

博士論文

東シナ海と黄海における底生魚類・甲殻類群集の経年・季節変動と
その変動要因に関する研究

平成 26 年 9 月

広島大学大学院生物圏科学研究科

山本圭介

博士論文

東シナ海と黄海における底生魚類・甲殻類群集の経年・季節変動と
その変動要因に関する研究

平成 26 年 9 月

広島大学大学院生物圏科学研究科
生物資源科学専攻

山本圭介

目次

緒言	・・・1
第1節 東シナ海と黄海の環境と以西底びき網漁業	・・・1
第2節 東シナ海と黄海における漁業資源研究	・・・7
第3節 研究目的	・・・9
第1章 底生生物群集の経年変動	
第1節 材料と方法	・・・11
第2節 環境要因の経年変動	・・・16
第3節 底生魚類群集の経年変動	・・・22
第4節 エビ類群集の経年変動	・・・51
第5節 ワタリガニ科群集の経年変動	・・・81
第6節 ウマヅラハギ属魚類交雑魚の出現	・・・103
第2章 底生生物群集の季節変動	
第1節 材料と方法	・・・120
第2節 環境要因の季節変動	・・・120
第3節 魚類群集の季節変動	・・・127
第4節 エビ類群集の季節変動	・・・147
第5節 短尾類群集の季節変動	・・・175
第3章 総合考察	・・・185
謝辞	・・・190
引用文献	・・・191
付表	・・・206

緒言

東シナ海と黄海は日本や中国、韓国に周囲を囲まれた海域で、昔から国際入会漁業海域として機能してきた。この海域における底生魚介類を対象とする大規模漁業の嚆矢は、我が国の以西底びき網漁業であった。以西底びき網漁業は 1960 年代に最盛期を迎え約 36 万トンの漁獲量を揚げた。本漁業は漁獲量が減少し始めた 1970 年代においても沖合漁業全体の 1 割強の水揚げを保ち、本漁業が操業を行う東シナ海と黄海は我が国の漁業にとって最も重要な海域の 1 つであった。本海域では続いて 1970 年代から韓国、1980 年代から中国の漁業の台頭が見られた。しかし、現在では、日本と韓国の漁獲量が減少傾向となり、中国の漁獲量も以前のように数年間に倍増するような急激な増加はみられなくなった。

本海域における漁業資源研究は、漁業資源の管理を目的に 1947 年に社団法人水産研究会によって開始され、1949 年から西海区水産研究所に受け継がれた。初期の研究は以西底びき網漁業の漁獲統計の解析と市場調査によって行われた。しかし、以西底びき網漁業の衰退とともに情報量の著しい減少がみられ始め、調査船調査結果との乖離も指摘された。そこで、水産庁西海区水産研究所(長崎市;現在、独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所)によって 1986~2007 年までに合計 21 期の着底トロール調査(予備調査 1 期, 季節別調査 4 期, 現存量推定調査 16 期)が実施された。本論文は、こうして得られた長期間の調査船調査データを解析し、当該海域の底生生物の分布と豊度の経年・季節変動を明らかにするものである。

第 1 節 東シナ海と黄海の環境と以西底びき網漁業

東シナ海と黄海の地形と海況

東シナ海および黄海は北太平洋西部に位置する縁海で、西側を中国大陸、東側を韓国西岸および九州西岸、南部を琉球列島に囲まれる。東シナ海部分が約 775,000 km² (Heilemam & Tang, 2009), 黄海部分が約 437,000 km² (Heilemam & Jiang, 2009) で沖縄舟状海盆方向に大きく発達した大陸棚を有し、大陸棚上の大部分が水深 200 m 以浅の海域である(Figs. 0-1-1, 0-1-2)。

大陸棚上は複雑な海洋構造を呈する。黄海の沖合域の底層には夏季でも底層水温が 10°C 以下となる黄海冷水が存在するが(深瀬, 1975; 近藤, 1985; Chen *et al.*, 1994), 冬季には黄海暖流(黒潮系水)が優勢となり、黄海南部まで中間暖水が北上するため(深瀬, 1975; Chen *et al.*, 1994) 黄海南部に混合水塊が形成される。一方、東シナ海の南部には黒潮系水由来の南部底層水が存在し、季節を通して安定した高水温と高塩分の環境を呈する(深瀬, 1975)。夏~秋季には長江の流出量が増大するため東シナ海の北~中部に低塩

分海域の大きな張り出しがある(Chen *et al.*, 1994)。このように、東シナ海と黄海は時空間的に環境傾度が大きく変動する海域である。

このように複雑な環境を有する東シナ海と黄海には 1,100 種を超える多数の魚類が分布し、そのうち約 200 種が経済的価値を有する(山田ほか, 2007)。

東シナ海と黄海における以西底びき網漁業

「以西底びき網漁業」という用語は、1909 年および 1911 年に定められた汽船トロール取締規則によって、東シナ海の東経 130 度以西に操業海域を限定されたことから通称とされた(大滝, 1980)。東シナ海における我が国の漁業は、1888 年に行われた博多湾外でのマダイやチダイの一本釣り漁業が嚆矢とされる。1904 年には五島列島宇久島沖でキダイ漁場が発見され、動力船の導入や漁船の大型化もあり 1912 年には福江島の南西 100 海里まで漁場が拡大した。底びき網漁業に着目すると、1908 年に長崎で汽船トロール(1 そうびき)が開始された。汽船トロールは急速に拡大し、沿岸域で操業を行っていた他の沿岸漁業と激しく競合し、前述の汽船トロール取締規則が制定されることに至った。汽船トロールは 1914 年に 139 隻に達したが、漁場の遠隔化、資源の減少、魚価の低迷により操業状況が悪化、さらに 1914 年には第一次世界大戦に我が国が参戦したことから大部分のトロール漁船が軍事転用され、1917 年には僅か 6 隻となり以西底びき網漁業は一時的な衰退期を迎えた。

第一次世界大戦終了後、以西底びき網漁業は再び急速な発展をみせた。汽船トロールは操業隻数が 70 隻に規制され、また漁船のトン数と航海能力にも下限が設けられたことから、共同漁業株式会社 1 社による寡占状態となり、安定した水揚げが行われた。さらに 1920 年には高効率の「2 そうびき」漁法が開発された。2 そうびき漁法は急速に普及し、以西底びき網漁業の主力となった。1939 年には 2 そうびき底びき網漁業の出漁隻数が 1,100 隻以上となった。この期間、当初はキダイを漁獲対象としていたが、資源の枯渇によりニベ類やエソ類へと変化し 1939 年には漁獲量が 25 万トンに達した。しかし、1941 年の第二次世界大戦参戦以降、再び衰退した(真道, 1956; 大滝, 1980; 真子, 1985)。

第二次世界大戦の敗戦時、以西底びき網漁業は 1 そうびき、2 そうびきの合計で 30 隻ほどにまで減少していたが、国策により優先的に漁船建造が認められ 1947 年には合計で 800 隻以上の漁船が稼働した。東シナ海・黄海域では戦前から捕り過ぎによる漁業資源の減少が問題となっていたため、資源診断と資源保護のためのデータ収集を目的として 1946 年末に以西底びき網漁業者に対して漁獲成績報告書の提出が義務付けられ、1947 年から漁獲統計が作成され始めた。また、マッカーサーライン(1945 年設定)による制限のために狭まった漁場に多数の漁船が出漁して操業状況が悪化したことから、1950 年に最初の減船(138 隻)が行われた(出村, 2006)。その後も、中国により華東ライン(1950 年設定)、韓国により季承晩ライン(1952 年設定)などの制定が行われ、出漁海域の制限が続いた。マッカ

一サーラインは 1952 年に撤廃されたが、その他の制限は日中民間漁業協定(1955 年発効)、日韓漁業協定(1965 年発効)の成立まで続いた。

第二次世界大戦後、以西底びき網漁船は、船体の大型化、エンジンの高出力化、電子機器の導入、漁具の改良などの漁獲性能の向上が続けられた。さらに、航海日数の増加、昼夜操業などソフト面での工夫も行われ、漁獲能力が格段に高くなった。こうして以西底びき網は 1950 年代後半から 1960 年代中ごろまでに最盛期を迎え、最高で 36 万トンの漁獲量を記録した(Fig. 0-1-3)。しかし、この時期には資源の悪化が顕在化しており、電子機器の導入や漁具の改良などのハード・ソフト両面での工夫を重ねて、やっと漁獲量を維持するようになってきていた。また、主要な漁獲物であったニベ類やエソ類などのすり身材料の需要が北洋のスケトウダラに転換したことや物価の高騰、賃金の上昇などにより経営状態が悪化し始めた。そこで 1960 年代初頭に、以西底びき網漁業者と西海区水産研究所との間で、以西底びき網漁業資源保持対策委員会が設置され、資源保護に取り組むこととなった。1963 年に網目規制、1972 年に 2 度目の減船を実施したが経営状態の悪化は止まらず、1970 年代から韓国漁業が、1980 年代から中国漁業が台頭し始めたことも以西底びき網漁業をさらに厳しい操業状況に追い込んだ(大滝, 1980; 真子, 1985; 片岡, 2006; 片岡・西田, 2007)。以西底びき網漁場の資源悪化に対する打開策の 1 つとして 1988 年から大陸棚斜面未利用資源調査が行われたが、有望種(ナガオオメハタ)が発見されたものの、大陸棚斜面域は岩礁が多く海底の起伏が大きく漁具の損傷が激しいため、底びき網漁業の操業は困難であるとされた(山田ほか, 1991)。1996 年には 3 度目の減船が実施された。その後、日韓漁業協定(1999 年発効)と日中漁業協定(2000 年発効)が締結に伴い、国際海洋法条約の制約によって操業海域が東シナ海に限定され、以西底びき網漁業はさらに厳しい操業と経営状態となった。2014 年 1 月時点の以西底びき網漁業許可船は 8 隻である(水産庁, 2014)。

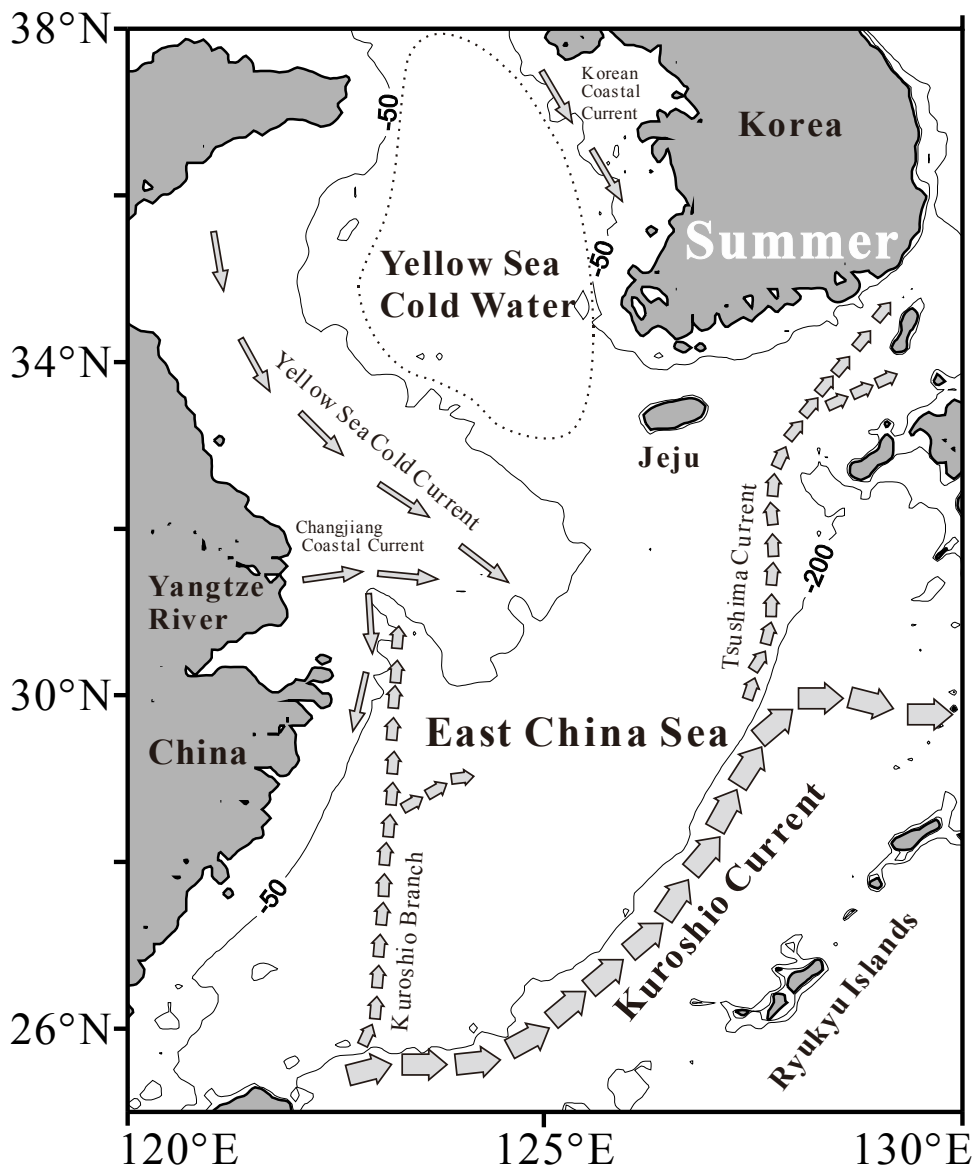


Fig. 0-1-1. Hydrographic features in summer in the East China Sea and the Yellow Sea (modified from Kondo, 1985).

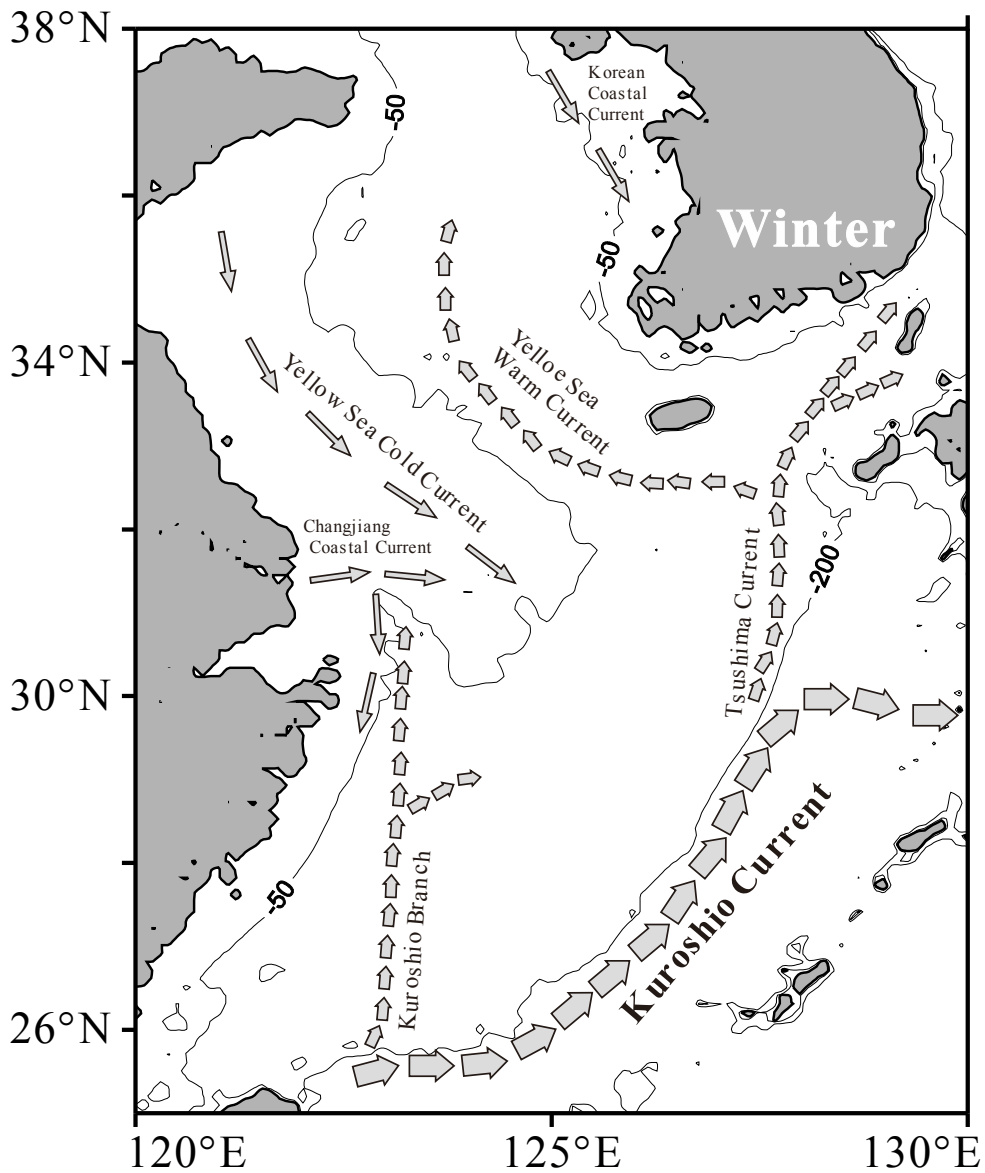


Fig. 0-1-2. Hydrographic features in winter in the East China Sea and the Yellow Sea (modified from Kondo, 1985).

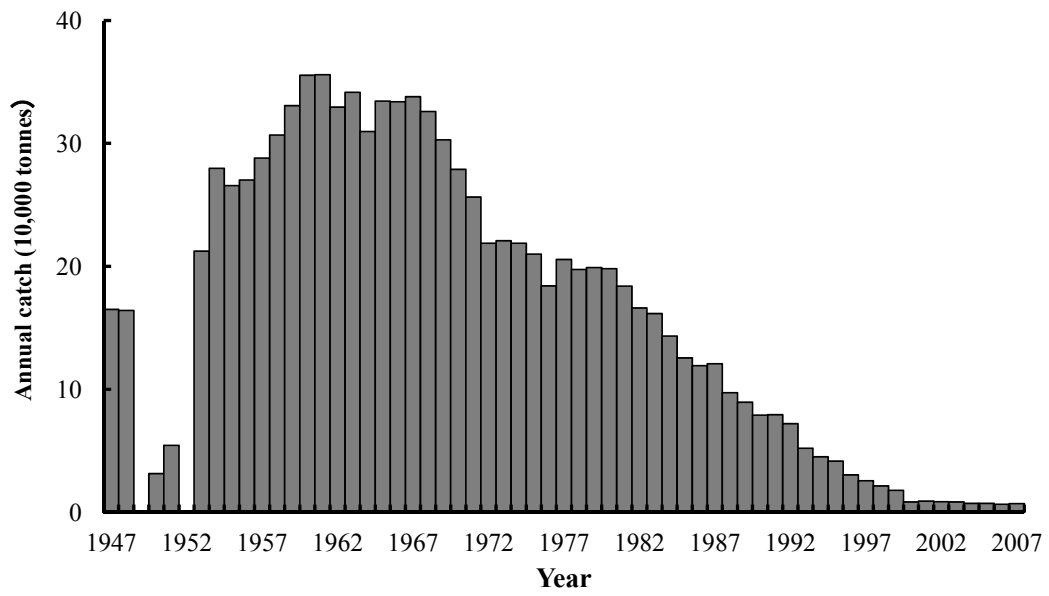


Fig. 0-1-3. Annual changes in commercial catch of demersal fishes in the East China Sea. Data are from Isei trawl fishery catch statistics (1947-2007).

第2節 東シナ海と黄海における漁業資源研究

第二次世界大戦の敗戦により、我が国では食料事情が非常に悪化していた。そのため、国策の後押しもあり以西底びき網漁業は戦後早期に復興したが、東シナ海・黄海域では戦前から捕り過ぎによる漁業資源の減少が問題となっていた。そこで、資源診断と資源保護のための基礎的知見を確立するために、1947年から社団法人水産研究会によって東シナ海と黄海域の漁業資源研究が開始された(山本, 1950)。まず、マッカーサーラインによって制限された我が国の漁船の操業可能範囲における最重要魚種のキダイとカナガシラ類が主要な研究対象とされた。キダイに関しては、分布と漁獲量の季節・経年変動, 系群, 成長, 成熟, 年齢査定, 漁獲効率などが研究された(例えば岡, 1953; 柴田, 1953; 真道・脇山, 1953; 真道・青山, 1954a, 1954b, 1954c; 真道, 1954a, 1954b, 1960; 青山, 1955)。カナガシラ類では、成長, 成熟, 分類などが研究され(松井・高井, 1951a; 真道, 1951), 黄海域に分布したカナガシラは現在では絶滅が危惧されており重要な記録が残された。

1950年からは西海区水産研究所(1949年発足)遠洋資源部が、水産研究会から研究を引き継いだ。上述のキダイのほか、ニベ科魚類(クログチ, キグチ, シログチ, ホンニベ), ワニエソ, ハモなどの経済的重要種が研究対象とされた。クログチ, キグチ, ハモは分布と漁獲量の季節・経年変動, 系群, 成長, 成熟, 年齢組成などの総合的な研究が行われた。特にクログチとキグチは分布域や食性が類似したニベ科の多獲種であるが、両種では系群構造, 成熟, 成長が異なることが明らかにされた(例えばクログチは松井・高井, 1951b; 木部崎・真子, 1954, 1957; 木部崎, 1957; 最首, 1957; 佐藤, 1974; キグチは池田, 1964)。現在ではクログチが絶滅危惧種になっているほか、キグチ資源も著しく減少しているため、それら研究は両種の高水準期と低水準期の資源状態を記録した重要な資料である。ハモの資源研究は多くの知見が大滝英夫博士によって蓄積された(大滝ほか, 1954; 野中, 1956; 野中・花房, 1957a, 1957b; 大滝, 1960, 1964)。他種についても成長, 成熟, 年齢組成などの知見が蓄積された(例えばシログチは最首ほか, 1954; 小嶋, 1967; ホンニベは三栖, 1954; 花渕, 1967; ワニエソは山田ほか, 1965; 山田, 1968など)。このように、1952年にマッカーサーラインが廃止されるまで、操業可能範囲内の多くの重要種で基礎的な水産資源学的知見の蓄積が進んだ。

1953年からは、1950年代初期の最重要種であったタチウオの研究が三栖 寛博士を中心に行われ、1960年代半ばまでに東シナ海と黄海に分布するタチウオに関する多くの知見がまとめられた(三栖, 1958, 1959, 1961, 1964; 真子, 1963; 山田, 1964)。また、サメ類, カレイ類, コウイカ, ホウボウも研究対象に加えられた。マッカーサーラインの廃止により、それまで進出できなかった黄海域に以西底びき網漁業の漁場が拡大した。この時代の黄海域には現在では絶滅が危惧されているマダイ(黄海系群)が健在であり、重要な漁獲対象種とされたことから、1958年にはマダイが新たに研究対象に加えられた。マダイの資源研

究は岡田啓介博士を中心に行われ、現在では得ることができない黄海系群のマダイの知見が収集された(岡田, 1965, 1966, 1967a, 1967b, 1968, 1969, 1970a, 1970b, 1970c, 1974; 村上・岡田, 1967)。1962年にはコウライエビの資源研究が開始された。前述のマダイと同様、コウライエビも黄海における重要種で、分布、移動、成長などの知見が蓄積された(池田, 1962; 真子ほか, 1966; 最首, 1966)。このように、1960年代までに多くの重要種に関する資源研究が精力的に行われた。

一方、群集生態学的研究は、まず種組成、種間関係などの報告が行われた(真道, 1956; 真子, 1956; 最首・小嶋, 1958; 最首, 1960)。底生生物相では山下秀夫博士により、甲殻類、軟体動物、棘皮動物、星口動物、環形動物、腔腸動物などの知見が蓄積された(山下, 1961, 1977, 1978, 1979a, 1979b, 1979c, 1980a, 1980b)。群集構造の解析は木部崎(1960)が最初の研究である。この研究では、1954~1956年までの3年間の漁獲統計を使用し、農林漁区(緯度経度 30 分升目)をコドラートとした。コドラート毎に月別種別平均漁獲量組成を計算し、多獲種の類似性を基準として 245 個のコドラートを 33 ブロックに区分した。この研究は大きな空間スケールで東シナ海と黄海の群集構造を明らかにした最初の報告であった。同様に、大きな空間スケールで解析した研究はデータとして以西底びき網漁獲統計を使用したもの(中嶋・真道, 1972, 1974)、漁獲統計と調査船調査結果を組み合わせた解析として三尾ほか(1984)などの研究が行われた。

1960年代に入ると、以西底びき網漁業は最盛期を迎えた。しかし、すでにこの時期には資源の悪化が顕在化しており、電子機器の導入や漁具の改良などのハード、ソフト両面での工夫を重ねてやっと漁獲量を維持するようになってきていた。そこで、1960年代初頭に以西底びき網漁業者と西海区水産研究所との間で以西底びき網漁業資源保持対策委員会が設置され資源保護に取り組むこととなった。本委員会では、1950年代から西海水研が蓄積してきた、魚種別資源研究の知見と網目選択性などの漁獲に関する知見が活用された(例えば青山・北島, 1959, 1961; 青山, 1961など)。これらの科学的根拠より、以西底びき網業界によるコッドエンド目合の自主規制(54 mm 以上)が決定された。これにより資源管理の端緒が開かれた。さらに、1970年代までに漁獲統計の機械集計が開始され、資源診断のためのデータ収集体制、資源管理体制の一応の完成をみた。

しかし、北島・大滝(1977)による以西底びき網漁業の操業実態のアンケート調査により、大部分の漁業会社で市場の状況から経営側が漁獲対象種を決定すること、また漁船は設定された漁獲対象種が分布する海域に移動し、漁獲対象種に調整された漁具による操業を行う実態が判明した。つまり、漁獲成績報告書に記載される水揚げは恣意的な標本抽出の結果であり、標本の偏りが無視できない。また、1980年代に入ると、漁船数の減少や操業海域の縮小による情報量の大幅な低下が見られ始めた(山田, 1995)。そこで、1985年に水産庁西海区水産研究所により東シナ海と黄海の全域を対象とする大きな空間スケールでの調査船調査が企画され、水産庁資源課国際資源班のバックアップを得て、1986年冬季

に予備調査, 1986年度から4期の調査を行い, 季節ごとに底生生物の分布と豊度が調べられた。先行された予備調査と季節調査により, 以西底びき網漁業漁獲統計に基づく知見と調査船調査で得られた結果に大きな相違があることが確認された。さらに, 季節分布が検討され東シナ海と黄海の沖合域に越冬群が集合する冬季に現存量調査を行うことが有効とされた。これを受け 1991年冬季から東シナ海と黄海における底生生物の正確な資源状態を把握するため着底トロールを用いた現存量推定調査が開始された。1993年調査では調査点配置方法の検討と曳網時間の最適化が行われた(山田, 1995)。この結果により, 1995年以降は系統抽出法により調査点を設定し調査を実施した。現存量推定調査は 1991～2007年冬季までに16期が実施された(山本, 2007)。

第3節 研究目的

東シナ海と黄海において過去に実施された資源や生態に関する研究の知見と近年の資源状態を比較すると著しい現存量の減少, 分布域の縮小, 生物特性の変化などが複数の魚種で観察されている(例えば松井・高井, 1951; 池田, 1964; 岡田, 1970d; 佐藤, 1974; 堀川・山田, 1999など)。これらの現象は当該海域に加えられた強い漁獲圧に起因する。これらの現象は, 個々の種の独立した現象ではなく, 底生生物群集の構造変化が断片的に捉えられたものと考えられる。生物群集全体に起きた構造変化の要因を把握するためには環境と生物群集の変化の全体像を捉えるために大きな空間スケールの観察を行う必要がある。また当該海域では, 海洋構造が水塊の分布が大きな空間スケールで時空間的に複雑に変化する(Figs. 0-1-1, 0-1-2)。水塊分布と底生生物群集の分布は密接に関係するため(Grebmeier *et al.*, 1989; Cui *et al.*, 2009), 調査時点の水塊分布と一致するコドラートを設定する必要がある。

東シナ海と黄海の全域を調査範囲とする大きな空間スケールの調査は研究資源の制約により実施例が多くない(三尾, 1984; Jin *et al.*, 2003)。これまでに行われた僅かな研究例も位置を固定したコドラートを基に解析を行っているため, 観察された変化が生物群集の混合によるものか, 本来の群集構造の変化を観察したものかは明確でない。換言すれば, 東シナ海と黄海の生物群集の長期変動に関する確度の高い情報が圧倒的に不足していると言える。

過去に報告された知見から, 当該海域の底生生物群集が加えられた強い漁獲圧により深刻な状態となっていることに疑問の余地はない。早急に生物群集の保全に必要な基礎的知見の確立を図る必要がある。

こうした背景から, 本論文では第1章において, 海洋構造の変動の影響を排除するため調査海域で季節を通して安定した性質を有する2つの水塊(黄海冷水系水塊と黒潮系水塊)に分布する底生生物群集に着目して, 水塊をコドラートとした観測を行い, この群集の

経年変動を検討した。第 2 章では、主要な水塊の季節分布と消衰を記録し、それらの水塊と生物群集の関係を検討した。第 3 章では、東シナ海と黄海の底生生物群集の保全に必要な情報である生物群集変動の全体像と構造変化の要因を総合的に考察した。

第1章 底生生物群集の経年変動

東シナ海と黄海の生物群集の長期変動に関する情報は圧倒的に不足している。この海域は、大きな空間スケールで海洋構造や生物群集の分布に季節変動が起こるといった特徴を有するため、変動の全体像を把握する必要がある。しかし、長期間・広範囲の調査船調査の実施は研究資源の制約を強く受けることから、実施例が極めて少ない。本章では、黄海冷水系水塊と黒潮系水塊に分布する底生生物群集に着目し、水塊をコドラートとした観測に基づき、大きな空間スケールにおける底生魚類群集、エビ類群集、短尾類群集の長期的な構造変化を記録し、その要因について検討する。また、魚類群集の急激な構造変化の影響が疑われる現象として、ウマヅラハギ属の沿岸性種ウマヅラハギと沖合性種サラサハギの自然交雑を述べる。

第1節 材料と方法

本研究の野外調査は、東シナ海と黄海の大陸棚上の海域において着底トロール漁法を用いて行った。各調査で得られた資料を統一的に比較することを可能にするため、同船型・同クラスの船舶による操業、同型漁具の使用などに加えて、曳網方法の基準化、魚網監視装置を使用した着底・離底の明確な判断などを行った。水深 30 m 程度から使用船舶の底びき網操業限界の 180 m までを曳網し、大陸棚上の大部分の海域を網羅するように調査した。

調査海域

本研究の対象海域である東シナ海と黄海は、周囲を日本、中国、韓国に取り囲まれた国際入会漁場であることから、それぞれの調査年代に有効な国際条約や二国間協定の制約の下で調査海域が設定された。1986～1997 年は、当時有効であった旧日韓漁業協定(1965年発効)、旧日中漁業協定(1975年発効)が沿岸 12 海里以遠の水域は旗国が取り締まり等を行う内容であったため、東シナ海と黄海の沖合ほぼ全域を調査海域とした。しかし、1998 年は、翌年に日韓漁業協定(1999年発効)締結を控え、準備年として調査海域が東シナ海に限定された。1998 年以降は日韓漁業協定、日中漁業協定(2000年発効)が締結されたことにより、調査海域が原則として東シナ海のみに限定された。

調査点の設定

調査点の設定方法は大きく分けて以下の 4 種類の方法によった。1) 層化せずに等間隔に調査海域全体に緯度 0.5 度、経度 0.5 度間隔、緯度 1 度、経度 1 度間隔、緯度 1 度、経度 0.5 度間隔のいずれかで等間隔に調査点を設定した(1986～1992 年)、2) 25°N、

30°N, 35°N, 40°N, 120°E, 125°E, 130°E を区分線として, I (40°N 以南, 35°N 以北, 120°E 以東, 125°E 以西), II (35°N 以南, 30°N 以北, 125°E 以東, 130°E 以西), III (35°N 以南, 30°N 以北, 120°E 以東, 125°E 以西), IV (30°N 以南, 25°N 以北, 125°E 以東, 130°E 以西), V (30°N 以南, 25°N 以北, 120°E 以東, 125°E 以西)の5つの調査水域に海域を層化し, 5つの調査水域それぞれに無作為に始点を設定し, 始点を含む緯度0.5度, 経度0.5度間隔または緯度1度, 経度1度間隔の格子を生成し, 格子点を調査点とした(1993~2001年), 3) 底生魚類の種組成の類似性により海域を4層に区分し, それを調査水域とした。4つの調査水域は, 黄海と東シナ海の境界部付近から東シナ海北部に配置される海域をE層, その外側に狭い帯状に配置される海域をK1層, K1層の外側, 最も黒潮よりに配置される海域をK2層とした。それぞれに無作為に始点を設定し, 始点を含む緯度0.5度, 経度0.5度間隔または, 緯度1度, 経度0.5度間隔の格子を生成し, 格子点を調査点とした(2003~2005年, 2007年), 4) 前記3)の調査海域に追加して, 黄海, 東シナ海北部の韓国EEZ海域に調査水域を設定し緯度1度, 経度1度間隔の格子を生成し, 格子点を調査点とした(2006年)。

漁具と船舶

全ての曳網に西海区水産研究所所有の底びき網(名称 SS-RI 型)を使用した。トロール網の寸法はヘッドロープ長 35.2 m, グランドロープ長 46.4 m, コッドエンド目合 66 mm (外径), カバーネット目合 18 mm (外径)で, 曳網時は袖網間隔が約 20 m, 網高が約 5 m となる。

調査に使用した船舶を Table 1-1-1 に示した。調査期間中, 熊本丸は探海船舶(株)に売却され, 所属と船名(とりしま)が変わった。総トン数の変化は, 内部構造の変更による。海邦丸も, 日本海洋(株)に売却され, 所属と船名(第七開洋丸)が変わった。艀装に一部変更が行われたが, 基本構造は同じである。同船は, 全調査期間を通じて最も使用頻度が高い船舶であった。

曳網

1986~1992年までは着底後1時間の曳網を行った。1993年調査において最適曳網時間を検討した。その結果, 着底後30分間曳網でも標本の抽出精度の維持が可能であったため(山田, 1995), 1995年以降は着底後30分間の曳網に変更した。曳網は日出~日没の間に行った。曳網速度は対地 3.0 kt とした。トロール網の着底判定は, 漁網監視装置(SCANMAR社 600型あるいはRX400型)により行い, さらにトロール曳網中の袖網間隔, 網高を監視して記録した。

採集標本の処理

コッドエンドに入網した生物は船上で可能な限り種まで同定し、それぞれの個体数および重量を計数・計測した。船上で同定が困難あるいは分類学的に問題のある標本は凍結か10%海水ホルマリン液で固定して、西海区水産研究所に持ち帰り精査した。カバーネットに入網した生物は、1986～2001年には、カバーネット漁獲物の総重量を測定し、その中から3 kgを基準に標本を抽出し西海区水産研究所に持ち帰り、種まで分類し尾数と重量を計測した。2001年11月以降の調査では、船上で種まで分類し、尾数と重量を計測した。船上で同定が困難な標本はコッドエンド標本と同様に西海区水産研究所に持ち帰り精査した。全ての調査で漁獲係数は1とした。抽出係数はコッドエンド標本が原則として1、カバーネット標本がカバーネット漁獲物重量/3 kgであった。

以西底びき網漁獲統計の対象種は体長測定を行った。測定部位はそれぞれの種で分類学的に標準とされる形質(全長, 尾叉長, 肛門前長, 頭胸長, 甲幅, 外套長等)とした。漁獲尾数が多いときには、無作為に50尾を抽出し、パンチカードにより測定した。

魚類の同定には益田ほか(1984), 中坊(1993, 2000)に従った。エビ類の同定には基本的に林(1992, 2007)に従った。タラバエビ科の同定にはChace(1985)とCrosnier(1988), Komai(1999), トゲヒラタエビ科にはKomai(2004), アカザエビ科にはHolthuis(1991), センジュエビ科にはGalil(2000), 短尾類の同定は酒井(1976)に従った。甲殻類の科以上の分類体系は大塚・駒井(2008)に従った。

環境要因の測定

トロール曳網後、電気伝導度温度深度測定器(JFE アレック社 AST-1000 型)を用いて調査点毎に水温、塩分の鉛直分布を1 m間隔で測定した。海底直上5 mの水温、塩分を底層水温、底層塩分と規定した。

解析対象種

東シナ海における着底トロール調査で採集される主要な生物は、魚類、甲殻類および頭足類である。着底トロール網は曳網層が海底から約5 mに限定される。高い遊泳力をもつ分類群や海底から離れた生活を行う分類群では採集効率が異なる。さらに分類群ごとに分布の空間スケールの大きさや生態特性が異なるためこれらを混合した解析は精度が低下する。そこで、魚類と甲殻類(エビ類, カニ類)を区別して解析を行った。

解析方法の補足

解析方法の詳細は各節で記載した。

生物の標準和名と学名

本論文で述べる生物は、原則として標準和名のみを記した。巻末に標準和名と学名の対

照表を添付した。魚類の標準和名と学名は、基本的に中坊 (2013a) に従った (Appendix table 1-1)。甲殻類に関して、エビ類の標準和名は林 (1992, 2007), 学名は基本的に Chan (2010) と De Grave & Fransen (2011) に従ったが、一部の種に対しては Komai & Ivanov (2008) と Komai (2012) に従った (Appendix table 1-2)。また、短尾類の標準和名は三宅 (1983), 学名は Ng *et al.* (2008) に従った (Appendix table 1-3)。ケンサキイカの学名は奥谷 (2000), カイロウドウケツ属の1種の学名は斎藤 (2008) に従った (Appendix table 1-4)。

Table 1-1-1. Research vessels employed for the present study

Name	Displacement	Power (hp)	Owner
Kumamoto-maru	380	1,600	Kumamoto Prefectural REIYO High School
Kaihou-maru	499	1,600	Okinawa Prefectural Board of Education
Torishima	426	1,600	Tankai Senpaku Co., Ltd.
Dainanakaiyou-maru	499	1,600	Nippon Kaiyo Co., Ltd.

第2節 環境要因の経年変動

東シナ海および黄海は北太平洋西部に位置する縁海で、西側を中国大陸、東側を韓国西岸および九州西岸、南部を琉球列島に囲まれる。東シナ海部分が約 775,000 km² (Heilemam & Tang, 2009), 黄海部分が約 437,000 km² (Heilemam & Jiang, 2009) で沖縄舟状海盆方向に大きく発達した大陸棚をもち、大陸棚上の大部分が水深 200 m 以浅の海域である (Figs. 0-1-1, 0-1-2)。

大陸棚上は複雑な海洋構造を呈する。黄海の沖合域の底層には夏季でも底層水温が 10°C 以下となる黄海冷水が存在するが (深瀬, 1975; 近藤, 1985; Chen *et al.*, 1994), 冬季には黄海暖流 (黒潮系水) が優勢となり、黄海南部まで中間暖水が北上するため (深瀬, 1975; Chen *et al.*, 1994) 黄海南部に混合水塊が形成される。一方、東シナ海の南部には黒潮系水由来の南部底層水が存在し、季節を通して安定した高水温と高塩分の環境を呈する (深瀬, 1975)。夏～秋季には、長江の流出量が増大するため、東シナ海の北～中部に低塩分海域の大きな張り出しがみられる (Chen *et al.*, 1994)。

このように、東シナ海と黄海は時空間的に環境傾度が大きく変動する海域であるため、経年変動の測定は固定された調査点にでは海洋構造の年変動の影響を受けてしまう。そこで、前二者は季節を通して一定の環境傾度を保つ特徴を備える 2 つの水塊 (黒潮系水塊と黄海冷水系水塊) の水平分布を解析することにより海域の環境の経年変動を検討した。

材料と方法

1991～2007 年の冬季調査時に調査点ごとに測定された底層水温と底層塩分データを使用した。本研究における調査点は現存量推定を重視して系統的無作為配置としたため、同じコドラート内であっても調査年ごとに観測位置が異なる。そのため海洋観測で求められる定点観測データが得られていない。そこで Kriging 法によりグリッドデータを生成し、水温と塩分の等値線を作成した。その上で、黒潮系水塊、黄海冷水系水塊の指標となる、水温 15°C と塩分 34.0, 水温 10°C の等値線 (Fig. 1-2-1) の水平位置の経年変動を両水塊の指標として解析した。1997 年は機器不調のため塩分データが欠測した。調査点の設定、環境要因の測定方法は本章 1 節に記した。

結果

水温 10°C 線を指標とすると黄海冷水系水塊の配置は、1991 年と 1992 年が 32°N 以北に分布した。1991 年は黄海中央部の水温がやや高く黄海北部と西部のみ 10°C 以下となった。一方、1996 年は中国沿岸部の水温がやや高く 35°N 以北まで北上したが黄海

の沖合域では逆に前年よりもやや突出した分布であった (Figs. 1-2-1, 1-2-2)。

黒潮系水塊は 1991～2007 年までの全ての調査において、32°N 以南の東シナ海大陸棚上の東部から南部に位置し、非常に安定した水平分布を示した (Figs. 1-2-1～1-2-4)。

考 察

本海域の水塊分布は夏季には複雑な様相を示すが、冬季には北部から南部にかけて水温と塩分が徐々に変化する単純な分布に変化する(第 2 章第 2 節を参照)。本研究では海洋構造が最も安定する冬季の底層水温と底層塩分の分布を観察したが、大きく分けて 2 つのパターンに区別できた。1 つは水温 10°C の等温線が東シナ海から黄海に向かって凸状に配置するパターンで 1991 年, 1992 年, 1997 年に観察された。2 つめは逆に黄海から東シナ海に向かって凸状に配置するパターンで 1995 年, 1996 年に観察された。前者は、冬季に発達するとされる黄海暖流(近藤, 1985; Chen *et al.*, 1994)の影響と考えられる。黄海暖流は水温と塩分の分布から予測された海流であり、まだ実測されていない(前田, 1989)。一方、後者は黄海冷水からの張り出し(Chen *et al.*, 1994)が影響としたと考えられる。本調査は 1 月中旬～2 月中旬までの僅か約 1 ヶ月間に行われたが、このように黄海南部では水温 10°C の等温線の位置が比較的大きな変動をした。

これらのことから、安定して冷水塊が存在するのは黄海の中央部以北のみであり、黄海南部から東シナ海北部の海域は黄海暖流と黄海冷水の張り出しの強弱によって混合水塊が形成されていると推察される。

黒潮系水塊の指標である水温 15°C と塩分 34.0 の等値線は東シナ海の南西部～東部にかけて位置し、経年的にも水平位置の大きな変動は認められなかった。大陸棚上の底層水は、黒潮水が大陸棚斜面を這い上がってきたものであるとされる(佐原・半沢, 1979)。黒潮系水塊は、性質がほぼ一定した黒潮から海水を供給されているため安定していると考えられる。また、春季と夏季には長江河川水の流入量が増大するが、冬季には夏季の 2 割程度に減少するため(Yang *et al.*, 1983)、冬季の黒潮系水塊は極めて安定した環境であることが示唆される。

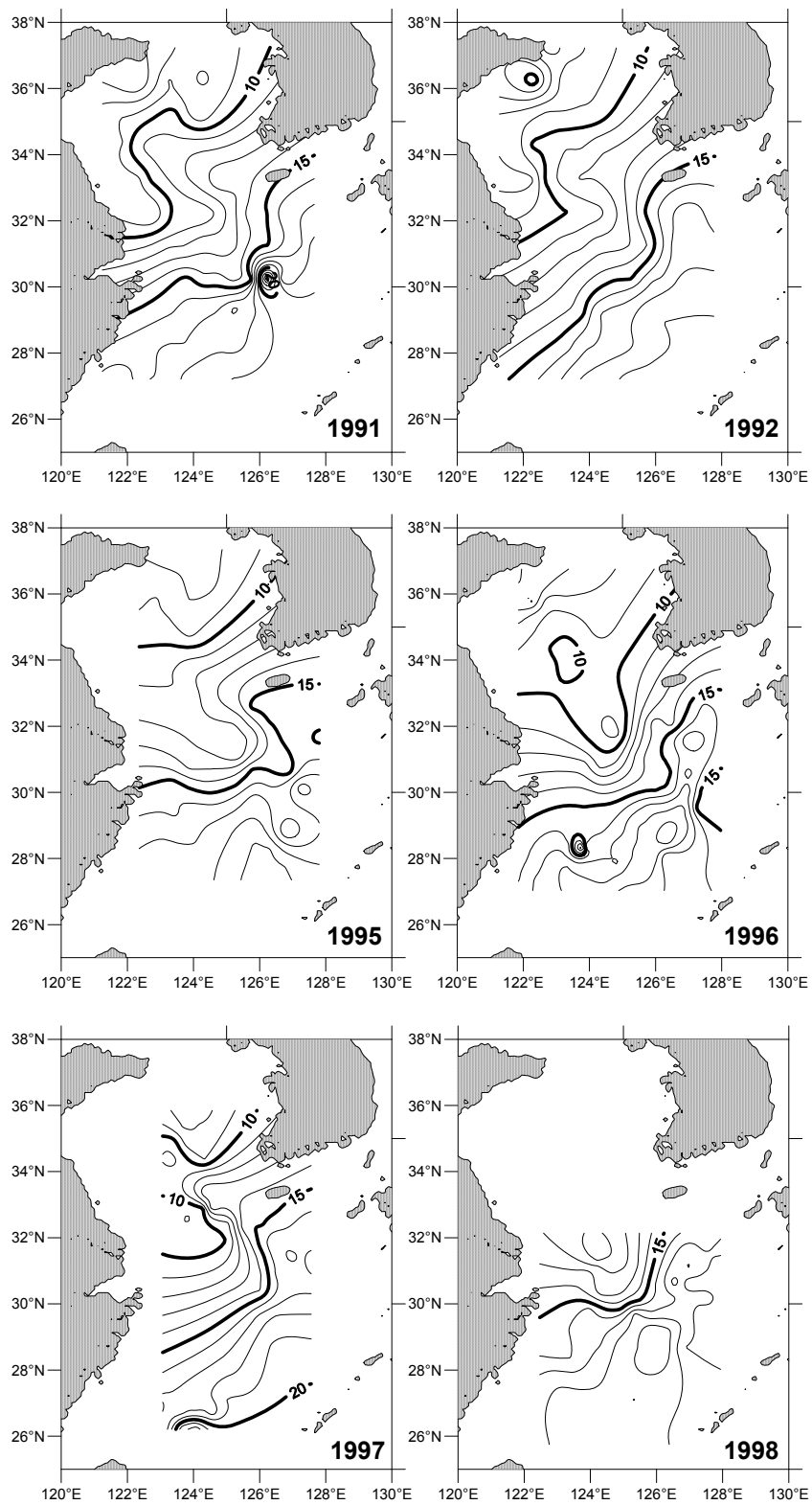


Fig. 1-2-1. Water temperatures of the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in the 1990s surveys.

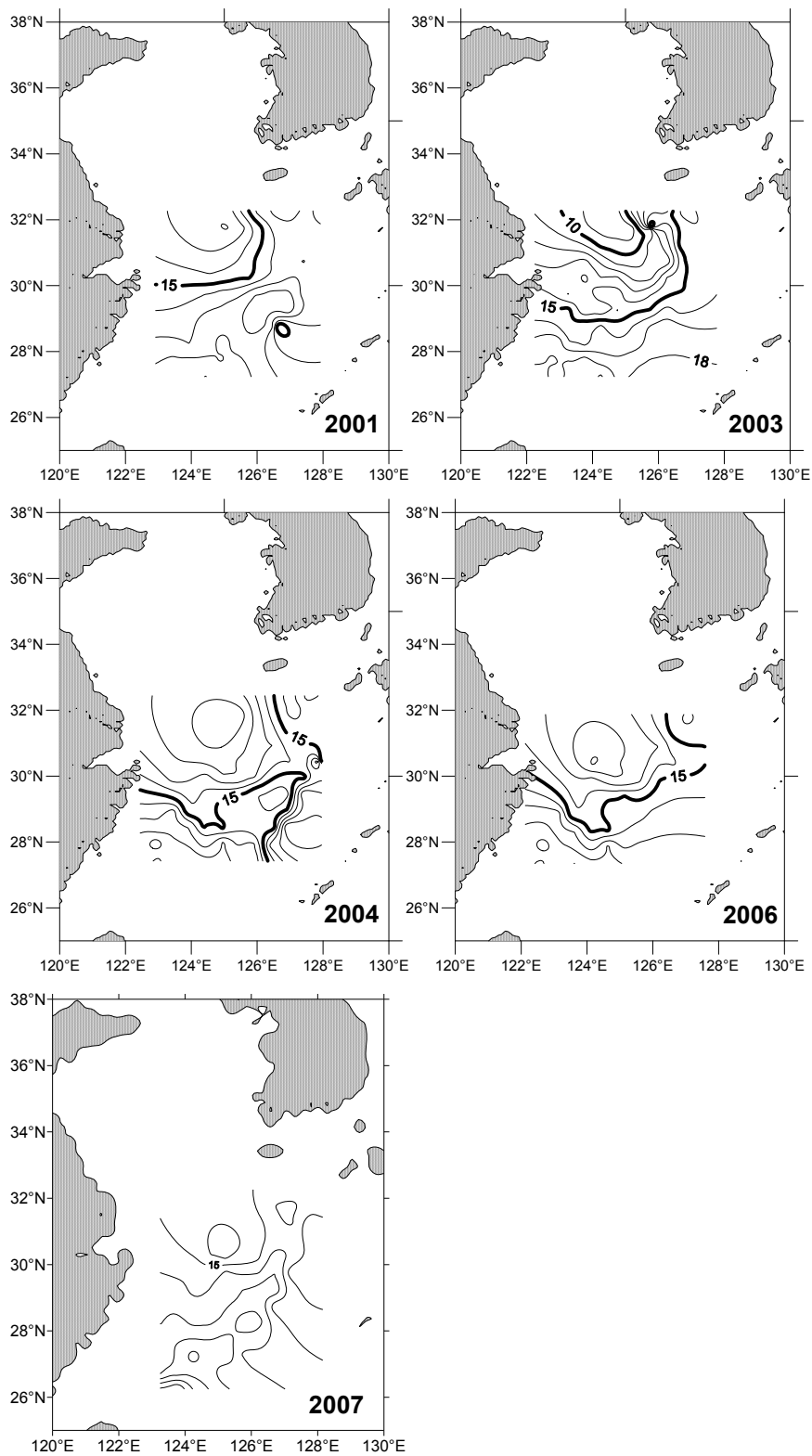


Fig. 1-2-2. Water temperatures of the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in the 2000s surveys.

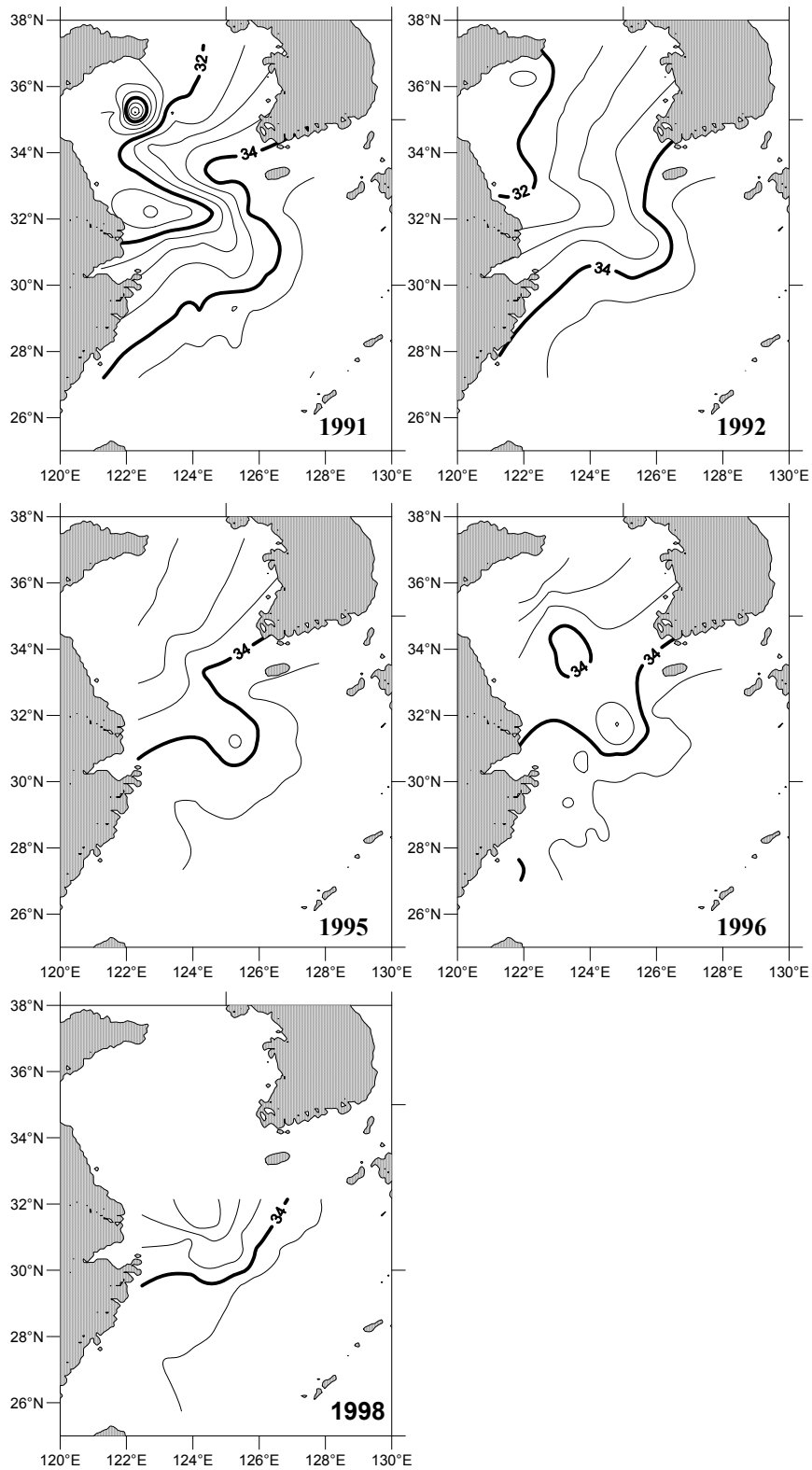


Fig. 1-2-3. Salinities of the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in the 1990s surveys.

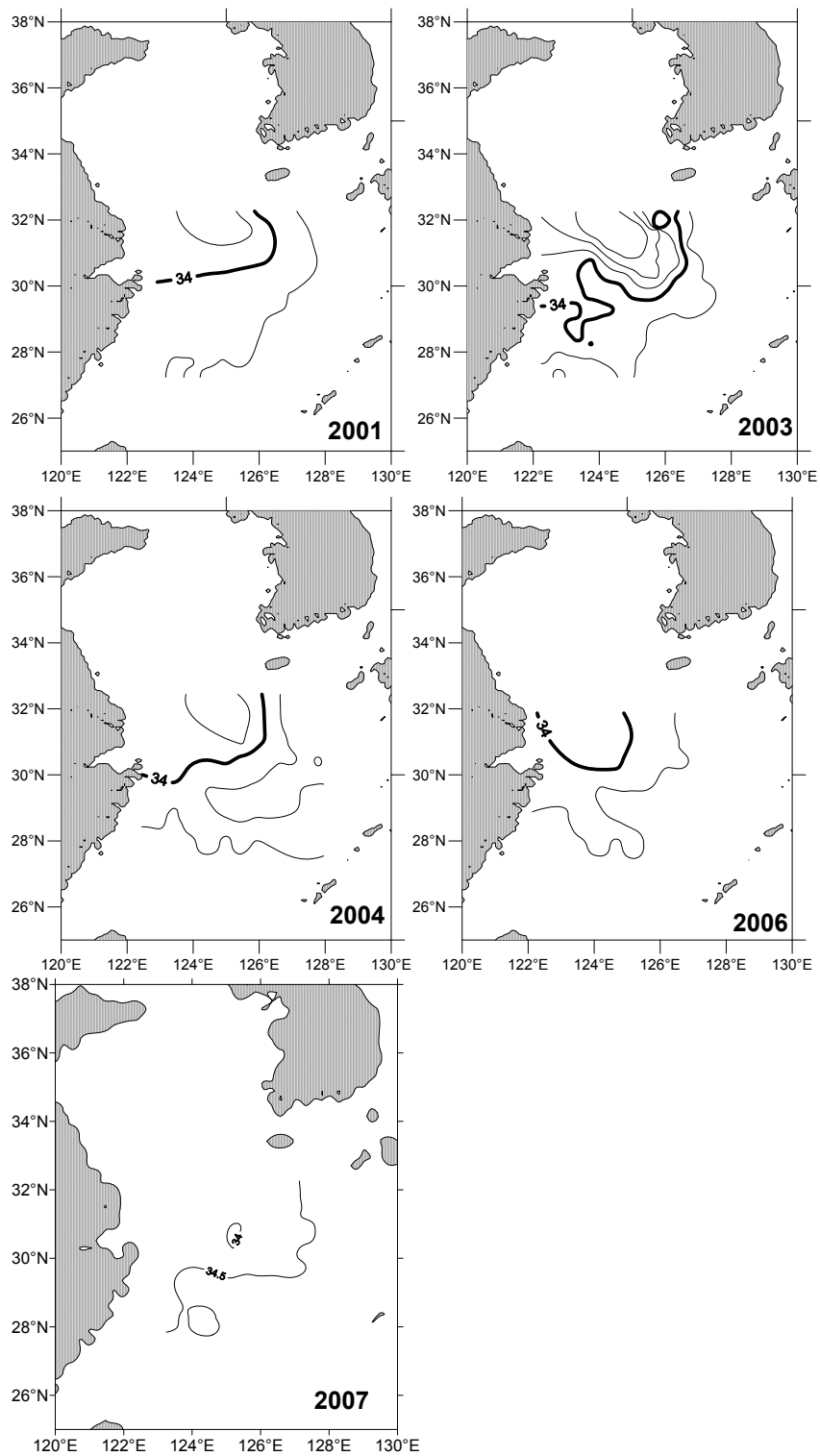


Fig. 1-2-4. Salinities of the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in the 2000s surveys.

第3節 底生魚類群集の経年変動

東シナ海と黄海は、東部、西部、北部のそれぞれが九州、中国、韓国の陸地で囲まれ、南部が南西諸島によって区切られている閉鎖性海域である。本海域には多種の底生魚類が分布し、それらの魚類によって構成された複数の魚類群集が存在する。本海域では、底生魚介類を対象とする以西底びき網漁業が行われ、1960年代の最盛期には約36万トンの漁獲量(年計)を揚げた。これは、当時の我が国の沖合漁業全体の1割強を占める漁獲量であり、我が国にとって最も重要な漁業の1つであった。しかし、1970年代には同漁業が衰退を始め、さらに韓国、中国など周辺国の漁業の台頭、国連海洋法条約の批准による漁場の縮小などにより漁獲量は急激に衰退していった。近年の以西底びき網漁業による漁獲量は僅か1万トン弱でしかない(以西底びき網漁業漁獲成績報告書、水産庁、2007)。

これまでにわが国で行われた本海域の魚類群集に関する研究(木部崎, 1960; 中嶋・真道, 1974; 三尾ほか, 1984)は、以西底びき網漁業の漁獲統計の解析に基づいて魚類群集の分布や資源構造を明らかにしてきた。しかし、漁獲統計と調査船調査では、分布に関する結果が異なることが指摘されており(北島・大滝, 1977; 山田, 1995)、先行研究の解析結果には偏りを含むと考えられる。また、大きな空間スケールにおける魚類群集の分布と水塊分布には密接な関係があることから(Jin *et al.*, 2003; Cui *et al.*, 2009; 山本ほか, 2010)、固定された調査区を基準に魚類群集を解析した先行研究では、魚類群集の構造の変化によって生じた種組成の変化と魚類群集の水平分布の変動によって生じた変化とを区別することが難しい。このため、魚類群集の経年変化を高い精度で把握するには、調査海域において季節を通して安定した性質を持つ水塊に分布する魚類群集を研究対象とする必要がある。そこで、本研究では、東シナ海と黄海において恒常的に分布し安定した性質を持つ黄海冷水系水塊と黒潮系水塊の2水塊に分布する魚類群集を対象とし、冬季の底生魚類群集の構造変化を検討した。

材料と方法

調査方法

1991～2007年の冬季に、東シナ海と黄海の沖合において実施された計9回の着底トロール調査データを使用した。1991～1996年までの3回の調査は、東シナ海と黄海を調査対象とした。1998年以降の6回の調査は、東シナ海を調査対象とした。全調査で外径目合66mmのコッドエンド、外径目合18mmのカバーネットから構成された同規格の着底トロール網を使用した。さらに、1991～1992年の調査ではカバーネットの外側に外径目合10.3mmの外カバーネットが装着された。曳網は、対地3ノットで行い、魚網監視装置(スキャナー社600型, RX-400型)をトロール網の着底と離底の判断に用いた。また曳網中に袖網

間隔を 10 分間隔で記録し、エラー値を除いた平均値をその曳網の袖網間隔の値とした。曳網時間は 1991 年と 1992 年が 1 時間、1996 年以降の調査は 30 分に設定された。採集標本の処理に関して、コッドエンド部の標本は船上で同定し、全標本の計数と計量を行った。さらに、一部の種については測定板や穿孔紙により体長を計測し、中央値と体長範囲を計算した。

本調査では底生魚類群集を対象とするため、採集された魚類の中で表中層性種と高い遊泳力を有する種を調査対象から除外した。表中層性種は運動および餌の捕捉様式による魚種区分(三尾ら, 1984)の漂泳型種を含む分類群(ニシン科, カタクチイワシ科, ニギス科, シャチブリ科, ハダカイワシ科, ホタルジャコ科(アカムツ, ワキヤハタを除く), キントキダイ科, イボダイ科, マナガツオ科, カワハギ科, ハコフグ科, フグ科, マンボウ科)であり、高い遊泳力を持つ分類群はアジ科とサバ科, 軟骨魚綱(メジロザメ科, トビエイ科)である。魚類の和名と学名は基本的に中坊に従った(中坊, 2013)。

全調査の全ての調査点について曳網面積(漁網監視装置によりデータが採取された 551 回の曳網の袖網間隔の平均値 $19.9 \text{ m} \pm 1.090 \text{ (S.D.)}$)とそれぞれ曳網の着底位置と離底位置から計算された距離の積)を算出し、種ごとの分布密度(1 km^2 あたりの採集個体数)を計算した。年度により調査海域に配置された調査点数が異なるため、経緯度 30 分昇目の調査区(農林中漁区)を基準に調査区に対して 1 調査点の密度となるように標準化し、複数の調査点が含まれる場合は分布密度を平均した。

水温と塩分の鉛直分布を各調査点で測定した。測定には電気伝導度温度深度測定器(JFE アレック社 AST-1000 型)を用いた。海底直上 5 m の水温, 塩分を底層水温, 底層塩分と規定した。底層水温と底層塩分が測定された 2 つ以上の調査点で採集された種を対象に底層水温と水深の分布範囲を記載した(Table 1-3-1)。

底層水塊の区分は、底層水温と底層塩分の両方に測定データの欠測がない調査点を対象に行った。さらに、当該海域の魚類群集や底生エビ類群集は、同じ性質の水塊内において水深 120 m 付近で種組成が変化することから(Jin *et al.*, 2003; 山本ほか, 2010; 山本・長澤, 2013), 水深 120 m 以浅の調査点のみを抽出して使用した。使用した調査点数は、1991 年 71 点(全調査点数:79 点), 1992 年 59 点(73 点), 1996 年 80 点(118 点), 1998 年 48 点(67 点), 2001 年 45 点(80 点), 2003 年 74 点(91 点), 2004 年 58 点(76 点), 2006 年 40 点(57 点), 2007 年 48 点(66 点)であった。底層水温と底層塩分の値は平均 0, 分散 1 に標準化を行い、ユークリッド指数[(1)式]により距離を測定し Ward 法によるクラスター分析を行った。

$$\text{Euclidean distance} = \sqrt{\sum_{i=1}^S (x_{Ai} - x_{Bi})^2} \quad (1)$$

ここで x_{Ai} および x_{Bi} はそれぞれ調査点 A, B の i 番目の環境変数の値, S は全変数。

底生魚類群集の比較方法

本海域は環境傾度が季節的に水平的方向に大きく変化する特徴をもつため、調査毎に水塊配置が異なる(近藤, 1985; Chen *et al.*, 1994)。一方、東シナ海と黄海の底生魚類群集の分布は水塊配置とよく一致するため(Jin *et al.*, 2003; 山本ほか, 2010)、調査海域を固定すると、魚類群集の水平分布の変化による種組成変動と経年変化を分離できない。そこで、調査毎に水塊区分を行い、それぞれの水塊の分布域を対応する魚類群集の分布範囲と規定した。調査対象として季節を通して環境傾度が安定している黄海冷水系水塊(黄海冷水系群集)と黒潮系水塊(黒潮系群集)を選択した。黄海冷水系水塊は平均水温 10°C 以下のクラスターとし、黒潮系水塊は平均水温 15°C 以上かつ平均塩分 34.0 以上のクラスターとした(深瀬, 1975)。その他のクラスターは混合水塊とした。また、各群集に含まれる底生魚類の生息空間と生物地理要素を、中坊(2013)に基づいて分布水温帯(冷水性、温帯性、暖水性)と分布水深(浅海性; 内湾～大陸棚上、沖合性; 大陸棚縁辺～大陸棚斜面域)の生態特性で区分し、群集構造の経年変化を解析した。さらに、黒潮系水塊内における漁獲圧の影響を検証するため、以西底びき網漁船の曳網能力の上限付近となる水深 100 m を基準として(農林水産省統計情報部, 1981)、深浅両海域における浅海性種の分布密度を経年比較した

群集構造の解析

解析にはコッドエンド標本データのみを用いた。調査点毎に計算した Shannon-Wiener の H' 指数[(2)式]の平均値により魚類群集の多様性を評価した。

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

n_i は i 番目の種の個体数、 N は全個体数、 S は全種数。

さらに上述の Shannon-Wiener の H' 指数から Pielou の均等性指数 J' を[(3)式]を計算した。

$$J' = H' / \log_2 S \quad (3)$$

S は全種数。

群集毎に佐久間(1964)の方法により優占種を判定した。優占種は、それぞれの種の 95%信頼限界における母集団出現率の下限[(4)式]が、平均出現率[(5)式]よりも高い種を優占種とした。さらに、単種で各調査年の優占種合計の 30%を超える種を卓越種と規定した。

$$\text{母集団出現率の下限} = \left[\frac{n}{N} - 2\sqrt{\frac{n(N-n)}{N^3}} \right] \times 100 \quad (4)$$

$$\text{平均出現率} = \frac{1}{S} \times 100 \quad (5)$$

n は任意の種の個体数, N は全個体数, S は全種数。

結 果

水塊分布

黄海冷水系水塊は 1991 年, 1992 年, 1996 年の 3 回の調査を対象とした。黄海冷水系水塊の配置は, 1991 年と 1992 年が 32°N 以北に, 1996 年が 35°N 以北に分布した。また, 1991 年は黄海中央部の水温がやや高く, 黄海北部と西部のみ 10°C 以下となった。一方, 黒潮系水塊は 1991~2007 年までの 9 回の調査を対象とした。黒潮系水塊は全ての調査で 32°N 以南の東シナ海大陸棚上の東部から南部に位置した (Fig. 1-3-1)。

魚類の出現状況

合計 9 回の調査で採集された対象種は 11 目 172 種であった (Table 1-3-1)。魚類が採集された水深範囲は 34~120 m, 底層水温の範囲は 4.3~22.1°C であった。最も幅広い水深に分布した種はタチウオ (34~119 m), 底層水温ではメイタガレイ (4.3~19.2°C) であった。黄海冷水系群集はスズキ目 32 種, カレイ目 19 種など 5 目 56 種が出現した。黒潮系群集ではスズキ目 90 種, カレイ目 31 種, ウナギ目 14 種など 10 目 163 種が出現した。黄海冷水系群集における分布水深帯別の出現種数は冷水性 16 種, 温帯性 37 種, 暖水性 3 種, 分布水深帯別では浅海性 51 種, 沖合性 5 種であった。分布水温帯別の平均密度は冷水性種 5,445 尾/km², 温帯性種 3,365 尾/km², 暖水性種 7 尾/km², 分布水深別では浅海性種 7,415 尾/km², 沖合性種 1,402 尾/km² であった。黄海冷水系群集は冷水性と温帯性の浅海性種を中心に構成されていた。一方, 黒潮系群集の分布水温帯別の出現種は冷水性 7 種, 温帯性 143 種, 暖水性 13 種, 分布水深別では浅海性 120 種, 沖合性 43 種であった。分布水温帯別の平均密度は冷水性種 8 尾/km², 温帯性種 9,713 尾/km², 暖水性種 47 尾/km² であり, 分布水深別では浅海性種 8,623 尾/km², 沖合性種 1,145 尾/km² であった。黒潮系群集は温帯性浅海域種を中心に構成されていた。出現種数において両群集の分布水温帯の比と分布水深の比が有意に異なった [分布水温帯: $\chi^2(2) = 26.16, p < 0.001$, 分布水深: $\chi^2(1) = 7.42, p < 0.01$]。平均密度では全ての生態特性において有意に異なった [分布水温帯: $\chi^2(2) = 8506.63, p < 0.001$, 分布水深: $\chi^2(1) = 68.44, p < 0.001$]。

