnaconus modestus</i>	ウマツラハギ	23	0.1	0.055	
				<i>Rudarius ercodes</i>	アミメハギ	24	142.5	40		
				<i>Takifugu pardalis</i>	ヒガンフグ	25	0.1	9.0		
トゲウオ		ヨウジウオ		<i>Syngnathus schlegeli</i>	ヨウジウオ	26	0.5	0.37		
				<i>Urocampus nanus</i>	オクヨウジ	27	0.6	0.063		
頭足	タシロイガヒメイカ	ヒメイカ		<i>Hippocampus coronatus</i>	タツノオトシゴ	28	0.1	0.035		
				<i>Idiosepius paradoxus</i>	ヒメイカ	29	3.5	0.58		

であるメバル (*Sebastes inermis*) で、採取重量では本調査において最も多かった。メバルについては全長が90mmを超える群 (TL>90mm) と90mm未満の群 (TL<90mm) とがほぼ異なる時期に採取されたことから、これらを便宜的に区分して示した。その他では、ハオコゼ (*Hypodytes rubripinnis*) が多く採取された。

スズキ目では、個体数ではヒメハゼ (*Favonigobius gymnauchen*) が優占種であったが、水産的価値は小さい。一方、総重量では水産有用種であるキユウセン (*Halichoeres poecilopterus*) が優占種となった。

フグ目では、アミメハギ (*Rudarius ercodes*) が個体数、総重量ともに優占種となっていた。水産有用種では、カワハギ (*Stephanolepis cirrhifer*) が多く採取された。

そのほか、トゲウオ目のヨウジウオ (*Syngnathus schlegeli*)、オクヨウジ (*Urocampus nanus*)、タツノオトシゴ (*Hippocampus coronatus*) が採取された。

餌料生物を対象とした採取調査では、9門、11綱、26目、70科、65属、49種の生物が確認された (表5)。

主要を成したのは、節足動物門甲殻綱のアミ目、等脚目、端脚目、十脚目に属する生物 (以下、「小型甲殻類」) である。このうち、最も個体数が多く採取されたのは端脚目であり、ワレカラ科のトゲワレカラ (*Caprella scaura*) が優占種となっていた。重量では十脚目が最も多く、モエビ科のホソモエビ (*Latreutes acicularis*) とアシナガモエビモドキ (*Heptacarpus futillirostris*) が優占種

であった。甲殻綱では、その他に薄甲目のコノハエビ (*Nebalia japonensis*) をはじめ、貝虫目、タイナス目、クーマ目の生物が採取された。節足動物門では、甲殻綱の他、ウミグモ綱ウミグモ目ホソウミグモ科に属する生物が採取された。

節足動物門以外では、環形動物門ゴカイ綱に属する生物が比較的多く採取された。また、軟体動物門では、魚類を対象とした調査でも採取されたヒメイカだけでなく、二枚貝目イガイ科に属する生物、腹足類目に属する生物が採取された。さらに、棘皮動物門のスナクモヒトデ科に属する生物や、原索動物門のヘンゲボヤ科に属する生物等、多様な生物が採取された。

アマモ場の有無およびアマモ場内の位置と生物採取結果

アマモ場内外における生物採取量を比較した。ただし、魚類に関してはヒメイカを除く採取された全魚種を検討対象としたが、餌料については餌料生物として優れているとされる小型甲殻類⁸⁾のみを対象とした。

魚類の出現種数は、アマモ場外よりもアマモ場内で多かった (図8)。重量に関しては、さらにその傾向が著しかった (図9)。小型甲殻類の出現種類数も、アマモ場内で極めて多く、魚類よりもその傾向は強かった (図10)。重量に関しても、さらにその傾向が顕著であった (図11)。

アマモ場内部と外縁部における生物採取量を比較したところ、魚類については出現種数、重量に関して、顕著

表 4-1. 餌料採取調査により採取された生物一覧 (2 葉のうち 1)

門	綱	目	科	属	学名	和名	No.	総採取量		
								個体数 (-/m ²)	湿重量 (g/m ²)	
節足動物	甲殻	ウミクモ	ウミクモ	ホウミクモ	Phoxichilidiidae	ホウミクモ科	1	0.6	<0.001	
		貝虫	ウミタナ		Cypridinidae	ウミタナ科	2	100.8	0.003	
		薄甲	コナエビ	コナエビ	<i>Nebalia japonensis</i>	コナエビ	3	12.3	0.000	
		アミ	アミ	アミ	アミ	<i>Anisomysis ijimai</i>	アミ	4	69.4	0.318
				アミ	アミ	<i>Archaemysis sp.</i>	アミ	5	0.1	0.000
				アミ	アミ	<i>Hypererythrops sp.</i>	アミ	6	0.3	0.001
				アミ	アミ	<i>Nipponomysis spp.</i>	アミ	7	96.8	0.32
				アミ	アミ	<i>Siriella sp.</i>	アミ	8	0.9	0.009
		ケマ	ナンノケマ	ケマ	ケマ	Mysidae	アミ科	9	23.0	0.043
				ケマ	ケマ	Nannastacidae	ナンノケマ科	10	0.5	<0.001
		ケマ	ケマ	ケマ	ケマ	CUMACEA	ケマ目	11	0.3	<0.001
				ケマ	ケマ	<i>Zeuxo sp.</i>	ケマ	12	1.1	<0.001
		等脚	ウミナナフシ	ウミナナフシ	ウミナナフシ	<i>Paranthura japonica</i>	ウミナナフシ	13	0.3	<0.001
				ウミナナフシ	ウミナナフシ	<i>Paranthura sp.</i>	ウミナナフシ	14	1.2	0.000
				ウミナナフシ	ウミナナフシ	<i>Cleantiella strasseni</i>	ウミナナフシ	15	2.8	0.019
				ウミナナフシ	ウミナナフシ	<i>Cymodoce japonica</i>	ウミナナフシ	16	0.3	0.010
				ウミナナフシ	ウミナナフシ	<i>Gnorimosphaeroma rayi</i>	ウミナナフシ	17	0.1	<0.001
		端脚	スガ	スガ	スガ	<i>Byblis japonicus</i>	スガ	18	24.7	<0.001
				スガ	スガ	<i>Byblis sp.</i>	スガ	19	4.7	0.006
				スガ	スガ	<i>Amphithoe lacertosa</i>	スガ	20	41.1	0.17
				スガ	スガ	<i>Amphithoe sp.</i>	スガ	21	67.2	0.32
				スガ	スガ	<i>Aora sp.</i>	スガ	22	31.5	0.037
				スガ	スガ	Aoridae	スガ科	23	3.3	<0.001
				スガ	スガ	<i>Cerapus tubularis</i>	スガ	24	0.3	<0.001
				スガ	スガ	<i>Erichthonius pugnax</i>	スガ	25	135.7	0.37
				スガ	スガ	<i>Grandierella sp.</i>	スガ	26	0.1	<0.001
				スガ	スガ	<i>Gammaropsis sp.</i>	スガ	27	0.4	0.001
				スガ	スガ	<i>Jassa falcata</i>	スガ	28	311.5	0.15
				スガ	スガ	<i>Podocerus inconspicus</i>	スガ	29	1.5	0.001
				スガ	スガ	<i>Arylus japonicus</i>	スガ	30	0.1	<0.001
				スガ	スガ	<i>Paradexamine bamardi</i>	スガ	31	20.4	0.025
				スガ	スガ	<i>Paradexamine sp.</i>	スガ	32	1269.4	0.92
				スガ	スガ	<i>Polychelid sp.</i>	スガ	33	3.6	0.006
				スガ	スガ	<i>Pontogeneia rostrata</i>	スガ	34	638.5	0.91
				スガ	スガ	Amphilocheidae	スガ科	35	0.1	<0.001
				スガ	スガ	<i>Pleustes panopla</i>	スガ	36	2.8	0.058
				スガ	スガ	<i>Pleustes sp.</i>	スガ	37	32.3	0.037
				スガ	スガ	Lysianassidae	スガ科	38	0.9	<0.001
				スガ	スガ	<i>Melita sp.</i>	スガ	39	1.3	0.001
				スガ	スガ	<i>Synchelidium sp.</i>	スガ	40	16.5	0.007
				スガ	スガ	Oedicerotidae	スガ科	41	0.3	0.000
				スガ	スガ	<i>Paraphoxus sp.</i>	スガ	42	0.9	0.019
				スガ	スガ	<i>Urothoe sp.</i>	スガ	43	0.1	0.000
				スガ	スガ	Acanthonotozomatidae	スガ科	44	0.7	<0.001
		スガ	スガ	Synopidae	スガ科	45	3.3	0.003		
		スガ	スガ	<i>Protomima sp.</i>	スガ	46	0.3	<0.001		
		スガ	スガ	<i>Caprella kroyeri</i>	スガ	47	39.3	0.55		
		スガ	スガ	<i>Caprella scaura</i>	スガ	48	4070.9	3.9		
		スガ	スガ	<i>Caprella monoceros</i>	スガ	49	32.1	0.05		
		スガ	スガ	<i>Caprella danilevskii</i>	スガ	50	4.2	0.027		
		スガ	スガ	<i>Caprella spp.</i>	スガ	51	33.1	0.07		
		スガ	スガ	Caprellidae	スガ科	52	129.5	0.43		
		スガ	スガ	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>	スガ	53	0.1	0.032		
		スガ	スガ	Penacidae	スガ科	54	0.1	0.008		
		スガ	スガ	<i>Heptacarpus futilirostris</i>	スガ	55	2244.4	9.5		
		スガ	スガ	<i>Heptacarpus geniculatus</i>	スガ	56	9.7	0.52		
		スガ	スガ	<i>Heptacarpus panduloides</i>	スガ	57	12.0	0.48		
		スガ	スガ	<i>Latreutes acicularis</i>	スガ	58	840.1	16.0		
		スガ	スガ	<i>Latreutes planirostris</i>	スガ	59	0.7	0.060		
		スガ	スガ	Hippolytidae	スガ科	60	91.1	0.90		

表 4-2. 餌料採取調査により採取された生物一覧 (2 葉のうち 2)

門	綱	目	科	属	学名	和名	No.	総採取量		
								個体数 (-/m ²)	湿重量 (g/m ²)	
節足動物	甲殻	十脚	ロウソクエビ	ロウソクエビ	<i>Processa dimorpha</i>	カサシロウソクエビ	61	0.1	0.018	
					<i>Processa</i> spp.	ロウソクエビ属の数種	62	0.7	0.006	
			エビ	トゲエビ	<i>Metacrangon angusticauda</i>	トゲエビ	63	1.4	0.044	
				エビ	<i>Crangon affinis</i>	エビ	64	1.9	0.19	
					<i>Crangon</i> sp.	エビ属の一種	65	0.1	<0.001	
					Crangonidea	エビ科	66	0.4	0.000	
					コシホエビ	<i>Galathea orientalis</i>	トヨウコシホエビ	67	0.6	0.003
					クモガニ	<i>Pugettia quadridens quadridens</i>	ヨウバクモガニ	68	1.1	1.2
						Majidae	クモガニ科	69	0.1	0.001
						<i>Trigonoplax unguiformis</i>	ツバカガニ	70	1.1	0.053
扁形動物	ウズムシ	ヒラムシ	イカ	イカ	<i>Musculus</i> sp.	イカ属の一種	74	3.7	0.019	
					<i>Mytilus galloprovincialis</i>	ムササビイカ	75	0.9	<0.001	
					<i>Idiosepius pygmaeus paradoxus</i>	ヒメイカ	76	0.9	<0.001	
					<i>Anaitides</i> sp.	Anaitides 属の一種	77	9.4	1.9	
					<i>Harmothoe imbricata</i>	マダラウズムシ	78	2.9	0.021	
					<i>Platynereis</i>	Platynereis 属の一種	79	32.7	0.33	
					Nephtyidae	シロガネコイ科	80	40.9	0.35	
					Spionidae	スビオ科	81	0.1	<0.001	
					<i>Armandia</i> sp.	Armandia 属の一種	82	0.1	<0.001	
					<i>Capitella</i>	Capitella 属の一種	83	0.1	0.001	
環形動物	コカイ	サンバコカイ	シロバコカイ	シロバコカイ	<i>Anaitides</i> sp.	Anaitides 属の一種	84	0.1	0.001	
					<i>Harmothoe imbricata</i>	マダラウズムシ	85	29.6	0.30	
					<i>Platynereis</i>	Platynereis 属の一種	86	0.9	<0.001	
					Nephtyidae	シロガネコイ科	87	0.0	0.000	
					Spionidae	スビオ科	88	0.0	0.003	
					<i>Armandia</i> sp.	Armandia 属の一種	89	0.0	0.000	
					<i>Capitella</i>	Capitella 属の一種	90	0.0	0.056	
					<i>Lagis bocki</i>	ウミイサギムシ	91	1.9	0.000	
					<i>Hydroides elegans</i>	カサシロウソクエビ	92	0.1	0.001	
						Hydroides 属の一種	93	<0.1	2.5	
触手動物	コケムシ	フタコケムシ	カコ	カコ	Beaniidae	Beaniidae 科	94	0.9	0.16	
					Calloporidae	トゲイタクムシ科	95	0.8	0.29	
					Microporellidae	ウズコケムシ科	96	0.7	0.011	
					Watersipora	Watersipora subovoidea	フタコケムシ	97	0.8	10
					Amphiridae	スチロキトデ科	98	0.4	0.151	
					Echinioidea	ウニ綱	99	0.3	0.003	
					Polycitoridae	ヘンゲホヤ科	100	1.1	4.0	
					Molgulidae	フクロホヤ科	101	1.0	3.7	
					<i>Syllago japonica</i>	シロキス	102	0.1	0.55	
					<i>Halichoeres poecilopterus</i>	ヒメウニ	103	0.1	0.004	
棘皮動物	クモヒトデ	クモヒトデ	ウニ	ウニ	Echinioidea	ウニ綱	104	1.0	0.4	
					LABRIDAE	ヘラ科	105	0.3	0.085	
					<i>Petroscirtes breviceps</i>	ヒメウニ	106	0.6	0.18	
					<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	ヒメウニ	107	1.3	0.59	
					<i>Repomucenus</i> sp.	ヒメウニ 属の一種	108	0.1	0.015	
					<i>Favonigobius gymnauchen</i>	ヒメウニ	109	6.3	1.6	
					<i>Acentrogobius pflaumii</i>	ヒメウニ	110	2.3	1.8	
					Gobiidae	ヒメウニ科	111	0.4	0.022	
					PERCIFORMES	スズキ目	112	0.1	0.001	
					<i>Rudarius ercodes</i>	アミハキ	113	30.4	16.0	
原索動物	ホヤ	ヒメホヤ	ヘンゲホヤ	ヘンゲホヤ	Polycitoridae	ヘンゲホヤ科	114	0.8	1.6	
					Molgulidae	フクロホヤ科	114	0.8	1.6	
					<i>Syllago japonica</i>	シロキス	114	0.8	1.6	
					<i>Halichoeres poecilopterus</i>	ヒメウニ	114	0.8	1.6	
					LABRIDAE	ヘラ科	114	0.8	1.6	
					<i>Petroscirtes breviceps</i>	ヒメウニ	114	0.8	1.6	
					<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	ヒメウニ	114	0.8	1.6	
					<i>Repomucenus</i> sp.	ヒメウニ 属の一種	114	0.8	1.6	
					<i>Favonigobius gymnauchen</i>	ヒメウニ	114	0.8	1.6	
					<i>Acentrogobius pflaumii</i>	ヒメウニ	114	0.8	1.6	
脊椎動物	硬骨魚	トゲウオ	ヨウジウオ	ヨウジウオ	<i>Syngnathus schlegelii</i>	ヨウジウオ	95	0.8	0.29	
					<i>Urocampus namus</i>	ウロカン	96	0.7	0.011	
			カサシ	カサシ	<i>Sebastes inermis</i>	カサシ	97	0.8	10	
					<i>Sebastes</i> sp.	カサシ 属の一種	98	0.4	0.151	
					Platycephalidae	カサシ科	99	0.3	0.003	
					<i>Hypodytes rubripinnis</i>	カサシ	100	1.1	4.0	
					<i>Pseudoblennius cottooides</i>	カサシ	101	1.0	3.7	
					Scorpaeniformes	カサシ目	102	0.1	0.55	
					<i>Syllago japonica</i>	シロキス	103	0.1	0.004	
					<i>Halichoeres poecilopterus</i>	ヒメウニ	104	1.0	0.4	
		LABRIDAE	ヘラ科	105	0.3	0.085				
		<i>Petroscirtes breviceps</i>	ヒメウニ	106	0.6	0.18				
		<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	ヒメウニ	107	1.3	0.59				
		<i>Repomucenus</i> sp.	ヒメウニ 属の一種	108	0.1	0.015				
		<i>Favonigobius gymnauchen</i>	ヒメウニ	109	6.3	1.6				
		<i>Acentrogobius pflaumii</i>	ヒメウニ	110	2.3	1.8				
		Gobiidae	ヒメウニ科	111	0.4	0.022				
		PERCIFORMES	スズキ目	112	0.1	0.001				
		<i>Rudarius ercodes</i>	アミハキ	113	30.4	16.0				
		<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	カサシ	114	0.8	1.6				

