

日本海における  
ブリの資源生態に関する研究

村 山 達 朗

1991

# 日本海におけるブリの資源生態に関する研究\*

## 目 次

序 論	1
第Ⅰ章 漁獲統計資料の解析	3
第1節 はじめに	3
第2節 解析に用いた漁獲統計資料	3
第3節 漁獲統計資料の解析結果	4
1. ブリ漁獲量経年変動の海域差	4
2. ブリ成魚の来遊量の経年変動	5
3. ブリ未成魚の来遊量の経年変動	6
4. 漁獲物年齢組成の海域差	8
第4節 考 察	10
第Ⅱ章 標識放流再捕結果からみた未成魚の回遊	12
第1節 はじめに	12
第2節 解析に用いた資料	12
第3節 未成魚の標識放流の結果	14
1. モジャコの標識放流の結果	14
2. 0歳魚の夏, 秋季における標識放流の結果	16
3. 1歳魚の夏季における標識放流の結果	19
4. 1歳魚の秋季における標識放流の結果	20
第4節 考 察	21
第Ⅲ章 成長速度の時代的变化と海域差	26
第1節 はじめに	26
第2節 年齢推定に用いた試料とその処理方法	26
第3節 年齢推定の結果	28
1. 輪紋形成の定期性の検討	28
2. 成長速度の時代的变化	30

3. 海域による成長差 .....	30
第4節 考 察 .....	37
第Ⅳ章 水温が成長に及ぼす影響 .....	39
第1節 はじめに .....	39
第2節 成長の推定に用いた資料と方法 .....	39
第3節 成長の推定結果 .....	41
第4節 考 察 .....	44
第Ⅴ章 東シナ海におけるブリの産卵場と稚魚の輸送 .....	46
第1節 はじめに .....	46
第2節 漁獲統計資料, 魚体測定および海況変動の資料 .....	46
第3節 産卵場の推定, モジャコの出現状況および流況の解析結果 .....	47
1. 東シナ海におけるブリの産卵場の推定 .....	47
2. 各海域へのモジャコの出現状況 .....	51
3. 産卵場周辺海域の流況特性 .....	53
第4節 考 察 .....	57
まとめと要約 .....	58
謝 辞 .....	59
文 献 .....	60

## 序 論

ブリ *Seriola quinqueradiata* TEMMINCK et SCHLEGEL はわが国では出世魚として親しまれ、関西を中心とした西日本では正月魚として欠かせないものである。また、冬季に漁獲される本種の大型魚は「寒ぶり」と称して珍重され、特に富山湾や丹後半島に敷設されている定置網で漁獲されるものは有名である。近年では、ハマチ養殖と呼ばれる本種の養殖業も各地で盛んに行われている。漁業養殖業生産統計年報によれば1988年には本種の養殖生産量が16万トンを超え、海面魚類の養殖生産量の約70%を占めた。このハマチ養殖の普及により、本種はかつての高級魚から、四季を問わず食卓に上る、わが国で最も一般的な魚種の一つとなった。

さて、本種の漁獲量は1970年に5万5千トンと最高を示した後、減少を始め、最近では3万トン台まで低下した。特に太平洋側の中部以北沿岸域と日本海側の北部沿岸域では、商品価値の高い本種大型魚の漁獲量は著しく減少しており、それらの海域の漁業に深刻な影響を与えている。本種の採取漁業による漁獲量は、前述の養殖業によるその5分の1程度である。しかし、本種の養殖業はその種苗のほぼ全量をモジャコと呼ばれる天然の稚魚に頼っている。このため、本種の資源状態が悪化すれば、やがて養殖業にも大きな影響を与えるものと危惧されている。

本種の漁況や生態は、古くから多くの研究者の関心を集めてきた。特に三谷(1960)と東海区水産研究所ほか(1966, 1970)は、対馬暖流域と太平洋側沿岸域における本種の資源生態と漁況を包括的にまとめた。これらの研究によれば、本種は北海道から日本南部、韓国、東シナ海および台湾にいたる沿岸水域に分布する。主な産卵場は、東シナ海中部の大陸棚縁辺部と薩南海域および四国近海とされている。本種の稚魚は、産卵後1ヶ月前後から流れ藻に付き始め、流れ藻とともに黒潮や対馬暖流によって輸送される。この時期の本種の稚魚はモジャコと呼ばれ、前述のように養殖種苗として採捕される。産卵後早いものでは4ヶ月から、遅いものでも6ヶ月もすれば流れ藻から離れ、沿岸域に生息するようになる。未成魚期には季節的な深淺および南北移動は行いが、大規模な回遊は行わないとされている。3歳から4歳以上になると急速に移動範囲が広がり、日本周辺沿岸域を南北に大回遊する。以上のような知見が、本種の分布や回遊に関して、従来の研究で得られていた。

ところで、上述の知見は本種の漁獲量が比較的安定していた1960年代以前の資料に基づいている。前述のように本種の漁獲量は1970年代以降急激に減少した。また、養殖種苗として採捕されるモジャコも1960年代後半から急激に増加した。この間、本種を対象とする採取漁業も、定置網漁業の割合が低下し、旋網漁業や釣り漁業の比率が高まっている。前述の日本海側北部沿岸における本種の大型魚の漁獲量の著しい減少も、1960年代以降のことである。

これに対し、近年の本種の資源生態を検討した報告は極めて少ない。本論文は、1960年代以降の本種の資源生態を検討し、その変化を具体的に示すことを目的として行った研究の結果をとりまと

めたもので、次の5章からなる。すなわち、第Ⅰ章では、まず1960年代から近年にいたる日本周辺沿岸域の本種の漁獲統計資料を解析した結果について述べ、ついで本種の漁獲量の経年変動の長期傾向には海域差が認められ、1970年代以降、本種成魚の分布回遊に変化が生じている可能性があることを指摘する。そこで第Ⅱ章では、標識放流の結果から、また第Ⅲ章では、年齢形質の解析結果から、主に東シナ海と日本海の沿岸域に來遊する本種の回遊状況と生物学的特性について検討を加える。第Ⅳ章では第Ⅲ章で指摘した本種の海域による成長差の要因について、水温と成長率の関係から考察を行う。さらに、第Ⅴ章では、東シナ海での本種の産卵親魚の漁獲統計資料から、同海域における本種の産卵場の推定を行うとともに、産卵場周辺海域の流況特性に検討を加え、本種の稚魚の輸送過程について考察を行う。

なお、本論文の題目における「日本海」は、日本海の九州北部沿岸域および本州沿岸域の意味で用いた。

# 第 I 章 漁獲統計資料の解析

## 第 1 節 はじめに

ブリの年間漁獲量は、農林統計によると、太平洋側沿岸では1952年に過去最大の約3万トンに達したが、1950年代後半には約2万トン前後にまで減少し、1960年代後半まではほぼその水準で推移して比較的安定していた。しかし、1970年代前半からふたたび減少し始め、最近では1万トン前後で推移している。一方、東シナ海と日本海側沿岸では1950年代以降も年による多少の増減を繰り返しながらも全体としては増加傾向を示し、1970年ごろには約4万トンに達した。しかし、その後やや減少して、最近では2万5千トン前後の水準にある。

このような状況の中で、日本海側沿岸のブリ漁獲量は1970年代以降1万5千トンから2万トンと比較的安定している。ただし、序論で指摘したように、日本海の本州北部沿岸では大型魚の漁獲量は著しく減少している。

日本周辺沿岸域のブリの漁況は以上のような経過をたどっているが、1970年代以降のブリ漁獲統計資料を解析した例は少ない。そこで本章では、日本海側沿岸を中心に日本周辺沿岸域のブリ漁獲統計資料を解析し、ブリ漁獲量の経年変動について検討を加えた。

## 第 2 節 解析に用いた漁獲統計資料

漁獲統計資料として太平洋側については「漁業養殖業生産統計年報(1947-1986年)」を、また、東シナ海と日本海側については各府県(鹿児島県～青森県)の農林水産統計年報(1947-1986年)を用いた。漁獲量は、太平洋側の年齢組成資料として用いた「農林水産技術会議特別研究報告書、1966」の海域区分にしたがって、太平洋側については北部(北海道太平洋側～千葉県)、中部(東京都～三重県)および南部(和歌山県～鹿児島県)の海域に分けて解析する。東シナ海と日本海側については、日本海北部(北海道西岸～石川県)、日本海西部(福井県～山口県)および東シナ海(福岡県～鹿児島県)の海域ごとに漁獲統計資料を解析する。なお、鹿児島県の漁獲量は太平洋側と東シナ海に分離されていないので便宜的に2等分した。

親魚量の指標として東シナ海と日本海側については長崎県対馬と五島列島の4定置網漁業の体重銘柄別月別漁獲量を採用し、太平洋側については土佐湾と相模湾の主要定置網漁業のそれを採用した。すなわち、前年の11月からその年の5月までの体重別銘柄「ブリ」の漁獲量をその年の親魚量の指標とした。親魚量の指標は、対馬と五島列島では1965-1987年の23年間について、土佐湾では1967-1987年の21年間について、また相模湾では1970-1988年の19年間について解析した。なお、体重別銘柄「ブリ」の体重下限は、対馬と五島列島では5kg、土佐湾と相模湾では6kgである。本

種の生物学的最小形は三谷（1960）によれば尾叉長60cm，体重3kg前後である。このことからみて，本研究で用いた3海域の体重別銘柄「ブリ」の漁獲量は本種の成魚の漁獲量を示していると判断される。

未成魚量の指標としては，富山県，石川県および福井県の各水産試験場によって調査されている，これら3県の主要定置網漁業の0歳魚と1歳魚の年間漁獲量を採用した。未成魚量の指標は，富山県については1971-1986年の16年間について，石川県については1972-1989年の18年間について，および福井県については1969-1989年の21年間について解析した。

漁獲物の年齢組成に関する調査は，日本海側では北陸1府4県（京都府，福井県，石川県，富山県および新潟県）を中心に，1960年以来「ブリ予報技術連絡会議」によって比較的よく行われているので，そこでまとめられた資料を用いた。一方，太平洋側では1960年代に行われた「農林水産技術会議特別研究報告書，1966」以外，公表された年齢組成の資料はない。東シナ海域も一部の定置網漁業の銘柄別漁獲統計資料以外，長期の年齢組成を示した資料は存在しないようである。このため，年齢組成の経年変動の解析は日本海側のものに限定した。すなわち，日本海各府県の資料に基づいて推定を行った加藤・渡辺（1985）と村山（1988）の報告をもとに，年齢組成の経年変動を1955年から1985年までの31年間で5つの年代に分けて解析した。

漁獲対象魚年齢の海域差を，「日本海浮魚類長期漁海況予報会議」資料と村山（1988）に基づいて，日本海北部（石川県～新潟県）と日本海西部（島根県）の年齢別漁獲重量比で示した。太平洋側については「東海区水産研究資料集第1号，1967，同第2号，1969」をもとに1964年から1966年の漁獲物の年齢組成の平均値を海域別に示した。東シナ海については長崎県水産試験場資料をもとに，1983年から1988年の漁獲物の年齢組成の平均値を用いた。

### 第3節 漁獲統計資料の解析結果

#### 1. ブリ漁獲量経年変動の海域差

最初に，ブリ漁獲量の経年変動を海域ごとに検討する。Fig. 1に太平洋の北部・中部・南部，および日本海の北部・西部，ならびに東シナ海の本種の漁獲量の経年変動を示した。なお，Fig. 1の実線は3次のスプライン関数によって決定された長期傾向を表す。太平洋の南部と中部ではブリ漁獲量は1950年代前半に最大に達し，その後漸減する傾向にある。最近10年間では，それは中部ではほぼ一定，南部では若干増加傾向にある。北部では，中部・南部と同様にブリ漁獲量は1950年代前半まで増加し，その後，増減を繰り返しながらも1973年までそのまま高い水準を維持した。1950年代後半から1973年までの間では，北部のブリ漁獲量は，太平洋側の全域のその50%以上を占めていた。しかし，北部のブリ漁獲量も1974年以降顕著な減少傾向に転じた。このように，ブリ漁獲量の経年変動は，太平洋側では北部と中部・南部との間で1950年代後半以降かなり異なる傾向を示した。

一方，東シナ海と日本海側では1950年代以降，1970年ごろまで本種の漁獲量は増加傾向を示し，

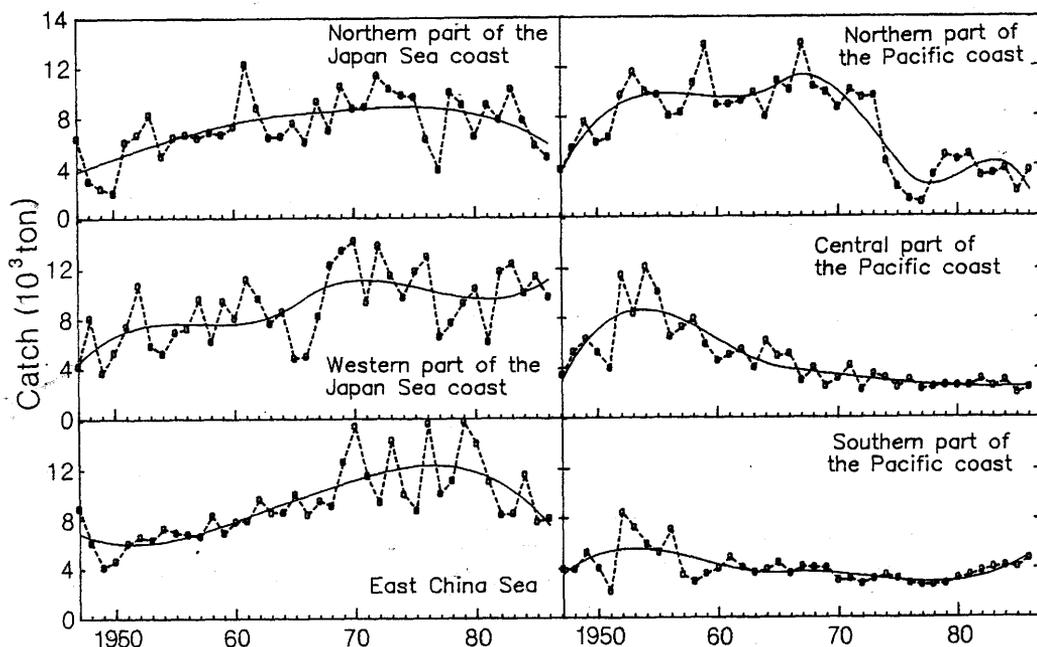


Fig.1. Yearly changes in catch of the yellowtail in six sea regions of Japan. Solid lines show long-term trends of yearly catches, drawn by the third order spline function.

その後現在までは、ほぼその高い水準を維持しながら増減しているようである。ただし、東シナ海では1980年ごろから若干減少傾向を呈している。特に注意すべきことは、東シナ海ではブリ漁獲量の経年変動が1960年代までは比較的小さかったが、1970年代から大きくなり、同時に3-4年の周期性が現れたことである。

上述のように、ブリ漁獲量の経年変動の傾向には、太平洋側と対馬暖流域との間でかなりの差が認められる。しかし、1973年までは対馬暖流域の各海域の傾向と、太平洋北部のそれとは比較的よく一致していることは興味深い。

## 2. ブリ成魚の来遊量の経年変動

Fig. 2に、対馬・五島列島、土佐湾および相模湾の主要定置網漁業による体重別銘柄「ブリ」(対馬・五島列島では5kg以上、土佐・相模湾では6kg以上)の11-5月における漁獲量(単位はkg)の推移を常用対数目盛で表した。漁獲量は、卓越年級群がほぼ3年周期で現れるということを考慮して(村山, 1987)、3ヵ年移動平均値を用いた。また、Fig. 2の直線は回帰直線である。相関係数は対馬・五島列島来遊群については-0.966、土佐湾来遊群については-0.507および相模湾来遊群については-0.786である。母相関係数 $\rho = 0$ という帰無仮説はStudentのt検定により対馬・五島列島来遊群と相模湾来遊群では1%有意水準で、一方、土佐湾来遊群については5%有意水準で棄却された。すなわち、3来遊群とも体重別銘柄「ブリ」の漁獲量は長期傾向としてはほぼ指数関数的に減少していることを示す。ここで、Fig. 2の回帰直線の傾きを $-r \log e$ で表したとき、

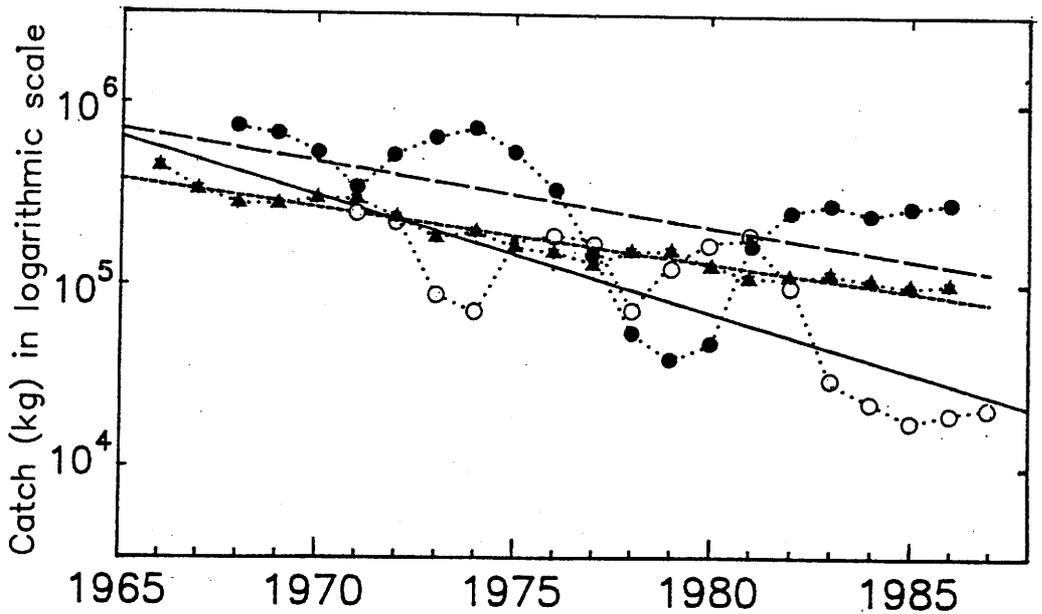


Fig.2. Yearly changes in catch of the adult yellowtail in setnet fisheries at Tosa Bay (solid circles), Sagami Bay (open circles), and Tsushima and Goto Islands (solid triangles). Broken, solid and dotted lines show regression to those at Tosa Bay, Sagami Bay and Tsushima and Goto Islands, respectively.

rを長期減少係数と呼ぶことにする。ここに、logは常用対数を表す。回帰直線の傾きから体重別銘柄「ブリ」の漁獲量の長期減少係数として対馬・五島列島来遊群では0.071/year, 土佐湾来遊群では0.082/yearおよび相模湾来遊群では0.149/yearが得られる。すなわち、体重別銘柄「ブリ」の漁獲量は長期的には対馬・五島列島来遊群(短破線)では6.9%, 土佐湾来遊群(長破線)では7.9%および相模湾来遊群(実線)では13.8%づつ、年々減っていることになる。これらの漁獲量は、いずれも大型定置網漁業によるものであることを考慮すれば、おおむね3漁場における成魚ブリの来遊量を示す1つの指数とみなしても差し支えないであろう。原(1990)は、日本海本州沿いの山口県から石川県までの定置網漁業による成魚ブリの漁獲量の経年変動を解析した。その結果、成魚ブリの日本海本州沿いへの来遊量が長期傾向としては指数関数的に減少していることを指摘した。その回帰直線から長期減少係数として0.16/yearが得られる。

### 3. ブリ未成魚の来遊量の経年変動

Fig. 3とFig. 4に、富山県、石川県および福井県の主要定置網漁業による0歳魚と1歳魚の年間漁獲量(単位は0歳魚はトン, 1歳魚はkg)の推移を常用対数目盛でそれぞれ表した。成魚ブリの漁獲量の場合と同様に3ヵ年移動平均値を用いた。また、Fig. 3とFig. 4における直線は回帰直線である。相関係数は、0歳魚については富山県来遊群では-0.333, 石川県来遊群では-0.691および福井県来遊群では-0.331である。また、1歳魚については富山県来遊群では0.259, 石川県来遊群では0.445および福井県来遊群では0.120である。母相関係数 $\rho = 0$ という帰無仮説はStudentの

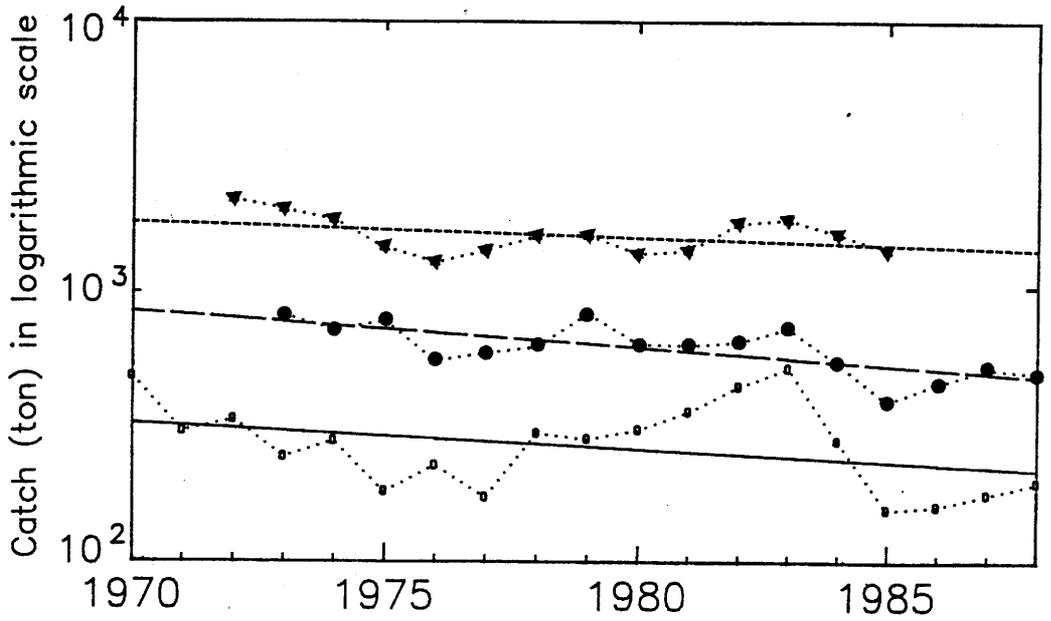


Fig.3. Yearly changes in catch of the 0-year-old yellowtail in setnet fisheries at Toyama Pref. (solid triangles) , Ishikawa Pref. (solid circles) , and Fukui Pref. (open circle) . Dotted, broken and solid lines show regression to those at Toyama Pref., Ishikawa Pref. and Fukui Pref., respectively.

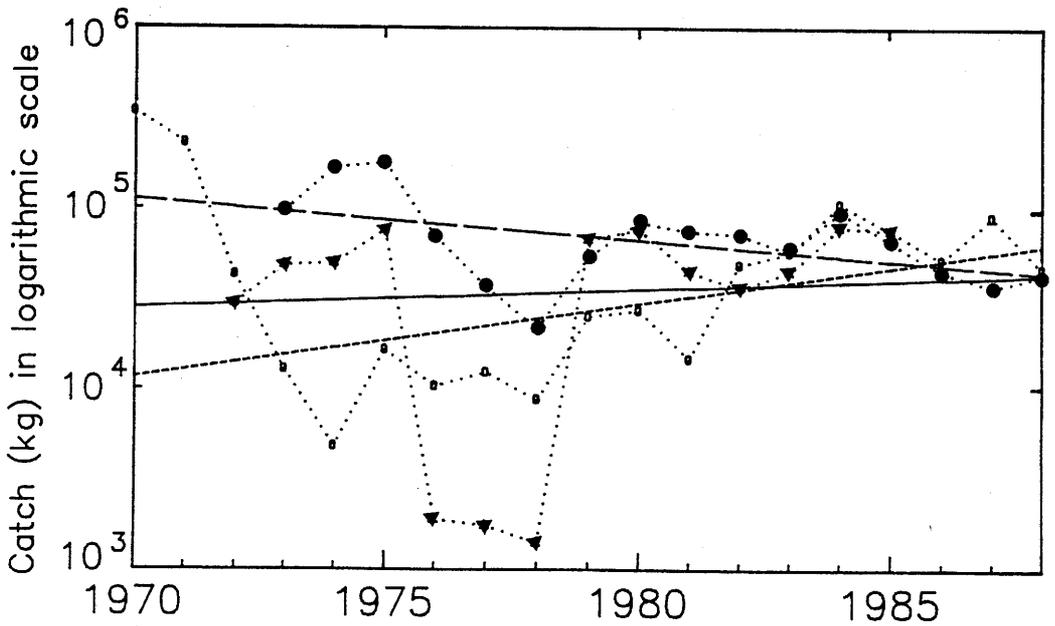


Fig.4. Yearly changes in catch of the 1-year-old yellowtail in setnet fisheries at Toyama Pref. (solid triangles) , Ishikawa Pref. (solid circles) , and Fukui Pref. (open circle) . Dotted, broken and solid lines show regression to those at Toyama Pref., Ishikawa Pref. and Fukui Pref., respectively.

t 検定により0歳魚の石川県では1%有意水準で棄却された。すなわち、石川県の0歳魚の漁獲量は長期的にはほぼ指数関数的に減少していることを示している。その長期減少係数を前述の成魚ブリの漁獲量の場合と同様な方法で求めると、0.031/yearとなる。すなわち、石川県の主要定置網漁業による0歳魚の漁獲量は長期的には3.1%づつ年々減っていることになる。しかし、この値は原(1990)が求めた成魚の漁獲量の長期減少係数(0.16/year)よりかなり小さい。一方、石川県を除いたほかの2県(富山県、福井県)の0歳魚、および1歳魚については、3県来遊量とも5%有意水準では母相関係数 $\rho = 0$ という帰無仮説は棄却されなかった。これは、来遊量が長期傾向としては増加も減少もしていないことを示している。いずれにしろ、これらの漁獲量は成魚の場合と同様いずれも大型定置網漁業によるものであることを考慮すれば、概ね3漁場における0歳魚と1歳魚の来遊量を示す1つの指数とみなしても差し支えないであろう。

前述のように、成魚ブリの来遊量は、少なくとも土佐湾、相模湾、対馬・五島列島および日本海本州沿いでは長期的には減少し、その程度は太平洋側でも対馬暖流域でも、いずれも北の海域ほど大きいようである。これに対し、0歳魚と1歳魚の来遊量は、少なくとも日本海の富山湾から若狭湾にかけての海域では長期的にはほぼ一定であった。もし、これが事実とすれば、ブリの漁獲量が1973年まで減少傾向を呈しなかった太平洋北部や、現在も顕著な減少傾向のみられない東シナ海と日本海側では、漁獲の主体を未成魚ブリに依存していたものと推察される。このことを確かめるために、次にブリ漁獲物の年齢組成を海域ごとに検討する。

#### 4. 漁獲物年齢組成の海域差

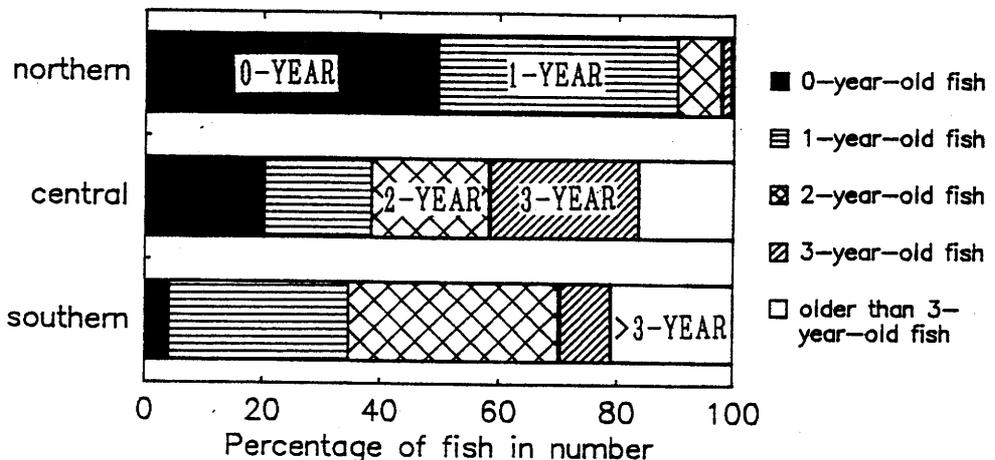


Fig.5. Average age-compositions of the yellowtail sampled along northern, central and southern parts of the Pacific coast of Japan during the period from 1964 to 1966 (Tokai Reg. Fish. Lab., 1967, 1969).

