

BULLETIN
OF
YAMAGUCHI PREFECTURAL FISHERIES RESEARCH CENTER

No. 5
March, 2007

山口県水産研究センター研究報告
第 5 号
平成 19 年 3 月

山 口 県 水 産 研 究 セ ン タ ー

外海研究部：〒759-4106 長門市仙崎 2861-3
内海研究部：〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77

Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center
Japan Sea Research Division: Senzaki, Nagato-city, 759-4106, Japan
Inland Sea Research Division: Aiofutajima, Yamaguchi-city, 754-0893, Japan

目 次

山口県周防灘海域における栄養塩の動向	和西昭仁	1
山口県日本海沿岸域で漁獲されるいわし類当歳魚の漁況予測に関する研究－Ⅱ いわし類当歳魚漁獲量の変動要因	河野光久	9
ケンサキイカ樽流し釣りといか一本釣りの漁獲効率の比較	河野光久	15
山口県日本海沿岸域で漁獲されたマアジの食性	河野光久	19
2005年9月の山口県仙崎漁港におけるホソアオトビウオ未成魚の大量来遊	河野光久	25
日本海南西海域におけるホタルイカ卵の分布と量変動	河野光久	29
対馬海峡東水道で漁獲された白いアマダイ科の1種について	天野千絵	35
周防灘における小型底びき網の全採捕魚介類に占める投棄魚の割合	木村 博	41
幼稚魚混獲防止のための小型底びき網漁具改良－魚捕網の目合い拡大効果	木村 博	47
関門海峡東側の山口県沿岸におけるトラフグの標識放流試験について	松野 進・木村 博	55
壇紫菜 <i>Porphyra haitanensis</i> の陸上採苗に関する2, 3の知見について	畑間俊弘・竹本克巳・魚津 勝	63
衛星によるクロロフィル-a 情報を利用した赤潮モニタリングの可能性－Ⅰ 船舶観測値と衛星推算値との相関	和西昭仁	73
ケンサキイカ <i>Photololigo edulis</i> の資源生態（総説）	河野光久	81
アカウニ <i>Pseudocentrotus depressus</i> に関する既往知見の整理（総説）	水津洋志	99
水産研究センター研究報告 投稿規定		109

山口県周防灘海域における栄養塩の動向

和 西 昭 仁

Long-term Variations of the Nutrient Environment in the Suo-Nada Region off Yamaguchi Prefecture

Akihito WANISHI

Long-term variations of the nutrients, dissolved inorganic nitrogen (DIN) and dissolved inorganic phosphate (DIP), in the Suo-Nada region off Yamaguchi prefecture were statistically analyzed using the data for the past 30 years from 1976 to 2005. Both nutrients showed clear tendencies to decrease, but at the different periods. DIP concentration decreased from $0.21\mu\text{M}$ to $0.13\mu\text{M}$ by the middle of 1990s, while the decrease in DIN concentration started from $3.50\mu\text{M}$ in the middle of 1990s to $1.70\mu\text{M}$ in the early of 2000s. Generally, the water pollution in this area by plant effluent and living drainage has been gradually decreasing under the influence of many factors such as legal controls of water quality. But from the accelerative decline of the recent fisheries production, the present levels of nutrients may be too poor to maintain adequate growth of phytoplanktons and algae for successful reproduction of fisheries resources. We should continue to make thorough investigations and discuss what levels of nutrients are suitable for fishery in this area.

Key words : Nutrients; DIN; DIP; Suo-Nada

かつて山口県の瀬戸内海側では、東は和木町から西は下関市に至る広い海域でノリ養殖が営まれていた¹⁾。1970年代には年間2万トンを超える収穫量(生換算重量)があったが、1990年代半ばには1万トンを下回るようになり(農林水産省「漁業・養殖業生産統計年報」)、最近では養殖中のノリに色落ちがしばしば発生して、栄養塩不足との関連が疑われるようになった。山口県のノリ養殖漁場で行われている栄養塩調査結果を見ても、ノリの健全な生育に最低限必要とされる栄養塩濃度(山口県漁場では溶存態無機窒素で約 $3\mu\text{M}$ と考えられている)を下回る漁場が多くなってきている²⁾。漁業生産量についても、周防灘全体では1972年に10万6千トンあったが、2002年には1万8千トンにまで大きく減少しており、とりわけアサリを中心とする貝類の減少が著しい³⁻⁶⁾。周防灘の水質は一般的に改善傾

向にあるとされているが、その反面、海域の生産力の低下が顕在化してきていると言えよう⁷⁾。

一方、1976年以降の山口県瀬戸内海側における赤潮発生件数⁸⁾は、1990年頃まで年間15~20件、多い年には30件もあったが、2000年以降は年間10件前後で推移している。発生件数については栄養塩濃度との関連が指摘されているが⁹⁾、構成種にも特徴的な変化が見られている。例えば、一般に栄養要求が高いと考えられているケイ藻類による赤潮について、1976~1985年の発生は年平均3.5件であったのに対し、1986~1995年には同1.3件、1996~2005年には同0.7件と、10年ごとにほぼ半減している⁸⁾。

こうした状況の中、海域の水産業にとって適切な環境とはどのようなものか検討するため、(独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所が事務局となっ

て「『漁業に対する適正栄養塩レベルの検討』に関するワーキンググループ」が2005年に発足し、大阪府（担当海域は大阪湾）、兵庫県（同播磨灘）、広島県（同広島湾）、山口県（同周防灘）が委員として活動している。このワーキンググループでの検討結果が有効な対策に結びつくのはもう少し先かもしれないが、このような場を通じて海洋環境モニタリングを継続することの重要性があらためて認識され、関係機関が横断的に連携していく気運が最近高まってきている。

本報では、海洋環境の変化を評価していくにあたって、その基礎データとして活用するため、30年以上にわたり蓄積されてきた山口県の周防灘海域における栄養塩データを取りまとめた。

材料および方法

山口県水産研究センター内海研究部（旧山口県内海水産試験場）が周防灘で毎月実施してきた浅海定線調査結果のうち、1976年1月から2005年12月までの30年間（360ヶ月間）に得られた栄養塩の測定値データを用いた。調査点はFig. 1に示した22点で、平均水深はSt.6～11およびSt.13では20m以上、その他の地点では20m未満であった。

栄養塩の測定にあたっては海洋観測指針¹⁰⁾の方法に従い、アンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）をインドフェノール青吸光度法で、亜硝酸態窒素（ $\text{NO}_2\text{-N}$ ）をスルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン吸光度法で、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）をカドミウム・銅還元カラム法

（スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン吸光度法）でそれぞれ測定し、それらを合計して溶存態無機窒素（DIN）としたほか、リン酸態リン（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）をモリブデン青吸光度法で測定し、それをもって溶存態無機リン（DIP）とした。次に、表層（0 m深）および底層（海底上1 m）の濃度をもとに、両層間の濃度変化は直線的であって、かつ、海底上1 mから海底までの濃度変化はないと仮定した水柱平均濃度を算出した。この方法によって調査点ごとに360ヶ月分算出した値から、360ヶ月それぞれの月平均値（22調査点の平均値）、さらに30年それぞれの年平均値（1～12月の平均値）を求めた。

また、栄養塩濃度の推移の特徴によって、調査点をいくつかのグループ（クラスター）に分割するため、調査点ごとの各月平均値データをもとに、DIN・DIP別にクラスター分析を行った。この分析を行うにあたって、距離の計算にはユークリッド距離を、クラスターの結合には完全連結法をそれぞれ用いた。

結 果

海域全体の栄養塩推移の特徴

DIN 月平均値を見ると、春～夏季に極小、秋～冬季に極大となる周期が認められ、時には $10\mu\text{M}$ 前後の著しく高い値が現れた（Fig. 2）。年平均値は、長期的には1970年代後半や1980年代半ば～1990年代半ばに $4\mu\text{M}$ 前後の高い時期があったが、1990年代後半から明らかな減少傾向に移行し、2002年以降は $2\mu\text{M}$ を

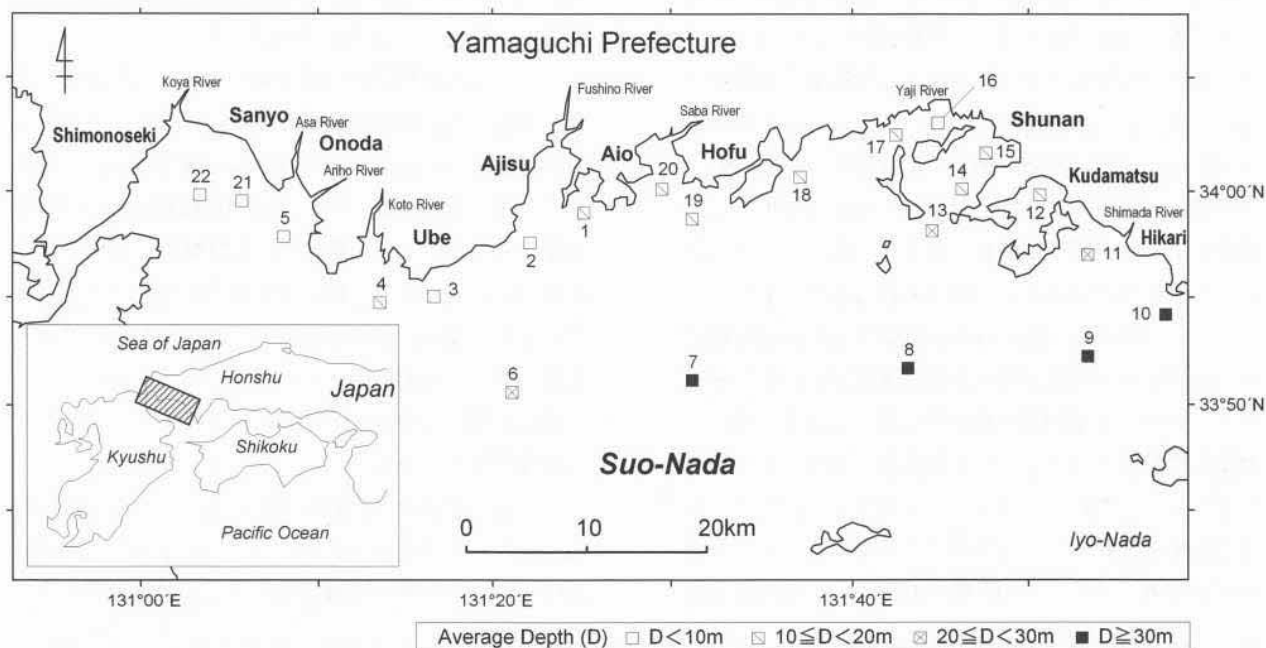


Fig. 1 Map showing the study area and sampling stations (St.1~22).

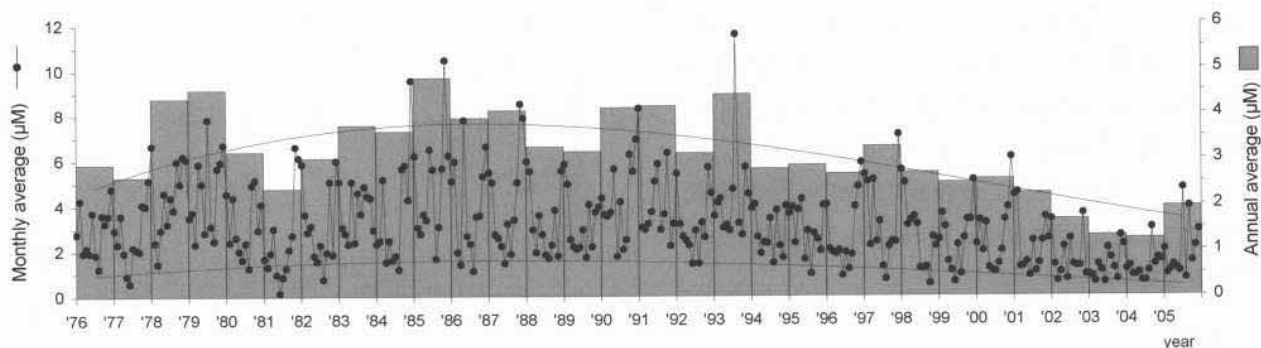


Fig. 2 Changes in average DIN concentrations in the water columns at 22 stations in the Suo-Nada from 1976 to 2005. Closed circles, monthly average (left axis). Columns, annual average (right axis). Upper and lower lines, approximate curves (cubic equations) of maximum and minimum value in each year (left axis).

下回るようになった。年ごとの極大値と極小値の推移 (Fig. 2) を見ると、極大値は1980年代半ばにピークが認められ、極小値は1990年代後半から一段と低くなっていた。

DIN およびその構成要素 ($\text{NH}_4\text{-N}$ ・ $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$) 別に5年ごとの大まかな傾向を見ると (Fig. 3), 1976年からの5年間ごとの平均値はそれぞれ $3.55\mu\text{M}$ ($\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_2\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$ はそれぞれ $2.02\mu\text{M}$, $1.53\mu\text{M}$), $3.59\mu\text{M}$ (同 $1.88\mu\text{M}$, $1.71\mu\text{M}$), $3.74\mu\text{M}$ (同 $1.95\mu\text{M}$, $1.79\mu\text{M}$), $3.50\mu\text{M}$ (同 $1.70\mu\text{M}$, $1.80\mu\text{M}$), $2.75\mu\text{M}$ (同 $1.11\mu\text{M}$, $1.64\mu\text{M}$), $1.70\mu\text{M}$ (同 $0.67\mu\text{M}$, $1.03\mu\text{M}$) であった。1976~1980年を100とすると、以後5年間ごとに101 ($\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_2\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$ はそれぞれ93, 112), 105 (同97, 117), 99 (同84, 118), 77 (同55, 107), 48 (同33, 67) であった。特に、1996~2000年には $\text{NH}_4\text{-N}$ が大きく減少したのに対し、 $\text{NO}_2\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N}$ はそれほど大きく減少しなかった。

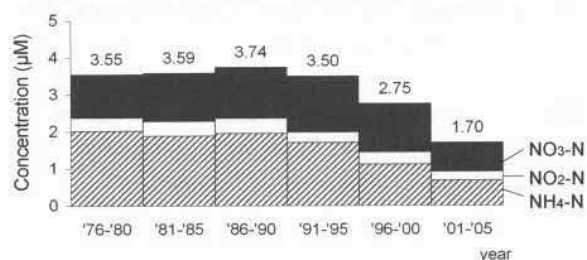


Fig. 3 Changes in average DIN ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) concentrations in every five years at 22 stations in the Suo-Nada from 1976 to 2005.

DIP 月平均値を見ると、春~夏季に極小、秋~冬季に極大となる周期が認められ、周期性はDINよりも明瞭であった (Fig. 4)。年平均値は1990年代前半まで漸減し、その後はほぼ横ばい状態で推移した。年ごとの極大値と極小値の推移 (Fig. 4) を見ると、極大値は1970年代には $0.5\mu\text{M}$ 程度であり、2000年以降は $0.3\mu\text{M}$ 程度にまで減少しているが、減少の割合は徐々に緩やかになっている。極小値はほぼ横ばい状態で推移した。

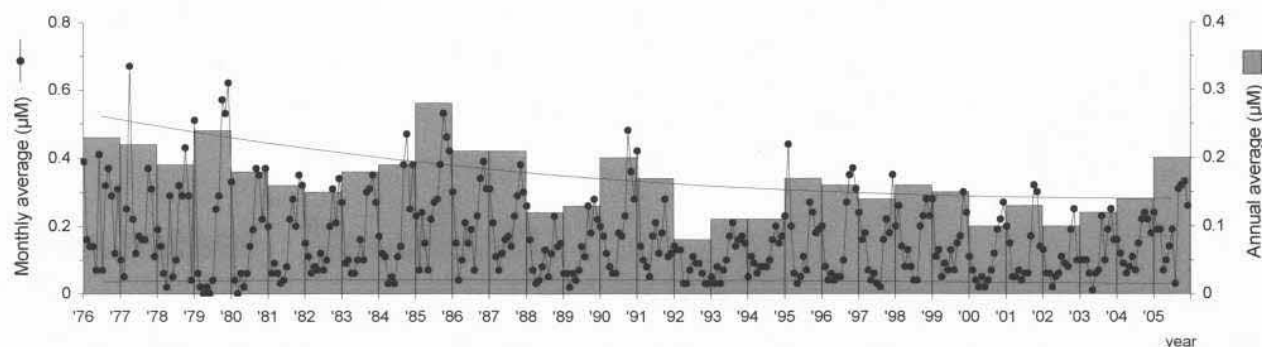


Fig. 4 Changes in average DIP concentrations in the water columns at 22 stations in the Suo-Nada from 1976 to 2005. Closed circles, monthly average (left axis). Columns, annual average (right axis). Upper and lower lines, approximate curves (cubic equations) of maximum and minimum value in each year (left axis).

5年ごとの大まかな傾向を見ると (Fig. 5), 1976年から5年間ごとの平均値はそれぞれ $0.21\mu\text{M}$, $0.19\mu\text{M}$, $0.17\mu\text{M}$, $0.13\mu\text{M}$, $0.14\mu\text{M}$, $0.14\mu\text{M}$ であった。1976~1980年を100とすると, 以後5年間ごとに90, 80, 60, 68, 65であった。これらから, DIPは1990年代前半までは減少したものの, それ以降はほぼ横ばい状態であった。

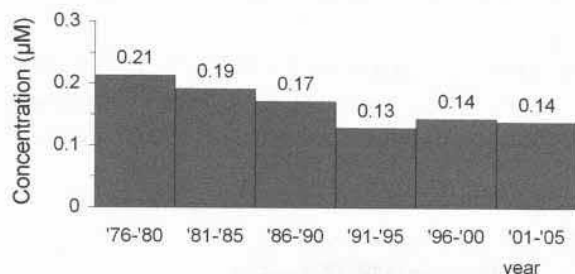


Fig. 5 Changes in average DIP concentrations in every five years at 22 stations in the Suo-Nada from 1976 to 2005.

クラスターで分割された海域ごとの栄養塩推移の特徴

DIN クラスター分析の結果, Fig. 6のようなデンドログラムが得られ, ユークリッド距離3.5において6クラスターの海域 (それぞれA~Fとする) に分けることができた。

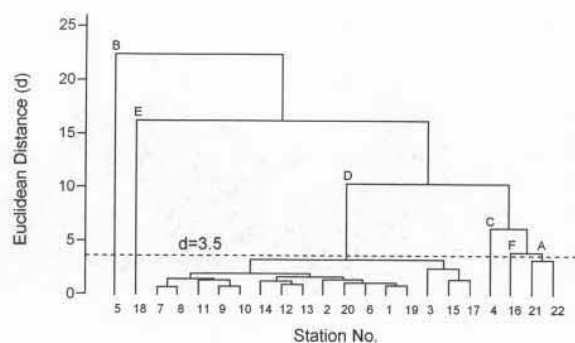


Fig. 6 Cluster dendrogram on monthly average of DIN concentration. 22 stations were classified into 6 clusters (A~F) at 3.5 of Euclidean distance.

各クラスターの位置関係および月平均値は Fig. 7のとおりであった。三田尻湾口 St.18を含むクラスターEは例外として, その他のクラスター (A~DおよびF) では6月または8月に最小値, 12月に最大値となった。年間平均値が最も高かったのは山陽小野田市沖 St.5を含むクラスターB ($8.61\mu\text{M}$), 逆に最も低かったのは瀬中部から東部にかけて広がるクラスターD ($2.20\mu\text{M}$) で, 両者には約4倍の較差があった。

クラスターごとに DIN およびその構成要素 ($\text{NH}_4\text{-N}$ ・ $\text{NO}_2\text{-N}$ ・ $\text{NO}_3\text{-N}$) の5年ごとの変化傾向を見たところ (Fig. 8), クラスターA, BおよびEでは1980年代後半~1990年代前半頃に極大値があり, その時期以降は著しく減少した。また, クラスターBおよびEでは $\text{NH}_4\text{-N}$ が $5\mu\text{M}$ 前後で推移していたが, 2001~2005年になると $1\sim2\mu\text{M}$ にまで激減した。クラスター

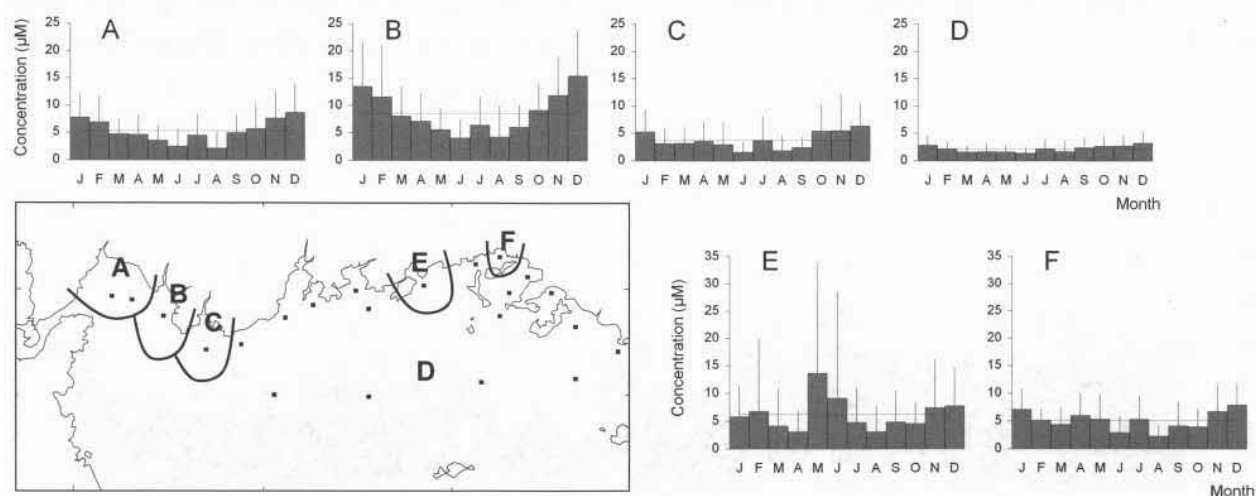


Fig. 7 Distributions of 6 clusters (A~F) of sampling stations classified by monthly average of DIN concentrations in the Suo-Nada from 1976 to 2005 and monthly changes in each cluster. Gray columns, monthly average of DIN concentration. Bars, standard deviation. Dotted lines, annual average of DIN concentration.

C, DおよびFでは期間を通じて減少傾向にあった。

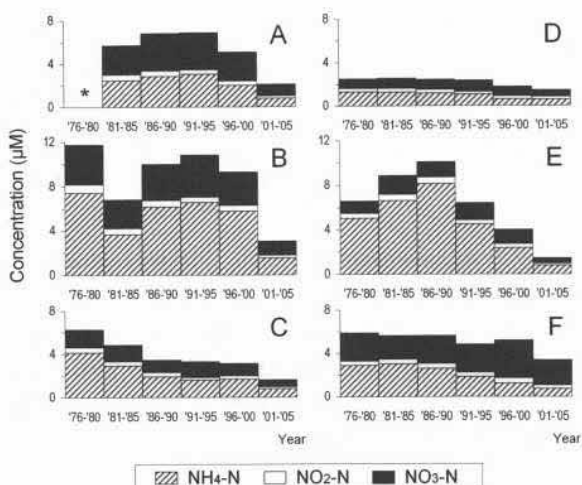


Fig. 8 Changes in DIN ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) concentrations in every 5 years at each cluster (A~F) from 1976 to 2005. *, no data

DIP クラスター分析の結果, Fig. 9 のようなデンドログラムが得られ, ユークリッド距離0.15において5クラスターの海域(それぞれa~eとする)に分けることができた。

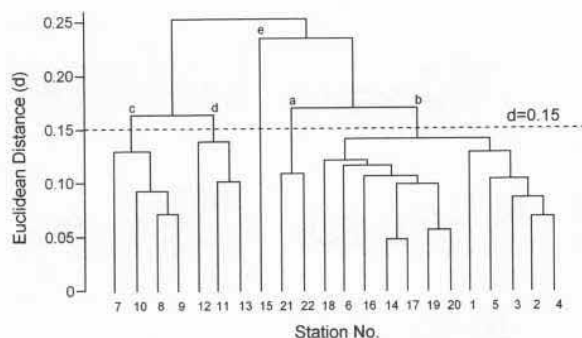


Fig. 9 Cluster dendrogram on monthly average of DIP concentration. 22 stations were classified into 5 clusters (a~e) at 0.15 of Euclidean distance.

各クラスターの位置関係および月平均値は Fig. 10 のとおりであった。いずれのクラスターも4月または5月に最小値, 10月または11月に最大値となった。年間平均値が最も高かったのは平均水深が30 m以上の調査点 St.7~10からなるクラスターc ($0.22\mu\text{M}$), 逆に最も低かったのは瀬北西部の平均水深6~7 mのクラスターa ($0.12\mu\text{M}$) で, 両者には約2倍の較差があった。

クラスターごとにDIPの5年ごとの変化傾向を見たところ (Fig. 11), いずれのクラスターでも減少傾向にあり, 1991~1995年に比較的大きく減少した。中でもクラスターa, bおよびeでは長期的な減少傾向が顕著であった。

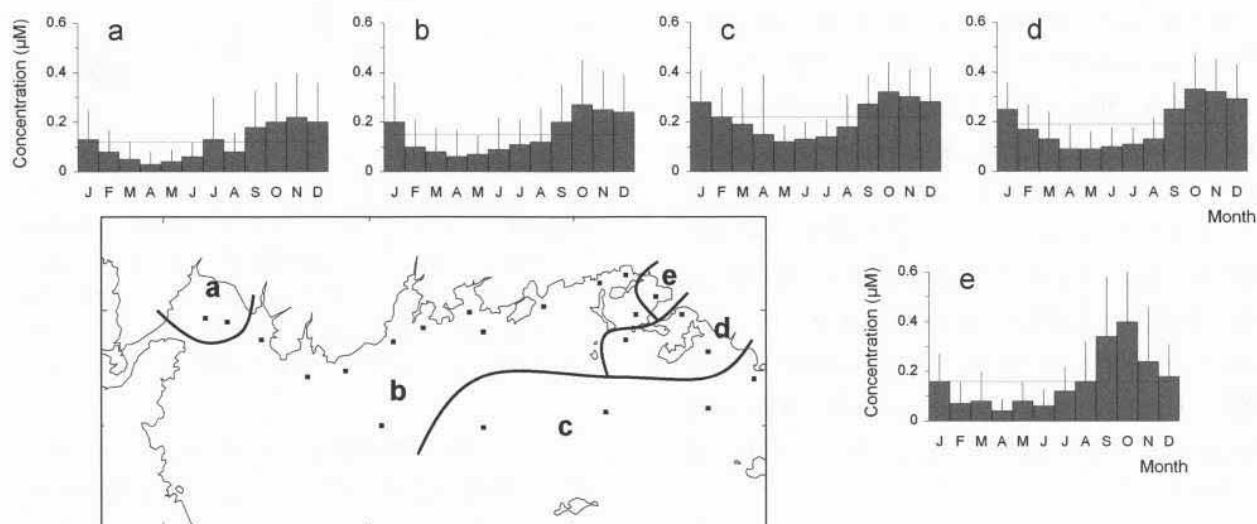


Fig. 10 Distributions of 5 clusters (a~e) of sampling stations classified by monthly average of DIP concentrations in the Suo-Nada from 1976 to 2005 and monthly changes in each cluster. Gray columns, monthly average of DIP concentration. Bars, standard deviation. Dotted lines, annual average of DIP concentration.

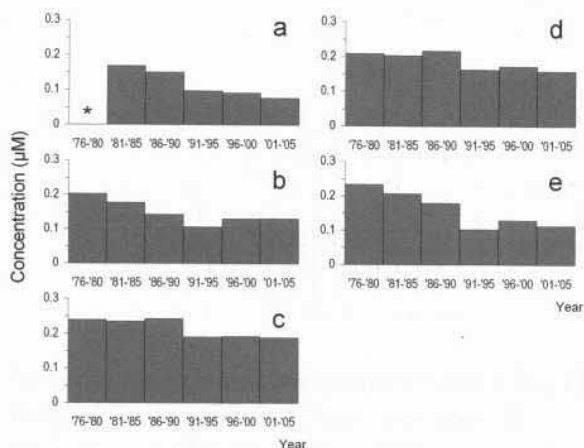


Fig. 11 Changes in DIP concentrations in every 5 years at each cluster (a~e) from 1976 to 2005. *, no data.

考 察

周防灘における DIN および DIP を1976年以降について解析したところ、いずれも長期的に減少傾向にあることが分かった。これをもとに DIN, DIP それぞれの年平均値の関係などをまとめると Fig.12 のようになった。年を追って見ると比較的大きなバラツキはあったものの、大まかに右上(高 DIN かつ高 DIP の状態)から左下(低 DIN かつ低 DIP の状態)に向かって移動していた (Fig.12 (a))。5 年ごとの平均値で見ると傾向はより明瞭になり、調査開始年から1990年代半ばまでは下方、すなわち DIN には変化がないが DIP が減少している方向に動き、DIP は1976~1980年の $0.21\mu\text{M}$ が1991~1995年には $0.13\mu\text{M}$ (前者の60%)にまで減少した (Fig.12 (b))。1990年代半ば以降は左方、すなわち DIP には変化がないが DIN が減少している方向に動き、DIN は1991~1995年の $3.50\mu\text{M}$ が2001~2005年には $1.70\mu\text{M}$ (前者の49%)にまで減少した。つまり、最近の30年間に DIN と DIP は同じように減少してきたのではなく、減少に移行した時期も明らかに異なっていた。この現象については、社会背景や水質に関する諸規制の影響度に差があったためではないかと思われる。海域の窒素やリンの除去を図る場合、対策を立てやすいのはリンのほうであるとの意見もあり¹¹⁾、DIP の減少が DIN よりも早く現れたこともうなずける。

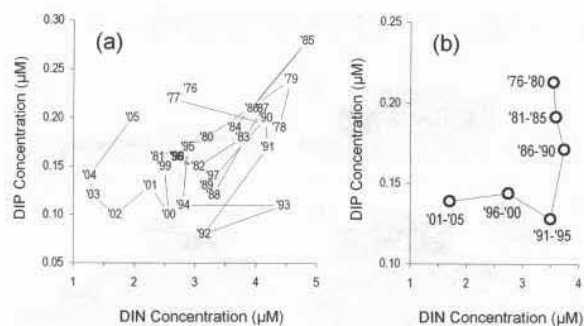


Fig. 12 Relationships between average DIN and DIP concentrations in the Suo-Nada off Yamaguchi prefecture from 1976 to 2005. (a) changes in annual average. (b) changes in every 5 years average.

さらに、DIN や DIP がこのような動向を示す過程において、赤潮の発生件数は Fig.13 のような変化を遂げている。すなわち、図の右上にあたる高 DIN かつ高 DIP の年には発生件数が比較的多いのにに対して、図の左下にあたる低 DIN かつ低 DIP の年には発生件数が比較的小さい傾向が現れている。赤潮の発生には栄養塩のほか、水温や塩分(降水量)、日射量なども大きく関与しているが¹²⁾、栄養塩環境だけを見ても赤潮の発生状況と密接な関係を見出すことができた。

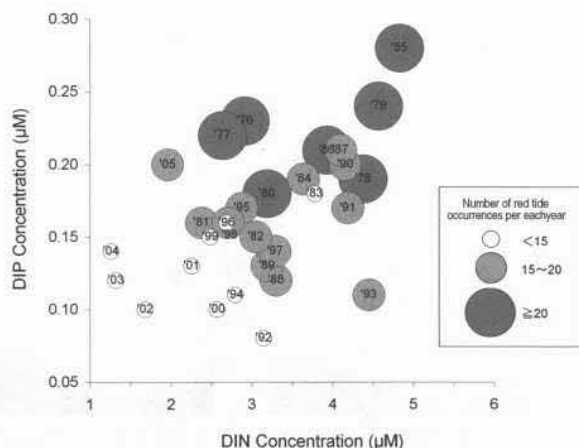


Fig. 13 Relationship between the concentration of the nutrients (DIN and DIP) and occurrences of red tide in the Suo-Nada off Yamaguchi prefecture from 1976 to 2005. Size of circles, number of red tide occurrences per each year.

一方、DIN の構成要素については、1996~2000年頃から DIN が急速に減少した時、DIN 全体の減少率に比べて $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少率はかなり大きく、逆に $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ の減少率はそれほど大きくなかったことから $\text{NH}_4\text{-N}$ のほうが DIN の減少により深く関与していた。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は主にし尿や下水中の有機物の分解、

工場排水などに起因すると考えられ¹¹⁾、水質汚染の指標となっているので、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の大幅な減少は水質がかつて悪化したのとは反対の方向に向かっていると思われる。有機汚染の指標である COD に関しても、周防灘では長期的に減少傾向にあることが明らかになっている^{7,9)}。

DIP については、農薬、肥料、家庭排水、工場排水など人為的負荷によるものが大部分を占めると言われている¹¹⁾。我が国では1960～1970年代の富栄養化とそれに伴う大規模な赤潮や貧酸素水塊の発生が社会問題となったことから、洗剤メーカーは無リン洗剤の開発に着手した。1973年には第一号の無リン洗剤が発売され、その後1980年頃から本格的に普及し、現在では家庭用洗剤のほとんどが無リン化された¹³⁻¹⁵⁾。また、底層の溶存酸素 (DO) 濃度が低下しやすい夏季には、底泥からリンが溶出しやすくなることが知られており¹⁶⁾、周防灘でも夏季の DO と DIP の濃度との間に負の相関関係が確認されているが⁷⁾、周防灘の場合、底層の DO 濃度は長期的に上昇傾向にあることも明らかになっており^{7,9)}、DIP が溶出しにくい方向に進みつつあると考えられる。

瀬戸内海においては、瀬戸内海環境保全臨時措置法が1973年に制定され、その後1978年に改正されて瀬戸内海環境保全特別措置法、いわゆる「瀬戸内法」となり、これを軸に総合的な施策が進められてきた。第五次水質総量規制 (目標年度：2004年度) では、従来の COD に加えて窒素とリンも対象項目に指定された。山口県では削減目標達成のための一方途として下水道を始めとする污水处理施設の整備を挙げている (山口県「水質汚濁防止法に基づく総量削減計画」)。山口県における下水処理人口普及率は1975年度末に12% (全国平均23%) であったが、2005年度末には53.3% (同69.3%) にまで達した (山口県都市計画課ホームページ)。また、窒素やリンをさらに効率よく除去する高度処理についても、処理人口普及率はまだ2% (2006年8月22日付け国土交通省報道発表資料) と低いものの導入が開始されたほか、農業・漁業集落排水施設、浄化槽などの整備も着々と進められている¹⁷⁾。こうした状況から考えても、周防灘で陸起源の栄養塩負荷が増加することは考えにくいではなかろうか。

今回の解析結果を見ると、汚濁負荷量に関する様々な削減努力が効果を発揮しているとも言えそうだが、逆に海域の水産業にとっては最適な削減量を通り過ぎてしまい、必要な栄養塩レベルすら確保されていない

可能性もある。かつて富栄養化が進行した過程では赤潮や貧酸素水塊の発生が増加し、漁業被害も頻発するようになったが、その一方で海域の生産力は増大していき、ノリ養殖業などが飛躍的に伸びていったことも事実であろう¹⁸⁾。すなわち、海域の高い生産性を期待するためには「ある程度」の栄養塩レベルが必要であり、その「程度」とは海域の環境容量の限度内で考えていくべきと思われる。

さらに、瀬戸内海の栄養塩の大部分は陸起源であると従来考えられていたが、最近の研究によると、瀬戸内海における栄養塩の大部分が実は外洋起源であり、窒素の64%、リンの62%が外洋起源であるとの試算結果¹⁹⁾も出てきた。陸棚斜面底層からの低温で富栄養ないわゆる「底入り潮」が瀬戸内海にも影響を与え、その流入の強弱によって栄養塩濃度の経年変動が引き起こされている可能性が指摘されている²⁰⁾。今回の栄養塩の解析結果でも、伊予灘と接する沖合部 (DIN ではクラスター D、DIP ではクラスター c) での減少傾向は、沿岸部に比べて緩やかであったことから (Fig. 8 および Fig. 11)、沖合部では外洋から流入する栄養塩の影響をより強く受けていると考えられる。今後、周防灘の栄養塩動向を検討する際には、このような外洋起源の栄養塩動向もしっかりと考慮する必要があるだろう。

周防灘では漁業生産量の減少が続いているが、今後は赤潮や貧酸素水塊の発生を抑えつつも、海域の生産力を以前のような活気ある状態に戻すという、微妙な舵取りが求められる。そういった点においても、前述した「漁業に対する適正栄養塩レベルの検討」に関するワーキンググループを始め、様々な場で盛んな議論や活動が行われていくのが望ましいし、その成果に大いに期待したい。

謝 辞

本研究を行うにあたり、丁寧な指導と助言をいただいた桃山和夫博士 (前山口県水産研究センター内海研究部長) に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 宮下 章 (1970)：海苔の歴史。全国海苔問屋協同組合連合会、東京、1399pp.
- 2) 和西昭仁・畑間俊弘 (2006)：漁場環境モニタリング高度化事業 (2) ノリ漁場栄養塩調査。平成17年度山口県水産研究センター事業報告、201-208.

- 3) 瀬戸内海区水産研究所 (2001): 瀬戸内海の漁獲量(1952~1999年の灘別魚種別漁獲統計), 178pp.
- 4) 中国四国農政局統計情報部 (2001): 瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向 (2000年), 104-105.
- 5) 中国四国農政局統計情報部 (2002): 瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向 (2001年), 110-111.
- 6) 中国四国農政局統計情報部 (2003): 瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向 (2002年), 110-111.
- 7) 和西昭仁 (2005): 山口県周防灘海域における最近30年間の水質変動. 山口県水産研究センター研究報告, 3, 29-40.
- 8) 馬場俊典・和西昭仁・齋藤秀郎・繁永裕司 (2006): 赤潮・貝毒発生監視事業 (2) 赤潮発生状況(2005年). 平成17年度山口県水産研究センター事業報告, 225-231.
- 9) 瀬戸内海区水産研究所 (2005): 瀬戸内海ブロック浅海定線調査観測30年成果集, (独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所, 広島, 197pp.
- 10) 気象庁編 (1988): 海洋観測指針. (財)日本気象協会, 東京, 428pp.
- 11) 日本水産学会 (1973): 水圏の富栄養化と水産増養殖. (株)恒星社厚生閣, 東京, 126pp.
- 12) (社)日本水産資源保護協会: 水産増養殖叢書48. 有害・有毒赤潮の発生と予知・防除. (社)日本水産資源保護協会, 東京, 259pp.
- 13) 井上勝也編 (1987): みんなで考える洗剤の科学. (株)研成社, 東京, 168pp.
- 14) 井上勝也・彦田 毅 (1991): 活性剤の化学—ぬらすことと洗うこと—. (株)裳華房, 東京, 172pp.
- 15) 花王生活文化研究所 (1989): 洗たくの科学. (株)裳華房, 東京, 206pp.
- 16) 日本海洋学会海洋環境問題委員会 (2002): 有明海環境悪化機構究明と環境回復のための提言2. 海の研究, 11, 631-636.
- 17) 山口県環境政策課 (2005): 平成17年版山口県環境白書, 323pp.
- 18) 鷲尾圭司 (1994): 海洋環境の変化と明石海峡の漁業. 沿岸海洋研究ノート, 32 (1), 101-107.
- 19) 速水祐一・碓井澄子・武岡英隆 (2004): 瀬戸内海における窒素・リンの存在量とその長期変動. 海と空, 80, 75-78.
- 20) 武岡英隆・速水祐一・兼田淳史 (2005): 瀬戸内海における環境の長期変動. 沿岸海洋研究, 43 (1), 45-50.

山口県日本海沿岸域で漁獲されるいわし類当歳魚の 漁況予測に関する研究－Ⅱ いわし類当歳魚漁獲量の変動要因

河野 光 久

Study on Forecasting Catches of 0-Age Sardine,
Anchovy and Round Herring Caught in Coastal Waters
off Yamaguchi Prefecture, Southwestern Japan Sea－Ⅱ
Factors of Fluctuations in Catches of 0-Age
Sardine, Anchovy and Round Herring

Mitsuhisa KAWANO

The author revealed the characteristics of yearly fluctuations in catches of 0-age sardine (*Sardinops melanostictus*), anchovy (*Engraulis japonicus*) and round herring (*Etrumeus teres*) caught in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea and examined factors of the fluctuations. The catch of sardine peaked in 1979-1982 (3675-5518 tons) and then remarkably decreased. This decrease was closely related to decrease of the abundance of eggs and larvae. The catches of anchovy seasonal groups were less than 1700 tons and were not related to the abundance of eggs and larvae. The catches of spring group and autumn shirasu group were correlated with the catch in the previous year and mean sea surface temperature in September, respectively. The catch of round herring increased from 1979 to 1989 (3893 tons) and then decreased. This fluctuation was correlated with fluctuation of the abundance of eggs in May to June.

Key words : *Sardinops melanostictus*; *Engraulis japonicus*; *Etrumeus teres*; Catch

前報¹⁾では日本海西南部山口県沖におけるいわし類3種（マイワシ *Sardinops melanostictus*, カタクチイワシ *Engraulis japonicus* およびウルメイワシ *Etrumeus teres*）の卵・仔魚豊度の経年変化を明らかにした。

本報では、まず山口県日本海沿岸域におけるいわし類各魚種の当歳魚漁獲量の経年変動の特徴を明らかにし、さらに前報で得られた卵・稚仔豊度の資料や水温等の資料を用いて、漁獲量の経年変動の要因について検討した。

これまで、山口県日本海沿岸域のいわし類の漁況変動要因に関する研究は、カタクチイワシでは、中原・小川²⁾、小川・中原³⁾および河野⁴⁾の報告があり、マイワシについては森脇⁵⁾の報告がある。しかし、これらの研究はすべて10年以上も前の資料に基づいて行われたものであり、1990年代以降、マイワシが激減し、いわし類の漁況は大きく変化している⁶⁾ため、改めていわし類の漁況変動を整理し、その変動要因を探ることは重要であると考えられる。

本研究では、山口県日本海沿岸域で漁獲されるいわ

し類当歳魚漁獲量の経年変動の要因を究明することにより、漁況予測のために有効と思われるいくつかの知見を示す。

材料および方法

用いた漁獲統計資料は、山口ながと漁業協同組合（現在山口県漁業協同組合）湊地方卸売市場（Fig. 1, 以下、湊市場という。）に水揚げされたマイワシ、カタクチイワシおよびウルメイワシの1964～2004年の月別銘柄別漁獲量である。漁獲量変動要因の解析の対象とした各魚種の当歳魚は、湊市場における魚種別銘柄

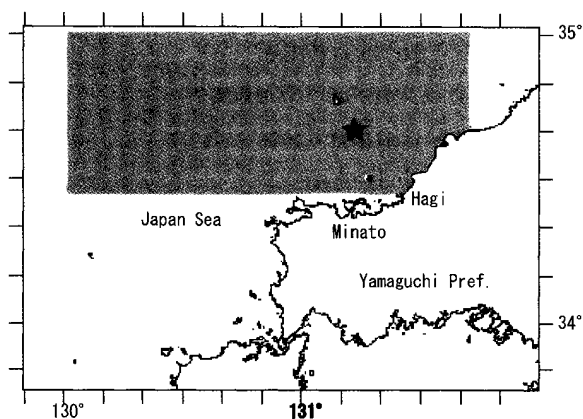


Fig. 1 Map of the area for estimating egg and larval abundance (shaded region) and the observation site of sea surface temperature (star mark).

別体長範囲と1968～1972年の魚種別月別体長組成⁷⁾を参考にして、以下の銘柄とした。マイワシ当歳魚：ヒラゴ（体長5～8cm）、小羽（体長8～13cm）；カタクチイワシ春生まれ群当歳魚：4～7月シラス（体長約3cm以下）、5～8月カエリ（体長約3～5cm）、6～10月中小（体長約5～10cm）、11～12月大羽（体長約10cm以上）；カタクチイワシ秋生まれ群当歳魚：9～12月シラス、9～12月カエリ、11～12月中小；ウルメイワシ当歳魚：中小（体長約5～18cm）。

漁獲量変動要因を究明するために用いたデータは、前報¹⁾で得られた1979～2004年の日本海西南部山口県沖におけるマイワシ、カタクチイワシおよびウルメイワシの月別産卵量と仔魚現存量を北緯35度以南の山口県日本海沿岸域（Fig. 1）で計算した値である。ここで、北緯35度以南に限定した理由は、この海域はいわし類当歳魚の漁場になっており、漁場形成に関わる卵・仔魚の補給はこの海域を流れる対馬暖流第1分枝の影響を大きく受けていると考えられるのに対し、北緯35

度以北の沖合域は対馬暖流第2分枝の影響下にあり、ここに出現する卵・仔魚は沿岸域の漁場形成にほとんど関係しないと考えられる⁸⁾からである。また、山口県日本海沿岸域で漁獲される秋生まれ群の主体となるシラスの漁獲量変動を説明するために山口県萩市北北西15海里沖（Fig. 1, 以後、萩沿岸域という。）における9月の平均海面水温の資料も用いた。

結果および考察

いわし類3種の当歳魚漁獲量の経年変化

湊市場におけるいわし類3種の当歳魚漁獲量の経年変化を Fig. 2 に示す。

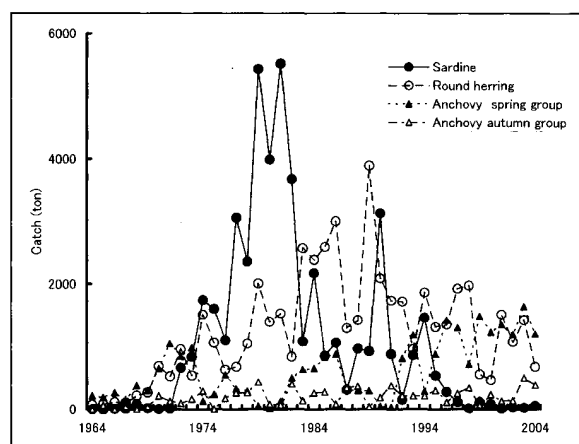


Fig. 2 Annual change in catches of 0-age sardine, anchovy and round herring at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture.

マイワシの漁獲量は（Fig. 2）、1971年までは100トン以下の低水準で推移していたが、1972年に657トン記録してからは、年々顕著に増加し、1979～1982年には3675～5518トンと極めて高い水準にあった。しかし、1983年に1047トンと急減してから後は、1990年に一時的に3133トンと増加したものの、漁獲量は総じて減少傾向にあり、特に1997年以降は120トン以下と低水準で推移した。

カタクチイワシ春生まれ群の漁獲量は（Fig. 2）、期間中1700トンを越えることはなく、マイワシほど大きな増減はないが、大きくみると1970～1973年、1982～1986年および1992～2004年の3つの高水準期が認められた。この内、1992年以降の漁獲量水準が最も高く、この期間の平均漁獲量は1130トンに達した。

カタクチイワシ秋生まれ群の漁獲量は（Fig. 2）、最高でも500トンを越えることはなく、春生まれ群よりも漁獲量の変動幅が小さかった。また、漁獲量の経

年変化も春生まれ群とはかなり異なり、3～5年の周期で増減を繰り返した。

ウルメイワシの漁獲量は (Fig. 2), 2～5年周期の比較的大きな変動を伴いながら、1989年まで増加し、1989年には期間最高の3893トンに達した。しかし、それ以降は減少傾向を示した。漁獲量の変動幅はマイワシに次いで大きかった。

独立行政法人水産総合研究センター⁶⁾によれば、カタクチワシとウルメイワシは生態的に競合関係にあり、東シナ海～日本海における両種の漁獲量は逆相関の関係にあるとされている。本海域においても、1970年代半ばから1992年まではウルメイワシは高水準、カタクチワシ春生まれ群は低水準にあったが、その後はウルメイワシが低水準になると、カタクチワシ春生まれ群は高水準になった (Fig. 2)。

マイワシ当歳魚の漁獲量変動要因

1979～2004年各年3～6月のマイワシ合計産卵量および合計仔魚現存量と当歳魚漁獲量との関係を調べた結果、相関係数は産卵量と漁獲量との間では0.492 ($p < 0.01$, $n = 26$), 仔魚現存量と漁獲量との間では0.509 ($p < 0.01$, $n = 26$) で、それぞれ有意な正の相関が認められた (Fig. 3)。

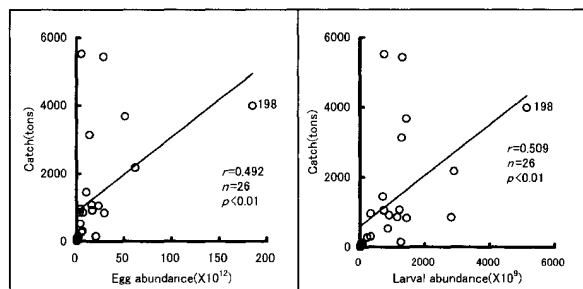


Fig. 3 Relationship between yearly catches of 0-age sardine at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture and abundance of the eggs and larvae in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in March to June, 1979-2004.

しかし、2001年以降は3月の卵稚仔調査が実施されていないので、これらの関係を直ちに漁況予測に適用するのは難しい。そこで、4～6月に毎月調査が実施されるようになった1986～2004年各年の4～6月の合計産卵量および合計仔魚現存量それぞれと当歳魚漁獲量との相関を調べたところ、相関係数は産卵量と漁獲量との間で0.535 ($p < 0.02$, $n = 19$), 仔魚現存量と漁獲

量との間で0.650 ($p < 0.01$, $n = 19$) と、それぞれ有意な正の相関が認められた (Fig. 4)。

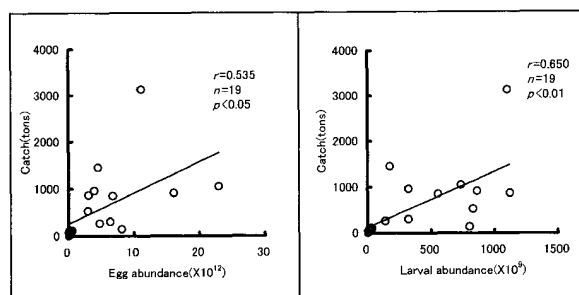


Fig. 4 Relationship between yearly catches of 0-age sardine at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture and abundance of the eggs and larvae in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in April to June, 1986-2004.

これらの結果から、マイワシ当歳魚の漁獲量変動には、卵および仔魚の豊度が大きく影響していると考えられた。また、当歳魚の漁況を大まかに予測するためには、1986年以降の4～6月の合計仔魚現存量 (X , 十億尾) と当歳魚漁獲量 (Y , kg) との間の次の回帰式を用いるのがよいと考えられた。

$$Y = 1213.092X + 125447.6$$

$$(r = 0.650, n = 19, p < 0.01)$$

カタクチワシ春生まれ群当歳魚漁獲量の変動要因

1986～2004年各年4～6月のカタクチワシ合計産卵量および合計仔魚現存量それぞれと春生まれ群当歳魚の漁獲量との関係を調べた結果、相関係数は産卵量と漁獲量との間で0.129 ($p > 0.05$, $n = 19$), 仔魚現存量と漁獲量との間で0.248 ($p > 0.05$, $n = 19$) と、両者と

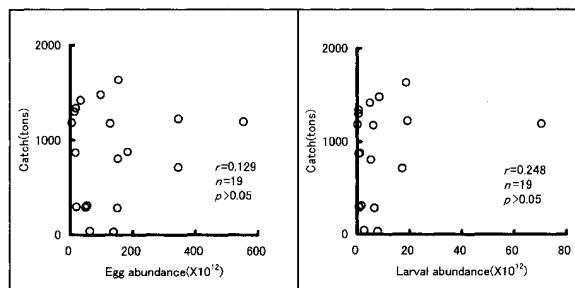


Fig. 5 Relationship between yearly catches of 0-age anchovy spring group at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture and abundance of the eggs and larvae in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in April to June, 1986-2004.

も有意な相関は認められなかった (Fig. 5)。

春生まれ群当歳魚の漁獲量と産卵量および仔魚現存量との間に有意な相関が認められなかった原因としては、山口県で漁獲される春生まれ群の主体は九州西北岸系群¹⁰⁾で、発育初期に九州北西部沿岸域から補給されると考えられており¹¹⁾、山口県日本海沿岸域の産卵量および仔魚現存量がこの九州西北岸系群の発生量を必ずしも反映していないことが考えられる。

このように山口県沿岸域の産卵量および仔魚現存量から当歳魚漁獲量を予測することは困難であるため、その他の要因を探る必要がある。

そこで、1980～2004年の当歳魚漁獲量 (Y, kg) と前年の当歳魚漁獲量 (X, kg) との関係を調べた結果、両者の間には有意な正の相関が認められ (Fig. 6)、次の回帰式が得られた。

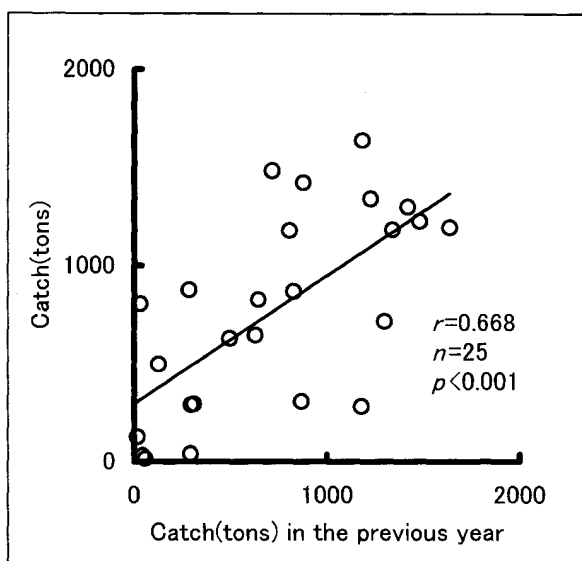


Fig. 6 Relationship between yearly catches of 0-age anchovy spring group at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture, 1980-2004 and those in the previous year.

$$Y=0.653X+296065.4$$

$$(r=0.668, n=25, p<0.001)$$

両者の関係および本種が7, 8 cm (約1年) で成熟する¹⁰⁾ことから、山口県日本海沿岸域における前年の当歳魚の漁獲量が親魚量に反映し、さらにその親魚量が当歳魚の来遊量に影響を及ぼすことが推察される。

カタクチイワシ秋生まれ群当歳魚漁獲量の変動要因

1979～1994年各年8月のカタクチイワシ合計産卵量および仔魚現存量それぞれと秋生まれ群当歳魚漁獲量

との関係を調べた結果、産卵量 ($r=0.110$, $n=16$, $p>0.05$) および仔魚現存量 ($r=0.436$, $n=16$, $p>0.05$) とも漁獲量との間に有意な相関は認められなかった (Fig. 7)。

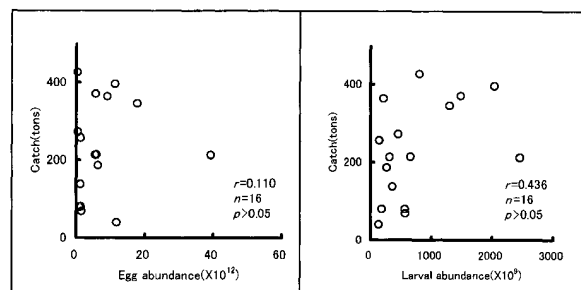


Fig. 7 Relationship between yearly catches of 0-age anchovy autumn group at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture and abundance of the eggs and larvae in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in August, 1979-1994.

