

## 黒潮の離接岸変動が遠州灘の春季のシラス漁況に及ぼす影響

兪 俊宅<sup>1</sup>, 中田英昭<sup>†2</sup>

### Implication of onshore-offshore shifts of the Kuroshio axis for coastal shirasu fishery in the Enshu-nada Sea

Joon-Tack YOO<sup>1</sup>, Hideaki NAKATA<sup>†2</sup>

This paper analyzes how the oceanographic changes induced by onshore-offshore shifts of the Kuroshio axis affect the spring fishery catch of shirasu in the Enshu-nada Sea, off the central Pacific coast of Japan. When distance of the Kuroshio axis from Cape Shionomisaki became larger and that from the Miyake-jima Island became smaller, the Kuroshio water more frequently intruded into the Enshu-nada Sea. On the other hand, mean residence time of river water in the shelf region of this sea calculated as an index of retention of coastal water became shorter, responding to stronger Kuroshio water intrusion. The shorter residence time further corresponded to the decline of macroplankton biomass in the shelf water. These changes in oceanographic conditions possibly contributed to the variation in fishery catch of anchovy shirasu to the same extent as the change in anchovy spawning biomass (indicated by egg and larval abundance) in this sea. Enhanced retention of the coastal productive water apparently resulted in higher anchovy shirasu catch, while stronger influence of the Kuroshio and accelerated water exchange gave benefit to sardine shirasu.

**Key words:** shirasu fishery, onshore-offshore shifts of the Kuroshio axis, retention, macroplankton biomass

#### はじめに

本州中部以北の太平洋側において、マイワシの漁獲量は1970年代に入って数千トンの低水準から急増し、300万トン台まで達した後、1990年代には著しく減少した。一方、カタクチワシの漁獲量はマイワシの漁獲量が少ない時期には相対的に多く、マイワシ漁獲量が高水準の時期には減少する傾向を示している(渡部, 1993)。中田・船越(1996)は、このようなマイワシとカタクチワシの間の魚種交替が遠州灘沿岸海域における春季のシラス漁獲量の経年変化に明瞭に表れていることから、魚種交替を引き起こす要因が両種の再生産過程の変化に関連することを指摘し、その変化に大きな影響を及ぼす環境要因として沖合を流れる黒潮流路の離接岸変動を挙げている。また、Nakata *et al.* (2000) は黒潮の離接岸(流路型の変化)に伴う流れ、水温、透明度などの変化がイワシ類の再生産に及ぼす影響について考察を加えている。しかし、遠州灘におけるシラ

ス漁況と黒潮の離接岸に伴う海況変動との関係を具体的に示した研究例はこれまできわめて少ない。また、海況変動に対応する卵・仔魚およびプランクトンの数量変動やこれらとシラス漁況との関係についても知見に乏しい。

そこで、本研究では、最近資源が増加傾向にあるカタクチワシシラスの漁況への影響を中心に、黒潮の離接岸に伴う遠州灘の海況変動が春季のシラス漁況に及ぼす影響を明らかにすることを目的にした。

#### 資料と方法

遠州灘西部海域におけるシラス春漁期の海況ならびにマクロプランクトン湿重量(3~5月)に関しては、愛知県水産試験場の漁海況予報事業結果報告書(1982~1997年)を資料として用いた。愛知県水産試験場の沿岸定線観測地点をFig. 1に示す。解析にあたっては、環境特性を細かく見るためFig. 1に示したように、100m以浅を「沿岸域」、水深100mから200m付近までを「陸棚域」、そのさらに沖合を「沖合域」と遠州灘西部海域を3つの海域に区分した。

黒潮流路に関する情報としては、海上保安庁水路部発行の海洋速報(1982~1997年)を用い、黒潮の潮岬及び三宅島からの離岸距離(2~5月)を調べた。また、遠州灘への黒潮系水の流入の指標として、気象庁の三宅島、御前崎における潮位観測資料(1982~1995年)を用いた。御前崎の

2000年9月6日受付, 2001年3月30日受理

<sup>1</sup> 東京大学海洋研究所

Ocean Research Institute, University of Tokyo, 1-15-1 Minamidai, Nakano, Tokyo 164-8639, Japan