Fig. 5は1960年代の太平洋側の各海域におけるブリ漁獲物の年齢組成を表す。Fig. 5でわかるように、北部では0歳魚と1歳魚が、中部では0歳魚から4歳魚以上までほぼ均等に、南部では1歳魚以上が主に漁獲される。特に3歳以上の成魚は北部ではほとんど漁獲されない。日本海本州沿い

におけるブリ漁獲物の年齢組成の経年変化をFig. 6に示す。日本海側のブリ漁獲物は、80%以上が0歳魚と1歳魚によって占められていることがわかる。特に、1962年以降は、日本海側のブリ漁獲物では0歳魚が主体で、それが80%以上を占める。さらに、日本海側では漁獲物の年齢組成に1970年代以降大きな変化はないようである。1980年代前半の日本海側におけるブリ漁獲物の年齢組成を海域別にみると (Fig. 7) , 北部では西部に比較して若齢群を多く獲る傾向が認められる。また、1980年代の長崎県における年齢別ブリ

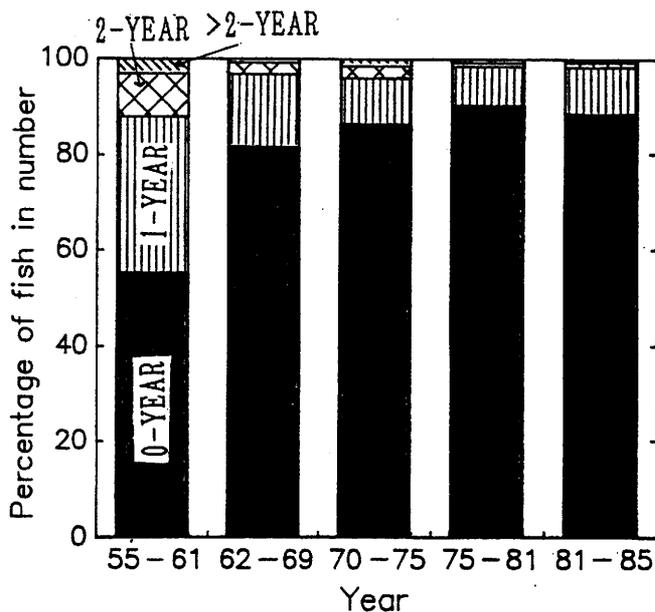


Fig.6. Long-term change of age-compositions of the yellowtail, in each of 5 to 8-year-olds, sampled along the Japan Sea coast from 1955 to 1985 (Kato and Watanabe, 1985; Murayama, 1988) .

Northern part of the Japan Sea coast

Off Shimane Pref.

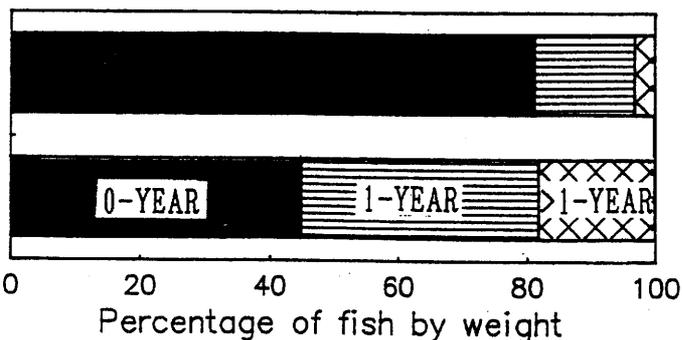


Fig.7. Average age-compositions of the yellowtail sampled in two areas of the Japan Sea, the northern part of the Japan Sea coast (Ishikawa Pref., Toyama Pref. and Niigata Pref.) and off Shimane Prefecture, during the period from 1981 to 1985 (Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab., 1986; Murayama, 1988) .

の漁獲尾数を示したFig. 8から明らかかなように、長崎県では0歳魚が漁獲に占める割合は日本海側に比べて低く、1歳魚がもっとも多く獲られる。3歳魚以上が占める割合も高いが、太平洋中部・南部にはおよばない (Fig. 5) 。このように、ブリ漁獲物において高齢

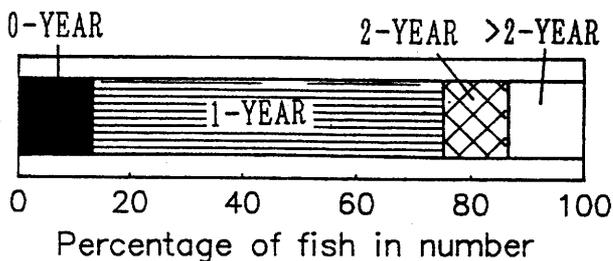


Fig.8. Average age-composition of the yellowtail sampled in Nagasaki Prefecture during the period from 1983 to 1988.

魚の割合が太平洋側でも、また、東シナ海と日本海側でも南の海域におけるほど高くなる傾向にある。さらに、長期的に減少傾向にある太平洋中部と南部では比較的高齢魚を、そのほかの海域では未成魚を主に漁獲していることがわかる。

#### 第4節 考 察

前節で、ブリの漁獲量の経年変動の長期傾向が、太平洋中・南部と東シナ海、日本海側および1973年までの太平洋北部とでかなり異なることを指摘した。すなわち、太平洋中・南部では長期的に減少傾向にあり、東シナ海、日本海側および1973年までの太平洋北部では比較的安定している。また、長期的に減少傾向にある太平洋中部と南部では比較的高齢魚を、そのほかの海域では未成魚を主に漁獲している。さらに、成魚ブリの来遊量は少なくとも土佐湾や相模湾、対馬・五島列島および日本海本州沿いでは長期的には減少していることを示した。しかし、例えば日本海本州沿いの富山湾から若狭湾にかけての海域では、成魚ブリの来遊量が長期的には減少しているにもかかわらず、0歳魚と1歳魚の来遊量は長期的にはほぼ一定であった。これについて日本海本州沿いを例として若干考察する。

親魚量の減少に対して、加入量が一定に保たれる機構としては、一般に密度低下による生残率、特に初期生残率、の上昇、いわゆる密度効果が考えられる。加藤・渡辺（1985）は日本海側沿岸のブリ漁獲物の年齢組成の経年変動を土井（1977）の迅速資料解析法を用いて解析した。その結果、漁業がない場合の日本海へ来遊するブリ成魚の総産卵数を100とした場合、日本海で漁獲対象となるブリ成魚の産卵数は1955—1961年には58、1962—1969年には10以下、1976—1981年にはわずか2以下にまで低下していることを指摘した。ブリの再生産関係は不明であるが、産卵量が処女資源の2%以下まで低下して、なお漁獲対象としての0歳魚の加入量を長期的に一定に保つほど生残率が密度効果によって上昇するとは考えにくい。

漁獲対象としての日本海への0歳魚の加入量の安定性が密度効果による生残率の上昇だけで説明できないならば、日本海で漁獲対象となっていない親魚群がどこかに存在すると考えざるを得ない。ブリの主産卵場は、対馬暖流の源流域（井上、1970）を含む黒潮が接岸する東シナ海の大陸棚縁辺部に沿って分布しているとされている（東海区水研ほか、1966）。前章で述べたように、ブリは稚魚期にはモジャコとして流れ藻とともに輸送される。また、前節で指摘したように東シナ海の北部に位置する長崎県では、日本海に比べて高齢魚を漁獲対象としている。したがって、ブリの生活史を考慮するならば、東シナ海に、日本海へ加入する0歳魚の大部分を補給する親魚群が存在する可能性が示唆される。

しかし、前述のように東シナ海における年齢組成をはじめとするブリの情報は極めて少ない。日本海の0歳魚の補給機構を明らかにするためには、東シナ海におけるブリの資源生態を明らかにすることが必要である。

次に、太平洋と対馬暖流域への成魚ブリの来遊量の長期傾向の海域差をいかに解釈すべきかが問題となる。一般に、本種の成魚は標識放流の再捕結果から、日本周辺海域を南北に大回遊するとされている（沢田ほか，1960；田中，1972a，1972b，1973；渡辺，1979）。もしそうであるとするならば、本種の成魚の来遊量の長期傾向は日本周辺の各海域でほぼ同じパターンになるはずである。しかし、前節で指摘したように、1960年代後半以降、成魚の来遊量は少なくとも太平洋側（土佐湾と相模湾）と対馬暖流域側（対馬・五島列島と日本海本州沿い）の両沿岸域で長期的には減少し、その程度は太平洋側でも対馬暖流域側でも、いずれも北の海域ほど大きいようである。このことは、必ずしも本種の成魚のすべてが、東シナ海に分布する産卵場と、太平洋側および対馬暖流域側の北部海域との間を南北に大回遊するわけではないことを示している。すなわち太平洋、対馬暖流域ともに北部海域へ来遊するものほど個体数の減少が著しいと考えられる。

前述の、本種の成魚が日本周辺沿岸域を南北に大回遊するという定説は、1960年代以前に行われた標識放流の結果から導き出された。前節で指摘した成魚来遊量の長期傾向は1960年代後半以降の資料に基づいている。これらのことから1960年代を境としてブリの生態に何らかの変化が生じた可能性が示唆される。そこで、次章から、標識放流の再捕結果と年齢形質の解析を行い、近年の、主に東シナ海と日本海側の各海域に来遊するブリの回遊状況や生物学的特性を明らかにする。

## 第Ⅱ章 標識放流再捕結果からみた未成魚の回遊

### 第1節 はじめに

本種の回遊については、標識放流結果と定置網漁業による本種の漁獲状況との解析から多くの報告がなされている。渡辺(1979)は対馬暖流域の本種の分布回遊について、主に1960年代以前に行われた標識放流の結果をまとめて以下のように報告している。モジャコとして対馬暖流により輸送されて日本海に流入した本種の0歳魚は、北海道沿岸から極前線(亜寒帯前線)までの日本海の広い範囲に分布する。0歳魚は秋冬季の水温低下とともに南下し、佐渡海峡以南の海域で越冬する。これらの海域で越冬した本種の1歳魚と2歳魚は大きな回遊を行わず、3歳の南下期から本格的な季節回遊を開始する。4歳以上では東シナ海と北海道沿岸域の間を回遊する、というものである。

しかし、前の第1章で日本周辺沿岸域のブリの漁獲統計資料を解析した結果、上述の本種の回遊状況が1970年代以降変化してきていることが示唆された。そこで、本章では日本海で主に漁獲対象となっている本種の未成魚の近年における回遊パターンを標識放流魚の再捕資料から検討する。

### 第2節 解析に用いた資料

モジャコ期のブリについては1975年、1976年および1983年に山陰沖で行われたモジャコの標識放流の再捕資料を用いた(内野, 1977; 北沢, 1984)。流れ藻から離れた0歳魚のブリについては、1984年と1985年に島根県東部沿岸域で行われた標識放流の再捕資料(北沢・村山, 1985; 村山・北沢, 1986)、1982年に富山湾で行われた標識放流の再捕資料(加藤, 1983)、および1984年に佐渡島で行われた標識放流の再捕資料(大塚, 1987)を利用した。1歳魚のブリについては、1988年に九州北西岸で行われた標識放流の再捕資料(山本・村山, 1990)と1989年に対馬で行われた標識放流の再捕資料(檜山・村山, 1990)を用いた。なお、未成魚の回遊パターンの年代の経過に伴う変化を検討するため、1960年代以前の0歳魚のブリについては、1964年、1967年および1968年に佐渡島で行われた標識放流の再捕資料(渡辺, 1978)を用いた。これらの放流位置、放流年月日、放流尾数、再捕尾数、放流魚の体長および年齢などの記録をFig. 9とTable 1に示した。

また、標識放流魚の再捕結果から推定されたブリの回遊経路と海況との関係を検討するため、日本海区水産研究所が発行している「漁場海況速報図」の100m深水温水平分布図と第八管区海上保安部が発行しているG E K (geomagnetic electrokinetograph, 電磁流速計)、B T (bathothermograph, 自記水温深度計) 観測成果表を用いた (Fig. 11)。

Table 1. Data of tagging experiment of the yellowtail carried out in the Japan Sea and the East China Sea during the period from 1964 to 1989.

No. of tagging experiment	Release					Total no. of fish recaptured	Remarks
	Locality	Date	Body size in fork length (cm)	Age	Total no. of fish released		
1	Sado Island	19-25 Nov. 1964	—	0	174	44	Watanabe (1978)
2	Sado Island	2-5 Dec. 1967	—	0	169	59	Watanabe (1978)
3	Sado Island	11-16 Dec. 1968	—	0	169	44	Watanabe (1978)
4	38° N, 134° E	25 July 1975	8.0-14.5	0	300	2	Uchino (1977)
5	36° N, 133° 30' E	21 July 1976	12.5-19.0	0	500	7	Uchino (1977)
6	36° 40' N, 133° 30' E	22 July 1976	12.5-19.0	0	500	11	Uchino (1977)
7	37° 20' N, 133° 30' E	22 July 1976	12.5-19.0	0	500	2	Uchino (1977)
8	38° N, 133° 30' E	22 July 1976	12.5-19.0	0	500	4	Uchino (1977)
9	Toyama Bay	25-26 Aug. 1982	24.5 (average)	0	961	233	Kato (1983)
10	Toyama Bay	26 Sep. 1982	31.1 (average)	0	969	212	Kato (1983)
11	Toyama Bay	25-26 Oct. 1982	34.0 (average)	0	970	186	Kato (1983)
12	Toyama Bay	17-18 Nov. 1982	34.3 (average)	0	968	181	Kato (1983)
13	37° N, 132° 38' E	2 Aug. 1983	13.0-14.0	0	551	1	Kitazawa (1984)
14	37° 30' N, 132° 30' E	2 Aug. 1983	13.0-14.0	0	757	1	Kitazawa (1984)
15	38° N, 132° 30' E	2 Aug. 1983	13.0-14.0	0	760	1	Kitazawa (1984)
16	Shimane Pen.	30 Aug. 1984	15.0-23.0	0	836	12	Kitazawa & Murayama (1985)
17	Hinomisaki Cape	20 Sep. 1984	21.0-27.0	0	995	79	Kitazawa & Murayama (1985)
18	Hinomisake Cape	6 Nov. 1984	26.0-34.0	0	558	41	Kitazawa & Murayama (1985)
19	Hinomisake Cape	18 Oct. 1985	29.0-37.0	0	108	1	Murayama & Kitazawa (1986)
20	Hinomisake Cape	28 Oct. 1985	31.0-40.0	0	418	10	Murayama & Kitazawa (1986)
21	Sado Island	31 Aug. 1984	24.8 (average)	0	391	42	Ohtsuka (1987)
22	Sado Island	5 Oct. 1984	29.1 (average)	0	600	159	Ohtsuka (1987)
23	33° 40' N, 129° E	10 June 1988	44.8 (average)	1	593	73	Yamamoto & Murayama (1990)
24	33° 29' N, 129° 16' E	28 June 1988	48.0 (average)	1	1180	9	Yamamoto & Murayama (1990)
25	Tsushima Islands	12 Oct. 1989	49.0-73.0	1,2	954	78	Hiyama & Murayama (1990)

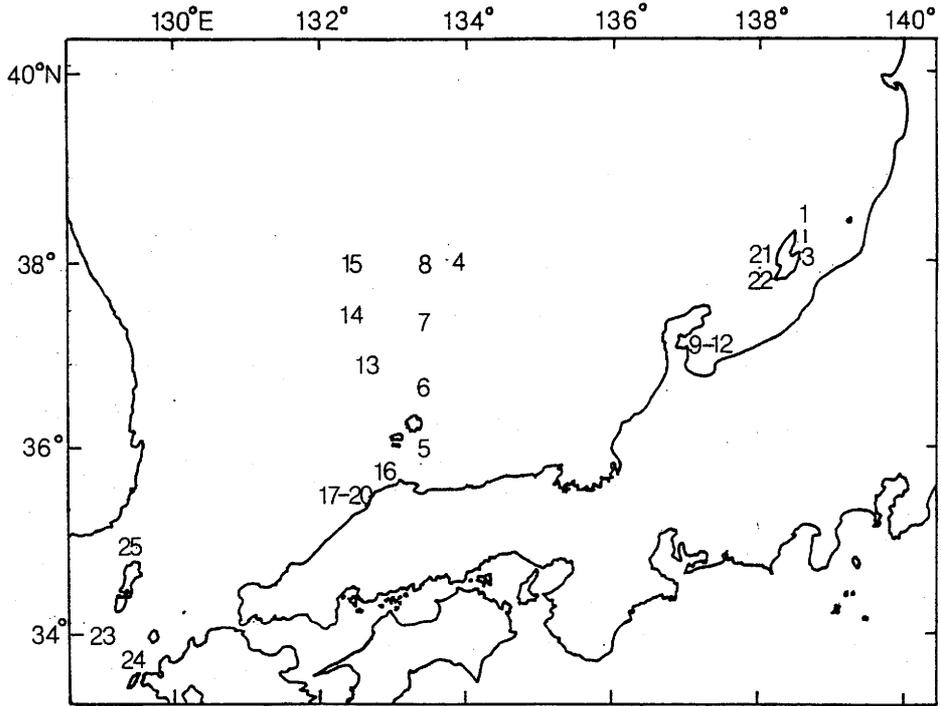


Fig.9. Locations of releasing of tagged yellowtails, dealt with in the present work. Numerals 1 to 25 are correspondent to the number of tagging experiment in Table 1.

### 第3節 未成魚の標識放流の結果

#### 1. モジャコの標識放流の結果

Fig.10に山陰沖で1975年、1976年および1983年に標識放流されたモジャコの放流位置と再捕位置を示した。再捕位置はすべて放流点より東の日本海の本州沿岸域で、能登半島以西で20尾、富山湾以東で9尾が再捕されている。放流点ごとに再捕位置を検討すると、隠岐島より本州寄りの海域で放流された標識魚はすべて能登半島以西で再捕されている。これに対し隠岐島より沖合側で放流された標識魚は富山湾以東で再捕される個体が認められる。特に北緯37度以北(放流地点番号4, 7, 8, 13, 14, 15)で放流された標識魚はほとんど富山湾以東で再捕されている。

前述のように本種の稚魚は流れ藻につき、海流によって数ヶ月間輸送される。このため、その輸送先は海流の影響を大きく受ける。そこで、次に再捕状況と海況との関係を検討する。Fig.11に再捕尾数の多かった(放流尾数合計2,000尾に対して、再捕尾数合計24尾)1976年7月の100m深水温水平分布を示した。なお水温の観測は1976年6月25日から7月22日の間に行われた。また、Fig.11には観測時期がずれてはいるが、1976年8月10-14日にG E Kにより観測された流速ベクトルも記入した。Fig.11から、能登半島以西への再捕が多かった放流点5と6の東側には舌状冷水域が存在

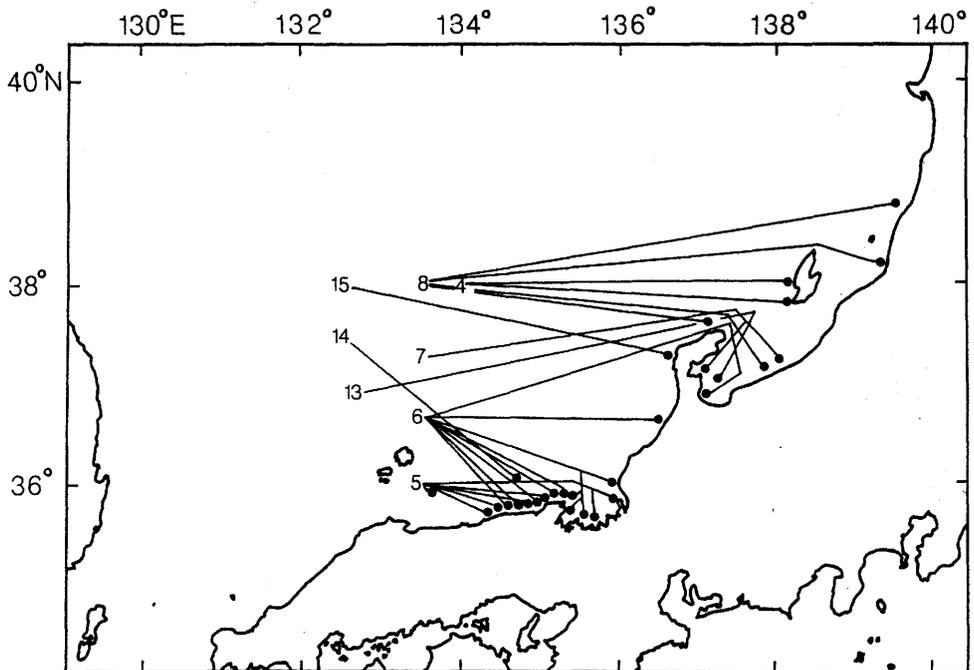


Fig.10. Locations of releases and recaptures of the 0-year-old yellowtail (Mojako) in 1975, 1976 and 1982 (Uchino, 1977; Kitazawa, 1984) .

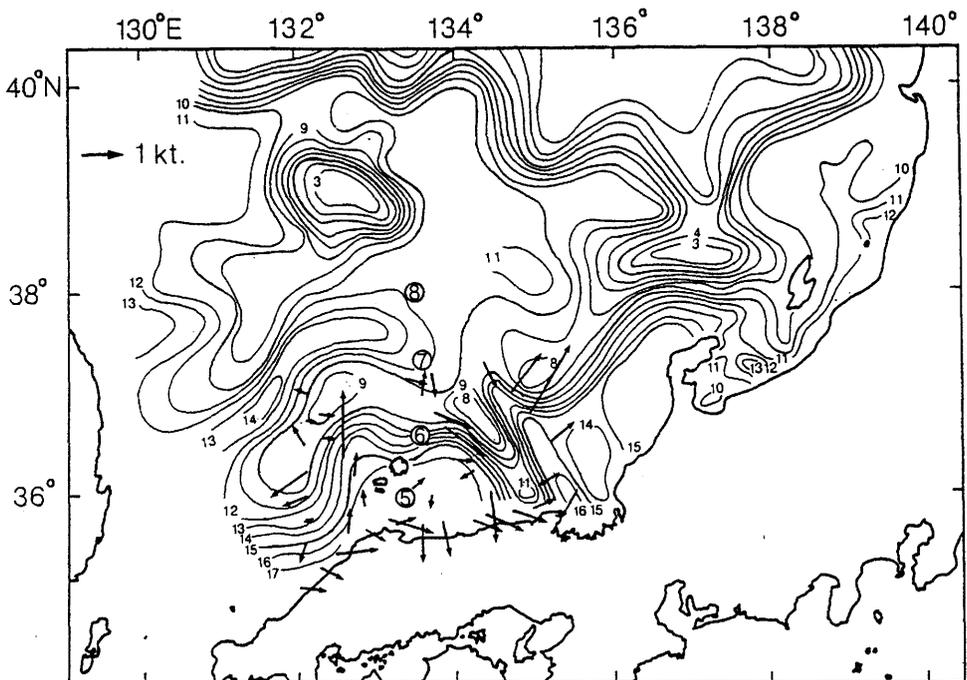


Fig.11. Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) at a depth of 100m in July, 1976. Arrows show current vectors (Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab., 1977; Maritime Safety Agency, 1977) .