出現種数の年変動

黄海冷水系群集の出現種数は 1991 年に 38 種, 1992 年に 47 種であったが, 1996 年

には 24 種と減少した。分布水温帯別では全ての水温帯で種数が減少し、特に冷水性種の種数は 1996 年には、1991 年の 13 種から約半数の 7 種に減少した (Fig. 1-3-2a)。分布水深帯別では浅海性種が 1996 年に 1991 年の 63%にあたる 22 種に減少した (Fig. 1-3-2b)。

黒潮系群集における出現種数は 1996 年に 91 種と最高値を示したが、それ以降は減少傾向で推移し、2006 年に最低の 37 種となった。温帯性種は全ての調査年の出現種数の 9 割以上を占めた。温帯性種は 2007 年に 1996 年の 41%の 34 種まで減少した。冷水性種は 2004 年以降採集されなくなった (Fig. 1-3-3a)。沖合性種の出現種数は 2004 年に 26 種と大幅に増加した。浅海性種は 1996 年に 77 種と最大値を示したが 2006 年には 32 種と大幅に減少した (Fig. 1-3-3b)。

分布密度の年変動

黄海冷水系群集の分布密度は 1991 年に 16,660 尾/km²であったが翌 1992 年には約 1/2 の 7,788 尾/km²に減少し、4 年後の 1996 年には 5,408 尾/km²となった。分布水温帯別にみると、冷水性種が 1991 年に 94% (15,678 尾/km²), 1992 年に 76% (5,920 尾/km²) と大部分を占めたが、1996 年はソウハチとマダラが大きく減少したことによって僅か 2% (92 尾/km²) となった (Fig. 1-3-4a)。温帯性種の群集内に占める割合は 1991 年に 6% (974 尾/km²), 1992 年に 24% (1,833 尾/km²) と大きくなかったが、1996 年にメイタガレイの増加によって 98% (4,858 尾/km²) と大幅に増加した。分布水深別では浅海性種が 8 割以上を占めた (Fig. 1-3-4b)。

黒潮系群集の分布密度は 1991 年に 11,915 尾/km²であったが、タマガンゾウビラメの増加によって 1992 年に 19,708 尾/km², 1996 年に 20,489 尾/km²と大幅に増加した。しかし、2001 年以降は減少傾向に転じ 1,594~6,194 尾/km²で推移した。全ての調査年において温帯性種が分布密度の大部分を占めた (Fig. 1-3-5a)。浅海性種の分布密度が減少傾向で推移した。一方、沖合性種のそれは増加傾向を示した (Fig. 1-3-5b)。

水深 100 m を基準に区分した浅海性種の分布密度の年変動

黒潮系水塊の水深 100 m を基準として、深浅両海域における 1990 年代の浅海性種の分布密度はともに約 10,000 尾/km²以上であったが、2000 年代になると 5,000 尾/km²以下となった (Fig. 1-3-6)。両海域における平均分布密度の変化は非常に類似していたが、水深 100 m 以浅域において分布密度の著しい増加が 1992 年と 1996 年にみられた。

体長組成の年変動

調査した 7 種の体長組成の年変化は、中央値の変化様式から体長組成に大きな変化がなかった種 (キアンコウ, シログチ, メイタガレイ), 1990 年代と 2000 年代で体長

が増加した種（アンコウ、マトウダイ）、体長の増減が大きかった種（キダイ、タチウオ）の3つに分けられた（Fig. 1-3-7）。キアンコウ、シログチ、メイタガレイの体長組成は単年のみ大きく変化した値（キアンコウの2007年値、シログチの2004年値）を除くと各種の中央値の平均値を中心に12~15%の範囲で変動し、シログチでは最大値が増加傾向、メイタガレイでは上側四分位数が増加傾向であった。次にアンコウとマトウダイでは、前者の体長組成が1990年代の平均中央値から2000年代は14%増加するとともに、後者では単年のみで大きく変化した値（2007年値）を除くと平均中央値が1990年代から32%増加し、さらに上側四分位数も増加傾向であった。キダイとタチウオは中央値の変動が大きく、数年おきに増減するとともに、前者では1996年から最大値が増加傾向、逆に後者は最大値が小さくなった。

群集構造の年変動

黄海冷水系群集の平均種数は1991年と1992年にそれぞれ9.0と9.4であったが、1996年には最高値（9.4）から31%減少して6.5になった（Fig. 1-3-8a）。多様度（ H' ）は1991年に1.45で1996年まで大きく変化することなく推移した（Fig. 1-3-8b）。均衡性指数（ J ）も1991年に0.47で1996年まで同様に推移した（Fig. 1-3-8c）。

黄海冷水系群集は9種の優占種が出現したが、3回の調査に継続して出現した種はいなかった。分布水温帯別では、冷水性種が4種（ソウハチ、マダラ、ケムシカジカ、クロソイ）、温帯性種が5種（メイタガレイ、ヒレアナゴ、ホンニベ、ヨシノゴチ、オシロイタチ）であった。1991年と1992年は冷水性種が優占種の上位に位置したが、1996年には冷水性種が激減し、温帯性種のみが優占種となった（Table 1-3-2）。卓越種は1992年と1996年にソウハチ（62%、39%）、1996年にメイタガレイ（63%）であった。

黒潮系群集の平均種数は1991年と1992年にそれぞれ19.1と19.3であったが、4年後の1996年に12.6となり、2007年には最高値（19.3）から66%減少して6.5になった（Fig. 1-3-8d）。多様度（ H' ）は1991年に2.53であったが、漸減傾向で推移し2007年には1.50となった（Fig. 1-3-8e）。均衡性指数（ J ）は2006年のやや高い値（0.75）を除いて大きく変化しなかった（Fig. 1-3-8f）。

黒潮系群集は31種の優占種が出現した。これらの種のうちタマガンゾウビラメ、メイタガレイ、オニカナガシラ、ヤリヒゲ、タチウオ、マトウダイの6種は5回以上の調査で優占種となった。一方、優占種となる頻度が低かった14種のうち、イソキホウボウ、ネズミゴチ、キアマダイ、ヤミハゼの4種は漁獲回数も1~2回と稀であった。卓越種は1991年にベロガレイ（38%）、1992年と1996年にタマガンゾウビラメ（63%、54%）、1998年にオニカナガシラ（48%）と1998年までは浅海性種が卓越した。その後は2001年にチョウチョウエソ（58%）、2003年と2007年にヤリヒゲ（51%、40%）

となり沖合性種が卓越した (Table 1-3-3)。

考 察

黄海冷水系群集の年変動要因

本研究で対象とした黄海冷水系群集と黒潮系群集は、大陸棚上に分布するという共通点を持ち、それぞれ低温で低塩分の水塊、高温で高塩分の水塊に分布する。生物は環境適応範囲の最適値付近の生息場所において最も分布密度が高い。本研究においても、黄海冷水系群集は冷水性浅海性種を中心に構成されていた。調査初期の黄海冷水系群集は冷水性種が分布密度の大部分を占めていた (1991 年に約 90%, 1992 年に約 80%)。一方、温帯性種の分布密度は非常に低かった。しかし、1996 年になると冷水性種の分布密度が急減し、温帯性種へ優占種交替が起こった。この黄海冷水系群集に起きた優占種交替は、具体的には 1991 年と 1992 年まで卓越種であったソウハチが 1996 年までに急激に減少し、替わってメイタガレイが卓越したことによる。北海で本研究と同様の空間スケールで行われた研究では、水温の年変化により北方系種と南方系種の比率が変化したことが知られているが (Ehrich & Stransky, 2001), 本研究では冷水性種と温帯性種の比率に大きな変化がなかった。また、底層水温も 1991 年に平均水温 $8.6^{\circ}\text{C} \pm 1.07$ (S.D.), 1992 年が平均水温 $9.1^{\circ}\text{C} \pm 1.47$, 1996 年に平均水温 $8.5^{\circ}\text{C} \pm 1.14$ であり、大きな変化は観測されなかった。さらに、東シナ海でのレジームシフトは 1998 年以降とされていることから (荒井, 2013), 水温の変化が優占種交替の原因となった可能性は低いであろう。また、1996 年には黄海冷水系水塊の水平分布が 1991 年と 1992 年よりもやや南 ($\sim 33^{\circ}\text{N}$) に移動しているが、魚類群集は分布域が水平移動しても環境に大きな変化がなければ群集構造が維持されるとされ (Mahon *et al.*, 2001; Jaureguizar *et al.*, 2006), 分布域の水平移動も優占種交替に関係しなかったと考えられる。

ソウハチは、オホーツク海南西部から福島県常磐沖、日本海全域、黄海、渤海に分布する冷水性種である (山田ほか, 2007)。メイタガレイは北海道南部から本州および九州沿岸域、東シナ海、黄海、渤海に分布し、やや冷涼な海域にまで広く分布する温帯性種である (山田ほか, 2007; 古野, 1949)。食性に関して、ソウハチは甲殻類のほか棘皮動物、魚類、頭足類などの多様な生物を捕食するが (山田ほか, 2007; 中原, 1969; 伊藤ほか, 1994; Hayase & Hamai, 1974), メイタガレイは多毛類を主に食べることから (山田ほか, 2007; 渡辺ほか, 1992), 両種間の餌をめぐる種間競争は小さいと考えられる。また、両種ともに稚魚から成魚まで砂泥底に生息するが (渡辺, 1992; 南, 1982; 富永, 1995), メイタガレイが多毛類を好むことからソウハチよりもやや泥底側に適応している可能性も考えられる。本研究では底質調査を行っていないため、長江から黄海へ流

入する堆積物量の経年変化をみると、1980年代後半から2000年代まで堆積物量は大きく変化することなく推移していることから (Chen *et al.*, 2008), 調査水域で1990年代に大きな底質変化が起きた可能性は低いと考えられる。したがって、底質の変化も優占種交替の主因となる可能性は小さいと言えよう。

強い漁獲圧が加えられた魚類群集において生活史の差異によりカレイ科魚類の優占種が交替したことが知られている (Kawasaki, 1982)。また、黄海や渤海では魚類群集に強い漁獲圧が加えられたことよりの底生魚類を中心とする群集構造から浮魚類を中心とする構造に変化したことが報告されている (Jin & Tang, 1996; Jin, 2004)。これらの報告はいずれも、強い漁獲圧が加えられたことが群集構造の変化の原因としている。本研究においても黄海冷水性群集と黒潮系群集の両方で種多様度の低下が観察されており、この群集構造の変化は強い漁獲圧が経年的に加えられたことが原因のひとつと考えられたため、以下でさらに考察した。

1980年代以降、黄海と東シナ海における漁業の中心となっている中国漁業の努力量に関するデータは公開されていない。そこで、中国による太平洋北西部の底魚類漁獲量 (Fig. 1-3-9) (FAO, 2008) と本調査の底魚類 CPUE の経年変化 (Fig. 1-3-10) の資料を用いて、本海域における漁獲圧の経年変化を検討した。中国による太平洋北西部の底魚類漁獲量は1980年代には年間80万トン前後で推移していたが、1990年代から急激に増加傾向となり1995年から2002年には平均230万トンに達した。さらに、2003年から2007年は1980年代の漁獲量の4倍以上となる平均340万トンの漁獲が行われた。わずか20年ほどの間に250万トンもの莫大な漁獲量が増加された。一方、1991～2007年までの我が国の調査船による底魚類 CPUE は逆に1991年以降、継続して減少をした。科学的な調査結果が本海域の底魚類資源の減少を示すなかでの中国による大幅な漁獲量の増加は、膨大な漁獲努力量の投入によって達成されたと考えるのが妥当であり、東シナ海と黄海に強い漁獲圧が継続して加えられていることを強く示唆するものであろう。

上記の考察に基づき、黄海冷水系群集が強い漁獲圧を受け、生態特性の違いにより優占種が交替したと仮定し、さらに詳細な検討を行った。ソウハチとメイタガレイはともに砂泥底を生息場所とするが、前者が冷水性種、後者が温帯性種であることから水温の最適値が異なる。ソウハチとメイタガレイが分布する黄海冷水系水塊はソウハチには好適な低水温環境であったためには高い密度で分布していたが、メイタガレイは水温の最適値から外れるために低分布密度であったと考えられる。黄海冷水系群集では1991年までは全ての優占種が冷水性種であったが、1996年には全ての優占種が温帯性種へと変化した。ソウハチは、黄海冷水系水塊の他に渤海や日本海に分布するが、渤海の底生魚類資源は黄海よりも早期に崩壊している (Jin, 2004)。また、日本海の個体群は東シナ海南部から東部にかけて黒潮由来の暖かい水塊が広範囲に存在するため

日本海からの移入は小さいと推測される。さらに日本海からの稚魚の分散も対馬暖流に逆向するため小さいであろう（松浦・瀬能, 2012）。一方、メイタガレイは東シナ海の大陸棚上に広く分布し最も幅広い水温（4.3~19.2°C）に分布した種であった（Table 1-3-1）。そのため、黄海冷水系群集と隣接した黒潮系群集や混合群集などから移入が容易であると考えられる。これらを鑑みると、黄海冷水系群集で起きた群集構成の変化は強い漁獲圧が加えられ底生魚類の分布密度が激減したこと、その後起きた周辺海域からの個体群の移入の有無が冷水性のソウハチと温帯性のメイタガレイで異なったことから生じたと推察された。

黒潮系群集の年変動要因

黒潮系群集は浅海性温帯性種を中心とする群集である。黒潮系群集も出現種数と分布密度の顕著な減少傾向が見られたことから前述した黄海冷水系群集と同様に強い漁獲圧を受けていると考えられる。黒潮系群集では1990年代に浅海性種の分布密度が急激に減少した。2000年代に入ると、沖合性種の分布密度が増加傾向となった。

浅海性種の体長組成をみるとアンコウ、マトウダイ、メイタガレイで2000年代に体長組成が大きくなっていった。また、キアンコウでは最大個体の大きさが増加した。測定した浅海性種5種のうちの4種で体長組成が大型化する傾向がみられた。分布密度が大幅に減少したことにより密度効果により餌の競合が弱まり成長が促進された可能性が考えられる（佐藤, 1974）。

また、1990年代は浅海性種から卓越種が発生していたが、2000年代は沖合性種が卓越種となった。これらの現象は浅海性種の分布密度が減少したことが起因となった変化であると推察され、それは浅海域により強く漁獲圧が加えられた結果であると予想された。しかし、黒潮系水塊内を浅深の2海域に分けた分布密度の年変化に大きな差異がなかったことから、調査海域内では水深による漁獲圧の強度の違いは小さいと考えられた。そこで、群集構造が変化した要因として分布範囲の制限が疑われた。浅海性種が分布する東シナ海大陸棚は北部と西部および東部の一部が陸地に囲まれ、南部から東部にかけての大陸棚縁辺部は急激に琉球舟状海盆に落ち込んでいる。東部の一部で九州西部岸と水深200m以浅の海域でつながるが、優勢な対馬海流が横切っているため流れに逆らう移動となる九州西岸から東シナ海への浅海性魚類の移動には大きな制限を受けるだろう（松浦・瀬能, 2012）。東シナ海と黄海に分布する個体群が絶滅危惧と評価されている浅海性魚類（堀川・山田, 1999）カナガシラ、マダイ（黄海系群）、クログチ、オオニベ、ウバゴチは日本沿岸にも生息するが、日本沿岸の個体群では絶滅危惧に至っていない。一方、東シナ海において1991~2007年にかけて我々が実施した調査では、これらの種のうち、クログチとウバゴチが数個体しか漁獲されていないことから、九州西岸域からの移入はほとんど無いと考えられる。浅海性種の分布域は

東シナ海と九州西岸域の間ではほぼ分断されているのであろう。隣接海域からの移入がない状態で再生産を上回るような強い漁獲圧が加えられたことが浅海性種の分布密度の急激な減少を引き起こしたと推察された。この仮説は、冷水性種の減少にもあてはまる。黄海域の冷水性種は1996年までに資源崩壊したが、これは浅海性と冷水性という2つの制限を受け、分布がより狭い範囲に限定されたためであろう。一方、2001年以降に黒潮系群集の卓越種となった沖合性種（山田ほか, 2007）のチョウチョウエソや広深性（Shinohara & Matsuura, 1997; Shinohara *et al.*, 2001; 山田ほか, 2007）のヤリヒゲは本研究においても調査範囲のほぼ最大水深まで分布がみられ、大陸棚上から大陸棚斜面域まで分布域が連続していると考えられる。沖合性種も大陸棚上で浅海性種と同様に強い漁獲圧を加えられ分布密度が減少したが、大陸棚斜面域からの移入により減少傾向が軽減された。加えて、浅海性種の減少により空いたニッチに沖合性種が分布域を拡大したため、群集構造の変化が起きたと考えられる。

群集構造の保全

これまで述べてきたように、黄海と東シナ海に分布する2つの底生魚類群集において、強い漁獲圧が加えられたことが主因となり群集構造が変化したことが本研究で確認された。黄海冷水系群集では1991～1996年の間に分布密度が16,660尾/km²から5,408尾/km²に減少した。平均種数が9.0から6.5に減少し多様性が低下した。優占種が冷水性種から温帯性種に交替した。黒潮系群集では1991～2007年の間に分布密度が11,915尾/km²から4,562尾/km²に減少した。平均種数が19.1から6.5に減少、多様度（*H'*）も2.53から1.50に減少し多様性が低下した。浅海性種が激減した。これらの群集構造の変化は、分布様式の違いによる隣接海域からの個体群の移入の有無が資源の減少の度合いを変化させるという共通した仕組みで生じたと推察された。東シナ海よりも早期に中国漁業が隆盛した黄海では大型底生魚類の激減し、小型浮魚類が増加したことが報告されている（松浦・瀬能, 2012）。群集構造の変化は餌生物や捕食者など食物網構造にも大きな影響を与える（Loeb *et al.*, 1997; Yamamura, 1998）。東シナ海と黄海の底生魚類群集には今後も強い漁獲圧が継続して加えられることが予想され、資源崩壊が危惧される。過剰な漁獲圧を軽減するため、東シナ海と黄海を利用している漁業国による国際的な漁業管理を行い、早急に当該海域の魚類群集の保全を実施する必要がある。

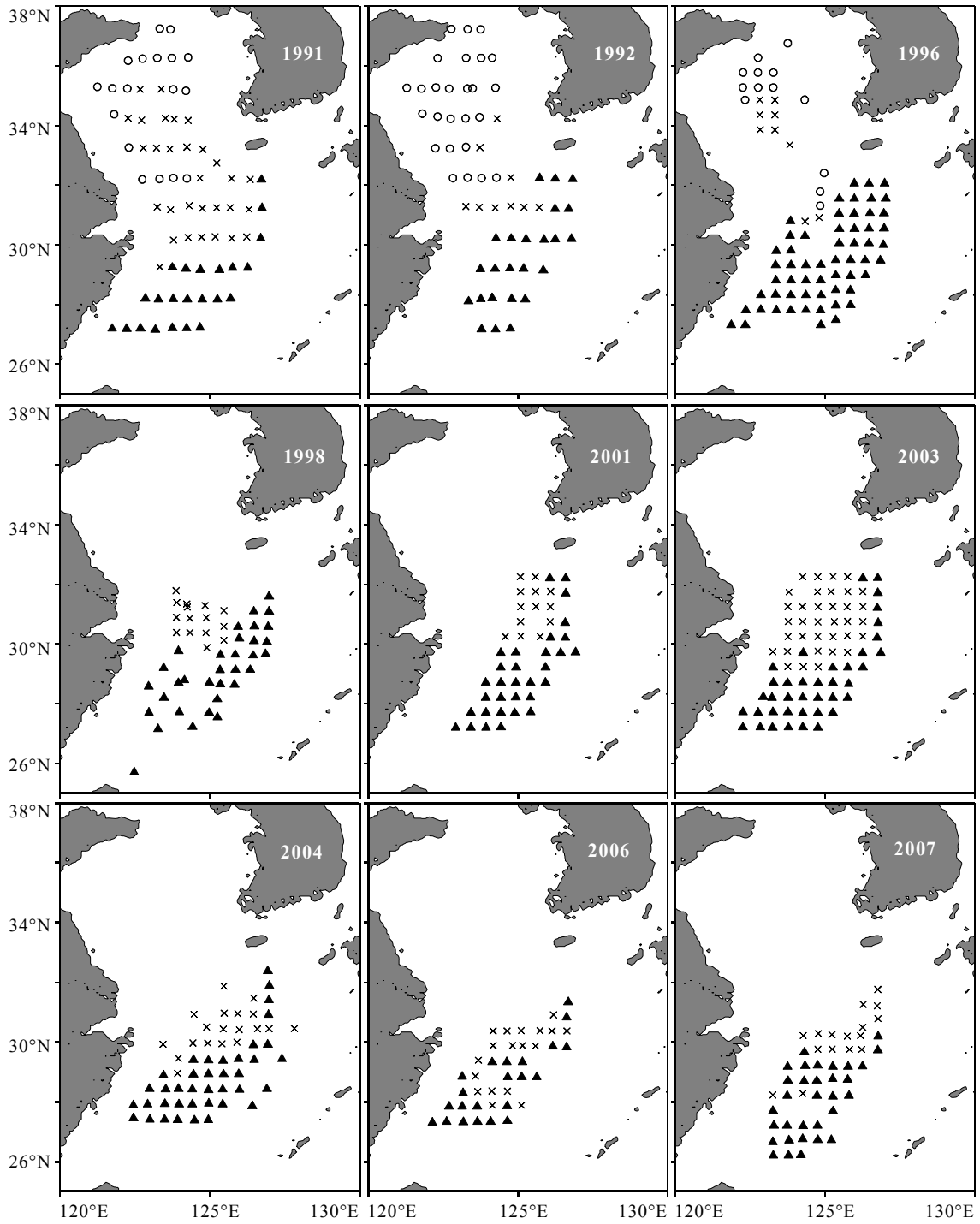


Fig. 1-3-1. Trawl sampling stations in the East China Sea and the Yellow Sea from 1991 to 2007, representing three demersal fish assemblages. Open circle: fish assemblage in the Yellow-Sea cold water; solid triangle: fish assemblage in the Kuroshio water; cross: fish assemblage in the mixed water.

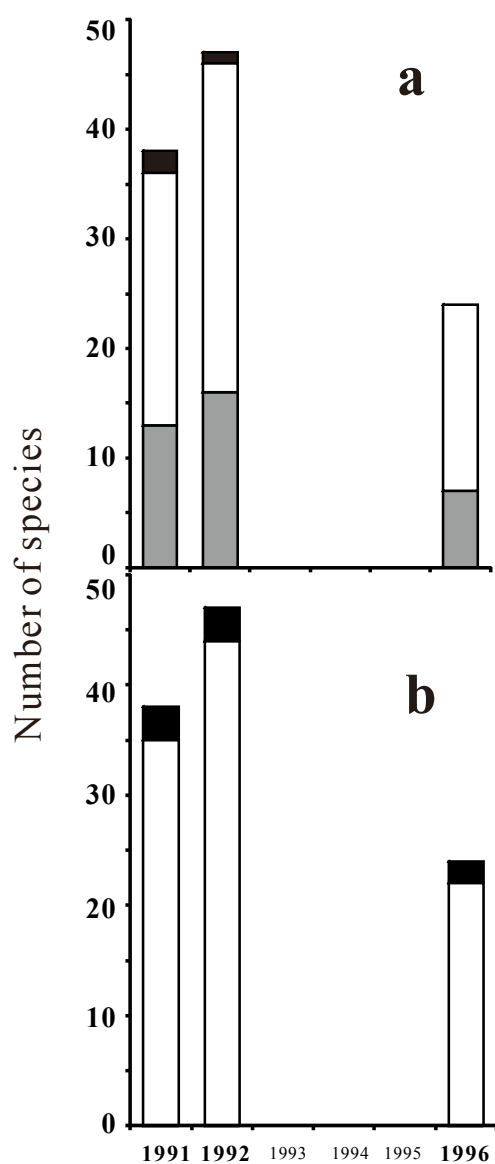


Fig. 1-3-2. Temporal changes in number of fish species in the Yellow-Sea cold water. Fish species are categorized into groups based on their ecological characters (water temperature [a] and depth [b]). Black: cold-water species; white: temperate-water species; light grey: warm-water species in Fig. 2a. Black: deep-water species (inhabiting the continental shelf edge and the slope deeper than 150-200 m depth); white: shallow-water species (inhabiting the continental shelf shallower than 150-200 m depth) in Fig. 2b.

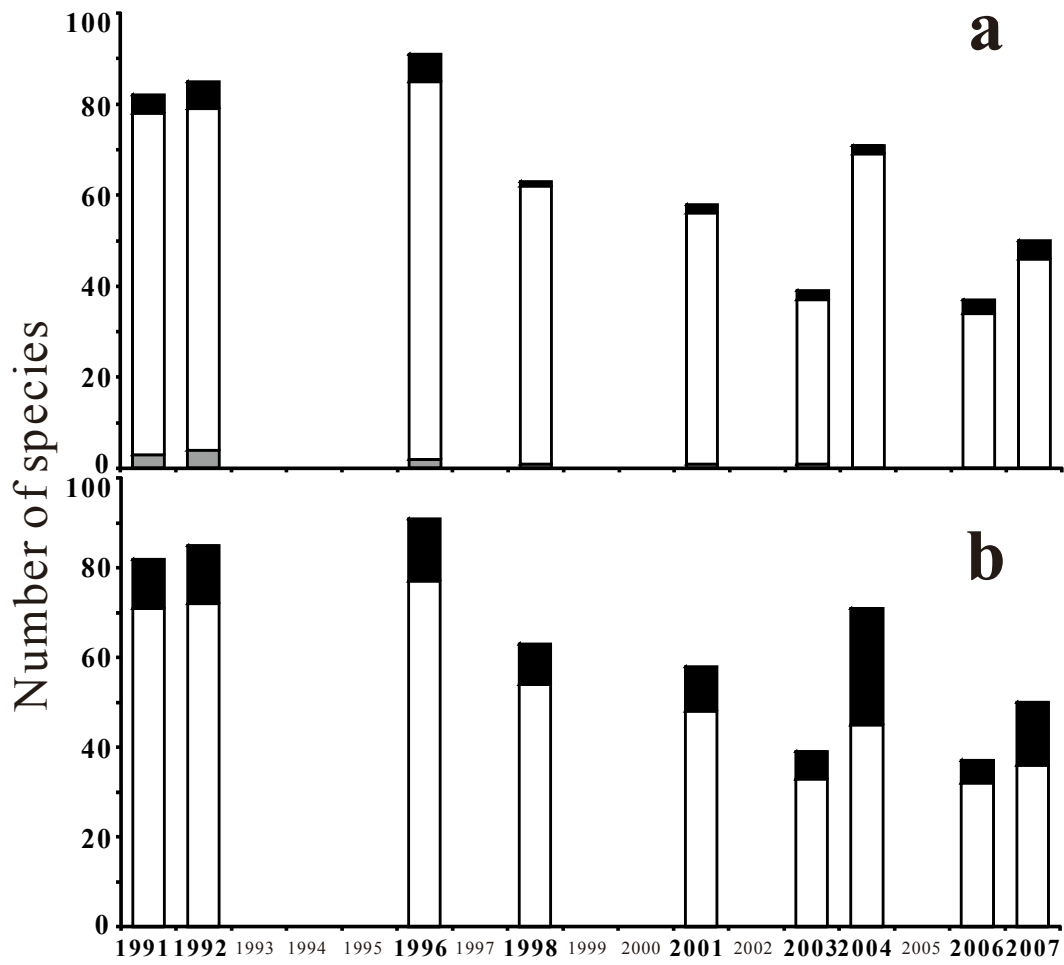


Fig. 1-3-3. Temporal changes in number of fish species in the Kuroshio water. Fish species are categorized into groups based on their ecological characters (water temperature [a] and depth [b]).

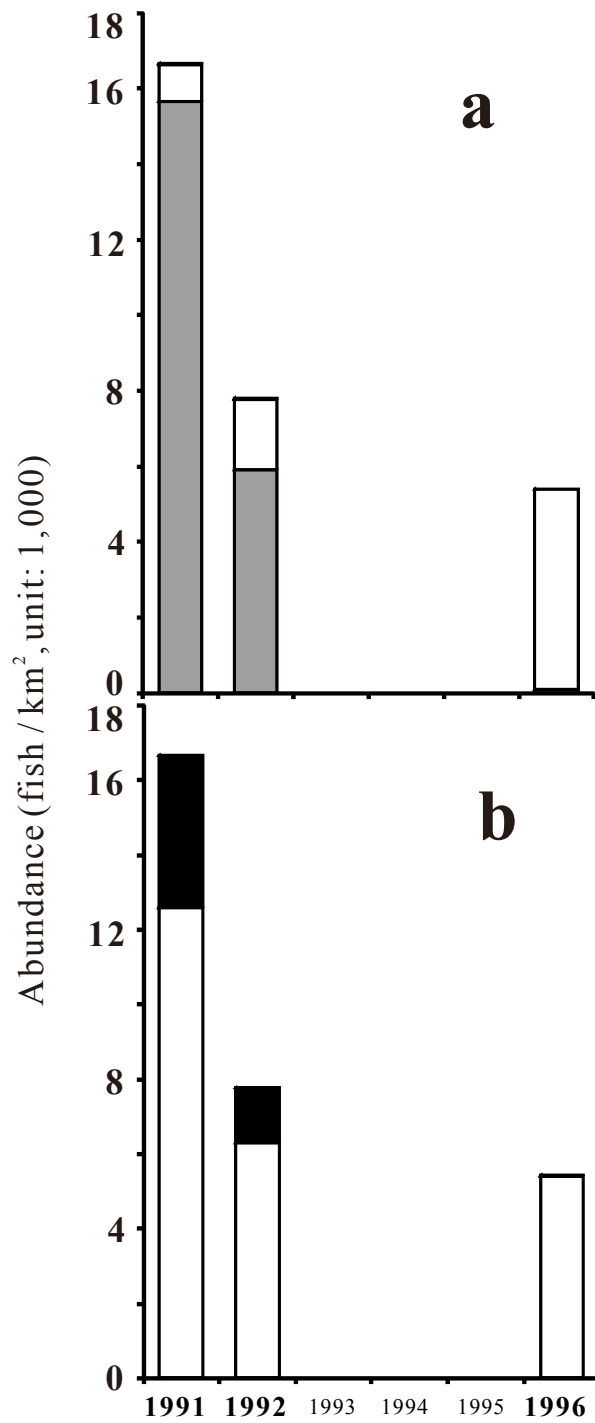


Fig. 1-3-4. Temporal changes in number of fish abundance in the Yellow-Sea cold water. Fish species are categorized into groups based on their ecological characters (water temperature [a] and depth [b]).

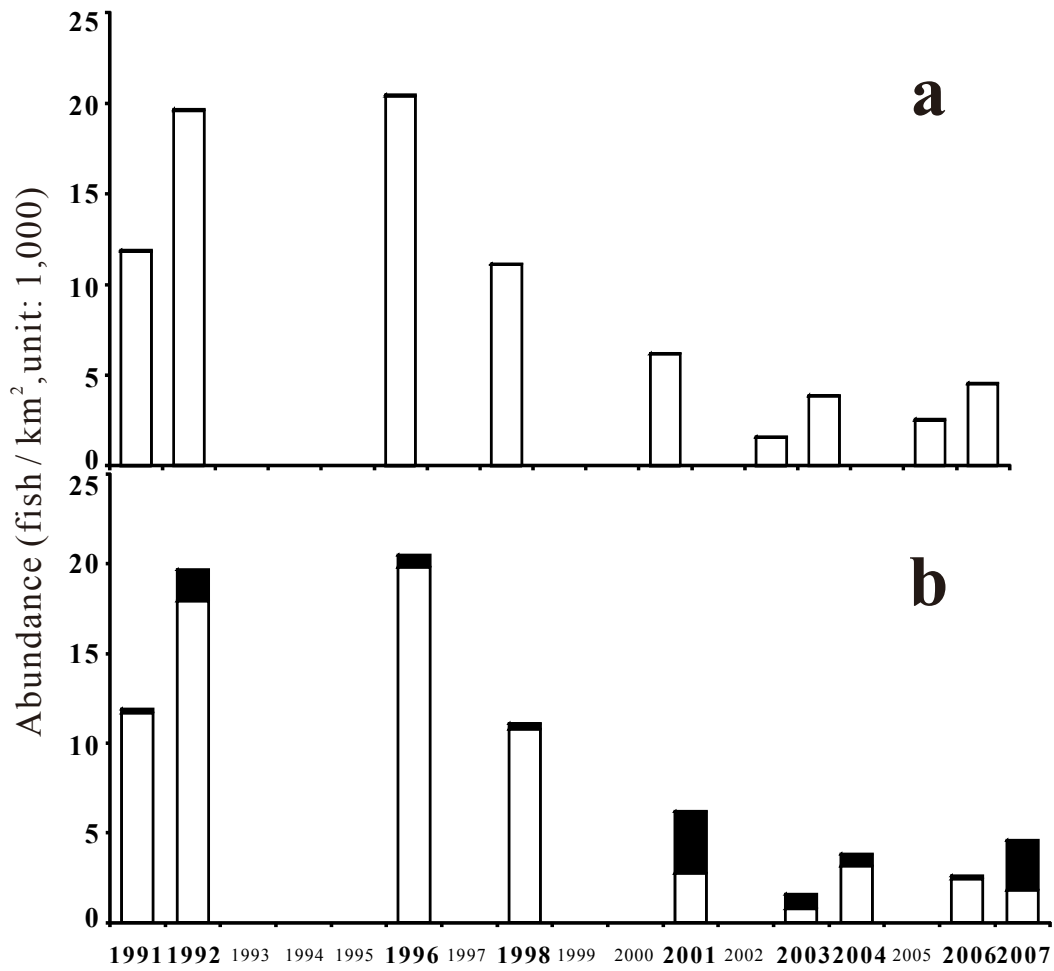


Fig. 1-3-5. Temporal changes in number of fish abundance in the Kuroshio water. Fish species are categorized into groups according to their ecological characters (water temperature [a] and depth [b]).

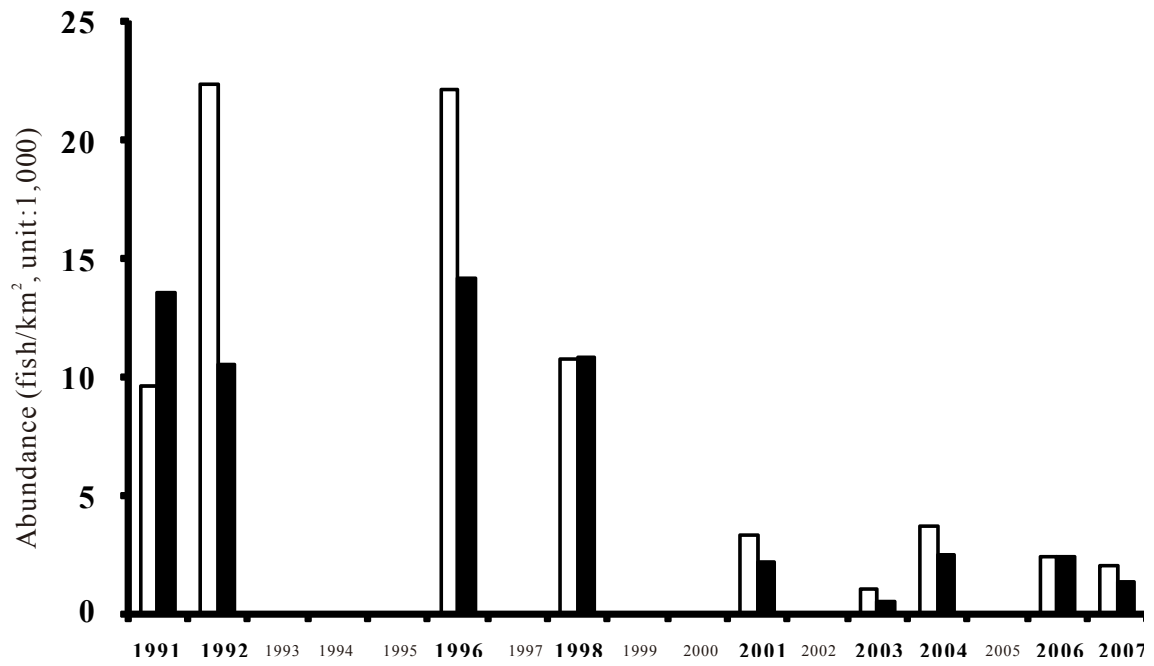


Fig. 1-3-6. Temporal changes in number of fish abundance in the Kuroshio water. Stations are categorized into two (shallow and deep) groups, based on the station at depth. Black: deep-area (deeper than 100 m depth); white: shallow-area (shallower than 100 m depth).

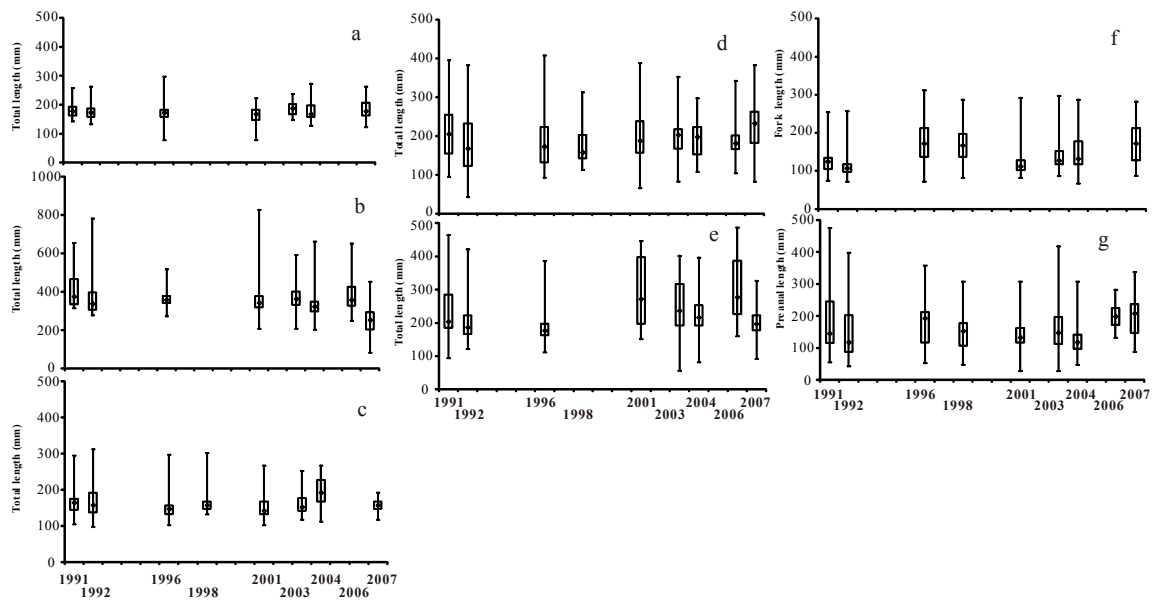


Fig. 1-3-7. Body-length frequency distributions of seven ground-fish species caught in the East China Sea in 1991-1992, 1996, 1998, 2001, 2003-2004, and 2006-2007. a: *Pleuronichthys cornutus*, b: *Lophius litulon*, c: *Pennahia argentata*, d: *Lophiomus setigerus*, e: *Zeus faber*, f: *Dentex hypselosomus*, f: *Trichiurus japonicus*.

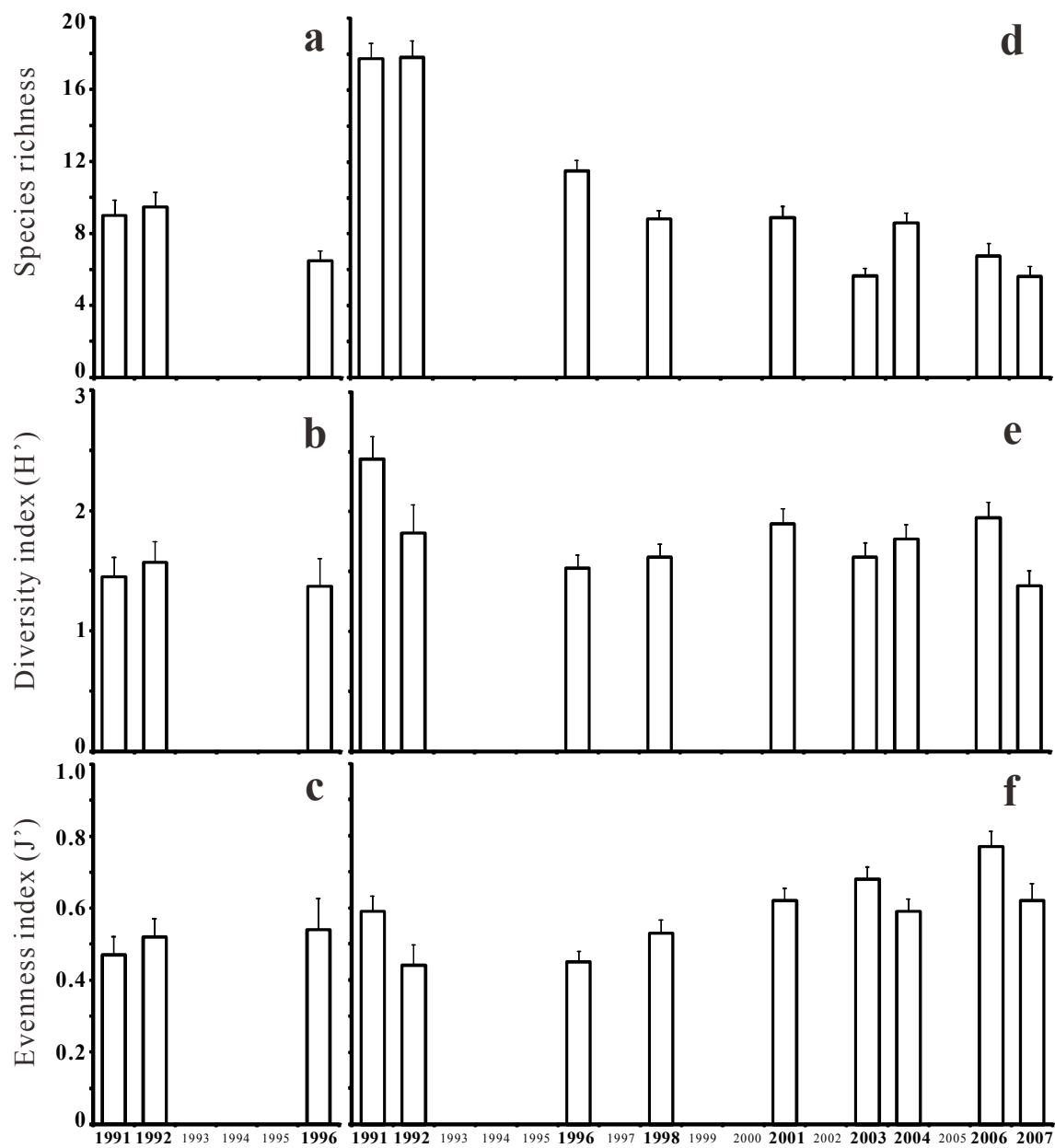


Fig. 1-3-8. Temporal changes in mean species richness, mean diversity per station, and mean evenness per station for fish assemblages in the Yellow-Sea cold water (a, b, and c) and Kuroshio water (d, e, and f). Bars indicate standard deviations.

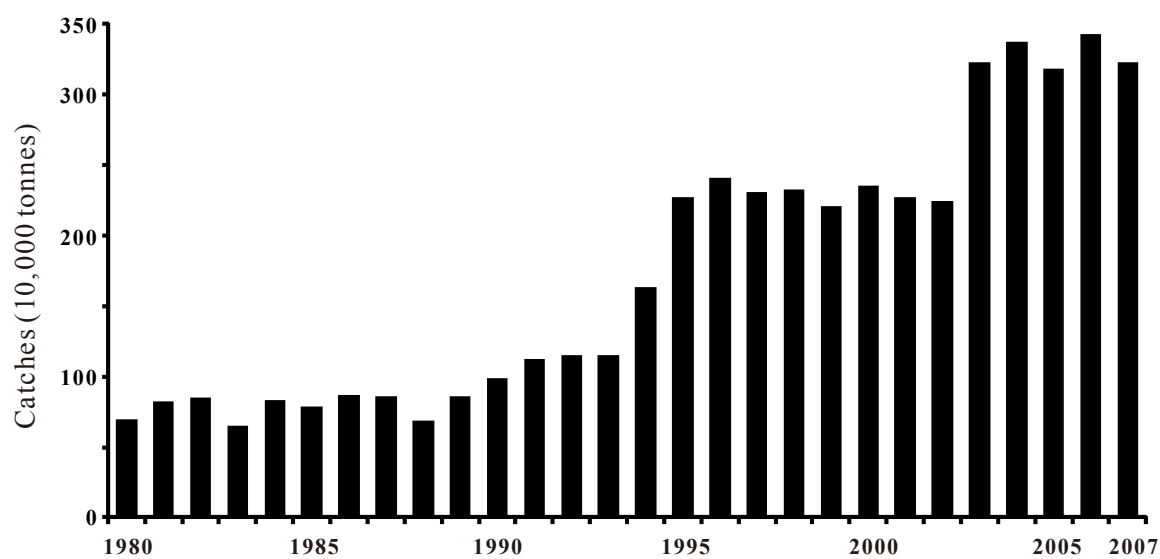


Fig. 1-3-9. Annual catches in demersal fishes by China in the Northwest Pacific from 1980 to 2007. Data are from FAO (Fishstat Plus, Capture Production, FAO Fisheries Department, Fisheries Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal Software for Fisheries Statistical Time Series. Version 2.3. 2000. 1950-2008).

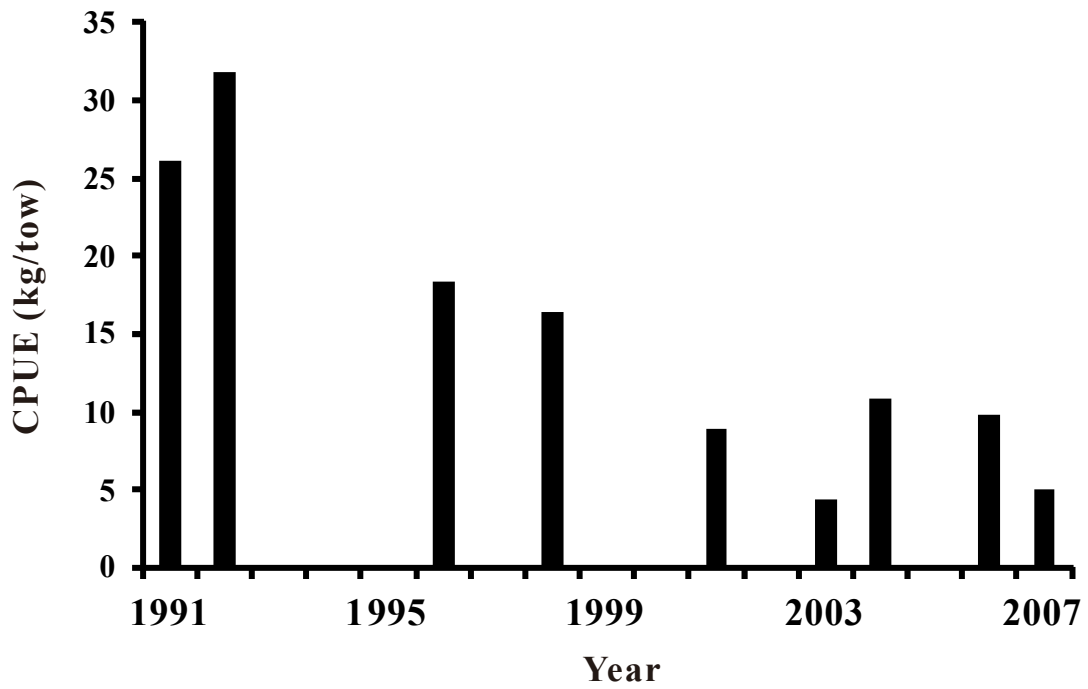


Fig. 1-3-10. Annual changes in ground-fish CPUE based on the data collected by Japanese research vessels in the East China Sea and the Yellow Sea in 1991-1992, 1996, 1998, 2001, 2003-2004, and 2006-2007.

Table 1-3-1. List of demersal fishes caught in trawl surveys in the East China Sea and the Yellow Sea in winter

Class	Family	Scientific name	Occurrence in the Yellow-Sea cold water	Occurrence in the Kuroshio water	Ecological characters of fish		Occurrence at temperature range (°C)***	Occurrence at depth range (m)***	
					water temperature*	depth**			
Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax minor</i>	-	+	T	S	-	-	
	Synphobranchidae	<i>Dysomma anguillare</i>	-	+	T	D	12.8 - 17.0	58 - 87	
	Ophichthidae	<i>Echelus uropterus</i>	+	+	T	S	9.4 - 18.2	46 - 106	
		<i>Ophichthus asakusae</i>	-	+	T	S	13.9 - 17.7	92 - 94	
	Congridae	<i>Ophichthus urolophus</i>	-	+	T	S	15.3 - 18.2	77 - 111	
		<i>Ariosoma majus</i>	-	+	T	S	18.2 - 18.2	95 - 103	
		<i>Ariosoma meeki</i>	-	+	T	S	15.1 - 18.7	67 - 114	
		<i>Ariosoma shiroanago</i>	-	+	T	S	18.2 - 18.2	96 - 102	
		<i>Conger japonicus</i>	-	+	T	S	-	-	
		<i>Conger myriaster</i>	+	+	T	S	7.9 - 17.8	39 - 112	
	Muraenesocidae	<i>Rhynchoconger ectenurus</i>	-	+	T	D	10.4 - 17.8	59 - 106	
		<i>Uroconger lepturus</i>	-	+	W	D	-	-	
		<i>Muraenesox bagio</i>	-	+	T	S	-	-	
<i>Muraenesox cinereus</i>		-	+	T	S	10.4 - 17.9	55 - 110		
Aulopidae		<i>Aulopus japonicus</i>	-	+	T	D	15.6 - 19.2	95 - 120	
		<i>Saurida elongata</i>	-	+	T	S	12.2 - 19.2	50 - 116	
Synodontidae		<i>Saurida macrolepis</i>	-	+	T	S	14.5 - 19.5	63 - 116	
	<i>Saurida umeyoshii</i>	-	+	T	S	15.8 - 22.1	66 - 120		
	<i>Saurida wamieso</i>	-	+	T	S	12.7 - 19.8	58 - 114		
	<i>Synodus fuscus</i>	-	+	T	S	17.2 - 18.2	91 - 111		
	<i>Synodus macrops</i>	-	+	T	D	11.3 - 20.1	53 - 120		
Gadiformes	Gadidae	<i>Synodus ulae</i>	-	+	W	S	-	-	
		<i>Gadus macrocephalus</i>	+	-	C	D	7.4 - 9.1	53 - 79	
	Bregmaceroiidae	<i>Bregmaceros nectabanus</i>	-	+	W	S	11.5 - 17.6	58 - 112	
		Macrouridae	<i>Caelorinchus multispinulosus</i>	+	+	T	D	8.7 - 19.5	46 - 119
			<i>Caelorinchus jordani</i>	-	+	T	D	-	-
Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Hoplobrotula armata</i>	-	+	T	S	14.8 - 18.2	74 - 116	

Table 1-3-1. Continued.

Class	Family	Scientific name	Occurrence in the Yellow-Sea		Occurrence in the Kuroshio		Ecological characters of fish		Occurrence at	
			cold water	water	water	depth**	water temperature*	temperature range (°C)	depth range (m)	
Ophidiiformes	Bythitidae	<i>Grammonus robustus</i>	-	+	+	D	T	15.7 - 17.4	90 - 112	
	Lophiidae	<i>Lophiodes insidiator</i>	-	+	+	D	T	-	-	
		<i>Lophiomus setigerus</i>	-	+	+	S	T	10.5 - 22.1	54 - 120	
Antennariidae	Chaunacidae	<i>Lophius litulon</i>	-	+	+	S	T	7.2 - 18.1	34 - 112	
		<i>Antennarius striatus</i>	-	+	+	S	T	11.3 - 19.8	34 - 119	
		<i>Chaunax abei</i>	-	+	+	D	T	-	-	
Ogcocephalidae		<i>Haliutaea indica</i>	-	+	+	S	W	14.3 - 16.8	54 - 91	
		<i>Haliutaea stellata</i>	-	+	+	S	T	14.5 - 18.8	65 - 114	
		<i>Malthopsis annulifera</i>	-	+	+	D	T	-	-	
Beryciformes	Holocentridae	<i>Ostichthys japonicus</i>	-	+	+	D	T	15.9 - 16.9	75 - 77	
Zeiformes	Zenidae	<i>Zenion japonicum</i>	-	+	+	D	T	-	-	
	Zeidae	<i>Zenopsis nebulosa</i>	-	+	+	D	T	-	-	
		<i>Zeus faber</i>	-	+	+	S	T	13.6 - 19.8	53 - 120	
Gasterosteiformes	Fistulariidae	<i>Fistularia petimba</i>	-	+	+	S	W	14.3 - 22.1	62 - 120	
	Syngnathidae	<i>Syngnathus schlegelii</i>	+	-	-	S	T	-	-	
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Dendrochirus bellus</i>	-	+	+	S	W	13.0 - 17.3	58 - 89	
		<i>Ebostia bleekeri</i>	-	+	+	D	T	17.4 - 19.1	113 - 120	
		<i>Helicolenus hilgendorfi</i>	-	+	+	D	T	-	-	
Sebastidae	Scorpaenidae	<i>Parapterois heterura</i>	-	+	+	S	T	17.0 - 19.8	86 - 120	
		<i>Scorpaena miosstoma</i>	+	+	+	S	W	10.1 - 17.6	65 - 94	
		<i>Scorpaena neglecta</i>	-	+	+	S	T	15.5 - 19.2	73 - 120	
Sebastidae		<i>Scorpaena onaria</i>	-	+	+	D	T	-	-	
		<i>Sebastes schlegelii</i>	+	-	+	S	C	7.7 - 12.1	37 - 80	
		<i>Sebastes thompsoni</i>	-	+	+	S	C	-	-	
Scorpaenidae		<i>Sebastiscus marmoratus</i>	-	+	+	S	W	11.9 - 17.8	41 - 101	
		<i>Sebastiscus tertius</i>	-	+	+	D	W	14.1 - 19.1	58 - 111	
		<i>Setarches longimanus</i>	-	+	+	D	T	-	-	
Aplodactinidae		<i>Mimous monodactylus</i>	-	+	+	S	T	10.9 - 18.2	36 - 96	
		<i>Mimous quincarinatus</i>	-	+	+	S	T	16.2 - 18.7	80 - 114	
		<i>Erisphex pottii</i>	+	+	+	S	T	7.7 - 18.7	34 - 114	

Table 1-3-1. Continued.

Class	Family	Scientific name	Occurrence in the Yellow-Sea		Occurrence in the Kuroshio		Ecological characters of fish			Occurrence at	
			cold water	water	water	temperature*	depth**	temperature range (°C)	depth range (m)		
Scorpaeniformes	Triglidae	<i>Lepidotrigla alata</i>	-	+	T	S	10.9 - 19.5	49 - 108			
		<i>Lepidotrigla guentheri</i>	-	+	T	S	14.9 - 22.1	67 - 120			
		<i>Lepidotrigla hime</i>	-	+	T	D	13.3 - 22.1	61 - 116			
		<i>Lepidotrigla japonica</i>	-	+	T	S	16.9 - 22.1	88 - 120			
		<i>Lepidotrigla kanagashira</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	-	+	T	S	12.6 - 19.8	50 - 115			
		<i>Pterygotrigla hemistica</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Pterygotrigla multiocellata</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Peristedion orientale</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Satyrichthys rieffelti</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Bembras japonicus</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Parabembras curtus</i>	-	+	T	S	15.2 - 16.2	98 - 98			
		<i>Onigocia spinosa</i>	-	+	T	S	17.2 - 19.2	96 - 111			
		<i>Platycephalus</i> sp.1	+	-	T	S	7.8 - 13.8	34 - 84			
		<i>Platycephalus</i> sp.2	+	-	T	S	8.2 - 10.4	57 - 72			
Perciformes	Dactylopteridae	<i>Ratabulus megacephalus</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Rogadius asper</i>	+	+	T	S	7.0 - 18.1	57 - 106			
		<i>Suggrundus meerdervoortii</i>	-	+	T	S	14.5 - 19.0	65 - 115			
		<i>Hoplichthys gilberti</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Hoplichthys langsdorffi</i>	-	+	T	D	16.3 - 17.9	77 - 103			
		<i>Hexagrammos otakii</i>	+	+	C	S	7.0 - 16.9	36 - 98			
		<i>Hemitripterus villosus</i>	+	-	C	S	7.0 - 10.5	48 - 77			
		<i>Cottiusc ulus schmidti</i>	+	-	C	S	7.8 - 9.1	72 - 79			
		<i>Liparis tanakae</i>	+	+	C	S	6.0 - 12.9	34 - 84			
		<i>Daicocys peterseni</i>	-	+	T	S	17.4 - 22.1	95 - 120			
		<i>Doederleinia berycoides</i>	-	+	T	S	12.8 - 18.1	53 - 116			
		<i>Malakichthys wakiyae</i>	-	+	T	D	-	-			
		<i>Caprodon schlegelii</i>	-	+	T	D	18.4 - 18.5	120 - 120			
		<i>Chelidoperca hirundinacea</i>	-	+	T	S	15.4 - 17.8	94 - 116			
		<i>Chelidoperca margaritifera</i>	-	+	T	S	-	-			

Table 1-3-1. Continued.

Class	Family	Scientific name	Occurrence in the Yellow-Sea		Occurrence in the Kuroshio		Ecological characters of fish		Occurrence at	
			cold water	water	water	temperature*	depth**	temperature range (°C)	depth range (m)	
Perciformes	Banjosidae	<i>Banjos banjos</i>	-	+	+	T	S	17.2 - 18.2	95 - 111	
	Branchiostegidae	<i>Branchiostegus albus</i>	-	+	+	T	S	15.1 - 18.6	68 - 87	
		<i>Branchiostegus auratus</i>	-	+	+	T	S	14.8 - 17.7	72 - 92	
		<i>Branchiostegus japonicus</i>	-	+	+	T	S	12.8 - 19.8	53 - 119	
	Haemulidae	<i>Hapalogenys analis</i>	-	+	+	T	S	8.7 - 18.3	39 - 82	
		<i>Hapalogenys nigripinnis</i>	+	+	+	T	S	10.0 - 16.2	36 - 75	
	Nemipteridae	<i>Nemipterus bathybius</i>	-	+	+	T	S	17.6 - 18.3	85 - 93	
		<i>Nemipterus virgatus</i>	-	+	+	T	S	15.9 - 17.0	71 - 89	
		<i>Parascloopsis tosenis</i>	-	+	+	T	D	17.7 - 19.8	103 - 109	
		<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	+	+	+	T	S	8.5 - 16.9	49 - 92	
Sparidae	<i>Dentex hypselosomus</i>	-	+	+	T	D	14.4 - 19.8	74 - 120		
	<i>Eynniss cardinalis</i>	-	+	+	T	S	14.8 - 19.5	73 - 109		
	<i>Pagrus major</i>	-	+	+	T	S	14.0 - 18.1	79 - 114		
	<i>Atrubucca nibe</i>	-	+	+	T	S	-	-		
Sciaenidae	<i>Johnius gryponus</i>	+	+	+	T	S	7.8 - 18.6	35 - 92		
	<i>Larimichthys crocea</i>	-	+	+	T	S	11.0 - 17.7	45 - 98		
	<i>Larimichthys polyactis</i>	+	+	+	T	S	7.8 - 17.8	34 - 112		
	<i>Miichthys miui</i>	+	+	+	T	S	8.4 - 18.6	36 - 103		
	<i>Nibea albiflora</i>	+	+	+	T	S	9.2 - 17.8	46 - 112		
	<i>Pennahia argentata</i>	+	+	+	T	S	10.8 - 19.0	43 - 119		
	<i>Sillago japonica</i>	+	+	+	T	S	7.9 - 16.9	62 - 84		
	<i>Upeneus japonicus</i>	-	+	+	T	S	14.5 - 22.1	61 - 115		
	<i>Roa modesta</i>	-	+	+	W	S	14.3 - 18.4	71 - 120		
	<i>Hisioterus typus</i>	-	+	+	T	D	17.3 - 19.2	100 - 120		
Sillaginidae	<i>Goniistius quadricornis</i>	-	+	+	W	S	-	-		
	<i>Acanthocephala indica</i>	-	+	+	T	S	16.8 - 17.2	73 - 110		
	<i>Acanthocephala limbata</i>	-	+	+	T	S	-	-		
	<i>Microcanthus sirigatus</i>	-	+	+	W	S	14.1 - 18.2	68 - 102		
Zoaridae	<i>Zoarces gillii</i>	+	+	+	C	S	6.0 - 15.0	34 - 84		
	<i>Pholis crassispina</i>	+	+	+	C	S	7.7 - 18.5	36 - 105		

Table 1-3-1. Continued.

Class	Family	Scientific name	Occurrence in the Yellow-Sea cold water		Occurrence in the Kuroshio water		Ecological characters of fish			Occurrence at depth range	
			+	-	+	-	water temperature*	depth**	temperature range (°C)	depth range (m)	
Perciformes	Uranoscopidae	<i>Uranoscopus japonicus</i>	-	-	+	T	13.4 - 19.2	S	13.4 - 19.2	55 - 116	
		<i>Uranoscopus tosaе</i>	-	-	+	T	13.4 - 21.2	S	13.4 - 21.2	54 - 120	
		<i>Xenocephalus elongatus</i>	+	-	+	T	10.5 - 18.2	S	10.5 - 18.2	43 - 115	
	Callionymidae	<i>Bathycallionymus kaianus</i>	-	-	+	T	18.1 - 19.1	D	18.1 - 19.1	106 - 113	
		<i>Repomucenus curvicornis</i>	+	-	+	T	6.0 - 16.4	S	6.0 - 16.4	39 - 108	
		<i>Repomucenus lunatus</i>	+	-	-	T	-	S	-	-	
		<i>Repomucenus virgis</i>	-	-	+	T	-	S	-	-	
	Gobiidae	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	-	-	+	T	11.6 - 15.2	S	11.6 - 15.2	36 - 98	
		<i>Amblychaeturichthys sciaenius</i>	-	-	+	T	13.2 - 17.6	S	13.2 - 17.6	69 - 102	
		<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	+	-	-	T	6.0 - 14.3	S	6.0 - 14.3	34 - 84	
<i>Suruga fundicola</i>		-	-	+	T	-	S	-	-		
<i>Rexea prometheoides</i>		+	-	+	T	-	D	-	-		
Gempylidae	<i>Benthodesmus tenuis</i>	-	-	-	W	-	D	-	-		
	<i>Eupleurogrammus</i> sp.	+	-	+	T	7.2 - 13.6	S	7.2 - 13.6	34 - 84		
Trichiuridae	<i>Lepuracanthus savala</i>	+	-	+	W	8.9 - 14.2	S	8.9 - 14.2	34 - 65		
	<i>Tentoriceps cristatus</i>	-	-	+	T	18.1 - 18.5	S	18.1 - 18.5	107 - 114		
	<i>Trichiurus japonicus</i>	+	-	+	T	7.7 - 19.5	S	7.7 - 19.5	34 - 119		
	<i>Paralichthys olivaceus</i>	+	-	-	T	7.4 - 10.9	S	7.4 - 10.9	49 - 74		
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Pseudorhombus arsius</i>	-	-	+	T	-	S	-	-	
		<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	+	-	+	T	4.3 - 18.3	S	4.3 - 18.3	34 - 102	
		<i>Pseudorhombus oligodon</i>	-	-	+	T	-	S	-	-	
		<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	+	-	+	T	8.9 - 22.1	S	8.9 - 22.1	46 - 120	
		<i>Tarphops elegans</i>	-	-	+	T	17.6 - 18.2	S	17.6 - 18.2	91 - 106	
		<i>Armoglossus polycephalus</i>	-	-	+	T	-	S	-	-	
		<i>Armoglossus yamanakai</i>	-	-	+	T	15.9 - 18.7	S	15.9 - 18.7	67 - 114	
		<i>Chascanopsetta lugubris lugubris</i>	-	-	+	T	-	D	-	-	
Bothidae	Bothidae	<i>Crossorhombus kobensis</i>	-	-	+	T	17.2 - 18.9	S	17.2 - 18.9	95 - 114	
		<i>Engyprosopeon maldivensis</i>	-	-	+	T	-	S	-	-	
		<i>Japonolaeops dentatus</i>	-	-	+	T	15.3 - 18.2	D	15.3 - 18.2	102 - 111	
		<i>Parabothus kienis</i>	-	-	+	T	-	D	-	-	

Table 1-3-1. Continued.

Class	Family	Scientific name	Occurrence in the Yellow-Sea		Occurrence in the Kuroshio water	Ecological characters of fish		Occurrence at		
			cold water	water		water temperature*	depth**	temperature range (°C)	depth range (m)	
Pleuronectiformes	Bothidae	<i>Psettina tosona</i>	-	+	+	T	S	15.6 - 18.7	63 - 114	
	Pleuronectidae	<i>Chioderma asperrimum</i>	+	-	-	C	D	8.2 - 9.3	73 - 83	
		<i>Eopsetta grigorjewi</i>	+	+	+	C	S	7.4 - 18.9	48 - 108	
		<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	+	-	-	C	S	6.0 - 11.9	45 - 84	
		<i>Kareius bicoloratus</i>	+	-	-	C	S	7.4 - 9.2	60 - 77	
		<i>Microstomus achne</i>	+	-	-	C	S	8.4 - 11.4	63 - 83	
		<i>Pleuronectes yokohamae</i>	+	-	-	C	S	7.2 - 8.7	69 - 76	
		<i>Pleuronichthys cornutus</i>	+	+	+	T	S	4.3 - 19.2	34 - 116	
		<i>Pleuronichthys japonicus</i>	-	+	+	T	S	14.1 - 19.2	68 - 115	
		<i>Tanakius kitaharae</i>	+	+	+	C	S	10.9 - 17.1	71 - 83	
		<i>Verasper variegatus</i>	+	-	-	C	S	7.7 - 8.6	71 - 83	
		Poecilopsettidae	<i>Poecilopsetta plinthus</i>	-	+	+	T	D	17.3 - 19.1	86 - 115
		Samaridae	<i>Plagiopsetta glossa</i>	-	+	+	T	S	16.4 - 19.8	74 - 120
		Soleidae	<i>Aesopia cornuta</i>	-	+	+	T	S	-	-
			<i>Aseraggodes kobensis</i>	-	+	+	T	S	17.5 - 19.0	103 - 109
<i>Pseudaesopia japonica</i>	-		+	+	T	S	10.8 - 18.2	43 - 111		
<i>Zebrias fasciatus</i>	+		+	+	T	S	7.7 - 17.9	34 - 102		
Cynoglossidae	<i>Zebrias zebrinus</i>	+	+	+	T	S	11.5 - 16.9	43 - 67		
	<i>Cynoglossus abbreviatus</i>	+	+	+	T	S	7.2 - 16.0	34 - 71		
	<i>Cynoglossus interruptus</i>	-	+	+	T	S	-	-		
	<i>Cynoglossus joyneri</i>	+	+	+	T	S	11.5 - 14.8	43 - 64		
	<i>Cynoglossus robustus</i>	+	+	+	T	S	8.3 - 17.8	36 - 108		
Soleidae	<i>Cynoglossus semilaevis</i>	+	-	-	T	S	9.2 - 10.3	34 - 38		
	<i>Cynoglossus sp.</i>	-	+	+	T	S	11.8 - 18.2	53 - 102		
Cynoglossidae	<i>Paraplagusia japonica</i>	+	-	-	T	S	10.0 - 12.1	35 - 48		

+: caught; -: not found.

* C: cold-water species; T: temperate-water species; W: warm-water species.

** S: shallow-water species; D: deep-water species.

*** -: no data.

Table 1-3-2. Mean abundance (fish individuals/km²) of nine major fish species caught in the Yellow-Sea cold water in 1991, 1992, and 1996

Class	Family	Scientific name	Year		
			1991	1992	1996
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Echelus uropterus</i>	-	-	954
Gadiformes	Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>	4,063	1,498	5
Scorpaeniformes	Sebastidae	<i>Sebastes schlegelii</i>	201	666	-
	Platycephalidae	<i>Platycephalus</i> sp.1	121	501	9
	Hemirhamphidae	<i>Hemirhamphus villosus</i>	678	535	16
Perciformes	Sciaenidae	<i>Microstomus xiphioides</i>	-	16	550
	Trichiuridae	<i>Eupleurogrammus</i> sp.	27	227	79
Pleuronectiformes	Pleuronectidae	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	10,350	3,039	30
		<i>Pleuronichthys cornutus</i>	33	389	3,381

bold: not less than 30% of the total abundance of dominant species. -: not found.