<sup>2</sup> 長崎大学水産学部

Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan

<sup>†</sup> nakata@net.nagasaki-u.ac.jp

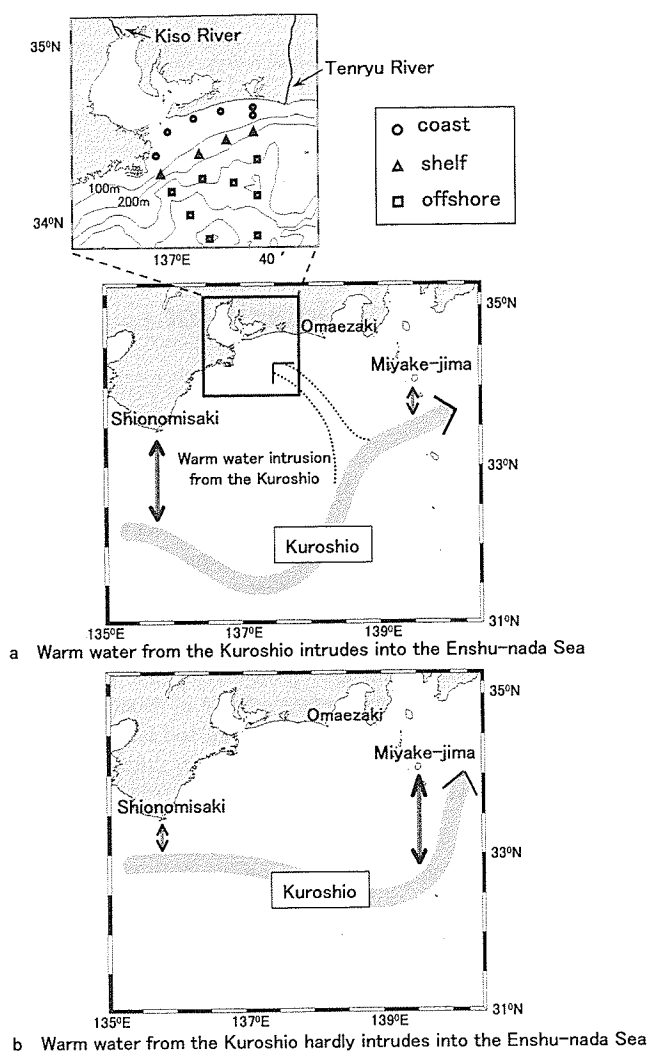


Figure 1. Stations for monthly observation of the Aichi Prefectural Fisheries Research Institute (top), and a schematic view of warm water intrusion from the Kuroshio into the Enshu-nada Sea (middle and bottom).

場合には、潮位の測定場所が途中で変わっているので、東京湾平均海面 (TP) を基準とした潮位に変換することによってその補正を行った。さらに、遠州灘への黒潮系水の流入状況について、人工衛星画像及び漁業情報サービスセンターの人工衛星利用沿岸海況図を参照した。

さらに遠州灘西部海域における沿岸水と沖合水の海水交換の指標として、木曾川と天竜川から流入する河川水の陸棚域への平均滞留時間を計算した。一般に、定常状態という仮定の下で、河川水の平均滞留時間は以下の式で表すことができる (宇野木, 1993; Bowden, 1983)。

$$T = \{(1 - S/S_0)V\} / R \quad (1)$$

ここで、 $T$ は河川水の平均滞留時間 (日)、 $S$ は沿岸水の平

均塩分、 $S_0$ は沖合水の塩分 (最大値)、 $V$ は対象海域の容積 ( $m^3$ )、 $R$ は河川日流量 (単位:  $m^3/日$ ) を表す。本研究では対象を沿岸・陸棚域とし、その容積 ( $V$ ) を陸棚の面積 ( $50 km \times 100 km$ ) と平均水深 ( $100 m$ ) から求めた。また、 $S$ については沿岸・陸棚域の  $0 m$  から  $100 m$  深までの平均塩分観測値を、 $S_0$ については沖合域の塩分観測値 ( $0 m$  から  $100 m$  深までの最大値) を用いて各月ごとに平均滞留時間 (日) を計算した。なお、木曾三川 (木曾川、長良川、揖斐川) の伊勢湾への流入量は一級河川全体の  $80\%$  以上を占め、木曾川の流量はそのうち最も大きく他の2つの河川の流量ともほぼ比例関係にある (三重県, 1970)。

この「平均滞留時間」にさらに、陸水からの栄養分供給の指標として「河川流量」、基礎生産に関する指標として、3~5月の名古屋の「日射量」( $MJ/m^2$ ) と御前崎の「風速」( $m/s$ ) をそれぞれ加えて、遠州灘西部海域におけるマクロプランクトン湿重量の変動要因の解析を行った。なお、ここではマクロプランクトン湿重量として、濾水量について記載がなされている1982年以降のデータを主として用いた。採集には1988年3月まで丸特Bネット (口径  $45 cm$ , 濾水部側長  $80 cm$ , 網目幅  $0.33 mm$ )、1988年4月から改良型NORPACネット (口径  $45 cm$ , 濾水部側長  $193 cm$ , 網目幅  $0.335 mm$ ) が用いられ、いずれの場合も水深  $150 m$  から表面まで毎秒  $1 m$  の速さで鉛直曳網が行われている。河川流量 (木曾川と天竜川、ともに2~4月) については日本河川協会発行の流量年表 (1982~1997年)、名古屋の日射量と御前崎の風速については気象庁の気象庁月報のデータを用いた。

一方、遠州灘におけるカタクチイワシ卵仔魚採集結果 (3~5月) 並びにカタクチイワシシラス漁獲量 (4~6月) の経年変動については、愛知県水産試験場で月別に集計された資料 (中央ブロック卵・稚仔・プランクトン調査研究担当者協議会研究報告, 1970~1998年) を用いた。また、マイワシ卵仔魚採集結果 (2~3月) とマイワシシラス漁獲量 (3~4月) についても、上記のカタクチイワシの場合と同じものを用いた。カタクチイワシとマイワシの卵・仔魚採集の方法は、上記のマクロプランクトン採集と同じである。