し、その先端は本州に向かい、兵庫県沿岸域に達していることがわかる。放流点6はこの舌状冷水域の水温勾配の大きい部分に位置している。流速ベクトルからみて、等温線の密な部分には等温線に沿った比較的強い流れが存在することがわかる。放流点6で放流された標識魚はこの流れによって兵庫県沿岸域に輸送されたものと推測される。放流点5で放流された個体も東進すればこの流れに突き当たり捕捉されるので、再捕海域は放流点6とほぼ同じ海域になったものと考えられる。これに対し、放流点7と8は舌状冷水域より北側に位置する。この舌状冷水域の東側にはやはり等温線の密な部分が存在し、それは能登半島沖まで続き、その延長は能登半島から佐渡島にかけての海域で本州に向かっている。放流点7と8で放流された個体は、舌状冷水域の北側を通り、舌状冷水域の東北東にある流れに乗って能登半島北端から佐渡島まで輸送されたものと推察される。

## 2. 0歳魚の夏、秋季における標識放流の結果

再捕海域を川尻岬、日御碕、地蔵崎、経ヶ崎、越前崎、珠州崎、富山県と新潟県の県境、新潟県と山形県の県境および男鹿半島で区分した8海域（Fig.12）に分けて、島根県東部海域、富山湾お

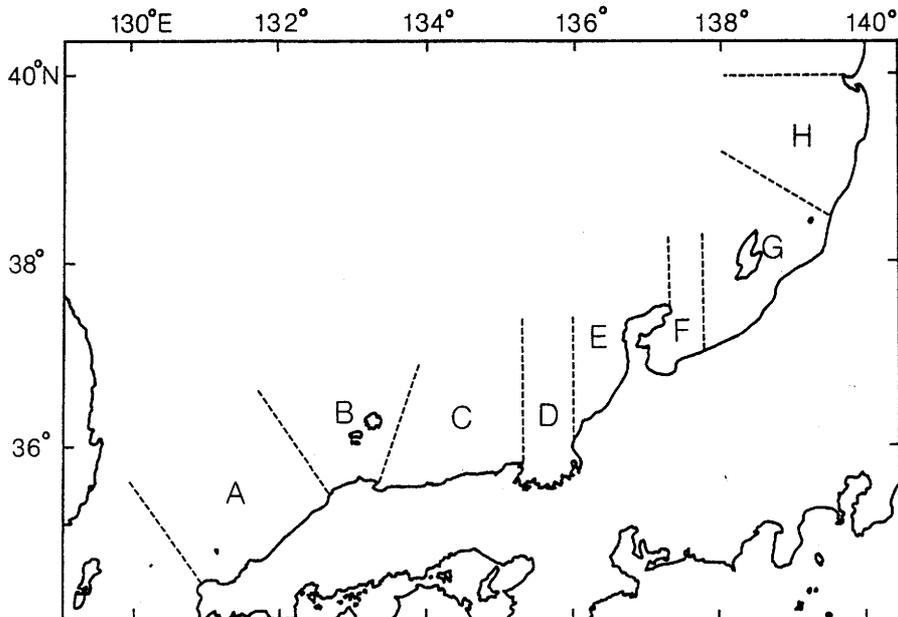


Fig.12. Recapture regions.

よび佐渡島で8月、9月、10月および11月に放流された0歳魚の再捕結果を示した（Fig.13～Fig.16）。再捕結果の図では、放流年とその翌年の2ヶ年間に再捕された尾数が示してある。なお、川尻岬以西と男鹿半島以北では再捕された個体はなかった。

8月に島根県東部で放流された個体は放流海域とその東隣の海域で再捕されている（Fig.13）。また、放流翌年に放流海域で2尾再捕されている。富山湾で放流された個体はほとんどが同湾内で

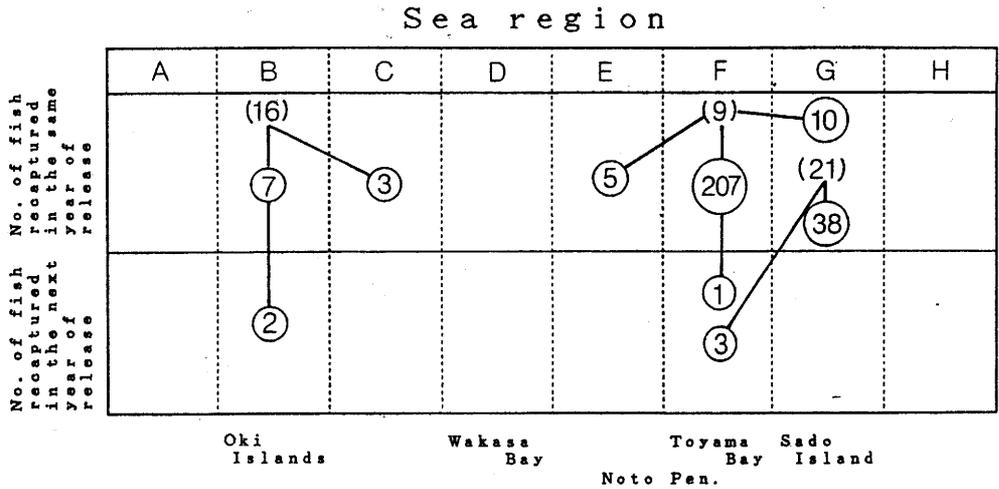


Fig.13. Relationship between release and recapture regions of the 0-year-old yellowtail in tagging experiments carried out in August in 1982, 1983 and 1984 in the Japan Sea (Kato, 1983; Kitazawa and Murayama, 1985; Ohtsuka, 1987). Locations of regions A-H are shown in Fig.12. Numerals in parentheses, (9), (16), and (21), represent location numbers of releasing shown in Fig.9. Numerals in circles are numbers of recaptures.

再捕されているが、一部は東および西の隣接海域でも再捕された。放流翌年の再捕は富山湾の1尾だけである。佐渡島で放流された標識魚もほとんどが年内に放流海域で再捕されているが、放流翌年に富山湾で3尾の再捕が見られた。

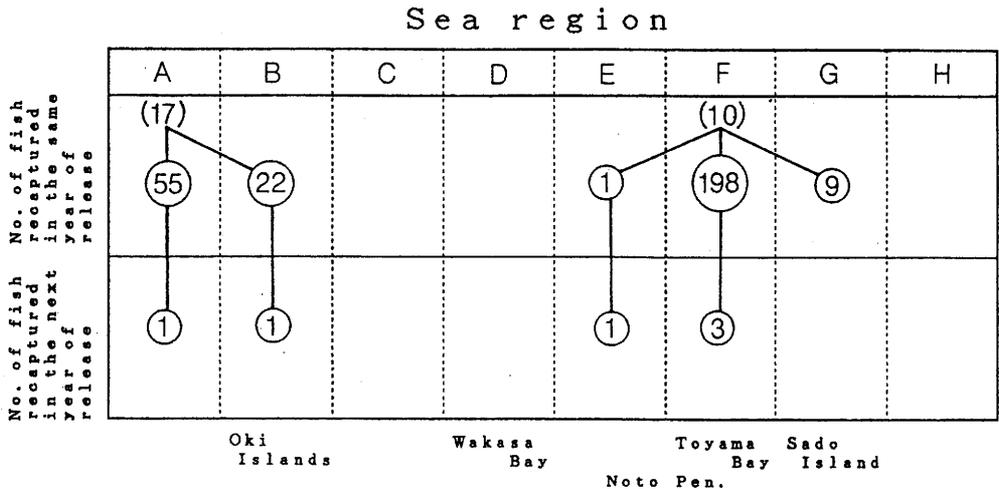


Fig.14. Relationship between release and recapture regions of the 0-year-old yellowtail in tagging experiments carried out in September in 1982 and 1984 in the Japan Sea (Kato, 1983; Kitazawa and Murayama, 1985). Numerals and symbols are the same as in Fig.13.

9月に島根県東部で放流された標識魚は放流海域とその東隣の海域で再捕されている(Fig.14)。放流翌年は同海域で1尾ずつ再捕されている。富山湾で放流された標識魚は、8月の場合と同様ほとんどが同湾内で再捕されているが、一部は東および西の隣接海域でも再捕された。また、放流翌

年の再捕が富山湾内で3尾、福井県で1尾あった。

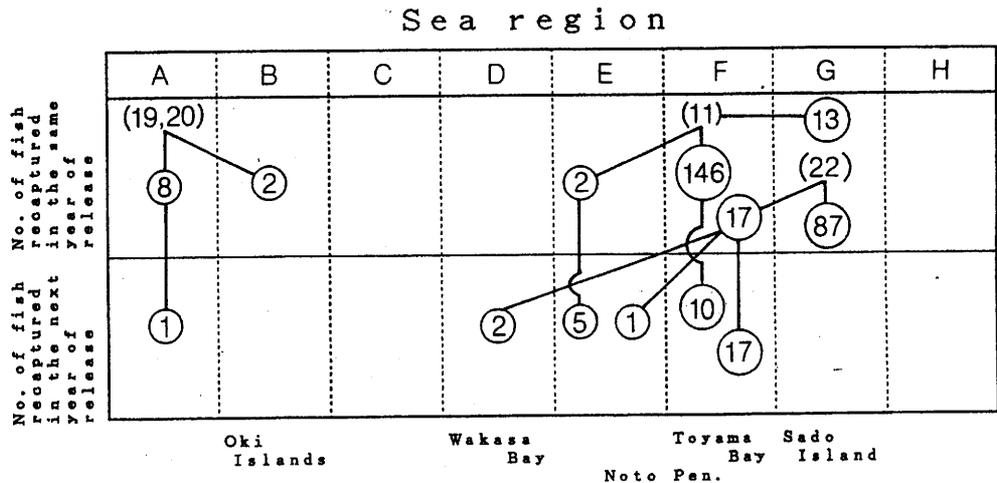


Fig.15. Relationship between release and recapture regions of the 0-year-old yellowtail in tagging experiments carried out in October in 1982, 1984 and 1985 in the Japan Sea (Kato, 1983; Murayama and Kitazawa, 1986; Ohtsuka, 1987). Numerals and symbols are the same as in Fig.13.

10月に島根県東部で放流された標識魚はほとんどが放流海域で再捕され、一部は放流海域の東隣の海域で再捕された (Fig.15)。また、放流翌年の再捕が放流海域で1尾あった。富山湾で放流された標識魚は、8月と9月の場合と同様、ほとんどが同湾内で再捕されているが、一部は東および西の隣接海域でも再捕された。また、放流翌年の再捕が富山湾内で10尾、能登半島外浦海域で5尾あった。佐渡島で放流された標識魚は大部分が放流海域で年内に再捕されているが、一部は西隣の富山湾でも再捕された。また、放流翌年の再捕が富山湾で17尾、能登半島外浦海域で1尾および若狭湾で2尾であった。

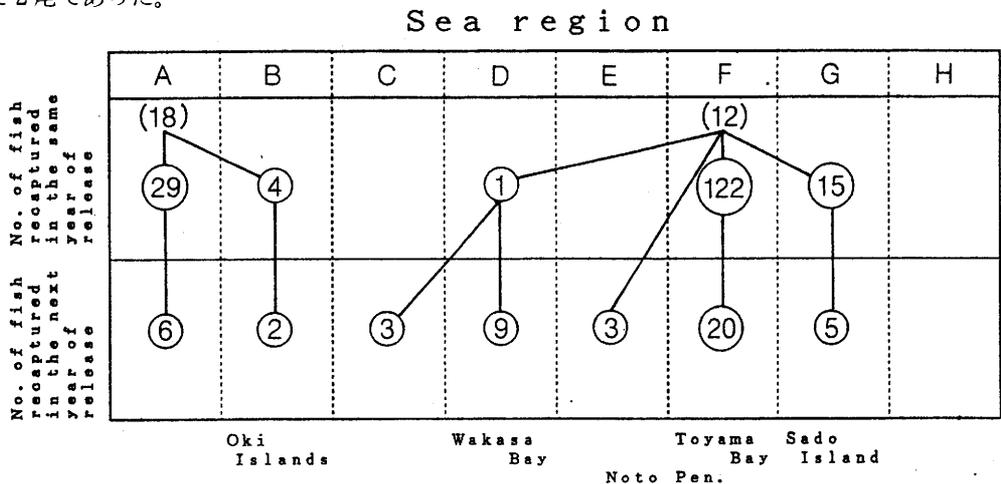


Fig.16. Relationship between release and recapture regions of the 0-year-old yellowtail in tagging experiments carried out in November in 1982 in the Japan Sea (Kato, 1983; Kitazawa and Murayama, 1985). Numerals and symbols are the same as in Fig.13.

11月に島根県東部で放流された標識魚は、10月の場合と同様、ほとんどが放流海域で再捕され、一部は放流海域の東隣の海域で再捕された (Fig.16)。放流翌年に放流海域で6尾、その東隣の海域で2尾再捕された。富山湾で放流された標識魚は、前月までと同様、年内に同湾内で大部分が再捕され、一部は東隣の海域でも再捕された。また、若狭湾でも年内に1尾再捕されている。放流翌年の再捕は新潟、佐渡島沿岸域から丹後半島までの比較的広い海域で見られた。再捕尾数は放流海域と、その西側の海域で大半を占め、放流海域の東側では少ない。

以上のように、流れ藻から離れ、沿岸域に來遊した本種の0歳魚の標識放流魚の再捕位置は、ほぼ放流海域とその隣接海域に限られている。前項のモジャコ期の再捕範囲と比較するとかなり狭い。この傾向は、島根県東部海域で放流した個体で顕著である。また、富山湾と佐渡島で放流した個体では、放流翌年の再捕位置が比較的広範囲にわたっている。しかし、佐渡島で放流された標識魚については放流翌年に放流海域以北で再捕された例は1尾もなく、また、富山湾で放流された標識魚も、放流翌年の再捕位置は放流海域以西で大半を占めていた。

### 3. 1歳魚の夏季における標識放流の結果

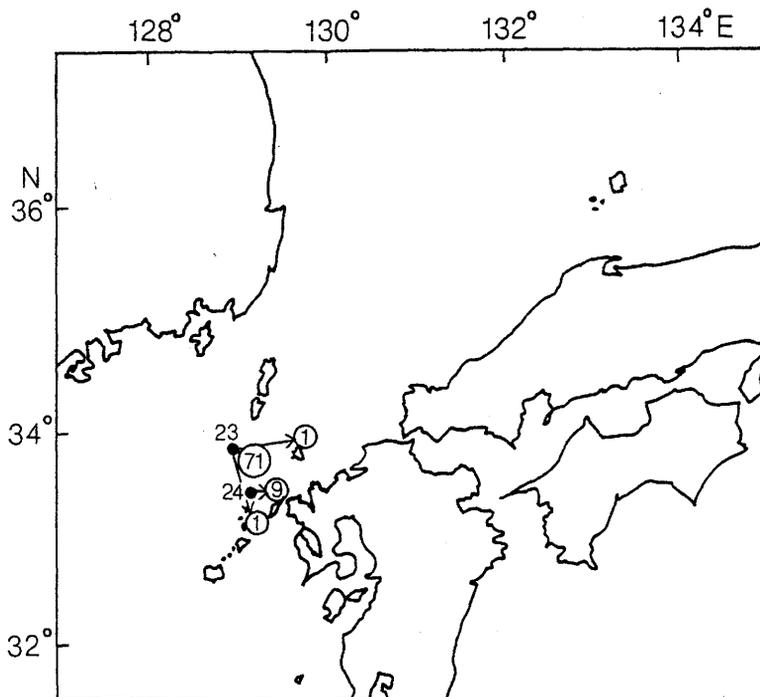


Fig.17. Locations of releases and recaptures of the 1-year-old yellowtail released in June in 1988 (Yamamoto and Murayama, 1990). Numerals 23 and 24 indicate releasing stations. Numerals in circles are numbers of recaptures.

Fig.17に1988年6月に標識放流を行った1歳魚の再捕結果を示した。放流点23で放流された標識魚は、放流当日に放流点近くで旋網により71尾が再捕され、その後は8月と9月に宍岐と平戸島沿



## 第4節 考 察

前節で対馬暖流域における本種の0歳魚と1歳魚の近年の標識放流の再捕資料を検討した。その結果、モジャコ期には山陰沿岸から北陸沿岸まで大きく移動することが示された。また、流れ藻から離れ、沿岸域に来遊した0歳魚と1歳魚は、少なくとも対馬周辺海域から山陰沿岸にかけては、1960年代以前と同様、大きな移動を示さないようである。これに対して、能登半島以北の北陸沿岸における0歳魚の再捕範囲は、山陰沿岸と対馬周辺海域における標識放流結果と比較して、やや広範囲におよんでいる。そこで本節では、まず、北陸沿岸における標識放流結果について、1960年代と1980年代の比較を行う。

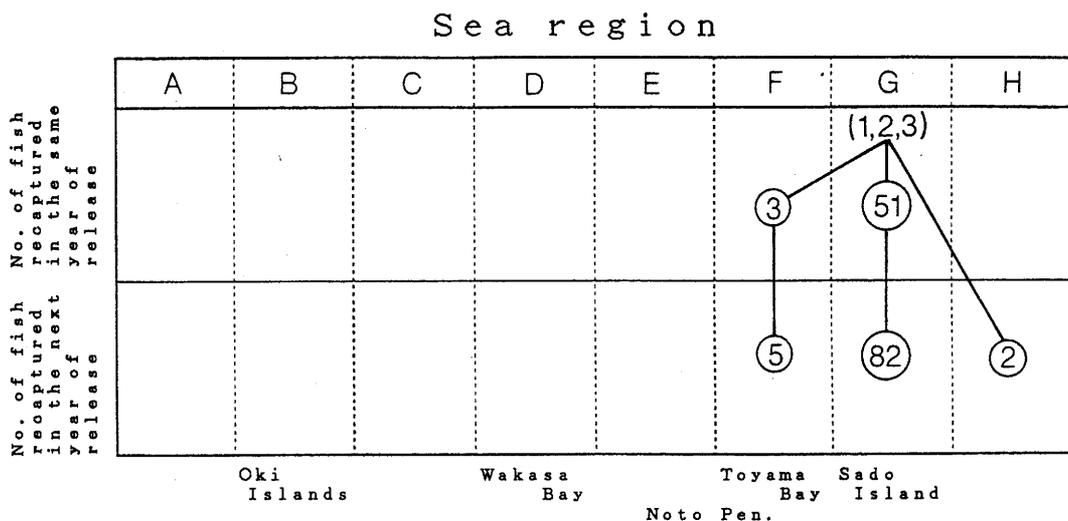


Fig.19. Relationship between release and recapture regions of the 0-year-old yellowtail in tagging experiments carried out in November and December in 1964, 1967 and 1968 off Sado Island (Watanabe, 1978). Numerals and symbols are the same as in Fig. 13.

Fig. 19に1964年、1967年および1968年の11月と12月に佐渡島沿岸域で行われた本種の0歳魚の標識放流の再捕結果を示した(渡辺, 1978)。再捕結果はFig. 13-Fig. 16の場合と同様、海域ごとに集計して示した。放流年内の再捕はほとんどが放流海域であるが、放流海域以外では西隣の富山湾で3尾再捕されている。放流翌年は放流海域で82尾と、放流年内よりも、かえって多く再捕されている。また、放流海域に隣接した富山湾と山形県および秋田県沿岸域でも再捕がみられる。

上述の1960年代に行われた標識放流の再捕結果を、Fig. 13-Fig. 16に示した1980年代のそれと比較すると、放流年内の再捕状況には両者でそれほど大きな違いは認められない。しかし、放流翌年の再捕結果は大きく異なっている。すなわち、1980年代の標識放流では放流翌年の再捕尾数が放流年内のそれを上回る例はない。また、再捕海域も1980年代では放流海域より西の海域で比較的多くみられ、特に佐渡島で放流された標識魚は放流翌年に放流海域以東の海域ではまったく再捕されていない。1960年代には放流翌年の再捕がほとんどが放流海域で行われ、一部は放流海域より北の海

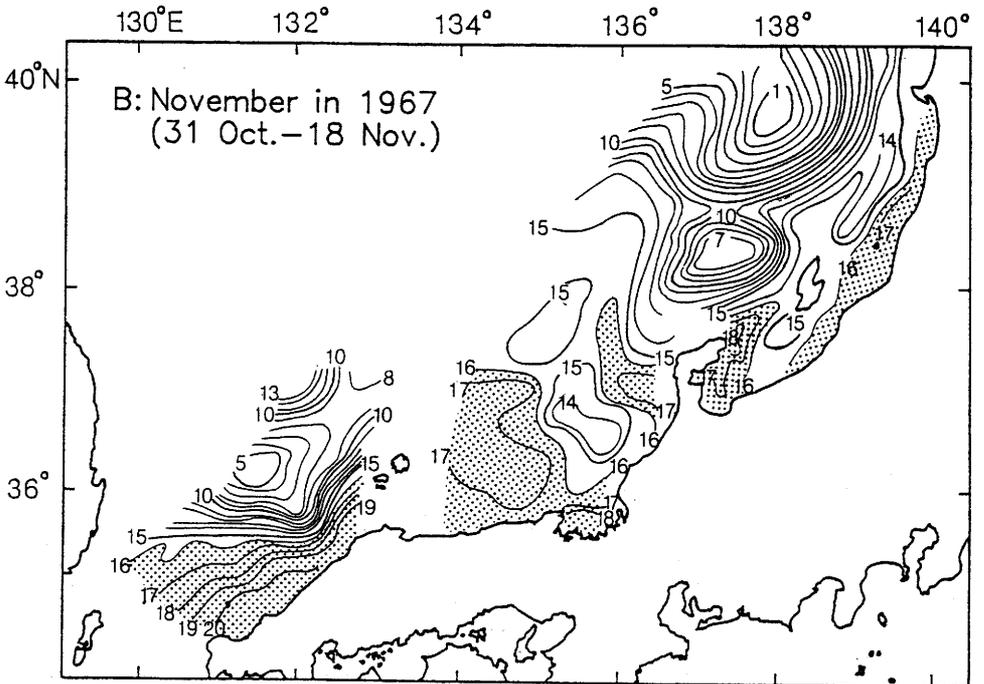
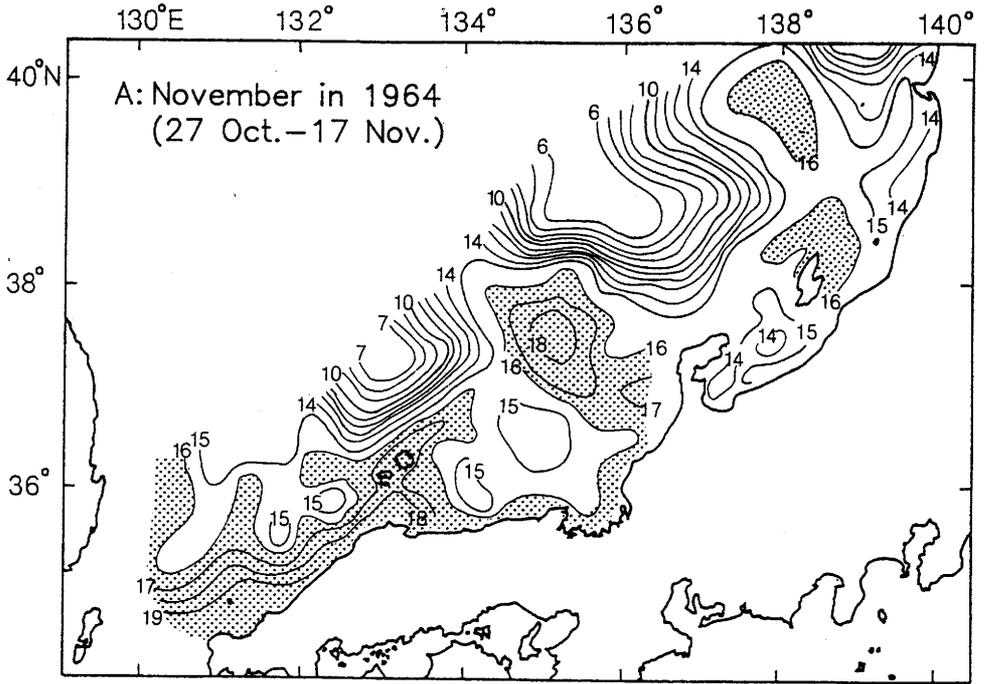
域で再捕が見られるのと対照的である。