Table 1-3-3. Mean abundance (fish individuals/km²) of 31 major species in the Kuroshio water

Class	Family	Scientific name	1991	1992	1996	1998	2001	2003	2004	2006	2007
Anguilliformes	Congridae	<i>Rhynchoconger ectenurus</i>	18	-	307	-	1	2	0	14	-
		<i>Saurida macrolepis</i>	219	21	-	4	28	4	28	6	5
		<i>Synodus macrops</i>	4	521	64	8	2,930	37	141	32	426
Gadiformes	Macrouridae	<i>Caelorinchus multispinulosus</i>	75	62	109	199	126	674	150	42	1,589
		<i>Hoplobrotula armata</i>	13	26	2	6	13	2	323	-	-
Lophiiformes	Lophiidae	2,388	264	401	162	21	14	31	21	171	
		<i>Lophiomus setigerus</i>	3	22	43	10	73	20	171	172	5
		<i>Lophius litulon</i>	232	190	162	310	52	8	51	79	19
Zeiformes	Zeidae	<i>Zeus faber</i>	36	31	23	623	133	52	263	573	76
		<i>Parapterois heterura</i>	64	21	11	4	3	-	-	-	300
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena neglecta</i>	939	-	0	18	44	-	-	-	5
		<i>Erisphex pottii</i>	217	10	1	-	-	-	4	-	-
		<i>Lepidotrigla alata</i>	12	87	437	25	84	96	136	216	21
Triglidae	Triglidae	<i>Lepidotrigla guentheri</i>	24	45	22	129	77	4	77	23	27
		<i>Lepidotrigla hime</i>	14	1,091	11	13	108	34	186	-	53
		<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	30	396	1,533	4,876	268	4	88	456	20
Perciformes	Peristichidae	<i>Satyrtichthys rieffeli</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	636
		<i>Branchiostegus auratus</i>	2	-	-	-	-	-	101	-	-
		<i>Dentex hypselosomus</i>	52	42	133	52	47	50	21	66	52
Sparidae	Sparidae	<i>Larimichthys polyactis</i>	4	12	18	39	135	170	3	85	-
		<i>Pennahia argentata</i>	13	39	81	50	76	94	106	234	15
		<i>Upeneus japonicus</i>	95	327	8	47	78	6	112	4	12
Uranoscopidae	Uranoscopidae	<i>Uranoscopus japonicus</i>	42	40	12	9	18	18	62	2	1
		<i>Repomucenus curvicornis</i>	-	-	-	-	-	-	54	-	-
		<i>Suruga fundicola</i>	-	724	-	-	-	-	-	-	-
Gobiidae	Gobiidae	<i>Rexea prometheoides</i>	-	-	-	-	-	-	72	-	-
		<i>Trichiurus japonicus</i>	181	99	99	44	111	114	125	135	58
		<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	1,037	10,951	10,227	2,757	914	-	127	-	802
Pleuronectiformes	Pleuronectidae	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	15	80	4,341	559	285	73	461	111	8
		<i>Pleuronichthys japonicus</i>	1,379	1,627	1,531	747	63	-	23	-	-
		<i>Plagiotsetta glossa</i>	3,988	1,611	9	3	6	-	613	117	1

bold: not less than 30% of the total abundance of dominant species. -: not found.

第4節 エビ類群集の経年変動

東シナ海と黄海は、東部、西部、北部のそれぞれが九州、韓国、中国の陸地で囲まれ、南部が南西諸島によって区切られている閉鎖性海域である。後述するように、本海域には約50種の底生エビ類が分布し、それらの種によって構成されたエビ類群集が存在する。これまでに行われた東シナ海と黄海におけるエビ類群集に関する研究は、エビ類群集と環境要因の関係、水平分布や群集構造の季節変動などが報告されている(山田ほか, 1998; 林・荒木, 1999; Lü *et al.*, 2007)。しかし、経年的に大きな空間スケールにおいて調査を行うことが困難であるため、当該海域においてエビ類群集の年変動を研究した報告はない。また、大きな空間スケールにおけるエビ類群集の分布と水塊分布には密接な関係があり(Chen *et al.*, 2009; 第2章第4節を参照)、水塊配置による群集の混合の影響を排除するために調査海域において季節を通して安定した性質をもつ水塊に分布するエビ類群集を研究対象とする必要がある。そこで、本研究では、東シナ海と黄海において恒常的に分布し安定した性質(深瀬, 1975; 近藤, 1985)を有する2つの水塊(黄海冷水系水塊と黒潮系水塊)に分布するエビ類群集を対象とし、冬季の底生エビ類群集の構造変化を検討した。

材料と方法

調査方法

1991～2007年の冬季に、東シナ海と黄海の沖合において実施されコッドエンド標本とカバーネット標本の両方のデータが採集された計8回の着底トロール調査データを使用した。調査点の設定、漁具と船舶、曳網、採集標本の処理、環境要因の測定方法は本章1節に記した。

本研究では、着底トロール網を用いて採集したため、甲殻類のうち、底生性が想定される種を調査対象とした。具体的には十脚目のうちで底層において遊泳あるいは歩行を行い発達した腹節をもつ、クルマエビ科、イシエビ科、クダヒゲエビ科、サクラエビ科、サンゴエビ科、オキエビ科、エビジャコ科、テナガエビ科、ロウソクエビ科、モエビ科、タラバエビ科、ドウケツエビ科、アカザエビ科、イセエビ科、セミエビ科である。テッポウエビ科も底生性に含まれるが、本調査では調査年度により種～科までの異なる分類単位で分類されており、共通的な科単位の区分では生態特性の異なる種が混在し解析精度が低下するため調査対象から除外した。分布密度の計算方法と底層水塊の区分は本章第3節に記した。

底生エビ類群集の解析

採集された底生エビ類は、東シナ海と黄海における冬季の分布水温(第2章第4節を参照)を基準に、分布水温帯(冷水性、温帯性、暖水性)を区分した。上述の文献に記載のな

い種は、既知の分布範囲(Holthuis, 1980, 1991; 馬場ほか, 1986; 林, 1992, 2007)から日本近海の浅海・表層部における生物気候的帯区の空間配置(西村, 1992)を基準に区分し、温帯性(亜熱帯区～中間温帯区)、暖水性(亜熱帯区～暖温帯区)とした。分布水深も同様に、東シナ海と黄海における冬季の分布水深(第2章第4節を参照)を基準に、浅海性(内湾～大陸棚上)、沖合性(大陸棚縁辺～大陸棚斜面域)に区分し、記載のない種は、既知の採集水深(Holthuis, 1980, 1991; 馬場ほか, 1986; 林, 1992, 2007)を基に浅海性、沖合性に区分した。なお、分布水深において複数の知見がある場合は、東シナ海と黄海の採集記録、日本周辺海域の採集記録、その他の海域での採集記録の順で採用した。これらの生態特性区分をもとに群集構造の経年変化を解析した。群集構造の解析、群集間の比較、種組成の経年変化の解析方法は本章第3節に記した。

結 果

水塊分布

黒潮系水塊は1991～2007年までの8回の調査を対象とした。黒潮系水塊は全ての調査で32°N以南の東シナ海大陸棚上の東部から南部に位置した(Fig. 1-4-1)。黄海冷水系水塊は1991年、1992年、1996年の3回の調査を対象とした。黄海冷水系水塊の配置は、1991年と1992年が32°N以北に、1996年が35°N以北に分布した。また、1991年は黄海中央部の水温がやや高く、黄海北部と西部のみ10°C以下となった。

エビ類の出現状況

合計8回の調査で13科48種が採集された(Table 1-4-1)。黒潮系群集ではクルマエビ科11種、タラバエビ科5種、クダヒゲエビ科5種など11科38種が出現した。分布水温帯別で冷水性1種、温帯性5種、暖水性32種で暖水性種が大部分を占めたほか、分布水深別で浅海性17種、沖合性21種であった。生態特性別の平均密度は、冷水性1、温帯性984、暖水性8,531であり、分布水深別で浅海性1,688、沖合性7,828であった。科別ではクルマエビ科が平均密度の76%を占めた。黒潮系群集は暖水性沖合性種を中心に構成されていた。

黄海冷水系群集はクルマエビ科8種など7科20種が出現した。分布水温帯別で冷水性3種、温帯性13種、暖水性4種、分布水深別で浅海性18種、沖合性2種であった。生態特性別の平均分布密度は、分布水温帯別で冷水性15,883、温帯性3,452、暖水性82、分布水深別で浅海性19,416、沖合性1であった。科別ではエビジャコ科が平均密度の79%を占めた。黄海冷水系群集は冷水性の浅海性種を中心に構成されていた。出現種数において両群集の分布水温帯の比と分布水深の比が有意に異なった[分布水温帯: $\chi^2(2) = 22.96, p < 0.001$, 分布水深: $\chi^2(1) = 11.22, p < 0.01$]。

出現種数の年変動

黒潮系群集におけるコッドエンド標本の出現種数は 1992 年に 18 種と最高値を示したが、それ以降は減少傾向となり、2007 年は最高値の 39%にあたる 7 種に減少した (Fig. 1-4-2a)。8 調査の全てに出現したのはウチワエビ科とクルマエビ科のみであった (Table 1-4-2)。他の 5 科は散発的な出現であった。クルマエビ科は出現種数が最多であったが減少も大きく、2007 年には最高値 (8 種) の 38%となった。分布水温帯別では暖水性種が 1998 年まで 90%前後を占め、2003 年以降は暖水性種のみとなった。暖水性種、温帯性種ともに減少傾向で前者は 2007 年に 1992 年の 44%まで減少し、後者は 1998 年以降に採集されなくなった (Fig. 1-4-2b)。分布水深別で沖合性種の出現種数は変動があるものの一定の水準を維持したのに対して、浅海性種は明瞭な減少傾向がみられ 2007 年には採集されなかった (Fig. 1-4-2c)。

カバーネット標本の出現種数は 1996 年に 22 種と最高値を示したが、それ以降は減少傾向となり、2007 年は最高値の 14%の 3 種に減少した (Fig. 1-4-2a)。科別ではタラバエビ科、クルマエビ科、クダヒゲエビ科の 3 科が 8 調査のほぼ全てに出現した (Table 1-4-3)。他の 7 科は散発的な出現であった。出現種数はクルマエビ科が最多であった減少も大きく、2007 年には最高値 (9 種) の 22%となった。分布水温帯別では暖水性種が 73~100%前後を占めた。暖水性種、温帯性種ともに減少傾向で前者は 2007 年に最高値の 16%まで減少した (Fig. 1-4-2b)。分布水深別では浅海性種、沖合性種ともに減少傾向であった。前者は 2007 年には採集されなかった (Fig. 1-4-2c)。

黄海冷水系群集におけるコッドエンド標本の出現種数は 1991 年に 7 種、1992 年に 9 種であったが、1996 年には 5 種に減少した (Fig. 1-4-3a)。科別では 3 調査の全てにエビジャコ科、テナガエビ科、クルマエビ科の 3 科が出現した (Table 1-4-4)。出現種数はクルマエビ科が最多であった減少も大きく、1996 年には最高値 (6 種) の 50%となった。分布水温帯別の出現種は温帯性種が減少、冷水性種が増加、暖水性種は 1992 年に増加したが 1996 年は 1991 年の水準に戻った (Fig. 1-4-3b)。分布水深別で沖合性種は 1992 年に 2 種のみ出現した。浅海性種は 1996 年に最高値の 71%にあたる 5 種に減少した (Fig. 1-4-3c)。

カバーネット標本の出現種数は 1991 年に 11 種、1992 年に 15 種、1996 年が 13 種で減少傾向はみられなかった (Fig. 1-4-3a)。科別ではクルマエビ科が最も多く出現した (Table 1-4-5)。3 調査に継続して出現したのはエビジャコ科、モエビ科、テナガエビ科、ソコシラエビ科、クルマエビ科の 5 科で、残りの 3 科は散発的な出現であった。分布水温帯別では暖水性種が増加傾向、冷水性種が減少傾向、温帯性種は 1992 年に増加したが 1996 年は 1991 年の水準に戻った (Fig. 1-4-3b)。分布水深別でほぼ浅海性種で占められた。浅海性種は 1991 年に 11 種、1992 年に 15 種、1996 年が 12 種で減少傾向はみられなかった (Fig. 1-4-3c)。

分布密度の年変動

黒潮系群集におけるコッドエンド標本の分布密度は1992年に最高値(824尾/km²)となり、その後、変動しつつ漸減した(Fig. 1-4-4a)。科別ではウチワエビ科とクルマエビ科が優占しており、分布密度の約8割以上を占めた(Table 1-4-6)。クルマエビ科の分布密度は比較的安定して推移したが、ウチワエビ科は大きく減少し2007年には最高値(405)の23%となった。分布水温帯別では、全ての調査年において暖水性種がほぼ100%を占めた(Fig. 1-4-4b)。分布水深別では浅海性種が減少傾向で、2007年は採集されなかった。沖合性種は変動しつつ漸減した(Fig. 1-4-4c)。1998年を除いて、ほぼ沖合性種が優占した。

カバーネット標本の分布密度は1992年に最高値(6,988尾/km²)となった。その後、2004年に増加するも、以降は減少した(Fig. 1-4-4a)。科別ではクルマエビ科が優占しており、全ての調査点で分布密度の7割以上を占めた(Table 1-4-7)。しかし、減少も大きく2007年には最高値(4,941)の僅か0.5%となった。分布水温帯別では全ての調査年において暖水性種がほぼ100%を占めた(Fig. 1-4-4b)。分布水深別では浅海性種、沖合性種ともに顕著な減少傾向を示した(Fig. 1-4-4c)。沖合性種では2007年に最高値(1992年:5,503尾/km²)の僅か0.5%まで減少し、浅海性種では2007年に採集されなかった。

黄海冷水系群集におけるコッドエンド標本の分布密度は1991年に3,407尾/km²であったが翌1992年には2,149尾/km²に減少し、1996年には最高値の僅か6%の212尾/km²となった(Fig. 1-4-5a)。科別ではエビジャコ科が1991年と1992年に分布密度の約9割を占めたが、1996年に最高値(3,183)の1.4%まで減少した(Table 1-4-8)。一方、クルマエビ科には減少がみられず、1996年には最も優占した。分布水温帯別の分布密度は、冷水性種が1991年に93%(3,183尾/km²)、1992年に87%(1,871尾/km²)と大部分を占めたが、1996年はハコダテエビジャコが大きく減少したことによって21%(45尾/km²)となった(Fig. 1-4-5b)。温帯性種は大きな変動がなく推移したが、冷水性種の減少により1996年に優占種となった。分布水深別ではほぼ全てが浅海性種で占められた(Fig. 1-4-5c)。

カバーネット標本の分布密度は大きく変動しなかった(Fig. 1-4-5a)。科別ではエビジャコ科、モエビ科、テナガエビ科、クルマエビ科が優占し、4科で分布密度のほぼ100%を占めた(Table 1-4-9)。クルマエビ科は1992年までは第2位の優占種であったが1996年は減少し最高値(2,793)の21%となった。分布水温帯別では、冷水性種が1991年に78%、1992年に74%、1996年に91%と優占した(Fig. 1-4-5b)。温帯性種は1991年に3,842尾/km²、1992年に4,613尾/km²であったが、1996年に1,264尾/km²と最高値の27%まで減少した。暖水性種は増加傾向であった。分布水深別ではほぼ全てが浅海性種で占められた(Fig. 1-4-5c)。

群集構造の年変動

黒潮系群集ではコッドエンド標本, カバーネット標本ともに 1992 年に平均種数, 多様度 (H'), 均衡性指数 (J) が最高値となった。その後, 平均種数と多様度 (H') は, コッドエンド標本, カバーネット標本ともに急激に低下し, 均衡性指数 (J) は両標本ともに緩やかに低下した (Fig. 1-4-6a, b, c)。したがって, 黒潮系群集では 1991 年から 2007 年の間に種多様性が低下し, さらに少数の優占種が寡占する群集構造へと変化した。

黒潮系群集のコッドエンド標本の優占種は 10 種であった。このうちオオバウチワエビ, ツルギサケエビ, ミナシロエビの 3 種は 5 回以上の調査で優占種とされた (Table 1-4-6)。分布水温帯別では, 温帯性種が 1 種 (サルエビ) で残りの 9 種は全て暖水性種であった。分布水深別では浅海性種が 4 種, 沖合性種が 6 種であった。卓越種はウチワエビ, オオバウチワエビ, ツルギサケエビ, ミナシロエビの 4 種で全て暖水性沖合性種であった。カバーネット標本の優占種は 8 種であった (Table 1-4-7)。ミナシロエビは全ての調査で優占種となった。分布水温帯別では, 温帯性種が 1 種 (キシエビ) で残りの 7 種は全て暖水性種であった。分布水深別では浅海性種が 3 種, 沖合性種が 5 種であった。卓越種はツルギサケエビ, ミナシロエビの 2 種で全て暖水性沖合性種であった。

黄海冷水系群集のコッドエンド標本の平均種数は減少傾向で 1996 年に 1.4 となった (Fig. 1-4-7a)。多様度 (H') は 1992 年に最高値 (0.57) となったが 1996 年には 0.27 まで大きく減少した (Fig. 1-4-7b)。均衡性指数 (J) は大きな変化がなかった (Fig. 1-4-7c)。カバーネット標本は平均種数が増加した (Fig. 1-4-7a)。多様度 (H') は大きな変化がなかったが, 均衡性指数 (J) は 1996 年に低下した (Fig. 1-4-7b, c)。したがって, 黄海冷水系群集では 1991 年から 1996 年の間にコッドエンド標本では種多様性が低下した。カバーネット標本ではほとんど変動がみられなかったが, 優占種の寡占化が進んだ。

黄海冷水系群集のコッドエンド標本の優占種は 3 種であった (Table 1-4-8)。ハコダテエビジャコは 3 回の調査に継続して優占種となった。分布水温帯別では, 冷水性種が 1 種 (ハコダテエビジャコ), 温帯性種が 2 種 (コウライエビ, サルエビ) であった。また, 全ての優占種が浅海性であった。卓越種は 1991 年と 1992 年がハコダテエビジャコ, 1996 年がサルエビであった。カバーネット標本の優占種は 2 種であった (Table 1-4-9)。カバーネット標本でもハコダテエビジャコが 3 回の調査に継続して優占種となった。分布水温帯別では, 冷水性種が 1 種 (ハコダテエビジャコ), 温帯性種が 1 種 (キシエビ) であった。コッドエンド標本と同様に全ての優占種が浅海性であった。全ての調査年でハコダテエビジャコが卓越種となった。

種組成の年変動

黒潮系群集のコッドエンド標本の年別種組成は, 1991 年と 1992 年 (e), 1996 年と 1998 年 (f), 2003 年 (g), 2004~2007 年 (h) をそれぞれ含むクラスターに年代別に区分された (Fig. 1-4-8a)。これらのクラスターの共通種は 5 種で全て暖水性沖合性種であった。出現種

数は全ての生態特性において両クラスターの構成比に有意差が認められなかった[分布水温帯: $\chi^2(3) = 2.48$, n. s., 分布水深: $\chi^2(3) = 3.71$, n. s.]. 平均分布密度では全ての生態特性において両クラスターの構成比が有意に異なった[分布水温帯: $\chi^2(3) = 128.21$, $p < 0.001$, 分布水深: $\chi^2(3) = 56.14$, $p < 0.001$]. カバーネット標本の年別種組成は, 1991年, 1992年, 1996年, 2004年を含むクラスター(i)と1998年, 2003年, 2006年を含むクラスター(j)と2007年のクラスター(k)に区分された(Fig. 1-4-8b)。このうち, iクラスターはミナミシロエビの分布密度が特に高い調査年が集合した。2004年もミナミシロエビが2005尾/km²と顕著に高くiクラスターに含まれたが, ミナミシロエビ以外の種組成はiクラスターよりもjクラスターに類似していることから, 生態特性の解析ではjクラスターに含めた。出現種数は全ての生態特性において両クラスターの構成比に有意差が認められなかった[分布水温帯: $\chi^2(4) = 1.74$, n. s., 分布水深: $\chi^2(2) = 3.65$, n. s.]. 平均分布密度では全ての生態特性において両クラスターの構成比が有意に異なった[分布水温帯: $\chi^2(4) = 12.64$, $p < 0.05$, 分布水深: $\chi^2(2) = 42.86$, $p < 0.001$].

黄海冷水系群集のコードエンド標本の年別種組成は, 1991年と1992年を含むクラスター(a)と1996年を含むクラスター(b)に年代別に区分された(Fig. 1-4-9a)。両クラスターの共通種は5種でaクラスターのみ出現した種が4種あった。出現種数は全ての生態特性において両クラスターの構成比に有意差が認められなかった[分布水温帯: $\chi^2(2) = 1.30$, n. s., 分布水深: $\chi^2(1) = 0.39$, n. s.]. 平均分布密度では分布水深別の構成比に有意差がみられなかったが, 分布水温帯別の構成比が有意に異なった[分布水温帯: $\chi^2(2) = 615.87$, $p < 0.001$, 分布水深: $\chi^2(1) = 0.12$, n. s.]. カバーネット標本の年別種組成は, 1991年と1996年を含むクラスター(c)と1992年を含むクラスター(d)に区分された(Fig. 1-4-9b)。しかし, これら3調査年の種組成は非常に類似し, 最終的な結合距離がコードエンド標本や黒潮系水塊のデンドログラムの第1回目の結合距離と同水準の0.025であることから, この3調査年は単一のクラスターに含まれるとみなしてよい。出現種数は全ての生態特性において両クラスターの構成比に有意差が認められなかった[分布水温帯: $\chi^2(2) = 1.30$, n. s., 分布水深: $\chi^2(1) = 0.57$, n. s.]. 平均分布密度では分布水深別の構成比に有意差がみられなかったが, 分布水温帯別の構成比が有意に異なった[分布水温帯: $\chi^2(2) = 598.19$, $p < 0.001$, 分布水深: $\chi^2(1) = 1.06$, n. s.].

考 察

群集構造の経年変動

本研究では, 2つの底生エビ類群集(黒潮系群集と黄海冷水系群集)を対象とした。これらの2群集を構成する種の生態的特性は大きく異なり, 黒潮系群集では大部分が暖水性沖合性種, 黄海冷水系群集では冷水性浅海性種によって構成されていた。また, これらの2

群集は分布密度や出現種数、群集構造の年変動がそれぞれ異なり、群集内でもカバーネット標本とコッドエンド標本で分布密度や出現種数、群集構造の経年変動が異なった。カバーネット標本とコッドエンド標本は着底トロール網によって切り取られたエビ類群集の一部を体サイズ別に区分したものであり、前者は主に大型種、後者は小型種の経年変動を示すと考えられる。つまり、同じ環境中にありながら体のサイズに関係する要因により、年変動の傾向が異なった可能性が示唆される。そこで、群集ごとに年変動の要因に関する詳細な検討を行った。

黒潮系群集の変動要因

黒潮系群集の分布密度と出現種数はコッドエンド標本では、緩やかに減少し、カバーネット標本では急激に減少した。さらに、カバーネット標本では平均種数、多様度(H')も同様に減少した。生態特性別に年変化を比較すると、両標本ともに浅海性種の分布密度の減少が著しいことから、コッドエンド標本では浅海性種が分布密度に占める割合が小さいため緩やかに減少したが、カバーネット標本では浅海性種の占める割合が高いため急激に減少したことが分布密度の年変動の違いとなったと推察される。これらのエビ類が分布する東シナ海と黄海では中国漁船による底生魚の漁獲量が 2007 年には 1980 年代の 4 倍以上となるなど、沿岸域から沖合域にかけて強い漁獲圧が加えられている海域である(FAO, 2013)。エビ類の分布密度の減少もその影響と考えるのが妥当であろう。

浅海性種と沖合性種の経年変動に関与する要因を明らかにするため、黒潮系群集の分布密度の 7~8 割を占めているクルマエビ科を対象として詳細に検討した。クルマエビ科の浅海性種はマイマイエビ、キシエビ、スベスベエビなどの小型種中心で構成されていた。群集全体の分布密度の変化と同様にクルマエビ科においても浅海性種の減少が顕著で大部分の浅海性種が 1998 年以降に出現しなくなった(Fig. 1-4-10)。一方、ツルギサケエビやミナシロエビなどの沖合性種では分布密度の減少が緩やかに進行し 2007 年までほぼ継続して出現した。このようにクルマエビ科内においても生態特性の差異により顕著に減少傾向が分かれることが確認された。さらに、この差異は同一属内においても現れ、アカエビ属の浅海性種アカエビとキシエビが激減したのに対し、沖合性のミナシロエビは 2007 年まで継続して出現した。これらの浅海性種と沖合性種は形態が類似し、同等の体サイズであるため漁具の選択性に違いがないと考えられる。したがって、漁獲圧の差異は分布水深(浅海域、沖合域)が影響した可能性が高い。東シナ海で底生生物を漁獲する主要な漁業である底びき網漁船は水深 100 m を超えるとの操業が困難となるため(農林水産省統計情報部, 1981)、浅海域と比べて漁獲圧が小さく、沖合性種は浅海性種よりも漁獲の影響を受けにくかったのだろう。さらに、中国では 1980 年代後半から沿岸域のエビ曳網漁業が急速に増加したことから(片岡, 2004)、沿岸部にも強い漁獲圧が加えられたと推察される。本研究においてクルマエビは沖合性種としては例外的に 1998 年以降にほとんど出現していな

い。本研究では、クルマエビは冬季に大陸棚縁辺部に分布するため沖合性種として扱ったが、夏季には沿岸部に分布することから、浅海性種と同様に強い漁獲圧を被ったと考えられる。また、クルマエビ科の浅海性種は季節的に浅深移動を行い、夏季の産卵期には最も浅海域に分布する(安田ほか, 1957; 池末, 1963; 小坂, 1977; 阪地・小松, 2004)。エビ曳網漁業は中国が規制した夏季休漁の対象外であるため(片岡, 2004), 浅海性種の産卵群にも強い漁獲圧が加えられたと考えられる。

一方、沖合性種は 2007 年まではほぼ継続して出現した。浅海域に比べ漁獲圧が低い(農林水産省統計情報部, 1981)大陸棚縁辺部に分布することから、資源量の減少が少なかったためと考えられる。クルマエビ科以外の沖合性種ではオオバウチワエビやミナミアカザエビなどの大型種も継続して出現しており、漁獲圧が低かったことを強く示唆する。クルマエビ科の沖合性種ではミナミシロエビとツルギサケエビが特に安定して出現した。両種は黒潮系水の指標種とされ(安田ほか, 1957), 台湾やフィリピンにも分布することから(林, 1992), 黒潮流域に沿って東シナ海まで分布域が連続していることが予想され、これらの種では他の海域から個体群の補給が行われたことも減少を弱めた要因の 1 つであると考えられる。

黄海冷水系群集の変動要因

黄海冷水系群集では、コッドエンド標本とカバーネット標本の分布密度が異なった経年変動を示した。コッドエンド標本では 1996 年に最高値の僅か 6%まで減少したのに対し、カバーネット標本では大きな変動なく推移した。黄海冷水系群集はハコダテエビジャコが寡占している。ハコダテエビジャコの体長は雌の大型個体で 70 mm 程度である(Hayashi & Kim, 1999)。やや体サイズの大きいサルエビでは内径目合 16.5 mm の網で体長 60 mm 以上の個体が 100%保持され、内径目合 25.1 mm の網では 10%程度となることから(Tokai *et al.*, 1990), 外径目合 66 mm のコッドエンドにはハコダテエビジャコの大型個体の一部のみが保持され、大部分の個体は外径目合 18 mm のカバーネットに收容されていたと考えられる。つまり、コッドエンド標本の分布密度の減少は、ハコダテエビジャコの大型個体の減少を示すものと推測された。そこで、ハコダテエビジャコの 1 個体あたりの重量の年変動を検討したところ、1 個体あたりの重量は 1991 年と 1992 年では大きな差異はみられなかったが、1996 年には最高値の 13%まで減少しており(Fig. 1-4-11), 大型個体の減少を強く示唆した。黄海では魚類群集に強い漁獲圧が加えられており、エビ類群集についても同様に強い漁獲圧が加えられたと考えられる(Jin & Tang, 1996)。1980 年代以降、黄海における漁業の中心となっている中国漁業の使用する漁具の目合についての情報はないが、以西底びき網漁船では本研究で使用した漁具よりも細かい外径目合 54 mm の網を使用していたことから(水産庁九州漁業調整事務所, 2008), ハコダテエビジャコの大型個体に選択的に漁獲圧が加えられた可能性が高い。

選択的な漁獲圧による大型個体の減少は、タラバエビ科で数例の報告がある(Charnov,

1981; Hannah & Jones, 1991; Chiba & Goshima, 2003; 貞方, 2004)。タラバエビ科では大型個体が雌に性転換を行ため、大型個体が選択的に漁獲されると若齢雌が出現するなど性転換サイズが小さくなり群構造が小型化するとされる。ハコダテエビジャコの性転換の知見はないが、本種と近縁のエビジャコでは体長が小型の短期世代と大型の長期世代が存在することが知られている(小坂, 1970)。本種も同様な群構造を持つと仮定すると、選択的な漁獲圧により長期世代が減少し群構造が変化した可能性が示唆される。

本研究において底生エビ類の群集構造は、調査開始時点の 1990 年代前半に最も複雑な群集構造を呈し、年代順に少ない種数で構成され優占種が寡占する単純な群集構造に急速に変化した。これは、東シナ海と黄海に長期にわたって加えられた強い漁獲圧により、漁獲圧に耐性をもつ生態特性を備える少数種による寡占状態になったことが原因と考えられる。

僅かな種に支えられている生態系は小さな環境変化によって重大な影響を受ける可能性が高い。例えば、黒潮系水塊に分布するミナミシロエビやツルギサケエビでは黒潮の上流側からの個体群の補給がなくなれば、急速に分布密度が減少するであろう。また、黄海冷水系水塊に分布するハコダテエビジャコの分布密度も漁具の漁獲選択性の変化により急速に減少する可能性が懸念される。エビ類は、魚類の主要餌生物として食物網における重要な構成要素となっており(三尾ほか, 1984)、これらエビ類の減少は上位捕食者の魚類群集にも大きな影響を及ぼすと考えられる。群集構造の変化を把握し、漁獲圧の軽減などの適切な対応を行い底生生物の群集構造の回復を行う必要があるだろう。

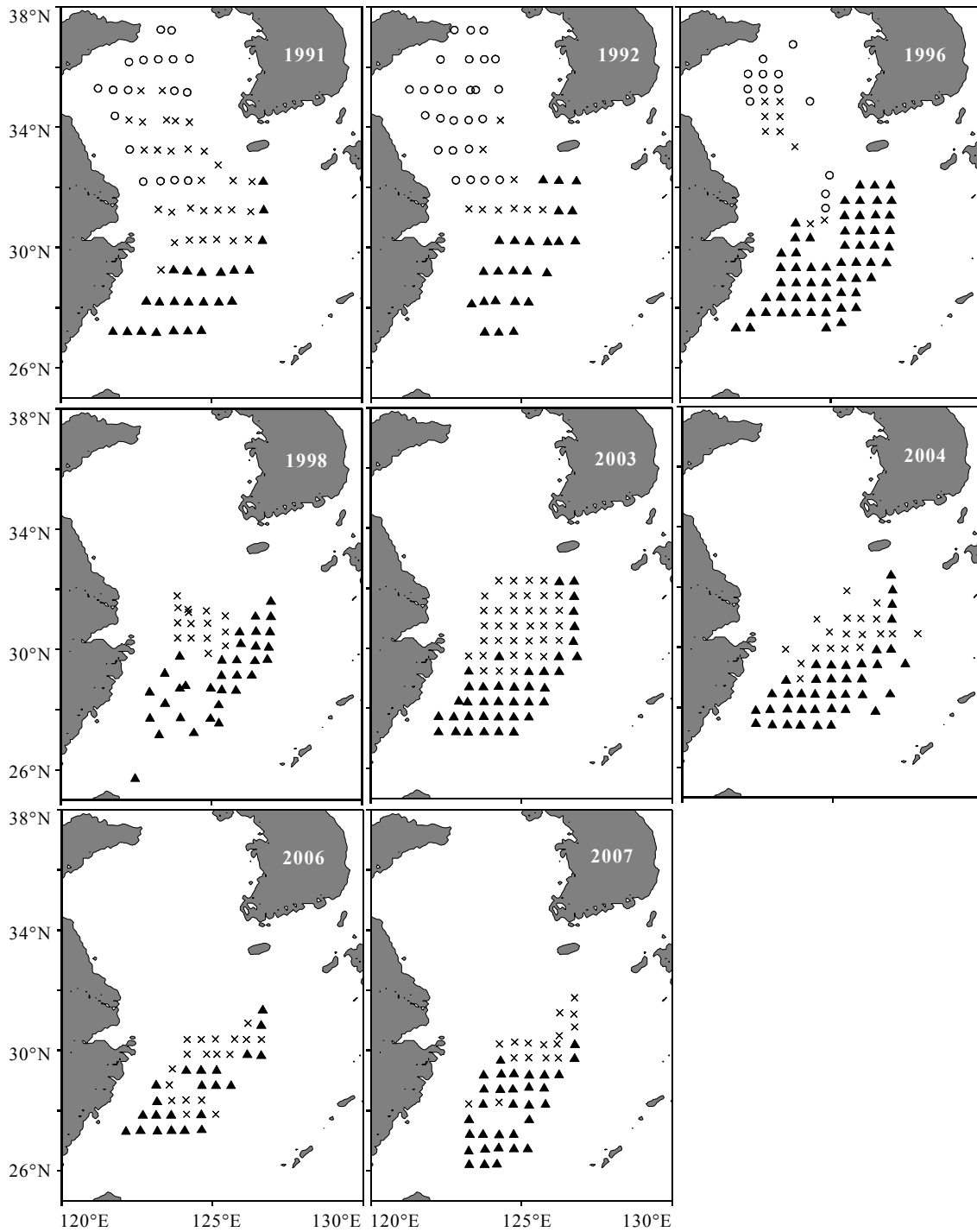


Fig. 1-4-1. Trawl sampling stations in the East China Sea and the Yellow Sea from 1991 to 2007, representing three benthic shrimp assemblages. Open circle: shrimp assemblage in the Yellow-Sea cold water; solid triangle: shrimp assemblage in the Kuroshio water; cross: shrimp assemblage in the mixed water.

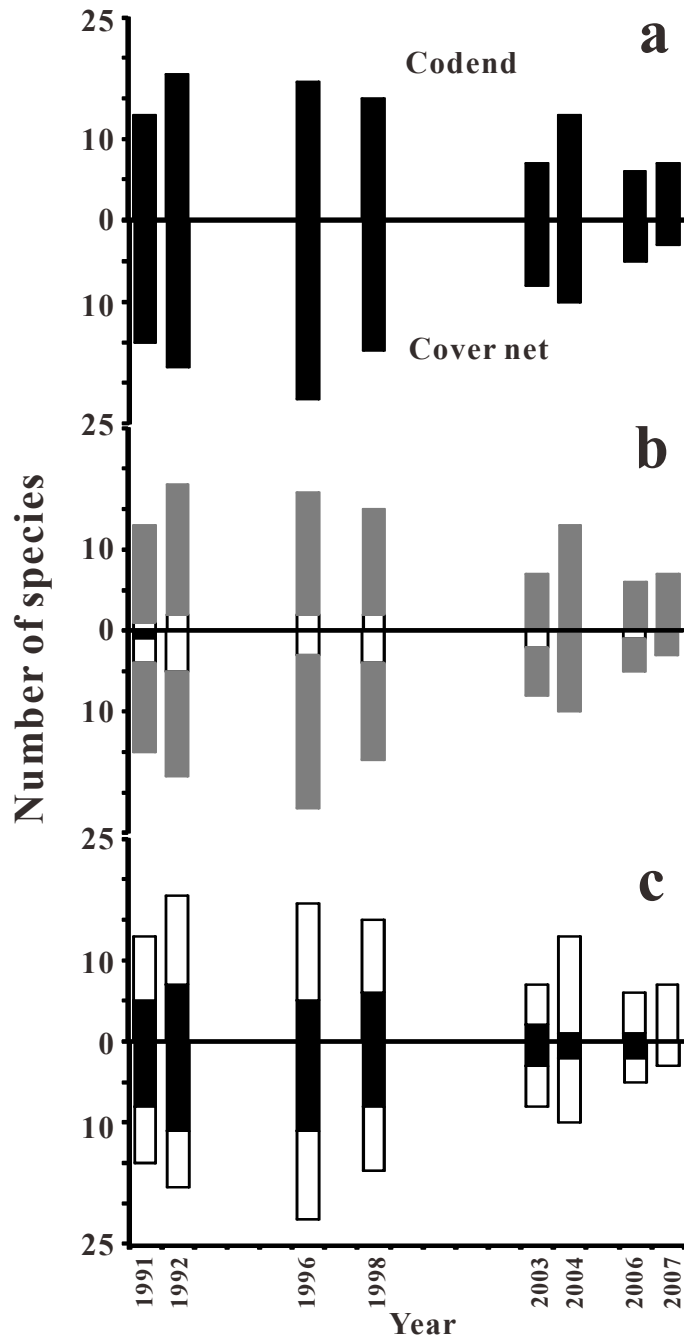


Fig. 1-4-2. Temporal changes in number of shrimp species in the Kuroshio water (a). Shrimp species are categorized into groups based on their ecological characters (water temperature [b] and depth [c]). Black: cold-water species; white: temperate-water species; light grey: warm-water species in b. Black: shallow-water species (inhabiting the continental shelf shallower than 150-200 m depth); white: deep-water species (inhabiting the continental shelf edge and the slope deeper than 150-200 m depth) in c.

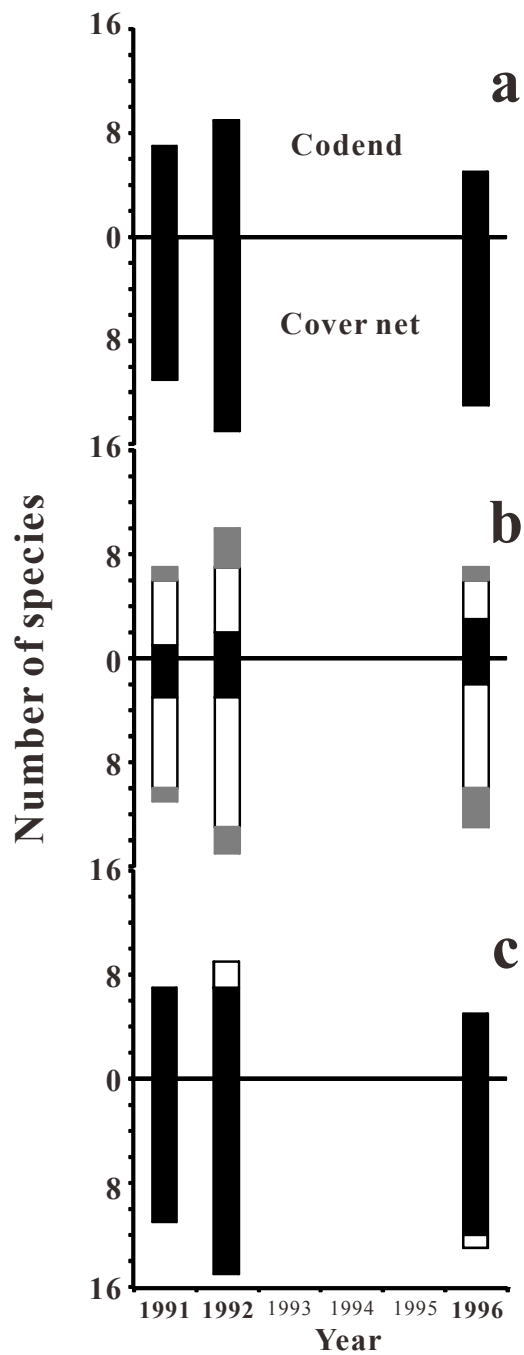


Fig. 1-4-3. Temporal changes in number of shrimp species in the Yellow-Sea cold water (a). Shrimp species are categorized into groups based on their ecological characters (water temperature [b] and depth [c]). Symbols are the same as in Fig. 1-4-2.

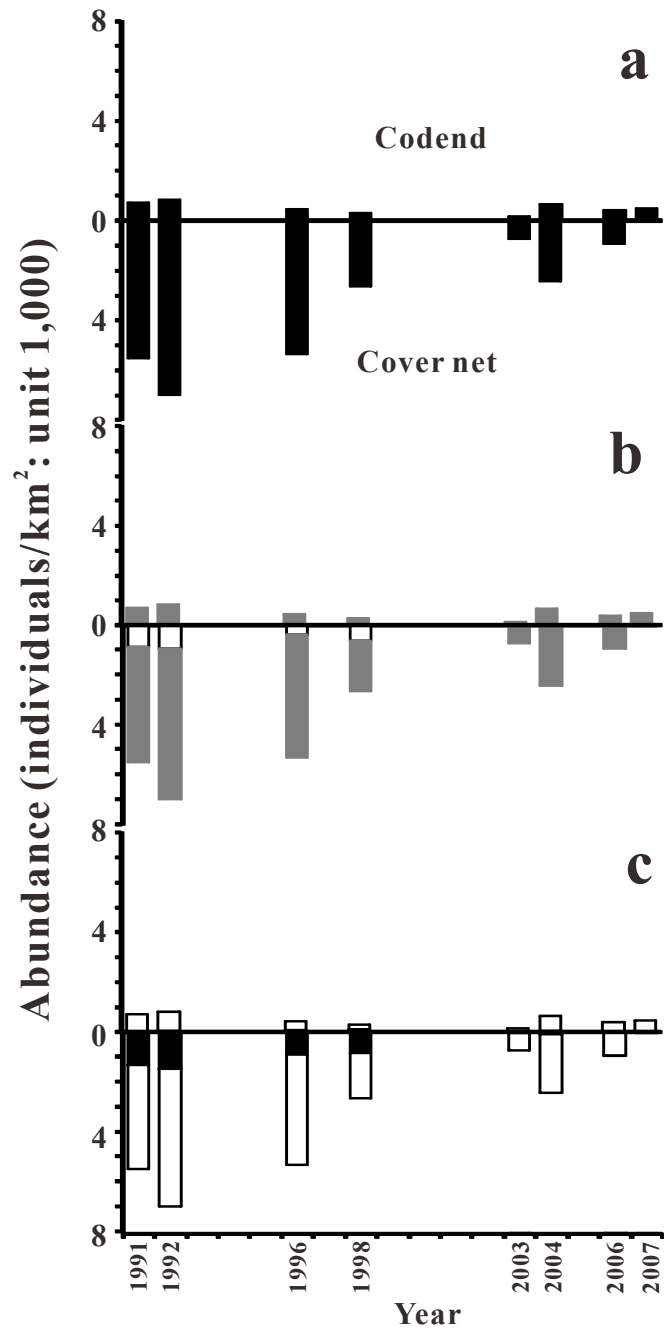


Fig. 1-4-4. Temporal changes in number of abundance in the Kuroshio water (a). Shrimp species are categorized into groups based on their ecological characters (water temperature [b] and depth [c]). Symbols are the same as in Fig. 1-4-2.

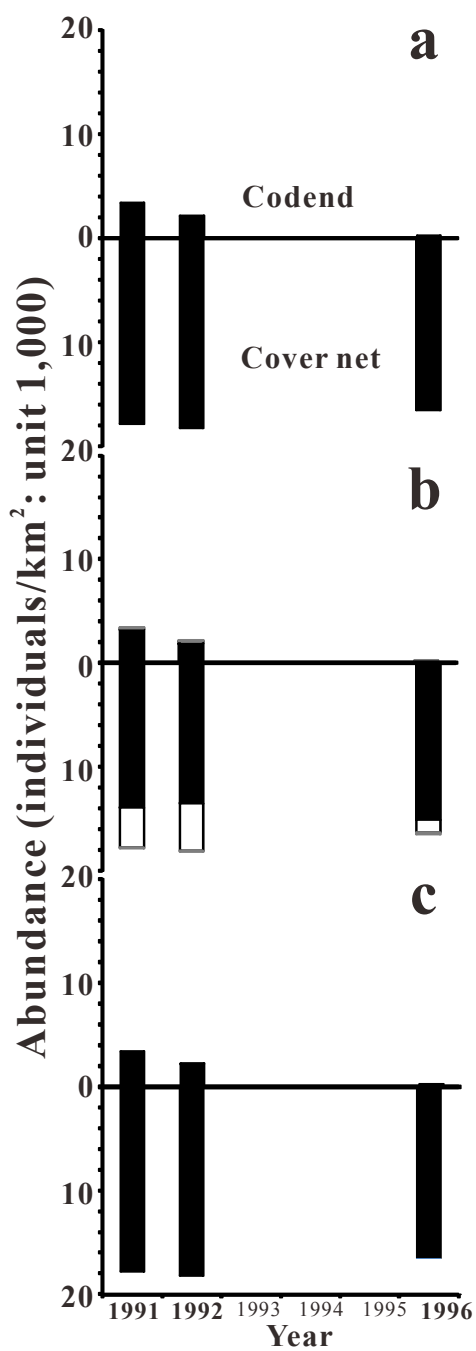


Fig. 1-4-5. Temporal changes in number of abundance in the Yellow-Sea cold water (a). Shrimp species are categorized into groups based on their ecological characters (water temperature [b] and depth [c]). Symbols are the same as in Fig. 1-4-2.

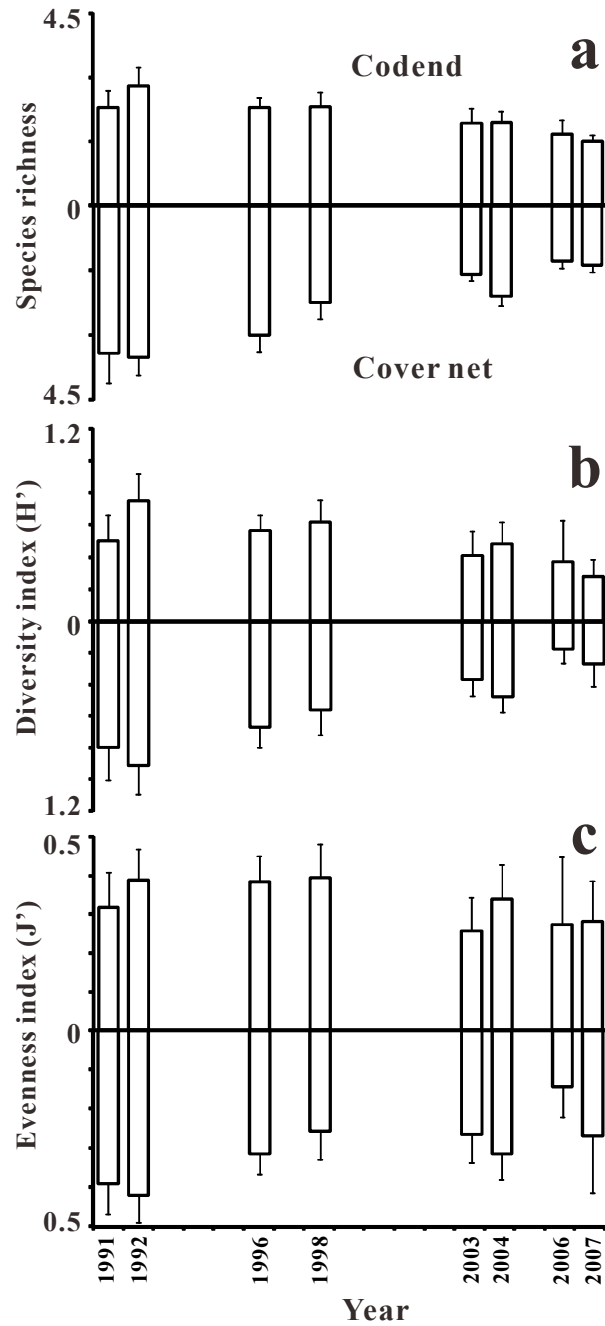


Fig. 1-4-6. Temporal changes in mean species richness (a), mean diversity per station (b), and mean evenness per station (c) for shrimp assemblages in the Kuroshio water. Bars indicate standard deviations.

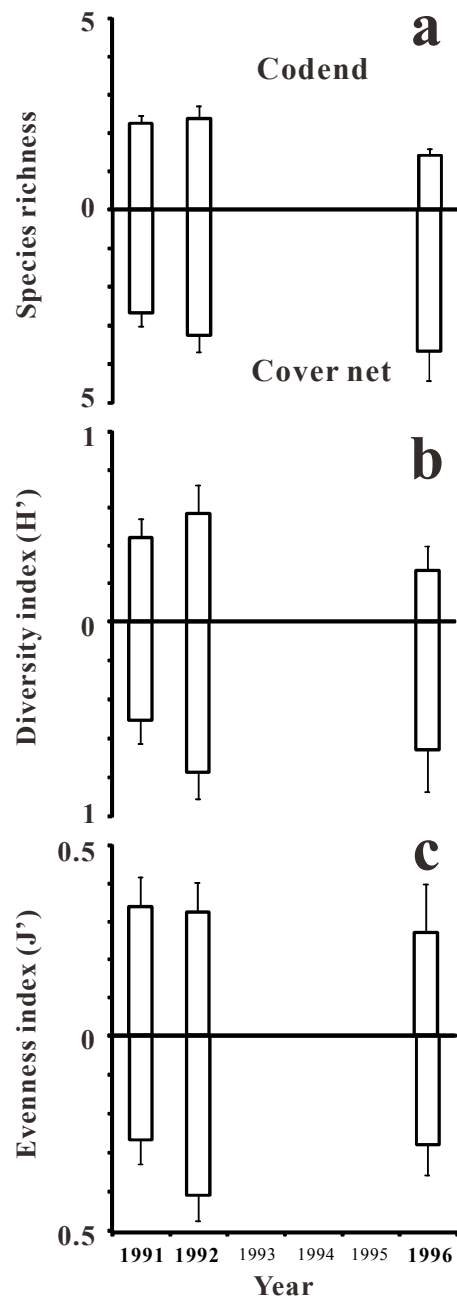


Fig. 1-4-7. Temporal changes in mean species richness (a), mean diversity per station (b), and mean evenness per station (c) for shrimp assemblages in the Yellow-Sea cold water. Bars indicate standard deviations.

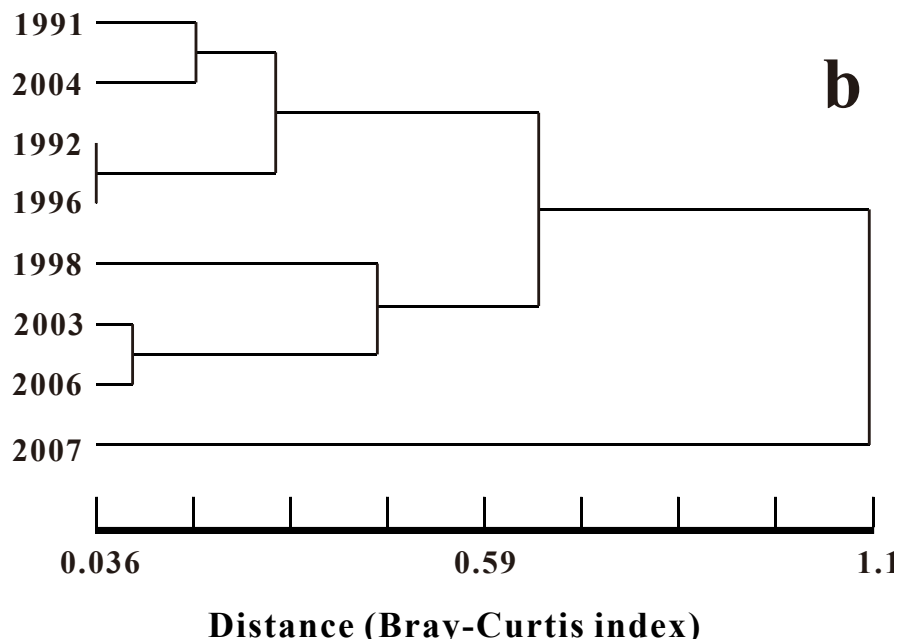
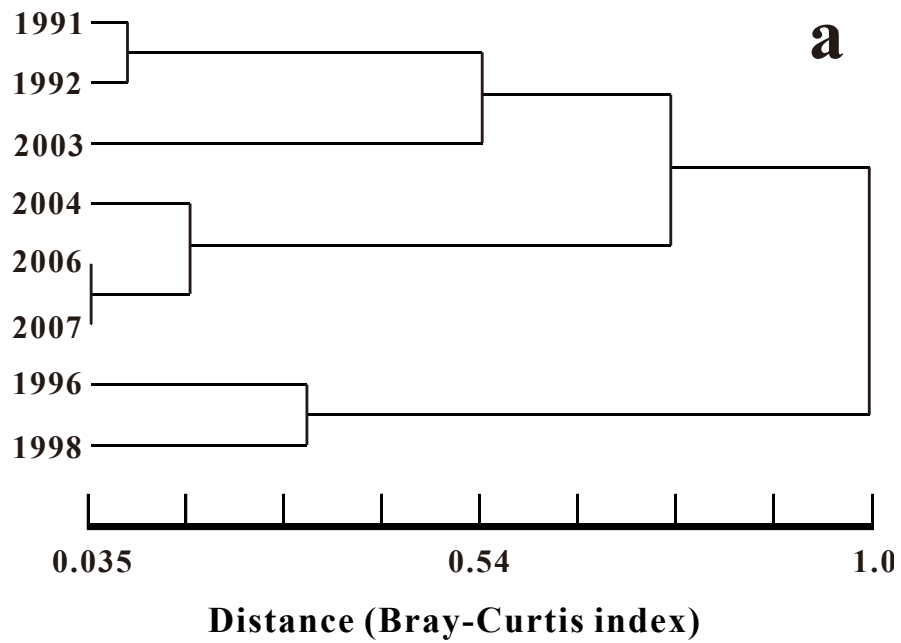


Fig. 1-4-8. Dendrogram with group average linking from Bray-Curtis similarity index based on abundance of benthic shrimp species in the Kuroshio water. Data are based on cod-end samples (a) and cover-net samples (b).

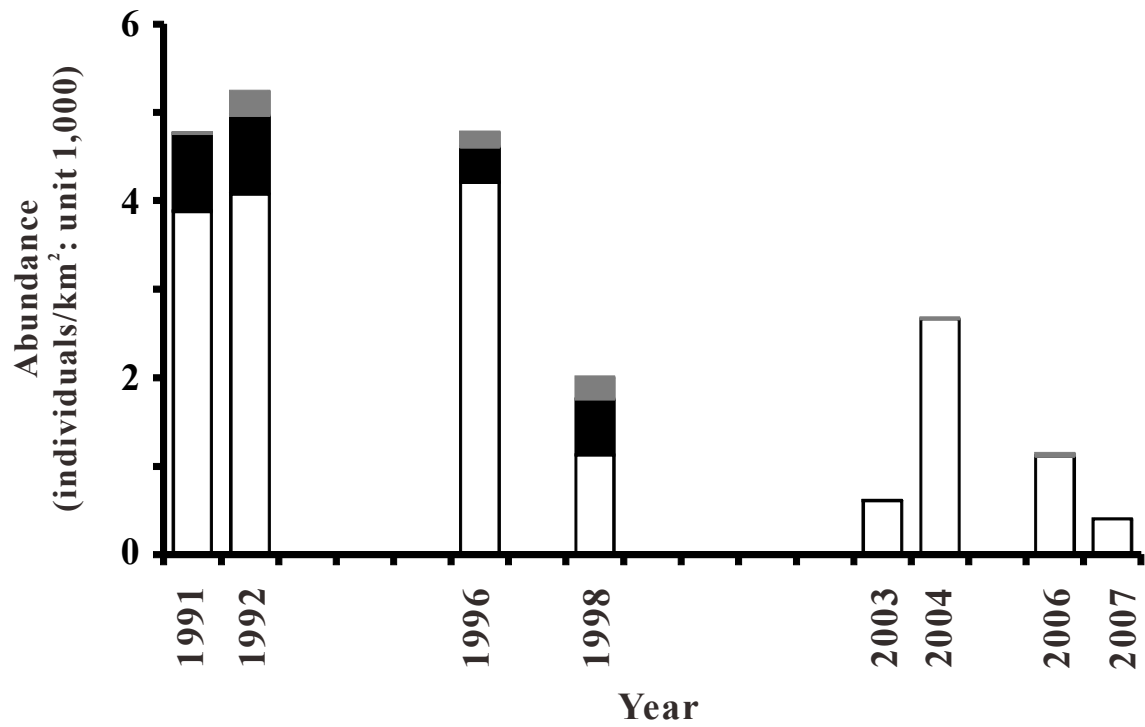


Fig. 1-4-10. Temporal changes in number of penaeid abundance in the Kuroshio water. Shrimp species are categorized into groups based on their ecological characters. Black: temperate shallow-water species; light grey: warm shallow-water species; white: warm deep-water species.

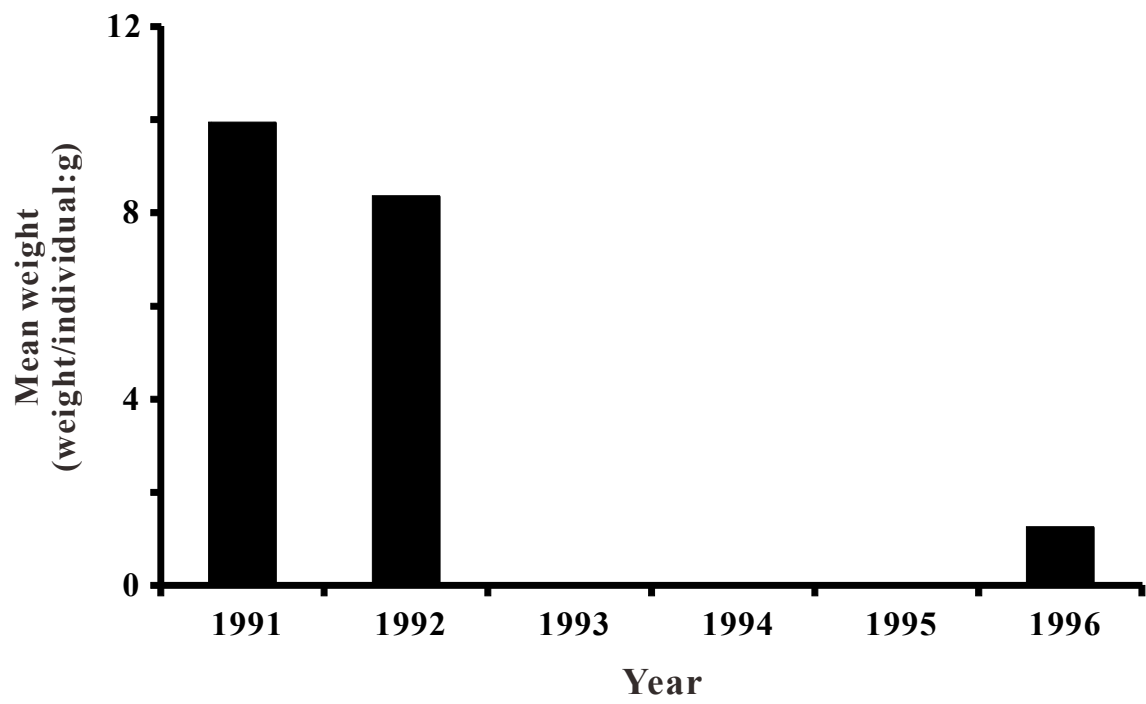


Fig. 1-4-11. Temporal changes in mean body weight of *Crangon hakodatei* in the Yellow-Sea cold water.

Table 1-4-1. List of benthic shrimps caught in trawl surveys in the East China Sea and the Yellow Sea in winter

Family	Scientific name	Occurrence in the Kuroshio water	Occurrence in the Yellow- Sea cold water	Ecological characters of shrimp	
				water temperature*	depth**
Crangonidae	<i>Aegaeon lacazei</i>	+	-	W	S
	<i>Crangon hakodatei</i>	+	+	C	S
	<i>Metacrangon</i> sp.	-	+	T	S
Hippolytidae	<i>Eualus spathulirostris</i>	-	+	C	S
	<i>Heptacarpus acuticarinatus</i>	-	+	C	S
	<i>Latreutes planirostris</i>	-	+	T	S
	<i>Spirontocaris pectinifera</i>	-	+	T	S
Nephropidae	<i>Linuparus trigonus</i>	+	-	W	S
	<i>Metanephrops sagamiensis</i>	+	-	W	D
	<i>Metanephrops thomsoni</i>	+	-	W	D
Ogyrididae	<i>Ogyrides orientalis</i>	-	+	T	S
Palaemonidae	<i>Ancylomenes tosaensis</i>	+	-	W	S
	<i>Palaemon gravieri</i>	+	+	T	S
Pandalidae	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	+	-	W	D
	<i>Heterocarpus sibogae</i>	+	-	W	D
	<i>Plesionika grandis</i>	+	-	W	D
	<i>Plesionika izumiae</i>	+	-	W	S
	<i>Plesionika serratifrons</i>	+	-	W	D
	<i>Plesionika ortmanni</i>	+	-	W	D
	<i>Proclites levicarina</i>	+	-	W	D
Pasiphaeidae	<i>Leptochela gracilis</i>	-	+	T	S
	<i>Leptochela sydniensis</i>	+	+	T	S
Penaeidae	<i>Atypopenaeus stenodactylus</i>	+	-	W	S
	<i>Batepenaeopsis tenella</i>	+	+	W	S
	<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	-	+	T	S
	<i>Marsupenaeus japonicus</i>	+	-	W	D
	<i>Metapenaeopsis barbata</i>	+	-	W	S

Table 1-4-1. Continued.

Family	Scientific name	Occurrence in the Kuroshio water	Occurrence in the Yellow- Sea cold water	Ecological characters of shrimp	
				water temperature*	depth**
Penaecidae	<i>Metapenaeopsis dalei</i>	+	+	T	S
	<i>Metapenaeopsis provocatrix owston</i>	+	-	W	D
	<i>Metapenaeus ensis</i>	-	+	T	S
	<i>Metapenaeus joyneri joyneri</i>	-	+	T	S
	<i>Mierspenaeopsis hardwickii</i>	+	+	W	S
	<i>Parapenaeus fissuroides fissuroide.</i>	+	+	W	D
	<i>Parapenaeus lanceolatus</i>	+	-	W	D
	<i>Parapenaeus sextuberculatus</i>	+	-	W	D
	<i>Penaeopsis eduardoi</i>	+	-	W	D
	<i>Penaeus semisulcatus</i>	+	-	W	S
	<i>Trachysalambria curvirostris</i>	+	+	T	S
Processidae	<i>Nikoides sibogae</i>	+	-	W	S
Scyllaridae	<i>Ibacus ciliatus</i>	+	-	W	D
	<i>Ibacus novemdentatus</i>	+	-	W	D
Sergestidae	<i>Acetes chinensis</i>	+	+	T	S
Solenoceridae	<i>Haliporoides sibogae sibogae</i>	+	-	W	D
	<i>Solenocera alticarinata</i>	+	-	W	S
	<i>Solenocera comata</i>	+	-	W	D
	<i>Solenocera koelbeli</i>	+	-	W	D
	<i>Solenocera melantho</i>	+	+	W	D
Stylodactylidae	<i>Parastylodactylus</i> sp.	+	-	W	D

+: caught. -: not found.

* C: cold-water species; T: temperate-water species; W: warm-water species.

** S: shallow-water species; D: deep-water species.

*** RR: rocky-reef fish; SMB: sandy-muddy bottom fish.

Table 1-4-2. Number of species of cod-end samples caught in the Kuroshio water

Family	Year							
	1991	1992	1996	1998	2003	2004	2006	2007
Nephropidae	2	1	1	1	1	2	1	0
Palaemonidae	0	0	0	1	0	0	0	0
Pandalidae	0	3	2	1	2	2	0	2
Penaeidae	6	8	8	7	1	3	3	3
Scyllaridae	2	2	2	1	1	2	1	2
Solenoceridae	3	4	3	3	2	4	1	0
Stylodactylidae	0	0	1	1	0	0	0	0

Table 1-4-3. Number of species of cover-net samples caught in the Kuroshio water

Family	Year							
	1991	1992	1996	1998	2003	2004	2006	2007
Crangonidae	1	0	1	0	0	0	0	0
Nephropidae	1	1	1	1	0	0	0	0
Palaemonidae	0	1	2	0	0	0	0	0
Pandalidae	2	4	4	4	2	3	1	1
Pasiphaeidae	1	1	0	1	0	0	0	0
Penaeidae	7	7	9	7	3	4	3	2
Processidae	0	1	0	0	0	0	0	0
Sergestidae	0	1	0	1	1	0	0	0
Solenoceridae	3	2	5	1	1	3	1	0
Stylodactylidae	0	0	0	1	1	0	0	0

Table 1-4-4. Number of species of cod-end samples caught in the Yellow-Sea cold water in 1991, 1992, and 1996

Family	Year		
	1991	1992	1996
Crangonidae	1	1	1
Palaemonidae	1	1	1
Penaeidae	5	6	3
Solenoceridae	0	1	0

Table 1-4-5. Number of species of cover-net samples caught in the Yellow-Sea cold water in 1991, 1992, and 1996

Family	Year		
	1991	1992	1996
Crangonidae	2	2	1
Hippolytidae	3	3	2
Ogyrididae	0	1	0
Palaemonidae	1	1	1
Pasiphaeidae	2	2	2
Penaeidae	3	5	5
Sergestidae	0	1	1
Solenoceridae	0	0	1

Table 1-4-6. Mean abundance (individuals / km²) of cod-end samples in the Kuroshio water

Family	Scientific name	Ecological characters of shrimp		Year											
		water temperature*	depth**	1991	1992	1996	1998	2003	2004	2006	2007				
Nephropidae	<i>Linuparus trigonus</i>	W	S	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Metanephrops sagamiensis</i>	W	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Metanephrops thomsoni</i>	W	D	35	39	36	32	8	5	1	0	0	0	0	
Palaemonidae	<i>Palaemon gravieri</i>	T	S	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	
Pandalidae	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	W	D	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Heterocarpus sibogae</i>	W	D	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	
	<i>Plesionika grandis</i>	W	D	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
	<i>Plesionika izumiae</i>	W	S	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Plesionika serratifrons</i>	W	D	0	0	0	0	0	5	0	0	3	0	0	
	<i>Plesionika ortmanni</i>	W	D	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	
	<i>Ayropenaeus stenodactylus</i>	W	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Penaeidae	<i>Marsupenaeus japonicus</i>	W	D	65	0	34	35	0	0	0	0	0	0	6	
	<i>Metapenaeopsis barbata</i>	W	S	1	8	29	37	0	0	27	0	0	0	0	
	<i>Metapenaeopsis dalei</i>	T	S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Metapenaeopsis provocatrix owstoni</i>	W	D	14	15	111	22	0	409	247	206	0	0	0	
	<i>Mierspenaeopsis hardwickii</i>	W	S	1	1	9	60	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Parapenaeus fissuroides fissuroides</i>	W	D	154	262	5	47	50	47	109	168	0	0	0	
	<i>Parapenaeus lanceolatus</i>	W	D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Penaeopsis eduardoi</i>	W	D	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
	<i>Penaeus semisulcatus</i>	W	S	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Trachysalambria curvirostris</i>	T	S	0	7	29	6	0	0	0	0	0	0	0	
	Scyllaridae	<i>Ibacus ciliatus</i>	W	D	2	90	152	0	0	17	0	14	0	0	0
		<i>Ibacus novemdentatus</i>	W	D	403	314	15	29	72	77	5	79	0	0	0
	Solenoceridae	<i>Haliporoides sibogae sibogae</i>	W	D	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Solenocera allicarinata</i>		W	S	26	7	1	1	19	60	0	0	0	0	0	
<i>Solenocera comata</i>		W	D	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Solenocera koelbeli</i>		W	D	1	16	6	4	0	8	0	0	0	0	0	
<i>Solenocera melantho</i>		W	D	5	40	10	15	8	1	1	0	0	0	0	
<i>Parastylodactylus sp.</i>		W	D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Penaeidae	<i>Parapenaeus sextuberculatus</i>	W	D	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	

bold: not less than 30% of the total abundance of dominant species.

* C: cold-water species; T: temperate-water species; W: warm-water species.

**S: shallow-water species; D: deep-water species.

Table 1-4-7. Mean abundance (individuals / km²) of cover-net samples in the Kuroshio water

Family	Scientific name	Ecological characters of shrimp										
		water temperature*	depth**	1991	1992	1996	1998	2003	2004	2006	2007	
Crangonidae	<i>Aegaeon lacazei</i>	W	S	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Crangon hakodatei</i>	C	S	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Nephropidae	<i>Metanephrops thomsoni</i>	W	D	472	78	3	7	0	0	0	0	0
Palaemonidae	<i>Ancylomenes tosaensis</i>	W	S	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	<i>Palaemon gravieri</i>	T	S	0	12	22	0	0	0	0	0	0
Pandalidae	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	W	D	7	352	10	32	0	0	0	0	0
	<i>Plesionika grandis</i>	W	D	0	0	0	0	26	1	0	0	0
	<i>Plesionika izumiae</i>	W	S	34	259	386	51	13	74	7	0	0
	<i>Plesionika serratifrons</i>	W	D	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	<i>Plesionika ortimanni</i>	W	D	0	7	21	6	0	0	0	0	0
	<i>Procletes levicarina</i>	W	D	0	565	57	223	0	0	0	0	0
Pasiphaeidae	<i>Leptocheila sydniensis</i>	T	S	1	45	0	5	0	0	0	0	0
Peneaeidae	<i>Atyopeneaeus stenodactylus</i>	W	S	1	8	44	24	0	0	0	0	0
	<i>Batepenaeopsis tenella</i>	W	S	6	56	29	35	0	0	0	0	0
	<i>Metapeneaeopsis barbata</i>	W	S	0	8	21	0	0	9	0	0	0
	<i>Metapeneaeopsis dalei</i>	T	S	826	742	344	570	2	0	2	0	0
	<i>Metapeneaeopsis provocatrix owstoni</i>	W	D	2,005	3,797	3,453	696	414	2,005	719	23	0
	<i>Mierspeneaeopsis hardwickii</i>	W	S	0	195	34	89	0	0	0	0	0
	<i>Parapeneaeus fissuroides fissuroides</i>	W	D	1,564	0	602	328	148	202	40	3	0
	<i>Parapeneaeus lanceolatus</i>	W	D	79	0	3	0	0	0	0	0	0
	<i>Trachysalambria curvirostris</i>	T	S	54	137	28	57	0	0	0	0	0
	Processidae	<i>Nikoides sibogae</i>	W	S	0	2	0	0	0	0	0	0
Sergestidae	<i>Acetes chinensis</i>	T	S	0	22	0	12	21	0	0	0	0
Solenoceridae	<i>Haliporooides sibogae sibogae</i>	W	D	0	0	2	0	0	74	0	0	0
	<i>Solenocera allcarinata</i>	W	S	409	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Solenocera comata</i>	W	D	5	0	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Solenocera koelbeli</i>	W	D	0	39	44	0	0	18	0	0	0
	<i>Solenocera melantho</i>	W	D	36	665	212	508	101	45	174	0	0
Stylodactylidae	<i>Parasylodactylus</i> sp.	W	D	0	0	0	2	3	0	0	0	0

bold: not less than 30% of the total abundance of dominant species.