1986～2004年各年9～10月の合計産卵量および仔魚現存量それぞれと秋生まれ群当歳魚漁獲量との関係も調べたが、産卵量 ($r=0.303$, $n=14$, $p>0.05$) および仔魚現存量 ($r=0.314$, $n=14$, $p>0.05$) とともに漁獲量との間に有意な相関は認められなかった (Fig. 8)。

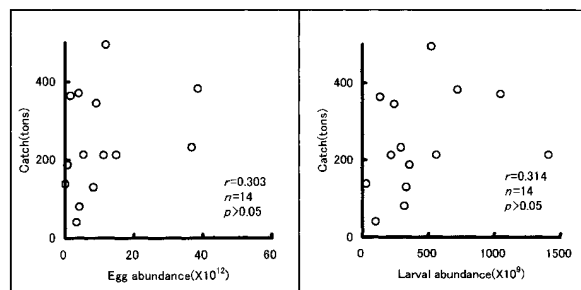


Fig. 8 Relationship between yearly catches of 0-age anchovy autumn group at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture and abundance of the eggs and larvae in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in September to October, 1986-2004.

このように8月および9～10月ともに産卵量および仔魚現存量それぞれと漁獲量との間に相関が認められなかった原因としては、カタクチイワシ秋生まれ群の卵・仔魚の補給源は九州北西部沿岸域であると考えられている¹¹⁾ことから、春生まれ群と同様に山口県日本海沿岸域の産卵量および仔魚現存量が補給源の発生量を反映していないか、あるいは秋生まれ群の漁獲の主体となるシラスについては、漁場がごく沿岸の内湾域を中心として形成される³⁾ため、水温等の環境条件の

方が大きく影響している可能性が考えられる。

そこで、1979～2004年各年の萩沿岸域における9月の平均海面水温（ X ，℃）と秋生まれ群シラス漁獲量（ Y ，kg）との関係を調べた結果、両者の間には有意な正の相関が認められ（Fig. 9， $r=0.510$ ， $n=26$ ， $p<0.01$ ），次の回帰式が得られた。

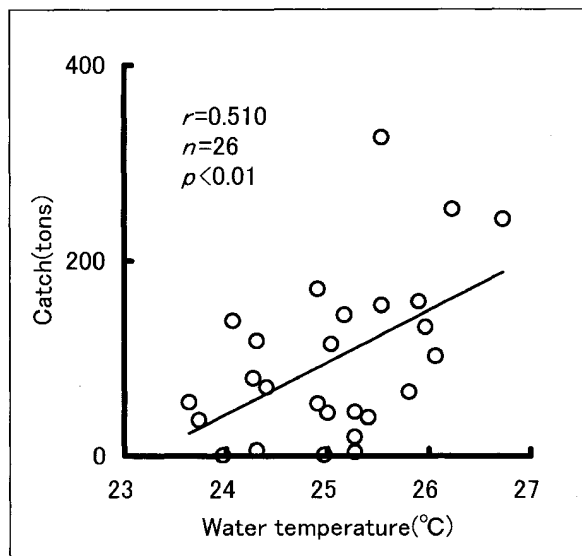


Fig. 9 Relationship between yearly catches of anchovy autumn shirasu group at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture and daily mean sea surface temperature in coastal waters off Hagi City, Yamaguchi Prefecture in September, 1979-2004.

$$Y=53169.740X-1233217.0$$

小川・中原³⁾は山口県日本海沿岸域の秋漁期におけるカタクチイワシの漁況変動の基本モデルを作成し，その中でシラスの好不漁をもたす条件として，産卵量，沿岸漁場への輸送条件，湾内への輸送条件，および操業条件の4つを取り上げている。この研究結果は，山口県日本海沿岸域の産卵量および仔魚現存量よりも，水温がシラスの漁況変動に影響していることを示しており，水温は小川・中原³⁾のモデルにおける漁場への輸送条件に関わるものと考えられる。つまり，秋生まれ群の卵・仔魚は高温域に沿って漁場に参加する傾向がある¹⁾ため，水温が高ければ，仔魚の漁場への参加が促進され，シラスの好漁につながるのではないかと考えられる。

ウルメイワシ当歳魚漁獲量の変動要因

1986～2004年各年4～6月のウルメイワシ合計産卵

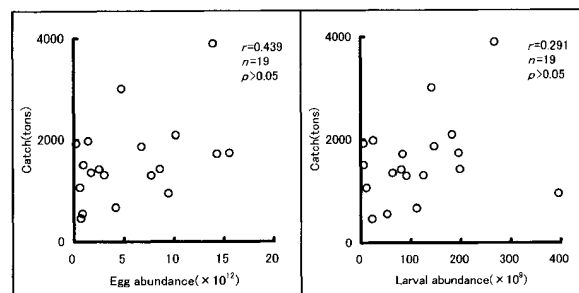


Fig. 10 Relationship between yearly catches of 0-age round herring at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture and abundance of the eggs and larvae in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in April to June, 1986-2004.

量および合計仔魚現存量それぞれと当歳魚漁獲量との関係を調べた結果，産卵量（ $r=0.439$ ， $n=19$ ， $p>0.05$ ）および仔魚現存量（ $r=0.291$ ， $n=19$ ， $p>0.05$ ）とも漁獲量との間に有意な相関は認められなかった。また，産卵盛期の5～6月に限定して両者の関係を調べたところ（Fig.11），仔魚現存量と漁獲量との間には相関は認められなかった（ $r=0.336$ ， $n=19$ ， $p>0.05$ ）が，産卵量と漁獲量の間では有意な正の相関が認められ（ $r=0.484$ ， $n=19$ ， $p<0.05$ ），漁獲量（ Y ，kg）と5～6月の産卵量（ X ，十億粒）の間には次式の関係が得られた。

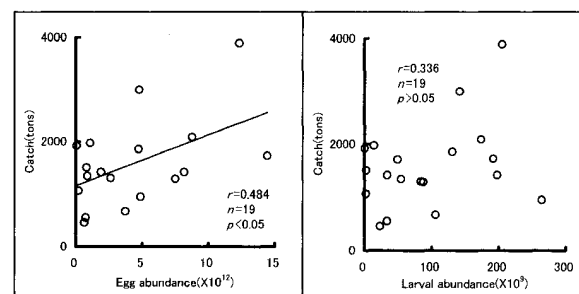


Fig. 11 Relationship between yearly catches of 0-age round herring at Minato fish market, Yamaguchi Prefecture and abundance of the eggs and larvae in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in May to June, 1986-2004.

$$Y=1170471.200X+89.9$$

以上の結果から，5～6月の産卵量の多寡が当歳魚漁獲量の変動に影響していると考えられた。また，産卵期の初期に出現する卵は，5～6月に出現する卵に

比べ、何らかの環境条件の影響でその後の生き残りが悪いが、山口県沿岸域への加入にあまり関係しないため、その量変動が山口県沿岸域における当歳魚の漁況へ反映されにくいのではないかと推察される。

文 献

- 1) 河野光久 (2006) : 山口県日本海沿岸域で漁獲されるいわし類当歳魚の漁況予測に関する研究-I, 日本海南西部山口県沖におけるいわし類卵・仔魚豊度の経年変化. 山口県水産研究センター研究報告, (4), 57-63.
- 2) 中原民男・小川嘉彦 (1967) : 山口県外海沿岸におけるカタクチイワシについて, 第1報聞取調査による漁況予察. 山口県外海水産試験場研究報告, 8 (3), 1-15.
- 3) 小川嘉彦・中原民男 (1985) : 海洋における生物輸送の評価のモデル. 第19回西海区水研ブロック漁海況予報会議におけるシンポジウム報告書, 1-3.
- 4) 河野光久 (1989) : 日本海南西海域におけるイワシ類卵・稚仔の出現状況とシラス漁況予測. 日本海ブロック試験研究集録, (14), 7-12.
- 5) 森脇晋平 (1996) : 日本海南西部沿岸海域におけるマイワシ当歳魚漁況. 水産海洋研究, 60 (1), 11-17.
- 6) 独立行政法人水産総合研究センター (2004) : 東シナ海・日本海のおかし類の現在. 1-20.
- 7) 中原民男・小川嘉彦 (1973) : 沿岸漁場の特性に関する研究, 第7報漁況変動からみた魚群の集合様式についての一考察. 水産海洋研究会報, (23), 8-20.
- 8) 河野光久 (1997) : 日本海南西部表層域における仔稚魚の分布. 山口県外海水産試験場研究報告, 26, 59-63.
- 9) 秋元 聡・中川 清 (1993) : 筑前海沿岸域におけるカタクチイワシ秋生まれ群の出現様式とその変動要因. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, (1), 45-49.
- 10) 中原民男 (1974) : 日本海のおかし県産カタクチイワシの生物学的諸特性と漁況変動. 山口県外海水産試験場研究報告, 14, 41-61.
- 11) 河野光久・中原民男 (1998) : 日本海南西海域におけるマイワシ及びカタクチイワシ卵・仔魚の分布と環境. 山口県外海水産試験場研究報告, 27, 11-25.

ケンサキイカ樽流し釣りといか一本釣りの 漁獲効率の比較

河野 光 久

Comparisons of Fishing Efficiency for *Photololigo edulis* between Tarunagashi Jigging and Hand Jigging

Mitsuhisa KAWANO

Experiments to compare fishing efficiency for *Photololigo edulis* between tarunagashi jigging and hand jigging were executed in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea in early summer in 2003 and 2004. Difference between mean catch in number per 10 jigs and hour by tarunagashi jigging and that by hand jigging during daytime was not significant (t -test, $P>0.05$). However, because Fishermen use more than twice jigs in tarunagashi jigging as many as hand jigging, it is considered that fishing efficiency in tarunagashi jigging would be higher than that in hand jigging during daytime. On the other hand, there was no significant difference between mean catch in number per fishing boat and day by hand jigging using fish attracting lights during nighttime and that by tarunagashi jigging (t -test, $P>0.05$).

Key words : *Photololigo edulis*; Fishing efficiency; Squid jigging

ケンサキイカ *Photololigo edulis* は山口県日本海沿岸域でいか一本釣りや小型底曳網等で漁獲される重要資源であるが、近年漁獲量が減少傾向にあり¹⁾、今後の資源状態が危惧されている。河野・斉藤¹⁾は山口県日本海沿岸域における近年のケンサキイカ漁業の実態を調べ、1988年以降本格的に普及してきた樽流し釣りは、従来の手釣りによるいか一本釣りに比べ使用漁具数が2倍以上で、しかも広範囲に操業できるため、漁獲効率が高く、近年漁労体数や出漁日数が減少しても、漁獲圧は高まってきているのではないかと考えている。しかし、樽流し釣りの方がいか一本釣りよりも漁獲効率が高いのかどうかについては、明らかにされていない。

本研究では、いか一本釣りと樽流し釣りの漁獲効率の差を明らかにすることを目的として、昼いか一本釣

り（以後、昼いか釣りという。）と樽流し釣りによる漁獲試験を行った。また、漁獲統計資料を用いて、樽流し釣りと夜間集魚灯を用いて行う夜いか一本釣り（以後、夜いか釣りという。）の単位漁獲努力量当たり漁獲量についても比較したので、その結果を報告する。

材料および方法

樽流し釣りと昼いか釣りとの単位漁獲努力量当たり漁獲量を比較するため、2004年6月28～29日の日中に、カキノ瀬および山口県見島周辺海域（水深54～103m, Fig. 1）で山口県漁業調査船くろしおを使用して、樽流し釣りと昼いか釣りを同時に行った。いか釣具は布巻浮きスッテ（布色赤白）4号4本をFig. 2の仕様で取り付けたものとし、樽流し釣りで4本、昼いか釣りで9～10本を使用し、両漁法の操業1時間擬似針10

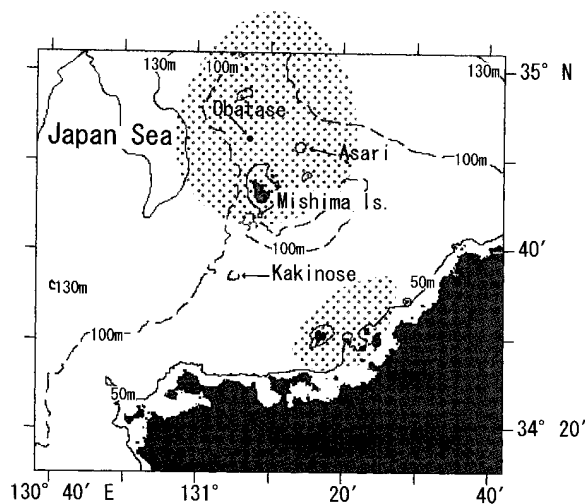


Fig. 1 Map showing the locations (closed circles) where fishing experiments by the R.V. Kuroshio were executed, the fishing grounds (dotted regions) by squid anglers from Hagi and bathymetric contours off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea.

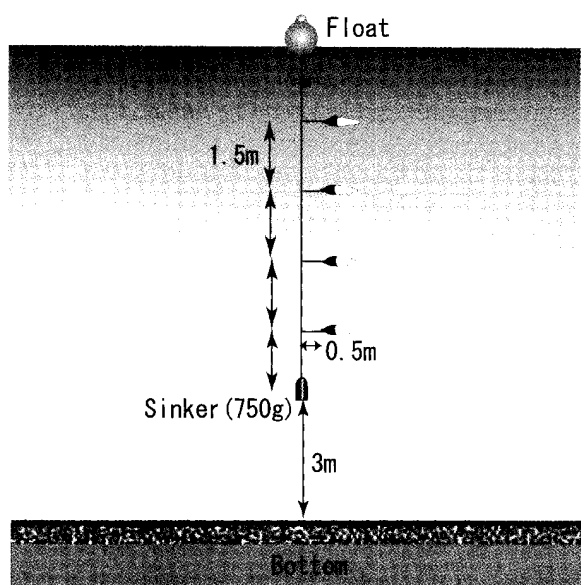


Fig. 2 Fishing equipment used in the experiment.

本当たり漁獲個体数（以後、CPUE という。）を比較した。漁獲したケンサキイカは船上で外套背長を測定した。また、樽流し釣りや夜いか釣りの漁獲効率を比較するため、2003年6～7月に山口県日本海沿岸域（Fig. 1）で操業した萩市大井湊地区のいか一本釣り漁業者18人の樽流し釣りから夜いか釣りへの切り替え日と日別ケンサキイカ漁獲量を調べた。夜いか釣りへの切り替え日を調べた理由は、当該地区のいか一本釣り漁業者は例年冬～春にかけて樽流し釣りをを行い、6

～7月に樽流し釣りから夜いか釣りに切り替えるので、切り替え日以前は樽流し釣り、それ以降は夜いか釣りを行ったとみなすことができるからである。解析にあたっては、両漁法とも2隻以上水揚げした日における両漁法の1日1隻当たり漁獲量を比較した。

結 果

樽流し釣りと昼いか釣りのCPUE および外套背長の比較

2004年6月28～29日に実施した比較試験の結果、小畑瀬では樽流し釣りの方が昼いか釣りよりもCPUEが大きかったが、アサリ（瀬）では樽流し釣りの方がCPUEが大きく、調査場所により結果が異なった（Table 1）。CPUEの平均値（±標準偏差）は樽流し釣りで0.91（±1.08）個体/10針/時間、昼いか釣りで2.70（±3.35）個体/10針/時間であった（Table 1）。両者の平均値の差を検定した結果、有意な差は認められなかった（*t*検定、 $P>0.05$ ）。

漁獲したケンサキイカの外套背長をみると、樽流し釣りでは平均215.9mm、範囲160～250mm、モード250mm、昼いか釣りでは平均211.6mm、範囲130～290mm、モード200mmであった（Fig. 3）。両者の平均値の差を検定した結果、有意な差は認められなかった（*t*検定、 $P>0.05$ ）。

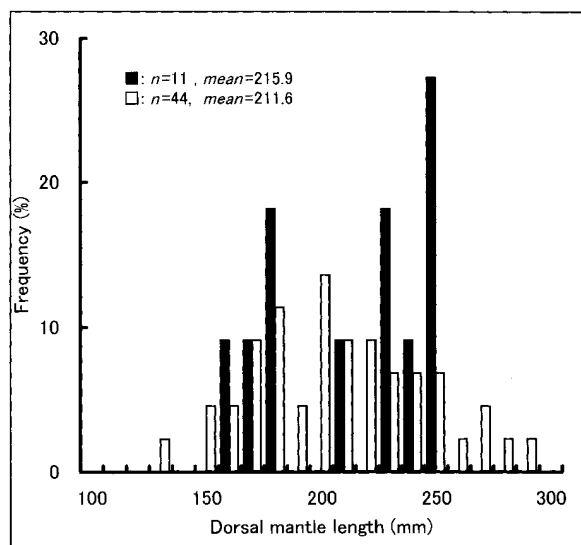


Fig. 3 Frequency distributions of dorsal mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal off waters Yamaguchi Prefecture by tarunagashi jigging (closed bar) and hand jigging (open bar) during daytime in June 28-29, 2004.

樽流し釣りと夜いか釣りの1日1隻当たり漁獲量の比

Table 1 Comparison of CPUE* of *Photololigo edulis* by tarunagashi jigging and by hand jigging during daytime

Date	Location	Tarunagashi jigging				Hand jigging			
		N. of squids	N. of jigs	Hours fishing (min.)	CPUE	N. of squids	N. of jigs	Hours fishing (min.)	CPUE
June 28, 2004	Kakinose 34° 39.8' N, 131° 02.1' E	0	16	45	0.00	1	36	23	0.72
June 28, 2004	Southwest off Mishima 34° 44.6' N, 131° 05.0' E	0	16	54	0.00	1	40	20	0.75
June 28, 2004	West off Mishima 34° 46.2' N, 131° 05.6' E	0	16	42	0.00	0	40	20	0.00
June 28, 2004	Obatase 34° 52.6' N, 131° 07.7' E	3	16	48	2.34	8	40	25	4.80
June 29, 2004	Obatase 34° 52.7' N, 131° 07.5' E	3	16	65	1.73	17	40	29	8.79
June 29, 2004	Obatase 34° 52.6' N, 131° 07.6' E	1	16	56	0.67	4	40	27	2.22
June 29, 2004	Obatase 34° 52.5' N, 131° 07.5' E	0	16	53	0.00	14	40	30	7.00
June 29, 2004	Asari 34° 52.1' N, 131° 13.8' E	1	16	50	0.75	0	36	29	0.00
June 29, 2004	Asari 34° 51.7' N, 131° 14.6' E	3	16	42	2.68	0	36	14	0.00
Mean					0.91				2.70
S.D.					1.08				3.35

*CPUE: catch in number/10jigs/hour.

較

萩市大井湊地区のいか一本釣り漁業者18人の樽流し釣りから夜いか釣りへの切り替えは2003年6月26日から7月23日にかけて行われた。このうち両漁法とも2隻以上水揚げがあった6月30日から7月22日の1日1隻当たり漁獲量の経日変化をみると、両者とも比較的

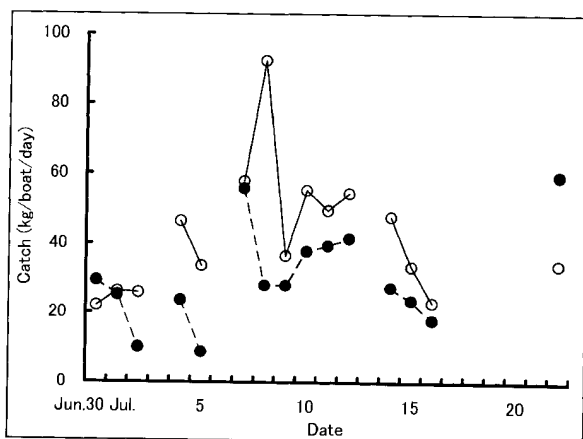


Fig. 4 Daily changes in catch (kg/boat/day) of *Photololigo edulis* caught by squid anglers from Hagi operated in coastal waters off Yamaguchi Prefecture shown in Fig.1 in June to July in 2003. Open circle: nighttime hand jigging; closed circle: tarunagashi jigging.

よく似た変化を示し (Fig. 4), 両者の間には有意な正の相関が認められた (Kendall の順位相関係数 $\tau = 0.355$, $P < 0.05$)。

両漁法の1日1隻当たりケンサキイカ漁獲量を比較すると、6月30日と7月22日を除き、夜いか釣りの方が樽流し釣りより大きい値を示した (Fig. 4) が、平均値の差を検定した結果、有意な差は認められなかった (t 検定, $P > 0.05$)。

考 察

調査船調査では樽流し釣りと昼いか釣りの CPUE の平均値には有意な差は認められなかったが、漁業の現場で使用する釣具数は、昼いか釣りでは2~6本であるのに対し、樽流し釣りでは10~20本と、樽流し釣りの方が2倍以上の釣具を使用している。これらのことから、ケンサキイカの漁獲可能資源が十分にあれば、漁獲効率は使用する釣具数 (擬似針数) に対応して高くなると考えられ、樽流し釣りの方が昼いか釣りよりも漁獲効率は2倍以上高いと考えられる。

一方、樽流し釣りと夜いか釣りの1日1隻当たり漁獲量を比較した結果では、両者の平均値には有意な差は認められなかった。このことは、夜いか釣りは使用

する漁具数が少なくても、夜間集魚灯で集魚するので樽流し釣りに匹敵するくらいに1隻当たりの漁獲効率が高くなり得ることを示している。ただし、例年6～7月に昼間操業から夜間操業に切り替わるのは、この時期にそれまで（春季）の大型産卵群に替わり小型未熟群の加入があり²⁾、ケンサキイカが集魚灯に集まり易くなるからであることに注意する必要がある。すなわち、ケンサキイカの外套背長や成熟状態の違いによって集魚灯に集まり易い時期とそうでない時期があると考えられるので、今後は時期別の比較が必要である。

また、昼間でも小畑瀬（Table 1）のようにケンサキイカが比較的集中して分布するような場所では、移動しながら操業する樽流し釣りよりも船を定位して操業する昼いか釣りの方が漁獲個体数が多くなることも起こり得るのではないかと考えられる。

以上のことから、いか一本釣りに比べより広い範囲で操業が可能な樽流し釣りは、魚群が分散して分布している場合や魚群の分布状況が分からない場合にはより効率的な操業方法であり、一方、定位して操業する

いか一本釣りは魚群分布密度が高い場所や集魚して漁獲ができる場合にはより効率的な操業方法となると考えられる。

謝 辞

夜いか釣りへの切り替え時期等の調査に協力をいただいた山口はぎ漁業協同組合大井湊支所（現在山口県漁業協同組合大井湊支店）の皆様へ感謝します。

文 献

- 1) 河野光久・斉藤秀郎（2004）：日本海南西山口県沿岸域における近年のケンサキイカの資源生態と漁業実態の特徴的变化。山口県水産研究センター研究報告，(2)，77-85.
- 2) 山田英明・小川嘉彦・森脇晋平・岡島義和（1983）：日本海西部沿岸域におけるケンサキイカ・ブドウイカの生物学的特性。日本海西部海域に生息する“シロイカ”（ケンサキイカ・ブドウイカ）に関する共同研究報告書，(1)，29-50.

山口県日本海沿岸域で漁獲されたマアジの食性

河野 光久

Feeding Habits of Jack Mackerel (*Trachurus japonicus*) Caught in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture, Southwestern Japan Sea

Mitsuhisa KAWANO

The feeding habits of jack mackerel *Trachurus japonicus* were studied based on the stomach contents of specimens collected in the coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea in 2003. Main preys were crustaceans such as copepods, shrimps, euphausiids and decapod larvae in all seasons. Next abundant preys were fishes such as *Engraulis japonicus*, *T. japonicus*, *Bregmaceros japonicus*. The larger sized fishes fed on larger sized preys. The stomach contents were different from those in the previous studies conducted in 1967 and 1968. It is considered that the difference would be caused by difference of species compositions in the environments.

Key words : *Trachurus japonicus*; Feeding habit; Southwestern Japan Sea

マアジ *Trachurus japonicus* は、山口県日本海沿岸域では中型まき網や一本釣りで漁獲される重要魚種である。本種の食性を明らかにすることは、本種の生態学的知見として重要であるだけでなく、漁場形成条件としての餌生物の分布および量変動を解明する上でも必須である。これまで本種の食性については、若狭湾¹⁾、仙台湾²⁾、東シナ海³⁾などさまざまな海域における報告があり、動物プランクトンや魚類が餌となっていることが明らかにされている。本海域においても1967～1968年の調査によりカタクチイワシ *Engraulis japonicus* のシラスが主要な餌となっていたことが報告されている⁴⁾。しかし、海域のプランクトンや魚種組成は、時間的あるいは地理的に変化するため、近年の本海域におけるマアジの食性は1967～1968年当時とは異なっている可能性が高い。

本研究では、2003年4～12月に山口県日本海沿岸域

で漁獲されたマアジの胃内容物を調査し、季節別、尾叉長別の主要餌生物と餌サイズを明らかにするとともに、過去の知見との比較を行った。

材料および方法

研究に用いたマアジは、2003年4～12月に山口県日本海沿岸域で (Fig. 1) 主に中型まき網で漁獲された441個体である (Table 1)。これらの標本について、尾叉長、体重、生殖腺重量を測定した後、胃を取り出し、胃内容物の組成を調べた。餌生物がほぼ完全な形で残っていたものについては、その体長を測定した。胃内容物の組成は季節 (春季4～5月、夏季6～8月、秋季9～10月、冬季11～12月) 別および尾叉長階級別に出現頻度法で示した。

Table 1 List of *Trachurus japonicus* samples for the study of food

Sampling date	No. of specimens	Range of fork length (mm)	Sampling area*	Sampling gear
April 23, 2003	40	110-213	A	Purse sein
April 25	20	300-357	B	Purse sein
May 20	75	158-263	B	Purse sein
June 11	33	193-398	C	Purse sein
July 3	23	271-293	D	Purse sein
August 22	25	264-280	B	Purse sein
August 27	20	278-303	B	Purse sein
September 11	36	251-282	B	Purse sein
October 17	41	120-239	E	Purse sein
October 17	20	151-194	F	Set net
November 20	30	131-249	B	Purse sein
December 17	78	126-289	G	Set net
Total	441			

* See Fig.1.

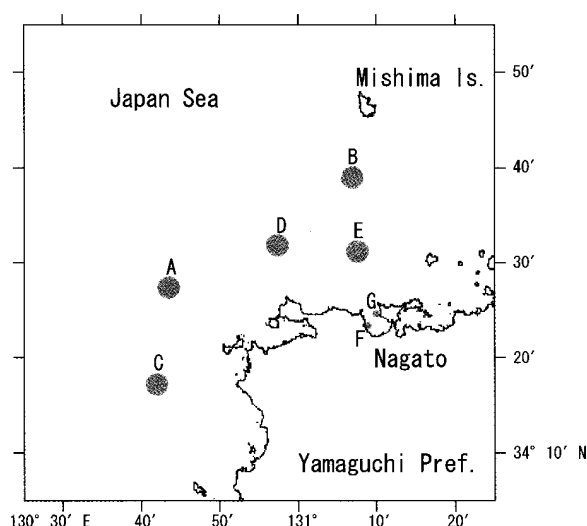


Fig. 1 Sampling area for *Trachurus japonicus* used for the feeding habit study. A-G show the sampling locations.

結 果

季節別胃内容物組成

季節別の胃内容物組成を Table 2 に示す。季節を通して出現頻度が最も高かったのは甲殻類であった (Table 2)。このうち、かいあし類は春季、秋季および冬季に、長尾類およびおきあみ類は夏季から冬季を中心として、端脚類は秋季を中心として、十脚類幼生は春季から夏季を中心として出現した。甲殻類に次いで魚類の出現頻度が高く、中でもマアジ、カタクチイワシおよびサイウオ *Bregmaceros japonicus* の出現頻度が高かった (Table 2)。このうち、マアジは夏季を中心として春季から夏季、カタクチイワシおよびサイウオは秋季を中心として夏季から冬季に出現

した。軟体類では (Table 2)、スルメイカ *Todarodes pacificus* が春季に比較的多く出現した。また、ヤリイカ科稚仔が春季 (5月20日) および夏季 (8月27日) にわずかに出現した。

その他に餌生物ではないが、アニサキス型幼虫が春季から夏季を中心として出現した (Table 2)。しかし、その出現頻度は6.7%以下と低く、出現個体数も最大でもマアジ1尾あたり2個体と少なかった。

空胃率は冬季に38.0%と最も高く、夏季および秋季には1.0%以下と低かった (Table 2)。

尾叉長別胃内容物組成

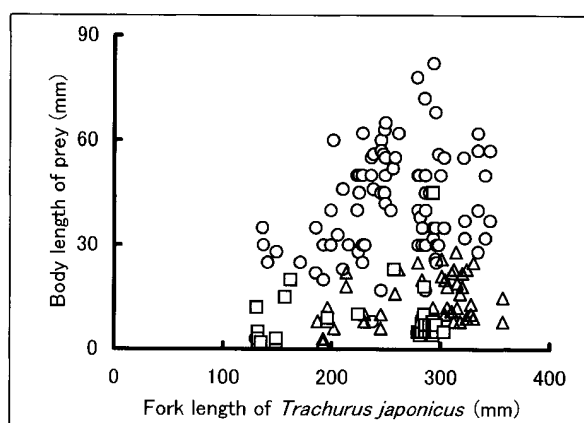
マアジの尾叉長と餌生物の体長との関係を Fig.2 に示す。

餌生物の最大体長に注目すると、マアジの尾叉長が149mm以下では最大体長は35mmであったが、尾叉長が150~249mmになると最大体長は65mmとやや大きくなり、尾叉長250mm以上では最大体長が82mmとさらに大きくなった (Fig. 2)。このように、マアジの尾叉長が大きくなるほど、餌生物の最大体長が大きくなる傾向が窺えた。

マアジの尾叉長別の餌生物の組成を細かくみると (Table 3)、小型のマアジほど、より小型の甲殻類を捕食する傾向が認められた。すなわち、小型の甲殻類であるかいあし類 (体長1~3mm)、端脚類 (体長2~3mm) および介形類 (体長1~3mm) は尾叉長149mm以下の小型のマアジに、おきあみ類 (体長8~10mm) は尾叉長200~249mmの中型のマアジに、長尾類 (4~45mm) は尾叉長250mm以上の大型のマアジに主に捕食

Table 2 Stomach content composition of *Trachurus japonicus* by frequency occurrence (%) by season

Season		Spring (Apr.-May)	Summer (Jun.-Aug.)	Autumn (Sept.-Oct.)	Winter (Nov.-Dec.)
No. of specimens examined		135	101	97	108
Range of fork length (mm)		110-357	193-398	120-239	126-289
Empty stomachs (%)		13.3	1.0	0.0	38.0
Stomach contents					
CRUSTACEA	Copepoda	10.4	0.0	34.0	20.4
	Macrura	7.4	25.7	37.1	12.0
	Euphausia	0.0	21.8	18.6	21.3
	Amphipoda	1.5	0.0	36.1	3.7
	Ostracoda	0.7	0.0	11.3	3.7
	Decapoda larvae	25.2	18.8	2.1	0.0
	Unidentified crustacea	9.6	2.0	6.2	3.7
ANNELIDA	Polychaeta larvae	0.7	2.0	1.0	0.0
MOLLUSCA	Loliginidae	1.5	5.0	0.0	0.0
	<i>Todarodes pacificus</i>	11.9	0.0	0.0	1.9
	<i>Euprymna morsei</i>	0.7	0.0	0.0	0.0
	Unidentified squid	0.0	3.0	3.1	3.7
	Octopodidae	0.0	0.0	0.0	5.6
	Pteropoda	0.0	0.0	8.2	0.0
	Gastropoda larvae	0.0	0.0	3.1	0.0
PISCES	<i>Trachurus japonicus</i>	9.6	18.8	1.0	0.9
	<i>Engraulis japonicus</i>	0.0	9.9	29.9	6.5
	<i>Champsodon snyderi</i>	0.7	1.0	3.1	0.9
	<i>Scomber japonicus</i>	0.0	1.0	0.0	0.0
	<i>Bregmaceros japonicus</i>	0.0	18.8	28.9	9.3
	<i>Callionymus</i> sp.	0.0	0.0	1.0	0.0
	<i>Spratelloides gracilis</i>	0.0	0.0	0.0	7.4
	<i>Upeneus bensasi</i>	0.0	1.0	0.0	0.0
	Unidentified fish	7.4	15.8	7.2	18.5
Digested matters		24.4	20.8	2.1	2.8
NEMATODA	Anisakis type larvae	6.7	5.9	1.0	0.0

**Fig. 2** Relationship between the fork length of *Trachurus japonicus* and body length of their prey. Circles: fishes, squares: crustaceans, triangles: molluscs.

されていた。次に魚類についてみると、マアジ（体長17～78mm）は尾叉長200mm以上のマアジに捕食され、尾叉長が大きくなるほど出現率が高くなる傾向が認められた。カタクチイワシ（体長22～55mm）は尾叉長150mm以上のマアジに捕食されていた。サイウオは尾叉長150～299mmのマアジに捕食されており、特に尾叉長250～299mmで出現率が高かった。軟体類についてみると、スルメイカ（体長2～28mm）は尾叉長150mm以上のマアジに捕食されており、特に尾叉長300mm以上の大型のマアジに多く捕食されていた。ヤリイカ科稚仔（体長5～20mm）は尾叉長200～299mmのマアジに捕食されていた。

アニサキス型幼虫の出現率は6.8%以下でマアジの尾叉長によって大きな差はなかった（Table 3）。

Table 3 Stomach content composition of *Trachurus japonicus* by frequency occurrence (%) by fork length

Range of fork length (mm)		110-149	150-199	200-249	250-299	300-398
No. of specimens examined		73	89	98	137	44
Empty stomachs (%)		34.2	14.6	12.2	7.3	0.0
Stomach contents		body length (mm)				
CRUSTACEA	Copepoda	1- 3	41.1	18.0	23.5	0.0
	Macrura	4-45	12.3	7.9	9.2	29.9
	Euphausia	8-10	11.0	11.2	23.5	16.1
	Amphipoda	2- 3	19.2	9.0	18.4	0.0
	Ostracoda	1- 3	16.4	2.2	2.0	0.0
	Decapoda larvae		4.1	19.1	1.0	6.6
	Unidentified crustacea		16.4	4.5	14.3	2.2
ANNELIDA	Polychaeta larvae		0.0	2.2	0.0	1.5
MOLLUSCA	Loliginidae	5-20	0.0	0.0	1.0	4.4
	<i>Todarodes pacificus</i>	2-28	0.0	2.2	2.0	0.7
	<i>Euprymna morsei</i>	6-10	0.0	0.0	1.0	0.0
	Unidentified squid	6-25	0.0	1.1	3.1	4.4
	Octopodidae	2- 8	0.0	2.2	4.1	0.0
	Pteropoda		0.0	0.0	8.2	0.0
	Gastropoda larvae		2.7	0.0	1.0	0.0
PISCES	<i>Trachurus japonicus</i>	17-78	0.0	0.0	8.2	11.7
	<i>Engraulis japonicus</i>	22-55	0.0	22.5	6.1	10.2
	<i>Champsodon snyderi</i>	28-62	1.4	0.0	2.0	1.5
	<i>Scomber japonicus</i>	40-50	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Bregmaceros japonicus</i>	25-40	0.0	3.4	5.1	35.8
	<i>Callionymus</i> sp.		1.4	0.0	0.0	0.0
	<i>Spratelloides gracilis</i>	45-65	0.0	0.0	6.1	1.5
	<i>Upeneus bensasi</i>		0.0	0.0	0.0	0.7
	Unidentified fish		6.8	4.5	19.4	8.0
Digested matters			6.8	13.5	14.3	5.8
NEMATODA Anisakis type larvae			6.8	1.1	2.0	3.6

空胃率は尾叉長300mm以上では0%であったが、小型になるほど高くなり、尾叉長149mm以下では34.2%であった (Table 3)。

考 察

対馬暖流域で漁獲されるマアジの食性について、畔田・落合¹⁾は、若狭湾で漁獲される中・大型マアジには沖合回遊性のクロアジと沿岸定着性のキアジの2系群があり、前者は甲殻類、いか類および小型魚類を雑食するが、後者は主に沿岸性の小魚とくにカタクチイワシを主食としていたことを報告している。また、中原・小川⁴⁾は山口県日本海沿岸域で漁獲されるマアジの食性について、1967～1968年の5、6月に出現した瀬付きのマアジ1～2歳群および9～11月に出現した当歳魚群がカタクチイワシを主食としていたことを報告している。本研究で出現した主要な餌生物は

若狭湾とほぼ同様に甲殻類、魚類およびいか類で (Table 2)、これらを雑食していた標本が多かった。また、魚類では春季から夏季にはマアジが主に捕食されており (Table 2)、1967～1968年当時とは異なっていた。本研究ではクロアジとキアジの形態的識別は行わなかったが、標本を採取した中型まき網は沿岸でやや黄味を帯びた瀬付きのマアジを漁獲し、また定置網は内湾域のマアジを漁獲していることから、用いた標本の中にはキアジがかなり含まれていたと思われる。畔田・落合¹⁾はクロアジとキアジの餌生物の相違は、両者で餌に対する好みが違うことよりも、それぞれの環境水域に生息する動物相の差に起因していると考えている。すなわち、キアジでも環境水域に沿岸性魚類が少なければ、生存のためには当然魚類以外の生物も雑食することは十分考えられ、年代による餌生物の相違についても環境水域における生物の種組成の相違が

大きく影響していると考えることができる。

マアジの尾叉長と捕食されていたマアジの体長との関係を調べた結果、マアジを捕食していた個体の尾叉長は200mm以上で、捕食されていたマアジの体長は17～78mmであった (Table 3)。マアジは尾叉長200mm以上になると産卵する可能性があること⁵⁾、および捕食が多かった季節は産卵期の春季⁶⁾から幼稚仔生育期の夏季であったことから、親魚が産卵場あるいはその周辺の幼稚仔生育場でこれらの幼稚仔を捕食した可能性が高い。

餌となっていたいか類では資源が高水準にあるスルメイカ⁷⁾の稚仔の出現率が最も高かったが、ふ化後間もないとみられるヤリイカ科稚仔 (体長5～20mm) も5月20日および8月27日にわずかに出現した (Table 2)。ヤリイカ科稚仔を捕食していたマアジが漁獲された海域を確認したところ、両日とも Fig. 1 の B 海域 (カキノ瀬) であった (Table 1)。山口県日本海沿岸域で漁獲されるヤリイカ科のいか類には、ヤリイカ *Loligo bleekeri* とケンサキイカ *Photololigo edulis* があるが、前者の産卵期は1～3月⁸⁾、後者のそれは4～9月⁹⁾であることから、出現したヤリイカ科稚仔はケンサキイカであったと考えられる。これらのことから、ケンサキイカ稚仔が捕食されていたカキノ瀬はケンサキイカ幼稚仔の生育場になっており、その周辺でケンサキイカが産卵可能な砂質底または礫底¹⁰⁾は産卵場になっていた可能性が示唆される。これまでケンサキイカ稚仔の被捕食の実態はほとんど明らかにされておらず、今後このような事例を積み重ねていく必要があろう。

山口県日本海側に水揚げされるマアジへのアニサキスの寄生については、1991年5月の調査事例があり、マアジ50尾中38%に寄生がみられ、アニサキスの平均寄生個体数は1.6個体であったことが報告されている¹¹⁾。しかし、周年の寄生状況については不明であった。本研究で胃におけるほぼ周年の寄生状況を調べた結果、アニサキス型幼虫の寄生はマアジの尾叉長にはあまり関係なく、春季から夏季に多いが、その寄生率は6.7%以下と低く (Table 2)、マアジ1尾当たりの寄生個体数も最高でも2個体と少ないことが明らかになった。また、マアジへの寄生は筋肉部ではなく内臓または体腔内に見られることが報告されている¹²⁾ことから、通常刺身で食しても問題はないが、春季から夏季には内臓を速やかに除去して食した方が無難であろう。

文 献

- 1) 畔田正格・落合 明 (1962)：若狭湾産マアジの系群に関する研究。日本水産学会誌, 28 (4), 967-978.
- 2) 鈴木智之 (1965)：マアジの生態学的研究 I. 食性について。日本海区水産研究所報告, (14), 19-29.
- 3) 小笹悦二 (1970)：マアジ稚仔魚の摂餌生態—I. 西海区水産研究所研究報告, (38), 79-87.
- 4) 中原民男・小川嘉彦 (1973)：沿岸漁場の特性に関する研究, 第7報漁況変動からみた魚群の集合様式についての一考察。水産海洋研究会報, (23), 8-20.
- 5) 依田真理・大下誠二・檜山義明 (2004)：漁獲統計と生物測定によるマアジ産卵場の推定。水産海洋研究, 68 (1), 20-26.
- 6) 堀田秀之・中嶋純子 (1971)：西日本海域におけるマアジの群構造に関する研究—V. 成熟状況からの解析。西海区水産研究所研究報告, 39, 33-50.
- 7) 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター (2003)：我が国周辺水域主要魚種の資源評価 (平成15年度版)。31.
- 8) 河野光久 (2005)：山口県日本海沿岸域におけるヤリイカの漁獲実態。山口県水産研究センター研究報告, (3), 65-68.
- 9) 山田英明・小川嘉彦・森脇晋平・岡島義和 (1983)：日本海西部沿岸域におけるケンサキイカ・ブドウイカの生物学的特性。日本海西部海域に生息する“シロイカ” (ケンサキイカ・ブドウイカ) に関する共同研究報告書, (1), 29-50.
- 10) 河野光久 (2006)：山口県日本海沿岸域で発見したケンサキイカ卵囊塊。山口県水産研究センター研究報告, (4), 69-72.
- 11) 高木和昭 (1992)：春季山口県日本海側に水揚げされる魚種へのアニサキス寄生について。西海ブロック底魚調査研究連絡会報, (3), 11-14.
- 12) NAGASAWA, K. (1990)：Anisakis Larvae in Intermediate and Paratenic Hosts in Japan, in “Intestinal Anisakiasis in Japan” (ed. By H. Ishikura and K. Kikuchi), Springer-Verlag, Tokyo, 23-29.

2005年9月の山口県仙崎漁港における ホソアオトビウオ未成魚の大量来遊

河野 光 久

Mass Immigration of Young Fish of *Hirundichthys* *oxycephalus* into Senzaki Fishing Port, Yamaguchi Prefecture in September 2005

Mitsuhisa KAWANO

Mass immigration of young fish of *Hirundichthys oxycephalus* (95-165 mm in fork length) into Senzaki Fishing Port in Senzaki Bay, Yamaguchi Prefecture occurred on September 28, 2005. The author analyzed the data of sea surface temperatures, winds and abundance of predator (*Coryphaena hippurus*) to elucidate its cause. It was considered that the fish had distributed in the coastal region to avoid the offshore low water temperature region and then moved from Senzaki Bay to Senzaki Fishing Port affected by wind-driver current and chase of *C. hippurus*.

Key words : *Hirundichthys oxycephalus* ; Young fish ; Mass immigration ; *Coryphaena hippurus*

ホソアオトビウオ *Hirundichthys oxycephalus* は、台湾東部海域～長崎県沖で流れ藻に産卵し^{1,2)}、その仔稚魚や未成魚が8～9月に日本海に來遊する^{3,4)}。本種の未成魚は長崎県では秋に船びき網や定置網で漁獲される重要種の1つとなっている⁵⁾。とびうお類は一般に外洋表層性種である⁶⁾ため、漁港内に出現することは稀である。ところが、2005年9月に山口県北部の仙崎漁港に本種の未成魚が大量に來遊し、漁港岸壁は大勢の釣り人で賑わった。本報告はこの珍しい現象を記録に留めるとともに、その原因について考察した。

材料および方法

仙崎漁港は山口県北部の仙崎湾の西端に位置する漁港である (Fig. 1)。本漁港へのホソアオトビウオの大量來遊は2005年9月26～28日に起きた。本種の漁港内における分布状況を確認するため、來遊量が最も多かった9月28日に岸壁を巡回して目視観察を行った。

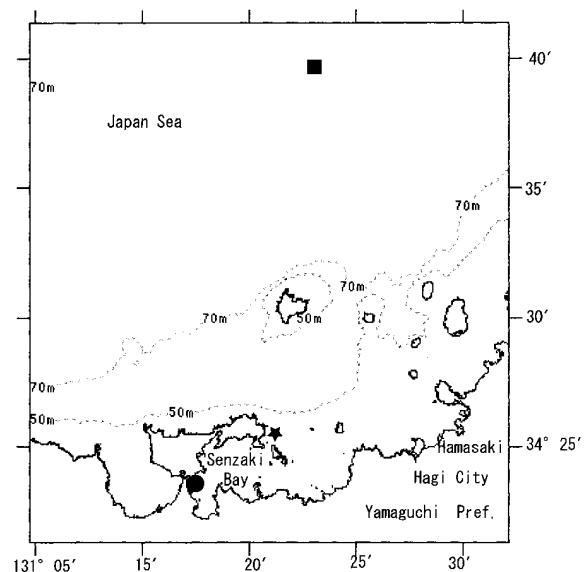


Fig. 1 Map showing the site of hydrographic and wind observations by a ferry boat (closed square), set net (star mark) and Senzaki Fishing Port (closed circle).

また、岸壁から2人でさびき釣りをを行い、本種を採集し、尾叉長を測定した。大量来遊が起きた原因を探るため、萩市浜崎と見島間を航行する定期船“おによろず”によって1日1回午前8時30分頃に観測された萩市北北西15海里点 (Fig. 1) における2005年9月 (9月5～7日は台風の影響で欠測) の海面水温および風向・風速の資料と人工衛星 NOAA による熱赤外線画像から得られた日本海南海域の表層水温 (以下、NOAA 表層水温という。) 分布を解析した。また、とびうお類が主要な餌となっているシイラ *Coryphaena hippurus*⁷⁾ の来遊状況を仙崎湾口部に設置してある定置網 (Fig. 1) の日別漁獲量で調べた。表層水温を用いたのは、とびうお類未成年魚が表層を遊泳する⁸⁾ためである。また、風の状況を調べた理由は、長崎県生月島の北東沿岸域で9～10月にとびうお類未成年魚を漁獲する漁業者の間では、北東の強風が吹けばとびうお類が集群するので、漁が効果的にできるといわれていること⁵⁾、および長崎県有川湾の定置網漁業者によれば、とびうお類は北風に乗って湾内に入ってくるといわれていること⁹⁾から、来遊条件として風が影響している可能性が高いと考えられたためである。

結 果

ホソアオトビウオの分布状況

仙崎漁港岸壁から目視により確認されたホソアオトビウオの分布状況を Fig. 2 に示す。

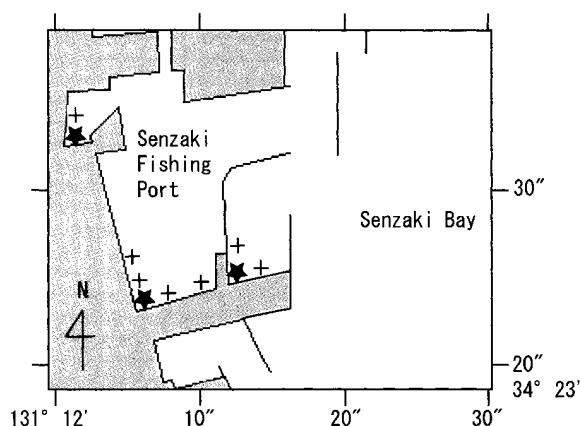


Fig. 2 Distribution of young fish of *Hirundichthys oxycephalus* in Senzaki Fishing Port on September 28, 2005. Star marks and plus marks show dense and sparse distributions, respectively.

ホソアオトビウオは、北東風に対し漁港内で吹き溜まりとなるような3ヶ所の隅を中心として (Fig. 2)

海面付近を幾重にも群れを成して遊泳していた。

その分布密度は極めて高く、岸壁から2人でさびき釣りを行ったところ、約30分で125尾を釣獲できた。

釣獲したホソアオトビウオは、尾叉長が95～165mm (平均値132.2mm, 標準偏差1.2mm) で (Fig. 3), 生殖腺が発達していない未成年魚であった。

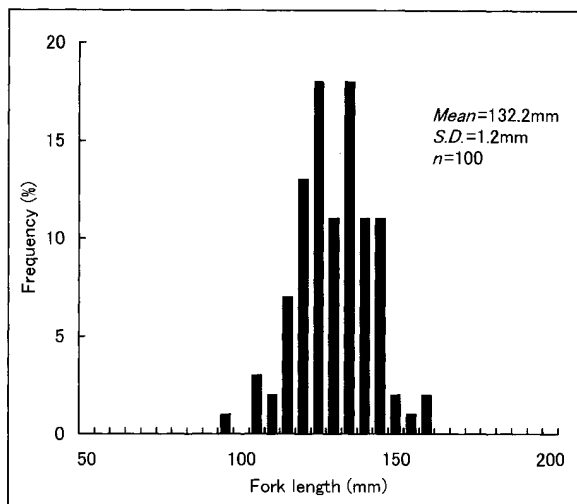


Fig. 3 Frequency distribution of fork length of *Hirundichthys oxycephalus* caught with angling in Senzaki Fishing Port on September 28, 2005.

水温および風の日変化

ホソアオトビウオの来遊が見られた9月の萩市沖の海面水温および風向・風速の日変化を Fig. 4 に示す。

海面水温は (Fig. 4), 9月1～4日には27℃台であったが、9月6～7日に台風が山口県を通過した後

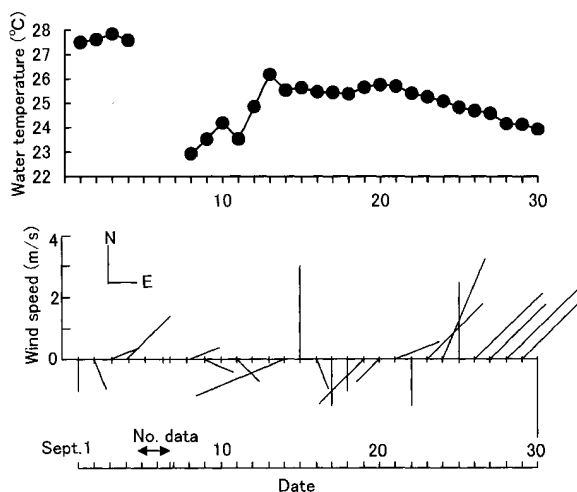


Fig. 4 Daily changes in sea surface water temperature, wind direction and speed in coastal waters off Hagi city, Yamaguchi Prefecture in September 2005.

の9月8日には22℃台に一気に低下した。その後水温は、9月13日まで次第に上昇し26℃台に達した後、25℃台から24℃台へとゆるやかに低下した。

NOAA 表層水温の分布を見ると (Fig. 5), 台風通過前の9月3日には日本海南西海域は広く26℃以上の暖水に覆われていたが、台風通過後の9月8日には26℃以上の暖水域は対馬周辺海域以西に縮小し、北緯35度30分以北の沖合域では22℃以下となっていた。台風通過後の最高水温を示した9月13日には、山口県以南の沿岸域では広く26℃以上の暖水で覆われたが、北緯36度以北には24℃以下の水域も見られた。ホソアオトビウオの大量来遊が見られた9月28日には、山口県沿岸域では22~24℃を示し、北緯35度以北では22℃以下の冷水域が分布していた。

風は9月1~22日までは、台風の影響を受けた9月3~8日を除くと、概ね風速1.0~2.0m/sの南西~南東風が吹いていたが、23~29日にかけては風速2.5~3.5m/sの北東風が卓越した (Fig. 4)。

定置網によるシイラの漁獲量の日変化

仙崎湾口部の定置網によるシイラの漁獲量の日変化を Fig. 6 に示す。

シイラの漁獲量は (Fig. 6), 9月1~5日には100 kg以下と少なかったが、台風通過直後の9月8日には

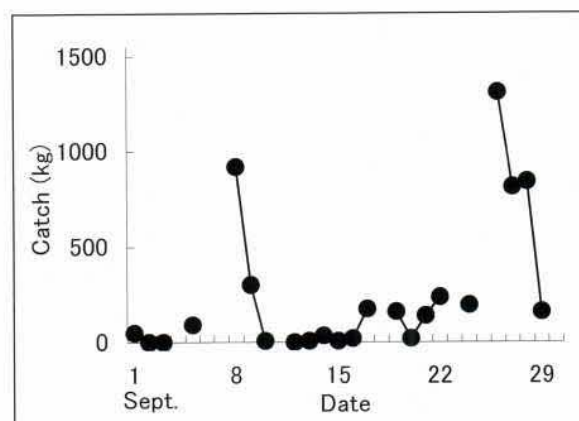


Fig. 6 Daily changes in catch of *Coryphaena hippurus* at a set net sited at the mouth of Senzaki Bay in September 2005.

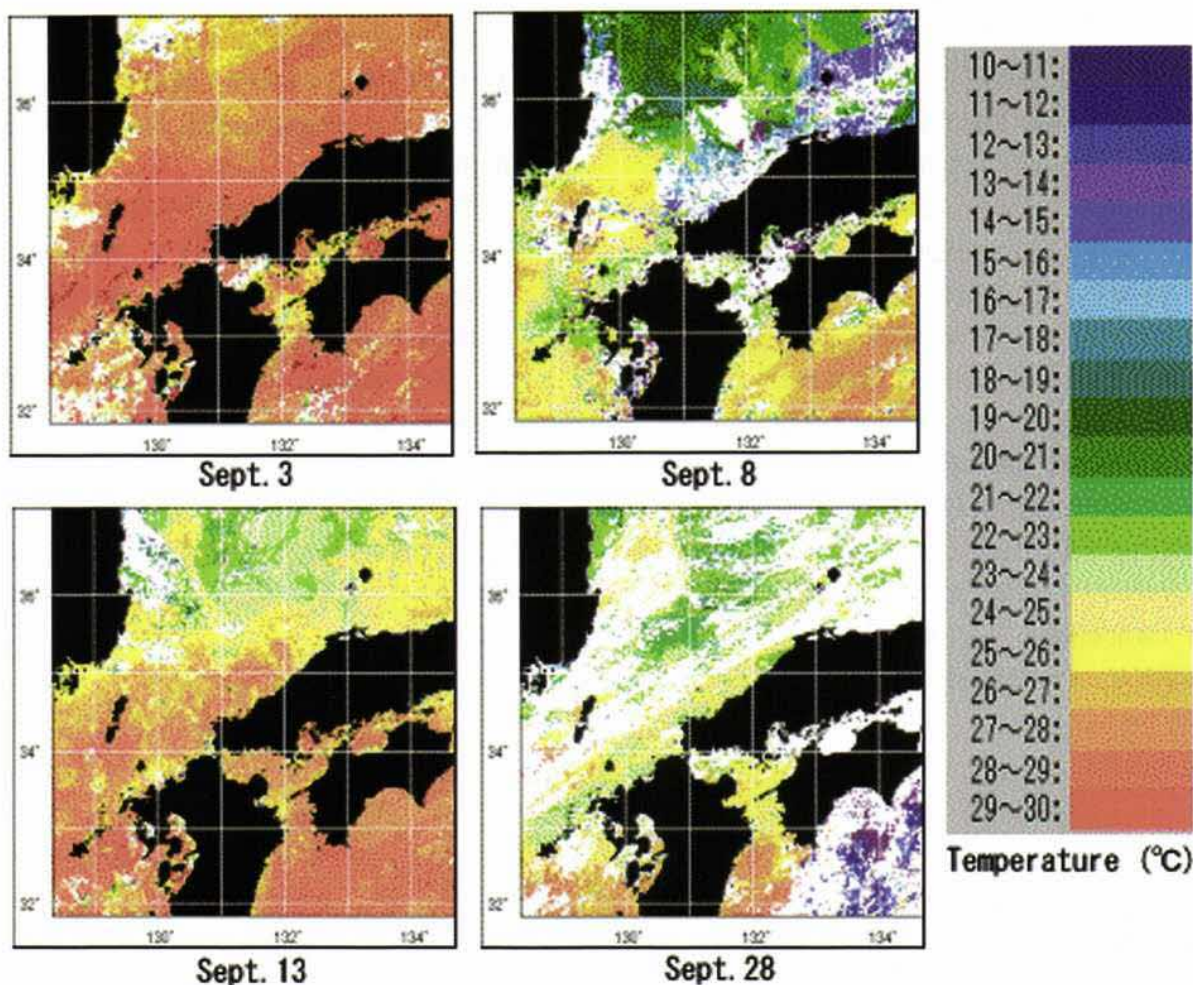


Fig. 5 Distributions of sea surface water temperature in the southwestern Japan Sea on September 4, 8, 13 and 28, 2005 based on AVHRR images of NOAA.