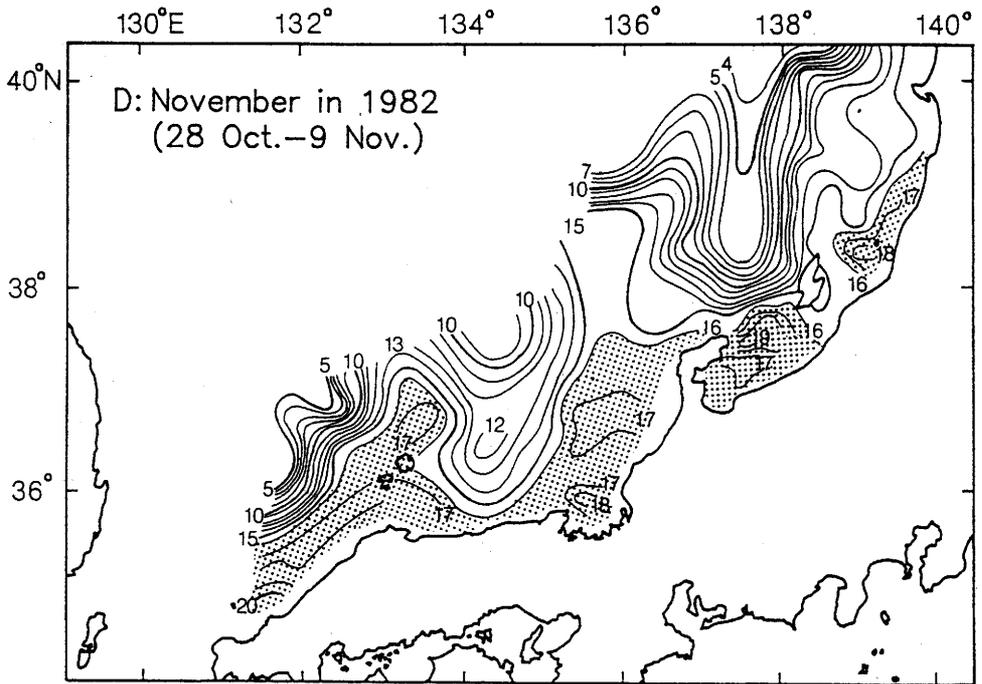
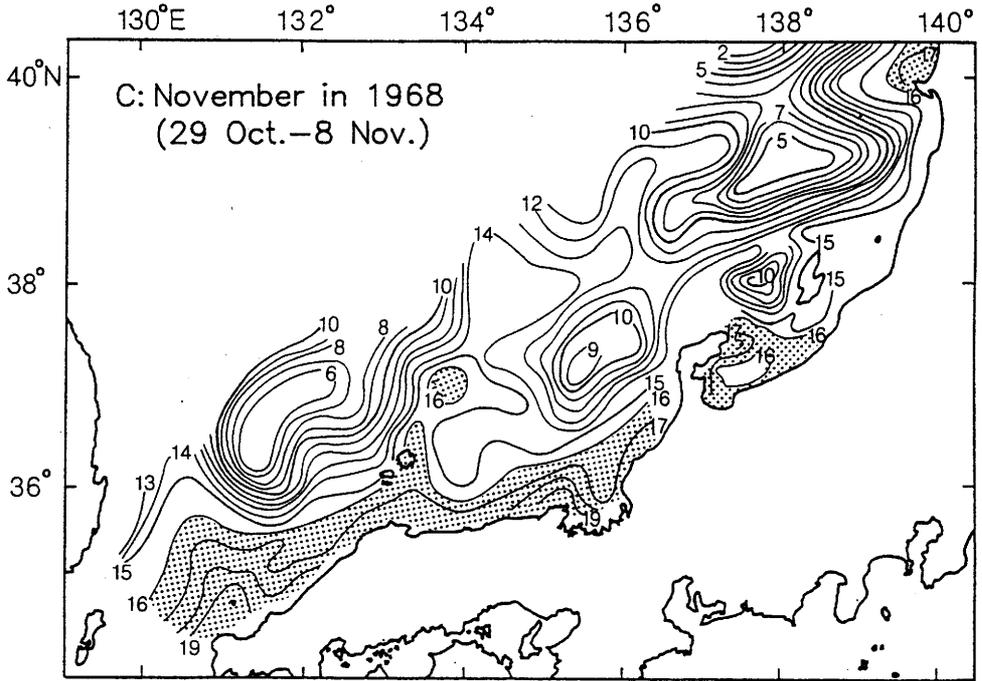
以上のように、標識放流の結果から判断する限り、富山湾以北の沿岸域に來遊する本種の0歳魚と1歳魚の回遊パターンは、少なくとも1960年代と1980年代ではかなり異なっているようである。すなわち、1960年代には富山湾以北の沿岸域に來遊した本種の0歳魚は、能登半島を越えて大きく南下移動することなく富山湾以北の海域で越冬し、1歳魚として0歳魚時代に生息していた海域にふたたび來遊する。これに対し、1980年代では、富山湾以北の沿岸域に來遊した0歳魚のかなりの部分が富山湾以北の海域では越冬せず、能登半島を越えて南下する。さらに、南下した個体は1歳魚として、必ずしも0歳時代に來遊した富山湾以北の沿岸域まで北上來遊しないように見うけられる。

原(1990)は1971年から1986年の対馬から佐渡島にいたる日本海沿岸域の定置網漁業によるブリ1歳魚の漁獲量の経年変動を解析した。その結果、日本海への1歳魚ブリ來遊量は長期的には能登半島以西で増加傾向に、他方、能登半島以東では横ばいあるいは減少傾向にあることを指摘した。前述の富山湾以北の沿岸域に來遊したブリ0歳魚の回遊パターンの変化は、原(1990)の漁獲統計資料の解析結果と矛盾しない。すなわち、標識放流の再捕結果から近年では富山湾以北の沿岸域に來遊したブリ0歳魚のかなりの部分が越冬期に能登半島を越えて南下してしまい、その翌年、1歳魚となつての北上期には必ずしもふたたび能登半島を越えて北上しないことが示唆された。その結果、能登半島以西の海域では1歳魚の來遊量が増加し、逆に能登半島以東では減少したと考えられる。

次に、富山湾以北の沿岸域に來遊する0歳魚の回遊パターンの変化の原因を検討する。渡辺(1978)は、標識放流の再捕結果と100m深の水温分布との関係を検討した。その結果、本種の0歳魚の越冬場が形成される地理的北限は11月上・中旬の100m深における水温度分布の16~17°C等温線で示される場所と一致することを指摘した。さらに、佐渡島周辺海域の11月上・中旬の100m深水温が平年より著しく低下すると、本種の未成魚の越冬場が著しく南偏することを報告している。渡辺(1978)の指摘した水温度分布が近年における回遊パターンの変化の原因ならば、Fig.13-Fig.16に示した富山湾と佐渡島で標識放流が行われた1982年と1984年11月の富山湾以北の沿岸域における100m深水温は平年より著しく低かったはずである。これを確かめるため、Fig.20に1964年、1967年、1968年、1982年および1984年の11月における100m深水温の分布を示した。Fig.20から、1982年と1984年は、渡辺(1978)の指摘した越冬場指標水温度である16~17°C等温線が富山湾以北の沿岸域に広がっていることがわかる。また、富山湾以北における水温度16°C以上の海域の広がりも、1960年代と1980年代でそう大きな違いはないようにみえる。「日本海漁場海況速報(日水研発行)」によれば、1982年と1984年の11月における富山湾以北の沿岸域の50m深水温の平年差は±1°C以内で、特に1982年には距岸60海里までの海域では約1°Cも平年より高い。しかし、前節で指摘したように、兩年とも放流翌年の再捕は能登半島以西の海域で多く認められた。

以上のことから、水温度の分布パターンだけでは、近年における本種未成魚の分布・回遊のパターンの変化を説明できないことが示唆される。





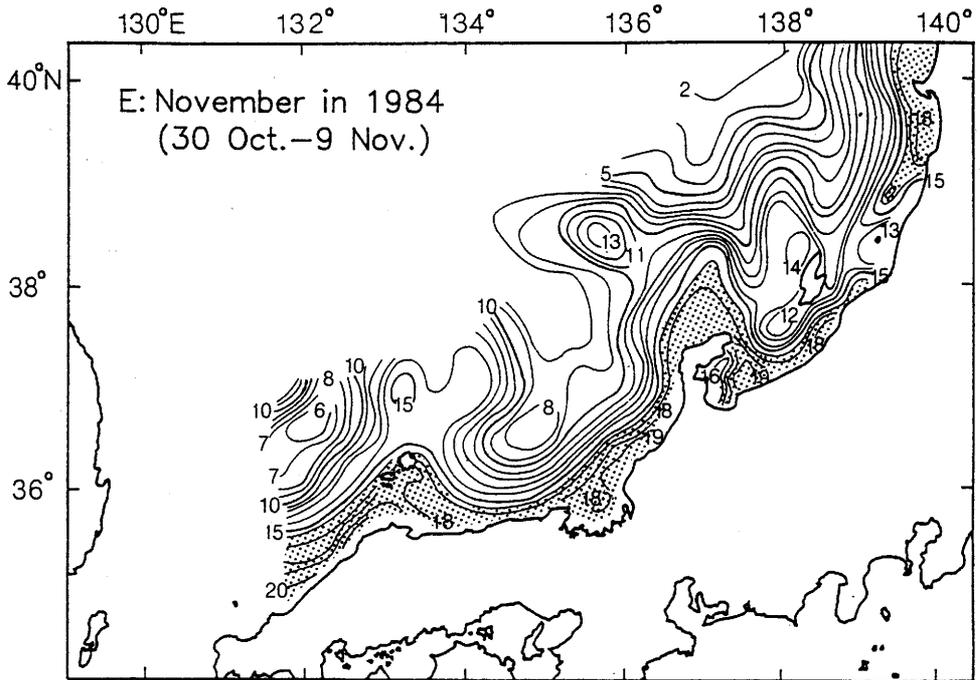


Fig.20. Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) at a depth of 100m in November, 1964 (A), 1967 (B), 1968 (C), 1982 (D) and 1984 (E) (Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab., 1964, 1967, 1968, 1982, 1984).

第Ⅰ章では漁獲統計資料の解析結果から、近年の本種の成魚における回遊パターンの変化を指摘した。そして、第Ⅱ章では標識放流の再捕結果から、少なくとも富山湾以北の海域では未成魚にも回遊パターンに変化が生じていることが示唆された。しかし、上述のように、これらの変化は生息環境の変化、少なくとも水温分布の変化が直接に影響したためとは、言えないようである。そこで、第Ⅲ章では年齢形質を中心として、本種の生物学的特性について解析を行い、本種の生態の変化についてさらに詳細な検討を加える。

### 第Ⅲ章 成長速度の時代的变化と海域差

#### 第1節 はじめに

第Ⅰ章で日本周辺沿岸域の本種の漁獲統計資料の解析を行い、1970年代以降本種の成魚の分布回遊のパターンに変化が生じている可能性を指摘した。さらに第Ⅱ章では、対馬暖流域で行われた本種の0歳魚と1歳魚の標識放流の再捕結果の解析を行い、少なくとも日本海の本州北部沿岸に來遊する本種の未成魚の回遊のパターンにも1970年代以降変化が生じていることを示唆した。そして、その回遊のパターンの変化は100m深水温度分布の変化だけでは説明できないことを明らかにした。

そこで、第Ⅲ章では上述の近年における本種の分布回遊や年齢組成などの生態の変化をさらに検討するため、東シナ海と日本海側の広範な沿岸域から本種の魚体を採取し、各海域に來遊するブリの生物学的特性を年齢形質を中心に解析する。その結果、本種の成長速度には、時代によって変化すること、また、それには海域差があることが認められたので、これらの現象について考察する。

#### 第2節 年齢推定に用いた試料とその処理方法

年齢推定に用いたブリの魚体は、日本海西部海域を中心に東シナ海から富山湾にいたる対馬暖流

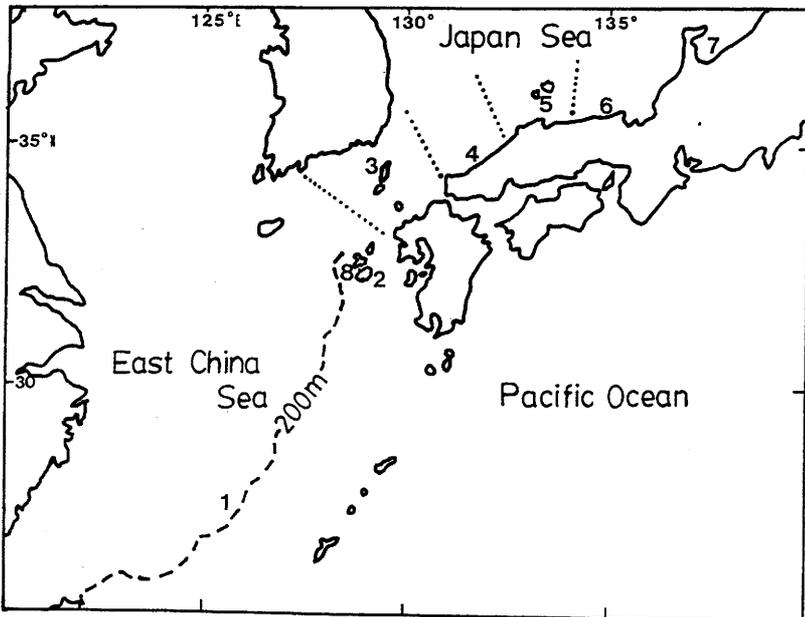


Fig.21. Map of sampling regions of the yellowtail for age estimation. Numerals 1-8 show locations where the fish specimen were collected. No.8 show the location of the culture farm of the yellowtail (see Table 2).

域で漁獲された815個体である (Fig. 21, 参照)。その採取期間は1987年から1989年までの3ヶ年

Table 2. Sampling regions and number of the fish specimen for age estimation. Locations of sampling regions are shown in Fig. 21.

Sampling region	No. of specimen		
	1987	1988	1989
1 East China Sea	—	—	10
2 around Goto Islands	—	—	11
3 around Tsushima Islands	—	2	41
4 off Western part of San'in Coast	106	178	118
5 around Oki Islands	14	80	102
6 off Hyogo Pref.	—	2	—
7 Toyama Bay	—	15	80
8 cultured fish in Goto Islands.	—	—	56

間にわたっている (Table 2)。各魚体は尾叉体長, 体重, 生殖腺重量および胃内容物重量を計測し, 三谷 (1960) にしたがって脊椎骨第17椎体を用いた。ただし, 第17椎体が欠損した個体では第16椎体ないしは第18椎体を用いた。採取した椎体から, Munekiyo et al. (1982) にしたがってポリビニルアルコールによるレプリカを作成した。レプリカからの輪紋計測は万能投影器 (日本光学

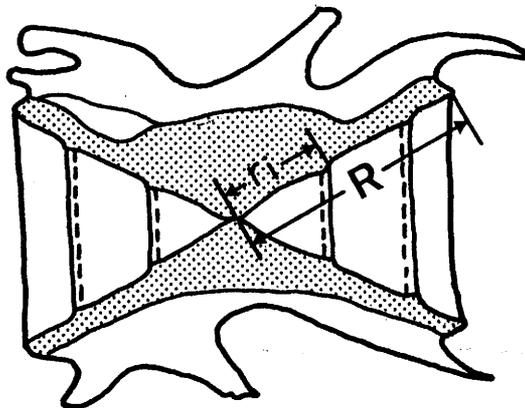


Fig. 22. Longitudinal section of vertebral centrum of the yellowtail for age estimation.  $R$  is total radius of centrum, and  $R_i$  is radius of the  $i$ -th ring. Broken lines show inner edges of opaque zones.

工業株式会社製) で10倍に拡大して行った。椎体の断面図をFig. 22に示した。円錐部の頂点から最

外縁までの距離を全径 $R$ とし、円錐部の頂点から各輪紋までの距離を輪径 $r_i$  ( $i=1,2,3\cdots$ )として、 $0.1\text{mm}$ 単位まで測定した。

### 第3節 年齢推定の結果

#### 1. 輪紋形成の定期性の検討

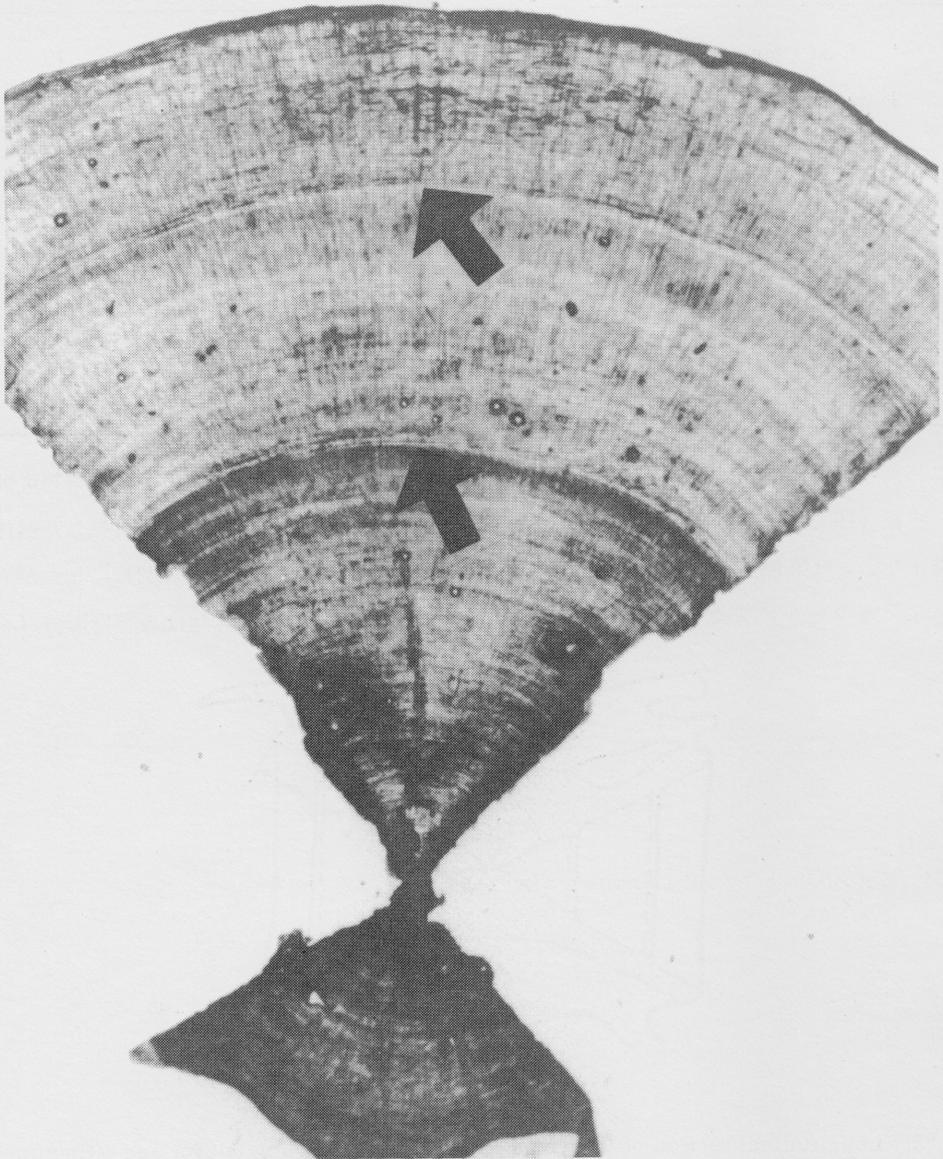


Fig.23. An example of replica of vertebral centrum of the yellowtail impressed from a specimen measuring 684mm in fork length, caught on 7 December 1989 off the Tsushima Islands. This figure is an example having two rings. Arrows show outer edges of opaque zone.

ポリビニルアルコールによる脊椎骨椎体レプリカの例をFig.23に示す。レプリカ標本には、同心円状の円弧模様が見られる明帯と、その模様が認め難い暗帯とが同心円の中心から外縁に向かって交互に現れる。明帯から暗帯への移行部が不明瞭であるのに対し、暗帯から明帯への移行部は明瞭であり、しばしば移行部に白線が認められた。このことを元の椎体で確かめてみると、暗帯部分は表面が隆起していて、それは、椎体の中心部側では緩やかで、外縁側では急である。このことは、レプリカ標本の暗帯から明帯への移行部が明瞭であることに対応している。本研究では暗帯から明帯への移行部を輪紋  $r_i$  の測定部位とした。

この測定部位が年齢形質として用いられるためには、それが定期的に形成されるものであることが必要である。それを確かめるため、全径  $R$  と各輪紋の輪径  $r_i$  の差の平均値を月ごとに求め、こ

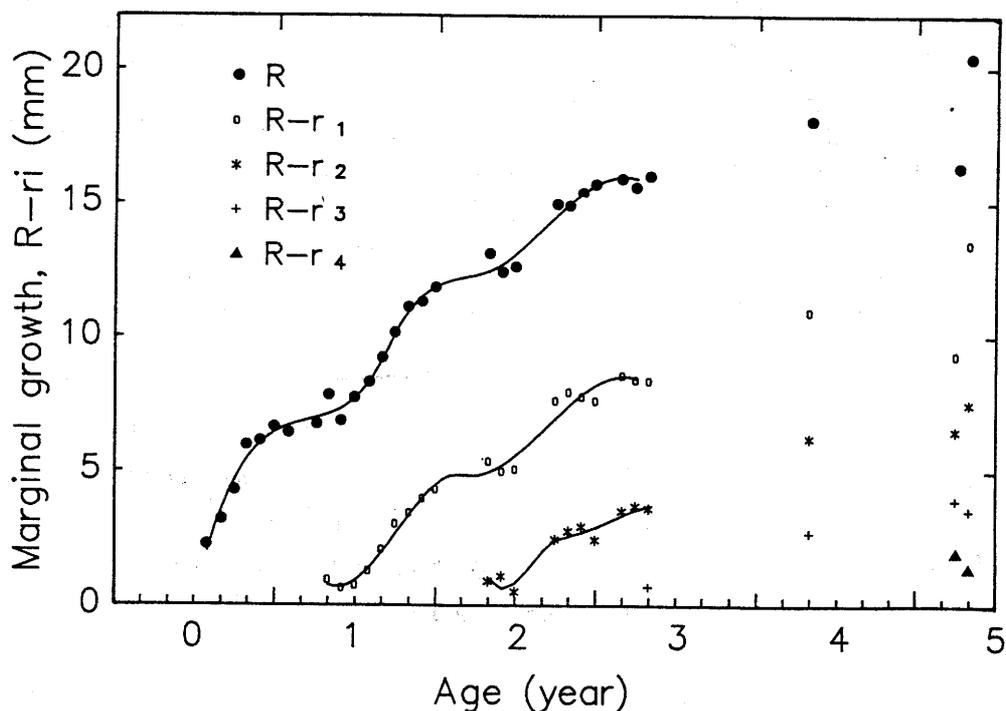


Fig.24. Seasonal change of marginal growth ( $R - r_i$ ) of vertebral centrum of the yellowtail. Solid lines show trends of seasonal growth fitted to marginal growth by the third order spline function.

れを縁辺成長とした (Fig.24)。Fig.24の実線は、3次のスプライン関数によって画かれた縁辺部の成長曲線である。なお、成長曲線の決定は標本数の比較的多い、暦年3年魚の4月までとした。Fig.24から縁辺成長は7月から12月にかけて勾配が急(すなわち成長速度が速い)で、1月から5月ごろまで勾配がゆるやか(すなわち、成長が停滞)であることがわかる。また、縁辺成長量の小さな個体は4月から6月にかけて現れる。これらのことから、本研究で規定した輪紋測定部位は1月から5月にかけて1年に1回の割合で形成されるものと推察される。したがって、この輪紋は年齢形質として採用できることを示している。以下、 $n$ 本の輪紋を有する個体を $n$ 歳魚として扱う。

## 2. 成長速度の時代的变化

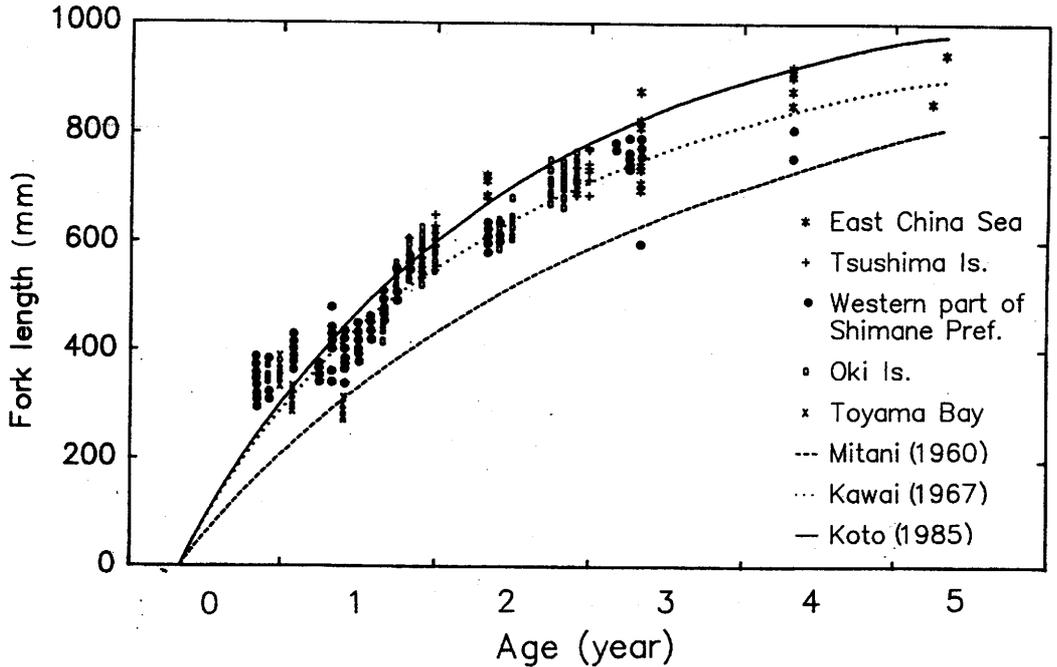


Fig.25. Comparison of growth curves of the yellowtail among some different fishing-grounds of Tsushima Warm Current area. Broken, dotted and solid lines show growth curves given by Mitani (1960), Kawai (1967) and Koto (1985), respectively.

Fig.25に、年齢推定の結果から得られた本種の成長を年単位で示した。Fig.25に三谷(1960)、河井(1967)および古藤(1985)の成長曲線もあわせて示した。三谷(1960)は1956年から1958年までの間に若狭湾で漁獲された魚体を用い、鰓蓋骨による年齢推定結果から本種の成長を推定した。河井(1967)は1963年から1965年までの間に神奈川県以南の太平洋側で漁獲された魚体から、鱗を年齢形質として本種の成長を推定した。古藤(1985)は1977年から1983年までの間に太平洋側で漁獲された魚体の体長組成をもとに、本種の成長を推定した。Fig.25から、本研究の結果は、太平洋側で採取された本種の成長(河井, 1967; 古藤, 1985)と近似した傾向をとっており、三谷(1960)が1950年代に若狭湾で漁獲された魚体に基づいて推定したものより大きい成長速度を示している。沢田ほか(1960)は1959年と1960年の対馬における定置網漁業による漁獲物からの魚体をもとに、鱗を年齢形質として本種の成長を推定した。その結果、対馬周辺海域における本種の成長は、三谷(1960)が若狭湾で得たものと同様であると述べている。これから、対馬暖流域における本種の近年における成長速度は、1960年当事のそれより速くなっていることが推察できる。

## 3. 海域による成長差

Fig.25を見ると、魚体が採取された海域間で成長速度がやや異なるようである。すなわち、日本

海で採取された魚体より、対馬以西の海域で採取されたものの方が成長が速いようにみえる。このことを確かめるため、各輪紋の輪径分布型の異同を検定して、海域による成長差の有無を検討する。

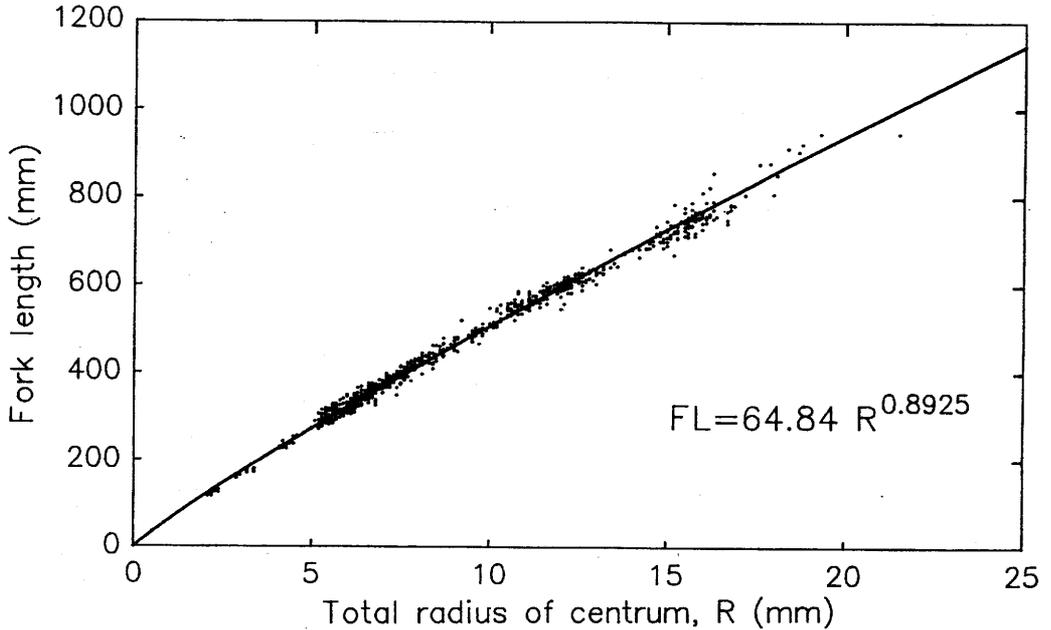


Fig.26. Relationship between total radius of centrum and fork length of the yellowtail.