表 5. アマモ場への依存度による藻場出現動物の区分例^{7,8)}

区分名	出現状況・生態特性	具体的な種類
1. 周年定住種	①水産的価値がほとんどない	アミメハギ, ハオコゼ
	②小型で運動性に乏しい	アサヒアナハゼ, 小型ハゼ類
	③砂泥底にも生息する	ヨウジウオ, タツノオトシゴ
2. 季節定住種	①水産的な有用魚類の大部分	メバル, ウミタナゴ, クロダイ
	②幼魚期に藻場周辺に滞留生息	スズキ, マダイ, マアナゴ
	③成長すると藻場を離れる	アイナメ, クジメ, キュウセン
	④藻場が幼稚魚育成場である	イカ・タコ類, ガザミ類, ナマコ類
季節定住種と一時来遊種の間	①6月に来遊して産卵	アオリイカ
	②夏季に来遊	トカゲゴチ
	③冬季に来遊	ダイミョウサギ, ヒイラギなど
	④夏季から冬季に浅所へ移動	タイワンガザミ, ガザミ, イシガニ
3. 一時来遊種	①藻場を含む広い範囲を動き回る	クサフグ, ガザミ類
	②夜間や高潮時に来遊する	
	③藻場への来遊は主に索餌	
4. 偶来種	特に因果関係なく偶然に来遊	その他の種類

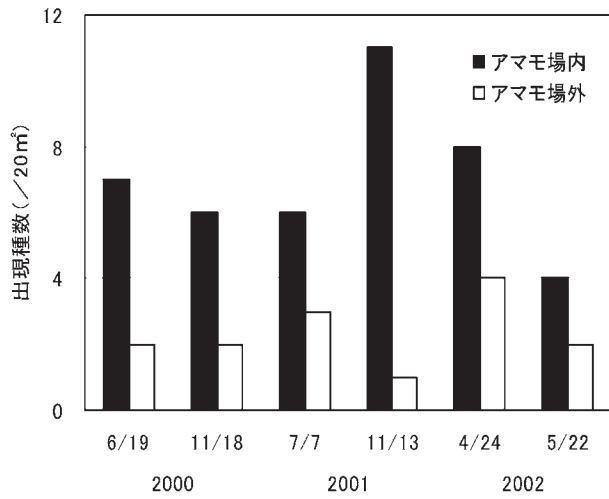


図 8. アマモ場内外の魚類出現種数

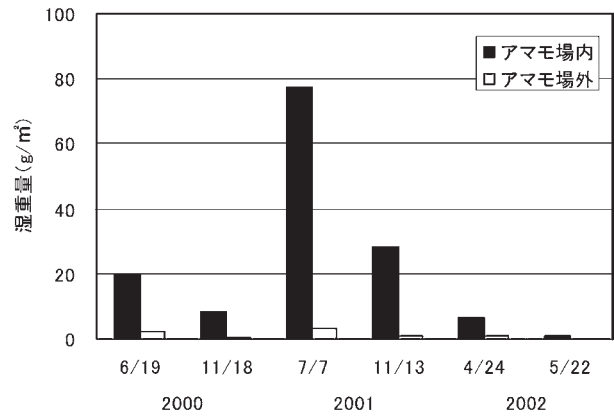


図 9. アマモ場内外の魚類湿重量

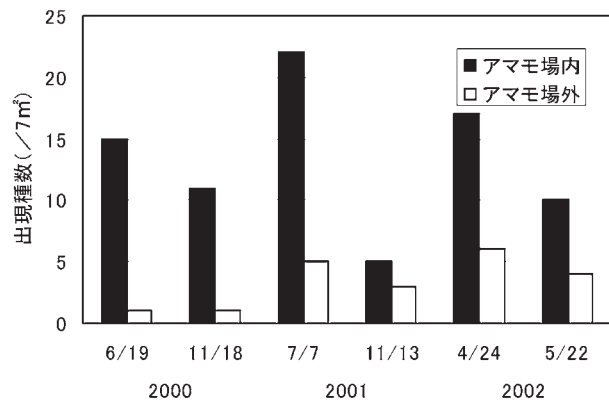


図 10. アマモ場内外の小型甲殻類出現種数

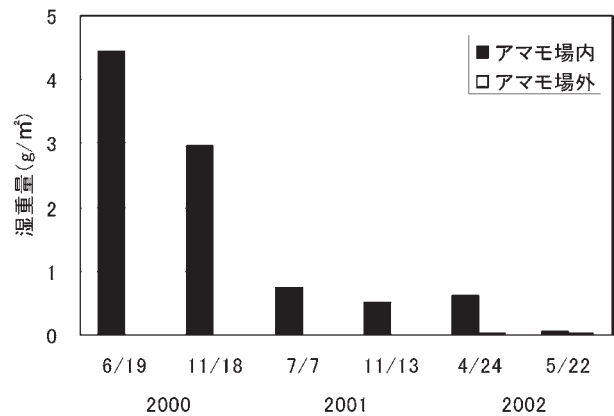


図 11. アマモ場内外の小型甲殻類湿重量

な差は認められなかった (図 12, 図 13)。小型甲殻類に関しては, 出現種類数に差が認められたが, 傾向は一定ではなかった (図 14)。重量では内部の方が外縁部よりも若干多かったが, 顕著な差ではなかった。(図 15)。

アマモ場内の株密度の疎密による生物採取量を比較したところ, 魚類の出現種数および重量に関しては, 顕著な差は認められなかった (図 16, 図 17)。小型甲殻類では, 出現種, 重量ともに密な箇所が多い傾向があった (図 18, 図 19)。

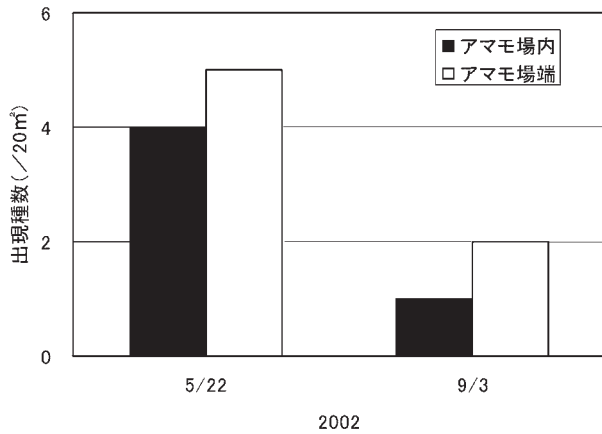


図 12. アマモ場内位置による魚類出現種数

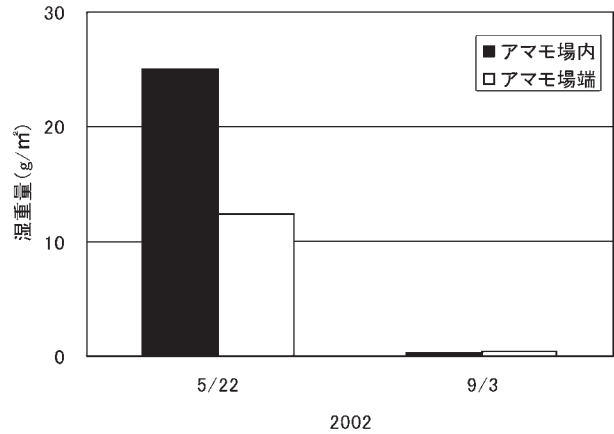


図 13. アマモ場内位置による魚類湿重量

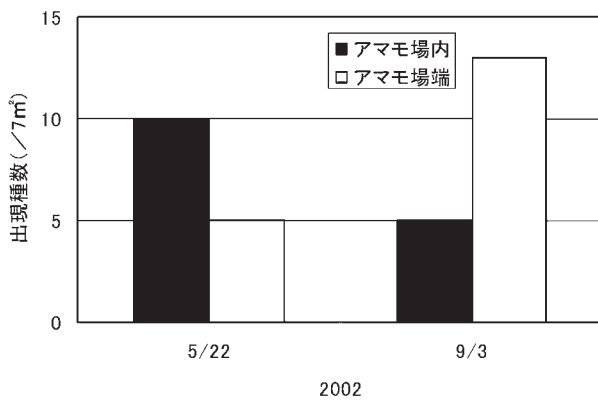


図 14. アマモ場内位置による小型甲殻類出現種数

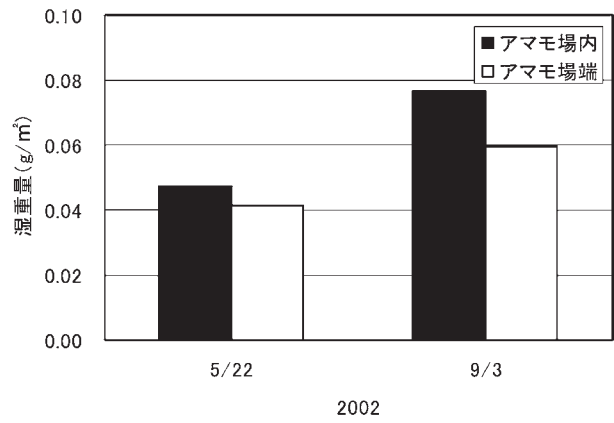


図 15. アマモ場内位置による小型甲殻類湿重量

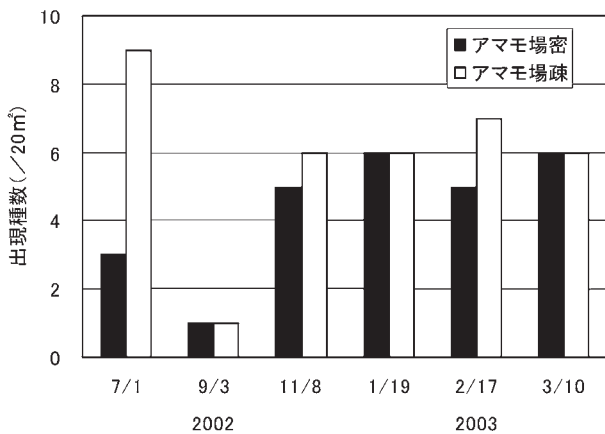


図 16. アマモ場内株密度による魚類出現種数

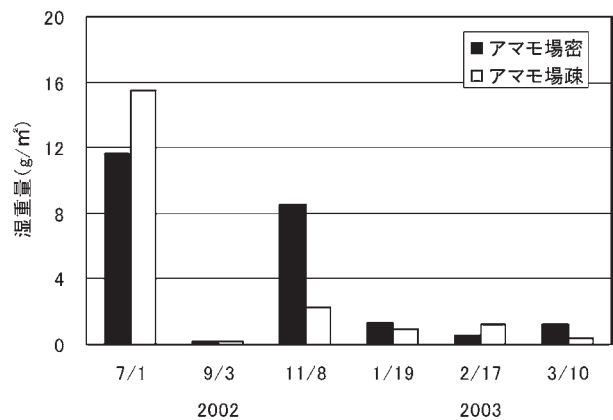


図 17. アマモ場内株密度による魚類湿重量

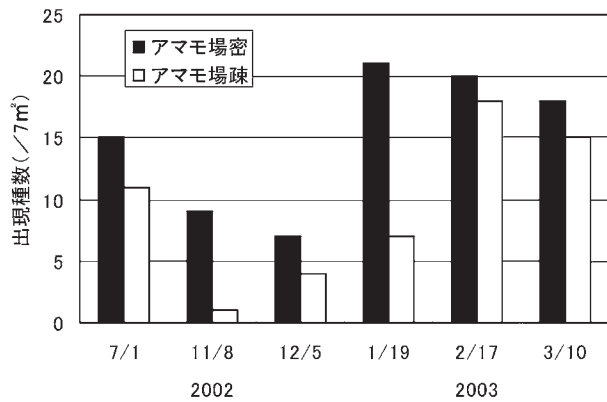


図 18. アマモ場内株密度による小型甲殻類出現種数

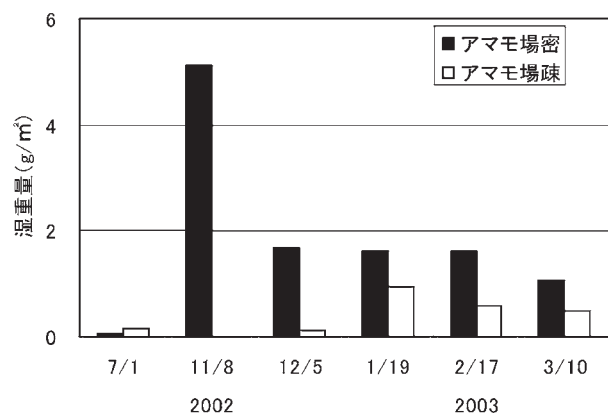


図 19. アマモ場内株密度による小型甲殻類湿重量

考 察

調査対象海域の物理環境の特徴 図 4 に示した波浪発生状況の比較結果から、逗子ヶ浜地先は日生湾内と比較して、波浪が大きい傾向にあることがわかる。風速の観測は行っていないが、波浪の発生状況の差違は、図 2 および図 3 に示したように、地形的な開放性の差違に起因するものと考えられる。なお、今回の結果では、逗子ヶ浜地先において有義波高 0.5m 程度の波高しか観測されなかったが、他の時期において実施した観測では、有義波高 2.0m を超える波浪が記録されている¹³⁾。

図 5 に示した水深と光量子透過率との比較結果より、逗子ヶ浜地先では日生湾内より深い水深まで多くの光は到達していた。これは逗子ヶ浜地先の透明度が高いことを示している。図 6 および表 1 に示した底質の粒径分布および組成の比較結果から、逗子ヶ浜地先の底質はやや砂分の多い砂泥、日生湾内の底質は泥性の著しく高い粘土であった。日生湾内を開放性の小さい海域におけるアマモ場の環境であるとする、逗子ヶ浜地先は、波浪が大きく、透明度が高く、底質は砂性が高いという、外海に面した海域の特徴が見られる開放性の高い海域であることがわかる。

開放性の高い海域におけるアマモ場および近隣海域の生息生物種の特徴 魚類に関しては、既往の閉鎖性の高い海域における調査結果では、アマモ場で観察される頻度から、周年定住種、季節定住種、季節定住種と一時来遊種の中間に分類し(表 5)、このうち季節定住種のメバル、ウミタナゴ、クロダイ、スズキ、マダイ、マアナゴ、アイナメ、クジメ、キュウセン、イカ・タコ類、ガザミ類、ナマコ類等を水産的有用魚類としている^{7,8)}。ここに記された種数と比較すると、今回の調査結果における採取魚類種数は少なかった。特に、水産的有用魚類のうち、本調査で採取された種は、メバルとキュウセンのみであった。したがって今回の結果からは、開放性

