

BULLETIN
OF
YAMAGUCHI PREFECTURAL FISHERIES RESEARCH CENTER

No. 2
March, 2004

山口県水産研究センター研究報告
第 2 号
平成 16 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最近30年間の水温変動	和西昭仁	1
山口県大島水道域における小型エビ類幼生の加入	檜山節久・木村 博・安部 謙	7
コシナガ <i>Thunnus tonggol</i> とクロマグロ <i>Thunnus thynnus</i> の幼魚期における形態的差異	小林知吉	15
山口県日本海産クロマグロ <i>Thunnus thynnus</i> への <i>Didymocystis wedli</i> の寄生状況	小林知吉	19
日本海南西海域産イトヨリダイ <i>Nemipterus virgatus</i> の性比	小林知吉	23
ホソトビウオ (<i>Cypselurus hiraii</i> Abe) の資源生物学的研究	河野光久	27
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的特徴的変化	河野光久・齋藤秀郎	77
1998~2002年の山口県日本海沿岸域における魚群分布	河野光久・渡辺俊輝・繁永裕司	87
山口県日本海沿岸域に出現する春季の流れ藻とそれに付随する稚魚	河野光久・齋藤秀郎	95
人工生産および天然産アサリの性比	松野 進・中野義久・天社こずえ	101
配合飼料投与により屋内水槽で飼育したクルマエビの成熟	松野 進・吉松隆司	105
山口県樺野川河口域で採集されたカイガラアマノリ：2, 3の性状と養殖試験	宮後富博・安成 淳	113
クルマエビ受精卵のヨード消毒によるPAVの予防	桃山和夫・谷村利克	117
日本海山口県沖で漁獲されたクロマグロに寄生していたディディモゾーン数種	桃山和夫・小林知吉	125
山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究—I		
宇田郷沖に沈設された間伐材魚礁の効果及び耐用年数	河野光久・渡辺俊輝・吉岡貞範・繁永裕司	133
山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究—II		
野波瀬地先に沈設された間伐材魚礁の魚類増集効果及び耐用年数	河野光久・渡辺俊輝	139
山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究—III		
小串沖に沈設された間伐材魚礁の魚類増集効果及び耐用年数	河野光久・渡辺俊輝・山本健也	145
山口県瀬戸内海における魚価動向とその類型化	木村 博	151
抄 録		
山口県沖合海域における地衡流近似	渡辺俊輝	159
山口県萩市沖の表面水温変動	渡辺俊輝	160
対馬海峡蓋井島で観測された内部潮汐の特徴	千手智晴・渡辺俊輝	161
台風によって引き起こされた山陰沿岸水温の急低下現象	千手智晴・渡辺俊輝	162
日本海山陰沿岸水温にみられる十年スケール変動	千手智晴・渡辺俊輝・繁永裕司	163
Freshwater and temperature transports through the Tsushima-Korea Straits (対馬—韓国海峡を通過する淡水及び熱量)	Atsuhiko ISOBE, Mitsuru ANDO, Toshiteru WATANABE, Tomoharu SENJYU, Shigehiko SUGIHARA, and Atsuyoshi MANDA	
(磯辺篤彦・安藤 充・渡辺俊輝・千手智晴・杉原滋彦・万田敦昌)		164
対馬海峡周辺域における近年の海況変動特性と漁況について	渡辺俊輝・吉田幹英・秋元 聡・廣田健一郎	165

山口県周防灘海域における最近30年間の水温変動

和西昭仁

Variations of water temperature during the recent 30 years in the Suo-Nada region off Yamaguchi Prefecture in the western Seto Inland Sea

Akihito WANISHI

The variations of water temperature in the Suo-Nada region were analyzed using the monthly data which were obtained at 20 stations from 1972 to 2003. Twelve months running means of water temperature showed the periodic variations, and increased gradually as a whole. Increases of water temperature for the recent 30 years were estimated 0.71°C ($0.024^{\circ}\text{C}/\text{year}$) at the surface layer and 0.69°C ($0.023^{\circ}\text{C}/\text{year}$) at the bottom layer. The periods of variations longer than 1 year were estimated about 2, 4 and 14 years by the spectroscopic analysis (Maximun Entropy Method).

The air temperature around the Suo-Nada region also showed the synchronous variations with the water temperature in that area, suggesting that each phenomenon correlated closely.

Key words : variations of water temperature ; spectroscopic analysis ; Suo-Nada

先進諸国の中で我が国ほど公的機関による海洋定線観測が継続されているのは特異的で、地球環境問題に深く関わっている海洋の役割を明らかにすることは今や緊急の課題となっている¹⁾。また、地球の温暖化が問題にされ、「昔よりも海水温が上がった」という話もしばしば耳にするようになった^{2-5), 8)}。そうした背景の下、海洋調査を実施している機関においては、海水温が実際にはどの程度変化し、生物にどういったインパクトを与えてきたかを明らかにする必要性が生じている。

重田ら⁵⁾は広島湾に出現する魚類を調査し、温暖化の進行に伴って暖海性魚類や外海性魚類が多数出現するようになり、その傾向は今後も加速するであろうと予想している。事実、山口県の周防灘海域においても、従来はあまり見かけなかったナルトビエイ等がしばしば目撃されるようになったり、小型サイズの個体が主であったメジナ等も、近年では比較的大型サイズの個体まで見られるようになった。

山口県では、昭和47年度に周防灘で浅海定線調査を開始し、平成13年度で30年の節目を迎えた。この間、吉岡⁶⁾は昭和48年から昭和59年までの調査結果を取り

まとめ、周防灘の海況が気象（特に気温）の影響を大きく受けながら変動していることを統計的に明らかにした。

そこで今回、筆者はこれまでの浅海定線調査の結果をあらためて取りまとめ、山口県の周防灘海域における水温の長期変動傾向を解析したので、その結果について報告する。

資料と方法

1. 水温データの基本集計

今回用いたデータは、図1に示す浅海定線調査の調査点（●印の20点、緯度・経度は付表1のとおり）において、昭和47年4月から平成15年3月までの各月に得られた表層と底層（底上1 m層）の水温値である。本来なら372ヶ月分であるが、期間中に2ヶ月の欠測があったため、370ヶ月分のデータとなる。

なお、水温の測定は、昭和47年4月から平成10年10月までは棒状温度計、平成10年11月以降はメモリーSTD計（アレック電子(株)製、AST-500）によって行った。

また、当該調査は原則として毎月上旬に行ったが、荒天の影響で中旬や下旬にずれ込むこともあった（調

査を実施した370ヶ月のうち42ヶ月（11%）。そうした影響をできるだけ排除するため、実際の水温値から線形補間によって各月1日の調査点ごとの水温値を求めた。それを各月ごとに全調査点で平均し、各月における水温の基本データセットとした。

次に、このデータに12ヶ月移動平均を施し、季節変動成分を除去した。さらに、72ヶ月移動平均を施し、72ヶ月（6年）よりも長い周期の変動を調べるデータセットとした。また、12ヶ月移動平均水温から72ヶ月移動平均水温を差し引き、1～6年の周期の変動を調べるデータセットも作成した（表1）。

2. 水温の変動傾向の把握

12ヶ月移動平均水温を一次の回帰直線で近似し、30年間の水温変化と年間の変化率を調べた。また、最大エントロピー法（Maximun Entropy Method）によって、12ヶ月移動平均水温から72ヶ月移動平均水温を差し引いたデータセット（表1-⑤）から1～6年の変動周期を、また72ヶ月移動平均水温データセット（表1-④）から6年より長い変動周期を求めた。

さらに、各月の水温の長期的な変化傾向を調べるため、昭和48年1月から平成14年12月までの30年間のデータを、前半15年間（昭和48～62年）と後半15年間（昭和63年～平成14年）に区分して、①月別水温、②水温が10℃を下回った月数、③水温が25℃を上回った月数を比較した。

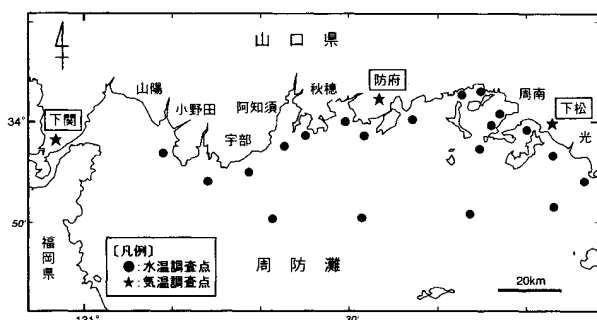


図1 浅海定線調査（山口県実施分）における水温の調査点（●）及び気象庁による気温の調査点（★）。

表1 集計されたデータの種類と期間

データの種類	データの期間
① 観測データ	S47.4～H15.3（370ヶ月）
② 毎月1日換算値	S47.5～H15.3（371ヶ月）
③ 12ヶ月移動平均値	S47.10～H15.9（360ヶ月）
④ 72ヶ月移動平均値	S50.9～H11.9（289ヶ月）
⑤ 12ヶ月移動平均値 －72ヶ月移動平均値	S50.9～H11.9（289ヶ月）

3. 気温データの集計及び変動傾向の把握

吉岡⁶⁾によると、周防灘の水温は気象とりわけ気温との関係が強いとされる。そこで、水温と気温との関係を調べるため、気象庁のWEBサイト「電子閲覧室（URL <http://www.data.kishou.go.jp/>）」から、山口県周防灘周辺の下関市・防府市・下松市（図1の★印、緯度経度等は付表2のとおり）の月平均気温のデータを入手した。

入手したデータの期間は、下関市が昭和47年5月～平成15年3月、下松市及び防府市が昭和54年1月～平成15年3月である。これらについても、上述の方法で移動平均によるデータセットを作成し、変動周期や各月の気温等を比較した。

4. 水温と気温との関連性の検討

水温変動と気温変動との間の関連性を検討するために、12ヶ月移動平均値から近似直線による計算値を差し引いた残差を求め、表層水温、底層水温、気温（下関市）を比較した。

結 果

1. 水温の基本集計結果

各月1日の水温は図2のように推移した。

昭和47年以降、各年の最高水温は、表層では24.5～29.7℃、底層では22.0～26.6℃、最低水温は、表層では7.4～10.8℃、底層では7.3～10.6℃の範囲で推移した。

このうち、昭和58年度の冬季には、低水温の影響でクロダイなどがへい死したり、春の漁に遅れが出るなどの影響が出た⁷⁾。

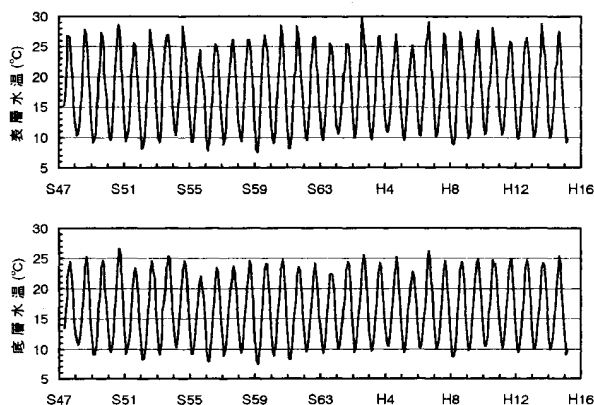


図2 山口県周防灘海域における各月1日の表層水温（上）と底層水温（下）の推移（S47.5～H15.3）。

2. 水温の変動傾向

(1) 移動平均水温の推移

12ヶ月移動平均水温及び72ヶ月移動平均水温は図3のように推移した。

12ヶ月移動平均水温は、表層・底層ともに数年程度の周期からなる明白な「小変動」を繰り返し、近似直線も傾きが正の値となったことから、全体として上昇傾向であった。ただし、単調に増加しているわけでもなく、昭和50年代の後半にはやや低い時期が見られた。また、昭和51～58年頃及び平成6～9年頃には変動の振幅が比較的大きかった。

近似直線（図3上図の点線）から、30年間に表層では 0.71°C 、底層では 0.69°C 、それぞれ水温が上昇していると見積もられ、これはそれぞれ $0.024^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 、 $0.023^{\circ}\text{C}/\text{年}$ の上昇率に相当する。

一方、72ヶ月移動平均水温は、表層・底層ともに昭和50年以降緩やかな低下傾向にあったが、昭和58年に極小値となった後は緩やかな上昇に転じるという「V字型」の変動を示して現在に至っている。

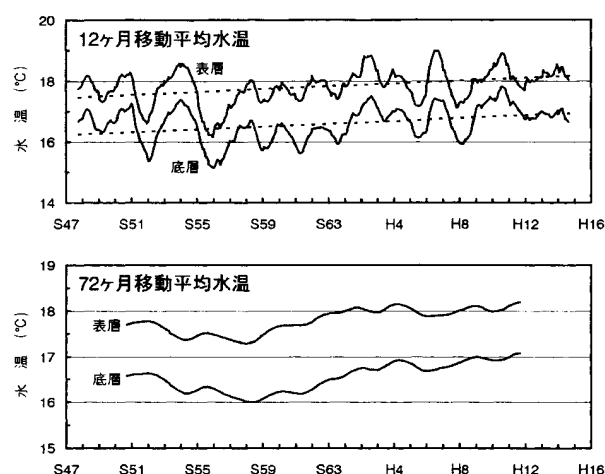


図3 山口県周防灘海域における12ヶ月移動平均水温（上）と72ヶ月移動平均水温（下）の推移。

表2 水温変動の周期成分

区 分	時 間 ス ケ ール	
	1～6年	>6年
表層水温	4.0年 及び 2.0年	13.9年
底層水温	4.0年 及び 2.3年	13.9年

(2) 水温の変動周期

水温の変動周期は表2のように求められた。

1～6年の時間スケールにおいては、およそ4年と2年の共通した周期成分が得られ、いずれも4年のスペクトルのほうがピークが大きかった。

一方、6年を超える時間スケールについても、14年の共通した周期成分が得られた。

(3) 月別水温の変化

30年間を前半15年間（昭和48～62年）と後半15年間（昭和63年～平成14年）に区切った場合、表層における月別平均水温は図4のとおりであった。

後半の値から前半の値を差し引いた差が最大となったのは3月（ 0.99°C ）、最小となったのは7月（ -0.40°C ）であった。期間的に見ると、12～4月は後半のほうが約 1°C 上昇しているのに対し、6～8月についてはほぼ同じか後半のほうがわずかに低下していた。

また、水温が 10°C を下回った月数、 25°C を上回った月数（表3）については、 10°C を下回った月数は前半に比べ後半では半分以下になったが、 25°C を上回った月数はほとんど変化がなく、上述の結果と呼応した結果となった。

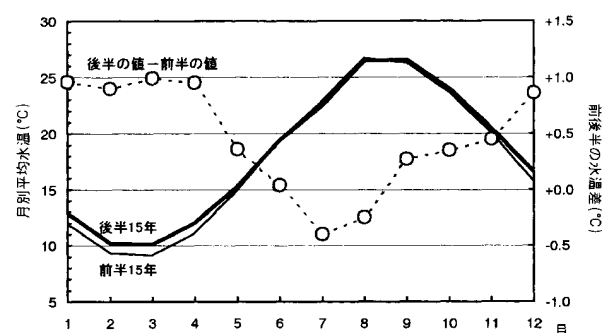


図4 前半15年間（細実線）と後半15年間（太実線）における表層の月別平均水温の推移。

表3 前半・後半各15年間の水温の比較

	水温 $<10^{\circ}\text{C}$	
	S48～S62年	S63～H14年
表層水温	24ヶ月(13%)	11ヶ月(6%)
底層水温	27ヶ月(15%)	11ヶ月(6%)
	水温 $>25^{\circ}\text{C}$	
	S48～S62年	S63～H14年
表層水温	29ヶ月(16%)	28ヶ月(16%)
底層水温	4ヶ月(2%)	4ヶ月(2%)

3. 気温の変動傾向

(1) 移動平均気温の推移

県内の3地点（下関、防府、下松）における12ヶ月移動平均気温、72ヶ月移動平均気温の時系列を図5に示した。

12ヶ月移動平均気温は、水温と同様に数年程度の周期からなる明白な小変動を繰り返し、近似直線も傾きが正の値となったことから、全体として上昇傾向であった。ただし、水温の場合は昭和55年頃にかなり低下しているのに対し、気温の場合はこの時期それほど低下していなかった。

一方、72ヶ月移動平均水温は、水温のようなV字型の変化ではなく、期間を通じてほぼ単調に上昇している傾向が見られた。

(2) 気温の変動周期

下関市における気温の変動周期は表4のように求められた。

1～6年の時間スケールにおいては、およそ4年と2年の周期成分が得られ、4年のスペクトルのほうがピークが大きかった。

一方、6年を超える時間スケールについては、水温よりも短い周期成分（8.3年）が得られた。

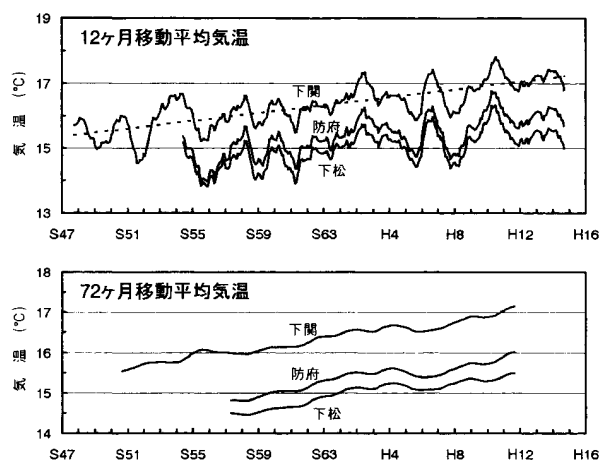


図5 山口県内3地点の月平均気温の12ヶ月移動平均値（上）と72ヶ月移動平均値（下）の推移。

表4 下関市における気温変動の周期成分

地 点	時 間 ス ケ ール	
	1～6年	>6年
下関市	4.0年 及び 1.9年	8.3年

(3) 月別気温の変化

下関市における月平均気温を前半15年間（昭和48～62年）と後半15年間（昭和63年～平成14年）に区切った場合、月別平均気温は図6のとおりであった。

気温は全ての月で上昇しており、中でも差が最大となったのは1月（1.49℃）、最小となったのは6月（0.59℃）であった。また、期間的に見ると12～4月の温暖化が目立った。

下関市において、月平均気温が10℃を下回った月数、25℃を上回った月数（表5）については、10℃を下回った月数は前半に比べ後半では減少したが、25℃を上回った月数は前半に比べ後半では増加した。

4. 水温と気温との関連性

これまでに得られた表層及び底層の12ヶ月移動平均水温、下関市における12ヶ月移動平均気温を比較すると、小変動の山や谷の位置はよく一致しているが、気温の全体的な上昇傾向が水温よりも急であることが分かった（図3、図5）。

そこで、水温と気温の12ヶ月移動平均値について、それぞれの近似直線からの偏差を計算したところ、図7のような関係が得られた。

当然ながら時系列はいずれも0の周りで変動し、およそ-1.5℃～+1.0℃の範囲にあった。また、各々の変

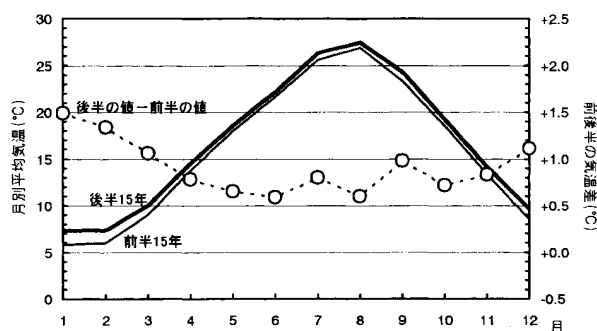


図6 前半15年間（細実線）と後半15年間（太実線）における下関市の月別平均気温の推移。

表5 前半・後半各15年間の月平均気温の比較

気温<10℃		気温>25℃	
S48～S62	S63～H14	S48～S62	S63～H14
57ヶ月 (32%)	45ヶ月 (25%)	24ヶ月 (13%)	30ヶ月 (17%)

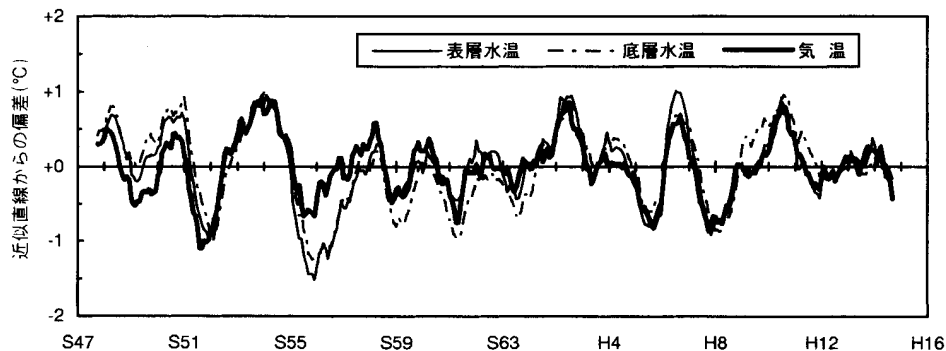


図7 水温（表層・底層）と気温（下関市）における12ヶ月移動平均の近似直線からの偏差の推移。

動の様子も互いによく関連しており、気温と表層水温の間には $r=0.84$ ($n=360$)、気温と底層水温の間には $r=0.76$ ($n=360$) と比較的高い相関が認められた。

ただし、昭和55～56年には気温の落ち込み方に比べて水温のそれは2倍程度も急であり、その後昭和58年頃になってようやく水温と気温が同程度になった。

考 察

12ヶ月移動平均水温の推移から、山口県の周防灘海域では、最近の30年間に表層で 0.71°C ($0.024^{\circ}\text{C}/\text{年}$)、底層で 0.69°C ($0.023^{\circ}\text{C}/\text{年}$) の水温上昇が確認された。近県においても、大分県の伊予灘海域（表層）³⁾ では $0.029^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 、別府湾海域（表層）³⁾ では $0.040^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 、広島湾海域（表層）⁸⁾ では30年間に約 1°C ($0.036^{\circ}\text{C}/\text{年}$) の水温上昇がそれぞれ報告されており、瀬戸内海西部海域の共通した現象となっていると思われる。ただし、山口県周防灘の場合、調査点ごとに細かく見てみると、表層では $0.011\sim 0.041^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 、底層では $0.005\sim 0.047^{\circ}\text{C}/\text{年}$ と水温の上昇率に大きな幅があり、こういった点についても今後検討を重ねていく必要がある。

全体的な水温の上昇傾向には、冬期の水温上昇が寄与しているという報告^{3), 8)} があるが、本報告でも特に12～4月の表層水温が上昇しており、また水温が 10°C を下回った月数も近年減少していることなどから、冬期の水温上昇が全体的に水温を押し上げていると考えられる。

一方、気温についても全体的に上昇傾向にあり、下関の場合、全ての月で温暖化していたが、12～4月の気温の上昇が目立ったことは水温と同様の傾向であった。

また、最大エントロピー法によるスペクトルから、表層水温、底層水温、気温それぞれにおよそ4年及び2年の周期成分が共通して見られた。これらが持つ意味については今のところ不明であるが、水温と気温が

互いによく関連していることがうかがえた。

また、水温から約14年の周期成分が検出されたが、スペクトル計算に用いたデータの期間が約24年しかないため、この周期を検討するためにはまだデータが少なすぎると思われる。地球温暖化のような長期の現象を解明するには、浅海定線調査を始めとする地道な調査の継続が強く望まれる。

今後は漁業生産等との関係で、水温の変動が生物に与えている（または与えてきた）影響について検討したい。

要 約

山口県の周防灘海域における水温データ（昭和47年4月～平成15年3月）を取りまとめ、水温変動について検討した。併せて、県内の気温データを取りまとめ、水温変動との関連性を調べた。

12ヶ月移動平均水温は、表層・底層ともに約数年周期の変動を繰り返し、その近似直線から計算すると、30年間に表層では 0.71°C ($0.024^{\circ}\text{C}/\text{年}$)、底層では 0.69°C ($0.023^{\circ}\text{C}/\text{年}$) 水温が上昇していた。

最大エントロピー法によるスペクトルからは、表層水温、底層水温、気温に共通しておよそ4年及び2年の周期成分が検出された。

30年間を前半と後半に分けて比較すると、表層水温では12～4月の上昇（約 1°C ）が目立ち、気温でも12～4月に上昇（約 $1.1\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ）が目立った。また、 10°C を下回った月数は水温、気温ともに減少し（冬期の温暖化）、 25°C を上回った月数は水温では変化なかったが、気温では増加した。

表層及び底層の12ヶ月移動平均水温、下関市における12ヶ月移動平均気温において、それぞれの近似直線からの偏差を計算すると、変動の様子が互いによく関連しており、気温と表層水温、気温と底層水温の間には比較的高い相関が認められた。

山口県の周防灘海域における水温は、かねてから指摘のあるとおり、気温と密接に関連しながら変動していることがあらためて明らかになった。

文 献

- 1) 友定 彰 (2002) : 海洋観測の継続を期待する。月刊海洋, **34** (11), 751-756.
- 2) 友定 彰 (2003) : 20世紀初めと終わりで日本の周りの海表面水温はどのように変わったのでしょうか。海生研ニュース, No.78, 4-6.
- 3) 田村勇司 (2003) : 伊予灘・別府湾の水温等の長期変動。AQUA NEWS. No.17, 4.
- 4) 山本昌幸 (2003) : 瀬戸内海中央部の備讃瀬戸における水温と塩分の長期変動。水産海洋研究, **67** (3), 163-167.
- 5) 重田利拓・吉川浩二・薄 浩則・石津敏之・徳村 守 (2003) : 7. 広島湾における暖海性魚類の出現とこれに伴う新たな問題。第5回広島湾研究集会プログラム。水産海洋研究, **67** (4), 261-277.
- 6) 吉岡貞範 (1987) : 周防灘の海況と水質の経年変化。山口県内海水産試験場報告。第15号, 39-44.
- 7) 吉岡貞範 (1986) : 昭和58年度冬の周防灘海域における低水温現象について。山口県内海水産試験場報告。第14号, 31-44.
- 8) 樽谷賢治 (2003) : 沿岸・内湾域における近年の水温上昇について。瀬戸内水研ニュース。No.10, 11-12.

付表1 水温の調査点の位置 (浅海定線調査)

St.	北 緯	東 経	St.	北 緯	東 経
1	33° 58' 48"	131° 25' 09"	11	33° 56' 54"	131° 53' 15"
2	33° 58' 06"	131° 22' 15"	12	33° 59' 36"	131° 50' 39"
3	33° 54' 24"	131° 17' 15"	13	33° 57' 54"	131° 45' 09"
4	33° 54' 06"	131° 13' 03"	14	33° 59' 42"	131° 46' 09"
5	33° 57' 24"	131° 08' 51"	15	34° 01' 10"	131° 48' 16"
6	33° 50' 18"	131° 21' 03"	16	34° 03' 12"	131° 44' 15"
7	33° 50' 36"	131° 31' 09"	17	34° 02' 30"	131° 42' 03"
8	33° 51' 24"	131° 43' 21"	18	34° 00' 42"	131° 36' 51"
9	33° 51' 54"	131° 53' 45"	19	33° 58' 36"	131° 31' 09"
10	33° 54' 12"	131° 57' 45"	20	34° 00' 12"	131° 29' 27"

付表2 気温の調査点の位置 (気象庁)

	下 関 市	防 府 市	下 松 市
北 緯	33° 56.9'	34° 01.8'	34° 01.3'
東 経	130° 55.5'	131° 32.1'	131° 52.4'
標 高	3 m	6 m	52 m
区 分	地上気象	アメダス	アメダス

(気象庁資料)

山口県大島水道域における小型エビ類幼生の加入

檜山節久・木村 博・安部 謙

Larval Recruitment of the Small Penaeid Shrimp Species in the Osima Strait,
in Yamaguchi Prefecture

Setsuhisa HIYAMA, Hiroshi KIMURA and Yuzuru ABE

小型エビ類は本県の小型底びき網漁業にとって主要な漁獲対象種であるが、近年、漁獲量は急激に減少しており、漁業関係者から早急に原因を究明してほしいとの要望が強い。山口県瀬戸内海に生息する小型エビ類のうち、産業的に重要なのはサルエビ *Trachypenaeus curvirostris*、トラエビ *Metapenaeopsis acclivis*、アカエビ *Metapenaeopsis barbata*、キシエビ *Metapenaeopsis dalei* の4種である。山口県伊予灘で漁獲される小型エビ類の種組成はキシエビが大部分を占めており、キシエビ資源の動向が当海域で操業する小型底びき網漁業の経営に及ぼす影響は大きい。資源変動機構を解明するにあたり、再生産過程のうち浮遊期については調査手法及び種の同定技術に困難が予想される。そこで、稚エビの着底期から漁獲加入期までの動向を明らかにすることにより、産卵期、移動、成長等に関する情報を得ることができ、生息環境との因果関係を解明する材料となるであろう。

キシエビの着底期から漁獲加入期までの初期生活史に関する知見は、今林¹⁾が周防灘東部で調査した例があるにすぎず、伊予灘における知見はない。そこで、まず大島水道域を調査漁場に選んで着底期幼生を採集する漁具及び方法を検討し、採集手法を確立させて小型エビ類幼生の着底時期等を明らかにした。また、サルエビ、アカエビ、キシエビの親エビから採卵して、ふ化幼生を飼育し変態過程ごとに系列標本作製したが、これについては別途報告する。本研究は水産庁の補助事業である特定研究開発促進事業により実施した。

材料と方法

調査は2000年6月～11月、2001年4月～2002年3月までの毎月1回行ったが、プランクトン調査は2000年のみ実施した。調査時間は日没から始めて約3時間を要した。2000年9月には昼夜間調査を実施した。

環境調査は毎月1回3定点でSTDにより1m間隔の水溫、塩分を観測し、2000年9月には調査海域内の9定点で採泥をして底土の粒度組成を調べた。

プランクトン調査は口径46cm、網の長さ180cm、ナイロン網GG54（目合い0.335mm）のプランクトンネットを用いて、夜間に表層を約1ノットの速さで10分間曳き、採集した試料は10%ホルマリン水で固定した。ソリネット調査は図1に示した採集器具を用いて夜間3定点において実施した。採集器具は間口120cmの鉄製桁網に長さ5mの袋網を取り付け、袋網の後端の1mにかぶせ網を取り付けた。袋網はナイロンもじ網220径（目合2.5mm）、かぶせ網はナイロン網（目合0.355mm）

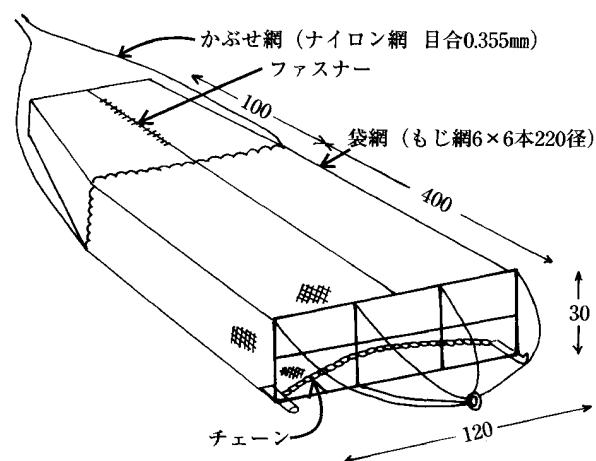


図1 ソリネットの仕様（単位：cm）

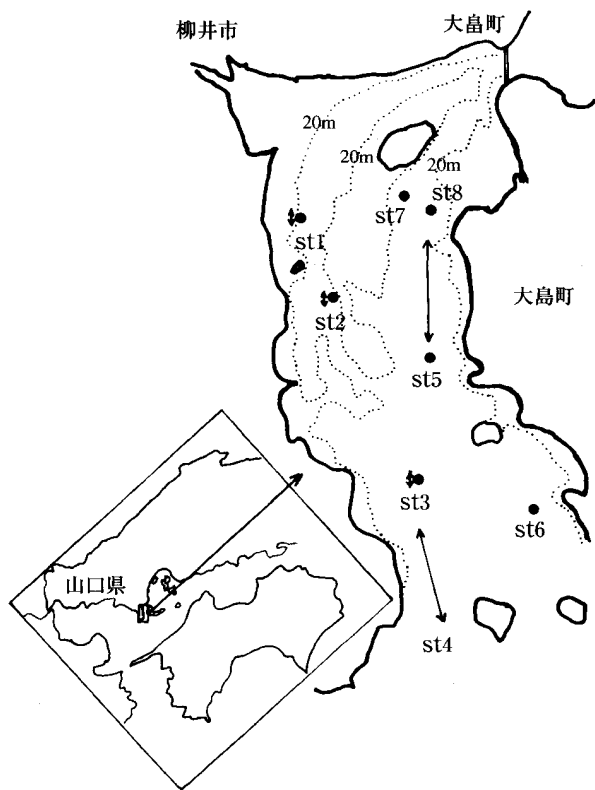


図2 調査地点 黒丸は採泥地点

を使用した。曳網方法はネットを海底までおろしてワイヤーを延ばした後、微速前進で船をネットをおろした位置に固定したままワイヤーを巻いてネットを取り上げた。1回の曳網距離は50～80m位で、採集した試料は10%ホルマリン水で固定した。えさびき網調査は小型底びき網第2種漁業（えさびき網漁業）で使用する漁具を用いて夜間に30～40分間曳網した。漁具は張竹の長さ12m、袋網の目合い18節で、採集物からエビ類を選別して水詰めにした。採集した試料は全て研究室に持ち帰り、小型エビ類4種を選別して、種類別に個体数、頭胸甲長、体長を測定した。

結 果

水底質環境調査 調査海域の大島水道域は室津半島と屋代島に囲まれた長さ13km、幅4kmの水道で、北東部は大島瀬戸、南部は平郡水道と接している（図2）。水道の北西部に柳井港が位置し、その前面は水深20m以浅の海域が広がっているが、屋代島側は急深になっており、水道の南側には40m以深の場所もある。

2000年6月～2002年3月までの、st2の底層における月別水温と塩分の推移は図3に示したように、水温は9月に23.9℃と最高になり、2月に11.0℃と最低となる。表層と底層の温度差は8月に2.1℃と最大にな

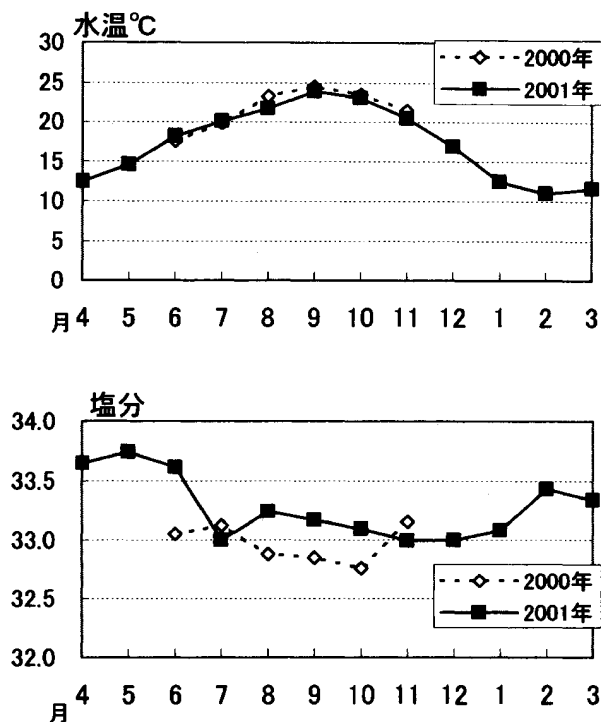


図3 st2における底層の水温、塩分

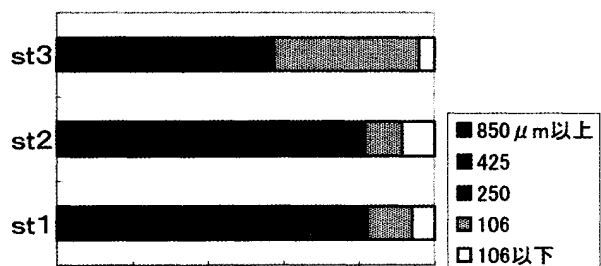


図4 調査定点における底質の粒度組成の重量比率

るが、全般にその差は小さく顕著な水温躍層はみられなかった。表層の塩分は7～1月にかけて低く、2月～6月にかけて高い傾向がみられたが、その差は0.5程度で顕著な低かん現象はみられなかった。

調査定点における底質の粒度組成は図4に示したように、st1とst2では0.85mm以上の粗い砂が40%前後を占めているのに対し、st3は粗い砂が少なく0.106mm以下の細かい砂が多い場所である。

プランクトンネット調査 プランクトンネット調査で採集された小型エビ類は、サルエビが9月に3尾、キシエビが10月に3尾で、頭胸甲長（以下CLとする）はいずれも0.9～1.1mmの範囲であった。そのほかに、スベスベエビ *Parapenaeopsis tenella*、マイマイエビ *Atypopenaeus stenodactylus*、ソコシラエビ *Leptochela gracilis*、マルソコシラエビ *Leptochela aculeocaudata* DAKIN&COLEFAX、ヒラツノモエビ *Latreutes planirostris*、テッポウエビ類 *Alpheus* sp.,

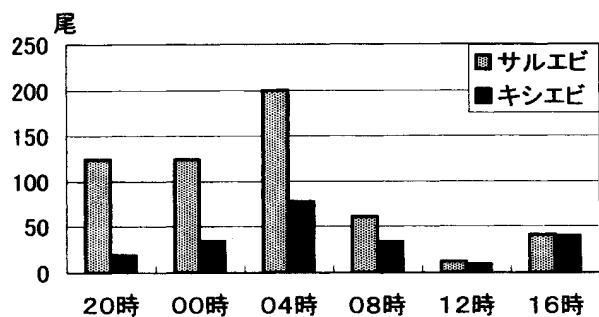


図5 ソリネットによる時刻別採集尾数の変化 (9月)

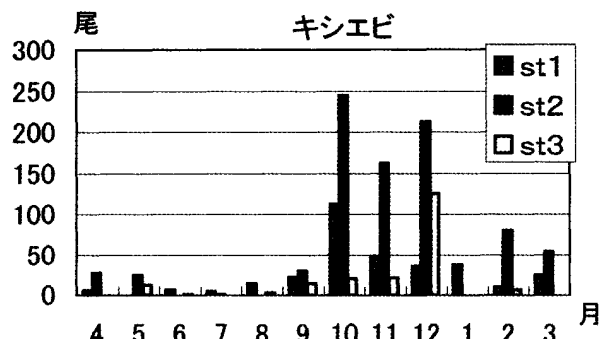
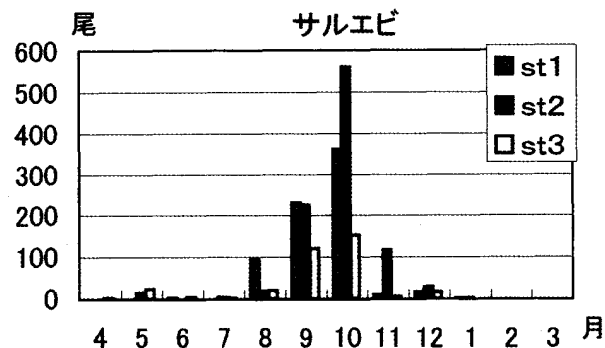


図6 ソリネットの袋網とかぶせ網で採集したサルエビの頭胸甲長の比較 (9月st1-st3)

図7 ソリネットで採集したサルエビ, キシエビの月別, 定採集尾数 (2001年4月~2002年3月)

表1 ソリネットで採集された小型エビ類の個体数 (2001年4月~2002年3月)

月日	定採	袋網			かぶせ網			月日	定採	袋網			かぶせ網		
		サルエビ	キシエビ	アカエビ	サルエビ	キシエビ	アカエビ			サルエビ	キシエビ	アカエビ	サルエビ	キシエビ	アカエビ
4月16日	st1	0	5	0	0	0	0	10月15日	st1	360	112	0	23	9	0
	st2	0	27	0	0	0	0		st2	560	244	0	4	1	0
	st3	1	0	0	0	0	0		st3	151	20	0	0	0	0
5月16日	st1	0	0	0	0	0	0	11月12日	st1	8	46	0	0	0	0
	st2	14	25	0	0	0	0		st2	116	162	0	0	0	0
	st3	23	12	0	0	0	0		st3	5	21	0	0	0	0
6月20日	st1	1	6	0	0	0	0	12月12日	st1	16	35	0	0	0	0
	st2	0	0	0	0	0	0		st2	28	212	0	0	0	0
	st3	3	1	0	0	0	0		st3	15	125	0	0	0	0
7月11日	st1	0	4	0	0	0	0	1月15日	st1	2	37	4	0	0	0
	st2	3	1	0	0	0	0		st2	1	0	2	0	0	0
	st3	1	0	0	0	0	0		st3	0	0	0	0	0	0
8月6日	st1	93	14	0	2	3	0	2月24日	st1	0	10	0	0	0	0
	st2	18	0	0	1	0	0		st2	0	80	6	0	0	0
	st3	19	3	0	4	0	0		st3	0	6	0	0	0	0
9月12日	st1	230	22	0	92	42	0	3月19日	st1	0	25	0	0	0	0
	st2	225	30	0	14	16	0		st2	0	54	20	0	0	0
	st3	119	14	0	14	8	0		st3	0	0	0	0	0	0
年計		2012	1353	32	154	79									

アシナガスジエビ *Palaemon ortmanni*, スジエビモドキ *Palaemon serrifer* などが採集された。

ソリネット調査 時刻帯の違いによるソリネット採集物の変化を見るため、4時間ごとに一昼夜にわたって行った採集調査の結果を図5に示した。時刻別にみるとサルエビ、キシエビとも午前4時にもっとも多くとれており、昼間に比べて夜間の方が数倍多くとれることがわかった。昼間と夜間に採集されたサルエビ、キシエビの大きさにはほとんど差はみられなかった。

ソリネットの袋網と、その外側に取付けたかぶせ

網で採集したサルエビの頭胸甲長組成を図6に示した。袋網で採集されたサルエビの最小個体はCL1.6mmであるが、かぶせ網ではCL1.2~2.0mmの個体が採集され、CL2mm以下の個体は目合い2.5mmの袋網から抜け出ることがわかった。

2001年4月から2002年3月まで毎月1回、延べ12回のソリネット調査で採集された小型エビ類は表1に示したようにサルエビ2012尾、キシエビ1353尾、アカエビ32尾であった。そのほかのエビ類では、スベスベエビ、ソコシラエビ、マルソコシラエビ、ヒラツノモエ

ビ、エビジャコなどが多く採集された。また、かぶせ網では8月から10月の間にのみサルエビ、キシエビの小型個体が採集された。月別、定点別の採集尾数は図7に示したように、サルエビ、キシエビとも10月に最も多く採集されたが、サルエビは11月以後急激に少なくなったのに対して、キシエビは12月まで多く採集された。定点別にみるとサルエビはst1, st2で、キシエビはst2でそれぞれ多かった。

サルエビ、キシエビの月別頭胸甲長組成をそれぞれ図8, 9に示した。サルエビの着底期稚エビは8月に出現し10月まで続いた。11月以後はこれらの成長群が出現していたが、1~3月の間はほとんど採集されなかった。キシエビの着底期稚エビは7月にCL 4 mm, 8月に3 mm, 9月に2 mmと月を追うほど小型化する傾向がみられた。着底期稚エビは10月まで出現したが、11月以後はCL 5 mm以上の成長群となり、3月まで継続して出現した。また、かぶせ網ではサルエビ、キシエビとも8月から10月にかけてCL 1 mm前後の着底期稚エビがつづけて出現しており、プランクトンネット採集物とはほぼ同じ大きさであることから、サルエビ、キシエビの着底期の大きさはCL 1 mm前後であると考えられる。

えさびき網調査 2001年4月から2002年3月までの1年間にえさびき網で採集された小型エビ類の重量比は、サルエビが全体の70%を占め、キシエビが25%, アカエビが3%, 個体数比でみるとサルエビが48%, キシエビが43%, アカエビが4%となり、重量比、個体数比ともサルエビ、キシエビが優占種である。サルエビ、キシエビ、アカエビ3種の月別重量組成比は、図10に示したように5~12月まではサルエビが60%以上を占めているが、1月以後はキシエビの割合が増加する傾向がみられた。

サルエビとキシエビの月別、雌雄別の体長組成を図11に示した。サルエビは体長80mm以上の個体が出現するが、キシエビは70mm以上の個体は出現しなかった。30mm以下の個体を新規加入群とすれば、サルエビは9, 10月に連続した加入がみられ、12月以後に出現する群は低水温期に当たるため同一発生群であると推察される。キシエビは10月に顕著な加入がみられ、11月以後はほぼ同一の体長組成をした群が出現している。また、8月には前月までとは異なった体長群が現れているが、この群に結びつく加入群はソリネット調査では見あたらなかった。

体長と頭胸甲長の関係 プランクトンネット、ソリネ

ット及びえさ曳網で採集されたサルエビ、キシエビの体長BLmmと頭胸甲長CLmmとの関係は正比例関係にあり、つぎの一次回帰式で表される。

$$\text{サルエビ } CL=0.300545BL-0.93529$$

(相関係数 $R=0.995994$, 標本数 $N=335$)

$$\text{キシエビ } CL=0.235491BL-0.09088$$

($R=0.994515$, $N=219$)

考 察

浮遊期幼生調査はプランクトンネットによる夜間表層曳きを試みたが、少数の浮遊幼生しか採集できなかった。桑村ら²⁾はプランクトンネットの垂直曳と海底からのポンプ採水により、サルエビ等の小型エビ類浮遊期幼生の採集を行っており、採集方法の再検討が必要である。着底期幼生はソリネットを用いて採集することは可能であるが、袋網の目合いが細かいので大量の砂が入網すると、砂が抜けなくなることがしばしばあった。したがって、水深や底質条件に合わせて曳網条件をかえる等、高度な採集技術が要求された。昼間と夜間の調査を比較すると圧倒的に夜間の方が採集量は多く、ソリネット調査は夜間が適していると考えられる。ソリネットで採集された幼生はポストラバ期になったものがほとんどであり、サルエビとキシエビとは額角上の棘の位置により区別は可能であるが、キシエビとアカエビとは形態が類似しているので、固定後、体色素が残っているうちに観察して、色素の分布様式により両者を区別することができる。

今回の調査で多く採集されたサルエビとキシエビについて、調査手法別の月別体長範囲を図12に示した。サルエビの当年生まれ群は8月に最小CL1.1mm (BL6.7 mm) で出現し、加入は10月頃まで継続する。飼育試験の結果から今回の調査で採集された着底期幼生の発生時期は採集日の30~40日前、すなわちその採集月の前月あるいは前々月であると推定できる。したがって、着底期幼生の出現時期から大島水道域のサルエビの産卵期は6~9月と推定される。サルエビと同様に、キシエビの加入期は8~10月まで継続してあり、産卵から加入までの期間は飼育試験の結果約1ヶ月であるので、キシエビの産卵期は7~9月であると推測される。ただし、キシエビは7月にCL 4 mm前後の加入群が出現するが、7月以前にはこれに結びつく群が見当たらないし、この群に該当する産卵群も大島水道域では見当たらない。したがって、この群は別の海域から補給されている可能性もある。木村³⁾は底びき網漁獲物の

体長推移から、大島水道において7月にBL30mmで出現する新規加入群は、他海域から移動してくるのではないかと推察している。また、阪地⁴⁾はキシエビの成熟個体が周年にわたって出現しており、産卵が長期間にわたっていることを示唆しており、産卵期を特定するためには卵巣の組織学的な精査が必要である。いずれにしても、隣接海域である伊予灘における生態の解明とあわせて結論を出す必要がある。

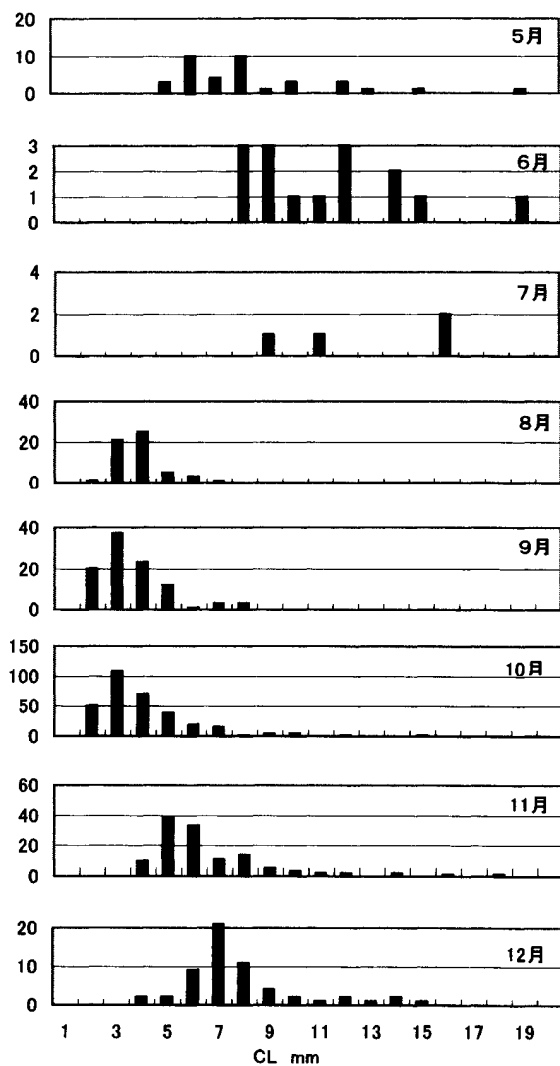


図8 ソリネットで採集したサルエビの頭胸甲長組成 (袋網の採集尾数)

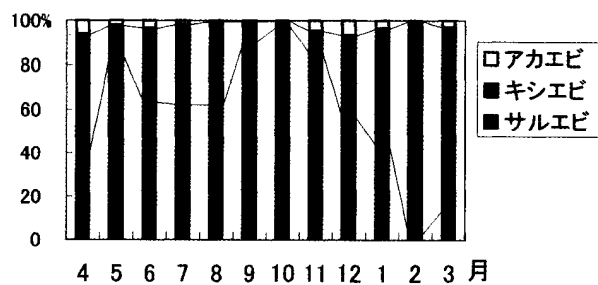


図10 えさ曳網で採集した小型エビ類の重量組成比

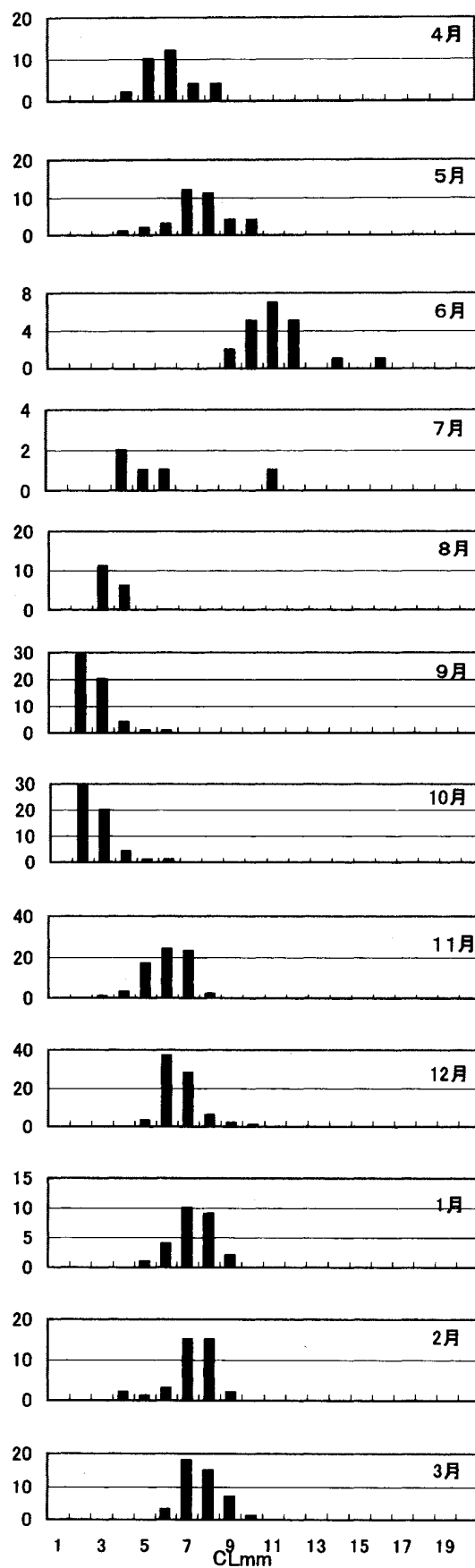
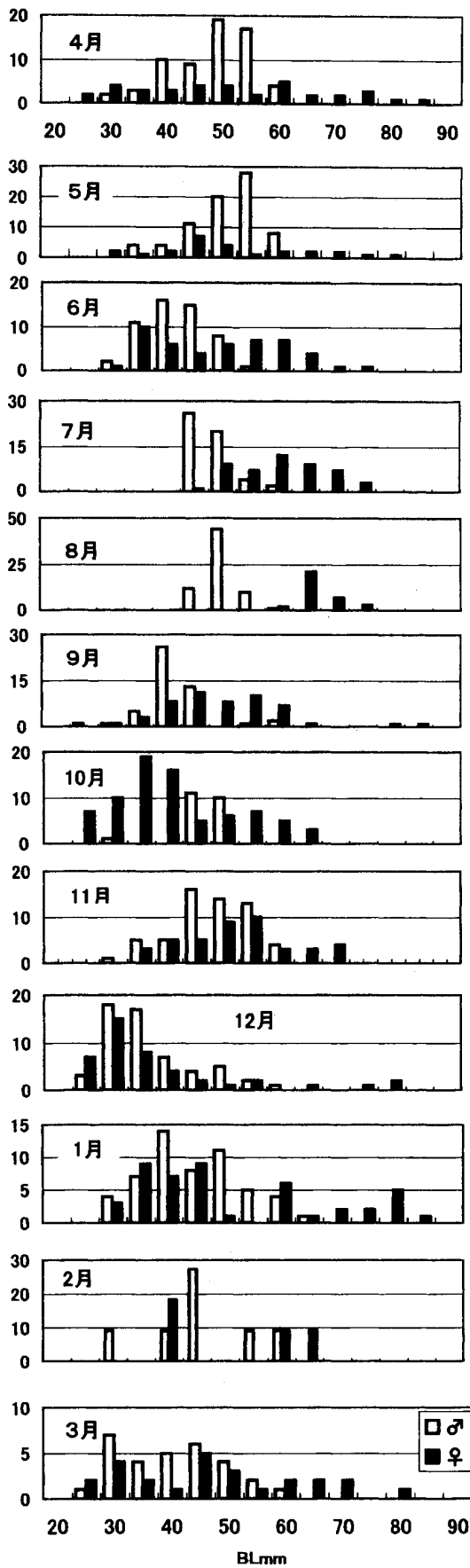
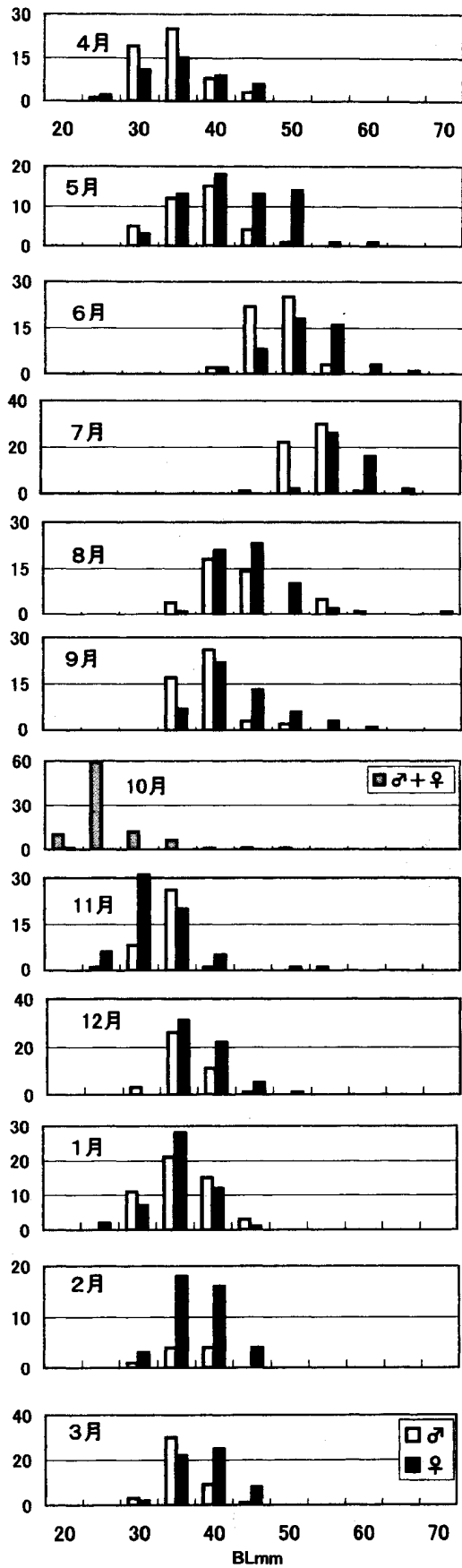


図9 ソリネットで採集したキシエビの頭胸甲長組成 (袋網の採集尾数)



サルエビ



キシエビ

図11 えさ曳網で採集したサルエビ、キシエビの月別、雌雄別体長組成（頻度%）

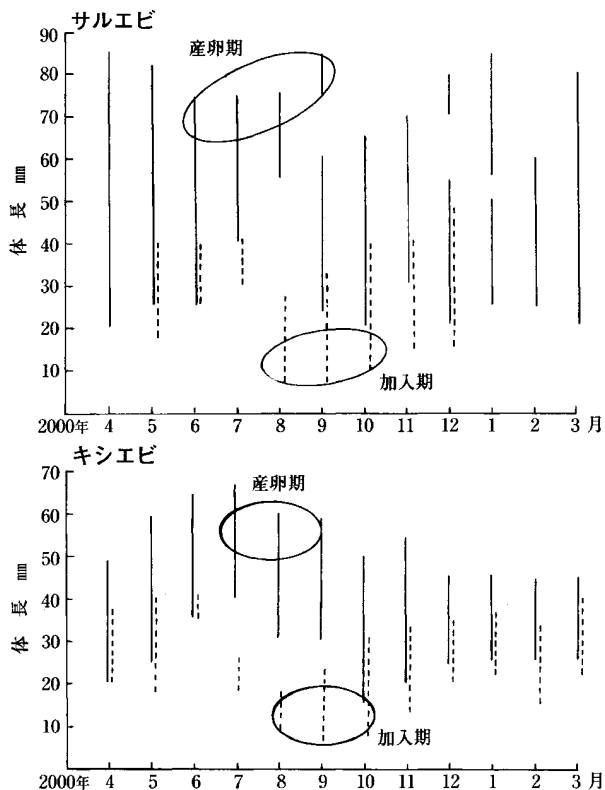


図12 サルエビとキシエビの産卵期と加入期の推定
棒線はえさ曳網採集物、点線はソリネット採集物

要 約

- 1 山口県大島水道域において小型エビ類の加入に関する調査を行った。
- 2 ソリネット調査では昼間より夜間の方が着底期稚

エビを多く採集できた。

- 3 えさびき網で採集された小型エビ類の漁獲組成はサルエビ、キシエビが優占種であった。
- 4 サルエビ、キシエビの着底期の大きさは頭胸甲長1 mm前後であった。
- 5 着底期稚エビの出現時期は、サルエビ、キシエビとも8～10月の間であった。
- 6 産卵期はサルエビが6～9月、キシエビが7～9月と推察された。

謝 辞

水産大学校、林健一博士にはエビ類の同定、及び本研究についてご指導をいただき感謝いたします。また、大島漁業協同組合、平野秋男氏には試験操業に多大なご協力をいただき感謝いたします。

文 献

- 1) 今林博道 (1993) : 瀬戸内海周防灘におけるキシエビの分布と成長. 日本ベントス学会誌, **44**, 19-28.
- 2) 桑村勝士・徳田真孝 (1994) : 水産生物生態調査委託事業, 小型エビ類の浮遊生態の解明. 平成5年度福岡県水産研究センター事業報告, 331-339.
- 3) 木村 博 (1999) : 山口県瀬戸内海における1995年の小型エビ類資源動態について. 山口県内海水産試験場報告, **27**, 1-20.
- 4) H.Sakaji (2001) : Maturation and spawning of the small penaeid shrimp *Metapenaeopsis dalei* in Tosa Bay, Pacific coast of southern Japan. *Fisheries Sci.*, **67**, 444-448.

コシナガ*Thunnus tonggol* とクロマグロ*Thunnus thynnus* の 幼魚期における形態的差異

小林知吉

Morphological differences between *Thunnus tonggol* and
Thunnus thynnus on their young stage

Tomokichi KOBAYASHI

On their young stage, identification of *Thunnus tonggol* and *Thunnus thynnus* is difficult for bearing a close resemblance between the two. Accordingly, the author made an attempt on determination of species on each young tuna from Sea of Japan, Yamaguchi Prefecture. The range of fork length of *Thunnus tonggol* and *Thunnus thynnus* as specimen was 17-30cm and 17-27cm respectively. Key of determination of species is indicated follow.

- A1. Tip of pectoral fin dose not exceed the 11th spine of first dorsal finB1
- A2. Tip of pectoral fin is at the 11th spine of first dorsal fin or reaches to the posterior of the 11th spine of first dorsal fin.....B2
- B1. Ratio of pectoral fin length to head length is 48-56%
Number of gill rakers were 31-37.....*Thunnus thynnus*
- B2. Ratio of pectoral fin length to head length is 67-95%
Number of gill rakers were 20-25.....*Thunnus tonggol*

Key words : *Thunnus tonggol* ; *Thunnus thynnus* ; identification of species

近年、本県日本海海域において、1990年代前半まではさほど目立たなかったコシナガ*Thunnus tonggol* やクロマグロ*Thunnus thynnus* の来遊が顕著で、特に、前者は、最近になって漁獲の対象にもなっている。このような状況にあって、2001年9月中旬に、萩市にある山口県漁連萩支部市場から、クロマグロの幼魚が定置網や中型まき網で混獲されているという情報を入手した。そこで現地で採集した幼魚の外部形態を観察、測定したところ、幼魚はコシナガおよびクロマグロと同定された。両種は、ほぼ同一体長の時点では外部形態が酷似するため、種の同定が困難となりがちである。そこで、今回得られたデータをもとに両種の検索を試み、キーを得ることができたので、ここに報告する。

材料と方法

供試魚は2001年9月18日から同年10月23日の間に、随時、山口県漁連萩支部市場に水揚げされた定置網および中型まき網の漁獲物の中から抽出した。標本数はコシナガ52個体、クロマグロ35個体である。供試魚の漁獲場所は、定置網については萩市大島地先と特定されたが、操業場所が変転する中型まき網については特定が困難なため、当業者からの聴取により、大まかに萩市見島周辺海域と推定した (Fig.1)。魚体の計測にはキャリパーを用いて尾叉長、頭長、胸鰭長を測定し (Fig.2)、鰓耙数については左第1鰓弓を切除し、実体顕微鏡によって計数した。

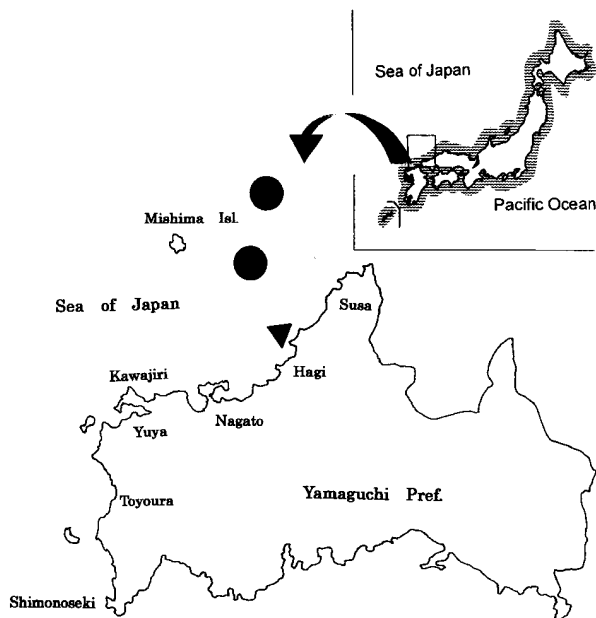


Fig.1. Collecting location of the young tuna

▼, set net ●, purse seine

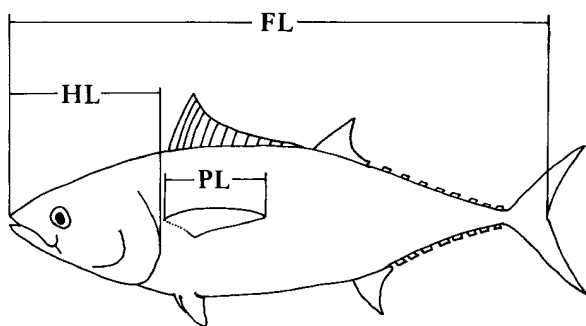


Fig.2. Measured part of specimens

FL, fork length, HL, head length,
PL, length of pectoral fin.

結 果

種の同定 幼魚は第1背鰭と第2背鰭が接近していること、体が全て小鱗に覆われていること、鋤骨に歯があること、尾鰭が一様に暗色であることから、中坊¹⁾に従い、コシナガとクロマグロのいずれかと同定された。コシナガとクロマグロの検索・同定は、後述するように、左第1鰓弓の鰓耙数の相違、尾叉長および頭長に占める胸鰭長の割合の相違に基づいた。

尾叉長組成 組成は、コシナガでは17cm台～30cm台、クロマグロでは17cm台～27cm台と、両種ともほぼ同様の範囲内にあった。モードをみると、コシナガでは18cm台～19cm台に、クロマグロでは20cm台～21cm台にモードが認められ、後者がやや大きかった (Fig. 3)。

形質観察 中坊¹⁾によれば、成魚期におけるコシナガとクロマグロとの形質の大きな相違は鰓耙数、胸鰭

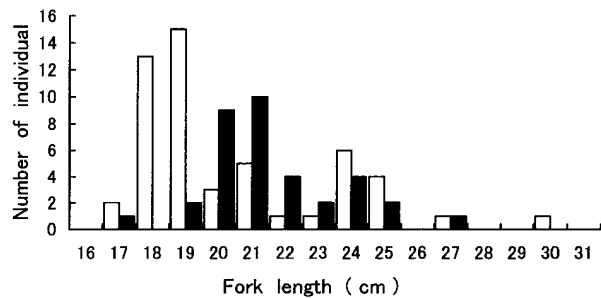


Fig.3. Frequency distribution of fork length of *T. tonggol* and *T. thynnus*

□ *T. tonggol*, n = 52, ■ *T. thynnus*, n = 35

末端の位置にみられる。そこで、この差異が今回採集された幼魚においても発現しているか否かを確認した。

鰓耙総数についてみると、コシナガでは20～25 (モード22)、クロマグロでは31～37 (モード32および34)と両種には明瞭な差が認められた (Fig. 4, A)。上枝の鰓耙数はコシナガで6～8 (モード6)、クロマグロでは9～13 (モード11)であり (Fig. 4, B)、下枝の鰓耙数についてはコシナガで14～18 (モード16)、クロマグロが20～24 (モード22)と (Fig. 4, C)、いずれの鰓耙数もコシナガが少なかった。

次に、胸鰭末端の位置を背鰭棘との関連で観察し、その結果をFig. 5に示した。コシナガでは全ての個体が第1背鰭第11棘より後方の第2背鰭起部までの間に位置していた。第11棘の直下に位置する個体は全個体の31%を占め、第11棘と第12棘の中間に位置する個体および第12棘直下に位置する個体は、それぞれ全体の23%を占めていた。したがって、全個体の77%に相当する40個体の胸鰭末端は第11棘直下から第12棘直下までの間に位置していた。一方、クロマグロでは第8棘と第9棘の中間部から第10棘と第11棘の中間部の間に位置し、コシナガで認められたような第11棘を超える位置に達する個体は皆無であった。最も頻度が高かったのは第9棘と第10棘の中間部に位置する個体で、全体の43%に相当する15個体で観察された。

形質間比率については、両種間において、胸鰭末端の位置に差異が認められたことから、尾叉長および頭長に占める胸鰭長の割合を両種で比較した。尾叉長に占める胸鰭長の割合をみると、コシナガでは18～24% (モード20%)、クロマグロでは13～16% (モード15%)と、前者の割合が大きかった (Fig. 6)。さらに、頭長に占める胸鰭長の割合についても、コシナガが68～92% (モード75%)、クロマグロで48～56% (モード53%)と、前者の割合が大きかった (Fig. 7)。

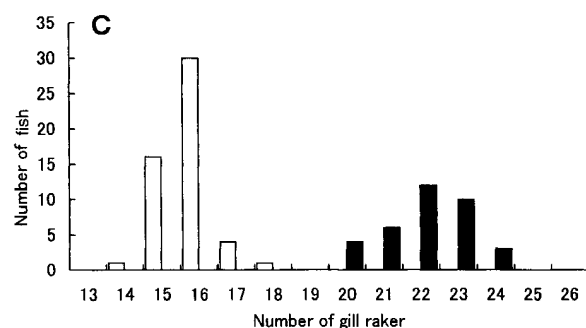
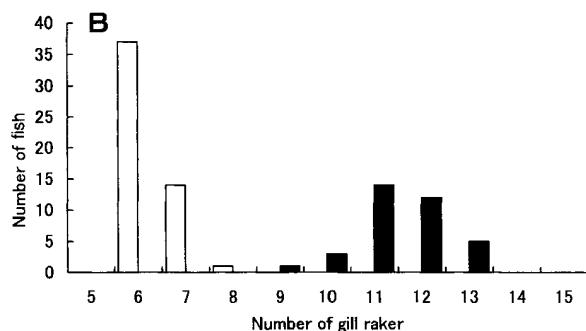
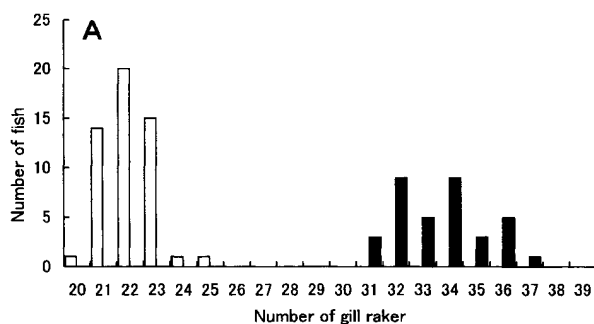


Fig.4. Number of gill raker of *T. tonggol* and *T. thynnus* on their young stage

□ ; *T. tonggol*, n = 52 ■ ; *T. thynnus*, n = 35
A, total gill rakers, B, gill rakers on upper branch,
C, gill rakers on lower branch

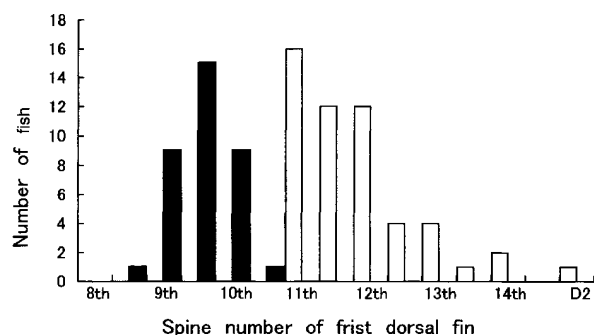


Fig.5. Position of the tip of pectoral fin of *T. tonggol* and *T. thynnus* on their young stage

□ *T. tonggol*, n = 52 ■ *T. thynnus*, n = 35
note: D2 means the origin of second dorsal fin.

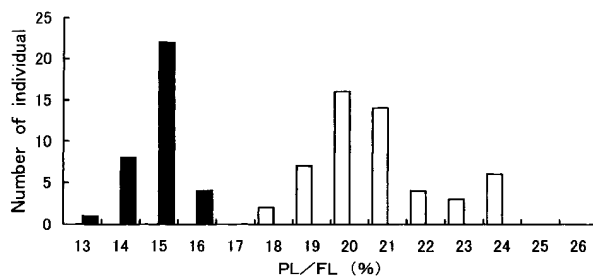


Fig.6. Frequency distribution of ratio of fork length to pectoral fin length

□ *T. tonggol*, n = 52, ■ *T. thynnus*, n = 35

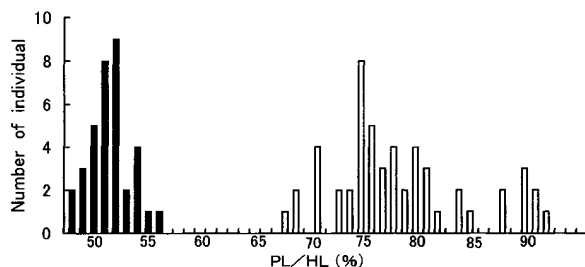


Fig.7. Frequency distribution of ratio of head length to pectoral fin length

□ *T. tonggol*, n = 52, ■ *T. thynnus*, n = 35

考 察

コシナガとクロマグロの幼魚について、形態の観察と計測を行った結果、“鰓耙数”、“胸鰭末端の位置”、“尾叉長に占める胸鰭長の割合”および“頭長に占める胸鰭長の割合”に差異が認められた。

鰓耙総数をモードで比較すると、コシナガは22、クロマグロが32および34であり、コシナガが10～12少ないことが明らかとなった。なお、両種の鰓耙総数はそれぞれ成魚の鰓耙数¹⁾の範囲に収まっている。このことから、幼魚期にあっても、鰓耙数は両種を検索する際の有力なキーとなり得る。

胸鰭末端の位置はコシナガでは第1背鰭第11棘直下かそれより後方に達するが、第11棘より前方に位置することはなく、一方、クロマグロは第11棘より後方に位置することはなかったことから、種を同定する際の第1段階としては、胸鰭末端の位置を確認する必要がある。

尾叉長に占める胸鰭長の割合をみると、コシナガで20%、クロマグロでは15%と、前者で大きくっており、頭長に占める胸鰭長の割合も前者が75%、後者が53%とコシナガで大きくっていた。このように、コシナガの胸鰭は相対的にクロマグロの胸鰭より伸長する。従って、尾叉長、頭長と胸鰭長の割合は検索キーとして有効であるが、特に、“頭長に占める胸鰭長の

割合”はより有効と考える。

尾叉長に占める胸鰭長の割合の範囲幅をみると、コシナガでは18～24%で幅は6，クロマグロでは13～16%，同じく3となっており，前者での範囲幅が大きい。このことから，両種幼魚間では，胸鰭の伸長速度に相対的な差があることが示唆された。そこで，両種幼魚の尾叉長（Xmm）と胸鰭長（Ymm）の関係を求めたところ以下の式が得られ，成長に伴うコシナガの相対的な胸鰭伸長速度はクロマグロの約1.6倍であると推定された。

コシナガ

$$Y=0.31X-20.60 (r=0.973, P<0.001, 177\leq X\leq 301)$$

クロマグロ

$$Y=0.19X-9.45 (r=0.956, P<0.001, 176\leq X\leq 276)$$

幼魚期での検索

- A 1．胸鰭末端の位置は第1背鰭第11棘を越えない
．．．．． B 1

- A 2．胸鰭末端の位置は第1背鰭第11棘直下かそれより後方に達する．．．．． B 2

- B 1．頭長に占める胸鰭長の割合は48～56%

鰓耙数は31～37．．．．．クロマグロ

- B 2．頭長に占める胸鰭長の割合は67～95%

鰓耙数は20～25．．．．．コシナガ

謝 辞

山口県漁業協同組合連合会萩支部の岡野浩一支部長（当時）には，幼魚の漁獲情報や標本収集に多大の協力を頂いた。ここに深謝する。漁場情報を提供された中型まき網漁業者の方々に御礼を申し上げる。

引用文献

- 1) 中坊徹次 (2000) : サバ科 Scombridae. 日本産魚類検索 全種の同定Ⅱ (第2版), 中坊徹次 (編), 東海大学出版会, 東京, pp.1346-1351.

山口県日本海産クロマグロ *Thunnus thynnus* への *Didymocystis wedli* の寄生状況

小林知吉

Parasitism of *Didymocystis wedli* to the blue fin tuna,
Thunnus thynnus from the Sea of Japan, Yamaguchi Prefecture

Tomokichi KOBAYASHI

Lots of cysts of trematode, *Didymocystis wedli* were found often on the gill lamellae of young blue fin tuna (32.2-76.0cmFL), *Thunnus thynnus* from the Sea of Japan, Yamaguchi Prefecture. The parasitic ratio of the trematode to young blue fin tuna from the same area was over 75%. The parasitic ratio of the trematode to each gill arch was highest on the 1st gill-arch and was lowest to the 4th gill-arch. *D. wedli* was not found on the juveniles (17.6-27.1cmFL) of blue fin tuna. Therefore, blue fin tuna may be infected with *D. wedli* when the fishes have grown up about 30cmFL. *D. wedli* was not found on the gills of the several scombridae fishes, *Auxis rochei*, *Euthynnus affinis* and *Thunnus tonggol*, therefore, this trematode may be parasitic to blue fin tuna specifically.

Key words : trematode ; *Didymocystis wedli* ; parasite ; blue fin tuna

クロマグロ *Thunnus thynnus* にはディディモゾーン科 Diymozoidae の吸虫が寄生していることが報告されており^{1, 2)}, 山口県日本海海域で漁獲される 1~2 歳の若齢クロマグロでも数種の寄生が確認されている³⁾。そこで、筆者は本科吸虫の中で、クロマグロの鰓弁に寄生する *Didymocystis wedli* の寄生状況を調査したので、その結果を報告する。

材料と方法

供試魚は 1999 年 11 月から 2002 年 7 月の間に、山口県日本海海域で曳き縄釣りによって漁獲された 0~1 歳の若齢魚 268 個体で、長門市にある仙崎漁業協同組合市場および山口ながと漁業協同組合市場と、萩市の山口県漁連萩支部市場および山口はぎ水産物地方卸売市場に水揚げされた魚である。これらに加えて、2001 年 9 月 18 日から同年 10 月 23 日の間に、萩市周辺海域において中型まき網および定置網で漁獲され、山口県漁連萩支部市場に水揚げされたクロマグロ幼魚 35 個体を供

試魚とした。調査項目は尾叉長の計測と *D. wedli* 寄生の確認とした。寄生の確認は左右の鰓のそれぞれ第 1~第 4 鰓弓について、肉眼観察および実体顕微鏡観察によった。さらに、クロマグロが属するサバ科魚類 Scombridae への *D. wedli* 寄生の有無を確認するために、仙崎漁協市場に水揚げされたマルソウダ *Auxis rochei* 35 個体、スマ *Euthynnus affinis* 34 個体およびコシナガ *Thunnus tonggol* 56 個体について前述の方法により観察した。マルソウダは長門市通の定置網で、スマは萩市見島周辺海域で曳き縄釣りによって 1999 年 12 月 27 日に漁獲されたもので、コシナガは 2000 年 7~9 月に長門海域で曳き縄釣りおよび定置網で漁獲されたものである。

結 果

供試クロマグロのうち 0~1 歳魚 268 個体について、*D. wedli* の寄生が認められたのは 237 個体で、寄生魚出現率は 88% であった。一方、幼魚（尾叉長範囲 17.6

～27.1cmFL) への寄生は全く観察されなかった。

D. wedli の寄生が確認された0～1歳魚の尾叉長組をみると、最小個体が32.2cmFL、最大個体は76.0cmFLで、モードは42～45cmFL級に認められ、寄生が観察されなかった個体の尾叉長の最小は31.7cmFL、最大は75.3cmFLで、明瞭なモードはみられなかった (Fig. 1)。

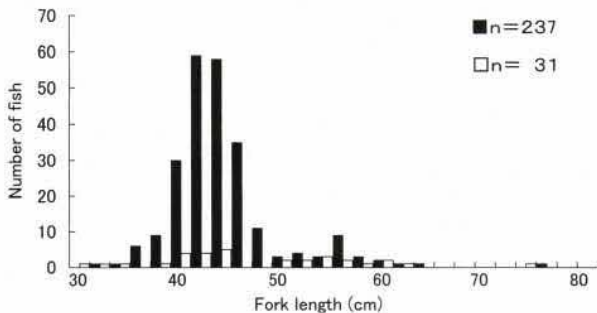


Fig.1. Frequency distribution of fork length of blue fin tuna, *Thunnus thynnus*
 ■ parasitized fish, □ normal fish



Fig.2. *Didymocystis wedli* on the gill of young blue fin tuna, *Thunnus thynnus*



Fig.3. *Didymocystis wedli* on the gill lamellae of young blue fin tuna, *Thunnus thynnus*
 A, Adults B, larvae
 note : phot by Dr. Kazuo Momoyama

D. wedli は成虫および幼虫として認められた。成虫は鮮やかな橙黄色 (Fig. 2 および Fig. 3, A), 幼虫は半透明な乳白色 (Fig. 3, B) を呈していた。寄生部位は鰓の外側面で、かつ、隅角部より上方である場合が多く、鰓弁表面上に認められた (Fig. 2)。

寄生虫が確認された237個体について、月別にみた寄生虫保有個体出現率をFig. 4に示した。これによると、1～2月は85～96%、6～7月は75%、10～12月には82～100%と、いずれの月も高率であったが、特に、10月以降の冬期により高率となる傾向がみられた (Fig. 4)。

次に、左右の鰓への寄生率をみると、“両鰓寄生”が94%、“左鰓のみ寄生”は4%、“右鰓のみ寄生”では2%となっており、ほとんどの個体が両鰓寄生であった。鰓弓別の寄生率を左鰓でみると、第1鰓弓で96%、第2が73%、第3で30%、第4鰓弓では2%であった (Fig. 5)。このように第1鰓弓から第4鰓弓と、内部へ向かうに従って寄生率が減少する傾向は右鰓でも認められ、第1鰓弓で93%、第2で65%、第3では26%、第4鰓弓は3%となっていた (Fig. 5)。なお、寄生はいずれの鰓弓においても鰓弁の外側面に認められ、内側面では確認されなかった。

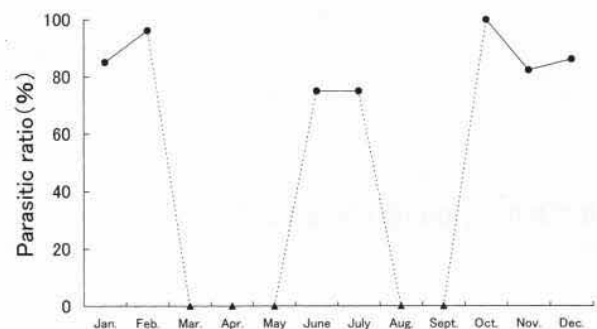


Fig.4. Parasitic ratio of *Didymocystis wedli* to the young blue fin tuna, *Thunnus thynnus*
 note : black triangles indicated that specimens were not obtained

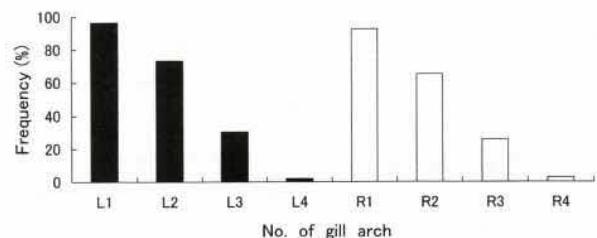


Fig.5. Frequency distribution of parasitic position of *D. wedli*
 ■ left gill, □ right gill

Table 1. Parasitism of *Didymocystis wedli* to scombridae fishes

Species	Date of catch	No. of specimen	Range of fork length (cm)	No. of parasitized fish
<i>Auxis rochei</i>	27. Dec., 1999	35	27.3 - 34.0	0
<i>Euthynnus affinis</i>	27. Dec., 1999	34	38.8 - 44.6	0
<i>Thunnus tonggol</i>	July - Sept., 2000	56	42.4 - 56.0	0
<i>Thunnus thynnus</i> (juveniles)	Sept. - Oct., 2001	35	17.6 - 27.1	0

このように *D. wedli* のクロマグロへの寄生率が高いことに加え、10月以降に高率となったことから、近縁種であるコシナガおよび12月に漁獲されたマルソウダ、スマへの寄生の有無を調べたが、これら3種への *D. wedli* の寄生は認められなかった (Table 1)。

考 察

D. wedli の寄生は尾叉長17.6~27.1cmのクロマグロ幼魚では確認されなかった。一方、0~1歳魚では、寄生が観察されなかった個体の尾叉長の最小と最大はそれぞれ31.7cmおよび75.3cmであったが、寄生が確認された魚の尾叉長範囲は32.2~76.0cmであった。このことから、*D. wedli* のクロマグロへの寄生はクロマグロの尾叉長が30cmに達する時期に始まると思われる。

YAMAGUTI⁴⁾ はディディモゾーン科Didymozoidaeの生活環を提示したが、これによると中間宿主を軟体類、甲殻類、魚類とし、最終宿主は特定の硬骨魚としている。また、YAMAGUTI¹⁾ によると、*D. wedli* は太平洋産カツオ *Euthynnus pelamis* や富山湾産クロマグロに寄生している。今回はカツオについては調査できなかったが、マルソウダ、スマおよび近縁種であるコシナガでは寄生が認められなかった。このことから、日本海において、本種はクロマグロを特異的に宿主としていると思われるが、これについては今後、当海域産カツオへの寄生の有無を確認した後に明らかにしたい。

D. wedli は鰓弁にのみ寄生するが、鰓弓別の寄生率をみると、左右とも第1鰓弓が最も高率で、体内部に向かって順に低くなり、第4鰓弓が最も低率となっていた。また、寄生は鰓弁の外側面に認められ、内側面

では確認されなかった。このことは、YAMAGUTI⁴⁾ が、ディディモゾーン科吸虫は幼生の段階には宿主である魚類の体表部から体内深部へ至って特異的に分布するが、寄生部位には偏りがあると述べていることと符合する。だが、餌料生物をととして経口的に体内に侵入する⁴⁾ 本種幼生が、どのような体内経路を辿って鰓に、しかも第1鰓弓外側面鰓弁に高率に寄生するのかは不明である。

今回は若齢魚に対する調査であったが、*D. wedli* のクロマグロへの寄生メカニズムを解明するためには、その糸口として、高齢魚に至る年齢別にみた寄生率を明らかにしなければならないと考える。さらに、高度な回遊を行う魚類への寄生状況の把握は、その魚類の系群を解明するための重要な鍵となる場合がある⁵⁾。従って、今後、日本海産クロマグロが属する系群や回遊経路を解明するには、海域別にみた本種の寄生実態を調査する必要がある。

謝 辞

当研究センター外海研究部の桃山和夫博士には *D. wedli* の成虫および幼虫の写真を提供いただいた。ここに御礼申し上げる。

引用文献

- 1) YAMAGUTI, S. (1934): Studies on the Helminth Fauna of Japan. Part2. Trematodes of Fishes, I. Jpn. Jour. Zool., **5** (3), 249-541.
- 2) ISHI, N. (1935): Studies on the Family Didymozoidae (Monticelli, 1888), Jpn. Jour. Zool., **6** (2), 279-335.
- 3) 桃山和夫・小林知吉 (2003): 日本海山県沖で漁獲されたクロマグロに寄生していたディディモゾーン数種. 本誌, (2), 125-132.
- 4) YAMAGUTI, S. (1970): Digenetic Trematodes of Hawaiian Fishes. In Summary. 243-245. Keigaku Publishing Co.
- 5) 長澤和也 (2003): さかなの寄生虫を調べる. ベルソープックス016, 成山堂, 東京, 174頁.