## 結果

シラス春漁期の海況およびプランクトン生物量の変動要因 漁業情報サービスセンターの人工衛星利用沿岸海況図から、シラス春漁期における遠州灘付近の黒潮流路は、潮岬で離岸し三宅島に接岸するパターンと、逆に潮岬に接岸し三宅島で接岸するパターンの2つに大別されることが分かった。このうち前者ではFig. 1に模式的に示したように、後者に比べて黒潮系の暖水が遠州灘西部海域に流入しやすくなるものと考えられる。そこで遠州灘西部海域におけるシラス春漁期 (3~5月) の水深  $10 m$  の平均水温と、黒潮

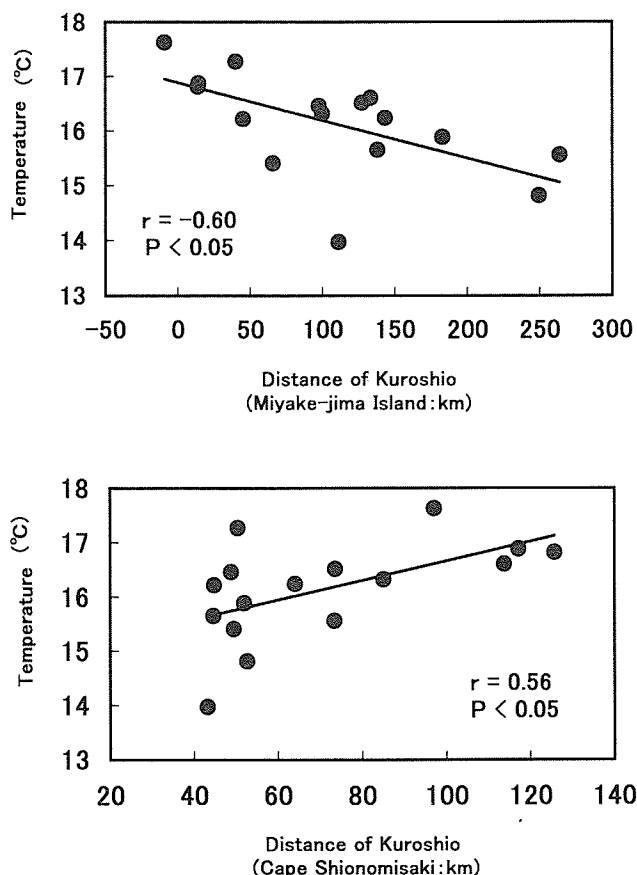


Figure 2. Correlations between the distances of the Kuroshio from Cape Shionomisaki and Miyake-jima Island (February–May) and mean temperature at a depth of 10 m (March–May) in the Enshu-nada Sea, 1982–1997.

離岸距離（2～5月の平均）との関係を調べたところ、Fig. 2に示したように遠州灘西部海域の水温と潮岬からの離岸距離の間には正の相関、三宅島からの離岸距離の間には負の相関が認められ、黒潮が潮岬で離岸し三宅島に接岸する傾向が強いほど水温が高くなることが確認された。

また、黒潮系水の流入に伴う沿岸の水位変化について解析を行った結果、三宅島の潮位は、潮岬と三宅島からの黒潮離岸距離をそれぞれ説明変数とした重回帰式により精度よく ( $R=0.81, p<0.05$ ) 推定できることが分かった (Fig. 3 上段)。さらに、各年の3～5月における三宅島の月平均潮位と御前崎の月平均潮位との関係を、タイムラグ0, 5, 10, 15, 20, 30日についてそれぞれ調べた結果、三宅島の月平均潮位と、それに対して10日間のタイムラグをとった御前崎の月平均潮位間に有意な正の相関があった (Fig. 3 下段)。このことから、黒潮が潮岬で離岸し三宅島に接岸する傾向が強いほど、三宅島の潮位は高くなり、それに伴う黒潮系水の遠州灘西部海域への流入によって三宅島の潮位上昇から10日程度遅れて遠州灘沿岸の潮位が上昇す

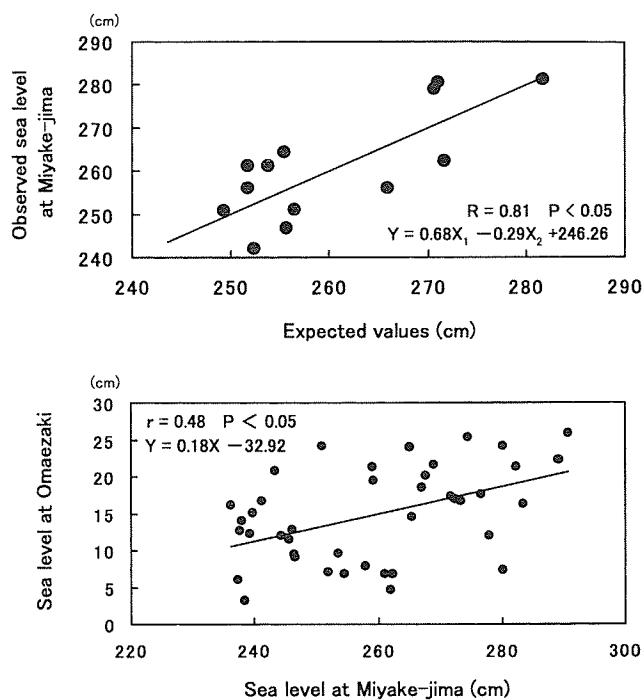


Figure 3. Relationship between the observed sea level at Miyake-jima (March–May) and the sea level expected from a multiple regression model, where  $X_1$  is distance of the Kuroshio from Cape Shionomisaki and  $X_2$  is that from Miyake-jima, 1982–1997 (upper). Relationship between the sea level at Miyake-jima and the sea level at Cape Omaezaki with a time-lag of 10 days both from March to May, 1982–1997 (lower).