の高い海域に形成されたアマモ場においては、生息魚類種は少なく、幼稚仔保護育成場としての機能を有するとしても、対象種は限られる可能性が示唆された。

餌料生物に関しての既往の調査結果は少ないが、布施⁶⁾が笠岡湾で実施した調査結果では、小型甲殻類については約 40 種が採取されていた。採取面積や方法等が異なり、一概には比較できないが、今回の調査では種名を確定できなかったものを含め約 70 種の小型甲殻類を採取することができた。構成を見ると、布施⁶⁾の調査では、十脚目に属する生物はホソモエビ、ヒラツノモエビ、ヘラモエビ、エビジャコが主であったが、本調査では重量が最も多かったのはホソモエビで、その次がアンナガモエビモドキであり、エビジャコやヒラツノモエビは極少量しか採取されなかった。端脚目に属する生物は、布施の調査においてはワレカラ科の生物が大部分を占めていたのに対し、本調査ではワレカラ科の他、エンマヨコエビ科、アゴナガヨコエビ科に属する生物も多量に採取されていた。この結果から開放性の高い海域に形成されたアマモ場には、多様な小型甲殻類が生息しており、これらが魚類に餌料として利用されるのであれば、餌料供給場として機能する可能性があることが示唆された。

開放性の高い海域におけるアマモ場の生息生物分布 図 9 から図 11 に示したアマモ場内外と採取生物の比較により、アマモ場外よりもアマモ場内に、魚類・小型甲殻類ともに多様な種が多量に生息していることが確認された。したがって、アマモ場が存在しない、あるいは消失した海域にアマモ場を造成することで、多様で豊かな生物環境が形成されることが明らかとなった。

アマモの外縁部と内部における生息生物の差違は、図 12 から図 14 に示したように、明らかにならなかった。潜水観察者からの目視による情報として、アマモ場では外縁部に生物は生息していると言われることが多いが、今回は 2 回の調査結果の比較のみであることもあり、そ

の情報を実証するには至らなかった。

アマモ場内の株密度の疎密による生息生物の分布傾向に関し、魚類については図 15 および図 16 に示したように明らかな傾向は認められなかったが、小型甲殻類については、種数および重量ともに密生区に多い状況が認められた。今回の結果は相対的な疎密の差がある場合に密な部分に小型甲殻類が集中する傾向にあることを示しているもので、株密度の大きなアマモ場が多様で豊かな小型甲殻類の生息を促すという結果ではない。ただし、アマモ場の形成状況が生息生物の分布に影響を及ぼす可能性は示唆されており、さらに詳細な解析が必要となると考える。

結 論

本研究の結果より、開放性の高い海域におけるアマモ場における生息生物の種組成と空間分布に関し、次のことが明らかとなった。

- 生息魚類種数は閉鎖性の高い海域に比較して少なかった。したがって、アマモ場を幼稚仔保護育成場として造成する場合、対象種は限られる可能性がある。
- 一方で、餌料生物として利用されやすい小型甲殻類は、多様な種が生息していた。これらが魚類に餌料として利用されるのであれば、餌料供給の場として機能する可能性がある。
- 魚類・小型甲殻類ともにアマモ場内に多く生息し、アマモ場外では著しく少なかった。したがって、アマモ場が存在しない、あるいは消失した海域にアマモ場を造成することで、多様で豊かな生物環境が形成されると考えられた。
- アマモ場外縁部と内部で、生物の分布に差は認められなかった。アマモ場内部で株密度に差がある場合、小型甲殻類は密な部分に集まる傾向があった。魚類に関してはこのような傾向は認められなかったが、アマモ場の形成状況が生息生物の分布に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

今後は得られているデータをさらに詳細に解析し、生息生物の時系列的変化と種間の関連、およびアマモ場の消長との関連についても検討する。また、今回の魚類採取調査では主に幼稚魚を対象とし、かつ日中のみ採取を実施したことから、さらに調査方法を工夫し、特に夜間における成魚のアマモ場利用状況に関してさらに詳細に検討を行い、漁場として利用される可能性についても明らかにしていく必要があると考える。

謝 辞

現地調査の実施にあたり、山口県漁業協同組合に理解と協力を賜った。特に、伊藤和宏氏には当該海域の海象や生物等に関する貴重な情報や調査実施にあたっての助

言をいただいた。ここに記して謝意を表す。なお、本研究は独立行政法人水産総合研究センター第 1 期中期計画課題および水産庁水産基盤整備直轄調査課題の一部として実施したことを付記する。

文 献

- 1) 東 幹生 (1982) アマモ場の消長と漁業生産 海草藻場 (特にアマモ場) と水産生物について. (社)日本水産資源保護協会, 106-149.
- 2) 岡山県水産試験場 (1922-1924) 藻場魚類育成状況調査報告 I ~IV.
- 3) 大島康雄 (1954) 藻場と稚魚の繁殖保護について. 水産学の概観, 日本学術振興会 東京, 128-181.
- 4) Kikuchi, T. (1961) An ecological study on animal community of *Zostera* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu (I). Community composition (1), *Fish fauna. Rec. Oceanogr. Wks. Jaman* (N. S.), Spec, No.5, 211-219.
- 5) Kikuchi, T. (1962) An ecological study on animal community of *Zostera* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu (II). Community composition (2), *Fish fauna. Rec. Oceanogr. Wks. Jaman* (N. S.), Spec, No.6, 135-146.
- 6) 布施真一郎 (1962) アマモ場における動物群集. 生理生態 11, 1-22.
- 7) 菊池泰二 (1982) アマモ場の魚類群集・動物にとっての藻場の機能. 海草藻場 (特にアマモ場) と水産生物について, (社)日本水産資源保護協会, 49-105.
- 8) 寺脇利信・吉川浩二・高木儀昌 (1997) アマモ場の機能. 藻場の機能, 水産庁中央水産研究所, 82-110.
- 9) 高谷智恵子・斉藤 博・玉置 仁・森口朗彦・吉田吾郎・寺脇俊信 (2003) 広島湾地先における風浪環境の特徴. 平成 15 年度日本水産工学会学術講演会論文集, 151-152.
- 10) 木元克則・日向野純也・足立久美子・高木儀昌・新井健次・寺島弘晃・横山禎人・中畑敬章 (1968) 潜水式囲い網による底生性小型魚類とアミ類の定量的採取法 - 日本海沿岸の砂浜域における採取例 -. 水産工学研究所技報, 18, 45-58.
- 11) 森口朗彦・高木儀昌・寺脇利信 (2004) 離れ島状に形成されたアマモ場の消長と波浪環境. 海洋開発論文集, 20, 971-976.
- 12) 森口朗彦・高木儀昌・山本 潤・大村智宏・吉田吾郎・寺脇利信 (2006) 激浪下におけるアマモ・コアマモ群落の生残要因に関する現地観察. 平成 18 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 235-238.
- 13) 森口朗彦・高木儀昌・寺脇利信・小見山秀樹・團 昭紀・棚田教生 (2004) アマモの植生と底質組成. 平成 16 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 115-116.

原著論文

歩脚欠損を指標としたクルマエビの 中間育成密度に関する一考察

山根史裕^{*1}・辻ヶ堂諱^{*2}

Effect of Rearing Density in Intermediate Culture of the Kuruma Prawn *Marsupenaeus japonicus* on Pereiopod Loss

Fumihiko YAMANE and Akira TSUJIGADO

We examined breeding density during raising of the Kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus* to length 50 mm (1.5 g weight) as a predictor of pereiopod loss. When prawns with an average body length of about 15 mm were raised to an average body length of 30 mm at a density of 1000 individuals/m², the rate of pereiopod loss was acceptable. However, as the prawns grew further the rate increased and burrowing ability also declined. This result suggested that if prawns are to be kept at this density they should be harvested at an average length of 30 mm. If they are to be raised to an average length of 50 mm, the initial density should be reduced or the population should be culled along the way to adjust the density.

2008年4月7日受付, 2009年1月28日受理

クルマエビ *Marsupenaeus japonicus* の栽培漁業では、通常、種苗生産後に一定期間中間育成を実施する¹⁾。中間育成の目的について、倉田¹⁾は、種苗生産水槽において効率的な飼育が可能な発育段階の上限と、一方海の自然環境に放流して商品体長に成長するまでの生残率を実用的な精度で予測できる発育段階の下限との間にあるみぞを、人為的な保護育成によって埋めることと述べている。具体的な放流サイズとしては体長30mm以上が推奨されているが¹⁾、近年クルマエビの放流体長は全国的に大型化しており²⁾、三重県でも2006年以降、それまでの平均体長30mmから平均体長50mmに引き上げられた。これに向けて大型種苗を育成するための陸上水槽が新たに整備され、それまで干潟で実施されていた囲い網による中間育成は県内から姿を消すこととなった。陸上水槽での中間育成は、海面を利用する囲い網に比べ人為的な管理が行き届く反面、飼育密度によっては、疾病の発生や、底質や水質の悪化による大量死亡を招く恐れ

がある。放流種苗の大型化は中間育成日数の増加を伴うため、なおさらこの点に留意する必要がある。

クルマエビの種苗放流では、魚類等の被食による放流直後の減耗率が極めて高いことが知られている²⁾。この減耗を軽減するには潜砂習性を獲得していることが重要とされるが²⁾、種苗生産したクルマエビの多くは歩脚が欠損しており³⁾、これらの個体は正常個体に比べて明らかに潜砂能力が劣ることが報告されている⁴⁾。このため、クルマエビの中間育成では放流目標サイズまで育成するとともに、歩脚の欠損が回復し、潜砂習性を獲得することが求められる。

著者らは、別報³⁾において、種苗生産時のクルマエビの歩脚の欠損が、過大な収容密度下において脱皮直後の個体干渉によって起こる可能性を指摘したが、この個体干渉は中間育成時においても適正な飼育密度を越えていれば起こりうると考えられる。そこで、本研究では、クルマエビの中間育成における歩脚の欠損の回復状況を調

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

*2 財団法人三重県水産振興事業団

査し、これを指標として適正な飼育密度を考察するとともに、クルマエビの潜砂能力が期間中どのように変化するかについても調査を実施したので報告する。

材料と方法

育成過程の歩脚欠損の調査 2006, 2007年に、伊勢湾南部地区中間育成施設で実施したクルマエビの中間育成の2群4事例(06-1, 06-2, 07-1, 07-2)について、収容時から取り上げ(放流)までおよそ10日に1回の割合で歩脚の状態を観察した。観察は50~100尾について実施し、別報³⁾と同様にクルマエビの体長を測定し、歩脚欠損の有無を調べ、欠損がみられた個体については欠損節数を記録した。育成に使用した水槽は、直径17m、高さ1.7m(有効水深1.5m)の円形コンクリート水槽で、底面(約227m²)は2重底構造⁵⁾になっており、その上に粒径0.8~1.2mmの砂が5cm厚に敷き詰められている。ここに、三重県栽培漁業センターで生産した平均体長19.3mm(2006年)、14.1mm(2007年)のクルマエビを約1,000尾/m²で収容し、以下に示す方法により育成した。餌はヒガシマル社製のクルマエビ用配合飼料を用い、朝、夕の2回給餌した。換水は30%/日を基本とし、好適環境を保つ目的で飼育水中に浮遊珪藻が繁茂した状態(ブラウンウォーター)⁶⁾を維持するように適宜調節した。エアレーションは空気通気用ユニホース(ユニホース社製)を使用して水槽周縁部から施し、攪水機により飼育水槽内の水質が均一になるように努めた。

育成過程のクルマエビの潜砂能力について 育成過程のクルマエビの潜砂能力を調査するため、2006年には取り上げ前のポストラバ71日齢時(P71, 以下同様)、2007年にはP24(収容時)、P30, P50, P60のクルマエビを用いて潜砂試験を実施した。試験には育成施設と同じ砂(粒径0.8~1.2mm)を用い、それをコンテナ(54cm×34cm×20cm)に5cm厚になるように入れ、その上に水深10cm程度になるように海水を張った。そこにクルマエビを20尾程度収容し、10分間潜砂状況を観察した。試験は正午前後に直射日光下で実施し、試験中は水面を波立たせて歩脚および遊泳肢を活発に運動させ、潜砂行動を促した。体全体が完全に砂に埋まった個体を潜砂個体とし、10分経過後に潜砂個体と潜砂しな

かった個体に分け、氷冷により固定した。以上の試験を5~10回繰り返した。固定したサンプルについては潜砂と歩脚欠損の関連性を検討するため、前項と同じ測定および観察を行った。

統計処理 潜砂試験における潜砂個体と潜砂しなかった個体の平均体長について、分散の検定後、Studentの方法によりt検定を行って危険率5%で比較した。

結 果

育成過程の歩脚欠損の調査 調査を実施した4事例のクルマエビの育成結果を表1に示した。収容時の平均体長は、2006年が19.3mm(P31)、2007年が14.1mm(P24)と違いはあったが、両年とも約1,000尾/m²になるように収容した。育成日数はそれぞれ46日、54日で、P77, P78で取り上げた。生残率は、58.8~76.2%で多少ばらつきはみられたが、育成期間中に疾病や環境悪化による死亡はみられず、4事例とも概ね順調に経過した。育成過程のクルマエビの成長は図1に示すとおりで、取り上げ時の平均体長は54.2~58.4mm、日間成長は、育成事例06-2が0.85mm/日、それ以外は3事例とも0.76mm/日でほぼ同様の結果であった。育成期間中の水温は2006, 2007年とも22~28℃で推移した。

育成期間中のクルマエビの歩脚欠損個体の出現率を図2に示した。傾向としては4事例とも同様で、収容時に100%近かった出現率は、その後減少し、P50で最低となった(42.9~74.4%)。しかし、それ以降は増加傾向に転じ、P70においては収容時とほとんど変わらない90%前後まで増加した。

各育成事例のクルマエビの1尾当たりの歩脚欠損節数の推移を図3に示した。欠損節数は何れの事例も育成後10日でほぼ半減しており、歩脚欠損の程度の急速な改善が認められた。その後も改善傾向はP50まで続いたが、それ以降、取り上げまでは欠損節数が緩やかに増加する悪化傾向に転じた。

育成過程のクルマエビの潜砂能力について 育成過程のクルマエビの潜砂個体の割合の推移を図4に、各日齢時における潜砂個体、潜砂しなかった個体の平均体長を表2に示した(P24, P30, P50, P60は2007年に試験実施、P71は2006年に試験実施)。P24(収容時、平均体長14.1mm)では、潜砂行動はするものの潜砂できる個体

表1. 2006, 2007年に実施した4育成事例におけるクルマエビの中間育成結果

育成年度	育成事例 No.	収 容				取 り 上 げ					
		月日	尾数 (万尾)	平均体長 (mm)	密度 (尾/m ²)	月日	育成日数 (日)	尾数 (万尾)	密度 (尾/m ²)	平均体長 (mm)	生残率 (%)
2006	06-1	7/6	23.4	19.3	1,031	8/21~24	46	17.8	785	54.2	76.2
	06-2	7/6	23.4	19.3	1,031	8/21~24	46	14.1	622	58.4	60.3
2007	07-1	6/26	22.9	14.1	1,009	8/20~22	54	15.9	700	54.9	69.4
	07-2	6/26	26.4	14.1	1,163	8/20~23	54	15.5	683	55.4	58.8

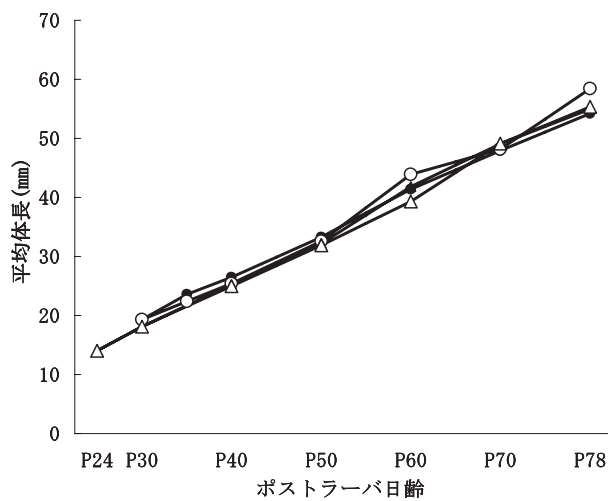


図1. 2006, 2007年に実施した4育成事例におけるクルマエビの成長

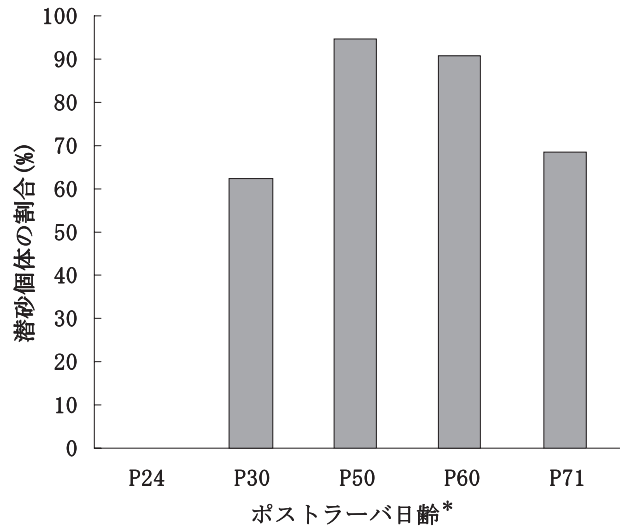


図4. 2006, 2007年に実施したクルマエビの潜砂試験における潜砂個体の割合の推移

* P24, P30, P50, P60は2007年に試験実施, P71は2006年に試験実施.

