

1980年代後半以降の日本海南西海域におけるまき網漁業の変遷

志村 健^{1†}・増田紳哉¹・氏 良介¹・山本 潤²・桜井泰憲³

Transitions in purse seine fishing in the southwestern Sea of Japan after the second half of the 1980s

Tsuyoshi SHIMURA^{1†}, Shinya MASUDA¹, Ryosuke UJI¹, Jun YAMAMOTO² and Yasunori SAKURAI³

The southwestern Sea of Japan, from Tsushima Island to the Oki Islands, is one of the major fishing grounds in the Tsushima Warm Current region of the Sea of Japan. In this area, four species of pelagic fish (Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, chub mackerel, *Scomber japonicus*, horse mackerel, *Trachurus japonicus* and Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*) are mainly caught by purse seine fishing; however, little is known about the long-term variation of purse seine fishing after the 1980s regime shift. The purpose of the present study is to clarify the inter-annual fluctuations of the catch per unit effort (CPUE), the main fishing season and main fishing grounds of four species of pelagic fish caught by purse seine fishing in this area. The abundance and distributional changes in four species of pelagic fish were examined using the catch data of the four species caught by two purse seine fishing vessels in Tottori Pref. from 1985 to 2005. In the 1980s, sardine CPUE increased and main fishing grounds were formed in the continental shelf; however, the main sardine fishing grounds were expanded to offshore regions around the continental shelf in the 1990s. This shift was affected by higher sea surface temperature and stronger volume transport of the Tsushima Warm Current. The CPUE of sardines decreased rapidly after 1997, while the CPUE of anchovies in spring and horse mackerel in all seasons increased on the continental shelf around the Oki Islands. Monitoring of the ocean environment and purse seine fishing trends may become important for adaptive management for the small pelagic fishes in the southwestern Sea of Japan.

Key words: CPUE, fishing grounds, purse seine, small pelagic fish, southwestern Sea of Japan, Tsushima Warm Current

はじめに

対馬海峡北側から隠岐諸島周辺に至る日本海南西海域 (Fig. 1) は、大陸棚が良く発達しており、複雑な海底地形を示すことから小型浮魚類の好漁場となっている (佐野, 1984; 長沼, 1985)。これまで、本海域では小型浮魚類の卓越種の交替と数十年スケールで豊凶期が大規模に変化する顕著な漁獲量の増減が確認されている (中原・小川, 1979)。このような小型浮魚類の資源変動は一般に魚種交

替と呼ばれ (中原・小川, 1979)、魚種交替はレジームシフトと呼ばれる気候-海洋環境変動に起因すると考えられている (Yasuda and Hanawa, 1999; Zhang et al., 2000; Yatsu et al., 2005; Tian et al., 2006, 2008)。本海域における表層の海洋環境は東シナ海から流入する対馬暖流と、間宮海峡付近を起源とするリマン寒流によって特徴付けられる (Senju, 1999)。本海域は、対馬暖流の最上流域に相当するため、対馬暖流に起因する変動が最も早く、しかも強く現れる (千手ほか, 2003)。また、隠岐諸島の東西海域には、山陰若狭沖冷水や島根沖冷水と呼ばれる冷水域が分布し (加藤ほか, 2006)、これら冷水域の南縁付近を対馬暖流が流れる (Katoh, 1994)。日本海においても1980年代後半に起きたレジームシフトによって海洋環境が大きく変化したことが報告されている (Minobe et al., 2004; 加藤ほか, 2006; Tian et al., 2006, 2008)。また、近年の研究で日本海に棲息する生物の豊度や生態系がレジームシフトの前後で変化したことが報告されている (Zhang et al., 2000; Tian et al., 2006, 2008)。Tian et al. (2006, 2008) の報告では1980年代後

2009年3月24日受付, 2009年12月22日受理

¹ 鳥取県水産試験場

Tottori Prefectural Fisheries Experimental Station, 107 Takenouchid-anchi, Sakaiminato, Tottori 684-0046, Japan.

² 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター

Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, 3-1-1 Minato-cho, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan.

³ 北海道大学 大学院水産科学研究院

Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato-cho, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan.