日本海南西海域産イトヨリダイ *Nemipterus virgatus* の性比

小林知吉

Sex ratio of the threadfin breams, *Nemipterus virgatus*
from the south western region of Sea of Japan

Tomokichi KOBAYASHI

The threadfin breams, *Nemipterus virgatus* from the south western region of Sea of Japan were investigated to obtain the information about the relationship of fork length to standard length and the sex ratio. These specimens were caught by small trawl and angling from October, 1993 to August, 1997. The formula of correlation between fork length (X, mmFL) and standard length (Y, mm SL) of female and male was as follow respectively.

$$\text{♀} ; Y = 0.910 X - 2.479 \quad (90 < Y < 357, r = 0.999)$$

$$\text{♂} ; Y = 0.916 X - 4.315 \quad (110 < Y < 394, r = 0.999)$$

On the sex ratio, the appearance rate of female was down according as increase of standard length. The formula of correlation between standard length (X, mm) and appearance rate of female (Y, %) was as follow.

$$Y = 371.99 - 62.88 \text{Log} X \quad (90 < X < 360, r = -0.96, P < 0.001)$$

Standard length calculated by substitution the appearance rate of female from the South China Sea for this formula was transformed into fork length by above FL-SL formula. In the south western region of Sea of Japan, females at 52% in appearance rate of female were smaller 49-69mmFL, but at 10%, were larger 80mmFL than female from the South China Sea. As the result, in the south western region of Sea of Japan, the appearance time of male was earlier and females were bigger than fishes from the South China Sea. Annual appearance rate of female became large in accordance with high north latitudes.

Key words : *Nemipterus virgatus* ; sex ratio

イトヨリダイ科 Nemipteridae, イトヨリダイ属 *Nemipterus* に属するイトヨリダイ *Nemipterus virgatus* は琉球列島を除く南日本, 東シナ海, 台湾, 南シナ海, ベトナム, フィリピンおよび北西オーストラリアに分布するとされるが¹⁾, 日本海南西海域にも生息しており, 山口県では小型底びき網の主要な漁獲対象魚種として, 長門市の仙崎漁業協同組合市場(現, 山口ながと漁業協同組合市場)には年間20~50トン水揚げされる²⁾。このように重要な漁業資源でありながら, 当海域産イトヨリダイに関する生物学的知見は非常に乏しい。そこで, 1993~1997年に得られた生態調査データ解析の結果, 性比に関する若干の知見を得たので, ここに報告する。

材料と方法

供試魚は山口県日本海海域において1993年10月から1997年8月に小型底びき網手繰り第1種(以下, 小底1種と表記), 同第2種(以下, 小底2種と表記)および一本釣りによって漁獲され, 仙崎漁協市場に水揚げされたもので, 原則として毎月50個体以上を体測定に供した。

山口県では6~7月は本種を多獲する小底1種の禁漁期であるため, この期間の供試魚は小底2種と一本釣りて漁獲されたものである。さらに, 1996年6~7月の標本319個体中の159個体は福岡県糸島半島沖の玄界灘で, たい2艘吾智網で漁獲されたものである。

標本数は3,978個体で, これら全てについて尾叉長

と標準体長（以下、体長と表記）を測定した後、生殖腺の肉眼観察によって性を判別した。

結 果

体長測定 雌雄それぞれの体長組成をFig. 1 に示した。雄の体長範囲は100～390mm級で、モードは170mm級、210mm級および300mm級に、雌では同じく90～320mm級で、モードは150mm級および180mm級に認められ、雄が大型になる傾向がみられた。なお、雌雄別の尾叉長（X mmFL）と体長（Y mmSL）の関係式は以下のとおりであった。

$$\text{♀: } Y = 0.910X - 2.479 \quad (90 \leq Y \leq 357, r = 0.999)$$

$$\text{♂: } Y = 0.916X - 4.315 \quad (111 \leq Y \leq 394, r = 0.999)$$

性 比 標本3,978個体のうち性判別が可能であった個体数は3,948個体で、残る30個体は判別できなかった。

体長ごとにみた雌雄それぞれの出現数と雌の出現率をそれぞれTable 1 に示した。雌の出現率をみると90mmSL級では100%となっていたが、100mmSL級になると81%となり、雄が出現し始めた。160mmSL級以降になると、190～200mmSL級を除いて、体長の増大とともに出現率は徐々に低下する傾向がみられた。概ね160mmSL級付近を境界として、雌雄の比率が逆転する

現象が認められ、210～260mmSL級では28～42%、270～290mmSL級になると10%台、300～350mmSL級では1～7%で推移し、360mmSL級以上では0%となり、全てが雄となっていた。以上の結果から、体長（X, mm）と雌性出現率（Y, %）の関係を求めたところ、次式が得られた（Fig. 2）。

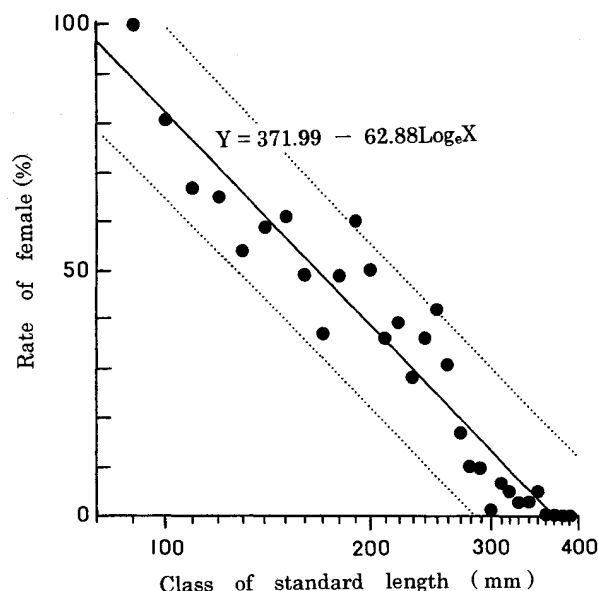


Fig. 2. Appearance rate of female threadfin breams, *N. virgatus*

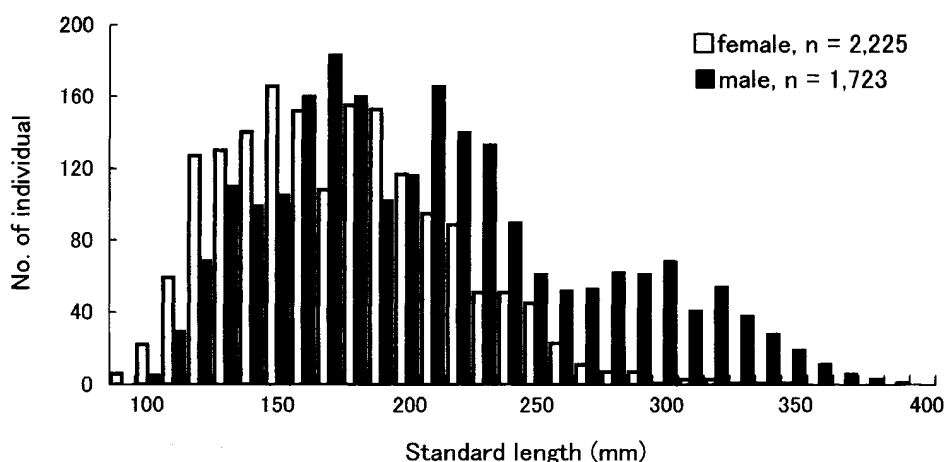


Fig. 1. Frequency distribution of standard length of threadfin breams, *N. virgatus*

Table 1. Rate of female on each class of standard length of threadfin breams, *N. virgatus*

Standard length (mm)	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
Number of female	6	22	59	127	130	140	166	152	108	155	153	117	95	89	51	51
Number of male	0	5	29	68	110	99	105	160	183	160	102	116	166	140	133	90
Total	6	27	88	195	240	239	271	312	291	315	255	233	261	229	184	141
No. of female / total (%)	100	81	67	65	54	59	61	49	37	49	60	50	36	39	28	36

Standard length (mm)	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	Total
Number of female	45	23	11	7	7	1	3	3	1	1	1	0	0	0	0	2,225
Number of male	61	52	53	62	61	68	41	54	38	28	19	11	6	3	1	1,723
Total	106	75	64	69	68	69	44	57	39	29	20	11	6	3	1	3,948
No. of female / total (%)	42	31	17	10	10	1	7	5	3	3	5	0	0	0	0	56

Table 2. Comparison of fork length of female threadfin breams, *N. virgatus* from the South China Sea and the south western region of Sea of Japan

Fork length ⁴⁾ (mmFL)	Rate of female ⁴⁾ (%)	Fork length of <i>N. virgatus</i> from the south western region of Sea of Japan ⁵⁾ (mmFL)
230–250	52	181
250–270	28	264
270<	10	350

*: Standard length was calculated with rate of female⁴⁾ by formula of this paper, and fork length was calculated by FL–SL formula of female of this paper.

$$Y = 371.99 - 62.88 \text{Log} X$$

$$(90 < X < 360, r = -0.96, P < 0.001)$$

考 察

日本海南西海域産イトヨリダイでは体長の増大に伴って雌雄の比率が逆転し、雄に偏る現象が認められた。この現象は南シナ海産魚においても認められている^{3, 4, 5)}。このことから、本種では性転換が生じている可能性が窺われたが、TAKAHASHI et al.⁶⁾によると、本種は精巣にのみ両性的構造を保持する痕跡の雌雄同体種であり、卵巣には精巣組織の存在を認めていないことから、本種では雌から雄への性転換は生じ得ない。性転換以外にこの現象を引き起こす要因としては、成長速度に雌雄差があることが考えられる。KAO & LIU⁷⁾によれば、南シナ海産魚および東シナ海産魚とも、2歳以降では雄が雌より大型になる。日本海南西海域産魚においては雌雄別の年齢–体長関係が不明であるので、今後の研究を待たなければならない。

尾又長別の雌性出現率については南シナ海産魚で報告されており⁴⁾、23–25cmFLで52%、25–27cmFLでは28%、27cmFL以上では10%としている。そこで、それぞれの出現率を今回得られた雌性出現率の式に代入、計算して得られた標準体長を、前述の尾又長–標準体長関係式で尾又長に換算した結果、それぞれ181mmFL、264mmFLおよび350mmFLとなった (Table 2)。

このように、出現率52%の時点での尾又長は、日本海南西海域産魚は南シナ海産魚より49–69mmほど小さく、出現率10%の時点では80mmほど大きくなった。このことから日本海南西海域産魚は南シナ海産魚より早期に雄性が発現し、かつ、雌は南シナ海産魚より大型になると思われる。

本種の通年にわたる雌性出現割合については、南シナ海東京湾産魚、台湾海峡産および東シナ海南部産について、それぞれ44.17%、50.03%および54.42%との

報告がある⁵⁾。さらに、南シナ海北部産魚では53%³⁾および52%⁴⁾と報告されている。一方、日本海南西海域産魚では56%と (Table 1)、南シナ海産魚および東シナ海産魚よりやや高率となっており、高緯度に向かうに従って雌の出現割合が漸増する傾向が窺えた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、福岡県水産海洋技術センター研究員 (当時) 濱田弘之氏には標本魚採集に際して多大の協力をいただいた。長崎大学水産学部教授 (当時) 田北 徹博士には有益なご助言、ご指導をいただいた。ここに深謝する。

引用文献

- 1) RUSSELL, B. C. (1990): Nemipterid fishes of the world. FAO fisheries synopsis no.125. 12: v+149 pp., 8pls.
- 2) 小林知吉 (1997): 山口県の日本海海域におけるイトヨリダイの漁獲実態と分布・移動. 山口県外海水産試験場研究報告, **26**, 79–84.
- 3) EGGLESTON, D. (1970): Biology of *Nemipterus virgatus* in the northern part of the South China Sea. Pages 417–424 in J. C. Marr, eds. The Kuroshio, A symposium on the Japan current.
- 4) LIU, H. C. and M. S. SU (1972): Maturity and spawning of golden thread (*Nemipterus virgatus*) from the northern area of the South China. Journal of the Fisheries Society of Taiwan, **1** (1), 39–46. (In Chinese)
- 5) KAO, C. L. and H. C. LIU (1974): Maturity and spawning of golden thread, *Nemipterus virgatus* (Houttuyn), from the East and South China Sea. Journal of the Fisheries Society of Taiwan, **3** (2), 85–91. (In Chinese)
- 6) TAKAHASHI, H., K. KOBAYASHI and K. SUZUKI (1989): Gonadal morphology threadfin breams, *Nemipterus bathybius* and *Nemipterus virgatus*: Evidence of rudimentary hermaphroditism. Japan. J. Ichthyol., **36**, 82–89.
- 7) KAO, C. L. and H. C. LIU (1979): Age and growth of golden thread, *Nemipterus virgatus* (Houttuyn), from the East and South China Sea. Acta Oceanographica Taiwanica Science Report of the National Taiwan University, (9), 97–110. (In Chinese)

ホソトビウオ (*Cypselurus hiraii* Abe) の資源生物学的研究*

河野光久

緒 言

漁業養殖業生産統計年報（農林水産省統計情報部，1963～1991）によると，我が国におけるトビウオ類の年漁獲量は6,000～18,000トンで，このうち約73%が九州北西沿岸域から日本海沿岸域に至る海域で漁獲されている（森脇，1988）。ホソトビウオ *Cypselurus hiraii* は日本海で漁獲されるトビウオ類の大部分を占める魚種であり（児島，1961；1969a），日本海沿岸域では特に夏期に來遊する産卵群が，定置網や刺網等の沿岸漁業の重要な対象となっている（児島，1969a；1969b；1971；岡地，1958a；増田，1988a）。本種は主に練製品や乾製品に加工され（日野ほか，1990），山陰地方の特産品である“あご野焼き蒲鉾”や“あご竹輪”の主原料となっている。

トビウオ類は漁業資源として重要であるにもかかわらず，1950年代以前にはトビウオ類の資源生物学的研究はほとんど行われておらず，わずかに村上・眞道（1949）が天草灘に來遊するトビウオ類について体長等の計測結果を報告しているにすぎない。本格的な資源生物学的研究は，1953～1957年に行われた対馬暖流開発調査を契機として始まった。この頃から稚魚の採集及びふ化飼育試験による初期生活史の研究（内田・道津，1958；内田ほか，1958；伊藤，1960；千田，1964；庄島・植木，1964；水戸，1966）や発育段階別の分類学的研究（今井，1952；1954a；1954b；1955a；1955b；1956；1959；1960）が盛んに行われた。

ホソトビウオについては，1953～1971年の間に，成長（塚原ほか，1957a；岡地，1958b），食性（川村，1953），遊泳生態（塚原ほか，1957b；児島，1961；Shiokawa，1967），成熟・産卵（川村，1956；岡地，1958b；塩川，1962；児島，1969a；1969b；1969c；1971）等に関する知見が得られた。しかし，これらの知見は各地先の比較的限られた海域で得られたもので，しかも大部分が成魚に関する知見であり，日本海の広範囲に及ぶ海域で生活史を通じての体系的な知見

は得られていない。

1980年代に入ると，地域的な重要魚種の資源管理を目的とした研究が各地で進められるようになった（例えば，日本海中部海域タチウオ共同研究チーム，1986；山口県外海水産試験場ほか，1986；福岡県福岡水産試験場，1987；山口県ほか，1990）。トビウオ類については，日本海では漁獲量の年変動が大きい上に（森脇，1988），短期間に集中して水揚げされるために，価格が急激に低下し，漁家経営を不安定にしているという問題があることから，漁況予測（近藤・道津，1981；桑原ほか，1982；安達・由木，1984；森脇，1988；福井，1989；田中ほか，1991；安達，1992；松村，1992）及び付加価値を高めるための利用・加工の研究（松森ほか，1980；浅原ほか，1982；1983；田中ほか，1984；井岡ほか，1988；1989；1990a；1990b；兵庫県但馬水産事務所，1988；1989；森・大森，1989；日野ほか，1990）が重視された。このため，1972年以降ホソトビウオの資源生物学的研究はあまり進展しなかったが，1986年から5ヶ年，兵庫県，鳥取県，島根県及び山口県の4県によるトビウオ類（ホソトビウオ，ツクシトビウオ）の資源管理をテーマとした共同研究が行われ，本種の資源生物学的特性について多くの新しい知見が得られた（増田，1988a；1988b；福井，1988；森脇，1988；鳥取県水産試験場，1987；河野，1988）。筆者は1986年よりこの共同研究チームへの参加を含めて，ホソトビウオの資源生物学的研究を行ってきた。

本論文では日本海におけるホソトビウオの仔稚魚から成魚に至る発育段階を通じての分布生態，分布と環境特性との関係，成長特性及び成熟・産卵特性などの資源生物学的諸特性を解明した。また，資源状態の評価のための新しい手法の適用を試みた。論文は5章から構成される。1章では，海域別の漁獲統計，飛翔個体数の目視観察記録及び稚魚ネットの採集物を用い，発育段階別の分布と移動を明らかにした。2章では，

* 1998年 九州大学提出学位審査論文

海洋観測資料、消化管内容物及びプランクトン調査資料に基づいて、分布域の水温・塩分及び餌などの環境特性を解明した。3章では、飼育実験及び耳石の日周輪に基づいて、ふ化してから仔稚魚に至る初期成長を解明し、更に発育段階別の全長及び尾叉長組成を用いて、仔稚魚から成魚に至る成長を推定した。4章では、生殖腺の組織標本、卵径組成、卵数及び漁獲物の計測資料に基づき、成熟過程及び産卵生態を明らかにした。5章では、1～4章で得られた資源生物学的特性を総合的に検討し、本種の生活史を明らかにした。また、来遊豊度の評価と漁況予測のための手法について検討した。

1章 分布と移動

日本海におけるホソトビウオの分布と移動については、稚魚ネット採集により仔稚魚の出現域が明らかにされているが(内田・道津, 1958), 未成魚及び成魚については漁獲量変動から間接的に移動が推定されているにすぎず(岡地, 1958a; 安達・由木, 1984), 日本海の広い海域における分布と移動の実態は十分に明らかにされているとはいえない。

本章では、発育段階別の分布と移動を明らかにすることを目的として、漁獲量変動と日本海における飛翔個体数の広域的な目視観察結果に基づき、成魚及び未成魚の分布と移動を解明した。また、稚魚ネット採集によって仔稚魚の分布と移動を明らかにした。

1節 成魚及び未成魚の分布と移動

本節では、先ず1952～1991年の日本海の府県別漁獲統計及び主要定置網の漁獲統計を用い、漁獲量変動から成魚及び未成魚の分布域と移動を明らかにした。次に、1986～1990年各年の6月と9月に目視観察を行い、漁獲統計からは明らかにすることができない沖合域への分布の広がりを明確にした(河野ほか, 1995a)。更に、1992年7月に山口県沿岸域で反復目視観察を行い、成魚の日周移動の特徴を明らかにした。

資料と方法

海域別の漁獲量変動から分布と移動を明らかにするために、日本海におけるトビウオ類の府県別漁獲統計(1952～1962漁業養殖業漁獲統計表, 1963～1991漁業養殖業生産統計年報: 農林省, 農林水産省統計情報部)を用い、日本海を日本海南西区(山口県～鳥取県), 日本海中西区(兵庫県～石川県), 日本海中東区(富

山県～新潟県)及び日本海北東区(山形県～青森県)の4つの海区に分けて(Fig.1), 漁獲量の経年変化を調べた。また、1982～1991年の長崎県生月の5ヶ統, 山口県江崎の1ヶ統, 兵庫県余部の1ヶ統及び富山県における全定置網のトビウオ類の月別漁獲統計を用い(Fig.1), 各漁場における定置網1ヶ統当たりの月別漁獲量を漁場間で比較することにより、海域別漁獲量の経月変化を調べた。

トビウオ類の飛翔頻度分布の解析には、日本海域の各水産試験場が1986～1990年各年の6月上旬と9月上旬に日本海で実施したスルメイカ漁場一斉調査中に、調査定線(Fig.2)に沿って航走する調査船から目視観察を行い、収集したトビウオ類の飛翔個体数または飛翔回数の記録を用いた。これらの調査時期はスルメイカを対象として設定されたものであるが、トビウオ類についても6月は成魚の主漁期, 9月は未成魚の主漁期となっていることから(岡地, 1958a; 森脇, 1988), 分布調査に利用できると考えられる。なお、目視観察資料は次の(1)～(3)の条件下で得られたものである。(1)観察は5ヶ年間同等レベルの目視観察能力を有している者が行った。(2)観察者の目の位置は海面から4～7mの高さであった。(3)調査時には発見に障害となるような台風や時化はなかった。また、トビウオ類の日周移動を明らかにするために、山口県沿岸域に24海里の調査定線を設定し

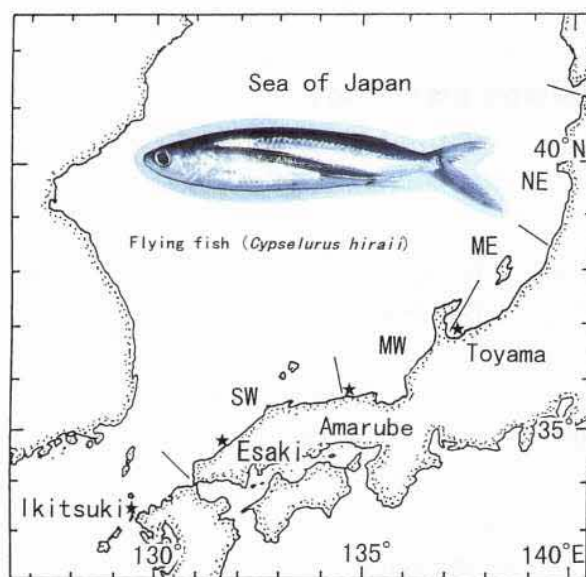


Fig.1. Study area in the Sea of Japan. SW: southwestern region, MW: middle western region, ME: middle eastern region and NE: northeastern region. Star marks show the locations of set net fishery where monthly catch records were collected.

(Fig.2), 1992年7月14日に山口県外海水産試験場調査船黒潮丸(149総トン)を日の出から日没付近まで2往復させて、トビウオ類の飛翔個体数を目視観察により調べた。調査海域におけるトビウオ類の種組成を把握するため、1986~1990年の各6月上旬に山口県沿岸域の大型定置網2ヶ統(Fig.2)で漁獲されたトビウオ類、及び1989、1990年の各9月に山口県沿岸域(Fig.2)で夜間に水中灯を点灯させてたも網で採集したトビウオ類について、種の同定を行った後、それらの尾叉長を測定した。

なお、発育段階区分は今井(1959)を参考として、ふ化直後から全長25mm以下のものを仔魚、胸鰭条数が定数に達し、下顎先端にひげ状器官を有するものを稚魚(全長25~約65mm)、ひげ状器官がなくなり一般的外観は成魚に近いが、胸鰭と尻鰭が暗青褐色を呈するものを未成年(尾叉長約65~約165mm)、産卵群として来遊し、尾叉長が約185mm以上に達したものを成魚とした。

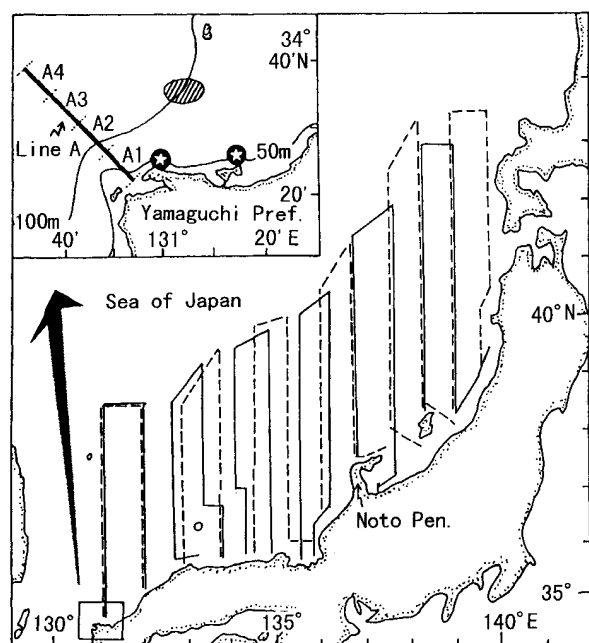


Fig.2. Transect lines for sighting observations of flying fish in the Sea of Japan, 1986-1990 (bottom). Broken and solid lines show the transect lines in June and in September, respectively. Line A (top) indicates the sighting observation line for diel movement of flying fish, July 14, 1992. Observation data were collected by the sections A1-A4. Star marks show the locations of set net fishery where specimens for the species composition were collected. The spoon net samplings of young flying fish were made in the shaded area, September, 1989 and 1990.

結 果

(1) 漁獲量変動からみた分布と移動

トビウオ類の漁獲量は、1952~1991年の各年いずれも日本海南西区、日本海中西区、日本海中東区、日本海北東区の順に多く、日本海南西区と日本海中西区の漁獲量を合わせると全体の70~90%を占めた(Fig.3)。

漁獲量の経年変化についてみると(Fig.3)、日本海南西区及び日本海中西区では変動のパターンがよく一致しており、漁獲量の谷が1958年及び1981年に、漁獲量の山が漁獲量の谷をはさんで1956年、1971年、及び1986年に形成された。一方、日本海中東区及び日本海北東区では漁獲量の谷は日本海南西区及び日本海中西区より遅れ1964年及び1983年に見られた。漁獲量の山は日本海中東区では1956年、1979年及び1985年に、日本海北東区では1955年、1969年及び1988年に見られ、それらは日本海南西区及び日本海中西区の漁獲量の山と対応していなかった。

漁獲量の長期変動傾向に注目すると(Fig.3)、日本海南西区及び日本海中西区では漁獲量の山が1956年、1971年、1986年と経年的に大きくなる傾向が認められた。特に日本海中西区では漁獲量の経年的な増加傾向が顕著で、Kendallの順位相関係数(τ)でみると、 $\tau=0.182$ ($P<0.05$, $n=40$)で有意な正の相関が認められた。一方、日本海中東区及び日本海北東区では、1981年以降漁獲量の水準がそれ以前の水準に比べ低くなっていた。特に日本海北東区では漁獲量は経年的に顕著に減少していた($\tau=-0.396$, $P<0.001$, $n=40$)。

次に、1982~1991年の各漁場(Fig.1)における定置網1ヶ統当たりの漁獲量の経月変化を調べた。主漁期は(Fig.4)、富山県では短く6~7月で、8月以降はほとんど漁獲は見られない。余部及び江崎では主漁

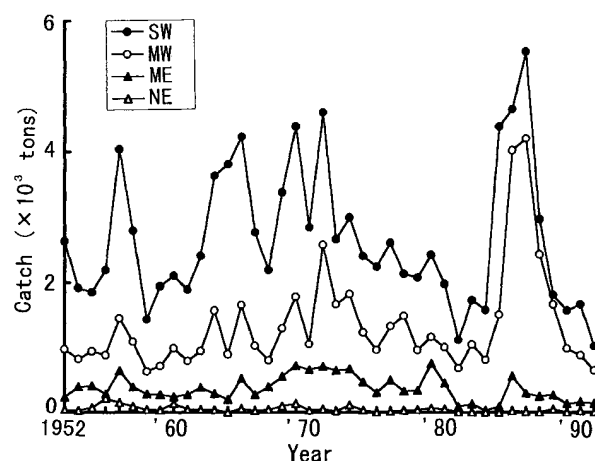


Fig.3. Catch trend of flying fish by regions (see Fig.1).

期は5～7月で、9月を中心として8～10月にも少し漁獲が見られることがある。生月では初夏には5～6月を中心としてわずかに漁獲が見られる程度で、主漁期は8～10月である。

漁獲量の山に注目すると (Fig.4), 富山県では常に7月に、生月では9～10月に漁獲量の山が見られた。余部及び江崎では6月に漁獲量の山が形成されることが多かったが、漁獲量が高水準にあった1985年及び1986年には7月の漁獲量の増加が著しかった。

(2) 目視観察からみた分布と移動

1986年6月と9月における飛翔群の構成個体数を Fig.5に示す。6月には、トビウオ類は単独で飛翔する頻度が83%と高く、船上から目視により飛翔個体数を数えることができた。一方、9月には3個体以上の群を成して飛翔する頻度が6月に比べて高く (40%), 更に10個体以上から成る群 (17%) も見られた。このように、9月には飛翔個体数を正確に数えることが困難であるため、飛翔回数を解析に用いた。

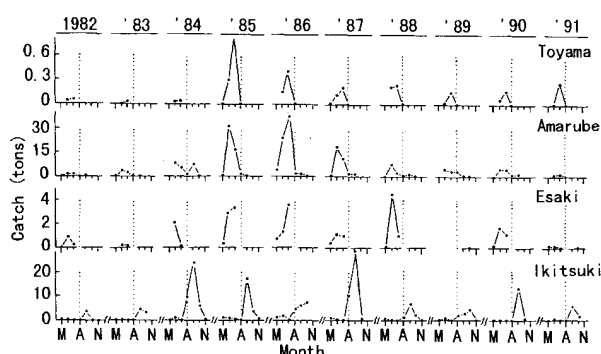


Fig.4. Monthly set net catches of flying fish for various localities (see Fig.1).

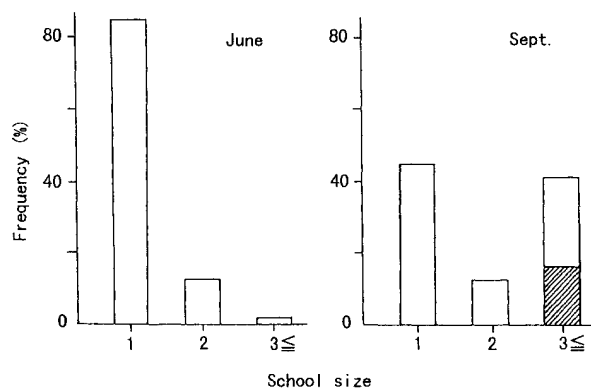


Fig.5. Frequency distributions of flying individuals by school sizes, based on sighting observation in the Sea of Japan, June and September, 1986. Shaded bar shows the frequency of schools with more than 10 individuals.

6月上旬の山口県沿岸域における定置網の漁獲物重量組成によると、ホソトビウオが90%以上を占め、残りの10%以下がツクシトビウオであった (Table 1)。漁獲されたホソトビウオの尾叉長は189～222mm, ツクシトビウオの尾叉長は247～296mmで、両種とも生殖腺がよく発達した成魚 (産卵親魚) であった。

6月における航走距離20海里当たりの飛翔個体数の分布を Fig.6に示す。調査期間の5年間を通じて、トビウオ類の飛翔は能登半島以西の日本海南北沿岸域を中心として見られ、能登半島以東の海域と北緯38度以北の沖合域ではまったく見られなかった。飛翔個体の出現域は、1986年には最も広く、能登半島付近にまで達していた。一方、1989年には出現域は最も狭く、島根県沖以西であった。1986～1990年における全観測定線での20海里当たりの平均飛翔個体数は (Fig.6), 1986年に0.88個体と最も多く、その後次第に減少して1989年には0.05個体となったが、1990年には前年よりやや増加して0.22個体となった。

9月に山口県沿岸域でも網で採集したトビウオ類は、ホソトビウオとツクシトビウオに加えて、6月に出現しなかったホソアオトビウオ *Hirundichthys oxycephalus* で構成されており、ホソアオトビウオが全体の70%以上を占めていた (Table 2)。採集したトビウオ類の尾叉長は、ホソトビウオが68～136mm, ツクシトビウオが57～161mm, ホソアオトビウオが66～

Table 1. Species composition in weight (%) of flying fish caught by set net fishery in coastal waters off Yamaguchi Prefecture (see Fig.2), early June, 1986-1990.

Species	Year				
	1986	1987	1988	1989	1990
<i>Cypselurus hiraii</i>	98.4	98.3	98.0	98.8	93.6
<i>C. heterurus doederleini</i>	1.6	1.7	2.0	1.2	6.4
Total catch (kg)	6126	6368	1956	1042	330

Table 2. Species composition (%) of flying fish collected by spoon net in coastal waters off Yamaguchi Prefecture (see Fig.2), September, 1989 and 1990.

Species	Year	
	1989	1990
<i>Cypselurus hiraii</i>	15.6	0.4
<i>C. heterurus doederleini</i>	13.0	8.3
<i>Hirundichthys oxycephalus</i>	71.4	91.3
Total catch in number	77	2101

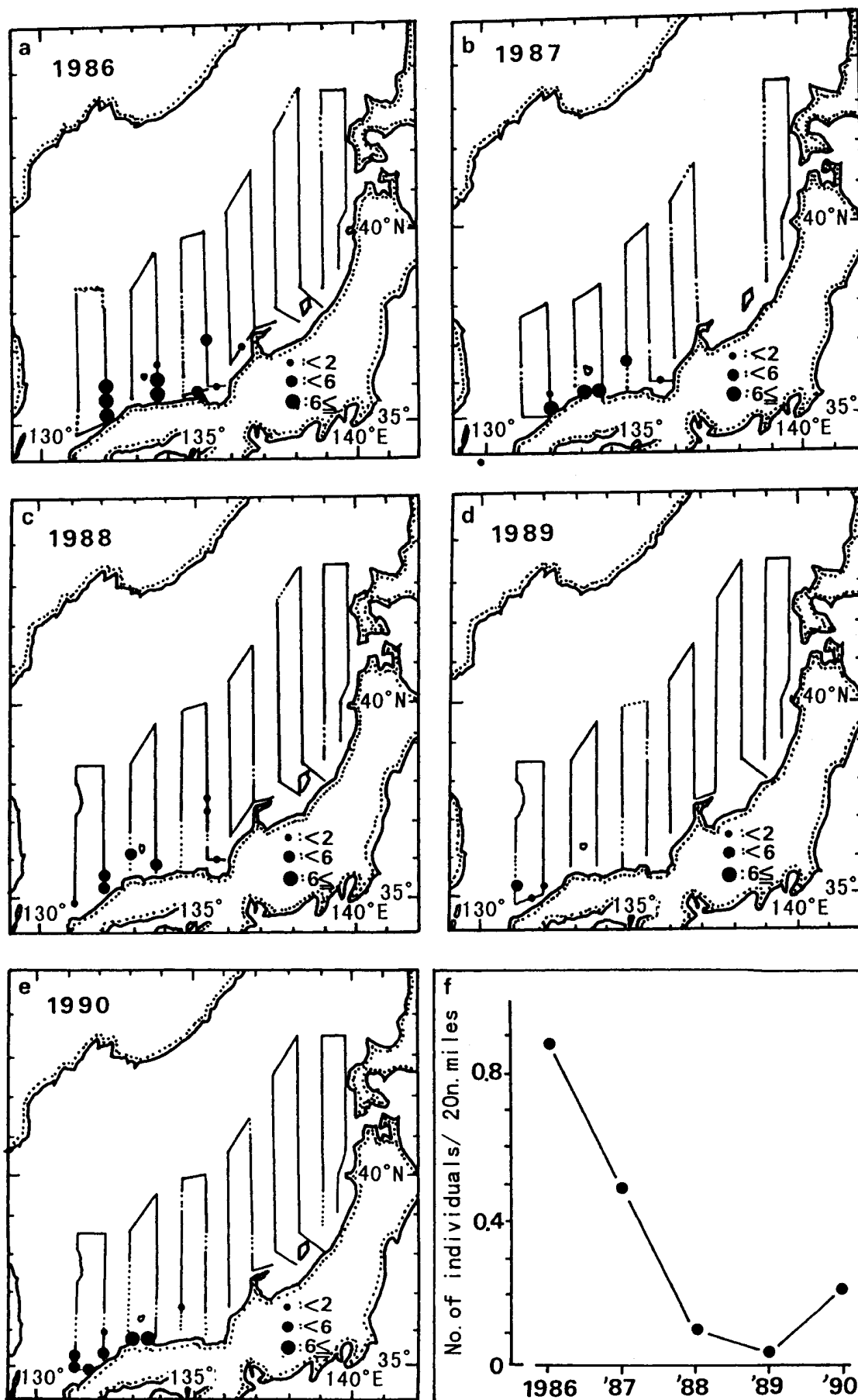


Fig.6. Distribution of the number of flying individuals observed per 20 n. miles (a-e) and yearly changes of the average number of individuals per 20 n. miles (f) in the Sea of Japan, June, 1986-1990. Dotted lines denote nighttime.

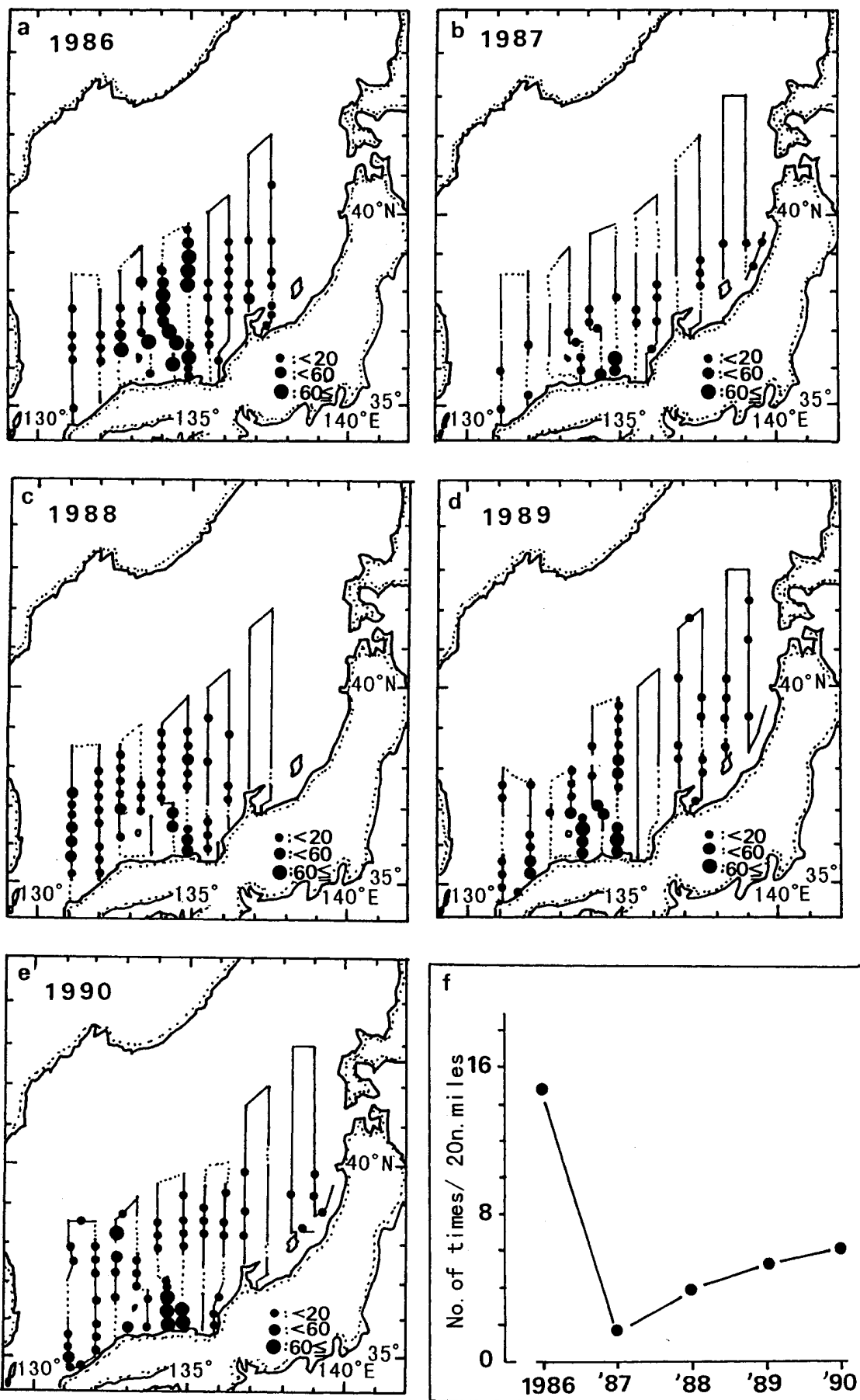


Fig.7. Distribution of the number of flying times observed per 20 n. miles (a-e) and yearly changes of the average number of flying times per 20 n. miles (f) in the Sea of Japan, September, 1986-1990. Dotted lines denote nighttime.

135mmの範囲にあり、各種とも未成魚であった。日本海におけるホソアオトビウオ未成魚の出現は、1986～1988年の各9月に兵庫県沖でも確認されている（増田ほか、1990）。

9月における航走距離20海里当たりの飛翔回数の分布をFig.7に示す。9月には6月と異なりトビウオ類の飛翔は、日本海南西沿岸域のみでなく、その沖合域から能登半島以東の海域に至る広範な海域において見られた。1986～1990年のいずれの年においても、飛翔回数は島根県～兵庫県沖で多かった。飛翔個体の出現域の沖合への広がりには年変動が認められ、1987年には距岸約120海里以内の海域でのみ飛翔が見られたが、それ以外の年には距岸約300海里の沖合まで飛翔が認められた。全観測定線における20海里当たりの平均飛翔回数は（Fig.7）、1986年に最高の14.8回を示したが、1987年には急激に減少し1.8回となった。その後、平均飛翔回数は次第に増加して1990年には6.2回となった。

1992年7月14日に山口県沿岸域で飛翔個体数の経時変化を調査した結果をFig.8に示す。5時27分～11時33分における沖側（A4）から岸側（A1）と岸側から沖側へ至るまでの飛翔個体の出現は、水深100m以浅の岸側を中心として見られ、ほぼ似たような出現状況を示したが、8時32分以降にはそれ以前よりも岸側での出現個体数が減少し、10時以降やや沖側に出現域が広がった。11時35分～14時39分には、全域で出現個体数は少なかった。14時42分～17時55分には岸側でのみ飛翔個体が出現した。

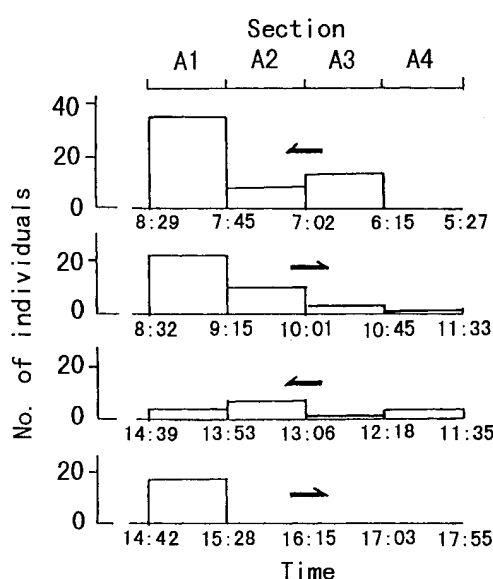


Fig.8. Diel change in the number of flying individuals by sighting observation on the line A, July 14, 1992. See Fig.2 for sections A1-A4.

考 察

漁獲量の経年変化を調べた結果、漁獲量は日本海では西の海区ほど多く、日本海南西区で最も多かった（Fig.3）。日本海で漁獲されるトビウオ類の大部分はホソトビウオの産卵群であることから（児島、1969a；1969b；4章）、日本海におけるホソトビウオ産卵群の主分布域は能登半島以西の海域で、その中でも分布の中心は日本海南西区にあると考えられる。1986～1990年各6月に目視観察を行った結果、トビウオ類（大部分がホソトビウオ産卵群であったと考えられる、Table 1）の出現が日本海南西沿岸域を中心として見られたことはそれを裏付けており、日本海南西沿岸域は本種の主産卵場になっていると考えられる。

6月に飛翔した産卵群の出現域を、20海里当たりの飛翔個体数の分布と全観測定線での20海里当たりの平均飛翔個体数の経年変化からみると（Fig.6）、平均飛翔個体数が最も多かった1986年には、飛翔個体の出現域が最も東方に広がり、能登半島付近にまで達していた。一方、平均飛翔個体数が最も少なかった1989年には、出現域が最も狭かった。このように、出現域は平均飛翔個体数の増加及び減少に伴い、それぞれ拡大及び縮小する傾向を示した。6月の飛翔頻度は豊度の指標になると考えられることから（5章2節）、能登半島以西の海域ではホソトビウオ産卵群は資源の増大及び減少に伴って、それぞれ高密度分布域を拡大及び縮小させていると考えられる。しかしながら、能登半島以東の海区における漁獲量の長期変動傾向は、能登半島以西の海区における漁獲量の長期変動傾向とは異なっていた（Fig.3）。このことは、能登半島以東の海域における来遊量変動が主分布域の資源変動だけでなく、他の要因の影響も受けていることを示唆しており、これについては次章で検討する。

初夏の漁獲量の山は、生月では9～10月の山に比べ著しく小さいが5～6月に、江崎及び余部では6～7月に、富山県では7月に認められた（Fig.4）。このような漁況の推移から、産卵群の一部は5～7月に九州北西沿岸域から能登半島東方海域へ1～2ヶ月かけて北上するものと考えられる。北上経路については、生月の初夏の漁獲量が日本海南西沿岸域の漁獲量に比べかなり少なかったこと、及び日本海ではトビウオ類の漁獲量は南西区で最も多かったことから次のような推定が可能であろう。ホソトビウオ産卵群は九州北西沿岸域では日本海南西沿岸域ほど接岸傾向を示さず北上するが、主産卵場である日本海南西沿岸域では接岸

傾向を示し、更に一部が能登半島以東の海域へ北上すると推定される。9月以降は成魚の漁獲や飛翔がまれになることから、雌雄の親魚は放卵・放精を終了した後夏の間にほとんど死亡し、寿命は約1年と考えられる。

目視観察によりトビウオ類の日周移動を調べた結果、飛翔個体の出現は5時27分～11時33分には、岸側を中心として見られたが、8時32分以降にはそれ以前に比べ岸側での出現個体数が減少し、出現域がやや沖側へ広がった (Fig.8)。これらの結果から、ホソトビウオは早朝には岸寄りの海域を中心として分布し、時間の経過とともに沖合へ分布域を広げるように移動したと推定できる。その後、それらは15時頃に岸側にややまとまって出現するまで、分散して分布していたと考えられる。調査日に飛翔したトビウオ類は、付近の定置網の漁獲情報から大部分がホソトビウオ産卵群であったと推定される。既往の知見によると、ホソトビウオ産卵群はその漁獲状況から、13～15時頃には海面にはほぼ均一に分布するが、16時頃から成群行動を活発に行い次第に接岸傾向を示し、夜間に産卵後、朝方沖合に移動すると推定されているので (児島, 1969a; 1969b; 1969c; 1971), 本研究における調査結果は、このような産卵に伴う接岸-離岸の移動についての推定をほぼ支持するものと考えられる。

秋に漁獲されるトビウオ類は未成魚で (岡地, 1958a; 1958b), 定置網ではホソトビウオの未成魚が高い比率を占める (近藤・道津, 1981; 増田ほか, 1990)。海域別の定置網の漁獲量変動を調べた結果、秋の漁獲量の山は生月では9～10月に明瞭に認められたが、余部及び江崎では9月を中心として小さな山がたまに形成される程度で、更に富山県では秋にはまったく漁獲が見られなかった (Fig.4)。このように秋には初夏とは逆に日本海沿岸域で漁獲量が著しく少なく、九州北西沿岸域で漁獲量が多かった。沖合域における未成魚の分布を調べるために、9月に目視観察を行った結果、山口県沖から能登半島以東の沖合域まで広く未成魚の飛翔が認められた (Fig.7)。ただし、山口県沿岸域で採集したトビウオ類にはホソトビウオの未成魚の他にホソアオトビウオの未成魚がかなり高い比率で含まれていた (Table 2)。また、兵庫県沖では沖合域ほどホソアオトビウオの出現比率が高くなることが報告されている (増田ほか, 1990)。トビウオ類の飛翔は11～4月の日本海ではまったく見られなくなり、漁獲もなくなる。これらのことから、ホソトビウ

オ未成魚は、9月には日本海沖合に広く分布するが、9～10月にかけて日本海では主に沖合域を南下し、九州北西沿岸域を経て東シナ海へ移動すると考えられる。

2節 仔稚魚の分布と移動

本節では、主産卵場である日本海南海域で1986年と1987年に行ったトビウオ類仔稚魚の採集調査により、出現種と出現域及び成長に伴う分布域の変化を明らかにした (河野, 1995a)。

資料と方法

トビウオ類仔稚魚の出現種と出現域を明らかにするために、1986年及び1987年の5～10月の各月初めに Fig.9に示す日本海南海域山口県沖の30定点において、丸稚Aネット (口径1.3m, 側長4.5m, 側長前部3mは $4 \times 4 \times 200$ のモジ網, 後部1.5mは網地NGG54, 網目 0.33×0.33 mmの篩布) を使用して、トビウオ類仔稚魚を採集した。採集は山口県外海水産試験場調査船黒潮丸により船速約2ノットで10分間表層を曳網し実施した。仔稚魚は採集後直ちに10%ホルマリンで固定し、全長を測定した。

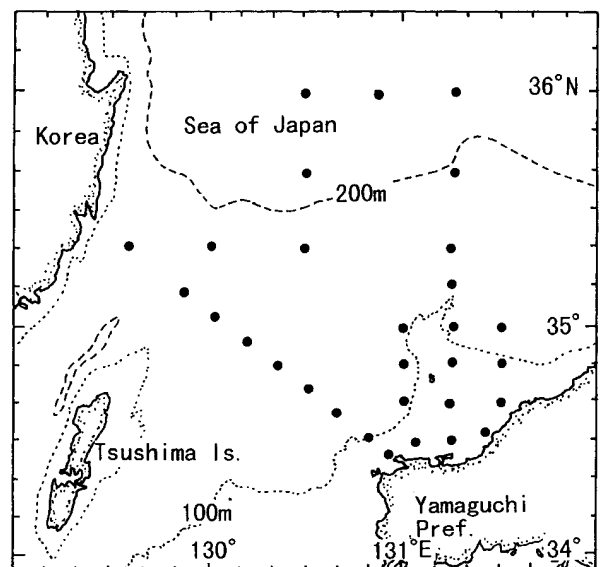


Fig.9. Sampling stations for exocoetid larvae in the southwestern Sea of Japan.

結 果

(1) 出現種と出現時期

トビウオ類仔稚魚の出現は6～9月に見られ、ホソトビウオ、ツクシトビウオ及びホソアオトビウオの3種が認められた (Table 3)。

種毎の出現状況を見ると (Table 3), 1986年には、3種ともに7～9月に出現しており、ホソトビウオでは7月に、ホソアオトビウオでは8月に出現の山があった。1987年には、ホソトビウオとツクシトビウオは6～8月にかけて出現しており、ホソトビウオでは7月に出現の山が見られた。ホソアオトビウオの出現は8月に限られたが、出現個体数は最も多かった。調査した2年に限れば、ホソトビウオは7月を中心に出現し、ホソアオトビウオは8月を中心に出現していた。ツクシトビウオでは出現個体数が少なく、明瞭な山は認められなかったが、7月にやや多く出現した。各種ともに1987年の出現個体数が1986年の出現個体数よりも多かった。

(2) 分布と移動

1986年と1987年における各種の出現域を比較してみると (Fig.10), 1986年には、ホソトビウオは北緯35度以南の山口県沿岸域を中心とした海域と対馬北東沖から北緯36度付近の沖合域の2海域に出現した。ホソアオトビウオもホソトビウオとよく似た分布を示し、沿岸域と沖合域の2海域に出現した。ツクシトビウオは北緯35度以南の山口県沿岸域にのみ出現し、沖合域には出現しなかった。1987年には、ホソトビウオとホソアオトビウオはともに山口県沿岸域を中心とする海域と沖合域の2海域に出現した。1986年に比べると沿岸域での出現個体数が増加し、沖合域での出現個体数が減少した。ツクシトビウオは1986年と同様に山口県沿岸域にのみ出現した。

各種の全長階級別の出現域を調べてみると、1986年には (Fig.11), 全長10mm以下のホソトビウオ仔魚は、

山口県北西沿岸域と対馬北東沖に出現した。仔魚が全長10～20mm, 20mm以上と成長するにつれ、出現域は沿岸域及び沖合域ともに北～北東方向へ拡大した。ホソアオトビウオの出現域は、仔稚魚の成長に伴い、沖合域では北東方向へ顕著に拡大し、沿岸域ではやや東へ広がった。ツクシトビウオでは、全長10～20mmの仔魚は山口県北西沿岸域に出現し、全長20mm以上になると出現域が東～北東方向へ広がった。1987年には (Fig.12), 3種とも山口県沿岸域では成長に伴い出現域が北東方向へ拡大する傾向を示したが、沖合域では出現個体数が少なく、仔稚魚の成長に伴う出現域の変化は明確ではなかった。

考 察

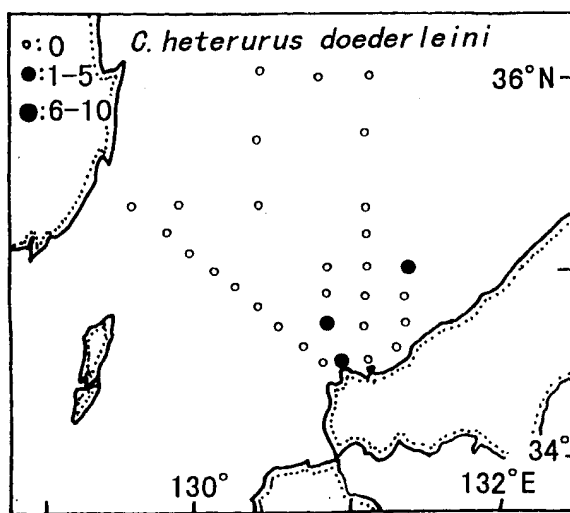
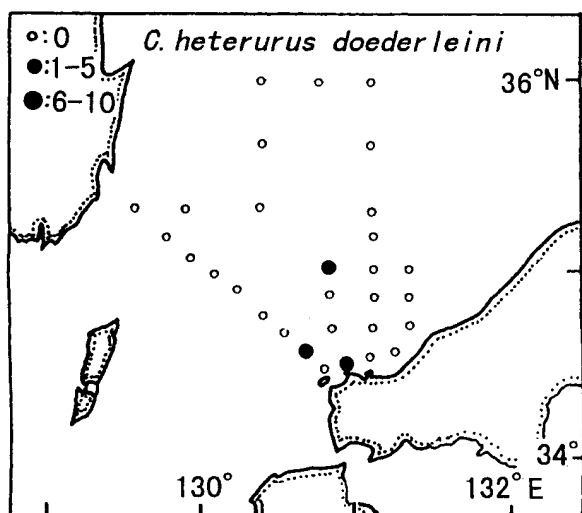
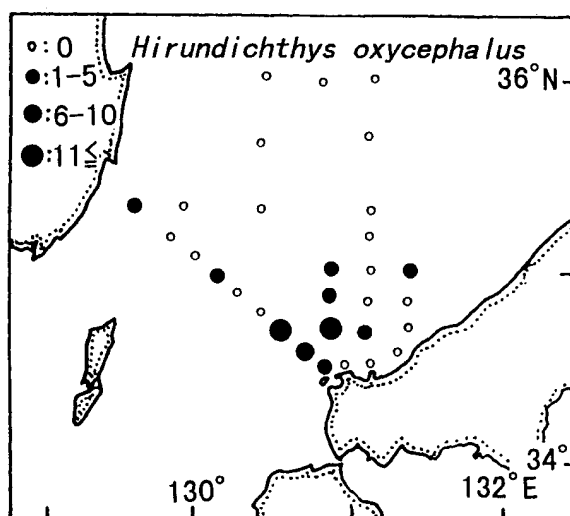
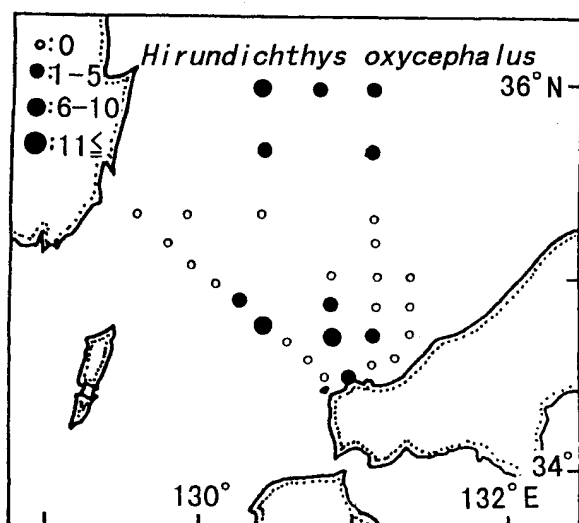
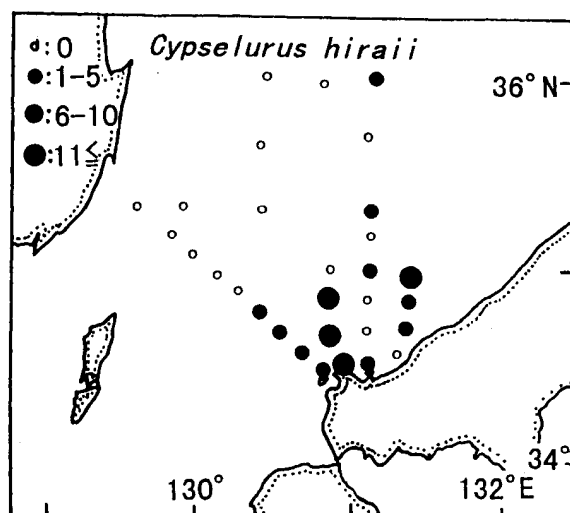
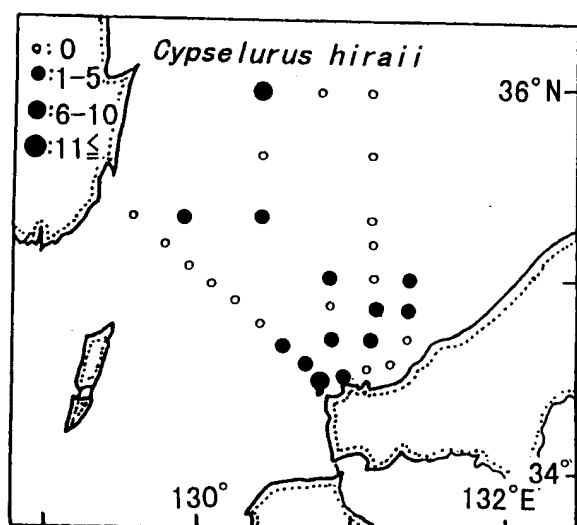
ホソトビウオ仔稚魚は7月を中心として山口県沿岸域だけでなく、水深が200mより深い北緯36度付近の沖合域にも出現した (Fig.10)。内田・道津 (1958) によれば、本種の仔稚魚は7～9月に北海道南部以南の対馬暖流域に出現し、能登半島北沖では水深200m以深の沖合域にも出現することが報告されている。本種の産卵群は沖合域では飛翔が見られず (前節), 日本海南西沿岸域から九州北西沿岸域の水深50m以浅の海底で産卵することが知られていることから (塚原ほか, 1957; 今井, 1959; 児島, 1971; 4章2節), 沖合域に出現した仔稚魚は沿岸域の産卵場から対馬暖流によって運ばれてきたことが示唆される。これについては次章で更に検討する。

本研究により日本海にホソアオトビウオの仔稚魚が出現することが明らかになった (Fig.10)。ホソアオトビウオの成魚は、九州近海での出現はまれで (今井, 1960), それらは台湾東部海域に多く出現し、流れ藻等に産卵することが知られている (陳, 1978)。また、仔稚魚は台湾東部海域では6月に、東シナ海では6～7月に出現することが報告されている (陳, 1985)。更に、仔稚魚の中には全長10mm以下のふ化後間もないものも含まれていたことから (Fig.11, 12), これらの仔稚魚は東シナ海北部に出現するものの他、対馬海峡付近でふ化したものが日本海南西海域へ移送されてきたと考えられる。

ツクシトビウオは出現個体数は少なかったが、沿岸域にのみ出現した (Fig.10)。ツクシトビウオはホソトビウオより沿岸域の藻場に産卵することから (今井, 1959), 沖合域への出現は少ないのであろう。

Table 3. Monthly changes in the number of exocoetid larvae collected in the southwestern Sea of Japan (see Fig.9), 1986 and 1987.

Year	Species	Month						
		May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Total
1986	<i>Cypselurus hiraii</i>	0	0	25	13	1	0	39
	<i>C. heterurus doederleini</i>	0	0	2	1	1	0	4
	<i>Hirundichthys oxycephalus</i>	0	0	4	32	3	0	39
1987	<i>C. hiraii</i>	0	4	55	15	0	0	74
	<i>C. heterurus doederleini</i>	0	1	5	2	0	0	8
	<i>H. oxycephalus</i>	0	0	0	108	0	0	108



1986

1987

Fig.10. Distribution of exocoetid larvae (number of individuals) in the southwestern Sea of Japan, 1986 and 1987.

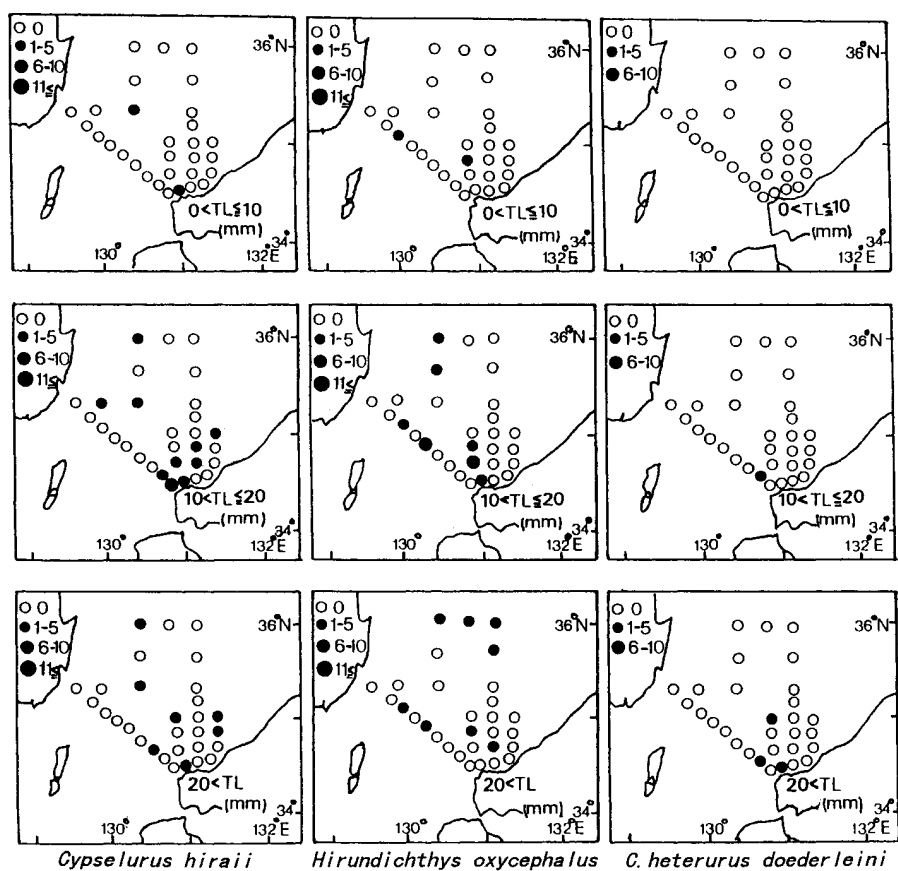


Fig.11. Distribution of exocoetoid larvae (number of individuals) by sizes, 1986.

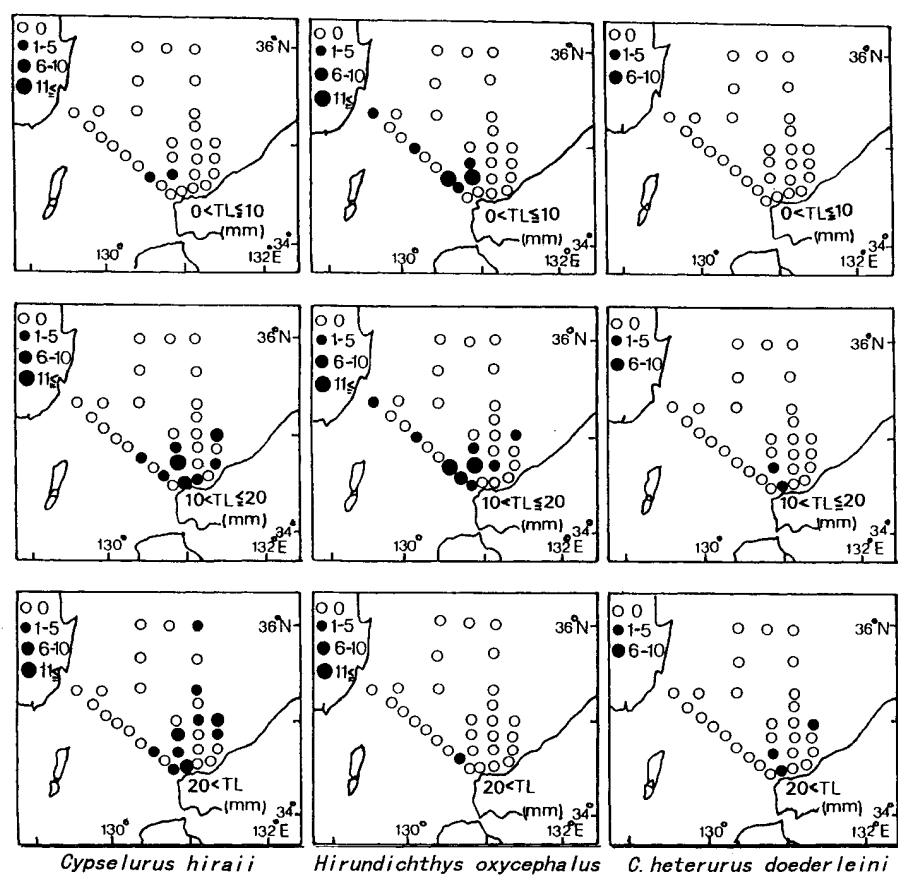


Fig.12. Distribution of exocoetoid larvae (number of individuals) by sizes, 1987.

2章 分布域の環境

これまで本種の漁獲量変動と水温などの物理環境要因との関係については、いくつかの知見があるが（例えば、岡地，1958a；小川，1968；1981；安達・由木，1984；森脇，1988；田中ほか，1991），分布域の物理環境を調べた報告は著しく少なく，わずかに仔稚魚の分布域における水温についての報告があるにすぎない（陳，1985）。また，トビウオ類成魚は動物プランクトンを主餌料としていることが明らかにされているが（末廣，1935；元田・安楽，1955；東京都水産試験場，1984；川村，1953；福井，1988；河野，1988），仔稚魚を含め発育段階別の餌生物の組成と摂餌生態について調べた報告は極めて少ない。更に，日本海南西海域における餌環境としての動物プランクトンの季節的消長とその分布について調べた報告は，対馬暖流開発調査（元田・安楽，1958）以来ほとんどない。

本章では，海洋観測資料，消化管内容物及びプランクトン調査資料を基に，分布域における水温・塩分及び餌などの環境特性を発育段階別に明らかにした。

1節 水温・塩分環境

本節では，発育段階別の分布域における水温・塩分調査資料を基に，水温・塩分環境を明らかにした（河野ほか，1995a；河野，1995a）。また，前章で示した能登半島以東の海区と以西の海区とでは漁獲量の長期変動傾向が異なっていた原因について，水温環境から検討した。

資料と方法

トビウオ類は表層を遊泳することから（塚原ほか，1957a；兄島，1969a；井上ほか，1986），成魚及び未成魚の飛翔個体の出現域と海面水温・塩分分布との関係を，1986～1990年各年の水産試験研究機関海洋観測資料（水産庁）の水温・塩分資料を用いて調べた。また，成魚の漁獲量の長期変動傾向が能登半島以東の海区と以西の海区とで異なっていた原因を明らかにするために，距岸約120海里内の日本海沿岸域を東経136度を境として日本海東部沿岸域と日本海西部沿岸域とに分け，各海域における1954～1991年各年の5～7月の50m深平均水温と海区別（Fig.1）の漁獲割合との関係を調べた。ここで，海区別の漁獲割合とは日本海のトビウオ類総漁獲量に占める各海区のトビウオ類漁獲量の比率で，この値を用いて日本海を北上する魚群の北方への広がり程度を検討した。なお，水温資料は長

沼・市橋（1993）による日本海水温のデータベースを利用した。

仔稚魚の分布域の水温・塩分環境は，1986年及び1987年の5～10月の各月に日本海南西海域山口県沖の調査点で（Fig.9），丸稚Aネットの曳網前にナンゼン採水器による水温と塩分の観測を行って調べた。塩分はAutolab社のサリノメーターで検定した。トビウオ類の仔稚魚はふ化直後から海面付近に浮上して摂餌することから（増田，1988b），仔稚魚の分布域の海面水温と塩分を調べた。また，調査海域内には対馬暖流の強流域が，山口県沿岸域と沖合域とに分かれて存在し（Kawabe，1982a；1982b；河野，1993；Isobe *et al.*，1994；Katoh，1994a；1994b），各々100m等深線と山口県沖合の100m深の等温線密集部に沿って存在するので（Katoh，1994a；1994b；前者を第1分枝，後者を第2分枝とよぶ），強流域と仔稚魚の分布との関係を明らかにするために，100m等深線位置及び100m深水温分布と仔稚魚の分布（各年各月のトビウオ類仔稚魚の総出現個体数分布）との関係を調べた。

結 果

（1）成魚及び未成魚の水温・塩分環境

6月の成魚の飛翔個体は海面水温15～17℃の海域に若干出現することもあったが，大部分が18～20℃の海域に出現した（Fig.13）。塩分では34.0～35.0の海域で飛翔個体の出現が見られた（Fig.14）。

9月の未成魚では，成魚より高温の22～27℃の海域に飛翔個体が出現し（Fig.15），特に24～26℃で出現が多かった。1987年9月には，他の年に比べて22℃の等温線が沿岸寄りに著しく南下しており，飛翔個体も沿岸寄りの22℃以上の暖水域に見られた。塩分では成魚より低塩な32.0～34.0の海域で飛翔個体が出現し，塩分34.0以上の海域では飛翔個体はほとんど出現しなかった（Fig.16）。このように未成魚は成魚に比べ高温，低塩な海域に出現することが明らかになった。

次に，日本海西部沿岸域の水温と海区別の漁獲割合との関係をみると（Fig.17），日本海北東区（ $r=0.565$ ， $P<0.01$ ）及び日本海中東区（ $r=0.358$ ， $P<0.05$ ）では有意な正の相関が認められたが，それ以西の海区では相関は弱まり，相関係数は負の値を示した。日本海東部沿岸域の水温と海区別の漁獲割合との間にも（Fig.18），日本海中東区以東の海区で正の相関が強くなる傾向が認められ，日本海北東区では有意な正の相関が認められた（ $r=0.447$ ， $P<0.01$ ）。このように日本

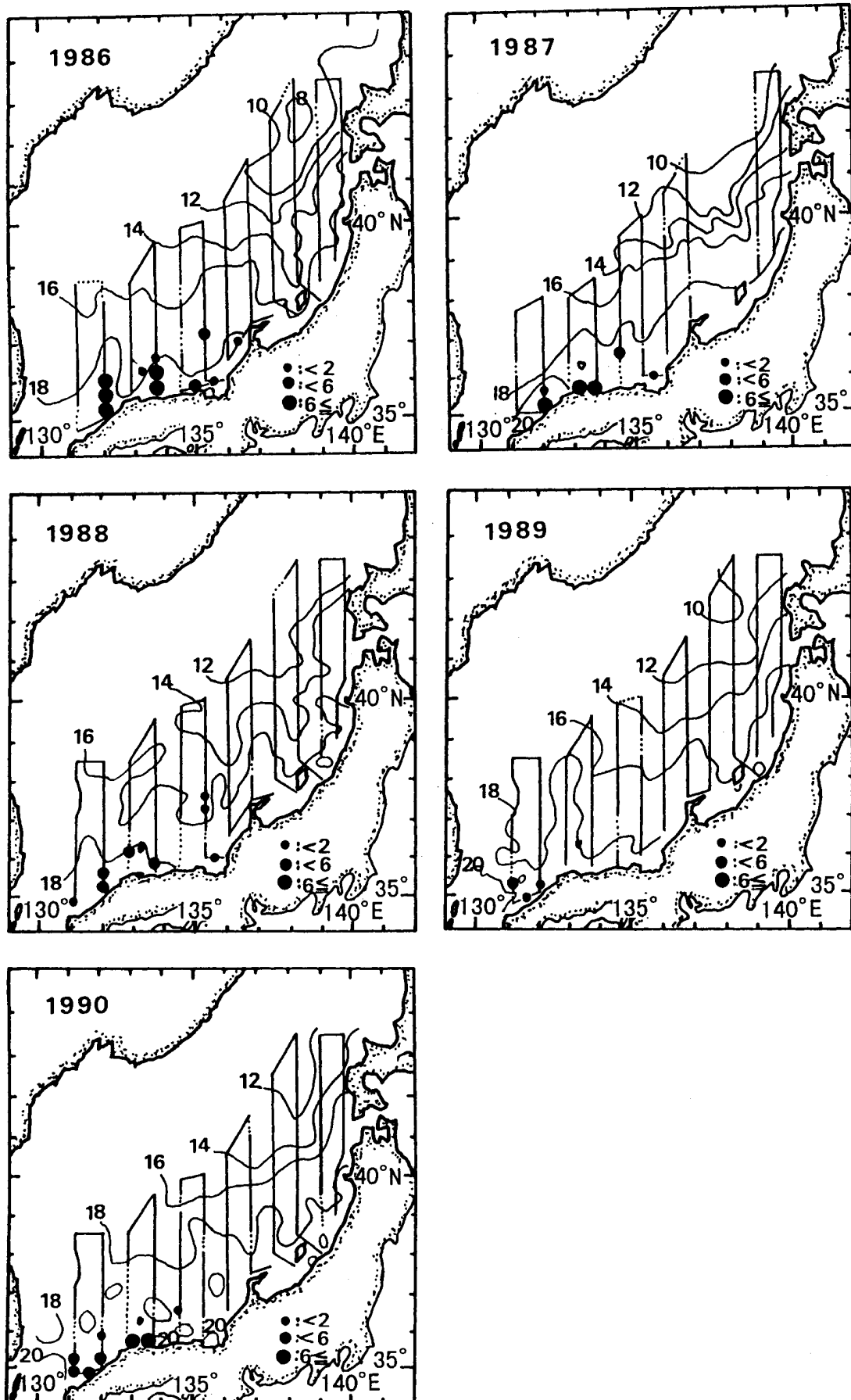


Fig.13. Distribution of the number of flying individuals observed per 20 n. miles relative to the sea surface temperature in the Sea of Japan, June, 1986-1990.

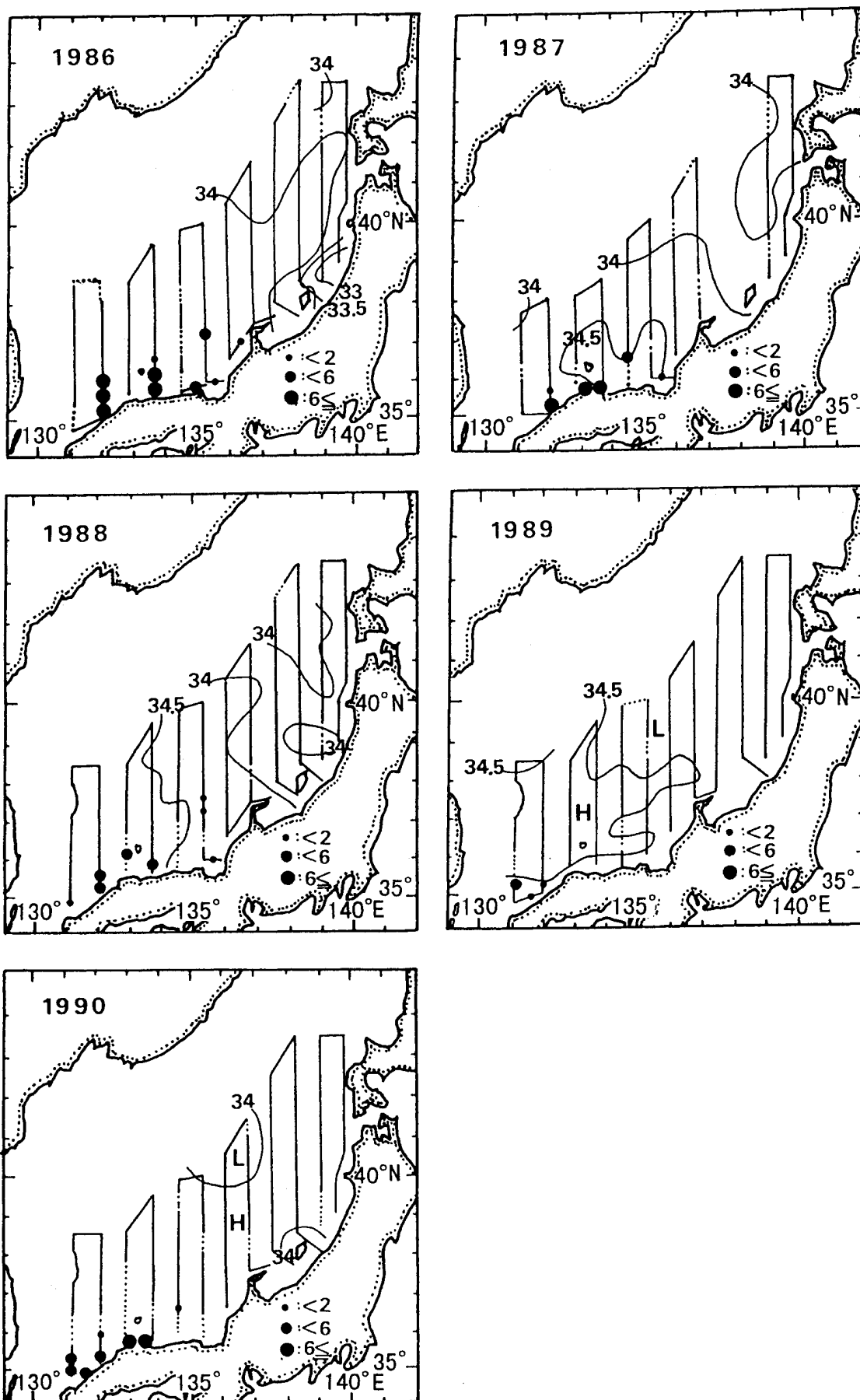


Fig.14. Distribution of the number of flying individuals observed per 20 n. miles relative to the sea surface salinity in the Sea of Japan, June, 1986-1990.

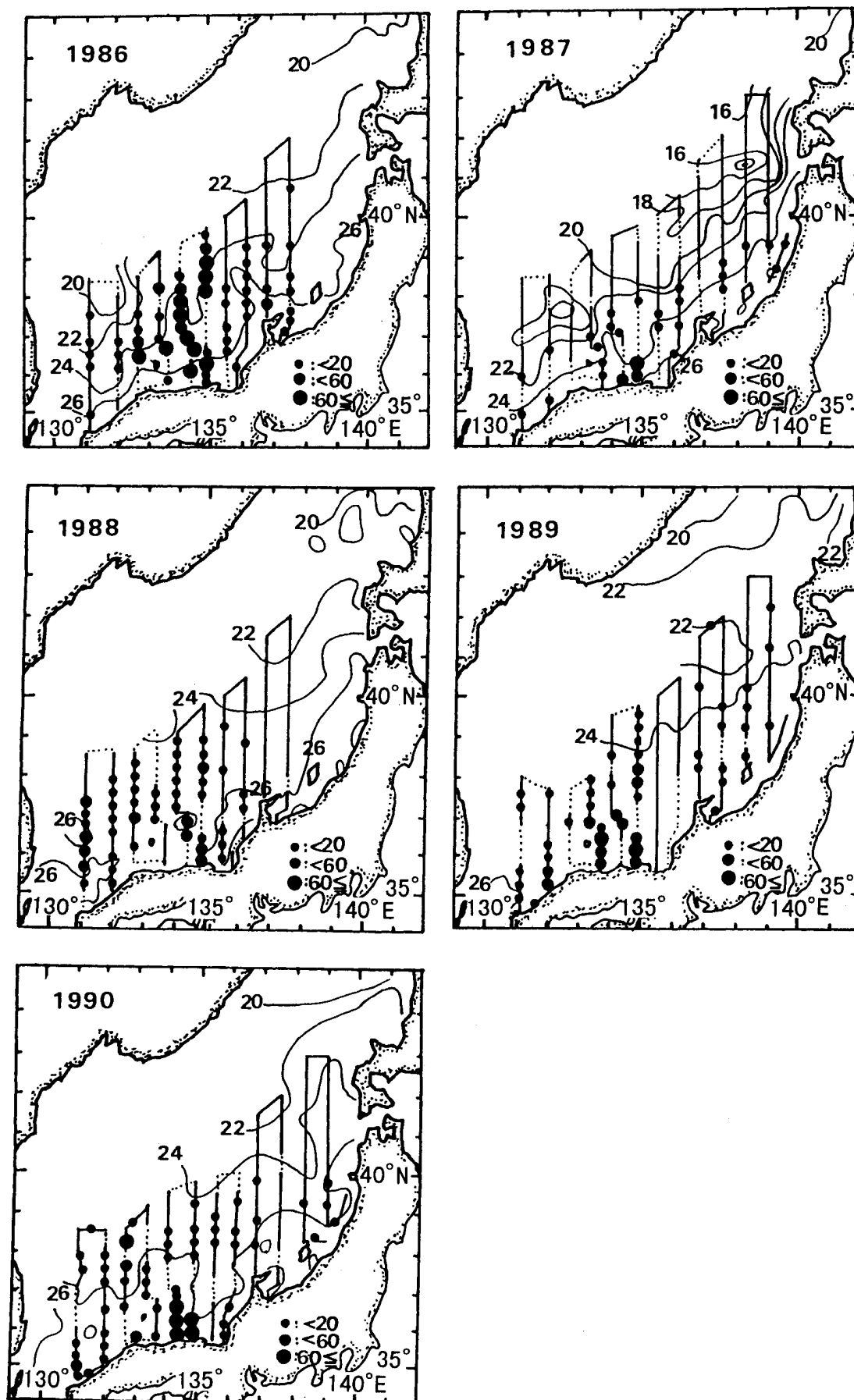


Fig.15. Distribution of the number of flying times observed per 20 n. miles relative to the sea surface temperature in the Sea of Japan, September, 1986-1990.