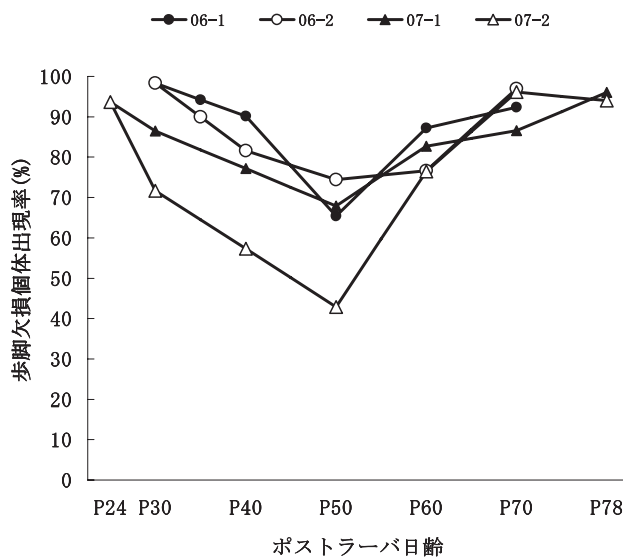


図2. 2006, 2007年に実施した4育成事例における歩脚欠損個体の出現率の推移

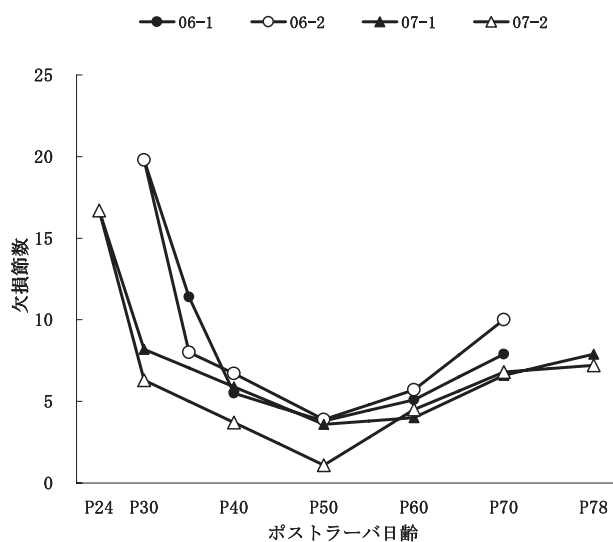


図3. 2006, 2007年に実施した4育成事例におけるクルマエビの1尾当たりの歩脚欠損節数の推移

表2. 2006, 2007年に実施したクルマエビの潜砂試験における各日齢時の潜砂個体, 潜砂しなかった個体それぞれの平均体長と標準偏差

Pn ^{*1}	潜砂個体 (mm)	潜砂しなかった個体 (mm)
P24	—	14.1 ± 1.6
P30 ^{*2}	18.2 ± 2.1	17.9 ± 2.3
P50 ^{*3}	32.6 ± 4.9	25.3 ± 3.5
P60 ^{*3}	42.2 ± 5.3	38.2 ± 5.3
P71 ^{*3}	54.7 ± 4.6	51.8 ± 4.4

*1 ポストラーバ日齢.

*2 有意差なし(t検定).

*3 有意差有り ($p < 0.05$, t検定).

はみられなかったが, P30 (平均体長 18.1mm) になると 60% 以上の個体が潜砂し, P50 (平均体長 32.2mm) では約 95% の個体が潜砂した。しかし, P60 (平均体長 41.8mm) では潜砂する個体が 90.8% と若干減少する結果となった。さらに, 異なる育成群ではあるが同様の育成条件で, 飼育成績も同等だった事例 06-2 のクルマエビでは, P71 (平均体長 53.8mm) での潜砂個体の割合は 68.4% であった。P30 では両者の平均体長に有意差は認められなかったが, P50 以降は潜砂個体の平均体長が潜砂しなかった個体の平均体長よりも大きく, 両者の間には統計的な有意差が認められた。

潜砂個体, 潜砂しなかった個体それぞれの1尾あたりの歩脚欠損節数の推移を図5に, 各歩脚別の欠損節数の推移を図6に示した。欠損節数は潜砂個体, 潜砂しなかった個体とも同様に推移し, 潜砂個体の割合が最も多いP50において最小となり, それ以降潜砂個体の割合が減少するにつれて多くなる傾向を示した。各歩脚別には何れの観察日においても潜砂個体, 潜砂しなかった個体とも第5歩脚の欠損節数が最も多く, 特に潜砂個体の第5

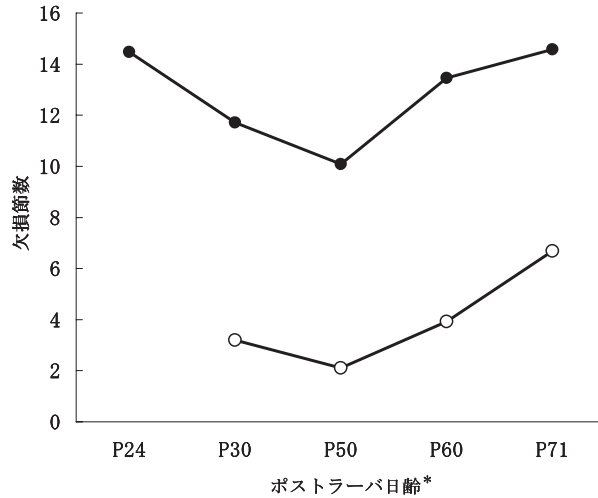


図 5. 2006, 2007 年に実施したクルマエビの潜砂試験における潜砂个体, 潜砂しなかった个体それぞれの 1 尾当たりの歩脚欠損節数の推移

* P24, P30, P50, P60は2007年に試験実施, P71は2006年に試験実施.

○—潜砂个体 ●—潜砂しなかった个体

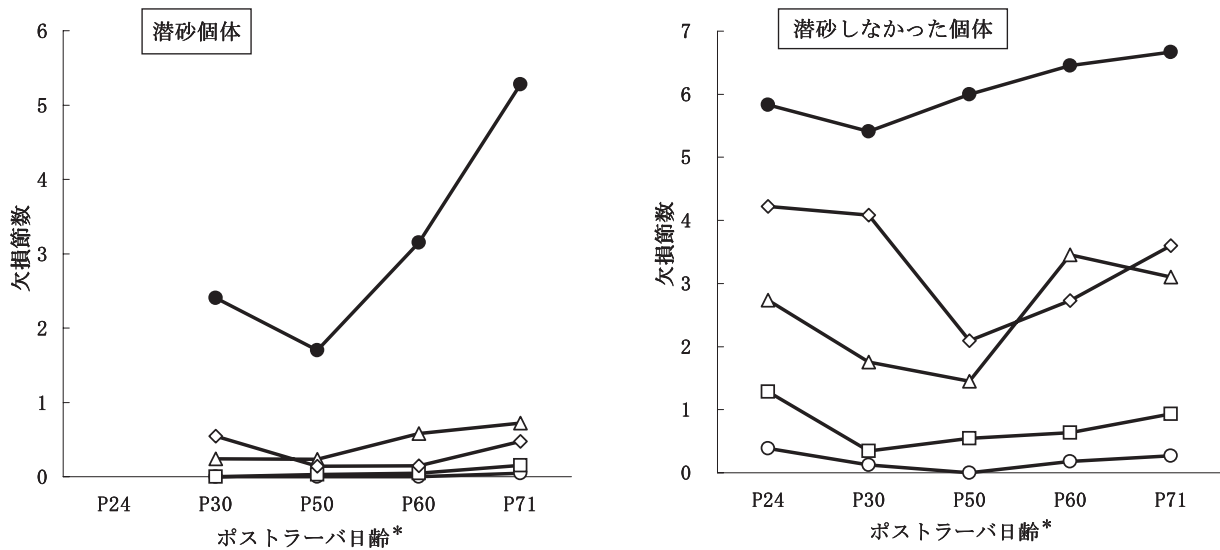


図 6. 2006, 2007 年に実施したクルマエビの潜砂試験における潜砂个体, 潜砂しなかった个体それぞれの 1 尾当たりの各歩脚別欠損節数の推移

* P24, P30, P50, P60は2007年に試験実施, P71は2006年に試験実施.

○—第1 □—第2 △—第3 ◇—第4 ●—第5

歩脚の欠損節数は P50 以降急速に増加した。

考 察

体長 15 ~ 30mm のクルマエビは、飼育環境下（水温 25℃）において 4 ~ 6 日に 1 回脱皮し（山根未発表）、歩脚欠損は个体干涉の無い個別飼育下では通常 2 ~ 3 回の脱皮によりほぼ完治することが知られている⁴⁾。今回の調査では、育成中のクルマエビの歩脚欠損は収容時から P50 にかけて回復した。これは、クルマエビが个体

干涉の激しい種苗生産水槽での過密状態（約 18,000 尾 /m²）から中間育成水槽の低密度状態（約 1,000 尾 /m²）に移されたことにより、个体干涉の頻度が低減され、脱皮により歩脚欠損が回復したと考えられる。従って P50 までは適正な飼育密度が維持されたと推測される。一方、P50 から取り上げまでの育成後半では歩脚欠損節数が増加し、特に歩脚欠損个体の出現率は収容開始時と変わらなくなった。これは、クルマエビの成長に伴って再び个体干涉の頻度が高まったことが大きな原因と考えられ、適正な飼育密度から過密状態となっていった過程を

示していると推測される。

体長 14mm のクルマエビの歩脚正常個体は粒径 0.8 ~ 1.2mm の砂に潜ることが可能*であるが、歩脚欠損が顕著であった本試験における収容時のクルマエビは全く潜砂することができなかった。しかし、その後は歩脚欠損の回復に伴い短期間で潜砂個体の割合が増え、クルマエビの放流における食害防除の観点から、中間育成の必要性を再認識する結果となった。過密状態と考えられる育成後半においては、P50 のクルマエビに比べて P60 のクルマエビでは潜砂不可能な個体の割合が増えている。2007 年は P70 のクルマエビの潜砂試験は実施していないが、同条件で育成した 2006 年の P71 のクルマエビの潜砂試験の結果、30% 以上の個体が潜砂できなくなった。P50 から P71 にかけて、潜砂個体においても歩脚欠損の程度は悪化しており、これ以降の継続飼育によりさらに潜砂できない個体の割合が増える可能性が窺える。宇都宮・八柳⁴⁾は、体長 37 ~ 44mm のクルマエビの歩脚を様々な組み合わせで切除して潜砂試験を実施し、欠損節数が多いほど潜砂できない、あるいは潜砂に時間を要するようになることを指摘している。本調査においても、潜砂に重要な部位である第 5 歩脚¹⁾の欠損節数が P50 以降の潜砂個体において急速に増加しており、P50 の潜砂個体に比べて P71 の潜砂個体では潜砂に要する時間が長くなっている可能性も考えられる。上述したように、潜砂能力は放流直後の減耗率を左右する要因の一つであることから²⁾、潜砂能力の低下した個体の割合が増加することは、クルマエビの放流種苗としての質の低下につながる。過密状態が継続することにより、この質の低下は短期間で急速に進行する可能性がある。また、表 2 に示すとおり、P50 以降潜砂個体と潜砂しなかった個体には統計的に有意な体長差が認められた。これは、育成水槽内において歩脚欠損の進行した個体が成長の遅れた個体に多いことを示している。成長の遅れた個体ほど個体干渉を受けやすいのか、あるいは歩脚欠損により採餌に支障を来すことで成長が鈍るのかは不明であるが、潜砂も含めた逃避能力の低下した個体が共喰いされることにより、種苗の質とともに生産効率も著しく低下すると考えられる。

通常、中間育成の評価については収容時と取り上げ時のデータを用いて生残率や成長速度を求め、過去の結果と比較するという程度が一般的であろう。本事例の水槽と全く同じ形状をした水槽を使用し、同じ方法で実施したクルマエビの中間育成事例では、生残率 57.5 ~

85.0%、日間成長 0.70 ~ 0.86mm の結果が得られており^{7,8)}、単にこれらの値と比較するだけの評価であれば、今回の 4 事例は生残率、成長速度ともに平均的であり、比較的順調な中間育成であったという結論に終わる。しかし、歩脚欠損からみると以上のような育成状況が推察され、放流種苗としての質は低下する。従って、平均体長 15mm 程度のクルマエビを 1,000 尾 /m² で収容して育成する場合は、P50 前後 (平均体長 30mm 程度) で放流するか、それ以上の放流体長を目指すのであれば、当初の収容尾数を減らす、あるいは途中で分槽して飼育密度を調整することが、質の高い種苗を効率よく生産できる方法と考えられる。今後はこの点を含め、伊勢湾における最も効果的なクルマエビの放流サイズ、放流手法等も検討していく必要がある。

謝 辞

本論文をとりまとめるにあたり、有益なご助言を頂いた三重県水産研究所の青木秀夫博士に御礼申し上げます。また、調査を実施するにあたり、サンプル採取にご協力いただいた伊勢湾南部地区中間育成施設の職員の皆様に感謝します。

文 献

- 1) クルマエビ栽培漁業の手引き検討委員会編 (1986) 栽培叢書 No.1, クルマエビ栽培漁業の手引き. 日本栽培漁業協会, 東京, 306pp.
- 2) 浜崎活幸・北田修一 (2005) クルマエビの放流効果—現状と課題. 栽培技研, **33**, 27-43.
- 3) 山根史裕・辻ヶ堂諱 (2008) クルマエビの種苗量産時における歩脚欠損の発生過程について. 水産技術, **1** (1), 67-72.
- 4) 宇都宮正・八柳健郎 (1975) クルマエビ種苗生産時に出現する傷害エビについて. 栽培技研, **4**, 1-6.
- 5) 橘高二郎 (1971) クルマエビの養殖技術. 「浅海完全養殖」(今井丈夫監修), 恒星社厚生閣, 東京, 398p.
- 6) 茂野邦彦 (1996) 養成. 「エビ・カニ類の増養殖」(橘高二郎・隆島史夫・金沢昭夫編), 恒星社厚生閣, 東京, pp.195-196.
- 7) 財三重県水産振興事業団 (2007) 平成 18 年度三重県栽培漁業センター・三重県尾鷲栽培漁業センター事業報告書, pp. 61-62.
- 8) 財三重県水産振興事業団 (2008) 平成 19 年度三重県栽培漁業センター・三重県尾鷲栽培漁業センター事業報告書, 59pp.

