

九州北西部海域におけるトビウオ類の生活史と
未成魚群の資源加入に関する研究

一 丸 俊 雄

2 0 0 5

目 次

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第I章 緒 言 | 9 |
| 第II章 トビウオ類の漁獲実態 | 11 |
| 第III章 トビウオ類3種の成熟と産卵 | 21 |
| 第1節 ツクシトビウオの成熟と産卵 | 21 |
| 第2節 ホソトビウオの成熟と産卵 | 29 |
| 第3節 ホソアオトビ卵の形態と出現時期 | 32 |
| 第4節 ホソアオトビの成熟と産卵 | 37 |
| 第5節 卵と纏絡糸の微細構造 | 40 |
| 第IV章 トビウオ類3種の日齢と成長 | 45 |
| 第1節 ツクシトビウオの日齢と成長 | 46 |
| 第2節 ホソトビウオの日齢と成長 | 52 |
| 第3節 ホソアオトビの日齢と成長 | 57 |
| 第4節 3種の日齢と成長の比較 | 65 |
| 第5節 トビウオ類の来遊サイズの年変動 | 67 |
| 第V章 トビウオ類3種の沖合分布と来遊特性 | 73 |
| 第1節 トビウオ類成魚の沖合分布 | 73 |
| 第2節 トビウオ類成魚の来遊特性 | 82 |
| 第3節 トビウオ類未成魚の沖合分布 | 85 |
| 第4節 トビウオ類未成魚の来遊特性 | 90 |
| 第5節 漁場形成に及ぼす風の影響 | 96 |
| 第VI章 総 括 | 100 |
| 第1節 トビウオ類3種の生活史 | 100 |
| 第2節 トビウオ類未成魚群の量的評価 | 101 |
| 第3節 トビウオ類未成魚来遊群の質的評価 | 102 |
| 第4節 トビウオ類資源の有効利用 | 103 |
| 謝 辞 | 104 |
| 文 献 | 105 |
| Summary | 108 |

第I章 緒 言

日本周辺には約20種のトビウオ類が生息していると考えられる(今井, 1959; 今井, 1960)。これらの中で水産上重要と考えられる種として対馬暖流域で主に漁獲されているツクシトビウオ *Cypselurus heterurus doederleini*, ホソトビウオ *Cypselurus hiraii*, ホソアオトビ *Hirundichthys oxycephalus*, 太平洋側で主に漁獲されているものとしてこれらに3種に加えハマトビウオ *Cypselurus pinnatibarbatus japonicus*, トビウオ *Cypselurus ago ago*, オオメナツトビ *Cypselurus unicolor*, アヤトビウオ *Cypselurus poecilopterus*, カラストビウオ *Cypselurus cyanopterus* などがある(近藤・道津, 1981; 増田, 1988a; 久

田, 2002)。

全国で漁獲されているトビウオ類の漁獲量は、1988～2002年の漁業養殖業生産統計年報(農林水産省統計情報部)で見ると6,328～9,615 tの範囲で推移しており、水揚金額で見ると15～32億円であって、重要な水産資源のひとつと考えられる。Fig. 1-1に各県別の漁獲量を示す。これを見ると、トビウオ類は主に日本海側の島根県、太平洋側の鹿児島県および九州北西部に位置する長崎県で漁獲されており、九州北西部海域は我が国におけるトビウオ類3大産地のひとつに挙げられる。

トビウオ類の漁獲については年による変動が大きいことが指摘されており(森脇, 1988), またその変動要因や漁況予測についての研究もこれまでにな

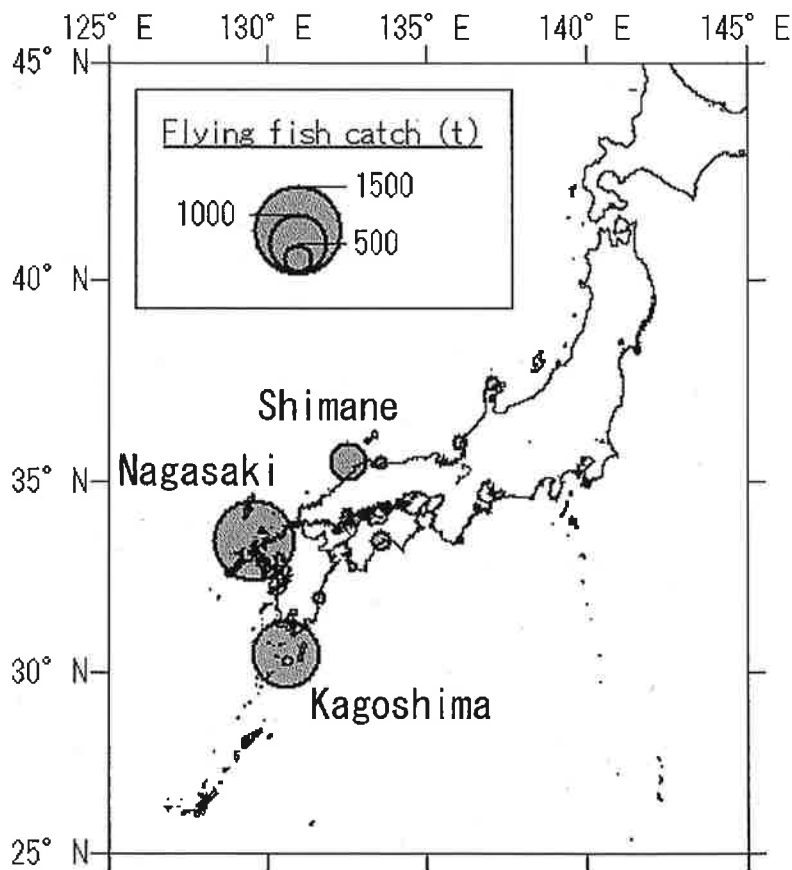


Fig. 1-1. Yearly average of flying fish catches from 1988 to 2002 in each prefecture.

されてきた(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)。このうち、九州北西部海域における漁獲量変動については、長崎県北部沿岸域の代表地区として生月地区の船曳網漁獲量とその変動に関与していると思われるさまざまな資料を用い、重回帰分析を用いた説明が試みられている(松村, 1992)。この報告では産卵親魚の漁獲量、稚魚期の水温、シイラの漁獲量、北東風の吹いた日数、着業統数がその変動要因として挙げられている。それ以前の報告にはない複数要因を組み合わせるといった手法で解析を行っており、実際の漁獲量の変動と計算結果はよく一致しているが、生物学的な視点からはまだ十分に説明できる状況とは言えない。このため本研究では以下に述べる4つの課題についてさらに研究を進めることとし、特にこの生月地区の漁獲量変動要因の研究において触れられていない生物学的なアプローチを中心に研究を行うこととした。

第一に、松村(1992)は漁獲されるトビウオ類未成魚として、「ホソトビウオおよびツクシトビウオが主体である」として扱っているが、この報告において魚種の根拠として引用された五島列島中通島有川湾に來遊する未成魚の種組成(近藤・道津, 1981)は定置網のものであり、生月地区で解析の対象として用いた船曳網のものではなかった。船曳網の魚種組成も定置網と同様であるのかという点で疑問の余地が残されている。さらに、近藤・道津(1981)は定置網漁獲物の主要構成種として、これら2種の他にホソアオトビ、アリアケトビウオをあげており、1958年および1959年の2カ年の調査結果だけをみても年によってその組成には違いが見られる。また、ここで報告された組成も、年によってはホソアオトビが20%近くを占めているといった無視することができない量が含まれていることも明らかとなっており、未成魚の漁獲量の変動をホソトビウオとツクシトビウオだけを想定して解析して良いかという点で課題が残されている。そこで、第II章において九州北西部においてトビウオ類を漁獲してい

る漁法や漁場の現状を明確にした上で、対象となっている魚種等を検証し、漁獲の実態を明らかにする。

第二の課題として、生月地区の漁獲量変動にかかわる要因のひとつである産卵親魚量の根拠として山口県の大形定置網の漁獲量が用いられている点が挙げられる。日本海西部で産卵が行われ、未成魚まで成長したものが南下してきて九州北西部で漁獲されているという推察に基づくものと思われるが、山口県のトビウオ類はホソトビウオが90%以上を占めているとの報告があり(河野1988)、仮に九州北西部海域で漁獲される未成魚がホソトビウオとツクシトビウオの2種からなるとしても、ツクシトビウオの産卵親魚量の根拠としては不十分と考えられる。そこで、第II章で触れたこの海域におけるトビウオ類未成魚の主要構成種となっていると考えられる魚種について成熟と産卵がどのように行われているかを第III章で明らかにする。

第三に考えなければならないことは、生月地区の漁獲量変動に最も影響を与えている要因として、稚魚期の水温が挙げられている点である。産卵後、生まれた仔魚は稚魚期を経て未成魚となり、漁獲対象となっていく。これまでは、表面水温の平均値とプランクトン現存量の経年変化を比較し、表面水温が高い年にプランクトン現存量が多くなる傾向が認められることから、水温の高低がトビウオ類稚魚の餌料環境の良否に、ひいてはトビウオ類稚魚の生残条件にも影響を与え、その結果漁獲量の多寡につながっていると推察されていた。これらの餌環境の良し悪しは、確かに生残にも影響を与えることが考えられるが、また同時にトビウオ類の成長にも影響を与える可能性が考えられる。仮に成長の良し悪しにも水温が影響を与えるとすると、1尾あたりの重量に増減が生じることになり、生残とは別に漁獲量変動に影響を与える要因として考えられることになる。トビウオ類の成長についてはこれまでもいくつか報告があるが(塚原ほか, 1957a; 塚原ほか, 1957b; 岡地, 1958; 東京都, 1991)、年齢形質に難点があることから、特に稚魚から未成魚にかけての時期の成長は詳細が不明であった。この点については、

近年魚類の耳石で研究されている日周輪 (Pannella, 1971) 等を用いたより詳細な研究が必要と思われる。

また、生月地区の漁獲量変動については、山口県沿岸域の7月の水温が影響を与えるとされているが、8月の水温が要因として採択されなかったことから、発育の初期の段階でのみ水温が影響する可能性が示唆されていた (松村, 1992)。成長や生残に関わる生育環境の違いによる影響が稚魚期のどの段階から現れるかを生物学的にも検証する必要がある。このような視点から、第IV章では稚魚期から漁獲対象となる未成魚までの成長と生残の過程に焦点をあてて明らかにする。

第四に、漁場の形成過程も重要な情報と考えられる。これまでに九州北西部海域における秋季の未成魚の漁獲には気象条件が重要な要因であることが明らかとなっている。近藤・道津 (1981) の報告によると、漁業者は昔からの経験により北よりの風 (北西～北東) が吹く日に好漁となることを知っているという。また、生月地区における漁獲量変動については、北東風の吹く日数が関わっていることが示されている。この報告において、これらの漁場形成要因が地先ごとに違う可能性についても言及されており、局地的な漁場形成要因を明らかにすると同時に、広範囲での解析も併せて必要と考えられる。成長した未成魚がどのような仕組みで来遊し、漁場をどのように形成するかを知ることは、未成魚群が漁獲対象資源となっていく過程を明らかにするために重要な課題のひとつと考えられる。そこで、第V章では、九州北西部海域におけるトビウオ類の分布と来遊の特性について明らかにする。

以上のように、松村 (1992) が示した漁獲量変動要因に関する考察は、九州北西部海域においてトビウオ類の未成魚が漁獲されるまでの過程について重要な手がかりを与えていると考えられるが、課題も多く残されている。特にこの報告では複数種で構成されると考えられるトビウオ類の漁獲を一括して取り扱っており、著者自身が考察の中で述べているように、稚仔魚の生残に関わる具体的な要因の解明や加入に関する生態的な情報など、十分な知見を基に

構築されたものではない。そこで、九州北西部海域におけるトビウオ類についての生活史を種類ごとに明らかにし、資源加入の過程をより詳細に解明していくことが重要と考えられる。

第II章 トビウオ類の漁獲実態

緒言で述べたように、日本周辺海域での主なトビウオ類の産地は島根県を中心とする日本海側、鹿児島県を中心とする太平洋側、長崎県を中心とする九州北西部海域の3海域であるが、このうち日本海側でのトビウオ類の漁獲実態についての報告としては、1967年の隠岐島におけるまき網、刺網による漁獲実態 (児島, 1969 a ; 児島, 1969 b), 1978年から1984年までの日本海西部海域における刺網、まき網、定置網による漁獲実態 (増田, 1988 a), 1956年から1984年までの山口県海域における刺網、定置網による漁獲実態 (河野, 1988) などの報告がある。太平洋側での報告としては1920年から1990年までの伊豆諸島におけるハマトビウオの漁獲実態 (東京都, 1991), 鹿児島県における1977年から2000年までのロープ曳による漁獲実態 (久田, 2002) などの報告がある。また、九州北西部海域における報告としては、1925年から1960年までの天草海域における浮刺網によるトビウオ漁についての報告 (塩川, 1962), 1958年から1959年までの五島有川湾における定置網によるトビウオ未成魚の漁獲についての報告 (近藤・道津, 1981) がある。

九州北西部海域のトビウオ類の報告は、今から50年近くも前の漁獲実態に関するもので、現状はこれらと異なっている可能性がある。さらに、対象となっている漁場や漁法がごく限られた範囲のもので、九州北西部海域における漁獲実態の全体像を十分に表しているとは言えない。

また、長崎県北部海域沿岸で船曳網により漁獲される未成魚の漁獲量変動要因に関する研究 (松村, 1992) で想定されている魚種はツクシトビウオとホソトビウオであり、その組成は確かめられたものではない。実際に漁獲の主体を占めているトビウオ類

がどんな魚種なのか、またその割合はどの程度なのかを確かめる必要がある。

そこで、本章では漁獲統計と水揚げされた魚種の同定により、近年の九州北西部海域におけるトビウオ関係漁業の現状を明らかにすることとした。

方 法

漁獲統計調査 1988～2002年の福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県の各農林水産統計年報（九州農政局統計部、同福岡統計情報センター、同佐賀統計情報センター、同長崎統計情報センター編集）より海區別、漁業種類別、魚種別漁獲量を求めた。海区は報告書に記載された区分に従い、福岡筑前、佐賀松浦、対馬、壱岐、北松、五島、西彼、橘湾、熊本天草西の計9海区に区分して取り扱った。さらに、この中で漁獲の多かった海区についてより詳細に解析するため、九州農政局長崎統計情報センターより提供していただいた1995～2001年の地区別、漁業種類別、魚

種別漁獲量データを用いた。これらの結果に基づき、各海区において主要な漁獲地区と考えられる地区の月別銘柄別漁獲統計を各漁協の水揚げ伝票から調査した。

魚種の組成 九州北西部海域で漁獲されているトビウオ類未成魚の魚種組成を明らかにするため、1991～2004年に船曳網と定置網の漁獲物から無作為に抽出した標本37,716個体について種を同定し、魚種ごとにその尾数を計数した。また、漁場周辺と沖合海域における魚種の組成の違いについて比較するため、Fig. 2-1に示す調査点において2004年および2005年の9月の夜間に、すくい網でトビウオ類を採集した。さらにこの調査を実施した同一日に定置網と船曳網の漁獲物から約10kgのトビウオ類を標本として採取した。これらの標本は種を同定し、魚種ごとにその尾数を計数した。

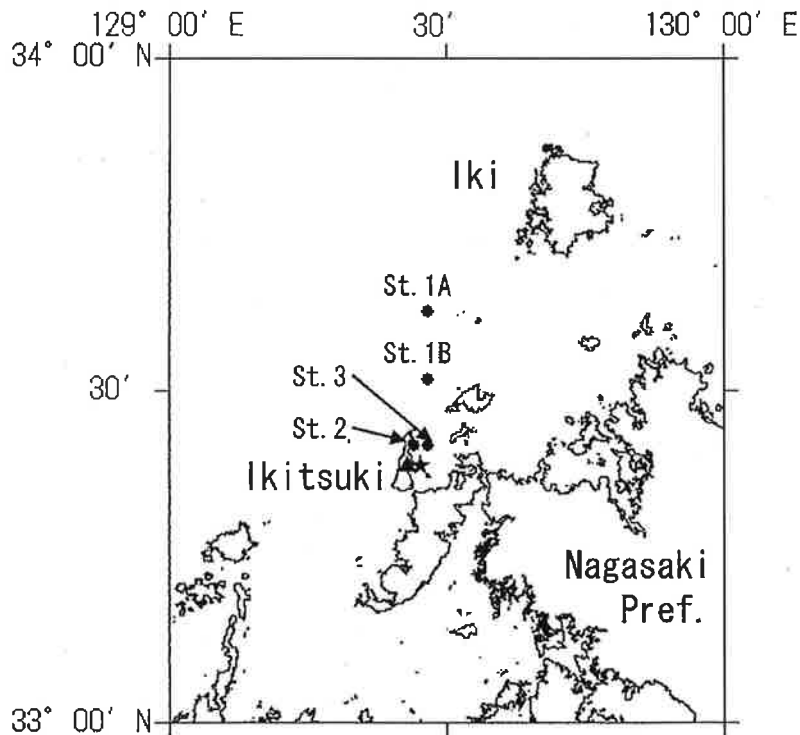


Fig. 2-1. Sampling localities of flying fish in the northern waters of Ikitsuki by scooping-up net(●). Sampling stations with set net(▲)and boat seine(★)are also shown.

結 果

漁獲統計調査 Fig. 2-2に1988～2002年の九州北西部海域（福岡県から熊本県）におけるトビウオ類漁獲量の経年変化を示す。漁獲量は2,000 tを中心に1,000～3,700 tの範囲で推移しており、年によって変動が大きい。

Fig. 2-3に1988～2002年における海區別、漁業種別漁獲量の平均値を示す。漁獲量が最も多い海区は北松海区で、平均漁獲量は980 tであった。その88%は船曳網による漁獲であり、定置網による漁獲が12%であった。次に漁獲量が多い五島海区の平均漁獲量は644 tで、その66%が船曳網による漁獲であり、34%が定置網による漁獲であった。対馬海区の平均漁獲量は179 tでその91%が定置網による漁獲であり、9%が刺網による漁獲であった。福岡筑

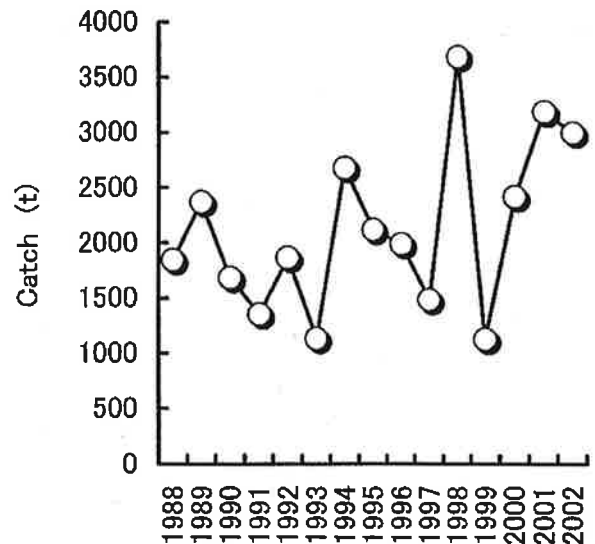


Fig. 2-2. Yearly change of flying fish catches from 1988 to 2002 in the north western waters of Kyushu.

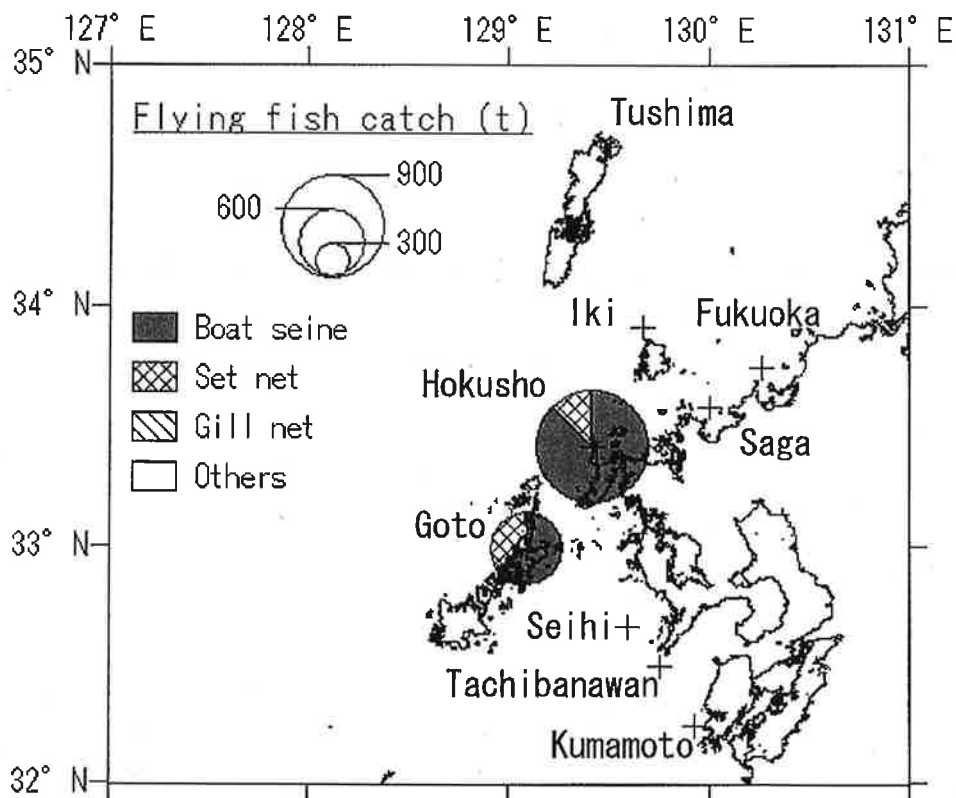


Fig. 2-3. Yearly average of flying fish catches from 1988 to 2002 by different fishing gears in the north western waters of Kyushu.

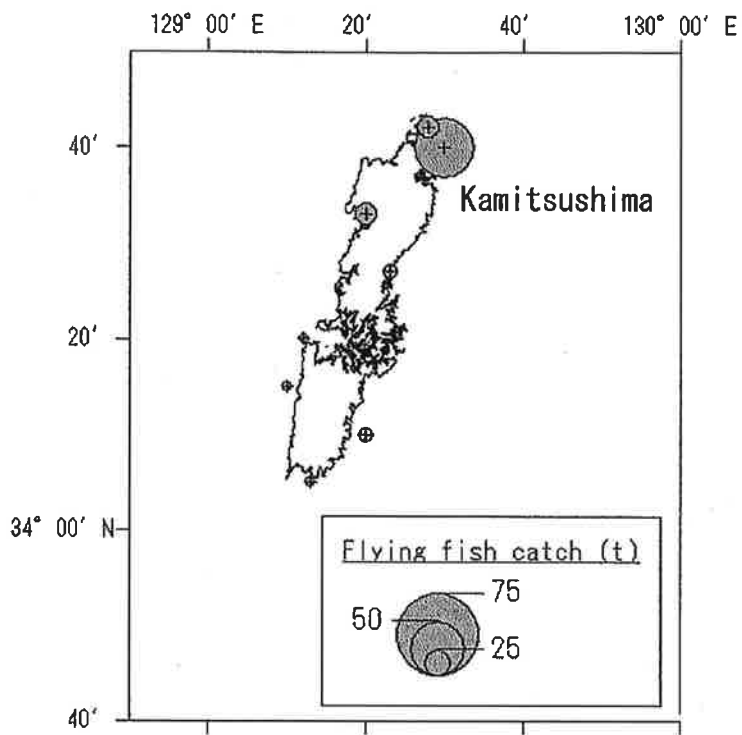


Fig. 2-4. Yearly average of flying fish catches from 1995 to 2001 with set net in Tushima area.

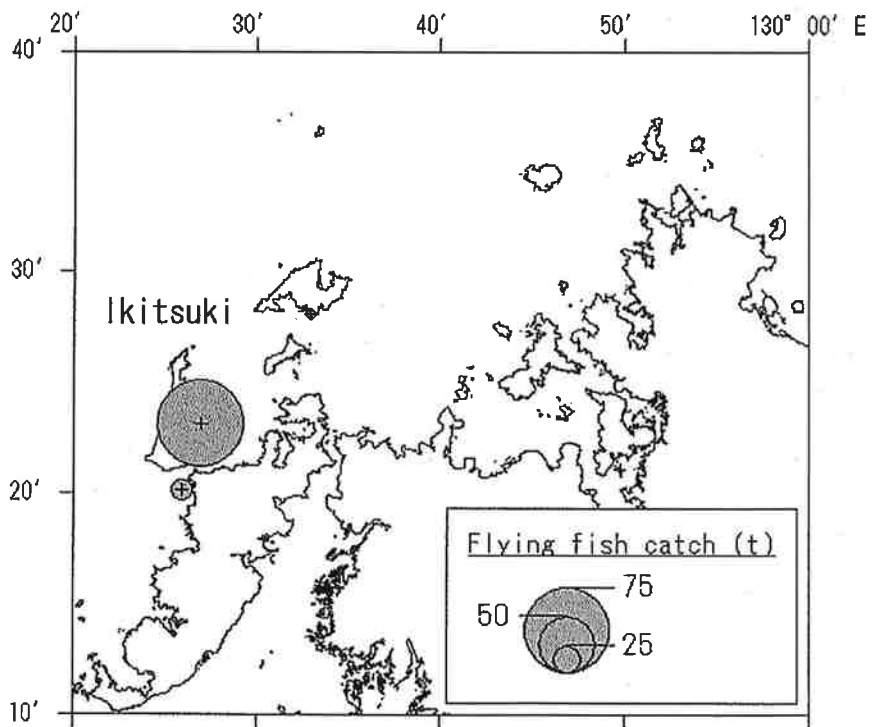


Fig. 2-5. Yearly average of flying fish catches from 1995 to 2001 with set net in Hokusho area.

前、佐賀松浦、杵岐、西彼、橘湾、熊本天草西の各海区では定置網による漁獲が93~100%を占めており、平均漁獲量は2~46 tと極めて少なかった。

定置網で漁獲が多く見られた対馬、北松および五島海区における地区別平均漁獲量を Fig. 2-4から Fig. 2-6に示す。対馬海区で平均漁獲量が5 t以上あった地区は西泊湾、豊崎、伊奈、峰東部、久田、佐須、豆酸、尾崎であり、その中で漁獲量が顕著に多かったのは西泊や豊崎などの上対馬地区であった。北松地区で平均漁獲量が5 t以上あった地区は生月、館浦、小値賀、北松大島であり、その中で顕著に多かったのは生月地区であった。五島海区で平均漁獲量が5 t以上あった地区は有川、三井楽、魚目、若松（日ノ島）、北魚目、北魚目第一、岐宿、大室であり、その中でも有川地区、三井楽地区、魚目地区の漁獲が比較的多かった。

船曳網で漁獲が多く見られた北松および五島海区における地区別の平均漁獲量を Fig. 2-7および Fig. 2-8に示す。北松地区で平均漁獲量が5 t以上

あった地区は平戸、度島、館浦、生月、北松大島、田平、薄香、中野、獅子であり、その中で漁獲量が顕著に多かったのは平戸、度島、生月、館浦であった。五島海区で平均漁獲量が5 t以上あった地区は北魚目第一、北魚目、魚目といった有川湾周辺に限られていた。

Fig. 2-9に定置網の月別漁獲量を示す。上対馬、上五島、三井楽の各地区では6月にピークが見られ、ほとんど大型個体で占められていた。生月、有川、魚目の地区では9月にピークが見られ、初夏と秋季に大型個体の漁獲も見られるもののその量は少なく、大半は秋季に漁獲される小型のトビウオ類であった。

Fig. 2-10に平戸地区、生月地区、魚目地区における船曳網の月別漁獲量を示す。北松海区、五島海区のいずれにおいても漁獲は8~10月の3ヶ月間に限られており、そのピークは9月であった。

漁法別海区別の漁獲量の経年変化を Fig. 2-11に示す。定置網では1989年には約900 tの漁獲があったが、1991年にかけて約300 tまで減少し、1998年

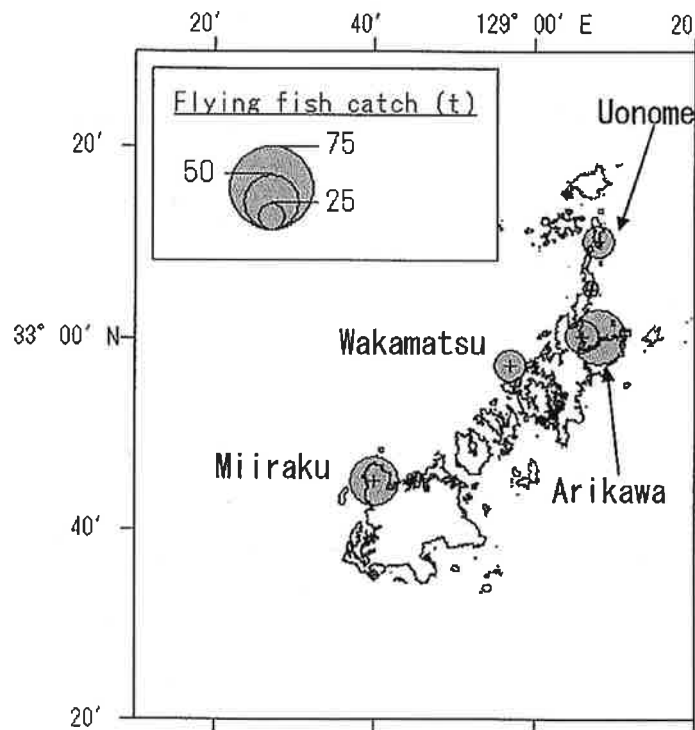


Fig. 2-6. Yearly average of flying fish catches from 1995 to 2001 with set net in Goto area.

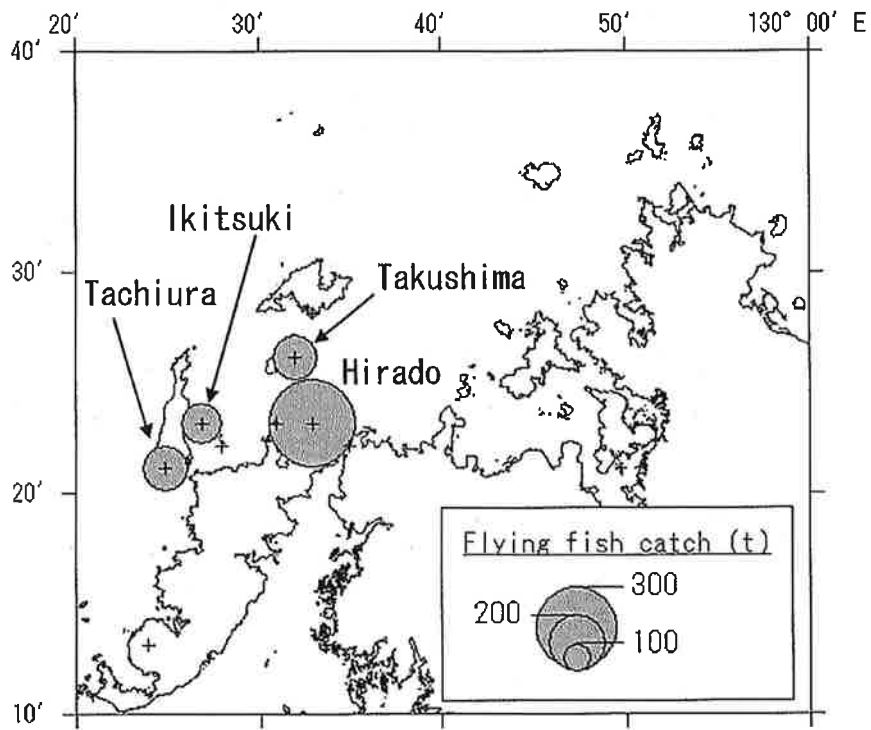


Fig. 2-7. Yearly average of flying fish catches from 1995 to 2001 with boat seine in Hokusho area.

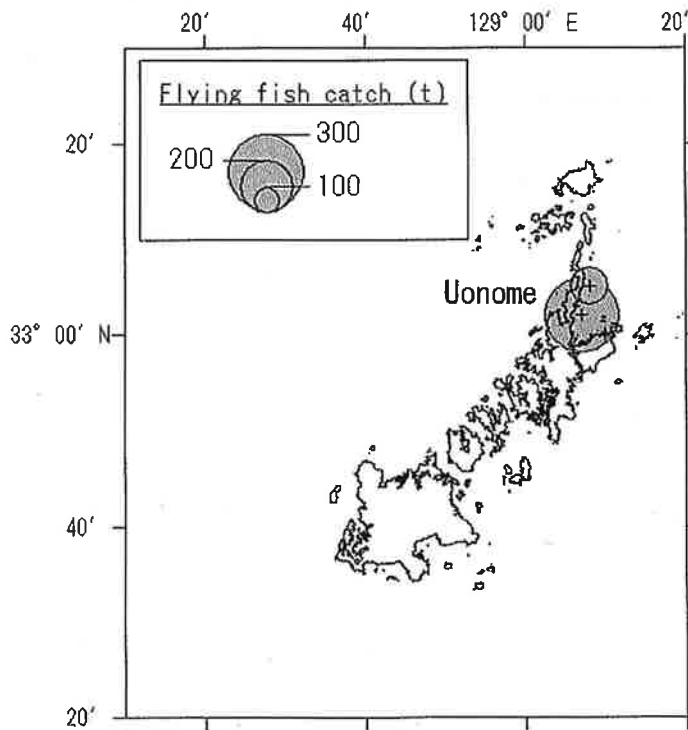


Fig. 2-8. Yearly average of flying fish catches from 1995 to 2001 with boat seine in Goto area.

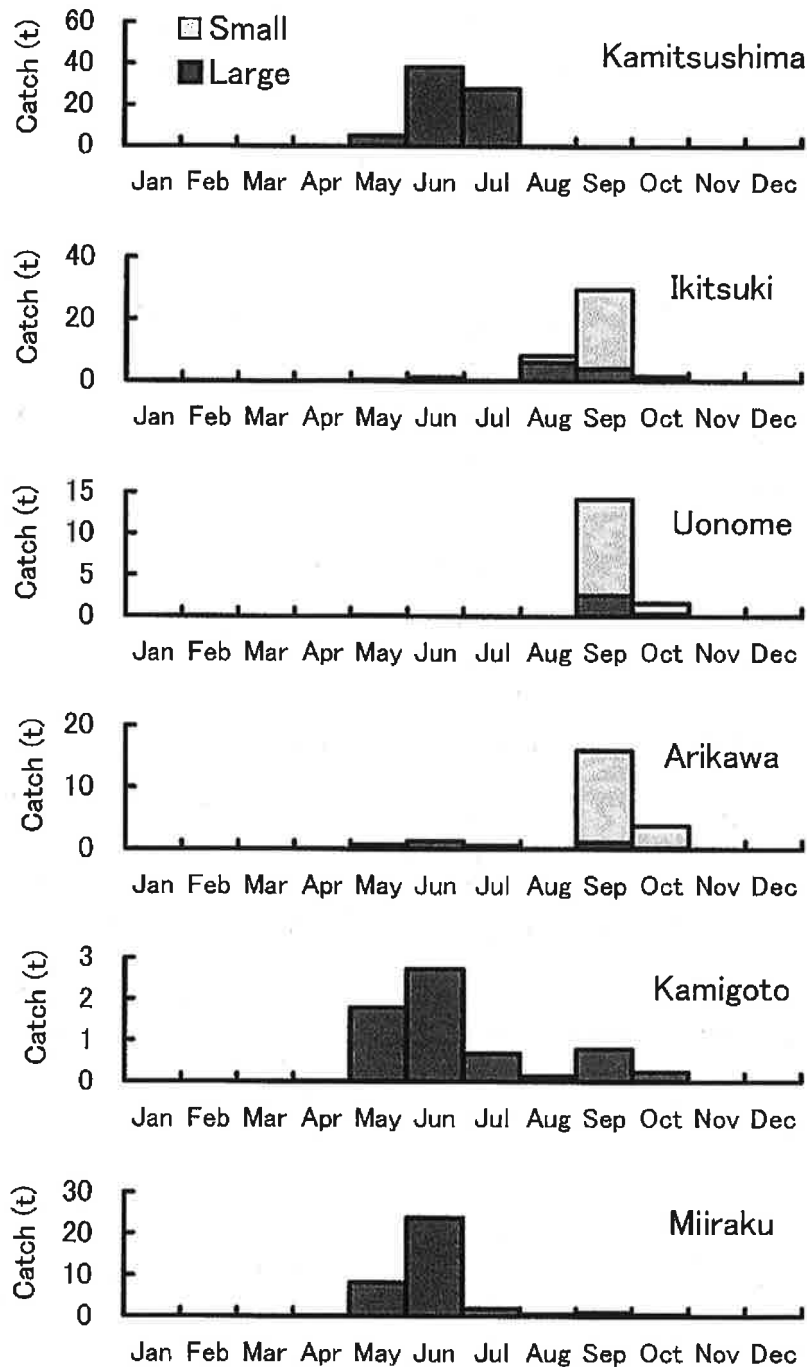


Fig. 2-9. Monthly change of flying fish catches from 1995 to 2001 with set net at respective fishing areas.

にかけて増加傾向を示した後、2002年には再び減少した。一方、船曳網では年によって違いが大きく、1994年、1998年は好漁であったが、1993年は不漁であって、300～2,500 tの間で変動が見られた。また、1988～2005年の生月地区におけるトビウオ類未成魚の漁法別漁獲量の経年変化を Fig. 2-12に示す。ト

ビウオ類未成魚の漁獲量は定置網、船曳網いずれも年によってかなり違いが見られ、定置網では数t～90 t、船曳網では40～330 tの間で変動した。

魚種の組成 1991～2004年において漁獲物に占められる各魚種の構成比を合計し、漁法別に Fig. 2-13に示す。定置網ではホソトビウオが最も多く全体の

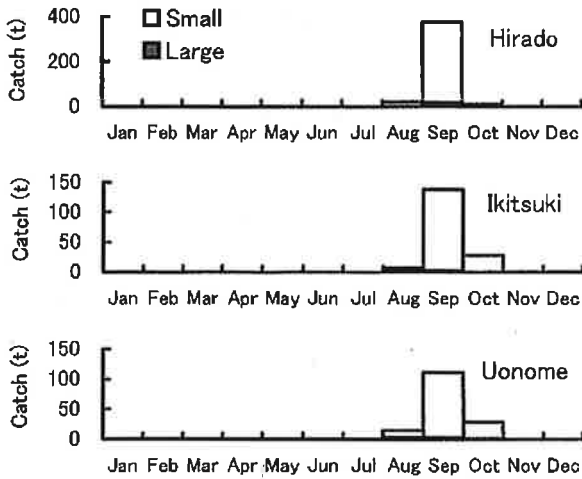


Fig. 2-10. Monthly change of flying fish catches from 1995 to 2001 with boat seine at respective fishing areas.

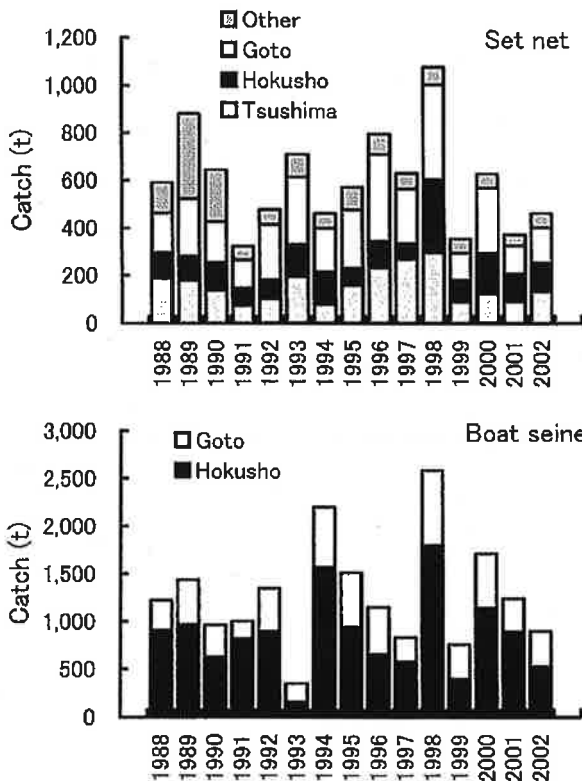


Fig. 2-11. Yearly change of flying fish catches from 1988 to 2002 in the north western waters of Kyusyu. Fishing gear and fishing areas are also shown.

43%を占めており、次いでツクシトビウオが33%、ホソアオトビが24%であった。ところが、船曳網ではホソアオトビが最も多く全体の57%を占めており、次いでホソトビウオが26%、ツクシトビウオが17%を占めていた。この他に定置網・船曳網のいずれにおいてもアリアケトビウオ等の他の種類も見られた

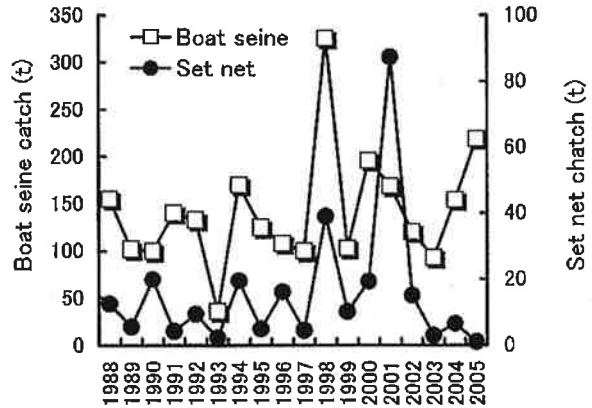


Fig. 2-12. Yearly change of young flying fish catches from 1988 to 2005 at Ikitsuki.

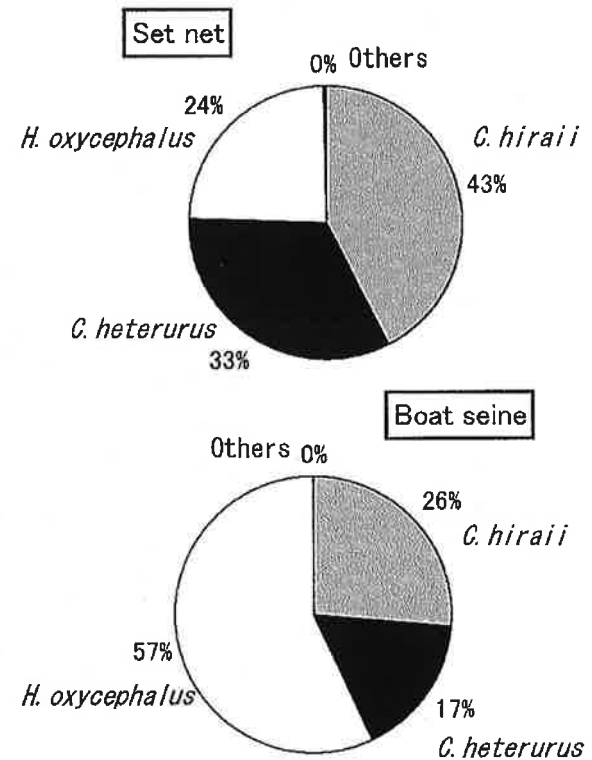


Fig. 2-13. Species composition of young flying fish catches from 1991 to 2004 at Ikitsuki.

が、その数はごく少なかった。船曳網と定置網で魚種の組成が大きく異なったホソアオトビについて船曳網と定置網における出現割合の経年変化を Fig. 2-14に示す。ホソアオトビの出現割合は年によって大きく変動しており、ほとんど混獲されない年もあれば80%を超える年も見られた。船曳網と定置網で変動の傾向はよく似ていたが、いずれの年も船曳網の方が常に高い値を示した。

Table 2-1 にすくい網で採集したトビウオ類の魚

種組成を示す。夜間に集魚灯をつけた漁船に寄ってくるトビウオ類には2つのタイプが観察された。ひとつは胸鰭をまったく閉じないで広げた状態のまま海面を漂うようにして近づいてくるもので、もうひとつは胸鰭を時折閉じながら遊泳して近づくものである。遊泳しているものでは集魚灯をつけた直後(約5分以内)に漁船近くのをすくうことができたが、時間の経過とともに海面よりやや深いところを遊泳するようになり採集は困難となった。また、正確な数は計数できなかったが、これら採集できなかったものの中にはその胸鰭に見られる縞状の模様から見てツクシトビウオと見られるものが比較的多く観察された。このタイプで採集されたトビウオ類ではホソトビウオが最も多く、2004年には60%、2005年には63%であった。一方、海面を浮遊するものではホソアオトビの占める比率が2004年には92%、2005年には91%と高く、その傾向は時間の経過とともに変わることはなかった。行動の違いによる魚種組成の傾向は沖合と未成魚の漁場となっている沿岸で違いは見られなかった。試験操業を行った当日の同一漁場における採集方法別のホソアオトビの出現

とつは胸鰭を時折閉じながら遊泳して近づくものである。遊泳しているものでは集魚灯をつけた直後(約5分以内)に漁船近くのをすくうことができたが、時間の経過とともに海面よりやや深いところを遊泳するようになり採集は困難となった。また、正確な数は計数できなかったが、これら採集できなかったものの中にはその胸鰭に見られる縞状の模様から見てツクシトビウオと見られるものが比較的多く観察された。このタイプで採集されたトビウオ類ではホソトビウオが最も多く、2004年には60%、2005年には63%であった。一方、海面を浮遊するものではホソアオトビの占める比率が2004年には92%、2005年には91%と高く、その傾向は時間の経過とともに変わることはなかった。行動の違いによる魚種組成の傾向は沖合と未成魚の漁場となっている沿岸で違いは見られなかった。試験操業を行った当日の同一漁場における採集方法別のホソアオトビの出現

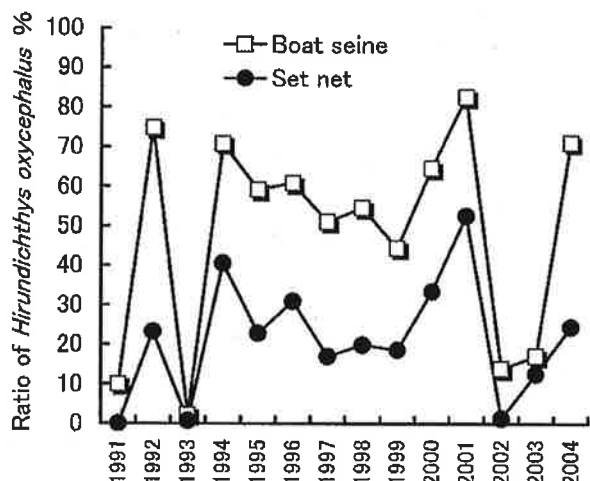


Fig. 2-14. Yearly change of *Hirundichthys oxycephalus* ratio in the total young flying fish caught from 1988 to 2004 at Ikitsuki.

Table 2-1. Number of flying fish collected in northern waters of Ikitsuki by scooping-up net in two different swimming styles

| Year | St | Time from catch | Floating type | | | | Moving type | | | |
|------|--------|-----------------|---------------------|------------------|-----------------------|-------|---------------------|------------------|-----------------------|-------|
| | | | <i>C. heterurus</i> | <i>C. hiraii</i> | <i>H. oxycephalus</i> | Total | <i>C. heterurus</i> | <i>C. hiraii</i> | <i>H. oxycephalus</i> | Total |
| 2004 | St.1 A | ~5 min | | | 10 | 10 | | 1 | | 1 |
| | | ~10 min | | | 8 | 8 | | | | 0 |
| | | 10 min~ | | | 6 | 6 | | | | 0 |
| | | Total | 0 | 0 | 24 | 24 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | St.2 | ~5 min | | 5 | 14 | 19 | 12 | 25 | 8 | 45 |
| | | ~10 min | | 2 | 10 | 12 | | | 1 | 1 |
| | | 10 min~ | | | 13 | 13 | | | | 0 |
| | St.3 | ~5 min | 2 | | 18 | 20 | | 5 | | 5 |
| | | ~10 min | | | 5 | 5 | | | | 0 |
| | | 10 min~ | | | 20 | 20 | | | | 0 |
| | Total | Number | 2 | 7 | 104 | 113 | 12 | 31 | 9 | 52 |
| | | Ratio(%) | 1.8 | 6.2 | 92.0 | 100.0 | 23.1 | 59.6 | 17.3 | 100.0 |
| 2005 | St.1 B | ~5 min | | 2 | 9 | 11 | | 7 | 1 | 8 |
| | | ~10 min | | | 15 | 15 | | | | 0 |
| | | 10 min~ | | | 18 | 18 | | | | 0 |
| | | Total | 0 | 2 | 42 | 44 | 0 | 7 | 1 | 8 |
| | St.2 | ~5 min | | 2 | 24 | 26 | | 23 | 4 | 27 |
| | | ~10 min | 1 | 7 | 9 | 17 | 8 | 9 | 5 | 22 |
| | | 10 min~ | | | 22 | 22 | | | | 0 |
| | St.3 | ~5 min | 1 | | 8 | 9 | 5 | 6 | 2 | 13 |
| | | ~10 min | | | 15 | 15 | 1 | | 1 | 2 |
| | | 10 min~ | | | 10 | 10 | | | | 0 |
| | Total | Number | 2 | 11 | 130 | 143 | 14 | 45 | 13 | 72 |
| | | Ratio(%) | 1.4 | 7.7 | 90.9 | 100.0 | 19.4 | 62.5 | 18.1 | 100.0 |

率は、2004年にはすくい網で69%、船曳網で67%、定置網で8%、2005年にはすくい網で67%、船曳網で46%、定置網で3%と、いずれもすくい網でもっとも高く、次いで船曳網、定置網の順にその比率は低かった。

考 察

漁法別のトビウオ類漁獲量を見ると、一部刺網で漁獲されている地区も見られるが、その量はわずかであり、九州北西部海域のトビウオ類は主に船曳網と定置網で漁獲されていることが分かる。

定置網では春から秋にかけて漁獲が見られている。北松海区と五島海区の一部においては、秋季に漁獲のピークが見られ、福岡筑前、佐賀松浦、対馬、壱岐、橋湾、熊本天草西の各海区ではこれとは対象的に初夏がピークとなっている。春から夏にかけての漁獲はその銘柄サイズから判断して成魚と考えられ、秋季の主体はその年生まれの未成魚と考えられる。一方、船曳網では秋季にのみ漁獲がみられ、そのほとんどが未成魚と考えられる。

漁法別の漁獲割合で船曳網の比率が高いことや、定置網でも秋季の漁獲割合が高い地区がかなり見られることから、九州北西部海域における漁獲の主体は未成魚ということになる。島根県を中心とする日本海側でも(増田, 1988a; 河野, 1988)、鹿児島県を中心とする太平洋側でも(東京都, 1991; 久田, 2002)その漁獲の主体は成魚であり、九州北西部海域における漁獲実態は他の海域とはかなり様相を異にしていると思われる。

定置網が沿岸各地に点在している中で、成魚は今回の研究で挙げられた主要漁獲地区のどの地区にも見られたが、未成魚は船曳網での漁獲が見られた北松海区と五島海区の一部のみ定置網で漁獲されている。このような海区だけで集中的に水揚げがなされていることは、限られた所に漁場が形成されることを示している。

船曳網の操業は許可制となっており、操業区域が定められている。北松海区、五島海区にのみ操業許可が与えられているが、いずれも定置網から離れて

いない岸近くにのみ操業区域が定められている。このことから、船曳網と定置網の漁獲データだけでは漁場以外のトビウオ類の分布状況は分からない。未成魚の漁場がなぜごく限られた場所に形成されているのかという点については、漁場以外での分布調査結果も併せて第V章で述べることにする。

今回、船曳網で漁獲されている魚種と定置網で漁獲されている魚種をそれぞれ確認したところ、漁法によってその組成が異なっていた。松村(1992)は船曳網で漁獲されているトビウオ類をホソトビウオおよびツクシトビウオと想定して解析を行っているが、実際に漁獲されている魚種は船曳網ではホソアオトビが多いことが明らかとなり、松村(1992)の漁獲量変動要因に関する考え方について、生態的な面から再度見直す必要があることを示している。よって、次章からは九州北西部海域で漁獲の対象となっている種類をツクシトビウオ、ホソトビウオに加えてホソアオトビの3種として研究を進めることとする。

このホソアオトビの出現比率の経年変化を見ると、年によってその比率には変動が見られることが分かるが、いずれの年においても船曳網における比率が高く、定置網ではその比率が明らかに低い。これまでの知見で示されているこの地区の漁獲量の変動要因が産卵親魚の漁獲量、稚魚期の水温、シイラの漁獲量、北東風の吹いた日数、着業統数によるものであれば、ほぼ同一の漁場である定置網と船曳網の漁獲量の変動傾向は同じ傾向を示すはずであるが、実際には漁獲量の変動は漁法によって異なっている。このような傾向の違いは漁獲される魚種の組成が漁法によって違っていることを反映した結果と考えられた。

今回行ったすくい網による試験操業においては、船曳網よりさらにホソアオトビの比率が高い傾向が見られている。過去に日本海でも未成魚の採集調査(増田, 1988b; 増田ほか, 1990)が行われているが、この報告の中でも定置網に比べてすくい網ではホソアオトビの比率がかなり高い結果が得られている。今回の試験操業において、トビウオ類の魚種に

よって行動の特性がやや異なっている状況が確認された。すなわち、ツクシトビウオやホソトビウオは遊泳していて採集が難しく、ホソアオトビは海面に漂っていて他の2種に比べて採集が容易であった。今回の研究においては漁法の違いによってなぜ魚種の組成が異なるのか詳細は不明であるが、すくい網の操業中に見られたような魚種による行動の違いが影響している可能性が考えられた。

第Ⅲ章 トビウオ類3種の成熟と産卵

生月地区の漁獲量変動要因となっている産卵親魚の来遊量としては、山口県の大形定置網の漁獲量が用いられているが、そのうちの90%以上はホソトビウオである(河野, 1988)。しかし、九州北西部海域で漁獲されるトビウオ類未成魚にはホソアオトビやツクシトビウオも無視できない量が含まれることを第Ⅱ章で明らかにした。すなわち、3種の中の1種だけのデータを用いて産卵親魚の来遊量の評価を行っても、それは正しい評価とは言えない。

産卵量の評価にあたっては、まずその産卵実態を十分把握する必要があるが、九州北西部海域で漁獲されるトビウオ類3種のうちツクシトビウオとホソアオトビに関する成熟と産卵に関する知見は極めて少ない。また、ホソトビウオについても日本海における成熟と産卵に関しては河野(1995b)が調査を行っているが、その中で九州北西部海域における産卵の実態についてはほとんど触れられていない。

さらに、近年卵の分類の形質として、光学顕微鏡下での卵の観察のみでなく、走査型電子顕微鏡下での観察が種の同定において有効であることや、卵の微細構造と生態との関わりについて示した報告(Lonning, 1972; Stehr and Hawks, 1979; 平井, 1991; 原ほか, 1997; 原, 2003a; 原, 2003b)がある。しかしながら、纏絡糸を有するトビウオ類の卵については走査型電子顕微鏡下での観察例はまだない。

以上のように、九州北西部海域に未成魚として来遊するトビウオ類3種の産卵生態について未解明の課題が多く残されていることから、本章ではこれら

を明らかにすることを目的に研究を行った。

第1節 ツクシトビウオの成熟と産卵

ツクシトビウオの成熟と産卵については、卵巢の肉眼的観察結果(岡地, 1958)、九州南岸での産卵生態に関する聞き取り結果(今井, 1959a)、熊本海域における成熟度の調査結果(久田, 2002)、日本海西部における成熟度や卵径組成の調査結果(福井, 1988; 河野, 1988; 河野, 1997)があるのみである。対馬暖流域における本種の漁獲量は第Ⅴ章第2節で述べるように主産卵場と思われる九州北西部海域で多いと思われるが、この海域における成熟、産卵についての報告は見あたらない。そこで、ツクシトビウオの産卵生態や産卵行動について検討を行った。

方 法

材料はFig.3-1-1に示す鹿児島県野間池から山口県須佐に至る6箇所の定置網で1992~1996年の4~7月に漁獲されたツクシトビウオである。長崎県内の3箇所(野母崎, 生月, 上対馬)では成熟の旬別変化を見るため原則として10日に1回の割合で漁獲物より60~100尾を任意に採集した。漁獲量が少ない鹿児島県の野間池、福岡県志賀島、山口県須佐の3箇所では、月に1~3回、地元の漁協に依頼して標本を採集した。また、第Ⅴ章第2節で述べるように秋季にもツクシトビウオ成魚の来遊が見られることから、2004年と2005年の9~10月にも長崎県生月地区において定置網または船曳網で漁獲された成魚も標本として採集した。

また、定置網で漁獲される標本は、1992~1994年の調査で漁期により性比に偏りが認められた。すなわち、漁期初めに雄の割合が多い傾向が各年とも共通して認められた。このことから雄の方が雌より早く接岸する傾向があると考えられたので、より沖側で採集される標本の性比と成熟度を見るために、1995年と1996年の2ヵ年は五島灘および対馬海峡東水道、壱岐水道においてまき網に入網したツクシト

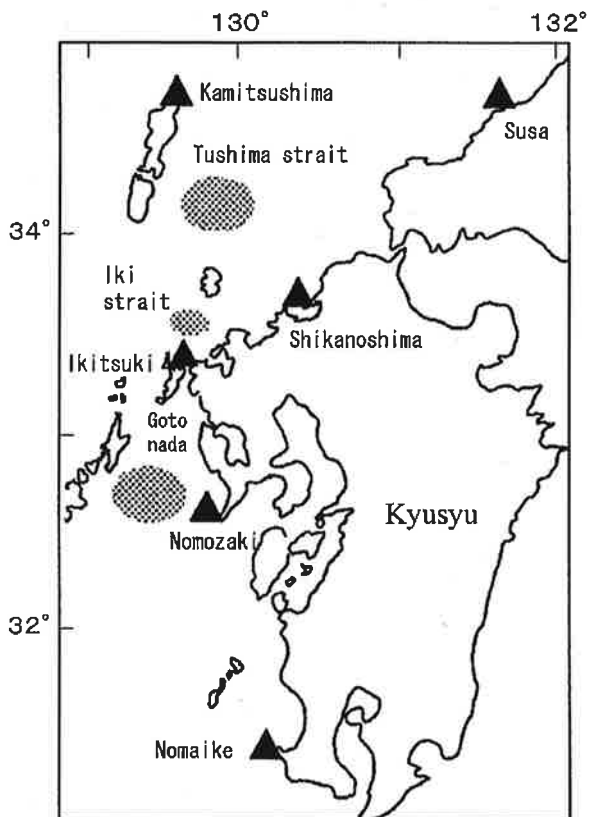


Fig. 3-1-1. Map of sampling area.
 Triangle: set net. Dotted area: fishing ground of seine net.