Fig. 26に尾叉長と椎体全径との関係を示した。Fig. 26の実線は

$$FL = 64.84 R^{0.8925} \quad (\text{mm})$$

の相対成長の曲線である。Fig. 26とFig. 24から、各輪紋の輪径の差と輪紋形成時の尾叉長の差がよく対応すると考えられる。したがって、以下の解析では各輪紋の輪径の差をもって成長の差とみなした。

まず、対馬以西の九州近海域 (Fig. 21における 1~3) と日本海 (Fig. 21における 4~7) で採取された魚体の第 1 輪、第 2 輪および第 3 輪の輪径分布の差を検討する。Fig. 27には日本海と対馬以西の九州近海で採取された魚体の第 1 輪の輪径組成を、Fig. 28には第 2 輪のそれを示した。第 3 輪は、魚体数が少ないため、輪径組成を示さなかった。これらの輪径分布に海域差があるかどうかを確かめるため、Mann-WhitneyのU検定 (石居, 1975) を行った。その結果、第 1 輪についても、また、第 2 輪についても両海域間で各輪径分布型に有意水準 5% で差が認められ、対馬以西の九州近海産の方が輪径が大きかった。第 3 輪についても、魚体数が少なく信頼性にかけるが、第 1 輪および第 2 輪と同様の結果を得た。前述のように、各輪紋の輪径の差と輪紋形成時の尾叉長の差はよく対応すると考えられる。このことから、少なくとも 3 歳までは、対馬以西の九州近海に分布するものの方が、日本海に分布するものより、輪紋形成時の体長が大きいことが推定される。

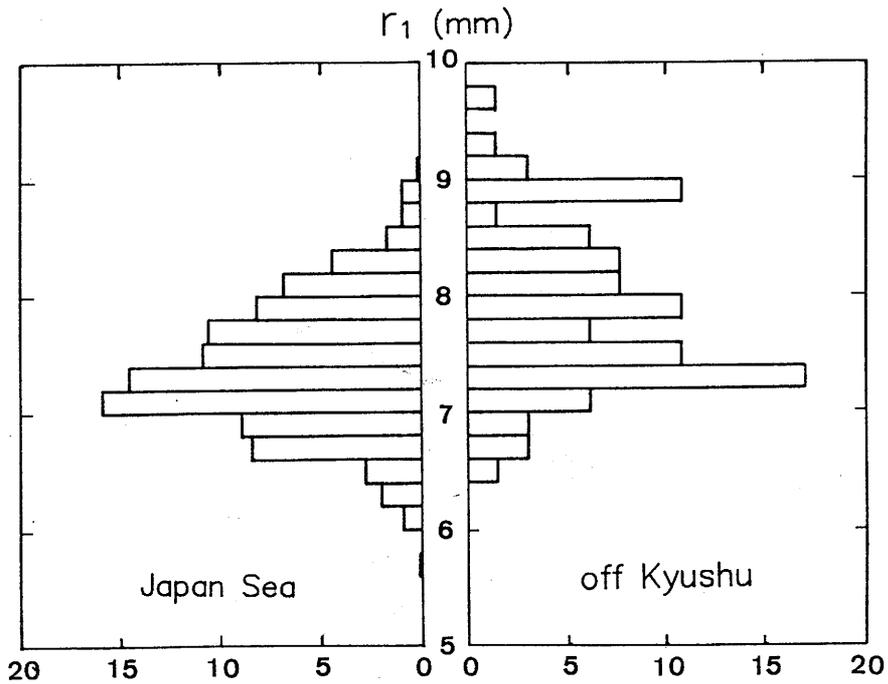


Fig.27. Frequency distributions of radius of the first ring ( $r_1$ ) formed on the vertebral centrum of the yellowtail, sampled in the Japan Sea (left) and off Kyushu (right).

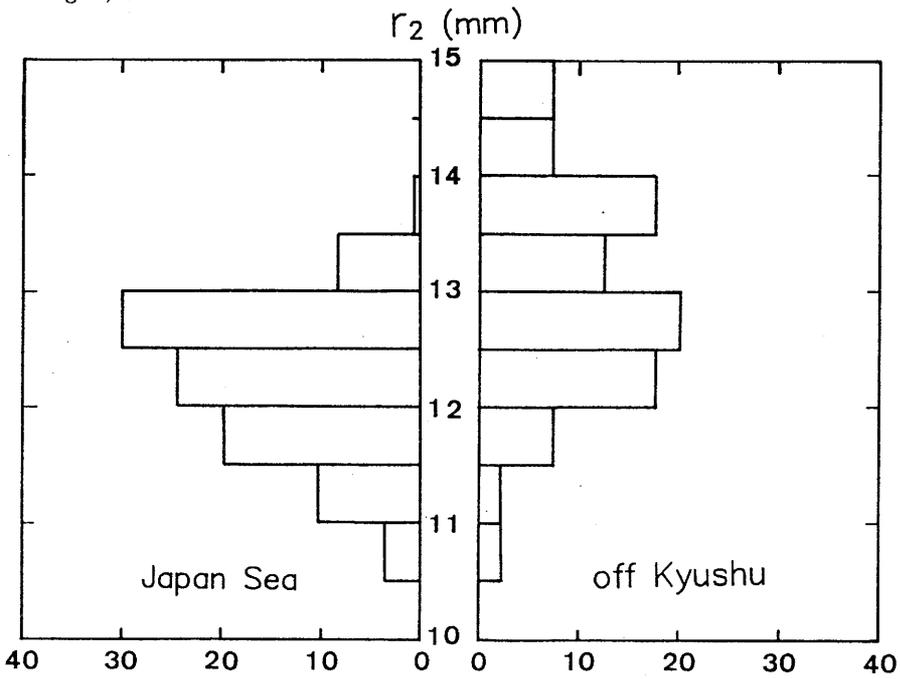


Fig.28. Frequency distributions of radius of the second ring ( $r_2$ ) formed on the vertebral centrum of the yellowtail, sampled in the Japan Sea (left) and off Kyushu (right).

次に、魚体数の比較的多い1歳魚と2歳魚の、第1輪と第2輪の輪径分布について海域または季節による差があるかどうか検討を行う。海域は、魚体採取海域が主に五島列島、対馬、島根県浜田市沖および隠岐島周辺海域であることからFig.21に示した1と2、3、4、5の4海域に分けた。また、椎体レプリカの外縁に明帯が認められる個体が出現するのが4月以降であり、縁辺成長は7月から12月まで速い成長速度を示す。さらに、外縁に明帯が形成されていない個体が、少数ではあるが7月まで現れる。そこで1年をわけて4月から7月までを移行期、8月から12月までを成長期、

Table 3. Definition of growth stage of the yellowtail.

Growth stage	Definition of growth stage	Age	Period
I	transitional stage		April — July
II	growing stage	1	August — December
III	resting stage		January — July
IV	transitional stage		April — July
V	growing stage	2	August — December
VI	resting stage		January — July

Table 4. 12 categories of A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K and L, classified on the basis of growth patterns in formation of radius of the first ring ( $r_1$ ) and the second ring ( $r_2$ ). Details of categories are shown in Fig.30. Growth stage I to VI are defined in Table 3. Locations of sampling region 1) to 5) are shown in Fig.21.

Growth stage	Sampling region			
	1) East China Sea and 2) Goto Islands	3) Tsushima Islands	4) Western part of San' in coast	5) Oki Islands
I			D	
II		B	E	I
III			F	J
IV			G	K
V		C		L
VI	A		H	

および翌年の1月から7月までを停滞期とした (Table 3)。海域と成長段階によって決定される魚体の集まりを1部類とすると、魚体が採取されなかった期間や海域があるため、第1輪を有する

魚体の部類はA-Lの12部類に、第2輪を有する魚体の部類は、A、C、G、H、K、Lの6部類に分けられた (Table 4)。なお、部類を示す文字に添字1を付けたもの (例えばA<sub>1</sub>) は、その部類の有する第1輪の輪径組成を、添字2を付けたもの (例えばA<sub>2</sub>) は、第2輪の輪径組成を示すこととする。

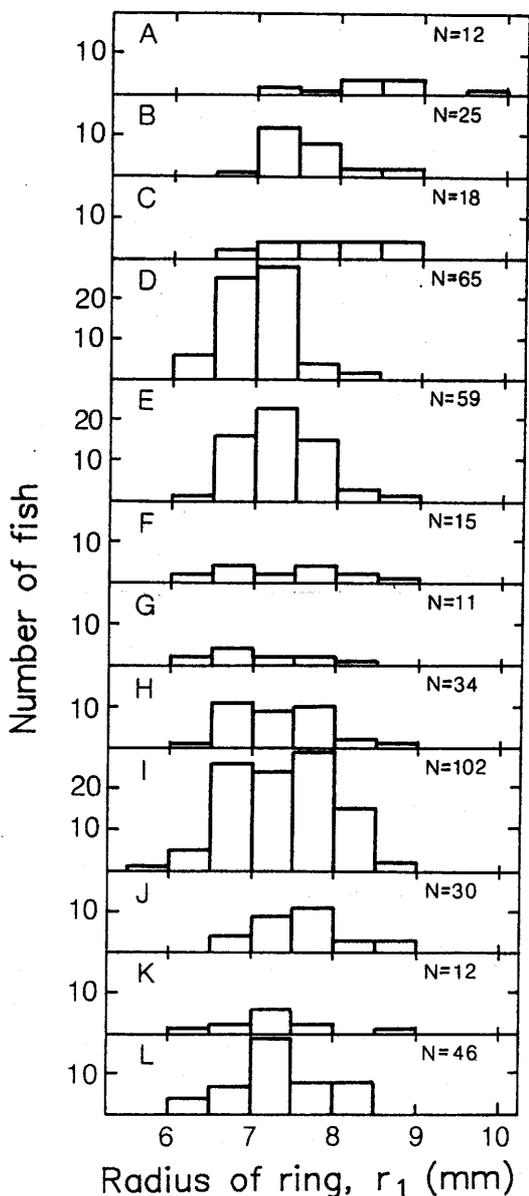


Fig.29. Frequency distributions of radius of the first ring ( $r_1$ ) formed on the vertebral centrum of the yellowtail, sampled from the Tsushima Warm Current region. Letters A-L are corresponding to the categories in Table 4. N shows the sample size.

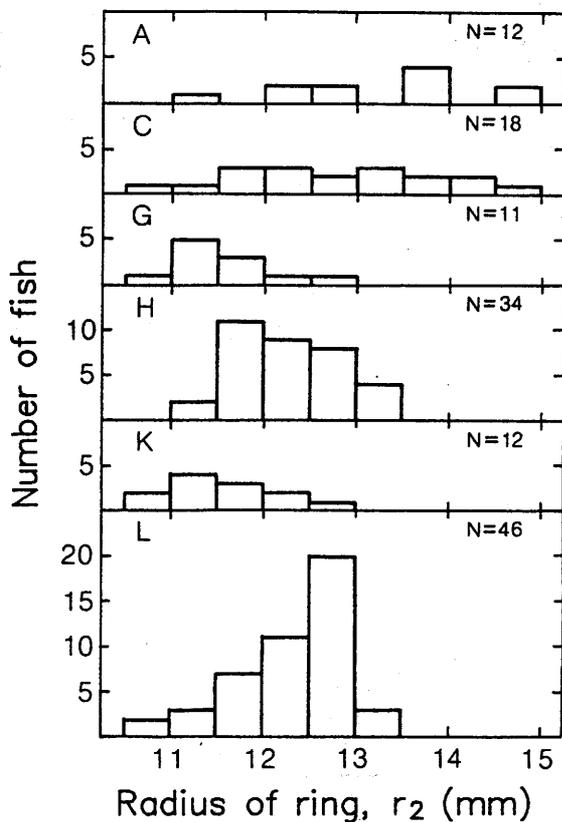


Fig.30. Frequency distributions of radius of the second ring ( $r_2$ ) formed on the vertebral centrum of the yellowtail. Symbols are the same as in Fig.29.

Fig. 29とFig. 30に各部類の有する第1輪と第2輪の輪径組成をそれぞれ示した。Fig. 29とFig. 30で輪径組成に差のない部類間では、少なくとも、その輪紋が形成された時点での、体長に差がないと考えられる。そこで、第1輪と第2輪について、それぞれ、輪径組成に差のない部類の組み合わせを求めた。なお、その際、輪径組成に差のない部類を併合したときに、それに含まれる試料数が最大となるような部類の組み合わせを選んだ。

第1輪あるいは第2輪を有する部類の総数を $n$ とすると、部類数 $i$ の組み合わせの数は $n C_i$ となる。 $i = n$ から順次 $i$ を減じて、各組み合わせについて $i \geq 3$ ではKruskal-Wallisの検定(石居, 1975)により、 $i = 2$ ではMann-WhitneyのU検定(石居, 1975)により輪径組成の差を検定した。これを、輪径組成に差が認められない部類の組み合わせが求まるまで続けた。輪径組成に差が認められない部類の組み合わせが得られると、それを取り除いた部類について同様の作業を繰り返した。

具体的には、第1輪を有する部類はA-Lの12部類がある。まず、部類数12、すなわち、第1輪を有する全部類を用いて、Kruskal-Wallisの検定(石居, 1975)により輪径組成の差を検定した。その結果、有意水準5%で輪径組成に差が認められた。そこで、次に、部類数11の組み合わせ(例えば、 $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1, G_1, H_1, I_1, J_1, K_1$ など)、12通りについて、Kruskal-Wallisの検定(石居, 1975)により輪径組成の差を検定した。その結果、有意水準5%で、すべての組み合わせで輪径組成に差が認められた。さらに、部類数10の組み合わせ(例えば、 $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1, G_1, H_1, I_1, J_1$ など)、66通りについて同様の処理を行ったが、やはり、すべての組み合わせで、輪径組成に差が認められた。次に、部類数9の組み合わせ(例えば、 $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1, G_1, H_1, I_1$ など)、220通りについて同様の処理を行った結果、 $B_1, E_1, F_1, G_1, H_1, I_1, J_1, K_1, L_1$ の組み合わせについて有意水準5%で組成に差が認められなかった。次に、部類A-Lから、輪径組成に差の見られなかった部類B, E, F, G, H, I, J, K, Lを除いた、部類A, C, Dの有する第1輪の輪径組成についてKruskal-Wallisの検定(石居, 1975)により組成の差を検定した。その結果、有意水準5%で、輪径組成に差が認められた。そこで、部類A, C, Dのうちから部類数2の組み合わせ、部類AとC、部類AとDおよび部類CとDの輪径組成について、それぞれMann-WhitneyのU検定(石居, 1975)により組成の差の検定を行った。その結果、有意水準5%で、部類AとCの輪径組成に差が認められなかった。

以上のように、第1輪では、部類AとCの組み合わせ、部類Dのみ、ならびに部類B, E, F, G, H, I, J, K, Lの組み合わせの3集団に分けられた。第2輪も、第1輪と同様に、部類AとCの組み合わせと、部類HとLの組み合わせ、ならびに部類GとKの組み合わせの3集団に部類が分けられた。

このうち、部類HとLの組み合わせと部類GとKの組み合わせは、各部類の有する第1輪の輪径組成( $H_1, L_1, G_1, K_1$ )では差が認められないが、第2輪( $H_2, L_2, G_2, K_2$ )では輪径組成に差がみられる。また、第1輪の輪径組成で部類Dを部類B, E, F, G, H, I, J, K, L

の組み合わせにいれると輪径組成に差が出るが、部類D, G, Kの組み合わせ ( $D_1, G_1, K_1$ ) では輪径組成に差が認められない。これらの点を考慮して、部類D, G, Kの組み合わせを同一集団と判断し、最終的にはTable 5に示すような3つの集団に部類を分離した。

Table 5. Grouping of the categories, obtained by analysis of frequency distribution of radius of ring. Growth stages and sampling regions for categories A to L are shown in Table 4.

First group	D, G, K
Second group	B, E, F, H, I, J, L
Third group	A, C

Table 6. Average radiuses (mm) of rings,  $r_1$  and  $r_2$ , formed on the vertebral centrum of the yellowtail for each group shown in Table 5 and in Wakasa Bay.

Group	$r_1$	$r_2$
First group	7.12	11.64
Second group	7.43	12.36
Third group	8.12	13.06
Wakasa Bay *	7.07	11.60

\* After Nishioka et al. (1985).

Table 6に各集団ごとに第1輪と第2輪の平均輪径を示した。西岡ほか(1985)は4月から12月に若狭湾で漁獲された標本から第1輪の平均輪径は7.07mm, 第2輪の平均輪径は11.6mmであった, と報告している。この値はTable 6の第1集団とほぼ同じである。第1集団に属する部類D, GおよびKは浜田沖から隠岐島周辺海域で、水温最低期から、上昇期に移る季節に採取された1歳魚と2歳魚である。このことから、第1集団(D, G, K)は日本海の本州中部沿岸で成長期を過ごし、水温最低期には山陰沿岸まで南下することが予想される。

第2集団(B, E, F, H, I, J, L)に属する部類は、対馬から隠岐島にかけての海域で、ほぼ周年採取された1歳魚と2歳魚である。すなわち、この集団は山陰沿岸にほぼ周年分布している未成魚の主群であると考えられる。

第3集団(A, C)に属する部類は、五島列島から対馬にかけての海域で採取された2歳魚である。この集団に属する部類の輪径組成は日本海内のどの部類よりも大きい。さらに、第II章で指摘したように標識放流の結果でも対馬近海で放流された1歳魚はほとんどの個体が対馬以西で再捕されており、日本海で再捕された個体の再捕位置も隠岐島以西に限られている。これらのことから、第3集団、つまり、対馬以西に分布する未成魚は、日本海へはほとんど来遊しないことが推察される。

#### 第4節 考 察

前節で、最近の山陰沿岸を中心とした対馬暖流域におけるブリの成長が、1960年代中ごろ以降に太平洋側沿岸で採取された魚体から推定された成長と似ていることを示した。それは、1960年前後に若狭湾と対馬周辺で採取された魚体に基づいて推定されたものより成長がよいことを指摘した。さらに、未成魚の成長には海域差が認められ、少なくとも3歳までは、南部の方で輪紋形成時の体長は大きいようである。このことについて若干考察する。

前節で指摘したように、本種の未成魚の脊椎骨の輪紋形成期は1月から5月であると推定される。つまり、水温の低い冬から春にかけて輪紋は形成される。この期間は本種の産卵期（三谷，1960）ともほぼ一致する。原田（1965）は飼育実験の結果から、水温が14℃以下になると本種の1歳魚の成長は停止すると報告している。このことからみて、少なくとも未成魚期においては、水温の低下による成長速度の低下が輪紋形成の原因と考えられる。

本種の成長速度が低水温の影響を強く受けるならば、冬季における水温の低下がおだやかな南の海域におけるほど成長停滞期、つまり、輪紋形成期は短いことが推測される。また、成長速度が増大する時期も南の海域の方でより早いであろう。前述のように、輪紋形成期の体長は少なくとも3歳までは南の海域におけるほど大きい。これらのことから、少なくとも3歳までは、南部の方で成長が速いと考えられる。

河井（1967）は、1963年から1965年までの間に岩手県から宮崎県までの太平洋沿岸域で漁獲された魚体をもとに、鱗を年齢形質としてとりあげ、本種の成長を解析した。その結果、千葉県以北と神奈川県以南で本種の成長に差が認められ、少なくとも3歳までは、神奈川県以南に分布するものの方が千葉県以北に分布するものより成長が速かった。河井（1967）は、前述の成長差を、von Bertalanffyの成長式の解析から、同化作用および異化作用が寒流域と暖流域とでは異なることが原因であろうと述べている。しかし、その具体的な資料は示していない。

さて、上述のように本種の成長速度は生息海域の水温の影響を受けると考えられる。また、前節の輪紋組成の解析結果からみて本種の未成魚の集団は海域間でかなり相対的に独立したものである。1960年代以前に対馬から佐渡島までの対馬暖流域で行われた未成魚の標識放流の結果でも、本種は未成魚期には大きな回遊を行わないことが指摘されている（渡辺，1979）。また、第II章で指摘したように、近年行われた標識放流の結果でも、少なくとも対馬から山陰沿岸域にかけて分布する未成魚は大きな回遊を行わない。富山湾以北の沿岸域に來遊した0歳魚は、近年では南下越冬期に比較的遠距離の移動を行うようである。しかし、それは富山湾以北の沿岸域から山陰西部沿岸域にいたるような大規模なものではない。したがって、本種の未成魚期の成育水温はそれぞれの海域に分布しているそれぞれの集団に対して、かなり固定化されていることが推測される。以上のことを考慮すると、海域によって成長に遅速を生じさせる原因の1つは、少なくとも生息海域の水温に差があるためである、という仮説を設けることができよう。

田中 (1972a, 1972b, 1973) は太平洋側で行われた標識放流魚の再捕結果と漁獲物の体長組成および漁獲統計資料の解析を行った。その結果、太平洋側においても、千葉県以北と神奈川県以西とでは本種の小型魚はあまり交流を行わず、成長速度も異なることを指摘している。したがって、日本海に分布するブリについても、同様のことが起こっていると考えると、無理なことではないであろう。

ところで、未成魚期の成長が南部の方で速いならば、日本海の本州北部沿岸で未成魚期を過ごす個体は、山陰沿岸および東シナ海で未成魚期を過ごす個体より成長が遅いものと推測される。

沢田ほか (1960) が1959年と1960年に対馬海域における本種の年齢推定に用いた魚体は、大部分が大型定置網漁業によって漁獲された成魚である。対馬は周知のように、日本海と東シナ海の出入口に位置する。また、本種は未成魚期には大きな回遊をせず、成魚では産卵のため東シナ海まで南下することが、過去の標識放流の結果から明らかにされている。上述のような、対馬の地理的条件や本種の回遊を考慮すれば、沢田ほか (1960) の用いた魚体は、日本海で未成魚期を過ごし、産卵のため南下してきた個体も含むと考えられる。そして、これらの魚体を用いて推定した成長が、1950年代後半に若狭湾の漁獲物から推定したそれと大きな差がない。このことは、1950年代当時、日本海には未成魚が、少なくとも若狭湾以北にも広く分布していたことを意味すると考えてよからう。

すでに述べたように、最近の山陰沿岸を中心とした対馬暖流域におけるブリの成長は、1960年前後に若狭湾と対馬で採取された魚体に基づいて推定されたものより速い。未成魚期の成長が、南の海域におけるほど速いことを考慮すれば、これは、1960年前後に若狭湾以北に分布していた成長の遅い個体が減少したことを意味している。前の第Ⅱ章で標識放流の再捕結果から、近年では富山湾以北の沿岸域に來遊した本種の未成魚は1960年代以前と比較して南下傾向が強いことを指摘した。これは、日本海では未成魚の分布域が相対的に西偏することを意味する。本章で指摘した成長速度の変化もこれを裏付けている。

次の第Ⅳ章では、海域による成長差と生息海域の水温差の関係について検討をおこなう。

## 第Ⅳ章 水温が成長に及ぼす影響

### 第1節 はじめに

前の第Ⅲ章で、対馬暖流域の広範な海域から採取したブリの脊椎骨による年齢推定の結果から、各海域に来遊する本種の生物学的特性について、次の4点を指摘した。第1に、本種の未成魚の脊椎骨に現れる輪紋は、1月から5月にかけて形成されること、第2に、最近の対馬から山陰沿岸の海域を中心とした対馬暖流域における本種の成長曲線が、1960年代中ごろ以降に太平洋に分布、生息しているものの成長曲線のパターンと似ており、それは1960年前後に若狭湾と対馬で採取された魚体に基づいて推定されたものよりよいこと、第3に、未成魚の成長には海域差が認められ、少なくとも3歳魚までは、南部海域の方で成長速度が速いことが推測され、さらに、これらの結果に基づき、第4に、海域による本種の未成魚の成長差は、生息海域の水温差によるものではなからうかと考えた。

この第Ⅳ章では上述の推測を検討するため、本種の飼育実験による水温と本種の成長率との関係をもとに、対馬暖流域の代表的な3海域をとりあげ、そこに本種が生息した場合、どういう成長過程をたどるかの推定を実験式に基づいて試みる。その結果、取り上げた3海域における本種の成長曲線のパターンは、脊椎骨に形成される輪紋や体長組成から推定された海域間の成長差をよく説明できることを明らかにする。