* C: cold-water species; T: temperate-water species; W: warm-water species.

**S: shallow-water species; D: deep-water species.

Table 1-4-8. Mean abundance (individuals / km²) of cod-end samples in the Yellow sea cold water

Family	Scientific name	Ecological characters of shrimp				Year	
		water temperature*	depth**	1991	1992	1996	
Crangonidae	<i>Crangon hakodatei</i>	C	S	3,183	1,871	45	
Palaemonidae	<i>Palaemon gravieri</i>	T	S	119	84	5	
Penaeidae	<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	T	S	49	89	45	
	<i>Metapenaeopsis dalei</i>	T	S	3	5	0	
	<i>Metapenaeus ensis</i>	T	S	13	73	0	
	<i>Mierspenaeopsis hardwickii</i>	W	S	22	13	1	
	<i>Parapenaeus fissuroides fissuroides</i>	W	D	0	1	0	
	<i>Trachysalambria curvirostris</i>	T	S	19	12	117	
Solenoceridae	<i>Solenocera melantho</i>	W	D	0	1	0	

bold: not less than 30% of the total abundance of dominant species.

* C: cold-water species; T: temperate-water species; W: warm-water species.

**S: shallow-water species; D: deep-water species.

Table 1-4-9. Mean abundance (individuals / km²) of cover-net samples in the Yellow sea cold water

Family	Scientific name	Ecological characters of shrimp			Year		
		water temperature*	depth**		1991	1992	1996
Crangonidae	<i>Crangon hakodatei</i>	C	S	13,814	12,366	14,644	
	<i>Metacrangon</i> sp.	T	S	143	49	0	
Hippolytidae	<i>Eualus spathulirostris</i>	C	S	42	1,131	428	
	<i>Heptacarpus acuticarinatus</i>	C	S	92	39	0	
	<i>Latreutes planirostris</i>	T	S	424	0	6	
	<i>Spirontocaris pectinifera</i>	T	S	0	98	0	
Ogyrididae	<i>Ogyrides orientalis</i>	T	S	0	1	0	
Palaemonidae	<i>Palaemon gravieri</i>	T	S	772	1,154	784	
Pasiphaeidae	<i>Leptochela gracilis</i>	T	S	3	104	7	
	<i>Leptochela sydniensis</i>	T	S	9	122	21	
Penaeidae	<i>Batepenaeopsis tenella</i>	W	S	5	49	141	
	<i>Metapenaeopsis dalei</i>	T	S	1,523	2,671	150	
	<i>Metapenaeus joyneri joyneri</i>	T	S	0	34	4	
	<i>Mierspenaeopsis hardwickii</i>	W	S	0	6	6	
	<i>Trachysalambria curvirostris</i>	T	S	968	33	290	
Sergestidae	<i>Acetes chinensis</i>	T	S	0	348	2	
Solenoceridae	<i>Solenocera melanitho</i>	W	D	0	0	2	

bold: not less than 30% of the total abundance of dominant species.

* C: cold-water species; T: temperate-water species; W: warm-water species.

**S: shallow-water species; D: deep-water species.

第5節 ワタリガニ科群集の経年変動

東シナ海と黄海は、東部、西部、北部のそれぞれが九州、韓国、中国の陸地で囲まれ、南部が南西諸島によって区切られている閉鎖性海域である (Heilemam & Tang, 2009; Heilemam & Jiang, 2009)。本海域には広い大陸棚が存在し、多様なメガベントスが生息する。カニ類はメガベントスの一部を構成している種群で、東シナ海と黄海には17科92種が分布することが報告されている (山下, 1979a)。これらの種は大部分が小型種であり漁獲対象とされておらず、漁業資源として重要な種はワタリガニ科のガザミに限られる。本海域の主要な漁業は以西底びき網漁業で1980年代にはガザミを5,000~7,500トン、同科のヒラツメガニを300~800トンを漁獲していた (山田, 1986a, b)。しかし、国連海洋法条約発効以降、黄海と東シナ海北部での操業ができなくなったため、2000年代には前者の漁獲がほぼ皆無となり、後者が10トン程度となった (以西底びき網漁業漁獲成績報告書, 水産庁, 2007)。ガザミとヒラツメガニは東シナ海と黄海において漁獲対象となっているものの、本海域における生態研究は少ない (Jing *et al.*, 1998; Yu *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2009)。また、ワタリガニ科の大型種は、底生生物群集において中位捕食者として小型の甲殻類と軟体動物、魚類の幼稚魚などを捕食する一方、板鰓類や大型の底生魚類の餌生物となる (秋元, 1978; 松井ほか, 1986; 山田, 1986a, b; Takahashi & Kawaguchi, 2001; Tomiyama *et al.*, 2009)。このため、ワタリガニ科の大型種の種組成や分布密度の年変動を解明することは、東シナ海と黄海における底生生物群集を理解するうえで極めて重要であると考えられる。本研究では、東シナ海と黄海で1991~2007年に行われた冬季調査に基づき、ワタリガニ科の大型種の種組成と分布密度の年変動を検討するとともに、それに関与する要因を考察した。

材料と方法

調査方法

1991~1992, 1996, 1998, 2001, 2003~2004, 2006~2007年に東シナ海沖合, 1991~1992, 1996年に黄海沖合で実施した冬季着底トロール調査データを使用した (Fig. 1-5-1, Table 1-5-1)。冬季の東シナ海と黄海は、底層水温が北から南に向かって段階的に変化するため、他の季節よりも底層水温の水平分布が単純となる (山本ほか, 2010)。また本海域では、冬季にガザミやヒラツメガニなどのワタリガニ科の大型種が越冬のため沿岸からより深い水域に移動することが知られている (亀井, 1976; 塩田・北田, 1992)。

全調査で外径目合66mmのコッドエンド, 外径目合18mmのカバーネットから構成された同規格の着底トロール網を使用した。1991~1992年の調査では、カバーネットの外側に外径目合10.3mmの外カバーネットを装着した。対地3ノットで曳網し、着底から離底までの時間を曳網時間と規定した。曳網時間は1991年と1992年が1時間、1996年以降の調

査は 30 分に設定した。魚網監視装置(スキャンマー社 600 型, RX-400 型)をトロール網の着底と離底の判断に用いた。また曳網中に袖網間隔を 10 分間隔で記録し, エラー値を除いた平均値をその曳網の袖網間隔の値とした。

採集標本の処理に関して, コッドエンド部の標本は全て船上で同定し, 計数と計量を行った。外カバーネット部とカバーネット部の標本は全重量を測定し, 前者を 1 kg, 後者を 3 kg 抽出して 10% 海水ホルマリンで固定した。本研究では, ワタリガニ科の大型種を解析対象としたためコッドエンド標本のみを用いた。

分布密度の年変動

解析にはコッドエンド標本データを使用した。コッドエンドは外径目合 66 mm であるため, 曳網中の網目の変形を考慮しても小型種(成体の甲幅長が約 3 cm 以下の種)はサンプリング精度が期待できないため解析から除外した(中川ほか, 2010)。カニ類の学名は Ng *et al.* (2008) に従った。

漁獲データから, 全調査の全ての調査点について曳網面積(漁網監視装置によりデータが採取された 551 回の曳網の袖網間隔の平均値 $19.9 \text{ m} \pm 1.090 \text{ (S.D.)}$ とそれぞれ曳網の着底位置と離底位置から計算された距離の積)を算出し, 種ごとの分布密度(1 km^2 あたりの採集個体数)を計算した。年度により調査海域に配置された調査点数が異なるため, 経緯度 30 分升目のコードラート(農林中漁区)を基準にコードラートに対して 1 調査点の密度となるように標準化し, 複数の調査点が含まれる場合は分布密度を平均した。

山下(1979a)の報告に基づくと, 本海域のワタリガニ科大型種は東シナ海に分布する種と東シナ海と黄海の両海域に分布する種の 2 つのグループに分けられる。そこで, 調査海域を東シナ海と黄海の境界線を基準に 2 水域に区分し(Fig. 1-5-2), 各調査点で得られたデータを用いて両水域における分布密度の平均値を求めた。各調査の総分布密度は調査ごとに出現種の分布密度を合計した。9 回の調査の種別分布密度の平均値を全調査における平均分布密度とした。さらに, 生態特性別の分布密度と種数の年変動の検討を行った。生態特性は, 既知の分布範囲を基準に日本近海の浅海・表層部における生物気候的帯区の空間配置に対応させた分布水温帯(温帯性: 亜熱帯区～中間温帯区, 暖水性: 亜熱帯区～暖温帯区)と, 既知の採集水深を基準とした分布水深(浅海性: 内湾～水深 100 m, 広深性: 内湾～水深 100 m 以上)に区分した。

優占種

群集毎に佐久間(1964)の方法により優占種を判定した。

種組成の変化

黄海は 1991～1992 年, 1996 年の調査を, 東シナ海は 1991～1992 年, 1996 年, 1998

年, 2001 年, 2003~2004 年, 2006~2007 年の調査を対象とし種組成の年変動を調べた。海域ごとに調査年別の種組成の類似性を Bray-Curtis 指数を求め, group average 法によるクラスター分析を行い区分した。クラスター毎に出現種数と分布密度を比較し, さらに生態特性別の比較も行った。

結 果

東シナ海と黄海のカニ類の種組成

合計9回の調査で東シナ海と黄海から採集されたカニ類は14科35種であった(Table 1-5-2)。これ以外に, オウギガニ科とイチョウガニ属で種まで同定できなかった種が存在した。カニ類の総分布密度は東シナ海が1,179 個体/km², 黄海が766 個体/km²であった。科ごとでは, ワタリガニ科が東シナ海で844 個体/km², 黄海で557 個体/km²と両海域の総分布密度の70%以上を占めた。本科の分布密度の大部分が大型種で占められた(東シナ海で98%, 黄海で79%)。

ワタリガニ科大型種の種組成と生態的特性

ワタリガニ科は3属11種が出現し, そのうち大型種は8種(ヒラツメガニ, イボガザミ, ガザミ, ジャノメガザミ, シマイシガニ, イシガニ, アカイシガニ, アカイシモドキ)であった。これら種の生態特性は, 分布水温帯に基づく温帯性2種と暖水性6種, 分布水深に基づく浅海性3種, 広深性5種であった。上記した分布水深の区分は, それぞれの種が漁獲された水深と一致した。黄海で5種, 東シナ海で8種全てが漁獲された(Table 1-5-3)。

東シナ海におけるワタリガニ科大型種の生態特性別平均分布密度は, 温帯性種で749 個体/km², 暖水性種で57 個体/km², また浅海性種で24 個体/km², 広深性種で782 個体/km²であった。

黄海における生態特性別種数は, 温帯性が2種, 暖水性が3種, また浅海性が2種, 広深性が3種であった。生態特性別の平均分布密度は, 温帯性種で438 個体/km², 暖水性種で1 個体/km², 浅海性種で101 個体/km², 広深性種で338 個体/km²であった。以上を整理すると, 東シナ海と黄海のワタリガニ科大型種は温帯性で広深性の種を中心に構成されていたと言える。

出現種数の年変動

東シナ海では1992年と2001年に8種が出現した(Table 1-5-4)。1991~2003年に6~8種で推移した後, 2004年と2006年に5種に減少し, 2007年に4種となった。生態特性別にみると, 広深性カニ類では温帯性のヒラツメガニと暖水性のアカイシガニとアカイシモドキが全ての調査に出現したが, 暖水性のイボガザミは2006年から出現しなかった。浅海

性カニ類では、暖水性のイシガニが散発的に出現した。温帯性のガザミと暖水性のシマイシガニは 2003 年までは継続して出現したが、その後は散発的な出現であった。

黄海では 1992 年に 5 種が出現したが、1996 年にはヒラツメガニのみとなった (Table 1-5-5)。生態特性別にみると、温帯性カニ類では、広深性のヒラツメガニが全ての調査に、浅海性のガザミが 1991～1992 年に出現した。暖水性カニ類では、広深性のアカイシガニとイボガザミ、浅海性のイシガニが出現した。1991 年にイシガニが、1992 年に 3 種全てが出現した。

分布密度の年変動

東シナ海におけるワタリガニ科大型種の分布密度は、調査期間中、大きく変動したが、明瞭な減少傾向はみられなかった (Fig. 1-5-3a)。すなわち、1991 年に 528 個体/km² で、1992 年に 46%増加したものの、1990 年代には大きく変動せず、2001～2004 年に減少した。その後、2006 年に最高値 1,807 個体/km² にまで増加したが、2007 年には 799 個体/km² まで減少した。ヒラツメガニが全ての調査年で最優占種となり、その分布密度は 2006 年に最高値 1,770 個体/km² を示した (Table 1-5-3)。本種の優占率は 1991 年に 76%、その後、僅かな変動を示したものの増加傾向で推移し、2007 年に 96%となった。ヒラツメガニ以外の 7 種では、1991 年はガザミが大きな比率を占めていたが、1992 年にガザミが減少し、アカイシガニが増加した。1996 年にイボガザミの増加がみられたが、1998 年以降はアカイシガニ、アカイシモドキの順で分布密度が高かった (Fig. 1-5-3b)。この 2 種の分布密度には年変動がみられたが、明瞭な減少傾向はなかった。以上を纏めると、東シナ海では 1991 年と 1992 年を除いて温帯性種と広深性種が寡占し (Fig. 1-5-3c, Fig. 1-5-3d)、暖水性種と浅海性種はほとんど採集されなかった。

黄海におけるワタリガニ科大型種の分布密度は 1991～1992 年には 601～686 個体/km² と比較的安定していたが、1996 年には最高値から 95%減少して 32 個体/km² となった (Fig. 1-5-4a)。1991 年にはヒラツメガニとガザミ、1992 年と 1996 年にはヒラツメガニが優占して、ヒラツメガニはこれら 3 年間で最優占種であった (Table 1-5-5)。その優占率は 1991 年に 56%、1992 年に 94%、1996 年に 100%であった。ガザミの分布密度は、1991 年に最高値の 264 個体/km² であったが、1992 年には 96%減少して 37 個体/km² となり、1996 年には採集されなかった。ヒラツメガニの分布密度は、1992 年に前年より 93%増加して最高値 647 個体/km² となったものの、1996 年には 95%減少して 32 個体/km² となった。黄海では、温帯性種が全ての調査で分布密度の 9 割以上を占め、暖水性種の分布密度は非常に低かった (Fig. 1-5-4b)。広深性種が寡占した (Fig. 1-5-4c)。

種組成の年変動

東シナ海では、全ての調査年においてヒラツメガニの優占度が極めて高かったため、

ヒラツメガニの多寡に類似度が影響されて他種の変化が過小に見積もられたため、ヒラツメガニを除いたデータを用いて、種組成の年変動を解析した。その結果、1991年と1992年を含むクラスターと1996年、1998年、2001年、2003年、2006年および2007年を含むクラスターに区分された(Fig. 1-5-5)。前者では浅海性のガザミ、後者では広深性のアカイシガニとアカイシモドキの分布密度が高かった。

黄海では、1991年と1992年を含むクラスターと1996年を含むクラスターに区分された(Fig. 1-5-6)。前者では5種が出現したが、後者ではヒラツメガニのみ出現した。

考 察

種組成と分布密度の年変動要因 東シナ海と黄海の底生カニ類に関して、本研究により、ワタリガニ科大型種のうち温帯性種が本海域における優占種であること明らかになった。また、本科の暖水性種は東シナ海では連続した分布を示したが、黄海での分布密度は非常に低かった。後者に関して、東シナ海には冬季でも温暖な黒潮系水塊が存在するため、暖水性種は低い密度ながらも安定した生息が可能であるが、黄海には黄海冷水系水塊が存在して季節を通して水温 10°C 以下の低温環境であるため(深瀬, 1975)、水温環境の最適値が高い暖水性種は極めて低い分布密度であったと推察される。

東シナ海と黄海では、1992年と1996年の間でカニ類の種組成に大きな変化がみられた。しかし、レジームシフトによるとされる東シナ海の水温変化は1998年以降であり(荒井, 2013)、長江から黄海へ流入する堆積物量の経年変化(1986~2002年)(Ning *et al.*, 2011)や東シナ海の水質汚濁(1975~1995年)(Chen *et al.*, 2008)にも大きく変化が認められなかった。したがって、環境要因はカニ類の種組成変化の主因とは考えられないだろう。

黄海においてカニ類の出現種数と分布密度が1996年に著しく減少した。1997年の黄海での調査点数が僅か8点であったことから本研究の解析では除外したものの、その分布密度が77個体/km²と極めて低い値であったことから、この年代にカニ類が急激に減少したことが示唆される。黄海では強い漁獲圧を受けて魚類群集が構造変化したことが報告されており(Jin & Tang, 1998)、本研究で対象としたワタリガニ科カニ類も強い漁獲圧の影響下にあったと考えられる。漁獲圧増加の指標として中国による太平洋北西部のガザミ類の漁獲量(FAO, 2013)の経年変化を検討した(Fig. 1-5-7)。中国による太平洋北西部のガザミ類漁獲量は1987~1993年に十数万トン前後で推移していたが、1994年から約2倍に増加し、1994~2004年には平均26.5万トンに達した。さらに、2005年からは30万トンを超え、2007年は1980年代末の漁獲量の約3倍となる35.1万トンのガザミ類が漁獲された。一方、本研究で明らかにしたように、東シナ海と黄海における底魚類のCPUEが急激に減少していることから(Fig. 1-5-8)、本海域では底生生物全体で分布密度が減少していると考えられ、中国による急激なガザミ類の漁獲量の増加は膨大な漁獲努力量の投入の結果と考えられる。

このことは、特にガザミ類の主要な分布域である浅海域を中心に強い漁獲圧が加えられたことを強く示唆する。本研究においても、ガザミなどの浅海性種の出現種数と分布密度の減少が顕著であり、それらに強い漁獲圧が加えられたことを示唆している。さらに、東シナ海に比較して水深の浅い黄海において、広深性のヒラツメガニの分布密度も減少していることは浅海域に強い漁獲圧が加えられたことを示すものであろう。

一方、東シナ海におけるヒラツメガニ、アカイシガニ、アカイシモドキの広深性3種の分布密度は、減少傾向の年変動を示さなかった。これら3種の生息水深をみると、ヒラツメガニは水深5~350 m、アカイシガニは水深54~129 m、アカイシモドキは水深30~150 mに分布し(山下, 1979; 馬場ほか, 1986; Spiridonov & Turkey, 2001; 武田ほか, 2011), 分布域は大陸棚上から大陸棚斜面域のより深い海域まで広がっている。これに対し、東シナ海の沖合域において底生魚を漁獲する主要な漁業である底びき網漁業は水深100 mを超えると操業が困難となるため(農林水産省統計情報部, 1981), 浅海域と比べて沖合域では漁獲圧が小さく、水深100 mを超えて分布する広深性種は浅海性種よりも漁獲の影響を受けにくかったと推測される。上記3種のうち、抱卵雌がアカイシガニで水深59~93 mで、アカイシモドキで水深90~136 mの海域で採集されており(山下, 1979), 産卵群が沖合に分布すると考えられる。一方、東シナ海におけるヒラツメガニの産卵群の分布水深には具体的な記録がない。仙台湾では水深40 m以深とされるが(Sasaki & Kawasaki, 1980), 我が国沿岸で浅海域に分布するクルマエビが東シナ海では冬季に水深100 mを超える海域に分布する例もあり(山本ほか, 2013), また、ヒラツメガニと同属の *O. catharus* では雌の成熟個体が産卵のため沖合の深所へ移動を行うことから(Osborne, 1987), 本研究の過程で、ヒラツメガニの産卵群が沖合の深所に分布する可能性が推察された。そこで、2001年晩秋と2004年冬季に収集された調査データを用いて、雌雄別体サイズ別にヒラツメガニの分布状況を検討した。本種は寿命が1~1.5年で春季が主要な産卵期であり(亀井, 1976; 植村・中西, 1989; 藤田ほか, 1998), この時期に孵化した個体はその年の12月に達する甲幅長(雄70 mm, 雌55 mm)(藤田ほか, 1998)を翌春季に繁殖を行う可能性の高い個体とみなし、この甲幅長以上を「大型個体」、未満を「小型個体」と区分して、両者の分布様式を調べた。その結果、小型個体は晩秋に中国沿岸~大陸棚縁辺部に広く分布するが、冬季には中国沿岸側に集中した。大型個体では晩秋と冬季の両季で雌雄ともに大陸棚縁辺部に分布した。また、産卵群の大部分が漁獲の影響を受けにくい水深100 m以上の海域に分布することが明らかになった(Figs. 1-5-9, 1-5-10)。このことから、分布密度が明瞭な減少傾向を示さなかった広深性3種のカニ類には、いずれも沖合に産卵群が分布するという共通点が見出された。

最優占種の交代 本調査では全ての調査年においてヒラツメガニの優占度が非常に高かった。しかし、過去の報告を参照すると、1953~1971年に東シナ海と黄海で行われたカニ類分布調査では、ガザミの総採集個体数18,661個体に対し、ヒラツメガニは13,677個体

と少ない(山下, 1979)。その約 10 年後の 1981~1987 年に東シナ海で行われた 7 回の調査では(石倉ほか, 1989), 6 回でヒラツメガニが最優占種となり, ガザミは 1981 年に第 2 位の優占種となったが, その後の調査では採集されていない。後者の調査は東シナ海中部の海域のみを対象としているが, ヒラツメガニとガザミの分布域は東シナ海の大陸棚縁辺域を除いて大部分が重複していることから(山下, 1979), 両種の比率は実態を反映していると推測される。換言すれば, 1980 年代の時点ですでにガザミからヒラツメガニへの優占種交代が起きていた可能性が高い。

ガザミとヒラツメガニの両種は, 東シナ海と黄海で分布範囲と体サイズが類似し, 温帯性であること, また砂泥底に分布して, 魚類, 貝類, 甲殻類など多様な底生生物を捕食することなど, 多くの生態的な共通点がみられる(山下, 1979; 山田, 1986a, b; 松井ほか, 1986; 亀井, 1976)。このため, 同所的に分布する水深 100 m 以浅の海域では両種に同程度の漁獲圧が加えられたと当初, 予測した。しかし実際には, 両種の分布密度の年変動は大きく異なり, ガザミでは急激に減少したのに対して, ヒラツメガニでは明瞭な減少傾向がみられなかった。そこで, 両種の異なる繁殖生態の差異に着目したところ, 上記したように, 分布密度が明瞭な減少傾向を示さなかった広深性の 3 種にはいずれも沖合に産卵群が分布するという共通点を確認された。ガザミとヒラツメガニの産卵群の分布水深を比較すると, ガザミが水深 10m 前後のごく沿岸域で産卵するのにに対し(塩田・北田, 1992), ヒラツメガニは水深 100 m 以深に産卵群が存在する。つまり, ガザミは産卵群が高い漁獲圧を受けるが, ヒラツメガニは漁業の影響が少ない沖合域に産卵群が分布するため漁獲による減耗が少なく, 再生産が維持されたことがガザミからヒラツメガニに最優占種が交代した要因の一つであると推察される。

本研究で強く示唆されたヒラツメガニの産卵群が沖合の産卵場に移動するという行動は, 同じワタリガニ科のアオガニの繁殖行動と類似する(Van Engel, 1958)。アオガニでは, 沖合域で放出されたゾエアが大陸棚域を浮遊し 31~35 日の浮遊期を経て広範囲に分散し, 沿岸部に着底する(関口, 2010)。ヒラツメガニのゾエア浮遊期も 33 日とアオガニと近いことから(Terada, 1980), 同様な生活史を有する可能性が高い。一方, ガザミのゾエアの浮遊期は 12~16 日で(Yanagi *et al.*, 1995)ヒラツメガニの半分程度と短く, 産卵場所もごく沿岸部であることから(塩田・北田, 1992), 幼生の分散範囲も狭い。沿岸域のごく狭い範囲(例えば瀬戸内海では 30 km 程度[塩田・北田, 1992])で生活史を完結するガザミに対し, 沿岸から大陸棚縁辺域まで数百 km に及ぶ広い範囲で生活史を完結させるヒラツメガニは漁獲圧の影響を受けにくいと考えられ, 生活史の空間スケールの違いが両種の漁獲に対する抵抗力の差異となった可能性がある。

東シナ海では, 底生甲殻類を主に捕食するガンギエイ科魚類の漁獲量の減少が 1980 年代から顕著とされる。41) 強い漁獲圧により上位捕食者(例えばガンギエイ科)が減少し, その餌となる中位捕食者(例えばヒラツメガニ)が増加する mesopredator release

(Myers *et al.*, 2007; Prugh *et al.*, 2009) ,が起きた可能性が考えられる。したがって、本海域におけるヒラツメガニの寡占化は、上記したヒラツメガニの生活史の特性に加えて、こうした捕食者・被食者関係によっても影響され促進されたのかもしれない。

近年、東シナ海と黄海の底生生物群集においては強い漁獲圧に起因する急激で様々な群集構造の変化が起きていると考えられる。このような群集構造の変化を把握し適切な保全を行う必要があるだろう。

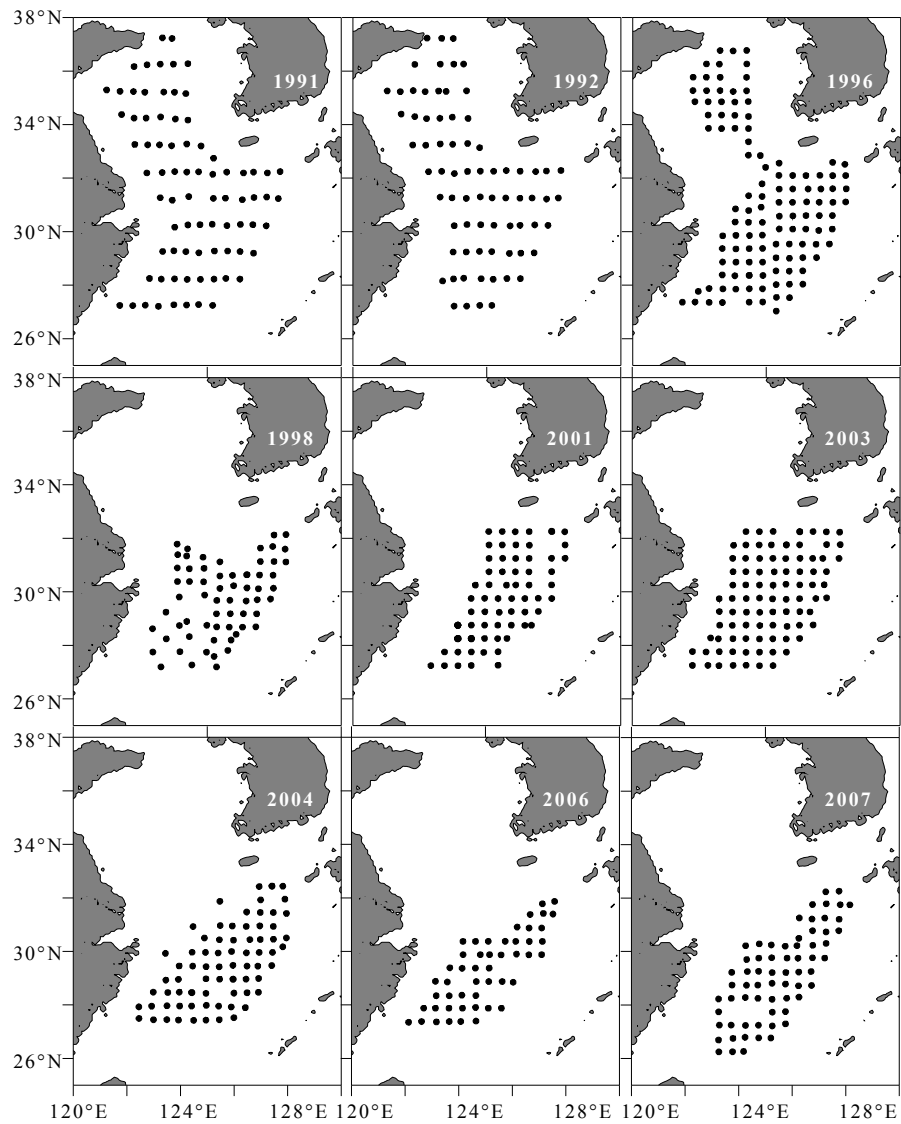


Fig. 1-5-1. Trawl sampling stations by Japanese research vessels in the East China Sea and the Yellow Sea from 1991 to 2007.

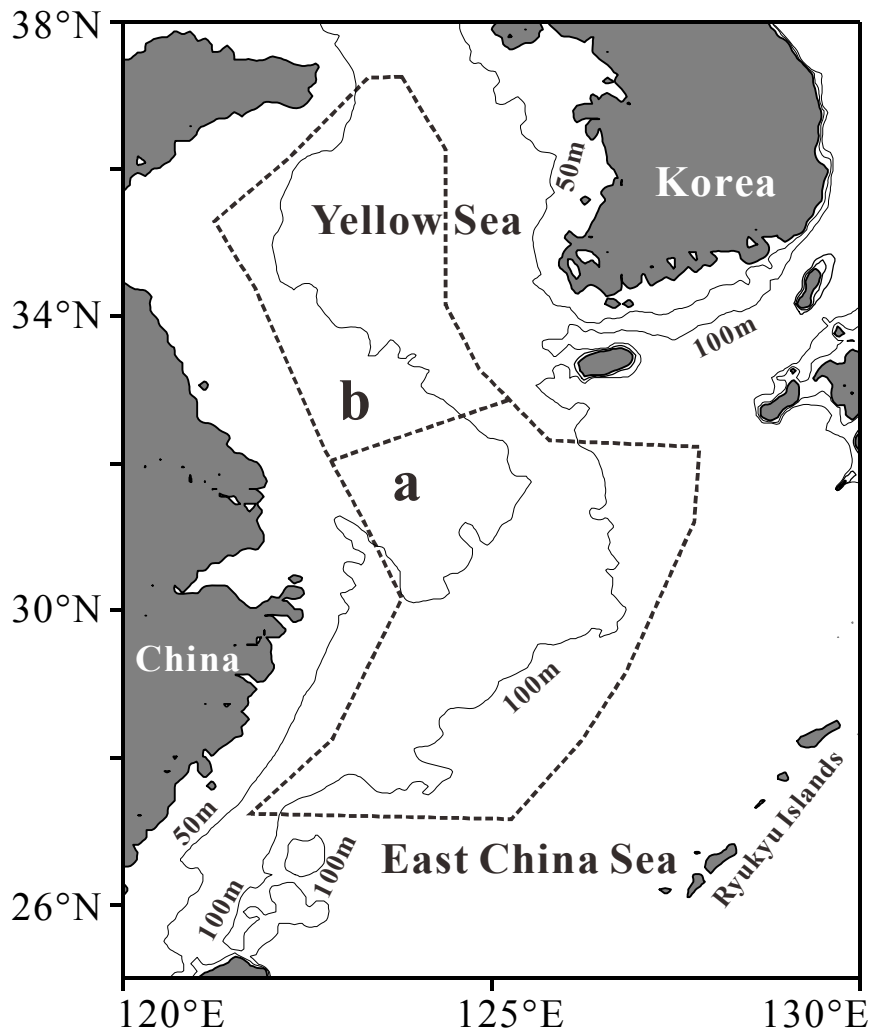


Fig. 1-5-2. The study area, showing sampling areas in the East China Sea (a) and the Yellow Sea (b). The boundary of two areas is shown by a dashed line. The isobaths (thin lines) show 50 and 100 m in depth.

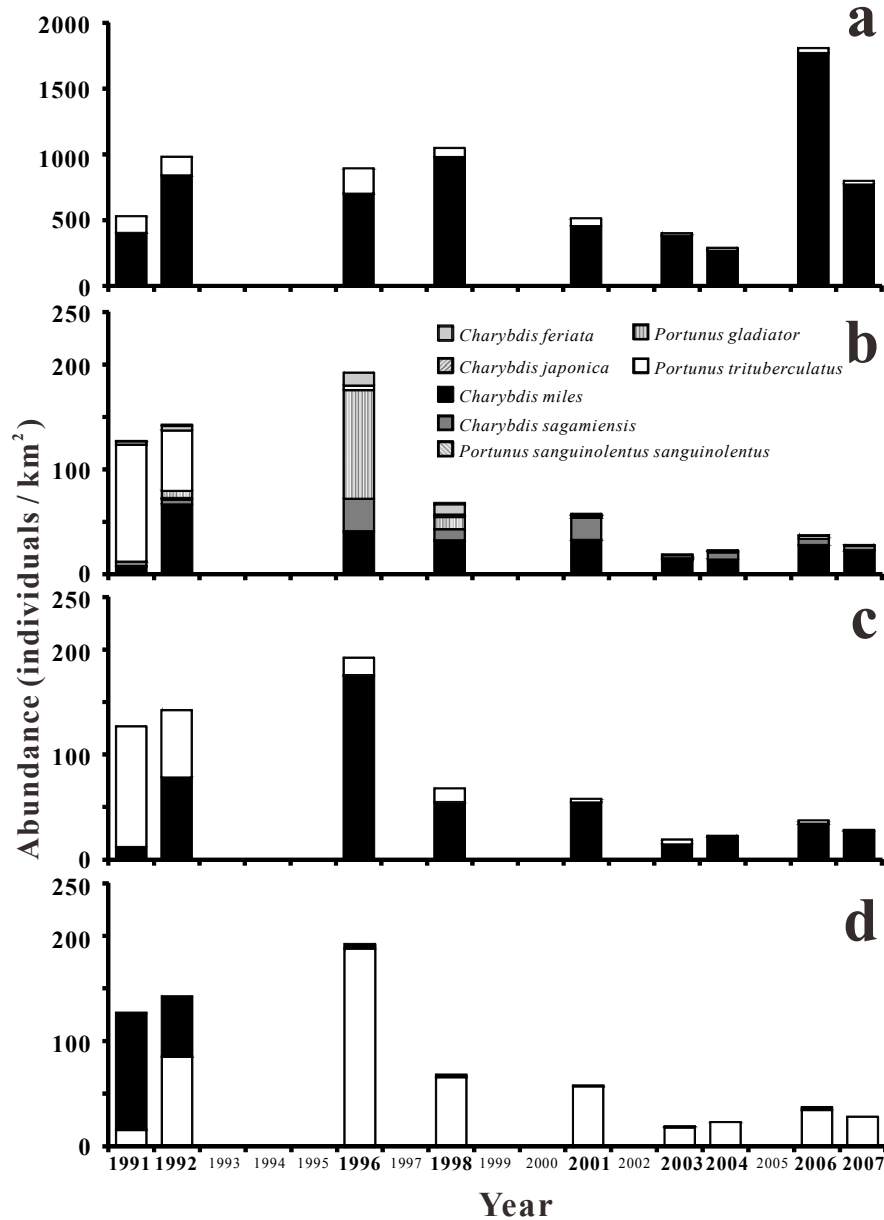


Fig. 1-5-3. Changes in abundance of portunid crabs in the East China Sea in 1991-1992, 1996, 1998, 2001, 2003-2004, and 2006-2007. Data are shown for *Ovalipes punctatus* (black) and other seven species combined (*Portunus gladiator*, *Portunus trituberculatus*, *Portunus sanguinolentus sanguinolentus*, *Charybdis ferriata*, *Charybdis japonica*, *Charybdis miles*, and *Charybdis sagamiensis*) (white) in a; for each of the seven species in b: for the temperate-water species (black) and the warm-water species (white) in c; for the eurybathic species (white) and the shallow-water species (black) in d. See Table 1-5-3 for the temperate-water species, warm-water species, eurybathic species, and shallow-water species.

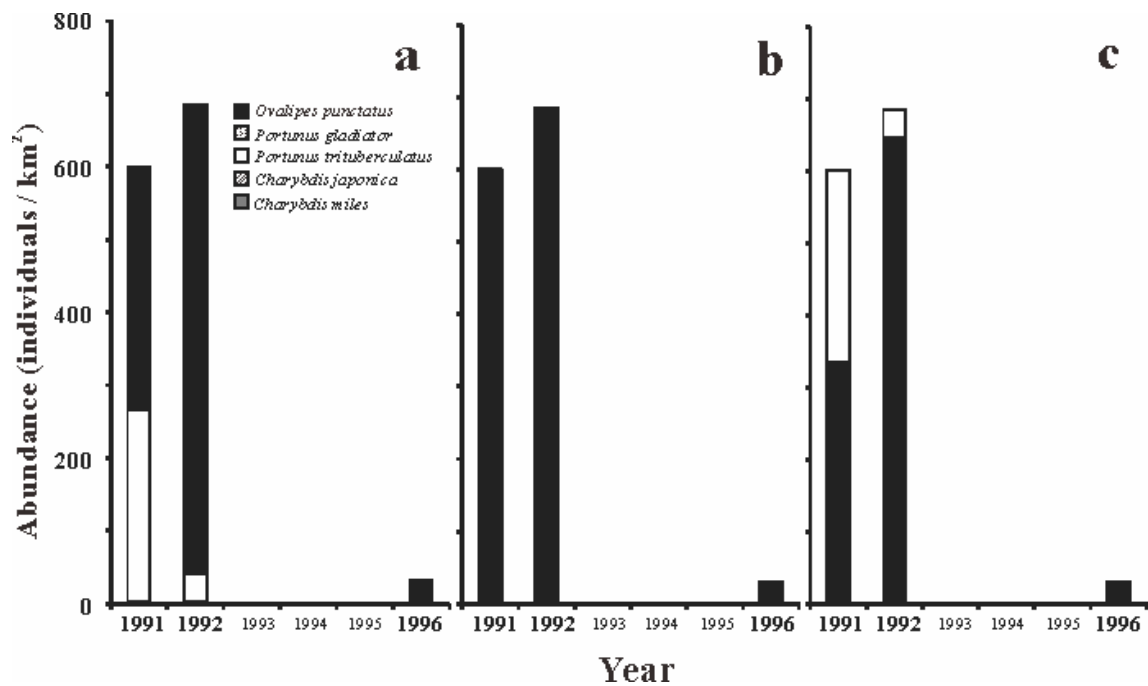


Fig. 1-5-4. Changes in abundance of portunid crabs in the Yellow Sea in 1991, 1992 and, 1996. Data are shown for *Ovalipes punctatus* (black) and other four species combined (*Portunus gladiator*, *Portunus trituberculatus*, *Charybdis japonica*, and *Charybdis miles*) (white) in a; for the temperate-water species (black) and the warm-water species (white) in b; for the eurybathic species (black) and the shallow-water species (white) in c. See Table 1-5-1 for the temperate-water species, warm-water species, eurybathic species, and shallow-water species. Three species (*P. gladiator*, *C. japonica*, and *C. miles*) are not seen in a, because their abundances were quite low.

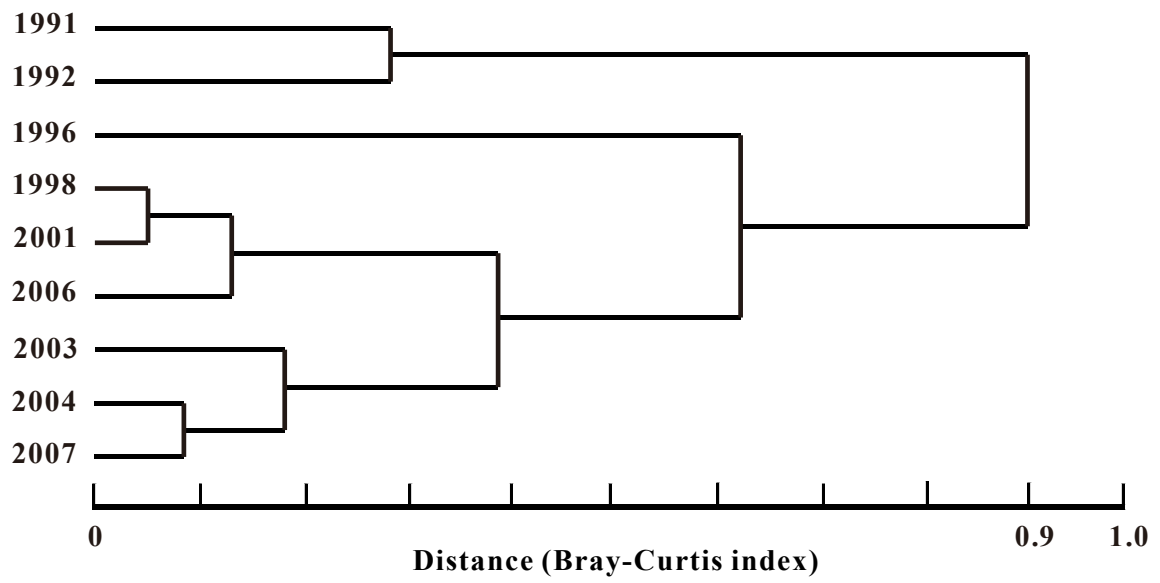


Fig. 1-5-5. Dendrogram with group average linking from Bray-Curtis similarity index based on the abundance of portunid crabs in the East China Sea.

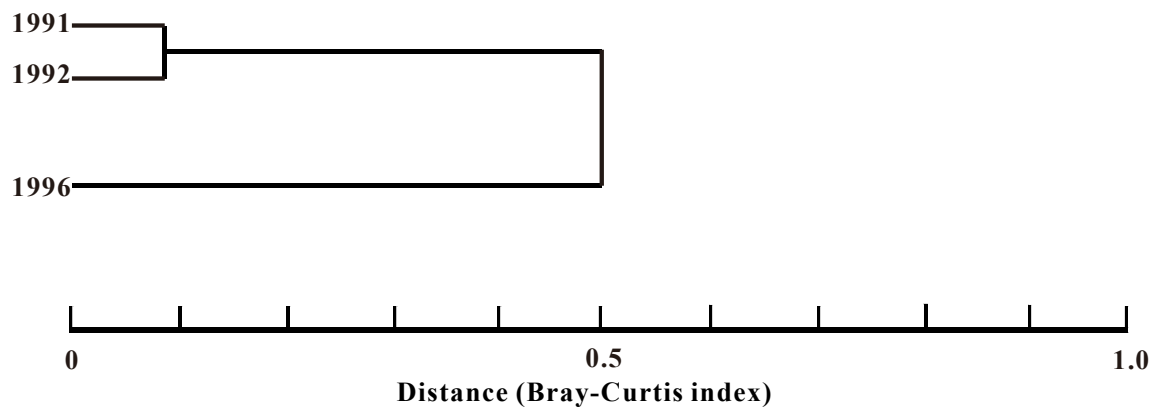


Fig. 1-5-6. Dendrogram with group average linking from Bray-Curtis similarity index based on the abundance of portunid crabs in the Yellow Sea.

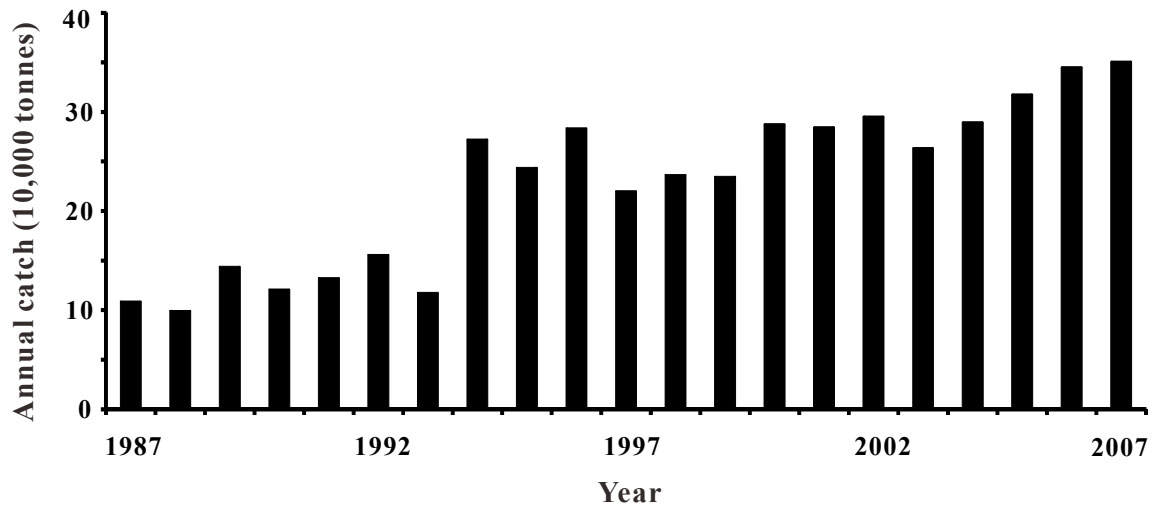


Fig. 1-5-7. Annual changes in catch of portunid crabs, reported as “Gazami crabs” (excluding the blue swimming crab *Portunus pelagicus*, and *Charybdis* spp.), by China in the Northwest Pacific from 1987 to 2007. Data are from FAO (Fishstat Plus, Capture Production, FAO Fisheries Department, Fisheries Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal Software for Fisheries Statistical Time Series. Version 2.3. 2000. 1950-2008).

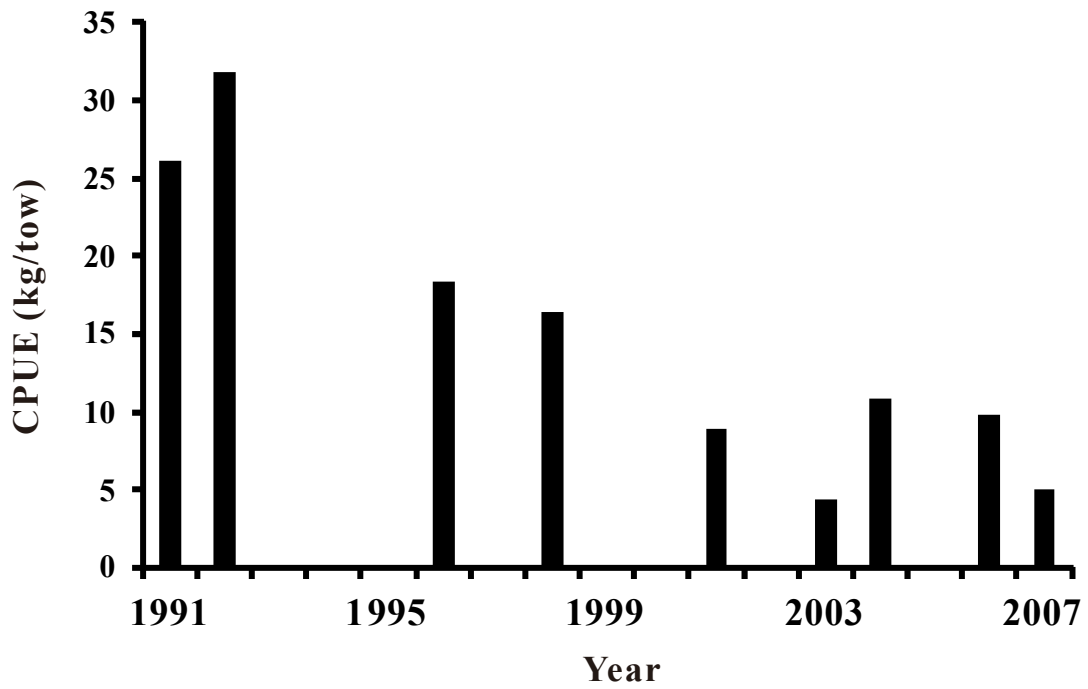


Fig. 1-5-8. Annual changes in ground-fish CPUE based on the data collected by Japanese research vessels in the East China Sea and the Yellow Sea in 1991-1992, 1996, 1998, 2001, 2003-2004, and 2006-2007.

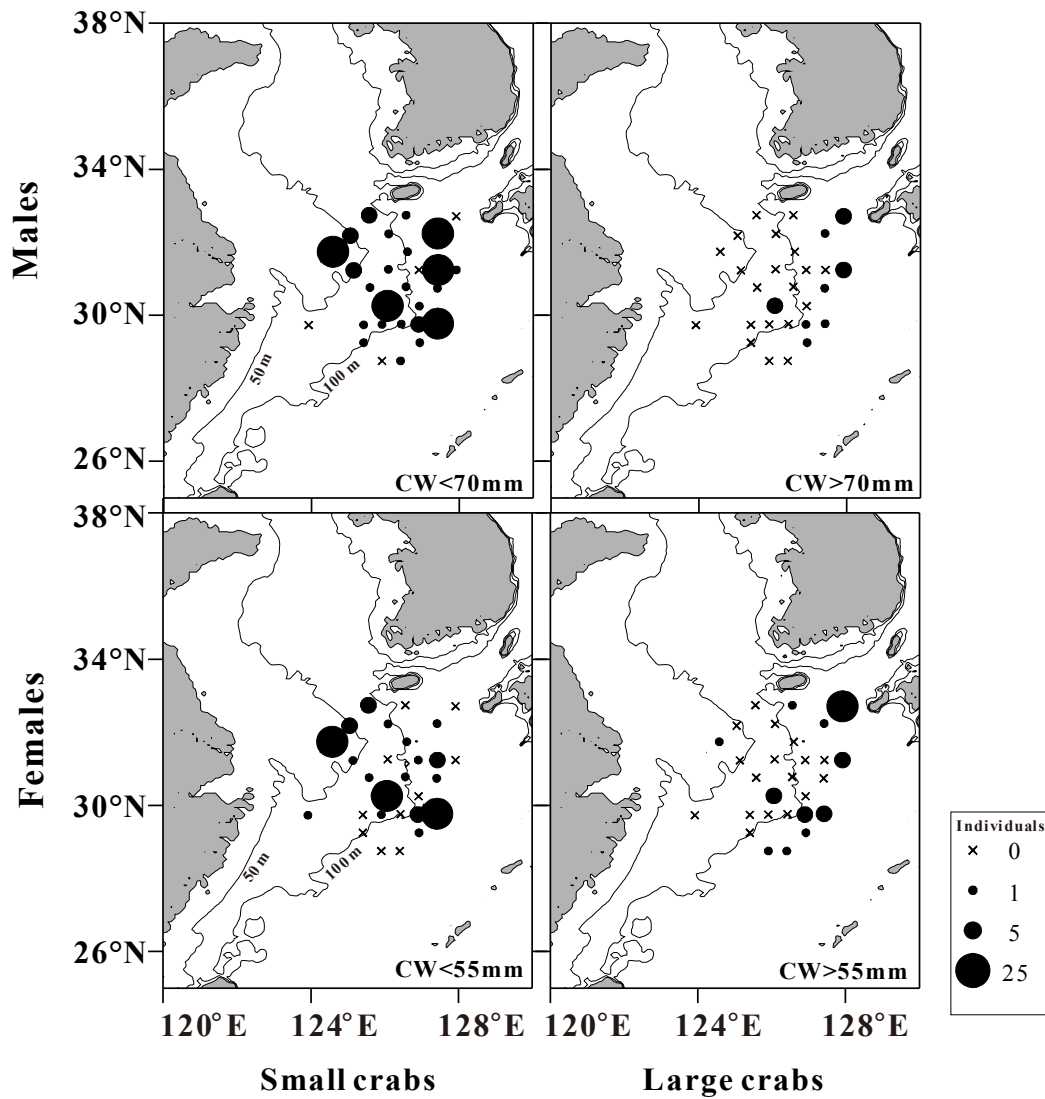


Fig. 1-5-9. Spatial distribution in catch (individuals/km²) of *Ovalipes punctatus* in the East China Sea in the late autumn of 2001. Crabs are categorized into two (large and small) groups each for males and females, based on the carapace width (CW). Data were taken by Japanese research vessels.

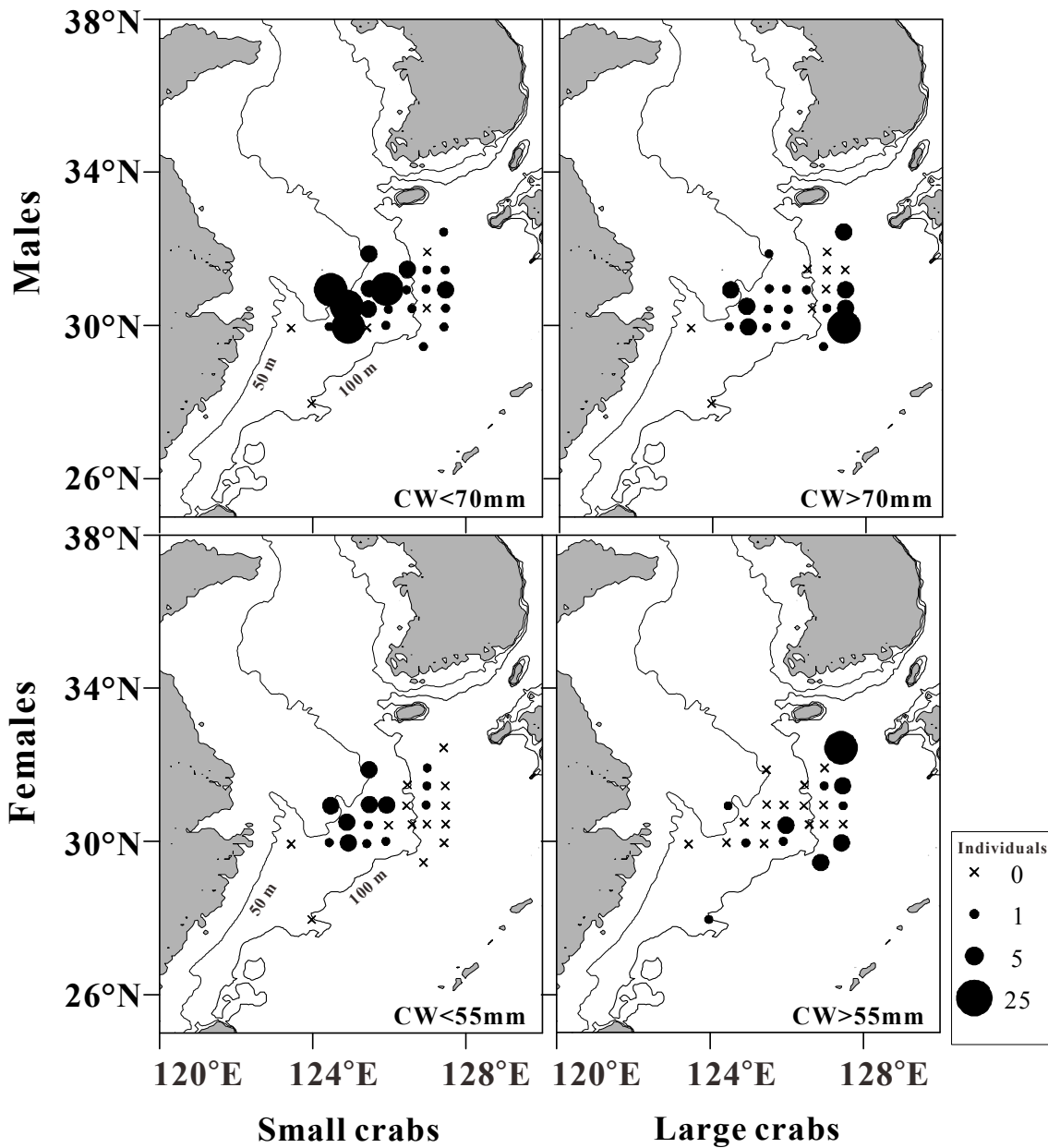


Fig. 1-5-10. Spatial distribution in catch (individuals/km²) of *Ovalipes punctatus* in the East China Sea in the winter of 2004. Crabs are categorized into two (large [left] and small [right]) groups each for males and females based on carapace width (CW).

Table 1-5-1. Sampling of crabs by Japanese research vessels from 1991 to 2007 in the East China Sea and the Yellow Sea

Period	Area	Depth range (m)
mid-Jan. to early Feb., 1991	East China Sea and Yellow Sea	34–136
mid-Jan. to early Feb., 1992	East China Sea and Yellow Sea	34–137
mid-Jan. to late Feb., 1996	East China Sea and Yellow Sea	50–152
mid-Jan. to mid-Feb., 1998	East China Sea	34–150
mid-Jan. to mid-Feb., 2001	East China Sea	44–151
mid-Feb. to mid-Mar., 2003	East China Sea	41–147
early Feb. to early Mar., 2004	East China Sea	47–147
late Jan. to late Feb., 2006	East China Sea	55–139
mid-Feb. to mid-Mar., 2007	East China Sea	53–163

Table1-5- 2. List of crabs caught in trawl surveys by Japanese research vessels during winters from 1991 to 2007 in the East China Sea and the Yellow Sea

Family	Scientific name	Mean abundance (individuals/km ²)	
		East China Sea	Yellow Sea
Calappidae	<i>Calappa lophos</i>	111.1	-
	<i>Calappa philargius</i>	4.4	-
	<i>Mursia microspina</i>	5.0	-
	<i>Mursia trispinosa</i>	0.3	-
	<i>Cancer gibbosulum</i>	0.3	53.4
	<i>Cancer spp.</i>	21.4	10.8
Dorippidae	<i>Paradorippe granulata</i>	0.5	-
Dromiida	<i>Conchoecetes articiosus</i>	13.1	-
	<i>Dromia wilsoni</i>	1.1	-
	<i>Lauridromia dehaani</i>	2.4	-
	<i>Petalomera granulata</i>	2.4	-
Epialtidae	<i>Menaethius monoceros</i>	53.6	-
	<i>Naxioides mammilata</i>	2.7	10.3
Goneplacidae	<i>Carcinoplax longimana</i>	46.3	3.3
	<i>Carcinoplax vestita</i>	8.9	8.5
Homolidae	<i>Homora orientalis</i>	0.6	-
	<i>Paromola japonica</i>	5.6	-
Inachidae	<i>Platymaia alcoki</i>	18.2	-
	<i>Platymaia fimbriata</i>	17.6	-
Leucosiidae	<i>Arcania heptacantha</i>	2.2	-
Majidae	<i>Leptomithrax edwardsii</i>	12.2	-
Oregoniidae	<i>Oregonia gracilis</i>	-	122.7
Parathenopidae	<i>Enoplolambrus sp.</i>	4.2	-
Portunidae	<i>Charybdis bimaculata</i>	10.1	116.3
	<i>Charybdis feriata</i>	4.9	-
	<i>Charybdis japonica</i>	0.6	1.5
	<i>Charybdis miles</i>	29.4	0.2
	<i>Charybdis sagamiensis</i>	9.4	-
	<i>Charybdis sp.</i>	1.1	-
	<i>Ovalipes punctatus</i>	729.3	337.7
	<i>Portunus argentatus</i>	7.5	-
	<i>Portunus gladiator</i>	24.8	0.6
	<i>Portunus sanguinolentus</i>	0.8	-
	<i>Portunus trituberculatus</i>	25.7	100.4
Raninidae	<i>Lyreidus stenops</i>	0.5	-
Xanthidae	<i>Liagore rubromaculata</i>	0.2	-
	<i>Xanthidae spp.</i>	1.1	-

- : none.

Table 1-5-3. Portunid crabs caught in winter trawl surveys by Japanese research vessels in the East China Sea and the Yellow Sea

Scientific name	Occurrence at depth range (m)	Ecological characters of crabs	
		based on water temperature*	based on water depth**
<i>Ovalipes punctatus</i>	34-163	T	E
<i>Portunus gladiator</i>	49-147	W	E
<i>Portunus trituberculatus</i>	34-75	T	S
<i>Portunus sanguinolentus sanguinolentus</i>	45-107	W	E
<i>Charybdis feriata</i>	52-96	W	S
<i>Charybdis japonica</i>	34-45	W	S
<i>Charybdis miles</i>	34-143	W	E
<i>Charybdis sagamiensis</i>	68-151	W	E

* T: temperate-water species; W: warm-water species.

** S: shallow-water species inhabiting the continental shelf less than 100 m in depth; E: eurybathic species inhabiting the continental shelf and the slope.

Table 1-5-4. Annual changes in mean abundance (individuals/km²) of portunid crabs caught in winter trawl surveys by Japanese research vessels in the East China Sea

Scientific name	Year								
	1991 <i>N</i> =42*	1992 <i>N</i> =37	1996 <i>N</i> =73	1998 <i>N</i> =50	2001 <i>N</i> =64	2003 <i>N</i> =75	2004 <i>N</i> =57	2006 <i>N</i> =42	2007 <i>N</i> =48
<i>Ovalipes punctatus</i>	402	838	700	979	455	382	267	1,770	771
<i>Portunus gladiator</i>	-	7	103	12	1	-	1	-	-
<i>Portunus trituberculatus</i>	111	57	4	2	1	1	-	3	-
<i>Portunus sanguinolentus sanguinolentus</i>	0	1	-	1	1	1	1	0	-
<i>Charybdis feriata</i>	3	4	12	10	1	3	-	-	1
<i>Charybdis japonica</i>	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Charybdis miles</i>	8	67	41	32	33	13	14	28	23
<i>Charybdis sagamiensis</i>	4	5	31	11	21	1	7	6	4
Total abundance	528	981	892	1,047	513	401	290	1,807	799
Total number of species caught	6	8	6	7	8	6	5	5	4

-: not collected.

* Number of trawls.

Table 1-5-5. Annual changes in mean abundance (individuals/km²) of portunid crabs caught in winter trawl surveys by Japanese research vessels in the Yellow Sea

Scientific name	Year		
	1991 N=21*	1992 N=28	1996 N=32
<i>Ovalipes punctatus</i>	335	647	32
<i>Portunus gladiator</i>	-	1	-
<i>Portunus trituberculatus</i>	264	37	-
<i>Charybdis japonica</i>	2	1	-
<i>Charybdis miles</i>	-	1	-
Total abundance	601	686	32
Total number of species caught	3	5	1

-: not caught.

* Number of trawls.