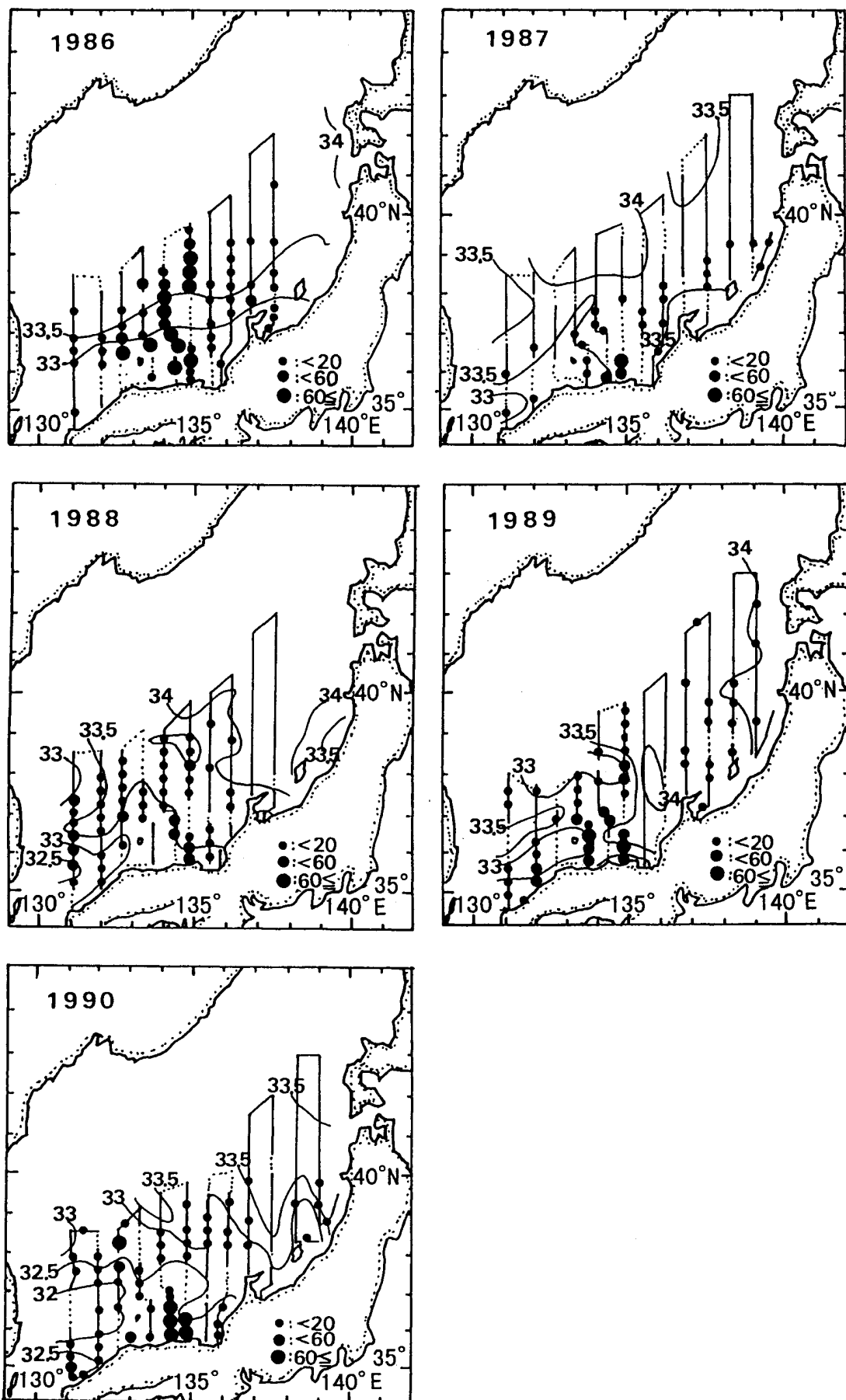


Fig.16. Distribution of the number of flying times observed per 20 n. miles relative to the sea surface salinity in the Sea of Japan, September, 1986-1990.

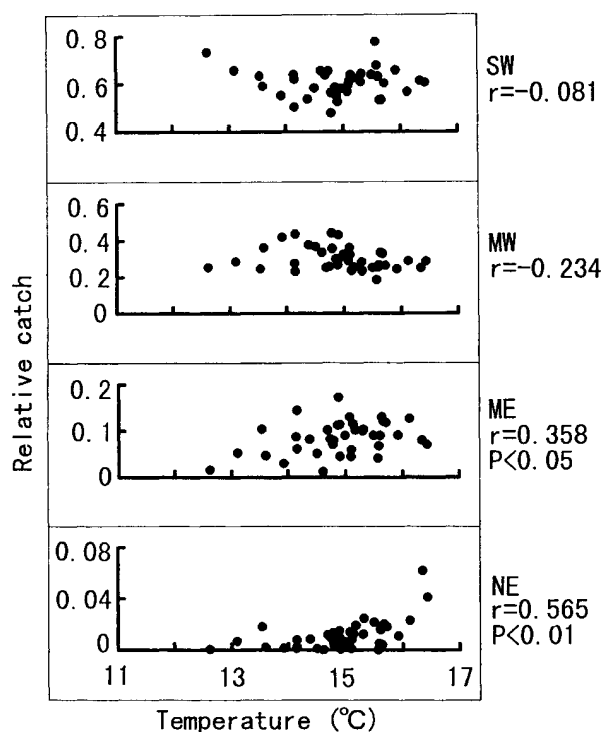


Fig.17. Relationship between average water temperature at 50m depth in western coastal region in the Sea of Japan, May-July and the relative catch of flying fish by regions (see Fig.1), 1954-1991. The relative catch of flying fish was presented by ratio of catch of flying fish by regions to total catch of flying fish in the Sea of Japan.

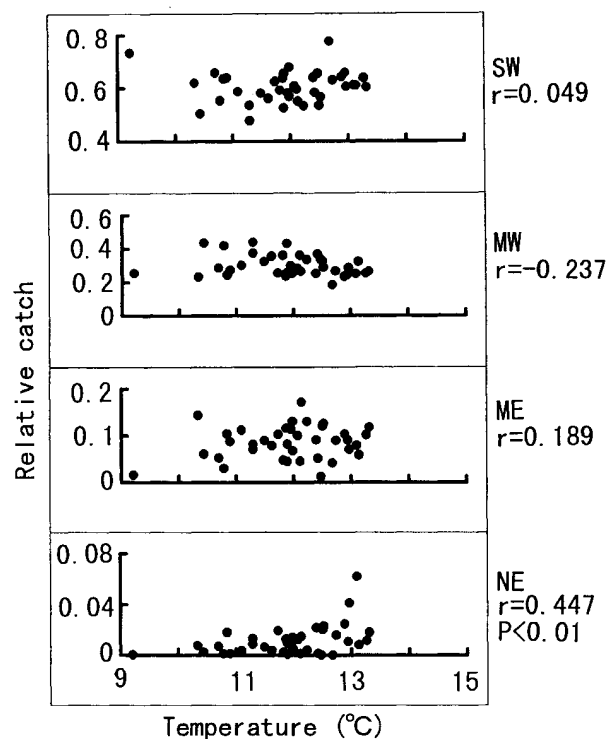


Fig.18. Relationship between average water temperature at 50m depth in eastern coastal region in the Sea of Japan, May-July and the relative catch of flying fish by regions (see Fig.1), 1954-1991. See Fig. 17 for the term of the relative catch.

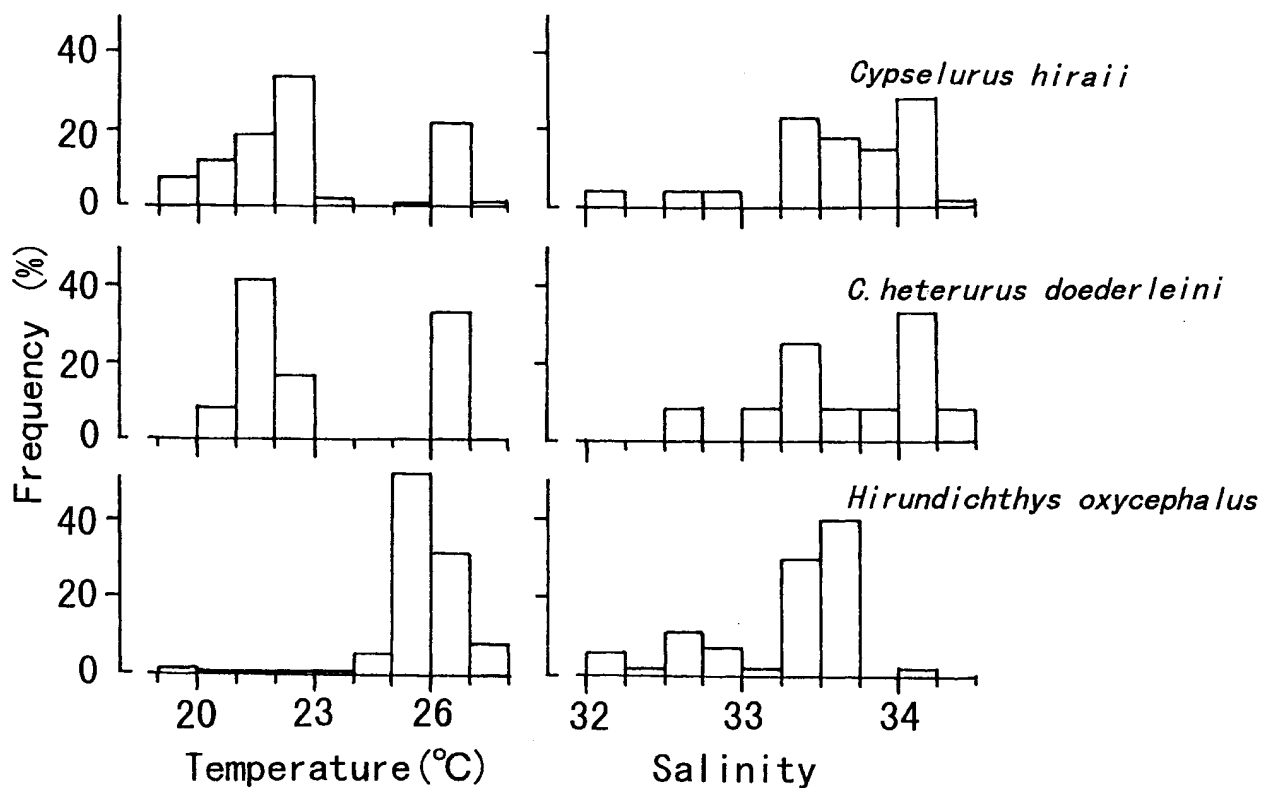


Fig.19. Frequency distribution of exocoetid larvae by water temperature and salinity in the southwestern Sea of Japan (see Fig.9).

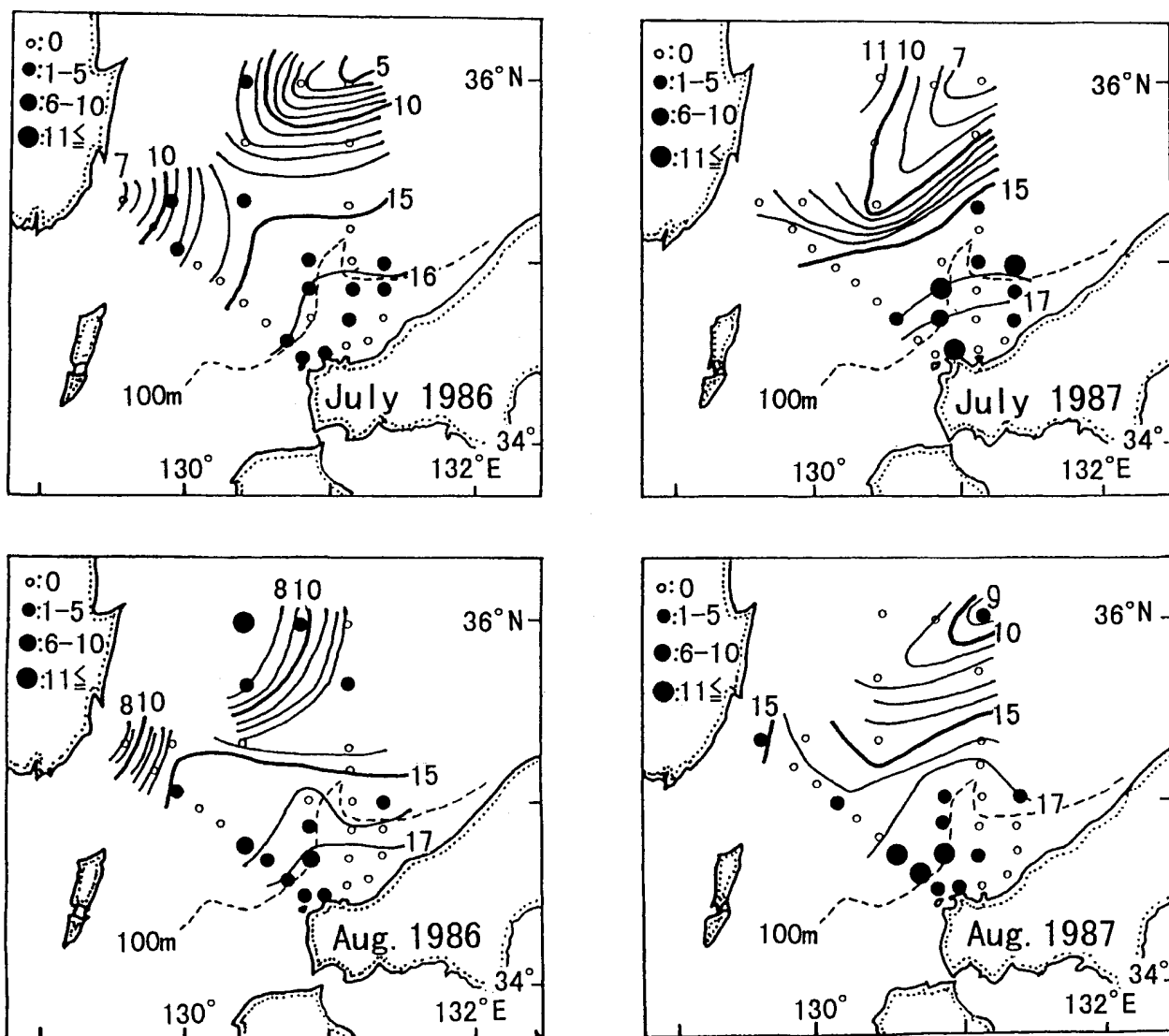


Fig.20. Distribution of exocoetid larvae (number of individuals) relative to the 100m depth contour and water temperatures at 100m depth, July and August, 1986 and 1987. The strong current regions of the Tsushima Current are indicated by the 100m depth contour and a bunch of the contour of water temperature at 100m depth (Katoh, 1994b).

海中東区以東の漁獲割合と水温との関係は、日本海中西区以西の漁獲割合と水温との関係とは異なり、水温が高いほど漁獲割合が大きくなる傾向が認められた。また、日本海中東区以東の漁獲割合と水温との相関は、日本海東部沿岸域の水温よりも日本海西部沿岸域の水温との間で高いことが明らかになった。

(2) 仔稚魚の水温・塩分環境

仔稚魚の出現域の海面水温及び塩分の範囲は、ホソトビウオでは19～28℃、32.0～34.5、ツクシトビウオでは20～27℃、32.5～34.5、ホソアオトビウオでは19～28℃、32.0～34.3で、種間で差異はほとんど認められなかった (Fig.19)。しかし、出現頻度の高い水温及び塩分の範囲に注目すると (Fig.19)、ホソトビウ

オ及びツクシトビウオでは19～23℃の範囲に約70%の個体が出現したのに対し、ホソアオトビウオでは兩種より高温の25～28℃の範囲に約90%の個体が出現した。塩分についてみると、ホソトビウオ及びツクシトビウオは33.8～34.5の高塩域に約50%の個体が出現したが、ホソアオトビウオはそのような高塩域にはほとんど出現しなかった。

トビウオ類仔稚魚の分布と100m等深線位置及び100m深水温分布との関係をみると (Fig.20)、沿岸域におけるトビウオ類仔稚魚は、1986、1987年ともにほぼ100m等深線に沿って分布していた。沖合域では、1986年7、8月には100m深の等温線密集部は水温10℃の等温線の周辺に位置し、対馬北東沖と山口県北沖の北緯35度30分～36度付近の海域に見られ、仔稚魚はそ

の等温線密集部付近に出現した。1987年7月には10℃以下の冷水の南下が著しく、それに伴い等温線密集部の先端が北緯35度付近まで南下し、仔稚魚は対馬北東沖から北緯36度付近の沖合域にはまったく出現しなかった。同年8月には10℃以下の冷水は山口県北沖の北緯36度付近に退き、仔稚魚は対馬北東沖と山口県北沖の北緯36度付近にも出現した。

考 察

6月の成魚は大部分が海面水温18～20℃の海域で飛翔した (Fig.13)。岡地 (1958a) も成魚が日本海に來遊し始めるのは水温約17～20℃で、最も漁獲の多いのは19～20℃の水温の時期であると報告しているの、18～20℃は成魚の分布の適水温と考えられる。前述のとおり、この時期日本海南西沿岸域へ來遊する成魚は産卵群であることから、この水温範囲は産卵群の高密度分布域の水温範囲とみなせる。

日本海西部沿岸域の水温と海区別の漁獲割合との関係を調べた結果、水温と能登半島以東の海区の漁獲割合との間では有意な正の相関が認められたが、それ以西の海区の漁獲割合との間では相関は著しく弱まり、相関係数は負の値を示した (Fig.17)。また、前章で能登半島以西の日本海では資源の増大及び減少に伴って、それぞれ飛翔個体の出現域が拡大及び縮小していることを示した。これらの結果から、能登半島以西の海域では資源の増大に伴い高密度分布域が拡大するが、能登半島以東の海域では魚群の北方への広がり水温の影響を強く受け、水温が高いと魚群の北上割合が増加すると考えられる。

9月の未成魚の飛翔は海面水温22～27℃の暖水域で見られた (Fig.15)。また、前章で飛翔群の中にはホソアオトビウオがかなり高い比率で含まれていたと推定された (Table 2)。ホソアオトビウオは台湾近海で産卵し (陳, 1978)、ホソトビウオに比べ高温域に出現する種であることから (陳, 1985)、未成魚の沖合への分布の広がり、対馬暖流水の分布によって強く影響されると考えられる。実際に1987年には22℃の等温線が他の年に比べてかなり沿岸寄りに位置し、それに対応して未成魚は沿岸寄りの22℃以上の暖水域に出現した。従って、22℃の等温線はトビウオ類未成魚の分布範囲を知るための指標になると考えられる。

ホソトビウオ及びツクシトビウオの仔稚魚は日本周辺固有種で、水温21～26℃の海域に出現が多いが、ホソアオトビウオの仔稚魚は純熱帯性種で25℃以上の海

域に多く出現することが報告されている (陳, 1985)。本研究では、ホソトビウオ及びツクシトビウオの出現が多かった水温は19～23℃で、陳 (1985) の調査結果よりやや低温であったが、ホソアオトビウオでは陳 (1985) と同様に25℃以上の高温域で出現が多かった。日本海南西沿岸域で25℃以上の水温を示すのは8月である (小川ほか, 1982) ので、ホソアオトビウオの仔稚魚の出現盛期はホソトビウオ及びツクシトビウオより遅れ8月になるのであろう (Table 3)。

調査海域におけるトビウオ類仔稚魚の出現域が、対馬暖流の強流域の指標とみなすことができる100m等深線 (第1分枝) と100m深の等温線密集部 (第2分枝) に沿っていたこと (Fig.20)、及び仔稚魚の成長に伴いそれらの出現域がほぼ北東方向へ広がったことから (Fig.11, 12)、トビウオ類仔稚魚はこの海域を流れる対馬暖流第1分枝と第2分枝によって対馬海峡周辺の産卵場から運ばれ、全長20mm前後に成長したと推定される。1987年7月には10℃以下の冷水の南下が顕著で、それに伴い等温線密集部の先端は北緯35度付近まで南下し、仔稚魚はその他の月と異なり対馬北東沖から北緯36度付近の沖合域にはまったく出現しなかった (Fig.20)。このことから、第2分枝の位置は冷水の出現状況によってかなり変動し、このような流路パターンの変動が仔稚魚の出現域に影響を及ぼすと考えられる。

2 節 餌環境

本節では餌環境の特性を解明することを目的として、先ずホソトビウオの消化管内容物を調べ、発育段階別の餌生物の組成を明らかにした (河野, 1995b)。次に日本海南西海域山口県沖における餌生物の季節的消長を示し (Hirakawa *et al.*, 1995)、更に餌生物の分布並びに仔稚魚と成魚の摂餌生態を解明した (河野, 1995b)。

資料と方法

餌生物の組成を明らかにするために用いたホソトビウオは、1986～1993年にかけて主として山口県沖で採集した942個体である (Table 4, Fig.21)。標本の内訳は、5～9月に定置網、流し刺網、棒受網及び旋網で採集した成魚が614個体、9月に定置網、旋網及びたも網により採集した未成魚が136個体、6～9月に丸稚Aネットで採集した仔稚魚が192個体である。採集後、仔稚魚については魚体を、また未成魚及び成魚

Table 4. List of *Cypselurus hiraii* samples used for the study of food environment.

Developmental stage	Sampling date		No. of specimens	Range of fish length(mm)* ¹	Sampling area* ²	Sampling gear
Adults	May	28, 1986	30	203-225	A	Set net
	June	10	50	192-221	B	Drift gill net
	July	8	30	193-212	A	Set net
	Aug.	11	20	190-230	E	Stick held dip net
	Sept.	5	30	194-216	E	Stick held dip net
	June	2, 1992	30	198-222	A	Drift gill net
	June	18	50	202-232	B	Drift gill net
	July	3	30	202-231	B	Drift gill net
	June	11, 1993	76	200-227	A	Drift gill net
	June	26	268	199-228	A, B	Drift gill net
Subtotal			614			
Young	Sept.	11, 1986	29	91-156	B	Spoon net
	Sept.	6, 1992	5	128-142	B	Spoon net
	Sept.	21, 1993	18	127-143	B	Purse sein
	Sept.	22	84	106-147	F	Set net
Subtotal			136			
Larvae & Juveniles	July	1-5, 1986	22	8.6-36.4	D	Larva net
	Aug.	4-6	7	12.2-61.5	D	Larva net
	Sept.	2	1	30.0	D	Larva net
	June	16, 1987	3	10.2-24.3	D	Larva net
	July	1-3	35	11.0-43.6	D	Larva net
	Aug.	3-6	15	8.7-34.0	D	Larva net
	June	6, 1988	1	13.9	C	Larva net
	July	5-7	43	9.0-37.9	C	Larva net
	Aug.	2-4	4	12.1-19.2	C	Larva net
	July	13, 1989	2	27.6-32.5	E	Larva net
	Aug.	7	5	18.0-28.5	E	Larva net
	June	28-29, 1993	20	10.5-30.0	C	Larva net
	July	15-16	34	9.3-48.0	C	Larva net
Subtotal			192			
Total			942			

*1: Fish length of adults and young are expressed in fork length; larvae and juveniles in total length.

*2: See Fig. 21.

については取り出した消化管を10%ホルマリンで固定した。これらの標本のうち、1993年6月26日に4時間おきに採集した成魚、及び1986～1993年の夏に昼夜にわたって採集した仔稚魚を用い、それらの摂餌活動における日周変化の有無を調べた。この際、消化管内に何らかの餌生物を有していたものを摂餌個体として扱った。本種の消化管内容物は極めて少量でしかも破片が多かったことから、出現頻度法で内容物組成を示した。餌生物がほぼ完全な形で残っていたものについては、その全長を測定した。

餌生物である動物プランクトンの季節的消長を明らかにするために、1992年の各月上旬に山口県沿岸域の1定点 (Fig.21のStn.3, 水深128m) でノルバックネット (口径45cm, 側長180cm, 網目0.33mm) の底層からの垂直引きを行い、動物プランクトンを採集し、種組成を調べた。動物プランクトンの水平分布は、1986年及び1987年の各7月 (ホソトビウオ仔稚魚の出現盛期) に日本海南西海域山口県沖 (Fig.21) で丸稚Aネ

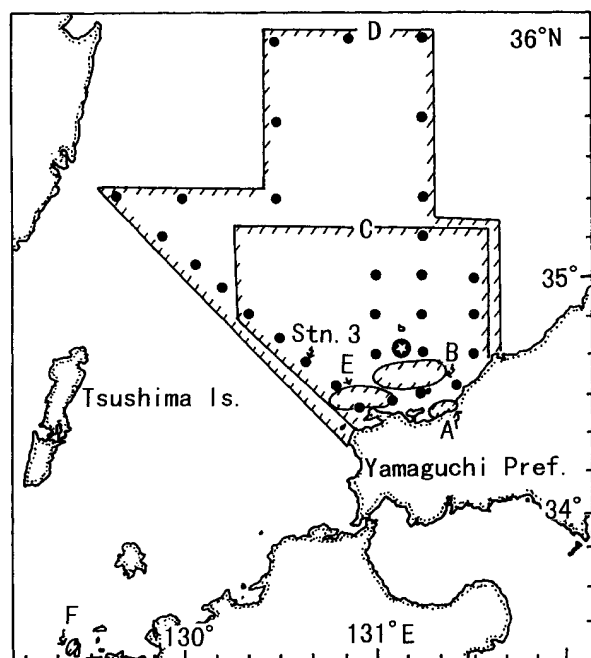


Fig.21. Sampling locations for *Cypselurus hiraii* used for the food environmental study. Adults were sampled in areas A, B and E, young in areas B and F, and larvae and juveniles in areas C, D and E. Dot marks show the sampling stations for larvae and plankton, July, 1986 and 1987. Stn. 3 shows the sampling station for plankton, January-December, 1992 to examine seasonal changes in abundance and composition of plankton. Star mark shows the sampling station for plankton to examine diel vertical movement of plankton, September 15-16, 1992.

ットによる仔稚魚の採集と併せて、ノルバックネットの水深150mからの垂直引きを行い調べた。また、動物プランクトンの鉛直分布の日周変化を調べるために、1992年9月15～16日に山口県沿岸域の1定点 (Fig.21) でMTDネット (口径56cm, 側長200cm, 網目0.35mm) による5分間多層 (0, 25, 50m及び75m深) 水平引きを行った。採集したプランクトンはすべて10%ホルマリンで固定した後、湿重量を測定した。

結 果

(1) 餌生物の組成

消化管内容物の組成を調べた結果、仔魚、稚魚、未成魚及び成魚期を通じて、動物プランクトンがホソトビウオの主要な餌料であることがわかった (Table 5)。しかし、発育段階によって餌生物となる動物プランクトンの組成は次のとおり少しずつ異なっていた。仔魚は小型橈脚類を主に捕食しており、中でも *Paracalanus* (83.9%) の出現頻度が最も高かった。稚魚も小型橈脚類を主として捕食しているが、仔魚に比べると *Paracalanus* (69.0%) の出現頻度がやや低く、*Corycaeus* (31.0%) や *Oncaea* (31.0%) 等の他の橈脚類の出現頻度が仔魚より高かった。未成魚は橈脚類に加え、端脚類を主餌料としていた。更に、わずかなではあるが陸生昆虫 (Hymenoptera) を捕食していた。成魚では仔稚魚や未成魚に比べ餌生物の多様化がみられ、十脚甲殻類幼生、橈脚類、魚卵及び仔魚 (カタクチイワシ) 等が主餌料となっていた。

ホソトビウオの全長並びに尾叉長と餌の全長との関係を見ると (Fig.22), ホソトビウオは成長に伴い大型の餌生物も捕食することが明らかになった。すなわち、全長50mm以下のホソトビウオは全長0.2～2.7mm, 尾叉長100～150mmでは0.4～12.0mm, 更に尾叉長190mm以上では0.2～22.5mmとより大型の餌生物を捕食していた。餌生物の種類をみると、仔稚魚期には主として小型橈脚類を、未成魚期には全長3.0～12.0mmの端脚類、十脚甲殻類幼生、陸生昆虫を、更に成魚期にはそれらに加えて全長18.0～22.5mmのカタクチイワシ仔魚を捕食していた。

(2) 餌生物の季節的消長

ホソトビウオは発育段階を通じて動物プランクトンを主要な餌料としていることが明らかになったので、ここでは山口県沿岸域で動物プランクトンの季節的消長を調べた結果を示す (Table 6)。

Table 5. Gut content composition (%)* of *Cypserulus hiraii*.

Developmental stage		Larvae	Juveniles	Young	Adults
No. of specimens examined(A)		143	49	136	614
No. of specimens with empty guts(B)		87	20	51	497
Empty guts % $(100 \times B/A)$		60.8	40.8	37.5	80.9
Gut contents					
CRUSTACEA					
Cladocera	<i>Podon</i>	-	6.9	-	-
	<i>Evadne</i>	3.6	-	-	-
	<i>Penilia</i>	-	3.4	-	-
Copepoda	<i>Calanus</i>	3.6	17.2	-	0.9
	<i>Paracalanus</i>	83.9	69.0	1.2	9.4
	<i>Clausocalanus</i>	5.4	20.7	-	1.7
	<i>Acrocalanus</i>	-	3.4	-	-
	<i>Labidocera</i>	-	6.9	-	-
	<i>Centropages</i>	1.8	-	-	5.1
	<i>Candacia</i>	-	-	-	1.2
	<i>Ctenocalanus</i>	1.8	6.9	4.7	2.6
	<i>Corycaeus</i>	16.1	31.0	-	2.6
	<i>Oithona</i>	1.8	3.4	-	0.9
	<i>Oncaea</i>	14.3	31.0	1.2	0.9
	<i>Microsetella</i>	5.4	-	-	-
Cirripedia	Balanidae cypris	1.8	10.3	-	0.9
Amphipoda	Gammaridae	-	-	-	2.6
	Hyperiidea	-	-	2.4	-
	Caprellidae	-	-	4.7	5.1
Decapoda	Decapoda larvae	-	13.7	4.7	25.6
Unidentified Crustacea		1.8	-	4.7	9.4
HYDROZOA	Hydroida	-	-	3.5	-
POLYCAETA	Polyscaeta larvae	-	-	-	1.7
GASTROPODA	Gastropoda larvae	1.8	-	-	-
BIVALVIA	Bivalvia larvae	1.8	-	-	-
Invertebrate eggs		3.6	10.3	-	-
PISCES	Fish larvae	-	-	-	7.7
	Fish eggs	1.8	-	3.5	12.8
INSECTA	Hymenoptera	-	-	2.4	8.5
Unidentifiable (digested matters)		33.9	20.7	68.2	21.4

* Percentage occurrence of food items.

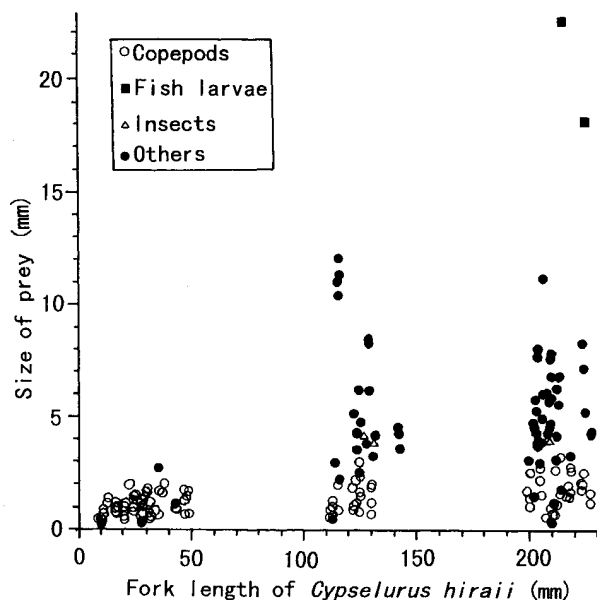


Fig.22. Relationship between the fork length of *Cypselurus hiraii* and the size of their prey. The fish less than 50mm in fork length are measured by total length. Size of prey is measured for the maximum lengths of organisms.

Table 6. Annual average percentages (number of individuals/m³) of the nine zooplankton groups at stn.3 off Yamaguchi Prefecture (see Fig.21), January-December, 1992.

Zooplankton group	Percentage	
	Average	Range
Copepoda	58.2	18.6-77.5
Cladocera	14.3	1.4-60.4
Cheato gnatha	3.4	0.1- 7.8
Hydrozoa	2.1	0.4- 7.7
Thaliacea	1.3	0.1- 8.1
Euphausiacea	2.4	0.0-18.3
Appendicularia	5.2	0.3-13.1
Decapoda (larvae)	1.3	0.1- 4.4
Others	11.8	4.2-39.0

出現した動物プランクトンは、枝角類、ヤムシ類、ヒドロ虫類、サルパ類、オキアミ類、尾虫類、十脚甲殻類幼生等の種々の分類群から構成されていた。主要な分類群の個体数組成を年平均値でみると、橈脚類(58.2%)と次いで枝角類(14.3%)が優占していた。

動物プランクトンの総個体数とその組成の季節変化をみると (Fig.23), 総個体数は3月, 6月及び11月の3つの山を示し, 6月の山が年間で最も大きかった(924個体/m³)。総個体数の谷は2月, 4月及び8月

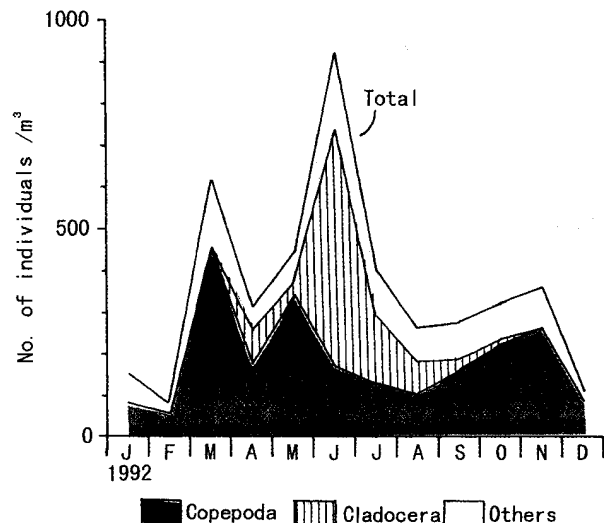


Fig.23. Seasonal change in the composition of zooplankton community at stn. 3 off Yamaguchi Prefecture (see Fig.21), January-December 1992.

に見られ, 2月の谷が年間で最も大きく(77個体/m³), 次いで8月の谷が大きかった。このうち橈脚類の個体数は2月に最低を示した(54個体/m³)後, 3月に最大を示した(456個体/m³)。その後個体数は5月に第2の山を形成した後, 8月まで減少した。秋には個体数は次第に増加し, 11月に第3の山を形成した。総個体数が最大を示した6月には, 橈脚類よりも枝角類(ほとんどが*Penilia avirostlis*で占められた)が卓越していたが, 橈脚類は動物プランクトンの個体数の季節変動を決定する最も重要な分類群である。

Fig.24に橈脚類優占種の月別出現個体数を示す。橈脚類の個体数の出現盛期(3月, 5月及び11月)における優占種の組成をみると, 3月には温帯性種の*Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus*及び*Ctenocalanus vanus*の3種が優占し, これらで総個体数の約80%が占められた。対照的に, 11月には総個体数の10%以上を占める種はほとんどなく, 約70%が*Paracalanus aculeatus*, *Euchaeta plana*, *Oithona plumifera*, *Euchaeta flava*等の温帯-亜熱帯性種で構成された。5月には, 3月に出現した温帯性種の*Calanus sinicus*, *Ctenocalanus vanus*を主体に11月に出現した温帯-亜熱帯性種が混在して出現した。トビウオ類仔稚魚の出現盛期の7月には(1章2節), 11月と同様に特定の種が卓越して出現することはなかった。主要な出現種は*Ctenocalanus vanus*, *Oithona plumifera*, *Oncaea venusta*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Euchaeta flava*, *Calanus sinicus*であった。

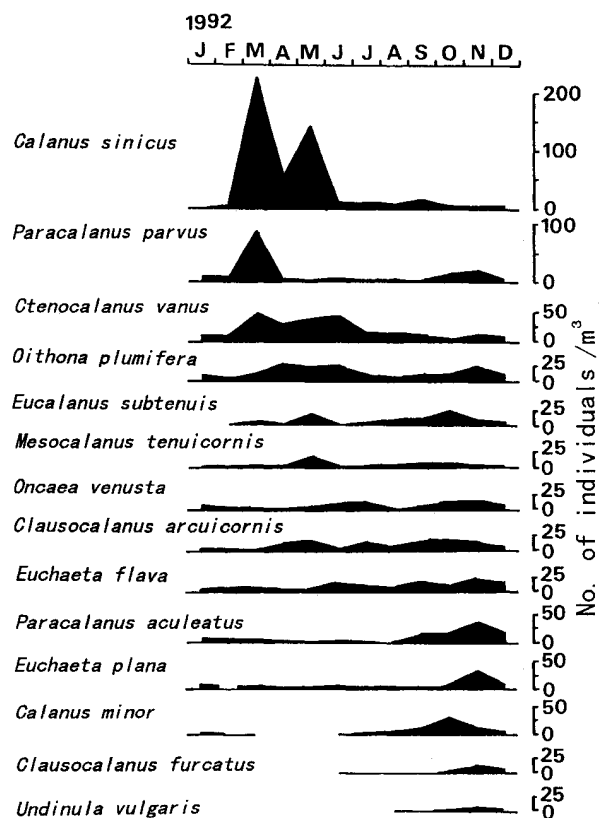


Fig.24. Seasonal change in the number of individuals for 14 dominant copepod species at stn. 3 off Yamaguchi Prefecture (see Fig.21), January-December, 1992.

(3) 餌生物の分布と摂餌生態

1986年及び1987年の各7月の山口県沖における動物プランクトン湿重量とホソトビウオ仔稚魚の水平分布をFig.25に示す。動物プランクトンの高密度分布域(50g/1000m³以上)は、両年ともに北緯35度以南の山口県沿岸域と北緯36度付近の沖合域の2海域に出現した。特に、山口県沿岸域では100g/1000m³以上と高密度に分布していた。動物プランクトンの分布と仔稚魚の分布とを対比してみると、両者の分布域は山口県沿岸域を中心として比較的良好一致していた。

動物プランクトンの分布密度が高かった山口県沿岸域で1992年9月に動物プランクトンの鉛直分布の日周変化を調べた結果 (Fig.26), 動物プランクトンの鉛直分布の極大層は、15日11時30分には50m深にあったが、その後次第に上層に移動し、17時40分には25m深に、更に24時には海面付近に形成された。その後、16日6時には極大層は急速に深まり、75m深に形成された。このように動物プランクトンは夜間に表層へ分布するという明瞭な日周移動が観察された。

次に摂餌時刻について調査した結果を示す。1993年

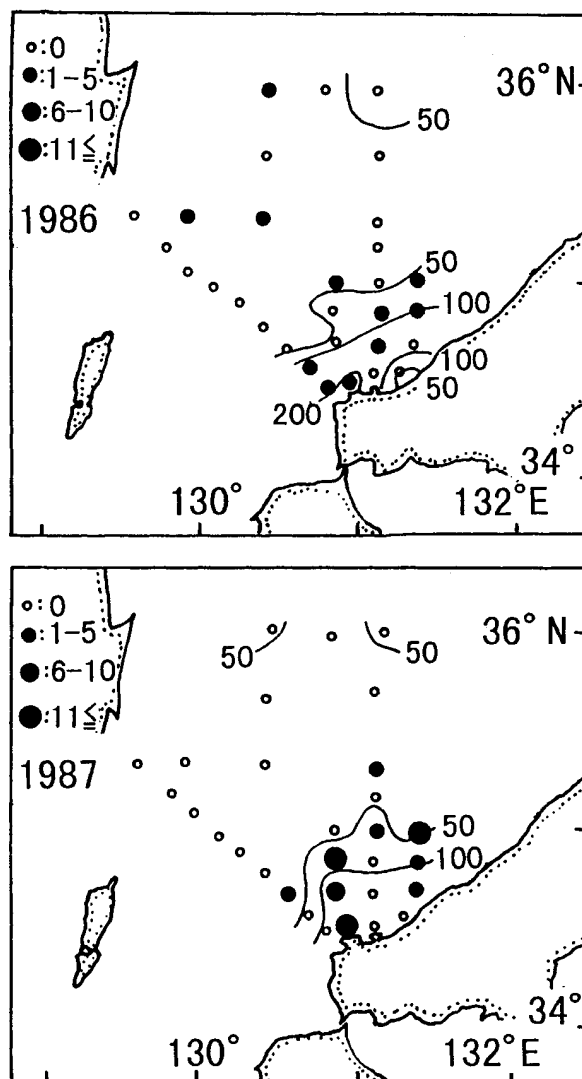


Fig.25. Distribution of zooplankton in wet weight (g/1000m³) and larvae of *Cypselurus hiraii* (number of individuals), July, 1986 and 1987. The contour and circles show the wet weight of zooplankton and the number of larvae, respectively.

6月26日に採集した成魚の時間別の摂餌個体出現率は (Fig.27), 深夜の23~4時では5%以下と著しく低かったが、7~20時では20%以上となった。特に15~16時には摂餌個体の出現率が54%と高い値を示したことから、成魚は日中を中心として摂餌することがわかった。一方、仔稚魚の採集時間別の摂餌個体出現率は、成魚とは異なり、16~24時の夕方から真夜中にかけて93~100%と著しく高い値を示した (Fig.28)。

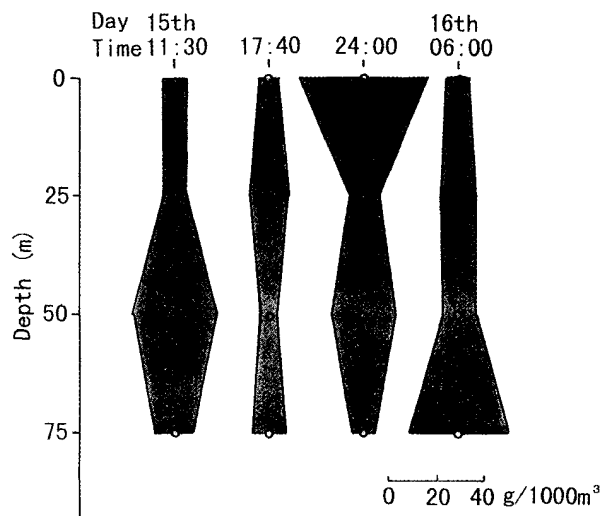


Fig.26. Diel change in the vertical distribution of zooplankton in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, September 15-16, 1992 (see Fig.21, station denoted by star mark).

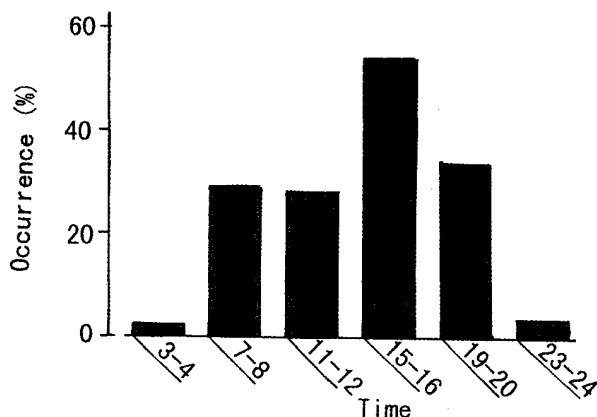


Fig.27. Diel change in the percentage occurrence of adult *Cypselurus hiraii* that have the consumed prey.

考 察

本研究により本種は発育段階を通じて動物プランクトンを主な餌料としていることがわかった。更に、わずかではあるが未成年及び成魚が陸生昆虫を捕食していたことが認められた (Table 5)。トビウオ類が陸生昆虫を捕食していた事例は、他にも八丈島沿岸域で漁獲されたアカトビ *Cypselurus spilopterus* がトビイロケアリ *Lasius niger* を捕食していたことが報告されている (元田・安楽, 1955)。トビウオ類は表層を遊泳することから (塚原ほか, 1957a; 児島, 1969a; 井上ほか, 1986), 海面に落下した陸生昆虫を捕食したものと考えられる。従って, このことはホソトビウオ未成年及び成魚の摂餌活動が表層で行われることを示している。すでに述べたように, 本種はふ化直後から仔稚魚期にも海面付近で捕食することから (増田,

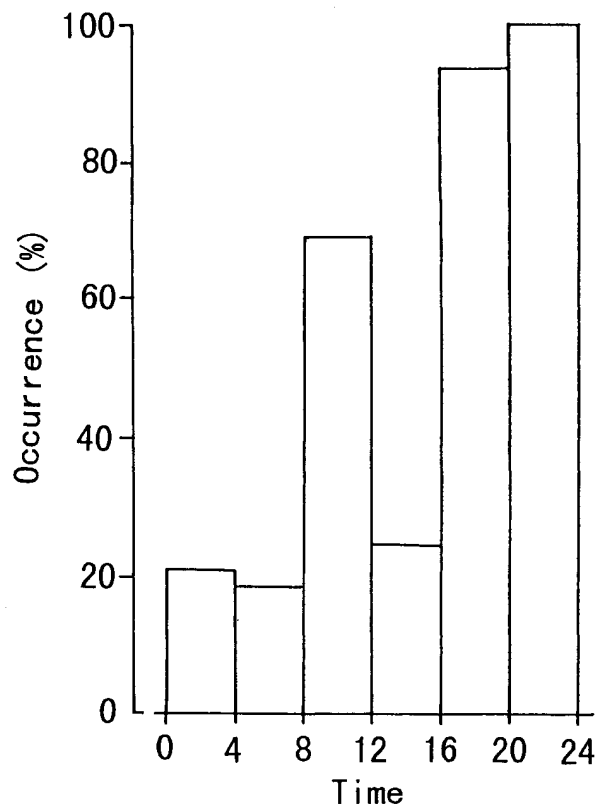


Fig.28. Diel change in the percentage occurrence of larval *Cypselurus hiraii* that have the consumed prey.

1988b), 本種はすべての発育段階において主に表層で動物プランクトンを捕食するものと考えられる。

山口県沿岸域では, 夏期は冬期に次いで餌生物となる動物プランクトン, 特に仔稚魚の餌となる橈脚類の出現が少ない時期であることが明らかになった (Fig.23)。このように夏期に動物プランクトンが減少することは, 対馬暖流域の広い範囲で認められている (元田・安楽, 1958)。また, 仔魚の主餌料となる *Paracalanus* は山口県沿岸域の水深128mの調査点 (Fig.21) では夏期に必ずしも卓越種として認められなかったが (Fig.24), 浅海域や内湾では夏期に卓越して出現することが知られている (濱崎ほか, 1980; 和田ほか, 1984)。以上のことから, 本種が夏期に沖寄りの海域から岸寄りの海域へ移動して産卵することは (児島, 1969a; 1章; 4章2節), 餌生物が少ない時期に, 餌生物の多い海域で産卵することにより, ふ化仔魚の生残を高めることにつながる意義を持つと考えられる。従って, 山口県沿岸域において動物プランクトンの高密度分布域が形成され, それと仔稚魚の分布域とが比較的に一致していたことは (Fig.25), 沿岸域が産卵場としてだけでなく初期の生育場としても重要であることを示していると考えられる。

動物プランクトンは日周鉛直移動を行い、夕方から真夜中にかけて表層へ浮上することが明らかになった (Fig.26)。また、前述のとおり、本種はすべての発育段階において主に表層で動物プランクトンを捕食すると考えられた。このため、夕方から真夜中にかけてはその他の時間帯に比べ餌生物と遭遇する機会が高まると考えられる。仔稚魚では16~24時にかけて摂餌個体の出現率が高まったのは (Fig.28)、夕方から真夜中にかけて表層に浮上した動物プランクトンを活発に摂餌した結果と考えられる。一方、成魚は日中を中心として摂餌活動を行い、夜半から夜半過ぎの23~4時にはほとんど摂餌を行っていなかった (Fig.27)。前述のとおり、6~7月に日本海南西沿岸域に来遊するホソトビウオは産卵群であり、夜間に海底に産卵する (児島, 1971; 4章2節)。これらのことから、産卵群は産卵行動中にはほとんど摂餌を行わず、日中を中心として摂餌を行うと考えられる。同様の知見として、八丈島近海に産卵群として来遊するハマトビウオも日中を主体に摂餌を行うことが知られている (東京都水産試験場, 1984)。

3章 成長

ホソトビウオの年齢形質として岡地 (1958b) は耳石を用い、また塚原ほか (1957a) は鱗を用い、各々年輪様模様が1本あることから寿命を約1年と推定した。また秋以降成魚の出現がまれになることから、寿命は約1年であると推定された (1章)。このように本種は年魚であると推定されることから、成長特性を解明するためには1年以下の短い時間スケールとなる年齢形質をさがす必要がある。耳石に日周輪が存在することは多くの魚種で報告されていることから (例えば、西村ほか, 1985; Tsukamoto and Kajihara, 1987; 大浜, 1990)、本種についても耳石に日周輪が存在する可能性がある。一方、発育段階別の全長及び尾叉長組成を明らかにしておくことも、成長特性を解明するためには重要である。しかし、日本海における仔稚魚の全長組成及び未成魚の尾叉長組成については、断片的な知見しかなく (近藤・道津, 1981; 増田, 1990)、また成魚についても、雌雄別海域別の尾叉長組成を詳細に解析した報告は少ない。

本章ではまず耳石に日周輪が存在することを確認、日周輪の計測によってふ化後の初期成長を明らかにした。次に発育段階別の全長及び尾叉長組成に基づいて、仔稚魚から成魚に至る成長を推定した。

1節 初期成長

本節ではホソトビウオ仔魚の耳石における日周輪の存在を飼育実験により明らかにするとともに、山口県沿岸域で採集した仔稚魚の耳石日周輪を計測して初期成長を解明した (河野, 1995c)。

資料と方法

ホソトビウオ仔魚の耳石における日周輪の存在を確認するため、1993年6月1日に山口県沿岸域 (Fig.29) で流し刺網で漁獲した親魚を乾導法により人工受精させ、得られた受精卵を100ℓ円形水槽に収容し、水温18.8~21.9℃で飼育した。ふ化した仔魚には毎日ブラインシュリンプ (アルテミアのノープリウス幼生) を与えた。6月14日にふ化後3時間以内の仔魚18個体、6月19日にふ化後5日目の仔魚19個体を採取し、耳石観察の材料とした。また1993年6月28日に山口県沿岸域で (Fig.29) 丸稚Aネットにより仔稚魚 (14個体) を採集し、耳石の観察を行った。これらの仔稚魚は採集後直ちに95%エチルアルコールで固定した。4~5日後各魚体の全長を測定した後、耳石 (扁平石) を取り出し、ユーパラルでスライドグラス上に封入後、光学顕微鏡下400倍で耳石半径の測定と輪紋の計数を行った。耳石半径の測定は核から後端部までの最も長い半径について行った。

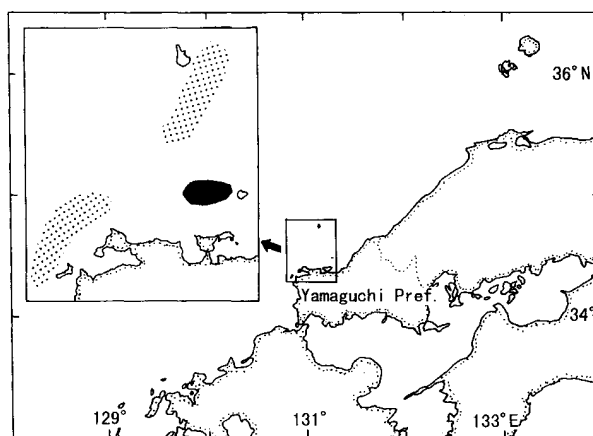


Fig.29. Sampling area for the growth study of *Cypselurus hiraii*. Spawners were sampled, June 1 (dotted region), and larvae and juveniles, June 28, 1993 (shaded region).

Table 7. Number of age rings in the otolith of 5 days old larval *Cypselurus hiraii*.

Total length (mm)	Radius (μm)	No. of rings
6.1	59.4	5
6.2	67.6	5
7.2	65.5	4
7.2	61.4	4
7.5	79.8	5
6.8	61.4	5
7.2	61.4	6
6.5	67.6	5
6.9	67.6	4
6.6	61.4	5
6.9	61.4	5
6.5	65.5	5
7.4	61.4	5
7.3	65.5	5
6.8	69.6	5
6.5	63.5	5
7.2	67.6	6
6.5	65.5	5
7.7	71.7	4
Average 6.9	Average 65.5	Average 4.9
S. D. 0.5	S. D. 4.8	S. D. 0.6

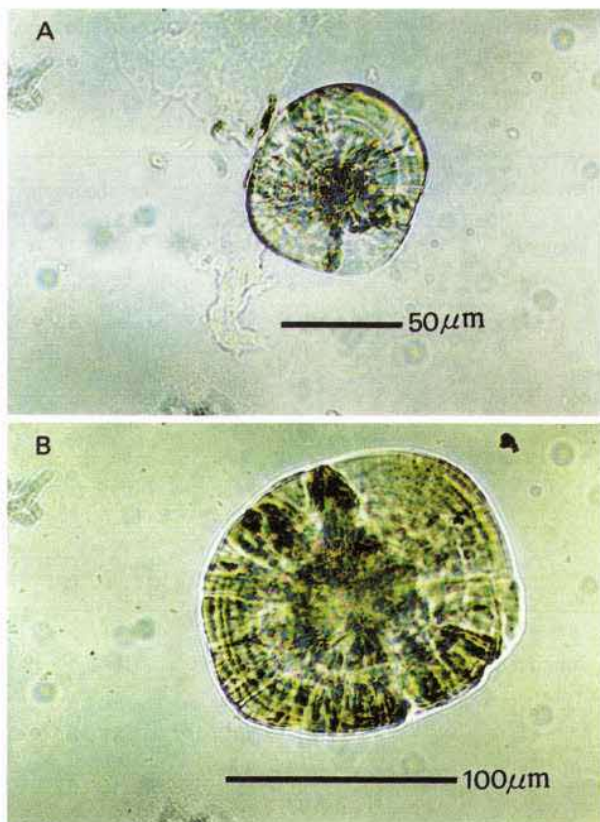


Fig.30. A : otolith of newly hatched larva of *Cypselurus hiraii*. B : otolith of 5 days old larva of *Cypselurus hiraii*.

結 果

(1) ふ化仔魚の耳石輪紋

ふ化は受精後12日目の6月13日から始まった。ふ化直後の仔魚の全長は4.7~6.2mmであった。

ふ化直後の仔魚の耳石はややゆがんだ円形で、平均半径は45.4 μm (n=18, S.D.=3.7 μm) であった (Fig.30)。耳石に明瞭な輪紋は認められなかったが、ふ化仔魚の42.5% (8 個体) に1~2本の不明瞭な胚期輪が認められた。

ふ化後5日目の仔魚 (全長6.1~7.7mm) の耳石の平均半径は65.5 μm (n=19, S.D.=4.8 μm) で、輪紋数の平均は4.9 (n=19, S.D.=0.6) であった (Table 7, Fig.30)。このことから、耳石の輪紋は日周輪とみなすことができる。

(2) 耳石輪紋からみた初期成長

山口県沿岸域で採集した14個体の仔稚魚 (全長13.0~28.7mm) の耳石のうち輪紋が計数できたのは10個体で、残りの4個体 (28.6%) は部分的にしか輪紋が計数できなかった (Table 8)。

輪紋数 (RN) と全長 (TL, mm) との間には有意な正の相関があり、両者の関係は次のとおり直線回帰式で示された。

$$TL=6.562+0.651RN \quad (r=0.919, P<0.001, n=10)$$

輪紋を日周輪とみなして輪紋数からふ化日を推定した結果、ふ化日は5月24日~6月14日と推定された (Table 8)。

Table 8. Estimated birth dates of larval *Cypselurus hiraii* collected in coastal waters off Yamaguchi Prefecture (see Fig.29), June 28, 1993.

Total length (mm)	Radius (μm)	No. of rings	Estimated birth date
16.3	114	-	-
17.0	130	-	-
18.3	150	-	-
26.2	285	33	May 26
28.7	285	31	May 28
27.3	297	27	June 1
17.4	154	18	June 10
26.3	317	35	May 24
17.3	224	17	June 11
20.3	195	-	-
17.3	163	17	June 11
26.0	224	27	June 1
13.0	122	14	June 14
19.8	195	17	June 11

考 察

ふ化直後のホソトビウオ仔魚の耳石には明瞭な輪紋が認められず、ふ化後5日目の仔魚の耳石には平均4.9本の輪紋が認められたことから (Table 7), 耳石の輪紋はふ化後1日1本できる日周輪とみなすことができた。また、山口県沿岸域で採集した仔稚魚の耳石から、輪紋を日周輪としてふ化日を推定した結果、ふ化日は5月24日～6月14日と推定された (Table 8)。日本海南西沿岸域から九州北西沿岸域に來遊するホソトビウオの産卵期は5～7月であるので (塩川, 1962; 4章2節), 推定されたふ化日は産卵期とよく一致している。以上の結果から、仔稚魚の耳石から日周輪を読みとり、ふ化日や初期成長を推定することは可能であると考えられる。

2節 全長及び尾叉長組成からみた成長

本節では發育段階別の全長及び尾叉長組成の経月変化及び経年変化を調べ、本種の成長特性を明らかにした。特に成魚については雌雄別海域別の尾叉長組成の経月変化を比較し、來遊群の構成と來遊過程についても検討した。

資料と方法

材料として用いたホソトビウオは、1986～1988年の6～8月の各月上旬に山口県沖で丸稚Aネットを用い採集した仔稚魚158個体、1986～1988年の8～10月の各月に兵庫県沿岸域の定置網で漁獲された未成魚784個体 (Fig.31, Table 9), 及び1986～1993年の5～7月の各月に山口県～島根県沿岸域並びに1986, 1987年の5～7月の各月に鳥取県～兵庫県沿岸域で定置網により漁獲された成魚8,136個体である (Fig.31, Table 10)。魚体長の測定は、成魚及び未成魚では尾叉長について、仔稚魚では全長について行った。

結 果

(1) 仔稚魚の全長組成及び未成魚の尾叉長組成

1986～1988年の6～8月の各月上旬に山口県沖で採集した仔稚魚の全長組成の経月変化を調べた結果 (Fig.32), 仔稚魚の全長範囲は6月には10～15mm, 7月には5～50mm, 8月には5～65mmと月毎に大きい方に広がった。モードは期間を通して10～15mmであった。

次に、1986～1988年の8～10月に兵庫県沿岸域で漁獲された未成魚の尾叉長組成の経月変化をみると (Fig.33), 1986年の尾叉長は8月下旬には95～140mm

でモードは115mmであった。その後9月中旬及び10月上旬には尾叉長は大きくなり、範囲115～150mm, モード125mmとなった。1987年の尾叉長は8月下旬及び9月上旬には100～145mmで、モードは125mmと115mmであった。その後9月下旬から10月上旬にかけて尾叉長は次第に大きくなり、9月下旬には範囲120～145mm, モード130mm, 10月上旬には範囲125～165mm, モード135

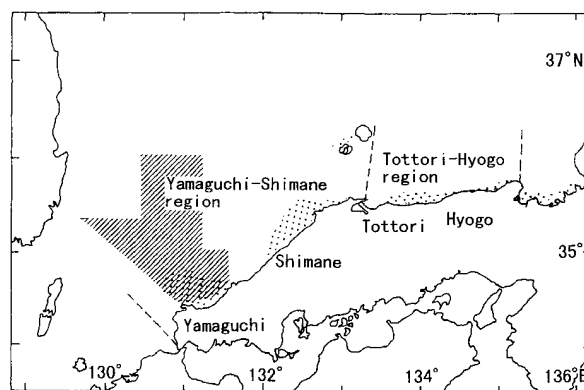


Fig.31. Fishing ground (dotted region) of *Cypselurus hiraii* and sampling area for their larvae (shaded region) in the southwestern Sea of Japan.

Table 9. Samples of young *Cypselurus hiraii* caught by set net fishery in coastal waters off Hyogo Prefecture and samples of larval *C. hiraii* collected by larva net in offshore waters of Yamaguchi Prefecture (see Fig.31).

Developmental stage	Sampling date		No. of specimens
	Year	Month	
Young	1986	Late Aug.	92
		Middle Sept.	66
		Early Oct.	50
	1987	Late Aug.	100
		Early Sept.	100
		Late Sept.	108
		Early Oct.	83
	1988	Early Sept.	100
		Middle Sept.	56
		Late Sept.	29
Total			784
Larvae & Juveniles	1986	Early July	25
		Early Aug.	13
	1987	Early June	4
		Early July	55
		Early Aug.	15
	1988	Early June	1
		Early July	42
		Early Aug.	3
Total			158

Table 10. List of samples of adult *Cypselurus hiraii* caught by set net fishery in the southwestern Sea of Japan.

Sampling date		Sampling area*	No. of specimens		
Year	Month		Males	Females	Total
1986	Late May	Tottori-Hyogo region	63	127	190
	Late May	Yamaguchi-Shimane region	36	14	50
	Early June	Tottori-Hyogo region	152	181	333
	Early June	Yamaguchi-Shimane region	43	57	100
	Middle June	Tottori-Hyogo region	196	106	302
	Middle June	Yamaguchi-Shimane region	61	39	100
	Late June	Tottori-Hyogo region	145	75	220
	Early July	Tottori-Hyogo region	134	91	225
	Early July	Yamaguchi-Shimane region	139	63	202
	Middle July	Tottori-Hyogo region	155	45	200
	Middle July	Yamaguchi-Shimane region	163	37	200
	Late July	Tottori-Hyogo region	237	88	325
	Late July	Yamaguchi-Shimane region	74	23	97
1987	Late May	Tottori-Hyogo region	80	109	189
	Late May	Yamaguchi-Shimane region	79	21	100
	Early June	Tottori-Hyogo region	113	189	302
	Early June	Yamaguchi-Shimane region	117	73	190
	Middle June	Tottori-Hyogo region	147	153	300
	Middle June	Yamaguchi-Shimane region	113	87	200
	Late June	Tottori-Hyogo region	116	87	203
	Late June	Yamaguchi-Shimane region	137	110	247
	Early July	Tottori-Hyogo region	116	108	224
	Early July	Yamaguchi-Shimane region	120	160	280
	Middle July	Tottori-Hyogo region	116	46	162
	Middle July	Yamaguchi-Shimane region	71	29	100
	Late July	Tottori-Hyogo region	49	102	151
	Late July	Yamaguchi-Shimane region	147	101	248
1988	May	Yamaguchi-Shimane region	69	31	100
	June	Yamaguchi-Shimane region	360	239	599
	July	Yamaguchi-Shimane region	171	168	339
1989	May	Yamaguchi-Shimane region	84	16	100
	June	Yamaguchi-Shimane region	206	94	300
	July	Yamaguchi-Shimane region	204	56	260
1990	May	Yamaguchi-Shimane region	80	18	98
	June	Yamaguchi-Shimane region	94	106	200
	July	Yamaguchi-Shimane region	87	24	111
1991	June	Yamaguchi-Shimane region	123	27	150
	July	Yamaguchi-Shimane region	38	12	50
1992	July	Yamaguchi-Shimane region	129	60	189
1993	May	Yamaguchi-Shimane region	80	18	98
	July	Yamaguchi-Shimane region	96	6	102
Total			4940	3196	8136

* See Fig. 31.

mmになった。1988年9月には尾叉長は旬毎に大きくなり、モードは上旬に110mm、中旬に130mm、下旬に135mmとなった。

(2) 成魚の尾叉長組成

1986年の成魚の尾叉長組成についてみると (Fig.34), 5月下旬には山口県～島根県沿岸域と鳥取県～兵庫県沿岸域でほぼ同じ尾叉長組成を示し、雄では範囲185～240mm、モード210mm、雌では範囲195～

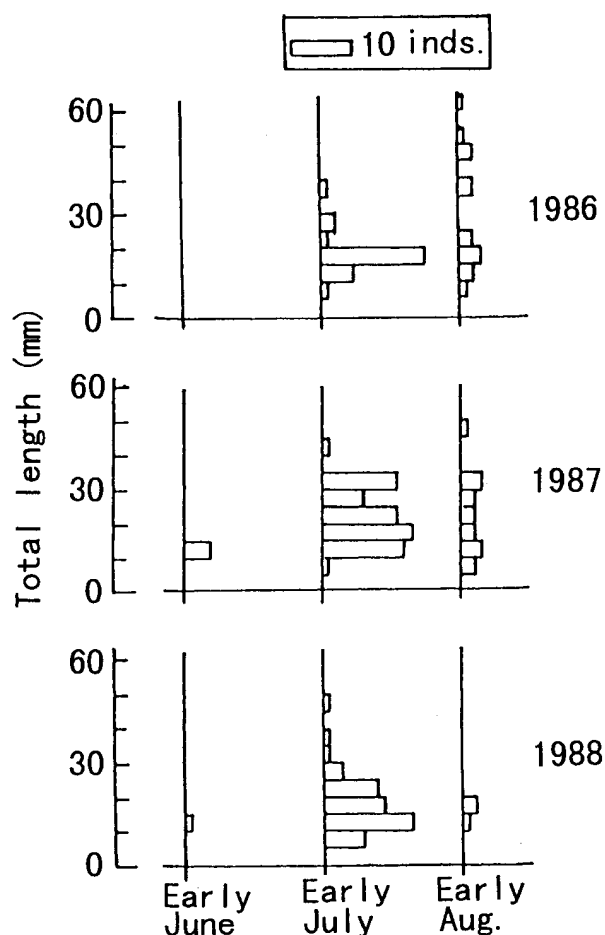


Fig.32. Monthly changes in the total length of larval *Cypselurus hiraii* collected by larva net in offshore waters of Yamaguchi Prefecture (see Fig.31), June-August, 1986-1988.

240mm, モード220mmであった。6月上旬になると雄では両海域とも尾叉長組成が顕著に小型化した。モードは山口県～島根県沿岸域で195mm, 鳥取県～兵庫県沿岸域で200mmで, 山口県～島根県沿岸域で鳥取県～兵庫県沿岸域でよりも小型化が顕著であった。その後両海域とも雄の尾叉長組成は小型化したままで, 7月下旬までモードは195～200mmであった。雌では尾叉長組成の小型化は, 両海域とも雄より遅れ, 6月中旬に起きた。モードは山口県～島根県沿岸域で205mm, 鳥取県～兵庫県沿岸域で210mmであり, 山口県～島根県沿岸域で鳥取県～兵庫県沿岸域でよりもモードが小さかった。その後両海域とも尾叉長組成は小型化したままで, 7月下旬までモードは200～205mmであった。

1987年には (Fig.35), 雄の尾叉長は両海域とも5月下旬及び6月上旬には範囲195～230mm, モード210mmであったが, 6月中旬以降尾叉長組成が小型化し, モードは205mmになった。雌では両海域とも5月下旬及び6月上旬には尾叉長は範囲195～240mm, モード

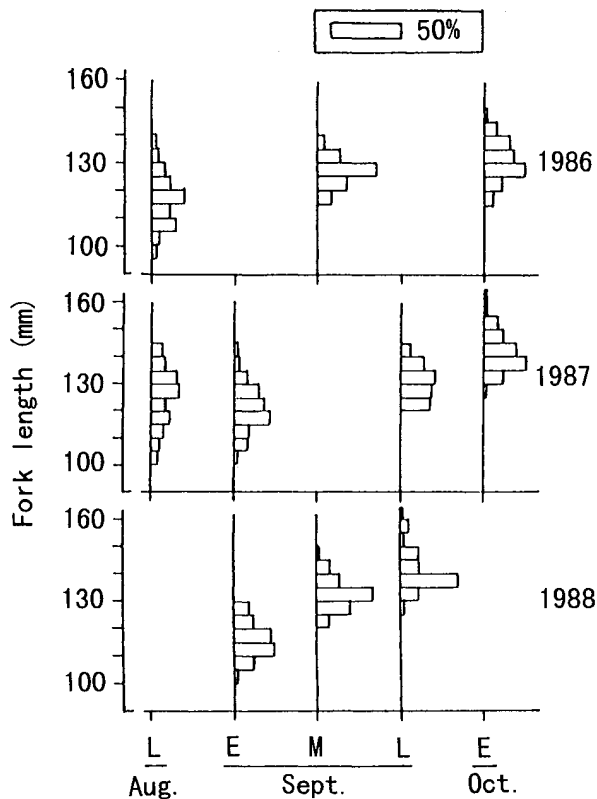


Fig.33. Monthly changes in the fork length of young *Cypselurus hiraii* caught by set net fishery in coastal waters off Hyogo Prefecture (see Fig.31), August-October, 1986-1988.

215~220mmであった。その後山口県~島根県沿岸域では雄と同様に6月中旬に尾叉長組成の小型化が起き、それ以降モードは210mmであった。鳥取県~兵庫県沿岸域では尾叉長組成の小型化は山口県~島根県沿岸域より2旬遅れ、7月上旬に山口県~島根県沿岸域と同様な小型の組成となった。

旬毎に雌と雄の尾叉長モードを比較すると (Fig.34, 35), 両海域とも1986年7月下旬を除き雌の方が雄よりモードが5~25mm大きかった。1986年7月下旬には雌と雄のモードの差はなかった。同一旬同一海域における雌雄の尾叉長の平均値の差を調べた結果、雌の方が雄より大きかった (Mann-WhitneyのU検定, $P<0.05$)。

山口県~島根県沿岸域における1986~1993年の尾叉長の経年変化を調べてみると、5~7月各月の尾叉長平均値は (Fig.36), 雌雄ともよく似た年変動を示し、1986年には最も小さかったが、その後次第に大きくなり、1988年には最大となった。1989年以降には尾叉長平均値は1986年と1988年の間の値を示し、1988年以前に比べ年変動が小さくなった。

(3) 全長及び尾叉長組成の経月変化からみた成長

1986~1988年の仔稚魚の全長範囲とモード並びに未成魚の尾叉長範囲とモード、及び1987年の成魚の尾叉長範囲とモードを基に、本種の成長を推定した。これらの資料に (1) 本種の寿命が約1年と推定されること (塚原ほか, 1957a; 岡地, 1958b; 1章), (2) 日本海南北沿岸域における産卵期が5~7月であること (4章2節), (3) 受精からふ化までに9~12日かかること (今井, 1959; 前節) を考慮すれば、ふ化後から10月までと翌年の5~7月の成長を推定できる。Fig.37に示すように、本種の仔魚は6~8月に見られ、その後夏期に急速に成長し、8月には全長5mmの仔魚から尾叉長145mmの未成魚まで出現する。更に10月には尾叉長は115~165mmに達し、翌年の5~7月には雄で190~235mm, 雌で195~240mmになる。しかし、5~7月には成魚の尾叉長モードは経月的に小さくなり、成長は認められない。

考 察

発育段階別の全長及び尾叉長組成を調べた結果、仔稚魚では経月的に全長範囲が大きくなり (Fig.32), また未成魚では尾叉長モードが9月以降次第に大きくなったことから (Fig.33), それらによって成長傾向を追跡することができた。しかし、成魚では尾叉長範囲やモードの経月変化から成長は認められず、むしろ6~7月の尾叉長組成は5月下旬の組成に比べ小型化することが明らかになった (Fig.34, 35)。また6月の尾叉長組成の小型化は、山口県~島根県沿岸域で鳥取県~兵庫県沿岸域より先に顕著に起きた。このような成魚の尾叉長組成の経月変化から、産卵群は大型魚主体の群が先行して日本海南北沿岸域に來遊するが、6月以降西方海域から次第に魚体が小型化することがわかった。

成魚の平均尾叉長には年変動が認められ、1986~1993年の間では平均尾叉長は1986年に最も小さかった (Fig.36)。成長に年変動があることは他の魚種、たとえばマイワシやニシンでもよく知られており、マイワシでは豊度と成長の逆相関関係から密度効果の存在が示唆されている (Nakai, 1962; 和田, 1988)。ホソトビウオの豊度は近年では1986年に最高を示した後、急激に減少しており (5章2節), 本種も豊度が最高の年に平均尾叉長が最も小さかったことから、密度効果が存在する可能性がある。

本種は8月には全長5mmの仔魚から尾叉長145mmの

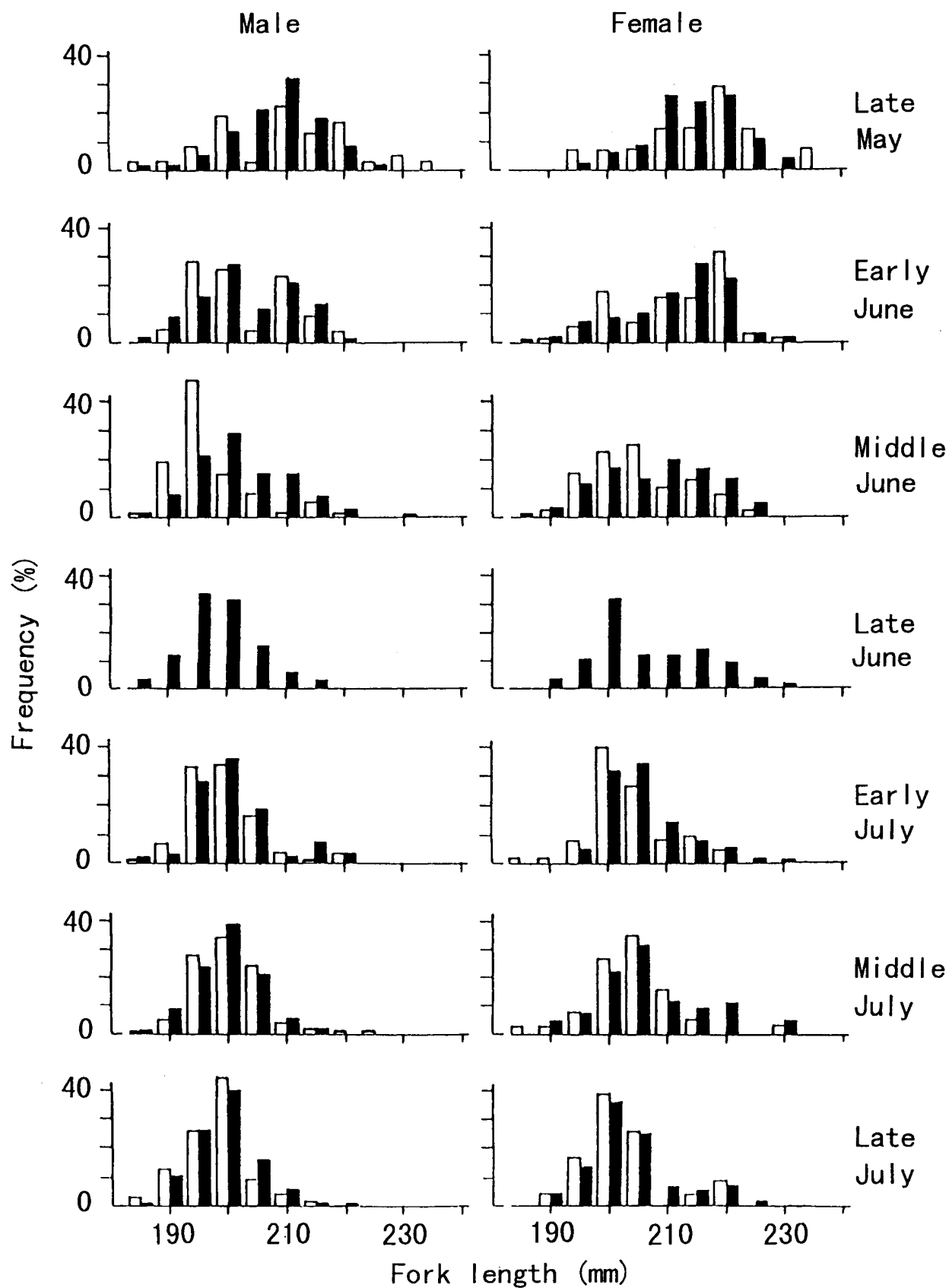


Fig.34. Monthly changes in the fork length of adult *Cypselurus hiraii* caught by set net fishery in the southwestern Sea of Japan, 1986. Open and solid bars show the length frequencies in Yamaguchi-Shimane region and those in Tottori-Hyogo region, respectively (see Fig.31).

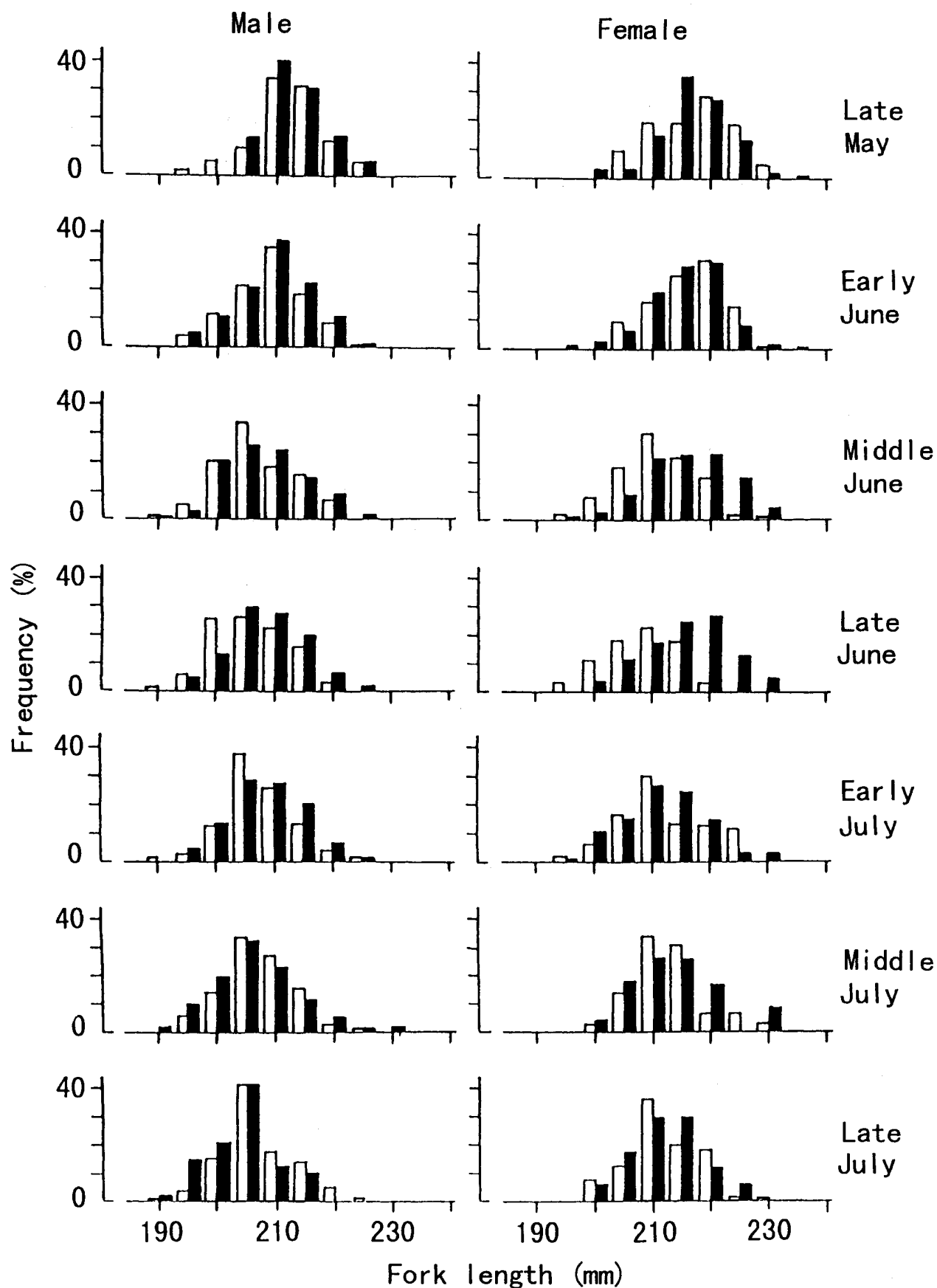


Fig.35. Monthly changes in the fork length of adult *Cypselurus hiraii* caught by set net fishery in the southwestern Sea of Japan, 1987. Open and solid bars show the length frequencies in Yamaguchi-Shimane region and those in Tottori-Hyogo region, respectively (see Fig.31).

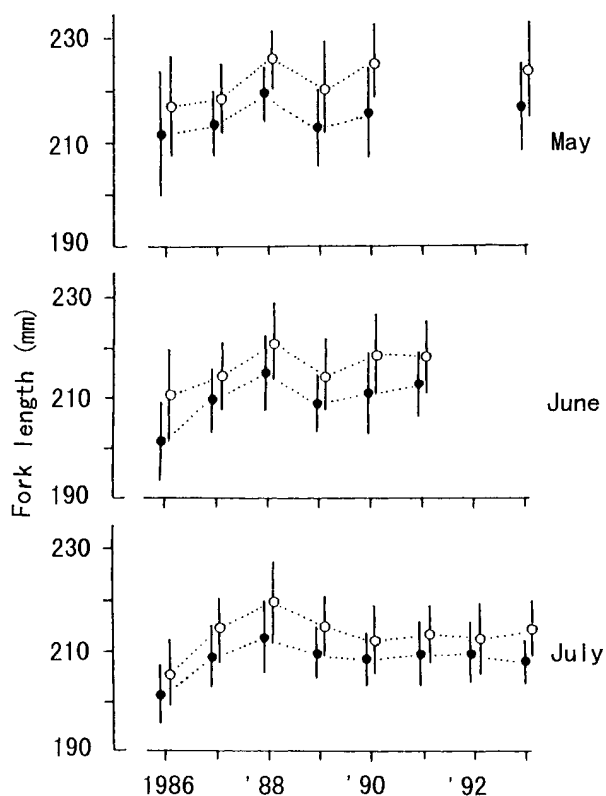


Fig.36. Yearly changes in the average fork length of adult *Cypselurus hiraii* by months, 1986-1993. Open and solid circles show females and males, respectively. Vertical bars show standard deviations.

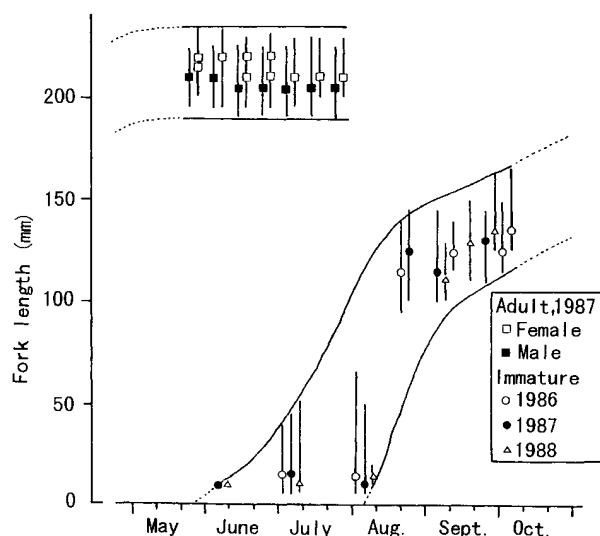


Fig.37. Estimated growth curve of *Cypselurus hiraii*. Each mark and vertical bar shows the mode and range of the fork length, respectively. Fish less than 65mm in fork length were measured by total length.