† simura-tu@pref.tottori.jp

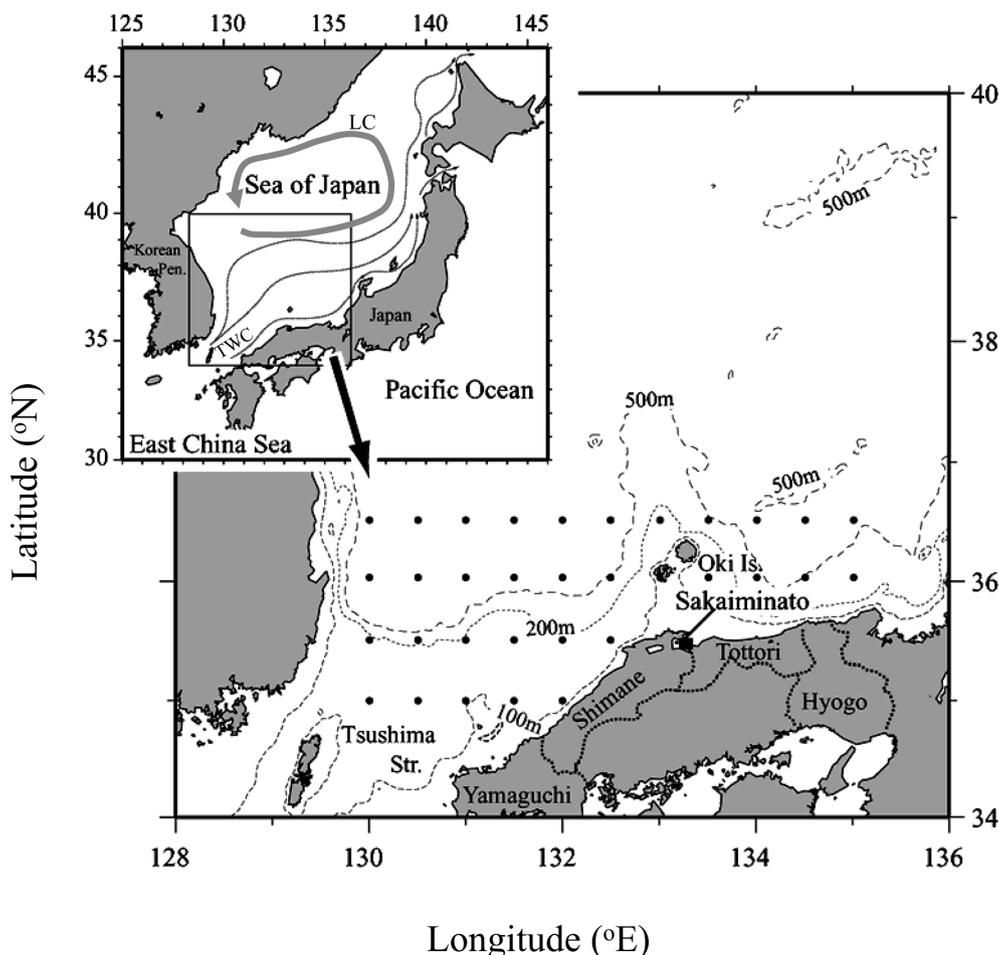


Figure 1. Characteristics of the ocean environment and oceanic survey area in the Sea of Japan. Thin lines with arrow (upper left) show the schema of the Tsushima Warm Current (Naganuma, 1973). The thick line with an arrow (upper left) shows the path of the Liman Cold Current. The solid circles denote areas where the sea surface temperatures were reconstructed from monthly oceanic surveys (lower right).

半のレジームシフトの後、1990年代に入り寒冷性のマイワシ *Sardinops melanostictus* が減少し、段階的に温暖性のマアジ *Trachurus japonicus* とカタクチイワシ *Engraulis japonicus* が増加したとしている。このような段階的な魚種交替の要因として、各魚種の寿命、加入年齢の違い、餌となるプランクトン量の変化によるとされている (Tian et al., 2006, 2008)。これまでの本海域における魚種交替に関する研究では漁獲量と海洋環境指標値の長期的な時系列データの相関関係に基づいて調べられている。しかし、対馬暖流の流量や表面水温の変化が小型浮魚類の分布や豊度の時空間的な変化にどのような影響を与えてきたかについては明らかにされていない。本海域において小型浮魚類の大部分はまき網によって漁獲されている (Tian et al., 2006, 2008)。小型浮魚類の分布密度の変化はまき網の漁期、漁場、漁獲量の変化として表れることが予想される。そこで本研究では、まず、まき網の漁場として重要な日本海南海域にお

いて、1980年代後半のレジームシフト以降、対馬暖流の流量の増減と表面水温がどのように変化したのかを調べた。次に、まき網の標本船データを用いて小型浮魚類の長期的な単位努力量あたりの漁獲量、漁期および漁場がどのように変遷したのかを明らかにした。

材料と方法

海洋環境データ

対馬暖流は黒潮と比べて、流速が弱く、厚さが狭いため (川合, 1974)、流量の増減は高水温域の平面的な広がりが増減となって現れると考えられている (Kawabe, 1982; Katoh, 1994)。そこで、本研究では対馬暖流の流量の増減を示す指標として、気象庁ホームページ (http://www.data.kishou.go.jp/shindan/e_2/maizuru_tsushima/maizuru_tsushima.html 2009年1月7日アクセス) において公開されているデータのうち、1985年から2005年の値を用いた。1985年