917kgと大量の入網があった。この群れの入網は2日でほぼ終了し、9月10～24日までは250kg/日以下の漁獲しかなかった。その後、9月26日に1,309kgと期間最高の入網があり、27日、28日にもそれぞれ812kg、840kgと大量の入網が続いた。

考 察

ホソアオトビウオ未成魚はなぜ2005年9月26～28日に仙崎漁港へ大量に来遊したのであろうか？

とびうお類の未成魚は、日本海では海面水温22℃以上の暖水域に分布し、その分布域の広がりには22℃以上の暖水域の分布に大きく影響されることが知られている⁴⁾。本種の未成魚の大量来遊があった9月28日には北緯35度まで22℃以下の冷水域が南下して出現した(Fig. 5) ため、分布域は沿岸域に縮小していたと考えられる。9月26～27日については山口県沖に雲がかかっていたため、適当な NOAA 表層水温が得られなかったが、萩市沖の海面水温の日変化から判断してほぼ同様な状況にあったと推察される。また、風の状況について調べたところ、9月23日から北東風が卓越して吹いていたことが明らかになった(Fig. 4)。仙崎湾は東～北東方向に開けた湾で(Fig. 1)、その西端に位置する仙崎漁港も北東方向に開口部が存在する漁港である(Fig. 2) ため、冷水域の南下により沿岸域の表層に分布していた未成魚が、北東風に起因する吹送流の影響を受けて仙崎湾からさらに仙崎漁港へと移動してきたと考えることができる。このことは、未成魚が漁港内でも北東の風を受けて吹き溜まりになる隅に分布していたこと(Fig. 2) からも支持されよう。しかし、いくら北東風に起因する吹送流の影響を受けたとしてもそれだけで外洋性のとびうお類が水深の浅い漁港内まで入ってきたと単純に考えることはできない。なぜなら、これまで北東風が吹いても漁港内までとびうお類未成魚が入って来るようなことはなかったからである。それではなぜ、漁港内まで入ってきたの

かについては、ホソアオトビウオ未成魚の大量来遊と同一日の9月26～28日に仙崎湾口部の定置網で捕食者であるシイラが大量に漁獲されている(Fig. 6) ことから、本種の未成魚は吹送流の影響を受けると同時にシイラの捕食から逃れるために湾外から湾内へ、さらに漁港内へと逃げ込んだのではないかと考えられる。

文 献

- 1) 陳 春暉 (1985) : 北太平洋におけるトビウオ科魚類の初期生活史. 東京大学提出学位審査論文, 360pp.
- 2) 一丸俊雄・水田浩二・中園明信 (2006) : ホソアオトビの卵の形態と九州近海における産卵期. 日本水産学会誌, 72 (1), 21-26.
- 3) 河野光久 (1995) : 日本海南西部におけるトビウオ類稚魚の分布. 山口県外海水産試験場研究報告, 25, 1-6.
- 4) 河野光久・阿部 寧・田中伸和・手島和之 (1995) : 目視観察に基づく日本海におけるトビウオ類の分布と移動. 水産海洋研究, 59, 123-129.
- 5) 松村靖治 (1992) : 長崎県北部沿岸域におけるトビウオ未成魚の漁獲量変動要因. 日本水産学会誌, 58 (6), 1049-1055.
- 6) ソ連科学アカデミー海洋研究所 (1971) : 太平洋の魚類. 阿部宗明他訳, ラテイス, 東京, 1-51.
- 7) 児島俊平 (1966) : シイラの漁業生物学的研究. 島根県水産試験場研究報告, (1), 8-101.
- 8) 井上喜洋・田原陽三・松尾勝樹 (1986) : 魚群の日周行動と定置網. 日本水産学会誌, 52 (1), 55-60.
- 9) 近藤 啓・道津喜衛 (1981) : 五島列島中通島有川湾に来遊するトビウオ類の生態と漁業. 五島の生物—壱岐・対馬との対比—, 長崎県生物学会, 225-235.

日本海南西海域におけるホタルイカ卵の 分布と量変動

河野 光 久

Changes in the Distribution and Abundance of Firefly Squid, *Watasenia scintillans*, Eggs in the Southwestern Japan Sea

Mitsuhisa KAWANO

Spawning period, area and egg abundance of firefly squid, *Watasenia scintillans* in the southwestern Japan Sea were studied using the egg data collected with a plankton net during 1978-2004. The squid spawned almost all year and the main spawning season was April to July. The main spawning ground was formed in the Tsushima Current waters deeper than 130 m depth with salinity 34.2-34.6. Egg abundance, female stock in number and weight in April-June were in low levels during 1986-1990 and then fluctuated sharply with two to four-year-intervals, suggesting effect of short-term environmental fluctuations. The female stock in weight in this area (6,000-99,000 tons) was larger than that in Toyama Bay.

Key words : *Watasenia scintillans*; Distribution; Abundance; Egg

ホタルイカ *Watasenia scintillans* は、日本海では本州沿岸域から韓国東岸域にかけて分布し¹⁾、広範囲に産卵する²⁻⁴⁾ことが知られている小型のいかである。本種の日本海南西海域における産卵生態については、島根県沖で4～6月を盛期としてほぼ周年産卵が行われること⁵⁾や1980年代後半の産卵量^{4,6)}などが報告されている。しかし、これまでの本種の卵の分布および産卵量の長期変動について報告したものはない。本種の分布や産卵量の長期変動を把握することは、本種の資源変動の特性や再生産関係を明らかにする上で極めて重要であると考えられる。また、日本海南西山口県沖において未利用資源としての資源量がどの程度あるのかを明らかにしておくことも意義があるものと考えられる。

そこで、本研究は日本海南西海域における本種の卵

の分布域および産卵量の経月変化および経年変化を明らかにするとともに、産卵量から資源量を推定したので、結果を報告する。

材料および方法

ホタルイカ卵の資料は、山口県水産研究センター（前山口県外海水産試験場を含む。）が日本海南西山口県沖（Fig. 1）で1978～2004年（Table 1）に実施した「200カイリ水域内漁業資源総合調査卵・仔魚調査」（後継調査である「我が国周辺漁業資源調査」および「資源評価調査事業」を含む。）で得られたものを用いた。卵の採集には1989年3月までは丸特B型ネット、同年4月以降は改良型ノルパックネットを用いた。曳網方法は、水深が150 m以浅の場合は、ワイヤー長を水深から2 m引いた長さとし、また水深が150 m以深

Table 1 Number of net tows for collecting eggs of firefly squid in the southwestern Japan Sea in 1978 to 2004

Year	Month											
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.		
1978			32			32		32	32			
1979	32		32			32		32	32			
1980	32		32			32			32			
1981	32		32			32			32			
1982	32		32			32			32			
1983	32	32	24			32			32			
1984	32	32	32			32			32			
1985	32	32	32			32			32			
1986	32	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
1987	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
1988	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	
1989	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
1990	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
1991	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
1992	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
1993	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
1994	30	30	30	30	30	30	30	30	29	30		
1995	28	30	30	30								
1996	21	30	26	30								
1997	30	30	30	30								
1998	30	25	25	25								
1999	23	22	25	25								
2000	25	25	25	25				25	24			
2001		25	25	25				25	25			
2002		25	25	24				25	25			
2003		25	25	25				25	25			
2004		23	25	25				25	25			

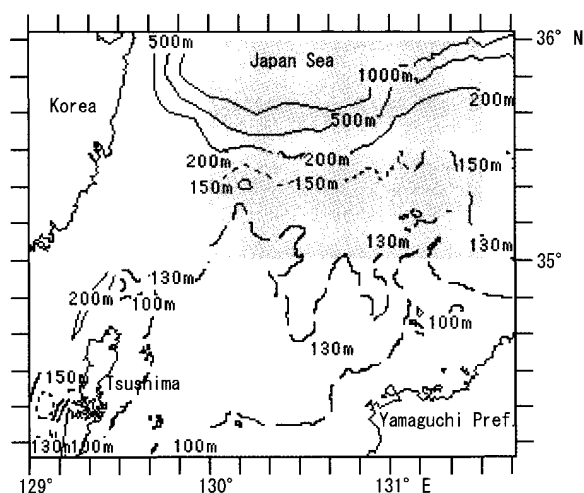


Fig. 1 Map showing the sampling locations of firefly squid eggs. Shaded region shows the area where the egg abundance and female biomass were calculated.

の場合はワイヤー長を150mとし、鉛直曳きを行った。プランクトンネットの網口には濾水計を取り付け、濾水量を計測した。得られた標本は10%海水ホルマリンで固定した後、種の査定と計数を行った。また、各観測点において1978年～1990年7月まではナンゼン採水、それ以降はCTD (Sea Bird Electronics 社製 SBE19) による水温の測定を行った。

産卵量 (E) は、結果で示すとおり卵の出現がほぼ北緯35度以北の海域に限られたことから、北緯35度から36度にかけての海域 (Fig.1の網がけの海域) を対象として Nakai and Hattori⁷⁾ および渡部⁸⁾ に従い、次式により求めた。

$$E=1/s \cdot D/d \cdot \Sigma XA$$

s : 卵期の平均生残率

D : 当該月の日数

d : 平均ふ化日数

X : 対象海域における1m²当たりの平均卵数

A : 対象海域の面積

なお、 s は安達⁶⁾ に従い、卵採集時の0～100mの平均水温を卵数加重平均して求められた水温 (T) と s との関係式、 $s=0.900446-0.0251662T$ 、から求めた。また、 d は安達⁶⁾ に従い、 T と d の関係式、 $1/d=0.000777T-0.00478$ 、から求めた。

産卵量および卵の水平分布の経月変化は、冬季を除くほぼ周年調査が行われた1986～1994年について調べた。産卵量の経年変化については、1986～2004年各年の4～6月について調べた。5月については、1978～1985年も調査が実施されているので、それらの期間も合わせて解析した。4～6月について調べた理由は、長期間にわたり調査が継続されており、産卵量の経年変化を議論できるからである。

卵の水平分布の経年変化については、産卵量が高水準であった1979～1981年の分布と低水準であった1986～1988年の分布を比較して調べた。卵の分布と環境との関係を把握するために、分布域と分布域の50m深水温・塩分との関係を調べた。50m深の値を用いたのは、本種の卵の主分布層が70m層以浅である⁴⁾ ためである。

雌の資源個体数 (N) および雌の資源重量 (P) は、1986～2004年各年の4～6月について、次式により求めた。

$$N = \sum E/n$$

$$P = N \cdot w$$

n : 雌 1 個体の産卵数。安達⁶⁾に従い, 10,000粒とした。

w : 雌の平均体重。安達⁶⁾の表 VI-1 より月別平均体重を求めて使用した。

結 果

産卵量の経月変化

1986～1994年の産卵量の経月変化を Fig. 2 に示す。

産卵は, 調査を実施していない1月および2月を除くほぼ周年行われていた (Fig. 2)。このうち, 産卵量が多かったのは4～7月で, 産卵量の山は5月に見られることが多かった (1987, 1989, 1990, 1992年) が, 4月 (1993年), 6月 (1986, 1991年) および7月 (1988, 1994年) にも見られ, 年によって異なった (Fig. 2)。

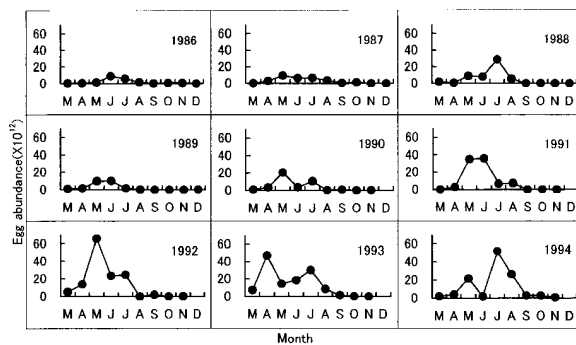


Fig. 2 Monthly change in spawning abundance of firefly squid in the southwestern Japan Sea during 1986-1994.

卵の水平分布の経月変化と分布域の水溫・塩分

1986～1994年各年における卵の水平分布の経月変化を調べた結果, 卵の分布域は各年とも共通して産卵盛期には沖合域から沿岸寄りに拡大し, 卵の出現量が減少すると沖合域に縮小したので, ここでは代表年とし

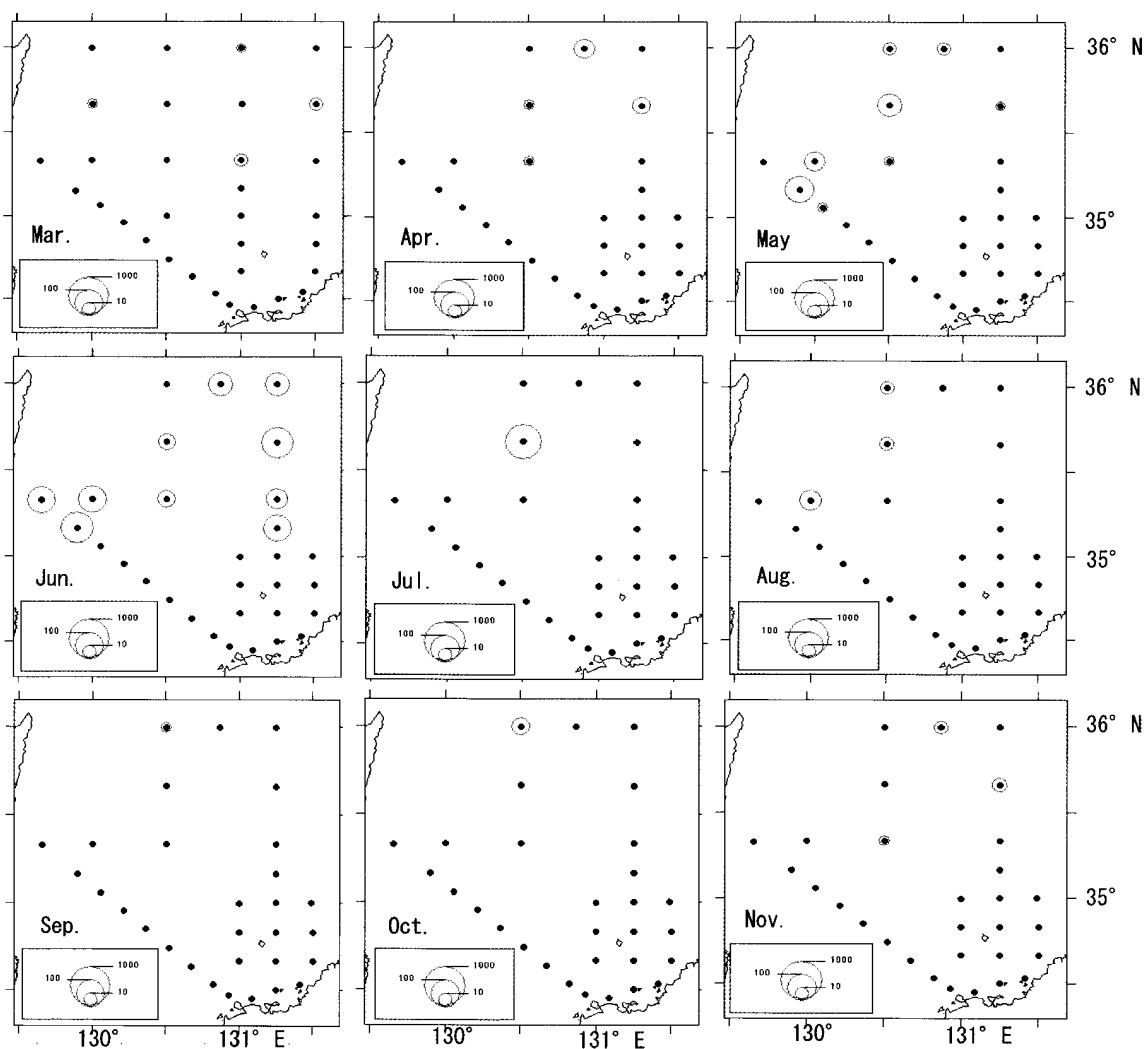


Fig. 3 Monthly change in distribution of firefly squid egg in the southwestern Japan Sea in 1986.

て1986年における経月変化を Fig. 3 に示す。

1986年の卵の分布域は、卵の出現量が多かった5月および6月には北緯36度の沖合域から沿岸寄りの北緯35度10分付近（水深約130m, Fig. 1）まで南下して広がっていたが、その他の月には北緯35度20分以北の沖合域（水深約150m以深, Fig. 1）に縮小し、特に卵の出現量が著しく少なかった9月および10月には北緯36度の水域にのみ見られた（Fig. 3）。

1986年における卵の分布域の50m深水温と塩分を Fig. 4 に示す。

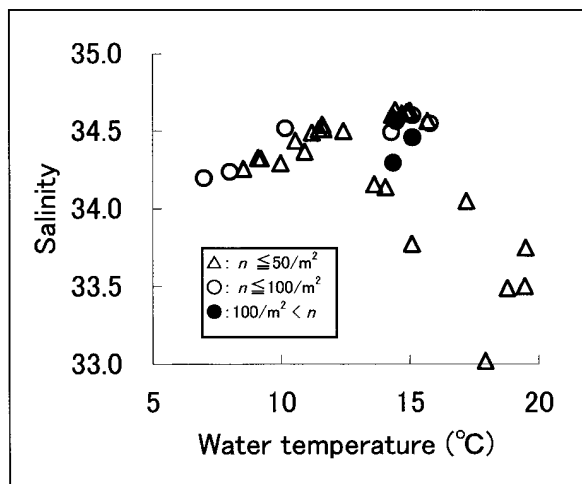


Fig. 4 Temperature-salinity diagram at 50 m deep showing egg positive stations in 1986.

卵の分布域の水温および塩分は（Fig. 4），それぞれ6.9～19.4℃，33.0～34.6と広範囲であった。細かくみると、卵が50個/m²以上と比較的多く分布した水域の水温および塩分は、それぞれ6.9～15.8℃，34.2～34.6で、卵は相対的に高塩分な水域に多く出現することがわかった。

産卵量および卵の水平分布の経年変化

1978～2004年の5月の産卵量の経年変化を Fig. 5 に示す。

5月の産卵量は（Fig. 5），1978年には16兆粒と少なかったが、1979～1981年には138兆～97兆粒と顕著に増加した。しかし、1982年以降は1992年の66兆粒を除くと、45兆粒以下の水準に低下し、特に1983年、1986～1989年、1996～1998年、2002年および2003年には10兆粒以下と著しく少なかった。

前述のとおり産卵量の山は5月だけでなく、その前後の月にも形成されることがある（Fig. 2）ので、1986～2004年の4～6月の産卵量についてみると、

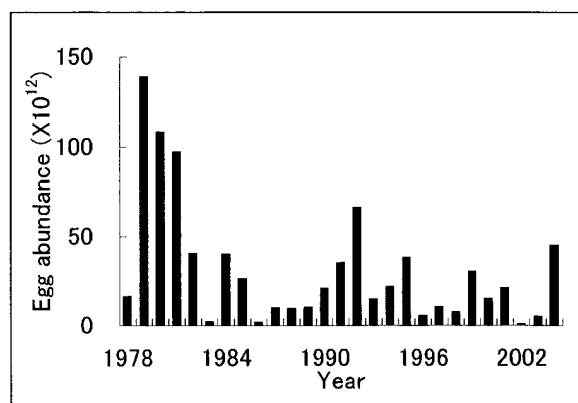


Fig. 5 Yearly change in spawning abundance of firefly squid in May during 1978-2004.

産卵量は1986～1990年には27兆粒以下であったが、その後は2～4年間で7兆～112兆粒の範囲で大きな増減を繰り返した（Fig. 6）。

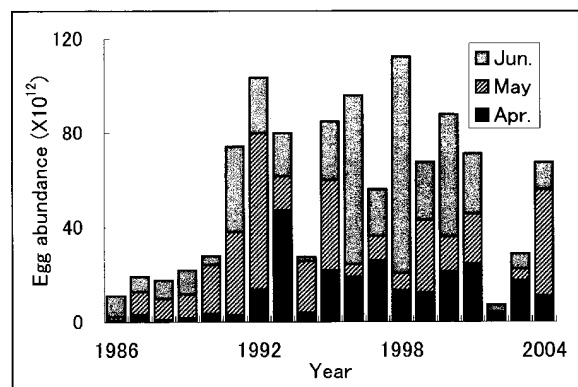


Fig. 6 Yearly change in spawning abundance of firefly squid in April-June during 1986-2004.

次に5月の産卵量が高水準であった1979～1981年と低水準であった1986～1988年の卵の分布を対比してみると、卵の分布は高水準年および低水準年ともほぼ北緯35度10分以北の海域に限られ、両者に大きな違いは認められなかった（Fig. 7）。

高水準年および低水準年各年の卵の分布と50m深水温分布との関係を見ると、卵の分布は産卵量水準に関係なく、主に水温13～15℃の水域に見られ、12℃以下の冷水域で少なかった（Fig. 7）。

資源量の経年変化

1986～2004年各年の4～6月の雌の資源個体数と資源重量の経年変化を Fig. 8 に示す。

考 察

由木⁵⁾は日本海南西島根県沖ではほぼ周年産卵が行われ、産卵盛期は4～6月と報告しているが、本研究により日本海南西山口県沖では産卵盛期は4～7月と島根県沖より長く、4～6月以外に7月に産卵量が最高を示す年がある (Fig. 2) ことが明らかになった。山田⁹⁾は韓国東岸における本種の産卵は、4～10月にわたり盛期は8月頃であろうと報告しているが、韓国東岸に隣接する山口県沖における産卵量のピーク月の出現状況 (Fig. 2) から、韓国東岸における盛期も常に8月頃にあるのではなく、年によって変化するものと推察される。

日本海南海域における本種の産卵場については、卵の水平分布の経月変化から、産卵盛期には沖合域 (陸棚斜面) から水深約130mの陸棚外縁まで拡大して形成され、産卵量が減少すると水深150m以深の沖合へ縮小することが明らかになった (Fig. 3)。本種は富山湾では夕方に浮上しながら接岸し、夜間に産卵した後、明るくなるにつれて離岸するという日周行動を示すことが知られている⁴⁾ことから、産卵盛期にはこのような産卵に伴う接岸行動が活発になるため、他の月に比べ沿岸寄りに産卵場が形成されるものと考えられる。また、卵の分布が多かった水域は、塩分34.2～34.6で (Fig. 4)、高塩分な対馬暖流水の特徴を有していたことから、本種の産卵場は陸棚外縁から陸棚斜面上の対馬暖流域に形成されるといえよう。

5月の産卵量の経年変化を調べた結果、産卵量は1979～1981年には100兆粒前後と高水準にあったが、1982年以降低水準で推移した (Fig. 5)。本種は日本海では古くから富山湾の定置網で漁獲されてきたが、1984年に兵庫県沖で底曳網漁船による漁場が開発され、その後、底曳網漁場は若狭湾から、さらに隠岐島西側海域に広がり¹⁰⁾、本種に対する漁獲圧が高まってきた。しかし、このような漁獲圧の高まりは、産卵量水準が低下した2年後以降に起きているため、5月の産卵量水準の低下は漁獲圧の上昇に対応しているとはいえない。スルメイカ *Todarodes pacificus* 資源の場合は、海洋環境のレジームシフトに即応的であり、1988/1989年の寒冷から温暖へのレジームシフトが資源の増大を促したと推定されている¹¹⁾が、本種の場合は、4～6月の産卵量が1986～1990年には27兆粒以下であったものが、その後は2～4年周期で大きな変動を繰り返していた (Fig. 6) ことから、レジームシフトとより

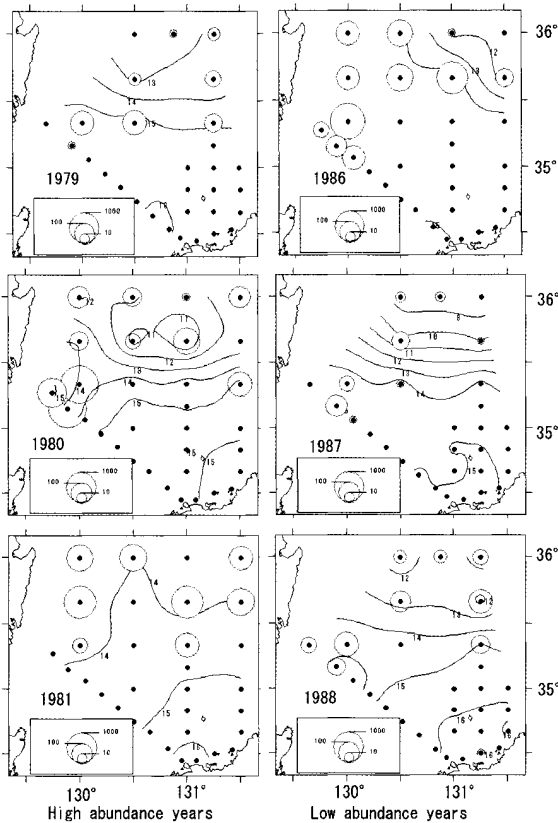


Fig. 7 Distributions of firefly squid eggs and water temperatures at 50 m deep in high abundance years (1979-1981) and low abundance years (1986-1988) of the eggs.

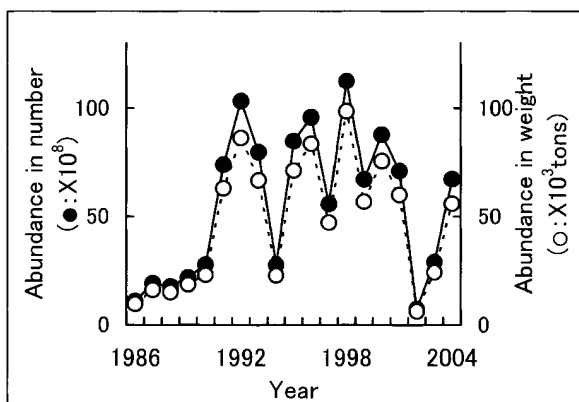


Fig. 8 Yearly changes in the female stock number and weight of firefly squid in the southwestern Japan Sea in April-June during 1986-2004.

資源個体数および資源重量は、1990年までは低水準 (資源個体数28億個体以下、資源重量24,000トン以下) にあったが、その後、資源個体数は7億～113億個体の範囲で、また資源重量は6,000～99,000トンの範囲で、大きな増減を繰り返した (Fig. 8)。

短い周期の環境変動の影響を受けて産卵量水準が変動している可能性がある。

1986年以降の4～6月の雌資源重量は、6,000～99,000トンの範囲で、大きな増減を繰り返した (Fig. 8)。林⁴⁾によると1986～1990年の富山湾における雌資源重量は3,120～19,177トンと推定されていることから、本海域における資源重量は富山湾よりも大きいといえる。このように大きな資源量があるにもかかわらず、本種は山口県では重要な漁獲対象になっていない。その主な理由は、ケンサキイカ *Photololigo edulis* などのより高価な魚種が沿岸域に分布すること、ホタルイカの単価が安いこと、漁場が遠いことなどによる。今後、山口県沖のホタルイカ資源を有効利用するためには、漁獲コストに見合う魚価の向上が不可欠である。

謝 辞

卵稚仔採集に長年携わってこられた山口県前漁業調査船黒潮丸および現調査船くろしおの乗組員および調査員の皆様に感謝します。

文 献

- 1) 奥谷喬司・田川 勝・堀川博史 (1987)：ホタルイカ。日本陸棚周辺の頭足類，社団法人日本水産資源保護協会，東京，pp110-111.
- 2) 深滝 弘 (1990)：日本海表層におけるホタルイカ卵の出現と分布。日本海ブロック試験研究集録，(17)，1-15.
- 3) 安達辰典 (1991)：産卵生態。昭和63年度～平成2年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書 (日本海におけるホタルイカの資源利用研究)，53-74.
- 4) 林 清志 (1995)：富山湾産ホタルイカの資源生物学的研究。富山県水産試験場研究報告，(7)，1-128.
- 5) 由木雄一 (1985)：日本海南西海域におけるホタルイカの産卵と成長。水産海洋研究会報，(49)，1-6.
- 6) 安達辰典 (1991)：日本海におけるホタルイカの資源診断。昭和63年度～平成2年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書 (日本海におけるホタルイカの資源利用研究)，129-148.
- 7) Nakai, Z and S.Hattori (1962)：Quantitative distribution of eggs and larvae of the Japanese sardine by year, 1949 through 1951. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 9, 23-60.
- 8) 渡部泰輔 (1983)：卵数法。水産資源の解析と評価 (石井丈夫編)，恒星社厚生閣，東京，pp.9-29.
- 9) 山田鐵雄 (1937)：朝鮮東岸に於けるホタルイカの産卵に関する一考察。日本水産学会誌，6，75-78.
- 10) 林 清志 (1991)：緒言。昭和63年度～平成2年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書 (日本海におけるホタルイカの資源利用研究)，1.
- 11) 桜井泰憲 (2004)：頭足類の資源動態研究と頭足類学の今後。日本水産学会誌，70 (5)，785-786.

対馬海峡東水道で漁獲された 白いアマダイ科の1種について

天野 千絵

A Species of White Tilefish (Branchiostegid) Caught in the East Channel of the Straits of Tsushima

Chie AMANO

A specimen of white tilefish (359mmSL) was caught by a longline from depth of 110m in the East Channel of the Straits of Tsushima on December 9th 2003.

The specimen has characters of Branchiostegidae, but differed from five *Branchiostegus* which were distributed in the East China Sea, Yellow Sea and Japan Sea, in the following combination of characters: the color of head's back line is orange; the posterior edge of the upper jaw doesn't reach the anterior edge of the eye; body depth 35% of standard length; lateral line scales 85.

The specimen may be the same Branchiostegid called "Beppin-san", specimen unknown, which was often caught by longline of Yamaguchi Prefecture in the East China Sea near Chang Jiang River in 1960's to 1980's.

Key words : Tilefish; Branchiostegid; The East Channel of the Straits of Tsushima; Beppin-san

東シナ海・黄海・日本海海域におけるアマダイ科アマダイ属 (Branchiostegidae *Branchiostegus*) 魚類は藍澤¹⁾と Yoshino et al²⁾によって分類学的に整理され、アマダイ属5種(シロアマダイ *Branchiostegus albus* Dooley,アカアマダイ *B.japonicus*(Houttuyn), キアマダイ *B.auratus* (Kishinouye), スミツキアマダイ *B.argentatus* (Cuvier), ハナアマダイ *B. sp.*)の分布が確認されている。

2003年12月、対馬海峡東水道で操業していた山口県のあまだい延縄漁船が、体色が白い珍しいあまだい類を1尾漁獲した。本標本について種の検索を行ったところ、上記のアマダイ科アマダイ属5種のどれとも一致しなかった。

本標本は市場関係者と中野³⁾により遠洋あまだい延縄漁業最盛期の1960~1980年代に中国の長江河口付近の東シナ海西部域で漁獲され、山口県のあまだい延縄

漁業者の間で通称「べっぴんさん」と呼ばれていた種不明のアマダイ科の1種である可能性が示唆されたのでここに報告する。

材料および方法

標本

白いあまだい類は標準体長359mm (全長446mm) で、2003年12月9日、あまだい延縄漁船 (第三兼正丸53t, 船長上村殊広氏) によりアカアマダイとともに漁獲された。漁獲位置は農林漁区番号992-7 (Fig. 1, ★印, 東経130度00分, 東経130度10分, 北緯34度20分, 北緯34度30分で囲まれた区域) で、水深は110mであった。標本は12月11日、同漁船が萩港入港まで冷蔵保管したものを入手し、山口県水産研究センター外海研究部で種の検索を行った。

標本について、藍澤¹⁾のアマダイ科の検索項目に従

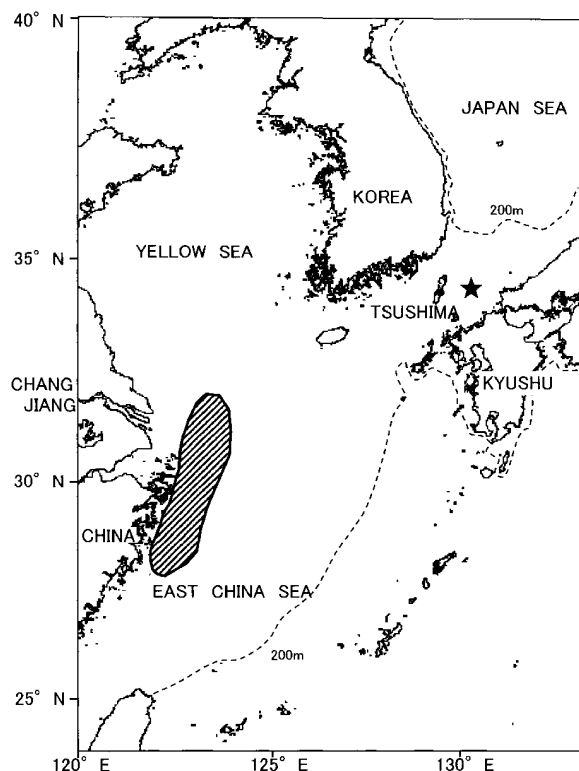


Fig. 1 Map showing the locality (★) of *Branchiostegus* sp., in the East Channel of the Straits of Tsushima.

The specimen was caught by a longline on December 9th 2003.

The striped region shows the fishing ground of "Beppin-san", *Branchiostegus* sp., which was caught by the longline of Yamaguchi Prefecture in 1960's to 1980's (Mr. Fujita, personal communication and Nakano³⁾).

い種の検索を行った。また鰓耙突起数および側線鱗数については、朱³⁾のアカアマダイ、シロアマダイに関する識別的特徴、記載を参考にした。

脊椎骨数についてはX線写真装置(製品名ソフテックス, ソフテックス株式会社製)を用い、写真を撮影し計数した。撮影条件はX線照射時間150sec, 撮影時電圧30V, 電流3mA, 照射口(天井板)から対象物までの距離40cmで、現像は13.5℃, 120secで行った。

結 果

記載

標本の計数形質と体各部の測定値ならびに標準体長や頭長に対する比率を Table 1 に示した。

Table 1 Meristic data and proportional measurements of *Branchiostegus* sp. (species unknown).

	<i>Branchiostegus</i> sp. (species unknown)	
Total length (mm)	446	
Standard length (SL,mm)	359	
Body weight (g)	1,164	
Sex	male	
Counts		
Dorsal fin rays	Ⅶ,15	
Anal fin rays	Ⅱ,12	
Pectoral Fin	17	
Pelvic Fin	I,5	
Gill rakers	7+13=20	
Lateral line scales	85	
Scales above lateral line	7	
Scales below lateral line	18	
Vertebra number	10+14=24	
Measurements		
Head length (HL,mm)	97	27% in SL
Snout length (mm)	35	36% in HL
Body depth (mm)	126	35% in SL
Tail height length (mm)	42	12% in SL
Eye diameter (mm)	21	22% in HL

脊椎骨数は10+14=24。鰓耙突起数は上枝7+下枝13=合計20(以降、7+13=20と表す)。側線鱗数は85、側線上方横列鱗数は7、側線下方横列鱗数は18。体はやや長くて側扁。額部の外郭は急に傾斜し、なた状。眼径より両眼間隔の方が大。頬の鱗は皮下に埋没して不明瞭。体高は背鰭始部で最大となり標準体長の35%。頭長は標準体長の27%。吻長は頭長の36%。口は前端に開く端位。上顎後端は眼前縁に達しない。眼径は頭長の22%。臀鰭始部は背鰭中央部のほぼ直下に位置する。背鰭、臀鰭は棘条部と軟条部が連続し、その間に欠刻がなく、基底が長い。尾柄高は標準体長の12%。

識別的特徴

藍澤¹⁾の検索によれば頭部背縁が眼のところで下降し、目と口はかなり離れること、尾鰭が二重湾入型であること、脊椎骨数が24であることからアマダイ科アマダイ属 *Branchiostegidae* *Branchiostegus* に分類されるが、背鰭前方の背中線が橙色であること、上顎後端が眼前縁に達しないこと、体高が体長の35%であること、側線鱗数が85であることによりアマダイ属5種と識別できる。

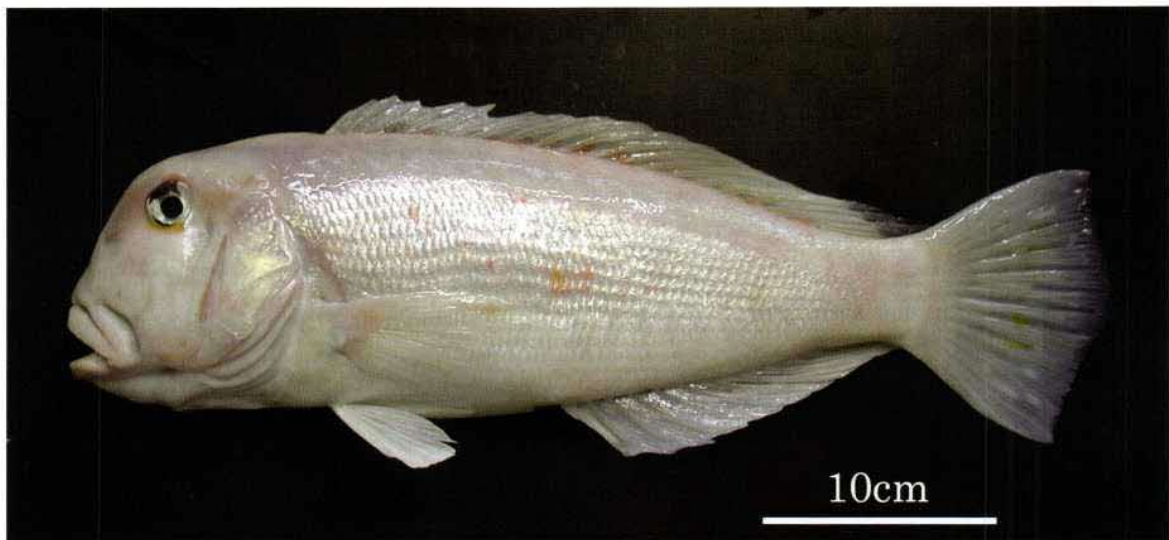


Fig. 2 *Branchiostegus* sp. (species unknown, 359mmSL) from the East Channel of the Straits of Tsushima.

体色

藍澤¹⁾の検索によればまず背鰭前方の背中線が黒いか黒くないかがアマダイ科アマダイ属5種を分類する最初の指標となるが、本標本 (Fig. 2) はこれが橙色である。全身は白色で魚体中央部に一部黄色鱗が点在。背鰭前方の背中線は薄い橙色。眼後下縁には銀白色の三角形斑がある。眼周辺は白く、わずかに眼上部に橙色、眼下部に黄色のくま取りがある。背鰭は大部分白色で鰭条基部が部分的に黄色、橙色である。胸鰭は白色透明。腹鰭は白色。臀鰭鰭条は白色で、後部鰭条間には淡青色斑が7個ある。尾鰭は上葉・下葉とも全体が白色で、中央部に淡黄色斑が8個ある。

解剖学的所見

性別は雄で、精巣は带状に発達しており、精巣重量は0.32g、熟度は不明であった。他の臓器は心臓重量0.84g、脾臓重量0.75g、肝臓重量6.85gであった。内臓除去重量は1,098gであった。胃内容物は餌イカの他に甲殻類 (種不明)、多毛類 (種不明)、黄色消化物が見られた。このほかに腹腔内脂肪の蓄積が見られ、その重量は22.59gであった。

考 察

標本の体色が全体に白い点は、朱²⁾のシロアマダイと一致するが、背鰭前方に橙色ではあるが背中線がある点、眼後下縁に銀白色の三角形斑がある点は藍澤¹⁾のアカアマダイと一致し、シロアマダイとは一致しない。

林⁵⁾は東シナ海の中でもアカアマダイは大陸棚縁辺

部を中心とした海域、またシロアマダイは中国沿岸付近を中心とした海域に分布しており、両者は底質の異なる海域に棲み分けていると報告している。また、中野³⁾も、山口県玉江浦漁協 (現：山口県漁協玉江浦支店) の遠洋あまだい延縄漁業者の話として、アカアマダイとシロアマダイでは漁場が異なることを報告している。両種の分布の中心はこのように異なる上、両種の産卵期もアカアマダイは6～10月⁶⁾、シロアマダイは12～5月⁷⁾と重ならないことから、交雑種が存在する可能性は低いと考えられる。両種の交雑種らしきアマダイ科魚類について山田ら⁸⁾が報告しているが、この標本の体色は桃色や黄色が鮮明で本研究の標本とは著しく異なっている。また記載上も山田ら⁸⁾の標本は胸鰭鰭条数が20、側線鱗数が47、鰓耙突起数が8+14=22である点が本標本とは異なる。

次に標本がアカアマダイの白化個体である可能性について検討する。これまでアカアマダイの白化個体についての報告はないが、様々な魚介類で白化現象が報告されている。例えば硬骨魚類のカレイ目では白化現象は普通のことであり⁹⁾、板鰓類ではアカエイ¹⁰⁾、棘皮動物ではナマコ¹¹⁾等がある。このうちカレイ目ヒラメの場合、青海ら¹²⁻¹⁴⁾は後期仔魚期に摂取した餌料の種類が体色の白化に影響を及ぼすと報告している。従ってアカアマダイの白化個体が存在する可能性は十分考えられる。

ところが標本は体色以外にアカアマダイの形質とは上顎後端の位置、体高と標準体長との比率、側線鱗数の3点において相違が見られたため、同種の白化個体とは考えられない。

標本の写真を山口はぎ水産物卸売市場の藤田勲場長に見せたところ、同氏が1980年代にあまだい延縄漁船に乗組員として従事していた折に通称「べっぴんさん」と呼んでいたアマダイ科の魚に似ているとの証言を得たため、これはその種不明のアマダイ科の1種である可能性が示唆された。同氏はこれを長江河口付近 (Fig. 1 斜線部分) でよく漁獲していたと述べている。

さらに中野³⁾は、1960～1980年代に山口県玉江浦漁協の遠洋あまだい延縄漁業者が漁獲対象としていたあまだい類の中にアカアマダイに似た白いあまだい類があり、これを漁業者が通称「べっぴんさん」と呼んでいたことを報告している。同報告³⁾はこれを分類上アカアマダイとしており、漁業者は通常、東シナ海の東部でアカアマダイを、中国大陆側でシロアマダイを、両海域が不漁の場合、長江河口付近 (Fig. 1 斜線部分) で「べっぴんさん」を漁獲していた³⁾。この魚はアカアマダイやシロアマダイとは異なり、「身が良く、かつ潮に左右されずに平均的に釣ることができ、獲りやすい魚であった」と記載されていることから、肉質や分布生態も両者とは異なることが推察される。

これらのことから今回採集された標本は識別的形質により同属他種と識別されるアマダイ科の1種で、1960～1980年代に山口県の遠洋あまだい延縄漁業者から「べっぴんさん」と呼ばれていたあまだい類と同じものである可能性が考えられた。

謝 辞

本研究にあたり、操業中に洋上から電話連絡をいただき、また標本を快く提供された第三兼正丸船長上村殊広氏に深謝する。

また、「べっぴんさん」に関する貴重な情報を提供された山口はぎ水産物地方卸売市場長藤田勲氏、ならびに本報告の作成にあたり適切なご指導とご高閲を賜った長崎大学多田修名誉教授に深謝する。

文 献

- 1) 藍沢正宏 (2000) : アマダイ科, 中坊徹次編 日本産魚類検索 全種の同定 第二版, 東海大学出版会, pp.782-783, 1553.
- 2) Yoshino, T., W. Hiramatsu, O. Tabeta and Y. Hayashi (1984) : First record of the tilefish, *Branchiostegus argentatus* (Cuvier) from Japanese waters, with a discussion on the validity of *B. auratus* (Kishinoue), *Galaxea*,

3, 145-151.

- 3) 中野 泰 (2003) : シロバエ考・底延縄漁師の漁場認識とフォークモデルの意義, 国立歴史民族博物館研究報告, 第105集, 215-266.
- 4) 朱 元県編 (1963) : 東海魚類誌, 科学出版社, 北京, 241-242.
- 5) 林 泰行 (1985) : 東シナ海産アカアマダイの漁業生物学的研究. 山口県外海水産試験場研究報告, 20, 13-16.
- 6) 林 泰行 (1977) : 東シナ海産アカアマダイの成熟と産卵に関する研究-I, 生殖腺熟度指数の経月変化からみた産卵期の推定, 日本水産学会誌, 43 (11), 1273-1277.
- 7) 林 泰行・高木和昭・尾串好隆 (1987) : 東シナ海産シロアマダイの生態学的研究. 山口県外海水産試験場研究報告, 22, 20-29.
- 8) 山田梅芳・堀川博史・山下秀幸 (2000) : シロアマダイ×アカアマダイ? *Branchiostegus albus* × *B. japonicus*?, 西海区水産研究所ニュース, (100), 1.
- 9) 松原喜代松 (1964) : 魚類の形態と検索Ⅱ 第2版 (校訂版), 石崎書店, 東京, pp.1605.
- 10) 大山卓司 (1994) : 黄色くてもアカエイ (あれこれ), 海のはくぶつかん, 24 (2), 7, 1994年3月号.
- 11) 山口県水産研究センター外海研究部・山口県外海水産振興協議会 (2005) : アルビノ (白子症) のナマコ2個体, 水産研究センター 外海研究部だより, がいかい, 70, 9.
- 12) Seikai, T. (1985) : Reduction in Occurrence Frequency of Albinism in Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus* Hatchery-reared in Wild Zooplankton, Bulletin of the Japanese Society of Fisheries, 51 (8), 1261-1267.
- 13) Seikai, T., M. Shimozaki, T. Watanabe (1985) : Estimation of Larval Stage Determining the Appearance of Albinism in Hatchery-reared Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus*, Nippon Suisan Gakkaishi, 53 (7), 1107-1114.
- 14) Seikai, T., T. Watanabe, M. Shimozaki (1987) : Influence of Three Geographically Different Strains of *Artemia* Nauplii in Occurrence of Albinism in Hatchery-reared Flounder *Paralichthys Olivaceus*, Nippon Suisan Gakkaishi, 53 (2), 195-200.

要 約

2003年12月9日、対馬海峡東水道の水深110mで白いアマダイ科の1種（標準体長359mm）が1尾、あまだい延縄漁船で漁獲された。当標本はアマダイ科の特徴を有していたが、過去に東シナ海・黄海・日本海産として分類されたアマダイ科アマダイ属5種とは、背

中線が橙色である、上顎後端が眼前縁に達しない、体高が体長の35%、側線鱗数が85であるという特徴が異なっていた。

本種は1960年代から1980年代にかけて東シナ海長江河口付近で漁獲され、山口県漁業者に通称「べっぴんさん」と呼ばれていた種不明のアマダイ科の1種である可能性が考えられた。

周防灘における小型底びき網の 全採捕魚介類に占める投棄魚の割合

木村 博

Proportions of the Discard to the Total Fish and Shellfish Caught
by a Small Beam Trawler in the Suounada Area of the Seto Inland Sea

Hiroshi KIMURA

The beam trawlers use small mesh codend between 9 mm and 12.5 mm in mesh side by rules in the Seto Inland Sea off Yamaguchi prefecture. Author analyzed whole fish and shellfish caught by twenty hauls in five trips during the period between April 14, 2003 and July 1, and estimated 94.3% in number, 80.9% in weight of the total catch biomass was discarded. The proportions of the discard to the total catch in number for those targets of the beam trawler were 0.87-0.98 in flounders, 0.22-1.00 in shrimps, 0.94 in mantis shrimp, and there were serious wastages of pre-marketable demersal fish and shellfish.

Key words : discarded fish; beam trawler; demersal fish; Seto Inland Sea

山口県瀬戸内海で操業する小型底びき網（小型機船底びき網手繰り第二種）は小型えび類を主要な漁獲対象とするため、魚捕り網の目合いが13節から18節（目合い：2脚1節長25mmから18mm）の間に制限されている。このため、小型底びき網漁船は小型の魚介類を多数混獲し、投棄魚として死亡させている。投棄魚の中には有用資源の幼稚魚が含まれており、小型底びき網による漁業資源の浪費は「投棄魚問題」と称されて解決すべき課題であると指摘されている^{1,2)}。この研究は周防灘において操業した小型底びき網漁船の魚捕り網に入った魚介類について調べ、投棄魚問題の実態と解決の方向を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

宇部市内の床波漁業協同組合所属小型底びき網漁船（4.92トン、15馬力）を用船して試験操業を行い、採捕された魚介類を漁獲物と投棄魚に区分した。試験操

業は延べ5日間実施し、2003年4月14日、5月13日、5月22日、6月4日および7月1日に図1に示す秋穂町沖から宇部市沖の周防灘でいずれも約30分間の曳網を4回行った。第1回次から第4回次の試験操業は昼間行い、第5回次の試験操業は夜間行った。使用した漁具は1条漕ぎで、概要は図2に示すとおり、ビーム長13m、グランドロープ長20m、身網の目合いは10節（34mm）、内外2段の魚捕り網を有し、内網の目合い7節（50mm）、外網の目合いは13節（25mm）で、床波漁協所属底びき網漁船において一般的に用いられているものをそのまま使用した。曳網速度は平均2.6ノット（2.2～3.2ノット）であった。採捕された魚介類は船上で網袋（縦、横：55cm、55cm、網目1辺5mm）または土嚢袋（縦、横：60cm、50cm）に収容して氷蔵し、水産研究センター搬入後は必要に応じて冷凍保存した。採捕された魚介類試料が多すぎる場合は船上にてランダム抽出とした。なお、クラゲ類は試料採取時に除去

し、調査対象から除いた。試料は種毎に分類し、個体数と総重量を測定した。全ての種を有用性に基づいて有用種と不用種のいずれかに区分し、有用種の魚介類は利用性に基づいて漁獲物と投棄魚に区分した。不用種は利用性の面から投棄魚に区分した。有用性の有無は市場出荷対象種であるかどうかを判定基準としたが、ジンドウイカとミミイカは市場流通してはいるものの、一部の漁船が大型個体を選別して出荷しているのが実態であることから不用種に区分した。有用種について漁獲物と投棄魚を区分する基準は市場に出荷されるサ

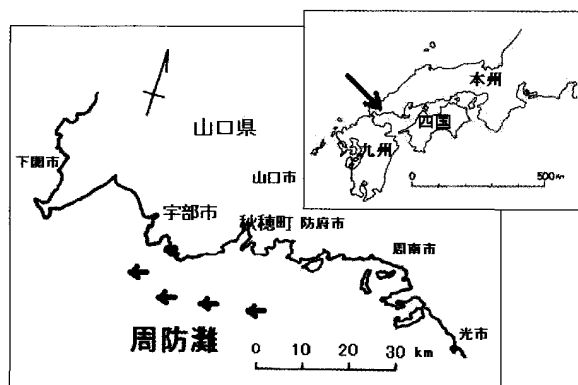


図1 小型底びき網による試験操業を実施した海域
下図中の矢印は曳網位置の概略を示す。

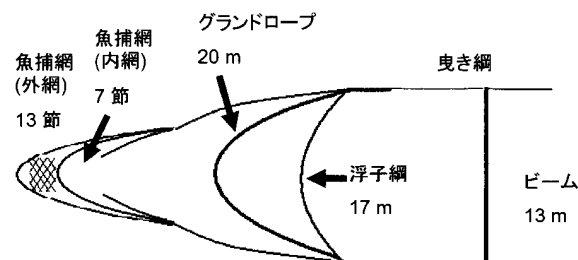


図2 試験操業に用いた底びき網の概要図

表1 有用種魚介類が漁獲対象となる体重下限値の基準
体長等は体重に対応する概数値を表す。

動物群	種名	体 重 (g)	体 長 (mm)	動物群	種名	体 重 (g)	体 長 (mm)
魚 類	マコガレイ	50	全長150	魚 類	トカゲエソ	50	尾叉長180
	メイトガレイ	40	全長140		マエソ	50	尾叉長180
	イシガレイ	50	全長150		マアナゴ	40	全長320
	イヌノシタ	35	全長200	甲 殻 類	クルマエビ	20	体長120
	アカシタビラメ	35	全長200		シャコ	15	体長100
	シロギス	25	全長150		小型えび類	3	体長62
	シログチ	80	全長190	軟 体 類	ヨシエビ	20	体長120
	ハモ	200	全長550		コウイカ	60	外套長80
	コモンフグ	80	全長150		イイダコ	50	
	トラフグ	80	全長150		テナガダコ	200	
	マゴチ	150	全長260		アカニシ	100	殻高80
	アカエイ	300	全長420		タイラギ	150	殻長200

イズ^{3,4,5)}および市場で観察した経験に基づいて体重により表1のとおり定めた。有用種については、全長、体長、全甲幅長等のいずれかの体の長さ（たこ類を除く）と体重の測定を原則として全数について行ったが、個体数の多い種については抽出測定とした。採捕個体数と重量は、曳網時間と船上抽出率により、30分間曳網あたりに換算した。

結 果

延べ20回の曳網により採捕された魚介類は表2に示すとおり、47,976個体、268,837gであった。種まで分類できたのは126種、属以上の段階で分類を止めたのは23種類であった。採捕された魚介類に占める有用種の割合は個体数で21.0%、重量で34.0%であった。個体数についての投棄率⁶⁾（投棄個体数／採捕個体数）は94.3%、重量についての投棄率（投棄重量／採捕重量）は80.9%で、採捕した魚介類のうち市場出荷できる個体数割合は5.7%、重量割合でも19.1%に過ぎなかった。また、有用種に限定してみると、個体数についての投棄率は73.1%、重量についての投棄率は56.1%で、採捕した有用種魚介類のうち市場出荷できる個体数割合は26.9%、重量割合でも43.9%に過ぎなかった。

動物分類群を魚類、甲殻類、軟体類、棘皮類およびその他とした場合、有用種における個体数投棄率は多い順に魚類91.6%、甲殻類71.1%、軟体類59.9%で、棘皮類については有用種に該当する種の採捕がなかった。有用種についてはいずれの動物分類群についても市場出荷する個体数よりも投棄する個体数の方が多いが、特に魚類で個体数投棄率の高いことが認められた。

表2 試験操業で採捕された魚介類の個体数および重量（全試験操業の合計）

有用性	利用性	体重区分	個体数					重量 (g)						
			魚類	甲殻類	軟体類	棘皮類	その他	合計	魚類	甲殻類	軟体類	棘皮類	その他	合計
有用種	漁獲対象	<10g		2,318	1			2,319		11,362	6			11,369
		<100g	52	253	11			316	2,962	6,934	762			10,658
		<1000g	27		45			71	6,919		11,247			18,165
		>=1000g	8					8	11,125					11,125
		合 計	87	2,571	57			2,714	21,006	18,297	12,015			51,317
	投棄対象	<10g	526	6,309	13			6,848	2,246	25,053	63			27,363
		<100g	423	27	69			519	9,081	383	1,953			11,417
		<1000g	4		4			8	822		492			1,314
		合 計	953	6,336	85			7,374	12,149	25,436	2,509			40,094
		不用種 投棄対象	<10g	979	18,250	9,655	6,305	54	35,243	5,010	47,784	35,486	34,056	113
<100g	186		604	764	1,078		2,632	3,458	10,185	12,616	22,035		48,294	
<1000g	2				10		12	233			3,650		3,883	
>=1000g	1				1		2	1,799			1,000		2,799	
合 計	1,168		18,854	10,419	7,393	54	37,888	10,500	57,969	48,103	60,740	113	177,426	
合 計			2,207	27,761	10,561	7,393	54	47,976	43,656	101,702	62,626	60,740	113	268,837