未成魚までの各段階の個体が出現した (Fig. 37)。このような大きな魚体長の差は、本種の産卵期が5～7月にわたること (4章2節)、及び初期成長はふ化後経過日数に比例することから (前節)、8月には産卵期の初期に発生した個体の方が産卵期の末期に発生した個体よりかなり大きくなることを示していると考えられる。

11～4月までは、日本海ではまったく漁獲がないため、尾叉長の資料が得られていない。しかし、五島近海では秋から年末にかけて体長120～180mm (推定尾叉長130～190mm) の個体が漁獲されたことがあること (岡地, 1958b)、及び本種の越冬場と想定される九州近海 (福井, 1988) の水温は、冬期2～3月を中心として最も低くなることから (菊池, 1960; 水産庁ほか, 1993)、1月までにはほぼ5～7月の尾叉長に達し、冬期の成長は著しく鈍るのではないかと推察される。

4章 成熟と産卵

1章で示したように日本海で漁獲されるトビウオ類の大部分はホソトビウオの産卵群であるので、成熟及び産卵に関する特性を明らかにすることは、本種の利用を考える上で重要である。

これまで本種の成熟過程についての組織学的知見は極めて乏しく、わずかにAbe *et al.* (1993) の知見があるのみである。また、本種の産卵生態については、本種が20時頃から沿岸域の海底へ移動し、夜後半に産卵することなどが断片的に明らかにされているにすぎず (児島, 1969a; 1969b; 1969c; 1971)、本種の雌雄別の群行動と成熟状態の日周変化について調べた報告は少ない。

本章ではホソトビウオの成熟過程及び産卵生態を生殖腺の組織学的観察及び漁獲物の計測資料等を基に明らかにした。

1節 生殖腺の成熟

本節では、生殖腺の組織切片を作製して成熟状態の検討を行うとともに、卵巣卵の卵径組成と卵数を調べ、本種の成熟過程を明らかにした (Abe *et al.*, 1993)。

資料と方法

生殖腺の組織学的観察に用いたホソトビウオは、山口県深川湾 (Fig.38) の定置網で1991年6～7月に漁獲されたものである。生殖腺は10%ホルマリンで固定後、パラフィン包埋処理した。パラフィン標本は4～

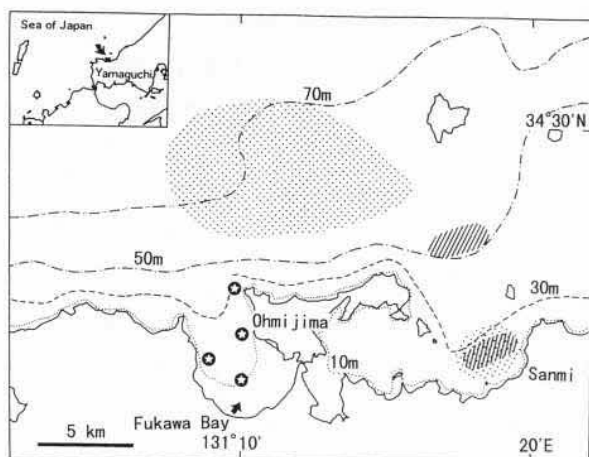


Fig.38. Map showing sampling area of *Cypselurus hiraii* for the spawning study in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, 1991-1993. Star marks and dotted regions show the fishing grounds of set net and drift gill net fisheries, respectively. Drift gill net fisheries were operated offshore waters (depths of 50-80m) in the daytime or inshore waters (depths of 10-30m) in the early morning. The striped regions show sampling areas using drift gill nets at four hour intervals, June 26, 1933.

10 μ mに切断し、Mayer・ヘマトキシリンとエオシンで染色した。組織切片作成用の標本は、雌では卵巣の部位や右葉と左葉における成熟度の差異は見られなかったため、卵巣の中部から採取し、雄も精巣の中部から採取した。卵径の頻度分布を調べるために、ホルマリン固定標本の一部(約1g)について卵粒を分離後、実体顕微鏡下で卵巣卵の写真撮影を行い、グラフテック社製自動計測装置(デジタイザー)で卵径(長軸)を測定した。

結 果

(1) 卵巣卵の発達段階

ホソトビウオの卵巣卵の発達段階は、組織学的特性に基づき染色仁期、周辺仁期、卵黄胞期、卵黄球期、胚胞移動期、及び成熟期の6つに分類した(Fig.39, Table 11)。各期の特徴は次のとおりである。

染色仁期：比較的大きな核が、ヘマトキシリンで薄く染まる少量の細胞質で囲まれている。卵径は0.01mm以下である。周辺仁期：卵母細胞はヘマトキシリンで濃く染まる細胞質と核膜に接する仁を有している。卵径は0.01~0.1mmである。卵黄胞期：細胞質に広がる卵黄胞が出現する。卵径は0.1~0.3mmである。卵黄球期：卵黄球が核の周辺から成長しながら細胞質に広がる。卵径は0.3~0.5mmである。胚胞移動期：卵黄球が

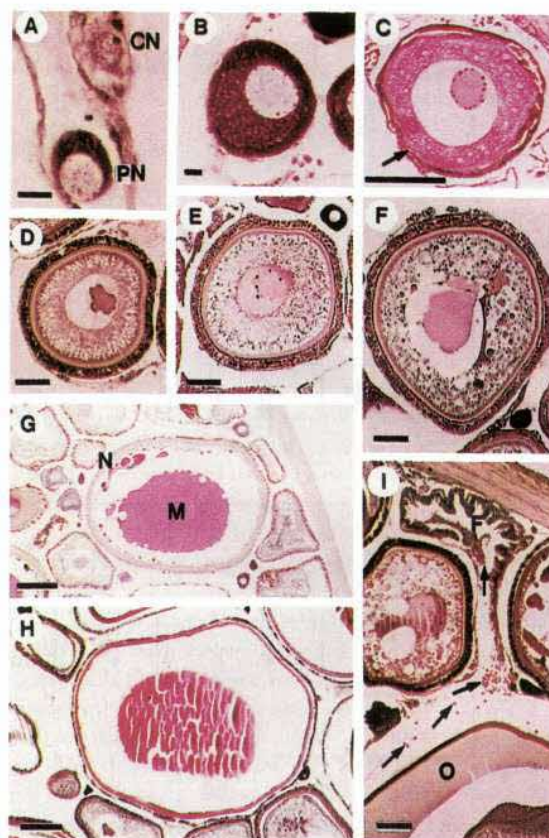


Fig.39. Micrographs of oocytes in various developmental stages in *Cypselurus hiraii*. A: chromatin nucleolus stage (CN) and early peripheral nucleolus stage (PN). Bar=20 μ m. B: peripheral nucleolus stage. Bar=20 μ m. C: yolk vesicle stage. Arrow indicates entangling threads. Bar=200 μ m. D: early yolk globule stage. Bar=200 μ m. E: yolk globule stage. Bar=200 μ m. F: early migratory nucleus stage. Bar=200 μ m. G: late migratory nucleus stage with a nucleus (N) and a large yolk mass (M). Bar=500 μ m. H: maturation stage. Bar=500 μ m. I: ovulated egg (O) and postovulatory follicle (F). Arrows indicate the cross sections of entangling threads. Bar=200 μ m.

Table 11. Developmental stages of oocytes in *Cypselurus hiraii*.

Developmental stage	Diameter	Characteristics
Chromatin nucleolus stage	0.01mm	The oocyte has a relatively large nucleus and homogeneous cytoplasm stained faintly with Hematoxylin.
Peripheral nucleolus stage	0.01-0.1mm	The oocyte has cytoplasm stained deeply with Hematoxylin and a large nucleus with several nucleoli attached to the nuclear membrane.
Yolk vesicle stage	0.1-0.3mm	The cytoplasm is stained faintly with Hematoxylin. Yolk vesicles appear and spread over the cytoplasm.
Yolk globule stage	0.3-0.5mm	Small yolk globules appear around the nucleus and then all over the cytoplasm with increasing their size, while the yolk vesicles located in the periphery of the oocyte.
Migratory nucleus stage	0.5-1.1mm	The yolk globules begin to fuse, forming a large yolk mass at the center of the oocyte. The nucleus migrates to the periphery of the oocyte as the yolk mass grows larger.
Maturation stage	1.1-2.2mm	The nucleus becomes invisible and the oocyte is filled with the homogeneous yolk mass.

融合し始め、卵母細胞の中央に大きな卵黄塊を形成する。核は卵黄塊が成長するにつれ、卵母細胞の周辺へ移動する。卵径は0.5～1.1mmである。成熟期：核は見えなくなり、卵母細胞は均質な卵黄で満たされる。卵径は1.1～2.2mmである。成熟期の卵のうち卵巣腔に排卵された卵は透明で、卵径は1.8～2.2mmである。

本種は纏絡卵を産出する（塚原ほか，1957b；内田ほか，1958；今井，1959）。エオシンで濃く染まる纏絡糸は，卵黄胞期に顆粒膜細胞の間に出現し（Fig.39C），排卵まで成長を続けた。そして，それは排卵後，濾胞層から外部に突き出て，卵巣腔の横断面では小円として見られた（Fig.39I）。

（2）生殖腺の成熟過程

1991年6～7月の漁期中に調べたすべての雌は，排卵後濾胞が胚胞移動期以降に発達した卵を卵巣内に有しており，未熟な個体は見られなかった。これらの卵巣は，経産卵，発達中及び排卵の3段階に分けられた（Table 12, Fig.40, 41）。

経産卵の卵巣は，卵黄球期以前の発達段階の卵母細胞と多くの新しい排卵後濾胞を持っており，この段階の卵巣を持つ個体は産卵後であることがわかる。卵巣腔内に排卵された卵が少し残っている卵巣も経産卵に分類された。なぜなら，これらの卵巣は残存した少量の卵を除くと組織学的に同じであったからである（Fig.40A, G）。発達中の卵巣は，胚胞移動期または成熟期の卵母細胞を有している卵巣である。排卵の卵巣は，卵巣腔が排卵された卵で満たされた卵巣である。

排卵直後の排卵後濾胞の顆粒膜細胞は柱状で，核は基底膜付近に位置していた（Fig.42A）。これらの濾胞内では，顆粒膜細胞層は夾膜細胞層に密着していた。しかし，経産卵の卵巣内では，いくつかの排卵後濾胞内の顆粒膜細胞層は夾膜細胞層から離れていた（Fig.42B）。発達中の卵巣内では，顆粒膜細胞は平たくなくて細胞の形が崩壊していった（Fig.42C, D）。

Table 12. Maturity phases of ovaries in *Cypselurus hiraii*.

Maturity phase	Oocyte group*	Histological characteristics
Partly spent phase	I, II	There are oocytes only before the yolk globule stages and many postovulatory follicles.
Developing phase	I, II, III	Oocytes in the migratory nucleus stage or maturation stage appear and increase the size until the ovulation occurs.
Running phase	I, II, III	The ovarian cavity is filled with ovulated eggs.

* See Fig. 40.

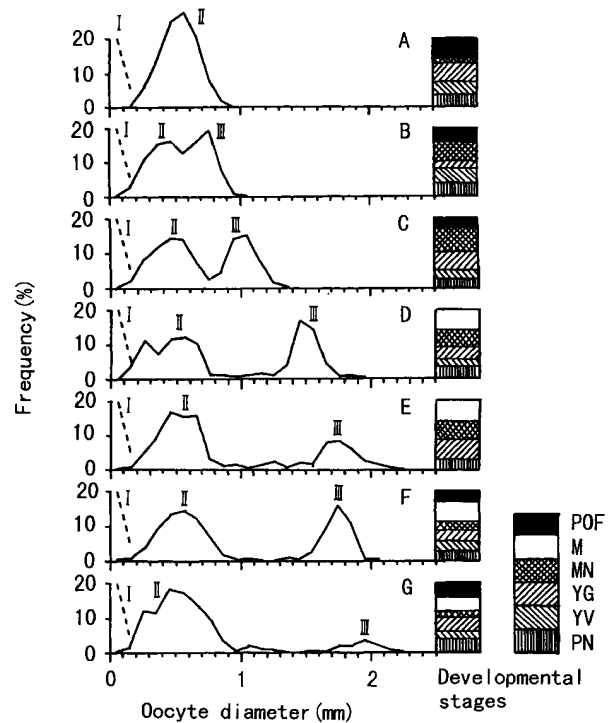


Fig.40. Frequency distribution of ovarian oocyte diameter for different maturity phases of ovaries in *Cypselurus hiraii* (left). A, G : partly spent phase. B-E : developing phase. F : running phase. I : small oocyte group ($\phi < 0.1\text{mm}$) indicated by the dotted lines. II : middle-sized oocyte group ($\phi = 0.1-0.8\text{mm}$). III : large oocyte group ($\phi > 0.7\text{mm}$ mode). Composition of the oocytes in the developmental stages including postovulatory follicles, which was determined by histological observation (right). POF : postovulatory follicle. M : maturation stage. MN : migratory nucleus stage. YG : yolk globule stage. YV : yolk vesicle stage. PN : peripheral nucleolus stage.

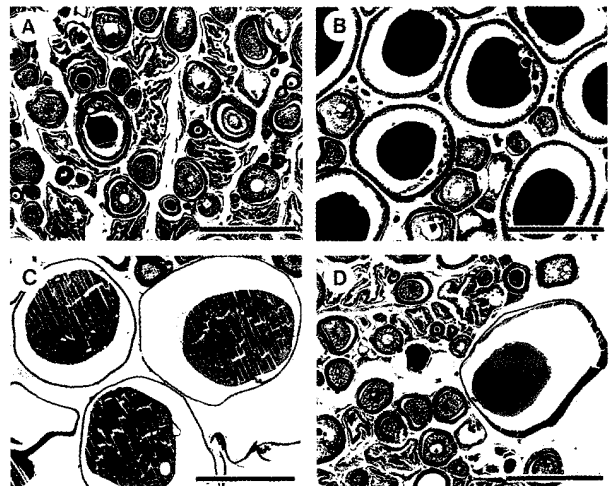


Fig.41. Micrographs of ovaries in *Cypselurus hiraii* in different maturity phases. Bar=1mm. A : partly spent phase. B : developing phase. C : running phase. D : partly spent phase with small fraction of ovulated eggs remaining in the ovarian cavity.

多くの白血球がそのような退行中の排卵後濾胞内に出現した。排卵の卵巣内には多くの新しい排卵後濾胞が存在し、古い濾胞は見られなくなった。

精巣の組織学的観察を行った結果、漁期中の精巣の成熟段階は放精中と放精終了の2つに分けられた (Fig.43)。雌と同様に未熟な雄は今漁期中出現しなかった。放精中の精巣では、輸精管は精子で満たされ、包囊では精子を形成中であった。放精終了の精巣は放精中の精巣より厚さが薄かった。この精巣では輸精管中の精子は少なく、精子を形成中の包囊はほとんどなかった。漁期を通してみると、漁期末に放精終了の個体が少し出現するまで、すべての雄が放精中であった。

(3) 卵径組成と卵数

卵径の頻度分布を染色仁期を除く5つの発達段階の卵母細胞及び排卵後濾胞の組成とともにFig.40に示す。染色仁期の卵母細胞はほとんど出現しなかったため、この期の卵母細胞は計数しなかった。すべての卵巣は大きさの異なる少なくとも2つの卵団で構成されていた (Fig.40の I, II)。直径0.1mm以下の小型の卵

団 I は卵黄胞期以前の卵から構成されていた。直径0.1~0.8mm (モード0.5mm) の中型の卵団 II は、主に卵黄胞期及び卵黄球期の卵母細胞で構成されていた。この2つの卵団に加えて、第3の卵団 (Fig.40の III) が卵団 II から分離した。胚胞移動期または成熟期の卵母細胞からなる卵団 III は、直径1.8~2.2mmまで成長し、排卵された (Fig.40C~F)。こうして排卵された卵団 III の卵は産卵される。排卵直前の卵団 III の卵数と尾叉長との関係はFig.44に示したとおりである。この卵数が1回当たりの産卵数に相当するので、1回当たりの産卵数は尾叉長202~212mmで3,000~12,000個、尾叉長213~230mmで7,000~15,000個と推定される。いくつかの産卵後の卵巣の卵巣腔内には排卵された卵が少量残存していた (Fig.40G)。卵団 III のないすべての卵巣は多くの新しい排卵後濾胞を有していた。卵団 III を有する卵巣では、排卵後濾胞は卵団 III が発達するにつれ小さくなり、次の排卵前に見られなくなった。

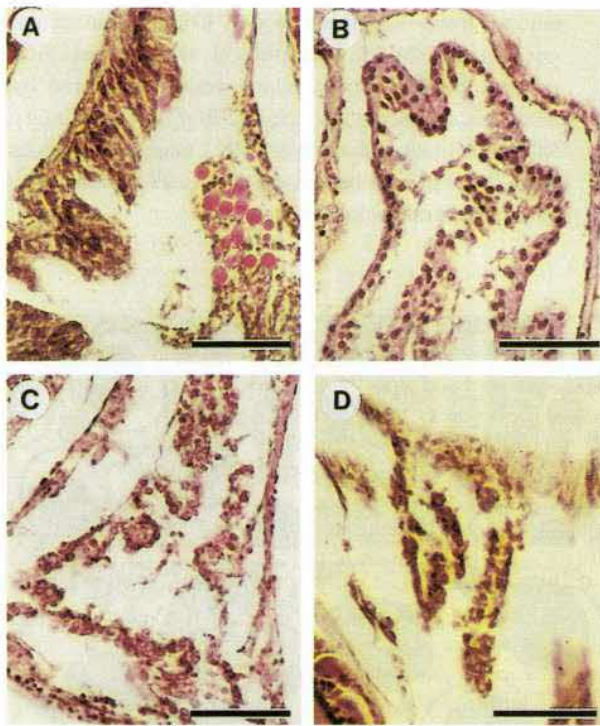


Fig.42. The process of degeneration of postovulatory follicles. Bar=50 μ m. A : postovulatory follicle just after the ovulation. B : postovulatory follicle in the partly spent ovary. C : postovulatory follicle in the developing ovary. D : old postovulatory follicle before the next ovulation.

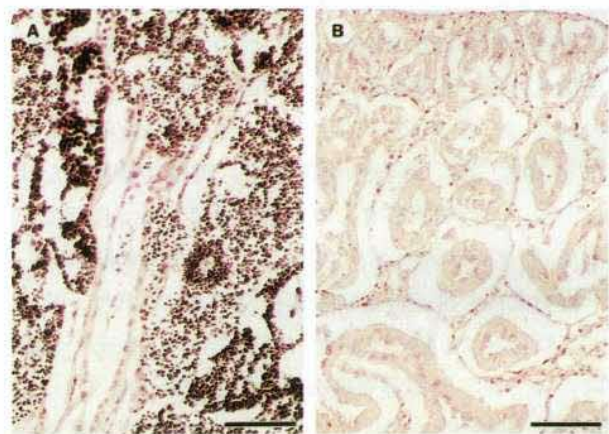


Fig.43. Micrographs of testes of *Cypselurus hiraii*. Bar=50 μ m. A : running phase. B : spent phase.

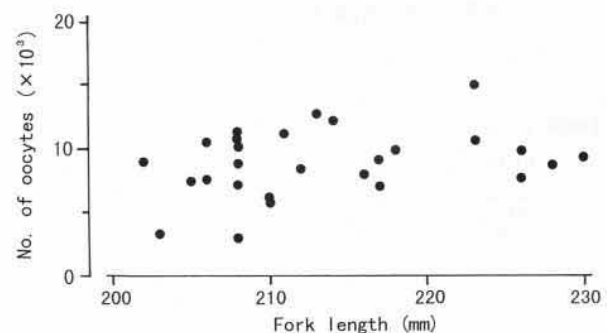


Fig.44. Relationship between the number of mature eggs and fork length in *Cypselurus hiraii*.

考 察

これまで本種の産卵回数は、卵径組成を基に1回であると推定されていた(福井, 1988; 河野, 1988)。本研究では、卵巣の組織学的観察を行った結果、発達中の卵巣は多くの新しい排卵後濾胞を有していたことから(Fig.40)、本種は産卵後でも次の産卵に向けて成熟卵を発達させることが示された。また、排卵後濾胞は成熟卵が発達するにつれ退行することも明らかになった(Fig.42)。退行中の排卵後濾胞における白血球の集中は、活発な濾胞の吸収が起こっていることを示している。このような排卵後濾胞の退行過程からみて、新しく形成された排卵後濾胞は、次の成熟卵が発達し排卵される前に吸収されると考えられる。これらの結果から本種が少なくとも2回は産卵することが明らかになった。

本種の卵巣には3つの卵団が確認された(Fig.40)。卵径組成から、新たに発達した卵団Ⅲは卵団Ⅱから分離した後、成熟し、産卵されることが示された(Fig.40)。このような本種の卵巣の発達様式は、多回産卵をする魚種ではよく知られており、例えば筑後川産両側回遊型アユの卵巣の発達様式(松山・松浦, 1982)とよく似ていることから、本種も多回産卵することは十分考えられる。成熟した卵巣中には各種の発達段階の卵が同時に存在しており(Fig.40)、本種の卵巣の発達様式は非同時発生型に分類される。

2 節 産卵

本節では、1991～1993年に山口県沿岸域において漁獲されたホソトビウオを用い、成熟状態と性比の経月変化及び親魚の分布型と成熟状態の日周変化について調べ、産卵期、産卵時刻及び産卵に伴う雌雄の群行動を明らかにした(河野ほか, 1995b)。

資料と方法

成熟状態及び性比の経月変化の解析に用いたホソトビウオは、1991～1993年の夏に山口県沿岸域(Fig.38)で定置網及び流し刺網で漁獲された1,518個体である(Table 13)。標本を採集した定置網は水深10～30mの海域に設置されており(Fig.38)、揚網は4～6時の早朝に行われた。流し刺網の操業は水深10～30mの岸側で4～6時の早朝に行われる場合と、水深50～80mの沖側で10～15時の昼間に行われる場合とがあったので(Fig.38)、各々の場合で採られた標本を区別して解析した。得られた標本について尾叉長、体重(BW)

及び生殖腺重量(GW)を測定し、次式により生殖腺熟度指数(GSI)を算出した。

$$GSI=100 \times GW/BW$$

親魚の分布型と成熟状態の日周変化の解析に用いたホソトビウオは、1993年6月26日に山口県萩市三見漁業協同組合所属のトビウオ流し刺網漁船6隻を用船し、山口県三見沖(Fig.38)で漁獲したものである。使用した刺網は各船とも網目約4cmで10反(1反は約100m)とし、表層に投網した。操業は水深10～30mの岸側と水深約50mの沖側に同時に1隻ずつ漁船を配置し(Fig.38)、3、7、11、15、19時及び23時にそれぞれ1時間ずつ行った。得られた標本について尾叉長、体重及び生殖腺重量を測定し、GSIを算出した。生殖腺の成熟段階は、雌では前節に基づき経産卵、発達中及び排卵の3つに区分し、雄では体外に精液が流れ出た放精中と放精中ではない成熟の2つに区分した。

Table 13. Collection record of *Cypselurus hiraii* used to study the seasonal changes in the maturity condition and sex ratio in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in the early morning (from 4:00 to 6:00) or daytime (from 10:00 to 15:00).

Sampling date	Fishing gear	Fishing ground*	Fishing time	No. of specimens	No. of females
June 7, 1991	Set net	Fukawa Bay	Early morning	50	10
June 15, 1991	Set net	Fukawa Bay	Early morning	50	4
June 29, 1991	Set net	Fukawa Bay	Early morning	50	13
July 11, 1991	Set net	Fukawa Bay	Early morning	50	12
June 2, 1992	Drift gill net	Inshore waters	Early morning	99	7
June 8, 1992	Drift gill net	Inshore waters	Early morning	100	28
June 18, 1992	Drift gill net	Offshore waters	Daytime	100	83
July 3, 1992	Drift gill net	Offshore waters	Daytime	100	73
July 6, 1992	Set net	Fukawa Bay	Early morning	60	24
July 15, 1992	Set net	Fukawa Bay	Early morning	131	37
May 26, 1993	Drift gill net	Offshore waters	Daytime	86	54
May 28, 1993	Set net	Fukawa Bay	Early morning	98	17
June 1, 1993	Drift gill net	Offshore waters	Daytime	30	19
June 4, 1993	Drift gill net	Inshore waters	Early morning	102	8
June 11, 1993	Drift gill net	Inshore waters	Early morning	100	1
June 16, 1993	Drift gill net	Offshore waters	Daytime	99	75
July 7, 1993	Set net	Fukawa Bay	Early morning	102	6
Aug. 9, 1993	Set net	Fukawa Bay	Early morning	99	7
Aug. 25, 1993	Set net	Fukawa Bay	Early morning	12	0
Total				1518	478

* See Fig. 38.

結 果

(1) 成熟状態と性比の経月変化

雌のGSIの平均値は (Fig.45), 定置網で漁獲されたものでは, 1991~1993年各年とも5月下旬から7月上旬までは4.5~7.0を示していたが, 7月中旬には4.0, 1993年8月上旬には1.2と急激に小さくなった。1992年及び1993年の5月下旬から7月上旬に流し刺網で漁獲された雌のうち, 沖側で漁獲されたものはGSIの平均値が9.0~14.8であったのに対し, 岸側で漁獲されたものは4.8~7.5で, 沖側で漁獲されたものの方が岸側で漁獲されたものよりGSIの平均値が大きかった。

雄のGSIの平均値は (Fig.45), 各年とも定置網で漁獲されたもの, 流し刺網で沖側で漁獲されたもの, 及び流し刺網で岸側で漁獲されたものともほとんど差がなく, 5月下旬から7月上旬には4.5~6.8を示した。定置網で漁獲されたものは7月中旬以降GSIの平均値が急激に小さくなり, 1993年8月には1.5~2.2となった。

成熟状態の変化をより詳しくみるために, 卵巣が発達中の個体と経産卵個体の出現率の経月変化をFig.46に示す。定置網で漁獲された雌では, 発達中の個体の出現率は5月下旬から7月上旬には1991年6月上旬の52%を最高として11%以上であったが, 7月中旬以降はすべて経産卵個体で占められた。1993年8月に漁獲

された雌の卵巣は半透明で萎縮しており, 肉眼観察で卵粒が認められなかったことから, すべて産卵終了個体と判断された。1992年及び1993年の6月上旬から中旬に流し刺網で岸側で漁獲された雌では, 発達中の個体の出現率は変動が大きく0~80%であった。流し刺網で沖側で漁獲された雌のうち発達中の個体の出現率は64~92%で, 定置網で漁獲されたもの及び流し刺網で岸側で漁獲されたものより出現率が高かった。

精巣は各年とも5月下旬から7月まではよく発達し, 成熟または放精中であったが, 1993年8月には半透明で萎縮しており, すべて放精終了個体と判断された。

性比についてみると (Fig.46), 定置網で漁獲されたものと流し刺網で岸側で漁獲されたものでは, 雌が0~40%と少なかったが, 流し刺網で沖側で漁獲されたものでは雌が62~83%と多かった。

(2) 親魚の分布型の日周変化

1昼夜連続採集により得られたホソトビウオの漁獲尾数から岸側と沖側における分布の日周変化をみると (Fig.47), 岸側では漁獲尾数が多かった時刻は7~8時と15~16時で, 11~12時には漁獲尾数は著しく減少した。沖側では漁獲尾数の最高は15~16時に見られ, 3~8時及び23~0時には漁獲尾数は岸側より少なかった。

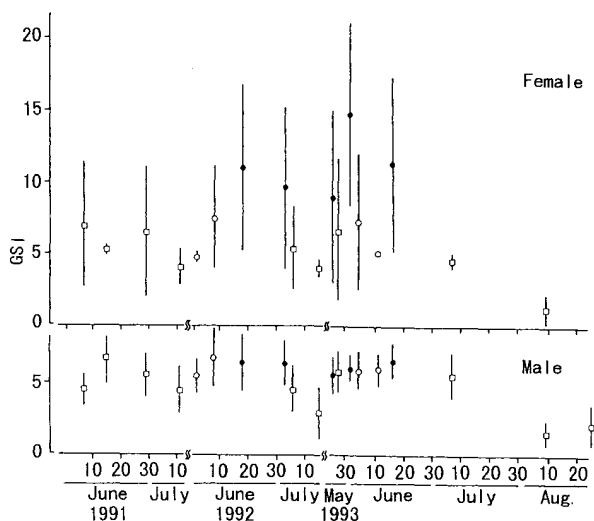


Fig.45. Seasonal changes of the average gonadosomatic index (GSI) in *Cypselurus hiraii* collected in coastal waters off Yamaguchi Prefecture (see Fig.38), 1991-1993. Open and solid circles and squares show samples by drift gill net fishery inshore and offshore waters, and by set net fishery, respectively. Vertical bars show standard deviations.

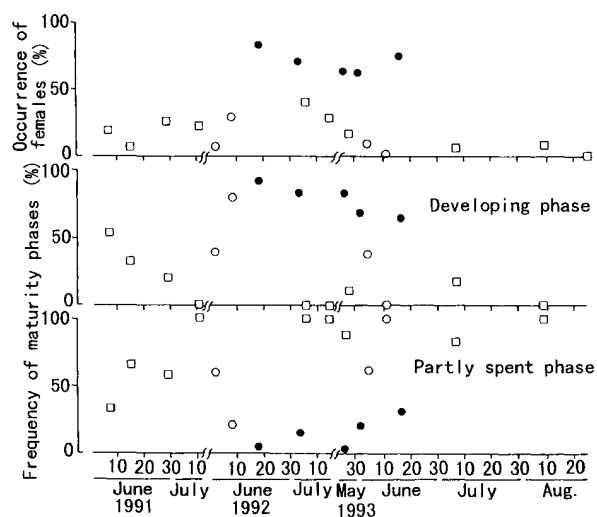


Fig.46. Seasonal changes of the percentage occurrence of females (top) and maturity of ovaries (middle and bottom) of *Cypselurus hiraii* collected in coastal waters off Yamaguchi Prefecture (see Fig.38), 1991-1993. Open and solid circles, and squares show samples by drift gill net fishery inshore and offshore waters, and by set net fishery, respectively.

次に雌雄別にみると、岸側では雌の漁獲尾数は3～12時にかけて極めて少なかったが、その後次第に増加し、23～0時には最も多くなった。雄の漁獲尾数は7～8時に最も多く、11～12時には一旦著しく減少したものの、15～16時には再び高水準になり、その後0時まで次第に減少した。沖側では漁獲尾数は雌雄ともにほぼ同様な日周変化を示し、漁獲尾数は経時的に増加し、15～16時に最高となり、その後0時まで次第に減少した。

性比は (Fig.47), 岸側、沖側ともに7～8時には雄の比率が最も高く、90%以上が雄で占められたが、その後次第に雌の比率が高まり、19～0時には雌の比率が40～60%になった。細かくみると、沖側の雌の比率と岸側の雌の比率とでは若干相違があり、3～16時までは沖側の雌の比率の方が岸側のものよりやや高い。しかし、19～20時には両者はほぼ等しくなり、23～0時には逆に岸側の雌の比率の方が沖側より高くなった。

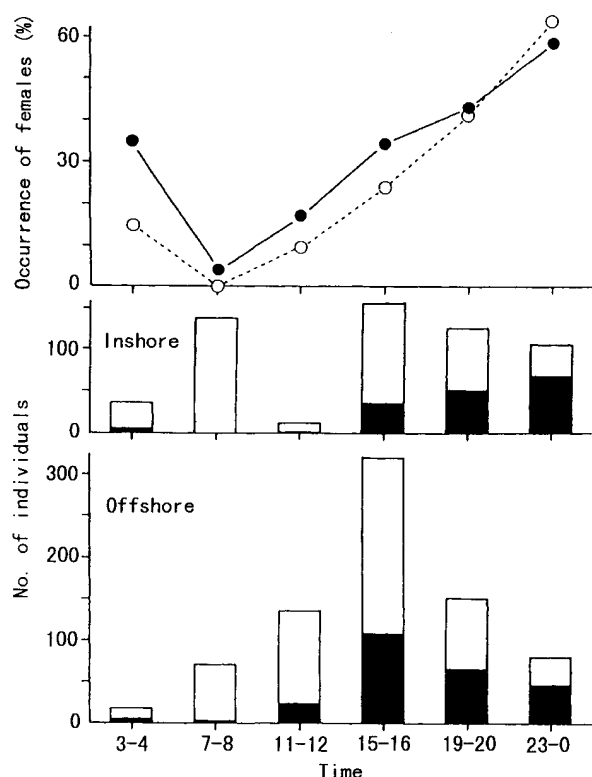


Fig.47. Diel changes of the percentage occurrence of females (top) and the number of *Cypselurus hiraii* (middle and bottom) caught by drift gill net fishery in coastal waters off Yamaguchi prefecture (see Fig.38), June 26, 1993. Open and solid circles show inshore and offshore waters, respectively. Solid and open bars show the number of females and males, respectively.

(3) 成熟状態の日周変化

雌雄別のGSIの日周変化を調べてみると (Fig.48), 雌のGSIの平均値は沖側、岸側ともほぼ同じ傾向を示し、7～8時に最も小さく6であったが (岸側では漁獲はなかった), その後次第に大きくなり、15～16時に最大の20に達した。その後、GSIの平均値は19～20時にやや小さくなり、更に23～0時には急激に小さくなり、3～4時とほぼ同じになった。雄のGSIは5～10で、海域及び時間による差は認められなかった。

生殖腺の成熟段階についてみると (Fig.48), 雌では、沖側では3～8時には経産卵個体が65%と高い比率を占め、残りは発達中の個体または排卵個体で占められた。経産卵個体は11時以降著しく減少し、15～16時には見られなくなった。替わって発達中の個体が急激に増加し、11～12時には66%, 15～16時には最高の90%を占めた。19～20時には発達中の個体に替わり、排卵個体が急激に増加し70%を占め、経産卵個体もわずかに出現した。更に23～0時には経産卵個体が55%

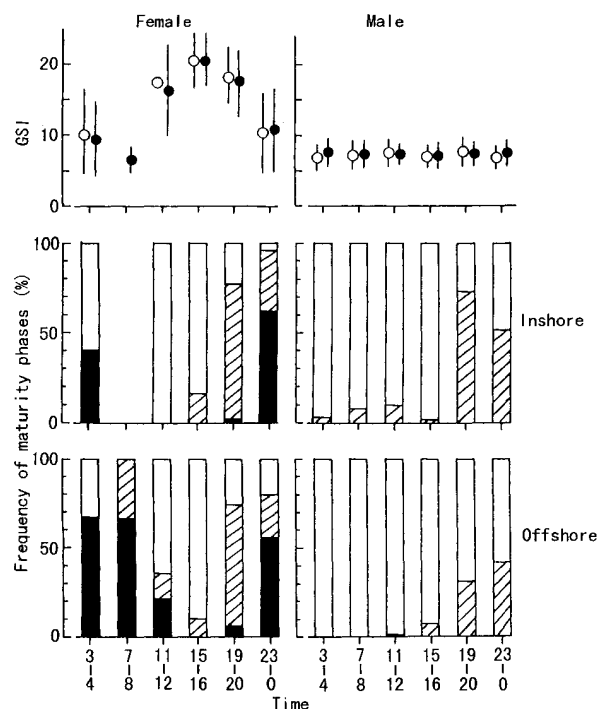


Fig.48. Diel changes of the gonadosomatic index (GSI, top) and the maturity of gonads of *Cypselurus hiraii* (middle and bottom) caught by drift gill net fishery in coastal waters off Yamaguchi Prefecture (see Fig.38), June 26, 1993. Open and solid circles show the average GSI in inshore and offshore waters, respectively. Vertical bars show standard deviations. In female, open, striped and solid bars show developing, running and partly spent phases, respectively. In male, open and striped bars show mature and running phases, respectively.

と著しく増加し、逆に排卵個体は25%と減少した。岸側では3~4時には経産卵個体(40%)と発達中の個体(60%)で占められた。7~12時には、11~12時に発達中の個体が1個体漁獲されただけであった。15~16時には沖側と同様に発達中の個体の比率が高かった(85%)。19~0時には、沖側に比べ岸側で排卵個体及び経産卵個体の比率がやや高く、発達中の個体の比率がやや低かった。

一方雄では、岸側では3~16時にはほとんど成熟個体で占められ、放精中の個体の比率は10%以下と低かった。しかし、19~20時には放精中の個体の比率が73%と急激に高まり、23~0時にも52%と高かった。沖側でも放精中の個体の比率は3~16時までは10%以下と低かったが、19~0時にかけて30~40%に高まった。

考 察

本節では初漁期の5月下旬から漁期末の8月に来遊するホソビウオについて成熟状態を調べた。その結果、雌雄のGSIは5月下旬から7月上旬にかけては大きい、7月中旬以降急激に小さくなること(Fig.45)、及び5月下旬に雌はすでに卵巣が発達中または経産卵個体で占められ、8月には雌はすべて産卵終了個体、雄はすべて放精終了個体で占められることが明らかになったことから(Fig.46)、本種の山口県沿岸域における産卵期は5月下旬から7月にかけてであることがわかった。

本種の産卵時刻について、児島(1971)は採集した天然卵の発生状況から、産卵時刻は夜後半であると推定しているが、これまで排卵時刻については明らかにされていなかった。本研究では排卵個体が19~20時に急激に増加したことから、排卵のピークはこの時間帯であったとみられる。その後23~0時には排卵個体に替わって経産卵個体が顕著に増加したことから(Fig.48)、排卵から産卵までの時間はほぼ5時間以内で、産卵のピークは20~23時であったと考えられる。このことは、19~0時に放精中の個体が著しく増加したことからも支持される(Fig.48)。ただし、沖側では排卵個体が7~16時にも出現したことから(Fig.48)、ピーク時に比べれば個体数は少ないが、産卵はほぼ一日中行われていた可能性がある。

漁業の操業海域と操業時刻による性比並びに成熟状態の差を調べた結果、昼間沖側では卵巣が発達中の雌が多いが、早朝岸側では雌より雄が多く、雌は経産卵

個体が多いことがわかった(Fig.46)。また、1昼夜連続採集の結果では、産卵のピーク時の性比はほぼ1対1であったが、それを過ぎた4~8時には雄の比率が高くなった(Fig.47)。漁獲尾数は11~16時にかけては沖側の漁獲尾数の方が岸側の漁獲尾数より著しく多いが、19~20時には両者の差は小さくなり、更に23~0時及び3~8時には岸側の漁獲尾数の方が沖側の漁獲尾数より多かった(Fig.47)。これらの結果から、産卵に伴う雌雄の群行動は異なると考えられ、それは以下のとおりと推定される。雌は昼間沖寄りの海域で卵巣を発達させ、夕方頃より産卵間近な個体から岸寄りの産卵場へ移動し、深夜を中心に産卵する。そして、産卵後雌は速やかに産卵場から沖合へ逸散する。雄は雌の産卵に合わせて深夜を中心として放精し、それ以外の時間帯には放精準備中の状態で雌より岸側に多く分布する。雄は雌が産卵を終え逸散した後、早朝まで産卵場に留まり、午前中には沖合へ移動する。

ホソビウオの産卵場所について、今井(1959)は距岸1海里以上沖合の深さ20~30mの暗礁、浅堆などであると報告している。また、児島(1971)は水深15m以浅の砂質底の海域で卵を採集している。本研究では水深約50mの沖側のホソビウオの成熟状態と水深10~30mの岸側のそれとがほぼ同様な経時変化を示したことから(Fig.48)、岸側だけでなく水深約50mの沖側でも産卵が行われたと考えられる。ただし、産卵ピークをはさんだ19~0時にかけて、岸側の放精中の個体の比率と排卵個体または経産卵個体の比率が沖側のそれらに比べ高かったこと、及び産卵ピーク前後の岸側と沖側の漁獲尾数の経時変化からみて、産卵場所の重心は水深30m以浅の岸側に偏っていたと考えられる。産卵場所の底質は砂質で(山口県, 1991)、児島(1971)及び千田(1992)の報告と一致していた。

5章 生活史と資源利用

本章では1~4章で得られた資源生物学的特性を総合的に検討し、日本海における本種の生活史を明らかにした。また、漁獲統計や飛翔個体数の目視観察記録に基づいて、漁況予測と来遊豊度の推定に関する新しい手法を示した。そして最後に、資源管理のための漁況予測、産卵親魚の保護、未成魚の利用法について総合的に考察した。

1節 生活史

1~4章の研究結果を総合して、日本海における本

種の生活史を記載すると次のとおりである (Fig.49)。

本種は日本海へ5～7月に産卵群(尾叉長185～240mm)として来遊する。分布の中心は日本海南西沿岸、海面水温18～20℃、塩分34.0～35.0の海域で、この海域では資源の増大に伴い高密度分布域が広がる。能登半島以東の海域における産卵群の北方への広がりは水温に影響され、水温が高いと魚群の北上割合が増加する。雌は昼間沖寄りの海域で卵巣を発達させ、夕方頃より産卵間近な個体から岸寄りの産卵場へ移動する。産卵場の水深は50m以浅で底質は砂質である。排卵のピークは19～20時で、産卵のピークは20～23時である。産卵後雌は速やかに産卵場から沖合へ逸散する。雄は雌の産卵に合わせて深夜を中心として放精し、それ以外の時間帯には放精準備中の状態で雌より岸側に多く分布する。雄は雌が産卵を終え逸散した後、早朝まで産卵場に留まり、午前中には沖合へ移動する。産卵は

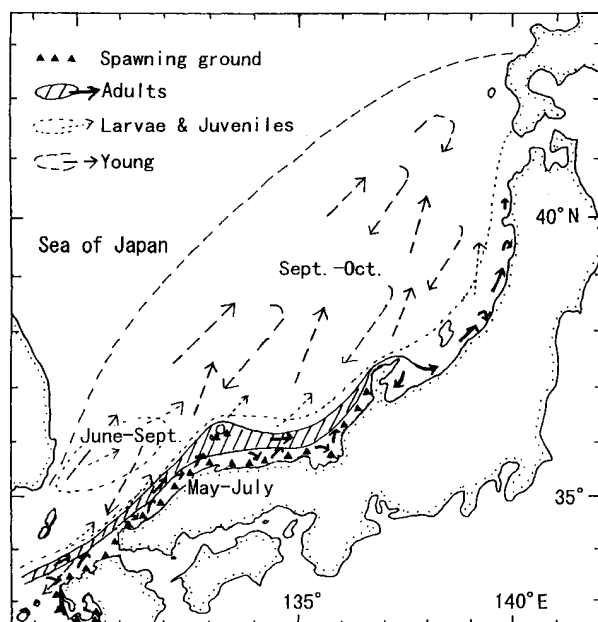


Fig.49. A schematic representation of the life cycle for *Cypselurus hiraii* in the Sea of Japan. Adults migrate into the Sea of Japan (striped region), May-July and spawn mainly in coastal waters of the southwestern Sea of Japan (solid triangles). Adults spawn at least twice and then die. Larvae hatch in coastal area and are transported to offshore (region surrounded by dotted line) by the Tsushima Current, June-September. They grow fast in summer. Young expand their distribution area (region surrounded by dashed line) offshore and migrate southward, September-October. They emigrate from the Sea of Japan to the East China Sea, November-April. Each arrow indicates hypothetical migration.

2回以上行われ、1回当たりの推定産卵数は3,000～15,000個である。本種の寿命は約1年で、雌雄の親魚は産卵・放精した後死亡する。ふ化は受精後12日目(水温18.8～21.9℃)から始まり、ふ化直後の全長は4.7～6.2mmである。仔稚魚(全長5～65mm)の出現は6～9月に見られ、出現のピークは7月である。仔稚魚の分布域は海面水温19～28℃、塩分32.0～34.5の海域で、仔稚魚の分布域は対馬暖流の流路パターンによって変動する。仔稚魚期から未成魚期にかけての成長は急速で、8月下旬にすでに尾叉長95～145mmの未成魚が出現し、10月上旬には尾叉長は115～165mmに達する。未成魚の分布域は山口県沖から能登半島以東の沖合域まで拡大し、沖合への分布の広がりは水温22℃以上の対馬暖流系水の分布に影響される。未成魚は9～10月に日本海では主に沖合域を南下し、九州北西沿岸域を経て東シナ海へ移動するため、11～4月には日本海では見られなくなる。本種はふ化直後から発育段階を通じて主に表層で、動物プランクトンを捕食する。

2節 資源利用

本節では、漁獲統計を用いて漁期前に漁獲量を予測する手法、及び飛翔個体数の目視観察記録に基づき来遊豊度を推定する手法について検討した。また、資源生物学的知見並びに漁況予測と資源評価のための知見に基づいて、資源管理のための手法について総合的に考察した。

(1) 漁況予測

前述のとおりトビウオ類の漁獲量の大部分を占めるホソトビウオは年魚であると推定されることから、当年の漁獲量(C_i)を親魚量の指標とすると、翌年の漁獲量(C_{i+1})は子の量の指標とみなすことができる。よって、再生産率(R)は次式で表せる。

$$R = C_{i+1} / C_i$$

分布の中心である日本海南西区における1952～1991年のトビウオ類の漁獲統計(1章1節)を用い、再生産率(R)を求め、それと当年の漁獲量(C_i)との関係を調べると、両者の間には次式のとおり逆相関関係が認められた (Fig.50)。

$$\text{Log } R = 3.269 - 0.421 \text{Log } C_i$$

$$(r = -0.418, P < 0.01, n = 39)$$

この関係式を用い、当年の漁獲量から再生産率を計算することにより、翌年のおおよその漁獲量を予測することが可能になると考えられる。

(2) 来遊豊度の評価

本種の飛翔特性を利用し、飛翔個体数の目視観察を行えば、飛翔個体数と航走距離の2つを変数として、次式により来遊豊度の評価が可能である。

$$P = A \cdot B^{-1} \cdot C^{-1} \cdot D^{-1} \times 10^6$$

ここに、

P：相対豊度（個体数/km²）

A：調査海域内の飛翔個体数

B：目視調査で航走した距離（m）

C：航走中に飛翔が起きる範囲（船を中心として進行方向を垂直に横切る距離，m）

D：発見率

なお、Cについては、トビウオ類の飛翔が船のすぐ間近から起きること、及び従事した船の幅が6～7mであることから、ここでは10mとした。また、発見率は1として取り扱った。

以上の方法を1986～1990年各年の6月上旬の目視観察資料（1章1節）に適用し、能登半島以西の日本海における各年の6月上旬の相対豊度を推定すると（Fig.51），相対豊度は1986年には3.8尾/km²であったが、

その後急激に減少し、1989年には0.2尾/km²となった。1990年には相対豊度はやや増加し、1.0尾/km²と推定された。

一方、能登半島以西の山口県～石川県における1986～1990年各年のトビウオ類漁獲量（漁業養殖業生産統計年報：農林水産省統計情報部）をホソトビウオ1尾当たりの平均体重を120gとして漁獲尾数に換算し、その経年変化をみると、1986年には約8000万尾であったが、その後年々減少し、1989年及び1990年には約2100万尾となった（Fig.51）。

推定された相対豊度と漁獲尾数とを対比してみると、前者の経年変動と後者の経年変動とはかなりよく対応している（ $r=0.951$, $P<0.05$ ）。

本調査が実施された6月上旬は日本海ではトビウオ類の初漁期に当たり、推定された相対豊度と漁獲尾数の経年変動はかなりよく対応していたことから、この時期に目視調査を行い来遊豊度の評価を行えば、その年の漁況予測に利用できると考えられる。

(3) 資源利用

トビウオ類は日本海では漁獲量の年変動が大きい上に主漁期が5～7月と短いため、トビウオ漁家にとっては水揚げが不安定となる。このため、資源状態の評価と予測のための知見が必要とされている。本研究により、日本海南区では当年の漁獲量と再生産率との関係から翌年のおおよその漁獲量を予測することが可

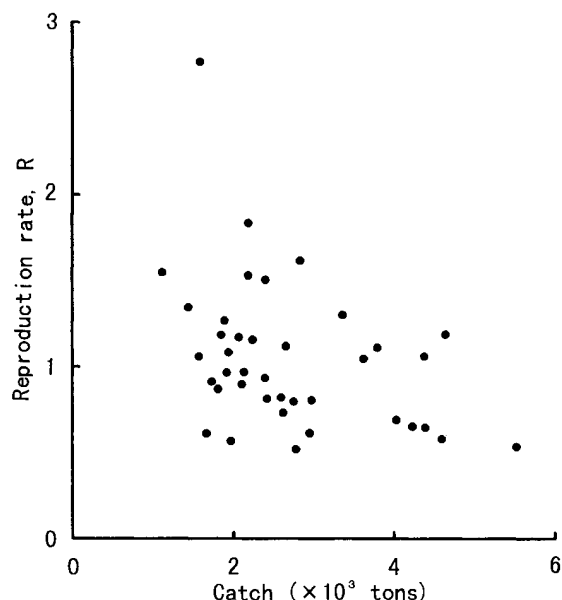


Fig.50. Relationship between the annual catches and the reproduction rates (R) of flying fish in the southwestern Sea of Japan (see Fig.1, SW region). $R=C_{i+1}/C_i$. C_i : catch in i-year.

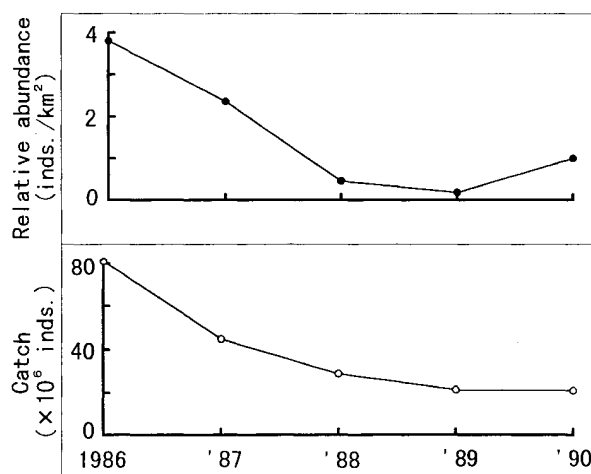


Fig.51. Yearly changes of the relative abundance (top) and catches (bottom) of flying fish in coastal waters of the Sea of Japan west of Noto Peninsula. The relative abundance of flying fish was presented by the number of flying individuals per unit area.

能になった(本節)。更に、漁期初めに飛翔個体数の目視観察を行い、来遊豊度を評価すれば、漁期中の漁獲量をより確からしく予測することができるであろう(本節)。能登半島以東の海域への産卵群の北上割合は、水温の影響を受けることがわかったことから(2章1節)、この海域では水温情報が漁況予測に利用できる。これらの知見が情報として利用され、漁家や加工業者の計画的な生産に役立てば幸いである。

産卵の研究から、本種は深夜を中心として産卵し、産卵に伴う雌雄の群行動は異なることが明らかになった(4章2節)。このような産卵に伴う雌雄の群行動の相違は、漁獲物に反映され、早朝岸寄りの海域で漁獲されたものでは雄が多く、雌が漁獲されたとしても経産卵個体が多いのに対し、昼間沖寄りの海域で漁獲されたものでは、卵巣が発達中の雌が多かった(4章2節)。このような産卵生態と操業海域との関係から、資源が低水準の年には、昼間沖寄りの漁場の操業を制限することが、産卵の親魚の保護による資源管理手法として有効であると考えられる。昼間沖寄りの漁場の操業を制限した場合、早朝岸寄りの漁場で行われる定置網と流し刺網の操業は比較的短時間で終了するため、昼間はトビウオ類以外を対象とした漁業を行うことにより、漁業収入の減少を防ぐことができるであろう。

目視観察に基づく豊度の推定は、クジラ類ではかなり研究が進んでいるが(Doi, 1970; 土井, 1971a; 1971b; 青山・小笹, 1972)、トビウオ類ではこれまではほとんど研究されていなかった。本研究では目視観察法がトビウオ類の来遊豊度の評価のため(本節)だけでなく、分布・移動の解明のためにも有効な手法であることを明らかにした(1章1節)。そして目視観察法を用いることにより、9月には日本海の広範囲に高密度に未成魚が分布することを明らかにした(1章1節)。長崎県では未成魚は“塩あご”や“焼きあご”として加工され、正月には欠かせないものとなっており(日下部, 1968)、定置網の他に船曳網でも未成魚が盛んに漁獲されている(近藤・道津, 1981; 松村, 1992)。しかし、日本海では定置網以外に未成魚を対象とした漁業はなく、定置網による未成魚の漁獲量も極めて少ない(1章1節)。このように日本海沖合域の未成魚資源は十分に利用されているとはいえない。従って、ホソトビウオ以外のトビウオ類資源の構成比を明確にし、他方未成魚の漁獲が親魚量に与える影響を検討しながら、日本海でも未成魚資源の有効利用を図っていくことが資源利用上の課題となろう。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、懇篤なる御指導と御校閲の労を賜った九州大学教授松浦修平博士に厚くお礼申し上げる。また、本論文を御校閲いただき有益な御助言を賜った九州大学教授中國明信博士及び同助教授松山倫也博士に深く感謝する。

共同研究等を通じて絶えざる御指導と御教示をいただいた元水産大学校教授竹下貢二博士、東北区水産研究所手島和之博士及び西海区水産研究所石垣支所阿部寧博士に心から感謝する。山口県外海水産試験場中原民男元漁業科長(現山口県栽培漁業公社常務理事)、立石 健前漁業科長(現山口県内海水産試験場環境化学科長)、及び檜山節久漁業科長には本研究の遂行に御配意と御支援をいただいた。記してお礼申し上げる。

本研究は1986～1990年に兵庫県但馬水産事務所、鳥取県水産試験場及び島根県水産試験場と共同で実施したトビウオ類研究を発展させてとりまとめたものである。共同研究を通じて多くの情報と示唆を与えてくださった島根県水産試験場田中伸和氏、島根県栽培漁業センター森脇晋平博士、鳥取県庁山田英明氏、鳥取県水産試験場下山俊一氏、福井利憲氏、兵庫県但馬水産事務所試験研究室増田恵一氏、及び兵庫県立水産試験場大谷徹也氏に感謝する。日本海区水産研究所生物環境研究室長平川和正博士には動物プランクトンの査定方法について御教示いただき、また海洋動態研究室長平井光行博士及び長沼光亮氏(元主任研究官)には日本海の観測資料を提供していただいた。山口県外海水産試験場前漁業調査船黒潮丸の乗組員の皆様には、海上での調査に多大な協力をいただき、また山口県立水産高等学校栽培漁業科(現海洋科)及びすいこう丸の皆様には受精卵の採取に協力をいただいた。目視調査では、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産試験場(現新潟県水産海洋研究所)、富山県水産試験場、福井県水産試験場、兵庫県但馬水産事務所試験研究室、島根県水産試験場の調査員及び調査船乗組員の皆様に協力をいただいた。これらの方々にお礼申し上げる。

文 献

- 1) Abe O., M. Kawano and K. Teshima (1993) Ovarian maturation and spawning of flying fish, *Cypselurus hiraii*, in the southwest Japan Sea. Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (71), 67-81.
- 2) 安達二朗・由木雄一(1984)山口・島根県沖における

- シイラ・トビウオ類の来遊の特徴. 日本海ブロック試験研究集録, (3), 39-52.
- 3) 安達二郎 (1992) 山口・島根県沖におけるシイラ・トビウオの漁獲量変動と海洋環境. 水産海洋研究, **56**, 173-181.
 - 4) 青山恒雄・小笹悦二 (1972) 目視観察による九州西海域への小型ハクジラ類来遊量の推定. 西水研研報, (42), 1-11.
 - 5) 浅原充雄・田中良治・松森 茂 (1982) 水産ねり製品の製造に関する研究, [1] トビウオのかまぼこ形成能試験. 昭和55年度山口外海水試事業報告, 79-80.
 - 6) 浅原充雄・田中良治・菅 昭人 (1983) トビウオを利用したソボロ・茶漬製品の製造試験. 昭和56年度山口外海水試事業報告, 82-83.
 - 7) 陳 春暉 (1985) 北西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.
 - 8) 陳 世欽 (1978) 台湾近海重要経済魚類稚仔魚之研究 (一), 人工飼育飛魚仔魚の形態変化. 台湾省水産試験所試験報告, (30), 301-307.
 - 9) Doi T. (1970) Re-evaluation of population studies by sighting observation of whale. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., (63), 1-9.
 - 10) 土井長之 (1971a) マッコウ鯨の資源診断法. 東海水研報, (66), 89-143.
 - 11) 土井長之 (1971b) 鯨の目視観察理論の展開. 東海水研報, (68), 1-15.
 - 12) 福井利憲 (1988) 日本海西部沿岸域におけるトビウオ類の生物学的研究. 日本海西部沿岸に生息するトビウオ類に関する共同研究報告書, (1), 31-64.
 - 13) 福井利憲 (1989) トビウオ漁況の短期予測について. 鳥取水試報告, (30), 85-95.
 - 14) 福岡県福岡水産試験場 (1987) 昭和59~61年度筑前海域漁業管理適正化方式開発調査事業最終報告書. 122pp.
 - 15) 濱崎清一・大内 明・鶴田新生 (1980) 油谷湾における動物プランクトンの分布特性. 西水研研報, (54), 45-57.
 - 16) 日野佳明・井岡 久・岩本宗昭 (1990) トビウオの利用加工試験. 昭和63年度島根水試事業報告, 124-129.
 - 17) Hirakawa K., M. Kawano, S. Nishihama and S. Ueno (1995) Seasonal variability in abundance and composition of zooplankton in the vicinity of the Tsushima Straits, southwestern Japan Sea. Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst., (45), 25-38.
 - 18) 兵庫県但馬水産事務所 (1988) トビウオ加工試験. 昭和61年度兵庫県但馬水産事務所試験研究事業報告, 144-155.
 - 19) 兵庫県但馬水産事務所 (1989) トビウオ加工試験-II, 酸による魚骨軟化. 昭和62年度兵庫県但馬水産事務所試験研究事業報告, 90-93.
 - 20) 今井貞彦 (1952) トビウオ類の研究 II, 日本産 *Prognichthys* 属のトビウオとその幼期. 鹿児島大学水産学部紀要, **2**, 141-148.
 - 21) 今井貞彦 (1954a) トビウオ類の研究 III, 日本産 *Hirundichthys* 属のトビウオとその幼期. 鹿児島大学水産学部紀要, **3**, 62-72.
 - 22) 今井貞彦 (1954b) 鹿児島県西方及び南方海域に現れた稚魚の概観. 対馬暖流開発調査資料, 鹿児島大学水産学部, (1), 67-71.
 - 23) 今井貞彦 (1955a) 対馬暖流海域の稚魚速報, 薩南海域のトビウオ類. 対馬暖流開発調査研究報告, 水産庁, (2), 23-54.
 - 24) 今井貞彦 (1955b) トビウオ類の研究 IV, ウチダトビウオ *Cypselurus naresii* GÜNTHER とその幼期. 鹿児島大学水産学部紀要, **4**, 97-104.
 - 25) 今井貞彦 (1956) 日本産トビウオ類の特徴と検索, I. 成魚の特徴, II. 稚魚期の特徴. 鹿児島大学水産学部紀要, **5**, 91-102.
 - 26) 今井貞彦 (1959) 日本近海産トビウオ類生活史の研究-I. 鹿児島大学水産学部紀要, **7**, 1-85.
 - 27) 今井貞彦 (1960) 日本近海産トビウオ類生活史の研究-II. 鹿児島大学水産学部紀要, **8**, 8-45.
 - 28) 井上喜洋・田原陽三・松尾勝樹 (1986) 魚群の日周行動と定置網. 日水誌, **52**, 55-60.
 - 29) 井岡 久・岩本宗昭・日野佳明 (1988) 魚介類有効栄養成分利用技術研究, 流通過程中の栄養成分の変化 (昭和61年度). 昭和61年度島根水試事業報告, 102-125.
 - 30) 井岡 久・岩本宗昭・日野佳明 (1989) 魚介類有効栄養成分利用技術研究, 地先水産資源の栄養成分の再評価 (昭和62年度). 昭和62年度島根水試事業報告, 98-133.
 - 31) 井岡 久・岩本宗昭・日野佳明 (1990) 魚介類有効栄養成分利用技術研究, 地先水産資源の栄養成分の再評価 (昭和63年度). 昭和63年度島根水試事業報告, 92-117.
 - 32) 井岡 久・日野佳明・岩本宗昭 (1990) トビウオの原料特性について. 昭和63年度島根水試事業報告, 118-123.
 - 33) Isobe A., S. Tawara, A. Kaneko and M. Kawano (1994) Seasonal variability in the Tsushima Warm Current, Tsushima-Korea Strait. Continental Shelf Research, **14**, 23-35.
 - 34) 伊藤健生 (1960) 山口県外海における浮游稚仔魚の分布並びに生態について. 山口外海水試研報, **3**, 1-14.
 - 35) Katoh O. (1994a) Short-term fluctuations of the Tsushima Current in waters northwest of Yamaguchi Prefecture. Journal of Oceanography, **50**, 51-64.

- 36) Katoh O. (1994b) Structure of the Tsushima Current in the southwestern Japan Sea. *Journal of Oceanography*, **50**, 317-338.
- 37) Kawabe M. (1982a) Branching of the Tsushima Current in the Japan Sea, Part I, data analysis. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, **38**, 95-107.
- 38) Kawabe M. (1982b) Branching of the Tsushima Current in the Japan Sea, Part II, numerical experiment. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, **38**, 183-192.
- 39) 川村久明 (1953) 志賀島定置網調査報告第3報, トビウオ属 (*Cypselurus* SWAISON) に就いて (27年度測定結果). げんかい, (8), 福岡水試, 30-38.
- 40) 川村久明 (1956) 志賀島定置網で漁獲されるトビウオ類 (オアゴとメアゴ) について. げんかい, (22), 福岡水試, 3-7.
- 41) 河野光久 (1988) 山口県沿岸に来遊するトビウオ類 (ホソトビ, ツクシトビウオ) の漁況と生物学的特性に関する2, 3の知見. 日本海ブロック試験研究集録, (12), 39-51.
- 42) 河野光久 (1993) 対馬海峡における流速および流量の経月変動. 水産海洋研究, **57**, 219-230.
- 43) 河野光久 (1995a) 日本海南西部におけるトビウオ類仔稚魚の分布. 山口外海水試研報, **25**, 1-6.
- 44) 河野光久 (1995b) ホソトビウオの食性. 山口外海水試研報, **25**, 7-12.
- 45) 河野光久 (1995c) ホソトビウオ仔稚魚における耳石輪紋の日周性の証明. 山口外海水試研報, **25**, 13-15.
- 46) 河野光久・阿部 寧・田中伸和・手島和之 (1995a) 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.
- 47) 河野光久・阿部 寧・手島和之・檜山節久 (1995b) 日本海南西部におけるホソトビウオの産卵生態. 水産海洋研究, **59**, 257-263.
- 48) 菊池繁雄 (1960) 東支那海表面水温に関する研究 (1) —平均状態の特性—. 海象と気象, **10**, 15-29.
- 49) 児島俊平 (1961) 魚類の游泳生態に関する研究-I, トビウオの羅網方向について. 日水誌, **27**, 313-317.
- 50) 児島俊平 (1969a) ホソトビウオの回遊と産卵生態に関する研究-II, 産卵に接岸した魚群の行動について. 日水誌, **35**, 284-288.
- 51) 児島俊平 (1969b) ホソトビの回遊と産卵生態に関する研究-III, 産卵場における魚群の行動について. 日水誌, **35**, 1055-1059.
- 52) 児島俊平 (1969c) 日本海におけるトビウオ漁業の開発について. 水産海洋研究会報, 宇田退官記念号, 287-289.
- 53) 児島俊平 (1971) ホソトビの回遊と産卵生態に関する研究-IV, 産卵場における卵の分布状況. 日水誌, **37**, 284-288.
- 54) 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.
- 55) 日下部重朗 (1968) やきあご, 塩あご. 水産名産品総覧, 光琳書院, 東京, 301-303.
- 56) 桑原昭彦・鷺尾圭司・鈴木重喜 (1982) 京都府沿岸域の海況変動とバショウカジキ, シイラの漁況との関係. 水産海洋研究会報, (40), 3-8.
- 57) 増田恵一 (1988a) 日本海西部沿岸域におけるトビウオ類の漁業実態. 日本海西部沿岸に生息するトビウオ類に関する共同研究報告書, (1), 1-18.
- 58) 増田恵一 (1988b) 日本海西部沿岸域におけるトビウオ類稚仔および未成魚の出現状況について. 日本海西部沿岸に生息するトビウオ類に関する共同研究報告書, (1), 65-101.
- 59) 増田恵一・大谷徹也・玉木哲也 (1990) 但馬沿岸域および沖合域におけるトビウオ類幼稚仔の出現状況について. 兵庫水試研報, (27), 1-16.
- 60) 松森 茂・浅原充雄・松野 進 (1980) トビウオのかまぼこ形成能および冷凍すり身の品質試験. 昭和53年度山口外海水試事業報告, 63-66.
- 61) 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. 日水誌, **58**, 1049-1055.
- 62) 松山倫也・松浦修平 (1982) 組織学的観察に基づく筑後川産両側回遊型アユの成熟・産卵様式. 日水誌, **48**, 1573-1582.
- 63) 水戸 敏 (1966) 日本海洋プランクトン図鑑, 7, 魚卵・稚魚. 蒼洋社, 東京, 74pp.
- 64) 森 俊郎・大森秀聡 (1989) トビウオ加工試験-III, 魚骨軟化乾製品の試作. 昭和63年度兵庫県但馬水産事務所試験研究事業報告, 90-91.
- 65) 森脇晋平 (1988) 日本海西部沿岸域におけるトビウオ類の漁況変動. 日本海西部沿岸に生息するトビウオ類に関する共同研究報告書, (1), 19-29.
- 66) 元田 茂・安楽正照 (1955) 八丈島の夏トビウオの食性. 海洋資源開発調査研究報告I, 日本学術振興会, 48-50.
- 67) 元田 茂・安楽正照 (1958) プランクトンに関する研究, 第1章量分布, 第2章組成分布. 対馬暖流開発調査報告書第2輯, 121-125.
- 68) 村上子郎・眞道重明 (1949) 天草周辺に於ける重要生物の資源学的研究I. トビウオに関する測定結果に就いて. 日水誌, **15**, 109-113.
- 69) 長沼光亮・市橋正子 (1993) 日本海における表面・50m・100m・200m各深水温の月別累年(1961~1990年) 平均値とその標準偏差. 日本海ブロック試験研究集録, (26), 117pp.

- 70) Nakai Z. (1962) Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (Temminck and Schlegel). Japan J. Ichthyol., **9**, 1-115.
- 71) 日本海中部海域タチウオ共同研究チーム (1986) 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究総合報告書. 124pp.
- 72) 西村 明・渡辺良朗・山田寿郎 (1985) サンマ耳石の日周輪様微細輪紋構造. 東北水研研報, (47), 33-35.
- 73) 小川嘉彦 (1968) 沿岸暖流の消長と漁況変動. 水産海洋研究会報, (13), 158-166.
- 74) 小川嘉彦 (1981) 日本海南西沿岸水域の海況特性とその漁業生物学的意義. 山口外海水試研報, **18**, 96pp.
- 75) 小川嘉彦・山本達雄・名角辰郎・森脇晋平 (1982) 日本海南西沿岸水域における“シロイカ”漁場の海況特性. 水産海洋研究会報, **41**, 1-10.
- 76) 岡地伊佐雄 (1958a) 漁獲統計からみた日本海産魚族の分布構造-I, 対馬暖流系魚族の来游の消長. 日本水研年報, (4), 1-13.
- 77) 岡地伊佐雄 (1958b) 日本海産トビウオ類の形態的特性と成長. 日本水研年報, (4), 15-24.
- 78) 大浜秀規 (1990) 耳石輪紋によるワカサギの日齢査定. 日本水誌, **56**, 1053-1057.
- 79) 千田哲資 (1964) 西日本海域における魚卵・稚魚の分布の研究. 昭和39年度岡山水試臨時報告, 80pp.
- 80) 千田哲資 (1992) ルイ・アガシーからビーブまでの60年と後日談《トビウオ産卵研究の歴史》. 海洋と生物, **14**, 266-269.
- 81) 塩川 司 (1962) 沿岸における小型刺網漁業とその資源-I. とびうお流網漁業. 日本水誌, **28**, 574-578.
- 82) Shiokawa T. (1967) Study of the swimming habits of flying fish in the spawning season. Conference on fish behaviour in relation to fishing techniques and tactics, Nagasaki Pref. Fish. Lab., 1-12.
- 83) 庄島洋一・植木喜美彦 (1964) 流れ藻に関する研究・流れ藻に伴う稚仔魚-II. 昭和33年度の津屋崎附近における調査. 日本水誌, **30**, 248-254.
- 84) 末廣恭雄 (1935) 飛魚の消化系と食餌に就て. 日本水誌, **4**, 37-44.
- 85) 水産庁・西海区水産研究所・山口県外海水産試験場・福岡県水産海洋技術センター・佐賀県玄海水産振興センター・長崎県水産試験場・熊本県水産研究センター・鹿児島県水産試験場 (1993) 西海ブロック海洋環境基本図集. 202pp.
- 86) 田中伸和・下山俊一・大谷徹也・河野光久 (1991) 日本海西部沿岸域におけるトビウオ類の漁獲量変動について. 1990年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 22-23.
- 87) 田中良治・菅 昭人・浅原充雄 (1984) トビウオ塩乾品の保蔵性. 昭和58年度山口外海水試事業報告, 100.
- 88) 鳥取県水産試験場 (1987) 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究報告書 (トビウオ類). 27pp.
- 89) 東京都水産試験場 (1984) ハマトビウオ漁具漁法改良試験報告書. 59pp.
- 90) 塚原 博・塩川 司・稲尾 正 (1957a) 天草におけるトビウオ類の研究, 第4報 *Cypselurus* 属3種の生態・生活史 (2). 九大農学芸誌, **16**, 303-311.
- 91) 塚原 博・塩川 司・稲尾 正 (1957b) 天草におけるトビウオ類の研究, 第3報 *Cypselurus* 属3種の生態・生活史 (1). 九大農学芸誌, **16**, 287-302.
- 92) Tsukamoto K. and T. Kajihara (1987) Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, **53**, 1985-1997.
- 93) 内田恵太郎・道津喜衛 (1958) 対馬暖流水域の表層に現れる魚卵・稚魚概説. 対馬暖流開発調査報告書, 第2輯 (卵・稚魚・プランクトン篇). 水産庁, 3-65.
- 94) 内田恵太郎・今井貞彦・水戸 敏・藤田矢郎・上野雅正・庄島洋一・千田哲資・田福正治・道津喜衛 (1958) 日本産魚類の稚魚期の研究, 第1集. 九大農学部水産学第二教室, 89pp, 86pls.
- 95) 和田時夫 (1988) 道東海域におけるまき網対象マイワシ資源の来遊動態に関する研究. 北水研報告, (52), 1-138.
- 96) 和田洋蔵・桑原昭彦・宗清正廣・傍島直樹 (1984) 若狭湾西部海域にける1983年春季～秋季の動物プランクトンについて. 京都海洋センター研報, (8), 23-30.
- 97) 山口県・福岡県・大分県 (1990) 漁業高度管理適正化方式開発調査事業最終報告書. 504pp.
- 98) 山口県外海水産試験場・島根県水産試験場・鳥取県水産試験場・兵庫県但馬水産事務所 (1986) 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)に関する共同報告書. (2), 186pp.
- 99) 山口県 (1991) 広域型増殖場造成事業調査報告書—萩湾地区マダイ—. 47pp.

ホソトビウオ (*Cypselurus hiraii* Abe) の資源生物学的研究

要 約

ホソトビウオは我が国沿岸域に分布するトビウオ類の中で産業上最も重要な魚種である。その漁獲の大部分は日本海沿岸域であげられ、特に夏期に來遊する産卵群は定置網漁業や刺網漁業等の対象資源として重要である。本種については、資源管理のための資源生物学的諸特性や資源状態の評価に関する知見の充実が強く望まれている。本研究では日本海におけるホソトビウオの各發育段階における分布生態、分布と環境特性との関係、成長特性及び成熟・産卵特性などの資源生物学的諸特性を解明した。また、資源状態の評価のための新しい手法の適用を試みた。

1章では、海域別の漁獲統計、飛翔個体数の目視観察記録及び稚魚ネットの採集物を用い、發育段階別の分布と移動について検討した。本種は産卵群として5～7月に九州北西沿岸域から日本海に來遊し、分布の中心は日本海南西沿岸域であった。産卵群の一部は九州北西沿岸域から能登半島東方海域まで1～2ヶ月で北上した。産卵群の高密度分布域は資源豊度と関係があり、豊度が高いときに拡大する傾向を示した。沿岸域の産卵場で発生した仔稚魚は6～9月に沿岸域だけでなく沖合域にも出現した。未成魚(尾叉長65～165mm)は山口県沖から能登半島以東の沖合域まで広範囲に分布するが、9～10月に日本海では沖合域を南下し、九州北西沿岸域を経て東シナ海へ移動すると考えられた。沿岸域で行った飛翔個体数の反復目視観察によると、産卵群には日周期的な接岸―離岸の移動が認められた。

2章では、海洋観測資料、消化管内容物及びプランクトン調査資料に基づいて、分布域における水温・塩分及び餌などの環境特性について發育段階別に検討した。産卵群の高密度分布域は対馬暖流域の水温18～20℃、塩分34.0～35.0の海域内に形成された。日本海における成魚の総漁獲量のうち能登半島以東の海域が占める割合と日本海西部の平均漁場水温との間には正の相関が認められ、水温が高いと魚群の北上割合は増加した。未成魚の主分布域は水温22～27℃、塩分32.0～34.0の対馬暖流域で、未成魚の沖合への分布の広がり是对馬暖流系水の分布によって強く影響されることが明らかになった。仔稚魚の分布域は対馬暖流の強流域を含む水温19～28℃、塩分32.0～34.5の海域に見られ、仔稚魚の分布は対馬暖流の流路パターンと関係することが明らかとなった。本種の主要な餌生物は、仔稚魚では小型橈脚類、未成魚では橈脚類及び端脚類であった。成魚では餌生物の多様化がみられ、十脚甲殻類幼生、橈脚類、魚卵及び仔魚が主要な餌生物となった。これらの餌生物は沖合域よりも沿岸域に多く、沿岸域は産卵場としてだけでなく、初期の生育場としても重要であると考えられた。

3章では、飼育実験及び耳石の日周輪に基づいてふ化してから仔稚魚に至る初期成長を解明し、更に發育段階別の全長及び尾叉長組成を用いて仔稚魚から成魚に至る成長を推定した。ふ化は受精後12日目から始まった(水温18.8～21.9℃)。ふ化直後の仔魚の全長は4.7～6.2mmであった。飼育実験の結果から仔稚魚の耳石に形成される輪紋は日周輪であることが明らかになり、日周輪を用い初期成長を推定することができた。發育段階別の全長及び尾叉長組成の追跡結果によると、ふ化仔魚は6～8月に出現し、8月には全長5mmの仔魚から尾叉長145mmの未成魚までの各段階の個体が出現した。また、10月には尾叉長は115～165mmになり、翌年の5～7月には雄で190～235mm、雌で195～240mmに達した。一方、産卵群の尾叉長組成の推移を検討した結果、産卵群は大型魚主体の群が先行し、時期の進行とともに魚体が小型化することがわかった。産卵群の平均尾叉長には年変動が認められ、1986～1993年の間では豊度が最高を示した1986年に平均尾叉長が最も小さかった。

4 章では、生殖腺の組織標本、卵径組成、卵数及び漁獲物の計測資料に基づいて、成熟過程及び産卵生態を明らかにした。本種の産卵期は5～7月で、その時期すべての卵巣には小型の卵群（卵径0.1mm以下）と中型の卵群（卵径0.1～0.8mm）が認められた。前者は卵黄胞期以前の卵、後者は卵黄胞期から卵黄球期の卵で構成されていた。中型の卵群からさらにもう1つの卵群が分離、発達し、成熟卵が形成され、卵径1.8～2.2mmで排卵された。1回当たりの推定産卵数は3,000～15,000個であった。成熟卵を発達させている卵巣には多くの排卵後濾胞が存在し、本種は少なくとも2回以上産卵を行うことが明らかになった。雌は昼間沖寄りの海域で卵巣を発達させ、夕方頃から岸寄りの産卵場へ移動した。排卵のピークは19～20時で、産卵のピークは20～23時であった。産卵を終えた雌は沖合へ去るが、雄は放精後も早朝まで産卵場に留まると推定された。産卵場の水深は50m以浅で、底質は砂質であった。

5 章では、1～4章で得られた資源生物学的特性を総合的に検討し、本種の生活史を明らかにした。また、資源状態の評価手法について検討した。本種は産卵群として夏期に日本海へ来遊し、主に日本海南西沿岸域で産卵する。産卵は2回以上行われ、産卵・放精後親魚は死亡する。産卵場で発生した仔魚は未成魚へと急速に成長し、その過程で沖合域へ分布を広げる。仔稚魚と未成魚の分布域は水温・塩分環境と密接な関係を有する。未成魚は秋に日本海を南下し、東シナ海へ移動する。一方、資源状態の評価については、飛翔個体数の目視観察により来遊豊度の推定が可能であること、また来遊豊度、再生産率及び水温環境が漁況の予測に利用できることを明らかにした。また、産卵時刻や産卵に伴う接岸移動などの産卵生態からみて、昼間沖寄りの漁場の操業を制限することが、産卵親魚の保護による資源管理手法として有効であると考えた。

Fisheries biology of flying fish (*Cypselurus hiraii* Abe)

Summary

The flying fish, *Cypselurus hiraii*, is the most commercially important species among flying fishes in the coastal waters of Japan. Most of the stock of this species is found in the Sea of Japan in summer, to form target species of the fisheries such as set net and gill net fishery. It is required for this species to refine knowledge of the biological characteristics and evaluation of the stock status for management purposes. This study is concerned with biological characteristics of the flying fish population by developmental stages of fish in the sea of Japan: geographical and seasonal distribution, distribution-environment relationships, growth, maturation and reproduction; and also provides practical methods for evaluation of stock status.

In chapter 1, distribution and migration of flying fish by developmental stages were examined based on the catch statistics by areas, sighting observation data of flying individuals and larval sampling. The fish migrated into the Sea of Japan from coastal waters off northwestern Kyushu as spawning population from May to July. Their main distribution area was in coastal waters of the southwestern Sea of Japan. A part of spawning population moved to coastal waters east of Noto Peninsula in one or two months. The extent of main distribution area was related with the abundance of population, expanding as the abundance increased. The larvae hatched in coastal spawning area occurred not only in coastal waters but in offshore waters from June to September. The young (65-165mm in fork lengths) were distributed widely in the Sea of Japan from waters off Yamaguchi Prefecture to offshore waters east of Noto Peninsula. In September and October, they moved southward probably from offshore waters of the Sea of Japan to the East China Sea by way of coastal waters off northwestern Kyushu. Iterative sighting observation in coastal waters revealed a diel inshore-offshore movement of spawners.

In chapter 2, environmental temperature, salinity and food organisms were examined by developmental stages, based on hydrographic observation data, gut contents and plankton survey data. The highly concentrated area of spawners was formed in the Tsushima Current waters at water temperature 18-20°C and salinity 34.0-35.0. Positive correlation between ratio of the catch in waters east of Noto Peninsula to the total catch in the Sea of Japan and average water temperature in coastal fishing ground of the western Sea of Japan indicated that northward expanse of the distribution area occurred when the water temperature was relatively high. The main distribution area of young was in waters at water temperature 22-27°C and salinity 32.0-34.0. The expanse of distribution of the young depended on the distribution of the Tsushima Current waters toward offshore. The distribution areas of larvae and juveniles were in waters at water temperature 19-28°C and salinity 32.0-34.5 including strong current regions of the Tsushima Current. The distribution areas of them were related with pattern of the paths of the Tsushima Current. The major prey species were microcopepods for fish at larval and juvenile stages, and copepods and amphipods for fish at young stage. The prey species of adult fish were diversified and larvae of decapods, copepods, fish eggs and fish larvae became major prey. These prey organisms were more abundant in coastal waters than in offshore waters, indicating that coastal waters was important as nursery ground as well as spawning ground.

In chapter 3, the early growth of the larval fish was studied by rearing experiment and examination of daily rings of otolith. The growth from juvenile to adult stages was estimated from monthly changes of the body size compositions. Hatch occurred from 12th day after fertilization at water temperature 18.8-21.9°C. The hatchlings were 4.7-6.2mm in total length. Daily rings were found in the larval otoliths and early growth could be estimated by reading the rings. The growth of the fish was estimated by tracing the body size compositions by developmental stages. Larvae occurred from June to August. The body size reached 5-145mm in August and 115-165mm in October. The fish grew 190-235mm in males and 195-240mm in females during May to July of the next year. Monthly changes of

fork length compositions of spawners indicated that larger size groups immigrated in earlier time of spawning season and the smaller size groups became more abundant with time. The average fork length of spawners varied by years, being the smallest in 1986 when the abundance was highest during the years 1986 to 1993.

In chapter 4, the process of ovarian maturation and spawning habitat were investigated by histological observation of the gonads, frequency distributions of the oocyte diameters, the number of oocytes and the catch data. The spawning period was from May to July. Every ovary had a small-sized (less than 0.1mm in oocyte diameter) and a middle-sized (0.1-0.8mm in oocyte diameter) oocyte group. The former was composed of oocytes younger than the yolk vesicle stage and the latter consisted of oocytes from the yolk vesicle stage to the yolk globule stage. Maturing oocyte group was separated from the middle-sized oocyte group and developed until becoming the next spawning batch. The mature eggs were ovulated at 1.8-2.2mm in diameter. The estimated batch fecundity was 3,000-15,000. Ovaries in which the oocytes were maturing had many postovulatory follicles. The observations indicated that the fish spawned at least twice. Females developed ovaries in offshore waters during daytime and moved toward inshore spawning ground during the afternoon. Most active ovulating time was 19:00-20:00 and active spawning time was 20:00-23:00. It was estimated that females moved to offshore after spawning, while males remained in spawning ground until early morning after ejaculation. Spawning ground was formed in waters shallower than 50m deep having sandy bottom.

Chapter 5 was concerned with the life cycle of the fish and evaluation of stock status by synthesizing the biological knowledge shown in chapters 1 to 4. The fish migrate into the Sea of Japan as spawning population during summer and spawn mainly in coastal waters of the southwestern Sea of Japan. They spawn more than twice and die after spawning. Larvae hatched in spawning ground grow rapidly and expand their distribution area. Distribution of juveniles and young are immediately affected by environmental water temperature and salinity. Young migrate southward in the Sea of Japan to the East China Sea in autumn. As regards evaluating stock status, the sighting observation technique can be usefully applied to estimate stock abundance in terms of the relative abundance, and the relative abundance, reproduction rate and environmental water temperature are applicable to predicting changes in abundance. Research data on the spawning behaviour such as spawning time, inshore-offshore movement to spawn show that a limitation of the daytime fishing operation in the offshore fishing ground will be effective as a management procedure in protecting functional spawners.

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

河野光久・齋藤秀郎

Characteristic Changes in Fishery Biology and Fishing Situation of *Photololigo edulis*
in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture,
Southwestern Sea of Japan in Recent Years

Mitsuhisa KAWANO and Hideo SAITOH

We analyzed yearly variations in the fishery situation and the fishery biology of *Photololigo edulis* in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Sea of Japan in recent years. Obtained results were summarized as follows :

1. Catch of the squid by Yamaguchi Prefectural squid angling peaked in 1988 (2700 tons) and then decreased at 1203 tons in 2001.
2. Because more effective squid angling with a buoy spreaded from 1988 in Yamaguchi Prefecture, it was considered that fishing pressure to the squid would become strong. Fishing pressure by other prefectural squid angling would also become strong from 1994 based on the catch trend.
3. Spawning grounds and fishing grounds of the squid were formed in shallower waters than 50m depth in spring, in 1980's. But in 2002 they were not formed in shallow waters.
4. The squid matured at smaller sizes in early summer in 2002 than those in 1980's.
5. Environmental conditions (water temperature, preys and predators) in the coastal fishing grounds were not bad in recent years.

Based on these results, we concluded that decrease of the catch would strongly affected by increase of the fishing pressure.