* 山根未発表

短 報

オオクチバスの耳石と鱗への アリザリン・コンプレキソンによる染色

加納光樹^{*1a}・久保田正秀^{*1}・荒山和則^{*2}

Alizarin Complexone Staining of the Otolith and Scale of Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*

Kouki KANOU^{*1a}, Masahide KUBOTA^{*1}, and Kazunori ARAYAMA^{*2}

Abstract: Optimum conditions for marking of otoliths and scales in juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*, with alizarin complexone (ALC) were examined. Otoliths and scales of juveniles at ca. 3 cm in standard length (SL) could be clearly marked by placing the fish in ALC at concentrations of 100 mg/ℓ for 24 hours, followed by transfer to normal water. The ALC marks were still observable in individuals at least 1 year old and of ca. 15 to 17 cm SL. The monitoring system of largemouth bass using the ALC marking technique was proposed for the effective detection of irrelevant use of this fish in facilities (hatcheries, farm ponds, fishing ponds, and lakes) where rearing and stocking permission has not been obtained from the relevant Minister under the Invasive Alien Species Act.

2008年8月28日受付, 2008年12月19日受理

オオクチバス *Micropterus salmoides* は, 1970年代以降のルアー釣りブームに伴う意図的な放流によって急速に分布を拡げ, 日本各地の天然湖沼や河川, ため池などに定着して在来生物群集や漁業資源に甚大な被害を及ぼしてきた^{1,2)}。このような被害を低減するために, 2005年に施行された「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律(以下, 外来生物法という)」によって本種は特定外来生物に指定され, 輸入, 飼養, 運搬, 保管などの行為が規制されるとともに, 野外に放つ行為が一律に禁止された。この法律に基づいて, 現在, 全国各地で国, 地方自治体, 研究機関, 漁業協同組合, 土地改良区および市民団体などが互いに協力しながらオオクチバスの防除を進めている³⁾。一方で, 2000年代に入り各自治体でオオクチバスの移植が禁止されてから

も, 人為によると疑われるオオクチバスの分布拡大が相次いで確認されてきたことから^{4,6)}, 違法放流を抑止しうるモニタリングシステムの開発が急務となっている⁷⁾。

外来生物法の施行時にオオクチバスの飼養等の許可を得て特定飼養等施設として認可された水域(管理釣り場や養殖場, 芦ノ湖, 山中湖, 河口湖, 西湖など)では, 流出口に逸出防止措置を施し飼養が継続されている。しかしながら, 本種の分布が人為により拡大した経緯から, 飼養個体に標識を施したうえで, 違法な持ち込み・持ち出しの監視および逸出防止措置の有効性の検証を定期的に行うべきとの指摘がある⁸⁾。これまで本種の標識については, 野外での生息密度推定の際に鱗の切除⁹⁾や埋め込み式のピットタグ¹⁰⁾などの標識手法が用いられ

*1 財団法人自然環境研究センター 〒110-8676 東京都台東区下谷3-10-10

Japan Wildlife Research Center, Taito, Tokyo 110-8676 Japan,

*1a 現所属: 茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター

Center for Water Environment Studies, Ibaraki University, Itako, Ibaraki 311-2402, Japan.

kkano@mx.ibaraki.ac.jp

*2 茨城県内水面水産試験場

ることはあったが、これらの手法の特定飼養等施設への適用は業者に過大な負担を課すことになり、かつ、魚体に悪影響を及ぼすおそれがあること、および標識の脱落が起こりうることなどの理由から実用的かつ効率的な手法ではなかった。そこで今回、多くの水産有用魚種の大量標識放流の現場で使用されているアリザリン・コンプレキソン (ALC) ¹¹⁻¹⁴⁾ を用い、オオクチバスの耳石と鱗に蛍光標識を施す方法を確立したので、ここに報告する。

オオクチバスを ALC により染色処理する際の ALC 有効濃度と浸漬時間を調べるための実験を、2005 年 2 月に台湾高雄県の種苗生産会社において実施した。実験に供したオオクチバスの稚魚は、台湾高雄県の種苗生産会社より入手した体長 26 ~ 31 mm の 400 個体である。この種苗生産会社への聞き取り調査によると、通常、体長 3 ~ 4 cm の稚魚で日本を含めた諸外国の養殖場に出荷されるとのことであった。ALC 濃度を 50 mg/l と 100 mg/l の 2 通り、浸漬時間を 6, 12, 18, 24 時間の 4 通り、計 8 試験区を設定した。日陰に設置した 2 つの 90 l スチロール水槽のそれぞれを、規定の ALC 濃度で 40 l になるように調整し、200 尾ずつ稚魚を収容した。実験中の水温は 22.2 ~ 24.3℃ であった。エアーストーンにより各水槽に十分な給気を実施した。浸漬終了時に、それぞれの試験区の水槽から耳石および鱗の観察用標本として 15 尾ずつの稚魚を取り上げ、急速冷凍して保管した。各標本から耳石 (扁平石) と鱗 (胸鱗と側線の間の部位のもの) を採取し、スライドグラスにのせ、蛍光顕微鏡により標識の有無を確認した。検鏡には直射蛍光顕微鏡 (OPTIPHOTO-2, ニコン製) を用い、B および G 励起フィルターで観察した。さらに、淡水馴致後も ALC 標識が残存することを確認する目的で、ALC 濃度 50 mg/l と 100 mg/l のそれぞれで 24 時間浸漬した稚魚 (それぞれ 15 尾) については、無給餌条件において ALC が含まれない水で 48 時間飼育したあとに、上記と同様の手法で耳石と鱗を摘出して検鏡し、標識の染色状況を調べた。

ALC 濃度 50 mg/l と 100 mg/l の溶液への 24 時間の浸漬実験中には稚魚の斃死は認められず、それらの稚魚を通常の飼育水に移して 48 時間経過しても斃死はみられなかった。各実験区の耳石の染色状態を評価するために、山崎 ¹³⁾ に基づいて、次のような発光強度の基準を設けた。

- 0 全く染色が見えないもの
- 1 周囲の一部が染色されているもの
- 2 周囲全体が染色されているもの
- 3 周囲全体が非常に鮮明に染色されているもの (蛍光を当てなくても染色が確認できるものも含む) (図 1a)

ALC 濃度 50 mg/l と 100 mg/l では、6 時間後以降、徐々に発光強度が強くなり、12 時間後には発光強度 2

が 60% 以上、18 時間後には発光強度 2 ~ 3 が 90% 以上、24 時間後には発光強度 2 ~ 3 が 100% を占めた (図 2)。耳石の ALC 標識の発光強度 2 以上である個体が占める割合は、ALC 濃度 50 mg/l で 24 時間以上または 100 mg/l で 18 時間以上浸漬した場合には 100% であった。さらに、ALC 濃度 50 mg/l と 100 mg/l で 24 時間浸漬した後に、通常の飼育水で 48 時間飼育した稚魚についても、耳石の発光強度 2 ~ 3 の個体が 100% を占めており、この期間では確実に耳石の標識が残存することが示された。

各実験区の鱗の染色状態を評価するために、山崎 ¹³⁾ に基づいて、次のような発光強度の基準を設けた。

- 0 全く染色が見えないもの
- 1 わずかに染色されているもの (B 励起フィルターの 100 倍では見えないが、B 励起の 200 倍でかすかにオレンジ色に見え、G 励起の 200 倍で赤く確認できる)
- 2 染色されているもの (B 励起の 100 倍で見えるが発色は弱く、G 励起の 100 倍にするとはっきり見える)
- 3 非常に鮮明に染色されているもの (B 励起の 100 倍ではっきり見える) (図 1b)

これらの区分によって ALC 濃度別の浸漬時間と鱗の発光強度との関係を調べたところ、それぞれの ALC 濃度の溶液中で 18 時間以上浸漬した場合に、鱗の発光強度 2 以上の個体が 100% を占めた (図 2)。ただし、ALC 濃度 50 mg/l と 100 mg/l で 24 時間浸漬した後に、通常の飼育水で 48 時間飼育した稚魚については、鱗の発光強度 2 以上の個体は 50 mg/l で 65%、100 mg/l で 100% であり、鱗の標識の染色状況は 50 mg/l よりも 100 mg/l の方が良い結果を示した。

次に、オオクチバス稚魚の ALC 標識が釣獲サイズになるまで残存するかどうかについても検討した。2007 年 3 月に台湾高雄県の種苗生産施設から空輸した体長 36 ~ 42 mm のオオクチバス 200 個体を、茨城県内水面水産試験場内のパンライト水槽において、1 週間の間隔を空けて 2 回にわたり ALC 濃度 100 mg/l で 24 時間浸漬し、ALC により耳石と鱗に二重染色を施した。その後、地下水かけ流しの 120 l 水槽に移し、朝夕にスズキ用またはコイ用のペレットを給餌して飼養を継続した。そして、1 年後に体長 151 ~ 174 mm の 15 個体を取り上げ、上記と同様の手法で標識の染色状況を調べたところ、すべての個体の耳石と鱗で蛍光標識が認められた (図 1c, d)。なお、ALC 標識後 1 年間に於いて大量斃死はみられず、現在も 60 尾の飼養を継続している。

以上のことから、オオクチバス稚魚を ALC 濃度 100 mg/l の溶液で 24 時間浸漬して施した標識は、耳石と鱗については釣獲サイズになるまで確実に残存することが検証された。本種と同じスズキ亜目魚類であるスズキ *Lateolabrax japonicus* の稚魚に施した ALC 標識は、数年

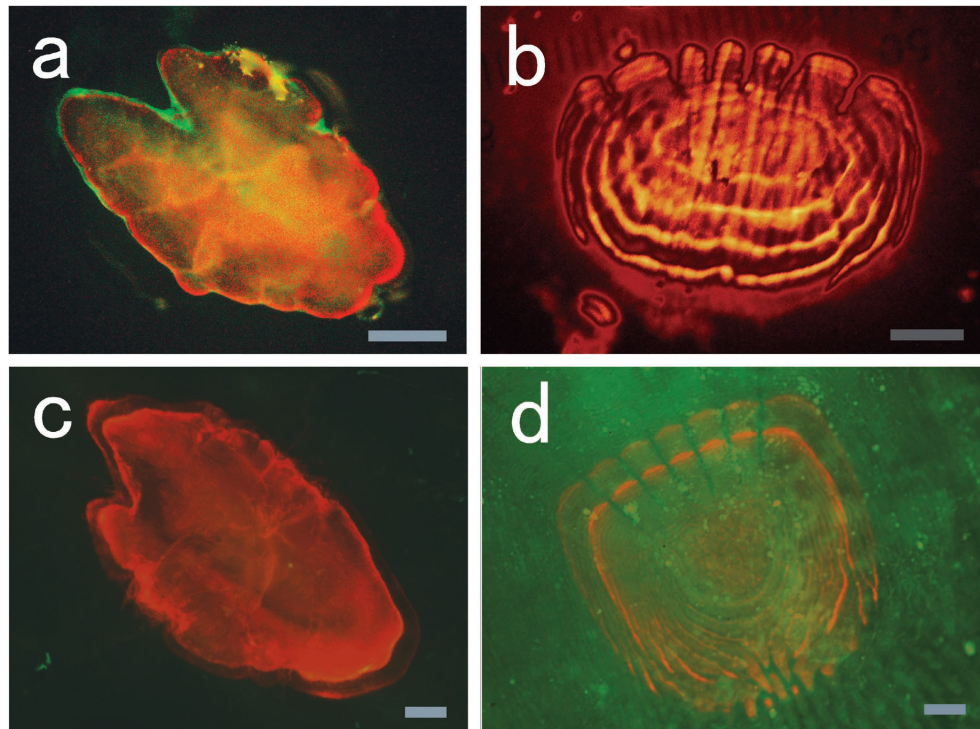


図 1. ALC で染色したオオクチバスの耳石と鱗
 (a) ALC 濃度 100mg/ℓ で 24 時間浸漬後に通常の飼育水で 48 時間飼育された稚魚 (体長約 3cm) の耳石 (G 励起フィルターで撮影, 発光強度 3 に相当)
 (b) (a) と同じ個体の鱗 (B 励起, 発光強度 3)
 (c) 稚魚期に ALC 濃度 100 mg/ℓ で 1 週間の間隔で 2 回にわたり 24 時間浸漬処理をしてから通常の飼育水で 1 年間飼育された体長 17cm の 1 歳魚の耳石 (G 励起, 発光強度 3)
 (d) (c) と同じ個体の鱗 (G 励起, 発光強度 3). 灰色のバーは 0.2 mm を示す

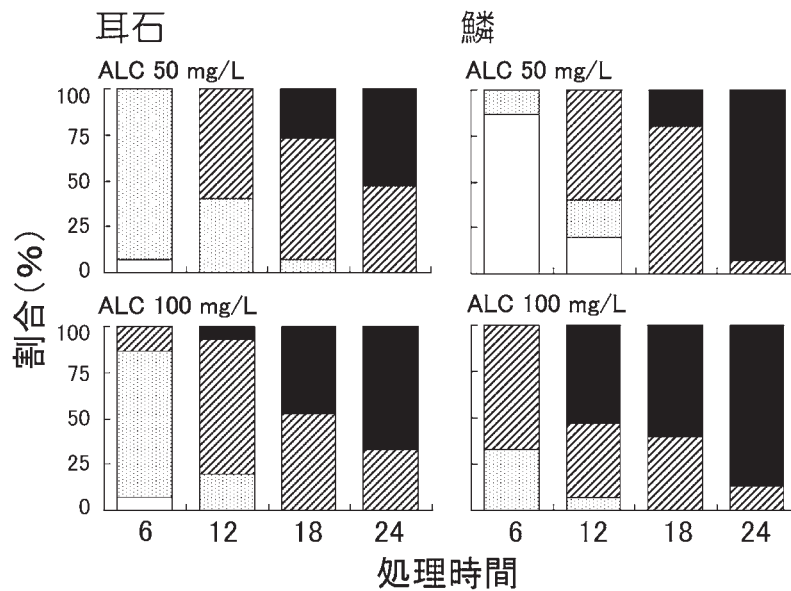


図 2. ALC の濃度別処理時間とオオクチバスの耳石および鱗の発光強度との関係

発光強度 □ : 0, ▨ : 1, ▩ : 2, ■ : 3

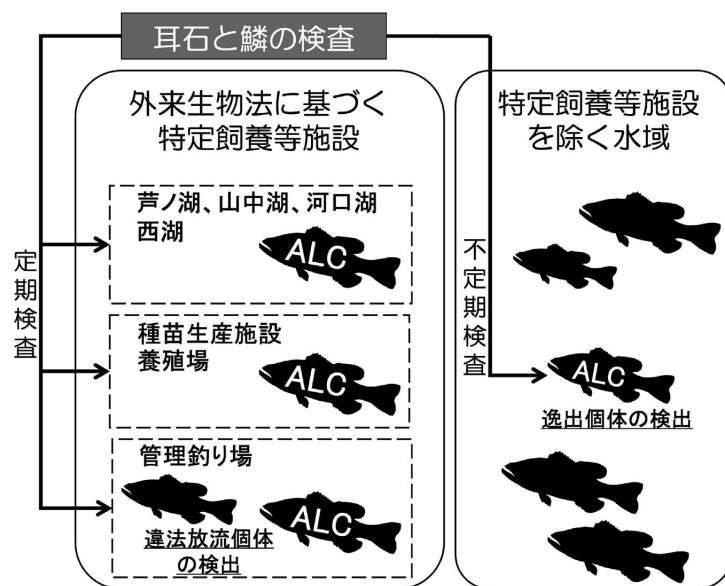


図3. ALC 標識法を用いた特定飼養等施設におけるオオクチバスのモニタリングシステム

を経ても耳石で完全に保持され、鱗についても90%以上の高い割合で残存することが知られているが¹³⁾、オオクチバスにおいてもALC標識が有効なことが初めて確認できた。

現在、外来生物法に基づき特定飼養等施設で飼養されているオオクチバスの多くは、養殖施設で稚魚から育成されたものである。このことから、図3に示すように、今回の手法を用いて国内で正規に流通しているすべてのオオクチバス稚魚にALC標識を施したうえで、管理釣り場などで釣獲サイズのオオクチバスの耳石や鱗を定期的にモニタリングすれば、各施設への天然種苗の違法放流の有無を効率的に監視することができる。特に、鱗については、検体のオオクチバスを生かした状態で検査ができる点で有用である。一方、飼養等施設から逸出したと疑われる個体が周辺水域で捕獲された場合にも、それが逸出した個体か天然種苗かどうかを、ALC標識の有無を確認することで瞬時に判別できるようになる。ALCによる標識作業は簡便であり、一般の人は試薬を入手しにくく、アンカータグなどの他の外部標識に比べて不特定多数の人が偽造しにくい。また、野外から持ち込んだ大型個体にALC標識を施したとしても、稚魚期とは異なる部位が染色されるために識別は容易である。