個体の体重階級を10g未満、10g以上100g未満、100g以上1kg未満、1kg以上と10の冪乗で区分した場合、採捕された魚介類の個体数組成は10g未満階級が92.6%、10g以上100g未満階級が7.2%であって、両者を合わせた100g未満の個体が全採捕個体数の99.8%を占めた。また、5回の試験操業で採捕された魚介類の個体数（y）は体重の常用対数階級（x = 1～4）との間に

$$y = 165400x^{-1.253}$$

$$n = 4 \quad r = 0.996 \quad (p < 0.001)$$

の関係を認めた（図3）。

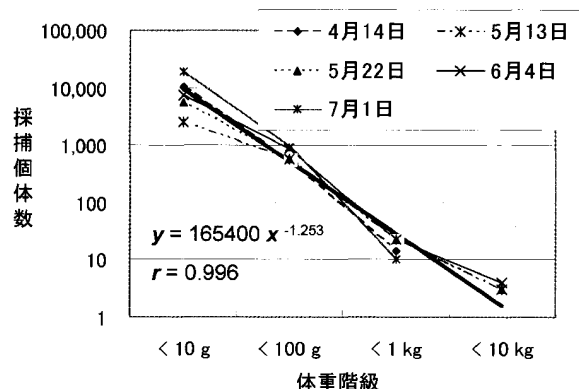


図3 小型底びき網試験操業で採捕された魚介類の体重階級別個体数

太線のグラフは、図に示す関係式により計算した個体数を示す。

小型底びき網漁業の主要な漁獲対象種であるマコガレイ、メイタガレイ、小型えび類およびシャコについて、延べ20回の曳網により採捕された個体の体長組成を図4に示した。表1の漁獲物と投棄魚を判定する基

準に基づいて、投棄対象個体を淡色のグラフで、漁獲対象個体を濃色のグラフでそれぞれ示した。マコガレイでは、全採捕個体数91尾中、投棄対象となる個体は89尾（全長63mm～129mm）であったのに対し、漁獲対象となる個体は2尾（全長189mm、190mm）であった。メイタガレイでは、全採捕個体数420尾中、投棄対象となる個体は407尾（全長57mm～136mm）であったのに対し、漁獲対象となる個体は13尾（全長141mm～238mm）であった。小型えび類（サルエビ、トラエビ、アカエビおよびキシエビの合計）では、全採捕個体数5,738尾中、投棄対象となる個体は3,300尾（体長40.8mm～61.9mm）であったのに対し、漁獲対象となる個体は2,438尾（体長62.0mm～103.4mm）であった。シャコでは、全採捕個体数3,113尾中、投棄対象となる個体は2,923尾（体長47mm～99mm）であったのに対し、漁獲対象となる個体は190尾（体長101mm～175mm）であった。

上記の小型底びき網漁業の主要な漁獲対象4種について、延べ20回の試験操業から得られた投棄魚平均体重、重量投棄率と山口県瀬戸内海の小型底びき網縦びき2種による2003年（平成15年）漁獲量^{*1}から投棄量と投棄個体数を推定して表3に示した。マコガレイおよびメイタガレイの漁獲量は山口農林水産統計では明らかでないで、うしのした類を除くかれい類の漁獲量をそれぞれの種に適用した。小型えび類の漁獲量はくまえびを除くえび類とした。投棄量と投棄個体数は次式により推定した。

$$\text{投棄量} = \text{漁獲量} \times \text{重量投棄率} / (1 - \text{重量投棄率})$$

$$\text{投棄個体数} = \text{投棄量} \times 10^6 / \text{投棄魚平均体重}$$

マコガレイの投棄量は525トン、投棄個体数は21,187

^{*1} 中国四国農政局山口統計・情報センター編 第51次山口農林水産統計年報 平成15年～16年

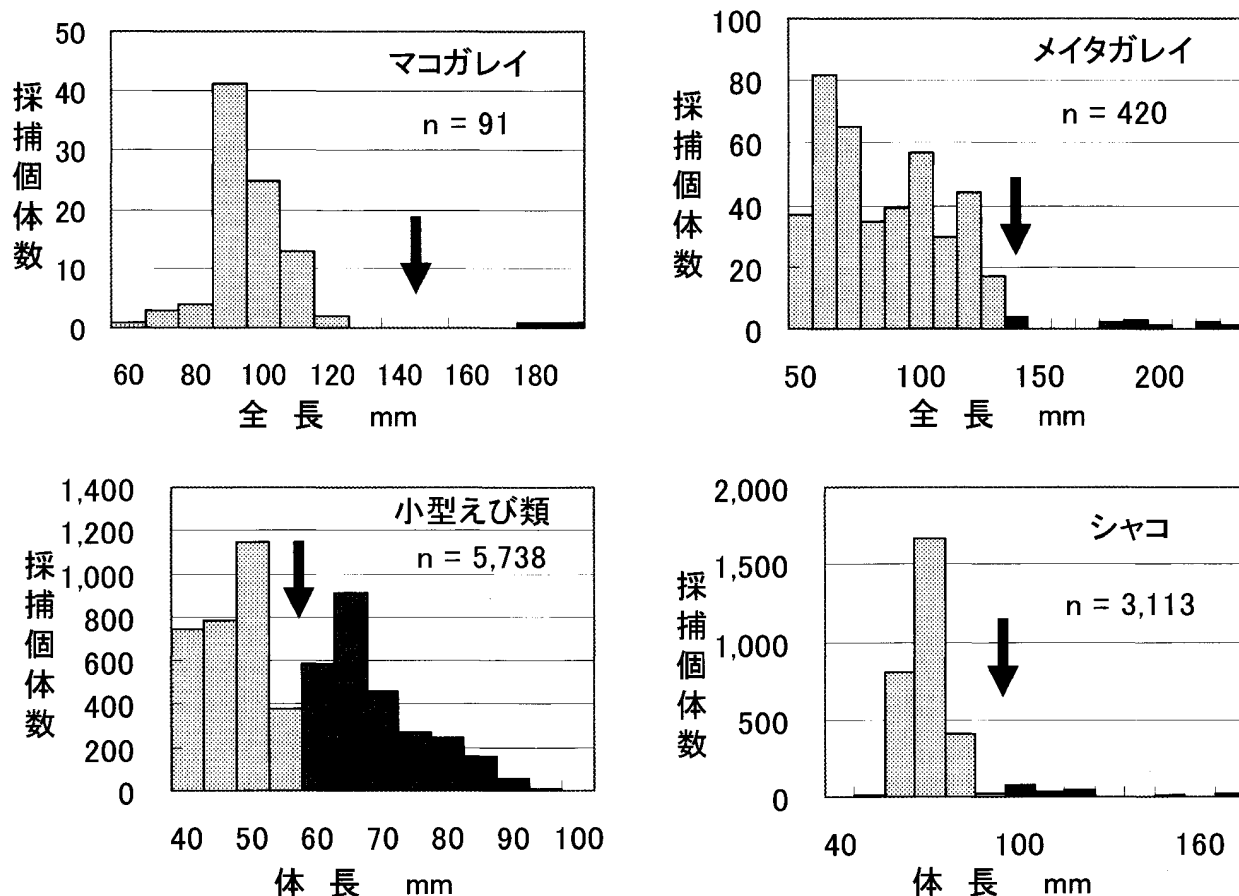


図4 小型底びき網による試験操業で採捕された主要魚種についての体長階級別個体数

淡色のカラムは投棄対象サイズ、濃色のカラムは漁獲対象サイズをそれぞれ表す。図中の矢印は投棄と漁獲の境界となる大きさを示す。

千尾、メイタガレイの投棄量は243トン、7,594千尾と推定されたが、この推定値はうしのした類を除くかれない類の漁獲量がそれぞれ全てマコガレイの場合および全てメイタガレイの場合を計算している。うしのした類を除くかれない類の漁獲量の大部分がマコガレイとメイタガレイから構成されている実態があるので、マコガレイとメイタガレイを足し合わせた投棄量は243トン～525トンの範囲にあり、投棄個体数は7,594千尾～21,187千尾の範囲にあることが解った。小型えび類の投棄個体数は287,730千尾と著しく多く、シャコの投棄個体数は41,866千尾であった。

魚種別に見た個体数投棄率を有用種について試験操業回次毎に計算して表4に示した。表4中の平均は、5回次の試験操業における投棄個体数合計と採捕個体数合計から計算したもので、加重平均に相当する。魚類においては、カナガシラ類を1種とみなした場合の29種の内、22種の投棄率加重平均が0.5を上回った。22種の中にはマコガレイ（投棄率加重平均0.97）、メイタガレイ（同0.98）、イヌノシタ（同0.56）、イシガレ

表3 試験操業結果から推定した主要魚種についての重量投棄率および山口県瀬戸内海における小型底びき網漁業による投棄量と投棄個体数

	マコガレイ	メイタガレイ	小型えび類	シャコ
漁獲対象重量 (g)	196	1,306	12,191	5,975
投棄対象重量 (g)	1,115	4,169	5,302	19,789
採捕量 (g)	1,311	5,474	17,493	25,764
漁獲物平均体重 (g)	97.8	100.4	5.0	31.4
投棄魚平均体重 (g)	24.8	32.1	1.6	6.8
重量投棄率	0.851	0.762	0.303	0.768
漁獲量 (トン) ※	* 92	* 92	1,059	86
投棄量 (トン)	525	243	406	284
投棄個体数 (千個体)	21,187	7,594	287,730	41,866

※山口県瀬戸内海における小型底びき縦びき2種の漁獲量。

*マコガレイ、メイタガレイについてはカレイ類漁獲量が全て当該魚種と仮定した場合を試算した。

イ（同0.87）、シログス（同0.84）、マゴチ（同1.00）など小型底びき網漁業の重要漁獲対象種が含まれていた。甲殻類においては、8種の内、5種の投棄率加重平均が0.5を上回った。5種の中にはシャコ（同0.94）、サルエビ（同0.54）など小型底びき網漁業の重要漁獲対象種が含まれていた。また、前述の小型えび類4種

表4 有用魚種についての試験操業実施日別個体数投棄率とその加重平均

表中の平均は全試験操業における投棄個体数合計/採捕個体数合計により計算した。

種名	採捕日					平均	種名	採捕日					平均
	4月14日	5月13日	5月22日	6月4日	7月1日			4月14日	5月13日	5月22日	6月4日	7月1日	
魚類							魚類						
アイナメ			1.00	1.00		1.00	クロダイ			0.00	0.00	0.00	0.00
アカエイ	1.00			1.00		1.00	トラフグ	0.00					0.00
カサゴ			1.00			1.00	ハモ					0.00	0.00
カナガシラ類	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	ヒラメ		0.00				0.00
コショウダイ				1.00		1.00	マアナゴ				0.00	0.00	0.00
ショウサイフグ			1.00			1.00	甲殻類	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00
タチウオ					1.00	1.00	クマエビ					1.00	1.00
ナシフグ	1.00	1.00	1.00			1.00	シャコ	0.95	0.44	0.39	0.88	0.95	0.94
マアジ				1.00		1.00	アカエビ	1.00	1.00	0.89	1.00	0.61	0.91
マエソ				1.00	1.00	1.00	サルエビ	1.00	0.83	0.95	0.95	0.43	0.54
マゴチ	1.00					1.00	トラエビ	1.00	1.00	1.00	1.00	0.15	0.22
メバル	1.00					1.00	クルマエビ					0.20	0.20
メイタガレイ	0.96	1.00	1.00	0.96	0.99	0.98	ヨシエビ	0.00				0.00	0.00
マコガレイ	0.00	1.00	0.00	1.00	0.99	0.97	軟体類			1.00			1.00
トカゲエソ		1.00	0.77	0.98		0.95	カミナリイカ						1.00
イシガレイ	0.00	1.00	1.00	1.00		0.87	タイラギ	1.00			1.00		1.00
シロギス	1.00	1.00	1.00	0.56	1.00	0.84	トリガイ		1.00	1.00	1.00		1.00
シログチ		0.67	1.00	0.67	1.00	0.83	マダコ	1.00			0.80		0.83
コモフグ	0.50	1.00		0.50		0.63	イイダコ	0.68	0.71	0.75	0.91		0.78
タマカンゾウビラメ		0.60				0.60	シリヤケイカ	1.00	0.00				0.77
アカンタビラメ	0.50			1.00	0.57	0.58	テナガダコ	0.50	0.88		0.00	0.00	0.49
イヌノシタ	0.50			0.00	0.64	0.56	アカガイ	0.50	0.50	0.00	0.50		0.43
アカカマス				0.00		0.00	アカニシ	1.00		0.33	0.00		0.38
クロウシノシタ			0.00			0.00	コウイカ	0.78	0.00	0.25	0.17		0.31
							合計	0.98	0.87	0.87	0.96	0.63	0.73

を合わせた投棄率加重平均は0.58であった。軟体類においては10種の内、6種の投棄率加重平均が0.5を上回った。6種の中にはマダコ(同0.83)、トリガイ(同1.00)など小型底びき網漁業の重要漁獲対象種が含まれていた。

考 察

周防灘において操業する山口県の小型底びき網漁船による有用種幼稚魚の投棄量が多いという問題は過去にも指摘されており⁷⁾、1991年時点で山口県底びき網漁船による年間のマコガレイ投棄個体数は1,189千尾、メイタガレイ投棄個体数は1,636千尾と見積もられ、両種合計投棄個体数は2,825千尾であった。しかし、この度の試験操業結果では2003年のマコガレイとメイタガレイ合計の年間投棄個体数は7,594千尾～21,187千尾と推定された。仮に、マコガレイとメイタガレイの漁獲量が等しいとすると、合計投棄個体数は14,390千尾と推計され、1991年当時の5倍であった。1991年当時は周年調査であったのに対して、2003年はマコガレイ、メイタガレイ0歳魚が資源加入する前の4～7月に調査したことを考慮しても投棄個体数は多い。1991年当時、16%と見積もられていた全採捕動物に対する重量投棄率も2003年時点の推定では80.9%と著しく増大した。

推定結果に大きな違いがもたらされた要因は多数あるが、1991年時点の推定は、旧来の2条漕ぎえび漕ぎ網と2条漕ぎ桁網についての引き延ばしであったのに対し、2003年時点の推定は1条漕ぎの漁船について

の引き延ばしであったことが最大の要因と考えられる。小型底びき網漁船による山口県瀬戸内海におけるマコガレイとメイタガレイの年間投棄個体数推定値についての1991年と2003年の値は、底びき網漁船の漁具特性によるウェイト付けがなされていないため、それぞれ過小推定値と過大推定値であったと考えられる。

木村⁸⁾は周防灘で操業する小型底びき網の投棄魚について、投棄1日後の生残率は、一般の魚類では0%、小型えび類で10.4～20.5%、シャコで67.4%としたが、観察日数を伸ばすと投棄魚の生残率はさらに低下することが知られている^{9,10)}ので、有用資源の混獲投棄死亡は資源利用の点から非常に大きな問題である。また、これはマコガレイとメイタガレイだけの問題ではなく、47種の有用種全体でも個体数投棄率は73.1%に達した。有用種全体でいうと水揚げされた漁獲物個体数よりも2.7倍多い有用資源動物が投棄され、その多くが死亡していると考えられる。

小型底びき網により採捕された魚介類の体重階級と個体数の関係式は、体重が1/10になる毎に採捕個体数は18倍(=10^{1.253})に増加することを示し、10g未満の小型の魚介類を多数採捕するという小型底びき網の漁具特性が明らかになった。山口県瀬戸内海の小型底びき網は2条漕ぎ網など旧来の漁具から、より生産性の高いドロ漕ぎ網と呼ばれる漁具への転換が進行しているといわれている。現状の小型底びき網漁具では小型底びき網漁船の生産性向上と投棄魚問題の深刻化は同時に進行せざるを得ない。木村¹¹⁾はメイタガレイについて、何らかの方法で投棄死亡を0にすることがで

きた場合、小型底びき網のメイタガレイ水揚げ金額が倍増することを予測した。小型底びき網漁業の生産性を維持しつつ、資源利用の不合理を改善する方向は、小型底びき網漁船による幼稚魚の混獲死亡を減少させる技術開発であると考ええる。

文 献

- 1) 東海 正 (1993)：瀬戸内海における小型底びき網漁業の資源管理－投棄魚問題と網目規制－. 南西水研研報, 26, 31-106.
- 2) 松岡達郎 (1999)：混獲投棄とその防止に関する研究. 日本誌, 65 (4), 630-633.
- 3) 木村 博・松野 進・吉松隆司・石田祐司・河村和寛 (2004)：市場に水揚げされた主要魚種の体長等に関する調査. 平成15年度山口県水産研究センター事業報告, 104-141.
- 4) 木村 博・松野 進・吉松隆司・石田祐司・河村和寛 (2005)：市場に水揚げされた主要魚種の体長等に関する調査. 平成16年度山口県水産研究センター事業報告, 98-131.
- 5) 内田喜隆・木村 博・吉松隆司・石田祐司・河村和寛 (2006)：市場に水揚げされた主要魚種の体長等に関する調査. 平成17年度山口県水産研究センター事業報告, 105-123.
- 6) 平井良夫・西ノ首英之 (2003)：有明海小型底びき網漁業における有用種の混獲投棄の実態. 日本誌, 69 (3), 330-336.
- 7) 木村 博・檜山節久・吉岡貞範・岡部千里 (1993)：小型底びき網漁船の投棄魚の研究－Ⅰ 投棄量について. 山口県内海水産試験場報告, 22, 21-25.
- 8) 木村 博 (1994)：小型底びき網漁船の投棄魚の研究－Ⅳ 投棄された魚介類の生残率について. 山口県内海水産試験場報告, 23, 1-8.
- 9) 平川英人・田中利幸 (1997)：小型底びき網における再放流ヒラメの生存率. 月刊海洋, 29 (6), 376-379.
- 10) 岡本繁好・反田 実 (1997)：小型底びき網で漁獲されるカレイ類幼稚魚の投棄実態と再放流の生存率. 月刊海洋, 29 (6), 371-375.
- 11) 木村 博 (2006)：周防灘における小型底びき網漁業対象資源の管理効果予測. 平成17年度山口県水産研究センター事業報告, 91-100.

幼稚魚混獲防止のための小型底びき網漁具改良 —魚捕網の目合い拡大効果

木村 博

Catchability Tests for Reducing Discard of Pre-marketable Fish and Shellfish on Small Beam Trawler with Large Mesh Codends in Sounada Area of the Seto Inland Sea

Hiroshi KIMURA

Catchability tests were carried out with the aim of reducing discard of pre-marketable fish and shellfish on small beam trawler with large mesh codends in Suounada area of the Seto Inland Sea. Whole fish and shellfish caught by the large mesh codends such as 25 mm, 30 mm, 37.5 mm in mesh side and 75 by 15 mm rectangular mesh were compared to those caught by the control codend of 12.5 mm in mesh side by the parallel haul method during the period between April 14, 2003 and July 1. All of the large mesh codends succeeded not only to select off pre-marketable fish and shellfish in the range from 1.9 to 13.0 % in number in comparison with the control, but also to increase the catch of marketable fish and shellfish in the range from 1.21 to 3.75 times more than the control in the daytime. Though in the nighttime, 75 by 15 mm rectangular mesh codend failed to maintain the same catch as the control codend and the selectivity rate was also not sufficient (25.9 %) because shrimps clogged the large mesh with starfishes and jellyfishes.

Key words : beam trawler, discard, mesh size, the Seto Inland Sea

山口県瀬戸内海で操業する小型底びき網（小型機船底びき網手繰り第二種）は有用種を含む小型の魚介類を多数混獲し、投棄魚として死亡させている問題が指摘されている^{1,2,3)}。現在使用されている小型底びき網の魚捕網は、目合いが13節から18節（目合い：2脚1節長25mmから18mm）と小さいことがその大きな要因である。小型底びき網漁具を改良することにより投棄魚問題を解消するための第一歩として、魚捕網の目合い拡大の効果について検討した。

材料および方法

宇部市内の床波漁業協同組合所属小型底びき網漁船を2隻用船し、一方の漁船（4.9トン、15馬力）は魚

捕網の目合いを拡大した試験区とし、他方の漁船（4.92トン、15馬力）は通常の操業に用いる魚捕網を使用する対照区として、2隻が同時に並行して曳網する方法で試験操業を行った。試験操業の概要は表1に示すとおり、延べ5日間実施し、2003年4月14日、5月13日、5月22日、6月4日および7月1日に図1に示す秋穂町沖から宇部市沖の周防灘でいずれも約30分間の曳網を4回行った。第1回次から第4回次の曳網は8時台から12時台の昼間に行い、第5回次の曳網は19時台から23時台の夜間に行った。使用した漁具は1条漕ぎで、概要は図2に示すとおり、試験区、対照区ともビーム長13m、グランドロープ長20m、身網の目合いは10節（34mm）でほぼ同じ規格であった。対照区

表1 魚捕網の目合い拡大効果試験に関する小型底びき網試験操業の概要

試験操業 回次	年月日	曳網 回数	曳網時間 (分)	操業時間	魚捕網の目合い (mm)		曳網速度 (kt)	
					試験区	対照区	試験区	対照区
1	2003年4月14日	4	30	8:41-12:31	50 (7節)	25 (13節)	2.49	2.41
2	2003年5月13日	4	30	8:25-12:23	60 (6節)	25 (13節)	2.39	2.26
3	2003年5月22日	4	30	8:26-12:13	75 (5節)	25 (13節)	2.80	2.78
4	2003年6月4日	4	30	8:17-12:18	75×15 (グレーダーネット)	25 (13節)	2.85	2.80
5	2003年7月1日	4	30	19:35-23:10	75×15 (グレーダーネット)	25 (13節)	2.89	2.82

は、内外2段の魚捕網を有し、内網の目合い7節(50mm)、外網の目合いは13節(25mm)で、床波漁協所属底びき網漁船において一般的に用いられているものをそのまま使用した。試験区の魚捕網は内網を取り付けず、粗目の菱目網もしくはグレーダーネットを用いた。試験区の魚捕網の目合いは、第1回次が7節(50mm)、第2回次が6節(60mm)、第3回次が5節(75mm)、第4回次と第5回次がグレーダーネット(75×15mm、網糸の太さは約5mm)であった。グレーダーネットは網長方向に張力が働く場合は長方形の目となり、網幅方向に張力が働く場合には六角形の目となるが、海中で長方形の目を保つよう漁船の進行方向を網長として仕立てた。いずれの魚捕網も長さは約150cm、身網への取り付け部は7節(50mm)網100目であった。曳網速度は平均2.6kt(2.2~3.3kt)であった。採捕された魚介類は原則として全数を試料としたが、多すぎる場合は船上にてランダム抽出とした。なお、クラゲ類は試料採取時に除去し、調査対象から除いた。試料は種毎に分類し、個体数と総重量を測定した。全ての種を有用性に基づいて有用種と不用種のいずれかに区分し、有用種の魚介類は利用性に基づいて漁獲物と投棄魚に区分した。不用種は利用性の面から投棄魚に区分した。有用性の判定基準および漁獲物と投棄魚の判定基準は前報³⁾のとおりであった。有用種については、全長、体長、全甲幅長等のいずれかの体の長さ(たこ類を除く)と体重の測定を原則として全数について行ったが、個体数の多い種については抽出測定とした。採捕個体数と重量は、曳網時間と船上抽出率により、30分間曳網あたりに換算した。

結 果

試験区と対照区の底びき網により採捕された魚介類の合計個体数と重量は不用種投棄魚、有用種投棄魚および漁獲物に区分して表2に示した。各調査回次毎に4回の曳網を行ったので、同一回の曳網について試験

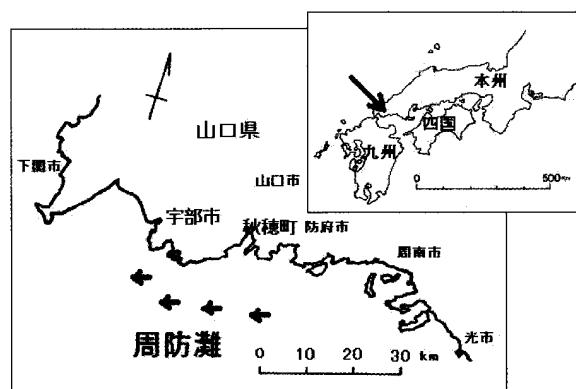


図1 小型底びき網の試験操業を実施した海域

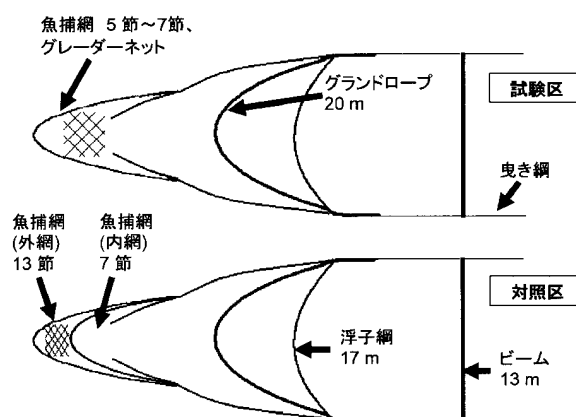


図2 小型底びき網試験操業に用いた漁具の概要

区、対照区の採捕個体数あるいは採捕重量を対にし、対をなす試料についてのt検定を行った結果も合わせて表2に掲げた。試験区の曳網速度平均値は2.68kt、対照区の曳網速度は2.61ktで、全ての試験操業回次平均値において試験区の方が速かったが、その差は2.7%にとどまり、有意ではなかった($t=1.710 < 2.093 = t(0.05,19)$)。

不用種投棄魚と有用種投棄魚の双方とも採捕個体数と採捕重量は魚捕網を粗目網とすることで減少した。特に、有用種投棄魚の採捕個体数については、昼間操業の場合、対照区採捕個体数の1.9%ないし13.0%と著しい減少であった。しかし、夜間操業の場合は対照

表2 試験操業で採捕された魚介類の合計個体数と合計重量

“—”, “*”, “**”はそれぞれ対をなす試料のt検定において「有意差なし」, 「5%水準有意」および「1%水準有意」を表す。

試験操業 の回次		個体数				重量 (g)			
		不用種 投棄魚	有用種 投棄魚	漁獲物	合計	不用種 投棄魚	有用種 投棄魚	漁獲物	合計
第1回次	試験区(A)	1,704	80	24	1,808	15,007	1,243	6,945	23,195
	対照区(B)	9,468	1,264	28	10,760	27,352	3,433	3,117	33,901
	(A)/(B)	0.180	0.063	0.857	0.168	0.549	0.362	2.228	0.684
	t-検定	*	—	—	*	*	—	—	*
第2回次	試験区(A)	1,168	36	56	1,260	14,743	539	25,942	41,223
	対照区(B)	2,796	276	40	3,112	21,362	1,501	6,910	29,773
	(A)/(B)	0.418	0.130	1.400	0.405	0.690	0.359	3.754	1.385
	t-検定	—	—	—	—	—	—	**	**
第3回次	試験区(A)	1,060	28	44	1,132	16,089	694	16,693	33,476
	対照区(B)	5,932	268	44	6,244	38,711	1,515	6,693	46,919
	(A)/(B)	0.179	0.104	1.000	0.181	0.416	0.458	2.494	0.713
	t-検定	—	*	—	—	*	—	—	—
第4回次	試験区(A)	1,160	24	40	1,224	15,966	932	13,401	30,299
	対照区(B)	6,880	1,252	52	8,184	35,931	6,587	11,048	53,566
	(A)/(B)	0.169	0.019	0.769	0.150	0.444	0.142	1.213	0.566
	t-検定	*	*	—	*	*	*	—	—
第5回次	試験区(A)	4,272	1,116	784	6,172	37,448	6,396	14,841	58,684
	対照区(B)	12,816	4,316	2,552	19,684	54,070	27,059	23,549	104,678
	(A)/(B)	0.333	0.259	0.307	0.314	0.693	0.236	0.630	0.561
	t-検定	**	**	**	**	*	**	*	**

区採捕個体数の25.9%に減少したものの、昼間操業ほどの顕著な減少ではなかった。不用種投棄魚の採捕個体数については、昼間操業の場合、対照区の16.9%ないし41.8%に減少した。夜間操業の場合は対照区採捕個体数の33.3%に減少した。漁獲物採捕個体数の対照区に対する割合は、昼間操業では76.9%ないし140.0%で、投棄魚において見られたような顕著な減少はなかった。夜間操業の場合は、31.4%と少なかった。

不用種投棄魚採捕重量についてみると、試験区は対照区の41.6%ないし69.3%で、60mm（第2回次）を除いて有意に少なかった。有用種投棄魚採捕重量についてみると、試験区は対照区の14.2%ないし45.8%といずれも少なかった。漁獲物採捕重量については、昼間操業の場合、試験区は対照区の121.3%から375.4%と全ての目合いで対照区を上回ったが、75×15mmグレーダーネット夜間操業（第5回次）の場合は63.0%と対照区を下回った。これは、アカエビ、サルエビ、トラエビなどの小型えび類およびシャコの採捕個体数が対照区に比べて少なかったためであった。また、75×15mmグレーダーネット夜間操業（第5回次）では、不用種投棄魚、有用種投棄魚および有用種漁獲物の全てについて個体数、重量とも対照区よりも有意に少ない結果となった。

試験操業で採捕された全動物について、体重の自然対数（ $\ln(w)$ ： w =体重(g)）により体重を階級分けしたヒストグラムを図3に示した。また、試験区採捕個体数の試験区と対照区採捕個体数合計に対する比を合わせて図示した。試験区の採捕個体数は対照区の採捕個体数と比べると重量の小さな階級ではきわめて少ないが、重量階級が上がるにつれて増大した。対照区の採捕個体数が最も多い階級についてみると、第1回次ではe⁰階級（0.6～1.6g）に約5,000個体、第2回次ではe¹階級（1.6～4.4g）に約2,000個体、第3回次ではe¹階級に約3,000個体、第4回次ではe¹階級に約4,500個体、第5回次ではe²階級（4.5～12.1g）に約9,000個体であり、小さな体重階級における採捕個体数が著しく多かった。これらの階級における試験区の採捕個体数は第1回次（目合い50mm）では86個体、第2回次（目合い60mm）では446個体、第3回次（目合い75mm）では166個体、第4回次（75×15mmグレーダーネット昼間操業）では321個体、第5回次（グレーダーネット75×15mm夜間操業）では3,030個体で、対照区の採捕個体数に比べて顕著に少なかった。これらの階級における試験区の採捕個体数は対照区の採捕個体数の1.7～22.3%（昼間操業）および25.0%（夜間操業）であった。

試験区の採捕個体数は対照区の採捕個体数と比べると重量階級が上がるにつれて相対的に増大し、目合い50mm（第1回次）ではe階級（244.7～665.1g）、目合い60mm（第2回次）ではe階級（33.1～90.0g）、目合い75mm（第3回次）ではe階級、目合い75×15mm昼間操業（第4回次）ではe階級、目合い75×15mm夜間操業（第5回次）ではe階級（12.2～33.1g）において目合い25mmの対照区と同等以上の漁具能率を示した。したがって、目合い50mm（第1回次）では244.7g未満、目合い60mm（第2回次）では33.1g未満、目合い75mm（第3回次）では244.7g未満、目合い75×15mm昼間操業（第4回次）では33.1g未満、目合い75×15mm夜間操業（第5回次）では12.2g未満の魚介類に対して、目合い25mmの対照区よりも漁具能率が低いことが示された。

メイトガレイについては各試験操業回次毎の全長組成を、マコガレイについては採捕個体数が少なかったことから、最も採捕個体数の多かった75×15mmグレーダーネット夜間操業（第5回次）の全長組成のみを図4に示した。マコガレイは全試験操業の合計で179個体採捕され、投棄対象となる全長150mm未満のものが試験区合計で80個体、対照区合計で91個体、漁獲対象となる全長150mm以上のものが試験区合計で5個体、対照区合計で3個体であった。第5回次試験操業においてマコガレイは163個体採捕され、全長300mmを超える個体がそれぞれ試験区と対照区で1個体ずつ採捕されたが、図4の作図範囲には含まれていない。投棄対象のマコガレイ採捕個体数は、試験区では全長100mm階級をモードとして75個体、対照区では全長90mm階級をモードとして86個体であった。試験区と対照区における採捕個体の全長モードの相違は10mmで、採捕個体数も大差がなかった。しかし、 χ^2 による分布の適合度の検定では試験区と対照区の度数分布に有意差が認められた（ $\chi^2 = 22.62 > 16.81 = \chi^2 (6, 0.01)$ ）。

メイトガレイは全試験操業の合計で投棄対象の全長140mm未満の個体が525個体採捕され、試験区においては118個体、対照区においては407個体であった。漁獲対象となる全長140mm以上の個体は28個体採捕され、試験区においては15個体、対照区においては13個体であった。対照区における投棄対象のモードは4月の全長40mm台からおおむね徐々に大型化し、7月には全長100mm台に成長した。投棄対象個体について試験操業回次毎に対照区と試験区のモードを比較すると、第3回次を除いて全て一致した。第3回次における試験区

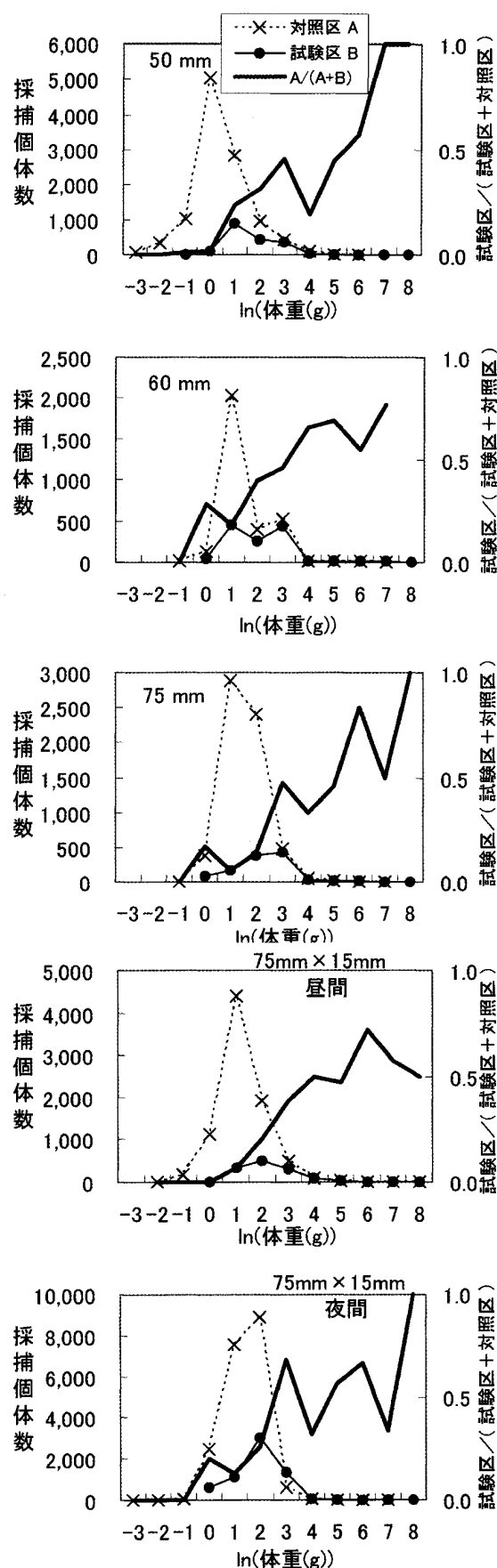


図3 試験操業により採捕された魚介類の体重階級別頻度および試験区採捕個体数の全採捕個体数に対する割合

と対照区のモードの相違は、対照区のモードが70mmであるのに対して試験区のモードは80mmと10mmの差に過ぎなかった。第5回試験操業における全長組成のモードは試験区、対照区とも100mmと120mmの2峰を示したことも一致した。第5回試験操業における全長組成分布の適合度の検定では試験区と対照区に有意差は認められなかった ($\chi^2 = 0.18 < 12.59 = \chi^2 (6, 0.05)$)。

第5回試験操業では、シャコおよびメイタガレイの採捕個体数がそれぞれ3,865個体、231個体と多かった。SELECT 解析¹⁾によりメイタガレイについてのグレーダーネットの選択性曲線を試算したところ、

$$p(l) = pr(a+bl) / (1 - p + \exp(a+bl)) \text{ において}$$

$$a = -4.594, b = 0.0747, p = 0.956$$

が得られたが、解析対象としたメイタガレイの全長 $50 \leq l < 250 \text{ mm}$ の範囲における選択率は0.239～0.572となり、選択性曲線は直線に近い形態を示す異常な結果となった。シャコについては体長階級と全採捕個体数に対する試験区の採捕個体数割合の関係図が3峰を示し、選択性曲線の適用ができないデータであった。

代表的な有用種および有用種の合計について、試験区投棄魚採捕個体数ならびに試験区漁獲量の対照区に対する比を図5に示した。試験区投棄魚採捕個体数の対照区に対する比は、第1回次から第4回次までの昼間

操業において、マコガレイ0%、メイタガレイ3.9～34.7%、シャコ0～14.3%、小型えび類0.2～9.8%、全有用種合計1.9～13.6%と粗目網を使用することにより大幅に減少した。しかし、第5回次の目合い75×15mmを用いた夜間操業では、マコガレイ87.2%、メイタガレイ51.9%、シャコ28.5%、小型えび類10.8%、全有用種合計25.8%と昼間操業と比較して全て高かった。試験区漁獲量の対照区に対する比は、試験操業回次間の変動が大きかったが、第1回次から第4回次までの昼間操業においては全有用種合計が121.3～375.4%と高かった。しかし、第5回の夜間操業ではマコガレイ、メイタガレイ、シャコ、小型えび類および全有用種合計の全てが34.0～74.7%と対照区漁獲量を下回った。

試験区と対照区の漁獲物を魚類、甲殻類および軟体類に区分して、試験区漁獲量の対照区に対する比を表3に示した。試験区漁獲量の対照区に対する比は、第1回次から第4回次までの昼間操業では、軟体類が114.8～230.4%と多く、魚類も第4回次操業を除いて283.2～545.2%と多かった。甲殻類は45.6～225.2%と変動が大きかった。昼間操業では小型えび類が採捕されにくいことから、小型えび類の第1回次から第4回次までの漁獲量は試験区が平均147g (106～194g)、対

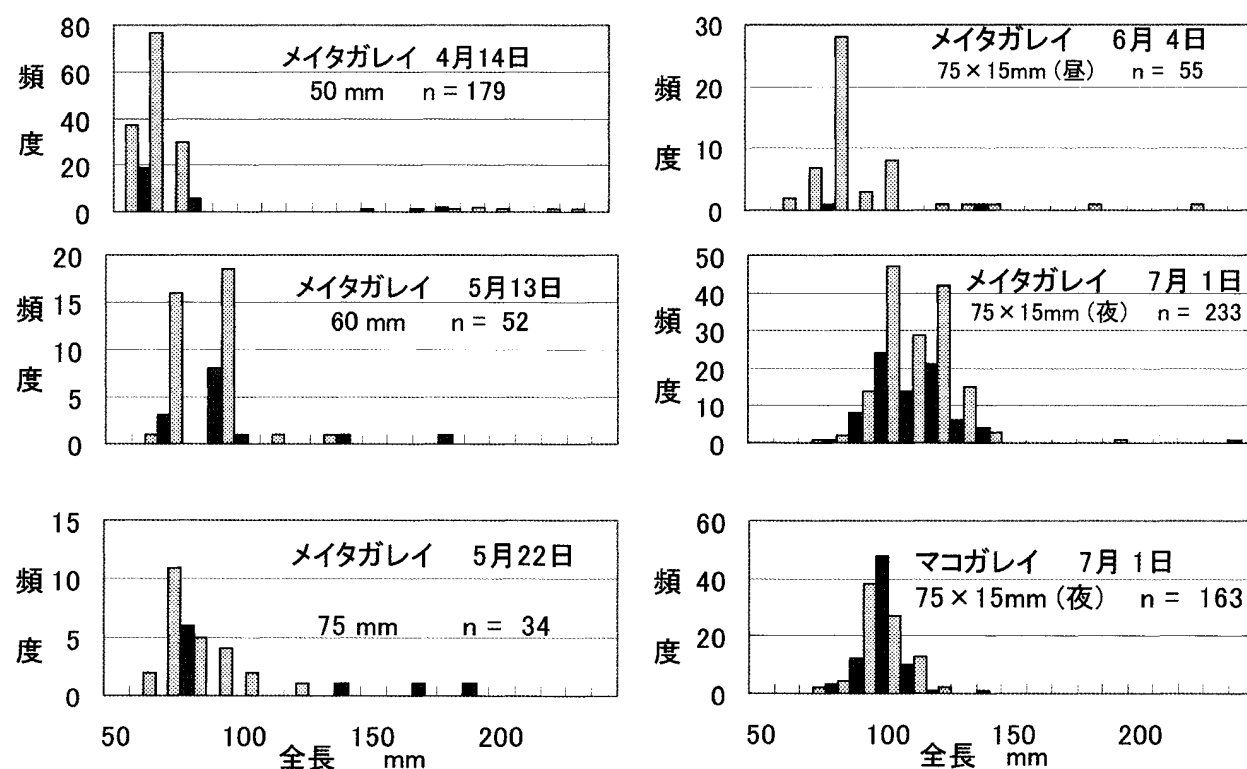


図4 試験操業で採捕されたマコガレイとメイタガレイの全長別頻度
濃色の棒グラフは試験区、淡色の棒グラフは対照区をそれぞれ表す。

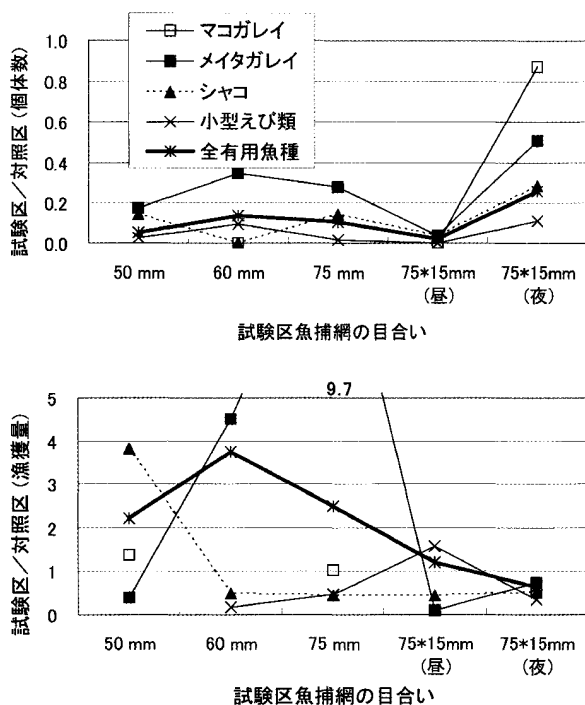


図5 試験操業で採捕された主要な漁獲対象種に関する試験区と対照区の比

上の図は、投棄対象サイズについて採捕個体数の比を、下の図は漁獲対象サイズについて採捕重量の比をそれぞれ示す。

表3 試験区漁船が採捕した漁獲対象サイズ魚介類重量の対照区に対する比(%)

試験操業 回次	目合い (mm)	魚類	甲殻類	軟体類	全漁獲量
第1回	50	319.8	204.7	114.8	222.8
第2回	60	545.2	45.8	228.4	375.4
第3回	75	283.2	45.6	221.4	249.4
第4回	75×15(昼)	78.5	225.2	230.4	121.3
第5回	75×15(夜)	148.7	39.4	81.1	63.0

照区が平均227g(47~383g)といずれも少ない量であったが、第1回次試験操業ではガザミが、第4回次試験操業ではシャコが試験区で漁獲されたため、試験区の甲殻類漁獲量が対照区よりも多くなった。第5回次の夜間操業では、試験区漁獲量の対照区に対する比は魚類で148.7%と高かったが、甲殻類で39.4%、軟体類で81.1%と低かった。特に、小型えび類・シャコの漁獲量は、対照区が16.9kgであるのに対して、試験区は6.6kgと顕著に少なかった。全漁獲量についてみると、第1回次から第4回次までの昼間操業では試験区漁獲量の対照区に対する比は121.3~375.4%で試験区漁獲量の方が多かったが、第5回の夜間操業では小型えび類の漁獲量が少なかったことから63.0%となって、対照区漁獲量の方が多かった。

試験操業により採捕された漁獲物重量を当該月の底びき網漁獲物平均単価⁵⁾により水揚げ金額に換算して、図6に示した。なお、月別単価を把握していないカナリイカにはコウイカの単価を適用し、シロギス、マダイには500円/kg、クロダイ、シロサバフグ、えそ類などの魚類には200円/kgを適用した。30分間の曳網を4回実施した各調査回次の水揚げ金額は、試験区では3,318円~11,822円、対照区では1,941円~8,954円の範囲であった。試験区水揚げ金額の対照区水揚げ金額に対する比で見ると、目合い50mm(第1回次)では144%、目合い60mm(第2回次)では404%、目合い75mm(第3回次)では357%、目合い75×15mm昼間操業(第4回次)では139%、目合い75×15mm夜間操業(第5回次)では78%となり、魚捕網を粗目とした場合、昼間の操業では対照区よりも水揚げ金額が増加したが、夜間操業では低下した。

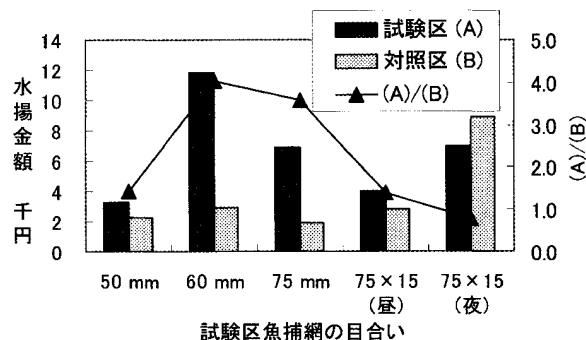


図6 試験操業漁獲物に関する水揚げ金額推定値と試験区水揚げ金額の対照区に対する比

考 察

昼間の操業については、小型底びき網の魚捕網に粗目網を使用することによって、小型魚介類採捕個体数の大幅な減少と漁獲量の増大が同時に達成できた。このたびの試験操業では有用魚種の投棄個体数を13%以下にまで減少させることができたので、魚捕網の目合いを50mm(7節)もしくはさらに粗くすることが投棄魚問題の解決手段として有効であるといえる。合わせて、不用種採捕個体数も半分に減少させることができ、小型底びき網を操業することによって生物環境へ与える影響の減少と底びき網漁業における漁獲物選別の省力化が図られる効果もある。さらに、漁獲量が1.21~3.75倍に増加し、水揚げ金額も1.39~4.04倍に増大した。粗目網を使用することによって、漁獲量が増大する現象について Pope et al. (1975)⁶⁾は魚捕網

を通過する水の流れの違いを示唆した。この度の試験操業においては粗目網漁船の曳網速度は対照区よりも2.7%速かったので、粗目の魚捕網を通過する水の流れも早かったと考えられる。粗目網を使用することにより、網地に対する水の抵抗が減少して曳網速度が速くなること、単位時間あたり曳網面積が増大すること、魚捕網を通過する水の流れが速くなることなどの現象が起これることと漁獲量の増加および体重の大きな個体の採捕個体数が増加する現象は関連性が想定される。また、グレーダーネットを用いた昼間の試験操業（第4回次）において、対照区に対する試験区漁獲量が粗目網の中では最も低かったことも、グレーダーネットの網糸の太さが約5mmもあって水の抵抗の大きい網であったことが影響しているかもしれない。漁獲対象種資源に対する漁獲圧に問題がなければ、昼間操業する小型底びき網に粗目網を使用することは、資源利用の面と漁業経営の面から合理的な操業方法といえる。

一方、夜間の操業では、対照区に対して有用種投棄魚は26%までしか減少せず、漁獲量は63%、水揚げ金額は78%にとどまった。夜間操業では多量の小型えび類や小型かに類が魚捕網に入ったことにより、ヒトデ類等とともにこれらの小型動物類が網目をふさぎ、粗目網の小型魚逸出率⁷⁾増大効果を抑制したと考えられる。

小型底びき網により魚が保持されるか網目を抜けるかは、魚の胴周囲長と網目内周長によって確率的に決定され^{1,8)}、マコガレイとメイタガレイの50%選択に対する体長 (l) と網目目合い (m) の比 (l/m) はそれぞれ2.1と1.8である¹⁾。グレーダーネットの仮想上の目合いを網目内周長の1/2に等しい値であるとし、このたび試験操業で用いた粗目の魚捕網の50%選択体長を全長に換算すると、マコガレイでは75×15mmグレーダーネットの場合が全長225mm、メイタガレイでは目合い25mm (13節) の対照区の場合が全長51mmであるのに対し、目合い50mm (7節) の場合は全長107mm、目合い60mm (6節) の場合は全長130mm、目合い75mm (5節) の場合は全長163mm、目合い75×15mm (グレーダーネット) の場合は全長197mmとなる。図4に示された試験区の投棄サイズ採捕魚の全長組成分布は、50%選択体長よりも著しく小さい個体が対照区よりも少ないながらもかなりの数が採捕されていること、ならびに試験区と対照区の全長モードがほぼ一致するなど類似点のあることを示した。これらのことから、少なくとも投棄魚サイズにおいては試験区の網目の選択性が

期待どおりに機能しなかったことが考えられる。山口県沖の瀬戸内海における底びき網操業では、ひとで類やくらげ類ならびに空き缶やビニール袋など、今回試験に用いた程度の粗目網では網目を通過させることができない混獲物が多く、これらが魚捕網に入ることによって小型魚介類に対する選択率を増大させているのであろう。したがって、大型混獲物の多い山口県沖の瀬戸内海においては、投棄魚に対する選択率が0%に近い粗目網を魚捕網に使用しても、採捕物による選択率増大効果が働くため、投棄魚サイズの有用種に対して昼間操業で13%、夜間操業では26%程度までの選択率は見込まざるを得ない。

今後は、夜間操業における生産性低下を回避するため、投棄魚を減らしながらなおかつ、小型えび類を漁獲できる漁具開発が重要な課題となる。また、便法として、昼夜で小型底びき網の魚捕網の目合いを変えることも投棄魚問題の改善と生産性の向上とを同時に図る方法と考える。

文 献

- 1) 東海 正 (1993): 瀬戸内海における小型底びき網漁業の資源管理—投棄魚問題と網目規制. 26, 31-106.
- 2) 木村 博・檜山節久・吉岡貞範・岡部千里 (1993): 小型底びき網漁船の投棄魚の研究—I 投棄量について. 山口県内海水産試験場報告, 22, 21-25.
- 3) 木村 博 (2007): 周防灘における小型底びき網の全採捕魚介類に占める投棄魚の割合. 山口県水産研究センター研究報告, 5, 41-46.
- 4) 東海 正 (2004): 平成13年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書, 比較操業実験と SELECT 解析法. 69-84, 日本水産資源保護協会, 東京.
- 5) 木村 博 (2004): 小型底びき網漁船の漁獲実態に関する調査. 平成15年度山口県水産研究センター事業報告, 142-165.
- 6) Pope, J. A., A. R. Margetts, J. M. Hamley and E. F. Akyuz (1975): Manual of methods for fish stock assessment. Part III. Selectivity of fishing gear. FAO Fish. Tec. Pap. (41) Rev.1, 46p. (東海正⁴⁾より引用)
- 7) 青山恒雄 (1980): 底魚資源. 106-113, 恒星社厚生閣, 東京.
- 8) 藤石昭生 (1973): 網目選択性に関する理論的研

究一 I. 曳網類の理論選択曲線について. 水産大
学校研究業績, 22 (1), 1-28.

関門海峡東側の山口県沿岸における トラフグの標識放流試験について

松野 進・木村 博

Mark-recapture Experiment of Torahugu, *Takifugu rubripes*,
at the eastern out-side of Kanmon Channel in Yamaguchi Prefecture

Susumu MATSUNO and Hiroshi KIMURA

In order to study the effectiveness of stock enhancement, juveniles of Torahugu, *Takifugu rubripes*, marked by branding and tagging method were liberated at the coast of Sanyoonoda City, the eastern out-side of Kanmon Channel, in Yamaguchi Prefecture in the summer of 2003 and 2004. The liberated fish as well as wild Torahugu were captured in adjacent areas, and statistically analyzed for natural resources and growth of the fish. The number of wild juvenile Torahugu in the survey area in July was estimated as about 800,000 at most in recent years. There was no difference of growth between the liberated and wild fish in both years. However the growth of the fish was significantly different between 2003 and 2004, probably due to different feed environment between the two years. The daily growth rates in 2003 and 2004 were estimated to be 1.15mm and 1.44mm, respectively.

According to these results, when the liberation of Torahugu is planned, the carrying capacity of the area must be considered, because feed environment may control the growth of the population. In addition to economies, it is also important to shorten the breeding period of the fish to maintain the natural property in the liberating fish.