日本海南西山口県沿岸域ではケンサキイカ (*Photololigo edulis*) はいか釣りや底曳網等の重要な漁獲対象種となっている。

日本海南西海域における本種の資源状態について、山田ほか¹⁾は、1981～1984年の漁獲統計資料等を基に資源診断を行い、再生産低下率が50%以下ではないので、資源は乱獲状態ではないと報告している。しかし、河野²⁾は1990～1995年までの漁獲統計資料を解析し、沿岸域の漁獲量は比較的安定して推移しているが、資源に対して漁獲圧がかなり増加していると考えられるので、資源動向は楽観できないと指摘した。

その後、2000年から2002年にかけて山口県沿岸域においては本種の漁獲量が激減したため、漁業者も資源動向について強い危機感を持つようになってきた。このため、本種の漁獲量の変動要因を解明することは極

めて重要な課題となっている。

本研究では、本種の漁獲量の変動要因を解明するための前段の作業として、近年の本種の資源生態と漁業実態がどのように変わってきたのかに焦点を当てて調査を行ったので、その結果を報告する。

材料および方法

漁獲量および漁獲努力量 漁獲量および漁獲努力量の長期変動傾向を明らかにするために、1968～2001年の山口県農林水産統計年報を用い、いか釣りのケンサキイカ漁獲量、漁労体数、出漁日数、CPUE (1漁労体当たりのケンサキイカ漁獲量および1出漁日当たりのケンサキイカ漁獲量) を調べた。漁労体数および出漁日数については、ケンサキイカを漁獲するのは主に漁船トン数10トン以下の漁労体であるので、10トン以

下の漁労体の値を用いた。

日本海南西部山口県沖では山口県以外のいか釣り漁船（以下、他県船という。）も多数操業し、ケンサキイカを漁獲し、山口県内の市場に水揚げをしているので、他県のいか釣り漁船による水揚量を豊北町水産物地方卸売市場（Fig.1, 以下、豊北市場という。）および下関漁港地方卸売市場（Fig.1, 以下、下関市場という。）の漁獲統計資料で調べた。水揚げ量の経年変化は豊北市場と下関市場の合計値で調べた。

ケンサキイカには春季成熟群、夏季成熟群および秋季未熟群が存在することが知られている³⁾。しかし、生物測定データが不足しているため、近年の漁獲量を季節群毎に分けることは困難である。そこで本研究では、季節群毎の漁獲量の変動傾向を明らかにするために、山田ほか（1986）のグループ分けを参考として、1～7月の漁獲量を春季および夏季成熟群（以下、春夏成熟群という。）、8～12月の漁獲量を秋季未熟群（以下、秋未熟群という）の漁獲量と見なして、山口ながと漁業協同組合川尻支所（Fig.1, 以下、川尻という）のいか釣りによる漁獲量の経年変化を調べた。

漁場および産卵場 いか釣りの漁場がどのように変わったのかを明らかにするために、山口はぎ漁業協同組合須佐支所（Fig.1, 以下、須佐という）、同大井湊支所（Fig.1, 以下、大井湊という）および川尻のいか一本釣り漁船各2隻に2002年5～7月の操業位置を

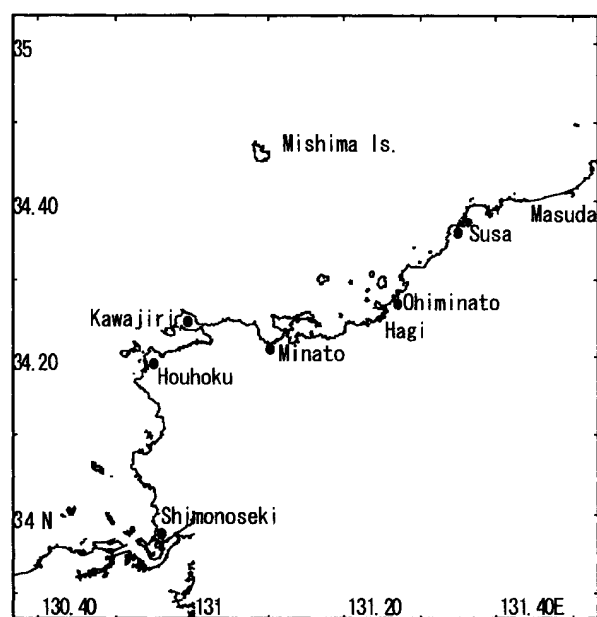


Fig.1. Major fishing ports for squid angling fishery in Yamaguchi Prefecture.

日誌に記録してもらい、その日誌を解析するとともに、小川ほか⁴⁾が報告した1982年の漁場と比較した。

近年のケンサキイカの産卵場を明らかにするため、1979年に産卵場が確認されている長門海域⁵⁾内の東経131度～131度12分の海域（Fig.2）で、山口県漁業調査船第2くろしおの水中テレビ（日立株式会社製アイボール）を使用し、2002年5月29日に海底の卵塊を探索した。また、大井湊のいか釣り漁業者20人に対し、アンケート調査を行い、近年の産卵場の位置を記載してもらった。

漁場および産卵場環境 長門海域の産卵場環境の経年変化を明らかにするために、産卵盛期の5月⁵⁾の川尻沖（Fig.2）における50m深水温の平年（1964～2001年平均値）偏差の経年変化を調べた。ここで解析に供した水温資料は山口県水産研究センターが実施している沖合定線観測の定点であるst.1の1964～2001年の観測資料である。50m深水温を用いたのは1979年の調査で主な産卵場は水深20～50mに形成されていた⁵⁾からである。

ケンサキイカの漁獲量は餌生物となるいわし類の漁況変動と関係していることが知られている⁶⁾ので、餌環境の経年変化を明らかにするために、山口ながと漁業協同組合湊地方卸売市場（以下、湊という。）において棒受網・抄網により水揚げされたマイワシおよびカタクチイワシについて1964～2001年の漁獲量の経年変化を調べた。

いか類を捕食することが知られているブリ⁷⁾、まぐろ類⁸⁾およびサワラの来遊量の経年変化を明らかにするために、長門海域内の油谷町川尻沖に設置された大

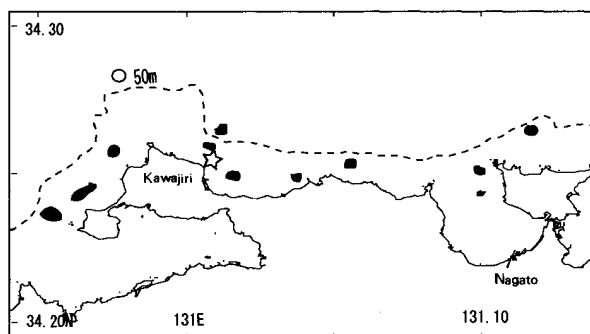


Fig.2. Spawning grounds for *Photololigo edulis* in Nagato sea area off Yamaguchi Prefecture (after Yamaguchi Prefecture, 1980). Shading areas show the spawning grounds. Open circle and star mark show locations of hydrographic observation station and set net, respectively.

型定置網 (Fig.2) による各魚種の1964~2001年の漁獲量の経年変化を調べた。

外套背長および成熟 ケンサキイカの外套背長および成熟状況の経年変化を明らかにするために、1980~1982年および2000~2002年各年の4~9月に山口県沿岸域でいか釣りにより漁獲されたケンサキイカの雌雄別の外套背長および成熟状態を調べた。なお、熟度の判定にあたっては、雌では輸卵管内に卵粒が認められるもの、雄では精夾囊中に精夾が観察されるものを成熟とした。

結 果

漁獲量の経年変化 山口県におけるいか釣りによるケンサキイカ漁獲量の経年変化をみると、1986~2001年の間、漁獲量は900~2700トンで3~4年周期で比較的安定して推移しているように見える (Fig.3)。しかし、1988年以降に注目すると、1988年の2700トンを最高として3~4年毎に形成される漁獲量の山が経年的に小さくなり、トレンドとしては明らかに減少傾向にある。特に1999年以降の減少は顕著で、2001年の漁獲量 (1203トン) は1988年の45%にまで減少し、1968年 (900トン) に次いで2番目に低い漁獲量となった。

他県船が山口県沖で操業し豊北市場および下関市場へ水揚げしたケンサキイカの合計水揚量は、1988~1993年には500~800トン程度であったが、1994年以降急激に増加し、1997年には山口県のいか釣りの漁獲量を上回り2200トンに達した。その後、減少に転じ、

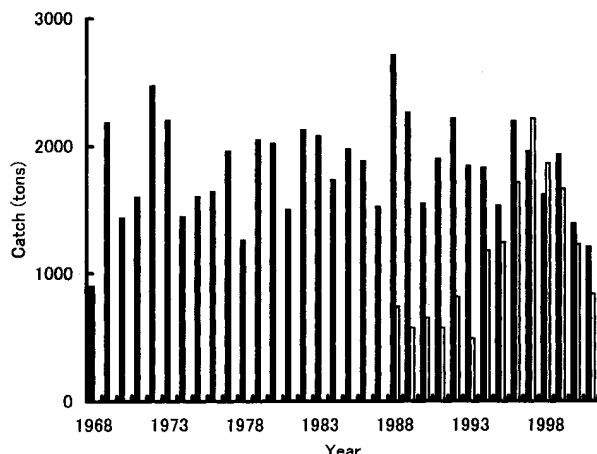


Fig.3. Catch trend of *Photololigo edulis* by squid angling fishery in waters off Yamaguchi Prefecture. Solid and open bars show catches by Yamaguchi Prefectural fishing boats and those by other prefectural fishing boats, respectively.

2001年には800トンまで減少した (Fig.3)。

季節群ごとの漁獲量の経年変化を川尻における一本釣りの漁獲量でみると、1966~1971年には秋未熟群、1972~1982年には春夏成熟群、1983~1986年には秋未熟群が交替して漁獲された (Fig.4)。1987年以降は各季節群が似たような変動を示し、季節群の交替現象はそれ以前ほど明瞭ではないが、1987~1990年には春夏成熟群、1993年以降は秋未熟群がそれぞれ他方の群より多く漁獲された。

漁獲努力量およびCPUEの経年変化 山口県における漁船規模10トン未満のいか釣り漁労体数は、1980年までは増加傾向にあった。しかし、その後減少に転じ、2001年 (1069漁労体) にはピーク時 (1980年1906漁労体) の56%に減少した (Fig.5)。

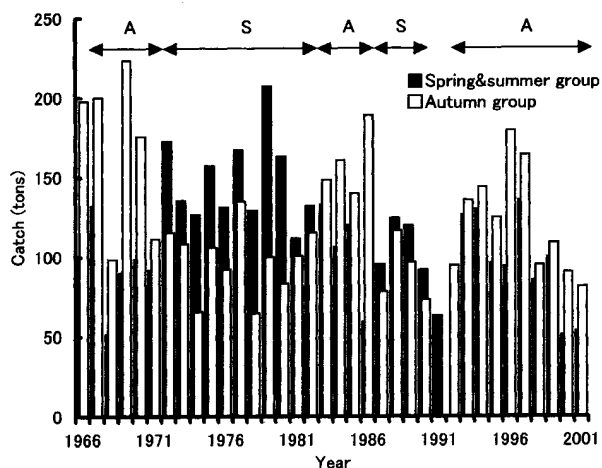


Fig.4. Catch trend of *Photololigo edulis* by seasonal group at Kawajiri fishing port shown in Fig.1. A : autumn group dominant period, S : spring & summer group dominant period.

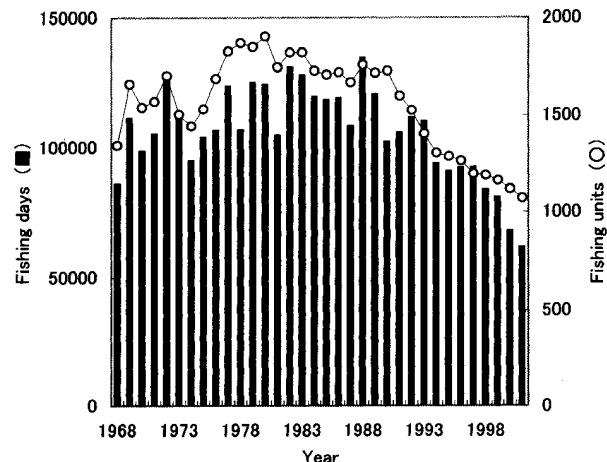


Fig.5. Yearly changes in the number of fishing units and fishing days of squid angling in Yamaguchi prefecture.

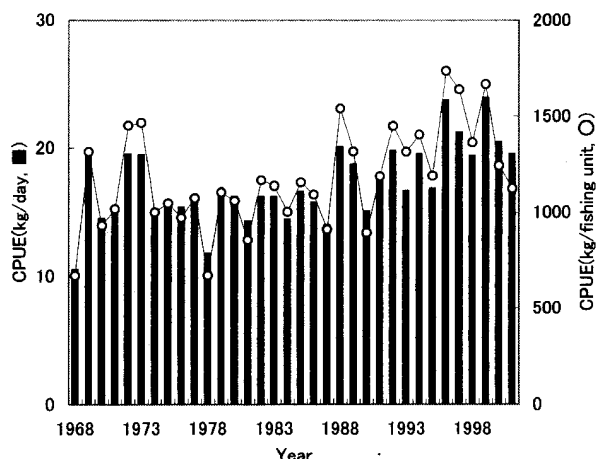


Fig.6. Yearly changes in catch per unit effort (CPUE) by squid angling in Yamaguchi Prefecture.

漁船規模10トン未満のいか釣り漁労体の出漁日数は、1988年までは年による変動はあるものの増加傾向を示したが、その後急激に減少し、2001年(65,077日)にはピーク時(1988年134,611日)の46%に減少した(Fig.5)。

山口県におけるいか釣りのCPUEの動向をみると(Fig.6)、1出漁日当たり漁獲量および1漁労体当たり漁獲量ともよく似た経年変化を示し、1974年から1987年まではほぼ横ばいで推移したが、1988年に急激に増加した後、1999年まで増加傾向が続いた。その後は2000年、2001年とやや減少した。このようにCPUEは1988年以降漁獲量とは逆の変動傾向を示した。

漁場および産卵場の経年変化 2002年5～7月のいか釣り標本船の操業位置を1982年のそれ⁴⁾と対比してFig.7に示す。

2002年5月の漁場は川尻北沖、見島北沖および須佐～益田沖の水深50～125mに形成され、川尻地先を除き水深50m以浅には漁場はほとんど形成されなかった。6月も5月と同様に川尻北沖、見島北沖および須佐～益田沖を主体に漁場が形成されたが、5月に比べ漁場の重心がやや岸寄りに移っていた。7月には出漁は少ないものの、6月とほぼ同様な海域に漁場が形成された。

一方、1982年の漁場は(Fig.7)、2002年の漁場とはかなり異なり、5月には50m以浅に主たる漁場が形成された。6月も主な漁場は75m以浅の海域に形成されたが、一部川尻北西沖の水深125m前後の海域に漁場が形成された。7月には漁場の沖合化が起き、漁場は主に水深75～125mの海域に形成された。

長門海域(Fig.2)で水中テレビを用いてケンサキ

イカの卵塊を探索をした結果、卵塊はまったく確認されなかった。また、付近で操業するいか釣り漁船もいなかった。

いか釣り漁業者に対して近年の産卵場についてアンケート調査を行った結果、漁業者は産卵場は水深50～125mの沖合域に分散しており、50m以浅の海域ではほとんど産卵場が形成されていないと考えていることがわかった(Fig.8)。

漁場および産卵場環境の経年変化 水温環境についてみると、川尻沖の50m深水温年平偏差は、1965～1971年には1966年を除き負の値、1973～1978年には正の値、1979～1994年には数年おきに負と正の値を繰り返し、1995年以降は1995年を除き正の値を示した

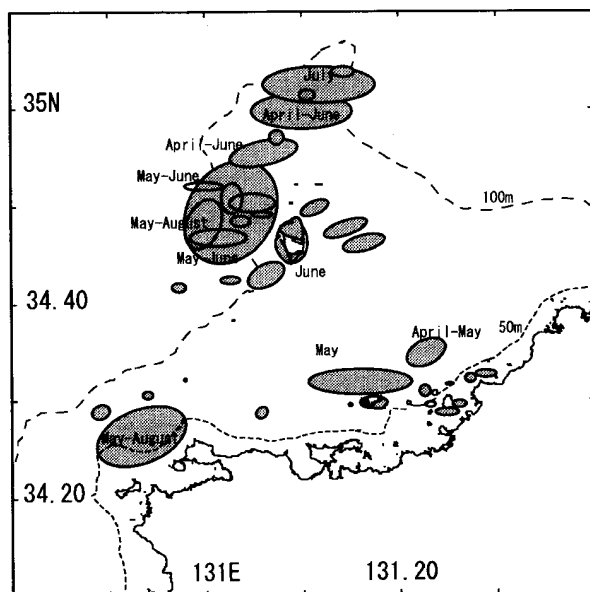


Fig.8. Possible spawning grounds and spawning periods of *Photololigo edulis* in waters off Yamaguchi Prefecture based on questioning to fishermen.

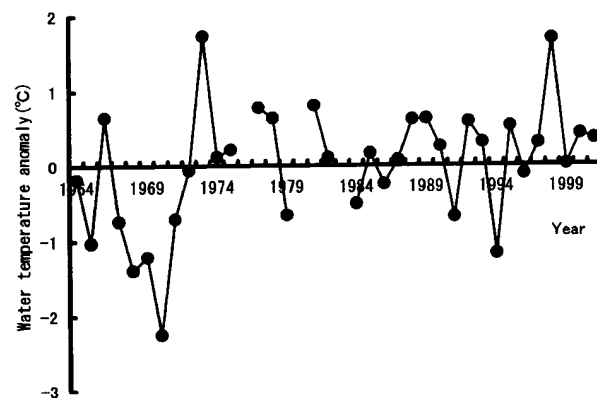
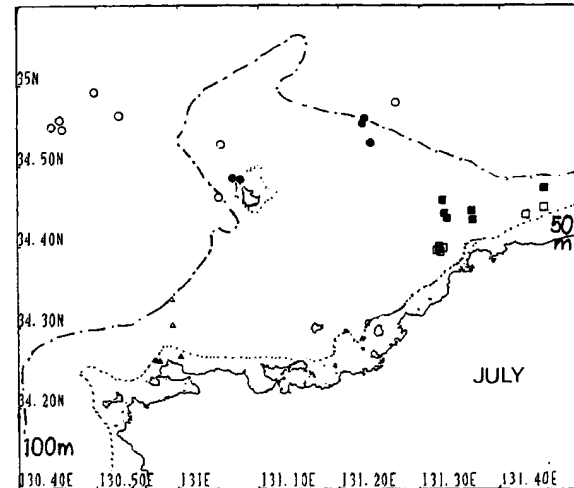
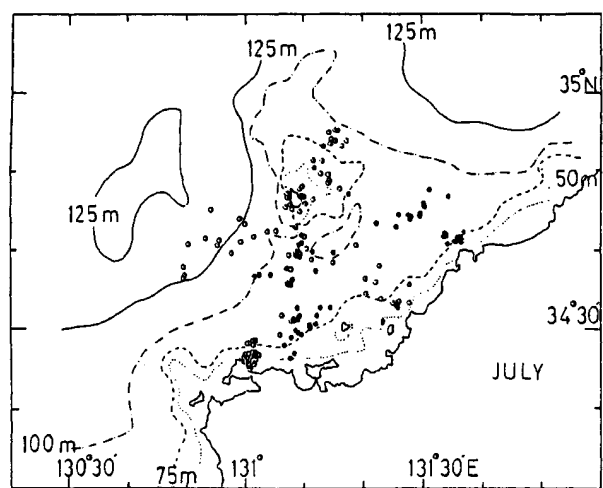
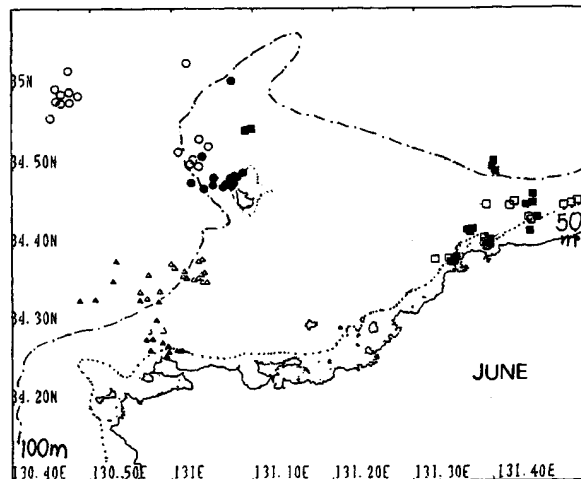
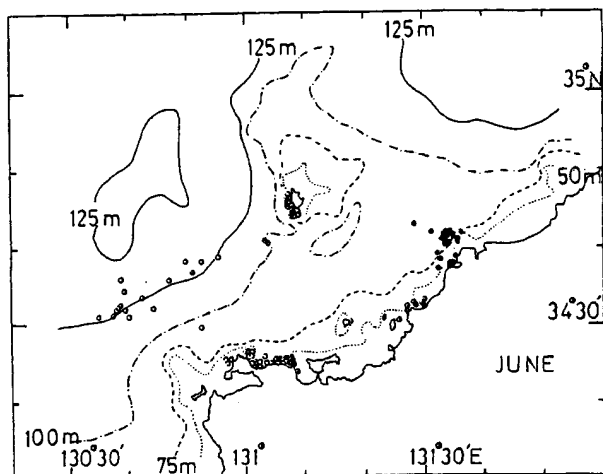
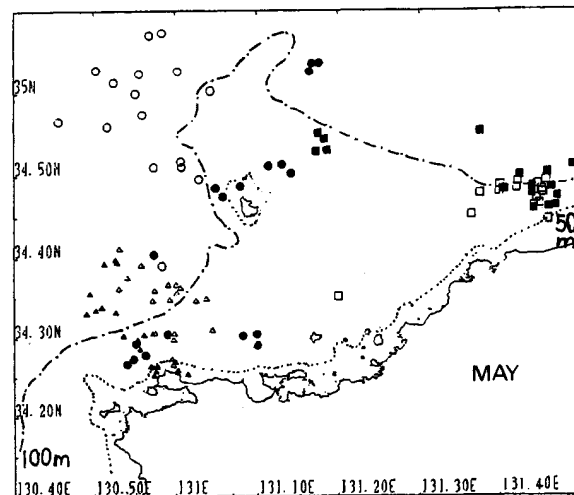
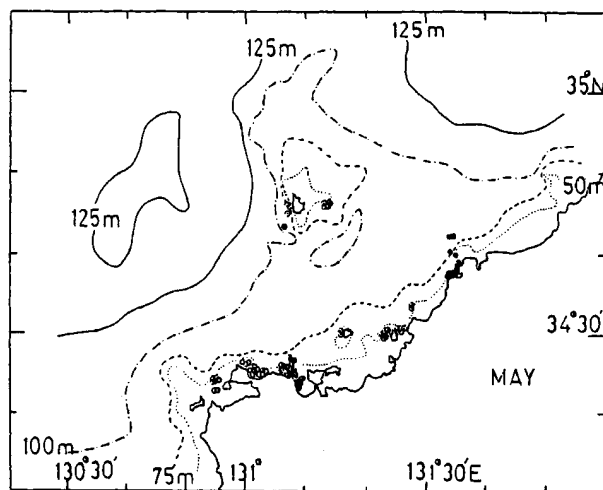


Fig.9. Water temperature anomaly at 50m depth in coastal waters off Kawajiri shown in Fig.2 during 1964-2001.



1982

2002

Fig.7. Monthly plots of locations of fishing operation by *Photololigo edulis* anglers in waters off Yamaguchi Prefecture in 1982 (left panel: after OGAWA et al., 1983) and in 2002 (right panel). Each symbol shows a different fishing boat.

(Fig.9)。このことから長門海域の水温は、1965～1971年の低温期、1973～1978年の高温期、1979～1994年の変動期を経た後、1995年以降は再び高温期に入たとみられる。

次に餌生物であるいわし類の量変動を湊における棒受網・抄網の漁獲量でみると (Fig.10)、1964～1973年には、カタクチイワシが卓越したが、その後マイワシが急激に増加し、1974～1984年にはマイワシが卓越した。1985～1987年にはマイワシの減少によりカタクチイワシの漁獲量の方がマイワシよりやや多かったが、1988～1990年にはカタクチイワシが減少し、再びマイワシの方が多くなった。さらに1992年以降はマイワシが激減し、カタクチイワシが増加したため、カタクチイワシの卓越期となった。

このようないわし類の卓越種の交替 (Fig.10) とケンサキイカ季節群の量変動 (Fig.4) とを対比してみると、1986年以前はカタクチイワシの卓越期には、秋未熟群、マイワシの卓越期には春夏成熟群が卓越して漁獲された。1987年以降はそれ以前ほど季節群の交替

現象は明瞭ではないが、カタクチイワシが多い年には秋未熟群が、マイワシが多い年には春夏成熟群がより多く漁獲されていることがわかる。

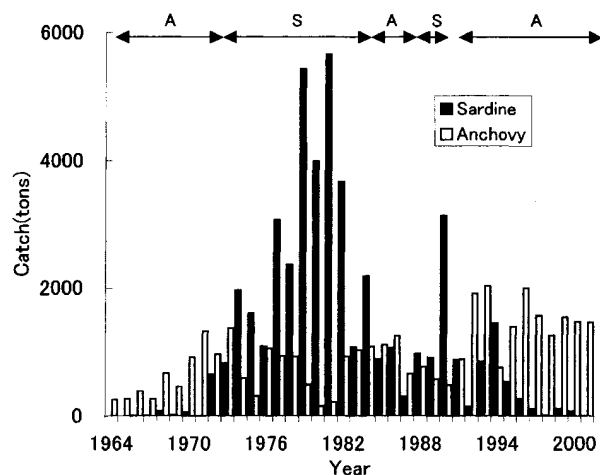


Fig.10. Catch trend of anchovy and sardine at Minato fishing port shown in Fig.1. A : anchovy dominant period, S : sardine dominant period.

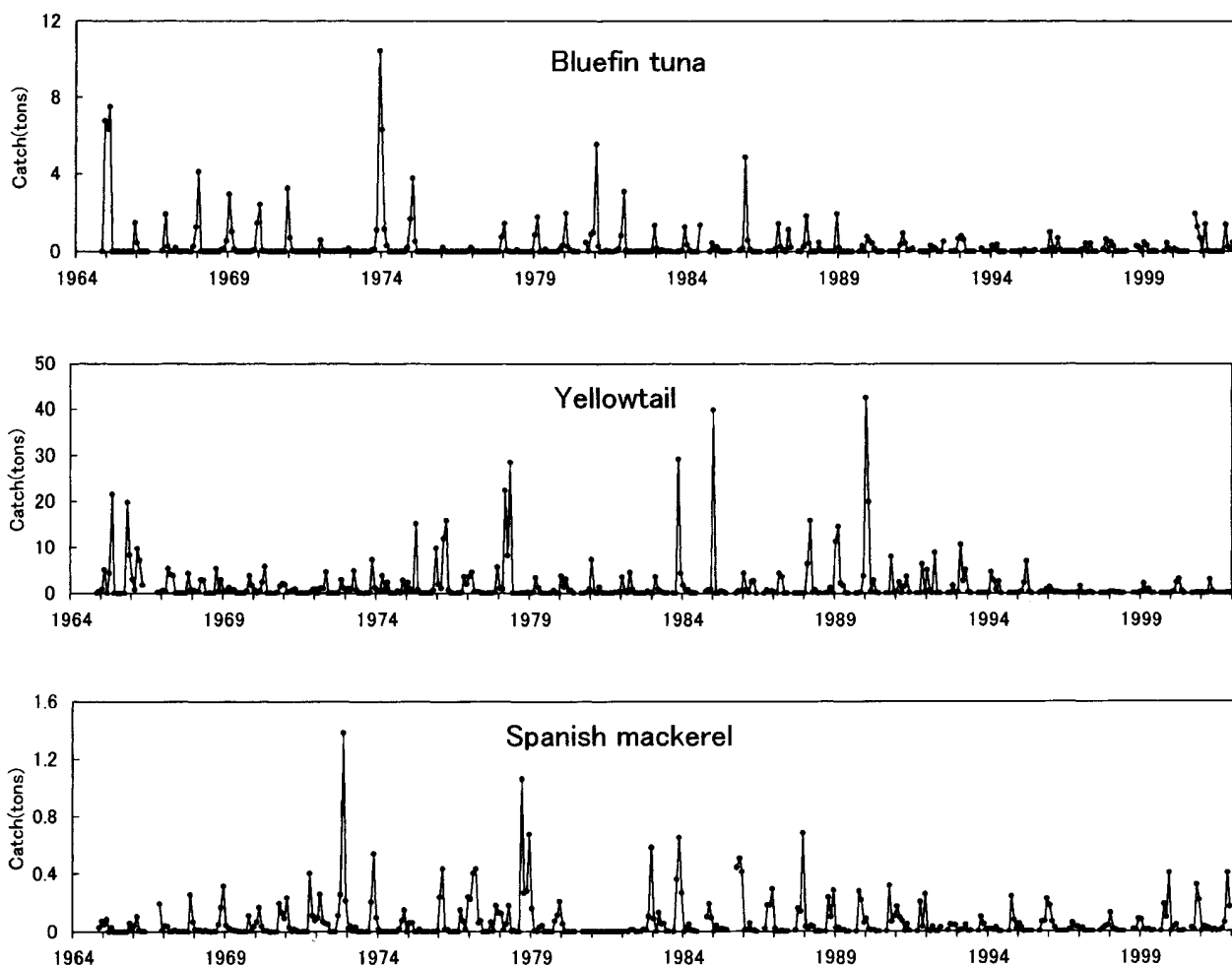


Fig.11. Monthly changes in catches of yellowtail, bluefin tuna and spanish mackerel by a set net off Kawajiri shown in Fig.2.

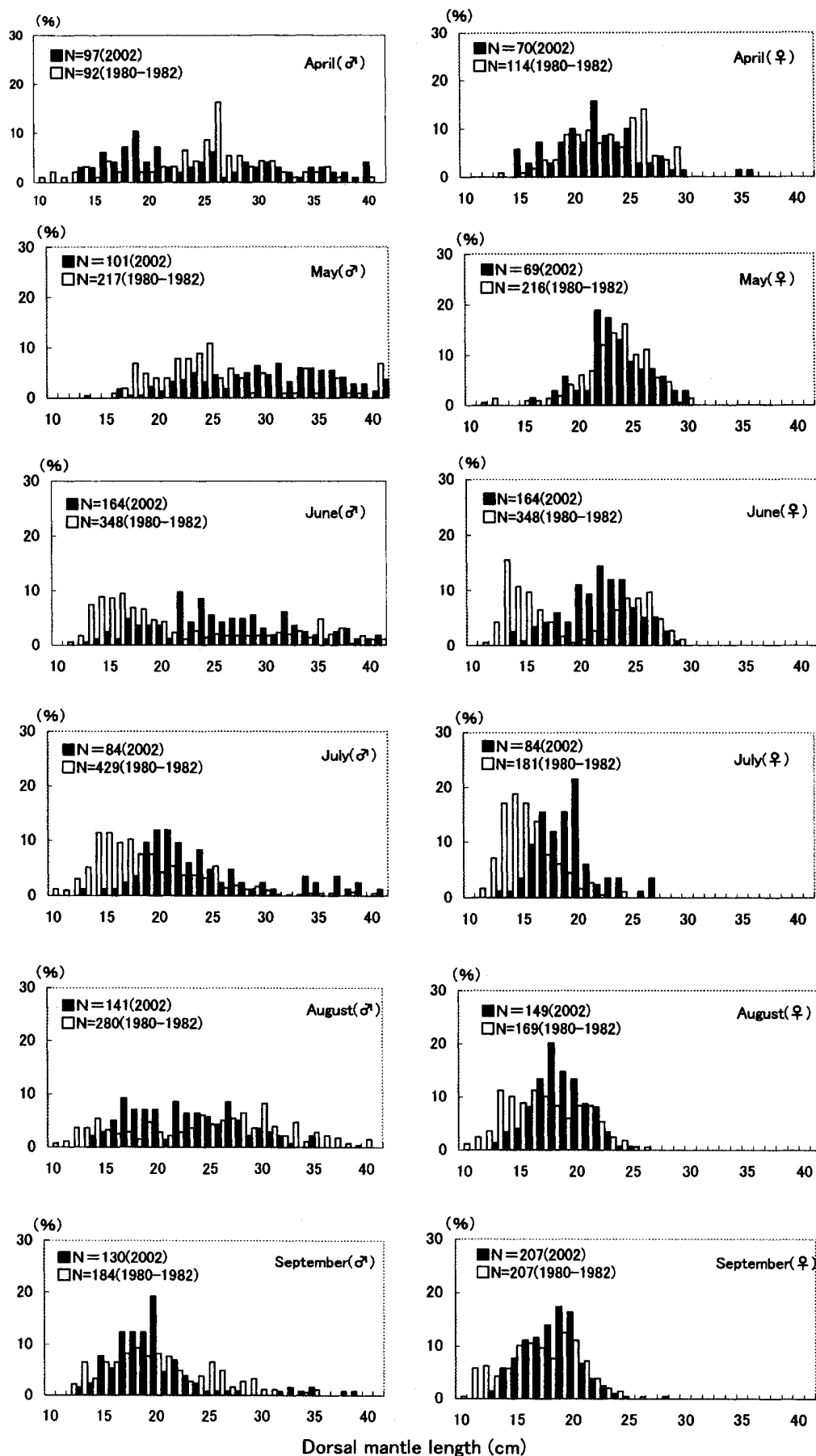


Fig.12. Relative frequency (%) of dorsal mantle length of *Photololigo edulis* caught in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in 2002 and 1980-1982.

ブリ、まぐろ類およびサワラの漁獲量変動を川尻地先の大型定置網の漁獲量でみると、ブリの漁獲量は1965～1966年、1975～1978年、1984～1985年、1988～1993年には他の年に比べ多かったが、1994年以降は低水準で推移している (Fig.11)。まぐろ類の漁獲量は1989年以前は比較的高い水準にあったが、1990年以降低水準で推移している (Fig.11)。サワラの漁獲量は1999年秋以降漁獲量が増加しているが、過去の漁獲量レベルからみると中水準に留まっている。

外套背長組成および成熟状態の経年変化 2002年の月別外套背長組成と1980～1982年のそれを対比して Fig.12に示す。

2002年には4～9月の期間を通して外套背長14cm以下の小型群がほとんど漁獲されなかったことが特徴的であった。月別にみると、6月および7月には1980～1982年に外套背長12～16cmの小型群の占める比率が高かったため、2002年の組成の方1980～1982年の組成よりも大型であった。8月および9月には雌で12～14cmの小型個体の比率が1980～1982年の方が2002年よりやや高かった。

次に、産卵期の6～7月における外套背長別の成熟率を2000～2002年と1980～1982年とで比較した (Table1)。外套背長20cm以下の個体の成熟率は1980～1982年には10%以下であったが、2000～2002年には7月の雌を除き12～28%と高く、近年小型個体の成熟率が高くなっていることが明らかになった。

考 察

小川⁶⁾は川尻のいか釣りによる1966～1981年のケンサキイカ漁獲量を調べ、カタクチイワシの卓越期には秋漁型、マイワシの卓越期には春漁型になることを明らかにし、その原因として餌生物の変動が食う—食わ

れるの関係を通じてケンサキイカの資源変動に関与していると考えた。本研究では1982年以降もいわし類の漁獲量の変動に伴って、ケンサキイカ季節群の量変動が起きていることを明らかにした (Figs.4, 10)。ただし、1987年以降はそれ以前に比べ季節群の交替現象が明瞭でなくなった (Fig.4)。特に1992年以降はカタクチイワシの卓越期に入ったが、1997年以降秋未熟群の漁獲量は減少している。これらの事実と1980年代の漁獲量を基に山田ほか¹⁾が資源は乱獲状態にないと診断していることを合わせて考えると、1980年代まではケンサキイカ資源は漁獲の影響は小さく、餌生物等に指標される環境要因の影響を強く受けて変動していたと考えられる。しかし、近年は環境要因の影響を受けながら季節群の量変動は起きているものの、漁獲の影響が強くなり漁獲量が減少した可能性が示唆される。

そこで、ケンサキイカ資源に対する漁獲の影響について考察する。

まず、漁労体数および出漁日数についてみると、1990年代に入り顕著に減少しており (Fig.5)、一見漁獲努力量の減少と相関して漁獲量が減少したようにみえる (Fig.3)。

しかし、山口県沿岸域のいか釣りは、1988年以降従来の手釣り漁法に替わり、樽流し漁法が普及してきており、漁法が大きく変わってきていることに注意しなければならない。すなわち、樽流し漁法は従来の手釣り漁法に比べ使用漁具本数が2倍以上 (一本釣りの漁具数2～4本、樽流し漁具数10～20本) で、しかも広範囲に操業できるという特徴があり、漁労体数や出漁日数がほぼ半減しても (Fig.5)、漁獲圧は従来よりむしろ高まっている可能性がある。従って、1988年以降のCPUEの上昇 (Fig.6) は、樽流し漁法の導入により漁獲効率が向上したことを示していると考えられる。そして、近年春に産卵場が水深50m以浅の沿

Table 1. Yearly change in maturity rate (%) of *Photololigo edulis* by size by sex.

Sex	Month	Year	Dorsal mantle length(cm)					
			10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39
♂	June	1980-1982	2.1(95)	5.9(118)	33.3(33)	96.7(30)	100.0(46)	100.0(33)
		2000-2002	13.0(23)	12.9(31)	37.5(16)	54.5(11)	100.0(1)	100.0(4)
	July	1980-1982	0.0(139)	0.6(167)	19.5(82)	89.3(28)	100.0(7)	100.0(7)
		2000-2002	50.0(2)	10.8(37)	52.9(17)	100.0(12)	100.0(2)	
♀	June	1980-1982	0.0(78)	7.7(26)	96.1(51)	94.1(34)		
		2000-2002	13.9(36)	28.6(14)	100.0(12)	100.0(2)		
	July	1980-1982	0.0(112)	9.8(61)	50.0(8)			
		2000-2002	4.3(23)	22.9(48)	87.5(8)			

* Numbers in parentheses show the number of specimens.

岸域にほとんど形成されなくなり (Fig.8), 漁場が沖合に分散したこと (Fig.7), およびケンサキイカが小型で成熟するようになったこと (Table1) は, ケンサキイカがこのような漁獲圧の増大に対して空間的に危険分散をするとともに, より小型で成熟することにより再生産を強化していることを示していると考えられる。一方, 漁獲圧の増大に関しては, 他県船のケンサキイカ漁獲量が1994年以降急激に増加したことにも注目しなければならない (Fig.3)。特に他県船は季節的には7~10月を中心としてケンサキイカを漁獲しており (Fig.13), 秋未熟群に対して強い漁獲圧をかけてきたと考えられ, 近年の秋未熟群の漁獲量の減少に対する他県船の漁獲圧の影響は無視できない。

次に, 近年ケンサキイカが春に水深50m以浅の沿岸域でほとんど産卵しなくなり, 漁場も沖合化した原因について検討する。長門海域の漁場環境を調べた結果, 近年, 水温は高温傾向, 餌となるカタクチイワシは増加傾向, 捕食者であるブリ, まぐろ類の漁獲量は低水準にあることが明らかになった (Figs.9, 10, 11)。サワラの漁獲量は1999年以降漁獲量が増加しているが, 過去の漁獲量と比較すると中水準に留まっている (Fig.11)。これらの結果からは, 沿岸域の漁場環境が悪化しているとは言えない。従って, ケンサキイカが春に沿岸域で産卵しなくなった原因は, 漁場環境の変化よりも, 樽流し漁法の導入により, 従来漁期ではなかった1~3月に産卵前の大型個体を漁獲するようになったことが大きく影響している可能性が高い。沿岸域で操業するいか釣り漁業者の間では, 他県船が沖合域で大きな光力の集魚灯を点灯させて集魚するのが原

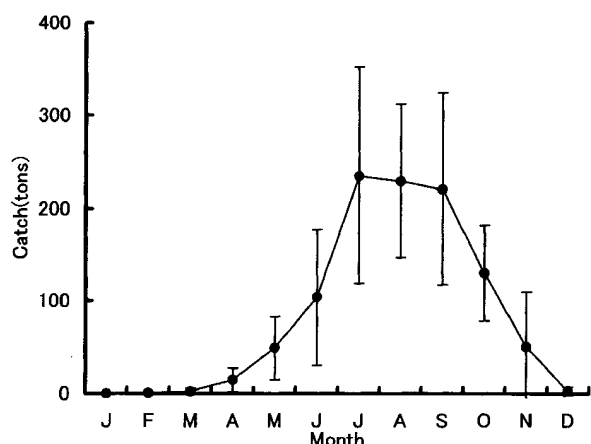


Fig.13. Monthly mean catch of *Photololigo edulis* by squid angling excluding Yamaguchi prefectural fishing boats at Houhoku fishing port shown in Fig.1, 1988-2001. Vertical bars show the standard deviations.

因であるという考えがある。しかし, 他県船は1~5月は距岸20海里以遠でスルメイカを対象として操業しており, この時期のケンサキイカ漁獲量は少ないこと (Fig.13), および集魚灯から発した光は海中では減衰が著しく, 例えば光力135kwの場合, 水深30mで1 lxに減衰するので⁹⁾, 沿岸域のケンサキイカを沖合域まで誘導することはできないと考えられることから, 春の産卵場および漁場の沖合化については他県船の影響は小さいと考えられる。

謝 辞

標本船日誌の記帳を快く引き受けくださった, 山口はぎ漁業協同組合須佐支所, 大井湊支所, および山口ながと漁業協同組合川尻支所の漁業者の皆様へ心から感謝する。

文 献

- 1) 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.
- 2) 河野光久 (1996) 日本海南西海域におけるケンサキイカの資源生物学的研究. 山口県外海水産試験場研究報告, 26, 1-25.
- 3) 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), 1-11.
- 4) 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.
- 5) 山口県 (1981) ケンサキイカの資源培養技術. 長門海域総合開発報告書, 82-87.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 萩市 (2001) 萩市見島八里ヶ瀬漁場調査報告書. 159pp.
- 9) 全国漁業協同組合連合会 (1995) 平成6年度小型いかつり光力適正化検討事業実態調査・実証調査報告書. 120pp.

1998～2002年の山口県日本海沿岸域における魚群分布

河野光久・渡辺俊輝*・繁永裕司*

Distribution of Fish Schools in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture
in the Sea of Japan in 1998-2002

Mitsuhisa KAWANO, Toshiteru WATANABE and Yuji SHIGENAGA

Fish school surveys with a quantitative echo sounder were conducted in waters off Yamaguchi Prefecture in the Sea of Japan during 1998-2002. Fish schools increased during the period June to September and they were abundant in surface layer above thermocline in offshore waters. In April and September, fish schools decreased in cold water temperature years. Fish schools were distributed relatively stable in coastal waters off the northwest of Yamaguchi Prefecture. On the other hand, distribution area and abundance of fish schools in offshore waters changed remarkably year by year, this suggests that fish schools would not remain longer in offshore waters than in coastal waters, because reefs are scarce in offshore waters.

山口県水産研究センターは、棒受網や中型まき網等の好漁場となっている山口県日本海沿岸域で、1984年から魚群探知機を用いて魚群分布調査を実施し、漁業者に魚群分布情報を提供してきた。

本調査で得られたデータについては、河野¹⁾が1984～1990年のデータを解析し、魚群量は5～9月にかけて沖ノ島北部と見島北部を結ぶ海域で多くなることや、底層魚の反応はほとんどが天然礁域に出現することを報告している。しかし、河野¹⁾は魚群量を目測により4段階で評価しており、定量的解析の面では不十分であった。また、河野¹⁾がデータ解析を行った1980年代はマイワシ資源の高水準期であったが、近年はマイワシは激減し²⁾、替わってカタクチイワシやマアジが増加しており^{3, 4)}、魚種組成の変化に伴い、魚群分布の形態が変わっている可能性がある。

本研究では山口県水産研究センターが山口県日本海沿岸域で計量魚群探知機を使用して1998～2002年にを行った魚群分布調査のデータを基に、魚群の反射強度を定量的に評価し、月別水深別の魚群分布の特徴を明らかにした。

材料および方法

魚群分布調査は、1998年4月～2002年9月の間16回 (Table 1)、山口県日本海沿岸域の定線 (Fig.1) で山口県水産研究センター漁業調査船くろしお (119トン) を船速約10ノットで航走させ、計量魚群探知機 (古野電気社製FQ70) を使用して行った。計測のための機器の設定はTable2のとおりとした。音響データは、10-200m (以下全層という)、10-20m (以下表層という)、20-40m、40-60m (以下中層という)、60-80m、80-100m、100-120m、120-140m、底上10m-底上5m、底上5m-海底の10層の設定で、0.5マイル間隔でデータレコーダに収録するとともに、魚群反応は記録紙でも収集した。得られた音響データには、魚群反応以外の反応も収録されているため、魚群反応は全層、表層及び中層各層で、-65dB以上を目安として記録紙と照らし合わせて魚群と推定された反応を採用し、魚群反応分布の地理的分布を見るために面積散乱強度 (以下SA値という) を解析に用いた。

なお、SA値は、体積後方散乱係数をsv、任意の深度をzとすると、以下のとおり求められる。

* 現在：山口県水産課

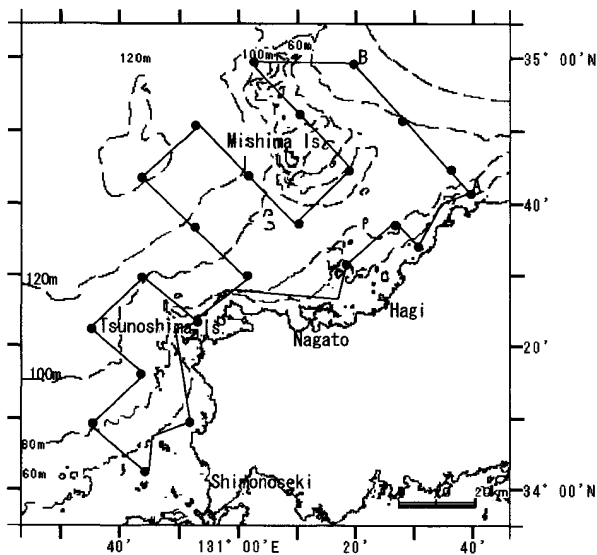


Fig.1. Map showing the locations of acoustic survey line (solid line) and hydrographic observation stations (solid circles) in coastal waters off Yamaguchi Prefecture.

$$SA = 10 \log \int svdz$$

また、調査海域内の定点 (Fig.1) でCTD (SEABIRD社製SBE19) による水温・塩分の観測を行い、全層のSA値と全層の代表水深としての50m深水温、表層のSA値と10m深水温、中層のSA値と50m深水温の分布との関係を調べた。

結 果

月別魚群分布 月別SA値の水平分布をFigs.2-5に示す。

4月の全層では、魚群反応は1998年にはほぼ全域で見られたが、1999年には角島周辺海域と見島北部海域でのみ見られ、その後2001年及び2002年には1999年よりも魚群反応の出現域が広がった (Fig.2)。このように4月の魚群の出現域及び出現量は年により大きく変動することがわかった。ただし、見島北部海域と角島周辺海域では、4年間を通じて中層を中心として魚群反応が見られた (Fig.2)。表層と中層の魚群反応を比

Table 2. Control setting of quantitative echo sounder and integrator (Furuno FQ-70) during acoustic surveys.

Frequency	200kHz
Pulse duration	0.6ms
Equivalent beam width	0.0245
Absorption coefficient	56.8dB/km
Gain constant	50.8
TVG	20 logR
Threshold	-85dB
Sound velocity	1500m/s

較すると、各年とも表層より中層で魚群反応が多く (Fig.2)、中層の魚群の出現域と出現量が全層の魚群分布に反映されていた。

5～8月の全層では、1999年5月には県北西部沿岸域でのみ魚群反応が見られたが、2000年6月、7月及び1998年8月には見島の西方海域を除きほぼ全域で魚群反応が見られた (Fig.3)。各層別に見ると、2000年6月、7月及び1998年8月には岸寄りの海域の中層と見島北沖の表層で魚群反応が多かった (Fig.3)。各月共通して魚群反応が見られた海域は県北西部沿岸域であった (Fig.3)。

9月の全層では、1998年にはほぼ全域で魚群反応が見られたが、1999年、2000年、及び2002年には見島西方海域で魚群反応が見られなかった (Fig.4)。1998年の見島西方海域における魚群反応は表層で見られた。沿岸域における魚群反応は中層の反応が大部分であった (Fig.4)。

10月の全層では、岸寄りの海域では魚群反応が比較的安定して認められたが、沖合域の魚群反応は年による変動が大きかった (Fig.5)。すなわち、1998年には見島北沖～東沖に魚群反応が見られたが、2000年には見島北沖1ヶ所に魚群反応が見られただけで、2002年には見島周辺海域にはまったく魚群反応が認められなかった。層別に見ると、表層の魚群反応は中層のそれに比べて極めて少なく、全層の魚群反応は中層のその多寡に影響されていた (Fig.5)。

Table 1. Periods of quantitative echo-sounder surveys conducted in coastal waters off Yamaguchi Prefecture.

Year	April	May	June	July	August	September	October
1998	14-15				6-7	24-25	12-13
1999	15-16	13-14				13-14	
2000			12-13	25-26		18-19	16-17
2001	23-24						22-23
2002	23-25					19-20	

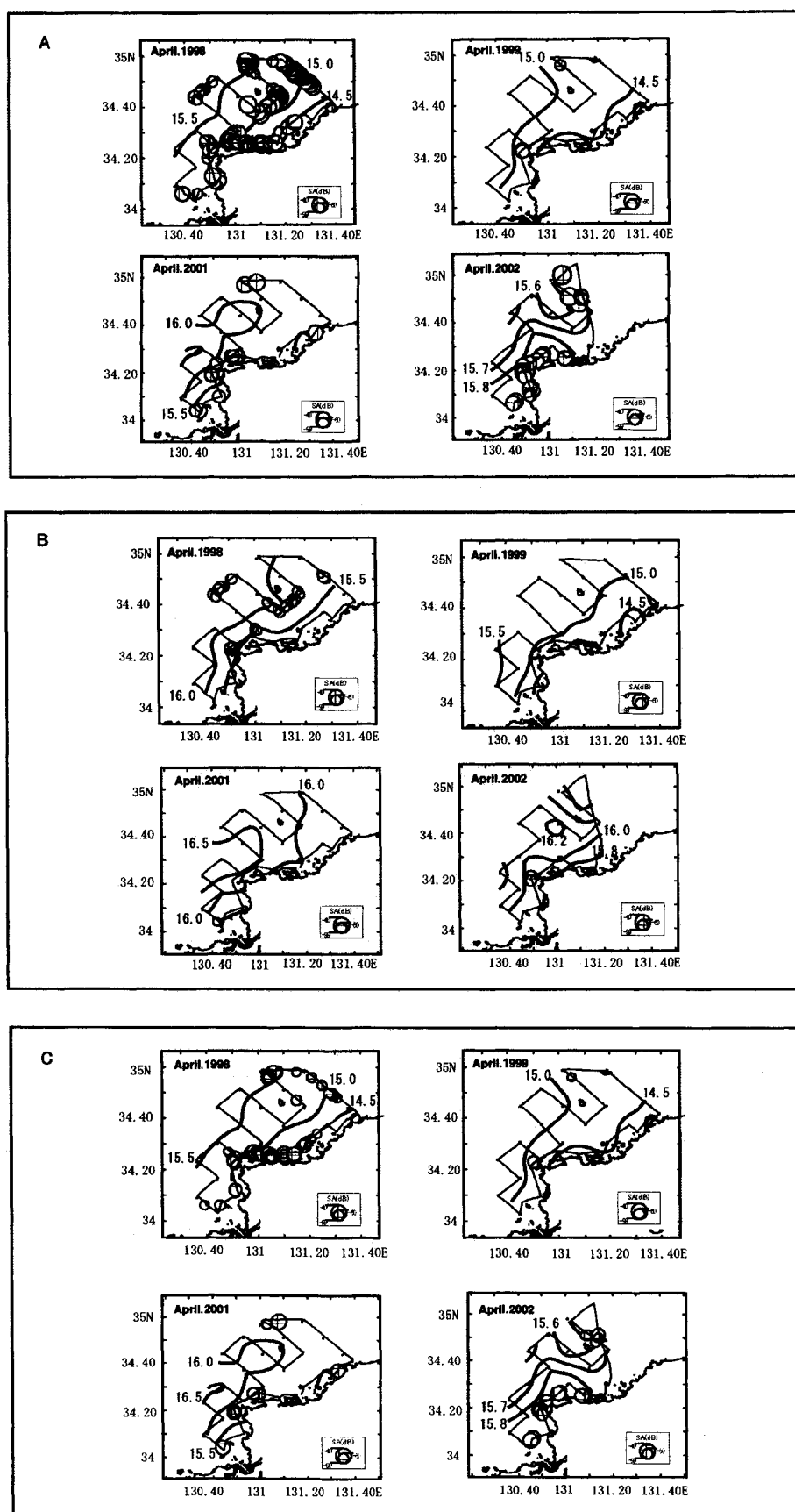


Fig.2. Distributions of fish schools (surface area back-scattering strength, SA) relative to the water temperature in April in 1998-2002. A : SA at total layers relative to the water temperature at 50m depth, B : SA at 10-20m layer relative to the water temperature at 10m depth, C : SA at 40-60m layer relative to the water temperature at 50m depth.

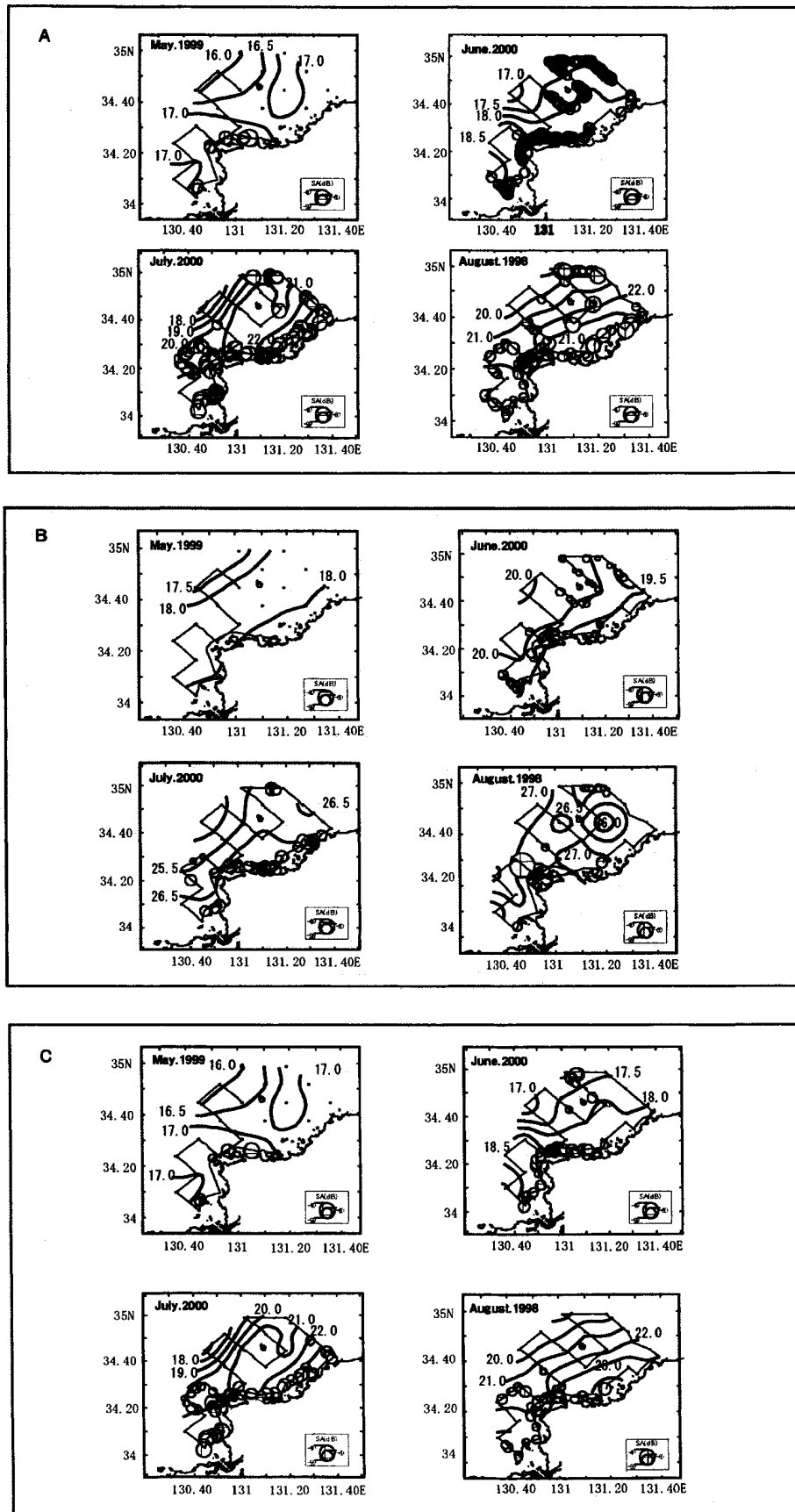


Fig.3. Distributions of fish schools (surface area back-scattering strength, SA) relative to the water temperature in May in 1999, June in 2000, July in 2000 and August in 1998. A : SA at total layers relative to the water temperature at 50m depth, B : SA at 10-20m layer relative to the water temperature at 10m depth, C : SA at 40-60m layer relative to the water temperature at 50m depth.

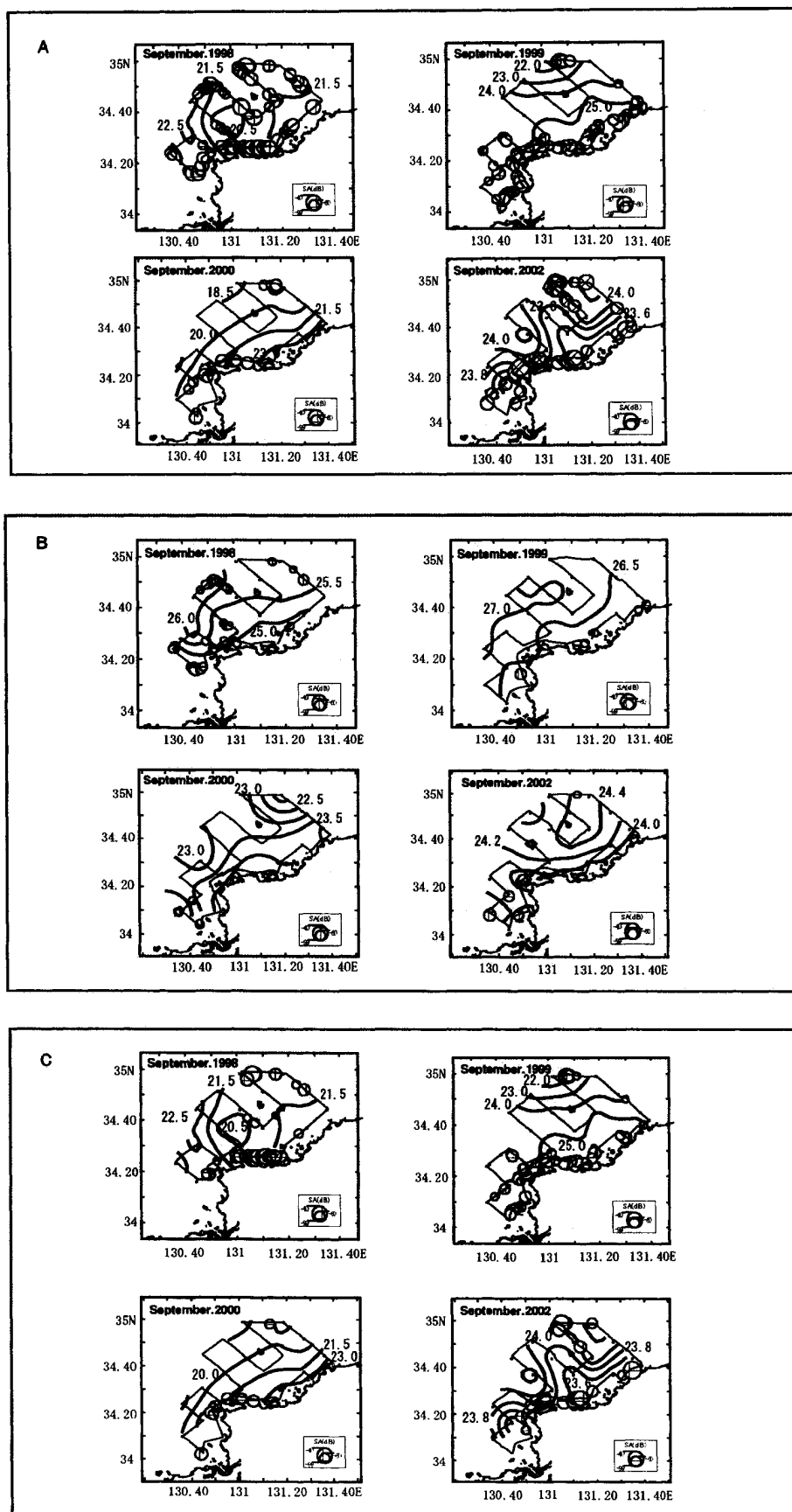


Fig.4. Distributions of fish schools (surface area back-scattering strength, SA) relative to the water temperature in September in 1998-2002. A : SA at total layers relative to the water temperature at 50m depth, B : SA at 10-20m layer relative to the water temperature at 10m depth, C : SA at 40-60m layer relative to the water temperature at 50m depth.

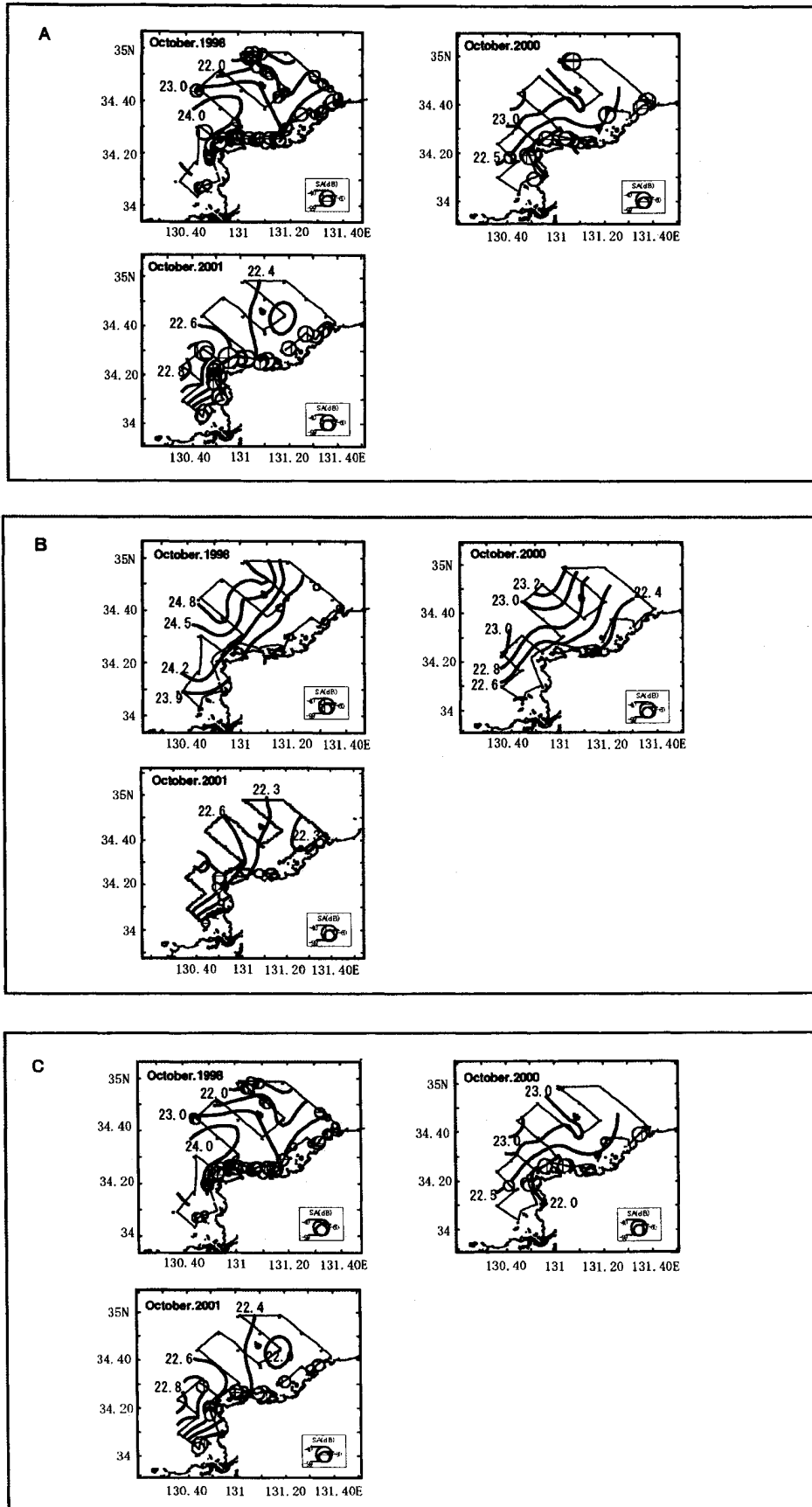


Fig.5. Distributions of fish schools (surface area back-scattering strength, SA) relative to the water temperature in October in 1998-2002. A : SA at total layers relative to the water temperature at 50m depth, B : SA at 10-20m layer relative to the water temperature at 10m depth, C : SA at 40-60m layer relative to the water temperature at 50m depth.

魚群分布と水温分布との関係 4月の水温は各年とも10m深と50m深でほとんど差はなく、14.5～16.5℃を示した (Fig.2)。

4月の水温分布は、各年とも西部海域で相対的に高温、東部の沿岸域で相対的に低温なパターンを示した。1998年、2001年及び2002年には50m深で16.0℃台の水域が広く分布していたが、1999年には16.0℃以上の水域は認められず、魚群反応も極めて少なかった (Fig.2)。

5～8月の水温は (Fig.3)、月を経る毎に表層から昇温し、10m深水温は1999年5月には17.5～18.0℃、2000年6月には19.5～20.0℃、2000年7月には22.5～26.5℃、1998年8月には26.0～27.0℃を示した。また、表層からの昇温に対応して水温の鉛直傾度が大きくなり、10m深と50m深の温度差は、1999年5月には1.0℃、2000年6月には1.5～3.0℃、2000年7月には4.5～8.0℃、1998年8月には4.7～7.0℃であった。

5～8月の50m深の水温分布パターンを見ると、各月とも北西部沖で相対的に低温で、2000年7月には北西部沖にシャープな不連続線が形成されていた (Fig.3)。各月とも北西部沖の相対的に低温な水域には魚群は出現しなかった (Fig.3)。

9月の水温について見ると、10m深水温は1998年には20.5～22.5℃、1999年には22.0～25.0℃、2000年には18.5～23.0℃、2002年には23.6～24.0℃で、2000年には他の年に比べ、全域で水温が低く、魚群反応も少なかった (Fig.4)。特に2000年9月の沖合域には50m深水温で20.0℃以下の相対的に低温な水が分布しており、この海域には魚群の出現が極めて少なかった。

10月の水温は、年により大きな差はなく、10m深では22.0～24.0℃、50m深では22.3～24.8℃を示した (Fig.5)。

10月の水温分布と魚群分布との間には明瞭な関係は認められなかった (Fig.5)。

考 察

河野¹⁾は山口県沿岸域における1984～1990年の魚群反応データを解析し、2月及び4月にはマイワシ産卵群の出現により他の月に比べ広い範囲で濃い反応が出現したことを報告している。本研究ではマイワシ資源の低水準期に当たるため²⁾、4月の魚群量は少なく、季節的には6～9月に魚群量が増加すること、及び4月及び9月には低温年に魚群の出現が少ないことが明らかになった (Figs.2-5)。4月及び9月には低温年に

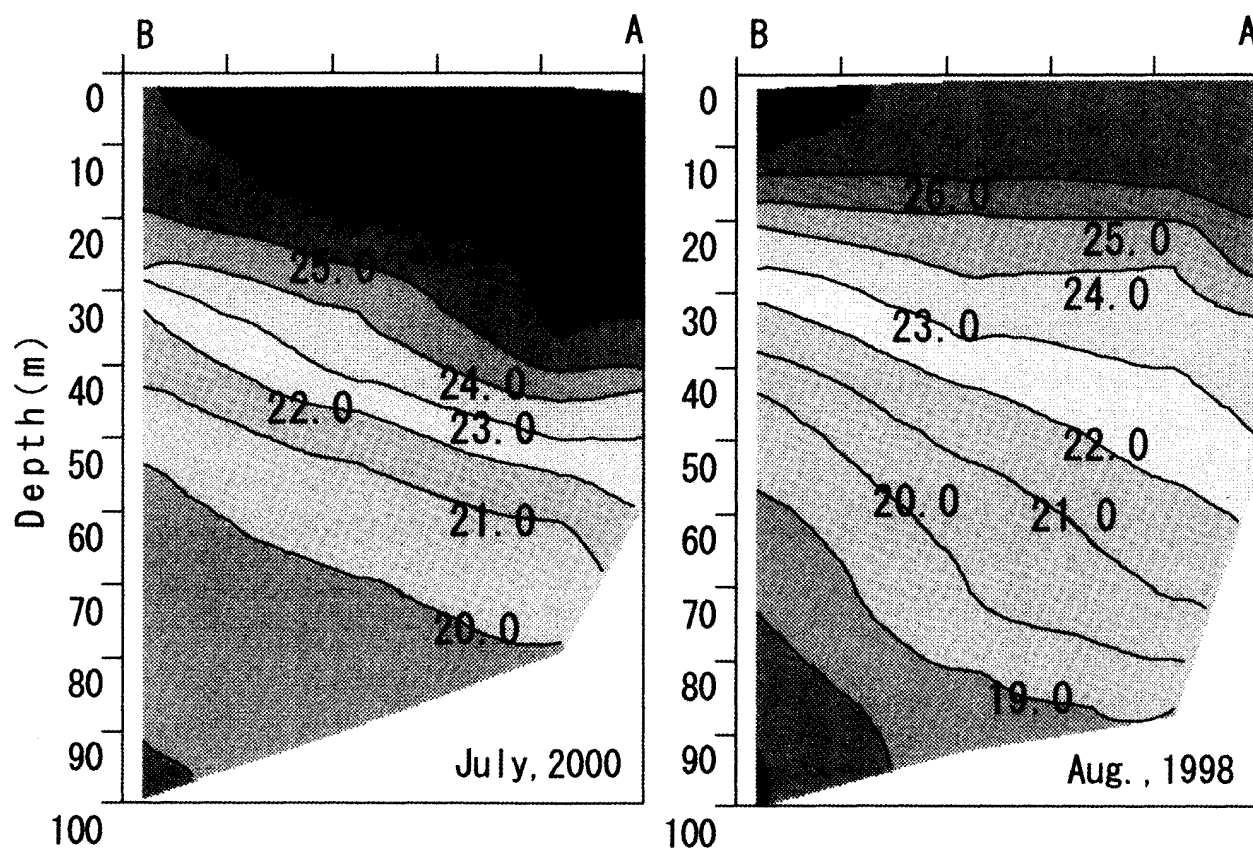


Fig.6. Vertical distributions of water temperature in coastal waters off Yamaguchi Prefecture in July, 2000 and August, 1999. Stations A, B are shown in Fig.1.

魚群が少なかったことは、水温が低い年には対馬海峡から山口県沿岸域へ北上する魚群量が減少する可能性を示唆している。

魚群の水平並びに鉛直的な分布を調べた結果、沿岸域では県北西部沿岸域の中層（40-60m層）を主体に比較的安定して魚群が出現することがわかった（Figs.2-5）。県北西部沿岸域は、水深が80m以浅で天然礁が散在している¹⁾ことから、これらのことは天然礁周辺に魚群が増集しやすいことを示していると考えられる。一方、沖合域では魚群量の年変動が大きいこと、及び6～9月の沖合域における魚群量の増加は主として表層（10-20m層）の魚群量の増加によることがわかった（Figs.2-5）。山口県日本海沿岸域では、夏季に10～50m深を中心として水温躍層が形成される（Fig.6）ので⁵⁾、沖合域の夏季の魚群は主に躍層の上層を加入してくると見られる。沖合域の魚群量の年変動が大きい原因としては、沖合域には天然礁や人工礁が少ない¹⁾ので、沿岸域に比べ魚群が滞留しにくいことが1つの原因として挙げられる。従って、沖合域の魚道に大規模な人工魚礁群を造成すれば、魚群の滞留を促進することができ、新たな漁場を形成できる可能性がある。

謝 辞

海上調査に多大な協力をいただいた山口県漁業調査船くろしおの乗組員の皆様に感謝する。

データの解析と作図に当たっては、森川美希子嬢に協力をいただいた。ここに記して感謝する。

文 献

- 1) 河野光久（1997）日本海南西部山口県沖における魚群分布．山口県外海水産試験場研究報告，**26**，71-77.
- 2) 増田紳哉（1997）日本海におけるマイワシ資源．水産海洋研究，**61**，（3），313-316.
- 3) 和田洋蔵（1997）若狭湾周辺海域におけるカタクチイワシ資源．水産海洋研究，**61**，（3），307-309.
- 4) 西田 宏（1997）日本海西部へのマアジ・マサバ来遊量の長期変動．水産海洋研究，**61**，（3），316-318.
- 5) 河野光久（1998）山口県萩沿岸海域の流況．山口県外海水産試験場研究報告，**27**，1-10.

山口県日本海沿岸域に出現する春季の 流れ藻とそれに付随する稚魚

河野光久・齋藤秀郎

Floating Seaweeds and its Accompanying Fish Juveniles in Coastal Waters
off Yamaguchi Prefecture, Southwestern Japan Sea in Spring

Mitsuhisa KAWANO and Hideo SAITOH

Species compositions of floating seaweeds and its accompanying fish juveniles were studied in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea. We searched for floating seaweeds by R.V. No.2 Kuroshio and collected floating seaweeds with a dip net in May, 2002. Floating seaweeds were found in some. Main Species of the floating seaweeds was *Sargassum horneri*. Seven species of fish juveniles were collected accompanying the floating seaweeds. The number of individuals of *Sebastes thompsoni*, *Seriola quinqueradiata* and *Ocyrius japonicus* were abundant among them. Juveniles of *Seriola quinqueradiata* were distributed in waters warmer than 18.7°C and the number of them increased rapidly from the period when sea surface water temperature became higher than 19.0°C.

主としてホンダワラ類で構成される流れ藻は、春季にブリ等の稚魚を伴って山口県日本海沿岸域に出現する。

ブリ稚魚（もじゃこ）の来遊量の多寡は、ブリ養殖業者の経営に少なからぬ影響を与えるため、山口県水産研究センターでは、養殖業者が計画的にブリ稚魚を採捕できるよう、山口県日本海沿岸域における流れ藻の分布とブリ稚魚の来遊量を毎年調査し、関係者に速報してきた。

ブリ稚魚の来遊量は、海域の水温、流れ藻の分布及び流れ藻に付随する魚類相などと関係があることが推察されるが、流れ藻とそれに付随する稚魚に関する研究は、対馬暖流域では、福岡県、島根県及び新潟県沿岸域における研究事例があるのみである^{1)~5)}。

本研究では、2002年5月に山口県日本海沿岸域で流れ藻を採集し、流れ藻とそれに付随する稚魚の種組成を明らかにするとともに、ブリ稚魚の分布特性について検討した。

材料及び方法

2002年5月13~14日、5月20~21日、5月27~28日の3回、山口県日本海沿岸域（Fig. 1）で山口県漁業調査船第2くろしお（19トン）により潮目と流れ藻を探索し、流れ藻とそれに付随する稚魚を高木⁶⁾がもじゃこ調査で用いたすくい網と同一のすくい網を使用して採集した。

採集した流れ藻と稚魚は、実験室に持ち帰り種の査定を行った後、流れ藻については湿重量を、稚魚については全長を測定した。

調査海域の水温を明らかにするため、バケツ採水により海面水温を測定した。

結 果

潮目と流れ藻の分布 潮目は（Fig. 2）、5月13~14日には、相島沖、津黄沖、川尻岬沖、角島北~西沖、湧田沖、安岡沖に見られた。5月20~21日には潮目は、川尻岬沖、角島北西沖、相島沖で確認された。5月27~28日には、津黄沖、見島沖に潮目が見られた。

陸岸からの距離と潮目の位置との関係についてみる

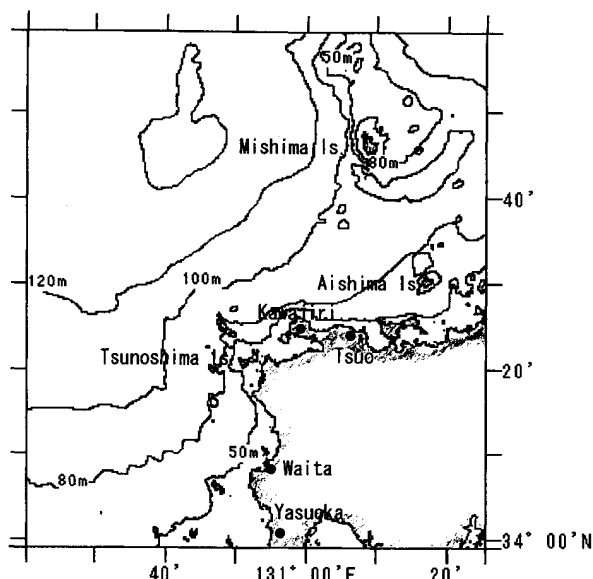


Fig.1. Maps showing the survey area in May, 2002.

と、潮目は距岸5海里以内の沿岸域及び島の周辺海域で、多い傾向が認められた (Fig. 2)。

流れ藻の分布位置は潮目の位置とよく一致していた (Fig. 2)。

流れ藻の構成種 採集した流れ藻の構成種を Table 1 に示す。

5月13～14日には、アカモクの流れ藻1個 (3862 g)、ジョロモクの流れ藻1個 (3095 g)、アカモクにヤツマタモクまたはノコギリモクが混じっていた流れ藻2個 (4847 g, 17372 g)、ジョロモクにノコギリモクとヤツマタモクが混じっていた流れ藻1個 (6026 g)、合計5個の流れ藻を採集した (Table 1)。

5月20～21日には、採集した流れ藻7個のうち、アカモク単一種で構成された流れ藻が6個 (1個当たり

Table 1. Species composition of seaweeds collected in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea in May, 2002.

Date	Species composition	Weight (g)
May 13-14	<i>Sargassum myagroides</i> , <i>S. patens</i> , <i>S. serratifolium</i>	6 026
	<i>S. horneri</i> , <i>S. patens</i> , <i>S. serratifolium</i>	4 827
	<i>S. horneri</i> , <i>S. patens</i>	17 372
	<i>S. horneri</i>	3 862
	<i>S. myagroides</i>	3 095
May 20-21	<i>S. horneri</i>	4 373
	<i>S. horneri</i>	2 608
	<i>S. horneri</i>	7 181
	<i>S. horneri</i>	9 401
	<i>S. horneri</i> , <i>S. yendoi</i>	9 887
	<i>S. horneri</i>	19 411
	<i>S. horneri</i>	16 914
May 27-28	<i>S. serratifolium</i>	2 489
	<i>S. horneri</i>	1 259
	<i>S. horneri</i> , <i>S. serratifolium</i>	5 207
	<i>S. horneri</i>	4 037
	<i>S. horneri</i>	6 742
	<i>S. horneri</i>	3 914
	<i>S. horneri</i> , <i>S. yendoi</i>	8 700

重量2608～19411 g) で、残り1個はアカモクにエンドウモクがわずかに混じっていた流れ藻 (9887 g) であった。ジョロモク、ヤツマタモク、ノコギリモクは採集されなかった (Table 1)。

5月27～28日には、アカモクの流れ藻4個 (1個当たり重量1259～6742 g)、ノコギリモクの流れ藻1個 (2489 g)、アカモクにノコギリモクまたはエンドウモクが混じっていた流れ藻2個 (5207 g, 8700 g)、合計7個の流れ藻を採集した (Table 1)。

以上のように採集した流れ藻19個のうち、アカモク単一種で構成された流れ藻は11個 (57.9%)、アカモク主体に構成された流れ藻は5個 (26.3%) であり、山口県日本海沿岸域に5月に出現する流れ藻は、その大部分 (84.2%) がアカモク単一種かアカモク主体で構成されていることが明らかになった。ただし、5月20～21日及び5月27～28日に採集したアカモクは、5月13～14日に採集したアカモクに比べ、生殖器床と葉が細長く、色彩も全体的に薄く、藻体が弱っていた。

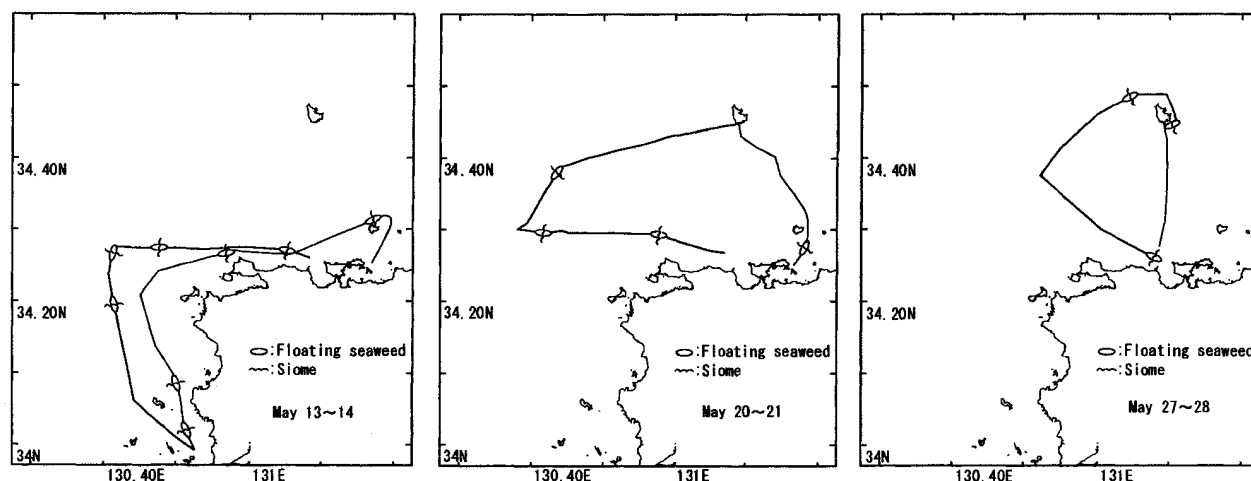


Fig.2. Distribution of siome and floating seaweeds in May, 2002.

Table 2. Fish juveniles accompanied with floating seaweeds collected in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea in May, 2002.

Date	Species	No. of inds.	Total length(mm)
May 13-14	<i>Ocyrius japonicus</i>	8	56-145
	<i>Sebastes thompsoni</i>	23	40- 52
May 20-21	<i>Seriola quinqueradiata</i>	22	42-126
	<i>Agrammus agrammus</i>	3	79-147
	<i>Girella punctata</i>	3	33- 39
	<i>Ocyrius japonicus</i>	37	82-190
	<i>Sebastes thompsoni</i>	120	29- 46
	<i>Seriola quinqueradiata</i>	100	37-159
May 27-28	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	2	42- 71
	<i>Agrammus agrammus</i>	2	84- 86
	<i>Sebastes thompsoni</i>	27	28- 42
	<i>Ocyrius japonicus</i>	2	133-192
	<i>Stephanolepis cirrifer</i>	1	48

稚魚の出現種 流れ藻に付随して採集された稚魚の出現種と全長をTable 2に示す。

5月13～14日にはメダイ（全長56～145mm）が8尾、ウスメバル（全長40～52mm）が23尾採集された（Table 2）。

5月20～21日には、5月13～14日には採集されなかったブリ（全長42～126mm）が22尾、クジメ（全長79～147mm）が3尾、メジナ（全長33～39mm）が3尾採集された他に、メダイ（全長82～190mm）が37尾、ウスメバル（全長29～46mm）が120尾が採集され、5月13～14日に比べ採集魚の種類及び尾数が増加した（Table 2）。

5月27～28日にはブリ（全長37～159mm）が100尾、イシガキダイ（全長42～71mm）が2尾、クジメ（全長84～86mm）が2尾、ウスメバル（全長28～42mm）が27尾、メダイ（全長133～192mm）が2尾、カワハギ（全長48mm）が1尾採集された（Table 2）。

期間を通して採集尾数が多かったのは、ウスメバル（170尾）、ブリ（122尾）、メダイ（47尾）の順であった（Table 2）。

採集した稚魚の全長範囲は、メダイで56～192mm、ウスメバルで30～52mm、ブリで37～147mm、クジメで79～147mm、イシガキダイで42～71mm、カワハギで48mm、メジナで33～39mmであった（Table 2）。

採集された稚魚の種類と流れ藻の構成種との関係を見ると、採集されたすべての魚種がアカモクまたはアカモク主体の流れ藻に付随しており、魚種によって流れ藻に対する明瞭な選択性は認められなかった（Table 3）。

ブリ稚魚の分布 ブリ稚魚の分布と海面水温分布をFig. 3に示す。

5月13～14日の海面水温は16.8～18.0℃で、ブリ稚魚はまったく採集されなかった（Fig. 3）。

5月20～21日には、海面水温は17.6～20.1℃で、ブリ稚魚は水温18.7℃以上の角島北西沖に分布していた（Fig. 3）。

5月27～28日には、海面水温は19.2～20.6℃に昇温し、ブリ稚魚は19.2～20.5℃の水温域に沿岸から沖合まで広く分布していた（Fig. 3）。

ブリ稚魚の分布と等深線分布との関係を見ると（Fig. 3）、ブリ稚魚は5月20～21日には100～120m深に分布していた。5月27～28日にもブリ稚魚は、主に80～120m深に分布し、特に100m等深線に沿って分布量が多かった。

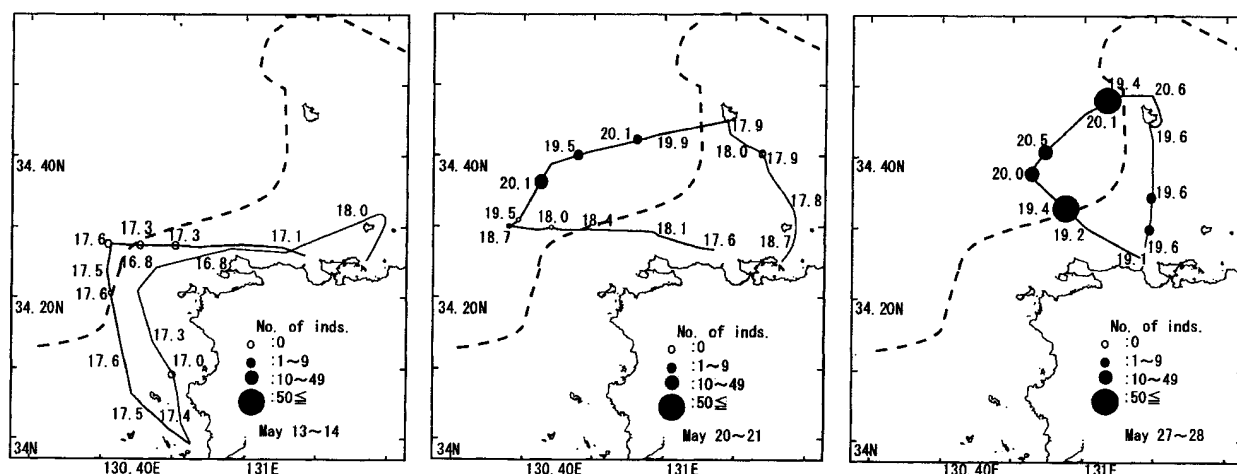


Fig.3. Distribution of juveniles of *Seriola quinqueradiata* and sea surface temperature in May, 2002. Dotted lines show the 100m depth contour.