から2005年の1-12月の値を年別に平均して年平均値を求めた。この指標値 (TWC) は、 i 月の100m深水温が 10°C 以上の海域の面積 (x_i) を1971-2000年の各月の平均値 (\bar{x}) と標準偏差 (σ) で標準化した値として下記式で表されている。

$$TWC_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \times 100$$

表面水温データは、山口・島根・鳥取・兵庫県および韓国水産振興院所属の試験船によって行われた1985年から2005年の定線海洋観測資料のうち、海洋観測指針によって定められている前月の27日-当月13日に観測されたものを用いた (渡邊ほか, 2003)。これらの海洋観測では、調査定点が季節・経年的に変更されているため、年別月別に線形補間を行って、北緯35-37度、東経130-135度の海域について緯度・経度30分の格子データに変換した。この格子データの平均を月平均水温とした。1月は海洋観測が行われていないので、12月と2月の値から線形補間によって時間内挿して求めた。1-12月の月平均水温をさらに平均して年平均水温を求めた。

標本船資料

日本海南西海域における大中小型まき網漁業は、網船1隻、探索船2隻、運搬船2隻で1船団を構成し、荒天等を除いて周年操業を行う。操業区域は兵庫・鳥取県界沖から長崎県対馬付近に至る海域である。漁場は漁獲対象魚種、水温、水塊配置などの影響で変化するため、スキヤニングソナーや魚群探知機を用いて魚群探索が行われる。探索船は魚群を発見すると水中集魚灯を用いて集魚し、網船がその魚群を漁獲する。漁獲物はその場で運搬船に積み込み、鳥取県境港、京都府舞鶴港、島根県浜田港、福岡県博多港等に水揚げする。これらの水揚げのうち小型浮魚類の水揚量は境港が最も多い (農林水産省, 2009)。本研究では、小型浮魚類の豊度や漁場の時空間変化について調べるため、標本船として鳥取県境港に周年水揚げする大中小型まき網2船団を選んだ。調査項目は、1985-2005年の1日1投網毎の操業位置および魚種別漁獲量である。調査対象魚種は、まき網で多く漁獲されるマイワシ、カタクチイワシ、マサバ *Scomber japonicus*、マアジの4種とした。標本船によって得られたデータから各魚種の資源豊度の経年変化を調べるため、年間の総漁獲量を延べ有効網数で割ったものを算出しCPUE (トン/網) とした。次に、各魚種の主漁期の変遷を調べるため年間漁獲量に対する2ヶ月ごと (1-2月, 3-4月, 5-6月, 7-8月, 9-10月, 11-12月) の漁獲量割合を算出した。さらに、漁場形成の変化を調べるため、各漁区 (緯度経度30分) の日別漁獲量の2ヶ月合計値を延べ有効網数で割ることにより分布密度を算出し、各漁区で最も分布密度の高かった魚種をその漁区の優占魚種としてマッピングした。本研究では、海洋環境と漁場の変化との関連を調べるため、海洋環境が特徴的な変化を示す年と、直近年である2005年を代表年として解析した。

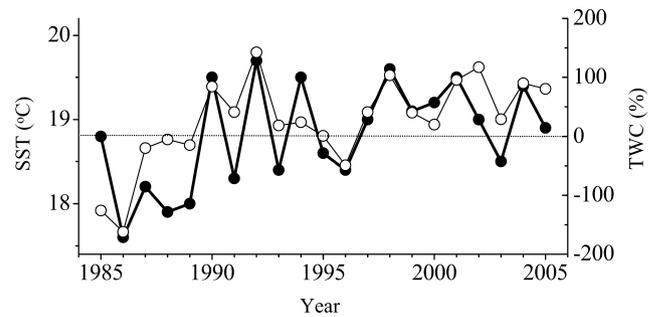


Figure 2. Annual changes in mean sea surface temperature in the southwestern Sea of Japan (SST; solid circles) and strength of Tsushima Warm Current (TWC; open circles) from 1985 to 2005. The dotted line shows the mean temperature from 1985 to 2005.

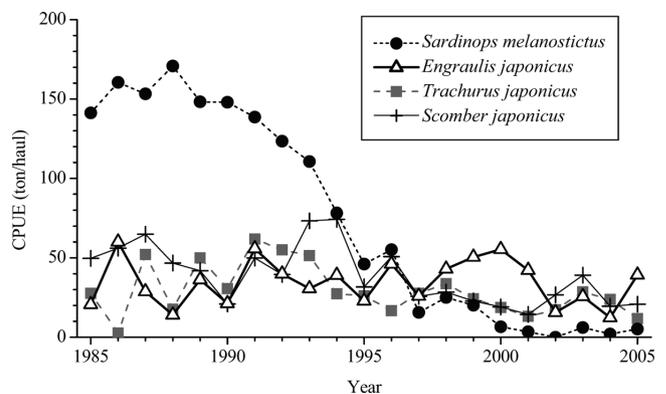


Figure 3. Annual changes in catch per unit effort (CPUE, ton/haul) of four species of small pelagic fish caught by purse seine vessels between 1985 and 2005 off the western Sea of Japan.