### 第2節 成長の推定に用いた資料と方法

第Ⅱ章で標識放流の再捕結果から、0歳の秋季から2歳までの未成魚期には、それほど大きな移動や回遊を行わないことを指摘した。さらに前の第Ⅲ章では脊椎骨による年齢の解析結果から、本種の未成魚の集団は海域によりかなり独立していることを示唆した。

上述の結果をもとに、Fig. 31に示した対馬暖流域の3海域、すなわち、富山湾、川尻岬沖および五島灘において未成魚期を過ごす本種の個体群を想定し、その成長を水温と成長率との関係から実験式的に表現することを試みた。なお、本章では月齢Xの初めにおける体重を $W_x$ とすると、月齢Xにおける月間成長率 $G_x$ は

$$G_x = \frac{W_{x+1}}{W_x} \quad (1)$$

と定義する。一般的には、成長速度の指標としては成長係数（月間平均値）

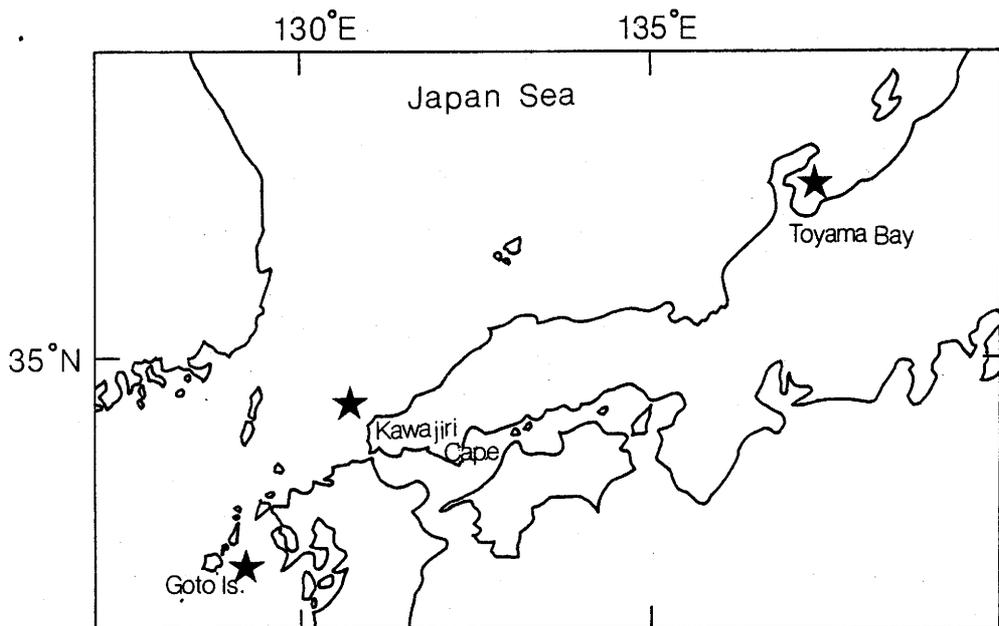


Fig.31. Locations for obtaining relationship between water temperature and monthly growth rate of the yellowtail. The three locations were selected on the viewpoint of growth of the yellowtail in the Tsushima Warm Current region.

$$\ln \frac{W_{x+1}}{W_x} \quad (\text{month}^{-1})$$

を用いることが多い。ここに、 $\ln$ は自然対数を示す。しかし、本章で成長と水温の関係を推定するために用いた原田(1965)の報告では、成長速度の指標として成長率が採用されている。また、成長速度が著しく大きくないかぎり、どちらの指標を用いても、推定された成長にはほとんど差が認められない。これらの理由から、本章では成長速度の指標として、式(1)に示した成長率を採用した。

本種の産卵期は2月から7月と長期間にわたり、0歳魚の成長率は1歳魚以降のそれより著しく大きい。また、前述のように0歳魚秋季から2歳魚までは大規模な回遊を行わない。1960年代以前の標識放流の再捕資料をとりまとめた渡辺(1979)の報告でも、大規模な季節回遊を開始するのは3歳の南下期からである。そこで、成長を実験式化するのには成長率が比較的安定し、生息海域もかなり限定される1歳の5月から3歳の12月までを対象とし、 $X=0$ を1歳の5月とする。

また、前章の結果から本種の成長と水温には一定の関係があることが示唆された。原田(1965)は、飼育実験の結果から本種の月間成長率と水温との間には関係があることを報告している。そこで、月間成長率 $G$ を水温 $T$ の関数であると仮定し、

$$G = f(T) \quad (2)$$

とおく。ここで、月齢 $X$ と無関係の場合には、 $G_x$ 、 $T_x$ の添字 $X$ を省略し、それぞれ $G$ 、 $T$ と書く

ことにする。原田 (1965) によれば、生殖に関する生理のため1歳魚と2歳魚以上とでは、水温と成長率との関係が異なるようである。また、本種の生物学的最小形は体重約3 kgである(三谷, 1960)。この値は、原田 (1965) の飼育実験における2歳魚初期の体重とはほぼ等しい。そこで、 $f(T)$ の推定は、原田 (1965) の水温と月間成長率に関する実験結果を体重3 kg未満と体重3 kg以上に分け、それぞれ3次曲線回帰によって決定した。

$W_0$ 、すなわち1歳魚5月の体重としては、富山湾については1983年1月から4月の漁獲物の平均尾叉長(西岡ほか, 1985)を、鉄(1967)による体長と体重の関係式で体重に変換した値を用いた。川尻岬沖と五島灘については、第Ⅲ章で報告した日本海西部と東シナ海で採取した魚体の、脊椎骨第1輪の平均輪径を尾叉長に変換し、さらにそれを鉄(1967)による体長と体重の関係式で体重に変換した値を $W_0$ として用いた。

また、月齡 $X$ における月平均表面水温を $T_x$ で表せば、最終的に式(1)は

$$W_{x+1} = W_x f(T_x) \quad (3)$$

と表される。

### 第3節 成長の推定結果

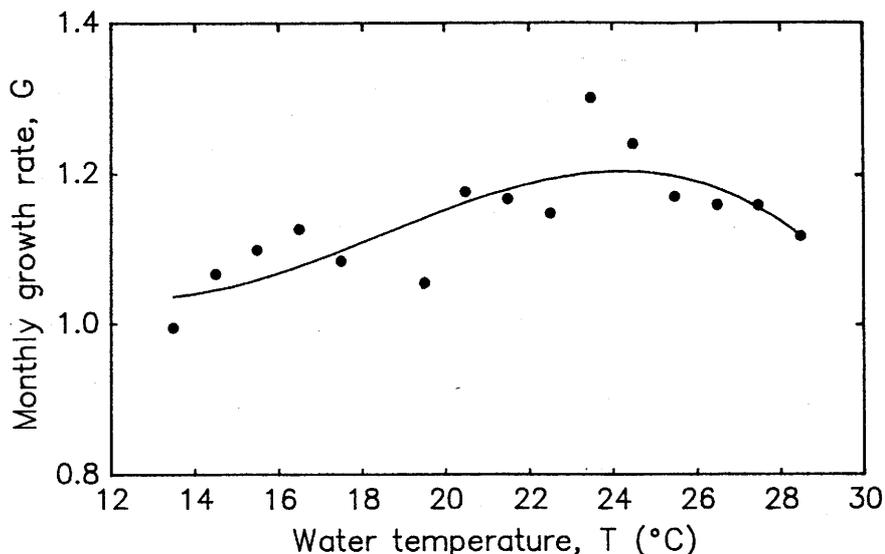


Fig.32. Relationship between Water temperature (°C) and monthly growth rate of the young yellowtail (<3kg). A solid line is fitted to water temperature by the third order polynomial function. Data are from Harada (1965).

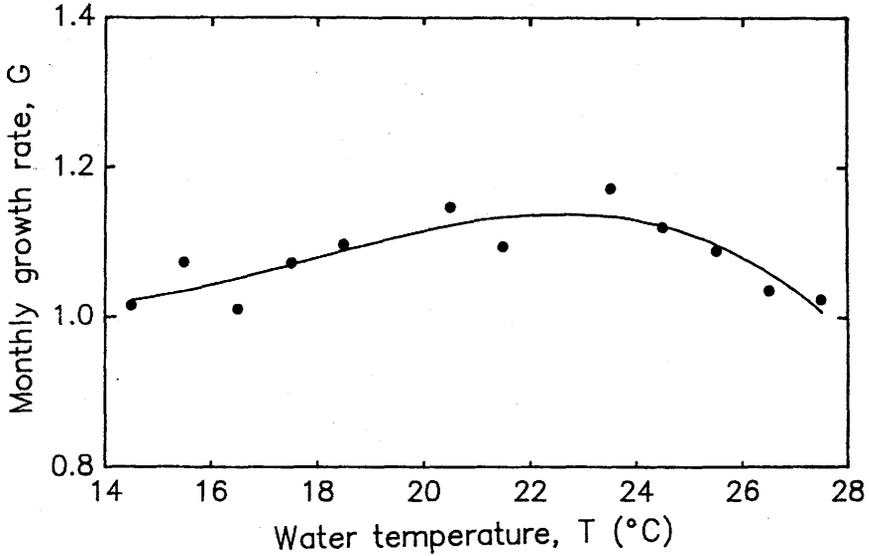


Fig.33. Relationship between water temperature (°C) and monthly growth rate of the adult yellowtail ( $\geq 3\text{kg}$ ). A solid line is fitted to water temperature by the third order polynomial function. Data are from Harada (1965).

最初に、水温  $T$  とブリの成長率  $G$  との関係を検討する。Fig. 32 と Fig. 33 に未成魚の場合と成魚の場合との水温と月間成長率との関係をそれぞれ示した。なお、Fig. 32 と Fig. 33 の実線は水温  $T$  について3次の回帰曲線を表したものである。これらの回帰曲線は分散分析の結果、有意水準 5% で回帰は有意であった。これらの回帰曲線より未成魚と成魚の月間成長率  $G = f(T)$  は、それぞれ

$$W < 3 \text{ kg の時 } f(T) = 2.10 - 2.04 \times 10^{-1} T$$

$$+ 1.23 \times 10^{-2} T^2 - 2.21 \times 10^{-4} T^3$$

$$W \geq 3 \text{ kg の時 } f(T) = 2.37 - 2.55 \times 10^{-1} T \quad (4)$$

$$+ 1.54 \times 10^{-2} T^2 - 2.87 \times 10^{-4} T^3$$

と表される。ただし、原田 (1965) は水温が  $14^\circ\text{C}$  以下になると本種の成長が停止することを報告している。さらに彼は、2歳魚以上では春季水温が  $16^\circ\text{C}$  になると、成長が2ヶ月程度停滞すると述べている。彼の報告をもとに、前述の成長停滞期の月間成長率の平均値を推定すると1.0135となる。以上のことから、式(4)は  $T > 14^\circ\text{C}$  で成立すると仮定し、 $14^\circ\text{C}$  以下では月間成長率を1とした。また、 $W \geq 3 \text{ kg}$  では、水温が  $16^\circ\text{C}$  を越えた月とその翌月では月間成長率を1.0135とした。

次に、富山湾、川尻岬沖および五島灘における1歳魚の5月の推定尾叉長と推定体重  $W_0$  を Table 7 に示す。また、Fig. 34 に上記3海域における月平均表面水温  $T$  (長沼, 1985) を示す。夏季と秋季は海域による水温差は小さいが、冬季と春季のそれは大きい。特に富山湾では、ブリの月間成長率が1となる水温  $14^\circ\text{C}$  以下の月が1月から5月まで続いている。これに対し、五島灘では水温が  $14^\circ\text{C}$  以下の月はない。

Table 7. Average fork length and body weight  $W_0$  in May of 1 age of the yellowtails caught at three fishing grounds in the Tsushima Warm Current region.

Fishing-ground	Fork length (mm)	Body weight (g)
off Goto Islands	434	1,188
off Cape Kawajiri	392	869
Toyama Bay	310	427

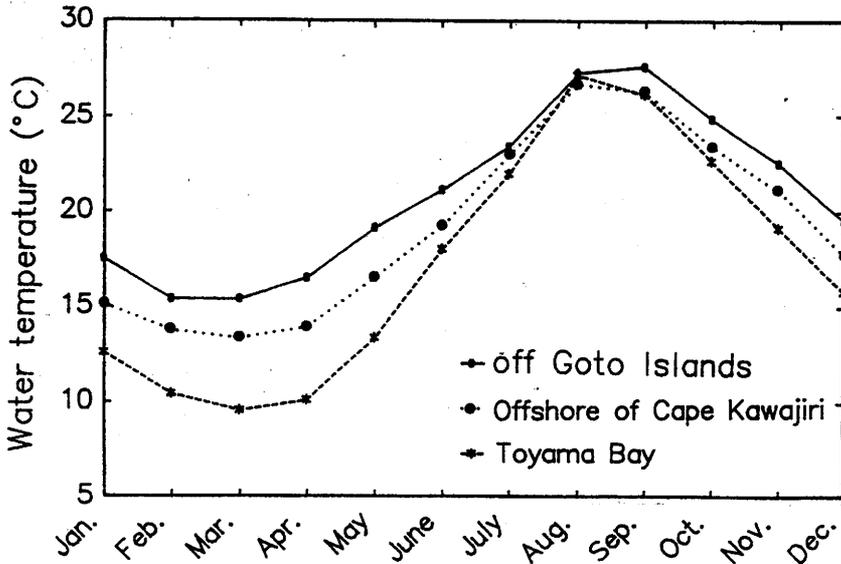


Fig.34. Monthly changes of surface water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) at three locations (shown in Fig.31) in the Japan Sea and the East China Sea (Naganuma, 1985).

Table 7 に示した  $W_0$  と Fig. 34 に示した  $T$  をもとに、式(3)と式(4)から 3 海域における本種の成長を推定した。Fig. 35 にその結果を示した。Fig. 35 には三谷(1960)と古藤(1985)の成長曲線を、鉄(1967)による体長と体重の関係式で体重に変換したもの、および前の第 III 章で示した最近の対馬暖流域における本種の成長もあわせて示した。なお、三谷(1960)は1956年から1958年までの間に若狭湾で漁獲された魚体を用い、鰓蓋骨による年齢推定結果から本種の成長を推定した。また、古藤(1985)は1977年から1983年までの間に太平洋側で採取された漁獲物の体長組成をもとに、本種の成長を推定した。

五島灘の水温に基づいて計算された成長は、Fig. 35 の太い実線で示されるように、体重  $10\text{kg}$  前後までは古藤(1985)が示した太平洋側での最近の成長のパターン (Fig. 35 の細い破線) にほぼ一致している。また、富山湾の水温に基づいて計算されたそれも、Fig. 35 の点線で示されるように、三谷(1960)が示した1950年代の若狭湾の成長のパターン (Fig. 35 の細い実線) とほぼ一致している。また、第 III 章で示した日本海西部から東シナ海における最近の本種の成長は、川尻岬沖 (Fig. 35 に

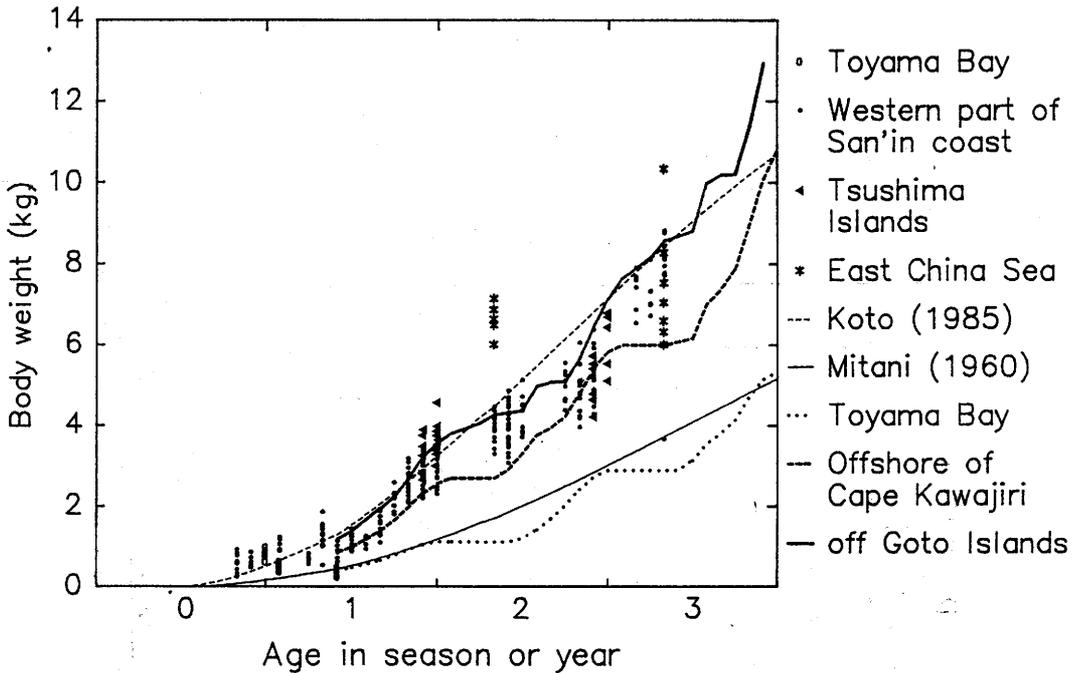


Fig.35. Seasonal growth of the yellowtail at some different fishing-grounds of Tsushima Warm Current region. Thin broken line, for the fish in the Pacific Ocean, given by Koto (1985); thin solid line, for the fish in Wakasa Bay, given by Mitani (1960); thick solid line, for the fish off Goto Islands; thick broken line, for the fish off Cape Kawajiri; and dotted line, for the fish in Toyama Bay. Latter three curves are estimated on the basis of the feeding experiment of the yellowtail.

おける太い破線)と、五島灘の水温値に基づいて計算された成長曲線 (Fig.35における太い実線)との間にはほぼおさまる。

Fig.32とFig.33に示されている水温と月間成長率との関係は、体重7kgまでの個体から推定したものである。さらに、成魚では蓄積されたエネルギーの一部が再生産に利用される。そのため、高齢魚では、再生産を考慮することなく求められた実験式に基づく推定値と観測値の間に当然誤差が生じることが推測される。このことを考慮すれば、実験式的に表現された各海域における本種の成長のパターンは、脊椎骨や体長組成からの推定された成長のパターンとよく一致していると判断される。

#### 第4節 考 察

前節で、飼育実験の結果に基づいて水温とブリの月間成長率との関係を求めた。そして、海域ごとに、その推定結果と対馬暖流域の月ごとの平均表面水温の推移から、本種の成長を実験式に基づいて推定した。実験式に基づいて推定された成長は、脊椎骨から推定した本種の成長とよく一致した。

前の第Ⅲ章で、脊椎骨の輪径組成の解析結果から、本種の未成魚の成長速度には海域差が認められ、少なくとも3歳魚までは南の海域におけるほど成長速度が速いことを指摘した。さらに、成長の海域差は生息海域の水温差によるという仮説を提示した。前節の海域別の成長の実験式による推定結果は、前述の仮説の妥当性を支持するものであった。つまり、本種の海域による成長差が、生息海域の水温差によって大体説明ができる。そして、前節で述べた冬季と春季における水温の海域差、特に月間成長率が1となる水温14°C未満の低水温の出現頻度の多少が、成長の海域差を生む大きな要因であろうと考えられる。

ところで、未成魚期の成長が速いということは、生物学的最小形が変化しないならば、繁殖を若齢で開始することを意味している。本種の生物学的最小形は三谷（1960）によれば尾叉長60cm、体

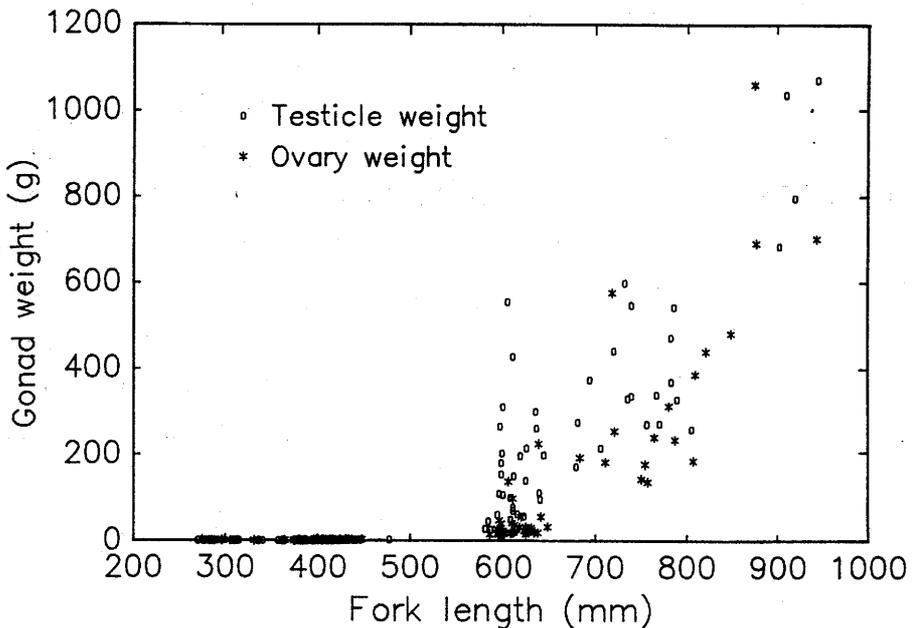


Fig.36. Relationship between fork length (mm) and gonad weight (g) of the yellowtail caught in April, May and June, 1987 to 1989, in the Tsushima Warm Current region.

重3kg前後である。Fig.36に第Ⅲ章で年齢推定に用いた1980年代後半の魚体から、本種の主産卵期である4月、5月および6月の尾叉長と生殖腺重量の関係を示した。Fig.36から、雌雄ともに尾叉長60cm前後から急激に生殖腺重量が増加していることがわかる。これは、本種の生物学的最小形が1950年代と比較して大きく変化していないことを意味する。

前章までで、本種の分布域が西偏傾向にあり、成長速度が1960年前後よりよくなっていることが示唆された。1960年前後の本種の成長が、三谷（1960）の推定した成長曲線で表されるとすれば、Fig.35から明らかなように、上述の本種の生物学的最小形(尾叉長60cm、体重3kg)に達するのに、1960年前後と近年では1年程度の差がある。この差は、未成魚への強い漁獲が働いている近年の環境下では、再生産力の低下をある程度緩和する方向に働いていると推察される。

## 第Ⅴ章 東シナ海におけるブリの産卵場と稚魚の輸送

### 第1節 はじめに

本種の産卵場は東シナ海の大陸棚縁辺部と薩南海域、および四国近海に分布しているとされている。その根拠は、主として(稚)ネットによって採集された本種の卵稚仔の分布状況や定置網漁業によって漁獲される大型ブリの生殖腺の成熟状況に基づいたものである(東海区水研ほか, 1966)。この海域は、海洋学的にみても興味深いところであって、対馬暖流の源流域(起点)も含まれている(井上, 1970)。すなわち対馬暖流は北緯30度付近で黒潮から分岐して北上する模式図(近藤, 1985)がしばしば描かれてきた。しかし、対馬暖流の源流域と言われる海域に定常的な黒潮からの分岐流はないようである(川合, 1972)。赤松(1977)は水塊分布の解析から黒潮と大陸棚水との間に存在する混合水が黒潮と並行して北上し対馬暖流の起源になると推論している。また、Huh(1982)は衛星画像の解析から、従来、対馬暖流の分岐が起きているとされる場所で、黒潮から北への暖水の補給が間欠的に生じている可能性を示唆した。しかし、赤松(1977)とHuh(1982)は分岐機構の季節的な変化を定量的に示してはいない。石井ほか(1984)はGEK資料から黒潮の季節変動を解析した。その結果、黒潮の流速は春から夏にかけて増加し、九州近海では3月から5月に極大に達すると指摘した。これは、後述のように対馬暖流域の流向が北向きに变化する時期とほぼ一致する。このことは、黒潮流量の増加と対馬暖流の分岐に関連があるとことを示唆している。

また、第Ⅰ章では本種の漁獲統計資料の解析結果から、日本海に加入する本種の0歳魚の大部分は東シナ海で産卵されたものである可能性を示唆し、東シナ海における本種の資源調査の重要性を指摘した。

そこで第Ⅴ章では、東シナ海における遠洋旋網漁業による本種の漁獲統計資料と漁獲物の測定結果を解析し、本種の産卵場が東シナ海の200m等深線に沿った大陸棚上の瀬、礁および沈船上にあることを改めて明らかにする。さらに、産卵場周辺海域の流況が本種の稚魚の輸送・配分に及ぼす影響についても、GEK資料の解析によって考察する。

### 第2節 漁獲統計資料、魚体測定および海況変動の資料

漁獲統計資料として日本遠洋旋網組合の日報(1988-1989年)と福岡魚市場の年報(1956-1989年)を用いた。東シナ海を主漁場とする遠洋旋網漁業による本種の主要漁期は3月、4月および5月である。そこで、日本遠洋旋網組合の日報から、本種の3月と4月および5月における農林漁区別漁獲量を求めた。また、遠洋旋網漁業による漁獲物の大きさおよび成熟状況を調査するため、1989年と1990年に福岡魚市場と長崎魚市場に水揚げされた遠洋旋網漁業の漁獲物から101個体の魚体

を採取し、各魚体の尾叉体長、体重、生殖腺重量および胃内容物重量を計測した (Table 8)。

Table 8. Number of the yellowtail sampled from catches at the Fukuoka and the Nagasaki Markets by distant—waters purse—seine fisheries in the East China Sea.

Sampling date		No. of fishing block *)	Number of the yellowtail sampled
1989	April	486	10
		250	1
		451	20
1990	April	464	10
		465	10
		507	30
		421	20

\*) These blocks are authorized by the Fisheries Agency of Japan.