Key words : *Takifugu rubripes*; mark-recapture; Suo-Nada

トラフグの効率的な資源増大策を検討することを目的として、2001年度から瀬戸内海西部および豊後水道の関係県（愛媛県、大分県、山口県）が協力して種苗放流および放流後のモニタリング調査を実施している^{1,2,3,4)}。

山口県の放流地点は2001年には秋穂湾、2002年には笠戸湾であったが、2003年以降は関門海峡の東側に位置し周防灘に面する天然幼稚魚の発生、生息海域である山陽小野田市埴生地先の干潟域へ標識放流している。2003、2004年の2ヵ年の焼印標識⁵⁾放流後、放流地点周辺海域で漁獲されたトラフグの入手調査結果、また2003年にタグ標識放流した天然魚、焼印標識放流再捕

魚および人工飼育魚の3群についての再捕報告調査結果から得られた知見について報告する。

材料および方法

1 焼印標識放流調査（2003、2004年）

供試魚（2003年） 放流用種苗は2003年3月27日に（独）水産総合研究センター・屋島栽培漁業センターで養成親魚から採卵された受精卵を（社）山口県栽培漁業公社内海栽培漁業センターで育卵後、4月4～5日にふ化した仔魚を同センターで従来から行われている種苗生産方法⁶⁾により生産した。6月2日に平均全長23.5mmの稚魚11万尾を山口市秋穂町の民間の築堤式

表1 焼印標識放流魚

放流年	月・日	放流尾数	全長mm	体長mm	体重g	測定尾数
2003	7/8～10	96,467	73.7±7.1	61.7±6.2	8.7±2.3	100
2004	7/6～7	58,608	67.8±7.1	57.4±5.9	7.3±2.1	100

クルマエビ養殖池（20×100×水深2 m）に収容して中間育成を行った。7月8～10日の3日間でトラフグ稚魚を取り上げ、ガス充填式半田ゴテを用いて焼印標識⁵⁾を施し、標識放流魚（表1）とした。焼印標識はトラフグの左右体側にある大紋間の背部正中線上に1ヶ所の火傷痕を付けることにより行った（図1、写真1）。放流魚は平均全長73.7mm、平均体長61.7mm、平

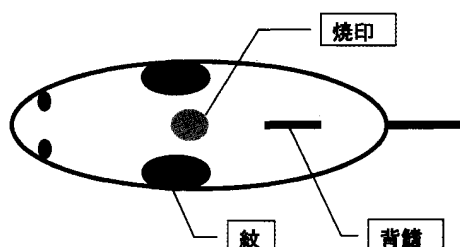


図1 トラフグの焼印標識部位（山口県）

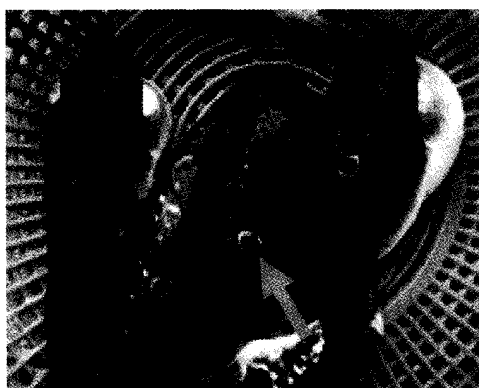


写真1 焼印標識したトラフグ放流魚

均体重8.7gの96,467尾であった。目視による放流時の種苗の活力は良好であった。

供試魚（2004年） 放流種苗は2004年3月20～22日に採卵された受精卵を育卵後、3月29～31日にふ化した仔魚を用い、5月26日に得られた平均全長25.6mmの稚魚7万尾を中間育成した。7月6、7日の2日間で中間育成池から取り上げ、焼印標識を施し、標識放流魚（表1）とした。これらの種苗生産、中間育成および焼印標識の方法は前年と同様であった。放流魚は平均全長67.8mm、平均体長57.4mm、平均体重7.3gの58,608尾であった。中間育成時に*Pseudocaligus fugu*の寄生があったため放流時の種苗の目視による活力は前年

に比べ劣っていた。

放流方法 中間育成場所で焼印標識を施したトラフグは、標識当日に山陽小野田市埴生ヘトラック輸送し、海岸からホースを用いて周防灘（図2）へ放流した。

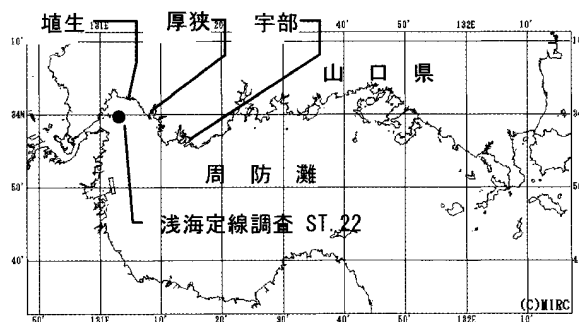


図2 放流地点、試料入手場所および水温調査点

調査方法 2003年は放流地点周辺海域を主漁場とする山口県漁協埴生支店（図2）および東隣の厚狭支店（図2）から漁獲されたトラフグ試料を入手した。調査は2003年8月26日から10月4日までに延べ8回実施した。また、2004年は埴生支店および放流地点沖を漁場としている小型底びき網漁業により漁獲され、宇部卸売市場（図2）で取り扱われるトラフグを入手した。調査は2004年8月23日から11月10日までに延べ13回実施した。試料は研究室に持ち帰り、焼印標識の識別および体長、体重等の測定を行った。焼印のないものを天然魚、大紋間背面に焼印が1ヶ所のものを山口県放流魚、大紋の前方背面の頭部よりに焼印が1ヶ所のものを大分県放流魚および背面に焼印が横並びに2ヶ所、縦並びに2ヶ所のものは愛媛県放流魚とした^{3,4)}。

2 スパゲティ型タグ標識放流調査（2003年）

供試魚 供試魚は2003年9月1日に埴生支店で調査漁獲された天然トラフグ272尾（平均全長135.0mm）、2003年7月焼印標識放流トラフグの再捕魚145尾（平均全長143.8mm）、ならびに前記の中間育成を9月9日まで継続した人工飼育魚1,367尾（平均全長141.7mm）の3群であった（表2）。

放流方法 天然魚および焼印標識放流の再捕魚は漁獲当日（9月1日）に全長測定後、直ちにタグ標識を装着し、焼印標識放流と同一の地点に放流した。人工飼育魚は9月9日に中間育成池から取り上げ、トラック

表2 スパゲティ型タグ標識放流魚 (2003年)

月・日	標識種苗の由来	放流尾数	全長mm	体長mm	測定尾数
9.1	天然	272	135.0±12.6	—	272
	焼印標識放流再捕	145	143.8± 8.8	—	145
9.10	人工飼育	1,367	141.7± 7.8	118.3± 7.1	100

輸送により内海研究部のキャンパス水槽に収容し、9月10日に内海研究部において標識作業を行った。標識後、トラック輸送で焼印標識放流と同一の地点に放流した。タグは一連番号(ナイ YG3201~5000, うち16個欠番)を記したプラスチック製黄色スパゲティ型で、これをタグ・ガンにより背鰭基部に打ち込み、担鰭骨にストッパーを掛けるようにして中留め装着した。

調査方法 漁業協同組合、卸売市場等の関係機関にタグ標識についての周知を図り、再捕情報の提供を依頼した。報告内容は漁獲年月日、操業位置、漁法、タグの番号、再捕魚の大きさまたは重さ、再捕者の所属漁協、氏名とした。調査は2003年9月中旬以降に実施し、本報告は2004年5月上旬までの再捕情報によった。

結 果

1 焼印標識放流調査

混獲率の推移 放流地点周辺海域で漁獲されたトラフグ0歳魚の調査結果を表3に示す。2003年に放流地点周辺海域で漁獲された山口県焼印標識放流魚の混獲率は8月下旬から9月初めにかけては35.5%、9月中旬は53.0%、10月上旬は25.5%であり、これらを合計すると34.1%であった。また、同様に2004年の山口県焼印標識放流魚の混獲率は8月下旬には3.4%であったが、9月中旬には8.5%、10月上旬には11.9%まで上

昇した後、10月下旬には8.8%、11月上旬には6.6%であり、これらを全て合計すると6.9%であった。また、2003年には放流地点周辺海域では大分県(放流地点:国東町)および愛媛県(放流地点:北条市・三崎町)の焼印標識放流魚は確認されなかったが、2004年には大分県放流魚(放流地点:臼杵市)が9尾、愛媛県放流魚(放流地点:三崎町)が2尾確認された。

全長の推移 調査期間中の天然魚と焼印標識魚の全長の推移を焼印標識放流時の全長および水温(浅海定線調査^{7,8)}定点番号22の底上1 m, 図2)とともに図3に示す。2003年と2004年の放流魚と天然魚は経過日数に対して直線的な成長を示した。調査期間中の日数を t (日)、トラフグの平均全長を l (mm)として t と l の関係を求めると表4に示す関係が得られた。直線回帰式の勾配と切片に関する検定をそれぞれ行った結果、2003年、2004年とも放流魚と天然魚の回帰式の間に有意差は無く、それぞれの年の放流魚と天然魚は表4に示す t と l の関係で表された。直線回帰式の勾配は日間成長(mm/日)を表し、2003年の日間成長は1.15(mm/日)、2004年の日間成長は1.44(mm/日)で勾配に関する検定の結果、2004年の日間成長は2003年よりも有意に大きかった($t=5.535>t(16,0.001)=4.015$)。水温は放流時期の7月上旬には2003年の方が2004年に比べ約2℃低く、8月上旬は大差が無く、漁獲が開始

表3 放流地点周辺海域で漁獲されたトラフグ0才魚の入手調査結果

漁獲年	漁獲月日	入手場所	調査尾数	焼印確認数			混獲率 % (山口のみ)
				山口*	大分*	愛媛*	
2003	8/26,27,28 9/1	埴生・厚狭	785	279	0	0	35.5
	9/16,19	埴生・厚狭	83	44	0	0	53.0
	10/3,4	埴生・厚狭	318	81	0	0	25.5
	合 計		1,186	404	0	0	34.1
2004	8/23,24	埴生	481	16	0	0	3.4
	9/15,16,17	埴生	521	44	1	1	8.5
	10/4,5	埴生	135	16	2	0	11.9
	10/23,25,26	宇部	103	9	4	1	8.8
	11/8,9,10	宇部	106	7	2	0	6.6
	合 計		1,346	92	9	2	6.9

*放流場所 2003年 山口:埴生、大分:国東、愛媛:北条・三崎
2004年 山口:埴生、大分:臼杵、愛媛:三崎

表4 放流地点周辺海域で漁獲された放流魚および天然魚の成長（日数 t と全長 l との関係）

年	種類	t - l 関係式	n	r	有意差	t - l 関係式	n	r
2003	放流魚	$l=74.5+1.17t$	5	0.992	無	$l=74.5+1.15t$	9	0.993
	天然魚	$l=74.4+1.13t$	4	0.998				
2004	放流魚	$l=66.4+1.46t$	6	0.999	無	$l=67.1+1.44t$	11	0.999
	天然魚	$l=69.3+1.40t$	5	0.999				

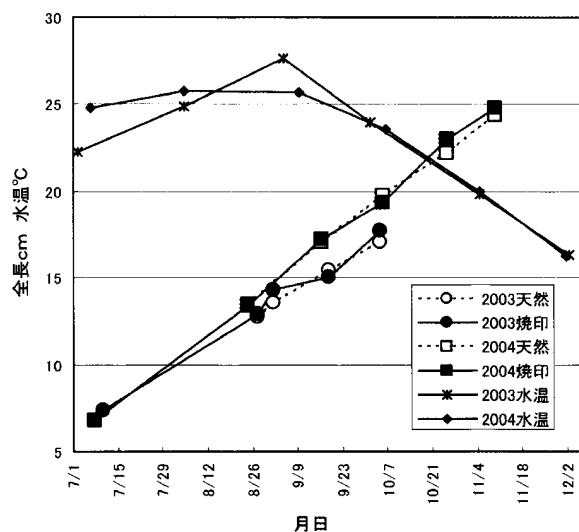


図3 水温の推移および焼印標識放流魚と天然魚の成長

される9月上旬には2004年の方が2003年に比べ約2℃低かったが、その後は12月まで大差なく推移した。

2 スパゲティ型タグ標識放流調査

放流群別の再捕状況 2004年5月上旬までの周防灘における放流群別の再捕報告状況を漁業種類別で表5に示す。天然魚で放流数の9.6%、焼印標識放流の再捕魚で8.3%、また、人工飼育魚で12.0%の再捕報告があった。再捕範囲は2003年9月中では放流地点周辺の関門海峡の東側海域から宇部市の沿岸部までであったが、10月には宇部市の沖合まで拡大し、11、12月には周防灘の中央部まで拡大した。

なお、2004年1月上旬以降、周防灘の外の海域からも再捕報告があり、2004年8月上旬以降は主として延なわ漁業から周防灘の外の海域での再捕報告があったが、本報告ではこれらについては割愛する。

旬別の再捕報告率の推移 タグ標識魚の再捕報告数は実際の再捕数よりも低いと考えられることから混同を避けるために本報告では放流数に対する「再捕（報告）率」として示す。旬別の放流群別の再捕（報告）率の累計の推移を図4に示す。放流後3ヶ月間は再捕（報告）率は3群ともほとんど差がなく推移し、2003年12月中旬で8%前後であった。その後、2004年春季までに種苗種類により差が現れ、天然魚と焼印標識放流の

表5 スパゲティ型タグ標識放流群の再捕結果（2004年5月上旬までの周防灘）

種苗由来	再捕漁業種類	再捕報告尾数 (再捕(報告)率 %)
天然	小型底びき網	11
	小型定置網	6
	かにかご	3
	建網	5
	不明	1
	合計	26 (9.6)
焼印 標識 放流 再捕	小型底びき網	5
	小型定置網	4
	かにかご	1
	建網	6
	遊漁（釣り）	5
	不明	2
	合計	12 (8.3)
人工 飼育	小型底びき網	92
	小型定置網	48
	かにかご	11
	建網	6
	遊漁（釣り）	5
	不明	2
	合計	164 (12.0)

再捕魚に比べ、人工飼育魚は放流地点周辺海域での再捕時期が2004年春季まで長く続き、2004年5月までに放流尾数の12%の再捕報告があった。

漁業種類別の再捕報告状況 再捕報告の漁業種類別の比率を図5に示す。全報告数のうち小型底びき網漁業

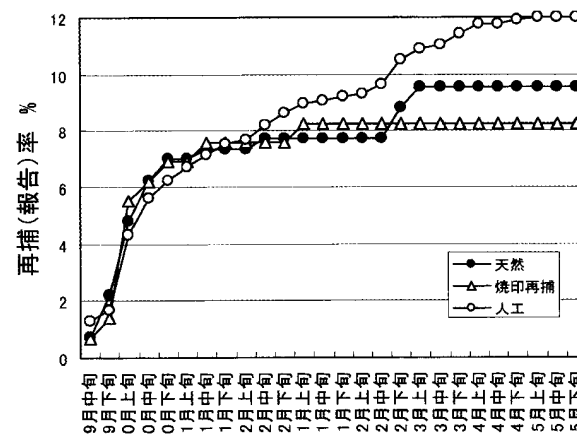


図4 タグ標識放流魚の累積再捕（報告）率の推移

が54%、小型定置網漁業が30%、かにかご漁業が7%、建網漁業が5%、遊漁および不明がそれぞれ2%であった。

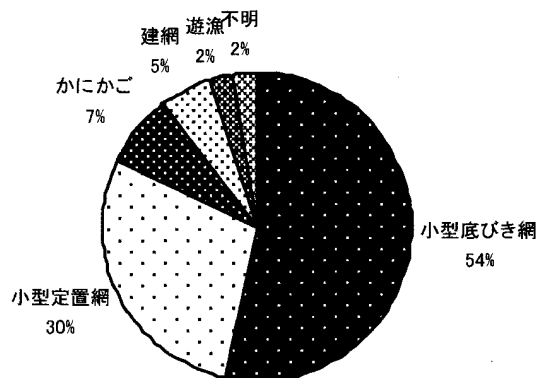


図5 タグ標識放流魚再捕報告の漁業種類別の比率

漁協（支店）別の再捕報告状況 再捕報告の漁協（支店）別の比率を図6に示す。再捕報告が多かった漁協（支店）は放流地点にある殖生支店で75%、東隣に位置する厚狭支店が8%、床波支店が6%、新宇部漁協が5%であった。

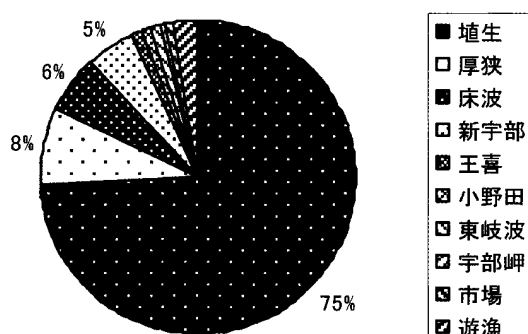


図6 タグ標識放流魚再捕報告の漁協(支店)別の比率

考 察

天然魚の資源尾数の推定 放流魚の混獲率は天然魚の資源量を反映することから焼印標識放流魚の混獲率平均値からピーターセン法⁹⁾により資源量の推定を試みた。ピーターセン法を適用する上で考慮すべき条件のうち、標識による死亡および標識の脱落については過去の焼印標識魚水槽飼育試験^{1, 2)}および2003年の同様の飼育試験でほとんど起こらないとみなして良いことが分かっている。また、タグ標識放流魚の2003年12月中旬までの再捕報告状況(図4)ではタグ標識放流魚が天然魚か焼印標識放流再捕魚かという由来による差はなく、天然魚および放流魚の獲られ易さについてはほぼ同じと考えられる。また、放流は1地点で実施し

たが、焼印標識放流魚は全長15cmの漁獲サイズとなるまでに放流後2ヶ月程度経過していることから、混獲率調査を開始した時期には天然魚および放流魚は調査海域一円にほぼ一様に分布していたことが期待できる。また、焼印標識の識別は研究室における精査であり見落としはない。成長による移動については成長が早い個体から早い時期に移動とすると考えられ、2004年の9月以降に大分県および愛媛県の焼印標識放流魚が調査対象海域まで移動してきていることからそのことが裏付けられるが、表4に示すとおり漁獲された天然魚と焼印標識魚とで同じ年のサイズでは差がないことから、調査海域での混獲率が移動により影響されることはないと考えられる。これらのことから2003年の放流時点(7月上旬)の放流地点周辺海域の天然魚の資源尾数は96,467尾(焼印標識放流尾数)÷0.341(混獲率)−96,467尾=約19万尾と推定される。また、2004年の結果から2003年と同様に計算すると、2004年の放流時点(7月上旬)の放流地点周辺海域の天然魚の資源尾数は約79万尾と推定される。ただし2004年の焼印標識放流種苗は中間育成時に *Pseudocaligus fugu* の寄生があったため放流時の種苗の活力が劣っていたことから、放流初期減耗があったかも知れないので、計算結果は過大推定の可能性がある。天野ら¹⁰⁾は採集調査により2002年7月10~30日の殖生沿岸でのトラフグ幼稚魚の現存量は34~45万尾であったとしており、これらの結果を総合すると近年の殖生沿岸の天然トラフグの7月時点の資源尾数は多くても80万尾以下であると言えよう。

天然魚および放流魚の成長 図3に示したトラフグの全長の推移から同じ年の秋季には天然魚と放流魚とはほぼ同様の成長をしたことがわかった。一方、放流年によって日間成長は異なり、2003年は1.15mm/日、2004年は1.44mm/日と2004年の成長速度は2003年に比べ25%上回った。放流魚の採卵時期は3月下旬であったが、関門海域における天然魚の産卵時期は4月下旬から5月上旬^{10, 11)}であり、8月下旬には2群が同じサイズとなっているので仔稚魚期には人工飼育環境下では成長が遅延していたと考えられる。しかし、8月下旬以降は両年とも放流魚の成長と天然魚のそれとに差はなかった。

同一年では2群の成長に差がないことから、両年の成長速度の相違は年により成育環境条件が異なっていたことによると推察される。両年の水温差は7月では2004年の方が高く、9月では2003年の方が高かったが

他の調査期間中は大差がなく、両年の成長速度の相違が水温に由来する可能性は低く、水温以外の環境要因に起因すると考える方が適当であろう。水温以外で成長速度に影響を与える第一の環境要因は餌料が考えられる。トラフグの稚魚は底生性の小型甲殻類を、未成魚はイワシ類その他の幼魚、エビ・カニ類を好んで食する¹¹⁾とされ、さらに当海域のトラフグ稚仔魚の胃内容物としてゴカイやホトトギスが出現する¹²⁾とされており、これら餌料生物の出現種類および現存量が成長速度に影響を及ぼすと考えるならば、人工種苗の放流を計画する場合、餌料を主とした環境収容力を考慮して放流魚を含めた資源全体の成長に悪影響を与えないようにする必要がある。そのためには今後、環境収容力の動向と放流魚の成長の良否が放流効果に与える影響についての調査が必要であろう。また、図5、6に示すように0歳魚が放流地点周辺の主として小型底びき網漁業および小型定置網漁業により漁獲されているが、トラフグの資源管理において漁獲サイズ制限を現在の自主管理サイズ（全長15cm）より強化し実質的に0歳魚が漁獲できなくなる場合、環境収容力は他の水産生物とも関連していることが考えられるので、1歳以上のトラフグを漁獲せず、管理効果の恩恵を受けることのできない周辺漁業については何らかの代償措置を講じる必要があらう。

人工生産魚の種苗性 スパゲティ型タグ標識放流を行った由来の異なる3群の2004年5月までの再捕（報告）率はいずれも10%前後で大差は無いことから、3群とも種苗として質的に大差は無かったものと推察される。ただし、9月上旬の放流時まで人工飼育した放流魚は放流の翌年の春季まで放流地点の近辺で再捕されており、他の2群より再捕（報告）率が少し高い結果となった。この原因は種苗生産と中間育成を合わせ約5ヶ月間の長期に渡って人工飼育した放流魚では放流時のサイズが他の2群と比べ大差はないものの、飼育による何らかの影響があり、放流地点の近辺から外へ移動する時期が遅くなり、再捕される機会が多かったためと考えられる。人工飼育でも7月に焼印標識放流した再捕群では天然魚と再捕状況で大差がなく（図4）、漁獲されたトラフグの調査においても焼印標識放流群の混獲率が遅い時期に上昇することはなかったことから、9月の人工飼育放流群よりも7月の人工飼育放流群の方がより天然魚に近い種苗性を有していたと考えられる。人工飼育期間を短くすることで、種苗放流経費を減少させることができるので、7月に全長70mm程度の

種苗を放流することは人工種苗の添加効率を高めるひとつの目安であると考えられる。

謝 辞

本研究は水産庁補助「都道府県連携促進事業」により実施された。山口県漁業協同組合殖生支店を始めとして関係機関には調査全般にわたり多大なご協力をいただき深謝いたします。また、本報告のご校閲を頂いた前内海研究部長、桃山和夫博士ならびに標識放流、現地調査および研究室での測定等にご協力いただいた職員の皆様に深謝いたします。

文 献

- 1) 山口県水産研究センター・愛媛県中予水産試験場・大分県海洋水産研究センター浅海研究所（2002）：瀬戸内海西部海域トラフググループ。平成13年度広域資源増大緊急モデル事業報告書，山口・大分・愛媛－1-3，山口－1-14，大分－1-34，愛媛－1-16.
- 2) 山口県水産研究センター・愛媛県中予水産試験場・大分県海洋水産研究センター浅海研究所（2003）：瀬戸内海西部海域トラフググループ。平成14年度広域資源増大緊急モデル事業報告書，山口・大分・愛媛－1-5，山口－1-7，大分－1-36，愛媛－1-16.
- 3) 山口県水産研究センター・大分県海洋水産研究センター浅海研究所・愛媛県中予水産試験場（2004）：瀬戸内海西部海域トラフグ。平成15年度都道府県連携促進事業調査報告書，山口・大分・愛媛－1-7，山口－1-9，大分－1-39，愛媛－1-17.
- 4) 山口県水産研究センター・大分県海洋水産研究センター浅海研究所・愛媛県中予水産試験場（2005）：瀬戸内海西部海域トラフグ。平成16年度都道府県連携促進事業調査報告書，山口・大分・愛媛－1-8，山口－1-11，大分－1-42，愛媛－1-14.
- 5) 岩本明雄・藤本 宏・山崎英樹・津崎龍雄・熊谷厚志・早乙女浩一（2001）：ガス充填式半田ゴテを用いた焼印標識の実用性について。栽培漁業技術開発研究，29（1），13-20.
- 6) 中村雅人（1995）：種苗生産マニュアル&上手な種苗の選び方，トラフグ。「養殖・臨時増刊・種苗ベストガイド」，緑書房，東京，pp.170-173.
- 7) 和西昭仁・馬場俊典（2004）：浅海定線調査。平成15年度山口県水産研究センター事業報告，236-267.
- 8) 和西昭仁・内田喜隆・馬場俊典（2005）：浅海定

線調査. 平成16年度山口県水産研究センター事業報告, 199-230.

9) 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠 (1988): ピーターセン法. 水産資源学, 東京大学出版会, 東京, pp.137-139.

10) 天野千絵・小林知吉 (2003): 資源増大技術開発事業回帰型回遊性種 (トラフグ). 平成14年度山

口県水産研究センター事業報告, 23.

11) 松浦修平 (1997): 生物学的特性. トラフグの漁業と資源管理, 恒星社厚生閣, 東京, pp.16-27.

12) 天野千絵・小林知吉 (2003): 資源増大技術開発事業回帰型回遊性種 (トラフグ). 平成13年度山口県水産研究センター事業報告, 23.

壇紫菜 *Porphyra haitanensis* の陸上採苗に関する 2, 3 の知見について

畑間俊弘・竹本克巳^{*1}・魚津 勝^{*2}

Some new findings for tank seeding of Tanshisai laver *Porphyra haitanensis*

Toshihiro HATAMA, Katsumi TAKEMOTO and Masaru UOTSU

There was no significant difference of Tanshisai laver *Porphyra haitanensis* conchospore detachment from nori culture nets in one night between the two germination managements, dipping in the running water race way and in the still water tank by winding on a slowly rotating spool. Frozen tolerance of young buds was rather low, and the number of live buds decreased to, 37.5% by the former management and 39.2% by the latter management, respectively, after ten days freezing. Maximum liberation of conchospore was obtained when oyster shell inhabiting conchocelis was cultured at 29°C for 20 days or longer, and then cultured at 24°C. Peak liberation constantly appeared every two days until the end of the culture period. A lot of Plantlet was formed on oyster shell at the peak of conchospore liberation.

Key words : Tanshisai, *Porphyra haitanensis*, conchospore, Plantlet

壇紫菜 *Porphyra haitanensis* は中国福建省、浙江省を中心に養殖されている¹⁾紅藻綱に属するイワノリ的一种であり、高水温、低栄養塩条件下でも成育可能で病害に対する耐性も強い品種として²⁾山口県では1998年から現山口県漁業協同組合高泊支店が導入し養殖を行っている。同支店では自家培養及び購入カキ殻糸状体を用い陸上タンク採苗（水車式）を行っている。しかしながら、採苗状況は非常に不安定であり、年によっては500枚程度の海苔網を採苗するのに、3つの採苗槽を使用しても開始から終了までに20日間を要することもある等、スサビノリ等の従来種のような安定した採苗が実施されているとは言い難い状況にある。そこで、2004～2006年に陸上採苗方法の改善を目的とした試験を実施し2, 3の知見を得たので、その結果について報告する。

1 殻胞子を採苗した海苔網の発芽管理に関する試験

高泊採苗場では1999年に本種を採苗後流水槽で発芽管理し短期冷凍した海苔網を出庫したところ、着生芽が著しく減少していた事例があり、流水槽での発芽管理が芽落ちの原因と考えられた。この対策として、採苗網は採苗用水車に巻き付けたまま、翌朝までゆっくり回転させて採苗槽内の海水をくぐらせる方法で発芽管理をしていたため、同採苗場では本種の採苗は1日1回しか行われていなかった。もし、本種の流水槽での発芽管理が可能であれば、1日数回の採苗が可能となり、採苗効率が格段に向上する。殻胞子の発芽や芽落ちの状況を流水槽及び水車水槽で比較した。

材料および方法

供試カキ殻糸状体の作製

2006年12月27日受理

*1 山口県漁業協同組合高泊支店

*2 防府水産事務所（現農林水産部漁港漁場整備課）

果胞子は、2004年11月7日に高泊浮き流し漁場で採取した壇紫菜葉体から得、果胞子付け及び培養は従来種とおおむね同様の方法で行った。なお、採取葉体は前年九州地区業者から購入したカキ殻糸状体由来であった。7～9月には27℃～28℃と極力高水温を保つよう保温に努めた。

この糸状体カキ殻を用い、採苗21日前から殻胞子放出促進処理として培養水槽の水温が低下しないようビニールシートで培養槽を保温するとともに明期8時間、暗期16時間の短日処理を行った。採苗開始期にはカキ殻糸状体繁茂面に穿孔基質内に形成された殻胞子囊の一部が基質上に突出したものと考えられている⁵⁾ Plantlet が多数繁茂伸長していた。採苗にはカキ殻糸状体9,200枚を用いた。

殻胞子の採苗

採苗は、高泊採苗場のコンクリート製タンク採苗槽(8.62×3.77×0.54 m ステンレス棒製水車6基装備、以下「採苗槽」)1槽を使用し、これの水車1基を使用した。採苗槽には濾過海水を深さ35cmまで入れ、採苗時の水車回転数は12回転/分となるよう調整した。採苗槽には風雨及び保温対策として側部及び天井部にビニールシートを取り付けた。また、天井部及び側部には巻き取り式の遮光幕を取り付け適宜光量調整を行った。

採苗は2005年9月14日6時35分に開始し、採苗時には海水水を適宜投入し、採苗槽の水温が25℃を超えないように管理した。

採苗には海苔網(1.5 m×18 m)を5枚重ねにしたもの2組み連結し、計10枚を水車外周に巻きつけた。

殻胞子の着生数は採苗開始後90分後から行い、その後1時間毎に計2回、海苔網から無作為に網糸長さ約10cmを3カ所から切り取って、1本につき蛍光顕微鏡視野径(以下視野径)1.1mm内の着生殻胞子数を5カ所計数し、3本の平均値を求めた。

なお、殻胞子着生数を概略把握するためのサンプル切り取り用に海苔網とは別に試験糸としてクレモナ5号海苔網用糸を外網の外側にたるみがないよう取り付けた。

試験区

コンクリート製流水槽で翌朝まで発芽管理を行う流水槽試験区には、採苗終了後に上網5枚を、また、採苗後採苗槽からカキ殻糸状体を取り出した後も水車に巻いたまま引き続き翌朝まで水車を回転させて発芽管理を行う水車試験区(回転数は2～3回転/分)には下網5枚を用いた。両試験区とも脱水機で脱水後、従

来種と同様の方法(－25℃)で10日間短期冷凍した。着生芽の計数は脱水直前、脱水直後、短期冷凍解凍1時間後および1,000 ml フラスコ内で5日間通気培養後に検鏡用サンプルを切り取り、採苗の項と同様の方法により行った。

なお、流水槽試験区については採苗後海苔網を流水槽に収容してから脱水機で脱水処理するまでの間の着生芽の脱落状況を確認するため、収容後0.5、1、2、6、7および8時間後に検鏡サンプルを採取し着生芽を確認した。

結 果

採苗

採苗時の海苔網の殻胞子着生数の推移を図1に示した。

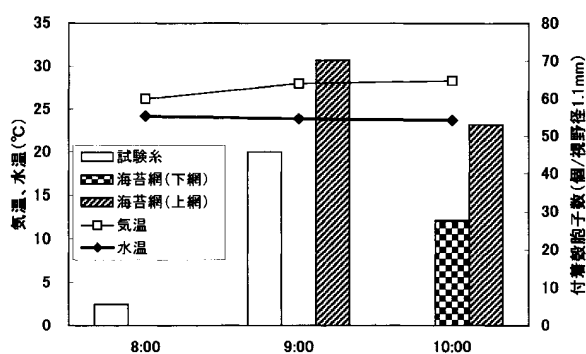


図1 試験糸及び採苗試験網の殻胞子付着数の推移

着生殻胞子は約90分後の8時に視野径1.1mmあたり5.6個が確認され、10時には海苔網本体のサンプルで同27～53個となったため採苗を終了した。上網と下網のサンプルでは上網が34～74個、下網が8～45個と上網が多かった。

採苗網の殻胞子～幼芽の脱落

流水槽管理中の殻胞子～幼芽(以下着生芽とする)数の推移を図2に示した。収容直後の9月14日10時15

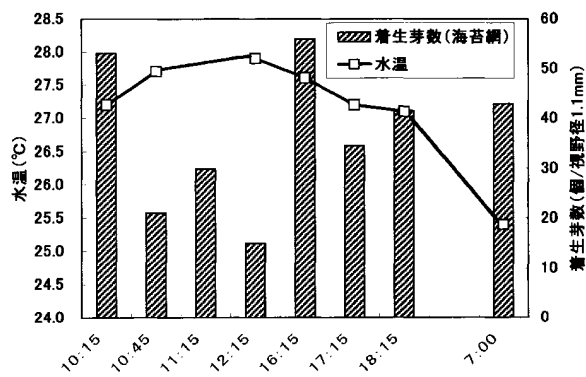


図2 流水槽管理中の着生芽数の推移

分には視野径1.1mmあたり53個であったが、10時45分～18時15分の間は同14.9～55.9個と着生芽数にかなりのムラがあった。翌9月15日7時の脱水前には、42.9個であった。

流水槽試験区及び水車試験区における脱水前から解凍後5日目までの着生芽数の推移を図3に示した。流水槽試験区の9月15日7時の脱水前の着生芽数は、視野径1.1mm当たり42.9個で、水車試験区のそれは30.4個であった。脱水後の流水槽試験区及び水車試験区の着生芽数はそれぞれ30.8個、51.2個であり、流水槽試験区は脱水前の72%、水車試験区は脱水前の168%あった。また、サンプルによっても着生芽数に大きな差があった。解凍5日後の着生芽数は水車試験区では冷凍前の37.5%、流水槽試験区では39.2%になっていた。

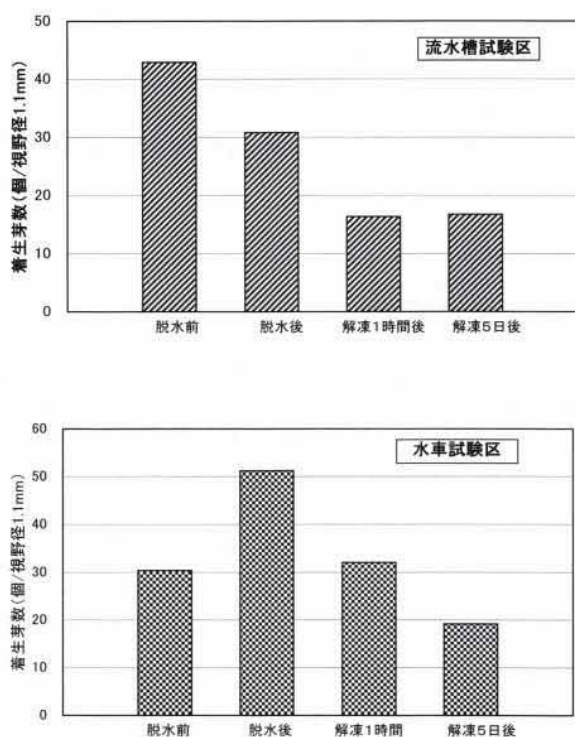


図3 流水槽試験区、水車試験区の着生芽数の推移

2 異なる水温条件による殻胞子放出試験

本種の効率的な採苗方法を把握するため、カキ殻系状体からの殻胞子放出に関する好適水温条件について試験した。

材料および方法

供試カキ殻系状体

前試験同様の方法により、葉体は高泊漁場にて採取された壇紫菜葉体を使用し、2005年11月30日果胞子付

けし、通常種同様の管理を行った。試験に使用するまでの培養水温は4～28℃であった。試験は2006年7月26日～9月4日までの40日間とし、この間下記試験区分の温度設定で培養して殻胞子放出状況を観察した。2006年7月26日の試験開始時のカキ殻系状体（写真1）は、繁茂面の色調は濃暗紫色であった。



写真1 2006年7月26日試験開始時のカキガラ系状体
繁茂面の色調

試験区

I区は18℃培養、II区は24℃培養、III区～VII区は29℃で培養を開始しIII区は4日目、IV区は7日目、V区は10日目、VI区は14日目、VII区は24日目にそれぞれ24℃に移し試験終了まで培養した。VIII区は29℃培養とした。I、II、VIII区は全試験期間を通して、毎日殻胞子放出量を計数した。III～VII区はそれぞれ24℃培養に移した翌日から計数を開始した。

培養方法

各試験区とも100mlビーカー2個（それぞれ各区1、2とする；例 I-1、I-2）を用い、それぞれ培養海水として加熱殺菌濾過海水を満たし、栄養塩は添加しなかった。各ビーカーには底に2.5×2.5cmのガラス板1枚を水平に置き、カキ殻系状体1枚をガラス板を覆うよう系状体繁茂面を下向きにして斜めに立てかけるよう入れた。試験中の温度管理は、それぞれ18℃、24℃、29℃に設定した3台の恒温槽に静置することにより行った。また試験中の照度は、各試験容器直上で概ね360lxとし明期8時間、暗期16時間とした。

殻胞子放出量の計数

毎日照明が点灯して2時間後の11時頃に各容器からカキ殻系状体とガラス板を静かに取り出して、ガラス板上に落下した殻胞子数を計数した。取り出したカキ殻系状体は、乾かないよう取り扱い、所定の温度に調整した新しい培養海水と新しいガラス板を入れて、所定の温度設定の恒温槽に再度収容し培養を続けた。これらの作業中カキ殻系状体繁茂面には触れないように

した。

殻胞子の計数は、1試験区につき2試験容器の計2枚のガラス板について蛍光顕微鏡を用い、落下殻胞子数の多寡により視野径0.27～2.8mmの範囲で適宜倍率を変えて1枚につき5カ所計数して1cm²当たりの落下数に換算した。

カキ殻糸状体繁茂面の色調及びPlantletの観察を行い、試験終了時のPlantletの繁茂状況を実体顕微鏡（視野径3.7mm）を用い、1枚につき5カ所計数して1cm²当たりのPlantlet数に換算した。

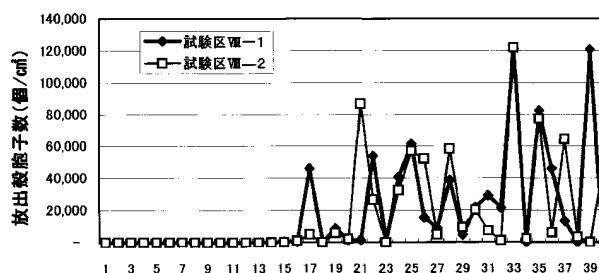
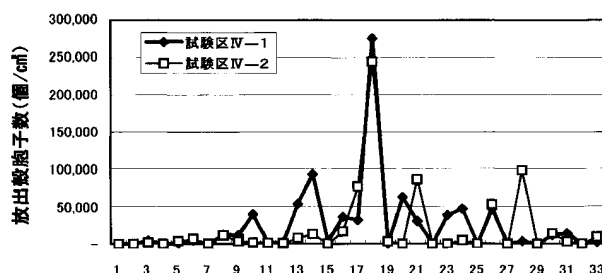
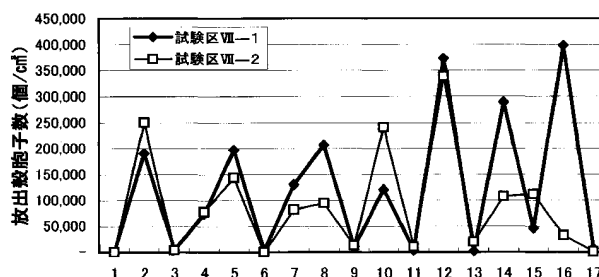
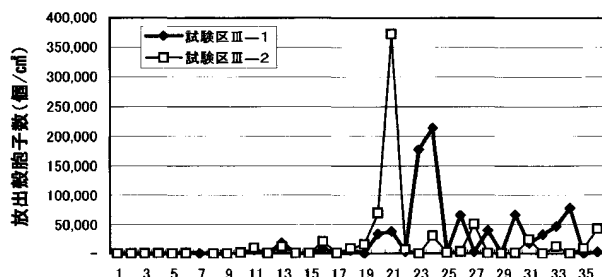
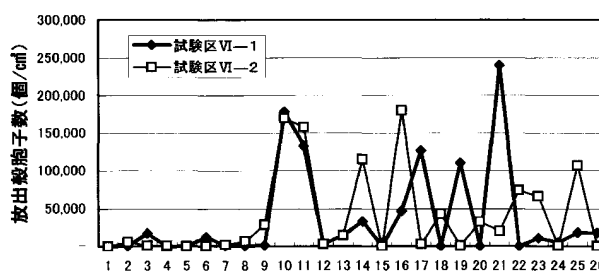
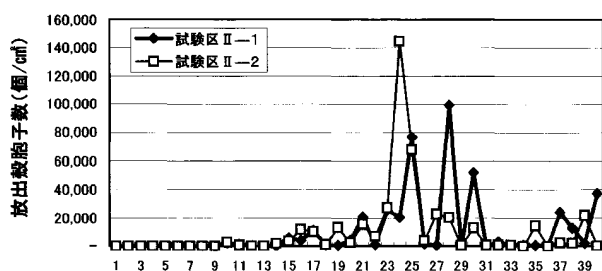
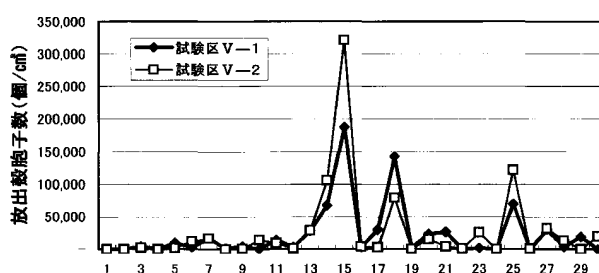
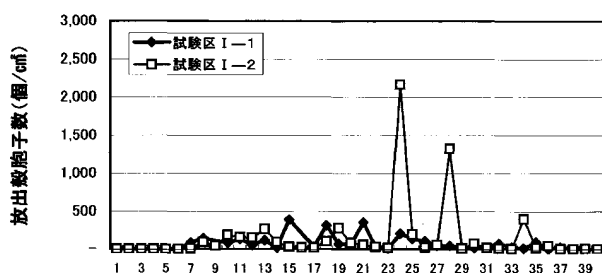
結 果

殻胞子放出状況

各試験区の殻胞子放出状況を図4に示した。

I 区

両ピーカー共に試験開始7日目から殻胞子の放出が確認された。I-2では、22日目まで1～3日おきに150～390個/cm²から10～70個/cm²の増減を繰り返し、24日目及び27日目に2,163個/cm²、1,323個/cm²の放出のピークの後、急減した。30日目以降I-1、I-2共に極僅かの放出が見られた後、38日目以降はほぼ放出



計数開始後の経過日数

計数開始後の経過日数

図4 試験区別の殻胞子放出状況

が確認できなくなった。

Ⅱ区

両ピーカー共に試験開始7日目に殻胞子の放出が確認され、10日目に2,394、2,940個/cm²と最初の放出ピークが見られたのち急減し、16日目から10,000個/cm²以上の放出が1日置きに見られ、Ⅱ-1では24日目、Ⅱ-2では28日目にそれぞれ、144,800個/cm²、99,627個/cm²の放出ピークが見られた。28日目以降は大きな放出は見られず、試験終了の40日目まで小規模な放出が続いた。

Ⅲ区

両ピーカー共に試験開始7日目から殻胞子の放出が確認され、14日目まで小規模の放出が見られた後、19日目まで1～2日置きに6,080～20,480個/cm²の放出のヤマが見られた後、Ⅲ-2で21日目、Ⅲ-1で24日目にそれぞれ373,251個/cm²、214,338個/cm²の放出ピークが見られた。以降、試験終了までは断続的に30,000～66,000個/cm²の放出が続いた。

Ⅳ区

試験開始1日目から殻胞子の放出が確認され、3日目には1,827個/cm²、4,620個/cm²の放出が確認された。8日目には12,000個/cm²、10日目には40,000個/cm²と増加し、14日目にⅣ-1で92,611個/cm²のやや大きい放出が見られ、18日目にⅣ-2で244,507個/cm²、Ⅳ-1で275,729個/cm²の放出ピークが見られた後、19日目から試験終了までの間は17,000～97,000個/cm²の断続的な放出が続いた。

Ⅴ区

試験開始2日目から殻胞子の放出が確認され、5日目から12日目まで1～2日置きに10,000～17,000個/cm²の放出が確認され、13日目から29,000個/cm²の放出量に増加。更に検鏡14日目には105,000個/cm²に増加し、15日目にⅤ-1で188,028個/cm²、Ⅴ-2で321,332個/cm²の放出ピークとなった。以降は2日～4日置きに20,000～140,000個/cm²の放出が試験終了時まで続いた。

Ⅵ区

試験開始1日目から殻胞子の放出が確認された。8日目まで5,000～17,000個/cm²の間で増減したが、10日目にⅥ-2で169,787個/cm²、Ⅵ-1で177,856個/cm²の1回目のピークが現れ、以降試験終了までに100,000個/cm²以上の放出ピークが3回現れた。最大値はⅥ-2で16日目の179,610個/cm²、Ⅵ-1で21日目の239,447個/cm²となった。

Ⅶ区

試験開始1日目から336個/cm²、1,428個/cm²の殻胞子の放出が確認され、2日目にはⅦ-1で190,835個/cm²、Ⅶ-2で250,471個/cm²と最初の放出ピークを示した。以降試験終了までの17日間で111,905～398,505個/cm²の大規模な放出ピークが1日～2日置きに出現した。

Ⅷ区

試験開始8日目から僅かながら殻胞子の放出が確認され、14日目までの放出は断続的で0～139個/cm²であったが、15日目から数百個/cm²に増加し、17日目にⅧ-1で46,000個/cm²に増加した後、2日～5日置きに30,000～50,000個/cm²の放出を繰り返し、33日目にⅧ-2で121,000個/cm²のピークを示した後、試験終了の40日目まで40,000～120,000個/cm²の放出を繰り返した。

カキ殻糸状体繁茂面色調及び Plantlet の観察では各試験区とも試験開始6日目から糸状体繁茂面色調が褪せ気味となり、8日目からⅠ区を除き色抜け部分が見れ始め、15日目頃から色調が褪せた状態となり、色抜け部分が増加した。更にこの頃から糸状体繁茂面に Plantlet が多く確認できるようになった。また、18日目からⅠ区を除き計数時に脱落する Plantlet が増加するようになり、22日目頃からカキ殻糸状体の色調の色褪せが顕著となり、繁茂面色抜け部分が全面に拡大した。

各試験区の試験終了時のカキ殻糸状体繁茂面の状況を写真2に示した。Ⅰ区を除き、色褪せ、色抜けが顕著であり Plantlet が表面に多数確認できる状態であった。



写真2 2006年9月4日試験終了時のカキガラ糸状体繁茂面色調

上段：左からⅠ：18℃試験区、Ⅱ：24℃試験区、Ⅲ：29℃4日間培養後24℃試験区、Ⅳ：29℃7日間培養後24℃試験区

下段：左からⅤ：29℃10日間培養後24℃試験区、Ⅵ：29℃14日間培養後24℃試験区、Ⅶ：29℃24日間培養後24℃試験区、Ⅷ：29℃試験区

試験終了時のカキガラ糸状体繁茂面の1cm当たりの Plantlet 数を表1に示した。Ⅷ区が1,275個/cm²と最多であり、その他の試験区では88.8~267.5個/cm²であった。Ⅰ区では、色調も試験開始時とさほど変わりがなく、糸状体繁茂面に Plantlet の形成は確認されなかった。

表1 試験終了時（40日経過）の糸状体繁茂面の Plantlet 形成数

試験区	培養条件	終了時Plantlet数 (cm ² 当たり)
I	18℃	0
II	24℃	336.3
III	24℃36日—29℃4日間培養	181.3
IV	24℃33日—29℃7日間培養	88.8
V	24℃30日—29℃10日間培養	127.5
VI	24℃26日—29℃14日間培養	267.5
VII	24℃16日—29℃24日間培養	247.5
VIII	29℃	1,275

3 Plantlet 形成の殻孢子放出への影響に関する試験

殻孢子採苗時に、カキ殻糸状体繁茂面に多数の Plantlet が見られる。この Plantlet が殻孢子放出にどう影響するかを確かめるため試験を行った。

材料と方法

供試カキ殻糸状体

前試験同様の方法により、葉体は高泊漁場にて採取された壇紫菜葉体を使用し、2005年11月30日果胞子付けし、通常種同様の管理を行った。2006年7月26日までの培養水温は4~28℃であった。

試験前に6枚を加熱殺菌濾過海水を入れたポリ製バットに収容し、29℃に設定した恒温槽で44日間静置培養した。培養海水には栄養塩は添加しなかった。照度および日長条件は、前試験と同様とした。試験前培養終了時にはカキ殻糸状体繁茂面に Plantlet が多数繁茂伸長していた。

試験区

カキ殻糸状体繁茂面を加熱殺菌濾過海水で湿らせたラボ用ペーパータオルで拭いて、Plantlet を完全に除去処理した処理区と、この処理を行わない未処理区の2区とした。処理区の糸状体繁茂面の色調は、非常に薄い色調で、褐色~黄褐色で、未処理区のそれは Plantlet により暗濃紫色~濃褐色の色調を示した。

殻孢子放出量の計数

試験期間は2006年9月8日~9月15日までの7日間

とし、両試験区ともそれぞれ試験容器として100mlビーカー3個を用い、前試験同様の方法で各容器にカキ殻糸状体及びガラス板を1枚ずつ収容し、殻孢子の放出試験を行った。水温は、24℃とし、培養海水、照度および日長条件および殻孢子落下数の計数方法等も前試験同様とした。

結 果

未処理区、処理区の殻孢子の放出状況を図5に、カキ殻糸状体繁茂面の状態を写真3、4に示した。

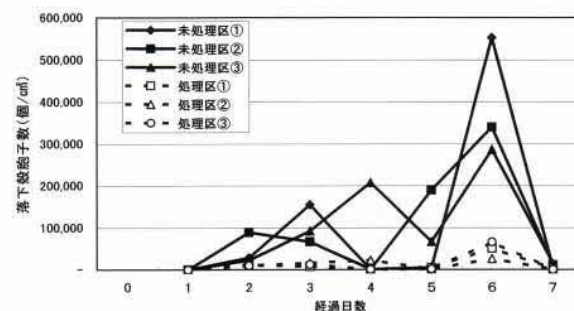


図5 カキ殻糸状体における Plantlet 処理区及び未処理区の殻孢子放出状況



写真3 「未処理区」糸状体繁茂面の Plantlet



写真4 「処理区」糸状体繁茂面

処理区では試験開始翌日には、3～26個/cm²の殻胞子の放出が確認され、2日目には9,822～11,927個/cm²と増加したが、5日目までは609～22,451個/cm²で増減を繰り返し、6日目に26,310～66,301個/cm²の放出ピークとなった。

未処理区では試験開始翌日には3～58個/cm²であったが、2日目には22,451～89,103個/cm²と急増し、殻胞子放出試験でも見られたように3日目から10万～20万個/cm²を1～2日放出したあと急減するパターンを繰り返しながら徐々に放出量が多くなり、処理区同様6日目には285,902～552,860個/cm²の放出ピークとなった。未処理区の殻胞子放出量は処理区に比べて、約11倍多かった。糸状体繁茂面の色調は試験終了時においては処理区は退色が進んだ状態となり、未処理区は更に色抜け部分の占める割合が増加した。

考 察

採苗後の発芽管理方法

流水槽内での着生した殻胞子～幼芽の脱落状況については採苗時の水車に巻きつけた採苗網内側、外側の位置によって殻胞子着生数の多寡の差が大きいことから明確な検討はできなかった。しかし、脱水処理直前の時点で全てのサンプルにおいて、1.1mmの顕微鏡視野径当たり13.8～80.6個の着生が確認されていることから、流水槽への収容管理が着生殻胞子から幼芽の重要な脱落要因と見なすことはできなかった。

解凍後については流水槽、水車両試験区とも大きく着生芽数が減少していた。安成³⁾は本種について、10日間の冷凍期間で入庫後に芽付きが1/3～1/2に減少したと報告しており、また、荒巻ら⁴⁾も9日間の冷凍保存後の殻胞子の付着密度は採苗時の80%であったと報じている。

今回の試験結果から着生芽の脱落の要因は、流水槽または水車による管理方法よりも冷凍保蔵の影響が大きいことがうかがわれ、過去の流水槽での芽落ちとされた事例については、それまで、採苗前に培養槽の保温措置を行っていなかったことから、殻胞子の放出量が少なく、十分数の殻胞子の着生がなかったため、採苗後の短期冷凍に起因する着生芽の脱落により冲出した網に着生芽がほとんど残存していなかったものと推察された。従って、採苗から冷凍入庫するまでの培養管理については、従来種と同様に流水槽へ収容しての管理で特に問題ないと考えられる。

これらの結果を踏まえると壇紫菜の採苗時における

殻胞子の着生数の基準は育苗開始期までの短期冷凍期間を考慮して決定する必要があると思われる、今回のように冷凍期間を10日間とした場合では、60%程度の着生芽の脱落が見込まれるため、今後は二次芽がほとんど放出されない本種の性質を考慮した適正な殻胞子着生数の基準を検討していく必要がある。また、採苗後の短期冷凍の期間の長短による着生殻胞子数の脱落率も検討する必要があると思われる。

殻胞子の放出条件

従来種であるアサクサノリ、スサビノリ、ウップルイノリ等の糸状体は高温培養状態から低温培養状態に移した場合、4～8日目に殻胞子の放出ピークが認められる⁶⁾ことから、従来種ではカキガラ糸状体の採苗前処理として、いわゆる低温処理を5～7日間実施し、任意の採苗日に殻胞子放出のピークを誘導することが行われている。高泊採苗場で使用されている従来種を明期8時間暗期16時間の条件下で18℃の低温処理した場合においても、おおむね5～7日で殻胞子の放出が認められ、徐々に放出量が増加し、9日目にピークに達している。

しかし、本種では、この低温処理条件では殻胞子の放出促進効果は認められていない。

安成^{2, 3)}は、本種を18℃で低温処理した場合、処理開始から14日目に胞子の放出が確認されたが放出は1日のみで、毎日継続せず明瞭な放出のピークが見られず非常に不安定、不確実であったこと、また、フリー糸状体由来のカキ殻糸状体および果胞子由来のカキ殻糸状体について、水温18℃明期9時間、暗期15時間の低温処理を1週間行った場合の殻胞子放出試験では、それぞれの最高放出数は6,625個/cm²及び2,520個/cm²であり、従来種に比べ放出量は少なく変動が大きかったことを報じている。また荒巻ら⁴⁾は、本種について26℃、明期13時間、暗期11時間条件下で培養したカキ殻糸状体を用いた放出試験では、放出のピークは確認できず緩慢な放出が長期間続いたと報じている。これらの報告は、本報告の18℃試験区の放出状況と良く似ており、十分量の殻胞子が形成されてなかったため、明瞭な殻胞子放出ピークが現れなかったものと推察される。

異なる水温条件下での殻胞子放出試験において、24℃培養試験区や29℃培養期間が7日以下の試験区では100,000個/cm²を超えるような大量放出ピークは1回しか現れず、以降は放出量が減少した。29℃培養期間が14日以上試験区では100,000個/cm²を超える放出ピーク

クが継続し、特に29℃24日間の培養を経て24℃培養に移した試験区では一日置きに放出のピークが安定して出現し、十分量の殻胞子が形成され、大量放出が長期間にわたって維持された。しかし、29℃40日間培養区においても100,000個/cm³を超える放出ピークが確認されているが、Ⅶ区に比べ安定しておらず、ピークの放出量も1/2以下であった。荒巻ら⁴⁾は、殻胞子の放出は23.5℃で確認され、21.5℃までの間で確認できたと報じており、29℃での培養条件下で殻胞子が十分量形成されても、大量放出を促すには、21～24℃の低めの水温条件が必要と思われる。

これらの結果から、壇紫菜の糸状体は採苗前20日以上以上の期間、29℃前後の高温培養期間を設けた上、24℃の低温培養に移すことにより活発な殻胞子の放出が得られることが分かった。

高泊ノリ人工採苗場における2003年度から2006年度の壇紫菜の採苗状況(表2)をみると、採苗は例年9月10日前後に開始され、採苗期間は3～18日を要している。

採苗枚数は455～600枚で近年は養殖業者の減少に伴い、減少傾向にあるが、2003年度に採苗が不調であったため、2004年度以降は受託枚数が大幅に減少している。この2003年度は、採苗開始から12日間、殻胞子の放出ピークが全く見られず採苗開始から終了まで18日を要した。2004～2006年度は、採苗は概ね順調で、採苗期間は3～8日で終了した。2002年度から2006年度までの培養槽の水温は(図6)採苗が長期化した2003年度は7、8月の夏期の水温が他の年度に比べ低く推移している。

7月、8月の積算水温と採苗日数(図7)および付着殻胞子(図8)との関係はいずれも、7月より8月の方が高い相関を示し、8月の水温条件と採苗成績との間には密接な関係が認められている。

Plantlet 形成の殻胞子放出量への影響

右田⁷⁾はウップルイノリ、オニアマノリ、マルバアマノリ等のイワノリでは殻胞子放出適期よりもかなり早期に糸状体繁茂面上に Plantlet 状の殻胞子囊枝が

表2 高泊のり人工採苗場における2003～2006年度の壇紫菜採苗状況

年	採苗開始日	採苗終了日	採苗日数	採苗受託枚数	採苗実数	採苗達成率 (%)
2003	9月15日	10月2日	18	760	455	59.9
2004	9月9日	9月16日	8	600	600	100
2005	9月10日	9月15日	6	568	568	100
2006	9月12日	9月14日	3	486	486	100

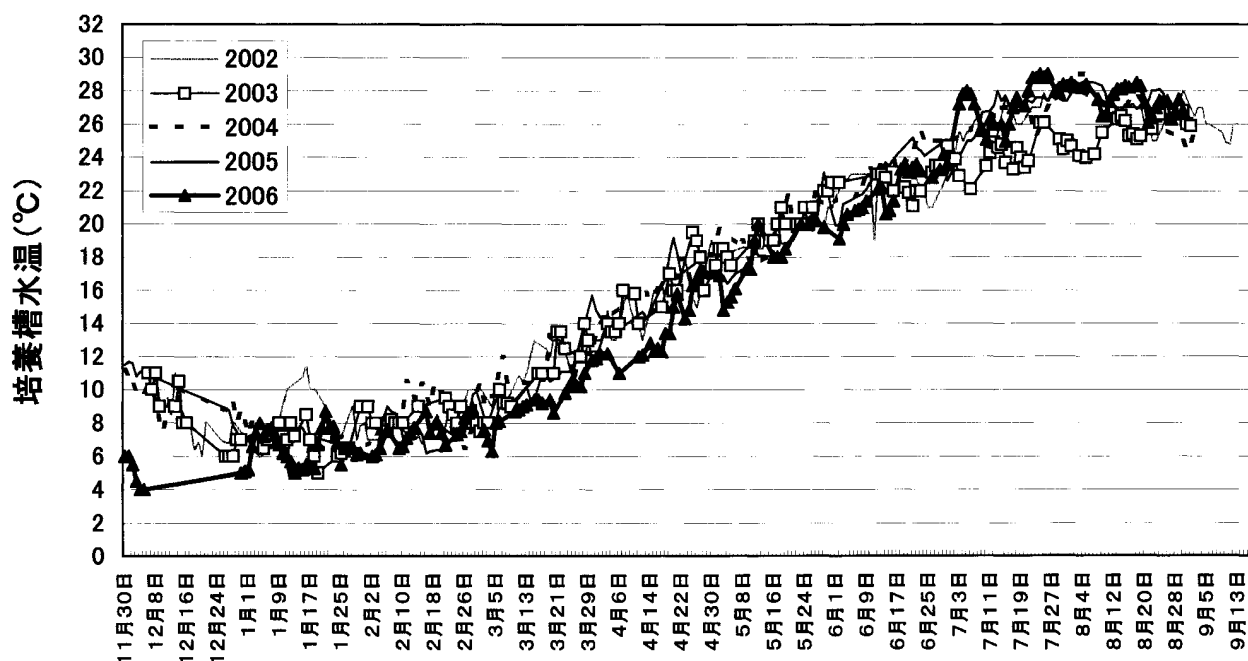


図6 高泊採苗場における年別培養槽水温の推移

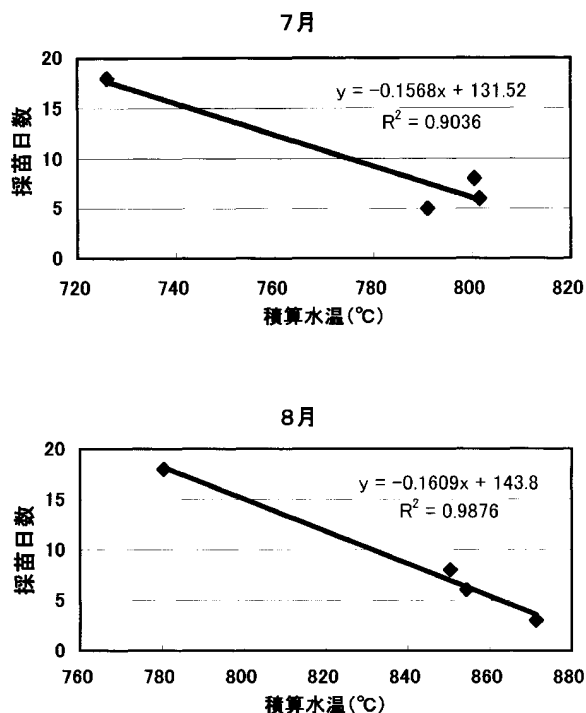


図7 7月及び8月の積算水温と採苗日数の関係

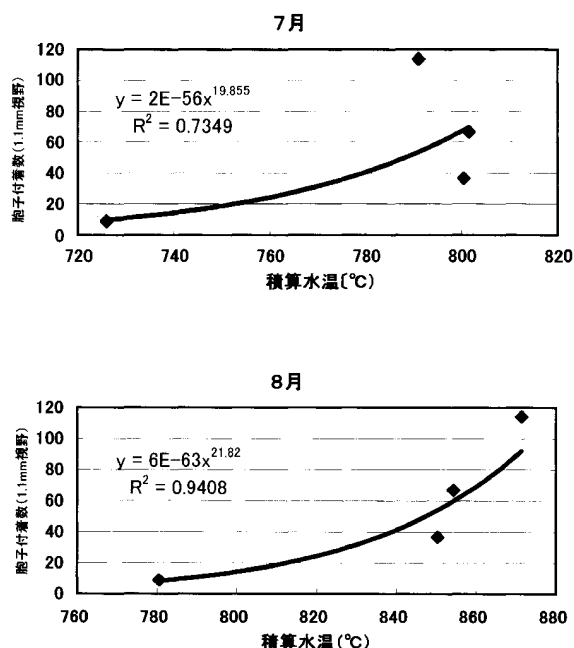


図8 7月及び8月の積算水温と着生殻胞子数の関係

出現することがあると報じている。

今回の試験における Plantlet 形成の様子は基質内の殻胞子嚢が表面に溢れ出てくるよう観察され、試験においても殻胞子の放出ピークを迎える度にカキ殻糸状体繁茂面の色抜け部分が占める割合が増えていった。Plantlet を除去しなかった未処理区は300,000～500,000個/cm²の大量放出が見られたのに対し、予め除去した処理区はピーク時においても100,000個/cm²以下

の放出量しかなかった。壇紫菜では穿孔基質内と同等若しくはそれ以上の殻胞子嚢が Plantlet として穿孔基質上に形成され、殻胞子の放出量に Plantlet 形成量が大きく関与していることを示唆している。

実際、事業規模における採苗に際しても、2004～2006年度の採苗が順調に推移した際や2003年度の採苗期間が長期化した際にも大量放出が始まる際にカキガラ糸状体の繁茂面には例外なく多くの Plantlet の形成が認められた。本種糸状体における Plantlet 形成は採苗適期を把握するための重要な指標となろう。

また、本種は Plantlet 形成特徴に加え、従来種よりも殻胞子の放出期間が長期に亘る等、採苗計画を立てるうえで有利な特性も有していた。

要 約

・壇紫菜 (*Porphyra haitanensis*) の陸上タンク採苗方法 (水車式) の改善を目的として2～3の試験を行った。

・陸上タンク採苗 (水車式) によって得られた採苗網を採苗直後に流水槽に収容して翌日まで発芽管理した流水槽試験区と、採苗後も引き続き採苗槽の水車に巻き付けた状態で発芽管理した水車試験区の着生殻胞子の脱落状況は両試験区とも冷凍入庫前までの着生芽の脱落は認められなかった。

・短期冷凍 (10日間) 後に解凍し、5日間培養した時点の着生数は、両試験区とも著しく減少し、流水槽試験区は冷凍前の37.5%、水車試験区は39.2%となり、本種は発育段階での冷凍耐性が低かった。

・カキ殻糸状体は29℃で24日間培養した後24℃培養に移した場合、殻胞子は大量放出ピークが1～2日毎に連続して起こり、高温条件下で20日以上培養することにより、殻胞子の形成が促進されることが判った。

・糸状体繁茂面に形成される Plantlet は殻胞子の放出と密接に関係していた。

謝 辞

本研究にあたり、採苗施設の使用並びに培養糸状体の提供等のご協力を頂いた、山口県漁業協同組合高泊支店運営委員長 岡本洋氏に厚くお礼申し上げます。

また、本報告のご校閲を頂いた前内海研究部長、桃山和夫博士に深謝いたします。

文 献

1) 李世英・鄭宝福・費修綏 (1992): 壇紫菜の北方

- 移植試験. 海洋と湖沼, 23 (3), 297-301.
- 2) 安成淳 (2000): 壇紫菜養殖試験. 山口県内海水産試験場報告, 28, 82-83.
- 3) 安成淳 (2000): 壇紫菜養殖試験Ⅱ. 山口県内海水産試験場報告, 29, 97-100.
- 4) 荒巻裕・横尾一成・川村嘉広 (2001): 有明海灣奥部におけるタンシサイ (壇紫菜) の試験養殖. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 20, 13-18.
- 5) 右田清治 (1961): アマノリ糸状体の “Plantlet” について. 長崎大学水産学部研究報告, 11, 128-136.
- 6) 前川兼佑・富山昭 (1959): アサクサノリの人工種付けに関する研究, 第6報 水温調節によるアマノリ類糸状体からの胞子放出の人為的制御について. 山口県内海水産試験場調査研究業績10 (1), 17-25.
- 7) 右田清治 (1974): ノリ糸状体の殻胞子形成と放出. 長崎大学水産学部研究報告, 38, 77-85.