る傾向があることが示唆された。

次に黒潮系水の流入に伴う遠州灘沿岸水の交換の速さの変化を調べるため、黒潮系水の流入の指標として潮岬と三宅島からの黒潮離岸距離を説明変数に用い、陸棚域における河川水の平均滞留時間の重回帰式による推定を試みた。重回帰式による平均滞留時間の推定値と (1) 式を用いて塩分データなどから計算で求めた値との関係を Fig. 4に示す。両者の間に有意な正の相関が見られることから、黒潮が潮岬で離岸し三宅島に接岸するほど（すなわち黒潮系水が流入しやすいほど）、陸棚域における沿岸水の交換が促進されることが分かる。

このような沿岸水の交換速度の変化によって、プランクトンの滞留割合が変化する可能性が考えられる。そこでさらに、河川水の平均滞留時間（3～5月の平均）のほか、基礎生産に関係する陸水からの栄養分の供給量の指標として木曾川と天竜川の河川流量（2～4月の平均）、名古屋の日射量（3～5月の平均）、風による鉛直混合の強さの指標として御前崎における風速（3～5月の平均）をそれぞれ説明変数に加えて、遠州灘西部海域の接沿岸域におけるマクロプランクトン量の変動要因について重回帰分析による解析

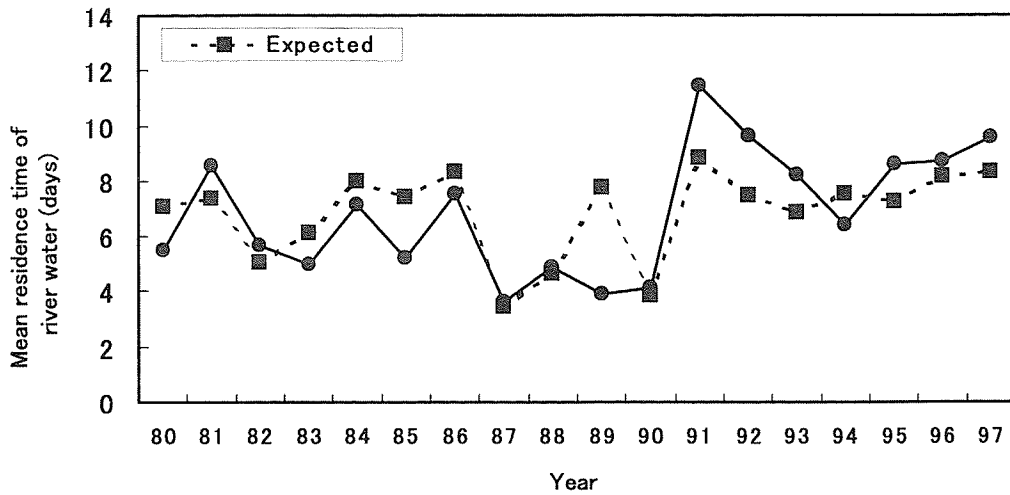


Figure 4. Mean residence time of river water in the shelf region, calculated from salinity budget (solid line) in comparison with that expected (dashed line) from a multiple regression model. The multiple regression equation is: mean residence time of river water =  $-0.56X_1 + 0.27X_2 + 9.29$ ,  $R=0.70$ ,  $P<0.05$ , where  $X_1$  is distance of the Kuroshio from Cape Sionomisaki and  $X_2$  is that from Miyake-jima, both from 1980 to 1997.

を行った。変数減少法による重回帰分析の結果（変数を除去する基準値Fとしては、杉山（1983）、四之宮ら（1984）、菅（1996）にしたがいF=2を用いた）、上記の4つの説明変数のうち、沿岸水の平均滞留時間と日射量が残る、これらを用いた重回帰式で推定したマクロプランクトン量とその観測値との重相関係数は $R=0.68$  ( $P<0.05$ )であった (Fig. 5)。各変数の標準偏回帰係数のうち、沿岸水の平均滞留時間に関するものが最も大きいことから、マクロプランクトン量の主要な変動要因は海水交換の大きさであることが示唆された。すなわち、プランクトン生物量は、沿岸水の滞留度合いが大きい年に増加する傾向があるといえる。