対馬暖流域と太平洋の各海域に來遊するモジャコの平均体長は長崎県水産試験場資料、山口県外海水産試験場資料、日本栽培漁業協会研究資料 No. 17, 19と22および東海区水産研究所研究資料集第2号をもとに、抄網による標本から推定した。さらに、日齡Dと本種の稚魚の全長L (mm)の関係式 (村山, 1989),

$$L = 4.52 - 3.23 \times 10^{-1} D + 2.49 \times 10^{-2} D^2 - 7.56 \times 10^{-5} D^3$$

および、先に推定した各海域に來遊するモジャコの平均体長から、各海域に來遊するモジャコの日齡を推定した。

海況変動の資料として日本海洋データセンターの海流 (G E K) 観測資料 (1953—1984年)を用いた。遠洋旋網漁業による本種の漁場の分布図をもとに、東シナ海の大陸棚縁辺部を6海域に分け、G E K (geomagnetic electrokinetograph, 電磁流速計) 資料から海域ごとに月平均流速ベクトルを計算した。

### 第3節 産卵場の推定、モジャコの出現状況および流況の解析結果

#### 1. 東シナ海におけるブリの産卵場の推定

Fig. 37に福岡魚市場に3月、4月および5月に水揚げされた遠洋旋網漁業によるブリの漁獲尾数を示した。漁獲尾数は1980年代に入り急激に増加し、1988年には35万尾を越えている。また、主漁期は漁獲量の増加にしたがって、3月または4月から4月または5月へと変化している。

Fig. 38に標本の尾叉長組成を示した。水揚げされた漁獲物は体重別にいくつかの出荷銘柄に分け

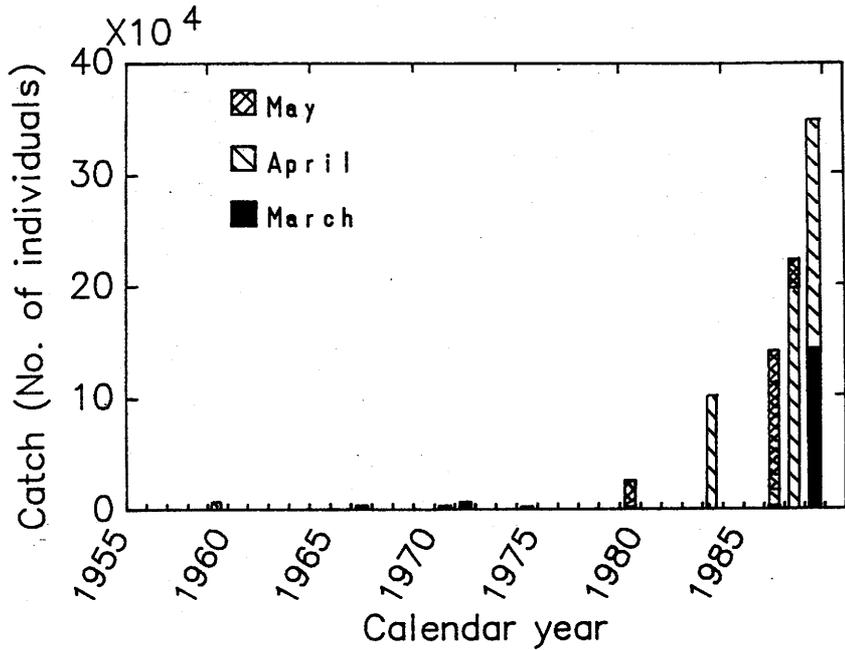


Fig.37. Yearly change in catch of the yellowtail landed at the Fukuoka Fish Market in March, April and May, 1956 to 1989. Data are from annual report of the landings at the fish market.

られている。標本は、水揚げ量の最も多い出荷銘柄を中心に採取しており、傾向的には遠洋旋網漁業による漁獲物の組成を示すと考えられる。標本の体長範囲は74cmから96cmまでで、尾叉長の小さい側のモードは81cmに見られた。第II章で対馬暖流域の広範な海域から採取した本種の魚体の年齢推定を行った。その結果、3歳の4月時点における尾叉長は65cmから80cmまでの範囲にある。これより、本章で用いた標本はほぼ3歳以上の個体からなっていると推測される。

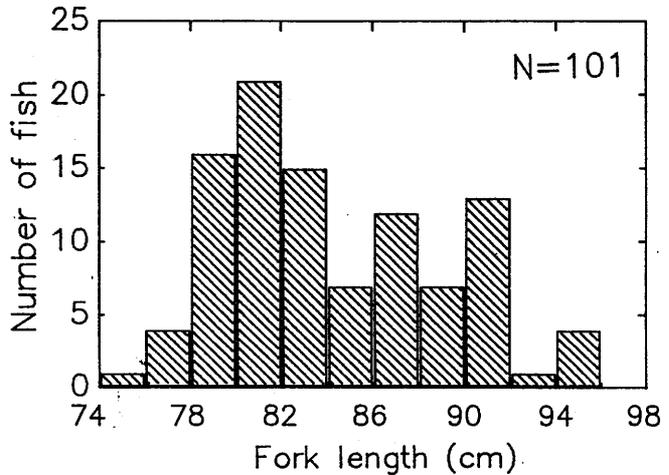


Fig.38. Frequency distribution of fork length (cm) of the yellowtail for estimate of the fish size, sampled from the catch by distant-waters purse-seine fisheries in the East China Sea. N shows the sample size.

三谷 (1960) は本種の生殖腺の発達を次式で示した。

$$\text{生殖腺指数 (GI)} = W / L^3 \times 10^4 \quad (g/cm^3)$$

ただし、 $W$ は生殖腺重量( $g$ )、 $L$ は尾叉長( $cm$ )を表す。そこで、上式に従いFig. 39に標本の生殖腺指数頻度分布を示した。雌では生殖腺指数  $8 g/cm^3$  から  $10 g/cm^3$  に、雄では生殖腺指数  $12 g/cm^3$  から  $16 g/cm^3$  にモードがある。また、雌の生殖腺指数  $2 g/cm^3$  以下の個体は放卵後の個体であった。三谷 (1960) は卵巣の肉眼による観察と細胞組織学的観察から生殖腺の発達段階を5段階に分けた。さらに、彼は生殖腺の発達段階と生殖腺

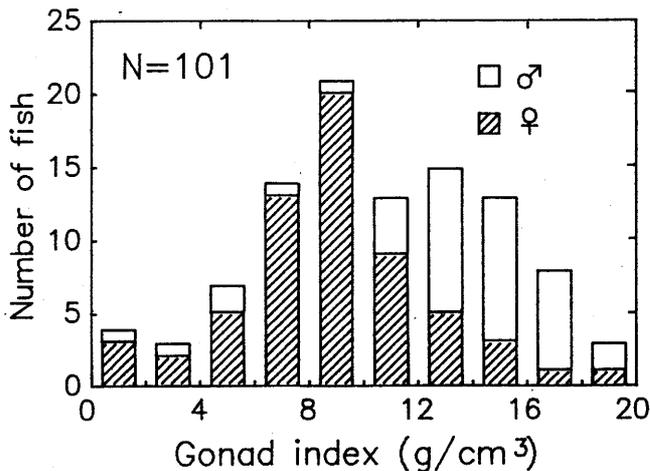
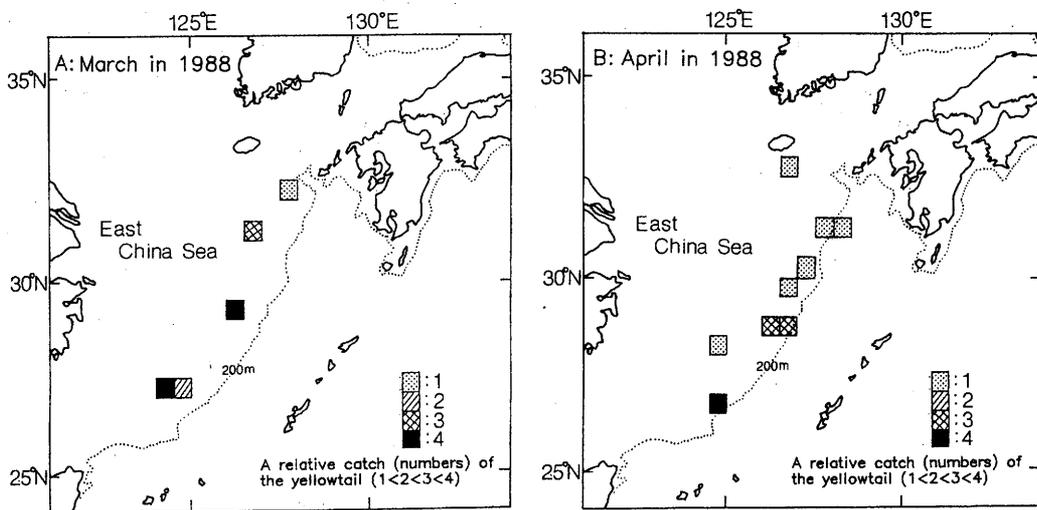


Fig. 39. Frequency distribution of gonad index ( $g/cm^3$ ) of the yellowtail. Data are the same as those used in Fig. 38.

指数とがよく対応していることを指摘した。すなわち、成熟中期が生殖腺指数  $4.8 g/cm^3$  から  $10.5 g/cm^3$ 、成熟後期が生殖腺指数  $8.5 g/cm^3$  から  $17.0 g/cm^3$ 、完熟期は生殖腺指数が  $15.3 g/cm^3$  以上に対応する。これから、本章で用いた標本はほとんどが成熟後期であり、一部完熟期の個体が含まれていると推察される。三谷 (1960) は成熟後期から完熟期へは10日から2週間程度で移行すると推測している。上述のことから、3月と4月および5月に東シナ海において遠洋旋網漁業によって漁獲されるブリは、産卵のため同海域に集まった産卵親魚であると推測される。



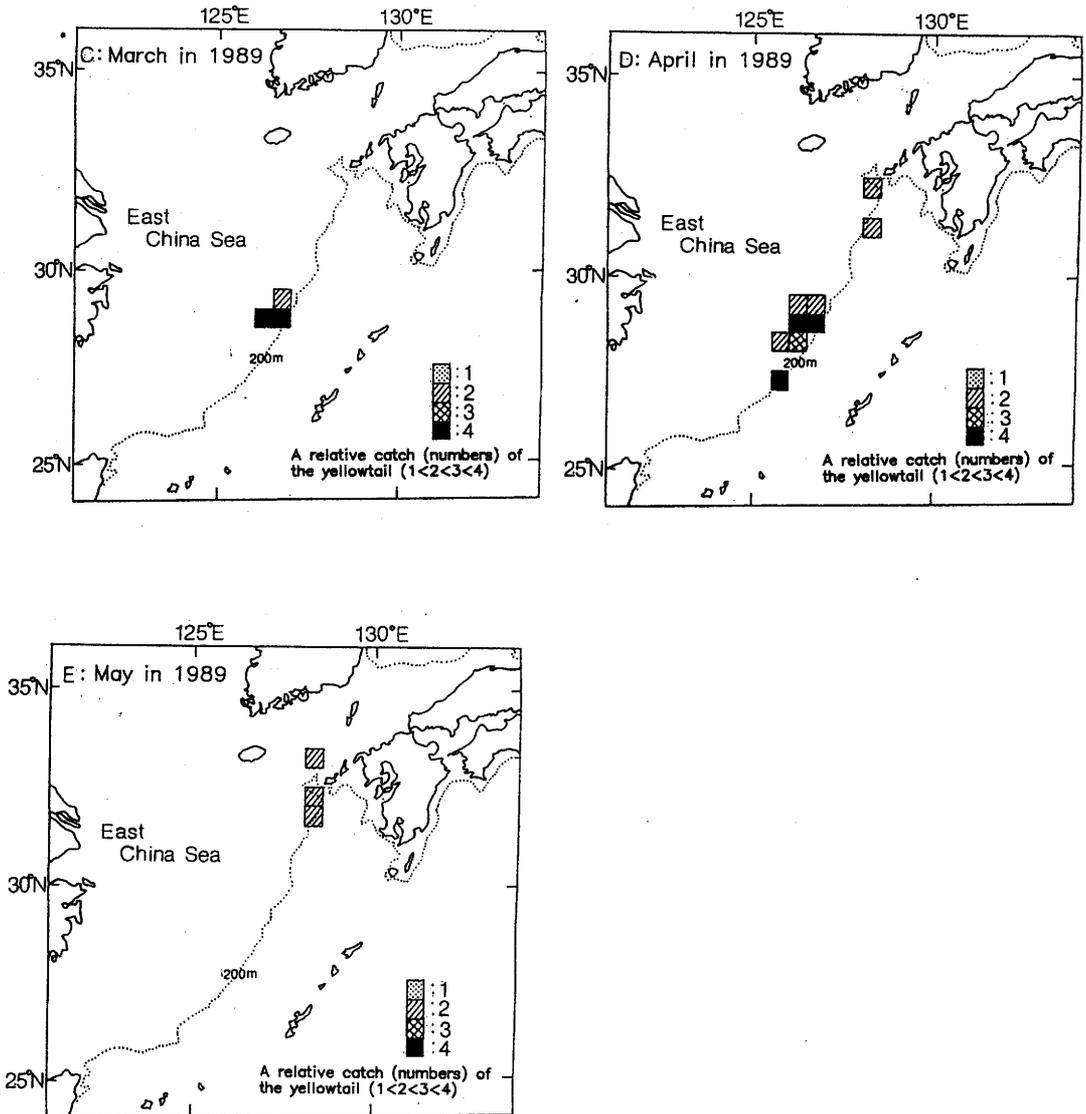


Fig.40. Monthly change in fishing locations and catch (numbers) of the yellowtail caught by distant-waters purse-seine fisheries in the springs of 1988 and 1989 in the East China Sea. Data are from daily reports of the Distant-Waters Purse-Seine Fisheries Association of Japan.

Fig. 40に1988年3月と4月、および1989年3月、4月ならびに5月の遠洋旋網漁業による漁場別ブリ漁獲尾数を示した。漁場は東シナ海の200 m等深線に沿って大陸棚上に分布している。聞き取り調査によれば、瀬や礁および沈船に集合した魚群を漁獲しているようである。3月と4月の漁場位置に大きな違いはないが、4月にはやや北に分布が広がっている。5月には漁場の北偏が明瞭に現れており、漁場位置は男女群島から五島列島周辺に限られている。

前述のように、遠洋旋網漁業により東シナ海で漁獲される本種は、その大半が産卵直前の個体である。このことから、Fig. 40に示した漁場の分布は本種の産卵場の分布そのものを表していると考えられる。すなわち、本種は東シナ海の200 m等深線に沿った大陸棚上の瀬や礁および沈船を産卵場としていると考えられる。三谷(1960)は本種の産卵最適水温を19°Cから20°Cであると推測し、水温の上昇とともに産卵場が北上することを指摘した。Fig. 40に示した遠洋旋網漁業の漁場位置が3月から5月にかけて北上するのは、本種の産卵場が北上することに対応しているであろう。

## 2. 各海域へのモジャコの出現状況

前項で推定した本種の産卵場から太平洋側と対馬暖流域側の各海域へ本種の稚魚が輸送される過程について検討を加える。鉄(1972)は太平洋側沿岸域におけるモジャコ採取漁業の漁況の経年変化について考察を行った。これによると、太平洋側の鹿児島県から三重県にいたる沿岸域において、モジャコは3月末から4月上旬に各海域に出現し始める。同海域でのモジャコ採取漁業は4月下旬から5月上旬に開始される。これに対し、対馬暖流域の五島列島周辺海域ではモジャコが出現するのは4月下旬で、モジャコ採取漁業は5月中旬から始まる。山陰西部の山口県沿岸域ではモジャコの出現期はさらに遅く、5月上中旬である。(藤田・森, 1982)。このようにモジャコの来遊期は太平洋側沿岸域と対馬暖流域とは異なっており、対馬暖流域でのモジャコの出現は太平洋側沿岸域に比べ約1ヶ月遅いようである。

Table 9に対馬暖流域と太平洋側沿岸の各海域で採取されたモジャコの平均体長と、日齢から逆算して求められた産卵時期を示した。Table 9には、平均体長の推定に用いた標本採取の期間も示した。標本の採取はモジャコ採取漁業の漁期前に実施されている。これより、推定した平均体長は各海域での出現初期のモジャコのそれを示していると判断してよからう。Table 9から、太平洋側沿岸域に出現するモジャコは2月中旬から3月中旬に産卵された個体であると推測される。一方、対馬暖流域に來遊するモジャコは3月上旬から4月上旬に産卵された個体である。特に日本海に出現するモジャコの産卵期は3月下旬以降であると推測される。

Table 9. Records of juvenile stage of the yellowtail ("nojako" in Japanese) caught in coastal waters around Japan.

Locality	Sampling date		Mean of Age <sup>*)</sup>		Spawning season <sup>*)</sup>	Remarks
	Year	Month	T. L. (mm)	(days)		
Yamaguchi Pref.	1987-1989	late in May to early in June	50.3	56	late in March to early in April	data by Yamaguchi Pref. Open-Sea Fish. Exp. St.(unpublished)
Nagasaki Pref.	1987-1989	late in April to mid-May	43.3	51	early in March to early in April	data by Nagasaki Pref. Fish. Exp. St. (unpublished)
Kagoshima Pref.	1978-1981	early to late in April	31.6	32	mid-February to mid-March	Japan Farming Fisheries Association (1980, 1981, 1982)
Miyazaki Pref.	1974-1980	mid- to late in April	30.3	30	early in March to mid-March	Japan Farming Fisheries Association (1980, 1981, 1982)
Kochi Pref.	1978-1980	mid-April	42.9	43	late in February	Japan Farming Fisheries Association (1980, 1981, 1982)
Wakayama Pref.	1967-1968	early to late in April	32.4	33	mid-February to mid-March	Tokai Reg. Fish. Res. Lab. (1969)
Mie Pref.	1966-1968	mid- to late in April	37.5	38	late in February to early in March	Tokai Reg. Fish. Res. Lab. (1969)

\*) Age and spawning season were both obtained by back calculation from Murayama's growth equation (1989).

### 3. 産卵場周辺海域の流況特性

前項で指摘したようにモジャコの出現時期は太平洋側沿岸域と対馬暖流域で異なっている。また、採取されたモジャコの推定産卵時期も太平洋側に比べて、対馬暖流域では遅い、Fig. 40に示したように、本種の産卵場を示唆していると思われる産卵親魚の遠洋旋網漁業における漁場位置は3月と4月でそれほど大きな違いはない。前述したように、本種は生活史の初期には海流を利用して漂流している。東シナ海の大陸棚上という、ほぼ同じ産卵場から

太平洋側または日本海側へとまったく異なる海域に輸送されるとすれば、産卵場周辺海域の流況がその間に大きく変化するためと考えられる。これを確かめるために、GEK資料の解析を行う。

本種の産卵場と推測される東シナ海の200m等深線に沿った海域を、Fig. 41に示した6つの緯度経度1度区画に分けた。なお、BとCの間の区画はGEKの観測資料がないため解析の対象から除

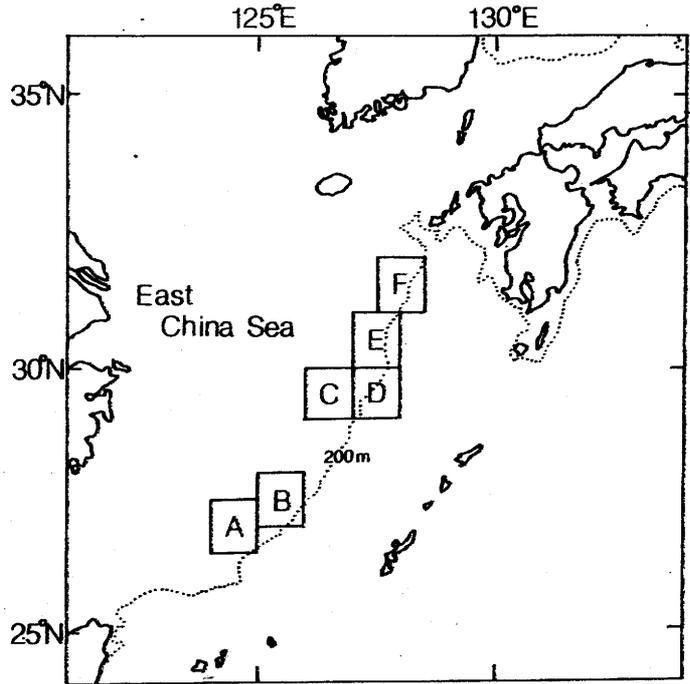


Fig.41. Locations of one-degree-squares for analysis of GEK data.

Table 10. Number of GEK data, dealt with the present work, in 1953 to 1984 for analysis of ocean currents in the East China Sea. Data are from Japan Oceanographic Data Center in Tokyo. Locations of squares A, B, C, D, E and F are shown in Fig 41.

Square	Feb.	Mar.	Apr.	May	June
A	18	20	0	34	8
B	110	62	34	68	20
C	22	8	4	30	15
D	89	31	26	70	51
E	28	9	4	27	6
F	89	32	35	52	61

いた。Table 10に区画別のGEK観測数を示した。GEKによる測流値から、流向を8方位に分

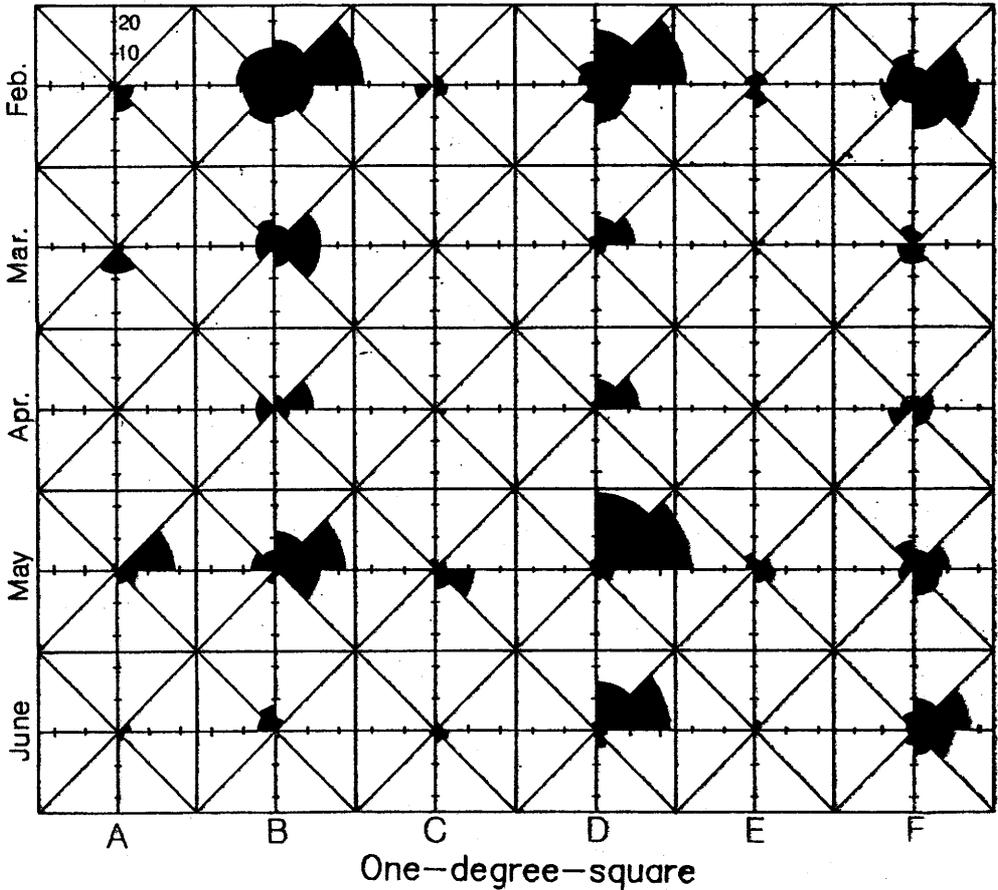


Fig.42. Frequency distribution of current directions of GEK data by month by one-degree-square in the East China Sea. Locations of squares A, B, C, D, E and F are shown in Fig.41. Data are from Japan Oceanographic Data Center in Tokyo.

け、2月、3月、4月、5月および6月における各区画の流向頻度分布をFig.42に示した。Fig.42によれば、A区画では2月と3月には南向きの、4月と5月には北東～東向きの頻度が高い。B区画では6月を除く各月で北東～東向きの頻度が高い。C区画では観測数が少なく、流向のばらつきも大きい。5月には東～南東向きの流向が卓越している。D区画では全期間を通して北から東向きの頻度が高く、特に北東～東向きの割合が多い。E区画では全期間を通じて、流向はばらついており、卓越した流向が見られない。F区画でもE区画と同様、流向のばらつきが大きい。2月、3月および4月には南向きの、5月と6月には北向きの頻度が高いように見える。Fig.43に各区画の流速頻度分布を示した。6区画のうちで、海底深度が最も深い区画Dで流速は最も速く2ノットを越える流れも全期間を通じて認められる。ほかの区画では、ほとんどが2ノット以下の流れで、

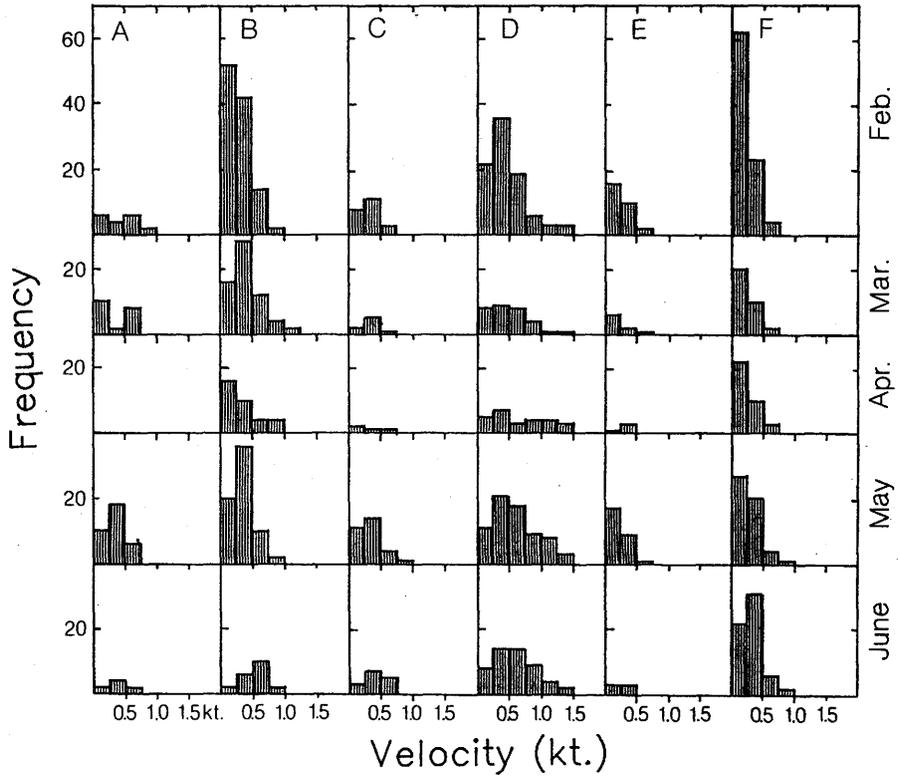


Fig.43. Frequency distribution of current speeds (knot) by month by one-degree-square in the East China Sea. Squares A-F and data are the same as in Fig.41 and Fig.42.