衛星によるクロロフィル-a 情報を利用した 赤潮モニタリングの可能性－I

船舶観測値と衛星推算値との相関

和 西 昭 仁

Possibility and Prospect of Red Tide Monitoring
by Using Chlorophyll-a Data from Satellites－I

Correlation between Analyzed Exact
and Estimated Satellite Chl-a Values

Akihito WANISHI

Chlorophyll-a (Chl-a) values in the surface sea waters around Yamaguchi Prefecture were compared with those estimated by using the data from satellites of NASA, Terra and Aqua, laden with the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) from September 2002 to March 2006. Both values correlated significantly to each other ($r=0.649$, $n=1,018$), and 67% ratios of estimated to analyzed values were distributed within the range from 0.5 to 2.0, even though the mean ratio in the Sea of Japan (1.28 ± 1.23) was a little higher than that in Seto Naikai (1.17 ± 0.94). In most cases, the red tide could be clearly captured by MODIS, if examined according to informations from fishermen etc. The earlier red tide occurrences and movements are informed, the smaller economical losses in fisheries will be attained. It is urgently needed to develop an advanced monitoring system by using the data from satellites which provide extensive and near-real-time informations.

Key words : Red tide monitoring; chlorophyll-a; satellite; MODIS

気象衛星、通信・放送衛星、航行・測位衛星など、人工衛星の種類や用途は様々であるが、水産分野では地球観測衛星によって得られた水温情報などが回遊魚の漁場形成場所を予測する端緒となっているほか、最近では海色からクロロフィル-a (Chl-a) の分布状況も推測できるようになり、植物プランクトン量の目安となっている^{1, 2)}。こうした技術を活用することにより、赤潮発生海域 (Chl-a 高濃度域) の位置や規模、移動状況などが広範囲かつほぼリアルタイムに把握できる可能性が出てきた。特に日本周辺をカバーする広範囲の情報が一度に得られるという点は、従来行われ

てきた船舶や飛行機による観測にはなかった衛星情報の大きなメリットである。

衛星情報を利用して赤潮の発生を予測する取り組みは有明海や瀬戸内海など様々な海域で行われてきた³⁻⁵⁾。これまでのところ赤潮の発生海域やその動態が捕捉できることが分かった反面、雲域による欠測で何日間もデータが得られなかったり、解像度の限界によって小規模の赤潮が発見しにくいという技術的な課題も残されており¹⁾、実用段階に至っているとは言えない。

1995年から2004年までの10年間、山口県における赤

潮発生件数は、瀬戸内海側123件、日本海側46件であり、瀬戸内海が日本海の約3倍となっている (Fig. 1)。一方、赤潮による漁業被害件数は、瀬戸内海15件、日本海12件であり、赤潮発生件数に対する漁業被害の発生率は瀬戸内海よりも日本海のほうが2倍以上高い。これは、瀬戸内海では関係府県によって広域的な赤潮モニタリング網が構築されているのに対し、日本海では赤潮モニタリングの頻度が少なく、その上対象海域が広範囲に及ぶため、実際に漁業被害が発生するまで有害プランクトンの増殖や接近に気付かない場合が多いためであろう。

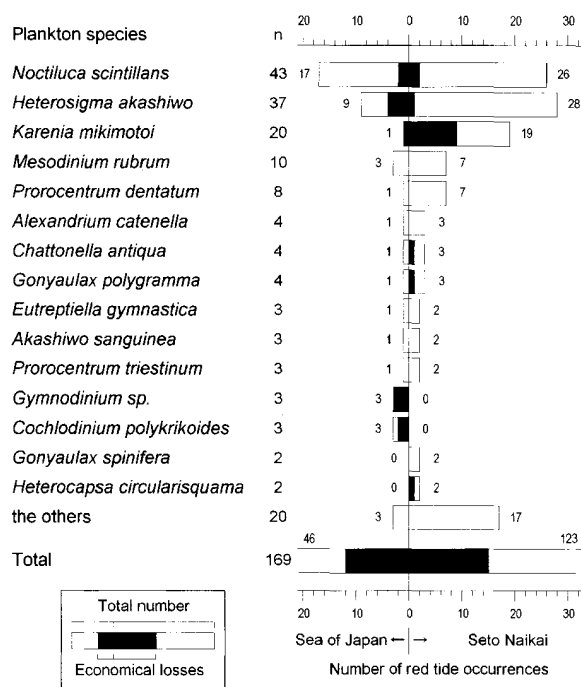


Fig. 1 Number of red tide occurrences and economical losses in fisheries caused by each plankton bloomed in the Sea of Japan and Seto Naikai off Yamaguchi prefecture from 1995 to 2004.

こうした状況に対し、従来から行われているモニタリング方法、すなわち現場で海水を採取して研究室に持ち帰って検鏡する方法と、衛星情報によって赤潮の位置や規模、移動状況を把握する手法とを組み合わせれば、情報の幅を格段に広げることができるはずである。そうした先進的なモニタリング手法が実用化されれば、赤潮の発生を高精度に予測することができ、関係者に対して早期に適切な指示を行うことが可能となるため、漁業被害の軽減を図る効果も十分期待できるであろう。

そこで本報では、衛星情報を活用した赤潮監視手法

を開発することを目的とし、衛星情報の有効性（確度）を確認するため、衛星によって得られた Chl-a 濃度が現場で実測された値とどの程度相関があるか調べた。また最近報告された赤潮について、発生期間中の衛星情報を収集・整理し、得られた衛星情報が実際の現場における赤潮情報とどの程度相関があるか調べた。

材料および方法

解析対象期間 現場観測値（船舶調査によって得られた Chl-a 濃度）および衛星推算値（海色情報をもとに推定された Chl-a 濃度）は、2002年9月から2006年3月までの43ヶ月間に得られたものを対象とした。

現場観測値 山口県水産研究センターが周防灘で実施した浅海定線調査（22調査点）、伊予灘および広島湾で実施した内海東部海域定線観測調査（4調査点）および日本海で実施した沖合定線調査（25調査点のうち沿岸部の19調査点）によって得られた表層水の Chl-a 濃度データを使用した (Fig. 2 および Table 1)。瀬戸内海での濃度は吸光法⁶⁾に準じて分光光度計（島津製作所（株）UV-160）を用いて測定し、Jeffrey and Humphrey の三点法⁷⁾で算出した値、日本海での濃度はクロロテック（アレック電子（株）ACL200-DK）を使用して測定した値である。

衛星推算値 中分解能撮影分光放射計（moderate resolution imaging spectroradiometer : MODIS）を搭載した地球観測衛星 Terra および Aqua が観測した海色データをもとに、宇宙航空研究開発機構（JAXA）および東海大学（TSIC/TRIC）がデータ処理した Chl-a 分布画像を参照するとともに、JAXA が提供しているバイナリデータの中から、船舶調査日の前後1日以内に得られた40° N・125° E～30° N・135° E の範囲のデータを収集した。これによって緯度・経度それぞれ0.01度のメッシュごとの Chl-a 推算値を得た。

現場観測値と衛星推算値との比較方法 現場観測値に対する衛星推算値の比（推算値：観測値比）を求め、海域ごとに理想的な状態（1すなわち推算値と観測値が等しい状態）からのずれを調べた。各調査点における衛星推算値は、各調査点を中心とする9メッシュの推算値のメジアンとした。なお、船舶調査日の前後1日以内に現場観測値と比較可能な衛星推算値データセットが複数ある場合には、比較可能点数が多いデータセットを採用した。

赤潮発生情報と衛星情報との整合性 2002年9月以降

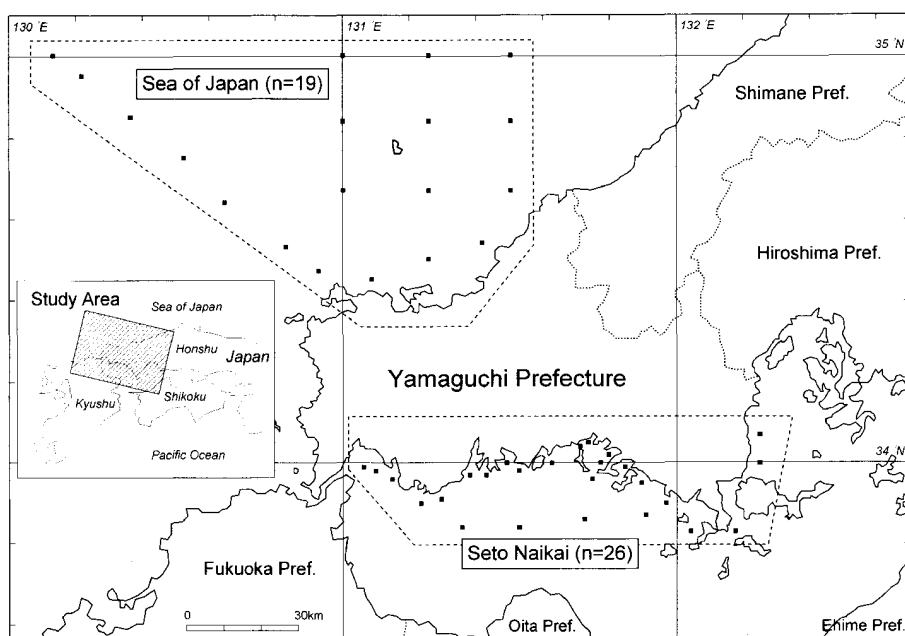


Fig. 2 Map showing the study area and sampling stations (■) for Chlorophyll-a.

Table 1 Location and average depth (D) of each sampling station. Latitude and longitude are shown by World Geodetic System. (a) 26 stations in the Seto Naikai, (b) 19 stations in the Sea of Japan

(a) Seto Naikai							
St. No.	Lat. N	Long. E	D(m)	St. No.	Lat. N	Long. E	D(m)
S-01	33° 58' 48"	131° 25' 09"	8	S-14	33° 59' 42"	131° 46' 09"	14
S-02	33° 58' 06"	131° 22' 15"	9	S-15	34° 01' 10"	131° 48' 16"	12
S-03	33° 54' 24"	131° 17' 15"	9	S-16	34° 03' 28"	131° 43' 51"	8
S-04	33° 54' 06"	131° 13' 03"	10	S-17	34° 02' 30"	131° 42' 03"	12
S-05	33° 57' 24"	131° 08' 51"	7	S-18	34° 00' 42"	131° 36' 51"	13
S-06	33° 50' 18"	131° 21' 03"	26	S-19	33° 58' 36"	131° 31' 09"	16
S-07	33° 50' 36"	131° 31' 09"	34	S-20	34° 00' 12"	131° 29' 27"	10
S-08	33° 51' 24"	131° 43' 21"	45	S-21	33° 58' 48"	131° 05' 21"	6
S-09	33° 51' 54"	131° 53' 45"	39	S-22	33° 59' 12"	131° 03' 21"	7
S-10	33° 54' 12"	131° 57' 45"	33	S-23	33° 50' 12"	132° 02' 04"	33
S-11	33° 56' 54"	131° 53' 15"	23	S-24	33° 50' 12"	132° 09' 48"	49
S-12	33° 59' 36"	131° 50' 39"	9	S-25	34° 00' 12"	132° 14' 51"	29
S-13	33° 57' 54"	131° 45' 09"	30	S-26	34° 04' 23"	132° 14' 51"	32

(b) Sea of Japan							
St. No.	Lat. N	Long. E	D(m)	St. No.	Lat. N	Long. E	D(m)
J-01	34° 28' 12"	130° 55' 51"	90	J-11	34° 30' 12"	131° 14' 51"	66
J-02	34° 31' 59"	130° 49' 33"	110	J-12	34° 27' 12"	131° 04' 51"	69
J-03	34° 38' 23"	130° 40' 21"	126	J-13	34° 40' 11"	130° 59' 51"	108
J-04	34° 44' 47"	130° 31' 03"	135	J-14	34° 50' 11"	130° 59' 51"	125
J-05	34° 51' 11"	130° 21' 45"	130	J-15	35° 00' 11"	130° 59' 51"	121
J-06	34° 57' 29"	130° 12' 33"	125	J-16	35° 00' 11"	131° 29' 51"	125
J-07	35° 00' 41"	130° 07' 52"	125	J-17	34° 50' 11"	131° 29' 51"	96
J-08	35° 00' 11"	131° 14' 51"	105	J-18	34° 40' 12"	131° 29' 51"	81
J-09	34° 50' 11"	131° 14' 51"	70	J-19	34° 32' 12"	131° 24' 51"	64
J-10	34° 40' 11"	131° 14' 51"	101				

に山口県およびその近県海域で発生した赤潮の発生情報を山口県水産研究センターの事業報告書や山口県農林水産部のホームページ「海鳴りネットワーク」、水産庁九州漁業調整事務所の報告書から収集・整理し、

赤潮の発生期間中に得られた衛星情報と比較することによって両者間の整合性を見た。

Table 2 Monthly changes in the number of examples analyzed exact Chl-a values (A), number of examples estimated satellite Chl-a values (B) and the ratio of them (B/A) in the Seto Naikai and the Sea of Japan around Yamaguchi Prefecture by Terra/MODIS and Aqua/MODIS from September 2002 to March 2006

September 2000 to March 2001														
	Month												Total	
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Seto Naikai														
Analyzed exact Chl-a values (A)	82	100	104	78	78	78	78	78	108	104	104	93	1,085	
Estimated satellite Chl-a values (B)	33	57	70	55	6	48	16	34	80	53	76	57	585	
B/A (%)	40	57	67	71	8	62	21	44	74	51	73	61	54	
Sea of Japan														
Analyzed exact Chl-a values (A)	44		76	57	57	47	50	53	76	75	76		611	
Estimated satellite Chl-a values (B)	17		40	46	57	33	41	36	67	54	42		433	
B/A (%)	39		53	81	100	83	82	75	88	72	55		71	
Total														
Analyzed exact Chl-a values (A)	126	100	180	135	135	125	128	131	184	179	180	93	1,696	
Estimated satellite Chl-a values (B)	50	57	110	101	63	81	57	70	147	107	118	57	1,018	
B/A (%)	40	57	61	75	47	65	45	53	80	60	66	61	60	

結 果

現場観測値と衛星推算値との相関 対象とした期間中、現場観測値はのべ1,696調査点（瀬戸内海1,085調査点および日本海611調査点）で得られ、そのうち比較可能な衛星推算値が得られたのは1,018調査点（瀬戸内海585調査点および日本海433調査点）、割合にして60%であった（Table 2）。月別に見ると、9月の比較事例（比較可能な衛星推算値が得られた件数）が147件、現場観測値の80%と最も多く、逆に1月は50件、40%と最も少なかった。

現場観測値と衛星推算値の比較結果は、瀬戸内海（Fig. 3 (a)）では現場観測値が0.15~22 μ g/L、衛星推算値が0.20~38 μ g/Lの範囲、日本海（Fig. 3 (b)）では現場観測値が0.04~4.3 μ g/L、衛星推算値が0.11~2.7 μ g/Lの範囲にあった。全てのデータを合わせると（Fig. 3 (c)）、現場観測値が0.04~22 μ g/L、衛星推算値が0.11~38 μ g/Lの範囲にあり、両者間にはかなり高い正の相関（ $r=0.649$ ）が認められた。

現場観測値に対する衛星推算値の比は、瀬戸内海、日本海ともに0.5以上2.0未満の区間に全データの67%が分布していた（Fig. 4）。観測値：推算値比の平均値および標準偏差は、瀬戸内海で1.17 $\pm$ 0.94、日本海で1.28 $\pm$ 1.23となり、日本海では瀬戸内海よりもやや高めではらつきも大きかったが、両海域間に有意な差

は認められなかった。

赤潮情報と衛星情報との相関 雲域などで数日間にわたって衛星情報が確認できない場合もあったが、両者間に整合性のある事例が多数見られた。その中で赤潮が明瞭に捕捉できた事例を Fig. 5 ~ 7 に示した。

2003年8~9月、日本海の山陰沿岸海域で広範囲に発生した有害渦鞭毛藻 *Cochlodinium polykrikoides* による赤潮は Fig. 5 のとおり鮮明に写っていた。8月28日、山口県沖に Chl-a 濃度約 2 μ g/L のパッチ状の海域が見られ（Fig. 5 (a)）、翌29日には萩市見島の東方に移動した（Fig. 5 (b)）。当時の見島周辺の最高 Chl-a 濃度は、島の東北東約20kmの34.84° N・131.35° Eにおける4.2 μ g/Lと推算された。同日、見島の漁業者からの着色海域情報をもとに島の近辺で採取された海水試料を調べたところ、*C. polykrikoides* が300~500cells/ml 確認された⁸⁾。その後、山口県沖での赤潮は9月3日に終息したが、9月7日には島根県沿岸域で極めて広範に発生している様子が鮮明に捉えられている（Fig. 5 (c)）。この時期、島根県海域では本種赤潮による漁業被害（カサゴのへい死、アワビの異変）が発生している。

2005年6月8日から24日までの17日間、日本海に面した油谷湾内で有害渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* による赤潮が、警報の発令基準密度5,000cells/mlを越えて増殖したため、山口県は赤潮警報を発令した（山口

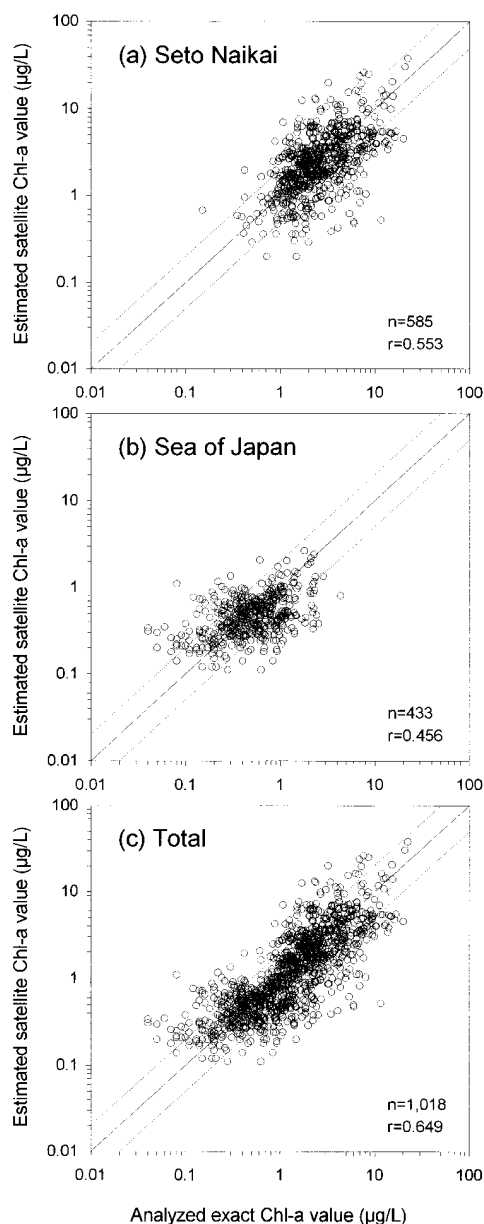


Fig. 3 Relationships between analyzed exact and estimated satellite Chl-a values obtained from Terra/MODIS and Aqua/MODIS in the Seto Naikai (a) and the Sea of Japan (b) around Yamaguchi Prefecture from September 2002 to March 2006. Solid lines represent ideal states ($Y=X$), and dotted lines represent the states with errors, $Y=2X$ (upper) or $Y=0.5X$ (lower).

県農林水産部のホームページ「海鳴りネットワーク」)。6月6日および13日の衛星データを解析すると Fig. 6 のような Chl-a 分布が得られた。6月6日は赤潮が本格化する少し前の段階 (Fig. 6 (a))、6月13日は濃密な赤潮が形成されている段階 (Fig. 6 (b)) にそれぞれ相当し、油谷湾内の *K. mikimotoi* の出現状況は Fig. 6 (c) のとおりであった。油谷湾における

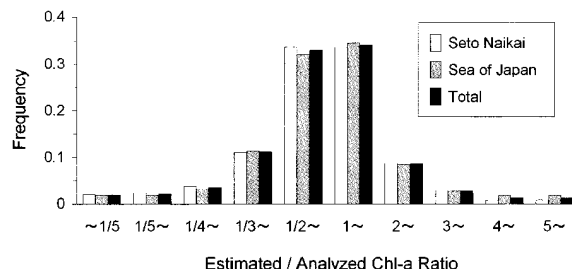


Fig. 4 Distributions of ratio of estimated satellite Chl-a values to analyzed exact Chl-a values obtained in the coastal waters around Yamaguchi Prefecture from September 2002 to March 2006.

Chl-a 推算値は、6月6日が最高 $2.1\mu\text{g/L}$ であったのに対し、6月13日には最高 $4.3\mu\text{g/L}$ まで増加し、 $1.5\mu\text{g/L}$ 以上を示した地点も3地点から10地点に増加した。油谷湾の北方海域では、6月6日に Chl-a 濃度がやや高い海域が広範囲に見られたが (Fig. 6 (a))、6月13日にはほとんど見られなくなった (Fig. 6 (b))。当時、この海域ではプランクトン調査を行わなかったため原因は不明であったが、油谷湾内での *K. mikimotoi* による赤潮との関連が疑われる。

深川湾では6月14・15日に渦鞭毛藻綱の *Noctiluca scintillans* による赤潮 (最高密度 $1,000\text{cells/mL}$) が発生していたが、衛星データの解析によると、6月6日には最高 $7.4\mu\text{g/L}$ 、6月13日には最高 $3.7\mu\text{g/L}$ の値が得られた (Fig. 6)。6月13日には阿武町の沿岸域に Chl-a 濃度の高い部分が発達しているが (Fig. 6 (b))、赤潮調査等を行われていなかったため、原因は不明のままであった。

2004年6月23日から7月7日までの15日間、周防灘西部海域では渦鞭毛藻綱の *Prorocentrum dentatum* とラフィド藻綱の *Chattonella antiqua* による混合赤潮が発生した⁹⁾。天候不良のため限られたデータしか得られなかったが、Fig. 7は山陽町 (現山陽小野田市) 沿岸で着色域が見られなくなった6月28日の Chl-a 解析結果である。山陽町から南東方向に約10~20km離れた小野田市 (現山陽小野田市) から宇部市のやや沖合に高濃度域が出現していた。神蘭ら¹⁰⁾の海流ビンによる周防灘表層水の流動調査によれば、下関市から小野田市の沿岸域では岸に沿って南東方向に向かう反流の存在が明らかになっており、この流れによって赤潮の発生海域が移動し、それを衛星画像が捉えていた可能性が高い。

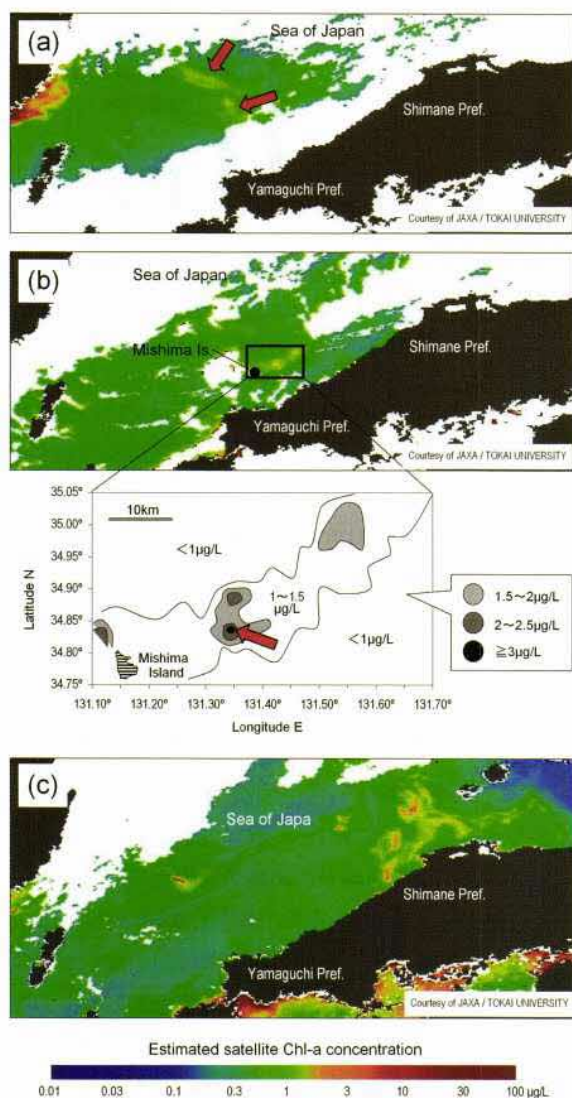


Fig. 5 Images captured the red tide of *Cochlodinium polykrikoides* by Aqua/MODIS in the Sea of Japan.

- (a) 03:57 UTC, Aug. 28, 2003. Some yellow patches (arrows) appeared in the Sea of Japan off Yamaguchi Prefecture.
- (b) 04:40 UTC, Aug. 29, 2003. The patches moved to the eastern area away from Mishima Island. Chlorophyll-a concentration in the densest point (an arrow) was estimated $4.2 \mu\text{g/L}$.
- (c) 04:34 UTC, Sep. 7, 2003. Patches were widely distributed along the coastal regions off Shimane Prefecture.

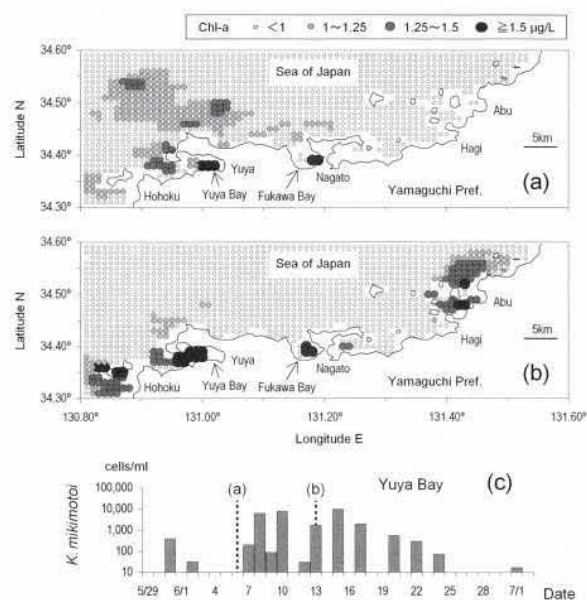


Fig. 6 Distributions of Chl-a obtained by Terra/MODIS on 01:35 UTC, Jun. 6, 2005 (a) and 01:41 UTC, Jun. 13, 2005 (b). At those time, red tides caused by *Karenia mikimotoi* and *Noctiluca scintillans* were reported in Yuya Bay and Fukawa Bay, respectively. The cause of distinctly dense area around Abu (b) was not informed. Bar graph (c) indicates the density of *K. mikimotoi* counted at the monitoring points in Yuya Bay.

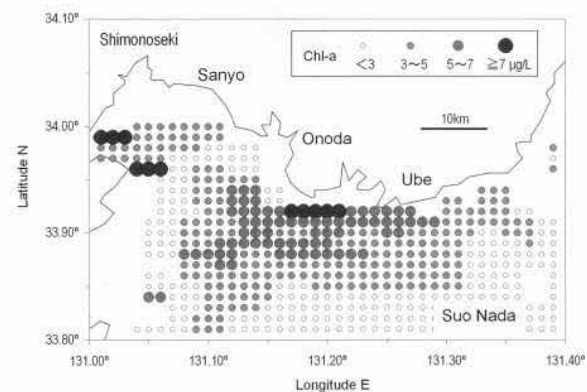


Fig. 7 Distributions of estimated Chl-a values obtained by Terra/MODIS on 01:29 UTC, Jun. 28, 2004 in the Suo Nada. At this time, red tide consisted of *Prorocentrum dentatum* and *Chattonella antiqua* was reported.

考 察

今回 Terra/MODIS や Aqua/MODIS によって得られた衛星推算値は、全体の67%が推算値：観測値比0.5以上2未満の区間に集中しており、現場観測値とかなり高い正の相関 ($r=0.649$) を示した。また推算値：観測値比は、日本海（平均値1.28）が瀬戸内海（同1.17）よりやや高めではあったが、両海域間に有意な差は認められなかった。

塚本ら³⁾は、瀬戸内海東部に位置する備讃瀬戸や大阪湾、紀伊水道で観測された Chl-a 現場観測値を OrbView/SeaWiFS や ADEOS/OCTS による衛星推算値と比較した結果、推算値：観測値比は平均3程度であり、0.8未満になることはなかったと述べており、衛星推算値がかなり過大評価されていることを示している。Terra/MODIS や Aqua/MODIS によって得られた Chl-a 推算値は、陸域の近傍や浅瀬などではばらつきが大きいとの評価結果がある（JAXA ホームページ）。今回の瀬戸内海の事例では、半径5 km以内に陸地を含まない沖合の4調査点においては、推算値：観測値比の平均値および標準偏差が 0.96 ± 0.64 ($n=106$) であったのに対し、陸地に近い他の22調査点では 1.22 ± 0.99 ($n=479$) とずれがやや大きく、両海域間には有意な差が認められたが ($p<0.001$)、いずれも1（推算値＝観測値）からのずれがあるとは言えないという結果が得られた ($p<0.05$)。

推算値が観測値より過大に評価されるという現象は、懸濁物質 (SS) や有色溶存有機物 (C-DOM) などがセンサーの光学特性に影響を与えるためと考えられている^{3, 5)}。これに対しては、MODIS の観測波長帯のうち特定のバンドのデータを用いると、植物活性度の高い海域が判別できることから、赤潮による着色と SS などによる着色とを明確に分離できるようになってきた¹¹⁾。また、C-DOM については、その実体や起源が明らかになっておらず、測定方法もまだ確立されていないため⁵⁾、調査機関ごとの協力が必要となる。その他 Chl-a 推算値の誤差を大きくする要因である陸地に近い海域や浅海域、雲域近傍の値については取り扱いに注意する必要がある。

実際に赤潮の発生していた期間の衛星画像を精査すると、赤潮の発生場所と Chl-a の高濃度域が数多くの事例でよく符合していた。2003年8～9月に日本海で発生した *C. polykrikoides* による赤潮では、山口県沖に現れた Chl-a 高濃度域が、翌日には萩市見島

周辺、数日後には島根県沿岸域に移動し、しかも広範囲に広がっていく様子が克明に捉えられていた。一方、*K. mikimotoi* による赤潮は中層増殖性¹²⁾であるため、衛星画像でどの程度捉えられるか未知であったが、2005年6月の日本海の事例では分布状況が鮮明に現れていた。また、海上調査では不明であった油谷湾北方海域の Chl-a 濃度の高い海域は、後になって衛星情報を精査して判ったことである。また、*N. scintillans* はクロロフィル色素をもたないが、鮮やかな赤色の赤潮を形成するため、人工衛星海上画像にも捉えられることが知られている⁴⁾。2005年6月の深川湾における本種赤潮も明瞭に捉えられていた。

以上、衛星推算値が過大に評価される要因の検証は今後の課題であるが、赤潮の発生場所や規模を大まかに把握する目的であれば、現時点程度の誤差があったとしても大して問題にならず、むしろ十分実用に耐え得ると思われる。準リアルタイム (Near-Real-Time) で情報が得られるという点は、赤潮を監視していく上では大きなメリットであり、プランクトン情報を海況データ（例えば海上保安庁の流況情報など）と組み合わせれば、赤潮の移動や消長の予測も可能であろう。

要 約

- 1 衛星情報を活用した赤潮監視手法を開発することを目的として衛星情報の有効性を検証した。
- 2 山口県周辺で得られた Chl-a 観測値 ($n=1,018$) を衛星 (Terra/MODIS および Aqua/MODIS) による推算値と比較したところ、両者間にかなり高い正の相関 ($r=0.649$) が認められた。
- 3 瀬戸内海、日本海ともに推算値：観測値比は0.5以上2未満の範囲に全データの67%が入っており、衛星による Chl-a 推算値は十分な確度を有していると判断された。
- 4 赤潮発生期間の衛星画像を精査すると、赤潮発生場所と Chl-a 高濃度域がうまく符合している事例が数多く見られた。
- 5 雲域では Chl-a データが得られなかったり、小規模の赤潮が発見しにくいという欠点もあり、今後の課題となっている。
- 6 従来から行われてきた赤潮モニタリングに加えて、衛星情報を活用することによって、赤潮の発生を高い精度で予測できるようになると考えられる。

謝 辞

衛星データ（画像ファイルおよびバイナリファイル）を提供してくださった宇宙航空研究開発機構および東海大学、貴重な資料を提供していただいた愛媛県水産試験場（衛星リモートセンシング推進委員会「漁業・水産ワーキンググループ」委員）の菊池隆展主任研究員、工学的なアプローチをご教示いただいた福井工業大学の青山隆司教授および船木俊宏氏、丁寧な指導と助言をいただいた桃山和夫博士（前山口県水産研究センター内海研究部長）に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 衛星リモートセンシング推進委員会 漁業・水産ワーキンググループ (2004)：水産分野での衛星画像利用マニュアル。74pp.
- 2) 齊藤誠一・石坂丞二 (1999)：海色リモートセンシングー現状と今後の課題一。月刊海洋, 31 (3), 119-123.
- 3) 塚本秀史・柳 哲男 (2001)：瀬戸内海の赤外・海色画像。沿岸海洋研究, 39 (1), 9-13.
- 4) 橋本俊也・柳 哲男・石坂丞二・小田原主尚・松浦瑞恵 (2001)：海色画像による赤潮監視の可能性。沿岸海洋研究, 39 (1), 15-19.
- 5) 石坂丞二 (2001)：沿岸域での海色リモートセンシングの現状と将来。沿岸海洋研究, 39 (1), 21-26.
- 6) 気象庁 (1990)：海洋観測指針。(社) 日本気象協会, 東京, 428pp.
- 7) Jeffrey, S. W. and Humphrey, G. F. (1975)：New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c1* and *c2* in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Plfanz.*, **167**, 191-194.
- 8) 馬場俊典・内田喜隆・和西昭仁・繁永裕司 (2004)：2003年の赤潮発生状況。平成15年度山口県水産研究センター事業報告, 321-327.
- 9) 馬場俊典・内田喜隆・和西昭仁・繁永裕司 (2005)：2004年の赤潮発生状況。平成16年度山口県水産研究センター事業報告, 267-273.
- 10) 神蘭真人・吉田幹英・石田雅俊・三井田恒博 (1991)：海流ビンによる周防灘表層水の流動調査。沿岸海洋研究ノート, **29** (1), 97-103.
- 11) 船木俊宏 (2007)：衛生画像を用いた若狭湾の赤潮発生条件の解明。福井工業大学大学院工学研究科修士論文, 福井, 95pp.
- 12) (社) 日本水産資源保護協会：水産増養殖叢書48. 有害・有毒赤潮の発生と予知・防除。(社) 日本水産資源保護協会, 東京, 259pp.

ケンサキイカ *Photololigo edulis* の 資源生態 (総説)

河野 光久

Ecology of *Photololigo edulis*

Mitsuhisa KAWANO

This paper reviewed available knowledge on the ecology of *Photololigo edulis* distributed in the southwestern Japan Sea and the East China Sea. Information on the fishery conditions and biology of the squid including management of the stock was summarized. It was revealed that the life cycle by seasonal group, especially ecology and survival during the period from spawning to larval stage, was not understood enough. Therefore, the study to elucidate this is essential in the future.

Key words : *Photololigo edulis*; Ecology; Fishery conditions

ケンサキイカ *Photololigo edulis* は、ヤリイカ科 (Loliginidae)、ケンサキイカ属 (*Photololigo*) の 1 種である¹⁾。本種は青森県以南の日本周辺から東南アジア、オーストラリアに至る海域に分布するが、とりわけ九州北西沿岸域における分布量が多く²⁻⁴⁾、いか釣り漁業等の重要な漁獲対象種となっている。このため、本種の資源研究は主に九州北西～日本海南西海域で行われてきた。中でも、九州北西沿岸 3 県 (長崎県～福岡県) と西海区水産研究所による 1974～1976 年の共同研究および山陰 4 県 (山口県～兵庫県) による 1981～1985 年の共同研究は、本種の資源研究を飛躍的に進歩させた研究として特筆される。これらの共同研究を中心とした 1988 年までの資源研究は、すでに新谷^{5,6)}および Natsukari and Tashiro⁷⁾によってレビューされている。しかし、これらのレビューから 20 年近く経過し、その後新たな知見が得られている。また、沿岸域では 1982 年に福岡県に樽流し釣りが導入された後、それが隣県へも伝播し、漁業実態に大きな変化が見られ、資源にも少なからぬ影響を及ぼしているようである。これらのことから、今後本種の資源研究をさらに

発展させていくために、既往知見を再度総括しておくことは意義があると考えられる。

そこで、本総説は過去のレビューでは引用されなかった各県水産研究機関の事業報告書を含む既往文献を網羅し、本種の漁業実態および資源生態に関する知見を総括すると共に、今後の研究課題を明らかにすることを目的とした。本総説では、既往知見を①季節群、②漁業実態、③分布と移動、④成長、⑤成熟・産卵、⑥被捕食、⑦行動生態、⑧資源の評価および管理、⑨漁況予測の 9 項目で整理した。そして、各季節群の生活史の解明、とりわけ産卵から稚仔期に至る生態の解明と生残に関わる要因の究明が不十分であることを明らかにし、このことが今後の重要な研究課題になることを示した。

1 季節群

山陰沿岸域では、6～9 月にふ化し、4～6 月に大型 (外套背長 20～45 cm) の成熟群として漁獲される春季成熟群、11～12 月にふ化し、8～9 月にやや小型 (外套背長 20～30 cm) の成熟群として漁獲される夏季

成熟群、および1～3月にふ化し、秋に小型（外套背長10～20cm）の未熟群として漁獲される秋季未熟群の3群が出現するとされている^{8,9)}。山田ほか⁹⁾はこれら3つの群は、ふ化時期、成熟群の出現状況、生物特性等の相違から、それぞれ異なる生活グループと考えた。一方、夏苺¹⁰⁾は、日本海南西沿岸域に分布する本種は遺伝的には1つの集団であり、山田ほか⁹⁾が生活グループと呼んだような集団は、生育環境が異なることに起因する単なる季節型ではないかと考えている（以後、これらの群を季節群として扱う。）。山田ほか⁹⁾は、秋季未熟群については成熟群が山陰沿岸域ではほとんど漁獲されないことから、越冬場は対馬東岸海域にあって、この周辺で産卵しているのではないかと推察した。しかし、河野¹¹⁾は対馬～見島間の沖合域に分布する本種の群性状を調べ、漁獲の主対象は外套背長20cm以下の小型群で、晩秋から冬季にかけての雌の群成熟率は1%以下と著しく低いことを明らかにした。九州北西沿岸域ではこれら3群に加え、秋に外套背長20～30cmで成熟する秋季成熟群が出現する¹²⁻¹⁴⁾。この群は、山陰沿岸域に出現する秋季未熟群が九州北西沿岸域へ移動し成熟したものである可能性があるが、秋季成熟群は五島南方海域から長崎県沿岸域へ北上してくるという説¹⁴⁾もあり、秋季未熟群の成熟・産卵についてはよく分かっていない。

東シナ海に分布する本種については、その生物特性や以西底びき網で漁獲されるものの分布状態からみて、九州北西沿岸域に出現する群とは直接のつながりは無いと考えられている¹⁶⁾が、今後同時サンプリング調査や標識放流等を行い、検討していく必要がある。

2 漁業実態

漁業種類

本種は山陰～九州北西海域では、沖合域で沖合底びき網（2そう曳き）により、沿岸域でいか釣り、定置網、まき網などにより漁獲されている^{14,17-20)}。また、東シナ海では以西底びき網（2そう曳き）および1991年から中型いか釣りにより漁獲されている。

漁獲量

日本海南西～九州北西沿岸域における本種の漁獲量は、県別では長崎県が最も多い（全体の約70%）。長崎県の漁獲量は1968～1975年までは増加傾向にあったが、その後減少し、1987年には9,000トンに低下した¹⁴⁾。沖合底びき網による漁獲量は1975～1988年には

1,000～4,000トンの範囲で変動しながら次第に増加した¹⁴⁾。1988年以降の九州西岸～日本海西部における漁獲量は、1988年の約25,000トンから変動しながら減少し、2001年には10,000トンを下回ったが、2002年以降増加に転じ、2005年には約14,000トンであった²¹⁾。東シナ海における以西底びき網による漁獲量は1986年までは約8,000トンであった。東シナ海南部漁場では1988年には約10,000トンの漁獲量があったが、その後減少が続き、2005年には約200トンに激減している²¹⁾。

漁期

九州北西沿岸域²²⁾では1970年代には、産卵群の来遊により3～4月に五島海域から漁期に入り、5～8月には沿岸域一円で夏いか漁が操業されていた。また、9～12月にかけてはブドウイカ（秋季未熟群？）が九州北部海域に来遊し、秋いか漁が行われていた。山陰沿岸域においても、1980年頃までは漁期は4月から12月で、漁獲量は5月頃から増加し、初夏または秋にピークを持ち、11月には減少していた²³⁾。その後1982年に樽流し釣りが福岡県に導入され、福岡県沿岸域では春季の5月と12～2月の冬季に盛漁期が見られるようになった¹⁴⁾。樽流し釣りは1984年以降山口県や佐賀県にも導入され、山口県や佐賀県沿岸域においてもそれまでほとんど漁獲がなかった冬季の漁獲量が増加した。

小川ほか²³⁾は1965～1980年の福岡県～鳥取県沿岸域における本種の漁獲量と海洋観測資料を基に、各漁場とも初漁期は水温15℃以上の水塊の出現と対応しており、水温15℃以上の水塊が漁場から消える頃に終漁期を迎え、水温最低期には漁獲は無いと報告した。しかし、樽流し釣りの導入により、15℃は漁期の指標水温として普遍的なものではなくなった。

漁期の地理的な相違をみると、長崎県沿岸域では春～夏漁、島根県沿岸域では秋漁への依存度が高く、山口県では両者の中間型である双峰型になることが多い²⁴⁾。秋漁への依存度は山陰東部海域に行くほど大きくなり、漁期も短くなる^{25,26)}。このような相違は、主分布域が秋季未熟群では対馬から見島にかけての海域にあるのに対し、春季成熟群および夏季成熟群では長崎県沿岸域にあることに起因していると考えられている²⁴⁾。

このように沿岸域の盛漁期は、地理的に異なるだけでなく、山陰沿岸域では年によっても大きく変化することが知られている。すなわち、1966～1970年には秋漁型、1971～1975年には双峰型（混乱型）、1976～1980

年には春漁型を示した^{27,28)}。このような春漁型と秋漁型の交替現象は1987年以降にはそれ以前に比べ明瞭ではなくなっている²⁴⁾。

日本海南西沖合域で操業する沖合底びき網では、漁期は禁漁期の6、7月を除く周年で、9月に漁獲量のピークが形成され、3月にも再び弱いピークが見られる²⁹⁾。

東シナ海で操業する以西底びき網では、漁期は周年にわたっているが、盛期は8月を中心とした夏～秋季である²²⁾。また、東シナ海南部で操業する中型いか釣りでは6～10月が漁期となっている²¹⁾。

漁場

日本海南西～東シナ海における漁場は大陸棚上に広範囲に形成される³⁰⁾。その中でも好漁場となる海域は、東シナ海ではクチミノセ周辺海域、日本海南西部では対馬の北東と南西海域、九州北西沿岸域では島嶼周辺である。

沿岸域における釣り漁場の季節的推移をみると、1970年代には漁場は初漁期の4～5月にはごく沿岸寄りの水深20～40mに形成され、漁期が進むにつれ次第に沖合へと移り、秋季には水深80～100mの海域に形成されていた^{30,31)}。そして、日本海南西沿岸域における漁場の沖合化が起きる時期は、夏の低塩分水の出現時期と一致していることから、漁場の沖合化は本種の低塩分水への忌避反応を反映した現象である可能性が強いとされていた^{23,32)}。樽流し釣りが導入されてからは、福岡県沿岸域における漁場は4～5月には水深80m以浅の天然礁域にスポット状に形成された後、夏から冬季にかけて次第に沖合化し、冬季には水深80～100mの天然礁域を中心に形成されるようになった^{19,33)}。漁場の水温および塩分に注目すると、冬漁の無かった1973～1974年には漁獲水温は18～24℃、塩分は34.1～34.7‰で、20℃付近が盛漁期の水温とされていた³⁴⁾。しかし、冬漁が成立するようになった1986～1987年には、漁場はより低温の海域でも形成されるようになり、水温13～24℃、塩分33.4～34.8‰の範囲の水塊に形成されている³³⁾。安藤³⁵⁾によれば、天然礁等漁場になりやすい場所に暖水域のフロント部や暖水域の中の低水温域が重なった場合に、特に漁場が形成されやすいとされている。山口県沿岸域では、近年5～6月に50m以浅に漁場がほとんど形成されず、水深50～125mに漁場が形成されている³⁶⁾。

沖合底びき網のCPUE（1曳網当たり漁獲量）が

高い海域は、見島～対馬海峡東水道北部海域から対馬南方海域までで、秋10月には離岸、春5月には接岸傾向を示す³⁸⁾。そして、この水域の資源の増大・減少に伴って分布域が拡大・縮小するような年変動が見られる²⁹⁾。CPUEが高い海域の底層水温と塩分は、1980年3月には水温13～15℃、塩分34.50～34.75、8月には水温10～15℃、塩分34.25～34.75、11月には水温13～19℃、塩分34.25～34.70であった。

東シナ海で操業する以西底びき網では³⁹⁾、本種は5月頃東シナ海南部の水深100m付近の陸棚上で漁獲され始め、6～7月にかけて漁場は水深79m以深の陸棚上において対馬海峡方向に大きく広がる。8月以降漁場は逆に北西部分から縮小し、10月以降は漁獲対象がその他の魚種に移行することもあり、漁場は消滅する。春から夏にかけての漁場の形成パターンは毎年ほぼ同様であるが、夏から秋にかけては年による変動がみられる。すなわち、水深100m付近の海域の表面水温がやや高く、等温線が東西方向に蛇行しているときには、漁場はより北側に広く分布する傾向がみられる。2004年と2005年には従来主漁場となっていた東シナ海南部にほとんど出漁しなかった²¹⁾。中型いか釣りの主漁場は東シナ海南部海域である²¹⁾。

漁場形成には餌生物（いわし類）の分布も関係しており、森脇・小川²⁸⁾によると、いわし類と考えられる魚群の分布におおむね対応して漁場が形成される。ただし、産卵群の分布は魚群の分布とは必ずしも一致しない¹⁴⁾。

漁獲物の外套背長組成

九州北西沿岸域では外套背長10～15cmの小型群は周年出現し、外套背長25cm以上の大型群は春季4、5月を中心に北部の壱岐・対馬・筑前海域では夏季、南部の五島・北松・西彼海域では秋季にかけて出現する⁴⁰⁾。山陰沿岸域における外套背長の経月変化は九州北部沿岸域とほぼ同様である⁸⁾。

沖合底びき網では禁漁期の6～7月を除く周年、外套背長20cm以下の小型群が主に漁獲されている^{11,29)}。月別にみると、8～10月には外套背長9～15cmの小型個体が主体を占めるが、11～3月にかけて外套背長は次第に大きくなり、外套長7～20cmの小・中型個体が主体を占める。5月には外套背長組成は小型化し、7～15cmの小型個体が主体となる。

以西底びき網で漁獲される本種の外套背長⁴⁰⁾は、7.3～33.3cmの範囲で、大部分が25.0cm以下である。季

節的には秋～冬に小さく、夏に大きい傾向がみられる。

いか釣りではスッテ（擬餌針）の大きさにより漁獲選択性があることが示唆されており⁴¹⁾、擬餌針より小さい個体（外套背長最小8 cmくらいまで）は釣獲されない⁴²⁾。

3 分布と移動

分布

ふ化直後の稚仔（外套長モード3 mm台）は表層びきネットで、やや成長すると（外套長モード6～7 mm台）底びきネットで採集可能である⁴³⁾。また、夜間に表層で昼間に底層で採集されることから、昼夜移動をしていることが推測されている⁴³⁾。

日本海南西部～東シナ海におけるヤリイカ科稚仔の分布はほとんど大陸棚上に限られ、この内、長崎県近海では10月を中心とした秋季の出現が目立つとされている⁴⁴⁾。山口県沖²⁴⁾ではヤリイカ科稚仔（外套長モード3 mm）は5～10月に北緯35度以南（水深130 m以浅）の大陸棚上に出現する。出現量は5月に最も多く、10月にかけて次第に減少する。出現域の海面水温は15～26℃、塩分は33.0～34.5である。兵庫県但馬沿岸域では5月にふ化後間もない稚仔が水深5～10 m帯でけた網にまとまって入網した事例が報告されている⁴⁵⁾。