以上の理由から、特定飼養等施設のオオクチバスの管理を強化する目的で、ALC標識手法を用いることは非常に有効である。さらに、効率的に標識作業を進めるためには、他の魚種で実施されているように染色時の生息密度や染色費用など¹⁵⁾について、詳細な研究を進める必要がある。

謝 辞

本稿を作成するにあたり、次に記す方々に多くのご助言、文献のご教示や提供を賜った。ここに記して、心よりお礼申し上げる。細谷和海氏（近畿大学）、杉山秀樹氏（秋田県水産振興センター）、中井克樹氏（滋賀県琵琶湖環境部）、多紀保彦氏、小林 光氏、吉田剛司氏、井上隆氏（自然環境研究センター）、大川雅登氏、山崎幸夫氏、岩崎 順氏、須能紀之氏、野内孝則氏、田宮由美氏（茨城県内水面水産試験場）、尾崎真澄氏（千葉県漁業資源課）、河野 博氏（東京海洋大学）、史 鴻祺氏（台湾高雄県）。本研究は、外来生物法に基づくオオクチバスの飼養等の許可を得て実施したものである。許可申請の際などに、様々な便宜をはかってくださった環境省自然環境局の職員の方々に、感謝の意を表す。

文 献

- 1) 日本魚類学会自然保護委員会（2002）川と湖沼の侵略者ブラックバス—その生物学と生態系への影響。恒星社厚生閣，東京，150 pp.
- 2) 環境省（2004）ブラックバス・ブルーギルが在来生物群集および生態系に与える影響と対策。自然環境研究センター，東京，226 pp.
- 3) 全国ブラックバス防除市民ネットワーク（2008）STOP！ブラックバス 市民によるブラックバス防除活動。全国ブラックバス防除市民ネットワーク，東京，67 pp.
- 4) 伊藤富子・工藤 智・下田和孝（2005）炭素窒素同位体判別法により推定した北海道への移入種オオクチバスの食性変移。北海道立水産孵化場研究報告，59，11-20.
- 5) 北川えみ・北川忠生・能宗斉正・吉谷圭介・細谷和海

- (2005) オオクチバスフロリダ半島産亜種由来遺伝子の池原貯水池における増加と他湖沼への拡散. 日水誌, **71**, 146-150.
- 6) 杉山秀樹 (2005) オオクチバス駆除最前線. 無明舎出版, 秋田, 268 pp.
 - 7) 多紀保彦・加納光樹 (2008) 外来魚とどう付き合うか? 「シリーズ 21 世紀の農学 外来生物のリスク管理と有効利用」(日本農学会編), 養賢堂, 東京, pp. 147-170.
 - 8) 環境省 (2005) 第 2 回 オオクチバス等防除推進検討会議事録. 37 pp.
 - 9) 遊磨正秀・田中哲夫・竹門康弘・中井克樹・測側祐一・小原明人・今泉真知子・佐藤 浩・土井田幸郎 (1997) 瀬田月輪大池における魚類群集の変遷 - 12 年間の生物学実習の結果より. 滋賀医科大学基礎学研究, **8**, 19-36.
 - 10) 尾崎真澄・梶山 誠 (2006) 千葉県亀山湖におけるオオクチバス資源量の推定. 千葉県水産総合研究センター研究報告, **1**, 1-5.
 - 11) 桑田 博・塚本勝巳 (1987) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識 - I 標識液の濃度と標識の保有期間. 栽培技研, **16**, 93-104.
 - 12) TSUKAMOTO, K. (1988) Otolith tagging of ayu embryo with fluorescent substances. Nippon Suisan Gakkaishi, **54**, 1289-1295.
 - 13) 山崎幸夫 (2002) アリザリン・コンプレクソンによるスズキ稚魚の標識法および鱗からの標識検出法の検討. 栽培技研, **29**, 91-94.
 - 14) 中村良成・桑田 博 (1994) アリザリン・コンプレクソンによる稚魚への大量標識法における鱗からの標識検出法の検討. 栽培技研, **23**, 53-60.
 - 15) 桑田 博・塚本勝巳 (1989) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識 - II 大量標識. 栽培技研, **17**, 115-128.

短 報

人工種苗マハタ, オニオコゼ, シマアジおよび ニシンにおける鼻孔隔皮欠損の出現状況

松岡正信*¹

Deformity of the Inter-nostril Epidermis in Artificially Raised Juveniles of
Sevenband Grouper (*Epinephelus septemfasciatus*),
Devil Stinger (*Inimicus japonicus*), Striped Jack (*Pseudocaranx dentex*),
and Pacific Herring (*Clupea pallasii*)

Masanobu MATSUOKA

The occurrence of deformity of the inter-nostril epidermis was examined in artificially raised juveniles of sevenband grouper (*Epinephelus septemfasciatus*), devil stinger (*Inimicus japonicus*), striped jack (*Pseudocaranx dentex*), and Pacific herring (*Clupea pallasii*). In four sevenband grouper rearing groups, 38.4%, 89.2%, 96.0%, and 99.0% of specimens had deformed nostrils (two of these groups were produced by the same fisheries farming center). Deformed nostrils were present in 39.3% of devil stinger. Two study groups of striped jack had deformity rates of 20.9% and 29.8%. Only 4.3% of specimens of Pacific herring group had deformed nostrils. These results suggest that, in sevenband grouper, deformity of the inter-nostril epidermis can be used as an artificial tag in release-recapture experiments.

2008年9月9日受付, 2008年12月24日受理

人工魚に特有の鼻孔隔皮欠損は, 前鼻孔と後鼻孔の間の隔皮が短縮し, 両鼻孔が連続する形態異常の一種で, マダイ *Pagrus major* で最初に発見された¹⁾。天然魚では, 鼻孔隔皮欠損はほとんど認められない^{2, 3)}。そこで, 一部の地域ではマダイの種苗放流-再捕試験の際, 鼻孔隔皮欠損が人工標識として用いられている⁴⁾。従って, マダイの他にこのような可能性を持つ魚種を見出すことは価値があると考えられる。これまでに調べられた18種類中16種類で鼻孔隔皮欠損が認められている*²。松岡⁵⁾は, 胎生魚の中でメバル *Sebastes inermis* とカサゴ *Sebastes marmoratus* が, また, 松岡*²はカレイ科の中でホシガレイ *Verasper variegatus* が鼻孔隔皮欠損を人工標識として使用し得る可能性を示唆している。本研究

では, 重要栽培漁業対象魚種であるマハタ *Epinephelus septemfasciatus*, オニオコゼ *Inimicus japonicus*, シマアジ *Pseudocaranx dentex* およびニシン *Clupea pallasii* について鼻孔隔皮欠損の出現状況を調査し, その人工種苗標識としての利用可能性について検討したので報告する。

研究に用いたマハタの標本は2007年に生産された。三重県の標本は, 別々の水槽で生産されたA標本(平均全長23.8mm)とB標本(同19.6mm)である。愛媛県の標本は, 平均全長28.1mmであり, 大分県の標本は同32.3mmである。オニオコゼの標本は, 愛媛県(同25.6mm)で2002年に生産された。シマアジの標本は, 愛媛県(同29.0mm)と大分県(同69.1mm)で2004年に生産された。ニシンの標本は, 北海道(同47.2mm)

*¹ 独立行政法人水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所 〒739-0452 広島県廿日市市丸石2-17-5National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, FRA, 2-17-5 Maruishi, Hatsukaichi, Hiroshima, 739-0452 Japan.
yamame@fra.affrc.go.jp*² 松岡(印刷中)

で2004年に生産された。これらの標本を10%ホルマリン液で固定し、後に70%エチルアルコール中に移した。

これらの標本の鼻孔状態を確認するため、実体顕微鏡下で落射光を当てて観察した（若魚や成魚であれば肉眼で観察できる）。鼻孔周辺の色素が薄い標本は、サイアニン5R（石津製薬株式会社）の飽和水溶液の約10倍量の希釈水液に2～3分浸漬して染色した後、淡水中で観察した。この薬剤は、染色後の標本を70%エチルアルコール中に入れると溶解するので、使用上非常に便利である。

鼻孔隔皮欠損の程度の指標として、体側の片側だけの欠損と両側の欠損を区別した。鼻孔隔皮の発達段階は安樂ら⁶⁾の区分を若干改変し、鼻孔隔皮が全く発達していないものをステージⅠ、鼻孔隔皮の伸長の程度の低いものをステージⅡ、上下の鼻孔隔皮が接する付近まで伸長しているか重複しているが、癒合しておらず、ピンセットの先端で容易に分離が確認されるものをステージⅢおよび完全に癒合して前鼻孔と後鼻孔に明瞭に分かれたものをステージⅣ（正常）とした。両側の鼻孔については、例えば、片側がステージⅡで他方がステージⅢの場合はⅡ+Ⅲと表した。左右は考慮しなかった（表1）。

全ての標本においてステージⅠは認められなかった。

三重県のマハタのA標本における片側の鼻孔隔皮欠損は1.0%、両側の欠損は98.0%、合計99.0%と非常に高かった。このうち、Ⅱ+Ⅱの個体が97.0%と大部分を占めた（表1）。B標本においては、片側の欠損が26.5%、両側の欠損が62.7%、合計89.2%であった。このうち、Ⅱ+Ⅱの個体が61.8%、Ⅱ+Ⅳの個体が26.5%と大部分を占めた（表1）。A標本とB標本は片側の欠損と両側の欠損の比がやや異なっていた。愛媛県のマハタにおける片側の鼻孔隔皮欠損は23.2%、両側の欠損は15.2%、合計38.4%であった。このうち、Ⅱ+Ⅱが13.6%、Ⅱ+Ⅳが21.6%であった（表1）。写真1AはステージⅣ（正常）の鼻孔を、写真1BはステージⅡの鼻孔を示している。大分県のマハタにおける片側の鼻孔隔皮欠損は8.1%、両側の欠損は87.9%、合計96.0%と三重県のA標本に次いで高かった。このうち、Ⅱ+Ⅱが84.8%、Ⅱ+Ⅲが3.0%、Ⅱ+Ⅳが8.1%であった（表1）。

愛媛県のオニオコゼにおける片側の鼻孔隔皮欠損は24.1%、両側の欠損は15.2%、合計39.3%であった。このうち、Ⅱ+Ⅱは12.5%、Ⅱ+Ⅳは19.6%、Ⅲ+Ⅳは4.5%であった（表1）。写真2は片側が正常で、他方が鼻孔隔皮欠損の鼻孔を示している。

愛媛県のシマアジにおける片側の鼻孔隔皮欠損は10.6%、両側の欠損は19.2%、合計29.8%であった。このうち、片側の欠損は全てⅡ+Ⅳ、両側の欠損は全てⅡ+Ⅱであった（表1）。大分県のシマアジにおける片側の鼻孔隔皮欠損は10.9%、両側の欠損は10.0%、合計20.9%であった。この標本はステージⅢの標本が多く、Ⅲ+Ⅲが6.4%、Ⅲ+Ⅳが9.1%であった（表1）。

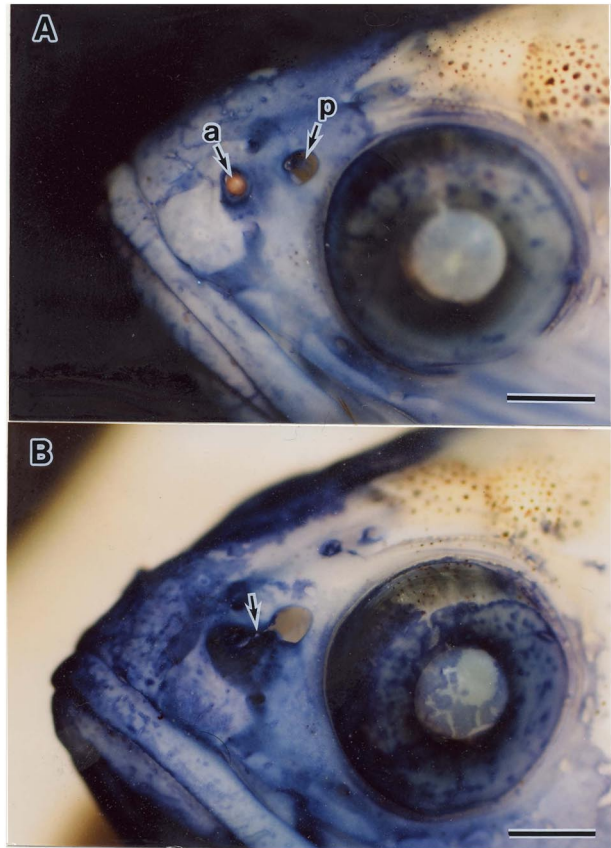


写真1. 人工種苗マハタの鼻孔（サイアニン5R染色標本）
A: ステージⅣ（正常）鼻孔（矢印）. 前鼻孔と後鼻孔が明瞭に離れている. a, 前鼻孔; p, 後鼻孔
B: ステージⅡ鼻孔隔皮欠損（矢印）. 前鼻孔と後鼻孔が連結している. 横棒は1mmを示す

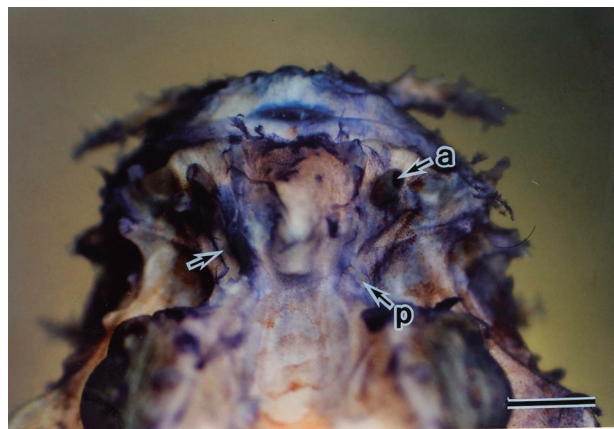


写真2. 人工種苗オニオコゼの片側鼻孔隔皮欠損（サイアニン5R染色標本）. 右側：ステージⅣ（正常）鼻孔（矢印）. 前鼻孔と後鼻孔が明瞭に離れている. a, 前鼻孔; p, 後鼻孔. 左側：ステージⅡ鼻孔隔皮欠損（矢印）. 前鼻孔と後鼻孔が連結している. 横棒は1mmを示す.