大半が1ノット以下である。頻度分布の季節変化を見ると、各区画とも冬季よりも春季から夏季の方で流速が大きくなる。

次に、各区画の流れのベクトル平均をFig.44に示す。さらに、次式に示す海流の安定度BをFig.45に示す。

$$B = 100 \frac{|C|}{C} [\%]$$

ただし、 $|C|$  は区画内の海流のベクトル平均流速の絶対値、 $C$  はスカラー平均流速を表す。Fig.44から黒潮が大陸棚に沿って流れる北緯30度以南の200m等深線よりも大陸側に位置する区画AとCは、各月とも等深線を沖側に横切る流れ、すなわち黒潮流軸に向かった流れを示した。ただし、Fig.45に示すように、海流の安定度は区画CではAに比べて低い。200m等深線上に位置する区画BとDでは等深線に沿って北上する流れを示した。安定度は区画Dでは70%から90%と、高い値を示すが、区画Bでは30%から70%と低い。DとBの両区画の安定度の差は2月に最も大きく、6月に最も小さい。すなわち、区画Bでも夏には高い安定度を示す。黒潮が大陸棚から離れて東進する北緯30度以北の区画Eでは3月まで、一方、その北に位置する区画Fでは4月まで流向は南向きである。しかし、区画Eでは4月に、区画Fでは5月に入ると流向は北向きに転じ、流速も増大する。

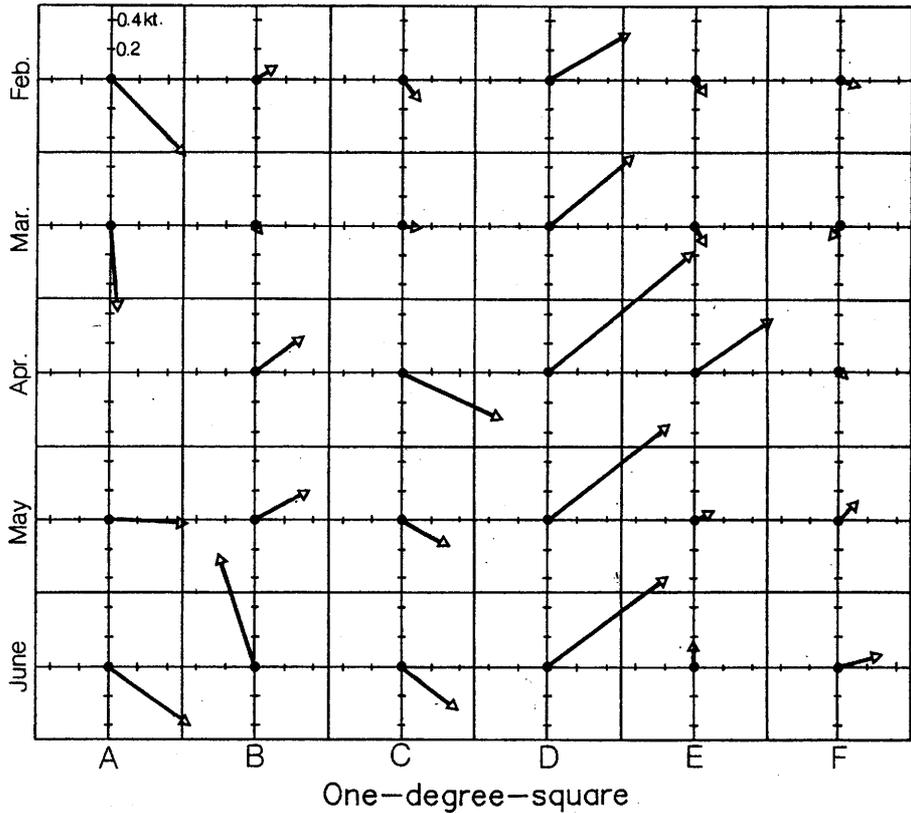


Fig.44. Mean vector of current velocities and directions by month by one-degree-square in the East China Sea. Squares A-F and data are the same as in Fig.41 and Fig.42.

ただし、E、F 両区画とも安定度はほかの4区画に比べ低く、非定常な流れを示している。また、区画Fはほかの区画と異なり、4月に最も低い安定度を示す。その後、区画Fの安定度は上昇し、6月には50%近くに達する。

前田(1983)は東シナ海の黒潮およびその周辺海域での表面流速の25年間平均を求めた。これによると、区画A、B、CおよびDは黒潮の縁辺部とその大陸棚上の区画にあたる。対馬暖

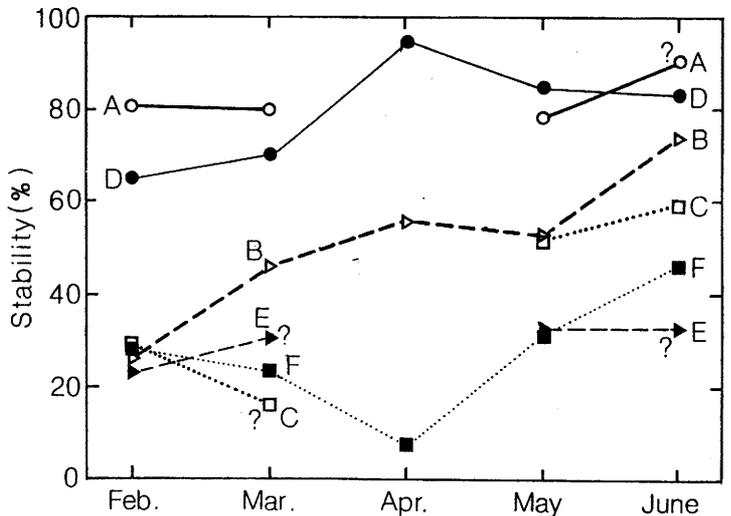


Fig.45. Monthly change of current stabilities (%) by month by one-degree-square in the East China Sea. Squares A-F and data are the same as in Fig.41 and Fig.42. A mark ? shows that numbers of GEK data are less than ten.

流の源流についてはまだ十分には確認されていないが、測流結果では北緯31度以北の陸棚縁付近、すなわち区画F付近から同海流は明瞭となっている。上述のように、本種の産卵場があると推測される東シナ海の大陸棚縁辺部の流況の季節変化は、黒潮流域およびその縁辺部と対馬暖流域では大きく異なっていた。すなわち、黒潮流域およびその縁辺部では、流速が3月から4月に増大する。ベクトル平均の流向はほぼ一定であったが、2月と3月の流れの安定度は4月以降のそれに比べて低いようである。一方、対馬暖流域では4月から5月にかけて流速が増大するだけでなく、流向も南から北へ大きく変化する。流れの安定度は黒潮流域に比べて全般に低い。特に、流速ベクトルが南向きから北向きに変化する4月には最もその値が小さい。

これより、黒潮流域およびその縁辺部に産卵された本種の卵稚仔の輸送方向は比較的安定していて、大部分、太平洋側へ補給されるが、対馬暖流域に産卵された卵稚仔は産卵時期によって、太平洋側へ補給されたり、日本海側へ補給されたりして、大きく変化することが推測される。

#### 第4節 考 察

前節で、ブリの産卵場が東シナ海の200m等深線に沿った大陸棚上の瀬や礁および沈船上にあり、水温の上昇とともに産卵場も北上することを指摘した。また、産卵場から補給されるモジャコは、太平洋側沿岸域と対馬暖流域とは出現時期と産卵された時期が異なり、対馬暖流域では太平洋側沿岸域に比べていずれも1ヶ月程度遅かった。さらに、本種の産卵場と推測される東シナ海の大陸棚縁辺部では、黒潮およびその縁辺部の流向が周年比較的安定しているのに対し、対馬暖流の源流域と考えられている北緯31度付近では流向に明瞭な季節変化が認められた。すなわち、対馬暖流源流域の月平均流速ベクトルは、4月ごろを境に南向きから北向きに変化し、流速も増大する。本種の産卵期は2月から7月であり、その最盛期は3月と4月および5月である(三谷, 1960)。したがって、生活史の初期には海流を利用して漂流するという本種の生態的特徴を考慮すれば、本種稚魚の輸送に関して次のような仮説を立てることができよう。すなわち本種では2月から3月に東シナ海で産卵された卵稚仔は太平洋側沿岸域に、一方、4月から5月に産卵された卵稚仔は対馬暖流域に輸送される可能性が高いということである。流況に基づくこの推測は対馬暖流域と太平洋側の各海域でのモジャコの出現状況とも一致している。

対馬暖流域と太平洋側へのモジャコの配分割合を推算するためには、対馬暖流の黒潮からの分岐機構の解明が必要である。なぜならば、太平洋側と対馬暖流域へのモジャコの配分の割合はFig. 41に示した区画E付近の対馬暖流源流域の流況に大きく左右されるからである。しかし、本第V章第1節のところで述べたように、その定量的な解析はまだ行われていない。東シナ海における対馬暖流の挙動を、黒潮からの分岐も含めて定量的に解明することは今後の課題である。

## ま と め と 要 約

わが国の日本海側沿岸では1960年ごろまでは年齢4, 5歳以上の大型ブリが北海道沿岸にまで相当多く回遊していたとされている(三谷, 1960)。

しかし, 1960年代になって, 富山湾以北の沿岸域におけるブリの漁獲量が減少しはじめ, ことに大型魚においてそれが著しい。一方, 山陰沿岸では漁獲量はそれほど減っていないが, 大型魚はやはり減少して, 漁獲の大部分を中, 小型魚に依存しているというのが現状である。

この研究は, 近年30余年間に起こっている, このようなブリ漁業の変化に着目して, 本種の生態の変化を具体的に明らかにするために, 漁獲統計資料の解析, および標識放流による分布・回遊範囲の確認, ならびに脊椎骨に形成される輪紋を年齢形質として推定した本種の成長速度の変化等を検討したものである。その結果, 本種では1970年代以降, 回遊のパターン, 分布域および成長速度に変化が生じていることが明らかとなった。

すなわち, 成魚では近年, 1960年代以前にみられたような日本周辺の沿岸域を南北に大回遊する個体が減少したことが示唆された。また, 未成魚では, 富山湾以北の沿岸域に來遊した0歳魚のかなりの部分が, 1960年代当時のようには富山湾以北の沿岸域で越冬せず, 越冬期に能登半島を越えて南下してしまい, その翌年, 1歳魚となつての北上期には必ずしもふたたび能登半島を越えて北上しないことが示唆された。その結果, 日本海側沿岸域では未成魚の分布域は1960年前後に比べ西偏したと考えられる。これらの変化は, 生息環境の変化, 少なくとも水温分布の変化が直接影響したためとは, 言えないようである。

また, 最近の対馬から山陰沿岸の海域を中心とした対馬暖流域における本種の成長曲線は, 1960年代中ごろ以降に太平洋側沿岸に分布, 生息しているものの成長曲線のパターンと似ていた。さらに, その成長速度は1960年前後に若狭湾と対馬で採取された魚体に基づいて推定されたものより大きいことが明らかとなった。本種の未成魚の成長速度には, 生息海域の水温差によると考えられる海域差が認められ, 少なくとも3歳魚までは南部海域の方で成長速度が大きいようである。これより, 近年, 本種の成長速度が増大しているのは, 前述の未成魚の分布域の西偏現象と関係があることが推察された。

さらに, 従来ほとんど報告のなかった東シナ海における本種の産卵親魚の漁獲統計資料についても解析を行い, 本種の産卵場が東シナ海の200m等深線に沿って分布していることを明らかにした。また, 東シナ海の産卵場周辺海域の流況の月変化から, 対馬暖流域に産卵された本種卵稚仔は, 産卵時期によって太平洋側へ補給されたり, 日本海側へ補給されたりして, その輸送方向が大きく変化することが推測された。

以上のように, この研究では対馬暖流域を中心に, 近年ブリの資源生態に生じた変化をさまざまな方法で明らかにした。今後は, 太平洋側沿岸や東シナ海における漁獲統計資料と生物学的資料の

収集と解析を行い、この研究により対馬暖流域で確認された、本種の生態に生じた変化を、対馬暖流域以外の日本周辺海域で確認し、その変化の原因を明らかにすることが、ブリ資源の動向を予測するうえで必要不可欠である。

以下に各章の内容の概要を記す。

第Ⅰ章では日本周辺沿岸域の本種の漁獲統計資料の解析を行った結果、以下の知見が得られた。本種の漁獲量の経年変動の長期傾向は海域間で異なり、長期的に減少傾向にある海域では高齢魚を、また、長期的に定常傾向にある海域では未成魚を主に漁獲している。また、本種成魚の来遊量は太平洋側と対馬暖流域側の両沿岸域で1960年代後半以降、長期的には減少し、その程度は太平洋側でも対馬暖流域側でも、いずれも北の海域ほど大きいようである。一般に、本種成魚は日本周辺沿岸域を南北に大回遊すると言われている。これが事実ならば、本種成魚の来遊量の長期傾向には大きな海域差は見られないはずであり、上述の解析結果と矛盾する。本種成魚が南北に大回遊するという説は、1960年代以前に行われた標識放流の結果から得られたものであることを考慮すれば、1960年代を境にして本種の生態に何らかの変化が生じた可能性が示唆された。

第Ⅱ章では、1964年から1989年までに、日本海沿岸域と九州北部沿岸域で行った0歳魚と1歳魚の標識放流の結果を解析した。その結果、0歳のモジャコ期に放流した個体は、あたかも山陰沿岸から北陸沿岸まで大きな移動を行うかのような再捕状況を示した。しかし、流れ藻から離れ沿岸域に来遊した0歳魚と1歳魚は、少なくとも対馬から山陰沿岸にかけては、1960年代以前と同様、大きな移動は示さないようである。これに対して、富山湾と佐渡島における0歳魚の放流翌年の再捕範囲は、山陰沿岸と対馬周辺海域における標識放流の再捕結果と比較してやや広範囲におよぶ。これを1960年代の放流魚の再捕状況と比較した結果、近年では富山湾以北の沿岸域に来遊した0歳魚のかかなりの部分が、1960年代当時のようには富山湾以北の沿岸域で越冬せず、越冬期に能登半島を越えて南下してしまい、その翌年、1歳魚となつての北上期には必ずしもふたたび能登半島を越えて北上しないことが示唆された。

第Ⅲ章では東シナ海と日本海側の広範な沿岸域から採取した本種魚体の脊椎骨に形成される輪紋に基づいて、その年齢解析を行った。その結果、最近の東シナ海と日本海側沿岸域における本種の成長が1960年代中ごろ以降に太平洋側沿岸域で採取されたものの成長と近似していることがわかった。また、それは1960年前後に若狭湾と対馬で採取された魚体に基づいて推定したものより成長がよいことを明らかにした。さらに、本種未成魚では海域により成長に遅速の差が認められ、少なくとも3歳魚までは南部の方で成長が速いことを指摘した。これらの結果から、本種未成魚の主分布域が1960年以前と比較して西偏していることを示唆した。

第Ⅳ章では、飼育実験（原田、1965）による本種の成長率と水温の関係から、対馬暖流域の代表的な3海域、五島灘、川尻岬沖および富山湾をとりあげ、そこに本種が生息した場合、どういう成長過程をたどるかの推定を試みた。その結果、実験的に表現された3海域における本種の成長は、脊椎骨と鰓蓋骨に形成される輪紋や、体長組成から推定された本種の成長とよく一致した。こ

れより、第Ⅲ章で指摘した成長速度の海域差が生息海域の水温差と関係があることを明らかにした。

第Ⅴ章では、第Ⅰ章で指摘した東シナ海から日本海側への0歳魚の補給機構を検討するため、東シナ海における遠洋旋網漁業の漁獲統計資料および漁獲物の測定結果、ならびにG E K (geomagnetic electrokinetograph, 電磁流速計) 資料の解析を行った。その結果、本種の産卵場が東シナ海の200 m 等深線に沿った大陸棚上の瀬や礁および沈船上にあることを明らかにした。また、産卵場周辺海域の流況特性から、本種では産卵期前半の2月から3月に東シナ海で産卵された卵稚仔は太平洋側沿岸域に、一方、産卵期後半の4月から5月に産卵された卵稚仔は対馬暖流域に輸送される可能性が高いことを示唆した。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、終始懇切な指導と鞭撻をいただいた京都大学名誉教授 川合英夫博士に衷心より謝意を表す。

また、研究遂行の機会と種々の御便宜を与えていただいた島根県水産試験場の元場長 児島俊平博士、山崎繁元場長、大野明道元場長および三上健彦前場長、ならびに服部守男場長、海洋資源科長 安達二郎博士、議論に加わっていただいた島根県漁政課の北沢博夫氏、日本海区水産研究所の檜山義明氏、長崎県水産課の山本憲一氏ならびに京都大学農学部水産学教室の原 哲之氏、快く資料を提供され、かつ非常に有益な助言をいただいた日本栽培漁業協会、日本海洋データセンター、長崎県水産試験場、鹿児島県水産試験場、高知県水産試験場、三重県水産技術センター、静岡県水産試験場伊東分場、神奈川県水産試験場相模湾支所、千葉県水産試験場、福岡県水産試験場、鳥取県水産試験場、兵庫県但馬水産事務所試験研究室、京都府立海洋センター、石川県水産試験場、富山県水産試験場、浜田市漁業協同組合、益田市漁業協同組合大浜支所、大社町漁業協同組合、浦郷町漁業協同組合、佐須奈町漁業協同組合ならびに日本遠洋旋網漁業協同組合の各位に感謝の意を表す。さらに、解析方法の指導と校閲をいただいた三洋テクノマリン(株)三谷文夫博士と東京水産大学助教授 北原 武博士に心から感謝する。

## 文 献

- 赤松英雄 (1977) : 対馬暖流の起源について. 1977年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 233-236.
- 第八管区海上保安本部 (1976) : 海洋概報, 昭和51年度第3号. 9pp.
- 土井長之 (1977) : メキシコ産アワビの資源診断. 日本水産資源保護協会月報, 154, 5-13.
- 原 哲之 (1990) : 日本海へ来遊するブリ成魚の来遊量指数とその年変動. 日水誌, 56, 19-24.
- 原 哲之 (1990) : 日本海におけるブリ若齢魚漁獲量の年変動. 日水誌, 56, 1933-1939.
- 原田輝雄 (1965) : ブリの増殖に関する研究. 近大農紀要, 3, 1-291.
- 檜山義明・村山達朗(1990): ブリ種苗放流技術開発調査平成元年報告検討会資料. 9pp. 日裁協.
- Huh, O. K. (1982) : Spring season flow of the Tsushima Current and its separation from the Kuroshio : Satellite evidence. J. Geophys. Res., 87 (c12), 9687-9693.
- 藤田矢郎・森 勇 (1982) : 天然ブリ仔資源保護培養のための基礎調査実験 昭和56年度報告. 日裁協研究資料, 22, 53-80.
- 井上尚文 (1970) : 黒潮分派の分岐機構に関する研究. 黒潮国際共同調査に関する総合研究報告書, 40-51.
- 石井春雄・道田 豊・小杉 英 (1984) : 黒潮流路変動の統計的解析. 黒潮の開発利用の調査研究成果報告書, 7, 73-90.
- 石居 進 (1975) : 生物統計学入門. 290pp. (特にp.109およびp.133) 培風館, 東京.
- 加藤史彦 (1983) : 富山湾におけるフクラギの標識放流調査. 第23回ブリ予報技術連絡会議資料, 15pp.
- 加藤史彦・渡辺和春 (1985) : 日本海におけるブリ資源の利用実態とその改善. 漁業資源研究会議報, 24, 99-117.
- 川合英夫(1972) : 黒潮と親潮の海況学. 海洋科学基礎講座, 海洋物理Ⅱ, 東海大学出版会, 東京, 129-321.
- 河井智康 (1967) : ブリの年齢査定と成長. モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究, 農林水産技術会議, 研究成果, 30, 86-99.
- 北沢博夫 (1984) : 天然ブリ仔資源保護培養のための基礎調査実験 昭和58年度報告. 日裁協研究資料, 27, 21-34.
- 北沢博夫・村山達朗 (1985) : 天然ブリ仔資源保護培養のための基礎調査実験 昭和59年度報告. 日裁協研究資料, 31, 21-38.
- 近藤正人 (1985) : 東シナ海, 黄海漁場の海況に関する研究-1. 西水研報, 62, 19-66.
- 古藤 力 (1985) : Modeの季節移行からみたブリの年間成長量. 南西外海資源・海洋研究, 1, 7-12.

- 鉄 健司 (1967) : ブリの体長・体重関係について. モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究, 農林水産技術会議, 研究成果, 30, 79-85.
- 鉄 健司 (1972) : 太平洋産ブリの資源学的研究-I. 東海水研報, 69, 15-30.
- 前田明夫 (1983) : 東シナ海の黒潮および黒潮周辺の海況. 海洋科学, 15, 332-338.
- 三谷文夫 (1960) : ブリの漁業生物学的研究. 近大農紀要, 1, 81-300.
- Munekiyo, M., M. Shinoda and O. Sugimura (1982) : A possibility of fish age estimation by means of a replica of the vertebral centrum. Nippon Suisan Gakkaishi, 48, 1371-1374.
- 村山達朗・北沢博夫 (1986) : 天然ブリ仔資源保護培養のための基礎調査実験 昭和60年度報告, 日裁協研究資料, 35, 11-28.
- 村山達朗 (1987) : 対馬暖流域のブリ資源. 第27回ブリ予報技術連絡会議議事録, 日本海ブリ予報技術研究チーム, 42-46.
- 村山達朗 (1988) : 最近の日本海のブリ資源について. 日本海ブロック試験研究集録, 12, 29-37.
- 村山達朗 (1989) : ブリ稚仔の輸送過程. 第29回ブリ予報技術連絡会議議事録, 日本海ブリ予報技術研究チーム, 9-10.
- 長沼光亮・市橋正子 (1985) : 日本海における水温の平均像. 日本海ブロック試験研究集録, 5, 1-100.
- 長崎水試 (1981) : 対馬周辺海域資源調査総合報告書. 51pp.
- 日本海区水産研究所 (1964) : 日本海漁場海況速報, No. 163.
- 日本海区水産研究所 (1967) : 日本海漁場海況速報, No. 200.
- 日本海区水産研究所 (1968) : 日本海漁場海況速報, No. 212.
- 日本海区水産研究所 (1976) : 日本海漁場海況速報, No. 299.
- 日本海区水産研究所 (1982) : 日本海漁場海況速報, No. 365.
- 日本海区水産研究所 (1984) : 日本海漁場海況速報, No. 385.
- 日本海区水産研究所 (1986) : 昭和60年度日本海アジ・サバ・イワシ類・ブリ漁況海況検討会議資料 (イワシ類・ブリ関係). 12pp.
- 日本栽培漁業協会 (1980) : 薩南海域におけるブリ仔の分布, 流れ藻との関係, およびその資源量について. 協会研究資料, 17. 67pp.
- 日本栽培漁業協会 (1981) : 天然ブリ仔資源保護培養のための基礎調査実験. 協会研究資料, 19. 139pp.
- 日本栽培漁業協会 (1982) : 天然ブリ仔資源保護培養のための基礎調査実験. 協会研究資料, 22. 97pp.
- 西岡 純・井上 寿・河岸 賢・飯塚 覚・篠田正俊 (1985) : レプリカ法によるブリ脊椎骨椎体輪紋の読み取り結果について. 京都海洋センター研報, 9, 5-10.

- 農林水産技術会議 (1967) : モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究, 研究成果, 30, 148pp.
- 大塚 修 (1987) : 佐渡島真野湾のブリ0歳魚 (イナダ) の資源量と移動回遊の推定. 新潟水試研報, 12, 12-26.
- 沢田郁次・石津 峻・田中 章・吉川明夫 (1960) : ブリ資源調査報告 (I) . ていち, 26・27, 101-153.
- 田中昌一(1972a) : 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊-I. 日水誌, 38, 29-32.
- 田中昌一(1972b) : 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊-II. 日水誌, 38, 93-96.
- 田中昌一(1973) : 標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊-III. 日水誌, 39, 17-23.
- 東海区水産研究所(1967) : 「モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究」資料 第1集. 東海区水産研究所資料集, 1, 1-228.
- 東海区水産研究所(1969) : 「モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究」資料 第2集. 東海区水産研究所資料集, 2, 1-179.
- 東海区水産研究所, ほか20機関 (1966) : モジャコの採捕ブリ資源に及ぼす影響に関する研究報告書. 99pp.
- 東海区水産研究所, ほか17機関 (1970) : モジャコの採捕ブリ資源に及ぼす影響に関する研究報告書 (続報) . 99pp.
- 内野 憲 (1977) : 若狭湾におけるブリ漁況の研究-I. 京都海洋センター研報, 1, 44-50.
- 渡辺和春 (1978) : 日本海中部海域におけるブリ若齢魚に関する研究. 日水研報告, 29, 89-102.
- 渡辺和春 (1979) : 春・夏期に放流した標識魚の再捕結果からみた対馬暖流水域におけるブリの分布と回遊. 日水研報, 30, 131-164.
- 山本憲一・村山達朗 (1990) : ブリ種苗放流技術開発調査昭和63年度報告. 日裁協研究資料, 44, 1-28.