第6節 ウマヅラハギ属魚類交雑魚の出現

1998～2001年に東シナ海において行われた着底トロール調査および1999年に行われた長崎魚市場の水揚物調査によって、種の帰属が不明なカワハギ科魚類7個体が採集された。これらの個体は、腰骨後端にある鞘状鱗が不動で2節からなること、背鰭第1棘側面には斜め下方に向く小棘が多数散在すること、背鰭と臀鰭軟条が30～40本の範囲にあることからウマヅラハギ属 *Thamnaconus* に属する(Hutchins, 1977)ことが明らかであったが、北太平洋西部に分布するウマヅラハギ属7種のいずれにも同定できなかった。一方、東シナ海では、ウマヅラハギとサラサハギが多獲されており(時村ほか, 1998)、今回の種の帰属が不明な個体は、両種と非常に類似した形態学的特徴を有していた。

そこで、この帰属不明個体を東シナ海で採集されたウマヅラハギとサラサハギと形態学的な比較を行い、帰属不明個体がウマヅラハギとサラサハギの雑種である可能性を検討した。

材料と方法

観察に供した標本は、1998～2001年に合計5回の調査船調査で得られた帰属不明個体の7個体、1999年5月と7月に新長崎漁港へ水揚げされた以西底びき網漁業の漁獲物(Fig. 1-6-1)に加えて、比較に用いたウマヅラハギ38個体とサラサハギ72個体である。標本は西海区水産研究所(SNFR)および京都大学総合博物館(FAKU)に保管しており、詳細は以下のとおりである。

帰属不明個体(雄1個体):SNFR 10387, 標準体長214 mm, 新長崎漁港, 東シナ海 28.5°N, 126.5°E; 28.5°N, 126°E; 28°N, 126°E; 28°N, 126.5°E の4点により囲まれる海域(農林漁区474区), 1999年5月21日。

帰属不明個体(雌5個体):SNFR 10386, 標準体長223 mm, 29.68°N, 126.68°E, 1999年1月25日; SNFR 10388, 標準体長122 mm, 新長崎漁港, 東シナ海 28.5°N, 126.5°E; 28.5°N, 126°E; 28°N, 126°E; 28°N, 126.5°E の4点により囲まれる海域(農林漁区474区), 1999年5月21日; FAKU 81549, 標準体長164 mm, 32.37°N, 127.77°E, 2000年6月17日; FAKU 81550, 標準体長221 mm, 31.25°N, 127.92°E, 2001年1月19日; FAKU 81551, 標準体長133 mm, 30.8°N, 127.5°E, 2001年10月14日。

帰属不明個体(性別不明1個体):SNFR 10385, 標準体長148 mm, 東シナ海, 1998年12月28日。

ウマヅラハギ(雄19個体):SNFR 10332, 10334, 10335, 10337, 10339, 10340, 10343, 10344, 10346, 10348, 標準体長204～276 mm, FAKU 81498, 81499, 81501, 81503, 81505, 81507, 81508, 81510, 81512, 標準体長205～289 mm, 新長崎漁港, 東シナ海, 27°N,

124°E; 27°N, 123.5°E; 26.5°N, 123.5°E; 26.5°N, 124°E の 4 点により囲まれる海域(農林漁区 527 区), 1999 年 7 月 15 日。

ウマヅラハギ(雌 19 個体): SNFR 10330, 10331, 10333, 10336, 10338, 10341, 10342, 10345, 10347, 10349, 標準体長 204~268 mm, FAKU 81496, 81497, 81500, 81502, 81504, 81506, 81509, 81511, 81513, 標準体長 181~242 mm, 新長崎漁港, 東シナ海, 27°N, 124°E; 27°N, 123.5°E; 26.5°N, 123.5°E; 26.5°N, 124°E の 4 点により囲まれる海域(農林漁区 527 区), 1999 年 7 月 15 日。

サラサハギ(雄 39 個体): SNFR 10353, 10355, 10356, 10358, 10359, 標準体長 103~126 mm, FAKU 81517, 81519, 81520, 81522, 81523, 標準体長 110~139 mm, 27.18°N, 125.35°E; SNFR 10465, 標準体長 141 mm, 1999 年 2 月 7 日, 2000 年 5 月 29 日, 26.38°N, 123.92°E; SNFR 10361, 10363~10367, 10369, 10371, 10372, 10376, 10379~10382, 標準体長 91~122 mm, FAKU 81524, 81526, 81527, 81529~81531, 81533, 81535, 81536, 81541~81544, 81546, 標準体長 80~114 mm, 29.03°N, 126.05°E, 2000 年 11 月 3 日。

サラサハギ(雌 33 個体): SNFR 10350~10352, 10354, 10357, 標準体長 102~114 mm, FAKU 81514~81516, 81518, 81521, 標準体長 103~106 mm, 27.18°N, 125.35°E, 1999 年 2 月 7 日; SNFR 10466, 標準体長 116 mm, 26.38°N, 123.92°E, 2000 年 5 月 29 日; SNFR 10360, 10362, 10368, 10370, 10373~10375, 10377, 10378, 10383, 10384, 標準体長 89~105 mm, FAKU 81525, 81528, 81532, 81534, 81537~81540, 81545, 81547, 81548, 標準体長 78~114 mm, 29.03°N, 126.05°E, 2000 年 11 月 3 日。

計数計測方法は Hutchins(1977)に従った。ただし, 頭高は眼の中央部と鰓孔の中心部を通過する直線上の体上端と体下端の距離, 頭幅は眼の中央部と鰓孔の中心部を通過する直線上の最大幅, 第 2 背鰭前長は第 2 背鰭基部前端から上顎先端までの直線距離, 躯幹長は鰓膜後端から肛門までの距離, 尾部長は肛門から尾鰭基底までの距離, 体高は腹部膜状部を下方いっぱいには伸ばし, その鞍状鱗の先端部分からその直上の体の背縁までの直線距離とした。これらに加えて, 背鰭第 1 棘の側面および前面の棘列, 鞍状鱗の形態を観察した。雌雄の判別は生殖腺を直接観察して行った。また, 生鮮時の色彩および尾鰭の形状を比較した。

特徴を客観的に定量化する目的で, 帰属不明個体とウマヅラハギ, サラサハギの計測形質(21 形質)について主成分分析を行った。なお, ウマヅラハギとサラサハギは雌雄で体型が異なることが知られているため(海老名, 1932; 銭ほか, 1999), 雌雄毎に主成分分析を行った。未成熟個体を除外する目的で, ウマヅラハギでは雌の成熟率が 50%以上となる体長約 20 cm(杉浦・多部田, 1997; 朴, 1985)より大型の個体を, サラサハギでは雌の大部分が成熟するとされる 10 cm(銭ほか, 1999)より大型の個体を用いた。帰属不明個体のうち SNFR 10385 は性別が不明のため主成分分析から除外した。

結 果

帰属不明個体の計数形質および計測形質を Table 1-6-1 に、ウマヅラハギとサラサハギの計数形質および計測形質を Table 1-6-2 に示した。帰属不明個体の胸鰭軟条数は 34～37, 背鰭軟条数は 33～35, 臀鰭軟条数は 14～15 であり, ウマヅラハギとサラサハギの中間の値であった (Tables 1-6-1～1-6-3)。ウマヅラハギとサラサハギの計数形質は, 背鰭軟条数, 臀鰭軟条数, 胸鰭軟条数が t 検定により 0.1%水準で有意に異なっていた (Table 1-6-2)。

帰属不明個体の各形質は, 1 個体の臀鰭前長を除いて, 全個体の全形質がウマヅラハギとサラサハギのいずれか, あるいは両種と共通する計測値を示した (Table 1-6-4)。ウマヅラハギとサラサハギとの計測形質 (標準体長に対する百分率) は, 第 1 背鰭前長, 第 2 背鰭前長, 肛門前長, 頭長, 吻長, 眼窩径, 頭幅, 両眼間隔, 体高, 体幅, 尾柄高および尾部長が雌雄とも, t 検定により 0.1%水準で有意に異なっており, さらに, 雄では臀鰭前長, 胸鰭前長, 軀幹長および尾柄長が, 雌では吻長が 5%水準で有意に異なっていた (Table 1-6-2)。

背鰭第 1 棘の形態は, 帰属不明個体 (SNFR 10385～10388) では, 両側面に下向きに生えた大きい棘が各 1 列, 前面には小棘がややまばらに生え, 基部から先端に向かって, 下向きに生えた大～中程度の棘が 2 列生えていた。基部付近では痕跡的になる場合もあったものの棘列が確認できた。先端部ではやや小さくなる程度で, 痕跡的にはなっていなかった。同じく帰属不明個体 (FAKU 81549～81551) では, 両側面に下向きの大きい棘が各 1 列, 前面には小棘がややまばらに生えていた。前面には中程度の棘が 2 列あり, 基部付近では棘列が不明確であった。先端部は欠損していたため不明であった。ウマヅラハギでは, 両側面に下向きに生えた大きい棘が各 1 列, 前面には小棘が密生し, 基部よりすこし離れた場所から下向きの中程度の棘 2 列が先端に向かって生え, 先端部では次第に小さく痕跡的であった。サラサハギでは, 両側面に下向きに生えた大きい棘が各 1 列, 前面には小棘がややまばらに生え, 基部から先端に向かって, 下向きに生えた大～中程度の棘が 2 列生えていた。基部付近では痕跡的になる場合もあるものの棘列が確認でき, 先端部ではやや小さくなる程度で, 痕跡的にはなっていなかった (Fig. 1-6-2)。

尾鰭の形態は, 帰属不明個体 (SNFR10386～10387; FAKU 81549～81550) では, 軽微な二重湾入形であった。他の帰属不明個体 (SNFR 10385, 10388; FAKU 81551) は二重截形であった。ウマヅラハギでは全ての個体で二重截形, サラサハギでは全ての個体で二重湾入形であった。

生鮮時の色彩は, 帰属不明個体の雄 (SNFR 10387, Fig. 1-6-3A) では, 背鰭と臀鰭は鰭条の縁辺部が淡黄色を示し, 他の部分はウマヅラハギと同じ青色であった。尾鰭は基部および端部に幅広い暗色横帯があり, 鰭条全体がウマヅラハギと同じ濃青色を呈し, 体側の

斑紋はウマヅラハギに見られるような少数の大型の暗褐色斑ともサラサハギのような多数の小型の茶褐色雲状斑とも異なり、多数の小型の茶褐色斑が散在した。

帰属不明個体の雌(FAKU 81549, Fig. 1-6-3B)および性別不明の個体(SNFR 10385)では、背鰭、臀鰭および胸鰭の各鰭条の端部付近が全ての個体で淡黄色であり、基部から端部付近までが緑～青緑色である。尾鰭は全ての個体で基部および端部に幅広い暗色横帯があり、尾鰭鰭条は青緑色か、ウマヅラハギと同色の濃青色であった。体側には、色も相対的な大きさもウマヅラハギとサラサハギの間である茶褐色雲状斑が散在する。また、帰属不明の2個体(FAKU 81549～81550)にはサラサハギに見られるような黄色小斑点が観察された。計測値の差、背鰭第1棘の形態、および生鮮時の色彩の関係に明瞭な傾向はみられなかった。

計測形質に基づく主成分分析の結果を Tables 1-6-5, 1-6-6 および Fig. 1-6-4 に示した。第1主成分は、雄雌ともに頭長、第2背鰭前長、頭幅、両眼間隔、尾柄高、眼窩径の標準体長比に高い正のベクトルが、背鰭長、臀鰭長の胸鰭長比に高い負のベクトルが与えられた。正の領域では体の前半部が大きく、体幅が厚く、負の領域では体の前半部が小さく、体幅が狭くなることから体型の特徴を示す軸であると解釈された。雄では第1主成分の値-0.5より負の領域にウマヅラハギ、正の領域にサラサハギと明瞭に分離されたが、帰属不明個体の雄はウマヅラハギの90%信頼楕円内に含まれた(Table 1-6-5, Fig. 1-6-4A)。雌では第1主成分の値が負の領域にウマヅラハギ、正の領域にサラサハギと明瞭に分離されたが、帰属不明個体の雌の5個体は、ウマヅラハギの90%信頼楕円の右端に1個体、サラサハギの90%信頼楕円の左端に2個体、残る2個体がそれらの領域の間に配置された(Table 1-6-6, Fig. 1-6-4B)。

考 察

帰属不明個体は、北太平洋西部に分布するウマヅラハギ属7種と比較すると、ナンカイウマヅラハギとは背鰭・臀鰭が低くないこと(Günther, 1874)、キビレカワハギとは体側に斑紋があること(Barnard, 1927)、*T. striatus*とは体側に縞模様がないこと(Kotthaus, 1979)、ウマヅラハギとゴイシウマヅラハギとは尾鰭に暗色横帯が出現すること(Günther, 1877; Matsuura & Tyler, 1997)、アズキウマヅラとは頭部に2本の暗色帯がないこと(Matsuura, 1999)、サラサハギとは背鰭・臀鰭・胸鰭・尾鰭が緑～濃青色であること(Cope, 1871; 山田ほか, 2007)によって区別できる。

帰属不明個体の計数形質は、ウマヅラハギとサラサハギの中間的値を示し(Table 1-6-3)、計測形質も2種のどちらかに帰属するか、中間の値を示した(Table 1-6-4)。また、主成分分析の結果、帰属不明個体の雄は、ウマヅラハギの90%信頼楕円内のサラサハギの領域寄りに、雌も両種の90%信頼楕円内か、それらの領域の中間にかけて位置した(Fig. 1-6-4)。

背鰭第1棘の形態は、ウマヅラハギあるいはサラサハギのいずれかに近い形態、または両者の中間的な形態であった。尾鰭の形状では、ウマヅラハギに近い形態をもつ個体と、サラサハギに近い形態をもつ個体が出現した。

生鮮時の色彩と斑紋は、雄の体側の斑紋でウマヅラハギとサラサハギのいずれとも類似性が低いという特徴が認められたが、雌の体側斑紋と体側斑紋以外の形質においては、ウマヅラハギとサラサハギの両種の特徴の一部とそれらの中間的な特徴をもっていた。なお、生鮮時の体色において、帰属不明個体の共通の形質である背鰭・臀鰭・胸鰭・尾鰭が緑～濃青色を呈するのはウマヅラハギの標徴であり(山田ほか, 2007), また体側には茶褐色の小斑や雲状斑が散在し、尾鰭の基部および端部に暗色横帯が存在するのはサラサハギの標徴である(Matsuura & Tyler, 1997; 山田ほか, 2007)。

以上のように、帰属不明個体はウマヅラハギ属の他の7種のいずれにも帰属しないものの、計測形質、計数形質、尾鰭形状、第1背鰭形状、色彩、斑紋などの形質について、ウマヅラハギとサラサハギのいずれかの特徴をモザイク的に有しているか、もしくは中間的な特徴を有していることが判明した。馬淵ほか(1999)は、ササノハベラ属のホシササノハベラとアカササノハベラの交雑種を報告しており、その交雑種は、親種のホシササノハベラとアカササノハベラの色、斑紋、尾鰭の形状が中間型であるとしている。また、Smith(1973)は雑種の形態形質は親種の中間値をとることが多いとしている。東シナ海においてウマヅラハギとサラサハギは季節移動を行っており、産卵期およびその前後に分布域が重なるが、他の時期には分布の中心が異なる(鄭ほか, 1987; 銭ほか, 1999)。1986年から1991年に西海区水産研究所によって実施された調査の結果においても、産卵期である4～6月にウマヅラハギとサラサハギの分布域が重複していることが示され(Fig. 1-6-5)、帰属不明個体も両種の分布域あるいはそのごく近傍で採集されている(Fig. 1-6-11)。カワハギ科魚類の産卵行動には、ペア産卵の他に群れ産卵も見られることが知られていることから(川瀬, 1998)、ウマヅラハギとサラサハギの産卵期が重複することにより、狭い産卵場所に両種の親魚が集中した結果、自然交雑が生じる可能性が十分考えられる。

以上のことから、今回形態の観察を行った、東シナ海より採集されたカワハギ科ウマヅラハギ属の帰属不明個体は、独立種とみなすより、むしろ、東シナ海で多獲されるウマヅラハギとサラサハギの交雑個体である可能性が高いと判断される。

ウマヅラハギとサラサハギの生態特性に着目すると、前者は温帯性浅海性種、後者は暖水性沖合性種である。両種のニッチは類似しており同属で形態もよく似ていることからウマヅラハギが内湾型、サラサハギが黒潮型のペア種(馬淵, 2012)であるといえる。ペア種の関係にあるアカササノハベラとホシササノハベラ、イシダイとイシガキダイの組み合わせでも交雑個体が報告されている。これまでにカワハギ科の種間交雑は報告されていないが、ペア種の関係にある種間では部分的な産卵期の重複がみられる場合に交雑が発生する可能性があることが示された。種間交雑は、環境に騒乱が発生した時に頻度が高くなるとされ

る(Smith, 1973)。ウマヅラハギは1960年代に顕著な資源量増大がみられた。また、中国と韓国により盛んに漁獲され1990年までに両国で40万トン強の漁獲量があったが、1995年には1万トン以下に激減した。このような強い漁獲圧が沿岸域に加えられたことにより、沿岸域の産卵場が劣化したため、沖合域の産卵場に親魚が集中し交雑頻度が上昇した可能性が考えられる。

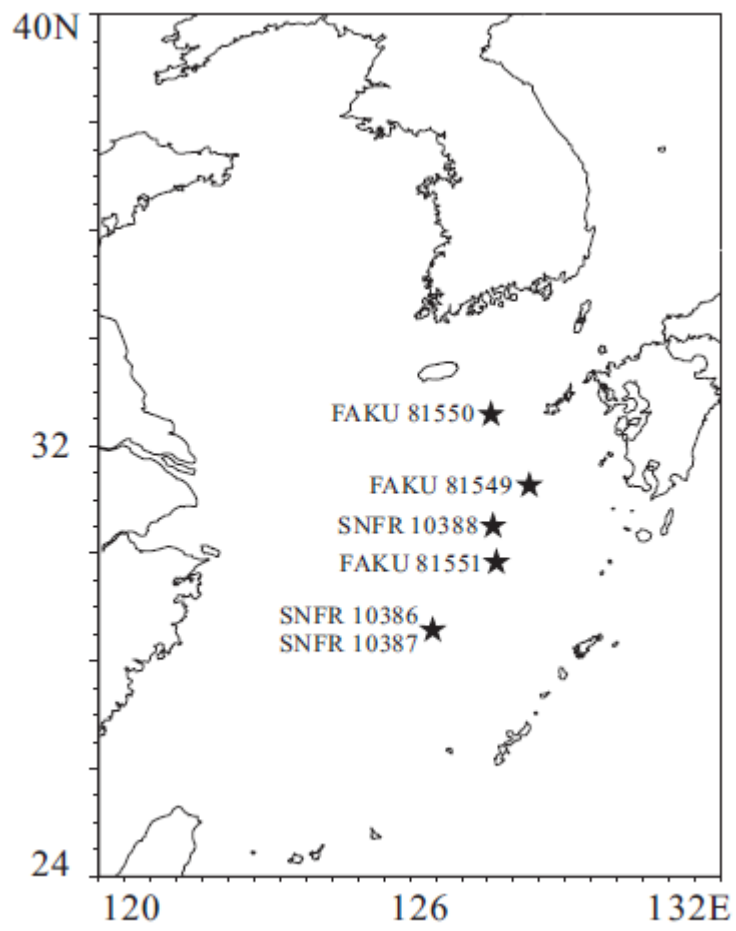


Fig. 1-6-1. Collection sites of *Thamnaconus* sp. in the East China Sea.

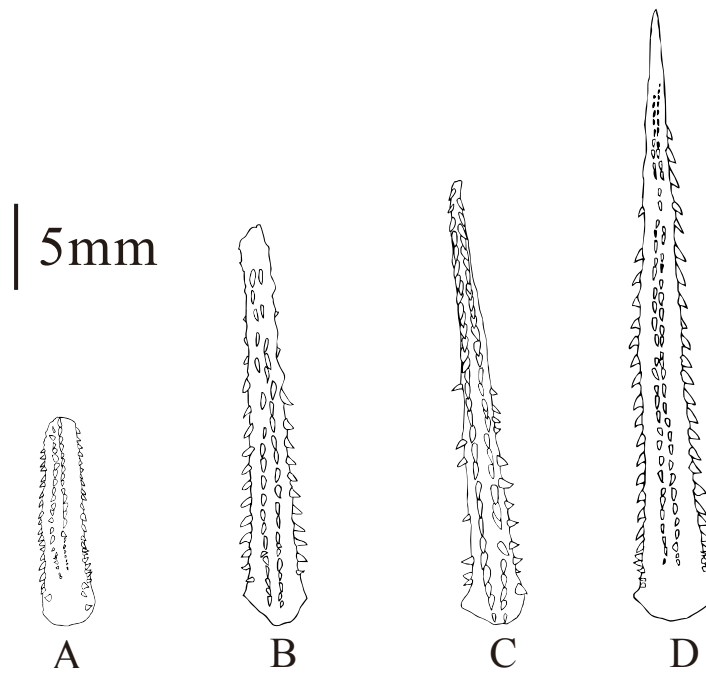


Fig. 1-6-2. Morphologic feature of the spinous dorsal fin. A, *Thamnaconus* sp., FAKU 81550; B, *Thamnaconus* sp., SNFR 10385; C, *T. hypargyreus*, FAKU 81522; and D, *T. modestus*, FAKU 81496. Specimens are deposited at the Faculty of Agriculture, Kyoto University (FAKU) and the Seikai National Fisheries Research Institute (SNFR).

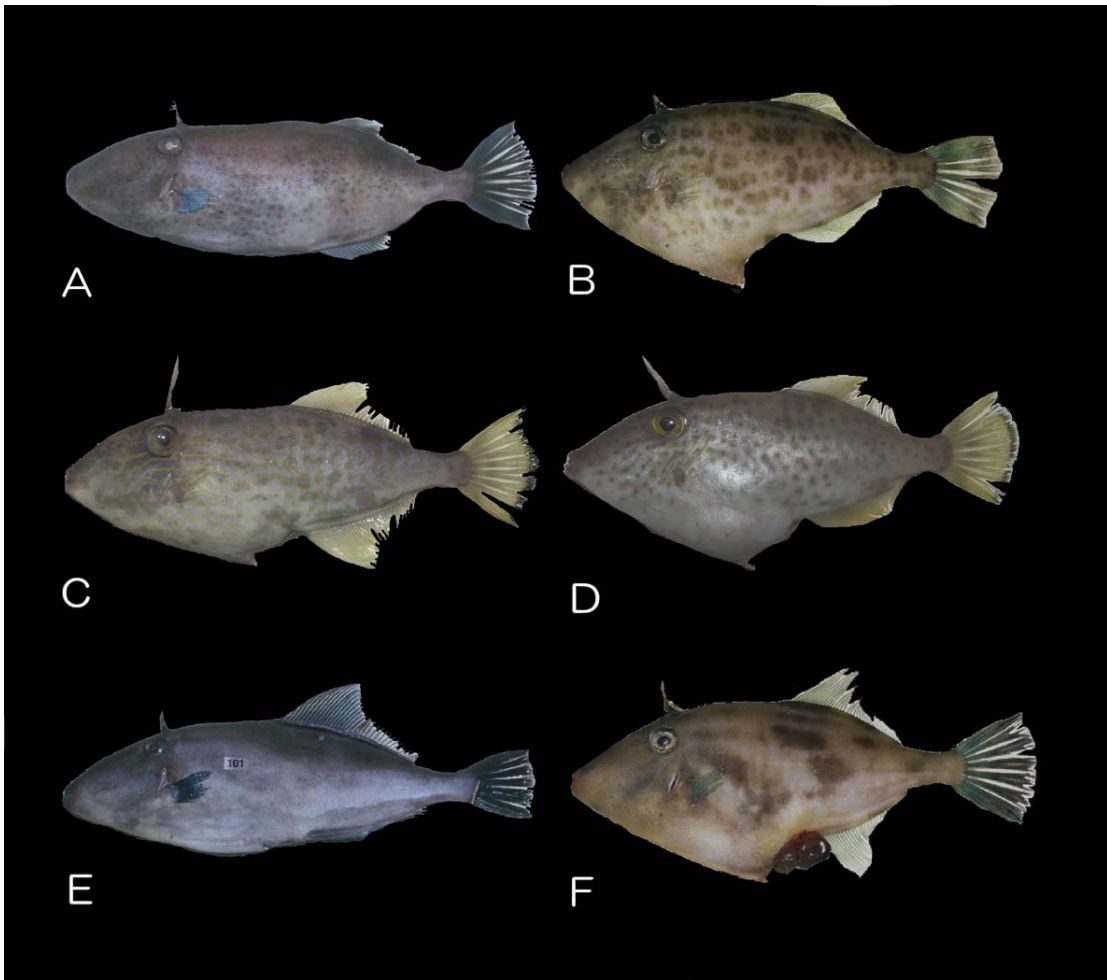


Fig. 1-6-3. Lateral views of *Thamnaconus* sp., *T. modestus*, and *T. hypargyreus*. A, *Thamnaconus* sp. (male), SNFR 10387, 223 mm standard length (SL); B, *Thamnaconus* sp. (female), FAKU 81549, 164 mm SL; C, *T. hypargyreus* (male), SNFR 10465, 141 mm SL; D, *T. hypargyreus* (female), SNFR 10466, 116 mm SL; E, *T. modestus* (male), FAKU 81512, 289 mm SL; and F, *T. modestus* (female), FAKU 81506, 181 mm SL. Specimens are deposited at the Faculty of Agriculture, Kyoto University (FAKU) and the Seikai National Fisheries Research Institute (SNFR).

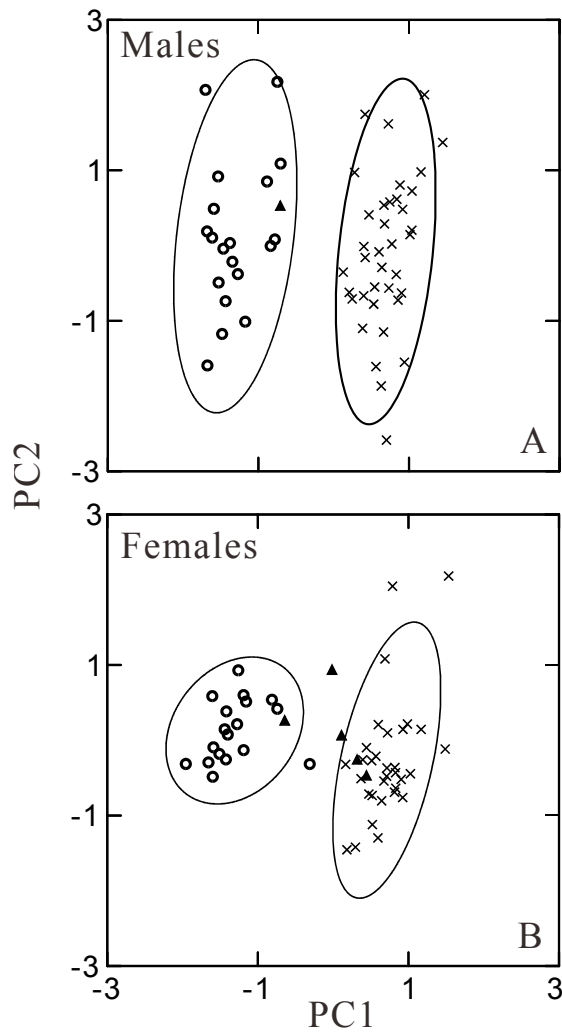


Fig. 1-6-4. Plots of individual scores of principal components 1 (PC1) and 2 (PC2). *Thamnaconus* sp. (solid triangles), *T. modestus* (open circles), and *T. hypargyreus* (crosses). Confidence ellipses (90%).

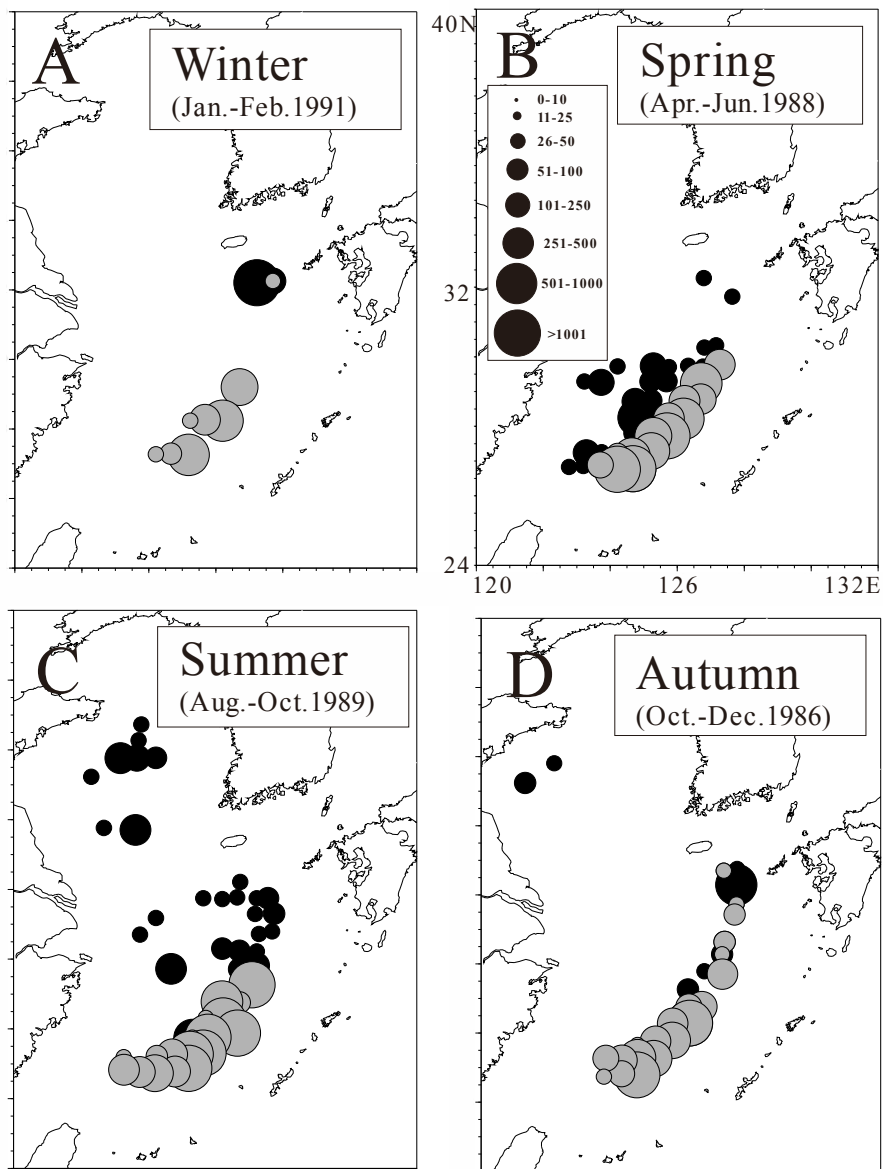


Fig. 1-6-5. Collection sites of *Thamnaconus modestus* and *T. hypargyreus* in the East China Sea and the Yellow Sea in four seasons. Abundance of *T. modestus* (solid circles) and *T. hypargyreus* (shaded circles) is standardized to the number of fishes caught per 30 minutes.

Table 1-6-1. Counts and proportional measurements of *Thamnaconus* sp.

Characters	SNFR 10385	SNFR 10387	SNFR 10386	SNFR 10388	FAKU 81549	FAKU 81550	FAKU 81551	(range)
Sex	unknown	male	female	female	female	female	female	
Counts	II -37	II -34	II -35	II -35	II -37	II -35	II -36	II -35-37
Dorsal fin rays	35	33	34	33	33	34	33	33-34
Anal fin rays	14	14	14	14	14	14	15	14-15
Pectoral fin rays	12	12	12	12	12	12	12	12
Caudal fin rays	33	—	—	—	—	—	—	—
Gill rakers	—	—	—	—	—	—	—	—
Measurements as % of standard length								
Preanal length	56.5	61.6	58.9	62.6	60.8	62.2	61	58.9-62.6
Body depth	45.3	38	40.1	48.2	48	49	49.6	40.1-49.6
Body width	12.8	11.9	12.3	14.7	13.3	13.8	12.6	12.3-14.7
Head length	28.6	28.9	27.4	30.1	30.1	28.2	30.2	27.4-30.2
Head width	11.9	12.7	12.2	13.6	13.1	13.2	12.9	12.2-13.6
Head depth	34.5	31	33.6	38.7	38.5	38.6	39.7	33.6-39.7
Trunk length	32.8	35.2	36.5	36.5	34.5	40	35.6	34.5-40.0
Tail length	49.6	45.7	52.1	48.5	47.3	49.1	48.9	47.3-52.1
Snout length	22.2	24.6	22.6	24	24.6	24.2	24.1	22.6-24.6
Orbital diameter	8.3	7.3	6.4	8.9	8.2	7.4	8.6	6.4-8.9
Interorbital width	8.3	7	7.6	8.7	8.6	8.9	9	7.6-9.0
Predorsal fin length (first)	27.9	30.5	28.5	31.1	31.3	30.1	30.6	28.5-31.3
Predorsal fin length (second)	59	58.9	56.4	59.8	60	60.1	60.3	56.4-60.3
Prepectoral fin length	30.8	30.8	28.3	33.3	31.9	29.7	32.3	28.3-33.3
Preanal fin length	60.6	57.7	62.5	64.3	63.4	65.1	64.7	62.5-65.1
Depth of caudal peduncle	8.2	6.8	8	7.9	8.4	8.1	8.6	7.9-8.6
Length of caudal peduncle	14.8	15.5	16.5	14.6	16.7	17	15.6	14.6-17.0

Table1-6-2. Counts and proportional measurements of *T. modestus* and *T. hypargyreus*.

Characters	<i>T. modestus</i>		<i>T. hypargyreus</i>		Significant difference	
	male	female	male	female	male	female
Sex						
Number of individuals	19	19	39	33	—	—
Total length (mm)	245-337	226-315	104-173	99-143	***	***
Standard length (mm)	204-289	181-268	80-139	78-114	***	***
Counts						
Dorsal fin rays	36-39	37-40	33-35	33-35	***	***
Anal fin rays	33-36	34-37	31-34	31-34	***	***
Pectoral fin rays	14-16	14-16	12-14	12-14	***	***
Caudal fin rays	12	12	12	12	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Gill rakers	—	—	—	—	—	—
Measurements as % of standard length						
Preanal length	55.1-62.0	56.8-61.1	57.2-66.9	57.7-65.3	***	***
Body depth	32.5-41.7	29.4-42.7	38.5-54.5	41.0-54.6	***	***
Body width	10.3-12.4	9.4-12.0	11.0-14.1	11.3-23.1	***	***
Head length	25.4-29.2	25.8-29.7	29.4-40.5	29.2-33.7	***	***
Head width	9.4-12.7	10.1-12.4	11.9-14.0	12.0-14.0	***	***
Head depth	26.3-33.2	27.3-34.8	31.9-53.0	33.7-47.5	***	***
Trunk length	30.9-37.2	33.2-38.4	30.1-35.0	30.3-36.2	*	<i>n.s.</i>
Tail length	43.2-49.3	45.1-50.1	44.4-53.2	46.1-51.6	***	***
Snout length	21.1-24.9	20.3-23.5	22.5-30.8	23.2-25.8	***	**
Orbital diameter	5.4-7.5	5.4-6.9	8.6-11.1	9.1-11.3	***	***
Interorbital width	6.1-7.6	6.2-7.9	8.1-9.2	8.1-9.8	***	***
Predorsal fin length (first)	26.3-30.3	24.9-29.3	29.0-33.2	29.8-33.4	***	***
Predorsal fin length (second)	53.3-60.0	53.6-60.8	57.9-64.8	59.2-66.2	***	***
Prepectoral fin length	26.7-31.6	28.2-30.9	29.8-58.0	30.2-58.1	**	***
Preanal fin length	60.2-65.0	49.9-66.9	61.9-66.7	62.0-68.4	**	**
Depth of caudal peduncle	6.1-7.9	6.5-8.7	7.4-10.2	7.8-10.3	***	***
Length of caudal peduncle	14.3-17.1	15.2-17.5	13.8-17.0	13.6-16.9	*	***

$p < 0.001$ (***), $p < 0.01$ (**), $p < 0.05$ (*), not significant(*n.s.*).

Table 1-6-3. Meristic characters of *Thamnaconus* sp. compared with those of *T. modestus* and *T. hypargyreus*

	Dorsal fin rays								<i>n</i>
	33	34	35	36	37	38	39	40	
<i>Thamnaconus</i> sp.	-	1	3	1	2	-	-	-	7
<i>T. modestus</i>	-	-	-	1	14	15	7	1	38
<i>T. hypargyreus</i>	23	35	14	-	-	-	-	-	72

	Anal fin rays							<i>n</i>
	31	32	33	34	35	36	37	
<i>Thamnaconus</i> sp.	-	-	4	2	1	-	-	7
<i>T. modestus</i>	-	-	1	8	17	10	2	38
<i>T. hypargyreus</i>	13	25	29	5	-	-	-	72

	Pectoral fin rays					<i>n</i>
	12	13	14	15	16	
<i>Thamnaconus</i> sp.	-	-	6	1	-	7
<i>T. modestus</i>	-	-	2	27	9	38
<i>T. hypargyreus</i>	10	57	5	-	-	72

Table 1-6-4. Comparisons of proportional measurements of *Thamnaconus* sp. with those of *T. modestus* and *T. hypargyreus*.

Characters	SNFR 10387	SNFR 10386	SNFR 10388	FAKU 81549	FAKU 81550	FAKU 81551
Sex	male	female	female	female	female	female
Measurements as % of standard length						
Preal length	▲	▲	×	▲	×	▲
Body depth	?	▲	×	×	×	×
Body width	▲	×	×	×	×	×
Head length	?	?	×	×	?	×
Head width	×	▲	×	×	×	×
Head depth	?	?	×	×	×	×
Trunk length	?	▲	▲	×	?	▲
Tail length	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Snout length	▲	?	×	×	×	×
Orbital diameter	?	?	▲	▲	▲	▲
Interorbital width	?	?	×	×	×	×
Predorsal fin length (first)	×	?	×	×	×	×
Predorsal fin length (second)	▲	?	▲	▲	▲	▲
Prepectoral fin length	▲	?	×	×	?	×
Preal fin length	*	▲	▲	▲	▲	▲
Depth of caudal peduncle	?	?	?	×	?	×
Length of caudal peduncle	▲	▲	×	▲	?	▲

?) Included only within the range of *T. modestus* .

▲) Included within both the ranges of *T. modestus* and *T. hypargyreus* or in the middle of the two values.

×) Included only within the range of *T. hypargyreus* .

*) Not included within either of the ranges of *T. modestus* and *T. hypargyreus* .

Table 1-6-5. Characteristic vectors and characteristic root with their cumulative contribution for the first two principal components based on meristic data for the male of *Thamnaconus* sp., *T. modestus*, and *T. hypargyreus*

	PC1	PC2
Characteristic vectors		
Total length (% SL)	0.266	-0.000
Body depth (% SL)	0.258	-0.009
Body width (% SL)	0.199	-0.084
Head length (% SL)	0.229	0.012
Head depth (% SL)	0.262	0.022
Head width (% SL)	0.260	-0.015
Trunk length (% SL)	-0.056	0.543
Preanal length (% SL)	0.168	0.459
Tail length (% SL)	0.131	-0.450
Snout length (% SL)	0.218	0.069
Length of orbit (% SL)	0.272	-0.049
Interorbital width (% SL)	0.276	-0.031
Predorsal fin length (first) (% SL)	0.250	0.042
Predorsal fin length (second) (% SL)	0.265	0.007
Prepectoral fin length (% SL)	0.097	-0.277
Preanal fin length (% SL)	0.138	0.333
Depth of caudal peduncle (% SL)	0.267	0.017
Length of caudal peduncle (% SL)	-0.085	-0.275
Length of dorsal fin (% PFL)	-0.265	0.036
Length of anal fin (% PFL)	-0.262	0.082
Length of caudal fin (% PFL)	0.093	0.060
Characteristic root	11.849	2.000
Cumulative contribution	0.564	0.660

PFL: pectoral fin length

Table 1-6-6. Characteristic vectors and characteristic root with their cumulative contribution for the first two principal components based on meristic data for the female of *Thamnaconus* sp., *T. modestus*, and *T. hypargyreus*

	PC1	PC2
Characteristic vectors		
Total length (% SL)	0.251	-0.128
Body depth (% SL)	0.168	-0.185
Body width (% SL)	0.165	-0.178
Head length (% SL)	0.282	0.040
Head depth (% SL)	0.215	-0.128
Head width (% SL)	0.255	0.204
Trunk length (% SL)	-0.007	0.378
Preanal length (% SL)	0.193	0.282
Tail length (% SL)	0.168	0.197
Snout length (% SL)	0.140	0.197
Length of orbit (% SL)	0.277	-0.009
Interorbital width (% SL)	0.267	0.170
Predorsal fin length (first) (% SL)	0.281	-0.009
Predorsal fin length (second) (% SL)	0.281	-0.010
Prepectoral fin length (% SL)	0.148	0.046
Preanal fin length (% SL)	0.192	0.158
Depth of caudal peduncle (% SL)	0.267	0.131
Length of caudal peduncle (% SL)	-0.066	0.569
Length of dorsal fin (% PFL)	-0.266	0.157
Length of anal fin (% PFL)	-0.269	0.122
Length of caudal fin (% PFL)	0.152	-0.348
Characteristic root	11.225	2.273
Cumulative contribution	0.535	0.643

PFL: pectoral fin length

第2章 底生生物群集の季節変動

東シナ海と黄海では、海洋構造が大きな空間スケールで季節によって変化する。本章では、主要な水塊の季節分布と消衰を記録し、それらの水塊と生物群集の関係を検討する。

第1節 材料と方法

調査方法

調査は1986～1989年と1991年に行われた。調査海域、調査点の設定、漁具と船舶、曳網、採集標本の処理、環境要因の測定および解析対象種は、第1章第1節に準ずる。調査時期は年によって異なっていたが、気象庁の四季区分に基本的に従って、以下のように四季を区別した：春夏季、1987年5月27日～7月21日、1988年4月15日～6月9日；夏季、1989年8月17日～10月14日（第1章4節では秋季に含めた）；秋季、1986年10月20日～12月17日；冬季、1991年1月14日～2月6日。

解析方法の補足

各節ごとの解析方法の詳細は節内に記載した。

生物の標準和名と学名

本章で述べる生物は、原則として標準和名のみを記した。巻末に標準和名と学名の対照表を添付した（Appendix tables 1-1～1-4）。

第2節 環境要因の季節変化

黄海沖合域の底層には、季節を通して10°C以下の黄海冷水が存在するが（深瀬, 1975; 近藤, 1985; Chen *et al.*, 1994）、冬季には黄海暖流（黒潮系水）が優勢となるため、黄海南部まで中間暖水が北上する（深瀬, 1975; Chen *et al.*, 1994）。一方、東シナ海南部の底層には黒潮系水由来の南部底層水が存在し、季節を通して安定した高水温と高塩分の環境を呈する（深瀬, 1975）。さらに、東シナ海の北～中部は、夏～秋季に長江からの流出量が増大による低塩分の海域の張り出しがみられる（Chen *et al.*, 1994）。このように東シナ海と黄海は、水平方向や季節によって環境傾度は大きく変化する。

本研究では、東シナ海の沖合域において4つの異なる季節に実施された着底トロール調査を基に、東シナ海と黄海の底層の水塊の水平分布を比較し、水塊配置の季節変化を検討した。

材料と方法

初夏季(1987年), 晩春季(1988年), 夏季(1989年), 冬季(1991年)において実施された着底トロール調査で測定された水温と塩分の鉛直分布データを解析に用いた。水温と塩分の鉛直分布は, 電気伝導度温度深度測定器(JFE アレック社 AST-1000型)を用いて測定した。海底直上5mの水温, 塩分を底層水温, 底層塩分と規定した。

底層水温, 底層塩分の値は, 平均0, 分散1に標準化を行い, ユークリッド指数[(1)式]により距離を測定, Ward法によるクラスター分析により水塊区分を行った。

$$Euclidean\ distance = \sqrt{\sum_{i=1}^S (x_{Ai} - x_{Bi})^2} \quad (1)$$

A_i は調査点Aの*i*番目の環境変数の値, B_i は調査点Bの*i*番目の環境変数の値, S は全変数。

結果

水温と塩分の鉛直分布の測定は, 4回の調査において合計817回実施された。晩春季, 初夏季, 夏季, 冬季の4調査期間を対象としたクラスター分析による底層の水塊区分は類似度85%で, それぞれ4~5つのクラスターに区分された(Figs. 2-2-1, 2-2-2)。季節毎のクラスターを北から南に向かってそれぞれ第1, 第2, 第3, 第4, 第5と呼称する。これらのクラスターを環境傾度の特徴から冷水塊:平均水温(SDの下限)が10°C以下の低水温のクラスター, 高塩分水塊:平均塩分(SDの下限)が34以上のクラスター, 低塩分水塊:平均塩分(SDの下限)が32以下での平均水温(SDの下限)が10°C以上のクラスター, 混合水塊:前三者の中間の性質をもつクラスターの4種の水塊に区分した。

晩春季は, 第1クラスターが冷水塊, 第2クラスターが低塩分水塊, 第3クラスターが混合水塊, 第4クラスターが暖水塊であった(Fig. 2-2-3)。初夏季は, 第1と第2クラスターが冷水塊, 第3クラスターが低塩分水塊, 第4と第5クラスターが高塩分水塊であった。夏季は, 第1クラスターが冷水塊, 第2と第3クラスターが低塩分水塊, 第4と第5クラスターが高塩分水塊であった。冬季は, 第1クラスターは, 冷水塊であった。第2クラスターが混合水塊であった。第3と第4クラスターは, 高塩分水塊であった。

冷水塊は, 季節を通して黄海を中心として分布した(Fig. 2-2-4)。晩春季, 初夏季および夏季の冷水塊の南端は33°N付近であったが, 冬季には黄海南部に達した。低塩分水塊は, 晩春季, 初夏季および夏季に調査海域に出現し, 黄海南部~32°N付近の長江河口沖合にかけて分布した。高塩分水塊は, 32°N付近の東シナ海東部から東シナ海南部, 31°N付近の東シナ海西部から南部にかけて, 全ての季節に分布した。東シナ海北部の高塩分水塊は, 晩春季, 初夏季および夏季には, 低塩分水塊やそれとの混合水塊と接し, 冬季には

冷水塊との混合水塊と接した。東シナ海北部、中部および西部では、季節により高塩分水塊の分布域が変動したが、東シナ南部と東部の大陸棚外縁部分では季節を通して安定して分布した。

考 察

黄海の底層には、季節を通して水温が 10°C 以下の黄海冷水が存在する。黄海冷水は夏季以降に南下することが知られおり、本研究の水塊分布の変化と一致する(近藤, 1985)。本研究で黄海に分布した冷水塊は、季節を通して 10°C 以下の低水温であることから黄海冷水由来の水塊であると考えられる。また、東シナ海の南方沖合には、強大な暖流である黒潮が流れている。黒潮からは黒潮分枝流が東シナ海大陸棚上に高塩分の暖水を供給している(Chen *et al.*, 1994)。本研究で東シナ海の底層に分布した高塩分水塊は、夏季と冬季ともに34以上の塩分と 15°C 以上の水温を保ったことから南部底層水(深瀬, 1975)の特徴と一致する。

このように本研究の調査海域の底層には黄海に低水温の黄海冷系水塊、東シナ海南部に高水温、高塩分の黒潮系水塊が分布し、水平的に大きく異なる環境が混在している。一方、低塩分水塊は、晩春季、初夏および夏季にのみ出現し、冬季には観察されないという季節的な変化が見られた。さらに、この低塩分の水塊は、晩春季には比較的低温であるが、次第に昇温し、夏季には 20°C を超える高水温の特異な水塊として観察される。この水塊は非常に低塩分であることから河川水由来の沿岸水系水塊と考えられる。渤海、黄海および東シナ海の沿岸水は、その60%が長江から流入した河川水で形成される(Guan & Mao, 1982)。長江の流量には明確な季節変動があり、年間流量の約4割が6~9月までの3ヶ月間に集中する(Yang, 1983)。これが沿岸水系水塊の季節変化の原因であると考えられる。

黄海冷水系水塊、黒潮系水塊、沿岸水系水塊、東シナ海と黄海にはこれら3つの水塊が分布する。前二者は、時空間分布が安定しており、季節を通して一定の環境傾度を保つ。一方、後者は分布範囲の季節変動が大きく、水温やその特徴である低塩分の変動も大きい。これらの水温と塩分の性質と時空間分布が異なる3つの水塊が、東シナ海と黄海の底層部に複雑な海洋構造をもたらしていると推察される。

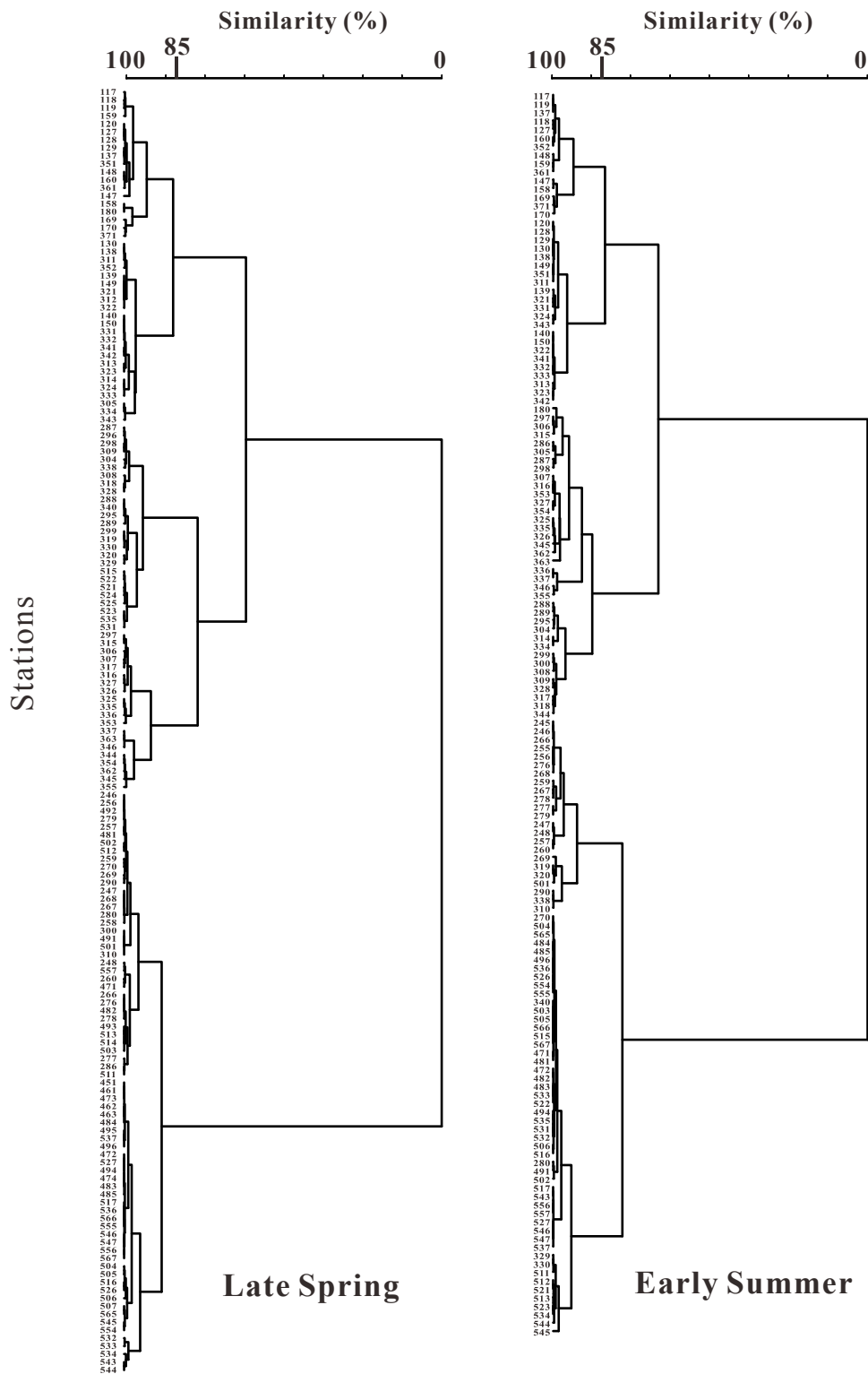


Fig. 2-2-1. Dendrogram with Ward's method linking from Euclidean index based on abiotic factors in late spring and early summer in the East China Sea and the Yellow Sea.

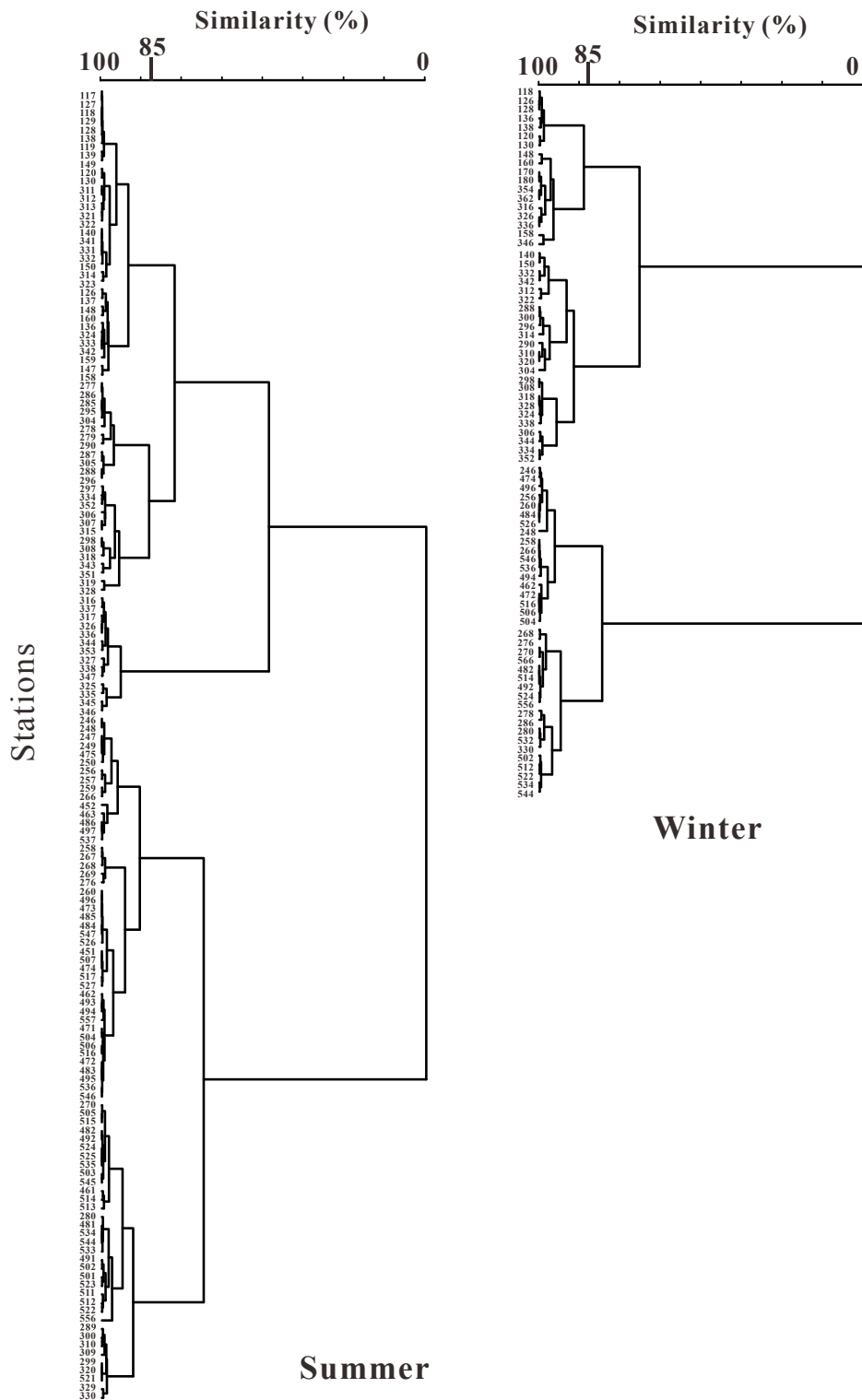


Fig. 2-2-2. Dendrogram with Ward's method linking from Euclidean index based on abiotic factors in summer and winter in the East China Sea and the Yellow Sea.

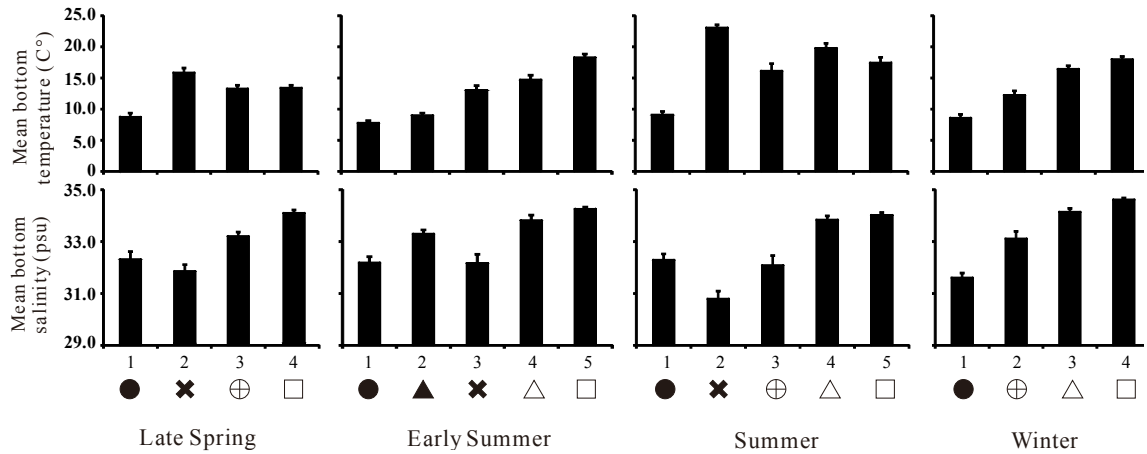


Fig. 2-2-3. Variations in mean bottom temperature (top), mean bottom salinity (bottom) among water masses in late spring, early summer, summer and winter in the East China Sea and the Yellow Sea. Data are shown as mean+S.D. Solid circles and solid triangles: cold water mass, crosses: low salinity water mass, cross circles: mixed water mass, open squares and open triangles: high salinity water mass.

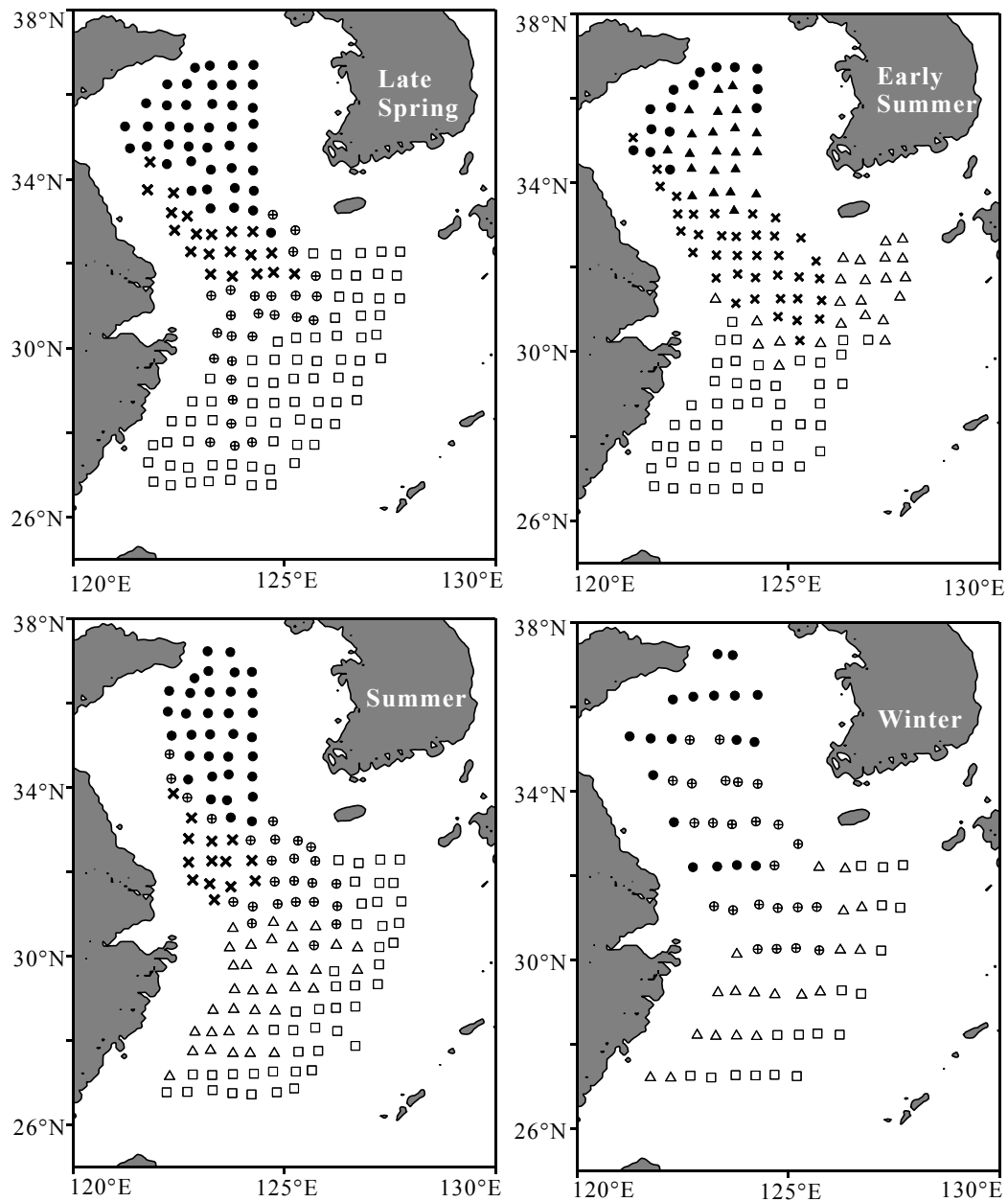


Fig. 2-2-4. Distribution of water masses based on cluster analysis in late spring, early summer, summer and winter in the East China Sea and the Yellow Sea. Solid circles and solid triangles: cold water mass, crosses: low salinity water mass, cross circles: mixed water mass, open squares and open triangles: high salinity water mass.

第3節 魚類群集の季節変動

東シナ海および黄海は九州西方に位置する海域で 1,100 種を超える多数の魚類が分布する(山田ほか, 2007)。本海域全体を対象とするような大きな空間スケールにおける底生魚類の群集構造に関する研究は少なく, 出現種の記載(三尾ほか, 1984)や魚類群集の秋季と春季の季節変化(Jin *et al.*, 2003)を扱った報文があるのみである。

本節では, 1986~1991 年に行われた調査船調査に基づき, 底生魚類の出現種の記載と群集構造の季節変化に関して得られた結果を述べる。

材料と方法

調査方法

東シナ海と黄海の沖合域において, 春夏季調査:1987年5月27日~7月21日(152調査点), 1988年4月15日~6月9日(160調査点), 秋季調査:1986年10月20日~12月17日(149調査点), 1989年8月17日~10月14日(153調査点), 冬季調査:1991年1月14日~2月6日(79調査点)の合計693調査点で着底トロール網による漁獲調査を行った(Fig. 2-3-1)。調査点の設定, 漁具と船舶, 曳網, 採集標本の処理, 環境要因の測定は第1章1節, また季節の定義については本章1節に記した。

底層水温の観測値は4~6月に160件, 5~7月に147件, 8~10月に141件, 10~12月に149件, 1~2月に75件, また底層塩分の観測値は4~6月に160件, 5~7月に147件, 8~10月に145件, 10~12月には欠測, 1~2月に75件あった。

生物量

漁獲物は可能な限り種を分類の単位としたが, 一部, 種まで査定できなかった分類単位が存在した。全ての分類単位について, 個体数と重量を測定した。漁業上の重要種については体長測定(全長, 尾叉長, 肛門前長)を実施した。調査間で調査点数が異なるため, 生物量の解析には各季の調査点数で種別の総漁獲個体数, 総漁獲重量を除すことにより標準化を行った数値を用いた。以降, これらの標準化した数値を標準化個体数, 標準化重量と呼称する。標準化個体数, 標準化重量の全種についての総計を合計標準化個体数, 合計標準化重量とした。出現種数, 調査点別出現種数, 調査点別生物量の季節間の比較は全ての調査で共通した58調査点を対象とした。魚種リストにおける科の配列は Nelson (2006)に従った。

群集構造解析

優占種は, 群集の特徴をよく代表すると考えられる大きな生物量を有し, 一定以上の分

布の広がりを持つ種を重視した。偶発的に多獲された種の影響を除くため、生物量と分布範囲を評価する2要素の積算優占度($SDR2$) (沼田, 1969)を(1)式により計算した。

$$SDR2 = \frac{D + F}{2} \% \quad (1)$$

D は個体数順位第1位の種の標準化個体数を1とした密度比、 F は調査海域を緯経度30分間隔で区分した区画の中で、曳網が行われた全区画数に対して、種が出現した区画数の比率。なお、 $SDR2$ が40%以上の種を上位優占種とした。

調査間の種組成の相違を比較するため、クラスター分析を行った。解析に使用する生物量の種間差が大きいことから、特定の種の生物量の差に影響されず中立的な解析結果を得るために、極端な生物量の差に影響されにくい χ^2 類似度指数(χ^2_{ih}) (Chardy *et al.*, 1976)を(2)式により算出し使用した。

$$\chi^2_{ih} = \sqrt{\sum_{j=1}^p \frac{l}{\alpha_{+j}} \left[\frac{\alpha_{hj}}{\alpha_{h+}} - \frac{\alpha_{ij}}{\alpha_{i+}} \right]^2} \quad (2)$$

ここで、 h 調査点の個体数の合計を α_{h+} 、 i 調査点の個体数の合計を α_{i+} 、 j 種の個体数の合計を α_{+j} とした。結果は群平均法で階層化した。解析にはPC-ORD5.0 (MjM Software)を使用した。

群集の多様度を計量するため、(3)式に示す森下の多様度指数 β (森下, 1967)を使用した。

$$\beta = N(N - 1) / \sum_i n_i (n_i - 1) \quad (3)$$

ここで、 i 番目の種の個体数を n_i 、総個体数を N とした。

漁獲物組成の偏りの推定

網目選択性による漁獲物組成の偏りを明らかにするため、網目選択性が既知の種(東海ほか, 1994; 梁ほか, 1999)について曳網層内に含まれた魚群が網内に保持された割合を推定し、漁獲率を種間で比較した。網目選択性は網目からの魚体の抜け難さを表す尺度で、東海ほか(1994)の方法では魚体の胴周長を網目内周長で除した値である相対胴周長で示される。選択率は相対胴周長0.5から増加しはじめ1.0で100%に達する。相対胴周長0.5以上の個体を対象とし、10 mm単位で作成した体長階級毎に選択率を計算した(東海ほか, 1994; 梁ほか, 1999)。階級毎に選択率の逆数と個体数の積を行い、それらの合計を曳網層内の相対胴周長0.5以上の総個体数と仮定した。曳網層内の相対胴周長0.5以上の総個体数で保持された個体数の合計を除した値を漁獲率 C とした[(4)式]。曳網層内に含まれる魚の入網率は100%とした。

$$C = \sum_k^l n_k / \sum_k^l (I_k \cdot n_k) \% \quad (4)$$

ここで、相対胴周長 0.5 以上となる最初の体長階級を k 、最後の階級を l 、 k 階級の個体数を n_k 、 k 階級の選択率の逆数を I_k とした。

結果

水温・塩分

底層水温は春夏季 4～6 月の中央値が 14.0°C、5～7 月の中央値は 14.1°C、秋季 8～10 月の中央値は 18.1°C、10～12 月の中央値は 17.6°C、冬季の中央値は 14.2°C であった。底層水温 20°C 以上の海域が春夏季 4～6 月は調査範囲内に存在せず、5～7 月は東シナ海南西部 28°N 付近の僅かな海域に限られていた。しかし、秋季 8～10 月は中国沿岸部から東シナ海中央部にかけて 34°N 付近までの広い海域に、10～12 月は東シナ海中央部 31°N 付近の比較的広い海域に存在した。冬季は東シナ海中央部 30°N 付近の僅かな海域に存在した。10°C 以下の海域は全ての季節で黄海中部 34°N 以北に存在し、冬季には中国沿岸部の 32°N 付近まで拡大した (Fig. 2-3-2)。

底層塩分は春夏季 4～6 月の中央値が 33.37、5～7 月の中央値が 33.53、秋季 8～10 月の中央値は 33.30、冬季の中央値は 33.73 であった。底層塩分の水平分布の季節変化は水温ほど明瞭でないが、秋季 8～10 月に塩分 32.0 以下の海域が中国沿岸部の 32°N 付近から東方に大きく張り出していた (Fig. 2-3-3)。

生物量

5 回の調査で確認された出現種は 26 目 121 科 334 種で (Table 2-3-1)、春夏季 4～6 月に 215 種、5～7 月に 228 種、秋季 8～10 月に 237 種、10～12 月に 250 種、冬季は 204 種が確認された。出現種数が多かった科はフサカサゴ科 19 種、アジ科 12 種、ニベ科 11 種、ダルマガレイ科 12 種、カレイ科 12 種、フグ科 17 種であり、これらの 6 科で全体の種数の 25% を占めた。季節別では、春夏季 4～6 月がフサカサゴ科 (11 種)、ニベ科 (10 種)、カレイ科 (10 種)、5～7 月がフサカサゴ科 (13 種)、カレイ科 (11 種)、秋季 8～10 月がフサカサゴ科 (11 種)、アジ科 (11 種)、カレイ科 (10 種)、10～12 月がフサカサゴ科 (12 種)、アジ科 (11 種)、ニベ科 (11 種)、カレイ科 (11 種)、フグ科 (10 種)、冬季はカレイ科 (10 種) の出現種数が多かった。

全調査の合計標準化個体数は 4,026 個体であり、上位 5 種で合計標準化個体数の 44% を占めた。季節別には、春夏季 4～6 月の合計標準化個体数が 965 個体、5～7 月の合計標準化個体数が 659 個体、秋季 8～10 月の合計標準化個体数が 891 個体、10～12 月の合

計標準化個体数が 750 個体、冬季の合計標準化個体数が 761 個体であった。全調査の合計標準化重量は 302.34 kg であり、上位 5 種で合計標準化重量の 32%を占めた。季節別には、春夏季 4~6 月の合計標準化重量が 62.97 kg, 5~7 月の合計標準化重量が 32.87 kg, 秋季 8~10 月の合計標準化重量が 72.00 kg, 10~12 月の合計標準化重量が 77.25 kg, 冬季の合計標準化重量が 57.22 kg であった (Table 2-3-2)。

調査点別出現種数は調査海域の南端となる東シナ海南部の陸棚縁辺域で最も多く、北に向かって減少した (Fig. 2-3-4)。春夏季には 20 種以上の出現がみられた調査点は 34°N 以北には無かったが、秋季 8~10 月には 34°N を越えて存在し、10~12 月では調査海域の北端 (37°N) まで広がった。冬季には 35°N 付近までであった。調査点別合計標準化重量の大きい調査点は、春夏季 4~6 月では東シナ海南部、東部、中央部に、5~7 月は東部に、秋季 8~10 月では黄海中部、北部、東シナ海北部、南部に、10~12 月は調査海域の全域でみられ、冬季も秋季 10~12 月と同様に全域でみられた (Fig. 2-3-5)。

共通調査点 58 点における出現種は春夏季 4~6 月が 180 種, 5~7 月が 177 種, 秋季 8~10 月が 187 種, 10~12 月が 196 種, 冬季が 182 種であった。調査点別出現種数の中央値は春夏季 4~6 月 19 種, 5~7 月 21 種, 秋季 8~10 月 23 種, 10~12 月 25 種, 冬季 23 種であり、季節間で調査点別出現種数の頻度分布が有意に異なった (Friedman 検定 $\chi^2 = 221.04$, $df = 57$, $p < 0.001$)。調査点別合計標準化重量の中央値は春夏季 4~6 月 0.17 kg, 5~7 月 0.17 kg, 秋季 8~10 月 0.21 kg, 10~12 月 0.45 kg, 冬季 0.37 kg であり、季節間で調査点別合計標準化重量の頻度分布が有意に異なった (Friedman 検定 $\chi^2 = 84.24$, $df = 57$, $p < 0.05$)。

優占種

全調査での上位優占種はカタクチイワシ ($SDR2=83.6\%$)、ウマヅラハギ (72.3%)、マアジ (68.7%)、タチウオ (59.3%)、キグチ (56.4%)、コウライマナガツオ (49.7%)、シログチ (47.3%) およびテンジクダイ (40.1%) であった。季節別では、春夏季 4~6 月はウマヅラハギ (77.0%)、カタクチイワシ (62.4%)、5~7 月はカタクチイワシ (71.4%)、マアジ (54.6%)、秋季 8~10 月はカタクチイワシ (67.7%)、サラサハギ *T* (55.5%)、キグチ (54.4%)、タチウオ (52.7%)、マアジ (51.1%)、キントキダイ (45.2%)、ウマヅラハギ (41.2%)、10~12 月はキグチ (72.8%)、タチウオ (65.3%)、コウライマナガツオ (56.4%)、シログチ (53.6%)、キントキダイ (42.2%)、ソウハチ (40.1%)、冬季 1~2 月はマアジ (73.2%)、カタクチイワシ (59.0%)、キグチ (54.7%) であった。

調査別種組成の類似性

春夏季 5~7 月と 4~6 月、秋季 10~12 月と 8~10 月が結合され、季節別に 3 つのクラスターとなった (Fig. 2-3-6)。各クラスターの総個体数の累積度数 50% までを構成する種は

個体数の多い順に、春夏季クラスターがカタクチイワシ、ウマヅラハギ、マアジ、マサバの 4 種、秋季クラスターがキグチ、サラサハギ、カタクチイワシ、タチウオ、ソウハチ、キントキダイ、マアジ、コウライマナガツオ、シログチの 9 種、冬季クラスターはマアジ、カタクチイワシ、キグチ、ウマヅラハギ、メプトカンダリの 5 種であった。

種多様度 β は春夏季 4~6 月が 8.49, 5~7 月が 11.42, 秋季 8~10 月が 18.15, 10~12 月が 22.27, 冬季 1~2 月が 14.92 であった。

漁獲率

漁獲率はソウハチ 49.7% ($n=10,723$), オニカナガシラ 1.1% ($n=7,932$), ハモ 7.6% ($n=609$), キグチ 6.6% ($n=17,674$), アカムツ 10.2% ($n=736$), タチウオ 22.9% ($n=10,306$), イボダイ 34.9% ($n=7,826$) であった。カタクチイワシは全ての個体が相対胴周長 0.5 以下となった。

考 察

本研究では、出現種数と種多様度が秋季に増加、春夏季と冬季に減少した。生物量は秋季(10~12月)と冬季に増加、春夏季と秋季(8~10月)に減少した。東シナ海、黄海の沖合域の底生魚類群集構造の季節変化が確認された。我が国での出現種数の季節変化についての研究は富岡湾(菊池, 1973), 油谷湾(森, 1995), 若狭湾(Masuda, 2008), 英虞湾(木村ほか, 1983)などで行われている。これらの内湾は、それぞれ異なる外海(東シナ海, 日本海, 太平洋)に属し、種組成や海洋環境が異なるが、いずれの研究においても、夏季から秋季に出現種数が増加、冬季に減少するとされ、本研究もほぼ同様の結果を示した。水温と出現種数の関係に関して、森(1995)が水温も最高となった9月に出現種数も最大であったことを、木村ほか(1983)が水温と出現種数の変化の傾向がほぼ同じであったことを、Masuda(2008)が底層水温と出現種数に強い正の相関関係がみられたことを報告している。本研究においても、底層水温が高い水準であった秋季に出現種数が多く、低水準の春夏季と冬季には出現種数も減少し、底層水温と出現種数の傾向が一致した。一般に魚類は水温変化に対する生理反応が鋭敏で水温変化の影響を強く受けるとされることから(下茂ほか, 2000), 水温変化が出現種の増減に大きく影響していると考えられる。