結果

海洋環境の経年変化

1985年から2005年の21年間の平均表面水温は 18.8°C であった (Fig. 2)。経年的にみると、1986-1989年までは平均以下だったが、1990年に水温が急激に上昇した。1991年から1996年までは水温上昇と下降を繰り返したが、1997年以降は2003年以外を除いて平均以上となっていた。対馬暖流の勢力も同様に、1985年 (-126%) から1986年 (-163%) は弱いが、1987年以降勢力を強め、1990年以降は1996年 (-49%) を除いて1-142%と強かった。表面水温変化と対馬暖流とは類似した変動をしていることから (相関係数=0.72, $p<0.01$)、対馬暖流の流量の増大と水温上昇が同時に起こっていることを示している。

これらの結果から、海洋環境が特徴的な変化を示した1986年 (対馬暖流の勢力が弱く低温) と、1994年および2001年 (対馬暖流の勢力が強く高温) を代表年とした。

まき網漁業の変遷

マイワシのCPUEの変動範囲は、0-171 (平均±標準偏差=112±111) で大きく増減していることが示された (Fig. 3)。

水温が低く対馬暖流の勢力が弱かった1985–1989年までは (Fig. 2), CPUEは140トン/網以上で高水準にあった (Fig. 3). この間のマイワシの主漁期は11–12月と1–4月だった (Fig. 4). 1986年のマイワシ漁場は隠岐諸島を中心とする大陸棚上や大陸棚縁辺部に形成されていた (Fig. 5a). 水温が上昇し対馬暖流の勢力が強くなった1990年から (Fig. 2), マイワシのCPUEが減少し始め, 1992年以降に極端な減少傾向に転じて1994年には100トン/網を下回った (Fig. 3). 1992–1994年は5月–10月の漁獲割合が増加し, ほぼ周年マイワシを漁獲していた (Fig. 4). 1994年のマイワシ漁場は, 1–4月は大陸棚上に形成されていたが, 5–10月は北緯38度付近の沖合まで漁場が形成されていた (Fig. 5b). 1995年から1996年は一時的に水温が低く対馬暖流の勢力も弱くなり (Fig. 2), 1996年はマイワシのCPUEがやや上向き, 1–4月の漁獲割合が高くなった (Fig. 4). 再び水温が上昇し対馬暖流の勢力が強くなった1997–1999年は (Fig. 2), マイワシのCPUEが減少し16–25トン/網で推移した (Fig. 3). 1997年は1–4月の漁獲割合は50%を下回り, 1998–2004年は5–10月が主漁期となった (Fig. 4). 2000年以降はマイワシのCPUEは7トン/網以下で推移し (Fig. 3), 2001年 (Fig. 5c) と2005年 (Fig. 5d) にマイワシを主体とする漁場は形成されていなかった.

マサバのCPUEの変動範囲は, 14–74トン/網 (平均±標準偏差=33±50トン/網) であった (Fig. 3). 平均値を上回った年は, 1985–1989年, 1991–1994年, 1996年, 2003年であり, これらの年は1992年と1994年を除いて水温が低かった (Fig. 2). マサバは, 全期間を通して5–8月には, ほとんど漁獲されず, 1–4月と9–12月の漁獲割合が多かった (Fig. 4). マサバ漁場は全ての年に共通して隠岐諸島周辺や山口沖の大陸棚上に形成されることが多かった (Fig. 5).

カタクチワシのCPUEの変動範囲は12–60トン/網 (平均±標準偏差=39±39トン/網) で, 短期変動が大きい1998–2001年に増加傾向が認められた (Fig. 3). カタクチワシの主漁期は, 1985–1991年まで連続して9–10月が主漁期となり (Fig. 4), 隠岐諸島周辺に漁場が形成されていた (Fig. 5a). 一方1992–2005年の14年のうち7年間は1–4月が主漁期となり (Fig. 4), 隠岐諸島周辺に漁場が形成されていた (Fig. 5b–5d).

マアジのCPUEの変動範囲は3–62トン/網 (平均±標準偏差=23±30トン/網) で1991–1993年に連続して50トン/網以上の高い値を示した (Fig. 3). 主漁期は1985–1988年までは5–10月で, 1991–1993年は11–12月が主漁期となった (Fig. 4). 1994年以降は7–8月にやや漁獲割合は少なくなるものの, ほぼ周年漁獲されていた. 1986年のマアジ漁場は7–8月にのみ隠岐海峡において小規模に形成されており (Fig. 5a), CPUEは最低値を示した (Fig. 3). 1994年にマアジ主体の漁場は形成されていなかった (Fig. 5b).