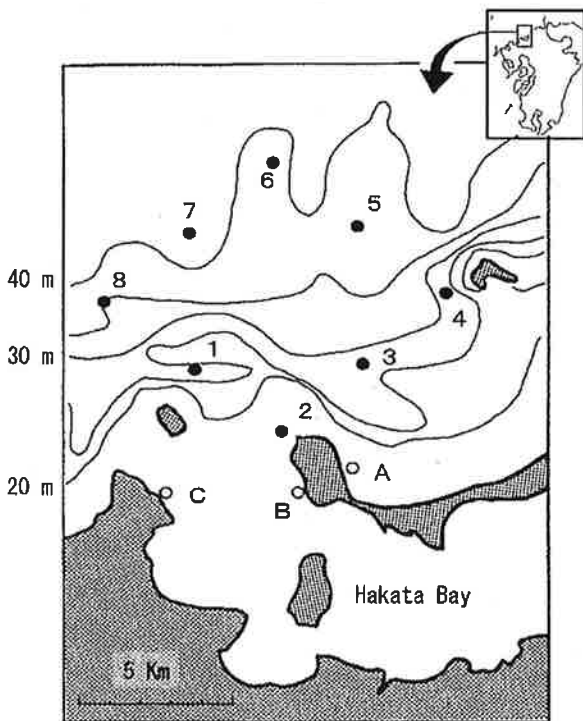


Fig. 3-1-2. Location of sampling sites near Shikanoshima Island.
 ● (Station 1~8): Boat seine.
 ○ (Station A~C): Scooping-up net.

ビウオも採集した。さらに、雌雄の分布を見るために、船曳網の操業許可を6月まで有する福岡県志賀島地先において、1995年と1996年の5、6月にFig.3-1-2に示すような8箇所の調査点を設定し、船曳網により同一日に1定点あたり30分の試験操業を行い、漁獲されたものをすべて標本とした。加えてこれと同日の夜間に、岸よりのStations（これ以降Sts.と略）A~C各点においてすくい網によって採集して成熟度を調査した。

採集した標本数は雄5,722個体、雌2,125個体、計7,847個体で、これらの魚体の尾叉長、体重、生殖腺重量を測定した。雌の成熟の変化を明らかにするため、各月の標本から任意に選んだ雌標本510個体の卵巣を10%ホルマリン液で固定した後、中央部より一部を切り取ってほぐし、実体顕微鏡下（30倍）で、マイクロメーターを用いてランダムに100粒の卵径を測定した。また、卵径と成熟の関係について見るため、189個体の卵巣をブアン氏液で固定し、テクノビットを用いて包埋した後、ミクロトームで5~7 μ mの切片を作成し、ハマトキシレン・エオシンによる二重染色を行い、光学顕微鏡下で観察した。

結 果

雌雄の比率 定置網6箇所と五島灘のまき網で漁獲された標本で見られる雌の比率の漁期始めから終期にかけての変動を示すとFig.3-1-3のようになる。定置網の漁獲物では、野間池地区では、5月中旬までは雌の比率が20%以下の低い値を示し、5月下旬から6月中旬にかけて30~40%に高まった。野母崎地区では、漁期初めの5月までは雌の比率が20%前後と低く、6月下旬には約30%に高まった。生月地区では、5月は10%前後と低く、6月の上旬から高くなり、6月下旬には約40%となった。志賀島地区では、5月は10%以下の低い値であったものが、徐々に高くなり7月上旬には30%に高まった。上対馬地区では、5月は10%前後で、6月に雌の比率が高くなり、7月上旬になって50%を超えた。須佐地区では、5月の下旬に10%と低い値を示したが、その後急に高くなり6月中旬に90%とかなり高い値を

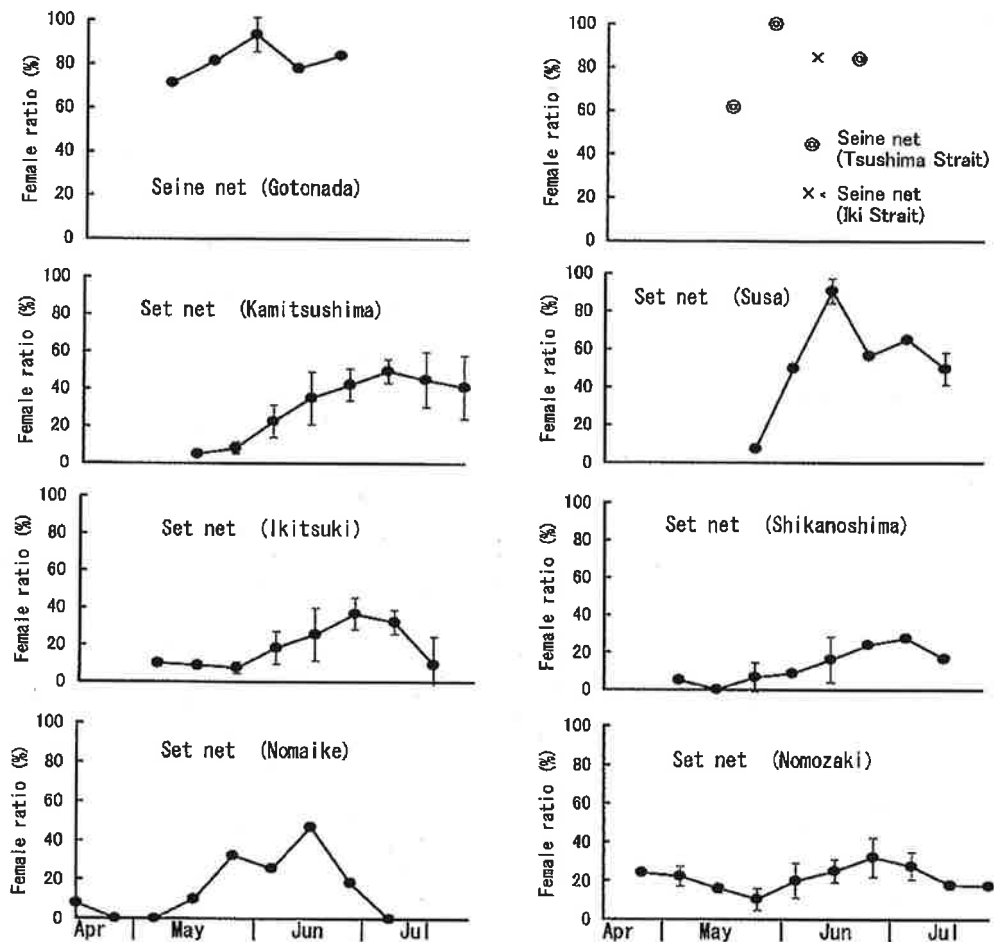


Fig. 3-1-3. Seasonal change of female *Cypselurus heterurus doederleini* ratio at different places. Vertical bar shows S. D.

示した後、60%前後の値を示した。いずれの地区でも、最初雌の比率が低く、その後高まり、再び低くなる傾向が見られた。

一方、五島灘におけるまき網は定置網と異なり岸から離れて行われており、漁獲物中の雌の比率は、5月は70~80%、6月にも80~90%と高かった。まき網による漁獲は6月の中旬から減少し、7月にはまったくみられなくなった。これに対し、定置網での漁獲は7月には減少傾向にあったものの、ある程度の漁獲は引き続き見られた。

以上のように、定置網の漁獲物では雄、まき網の漁獲物では雌の割合が高かった。これは岸部と沖部による雌雄の分布の相違を示していると考えられたので、この傾向が同一日に採集した標本でも見られるか否か確かめるために、福岡県志賀島沿岸において試験操業を行った。得られた標本の1995年、1996

年別の雌雄比率を Fig. 3-1-4に、またそれぞれの操業日別の採集尾数、性比を沖部、岸部別に Table 3-1-1に示す。Fig. 3-1-4および Table 3-1-1から明らかなように、船曳網による採集では水深30m以浅で岸側の Sts. 1~4 では同一日に採集された雄の比率が高かった。また、Sts. A~Cで夜間のすくい網によって得られた標本においても雄の比率が高かった。一方、水深30m以深で沖に位置する Sts. 5~8の点では、雌の比率が高かった。なお、2カ年の船曳網の操業で得られた全標本について見ると、岸側の Sts. 1~4 では308個体のうち雌は34個体 (11%)、沖側の Sts. 5~8 では251個体のうち雌は190個体 (76%) で、まき網や定置網の漁獲物で得られた雌雄の比率とほぼ同様の傾向が認められた。

次に雌雄の比率が漁場位置の南北によって異なるかを検討するために、定置網6箇所と五島灘のまき

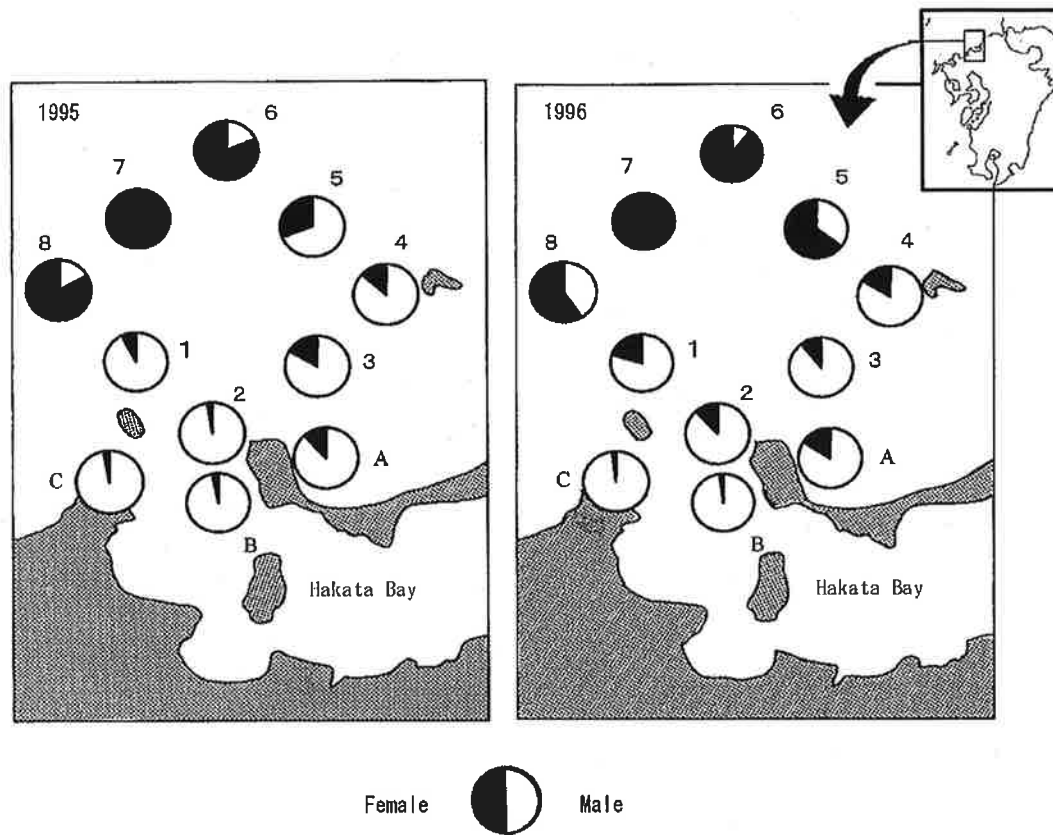


Fig. 3-1-4. Sex ratio of *Cypselurus heterurus doederleini* catches by boat seine and scooping-up net at various sites near Shikanoshima Island.

Table 3-1-1. Ratio of female of *Cypselurus heterurus doederleini* in the catch by boat seine at Shikanoshima

| Date | Near Shore*1 | | | Off shore*2 | | |
|---------------|--------------|--------|--------------------|-------------|--------|--------------------|
| | Male | Female | Ratio of Female(%) | Male | Female | Ratio of Female(%) |
| 1995, May 31 | 112 | 9 | 7.44 | 18 | 88 | 83.02 |
| 1995, June 16 | 62 | 8 | 11.43 | 25 | 31 | 55.36 |
| 1996, May 29 | 41 | 5 | 10.87 | 11 | 33 | 75.00 |
| 1996, June 6 | 28 | 11 | 28.21 | 5 | 31 | 86.11 |
| 1996, June 24 | 31 | 1 | 3.13 | 2 | 7 | 77.78 |
| Total | 274 | 34 | 11.04 | 61 | 190 | 75.70 |

*1 Station 1~4 in Fig.3-1-2

*2 Station 5~8 in Fig.3-1-2

網, さらにこれより標本数が少なかった対馬東水道, 壱岐水道のまき網の結果も加えて6年間にわたって採集された全標本の雌雄の比率を場所別に整理して示すと Fig.3-1-5のようになる。定置網の漁獲物では, 雌の割合は鹿児島西岸から福岡までは約20%, 対馬で30%, 山口では50%と九州西岸では北に位置する漁場ほど高く, 日本海に入って最も高い値を示した。一方, まき網で漁獲されたものは, 五島灘お

よび対馬海峡, 壱岐水道という漁場の相違にもかかわらず, 雌の割合は80%と高かった。

成熟 6箇所の定置網および五島灘, 対馬東水道, 壱岐水道のまき網, ならびに志賀島地区の船曳網の漁獲物から得た標本の雌の GSI 値 (Gonad somatic index = 生殖腺重量 × 10² / 体重) の組成を Fig. 3-1-6に示す。定置網では GSI 値は低く, 6以下の値を示す個体が多かったが, まき網では 4~18の値を示

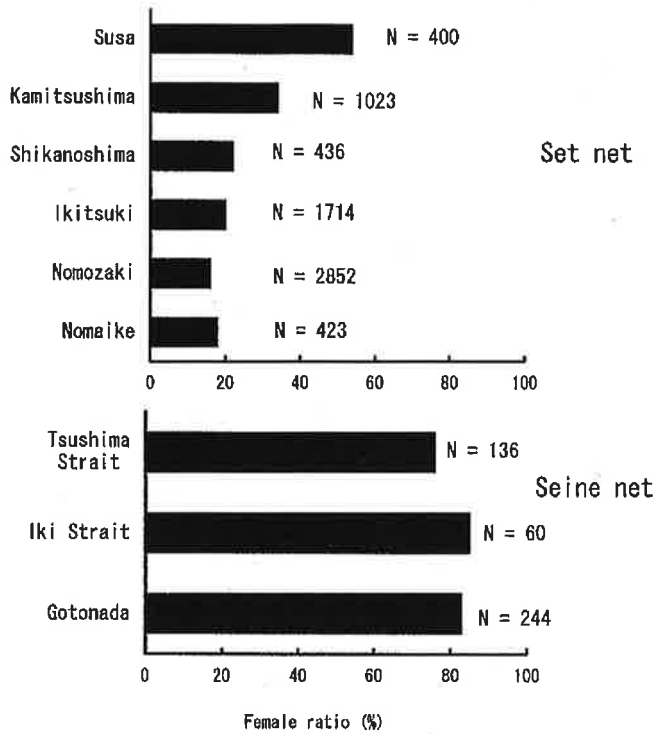


Fig. 3-1-5. Difference of female *Cypselurus heterurus doederleini* ratio by sampling gears and areas during the fishing season.

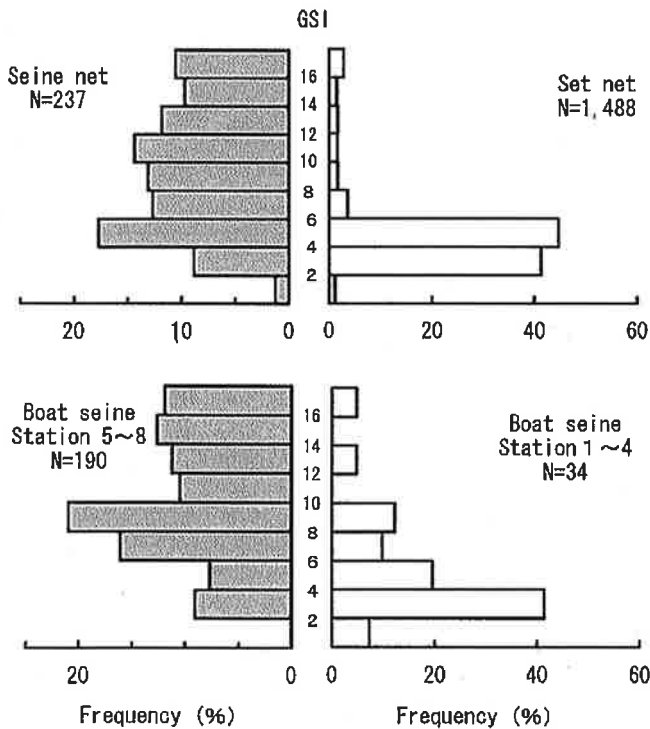


Fig. 3-1-6. Frequency distribution of GSI (Gonad Somatic Index) in female *Cypselurus heterurus doederleini* caught with several fishing gears. Solid: Off shore. Open: Near shore. Operating ground of fishing gears: Seine net is Gotonada, Iki strait, Tsushima strait. Set net is six sites from Kagoshima to Yamaguchi. Boat seine in Stations 1-4 are near shore of Shikanoshima. Boat seine in Stations 5-8 are off shore of Shikanoshima.

し、GSI 値の高い個体が多かった。一方、岸寄りと沖側の群を比較するために行った船曳網では、岸側の Sts. 1~4 では GSI が 2~4 の値に集中していたが、沖側の Sts. 5~8 では 10 前後のものも多く、また GSI 値が 12 以上の値を示すものでは透明卵を持つ個体も多く見られた。また、この船曳網と同日に行った Sts. A~C における夜間すくい網による操業で得られた雌は、排卵されていたと思われる卵を船上で体外へ放出する個体が多数見られた。

次に、十分な標本が得られた長崎県の 3 箇所の定置網と五島灘のまき網で漁獲された魚体の雌雄別 GSI 平均値の旬別変化を Fig. 3-1-7 に示す。雄では、まき網と定置網で GSI 値に違いは見られず、漁獲が始まった 5 月には、2 前後の値を示し、その後野母崎では 6 月上旬に、生月、上対馬では 6 月中旬にピークを示し、6 月下旬頃から下がり始めた。雌では、定置網とまき網で相違が見られた。すなわち、

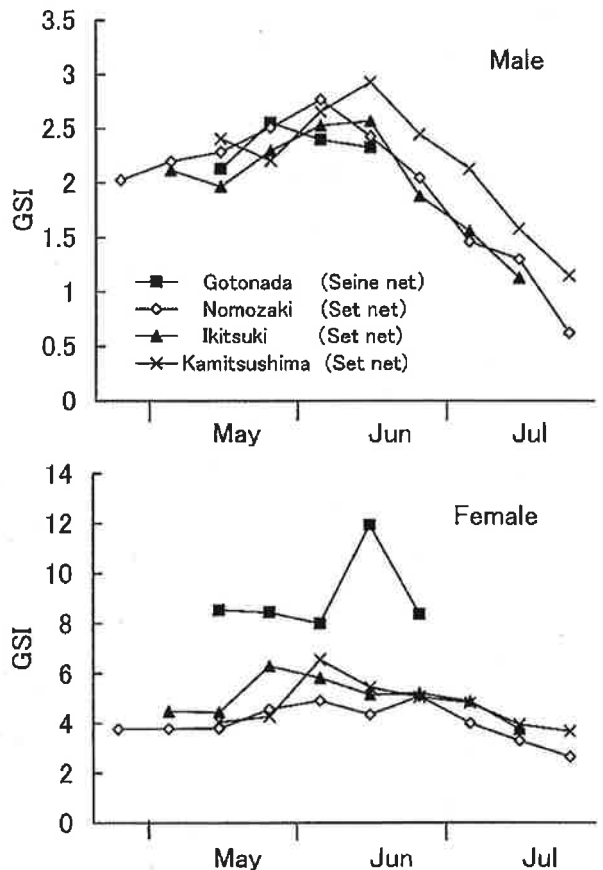


Fig. 3-1-7. Change of average GSI in *Cypselurus heterurus doederleini* through the fishing season.

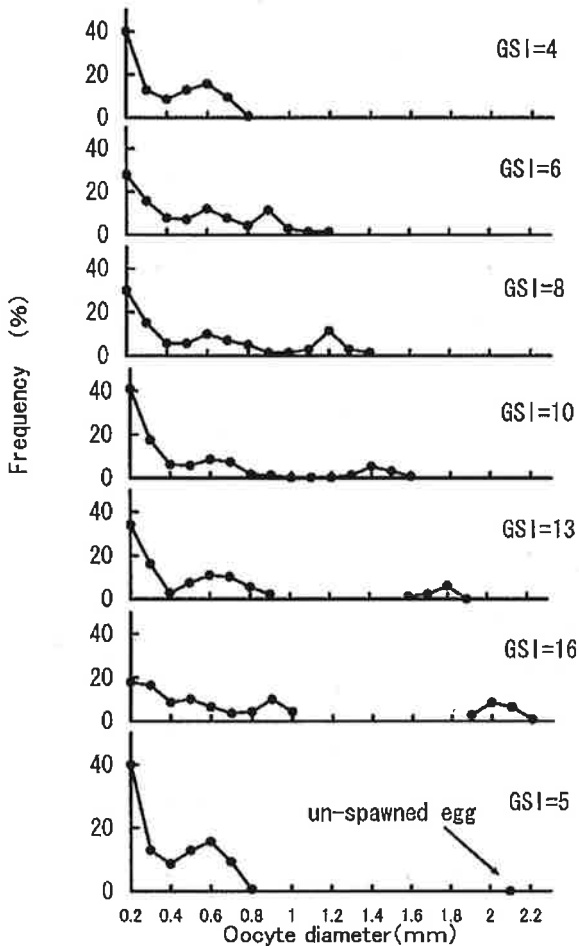


Fig. 3-1-8. Frequency distribution of oocyte diameter for each maturity phase of GSI in *Cypselurus heterurus doederleini*.

定置網のGSI値は低く4から6前後で、6月以降はさらにその値が低下したが、まき網では定置網のそれよりも高く、6月中旬には最高値約12を示した。また、秋季に生月地区で採集された標本では雌雄ともにGSI値は低くいずれも1以下の値であった。

次にGSI値と卵径分布の関係を見るために、代表的なGSI値をとる7個体それぞれの卵径分布をFig. 3-1-8に示す。卵母細胞には小さな卵群(0.4~0.9mm)とそれより大きな発達中の卵群(1.0~2.2mm)が認められ、卵径が1.8mm以上のものは透明卵であった。またGSI値が4の卵巣では小さな卵母細胞のみが認められたが、GSI値が5の卵巣では、小さな卵母細胞群に混じって排卵された数個の透明卵が見られた。この数個の透明卵は産み残しの卵と考えられる。また、GSI値が16の卵巣においてはこ

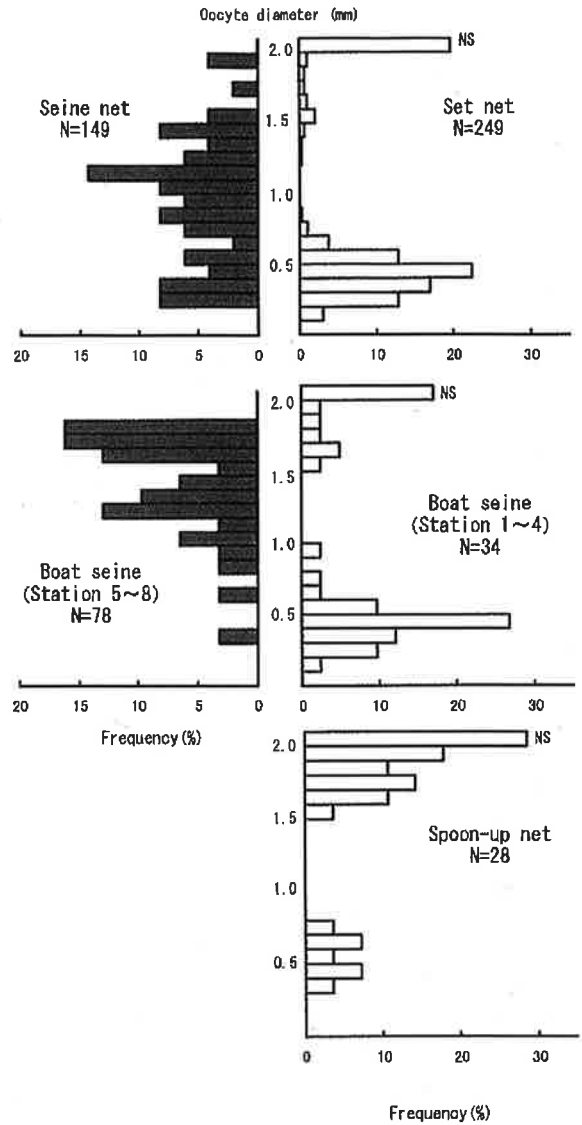


Fig. 3-1-9. Frequency distribution of the largest oocyte diameter in *Cypselurus heterurus doederleini* females caught by different fishing gears. Solid: Off shore. Open: Near shore.

NS: Few mature eggs not spawned.

Operating ground of fishing gears:

Seine net is Gotonada, Iki strait, Tsushima strait

Set net is six sites from Kagoshima to Yamaguchi

Boat seine in Stations 1-4 are near shore of Shikanoshima

Boat seine in Stations 5-8 are off shore of Shikanoshima

Scooping-up net in near shore of Shikanoshima

れからまもなく産卵されると考えられる卵母細胞群の他に、次の成熟卵となると考えられる0.9mmの前後の卵母細胞群が0.6mmをモードとする卵母細胞群より分離して認められた。

個体ごとの最大卵径の頻度分布を定置網(岸)、まき網(沖)、志賀島の船曳網(岸・沖)およびす

Table 3-1-2. Oocyte diameter of *Cypselurus heterurus doederleini* in each developmental stage

| Developmental stage | Oocyte diameter |
|----------------------------|-----------------|
| Peripheral nucleolus stage | ~0.2mm |
| Yolk vesicle stage | 0.2mm~0.5mm |
| York globule stage | 0.5mm~0.7mm |
| Migratory nucleus stage | 0.7mm~0.9mm |
| Maturation stage | 0.9mm~ |

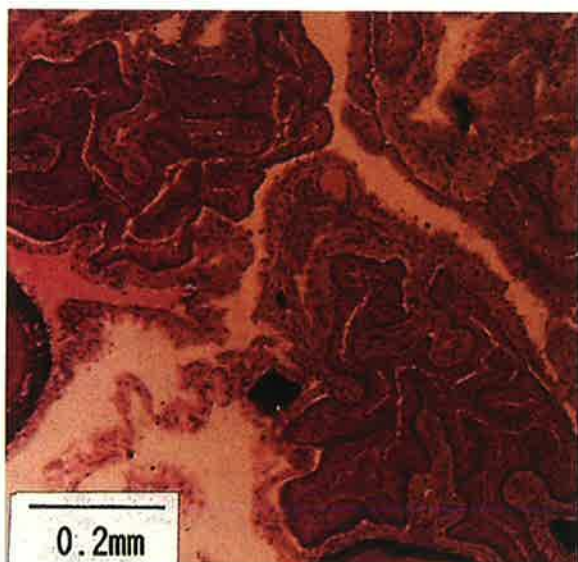


Fig. 3-1-10. Photomicrograph of the postovulatory follicle.

Table 3-1-3. Ratio of *Cypselurus heterurus doederleini* female having postovulatory follicle

| Location | Postovulatory follicle | | Total | |
|------------|------------------------|------------|-------|------|
| | Having | Not having | | |
| Near shore | number | 113 | 3 | 116 |
| | ratio | 97% | 3% | 100% |
| Off shore | number | 9 | 64 | 73 |
| | ratio | 12% | 88% | 100% |

くい網（岸）に分けて Fig.3-1-9 に示す。定置網では1.8mm以上の大きな卵群を有する個体も少数見られたが、0.5~0.9mmと小さな卵群を持つ個体が多かった。前者の多くは産み残しと思われる排卵された透明卵を有する個体であった。一方、まき網では卵母細胞の最大径は1.0~1.8mmで中位の卵群を持つ個体が多く見られた。船曳網による試験操業では、岸側の Sts. 1~4 で漁獲された個体の最大卵径は定置網の標本と同様に小さく、0.5~0.9mmの個体が多かった。ただ、産み残しと思われる1.8mm以上の卵

を少数持つ個体も若干出現した。一方、沖側の Sts. 5~8 で漁獲された個体では、まき網の標本と同様に最大卵径は多くの個体で1.0mm以上であった。岸で夜間に操業を行うすくい網では0.6~1.0mmの小型の卵を有する個体も見られたが、1.8mm以上の卵を有する個体や産み残し卵を有する個体が多く見られ、そのほとんどの個体がすでに排卵しており、船上で透明卵を体外に放出した。

これらの卵巣の組織観察を行ったところ、周辺仁期、卵黄球期、卵黄胞期、胞胚移動期、成熟期に相当する各ステージの卵母細胞が確認された。それぞれの卵母細胞のサイズを Table3-1-2 に示す。Fig.3-1-8 で GSI 値 8 以上の個体で見られた1.0mm以上の卵母細胞群は成熟期に相当しており、GSI 値16で見られた0.9mm前後に見られる卵母細胞群の分離は胞胚移動期に相当していた。

また、GSI 値が6以下の小さな卵巣を有する個体において Fig.3-1-10に見られるような排卵後濾胞が観察された。そこで、排卵後濾胞が観察された個体の比率を沖側で漁獲された標本（まき網および船曳網の Sts. 5~8）と岸側で漁獲された標本（定置網および船曳網の Sts. 1~4）とを対比して Table 3-1-3 に示す。沖側で得られた標本では73個体のうち排卵後濾胞が確認された個体はわずか9個体（12%）であった。しかし、岸側で得られた標本ではこれとは対照的に116個体のうち113個体（97%）で排卵後濾胞が認められた。

考 察

漁期前半の性比を見ると、定置網では雄が多く、まき網では雌が多かった。定置網とまき網では操業位置が異なることから、このような性比に違いが生じた原因は、雌雄の生息する場所が沖と岸で異なっている可能性が考えられた。そこで、この時期に船曳網の操業が行われている福岡県の志賀島地先で試験操業を行ったところ、岸側で雄が多く、沖側で雌が多い傾向が確かめられた。

また、漁期が進行すると定置網では雌の比率が徐々に増加するとともに、沖で操業するまき網では

7月以降はまったく漁獲がなくなった。これに加えて船曳網の許可が6月までで終了すること等を考えると、漁期後半になると沖合にいた雌が岸の方にすみ場を移していくものと推察される。

この岸側の雌の出現傾向を地域別に見ると、鹿児島から長崎県の海域では20%前後、対馬で約30%、山口県の須佐で約50%であった。北に位置する漁場ほど雌の割合が高くなることから、雌は沖に別群をなして北上し、北上とともに雌は徐々に接岸して最終的には同一群になることが示唆される。

このように雌雄が産卵期に別群となる例は、ダツ目ではサンマ（深澤，1964）やサヨリ（傍島・船田，1988；国出・小出，1962）、ホソトビウオ（河野，1988）等で知られている。また、今回ツクシトビウオで見られた産卵期初期に沿岸部で雄が多く、後から雌が増えてくる点や沖で雌が多い点はサヨリで見られる傾向と良く類似している。

雌の成熟度は漁法や漁場によって相違があった。GSI値で見ると、定置網の漁獲物では低く、まき網のもので高かった。また、船曳網の漁獲物では岸側で低く、沖側で高かった。最大卵母細胞の径でみた場合もこれと同様で、定置網や船曳網の岸側では小さく、沖側では大きかった。このことから、沖に分布する雌のうち大半を占めるGSI値の大きい個体は成熟過程にある個体と考えられ、岸に接岸した雌の大半を占めるGSI値の低い個体は産卵前の未熟な段階かもしくは排卵後の卵巣が小さくなった状態のいずれかであると推察された。そこで、卵巣の組織学的観察を行ったところ、岸側の個体では97%という高率で排卵後濾胞の存在が認められた。このことは、接岸した雌は少なくとも一度は産卵を終えた個体であることを示している。一方、沖側の雌は排卵後濾胞を有する個体は少なかった。これらのことはツクシトビウオが沖で産卵するのではなく、岸に近よって産卵することを示している。岸側の雌の卵巣で産み残し卵が比較的多く見られることも、このような特徴と関連していると推察される。

このように、ツクシトビウオは接岸して産卵すると推察されたが、産卵直前と思われる個体は漁期を

通じて定置網でほとんど見られなかった。ツクシトビウオやホソトビウオについては夜間に産卵を行うという報告（今井，1959）がある。今回の調査においても、実際に岸近くの漁場で夜間にすくい網によって得られた雌の個体を採取したところ、排卵していたと思われる卵を船上にあげた直後に体外に放出するものが数多く見られた。すくい網と同じ岸近くの漁場であっても、定置網は早朝の操業、船曳網は昼間の操業である。これらの漁獲物の雌でGSI値の高いものはほとんどみられず、産卵後の個体だったということは、産卵間近になった雌が夜間に岸へ来遊し直ちに産卵を終えることを示すものと考えられる。

異なるGSI値の各ステージにおける卵母細胞の径を見ると、排卵されると思われる卵群の他に、今後発達すると考えられる卵群の分離が認められた。このような卵径組成は近縁種のホソトビウオ（Abe *et al.*, 1993）と良く類似し、ツクシトビウオもホソトビウオと同様に1産卵期中に少なくとも2回以上産卵することを示している。

産卵のため接岸した雌個体群については、最初の経産卵個体が見られた後も、岸側では卵巣が発達過程にある個体の出現がほとんど見られなかった。トビウオが1産卵期中に複数回産卵を行うことと合わせて考えると、産卵を終えた個体のうち次の産卵に加わるものは再び沖側へ移動すると思われる。

GSI値の季節変化を見ると、産卵初期にあたる5月の雄のGSI値はすでに比較的高い値を示しており、雄は先に成熟して接岸するものと考えられる。また、雌雄ともにGSI値は6月に最も高く、7月には雌雄ともにGSI値が低くなることから、ツクシトビウオの産卵の盛期は6月と推察され、第IV章で示すようにトビウオ小型群の耳石日輪の観察結果から推測される産卵盛期と一致する。

以上のように、本研究により産卵初期に雄が岸、雌が沖に分布し、その後雌が接岸して産卵するという成熟に伴う移動を行うことが明らかになった。

第2節 ホソトビウオの成熟と産卵

ホソトビウオの成熟と産卵については、産卵場所が沿岸域で砂質の海底であること（児島，1971；山口県，1991；千田，1992），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（児島，1969 a；児島，1969 b；児島，1969 c；児島，1971），成熟過程の解明（河野，1988；Abe *et al.*，1993），産卵期・産卵時刻および産卵に伴う雌雄の行動（河野，1995 b）など他の2種よりは比較的多くの研究が進められた。

しかしながら、そのほとんどが日本海におけるもので、九州北西部海域における成熟と産卵に関する報告は見あたらない。そこで、本海域におけるホソトビウオの産卵と成熟の実態について明らかにした。

方 法

1992～2005年の4～7月に、Fig. 3-1-1に示す鹿児島県野間池、長崎県野母崎、生月、上対馬の定置網および五島灘、五島西沖でまき網により漁獲されたホソトビウオについて、原則として1回あたり80～120尾を任意に採集した。また、第IV章第2節で述べるように秋季にもホソトビウオ成魚の来遊が見られることから、2004年と2005年の9月にも長崎県生月地区において定置網または船曳網で漁獲された成魚を標本として採集した。標本数は定置網6,367個体、まき網2,224個体、計8,591個体で、これらの尾叉長、体重、生殖腺重量を測定した。雌の成熟の変化を明らかにするため、各月の標本から任意に選んだ雌標本457個体の卵巣を10%ホルマリン液で固定した後、中央部より一部を切り取ってほぐし、実態顕微鏡下（30倍）で、マイクロメーターを用いて、ランダムに100粒の卵径を測定した。また、より詳細に成熟の状態について見るため、161個体の卵巣をパラフィンに包埋した後、マイクロトームで5～7 μm の切片を作成し、ヘマトキシレン・エオシンによる二重染色を行った後、光学顕微鏡下で観察した。

結 果

雌雄の比率 定置網3箇所と五島灘のまき網で漁獲された標本における雌の比率の漁期始めから終期にかけての変動を示すと Fig. 3-2-1 のようになる。定置網の漁獲物では、野母崎地区では、漁期初めの5月は雌の比率が10%前後と低く、6月下旬には約30%に高まった。生月地区では、5月は約5%前後と低く、その後徐々に高くなり、6月下旬には20%を超えた。上対馬地区では、5月は約15%前後であったが、その後徐々に高くなり、6月下旬から7月中旬にかけて約40%前後の高い値を示した。いずれの地区でも、最初雌の比率が低く、その後高まり、再び低くなる傾向が見られた。

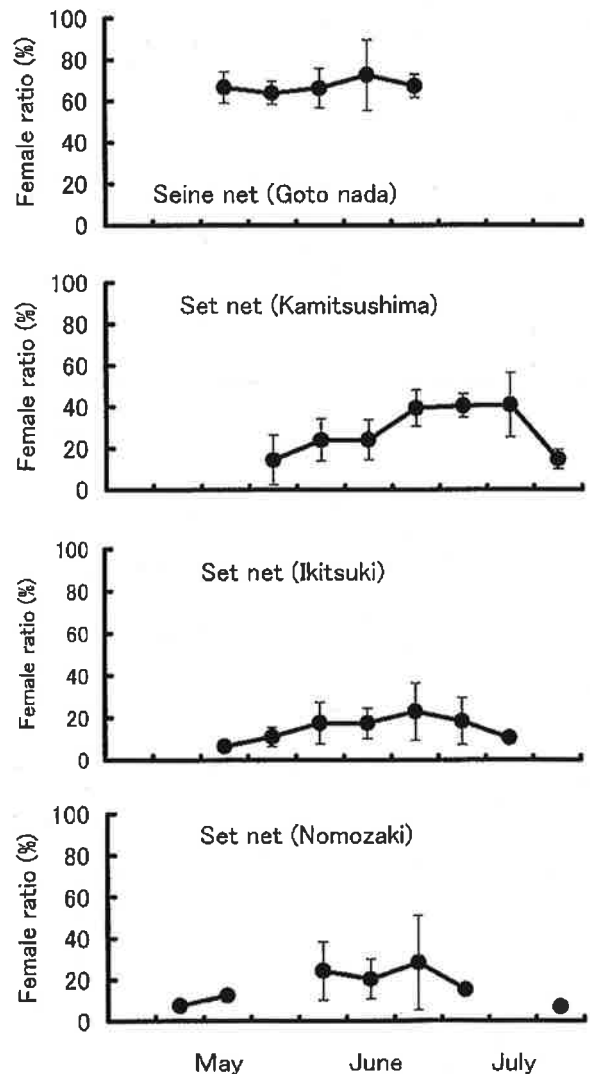


Fig. 3-2-1. Seasonal change of female *Cypselurus hiraii* ratio at different places. Vertical bar shows S. D.

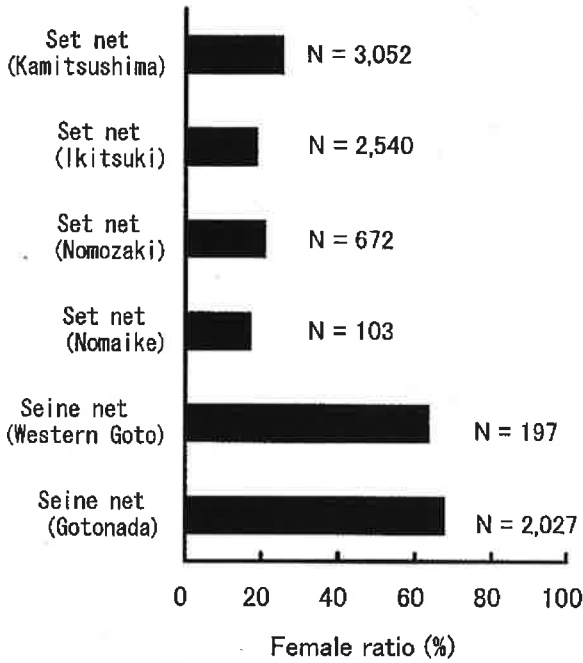


Fig. 3-2-2. Difference of female *Cypselurus hiraii* ratio by sampling site and area during the fishing season.

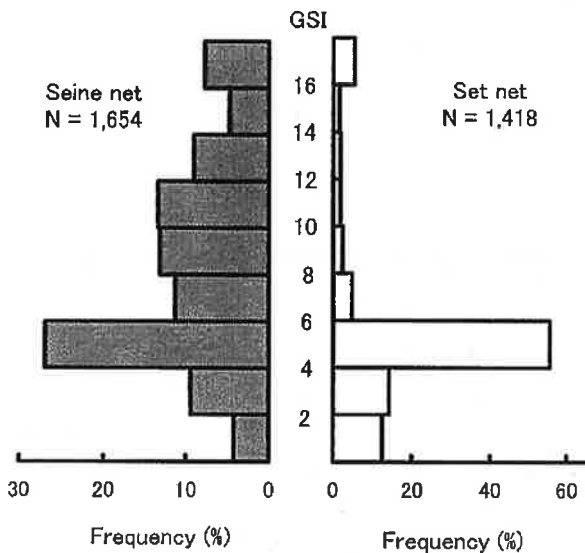


Fig. 3-2-3. Frequency distribution of GSI (Gonad Somatic Index) in female *Cypselurus hiraii* caught with two fishing gears. Solid: Offshore. Open: Near shore.
Operating ground of fishing gears:
Seine net is Gotonada, western waters of Goto islands
Set net is four sites from Kagoshima to Nagasaki

一方、五島灘におけるまき網は定置網と異なって岸から離れて行われており、漁獲物中の雌の比率は、5月から6月にかけて約60~70%と高かった。まき網による漁獲は6月の中旬から減少し、7月にはまったくみられなくなった。これに対し、定置網

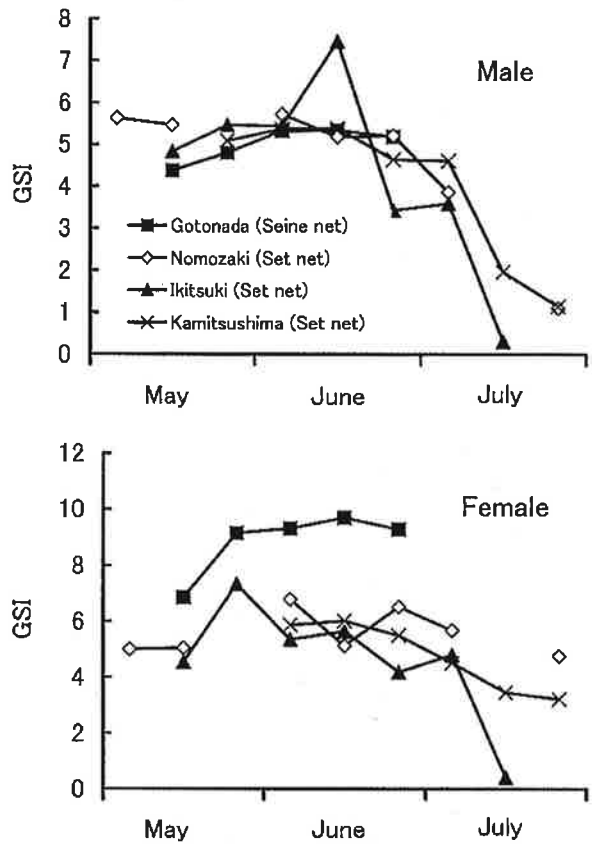


Fig. 3-2-4. Change of average GSI in *Cypselurus hiraii* through the fishing season.

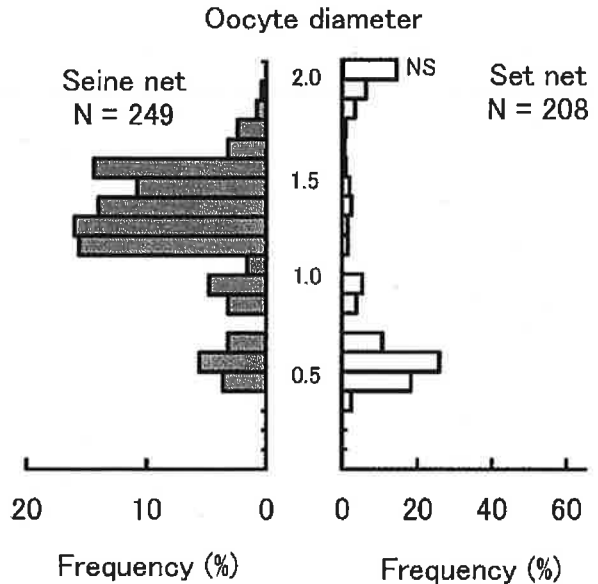


Fig. 3-2-5. Frequency distribution of the largest oocyte diameter in *Cypselurus hiraii* females caught by different fishing gears.
Solid: Off shore. Open: Near shore.
NS: Few mature eggs not spawned.
Operating ground of fishing gears:
Seine net is Gotonada, western waters of Goto islands
Set net is four sites from Kagoshima to Nagasaki

Table 3-2-1. Ratio of female having postovulatory follicle in *Cypseturus hiraii*

| | | Postovulatory follicle | | Total |
|-----------|--------|------------------------|------------|-------|
| | | Having | Not having | |
| Set net | Number | 69 | 8 | 77 |
| | Ratio | 90% | 10% | 100% |
| Seine net | Number | 7 | 77 | 84 |
| | Ratio | 8% | 92% | 100% |

での漁獲は7月には減少傾向にあったものの、ある程度の漁獲は引き続き見られた。

標本の雌の比率を漁場ごとに示すと Fig. 3-2-2 のようになる。定置網の漁獲物では、雌の比率は野間池地区から生月地区の海域は約17~21%、上対馬地区で26%であった。まき網の漁獲物では、五島灘で68%、五島西沖で63%であった。

成熟 各標本の雌の GSI 値組成を Fig. 3-2-3 に示す。定置網では GSI 値は低く、6以下の値を示す個体が多かった。一方、まき網では2~18と広い範囲の GSI 値を示し、定置網と比べて GSI 値が6以上の高い値を示す個体の出現が多く見られた。また、Fig. 3-2-4 に GSI 平均値の旬別変化を示す。雄では、まき網と定置網の漁獲物で GSI 値に違いは見られず、5月から6月にかけて、4~7の値を示し、6月下旬頃から下がり始めた。雌では、定置網とまき網の漁獲物で相違が見られた。すなわち、定置網の GSI 値は低く4~7の値を示し、6月以降はさらにその値が低下したが、まき網では定置網のそれよりも高く、5月下旬から6月下旬にかけて9前後の値を示した。また、秋季に生月地区で採集された標本では雌雄ともに GSI 値は低くいずれも1以下の値であった。

個体ごとの最大卵径の頻度分布を定置網、まき網に分けて Fig. 3-2-5 に示す。定置網では1.8mm以上の大きな卵群を有する個体も少数見られたが、0.4~0.7mmと小さな卵群を持つ個体が多かった。前者の多くは産み残しと思われる排卵された透明卵を有する個体であった。一方、まき網では卵母細胞の最大径は1.1~1.6mmで中位の卵群を持つ個体が多く見られた。

これらの卵巣の組織観察を行ったところ、周辺仁期、卵黄球期、卵黄胞期、胞胚移動期、成熟期に相当する各ステージの卵母細胞が確認された。また、GSI 値が6以下の小さな卵巣を有する個体において排卵後濾胞が観察された。そこで、排卵後濾胞が観察された個体の比率を定置網で漁獲された標本とまき網で漁獲された標本 Table 3-2-1 に示す。まき網で漁獲された標本では84個体のうち排卵後濾胞が確認された個体はわずか7個体(8%)であった。しかし、定置網で漁獲された標本ではこれとは対照的に77個体のうち69個体(90%)で排卵後濾胞が認められた。

考 察

定置網で漁獲された個体は雄が多く、まき網では雌が多かった。また、成熟状態を見ると定置網では産卵後の個体が多く認められ、まき網では卵巣が発達中の個体の割合が高かった。さらに、定置網ではより北側に位置する対馬の方が雌の出現率が高かった。これらの結果は九州北西部海域においてツクシトビウオで見られた傾向とよく類似していた。

ホソトビウオでも見られたこの現象は河野(1995b)が山口県沿岸域で行った調査結果にあるように、雌は沖で卵巣を発達させ、岸寄りの漁場へ移動して産卵すると推察した雌雄の行動の相違によると思われる。

河野(1998)は漁獲量のデータを用いて、ホソトビウオ産卵群は九州北西沿岸では日本海南西沿岸域ほど接岸傾向を示さず北上すると推察している。今回行った調査結果から見ると、九州北西岸でも産卵に伴って接岸するという生態的な特徴は認められた。河野(1998)が示した漁獲量の月変化では、九州北西部海域として生月地区のデータを用いたことから秋季に漁獲のピークが見られ、5~6月の漁獲量は小さい。これは未成魚が漁獲対象として加わっているためであり、第II章で述べたように、九州北西部海域でも漁獲のピークが秋季に見られず、6月に見られる地区が他にある。すなわち、産卵に伴って接岸行動をしていることが漁獲統計にも現れている地

区が九州北西部海域においても存在する。

しかしながら、対馬暖流域では島根県の方がホソトビウオ成魚漁獲量は多いことから、確かに主産卵場が山陰沿岸域である可能性は高い。そうであるとすると、九州北西部海域は産卵場の縁辺部に相当することになり、対馬暖流域に來遊するホソトビウオの中で産卵行動の最も早い段階にあたると考えられる。今回の研究により、その最初の段階においても沖から岸へ接岸して産卵するという習性は発現していることが明らかとなった。

第3節 ホソアオトビ卵の形態と出現時期

これまで本章第1節や第2節で述べてきたように、ホソトビウオやツクシトビウオについては九州近海で産卵が行われていることが確認されているものの、ホソアオトビ *Hirundichthys oxycephalus* については全く明らかになっていない。

また、ホソアオトビの卵の形状については、Chen (1978) の報告があるが卵径の測定結果のみで連絡系の数や長さ等の報告はなく、種の同定を行うために十分な情報が記載されていない。その後、今井 (1960) はホソアオトビと思われる卵の採集を行い、その形状について記載している。しかし、この報告では飼育による種の確認は行っておらず、その卵の観察を行ったところ *Hirundichthys affinis* とよく似ている形状であったことから、近縁種であることを理由にホソアオトビと推察している。以上のことからホソアオトビの卵の形状は不明な点が多く、日本産稚魚検索図鑑に記載のある「ダツ目卵の検索」においてもその形状に関しては疑問符が付いた状態のまま取り扱われている (池田・水戸, 1988)。このため、卵の採集調査によりホソアオトビの産卵場や産卵時期を特定することは困難である。

そこで、本研究ではホソアオトビの卵の形状を明らかにするとともに、九州近海で卵を採集することにより本種の産卵場や産卵時期について明らかにすることを目的とした。

方 法

種同定のための飼育試験 1998年7月7～9日および1999年7月5日、21～22日に長崎県宇久島の北方海域を漁船で航行しながら目視観察により流れ藻や漂流している漁網を採集した。流れ藻等を採集した各点では表層水温を測定するとともに、海水で満たした1 t水槽に流れ藻等に移したうえ、魚卵が付着していないかを確認した。魚卵が付着していた場合は、そのまま流れ藻や漁網の一部を切り取り、海水の入ったポリタンクに入れて長崎県総合水産試験場まで移送するとともに一部の卵塊は10%ホルマリン溶液で固定して保存した。その後1 t水槽で飼育を継続し、孵化後1日目、5日目、10日目、15日目、20日目に各15尾の仔稚魚をサンプリングし、形態を観察して種の同定を行った。また、特にホソアオトビであることを確認する必要があることから、Chen (1987) の報告に基づき本属の他種との識別のために、下顎腹面の色素胞の有無を調べるとともに、*Hirundichthys coromandelensis* との識別のためにChen (1987) の報告において比較されている体長と同じ20mm以下のサンプルにおいて仔稚魚の体長、胸鰭長、腹鰭長の測定を行った。

卵の観察 実体顕微鏡下でピン針を用いて卵塊から可能な限り連絡系を切らないように留意しながら、1個ずつの卵に分離した。また、採集した卵塊ごとに約30～50粒の卵径を測定し、さらにその中から一部の卵を取り出して連絡系の数を計数するとともに、その長さを計測した。次に、卵を実体顕微鏡下で観察しながらメスを用いて連絡系のない部分に切れ目を入れ、小さなガラスシャーレに移した。卵は蒸留水中に1日浸漬を行い、濃度系列をつけたエチルアルコール (50%, 70%, 80%, 90%, 95%で各30分間1回ずつ、100%で10分間3回) で置換させて脱水を行った。その後、t-ブチルアルコールに30分間3回浸漬させて凍結乾燥を行い、卵を試料台に両面テープを用いて張り付けた。これらの標本は、白金パラジウムを蒸着させた後、走査型電子顕微鏡下で観察し、連絡系の直径を計測した。

卵の出現状況調査 2000年、2003年および2004年の

4～8月に長崎県五島列島周辺海域を長崎県総合水産試験場の調査船「ゆめとび」あるいは漁船で航行しながら目視観察により流れ藻や漂流している漁網等を採集した。また、より高い水温の海域との比較のため、長崎県と同様にホソアオトビの漁獲が報告されている鹿児島県屋久島周辺海域（久田，2002）においても、2004年4～8月に鹿児島県水産技術開発センター調査船「おおすみ」あるいは漁船で航行しながら採集を行った。流れ藻等を採集した各点では表層水温を測定するとともに、その後の卵の採集および観察は前述と同様の方法で行った。

結 果

飼育に用いた卵の採集 1998年7月7～9日には13地点で流れ藻または漂流している漁網が見られ、そのうち7月9日に北緯33° 33′ 東経129° 6′ (St. A)の1地点で魚卵が付着した漁網を採集した (Table 3-3-1, Fig. 3-3-1)。採集地点での水温は26.8℃であった。また1999年7月5日には14地点で流れ藻

が見られたが、魚卵の付着は全く見られなかった。1999年7月21～22日には28地点で流れ藻または漁網の漂流が見られ、そのうち7月21日に北緯33° 38′ 東経129° 7′ (St. B)および北緯33° 33′ 東経129° 2′ (St. C) 2地点で魚卵の付着が見られるホンダワラ類の流れ藻を採集した。採集地点での水温はSt. Bで24.4℃、St. Cで24.7℃であった。3回採集した卵塊の卵はいずれも発生が進んでいた。

孵化仔稚魚の形態 1998年7月9日に採集した卵塊は7月12日に孵化が見られた。1999年7月21日に採集した2つの卵塊のうちSt. Bの卵は7月24日に孵化が見られた。St. Cの卵塊でも、同日に孵化がみられたものの、その仔魚の数はごくわずかであったことからその後の飼育は中止した。孵化した仔魚について、Chen (1987) が整理したトビウオ類仔稚魚の検索手法に基づき形態を確認したところ、1998年、1999年のいずれのものも *Hirundichthys* 属の1種であると考えられた。また、下顎の腹面には黒色の色素胞が見られた。

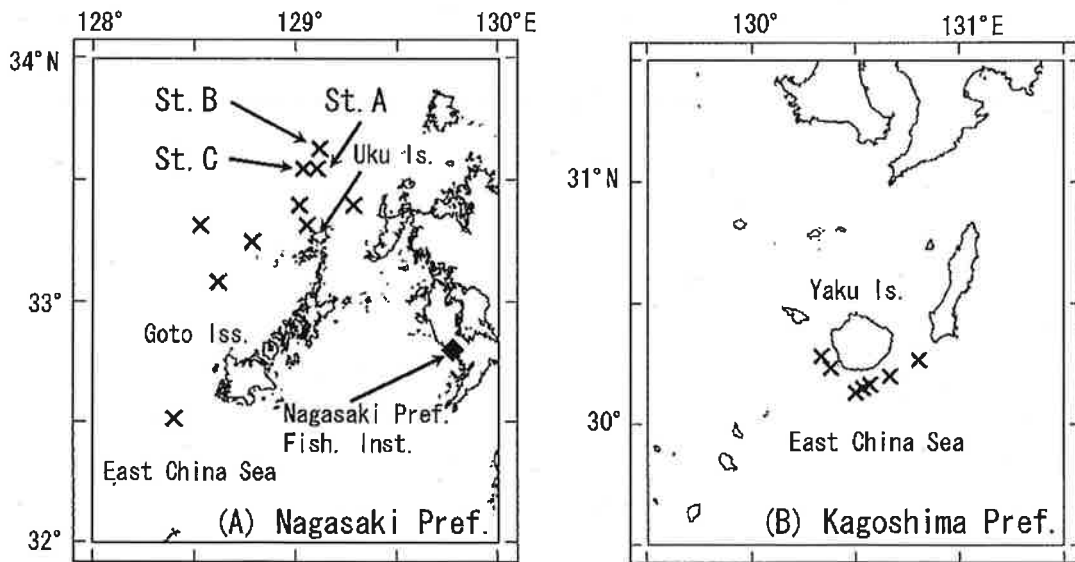


Fig. 3-3-1. Sampling localities of flying fish eggs in the waters near Kyushu. (X: sampling point of the drift with eggs).