**3.2. カタクチイワシシラス漁獲量の経年変動とその要因**  
 遠州灘西部海域において採集されたカタクチイワシ卵数（3~5月の平均）と、カタクチイワシシラス漁獲量（4~6月の平均）の経年変動を Fig. 6に示す。卵数は、1970年代初めから1980年代の後半まで、低水準で推移したが、1990年代に入って増加傾向を示している。これに対してカタクチイワシシラス漁獲量は、1970年代の後半から1980年代の後半まで、1981~1983年を除けば300トン以下の低水準であり、1990年代に入って漁獲量は激しく変動しながら増加傾向にある。このように、1990年代以降は、両者ともに増加傾向を示しているものの、細かく見ると両者の年々の変動は必ずしも一致しておらず、有意な相関は認められなかった。言い換えれば、このことは卵数以外の要因がシラスの漁況変動に大きく関与していることを示唆している。

そこで、春漁期のシラス漁況に影響を及ぼす要因を検討するため、各年春季に観測された水温、塩分、マクロプランクトン湿重量、カタクチイワシの卵数と仔魚数のデータ

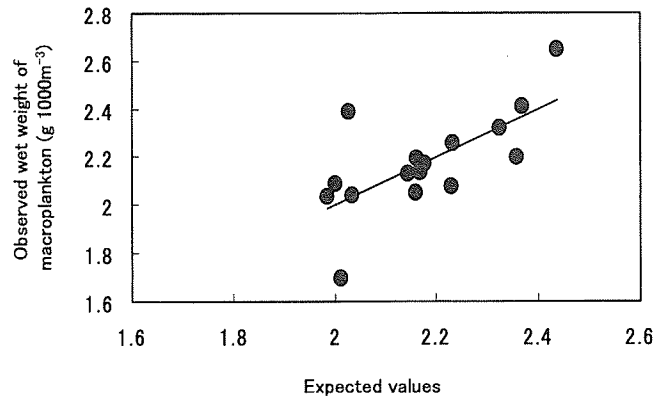


Figure 5. Observed wet weight of macroplankton averaged from March to May in the innermost part of the Enshu-nada Sea in comparison with that expected from a multiple regression model. The multiple regression equation is:  $\ln(\text{wet weight of macro plankton}) = 0.52X_1 + 0.46X_2 + 0.19$ ,  $R=0.68$ ,  $P<0.05$ , where  $X_1$  and  $X_2$  are mean residence time of river water (days) and global solar radiation ( $\text{MJ m}^{-2}$ ), respectively.

(1982~1997年)を用いて、主成分分析により遠州灘西部海域の海況と資源に関する総合特性値を求めた。Table 1にその結果を示す。第2主成分までで総変動の70%近くが説明できることから (Table 1a)、ここでは第1主成分と第2主成分について検討を行った。Table 1bを見ると、第1主成分には水温・塩分・マクロプランクトン湿重量が主に関与していることから、これは黒潮の離接岸に伴う海況変動（黒潮系水の影響の強さ）を示すものと判断された。また、第2主成分は、卵・仔魚数が主に関与しており、卵・仔魚

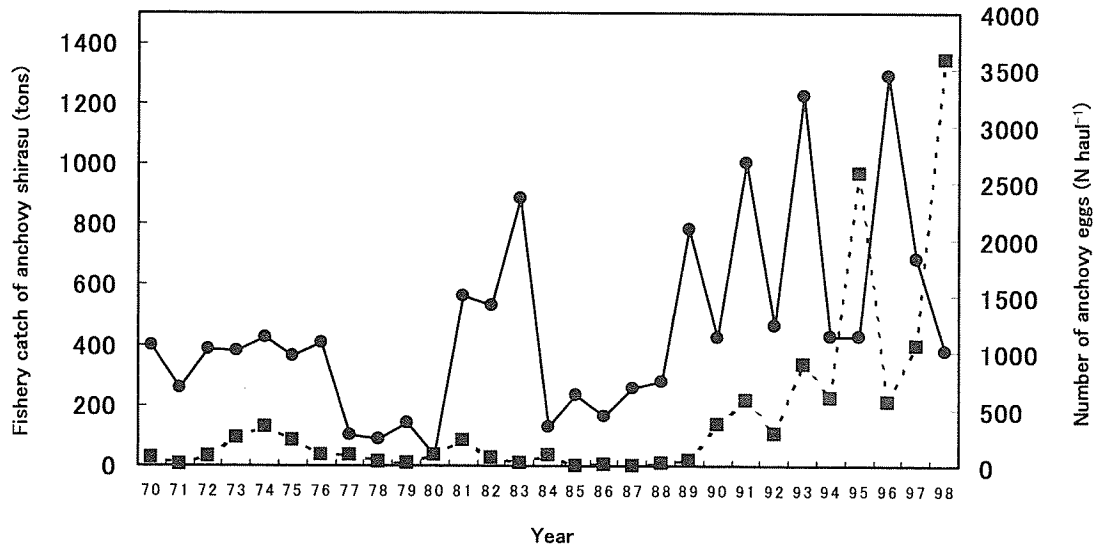


Figure 6. Time Series of the fishery catch of anchovy shirasu averaged from April to June (solid line) and the number of anchovy eggs averaged from March to May (dashed line) in the Enshu-nada Sea, 1970-1998.

Table 1. Results of principal component analysis (PCA) for anchovy.

a Eigen values and contribution ratios

Contents of PCA	PC1	PC2	PC3
Eigen value	2.1	1.3	0.7
Contribution ratio (%)	42.0	26.1	14.6
Accumulated contribution ratio (%)	42.0	68.1	82.7

b Factor loading of the first (PC1) and the second (PC2) principal component.