2001年と2005年に周年大陸棚でマアジ主体の漁場が広範囲に形成されていた (Fig. 5c, 5d).

小型浮魚類4種のCPUEと対馬暖流の勢力および表面水温との相関関係を検討した. マイワシおよびマサバのCPUEと対馬暖流の勢力および表面水温との間に有意な負の相関が認められた (Table 1). このことは, 寒冷な環境でマイワシとマサバのCPUEが増加することを示している.

考察

本海域においてまき網漁業の漁獲の主体となっていたマイワシのCPUEは1988年をピークに減少した (Fig. 3). マイワシの産卵量はレジームシフトが起きた直後の1990年から1991年にかけて激減し (後藤, 1998; 松岡・小西, 2001) 1986年をピークに一気に加入も悪くなった (Hiyama et al., 1995; Ohshimo et al., 2009). これらのことからマイワシ資源量が減少したことによって本海域におけるマイワシのCPUEが減少したと考えられる (Fig. 3). 1990–1996年は水温および対馬暖流の勢力の短期変動が大きかった (Fig. 2). 水温が低かった1996年は一時的なマイワシCPUEの増加が認められたが, その後CPUEは減少し続けマイワシ資源の枯渇を示唆した. また, 資源が多く対馬暖流の勢力が弱く表面水温が低かった1986年はマイワシの主漁場は周年大陸棚上に形成されていた (Fig. 5a). しかし資源が増加し対馬暖流の勢力が強くなり表面水温が高かった1994年は6–10月にかけてマイワシ漁場の北偏が認められた (Fig. 5b). マイワシの漁場は, 島根沖冷水や山陰・若狭沖冷水の南端付近に形成されることが知られている (増田, 1992). このことから, 寒冷年には冷水の接岸によって対馬暖流の水平的な広がりが狭まり漁場は沿岸寄りに形成され, 温暖年には北偏する傾向があると考えられる. 1980年代後半から1990年代前半にかけて境港では, マイワシの漁獲量増加に対応して, 魚粉工場, 缶詰工場, 冷凍庫などの生産・流通加工設備の規模が拡大され, 水産加工物の原材料を維持するために資源量に応じた適正規模以上にマイワシが漁獲されていたことが報告されている (米村, 2007). マイワシの高年齢化, 資源減少, 漁場の沖合化が予想されたにも関わらず, 1990年代前半においてマイワシ狙いの漁獲が続いた背景として, 境港のマイワシへの依存度が高かったことが要因としてあげられる.

1990年代はマイワシが減少し続けていたが, 1993, 1994, 1996年にマサバのCPUEが増加していた (Fig. 3). Hiyama et al. (2002) は1993–1997年に一時的な水温低下によってマサバの再生産成功率が上昇し資源が増加したことを報告している. 1990年代前半は11–12月にマイワシの漁獲割合が減少しているのに対して, マサバの漁獲割合が増加していた (Fig. 4). マサバの産卵は2–4月に九州西岸から東シナ海中–南部において行われる (Yukami et al., 2009). 以上のことから, マイワシ漁獲量の減少を補填するため