Table 3-3-1. Sampling records of eggs used for rearing

| Date | St. No. | Surface water temperature(℃) | Substrate egg attaching |
|----------------|---------|------------------------------|-------------------------|
| July, 9, 1998 | A | 26.8 | Gill net |
| July, 21, 1999 | B | 24.4 | Sea weed |
| July, 21, 1999 | C | 24.7 | Sea weed |

仔魚を孵化後20日間飼育し採集した標本の体長 (BL) に対する胸鰭長 (P₁L) および腹鰭長 (P₂L) の比を Fig. 3-3-2に示す。体長6 mm以下の個体では P₁L/BL は0.15~0.25, P₂L/BL は0.05~0.15であった。体長6~10mmでは P₁L/BL は0.25~0.32, P₂L/BL は0.11~0.22であった。体長10~20mmでは P₁L/BL は0.31~0.42, P₂L/BL は0.21~0.30であった。

卵の形態 採集された卵はほぼ球形の形をしており、それらの卵径は1998年に採集された St. A で1.55~1.88mm (平均1.69mm), 1999年の St. B で1.60~1.90 mm (平均1.76mm), 1999年 St. C で1.64~2.00mm (平均1.85mm) であった (Fig. 3-3-3)。全ての定点とも、卵には纏絡糸群が認められ、片側極には比較的狭い

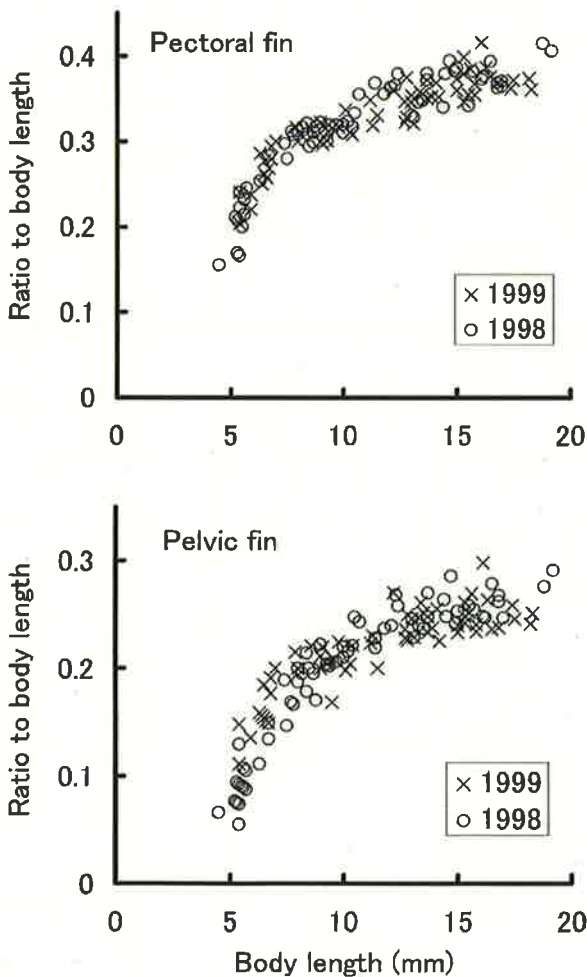


Fig. 3-3-2. Ratio of pectoral and pelvic fin length to body length in flying fish larvae hatched from eggs collected at waters north to Uku Island, Nagasaki Prefecture.

範囲に密集し、その反対側極周辺には散在してそれぞれ見られた (Fig. 3-3-4)。比較的狭い範囲に集まって見られる纏絡糸の数は9~14本で、纏絡糸の長さは、2.2~3.8mmであった。密集している範囲の直径は0.70~1.04mm (平均0.83mm) であり、纏絡糸の直径は4.1~6.7 μ m (平均5.8 μ m) であった。一方、

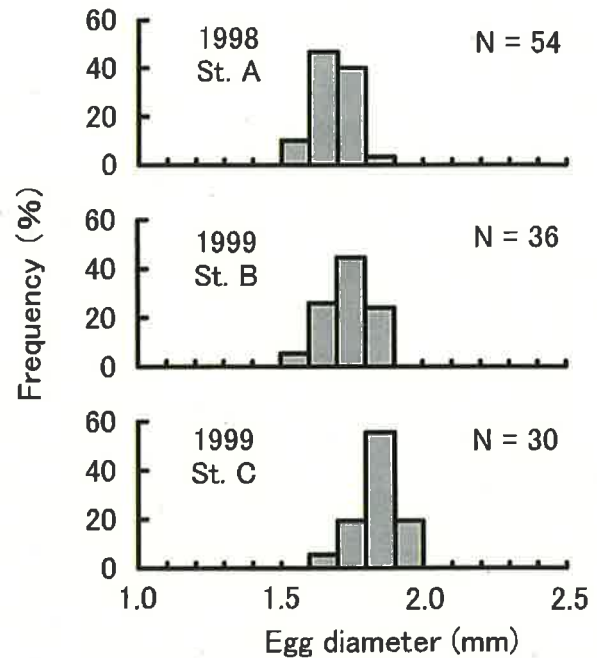


Fig. 3-3-3. Frequency distribution of egg diameter of the flying fish collected at waters north to Uku Island, Nagasaki Prefecture.

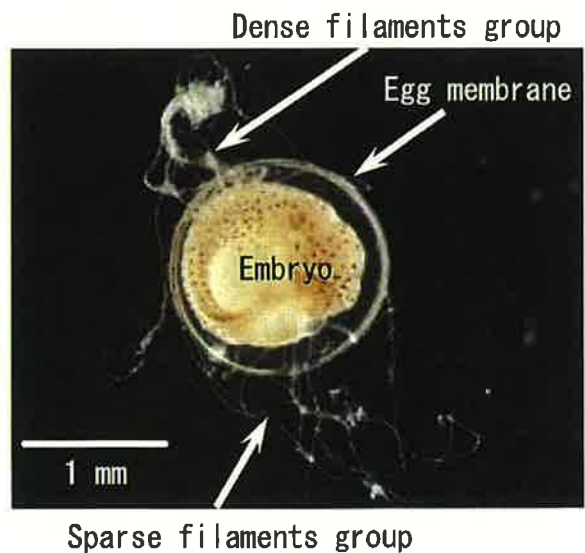


Fig. 3-3-4. Flying fish egg collected from floating seaweed (waters north to Uku Island, Nagasaki Prefecture, on 21 July 1999).

Table 3-3-2. Measurements of egg filaments character of flying fish

| Character of filaments | | Dense filaments group | Sparse filaments group | |
|--|---------|-----------------------|------------------------|----------------|
| | | | Thick filament | Thin filaments |
| Number | | 9-14 | 1 | 5-7 |
| Length(mm) | Range | 2.2-3.8 | 2.5-6.0 | 2.9-6.7 |
| | Average | 2.8 | 4.2 | 4.6 |
| Diameter of filaments(μm) | Range | 4.1-6.7 | 15.9-23.3 | 7.8-12.6 |
| | Average | 5.8 | 19.5 | 10.4 |
| Diameter of area with filaments(mm) | Range | 0.70-1.04 | — | — |
| | Average | 0.8 | — | — |

散在している方では2種類の径の纏絡糸が見られ、太い方は直径15.9~23.3 μm (平均19.5 μm) で1本、細い方は直径7.8~12.6 μm (平均10.4 μm) で5~7本見られた。それらの長さは太い方で2.5~6.0mm、細い方で2.9~6.7mmであった (Table3-3-2)。電子顕微鏡下で観察した微細な構造については、第5節に述べることとする。

卵の出現状況 長崎県五島列島周辺海域では、4月から8月にかけて水温15.9~28.5 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で漂流物を計286回採集したが、その中でホソアオトビの卵が採集されたのは7月と8月のみで計11回であった。卵を採集した地点は陸岸より約5~30マイル沖の海域で、水温の範囲は24.4~28.3 $^{\circ}\text{C}$ であった (Fig. 3-3-1A, Table3-3-3)。

一方、鹿児島県屋久島周辺海域では、4月から8月にかけて17.8~30.7 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で漂流物を計84回採集したが、その中でホソアオトビの卵が採集されたのは5~7月で計8回であった。卵を採集した地点は陸岸より約5~10マイル沖の海域で、水温範囲は25.0~27.8 $^{\circ}\text{C}$ であった (Fig. 3-3-1B, Table3-3-3)。

考 察

今回得られた卵から孵化した仔魚の形態を確認し、Chen (1987) が整理したトビウオ類仔魚の検索手法に基づき検索を行ったところ、採集された卵はいずれも *Hirundichthys* 属の1種であることが明らかであり、さらに下顎の腹面に黒色の色素胞が見られることから、これらはホソアオトビあるいは *H. coromandelensis* のいずれかであると考えられた。Chen (1987) の報告によるとこれらの2種の仔魚は胸鱗長と腹鱗長のそれぞれの体長比によって容

易に識別が可能とされている。今回得られた卵から孵化した仔魚の値と Chen (1978) の報告にある値を比較して Table3-3-4に示す。体長6mmまでの仔魚においては P_1L/BL , P_2L/BL のいずれもホソアオトビで報告された値の範囲に全て含まれており、*H. coromandelensis* で報告された値の範囲外であった。体長6~10mmの仔魚においては P_1L/BL , P_2L/BL のいずれもホソアオトビで報告された値を含むやや広い範囲の値を示し、*H. coromandelensis* で報告された値の範囲外であった。Chen (1987) の報告では、この体長階級で用いられた標本数は他の体長階級のものに比べて少なく、標本数が多くなるにつれ、さらに範囲が広がる可能性は十分考えられる。また、Chen (1987) は10~20mmの仔魚についても P_1L/BL や P_2L/BL の比較を示しているが、これらの値は2種間で重なっており、10mm以上の仔魚では P_1L/BL や P_2L/BL の比を用いて区別することは困難と思われる。以上のように、10mm以下の仔魚において *H. coromandelensis* の特徴を示す個体が全く見られず、ホソアオトビの仔魚の特徴が見られたことから、今回得られた卵はホソアオトビのものであると同定した。

ダツ目卵の検索手法 (池田・水戸, 1988) によると、既知の種においては卵径および纏絡糸の数と位置が種同定のための重要な情報となっている。今回得られた卵の纏絡糸は卵膜の両端から数本の纏絡糸を出す形状であり、ダツ目魚類の中でこれに似た形状のものとしてはツマリトビウオ *Parexocoetus brachypterus brachypterus* (今井, 1959) や *H. coromandelensis* (Vijayaraghavan, 1973), ホソアオトビと報告された魚種不明卵 (今井, 1960), そし

Table 3-3-3. Water temperature of sampling localities in Nagasaki and Kagoshima Prefectures

| Localities | Month | Number of drifts sampled (Surface water temperature °C) | Number of drifts with eggs (Surface water temperature °C) |
|------------|--------|--|--|
| Nagasaki | April | 53(15.9-19.8) | 0 |
| | May | 78(17.5-21.5) | 0 |
| | June | 72(20.2-23.5) | 0 |
| | July | 53(21.3-27.3) | 8(24.4-26.8) |
| | August | 30(26.4-28.5) | 3(27.3-28.3) |
| | Total | 286 | 11 |
| Kagoshima | April | 16(17.8-23.1) | 0 |
| | May | 10(24.0-25.6) | 4(25.0-25.6) |
| | June | 13(24.3-26.3) | 2(25.3-25.9) |
| | July | 10(26.7-28.1) | 2(26.7-27.8) |
| | August | 35(28.5-30.7) | 0 |
| | Total | 84 | 8 |

Table 3-3-4. Comparison of the fin length ratio to body length between this report and Chen's report in 1978

| Body length | fin | Ratio to body length in this report | Ratio to body length in Chen's report(1978) | |
|-------------|----------|-------------------------------------|---|---------------------------|
| | | | <i>H. oxycephalus</i> | <i>H. coromandelensis</i> |
| -6mm | Pectoral | 0.15-0.25 | 0.12-0.25 | 0.26-0.28 |
| | Pelvic | 0.05-0.15 | 0.04-0.17 | 0.19-0.20 |
| 6-10mm | Pectoral | 0.25-0.32 | 0.30-0.31 | 0.33-0.35 |
| | Pelvic | 0.11-0.22 | 0.21-0.22 | 0.24-0.26 |
| 10-20mm | Pectoral | 0.31-0.42 | 0.32-0.38 | 0.34-0.39 |
| | Pelvic | 0.21-0.30 | 0.20-0.30 | 0.25-0.29 |

てこれと良く似ているとされる *H. affinis* (Bruun, 1935; Breder, 1938)がある。

ツマリトビウオ (今井, 1959) の卵径は1.2~1.5 mmであり, 今回得られた卵の卵径1.6~1.9mmとは明らかに異なっている。また, ツマリトビウオでは卵膜の一端の繸絡糸は3~5本, 他方は5~9本であるが, 今回得られた卵では一端が6~8本, 他方は9~14本と繸絡糸数においても異なっている。

H. affinis (今井, 1960) の卵径は1.50~1.67mmで一端より7~12本の太くて長い付着糸を生じ, 反対側の端には12~21個の短い糸状突起を持っている。また, 今井 (1960) がホソアオトビと推察した魚種不明卵は「卵径1.48~1.66mmで一端に10~25個の長さ0.15mm以下のきわめて短い糸状突起を持ち, 反対側の一端より9~18個の長さ4mm内外に達する付着糸を有する」と記載されている。しかし, 今回得られたホソアオトビの卵径は本種について Chen (1978) が報告した1.05~2.05mm (平均1.728mm)

に近い値を示しており, 1.6mm前後では若干重なっているものの *H. affinis* や今井の採集した卵よりやや大きい。繸絡糸について見ると, 今回観察を行ったホソアオトビでは, 狭い範囲に集中して見られる繸絡糸の数が9~14本であり, *H. affinis* の7~12本や今井 (1960) が採集した卵の9~18本と値が重なっていた。しかし, 今回得られた卵は両極の繸絡糸の長さが少なくとも2mm以上で, 短い突起状ではなく, *H. affinis* や今井が採集した卵とは明らかに形状が異なっている。これらのことから今井が「*H. oxycephalus* と *H. affinis* が近縁種であることから似たような形状であろう」とした推察は適当ではないと思われる。

Vijayaraghavan (1973) の報告によると, *H. coromandelensis* の卵は卵径が平均1.87mmであり, ホソアオトビはこれと近い値を示した。繸絡糸に関する構造についても *H. coromandelensis* では main anchoring filament が1本, medium size filaments が3

～5本, small filaments が5～12本であることから, 今回報告の sparse group filament (thick), dense group filament, sparse group filament (thin) がそれぞれ対応するものと捉えて比較して見ると数の上でも重複が見られ, ホソアオトビの卵はトビウオ類の中ではこれにもっともよく似ていると思われる。また, Small filamentsが見られるエリアの径も *H. coromandelensis* では0.22～0.92mmであり, これも重複が見られる。しかしながら, *H. coromandelensis* では small filaments の總絡糸長が0.4～2.2mmと短いことや, それぞれの總絡糸の径が main anchoring filament で32～56 μ m, medium size filaments の径が16～24 μ m, small filaments が7～11 μ mと *H. oxycephalus* に比べて大きいことなどから容易に区別することが可能と思われる。

さて, 東南アジアの海域でホソアオトビが岸近くでなく沖で漂流物に産卵するという報告 (Chen, 1978) がある。今回卵が得られたのも同様に岸近くではなく, 陸岸から約5～30マイル沖の海域であった。長崎県では秋季にはツクシトビウオやホソトビウオの未成魚と同時期にホソアオトビの未成魚が漁獲されるにもかかわらず, 初夏に産卵親魚として漁獲されるのは定置網に入網するツクシトビウオとホソトビウオのみ (近藤・道津, 1981) である。今回卵が採集されたことで, ホソアオトビは長崎県近海でも産卵を行っているかと推察された。沖で産卵を行うホソアオトビは岸近くで産卵を行うツクシトビウオやホソトビウオのように接岸することはなく, このため親魚は定置網等には入網しないものと考えられる。さらに沖ではこれらの産卵群を対象とする漁法が存在しないため長崎県では親魚が漁獲されないものと考えられた。一方, 長崎県では秋季には未成魚のみが岸近くで漁獲されることから, ホソアオトビでは成魚と未成魚で分布域を異にしていることが推察される。

これまでの報告 (Chen, 1987) から, ホソアオトビの仔稚魚の分布が見られる範囲は24～30 $^{\circ}$ Cの海域であることが知られているが, 今回ホソアオトビの卵が得られた地点の水温も24.4～28.3 $^{\circ}$ Cとこれに

近い値を示した。このような水温帯でホソアオトビは産卵を行うものと考えられる。海域別に見ると鹿児島屋久島周辺海域では5～7月と卵の出現が早かったのに対し, 長崎県五島列島周辺海域では7～8月と卵の出現時期が遅れた。五島列島周辺では5, 6月の水温が24 $^{\circ}$ Cに達していないことから, このような水温環境の違いが産卵時期の相違につながったものと考えられた。

第4節 ホソアオトビの成熟と産卵

前節で示したように長崎県五島列島周辺海域において, ホソアオトビの卵が採集されることが明らかとなった。このことはすなわち, ホソアオトビの親魚は漁獲対象にはなっていないものの, 実際には五島列島周辺海域に来遊し, 産卵を行っている可能性を示唆している。そこで, ホソアオトビの親魚採集を試み, 本種の成熟と産卵について明らかにした。

方 法

長崎県五島列島周辺海域で卵の分布が最も多く見られたのが7月であったことを考慮し, 2005年7月14日および7月22日に Fig. 3-4-1に示す各調査点において計9回2そう船曳網 (新魚目漁協所属喜久丸4.9トンおよび第二喜久丸4.8トン) による試験操業を行った。操業に使用した漁具は, 長崎県有川湾で秋季にトビウオ船曳網漁業に通常使用している漁具と同じものである。採集した標本は種の同定を行い, トビウオ類については尾叉長, 体重, 生殖腺重量を測定した。雌の標本については卵巣を10%ホルマリン液で固定した後, 中央部より一部を切り取ってほぐし, 実体顕微鏡下 (30倍) で, マイクロメーターを用いて, 切り取った中からランダムに100粒の卵径を測定した。また, 卵径と成熟の関係について見るため, 卵巣の中央の一部についてパラフィンに包埋した後, ミクロトームで5～7 μ mの切片を作成し, ヘマトキシレン・エオシンによる二重染色を行った後, 光学顕微鏡下で観察した。

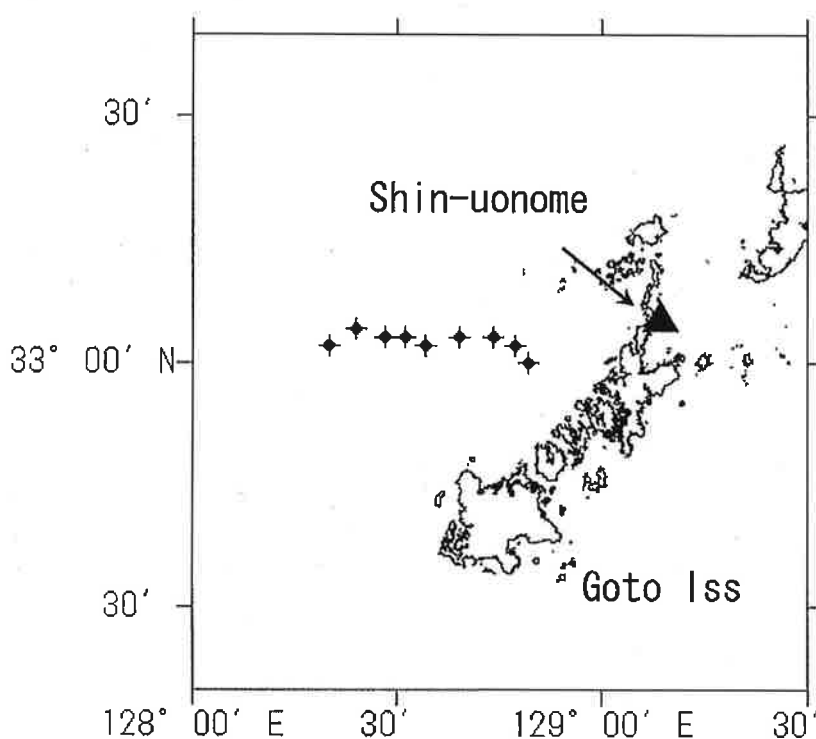


Fig. 3-4-1. Location of sampling sites in the western waters of Goto Islands.
●: Sampling point caught by boat seine.

結 果

2回の試験操業で採集された魚種と尾数について Table3-4-1にまとめた。全部で8種の魚類が採集され、成魚としてはツクシトビウオやホソトビウオ以外に目的としたホソアオトビも採集された。また、この試験操業において成魚以外にトビウオ類の未成魚も採集されたが、そのほとんどがホソアオトビであり、ツクシトビウオやホソトビウオの未成魚はまったく採集されなかった。

採集したホソアオトビの尾叉長組成を Fig. 3-4-2に示す。未成魚は51~139mmで90mmにモードが見られた。成魚は雄が180~219mm、雌が180~224mmで190mmにモードが見られた。今回採集されたホソアオトビ成魚の雄の GSI 値は 8.5 ± 1.9 で、雌は 6.5 ± 3.9 であった。次に GSI 値と卵径分布の関係を見るために、代表的な GSI 値をとる5個体それぞれの卵径分布を Fig. 3-4-3に示す。卵母細胞には小さな卵群(0.3~0.5mm)とそれより大きな発達中の卵群(0.6~1.8mm)が認められ1.2mm以上のものは透明卵で

あった。また GSI 値が3の卵巣では小さな卵母細胞のみが認められたものと、これとは別の個体において小さな卵母細胞群に混じって排卵された数個の透明卵が見られたものがあった。この数個の透明卵は産み残しの卵と考えられる。

これらの卵巣の組織観察を行ったところ、周辺仁期、卵黄球期、卵黄胞期、胞胚移動期、成熟期に相当する各ステージの卵母細胞が確認された。それぞれの卵母細胞のサイズをそれぞれ Table3-4-2に示す。Fig. 3-4-3で GSI 値7以上の個体で見られた1.0mm以上の卵母細胞群は成熟期に相当しており、GSI 値5や GSI 値11で見られた0.6~0.8mm前後に見られる卵母細胞群の分離は胞胚移動期に相当していた。

また、Fig3-4-3の GSI 値が3や5を示した個体など卵巣が小さな一部の個体において Fig. 3-4-4に見られるような排卵後濾胞が観察された。

考 察

今回の研究により、対馬暖流域で初めてホソアオ

Table 3-4-1. Species and number of fish collected by boat seine

| Species | | Number |
|-------------|---|----------------------|
| Flying fish | <i>Hirundichthys oxycephalus</i> | Adult 85 Young 57 |
| | <i>Cypselurus heterurus doederleini</i> | Adult 3 |
| | <i>Cypselurus hiraii</i> | Adult 5 |
| | <i>Cypselurus starki</i> | Young 4 |
| | <i>Cypselurus poecilopterus</i> | Young 3 |
| | Others | |
| | <i>Hyporhamphus sajori</i> | 4 |
| | <i>Coryphaena hipurus Linnaeus</i> | 10 |
| | <i>Diodon holocanthus Linnaeus</i> | 12 |

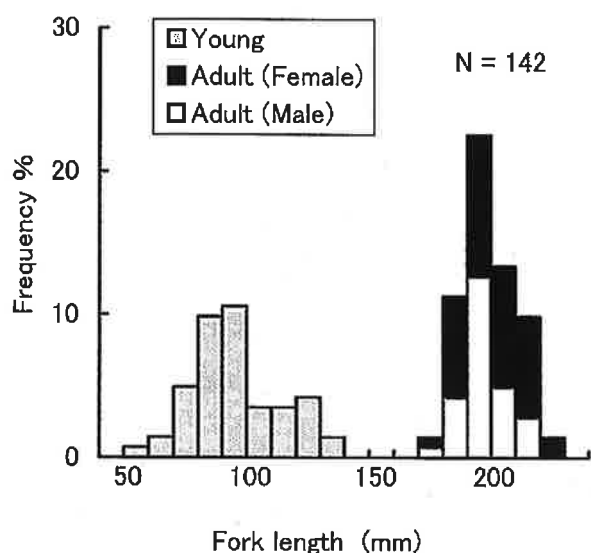


Fig. 3-4-2. Frequency distribution of fork length in *Hirundichthys oxycephalus* caught by boat seine.

トビの親魚の存在が明らかとなった。今回得られた卵巣標本の中には成熟期に相当するものがあり、また一部の個体には排卵後濾胞が確認された。前節で示したように九州北西部海域においてもホソアオトビの卵が採集されていることと併せて考えると、ホソアオトビは九州北西部海域でも産卵を行っていると考えられる。

これまでホソアオトビの親魚に関する報告は台湾東南沖および鹿児島県熊毛海域のもののみであったことから、久田 (2002) は九州西岸では幼魚が採集されているにもかかわらず親魚の漁獲の報告がないことに着目し、幼稚魚が熊毛海域を含む九州南方海域から九州北西岸へ補給されている可能性があるとしている。しかしながら、今回明らかになったように九州西岸でも漁獲対象とはなっていないもののホソアオトビの親魚は存在し、実際に産卵している

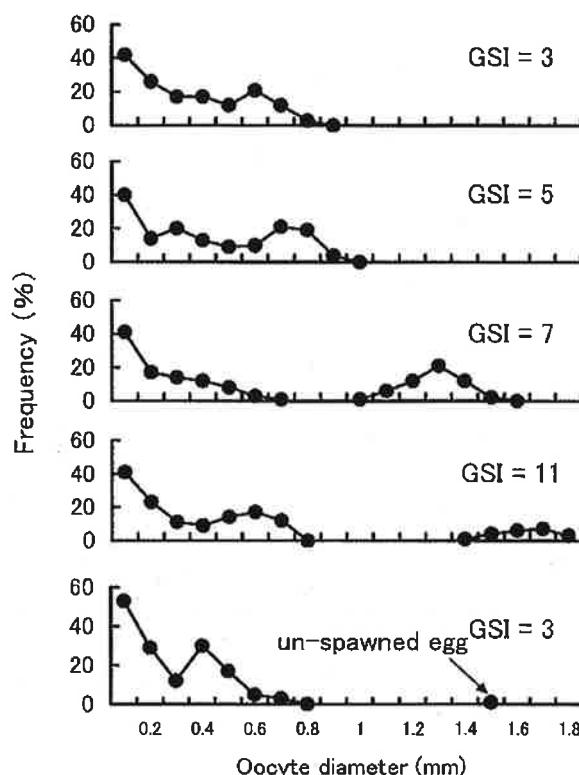


Fig. 3-4-3. Frequency distribution of oocyte diameter for each maturity phase of GSI in *Hirundichthys oxycephalus*.

ことを考慮すると、九州北西岸の未成魚の補給源が熊毛海域であると考察することは必ずしも妥当とは言えない。

異なる GSI 値のステージごとに卵母細胞の径を見ると、排卵されると思われる卵群の他に、今後発達すると考えられる卵群の分離が認められ、このような分離は排卵後濾胞細胞を有する経産卵個体にも見られた。このような傾向はホソトビウオ (Abe *et al.*, 1993) や本章第 1 節で示したツクシトビウオと良く類似し、ホソアオトビもこれらのトビウオ類と同様に同一個体が 1 産卵期中に少なくとも 2 回以

上産卵すると考えられる。

第5節 卵と纏絡糸の微細構造

トビウオ類の卵の外形については、その多くを今井（1959；1960）が明らかにしているが、これらはすべて光学顕微鏡下での観察例にとどまっている。本章の初めに述べたように卵の微細構造と産卵生態と関わりについては魚類の一部で報告されているが、ダツ目の魚類の中ではサンマについての報告（原ほか，1997）のみで、トビウオ科魚類における観察例は見あたらない。そこで、トビウオ科魚類の中で成熟した卵が入手できたツクシトビウオ、ホソトビウオ、ホソアオトビ、ハマトビウオの4種について特に纏絡糸や卵膜の構造等に注目しながら、走査型電子顕微鏡下で観察し、その形態について比較検討を行った。

方 法

ツクシトビウオは2004年6月に福岡県志賀島で夜間にすくい網で漁獲された親魚より採集した卵を、ホソトビウオは2003年6月に長崎県野母崎の定置網で漁獲された親魚より採集した卵を用いた。それぞれ船上で人工授精を行い、長崎県総合水産試験場に持ち帰った後、孵化するまでの間飼育を行った。ハマトビウオは1998年4月に東京都八丈島で漁獲された親魚から採集した卵を用いて人工授精を行い、東京都水産試験場に持ち帰って飼育を行った。また、1999年の7月に長崎県宇久島の北方海域で流れ藻に付着していたホソアオトビの卵を試料として用いた。いずれも卵は10%ホルマリン溶液で固定して保存した。

それぞれの卵は実体顕微鏡下で観察しながら、針を用いて卵塊からできる限り纏絡糸を切らないように留意しながら、1個ずつの卵として分離して取り出した。それぞれの卵について卵径を測定した後、できる限りもとの形に近い状態で観察を行うために、卵を実体顕微鏡下で観察しながらメスを用いて纏絡糸のない部分に割れ目を入れたものと、卵膜の縦断面を観察するために卵をメスで2分割したものを準

Table 3-4-2. Oocyte diameters of *Hirundichthys oxcephalus* in each developmental stage

| Developmental stage | Oocyte diameter |
|----------------------------|-----------------|
| Peripheral nucleolus stage | ~0.2mm |
| Yolk vesicle stage | 0.2mm~0.4mm |
| York globule stage | 0.4mm~0.6mm |
| Migratory nucleus stage | 0.6mm~0.8mm |
| Maturation stage | 0.8mm~ |

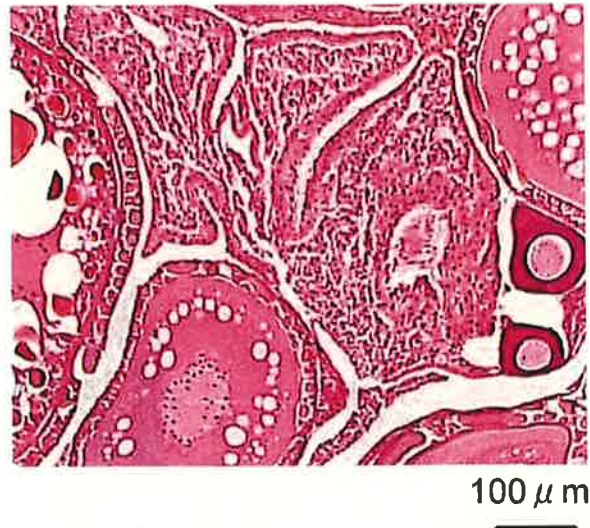


Fig. 3-4-4. Photomicrograph of the postovulatory follicle in *Hirundichthys oxcephalus*.

備し、小さなガラスシャーレに移した。これらの卵膜を蒸留水中に1日浸漬を行い、濃度系列をつけたエチルアルコール（50%、70%、80%、90%、95%で各30分間1回ずつ、100%で10分間3回）で置換させて脱水を行った。その後、t-ブチルアルコールに30分間3回浸漬させて凍結乾燥を行い、卵膜を試料台に両面テープを用いて張り付けた。これらの標本は、白金パラジウムを蒸着させた後、走査型電子顕微鏡下で観察するとともに、2分割したもので卵膜の層の数や厚みを計測した。

結 果

卵膜および纏絡糸表面の微細構造 走査型電子顕微鏡下で観察した卵膜表面の写真をFig.3-5-1からFig.3-5-4のa), b)に示す。ツクシトビウオ (Fig.3-5-1a) やホソトビウオ (Fig.3-5-2a) では卵膜上には纏絡糸以外には特殊な構造は見られず、滑らかな表面をしていた。一方、ホソアオトビ (Fig.3-

5-3a) やハマトビウオ (Fig.3-5-4a) では、卵膜上には全面にわたって細かい繊毛状の微細な構造が見られた。

4種とも纏絡糸の基部は太くラッパ状の形状をしており、卵膜からせり出すように突き出ていた。また、ツクシトビウオ (Fig.3-5-1b) やホソトビウオ (Fig.3-5-2b) では纏絡糸上には特殊な構造は見られず、表面は滑らかであった。一方、ホソアオトビ (Fig.3-5-3b) やハマトビウオ (Fig.3-5-4b) では、これ以外にほぼ纏絡糸にはさらに細かいフィラメント状の器官 (以下 sub filaments と記す) が分岐するように付いていた。この sub filaments は狭い範囲に密集している纏絡糸群にもまばらに点在する纏絡糸

群にも見られた。

なお、ツクシトビウオおよびホソトビウオでは孵化まで卵を飼育し、毎日その卵膜の表面構造を確認したが、飼育期間中その状況に特に大きな変化は見られなかった。

卵膜断面の微細構造 走査型電子顕微鏡下で観察した卵膜断面の写真を Fig.3-5-1から Fig.3-5-4の c) に示す。いずれの卵も卵膜はいくつかの層を重ねた構造しており、ツクシトビウオ (Fig.3-5-1c) の卵膜は20層、ホソトビウオ (Fig.3-5-2c) の卵膜もほぼこれに近い数で18層から形成されている。ホソアオトビ (Fig.3-5-3c) の卵膜は8層と最も層の数が少なく、ハマトビウオ (Fig.3-5-4c) の卵膜ではこ

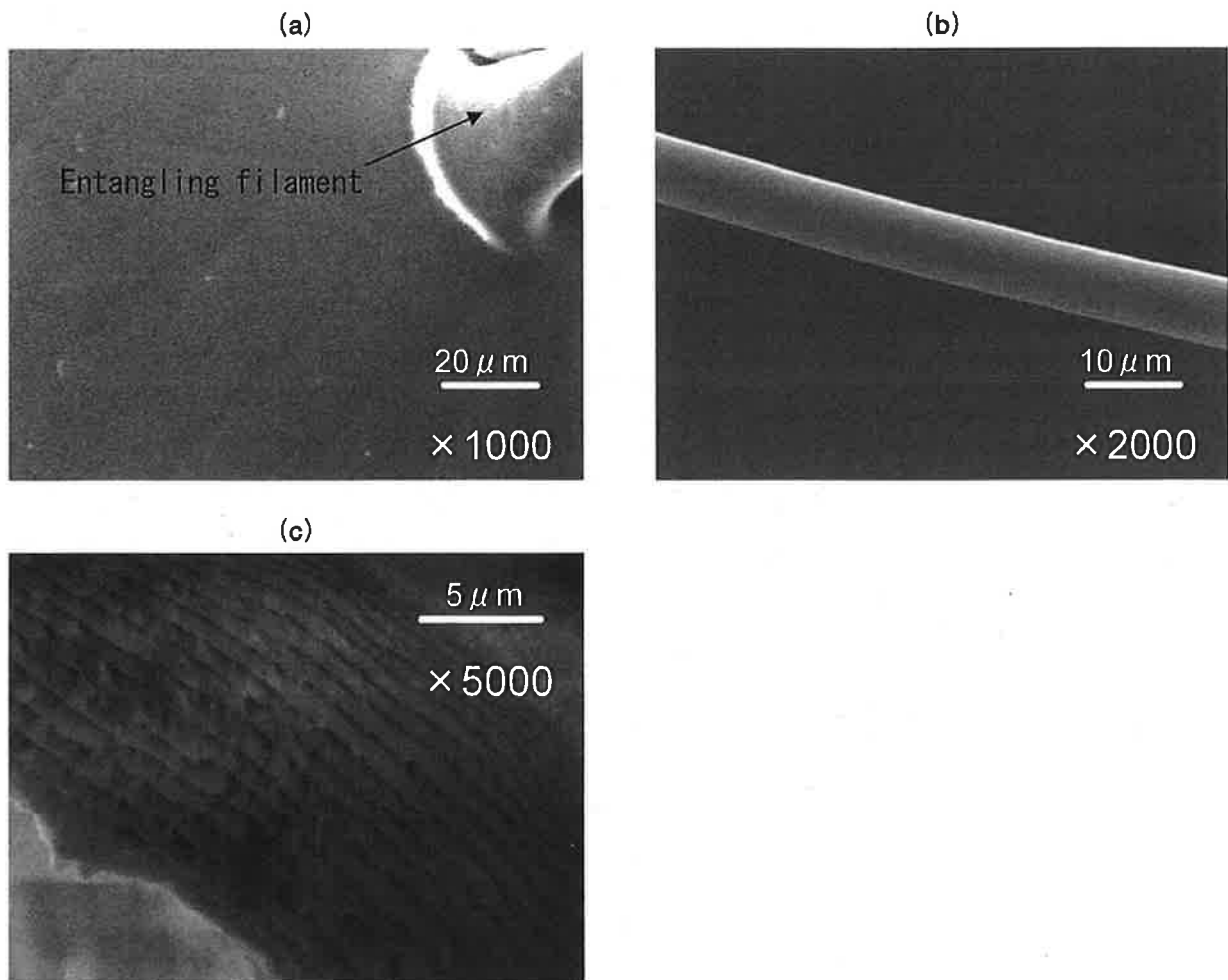


Fig. 3-5-1. Photomicrograph of egg membrane and entangling filament in *Cypselurus heterurus doederleini* by a scanning electron microscope.

- (a) surface structure of egg membrane
- (b) surface structure of entangling filament
- (c) vertical section of the egg membrane

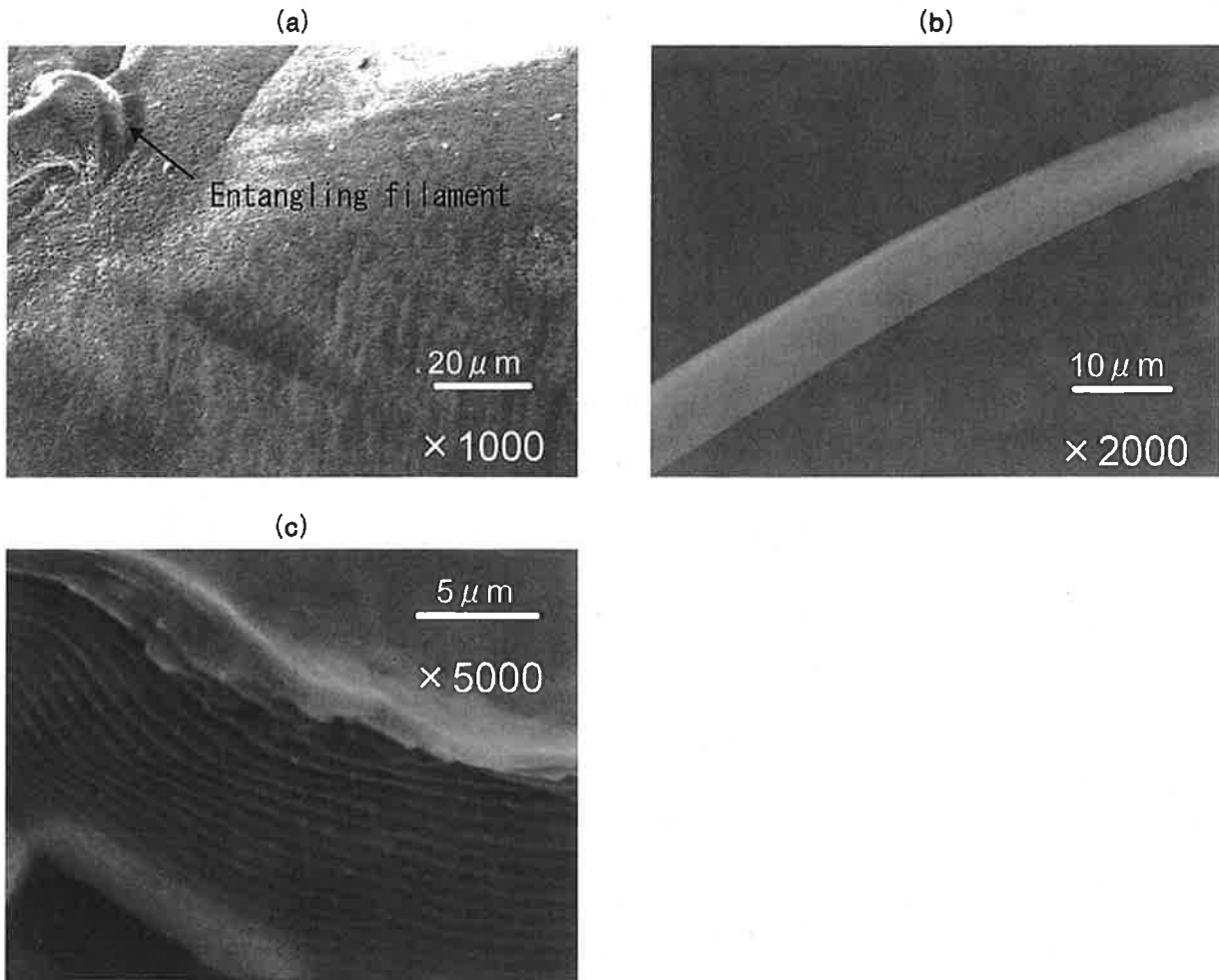


Fig. 3-5-2. Photomicrograph of egg membrane and entangling filament in *Cypselurus hiraii* by a scanning electron microscope.

- (a) surface structure of egg membrane
- (b) surface structure of entangling filament
- (c) vertical section of the egg membrane

の層が最も多く28層から形成されていた。

次に4種の卵膜の厚さを Fig. 3-5-5に示す。ツクシトビウオの卵膜は約 $17\mu\text{m}$ 、ホソトビウオの卵膜は約 $16\mu\text{m}$ 、ホソアオトビの卵膜はこれら4種の中では最も薄く約 $5\mu\text{m}$ 、ハマトビウオの卵膜が最も厚くて約 $28\mu\text{m}$ の厚みを持っていた。卵径に対する卵膜の厚さの比率ではツクシトビウオが0.97%、ホソトビウオが1.01%、ハマトビウオが1.67%で、ホソアオトビは0.33%であり、ハマトビウオが最も高く、ホソアオトビが最も低い値を示した。なお、ツクシトビウオおよびホソトビウオでは孵化まで卵を飼育して毎日にその卵膜の厚みや層の数を確認したが、飼育期間中その値はほとんど変化が見られなかった。

考 察

ホソアオトビやハマトビウオの卵表面の微細構造を走査型電子顕微鏡の観察によると、纏絡糸にはさらに細かい sub filaments が存在し、卵膜の表面には繊毛状の構造が存在することが今回の観察により新たに明らかとなった。纏絡糸を有する卵について、これまで電子顕微鏡下でのこのような観察例はまったくなく、sub filaments や卵膜上の繊毛状の構造が果たす役割についてはまだ明らかではないが、ハマトビウオ属のツクシトビウオやホソトビウオに見られず、類縁系統を超えてニノジトビウオ属のホソアオトビとハマトビウオ属のハマトビウオに見られたことを考慮すると、これも何らかの生態的な特性を反映している可能性が考えられる。

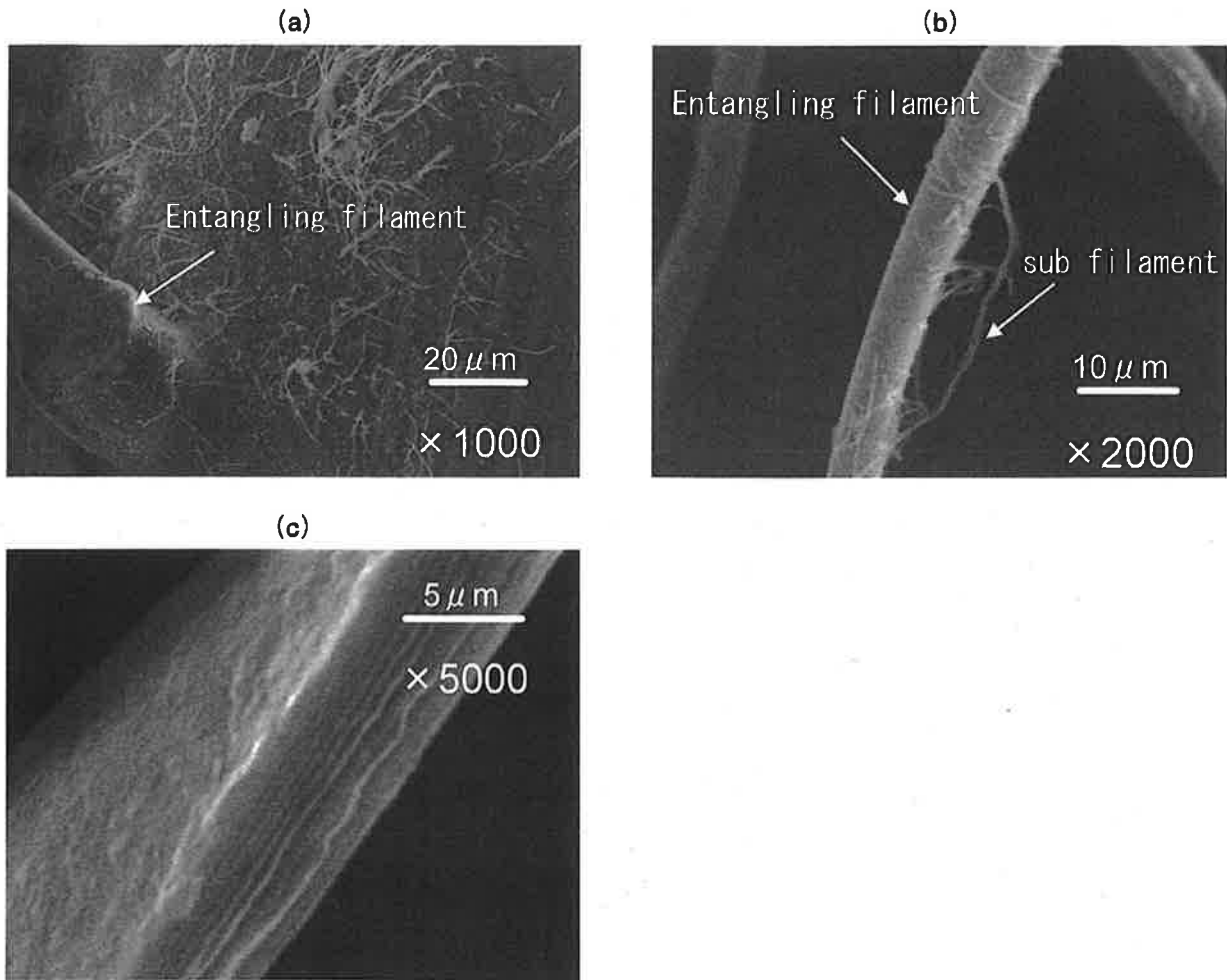


Fig. 3-5-3. Photomicrograph of egg membrane and entangling filament in *Hirundichthys oxcephalus* by a scanning electron microscope.

- (a) surface structure of egg membrane
- (b) surface structure of entangling filament
- (c) vertical section of the egg membrane

今回の観察により、トビウオ科魚類4種の間でその縦断面構造には明瞭な違いが見られることが明らかとなった。Lonning (1972) はタラ類、カレイ類、ベラ類の卵膜を比較し、浮性卵に比べ沈性卵の卵膜が厚い傾向にあることを報告している。また、Stehr and Hawks (1979) は浮性卵のヌマガレイと沈性卵のカラフトマスの卵膜構造を比較し、卵膜の厚さおよびその構造は発生中の外部環境に適応したものではないかと示唆した。さらに、平井は(1991)は41種の魚卵について観察を行い、分離浮性卵では卵膜の厚みが $0.5\sim 7.9\mu\text{m}$ 、卵径に対する比率が $0.02\sim 0.38\%$ と薄く、不付着沈性卵では卵膜の厚みが $8.8\sim 13.6\mu\text{m}$ で卵径に対する比率が $0.84\sim 1.69\%$ と厚いこと、卵膜の層は分離浮性卵で1~9層と層が少な

く、不付着沈性卵で9~18層と多い傾向が見られることを報告している。これについて平井(1991)は分類的に離れたマダラとマコガレイの沈性卵が他の浮性卵を産む魚種の卵膜より厚いという事実から、卵膜の肥厚や多重構造は類縁系統には関係がなく、多分に生態的適応の結果であると考えている。

今回観察した4種のトビウオ科魚類において、卵の厚み、卵径に対する比率、卵膜の層の数には、これまでに浮性卵から不付着沈性卵で観察された幅広い特徴が見られた。すなわち、ホソアオトビでは分離浮性卵で見られた範囲の値を示し、ツクシトビウオ、ホソトビウオ、ハマトビウオは不付着沈性卵で見られた範囲内の値を示した。

ホソアオトビは流れ藻や漁網等の漂流物に付着し

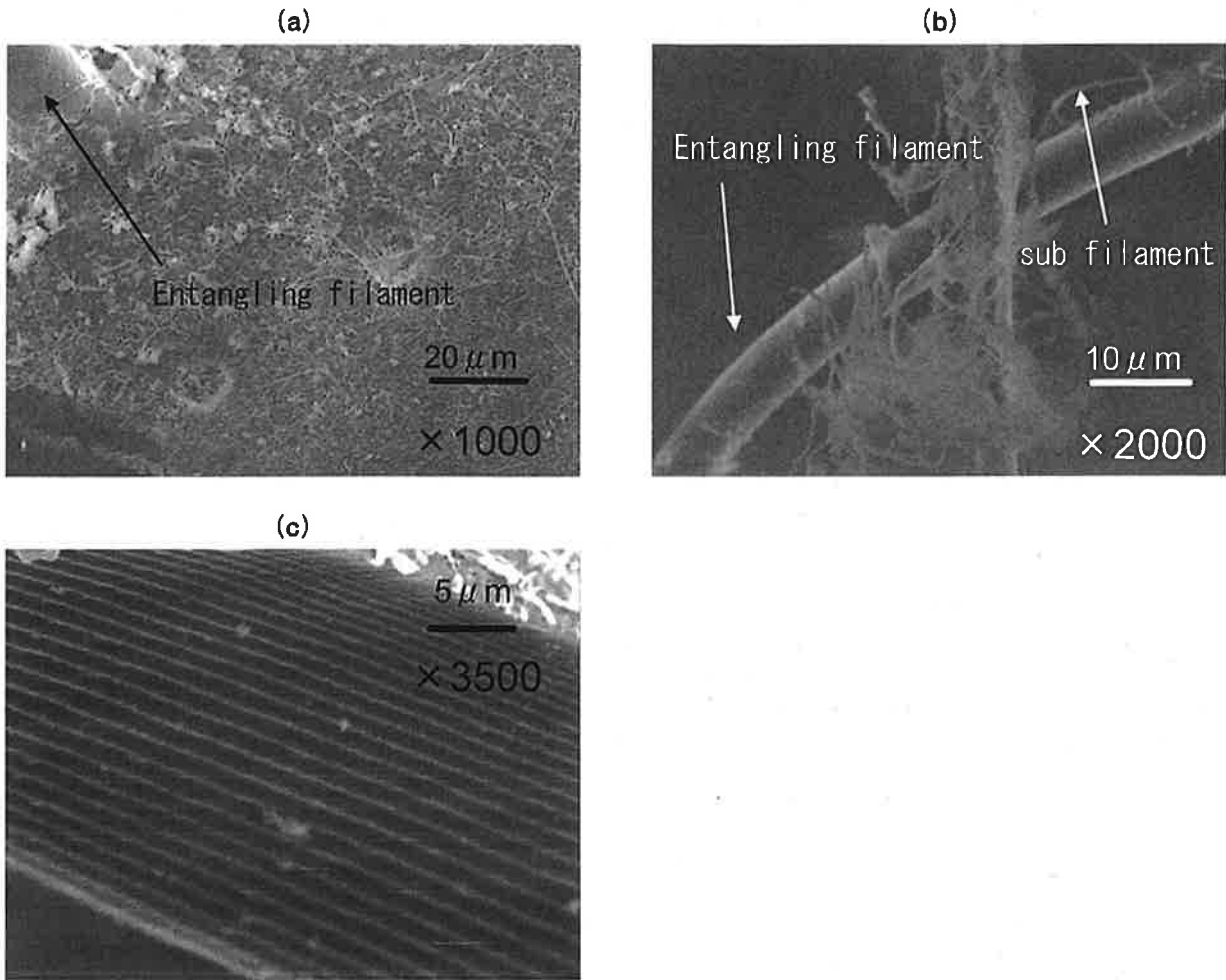


Fig. 3-5-4. Photomicrograph of egg membrane and entangling filament in *Cypselurus pinnatibarbatus japonicus* by a scanning electron microscope.