表 1. 人口種苗マハタ, オニオコゼ, シマアジおよびニシンの鼻孔の観察結果

種名	採集場所	観察数	全長 (mm)	正常個体 (%)	異常個体 (%)	鼻孔異常ステージの割合 (%)		
マハタ	三重県 A	100	17.4 - 35.4	1.0	片側異常	1.0	II* + II	97.0
					両側異常	98.0	II + III*	1.0
					合計	99.0	II + IV*	1.0
							III + III	0
マハタ	三重県 B	102	15.2 - 29.2	10.8	片側異常	26.5	II + II	61.8
					両側異常	62.7	II + III	1.0
					合計	89.2	II + IV	26.5
							III + III	0
マハタ	愛媛県	125	16.7 - 49.2	61.6	片側異常	23.2	II + II	13.6
					両側異常	15.2	II + III	1.6
					合計	38.4	II + IV	21.6
							III + III	0
マハタ	大分県	99	23.7 - 41.6	4.0	片側異常	8.1	III + IV	1.6
					両側異常	87.9	II + II	84.8
					合計	96.0	II + III	3.0
							II + IV	8.1
オニオコゼ	愛媛県	112	18.0 - 32.0	60.7	片側異常	24.1	III + III	0
					両側異常	15.2	III + IV	0
					合計	39.3	II + II	12.5
							II + III	1.8
シマアジ	愛媛県	104	18.3 - 40.5	70.2	片側異常	10.6	II + IV	19.6
					両側異常	19.2	III + III	0.9
					合計	29.8	III + IV	4.5
							II + II	19.2
シマアジ	大分県	110	49.5 - 110	78.2	片側異常	10.9	II + III	0
					両側異常	10.0	II + IV	10.6
					合計	20.9	III + III	0
							III + IV	0
ニシン	北海道	140	38.0 - 59.0	95.7	片側異常	2.1	II + II	2.7
					両側異常	2.1	II + III	0.9
					合計	4.3	II + IV	1.8
							III + III	6.4
						III + IV	9.1	
						II + II	0.7	
						II + III	0.7	
						II + IV	1.4	
						III + III	0.7	
						III + IV	0.7	

II*, III* および IV* は鼻孔隔皮の発育段階を示している

北海道のニシンにおける片側の鼻孔隔皮欠損は2.1%, 両側の欠損は2.1%, 合計4.3%と低い値であった。本種における欠損の組み合わせのうち, 全てにおいて僅かながら出現した(表1)。

マハタでは4標本観察したうち, 3標本が89.2%以上の高率で鼻孔隔皮欠損を起こしており, 1標本のみ38.4%とやや低率であった。このことから, マハタにおいては鼻孔隔皮欠損を人工標識として用い得る可能性が高いと判断される。オニオコゼの欠損率は39.3%であった。1標本しか観察していないので早急に結論は出せないが, 片側欠損が多く, 人工標識として用い得る可能性は低いと考えられる。シマアジの欠損率は約20~30%であった。このように低率では人工標識として用いることはできないと思われる。ニシンの欠損率は4.3%と極めて低く, 人工標識として用いることはできない。従来, 耳石の人工標識として用いられてきたTC(テトラサイクリン)は抗生物質であり, ALC(アリザリン・コンプレクソン)もその安全性が保証されたもの

ではないことから, 現在大規模な種苗生産・種苗放流に際しては注意が必要とされており, 安全で安心な新たな人工標識の作出が望まれている⁷⁾。鼻孔隔皮欠損は形態異常の一種ではあるが, 「食」に関しては問題がなく観察も容易である。このように, これまでに鼻孔隔皮欠損を人工標識とする可能性が示されたのは, マダイの他には(トラフグ *Takifugu rubripes* もその可能性が高い⁸⁾), メバルとカサゴ⁵⁾, ホシガレイ*およびマハタ(本研究)のみである。川村⁹⁾は鼻孔の正常な天然マダイと鼻孔隔皮欠損の多い養殖マダイについて6種類のアミノ酸に対する嗅覚感度を調べたところ, 両者に差があるとはいえなかったと報告している。また, 傍島ら²⁾はマダイの鼻孔隔皮欠損魚は正常魚と比較して, 特に成長が劣ることではないことを明らかにしている。このように, 鼻孔隔皮欠損魚と正常魚の機能や生態にほとんど違いはないものと考えられる。今後, 欠損要因が解明された場合には, 欠損を人工標識として用い得る魚種が増加することも考えられる。

* 松岡(印刷中)

謝 辞

本研究に用いた標本を提供して頂いた(社)北海道栽培漁業振興公社羽幌事務所, 三重県科学技術振興センター水産研究部尾鷲水産研究室, 愛媛県栽培漁業センター, (独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所伯方島栽培技術開発センター, 大分県農林水産研究センター水産試験場, (社)大分県漁業公社上浦事業所の職員各位に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 後藤正則 (1986) 養殖マダイにみられた鼻孔の形態異常について. 栽培技研, **15**, 87-88.
- 2) 傍島直樹・宗清正廣・船田秀之助 (1986) 鼻孔隔皮の欠損によるマダイ放流種苗と天然魚の識別の可能性. 京都府海洋センター研報, **10**, 35-40.
- 3) 愛知県水産試験場 (2000) 鼻孔隔皮欠損. 平成 11 年度放流技術開発事業報告書 (中回遊種トラフグ), 17p.
- 4) IMAI, T. (2005) Sea farming red sea bream *Pagrus major* (Temminck et Schlegel) in waters off Kanagawa Prefecture, Japan with special reference to stock enhancement effect. *Kanagawa Prefec. Res. Bull.*, **10**, 65-71.
- 5) 松岡正信 (2008b) 人工種苗メバル, クロソイおよびカサゴにおける鼻孔隔皮欠損の出現状況. 日水誌, **74**, 694-696.
- 6) 安樂和彦・舛田知子・川村軍蔵・R.R.MANA (1999) 人工種苗マダイの鼻孔隔皮形成過程. 日水誌, **65**, 501-502.
- 7) 松岡正信 (2008a) 人工種苗サワラの鼻孔隔皮欠損. 水産増殖, **56**, 141-143.
- 8) 長崎県 (2000) 種苗放流実態調査. 平成 7 ~ 11 年度放流技術開発事業報告 (トラフグ), 山口県・福岡県・長崎県・三重県・愛知県・静岡県・秋田県, 5p.
- 9) 川村軍蔵 (2001) 魚が好む味と匂い. 魚との知恵比べー魚の感覚と行動の科学ー, 成山堂書店, 東京, 103-129pp.

本号掲載論文要旨

マグロおよび数種のブリ類魚肉のテクスチャー測定について

岡崎恵美子・白井一茂・木宮 隆・山下由美子・大村裕治

水産物の肉質は、魚種、生理状態、部位、鮮度等によって異なり、その差異が価格にも反映する。本研究では、メバチおよび数種のブリ類を対象として、肉質評価に焦点を絞り、魚肉テクスチャーの物理的測定方法、ならびに官能評価方法について検討した。その結果、官能検査においてはその評価項目を適切に選び評価尺度の定義を明確にすることが重要であること、破断試験による物性測定においては測定方法を選ぶことにより、測定精度を高め、官能評価と高い相関性を示す物性値を得ることができることを示唆した。

水産技術, 1 (2), 1-12, 2008

サケ人工増殖における親魚捕獲、蓄養および受精作業の現状と問題点

宮本幸太・平澤勝秋・宮内康行・戸叶 恒

サケの増殖技術を向上させるため、各地の孵化場で用いられている増殖手法を調査し、問題点を整理した。その結果、捕獲時に魚が受ける過度なストレス、採卵用親魚の撲殺から採卵までの長時間放置、受精作業時の高温温水の使用が孵化率を低下させている可能性が示唆された。これらの問題点を改善するためには、魚道式捕獲法の導入、蓄養池を利用した採卵作業時間の短縮、適水温孵化用水の確保等の技術改革によってふ化率を向上させる必要がある。

水産技術, 1 (2), 29-38, 2008

Bench-top VPR (B-VPR) を用いたホルマリン液浸動物プランクトン試料の計測

市川忠史・瀬川恭平・森田 宏・田中照喜

ホルマリン液浸プランクトン試料から水産資源生物の餌料として重要なカイアシ類のサイズ別個体数を迅速かつ簡便に計測するため、水中用のVPRを実験室用に改良した室内型VPR (Bench-top VPR; B-VPR) を用いて、計測条件、計測手法ならびに測定結果の信頼性について検討した。B-VPRで得られたカイアシ類画像の自動識別精度の向上に課題はあるものの、B-VPRの使用により、従来の顕微鏡による計測に比べ簡便かつ短時間にプランクトンの画像化と計測が行えること、換算式の適用により個体数ならびにサイズについても信頼性の高いデータが得られることが明らかになった。

水産技術, 1 (2), 13-23, 2008

胃と腸の内容物からみた周防灘南部沿岸におけるナルトビエイの食性

伊藤龍星・平川千修

2005年6～9月に、周防灘南部沿岸で捕獲したナルトビエイ16尾の胃と腸の内容物を調査して、アサリ、バカガイ、トリガイ、種不明二枚貝、大型・小型巻貝綱、頭足綱の7種類の生物を確認した。本種1尾からの最多出現個体数は、アサリ104個、バカガイ47個、トリガイ20個等で、胃内における内容物の重量比は平均0.4%、調査尾数に占める胃内容物の出現頻度は、アサリとトリガイが最多でそれぞれ25.0%であった。調査したナルトビエイの56.3%が1種類のみ餌生物を摂取していた。本種は群れで行動し、高密度で生息する貝類を集中して捕食すると考えられ、非干出域の貝類への食害対策も検討する必要がある。

水産技術, 1 (2), 39-44, 2008

サケ科魚類の産卵床からのホースポンプによる発眼卵採集方法

岸 大弼・苅谷哲治・徳原哲也

サケ科魚類の産卵床からの発眼卵の採集方法を簡略化するため、観賞魚水槽の清掃に使用されるホースポンプを使用した新たな採集方法を考案した。発眼卵に対するホースポンプの安全性について室内実験で検討した結果、生残率の低下は認められず、実用可能と考えられた。また、採集作業を両手で実施できるよう自立式の箱メガネを自作した。これらを使用する採集では、従来の方法よりも作業手順が簡略化され、従事者の労力的負担の軽減が期待される。

水産技術, 1 (2), 25-28, 2008

多段開閉式ネットによって採集されたシンカイエビの躯体の損傷度合いと飼育生存期間の関連性

伊藤寿茂・三宅裕志・ドゥーグル ジョン リンズイー

多段開閉式ネットで採集したシンカイエビを水槽で飼育し、生存日数と躯体の損傷度合いを比較した。微弱な水流のある水槽 (水温4～10℃, 水量40～1000ℓ) で飼育した本種の水槽内での生残率は1ヶ月後で11%, 3ヶ月後で6%ほどであり、最も長命な個体は575日間生存した。躯体の破損が激しい個体ほど短命であり、摂餌に使用される顎肢や腹肢の破損でその傾向が顕著であった。一方で遊泳に関わる触角や腹肢、尾扇部の破損はその生存にそれほど影響を与えなかった。

水産技術, 1 (2), 45-51, 2008

瀬戸内海の開放性の高い海域に形成されたアマモ場における潜水式囲い網を用いた生息生物の種組成と空間分布の調査

森口朗彦・高木儀昌

開放性の高い海域におけるアマモ場造成の意義を明らかにするため、山口県周防大島町の返子ヶ浜地先の海域に形成されているアマモ場を調査対象に、潜水式囲い網を用いて生息生物の種組成および空間分布を詳細に調査した。その結果、生息魚類種数は閉鎖性の高い海域に比較して少ないが、餌料生物として利用されやすい小型甲殻類は、多様な種が生息していることが明らかとなった。また、魚類・小型甲殻類ともにアマモ場内に多く生息し、アマモ場外では著しく少なかったことから、アマモ場が存在しない、あるいは消失した海域にアマモ場を造成することで、多様で豊かな生物環境が形成されることが示唆された。

水産技術, 1 (2), 53-64, 2008

オオクチバスの耳石と鱗へのアリザリン・コンプレクソンによる染色

加納光樹・久保田正秀・荒山和則

オオクチバス稚魚（体長約3cm）の耳石および鱗をアリザリン・コンプレクソン（ALC）で染色する際の最適条件を調べたところ、耳石と鱗はALC濃度100mg/lで24時間浸漬することで確実に染色され、その標識は少なくとも1歳魚（体長15～17cm）になるまで残存することがわかった。この結果を受けて、外来生物法に基づいて飼養等の許可を得た施設におけるオオクチバスの不適切な利用を効率的に検知するために、ALC標識を用いたモニタリングシステムを提案した。

水産技術, 1 (2), 71-75, 2008

歩脚欠損を指標としたクルマエビの中間育成密度に関する一考察

山根史裕・辻ヶ堂 諱

砂を敷いた陸上水槽でクルマエビを体長50mm（体重1.5g）まで中間育成する場合の適正な飼育密度について、歩脚欠損の発生状況から考察した。平均体長15mm前後のクルマエビを1,000尾/m²で育成すると、歩脚欠損は平均体長30mmまで減少するが、それ以降増加に転じ、潜砂能力が低下した個体の割合も増加した。この結果から、本育成条件下では、平均体長30mmで取り上げるか、平均体長50mmまで育成するならば当初の収容尾数を減らす、あるいは途中で分槽して密度を調整することが質の高い放流種苗を生産する上で必要と考えられた。

水産技術, 1 (2), 65-69, 2008

人工種苗マハタ、オニオコゼ、シマアジおよびニシンにおける鼻孔隔皮欠損の出現状況

松岡正信

人工種苗マハタ、オニオコゼ、シマアジおよびニシンにおける鼻孔隔皮欠損の出現状況を調べ、種苗放流-再捕試験における人工標識としての利用可能性について検討した。4標本観察したマハタのうち、3標本が90%前後以上の欠損率を示し、本種における人工標識となる可能性を示唆した。オニオコゼの欠損率は39.3%であったが、1標本の結果故に早急に判断できない。シマアジは20.9%と29.8%、ニシンは4.3%と低い欠損率を示し、人工標識としては利用できないと考えられる。

水産技術, 1 (2), 77-80, 2008

栽培漁業太平洋北区ブロック会議 ヒラメ分科会

太平洋北区ヒラメ分科会は宮古栽培漁業センターを事務局とし、北海道、青森、岩手、宮城、福島、茨城の種苗生産機関および研究機関が参加する会議です。全国的にヒラメの種苗生産担当者が集まり情報交換をする場が減少している現状を受け、平成18年度からは海区の垣根を取り払ったことで、千葉県、岡山県からも参加していただきました。

太平洋北区は全国で最もヒラメの種苗の生産・放流量が多く、ヒラメ栽培漁業の先進地域である一方、ヒラメ栽培漁業が抱える数多くの課題が顕在化する海域といえます。最も大きな問題は放流魚の回収率低下、近年の魚価安、燃油の高騰等により、経済効果が発現しにくくなっていることです。当分科会は単なる生産結果、放流結果の報告会ではなく、参加機関が取り組んでいる種苗生産コストの低減手法や魚価および回収率向上対策等について議論することを目的としています。このため、参加機関には事前に資料（共通様式のアンケート、事業概要、飼育野帳）を提出していただき、事務局で集計、印刷して参加者に送付しています。これにより報告の時間を最小限に、議論の時間を最大限に取れるようになりました。

飼育の『職人』が多い当分科会では飼育の安定こそが生産コスト低減の鍵と考え、ふ化から全長25～30mmまでの生残率が80%以上となる飼育の『ツボ』について議論しています。この『ツボ』は魚の表情、水の色、匂い等を見極めるといふもので、決して論文になるものではありません。しかし、飼育野帳を見ながら本音で議論することで情報を共有できるように努めています。

魚価と回収率について生産現場ができることは、体色異常等が無く、天然魚に匹敵する健康で丈夫な種苗を適した条件で放流することです。そのためには種苗に与える餌が重要ですが、カタログのデータだけでは本当に良いものか分かりません。そこで、配合飼料や生物餌料の栄養強化剤等に関しては魚の状態、水の汚れ方、使った感想などについても議論されます。

当分科会では栽培の効果が上がり、漁業者に喜んでいただけることを目指して技術開発に取り組んでいます。分科会の開催は年1回（1月頃）ですが、メーリングリストで、常に最新の情報を交換しています。分科会とメーリングリストに興味のある方は、事務局までご連絡ください。

（水研セ宮古裁セ 藤浪祐一郎）

独立行政法人水産総合研究センター
宮古栽培漁業センター
〒027-0097 岩手県宮古市崎山4-9-1
TEL:0193-63-8121 FAX:0193-64-0134
[http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/
0011_02miyako.html](http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_02miyako.html)

栽培漁業太平洋北区ブロック会議 ホシガレイ分科会

ホシガレイは北海道以南の本州沿岸に生息する大型のカレイ類で、近年幻の魚といわれるほど資源水準が低下しており、三陸、瀬戸内海西部、九州西部などの断片的な分布となっています。一方、魚価が非常に高いことから、ヒラメに次ぐ新たな栽培漁業対象種として注目され、昭和60年代から各地で栽培漁業に関する取り組みが進められています。

これまでホシガレイ分科会では、太平洋北ブロックの種苗生産機関が中心となり、本種の親魚養成および種苗生産に関する検討を進めてきました。本種の種苗生産では、良質卵の確保が難しいこと、体色・眼位等の形態異常などの問題が種苗生産技術の進展を阻んできましたが、近年は技術の改良により10万尾規模で取り上げが可能になりました。