Table 3. Relationship between species composition of seaweeds and fish species accompanied with them in coastal waters off Yamaguchi Prefecture, southwestern Japan Sea in May, 2002.

Fish species*	Species composition of seaweeds accompanied with the fish				
	<i>Sargassum horneri</i>	<i>S. horneri</i> and others	<i>S. myagroides</i>	<i>S. myagroides</i> and others	<i>S. serratifolium</i>
<i>Ocyrius japonicus</i>	42	1	2	2	
<i>Sebastes thompsoni</i>	133	17	19	1	
<i>Seriola quinqueradiata</i>	95	25			4
<i>Agrammus agrammus</i>	4	1			
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	2				
<i>Stephanolepis cirrifer</i>		1			
<i>Girella punctata</i>	3				

* Numerals show the number of fish collected.

考 察

流れ藻に付随する稚魚の中では、ブリ稚魚が産業的に最重要種であるので、ブリ稚魚の分布特性について検討する。

ブリ稚魚は、出現初期には海面水温が18.7℃以上で水深が100～120mの海域に分布し、その後19.0℃以上の海域が沿岸域へ広がってから、採集尾数が増加し、分布域も沿岸域に広がった (Fig. 3)。また、ブリ稚魚の採集尾数は100m等深線に沿った海域で特に多かったこと (Fig. 3)、及び100m等深線に沿った海域には対馬暖流第1分枝の強流域が存在すること⁷⁾を合わせて考えると、ブリ稚魚は対馬暖流第1分枝によって運ばれた流れ藻に付随して山口県日本海沿岸域に來遊し、19.0℃以上の適水温域が沿岸域に広がるにつれ分布量が増加し、分布域も沿岸域へ広がっていくと考えることができる。このことは、山口県水産研究センターが実施した2000年及び2001年の調査においても、ブリ稚魚の採集尾数が増大したのは海面水温が広い範囲で19.0℃以上になってからであったこと^{8, 9)}からも支持される。

本研究により山口県日本海沿岸域に5月に出現する流れ藻は、その大部分がアカモク単一種またはアカモク主体で構成されることが明らかになった (Table 1)。しかし、同じアカモクでも5月20日以降に採集したアカモクとそれ以前に採集したアカモクとは藻体の特徴がかなり異なっていた。また、5月20日以降にはそれ以前に採集されたヤツマタモク、ジョロモクがまったく採集されず、新たにエンドウモクの混じった流れ藻が採集され、流れ藻の構成種が変化していた (Table 1)。これらのことから、5月20日以前の流れ藻とそれ以降の流れ藻とでは、補給源が異なっていた

と考えられる。5月20日以前の流れ藻の補給源については、ジョロモクやヤツマタモクが波動の弱い浅所に生育すること¹⁰⁾から、山口県以西の浅海域と推察される。一方、5月20日以降の流れ藻の補給源については、(1)アカモクの藻体が5月20日以前の藻体に比較し弱っていたことから、漂流時間がより長かったと考えられること、(2)流れ藻にブリ稚魚が付随しており、ブリは九州西方から東シナ海の200m等深線に沿った大陸棚上で産卵すると推定されていることから^{10, 11)}、九州西方以南の海域と推察される。

本研究で採集された稚魚の種組成を内田・庄島¹⁾が福岡県津屋崎町沿岸域で行った1957年5～6月の調査結果と比較すると、津屋崎町沿岸域ではメバル属 (ウスメバルと推定されている)、ブリ、メバル、メジナ、ギンポ、ゴンズイ、イシガキダイ、クジメ、メダイ、ニジギンポ、カワハギ、ウマヅラハギ、アミメハギが採集されており¹⁾、本研究で採集された稚魚はすべて採集されている。しかし、魚種ごとの出現率をみると、津屋崎町沿岸域ではメダイの出現はごくわずかで、メバル属、ブリ、メバルの出現率が高かった¹⁾が、本研究ではウスメバル、ブリ、メダイの順に出現率が高かった。

メダイ稚魚は、1986年5月に山口県外海水産試験場が山口県日本海沿岸域で実施した流れ藻調査ではまったく採集されていないが (河野, 未発表)、1996年5～6月には流れ藻に付随したメダイ稚魚が多数採集されている¹²⁾。また、1994年頃から山口県日本海沿岸域でメダイのまとまった水揚げがみられるようになったこと¹²⁾を考え併せると、日本海へのメダイ稚魚の加入は1990年代に入って増加してきた可能性が高い。

謝 辞

流れ藻の採集に多大な協力をいただいた山口県漁業調査船第2くろしおの乗組員の皆様に心から感謝する。

文 献

- 1) 内田恵太郎・庄島洋一(1958)流れ藻に関する研究・流れ藻に伴う稚仔魚—I。昭和32年度の津屋崎附近における調査。日本水産学会誌, **24**(6・7), 411-415.
- 2) 庄島洋一・植木喜美彦(1964)流れ藻に関する研究・流れ藻に伴う稚仔魚—II。昭和33年度の津屋崎附近における調査。日本水産学会誌, **30**(3), 248-254.
- 3) 吉田忠夫(1963)流れ藻の分布と移動に関する研究。東北区水産研究所研究報告, (23), 141-186.
- 4) 池原宏二(1977)佐渡海峡水域の流れ藻に付随する魚卵, 稚魚。日本海区水産研究所報告, (28), 17-28.
- 5) 佐野 修・池原宏二・大野正夫(1986)流れ藻の生態。月刊海洋科学, **18**(11), 687-691.
- 6) 高木和昭(1994)モジャコ漁況調査。平成5年度山口県外海水産試験場事業報告, 24-32.
- 7) KATO O. (1994) Short-Term Fluctuations of the Tsushima Current in Waters Northwest of Yamaguchi Prefecture. Journal of Oceanography, **50**, 51-64.
- 8) 吉松隆司(2002)モジャコ漁況調査。平成12年度山口県水産研究センター事業報告, 11-13.
- 9) 吉松隆司(2003)モジャコ漁況調査。平成13年度山口県水産研究センター事業報告, 10-12.
- 10) 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.
- 11) 村山達朗(1991)日本海におけるブリの資源生態に関する研究。島根県水産試験場研究報告, (7), 1-64.
- 12) 小林知吉(1998)山口県の日本海沿岸におけるメダイ *Hyperoglyphe japonica* の稚魚および未成魚。山口県外海水産試験場研究報告, **27**, 39-42.

人工生産および天然産アサリの性比

松野 進・中野義久・天社こずえ^{*1}

Sex Ratio of Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*, Artificially Produced and Collected from the Fisheries Ground

Susumu MATSUNO, Yoshihisa NAKANO and Kozue TENSHA

山口県水産研究センター・内海研究部ではアサリの放流用標識等への利用を目的として単一色彩、紋様の帯紋型青色系貝（略称：Bp型、通称：あおあさり）の継代を行ってきた¹⁻⁷⁾。この過程のBp型6代継代の産卵誘発試験時に親貝の性比に偏りがあることがわかり、この原因についての文献調査を行ったが、アサリの性比に関する詳細な調査例や文献は見当たらなかった。近年、腹足類では内分泌攪乱物質による生殖器官への影響が知られてきており^{*2}、また、トルブチルスズ（TBT）がアコヤガイのD状幼生に対して発生阻害を引き起こすことが知られてきている⁸⁾が、現時点では内分泌攪乱物質の二枚貝生殖器官への影響は知られていない。

そこで成熟期の調査等で観察する機会があった人工産および天然産のアサリの性比について調べたので、その結果を報告する。

のとおり継代してきた人工産の5代（1歳）、6代（1歳）、7代（1歳6ヶ月）について調べた。いずれも採卵後は室内水槽で、殻長2mm以上となってからは山口湾に設置したロープ式の砂床式垂下籠で飼育したものである。

人工産放流アサリ（社）山口県栽培漁業公社・内海栽培漁業センターで種苗生産された人工種苗を内海研究部の大型試験池で中間育成した後、放流技術開発試験¹⁰⁻¹²⁾により山口湾の干潟で被覆網保護放流した群について調べた。1997年10月に調査したアサリは1995年秋季採卵の2歳で、1998年11月に調査したアサリは1996年秋季採卵の2歳および1997年秋季採卵の1歳であった。被覆網内のアサリを採集後、殻長組成の測定結果により天然発生したと推定される個体は除去した。

材料および方法

1 供試貝

雌雄の判別に用いたアサリは1歳以上で、図1に示す場所で採集、または飼育貝からの抽出を行った。調査時期は山口県における産卵期である4月または9～11月⁹⁾で、表1に示す試料について実施した。

Bp型アサリ 1990年春季に天然貝から採卵し、種苗生産された後、吉敷郡秋穂町黒湯地先に放流された群の中からBp型アサリを選別採集した。これを初代の継代親貝として1991年10月に集団交配し、以後、表2

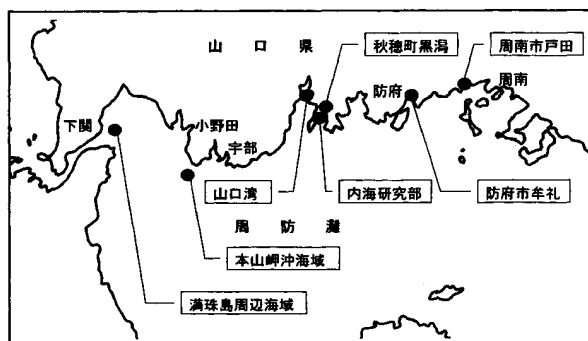


図1 アサリ試料の採集場所

^{*1} 山口県防府水産事務所

^{*2} ヒョンセオ・チョ・堀口敏宏（2000）：貝類における内分泌攪乱。第3回内分泌攪乱化学物質問題に関する国際シンポジウム（開催地：横浜市）要旨集，環境省，48-50。

表1 アサリの性比検査結果

試料 番号	試料の由来	年齢	検査月日	個体数	♀:♂	♀/♂	2項検定			備考
							Z cal	確率	性比差*	
1	Bp 継代 5 代	1	1997.10.6-28	100	75:25	3.0	5.0000	P<0.05	有	垂下籠飼育
2	Bp 継代 6 代	1	1998.10.22	100	80:20	4.0	6.0000	P<0.05	有	"
3	Bp 継代 7 代	1.5	2000.10.17	101	59:42	1.4	1.6915	P>0.05	無	"
4	山口湾人工産	2	1997.10.8	100	57:43	1.3	1.4000	P>0.05	無	被覆網放流
5	山口湾人工産	2	1998.11.4	100	65:35	1.9	3.0000	P<0.05	有	"
6	山口湾人工産	1	1998.11.4	100	42:58	0.7	1.6000	P>0.05	無	"
7	周南市戸田	—	1998.10.8	100	55:45	1.2	1.0000	P>0.05	無	干潟漁場
8	防府市牟礼	—	1998.11.2	99	53:46	1.2	0.7035	P>0.05	無	"
9	満珠島南沖	—	1998.9.30	100	46:54	0.9	0.8000	P>0.05	無	潜水器漁場
10	満珠島南沖	—	1998.10.23	50	27:23	1.2	0.5656	P>0.05	無	"
11	満珠島岸寄	—	1998.10.23	48	22:26	0.8	0.5773	P>0.05	無	"
12	満珠島東沖	—	1998.10.23	30	14:16	0.9	0.3651	P>0.05	無	"
13	満珠島南沖	—	1999.4.13	100	60:40	1.5	2.0000	P<0.05	有	"
14	満珠島南沖	—	1999.4.13	100	56:44	1.3	1.2000	P>0.05	無	"
15	満珠島南沖	—	1999.4.13	99	56:43	1.3	1.3065	P>0.05	無	"
16	満珠島南沖	—	1999.4.12	100	58:42	1.4	1.6000	P>0.05	無	"
17	満珠島岸寄	—	1999.4.6	100	42:58	0.7	1.6000	P>0.05	無	"
18	満珠島岸寄	—	1999.4.6	99	49:50	1.0	0.1005	P>0.05	無	"
19	満珠島岸寄	—	1999.4.6	100	50:50	1.0	0.0000	P>0.05	無	"
20	本山岬岸寄	—	1998.10.23	40	32:8	4.0	3.7947	P<0.05	有	"
21	本山岬沖	—	1998.10.23	60	40:20	2.0	2.5819	P<0.05	有	"

* 有意水準 0.05

表2 Bp型アサリの継代

継代数	交配年・月	親 貝
1	1991.10	干潟で採集*
2	1993. 9	Bp-集団交配初代
3	1994.11	Bp-集団交配 2 代
4	1995.10	Bp-集団交配 3 代
5	1996.10	Bp-集団交配 4 代
6	1997.10	Bp-集団交配 5 代
7-1	1998.10	Bp-集団交配 6 代
7-2	1999. 4	Bp-集団交配 6 代
8	2000.10	Bp-集団交配 7 代-2

* 干潟に放流した人工種苗を 1990~1991 年に回収

干潟の採集アサリ 周南市戸田および防府市牟礼の地先の干潟で採集した群について調べた。この干潟への他の海域からの過去の移植経歴はいずれも不明であった。

潜水器漁業の採集アサリ 潜水器漁業の対象海域である周防灘の下関市満珠島周辺および小野田市本山岬沖の海域において試験操業で採集した群について調べた。

2 検査方法

殻長、重量を測定後、貝を開き解剖用メスの先端で生殖腺の一部を採取し、これをスライドグラスに滴下した海水中に展開し、検鏡により卵、精子を確認して雌雄を判別した。セルカリアの寄生等により未成熟で

雌雄の判別が困難であった個体は除外した。性比は2項検定法¹³⁾により差の有無を検定し、雌雄の殻長、重量の差についてはF検定法¹³⁾により分散を検定した後、分散が等しい場合はt検定法¹³⁾により、分散が等しくない場合はAspin-Welch法¹³⁾により平均値の差を検定した。

結 果

1 性比検査結果

表1に性比検査結果を示した。雄に対する雌の比率が大きい群はBp型の継代5代では3.0、6代では4.0であり、また、1998年秋季に本山岬の岸寄りの潜水器漁場で採集した天然群でも試料数が少ないものの4.0で、これらは著しく雌への偏りが認められた。検査した全21群中、雌に偏ったものが6群で、その他は有意な差は認められず、全般には雌に偏る傾向が強かった。供試貝群ごとに2項検定により有意水準0.05で検定した性比差を以下に示す。

Bp型アサリ 継代5代および6代ではいずれも差が認められたが、7代では差が認められなかった。

人工産放流アサリ 1996年産の2歳貝で差が認められた。

干潟の採集アサリ 2箇所とも差は認められなかった。

潜水器漁場の採集アサリ 1998年秋季に下関市満珠島

周辺の3海域で採集した4群とも差が認められなかった。1999年春季は満珠島周辺の2海域の7群のうち1群で差が認められた。また、1998年秋季に小野田市本山岬沖の2海域で採集した2群はいずれも差が認められた。

2 雌雄の殻長および重量の差の検定結果

表3に雌雄の殻長および重量を示し、表4に雌雄の殻長および重量の分散の差と平均値の差の検定結果を示す。殻長については平均値に差が認められた試料はなかった。重量についてはBp型の継代5代および1996年人工産放流2歳貝で差が認められた。

表3 アサリの雌雄の殻長および重量

試料番号	試料の由来	年齢	雌			雄			全体		
			個体数	殻長 mm±SD	重量 g±SD	個体数	殻長 mm±SD	重量 g±SD	個体数	殻長 mm±SD	重量 g±SD
1	Bp 継代5代	1	75	22.2±1.64	2.12±0.41	25	22.2±1.22	2.36±0.38	100	22.2±1.54	2.18±0.42
2	Bp 継代6代	1	80	25.8±2.39	3.56±0.90	20	25.8±2.05	3.50±0.73	100	25.8±2.32	3.54±0.87
3	Bp 継代7代	1.5	59	28.8±2.90	5.44±1.52	42	27.7±3.00	5.03±1.71	101	28.4±2.98	5.27±1.60
4	山口湾人工産	2	57	30.7±3.13	6.40±2.13	43	30.6±2.89	6.42±1.84	100	30.7±3.01	6.41±2.00
5	山口湾人工産	2	65	37.7±2.28	12.42±2.75	35	37.1±2.43	11.46±1.92	100	37.5±2.34	12.09±2.53
6	山口湾人工産	1	42	23.5±1.74	2.94±0.61	58	23.3±1.76	2.86±0.65	100	23.4±1.75	2.90±0.63
7	周南市戸田	—	55	36.4±3.91	11.14±3.92	45	36.1±4.08	11.10±4.15	100	36.3±3.97	11.12±4.00
8	防府市牟礼	—	53	37.4±2.62	15.52±3.06	46	36.7±2.76	14.95±3.44	99	37.1±2.70	15.26±3.24
9	満珠島南沖	—	46	33.6±4.23	7.89±3.47	54	34.2±3.79	8.11±2.87	100	33.9±3.99	8.01±3.14
10	満珠島南沖	—	16	35.8±4.46	9.17±4.05	14	33.8±3.55	7.26±2.38	30	34.9±4.12	8.28±3.46
11	満珠島岸寄	—	12	31.8±1.50	6.06±0.97	16	33.1±4.30	7.22±3.77	28	32.5±3.42	6.72±2.93
12	満珠島東沖	—	14	30.3±2.05	4.90±0.92	16	30.8±2.80	5.26±1.53	30	30.6±2.45	5.09±1.27
13	満珠島南沖	—	60	34.9±3.14	8.87±2.55	40	34.9±3.16	8.97±2.23	100	34.9±3.13	8.91±2.41
14	満珠島南沖	—	56	35.8±3.03	10.00±2.29	44	35.6±3.18	9.74±2.68	100	35.7±3.08	9.89±2.46
15	満珠島南沖	—	56	23.9±2.45	7.85±0.86	43	23.8±3.21	2.88±0.95	99	23.9±2.79	2.86±0.90
16	満珠島南沖	—	58	36.5±4.55	10.94±4.52	42	35.4±4.21	9.90±4.12	100	36.0±4.42	10.50±4.37
17	満珠島岸寄	—	42	33.5±3.12	7.63±2.08	58	32.9±3.13	7.27±1.86	100	33.2±3.13	7.42±1.95
18	満珠島岸寄	—	49	34.8±3.46	8.92±2.61	50	35.6±4.06	9.82±3.39	99	35.2±3.78	9.38±3.05
19	満珠島岸寄	—	50	32.0±3.57	7.14±3.01	50	32.3±3.02	7.12±1.90	100	32.2±3.29	7.13±2.50
20	本山岬岸寄	—	32	39.5±3.86	11.23±3.49	8	38.8±2.18	10.25±1.45	40	39.3±3.57	11.04±3.20
21	本山岬沖	—	40	33.4±2.37	6.22±1.38	20	35.1±4.20	7.87±3.87	60	33.9±3.17	6.77±2.58

表4 アサリの雌雄の殻長および重量の差の検定結果

試料番号	試料の由来	個体数	雌雄の殻長の差の検定				雌雄の重量の差の検定			
			F検定 による確率	分散 の差*	t検定** による確率	平均値 の差*	F検定 による確率	分散 の差*	t検定** による確率	平均値 の差*
1	Bp 継代5代	100	0.0551	無	0.9407	無	0.3616	無	0.0123	有
2	Bp 継代6代	100	0.2289	無	0.9591	無	0.1586	無	0.8008	無
3	Bp 継代7代	101	0.3970	無	0.0576	無	0.2053	無	0.2131	無
4	山口湾人工産	100	0.2935	無	0.8966	無	0.1571	無	0.9558	無
5	山口湾人工産	100	0.3243	無	0.1837	無	0.0126	有	0.0429	有
6	山口湾人工産	100	0.4739	無	0.4309	無	0.3459	無	0.5405	無
7	周南市戸田	100	0.3803	無	0.6700	無	0.3395	無	0.9650	無
8	防府市牟礼	99	0.3557	無	0.1743	無	0.2030	無	0.3879	無
9	満珠島南沖	100	0.2220	無	0.4826	無	0.0912	無	0.7223	無
10	満珠島南沖	30	0.2080	無	0.1796	無	0.0307	有	0.1242	無
11	満珠島岸寄	28	0.0006	有	0.2547	無	0.0000	有	0.2540	無
12	満珠島東沖	30	0.1321	無	0.5716	無	0.0351	有	0.4409	無
13	満珠島南沖	100	0.4762	無	0.9897	無	0.1857	無	0.8483	無
14	満珠島南沖	100	0.3645	無	0.7836	無	0.1317	無	0.6042	無
15	満珠島南沖	99	0.0298	有	0.8278	無	0.2467	無	0.8540	無
16	満珠島南沖	100	0.3061	無	0.2279	無	0.2689	無	0.2397	無
17	満珠島岸寄	100	0.4955	無	0.3381	無	0.2222	無	0.3677	無
18	満珠島岸寄	99	0.1334	無	0.2677	無	0.0348	有	0.1446	無
19	満珠島岸寄	100	0.1239	無	0.7131	無	0.0008	有	0.9716	無
20	本山岬岸寄	40	0.0602	無	0.6143	無	0.0109	有	0.2310	無
21	本山岬沖	60	0.0012	有	0.0992	無	0.0000	有	0.0788	無

* 有意水準 0.05 ** 不等分散の場合は Aspin-Welch 法による。

考 察

Bp型アサリは継代の5代、6代ではいずれも性比が雌に偏っていたが、7代では差が認められなかったことから継代を重ねることにより性比に影響を与える訳ではないと考えられる。なお、この継代については8代で親貝数が減少したため、継代を中止した。

人工産放流アサリは試料3群のうち、1996年産の2歳貝だけ性比に差が認められた。ほぼ同様な過程で生産され、同じ干潟で採集した1995年産の2歳貝では性比に差が認められなかった。人工生産種苗はいずれも殻長2～3 mmまでは陸上水槽で培養餌料を給餌して飼育されており、その過程の成育環境は自然環境とは異なっている。異体類では稚魚期の飼育水温が性比に影響を与える¹⁴⁾ことが知られており、アサリでも性を決定する時期の飼育環境の影響が人工種苗の性比差に反映しているのかも知れない。

干潟漁場のうち周南市戸田干潟では漁獲管理、漁場管理がされており、アサリ漁場として良好な状態を保っていたが、防府市牟礼干潟では砂の流動が激しく、採集したアサリは殻幅／殻長の値が大きく、いわゆる“ダルマ型”を呈しており、アサリ漁場として不適な状態となっていると考えられた。採集したアサリ2試料ではいずれも性比差は認められず、少なくともこの2試料からは成育環境の良否が性比に影響を与えていることは考えられなかった。

潜水器漁業の対象海域では潜水器漁業者および山口県防府水産事務所による試験操業、潜水調査が実施された。この結果および性比調査前後の漁獲状況によると、満珠島南沖では1999年夏季には稚貝の発生が無く、稚貝が同一海域の親貝からも供給されると仮定すると、1999年春季の満珠島南沖では資源が衰退傾向にあったと考えられる。一方、1998年秋季の満珠島周辺漁場および1999年春季の満珠島岸寄りの漁場では資源の衰退傾向は現れていなかった。また、本山岬周辺の漁場では1998年秋季には資源が漁獲対象とならない程度に衰退していた。この結果と表1の性比差の検定結果を比べると、1999年春季の満珠島南沖の試料4群で性比差が認められた群は1群だけであったものの、衰退傾向または衰退している群では雌の比率が高い傾向があり、衰退していない群では性比差がない傾向があった。一方、潜水器でアサリを漁獲する際には篩によって小さいアサリは漁場に戻される。漁獲対象とならない程度の分布密度になると操業は中止されるが、操業を中止した海域に残存している群は漁獲対象群のうちの篩分

による小型群であったのかも知れない。そうであるとすると、発生群のうちの小型群では雌の比率が高いということになるが、表4で雌雄の殻長の差の検定結果からは全ての試料で平均値に差は認められていない。

今回の調査結果だけでは性比の偏りの原因は特定できなかったが、人工種苗や同様な条件にある群では何らかの原因により性比に差が現れる傾向があることがわかった。

文 献

- 1) 山本 翠・大橋 裕 (1993)：平成3年度アサリ種苗生産試験。山口県内海水産試験場報告, 22, 48-53.
- 2) 岸岡正伸・立石 健・酒井治己・鬼頭 鈞・井手尾寛・松野 進 (1997)：帯紋型青色アサリの選抜試験とその遺伝様式の推定。水産育種, 25, 91-97.
- 3) 岸岡正伸・立石 健・井手尾寛 (1997)：生態系保全型種苗生産技術開発事業（アサリの遺伝的マーカーの検索および交配試験による遺伝的近交度の推移の追跡）。平成7年度山口県内海水産試験場報告, 26, 186.
- 4) 松野 進・立石 健・井手尾寛 (1999)：同。平成8年度山口県内海水産試験場報告, 27, 149.
- 5) 松野 進・中野義久 (2000)：同。平成9年度山口県内海水産試験場報告, 28, 162.
- 6) 松野 進・中野義久 (2000)：同。平成10年度山口県内海水産試験場報告, 29, 219.
- 7) 松野 進・中野義久 (2001)：同。平成11年度山口県水産研究センター事業報告, 366.
- 8) 大嶋雄治・井上 英・島崎洋平・仲山 慶・本城凡夫 (2003)：沿岸域におけるトリブチルスズ汚染の現状と魚介類への影響。海洋と生物, 144, 11-14.
- 9) 桃山和夫・岩本哲二 (1979)：山口・大海湾におけるアサリの産卵期について。山口県内海水産試験場報告, 7, 19-34.
- 10) 立石 健・井手尾寛・松野 進 (1999)：人工種苗によるアサリの放流技術開発試験-Ⅲ。山口県内海水産試験場報告, 27, 53-61.
- 11) 中野義久・松野 進・立石 健・高見東洋 (2000)：人工種苗によるアサリの放流技術開発試験-Ⅳ。山口県内海水産試験場報告, 28, 62-71.
- 12) 中野義久・松野 進 (2000)：人工種苗によるアサリの放流技術開発試験-V。山口県内海水産試験場報告, 29, 83-92.
- 13) 石居 進 (1975)：生物統計学入門, 培風館, 東京, pp74-78, 161-167.
- 14) Goto, R., T. Mori, K. Kawamata, T. Matsubara, S. Mizuno, S. Adachi, and K. Yamauchi (1999)：Effects of Temperature on Gonadal Sex Determination in Barfin Flounder *Verasper moseri*. *Fisheries Science*, 65, 884-887.

配合飼料投与により屋内水槽で飼育したクルマエビの成熟

松野 進・吉松隆司

Maturation of Kuruma Prawn, *Penaeus japonicus*,
Reared in Indoor Tanks with Artificial Feed

Susumu MATSUNO and Takashi YOSHIMATSU

(社)山口県栽培漁業公社、内海栽培漁業センターにおけるクルマエビの種苗生産では採卵を天然親に依存しているが、天然親は漁獲状況が不安定であるうえに高価格であることや、クルマエビに対して危険な病原体を保有し、稚仔に垂直感染するおそれがあること等の欠点がある。特に1993年に初めて発生したクルマエビ類の急性ウィルス血症 (PAV)¹⁾は現在なお多くの県で発生し被害を与えている。天然親に依存する場合のこれらの欠点は国内の他の種苗生産機関でも同様な問題となっている。そのために(社)日本栽培漁業協会百島事業場 (現在、(独)水産総合研究センター、百島栽培漁業センター、以下同じ)では素掘り池を用いた親エビ養成による採卵技術開発を進めており²⁻⁶⁾、沖縄県では海洋深層水を利用して屋外水槽で養殖クルマエビを親エビまで養成した後、屋内水槽で眼柄切除による実用化規模での採卵に成功している*。

山口県水産研究センター内海研究部が位置する秋穂湾沿岸には上記、内海栽培漁業センターの他、クルマエビ養殖場が4箇所存在しており、本研究を進めるにあたり飼育海水がPAVの原因ウィルスPRDVに汚染される可能性が考えられた。そこでPRDVを保有しない人工種苗で陸上屋内水槽において殺菌海水を用い、配合飼料単独投与による親エビ養成を試みた。

親養成のための種苗は内海栽培漁業センターにおいて種苗生産されたものを譲り受け、1998年産種苗では主に飼育方法の検討と成熟状況および脱皮状況の観察を、2000年産種苗ではその結果に基づいて養成した親による採卵過程について検討したので、これらの結果を報告する。

材料および方法

1998年産種苗

供試エビ

大分県佐伯市で購入した天然親エビから1998年4月7日に採卵し種苗生産され、PCR法によりPRDVを保有していないことが確認された稚エビ2万尾を5月20日に譲り受けた。

飼育方法

飼育区分を表1に示す。

1次中間育成 栽培漁業センターから搬入した体長10mm台の稚エビを2次中間育成の砂床に潜砂できるサイズの6月25日まで育成した。水槽は4×5×水深2mの角型コンクリート水槽 (屋内、透明屋根、図1)を使用し、砂ろ過海水をPRDV等の病原体の混入防止のため紫外線照射して給水した。水質の維持は給水と施肥による天然珪藻類の増殖促進とを併用して行った。施肥は飼育水1ℓあたり硝酸カリウム1g、リン酸二ナトリウム12水和物0.1g、メタ珪酸ナトリウム9水和

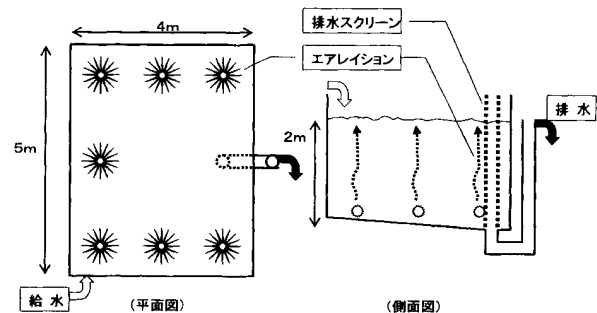


図1 1次中間育成水槽

* 玉城英信・当真 武 (2002) 養殖クルマエビの産卵, 平成14年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp.102.

表1 1998年産クルマエビの成長と親エビ候補選別の経過

飼育区分	年月日	飼育尾数	収容密度	体長 mm±SD	体重 g±SD	N	性比 ♀:♂	備考
1次中間育成	1998.5.22	20,000	500尾/kℓ	13.2±2.4	0.023	60		5月20日、内海栽培漁業センターから搬入
	5.30			15.1±3.3	0.041	60		
	6.9			18.6±4.0	0.081	60		
	6.19			22.2±4.7	0.135	60		
	6.24			25.3±6.4	0.215	60		
	6.25	18,060						
2次中間育成	6.25	2,000	100尾/m ²	34.1±3.6	0.443	60		1次中間育成から大型個体を選別 下記2列が雌雄別サイズ
	7.26			53.9±5.8	1.75±0.61	30	15:15	
				54.4±5.2	1.78±0.55	15		
				53.4±6.5	1.71±0.68	15		
	9.16	1,411	70尾/m ²	85.6	7.31			
		670		89.6±5.3	8.29±1.56	50	29:21	
3次中間育成		741		81.9±9.4	6.43±2.12	30	19:11	選別後、大型個体群 選別後、小型個体群
	9.16	620	31尾/m ²	89.6±5.3	8.29±1.56	50		
1歳親養成	1999.4.6	570		123.0±8.4	22.14±4.54	60	39:21	2次中間育成の大型個体群
	1999.4.6	50	2.5尾/m ²	141.3±4.7	34.2±3.3	25		
2歳親養成				128.4±3.5	24.7±2.1	25		雌、3次中間育成から雌雄別に大型個体を選別 雄
	2000.4.24	45	2.25尾/m ²				20:25	
								雌20尾中11尾が交尾栓を保有
								以降、3次中間育成継続飼育群から補充飼育

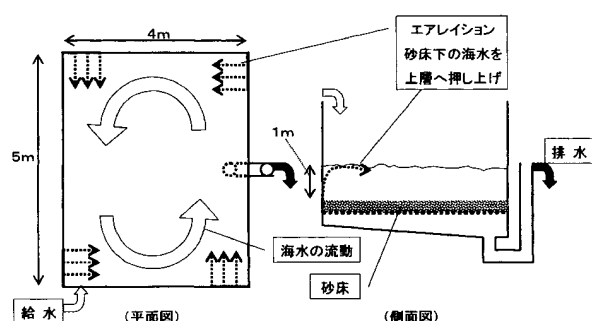


図2 二重底式砂床水槽

物0.05gを数日間隔で行った。1日の給水量は飼育水量(40ℓ)の約30%であった。餌料はクルマエビ用配合飼料を自動給餌機により投与した。1日の給餌量は推定生残クルマエビ全体重の7～8%で、5時半、11時、19時の3回に分けて、各回を重量比1:1:2の割合で給餌した。

2次中間育成 6月25日に1次中間育成で飼育したものの中から成長の早い個体を2,000尾(平均体長34.1mm)選別し、二重底式砂床の角型コンクリート水槽(屋内、遮光ネット内、図2)に収容して飼育した。二重底はプレート(40×40×高さ10cm)を水槽底に敷き詰め、その上に目合500μmのポリエチレンネットを敷き、その上に平均粒径1.1mmの砂を深さ5cmに敷いた。砂床上の水深は1mとした。給水は1次中間育成と同様で、1日の給餌量は全体重の3～7%で、8月21日までは4時半、19時の2回に分けて、各回を重量比1:2の割合で自動給餌し、8月22日以降は17時に一回手撒き給餌した。

3次中間育成 9月16日に2次中間育成で飼育した

もののうち成長の早い個体から性比(雌:雄≒2:1)を考慮して620尾(平均体長89.6mm)選別し、2次中間育成と同様な方法で飼育した。1日の給餌量は全体重の3%以下で、17時に一回手撒き給餌した。水温が10℃以下となった1、2月は摂餌しないため、ほとんど給餌を行わなかった。

1歳親養成 1999年4月6日に3次中間育成から雌雄別に25尾ずつ大型個体(平均体長:雌141.3mm, 雄128.4mm)を選別し、2次中間育成と同様な方法で飼育した。

2歳親養成 2000年4月24日以降は、予備水槽(3次中間育成を継続)から親エビを適宜補充して飼育した。6月中旬には水温が23℃台まで上昇したため、6月20日から10月6日まで注水を止め、冷却機により23℃設定とした。10月6日から注水を開始した。最低水温は2001年1月18日に9℃であった。1月22日から注水を止め、ヒーターにより加温したため、自然水温より1～2℃高めに推移した。

親エビの標識方法および成熟度等の観察方法

標識方法 (社)日本栽培漁業協会百島事業場で行われている標識方法²⁾に習い、片眼柄にゴム製の標識(写真1)を装着して個体識別した。

交尾栓の保有状況と成熟度 飼育水槽内で籠内に取上げ、交尾栓の保有状況を目視観察した。また、成熟度は(社)日本栽培漁業協会の目視法による判別基準(図3)³⁾に従い判別した。

脱皮数の計数 すくい網により底掃除を行う際に脱皮殻を取り上げ計数した。

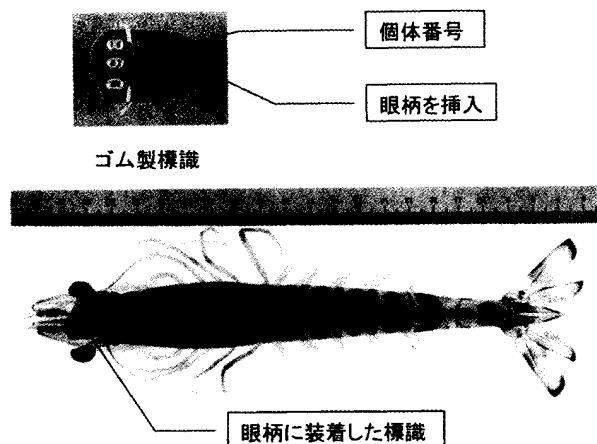


写真1 個体標識およびこれを装着した親エビ

2000年産種苗

供試エビ

大分県佐伯市で購入した天然親エビから2000年4月26日に採卵し種苗生産され、PCR法によりPRDVを保有していないことが確認された稚エビ1万尾を6月8日に譲り受けた。

飼育方法

飼育区分を表2に示す。各飼育段階での飼育水槽、給水方法、給餌方法は1998年産種苗の飼育と同様であった。1998年産ではふ化後1年間を中間育成としたが、2000年産ではふ化後1年半までを中間育成とした。

1次中間育成 栽培漁業センターから搬入した体長約20mmの稚エビを2次中間育成の砂床に潜砂できて、雌雄判別が迅速にできるサイズの9月1日まで育成した。

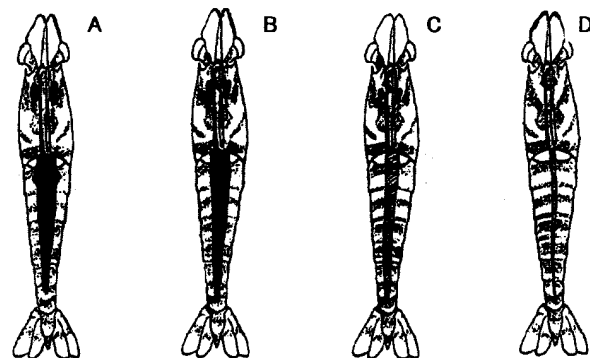


図3 クルマエビの日視による雌の卵巣成熟度の判別基準
(原図：日本栽培漁業協会百島事業場)

- A: 卵巣全体の幅が広く影が明瞭で、第1腹節の部分で菱形に見える。卵巣は暗緑色を呈する。
B: 卵巣全体に膨らみがあり影が明瞭で、第1腹節の部分で菱形に見えない。卵巣は暗緑色を呈する。
C: 卵巣全体に膨らみがなく影が不明瞭である。卵巣は黄褐色を呈する。
D: 卵巣の影が細い。卵巣は灰白色から淡黄色を呈する。

2次中間育成 9月1日に1次中間育成で飼育したものの中から成長の早い個体を647尾（平均体長66.4mm）選別して飼育した。2次中間育成中は飼育密度を下げ成長を促進するために、成長が遅い個体は適宜除去した。

親養成 10月17日に2次中間育成で残った156尾を水槽番号1に52尾（雌27尾、雄25尾）を、水槽番号2に104尾（雌57尾、雄47尾）を収容した。

表2 2000年産クルマエビの成長と親エビ候補選別の経過

飼育区分	年月日	飼育尾数	収容密度	体長 mm±SD	体重 g±SD	N	性比 ♀:♂	備考
1次中間育成	2000. 6. 12	10,000	250尾/㎧	19.7±2.3	0.09	30		6月8日、内海栽培漁業センターから搬入
	7. 2			23.9±2.6	0.15	30		
	7. 13			29.1±4.9	0.29	51		
	7. 22			33.4±4.5	0.44	47		
	8. 2			43.4±4.0	0.96	30		
	8. 12			46.6±7.1	1.25	17		
2次中間育成	9. 1	647	27尾/㎡	66.4±5.3	3.62±0.80	45	28:17	1次中間育成から大型個体を主として選別 下記2列は当サンプルの雌雄別サイズ
				66.0±5.3	3.59±0.81	28		
				67.0±5.4	3.68±0.81	17		
	2001. 2. 20	-	-	112.0±6.2	16.7±2.9	20		
				108.8±5.2	15.2±2.0	20		
	2001. 5. 8	-	-	127.2±6.9	24.0±3.7	30		
				120.6±5.8	19.8±2.6	30		
	2001. 10. 17	156	7.8尾/㎡	165.4±8.6	54.4±8.1	26		
				152.6±5.0	41.9±4.5	25		
				上列サイズを無作為分槽		27	27:25	
親養成	2001. 10. 17	52	2.6尾/㎡			25		水槽番号1
		104	5.2尾/㎡			57	57:47	水槽番号2
				同上		47		
	2002. 2. 14	49	2.45尾/㎡	165.5±8.0	63.9±9.6	26	26:23	交尾栓保有率38% 水槽番号1
				151.9±4.2	47.8±4.6	23		
		100	5尾/㎡	164.8±8.5	61.7±9.3	56	56:44	交尾栓保有率89% 水槽番号2
採卵試験飼育				151.0±5.0	46.2±5.4	44		
	2002. 2. 14	60	3尾/㎡	164.7±8.3	61.6±9.1	60		親養成の交尾栓保有雌を収容 雌 交尾栓保有率100% 水槽番号1

親エビの標識方法および成熟度等の観察方法

1998年産種苗から育成した親エビと同様であった。

採卵試験方法

2002年2月14日まで飼育して親養成した2水槽から交尾栓を保有する雌60尾（平均体長164.7mm）を選別して親養成用水槽1槽へ収容し、親養成と同様に飼育した。60尾には個体標識を装着し（表3）、自然水温より1～2℃加温飼育し、その後の成熟状況を図3の判別基準により観察した。4月26日に観察した成熟状況で成熟が相対的に良好な個体11尾を取り上げ、採卵水槽（100ℓポリカーボネート水槽、水量80ℓ、止水）に1～2尾ずつ合計6槽に収容し（表3）、5月10日まで産卵状況を観察した。採卵用飼育水は養成水槽の水温より最高5℃程度加温し（15.8～22.0℃、図4）、毎日全換水し、配合飼料を給餌した。

結 果

1998年産種苗

飼育結果を表1に示す。

1次中間育成 1998年5月20日から6月25日までの36日間、体長13mmから25mmまで育成し、この間の歩留りは90%であった。飼育期間中の給餌量は合計3,239gであった。水温は17～25℃で、pHは8.1～8.5であった。また、天然珪藻類は *Skeletonema* sp., *Thalassionema* sp., *Nitzschia* sp., *Navicula* sp.等が

増殖、推移した。

2次中間育成 6月25日から9月16日までの84日間で、体長34mmから86mmまで成長し、この間の歩留りは71%であった。飼育期間中の給餌量は合計15,126gであった。水温は24～28℃で、pHは7.6～8.3であった。期間途中の7月26日に測定したサンプル30個体の性比は1：1で、これらの体長、体重についてt検定を行った結果、この時点ではいずれも性による成長差は認められなかった。

3次中間育成 9月16日から1999年4月6日までの201日間で、体長90mmから123mmまで成長し、この間の歩留りは92%であった。飼育期間中の給餌量は合計13,860gであった。

1歳親養成 4月6日に50尾を選別収容後、8日目の4月14日（13.6℃）から脱皮殻が出現し、12月20日（10.4℃）まで続いた。12月21日から2000年4月までは脱皮殻は確認できなかった。2000年4月24日までのへい死は1999年4月14日（1尾）、4月17日（2尾）、5月9日（1尾）、2000年4月18日（1尾）の雌5尾で、これらのへい死原因はいずれも脱皮時の共食いによるものと推察された。6月10日に雌の一部を取り上げたところ、交尾栓の保有個体が観察されたが、卵巢の目視観察では未成熟であった。6月25日に再度、取り上げ観察したが、成熟した個体は認められなかった。その後もほぼ1ヶ月間隔で一部を取り上げ観察した

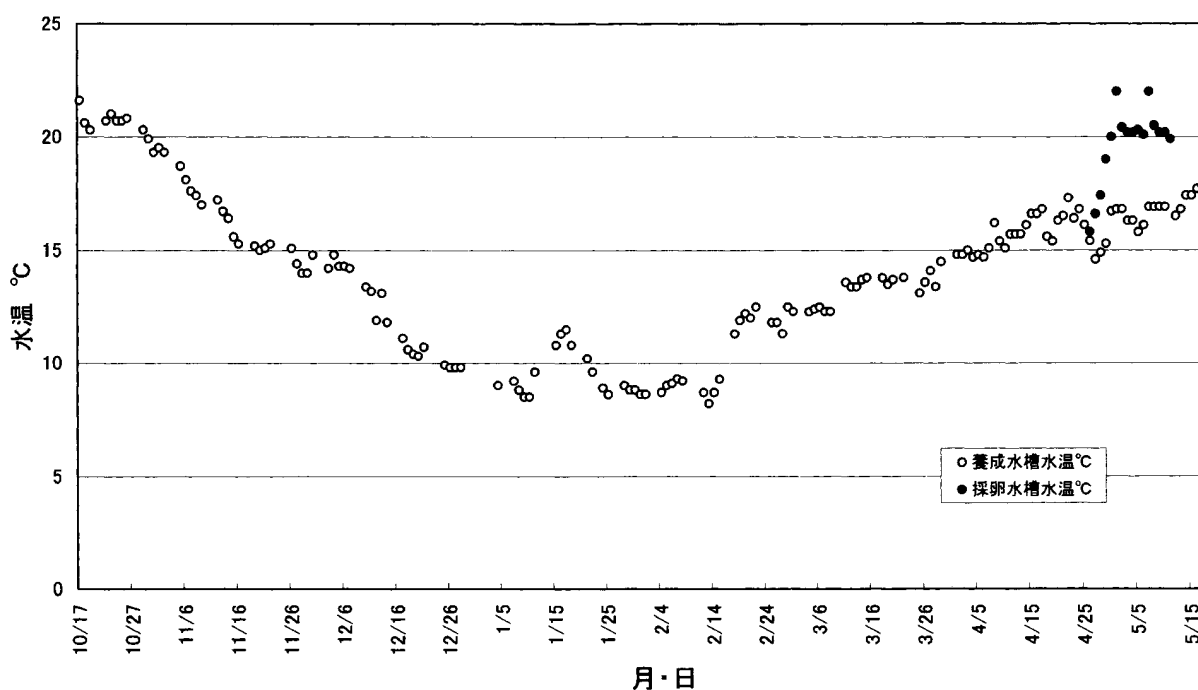


図4 養成水槽および採卵水槽の水温の推移
(2001年10月～2002年5月)

が、成熟した個体は認められなかった。

2歳親養成 2000年4月以降、2001年3月末までの水温と脱皮殻確認数の推移、および4月24日から8月30日までの観察結果による交尾栓保有率と成熟率（成熟度B段階）の推移を図5に示した。4月25日（14.2℃）に最初の脱皮を確認し、12月22日（14.5℃）が最終の確認日であった。

4月24日：交尾栓の保有率は雌20尾中11尾（55%）で、成熟度はB段階が2尾（10%）であった。観察後、予備水槽から雌2尾を追加した。

5月8日：予備水槽から雌7尾を追加し、標識を装着後、観察した。既存分の交尾栓の保有率は雌22尾中12尾（55%）で、成熟度はB段階が8尾（36%）であった。また、追加分も含めると交尾栓の保有率は雌29尾中14尾（48%）で、成熟度はB段階が10尾（34%）であった。

5月17日：5月8日以降、交尾栓を保有していた個体のうち3尾の交尾栓が消滅し、新たに交尾栓を保有した個体は認められなかった。また、成熟度がB段階であった個体のうち3尾がC段階に退行し、C、D段階であった個体のうち4尾がB段階まで成熟した。観察後、脱皮不全と考えられる瀕死個体1尾と採卵予備試験用個体7尾を取上げた。採卵予備試験用個体は試験

中へい死した1尾を除く6尾を6月2日までに再収容した。これらの6尾はいずれも脱皮により交尾栓は消滅していた。全体として交尾栓の保有率は雌29尾中11尾（38%）で、成熟度はB段階が11尾（38%）であった。

6月7日：5月17日以降、交尾栓を保有していた個体のうち採卵予備試験用個体も含め、8尾の交尾栓が消滅し、1尾がへい死した。また、新たに交尾栓を保有した個体は1尾であった。成熟度がB段階であった個体のうち7尾がC、D段階に退行し、C段階であった個体のうち4尾がB段階まで成熟した。全体として交尾栓の保有率は雌26尾中2尾（8%）で、成熟度はB段階が8尾（31%）であった。

6月27日：6月7日以降、交尾栓の保有状況には変化がなかった。成熟度がB段階であった個体のうち4尾がC段階に退行し、C段階であった個体のうち2尾がB段階まで成熟した。全体として交尾栓の保有率は雌24尾中2尾（8%）で、成熟度はB段階が3尾（17%）であった。本観察時には潜砂により確認できない個体があった。また、本観察以降、標識が脱落する個体が認められた。

7月17日：6月27日以降、新たに交尾栓を保有した個体は4尾であった。成熟度がB段階であった個体のう

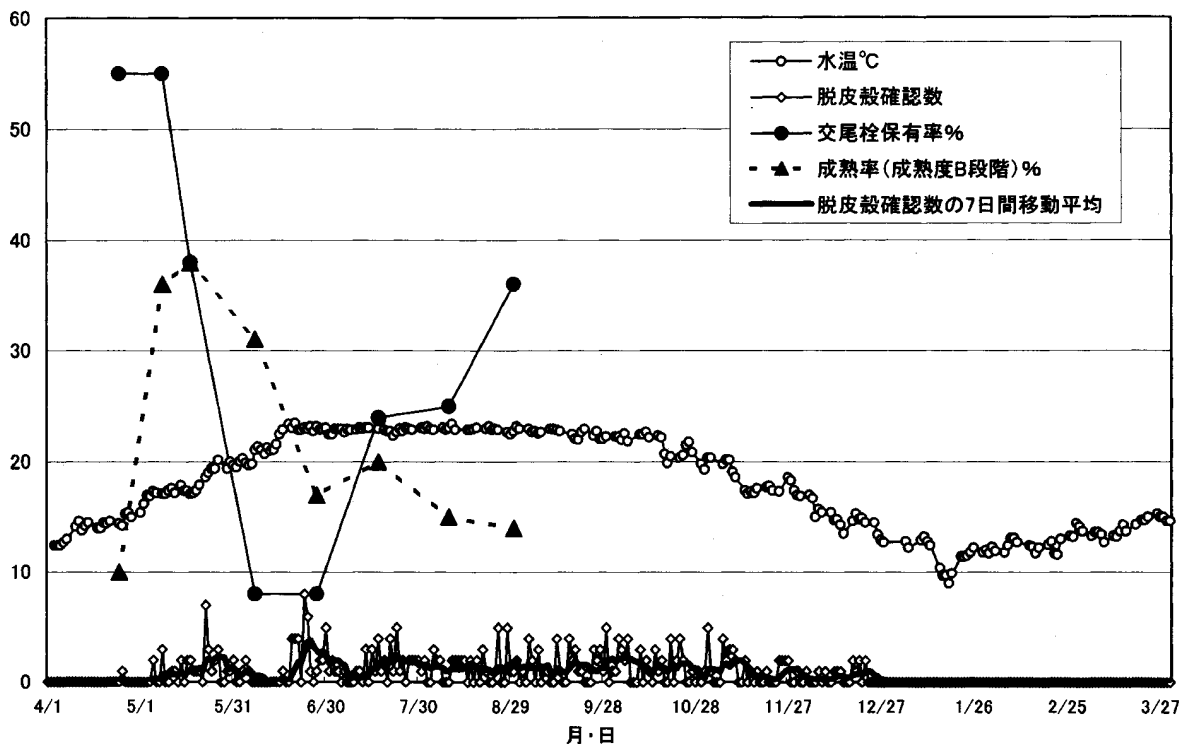


図5 1998年産種苗の親養成における成熟状況等の推移
(2000年4月～2001年3月)

ち1尾がC段階に退行し、C段階であった個体のうち3尾がB段階まで成熟した。全体として交尾栓の保有率は雌25尾中6尾(24%)で、成熟度はB段階が5尾(20%)であった。

8月9日：標識が脱落した個体が増加したため、これらの個体識別が不可能となった。全体として交尾栓の保有率は雌20尾中5尾(25%)で、成熟度はB段階が3尾(15%)であった。本観察時には潜砂により確認できない個体があった。

8月30日：全体として交尾栓の保有率は雌22尾中8尾(36%)で、成熟度はB段階が3尾(14%)であった。

2000年産種苗

飼育結果を表2に示す。

1次中間育成 2000年6月8日から9月1日までの86日間、体長約20mmから60mmまで育成した。

2次中間育成 9月1日から2001年10月17日までの412日間、体長66mmから雌165mm、雄152mmまで育成した。

親養成 2001年10月17日に分槽した2槽の2002年2月14日の雌のサイズ、取り上げ時収容密度および交尾栓の保有率は表2のとおりであった。成長は収容密度が低い方が高い方に比べて、わずかに速い傾向があったが、交尾栓の保有率は取り上げ時収容密度が2.45尾/m²で38%、5尾/m²で89%であり収容密度が大きい方で交尾栓の保有率が高かった。

採卵試験 4月10日以降、交尾栓の残存および成熟段階は表3のとおりに推移した。2月14日に水槽に収容後、4月26日までに57尾(95%)が生き残り、そのうち11尾(19%)が脱皮により交尾栓を失った。また、4月10日から4月26日まで成熟段階が変わらない個体が多かった(70%)が、この間に成熟が進んだ個体(9%)や退行した個体(15%)、また4月17日の成熟段階が前後に比べ上下した個体(6%)も観察された。2001年の水温下降期の脱皮の終了は12月下旬、水温10℃で、2002年の水温上昇期の脱皮の開始は2月下旬、水温13℃であった。

5月3日朝(水温20.2℃)、個体番号46の親エビの産卵を確認した。産卵数は17,840個で、卵径は $317.6 \pm 7.4 \mu\text{m}$ (N=20)であった。5月4日にふ化したノープリウスは11,200個体でふ化率は63%であった。ふ化幼生は500ℓポリカーボネート水槽を使用して常法により飼育した。6月25日に体長 $18.2 \pm 2.9\text{mm}$ (N=30)の稚エビでPRDVについてのPCR検査を実施した結果、

陰性であった。

個体番号46の親エビを除く10尾は産卵しないまま、体内卵は吸収され、または親エビは脱皮した。個体番号46の親エビは採卵試験に供した11尾のうち唯一、2月14日から4月26日にかけての体重の増加がみられた(表3)。

考 察

1998年産の1歳エビは春季に13℃台から脱皮を開始し、初冬に10℃台で脱皮を終了したが、2歳エビは14℃台で脱皮を開始し、14℃台で脱皮を終了しており、2000年産の1歳エビは10℃で脱皮を終了し、翌春は1歳10ヶ月に13℃で脱皮を開始した。このことから春季の脱皮の開始水温は年齢または体のサイズに関わらず13~14℃台である一方、初冬の脱皮終了水温は年齢または体のサイズによって異なることが推察された。1998年産の2歳エビでは脱皮個体数は5月下旬と6月下旬に二つのピークがみられたが、7月下旬以降は脱皮が終了するまで目立ったピークはみられなかった。このため、脱皮を開始してから2度目までは脱皮が同調していたと考えられた。

1998年産2歳エビの4月下旬の観察開始時点で50%台であった交尾栓保有率は5月上旬まで変化がなかったが、それ以後6月上旬にかけて低下し、10%以下となった。6月中は10%以下であったが、8月末にかけて30%台まで上昇した。脱皮開始以前に交尾栓を保有していた個体(前年初冬の脱皮終了時点で交尾栓を保有)のほとんどが5月下旬をピークとする最初の脱皮により交尾栓を消失することがうかがえた。また、6月下旬をピークとする2度目の脱皮後から再度、交尾することが推察された。

1998年産2歳エビの4月下旬の観察開始時点では成熟度B段階の成熟率が10%であったが、5月上旬には30%台に上昇し、中旬に最高の38%となった。その後は低下し、8月末には10%台であった。その後も10月末まで一部を取上げて観察を行ったが、成熟が回復する傾向はみられず、成熟率は次第に低下したと推察された。

1998年産2歳エビの脱皮周期、交尾栓保有率、成熟率の推移から推察すると、成熟が順調であったとしても水温上昇期に脱皮を開始した後は産卵が同調する可能性は相対的に低下し、水温が上昇し脱皮回数が進むにつれて、まとまった産卵量を得る可能性は低くなると推察される。そのため、試験設定した飼育環境下で

表3 交尾栓を保有する雌親エビの生殖腺の成熟等の推移 (2002年2月14日～4月26日)

個体番号	2月14日		4月10日		4月17日		4月26日		4月26日～採卵試験		
	BL mm	BW g	交尾栓	成熟段階	交尾栓	成熟段階	交尾栓	成熟段階	BL mm	BW g	採卵水槽番号
1	176	63	+	B	+	B	+	B	177	63.4	D
2	160	52	+	B	+	B	+	B			
3	160	54	標識脱落または死亡								
4	163	58	+	B	+	B	+	B			
5	179	77	+	D	+	B	+	B	185	74.1	B
6	168	71	+	D	+	C	+	C			
7	163	63	標識脱落または死亡								
8	164	64	+	B	+	B	+	B			
9	159	59	+	B	+	B	+	B			
10	152	52	+	D	+	D	-	D			
11	156	52	+	B	+	B	+	B	159	50.8	E
12	158	52	+	D	+	D	-	C			
13	156	54	+	C	+	B	+	C			
14	160	58	+	D	+	D	-	D			
15	162	60	標識脱落または死亡								
16	175	76	+	B	+	B	+	B			
17	161	55	標識脱落または死亡								
18	165	60	+	C	+	B	+	B			
19	162	66	+	B	+	B	+	D			
20	169	65	+	D	+	D	-	C			
21	166	60	+	B	+	B	+	B	163	55.8	D
22	157	54	+	D	+	D	+	D			
23	169	68	+	C	+	C	+	C			
24	163	61	+	B	+	B	+	C			
25	154	50	+	B	+	B	+	B			
26	176	78	+	B	+	B	+	B			
27	157	56	+	B	+	B	+	B			
28	162	54	+	C	+	C	+	C			
29	155	58	+	C	+	D	-	D			
30	173	71	+	B	+	B	+	B	177	66.7	C
31	178	74	+	D	+	D	-	D			
32	162	62	+	B	+	B	+	B			
33	163	56	+	B	+	B	+	B			
34	169	70	+	B	+	B	+	B			
35	161	56	+	B	+	B	+	B			
36	175	71	+	B	+	B	+	B			
37	178	78	+	D	-	D	-	D			
38	157	55	+	B	+	D	-	D			
39	163	56	+	B	+	B	+	B			
40	181	77	+	B	+	C	-	D			
41	162	64	+	B	+	B	+	B			
42	164	65	欠測		+	B	+	B	167	61.9	E
43	177	75	+	B	+	B	-	D			
44	179	77	+	B	+	B	+	B	180	72.6	B
45	168	65	+	B	+	B	+	B			
46	172	59	+	B	+	B	+	B	172	64.2	A
47	162	55	+	B	+	B	+	C			
48	166	63	+	B	+	B	+	C			
49	141	38	+	D	+	D	+	D			
50	168	67	+	B	+	B	+	B	171	64.1	A
51	165	61	+	C	+	D	+	C			
52	156	50	+	D	+	C	+	D			
53	157	49	+	C	+	C	+	C			
54	151	47	+	B	+	B	+	B			
55	152	48	標識脱落または死亡								
56	167	62	+	B	+	B	+	B			
57	172	70	+	D	+	C	+	C			
58	172	70	+	B	+	B	+	B	176	65.3	C
59	168	67	+	B	+	B	+	B	171	61.8	F
60	176	70	標識脱落または死亡								
2月14日から4月10日の間に 標識が脱落した個体 (順不同)			+	D	+	B	+	B			
			+	D	+	C	-	D			
			+	B	-	D	+	D			
			+	D	+	D					
			+	B							

(注) 成熟段階は図3の判別基準による。

の採卵は水温上昇期の脱皮開始前の5月が最も可能性が高いと考えられた。

これらのことから2000年産の親養成では、まず1歳の初冬の脱皮終了時の交尾栓保有率の向上を意図して秋季から水槽収容密度を2倍変えた飼育を試みた。その結果、収容密度が高い方(収容時5.2尾/m²)の交尾栓保有率が高くなったが、交尾行動にとって適正な収容密度についてはさらに検討する必要がある。

採卵試験の結果、産卵した個体番号46の親エビは採卵試験に供した11尾のうち唯一、採卵試験飼育中に体重の増加がみられたことからこの間の成長状態(エビの活力、栄養状態等)が産卵に大きく影響したことが推察された。産卵量は少なかったものの、陸上水槽で人工種苗から一貫して配合飼料単独給餌で養成した親エビの産卵が認められ、稚エビまで成長したことから、この飼育方法で採卵が可能であることが証明された。また、水温下降期の脱皮終了時点から水温上昇期の脱皮開始時点までの水温管理による摂餌の促進が産卵量の増加と産卵率の向上の最低条件と考えられた。今後、本報告と同様な飼育条件下で同様な方法で実用化を図るためには、1歳の初冬の脱皮終了時点の交尾栓の保有率を高め、交尾栓を保有する雌だけを選別飼育して、冬季に脱皮しない程度の水温を保ちながら摂餌を促進する必要があると考えられた。

謝 辞

本研究の開始時点において、親クルマエビ養成方法および採卵方法等についてご教示いただいた(株)日本栽培漁業協会、百島事業場の宮島義和技術員(当時)に深謝いたします。また、種苗や親エビに関する情報をご提供いただいた(株)山口県栽培漁業公社の谷村利克研究員、また、飼育、測定作業等全般にわたりご協力いただいた内海研究部の職員の皆様に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Inouye, K., K. Yamano, N. Ikeda, T. Kimura, H. Nakano, K. Momoyama, J. Kobayashi and S. Miyajima (1996): The penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV), which causes penaeid acute viremia (PAV). *Fish Pathol.*, **31**, 39-45.
- 2) 宮島義和・松本 淳 (1996): 人工養成クルマエビを用いた生検法による採卵用親エビの成熟度判別と効率的な採卵方法. 栽培技研, **25** (1), 37-40.
- 3) 宮島義和 (1999): 暖海性甲殻類人工産卵技術開発. 平成9年度日本栽培漁業協会事業年報, 45-51.
- 4) 崎山一孝・虫明敬一・西岡豊弘 (2002): 素掘池を利用したPRDVフリー親クルマエビの養成. 栽培技研, **29**, 79-83.
- 5) 崎山一孝・宮島義和・足立純一 (2002): 素掘池において親養成したクルマエビの成長と生残. 栽培技研, **30**, 7-13.
- 6) 崎山一孝・宮島義和・足立純一 (2003): 素掘池で養成したクルマエビの成熟と産卵. 栽培技研, **30** (2), 49-53.

山口県榎野川河口域で採集されたカイガラアマノリ ： 2, 3 の性状と養殖試験

宮後富博*・安成 淳*

Porphyra tenuipedalis (Bangiales, Bangiaceae) collected at the estuary of
Fusinogawa River in Yamaguchi Prefecture : a few characteristics and cultivation trials

Tomihiko MIYAGO* and Jun YASUNARI*

山口県の中央部を流れる榎野川河口域において、赤色の強いアマノリ系とみられる葉体が地元漁業者により食用として採集されている。甘味が強く旨味も十分にあり、量的に確保できれば養殖の対象種としての可能性が考えられた。

平成9年度から13年度に現地調査を行い、生息状況や葉体の形状等また糸状体の状況の観察、また室内で糸状体培養を行った結果から、本種はカイガラアマノリ¹⁾ *Porphyra tenuipedalis* であると判明した。

カイガラアマノリは単胞子の放出が無く、基材等への付着がないため通常のアマノリ養殖方法では養殖はできない。よって、この種の特性を活かしたカキ殻糸状体植え込み方法等の養殖試験を行ったので、これらの結果について報告する。

I カイガラアマノリ生息域の環境と生育状況

1 方法

平成9年から13年の5年間、榎野川周防大橋付近を中心に生育域の確認や生育状況の調査を行い、また葉体を持ち帰り検鏡等を行った。

2 結果

本種の生息は、河口域の潮位0m付近でよく確認され、カキ殻等の貝殻上に付着しているか葉体で漂流しており、他の基質に付着している葉体は確認できなかった。また、葉体が付着生育していたアサリ殻を持ち帰り検鏡した結果、殻上に大量の微小葉体(1mm以下; 最大23,310個/cm²)の生育が確認できた。葉体の生長は1~2月期が最も良く最大葉長74cmの葉体が採

取できる等、色、生育とも良好であった。

生殖斑の形成は2月後半から確認でき、葉体の両縁沿いに形成されている。どの葉体も雌雄同体であったが、雄性細胞優先の雄系または雌性細胞優先の雌系とに分けられ、雄系は全体に黄色味を帯び、雌系は赤味を帯び、特に果胞子の形成部は赤味が強い。

雄斑：葉体の基部から2/3まで両縁沿いに約5mm幅で雄性細胞群の形成が見られ黄色を呈しているが、栄養細胞との境界は不明瞭である。また、雄斑が縁取っていない葉体では雌斑の中に島状に形成しているものも見られる。

雌斑：縁辺部から約15mmの範囲に形成されているが、先端部に多く基部より1/4位から葉先にかけて数カ所に塊状に広く分布する。雄斑の内側に混在することもある。

果胞子の大きさ：Lサイズ約24μm Sサイズ約12μm
(両サイズとも糸状体に発芽した)

不動精子の大きさ：約6μm

平成13年1月24日の調査時に採水を行い、塩分を測った。採水地点は、葉体の繁茂が最も良く確認できる場所である。採水時は最干潮時刻(潮位-30cm)であり、上流からの流水がみられる状況であったが、塩分は17で通常海水の約50%で完全な淡水にはなっていないかった。

* 現山口県栽培漁業公社 (Yamaguchi Prefectural Sea Farming Public Corporation)

II 糸状体培養および葉体発芽

1 方法

平成10年3月下旬に採集した葉体を用いて果胞子付けとフリー糸状体化を行った。糸状体培養は在来種と同様の方法で行った。

2 結果

(1)果胞子付け

胞子の穿入率は1.25% (400個/cm²→5個/cm²) と在来種よりもかなり低かった。生育は順調であり、糸状体の色が赤い以外には在来種と大きな差は見られなかった。5月には2-4mm/径で斑点状に生育した。斑点の特徴は周辺部で色が濃く、中心部は薄い。これは、穿入後糸状体はほぼ放射状に主枝を発生し、伸長に伴って先端部で側枝を順次形成していく。主枝にはふくらみはなく直線状に伸長するが、側枝の枝分かれ部の大部分で赤味の強い袋状の肥大部(ふくらみ)が見られ、肥大部からさらに枝は線状に伸長している。主枝の伸長に伴い側枝が発生していくために、赤味の強い部分も縁辺部に拡大して行く傾向にあるためである。

(2)フリー糸状体

色はカキ殻糸状体と同様に赤色が強かったが、生育や形状等には特徴は認められなかった。300ml三角フラスコの通気培養では最大45細胞(460μm)の発芽体が確認された。1細胞の大きさは10×18μmであった。糸状体からプラントレット状に派生伸長しているものが多かった。

フリー糸状体を用いて秋にカキ殻に撒き付けを行ったところ、翌年の1月には発芽し葉体となった。このことは、通常カキ殻糸状体の培養において病害の発生に注意を払う必要のある梅雨や夏期を経過することなく培養ができること、また水槽の使用が短期間に制限される場合に、対応の可能性があることを示唆している。

またツボカビ菌の寄生については、糸状体は発芽葉体に比べて寄生が非常に少なく、1列葉体でも殆ど認められなかったが、葉体の大きいものほど寄生が多い傾向にあった。

(3)成熟および胞子放出

成熟促進を目的として、恒温槽を用いて短日低温処理(L-9hr, D-15hr, WT 18℃)を行い、無処理糸状体と比較したが効果は見られなかった。

8, 9, 10月に恒温槽内(L-12h, D-12h, WT 20℃)で放出試験を行ったが、胞子の放出は見られずカキ殻から直接発芽しているのを確認することができた。

表1 種の検索

(項目)	(「海苔の養殖品種」)	(山口湾自生種の観察結果)	(該当の有無)
全形	卵円形、楕円形、倒披針形	倒披針形から長楕円形となる	△
葉体の大きさ	倒披針形の葉体では 38x7cm 程度	倒披針形 37.5x10.7cm	○
ひだ	深いひだを少数または多数形成する。	成葉では深いひだが多い。	○
厚み	葉細胞: 30-40 μm	成葉: 40-50 μm	○
色彩	明るい赤味橙色または紫味赤	明るい赤色	○
顕微鏡観察曲状突起	無し	無し	○
葉細胞の形と配列	四角、多角、長方形、散石状	同左	○
根様系細胞	円筒状	円筒状	○
性型	雌雄同株	雌雄同株	○
雌雄斑	雄性先熟の傾向強く、雌雄斑は著しく細かく点状、混在して全縁辺部に沿ってできる	雄系の葉体と雌系の強い葉体がある。雌雄斑とも縁辺に形成されるが、雌雄斑は数力所に塊状での形成も見られ、雄斑が塊状に混在する葉体がある。	△
造葉器の分裂	♀ 16 (4x2x2)	未確認	—
造葉器の分裂	♂ 64 または 128 (4x4x16)	未確認	—
生育環境	内湾	河口域	○
着生水位	干潮線直下	潮位 0m 付近で生育が盛ん	○
着生基盤	貝殻だけに着生	貝殻(アサリ、カキ)上で着生生育する	○
生育時期	冬～春	1月下旬～3月	○

III 種の同定

本種について、調査ならびに検鏡結果等を参考に種の検索を行った。

「海苔の養殖品種²⁾」に記載されている各項目を表1のとおり比較した結果、若干の違いや確認の必要性がある項目があるが、糸状体が生育している貝殻から直接発芽するという最大の特徴がみられ、ウシケノリ目、ウシケノリ科に属するカイガラアマノリであると同定した。

IV 低塩分濃度での生育生長

カイガラアマノリは、塩分濃度の変化が大きい感潮域を中心に生息しているが、低塩分が生息生長にどのような影響を与えるかをみるために低塩分濃度での培養試験を行った。

1 方法

塩分濃度は、煮沸ろ過海水と再蒸留水を用いて、貝殻から発芽している微小葉体(一列葉体: 最大1-2mm, 平均0.5mm)とフリー糸状体は7, 14, 21, 27, 33に、またフリー糸状体からの発芽葉体は7, 10, 13, 16, 20に調整した。

培養容器: 100ml三角フラスコ

2 結果

各材料とも塩分濃度13-14以下で影響が現れ、5日目から糸状体はイタミが見られ、大きい葉体にも影響が見られた。14日目では色調に差が見られ初め、20日目では、糸状体、葉体とも生長が認めがたい状態になっていた。半鹹水程度では約2ヶ月間でも生長等に大きな影響は見られない結果となった。

V 養殖試験

1 方法

平成10～12年度に山口湾の河口域において、以下の方法で行った。

①垂下方法

カキ殻系状体を貝類飼育用ロープ筏から水深別に糸状体の連を垂下した。

②干潟直張り方法

干潟上に水平に縄や網を張りその縄や網にカキ殻系状体を結びつけて固定した。

③干潟埋め込み方法

カキ殻系状体を潮位0m付近のカイガラアマノリの生育域を中心に上流および下流域の3箇所に、カキ殻の表側を下流域に向け流失防止のため全体の1/2～2/3程度埋め込んだ。生育域は榎野川の周防大橋の北側に形成された中州の中央部にあり、潮位0m以下の箇所特に良くカイガラアマノリが確認できるところである。

各試験区ではカキ殻枚数100, 50, 25枚/m²の密度別試験を行った。

2 結果

①垂下方法

葉長15～30mm程度までの生長が見られたが、筏に垂下した分では葉体には食害と思われる切断部が多く見られ、葉体上にはヨコエビやワレカラが大量に棲息しカキ殻にはその棲管が密生し発芽を妨げていた。

②干潟直張り方法

干潟上に固定したカキ殻には砂泥が沈着して汚れが大きかったためか、葉体の生育がまばらで生長もよくないカキ殻が多く、また生長もまばらで最大で10cm平均で5cm程度であった。

③干潟埋め込み方法

各区とも比較的順調に生長したが、生育域での生長が最も良好であった。葉長は全体に天然に比べて短かった。また埋め込み密度による差は見られなかった。埋め込むことによって糸状体の一部は泥中に埋没した状態になるが、漁期後半でも泥中の糸状体の色調は良好であり、生存しているのが確認された。泥中の糸状体は試験期間中各試験区とも枯渇することなく赤紫色の色調を示し、また微少葉体の発芽しているのが確認され、泥中でも生息可能であることを示した。

なお、平成12年12月12日に埋め込んだカキ殻系状体を各試験区から、平成13年1月24日と2月9日に持ち帰ったカキ殻系状体を数日間冷蔵庫で保存後、室内の

実験台上のバットで培養を行った。照度は600～2000luxで温度は室温とした。培養水にはボルフィラコンコ液を1/20,000添加した。発芽葉体の測定は、埋没部を地上部との境界線から上中下の3段階に約1cmの間隔で分け、境界線にほぼ平行に15×4の低倍率で検鏡し発芽量の多い部分について、発芽体のうち10cell以下の小葉体を培養開始後の新規発芽体として計数して1cm²当たりの発芽体数を求めた。

その結果、それぞれ42日間、58日間の埋没期間を経っていたが、各試験区および各段階において埋没部全体で数十から1万個以上の数量の発芽葉体が確認できた。

VI カイガラアマノリの遊離アミノ酸組成

この種は、生、冷蔵、冷凍、乾燥のいずれにおいても甘味が非常に強い。この甘味は、地元漁民によれば、昔榎野川河口付近で盛んに行われていた支柱漁場で採集されていた養殖ノリの味を思い出させるとのことであった。甘味に関する成分として、遊離アミノ酸の分析を行った。試料は次の3種である。

①カイガラアマノリ冷蔵（榎野川河口域の生息地で平成13年2月9日に採集した葉体を軽く絞って冷蔵したもの）

②カイガラアマノリ冷凍（上記と同じ葉体を採集後脱水し天日乾燥したもの）

③スザビ系養殖ノリ冷蔵（冷凍保藏していた福岡県有明産の種網を、厚東川河口域の藤曲浦漁協の浮き流し漁場において養殖した2回目摘採葉体を、平成13年2月7日に内海研究部に持ち込み、2月9日まで水槽で培養したものを軽く絞って冷蔵したもの）

1 方法

分析は外海研究部において、2月14日に75%エタノールによって除蛋白をして行った。

2 結果

カイガラアマノリに含まれている主たる遊離アミノ酸はアラニン>グルタミン酸>タウリン>アスパラギン酸であるが、在来養殖アマノリと比較するとタウリンが少なく、アラニンが多いという結果になった（表2）。

アマノリの旨味はグルタミン酸、タウリン、アスパラギン酸の相互作用によるものと考えられているが、カイガラアマノリにも比較的多く含まれており、本種の旨味もそれらの作用によるものと思われる。

表2 カイガラアマノリに含まれる遊離アミノ酸

成分名	カイガラアマノリ冷蔵		カイガラアマノリ冷凍		スサビ系冷蔵	
	量(mg/100g)	割合(%)	量(mg/100g)	割合(%)	量(mg/100g)	割合(%)
ホスホセリン	12.14	0.5	14.52	0.3	65.93	1.9
タウリン	439.05	17.1	645.38	13.1	1,429.83	41.5
エタノールアミンリン酸	4.63	0.2	0.00	0.0	0.00	0.0
アスパラギン酸	91.64	3.6	274.03	5.5	284.49	8.3
4-ヒドロキシ-プロリン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
トレオニン	15.62	0.6	26.86	0.5	72.75	2.1
セリン	0.00	0.0	49.45	1.0	13.37	0.4
グルタミン酸	472.75	18.4	1,032.79	20.9	348.17	8.3
サルコシン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
アミノアジピン酸	58.12	2.3	18.96	0.4	77.91	2.3
プロリン	3.77	0.1	15.80	0.3	14.65	0.4
グリシン	12.31	0.5	22.08	0.4	15.28	0.4
アラニン	1,448.81	56.5	2,790.61	56.5	773.02	22.4
シトルリン	0.00	0.0	5.15	0.1	93.61	2.7
α-アミノ酪氨酸	0.00	0.0	2.02	0.0	23.62	0.7
バリン	0.00	0.0	10.34	0.2	47.69	1.4
シスチン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
メチオニン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
イソロイシン	0.00	0.0	6.43	0.1	13.35	0.4
シスタチニン	0.00	0.0	4.36	0.1	0.00	0.0
ロイシン	0.00	0.0	2.57	0.1	46.73	1.4
チロシン	5.94	0.2	5.33	0.1	13.82	0.4
フェニルアラニン	0.00	0.0	6.48	0.1	4.20	0.1
β-アラニン	0.00	0.0	0.87	0.0	29.47	0.9
β-アミノイソ酪氨酸	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
γ-アミノ酪氨酸	0.00	0.0	0.00	0.0	15.74	0.5
ヒスチジン	0.00	0.0	1.52	0.0	15.79	0.5
3-メチルヒスチジン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
1-メチルヒスチジン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
カルノシン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
アンセリン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
ヒドロキシリジン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
オルニチン	0.00	0.0	1.30	0.0	6.73	0.2
リジン	0.00	0.0	4.30	0.1	40.92	1.2
アルギニン	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
合計	2,564.78	100.0	4,941.16	100.0	3,447.08	100.0

考 察

調査研究対象域において地元漁民の間で食用とされているアマノリ系の藻類が、カイガラアマノリであることが判明した。該当干潟では以前から各種の調査が山口県内海水産試験場によって実施され報告されているが、本種については全く記載されていない。絶滅危惧種³⁾にあげられるほど希少な種類となっている本種が、最近になって食用に利用できるほどの量の生育が確認される様な状況がなぜ発生したのかは不明である。

果胞子付けを行い糸状体培養を行ったが、撒き付け量に対する穿入率が低く単位当たりの穿入数がかなり低くなった。しかし、糸状体の繁茂が良好であり胞子嚢からの葉体の生長が良く、カキ殻上に過密状態になるほどの発芽を為した。また、泥中に埋め込んだ糸状

体がかなり長い期間生存しているのが確認された。これらのことから、アサリの殻のような小型で波浪等の影響で簡単に移動し埋没する貝殻でも、少量穿入した果胞子で十分継代を行うことができる強さを有していると考えられる。

本種は甘味と旨味が強く、本来のアマノリ系の特徴を強く有しており、食用としての可能性は十分にあると考えらる。養殖試験では、カキ殻糸状体の埋め込みによる手法が最善であった。しかしながら、この方法では施設の設置場所が潮位0 m付近と限定され、採集についても大潮の干潮時以外は非常に困難である。そのため、普及性があり一定の収穫量があるような市場性を持つようになるには、方法の改良や開発をする必要があると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、適切な御助言また各種試験での御指導御協力を頂いた元内海栽培漁業センター所長河本良彦氏に対して心からのお礼を申し上げる。また、冬季夜間の現地調査において惜しめない協力を頂いた内海研究部の松野進専門研究員、金井大成、原川泰弘、河村和寛各養殖員の4氏に対してこの場を借りて感謝の気持ちを表したい。また忙しい中、アミノ酸分析を引き受けていただいた元外海研究部白木義彦専門研究員に対してもお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Miura, A (1961): A new species of *Porphyra* and its *conchocelis*-phase in nature. *Journal of the Tokyo University of Fisheries*, **47**, 305-311.
- 2) 三浦昭雄 (1971); 海苔の養殖品種 第1表 養殖海苔の分類学的特徴 全国海苔貝類漁業協同組合連合会.
- 3) 能登谷正浩編 (2000); 海苔の生物学 P11他 成山堂書店.

クルマエビ受精卵のヨード消毒によるPAVの予防

桃山和夫・谷村利克*

Prevention of vertical transmission of PAV in juvenile production of the kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*, by disinfection of spawned eggs with povidone-iodine

Kazuo MOMOYAMA and Toshikatu TANIMURA*

Penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV, the causative virus of penaeid acute viremia ; PAV, equivalent to white spot syndrome ; WSS) was inactivated by contact with povidone-iodine of 5 or 2.5 ppm for 0.2 min, 1 ppm for 2 min, respectively. When fertilized eggs of *Penaeus japonicus* were contacted with 5 ppm povidone-iodine for 25 min at 22.1°C, 20-30% decreased in hatching rate compared to no-treated eggs. Consumption rates of povidone-iodine in the sea water containing 5 g of eggs/L at 1, 2.5 and 5 ppm for 5 min were about 100, 60 and 20%, respectively. From these results, disinfection of spawned eggs with 5 ppm povidone-iodine for 5 min was proposed for prevention of vertical transmission of PRDV in juvenile production of *P. japonicus*. Outbreak of PAV at Yamaguchi Naikai Sea Farming Center occurred in 6 out of 101 juvenile production tanks used from 1994 to 1999, when spawned eggs were washed with only UV-irradiated sea water for preventing PAV. While the disease did not occur in 52 tanks used from 1999 to 2003, when the above proposed countermeasure was practiced after washing eggs, indicating the effectiveness of disinfection of spawned eggs with povidone-iodine for preventing PAV.