- (a) surface structure of egg membrane
- (b) surface structure of entangling filament
- (c) vertical section of the egg membrane

た状態で採集されており、沈性卵であるにもかかわらず、孵化までの期間を浮性卵と同じように表層に漂っているものと考えられる。トビウオ科魚類と同じようにダツ目に属するサンマの卵も纏絡糸を持つ卵であるが、卵膜は2層の構造をなし、層の厚みは $8.5\mu\text{m}$ と同じように薄いことが報告されている。サンマも流れ藻に産卵する習性を持つことが明らかとなっており、この点において薄い卵膜を持つホソアオトビと共通している。

一方、ホソトビウオは産卵時刻になると海底近くまで潜る生態を持っていることが既に知られている(塚原ほか, 1957a; 塩川, 1966)。また、ツクシトビウオでも同様に沿岸近くの海底砂地において卵

の存在が確認されている(安達, 未発表)。また、ハマトビウオでは卵は表層で採集されず、ツクシトビウオやホソトビウオの産卵場の水深よりさらに深い海域の中層から海底で採集されることが明らかとなっている(東京都, 2004)。これらの産卵生態を見る限り、卵が表層ではなく水深の深いところに見つかるという点でホソアオトビやサンマとは対照的である。

以上のことから纏絡卵を有する卵については、今回観察したトビウオ科4種の卵やサンマの卵で見える限り、沈性卵であっても表層近くで孵化までの時期を迎えるものは浮性卵に近い特性を持っており、逆に水深の深いところで孵化までの時期を迎えるもの

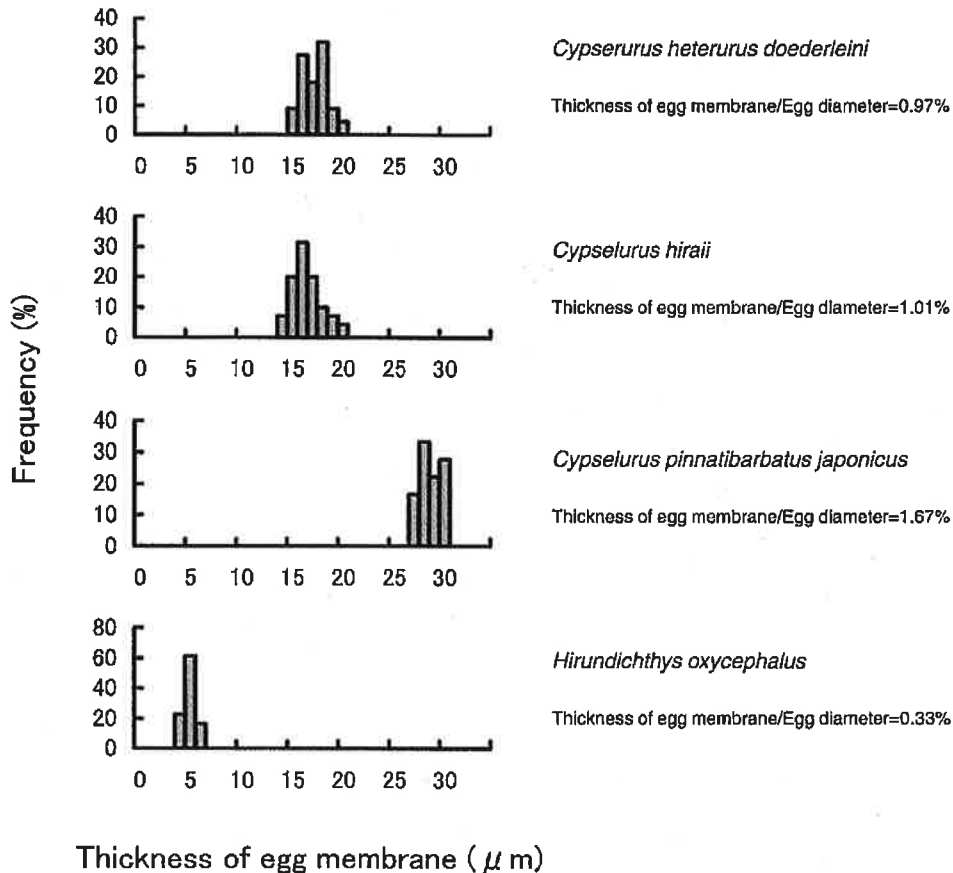


Fig. 3-5-5. Frequency distribution of the egg membrane thickness in four species of flying fish.

は沈性卵に近い特性を持っていることが分かる。すなわち、Lonning (1972) は卵膜の断面構造の属性について浮性卵であるか沈性卵であるかといった卵の性質によるものとして大別したが、今回明らかになったトビウオ科魚類の卵膜断面構造の違いを含めて考えて見ると、実際には卵がどのような場所で孵化までの時期を過ごすかといった生態的適応である可能性が示唆された。

イカナゴの卵は特異的な粘着膜を有する沈性卵であることが知られているが、原 (2003 a) はその卵膜が2層からなり、未受精卵では約12 μ m, 受精卵では約7 μ mと薄いことを示し、イカナゴの卵の沈降性が弱く、二次的に浮性卵となる特徴に関連しているのではないかと推察した。このような特徴も今回、總絡卵で観察された傾向と良く似た傾向を捉えたものと推察される。

第IV章 トビウオ類3種の日齢と成長

トビウオ類の成長については、ツクシトビウオおよびホソトビウオについての岡地 (1958) の報告があり、耳石を年齢形質として取り上げている。この報告では耳石の中核部は乳白色の不透明帯でその外縁にある透明帯との間に明瞭なひとつの不連続面が見られることから、寿命を1年と推察し、各月ごとに出現する稚魚、未成魚のサイズをプロットしておおよその成長を示している。塚原ほか (1957 b) はツクシトビウオおよびホソトビウオについて、産卵親魚の鱗の縁辺部にのみ circuli の乱れが生じており2輪以上のものが全く認められないことから、満1年魚と推定し、稚魚、未成魚のサイズのプロットで成長を示している。一方、東京都 (1991) はハマトビウオの成長について鱗を用いて解析を行い、最大5輪の輪紋が形成されていることを報告しており、標識放流を行った個体が越年していることも考え合

わせて、数歳以上の寿命を持つと推察している。

しかしながら、これらの報告はいずれも輪紋形成期が明確でないなど、年齢形質としての根拠が明確でなく、トビウオ類の成長についてはまだ多くの課題が残されている。また、第Ⅱ章で述べたように九州北西部海域では漁獲のほとんどが未成魚という実態があり、これらの資源の実態を的確に評価するためには、未成魚までの時期の成長をより明確に推定する必要がある。

近年、魚類の耳石に見られる微細輪紋が日周輪であることが Pannella (1971) によって初めて明らかにされ、その後様々な魚類で耳石に見られる日周輪等を用いた研究がなされている。トビウオ類に近い種類としては同じダツ目に属するサンマにおいて、最大776日の日齢までの観察例が報告されている(巢山ら, 1992)。しかし、トビウオ類の漁獲物について、日齢を用いて成長を明らかにした報告はみあたらない。そこで、トビウオ類においても耳石に日周輪が認められるかどうかを確認し、それぞれの種の成長を明らかにすることを目的として研究を行った。

第1節 ツクシトビウオの日齢と成長

ツクシトビウオの成長について塚原ほか(1957b)は稚魚、未成魚および成魚の出現サイズを調べ、そのモードに着目して成長曲線を示しており、5月末生まれのものが当年7月末には尾叉長約10cm、9月末には尾叉長約15cmの未成魚に成長し、翌年5月末には尾叉長約27cmの成魚に成長するとしている。また岡地(1958)は稚魚、未成魚および成魚の季節別出現サイズの範囲に着目し、産卵期を5~7月として成長曲線を示しており、早生まれの5月のもので当年の7月には体長約10cm(尾叉長約11cm; 体長と尾叉長の関係より推定, 以下同じ)、9月には体長約15cm(尾叉長約16cm)の未成魚に成長し、翌年5月に体長約30cm(尾叉長約32cm)の成魚に成長するとしている。また、遅生まれの7月生まれのものでは当年9月には体長約5cm(尾叉長約6cm)の稚魚、11月には体長約10cm(尾叉長約11cm)の未成魚、

翌年7月には体長約22cm(尾叉長約23cm)の成魚に成長するとしている。これまでに報告されたツクシトビウオの成長には研究者によってかなり差が見られるが、いずれも孵化後の日数を特定する明確な根拠がないことから、成長曲線には曖昧さが残る。そこで、ツクシトビウオに関して日齢査定を行った上で、九州北西部沿岸域で主漁獲対象となっている未成魚の成長を明らかにした。

方 法

飼育試験 産卵親魚は長崎県野母崎町野母地先の定置網に入網したツクシトビウオを用いた。1993年6月11日に成熟した親魚(雄4尾:尾叉長252~261mm, 雌2尾:尾叉長268~280mm)を選別し、船上で乾導法により人工授精を行った。その後、直ちに同町にある長崎県水産試験場増養殖研究所へ搬送し、1t水槽で孵化後50日間飼育した。餌はアルテミア *Artemia salina*、ワムシ *Brachionus plicatilis roytundiformis*、配合餌料(協和発酵250~400 μ m)を用いた。

飼育仔稚魚の耳石観察 標本は5日ごとに10尾ずつ採集し、凍結保存後、耳石を取り出した。耳石は *sagitta*, *asteriscus*, *lapillus* をそれぞれ取り出し、蒸留水を用いて洗浄して乾燥させた後、スライドガラス上に耳石の凸面を上にしてエポキシ樹脂中に包埋した。樹脂が硬化した後、これをサンドペーパー(#800, #1200, #2000)およびマルトーラッピングフィルム(#4000)を使用し、耳石扁平面に平行に耳石核から縁辺までが確認できるところまで研磨し、光学顕微鏡下で400倍に拡大して観察した。

天然魚の採集と耳石観察 材料は1992年~1994年の8月から10月にかけて、定置網で漁獲されたツクシトビウオを用いた。1992年および1993年は長崎県北松浦郡生月町の生月漁協で、1994年は生月漁協および長崎県南松浦郡新魚目町の北魚目第一漁協(Fig. 4-1-1)でサンプリングを行った。週1回、漁獲物を種類ごとに同定してツクシトビウオを選別し、その尾叉長を測定して、耳石を取り出した。未成魚では *sagitta* ではサイズがかなり大きくなり輪紋の観察は困難であったことから、*lapillus* を用いることとし

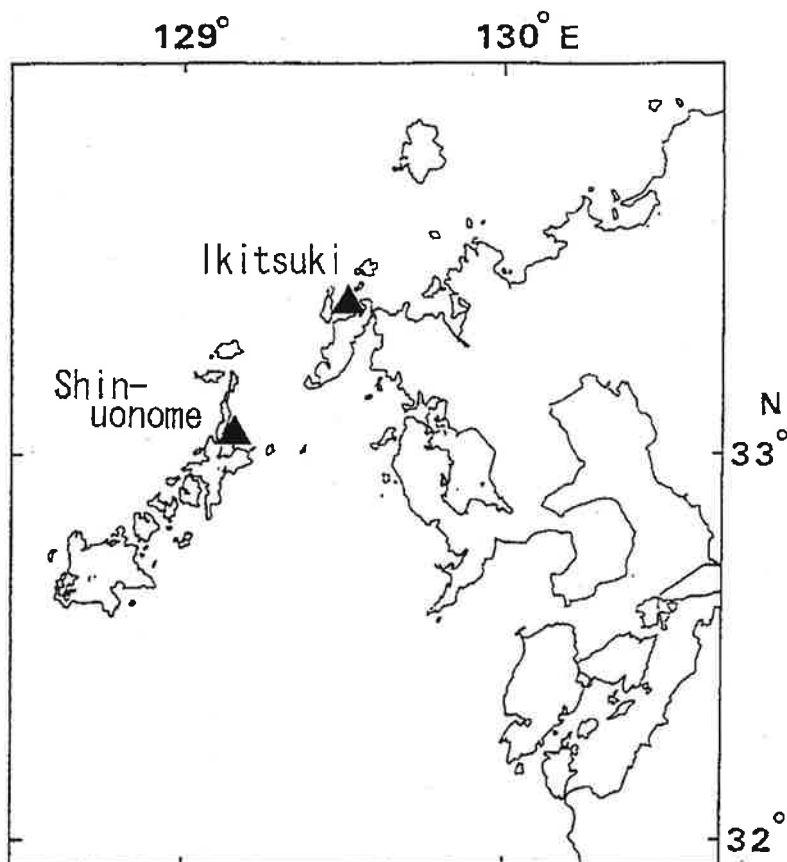


Fig. 4-1-1. Location of the stationary nets where the young flying fishes were sampled in 1992 to 1994.

た。水洗して乾燥させた lapillus をエポキシ樹脂中に包埋し、サンドペーパー（#800, #1200, #2000）およびマルトーラッピングフィルム（#4000）を用いて研磨し、光学顕微鏡下で400倍に拡大して観察を行い、輪紋数の計数を行った。（Fig. 4-1-2）

結 果

飼育仔稚魚の耳石観察 ツクシトビウオは6月20日（受精後10日）に孵化した。飼育期間中の水温の推移と成長を Fig. 4-1-3 に示す。飼育期間中の水温は20.6～26.0℃であった。ツクシトビウオは孵化後1日目には全長6.90mmで、50日目には61.91mmに成長した。

Fig. 4-1-4 にツクシトビウオの耳石形状の変化、Fig. 4-1-5 に耳石の長径の変化を示す。Sagitta は孵化仔魚ではほぼ円形に近い形状であったが、孵化後15～30日頃に2叉した形状となった。その後それぞ

れの突起の間が狭まり、35日目以降は分岐がみられず楕円形に近い形状となった。耳石の長径は孵化後1日目には0.11mmであったが、孵化後50日目には2.05mmと3つの耳石の中で最も大きくなった。Sagitta はサイズも大きく、全般に不透明であるが、研磨を行うと各ステージでそれぞれ同心円の輪紋が観察された（Fig. 4-1-6A）。Asteriscus は孵化後15日目には長径で0.21mm、孵化後50日目には0.65mmとなった。これは他の耳石に比べて透明度が高く、研磨をしない状態でも輪紋が観察できた。この耳石にも同心円状の輪紋が観察されたが、中心から約0.2mmまでは輪紋が不明瞭で、輪紋が重なったり、とぎれたりするため、他の耳石に比べて計数が困難であった（Fig. 4-1-6B）。Lapillus は二枚貝に似た形状で、孵化後1日目には長径0.07mm、50日目には0.40mmとなり、3つの耳石の中では最も小さかった。耳石中央部の片側にはドーム状の膨らみが見られ、不

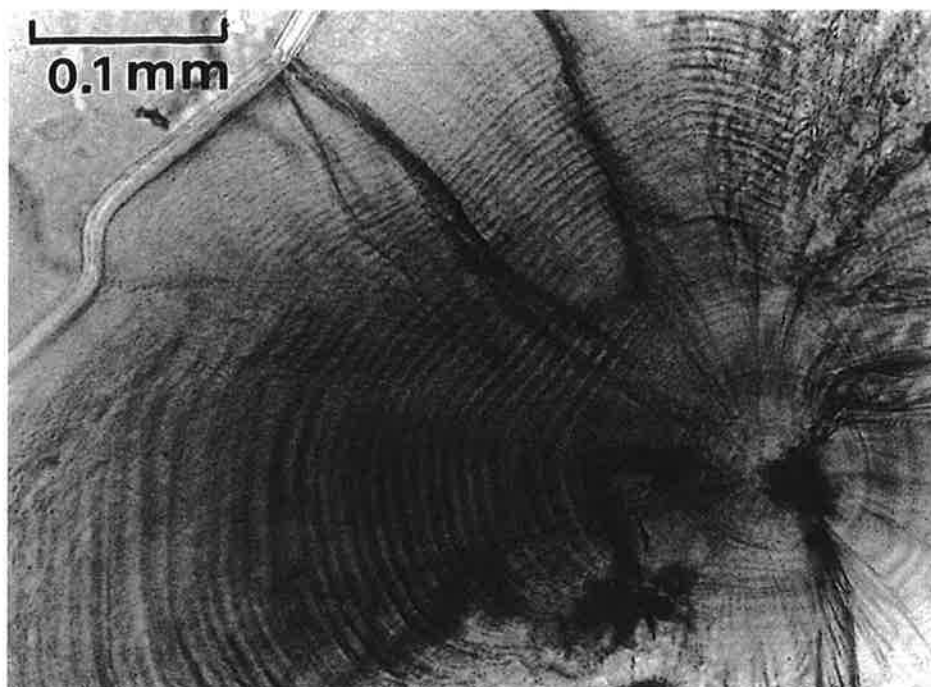


Fig. 4-1-2. Photomicrograph of a lapillus from *Cypselurus heterurus doederleini*, 164 mm in fork length, with 74 increments.

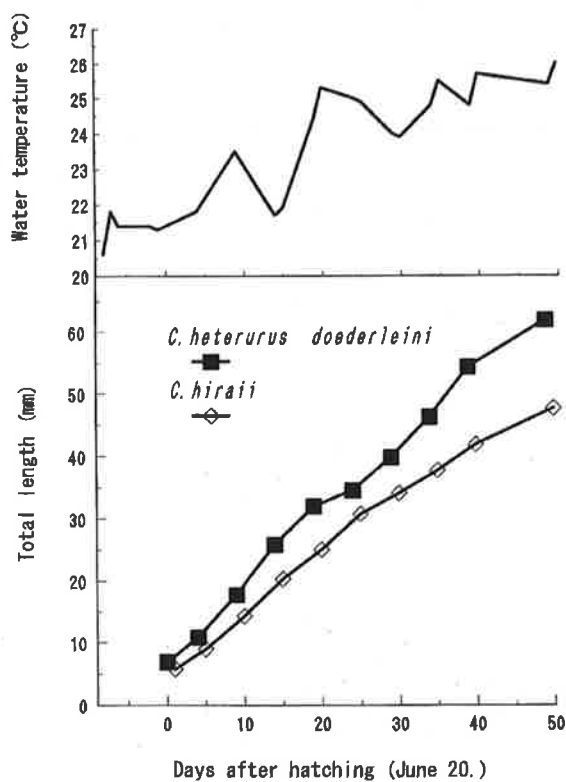


Fig. 4-1-3. Changes of water temperature (above) and total length (below) in reared flying fishes in 1993. For *C. hiraii* see P 52.

透明帯となっていた。これを研磨して取り除くと他の耳石と同様に同心円の輪紋が観察された (Fig. 4-1-6C)。

耳石の長径 (OL) と全長 (TL) の間には正の相関が見られ、それぞれ次式で表された。

$$\text{Sagitta ; TL(mm)} = 25.78 \text{ OL(mm)} + 9.82 \quad (r^2 = 0.976)$$

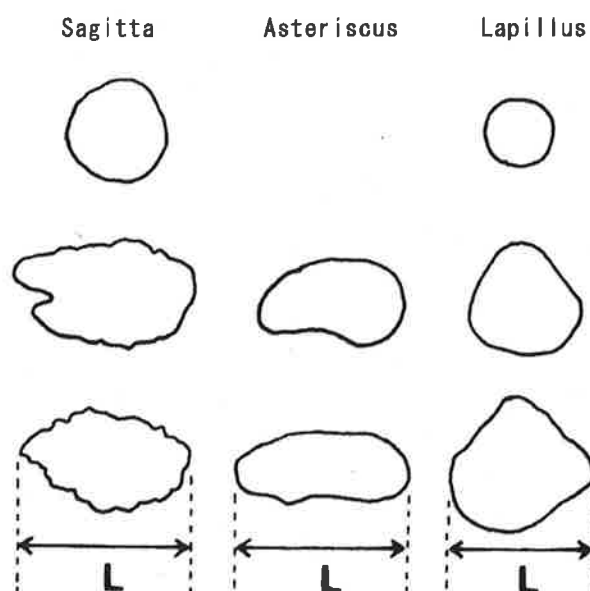


Fig. 4-1-4. Change of outside view of otolith of *Cypselurus heterurus doederleini* with its growth.

Asteriscus ; $TL(mm)=86.92 OL(mm)+6.47 (r^2=0.954)$

Lapillus ; $TL(mm)=168.90 OL(mm)-4.62 (r^2=0.991)$

Fig. 4-1-7にツクシトビウオの孵化後の日数 (D) と輪紋数 (N) の関係を示す。Sagitta, lapillusともにDとNの間には高い正の相関が見られ、それぞれ次式で表された。

Sagitta ; $N=0.980 D+1.016 (r^2=0.999)$

Lapillus ; $N=0.991 D+0.325 (r^2=0.999)$

輪紋は1日1本の割合で形成されており、sagittaでは孵化日に第1輪、lapillusでは孵化後1日目に第1輪の輪紋が形成されていた。

天然魚の耳石観察 Fig. 4-1-8に測定したツクシトビウオの尾叉長組成を示す。1992年は15.5cm, 1993年は14.5cm, 1994年は16~17cmにモードと年による違いが見られた。天然海域で得られたツクシトビウオ未成魚のlapillusに見られる輪紋数 (RN) と尾叉長 (FL) の関係を Fig. 4-1-9に示す。各年とも輪紋数と尾叉長の間には正の相関が見られ、次式で表された。

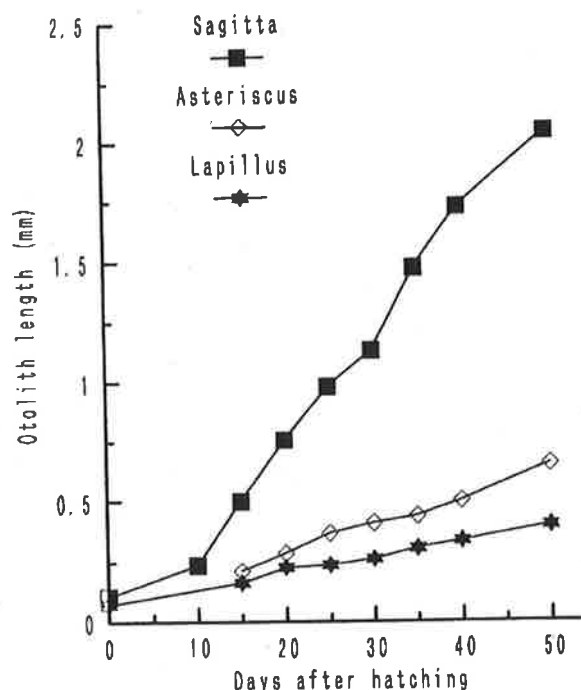
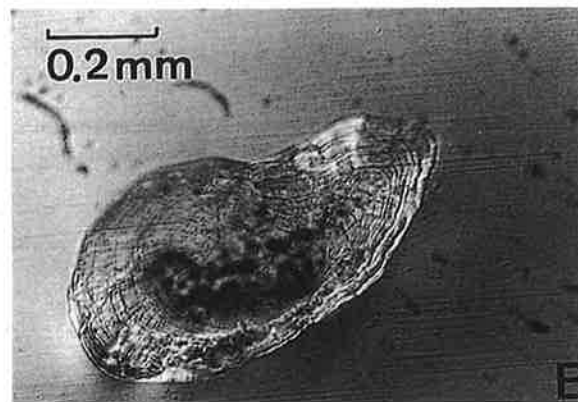
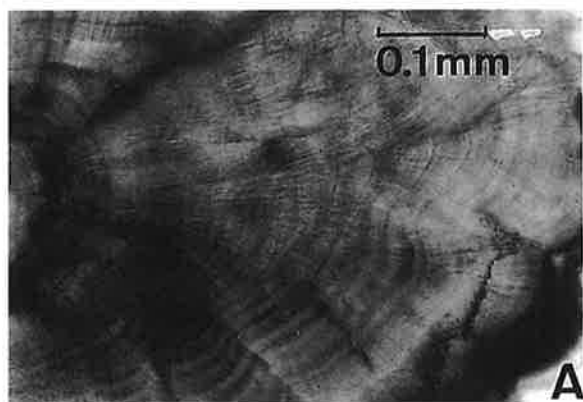


Fig. 4-1-5. Otolith growth in *Cypselurus heterurus doederleini*.



A:sagitta (25days)

B:asteriscus (50days)

C:lapillus (50days)

Fig. 4-1-6. Photomicrograph showing increments in three otoliths in *Cypselurus heterurus doederleini*.

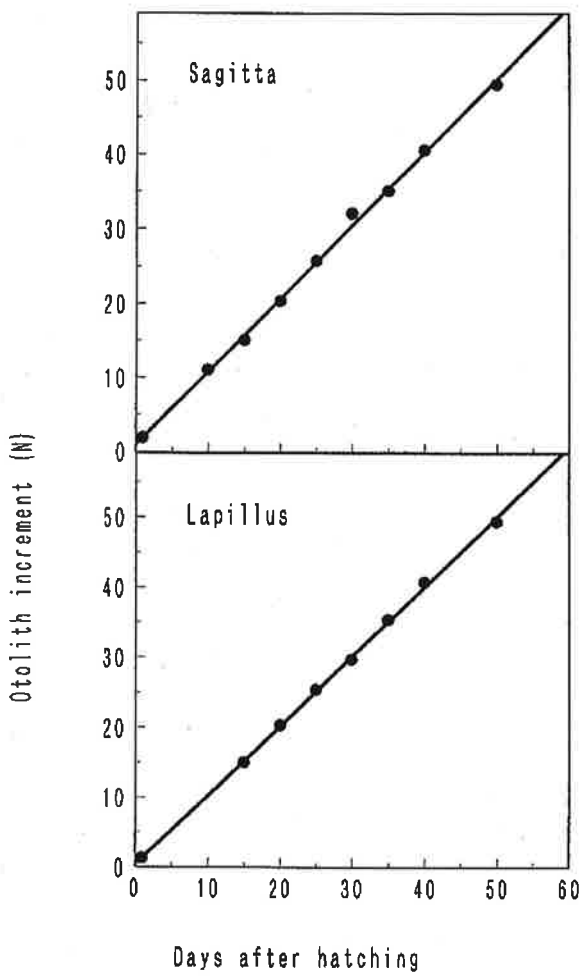


Fig. 4-1-7. Relation between days after hatching and otolith increments in *Cypselurus heterurus doederleini*.

1992年 $FL=19.67 \times RN^{0.475}$ ($r=0.913$, $n=16$)
 1993年 $FL=19.79 \times RN^{0.468}$ ($r=0.899$, $n=57$)
 1994年 $FL=15.20 \times RN^{0.512}$ ($r=0.925$, $n=90$)
 1993年に成長がやや劣り, 1994年はやや成長が良く, 1992年は両者の中間であった。3カ年をまとめて取り扱おうと

$FL=13.71 \times RN^{0.560}$ ($r=0.907$, $n=163$)
 の式で表された。飼育実験の結果によると, ツクシトビウオの lapillus では孵化後1日目から1日1本の割合で輪紋が形成されており, 輪紋数をその魚体の日齢と考えた。今回のサンプルからは47日齢から130日齢のものが出現し, その間は平均1.1mm/dayの成長であった。

孵化日の推定 測定された魚体の尾叉長に基づき, 前述の輪紋数と尾叉長の関係式を用いて日齢を求め, 漁獲日と日齢から逆算して孵化日を推定した。Fig. 4-1-10に推定したトビウオ類の孵化日の組成を示す。ツクシトビウオは5月下旬から8月中旬にかけて孵化が見られ, そのピークは6月中旬から7月中旬に見られた。また, 1992年, 1994年に比べ, 1993年は孵化が遅れる傾向が見られた。

考 察

ツクシトビウオの耳石には同心円状の輪紋が認め

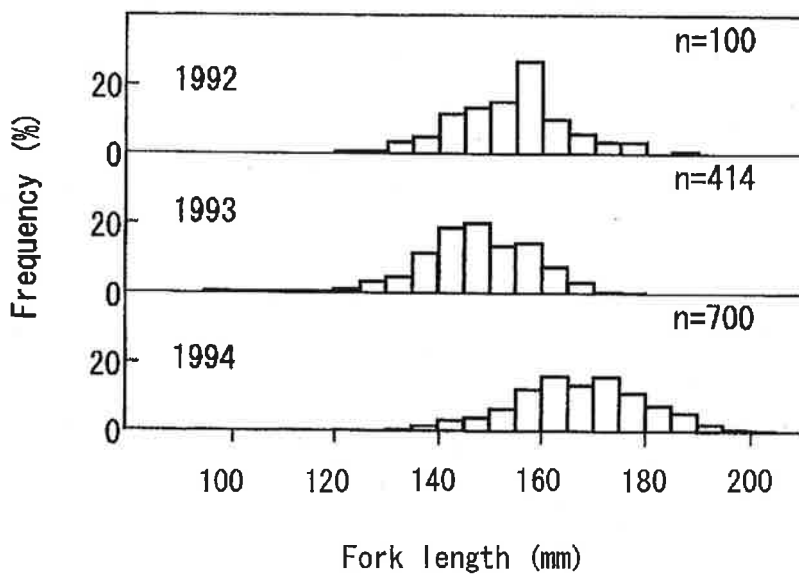


Fig. 4-1-8. Fork length compositions of *Cypselurus heterurus doederleini* caught at Ikitsuki and Shin-uonome.

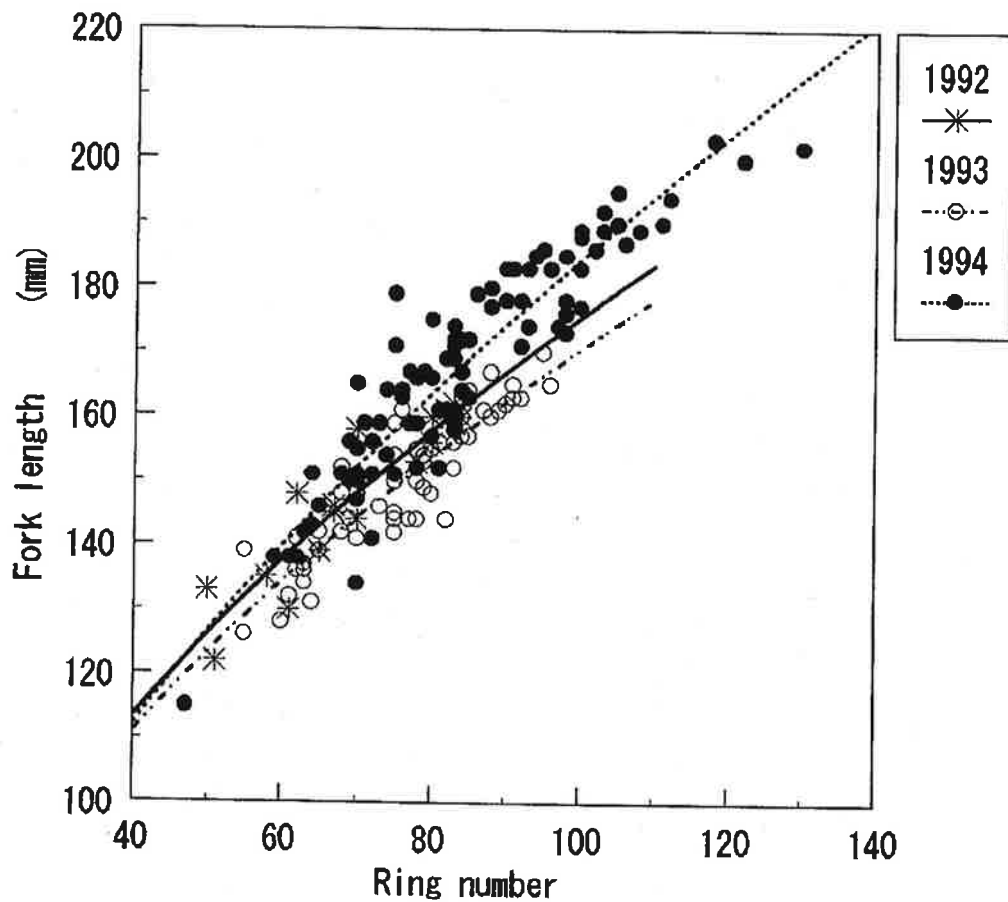


Fig. 4-1-9. Regression of fork length to daily increments on lapillus in *Cypselurus heterurus doederleini*.

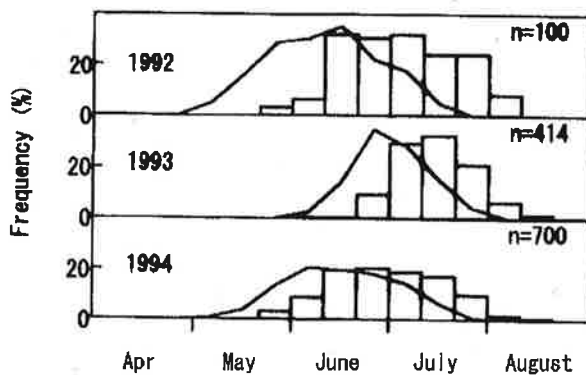


Fig. 4-1-10. Frequency distributions of spawning (solid line) and hatching (histograms) dates estimated by combining the size frequencies of *Cypselurus heterurus doederleini* and the growth equations.

られ、sagittaとlapillusにおいて、飼育日数と耳石に見られる輪紋数との間にはいずれも高い正の相関が認められた。その関係式を見ると両者とも飼育日数1日につき輪紋数1本の増加が認められることから、この輪紋は日周輪であると言える。輪紋（第1輪）の形成は、sagittaでは孵化日、lapillusでは孵化後1日目に始まっていた。すなわち、ツクシトビウオの日齢はsagittaでは輪紋数から1を減じた値、lapillusでは輪紋数で示される。

今回の研究の目的は少なくとも未成魚までの成長を明らかにすることであるが、そのためには本章第4節で後述するように3種類の耳石の中でlapillusが観察に最も適していると考えられる。そこで、lapillusに見られる輪紋数を日齢としてツクシトビウオの成長を解析したところ、1992～1994年に天然海域で採集したツクシトビウオの未成魚は60日目に

は尾叉長136mm, 120日目には尾叉長200mmに成長していたことが明らかとなった。

Fig. 4-1-11に過去の報告で推定された成長と今回の成長を比較して示す。今回の研究では未成魚のみに焦点を当てて解析していることから、日齢60～120日頃の成長で比較して見ると、得られた値は岡地(1958)や塚原ほか(1957b)が推定した成長よりかなり早い成長と言える。両報告とも対馬暖流域で調査を行っていて、対象海域はほぼ同じと考えて良いが、調査を行った年代は今回とかなり異なっていて、当時の成長が今回と同じ状況下にあるかどうかは不明であり、単純に比較することはできない。しかし、少なくとも今回得られた結果は日齢査定を行うことにより、過去の報告よりかなり信頼性の高い成長式が得られたと考えられる。

ツクシトビウオは受精後13～15日で孵化する(今井, 1959)とされている。今回の結果において孵化時期には3ヶ月ほどの幅があることから、産卵から孵化までの日数が時期的に異なることも考えられるが、ツクシトビウオの孵化に要する日数を14日と仮定して産卵日を推定すると、ツクシトビウオでは5月上旬から7月下旬にかけて産卵が行われたことになる。このツクシトビウオの産卵場は屋久島から九州西岸、さらに日本海と広範囲にわたっており、ツクシトビウオの産卵期は屋久島周辺で5月中旬～6

月上旬(今井, 1959; 久田, 2002), 天草沿岸で5～7月(塚原ほか, 1957a; 塚原ほか, 1957b; 塩川, 1962; 今井, 1959), 日本海西部海域で5月中旬～7月下旬(福井, 1988; 河野, 1988; 河野, 1997)とされている。いずれもピークは明らかでなく、九州北西岸の産卵に関する報告もないが、対馬暖流域でのツクシトビウオの産卵期は概ね5～7月と考えられる。今回の耳石観察から推定された産卵の時期はこれまでの報告とほぼ一致した。

第2節 ホソトビウオの日齢と成長

ホソトビウオの成長について塚原ほか(1957b)は稚魚, 未成魚および成魚の出現サイズを調べ、そのモードに着目して成長曲線を示しており、5月末生まれのものが当年7月末には尾叉長約9cm, 9月末には尾叉長約14cmの未成魚に成長し、翌年5月末には尾叉長約22cmの成魚に成長するとしている。岡地(1958)は稚魚, 未成魚および成魚の季節別出現サイズの範囲に着目し、産卵期を5～7月として成長曲線を示しており、早生まれの5月のもので当年の7月には体長約6cm(尾叉長約7cm), 9月には体長約12cm(尾叉長約13cm)の未成魚に成長し、翌年5月に体長約24cm(尾叉長約26cm)の成魚に成長するとしている。また、遅生まれの7月生まれのものでは、当年9月には体長約3cm(尾叉長約3.5cm)の稚魚, 11月には体長約8cm(尾叉長約9cm)の未成魚, 翌年7月には体長約18cm(尾叉長約19cm)の成魚に成長するとしている。河野(1998)も岡地と同様に稚魚および未成魚, 成魚の季節別出現サイズの範囲に着目し、産卵期を5月末～8月初めとして成長曲線を示しており、早生まれの5月末生まれのものが当年の7月末には尾叉長約10cm, 9月末には尾叉長約17cmの未成魚に成長し、翌年5月末に尾叉長約24cmの成魚に成長するとしている。また、遅生まれの8月初め生まれのものでは、当年10月初めには尾叉長約12cmの未成魚, 翌年7月には尾叉長約19cmの成魚に成長するとしている。これまでに報告されたホソトビウオの成長は、ツクシトビウオ同様に

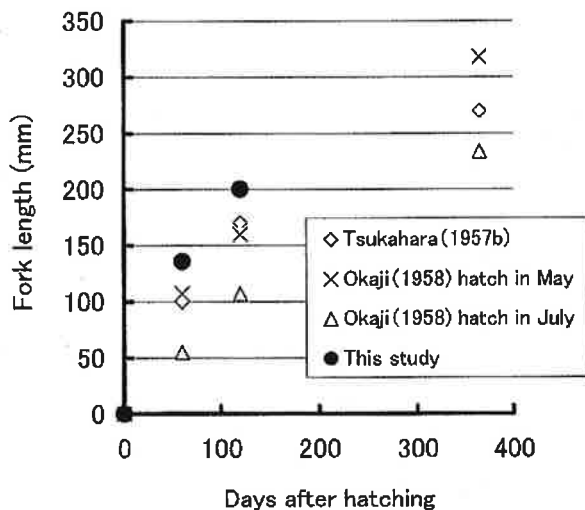


Fig. 4-1-11. Comparison of estimated growth in *Cypselurus heterurus doederleini* between the present study and past reports.

研究者によってかなりの差が見られるが、いずれも孵化後の日数を特定する明確な根拠がないことから、成長曲線には曖昧さが残る。そこで、ホソトビウオに関して日齢査定を行った上で、九州北西部沿岸域で主漁獲対象となっている未成魚の成長を明らかにした。

方法

前節で述べたツクシトビウオと同様の方法で飼育試験、飼育仔稚魚の耳石の観察、天然魚の採集と耳石観察を行った。飼育試験は1993年6月11日に長崎県野母崎町野母地先の定置網に入網したホソトビウオ(雄4尾：尾叉長211~219mm, 雌1尾：尾叉長221mm)を用いて人工授精を行い、孵化した仔稚魚を50日間飼育した。天然魚の耳石の観察には1992~1994年の8月から10月にかけて、定置網で漁獲されたホソトビウオを用いた。1992年および1993年は長崎県北松浦郡生月町の生月漁協で、1994年は生月漁協および長崎県南松浦郡新魚目町の北魚目第一漁協でサンプリングを行った。

結果

飼育仔稚魚の耳石観察 ホソトビウオは6月19日(受精後9日)に孵化した。飼育期間中の水温の推移と成長を Fig. 4-1-1 に示す。飼育期間中の水温は20.6~26.0℃であった。ホソトビウオは孵化後1日目には5.78mmで、50日目には47.60mmに成長した。

Fig. 4-2-1 に耳石の長径の変化を示す。ホソトビウオの耳石の形はツクシトビウオと良く似ており、孵化直後の sagitta は、ほぼ円形、15~30日頃2又した形状となり、しだいにそれぞれの突起の間が狭まって、35日目以降は分岐がみられなくなった。Sagitta の長径は孵化後1日目には0.11mmで、50日目には1.66mmになり3つの耳石の中では最も大きくなったが、ツクシトビウオに比べると少し小さかった。研磨を行うとツクシトビウオと同様に同心円の輪紋が観察された (Fig. 4-2-2A)。Asteriscus は孵化後20日目では長径0.16mm, 50日目には0.54mmとなった。Asteriscus は透明度が高く、研磨をしない

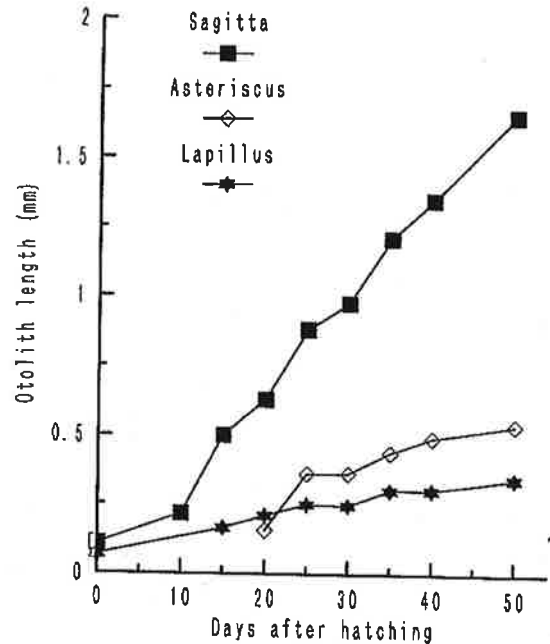


Fig. 4-2-1. Otolith growth of *Cypselurus hiraii*.

状態でも同心円状の輪紋が観察されたが、中心付近の輪紋が不明瞭なため他の耳石に比べると計数が困難であった (Fig. 4-2-2B)。Lapillus は孵化後1日目には長径0.07mm, 50日目には0.34mmとなり3つの耳石の中では最も小さく、同じ日齢のツクシトビウオのものよりさらに小さかった。耳石中央の片側にはドーム状の膨らみが見られ、不透明帯を形成していた。これを研磨して取り除くと他の耳石と同様に同心円の輪紋が観察された (Fig. 4-2-2C)。

耳石の長径 (L) と全長 (TL) の間には正の相関が見られ、それぞれ次式で表された。

$$\text{Sagitta; TL (mm)} = 25.68L(\text{mm}) + 7.14 \quad (r^2 = 0.979)$$

$$\text{Asteriscus; TL (mm)} = 56.76L(\text{mm}) + 13.98 \quad (r^2 = 0.911)$$

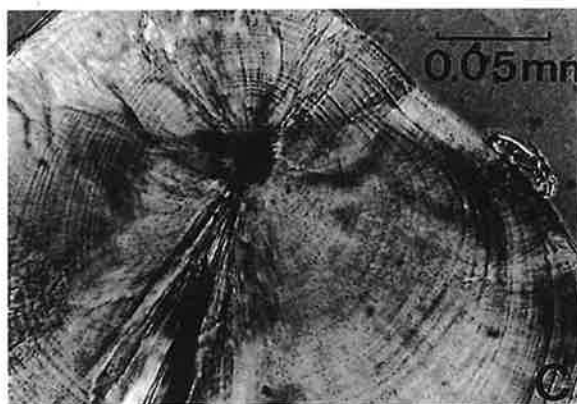
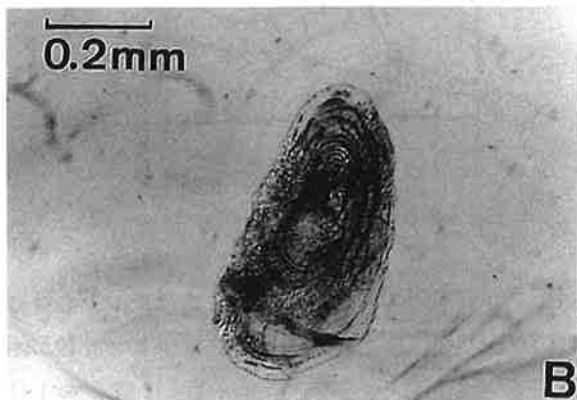
$$\text{Lapillus; TL (mm)} = 147.84L(\text{mm}) - 4.36 \quad (r^2 = 0.984)$$

Fig. 4-2-3 にホソトビウオの孵化後の日数 (D) と輪紋数 (N) の関係を示す。Sagitta, Lapillus とともに D と N の間には高い正の相関が見られ、それぞれ次式で表された。

$$\text{Sagitta } N = 0.985 \quad D + 0.905 \quad (r^2 = 0.999)$$

$$\text{Lapillus } N = 1.005 \quad D - 0.246 \quad (r^2 = 0.999)$$

ホソトビウオにおいても1日1本の割合で輪紋の形成が行われており、sagitta では孵化日に第1輪が形成され、lapillus では孵化後1日目に輪紋が形成さ



A:sagitta (35days)
 B:asteriscus (50days)
 C:lapillus (50days)

Fig. 4-2-2. Photomicrograph showing increments in three otoliths in *Cypselurus hiraii*.

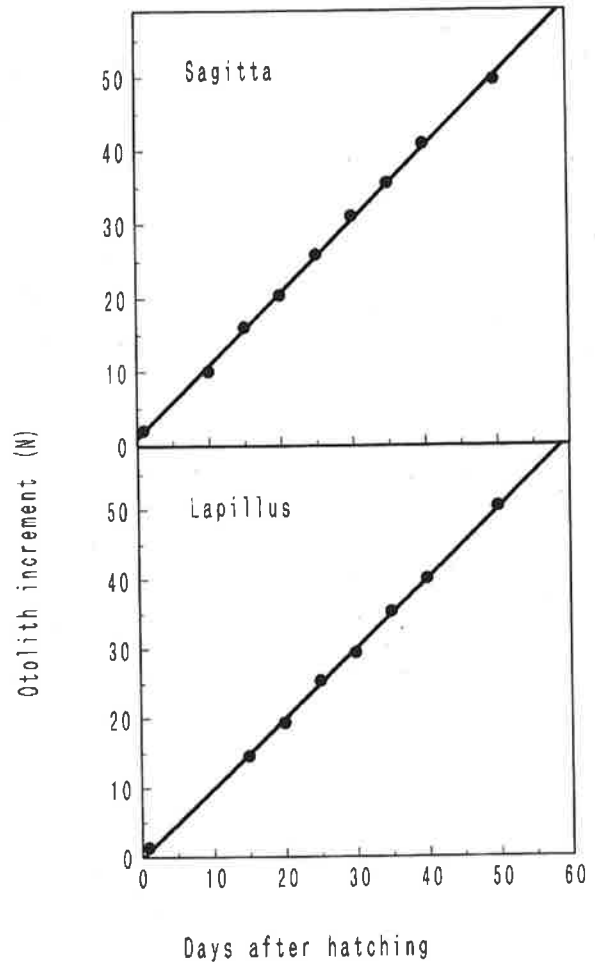


Fig. 4-2-3. Relation between days after hatching and otolith increments of *Cypselurus hiraii*.

れていた。

天然魚の耳石観察 Fig.4-2-4に測定したホソトビウオの尾叉長組成を示す。1992年および1993年は13.5cmにモードが見られ、1994年は14cmにモードが見られた。天然海域で得られたホソトビウオ未成魚のlapillusに見られる輪紋数(RN)と尾叉長(FL)の関係をFig.4-2-5に示す。それぞれの年において輪紋数と尾叉長の間には正の相関が見られ、次式で表された。

$$1992年 \quad FL = 21.70 \times RN^{0.428} \quad (r = 0.890, n = 28)$$

$$1993年 \quad FL = 23.11 \times RN^{0.410} \quad (r = 0.884, n = 76)$$

$$1994年 \quad FL = 22.45 \times RN^{0.422} \quad (r = 0.875, n = 93)$$

3カ年ではツクシトビウオと同様に1993年は成長がやや劣り、1994年はやや成長が良く、1992年は両者の中間であった。3カ年をまとめて取り扱おうと

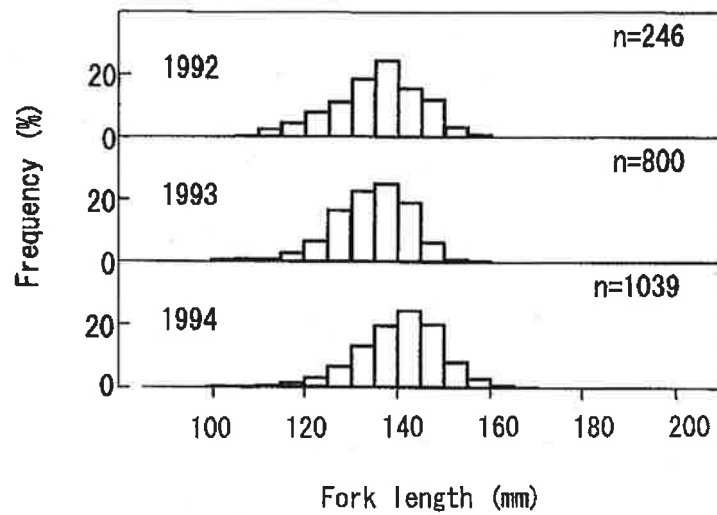


Fig. 4-2-4. Fork length compositions of *Cypselurus hirai* caught at Ikitsuki and Shin-uonome.

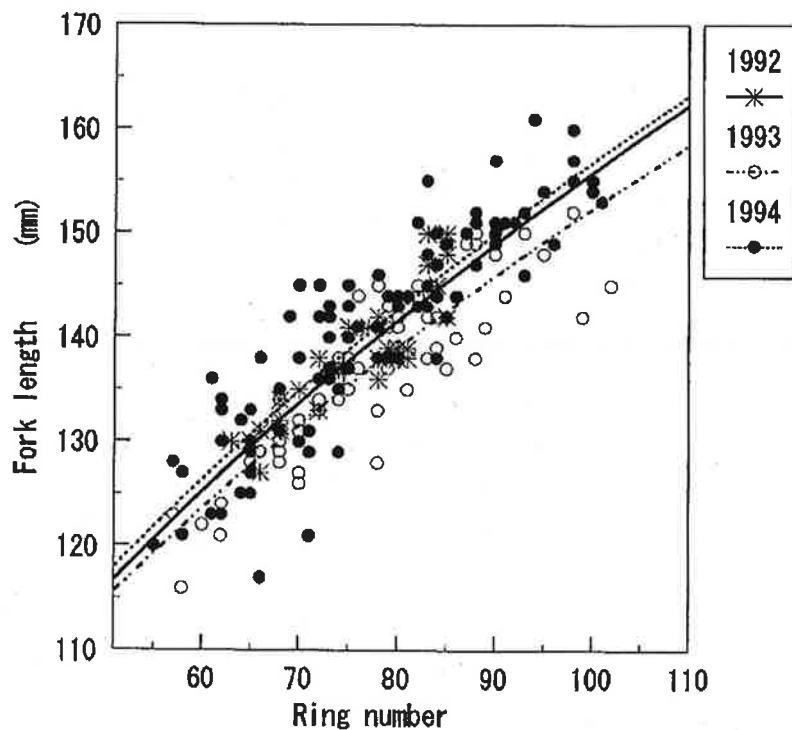


Fig. 4-2-5. Regression of fork length to daily increments on lapillus in *Cypselurus hirai*.

$FL=22.90 \times RN^{0.415}$ ($r=0.862$, $n=197$)
 の式で表された。飼育実験の結果によると、ホソトビウオの lapillus では孵化後 1 日目から 1 日 1 本の割合で輪紋が形成されており、輪紋数をその魚体の日齢と考えた。今回のサンプルでは 55~102 日齢のものが出現し、この間では平均 0.74 mm/day の成長

であった。

孵化日の推定 測定された魚体の尾叉長に基づき、前述の輪紋数と尾叉長の関係式を用いて日齢を求め、漁獲日と日齢から逆算して孵化日を推定した。Fig. 4-2-6 に推定したトビウオ類の孵化日の組成を示す。ホソトビウオは 5 月下旬から 8 月中旬にかけて孵化

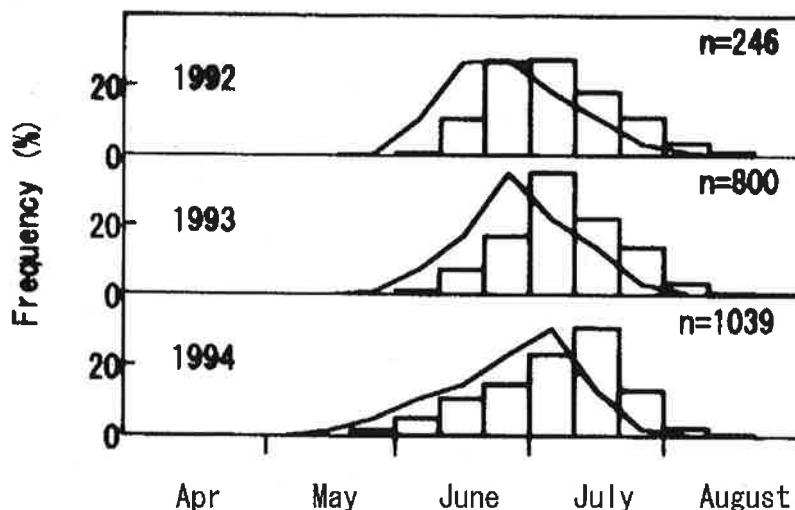


Fig. 4-2-6. Frequency distributions of spawning (solid line) and hatching (histograms) dates estimated by combining the size frequencies of *Cypselurus hiraii* and the growth equations.

が見られ、そのピークは7月上旬～7月中旬に見られた。

考 察

ツクシトビウオと同様、ホソトビウオの耳石には同心円状の輪紋が認められ、sagittaとlapillusにおいて、飼育日数と耳石の輪紋数との間にはいずれも高い正の相関が認められた。その関係式を見ると両者とも飼育日数1日につき輪紋数1本の増加が認められることから、この輪紋は日周輪であると言える。輪紋(第1輪)の形成は、sagittaでは孵化日、lapillusでは孵化後1日目に始まっていた。すなわち、ホソトビウオの日齢はsagittaでは輪紋数から1を減じた値、lapillusでは輪紋数で示される。

今回の研究の目的は少なくとも未成魚までの成長を明らかにすることであるが、そのためには本章第4節で後述するように3種類の耳石の中でlapillusが観察に最も適していると考えられる。そこで、lapillusに見られる輪紋数を日齢としてホソトビウオの成長を解析したところ、1992～1994年に天然海域で採集したホソトビウオの未成魚は60日目には尾叉長125mm、120日目には尾叉長167mmに成長していたことが明らかとなった。

Fig. 4-2-7に過去の報告で推定された成長と今回の成長を比較して示す。今回の研究ではツクシトビ

ウオと同様に未成魚のみに焦点を当てて解析していることから、日齢60～120日頃の成長で比較してみると、得られた値は岡地(1958)や塚原ほか(1957b)が推定した成長よりかなり早い成長であると言える。また、60日齢の段階では河野(1998)の報告よりも成長が早い結果が得られたが120日齢で見た場合、今回の結果は河野(1998)の報告とほぼ同じ値を示した。いずれの報告も対馬暖流域で調査を行っていて、対象海域はほぼ同じと考えて良いが、河野(1998)が報告した標本の採集時期は1986～1988年と今回の標本と比較的近いもののそれでも4～8年の差があり、岡地(1958)や塚原ほか(1957b)の報告ではさらに調査年代に大きな開きがある。当時の成長が今回と同じ状況下にあるかどうかは不明であり、単純に比較することはできない。しかし、ホソトビウオについても日齢査定を行うことにより、少なくとも過去の報告よりかなり信頼性の高い成長式が得られたと考えられる。

ホソトビウオは受精後9～12日で孵化する(今井, 1959)とされている。今回の結果において孵化時期には3ヶ月ほどの幅があることから、産卵から孵化までの日数が時期的に異なることも考えられるが、ホソトビウオの孵化に要する日数を10日と仮定して産卵日を推定すると、ホソトビウオは5月中旬から8月上旬にかけて産卵が行われたことになる。ホソ

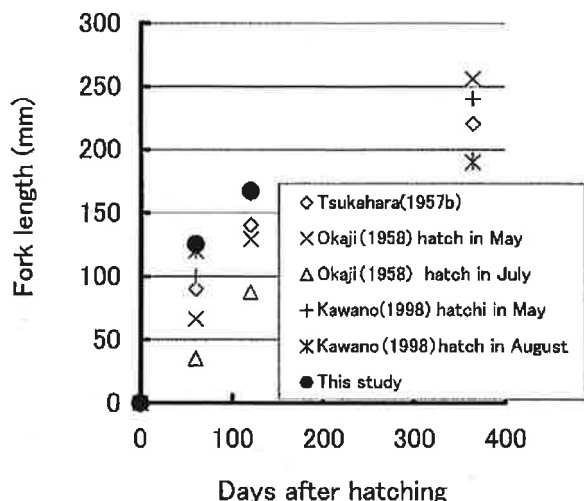


Fig. 4-2-7. Comparison of estimated growth in *Cypselurus hiraii* between the present study and past reports.