平成18年度からは海区の垣根を取り払うとともに、水産庁の補助事業であった資源増大技術開発事業（魚類Cグループ）と上記のホシガレイ分科会を統合し、親魚養成・種苗生産から資源添加までの栽培漁業技術の情報交換を行う場としてリニューアルしました。新たなホシガレイ分科会では、全国の種苗生産組織および研究機関（10機関）が集まり、生産現場での諸問題を解決するとともに、ホシガレイ増養殖事業の方向性、技術開発・研究の効率化（役割分担と連携）についても検討しています。また、当分科会で連携し外部資金の獲得も目指しており、現在分科会に参加している機関のうち一部が、農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発委託事業へ参加し、「種苗放流が天然ホシガレイの遺伝的多様性に与えるリスクの評価とそれを低減する技術開発」（平成19～23年度）を実施しています。今後このような活動を積極的に行っていきたいと考えています。

当分科会の事務局は宮古栽培漁業センターが行っています。会議の開催は1年に1回（12月頃）ですが、生産現場の問題にすぐに対応するためにメーリングリストで、最新の情報を交換しています。分科会とメーリングリストに興味のある方は、事務局までご連絡ください。

（水研セ宮古裁セ 清水大輔）

独立行政法人水産総合研究センター
宮古栽培漁業センター
〒027-0097 岩手県宮古市崎山4-9-1
TEL:0193-63-8121 FAX:0193-64-0134
[http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/
0011_02miyako.html](http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_02miyako.html)

栽培漁業太平洋北区ブロック会議
冷水性ソイ・メバル分科会

北日本では、比較的定着性の強いクロソイやキツネメバル等が栽培漁業の対象として要望が高く、冷水性ソイ・メバル類分科会はこれらの増殖技術を検討する場として設けられました。会議の前身はクロソイ栽培技術交流会と水産庁栽培技術開発検討会で、平成18年度に前者と後者の一部を統合し、新しい一歩を踏み出しました。現在の構成機関は主に北海道、東北の6道県の、県庁や水産試験場、栽培漁業センター、漁協、市町村と多岐に渡っています。事務局は宮古栽培漁業センターが受け持っており、年1回、仙台で11月～12月に開催しています。

当分科会では、各機関の1年間の結果を取りまとめたデータを持ち寄ると同時にアンケート調査を行い、親魚養成から最終的な出口である放流効果調査や養殖まで幅広く議論しています。ソイ・メバル類の栽培漁業は、親魚養成で良い仔魚が得られない、種苗生産での初期死亡が多い、放流効果の事例が乏しい等があり各機関で共通している課題が多く、当分科会で導き出した一つの解答が複数の機関の問題解決に結びつくことも多々あります。

会議は、種苗生産に携わり魚を育てている担当者同士が実際に顔を合わせて議論するので、毎回内容も具体的に熱が入ります。しかし、限られた時間内ですべての課題が解決されるわけではありません。そのため、リアルタイムで情報交換ができるようにメーリングリストの運用を始めました。これにより、種苗生産の途中結果や突発的な問題を随時発信できる体制が整いました。栽培漁業の現場では刻一刻と状況が変化していますが、多様な要望に素早く対応し、日々前に進んでいく分科会でありたいと考えています。

(水研七宮古裁七 野田 勉)

栽培漁業太平洋北区ブロック会議
マコガレイ分科会

マコガレイは魚種別放流尾数が常にベスト10入りする重要な栽培対象種です。平成18年度には青森、千葉、神奈川、兵庫、広島、大分で合計187.5万尾が放流されました。これだけの重要魚種であるにもかかわらず、これまで各機関の担当者が顔を合わせて議論する場がありませんでした。

そこで、水産総合研究センターでは全国の飼育および放流効果の調査担当者が一堂に会して情報交換することを目的とし、平成18年に宮古栽培漁業センターを事務局として本分科会を立ち上げました。便宜上『太平洋北区ブロック会議』となっていますが、実際には東北から九州に至る6県の関係機関から成る全国会議です。会議では東北大学の南教授をアドバイザーに迎え、生態的知見に基づいた助言を頂いています。

マコガレイは①有効な外部標識が開発されていない、②他の異体類と異なり無眼側の体色異常が発現しにくい、③配合飼料に餌付きにくく、アルテミア以降の餌料系列が確立されていない、④種苗の尾鰭が欠損する、といった多くの問題を抱えています。予算や人員が削減される中、一つの機関、一人の担当者だけでこれらを克服するのは困難ですが、参加者が1年間の結果と飼育データを持ち寄り、議論することで技術開発を効率的に進めることを目指しています。事務局である宮古栽培漁業センターではマコガレイの種苗生産、放流は行っておりませんが、分科会が出された課題に対して飼育試験を実施し、情報を提供するという形でサポートしております。

さらに事務局ではメーリングリストを利用して本種栽培漁業に関するリアルタイムの情報交換をお手伝いしています。分科会の開催は1年に1回(11月頃)ですが、このメーリングリストの活用によりバーチャル空間で24時間、365日、マコガレイについての議論が可能になりました。マコガレイ栽培漁業に興味のある方は、事務局の宮古栽培漁業センターまでご連絡ください。

(水研七宮古裁七 藤浪祐一郎)

独立行政法人水産総合研究センター
宮古栽培漁業センター

〒027-0097 岩手県宮古市崎山4-9-1

TEL:0193-63-8121 FAX:0193-64-0134

http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_02miyako.html

独立行政法人水産総合研究センター
宮古栽培漁業センター

〒027-0097 岩手県宮古市崎山4-9-1

TEL:0193-63-8121 FAX:0193-64-0134

http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_02miyako.html

栽培漁業日本海北・西ブロック会議
マダラ分科会

マダラ分科会は、マダラ種苗生産担当者会議として平成4年に始まり、その後マダラ栽培漁業検討会として、さらに、平成19年度から現在の名称で開催されています。開催時期は、種苗生産期前の11～12月頃、開催場所は、現在も種苗生産と放流試験を継続している青森県、富山県、能登島栽培漁業センターの3機関が持ち回りとし、事務局は能登島栽培漁業センターが担当しています。

当分科会は、マダラ栽培漁業に関する技術開発の促進を目的とし、各機関は種苗生産、種苗放流調査、漁業実態調査、天然生態調査等について情報交換を行い、相互に連携協力しています。

マダラは、冷水性魚であるため、冷却を行わずに沿岸の自然水温で飼育できる春までに種苗生産を終わらせることが重要です。採卵技術、種苗生産技術の進歩により、現在ではこの時期までに、外部標識が装着できる6cm種苗が10万尾単位で生産可能となり、技術開発の重点は標識放流調査に移行しつつあります。しかし、20年度の本会では、青森県と富山県からワムシ給餌期に発生する大量減耗や配合飼料への餌付け方法等の問題が再度、課題としてあげられ、各機関が連携して種苗生産技術を再検討して行くことになりました。

また、マダラの放流効果を評価するためには、マダラが移動回遊する複数県の市場で調査を実施する必要があります。本会を通じて各機関がサンプルの融通や情報の交換を密にし、協力して調査することが重要になりつつあります。

当分科会への参加機関は少ないのですが、長期間継続して技術開発を行ってきた経緯から、会の運営も和気藹々とした担当者の集まりの感があり、各機関が背負っているマダラ栽培漁業の推進目標は異なっていますが、技術開発課題は共通しており、話題は尽きません。マダラ栽培漁業に興味のある機関は、事務局である能登島栽培漁業センターへ連絡を頂ければ、当分科会への参加が可能です。

(水研セ能登島裁セ 榮 健次)

独立行政法人水産総合研究センター
能登島栽培漁業センター
〒926-0216 石川県七尾市能登島曲町15-1-1
TEL:0767-84-1182 FAX:0767-84-1184
http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_04noto.html

栽培漁業日本海北・西ブロック会議
アカアマダイ分科会

アカアマダイ分科会は、平成12年度から水産庁補助事業の中でアカアマダイへの取り組みを始めた京都府と昭和59年から本種の栽培技術開発に取り組んできた日本栽培漁業協会宮津事業場（現、水産総合研究センター宮津栽培漁業センター）、さらに県単独で取り組みを開始していた長崎県が参加して同年にアカアマダイ栽培漁業技術検討会として開催されたのが始まりです。

平成19年度からは栽培漁業ブロック会議（日本海北・西ブロック会議）のアカアマダイ分科会として、宮津栽培漁業センターが事務局を担当、幹事は各県持ち回りで、引き続き開催されることになりました。

当分科会はアカアマダイの種苗放流による資源増殖を目的として、関係機関の研究者のみならず漁業者にも参加していただき、種苗生産技術開発、放流技術開発等に関するさまざまな研究開発の情報交換の場として活用されています。

平成19年度の分科会は宮崎県において13機関、計26名が参加して開催されました。各機関からは採卵・種苗生産・中間育成技術開発の結果及び問題点が報告され、さらに、種苗生産の過程で大きな問題となっているVNN（ウイルス性神経壊死症）対策に関して、「海産魚介類のウイルス疾病の流行予防に関する技術開発」、「未受精卵の洗浄によるVNN防除対策」と題して水産総合研究センターから話題提供がありました。また、種苗生産技術開発で問題になっている形態異常は、各機関によって出現率が1.6～71.6%と大きな差があり、防除方法についても見解が異なることから、今後さらに共通の認識のもとで取り組む必要を感じました。

当分科会では活発な意見・情報交換がなされ、参加者から非常に有意義だったとのご意見を頂きました。

今後も事務局として、関係機関への調整役を行うとともに、本種の研究開発を先導して行きたいと感じています。

(水研セ宮津裁セ 升間主計)

独立行政法人水産総合研究センター
宮津栽培漁業センター
〒626-0052 京都府宮津市小田宿野1721番地
TEL:0772-25-1306 FAX:0772-25-1307
http://ncse.fra.affrc.go.jp/01profile/011stasions/0011_06miyatsu.html

水産技術投稿要領

- 第1条 水産技術への投稿は，本要領に定めるところによる。
- 第2条 論文等は原著で，未発表かつ他に発表を予定していないものに限る。
- 第3条 論文等は原著論文，総説，技術小史・技術論，短報および資料とする。
- 第4条 投稿者は，別記の水産技術投稿原稿の書き方および投稿の方法に従う。2 投稿者は，別紙の水産技術投稿用紙1部（用紙に出力したもの），投稿原稿2部（同），水産技術投稿用紙および投稿原稿それぞれを記録した電子記録媒体（CD-R ディスク等）1枚を水産技術企画・編集委員会事務局（以下「事務局」という。）あてに郵送する。
- 第5条 写真および図は，原則としてモノクロームとする。投稿者の希望により，水産技術企画・編集委員長が認めた場合には，カラー印刷も可能とする。
- 第6条 投稿者が，別刷を希望する場合は，投稿者の実費負担にて印刷する。
- 第7条 本誌掲載文の著作権は，独立行政法人水産総合研究センターに帰属する。

水産技術投稿原稿の書き方および投稿の方法

1. 原稿

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

2. 論文等の種別

掲載する論文等は、原著論文、総説、技術小史・技術論、短報および資料とする。

原著論文とは、オリジナルな技術開発についての論文とする。

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

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

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

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

3. 原稿の枚数および構成

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

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

4. 表題

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

5. 著者名

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

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

(例)

ヒラメの成熟に及ぼす水温の影響について

鈴木一郎^{*1}・山田二郎^{*1}・田中三郎^{*2}

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

Ichiro SUZUKI, Ziro YAMADA, and Saburo TANAKA

6. 所属および所在地

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

(例)

*¹ 独立行政法人水産総合研究センター 玉野栽培漁業センター

〒706-0002 岡山県玉野市築港 5-21-1 (Tamano Station, National Center for Stock Enhancement, FRA 5-21-1 Chikko, Tamano, Okayama, 706-0002 Japan). taro3@affrc.go.jp.

*² 独立行政法人水産総合研究センター 屋島栽培漁業センター

7. 要 旨

要旨は和文と英文を併載する。

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

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

8. 本文の構成

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

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

(例)

材料と方法

親魚の飼育 採卵に用いた親魚は、20〇〇年〇月〇日に…

1. 餌料 親魚用の餌料としてイカナゴ、イワシ、などの鮮魚と配合飼料を…

1) 配合飼料 市販の配合飼料を…

9. 文 献

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

（例）

田中^{1,2)}は…、…が知られている³⁻⁶⁾。

鈴木ら⁷⁾は…

SUZUKI *et al.*⁸⁾は…

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

（例）

• 雑誌の場合

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

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

• 単行本（引用箇所が1箇所の場合）

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

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

• 単行本（同一の本から複数箇所を引用している場合）

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

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

• 単行本（複数の論文を集めた本の中の1編を引用する場合）

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

ALLENDORF, F. W., and N. RTMAN (1987) Genetic management of hatcherystocks. in "Population

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

- 事業報告書（著者名が明示されていないもの）

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

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

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

10. 図・写真・表

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

11. 脚注

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

12. 文字

- 1) 下記のとおり赤字で字体の指定を行う。

イタリック：abcd，abcd → *abcd*

ゴシック：abcd，abcd → **abcd**

スモールキャピタル：ABCD → ABCD

キャピタル：abcd，ABCD → ABCD

キャピタル・スモールキャピタル：abcd，ABCD → ABCD

上付き： m^2 ， m^2 → m^2 ；山田¹⁾，山田¹⁾ → 山田¹⁾

下付き： O_2 ， O_2 → O_2

- 2) 数式の上付き，下付きの記号，およびギリシャ文字は明瞭に指定する。

13. 用語等

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

イタリックで記載する。原則として命名者名を省略する。

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

化学関係の記号は次のように字体を区別する。

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

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

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

14. 原稿の提出方法

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

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

(表1) 電子ファイル投稿時の推奨ソフトウェア

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

15. その他

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

波 紋 (編集連絡)

- 水産技術第1巻第1号が刊行され、少なからず反響をいただきました。また、本誌に興味を持たれ、投稿に関する問い合わせも相当数ありました。
- 本誌の編集方針にご賛同をいただき、投稿数も増加しています。前号は増養殖分野の投稿が多く見られましたが、今号は水産工学分野をはじめ、バラエティに富む内容になりました。
- 掲載された論文が、広く読まれることにより、水産現場にすぐに活用され、そして、新たな技術が生まれ、さらに後世に伝承されていく…。
- 本誌創刊号で作られた波紋がどんどん広がってゆきますように。
- 今後もよりよい論文誌へと発展するように、情報収集、論文収集に努力いたしますので、ご投稿よろしくお願いたします。

(編集事務局)

水産技術 (第1巻第2号)

企画・編集委員長

馬場 徳寿 (水産総合研究センター業務企画部)

企画・編集委員

日野 明德 (東京大学)	東海 正 (東京海洋大学)
小坂 善信 (青森県農林水産部水産局水産振興課)	上田 幸男 (徳島県立農林水産総合技術支援センター)
鈴木 康仁 (福井県水産試験場)	木村 郁夫 (日本水産株式会社中央研究所)
廣瀬 慶二 (元日本栽培漁業協会)	渡邊 研一 (水産総合研究センター養殖研究所)
武内 智行 (水産総合研究センター水産工学研究所)	川崎 清 (水産総合研究センター中央水産研究所)
廣川 純夫 (水産総合研究センター開発調査センター)	檜山 義明 (水産総合研究センター業務企画部)
伴 真俊 (水産総合研究センターさけますセンター)	

幹 事

有元 操 (水産総合研究センター業務企画部)
鴨志田正晃 (水産総合研究センター業務推進部)

事務局

水産総合研究センター業務推進部研究管理課
e-mail: fish_tech@ml.affrc.go.jp
http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/fish_tech/index.html

水産技術 第1巻第2号

平成21年3月25日印刷
平成21年3月31日発行

監修者 社団法人日本水産学会

編集者 馬場 徳寿

発行者 独立行政法人水産総合研究センター
〒220-6115 神奈川県横浜市西区みなとみらい
2-3-3 クイーンズタワーB 15階
電話 045 (227) 2600 (代表)

印刷者 日昇印刷株式会社

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