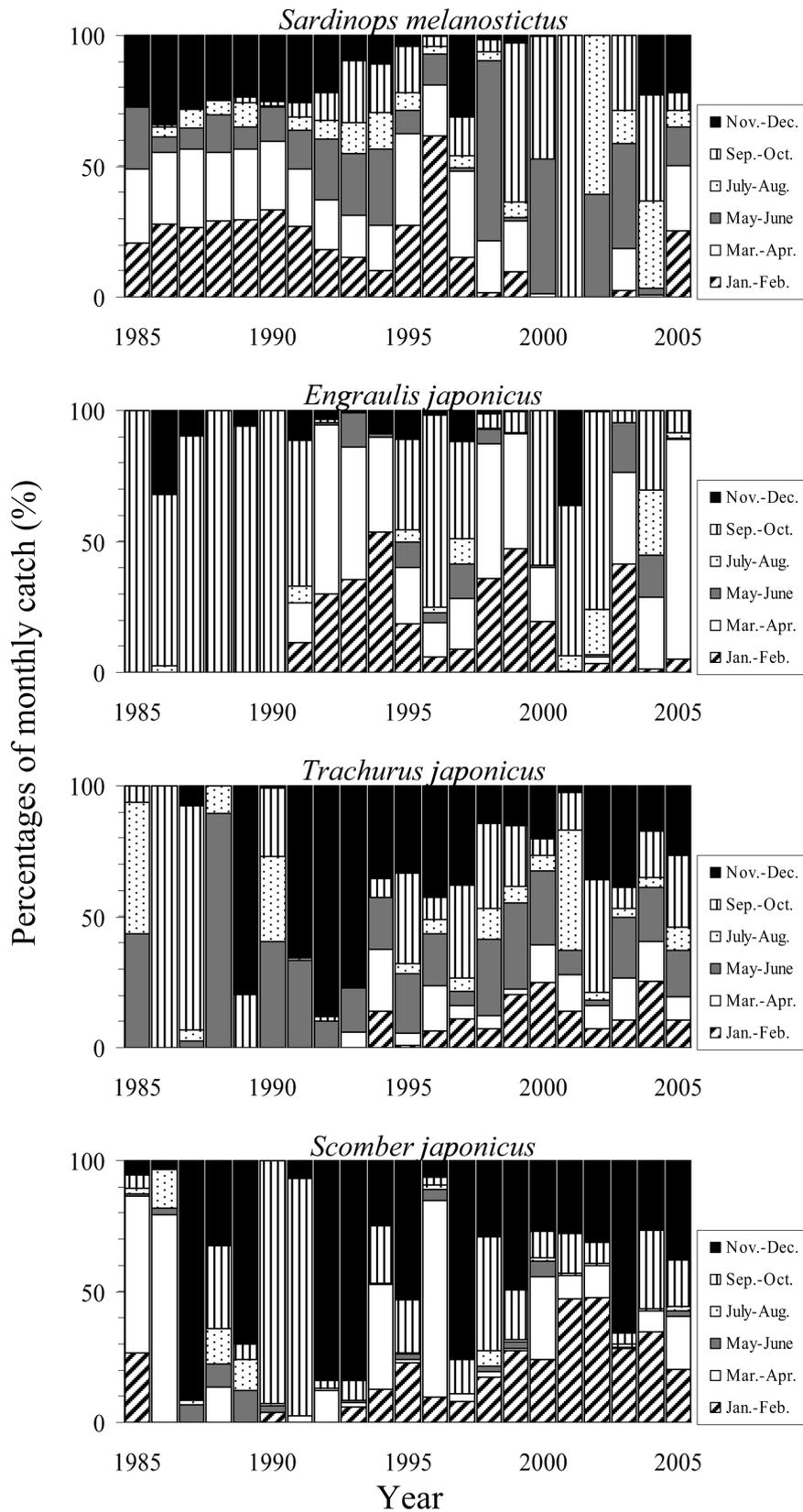


Figure 4. Percentages of monthly catch (every two months) of four species of small pelagic fish caught by purse seine vessels between 1985 and 2005.