トビウオの産卵場は屋久島から九州西岸、さらに日本海にわたっており、ホソトビウオの産卵期は屋久島で5～6月(今井, 1959; 久田, 2002), 天草沿岸で5～7月(塚原ほか, 1957a; 塚原ほか, 1957b; 塩川, 1962), 日本海西部海域では5月下旬～7月(福井, 1988; 河野, 1988; 河野, 1995b)とされている。いずれもピークは明らかでなく、九州北西岸の産卵に関する報告もないが、対馬暖流域でのホソトビウオ産卵期は概ね5～7月と考えられる。今回の耳石観察から推定された産卵の時期はこれまでの報告とほぼ一致した。

第3節 ホソアオトビの日齢と成長

ホソアオトビについては屋久島や枕崎周辺で7月に体長7～35mm, 8月に体長48mmの稚仔魚が採集され, 10月に80～150mmの未成魚, 184～216mmの成魚が採集されたこと(今井, 1959), 長崎県五島で9月に130mmの未成魚が採集されたこと(近藤・道津, 1981), 日本海で7～9月に稚仔魚が採集され(河野, 1995a), 9月に体長46～80mmの稚魚が採集されたこと(増田, 1988b; 増田ほか, 1990)などが報告されている。これらは成長を推察するための断片的な報告にすぎず, 他の2種に比べて成長に関する知見は極めて少なく, 成長曲線を示した報告も見

あたらない。そこで, ホソアオトビに関して日齢査定を行った上で, 九州北西部沿岸域で主漁獲対象となっている未成魚の成長を明らかにした。

方 法

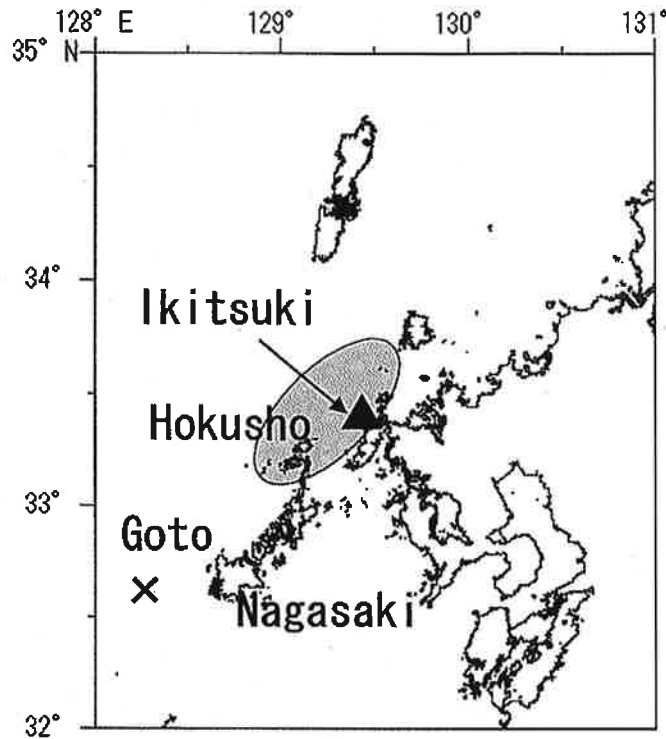
飼育試験 2003年7月9日に長崎県五島列島福江島の西方海域を漁船で航行しながら目視観察により流れ藻を採集した。流れ藻は海水で満たした1t水槽に移した上で, これに魚卵が付着していないかを確認した。北緯32°31′東経128°24′(Fig. 4-3-1)において採集した流れ藻に魚卵が付着していたことから, その一部を切り取り, 海水の入ったポリタンクに入れて長崎県総合水産試験場まで搬送するとともに一部の卵塊は10%ホルマリン溶液で固定して保存した。

持ち帰った卵は実態顕微鏡下で観察し, 卵径を計測するとともに纏絡糸の数や位置を調べ, 第Ⅲ章第3節と同様の卵の観察法により纏絡糸の径を計測した。この結果, この卵がホソアオトビであることが確認できたため, 1t水槽において50日間の飼育を行った。


餌はワムシ *Brachionus plicatilis rotundiformis*, アルテミア *Artemia salina*, 配合餌料(中部飼料株式会社製「えづけーる」L, LL, 1号)を用いた。

飼育仔稚魚の耳石観察 水槽から仔稚魚を5日ごとに10尾ずつ採集し, 耳石を摘出した。耳石の観察方法は前述の2種とほぼ同じである。耳石の包埋にはエナメル樹脂を使用し, ラッピングフィルムは#8000および#10000を使用した。

天然魚の採集と耳石観察 材料は1992年と1994年の8月から10月にかけて, 定置網で漁獲されたホソアオトビを用いた。1992年は長崎県北松浦郡生月町の生月漁協で, 1994年は生月漁協および長崎県南松浦郡新魚目町の北魚目第一漁協でサンプリングを行った。週1回, 漁獲物を種類ごとに同定してホソアオトビを選別し, 尾叉長を測定して, 耳石を取りだした。耳石の観察方法は前述の2種とほぼ同じである。
天然魚の成長履歴 長崎県北松浦海域(Fig. 4-3-1)において, 2004年6～10月に漁船に依頼し, すくい網によりトビウオ類の稚魚を採集した。採集した稚



× Sampling point of drifting seaweed with egg

 Sampling area of juvenile of flying fish

 Sampling point of young flying fish

Fig. 4-3-1. Sampling localities of *Hirundichthys oxcephalus*.

魚は冷凍保存した後、長崎県総合水産試験場へ送付し標本とした。この他に、2003年と2004年の9～10月の漁期中に船曳網の漁獲物より週あたり1～3回、トビウオ類未成魚を約3～4kgをランダムに採集した。トビウオ類は種を同定して選別し、尾叉長および体重を計測した。これらの標本のうちホソアオトビについて lapillus を摘出し、前述のホソアオトビ飼育稚仔魚の場合と同様の方法で処理した。日輪の計数・計測は、耳石日輪計測システム（RATOCシステムエンジニアリング社）を用いて行った。このシステムでは光学顕微鏡からビデオカメラを通して取り込んだ耳石のデジタル画像上で、JISEKI ソフ

トウェア（RATOCシステムエンジニアリング社）によって日輪の計数・計測を行うことができる。Fig.4-3-2に示すように耳石の長軸方向(a)と短軸方向(b)の中間線(c)を計測線とし、各個体について計測線上における耳石核から縁辺までの距離(耳石半径)、各日輪の耳石核からの半径(日輪半径)、日輪と日輪の間の距離(日輪間隔)を測定した。

また、標本の採集日の漁獲量はそれぞれ異なっていることから、孵化日組成を推定する際の補正に用いることを目的として2003年と2004年におけるトビウオ類未成魚の漁獲量の推移を把握するため、生月漁協における船曳網によるトビウオ類漁獲量を日別

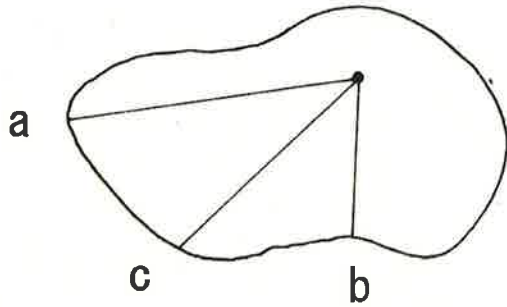


Fig. 4-3-2. Measurement radius of otolith and increment width in lapillus of *Hirundichthys oxcephalus*.

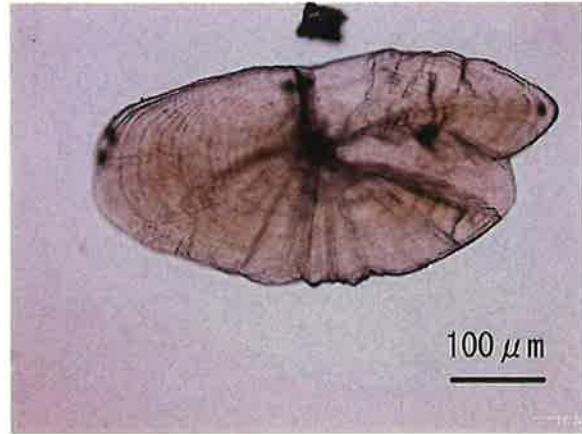


Fig. 4-3-3. Photomicrograph of otolith increments observed in sagitta of *Hirundichthys oxcephalus*. (30 days after hatching)

銘柄別に調査した。

結 果

飼育仔稚魚の耳石観察 ホソアオトビは2003年7月14日に孵化し、仔魚の全長は 6.2 ± 0.3 mmであった。採集した標本において sagitta と lapillus は孵化直後からその位置が確認でき摘出が可能であったが、asteriscus については孵化仔魚では存在が確認できず、5日目の標本で初めて摘出できた。

Sagitta は孵化直後、ほぼ円形に近い形状をしており中心から縁辺部までの最大半径が約 $26.9 \pm 1.4 \mu\text{m}$ であった。孵化後15~30日は片側が2又する形状を示し、35日目以降はその2又が目立たなくなり、ほぼ楕円形に近い形状を示した。30日頃までは研磨をしない状態でも同心円状の輪紋が観察された。Sagitta は3種の中でも最もそのサイズが大きく、飼育日数の経過とともに肥厚して不透明となり、耳石の核は確認できなくなった。しかし、研磨を行うことで耳石の核が現れ、輪紋を観察することが可能であった (Fig. 4-3-3)。

Fig. 4-3-4に sagitta の孵化後の日数と輪紋数の関係を示す。日数の経過とともに輪紋数は増加する傾向が見られた。孵化後の日数 (D) と輪紋数 (N) の間には高い相関が見られ、その関係は次式で表された。

$$N = 0.99D + 1.11 \quad (n = 10 \quad R^2 = 0.9998)$$

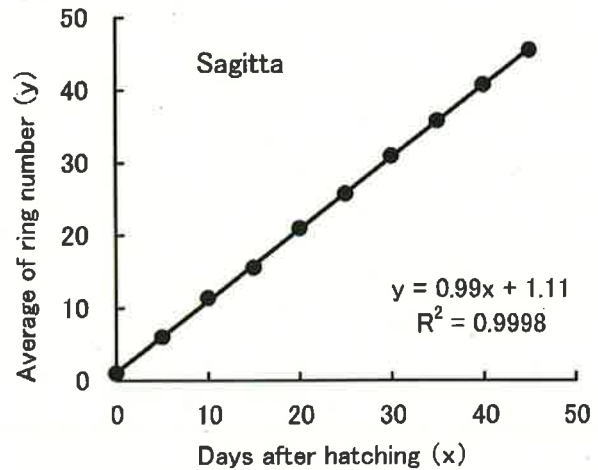


Fig. 4-3-4. Relation between days after hatching and otolith increment in sagitta of *Hirundichthys oxcephalus*.

Asteriscus は sagitta より小さく、lapillus よりも大きい中位のサイズであった。他の耳石と同様輪紋が観察され、3種の耳石の中では最も透明度が高いことから研磨をしない状態でも観察が容易であった。しかし、ひとつの円周について見ると輪紋と輪紋の間隔は同じような幅ではなく、交差して見えるところも多くあって、その輪紋数の計数は困難であった。(Fig. 4-3-5)

Lapillus も sagitta 同様孵化直後はほぼ円形に近い形状をしており中心から縁辺部までの最大半径は約 $21.2 \pm 1.1 \mu\text{m}$ であった。Lapillus は3種の耳石の中で最も小さく、飼育した仔稚魚のすべてのステージで研磨をしない状態でも縁辺部には輪紋が見られた。



Fig. 4-3-5. Photomicrograph of otolith increments observed in asteriscus of *Hirundichthys oxcephalus*. (30 days after hatching)

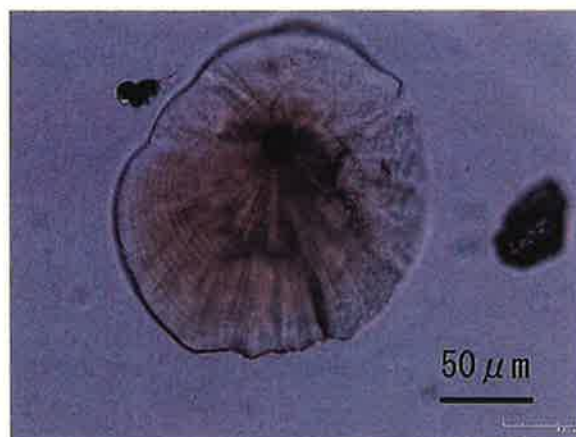


Fig. 4-3-6. Photomicrograph of otolith increments observed in lapillus of *Hirundichthys oxcephalus*. (30 days after hatching)

飼育日数の経過とともに lapillus は肥厚し中心付近はドーム状に膨れた。その凸側の表面には結晶状の付着物が認められ、不透明であって核は確認できなくなった。しかし、これを研磨して取り除くことにより、耳石の核が現れ、同心円の輪紋を観察することは可能であった。(Fig. 4-3-6)

Fig. 4-3-7に lapillus の孵化後の日数と輪紋数の関係を示す。Sagitta と同様に日数の経過とともに輪紋数は増加する傾向が見られた。孵化後の日数 (D) と輪紋数 (N) の間には高い正の相関が見られ、その関係は次式で表された。

$$N = 1.00D + 0.70 \quad (n=10 \quad R^2=0.9998)$$

天然魚の耳石観察 Fig. 4-3-8に測定したホソアオトビの尾叉長組成を示した。1992年と1994年のいずれも13cmにモードが見られた。未成魚の耳石は sagitta ではサイズがかなり大きくなり輪紋の観察は困難であった。1992年および1994年に採集されたホソアオトビ未成魚の lapillus に見られる輪紋数 (RN) と尾叉長 (FL) の関係を Fig. 4-3-9に示す。それぞれの年において輪紋数と尾叉長の間には正の相関が見られ、次式で表された。

$$1992年 \quad FL = 18.24 \times RN^{0.457} \quad (r=0.960) \quad n=26$$

$$1994年 \quad FL = 18.07 \times RN^{0.462} \quad (r=0.919) \quad n=95$$

1992年と1994年では成長にあまり違いは見られなかった。2カ年をまとめて取り扱おうと

$$FL = 17.46 \times RN^{0.469} \quad (r=0.922) \quad n=121$$

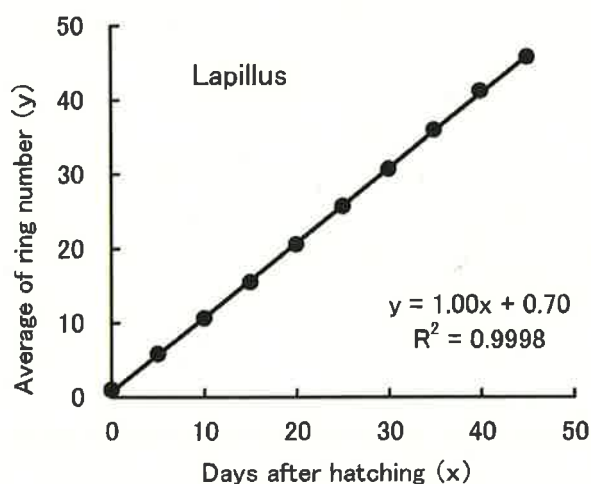


Fig. 4-3-7. Relation between days after hatching and otolith increment in lapillus of *Hirundichthys oxcephalus*.

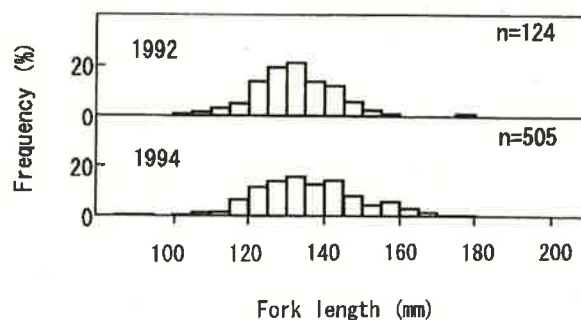


Fig. 4-3-8. Fork length compositions of *Hirundichthys oxcephalus* caught at Ikitsuki and Shin-uonome.

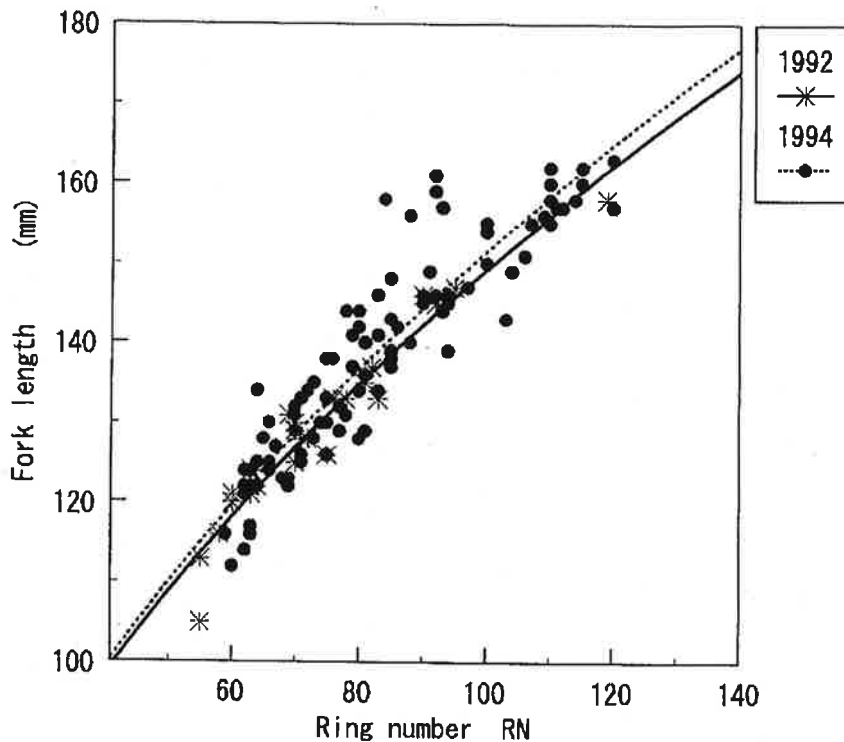


Fig. 4-3-9. Regression of fork length to daily increments on lapillus in *Hirundichthys oxcephalus*.

の式で表された。飼育実験の結果によると、ホソアオトビの lapillus では孵化日から1日1本の割合で輪紋が形成されており、輪紋数-1をその魚体の日齢と考えた。今回のサンプルでは51日齢から120日齢のものが出現し、この間では平均0.76mm/dayの成長であった。

天然魚の成長履歴 2004年に行ったすくい網による稚魚の採集調査では7月7日から7月23日にかけて43尾が採集され(尾叉長11~88mm)、8月にはまったく採集されなかった。その後9月に再び稚魚が27尾採集された(尾叉長56~99mm)。また、船曳網で採集されたホソアオトビは2003年に211尾(尾叉長86~153mm)、2004年に655尾(尾叉長75~162mm)であった。

Fig. 4-3-10にすくい網および船曳網で採集したホソアオトビの尾叉長と耳石半径(lapillus)の関係を示す。耳石半径は尾叉長の増加に伴って大きくなり、耳石半径(OR)と尾叉長(FL)との関係はひとつのアロメタリー式で表せると考えられた。両者の間には高い正の相関が認められ、次式で表された。

$$FL = 0.0531OR^{1.2837} \quad (n=166, R^2=0.9998)$$

成長に伴う輪紋間隔の変化を Fig. 4-3-11に示す。核から縁辺部まで輪紋間隔がすべて計数できた個体は全部で166個体であった。第一輪から第二輪までの間隔は約5.0 μ mであったが10~30日齢頃にかけて大きくなり約6.5 μ mになった。その後輪紋間隔は徐々に小さくなり、90日齢では約3.5 μ mとなった。

成長の履歴を推定するため、耳石半径と尾叉長の関係を用いて、各日輪が形成されたときの尾叉長を個体ごとに逆算推定した。耳石半径と尾叉長の間にはアロメタリー式の関係が見られることから*i*番目の耳石日輪半径(OR_{*i*})と*i*番目の耳石日輪が形成された時点における尾叉長(FL_{*i*})との関係式はFL_{*i*}=a・OR_{*i*}^bで表される。逆算推定にあたっては群単位の耳石半径と尾叉長の関係を用いるのではなくWatanabe and Kuroki (1997)にしたがって、Biological intercept method (Campana, 1990; Campana and Jones, 1992)によって第1日輪半径と第1日輪形成時体長、採集時耳石半径と採集時体長の組み合わせによってaとbの値を求めた。第1輪形成時の尾叉長

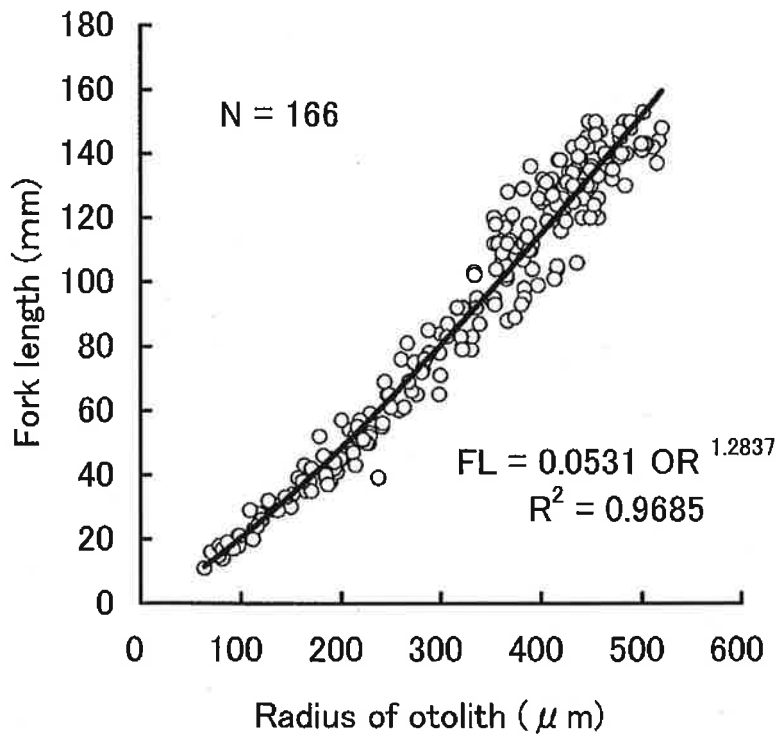


Fig. 4-3-10. Relation between radius of otolith and fork length of *Hirundichthys oxcephalus*.

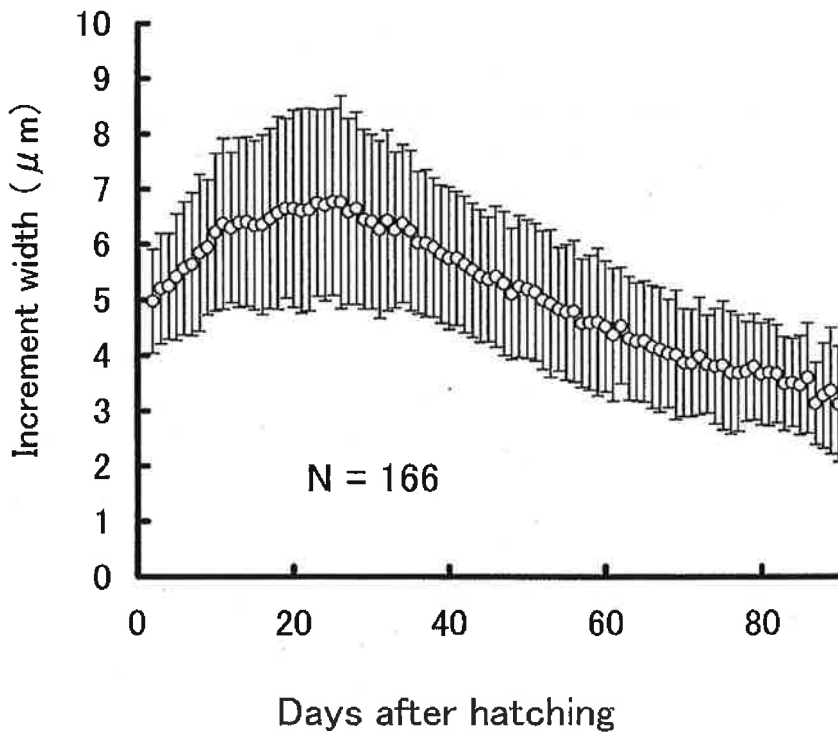


Fig. 4-3-11. Change in otolith increment width of *Hirundichthys oxcephalus*. Mean (open circles) and standard deviation (vertical bars).

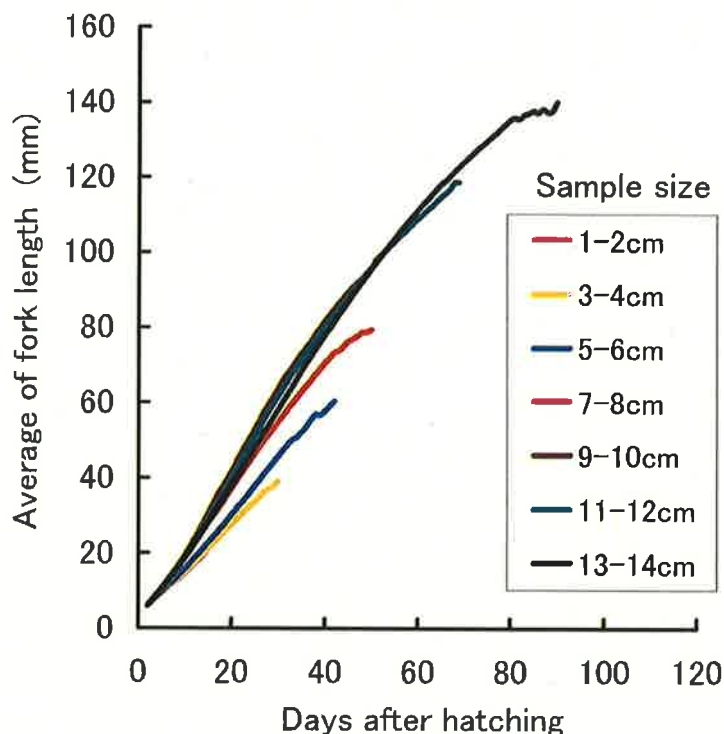


Fig. 4-3-12. Back calculated growth curve using otolith increments in *Hirundichthys oxcephalus* of different body sizes.

は飼育実験で得られた孵化した仔魚の平均尾叉長 6 mm を用いた。各標本を尾叉長 2 cm サイズごとに区分し、逆算推定した各日齢時の平均尾叉長を Fig. 4-3-12 に示す。尾叉長 2 cm 以下の個体と 3 ~ 4 cm の個体の逆算尾叉長はほぼ同じ傾向を示した。3 cm から 9 cm にかけての逆算尾叉長は標本サイズの大きいものほど成長が良い傾向が見られた。また、9 cm 以上の未成魚の逆算尾叉長は、ほぼ同じ傾向を示した。

9 cm 以上の未成魚では標本のサイズによって成長履歴の違いが見られなかったことから、これらの標本の逆算尾叉長と日齢との関係を用いて Gompertz 曲線への回帰を検討してみたところ、高い相関が認められ、日齢 (D) と尾叉長 (FL) の関係は次式で表された。(Fig. 4-3-13)

$$2003\text{年 } FL = 144.17 \cdot 0.055^{0.163D} \\ (n=89, R^2=0.9989)$$

$$2004\text{年 } FL = 151.39 \cdot 0.052^{0.162D} \\ (n=89, R^2=0.9993)$$

孵化日の推定 長崎県におけるホソアオトビの漁獲物の孵化日組成を推定するため、標本の採集日と日

齢から逆算して推定した孵化日組成を Fig. 4-3-14 に示す。1992 年において推定された孵化日は 4 月下旬 ~ 8 月下旬であり、7 月下旬にピークが見られた。1994 年では孵化日は 4 月中旬 ~ 8 月下旬であり、7 月上旬にピークが見られた。

また、2003 年と 2004 年においては、標本の尾叉長測定の結果と年ごとに求めた日齢と体長の関係式から推定したものと、その標本の採集日から直近の日別漁獲量総和の比率による補正を加えて推定したものと 2 通りの方法で示す (Fig. 4-3-15)。推定された孵化日は 5 月下旬 ~ 8 月中旬であり、7 月下旬にピークが見られた。2004 年では孵化日は 5 月下旬 ~ 8 月上旬であり、7 月中旬にピークが見られた。

考 察

ツクシトビウオやホソトビウオでも耳石に輪紋が観察されたのと同様に、ホソアオトビにおいても耳石には同心円状の輪紋が認められた。Sagitta と lapillus において、飼育日数と耳石の輪紋数との間にはいずれも高い正の相関が認められた。その関係

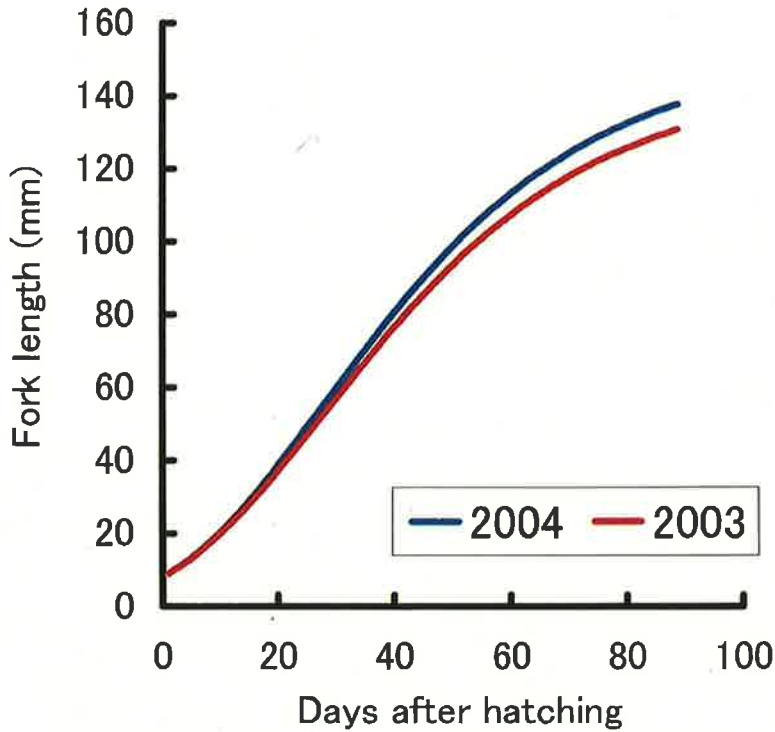


Fig. 4-3-13. Growth of *Hirundichthys oxcephalus* by using Gompertz curve.

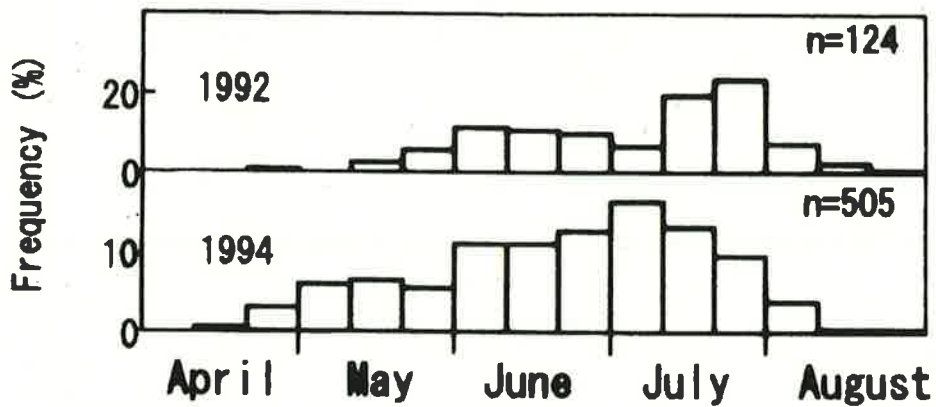


Fig. 4-3-14. Frequency distributions of hatching dates estimated by combining the size frequencies of *Hirundichthys oxcephalus* and the growth equations in 1992 and 1994.

式を見ると両者とも飼育日数1日につき輪紋数1本の増加が認められることから、この輪紋は日周輪であると言える。孵化日における輪紋数はいずれも1本であったことから孵化日から既に輪紋の形成が始まっていると考えられた。すなわち、ホソアオトビの日齢は sagitta および lapillus 共に輪紋数から1を減じた値で示される。

今回の研究の目的は少なくとも未成魚までの成長を明らかにすることであるが、そのためには次節で後述するように3種類の耳石の中で lapillus が観察

に最も適していると考えられる。そこで、lapillus に見られる輪紋数を日齢としてホソアオトビの成長を解析したところ、1992年と1994年に天然海域で採集されたホソアオトビの未成魚は60日目には尾叉長119mm、120日目には尾叉長165mmに成長していたことが明らかとなった。

ツクシトビウオとホソトビウオの場合、標本は未成魚のものに限られており、日齢と尾叉長の関係式はアロメトリー式のみで示した。しかし、ホソアオトビでは稚魚の標本も得られたことから、これに加

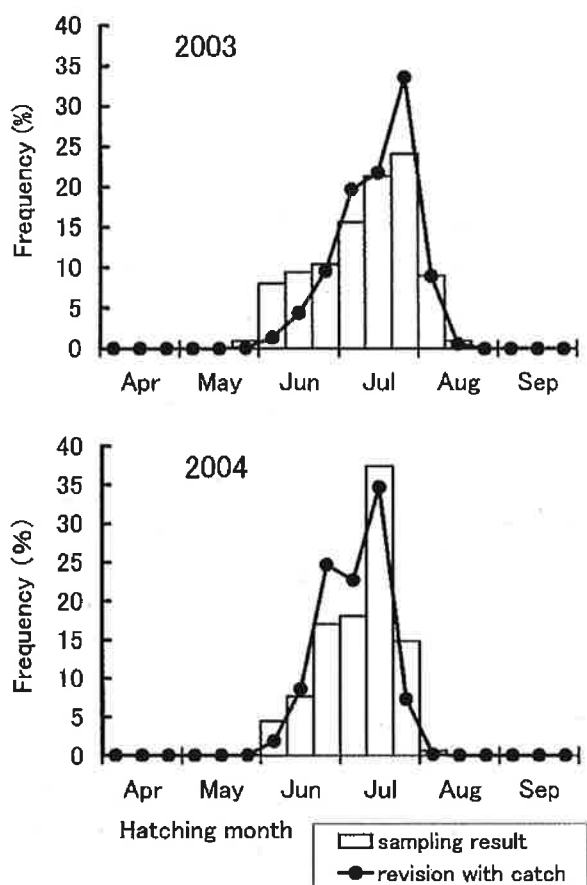


Fig. 4-3-15. Frequency distribution of hatching dates estimated by combining the size frequencies of the caught *Hirundichthys oxcephalus* and growth equations in 2003 and 2004.

エトビウオ類で初めて年齢形質を基にした成長を仔魚期から未成魚期までの期間において Gompertz 曲線を用いて示すことができた。今回得られた知見は今後の仔稚魚採集調査により得られたホソアオトビの日齢や孵化日推定に有益な情報を提供するものと考えられる。

耳石の輪紋間隔から見られる成長の変曲点は10~30日齢頃に見られた。この頃の体長は尾叉長で約10~30mmであり、今井(1960)の報告によるとホソアオトビが仔魚から稚魚へ移行する時期にあたる。これまで耳石日周輪で耳石の輪紋間隔について報告されたものを見るとシラス型の変態を遂げるイワシ類(Oshimo *et al.*, 1997) やキピナゴ(白藤, 2004) などにおいても同様に仔魚期から稚魚期への移行期がこの変曲点にあっている。

今回のすくい網の採集結果を見ると、長崎県北松

海域では7月に仔稚魚が採集され、8月にはまったく採集されなくなった。河野(1995a)は日本海西部海域においてもホソアオトビの仔稚魚が7~9月に採集され、そのピークは8月に見られることを報告している。この時期は水温の上昇期にあたることを考慮すると、水温が高くなるとともにより長崎県周辺海域に分布していたホソアオトビ稚魚が8月に北側の日本海に分布域を変えた可能性が考えられる。

耳石半径と尾叉長の間には高い正の相関が認められた。しかし、ホソアオトビにおいては標本サイズごとの成長履歴には違いが見られた。4cmまでは成長履歴にあまり差は見られなかったが、4~9cmの間はより大型の標本になるにつれ成長の良い群へ移行する傾向が見られた。これまで魚類の初期生活史においてこのように耳石の日齢から逆算推定した履歴が成長段階によって異なっている例は報告されており、このような現象は成長の速い稚仔魚が選択的に生き残ったためと考えられている(Meekan, 1996)。今回の研究におけるトビウオ類の場合、日齢20~60日頃に成長の違いが生残に影響を及ぼす時期を迎えるものと推察された。

長崎県に來遊するホソアオトビの未成魚について日齢から逆算して求めた孵化日は4月中旬から8月下旬にかけて孵化が見られ、5ヶ月近い長期にわたっていた。2003年および2004年には第三章で示したように九州近海でホソアオトビの卵が採集され、その出現時期は5~8月に見られている。今回の耳石から見た孵化時期は概ねこれと一致する。特に孵化時期のピークが見られた7月は長崎県沖で最も多く卵の採集がされた月であり、このような海域で生まれたホソアオトビが成長した後9~10月に未成魚として長崎県沿岸域に來遊し漁獲された可能性が高い。

1992年と1994年に採集された標本ではさらに4月生まれのものも漁獲された。ホソアオトビの産卵親魚は台湾東南の沖合域にも分布することが知られている(今井, 1960)。また、台湾南部・西南部沖合で3月下旬、台湾東部で6月上旬に稚仔魚の出現が

見られ、その多くが15mm未満であったことが報告されている (Chen, 1987)。長崎県に來遊するホソアオトビの未成魚には4月生まれのものも混じたことから考えて、年によってはさらに南の九州南方の海域から対馬暖流によって運ばれてきたものも含まれる可能性があると考えられる。

第4節 3種の日齢と成長の比較

今回の研究によりツクシトビウオ、ホソトビウオ、ホソアオトビのいずれも耳石には日周輪が形成されていることが明らかとなった。大西洋産トビウオ類でニノジトビウオ属の *Hirundichthys affinis* でも lapillus に日周輪が孵化日から観察されており (Oxenford *et al.*, 1994), 今回の結果はこれとほぼ同じ傾向を示した。カタクチイワシでは孵化後3~4日 (Tuji and Aoyama, 1984), マイワシでは孵化後3日経過して (Hayashi *et al.*, 1989) 日周輪の形成が始まる。これに比べツクシトビウオ、ホソトビウオ、ホソアオトビおよび *Hirundichthys affinis* では孵化前後から日周輪の形成が始まり、孵化との関係から見ると若干早かった。カタクチイワシでは受精から孵化までの期間は3日 (Tuji and Aoyama, 1984), マイワシでは2日 (Hayashi *et al.*, 1989) であり、両種に比べトビウオ類では受精から孵化までの期間は10日前後と長かった。ツクシトビウオ、ホソトビウオの孵化後1日目の発育段階はカタクチイワシやマイワシの3日目に比べ、むしろ発達していると考えられる。しかし、トビウオ類の発生が卵の中で進んでいるにもかかわらず、イワシ類に比べ、耳石への輪紋の形成は遅れることが分かった。

耳石の形態や特徴は3種とも良く似ており、asteriscus では透明度が高いにもかかわらず輪紋が計数しにくい点も共通していた。このようなことから輪紋の観察には sagitta か lapillus のいずれかが適当と考えられる。耳石の観察は、今回スライドグラス上でエポキシ樹脂中あるいはエナメル樹脂中に包埋し、片側を研磨する方法を用いて行った。この観察法では稚魚期までは sagitta, lapillus のいずれを

用いても日輪の観察は可能であった。耳石のサイズは lapillus の方がかなり小さいことから、耳石の摘出作業のみを考えるとサイズが大きい sagitta の方が容易と考えられる。しかし、天然未成魚での観察においては sagitta では魚体の成長とともに耳石の厚みが増し、今回のように片面を研磨し、透過光を用いて顕微鏡下で輪紋の観察を行うのは困難であった。すなわち、3種のトビウオ類において稚魚期から未成魚期までの日齢査定には lapillus が適していると考えられる。

過去に報告されたトビウオ類の成長は、出現時期と出現サイズの範囲やモードの変化からおおよその曲線を推定している。しかし、この方法では発生時期を日単位で特定できないことから魚種や年による成長の違いを比較する際にも曖昧さを残すことになる。これに対し今回の方法では、耳石の輪紋による日齢査定によって、孵化日を基準として成長を推定し、明確な数値をもって比較することが可能である。

3種のトビウオ類について未成魚まで成長を比較すると、ツクシトビウオの成長が最も良く、これに比べホソトビウオ、ホソアオトビの成長は劣る結果が得られた。塚原ほか(1957b)は出現サイズのモード変化の比較からツクシトビウオ・ホソトビウオ・アリアケトビウオの順に、成魚の大きさの違いに従って成長速度が緩やかとなっていることを指摘したが、今回の結果からすでに未成魚の段階でこのような成長の違いが現れていることが明らかとなった。すなわち、60日齢ではツクシトビウオはホソトビウオより尾叉長で11mm、ホソアオトビより17mm大きく、120日齢ではツクシトビウオはホソトビウオより尾叉長で33mm、ホソアオトビより35mm大きい。

ホソトビウオとツクシトビウオで研究を行った1992~1994年の3ヵ年で成長を比較すると、1994年の成長が最も良く、次いで1992年で、1993年の成長は最も劣っていた。また、ホソアオトビでは1992年と1994年ではあまり違いは見られなかったが、9cm以上の未成魚から求めた2003年と2004年の成長履歴を比較したところ、2004年の成長がやや良い傾向が見られた。一般的に適水温内では水温が高い方ほど

稚魚の成長が良いことが知られているが (Kamler, 1992), 長崎県沿岸域に出現するトビウオ類未成魚が稚魚期を過ごしたと思われる日本海西部海域における7~9月の水温は, 1992~1994年 (Fig. 4-4-1) の3ヵ年では1993年が最も低く, 1994年は最も高く, 年によってかなり差が見られた。また2003~2004年 (Fig. 4-4-2) では2003年に低く, 2004年はかなり高かった。これまで得られた結果では, 水温が高い年の方が成長の良い傾向が見られ, 生育環境としての水温の違いが成長差の要因の1つとして影響した可能性が考えられる。

さて, 今回明らかにされた成長は3種いずれも未成魚までであって, 成魚までのものではない。九州北西部海域の漁獲物の大半が未成魚であることを考えると, このステージまでの成長を明らかにできた点はいへん有意義と考えられる。しかし, 資源の評価を行うにあたって再生産がどのように行われるかという点も重要であり, そのためには親魚群の年齢構成を明らかにすることも不可欠である。これまでの報告 (塚原ほか, 1957b; 岡地, 1958) ではツクシトビウオ, ホソトビウオともに1年魚であるとされているが, その根拠は前述のように明確でない。さらに成魚まで含め, 日齢等の明確な根拠に基づく成長を明らかにすることも今後の重要な課題であると思われる。

第5節 トビウオ類の来遊サイズの年変動

これまで述べてきたようにトビウオ類未成魚は加工品の原料として利用され, 加工業者からの聞き取りによると, 通常サイズの大きいものは「塩あご」と称される塩乾品として, サイズの小さいものは「焼あご」と称される乾製品やそれを粉砕してダシ用の粉末として用いられている。サイズの大小により各種加工品としての適, 不適があることから, 漁業者の来遊サイズに対する関心は高い。

そこで長崎県沿岸に来遊するトビウオ類未成魚の来遊サイズに年による変動が見られるか調べ, その要因について検討を行った。

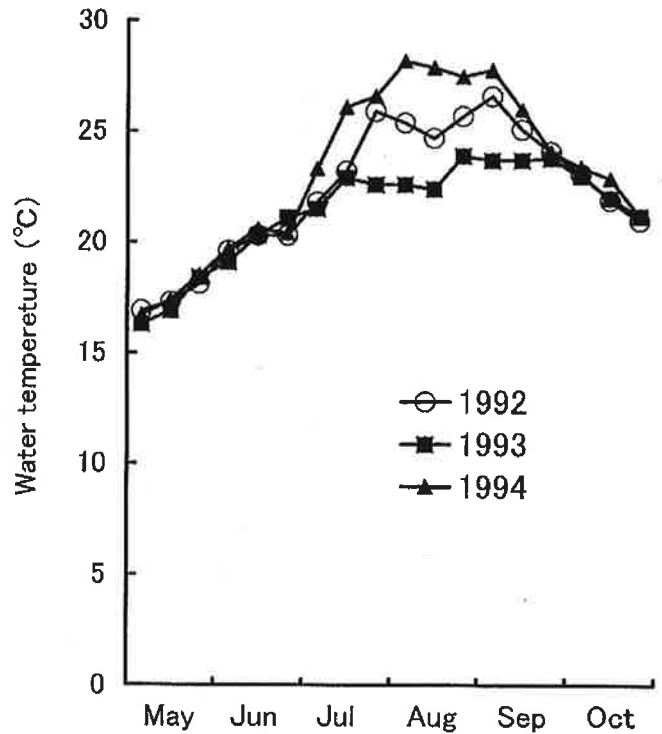


Fig. 4-4-1. Comparison of 10 daily average of surface water temperatures by years in the coastal waters of the western Japan Sea. (Data of "Mishimamaru Ferry" from Hagi to Mishima, from 1992 to 1994)

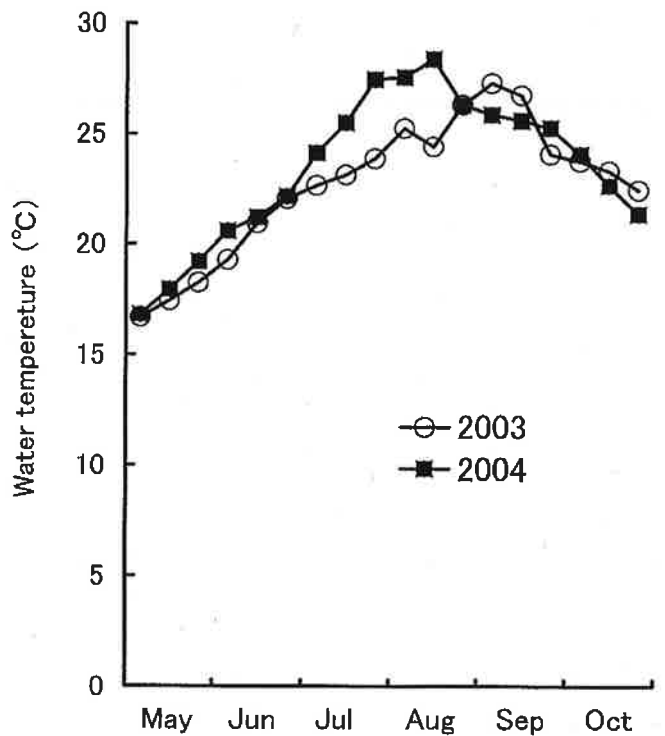


Fig. 4-4-2. Comparison of 10 daily average of surface water temperatures by years in the coastal waters of the western Japan Sea. (Data of "Mishimamaru Ferry" from Hagi to Mishima, in 2003 and 2004)

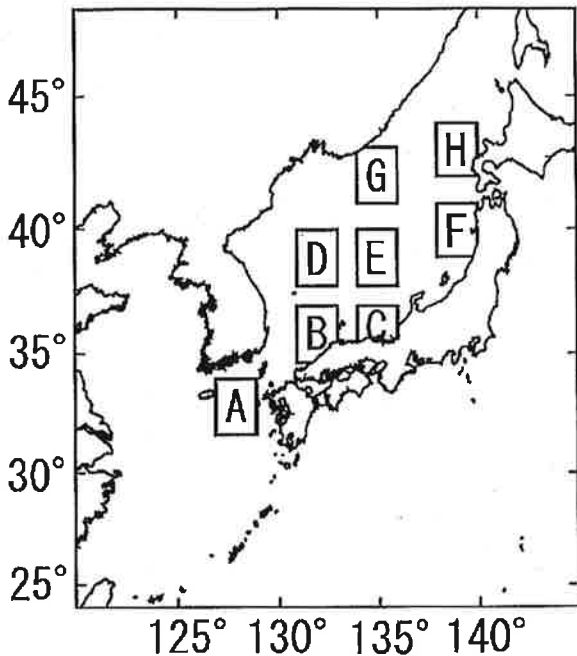


Fig.4-5-1. The analysis area for the fluctuation of surface sea water temperature in the Japan Sea.

方法

1988～2004年の8月下旬から10月上旬にかけて、長崎県生月周辺地区において、船曳網または定置網で漁獲されたトビウオ類未成魚から標本を採集した。週1～2回の頻度で1回あたり約200～500尾のトビウオ類の種を同定し、尾叉長、体重を測定した。また、ツクシトビウオについては、この未成魚のサイズと翌年の成魚の来遊サイズに関係が見られるかを調べるため、第Ⅲ章第1節と同様の方法で1992～2005年の産卵期である4～7月における成魚の測定を行い、その結果を解析に用いた。

また、魚の成長に影響を与える要因として水温との関連について検討を行った。水温の指標としては、トビウオ類が表層性の魚種であることから、表層水温を用いることとし、気象庁海洋気象部海洋課から提供された北西太平洋旬平均海面水温データを使用した。このデータは気象庁が作成した北西太平洋域における緯経度1度メッシュの旬別海面水温格子点値で、気象庁が収集した船舶、ブイ等による海面水温データおよび米国大気海洋庁が編集した海面水温データ COADS (Woodruff *et al.*, 1987) をもとに、修正法により客観解析を行ったものである (気象庁

海洋気象部海洋課, 1990; 気象庁海洋気象部, 1991)。本研究で解析した期間は1988～1998年であり、海域は、Fig.4-5-1に示すA：五島西沖 (北緯32～34°, 東経127～129°), B：高根沖 (北緯35～37°, 東経131～133°), C：若狭湾沖 (北緯35～37°, 東経134～136°), D：竹島北部 (北緯38～40°, 東経131～133°), E：大和堆付近 (北緯38～40°, 東経134～136°), F：入道崎沖 (北緯39～41°, 東経138～140°), G：沿海州沖 (北緯41～43°, 東経134～136°), H：北海道西沖 (北緯42～44°, 東経138～140°) の計8海区である。本章第1節から第3節で示したように長崎県に來遊するツクシトビウオは主に6月中旬～7月中旬に孵化、ホソトビウオは主に7月上旬～7月中旬に孵化、ホソアオトビは主に7月上旬～下旬に孵化したものと考えられることから、解析に用いる期間としては、孵化してから長崎県沿岸に來遊するまでの期間と考え、それぞれの区画ごとに7月中旬から8月下旬までの水温を平均して用いた。

結果

未成魚來遊サイズの年変動 ツクシトビウオ未成魚の平均尾叉長および体重の経年変化を Fig.4-5-2に示す。期間中に出現が見られたツクシトビウオは75

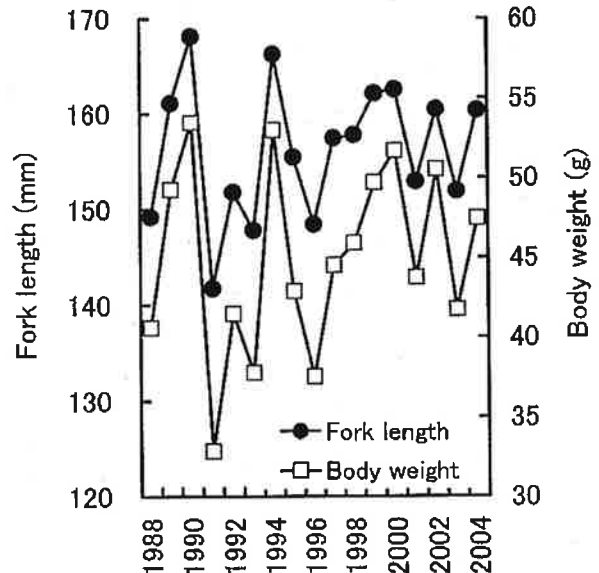


Fig. 4-5-2. Yearly change of fork length and body weight in *Cypselurus heterurus doederleini* caught by boat seine or set net at Ikitsuki.

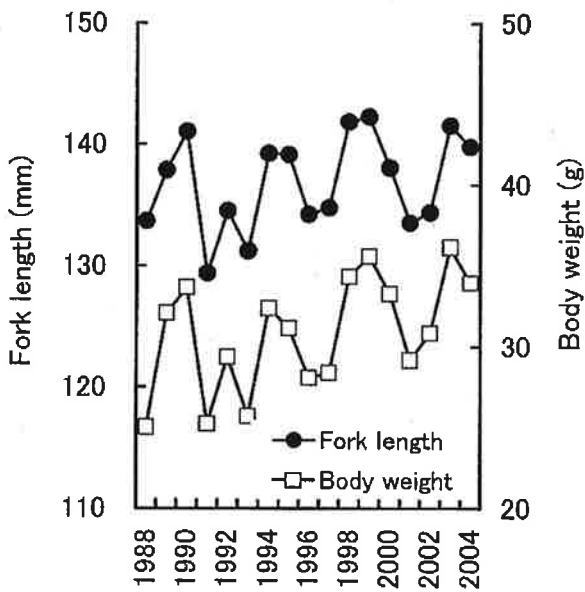


Fig. 4-5-3. Yearly change of fork length and body weight in *Cypselurus hiraii* caught by boat seine or set net at Ikitsuki.

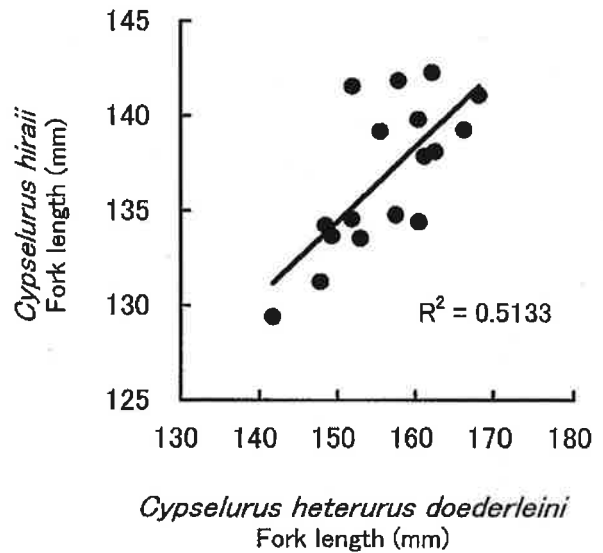


Fig. 4-5-5. Relation between fork length of *Cypselurus heterurus doederleini* and fork length of *Cypselurus hiraii* caught at Ikitsuki.

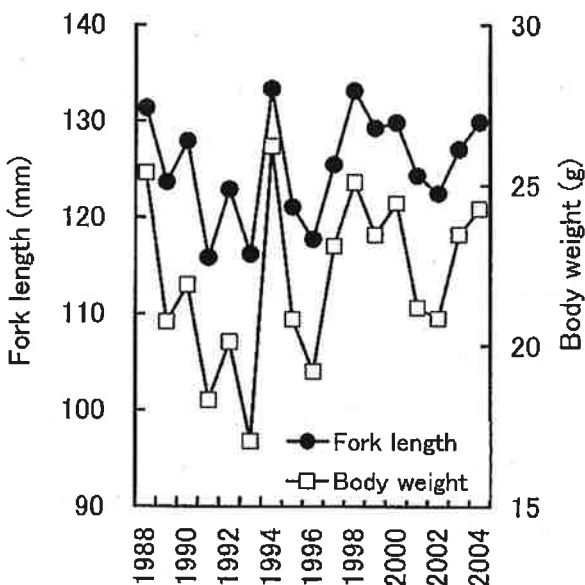


Fig. 4-5-4. Yearly change of fork length and body weight in *Hirundichthys oxcephalus* caught by boat seine or set net at Ikitsuki.