本研究における底層水温と出現種数の水平分布の季節的な傾向をみると、底層水温の高い海域は東シナ海南部から、概ね南北方向に変化し(Fig. 2-3-2), 出現種数が 20 種以上の調査点の分布域も東シナ海南部を起点として南北方向に拡大、縮小した(Fig. 2-3-4)。分布変化の起点となった東シナ海南部海域には、周年安定している暖水系の底層水(黒潮起源)が存在することが知られており(松宮ほか, 1997), 暖海性の底生魚類群集の分布域の拡大、縮小が各調査点における出現種数の増減の原因であると推察される。この暖海性の底生魚類群集には、高温・高塩性種が多数含まれると考えられることから、高水温・高

塩分の条件を満たす海域が東シナ海南部のみに限定されたことが、出現種が40種以上の調査点がこの海域に集中した原因と考えられる(Figs. 2-3-3, 2-3-4)。本研究とほぼ同様の地理的スケールで行われた北海における研究例では、水塊、前線、残差流等の海況学的な特徴によって底生魚類群集が形成されるとされる(Ehrich, 2009)。本海域においても水塊配置等の海洋条件により底生魚類の分布域が制限されることが底生魚類群集構造の季節変化の主因であると考えられる。

中嶋・真道(1972)は、本海域における底生魚類群集構造の季節変化について1959～1964年の以西底びき網漁業(大洋漁業長崎支所所属船)の漁獲統計を元村の等比級数則を使って解析した。彼らは、種多様性が10～12月から翌5～6月にかけて高く、6～7月から10～11月にかけて低くなったとし、本研究結果とほぼ反対の結果を報告している。底生魚類群集構造の季節変化は水温に影響されると考えられるが、この25年間に夏季と冬季の水温が逆転するような大きな気候変動は起きていない。そこで、本研究結果との相違の原因として使用した資料の性質の違いに着目した。中嶋・真道(1972)が使用した以西底びき網漁業の年別・月別統計は漁場全域を一括した合計値であり、漁場位置に関する努力量分布の偏りが修正されていない。しかし、1959～1964年の以西底びき網漁業2 そうびき漁獲成績報告書では農林中漁区別(漁場を緯経度30分間隔で区分)年間曳網回数に1万倍近い差があり、当時の本漁業は努力量の分布が一様でなかった。これを農林大漁区別(緯経度5度間隔で区分)にみると(Fig. 2-3-4)、中嶋・真道(1972)が多様性が高いとした1～5月はI～III区とV区に努力量が分散しており、それぞれの農林大漁区の月別努力量比の5ヶ月間の平均値は18.8～30.8%の範囲であった。一方、低いとされた7～9月はIII区に努力量が集中し、3ヶ月間の平均値は72.2%であった。当該海域における出現種数の分布傾向は季節を通して東シナ海南部の陸棚縁辺域が最も多く、北に向かって減少することが確認されていることから(Fig. 2-3-4)、中嶋・真道(1972)が使用した種組成データは、東シナ海南部のV区を含む広い海域に努力量が分散した1～5月の出現種数が過大に、努力量がIII区に集中した7～9月の出現種数が過小になっていた可能性が高い。元村の等比級数則を利用した群集解析で正しい結果を得るためには、自然群集から無作為抽出が行われることが前提条件とされる(伊藤・沼田, 1954)。中嶋・真道(1972)の解析では、資料の性質が十分考慮されなかったため結果に過誤を生じたと推察される。これに対し、調査船調査の曳網は農林中漁区あたり0.5～3回程度に設定され、調査海域全体を一定の努力量で標本抽出するように設計されるため、種組成データに努力量の不均質が原因となる偏りがない。したがって、本研究結果の方が東シナ海と黄海における底生魚類群集の種多様性の季節変化をより適切に表しているものと考えられる。

本研究では漁獲統計よりも客観性が高い調査船調査による種組成データを使用して解析が行われた。しかし、網目選択性の違いによる種組成の偏り、遊泳層と曳網層の関係による種組成の偏り、漁獲の昼夜差による種組成の偏りを包含し、調査海域の種組成を厳密

に反映していない。それぞれの偏りの傾向を考察した。

漁獲物組成の偏りを推定した種の中でソウハチ(49.7%)、イボダイ(34.9%)、タチウオ(22.9%)の3種は、漁獲率が特に高かった。比較的大型種であるため漁獲物の体長が大きかったことや体型の側扁が強いことにより容易に保持されたと推測される。ハモは漁獲率の推定を行った8種の中では最も大型となる種であったが漁獲率(7.6%)が高くない。ハモやマアナゴでは、体の体表面が滑らかであるため、目合内周長よりも大きな相対胴周長1以上の個体も逸出するとされ(西川ほか, 1994; 梁ほか, 1999), トロール網に保持されにくかったと考えられる。大きさも体型の側扁も中位であるキグチ(6.6%)とアカムツ(10.2%)は漁獲率も大きくなかった。小型種は漁獲率が低く、特にカタクチイワシでは相対胴周長0.5を超える個体が漁獲されなかった。漁獲率は極めて小さかったと考えられるが、多獲されており、大きな生物量が存在したことが推測される。大型～中型種では、漁獲率が約10～50%の範囲にあることから、調査海域の生物量からの偏りは漁獲された生物量の数倍程度の範囲であると考えられる。

本調査で使用したトロール網は、海底から約5 mまでが曳網層となる。着底種では垂直分布が曳網層にほぼ捕捉されると考えられるが、垂直分布が海底から鉛直方向に5 m以上広がっている種では魚群全体が捕捉できない。三尾ほか(1984)は東シナ海と黄海において底びき網で漁獲される魚類117種を運動および餌の捕捉様式により着底静止型(27種)、着底這行型(25種)、遊泳追跡型(7種)、遊泳突進型(33種)、漂泳収集型(25種)の5型に区分した。遊泳突進型に分類されたタチウオは、昼間は海底から10 m上まで分布するとされる(青山, 1960)。漂泳収集型に分類されたイボダイは海底から鉛直方向0.9 m以上に分布することが報告されている(水産総合研究センター, 2006)。カタクチイワシは遊泳層が0～30 mと30 m以深の群に大別されることが報告されている(能津, 1996)。漂泳収集型の魚類が餌とするプランクトン類は昼間海底付近に密集し、底魚類の餌になっているとされる(三尾ほか, 1984)。漂泳収集型の魚類も海底付近に分布すると考えられる。また、漂泳収集型の魚類の多くは遊泳追跡型、遊泳突進型に分類される魚食性魚類の餌であるため、これらの種についても、昼間の垂直分布が海底から大きく乖離していないと考えられる。

具体的な遊泳水深が報告されている種は僅かであるが、垂直分布から曳網層が大きく離れる場合は少ないと推測される。したがって、調査海域の生物量からの偏りは漁獲された生物量の数倍程度の範囲であると考えられる。

種組成の偏りには、漁獲の昼夜差も影響する。漁獲の昼夜差は、日周鉛直移動(Parrish *et al.*, 1964)や光刺激による摂餌活動率や漁具逃避能力の変化(Walsh, 1988)などを原因として起こると考えられている。当該海域における昼夜差に関する研究(佐々木・小池, 1959; 松岡ほか, 1991; 水谷ほか, 2005)に関して、松岡ほか(1991)と水谷ほか(2005)が調査船調査に基づく解析を行っている。ともに陸棚縁辺部を調査海域としているが両者で共通した出現種は少数であった。水谷ほか(2005)はその原因を両者の調査時期が異なったため、

種の分布パターンも異なると考えている。両者で共通した出現種についてもケンサキイカとキダイの漁獲個体数が昼に多いという部分でしか一致がみられず、ヨロイタチウオ、マトウダイ、アカアマダイでは異なる結果であった。このことは、当該海域の種組成が季節的に変化し、種内においても昼夜の行動が季節的に変化することを示唆している。

以上のように、本研究結果は調査海域本来の種組成から、網目選択性の違いや、垂直分布の違いが原因となる生物量の偏りをもつデータに基づいて解析されたものである。また、昼間の底生魚類群集構造の季節変化を解析したという限定的な結果でしかない。しかし、本海域において大規模で系統的に漁獲対象種以外の魚類を含めた魚類群集全体を対象として定量採集を行った調査は皆無である。本研究で得られた情報を参照し、過去の調査結果や知見を再検討することで、本海域の底生魚類の資源状態をより正確に評価することが可能となると考えられる。

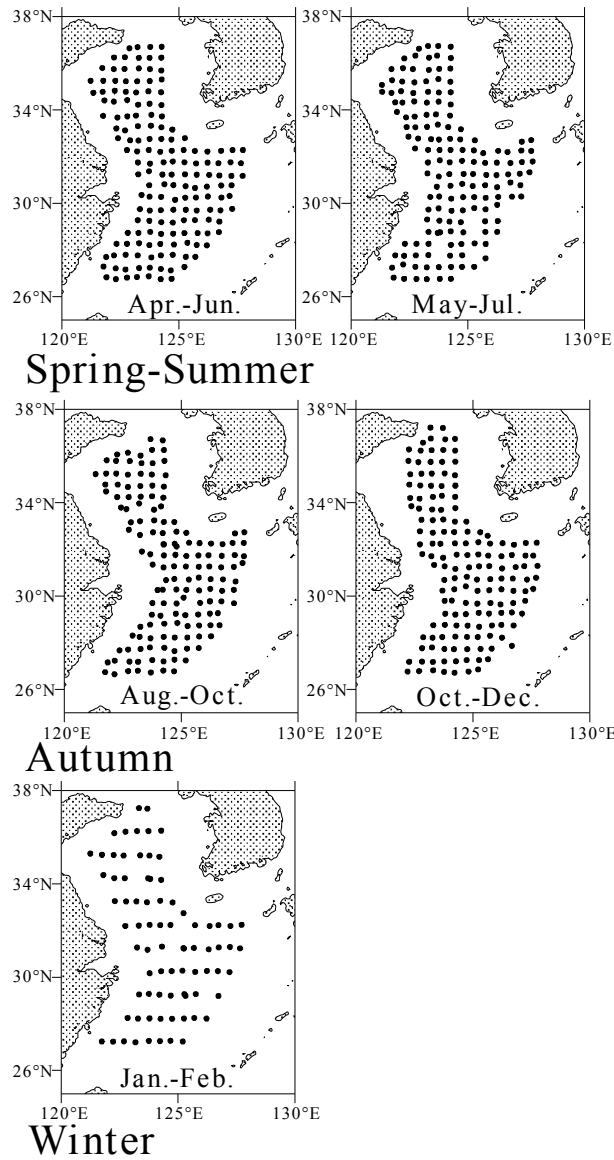


Fig. 2-3-1. Sampling stations (closed circles) using bottom trawlers in three periods (spring to summer in 1987 and 1988; autumn in 1986 and 1989; and winter in 1991) in the East China Sea and the Yellow Sea.

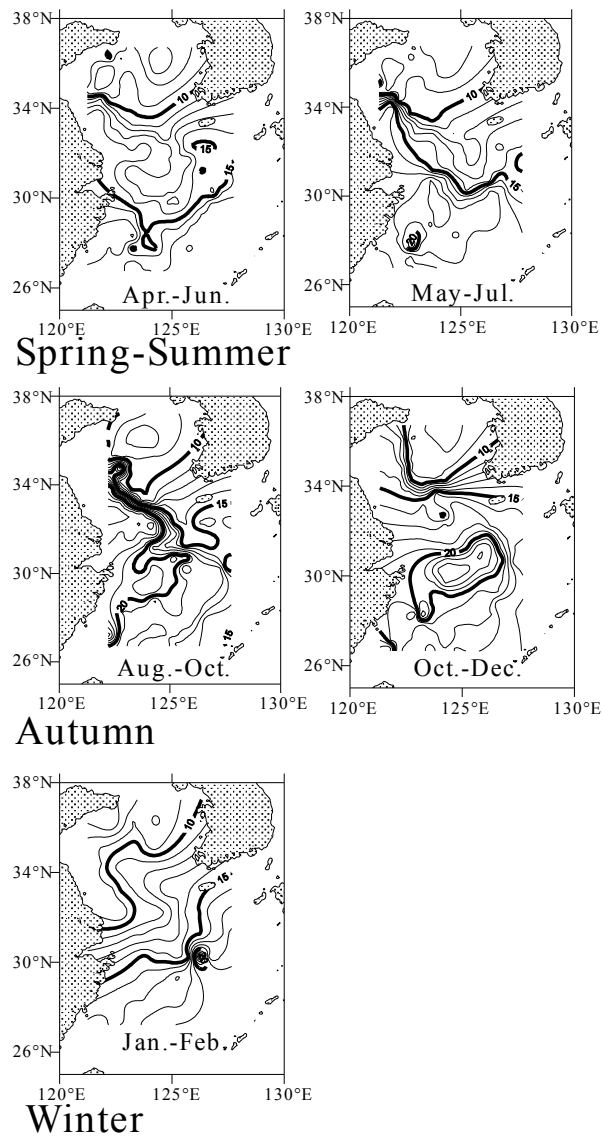


Fig. 2-3-2. Water temperatures of the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in three periods (spring to summer in 1987 and 1988; autumn in 1986 and 1989; and winter in 1991).

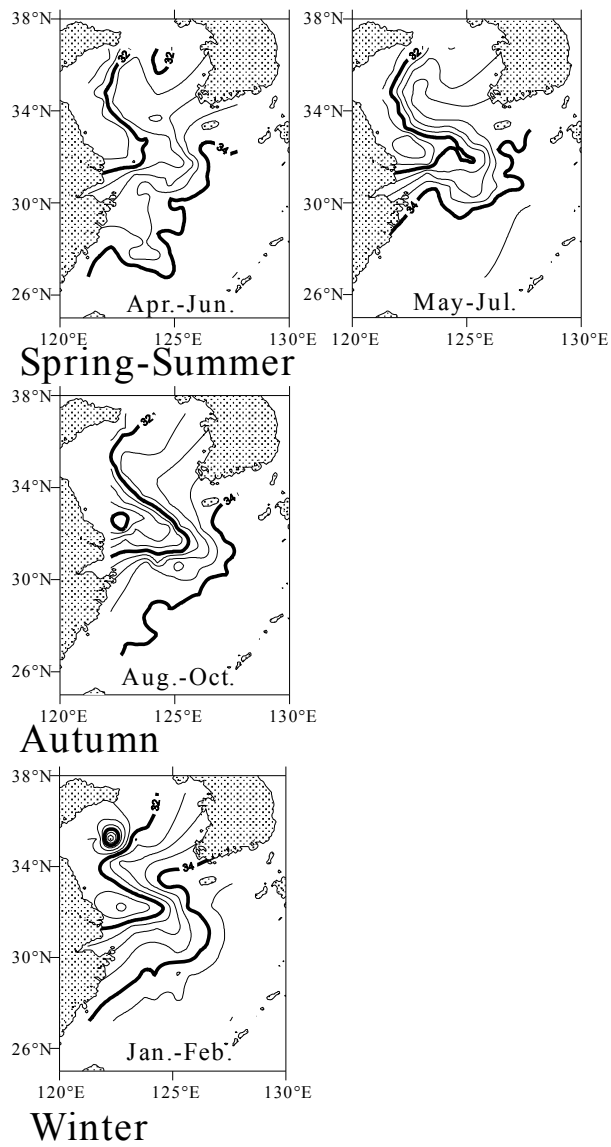


Fig. 2-3-3. Salinities of the bottom layer in the East China Sea and the Yellow Sea in three periods (spring to summer in 1987 and 1988; autumn in 1986 and 1989; and winter in 1991).

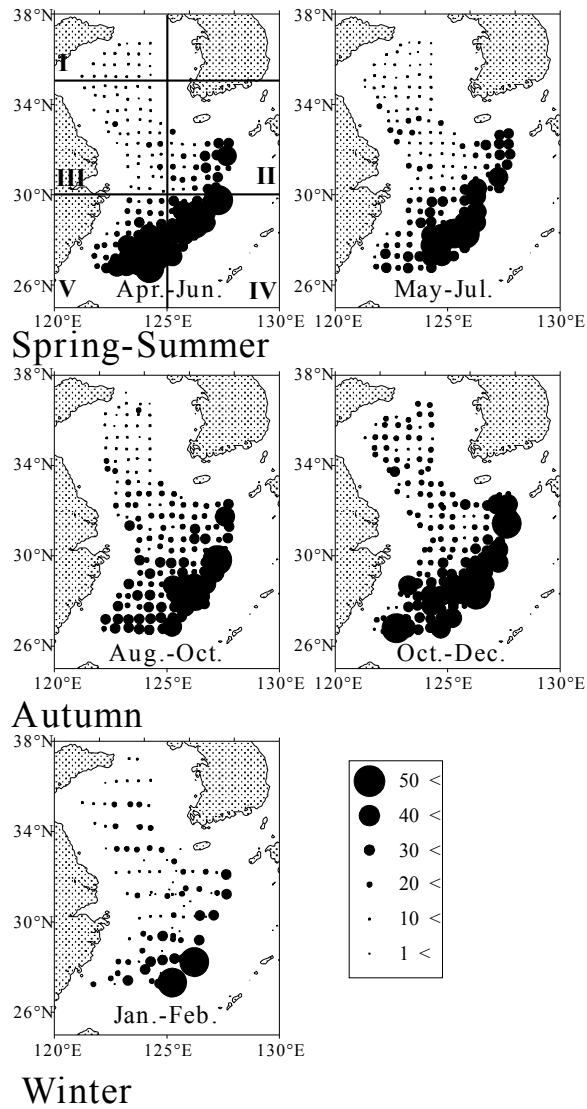


Fig. 2-3-4. Spatial distribution of the number of species caught using bottom trawlers in the East China Sea and the Yellow Sea in different seasons (spring to summer in 1987 and 1988; autumn in 1986 and 1989; and winter in 1991). The fishing sections (I-V) specified by the Fisheries Agency of Japan are shown in a top-left figure.

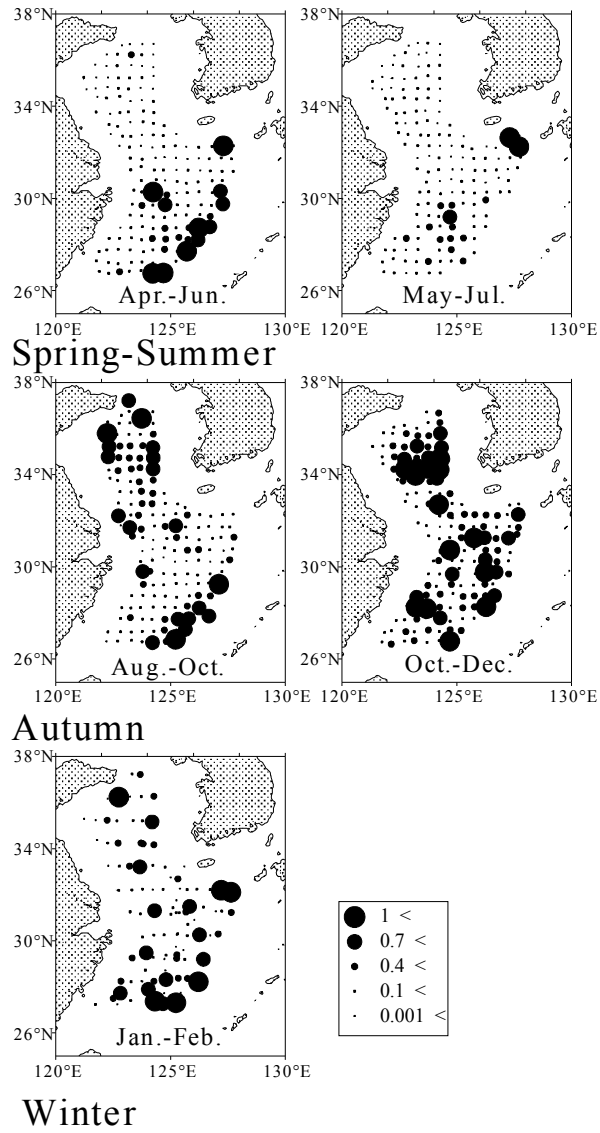


Fig. 2-3-5. Spatial distribution of the abundance of fishes caught using bottom trawlers in the East China Sea and the Yellow Sea in different seasons (spring to summer in 1987 and 1988; autumn in 1986 and 1989; and winter in 1991).

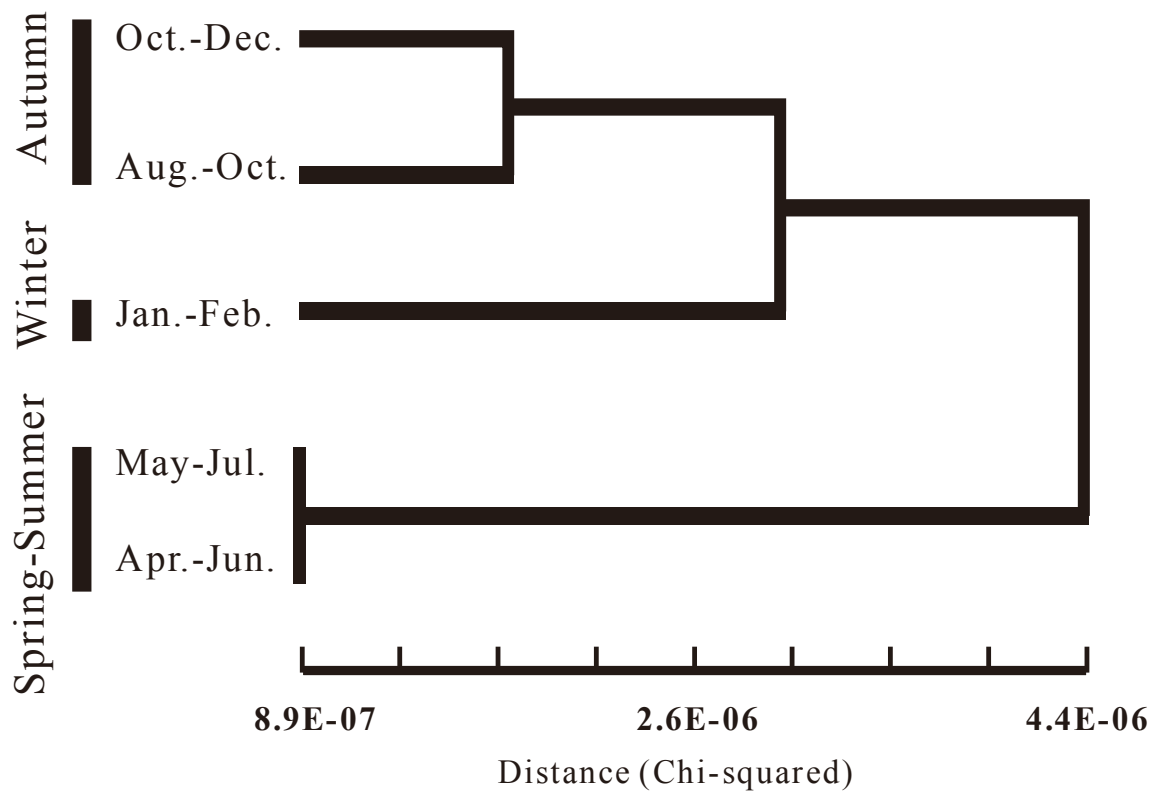


Fig. 2-3-6. Dendrogram showing similarities of the species composition of fishes caught using bottom trawlers in the East China Sea and the Yellow Sea in five periods (two periods in spring-summer; two periods in autumn; and one period in winter).

Table 2-3-1. List of fish species in East China Sea and Yellow Sea.

Family	Scientific name	Family	Scientific name
Chimaeridae	<i>Chimaera phantasma</i>	Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>
Heterodontidae	<i>Heterodontus zebra</i>		<i>Etrumeus teres</i>
Scyliorhinidae	<i>Cephaloscyllium isbaellum</i>		<i>Ilisha elongata</i>
	<i>Halaaelurus buergeri</i>		<i>Konosirus punctatus</i>
	<i>Scyliorhinus torazame</i>		<i>Sardinella zunasi</i>
Proscylliidae	<i>Proscyllium habereri</i>		<i>Sardinops melanostictus</i>
Triakidae	<i>Hemitriakis japonica</i>	Engraulidae	<i>Coilia ectenes</i>
	<i>Mustelus griseus</i>		<i>Coilia mystus</i>
	<i>Mustelus manazo</i>		<i>Engraulis japonica</i>
Carcharhinidae	<i>Galeocerdo cuvier</i>		<i>Setipinna tenuifilis</i>
Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>		<i>Thryssa</i> sp.
Hexanchidae	<i>Heptanchias perlo</i>	Gonorynchidae	<i>Gonorynchus abbreviatus</i>
Notorynchidae	<i>Notorynchus cepedianus</i>	Argentinidae	<i>Argentina kagoshimae</i>
Squalidae	<i>Squalus brevirostris</i>		<i>Glossanodon semifasciatus</i>
Rhinobatidae	<i>Rhinobatos hynnicephalus</i>	Ateleopodidae	<i>Ateleopus japonicus</i>
	<i>Rhinobatos schlegelii</i>	Aulopodidae	<i>Aulopus japonicus</i>
Platyrrhinidae	<i>Platyrrhina tangi</i>	Synodontidae	<i>Harpadon nehereus</i>
Torpedinidae	<i>Narke japonica</i>		<i>Saurida elongata</i>
Rajidae	<i>Dipturus macrocauda</i>		<i>Saurida macrolepis</i>
	<i>Okamejei kenojei</i>		<i>Saurida umeyoshii</i>
	<i>Okamejei meerdervoortii</i>		<i>Saurida wanieso</i>
	<i>Raja acutispina</i>		<i>Synodus fuscus</i>
	<i>Raja boesemani</i>		<i>Synodus macrops</i>
	<i>Raja kwangtungensis</i>		<i>Synodus ulae</i>
	<i>Raja pulchra</i>		<i>Trachinocephalus myops</i>
	<i>Urolophus aurantiacus</i>	Myctophidae	<i>Benthoosema pterotum</i>
Dasyatidae	<i>Dasyatis akajei</i>	Gadidae	<i>Gadus macrocephalus</i>
	<i>Dasyatis ushieii</i>	Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros nectabanus</i>
	<i>Dasyatis zugei</i>	Macrouridae	<i>Caelorinchus multispinulosus</i>
Myliobatidae	<i>Mobula japonica</i>	Ophidiidae	<i>Hoplobrotula armata</i>
	<i>Myliobatis tobijei</i>		<i>Neobythites sivicolus</i>
Muraenidae	<i>Gymnothorax minor</i>		<i>Sirembo imberbis</i>
Synaphobranchidae	<i>Dysomma anguillare</i>	Bythitidae	<i>Oligopus robustus</i>
Ophichthidae	<i>Echelus uropterus</i>	Lophiidae	<i>Lophiodes insidiator</i>
	<i>Muraenichthys</i> sp.		<i>Lophiodes naresi</i>
	<i>Ophichthus urolophus</i>		<i>Lophiomus setigerus</i>
	<i>Ophisurus macrorhynchus</i>		<i>Lophius litulon</i>
Congridae	<i>Ariosoma meeki</i>	Antennariidae	<i>Antennarius striatus</i>
	<i>Ariosoma shiroanago</i>	Chaunacidae	<i>Chaunax abei</i>
	<i>Conger japonicus</i>	Ogcocephalidae	<i>Halieutaea indica</i>
	<i>Conger myriaster</i>		<i>Halieutaea</i> sp.1
	<i>Gnathophis nystromi ginanago</i>		<i>Halieutaea stellata</i>
	<i>Rhynchoconger ectenurus</i>		<i>Malthopsis annulifera</i>
Muraenesocidae	<i>Muraenesox bagio</i>	Holocentridae	<i>Ostichthys hypsipterygion</i>
	<i>Muraenesox cinereus</i>		<i>Ostichthys japonicus</i>

Table 2-3-1. (Continued)

Family	Scientific name	Family	Scientific name
Monocentrididae	<i>Monocentris japonica</i>	Hoplichthyidae	<i>Hoplichthys langsdorfii</i>
Zeidae	<i>Zenopsis nebulosa</i>	Hexagrammidae	<i>Hexagrammos otakii</i>
	<i>Zeus faber</i>	Hemitripteridae	<i>Hemitripterus villosus</i>
Caproidae	<i>Antigonia rubesens</i>	Cottidae	<i>Cottiusculus schmidti</i>
Fistulariidae	<i>Fistularia petimba</i>	Liparidae	<i>Liparis tanakai</i>
Macroramphosidae	<i>Macroramphosus</i> spp.	Dactylopteridae	<i>Dactyloptena orientalis</i>
Syngnathidae	<i>Syngnathus schlegeli</i>		<i>Daicocus peterseni</i>
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus sajori</i>	Lateolabracidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>
Scorpaenidae	<i>Branchypterois serrulata</i>	Acropomatidae	<i>Acropoma japonicum</i>
	<i>Dendrochirus bellus</i>		<i>Doederleinia berycoides</i>
	<i>Ebosia bleekeri</i>		<i>Synagrops japonicus</i>
	<i>Hoplosebastes armatus</i>		<i>Synagrops philippinensis</i>
	<i>Parapterois heterura</i>	Serranidae	<i>Chelidoperca hirundinacea</i>
	<i>Pterois lunulata</i>		<i>Chelidoperca pleurospila</i>
	<i>Scorpaena miostoma</i>		<i>Epinephelus bruneus</i>
	<i>Scorpaena neglecta</i>		<i>Epinephelus latifasciatus</i>
	<i>Minous monodactylus</i>		<i>Epinephelus octofasciatus</i>
	<i>Minous quincarinatus</i>		<i>Epinephelus septemfasciatus</i>
Sebastidae	<i>Helicolenus hilgendorfi</i>		<i>Niphon spinosus</i>
	<i>Sebastes schlegelii</i>		Serranidae sp.
	<i>Sebastes thompsoni</i>		<i>Tosana niwae</i>
	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	Callanthiidae	<i>Callanthias japonicus</i>
	<i>Sebastiscus tertius</i>	Banjosidae	<i>Banjos banjos</i>
	<i>Sebastes longispinis</i>	Priacanthidae	<i>Cookeolus japonicus</i>
	<i>Sebastes pachycephalus</i>		<i>Priacanthus blochii</i>
Synanceiidae	<i>Inimicus japonicus</i>		<i>Priacanthus macracanthus</i>
Tetrarogidae	<i>Ocosia fasciata</i>		<i>Pristigenys meyeri</i>
Aploactinidae	<i>Erisphex pottii</i>		<i>Pristigenys niphonia</i>
Triglidae	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	Apogonidae	<i>Apogon carinatus</i>
	<i>Lepidotrigla abyssalis</i>		<i>Apogon kiensis</i>
	<i>Lepidotrigla alata</i>		<i>Apogon lineatus</i>
	<i>Lepidotrigla guentheri</i>	Branchiostegidae	<i>Branchiostegus albus</i>
	<i>Lepidotrigla hime</i>		<i>Branchiostegus auratus</i>
	<i>Lepidotrigla japonica</i>		<i>Branchiostegus japonicus</i>
	<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	Scombroptidae	<i>Scombrops boops</i>
	<i>Pterygotrigla hemisticta</i>	Rachycentridae	<i>Rachycentron canadum</i>
Peristediidae	<i>Peristedion orientale</i>	Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i>
	<i>Satyrichthys rieffeli</i>	Carangidae	<i>Alectis ciliaris</i>
Bembridae	<i>Bembras japonica</i>		<i>Atropus atropus</i>
Parabembridae	<i>Parabembras curta</i>		<i>Caranx sexfasciatus</i>
Platycephalidae	<i>Cociella crocodila</i>		<i>Decapterus akaadsi</i>
	<i>Onigocia spinosa</i>		<i>Decapterus macrosoma</i>
	<i>Platycephalus</i> sp.1		<i>Decapterus marudsi</i>
	<i>Suggrundus meerdervoortii</i>		<i>Kaiwarinus equula</i>
Hoplichthyidae	<i>Hoplichthys gilberti</i>		<i>Parastromateus niger</i>

Table 2-3-1. (Continued)

Family	Scientific name	Family	Scientific name	
Carangidae	<i>Selar crumenophthalmus</i>	Percophidae	<i>Bembrops curvatura</i>	
	<i>Seriolina nigrofasciata</i>	Champsodontidae	<i>Champsodan snyderi</i>	
	<i>Trachurus japonicus</i>	Ammodytidae	<i>Ammodytes personatus</i>	
	<i>Uraspis helvola</i>	Uranoscopidae	<i>Uranoscopus chinensis</i>	
Bramidae	<i>Brama myersi</i>		<i>Uranoscopus japonicus</i>	
Haemulidae	<i>Hapalogenys kishinouyei</i>		<i>Uranoscopus tosaе</i>	
	<i>Hapalogenys analis</i>		<i>Xenocephalus elongatus</i>	
	<i>Hapalogenys nigripinnis</i>	Callionymidae	<i>Bathycallionymus kaianus</i>	
Nemipteridae	<i>Nemipterus bathybius</i>		<i>Foetorepus altivelis</i>	
	<i>Nemipterus virgatus</i>		<i>Repomucenus curvicornis</i>	
	<i>Parascolopsis tosensis</i>		<i>Repomucenus huguenini</i>	
Sparidae	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>		<i>Repomucenus lunatus</i>	
	<i>Dentex hypselosomus</i>		<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	
	<i>Evynnis cardinalis</i>		<i>Repomucenus virgis</i>	
	<i>Pagrus major</i>	Gobiidae	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	
Lethrinidae	<i>Lethrinus haematopterus</i>		<i>Amblychaeturichthys sciistius</i>	
Sciaenidae	<i>Atrobucca nibe</i>		<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	
	<i>Collichthys lucidus</i>		<i>Suruga fundicola</i>	
	<i>Collichthys niveatus</i>	Xiphiidae	<i>Xiphias gladius</i>	
	<i>Johnius distinctus</i>	Sphyraenidae	<i>Sphyraea pinguis</i>	
	<i>Johnius grypotus</i>		<i>Sphyraena japonica</i>	
	<i>Larimichthys crocea</i>	Gempylidae	<i>Rexea prometheoides</i>	
	<i>Larimichthys polyactis</i>	Trichiuridae	<i>Benthodesmus tenuis</i>	
	<i>Miichthys miuy</i>		<i>Eupleurogrammus</i> sp.	
	<i>Nibea albifora</i>		<i>Lepturacanthus savala</i>	
	<i>Pennahia argentata</i>		<i>Tentoriceps cristatus</i>	
	<i>Pennahia macrocephalus</i>		<i>Trichiurus japonicus</i>	
	Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>	Scombridae	<i>Auxis thazard</i>
	Mullidae	<i>Upeneus japonicus</i>		<i>Euthynnus affinis</i>
Chaetodontidae	<i>Roa modesta</i>		<i>Sarda orientalis</i>	
Pentacerotidae	<i>Histioporus typus</i>		<i>Scomber australasicus</i>	
Cepolidae	<i>Acanthocephala indica</i>		<i>Scomber japonicus</i>	
	<i>Acanthocephala limbata</i>		<i>Scomberomorus commerson</i>	
Oplegnathidae	<i>Oplegnathus fasciatus</i>		<i>Scomberomorus koreanus</i>	
Scorpididae	<i>Microcanthus strigatus</i>		<i>Scomberomorus nipponius</i>	
Centrolophidae	<i>Psenopsis anomala</i>	Citharidae	<i>Citharoides macrolepidotus</i>	
Stromateidae	<i>Pampus punctatissimus</i>	Paralichthyidae	<i>Paralichthys olivaceus</i>	
	<i>Pampus echinogaster</i>		<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	
Nomeidae	<i>Cubiceps squamiceps</i>		<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	
	<i>Psenes cyanophrys</i>		<i>Tarphops oligolepis</i>	
Ariommatidae	<i>Ariomma indicum</i>	Bothidae	<i>Arnoglossus polyspilus</i>	
Zoarcidae	<i>Zoarcis gilli</i>		<i>Arnoglossus tenuis</i>	
Pholidae	<i>Pholis crassispina</i>		<i>Arnoglossus yamanakai</i>	
Pinguipedidae	<i>Parapercis multifasciata</i>		<i>Crossorhombus kanekonis</i>	
	<i>Parapercis sexfasciata</i>		<i>Crossorhombus kobensis</i>	

Table 2-3-1. (Continued)

Family	Scientific name	Family	Scientific name
Bothidae	<i>Engyprosopon grandisquama</i>	Tetraodontidae	<i>Arothron firmamentum</i>
	<i>Engyprosopon longipelvis</i>		<i>Canthigaster rivulata</i>
	<i>Japonolaeops dentatus</i>		<i>Lagocephalus gloveri</i>
	<i>Laeops nigromaculatus</i>		<i>Lagocephalus inermis</i>
	<i>Parabothus kiensis</i>		<i>Lagocephalus wheeleri</i>
	<i>Psettina gigantea</i>		<i>Sphoeroides pachygaster</i>
	<i>Psettina tosana</i>		<i>Takifugu alboplumbeus</i>
Pleuronectidae	<i>Clidoderma asperrimum</i>		<i>Takifugu bimaculatus</i>
	<i>Dexistes rikuzenius</i>		<i>Takifugu chinensis</i>
	<i>Eopsetta grigorjewi</i>		<i>Takifugu flavidus</i>
	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>		<i>Takifugu niphobles</i>
	<i>Kareius bicoloratus</i>		<i>Takifugu porphyreus</i>
	<i>Microstomus achne</i>		<i>Takifugu pseudommus</i>
	<i>Pleuronectes herzensteini</i>		<i>Takifugu reticularis</i>
	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	<i>Takifugu rubripes</i>	
	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	<i>Takifugu vermicularis</i>	
	<i>Pleuronichthys</i> sp.	<i>Takifugu xanthopterus</i>	
	<i>Tanakius kitaharai</i>	Diodontidae	<i>Chilomycterus reticulatus</i>
<i>Verasper variegatus</i>	<i>Diodon holocanthus</i>		
Poecilopsettidae	<i>Poecilopsetta plinthus</i>		
Samaridae	<i>Plagiopsetta glossa</i>		
	<i>Samariscus japonicus</i>		
	<i>Samariscus xenicus</i>		
Soleidae	<i>Aesopia cornuta</i>		
	<i>Aseraggodes kobensis</i>		
	<i>Pseudaesopia japonica</i>		
	<i>Zebrias fasciatus</i>		
Cynoglossidae	<i>Cynoglossus abbreviatus</i>		
	<i>Cynoglossus interruptus</i>		
	<i>Cynoglossus joyneri</i>		
	<i>Cynoglossus lighti</i>		
	<i>Cynoglossus nigropinnatus</i>		
	<i>Cynoglossus robustus</i>		
	<i>Cynoglossus semilaevis</i>		
	<i>Paraplagusia japonica</i>		
	<i>Triacanthodes anomalus</i>		
Triacanthodidae	<i>Aluterus monoceros</i>		
	<i>Aluterus scriptus</i>		
	<i>Chaetodermis penicilligera</i>		
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>		
	<i>Thamnaconus hypargyreus</i>		
	<i>Thamnaconus modestus</i>		
Aracanidae	<i>Kentrocopros aculeatus</i>		
Ostraciidae	<i>Lactoria diaphana</i>		
	<i>Tetrosomus concatenatus</i>		

Table 2-3-2. Abundance of fish species for each bottom-trawl survey. The top five species are shown based on the number (left) and the weight (right) of individuals caught. *s.n.*= standardized numbers, *s.w.*= standardized weights.

Species	<i>s.n.</i>	Species	<i>s.w.</i>
All surveys (total <i>s.n.</i> =4026, <i>s.w.</i> =302.34)			
<i>Engraulis japonica</i>	572	<i>Thamnaconus modestus</i>	28.00
<i>Thamnaconus modestus</i>	360	<i>Liparis tanakae</i>	24.83
<i>Trachurus japonicus</i>	321	<i>Trichiurus japonicus</i>	19.66
<i>Larimichthys polyactis</i>	271	<i>Gadus macrocephalus</i>	13.14
<i>Thamnaconus hypargyreus</i>	241	<i>Trachurus japonicus</i>	12.24
Spring-Summer: April-June (total <i>s.n.</i> =965, <i>s.w.</i> =62.97)			
<i>Thamnaconus modestus</i>	240	<i>Thamnaconus modestus</i>	17.76
<i>Engraulis japonica</i>	200	<i>Scomber japonicus</i>	4.24
<i>Thamnaconus hypargyreus</i>	60	<i>Squalus brevirostris</i>	4.19
<i>Trachurus japonicus</i>	53	<i>Trachurus japonicus</i>	4.04
<i>Scomber japonicus</i>	38	<i>Thamnaconus hypargyreus</i>	3.46
Spring-Summer: May-July (total <i>s.n.</i> =659, <i>s.w.</i> =32.87)			
<i>Engraulis japonica</i>	151	<i>Psenopsis anomala</i>	2.56
<i>Trachurus japonicus</i>	93	<i>Thamnaconus modestus</i>	2.41
<i>Scomber japonicus</i>	40	<i>Trichiurus japonicus</i>	2.25
<i>Thamnaconus modestus</i>	31	<i>Engraulis japonica</i>	1.64
<i>Psenopsis anomala</i>	31	<i>Pampus echinogaster</i>	1.33
Autumn: August-October (total <i>s.n.</i> =891, <i>s.w.</i> =72.00)			
<i>Engraulis japonica</i>	119	<i>Liparis tanakae</i>	12.28
<i>Thamnaconus hypargyreus</i>	107	<i>Gadus macrocephalus</i>	11.35
<i>Larimichthys polyactis</i>	74	<i>Trichiurus japonicus</i>	5.19
<i>Trachurus japonicus</i>	54	<i>Larimichthys polyactis</i>	3.06
<i>Priacanthus macracanthus</i>	47	<i>Thamnaconus hypargyreus</i>	2.33

Table 2-3-2. Continued

Species	<i>s.n.</i>	Species	<i>s.w.</i>
Autumn: October-December (total <i>s.n.</i> =750, <i>s.w.</i> =77.25)			
<i>Larimichthys polyactis</i>	93	<i>Liparis tanakai</i>	9.5
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	60	<i>Trichiurus japonicus</i>	5.88
<i>Pampus echinogaster</i>	53	<i>Pampus echinogaster</i>	5.41
<i>Trichiurus japonicus</i>	45	<i>Larimichthys polyactis</i>	3.38
<i>Thamnaconus hypargyreus</i>	44	<i>Lophius litulon</i>	2.98
Winter: January- February (total <i>s.n.</i> =761, <i>s.w.</i> =57.22)			
<i>Trachurus japonicus</i>	111	<i>Thamnaconus modestus</i>	6.62
<i>Engraulis japonicus</i>	100	<i>Trichiurus japonicus</i>	4.93
<i>Larimichthys polyactis</i>	77	<i>Trachurus japonicus</i>	4.63
<i>Thamnaconus modestus</i>	56	<i>Larimichthys polyactis</i>	2.62
<i>Collichthys niveatus</i>	40	<i>Liparis tanakai</i>	2.58

第4節 エビ類群集の季節変動

東シナ海と黄海に生息するエビ類は、魚類の主要餌生物として食物網における重要な構成種となっている(三尾ほか, 1984)。山本(1994)は、1989年夏季の東シナ海と黄海の大陸棚におけるエビ類優占種の水平分布と優占種が分布した水深、底層水温、底層塩分の3環境傾度の範囲および東シナ海大陸棚斜面域のエビ類相を報告した。冬季の優占種については、山田ほか(1998)が1995年冬季の調査結果、また林・荒木(1999)が1986年冬季と1995年冬季(山田ほか, 1998)の優占種を比較した結果を報告している。最近、Lü *et al.* (2007)は東シナ海におけるエビ類優占種の分布が、季節的に変化する底層水温と底層塩分に規定されることを示唆したほか、東シナ海と黄海におけるエビ類群集に関して、Chen *et al.* (2009)は東シナ海南部での調査に基づきエビ類群集を2つに区分した。しかし、東シナ海と黄海のエビ類は広い分布域を有することから(山本, 1994; 山本・長澤, 2011)、群集の配置や分布範囲はもっと広範囲な空間スケールで変化していることが予想される。さらに群集区分だけではなく、群集構造に及ぼす環境要因の強さも評価できる座標付解析を行うことにより、本海域のエビ類群集の特性を詳細に検討できるものと考えられる。そこで、本節では、東シナ海と黄海の沖合域で実施された着底トロール調査の結果に基づき、夏季と冬季の東シナ海と黄海の底生エビ類群集の水平分布と群集構造および出現種と環境傾度の関係を比較し、群集と水塊との関係を検討する。

材料と方法

夏季(1989年8月17日~10月14日)と冬季(1991年1月14日~2月6日)に東シナ海と黄海の沖合域で着底トロール調査を実施した(Fig. 2-4-1)。調査点の設定、漁具と船舶、曳網、採集標本の処理、環境要因の測定方法、季節の定義は第2章第1節に記述した。本研究では、着底トロール網を用いて採集したため、甲殻類のうち、底生性が想定される種を調査対象とした。具体的には十脚目のうちで底層において遊泳あるいは歩行を行い発達した腹節をもつクルマエビ科、イシエビ科、クダヒゲエビ科、サクラエビ科、サンゴエビ科、オキエビ科、エビジャコ科、テナガエビ科、ロウソクエビ科、テッポウエビ科、モエビ科、タラバエビ科、ドウケツエビ科、アカザエビ科、イセエビ科、セミエビ科である。

各季節における1調査点あたり平均採集個体数は、総採集個体数をエビ類の採集が認められた調査点数で除して求めた。また、各クラスターにおける1調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数、平均底層水温、平均底層塩分は、各クラスター内の調査点における各変数の合計を調査点数で除して求めた。各クラスターにおける構成種は、各種の採集個体数をそのクラスターの総採集個体数で除した値(relative abundance)が高いものから示した。

エビ類の群集区分は、調査点毎に種組成の類似性を Bray-Curtis 指数を計算し、flexible beta 法 (Lance & Williams, 1967) (夏季-0.25, 冬季-0.5) によるクラスター分析を行い解析した。

$$\text{Bray-Curtis index} = \frac{\sum_{i=1}^S |n_{Ai} - n_{Bi}|}{N_A + N_B} \quad (2)$$

ここで n_{Ai} および n_{Bi} はそれぞれ調査点 A, B の i 番目の種の個体数, N_A および N_B は調査点 A, B の全採集個体数, S は全種数である。

本研究では、優占種は 2 要素の積算優占度 (SDR2) 優占度により決定した (計算については第 2 章第 3 節を参照)。SDR2 が 50% 以上の種を優占種 (dominant species) とした。また、それぞれのクラスターに特有な種を示すため、クラスターに含まれる個体数が種別総個体数の 75% 以上であった種を標徴種 (characteristic species) と定義した。

分布と環境傾度の関係を調査点毎の種組成と底層水温、底層塩分の 2 環境傾度による正準対応分析 (CCA) を用いて解析した。種組成は個体数を対数変換し、底層水温と底層塩分の値は平均値 0, 分散 1 に標準化して用いた。さらに、Monte Carlo test を 999 回行うことで、種の並びおよび環境傾度からそれぞれ得られた地点の CCA 座標上の位置の相関係数が統計学的に有意であるかを検定した。なお、この座標付け解析に際しては、エビ類が採集された調査点数の 3% 未満の出現頻度を示した種は除外した。夏季調査では出現頻度 3% 未満の種のみが出現した 2 調査点を、冬季調査は 5 調査点を除外した。なお、CCA 分析において底層水温、底層塩分、水深の 3 変数による解析では底層塩分と水深の VIF 値が 10.0 以上となり、多重共線性が認められたため、水深を除外した 2 環境傾度の解析とした。解析には PC-ORD version 5.00 (MjM software design 社) を用いた。

なお、水塊区分については第 2 章第 2 節、多様度の計算については第 2 章第 3 節で記述した。

結 果

底生エビ類の採集状況

夏季調査では全 153 調査点中 151 調査点で合計 821,641 個体の底生エビ類が採集され、1 調査点当たり平均採集個体数は 5,441 個体であった。45 種のエビ類が出現し、35 種が 3% 以上の出現頻度を示した (Table 2-4-1)。これらの 35 種の 1 調査点当たり採集個体数は、中央値が 971 個体、75 パーセンタイル値が 4,752 個体であり、大部分の調査点では 5,000 個体未満であった。10,000 個体以上が採集されたのは 19 調査点 (外れ値 6 調査点を含む) であった。高密度の調査点は、黄海北部と中央部、東シナ海中部の 3 海域にみられた (Fig. 2-4-2)。

冬季調査では全 79 調査点中の 78 調査点で合計 28,666 個体が採集され、1 調査点あたり平均採集個体数は 368 個体と夏季の 5,441 個体に比べて著しく低かった。49 種のエビ類が出現し、30 種が 3%以上の出現頻度を示した (Table 2-4-1)。これらの 30 種が出現した 74 調査点の 1 調査点あたり採集個体数は、中央値が 70 個体、75 パーセンタイル値が 278 個体であり、大部分の調査点で採集個体数は 300 個体を下回った。冬季には、夏季にみられたような高密度にエビ類が分布する調査点が存在しなかった (Fig. 2-4-3)。

夏季の底生エビ類群集

夏季の底生エビ類群集は、類似度 20%で 5 つのクラスターに区分された (Fig. 2-4-3)。各クラスターは水平分布図上で境界が明瞭に区分された。S1～S4 クラスターは北から南にほぼ緯度に沿って配置され、S5 クラスターは東シナ海東部～南部にかけて大陸棚外縁に沿って配置された (Fig. 2-4-4)。以下、調査海域の最北部に位置したクラスターを S1、南に向かって S2～S5 クラスターと呼称する。S1 クラスターは、黄海中央部を中心として南端が 33°N 付近に達した。このクラスターには 10 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数は 12,265 個体であった。1 調査点あたり平均出現種数は 2.8 種、 H 指数の平均値も 0.62 と夏季と冬季を通して最も低く (Fig. 2-4-5)、優占種 2 種 (ハコダテエビジャコとヨコヤツノモエビ) が卓越した単純な群集構造を示した (Fig. 2-4-6)。標徴種はハコダテエビジャコ、ヨコヤツノモエビ、カムチャッカモエビであった (Table 2-4-2)。S2 クラスターは、33～31°N の黄海南部～東シナ海北部の長江河口沖合に分布した。25 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数はそれぞれ 1,087 個体と 6.2 種、 H 指数の平均値は 1.33 と高く、複雑な群集構造であった。優占種はサルエビ、ナガツノスベスベエビ、ナイカイスジエビ、標徴種はサルエビ、クルマエビ、ナガツノスベスベエビ、スベスベエビ、ヤホシアキアミ、ソコシラエビで大部分がクルマエビ科の種であった。S3 クラスターは、32～30°N 付近の東シナ海中部に分布した。29 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 12,117 個体と 9.4 種、 H 指数の平均値も 1.32 と高く、複雑な群集構造であった。優占種はマルソコシラエビ、イズミエビ、ナイカイスジエビ、キシエビであった。標徴種は 10 種が出現した。S4 クラスターは、30°N 付近～27°N の東シナ海西部～南部に分布した。24 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 2,155 個体と 5.4 種、 H 指数の平均値は 0.80 であった。優占種はミナシロエビとイズミエビであった。標徴種はミナシロエビとキシエビジャコであった。S5 クラスターは、31°N 付近～27°N の東シナ海東部～南部に分布した。24 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 128 個体と 4.5 種、 H 指数の平均値は 0.94 であった。優占種はオキノアカスジエビ、ミナシロエビ、ウチワエビであった。標徴種はドウケツエビ属の 1 種ウチワエビ、オキノアカスジエビであった。

ナイカイスジエビ、イズミエビおよびミナシロエビは、水平分布図上で境界を接した 2 つのクラスターで優占種に該当し、広域に分布した。

冬季の底生エビ類群集

冬季の底生エビ類群集は、類似度 25% で 5 つのクラスターに区分された (Fig. 2-4-3)。各クラスターは混在して分布し、その境界は複雑に入り組んだ (Fig. 3-4-4)。調査海域の最北部に位置したクラスターを W1, 南に向かって W2~W5 クラスターと呼称する。W1 クラスターは、34°N 以北の黄海に分布した。このクラスターでは 12 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数はそれぞれ 366 個体と 5.5 種、*H* 指数の平均値は 1.18 であった (Fig. 2-4-5)。優占種はヨコヤツノモエビとハコダテエビジャコであった (Fig. 2-4-7)。標徴種はハコダテエビジャコとヨシエビであった (Table 2-4-2)。W2 クラスターは、調査海域のほぼ全域に広く分布した。25 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数はそれぞれ 769 個体と 6.0 種であった。*H* 指数の平均値は 1.57 と夏季と冬季を通して最も高かった。優占種はキシエビであった。キシエビは標徴種にも該当し、本種を含め 9 種の標徴種が含まれた。W3 クラスターは、35~33°N 付近の黄海西部に分布した。6 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 13 個体と 2.3 種、*H* 指数の平均値は 0.86 であった。コウライエビが優占した。本クラスターに含まれるエビ類の個体数は非常に少なく、ほぼコウライエビとハコダテエビジャコのみで構成された。W4 クラスターは、33~27°N の東シナ海に広範囲に分布した。28 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 187 個体と 5.4 種、*H* 指数の平均値は 1.24 であった。優占種はミナミシロエビとイズミエビで、両種は標徴種にも該当し、両種を含め 9 種の標徴種が含まれた。W5 クラスターは、31°N 付近~27°N の東シナ海東部~南部に分布した。14 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 387 個体と 5.0 種、*H* 指数の平均値は 0.90 であった。優占種はキシエビで、1 調査点 (No. 260) で多獲された (Fig. 2-4-1)。標徴種はクルマエビとウチワエビであった。

夏季の水塊分布

調査海域は、類似度 85% で 5 つのクラスターに区分された (Fig. 2-4-8)。調査海域の最北部に分布したクラスターを SE1, 南に向かって SE2~SE4 クラスター、最東部に位置したクラスターを SE5 と呼称する (Fig. 2-4-4)。SE1 クラスターは、33°N 以北の黄海中央部に位置し、平均底層水温 9.1°C、平均底層塩分 32.3 で (Fig. 3-4-9)、低水温の黄海冷水系水塊であった。SE2 クラスターは、34~31°N の済州島南西部沖合に位置し、平均底層水温 15.6°C、平均底層塩分 32.0 の水塊であった。SE3 クラスターは、33~31°N の黄海南部の長江河口沖合に分布し、平均底層水温 23.0°C、平均底層塩分 30.9 の高水温の低塩分水塊であった。SE4 クラスターは、31°N 付近~27°N の東シナ海西部~南部に分布し、高水温と高塩分の黒潮系水塊 (平均底層水温 15.4°C、底層塩分 33.9) であった。SE5 クラスターは、32°N 付近~30°N の東シナ海東部の大陸棚縁辺域に分布し、SE4 クラスターと同様に高水温・高塩分

の黒潮系水塊(平均 19.2°C, 33.9)であった。

冬季の水塊分布

調査海域は、類似度 87.5%で 4 つのクラスターに区分された(Fig. 2-4-8)。調査海域の最北部に分布したクラスターを WE1, 南に向かって WE2~WE4 クラスターと呼称する(Fig. 2-4-4)。WE1 クラスターは、32°N 以北の黄海北部~西部に位置し、平均底層水温 8.6°C, 平均底層塩分 31.6 で(Fig. 2-4-9), 低水温の黄海冷水系水塊であった。WE2 クラスターは、35~33°N の黄海中央部と 32~31°N の東シナ海北部に分布し、平均底層水温 11.7°C, 平均底層塩分 32.9 で水温と塩分が中庸の水塊であった。WE3 クラスターは、32~29°N の東シナ海北部に位置し、平均底層水温 14.7°C, 平均底層塩分 33.8 で高水温・高塩分の黒潮系水塊であった。WE4 クラスターは、32°N 付近~27°N の東シナ海東部~南部の大陸棚縁辺域に沿って分布し、平均底層水温 17.6°C, 平均底層塩分 34.5 で高水温・高塩分の黒潮系水塊であった。

種の分布特性と環境因子の関係

夏季の 151 調査点において 3%以上の出現頻度が認められたエビ類 35 種に関して、CCA を用いてそれらの環境傾度に基づく分布を示した(Fig. 2-4-10, Table 2-4-3)。第一軸の固有値は 0.603 を示し、底生エビ類 35 種の分布に関する全変動 4.556 の 13.2%を、第二軸は 0.488 を示し、全変動の 10.7%を、第三軸は 0.453 を示し、全変動の 10.0%を説明した。環境傾度をみると、底層水温と底層塩分は第一軸に沿って負の方向を示した。エビ類の分布への相関は、底層水温よりも底層塩分の方が強かった。種の並びおよび環境傾度からそれぞれ得られた地点の CCA 座標上の位置の相関係数は 0.906 を示し、観察された CCA 座標上の地点の位置に有意性が認められた(Monte Carlo test, $p < 0.05$)。序列化図の第四象限(低水温)には S1 クラスターの標徴種が分布した。第一象限(低塩分)には S2 クラスターの標徴種、第三象限(高塩分)には S4 クラスターと S5 クラスターの標徴種が分布した。また、S3 クラスターの標徴種の大部分は第二象限(高水温)と原点付近に分布した。

冬季の 74 調査点において 3%以上の出現頻度があった底生エビ類 38 種に関して、CCA を用いてそれらの環境傾度に基づく分布を示した(Fig. 2-4-11, Table 2-4-3)。CCA 第一軸の固有値は 0.597 を示し、エビ類 30 種の分布に関する全変動 4.761 の 12.5%を、第二軸は 0.112 を示し全変動の 2.4%を、第三軸は 0.519 を示し、全変動の 10.9%を説明した。種の並びおよび環境傾度からそれぞれ得られた地点の CCA 座標上の位置の相関係数は 0.931 を示し、観察された CCA 座標上の地点の位置に有意性が認められた(Monte Carlo test, $p < 0.05$)。底生エビ類の環境傾度に基づく序列化図の正側(低水温と低塩分の環境)には、W1 クラスターと W2 クラスターの標徴種が分布した。負側(高水温かつ高塩分)には、W4 クラスターと W5 クラスターの標徴種が分布した。分布特性と環境因子との関係は、ほとんど

の種が夏季とほぼ同様の傾向を示したが、例外としてクルマエビは夏季に低塩分環境に、冬季は逆に高塩分環境に偏って生息する傾向を示し、分布の中心は 600 km 以上離れていた (Fig. 2-4-12)。

考 察

季節別群集構造の比較

夏季の 1 調査点あたり平均採集個体数は、冬季のそれよりも著しく高かった。また、夏季には分布密度が非常に高い海域が存在し、エビ類の偏在が顕著であった (Fig. 2-4-3)。我が国の内湾域ではエビ類の採集個体数と出現種数は初夏から晩秋に増加し、冬～春に減少する (Kubo & Asada, 1957; Kikuchi, 1966; 小嶋・花淵, 1981; 濱野ほか, 1985; 倉持, 2004; 上出, 2011)。これらのうち、博多湾では優占種のエビジャコの新規加入と産卵群の移動が夏秋季の増加原因とされている (濱野ほか, 1985)。本研究で優占種であったハコダテエビジャコはエビジャコの近縁種であり、類似した生活史をもつと考えられる。また、同じく優占種のマルソコシラエビ (小坂, 1976) とイズミエビ (小嶋・花淵, 1981) はともに夏季に産卵を行う。こうしたことから、本研究で認められた夏季におけるエビ類の高密度な分布域の形成は、優占種の産卵群の移動が関係していた可能性がある。

本研究で出現が確認されたエビ類は夏季に 45 種、冬季に 49 種であり、両季に共通して出現しなかったのはヨシエビ、シバエビ、4 種の稀種 (馬場ほか, 1986; 林, 1992) の合計 6 種であった。前二者は、夏季に水深 15 m 以浅の海域に生息する種であるため (林, 1992; 阪地・小松, 2004)、夏季には調査範囲外の浅海域に生息していたものと推察され、これらを除けば両季の出現種数の差は非常に小さい。これまでの研究では、季節的に出現種数が異なる原因は、季節的出現種の湾外からの移入と湾外への逸散とされ、富岡湾のアマモ場や油谷湾では 4 割の種が冬季に湾外に逸散するため、種数が少なくなることが知られている (Kikuchi, 1966; 小嶋・花淵, 1981)。調査面積の広狭は、季節的出現種の多寡に影響を及ぼすと考えられる。本研究の調査範囲は、油谷湾 (小嶋・花淵, 1981) の調査範囲の約 1 万倍、東京湾 (Kubo & Asada, 1957) の調査範囲の約 400 倍と広大であることから、エビ類の移動範囲を包含するのに十分な空間スケールであったため、季節間で出現種数に大きな差がなかったと推察される。

群集と水塊との関係

S1 クラスタと W1 クラスタは、ハコダテエビジャコ (Hayashi & Kim, 1999)、ヨコヤツノモエビ (林, 1993) などの冷水性種が優占する冷水性群集であった。上記のように、夏季と冬季の各調査期間中の出現種数にほとんど差がなかったが、1 調査点あたり平均出現種数で比較すると、夏季の 2.8 種に対し冬季は 5.5 種と約 2 倍の種数が出現し、多様度におい

でも夏季0.62に対して冬季に1.18と高かった。この冷水性群集は、夏季には黄海冷水系水塊に含まれ、水塊のすぐ外側には高水温の低塩分水塊が存在するため (Fig. 2-4-4c)、温度勾配が障壁となって構成種が制限されると考えられるほか、上記のような優占種の新規加入と産卵群の移動によって、比較的単純な群集構造が形成されたと推察される。一方、冬季には黄海に向かって黒潮系水 (黄海暖流) が流れ込むため、黄海の中央部に中間の性質をもつ水塊が形成される (Fig. 2-4-4d)。このため、水温勾配が緩やかになり、低温に適応できる種の分布域が拡大するため、多様性が高くなったと推察される。

S2 クラスタと W2 クラスタは、クルマエビ科やヤホシアキアミ、ソコシラエビ、ナイカイスジエビなどの低塩分に適応した種によって構成される低塩性群集であった。この群集は、クルマエビ科が種数と量で卓越した。本研究の低塩性群集におけるクルマエビ科は、種数が瀬戸内海と同水準であり、黒潮系水に分布するミナミシロエビとツルギサケエビが出現するという特徴を示した (安田ほか, 1957; 安田, 1958; 林, 1974; 小川ほか, 1983; 阪地, 1997)。また、低塩性群集の分布範囲は夏季に高水温の低塩分水塊に含まれたが、冬季にこの水塊が消滅したために、浅海域においては低水温耐性の低い種が温暖な黒潮系水塊へ分散したと推察される。

S3 クラスタは、S2 クラスタと S4 クラスタのそれぞれと共通種が多く、S3 クラスタのみに出現した種はベニエビだけであることから、S3 クラスタは、低塩性群集と S4 クラスタの混合群集と判断される。また、S3 クラスタが分布した海域には、低塩分水塊と黒潮系水塊に挟まれた中間的な性質を示す水塊が分布していた。このような水塊は、高水温や低水温などの極端な環境に依存しない種にとって好適な環境であると考えられ、マルソコシラエビ、イズミエビ、キシエビなどの多くの上位優占種 (山本, 1994) が出現したために各クラスタにおける平均採集個体数が多くなったと考えられる。

W3 クラスタの分布域は黄海冷水系水塊と黄海暖流が混合した中間的な性質を有する水塊である。全出現種が W1 と W2 クラスタと共通していることから、冷水性群集と低塩性群集の混合群集であると推察される。

S4 クラスタと W4 クラスタは、ミナミシロエビ (阪地, 1997) が優占し、トゲサケエビ、ツルギサケエビなどの黒潮系水の指標 (安田ほか, 1957) とされる種によって構成された黒潮系群集である。本群集は、夏季に長江河川水の流出量の増大によって低塩分の海域が上海沖合から済州島西方海域までの 30°N 周辺に広く分布するため、それを避けるように南部の海域に限定される。しかし、冬季には長江河川水の流出量が夏季の約 1/10 に減少するため低塩分海域が減少し、さらに黄海暖流 (Fig. 2-4-1) が黄海を北上するため、黒潮系水塊が済州島西方海域まで分布が広がり、本黒潮系群集の分布は北に拡大するのであろう。

S5 クラスタと W5 クラスタは、黒潮系水塊に分布したが、前述の黒潮系群集と異なり、水深 200 m 以深に生息するオキノアカスジエビ (安田ほか, 1957)、大陸棚縁辺部の水深 77 ~ 160 m に生息するウチワエビ (山本, 1994)、水深 100 m 以上に生息するカイロウドウケツ

属の1種に共生するドウケツエビ属の1種などの沖合性の種を中心として構成された大陸棚外縁群集である。ただし、冬季には水深0~50 mの沿岸域に生息する(馬場ほか, 1986)浅海性種のクルマエビが本群集の標徴種となった。クルマエビは夏季には低塩性群集の標徴種で、底生エビ類の環境傾度に基づく序列化図の低塩分側に位置していたが、冬季には高温・高塩分側に位置しており、大きく異なる環境に生息したことが明らかになった(Figs. 2-4-10, 2-4-11)。また、分布の中心が両季節で600 km以上離れていた(Fig. 2-4-12)。クルマエビが冬季に多く分布した東シナ海大陸棚外縁部の外側には、東シナ海南部から東部にかけて水深2,000 mまで急激に落ち込む琉球舟状海盆が位置し、本種が九州西岸から海底を移動して移入することは困難と考えられる。さらに、東シナ海南部には黒潮が北東に向かって流れ、黒潮から分派した対馬海流が東シナ海東部を経て日本海側へと流れている(近藤, 1985, Figs. 0-1-1, 0-1-2)。これらの強力な流れが障壁となり、下流に位置する九州西岸から遊泳による移入も困難と考えられる。したがって、大陸棚外縁部のクルマエビは大陸棚上を北から南へ移動してきた個体と考えられる。クルマエビは、わが国で最も北方海域に分布するクルマエビ科の1種(小坂, 1977; 駒井ほか, 1992)であるが、15~16°Cで摂餌活動が停止し、低温に対する耐温限界が5~6°Cとされる(水産生物と温排水研究協議会, 1973)。夏季にクルマエビが分布していた海域は冬季に底層水温が10°C前後となるため、本種は低水温域を避けて温暖な黒潮系水塊へ移動したと推察される。またクルマエビは、瀬戸内海や有明海でも冬季に沖合域に移動することが知られている(八柳・前川, 1955; 池末, 1963)。しかし、本研究で示されたような長距離の移動は過去に報告されていない。東シナ海では、冬季に底層水温15°C以下の海域が北から南に大きく広がることから、クルマエビは黒潮の影響を受けて20°C程度の水温が安定して保たれている東シナ海南部まで、長距離移動するものと推察される。

以上の結果に基づくと、東シナ海と黄海における底生エビ類群集は、低水温の黄海冷水系水塊に分布する冷水性群集、高水温・高塩分の黒潮系水塊に分布する黒潮系群集と大陸棚外縁群集、高水温の低塩分水塊に分布する低塩性群集、2つの水塊の混合域に分布する混合群集によって構成されることが明らかになった。黒潮系水塊は季節を通して安定した環境を呈し、水深により底生エビ類群集は更に細分化される。低塩分水塊は冬季に消滅するため、低塩性群集の構成種はそれぞれの低水温耐性に応じて黄海冷水系水塊や黒潮系水塊に分散するものと考えられる。

群集の規定要因

本研究の調査海域の南部と一致する東シナ海南部海域のエビ類群集を調査した Chen *et al.* (2009) は高水温と高塩分で共通した環境に分布する群集を水深120 mを境として2つに区分した。他海域におけるエビ類群集と環境要因に関する研究例をみると、土佐湾では底質分布がエビ類群集の規定要因であることが明らかになっている(通山・林, 1982; 阪

地, 1997)。本研究では底質調査を実施していないため、直接底質と種組成との関係を検討していない。そこで、東シナ海の粒度分布図(浜田, 1998)を基に、底生エビ類群集の分布パターンと底質の分布パターンを比較した。黄海中央部～東シナ海北部にかけては極細粒砂が分布し、その周縁に細粒砂～中粒砂が分布している。また、東シナ海中部～南部にかけては、細粒砂～中粒砂がモザイク状に分布する。この底質の水平分布は、今回得られた底生エビ類群集の水平分布とは一致せず、底質と分布との間に明確な関係は見いだせなかった。これは巨視的な比較による結果であるので、もっと狭い範囲で出現種と底質を比較した場合には底質が規定要因となる可能性を否定できない。しかし土佐湾(通山・林, 1982; 阪地, 1997)の調査範囲は本研究の 1/1,000 以下であったことから、本研究のような大きな空間スケールでは、底質が群集の主要な規定要因とならない可能性がある。

本研究と同等の南北 1,000 km 程度の空間スケールにおけるエビ類群集と規定要因についての知見は乏しい。底生無脊椎動物群集(環形動物, 節足動物[端脚目が多くを占める]), 棘皮動物, 貝類, その他)については、ベーリング海峡を中心とするチャクチ海とベーリング海において研究が行われており、種組成により区別された 11 群集は、ベーリング海峡の東西に分布する 2 つの水塊に 2 分されたと報告されている(Grebmeier *et al.*, 1989)。さらに、ベーリング海における底魚群集は、セントローレンス島の南部海域と北部海域の異なる 2 つの水塊に分布する 2 群集に区分されたと報告されている(Cui *et al.*, 2009)。本研究が行われた東シナ海と黄海に関して、秋季と春季に行われた調査に基づく魚類群集は、両季とも黄海に 2 群集, 東シナ海に 2 群集の 4 群集に分けられている(Jin *et al.*, 2003)。黄海における魚類群集は、秋季に高水温・低塩分の水塊と低水温の水塊に、春季は低水温の水塊に分布した。また、東シナ海における群集は両季ともに高水温・高塩分の水塊に分布したことから、水塊が魚類群集の規定要因とされている。これらの水塊は、水温と塩分の特徴から、本研究における低塩分水塊, 黄海冷水系水塊および黒潮系水塊に一致し、同じ空間スケールにおいて水塊配置が魚類群集とエビ類群集に共通する規定要因となっていた。

本研究を含むこれらの研究結果から、南北 1,000 km 程度の空間スケールにおける無脊椎動物群集, エビ類群集, 魚類群集を規定する主要な要因は水塊であり、同一水塊内では他の要因(例えば水深)によって群集が細分されると推察される。この仮説は、空間スケールが異なると、群集の規定要因が異なって観察される可能性を示唆する。例えば、土佐湾(通山・林, 1982; 阪地, 東海, 1990)は黒潮という単一の水塊の中で群集区分が行われたため、底質が強調されたと考えられる。今後、エビ類群集の分布や構造を研究するためには、空間スケールを考慮し、対象とする群集の分布変化や水塊配置との関係を把握することが重要であろう。一方、本研究の底生エビ類群集の出現種数の季節変動が非常に小さかったのに対し、同規模の空間スケールで行われた魚類相の調査では、出現種数に 10% 程度の季節変動がみられたことから(本章第 3 節)、魚類はエビ類よりも移動分散能力が高

いと考えられる。今後、移動分散能力別に分類群と種を区分して解析を行うことで、生物と環境の関係を高い精度で把握することが可能と考えられる。

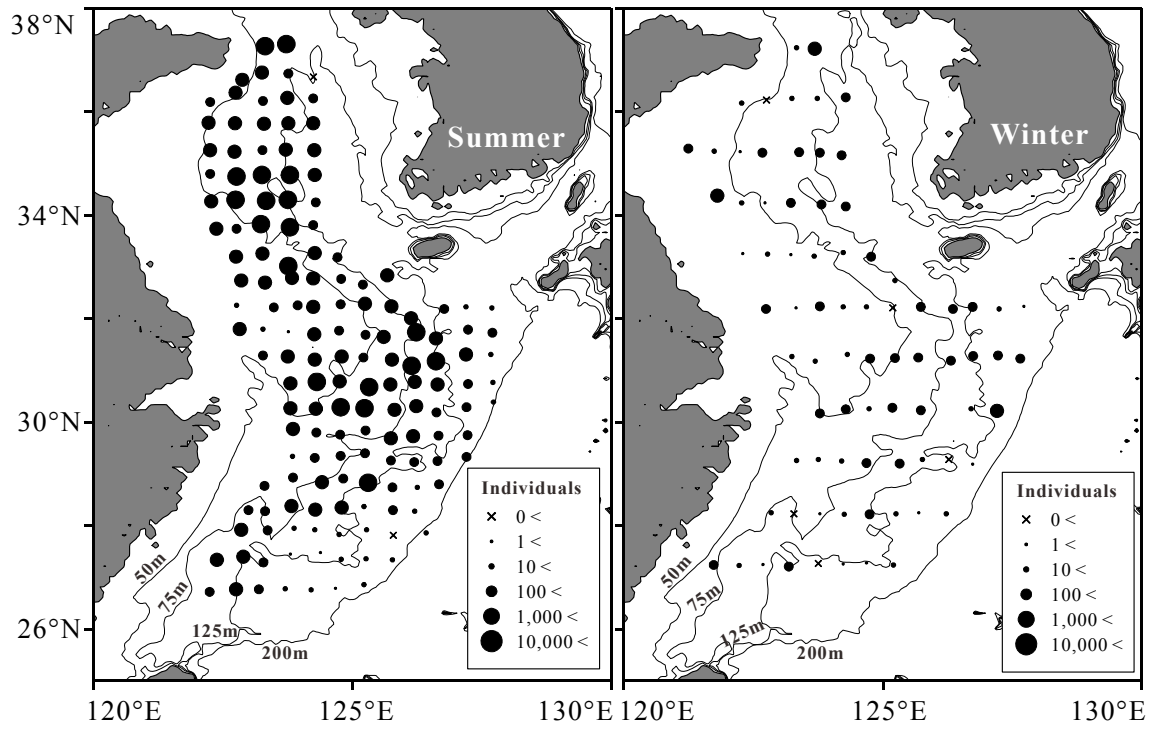


Fig. 2-4-2. Spatial distribution of catch of shrimps in the East China Sea and the Yellow Sea in summer (left) and winter (right). Catch is the number of individuals per km².