Factor	PC1	PC2
Temperature	0.92	0
Salinity	0.83	0.06
Wet weight of macroplankton	-0.75	0.12
Number of eggs	0.1	0.79
Number of larvae	-0.04	0.81

数が増加するほど大きくなることから、産卵量を表しているものと判断された。

次に、上記の第1主成分・第2主成分とカタクチワシシラス漁獲量との関係について、重回帰分析を行った。第1主成分と第2主成分を説明変数、カタクチワシシラス漁獲量を目的変数として、重回帰式により春漁期のカタクチワシシラス漁獲量を推定した結果 (Fig. 7)、カタクチワシシラス漁獲量の推定値とその実際値の間には有意な正の相関 ( $R=0.77$ ) が見られ、第1主成分が小さく、第2主成分が大きいほどシラス漁獲量は増加することが分かっ

た。このことは、黒潮系水の影響が弱く、産卵量が多い年ほどシラス漁獲量は増加することを示すものと考えられる。さらに、この重回帰式における第1主成分と第2主成分の標準偏回帰係数を比べた結果、両者はほぼ同程度であることから、カタクチワシシラス漁況の変動には、産卵量の変動と同程度に黒潮の離接岸に伴う海況変動が影響を及ぼしていることが推測された。

一方、黒潮の離接岸に伴う海況変動と遠州灘におけるマイワシシラス漁況との関係についても、2-3月のデータを用いて上記と同様に主成分分析を行った結果、カタクチワシの場合とほぼ同じ結果が得られた (Table 2)。そこで Fig. 8には、それぞれの第1主成分とマイワシシラス、カタクチワシシラス漁獲量の相関関係をそれぞれ示した。第1主成分とマイワシシラス漁獲量の間には有意な正の相関 ( $r=0.68, P<0.05$ ) があるのに対して、カタクチワシシラス漁獲量との間には、有意な負の相関 ( $r=-0.62, P<0.05$ ) が見られることが分かる。第1主成分はいずれの場合も黒潮系水の遠州灘への流入の強さを表すと考えられることから、マイワシシラスの漁獲量には、カタクチワシシラスとは異なり、黒潮系水の流入に伴う黒潮上流域などからのマイワシシラスの補給の影響が大きいことが示唆される。

### 考察

遠州灘において、黒潮が潮岬で離岸し三宅島に接岸する傾向が強いほど黒潮系水が遠州灘西部海域に流入する傾向が強まり、そのとき沿岸水の滞留度合が減少することが示唆された。また、Fig. 5に示した重回帰分析の結果から、沿岸水の交換速度はマクロプランクトン湿重量 (3-5月の平均) の重要な変動要因の一つであることが分かった。この

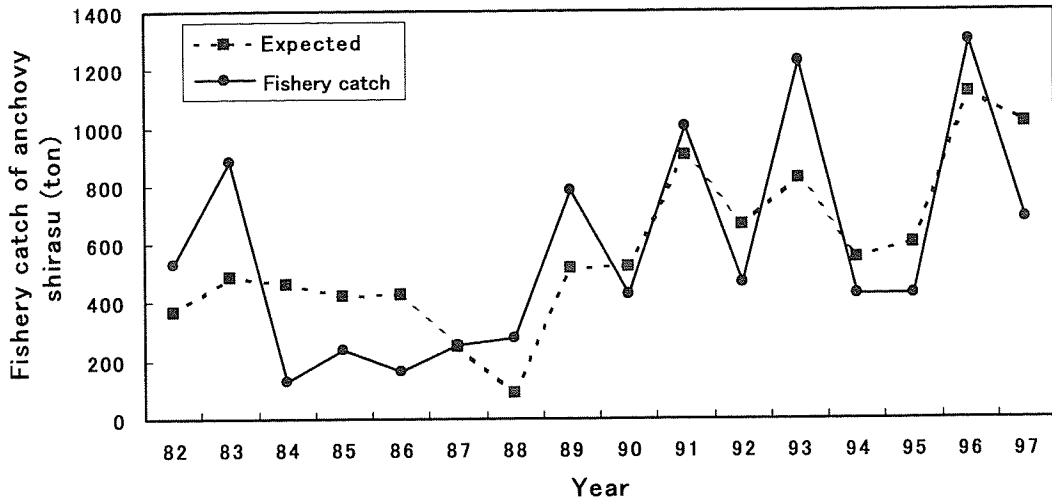


Figure 7. Fishery catch of anchovy shirasu averaged from April to June (solid line) in comparison with that expected (dashed line) from a multiple regression model. The multiple regression equation is; fishery catch of anchovy shirasu =  $-0.51X_1 + 0.43X_2 + 576.1$ ,  $R=0.77$ ,  $P<0.05$ , where  $X_1$  and  $X_2$  are the first and the second principal component, respectively.

Table 2. Results of principal component analysis (PCA) for sardine.

a Eigen values and contribution ratios

Contents of PCA	PC1	PC2	PC3
Eigen value	2.1	1.0	1.0
Contribution ratio (%)	42.5	20.2	19.4
Accumulated contribution ratio (%)	42.5	62.7	82.0

b Factor loading of the first (PC1) and the second (PC2) principal component.