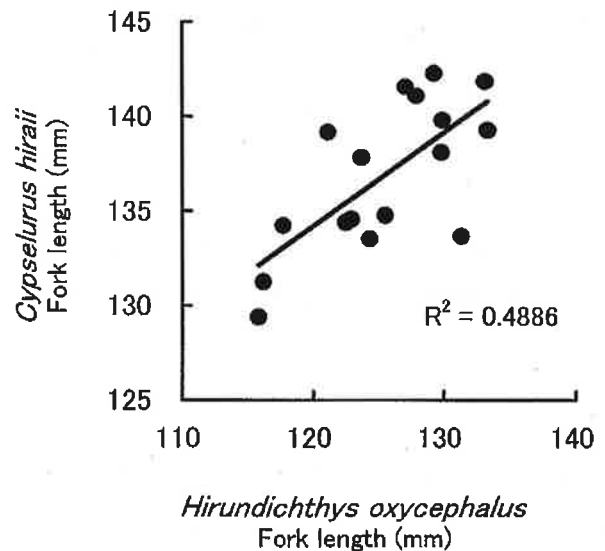


Fig. 4-5-6. Relation between fork length of *Hirundichthys oxcephalus* and fork length of *Cypselurus hiraii* caught at Ikitsuki.

～212mmであり、年によって平均尾叉長には違いが見られた。その値は1991年に最も小さく142mm、1990年に最も大きく168mmであった。次に、ホソトビウオ未成魚の平均尾叉長および体重の経年変化をFig.4-5-3に示す。期間中に出現が見られたホソトビウオは83～200mmであり、年によって平均尾叉長にはツクシトビウオ同様に違いが見られた。その値

は1991年に最も小さく129mm、1998年に最も大きく142mmであった。また、ホソアオトビ未成魚の平均尾叉長および体重の経年変化をFig.4-5-4に示す。期間中に出現が見られたホソアオトビは76～193mmであり、他の2種同様に年によって平均尾叉長には違いが見られた。その値は1991年に最も小さく116mm、1994年に最も大きく133mmであった。平均体重

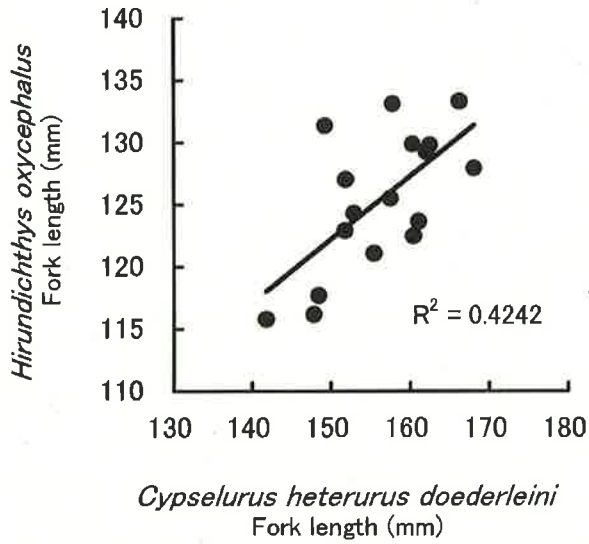


Fig. 4-5-7. Relation between fork length of *Cypselurus heterurus doederleini* and fork length of *Hirundichthys oxycephalus* caught at Ikitsuki.

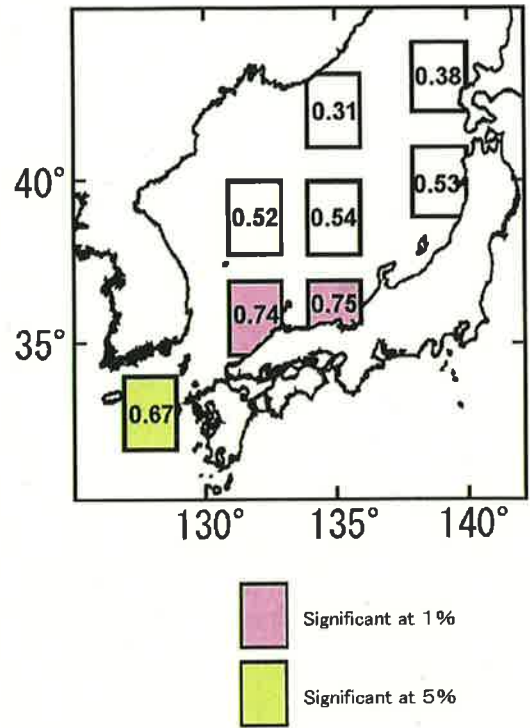


Fig. 4-5-9. Correlation coefficient on relation between fork length of *Cypselurus hiraii* caught at Ikitsuki and surface water temperature from July to August in respective areas.

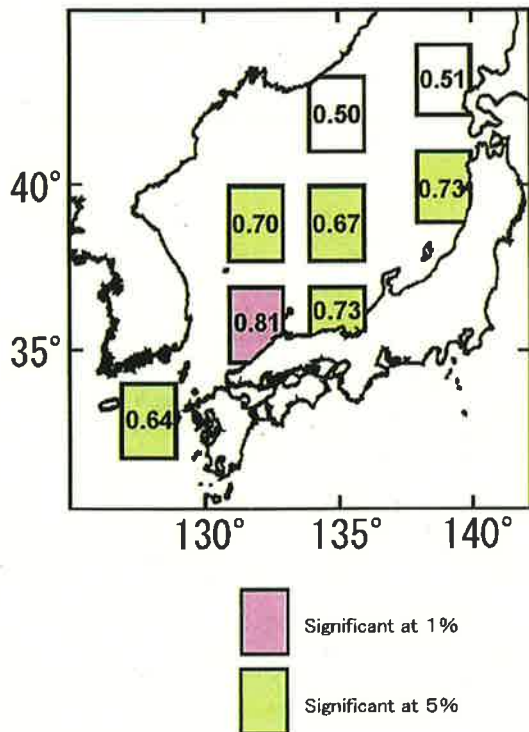


Fig. 4-5-8. Correlation coefficient on relation between fork length of *Cypselurus heterurus doederleini* caught at Ikitsuki and surface water temperature from July to August in respective areas.

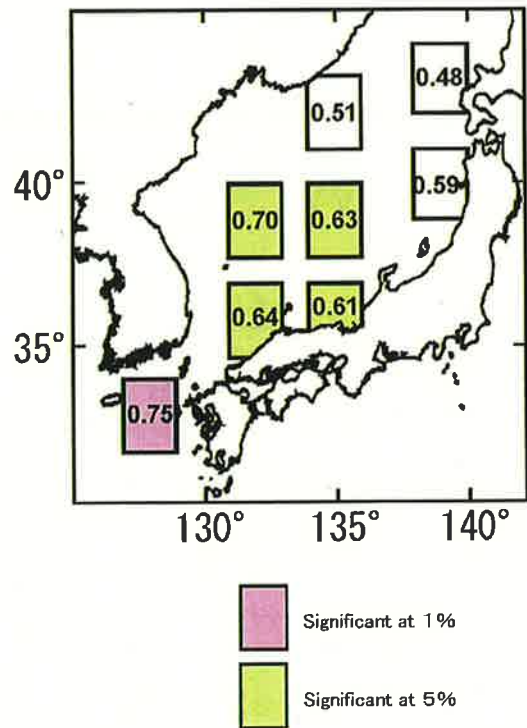


Fig. 4-5-10. Correlation coefficient on relation between fork length of *Hirundichthys oxycephalus* caught at Ikitsuki and surface water temperature from July to August in respective areas.

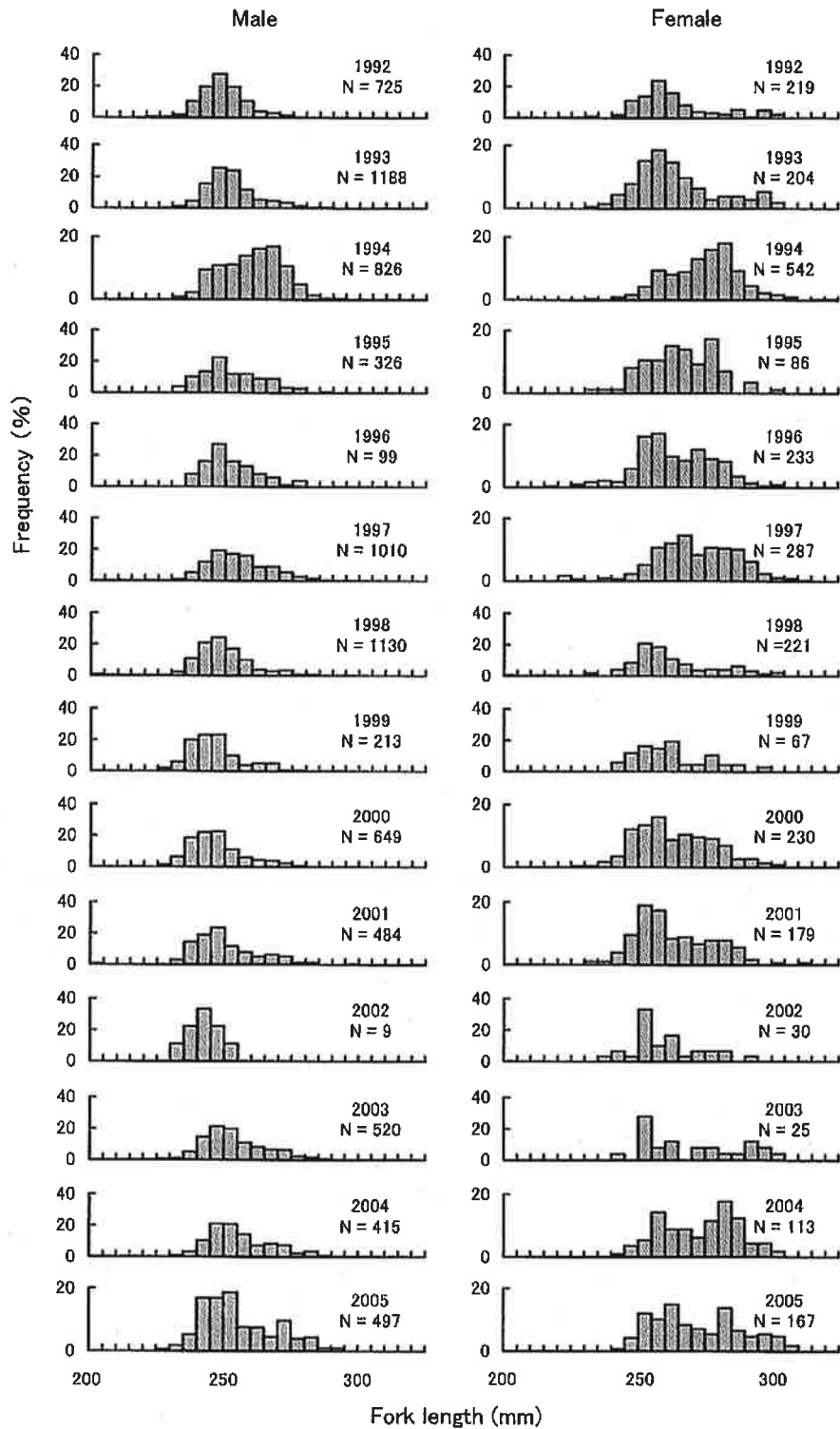


Fig. 4-5-11. Frequency distribution of fork length in male and female *Cypselurus heterurus doederleini* caught by set net in each year.

の経年変化も平均尾叉長とはほぼ同じ傾向を示した。
魚種間の相似性 来遊サイズによる経年変化に魚種間で相似性が見られるか否かを検証するため、まずホソトビウオとツクシトビウオの平均尾叉長の関係を Fig. 4-5-5 に示す。ホソトビウオとツクシトビウオの平均尾叉長の間には高い正の相関が認められた。次に、ホソトビウオとホソアオトビの平均尾叉長の関係を Fig. 4-5-6 に示す。ホソトビウオとホソアオトビの平均尾叉長の間にも同様に高い正の相関が認められた。最後にホソアオトビとツクシトビウオの平均尾叉長の関係を Fig. 4-5-7 に示す。ホソアオトビとツクシトビウオの平均尾叉長の間にも他の組み合わせ同様に、高い正の相関が認められた。

表面水温との関係 ツクシトビウオの来遊サイズと水温との相関関係を調べた結果を Fig. 4-5-8 に示す。ツクシトビウオでは山陰沖の水温との相関係数が最も高く、1%水準で有意な $R=0.81$ の値を示した。また、五島西沖から入道崎沖にかけての海区では5%水準で有意な相関 ($R=0.64\sim0.73$) が見られた。

次に、ホソトビウオの来遊サイズと水温との相関関係を調べた結果を Fig. 4-5-9 に示す。ホソトビウオでは、山陰沖と若狭湾沖において1%水準で有意な相関 ($R=0.74\sim0.75$) が見られ、五島西沖では5%水準で有意な相関 ($R=0.67$) が見られた。

ホソアオトビの来遊サイズと水温との相関関係を調べた結果を Fig. 4-5-10 に示す。ホソアオトビでは五島西沖において1%水準で有意な相関 ($R=0.75$) が見られ、島根沖から大和堆付近にかけて5%水準で有意な相関 ($R=0.61\sim0.70$) が見られた。

成魚来遊サイズの年変動 ツクシトビウオ成魚の体長組成を Fig. 4-5-11 に示す。ツクシトビウオの尾叉長は雄が約23~29cm、雌は24~31cmで、その組成は年によって若干違いが見られた。その多くは正規分布を示さず、年によっては2峰型を示し、単モードのものでも、尾叉長がやや大きい方に組成が偏る傾向が見られた。平均尾叉長の経年変化を Fig. 4-5-12 に示す。平均尾叉長は年による若干の変動が見られ、雌雄でその傾向はよく似ていた。雄の尾叉長

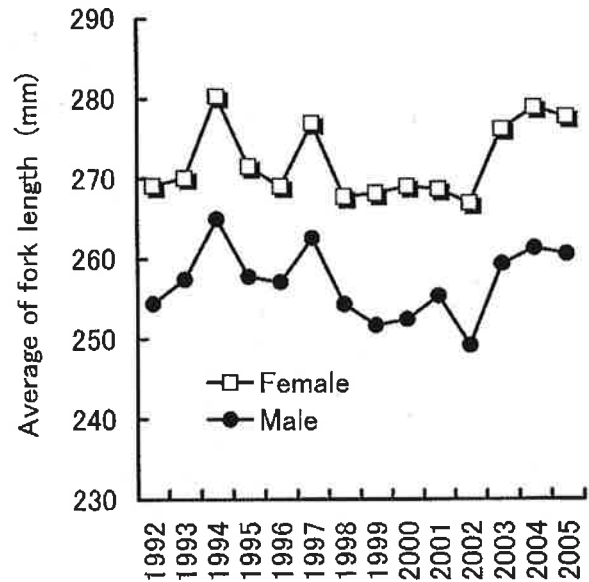


Fig. 4-5-12. Yearly change of male and female fork length in *Cypselurus heterurus doederleini*.

(FLm) と雌の尾叉長 (FLf) の間には高い正の相関が見られ、次式で表された。

$$FLf(\text{mm}) = 0.933 \times FLm(\text{mm}) + 32.12$$

$$(R^2 = 0.8318)$$

しかしながら、未成魚の尾叉長と翌年の成魚の尾叉長との間には何の関係も認められなかった。

考 察

長崎県沿岸に来遊するトビウオの来遊時のサイズは、3種間で比較的よく似た経年変化をしていることが明らかとなった。しかも、これらの変動には稚魚から未成魚にかけての時期を過ぎすと思われる九州西部から日本海西部海域の水温と強く関わりがあると考えられた。これまでの報告 (Chen, 1987) から、ツクシトビウオとホソトビウオの稚魚の出現範囲は20~26℃であることが知られている。今回ツクシトビウオやホソトビウオにおいて来遊サイズと稚魚期の水温との間に相関が見られた海域はこのような水温帯の海域であった。一方、ホソアオトビの稚魚の出現範囲はツクシトビウオやホソトビウオより水温が高めの24~30℃であることが知られている (Chen, 1987)。ホソアオトビにおいて、より高い相関が得られた海区がツクシトビウオやホソトビウ

オより南の海区であったことは、稚魚期における分布の違いを反映していると考えられた。

前節で示したように、トビウオ類の耳石日輪の解析結果により水温の高い年には成長が良い傾向が見られている。今回明らかになった九州北西部沿岸域への来遊サイズの経年変化に水温の影響が見られることも、未成魚までの生育過程において水温環境が成長に影響したことの現れと考えられた。

本章第1節で示したようにツクシトビウオの未成魚はほぼ正規分布に近い尾叉長組成であったが、成魚では正規分布とは異なる様相を呈していた。2峰型を示す尾叉長組成や単峰型であっても大きいサイズに偏っている傾向が見られることから、発生時期の異なる群あるいは未成魚から成魚に至る過程で成長の異なる群が混在している可能性が考えられる。雌雄の来遊サイズの経年変化を見ると、両者の変動傾向はよく似ていた。このように成魚のサイズには経年変動が見られたが、これは未成魚の時期に見られた来遊サイズの年変動から直接つながるものではなかった。秋季に九州北西部海域へ来遊したツクシトビウオ未成魚群は南下すると考えられているが、その後どのような海域で越冬するかもまだ分かっておらず、例えば太平洋側に分布するツクシトビウオと合流する可能性についても考慮する必要がある。今後、南下後の冬場から成魚となる春先までの移動回遊のルートと年齢形質を明らかにした上で成魚までの成長過程を解析することが必要である。

第V章 トビウオ類3種の沖合分布と来遊特性

第II章で明らかにしたように、九州北西部海域で漁獲される未成魚の漁期は極めて短く、毎年9月前後の約1~2ヶ月間となっている。さらに、九州北西部には各地に定置網が点在しているが、その中で未成魚の漁獲が見られる地区は北松海区の生月地区と五島海区の有川地区、魚目地区に限られていた。

これらの地区の特徴を考えた際に、ひとつの可能性として考えられることはいずれも北東側に口を空

けた湾状の地形を有している地域であるということである。近藤・道津(1981)は五島列島有川湾に来遊するトビウオ類未成魚の漁獲時期が南風の吹く日が多い夏季から北風が卓越する冬季への変わり目にあたることに着目し、漁獲量と風向に関連性があることを示唆した。松村(1992)も長崎県生月地区の漁獲量変動に関わる要因の解析を通じて、トビウオが南下の過程で潮流により漁場へ加入し、さらに北東の強風により沿岸域に寄せられ蟄集することで、効率よく漁獲されるのではないかと推察している。このように漁場形成と地形および気象の関連性が考えられるが、これまでの研究は漁場内におけるごく限られた情報に基づく結果である。

そこで、漁場以外のトビウオ類の分布を広範囲に調べることで、実際にはトビウオ類がいつ、どのような海域に来遊しているかを把握する必要があると思われる。

さらに、第IV章ではトビウオ類の耳石に見られる微細輪紋が日周輪であることが明らかとなり、その成長が明らかとなった。これにより日齢と漁獲日から逆算してトビウオ類未成魚の孵化日を推定することが可能となった。いつ生まれたトビウオ類がどの段階で来遊しているかを調べることにより来遊の仕組みがより明確になると考えられる。

本章では九州北西部海域におけるトビウオ類の分布と来遊の特性について明らかにすることを目的として研究を行った。

第1節 トビウオ類成魚の沖合分布

河野ら(1995)はトビウオ類が海面を飛翔するという特性を利用し、船上から行った目視観察により6月の飛翔個体数を計数、9月には飛翔回数を計数して来遊するトビウオ類の分布を調査した。6月と9月では計数方法が異なる上、調査は毎月行ったものでないことから、季節の推移に伴う来遊量の変化を十分把握できていない。また、調査海域は日本海に限られていて、九州北西部海域の実態についてはまったく触れられていない。また、近藤・道津

(1981)は成魚の漁獲実態について報告しているが、沿岸で漁獲された定置網の解析に限られている。以上のように、九州北西部海域においては成魚群の分布について、なかでも沖合の海域での分布に不明な点が多い。そこで、船上からの目視により毎月の飛翔状況を観察し、トビウオ類成魚の分布の実態と季節変化を明らかにした。

方 法

Fig.5-1-1に調査ラインを示す。2003年5～10月、2004年と2005年の4～10月にそれぞれの調査ラインを航行する船上からの目視観察によりトビウオ類の飛翔尾数を計数した。ラインAは長崎県対馬市比田勝港と福岡県福岡市博多港間を航行する九州郵船「フェリーあがた」、ラインBの長崎県対馬市巖原港と長崎県壱岐市郷ノ浦港間は九州郵船「フェリー

ちくし」または「フェリーニュー対馬」、長崎県壱岐市印通寺港と佐賀県呼子町呼子港間は「フェリー玄海」、ラインCは長崎県生月漁協所属漁船「住福丸」(4.8t)、ラインDは長崎県新上五島町有川港と長崎県佐世保市佐世保港間を航行する九州商船「フェリーなみじ」、ラインEは長崎県宇久町漁協所属漁船「美勝丸」(4.9t)、ラインFは長崎県五島市福江港と長崎県長崎市長崎港間を航行する九州商船「フェリー長崎」、ラインGは長崎県五島漁協所属運搬船「五島丸」(12t)である。なお、4月および5月にはラインD～Gを航行する代わりに、五島西方海域および五島灘において長崎県総合水産試験場調査船「ゆめとび」(20t)で航行して、船上から目視観察を行った。

船上からの目視観察において飛翔するトビウオ類の種を正確に同定することは困難であるが、種を推

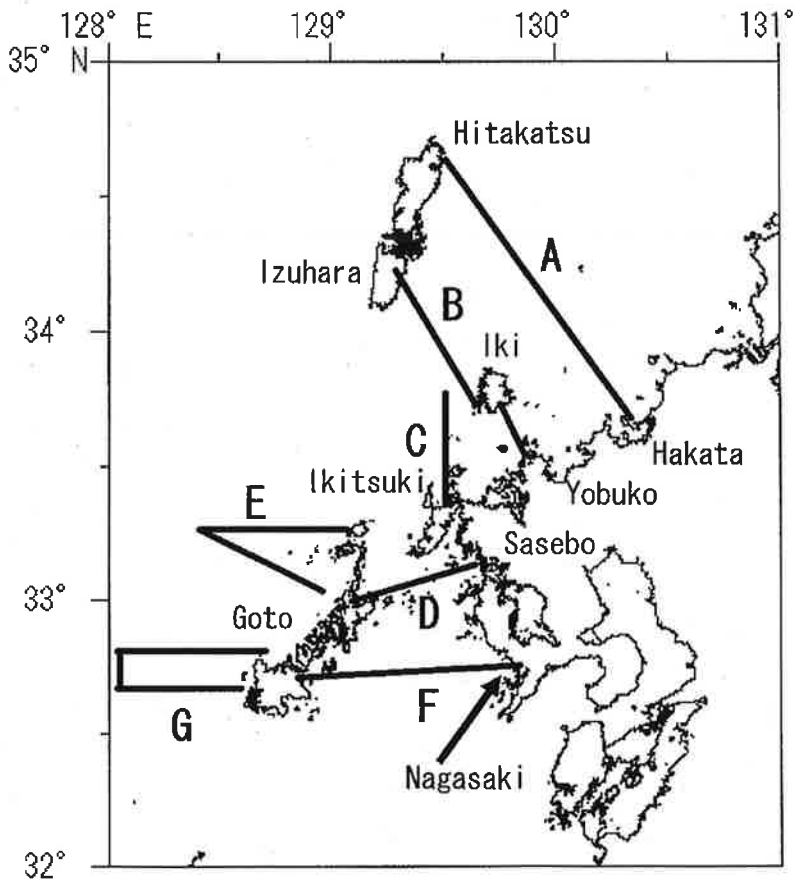


Fig. 5-1-1. Transect line for visual observation of flying fish in the north western waters of Kyusyu.

察するための指標として、船上から見たトビウオ類の大きさを2段階のサイズに区分した。この際、魚体サイズの目安としては胸鰭を全開した場合の鰭の左先端から右先端までの幅（以後「胸鰭開鰭長」とする）、あるいは尾叉長を用い、「大」は胸鰭開鰭長約30cm以上（尾叉長約25cm以上）、「小」は胸鰭開鰭長約30cm未満（尾叉長約25cm未満）とした。また、ほぼ同時に飛翔する尾数を群れの大きさの指標として計数し、観測した時刻とともにその都度記録した。観測位置は15～20分ごとにGPSで測位しながら記録した。その間に飛翔した位置については、等速度で航行しているとみなし、時間を等比配分して推察した。飛翔尾数は10尾までは実数を記録した。10尾以上が同時に飛翔する場合には、飛翔している時間中にすべての個体を計数することは困難であることから、10尾単位で計数した概数を記録した。

また、飛翔したトビウオ成魚の種判別を試みるため、三脚上に固定したデジタルカメラ（Nikon社製COOLPIX7600）を用いて3072×2304Pixelのサイズで1.3画像/secの連写撮影を船上から実施し、撮影した写真画像をコンピュータ上で画像処理ソフトウェア（Adobe社製Photoshop ver 5.0）を用いて座標軸を読み取り、尾叉長、胸鰭開鰭長、胸鰭長および腹鰭長に相当する画像部分の画素数を計数した。また、これらの画像に表れる魚種の体型に関する特徴を把握する目的で、2005年6～9月に長崎県周辺海域で漁獲されたツクシトビウオ、ホソトビウオ、ホソアオトビの成魚を用い尾叉長、胸鰭開鰭長、胸鰭長および腹鰭長を測定した。

結 果

目視により観察されたトビウオ類成魚の1マイル（海里=1,852m 以下すべて同じ）あたりの飛翔尾数について調査海域全体の平均値の月変化をFig.5-1-2に示す。魚体が「大」と判断されたものはいずれの年も6月に出現が最も多く見られ、年別に見ると2003年は0.3尾/マイルと少なく、2004年は0.5尾/マイルで、2005年は1.1尾/マイルと3年間の中では最も多かった。魚体が「小」と判断され

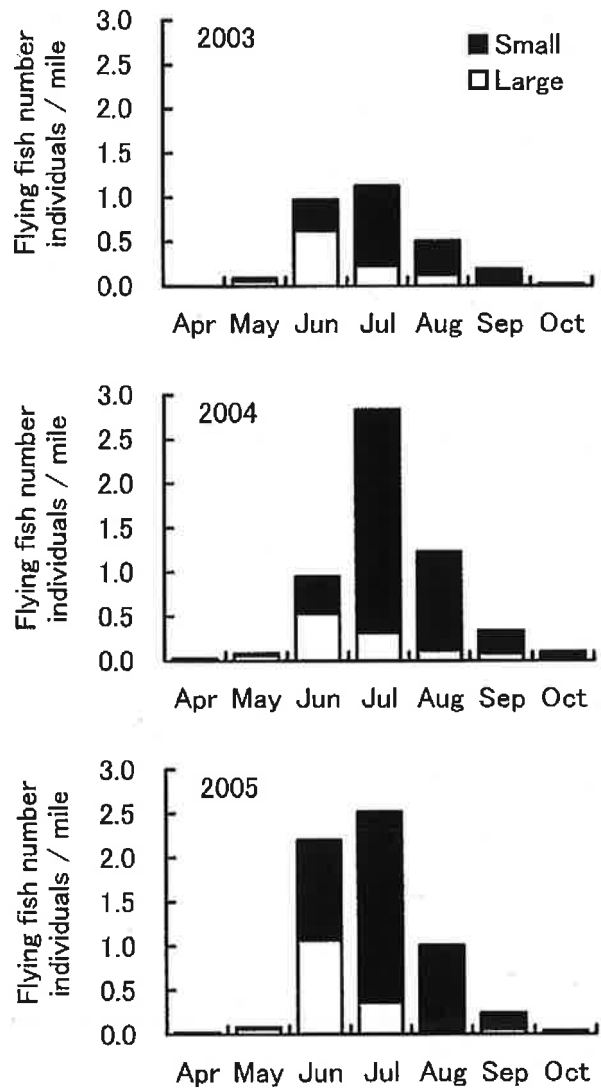


Fig. 5-1-2. Monthly change of adult flying fish number with visual observation.

たものはいずれの年も7月に出現が最も多く見られ、2003年は0.5尾/マイルと少なく、2004年は2.5尾/マイル、2005年は2.2尾/マイルと多かった。

トビウオの群の大きさを見るため、同時に飛翔する個体数の出現頻度をFig.5-1-3に示す。魚体の大きさが「大」と判断されるものは、1尾単独で飛翔するものが最も多く2003年は全体の40%、2004年は全体の58%、2005年は全体の49%を占めていた。2尾以上のものについては同時に飛翔する数が多い群ほど少なくなる傾向が見られ、10尾以上が同時に飛翔する比率は2003年で0%、2004年で7%、2005年で3%と低かった。魚体の大きさが「小」と判断されるものは1尾単独で飛翔するものは2003年では全

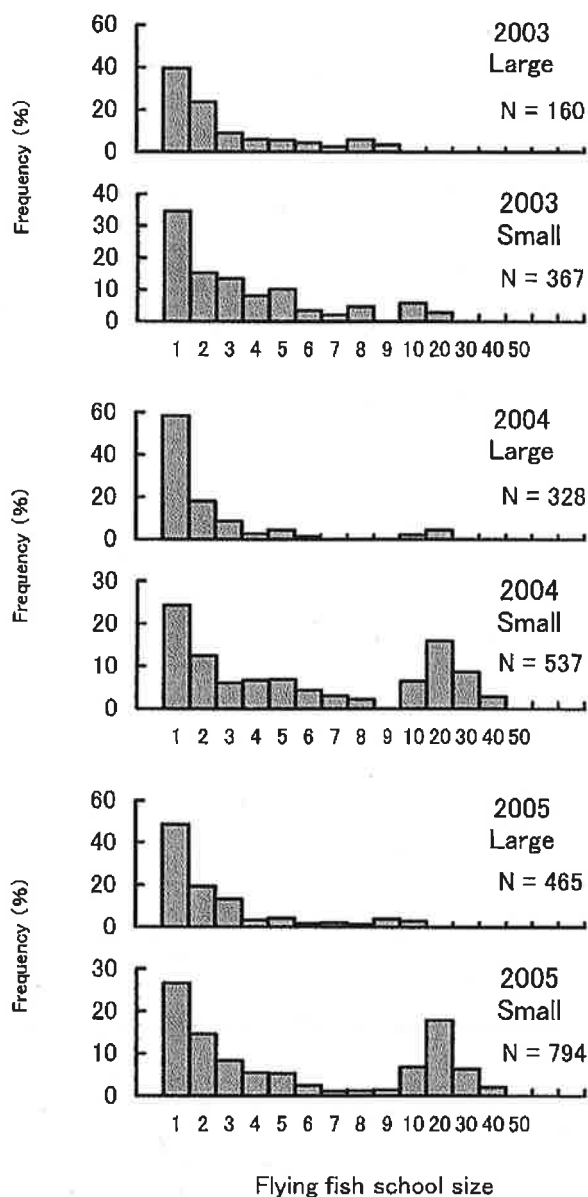


Fig. 5-1-3. Frequency distribution of the school size expressed by the number of adult flying fish flew simultaneously.

体の35%，2004年は全体の24%，2005年は全体の27%で，2004年および2005年には「大」における比率よりかなり低かった。2尾以上のものについては，「大」と同様に同時に飛翔する尾数が多い群ほど少なくなる傾向が見られたが，2004年と2005年には「大」とは異なり約10～30尾の群として同時に飛翔するものが比較的多くみられ，10尾以上が同時に飛翔する比率は2004年で全体の34%，2005年で38%と高かった。

実際に漁獲されたトビウオ成魚で測定した胸鰭開

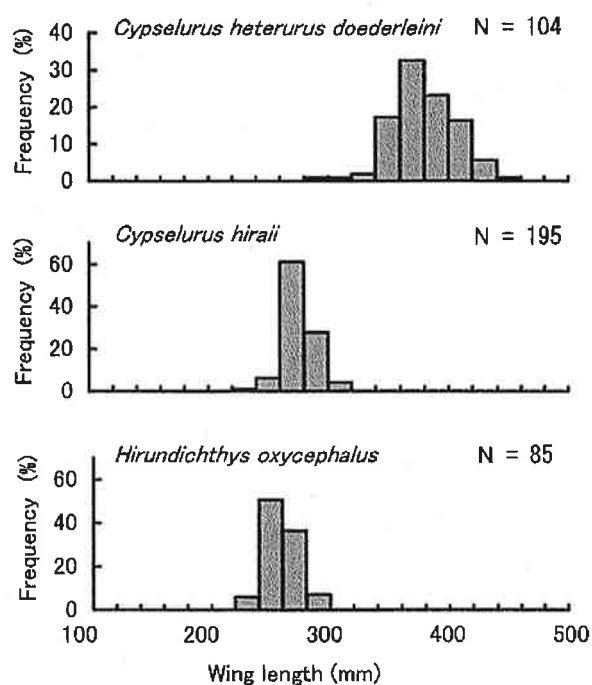


Fig. 5-1-4. Frequency distribution of wing length. (Length of both ends of the pectoral fin when it is opened to fly)

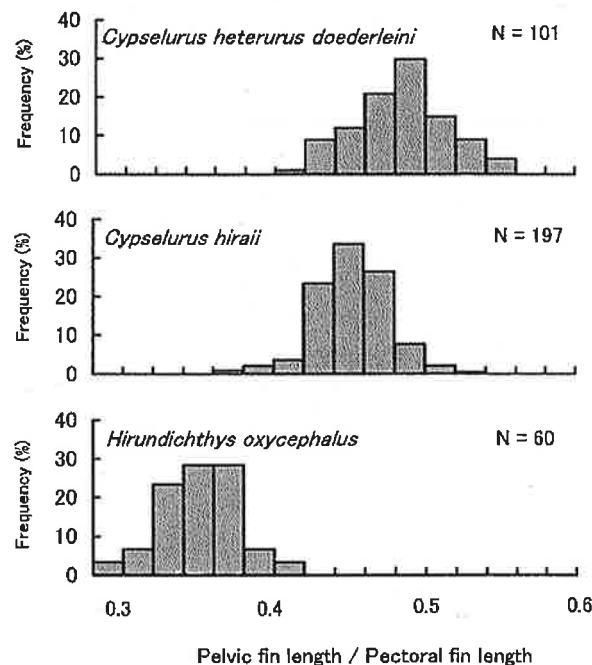


Fig. 5-1-5. Frequency distribution in the ratio of pelvic fin length to pectoral fin length in measurement of flying fish catches.

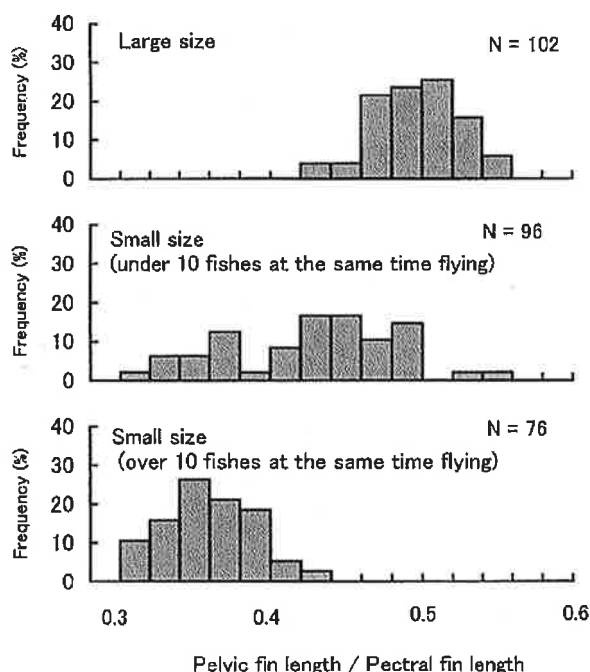


Fig. 5-1-6. Frequency distribution in the ratio of pelvic fin length to pectoral fin length in measurement of flying fish by using photographic analysis of visual observation.

鱗長を Fig. 5-1-4 に示す。ツクシトビウオの胸鰭開鱗長は298~444mmで、そのモードは約37cmに見られた。ホソトビウオの胸鰭開鱗長は238~312mmで、そのモードは約27cmに見られた。ホソアオトビの胸鰭開鱗長232~292mmで、そのモードは約25cmに見られた。腹鰭長/胸鰭長の比を Fig. 5-1-5 に示す。ツクシトビウオは0.40~0.56でモードは0.49であった。ホソトビウオは0.36~0.54でモードは0.45であった。ホソアオトビは概ね0.28~0.42でモードは0.36であった。一方、トビウオ類の飛翔写真画像における Pixel 数を解析して得られたトビウオ類の腹鰭長/胸鰭長は0.3~0.56で、これら3種と同じような値が得られた。トビウオの画像までの距離とそのサイズから大と小のサイズに区分をし、さらに群の大きさについて大小で違いが見られた10尾以上の群れと10尾未満の群れに分けて腹鰭長/胸鰭長の比を Fig. 5-1-6 に示す。「大」は0.42~0.56でモードは0.51であった。「小」において10尾未満の群れのものは0.30~0.56でモードは0.44であった。また10尾以上の群れのものは概ね0.30~0.44でモードは0.35であった。

比較的多くの個体数が確認された6~8月の分布状況を、Fig. 5-1-7から Fig. 5-1-9 に示す。今回観察を行った陸岸より概ね40マイルまでの範囲においては、岸近くのみでなく沖合にもトビウオ類成魚の飛翔が「大」「小」いずれも確認された。3カ年に共通した傾向として6月は五島周辺海域での分布が多く、7月になると対馬海峡側の分布が多く見られた。これらのうち10尾以上の集団で飛翔が確認されたトビウオ類についての分布状況を Fig. 5-1-10 に示す。集団で飛翔が確認されたトビウオ類については岸から10マイル以内の近いところではほとんど飛翔が確認されず、10マイル以上の沖にのみ多く認められた。

考 察

九州北西部海域に出現するトビウオ類の親魚としては、第Ⅲ章で述べたようにツクシトビウオ、ホソトビウオ、ホソアオトビが考えられる。このうちツクシトビウオやホソトビウオは次節で述べるように産卵期の5~7月に北上行動を取っているものと思われる。今回の沖合域の分布調査において、6月から7月にかけて分布が五島周辺から対馬海峡側に移ったことは、このような移動の特徴の一端が現れた結果と考えられた。

今井 (1959; 1960) によると測定数は少ないものの、ツクシトビウオは体長23.0~26.5cm (全長28.5~32.5cm)、ホソトビウオは体長19.2~21.0cm (全長24.2~25.9cm)、ホソアオトビは体長18.4~21.6cm (全長23.0~27.2cm) と報告されている。また、久田 (2002) はさらに多くの成魚の測定を行っており、ツクシトビウオは尾叉長22~30cm、ホソトビウオの尾叉長は18~24cm、ホソアオトビの尾叉長は17.5~21.5cm と報告している。本研究の第Ⅲ章において測定した成魚もこれらとほぼ同様の値であった。一方、胸鰭開長はツクシトビウオでは大きく約30cm以上の個体がこれに相当し、ホソトビウオやホソアオトビの胸鰭開長は小さく約30cm未満の個体がこれに相当した。このようなサイズから判断して、今回観察した「大」はツクシトビウオの成魚に相当すると考えられ、「小」にはホソトビウオとホソアオト

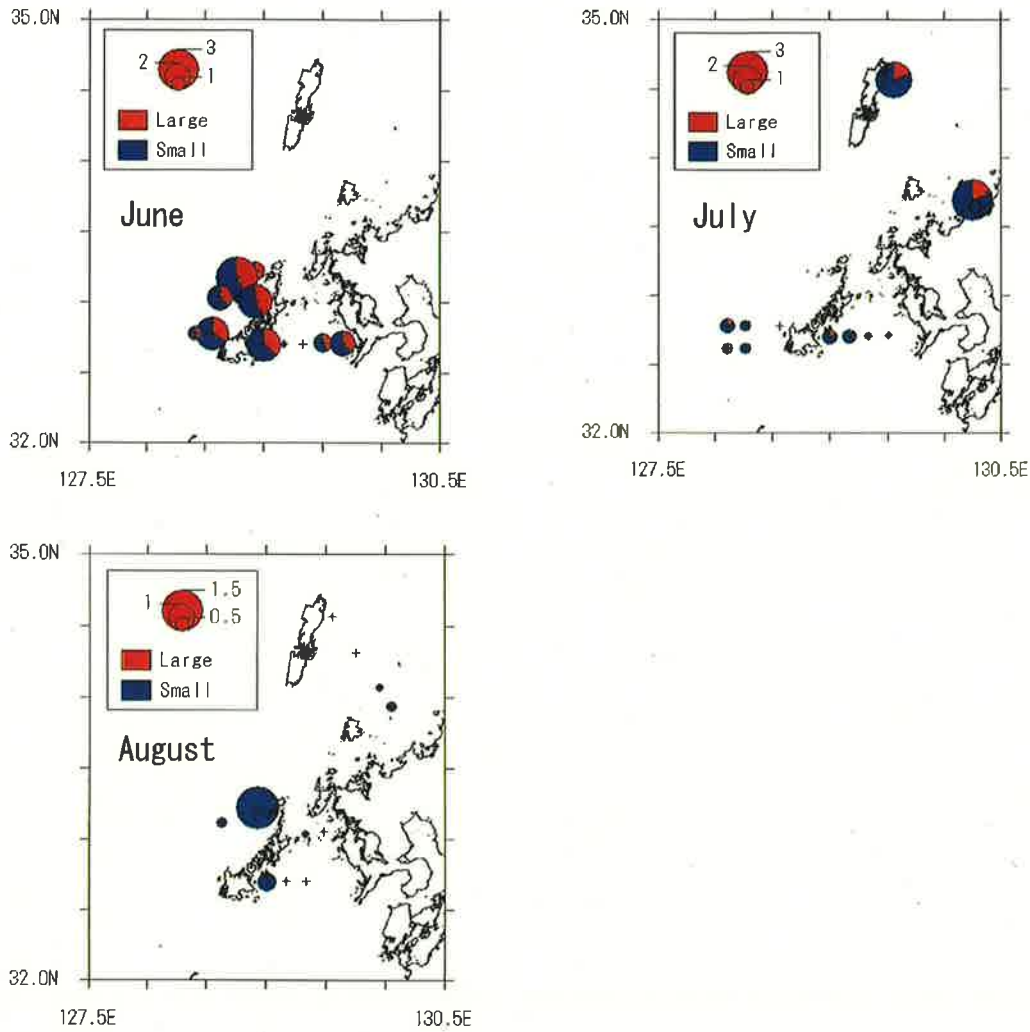


Fig. 5-1-7. Distribution of the adult flying fish number observed per one nautical mile in 2003.

ビの成魚が多く含まれると考えられる。

「大」では同時に飛翔する個体数は少なく、1尾単独で飛翔が目視されるものが最も多かった。このことからツクシトビウオは産卵期中でも沖ではあまり集群していないと推察される。トビウオ類の写真画像解析でも腹鰭長/胸鰭長の値はツクシトビウオの示した値と大きく異なることはなかった。

しかしながら、「小」では「大」とは異なり1尾単独で飛翔するものとは別に10~30尾の群として飛翔するトビウオが比較的多く観察された。これらのトビウオの写真画像を解析したところ、10尾未満のものでは腹鰭長/胸鰭長の値がホソアオトビに相当する値のものと、ホソアオトビに相当する値のもの

とが含まれ、10尾以上のものではそのほとんどがホソアオトビの値に相当するものであった。これらのことから沖合域ではホソアオトビはツクシトビウオ同様あまり集群しないと考えられ、ホソアオトビは産卵期中に沖で集群するものがあることが推察される。魚類では一般的に産卵場付近において繁殖のため集群する行動がしばしば観察されるが、第Ⅲ章で示したようにツクシトビウオとホソアオトビでは前者は岸近く、後者は沖と産卵場所がそれぞれ異なっており、同時に飛翔する尾数の違いはこれらの特徴を示したものと考えられた。

また、第Ⅱ章で示したように定置網の漁獲量の季節推移におけるピークは6月であった。しかし、今

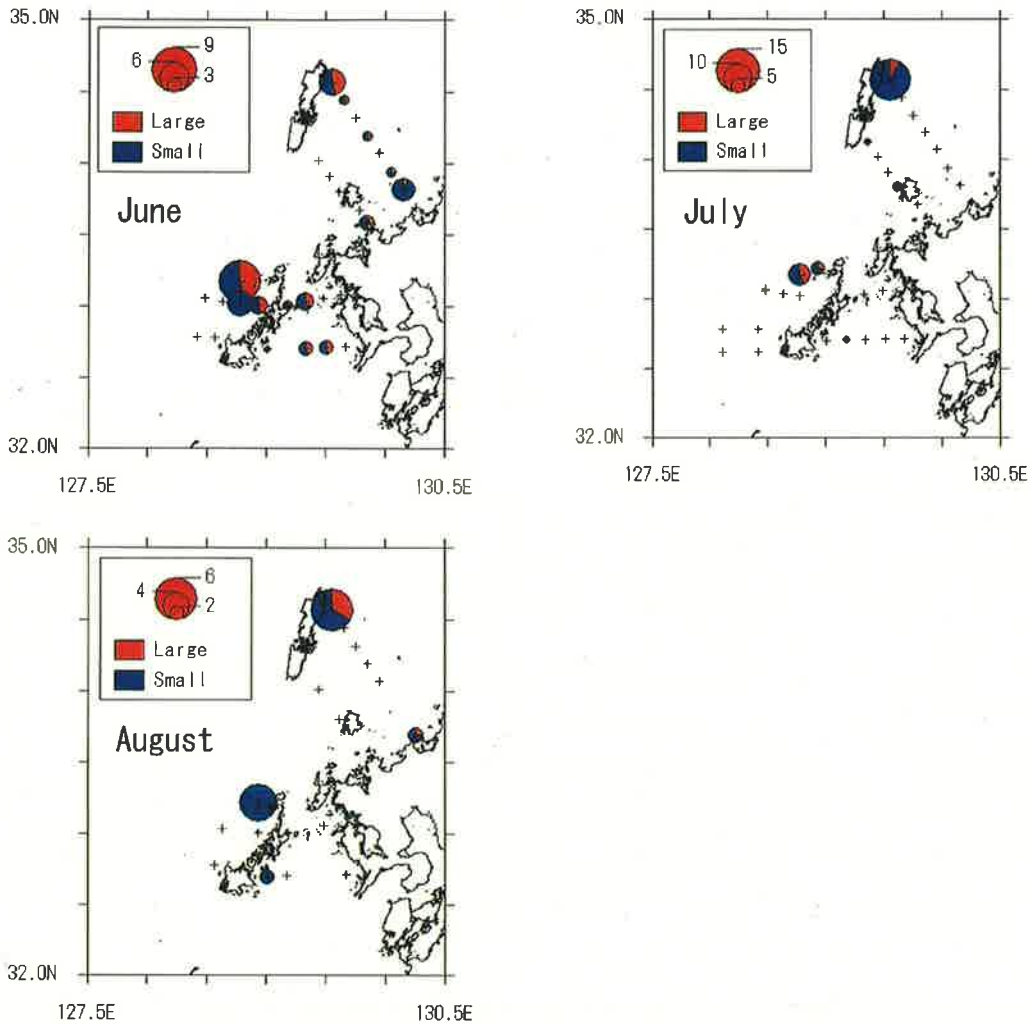


Fig. 5-1-8. Distribution of the adult flying fish number observed per one nautical mile in 2004.

回の成魚飛翔尾数の調査結果から九州北西部海域の沖合海域におけるトビウオ類の分布と来遊量の季節変化が初めて明らかにされ、九州北西部海域の沖合では1ヶ月ほど遅れた7月に来遊のピークを迎えると考えられた。これをサイズ別に見ると「大」サイズのものにはツクシトビウオが多く含まれると考えられるが、そのピークはやや早い6月頃に見られることから、これまでの成熟調査の結果や定置網の漁獲量のピークとも概ね一致する。次節で述べるようにツクシトビウオの主な産卵場は九州北西部海域と考えられることから、このような結果になったことは十分理解できる。一方、「小」サイズのものでは7～8月頃に沖の来遊量のピークが見られたが、こ

のサイズに含まれると考えられるトビウオ類のひとつであるホソアトビウオは第Ⅲ章第2節で述べたように九州北西部海域は産卵場の縁辺部にあたり、主群は日本海に入って7月に産卵を行うと考えられる。すなわち、九州北西部海域では6月に一部の群が接岸して産卵を行うが、さらに多くの群が7月に沖合域を通過して日本海に入ると考えられた。また、この「小」サイズのものにはホソアトビも含まれると考えられる。第Ⅲ章第3節で述べたように九州北西部海域での産卵期は7～8月であり、「小」サイズの飛翔観察で得られた7～8月に見られるピークにはこのホソアトビの産卵群の来遊も反映していると考えられた。

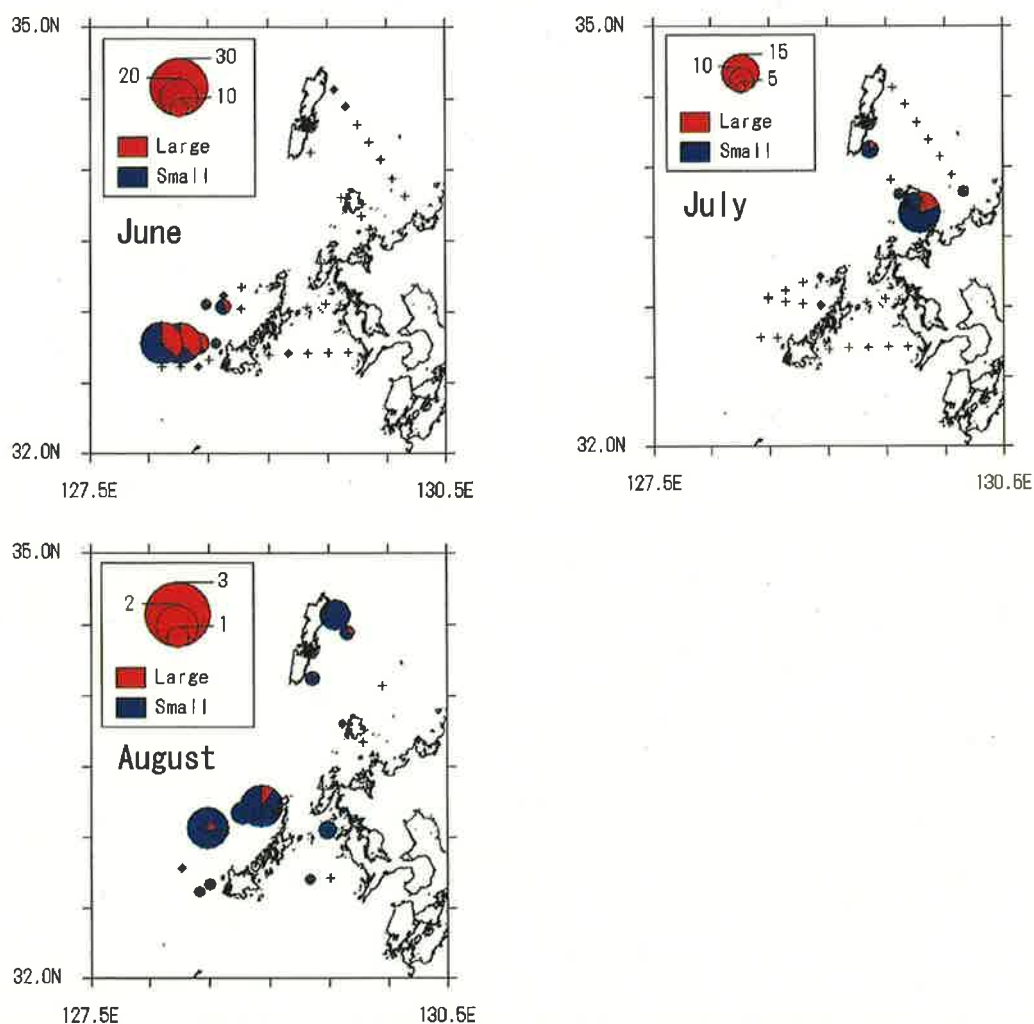


Fig. 5-1-9. Distribution of the adult flying fish number observed per one nautical mile in 2005.

このホソアオトビ成魚と思われる魚群は年によって出現状況に違いが見られた。すなわち2003年には出現が見られず、2004年と2005年に出現が見られている。産卵の盛期と考えられる7月の五島西沖海域の水温環境は長崎海洋気象台が発行している西日本海況旬報によると2003年は24～26℃と平年に比べ水温が低めの年にあたり、2004年と2005年は25～28℃と水温が平年に比べ高めであった。これらのことから、2003年には2004年や2005年より南側の海域を中心として産卵が行われた可能性が考えられる。2003年にホソアオトビ成魚と思われる魚群の出現が見られなかったのはこのような水温環境の違いを反映したものと考えられた。

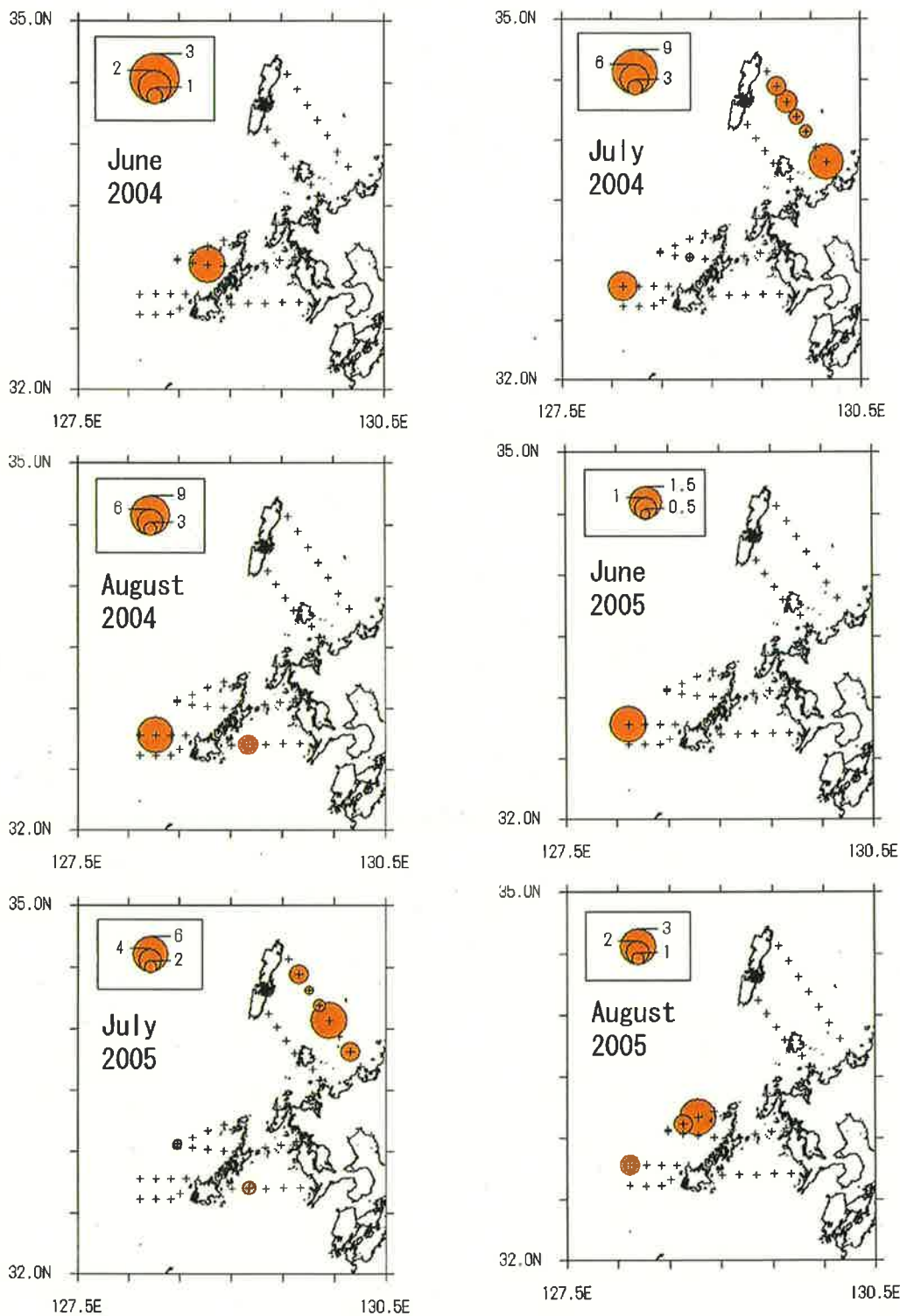


Fig. 5-1-10. Distribution of the small sized adult flying fish flew simultaneously in groups larger than 10 individuals per one nautical mile.