Key words : shrimp virus, PAV, PRDV, WSS, prevention, povidone-iodine, *Penaeus japonicus*

1993年クルマエビ養殖用種苗とともに日本に持ち込まれた^{1, 2)}クルマエビ類の急性ウイルス血症³⁾(PAV ; penaeid acute viremia)はクルマエビ養殖に甚大な被害を与えているばかりでなく、クルマエビの種苗生産や中間育成過程においてもしばしば発生し、栽培漁業推進の大きな障害となっている⁴⁾。本症は日本以外ではWSS⁵⁾(white spot syndrome)と呼ばれており、現在では世界のほとんどのエビ主要養殖国に拡がり、エビ養殖の最も深刻な問題となっている⁶⁾。

クルマエビ種苗生産時のPAV発生に関しては、産卵に用いられる親エビからの垂直伝播の可能性が高いと考えられており、貯精囊のPCR検査によるPAVの原因ウイルスPRDV³⁾(penaeid rod-shaped DNA virus)フリー親エビの選別と、受精卵の有効ヨウ素5 ppm, 5分間の消毒による予防対策が提唱されて⁷⁾、多くの栽培漁業センター等で広く実施されている^{8, 9)}。

PCRによるPRDVフリー親エビの選別は理想的な予防方法とは考えられるものの、莫大な経費と相当な時間を要するうえに、産卵後にはPRDV保有率が增加する⁸⁾など選別の精度が充分高いとは言いきれず、必ずしもPAVの発生が完全に防止できているわけではない⁹⁾。年間約1,000~2,000尾の天然クルマエビを親エビとして使用している山口県内海栽培漁業センターにおいてはPCRによるPRDVフリー親エビの選別は実施困難であった。また、有効ヨウ素5 ppm, 5分間のPRDV不活化効果については未だ調べられていない。

Lo¹⁰⁾は成ウシエビの様々な組織について、*in-situ* hybridizationとTEMを用いてWSSVの検出を試みている。この報告によれば、精巣ではWSSVは結合組織には認められたが精細胞には認められず、また、卵巣では未熟な卵母細胞には認められたものの成熟卵細胞には認められなかったという。成熟卵細胞にWSSVが

* 山口県内海栽培漁業センター (Yamaguchi Naikai Sea Farming Center)

認められなかった理由については、WSSVの感染により未熟卵母細胞が死ぬためであろうと推測し、WSSVの親から卵を介しての垂直伝播の可能性に対しては否定的見解を示している。また、一方、WSSVは産卵中に親エビから環境水中へ放出され、発育中の幼生がそのウイルスに感染する可能性は考えられるので、卵またはノウブリウスは感染の機会を最少とするために清浄海水で洗浄することをすすめている。もし、彼らの推測が正しいとするならば、水産庁研究部研究課「くるまえび養殖における防疫対策の徹底について」（都道府県水産主務課長宛通知，平成7年1月30日）を基に実施している洗卵過程に消毒剤が併用できれば更に有効であると考えられる。

消毒剤によるクルマエビの受精卵またはノウブリウスの消毒を行うためにはPRDVを不活化するのに必要な消毒剤の濃度および時間がこれらに毒性を及ぼさないことが必須の条件である。消毒剤の不活化効果および受精卵に対する毒性については、それぞれ、中野ら¹¹⁾および桃山¹²⁾の報告がある。ノウブリウスは消毒剤に対して抵抗性が極めて低いが、受精卵については先の条件を満たす消毒剤としてヨード剤および逆性石けんの2剤があげられる。我々は、魚毒性が比較的強く、ニジマスのIHNの予防に広く実用化されているヨード剤について、更に詳細なPRDV不活化濃度と時間、クルマエビ受精卵量と有効成分減衰との関係等を調べるとともに、実際の生産現場に応用して有効と判断される結果が得られたので報告する。

材料と方法

ポビドンヨードのPRDV不活化効果

中野ら¹¹⁾にほぼ準じた。

不活化処理方法 実験感染クルマエビのホモジネート濾液（ウイルス原液， $10^{9.1}$ LD₅₀/g 体重， -80°C 凍結保存）を 10^{-4} に希釈し， 25°C の温度条件下で所定濃度のヨード剤（イソジン，有効ヨウ素1%含有）に所定時間作用後，必要量のチオ硫酸ナトリウム溶液を加えて中和し作用を停止させた。

なお，ウイルス液中に含まれる有機物による有効ヨウ素の消費量は，ウイルス原液を 10^{-4} に希釈することによって5%以下に低減することができた（Table 1）。

不活化効果の判定方法 平均体重0.7gの健康なクルマエビ7尾の腹部筋肉に不活化処理をしたウイルス液を0.05 mL/尾注射し， 25°C の恒温室で3～4日間飼育した。試験終了時の生残個体について，胃または頭胸甲鰓蓋部を検査部位とした暗視野顕微鏡診断法¹³⁾によりウイルス感染核が観察できなかった場合を不活化効果ありと判定した。

ポビドンヨードのクルマエビ受精卵に対する毒性

作用方法 5 ppmの有効ヨウ素を含有する海水1 Lに桑実胚期のクルマエビ受精卵を，それぞれ，1，5 g収容して，軽く攪拌しながら 22.1°C で25分間作用後，ネットに捕集して清浄海水で洗浄した。

毒性判定方法 受精卵100粒の1夜後の孵化率を対照と比較した。

クルマエビ受精卵のポビドンヨード消毒時の有効ヨウ素の減衰

海水2 Lを入れたビーカーに桑実胚期のクルマエビ受精卵をそれぞれ，0，2，10 g収容し，有効ヨウ素が約1，2.5，5 ppmとなるようポビドンヨードを添加後，ガラス棒で軽く攪拌しながら所定時間毎に試水の一部を採取してヨウ素滴定法により有効ヨウ素の減衰状況を調べた。

Table 1. Consumption of povidone-iodine in the sea water by organic substances in the virus suspension ^{*1} at 24.8°C .

Dilution ^{*2} of the virus suspension	Elapsed time (min)					
	0.1		5		10	
	Iodine ^{*3} (ppm)	Consumption (%)	Iodine (ppm)	Consumption (%)	Iodine (ppm)	Consumption (%)
10^{-3}	3.30	21.2	2.36	42.6		
10^{-4}	4.04	3.6	3.93	4.4	3.68	1.3
Blank	4.19		4.11		3.73	

^{*1} Filtered homogenate of experimentally infected *P. japonicus* with PRDV was used as the virus suspension ($10^{9.1}$ LD₅₀/g BW).

^{*2} The virus suspension was diluted with sea water.

^{*3} Active iodine was analyzed by iodometric titration.

ポビドンヨード消毒法の大量種苗生産への応用

消毒時の有効ヨウ素濃度の変化

山口県内海栽培漁業センターでは、1999年の後半からクルマエビ受精卵のポビドンヨードによる消毒を以下の手順により実施している (Fig. 1)。予め、採卵場所をヨード貯水槽に貯めておいた消毒液 (有効ヨウ素濃度 5 ppm) を流して消毒するとともに消毒槽に消毒液を貯める。次いで、目合い800 μm の上部ネットで糞等の粗大ゴミを除去し、目合い100 μm の受精卵回収ネットに捕集した受精卵をUV殺菌海水で軽く洗浄後、受精卵を回収ネットとともに消毒槽に浸漬する。直ちにヨード貯水槽から受精卵回収ネット内に受精卵が消毒液に均一に触れるように消毒液を約30 L/分の流量で5分間添加する。受精卵をUV海水で洗浄し飼育水槽に収容する。

ヨード貯水槽、消毒槽、受精卵回収ネット内の有効ヨウ素の残留状況を経時的にヨウ素滴定法により調べた。

ヨード消毒実施の有無とPAV発生状況

山口県内海栽培漁業センターにおいてはPAV予防対策として1994～1999年までは受精卵のUV殺菌濾過海水による洗浄を行い、1999年の後半からは受精卵の洗浄過程にポビドンヨード 5 ppm 5分間の消毒を加えている。また、クルマエビ幼生はPRDVに抵抗性であるため¹⁴⁾、種苗の出荷に際しては出荷直前のポストローバ後期にPRDV保有の有無をPCRにより調べるこ

としていた。

1994～2003年までの同センターにおける産卵回数、孵化率、PAV発生状況等を飼育台帳により調べた。

結 果

ポビドンヨードのPRDV不活化効果

PRDVは有効ヨウ素濃度が2.5ppm以上の場合には0.2分以内に、1.0ppmの場合には2分以内にそれぞれ、不活化された (Table 2)。

ポビドンヨードのクルマエビ受精卵に対する毒性

消毒液 1 L中に収容したクルマエビ受精卵量が1および5 gの翌日のノウブリウスへの孵化率はヨード剤と接触させなかった対照と比較して、それぞれ、35.3, 23.9%低下し、22.1℃、25分間の接触ではヨード剤の毒性が認められた (Table 3)。収容受精卵量が少ない方がふ化率の低下が大きかった理由については、以下の実験結果で明らかなように有効ヨウ素の消費が少なく、従って、消毒液中の有効ヨウ素濃度が高く維持されたためと考えられる。

クルマエビ受精卵のポビドンヨード消毒時の有効ヨウ素の減衰

有効ヨウ素は受精卵収容直後程減衰が大きく、また、収容した受精卵の量が多い程速やかに消費された (Fig. 2)。受精卵量が1 g/Lの場合、初期濃度が5および2.5ppmでは20分後においても減衰率は50%以下であったが、1 ppmでは20分後には100%の減衰率となった。一方、受精卵量が5 g/Lの場合、初期有効ヨウ素濃度が5および2.5ppmでは20分後の減衰率はそれぞれ、約40および100%であり、1 ppmでは5分後には100%となった。

ポビドンヨード消毒法の大量種苗生産への応用

消毒時の有効ヨウ素濃度の変化

産卵量が少なく回収ネット内の受精卵量が0.39g/Lであった事例Ⅰにおいては、消毒開始直後に有効ヨウ素濃度は2.91ppmまで低下したが、消毒液の13L/分の添加によりその後徐々に増加し、消毒終了時の5分後まで3 ppm以上を維持した (Table 4)。山口県内海栽培漁業センターにおける平均産卵量とほぼ同量の受精卵が得られ、回収ネット内の受精卵量が4.87g/Lであった事例Ⅱでは、消毒液添加量を事例Ⅰの2倍以上としたにもかかわらず、有効ヨウ素濃度は2.5分後まで減少を続けた。しかし、2 ppm以下に低下することはなかった。

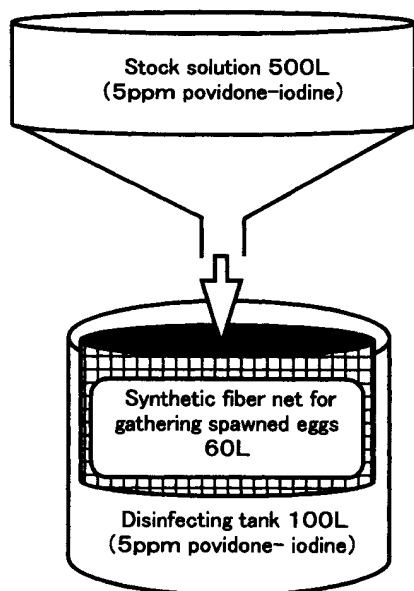


Fig.1. Procedure of disinfecting spawned eggs of *Penaeus japonicus* with 5 ppm povidone-iodine for 5 minutes practiced at Yamaguchi Naikai Sea Farming Center.

Table 2. Inactivation^{*1} of PRDV by povidone-iodine.

Active iodine (ppm)	Exposure time (min)					
	0.2	0.5	1	2	5	10
	Number of shrimp infected ^{*2} / number examined					
5.0	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	
2.5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	
1.0	5/5	4/4	4/5	0/5	0/5	0/5
0			4/4			

*1 Virus suspension (diluted to 10^{-4} with sea water, $10^{5.1}$ LD₅₀/g BW) was contacted with povidone-iodine at 25°C.

*2 Three to four days post-inoculation, challenged juvenile *P. japonicus* was diagnosed by dark-field microscopy according to Momoyama *et al*¹³⁾.

Table 3. Toxicity^{*1} of povidone-iodine to fertilized eggs of *P. japonicus*.

Active iodine (ppm)	Fertilized eggs ^{*2} (g/L sea water)	Number of eggs	Number of hatched-out nauplii				Decreased rates (%)
			1	2	3	Mean	
5	1	100	70	56	50	58.7	35.3
5	5	100	77	68	62	69.0	23.9
0(control)	5	100	88	98	86	90.7	0.0

*1 Fertilized eggs were contacted with povidone-iodine for 25 minutes at 22.1°C.

*2 One gram of fertilized egg contained about 53,000 eggs.

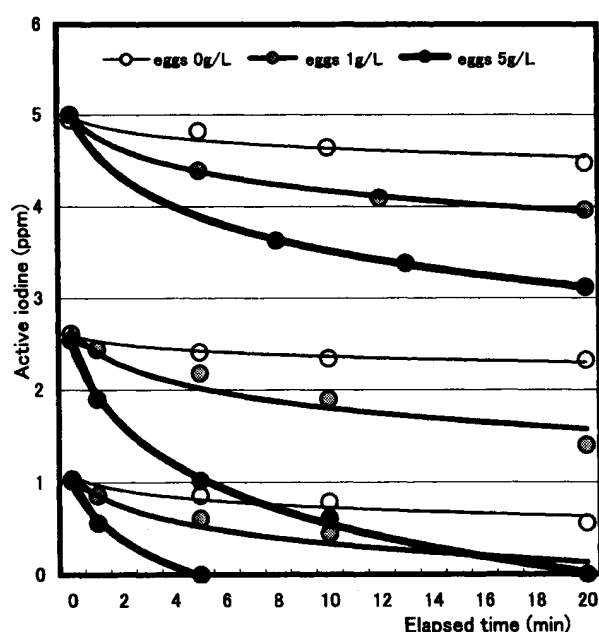


Fig.2. Decrease of povidone-iodine in the sea water containing different quantities of spawned eggs.

ヨード消毒実施の有無とPAV発生状況

山口県内海栽培漁業センターにおいてPAV予防対策として受精卵のUV殺菌海水による洗浄のみを行っていた1994～1999年の間、途中真菌症等の発生がなくクルマエビ稚仔が廃棄されずに出荷サイズまで飼育された生産タンク数は延べ101槽であり、当施設内、または、出荷後中間育成場においてPAVが発生したもののうち疫学的に山口県内海栽培漁業センターで既にクルマエビ稚仔がPRDVに感染していたと考えられる生産タンク数の合計は6槽であった。一方、ポビドンヨードによる受精卵の消毒を行っている1999年後半から2003年の間、出荷サイズまで飼育された生産タンク数は延べ52槽で、これらの水槽ではPAVの発生は認められなかった。各生産年度毎の平均ふ化率は、ポビドンヨード消毒前後で、それぞれ、53.0～67.6%と50.9～57.7%であり、ポビドンヨード消毒実施後若干低下した。

Table 4. Changes of povidone-iodine during the disinfection of spawned eggs in large scale production of juvenile *P. japonicus* practiced at Yamaguchi Naikai Sea Farming Center.

Case	Spawned eggs (g/L)	Disinfecting solution supply (L/min)	W.T. (°C)	Sampling point *	Elapsed time (min)				
					0	0.1	0.5	2.5	5
					Active iodine (ppm)				
I	0.39	13	23.6	Stock solution	4.56				4.56
				Disinfecting tank	3.45				3.27
				Egg gathering net		2.91	3.15	3.60	3.65
II	4.87	28	26.8	Stock solution	4.54				3.81
				Disinfecting tank	3.88				2.33
				Egg gathering net		3.17	2.13	2.08	2.28

* Shown in Fig. 1.

考 察

PRDVはヨード剤には抵抗性が小さく、2.5ppmでは0.2分以内に、1.0ppmでは2分以内に不活化された。一方、クルマエビ受精卵は有効ヨウ素5ppm 25分では明らかに毒性が現れた。桃山¹²⁾と今回の実験における対照区のふ化率はそれぞれ、53および90.7%で卵質にはかなりの差があるが、卵質の違いによるヨード剤の毒性の現れ方にはそれほど大きな差はないと考えられた。クルマエビ受精卵は5ppm 10分ではふ化率の低下は認められないが、5ppm 20分、10ppm 5分では低下が認められている¹²⁾。消毒剤の使用濃度を決定する場合、対象動物に及ぼす毒性ができるだけ小さく、かつ、対象病原体を不活化するのに十分な濃度が消毒実施中に維持されていることが必要である。ポビドンヨードは化学的に不安定で海水中に含まれる有機物、日光等により時間の経過とともに比較的速やかに減少する。今回の実験では海水1L中に5gの受精卵を収容した場合5分後には、初期有効ヨウ素濃度が1ppmでは0ppmに、2.5ppmでは1ppm以下に低下した。クルマエビ受精卵1gは約5.3万粒の卵に相当する。山口県内海栽培漁業センターにおける1994～2003年の各採卵毎の平均産卵数はおおよそ700～1,500万粒であり、1995年の1例(5,730万粒)を除けば、最大約3,600万粒以下であった(Table 5)。同所で使用している受精卵回収ネットの容積が約60Lであることから、通常、海水1L当たりの受精卵収容数は約2.2～4.7g、最大11.3gと推定される。種苗生産現場においては回収ネット内の受精卵を海水で洗浄する際、産卵後に発生する粘液様物質等により¹⁵⁾ ネットの目詰まりが起こることをしばしば経験しており、回収ネット内の受精卵収容密度や有機物等の含有量は各採卵毎に相当差のあることが想像される。例えば消毒液を連続的に添加するに

せよ、初期有効ヨウ素濃度は受精卵に毒性を示さない範囲である程度高く設定しておくことが必要であろう。これらのことを考慮すると、クルマエビ受精卵のポビドンヨードによる消毒は有効ヨウ素5ppm 5分が適当と考えられる。

山口県内海栽培漁業センターにおけるPAVの発生は、予防対策として受精卵のポビドンヨードによる消毒が実施されていなかった1994～1999年の5年間では合計101の生産タンクのうち6槽で認められているのに対して、1999年の後半から2003年の5年間では合計52の生産タンクが使用されていたがPAVは全く発生しなかった。これは大量生産においても受精卵のポビドンヨード5ppm 5分の消毒がPAVの予防に有効であることを示している。ただし、先にも述べたようにポビドンヨードは化学的に不安定で、山口県内海栽培漁業センターにおける有効ヨウ素濃度の実測値は設定濃度より低いことがあったり、消毒液調整後比較的短時間でかなり減少したことがあった。また、1995年の1例のように、時によっては予想をはるかに超える産卵量が得られることもある。消毒液濃度の正確な調整、および、消毒液と受精卵がよく接触するような消毒液の添加方法や添加量について注意する必要がある。なお、ヨード消毒実施前後で年間の平均ふ化率は約10%低下しているが、全国の栽培漁業センターにおける平成7、8、9年度の各平均ふ化率44.8、51.1、62.5%^{*}と比較してそれほど低いわけではない。クルマエビでは全国的にふ化率の低い年があり、例えば2000年がそのような年に当たっており、山口県内海栽培漁業センターにおける孵化率の低下がヨード消毒の影響によると即断するのは早計であると思われる。

緒言で述べたように、現在、PAVの予防対策としてクルマエビ受精卵のヨードによる消毒は全国の栽培

Table 5. Results of large scale production of juvenile *P. japonicus* at Yamaguchi Naikai Sea Farming Center from 1994 to 2003.

Year	Broodstocks		Treatment*2	Spawned eggs				Outbreak of PAV		Number of shipped juveniles ($\times 10^6$)
	Times*1 of introduction	Total number		Total number ($\times 10^6$)	Maximum number ($\times 10^6$)	Mean number ($\times 10^6$)	Mean hatching rate (%)	Yes	No	
								Number of rearing tanks		
1994	19	1,893	sea water	171.5	26.1	9.03	53.0	0	21	31.2
1995	14	2,865	sea water	184.5	57.3	13.18	61.4	3	16	27.9
1996	17	1,820	sea water	116.2	11.6	6.84	61.0	0	19	32.7
1997	13	1,800	sea water	132.3	23.1	10.18	59.8	1	14	28.3
1998	11	1,155	sea water	162.3	27.2	14.75	67.6	0	17	28.0
1999	11	1,500	sea water	134.6	35.8	12.24	58.9	2	14	24.3
	1	150	iodine	12.6	12.6	12.60	50.9	0	1	1.0
2000	8	1,172	iodine	75.9	16.1	9.49	51.4	0	10	21.2
2001	9	1,300	iodine	79.5	17.1	8.83	56.7	0	14	23.7
2002	8	1,140	iodine	108.6	26.0	13.58	51.5	0	13	23.3
2003	7	750	iodine	86.0	28.8	12.29	57.7	0	14	21.7

*1 Some broodstock groups were used for spawning 2 or 3 times.

*2 Spawned eggs were washed with UV-irradiated sand-filtered sea water or disinfected with 5 ppm povidone-iodine for 5 minutes.

漁業センターで広く実施されている。平成14年度西日本種苗生産機関連絡協議会甲殻類分科会資料によれば、参加14機関のほとんどにおいて、PCRによるPRDVフリー親エビの選別と、受精卵のヨード5 ppm 5分間の消毒の2つの予防方法が併用して実施されていた。特に、前者は山口県内海栽培漁業センターを除くすべての機関で実施されていた。また、その効果については、ヨード消毒未実施の1機関において出荷種苗のPCR検査でPRDV陽性個体が検出されただけで、有効と判断している機関が大部分であった。しかし、十分な予防効果を挙げるためには、①2つの予防方法を併用する必要がある、②ヨード消毒だけで充分である、という点については大部分の機関で両者が併用されているために判定は困難であった。先にも述べたとおり、PCRによるPRDVフリー親エビの選別はクルマエビ栽培漁業推進の極めて大きな負担となっている。受精卵のヨード消毒で十分な予防効果が得られるのであれば、クルマエビ種苗生産担当者は1つの重荷を下ろすことができる。どちらの要因が予防効果により大きな役割を果たしているかどうかについて早急に究明することが必要であろう。

最近の約10年間、栽培漁業推進のため全国の栽培漁業センターで種苗生産されている甲殻類は約16種でその数は合計約4億尾に上っている¹⁶⁾。Momoyamaら¹⁷⁾はそれら甲殻類のうち主要6種の若齢期の個体につい

てPRDVに対する感受性を調べ、クルマエビ、タイシヨウエビ、フトミゾエビおよびヨシエビは極めて感受性が高かったと報告している。日本においては種苗生産過程でPAVによる大量死が知られているのはクルマエビ⁵⁾とヨシエビ¹⁸⁾の2種のみであるが、中国におけるタイシヨウエビ養殖が壊滅的となっていることは周知のとおりである¹⁹⁾。PRDVの宿主範囲は極めて広く、天然クルマエビ²⁰⁾や瀬戸内海産小型エビ類²¹⁾、台湾周辺海域におけるエビ・カニ類²²⁾等沿岸域から採集される様々な甲殻類で検出されている。日本の栽培漁業対象甲殻類についてはクルマエビを除き天然個体のPRDV保有状況はほとんど調べられていないが、これら報告書のPRDV検出状況から推測して、種苗生産に用いられている天然の親エビ・カニがPRDVを保有していることは充分考えられ、今後PAVの発生による被害の生じることが懸念される。PRDV高感受性種については受精卵のポビドンヨードによる消毒等PAV予防対策について検討すべきであろう。

謝 辞

本研究費の一部は水産庁魚病対策技術開発研究委託費によったことを付記して感謝します。

* 日本栽培漁業協会 (1998)：種苗生産に用いるクルマエビ親エビの入手、採卵状況 (平成7 - 9年度)、協会研究資料, No.74

引用文献

- 1) 中野平二・河邊 博・梅沢 敏・桃山和夫・平岡三登里・井上 潔・大迫典久 (1994) : 1993年に西日本で発生した養殖クルマエビの大量死：発生状況および感染実験. 魚病研究, **29**, 135-139.
- 2) Takahashi, Y., T. Itami, M. Kondo, M. Maeda, R. Fujii, S. Tomonaga, K. Supamattaya and S. Boonyaratpalin (1994) : Electron microscopic evidence of bacilliform virus infection in kuruma shrimp (*Penaeus japonicus*). *Fish Pathol.*, **29**, 121-125.
- 3) Inouye, K., K. Yamano, N. Ikeda, T. Kimura, H. Nakano, K. Momoyama, J. Kobayashi and S. Miyajima (1996) : The penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV), which causes penaeid acute viremia (PAV). *Fish Pathol.*, **31**, 39-45.
- 4) 佐藤純・虫明敬一・森広一郎・有元 操・今泉圭之輔・西澤豊彦・室賀清邦 (1999) : クルマエビ種苗生産過程におけるPAVの発生状況. 魚病研究, **34**, 33-38.
- 5) Lightner, D. V. (Ed) (1996) : Handbook of pathology and diagnostic procedures for diseases of penaeid shrimp. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, Section, 3. 11.
- 6) OIE Home page (2003) : Manual of diagnostic tests for aquatic animals (2003). Health standards, Aquatic animals, Manual, Aquatic manual, Part 4, Section 4.1, Chapter 4.1.2, White spot disease.
- 7) 虫明敬一・有元 操 (1998) : クルマエビのPAVに関する防除対策. 総特集 魚類防疫 魚病と人間の関わり, 海洋, 号外14, 186-188.
- 8) Mushiake, K., K. Shimizu, J. Satoh, K. Mori, M. Arimoto, S. Ohsumi and K. Imaizumi (1999) : Control of penaeid acute viremia (PAV) in *Penaeus japonicus* : selection of eggs based on the PCR detection of the causative virus (PRDV) from receptaculum seminis of spawned broodstock. *Fish Pathol.*, **34**, 203-207.
- 9) 佐藤 純・虫明敬一・森広一郎・有元 操・今泉圭之輔 (2003) : 種苗生産過程におけるクルマエビの急性ウイルス血症 (PAV) の防除対策. 栽培技研, **30**, 101-109.
- 10) Lo, C. F., C. H. Ho, C. H. Chen, K. F. Liu, Y. L. Chiu, P. Y. Yeh, S. E. Peng, H. C. Hsu, H. C. Liu, C. F. Chan, M. S. Su, C. H. Wang and G. H. Kou (1997) : Detection and tissue tropism of white spot syndrome baculovirus (WSBV) in captured brooders of *Penaeus monodon* with a special emphasis on reproductive organs. *Dis. Aquat. Org.*, **30**, 53-72.
- 11) 中野平二・平岡三登里・鮫島 守・木村武志・桃山和夫 (1998) : クルマエビ類の急性ウイルス血症 (PAV) の原因ウイルスPRDVの不活化. 魚病研究, **33**, 65-71.
- 12) 桃山和夫 (1988) : 数種消毒剤のクルマエビの受精卵およびノウブリウスに対する毒性. 山口県内海水産試験場報告, **18**, 50-54.
- 13) Momoyama, K., M. Hiraoka, K. Inouye, T. Kimura and H. Nakano (1995) : Diagnostic techniques of rod-shaped nuclear virus infection in the kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*. *Fish Pathol.*, **30**, 263-269.
- 14) Venegas, C. A., L. Nonaka, K. Mushiake, K. Shimizu, T. Nishizawa and K. Muroga (1999) : Pathogenicity of penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV) to kuruma prawn in different developmental stages. *Fish Pathol.*, **34**, 19-23.
- 15) 照屋和久・大角伸一・清水 健・有元 操 (2000) : クルマエビの産卵後に発生する粘液様物質の性状と採卵に及ぼす影響. 栽培技研, **28**, 7-11.
- 16) 日本栽培漁業協会 (2000) : 平成12年度 栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国). 150pp.
- 17) Momoyama, K., M. Hiraoka and C.A. Venegas (1999) : Pathogenicity of penaeid rod-shaped DNA virus (PRDV) to juveniles of six crustacean species. *Fish Pathol.*, **34**, 183-188.
- 18) Momoyama, K., M. Hiraoka, K. Inouye, T. Kimura, H. Nakano and M. Yasui (1997) : Mass mortalities in the production of juvenile greasyback shrimp, *Metapenaeus ensis*, caused by penaeid acute viremia (PAV). *Fish Pathol.*, **32**, 51-58.
- 19) Zhan, W., Y. Wang, J. L. Fryer, K. Yu, H. Fukuda and Q. Meng (1998) : White spot syndrome virus infection of cultured shrimp in China. *J. Aquat. Anim. Health*, **10**, 405-410.
- 20) 虫明敬一・有元 操・佐藤 純・森広一郎 (1998) : 天然クルマエビ成体からのPRDVの検出. 魚病研究, **33**, 503-509.
- 21) Momoyama, K. (2003) : Detection of white spot syndrome virus from small penaeid shrimp species caught in the western Seto Inland Sea. *Fish Pathol.*, **38**, 81-85.
- 22) Lo, C-F., C-H. Ho, S-E. Peng, C-H. Chen, H-C. Hsu, Y-L. Chiu, C-F. Chang, K-F. Liu, M-S. Su, C-H. Wang and G-H. Kou (1996) : White spot syndrome baculovirus (WSBV) detected in cultured and captured shrimp, crabs and other arthropods. *Dis. Aquat. Org.*, **27**, 215-225.

日本海山口県沖で漁獲されたクロマグロに寄生していた ディディモゾーン数種

桃山和夫・小林知吉

Didymozoid parasites found in the blue fin tuna, *Thunnus thynnus*,
caught in the coastal waters along Yamaguchi Prefecture in the Japan Sea

Kazuo MOMOYAMA and Tomokichi KOBAYASHI

Young blue fin tuna, *Thunnus thynnus*, caught with trolling lines in the coastal waters along Yamaguchi Prefecture in the Japan Sea was examined for didymozoid parasites in gills and digestive organs. Six species of didymozoid parasite, *Didymocystis wedli* from gill filaments, *D. semiglobularis* from epidermis of gill arch, *D. soleiformis* from bone tissue of gill arch, *Kollikeria* (*Wedlia*) *reniformis* from gill rakers, *Coeliotrema thynni* from pyloric coeca and *Wedlia orientalis* from stomach, were found. Host fish did not exhibit lower growth or lower coefficient of fatness due to the infection. *D. wedli* and *W. orientalis* may be better indicator species in speculating on the stocks and migration of the host fish by parasite prevalence, because of the high infection rates and easy demonstration of the parasites.

Key words : didymozoid parasite, blue fin tuna, *Thunnus thynnus*, indicator species

日本海山口県沖で漁獲されるクロマグロ *Thunnus thynnus* は大部分が 0⁺ ~ 1⁺ 歳 (10kg 未満) の銘柄 “よこわ” および 1⁺ ~ 2⁺ 歳 (10~20kg) の銘柄 “ひっさげ” であるが, 100kg 級の銘柄 “本まぐろ” も年間 10 尾程度水揚げされる。“よこわ” および “ひっさげ” の盛漁期は 10~12 月で主に曳き縄釣りで, “本まぐろ” の盛漁期 1~3 月で一本釣りで漁獲される。1990~2002 年の漁獲量は 21~371 トンの範囲で変動している。

筆者らは本種の資源・生態調査の一環として, 魚体を測定し, 消化管内容物を調べている過程で, 多くの個体で鰓や消化器官に吸虫類のディディモゾーン科 Didymozoidae に分類される数種の黄色い米粒状の寄生虫を発見した。ディディモゾーン科の寄生虫は一つのシストの中に雌雄同型または異型の一对の虫体が入っていることを特徴とし, これまでにまぐろ類, カツオ *Katsuwonus pelamis*, ブリ *Seriola quinqueradiata* 等で古くから発見されているが, 本邦での最近の研究

報告例は見当たらない。

天然魚類のある種の寄生虫では, その生息場所がある特定の水域に限られているものがあり, 資源・生態解明に役立っているものがある。例えば, マスノスケ *Oncorhynchus tshawytscha* の神経組織に寄生する粘液胞子虫 *Myxobolus arctis*¹⁾, サクラマス *Oncorhynchus masou masou* に寄生する粘液胞子虫 *M. arctis* と *M. neurobius*²⁾, 北海道オホーツク海沿岸のマガレイ *Pleuronectes herzensteinei* の鰓に寄生する甲殻類 *Haemobaphes diceraus*³⁾ 等, その寄生虫を調べることにより, 魚の回遊経路や系群の推定が行われている。ディディモゾーンについても, 南太平洋海域のビンナガ *Thunnus alalunga* では, 成長に伴って寄生状況に変化が生じていることから, 熱帯域へ産卵回遊することが推定されている⁴⁾。

今回, 筆者らは山口県日本海産クロマグロ (銘柄: よこわ) のディディモゾーン科寄生虫の寄生状況について調べたので得られた知見を報告する。

材料および方法

観察標本

1999年11月～2000年2月に日本海山口県萩市見島周辺海域で漁獲された平均全長48.6cm, 平均体重2.0kgのよこわ8尾について観察した。

観察方法

鰓および消化管について白色から黄色を呈する米粒状の嚢状のシストの有無を肉眼的に探索した。今回の検査では、鰓弁上皮（得られた寄生虫をType-GFと記す。以下同様）、鰓弓上皮（Type-GAE）、鰓弓骨（Type-GAB）、鰓把（Type-GR）、幽門垂（Type-PC）および胃（Type-S）の6ヶ所から6種類のディディモゾーンのシストが得られた。生鮮シストから注意深く虫体を取り出し、解剖顕微鏡や生物顕微鏡を用いて体各部の形態を観察するとともに大きさを測定した。口吸盤や咽頭等の細部については虫体をスライドグラスに取りカバーグラスを載せ圧偏して観察した。それぞれの種についてできるだけ大型のシスト2個ないし3個を選び、摘出した虫体を観察するようにしたが、なかにはシストの数が少なくてそのような選択ができなかった種もあった。生殖器官については精査しなかった。

同定方法

それぞれの虫体について観察した項目をIshii⁵⁾およびYamaguchi^{6, 7)}の記載と比較することにより種を同定した。

結 果

Type-GF (Table 1, Figs. 1-5)

シストはやや圧偏された卵形をしており、第一鰓弓鰓弁外側上部の表皮に最も高頻度で観察される。通常、寄生部位ではシストは数個～数十個程度が塊状を成している (Fig. 1)。未熟なシストは小さく無色透明に見えるが、成熟シストは大きさ2.0-2.5mmで、内部には黄色い屈曲する管が充満しているために全体として黄色を呈する (Fig. 2)。透明な薄膜のシスト内には雌雄同型で、上部両側から腕状の内側を向いた突出部を有するヒトの胃に似た形態の2尾の虫体が上下逆さまに抱き合うように入っている (Fig. 3)。口吸盤や咽頭のある体前部は極めて小さく、ゾウの鼻状を呈していて、ヒトの胃状の体後部内側の上端から少し下がった部分から突き出しており、わずかに動く (Fig. 3)。体後部の大部分を占める黄色の細い管 (Fig. 4) は卵巣、卵黄腺または子宮で、無数の卵を内蔵している。卵はそら豆状を呈する (Fig. 5)。本虫は宿主の種類、寄生部位、虫体の形態等から、*Didymocystis wedli* に同定された。なお、分類の重要なキーとされている口吸盤や咽頭等の大きさがIshii⁵⁾ およびYamaguchi⁶⁾ の記録に比較して2～3倍になっているが、これは恐らく観察標本調整時にカバーグラスで強く圧偏されて拡大されたことによると考えられる。

Table 1. Comparison of characteristics of didymozoid parasites between Type-GF and *Didymocystis wedli*.

Characteristics	Type-GF ^{*1}	<i>Didymocystis wedli</i> ^{*2}	<i>Didymocystis wedli</i> ^{*3}
Host	<i>Thunnus thynnus</i>	<i>Thunnus orientalis</i> etc	<i>Thynnus thynnus</i> etc
Habitat	epidermis of gill filament	epidermis of gill lamellae	gill
Cyst	Structure elongated oval	elongated oval	
	Size (mm) 1.0-2.5*0.5-2.0	2.0-3.0*0.5-1.0	
Worm	No in a cyst two: applied closely against each other with opposite extremities	two: two commas forming a vortex	two: applied closely against each other
	Sex hermaphroditic	hermaphroditic	hermaphroditic
Forebody	Structure elephant nose	elongate thread	slender
	Size (mm) 1.6*0.3	0.716*0.088-0.095	
	Oral sucker (μm) φ 60-80	elliptical 38-42*28	pear-shaped 27-45*21-34
	Pharynx (μm) φ 100	spherical φ 28-38	globular 24-36*24-33
Hindbody	Structure mammalian stomach, curved ventrad, bilobed at anterior end	mammalian stomach, two-lobed anterior end	mammalian stomach, curved ventrad, bilobed at anterior end
	Size (mm) 2.5	2.07-2.62*0.557 - 0.795(anterior)	
Egg	Structure kidney bean	broad bean	bean
	Size (μm) 20*12.5	17-19*11-12	18.4*10.5

*1: See Figs. 1-5.

*2: Ishii⁵⁾

*3: Yamaguchi⁶⁾

Table 2. Comparison of characteristics of didymozoid parasites between Type-GAE and *Didymocystis semiglobularis*.

Characteristics		Type-GAE* ¹	<i>Didymocystis semiglobularis</i> * ²
Host		<i>Thunnus thynnus</i>	<i>Thynnus orientalis</i> etc
Habitat		epidermis of gill arch	gill
Cyst	Structure	globular	globular
	Size (mm)	3.5-4.0	5.0
Worm	No in a cyst	two: contact with each other by the flattened side	two: contact with each other by the flattened side
	Sex	hermaphroditic	hermaphroditic
Forebody	Structure	elongate thread, slight swelling at anterior	elongate thread, slight swelling at anterior
	Size (mm)	1.3*0.15	1.11-1.27*0.098-0.218(anterior)
	Oral sucker (μm)	elliptical 100*70-80	elliptical 61-75*42-47
	Pharynx (μm)	elliptical 100*70-80	spherical φ 47-52
Hindbody	Structure	semiglobular	semiglobular
	Size (mm)	2.0-2.2	2.18-3.66*1.83-2.86
Egg	Structure	kidney bean	broad bean
	Size (μm)	17.5*12.5	16-19*9-12

*1: See Figs. 6&7.

*2: Ishii⁵⁾

Type-GAE (Table 2, Figs. 6&7)

シストは鰓弓の表皮部分に白い膨らみとして観察される (Fig. 6)。シスト内部には雌雄同型の一對の半球状の虫体 (Fig. 7) が平面部分で合し、全体として球形となるように入っている。前端部分がやや膨らんだひも状の体前部は体後部平面部分の上方部分から突き出している (Fig. 7)。これらの特徴から本虫は *D. semiglobularis* に同定された。ただし、今回計測した口吸盤や咽頭等の大きさは Ishii⁵⁾ の記録の約 2 倍あるが、これは前種同様標本調整時に圧偏されて拡張されたと考えられる。

Type-GAB (Table 3, Figs. 8&9)

本種は鰓弓の骨組織内に寄生しており、シストは肉眼的にはわずかに淡い黄色の斑点として観察される (Fig. 8)。雌雄同型の 2 尾の虫体は Type-GF と極めてよく似ているが (Fig. 9)、本種はサイズがやや小さいこと、Type-GF では口吸盤と咽頭の大きさがほぼ同じ大きさであるのに対して本種では口吸盤のほうが明らかに大きいこと、および、寄生局所が鰓弓骨組織であ

Table 3. Comparison of characteristics of didymozoid parasites between Type-GAB and *Didymocystis soleiformis*.

Characteristics		Type-GAB* ¹	<i>Didymocystis soleiformis</i> * ²
Host		<i>Thunnus thynnus</i>	<i>Thunnus orientalis</i> etc
Habitat		bone tissue of gill arch	bone tissue of gill arch and mouth cavity
Cyst	Structure	flattened oval	discoidal
	Size (mm)	1.2-1.5	1.0-2.0*0.3-0.5
Worm	No in a cyst	two: applied closely against each other with opposite extremities	two
	Sex	hermaphroditic	hermaphroditic
Forebody	Structure	elephant nose	elongate thread
	Size (mm)	0.15	0.88*0.064
	Oral sucker (μm)	elliptical 110*90	elliptical 28-52*24-38
	Pharynx (μm)	elliptical 80*60	globular φ 24-33
Hindbody	Structure	mammalian stomach, curved ventrad, bilobed at anterior end	horse-shoe or thick-U
	Size (mm)	1.3-1.4	1.59-2.23*0.48-0.64
Egg	Structure	kidney bean	broad bean
	Size (μm)	17.5*10.0	14*9

*1: See Figs. 8&9.

*2: Ishii⁵⁾

ることから Ishii⁵⁾ に従って *D. soleiformis* に同定した。口吸盤と咽頭の大きさは Ishii⁵⁾ の記録の約 2 倍であったが、それは前 2 種同様の原因によると考えられる。

Type-GR (Table 4, Figs. 10-12)

シストは鰓把の表皮部分に黄色い卵形の膨らみとして観察される (Fig. 10)。シスト内の虫体は雌雄異形で、雄は雌に比べはるかに小さい。雄の体後部は雌体後部の中央部分にあるくぼみに収容されているために、黄色い腎臓の形をした雌体後部から白い 2 本の杓子状の体前部が体外に突出しているように見える (Fig. 11)。雄体前部の頸部は短く、先端の膨らみには大きく明瞭な口吸盤があるが、咽頭を欠く (Fig. 12)。体後部は白く腎臓の形をしている。雌の体前部は雄のそれよりやや大きい。卵は他 5 種と比べてかなり大きい。これらの特徴から本虫は Ishii⁵⁾ に従って *Köllikeria (Wedlia) reniformis* に同定された。

Table 4. Comparison of characteristics of didymozoid parasites between Type-GR and *Köllikeria (Wedlia) reniformis*.

Characteristics	Type-GR* ¹	<i>Köllikeria (Wedlia) reniformis</i> * ²
Host	<i>Thunnus thynnus</i>	<i>Thunnus orientalis</i> etc
Habitat	epidermis of gill raker	periosteum of gill raker
Cyst	Structure oval Size (mm) ϕ 2	oval 2-4*2-3
Worm	No in a cyst size: ♀ $\gg$ ♂ ♂: lodged in ♀ Sex gonochoristic	two size: ♀ $\gg$ ♂ ♂: lodged in ♀ gonochoristic
♂Forebody	Structure thread, shallow scoop-like anterior Size (mm) 1.4*0.08 -0.45 (anterior) Oral sucker spherical (μ m) ϕ 210 Pharynx absent (μ m)	elongate clavate 2.08*0.48 -0.89 spherical ϕ 188-270 absent
♂Hindbody	Structure reniform Size (mm) 0.62*0.45	reniform 0.51*0.99
♀Forebody	Structure thread, shallow scoop-like anterior Size (mm) 1.25*0.10 -0.65 (anterior) Oral sucker spherical (μ m) ϕ 400-420 Pharynx absent	elongate clavate 2.63*0.48 -0.89(anterior) circular ϕ 280-480
♀Hindbody	Structure reniform Size (mm) 2.0	reniform 2.0-5.0*2.9-3.0
Egg	Structure kidney bean Size (μ m) 27.5*15.0	broad bean 27-30*15-18

*1: See Figs. 10-12.

*2: Ishii⁵⁾

Type-PC (Table 5, Figs. 13-16)

黄色い米粒状の細長いシスト（今回得られた6種のなかで最も大きい）は幽門垂の房の間に埋まっているように見える（Fig. 13）。各シスト内には長軸方向に1本の幽門垂が貫通している（Fig. 14）。シスト内の虫体は雌雄異形で、前種同様、雄は雌に比べはるかに小さい。雌の体後部は楕円形の座布団を2つに折り曲げたような形をしていて、その内側中央部分から雌雄の体前部が突き出している（Fig. 15）。雄の体全体が雌の体後部のくぼみに収容されていて、雌の体前部のみしか見えないことも多い。雌雄とも体前部はほぼ同型で、頸部は細長く、先端部分は膨らんで浅いしゃもじ状の形をしている（Fig. 16）。これらの特徴から本虫は*Coeliotrema thynnus*に同定された。

Table 5. Comparison of characteristics of didymozoid parasites between Type-PC and *Coeliotrema thynni*.

Characteristics	Type-PC* ¹	<i>Coeliotrema thynni</i> * ²
Host	<i>Thunnus thynnus</i>	<i>Thynnus thynnus</i>
Habitat	pyloric coeca	serosa of digestive tract
Cyst	Structure rice grain Size (mm) 6-7*2-2.5	
Worm	No in a cyst size: ♀ $\gg$ ♂ ♂: lodged in ♀ Sex gonochoristic	two size: ♀ $\gg$ ♂ ♂: enclosed in ♀ gonochoristic
♂Forebody	Structure thread, shallow scoop-like Size (mm) 2 Oral sucker (μ m) Pharynx (μ m)	slender neck, scoop-like 1.3-2.1*0.36 -0.53(anterior) spherical ϕ 67-98 elliptical 58-92*45-60
♂Hindbody	Structure reniform Size (mm) 1.5	reniform 1.4-2.8*0.4-1.2
♀Forebody	Structure thread, shallow scoop-like Size (mm) Oral sucker (μ m) Pharynx (μ m)	slender neck, scoop-like 2.0-2.5*0.36-0.56 spherical ϕ 78-120 barrel 80-130*58-90
♀Hindbody	Structure two-folded cushion Size (mm) 6-7*2-2.5 (when folded)	quadrangular plate (when unfolded) 4.3-7.1*3.3-5.9 (when unfolded)
Egg	Structure kidney bean Size (μ m) 20*12.5	bean 17-21*9-10

*1: See Figs. 13-16.

*2: Yamaguchi⁷⁾

Type-S (Table 6, Figs. 17-19)

本種は胃粘膜下組織に寄生しており、シストは胃の内外両面から黄色い斑点として観察される（Fig. 17）。虫体は雌雄異形で、雄の体後部は、ほぼ球形をした雌体後部のくぼみに収容されており、その部分から雌雄ほぼ同型の体前部が体外に突出している（Fig. 18）。体前部の頸部は細長く、先端部分はしゃもじ状に著しく扁平に膨らんでいる（Fig. 19）。これらの特徴から本虫は*Wedlia orientalis*に同定された。

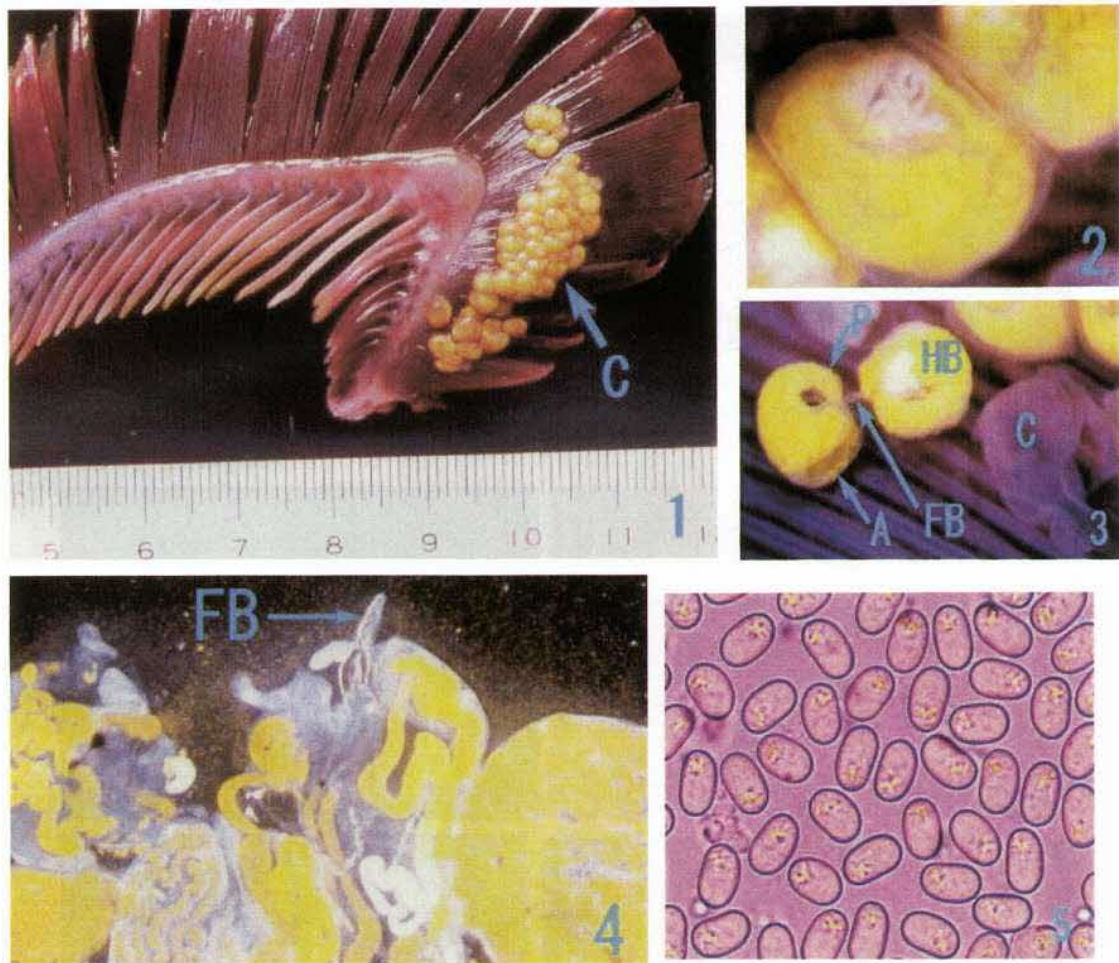


Fig.1-5. Type-GF (*Didymocystis wedli*). 1 : Cysts on the gill filament. 2 : Close-up of a cyst. 3 : Two hermaphroditic worms liberated from a cyst. 4 : A crushed worm showing more or less coiled slender tubes of ovary, vitelline gland and uterus, occupying major part of the hindbody. 5 : Kidney bean-shaped eggs.



Fig.6&7. Type-GAE (*Didymocystis semiglobularis*). 6 : Cysts in the epidermis of gill arch. Cysts of Type-GF and Type-GR are also seen in the picture. 7 : Two hermaphroditic worms from a cyst, protruding a slender forebody.

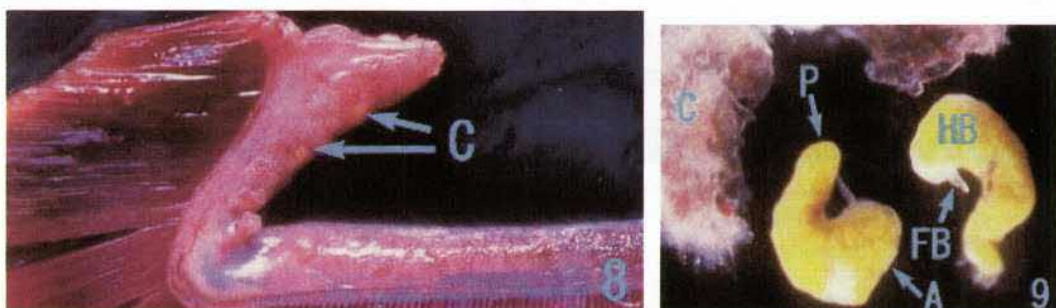


Fig.8&9. Type-GAB (*Didymocystis soleiformis*). 8 : Cysts in the bone tissue of gill arch. 9 : Two hermaphroditic worms from a cyst, resembling to those from Type-GF.

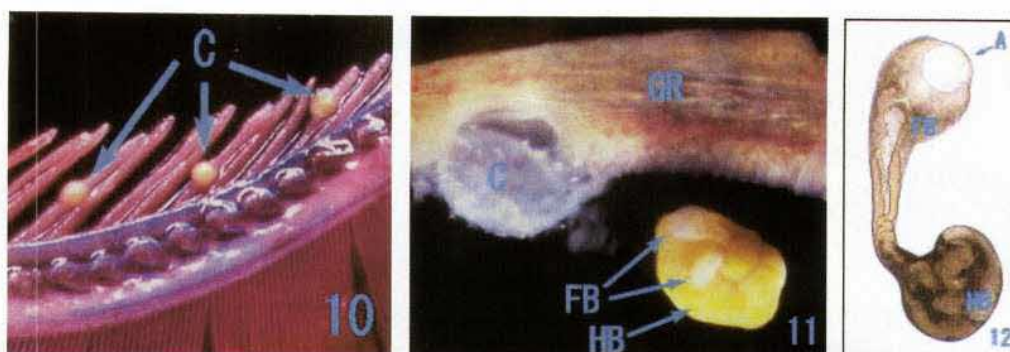


Fig.10-12.Type-GR (*Köllikeria (Wedlia) reniformis*). 10 : Cysts on the gill rakers. 11 : Two forebodies of a male and a female are protruding from a hollow of a reniform hindbody of a female. 12 : A male with a short clavate forebody and a reniform hindbody.

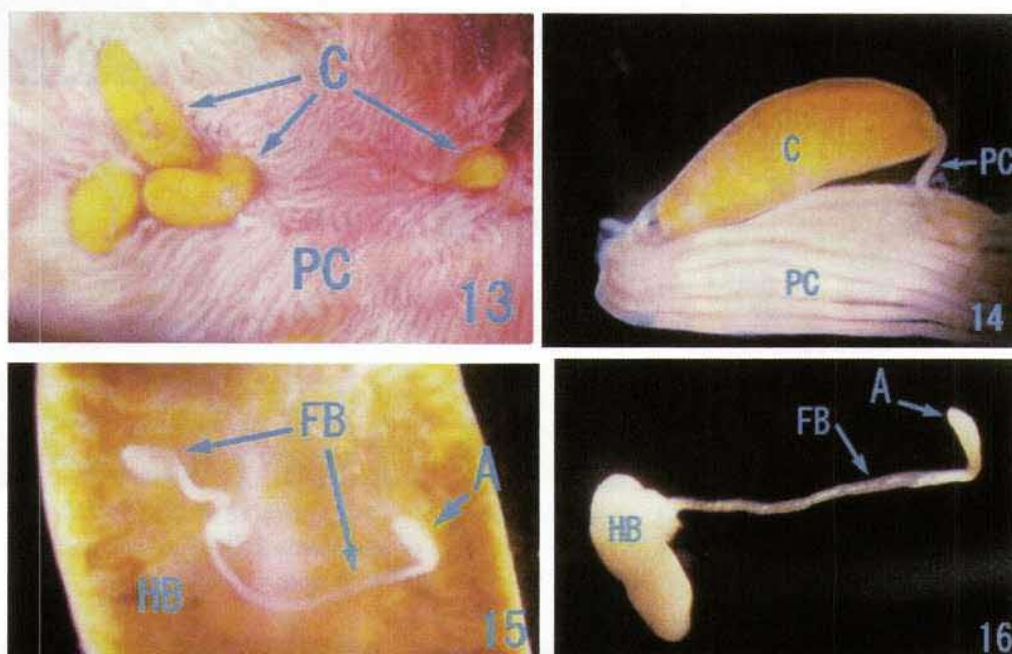


Fig.13-16.Type-PC (*Coeliotrema thynni*). 13 : Cysts in the pyloric coeca. 14 : A rice grain-like cyst encloses a pyloric coecum along the long axis. 15 : Unfolded inside of a female hindbody, showing the protruded two forebodies of a male and a female. 16 : A male with a long clavate forebody and a reniform hindbody.

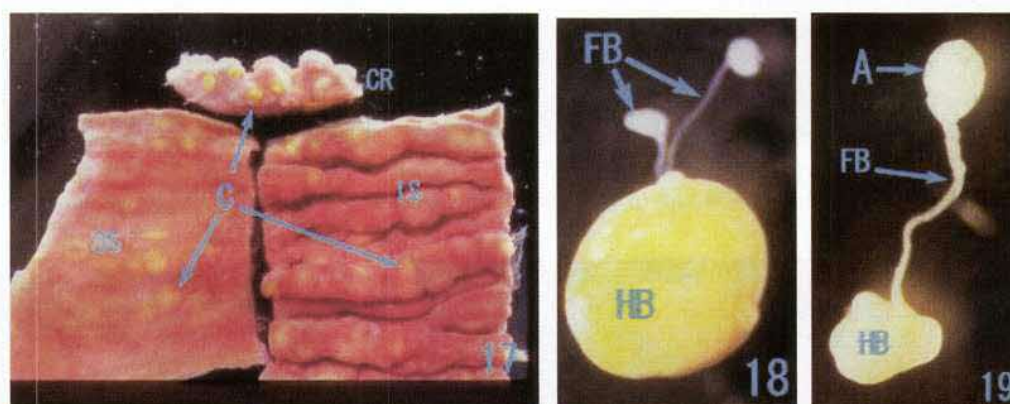


Fig.17-19.Type-S (*Wedlia orientalis*). 17 : Three sites, outside, inside and cross, of fragmentary stomach showing cysts. 18 : A large globular female protruding two forebodies of a male and a female. 19 : A male with a long clavate forebody and a reniform hindbody.

Abbreviations used in the figures.

A : anterior, C : cyst, CR : cross, FB : forebody, GR : gill raker, HB: hindbody, IS : inside, OS : outside, P : posterior, PC : pyloric coecum (a)

Table 6. Comparison of characteristics of didymozoid parasites between Type-S and *Wedlia orientalis*.

Characteristics		Type-S* ¹	<i>Wedlia orientalis</i> * ²
Host		<i>Thunnus thynnus</i>	<i>Thynnus thynnus</i>
Habitat		stomach	stomach, gill, anus
Cyst	Structure	globular	
	Size (mm)	1.5-2.8	≥ 1.0-2.0
Worm	No in a cyst	two size: ♀ > ♂ ♂: lodged in ♀	two size: ♀ > ♂ ♂: lodged in ♀
	Sex	gonochoristic	gonochoristic
♂ Forebody	Structure	thread, shallow scoop-like	broadened anterior, attenuated
	Size (mm)	1.5* -0.55(anterior)	1.6*0.11 -0.38(anterior)
	Oral sucker (μm)	spherical φ 130-140	elliptical 24-100*18-88
	Pharynx (μm)	spherical φ 70	spherical φ 60
♂ Hindbody	Structure	reniform	bean
	Size (mm)	1.3*0.5	
♀ Forebody	Structure	thread, shallow scoop-like	broadened anterior, attenuated
	Size (mm)	2.0* -0.45(anterior)	1.1*0.18
	Oral sucker (μm)	spherical φ 110	elliptical 34-110*28-110
	Pharynx (μm)	spherical φ 60	spherical φ 60
♀ Hindbody	Structure	globular	reniform
	Size (mm)	1.5-2.5	1.6*1.1
Egg	Structure	kidney bean	
	Size (μm)	17.5*12.5	15-17*9-11

*1: See Fig. 17-19.

*2: Yamaguchi⁽⁶⁾

考 察

Ishii⁽⁵⁾ は18種のディディモゾーン科の寄生虫を記録しているが(14種は鰓から発見), それらの寄生虫は寄生部位や様式, シストや虫体の外部形態等はそれぞれの種毎に変化に富んでいて大変特徴的である。今回の観察では, 一般的に吸虫類の分類の重要なキーとされている生殖器官については精査しなかったが, 発見された6種は比較的容易に種を決定することができた。ただし, *D. wedli* と *D. soleiformis* にそれぞれ同定したType-GFとType-GABについては, 寄生部位がそれぞれ鰓弁と鰓弓骨であることを除けば虫体の形態学的相違は小さかった。

筆者らとIshii⁽⁵⁾ およびYamaguchi⁽⁶⁾ の記録で最も異なった点は口吸盤と咽頭の大きさで, 種によっては2~3倍筆者らの計測値のほうが大きかった。その要因としては, 観察個体数が少ないことによる計測値の個体差, 虫の活力低下による弾力性の低下等も考えられるが, 詳細に観察しようとしたため標本調整時のカバ

ーガラスの過度の圧偏による虫体各部の拡大が最も大きかったと思われる, 体各部の大きさの測定に際しては注意する必要がある。

天然魚類の寄生虫は宿主に害作用を与えないことが多い。今回の検査でも多くの個体で複数種のディディモゾーンの同時寄生が認められ, Type-GF (*D. wedli*) やType-S (*W. orientalis*) では寄生率, 寄生強度(1宿主当りの寄生虫数)ともかなり高かった。しかし, ディディモゾーンの寄生強度とよこわの全長や肥満度等に関連はなく, 寄生局所には炎症等の宿主の反応は全く認められないことから, ディディモゾーンの寄生が宿主に与える負の影響はほとんどないものと考えられる。最近, 天然種苗を用いたクロマグロの養殖が行われ, 時折, 魚病検査の際に *D. wedli* が検出されてクロマグロの死亡との関係が問題にされることがあるが, 寄生強度がそれほど高くはないことから死因とは考えがたい。

寄生虫を水産資源・生態解明の指標として用いる場合, 寄生率の高さおよび寄生虫検出や材料入手の容易さは重要な要素であろう。今回得られた6種のディディモゾーンは種によって生活環が異なることが充分考えられ, 11~2月の特定の時期に漁獲された標本のデータだけで判断することには問題もあるが, 鰓弁上皮の *D. wedli* および胃の *W. orientalis* は寄生率, 寄生強度とも比較的高く, 検出も容易であることから指標種として適当である考えられた。

謝 辞

ディディモゾーンに関する文献の供与と虫体観察のご指導を頂いた東京大学小川和夫教授に感謝いたします。

引用文献

- 1) Urawa, S. and K. Nagasawa (1995): Prevalence of *Myxobolus arctics* (Myxozoa: Myxosporidia) in five species of Pacific salmon in the North Pacific Ocean and Bering Sea. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*, **49**, 11-19.
- 2) Awakura, T., K. Nagasawa and S. Urawa (1995): Occurrence of *Myxobolus arctics* and *M. neurobius* (Myxozoa: Myxosporidia) in masu salmon *Oncorhynchus masou* from northern Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*, **49**, 35-40.
- 3) 長澤和也 (2003): さかなの寄生虫を調べる。ベルソープックス016, 成山堂, 東京, 174頁.
- 4) Jones, J. B. (1991): Movements of albacore tuna

- (*Thunnus alalunga*) in the south Pacific : evidence from parasites. *Mar. Biol.*, **111**, 1-9.
- 5) Ishii, N. (1935) : Studies on the Family Didymozoidae, III. Descriptions of the species found in Japan. *Jap. J. Zool.*, **6**, 307-335.
- 6) Yamaguchi, S. (1934) : Studies on the Helminth Fauna of Japan, Part 2. Trematodes of fishes, I. *Jap. J. Zool.*, **5**, 514-519.
- 7) Yamaguchi, S. (1938) : Studies on the Helminth Fauna of Japan, Part 24. Trematodes of fishes, V. *Jap. J. Zool.*, **8**, 56-58.

山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の 効果に関する研究—I 宇田郷沖に沈設された間伐材魚礁の効果及び耐用年数

河野光久・渡辺俊輝*・吉岡貞範・繁永裕司*

Study on Effect of Wooden Reefs in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture,
Southwestern Japan Sea- I
Effect and Life Span of Wooden Reefs in Waters off Utago, Yamaguchi Prefecture

Mitsuhisa KAWANO, Toshiteru WATANABE,
Sadanori YOSHIOKA and Yuji SHIGENAGA

Wooden Reefs were firstly set in waters off Utago, Yamaguchi Prefecture in April 1996. We conducted ROV observations and angling surveys during the period of 1996-2002 in order to elucidate effect and life span of the reefs. Marine burrowers (*Teredo navalis*, *Limnoria* sp. and *Chelura* sp.) burrowed and damaged the reefs and some of the reefs disappeared in July 2002. So the life span of the reefs were estimated at 5-6 years. The number of gathering fish species increased year by year and became 22 species in 2001. Angling surveys showed that catch per unit effort of the wooden reefs was not smaller than that of adjacent concrete reefs.

山口県宇田郷地区の漁業者は木製沈船魚礁に代わる魚礁として、1996年に山口県で初めて間伐材魚礁を製作し、宇田郷沖に沈設した。この取り組みは、漁業者と林業者が手を結んだ取り組みとして、全国的に高い評価を受け、その後県内各地で間伐材魚礁が沈設されるようになった。

このようにして間伐材魚礁の沈設地区及び沈設基数は増加してきているものの、木材魚礁の耐久性や効果については、鹿児島県や北海道等の調査結果が報告されているだけで¹⁻⁴⁾、山口県では報告はない。

本研究では、阿武町宇田郷沖に沈設された間伐材魚礁の形状や魚類集状況の経年変化について調査し、その結果、魚礁効果や耐用年数についていくつかの知見が得られたので報告する。

材料及び方法

間伐材魚礁が沈設された海域は、宇田郷地先の水深70mの砂泥質の海域である (Fig. 1)。

間伐材魚礁は、1.5mの間伐材を井桁型に組んで(1辺1.5m、高さ約1.5m)、4隅に土嚢(約50kg)を2個ずつ付けたもので (Fig. 2)、1996年4月13日に21基(檜材)、1997年3月19日に66基(杉材)、1998年3月30日に120基(杉材)、合計207基698空m³の魚礁がほぼ同一場所に沈設された。

このうち、1996年に沈設された魚礁について1996年～2002年に山口県漁業調査船第2くろしお(16トン)で水中テレビ(1996～2000年：三井造船株式会社RTV-100、2001年～：日立造船株式会社アイボール)を使用して魚礁の形状変化を追跡した。

沈設海域の水温・塩分の季節変化を調べるために、2001年1月23日、2月22日、6月6日、7月17日、9月5日、12月5日に、山口県漁業調査船第2くろしお

* 現在：山口県水産課

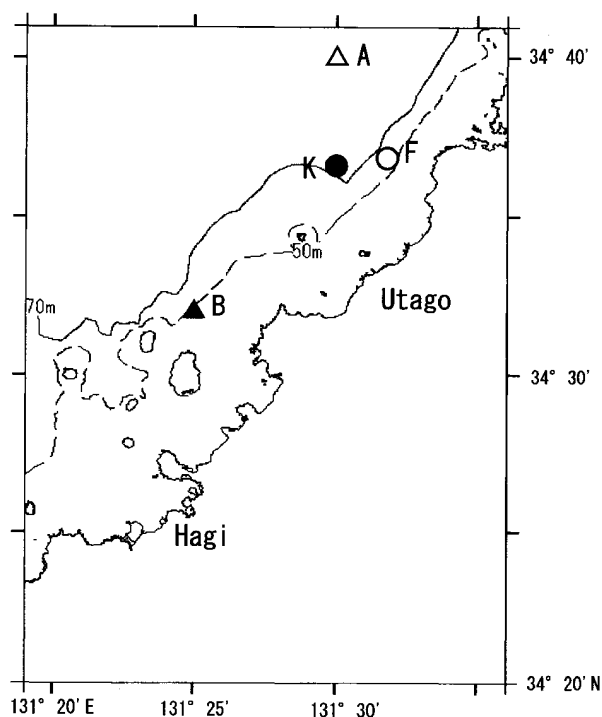


Fig.1. Map showing the site of reefs and observation stations for chlorophyll-a in waters off Utago, Yamaguchi Prefecture.

K : wooden reefs, F : concrete reefs, A and B : observation stations for chlorophyll-a.

のSTD (アレック電子AST1000) により水温, 塩分を測定した。

また, 木材が崩壊する過程で海中に有機物が供給され, 植物プランクトンの増殖が促進されるかどうかを確認するため, 山口県漁業調査船くろしお (119トン) で2002年7月3日, 9月3日, 10月1日及び11月12日に間伐材魚礁設置海域 (Fig. 1 K) とその周辺海域の2点 (Fig. 1 A, B) で, 水中投入式蛍光光度計 (アレック電子社クロロテックモデルALC200-DK) を使用して蛍光光度 (N値) を測定した。N値をクロロフィル値へ換算するために, 仙崎湾内とその沖合域で採水し, 試水からクロロフィル色素をろ過抽出し, 蛍光法によりクロロフィル量を測定した。得られたクロロフィル値とN値との間で換算式を作成し, N値からクロロフィル値へ換算した。

魚礁における蛸集魚の確認は, 1996年8月~2001年12月にかけて夏季を中心として山口県漁業調査船第2くろしおを使用し, 水中テレビまたは一本釣りにより行った。

2001年9月19日には, 山口県漁業調査船くろしおで1996年4月に沈設された魚礁を直接引き揚げて, 魚礁の腐蝕状況を調べた。また, 2002年5月18日には1998

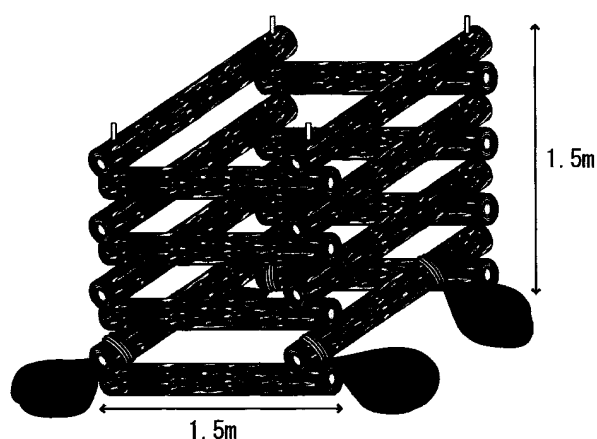


Fig.2. Schematic diagram of the wooden reef set in waters off Utago, Yamaguchi Prefecture.

年3月に沈設された魚礁を引き揚げて, 長さ0.87m, 重量5.3kg, 体積0.007 m^3 , 表面積0.34 m^2 の材 (以下, 供試材という。) について付着・穿孔生物の種の査定と計数を行った。

2002年7月24日, 29日, 10月17日, 30日には山口県漁業調査船第2くろしおにより間伐材魚礁と付近 (Fig. 1 F) のコンクリート魚礁 (1995年10月24日に2m角型魚礁を153基1224空 m^3 設置したもの) において一本釣りによる漁獲試験を行い, 魚礁効果の比較を行った。釣獲人数と釣獲時間は, 7月24日及び29日には4人で40~60分, 10月17日及び30日には3人で45分~55分とし, 1人1時間100空 m^3 当たりの釣獲重量 (CPUE) で魚類集魚効果を比較した。

結 果

水温・塩分・クロロフィル環境 調査海域の水温は (Fig. 3), 1~2月には表層から底層まで13.0~14.0℃台で, 2月に年間で最低の13.0℃台を示した。6月以降顕著な昇温が見られ, 6月には0m層で20.0℃台, 底層で18.0℃台となった。8月には年間で最高水温を示し, 0m層で28.0℃台, 底層で21.0℃台を示した。9月以降次第に降温し, 12月には表層から底層まで均一な水温となり, 水温は19.0℃台に低下した。

塩分は (Fig. 3), 1~2月には表層から底層まで34.2~34.4psu台で, 2月に年間で最高の34.4psu台を示した。6月以降表層から顕著に低塩分化し, 0m層では7月に年間で最低の32.0psu台, 40m層と底層では8月に年間で最低の33.0psu台を示した。9月以降次第に高塩分化し, 12月には表層から底層まで均一となり, 塩分は34.0psu台を示した。

間伐材魚礁におけるクロロフィル積分値は, 10月及

び11月には周辺海域より高い値 (54~56 mg/m²) を示したが、7月及び9月には周辺海域に比べ必ずしも高い値を示さなかった (Table 1)。

魚礁の腐蝕状況 1996年4月に設置した魚礁 (檜材) の腐蝕状況を水中テレビで経年的に確認した結果 (Fig. 4), 1997年6月18日 (沈設から1年2ヶ月) には、木口の年輪は明瞭で沈設時と比べ樹皮が少し剥がれているだけで特に変化は認められなかった。1999年7月8日 (沈設から3年2ヶ月) には木口が少し腐蝕し小さい凹凸ができ、直径も沈設時に比べ10%程度小さくなっているように見られた。また、樹皮の剥がれが進み、材表面の20~30%程度樹皮が剥がれていた。2000年8月3日 (沈設から4年4ヶ月) には、樹皮はすべて無くなり、材には多数の穴が空いていた。木口の直径は沈設時と比べ20~30%程度小さくなっているように見られた。2001年9月19日 (沈設から5年5ヶ月) に魚礁を引き上げて精査した結果、材は直径が7~10cmにやせ細り、フナクイムシによる直径3~8mm、長さ2~10cmの石灰質の棲管と、クイムシ類による直径1~3mmの小孔が多数認められた。2002年7月29日 (沈設から6年3ヶ月) の水中テレビ調査では、魚礁の上半分が崩壊していたものや、崩壊が著しく進み、土囊、ロープ類及び木材の破片が横たわっているだけ

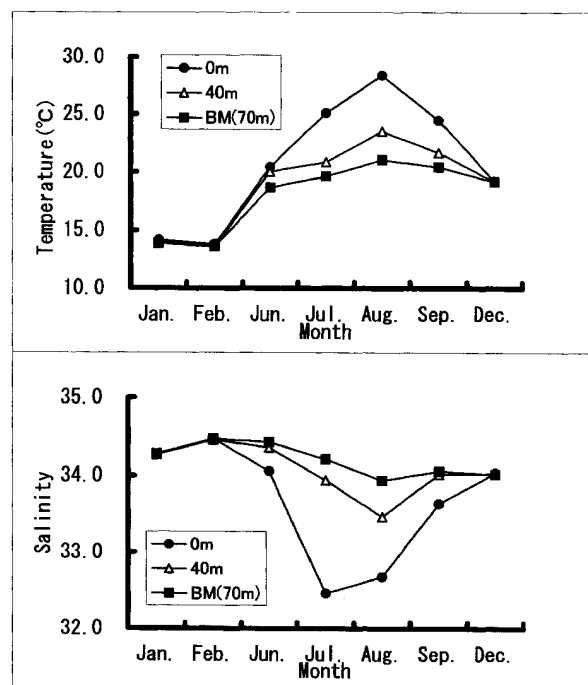


Fig.3. Seasonal changes in water temperature (upper panel) and salinity (lower panel) in waters off Utago, Yamaguchi Prefecture in 2001.

のものが確認された。

魚礁の付着・穿孔生物 2002年5月18日 (沈設から4年2ヶ月) に引き揚げた供試材 (杉材, 0.34m²) の付着・穿孔動物は、12種, 19,872個体, 92.08gであった (Table 2)。このうち木材食害動物としては、フナクイムシ (238個体), キクイムシ属の1種 (12,422個体), キクイモドキ属の1種 (6,939個体) が確認された (Table 2)。このうちキクイムシ属の1種及びキクイモドキ属の1種の出現個体数が多く、これらで全出現個体数の97.4%を占めた。湿重量ではフナクイムシが最も大きく (80.28g), 全湿重量の87.2%を占めた。また、木材食害動物が掘った穴に二次的に生息していた生物としては、ゴカイ科生物 (16個体), イガイ科生物 (42個体), スナホリムシ属の1種 (6個体), エコエビ類 (183個体), オキナガレガニ属の1種 (10個体) が確認された。

魚類の蜻集状況 1996年~2001年に確認された蜻集魚の種類数は、1996年には1種, 1997年~1998年には6~8種, 1999年には11種, 2000年には19種, 2001年には22種と年が経過するにつれ増加した (Table 3)。

年間を通して出現頻度の高い魚種は、マアジ (53.6%), マハタ (39.3%), クロソイ (28.6%), カサゴ (28.6%), キダイ (25.0%), アオハタ (25.0%), ウマヅラハギ (21.0%), ヒラメ (17.9%), コシナガ (14.3%), イトヨリダイ (10.7%) であった (Table 3)。

水中テレビで確認された魚種数と釣獲で確認された

Table 1. Concentrations of chlorophyll-a (mg/m²) in waters above the wooden reefs (K shown in Fig.1) and in the adjacent waters (A and B shown in Fig.1).

Date	Location	A	B
July 2-3, 2002	K	51.71	73.16
Sept. 3, 2002	K	34.54	44.53
Oct. 1, 2002	K	54.54	47.19
Nov. 12, 2002	K	56.75	55.40

Table 2. Marine animals attached to a test piece (0.34m²) of a wooden reef in waters off Utago.

Animal species	No. of inds.	wet weight(g)
Annelida		
Phyllodoidea sp.	16	0.21
Perinereis cultrifera	3	0.12
Nereididae sp.	13	0.16
Mollusca		
Bivalvia		
Trichomusculus cupreus	1	+
Adipicola crypta	41	0.72
Teredo navalis	238	80.28
Arthropoda		
Isopoda		
Cirrolanidae sp.	6	0.04
Limnoria sp.	12422	6.7
Amphipoda		
Ericthonius pugnax	4	+
Pontogeneia rostrata	179	0.03
Chelura sp.	6939	1.88
Decapoda		
Planes sp.	10	1.94
Total	19872	92.08

+ very small amount

魚種数を比較すると、水中テレビではウマヅラハギ、カサゴ、カワハギ、クロソイ、マアジ、マハタ及びヒラマサの6種が確認されたのに対し、釣獲では水中テレビで確認された魚種の他に29種が確認でき、釣獲調査の方がより多くの魚種を確認できた (Table 3)。

間伐材魚礁とコンクリート魚礁との効果比較 間伐材魚礁ではカサゴ、ウマヅラハギ、チダイ、キダイ、イトヨリダイ、ササノハベラ、マエソ、イトヨリダイの8魚種が釣獲された (Table 4)。一方、コンクリート魚礁では間伐材魚礁で釣獲された魚種のうちイトヨリダイとササノハベラだけが釣獲されなかった。また、アカアマダイはコンクリート魚礁でのみ釣獲された。両魚礁ともウマヅラハギの釣獲重量・尾数が最も多かった。

両魚礁のCPUEの平均値をみると (Table 4)、間伐材魚礁では1077 g、コンクリート魚礁では364 gで、

間伐材魚礁の方がCPUEが大きいように見えるが、両者の差は統計的に有意ではない (Mann-Whitney U 検定, $P>0.05$)。

考 察

木材魚礁の耐用年数は、鹿児島県地先 (水深17~32 m) に沈設された松材魚礁では6~7年とされている²⁾。宇田郷沖では、1996年に設置した檜材魚礁が2000年には設置時の形状を保っていたものの、2002年には崩壊している魚礁が見られた (Fig. 4) ことから、耐用年数は5~6年と推定される。宇田郷沖では水深が70mと深いこと、及び一般的にフナクイムシ類の被害が大きいのは水深10m以浅である⁵⁾ことを考えると、宇田郷沖の方が鹿児島県地先よりも耐用年数が長くてもよいはずである。しかしながら、宇田郷沖の耐用年数の方がやや短いと推定された。

この原因は次のとおり考えられる。木材魚礁の劣化



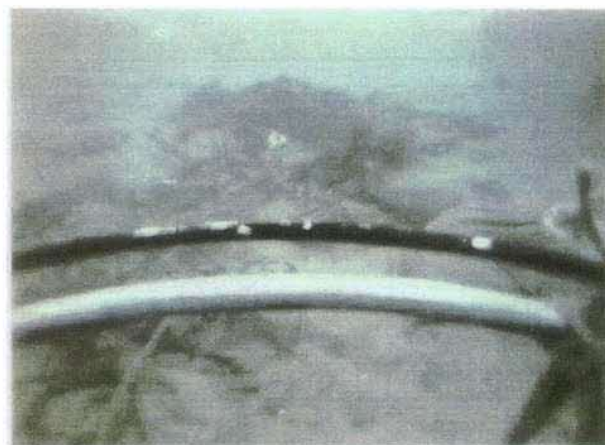
June 18, 1997



July 8, 1999



Aug. 3, 2000



July 29, 2002

Fig. 4. Yearly change in configuration of the wooden reefs set in waters off Utago, Yamaguchi Prefecture in April 1996.

Table 3. Fish gathering around the wooden reefs in waters off Utago, Yamaguchi Prefecture during the period of 1996-2001.

Fish species	TL (mm)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379	2380	2381	2382	2383	2384	2385	2386	2387	2388	2389	2390	2391	2392	2393	2394	2395	2396	2397	2398	2399	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2427	2428	2429	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2447	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2463	2464	2465	2466	2467	2468	2469	2470	2471	2472	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479	2480	2481	2482	2483	2484	2485	2486	2487	2488	2489	2490	2491	2492	2493	2494	2495	2496	2497	2498	2499	2500	2501	2502	2503	2504	2505	2506	2507	2508	2509	2510	2511	2512	2513	2514	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580	2581	2582	2583	2584	2585	2586	2587	2588	2589	2590	2591	2592	2593	2594	2595	2596	2597	2598	2599	2600	2601	2602	2603	2604	2605	2606	2607	2608	2609	2610	2611	2612	2613	2614	2615	2616	2617	2618	2619	2620	2621	2622	2623	2624	2625	2626	2627	2628	2629	2630	2631	2632	2633	2634	2635	2636	2637	2638	2639	2640	2641	2642	2643	2644	2645	2646	2647	2648	2649	2650	2651	2652	2653	2654	2655	2656	2657	2658	2659	2660	2661	2662	2663	2664	2665	2666	2667	2668	2669	2670	2671	2672	2673	2674	2675	2676	2677	2678	2679	2680	2681	2682	2683	2684	2685	2686	2687	2688	2689	2690	2691	2692	2693	2694	2695	2696	2697	2698	2699	2700	2701	2702	2703	2704	2705	2706	2707	2708	2709	2710	2711	2712	2713	2714	2715	2716	2717	2718	2719	2720	2721	2722	2723	2724	2725	2726	2727	2728	2729	2730	2731	2732	2733	2734	2735	2736	2737	2738	2739	2740	2741	2742	2743	2744	2745	2746	2747	2748	2749	2750	2751	2752	2753	2754	2755	2756	2757	2758	2759	2760	2761	2762	2763	2764	2765	2766	2767	2768	2769	2770	2771	2772	2773	2774	2775	2776	2777	2778	2779	2780	2781	2782	2783	2784	2785	2786	2787	2788	2789	2790	2791	2792	2793	2794	2795	2796	2797	2798	2799	2800	2801	2802	2803	2804	2805	2806	2807	2808	2809	2810	2811	2812	2813	2814	2815	2816	2817	2818	2819	2820	2821	2822	2823	2824	2825	2826	2827	2828	2829	2830	2831	2832	2833	2834	2835	2836	2837	2838	2839	2840	2841	2842	2843	2844	2845	2846	2847	2848	2849	2850	2851	2852	2853	2854	2855	2856	2857	2858	2859	2860	2861	2862	2863	2864	2865	2866	2867	2868	2869	2870	2871	2872	2873	2874	2875	2876	2877	2878	2879	2880	2881	2882	2883	2884	2885	2886	2887	2888	2889	2890	2891	2892	2893	2894	2895	2896	2897	2898	2899	2900	2901	2902	2903	2904	2905	2906	2907	2908	2909	2910	2911	2912	2913	2914	2915	2916	2917	2918	2919	2920	2921	2922	2923	2924	2925	2926	2927	2928	2929	2930	2931	2932	2933	2934	2935	2936	2937	2938	2939	2940	2941	2942	2943	2944	2945	2946	2947	2948	2949	2950	2951	2952	2953	2954	2955	2956	2957	2958	2959	2960	2961	2962	2963	2964	2965	2966	2967	2968	2969	2970	2971	2972	2973	2974	2975	2976	2977	2978	2979	2980	2981	2982	2983	2984	2985	2986	2987	2988	2989	2990	2991	2992	2993	2994	2995	2996	2997	2998	2999	3000	3001	3002	3003	3004	3005	3006	3007	3008	3009	3010	3011	3012	3013	3014	3015	3016	3017	3018	3019	3020	3021	3022	3023	3024	3025	3026	3027	3028	3029	3030	3031	3032	3033	3034	3035	3036	3037	3038	3039	3040	3041	3042	3043	3044	3045	3046	3047	3048	3049	3050	3051	3052	3053	3054	3055	3056	3057	3058	3059	3060	3061	3062	3063	3064	3065	3066	3067	3068	3069	3070	3071	3072	3073	3074	3075	3076	3077	3078	3079	3080	3081	3082	3083	3084	3085	3086	3087	3088	3089	3090	3091	3092	3093	3094	3095	3096	3097	3098	3099	3100	3101	3102	3103	3104	3105	3106	3107	3108	3109	3110	3111	3112	3113	3114	3115	3116	3117	3118	3119	3120	3121	3122	3123	3124	3125	3126	3127	3128	3129	3130	3131	3132	3133	3134	3135	3136	3137	3138	3139	3140	3141	3142	3143	3144	3145	3146	3147	3148	3149	3150	3151	3152	3153	3154	3155	3156	3157	3158	3159	3160	3161	3162	3163	3164	3165	3166	3167	3168	3169	3170	3171	3172	3173	3174	3175	3176	3177	3178	3179	3180	3181	3182	3183	3184	3185	3186	3187	3188	3189	3190	3191	3192	3193	3194	3195	3196	3197	3198	3199	3200	3201	3202	3203	3204	3205	3206	3207	3208	3209	3210	3211	3212	3213	3214	3215	3216	3217	3218	3219	3220	3221	3222	3223	3224	3225	3226	3227	3228	3229	3230	3231	3232	3233	3234	3235	3236	3237	3238	3239	3240	3241	3242	3243	3244	3245	3246	3247	3248	3249	3250	3251	3252	3253	3254	3255	3256	3257	3258	3259	3260	3261	3262	3263	3264	3265	3266	3267	3268	3269	3270	3271	3272	3273	3274	3275	3276	3277	3278	3279	3280	3281	3282	3283	3284	3285	3286	3287	3288	3289	3290	3291	3292	3293	3294	3295	3296	3297	3298	3299	3300	3301	3302	3303	3304	3305	3306	3307	3308	3309	3310	3311	3312	3313	3314	3315	3316	3317	3318	3319	3320	3321	3322	3323	3324	3325	3326	3327	3328	3329	3330	3331	3332	3333	3334	3335	3336	3337	3338	3339	3340	3341	3342	3343	3344	3345	3346	3347	3348	3349	3350	3351	3352	3353	3354	3355	3356	3357	3
--------------	---------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---

種)が蛸集することがわかった (Table 3)。次に増殖効果については、餌生物となる植物プランクトンの増殖効果を調査した結果、間伐材魚礁の周辺で植物プランクトンの増殖を明らかにすることはできなかった (Table 1)。最後に漁獲効果については、漁業者からの漁獲情報が得がたいことから魚礁における通年の漁獲量は不明ではあるが、一本釣りによる試験操業の結果 (Table 4) から判断して、少なくとも既存のコンクリート魚礁には劣らない漁獲効果が期待できそうである。今後は漁業者から漁獲情報の収集に努め、漁獲効果を明確にしていく必要があろう。

謝 辞

本論文を校閲していただき、有益な批判をいただいた財団法人漁港漁場漁村技術研究所技術委員柿元皓博士に心から感謝する。

文 献

- 1) 肥後伸夫 (1997) 松材魚礁に関する研究 - I 初期の集魚効果について. 南太平洋研究, **18** (1), 1-15.
- 2) 肥後伸夫 (2001) 松材魚礁に関する研究 - II 魚礁形状と蛸集状態の経年変化. 南太平洋研究, **22** (1), 1-11.
- 3) 吉永圭輔 (1999) 松材魚礁の付着生物. 鹿児島大学水産学部紀要, **48**, 7-9.
- 4) 菊地伸一・森 満範 (1998) 藻礁に利用された木材の海虫による劣化について. 木材工業, **53** (5), 218-222.
- 5) 馬渡静夫 (1950) 海中木材蝕害動物とその防除の研究. 水産動物の研究, (1), 45-124.
- 6) 鶴田和弘・久田安英ほか漁業部全員 (2003) 漁海況情報速報提供事業. 平成13年度鹿児島県水産試験場事業報告書漁業部編, 295-298.
- 7) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会 (2000) 平成12年度版沿岸漁場整備開発事業人工魚礁漁場造成計画指針. 226pp.