Factor	PC1	PC2
Temperature	0.91	0
Salinity	0.85	-0.16
Wet weight of macroplankton	-0.72	0.08
Number of eggs	0.23	0.47
Number of larvae	0.1	0.87

ことは、遠州灘沖における黒潮の離接岸変動が沿岸水域のプランクトン生物量に大きな影響を与える可能性があることを示している。すなわち、黒潮が潮岬に接岸し三宅島で離岸する傾向が強くなるほどプランクトンは沿岸に滞留しやすく、結果的にプランクトン生物量は高い水準に維持される。

遠州灘の海況への黒潮系水の影響に関して、船越ら(1979)、杉本ら(1985)は黒潮流路の大蛇行期と非蛇行期のそれぞれについて、遠州灘における水温、塩分の平均的な

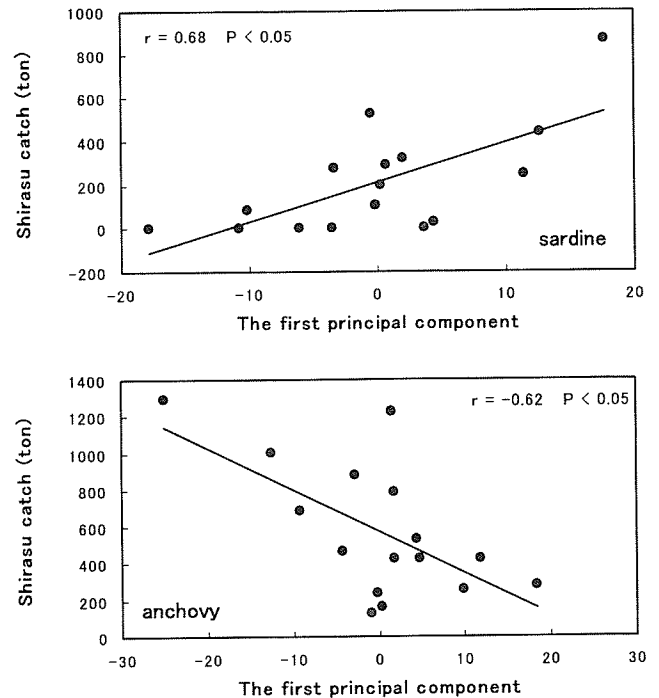


Figure 8. Relationship between the first principal component obtained from the PCA analysis (see text for the detail) and fishery catch of shirasu from 1982 to 1997. Upper: sardine shirasu averaged from March to April, lower: anchovy shirasu averaged from April to June.

分布特性を報告しているが、流路変化にともなう黒潮系水の流入状況の変動には言及していない。また、木村・杉本(1990)は遠州灘沿岸を航走しているフェリーによる水温観

測データと人工衛星熱赤外面像などを解析し、熊野灘・遠州灘沿岸域への黒潮系暖水の流入状況について報告しているが、1987年4月から1988年3月までのデータに基づくもので黒潮系水の流入状況の年々の変動については明らかでない。本研究では1982年から1997年までの黒潮離岸距離、遠州灘周辺の沿岸潮位などの解析によって遠州灘への黒潮系水の流入状況の変化を明らかにした。すなわち、黒潮が潮岬で離岸し三宅島に接岸する傾向が強いほど三宅島の潮位が上昇すること、またこの三宅島の潮位変化と御前崎のそれとの対応関係から、三宅島での潮位上昇に伴って黒潮系水が遠州灘西部海域に流入する傾向が強まることを明らかにした。さらに、黒潮系水の流入の度合は沿岸水の交換の大きさとも密接に関連しており、流入傾向が強いほど沿岸水の滞留度合が減少することが示された。三宅島と御前崎の潮位変化のタイムラグを10日程度とすれば (Fig. 3 下段)、潮位変化に対応する黒潮系水の流入速度は、三宅島から御前崎までの距離を約200kmとしておよそ20cm/sと推算される。これは、これまでにKasai (1995) が遠州灘沿岸域での海面水温の時系列変化に基づいて推定した黒潮系水の流入速度 (約20cm/s) とよく一致している。

一方、三谷 (1987) は相模湾において、カタクチイワシの産卵場とシラス漁場が比較的近く、産卵量および漁獲量がともに多い時期には、シラス漁獲量は産卵量に大きく依存することを報告している。しかしながら、本研究の対象とした遠州灘西部海域においては、春季のカタクチイワシ卵採集数とシラス漁獲量の間有意な相関は見られず、卵数の変動だけではシラス漁獲量の変動を十分に説明できない (Fig. 6)。そこで、主成分分析によって求められた海況と資源に関する総合特性値とシラス漁況との関係を調べた結果、カタクチイワシシラス漁獲量は、黒潮の離接岸に伴う海況変動を表す第1主成分と産卵量の変動を表す第2主成分を用いた重回帰式で推定できることが分かった (Fig. 7)。さらに第1主成分と第2主成分の標準偏回帰係数が同程度であることから、遠州灘西部海域におけるカタクチイワシシラス漁況の場合、資源変動に伴う産卵量の変動と同程度に黒潮系水の遠州灘への流入による沿岸水の滞留度合や餌料環境の変化が影響を及ぼしていることが明らかとなった。Fig. 7を細かく見ると、カタクチイワシシラス漁獲量とその推定値の差が、1980年代には1990年代に比べて大きい。これは、1980年代には卵数のレベルが非常に低かったことに加えて、マクロプランクトン量の変動などに黒潮系水の流入の強さ以外の要因がより大きな影響を及ぼしたためではないかと考えられる。