第2節 トビウオ類成魚の来遊特性

第Ⅲ章で述べたようにツクシトビウオやホソトビウオは産卵期に接岸して産卵を行う習性を持つと考えられる。このことから、特に定置網を主体とする沿岸の漁獲量の季節変化や地理的变化はこれらの種の産卵期における分布と回遊の特性を示すものと思われる。河野(1998)は日本海におけるトビウオ類の府県別・年別漁獲量を用いて、ホソトビウオの分布の中心は日本海南西部であることを示した。また、代表地区の月別漁獲量を用いて漁期の地域差に着目し、産卵群が5～7月に九州北西沿岸域から能登半島東方海域へ1～2ヶ月で北上するものと推察している。しかしながら、ツクシトビウオ親魚の分布と回遊の実態についてはまったく明らかとなっていない。そこで、特にツクシトビウオの動向に着目し、

九州北西部海域に來遊するトビウオ類成魚の來遊機構について明らかにした。

方 法

対馬暖流域におけるツクシトビウオとホソトビウオの接岸海域の場所と時期の違いを見るために、九州北西部から日本海西部の各地の定置網における漁獲統計を調査した。調査地点は長崎県野母崎・有川・生月・壱岐・上対馬、福岡県志賀島、島根県浜田・沖泊・隠岐、兵庫県余部、京都府の全定置網(Fig.5-2-1)とし、1992～2004年の漁獲量を銘柄別、月別、年別に把握した。また、來遊時期の違いを比較検討するために長崎県生月、島根県浜田、京都府の全定置網ではさらに詳細に1999～2002年における日別のデータを解析した。また、秋季以降の九州北西部沿岸域へのトビウオ類親魚の來遊状況を把

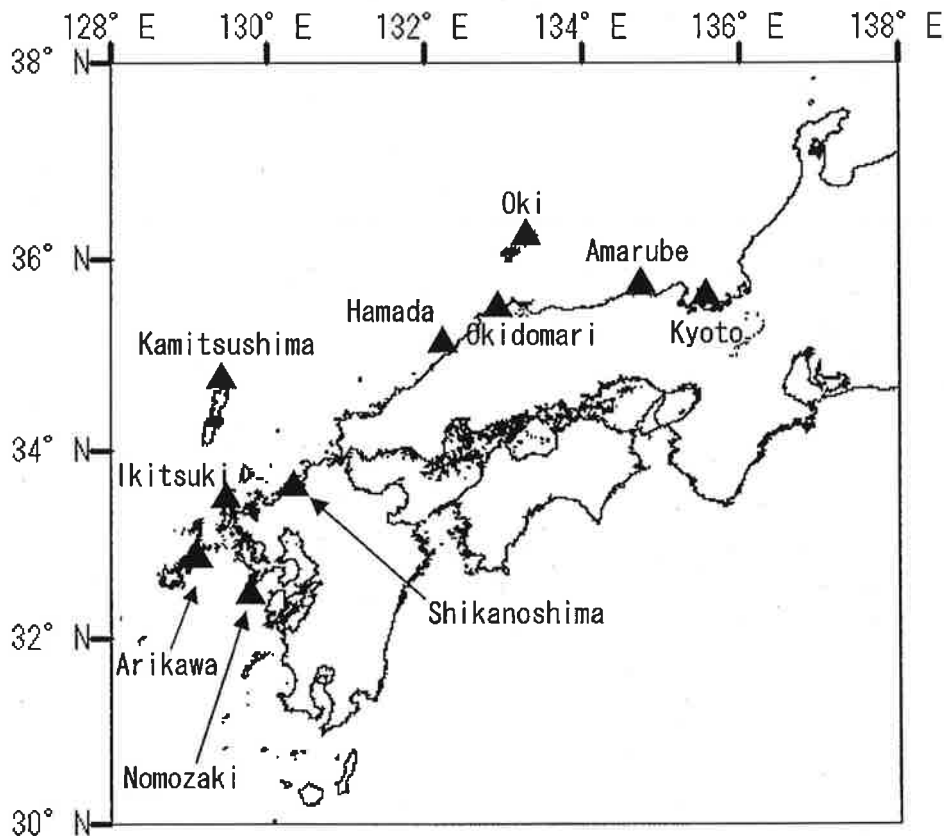


Fig. 5-2-1. Location of set net fishery for research of catch analysis in the north western waters of Kyusyu and the Japan Sea.

握するために、1992～2005年における長崎県生月漁協の船曳網漁業による年別旬別銘柄別漁獲量を調査した。

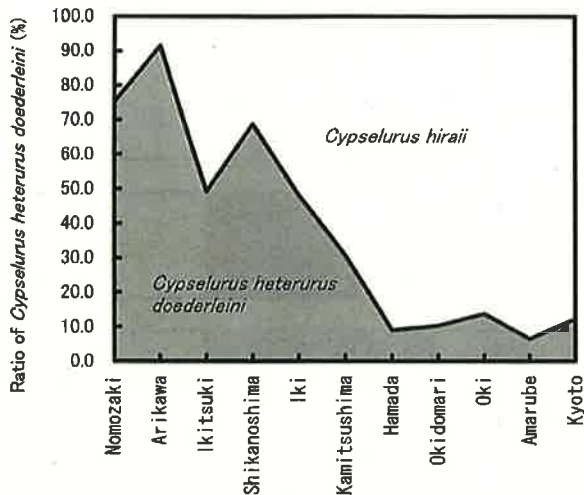


Fig. 5-2-2. Ratio of *Cypselurus heterurus doederleini* and *Cypselurus hiraii* caught by set nets at different areas in the north western waters of Kyusyu and the Japan Sea.

結 果

Fig.5-2-2に産卵期である5～7月に定置網で漁獲されたトビウオ類のうちツクシトビウオの占める比率を調査地点別に示す。五島灘周辺海域の野母崎, 有川ではツクシトビウオの出現率が70%以上と高かった。対馬海峡周辺海域の生月, 志賀島, 壱岐では約50～70%, 上対馬では約30%, 日本海西部海域の浜田, 沖泊, 隠岐, 余部では約10～15%と低かった。

Fig.5-2-3に産卵期におけるツクシトビウオとホソトビウオの累積漁獲量の日変化を海域別に示す。年によって若干傾向の違いは見られるが, ツクシトビウオ, ホソトビウオのいずれも長崎県海域がもっとも累積漁獲量の伸びが早く, 次いで島根県海域, もっとも遅かったのは京都府海域であった。また, いずれの年もツクシトビウオに比べホソトビウオの漁獲が若干遅れる傾向が見られた。

Fig.5-2-4に生月において秋季に船曳網で漁獲されたツクシトビウオとホソトビウオの構成比の旬変

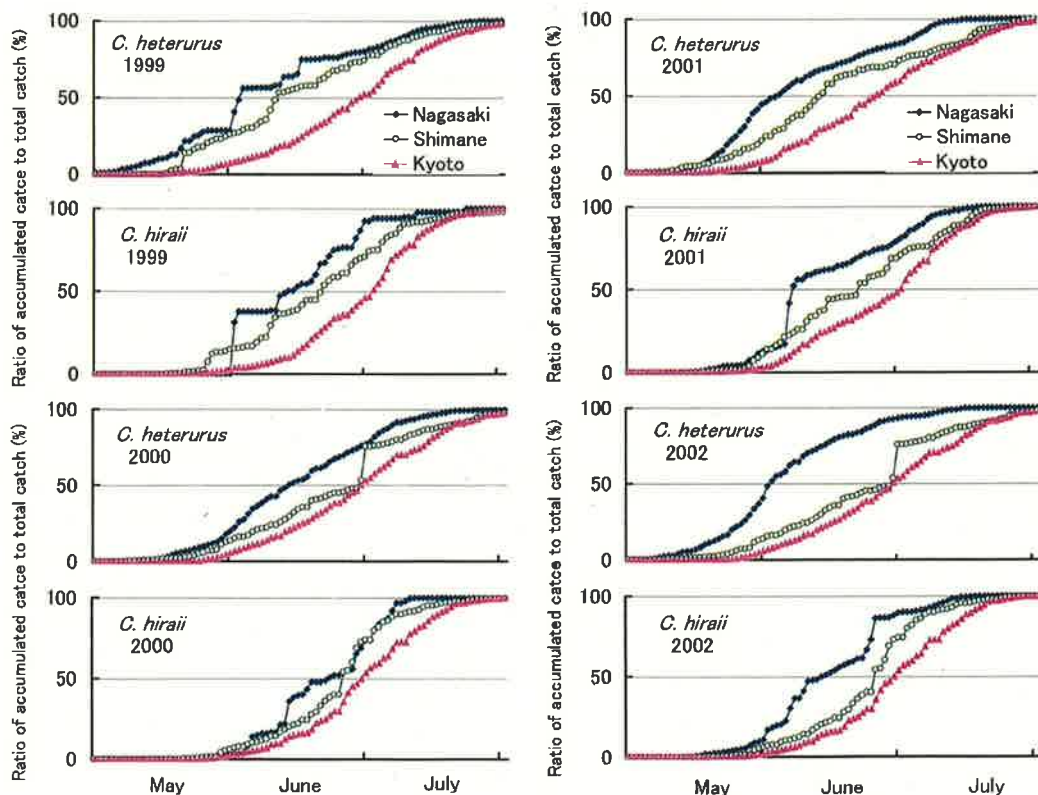


Fig. 5-2-3. Accumulated catches of flying fish caught by set net from May to July.

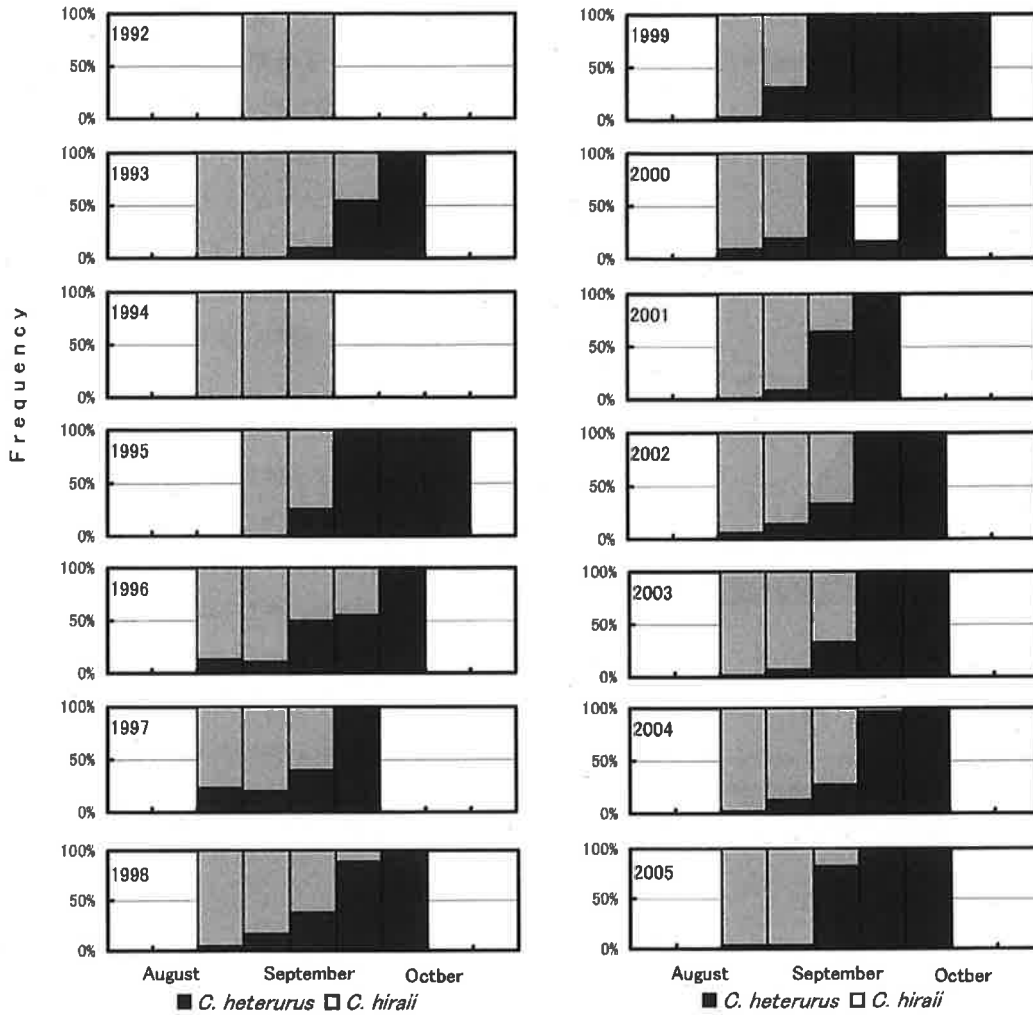


Fig. 5-2-4. Monthly change of species composition in the catches of adult flying fish by boat seine at Ikitsuki.

化を示す。年によって若干の違いは見られるものの、概ね漁期開始時期はホソトビウオの占める比率がほぼ100%で、漁期前半（8～9月中旬）はホソトビウオの占める比率が高かった。漁期後半（9月中旬～10月）には逆にツクシトビウオの占める比率が高くなり、終漁直前はツクシトビウオの占める比率がほぼ100%であった。

考 察

産卵期中の定置網におけるツクシトビウオの調査地別出現率を見ると、九州北西部海域で高く、より北側の海域になるほど低くなり、日本海における比率はかなり低かった。このことから、ツクシトビウオは九州北西部沿岸を中心に接岸し、産卵を行っているものと考えられる。

河野（1998）はホソトビウオの月別海域別の漁獲量データから、産卵期の北上傾向を示したが、この傾向は今回の日別データの解析でも明瞭な傾向として現れた。さらに今回はツクシトビウオについても解析を行ったが、ホソトビウオと同様に九州北西部海域から日本海にかけて北上するものと推察された。2種を比較してみると、ツクシトビウオの漁期が若干早い傾向が見られるが、これらの産卵期や親魚の接岸時期は5～7月とほぼ同じような時期となっている。両種の産卵場がツクシトビウオは九州北西部海域、ホソトビウオは日本海南西部海域と異なっていることを考え合わせると、沖から岸に接岸して産卵を行うといったよく似た生態を持つ両種が、産卵海域を変え、さらに若干時期をずらして異なる空間を産卵場として利用するものと考えられた。

日本海ではホソトビウオの漁獲や飛翔が9月以降にはまれとなることから親魚は放卵・放精を終了した後、夏の間にはほとんど死亡し、寿命が1年と考えられている(河野, 1998)。しかし、産卵・放精した後の死亡は直接確認されたものではない。今回の研究により、実際には秋季以降に九州北西部海域には再びツクシトビウオとホソトビウオの成魚が来遊する実態があることが示された。第IV章で述べたように長崎県沿岸に来遊する未成魚から推定された孵化日の組成は5~7月であることや、第III章で述べたようにこの9~10月の成魚のGSI値も極めて低いことから、これらの成魚群がこのような時期に産卵に加わった可能性は低いと考えられるが、5~7月に産卵を終えた個体の中にはただちに死亡せずに9~10月まで生きている個体もいると推察された。これらは、未成魚とほぼ同じ時期に漁獲されるが、その時期と場所から考えて未成魚同様に南下過程で漁獲されたものと考えられる。今回の研究により、この南下過程においてはホソトビウオが先に来遊し、ツクシトビウオが後から来遊する実態があることが明らかとなった。この傾向は本章第4節に後述するように未成魚においてもツクシトビウオの来遊が遅くなる傾向と同一であった。

第3節 トビウオ類未成魚の沖合分布

河野ら(1995)は船上から行った目視観察により飛翔回数を計数して来遊するトビウオ類未成魚の分布を調査した。しかし、成魚と同様にこれらの調査海域は日本海に限られていて、九州北西部海域の実態についてはまったく触れられていない。さらに、この調査は9月のみ実施されたものであることから、季節変化についてはまったく明らかとなっていない。今回の研究の対象となっている3種のトビウオ類の稚仔魚については今井(1959; 1960)およびChen(1987)が九州北西部海域にも分布することを報告している。また、近藤・道津(1981)は未成魚が漁獲されていることを報告しているが、それはごく沿岸における定置網の解析に限られている。以

上のように、九州北西部海域においては未成魚の分布について、なかでも沖合の海域において明らかにされているとは言えない。そこで、船上からの目視により飛翔状況を観察し、トビウオ類未成魚の分布の実態と季節変化を明らかにした。

方 法

2003~2005年の7月に1回および8月下旬~10月上旬に半月に1回の割合で毎年計5回、本章第1節と同じ調査ラインにおいて船上から見たトビウオ類の大きさから概ね判断して胸鰭開長約22cm以下(尾叉長約18cm以下)の未成魚の飛翔尾数を計数した。なお、観察にあたっては未成魚以外にも稚魚と思われるサイズのものも飛翔が確認できた場合には計数した。その他の方法は本章第1節で述べた成魚の場合と同じである。

結 果

目視により観察されたトビウオ類未成魚の1マイル(海里=1,852m 以下すべて同じ)あたりの飛翔尾数について調査海域全体の平均値の月変化をFig.5-3-1に示す。いずれの年も9月に出現が最も多く、年別に見ると2003年は9月上旬に9.0尾/マイルと少なく、2004年は9月上旬に32.7尾/マイルで、2005年は9月の中旬が31.6尾/マイル、9月の下旬が31.8尾/マイルと多かった。

トビウオの群の大きさを見るため、同時に飛翔する個体数の出現頻度をFig.5-3-2に示す。1尾単独で飛翔するものは2003年では全体の7%、2004年は全体の4%、2005年は全体の4%と少なかった。3ヵ年とも約20尾が同時に飛翔する群が比較的多く見られ、10尾以上が同時に飛翔する比率は2003年で61%、2004年で66%、2005年で63%と多かった。

調査時期ごとのトビウオ類未成魚の分布状況をFig.5-3-3からFig.5-3-5に示す。調査期間を通じてトビウオ類の未成魚は広く沖合域にも分布が見られた。しかし、その分布は一様ではなく、時期と場所によって違いが見られた。2003年の7月には未成魚の分布はまったく見られなかった。2003年8月およ

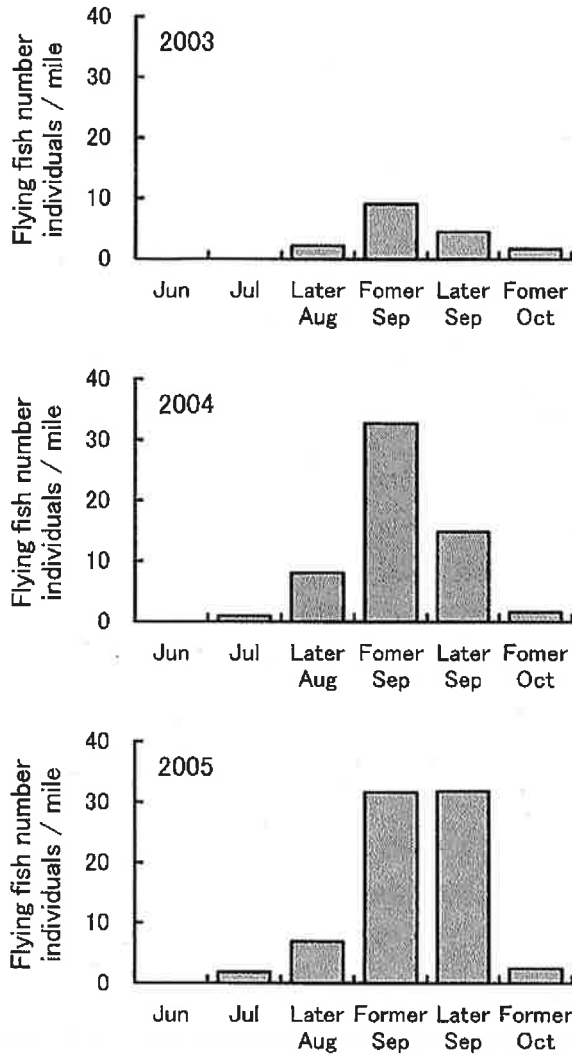


Fig. 5-3-1. Monthly change of young flying fish number with visual observation.

び2004年の7月や2005年の7～8月には五島西部海域に多く見られ、対馬海峡周辺や五島灘にはほとんど見られなかった。9月上旬になると3カ年のいずれも対馬海峡周辺に多く見られるようになり、逆に五島西周辺海域や五島灘にはほとんど見られなかった。9月下旬には2003年および2004年には壱岐周辺海域から五島北西部海域および五島灘北部に、2005年には対馬海峡周辺から五島西部にかけて比較的広い範囲に多く見られた。10月になると2003年および2005年には五島西部海域に多く見られ、五島灘には少なく、2004年は逆に五島西部海域にはほとんど見られず、五島灘北部に多く見られた。10月にはいずれの年も対馬海峡周辺にはほとんど見られなかった。

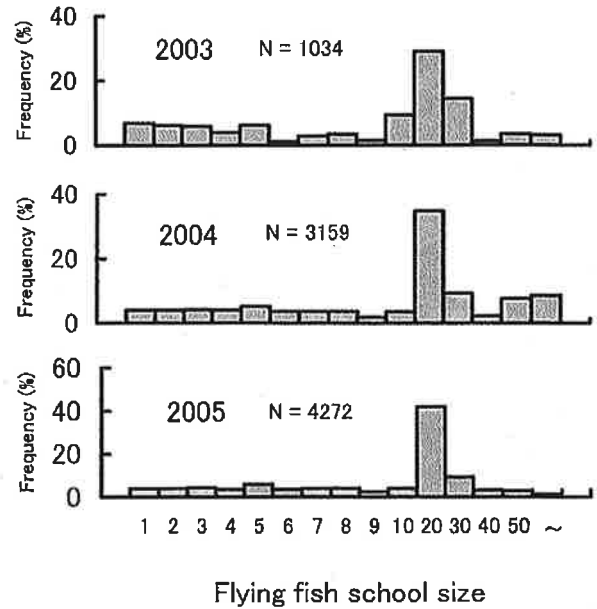


Fig. 5-3-2. Frequency distribution of the school size expressed by the number of young flying fish flew simultaneously.

考 察

今回の研究により、はじめて九州北西部海域の沖合におけるトビウオ類未成魚の分布実態が明らかとなった。漁場はごく沿岸に限られているが、トビウオ類の未成魚は沖合域にも広く分布していることが示された。すなわち、限られた漁場に沖合域からの移入があるかどうかによって好不漁は影響を受けることとなる。前述のようにこれには風の影響が示唆されていることから、このことについては本章第5節で述べることとする。

トビウオ類未成魚群の飛翔数を見ると、本章第1節で示した成魚とは異なり1尾単位で飛翔する割合は4～7%と少なく、10尾以上の群れで飛翔が確認された割合は全体の61～66%と多かった。すなわち成長段階に応じて集群特性が変化している可能性が考えられる。

分布状況は季節により違いが見られた。9月以降には対馬海峡に分布が多く見られ、季節の推移とともに徐々に南下する傾向が3カ年共通して認められた。これまでの報告では産卵場や稚魚の分布域が日本海であり、未成魚が長崎県で多く漁獲されることから相対的に南下しているのではないかと推察されて

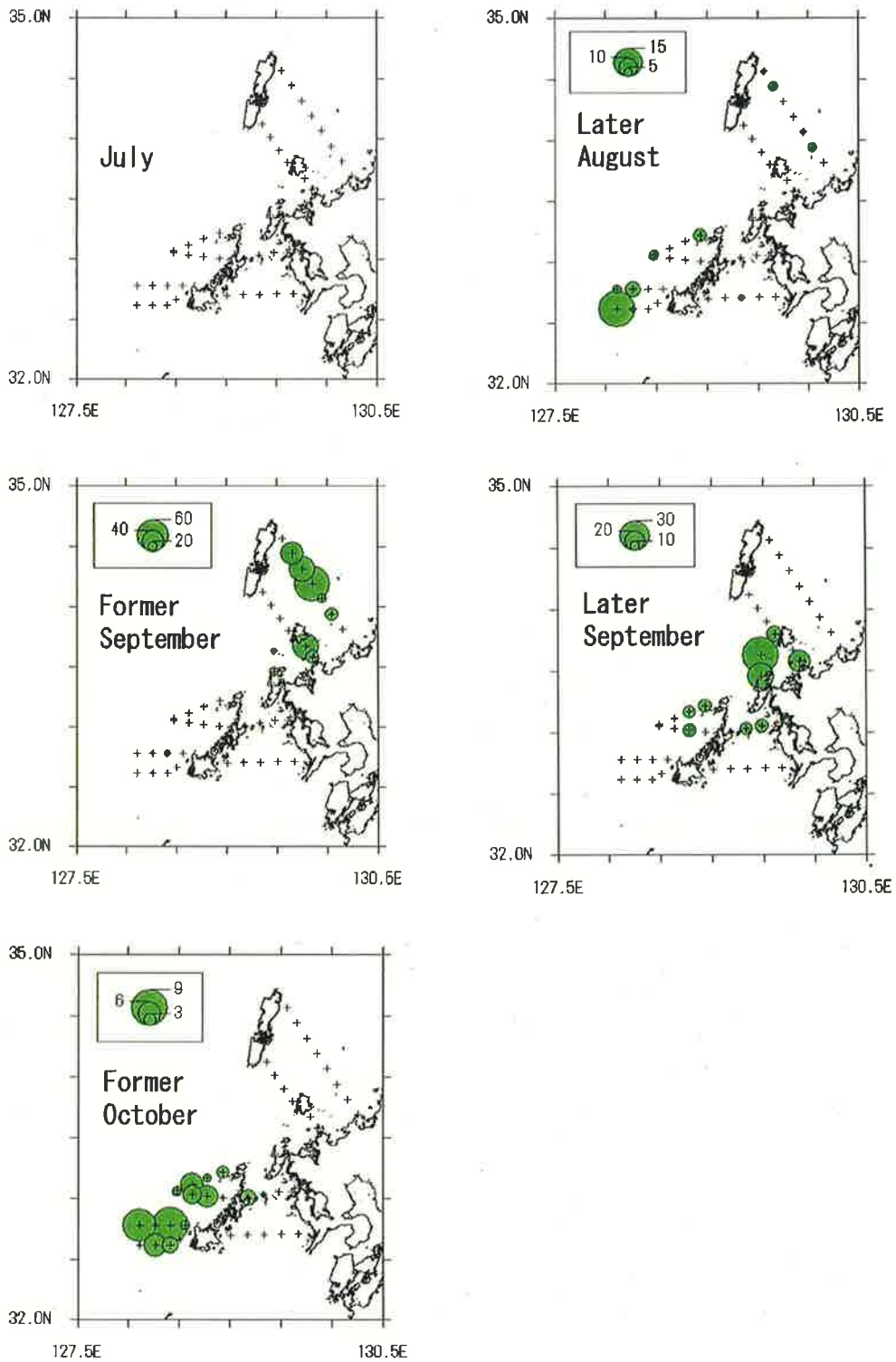


Fig. 5-3-3. Distribution of the young flying fish number observed per one nautical mile in 2003.

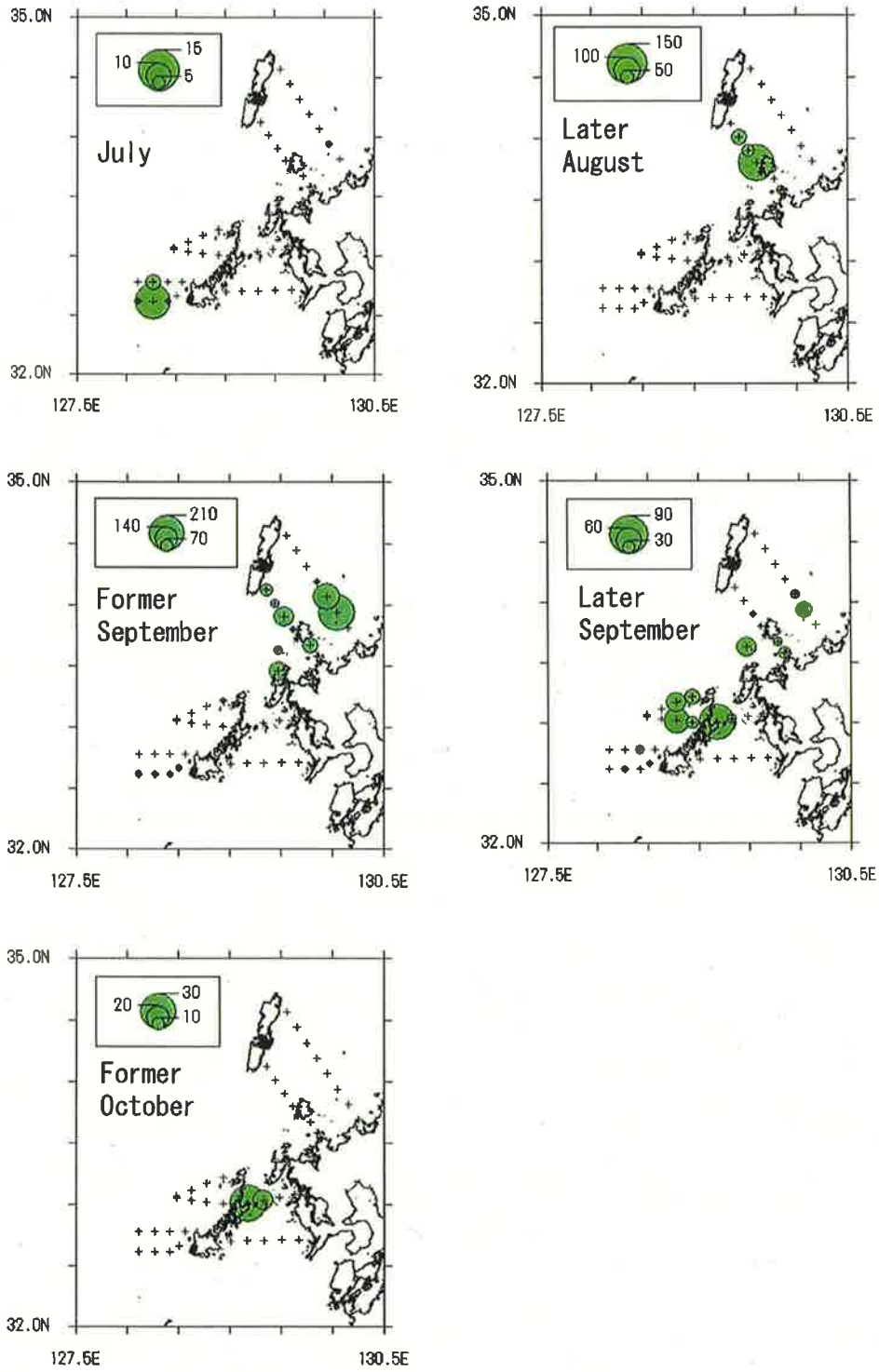


Fig. 5-3-4. Distribution of the young flying fish number observed per one nautical mile in 2004.

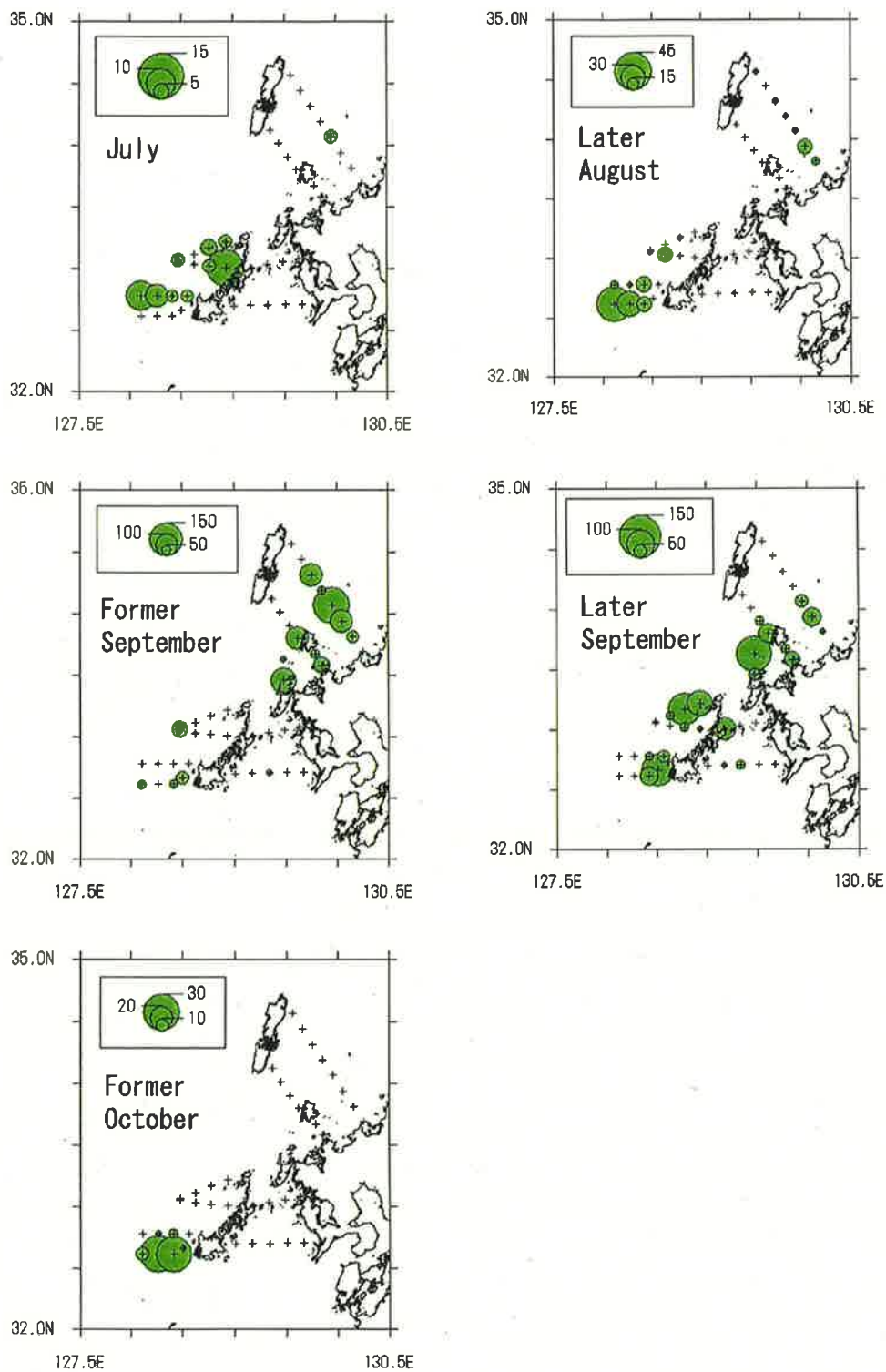


Fig. 5-3-5. Distribution of the young flying fish number observed per one nautical mile in 2005.

いたに過ぎなかったが、今回の調査により初めて九州北西部海域において9月から10月にかけて徐々に分布域が南へ移っている状況が確かめられた。

また、長崎県沿岸域ではトビウオ類未成魚はこれまで述べてきたように8月下旬以降に漁獲の対象となって現れるが、2004年と2005年の結果からそれ以前の7月にも稚魚を含む未成魚が五島西海域に出現していることが明らかとなった。しかし、7月にはトビウオ類の稚魚が日本海においても確認されている(増田, 1988b; 増田ほか, 1990; 河野, 1995a)。対馬海峡付近においてまったく見られず、五島西海域と日本海で見られることを考慮すると、7月には2つの地域に分かれてトビウオ群が分布していることが考えられる。日本海における稚魚分布調査の結果によれば7月の時期のトビウオ類はホソトビウオが主体である。一方、第IV章第3節で述べたように7月の五島西部沖で採集されたトビウオ類の稚魚および未成魚はそのほとんどがホソアオトビであった。このように種によって分布域が異なることが2つの地域に分かれて出現が見られる要因として考えられる。

さて、7月の五島西沖に出現する群がホソアオトビ主体であるとする、2003年には出現が少なく、2004年、2005年には多く見られたことになる。7月の五島西沖海域の水温環境は本章第1節で述べたように2003年は平年に比べ水温が低めの年にあたり、2004年と2005年は水温が平年に比べ高めであった。このようなことから、2003年には2004年や2005年より南側の海域を中心として産卵が行われ、それを受けて稚魚や未成魚の分布が南偏した可能性が考えられる。2003年の7月に五島西部沖で稚魚や未成魚の分布が見られなかったのは、このような水温環境の違いを反映したものと考えられた。

以上のように、ホソトビウオの加入群は7月頃日本海へ分布し、その後南下しながら9月上旬には対馬海峡周辺に分布し、徐々に南下する経路をたどる。一方、ホソアオトビはやや南の海域から8から9月にかけては北上しながら対馬海峡周辺あるいは日本海へ分布し、その後反転して南下してくる来遊経路

が考えられた。次節で示すように未成魚は9月にはホソトビウオとホソアオトビはほぼ同じ頃漁獲されており、移動経路の過程でちょうど9月に同じような場所に魚群が合流して位置することで結果的に長崎県沿岸域に好漁場が形成されていると考えられた。

第4節 トビウオ類未成魚の来遊特性

第III章でトビウオ類3種の成熟と産卵について調べ、また第IV章では耳石に見られる輪紋から日齢を調べた。これらの研究により、ツクシトビウオやホソトビウオの産卵期は5～7月、ホソアオトビは4～8月であることが明らかとなった。すなわち、ツクシトビウオやホソトビウオでは3ヶ月、またホソアオトビでは5ヶ月の幅が見られる。これまで秋季に来遊する未成魚群について、早生まれの群と遅生まれの群がどのように長崎県沿岸の漁場に来遊しているかといった点についてはまったく見解がない。また、魚種ごとに来遊時期に違いがあるのか、年によって来遊時期が異なるかといった点についても解明されていない。そこで、これらのトビウオ類の来遊時期に関する特性について明らかにした。

方 法

年による魚種ごとの来遊時期の違いを見るために、1992～2004年の長崎県北松浦郡生月町の生月漁協における船曳網漁業の日別漁獲量を調査した。トビウオ類未成魚の漁獲量は魚種別には統計がとられていないことから、漁期中の8月から10月にかけて、5～10回トビウオ類漁獲物中の魚種の組成を調査した。魚種の区分としては、魚種組成を調査した日にはその比率とし、調査日間はその前後の魚種組成から比例按分して求めた比率、漁獲開始から最初の調査日までの間は最初の調査日と同一の比率、最後の調査日から漁獲終了までは最後の調査日と同一の比率を用いて、日別漁獲量にそれぞれ魚種組成比率を乗じて計算したもので魚種別の漁獲量とした。

また、来遊するトビウオ類未成魚の日齢を解析するために1992～1994年の8月から10月にかけて、定

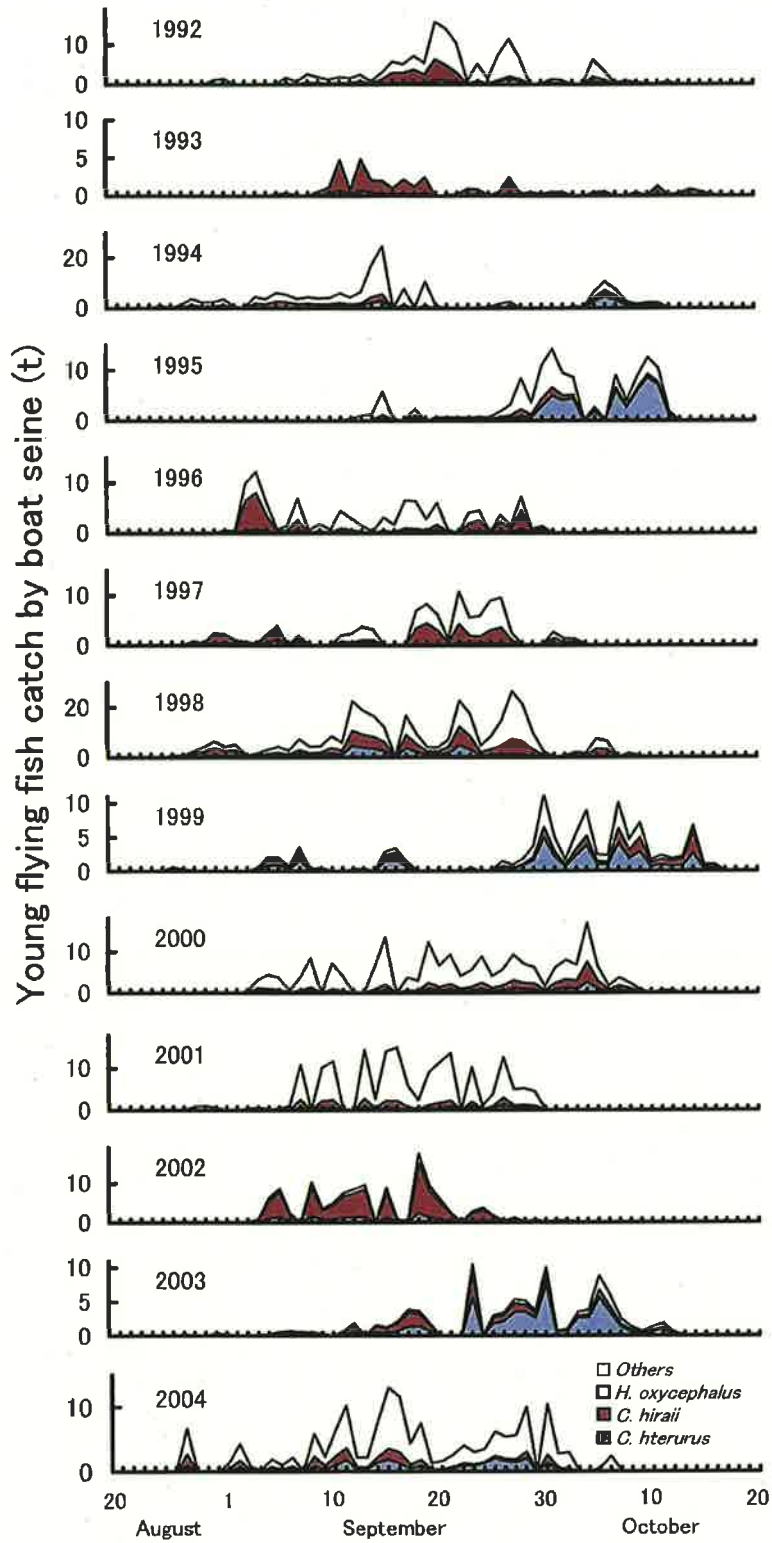


Fig. 5-4-1. Daily change of catch of young flying fish by boat seine at Ikitsuki in each year.

置網で漁獲されたツクシトビウオ、ホソトビウオ、ホソアオトビと、2003～2004年の8月から10にかけて、船曳網で漁獲されたホソアオトビを用いた。1992, 1993, 2003, 2004年は生月漁協で、1994年は生月漁協および長崎県南松浦郡新魚目町の北魚目第一漁協 (Fig. 4-1-1) でサンプリングを行った。週1回、漁獲物を種類ごとに同定して選別し、その尾叉長を測定して、耳石を取りだした。耳石は第Ⅲ章で述べた方法と同様の方法を用いて観察し、輪紋数の計数を行った。

結 果

Fig. 5-4-1に船曳網による日別漁獲量の推移を示す。年によって漁獲のピークが早い年と遅い年が見られ、1995年、1999年、2003年は比較的漁期が遅かった。

漁期中の累積漁獲量の間中日とツクシトビウオが占める割合を Fig. 5-4-2に示す。漁期が遅かった1995年、1999年、2003年はいずれもツクシトビウオが占める割合が高く、その比率と累積漁獲量の間中日の経年変化にはよく似た傾向が見られた。

Fig. 5-4-3に漁獲物の主体となったホソトビウオ、ツクシトビウオ、ホソアオトビの平均尾叉長の漁期中の変化を示す。ホソトビウオやホソアオトビは約13～14cm、ツクシトビウオは14～17cmで漁期中での魚体のサイズはあまり変化が見られなかった。

Fig. 5-4-4にホソトビウオにおける漁獲日ごとの孵化日組成を示す。1992年の漁期始めの8月下旬には6月中下旬に孵化したものをピークとする魚群が漁獲され、漁期終了期の10月上旬には7月下旬に孵化したものをピークとする魚群が漁獲されている。1993年の9月上旬には6月中旬に孵化した魚群が漁獲され、10月中旬には7月下旬に孵化した魚群が漁獲されている。1994年は生月地区で、8月上旬には6月中旬に孵化した魚群が漁獲され、10月中旬には7月下旬に孵化した魚群が漁獲されている。また、同年新魚目地区で9月中旬には7月上旬に孵化した魚群が漁獲され、10月上旬には7月中旬に孵化した魚群が漁獲されている。いずれの年も同一漁場にお

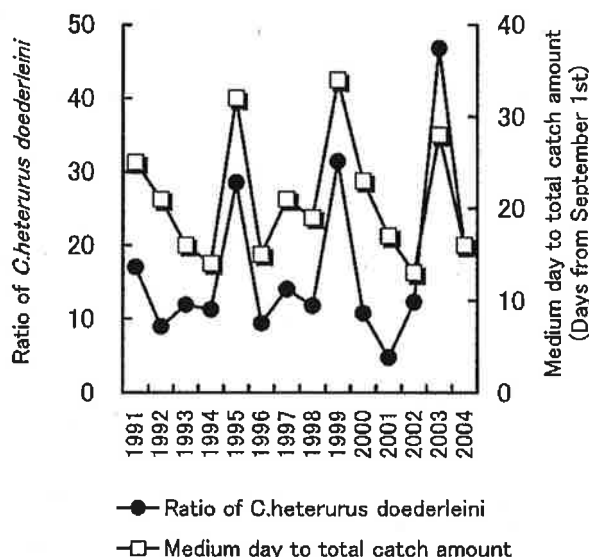


Fig. 5-4-2. Yearly change of ratio of *Cypselurus heterurus doederleini* and medium day to total catch amount of young flying fish by boat seine at Ikitsuki.

いて漁期始めには孵化日の早いものが出現し、漁期の進行に伴い、孵化日の遅いものが出現している。

Fig. 5-4-5にツクシトビウオにおける漁獲日ごとの孵化日組成を示す。ツクシトビウオでもホソトビウオと同様の傾向が見られ、魚群の主体は初漁期から終漁期にかけて、1992年は6月中旬に孵化したのから7月下旬に孵化したのものへ、1993年は6月下旬に孵化したのから7月下旬に孵化したのものへ、1994年は生月地区で6月上旬に孵化したのから7月下旬に孵化したのものへ、同年新魚目地区では6月中旬に孵化したのから7月中旬に孵化したのものへと移り変わった。

Fig. 5-4-6にホソアオトビにおける漁獲日ごとの孵化日組成を示す。他のトビウオと同様に漁期の進行とともに漁獲物の孵化日が遅いものへとずれていく状況が見られ、1992年は6月中旬に孵化した魚群から7月下旬に孵化した魚群へと漁獲の対象が移り変わり、1994年は5月中旬に孵化した魚群から7月中旬に孵化した魚群へと移り変わった。

考 察

未成魚の漁獲量の日変化を見ると、8～10月の漁期中において漁獲のピークが早めの年と遅めの年が見られることが分かった。また、今回調査を行った

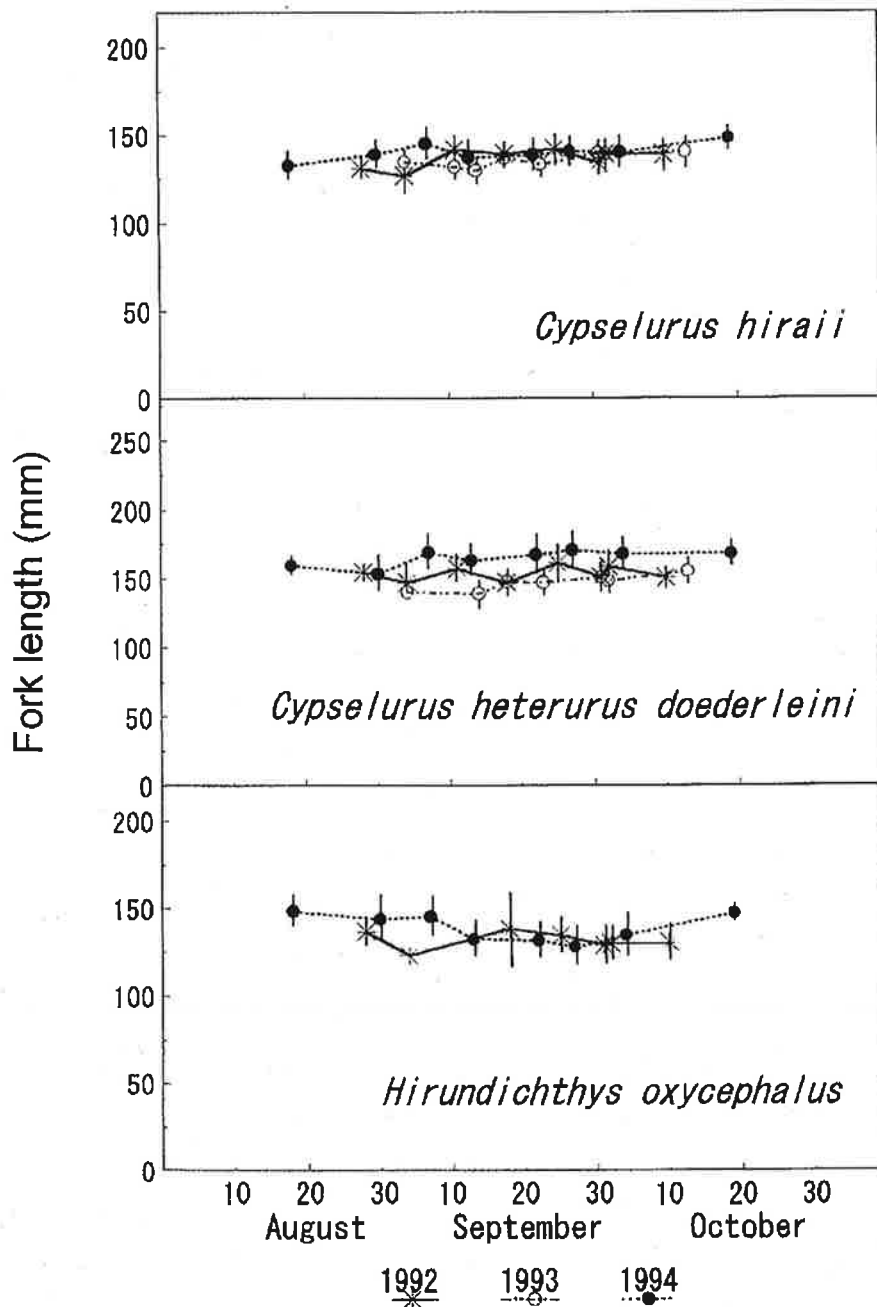


Fig. 5-4-3. Shift of the average fork length of the young flying fishes at Ikitsuki through the fishing season. (Vertical lines represent standard deviations)

13ヵ年の中では漁獲のピークが遅れた年はすべてツクシトビウオが高い比率を占めており、ツクシトビウオの来遊時期は3種の中でやや遅れる傾向にあると考えられた。このことは、本章第2節で示したように成魚の南下回遊においてもホソトビウオよりツクシトビウオが遅れることとも関連があるように思われる。ツクシトビウオの産卵時期は3種の中で最

も早く、その分他のトビウオ類に比べてより北上行動が進むと考えられる。このため、南下の際には逆に他の2種より遅れる傾向が現れたと考えられた。

漁獲日ごとにみた漁獲物の孵化日組成は漁期始めと終わりで異なっており、孵化日のピークは漁期内で約2ヶ月のずれがあった。このことから、長崎県海域へ来遊するトビウオ類未成魚は、早生まれの魚

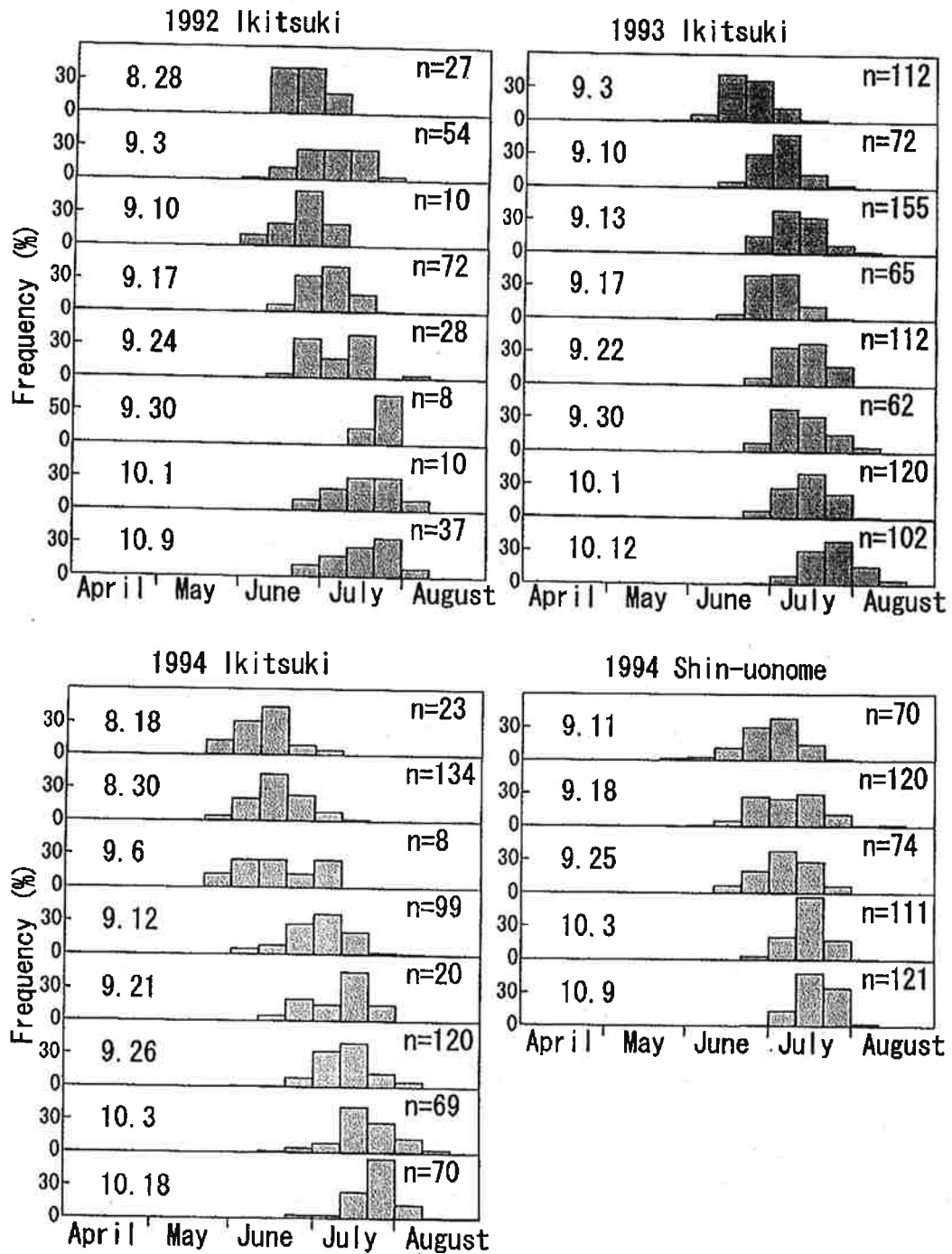


Fig. 5-4-4. Hatching date composition of *Cypselurus hiraii* on each sampling day.