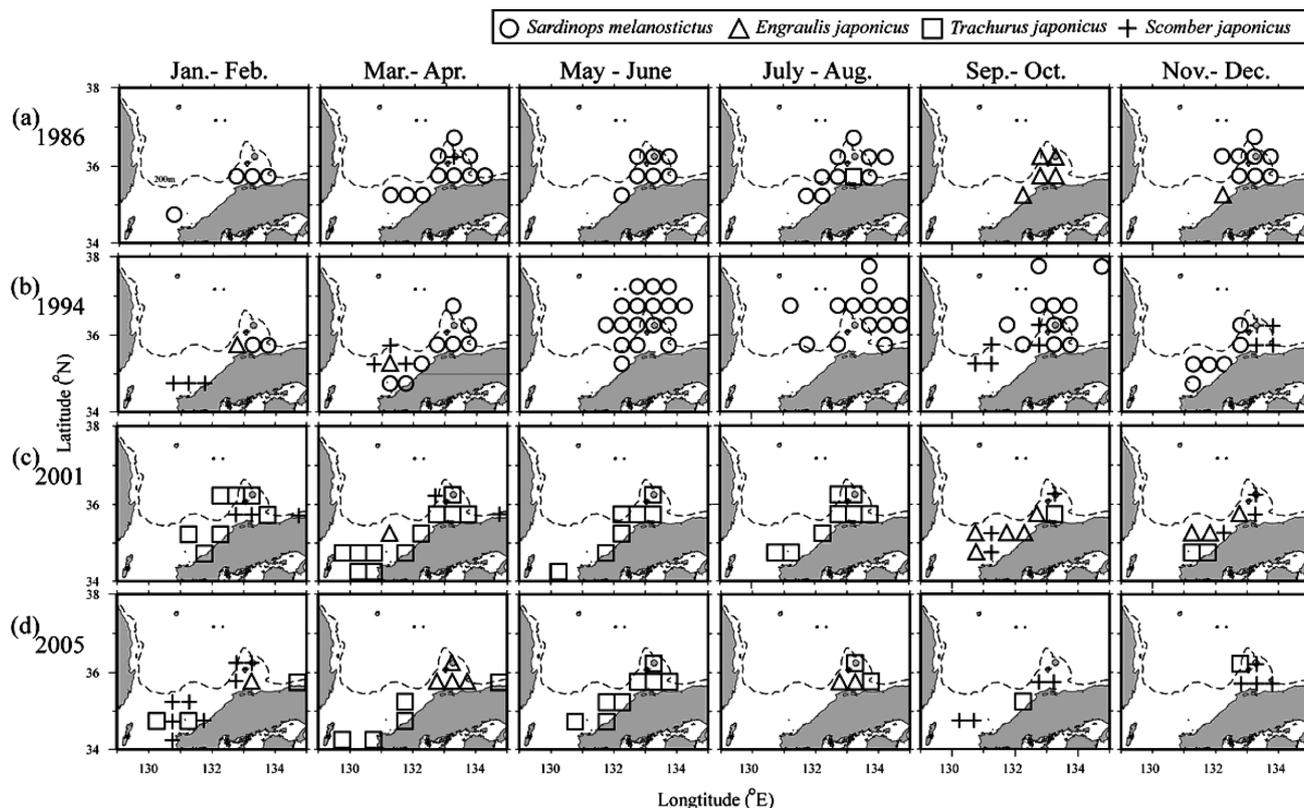


Figure 5. Monthly distributional changes (every two months) of the fishing grounds of four species of small pelagic fish based on catch per unit effort (CPUE, ton/haul) in each 30° latitude × 30° longitude fishing block in 1986 (a), 1994 (b), 2001 (c) and 2005 (d). Each block was filled by the species that had the highest CPUE.

Table 1. Correlation coefficient between oceanographic indices and catch per unit effort (CPUE, ton/haul) of four species of small pelagic fish off the western Sea of Japan. SST indicates the annual changes in mean sea surface temperature in the southwestern Sea of Japan. TWC indicates the strength of Tsushima Warm Current. Single asterisk indicates significance at $p < 0.05$.

	SST	TWC
<i>Sardinops melanostictus</i>	-0.52*	-0.45*
<i>Engraulis japonicus</i>	-0.08	-0.19
<i>Trachurus japonicus</i>	-0.03	0.21
<i>Scomber japonicus</i>	-0.50*	-0.53*

1990年前半に資源が一時的に増加したマサバが南下回遊から産卵時期に積極的に漁獲されたと考えられる。

1997年以降はマサバのCPUEは低位横ばいで推移したが、1998年から2001年にカタクチワシのCPUEが増加した (Fig. 3)。1980年代はカタクチワシの主漁期は9–10月だったが、1990年代になると1–4月も漁獲された (Fig. 4)。このことから、1990年代以降の1–4月に当該海域へカ

タクチワシの来遊量が増加したためCPUEが増加したと考えられる。

マアジのCPUEと水温および対馬暖流の勢力との間には相関関係が認められなかった (Table 1)。しかし、水温と対馬暖流の勢力が最低となった1986年は (Fig. 2)、CPUEも最低であったことから (Fig. 3)、極端な寒冷年には本海域への来遊量は減少すると考えられる。また、1990年代に入りマアジは1–2月と11–12月の漁獲割合が多くなっていった (Fig. 4)。さらに、2001年 (Fig. 5c) や2005年 (Fig. 5d) はマアジ主体の漁場が広範囲にわたって形成されていた。以上のことから、対馬暖流の流量が増加し表面水温が上昇した1990年代後半以降はマアジが周年漁獲されるようになったと考えられる。

本研究の結果から1985年から2005年の間に対馬暖流の流量が増大し表面水温が上昇したことによって魚種交替が起り、魚種交替の現象の一つとして卓越種の分布域の変化が生じることが示唆された。

2009年から日本海西部・九州西海域マアジ (マサバ・マイワシ) 資源回復計画により、まき網漁業者は小型魚の保護と産卵親魚量の増大を目指している。この取り組みの中で、小型魚が集中的に漁獲される場合は休漁や漁場移動

を行うとしている。現在の優占種であるマアジは大陸棚上
にのみ分布するため、集中的に漁獲される可能性が高い。
漁獲努力量の調整等を行うためには、本研究で示した魚種
別のCPUE、漁場位置、漁期をモニターし、これらの情報
をリアルタイムに漁業者に提供することが重要である。

謝 辞

本研究をまとめるにあたって、北海道大学大学院水産科
学研究院の帰山雅秀教授、同研究院の齊藤誠一教授、同研
究院の綿貫豊准教授には、貴重なご指摘と御教示を頂きま
した。日本海区水産研究所の加藤修博士、田 永軍博士、
後藤常夫博士、木所英昭博士、九州大学の広瀬直毅助教授
には貴重なご助言を頂きました。水産総合研究センターの
檜山義明博士、西海区水産研究所の塚本洋一博士、大下誠
二博士には浮魚類資源解析のご教示を頂きました。激励を
下さいました鳥取県栽培漁業センターの渡部俊明所長、鳥
取県水産課の本田夏海氏、境港水産事務所の下山俊一氏に
御礼申し上げます。