以上を総合すると、黒潮が潮岬で離岸し三宅島に接岸する傾向が強いほど、遠州灘東方からの黒潮系水の流入が強まり、栄養分やプランクトン量に富む沿岸水が滞留しにくくなること、そのような年には、餌料環境が悪化しカタクチイワシシラスの漁獲量は減少する可能性があることが分

かった。1990年代の遠州灘におけるカタクチイワシシラス漁獲量の増加には、資源の増大に伴う産卵量の増加に加えて、沿岸水の滞留度合などの環境条件が好転したことが関与しているものと考えられる。本研究では、1990年代の遠州灘における卵数の増加要因などについて言及していないが、黒潮系水の流入による流れや水温などの変動はカタクチイワシの産卵や卵・仔魚の滞留などにも影響を及ぼす可能性がある。これらも含めた総合的な検討が今後必要である。

遠州灘における春漁期のマイワシシラスとカタクチイワシシラスの間には明瞭な魚種交替が認められ、黒潮流路の変動と現象的に相関することが指摘されてきたが (船越, 1990; 中田・船越, 1996; Nakata *et al.*, 2000)、本研究によって、それが黒潮の離接岸に伴う黒潮系水の流入の強さや沿岸水の滞留度合の変化に起因することを具体的に明らかにした。今後さらにその変動過程の詳細を明らかにするためには、黒潮の離接岸に伴う遠州灘の海況変動の実態をもっと細かい時空間スケールで調査し、海況変動に伴う沿岸水の滞留度合の変化などをさらに精度よく推定する必要がある。また、魚群の来遊パターンの変化やそれによる漁況の短期的な変動要因の解明なども今後の課題であろう。黒潮沿岸域に形成される他のシラス漁場でも同様の検討を行い、本研究で見出した黒潮系水の流入の影響についてさらに検証を進めることも重要な課題といえる。

## 謝辞

本研究に対し、多くの有益な助言を賜った東京大学海洋研究所教授杉本隆成博士、助手木村伸吾博士に厚く御礼を申し上げます。愛知県農業水産部船越茂雄博士ならびに愛知県水産試験場漁業生産研究所中村元彦氏には、貴重なデータの解析を行う機会を与えて頂き、有用な助言を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。また、済州大学校漁業学科教授盧洪吉博士の暖かいご支援に深く感謝いたします。

## 引用文献

- Bowden, K. H. (1983) Physical oceanography of coastal waters. Ellis Horwood Ltd., West Sussex, pp. 207–209.
- 船越茂雄・柳橋茂昭・岩瀬重元 (1979) 三河湾ならびに渥美外海の平均的海況。水産海洋研究会報, 34, 115–127.
- 船越茂雄 (1990) 遠州灘、伊勢・三河湾およびその周辺海域におけるカタクチイワシの再生産機構に関する研究。愛知水試研究業績B集, 10, 1–208.
- Kasai, A. (1995) Effect of variations in the Kuroshio and Oyashio Currents on the egg and larval transport and recruitment of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*). 東京大学農学系研究科学学位論文, 139 pp.
- 菅 民郎 (1996) 多変量統計分析。現代数学社, 京都, pp. 146–156
- 木村伸吾・杉本隆成 (1990) 熊野灘・遠州灘沿岸域への黒潮系暖水の流入過程。水産海洋研究, 54, 19–31.
- 三重県 (1970) 伊勢湾奥部漁業開発調査報告書, 84 pp.

- 三谷 勇 (1987) シラス漁場内における魚群及び餌料生物の分布と環境対応. 水産海洋研究会報, **51**, 46-51.
- 中田英昭・船越茂雄 (1996) 黒潮の離接岸変動とシラスの加入. 水産海洋研究, **60**, 419-422.
- Nakata, H., Funakoshi, S. and Nakamura, M. (2000) Alternating dominance of postlarval sardine and anchovy caught by coastal fishery in relation to the Kuroshio meander in the Enshu-nada Sea. *Fish. Oceanogr.*, **9**, 1-11.
- 四之宮 博・岩田静夫・平野敏行 (1984) 多変量解析による相模湾漁獲量の予測過程. 月刊海洋科学, **16**, 634-638.
- 杉本隆成・佐々木十一郎・小林雅人 (1985) 熊野灘・遠州灘の海洋構造と変動. 水産海洋研究会報, **49**, 33-37.
- 杉山高一 (1983) 多変量データ解析入門. 朝倉書店, 東京, pp. 125-136.
- 宇野木早苗 (1993) 沿岸の海洋物理学. 東海大学出版会, 東京, pp. 539-540.
- 渡部泰輔 (1993) 多獲性浮魚類の魚種交代について. 月刊海洋, **25**, 410-420.