山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の 効果に関する研究—Ⅱ 野波瀬地先に沈設された間伐材魚礁の魚類集効果及び耐用年数

河野光久・渡辺俊輝*

Study on Effect of Wooden Reefs in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture,
Southwestern Japan Sea- II
Fish Gathering Effect and Life Span of Wooden Reefs in Waters Off Nobase,
Yamaguchi Prefecture

Mitsuhisa KAWANO and Toshiteru WATANABE

Wooden reefs were set in waters off Nobase, Yamaguchi Prefecture in 1999, 2001 and 2002. In order to elucidate fish gathering effect and life span of the reefs, we conducted observations by under water video system and divers. The reefs set in October, 1999 were burrowed by burrower animals (*Teredo navalis*, *Limnoria* sp. and *Chelura* sp.) and the lumber became thin in November, 2002. So we estimated that the reefs would erode in four years after set. Twenty-eight fish species were caught with angling in waters around the reefs. The diversity of gathering fish around the reefs is not inferior to that around the wooden reefs in waters off Utago.

山口県野波瀬地先では、山口ながと漁業協同組合野波瀬支所が釣り用筏を仙崎湾内に設置しており、この筏の周辺に1999年から間伐材魚礁を設置している。野波瀬支所の間伐材魚礁への取り組みは、県内では宇田郷地区に次ぐ取り組みであり、その効果が注目されている。

間伐材魚礁が設置された野波瀬地先は水深が浅いことから、水深がより深い宇田郷沖¹⁾とは間伐材魚礁の魚類の集効果や耐久性が異なることが予想される。

本研究では2001年及び2002年に潜水調査等を行い、魚礁への魚類の集効果と魚礁の腐蝕状況を調べたので、その結果を報告し、宇田郷沖の調査結果¹⁾と比較検討する。

材料及び方法

間伐材魚礁が沈設された海域は、野波瀬地先の水深25mの仙崎湾内で、底質は貝殻混じりの砂泥質である (Fig. 1)。

間伐材魚礁は、宇田郷地区と同様に1.5mの間伐材(杉材)を井桁型に組んで、中に重石を入れ、4隅に土嚢を付けたもので¹⁾、1999年10月22日に25基、2001年3月29～30日に25基、12月20日に4基、2002年2月

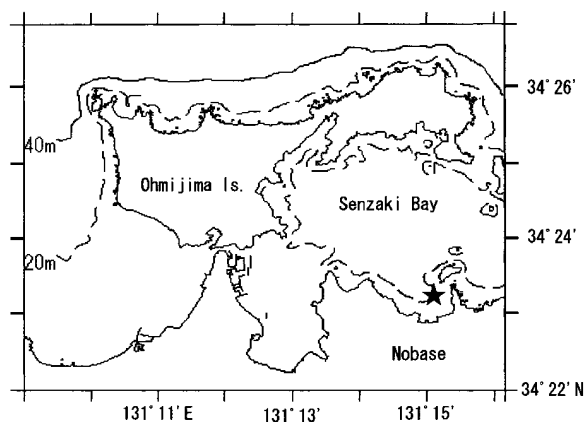


Fig.1. A map showing the location of wooden reefs (star mark) in waters off Nobase, Yamaguchi Prefecture.

* 現在：山口県水産課

22日に16基が釣り用筏の周辺2～3 m以内に沈設された。

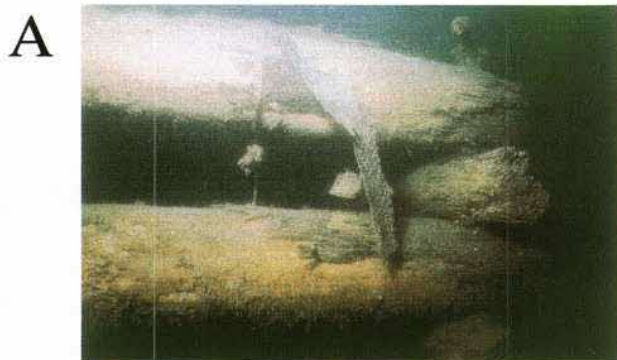
魚礁の腐蝕状況と蛸集魚の確認は、2001年7月23日には水中テレビ（日立造船株式会社製アイボール）を使用し、2001年9月17日及び2002年11月13日には潜水調査により行った。また、2000年及び2001年に釣り用筏での釣獲状況を記録した日誌を山口ながと漁業協同組合野波瀬支所から入手し、間伐材魚礁での釣獲魚種を確認した。間伐材魚礁は釣り用筏のすぐそばに沈設してあるので、釣り用筏で釣獲された魚種は間伐材魚礁に蛸集した魚種を代表しているとみることができる。

間伐材魚礁の付着・穿孔生物を明らかにするために、2001年3月に設置した魚礁の材の一部（長さ0.21 m、重量3.3 kg、体積0.004 m³、表面積0.16 m²、以下、供試材という。）を2002年11月13日に潜水により取り上げ、10%ホルマリン液に固定後、付着・穿孔動物の種の査定と計数を行った。

結 果

魚礁の腐蝕状況 2001年9月17日の潜水により、1999年10月及び2001年3月に設置した魚礁の状況を調査した結果、1999年10月に沈設した魚礁（沈設後1年7ヶ月経過）は、樹皮が20～90%程度剥がれ、木口の

Sept.17,2001



Nov.13,2002



Fig.2. Yearly change in configuration of the wooden reefs in waters off Nobase, Yamaguchi Prefecture on September 17, 2001 (left) and November 13, 2002 (right).

A : reefs set in October 22, 1999, B : reefs set in March 29-30, 2001, C : reefs set in October 22, 1999, D : reefs set in March 29-30, 2001, E : reefs set in February 22, 2002.

径が沈設時の約70%に細っている材も見られた (Fig. 2 A)。材の腐蝕は木口付近が最も進んでいた。樹皮が剥がれた部分では多数の小さな穴があいていたが、樹皮が剥がれて間もないと見られる材では穴は空いておらず、樹皮が木材食害動物の穿孔を防いでいることがうかがえた。2001年3月に沈設した魚礁 (沈設後6ヶ月経過) は、樹皮の剥がれが少なく、木材食害動物による穿孔もほとんど認められなかった (Fig. 2 B)。

2002年11月13日の潜水調査によると、1999年10月に沈設した魚礁 (沈設後3年1ヶ月経過) は、材の腐蝕・崩壊が激しく、接合部の鉄筋が露出している材が多く見られた (Fig. 2 C)。2001年3月に設置した魚礁 (沈設後1年8ヶ月経過) は、上部では樹皮がすべて剥がれ、材は蜂の巣状に多数の孔が空き、木口付近を中心としてやせ細っていたが、下部では樹皮が残り、腐蝕は比較的少なかった (Fig. 2 D)。2002年2月に設置した魚礁 (沈設後9ヶ月経過) は、樹皮の剥がれがまだ少ないが、木口付近ですでに腐蝕が始まっている材も見られた (Fig. 2 E)。

魚礁の付着・穿孔生物 2001年9月17日の潜水調査では、1999年10月に設置した魚礁 (沈設後1年7ヶ月

経過) 及び2001年3月に設置した魚礁 (沈設後6ヶ月経過) の材の表面にはコケムシ類の付着が確認された (Fig. 2 A, B)。

2002年11月13日の潜水調査でも、1999年10月に設置した魚礁 (沈設後2年1ヶ月経過)、2001年3月に設置した魚礁 (沈設後1年8ヶ月経過) 及び2002年2月に設置した魚礁 (沈設後9ヶ月経過) の材の表面にコケムシ類の付着が認められた (Fig. 2 C-E)。

2002年11月13日に引き上げた供試材 (0.16m²) の付着・穿孔生物としては、フナクイムシ (28個体)、キクイムシ属の1種 (47,351個体) 及びキクイモドキ属の1種 (29,490個体) が確認された (Table 1)。これらはすべて木材食害動物であり、木材食害動物が掘った穴に2次的に生息する動物は確認されなかった。

魚類の集集状況 2001年7月23日の水中テレビ調査では、魚礁周辺にウマヅラハギ、カワハギ、メバル、イラ、マハタ、ササノハベラが、魚礁内部と周辺にネンブツダイの群れ (200尾程度) が確認された (Table 2)。

2001年9月17日の潜水調査では、アカカマス、マアジが魚礁の上方の表中層に、カワハギ、キンチャクダイ、ササノハベラ、ムスメベラ、キュウセンが魚礁内部に、イサキ (幼魚) が魚礁周辺上部に、イラ、ウマヅラハギ、ネンブツダイ、メバルが魚礁内部と周辺に観察された (Table 2)。

この潜水調査で確認された魚類の重量を高木ほか²⁾

Table 1. Marine animals burrowed into the wooden reefs in waters off Nobase.

Animal species	No. of inds./0.16m ²	wet weight(g)/0.16m ²
Mollusca Bivalvia <i>Teredo navalis</i>	28	16.8
Arthropoda Isopoda <i>Limnoria</i> sp.	47351	31.47
Amphipoda <i>Chelura</i> sp.	29490	19.65
Total	76869	67.92

Table 2. Fish gathering around the wooden reefs off Nobase, Yamaguchi Prefecture in 2001 and 2002.

Fish species	July 23, 2001	Sept. 17, 2001	Nov. 13, 2002
<i>Parapristipoma trilineatum</i>		●	
<i>Choerodon jordani</i>	○	●	
<i>Navodon modestus</i>	○	●	●
<i>Sphyrna japonica</i>		●	
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	○	●	●
<i>Halichoeres poeulopterus</i>		●	
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>		●	
<i>Pseudolabrus</i> sp.	○	●	
<i>Apogon senilineatus</i>	○	●	●
<i>Trachurus japonicus</i>		●	●
<i>Coris picta</i>		●	●
<i>Sebastes inermis</i>	○	●	
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	○		●
<i>Oplegnathus fasciatus</i>			●
<i>Oplegnathus punctatus</i>			●
<i>Ostracion cubicus</i>			●
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>			●

○: Observation by divers.

●: Observation by under water video system.

の魚体重推定類型化モデルを用いて推定した結果、観察魚の総重量は14.68kg (Table 3) で、観察した魚礁の量は100空³mであったので、空³mあたりで換算すると0.15kgとなった。

2002年11月13日の潜水調査では、魚礁の内部にメバル、イシガキダイ、ウマヅラハギ、カワハギ、イシダイ、クロダイ、ネンブツダイが、魚礁の上方にマアジ、魚礁周辺にハコフグ、マハタが確認された (Table 2)。

Table 3. Fish amount gathering around the wooden reefs in waters off Nobase, Yamaguchi Prefecture based on observation by divers on September 17, 2001.

Fish species	TL(cm)	No. of inds.	Estimated weight(kg)
<i>Trachurus japonicus</i>	10	60	0.39
<i>Sphyaena japonica</i>	11.5	50	0.52
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	5.5	300	1.00
<i>Sebastes inermis</i>	6.5	60	0.33
<i>Sebastes inermis</i>	12.5	20	0.78
<i>Sebastes inermis</i>	25	8	2.49
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	12.5	30	0.44
<i>Navodon modestus</i>	17.5	60	2.66
<i>Choerodon jordani</i>	17.5	15	1.60
<i>Choerodon jordani</i>	30	4	2.15
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	10	3	0.06
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	17.5	6	0.49
<i>Pseudolabrus</i> sp.	12.5	3	0.09
<i>Coris picta</i>	9	3	0.03
<i>Apogon senileneatus</i>	6.5	300	1.64
Total		922	14.68

釣り用筏で2000年と2001年に釣獲された魚類は、マダイ、ウマヅラハギ、マアジ、メバル、カレイ類、イシダイ、クロダイ、シロギス、カサゴ、シロサバフグ、ヒラメ、コノシロ、ボラ、マゴチ、ヘダイ、ペラ類、アイゴ、マサバ、スズキ、アイナメ、オニオコゼ、カタクチイワシ、カワハギ、ブダイ、キジハタ、ブリ、カンパチ、マハタ、エソ類の29種、頭足類がアオリイカ、マダコの2種であった (Table 4)。

このうち両年を通じて釣獲が確認された日数が多かった魚種は、マダイ、ウマヅラハギ、マアジ、メバル、カレイ類であった。オニオコゼ、カタクチイワシは2000年のみ、アイナメ、カワハギ、ブダイ、キジハタ、ブリ、カンパチ、マハタ、エソ類、アオリイカは2001年のみ釣獲が確認された。

考 察

水深25mの野波瀬地先では、間伐材魚礁は沈設から9ヶ月を経過すると木口付近から腐蝕が見られ始めた。さらに沈設から1年8ヶ月後には魚礁の上部から材がやせ細り、3年1ヶ月経過すると腐蝕が激しく進

Table 4. Fish species caught with angling in waters around decks for angling which were set in the vicinity of wooden reefs off Nobase.

Fish species	TL(cm)	Month in 2000												Month in 2001											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Chrysophrys major</i>	10-45	△			△		△	△	△	△	○	○	△	△	○	△	△	○	●	○	△	○	●	○	△
<i>Navodon modestus</i>	15-25	○			△		△	○	△	△	●	●	●	△				○	△	○	○	○	●	●	○
<i>Trachurus japonicus</i>	10-20	△	△				○	●	●	●	●	●		△		△		○	●	●	●	●	●	●	●
<i>Sebastes inermis</i>	10-25	△	●	○	△	△	△							○	●	○	○	●	○	△				△	△
<i>Pleuronectidae</i> sp.	25-40		△	△	○		△	△						△	△	△		△			△	○	△	△	△
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	10-34	△				△	△		△	△	△	△	△	△						△	△			△	
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	20-50	●	○	●	△	△	●	●	●	○	●	●	○		○			△							
<i>Sillago japonica</i>	15-20			△	△	●	△	△	△		△						△	△	△						
<i>Sebasticus marmoratus</i>	15-25		△		△	△	△						△	△	△	△					△	△			
<i>Lagocephalus wheeleri</i>	20-35				△	△	△			△	△			△							△	△			
<i>Paralichthys olivaceus</i>	30-52							△	△	△	△	△									△		△	△	
<i>Clupanodon punctatus</i>	15-20							△	△	○	△								○	○					
<i>Mugil cephalus</i>	40-50	△	△								△	△											△		△
<i>Platycephalus</i> sp.	40-55	△		△		△		△		△											△			△	
<i>Sparus sarba</i>	20-25	△	△										△	△											○
<i>Labridae</i> spp.	10-20			△		○	△								△										
<i>Siganus fuscus</i>	20-30											△										△			
<i>Pneumatophorus japonicus</i>	20-25										△													△	
<i>Lateolabrax japonicus</i>	35-80									△										△			△	△	△
<i>Hexagrammos otakii</i>	20-30													△		△									
<i>Inimicus japonicus</i>	20-25							△																	
<i>Engraulis japonica</i>	10-13	△	△								△														
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	10-20																△	△	△		△		△	△	
<i>Calotomus japonicus</i>	20-30																		△						
<i>Epinephelus akaara</i>	20-30																					△			
<i>Seriola quinqueradiata</i>	30-40																						△	△	△
<i>Seriola dumerili</i>	30-40																						△		
<i>Epinephelus akaara</i>	20																							△	
<i>Synodontidae</i> sp.	20-30																							△	
<i>Sepioteuthis lessoniana</i>	20-30																							△	
<i>Octopus vulgaris</i>	30-40							△					△	△			△		△	△	△		△	△	△

Symbols show number of days each fish was caught.

△: 1-4days

○: 5-9days

●: 9< days

み、接合部の鉄筋が露出するようになった (Fig. 2)。これに対し、水深70mの宇田郷沖では間伐材魚礁沈設後1年2ヶ月では、樹皮が少し剥がれている程度で、沈設後3年2ヶ月でようやく木口を中心として材がやせ細ったことが報告されている¹⁾。両海域における腐蝕の進行状況から考えて、野波瀬地先の間伐材魚礁の耐用年数は宇田郷沖のそれより2年程度は短いと推定される。野波瀬地先の間伐材魚礁については、消失までの崩壊過程が明瞭には確認されていないが、沈設から3年1ヶ月経過した魚礁で鉄筋が露出する程度に腐蝕が進んでいた (Fig. 2) ことから、沈設後4年目には魚礁の上部から崩壊が著しく進んでいくものと予想される。

野波瀬地先における木材食害動物の出現個体数を宇田郷沖¹⁾のそれと比較すると、野波瀬地先ではクキイムシ属の1種が47,351個体/0.16m²、クキイモドキ属の1種が29,490個体/0.16m²、フナクイムシが28個体/0.16m²出現したのに対し、宇田郷沖ではクキイムシ属の1種が12,422個体/0.34m²、クキイモドキ属の1種が6,939個体/0.34m²、フナクイムシ属の1種が238個体/0.34m²と、野波瀬地先の方がフナクイムシ属の1種出現が少ないが、クキイムシ属の1種及びクキイモドキ属の1種は圧倒的に多い。このことから、野波瀬地先の方が間伐材魚礁の腐蝕が早く進むのは、この水域の浅海域にはクキイムシ属の1種及びクキイモドキ属の1種が多く、これらの食害が大きく影響していると推察される。

宇田郷沖の間伐材魚礁では35種という多様な魚類が蛸集することが明らかにされている¹⁾が、野波瀬地先においても29魚種と2種の頭足類が釣り用筏で釣獲されているほか、潜水調査及び水中テレビ調査で17種の魚類の蛸集が確認されており (Table 4)、宇田郷沖にあまり劣らず多様な魚類が間伐材魚礁に蛸集すること

が明らかになった。

野波瀬地先の蛸集魚の組成 (Tables 2, 4) と宇田郷沖の蛸集魚の組成¹⁾を比較すると、両海域に共通して出現した魚種は、イサキ、ウマヅラハギ、カサゴ、カワハギ、ベラ類、マアジ、エソ類、マサバ、マダイ、マハタ、メバル、アカカマス、ブリであった。また、野波瀬地先でのみ出現した魚種は、ネンブツダイ、クロダイ、シロギス、コノシロ、ボラ、アイゴ、アイナメ、オニオコゼ、アオリイカ、マダコ等の沿岸・内湾性の生物であった。宇田郷沖でのみ出現した魚種は、クロマグロ、コシナガ、マルソウダ、シマアジ、ヒラマサ、サワラ等の回遊魚のほかに、アカアマダイ、アカムツ、イトヨリダイ、キダイ、ホウボウ等のやや沖合に分布する底魚類であった。

以上のことから、野波瀬地先の間伐材魚礁は耐用年数は宇田郷沖の魚礁よりは短いと推定されるものの、沿岸・内湾性の魚類を主体に多様な魚類を蛸集させる効果を有していると言える。

謝 辞

本論文を校閲していただいた財団法人漁港漁場漁村技術研究所技術委員柿元皓博士に心から感謝する。

文 献

- 1) 河野光久・渡辺俊輝・吉岡貞範・繁永裕司 (2004) 山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究-I, 山口県宇田郷沖に沈設された間伐材魚礁の効果及び耐用年数。山口県水産研究センター研究報告, 2, 133-138.
- 2) 高木儀昌・森口朗彦・木元克則・新井健次・蓮尾泰三・中村英夫・木村光一 (2000) 高層魚礁の開発と効果。水工研技法, 22, 1-14.

山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究—Ⅲ 小串沖に沈設された間伐材魚礁の魚類集効果及び耐用年数

河野光久・渡辺俊輝*・山本健也

Study on Effect of Wooden Reefs in Coastal Waters off Yamaguchi Prefecture,
Southwestern Japan Sea-Ⅲ
Fish Gathering Effect and Life Span of Wooden Reefs
in Waters off Kogushi, Yamaguchi Prefecture

Mitsuhisa KAWANO, Toshiteru WATANABE and Kenya YAMAMOTO

In order to elucidate fish gathering effect and life span of wooden reefs which were set in waters off Kogushi, Yamaguchi Prefecture in 2000, we conducted angling surveys and observations by under water video system and divers in 2001-2003. Observations by divers showed that the reefs were burrowed by marine burrowers such as *Teredo navalis* and collapsed in three years. Thirty-one fish species which lived in shallow waters were found around the reefs. Catch per unit effort of the reefs was not smaller than that of adjacent concrete reefs.

山口県豊浦町小串沖では、豊浦町が事業主体となつて2000年から間伐材魚礁を沈設している。小串沖における間伐材魚礁の沈設は、県内では宇田郷沖及び野波瀬地先に次いで3ヶ所めの取り組みであり、今後間伐材魚礁の沈設をさらに推進していくためには、各海域における魚礁の効果と耐久性を明らかにしておく必要がある。

本研究では、小串沖に沈設された間伐材魚礁を対象として、2001年及び2002年に潜水調査や釣獲調査等を行い、魚礁の腐蝕状況や魚類集効果状況を明らかにするとともに、宇田郷沖¹⁾及び野波瀬地先²⁾の調査結果と比較検討した。

材料及び方法

間伐材魚礁が沈設された海域は、豊浦町小串沖、水深23mの砂質の海域である (Fig. 1)。

間伐材魚礁は、野波瀬地先と同様に1.5mの間伐材(杉材)を井桁型に組んで中に重石を入れ、4隅に土

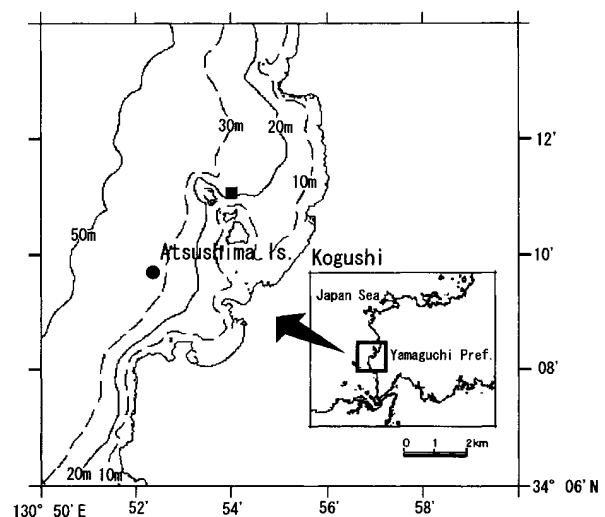


Fig.1. Map showing the site of wooden reefs (closed square) and concrete reefs (closed circle) in waters off Kogushi, Yamaguchi Prefecture.

* 現在：山口県水産課

囊を付けたもので、2000年11月に35基、2001年10月に32基、2002年11月に31基が沈設された。このうち、2000年11月に沈設された魚礁を調査対象とした。

2001年10月24日、2002年11月20日及び2003年11月17日には、潜水により魚礁の腐蝕状況を調査した。

魚礁における蛸集魚の確認は、2001年10月～2002年12月にかけて山口県漁業調査船第2くろしおを使用し、水中テレビ（日立造船株式会社製アイボール）、一本釣り、及び潜水により行った。

間伐材魚礁に蛸集する魚類が間伐材に付着・穿孔するフナクイムシ、キクイムシ等の木材食害動物³⁾を捕食しているかどうか確認するため、2002年5月10日及び12月3日に行った蛸集魚確認調査で釣獲された魚類の胃内容物を調べた。

2002年8月26日及び12月3日には山口県漁業調査船第2くろしおにより間伐材魚礁10基（34空 m^3 ）と付近（Fig. 1 黒丸印、水深38m）のコンクリート魚礁1基（251空 m^3 、2000年11月設置）において一本釣りによる漁獲試験を行い、漁獲効果の比較を行った。釣獲人数と釣獲時間は、両日とも3人で60分～80分とし、1人1時間100空 m^3 当たりの釣獲重量（CPUE）で漁獲効果を比較した。

沈設海域の水温・塩分の季節変化を調べるために、2001年10月23日、12月19日、2002年2月25日、4月3日、6月3日、8月26日に、山口県漁業調査船第2くろしおのSTD（アレック電子AST1000）により水温、塩分を測定した。

結 果

水温・塩分環境 調査海域の水温は（Fig. 2）、2001年10月には21.7～21.9℃であったが、その後低下し、12月には16.5～16.6℃、2002年2月には年間で最低の13.3～13.6℃となった。4月以降水温は次第に上昇し、4月には14.5～14.7℃、6月には19.7（底層）～21.6℃（表層）、8月には21.6（底層）～24.3℃（表層）となり、年間で最高を示した。

塩分は（Fig. 2）、2001年10月以降経月的に高くなり、10月には33.6、12月には34.2、2002年2月には年間で最高の34.5～34.6を示した。その後塩分は次第に低下し、4月には34.2、6月には33.9（表層）～34.0（底層）、8月には33.8（表層）～34.1（底層）を示した。

魚礁の腐蝕及び付着生物の状況 2001年10月24日（沈設から11ヶ月後）に潜水調査により魚礁の腐蝕状

況を確認した結果（Fig. 3 A, B）、70～80%の樹皮が剥がれ、樹皮が剥がれた材には数cm間隔で直径2～8mmの小さな穴が空いていた。材の表面にはコケムシ類やフジツボ類が付着していた。これらの生物の付着が少ない材の木口では年輪が明瞭に確認できた。

2002年11月20日（沈設から2年後）の潜水調査では（Fig. 3 C, D）、90%以上の樹皮が剥がれていた。材には上部から下部までフナクイムシによると見られる石灰質の棲管が多数形成され、材は木口を中心としてやせ細り、一部の材では補強用の鉄筋が露出していた。このため、木口の年輪はほとんど確認することはできなかった。ただし、樹皮がかなり残っている材では材の形状はほとんど変わっておらず、樹皮の存在により木材食害動物による食害から免れているように見られた。

2003年11月17日（沈設から3年後）の潜水調査では（Fig. 3 E, F）、魚礁の密集している場所から少し離れた場所に単独で設置された魚礁は、鉄筋と石材を残しほとんど消失していた。一方、密集した魚礁は単独で離れて設置された魚礁に比べ、材の腐蝕が遅いものの、魚礁の上部は崩壊し消失していた。

魚類の蛸集状況 調査期間を通して蛸集が確認された魚類の種類数は31であった（Table 1）。

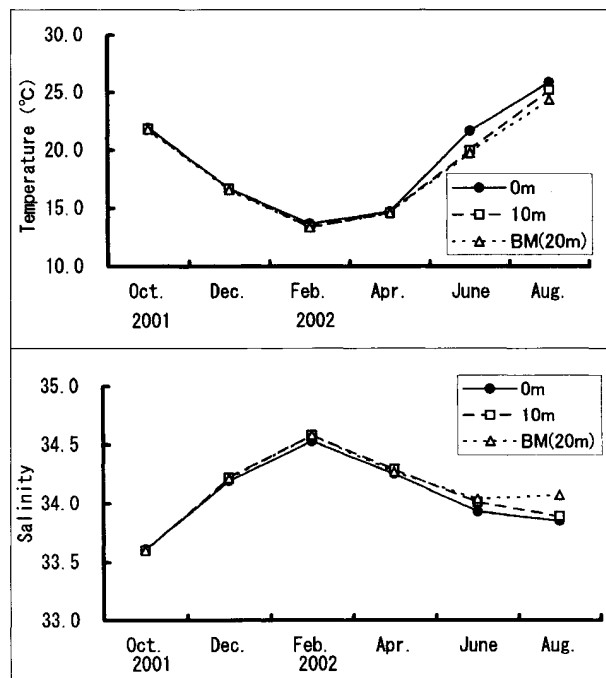


Fig.2. Seasonal changes in water temperature (upper panel) and salinity (lower panel) in waters off Kogushi, Yamaguchi Prefecture.

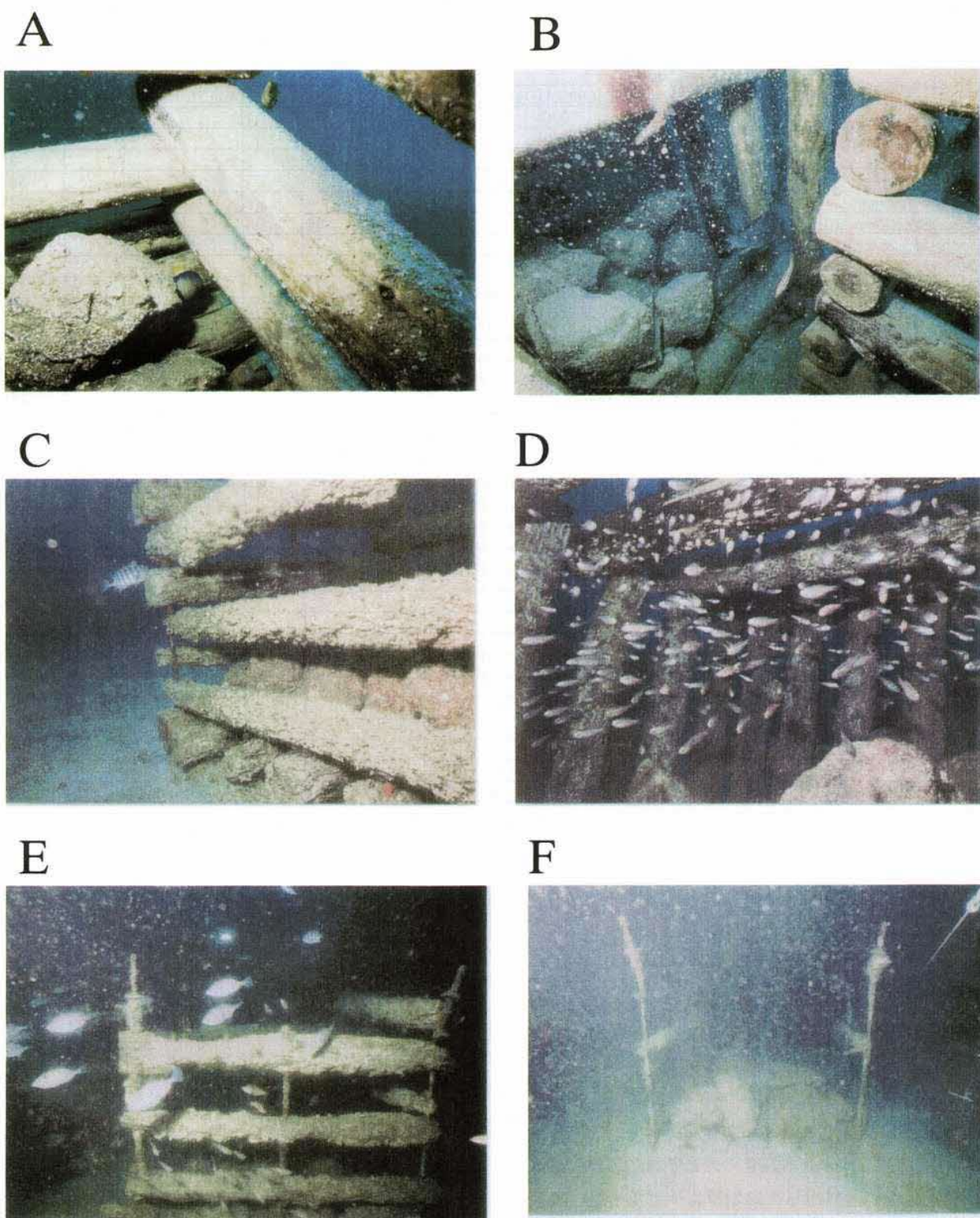


Fig.3. Configurations of the wooden reefs on October 24, 2001 (A, B), on November 20, 2002 (C, D) and on November 17, 2003 (E, F) that were set in waters off Kogushi, Yamaguchi Prefecture in October, 2000.

Table 1. Number of individuals of fish gathering around the wooden reefs off Kogushi, Yamaguchi Prefecture in 2001 and 2002.

Fish species	TL(cm)	2001				2002						Total
		Oct.23	Oct.24	Dec.5	Dec.20	May10	May10	Aug.26	Aug.26	Nov.20	Dec.3	
<i>Trachurus japonicus</i>	10-17		300	1				1		120		422
<i>Saurida undosquamis</i>	21-40	1	3									4
<i>Lutjanus vitta</i>	10		3									3
<i>Sebastes inermis</i>	6-12		38							20		58
<i>Chrysophrys major</i>	10-15	1	70							140		211
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	22-40		3			1	30			50		84
<i>Plectorhynchus cinctus</i>	20-25		4						1			5
<i>Plectorhynchus pictus</i>	35		1									1
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	21-31	3	13	2	2	1				5		26
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	12-26	4	45		2		5	2	2	50	3	113
<i>Navodon modestus</i>	22-33	3	35	1		1	5				1	46
<i>Takifugu niphobles</i>	10		8									8
<i>Choerodon azurio</i>	17-30		12							1		13
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	10		19									19
<i>Halichoeres poecilepterus</i>	15-17		9					1		15		25
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	12-21	1	4					4			3	12
<i>Sillago japonica</i>	17		23									23
<i>Upeneus bensasi</i>	10		9									9
<i>Sebasticus marmoratus</i>	16-20									10	3	13
<i>Pterois lunulata</i>	17-20		4							1		5
<i>Cirrhitichthys aureus</i>	9							1				1
<i>Takifugu poecilonotus</i>	11-17							4				4
<i>Apogon fukuii</i>	10							1				1
<i>Callionymus flagris</i>	10		1									1
<i>Apogon semilineatus</i>	4-10		45							300		345
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	10	1										1
<i>Parapercis multifasciata</i>	15										1	1
<i>Dentex tumifrons</i>	15-30			7								7
<i>Chromis notata</i>	10									1		1
<i>Oplegnathus punctatus</i>	25									1		1
Unknown	10-25								5			5
Total		14	649	11	4	3	40	14	8	714	11	1468
Observation method*		A	D	A	A	A	U	A	U	D	U	

* A:angling, D:divers, U:under water video system

このうち確認尾数が多かった上位10魚種は、マアジ (422尾)、ネンブツダイ (345尾)、マダイ (211尾)、カワハギ (113尾)、イシダイ (84尾)、メバル (58尾)、ウマツラハギ (46尾)、マハタ (26尾)、キュウセン (25尾)、シロギス (23尾) であった。

蛸集魚の種類数を確認方法別に見ると、潜水調査で24種、釣獲調査で14種、水中テレビ調査で8種であり、潜水調査で確認した種類数が最も多かった。

2001年10月24日の潜水調査で確認された魚類の重量を高木⁴⁾ほかの魚体重量推定類型化モデルを用いて推定した結果、観察魚の総重量は23.80kgで (Table 2)、観察した魚礁は118空³mであったので、空³mあたりに換算すると0.20kgであった。

蛸集魚の胃内容物 2002年5月10日に釣獲したイシダイ1尾、マハタ2尾、ウマツラハギ1尾、12月3日に釣獲したウマツラハギ1尾、カワハギ3尾、カサゴ3尾、ササノハベラ3尾、オキトラギス1尾の胃内容

Table 2. Fish amount gathering around the wooden reefs in waters off Kogushi, Yamaguchi Prefecture based on observation by divers on October 24, 2001.

Fish species	TL(cm)	No. of inds.	Estimated weight(kg)
<i>Trachurus japonicus</i>	10	300	1.95
<i>Saurida undosquamis</i>	40	3	2.12
<i>Lutjanus vitta</i>	10	3	0.06
<i>Sebastes inermis</i>	6-12	38	0.65
<i>Chrysophrys major</i>	7-12	70	1.65
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	25	3	0.94
<i>Plectorhynchus cinctus</i>	20	4	0.64
<i>Plectorhynchus pictus</i>	35	1	0.86
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	25	13	4.05
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	12	45	0.66
<i>Navodon modestus</i>	22	35	3.55
<i>Takifugu niphobles</i>	10	8	0.06
<i>Choerodon azurio</i>	17-30	12	2.58
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	10	19	0.38
<i>Halichoeres poecilepterus</i>	17	9	0.74
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	20	4	0.50
<i>Sillago japonica</i>	17	23	1.89
<i>Upeneus bensasi</i>	10	9	0.13
<i>Pterois lunulata</i>	17	4	0.33
<i>Callionymus flagris</i>	10	1	0.01
<i>Apogon semilineatus</i>	4	45	0.06
Total		649	23.80

Table 3. Gut contents of fish caught by angling in waters around the wooden reefs off Kogushi, Yamaguchi Prefecture in 2002.

Date	Fish species	No. of specimens	TL(cm)	Gut contents
May 10	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	1	17	Fish bones, Crustaceans
	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	2	22-29	Fishbones, Bivalvia, Bryozoa
	<i>Navodon modestus</i>	1	23	Copepoda, Bivalvia, Gastropoda
Dec. 3	<i>Navodon modestus</i>	1	26	Amphipoda, Gastropoda, Ostracoda
	<i>Stephanolepis cirrifer</i>	3	17-18	Amphipoda, Bivalvia, Bryozoa, Invertebrate eggs
	<i>Sebasticus marmoratus</i>	3	14-20	Crustaceans, Copepoda, Digested matters
	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	3	11-16	Gastropoda, Bivalvia, Crustaceans, Fish scales
	<i>Parapercis multifasciata</i>	1	14	Digested matters

Table 4. Comparison of catches* around wooden reefs (WR) with those around concrete reefs (CR) off Kogushi by angling in 2002.

Fish species	TL(cm)	Aug.26		Dec.3	
		WR	CR	WR	CR
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	17-23	394(2)	196(1)	323(3)	
<i>Trachurus japonicus</i>	15	127(1)	154(2)		
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	12-15	191(4)		128(3)	
<i>Halichoeres poecilepterus</i>	16	48(1)			
<i>Takifugu poecilonotus</i>	11-17	216(4)			
<i>Apogon fukuii</i>	10	15(1)			
<i>Cirrhitichthys aureus</i>	9	18(1)			
<i>Lagocephalus wheeleri</i>	14-16		138(2)		
<i>Saurida undosquamis</i>	17-28		359(2)		
<i>Navodon modestus</i>	26			259(1)	
<i>Sebasticus marmoratus</i>	13-20			226(3)	274(3)
<i>Parapercis multifasciata</i>	14			42(1)	
<i>Dentex tumifrons</i>	14				67(1)
<i>Synodus macrops</i>	17				38(1)
Total		1009(14)	847(7)	978(11)	379(5)
CPUE**		743	84	958	50

* Numerals show catch in weight(g) and numerals in parentheses show catch in number.

** CPUE=catch in weight (g)/person/hr./100m² reefs.

物を調査した結果、骨片、甲殻類破片、二枚貝（破片）、コケムシ類、カイアシ類、巻貝（破片）、端脚類、介形類、無脊椎動物卵、鱗、消化物が確認されたが、木材食害動物は確認されなかった（Table 3）。

間伐材魚礁とコンクリート魚礁との効果比較 2002年8月26日及び12月3日に行った釣獲調査の結果、間伐材魚礁ではカワハギ、マアジ、ササノハベラ、キュウセン、コモンフグ、フタスジイシモチ、オキゴンベ、ウマヅラハギ、カサゴ、オキトラギスの10魚種が釣獲された（Table 4）。一方、コンクリート魚礁ではカワハギ、マアジ、カサゴ、キダイ、チョウチョウエソの7魚種が釣獲され（Table 4）、間伐材魚礁の方が釣獲魚種数が多かった。

8月26日及び12月3日のCPUEは、間伐材魚礁ではそれぞれ743g及び958g、コンクリート魚礁ではそれぞれ84g及び50gで、間伐材魚礁のCPUEがコンクリート魚礁のそれを上回った（Table 4）。

考 察

小串沖（水深23m）における間伐材魚礁の腐蝕状況を、水深がほぼ同じである野波瀬地先（水深25m）のそれと比較してみると、小串沖においては沈設から3年経過した魚礁では、魚礁の上部から崩壊が進み、一部の魚礁は鉄筋と石材を残しほとんど消失していた（Fig.3）。一方、野波瀬地先においては、3年1ヶ月経過した魚礁では、腐蝕が激しく、一部の魚礁は鉄筋が露出していたものの、崩壊した魚礁はなかった²⁾。これらの事実から、小串沖に沈設された間伐材魚礁は野波瀬地先の間伐材魚礁に比べ腐蝕が速く進行し、耐用年数は3年程度と判断される。

間伐材魚礁の耐用年数については、水深が70mと深い宇田郷沖では5～6年とされていることから¹⁾、耐用年数を5年以上にするためには水深20～30mの浅海域ではなく、より深い海域に魚礁を設置する必要があると考えられる。

間伐材魚礁に蛸集した魚類等の種類数を小串沖、野波瀬地先²⁾及び宇田郷沖¹⁾と比較してみると、小串沖では魚類31種（Table 1）、野波瀬地先では魚類29種、頭足類2種、宇田郷沖では魚類35種で、各海域ともほぼ同じ種類数の多様な魚類が蛸集することがわかった。

蛸集魚の種組成を見ると、3海域で共通して確認された魚類は、マアジ、マダイ、えそ類、マハタ、カワハギ、ウマヅラハギ、べら類、カサゴ、イサキであった^{1, 2)}（Table 1）。また、小串沖でのみ確認された魚類は、ヨコスジフエダイ、コショウダイ、コロダイ、クサフグ、ヒメジ、ミノカサゴ、オキゴンベ、コモンフグ、フタスジイシモチ、ハタタテヌメリ、オキトラギス、スズメダイ、イシガキダイで（Table 1）、主に沿岸性の魚類であった。野波瀬地先でも内湾・沿岸性の魚類の蛸集が確認されているが²⁾、小串沖とは組成がかなり異なる。また、宇田郷沖ではやや沖合に分布する底魚類や回遊魚が確認されている¹⁾。このような蛸

集魚の組成の相違は、基本的には各海域に分布する魚類の種組成の相違を反映していると考えることができる。

間伐材魚礁のCPUEとコンクリート魚礁のそれを比較した結果、CPUEは間伐材魚礁では743～958g、コンクリート魚礁では50～84gで、間伐材魚礁の方が1桁上回っていた (Table 4)。これは2回だけの調査結果なので断定はできないが、間伐材魚礁の漁獲効果はコンクリート魚礁に少なくとも劣らないであろうと考えられる。同様に、宇田郷沖でも間伐材魚礁の漁獲効果はコンクリート魚礁に劣らないとみなされている¹⁾。野波瀬地先では付近にコンクリート魚礁がないため、間伐材魚礁とコンクリート魚礁の効果の比較を行っていないが、野波瀬地先では1空m³当たりの魚類蛸集量が0.15kgで、小串沖 (0.20kg) とほぼ同じであったので、両海域の漁獲効果もほぼ同じであろうと推測される。以上のことから、間伐材魚礁の漁獲効果は耐用年数を考慮しなければ、各海域ともコンクリート魚礁に劣らないであろうと考えられる。

文 献

- 1) 河野光久・渡辺俊輝・吉岡貞範・繁永裕司 (2004) 山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究－Ⅰ、山口県宇田郷沖に沈設された間伐材魚礁の効果及び耐用年数。山口県水産研究センター研究報告, 2, 133-138.
- 2) 河野光久・渡辺俊輝 (2004) 山口県日本海沿岸域に沈設された間伐材魚礁の効果に関する研究－Ⅱ、山口県野波瀬地先に沈設された間伐材魚礁の魚類蛸集効果及び耐用年数。山口県水産研究センター研究報告, 2, 139-143.
- 3) 馬渡静夫 (1950) 海中木材蝕害動物とその防除の研究。水産動物の研究, (1), 45-124.
- 4) 高木儀昌・森口朗彦・木元克則・新井健次・蓮尾泰三・中村英夫・木村光一 (2000) 高層魚礁の開発と効果。水工研技法, 22, 1-14.

山口県瀬戸内海における魚価動向とその類型化

木村 博

Movements and Typifying of the Prices of Fish and shellfish Landed from the Seto Inland Sea off Yamaguchi Prefecture

Hiroshi KIMURA

Since 1997 prices of many kinds of fish and shellfish have fallen sharply at the landing port facing the Seto Inland Sea in Yamaguchi prefecture. Comparing these prices in 2002 to those in 1985, 63 out of 80 kinds of fish and shellfish have fallen in terms of monetary amount in 2002. The prices of many kinds of fish have fallen sharply, but those of more than half crustaceans have risen. The prices of mollusk have not fallen so sharply compared to those of fish.

Braking the movements of fish and shellfish prices during 1985 to 2002 down into several types is necessary to analyse the consumer needs. At first, the cluster analysis was employed for the movements of 50 kinds of fish and shellfish prices, and 43 of them were classified into eight types. For the cluster analysis standardized prices were used. Secondly, three years running means of standardized price were calculated for each of eight types. For remaining seven and 30 kinds of fish and shellfish prices, three years running means of standardized price were also calculated. At last, similarities between three years running mean of remaining 37 fish and shellfish prices and that of each of eight types were calculated to decide the type to which they should belong. And each price movement of 80 kinds fish and shellfish was able to be classified into one of eight types.

Key words : fish price ; typification ; typology ; cluster analysis

近年、生産者段階における魚価の下落・低迷傾向が顕著となっている。魚価は漁業所得を決定する主要な要因であり、これの下落・低迷は漁業経営にとって重大な問題である。魚価の経年的な動向は、数多い魚介類各種において画一的なものではなく、下落開始時期や下落率は魚種によって様々であり、中には高騰している魚種もある。魚価の下落・低迷要因を解析し、魚価の回復を図るためには魚種ごとに魚価の経年的動向を類型化する必要があると考えてこれを試みた。

方 法

山口県熊毛郡に位置し、瀬戸内海の伊予灘に面した平生町漁業協同組合（図1）が広島市方面へ出荷した漁獲物の年間単価を解析対象とした。同漁協は生産者

から漁獲物を集荷して販売する共同出荷形式をとっているため、漁獲物の重量については正確に計量してお

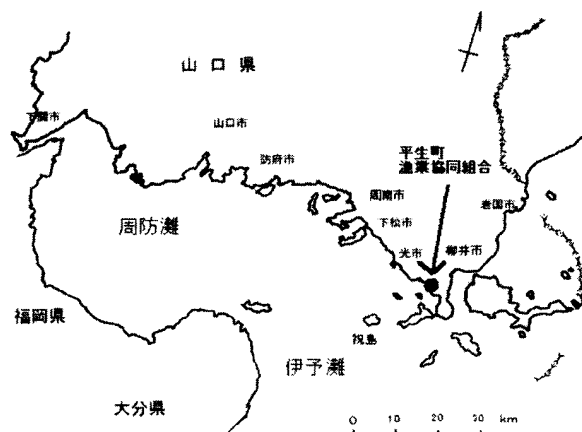


図1 平生町漁業協同組合の位置図

り、単価の精度は高い。解析した期間は1985年から2002年までの18年間であった。各魚種についての年間単価は年間販売金額を年間漁獲量で除して求めた。異なる年の単価を比較するにあたり、単価は2002年現在の貨幣価値に補正した。補正には消費者物価指数（全国：2000年=100）¹⁾を用いた。

単価動向の類型を抽出するためには、クラスター分析（群平均法）²⁾を用いた。1985年から2002年の間に漁獲量0の年がなく、18年間にわたって単価の得られる魚種は80種であった。これらのうちから

- ・水産資源として重要性が高い
- ・漁獲量が比較的多い

を判断基準として50種をクラスター分析の対象魚種に選定した。クラスター計算にあたっては数値の標準化が必要であるが、次式に示すように各年の単価について18年間平均単価からの偏差を求め、偏差を平均単価で除して標準化を図った。

$$x_{ij} = (A_{ij} - \bar{A}_i) / \bar{A}_i$$

i : 魚種番号 $i = 1 \sim 50$

j : 西暦年 $j = 1985 \sim 2002$

x_{ij} : 標準化単価

A_{ij} : 魚種 i の j 年における単価

$\bar{A}_i$: 魚種 i の平均単価

単価の経年変化に関するクラスターがいくつか形成されたところで、各クラスターをもって単価動向の類型とした。各類型すなわちクラスターごとに1985年から2002年までの各年についてクラスター構成魚種標準化単価の平均値を計算し、その3か年移動平均を求めた。このようにして求めた移動平均値を各類型の単価動向を表す指数とした。クラスター分析の対象としなかった30種とクラスター分析で類型化できなかった魚種の類型化については、その魚種の標準化単価3か年移動平均値と先に求めた類型ごとの単価動向を表す指数（移動平均値）とを比較して、最も経年変化が類似している類型に分類した。経年変化の類似性については次式により類型の単価動向を表す指数と当該魚種の標準化単価3か年移動平均値の差の二乗和を求め、これが最小となる類型を最も類似しているものとした。

$$\sum (x_i - c_i)^2$$

i : 西暦年（移動平均の中心年）

x_i : i 年におけるある魚種の標準化単価移動平均

c_i : i 年におけるある類型の単価動向を表す指数

結 果

1985年から2002年までの18年間にわたって漁獲量0の年がなく、単価（消費者物価指数による補正済み。以下同じ。）が継続的に把握できる魚種80種について単価の単純平均および漁獲量で重み付けした加重平均ならびに消費者物価指数を図2に示した。単純平均単価は1990年までは1,017～1,086円/kgであったが、1991年と1992年はそれぞれ989円/kg、967円/kgといずれも1,000円/kgを下回った。1993年には1,109円/kgに急騰し、この年をピークとして漸減傾向にあったが、1997年、1998年および2001年にそれぞれ対前年比8%、9%、11%の大幅な下落を経て低迷に至った。2002年単価（778円/kg）は1985年単価と比べて27%の下落であり、1993年の最高値と比べると30%の下落率であった。加重平均単価は1996年に571円/kgの最高値が2002年には335円/kgとなり、下落率は41%であった。消費者物価指数は1986年と1987年が同じであったほかは、1998年まで上昇した。しかし、1999年以降2002年までは継続して下落を続けておりデフレーションであることを示した。1998年から2002年までの消費者物価指数下落率は2.6%であった。1998年から2002年の間における単純平均単価の下落率は9.6%であって、消費者物価下落率の3.7倍に達し、魚価低迷の原因をデフレーションとして説明するのは困難であった。平生町漁協における主要な80魚種について1985年の単価と2002年の単価を表1に示した。表1においてカタカナで記載した魚種は種が特定できるものを表す。漢字およびひらがなで表記した魚種は種が特定できないものかあるいは特定可能な魚種の銘柄を表したものである。「わかな」はブリの0歳魚、「すずき」はスズキの成魚、

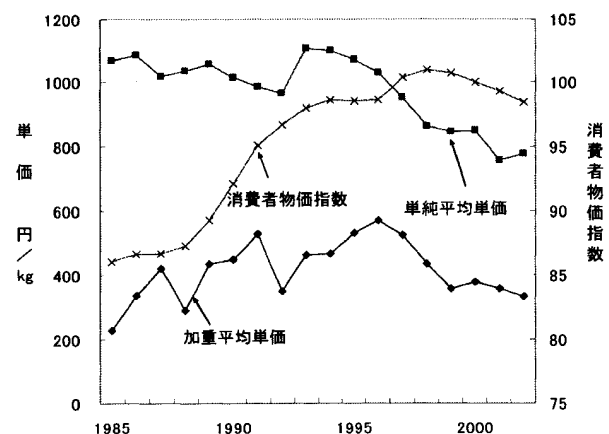


図2 平生町漁業協同組合漁獲物の単価の推移
単価は単純平均、加重平均とも消費者物価指数により補正済み。

表1 平生町漁業協同組合主要魚種の単価についての1985年と2002年の比較（消費者物価補正済み）

魚種名	単価 円/kg		魚種名	単価 円/kg		魚種名	単価 円/kg	
	1985年	2002年		1985年	2002年		1985年	2002年
トカゲエソ	57	23	アカエイ	457	166	マゴチ	1,279	570
アカハゼ	58	67	ホシザメ	468	108	メイトガレイ	1,290	778
シログチ	87	56	マアジ	476	229	ウナギ	1,296	1,566
カタクチイワシ	98	122	トリガイ	526	160	アイナメ	1,315	1,417
ゲンコ	101	56	クジメ	553	201	カミナリイカ	1,349	511
イシガニ	144	640	ニベ	559	243	メジナ	1,404	135
ヒメガイ	150	103	ウミタナゴ	586	234	はね	1,430	225
ジンドウイカ	157	307	アカカマス	587	496	赤なまこ	1,435	705
クラカケトラギス	194	102	タチウオ	631	353	セトダイ	1,611	541
シリヤケイカ	212	40	マアナゴ	668	739	アカガイ	1,666	1,643
ほら貝	222	154	せいご	679	244	アオリイカ	1,716	811
サカタザメ	222	25	イヌノシタ	712	623	スズキ	1,770	536
テナガダコ	228	235	ミミイカ	723	193	サザエ	1,792	623
ボラ	238	83	ムシガレイ	740	566	キュウセン雄	1,793	811
黒なまこ	259	147	コウイカ	756	202	クロダイ	1,834	295
小えび	276	344	マダコ	776	677	コショウダイ	1,949	493
シヤコ	294	480	ナガニシ	842	1,400	イシダイ	2,231	1,737
カナガシラ	302	71	クロソイ	879	390	オニオコゼ	2,653	2,253
ウマヅラハギ	311	528	ぶとえび	917	609	ガザミ	2,654	2,421
メナダ	328	39	マナガツオ	989	2,052	キシハタ	2,682	2,599
わかな	329	69	イイダコ	1,050	237	マダイ	2,728	909
クロアナゴ	363	388	マコガレイ	1,071	1,064	トラフグ	2,846	5,467
なまこ	402	231	イサキ	1,091	211	ヒラメ	2,911	1,643
ジャノメガザミ	412	746	ハモ	1,114	545	クロアワビ	3,408	5,574
アカニシ	426	218	シロギス	1,140	1,270	シバエビ	3,567	2,077
タイワンガザミ	434	1,177	メバル	1,223	906	クルマエビ	6,577	5,069
イタヤガイ	434	134	イボダイ	1,243	109	単価平均	1,067	778

「はね」はスズキの未成魚、「せいご」はスズキの0歳魚をそれぞれ表す。「ぶとえび」はサルエビの大型個体を選抜したものを表し、「小型えび」はサルエビ、トラエビ、アカエビ、キシエビが混合している。「赤なまこ」、「青なまこ」、「黒なまこ」はいずれもマナマコの変異種を区別したものと思われる。

平均単価計算に用いた80魚種について、単価階層別の種数を図3に示した。1,000円/kg以上の魚種は1985年には49%（39種）であったが、2002年には28%（22種）に減少した。一方、500円/kg未満の魚種は1985年の38%（30種）から2002年は54%（43種）に増加した。単価階層別に1985年と2002年の構成比を比較すると、構成比が増大したのは250円/kg未満階層と500円/kg以上750円/kg未満階層であった。特に250円/kg未満階層は1985年には18%（14種）であったものが2002年には43%（34種）となり、著しく増加した。この階層の構成比が増加する時期についてみると、1997年以降増加傾向が顕著となっており、平均単価が下落・低迷する時期と一致した。構成比の減少した階層は250円/kg以上500円/kg未満階層、750円/kg以上1,000円/kg未満階層、1,000円/kg以上2,000円/kg未満階層および2,000円/kg以上3,000円/kg未満階層であった。特に250円/kg以上500円/kg未満階層と1,000円/kg以上

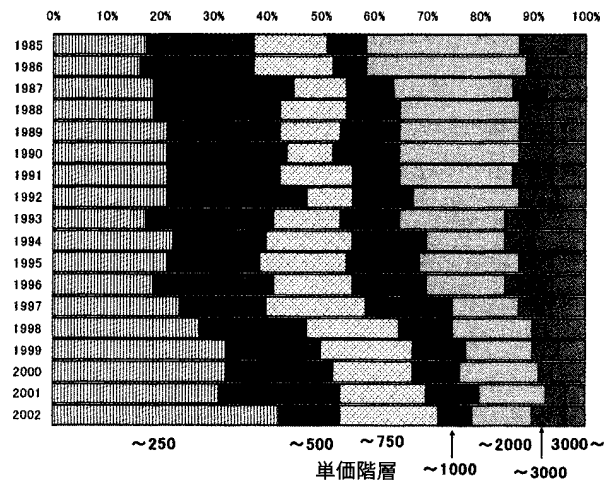


図3 平生町漁業協同組合漁獲物の単価階層別魚種組成の推移
1985年から2002年まで毎年漁獲があった80魚種についての種数組成。

2,000円/kg階層の構成比の減少は著しく、前者は1985年には20%（16魚種）であったが2002年には11%（9魚種）に減少、後者は1985年には29%（23種）であったが2002年には11%（9種）に減少した。また、3,000円/kg以上階層は1985年および2002年ともに4%（3種）で横ばいであった。このように平均単価の下落は最安値階層である250円/kg未満階層の構成比が著しく増大する一方、中級から高級魚とみなされる1,000

円/kg以上2,000円/kg未満階層の構成比が著しく減少することを特徴とした。高級魚である2,000円/kg以上3,000円/kg未満階層と3,000円/kg以上階層の構成比減少がわずかであったので、魚価は低級魚と高級魚の二極へ分化したように見えた。しかし、高級魚階層の構成比は増大しておらず、二極分化は中級魚階層が低級魚階層に移行したため生じた見かけ上の現象であった。

50魚種の単価経年変化についてクラスター分析を行った結果は図4に示した。ユークリッド距離1.85において4つのクラスター形成が認められた。図4のクラスターに上から順に番号を付けて、第1クラスターから第4クラスターとすると第1クラスターは36魚種で構成される大きなものであった。第2から第4クラスターは3魚種または4魚種で構成されていた。第1クラスターの構成魚種が多数であるため、このクラスターについては便宜的にユークリッド距離1.0から1.2の範囲で細分して5つのサブクラスターに分割した。このようにして得た合計8つのクラスターのそれぞれを8つの類型として、類型の単価動向を表す指数をクラスター構成魚種の標準化単価とともに図5に示した。類型は1985年以降の数年間と2002年以前の数年間の単価の騰落関係によって、下落型と高騰型に区分し、騰落の程度によって高度、中度、軽度に分けた。また、高騰または下落が調査期間中継続する傾向にあるものを継続型、調査期間の途中で起こるものを後半型に分けた。調査期間中に高騰した後、下落する型については高騰後下落型とした。各類型の特徴は次のとおりであった。

高度継続下落型（クラスター3） 1985年から2002年まで単価は継続的かつ大幅に下落した。2002年単価の1985年単価に対する割合は約18%。

中度継続下落型（クラスター1-2） 1985年から2002年まで継続して下落した。2002年単価の1985年単価に対する割合は約38%。

軽度継続下落型（クラスター1-5） 1985年から2002年まで単価は継続して緩やかに下落した。2002年単価の1985年単価に対する割合は約80%。

高度後半下落型（クラスター1-3） 1985年から1991年にかけて単価はわずかに高騰したが、1992年以降2002年まで継続して下落した。2002年単価の1985年単価に対する割合は約37%。

軽度後半下落型（クラスター1-1） 1985年から1993年まで単価はほぼ横ばいであったが、1994年以降2002年まで継続して下落した。2002年単価の1985年単価に対する割合は約53%。

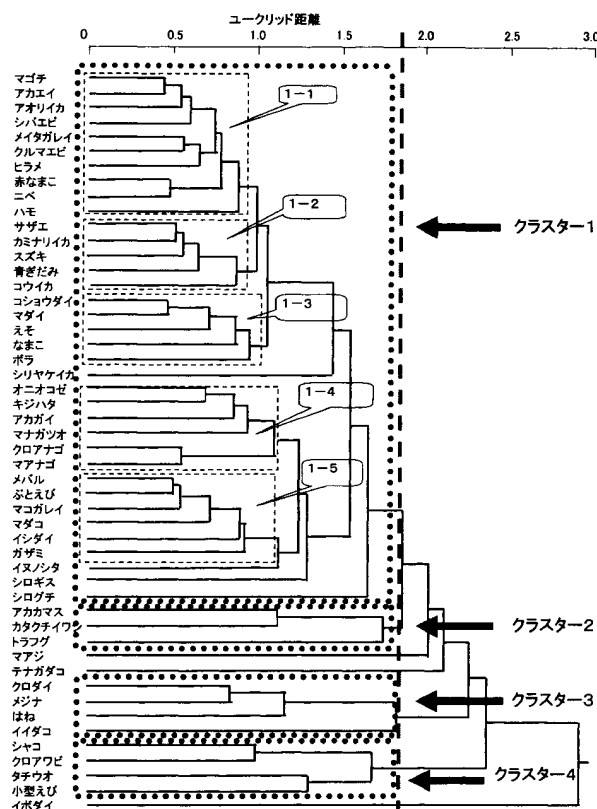


図4 魚種別単価の動向に関するクラスター分析結果

高騰後下落型（クラスター2） 1985年から1992年まで単価はほぼ横ばいで推移した。1993年から1995年まで約50%高騰したがその後2002年まで速やかに下落した。2002年単価の1985年単価に対する割合は約87%。

軽度高騰型（クラスター1-4） 1985年から1996年まで単価は約50%高騰したが、その後は緩やかに下落した。2002年単価は1985年単価に対して約19%高騰。

高度高騰型（クラスター4） 1985年から1991年まで単価は緩やかに低下したが1992年から1996年まで急騰し、その後は横ばいとなった。2002年単価は1985年単価に対して約40%高騰。

第1から第4までのクラスター分けを行ったときにいずれのクラスターにも属さない魚種がマアジ、テナガダコ、イボダイの3魚種あった。また、36魚種から構成される第1クラスターを5つのサブクラスターに細分した際に所属するサブクラスターのない魚種がイヌノシタ、シリヤケイカ、シロギス、シログチの4魚種出現した。したがって、クラスター分析により類型化できた魚種の割合は86%であった。クラスター分析で類型化できなかった7魚種はクラスター分析の対象としなかった30魚種とともにそれらの標準化単価3か年移動平均値の動向が最も類似しているタイプのいずれかに分類した。

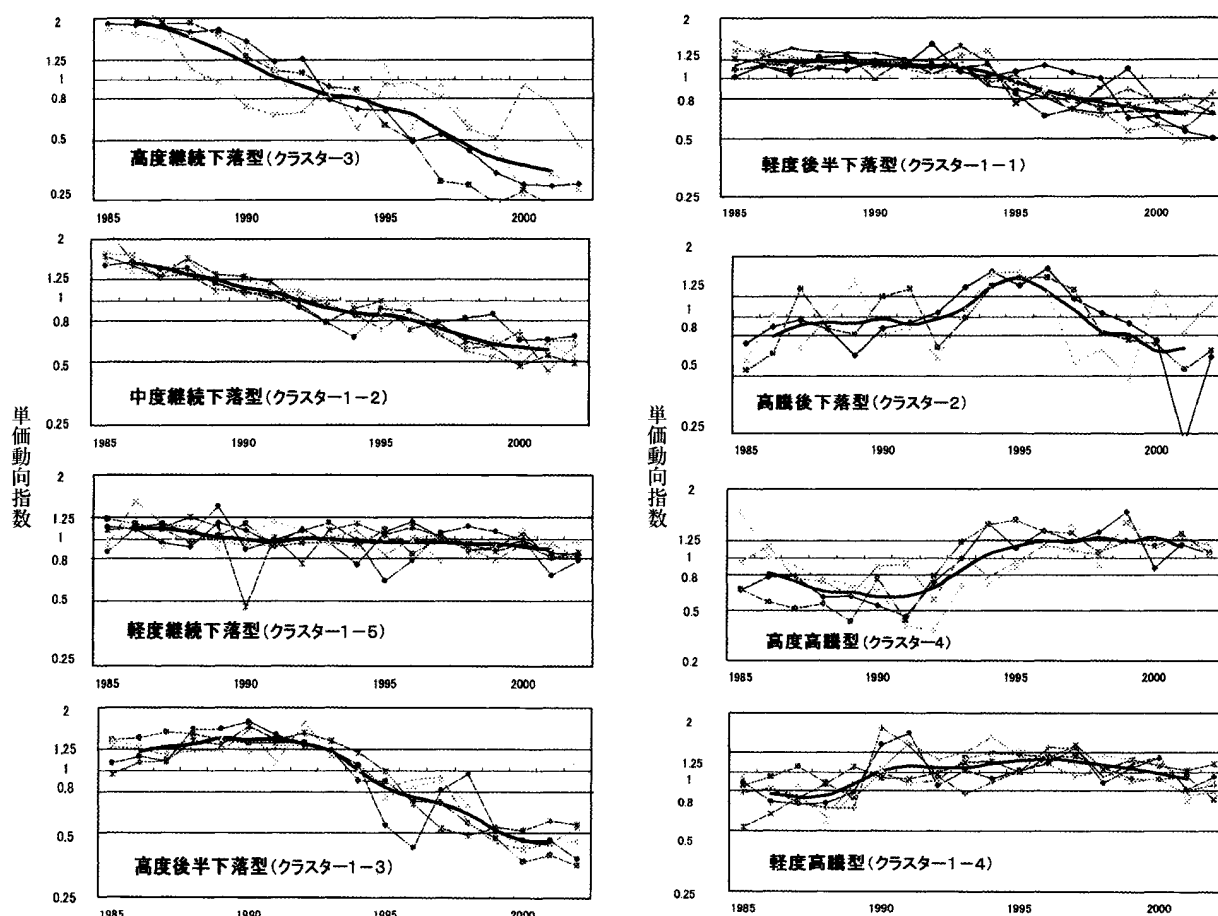


図5 類型化した魚種別単価と類型ごとの単価動向を表す指数
細線は類型を構成する魚種の標準化された単価、太線は類型の単価動向を表す指数をそれぞれ表す。

類型ごとの単価動向を表す指数（移動平均値）と37魚種の標準化単価3か年移動平均値との偏差の平方和は図6に示した。各魚種ともその魚種が該当する類型では平方和が低い値となり、類型の動向とよく合致することを示した。偏差の平方和は高度継続下落型に分類される魚種では当然、高度継続下落型の単価動向を表す指数との偏差の平方和が最小となったが、高度後半下落型との比較においても偏差の平方和が低い値となった。逆に、高度後半下落型に分類された魚種は高度継続下落型との比較において偏差の平方和が低い値を示し、二つの類型の単価動向は類似していることを示した。同様の関係は高騰後半下落型と高度高騰型との間にも認められた。

80魚種の単価動向について類型化した結果を魚類、甲殻類、軟体類・その他に区分して表2に示した。80魚種の内訳は魚類が50種、甲殻類が9種、軟体類が18種、なまこ類が3種であった。騰落区分で下落に分類された魚種は63種のうち魚類は42種（魚類種数の84%）、甲殻類は4種（44%）、軟体類は14種（78%）、なまこ類は3種（100%）であった。下落率が大きい

高度継続下落型と高度後半下落型についてみると両類型合わせて魚類は12種（24%）、甲殻類は0種（0%）、軟体類は2種（11%）、なまこ類は1種（33%）であった。逆に、上昇率の大きい高度高騰型についてみると魚類は1種（2%）、甲殻類は5種（56%）、軟体類は3種（17%）、なまこ類は0種（0%）であった。なまこ類と魚類において単価下落傾向が顕著である反面、甲殻類においては単価の高騰する魚種割合が高く、かつ単価下落魚種においても下落の程度は軽度であった。

考 察

魚価の経時的な動向を類型化する場合、客観的な類型化を行う上でクラスター分析が有効である。しかし、階層的クラスター分析において類型化対象の全てが類型化に適切な数のクラスターに集約されることはまず期待できないであろう。このたびの解析結果では、50魚種中8類型に所属した魚種は43魚種、86%であった。類型化がなされた率としては高いものであると考える。魚価の動向は基本的には高騰するか下落するかの二つで、それを騰落の程度とその傾向が顕著

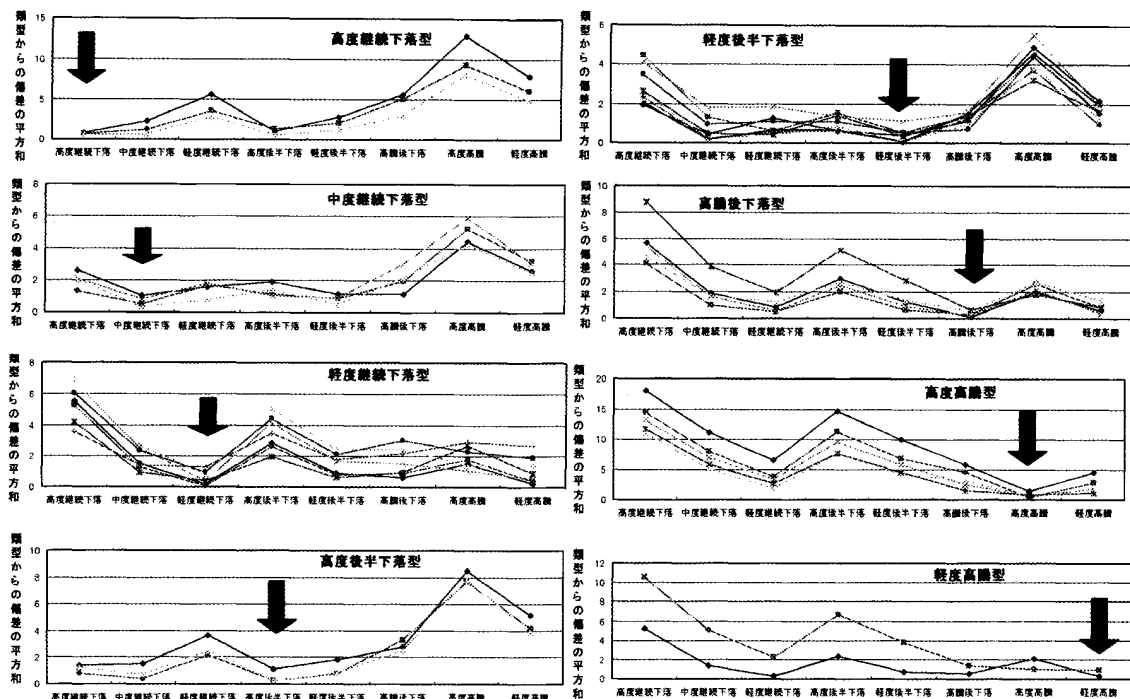


図6 類型ごとの単価動向を表す指数とその類型に分類された魚種の標準化単価との偏差の平方和
細線は魚種ごとの平方和、矢印はその魚種が分類された類型で平方和の最小値をとることを示す。

表2 平生町漁業協同組合において1985年から2002年まで毎年漁獲のあった魚種80種の単価動向の類型化
下線を施した魚種は、クラスター分析で類型化ができた魚種であることを表す。

騰落	変化時期	程度	類型	魚 類	甲殻類	軟体類・その他
下 落	連続	高度	高度継続下落	クロダイ、メジナ、はね、カナガシラ、サカタザメ (5種)	(0種)	イイダコ、シリアケイカ (2種)
		中度	中度継続下落	オサズキ、キウセン(雄)、イボダイ、マアジ (4種)	(0種)	カミナリイカ、コウイカ、サザエ、トリガイ、イタヤガイ (5種)
		軽度	軽度継続下落	メバル、マコガレイ、インダイ、シロギス、アイナメ、ウナギ、アカハゼ、わかかな (8種)	ぶとえび、ガザミ (2種)	マダコ、テナガダコ、ミミカ (3種)
	後半	高度	高度後半下落	マダイ、コショウダイ、トカゲエソ、ボラ、せいご、メナダ、ホシザメ (7種)	(0種)	青なまこ (1種)
		軽度	軽度後半下落	マゴチ、メイトガレイ、ヒラメ、ハモ、ミベ、アカエイ、イヌノシタ、シログチ、イサキ、クロソイ、セトダイ (11種)	クルマエビ、シバエビ (2種)	アオリイカ、赤なまこ、アカニシ、ヒメガイ、黒なまこ (5種)
		—	高騰後半下落	トラフグ、カタクチイワシ、アカカマス、ムシガレイ、ウミタナゴ、クラカクトラギス、クジメ (7種)	(0種)	ホラガイ (1種)
高 騰	—	高度	高度高騰	タチウオ (1種)	小型えび、シヤコ、タイワンガザミ、ジャノメガザミ、インガニ (5種)	クロアワビ、ナガニシ、ジンドウイカ (3種)
		軽度	軽度高騰	オニオコゼ、キジハタ、マナガツオ、クロアナゴ、マアナゴ、ウマツラハギ、ゲンコ (7種)	(0種)	アカガイ (1種)

になる時期とが修飾しているという単純な構造である。しかも、騰落の程度は極端な値をとることはなく、一定の枠内に収まる性質がある。騰落は需要と供給の結果であって、生産者側と消費者側の双方ともに需給状態を極端に変える必然性がないからである。魚価動向の類型が多様ではなく、比較的単純であることが魚価動向を高率にクラスター分けできた理由である。また、クラスター分析を行わなかった30魚種とクラスターを類型とした段階では無所属となった

7魚種について類型との類似性に基づく分類を行ったときに偏差の平方和が低かった理由でもある。階層的クラスター分析は客観的類型を抽出する点が優れるが、類型化対象の全てまでは分類できないという欠点がある。類似性の判定は個々の魚種と類型との関係について計算した数値の最小値をもって行うことから、最も類似性の高い類型1つを決定することができる。したがって、両者を組み合わせた類型化手法は全ての類型化対象を客観的に抽出した類型のいずれかに分類

できる利点がある。この手法は魚価のように類型の数が限定的な場合には特に有効であると考ええる。

表2を見ると魚類の単価下落傾向が鮮明である。消費者が魚を購入するときには具体的な魚種名を念頭に置くよりも、「刺身用」、「煮付け用白身魚」、「焼き魚用青物」などと料理を想定してそれに適した魚のカテゴリーから価格、鮮度、大きさなどを考慮して選択しているのではないだろうか。つまり、魚類は輸入魚などとの競合のほかに料理法で同じカテゴリーに属する魚同士の競合があるので、高値を付けにくいと考えられる。魚価を維持あるいは回復させるためには、差別化、ブランド化などの対策が必要と思われる。その裏付けとして鮮度保持技術や規格化の徹底が必要である。また、高度継続下落型に分類されたクロダイ、メジナ、はね、カナガシラ、サカタザメ、イイダコ、シリヤケイカは2002年単価が1985年の1/5以下となった。単価の動向においてこれらと類似性の高いことが認められた高度後半下落型魚種（マダイ、コショウダイ、トカゲエソ、ボラ、せいご、メナダ、ホシザメ、青なまこ）の単価はほぼ1/3となった。食材として非常に低い評価がなされている。これらの魚種には調理しにくいとか、肉質に特徴があるなど消費者から敬遠される要因が想定される。魚価の維持、回復には魚種ごとに適した調理方法の普及や教育活動が有効と考えられるので組織的、効率的にそれらを行うことが必要であろう。

単価が下落する魚種の多い中で、甲殻類が単価を維持、向上させる傾向が際だっている。えび、かに類は消費者の需要が強く、大量の輸入がなされてもお供給過剰に陥っていないことが想像される。甲殻類なら

びに高騰型と分類された魚種については栽培漁業や資源管理などの漁業生産を振興することが漁業にとって重要であろう。

類型化された魚種についてその特性と単価騰落の関係について若干の考察を行ったが、調理方法をはじめとする消費者の意識や輸入魚種との関係などを合わせて考察することで、魚価騰落の要因と対策がより鮮明になることが期待される。今後の課題としたい。

魚価低迷の原因に関する考察はこの研究の主題ではないが、図2の単純平均単価の動向から「経済バブルの崩壊による」、「不景気のため」、「デフレーションのため」などの説明は正鵠を射たものではないと考えられる。特に1997年以降、従来の単価変動範囲を超えて魚価は低迷し続けており、一過性の要因ではない構造的要因が背景にあることが想像される。魚価は漁業所得を決定する主要因であることから、漁業生産者の経営悪化を食い止めるため総合的対策をもって魚価回復を目指す必要がある。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、漁業協同組合の統計資料を提供してくださいました平生町漁業協同組合 山根勝法組合長ならびに吉井 淳氏に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 総務省統計局 (2003) : 平成14年度消費者物価指数統計年報.
- 2) 田中 豊・脇本和昌 (1983) : 多変量統計解析. 現代数学社, 東京, 229-244.

山口県沖合海域における地衡流近似

渡辺俊輝*

日本海ブロック試験研究集録 (1998), (38), 29-33

結果の要約 平成4年6月に山口県漁業調査船黒潮丸が川尻岬NW線で実施したCTD観測の資料およびADCPデータを用いて、実測流と地衡流速との比較を

行い、地衡流近似の誤差を定量的に評価した。平均誤差は10-50m層で $20.89 \times 10^{-4}/s$, 50-80m層で $31.92 \times 10^{-4}/s$ であった。このことは非地衡流成分が中層以深まで存在することを示している。

* 現在：山口県水産課

山口県萩市沖の表面水温変動

渡辺俊輝*

西海ブロック漁海況研報 (1998), (6), 5-12

結果の要約 昭和39年から実施している萩―見島間のフェリー観測による表面水温データを基に、その短期変動について解析した。また、表面水温の変化とカタクチイワシ漁獲量との比較を試みた。生データから

13日の移動平均を差し引いた値 (T') を季節別に求め、スペクトル解析によりその周期性を調べた結果、各季とも10日前後に卓越した周期が見られた。また、夏季のカタクチイワシの漁獲量は T' が大きい日に多いことがわかった。

* 現在：山口県水産課

対馬海峡蓋井島で観測された内部潮汐の特徴

千手智晴^{*1}・渡辺俊輝^{*2}

沿岸海洋研究 (1999), 37 (1), 49-58

結果の要約 対馬海峡東水道の蓋井島にサーミスタチェンを係留し、1996年の春から秋にかけて水温の鉛直分布を測定した。観測の結果、初夏には間欠的に内部潮汐が発生し、その発生には成層の強さが関連していることがわかった。また、この時期の海洋構造は二層モデルによって近似でき、内部潮汐は、水温躍層が上下に振動する形で現れていた。一方、盛夏には成層が発達し、ほとんど連日のように内部潮汐が観測され

た。初夏に比べて半日周期変動が卓越するとともに、高次モードの内部波の存在も示唆された。内部潮汐の振幅は、初夏も盛夏もほぼ同じで、小潮時には約4 m、大潮時には9 m以上であった。山口県沿岸での表層水温記録や定線観測の結果から、対馬海峡一帯は、夏から秋に東シナ海から流入する高温・低塩分水のために成層が発達し、内部モードの変動が発生しやすい状況にあると推測された。蓋井島で観測された内部潮汐は、それらの一端を捉えたものと考えられる。

*1 九州大学応用力学研究所

*2 現在：山口県水産課

台風によって引き起こされた山陰沿岸水温の急低下現象

千手智晴^{*1}・渡辺俊輝^{*2}

海と空 (1999), **75** (1), 1-8

結果の要約 1997年9月中旬に、西部山陰沿岸の広い範囲で一斉に水温が急低下するという現象が観測された。水温低下は9月13日の夕方から始まり、17～18日までに6～7℃も低下した。また、フェリーによる沖合いでの水温観測資料から、同様の水温低下は沖合い域でも起こっていたことがわかった。しかし、沖合

いでの水温変動の振幅は沿岸に比べて小さく、岸に近い測点ほど最低水温が低いという特徴がみられた。水温低下時には、台風19号が九州南方から接近しており、山陰沿岸では東よりの強い風が観測されていた。これらの事実から、観測された水温の急低下現象は、岸に平行な東風によって励起された沖向きのエクマン輸送が、山陰沿岸で大規模な湧昇現象を引き起こしたためと考えられる。

*1 九州大学応用力学研究所

*2 現在：山口県水産課

日本海山陰沿岸水温にみられる十年スケール変動

千手智晴^{*1}・渡辺俊輝^{*2}・繁永裕司^{*2}

月刊海洋 (2003), 35 (1), 59-64

結果の要約 日本海山陰沿岸 (山口県見島南方) の表面水温は, 1975年以前には18.9℃前後で推移していたが, 1976年以降急激に低下し, 低温期が1982年頃まで続いた後, 1986年以降は正の偏差で推移した。このような水温変動は北太平洋で確認されているレジーム

シフト (1970年代半ばの高温状態から低温状態への変化、および1980年代末の低温状態から高温状態への変化) とよく一致しており, 山陰沿岸の対馬海流にも北太平洋のレジームシフトの影響が及んでいたと推察される。夏季と冬季の水温変動を調べた結果, レジームシフトの影響は冬季に顕著に現れることがわかった。

^{*1} 九州大学応用力学研究所

^{*2} 現在：山口県水産課

Freshwater and temperature transports through the Tsushima-Korea Straits

対馬－韓国海峡を通過する淡水及び熱量

Atsuhiko ISOBE^{*1}, Mitsuru ANDO^{*1}, Toshiteru WATANABE^{*2},
Tomoharu SENJYU^{*3}, Shigehiko SUGIHARA^{*4}, and Atsuyoshi MANDA^{*5}

磯辺篤彦^{*1}, 安藤 充^{*1}, 渡辺俊輝^{*2}, 千手智晴^{*3}, 杉原滋彦^{*4}, 万田敦昌^{*5}

J. Geophys. Res. (2002), **107**, 1–20

Using acoustic Doppler current profiler (ADCP) and conductivity-temperature-depth (CTD) data sets obtained from 1991 to 1993, volume, freshwater, and temperature transports through the Tsushima-Korea straits are estimated. To remove tidal currents contained in raw ADCP data, tidal currents are calculated using harmonic constants obtained by ADCP surveys from 1998 to 1999. The annual mean and range of the volume transport through the straits are 2.4 Sv (1Sv = $10^6 \text{ m}^3/\text{s}$) and 0.8 Sv, respectively. These values are consistent with those of previous studies. The annually averaged freshwater transport is $33 \times 10^6 \text{ kg/s}$, which is the same as the total river discharge around the Yellow and East China Seas. This suggests that the total river discharge and freshwater transport through the Tsushima-Korea Straits are the prominent two components in the freshwater budget, averaged annually in the Yellow and East China Seas. The annually averaged temperature transport through the Tsushima-Korea Straits is 0.17 PW.

結果の要約 1991～1993年のADCP及びCTDデータを使用して、対馬－韓国海峡を通過する流量、淡水及び熱量を推定した。ADCP生データに含まれる潮流成分を除去するため、1998～1999年のADCP調査によって得られた調和定数を用いて潮流を計算した。流量の年平均値及び年変動幅は、それぞれ2.4 Sv (1 Sv = $10^6 \text{ m}^3/\text{s}$) 及び0.8Svであった。これらの値は過去の研

究結果と一致していた。淡水通過量の年平均値は $33 \times 10^6 \text{ kg/s}$ で、黄海及び東シナ海に流出する河川流量の合計値とほぼ同じであった。このことは、黄海及び東シナ海において年平均の淡水収支を考える上で、河川流量の合計と対馬－韓国海峡を通過する淡水量が2つの要因であることを示唆している。対馬－韓国海峡を通過する年平均の熱量は0.17PWであった。

*1 九州大学大学院総合理工学研究科

*2 現在：山口県水産課

*3 九州大学応用力学研究所

*4 水産大学校

*5 長崎大学水産学部

対馬海峡周辺域における近年の海況変動特性と漁況について

渡辺俊輝^{*1}・吉田幹英^{*2}・秋元 聡^{*2}・廣田健一郎^{*3}

長江大洪水と東シナ海等の海洋環境 (2003), 79-84

結果の要約 近年, 長江流域で大洪水が多発し, それに起因すると推察される顕著な低塩分水が九州北部から山陰沿岸で確認されている。そこで, 低塩分水の分布状態の把握に重きを置き, 月例海洋観測の資料解析を行った。

顕著な低塩分現象がみられた年は1995年および1998年であった。低塩分水の厚みは1995年で28m, 1998年

で23mと薄かった。低塩分水の水平的な広がり, 1995年には隠岐諸島東部海域までであったが, 1998年には日本海北部まで及んだ。顕著な低塩分水が出現した時期は, 1995年には9月であったのに対し, 1998年には7月と2ヶ月も早く, 1998年にはかなりの量の低塩分水が日本海に流入したと考えられた。

顕著な低塩分現象が見られた年には, 暖海性の魚類であるカツオやヨコワ (クロマグロの幼魚) が多獲されるという現象が見られた。

*1 現在：山口県水産課

*2 福岡県水産海洋技術センター

*3 佐賀県玄海水産振興センター

山口県水産研究センター研究報告 第2号

2004 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