引用文献

後藤常夫 (1998) 1979~1994年春季の日本海におけるマイワシ卵の
豊度と分布。日水研報, **48**, 51-60.
Hiyama, Y., H. Nishida and T. Goto (1995) Interannual fluctuations in re-
cruitment and growth of the sardine, *Sardinops melanostictus*, in the
Sea of Japan and adjacent waters. Res. Popul. Ecol., **37**, 177-183.
Hiyama, Y., M. Yoda and S. Ohshimo (2002) Stock size fluctuation in
chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the East China Sea and Sea of
Japan. Fish. Oceanogr., **11**, 347-357.
Kato, O. (1994) Structure of the Tsushima Current in the Southwestern
Japan Sea. J. Oceanogr., **50**, 317-338.
加藤 修・中川倫寿・松井繁明・山田東也・渡邊達郎 (2006) 沿
岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海峡に
おける水温の長期変動。沿岸海洋研究, **44**, 19-24.
Kawabe, M. (1982) Branching of the Tsushima Current in the Japan Sea.
Part II. Numerical experiment. J. Oceanogr. Soc. Japan, **38**, 183-192.
川合英夫 (1974) 日本海における海流像の変遷, 対馬暖流-海洋構造
と漁業。日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 東京, 7-26.
増田紳哉 (1992) 隠岐諸島周辺海域におけるマイワシ漁について。
西海ブロック漁況調査研究報告, **1**, 21-42.
松岡正信・小西芳信 (2001) 1979年~1995年の九州周辺海域におけ
るマイワシの産卵量と分布。水産海洋研究, **65**, 67-73.
Minobe, S., A. Sako and M. Nakamura (2004) Interannual to interdecadal

variability in the Japan Sea based on a new gridded upper water tem-
perature dataset. J. Phys. Oceanogr., **34**, 2382-2397.
長沼光亮 (1973) 対馬暖流第3分枝の存否に関する論議について。日
本海区水産試験連絡ニュース, **226**, 1-3.
長沼光亮 (1985) 日本海における漁況と海況。海と空, **60**, 89-102.
中原民男・小川嘉彦 (1979) 浮魚類における卓越種の交替-I。水産海
洋研究会報, **34**, 21-31.
農林水産省 (2009) 平成19年水産物流通統計年報, 1-193.
Ohshimo, S., H. Tanaka and Y. Hiyama (2009) Long-term stock assess-
ment and growth changes of the Japanese sardine (*Sardinops
melanostictus*) in the Sea of Japan and East China Sea from 1953 to
2006. Fish. Oceanogr., **18**, 346-358.
佐野 茂 (1984) 山陰沖のまき網漁場。鳥取水試報告, **25**, 1-76.
Senju, T. (1999) The Japan Sea intermediate water: its characteristics and
circulation. J. Oceanogr., **55**, 111-122.
千手智晴・渡辺俊輝・繁永裕司 (2003) 日本海山陰沿岸水温にみら
れる十年スケール変動。海洋, **35**, 59-64.
Tian, Y., H. Kidokoro and T. Watanabe (2006) Long-term changes in the
fish community structure from the Tsushima warm current region of
the Sea of Japan with an emphasis on the impacts of fishing and cli-
mate regime shift over the last four decades. Prog. Oceanogr., **68**,
217-237.
Tian, Y., H. Kidokoro, T. Watanabe and N. Iguchi (2008) The late 1980s
regime shift in the ecosystem of Tsushima warm current in the
Japan/East Sea: Evidence from historical data and possible mecha-
nisms. Prog. Oceanogr., **77**, 127-145.
渡邊達郎・市橋正子・山田東也・加藤 修 (2003) 日本海における
平均水温 (1971-2000年)。日本海ブロック試験研究収録, **41**,
1-112.
Yasuda, T. and K. Hanawa (1999) Composite analysis of North Pacific
Subtropical Mode Water Properties with respect to the strength of the
wintertime East Asian monsoon. J. Oceanogr., **55**, 531-541.
Yatsu, A., T. Watanabe, M. Ishida, H. Sugisaki and L. D. Jacobson (2005)
Environmental effects on recruitment and productivity of Japanese
sardine *Sardinops melanostictus* and chub mackerel *Scomber japoni-
cus* with recommendations for management. Fish. Oceanogr., **14**,
263-278.
米村健治 (2007) 現場におけるマイワシ漁業の功罪。日水誌, **73**,
771-772.
Yukami, R., S. Ohshimo, M. Yoda and Y. Hiyama (2009) Estimation of the
spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted
mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch
statistics and biometric data. Fish. Sci., **75**, 167-174.
Zhang, C. I., J. G. Lee, S. Kim and J. H. Oh (2000) Climatic regime shifts
and their impacts on marine ecosystem and fisheries resources in Ko-
rean waters. Prog. Oceanogr., **47**, 171-190.