外套長10 mm以上（モード2～6 cm）の幼いかは浜田沖⁴³⁾では周年採集されるが、採集個体の多い時期は7～12月にかけてである。採集水深は20～140 mで、まとまって採集されるのは水深40～120 mの範囲である。分布の中心は秋から冬および春には水深80～100 mの深所にあるが、夏にはやや浅所に分布の中心をとる傾向がある。

外套長15 cm未満の未熟な個体は、日本海南西沿岸域～九州北西海域および東シナ海に周年にわたって分布している⁴⁴⁾。

東シナ海では、本種は周年、南部沖合水域に分布するが、分布域は夏季に最も広く、逆に冬季には南部の一部水域に限られるという季節変化を示す⁴⁶⁾。また、高密度分布域については、田代¹⁶⁾は沖合前線より黒潮側としているが、清水・星野⁴⁷⁾は、塩分33.75‰の大陸沿岸系水、特に50 m層に見られる顕著な潮境の沿岸水側で分布密度が高いとしている。主分布域の底層水温および塩分は、秋季にはそれぞれ14～23℃、33.5～34.6である⁴⁸⁾。

産卵場

産卵場は、山陰～長崎県沿岸域では、4～7月に昼いか釣り漁場が形成される水深50 m以浅の砂質底（中央粒径値0.18～1.41 mm、貝殻含有率19.6～95.6%、含泥率6.0～7.0%）で、潮通しのよい島や礁の周辺に形成されることが多い^{49～61)}。底質については山陰では岩礁近くの粗礫と言う漁業者もおり⁴⁹⁾、河野⁶¹⁾は山口県沿岸域の礫底（中央粒径値2.14 mm）で卵塊を発見している。福岡県沿岸域⁶²⁾では擬餌針による卵の混獲が2月から10月まで見られ、この内4～7月までの混獲が多い。卵の採集位置は、4月には水深40 m前後、5～6月には水深40～60 m、7月には水深60～80 mと、徐々に沖合化する。山陰沿岸域では昼いか釣りは水深100 m以深の沖合域でも行われることから、沖合域での産卵も推測されている⁴³⁾。河野⁶¹⁾は過去に産卵場が形成されていた水深50 m以浅の山口県沿岸域で水中テレビによる卵塊の探索を行った結果、卵塊はまったく発見されず、付近で操業するいか釣り漁船もいなかったこと、および漁業者に対するアンケート調査によると、漁業者は産卵場が水深50～125 mの沖合域に分散していると考えていたことから、近年春の産卵場が沖合分散化していると推測している。

夏～秋季に出現する成熟群の産卵場については、これらの群の漁場から考えて、春の産卵場よりも深所に形成されていると思われるが、卵の確認事例が極めて少ないため、野外調査を増やして、産卵場の条件等を明らかにしていく必要がある。

荒巻ほか⁶⁰⁾は産卵基質選択試験を水槽を用いて行い、底質（中央粒径値0.16～80 mm）よりも注水口付近の流速の速い場所を選択して卵嚢を多く産み付ける傾向を認めている。また、底質については、砂地（中央粒径値0.34および1.05 mm）に卵塊が形成されたことから、ある程度底質を選択していると考えている。

東シナ海においては、田代⁶³⁾は雌の熟度指数の水平分布から、産卵場は東シナ海南部、特に大陸寄りであろうと推察しているが、北部でも熟度指数の高い雌雄が同時期に分布していること、および春～秋の小型個体（外套長2 cmモード）の分布から、規模は小さいものの東シナ海南部以外の北部陸棚縁辺域においても産卵場が形成されていると考えられている⁶⁴⁾。

移動・回遊

九州北西海域では、本種は春～夏に北上回遊群として出現して、各地で産卵行動を行い、夏以降は索餌・産卵行動を主とする滞泳群が出現すると想定されてい

る^{12,15)}。また、福岡県沿岸域では春季成熟群は沖合域から産卵のため相対的に高温な沿岸域に來遊した後、沿岸域を北東方向へ移動すると考えられている⁶⁵⁾。日本海南西海域では春～夏には山陰沿岸域を北上する群（春季成熟群）と南下する群（夏季成熟群）があり、秋以降は前者の再生産群が九州西岸方面へ、後者の再生産群が日本海南西陸棚上へ南下し、越冬すると想定されている⁶⁶⁾。河野²⁴⁾は、日本海南西海域に秋に出現する群は春季成熟群および夏季成熟群の再生産群ではなく、秋季未熟群であるとして、回遊について次のような想定をしている。春季成熟群は山口県沿岸域に接岸傾向を示し沿岸域で産卵する。夏季成熟群は山口県沿岸域から壱岐、対馬や見島の北方海域へ分散するように移動し、大陸棚上で産卵する。秋季未熟群は山口県沿岸域から九州北部海域～対馬東岸付近へ移動し、これらの海域で越冬する。資源水準が高いときには、対馬以南の海域へ移動して越冬する個体が増加する。

東シナ海では、漁場の移動などから見かけ上、東シナ海南部から水温の上昇に伴い対馬海峡方向に広く回遊し、秋になると暖かい南の方に移動するような移動・回遊が推察されるが、夏季においても南部での分布量が相変わらず北部より多いことから、今後さらに検討すべきであるとされている⁶⁴⁾。

本種の移動速度は小川ほか⁶⁶⁾によれば次のとおりである。推定される移動速度はさまざまであるが、0.4ktを越えない。50海里以上移動した個体についてみると、移動速度は0.1～0.3ktである。移動速度には海域による差および夏以前と秋以降の差は見られない。また、東向きに移動したものと西向きに移動したものの間にも移動速度に有意な差は見出せない。

移動距離については、山口県沿岸域²⁴⁾では、9月に放流した個体は放流地点から20海里以内の沿岸域（60.7%）と対馬東岸付近（放流地点から約60海里）で再捕される個体が多いとされている。また、長崎県沿岸域における5～7月の標識放流結果によれば、最長移動距離は47海里（/15日）である⁶⁷⁾。最も遠くへ移動した事例としては、1986年9月に山口県沿岸域で放流した1個体が、韓国済州島北部沿岸域（北緯33度34.0分、東経126度33.5分）で再捕されており²⁴⁾、この個体の直線移動距離は約225海里（/50日）である。

4 成長

発育段階

田代¹²⁾は発育段階を次のとおり卵期、稚仔期、若齡

期、未成体期、成体期（前期）および成体期（成熟期）の6期に分けている。稚仔期：ふ化直後の稚仔は（全長？）約4mmで、ほぼ成体に似た形態をしており、群性は弱い。この期は短い。若齡期：（全長？）10～20mm以上、外套背長13cm未満。この期には群性が強くなる。未成体期：外套背長13cm以上18cm未満で定置網を初め、釣漁の対象となる。生殖巣は未発達。成体期（前期）：外套背長18cm以上になると生殖巣の発達が見られるようになり、卵巣卵粒が顕著になり、輸精管も乳白色になってくる。成体期（成熟期）：雌は輸卵管中に熟卵を、雄は精莖囊中に精莖を保有する。産卵後は雌雄とも斃死する。

しかし、本種はふ化直後から成体に近い形態をしており、明確な発育段階別の区分をすることは困難であるとの報告もある⁴³⁾ので、発育段階については形態のみでなく、発育に伴う行動や生態の変化についても注目して再検討する必要があるだろう。

卵からの発育

卵発生は次のとおり近縁種と基本的に変わらない^{7,68)}。水温20℃では、産卵後1日6時間で胚盤葉が2層になる。4日13時間で胚盤葉が卵黄全部を包み、鰓・目・口・肛門・腕の原基が現れる。6日8時間で鰓の原基が現れる。8日で心臓が拍動し始め、外套腹面に色素胞が現れる。12日で墨汁囊が黒くなる。

産卵からふ化までに要する日数は、15±0.1℃で37日、20±0.1℃で20日、25±0.1℃で14日である^{7,68)}。15℃と20℃でのふ化率は高いが、25℃では約半数がふ化せず死亡し、10℃では発生がほとんど進まず、30℃では途中で死亡するので、発生下限水温は8.9℃、発生適温は10～15℃から20～25℃であると推定されている^{7,68)}。

ふ化稚仔の外套長は1.6～2.3mmで^{7,24)}、卵黄は吸収されている。外套長12mm以上で墨汁囊上に発光器を持つことにより、近縁種と識別される⁴⁴⁾。

年齢形質

本種の年齢形質としては、平衡石⁶⁹⁾とgladius（軟甲）⁷⁰⁾が検討されている。平衡石に形成される輪紋については、日周輪と仮定した最大日間成長率と標識放流によるそれとが一致することから、日周輪である可能性が高いとされている⁶⁹⁾。一方、Gladiusの縞模様から推定される成長速度⁷⁰⁾は、Natsukari *et al.*⁶⁹⁾の成長式と比較して、外套背長18cmの時期には約半分と

低く、逆に外套背長33cmの時期には約2倍と高く、Natsukari *et al.*⁶⁹⁾とは成長様式が一致しない。しかし、外套背長33cmの時期の成長速度は、森脇⁷¹⁾の成長速度とほぼ一致することから、成長履歴解析手法としての有効性が示唆されている。そして今後は、解析個体を増やすとともに、縞模様形成の日周性の検証が必要であるとされている⁷⁰⁾。

寿命

本種の寿命については、平衡石の成長輪数の最大値が350本であったことから、ふ化後ほぼ1年で成熟し生殖行動を行い死亡するものと考えられている⁶⁹⁾。産卵場での斃死個体の確認事例は少ないが、福岡県沿岸域では卵塊と斃死個体が一緒に1そうごち網で採集され⁵⁰⁾、佐賀県沿岸域の産卵場では卵塊と斃死直後と思われる個体が水中テレビで確認されている⁶⁰⁾。

成長

過去の測定で得られた最大外套背長は雄で502mm、雌で410mmである⁷³⁾。

森脇ほか⁷¹⁾は標識放流結果を基に成長速度を次のとおり推定した。5月4日～8月5日までの放流群では、雄 2.45 ± 0.23 mm/日(平均値±標準誤差)、雌 1.33 ± 0.16 mm/日、8月29日～11月8日までの放流群では、雄 0.76 ± 0.29 mm/日、雌 0.51 ± 0.09 mm/日で、本種は雄の方が雌より大きくなり、初夏に出現する群の方が秋に出現する群より成長が速い。

Natsukari *et al.*⁶⁹⁾は、平衡石の成長輪に基づき九州北部～山陰沿岸域における本種の成長式を次のとおり推定した。

高水温期発生群(5～10月生まれ)

$$\text{雄: } ML = 469.5 / \{1 + \exp(4.145 - 0.0156t)\}$$

$$\text{雌: } ML = 276.6 / \{1 + \exp(4.502 - 0.0220t)\}$$

低水温期発生群(11～4月生まれ)

$$\text{雄: } ML = 300.1 / \{1 + \exp(4.233 - 0.0181t)\}$$

$$\text{雌: } ML = 295.9 / \{1 + \exp(4.157 - 0.0179t)\}$$

ここで、ML:外套長(mm)、t:成長輪数(=日齢?)。

その後、夏苺⁷³⁾はNatsukari *et al.*⁶⁹⁾の成長曲線は当てはまりがよくないとし、東シナ海の本種の成長曲線には極限外套長の無い指数曲線を当てはめ、次の成長曲線を示している。

$$\text{雄: } ML = 6.5316e^{0.013t}$$

$$\text{雌: } ML = 6.2676e^{0.013t}$$

そして、この成長曲線を基に、本種は生後6ヶ月で外套長70mm弱、8ヶ月で150mm弱に達し、雌雄間の成長差はほとんど見られないとしている。さらに、夏苺⁷³⁾は九州北部～山陰沿岸域におけるNatsukari *et al.*⁶⁹⁾のデータにも指数曲線を当てはめ、東シナ海のものとの成長を比較した結果、雌雄ともに生後8ヶ月までは両海域の成長差は無く、生後10ヶ月頃には、雄で23mm程度、雌で42mm程度東シナ海のものの方が大きくなることを明らかにした。

ただし、成長輪数と外套長の関係においては個体差が大きく、その理由は成長の妨げとなる内部骨格がないので、生育環境、特に餌環境の良否によって成長が大きく異なることによると考えられている⁷³⁾。

相対成長

ヤリイカ科のいかで大型になる種は、ある程度の大きさになると2次性徴が見られる⁷³⁾。本種については、雌雄とも成長するにつれて外套が相対的に細長くなり、その傾向は雄において特に著しい⁷³⁾。

本種の体型について調べた安達・大野⁷⁴⁾は、外套長(ML)と1/4胴周囲長(L_{1/4};外套の先端から1/4部位の胴囲内径)との関係には、雌雄差は無く、両者の関係は $ML = 10.944L_{1/4}^{0.394}$ で示されることを明らかにした。また、本種の体型には外套が細長いケンサキイカ型と外套が太いブドウイカ型がある⁶⁸⁾とされているが、外套長階級別の1/4胴周囲長は基本的には正規分布を示すことから、体型の相違は個体差にすぎないとしている⁷⁴⁾。

外套背長—体重関係

外套背長(L; mm、ただし福岡県のみcm)と体重(W; g)との関係式は、

山陰沿岸域⁸⁾では、

$$\text{山口県雄: } W = 0.813 \times 10^{-2} \times L^{1.877}$$

$$\text{雌: } W = 2.419 \times 10^{-2} \times L^{1.676}$$

$$\text{島根県雄: } W = 0.389 \times 10^{-2} \times L^{2.037}$$

$$\text{雌: } W = 0.410 \times 10^{-2} \times L^{2.041}$$

$$\text{鳥取県雄: } W = 0.938 \times 10^{-2} \times L^{1.848}$$

$$\text{雌: } W = 1.020 \times 10^{-2} \times L^{1.846}$$

$$\text{兵庫県雄: } W = 0.690 \times 10^{-2} \times L^{1.923}$$

$$\text{雌: } W=0.340 \times 10^{-2} \times L^{2.061}$$

東シナ海⁶⁴⁾では、

$$\text{雄: } W=5.636 \times 10^{-4} \times L^{2.453}$$

$$\text{雌: } W=4.041 \times 10^{-4} \times L^{2.536}$$

佐賀県沿岸域⁷⁵⁾では、

$$\text{雄: } W=1.123 \times 10^{-3} \times L^{2.290}$$

$$\text{雌: } W=4.670 \times 10^{-3} \times L^{1.990}$$

福岡県沿岸域⁶²⁾では、

$$\text{雄: } 1 \sim 4 \text{ 月 } W=0.483 \times L^{1.978}$$

$$5 \sim 8 \text{ 月 } W=1.190 \times L^{1.654}$$

$$10 \sim 12 \text{ 月 } W=0.257 \times L^{2.254}$$

$$\text{雌: } 1 \sim 4 \text{ 月 } W=0.371 \times L^{2.097}$$

$$5 \sim 8 \text{ 月 } W=1.155 \times L^{1.681}$$

$$10 \sim 12 \text{ 月 } W=0.194 \times L^{2.382}$$

で示されている。

5 成熟・産卵

成熟

熟度の区分について田代¹³⁾は、雄では精巣が未発達のもの未熟、輸精管が乳白色化しているものを半熟、精莖囊中に精莖が見られるものを成熟としている。また、雌では卵巣が未発達のもの未熟、卵巣中に卵粒が認められるが輸卵管には卵が見られないものを半熟、輸卵管に卵が見られるものを成熟としている。

成熟と生殖腺熟度指数 (GSI; 生殖腺重量/体重×100) との関係についてみると、雄では GSI が 0.4～0.5 以上でニーダム氏囊塊が発達し、精莖を有する個体が見られ始め、0.8～1.0 以上ではその割合が増加する^{24,62)}。雌では GSI が 2.5～3.0 以上で輸卵管に卵が見られるようになる^{24,62)}。このときの纏卵腺長は 3 cm 以上で⁸⁾、纏卵腺長が 4 cm 以上に達した個体では、輸卵管内に銚色の熟卵が多数見られるようになる⁷⁶⁾。

卵巣卵²⁴⁾は、GSI が 2.36 以上の個体では、卵径が 0.6 mm および 1.2 mm 以上にモードを持つ多峰型を示し、卵径が 1.2 mm より大きくなると輸卵管へ排卵される。そして、排卵後も卵巣卵の卵径は多峰型を示す状態が続くことから、卵径が 1.2 mm 以上で卵巣内に留まっていた卵は次に排卵される卵になると考えられ、産卵は複数回行われると推測されている²⁴⁾。輸卵管内の卵の卵径は 1.2～2.0 mm でモードは 1.6 mm である²⁴⁾。輸卵管内の卵数は、2,000 個以下の個体が多いが、体重が大きくなるほどばらつきが大きくなりながら増加する傾向を示す²⁴⁾。輸卵管内卵数の最大は 12,000 個程度である (濱田, 未発表資料)。

九州北西沿岸域の雌¹²⁾では、4 月には外套背長 18 cm 以上、生殖腺重量 8 g 以上、7 月および 10 月にはやや小型の外套背長 15 cm 以上、生殖腺重量 4 g 以上で成熟する。また、11 月には外套背長 14 cm 以上、生殖腺重量 6 g くらいで成熟しているものが若干存在する。山陰沿岸域における生物学的最小形 (外套背長) は、春には雄で 120～200 mm、雌で 160～180 mm、夏には雄で 110～180 mm、雌で 120～170 mm である⁸⁾。

交接

交接腕は雄の第 4 腕で、先端から約 2 分の 1 に相当する部分の吸盤が退化してやや長い 2 列、または互生の乳頭突起となっている⁷⁷⁾。

交接の形式は 2 通りある⁷⁸⁾。1 つは、雄が雌と同じ方向に遊泳しながら、雌の腹面から接近し、雌の外套部前端近くの腹面に全部の腕で抱きつき、生殖腕を雌の外套腔に挿入する。もう 1 つは、雄が底層部を遊泳している雌に背面より接近して、雌の頭部背面に全部の腕で抱きつき、生殖腕を雌の外套腔に挿入する。どちらも雌雄が接している時間は数秒である。交接に先だって雄は雌のすぐそばを同じ方向に平行に泳ぎ雌を追尾する。

精莖は周口膜内面では口球基部を取り巻く形で植え付けられる⁷⁷⁾。交接痕は周口膜以外に輸卵管開口部付近の外套膜内側でも観察される⁶⁴⁾。

産卵

夏苺⁷⁸⁾が実施した飼育観察によると、産卵に先立ち雌はその前日から餌をとらなくなり、他の個体から離れて遊泳するようになる。産卵は夜から明け方にかけて行われることが多い。産卵行動は次の 4 つに分けられる。①遊泳しながら、漏斗から 1 個の卵囊を出し、10 本の腕の中に包み込む。②卵囊の先端と卵囊の根元を揃える。③体を斜めに立て漏斗から水を強く底に吹き付け、あたりのごみを吹き飛ばす。④体を垂直に立て、鰭を強くあおり、漏斗の口を体の後方に向け、水を強く吹き出し、その反動で卵囊の根元を数秒間底に押しつけ付着させ、さっと底を離れる。以上の動作の内③の動作は省略されたり、何回も繰り返行われたりするので、1 個の卵囊を産み付けるのに要する時間は 4～10 分である。

卵は卵囊 (長さ 10～40 cm, 幅 0.6～1.7 cm) 中に 20～750 個^{24,50,60)}、平均 380 個⁵⁰⁾ 入って産み出される。卵囊内の卵は円に近い楕円形で、長径は 2.8～7.2 mm、短径は

2.6~6.8mmである²⁴⁾。卵塊1個当たりの卵囊数は50~1,300個である^{24,50,60)}ので、卵囊中の平均卵数を乗じて卵塊1個当たりの総卵数は約1万~49万個と推定される。卵塊の直径は約35cm⁶⁰⁾から最大で2~3m¹²⁾になる。

荒巻ほか⁶⁰⁾の飼育観察結果によると、卵囊は最初1日に1~数個ずつ産み付けられるが、その後急激に増加する。また、卵塊の形成には最初十数個程度の卵囊が集まった小さな塊から徐々に卵囊数が増え、2日程度を要したとされている。河野²⁴⁾によると山口県沿岸域で採集された卵塊中の卵の発生段階にはかなりの幅があり、産卵後間もないものからすでに稚仔がふ化したものまでさまざまである。そして、卵塊中の発生の進んでいない卵を飼育したところ、ふ化まで18~30日かかったとされていることから、この卵塊の形成には最低十数日は要したものと推察される。

産卵場には複数の個体が群れを成して集まる⁶⁰⁾こと、近縁種の *Loligo vulgaris* では複数の個体が同所的に産卵することが知られている⁷⁹⁾ こと、および卵塊中の卵の発育段階にかなり幅がある²⁴⁾ ことから、複数個体が卵囊を同一場所に産み付けて卵塊を形成することが多いのではないかと推測されている²⁴⁾。

道津⁸⁰⁾によれば、1個体の親から産み出される卵囊数は50個余りに達するため、1回の産卵数は1万個を越えるとされている。輸卵管内の卵数は最大で1万個余りであるので、輸卵管内の卵が1回に産卵されるとすると、道津⁸⁰⁾の産卵数とほぼ一致する。しかし、輸卵管内の卵数はばらつきが大きいことから、1回当たりの産卵数も個体差が大きいものと推察される。生涯の産卵回数、産卵数、産卵間隔、産卵期間については不明であり、今後の研究が待たれる。

性比

山口県沿岸域では1980年春の産卵期に雌の割合が高まったと報告されている⁵¹⁾。筑前海域でも漁船別の121の標本の中で産卵期の5、6月に極端に雌の多い標本が出現したことから、本種は生殖過程のある時期に雌雄別に成群するのであろうと推察されている⁸¹⁾。しかし、山陰沿岸域では春季7月までは雄の出現率が高く、性比(♀/(♀+♂))は低い、夏には全海域で性比の上昇が観察され、終漁期近くまで続く、地理的には山口県が最も低く、東の海域ほど高いという報告もある⁸⁾ので、性比は生殖過程で変動するだけでなく、海域によっても、年または季節によってもかなり

変動するものと考えられる。さらに、同一時期の標本でも標本毎(漁船別)に性比が著しく異なっており、測定個体の標本数が少ない場合、標本の偏りの影響が強く出てくる⁸¹⁾ので、性比の時空間変動については、より詳細なデータに基づく検討が必要であろう。

外套長階級別の性比についてみると、島根県沿岸域では外套長170mm以上で性比は0.4以下となり雌が少なくなっている⁷⁴⁾。玄界灘では外套長250mm未満では性比は0.5~0.6であるが、外套長250mm以上では0.2以下となり、外套長350mm以上では0となる(濱田、未発表資料)。

産卵施設

山口県⁸²⁾は土管、U型ブロック、マブシ、ロープを山口県沿岸域に沈設し、卵の付着状況を観察したところ、卵の付着が認められなかったことから、これらの産卵施設としての効果を疑問視している。しかし、濱田ほか⁸³⁾は、福岡県沿岸域に土管礁を投入したところ、投入前には主漁場になっていなかったが、投入後土管礁周辺で産卵群が多数漁獲されたことから、周囲の砂地に産卵させるという意味で土管礁は産卵礁として有効であると考えている。

6 被捕食

食性

長崎県沿岸域^{12,84)}および山陰沿岸域⁸⁾で、釣りまたは定置網で漁獲された個体では、周年にわたって空胃個体が多いが、四季を通じて魚類捕食個体が最も多い。次いで軟体類捕食個体が多く、甲殻類捕食個体は少ない。胃内容物の魚類は沿岸一帯に多く出現する小型の魚類(あじ、さば、いわし類、キビナゴなどの稚幼魚)、軟体類はケンサキイカやスルメイカの幼生、甲殻類は大型の動物プランクトンやかに類と判断されている^{12,84)}。東シナ海で釣りにより漁獲された個体も魚類を捕食しているものが最も多く、次いで軟体類(いか類)、甲殻類(かに類)の順に多く捕食している¹⁶⁾。島根県沿岸域において板曳き網で採集された外套長10~80mmの個体では、周年にわたり水深(40~140m)に関わりなく、甲殻類が胃内容物の主体となっている⁸⁵⁾。

外套長別にみると⁸⁵⁾、外套長70mmまでは甲殻類捕食個体が多く、特に外套長50mmまでは内容物の90%以上を占める。外套長70~80mmになると甲殻類から魚類捕食に変わり、200mm以上では甲殻類捕食個体はまった

く見られず、軟体類捕食個体が魚類捕食個体に次いで多く見られる。また、空胃個体は外套長70~80mmで80%と最高を示す。これらの結果から、外套長70~80mmで摂餌器官や遊泳生態に顕著な変化があり、それに従って対象とする餌生物も甲殻類から魚類へと移るが、遊泳力が小さく摂餌行動が順調に行われないため、空胃個体の出現率が高くなると考えられている⁸⁵⁾。

森脇・小川²⁸⁾は餌生物であるいわし類の魚群量および漁獲量と本種の漁獲量との関係について調べ、初夏の盛漁期には有意な相関が認められるが、秋の盛漁期には明確な関係が無いこと、および初夏に漁獲されるいわし類の体長は4~5cmであるのに対し、秋のそれは12cm前後であることから、秋のいわし類は餌になりにくいと考えている。このため、餌生物に対する size preference (サイズ選択性) を今後の検討課題としている。

釣獲時間と摂餌状態との関係をみると、九州北西沿岸域^{87,84)}では、摂餌個体の出現率は夕方に釣獲を開始した後経時的に高くなり、夜明け頃に最も高くなる。また、昼間に釣獲した個体の胃内容をみると、胃袋中に魚類などが充満した状態が観察されることから、昼間にもかなり活発に策餌を行っていると考えられている。島根県沿岸域⁸⁵⁾でも、夕方の釣獲開始から経時的に摂餌個体の出現率が高くなり、夜半から明け方に摂餌が活発化すると考えられている。東シナ海⁶³⁾では、昼間(トロール網)の摂餌指数(胃内容物重量/体重³×10⁷)の方が夜間(釣り)より高い値を示すことから、摂餌活動は夜間より昼間に活発であるとされている。

捕食者

本種を捕食していたことが確認されている魚種には、シイラ⁸⁶⁾(体長15.5cm以上の幼魚~成魚)、ヒラメ⁸⁷⁾(全長40~80cm)、マアジ⁸⁸⁾(尾叉長200~299mm)およびサワラ(尾叉長351~415mm; 河野, 未発表)がある。このうち、マアジについては外套長5~20mm、サワラについては外套長30~52mmの幼稚仔を捕食していた。また、長崎県沿岸域では定置網または釣りで漁獲された本種の胃内容に本種の幼稚仔と思われるものが確認されている^{12,84)}。

その他に本種とは特定されていないが、ブリ⁸⁹⁾、クロマグロ⁹⁰⁾、コシナガ⁹¹⁾などの回遊魚のほか、日本海南西大陸棚上に生息する底魚類^{92,93)}(ムシガレイ、ソウハチ、アカムツ、ハタハタ、ヒレグロ、ミギガレイ、メガレイ、ヒラメ、アンコウ、カナガシラ、マトウダ

イ、マダイ、キダイ、アカアマダイ、ナメラフグ、フササカゴ)がいか類を捕食していたことが報告されている。今後は胃内容物中のいか類のうち本種がどの程度含まれるのかを明らかにするために、嘴や吸盤などの断片を用いていか類の種の査定を行う必要がある。これらの魚種以外にも鯨類や板鰐類などが本種を捕食していると考えられるが、知見はほとんどない。今後は捕食魚に関する情報を増やすと共に、本種を取り巻く食物網の定量的な調査を実施することが望まれる。

7 行動生態

九州北西沿岸域における釣獲試験中の観察⁶³⁾によると、本種の群は昼間には海底付近に滞泳しており、夜間点灯すると中層付近まで浮上するようである。また、産卵群は点灯後も海底付近に滞泳していることから、産卵群は灯火に対する反応は弱いものと考えられている。さらに、夜間灯火に誘引された魚類の濃群に対して、遠巻きに数尾で遊泳しながら突然魚群を襲う捕食行動も観察されている⁶³⁾が、詳細な捕食行動についての記載は見あたらない。東シナ海では本種は集魚灯の効果により表層付近まで浮上、集群して5~30m層に粒状の魚探映像として記録されている¹⁶⁾。

深田⁹⁴⁾は水中テレビを用いて擬餌の捕捉行動を観察している。それによると、捕捉行動は擬餌のやや下方から行われ、その時の遊泳速度は約1 L/secと推定されている。また、針掛かりが起らない場合または針掛かりが浅い場合、捕捉行動は繰り返行われるが、深く針掛かりの後離脱した場合は逃避行動になるとされている。

以上のように行動生態に関する知見は極めて少なく、今後野外や室内水槽での観察事例を増やしていくことが必要である。

8 資源の評価および管理

資源特性値

本種の1年当たりの自然死亡係数(M)および漁獲死亡係数(F)は、標識放流の結果から、山陰西部沿岸域では夏にM=7.019, F=0.0607, 秋にM=7.467, F=0.250, 山陰東部沿岸域では夏にM=16.974, F=1.487, 秋にM=17.983, F=1.299と推定されている⁹⁵⁾。このように、標識放流により資源特性値を推定する際には、推定値の偏りを小さくするために、放流個体数および再捕個体数を多くし、かつ放流方法、標識魚の行動、再捕状況など放流から再捕報告に至る経

過で設けられた仮定をよく検討する必要があるとの指摘がなされている⁹⁶⁾。

標識放流以外の方法については、濱田⁹⁷⁾が若齢期と産卵期に M が高くなるという仮定のもとで、BIOMASS 解析を行い、M は漁獲加入時の月齢 5 月で 0.511, 月齢 7~10 月で 0.233, 月齢 11, 12 月で 0.511 と推定している。さらに、コホート解析を用いて、寿命までの F を春夏発生群（春季成熟群および夏季成熟群？）で 1.35, 冬発生群（秋季未熟群？）で 1.72 と推定している。

豊度推定

豊度については、山田ほか⁹⁸⁾が河野ほか⁹⁵⁾の資源特性値を基に BIOMASS 解析を行い、漁期直前の資源尾数を推定している。そして、各季節群には年変動がかなりあり、1981~1984 年の山陰沿岸域では春季成熟群は減少、夏季成熟群は年変動が激しく、また、秋季未熟群は増加していることを明らかにしている。

濱田⁹⁷⁾は、玄界灘における 1991~1992 年の平均的な漁獲加入時の資源尾数をコホート解析により計算し、春夏発生群で 11 億 3,000 万尾、冬季発生群で 7 億 2,000 万尾と推定している。また、累積漁獲尾数は前者で 2,529 万尾、後者で 2,566 万尾と推定している。

その他の方法として、西海区水産研究所は東シナ海において 1988 年春、1989 年夏、1986 年秋にトロール調査を行い、調査水域全体の現存量を面積密度法により推定している⁶⁴⁾。それによると現存量は、それぞれ 35 (3.5 の誤り?), 37, 12 千トンと推定されている。

計量魚探による現存量推定も試みられているが、魚種判別、TS（ターゲットストレングス）の測定、鉛直分布の把握など課題が多いとされている⁹⁹⁾。

資源の診断および評価

資源状態については、1981~1984 年の山陰沿岸域では、①漁獲率がほぼ 10% 以下と低いこと、②土井¹⁰⁰⁾の方法により資源解析を行った結果、資源は乱獲状態とは認められないこと⁹⁸⁾、③ CPUE（1 出漁日当たり漁獲量）に減少傾向が認められないことから、資源に対する漁獲の影響は小さく、漁業規制の必要性は薄いと考えられていた²⁵⁾。しかし、その後森脇¹⁰¹⁾は、1990 年までの日本海南西海域の漁獲統計を基に資源状態を検討し、東部の漁場から漁獲量の減少が始まっているように推察されること、および初夏漁期の極端な不漁現象が島根県沿岸漁場で続いていることを見出し、資

源の減少は分布の縁辺域で漁獲量の減少および不安定性として現れることから、資源状態は必ずしも楽観できないと指摘した。また、秋元¹⁹⁾も福岡県沿岸域では、1985 年以降春季に 2 そうごち網による沖合操業、および樽流し釣りによる水深 80 m 以深での漁獲量が増加しているため、産卵群の先取りによる資源の減少を懸念している。さらに、河野²⁴⁾は、1995 年までの九州北部海域を含む日本海南西海域の漁獲実態を解析し、漁獲量は比較的安定して推移しているものの、①沖合底びき網の漁獲量が 1992 年以降減少傾向にあること、②春季に沖合での資源の先取りが進んでいること、③沿岸域でいか一本釣り漁業への転換が進んでいること、④樽流し釣りの普及により漁獲強度が増していること、⑤沿岸域でも機械（自動巻き上げ機）が導入され、漁獲効率が向上していること、⑥ 10 トン以上の自動いか釣り機搭載漁船による漁獲量が増加していることなどから、資源に対する漁獲圧がかなり増大してきていると考えている。

最近濱田⁹⁷⁾は、壱岐・対馬海域を含む玄界灘における本種の資源の現状をコホート解析により解析し、現状の %SPR¹⁰²⁾ は春夏発生群で 50%, 冬発生群で 26% と推定した。さらに、主要漁協漁獲量から推定した産卵量と加入量の関係から、補償 %SPR は春夏発生群で 26%, 冬発生群で 22% と推定され、冬発生群は加入乱獲に近い状態にあることを明らかにした。また、西海区水産研究所²¹⁾は CPUE（努力量当たり漁獲量）を資源動向の指標とし、近年、沖合底びき網漁業、以西底びき網漁業、中型いか釣り漁業のいずれも CPUE は減少傾向が続いており、低い水準にある。一方、山口~長崎県各県代表港におけるいか釣り漁業の CPUE はおおむね中~低水準で横ばい傾向にあると報告している。そして、これらの結果から、資源は低位、横ばいと判断している。

本種のような単年性の資源では加入尾数と資源尾数は等しく、そのため、一般に年変動が激しくなるが、本資源には複数の発生群（季節群）が存在することにより、全体の年変動が小さくなっている可能性が指摘されていた^{64,103,104)}。しかし、以上のとおり資源の将来が危惧される状態になってきており、漁獲がどの程度資源に影響を及ぼしているのか、適正に評価しておく必要がある。

資源管理

福岡県沿岸域ではごち網が本種の卵に相当な被害を

与えているものと危惧され、その実態把握と産卵場の保護管理が必要とされている⁵⁰⁾。また、濱田⁹⁷⁾は、玄界灘における資源の現状の%SPRは、週1日の定期休漁日を設定することによって春夏発生群で55%、冬発生群で31%に回復すると推定した。そして、濱田・内田¹⁰⁵⁾は福岡県独自の管理方策として、次のとおり4項目からなる資源管理指針を提案した。①卵の保護(産卵場に保護区、保護期間を設定する。)、②漁獲努力量の削減(週1日の定期休漁日を設定する。)、③小型魚の漁獲削減(小型魚がとれる月(9月)、産卵期直前(4月)を休漁とする。網漁業で体長10cm、釣りで15cm以下を再放流する。)、④付加価値向上(鮮魚体長などの規格化等によるブランドづくり)。

広域的な資源管理方策としては、西海区水産研究所²¹⁾が、日本海・東シナ海における本種の資源評価結果を基に、現状では資源の指標値にあわせて漁獲することが現実的であろうと提言している。そして、以下のとおり2006年の ABC_{limit} (限界生物学的許容量)および ABC_{target} (目標生物学的許容量)を設定した。すなわち、 ABC_{limit} は過去3年の平均漁獲量を基に現状程度の漁獲量は適正であると考え14,000トン、 ABC_{target} は ABC_{limit} に不確実性を見込み0.8を乗じ11,000トンとした。しかし、本種はTAC(総漁獲可能量)対象種ではないため、資源が低水準にあっても、実際には何ら管理は行われていない。

本資源は複数の発生群(季節群)から成ることから、本来は発生群毎に一定の割合(開発率)で漁獲するように管理することが理想的である⁶⁴⁾。しかし、これらを込みにした努力量規制を行えば、敢えて豊度の低い発生群を必要以上に痛めつけるようなことはせず、経済効果を考慮して他のより豊度の高い発生群を利用するため、結果として努力量は各発生群の豊度に応じて投入されることが予想されている⁶⁴⁾。そして、今後は、本資源の加入尾数が決定されるまでの環境条件のみならず、本資源をとりまく種間関係などにも考慮し、その合理的な利用を図っていくことが必要になるとされている⁶⁴⁾。実際に資源管理を行うにあたっては、本種が単年性⁶⁹⁾で、かつ季節群の資源量が年によりかなり大きく変動する⁹⁵⁾こと、さらには産卵場や産卵盛期も年により変化する^{24,36,61)}ことから、同一の管理内容を継続するのではなく、管理内容を毎年適宜見直して実行していくことが不可欠である。このため、管理の成否は、適切な管理内容を盛り込むと共に、それ以上に資源変動に対応した迅速で柔軟な管理が行える体制づ

くりができるか否かに大きく依存しているように思われる。

9 漁況予測

漁況と物理環境との関係

いか釣りの漁獲量に影響を与えられる要因は非常に多く、天候・気圧などの気象条件、海水温・塩分・流動などの海況条件、魚の灯付きおよび漁法、餌料・捕食魚・競合する他魚種との関係などが考えられている⁴²⁾。

この内、水温と漁況との関係を調べた報告が最も多い。例えば、水温が漁獲量(魚群の来遊量)に影響するという報告には次のものがある。山陰沿岸域における春季成熟群の漁獲量は漁期前および漁期当初の水温平年偏差との間で高い正の相関を示すことから、この群の漁獲量は生息下限水温に影響されていると考えられている²⁶⁾。また、山陰沿岸域の春先4月の水温と初夏7月の漁獲量とを対比してみると、東の漁場へ行くほど、明瞭な相関が認められることから、分布の縁辺域ほど水温環境は相対的に厳しく、同じ水温の変化量に対しても本種の反応はよりシャープに現れると考えられている¹⁰⁶⁾。一方秋季未熟群の漁況に関しては、主に漁場の東側海域の水温平年偏差との間で逆相関を示すことが多いとされている²⁶⁾。水温が産卵や初期生残に影響するという報告もある^{14,109)}。山口県沿岸域では13ヶ月前の水温と漁獲量との間に正の相関が認められることから、産卵から発育初期に水温が高ければ生き残りが良くなり、漁獲量が増加すると考えられている¹⁴⁾。しかし、1997年以降山口県沿岸域の水温は平年より高めで推移している¹⁰⁷⁾にもかかわらず、近年春季成熟群の漁獲量は減少している¹⁰⁸⁾。また、福岡県沿岸域では発生期(前年の1~6月)の水温とCPUE(漁獲量/日)との間には負の相関があり、近年高水温の年が多く、漁獲量が低くなっているという報告もある¹⁰⁹⁾。

このように水温と漁況との関係は海域で異なるだけでなく、同一海域でも季節によって異なることから、水温がどのように漁況や資源に影響するのか、単に相関を調べるだけでなく、スルメイカ^{110,111)}のように飼育実験等を併用して、水温が分布や再生産に影響するメカニズムを明らかにしていくことが必要であろう。

塩分と漁況との関係については、兵庫県沿岸域の春および夏の定置網による漁獲量は1月頃に高塩分であれば多く、秋の定置網およびいか釣りによる漁獲量は

4月頃または前年漁期に低塩分であれば多いとされている²⁶⁾。また、京都府沿岸では5月上旬の沿岸表層平均塩分と4～7月の漁獲量との間には正の相関が認められている¹¹²⁾。

好不漁の原因について、対馬暖流の強弱と関連するという報告もある^{113,114)}。塩川¹¹³⁾は対馬東水道の含熱量指数(水温積分値)を対馬暖流の強弱の指標として捉え、含熱量指数が低い年には長崎県沿岸域は不漁になるとしている。また、古田¹¹⁴⁾は、福岡県沿岸域では4～5月の大型成熟群の漁獲量は4～5月の含熱量指数が平年を下回った年には好漁、6～8月の中小型未熟群の漁獲量は6～8月の含熱量指数が平年並みか平年を上回ると好漁になると報告している。

漁況と流況との関係については、山口県沿岸域では、南東流が発達したときに群が補給され、漁獲量が上昇する¹¹⁵⁾ことから、吹送流が群の補給過程に関与しているとみられている¹¹⁶⁾。一方、島根県の大社沖漁場では流れが停滞したときに漁獲が上昇し¹¹⁷⁾、浜田沿岸漁場では初夏に北東流が弱まったときほど底部冷水が発達し、群れが接岸するので漁が良くなる傾向がある¹¹⁶⁾。そして、平均流と風の応力とは有意な相関があることから、風の動向から浜田沿岸漁場での初夏の漁況をある程度予測することが可能になるとされている¹¹⁶⁾。

このように海域によって漁況と海況との関係は異なるので、海域毎にさらに観測を積み重ねて検討を加える必要があると指摘されている^{101,116)}。

その他に、満月時にはいかの灯付きが悪いということが漁業者により言われており、実際に統計的に検討した結果、新月時の平均日別漁獲量は満月時のそれより多いという報告もある²⁶⁾。

漁況と生物環境との関係

本種の再生産関係について濱田⁹⁷⁾は、福岡県におけるいか釣りの主要漁協のCPUE(1日1隻当たり漁獲量)を用い、前年のCPUEを産卵量の相対値、翌年のCPUEを加入量の相対値とみなし、産卵量(E)と加入量(R)との関係を次のとおりBeverton & Holt型の再生産曲線で示している。

$$\text{春夏発生群} \quad R=3.81/(3.21+1/E)$$

$$\text{冬発生群} \quad R=4.50/(83.98+1/E)$$

ただし、濱田⁹⁷⁾は曲線の当てはまりの精度については示していない。

いか類の再生産水準は、このような密度依存的な要因だけでなく、密度独立的な要因によっても大きく変動すると想定されるので、今後は海洋環境変動に伴う加入量の変動についても検討する必要がある。

餌生物との関係については、1966～1980年の山陰沿岸域では、カタクチイワシの卓越期に秋漁型、マイワシの卓越期に春漁型を示したことから、餌生物(いわし類)の量変動が漁況の季節変化に影響を及ぼしていると考えられている^{27,28)}。そして、両者の量的関係を調べた河野ほか²⁵⁾は、山口県沖におけるマイワシの産卵数と春～夏(4～8月)の本種の漁獲量、および春～夏のカタクチイワシの漁獲量と秋(9～12月)の本種の漁獲量との間に有意な正の相関があることを見出している。また、森脇・小川²⁸⁾は1974～1984年の浜田沿岸漁場における初夏6～7月のマイワシの漁獲量と同じ期間の本種の漁獲量との関係を調べ、両者の間には上に凸な放物線状の関係があり、特に1980年以降マイワシ漁獲量の減少に伴い年々の漁況が悪化している傾向を見出している。そして、秋9～12月における両者の関係についても、初夏と同様に上に凸な放物線状の関係が認められたことから、いわし類の漁獲量がある一定量に達するまでは、本種はいわし類の量と共に増加するが、一定量を超過すると漁獲量は減少すると考えている。いわし類はこのような量変動だけでなく、卵・稚仔の出現時期の変化も本種の漁況へ影響を及ぼしているという報告もある¹¹⁸⁾。しかし、1987年以降の山口県沿岸漁場では、春季成熟群および夏季成熟群(1～7月の漁獲量)と秋季未熟群(8～12月の漁獲量)は似たような年変動を示し、春漁型と秋漁型の交替現象はそれ以前ほど明瞭ではなくなっている²⁴⁾。小川²⁷⁾は各季節群が外套長70～80mm頃の魚食性へと移行する時期に、マイワシとカタクチイワシのどちらの稚仔・幼魚が卓越しているかによって、漁況の季節変動が起きていると考えているが、この時期よりも内部栄養から外部栄養に変わるふ化直後の方が飢餓や捕食に対して弱いと考えられるので、この時期の生残の善し悪しが季節変動にも影響を及ぼしている可能性が高い。

その他の魚種との関係について、武田ほか²⁶⁾は、福岡県～兵庫県にかけての共通漁獲種の中で、本種に競合する魚種あるいは漁獲努力を分散させる魚種という視点から、まぐろ類等18魚種の漁獲量と本種の漁獲量との相関関係を調べている。その結果、5%以上の危険率で有意な相関が見られた魚種は、めじ(まぐろ類)、

マイワシ、ウルメイワシ、カタクチイワシ、マアジ、さば類、しいら類、とびうお類、ハモ、タチウオ、ヒラメ、スルメイカ、こういか類、たこ類の14魚種であった。これらのうち2地区以上で有意な相関の見られた魚種はウルメイワシ、マアジ、しいら類、ハモ、タチウオ、こういか類であった。しかし、ウルメイワシを除く5魚種では相関関係が地区によって逆になり、ウルメイワシについても全地区で強い相関が認められたわけではなく、本種の漁況に強い影響を及ぼす魚種は見出せなかったとしている。しかし、単にこのような相関が無かったからといって魚種間の関係が否定されてしまうわけではない。今後は、野外調査等を実施し、具体的な種間関係を明らかにする作業を並行して進めていくことが望まれる。

10 今後の主要な研究課題

近年本種の資源は低水準にある²¹⁾ため、漁業者から資源の適正な評価と漁況予測の実施が強く求められている。

これらの漁業者ニーズに対応して資源評価や漁況予測を行うためには、各季節群の生活史の解明とそれに基づく季節群の分離は必須である。本種については、生活史の中でも産卵から稚仔期に至る期間の生態に関する知見が不足している。特に秋季未熟群については、冬季を中心にふ化したものと推定されている⁸⁾が、冬季には日本海南西～東シナ海にかけて成熟群の漁獲は少ないことから、本当に冬季にふ化したものなのか、もしそうなら秋～冬の産卵場はどこにあるのか、産卵場の条件は何か、今後究明していく必要がある。ふ化日の再検討にあたっては、飼育実験等によりふ化稚仔から成体に至る体サイズ別の平衡石の日周性の確認が必要であると思われる。また、季節群の生活史を解明していく過程においては、日本海南西～九州北西海域の群と東シナ海群との関係を明らかにする作業も必要となろう。

前述のとおり、外套長70～80mmの頃よりもふ化直後の方が飢餓や捕食に対して弱いと考えられることから、ふ化直後の稚仔の生態（食性・被食・分布・環境等）と生残に関わる要因を究明していくことも重要な課題となる。そのためには、稚仔を大量に採集する手法と種判別技術の開発、およびそれらを用いた毎年の量変動のモニタリングが不可欠である。

季節群毎の分布と豊度を加入初期に評価するためには、関係機関が共同で各季節群の漁期初めに、樽流し

釣りによる分布調査を実施することが1つの有効な手法になると思われる。なぜなら、樽流し釣りは漁具を流して操業するため比較的広範囲の調査が可能であり、しかも手釣りと比較して経験や技能をほとんど必要としないため、漁具を統一しておけば作業時間当たりの漁獲量として努力量の標準化が可能であるからである。このような分布調査を積み重ねていけば、スルメイカ¹¹⁹⁾のように精度の高い資源評価や漁況予測が可能になるかもしれない。

本種の被捕食については、定量的な研究はほとんど行われていないが、餌生物や捕食者の量変動も本種の加入量変動に影響を及ぼしていると想定されるので、さらなる研究の進展が望まれる。特に近年、サワラやクロマグロなどの捕食魚が増えている¹⁰⁷⁾ので、これらの魚種の捕食量や資源動向にも注目する必要があると思われる。

謝 辞

本総説の執筆に際しては、長崎県総合水産試験場山本憲一海洋資源科長、佐賀県玄海水産振興センター柴山雅洋副所長および福岡県水産海洋技術センター上田

拓主任技師に各県のケンサキイカに関する報告書並びに資料を提供していただいた。ここに記して深く感謝する。これらの3機関とは2007年から共同で本種の資源研究を行う予定である。本総説が共同研究の推進に少しでも役立てば幸いである。

文 献

- 1) NATSUKARI, Y. (1984): Taxonomical and Morphological Studies on the Loliginid Squids-IV. Two New Genera of the Family Loliginidae. *Venus*, 43 (3), 229-239.
- 2) 奥谷喬司 (1977): [改訂] 世界有用イカ図鑑. 東和電機製作所, 函館市, 64-65.
- 3) 奥谷喬司 (2005): 世界イカ類図鑑. 成山堂書店, 東京, 104-105.
- 4) 庄島洋一 (1978): 分布. 西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 11.
- 5) 新谷久男 (1988): 日本のイカ漁業と資源Ⅺ, ケンサキイカの漁業と生活史. 水産技術と経営, 1988年3月号, 14-27.
- 6) 新谷久男 (1988): 日本のイカ漁業と資源Ⅺ, ケンサキイカの生活様式と資源状態. 水産技術と経営, 1988年4月号, 11-25.

- 7) Natsukari, Y. and M. Tashiro (1991): Neritic squid resources and cuttlefish resources in Japan. Mar. Behav. Physiol., 18, 149-226.
- 8) 山田英明・小川嘉彦・森脇晋平・岡島義和 (1983): 日本海西部沿岸域におけるケンサキイカ・ブドウイカの生物学的特性. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (1), 29-50.
- 9) 山田英明・河野光久・森脇晋平・堀 豊・武田雷介 (1986): 日本海西部沿岸域に出現する“シロイカ”(Loligo edulis) の生活グループ. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 1-18.
- 10) 夏苺豊・西山雄峰・中西裕子 (1986): ケンサキイカのアイソザイム (予報). 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 145-151.
- 11) 河野光久 (1991): 沖合底曳網で漁獲されるケンサキイカの群性状について. 西海ブロック底魚調査研究会報, (1・2), 37-46.
- 12) 田代征秋 (1977): 九州北西部沿岸域のケンサキイカとその漁業. 日本海ブロック試験研究集録, (1), 81-96.
- 13) 田代征秋 (1978): 発生群. 西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 22-26.
- 14) 河野光久・田代征秋・小早川 淳・秋元 聡 (1990): 山口県～九州北西部海域のケンサキイカ. 水産技術と経営, 36 (4), 18-33.
- 15) 田代征秋・立石 賢・矢田武義 (1976): 標識放流によるケンサキイカの回遊について. 長崎県水産試験場研究報告, (2), 5-11.
- 16) 田代征秋 (1979): 東シナ海ケンサキイカ漁場調査結果について. 長崎県水産試験場研究報告, (5), 45-52.
- 17) 真子 渺 (1978): 漁獲量変動. 西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 59-65.
- 18) 岡島義和・尾串好隆・森脇晋平・山田英明 (1983): 4 県共同調査による“シロイカ”の漁業実態. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (1), 1-28.
- 19) 秋元 聡 (1992): 筑前海域におけるケンサキイカ資源と利用実態. 福岡県福岡水産試験場研究報告, (18), 7-140.
- 20) 荒巻 裕・野田進治・首藤俊雄 (2005): 佐賀県玄海海域におけるケンサキイカの生態—I, 一漁獲状況, 資源動態, 成熟・産卵期, 分布—. 佐賀県玄海水産振興センター研究報告, (3), 1-7.
- 21) 西海区水産研究所 (2006): ケンサキイカ日本海・東シナ海系群. 平成18年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 208-209.
- 22) 古田久典 (1978): 漁期. 西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 55-58.
- 23) 小川嘉彦・山本達雄・名角辰郎・森脇晋平 (1982): 日本海南西部沿岸水域における“シロイカ”漁場の海況特性. 水産海洋研究会報, (41), 1-10.
- 24) 河野光久 (1997): 日本海南西海域におけるケンサキイカの資源生態学的研究. 山口県外海水産試験場研究報告, 26, 1-25.
- 25) 河野光久・小川嘉彦・武田雷介・山田英明・森脇晋平 (1986): 日本海西部沿岸域に生息する“シロイカ”の資源管理. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 124-133.
- 26) 武田雷介・河野光久・森脇晋平・山田英明 (1986): 日本海南西部海域における“シロイカ”漁況変動の特徴. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 56-67.
- 27) 小川嘉彦 (1982): “シロイカ”の漁況変動に及ぼす餌生物の量的変動の影響. 水産海洋研究会報, (41), 1-10.
- 28) 森脇晋平・小川嘉彦 (1986): 餌生物としてのいわし類の変動が“シロイカ”の漁場形成と漁況変動に及ぼす影響. 水産海洋研究会報, 50 (2), 114-120.
- 29) 森脇晋平 (1986): 日本海西部沖合水域における“シロイカ” Loligo edulis の分布の年変動. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 12-187.
- 30) 古田久典 (1978): 漁場. 西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 47-54.
- 31) 小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・岡島義和 (1983): 日本海南西部沿岸水域における“シロイカ”一本釣漁場位置の季節変化 (予報). 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (1), 97-119.