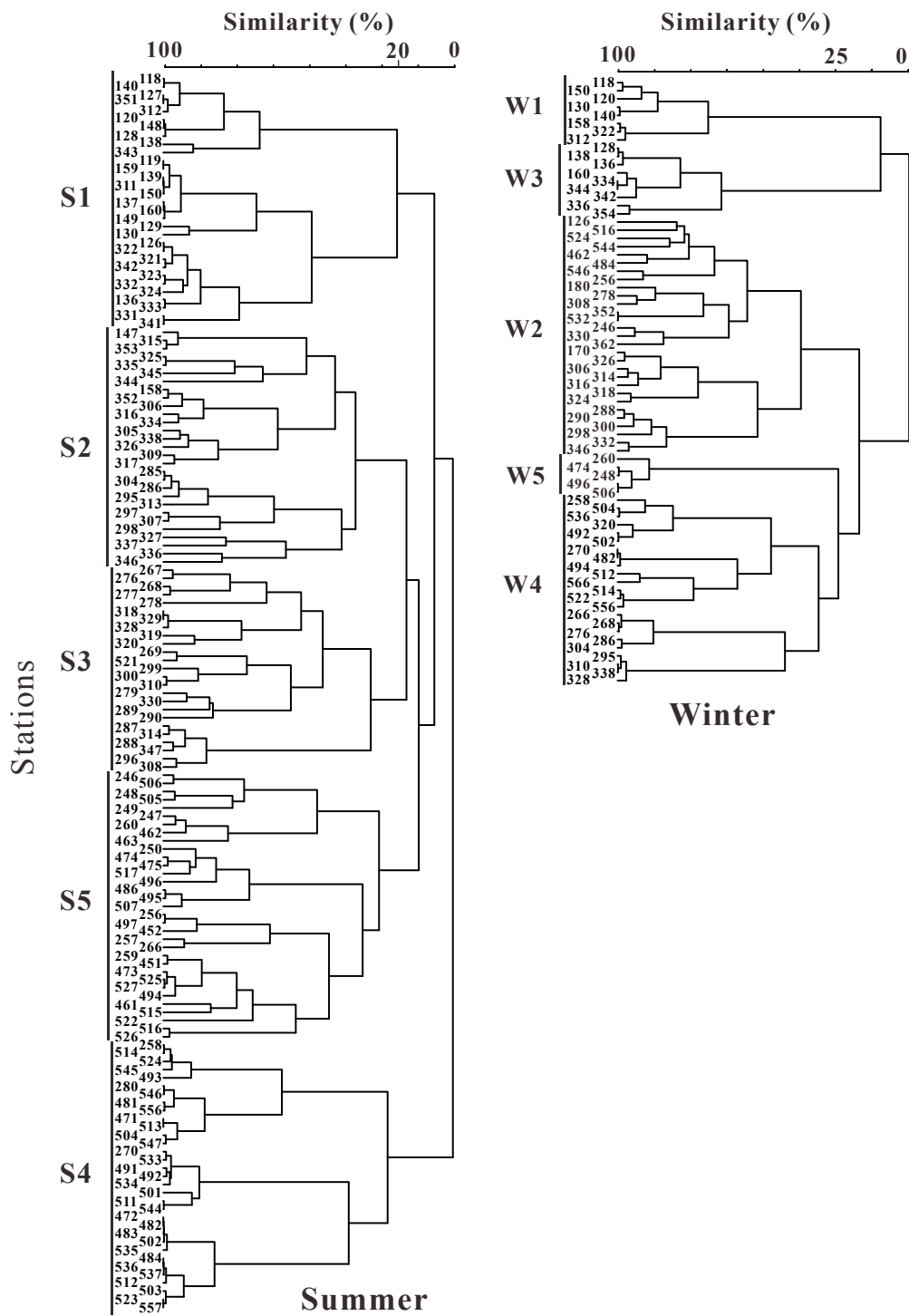


Fig. 2-4-3. Dendrogram with flexible beta linking from Bray-Curtis similarity index based on catch of shrimp species in the East China Sea and the Yellow Sea in summer (left) and winter (right). A total of 10 shrimp assemblage groups were recognized: S1-S5 for summer and W1-W5 for winter.

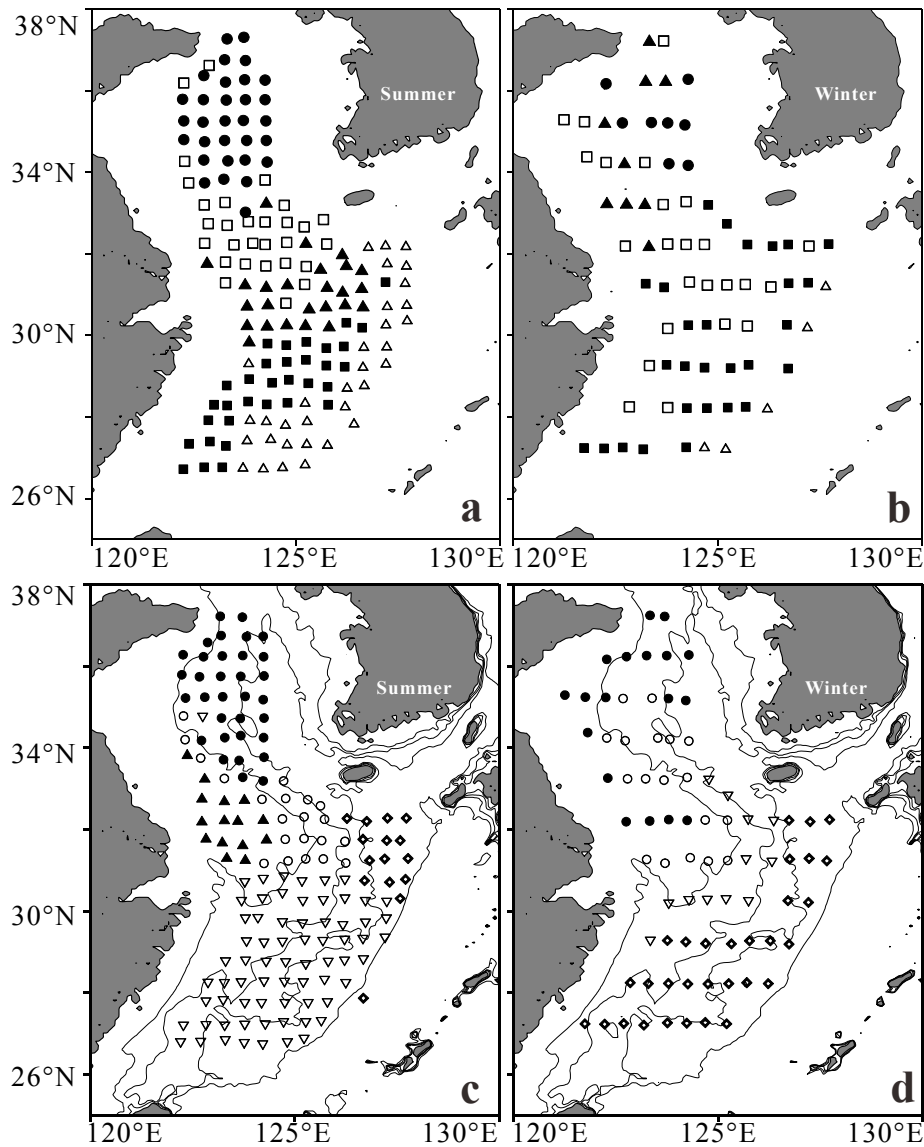


Fig. 2-4-4. Distribution of shrimp assemblage groups (a and b) and water masses (c and d) based on cluster analysis in summer (left) and winter (right) in the East China Sea and the Yellow Sea. Solid circles: S1, open squares: S2, solid triangles: S3, solid squares: S4, and open triangles: S5 in a. Solid circles: W1, open squares: W2, solid triangles: W3, solid squares: W4, and open triangles: W5 in b. Solid circles: SE1, open circles: SE2, solid triangles: SE3, open triangles: SE4, and open squares: SE5 in c. Solid circles: WE1, open circles: WE2, open triangles: WE3, and open squares: WE4 in d.

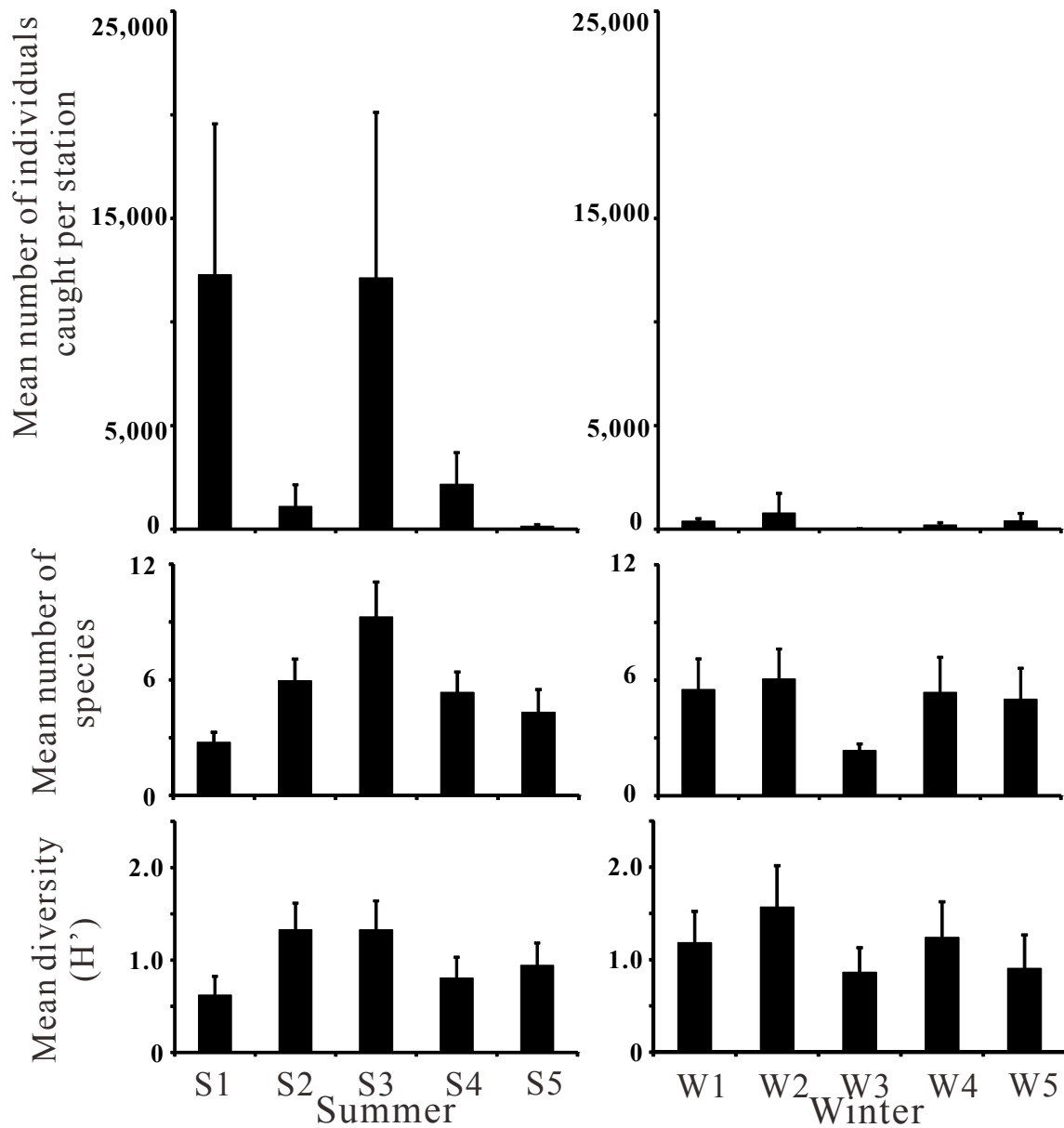


Fig. 2-4-5. Variations in mean number of individuals caught per station (top), mean number of species (middle), and mean species diversity (H' ; bottom) among shrimp assemblage groups (S1-S5 and W1-W5) in the East China Sea and the Yellow Sea in summer (left) and winter (right). Data are shown as mean + standard deviation.

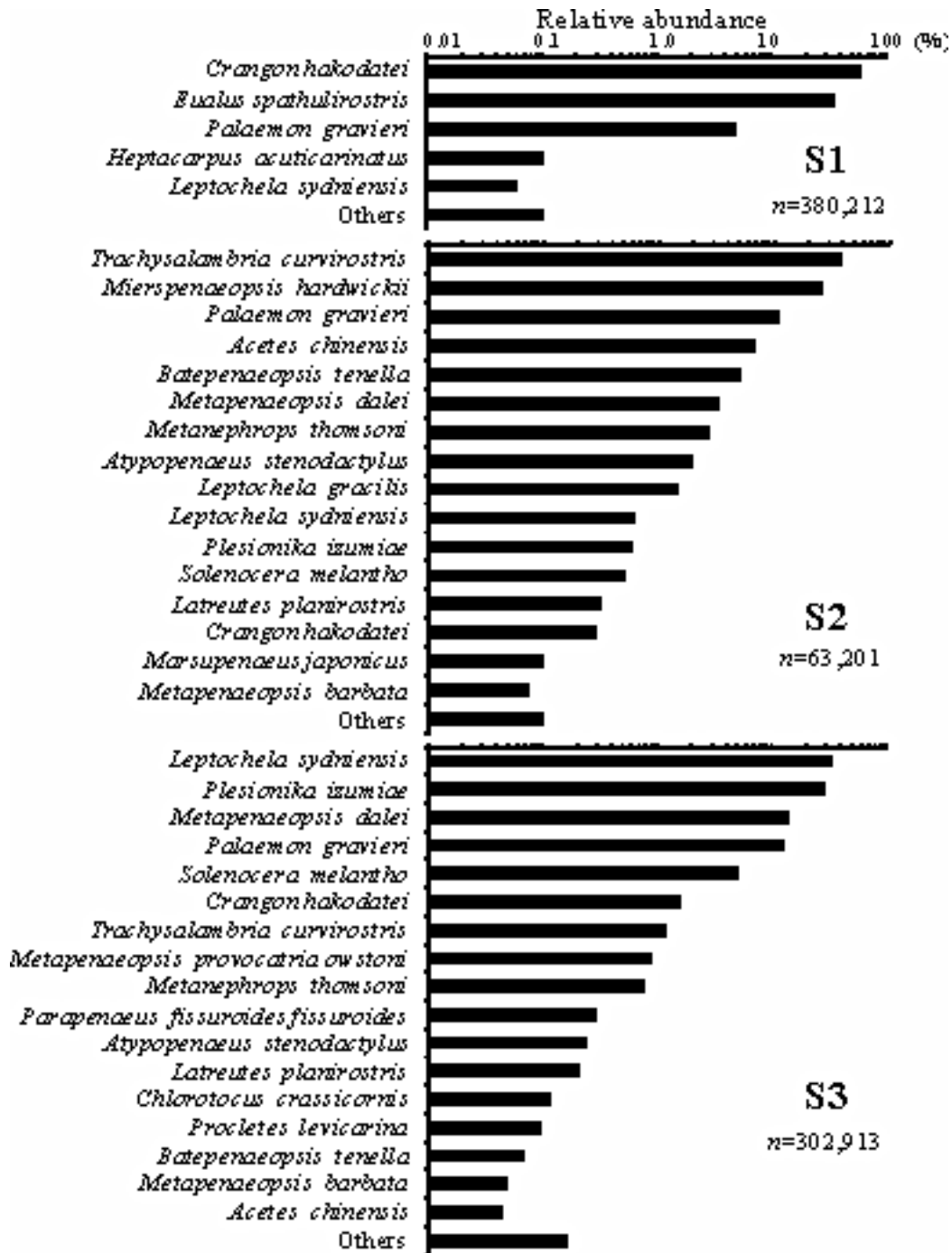


Fig. 2-4-6. Relative abundance of shrimps in five assemblage groups (S1-S5) in the East China Sea and the Yellow Sea in summer. Relative abundance (%) is defined by the number of individuals of each species divided by the total number of individuals caught in each shrimp assemblage group. The species whose contribution was under 0.05% in relative abundance are combined in 'others'.

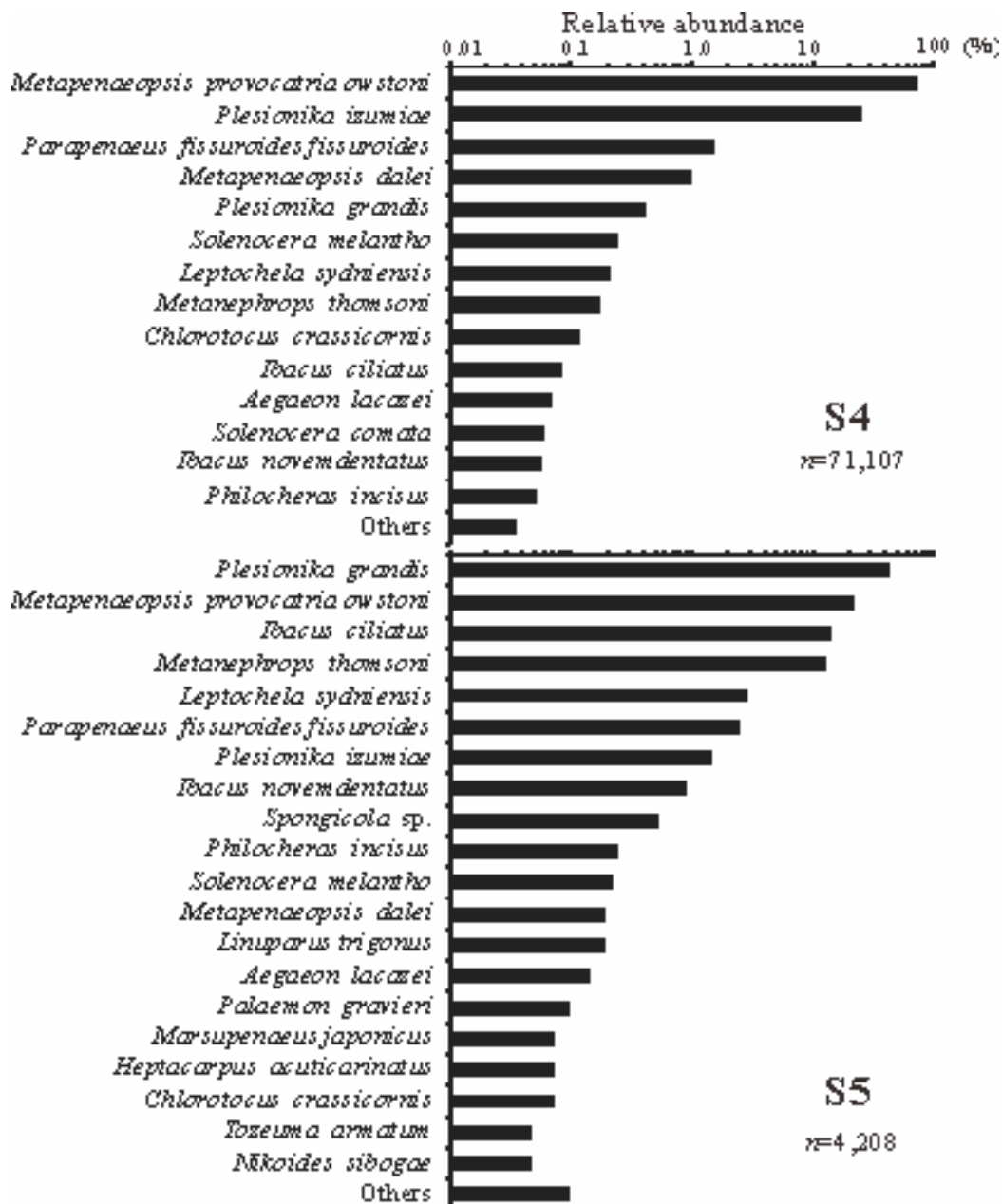


Fig. 2-4-6. Continued.

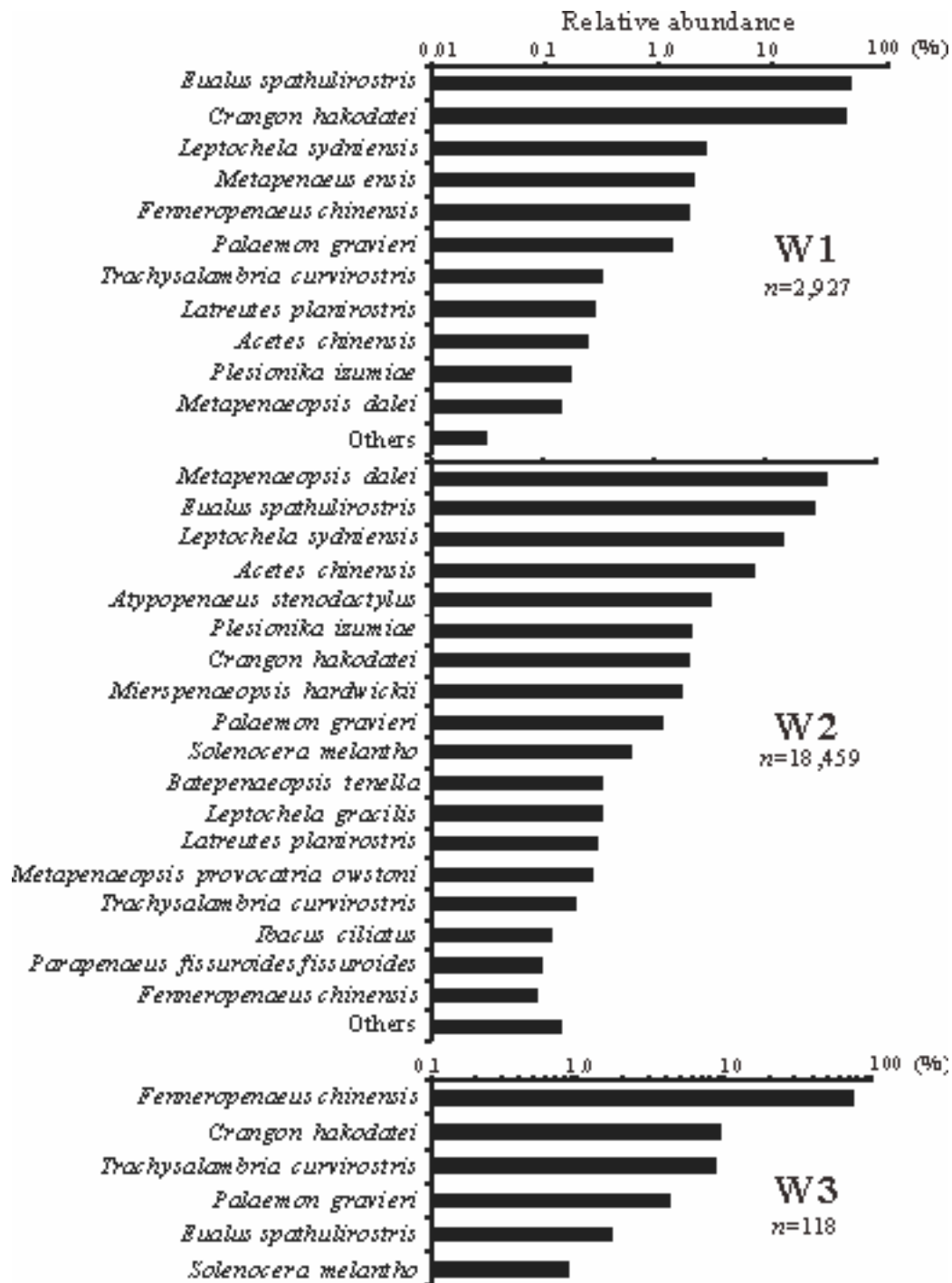


Fig. 2-4-7. Relative abundance of shrimps in five assemblage groups (W1-W5) in the East China Sea and the Yellow Sea in winter. The species whose contribution was under 0.05% in relative abundance are combined in 'others'.

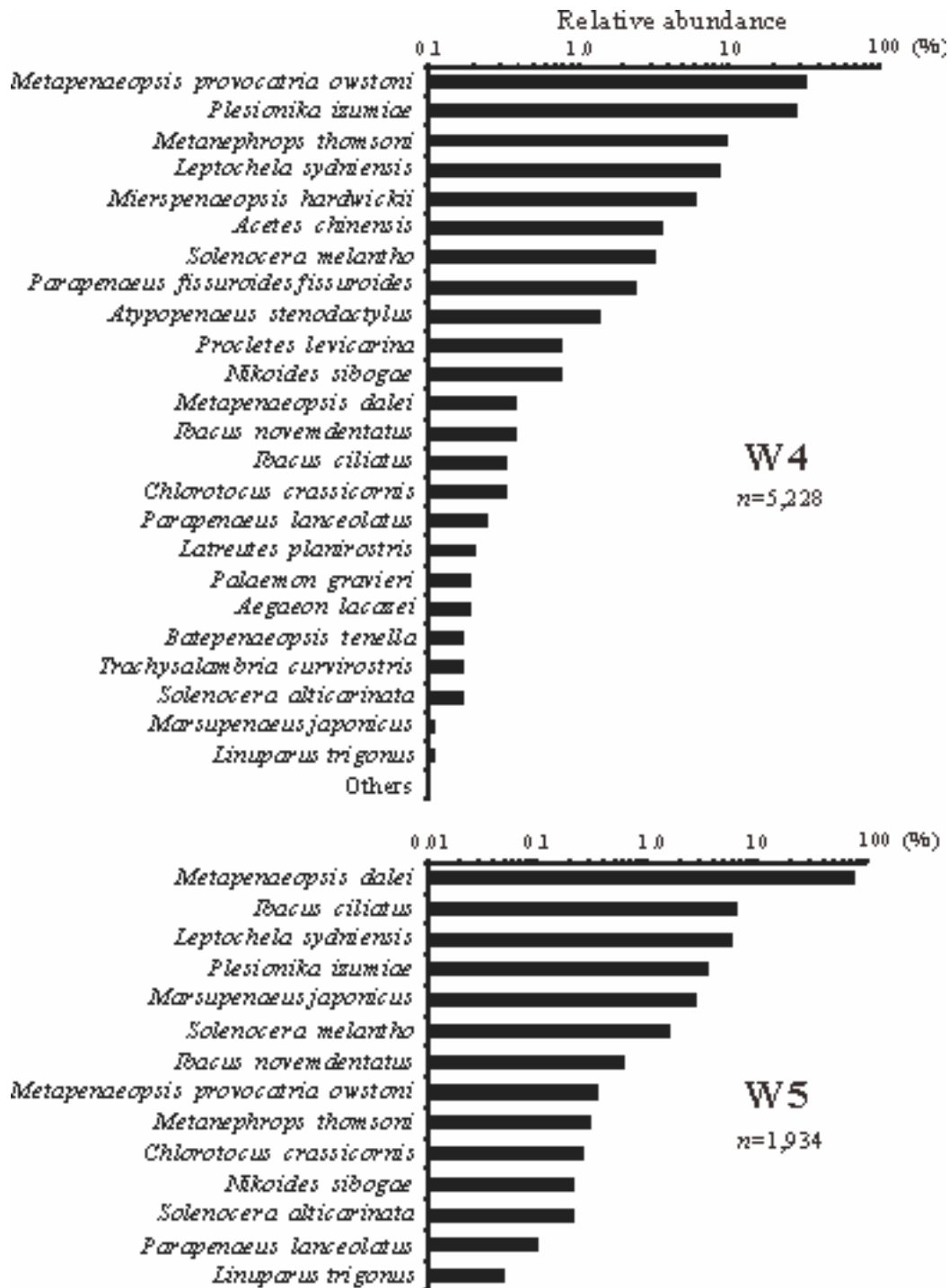


Fig. 2-4-7. Continued.

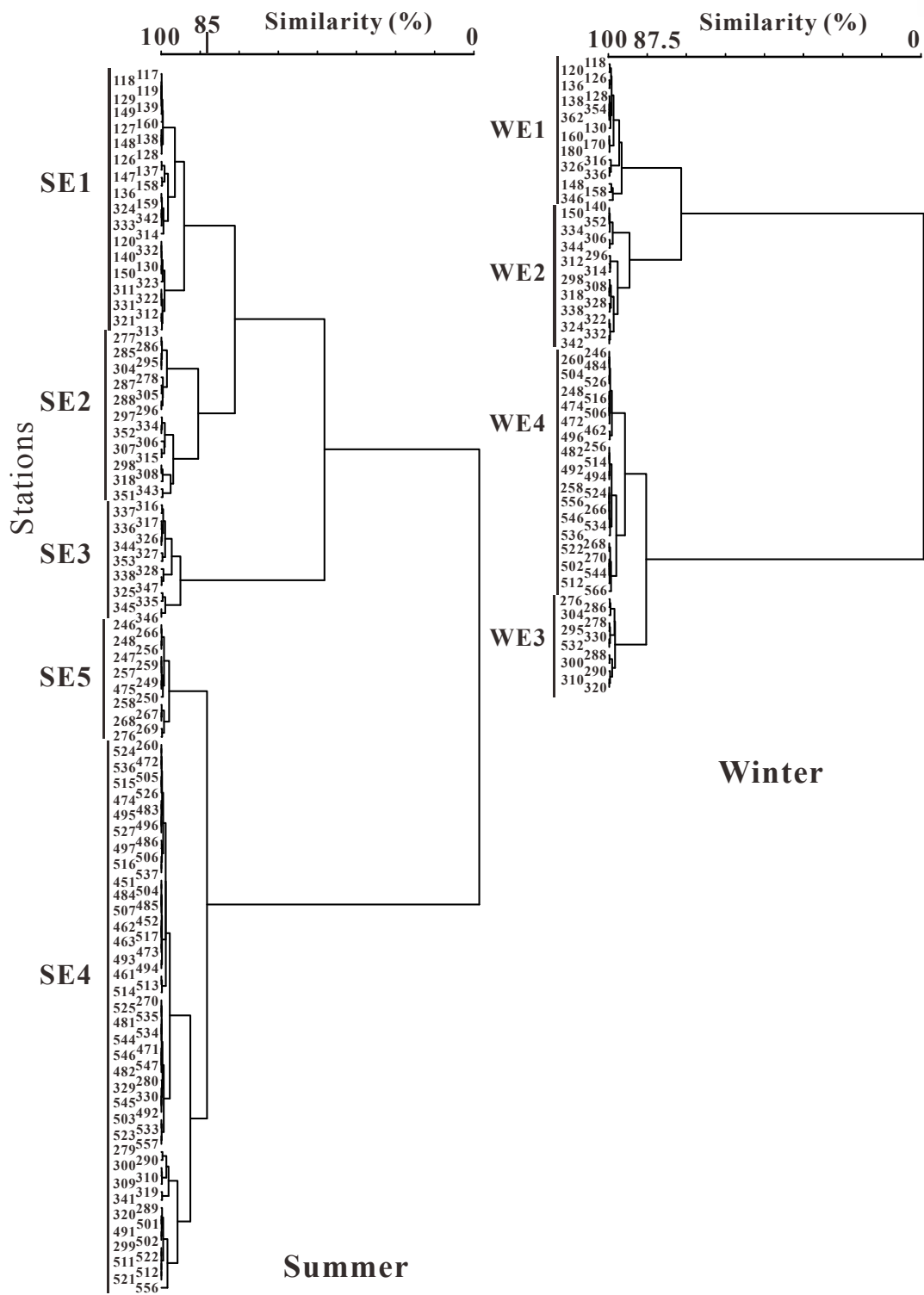


Fig. 2-4-8. Dendrogram with Ward's method linking from Euclidean index based on abiotic factors in the East China Sea and the Yellow Sea in summer (left) and winter (right). A total of nine water masses were recognized: SE1-SE5 for summer and WE1-WE4 for winter.

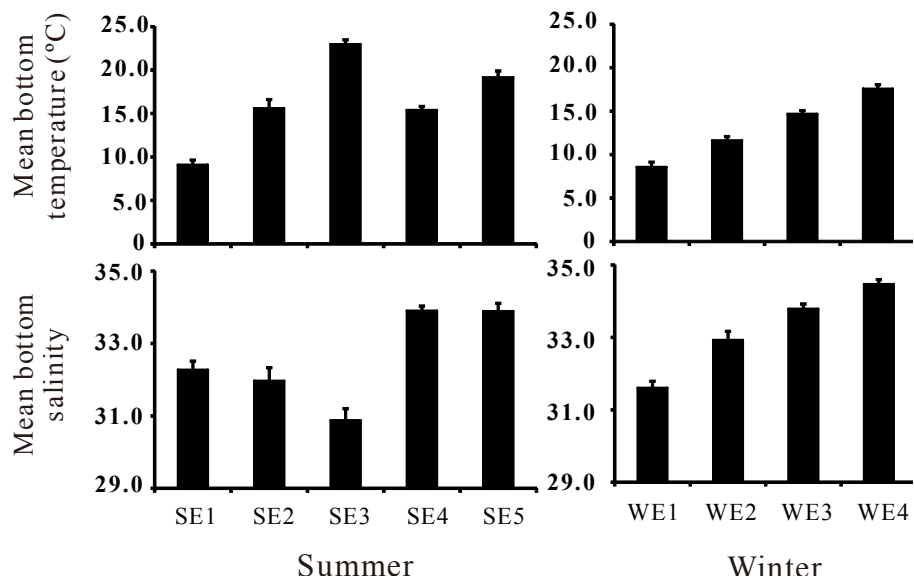


Fig. 2-4-9. Variations in mean bottom temperature (top) and salinity (bottom) among water masses (SE1-SE5 and WE1-WE4) in the East China Sea and the Yellow Sea in summer (left) and winter (right). Data are shown as mean + standard deviation.

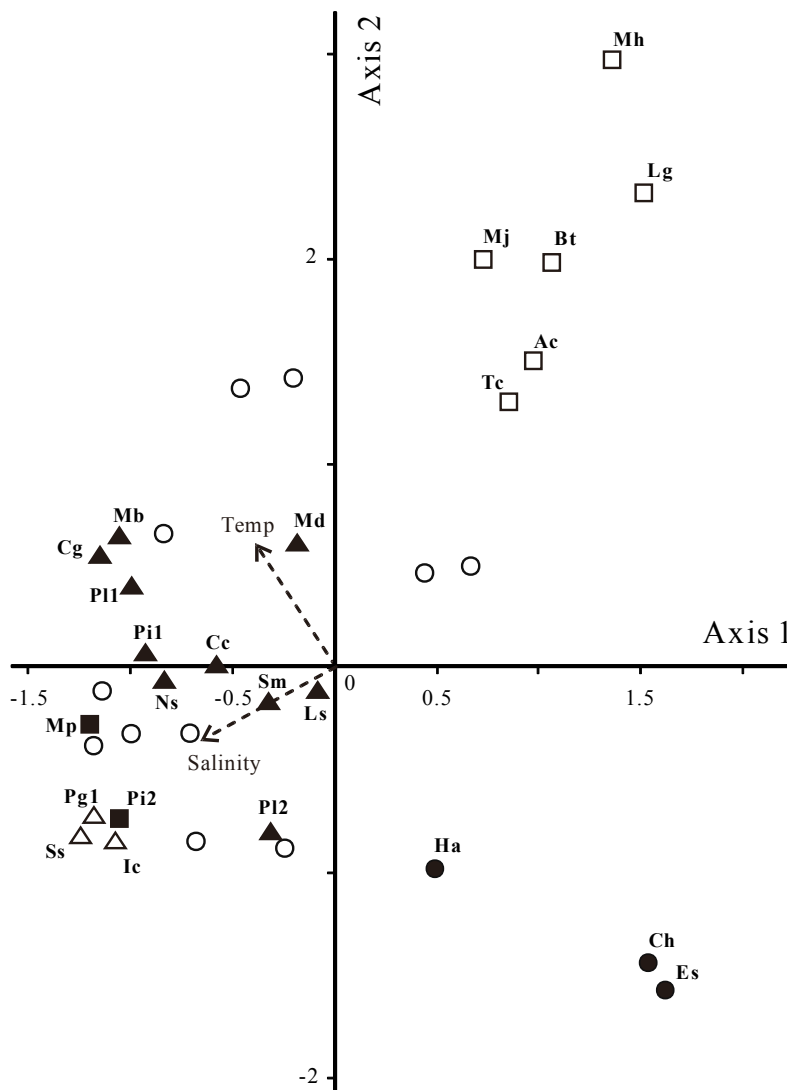


Fig. 2-4-10. Scores of 35 species of shrimps on the axes of canonical correspondence analysis from 151 tows in the East China Sea and the Yellow Sea in summer. Characteristic species are shown by solid circles (S1), open squares (S2), solid triangles (S3), solid squares (S4) or open triangles (S5), whereas other species are represented by open circles. Ac: *Acetes chinensis*, Bt: *Batepenaeopsis tenella*, Cc: *Chlorotocus crassicornis*, Cg: *Chlorotocella gracilis*, Ch: *Crangon hakodatei*, Es: *Eualus spathulirostris*, Ha: *Heptacarpus acuticarinatus*, Ic: *Ibacus ciliatus*, Lg: *Leptochela gracilis*, Ls: *Leptochela sydniensis*, Mb: *Metapenaeopsis barbata*, Md: *Metapenaeopsis dalei*, Mh: *Mierspenaeopsis hardwickii*, Mj: *Marsupenaeus japonicus*, Mp: *Marsupenaeus provocatria owstoni*, Ns: *Nikoides sibogae*, Pg1: *Plesionika grandis*, Pi1: *Plesionika izumiae*, Pi2: *Philocheras incisus*, P11: *Proclestes levicarina*, P12: *Parapenaeus lanceolatus*, Sm: *Solenocera melantho*, Ss: *Spongicola* sp., Tc: *Trachysalambria curvirostris*.

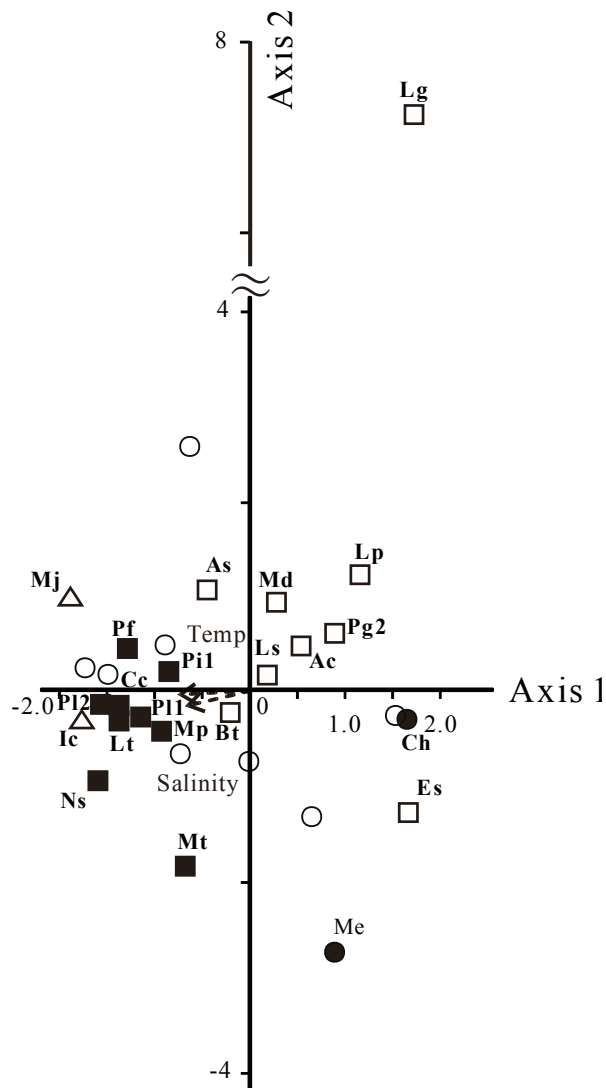


Fig. 2-4-11. Scores of 30 species of shrimps on the axes of canonical correspondence analysis from 74 tows in the East China Sea and the Yellow Sea in winter. Characteristic species are shown by solid circles (W1), open squares (W2), solid squares (W4) or open triangles (W5), whereas other species are represented by open circles. Ac: *Acetes chinensis*, As: *Atypopenaeus stenodactylus*, Bt: *Batepenaeopsis tenella*, Cc: *Chlorotocus crassicornis*, Ch: *Crangon hakodatei*, Es: *Eualus spathulirostris*, Ic: *Ibacus ciliatus*, Lg: *Leptochela gracilis*, Lp: *Leptochela planirostris*, Ls: *Leptochela sydniensis*, Lt: *Linuparus trigonus*, Md: *Metapenaeopsis dalei*, Me: *Metapenaeus ensis*, Mj: *Metapenaeus japonicus*, Mp: *Marsupenaeus provocatria owstoni*, Mt: *Metanephrops thomsoni*, Ns: *Nikoides sibogae*, Pf: *Parapenaeus fissuroides fissuroides*, Pg2: *Palaemon gravieri*, Pi1: *Plesionika izumiae*, P11: *Plesionika izumiae*, P12: *Parapenaeus lanceolatus*.

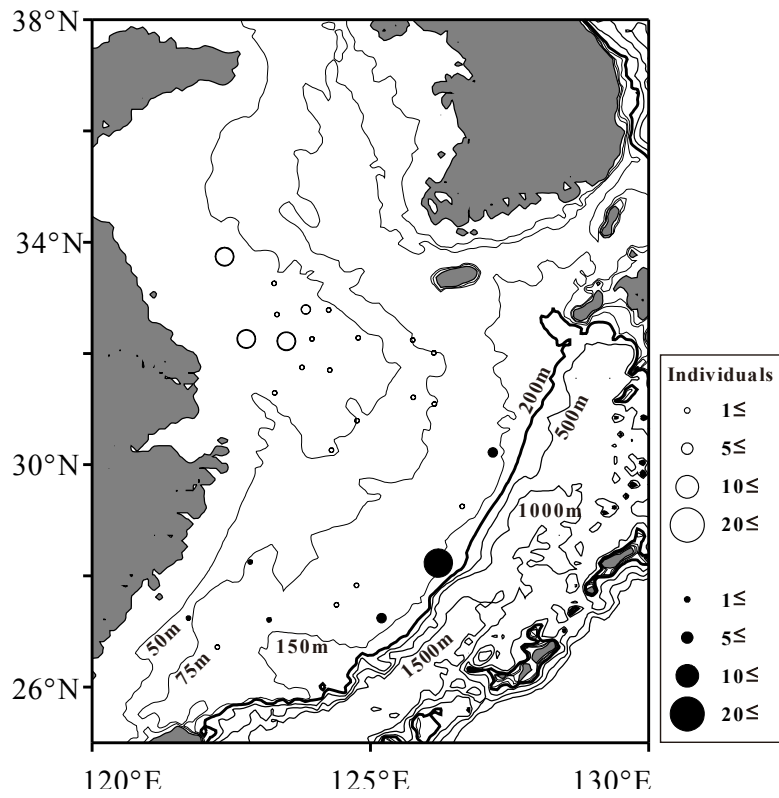


Fig. 2-4-12. Summer (open circles) and winter (solid circles) catch of *Marsupenaeus japonicus* in the East China Sea and the Yellow Sea. Catch is the number of individuals per km².

Table 2-4-1. List of shrimps caught during trawl surveys in summer and winter in the East China Sea and the Yellow Sea. See Fig. 2-4-1 for the sampling stations.

Family	Scientific name	% of the stations with shrimp catch	
		Summer (n=151)	Winter (n=78)
Palaemonidae	<i>Palaemon gravieri</i>	31.8	26.6
Processidae	<i>Nikoides sibogae</i>	3.3	3.8
Alpheidae	<i>Alpheus distinguendus</i>	+	+
	<i>Alpheus japonicus</i>	+	+
Hippolytidae	<i>Eualus spathulirostris</i>	19.2	12.7
	<i>Heptacarpus acuticarinatus</i>	9.9	+
	<i>Latreutes planirostris</i>	12.6	16.5
	<i>Spirontocaris pectinifera</i>	+	+
	<i>Tozeuma armatum</i>	6.0	5.1
Pandalidae	<i>Chlorotocella gracilis</i>	4.6	+
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	6.0	6.3
	<i>Heterocarpus dorsalis</i>	5.3	+
	<i>Plesionika grandis</i>	42.4	+
	<i>Plesionika izumiae</i>	11.9	41.8
	<i>Plesionika serratifrons</i>	+	+
	<i>Proclate levicarina</i>	9.3	10.1
Spongicolidae	<i>Spongicola</i> sp.	3.3	+
Nephropidae	<i>Metanephrops thomsoni</i>	13.2	11.4
Palinuridae	<i>Linuparus trigonus</i>	6.0	3.8
Scyllaridae	<i>Ibacus ciliatus</i>	24.5	8.9
	<i>Ibacus novemdentatus</i>	20.5	16.5
	<i>Petrarctus brevicornis</i>	+	-

+: less than 3.0% of the stations. -: none.

n: number of stations where shrimps were caught.

Table 2-4-2. Dominant (D) and characteristic [C] species in shrimp assemblage groups (S1-S5 and W1-W5) in the East China Sea and the Yellow Sea in summer and winter

Summer			Winter		
S1	<i>Crangon hakodatei</i>	D, C	W1	<i>Crangon hakodatei</i>	D, C
	<i>Eualus spathulirostris</i>	D, C		<i>Eualus spathulirostris</i>	D
	<i>Heptacarpus acuticarinatus</i>	C		<i>Metapenaeus ensis</i>	C
S2	<i>Mierspenaeopsis hardwickii</i>	D, C	W2	<i>Metapenaeopsis dalei</i>	D, C
	<i>Trachysalambria curvirostris</i>	D, C		<i>Acetes chinensis</i>	C
	<i>Palaemon gravieri</i>	D		<i>Atypopenaeus stenodactylus</i>	C
	<i>Acetes chinensis</i>	C		<i>Batepenaeopsis tenella</i>	C
	<i>Batepenaeopsis tenella</i>	C		<i>Eualus spathulirostris</i>	C
	<i>Leptochela gracilis</i>	C		<i>Latreutes planirostris</i>	C
	<i>Marsupenaeus japonicus</i>	C		<i>Leptochela gracilis</i>	C
			<i>Leptochela sydniensis</i>	C	
			<i>Palaemon gravieri</i>	C	
S3	<i>Leptochela sydniensis</i>	D, C	W3	<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	D
	<i>Metapenaeopsis dalei</i>	D, C			
	<i>Plesionika izumiae</i>	D, C			
	<i>Palaemon gravieri</i>	D			
	<i>Chlorotocella gracilis</i>	C			
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	C			
	<i>Metapenaeopsis barbata</i>	C			
	<i>Nikoides sibogae</i>	C			
	<i>Parapenaeus lanceolatus</i>	C			
	<i>Procletes levicarina</i>	C			
<i>Solenocera melantho</i>	C				

Table 2-4-2. Continued

Summer		Winter			
S4	<i>Metapenaeopsis provocatria</i>	D, C	W4	<i>Metapenaeopsis provocatria</i>	D, C
	<i>owstoni</i>			<i>owstoni</i>	
	<i>Plesionika izumiae</i>	D		<i>Plesionika izumiae</i>	D, C
	<i>Philocheras incisus</i>	C		<i>Chlorotocus crassicornis</i>	C
				<i>Linuparus trigonus</i>	C
				<i>Metanephrops thomsoni</i>	C
				<i>Nikoides sibogae</i>	C
				<i>Parapenaeus fissuroides</i>	C
				<i>fissuroides</i>	C
			<i>Parapenaeus lanceolatus</i>	C	
			<i>Procletes levicarina</i>	C	
S5	<i>Ibacus ciliatus</i>	D, C	W5	<i>Metapenaeopsi dalei</i>	D
	<i>Plesionika grandis</i>	D, C		<i>Ibacus ciliatus</i>	C
	<i>Metapenaeopsis provocatria</i>	D		<i>Marsupenaeus japonicus</i>	C
	<i>owstoni</i>				
	<i>Spongicola</i> sp.	C			

The dominant species is defined as the shrimp whose SDR2 index exceeded 50%.

The characteristic species is defined as the shrimp whose number of individuals caught exceeded 75% in total catch of each species in individual assemblage groups.

See Fig. 2-5-7 for S1-S5 and Fig. 2-5-8 for W1-W5.

Table 2-4-3. Summary of canonical correspondence analysis performed on the catch of shrimp species in the East China Sea and the Yellow Sea in summer and winter

	Summer			Winter		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Summary statistics for ordination axes						
Eigenvalues	0.603	0.488	0.453	0.597	0.112	0.519
Species-environment correlations	0.906	0.862	-	0.931	0.684	-
Cumulative percentage of variance of species data	13.2	23.9	33.9	12.5	14.9	25.8
Correlation of environmental variables						
Bottom temperature	-0.458	0.714	-	-0.956	0.812	-
Bottom salinity	-0.762	-0.420	-	0.201	-0.908	-

第5節 短尾類群集の季節変動

短尾類は、底生生物群集の構成種のなかで最も海底に接して生活するグループである。東シナ海と黄海においては底びき網漁業の混獲物として普通に漁獲されるが、商業的重要種がワタリガニ科の数種に限られるため、当海域の短尾類群集に関する研究は限定的である。東シナ海・黄海の短尾類相については、トロール網と大型ドレッジを用いた調査により17科92種が報告されている(山下, 1979a)。さらに東シナ海東部の大陸棚斜面域のトロール調査による出現種が報告されている(Takeda, 1975; 武田・窪寺, 1998)。短尾類群集の組成と構造の季節変化に関しては、東シナ海南部の短尾類群集が研究されている(Chen *et al.*, 2009)。しかし、東シナ海と黄海の沖合域全域を対象とした短尾類群集の水平分布に関する知見が極めて少ない。本節では、東シナ海と黄海の沖合域で実施された着底トロール調査に基づき、夏季と冬季の大型短尾類群集の水平分布と種組成の変化を検討する。

材料と方法

夏季(1989年8月17日～10月14日)と冬季(1991年1月14日～2月6日)に東シナ海と黄海の沖合域で着底トロール調査を実施した。夏季調査は、調査海域に緯度経度30分の升目を設定し、その格子点毎に調査点を配置し、合計153点の調査点を設定した(Fig. 2-5-1)。調査点の設定、漁具と船舶、曳網、採集標本の処理、環境要因の測定は第1章第1節に記述した。本研究は短尾類の大型種を対象とするため、以後の解析にはコッドエンド部の標本データのみを用いた。なお、カバーネット部の短尾類標本はコッドエンド部と比較して個体数が少なく帰属不明種が多い。1調査点あたり採集個体数をCPUEと規定した。季節別、クラスター別にCPUEを算出した。エビ類の群集区分は、調査点毎に種組成の類似性をBray-Curtis指数[(1)式]により計算し、flexible beta法(Lance & Williams, 1967)によるクラスター分析(夏季-0.25, 冬季-0.5)を行い解析した。

$$\text{Bray-Curtis index} = \frac{\sum_{i=1}^S |n_{Ai} - n_{Bi}|}{N_A + N_B} \quad (1)$$

n_{Ai} は調査点Aの*i*番目の種の個体数、 N_A は調査点Aの全個体数、 S は全種数。

優占種は、クラスター毎に佐久間(1964)の方法によって判定した。優占度の計算方法は第1章第3節に記述した。

解析に際して、出現頻度が全調査点数の3%未満の種を除外した。さらに、成体の甲幅長が3cm程度となる小型種を定量性が期待できないため除外した(中川ほか, 2010)。したがって、クラスター分析には夏季142調査点、冬季72調査点を用いた。なお、CCA分析に

において、種の分布の軸が水温や塩分等と関係が高くなかったため CCA 解析の結果は検討しない。

結果

夏季調査では 27 種の短尾類が出現し、158,984 尾が採集され、1 調査点あたり平均採集個体数は 1,046 尾であった。3%以上の出現頻度があったのは 12 種で、このうち、小型種であるフタホシイシガニとイボイチョウガニを除いた 10 種を解析に用いた (Table 2-5-1)。大型種 10 種の採集個体数の合計は 124,167 尾で 97%がヒラツメガニで占められた。

冬季調査では 22 種の短尾類が出現し、6,602 尾が採集され、1 調査点あたり平均採集個体数は 69 尾と夏季の値(1,046 尾)に比べて著しく低かった。3%以上の出現頻度があったのは 12 種で、夏季と同様にフタホシイシガニとイボイチョウガニを除いた 10 種を解析に用いた (Table 2-5-1)。大型種 10 種の採集個体数の合計は 6,251 尾で 38%がヒラツメガニ、23%がトラフカラッパ、15%がガザミで占められた。

夏季のカニ類群集は、類似度 38% で 4 つのクラスターに区分された (Figs. 2-5-1, 2-5-3; Table 2-5-2)。クラスターの水平分布は、それぞれのクラスターを構成する調査点が混在しており、水平的なまとまりを持つ範囲として区分されなかった。デンドログラムの上端から S1, S2, S3, S4 クラスターと呼称する。

S1 クラスターには 10 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数は 33 尾であった。ケセンガニ、トラフカラッパ、アカイシモドキ、アカイシガニが優占した。S2 クラスターには 10 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数はそれぞれ 104 尾であった。ヒラツメガニが優占した。S3 クラスターには 10 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 22 尾であった。ガザミとヒラツメガニが優占した。S4 クラスターには 10 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 5,854 尾であった。ヒラツメガニが優占した。

冬季のカニ類群集は、類似度 44% で 3 つのクラスターに区分された (Figs. 2-5-2, 2-5-3; Table 2-5-3)。クラスターの水平分布は、それぞれのクラスターを構成する調査点が混在しており、水平的なまとまりを持つ範囲として区分されなかった。デンドログラムの上端から W1, W2, W3 クラスターと呼称する。W1 クラスターには 10 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 68 尾であった。アカイシモドキ、ケセンガニ、トラフカラッパが優占した。W2 クラスターには 4 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 13 尾であった。アカイシガニが優占した。W3 クラスターには 10 種が出現し、1 調査点あたり平均採集個体数と平均出現種数は 108 尾であった。ヒラツメガニ、ガザミが優占した。

考 察

夏季、冬季ともにヒラツメガニの採集量が最も多かった。特に夏季では大型短尾類の採集量のほとんどがヒラツメガニで占められた。ヒラツメガニが優占したクラスターは夏季には調査海域のほぼ全域に、冬季には東シナ海の南西部を除く調査海域に分布していた。また、ヒラツメガニは2006～2007年に東シナ海南西部において行われたトロール調査では、夏季と秋季に採集個体数が特に多く大型短尾類の最優占種であったが、春季と冬季は採集個体数が前者の約3割となり優占度が下がっている(Chen *et al.*, 2009)。このことから、ヒラツメガニは夏季には東シナ海と黄海のほぼ全域で優占し、冬季には夏季に比べて個体数が減少するが東シナ海の南西部を除く大部分の海域で優占すると考えられる。一方、本研究においてヒラツメガニが優占しないクラスターが夏季に1つ、冬季に2つ出現した。これらのクラスターは、ケセンガニ、トラフカラッパ、アカイシモドキおよびアカイシガニの4種が優占するという共通点がみられた。これら4種は、寒海種、暖海種、ワタリガニ科の沖合性種という異なる生態特性を有する(三宅, 1983; Spiridonov & Trukay, 2001)。アカイシモドキは大陸棚外縁に分布、ケセンガニは黄海中央、トラフカラッパは東シナ海南西部に分布するという(山下, 1979a)。本研究のS1とW1クラスターを細分すると調査点の分布が黄海、東シナ海南西部および東シナ海大陸棚外縁部に区分される(Fig. 0-1-1)、W2クラスターは大陸棚外縁部に分布することから、山下(1979a)の結果とよく一致する。ヒラツメガニが優占しないクラスターは、異なる3つの群集が結合したものである。したがって、東シナ海と黄海の大型短尾類群集は、ヒラツメガニが優占するヒラツメガニ群集、寒海種(ケセンガニ)が優占する黄海群集、暖海種(トラフカラッパ)が優占する東シナ海南西部群集、ワタリガニ科の沖合性種(アカイシモドキ、アカイシガニ)が優占する東シナ海大陸棚外縁部群集に区分される。これらのように、ヒラツメガニが優占していない海域では、環境傾度の特徴に適した生態的特性をもつ種が優占していることから、ヒラツメガニの優占によって、この海域の群集構造がヒラツメガニの寡占する構造に変化していると推察される。

前述したように、魚類群集(本章第3節)とエビ類群集(本章第4節)ではクラスターを構成する調査点が水平的なまとまりをもつ範囲として区分されたが、大型短尾類群集ではクラスターを構成する調査点がパッチ状に分布し、水平的なまとまりをもつ範囲として区分されなかった。これは、大型短尾類群集ではより小さい空間スケールで変化する環境要因(例えば底質分布)に分布が規定されている可能性が示唆される。魚類群集とエビ類群集の分布は大きな空間スケールで変化する規定要因、水塊の影響を受け、大きな空間スケールにおいて水平的なまとまりを有する分布が観察される。しかし、大型短尾類群集はより小さな空間スケールで変化する規定要因に影響されるため、大きな空間スケールでの観察では分布域がパッチ状にみえた。

本研究によって、東シナ海と黄海の大部分で夏季、冬季ともにヒラツメガニが優占してい

ることが示された。1981～1987年の夏季に東シナ海中部において実施されたトロール調査でも、最も漁獲量の多い短尾類であったことから(石倉ら, 1989), 少なくとも1980年代初頭には、東シナ海においてヒラツメガニが優占していたと考えられる。

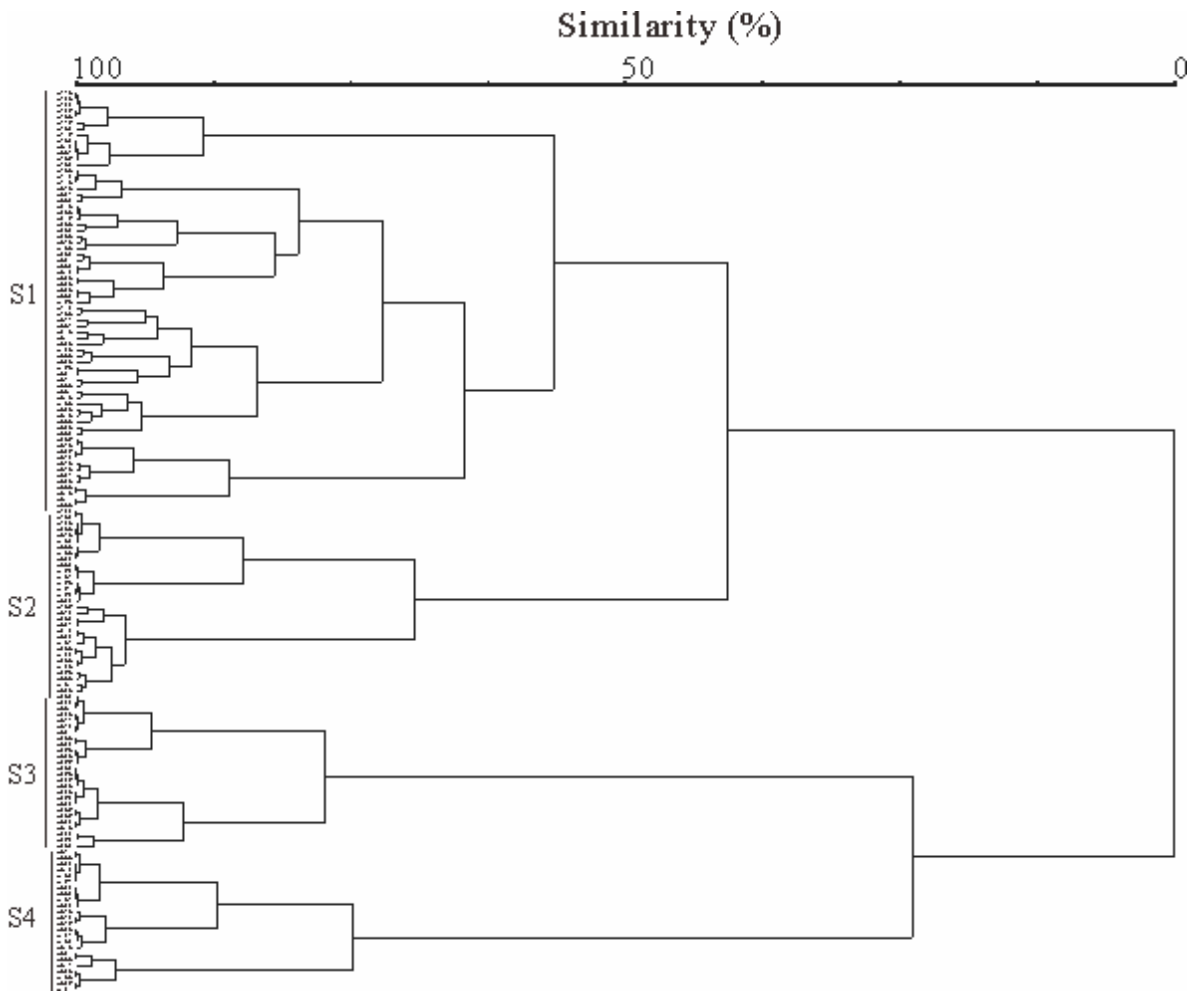


Fig. 2-5-1. Dendrogram with flexible beta linking from Bray-Curtis similarity index, based on the catch of shrimp species in summer in the East China Sea and the Yellow Sea. A total of four clusters (S1-S4) are recognized.

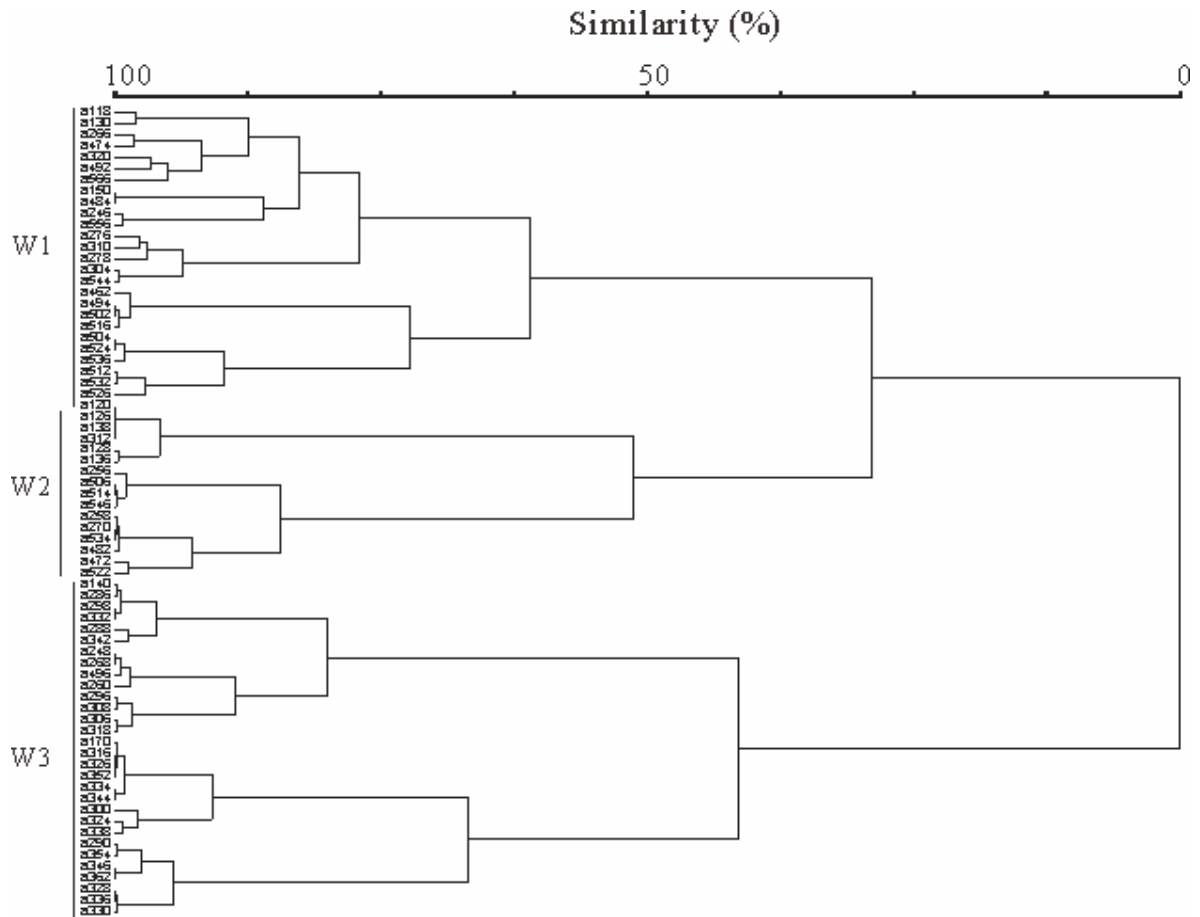


Fig. 2-5-2. Dendrogram with flexible beta linking from Bray-Curtis similarity index, based on the catch of shrimp species in winter in the East China Sea and the Yellow Sea. A total of three clusters (W1-W3) are recognized.