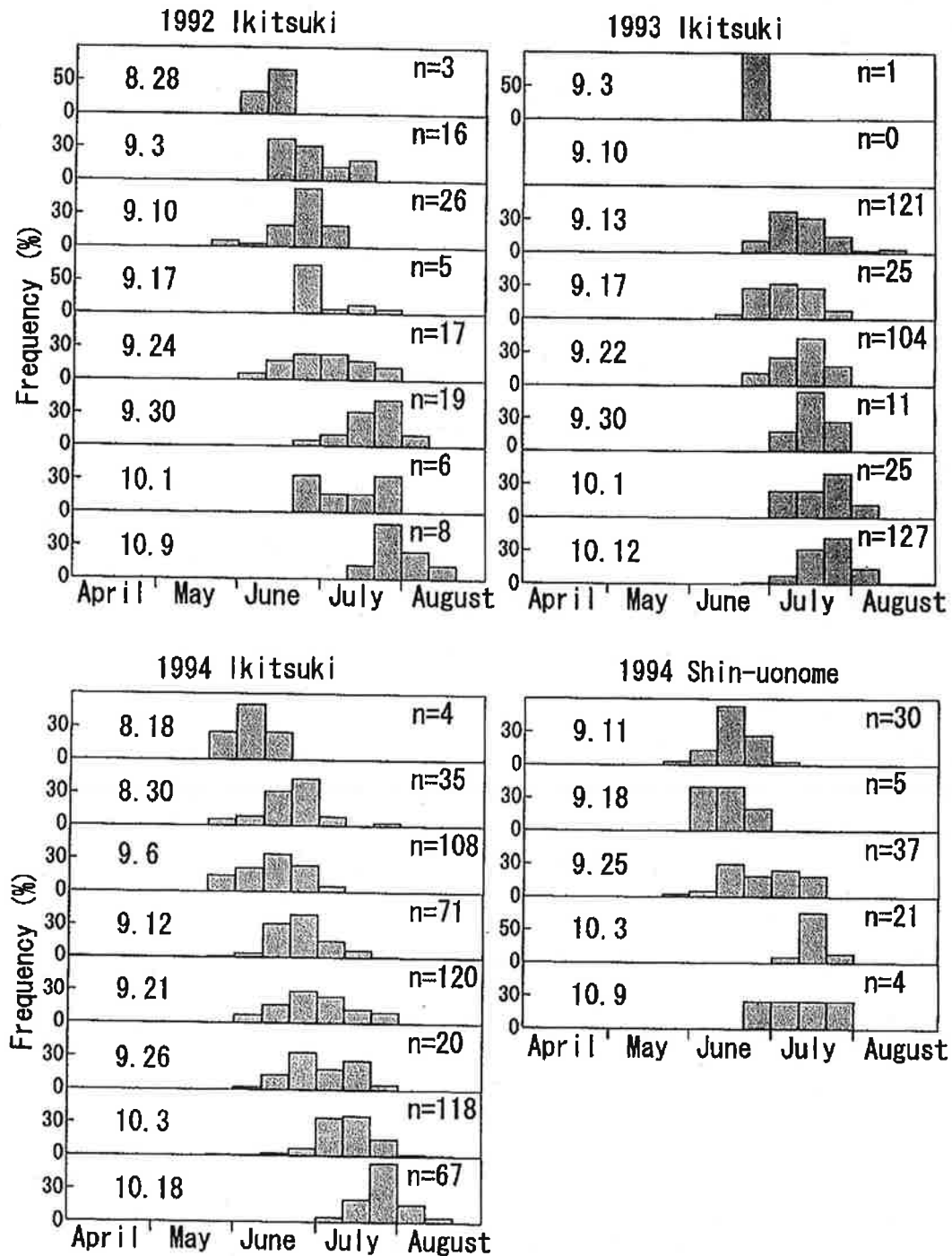


Fig. 5-4-5. Hatching date composition of *Cypselurus heterurus doederleini* on each sampling day.

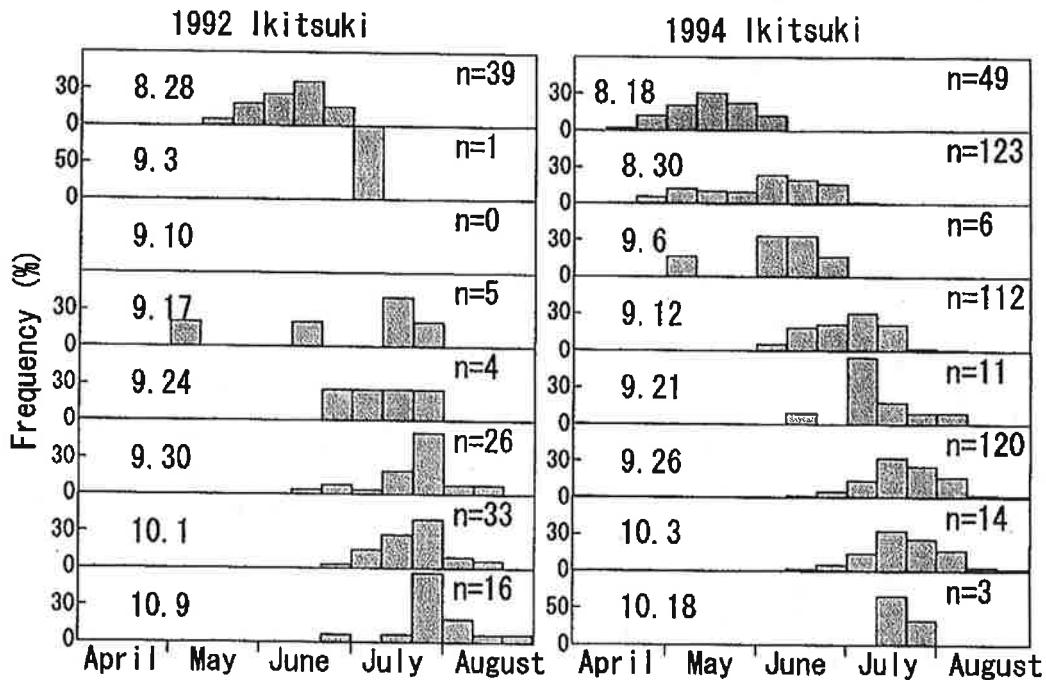


Fig. 5-4-6. Hatching date composition of *Hirundichthys oxcephalus* on each sampling day.

群と遅生まれの魚群がすべて漁期始めから漁場へ加入してくるのではなく、早く生まれた魚群から順次漁場へ加入してくると考えられる。日本海南西部では対馬暖流の影響を受けて、トビウオ類の稚仔魚の分布域が、成長に伴い北東方向へ移ることが報告されている（河野，1995a）。しかし，8月中旬以降は早期発生群から順次長崎県沿岸に來遊する今回の結果からすると，成長の進んだものから反転して南下しながら，加入してくるものと思われる。このため，実際にはトビウオの未成魚は短期間のうちに大きく成長するにもかかわらず，同一漁場においては順次遅く生まれた魚群が來遊してくることになり，漁期中のトビウオのサイズはほぼ一定で，見かけ上成長は見られなかった。また，漁獲物の孵化日の変化が極めて顕著に現れることから，魚群の交替はかなり早いテンポで行われるものと思われる。このことはトビウオ未成魚群の移動が比較的早いことを示唆しており，漁期がほぼ2ヶ月間と短期で終わる要因となっていると考えられる。

第5節 漁場形成に及ぼす風の影響

松村（1992）は長崎県北部沿岸域におけるトビウオ類の経日変動に影響を与える要因と考えられる気象要因との相互関係を明らかにし，北東風（北北東～東北東）の強風が好漁の条件となり，降水量が多いと逆に負の要因となることを明らかにした。しかしながら，この報告では1988年のデータのみを用いて解析を試みており，毎年同じようにこれらの気象要因で経日変動を説明することが可能であるかという点において検証がなされていない。第II章や前節において述べたように，年によっては來遊するトビウオ類の魚種組成は異なっており，來遊の時期も若干の違いが見られる。そこで，風や降水量の要因が3種のトビウオ類のいずれにおいても毎年同様の条件となるのか検証する必要がある。そこで，気象要因が漁場形成にもたらす要因に着目し，その影響の年や魚種による違いについて検討した。

方 法

松村（1992）が1988年のデータを用いて解析を行

い、経日変動の最良重回帰式の説明変数として採択された3つの要因について1989～2004年における以下のデータを調査した。

- ①トビウオ類の来遊量の指標として、生月漁協の盛漁期における船曳網漁業による1日1カ統当たりの漁獲量 (CPUE) を用いた。
- ②風向・風速 (X_1, X_2) 漁獲当日の風向および風速の影響を見るために、平戸測候所におけるその日の最多風向と平均風速 ($v, m/s$) から算出した東西成分 ($X_1: v \sin\phi$) と南北成分 ($X_2: v \cos\phi$) を変数として用いた。
- ③降水量 (X_3) 漁獲当日の降水量の影響を見るために、平戸測候所の降水量 (mm) を変数として用いた。

①の CPUE を目的変数 (Y), ②および③の気象要因を説明変数とし、重回帰分析を行った。最良重回帰式は、変数の打ち切り基準を $F=2.0$ として、変数増減法により求めた。なお、松村 (1992) の報告では1988年の9月8日～27日を盛漁期として解析がなされているが、この盛漁期の定義は示されていない。そこで、1988年で解析した盛漁期のデータから判断して、対象となる初日および終日の CPUE は少なくとも $0.1 t/boat \cdot day$ 以上とし、全統数の9割以上の漁船が出漁している日を盛漁期として解析を行った。

結 果

1989～2004年の CPUE の経日変動における重回帰分析の結果には年による違いが見られ、松村 (1992) が1988年のデータを用いて示した3つの説明変数で説明できる年とできない年が見られることが分かった。分散分析の結果1%の水準で有意な関係式が求められた年は1992年、1994年、2001年、2004年の4カ年のみであった。

これら4カ年の分析結果を Table 5-5-1 に示す。1992年は X_1 のみが説明変数として採択され、 X_2 および X_3 は採択されなかった。分散分析の結果は $F_0=7.648 > F(1, 30; 0.01) = 7.563$ となり、1%水準で有意であった。1994年は X_2, X_3, X_1 の順に説

明要因に採択された。分散分析の結果は $F_0=5.482 > F(3, 18; 0.01) = 5.092$ となり、1%水準で有意であった。さらに t 検定によると X_2 のみが5%水準で有意であった。2001年は X_2, X_3 の順に説明要因に採択された。分散分析の結果は $F_0=11.042 > F(2, 17; 0.01) = 6.112$ となり、1%水準で有意であった。さらに t 検定によると X_2 のみが1%水準で有意であった。2004年は X_3, X_2 の順に説明要因に採択された。分散分析の結果は $F_0=6.046 > F(2, 25; 0.01) = 5.568$ となり、1%水準で有意であった。さらに t 検定によると X_3 が1%水準で有意、 X_2 が5%水準で有意であった。

以上の結果からそれぞれの年における CPUE 変動は以下の関係式で表すことができる。

$$1992年 \quad Y=0.125+0.115X_1$$

$$1994年 \quad Y=0.350+0.070X_2+0.049X_3+0.091X_1$$

$$2001年 \quad Y=0.545+0.199X_2-0.021X_3$$

$$2004年 \quad Y=0.462+0.006X_3+0.059X_2$$

得られた関係式からの推定値と実際の CPUE を Fig. 5-5-1 に示す。この図に見られるように概ね推定値は実際の CPUE 変動をよく表していると考えられる。

重回帰分析の結果とそれぞれの年の、盛漁期間中に測定を行った標本における魚種組成を Table 5-5-2 に示す。対象となった期間において、ツクシトビウオの出現割合は5～44%、ホソトビウオの出現割合は8～86%、ホソアオトビの出現割合は2～83%で年によって違いが見られた。説明変数との間において1%の水準で有意な関係式が認められた1992年、1994年、2001年、2004年はいずれも3種の中でホソアオトビが優先種となっており、いずれの年も70%以上の高い比率を占めていた。一方、ホソトビウオが優先種となり70%以上の高い比率を占める年が1993年と2002年に見られたが、これらの年においては今回解析に用いた3種の気象要因との間には有意な関係が認められなかった。

考 察

今回、トビウオ類の経日変動を解析したところ、

Table 5-5-1. Multiple regression of daily CPUE of young flying fish on three selected variable
 * 1 : Significant at 5 % level. * 2 : Significant at 1 % level.

| Year | | X ₁ | X ₂ | X ₃ | |
|------|---|---------------------|----------------------|---------------------|--------|
| 1992 | Partial regression coefficient | 0.115 | | | |
| | Standard partial regression coefficient | 0.451 | | | |
| | t value | 2.766* ² | | | |
| | Constant term | | 0.215 | | |
| | Multiple correlation coefficient | | 0.451 | | |
| | F value | | 7.648* ² | | |
| | Minimum | -1.768 | -4.989 | 0.0 | |
| | Mean | 0.705 | 1.645 | 5.25 | |
| | Maximum | 2.641 | 6.375 | 46.5 | |
| | Standard deviation | 1.186 | 3.228 | 12.830 | |
| | Correlation coefficient matrix | X ₁ | 1.000 | | |
| | | X ₂ | 0.465 | 1.000 | |
| | | X ₃ | -0.003 | -0.556 | 1.000 |
| | | Y | 0.451 | 0.395 | -0.134 |
| 1994 | Partial regression coefficient | 0.091 | 0.070 | 0.049 | |
| | Standard partial regression coefficient | 0.328 | 0.516 | 0.341 | |
| | t value | 1.811 | 2.691* ¹ | 1.818 | |
| | Constant term | | 0.350 | | |
| | Multiple correlation coefficient | | 0.691 | | |
| | F value | | 5.482* ² | | |
| | Minimum | -3.000 | -4.100 | 0.0 | |
| | Mean | -0.277 | 0.561 | 2.13 | |
| | Maximum | 2.602 | 6.282 | 16.5 | |
| | Standard deviation | 1.376 | 3.117 | 4.057 | |
| | Correlation coefficient matrix | X ₁ | 1.000 | | |
| | | X ₂ | 0.248 | 1.000 | |
| | | X ₃ | 0.124 | -0.354 | 1.000 |
| | | Y | 0.498 | 0.477 | 0.199 |
| 2001 | Partial regression coefficient | | 0.199 | -0.021 | |
| | Standard partial regression coefficient | | 0.633 | -0.322 | |
| | t value | | 3.911* ² | 1.989 | |
| | Constant term | | 0.545 | | |
| | Multiple correlation coefficient | | 0.752 | | |
| | F value | | 11.042* ² | | |
| | Minimum | -0.765 | -2.400 | 0.0 | |
| | Mean | 1.772 | 3.240 | 2.73 | |
| | Maximum | 4.455 | 6.929 | 30.0 | |
| | Standard deviation | 1.205 | 2.092 | 8.212 | |
| | Correlation coefficient matrix | X ₁ | 1.000 | | |
| | | X ₂ | 0.627 | 1.000 | |
| | | X ₃ | -0.262 | -0.150 | 1.000 |
| | | Y | 0.378 | 0.681 | -0.417 |
| 2004 | Partial regression coefficient | | 0.059 | 0.006 | |
| | Standard partial regression coefficient | | 0.427 | 0.50 | |
| | t value | | 2.512* ¹ | 2.966* ² | |
| | Constant term | | 0.462 | | |
| | Multiple correlation coefficient | | 0.571 | | |
| | F value | | 6.046* ² | | |
| | Minimum | -2.600 | -3.696 | 0.0 | |
| | Mean | 0.799 | 0.699 | 13.47 | |
| | Maximum | 6.282 | 9.100 | 156.0 | |
| | Standard deviation | 1.862 | 3.120 | 31.619 | |
| | Correlation coefficient matrix | X ₁ | 1.000 | | |
| | | X ₂ | 0.778 | 1.000 | |
| | | X ₃ | -0.070 | -0.256 | 1.000 |
| | | Y | 0.211 | 0.298 | 0.395 |

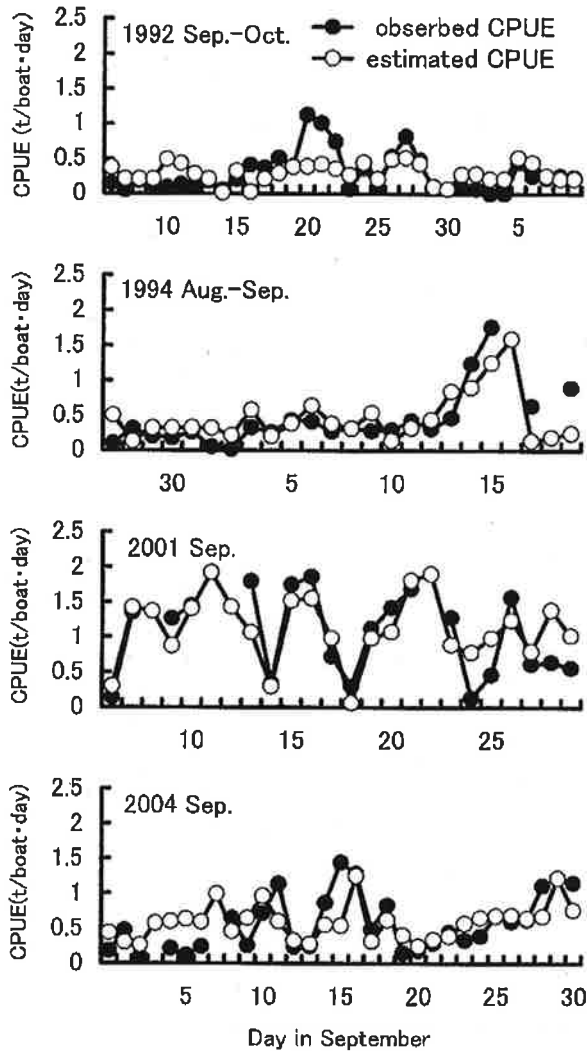


Fig. 5-5-1. Comparison between the observed (closed circle) and estimated (open circle) CPUE of young flying fish at Ikitsuki.

確かに松村（1992）が変動要因として考えた風の影響や降水の影響が関係している年が1988年以外にも見られた。しかし、重回帰分析の結果、1%の水準で有意な関係式が認められたのは4カ年のみであり、いずれの年も、松村（1992）が示した東風と北風が増加要因となり、降水量が減少要因となる組み合わせとは異なっていた。すなわち、トビウオ類の経日変動の仕組みは風や降水が影響するものであったとしてももっと複雑なものであり、さらにこれらの要因だけは説明できずに、もっと他の要素も関与していると考えられる。

今回1%の水準で関係が得られた4カ年においては、いずれも風に関する要因は選択されていた。しかも、ホソアオトビが70%以上の高い比率を占めた年には必ずこれらの風の影響が、日変動の要因として選択されており、逆にホソトビウオが70%以上の高い比率を占めた年にはまったく風の影響は日変動の要因として選択されなかった。このことから、風の影響を受けやすい魚種とそうでない魚種とがあり、3種の中ではホソアオトビは風の影響を受けやすい魚種に該当すると考えられた。

松村（1992）は1988年のデータによる重回帰分析の結果、風速の東西成分と南北成分の標準化偏回帰係数がほぼ同じであることから、これらの要因を合

Table 5-5-2. Ratio of species in the catches of young flying fish and most various species (Mark of arrow; over 70 percent of catches) in the fishing season of which CPUE was over 0.1 t/boat · day and over 90 percent boat was sailing out fishing

| Year | Ratio of <i>C. heterurus</i> in catch(%) | Ratio of <i>C. hiraii</i> in catch(%) | Ratio of <i>H. oxycephalus</i> in catch(%) | Analysis number | Multiple correlation coefficient |
|------|--|---------------------------------------|--|-----------------|----------------------------------|
| 1992 | 8.93 | 15.90 | 74.73 ←← | 32 | 0.451 |
| 1993 | 11.89 | 85.98 ←← | 2.13 | 13 | |
| 1994 | 11.26 | 17.95 | 70.80 ← | 25 | |
| 1995 | 38.85 | 16.44 | 44.71 | 27 | |
| 1996 | 9.41 | 29.79 | 60.81 | 27 | 0.717 |
| 1997 | 14.03 | 35.01 | 50.96 | 30 | |
| 1998 | 11.78 | 33.75 | 54.47 | 36 | |
| 1999 | 44.14 | 24.19 | 31.67 | 27 | |
| 2000 | 10.76 | 24.69 | 64.50 | 30 | 0.571 |
| 2001 | 5.40 | 11.91 | 82.70 ← | 20 | |
| 2002 | 12.29 | 73.86 ← | 13.86 | 21 | |
| 2003 | 40.44 | 49.92 | 9.64 | 22 | |
| 2004 | 9.50 | 19.48 | 71.02 ← | 28 | |

成した北東成分の強風が好漁の条件と解釈した。しかし、今回明らかになった結果から風の影響は必ずしも北東の方向のみとは限らず、年によっては北側からの風、また年によっては東側からの風が影響するといった具合に年によって違いがあると考えられた。

本章第3節で示したようにトビウオ類未成魚は沖合に広く分布しているものの、九州北西部海域において一様に分布するのではなく、ある程度魚群が密になっているところが限られている。また、秋季に九州北西部海域に来遊するトビウオ類未成魚は南下途中の群と考えられ、今回調査を行った生月島周辺においては魚群の来遊経路として考えられるのは北側から東側にかけての広い海域であり、必ずしも北東側だけとは限らない。飛翔目視観察で得られた未成魚の魚群分布の傾向は年によっても違いが見られたことを併せて考えてみると、年によっては生月島の北側に密な魚群が分布し、それが風で吹き寄せられて漁場が形成される年もあれば、東側に密な魚群が分布して、それが風で吹き寄せられて漁場が形成される年もあると考えられる。

第Ⅵ章 総 括

第1節 トビウオ類3種の生活史

本研究の結果、長崎県に来遊するトビウオ類未成魚主要3種の生活史には共通した点や相違点があることが分かった。魚種ごとに生活史の概要をまとめると以下のとおりである。

ホソトビウオ 本種の日本海における生活史については既に河野(1998)が比較的詳しく明らかにしている、「日本海へ5～7月に産卵群(尾叉長185～240mm)として来遊し、沖寄りの海域で卵巣を発達させ、水深50m以浅の底質が砂地の産卵場に来遊し、産卵後は速やかに沖へ逸散する。産卵は2回以上行われ、1回あたりの推定産卵数は3,000～15,000個である。仔稚魚の出現は6～9月に見られ、出現のピークは

7月である」としている。

今回、九州北西部海域におけるホソトビウオの生態について研究を行った結果、九州北西部海域では5～9月に成魚の来遊が見られ、日本海と同様5～7月の産卵期には沖から岸へ接岸する傾向が見られた。また、生殖腺には排卵後の濾胞細胞が確認され、またその来遊時期が日本海に比べ早いことを考えると、産卵回遊の北上移動する親魚群がまず九州北西部海域でも産卵を行った後、日本海へ北上したものと考えられた。日本海で産卵した成魚群はその後、未成魚とともに南下回遊し、9月には再び九州北西部沿岸域に来遊するものと考えられる。

定置網の漁獲量を考えるとホソトビウオの産卵の中心は日本海西部海域と考えられ、長崎県に来遊した未成魚の孵化日もこのような海域の産卵期とほぼ一致したことから、そこで生まれた仔稚魚が未成魚まで成長し長崎県で漁獲されたものと考えられた。未成魚群は早期生まれの群から順に来遊し、順次南の海域へ移動しているものと考えられ、その移動過程で9～10月頃接岸したものが漁獲対象になると考えられた。

ツクシトビウオ 本種は九州北西部へ5～7月に産卵群(尾叉長23～31cm)として来遊し、ホソトビウオ同様に沖寄りの海域で卵巣を発達させ、水深40m以浅の底質が砂地の産卵場に来遊し、産卵後は沖へ逸散すると考えられた。1回の推定産卵数は4,000～10,000個と報告されているが(福井, 1988)、今回の研究によりホソトビウオと同様、産卵は産卵期中に2回以上行われることが明らかとなった。産卵を終えた成魚はホソトビウオよりやや遅れて10月にも再び九州北西部沿岸域に親魚群の来遊が見られる。本種の寿命については、明確にはなっていないが、産卵後にも成魚の来遊が見られることや体長組成が正規分布を示していないことを考慮すると、必ずしもツクシトビウオが1歳魚ではない可能性も考えられる。

定置網の漁獲量に見られる地域差を考慮するとツクシトビウオの産卵の中心は九州北西部海域と考えられ、長崎県に来遊した未成魚の孵化日もこのよう

な海域の産卵期とほぼ一致したことから、そこで生まれた仔稚魚が未成魚まで成長し長崎県で漁獲されたものと考えられた。未成魚群は早期生まれの群から順に来遊し、ホソトビウオ同様順次南の海域へ移動しているものと考えられる。秋季にはホソトビウオより遅れてツクシトビウオの成魚の来遊が見られるが、これと同様に未成魚の九州北西部沿岸への来遊は3種の中で最も遅く、ツクシトビウオが多い年には未成魚群の漁獲のピークが他の年に比べ遅れる傾向が見られる。

ホソアオトビ 本種は前述の2種とは特に産卵に関してその生態が異なるものと思われる。これまでホソアオトビは定置網等で親魚が漁獲されていなかったことから、成熟や産卵についての知見が極めて少なかった。今回の研究により本種は九州北西部海域へ初夏に産卵群（尾叉長18~23cm）として来遊し、沖の海域で流れ藻に産卵すること、九州北西部海域での産卵期は7~8月頃であることが明らかとなった。ホソトビウオやツクシトビウオと同様、産卵は2回以上行われる。孵化した仔稚魚は長崎県西方沖海域に7月頃分布し、日本海には8月頃出現が見られるようになり（増田, 1988b; 増田ほか, 1990; 河野, 1995a), その後成長しながら長崎県沿岸に9~10月に未成魚として来遊するものと考えられる。長崎県の未成魚の孵化日は4~8月であったことから考えて、九州北西部海域よりさらに南の海域で生まれた仔稚魚も加わって、未成魚まで成長して長崎県で漁獲されたものと考えられた。他のトビウオ類同様未成魚群は早期生まれの群から順に来遊し、順次南の海域へ移動しているものと考えられる。

第2節 トビウオ類未成魚群の量的評価

産卵親魚の水準 長崎県沿岸域に来遊するトビウオ類未成魚の船曳網による漁獲量変動要因のひとつとして産卵親魚の来遊量が挙げられる。この来遊量の根拠として、松村(1992)は山口県の大形定置網の漁獲量を用いているが、第II章や第V章で述べたようにこれはホソトビウオの水準を示すと考えられる。

しかし、長崎県沿岸域に来遊するトビウオ類未成魚の魚種組成を見た場合、船曳網ではホソアオトビが最も多く平均で5割を超え、ツクシトビウオも約2割と無視できない状況にあることが新たに分かった。すなわち、山口県の大形定置網のデータのみでその親魚量の水準を評価することは、十分ではない。

ホソアオトビの成魚については漁獲されていない実態があることから、これまでは来遊量を示すデータは皆無であった。そこで、第V章の研究で行ったような飛翔目視観察による評価を来遊量の指標として用いることが考えられる。今回の研究により、トビウオの飛翔画像を解析することで、ある程度の魚種判別ができることが明らかとなった。この手法により特にホソアオトビを沖合域で捕捉できたことは、今後本種の親魚来遊量をモニターしていくために重要な意味を持つものと思われる。

また、ツクシトビウオについては、九州北西部沿岸域での漁獲が多く、このような海域が主産卵場となっている実態も明らかとなった。これらの定置網の漁獲量についても産卵親魚の根拠として評価対象に加える必要が出てくる。

このように、ホソアオトビやツクシトビウオの親魚来遊量を適切に把握し、未成魚群の資源加入量との対比を魚種別に行うことで、今まで以上に精度の高い資源の評価ができるようになると思われる。

稚魚の成長と生残 長崎県沿岸域に来遊するトビウオ類未成魚の船曳網による漁獲量変動要因の中で最も影響が大きいのが稚魚期の水温とされている。このことについては緒言でも述べたように、これまでは餌料環境の違いによって初期生残の違いがもたらした結果と考えられていた。しかし、今回の研究によって、来遊サイズと水温の間にも相関が見られ、初夏の水温が高い年ほど来遊サイズは大きいことが新たに分かった。ツクシトビウオではその差が最も大きく、来遊サイズの小さい年と大きい年では1.6倍近い差が見られる。すなわち、水温の高い年には生残の影響だけでなく、来遊するトビウオ類の1尾あたりの体重そのものが直接的に漁獲量にも影響を与えていると言える。

また、最も多く漁獲されているホソアオトビでは個体成長の違いにより成長の速いものが選択的に生き残って未成魚群を形成している実態が明らかとなった。しかもその時期は30～50日頃にその差が顕著となっており、孵化時期のピークが7月であることを考慮すると成長の違いによって生残に影響が現れる時期は8～9月頃ということになる。松村(1992)が考察したように、8月の水温は影響を与えず、7月の水温環境のみが稚魚の生残に影響を与えた結果漁獲量に反映されるとすると、今回得られた結果とは明らかに異なる。

そこで、なぜ7月の水温がホソアオトビの漁獲量に影響を及ぼすことになったのかということについて別の視点からもうひとつの仮説を考えてみる。ホソアオトビの生活史において産卵という点で他の2種と大きく異なっており、沖合域で7月に産卵を行う生態を持っている。この特性を考慮した場合、沖の水温環境が変化すると、産卵場がこれに伴い変化することが考えられる。3カ年のみの結果ではあるが、水温が低かった2003年の7月にはホソアオトビと思われる親魚が九州北西部海域でまったく見られず、水温が高かった2004年と2005年の7月にのみ見られた。同様に五島西海域でのホソアオトビと思われる未成魚群の出現も2003年に少なく、2004年と2005年には多かった。これを反映するかのよう生月地区の船曳網による漁獲量も2003年に少なく、2004年や2005年に多かった。すなわち、水温環境が産卵場の範囲を変化させ、稚魚、未成魚の分布域を変えることによって未成魚として来遊する資源の範囲が変わっているといった理由が考えられた。

風の影響と漁場形成 長崎県沿岸域に来遊するトビウオ類の漁獲量変動において、北東風が吹く日数は漁獲量変動に及ぼす要因のひとつと考えられる。第V章で示したように風の影響は経日変動にも現れており、それはホソアオトビが多くの割合を占めている年に限られていた。

ホソアオトビは九州北西部海域に来遊し、漁獲対象となっているトビウオ類未成魚3種の中では最もそのサイズが小さいものである。魚体が小さいほど

魚の遊泳力は弱く、風や表層流等の流れの影響を受けやすくなるものと考えられる。また、第III章で述べたように、ツクシトビウオやホソトビウオは底層に潜って産卵を行う生態を持ち、これとは対照的にホソアオトビでは表層で産卵を行う習性が認められた。未成魚の時期の遊泳層については今回の研究では明らかになっていないが、第II章で述べたように同一の漁場においてもホソアオトビはより表層性の強い漁業種類で比較的多く漁獲され、未成魚のすくい網による試験操業の際にはホソアオトビは浮遊しながら採集されるのに対し、ツクシトビウオやホソトビウオはすぐに潜行しようとする特性を持っていることが観察された。このことから、産卵期に見られた産卵水深の違いと同様の傾向が稚魚や未成魚の段階から現れている可能性が考えられる。ホソアオトビの習性がより表層性の生態を持つことや今回見られた行動の特性を考えると、ホソアオトビにおいて風の影響が漁獲量変動に顕著に表れたことも理解しやすい。漁場形成における風の影響を評価するにあたり、魚種の組成は重要な意味を持つてくると考えられた。

第3節 トビウオ類未成魚来遊群の質的評価

来遊サイズの変動 トビウオ類の未成魚は主に加工品として用いられるが、サイズの大きいものは通称「塩アゴ」と呼ばれる塩干品として用いられており、サイズの小さいものは通称「焼アゴ」と呼ばれる焼干品として用いられている。加工過程に違いがあることから、どのようなサイズのものが来遊するのかを漁期前に知ることは特に水産加工業者にとって重要な情報となる。今回の研究で新たに分かったこととして、秋季に九州北西部沿岸域へ来遊する未成魚群の来遊サイズには年変動が見られることが挙げられる。しかも、そのサイズは生育場における初夏の水温の影響を受けていると考えられた。すなわち、ツクシトビウオとホソトビウオの来遊サイズは日本海西部沿岸域の水温との間に関係が見られ、ホソアオトビでは五島西沖の水温との間に関係が見られる。

このことは、魚種ごとに見ると生育場の水温環境を把握することで来遊サイズの年変動を事前に予察することが可能であるということを示している。

来遊時期の変動 トビウオ類未成魚の来遊時期にも年によって違いが見られる。漁獲量の変動に伴い、その単価も日ごとに変動することから、加工業者にとっては漁期中のどの段階で原料を入手するか、すなわち「今後さらに魚群が来遊するのか、あるいはこれで漁期が終了に向かうのか」といったような判断は非常に重要になってくる。

今回の研究により、魚種の組成が来遊時期に影響することが明らかとなった。すなわち、ツクシトビウオが多い年には漁獲量のピークが遅くなる傾向があり、逆にホソトビウオやホソアオトビが多い年には漁期は比較的早くなる。さらに、ホソアオトビが多い年には漁期中の来遊量の日変動は北側から東側にかけての方向からの風の強さによって影響を受けていることも分かった。このような年に限って言えば、気象予報によって漁場付近における風の程度を事前に把握することで、来遊量の日変動予察も可能になると考えられる。

また、トビウオ類未成魚の漁期は長くても2ヶ月と極めて短期間であるが、その中でも魚群の入れ替わりが早いことが今回の研究によって初めて明らかとなった。すなわち、漁期始めの群と漁期終わりの群では孵化日に違いが見られる。このことは産卵量や加入量といった情報を発生時期ごとに把握することにより、未成魚群の来遊量に関して漁期中の変化を見通すために貴重な情報が得られることを示している。今回の研究でトビウオ類の飛翔を目視観察といった手法で調査し未成魚群の分布を調べたところ、盛漁期前の7～8月にはすでにトビウオ類未成魚の魚群を捉えることができた。このような情報も加入量の指標として有効であり、来遊時期の変動予測のために必要な情報のひとつと考えられる。

第4節 トビウオ類資源の有効利用

九州北西部海域に來遊するトビウオ類のうちホソ

アオトビについては未成魚のみが漁獲利用されており、成魚についてはまったく漁獲が行われていない。今回の研究によりホソアオトビの成魚が九州北西部海域の沖合域にも来遊していることが明らかとなった。その資源量について現段階で得られている知見だけでは、まだ正確に診断できる状況にまでは至っていないが、仮に未成魚に至るまでの生残率が他の2種とそう大きくは変わらないと仮定すると、未成魚の漁獲量から考えて、ツクシトビウオやホソトビウオと同等の成魚資源が存在することになる。すなわち、対馬暖流域で現在漁獲されるトビウオ類成魚はツクシトビウオとホソトビウオであり、日本海側だけを見ても多い年では約10,000 tの成魚が漁獲されている（河野，1998）ことから、これらの漁獲量に相当するようなホソアオトビの成魚資源が毎年未利用で存在していることが十分考えられる。

次に未成魚の資源利用について考えてみる。未成魚の漁獲は長崎県の平戸・生月周辺海域および有川湾に概ね限られている。今回の研究により未成魚はこのような狭い沿岸域にのみ来遊するのではなく、九州北西部海域において対馬海峡あるいは五島西沖といった広い範囲に分布することが明らかとなった。トビウオ類未成魚の漁獲量は年による変動が大きいことから、その加工品の原料の安定的な確保が課題となってくる。現在の漁場は漁業の許可によって制限を受けたものであるが、漁獲量が大きく変動する中であって原料不足の対策のためには例えば現在利用していない対馬海峡や五島西沖等での操業についても考える必要がある。

以上のように成魚や未成魚それぞれにトビウオ類の資源をさらに有効に利用できる余地が残されていると考えられるが、これらの資源を有効に活用するための方策を検討するにあたっては、その資源の実情についての的確な評価が行われることがまず肝要である。そして、その評価のためには現在の漁獲の実態や対象となる生物が持つ特性をまず明らかにすることが必要不可欠である。今回の研究により、九州北西部海域におけるトビウオ類について、その漁獲実態や成長、成熟、分布や回遊といった生物資源の

持つ基本的な特性や未成魚の資源加入について多くのことが明らかにされた。しかしながら、例えばトビウオ類とこれを捕食する生物との関係、南下した秋季以降のトビウオ類の実態、太平洋側のトビウオ類資源との関係の有無、あるいはトビウオ類の再生産関係などまだ不明な点は数多く残されている。今後はさらにこれらの課題をひとつひとつ明らかにし、有効な資源利用の方策や適正漁獲のあり方をさらに解明していく必要がある。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、懇切なるご指導とご校閲の労を賜った九州大学大学院教授中園明信博士に心より厚くお礼申し上げます。また、本論文をご校閲いただき有益なご助言を賜った九州大学大学院教授松井誠一博士および同松山倫也博士に深く感謝申し上げます。

共同研究者として特にトビウオ類の卵や稚仔魚の飼育にご尽力いただいた、琉球大学助教授立原一憲博士、長崎県総合水産試験場水田研究員および同門村和志研究員、東京都水産試験場堀井善弘研究員に感謝申し上げます。

本研究の機会を作っていただき、有益なご助言いただいた元長崎県総合水産試験場長四井敏雄博士、同試験場立石賢元場長、同小坂安廣場長、同田代征秋元漁業資源部長、同前迫信彦前漁業資源部長、同秋永高志漁業資源部長、同山本憲一海洋資源科長、同松村靖治栽培漁業科長をはじめ、長崎県総合水産試験場の関係職員の方々に感謝申し上げます。

また、本研究を進めるにあたり、東京大学海洋研究所教授渡邊良朗博士、同研究所白藤徳夫博士（現京都府立海洋センター）、西海区水産研究所資源生態研究室長塚本洋一博士にはトビウオ類の耳石観察のための機材提供およびご指導とご協力をいただいた。長崎県総合水産試験場宮木廉夫博士および同中田久博士（現長崎県県南水産業普及指導センター）には供試魚の飼育に関して種々ご教示をいただいた。(株)マリノリサーチの平井明夫博士には走査型電子顕

微鏡による魚卵の観察に関して種々ご教示をいただくとともに卵巣の組織観察についてご尽力いただいた。元長崎大学教授千田哲資博士、同道津喜衛博士、同田北徹博士、西海区水産研究所資源評価研究室長檜山義明博士、同研究室主任研究官大下誠二博士には種々ご指導をいただいた。

福岡県水産海洋技術開発センター、島根県水産試験場、兵庫県但馬水産技術センター、京都府立海洋センターの職員の方々には貴重な漁獲量統計等の資料を提供いただいた。元日本海区水産研究所海洋動態研究室長平井光行博士（現東北区水産研究所混合域海洋環境部長）、気象庁海洋課の職員の方々、山口県水産研究センターの職員の方々には貴重な水温情報等の資料を提供いただいた。

長崎県総合水産試験場調査船「ゆめとび」の船長ならびに乗組員の方々、五島漁協の職員の方々、新魚目漁協所属喜久丸の法村義勝船長ならびに乗組員の方々、同第二喜久丸の神園秀人船長ならびに乗組員の方々、小値賀町漁協所属秀洋丸の岩永敏廣船長、宇久町漁協所属美勝丸の中村勝人船長、生月漁協所属住福丸の枡屋健治船長には長崎県海域における卵や稚仔魚等の採集およびトビウオ類の目視観察調査にご協力いただいた。鹿児島県水産技術開発センター久田安秀研究員（現鹿児島県熊毛支庁農林水産課）、同久保満研究員、屋久町漁協所属洋丸の鹿島義秀船長には鹿児島県海域における卵の採集調査にご協力いただいた。

屋久町漁協、野間池漁協、野母崎三和漁協、平戸市漁協、生月漁協、新魚目町漁協、有川漁協、上五島町漁協、上対馬町漁協、長崎県漁協連合会県南事業所、同田平事業所、福岡市漁協、須佐漁協の職員および関係漁業者の方々、満村水産の満村盛文氏、長崎県県北水産業普及指導センターおよび上五島水産業普及指導センターの職員の方々には漁獲物における標本の採集や漁獲量データ等の提供にご協力いただいた。

以上の方々への心からの感謝の意をここに記す。

文 献

- Abe O., Kawano M. and Teshima K. (1993) Ovarian maturation and spawning of flying fish, *Cypselurus hiraii*, in the southwest Japan Sea. Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., 71, 67-81.
- 安達二期・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.
- 安達二期・由木雄一 (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.
- 池田知司, 水戸敏 (1988) 卵と孵化仔魚の検索. 「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編) 東海大学出版会, 東京, 999-1083.
- 一丸俊雄・立原一憲 (1995 a) ツクシトビウオとホソトビウオの耳石に見られる微細輪紋. 長崎水試研報, 21, 1-6.
- 一丸俊雄 (1995 b) 長崎県沿岸に出現するトビウオ類未成魚の日齢と来遊特性. 長崎水試研報, 21, 7-15.
- 一丸俊雄・水田浩二・中園明信 (1999 a) 長崎県北部沿岸に来遊するトビウオ類未成魚の来遊サイズの年変動. 平成13年度日本水産学会大会講演要旨集, 42pp.
- 一丸俊雄・中園明信 (1999 b) 九州北西岸におけるツクシトビウオの成熟と産卵. 日水誌, 65(4), 680-688.
- 一丸俊雄・堀井善弘・中園明信 (2004) トビウオ科魚類数種の卵膜および連絡糸の微細構造. 平成16年度日本水産学会大会講演要旨集, 74pp.
- 一丸俊雄・門村和志・中園明信 (2005 a) ホソアオトビの耳石に見られる微細輪紋と成長. 平成17年度日本水産学会大会講演要旨集, 36pp.
- 一丸俊雄・水田浩二・中園明信 (2005 b) ホソアオトビの卵の形態と九州近海における産卵期. 日水誌 (投稿中)
- 今井貞彦 (1959) 日本近海産トビウオ類の生活史の研究 I. 鹿児島大学水産学部紀要, 7, 1-85.
- 今井貞彦 (1960) 日本近海産トビウオ類の生活史の研究 II. 鹿児島大学水産学部紀要, 8, 1-45.
- Woodruff S. D., R. J. Sultz, R. T. Jenne, and P. M. Steurer (1987) A Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set. Bull. Amer. Meteor. Soc., 68, 1239-1250.
- Oshimo S., Nagasani H., Ichimaru T. (1997) Growth of 0-age Japanese Sardine in the Waters off the Western Coast of Kyushu. Fisheries Science, 63, 659-663
- Oxenford H. A., Hunte W., Campana S. E. (1994) Otolith age validation and growth rate in flying fish (*Hirundichthys affinis*) from the eastern Caribbean. Marine Biology, 118, 585-592.
- 岡地伊佐雄 (1958) 日本海産トビウオ類の形態的特性と成長. 日水研年報, 4, 15-24.
- 傍島直樹, 船田秀之助 (1988) 若狭湾西部海域におけるサヨリの漁業生物学的研究 I 産卵生態. 京都府海洋センター研報, 11, 51-60.
- 河野光久 (1988) 山口県沿岸に来遊するトビウオ類 (ホソトビウオ・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収録, 12, 39-51.
- 河野光久 (1995 a) 日本海南西部におけるトビウオ類稚仔の分布. 山口外海水試研報, 25, 1-6.
- 河野光久 (1995 b) 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.
- 河野光久・阿部寧・田中伸和・手島和之 (1995) 目視観察に基づく日本海におけるトビウオ類の分布と移動. 水産海洋研究, 59, 123-129.
- 河野光久 (1997) 日本海南西部におけるツクシトビウオの成熟と産卵. 山口県外海水試研報, 26, 65-70.
- 河野光久 (1998) ホソトビウオ (*Cypselurus hiraii* Abe) の資源生物学的研究. 九州大学提出学位審査論文, 1-113
- 気象庁海洋気象部海洋課 (1990) 旬平均海面水温解析, 測候時報. 57(6), 283-291
- 気象庁海洋気象部 (1991) 北西太平洋・全球海面水温平年分布図. 51pp.
- 九大水産第2教室 (1959) 日本産魚類の稚魚期の研

究—第1集.

- 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, 3-84.
- 国出正一, 小出高弘(1962)さより *Hemiramphus sajori* (Temminch et Schlegel) の生態学的研究. 内水研報, 18, 1-9.
- 児島俊平 (1969 a) 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.
- 児島俊平 (1969 b) 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.
- 児島俊平 (1969 c) 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.
- 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.
- 近藤啓, 道津喜衛 (1981) 五島列島中通島有川湾に來遊するトビウオ類の生態と漁業. 五島の生物, 1, 長崎県出版文化協会, 長崎, 225-235.
- 塩川司 (1962) 沿岸における小型刺網漁業とその資源 I. トビウオ刺網漁業. 日水誌, 28, 574-578.
- 塩川司 (1966) トビウオ (ホソトビ) の産卵生態とその漁具への応用. ミチューリン生物学研究, 2(2), 245-257.
- 白藤徳夫 (2004) 串本周辺海域におけるキビナゴの生活史と資源加入機構に関する研究. 東京大学学位論文, 1-102
- Stehr C. M., Hawks J. W. (1979) The comparative ultrastructure of the egg membrane and associated pore structures in the starry flounder, *Platichthys stellatus* (Pallas), and pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum). Cell Tissue Res., 202, 347-356
- 巢山哲・桜井泰憲・目黒敏美・島崎健二 (1992) 中部北太平洋におけるサンマ *Cololabis saira* の耳石日周輪に基づく年齢と成長の推定. 日水誌, 58(9), 1607-1614.
- 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.
- Takahashi M., Watanabe Y. (2004) Growth rate dependent recruitment of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in the Kuroshio-Oyashio Transitional waters. Mar. Ecol. Prog. Ser. In press.
- 田中信和・下山俊一・大谷徹也・河野久光 (1991) 日本海西部海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.
- Chen S. C. (1978) The development of reared larvae of a flying fish *Hirundichthys oxycephalus*, in the laboratory. Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., 30, 301-307. (in Chinese)
- Chen CH. (1987) Studies of the early life history of flying fishes (family Exocoetidae) in the northwestern Pacific. Taiwan Mus. Sp. Publ. Ser., 7, 1-203. (in Chinese)
- Tsuji S. and Aoyama T. (1984) Daily Growth Increments in Otolith of Japanese Anchovy Larvae *Engraulis japonica*. Nippon Suisan Gakkaishi, 50, 1105-1108.
- 塚原博・塩川司・稲尾正 (1957 a) 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). 九大農学部学芸雑誌, 16(2), 287-302.
- 塚原博・塩川司・稲尾正 (1957 b) 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). 九大農学部学芸雑誌, 16(2), 303-311.
- 東京都 (1991) ハマトビウオ資源動向調査中間報告書, 1-125.
- 東京都 (2004) 平成15年事業成果速報, 10pp.
- Hayashi A., Yamashita Y., Kawaguchi K. and Ishii T. (1989) Rearing Method and Daily Otolith Ring of Japanese Sardine Larvae. Nippon Suisan Gakkaishi, 55, 997-1000.
- Pannella G. (1971) Fish otoliths ; daily growth layers and

- periodical patterns. *Science*, 173, 1, 124-1, 127.
- 服部茂昌 (1966) カタクチイワシの産卵の変動と漁況. *水産海洋研究会報*, 8, 54-60.
- 原政子・栗田豊・渡部諭史・渡邊良朗・沖山宗雄 (1997) サンマの繁殖生態に関する基礎的研究：卵・精子の微細構造. *東北水研研報*, 59, 139-147.
- 原政子 (2003 a) イカナゴ配偶子の微細構造と機能的特性. *魚類学雑誌*, 50(1), 35-45.
- 原政子 (2003 b) キンメダイ卵膜の微細構造. *魚類学雑誌*, 50(2), 141-146.
- Vijayaraghavan P. (1973) Studies on fish eggs and larvae from Indian waters, I. Development of egg and larvae of *Hirundichthys (Hirundichthys) coromandelensis* (Hornell). *Ind. J. Fish.* 20, 108-137.
- 久田安秀 (2002) 熊本海域におけるトビウオ類の漁獲特性. *黒潮の資源海洋研究*, 3, 53-62.
- 平井明夫 (1991) 浮遊性魚卵の同定のための卵膜微細構造の研究. 長崎大学学位論文, 1-69.
- Bruun AFR. (1935) Flying-fishes (Exocoetidae) of the Atlantic, systematic and biological studies. Dana-Report (The Carlsberg Foundation's oceanographical expedition round the world 1928-30 and previous "Dana" expedition), 6, 1-106.
- Breder CM. Jr. (1938) A contribution to the life histories of Atlantic Ocean flying fishes. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, 6, 1-126.
- 深滝弘 (1964) 対馬暖流水域を南下するサンマの性比について. *日水研研報*, 13, 25-30.
- 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. 日本海西部沿岸域に生息するトビウオ類に関する共同研究報告書, 1, 31-64.
- 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.
- 増田恵一 (1988 a) 日本海西部沿岸域におけるトビウオ類の漁業実態. 日本海西部沿岸域に生息するトビウオ類に関する共同研究報告書, 1, 1-18.
- 増田恵一 (1988 b) 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. 日本海西部沿岸域に生息するトビウオ類に関する共同研究報告書, 1, 1-18.
- 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.
- 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.
- Meekan MG., Fortier L. (1996) Selection for fast growth during the larval life of Atlantic cod *Gadus morhua* on the Scotian Shelf. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 137, 25-37.
- 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. 日本海西部沿岸域に生息するトビウオ類に関する共同研究報告書, 1, 19-29.
- Lonning S. (1972) Comparative electron microscopic studies of teleostean eggs with special reference to the chorion. *Sarsia*, 49, 41-48.
- 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.

Summary

The Life Cycle of Three Species of Flying Fish in the North Western Waters of Kyusyu and the Recruitment of Young Flying Fish to the Fishing Ground

Toshio ICHIMARU

Fishing status

Flying fishes are caught by set nets and boat seines in the north western coastal waters of Kyusyu. Most of the catches are young flying fish in autumn; the species being *Cypselurus heterurus*, *Cypselurus hiraii*, and *Hirundichthys oxycephalus*. The ratio of *H. oxycephalus* in the catch with boat seine is always higher than that with set net, and yearly change in the ratio of *H. oxycephalus* with both fishing gears is similar. When the young flying fishes were collected with scooping-up nets, the ratio of *H. oxycephalus* was higher than that with other fishing gears, and a difference in the movement of the flying fish was observed by species. This difference of movement may be the cause of difference of ratio by each fishing gear.

Maturation and spawning

Most of the catches with set nets, operated in the near shore, were male in the early fishing season, and according with passage of fishing season the female ratio increased gradually in *C. heterurus*. Eighty percent of the catches with seine nets, operated in the offshore, were female.

GSI of the female was higher in the catches of the offshore than the near shore. The frequencies of the oocyte diameter showed that ovaries have a small and middle sized oocyte group, and large sized maturing oocyte groups. Ovaries of the offshore catches have large sized oocytes, and ovaries of the near shore catches have small and middle sized oocytes or the transparent oocytes remaining without spawned at the latest spawning. Ninety seven percent of the female catches in the near shore have postovulatory follicles in the ovaries.

These results show that the male and female come to the north western coastal waters of Kyusyu in spawning season as separate group: the male is in the near shore, the female is in the offshore. When ripened the female go to the near shore for spawning, and immediately after spawning comes back to the offshore. The spawning times of *C. heterurus* are thought to be at least twice during a spawning season.

The Maturation and spawning of *C. hiraii* closely resemble that of *C. heterurus*. After spawning in the north western coastal waters of Kyusyu, *C. hiraii* migrate into the Sea of Japan which is the main spawning area.

The eggs of *H. oxycephalus* were 1.6-2.0 mm in diameter. Three types of filaments were recognized. One was a single filament of 20 μm , the others were 5-7 filaments of 10 μm , and 9-14 filaments of 6 μm . The number of filaments observed in *H. oxycephalus* was similar to that of formerly reported in *H. coromandelensis*, however thinner diameter of *H. oxycephalus* filaments than that of *H. coromandelensis* make it possible to distinguish between the two species. The eggs were collected in Kagoshima from May to July, and in Nagasaki from July to August, and this difference seems to be due to the difference of water temperatures between two localities.

Adult fish of *H. oxycephalus* were collected in the water offshore Goto islands; the first time its existence

around Tushima current area was found. As other species, the spawning times of *H. oxycephalus* are thought to be at least twice during a spawning season.

The ultrastructure on the egg membranes of the flying fish was studied under SEM. Egg membranes have multiple layers. The egg membrane of *H. oxycephalus* is thin, and the number of the layers was less than that of the other flying fish. It was thought that the ultrastructure of vertical section of the egg membrane is related to the spawning place; the egg of *H. oxycephalus* is similar to the floating egg, and that of other flying fish is similar to the demersal egg.

Daily age and growth

Three species of flying fish larvae, hatched from artificial inseminated eggs or eggs collected from drifts, were reared for 50 days. These larvae were collected at intervals of 5 days and three types of otolith (sagitta, asteriscus, lapillus) were taken out from each specimen. A ring formation was observed around the nucleus of the otolith. Counting of the number of otolith rings was easy on sagitta and lapillus. On the other hand it was difficult that of asteriscus for their unclearness of ring marks.

The relationship between days after hatching and otolith increment was expressed by a liner relation with its inclination is nearly one. It was suggested that rings on sagitta and lapillus were formed daily. Large size otolith needed to grind on its surface for counting the number of rings. Therefore, lapillus was one of the fittest parts in otolith for age determination to these species of flying fishes.

It was different that the size of young flying fish came to the costal waters of Nagasaki Prefecture, and yearly change of size resembled well in each species. The size of young flying fish and the water temperature of the sea area where they grew up was a liner relation.

Daily rings of otolith from flying fish catch were analyzed, and growth equations were derived for each species. It was thought that the growth of the flying fish appears to be different by the year due to the changes in water temperature. By analyzing the growth records from the otolith of *H. oxycephalus*, it was thought that larvae with good growth 20 to 60 days after hatching survive and become young flying fish. Hatching day of *C. heterurus* and *C. hiraii* was from May to August, *H. oxycephalus* was from April to August.

Distribution and Migration

Distribution of flying fish was examined based on the flying fish sighting observation. The analysis of photograph of adult flying fish, wing length and ratio of pelvic fin length to pectoral fin length, make it possible to distinguish between these three species. *C. heterurus* and *C. hiraii* migrate to offshore in small schools, and *H. oxycephalus* migrate to offshore in large schools. Adult flying fish were sighted most frequently in July, which did not correspond to the amount of set net catch in shore. Young flying fish were sighted most frequently in September. The distribution of young flying fish shows that *H. oxycephalus* migrated from the western waters of Goto islands and other two species migrated from the Sea of Japan to join in the Tsushima strait, and from there, continued migrate south.

Adult fish of *C. heterurus* migrated to the costal waters of Nagasaki Prefecture following *C. hiraii* in autumn, and the young fish of *C. heterurus* migrated after other two species. This is indicated by the ratio of *C. heterurus* in the catch corresponding to the peak catch.

Early hatched fish come first, and late hatched fish come last to the coastal waters of Nagasaki Prefecture in autumn. Change of the hatching day in each sampling time shows fishes go out to another area rapidly, the short fishing season and no change of fork length averages on the same sampling point was thought to be the influence of this fast moving.

The influence of the wind on the daily young flying fish catch amount was analyzed. The catch amount increases on days with a strong north wind or east wind only in years with high ratio of *H. oxycephalus*. This was due to the characteristic that *H. oxycephalus* lives on the surface of water.

From this study, the life cycle of three species of flying fishes in the north western coastal waters of Kyusyu becomes clear. The life cycle of *C. heterurus* is similar to that of *C. hiraii*, but that of *H. oxycephalus* is different from other two species, especially in characteristic of spawning.

This study provides new information about adult flying fish resources, the influence from environmental factors of water temperature or wind condition, and the process of hatched fish joining young flying fish resources. And its also provides information about the yearly change of the size of young flying fish and the reason there is a yearly difference in the timing that young flying fish come to fishing area. This information is necessary to evaluate the stock status correctly and to utilize the flying fish resources effectively.