- 32) 森脇晋平・小川嘉彦 (1985)：浜田沿岸海域における海洋構造の季節変化にともなう“シロイカ”漁場形成位置の地理的变化。水産海洋研究会報, (47・48), 29-35.
- 33) 高橋 実・古田久典 (1988)：いか釣り漁業からみた筑前海におけるケンサキイカ・ブドウイカの漁場形成と海洋構造。福岡県福岡水産試験場研究報告, (14), 13-21.
- 34) 古田久典 (1976)：筑前海域におけるケンサキイカについて一漁場と分布。昭和49年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 50-56.
- 35) 安藤朗彦 (2002)：衛星リモートセンシング技術を用いた筑前海春季水温分布の変動といか釣り漁業との関連。福岡県水産海洋技術センター研究報告, (12), 45-50.
- 36) 河野光久・斉藤秀郎 (2004)：日本海南西山口県沿岸域における近年のケンサキイカの資源生態と漁業実態の特徴的变化。山口県水産研究センター研究報告, (2), 77-85.
- 37) 古田久典 (1979)：筑前海域におけるケンサキイカについて一Ⅳ、沖合域の分布と群の性状。昭和52年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 35-42.
- 38) 小川嘉彦・山田英明 (1983)：日本南西部陸棚水域における“シロイカ”の分布。水産海洋研究会報, (44), 1-8.
- 39) 山田陽巳・時村宗春 (1993)：以西底びき網漁場におけるケンサキイカの漁場形成。漁業資源研究会議西日本底魚部会報, 平成5年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 28.
- 40) 古田久典 (1978)：外套背長組成。西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 31-39.
- 41) 濱田弘之 (2000)：資源管理型漁業推進総合対策事業 (1) ケンサキイカ。平成10年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 99-105.
- 42) 大野明道 (1978)：島根県におけるケンサキイカ一本釣りの漁況変動について。西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 68-88.
- 43) 森脇晋平・中原民男・山田英明 (1983)：日本海西部沿岸水域における“シロイカ”成熟群の来遊状況と幼イカの出現状況。日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (1), 51-63.
- 44) 庄島洋一 (1978)：卵発生・稚仔・幼イカ・未成体期。西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 14.
- 45) 名角辰郎 (1979)：但馬浅海域のイカ類について一Ⅰ、小型桁網に入網したイカ類。兵庫県水産試験場研究報告, (19), 7-10.
- 46) 時村宗春 (1992)：1991年冬季の東海・黄海の主要底魚類の分布 (海邦丸調査結果速報)。西海ブロック底魚調査研究会報, (3), 15-39.
- 47) 清水詢道・星野 哲 (1991)：東シナ海のケンサキイカ資源について。神奈川県水産試験場研究報告, (12), 65-72.
- 48) 入江隆彦・山田梅芳・田川 勝 (1992)：トロール調査結果からみた東シナ海ケンサキイカ資源の変動傾向。漁業資源研究会議西日本底魚部会報, (20), 59-66.
- 49) 夏莉 豊 (1976)：ケンサキイカの産卵場の潜水観察。貝類学雑誌, 35 (4), 206-208.
- 50) 古田久典 (1980)：筑前海域におけるケンサキイカについてⅤ、一産卵場と底質。昭和53年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 1-6.
- 51) 山口県 (1981)：長門海域総合報告書, 82-87.
- 52) 山本憲一 (2002)：壱岐周辺ケンサキイカ調査。平成12年度長崎県総合水産試験場事業報告, 55-56.
- 53) 山本憲一 (2002)：壱岐周辺ケンサキイカ調査。平成13年度長崎県総合水産試験場事業報告, 43-44.
- 54) 山本憲一 (2003)：ケンサキイカ産卵場調査。平成14年度長崎県総合水産試験場事業報告, 43-44.
- 55) 野田進治・梅田智樹・鷲尾真佐人・柴山雅洋 (2002)：ケンサキイカ増殖技術開発試験。平成12年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 12-16.
- 56) 野田進治・鷲尾真佐人・首藤俊雄・柴山雅洋 (2003)：ケンサキイカ増殖技術開発試験。平成13年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 23-32.
- 57) 野田進治・荒巻 裕・古賀秀昭 (2003)：ケンサキイカ増殖技術開発試験。平成14年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 33-41.
- 58) 荒巻 裕・野田進治・鷲尾真佐人 (2003)：佐賀県玄海海域で発見したケンサキイカ卵塊について。イカ類資源研究会議報告 (平成14年度), 16-19.
- 59) 荒巻 裕・首藤俊雄・古賀秀昭 (2004)：ケンサ

- キイカ増殖技術開発試験。平成15年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 53-61.
- 60) 荒巻 裕・野田信治・鷲尾真佐人・藤崎 博・柴山雅洋 (2005): 佐賀県玄海域におけるケンサキイカの生態Ⅱ, 一産卵生態と環境。佐賀県玄海水産振興センター研究報告, (3), 9-15.
 - 61) 河野光久 (2006): 山口県日本海沿岸域で発見したケンサキイカ卵囊塊。山口県水産研究センター研究報告, (4), 69-72.
 - 62) 濱田弘之・内田秀和・宮本博和 (1996): 資源管理型漁業推進総合対策事業 (2) 天然資源調査。平成7年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 81-90.
 - 63) 田代征秋 (1981): 東シナ海に分布するケンサキイカについて。長崎県水産試験場研究報告, (7), 21-30.
 - 64) 山田陽巳・時村宗春 (1994): 東シナ海におけるケンサキイカの漁業と資源研究の現状。イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (平成4年度), 163-181.
 - 65) 濱田弘之 (1998): 標識放流からみたケンサキイカ産卵群の来遊経路。福岡県水産海洋技術センター研究報告, (8), 9-13.
 - 66) 小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・岡島義和 (1983): 4県共同標識放流調査から推定される日本海南部における“シロイカ”の回遊。日本海南部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (1), 65-96.
 - 67) 田代征秋 (1978): 行動。西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 16-19.
 - 68) 夏苺 豊 (1995): ケンサキイカ。日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (Ⅱ), 93-98.
 - 69) Natsukari, Y., T. Nakanose and K. Oda (1988): Age and growth of the Loliginid squid *Photololigo edulis* (Hoyle, 1885). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., **116**, 177-190.
 - 70) 木所英昭 (1998): gladius を用いたケンサキイカの成長履歴解析。日本海区水産研究所連絡ニュース, (82).
 - 71) 森脇晋平・山田英明・武田雷介・河野光久・夏苺豊 (1986): 日本海西部沿岸水域に生息する“シロイカ” *Loligo edulis* のふ化日と成長。日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 19-27.
 - 72) 夏苺 豊・中ノ瀬達哉・小田一成 (1986): ケンサキイカの成長 (予報)。日本海南部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 134-144.
 - 73) 夏苺 豊 (1999): 東シナ海産ケンサキイカの日齢と成長。平成10年度日本近海シェードストック管理調査委託事業報告書, 62-66.
 - 74) 安達二郎・大野明道 (1984): ケンサキイカの体型の検討及び成長式の推定。日本海ブロック試験研究集録, (2), 20-32.
 - 75) 金丸彦一郎 (1996): 沿岸重要資源委託調査 (ケンサキイカ) (昭和63年~平成元年度)。平成元~3年度佐賀県玄海水産振興センター事業報告, 97-102.
 - 76) 古田久典 (1975): 筑前海域におけるケンサキイカについて。昭和48年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 83-91.
 - 77) 池原宏二・笠原昭吾・岡地伊佐雄・清水虎雄・浜辺基次 (1977): 日本海沿岸イカ漁業振興のための基礎知見の収集, 1. 1957~1962年に隠岐島を中心とする西部日本海の各種漁業で得られたブドウイカ *Loligo edulis budo* WAKIYA et ISHIKAWA (地方名シロイカ) の生態とその成熟過程の追跡。日本海区水産研究所研究報告, (28), 29-49.
 - 78) 夏苺 豊 (1972): ケンサキイカの水槽内での交尾, 産卵について。昭和47年度日本水産学会秋季大会研究発表講演要旨集.
 - 79) Sauer W.H, H.M.J. Smale and M.R. Lipinski (1992): The location of spawning grounds, spawning and schooling behaviour of the squid *Loligo vulgaris reynaudii* (Cephalopoda: Myopsida) off the Eastern Cape Coast, South Africa. Marine Biology, **114**, 97-104.
 - 80) 道津喜衛 (1973): ケンサキイカ。長崎魚市だより, (68), 5.
 - 81) 古田久典 (1978): 性比。西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 27-30.
 - 82) 山口県 (1980): 長門海域総合開発調査昭和54年度調査結果報告書. 30-31.
 - 83) 濱田弘之・内田秀和・宮本博和 (2000): 資源管理型漁業推進総合対策事業 (2) 天然資源調査ケンサキイカ。平成6年度福岡県水産海洋技術セン

- ター事業報告, 87-94.
- 84) 田代征秋 (1978): 食性. 西日本海域におけるケンサキイカ資源生態調査報告書, 20-21.
 - 85) 石田健次 (1981): ケンサキイカの食性からみた生態について. 島根県水産試験場研究報告, (3), 31-35.
 - 86) 児島俊平 (1966): シイラの漁業生物学的研究. 島根県水産試験場研究報告, (1), 8-101.
 - 87) 河野光久 (1997): 山口県沿岸海域におけるヒラメの資源生物学的研究. 山口県外海水産試験場研究報告, 26, 27-40.
 - 88) 河野光久 (2007): 山口県日本海沿岸域で漁獲されたマアジの食性. 山口県水産研究センター研究報告, (5), 19-23.
 - 89) 三谷文夫 (1960): ブリの漁業生物学的研究. 近畿大学農学部紀要, (1), 81-300.
 - 90) 萩市 (2001): 萩市八里ヶ瀬漁場調査報告書. 1-159.
 - 91) 小林知吉 (2005): 日本海南西海域産コシナガ *Thunnus tonggol* の食性. 山口県水産研究センター研究報告, (3), 41-43.
 - 92) 中原民男 (1969): 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学的特性. 山口県外海水産試験場研究報告, 11 (2), 27-40.
 - 93) 山口県外海水産試験場 (1968): IV 食飼内容組成表. 山口県沖合漁場濃密調査一魚体調査結果表, 51-88.
 - 94) 深田耕一 (2003): 樽流し漁法におけるケンサキイカの擬餌捕捉行動. 日本水産学会漁業懇話会報, (47), 26-27.
 - 95) 河野光久・小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・武田雷介 (1986): 標識放流による“シロイカ”資源特性値の推定. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 68-74.
 - 96) 鉄 健司 (1963): 日本の水産資源研究における標識放流調査について. 日本水産学会誌, 29 (5), 482-496.
 - 97) 濱田弘之 (1998): 玄界灘におけるケンサキイカの資源評価. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, (8), 15-29.
 - 98) 山田英明・河野光久・森脇晋平・武田雷介 (1986): 日本海西部沿岸域に出現する“シロイカ”(*Loligo edulis*) の資源量推定. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 75-90.
 - 99) 山田陽巳 (1996): 計量魚探による東シナ海に分布するケンサキイカの現存量推定の可能性. イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (平成6年度), 16-27.
 - 100) 土井長之 (1975): 水産資源力学入門. 日本水産資源保護協会月報, (127), 12-13.
 - 101) 森脇晋平 (1994): 日本海南西部沿岸海域におけるケンサキイカ *Photololigo edulis* の生態とその漁況に関する研究. 島根県水産試験場研究報告, (8), 1-111.
 - 102) 松宮義晴 (1996): 水産資源管理概論. 日本水産資源保護協会, 東京, 57-75.
 - 103) 小川嘉彦 (1983): “シロイカ”の漁況変動のクラクリ. 水試だより (山口県外海水産試験場・山口県外海水産振興協議会), (19), 1-5.
 - 104) 小川嘉彦 (1986): 日本海南西部沿岸水域の“シロイカ”資源. 水産技術と経営, 1986年3月号, 6-22.
 - 105) 濱田弘之・内田秀和 (1998): 資源管理型漁業推進総合対策事業 (2) 天然資源調査. 平成8年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 62-72.
 - 106) 小川嘉彦・森脇晋平・山田英明・武田雷介 (1986): 山陰沿岸“シロイカ”漁場の海況. 日本海西部海域に生息する“シロイカ”(ケンサキイカ・ブドウイカ)に関する共同研究報告書, (2), 28-55.
 - 107) 小林知吉・堀 成夫・土井啓行・河野光久 (2005): 山口県の日本海沿岸域における海洋生物に関する特記的現象. 山口県水産研究センター研究報告, (4), 19-56.
 - 108) 河野光久 (2006): いか類資源調査. 平成17年度山口県水産研究センター事業報告, 8-9.
 - 109) 秋元 聡・佐野二郎・安藤朗彦・内田秀和 (2003): 我が国周辺漁業資源調査 (2) 底魚資源調査. 平成13年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 123-127.
 - 110) 桜井泰典 (2002): スルメイカの再生産機構に関する実験生物学的研究. 日本水産学会誌, 68 (3), 301-304.
 - 111) 桜井泰典 (2003): スルメイカの繁殖生態と再生産機構. 水産資源管理談話会報, (30), 3-17.
 - 112) 鈴木重喜・桑原昭彦・鷲尾圭司 (1983): 京都府沿岸域で漁獲されるブドウイカ, アオリイカの生

- 態の特徴について．水産海洋研究会報，(42)，21-27.
- 113) 塩川 司 (1978)：長崎県における沿岸漁業の地域性と漁海況．第25回漁海況ブロック会議シンポジウム報告書，8-21.
- 114) 古田久典 (1977)：筑前海域におけるケンサキイカについて－Ⅲ，一漁況と海況との関係．昭和51年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告，52-59.
- 115) 小川嘉彦 (1983)：日本海南西部沿岸漁場における“シロイカ”の漁況と流況の日々変化とその関係の一例．水産海洋研究会報，(42)，1-9.
- 116) 小川嘉彦・森脇晋平 (1985)：浜田沿岸漁場における“シロイカ”の漁況と流況の日々変化とその関係を示す観測例．水産海洋研究会報，(49)，7-15.
- 117) 森脇晋平 (1985)：“シロイカ”漁況と流況との関係についてのノート．水産海洋研究会報，(47・48)，191-192.
- 118) 森脇晋平・河野光久 (1987)：日本海南西部沿岸海域における1981年以降の“シロイカ”の漁況変動様式，51 (3)，290-292.
- 119) 日本海区水産研究所 (2006)：スルメイカ秋季発生系群．平成18年度我が国周辺水域の漁業資源評価，72-75.

アカウニ (*Pseudocentrotus depressus*) に関する 既往知見の整理 (総説)

水 津 洋 志

キーワード：アカウニ，生息生態，放流技術，増養殖

この報告は「日本海の水産資源に関する研究成果集」の1魚種として、アカウニ関係の知見を取りまとめたものである。

「研究成果集」の取りまとめについては、平成7年度西部日本海ブロック会議で、“これまでの各県の研究成果を魚種毎にまとめて、現在まで何が分かっている、何が欠けているかを整理し、人事異動等で担当者が代わってもこの成果集を参考にすればある程度の情報を得ることができ、基礎資料としても活用出来るものを作成しよう”との提案から始まったとお聞きしている。これを受け、日本海区水産研究所をコーディネーター役に各県の担当者により粘り強い作業が続けられ、平成18年までにほぼ初期の目的である主要35種の知見の整理が終了した。アカウニについては平成16年度にこれまでの知見の整理を行った。

本種は地先の重要な水産資源であることから、各地で早くから築磯などでの増殖が試みられ、その成果が発表されてきた。最近では種苗生産技術の進展に伴い、栽培漁業対象種として各地で種苗放流が盛んに実施され、放流効果が確認されている。

本成果集では漁業実態を初めとして、生息生態、種苗生産、放流技術、増養殖等について関係する事項を収集し、概要を記述した。

当初の目的である新規研究者への情報提供に資することが出来れば幸いである。

漁獲実態，漁獲量

アカウニ単独での全国漁獲統計のまとまったものはなく、ウニ類全体として集計されているため詳しい漁

獲量の推移は明らかではないが、今井¹³⁾により全国の試験研究機関のアンケート調査で概略の漁獲量が明らかにされている。それによると、1980～1990年の暖水系ウニ類の平均漁獲量は、ムラサキウニ4,796トン(66.2%)、バフンウニ1,844トン(25.5%)、アカウニ600トン(8.3%)であり、漁獲推定個体数はムラサキウニ6,000万個体、バフンウニ1億8,000万個体、アカウニ600万個体の水準であった。ちなみに、1989年度にはアカウニは11県で殻径3～40mmの人工種苗170万個体が放流されており、アカウニの推定漁獲個体数が600万個体であるので、漁獲個体数の28%相当分を放流していることになる。この調査の中で、各都道府県の藻場合計面積とウニ類平均漁獲量とは明らかな相関は認められなかったが、漁業が盛んな都道府県(北海道、長崎、岩手、宮城)を抽出した場合には高い正の相関関係があり、藻場の存在がウニ資源に与える影響が大きいことが窺える¹³⁾(図1)。

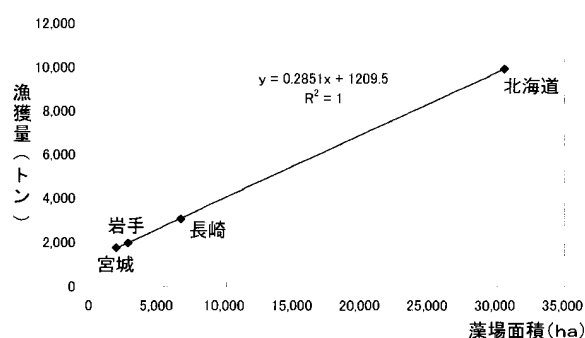


図1 都道府県ごとの藻場合計面積とウニ漁獲量
(今井：1995)

また、本種は1990年代に入って以降、漁獲強度の増

加や異常斃死現象等で、他の暖海性の2種（バフンウニ、ムラサキウニ）に比べ各地で漁獲量の低下が著しい^{6,38,43,56)}。

漁法は陸採り、潜り採り（6月中旬から8月下旬の夏期）、舟採り（秋から春にかけての磯見漁）の3法であるが、潜り取りが中心である³⁴⁾。

生 態

1) 分布および生息域

アカウニは日本固有種で、日本海側では北海道松前以南、太平洋側では茨城県日立市以南から鹿児島県大隅諸島まで生息しており、浅海の転石、岩礁地帯に分布する。殻高が低く、棘の色調は黒赤色を普通とするが、稀に淡白（白色）の棘もある⁴⁰⁾。九州玄海々域では赤5、白4～3、紫2～1の割合である^{38,50)}。ムラサキウニよりも内湾に入り込んで生息する³³⁾。

稚ウニは殻長2mmまではバフンウニ、ムラサキウニとの外見での区別は困難であるが、3～4mmになると種の特徴（殻、棘の色彩）が発現し始め、10mm前後で成体の形態となる¹⁶⁾。

生息水深は稚ウニでやや深所（7～12m前後）、成体で浅所（3～8m前後）と見られ、浮遊幼生はやや深みで沈着した後、成長に伴って浅所に移動すると推定されている^{12,46)}。このことは、水深8m域に集中放流したアカウニが9ヶ月後にはこれより浅い2～8m域全体で確認されたことから証明され、アカウニの資源補給は深所から浅所に行われることが明らかになった⁴⁸⁾。

住み場は神奈川県では稚ウニ（殻径1.45～3.91mm）の場合、砂地に点在する比較的小さな礫（長径20～30cm）の下で、海藻の特徴は殻状の無節サングモおよびイワノカワ科が優占し、カジメの幼体が生育する場所（沈着幼生にとって定着と成長に必要な珪藻などの微細藻類の繁殖する高照度条件を満たしている）である。一方、親ウニの住み場は礫（長径30～60cm）や転石が

積み重なり、カジメの成体とエツキイワノカワ、ホンバノトサカモドキなどの優占する場所（主要な餌料である寄り藻を捕捉する確率が高い）であった。このように、アカウニは成長するにつれて安定度の高い基質に住み場を移行させ、発育段階に応じた殻高に住み場空間を対応させていくと判断された¹⁰⁾。山口県日本海々域では、礫や転石のある岩盤地帯、礫、転石地帯、両者の混成地帯の石の下部、下側部や岩盤の棚、亀裂に多く生息しており、植生としてはアラメ、カジメ、ホンダワラ類の優占する漁場が主体であった²⁸⁾。また、福岡県では岩礁域よりも玉石域に分布密度が高かったが、この理由は玉石域で摂餌可能な着生藻類が多く、寄り藻も集まりやすいためと推察された⁵²⁾。

生息密度は他の暖海性2種に比べて低く、山口県日本海々域の最高分布密度は2.0～7.0個体/m²、平均分布密度は0.5～1.0個/m²^{21,29,43)}、神奈川県三浦市毘沙門地先では0.8個体/m²で、神奈川県下の最多漁獲場所である長井町漁業協同組合においても、最盛期の潜水者1人1日当たり平均漁獲個体数は15個にすぎなかった¹²⁾。

2) 相対成長および成長式（表1）

人工種苗では山口県外海水産試験場の場合、体重（W：g）と殻径（L：cm）の関係は

$$W=0.3803L^{3.0559}$$

で示され、満1、1.5、2年目でそれぞれ26.7mm、7.7g、32.6mm、14.1g、38.4mm、23.2gとなった²⁰⁾。これは天然²⁵⁾に比較して約1年早い成長であった。

神奈川県水産試験場での養成アカウニの殻径（TD：cm）と体重（W：g）の関係式は

$$W=0.439TD^{2.343} \quad (1.0 \leq TD \leq 5.1)$$

で示された。

天然採捕個体では福岡県玄海々域における殻径（L：mm）と体重（W：g）の関係は

$$W=0.0007654L^{2.7964} \quad (\text{優良海域})$$

$$W=0.0007679L^{2.8021} \quad (\text{不良海域})$$

表1 各県でのアカウニの年齢と殻径（mm）・体重（g）

県 名		1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳
山 口	黄波戸	16.6(2.0)	36.2(18.5)	50.2(47.3)	60.1(79.4)	
	宇田郷	22.2(4.0)	37.5(18.4)	48.5(38.9)	56.6(60.9)	
	人工養成	26.7(7.7)	38.4(23.2)			
福 岡	大島	21.0(3.8)	42.7(27.7)	58.2(66.0)	69.1(106.6)	
神奈川	三浦、横須賀	22.0	38.3	55.7	66.8	76.2
佐 賀	玄海域	17～21	36～43	50～58	60	

で示された⁴⁹⁾。

満年齢 (t) と殻径 (D: mm), 体重 (W: g) との関係は

$$D_t = 95.9 (1 - e^{-0.3425(t-0.2778)})$$

で表され, 満1, 2, 3, 4歳時の殻径と体重はそれぞれ21.0mm, 3.8g, 42.7mm, 27.7g, 58.2mm, 66.0g, 69.1mm, 106.6g⁵⁰⁾であった。これは, その後, 佐賀県玄海々域³⁸⁾で調査されたアカウニの成長, 1歳で殻径17~21mm, 2歳で36~43mm, 3歳で50~58mm, 4歳で60mmとほぼ同様であった。

一方, 山口県日本海々域の2地先での天然アカウニの満年齢 (t) と殻径 (D: mm), 体重 (W: g) との関係は, 黄波戸地先で

$$D_t = 84.1 (1 - e^{-0.3442(t-0.5284)})$$

$$W_t = 209.0 (1 - e^{-0.3442(t-0.5284)})^{2.8793}$$

で示され, 満1, 2, 3, 4歳時の殻径と体重はそれぞれ16.6mm, 2.0g, 36.2mm, 18.5g, 50.2mm, 47.3g, 60.1mm, 79.4g³⁷⁾, 宇田郷地先でのそれは満1歳22.2mm, 4.0g, 満2歳37.5mm, 18.4g, 満3歳48.5mm, 38.9g, 満4歳56.6mm, 60.9gと推定され²⁹⁾, 玄海々域に比較してやや成長の遅れが認められた。

また, 太平洋側の神奈川県三浦市, 横須賀市で採捕されたアカウニの相対成長式は

$$TH = 0.397TD + 0.285 \quad (r^2 = 0.91)$$

$$MH = 1.71TD + 0.289 \quad (r^2 = 0.94)$$

$$MH = 0.65MD - 0.322 \quad (r^2 = 0.87)$$

TH: 殻高 TD: 殻径 MH: 棘外縁高

MD: 棘外縁径 単位: mm

で示され (図2), 満年齢と成長の関係は満1歳22.0mm, 満2歳38.3mm, 満3歳55.7mm, 満4歳66.8mm, 満5歳76.2mm¹³⁾で¹³⁾, 玄海々域とほぼ同程度の成長であった。

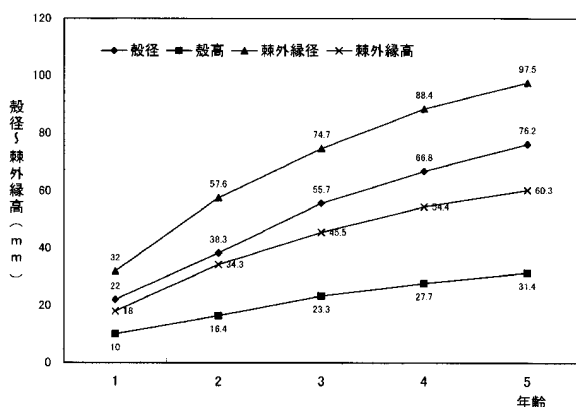


図2 アカウニの年齢と殻径~棘外縁高の関係 (今井: 1995)

3) 成熟, 産卵期 (表2)

山口県長門海域のアカウニ生殖巣指数の季節変化は7~9月に最大値, 12月に最低値を示した。生殖物質放出時期は10~3月で, 盛期は11~12月であった。天然群での初成熟の大きさは知られていないが, 人工飼育では22mm前後 (孵化後10ヶ月) で放卵, 放精すると思われる¹⁹⁾。

表2 各県でのアカウニの成熟, 産卵期

県名	生殖巣指数		生殖巣放出	
	最大時期	最低時期	期間	盛期
山口 長門海域	7~9	12	10~3	11~12
福岡 大島	1~2		10~4	11~1
佐賀 玄海々域	9~10	2~3	9~2	10~11

福岡県玄海々域でのアカウニの生殖腺重量比は1~2月にピークが見られ, 産卵期は10~4月で, 盛期は11~1月と推定された。また, 身入りが良い海域と悪い海域とを比較すると, 産卵期間はほぼ同じであるが, 悪い海域ではピークの遅れと期間の短いことが特徴的であった。一方, 養殖試験でのアカウニの成熟は天然に比べ遅れ, 4月時点でも80%の個体が産卵期にあることが明らかとなった。この遅れを利用すれば種苗生産を通常の秋~冬季から春季, さらに初夏へと延長でき, 周年実施することも可能と考えられた。ただ, 天然個体が雌雄ほぼ同数なのに比べ, 養殖個体では雄の割合が80%と高く, これが偶然的なものなのか, 性転換があったのか, 種苗生産を行う上で早急に解明の必要がある^{49,51)}。

佐賀県玄海々域での生殖巣発達状況は, 生殖巣指数は2~3月に最低の1.7~2.1, 9~10月に最高の10.4~13.7を示した。また, 放卵, 放精の時期は9~2月で盛期は10~11月であった³⁸⁾。

4) 食性, 摂餌生態

アカウニの食性は殻径1~3mmで付着珪藻から海藻へと変わり下草類を摂餌し始める^{8,16,20)}。海藻類の摂餌は1~2mmの小型個体でも可能で, アナアオサ, ヒジキ, ハバノリ, ウミトラノオ等をよく摂餌する⁸⁾。ワカメはアナアオサに比べ選択性が低く, 摂餌開始は3mm以降である²⁰⁾。

アカウニはアラメ, カジメの茎を伝って葉上に上りこれを摂餌することはなく, 海底に接している海藻の葉端や幼体, 寄り藻などを採食している。このため成長の速さや生残の良否はすみ場周辺で直接採食できる海藻の多少と寄り藻の供給量に大きく左右され

る^{9,29,50)}。

摂餌は夜間に行われる。夜間活動を自動水中カメラで観察したところ、最大移動距離は10cm前後であり、行動範囲は極めて小さいことが明らかとなった。活動時間帯は日没直後からの3～5時間と日の出前約1時間で、照度変化が引き金になると考えられた¹⁰⁾。アカウニの分布密度が他の水産上有用なウニと比較して低いのは、ほとんど住み場から移動せず他のウニに比べ寄り藻への依存度が高いのが原因と考えられる¹⁰⁾。

天然漁場での摂餌生態を消化管内容物調査結果から見ると、山口県日本海々域では海藻類11～16種、動物3～4種が確認された。量的にはホンダワラ類（アカモク、イソモク、ジョロモク等）が主体であった。三浦半島毘沙門地先では夏季から秋季にかけてはカジメ、アラメの寄り藻を主餌料とし、秋季にはこれにイバラノリ類が加わり、冬季から春季にはカジメ、アラメの幼体も餌料として利用されていた。両海域とも主餌料は生息場所に優占する海藻であった^{9,29)}。

1年間を通じて三浦半島毘沙門地先で採集したアカウニ（最大殻径8.4cm、最小殻径4.1cm、平均殻径6.7cm）の消化管内容物比は5月に5%の最高値を、7月に0.2%の最低値を示し年間の平均値は3%前後であった。この値は各機関で1～3歳アカウニの年間を通じての陸上飼育試験での平均摂餌率とほぼ一致した。福岡での摂餌の盛期は春（5～7月初旬）、秋（11～11月初旬）の年2回見られた^{7,9,34)}。

各海藻へのアカウニの摂餌選択性試験ではワカメ、ヒジキ、ホンダワラ、タオヤギソウ、ソゾ、テングサ、アオサの順に摂餌し、大別すると褐藻類>紅藻類>緑藻類の順に嗜好性が高かった³⁴⁾。褐藻類の中ではアラメ、ヒジキ、ウミトラノオ、マメダワラ、ウミウチワの順となった³⁰⁾。

各海藻のアカウニへの餌料価値を試験したところ、アラメを基準に比較するとワカメ1.6>ヤツマタモク1.4>アラメ1.0>アカモク0.5>マメダワラ0.5>ウミウチワ0.2の順となり、ワカメが摂餌量に対し体重、生殖巣の増重割合が高く最も優れた餌料と考えられた³⁰⁾。

年齢ごとの増肉係数を比較した試験では1歳9.8、2歳25.5、3歳60.3となり年齢とともに急激に餌料効率は減少した⁷⁾。

5) 栄養特性

ウニ類の必須アミノ酸は未だ解明されていないが、魚類と同様の10種類の必須アミノ酸（アルギニン、ヒ

スチジン、イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、トリプトファン、バリン）にシスチンとチロシンを加えた12種類のアミノ酸精製餌料での飼育試験で栄養価と成長結果とに高い相関が認められている¹⁾。

稚ウニの至適タンパク量はカゼインを蛋白源とした配合飼料試験では20%の値が得られている。天然餌料のワカメの場合、蛋白含有率は30%と高くケミカルスコアや必須アミノ酸指数も良好で餌料としては申し分ない。一方、アラメの蛋白含有率は周年10～17%と基準値よりも低く、アミノ酸バランスもアルギニン不足が顕著であった。アラメを養成用の餌料として使用する場合にはアルギニン含量の高い配合飼料の併用が成長促進に有効と考えられる¹⁾。

多糖類については人が利用できないデキストリンとアルギン酸ナトリウムを利用出来ることが確かめられている¹⁾。

6) 身入り、色調

水深の浅い漁場での身入りや色調が良いことが以前から確認されていたが^{15,19)}、身入り良、不良海域での着生藻類比較調査結果から不良海域では餌料の絶対量が不足しており、なかでも小型海藻、すなわちアカウニが捕食可能な下草類が少ないという傾向が認められた。水槽実験ではアカウニがアラメの茎をよじ登って摂餌することはなく、摂餌可能な下草類の存在が身入りを左右する1条件としてあげられると考えられた⁴⁹⁾。

福岡県玄海々域の身入り優良漁場は比較的静穏な入江内が多く、摂餌可能な小型海藻類（アミジグサ、アオサ、ミル、マクサ、ウミウチワ等、プラス寄り藻の効果もある）の多いことがわかった。また、水深が浅くなるほど小型海藻類は増加し、それに従って身入りも良好となった⁵²⁾。

山口県日本海々域でアカウニの身入り良、不良漁場での海藻現存量を調査したところ、良漁場でのそれは4.3kg/m²で、不良漁場の1.8倍を示し、餌料環境の差が大きく影響することが示唆され、福岡県の調査結果に一致した²⁹⁾。

餌料によるアカウニ生殖巣の色調や身入り変化の調査では、生海藻から配合飼料への餌料変換では約3ヶ月後に良個体が消失し、逆に、配合飼料から生海藻への変換では約6ヶ月後に良個体への回復が見られた。生殖巣の質的变化速度については更に時期、餌料、サイズ面での検討が必要である⁴²⁾。

7) 食害種と食害強度

食害種としては放流漁場で身近に採捕可能な種類が試験されている。魚類ではイシダイ、ササノハベラ、オハグロベラ、クサフグ、キュウセン、甲殻類ではイセエビ、イシガニ、フタハベニツケガニ、スベスベマンジュウガニ、棘皮類でイトマキヒトデ、貝類でヒメヨウラクガイの食害が確認されている^{11,28,39,43,44,56)}。

食害強度についてはカニ類のそれが大きく、フタハベニツケガニの夏期の日間捕食量は体重の14.7%⁴¹⁾に達した。甲幅60～90mm前後のイシガニの平均殻径10～40mmのアカウニに対する食害試験では、イシガニは全てのサイズのアカウニを捕食したが、甲幅50mmのイシガニとフタハベニツケガニでは各々殻径30、26mm以上のアカウニは捕食できなかった²⁸⁾。

スベスベマンジュウガニ（甲幅39.4～52.0mm）のアカウニ（平均殻径6.4～19.8mm）食害試験では、日間捕食率の最大値は8.9%であり、最大群（平均殻径19.8mm）は食害されなかった。カニ類（イシガニ、フタハベニツケガニ、スベスベマンジュウガニ）の自然石（径10～30cm、100個）の石積礁をシェルターとした食害試験では、カニ類のサイズが大きくなるほどアカウニの生残率は高くなった（4%→98%）。石積の間隙にカニ類が侵入できるかどうかアカウニの生残率を左右すると考えられ、隠れ場を確保することで放流後の生残率の向上が示唆された⁴³⁾。

水温と食害強度の関係については、イシガニで

$$Y = 5.092 \times 10^{-10} \cdot X^{8.237} \quad (r = 0.956)$$

X：水温（℃），Y：日間捕食率（%）

の関係式が得られ、食害強度は水温の上昇に伴って急激に上昇（15℃：2.5%→23℃：84%）することがわかった。イシガニの食害による初期減耗を防ぐには水温が15℃以下の4月下旬までに放流を完了する必要があると考えられた⁴⁴⁾。

魚類の食害試験での小型アカウニ（殻径6～9mm）への日間捕食率はクサフグ19.8%、オハグロベラ5.0%、ササノハベラ2.2%、キュウセン0.2%であり⁴⁴⁾、ササノハベラの日間捕食率は平均すると体重の6.5%

で、水温の高低（12.1～27.3℃）による差は大きくなかった。また、大きさの異なったアカウニ（殻径8～28mm）を同時に投与した場合には小型個体から選択的に捕食し、10mmサイズ（日間捕食率12.6%）と20mmサイズ（同1.7%）では7.4倍の差があり、捕食しやすさの違いが認められた⁴⁶⁾。クサフグの日間捕食率は15℃周辺では10%前後であるが、水温の上昇に伴って高くなる傾向が認められ、20℃を超えると15%以上となった。殻径8～21mmまでの大きさの異なったアカウニを同時に投与した場合には小型個体から選択的に捕食したが、殻径17mm以上のアカウニに対しては全く摂餌行動を見せなかった³¹⁾。

棘皮類や貝類での調査ではイトマキヒトデ、ヒメヨウラクガイの食害はカニ類に比べて著しく低く、イボニシは食害しなかった²⁸⁾。

増殖

1) 築礁事業

ブロックや割石投石の上積みは2段までが良く、異型ブロック投入場所は天然漁場に比較しウニ類を主体に約4.8倍の有用生物の生息が見られており、設置効果が認められた。蛸集効果は経年的に増加することがわかった^{5,35,36,37)}。

福岡県宗像郡大島地先での造成礁（異型ブロック礁：1×1×0.3mのブロック枠に長径15～30cmの割石を詰めたもの、フトン籠礁：金網枠が破損し詰石が1～2層に堆積したもの）の有用動物生息量は天然礁に比べ大幅に上回り、特に異型ブロック礁でのアカウニの生息数は天然礁の10.8倍であった。これは異型ブロックでの詰め石部では空隙率が高く、しかも外枠によって物理的に安定していることがアカウニの生息場として好適であったことのほか、場所的に寄り藻の集積場でもあったことが原因と考えられ、漁場選定の重要性が指摘された⁵³⁾。

2) 移殖（表3）

山口県日本海々域での2回の移殖試験では、9ヵ月

表3 阿川地先における移殖試験結果（中村・芳永、1962改変）

種 類	移殖前（外洋）			* 移殖後（内湾）			移殖後生殖巣の増加割合（倍）
	殻径範囲（mm）	平均殻径（mm）	生殖巣重量比（%）	殻径範囲（mm）	平均殻径（mm）	生殖巣重量比（%）	
バフンウニ	27.0～30.0	26.3	13.9	29.5～43.0	34.2	16.7	1.20
アカウニ	53.0～59.0	55.4	8.8	35.5～41.5	37.6	9.1	1.03
ムラサキウニ	47.5～60.0	52.5	6.7	46.0～57.0	52.6	14.1	2.10

* 移殖後の期間は約1年

表4 平成14年度アカウニ種苗生産・放流実績（単位：千個）

	都道府県	市区町村	漁協	その他	合計
種苗生産	1,642	897			2,539
放 流	159	213	1,226	891	2,489
養 殖	486				486

表5 平成14年度アカウニ県別種苗生産、放流実績、放流ヶ所数（単位：千個，mm，ヶ所）

県 名	種苗生産		放 流		放流ヶ所
	個 数	サイズ	個 数	サイズ	
三 重			35	15	3
和歌山	30	5	22	17	4
島 根			93	16	16
山 口			68	15	7
愛 媛	129	10	69	11	21
福 岡	402	15	222	19	15
佐 賀	150	16	150	16	7
長 崎	1,427	11～12	1,367	12	75
熊 本	401	10	354	14	63
大 分			109	18	6
合 計	2,539	12	2,489	13	217

(表4～5 水産庁・（独）水産総合研究センター資料より)

～1年後に生殖巣重量の増加，色調の改善が確認され（第1回次：バフンウニ13.9→16.7%，アカウニ8.8→9.1%，ムラサキウニ6.7→14.1%，第2回次：バフンウニ13.9→16.7%，アカウニ8.8→9.1%，ムラサキウニ6.7→14.1%），特にムラサキウニで移植効果が顕著であった^{15,34)}。

福岡県玄海々域でのアカウニ，ムラサキウニ身入り改善のための短期小割養殖試験（大島7→4月，馬島7→10月）でアラメを十分量投餌したところ，アカウニでは開始2ヶ月後には顕著な回復（生殖巣重量：大島5.2→12.4%，馬島6.4→14.5%）が観察されたが，ムラサキウニでは回復は認められなかった⁴⁹⁾。両海域ではウニの種類により回復の状況に違いはあるものの，餌料環境を改善することで身入り，色調の改善が可能となることが実証された。

移植の種苗はなるべく若令のウニを用いることが肝要で，移植の効果は時期的に生殖巣が発達する前であれば生殖巣，殻が成長する前であれば殻と生殖巣の両方の改善が期待できる。移植時の密度は餌料となる海藻類の生産量の推定が困難であり，経験的には移植場所の海藻類が食べつくされない程度を目安にすべきであろう⁵⁷⁾。

種苗生産

技術的には完成の域に達しており，放流用（主），養殖用（従）に生産が行われている（表4）。

平成14年度にアカウニの種苗生産を実施したのは和歌山，愛媛，福岡，佐賀，長崎，熊本の6県で，種苗生産個数は12mmサイズ，約300万個であった。このうち約250万個が三重，島根，山口，大分を加えた10県の217ヶ所の地先に放流された（表5）。

アカウニは資源量が小さく，漁獲個数はバフンウニの1/10～1/3程度であり，1個あたりの単価は最も高いので，栽培の最適種と言え，種苗生産による資源増大への期待が大きい⁵⁷⁾。

放流技術

1) 標識方法

染色液に浸漬する方法としては，ナイルブルー染色（0.01%）は放流1ヶ月後でも天然ウニとの識別が容易であった¹⁷⁾。バフンウニで有効なミカシオン染色（2%液，60分浸漬，1年後識別可能）は，アカウニでも利用可能と推定された¹⁹⁾。アリザリン・コンプレクソン（ALC）染色（50ppm，6時間以上，生殖板の染色）により一度に大量の標識が可能となったが，平均殻径18.9mmのALC染色（200ppm，2時間）処理

後12日目の斃死率は23.5%と高く注意を要する³¹⁾。7ヶ月後のアリストテレス提灯の中間骨検鏡では10個体中9個体で明瞭な蛍光マークが観察され染色効果は十分であった⁴⁸⁾。

外部標識を装着する方法では、ダイモテープは2ヶ月後の斃死率が10%となり装着による悪影響がみられた¹⁸⁾。間歩帯に針でテグスを通す方法は装着後少なくとも3ヶ月間は成長に悪影響が残った⁵⁰⁾。ステンレス製のコーテッドワイヤータグは装着3ヶ月後の脱落率が約40%と高く、生残率の調査には不適と考えられるが、ウニを殺すことなく標識の有無が確認でき、移動生態調査等の標識手法としては極めて有用であると判断された⁴⁸⁾。

アカウニの棘色で放流種苗を識別する方法は、種苗に標識時の負担がなく自然の結果が得られることがメリットである。種苗生産施設を持つ県で近年実施されており、たとえば放流種苗を赤棘、白棘とした場合、事前に放流地点での天然アカウニの棘色の比率（赤：白：紫）を調査し、全数取上げでの紫棘の数と天然の比率をもとに天然の赤棘、白棘を差し引いて放流赤ウニの生残個数を推定している³⁾。同様な理由で種苗生産時期が重なる事を利用してアカウニとパフンウニの交雑種を放流種苗として使用した例もある²²⁾。

2) 放流サイズ

小型サイズ（10mm以下）放流での約1年後の生残率は、殆どの事例で1桁台であり^{3, 23)}、放流種苗のサイズは最低10mm以上必要と考えられた^{11, 24, 55)}。

サイズ別（殻径10, 15, 20mm）の放流試験（水深3～4m, 5×5mの人頭大投石の人工礁）結果では、約1ヶ月後の生残率はそれぞれ41.4%, 84.4%, 96.8%となり、20mmサイズでは放流直後の減耗がほとんど見られなかったのに対し、10mmサイズでは1/2以下の生残率であった。さらに、種苗の活力（反転能力の差、大型ほど早く起き上がる）、漁業者が放流を行うときの海況、投資効率等を含め総合的に判断した場合、放流サイズは、15mmよりも20mmが望ましいと考えられた⁴⁸⁾。

3) 放流時期

ウニの行動を重視した場合には、時期的にはウニの逃避行動が活発となる水温15℃以上での放流が適期¹¹⁾となるが、食害種に注目した場合には、最低水温期の2月下旬（水温11.6℃）の放流での好事例（平均殻径15.4mm, 23.4mmの2群、各1,500個を船上からばらまきで放流、6月上旬に回収、生残率は小型群で49.2%、

大型群で90.3%であった。放流時の潜水観察ではベラ、クサフグ等は全く姿を見せず、着底した稚ウニはすぐ石の下に隠れた。水温が15℃を超える時期にはこのようなばらまき放流では食害種がすぐにたくさん集まり、稚ウニを盛んに食害するのが観察されている）が参考となる³²⁾。

4) 放流場所

放流場所は投石、転石、ザブトン籠等の食害種からの隠れ場の多い石場が適地と考えられ²⁴⁾、さらに水深が2m以深（台風の波浪に安定）で餌となる寄り藻や下草の豊富な場所であることが条件となる¹¹⁾。

5) 放流方法

放流前にイシガニなどの食害動物の駆除を行なうことが留意点として挙げられている¹¹⁾が、実際には実行されている地先は稀と思われる。小型種苗ではハンドリングでの減耗が大きく、取り扱いには特に注意が必要であり、放流に際しては直前の取り上げと速やかな作業が求められる⁴⁵⁾。船上からのばらまき放流の是非を調査した試験では（殻径10, 15, 20mmの3サイズ）、10mmサイズでは正逆どちらに着水しても着底時には口部が上向きの裏返し状態になり、さらに3分を超えても反転できない個体が約10%も見られた。このように、船上からのばらまき放流では放流直後のカニ、ヒトデ、魚類等の食害による初期減耗が小型サイズほど大きく、潜水しての丁寧な放流の必要性が明らかとなった⁴⁸⁾。

6) 移動

殻径12mmサイズの放流試験での移動距離は、放流1ヶ月後で大半が5～10m以内^{17, 55)}、これより小型の平均殻径7mmサイズでは1年後の平均移動距離は4m内外と推定され⁴⁶⁾、本種は非常に定着性が強いといえる。このため過度の集中放流により付近の海藻が摂餌し尽くされ磯焼けの状態に陥り漁獲時に見入り不良となる場合があり、放流密度については注意が必要である²⁾。

7) 成長

放流場所の餌料環境および水温（適水温16～22℃）が大きく影響する。福岡県玄海々域では10mm種苗を放流し50mm漁獲サイズまでに要する期間は、藻類が周年豊富で底質が玉石・転石礁である漁場ではわずか1.1年、ついで玉石礁のガラモ場（アラメ寄り藻場）で1.5年、岩礁帯のアラメ場で1.9年、3～6月に藻類がきわめて貧相になる岩礁帯で3年を要することがわかった。放流に当たっては餌料海藻が周年豊富な間隙の多い玉石や転石域に放流するのが効果的であり、放流事業の効果は漁場選定の如何によるといえる^{7, 53)}。

8) 経済効果

これまでに蓄積された試験結果をもとに、総合的に最も経済効果の上がると考えられる放流サイズは20mm前後と考えられる^{32,48)}。

養 殖

種苗生産技術の発達で養殖用種苗の確保は安定しており、現在養殖が各地で実施されている。技術的な面では問題がないものの、餌料海藻の確保については天然の藻場から採取している場合が多く、その採取量如何では磯漁場の荒廃が懸念される。

福岡県玄海々域での事業化に向けての養殖試験結果では、殻径10mm（福岡県栽培公社での出荷サイズ）から出荷サイズの殻径50mmまでには約780日が必要で、この間1個体当たり約520gの餌料藻（アラメ）が必要であった。また、付着器（ポリエチレン製の車えび養殖用スノコ）の設置は高密度飼育を可能とし、さらに成長促進、籠の動揺による減耗防止対策にも役立つことがわかった。経済性の試算では、管理を2名で行い、毎年10mm 2万個の種苗を2ヵ年養成し50mmで出荷すれば高い経済効果が得られる可能性が示唆された。ただ、養殖規模の拡大に伴い天然餌料の大量採取からくる磯漁場の荒廃が心配され、代替餌料として低温期の乾しアラメや陸上草（ギンギシ、タンポポ）の併用、配合飼料の利用についての検討が必要と考えられた^{51,54)}。海上養殖では揺れ防止対策が不可欠であり、付着版を垂直に設置し間隔を狭くすることや、餌料海藻の詰め込みで減耗を防止できた。また、大雨による塩分低下、浮泥流入が発生する海域を避けることが必要である。収容密度は養殖籠の規模よりも付着可能面積（アカウニ1個体の占有面積を最長棘間長の二乗に設定すると良い）に左右され、付着版を垂直に多設することで高密度育成の可能性が示唆された^{26,51,54)}。

その後、夏場の代替餌料として輸入乾燥海藻（エクロニア）やススキが利用できることがわかり⁶⁾、最近では養殖コンブを餌料として使用し天然海藻への依存を少しでも軽減しようとする努力がなされている⁴⁾。

文 献

- 1) 秋山敏男・山本剛史・鶴沼辰哉・篠原直哉 (2001) : アカウニ餌料としてのアラメ栄養価の季節、海域および葉体部位による変化。水産増殖, 49 (4), 475-482.
- 2) 青戸 泉・藤崎 博・岡山英史 (2003) : 放流効

- 果調査(1) アカウニの放流効果調査。平成14年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 145-146.
- 3) 荒巻 裕・古賀秀昭 (2003) : 定着種栽培漁業技術確立事業。平成14年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 42 -43.
- 4) 広瀬 茂・古川泰久 (2003) : コンブ種苗健全育成・管理試験。平成14年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 221-222.
- 5) 藤井修生・寺尾百合正・角田信孝・水津洋志 (1971) : 異型ブロックによる有用生物増集効果。投石事業効果認定報告書, 2.
- 6) 藤井修生 (1991) : アカウニ餌料試験。平成2年度山口県外海水産試験場事業報告, 121-123.
- 7) 二島賢二・伊藤輝昭・岸本源次 (1987) : 磯根複合種の漁場造成に関する研究-I。大規模増殖場事業効果調査, 昭和60年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 221-236.
- 8) 異儀田和弘・谷 雄策・西田隆英 (1974) : アカウニ種苗生産研究-Ⅲ 稚ウニの餌料。昭和46, 47年度佐賀県水産試験場事業報告, 30-33.
- 9) 今井利為・新井章吾 (1986) : アカウニの食性と摂餌量について。水産増殖 34 (3), 157-166.
- 10) 今井利為 (1987) : 昭和61年度地域重要新技術開発促進事業結果報告書, 魚介類の初期へい死防除技術, アカウニ種苗の生息条件に関する研究, 神奈川県水産試験場。
- 11) 今井利為 (1988) : 昭和62年度地域重要新技術開発促進事業結果報告書, 魚介類の初期へい死防除技術, アカウニ種苗の生息条件に関する研究, 神奈川県水産試験場。
- 12) 今井利為・新井章吾 (1994) : 神奈川県毘沙門におけるアカウニのすみ場特性。水産増殖 42 (2), 307-313.
- 13) 今井利為 (1995) : 本州中部におけるウニ類の増殖に関する研究。神奈川県水産試験場論文集第6集, 神奈川県水産試験場。
- 14) 稲田善和・中村光治・太刀山 透・深川淳平・篠原直哉・福澄賢二 (1999) : 地域特産種量産放流技術開発事業報告書 (定着性グループ), 平成7~9年度まとめ, 福岡県水産海洋技術センター。
- 15) 井上 泰・中村達夫・角田信孝・寺尾百合正・重宗新次・西村忠泰 (1969) : 天然漁場におけるウニ類の生態と漁場環境に関する調査研究。昭和41~43年度指定調査研究総合助成事業磯根資源調査

- 研究報告書（総括），3-37.
- 16) 角田信孝・寺尾百合正・井上 泰・中村達夫 (1969)：磯根重要生物の種苗生産研究. 昭和43年度外海水産試験場事業報告, 7-8.
 - 17) 角田信孝・中村達夫 (1975)：ウニ類の種苗生産と放流調査. 昭和49年度山口県外海水産試験場事業報告, 23-25.
 - 18) 角田信孝 (1977)：ウニ類の種苗生産研究. 昭和51年度山口県外海水産試験場事業報告, 35-38.
 - 19) 角田信孝・松浦秀喜・大内俊彦・由良野範義・有蘭真琴・道中和彦 (1978)：ウニ類の種苗放流調査. 昭和52年度山口県外海水産試験場事業報告, 48-53.
 - 20) 角田信孝 (1978)：ウニ類の種苗生産に関する研究—Ⅳ底棲移行後の稚仔の飼育. 山口県外海水産試験場研究報告, 16, 23-31.
 - 21) 角田信孝・大内俊彦・由良野範義・道中和彦 (1980)：ウニ類の種苗放流調査. 昭和53年度山口県外海水産試験場事業報告, 37-40.
 - 22) 角田信孝・由良野範義・大内俊彦 (1981)：ウニ類の種苗放流調査. 昭和54年度山口県外海水産試験場事業報告, 43-47.
 - 23) 角田信孝・由良野範義・大内俊彦 (1982)：ウニ類の種苗放流調査. 昭和55年度山口県外海水産試験場事業報告, 60-65.
 - 24) 角田信孝・由良野範義・大内俊彦・河村 工・五嶋 繁 (1983)：ウニ類の種苗放流調査. 昭和56年度山口県外海水産試験場事業報告, 58-63.
 - 25) 角田信孝・由良野範義 (1983)：アカウニの種苗放流調査. 昭和57年度山口県外海水産試験場事業報告, 56-60.
 - 26) 角田信孝・木村 博・能美久夫・村田 実 (1985)：アカウニの種苗生産試験. 昭和59年度山口県外海水産試験場事業報告, 69-74.
 - 27) 角田信孝 (1989)：アカウニの年齢形質と成長. 日本水産学会誌, 55 (11), 1899-1905.
 - 28) 角田信孝・由良野範義・水津洋志・道中和彦 (1992)：平成3年度放流技術開発事業報告書（放流漁場高度利用技術開発事業ウニ・アワビ類），山口県外海水産試験場.
 - 29) 角田信孝・由良野範義・水津洋志・道中和彦 (1993)：平成4年度放流技術開発事業報告書（放流漁場高度利用技術開発事業ウニ・アワビ類），山口県外海水産試験場.
 - 30) 角田信孝・水津洋志・由良野範義 (1995)：アカウニに対する褐藻類3種の餌料価値. 山口県外海水産試験場研究報告, 25, 30-34.
 - 31) 木嶋久登・由良野範義・道中和彦・松尾圭司 (2000)：平成10年度栽培漁業技術開発事業（定着性種）報告書（アカウニ，エゾアワビ），山口県外海水産試験場.
 - 32) 木嶋久登・由良野範義・道中和彦・松尾圭司 (2001)：平成11年度栽培漁業技術開発事業（定着性種）報告書（アカウニ，エゾアワビ），山口県外海水産試験場.
 - 33) 松井 魁 (1966)：ウニの増殖. 水産増養殖叢書 12, 日本水産資源保護協会, 東京, 103.
 - 34) 中村達夫・芳永春夫 (1962)：山口県外海産のウニについて. 水産増殖, 9 (4), 189-200.
 - 35) 中村達夫・井上 泰・寺尾百合正・重宗新次・佐竹武元 (1968)：ウニ類を対象とした投石事業の効果. 漁場改良造成事業効果認定調査報告書, 6-9.
 - 36) 中村達夫・角田信孝・寺尾百合正・藤井修生・西村忠泰・重宗新次 (1970)：貝類稚貝の放流と蛸集効果調査. 昭和44年度磯根資源調査報告書, 18.
 - 37) 中村達夫・角田信孝 (1973)：異型ブロックによる有用磯根生物の蛸集効果について. 昭和47年度投石事業効果認定調査報告書, 6.
 - 38) 野口弘三 (1999)：佐賀県玄海海域におけるアワビ，ウニ類について. 佐賀県玄海水産振興センター News 4号, 10-13.
 - 39) 大島 広 (1962)：ナマコとウニ. 老鶴圃新書, 東京, 208.
 - 40) 椎野季雄 (1969)：水産無脊椎動物学. 培風館, 東京, 345.
 - 41) 水津洋志・由良野範義・角田信孝・能美久夫・中村圭吾 (1990)：平成元年度放流技術開発事業報告書（放流漁場高度利用技術開発事業アカウニ・アワビ類），山口県外海水産試験場.
 - 42) 水津洋志・角田信孝・道中和彦・松尾圭司 (1994)：平成5年度放流技術開発事業報告書（放流漁場高度利用技術開発事業ウニ・アワビ類），山口県外海水産試験場.
 - 43) 水津洋志・角田信孝・松尾圭司 (1995)：平成6年度放流技術開発事業報告書（放流漁場高度利用技術開発事業ウニ・アワビ類），山口県外海水産試験場.

- 44) 水津洋志・角田信孝・松尾圭司 (1996) : 平成 7 年度放流技術開発事業 (定着性種) 報告書 (アカウニ, エゾアワビ), 山口県外海水産試験場.
- 45) 水津洋志・門永圭史・松尾圭司 (1997) : 平成 8 年度放流技術開発事業 (定着性種) 報告書 (アカウニ, エゾアワビ), 山口県外海水産試験場.
- 46) 水津洋志・藤井修生・井手尾 寛・松尾圭司・小島茂明 (1998) : 平成 9 年度栽培漁業技術開発事業 (定着性種) 報告書 (アカウニ, エゾアワビ), 山口県外海水産試験場.
- 47) 水津洋志・角田信孝・藤井修生・井手尾 寛・門永圭史・松尾圭司・小島茂明 (1999) : 地域特産種量産放流技術開発事業報告書 (定着性グループ), 平成 7 ~ 9 年度まとめ, 山口県外海水産試験場.
- 48) 太刀山 透・深川淳平・岩淵光伸・福澄賢二・小島茂明 (2001) : 平成11年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, 18-23.
- 49) 内場澄夫・山本千裕 (1983) : 未利用天然アカウニ・ムラサキウニの商品化試験-I, 生殖腺不良ウニ類の短期養殖による商品化の検討, 昭和56年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 79-88.
- 50) 内場澄夫・山本千裕 (1984) : アカウニ人工種苗の放流技術に関する研究-I, 昭和57年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 167-173.
- 51) 内場澄夫 (1984) : アカウニ養殖試験-I, 昭和57年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 175-180.
- 52) 内場澄夫・山本千裕 (1984) : ウニ類の生息生態に関する研究, 昭和57年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 181-190.
- 53) 内場澄夫・山本千裕 (1985) : アカウニ人工種苗の放流技術に関する研究-II, 放流アカウニの回収率及び放流事業の経済性の検討, 昭和58年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 99-103.
- 54) 内場澄夫 (1985) : アカウニ養殖試験-II, 昭和58年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 105-112.
- 55) 鷲尾真佐人・柴山雅洋 (2002) : 定着種栽培漁業技術確立事業, 平成12年度佐賀県玄海水産振興センター業務報告, 35-38.
- 56) 由良野範義・陣之内征龍・角田信孝・能美久夫・中村圭吾 (1988) : 昭和63年度放流技術開発事業報告書 (放流漁場高度利用技術開発事業あわび・うに類), 山口県外海水産試験場.
- 57) 増殖場造成指針作成委員会編 (1982) : ウニ類, 増殖場造成指針, 地球社, 東京, 163-252.

山口県水産研究センター研究報告 第5号

2007 年 3 月発行

編集・発行者 山口県水産研究センター

〒759-4106 山口県長門市仙崎 2861-3

TEL: 0837-26-0711 FAX: 0837-26-1042

E-mail: a16402@pref.yamaguchi.lg.jp

<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/soshiki/125/21871.html>

外海研究部 (同上)

内海研究部 〒754-0893 山口市秋穂二島 437-77

TEL: 083-984-2116 FAX: 083-984-2209

E-mail: a16403@pref.yamaguchi.lg.jp