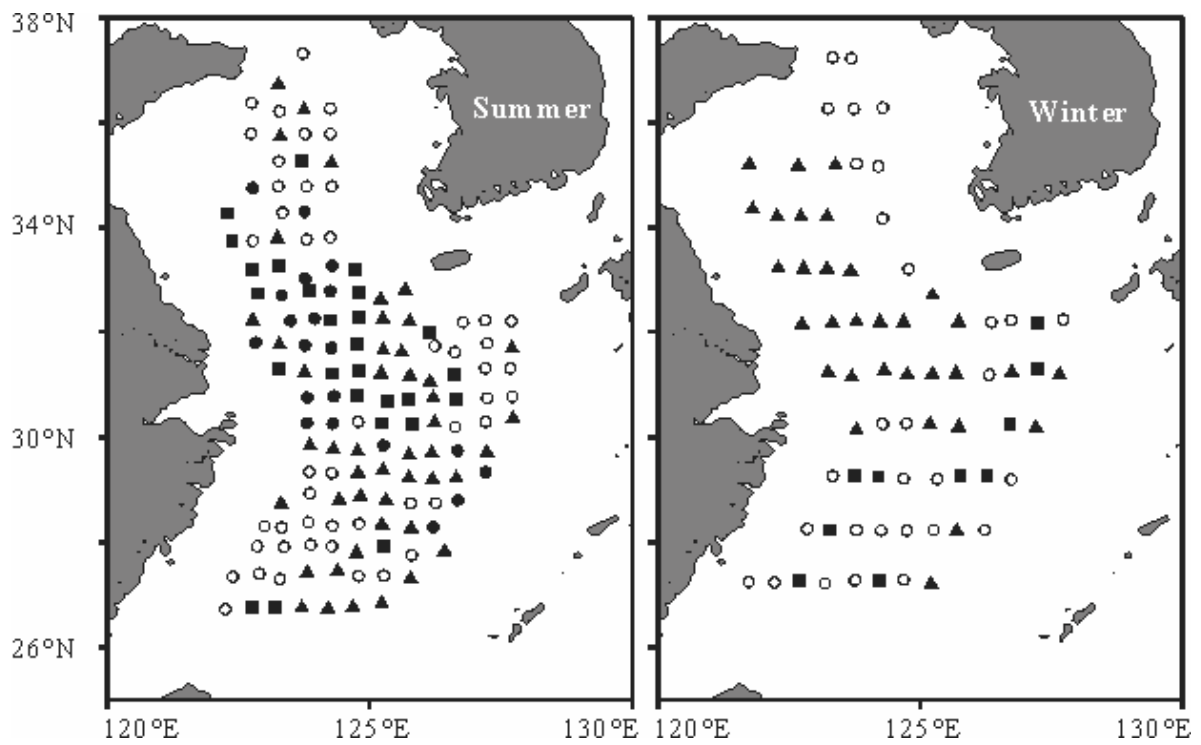


Fig. 2-5-3. Distribution of clusters (A and B) based on cluster analysis in summer (left) and winter (right) in the East China Sea and the Yellow Sea. Open circles: S1, solid circles: S2, solid triangles: S3, solid squares: S4 in A. Open circles: W1, solid squares: W2, solid triangles: W3 in B.

Table 2-5-1. List of crabs caught during trawl surveys in summer and winter in the East China Sea and the Yellow Sea. See Fig. 2-6-1 for the sampling stations

Family	Scientific name	% of the stations surveyed	
		Summer (n=158,984)	Winter (n=6,602)
Calappidae	<i>Calappa lophos</i>	15.1	7.2
	<i>Calappa philargius</i>	-	+
	<i>Mursia microspina</i>	+	-
	<i>Mursia trispinosa</i>	5.3	-
Cancridae	<i>Romaleon gibbosulum</i>	15.8	14.4
Dorippidae	<i>Dorippidae</i> sp.	-	+
	<i>Heikeopsis japonica</i>	+	-
Dromiidae	<i>Dromiidae</i> sp.	+	-
	<i>Lauridromia dehaani</i>	+	+
Epialtidae	<i>Naxioides robillardi</i>	+	-
	<i>Phalangipus hystrix</i>	+	-
Goneplacidae	<i>Carcinoplax longimana</i>	31.6	14.4
	<i>Carcinoplax vestita</i>	+	+
Homolidae	<i>Homora orientalis</i>	+	-
Inachidae	<i>Inachidae</i> sp.	-	+
	<i>Platymaia alcoki</i>	+	-
Latreillidae	<i>Latreillia valida</i>	+	-
Leucosiidae	<i>Myra celeris</i>	+	-
	<i>Tokoyo eburnea</i>	-	+
Majidae	<i>Leptomithrax edwardsii</i>	18.4	10.3
Matutidae	<i>Matuta curtispina</i>	+	-
	<i>Matuta victor</i>	+	-
Oregoniidae	<i>Oregonia gracilis</i>	13.2	10.3
Portunidae	<i>Charybdis bimaculata</i>	45.4	36.1
	<i>Charybdis feriata</i>	+	3.1
	<i>Charybdis japonica</i>	+	+
	<i>Charybdis miles</i>	27.0	21.6
	<i>Charybdis sagamiensis</i>	28.3	14.4
	<i>Ovalipes punctatus</i>	65.8	32.0
	<i>Portunus haani</i>	5.3	11.3
	<i>Portunus sanguinolentus</i>	-	+
Xanthidae	<i>Portunus trituberculatus</i>	50.0	29.9
	<i>Liagore rubromaculata</i>	+	-
	<i>Xanthidae</i> sp.	-	+

+ : less than 3.0% of the stations surveyed.

- : none.

Table 2-5-2. Number of crabs in clusters (S1-S4) in summer in the East China Sea and the Yellow Sea. See also Fig. 2-6-2 for S1-S4

Species	S1	S2	S3	S4
<i>Ovalipes punctatus</i>	3.0	91.4	3.9	5844.5
<i>Portunus trituberculatus</i>	0.9	2.1	16.5	3.6
<i>Carcinoplax longimana</i>	1.0	3.7	0.7	2.6
<i>Charybdis sagamiensis</i>	3.9	0.6	0.3	0.7
<i>Charybdis miles</i>	3.5	2.5	0.4	1.8
<i>Leptomithrax edwardsii</i>	2.0	1.0	0.2	0.8
<i>Calappa lophos</i>	5.9	1.7	0.2	0.2
<i>Oregonia gracilis</i>	12.2	0.2	0.0	0.1
<i>Portunus haani</i>	0.2	0.1	0.2	0.2
<i>Mursia trispinosa</i>	0.6	0.2	-	0.1

Table 2-5-3. Number of crabs in clusters (W1-W3) in winter in the East China Sea and the Yellow Sea. See also Fig. 2-6-3 for W1-W3

Species	S1	S2	S3
<i>Ovalipes punctatus</i>	0.8	72.4	0.1
<i>Portunus trituberculatus</i>	0.3	29.4	-
<i>Charybdis miles</i>	0.3	0.4	12.1
<i>Charybdis sagamiensis</i>	10.5	-	0.4
<i>Carcinoplax longimana</i>	2.1	2.4	0.1
<i>Portunus haani</i>	0.8	0.1	-
<i>Oregonia gracilis</i>	10.9	0.8	-
<i>Leptomithrax edwardsii</i>	6.4	0.6	-
<i>Calappa lophos</i>	36.1	2.2	-
<i>Mursia trispinosa</i>	0.2	-	-

第3章 総合討論

東シナ海と黄海では多くの経済的重要種について資源動態や資源生態研究の知見の集積が行われてきた。以西底びき網漁業の主対象とされたニベ科を例にとると、体長 150 cm ほどに成長し東シナ海と黄海の底層の頂点捕食者であったオオニベは 1950 年代前半には 500 トンほどの漁獲量であったが 1960 年代半ばまでに資源崩壊した。1950 年代に 1 万トン以上の漁獲を揚げていたクログチは 1970 年代までに、16 万トンもの膨大な水揚げがされていたキグチも 1980 年代までに資源が崩壊している。これら 3 種には、ともに分布域の著しい縮小が観察され、クログチやキグチでは体長組成の小型化および性成熟の若齢化がみられた(堀川・山田, 1999)。また、クログチでは資源が豊富だった年代よりも成長がよくなったことが報告されており(佐藤, 1974)、密度効果が表れるほど高い漁獲圧が加えられたと推察される。また、キグチでは系群数が減少しており(堀川・山田, 1999)、底びき網漁業の漁場がある沖合域だけでなく、産卵場のある沿岸域にも強い漁獲圧が加えられたことを示唆する。

これらの種に加えられた漁獲圧は漁獲対象種のみに加えられたわけではなく、対象種の周囲に分布する複数の種、つまり底生生物群集に対しても同様に作用したと考えられる。東シナ海と黄海で行われた底生生物群集の先行研究(Jin & Tang, 1996; 堀川, 1998)では、魚類群集で優占種交代などの群集構造の変化が起きたことが報告され、その原因として東シナ海と黄海に長期間にわたって加えられた強い漁獲圧をあげている。

群集構造の変化の主因が強い漁獲圧であるとする結論は概ね正しいであろう。しかし、先行研究では、分布の空間スケールが異なる種(例えば表中層魚と底生魚)を一括して解析した例や生物群集の季節的な分布変化を考慮していない例などもあった。さらに、分布する水温帯や水深帯などの生態特性が異なる種群の変化についてはほとんど言及されていなかった。つまり、生物群集の構造変化とその要因を探るための研究はまだ不十分であると考えられた。

本研究では、底生魚類群集と底生エビ類群集の種組成がそれらの群集が分布する水塊の性質と密接に関係していること、それらの群集の水平分布が水塊の水平分布に依存していることを明らかにした。そのうえで、東シナ海と黄海に安定して存在する 2 つの水塊(黒潮系水塊と黄海冷水系水塊)に分布する底生魚類群集と底生エビ類群集の構造の時間的変化とその要因を明らかにした。

黒潮系群集と黄海群集では、1990 年代と 2000 年代の間に底生魚類、底生エビ類およびワタリガニ科大型カニ類の浅海性種の分布密度の急激な減少がみられた。東シナ海と黄海の環境の変化をみると、長江から黄海へ流入する堆積物量の経年変化(1986~2002 年)(Chen *et al.*, 2008)や東シナ海の溶存酸素量(1975~1995 年)(Ning *et al.*, 2011)に大きな変化が認められなかった。東シナ海ではレジームシフトによるとされるの表面水温の上昇

が 1998 年以降に観測されているがその変化はわずか 1°C 未満であり(荒井, 2013), 本海域の表面水温が 10°C 以上の年変化(近藤, 1980)をすることを考慮すると, 特に底生生物への影響は大きくないと考えられる。したがって, 環境要因は底生生物群集の種組成変化の主因とは考えられないだろう。一方, 本海域が含まれる太平洋北西部における中国の底魚類漁獲量は 1980 年代には 80 万トン前後で推移していたが, 1990 年代から急激に増加傾向となり 2007 年は 1980 年代の漁獲量の 4 倍以上に達した。しかし, 本研究で明らかにしたように, 東シナ海と黄海における底魚類の CPUE が急激に減少していることから, 本海域では底生魚類の分布密度が減少していると考えられ, 中国による急激な漁獲量の増加は膨大な漁獲努力量の投入の結果と考えられた。このことは本海域に強い漁獲圧が加えられたことを強く示唆する。本研究では浅海性種の出現種数と分布密度の減少が顕著であり, 東シナ海に比較して水深の浅い黄海で広深性のヒラツメガニの分布密度も減少していることから, 浅海域ほど強い漁獲圧が加えられたと予想された。しかし, 黒潮系水塊内を浅深の 2 海域に分けた分布密度の年変化に大きな差異がなかったことから, 調査海域内では水深による漁獲圧の強度の違いは小さいと考えられた。そこで, 浅海性種が減少した原因として分布範囲の制限が疑われた。

本研究において, 資源が崩壊状態になった年代順に群集別・生態特性別に種群を示すと (Fig. 3-1-1), 最初に黄海の冷水性浅海性種が, つづいて温帯性浅海性種が減少し, 沖合性および広深性種は調査期間の終わりまで維持された。浅海性種が分布する東シナ海大陸棚は北部と西部および東部の一部が陸地に, 南部から東部にかけて沖縄舟状海盆に囲まれている。僅かに東部の一部で九州西部岸とつながるが, 優勢な対馬海流が横切っているため流れに逆らう移動となる九州西岸から東シナ海への浅海性魚類の移動に大きな制限を受けるため, 他海域からの浅海性種の移入がほとんど無いと考えられる。さらに, 冷水性種は水温によって黄海域に分布域が制限され, 最も分布範囲が狭められた。一方, 沖合性種や広深性種は大陸棚上から大陸棚斜面域まで分布域が連続していると考えられる。沖合性種も大陸棚上で浅海性種と同様に強い漁獲圧を加えられ分布密度が減少したが, 大陸棚斜面域からの移入により減少傾向が軽減され資源崩壊を免れたのであろう。

さらに, 強い漁獲圧下では, 漁獲圧に高い抵抗力をもつ種が優占種となり, 少数種が寡占し, 種多様度が減じた群集構造に急速に変化した。最も特徴的であった種はヒラツメガニで, 分布密度が減少せず, 群集内の優占率が上昇し寡占化が進んだ。これは本種の産卵生態や生活史の特徴, さらに漁獲圧による上位捕食者の減少などが有利に働いたためと考えられる。このような群集構造の変化は, 高い漁獲圧の環境に底生生物群集が適応した結果であると言えようが, 種多様度の低下は, 乱獲から生態系が回復する能力を低下させ, 海洋環境の維持に負の影響を持つとされる (Worm *et al.*, 2006)。また, 僅かな優占種に支えられている生態系は環境変化に脆弱となり, 漁獲対象となる多くの上位捕食者の減少だけでなく, 甲殻類などの餌生物の増減にも影響し生態系に大きな影響を及ぼすだろう。現

在の東シナ海と黄海の底生生物群集は、周辺国の漁業により加えられた強い漁獲圧により構成種の分布密度が著しく低位にあり、深刻な状態にあると考えられる。Worm *et al.* (2009) は生態系を乱獲状態にさせないために効果のあった管理ツールとして、TAC や禁漁区の設定、漁具制限などを挙げている。つまり、東シナ海と黄海に加えられている強い漁獲圧を軽減すれば底生生物の群集構造の回復が図ることができるだろう。

我が国では、敗戦後のすぐの1947年に当該海域の資源管理を目指した研究がはじめられた。蓄積された知見は、1960年代に以西底びき網漁業資源保持対策委員会によって科学的根拠によるコッドエンド目合の自主規制の導入に活用され、資源保護の取り組みに一応の成果をもたらした。しかし、東シナ海と黄海は国際入会漁場という性格を持つため、我が国の以西底びき網漁業の衰退に呼応するように、1970年代に韓国、1980年代には中国の漁業が台頭し、日本につづき、韓国、中国により強い漁獲圧が継続して加えられた。中国による資源保護の取り組みとしては1980年から実施されている「夏季休漁制度」があげられる(片岡, 2004)。当初、沖合域で操業する中国の底びき網漁業はこの制度の対象外であったが、1995年と1998年に規制が強化され底びき網と張網が対象に加えられ2~3ヶ月の休漁期が設けられた。しかし、本制度では中国の沿岸域で最も発展しているエビ曳網が対象外とされている。また、中国の太平洋北西部の底魚類漁獲量が1980年代以後に急激に増加し、僅か20年間に250万トンという膨大な漁獲量が増加されていること、さらに本研究で明らかにしたように、東シナ海と黄海における底魚類のCPUEが急激に減少していることを考慮すると、中国が実施した制度の効果は非常に限定的であろう。

日韓漁業協定、日中漁業協定の締結後、それぞれ日韓漁業共同委員会、日中漁業共同委員会が設置され、傘下の科学小委員会において科学的な資源管理が目標とされた。現行では日韓海洋生物資源専門家小委員会(マアジ、マサバ、スルメイカの漁獲割当のための情報交換)、日中海洋生物資源専門家小委員会(タチウオ、サバの漁獲量の情報交換)であるが、いまだ国際的資源保護・管理には到達していない。一方、北海も東シナ海と同様に周辺国の漁業により強い漁獲圧が長期間にわたって加えられたため漁業資源が著しい低水準にまで減少した海域である。しかし、近年ではタラやタイセイヨウニシンなど一部の資源で回復がみられている。北海における漁業管理はICES(1902年設立)が中心となり各種の漁業資源について持続利用を前提とした漁獲量を勧告し、各漁業国がICESの勧告に準拠したTACを設定するという方法で行われている。このように、国際的資源管理の達成には漁業資源の生物学的許容漁獲量を算定する国際組織の存在と、それぞれの国においてTACを遵守する体制が資源の回復を導いたのであろう。一方、東シナ海・黄海では周辺国による国際漁業管理体制が構築できなかったことが、本海域の底魚類資源を崩壊状態に追い込んだと考えられる。

東シナ海と黄海の底生魚類群集には今後も強い漁獲圧が継続して加えられることが予想され、資源崩壊が危惧される。過剰な漁獲圧を軽減するため、東シナ海と黄海を利用し

ている漁業国による国際的な漁業管理を行い，早急に当該海域の魚類群集の保全を実施する必要がある。

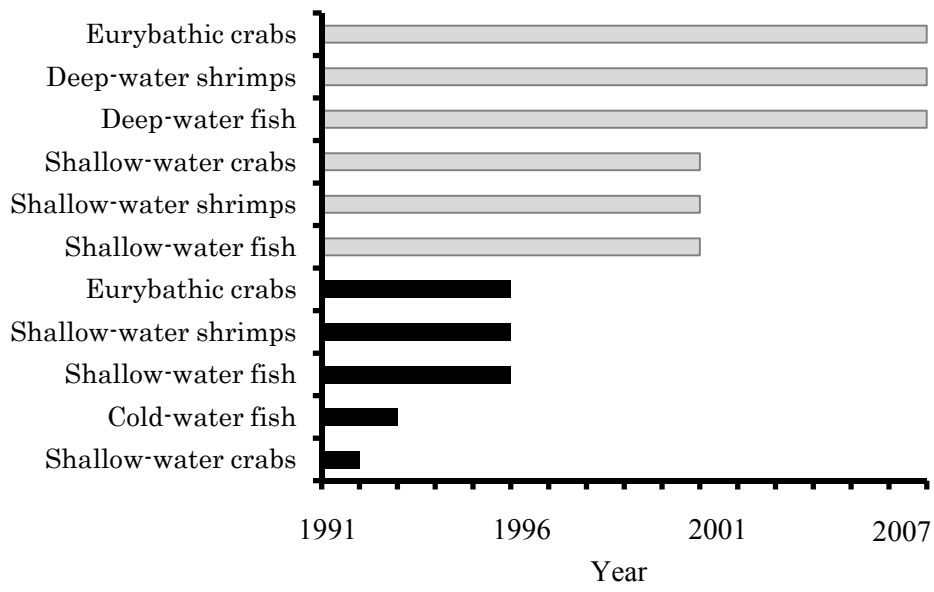


Fig. 3-1-1. Collapse in abundance of marine organisms in the East China Sea and the Yellow Sea. Data are shown for cold-water assemblage (black) and Kuroshio-water assemblage (gray).

謝 辞

本研究を進めるに当たり、懇切な指導を賜るとともに、本稿に詳細なご校閲いただいた広島大学大学院生物圏科学研究科の長澤和也教授に深く感謝する。また、本稿をご校閲いただいた広島大学大学院生物圏科学研究科の河合幸一郎教授、坂井陽一教授、富山毅准教授、斉藤英俊准教授に深く感謝する。

本研究を行うに当たり、調査を計画、実施された元 JICA チーフアドバイザー藤田 轟博士、水産総合研究センター中央水産研究所の時村宗春博士、調査に支援をいただいた調査員と補助調査員、魚類群集に関する有益な助言をいただいた水産総合研究センター開発調査センター堀川博史博士、魚類の分類に関する有益な助言をいただいた水産総合研究センター元西海区水産研究所の山田梅芳氏、調査船の運行に協力していただいた沖縄教育庁所属漁業実習船海邦丸、熊本県立苓洋高校所属漁業実習船熊本丸、探海船舶株式会社所属とりしま、日本海洋株式会社所属第七開洋丸の乗組員に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 青山恒雄, 1955: レンコダイ *Taius tumifrons* にみられた両性生殖巣. 魚雑, **4**, 119-129.
- 青山恒雄, 1960: 漁群探知機による魚群構造の調査-I. 1959年2月観察の東海中部のタチウオの群構造. 日水誌, **26**, 1162-1166.
- 青山恒雄, 1961: 底曳網の網目の選択作用とその以西底びき網漁業資源管理への応用. 西水研報, **23**, 1-63.
- 青山恒雄・北島忠弘, 1959: 底曳網の網目の選択作用-II, 50尺おおい網式トロール網による網目試験. 西水研報, **16**, 1-20.
- 青山恒雄・北島忠弘, 1961: 80 mm 目コッド・エンドからの魚の逸出時期および逸出魚の活力(底曳網の網目の選択作用-X). 東光丸調研報, **2**, 117-124.
- 荒井裕崎, 2013: レジーム・シフトと女島の海面水温の長期変動について. www.marinelabo.nagasaki.nagasaki.jp/news/suisankaihatsu/no113.pdf. (参照:2014/06/1).
- 馬場敬次・林 健一・通山正弘, 1986: 「日本陸棚周辺の十脚甲殻類」. 日本水産資源保護協会, 東京. 336 pp.
- Barnard, K. H., 1927: Diagnoses of new genera and species of South African marine fishes. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **9**, 66-79.
- Chan, T. Y., 2010: Annotated checklist of the world's marine lobsters (Crustacea: Decapoda: Astacidea, Glypheidea, Achelata, Polychelida). *Raffles Bull. Zool.*, suppl. **23**, 153-181.
- Chardy, P., Glemarec, M., and Laurec, A., 1976: Application of inertia methods to benthic marine ecology: practical implications of the basic options. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, **4**, 179-205.
- Charnov, E. L., 1981: Sex reversal in *Pandalus borealis*: effect of a shrimp fishery. *Mar. Biol. Lett.*, **2**, 53-57.
- 銭 世勤・山田梅芳・堀川博史・時村宗春, 1999: サラサハギ. 「東シナ海・黄海産主要水産生物・生物特性」(堀川博史・鄭 元甲・孟 田湘 編). 西海区水産研究所, 長崎市. pp. 100-126.
- Chen, C., Beardsley, R. C., Limeburner, R., and Kim, K., 1994: Comparison of winter and summer hydrographic observations in the Yellow and East China Seas and adjacent Kuroshio during 1986. *Cont. Shelf Res.*, **14**, 909-929.
- Chen, X., Yan, Y., Fu, R., Dou, X., and Zhang E. 2008: Sediment transport from the Yangtze River, China, into the sea over the Post-Three Gorge Dam period: A discussion. *Quat. Int.*, **184**, 55-64.
- Chen, X., Yu, C., Yu, C., Zhang, F., and Ning, P., 2009: Community characteristics of shrimps in the offshore waters of the mid-southern East China Sea. *Acta Hydrobiol. Sin.*, **33**,

- 664-673 (in Chinese with English abstract).
- Chen, X., Yu, C., Yu, C., Ning, P., Zhang, F., and Zheng, J., 2009: Structural characteristics of crab communities in offshore waters of mid-southern East China Sea. *Chin. J. Appl. Ecol.*, **20**, 2527-2534. (in Chinese English abstract).
- Chiba, S., and Goshima, S., 2003: Population structure and seasonal growth of the protandrous pandalid shrimp *Pandalus latirostris* in Notoro lagoon, Hokkaido. *Suisanzoshoku*, **51**, 375-383.
- Cope, E. D., 1871: Contribution to the ichthyology of the Lesser Antilles. *Trans. Am. Philos. Soc. (N. S.)*: 445-483.
- Cui, X., Grebmeier, J. M., Cooper, L. W., Lovvorn, J. R., North, C. A., Seaver, W. L., and Kolts, J. M., 2009: Spatial distributions of groundfish in the northern Bering Sea in relation to environmental variation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **393**, 147-160.
- De Grave, S., and Fransen, C. H. J. M., 2011: Carideorum catalogus: The recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zool. Mededel.*, **85**, 195-589.
- 海老名謙一, 1932: ウマヅラハギの雌雄別について. 水産講習所研究報告, **27**, 13-17.
- Ehrich, S., and Stransky, C., 2001: Spatial and temporal changes in the southern species component of North Sea bottom fish assemblages. *Senckenbergiana Mar.*, **31**, 143-150.
- Ehrich, S., Stelzenmüller, V., and Adlerstein, S., 2009: Linking spatial pattern of bottom fish assemblages with water masses in the North Sea. *Fish. Oceanogr.*, **18**, 36-50.
- FAO, 2013: Fishstat Plus, Capture Production, FAO Fisheries Department, Fisheries Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal Software for Fisheries Statistical Time Series. Version 2.3. 2000. 1950-2008
- 藤田 潔・堀 義彦・富永 敦, 1998: 茨城県沿岸におけるヒラツメガニの成長と繁殖. 茨城水試研報, **36**, 63-68.
- 深瀬 茂, 1975: 東シナ海陸棚上の底層水. 海洋科学, **63**, 33-38.
- 古野益雄, 1949: 黄海北部及び渤海の夏季7・8月に於ける主要底魚の分布について. 東海黄海底魚資源調査研究誌, **1**, 69-101.
- Grebmeier, J. M., Feder, H. M., and Mcroy, C. P., 1989: Pelagic-benthic coupling on the shelf of the northern Bering and Chukchi Seas. II. Benthic community structure. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **51**, 253-268.
- Guan, B., and Mao, H., 1982: A note on circulation of the East China Sea. *C. J. Oceanol. Limnol.*, **1**, 5-16.
- Günther, A., 1874: Third notice of a collection of fishes made by Mr. Swinhoe in China. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **4**, 154-159.

- Günther, A., 1877: Preliminary notes on new fishes collected in Japan during the expedition of H. M. S. 'Challenger.' *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **4**, 433-446.
- 浜田七郎, 1998: 東シナ海・黄海の大陸棚海底地形と表層堆積物の海洋地質学的研究. 西水研報, **76**, 27-79.
- 濱野龍夫・古川哲二・福本徳人・松浦修平, 1985: 博多湾における大型底生動物群集の動態. 九大農学部付属水産実験所報, **7**, 1-26.
- 花淵信夫, 1967: 東海・黄海産ホンニベの漁業生物学的研究－II 年齢と成長について. 西水研報, **35**, 51-60.
- Hannah, R. W., and Jones, S. A., 1991: Fishery-induced changes in the population structure of pink shrimp *Pandalus jordani*. *Fish. Bull.*, **89**, 41-51.
- Hayase, S., and Hamai, I., 1974: Studies on feeding habits of three flatfishes, *Cleisthenes pinetorum herzensteini* (Schmidt), *Hippoglossoides dubius* (Schmidt) and *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt). *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **25**, 82-99.
- Hayashi, K., and Kim, J. N., 1999: Revision of the East Asian species of Crangon (Decapoda: Caridea: Crangonidae). *Crust. Res.*, **28**, 62-103.
- 林 健一, 1992: 日本産エビ類の分類と生態 I. 根鰓亜目. 生物研究社, 東京. 300 pp.
- 林 健一, 2007: 日本産エビ類の分類と生態 II. コエビ下目. 生物研究社, 東京. 293 pp.
- 林 健一, 1993: 日本産エビ類の分類と生態(74). 海洋と生物, **89**, 390-393.
- 林 健一・荒木 晶, 1999: ベントスーエビ類を例として. 月刊海洋, **31**, 623-630.
- 林 凱夫, 1974: 大阪湾の漁場環境と底生生物相について. 大阪水試研報, **4**, 42-75.
- Heilemam, S, and Jiang, Y., 2009: Yellow Sea. http://www.lme.noaa.gov/index.php?option=com_content&view=article&id=94:lme48&catid=41:briefs&Itemid=72 (参照: 2014/03/30).
- Heilemam, S, and Tang, Q., 2009: East China Sea. http://www.lme.noaa.gov/index.php?option=com_content&view=article&id=93:lme47&catid=41:briefs&Itemid=72 (参照: 2014/03/30).
- Holthuis, L. B., 1980: FAO Species Catalogue. Vol. 1. Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO. Rome. 271 pp.
- Holthuis, L. B., 1991: FAO Species Catalogue. Vol. 13. Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. FAO. Rome. 292 pp.
- 堀川博史, 1998: 東シナ海・黄海における底魚群集の変化と漁業. 月刊海洋, **30**, 360-365.
- 堀川博史・山田梅芳, 1999: 東シナ海および黄海における底魚類の生物特性の変化. 月刊海洋, **31**, 631-636.
- Hutchins, J. B., 1977: Descriptions of three new genera and eight new species of monacanthid

- fishes from Australia. *Rec. West. Aust. Mus.*, **5**, 3-58.
- 池田郁夫, 1962: 黄海におけるコウライエビの漁況について. 西水研報, **27**, 1-24.
- 池田郁夫, 1964: 東海・黄海におけるキグチの漁業生物学的研究. 西水研報, **31**, 1-81.
- 池末 弥, 1963: 有明海におけるエビ・アミ類の生活史, 生態に関する研究. 西水研報, **30**, 1-124.
- 石倉 勇・内田 誠・長谷川英一・中山 哲・小林 裕, 1989: 夏季東シナ海で実施したトロール漁獲結果の検討. 三重大生物資源紀要, **2**, 85-96.
- 伊藤正木・木下貴裕・花渕靖子・小嶋喜久雄, 1994: 日本海西部海域におけるソウハチの食性について. GSK 西底部会報, **22**, 15-29.
- 伊藤 隆・沼田 真, 1954: 生物集団におけるサンプリングと等比級数列. 生物科学, **6**, 21-28.
- 出村雅晴, 2006: 漁業再編における政策対応. 調査と情報, **3**, 10-14.
- Jaureguizar, A. J., Menni, R., Lasta, C., and Guerrero, R., 2006: Fish assemblage of the northern Argentine coastal system: spatial patterns and their temporal variations. *Fish. Oceanogr.*, **15**, 326-344.
- Jin, X., and Tang, Q., 1996: Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea. *Fish. Res.*, **26**, 337-352.
- Jin, X., Xu, B., and Tang, Q., 2003: Fish assemblage structure in the East China Sea and southern Yellow Sea during autumn and spring. *J. Fish Biol.*, **62**, 1194-1205.
- Jin, X., 2004: Long-term changes in fish community structure in the Bohai Sea, China. *Est. Coast. Shelf Sci.*, **59**, 163-171.
- Jing, W., Meng, T., Chen, R., Wei, S., 1998: Diet of *Charybdis japonica* (A. milne-edwards) and *Portunus trituberculatus* (Miers) in the Bohai Sea. *Mar. Fish. Res.*, **19**, 53-59. (in Chinese English abstract)
- 鹿児島県, 2000: 鹿児島県水産技術のあゆみ. 鹿児島市. 874 pp.
- 亀井正法, 1976: 相模湾のヒラツメガニの生態. 日生態誌, **26**, 65-69.
- 片岡千賀之, 2004: 中国における新漁業秩序の形成と漁業管理—東シナ海・黄海を中心として—. 長崎大水研報, **85**, 57-66.
- 片岡千賀之, 2006: 日中韓漁業関係史 I. 長崎大水研報, **87**, 15-27.
- 片岡千賀之, 2007: 日中韓漁業関係史 II. 長崎大水研報, **88**, 137-159.
- Kawasaki, T., 1982: A comparative life historical study of the three Heterosomes in Sendai Bay. *Bull. J. Soc. Sci. Fish.*, **48**, 605-609.
- 川瀬裕司, 1998: モンガラカワハギ科 (Balistidae) とカワハギ科 (Monacanthidae) 魚類の繁殖行動とその進化. 魚雑, **45**, 1-19.
- 菊池泰二, 1973: 藻場生態系. 「海洋学講座 9 海洋生態学」(山本護太郎 編). 東京大学

- 出版会, 東京. pp. 23-37.
- Kikuchi, T., 1966: An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., Kyushu Univ.*, **1**, 1-106.
- 木村清志・中村行延・有瀧真人・木村文子・森 浩一郎・鈴木 清, 1983: 英虞湾湾口部アマモ場の魚類に関する生態学的研究—I 魚類相とその季節変化. *三重大水研報*, **10**, 71-93.
- 北島忠弘・大滝英夫, 1977: 最近の以西底びき網漁業における操業実態調査結果について. *底魚資源調査研究連絡*, **71**, 29-43.
- 木部崎 修, 1957: 東海におけるクログチの資源に関する研究—I, 漁獲高統計の分析とその生物学的考察. *西水研報*, **11**, 11-29.
- 木部崎 修, 1960: 東海・黄海漁場の底魚資源構造とその管理のための基礎的研究. *東海・黄海における底魚資源の研究*, **5**, 1-212.
- 木部崎修・真子 渺, 1954: 東海におけるクログチ *Nibea nibe* の成熟について. *西水研報*, **5**, 1-16.
- 木部崎修・真子 渺, 1957: 東海におけるクログチの資源に関する研究—II, 若齢魚の成長について. *西水研報*, **11**, 31-43.
- 小嶋喜久雄, 1967: 東海・黄海産シログチの年齢と成長. *西水研報*, **35**, 61-76.
- 小嶋喜久雄・花淵靖子, 1981: 油谷湾におけるエビ・カニ類の生態学的研究—I. 出現種および種組成の季節的变化. *西水研報*, **56**, 39-54.
- 駒井智幸・丸山秀佳・小西光一, 1992: 北海道の十脚甲殻類の分布リスト. *甲殻類の研究*, **21**, 189-205.
- Komai, T., and Ivanov, B. G., 2008: Identities of three taxa of the hippolytid shrimp genus *Heptacarpus* (Crustacea: Decapoda: Caridea), with description of a new species from East Asian waters. *Zootaxa*, **1684**, 1-34.
- Komai, T., 2012: A review of the western Pacific species of the crangonid genus *Metacrangon* Zarenkov, 1965 (Decapoda: Caridea), with descriptions of seven new species. *Zootaxa*, **3468**, 1-77.
- 近藤正人, 1985: 東シナ海・黄海漁場の海況に関する研究—I. 50 m 深及び底層における平均底層水温・塩分の分布. *西水研報*, **62**, 19-66.
- 小坂昌也, 1970: エビシヤコの生態. *東海大紀要海洋*, **4**, 59-80.
- 小坂昌也, 1977: 仙台湾産キシエビ *Metapenaeopsis dalei* (Rathbun) の生態. *東海大紀要海洋*, **10**, 129-136.
- 小坂昌也, 1976: 仙台湾産マルソコシラエビ *Leptochela aculeocaudata* Paulson の二, 三の生態学的知見. *東海大海洋学部紀要*, **9**, 47-52.
- Kotthaus, A., 1979: Fische des Indischen Ozeans. *Ergebnisse der ichthyologischen*

- Untersuchungen während der Expedition des Forschungsschiffes 'Meteor' in den Indischen Ozean, Oktober 1964 bis Mai 1965. A Systematischer Teil, XXI. Diverse Ordnungen. Meteor Forschungsergeb. *Reihe. D. Biol.*, **28**, 6-54.
- Kubo, I., and Asada, E., 1957: A quantitative study on crustacean bottom epifauna of Tokyo Bay. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **43**, 249-289.
- 倉持卓司, 2004: 相模湾のアマモ場におけるエビ類の季節変化. *南紀生物*, **46**, 57-60.
- Lance, G. N., and Williams, W. T., 1967: A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. *Comp. J.*, **9**, 373-380.
- International Hydrographic Organization 1953: Limits of oceans and seas. Third edition, Monaco. 38 pp.
- Loeb, V., Siegel, V., Holm-Hansen, O., Hewitt, R., Fraser, W., Trivelpiece, W., and Trivelpiece, S., 1997: Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web. *Nature*, **387**, 897-900.
- Lü, H., Song, H., and Bayly, C., 2007: Temporal and spatial distributions of dominant shrimp stocks and their relationship with the hydrological environment in the East China Sea. *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, **25**, 386-397 (in Chinese with English abstract).
- 馬淵浩司・松本一範・中坊徹次, 1999: 愛媛県宇和海より採取されたササノハベラ属種間雑種. *魚雑*, **46**, 115-119.
- 馬淵浩司, 2012: 黒潮沿岸と内湾の「ペア種」とその歴史. 「黒潮の魚たち」(松浦啓一 編) 東海大出版会, 秦野市. pp. 145-163.
- 前田明夫, 1989: 東シナ海の海水の運動に関する研究のレビュー. *水産海洋研究*, **53**, 319-330.
- Mahon, R., Brown, S. K., Zwanenburg, K. C. T., Atkinson, D. B., Buja, K. R., Claflin, L., Howell, G. D., Monaco, M. E., O'Boyle, R. N., and Sinclair, M., 1998: Assemblages and biogeography of demersal fishes of the east coast of North America. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **55**: 1704-1738.
- 真子 渺, 1956: 東海・黄海における底魚群集の研究-I. トロールによる漁獲物組成の変遷. *日生態誌*, **6**, 28-32.
- 真子 渺, 1963: 銘柄組成による底魚資源の解析(II), タチウオの年齢組成の推定. *西水研報*, **29**, 35-43.
- 真子 渺, 1985: 東シナ海・黄海における漁業資源の現状. *資源調査研究連絡*, **76**, 1-16.
- 真子 渺・中嶋国重・田川 勝, 1966: コウライエビの体長組成の変化について. *西水研報*, **34**, 1-10.
- Masuda, R., 2008: Seasonal and interannual variation of subtidal fish assemblages in Wakasa Bay with reference to the warming trend in the Sea of Japan. *Environ. Biol. Fishes.*, **82**,

387-399.

- 益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠 一・上野輝彌・吉野 哲夫, 1984: 日本産魚類大図鑑. 東海大学出版会, 東京. 870 pp.
- 松井 魁・高井 徹, 1951a: 東海黄海産重要魚類の生態学的研究 第3報 カナガシラ類の生態学的研究. 日水誌, **16**, 144-150.
- 松井 魁・高井 徹, 1951b: 東海黄海産重要魚類の生態学的研究 第2報 クログチ *Nibeana nibe* Jordan and Thompson の生態学的研究. 日水誌, **16**, 125-143.
- 松井誠一・萩原洋一・藤 紘和・塚原 博, 1986: ガザミ *Portunus trituberculatus* (Miers) の摂餌生態に関する研究. 九大農学芸誌, **40**, 175-181.
- 松宮義晴・和田時夫・岡 正雄, 1977: 水型から見た東シナ海・黄海の水塊解析と底魚漁場について. 長大水研報, **43**, 1-21.
- 松岡正信・時村宗春・藤田 轟・北島忠弘, 1991: 東シナ海におけるトロール漁獲物組成の昼夜差に関する一考察. 西水研報, **70**, 1-9.
- Matsuura, K., 1999: First record of the rare filefish, *Thamnaconus fijiensis* (Tetraodontiformes: Monacanthidae) from Japan. *Ichthyol. Res.*, **46**, 216-218.
- 松浦啓一・瀬能 宏, 2012: 黒潮と魚たち. 「黒潮の魚たち」. (松浦啓一編), 東海大学出版会, 東京. pp3-16.
- Matsuura, K., and Tyler, J. C., 1997: Tetraodontiform fishes, mostly from deep waters, of New Caledonia. In: B. Séret (Ed.), Résultats des Campagnes Musorstom, Vol. 17. *Mém. Mus. Natn. Hist. Nat.*, **174**, 174-208.
- 南 卓志, 1982: メイタガレイの初期生活史. 日水誌, **48**, 369-374.
- 三尾眞一・田川 勝・篠原富美子・山田梅芳, 1984: 東シナ海・黄海における底魚類の食物関係に基づく群集生態学的研究. 西水研報, **61**, 1-221.
- 三栖 寛, 1954: 東海・黄海産ホンニベ資源の研究 第1報 生殖について. 西水研報, **4**, 63-78.
- 三栖 寛, 1958: 東海・黄海産タチウオ資源の研究 第1報 年齢と成長について. 西水研報, **15**, 1-13.
- 三栖 寛, 1959: 東海・黄海産タチウオ資源の研究 第2報 成熟と産卵について. 西水研報, **16**, 21-33.
- 三栖 寛, 1961: 東海・黄海産タチウオ資源の研究 第3報 分布回遊と Population の考察. 西水研報, **24**, 115-131.
- 三栖 寛, 1964: 東シナ海・黄海産タチウオの漁業生物学的研究. 西水研報. **32**, 1-57.
- 三宅貞祥, 1983: 原色日本大型甲殻類図鑑(II). 保育社, 東京. 277 pp.
- 水谷高教・原田泰志・山下秀幸・山本圭介・依田真里・檜山義明, 2005: 東シナ海の着底トロール調査における漁獲物の昼夜差について. 日水誌, **71**: 44-53.

- 村上子郎・岡田啓介, 1967: 東シナ海・黄海産マダイの資源の研究 III 年齢と成長. 西水研報, **35**, 23-40.
- 森 慶一郎, 1995: 山口県油谷湾における魚類の生態学的研究. 中央水研研報, **7**, 277-388.
- 森下正明, 1967: 京都付近における蝶の季節分布. 「自然—生態学的研究—今西錦司博士還暦記念論文集」. (森下正明・吉良竜夫 編) 中央公論社, 京都市. pp. 95-132.
- Myers, R. A., Baum, J. K., Shepherd, T. D., Powers, S. P., and Peterson, C. H., 2007: Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science*, **315**, 1846-1850.
- 中坊徹次, 1993: 日本産魚類検索-全種の同定 . 東海大学出版会, 東京. 1477 pp.
- 中坊徹次, 2000: 日本産魚類検索-全種の同定 第二版. 東海大学出版会, 東京. 1748 pp.
- Nakabo, T., 2002: Fishes of Japan with pictorial keys to the species, English edition. Tokai Univ. Press, Tokyo. 1749 pp.
- 中坊徹次, 2013a: 日本産魚類検索-全種の同定 第三版. 東海大学出版会, 東京. 2428 pp.
- 中坊徹次, 2013b: 東アジアにおける魚類の生物地理学. 「日本産魚類検索-全種の同定 第三版」. (中坊徹次 編) 東海大学出版会, 東京. pp. 2289-2338.
- 中川浩一・江藤拓也・尾田成幸・石谷 誠, 2010: かにかごのガザミに対する漁獲選択性. 福岡水海技セ研報, **20**, 23-30.
- 中原民男, 1969: 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学的特性. 山口外水試研報, **11**, 1-70.
- 中嶋国重・真道重明, 1972: 有用漁獲物 102 種に関する漁獲状況と種組成の変動について. 東海・黄海における底魚資源の研究, **7**, 75-163.
- 中嶋国重・真道重明, 1974: 種組成に基づく東シナ海・黄海産底魚類の漁場区分について. 西水研報, **44**, 1-26.
- Nelson, J. S., 2006: Fishes of the world. Fourth edition. John Wiley & Sons, Hoboken. 601pp.
- Ng, P. K. L., Guinot, D., and Davie, P. J. F., 2008: Systema Brachyurorum: Part 1. An annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. *Raffles Bull. Zool.*, **17**, 1-286.
- 西村三郎, 1992: 日本近海における動物分布. 「原色検索日本海岸動物図鑑 I」. (馬場敬次・林 健一・通山正弘 編). 保育社, 大阪市. pp. xi-xix.
- 能津純治, 1966: 豊後水道におけるカタクチイワシの遊泳層について. 日水誌, **32**, 237-241.
- 野中英夫, 1956: ハモ属の資源生物学的研究—II ハモ *Muraenesox cinereus* の食性. 日水誌, **22**, 73-81.
- 野中英夫・花淵信夫, 1957a: ハモ属の資源生物学的研究 第3報 ハモ *M. cinereus* の形態について. 西水研報, **11**, 68-80.
- 野中英夫・花淵信夫, 1957b: ハモ属の資源生物学的研究 第4報 ハモ *M. cinereus* の生

- 殖について. 西水研報, **11**, 81-87.
- 農林水産省統計情報部, 1981: 「図解日本の漁具・漁法」. 農林統計協会, 東京. 181 pp.
- 沼田 真, 1969: 植物群落の構造. 「図説 植物生態学」. (沼田 真 編). 朝倉書店, 東京. pp. 17-54.
- 小川泰樹・角田俊平・高橋正雄, 1983: 児島湾のエビ類相. 広大生物生産紀要, **22**, 235-240.
- Ohtomi, J., and Hayashi, K., 1995: Some morphological characters of the deep-water shrimp *Plesionika semilaevis* from Kagoshima Bay, southern Japan (Crustacea, Decapoda, Caridea). *Fish. Sci.*, **61**, 1035-1036.
- 岡田啓介, 1965: 黄海産若齢マダいの摂餌生態について. 日水誌, **31**, 999-1005.
- 岡田啓介, 1966: 標識放流結果から見た黄海産マダいの分布と移動について. 日水誌, **32**, 697-704.
- 岡田啓介, 1967a: 東シナ海・黄海産マダいの資源量. 日水誌, **33**, 1099-1107.
- 岡田啓介, 1967b: 東シナ海・黄海産マダいの資源の研究 II 分布と回遊. 西水研報, **35**, 1-21.
- 岡田啓介, 1968: 東シナ海・黄海産マダいの資源の研究 V 1965 年の標識放流調査から見た黄海産マダいの分布と移動. 日水誌, **34**, 1088-1095.
- 岡田啓介, 1969: 東シナ海・黄海産マダいの資源の研究 VI 1965 年の標識放流調査から推定した黄海産マダいの資源量. 日水誌, **35**, 18-24.
- 岡田啓介, 1970a: 東シナ海・黄海産マダいの資源の研究 VII 標識放流調査からみた若齢マダいの成長. 西水研報, **37**, 1-8.
- 岡田啓介, 1970b: 東シナ海・黄海産マダいの資源の研究 VIII 1966 年, 1967 年の標識放流結果からみた黄海産マダいの分布と移動. 西水研報, **38**, 9-24.
- 岡田啓介, 1970c: 東シナ海・黄海産マダいの資源の研究 IX 1966 年, 1967 年の標識放流調査によって推定された黄海産マダいの資源量. 西水研報, **38**, 25-39.
- 岡田啓介, 1970d: 東シナ海・黄海産マダいの漁業生物学的研究. 西水研報, **44**, 49-185.
- 奥谷喬司, 2000: 日本近海産貝類図鑑. 東海大学出版会, 東京. 1173 pp.
- 岡 正雄, 1953: 統計面からみた東支那海における黄鯛の生態学的研究. 長崎大水研報, **1**, 18-23.
- Osborne, T. A., 1987: Seasonal distribution and movements of the paddle crab *Ovalipes catharus* in Canterbury coastal waters. *Mauri. Ora.*, **14**, 43-55.
- 大滝英夫・花淵信夫・千田哲資, 1954: ハモ属(*Muraenesox*)の資源生物学的研究 第1報 スズハモについて. 西水研報, **4**, 76-104.
- 大滝英夫, 1960: ハモ属の資源生物学的研究 第5報 ハモ *M. cinereus* の年齢と成長について. 西水研報, **21**, 47-66.

- 大滝英夫, 1964: 東シナ海・黄海産ハモの漁業生物学的研究. 西水研報, **32**, 59-123.
- 大滝英夫, 1980: 以西底魚資源. 「底魚資源」(青山恒雄 編), 恒星社厚生閣, 東京. pp. 117-166.
- 大塚 攻・駒井智幸, 2008: 甲殻亜門分類表. 「節足動物の多様性と系統. バイオダイバーシティシリーズ 6」. (石川良輔 編). 裳華房, 東京. pp. 421-422.
- 朴 炳夏, 1985: 韓国近海資源生物学的研究. 韓国国立水産振興院研報, **43**, 1-64.
- Parrish, B. B., Blaxter, J. H. S., and Hall, W. B., 1964: Diurnal variations in size and composition of trawl catches. *Rapp. P-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.*, **155**, 27-34.
- Prugh, L. R., Stoner, C. J., Epps, C.W., Bean, W. T., Ripple, W. J., Laliberte, A. S., and Brashares, J. S., 2009: The rise of the mesopredator. *BioScience*, **59**, 779-791.
- 梁 振林・堀川博史・時村宗春・東海 正, 1999: 底曳網の網目選択性に及ぼす魚体横断面形状の影響. 日水誌, **65**, 441-447.
- 貞方 勉, 2004: 日本海能登半島近海産ホッコクアカエビの群構造と性転換—日本海能登半島近海産ホッコクアカエビの資源管理技術に関する研究—IV. 日水誌, **70**, 131-137.
- 佐原 勉・半沢洋一, 1979: 東シナ海の水系分布. 海と空, **54**, 135-148.
- 酒井 恒, 1976: 「日本産蟹類」. 講談社, 東京. 461 pp.
- 阪地英男, 1997: 土佐湾浅海域と瀬戸内海安芸灘におけるクルマエビ科エビ類種組成の比較. 南西外海の資源・海洋研究, **13**, 47-52.
- Sakaji, H., 2001: Deep-sea shrimps and lobsters of Tosa Bay and Hyuga-nada, Pacific coast of southern Japan, collected by R/V Kotaka-maru and Tansei-maru 1997-2000 cruises. *Nat. Sci. Mus. Monogr.*, **20**, 199-216.
- 阪地英男・小松章博, 2004: 土佐湾におけるヨシエビ *Metapenaeus ensis* の成長と移動. 日水誌, **70**, 530-536.
- 阪地英男・東海 正, 1990: 安芸灘における小型エビ類の分布. GSK 西日本底魚部会報, **18**, 59-67.
- 佐久間 昭, 1964: 「生物検定法 その計画と分析」. 東京大学出版会, 東京. 309 pp.
- 佐々木幸康・小池 篤, 1959: トロール網に入る2,3の水族の昼夜間による漁獲差について. 日水誌, **25**, 111-116.
- Sasaki, K., and Kawasaki, T., 1980: Some aspects of the reproductive biology of the swimming crab, *Ovalipes punctatus* (De Haan), in Sendai Bay and adjacent waters. *Tohoku J. Agr. Res.*, **30**, 183-194.
- 最首光三, 1957: 東海におけるクログチ *Argyrosomus nibe* の再生産曲線について. 日本生態誌, **18**, 32-38.
- 最首光三, 1960: 東海・黄海における底棲魚類の生態—II, 群性について. 西水研報, **15**, 25-36.

- 最首光三, 1966: コウライエビの時刻別平均漁獲量からみた垂直移動の日周期性および底水温と漁獲量の関係. 西水研報, **34**, 27-38.
- 最首光三・小嶋喜久雄, 1958: 東海・黄海における底棲魚類の生態—III, 種間関係について. 西水研報, **19**, 37-107.
- 最首光三・中嶋国重・小嶋喜久雄, 1954: 東海・黄海産シログチの生殖. 西水研報, **3**, 1-34.
- 佐藤哲哉, 1974: 東シナ海産クログチの漁業生物学的研究. 西水研報, **45**, 23-185.
- 斎藤知己, 2008: ドウケツエビ科の分類に関する研究の概説. 日動分類誌, **24**, 33-46.
- 柴田恵司, 1953: 操業を通じてみた支那東海底魚資源について II. 機船底曳網漁業の操業条件に依るキダイ漁獲の変動について. 長崎大水研報, **1**, 29-31.
- 下茂 繁・秋本 泰・高浜 洋, 2000: 海生生物の温度影響に関する文献調査. 海生研報, **2**, 1-351.
- 真道重明, 1951: 東海産カナガシラ類の資源に関する研究(1), 東海産カンガシラ属の種に就いて. 日水誌, **17**, 1-8.
- 真道重明, 1954a: 東海産レンコダイの鱗に関する研究(1), 体長に対する鱗内各部位の相対成長. 西水研報, **5**, 47-56.
- 真道重明, 1954b: 東海産レンコダイの鱗に関する研究(1), 鱗長—体長関係にみられる地域的並びに季節的変異. 西水研報, **5**, 57-69.
- 真道重明, 1956: 漁獲統計からみた戦後の以西汽船トロール並びに機船底曳網漁業の実態について. 東海・黄海における底魚資源の研究, **3**, 1-86.
- 真道重明, 1960: 東海におけるレンコダイ資源の研究. 西水研報, **20**, 1-198.
- 真道重明・青山恒雄, 1954a: 東海における戦後の機船底曳網によるレンコダイ漁獲統計の分析. 西水研報, **2**, 1-34.
- 真道重明・青山恒雄, 1954b: 東海産レンコダイ(*Taius tumifrons*)の成熟について. 西水研報, **3**, 1-32.
- 真道重明・青山恒雄, 1954c: 東海および南シナ海産レンコダイに関する形態測定の結果について. 西水研報, **3**, 33-65.
- 真道重明・脇山国定, 1953: レンコダイの漁獲における汽船トロールと機船底曳網との漁獲効率の比較. 底魚資源研究連絡, **18**, 2-6.
- Shinohara, G., and Matsuura, K., 1997: Annotated checklist of deep-water fishes from Suruga Bay, Japan. *Natn. Sci. Mus. Monogr.*, **12**, 269-318.
- Shinohara, G., Endo, H., Matsuura, K., Machida, Y., and Honda, H., 2001: Annotated checklist of the deep-water fishes from Tosa Bay, Japan. *Natn. Sci. Mus. Monogr.*, **20**, 283-343.
- 塩田浩二・北田修一, 1992: 標識放流実験から推定した瀬戸内海燧灘のガザミの生活史. 日水誌, **58**, 2297-2302.
- 関口秀夫, 2010: 汽水・沿岸域のカニ類の分布決定機構—メガロパ幼生の役割—. 沿岸海

- 洋研究, **47**, 155-172.
- Smith, G. R., 1973: Analysis of several hybrid cyprinid fishes from western North America. *Copeia*, **1973**, 395-410.
- Spiridonov, V. A., and Trukay, M., 2001: Deep sea swimming crabs of the *Charybdis miles* species group in the western Indian Ocean (Crustacea: Decapoda: Portunidae). *J. Nat. Hist.*, **35**, 439-469.
- 杉浦 理・多部田 修, 1997: 東シナ海ウマヅラハギの成熟と産卵(予報). 「平成 8 年度東海・黄海底魚類資源管理調査委託事業報告書」. (水産庁研究部 編), 水産庁, 東京. pp. 32-46.
- 水産庁, 2014: 以西底びき網漁業許可船名簿. <http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/site/pdf/isei2014.pdf> (参照:2014/04/21).
- 水産庁九州漁業調整事務所, 2008: 以西底びき網漁業許可船名簿(九州周辺海域) 平成 19 年 8 月 1 日現在, 福岡市.
- 水産総合研究センター, 2006: 新型漁具の対象と選定した魚種の鉛直分布の確認. 農林水産技術会議先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「伊勢湾周辺の底魚資源を合理的に利用する新漁業生産技術の開発」成果報告. <http://nrife.fra.affrc.go.jp/seika/iseiwanseikasyuu/main.htm>. (参照:2014/04/15)
- 水産生物と温排水研究協議会, 1973: エビ・カニ類. 「水産生物と温排水」(水産生物と温排水研究協議会 編). 日本水産資源保護協会, 東京. pp. 70-81.
- Takeda, M., 1975: Crabs from the East China Sea, VI. *Bull. Natn. Sci. Mus., Ser. A (Zool.)*, **1**, 137-159.
- 武田正倫・古田晋平・宮永貴幸・田村昭夫・和田年史, 2011: 日本海南西部鳥取県沿岸およびその周辺に生息するカニ類. 島根県博研報, **48**, 29-94.
- 武田正倫・窪寺恒己, 1998: 東シナ海で得られたカニ類. 国立科学博物館専報, **31**, 211-222.
- 鄭 元甲・甘 金宝・朱 善央, 1987: 東海ウマヅラハギの産卵場調査と産卵習性の研究. 「東海産ウマヅラハギ論文集」. (東海水産研究所 編). (大滝英夫 訳). 水産庁研究部資源課, 東京. pp. 62-79.
- Terada, T., Tsukamoto, H., Igawa, S., and Shiota, K., 1995: Recruitment strategy of swimming crab, *Portunus trituberculatus*, in Hiuchi-Nada, Japan. *Fish. Oceanogr.*, **4**, 217-229.
- Tokai, T., Ito, H., Masaki, Y., and Kitahara, T., 1990: Mesh selectivity curves of a shrimp beam trawl for southern rough shrimp *Trachypenaeus curvirostris* and mantis shrimp *Oratosquilla oratoria*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **56**, 1231-1237.
- 時村宗春・山本圭介・山田梅芳・堀川博史, 1998: 平成 10 年度主要研究成果情報. 東シナ海のウマヅラハギとサラサハギの魚種交替. 水産総合研究センター西海区水産研究所

- ホームページ: <http://www.snf.affrc.go.jp/seika/snf98/snf98001.htm> (参照:2007/5/24).
- 富永 修, 1995: ソウハチ. 「日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料(II) 日本水産資源保護協会, 東京. pp. 262-270.
- 東海 正・大本茂之・松田 皎, 1994: 瀬戸内海における小型底曳網の非有用投棄魚に対する網目選択性. 日水誌, **60**, 347-352.
- 通山正弘・林 健一, 1982: 土佐湾の砂泥性, 浮遊性エビ類とその分布. 南西水研報, **14**, 83-105.
- 上出貴士・高橋芳明・山内 信, 2011: 和歌山県田辺湾の潮間帯におけるコアマモ群落の甲殻類群集構造. 水産増殖, **59**, 351-361.
- 植村 康・中西廣義, 1989: ヒラツメガニ増殖試験. 青森県水産増殖センター事業報告, **20**, 233-247.
- Van Engel, W. A., 1958: The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay. *Commer. Fish. Rev.*, **20**, 6-17.
- Walsh, S. J., 1988: Diel variability in trawl catches of juvenile and adult yellowtail flounder on the Grand Banks and the effect on resource assessment. *N. Am. J. Fish. Manag.*, **8**, 373-381.
- 渡辺健一・玉井恭一・沼知健一, 1992: 紀伊水道および水道外海域におけるメイタガレイ属 2 型(ホンメイタとバケメイタ)の食性と分布. 日水誌, **58**, 2253-2260.
- 渡辺 徹, 1956: 重要魚族の漁業生物学的研究 ソウハチ. 日水研報, **4**, 249-269.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S. R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J., Watson, R. 2006: Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science*, **314**, 787-790.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Collie, J. S., Costello, C., Fogarty, M. J., Fulton, E. A., Hutchings, J. A., Jennings, S., Jensen, O. P., Lotze, H. K., Mace, P. M., McClanahan, T. R., Minto, C., Palumbi, S. R., Parma, A. M., Ricard, D., Rosenberg, A. A., Watson, R., Zeller, D. 2009: Rebuilding Global Fisheries. *Science*, **325**, 578-585.
- 山田梅芳, 1986a: ガザミ. 「東シナ海・黄海のさかな」. (山田梅芳, 田川 勝, 岸田周三, 本城康至 編). 西海区水産研究所, 長崎市. pp. 488-489.
- 山田梅芳, 1986b: ヒラツメガニ. 「東シナ海・黄海のさかな」. (山田梅芳, 田川 勝, 岸田周三, 本城康至 編). 西海区水産研究所, 長崎市. pp. 486-487.
- 山田梅芳, 1964: 東シナ海・黄海におけるタチウオの体長別魚群の分布・回遊について. 西水研報, **32**, 135-157.
- 山田梅芳, 1968: 東シナ海に生息するワニエソの生殖生態について. 西水研報, **36**, 21-37.
- 山田梅芳・田川 勝・真子 渺, 1965: 東シナ海に生息するワニエソ *Saurida tumbil* (Bloch) の資源量の減少に伴う生殖生態の変化について. 西水研報, **33**, 1-12.

- 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次, 2007: 東シナ海・黄海の魚類誌. 水産総合センター叢書, 東海大学出版会, 秦野市. lxxiii + 1262 pp.
- 山田陽巳, 1995: 親魚資源についての調査船調査 - 東シナ海・黄海の底魚資源調査を例にして-. GSK 北底部会報, **28**, 37-46.
- 山田陽巳・小菅丈治・時村宗春・山本圭介, 1998: 平成6年度東シナ海・黄海底魚類資源調査報告. 資源調査研究連絡, **78**, 1-173.
- 山田梅芳・田川 勝・入江隆彦, 1991: 東シナ海大陸斜面未利用資源調査. 西海区水産研究所, 長崎市. 86 pp.
- 山本圭介, 1994: 東シナ海・黄海のエビ類相(夏季). 西海ブロック底魚調査研究会報, **5**, 12-23
- 山本圭介, 2007: 東シナ海・黄海底魚類資源調査による主要底魚類の分布に関するデータ集(1986~2006). 水産庁増殖推進部漁場資源課国際資源班, 水産総合研究センター西海区水産研究所東シナ海漁業資源部, 長崎市. 258 pp.
- 山本圭介・長澤和也, 2011: 東シナ海大陸斜面域で採集されたエビ類. 日本生物地理学報, **66**, 27-40.
- 山本 忠, 1950: 東支那海底魚資源調査の経過. 水産研究会報, **3**, 1-11.
- Yamamura, O., 1998: Demersal fish assemblages of the Oyashio region ecosystem. *Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **45**, 118-122.
- 山下秀夫, 1961: 東海・黄海産底生生物の研究-I, 甲殻類・腹足類・斧足類および腕足類の分布について. 東光丸調研報, **2**, 126-177.
- 山下秀夫, 1977: 東海・黄海産底生生物の研究-IV, 多毛類の分布について. 西水研報, **49**, 29-67.
- 山下秀夫, 1978: 東海・黄海産底生生物の研究-V, 貝類の分布について. 西水研報, **51**, 45-95.
- 山下秀夫, 1979a: 東海・黄海産底生生物の研究-VI. 短尾類の分布について. 西水研報, **52**, 1-43.
- 山下秀夫, 1979b: 東海・黄海産底生生物の研究-VII, 長尾類・異尾類・口脚類・等脚類・端脚類およびクマ類の分布について. 西水研報, **53**, 1-50.
- 山下秀夫, 1979c: 東海・黄海産底生生物の研究-VIII, 棘皮動物の分布について. 西水研報, **53**, 51-86.
- 山下秀夫, 1980a: 東海・黄海産底生生物の研究-IX, 星口動物・環形動物・触手動物・節足動物および軟体動物の分布について. 西水研報, **55**, 1-11.
- 山下秀夫, 1980b: 東海・黄海産底生生物の研究-X, 海綿動物および腔腸動物の分布について. 西水研報, **55**, 13-31.
- Yanagi, M., 1980: The zoal development of *Ovalipes punctatus* (De Haan) (Brachyura,

- Portunidae) in the laboratory. *Proc. Jap. Soc. Syst. Zool.*, **19**, 24-33.
- Yang, Z., Milliman, D., and Fitzgerald, M. G., 1983: Transfer of water and sediment from the Yangtze River to the East China Sea, June 1980. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40** (suppl. 1), 72-82.
- 安田治三郎, 1958: 内海における蝦類の資源生物学的研究. 内水研報, **11**, 171-198.
- 安田治三郎・篠岡久夫・小林歌男, 1957: 瀬戸内海のエビ漁業の合理化に関する研究 II. エビの種類, 分布, 移動並びに組成に就いて. 内水研報, **10**, 28-36.
- 八柳健郎・前川兼佑, 1955: 山口県瀬戸内海における重要生物の生態学的研究. 第 8 報 瀬戸内海産クルマエビ *Penaeus japonicus* の生態. 山口内海水試調研業績, **7**, 1-15.
- Yu, C., Song, H., Yao, G., 2004: Biological characteristics of *Ovalipes punctatus* in the East China Sea. *J. Fish. Chin.*, **28**, 657-662. (In Chinese English abstract).

Appendix table 1-1. Japanese and scientific names of fishes in this thesis

Japanese name	Scientific name
アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i>
アイブリ	<i>Seriolina nigrofasciata</i>
アオミシマ	<i>Xenocephalus elongatus</i>
アカアジ	<i>Decapterus akaadsi</i>
アカアマダイ	<i>Branchiostegus japonicus</i>
アカエイ	<i>Dasyatis akajei</i>
アカエソ	<i>Synodus ulae</i>
アカカマス	<i>Sphyrna pinguis</i>
アカグツ	<i>Halieutaea stellata</i>
アカゴチ	<i>Bembras japonicus</i>
アカササノハベラ	<i>Pseudolabrus eoethinus</i>
アカシタビラメ	<i>Cynoglossus joyneri</i>
アカシユモクザメ	<i>Sphyrna lewini</i>
アカタチ	<i>Acanthocephala indica</i>
アカハゼ	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>
アカムツ	<i>Doederleinia berycooides</i>
アカヤガラ	<i>Fistularia petimba</i>
アズキウマヅラハギ	<i>Thamnaconus fijiensis</i>
アブオコゼ	<i>Erisphex pottii</i>
アミウツボ	<i>Gymnothorax minor</i>
アミメフグ	<i>Takifugu reticularis</i>
アラ	<i>Nippon spinosus</i>
アラメガレイ	<i>Tarphops oligolepis</i>
アンコウ	<i>Lophiomus setigerus</i>
イカナゴ	<i>Ammodytes personatus</i>
イゴダカホデリ	<i>Lepidotriglaalata</i>
イサゴガンギエイ	<i>Okamejei boesemani</i>
イシガキダイ	<i>Oplegnathus punctatus</i>
イシガキフグ	<i>Chilomycterus reticulatus</i>
イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>
イシダイ	<i>Oplegnathus fasciatus</i>
イズカサゴ	<i>Scorpaena neglecta</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
イソキホウボウ	<i>Satyrichthy srieffeli</i>
イタチザメ	<i>Galeocerdo cuvier</i>
イッテンアカタチ	<i>Acanthocephala limbata</i>
イトオコゼ	<i>Minous quincarinatus</i>
イトヒキアジ	<i>Alectis ciliaris</i>
イトマキエイ	<i>Mobula japonica</i>
イトマキフグ	<i>Kentrocapros aculeatus</i>
イトヨリダイ	<i>Nemipterus virgatus</i>
イヌノシタ	<i>Cynoglossus robustus</i>
イネゴチ	<i>Cociella crocodila</i>
イボダイ	<i>Psenopsis anomala</i>
イワハダカ	<i>Benthoosema pterotum</i>
ウシエイ	<i>Dasyatis ushie</i>
ウスバハギ	<i>Aluterus monoceros</i>
ウスメバル	<i>Sebastes thompsoni</i>
ウチワザメ	<i>Platyrhina tangi</i>
ウツカリカサゴ	<i>Sebastiscus tertius</i>
ウバゴチ	<i>Parabembras curtus</i>
ウマヅラハギ	<i>Thamnaconus modestus</i>
ウミスズメ	<i>Lactoria diaphana</i>
ウミドジョウ	<i>Sirembo imberbis</i>
ウルメイワシ	<i>Etrumeus teres</i>
エイラクブカ	<i>Hemitriakis japonica</i>
エドアブラザメ	<i>Hepttranchias perlo</i>
エビスザメ	<i>Notorynchus cepedianus</i>
エビスダイ	<i>Ostichthys japonicus</i>
エボシカサゴ	<i>Ebosia bleekeri</i>
オオイワシ属の1種	<i>Thryssa</i> sp.
オオスジハタ	<i>Epinephelus latifasciatus</i>
オオニベ	<i>Argyrosomus japonicus</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
オキアジ	<i>Uraspis helvola</i>
オキエソ	<i>Trachinocephalus myops</i>
オキトラギス	<i>Parapercis multifasciata</i>
オキナワクルマダイ	<i>Pristigenys meyeri</i>
オシロイタチ	<i>Eupleurogrammus</i> sp.
オナガシマガツオ	<i>Brama myersi</i>
オニオコゼ	<i>Inimicus japonicus</i>
オニカナガシラ	<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>
オニゴチ	<i>Onigocia spinosa</i>
オビウシノシタ	<i>Zebrias fasciatus</i>
カイワリ	<i>Kaiwarinus equula</i>
カエルアンコウ	<i>Antennarius striatus</i>
カガミダイ	<i>Zenopsis nebulosa</i>
カゴカキダイ	<i>Microcanthus strigatus</i>
カゴカマス	<i>Rexea prometheoides</i>
カゴシマニギス	<i>Argentina kagoshimae</i>
カサゴ	<i>Sebastiscus marmoratus</i>
カタクチイワシ	<i>Engraulis japonica</i>
カナガシラ	<i>Lepidotrigla microptera</i>
カナド	<i>Lepidotrigla guentheri</i>
カナフグ	<i>Lagocephalus inermis</i>
カネコダルマガレイ	<i>Crossorhombus kanekonis</i>
カラアカシタビラメ	<i>Cynoglossus semilaevis</i>
カラス	<i>Takifugu chinensis</i>
カワハギ	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>
カワビシヤ	<i>Histioporus typus</i>
カワラガレイ	<i>Poecilopsetta plinthus</i>
ガンギエイ	<i>Dipturus kwangtungensis</i>
ガンゾウビラメ	<i>Pseudorhombus cinnamoneus</i>
カンダリ	<i>Collichthys lucidus</i>
カンムリタチ	<i>Tentoriceps cristatus</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
キアマダイ	<i>Branchiostegus auratus</i>
キアンコウ	<i>Lophius litulon</i>
キグチ	<i>Larimichthys polyactis</i>
キシウダルマガレイ	<i>Parabothus kiensis</i>
キスジタマガシラ	<i>Paras colopsistosensis</i>
キダイ	<i>Dentex hypselosomus</i>
キタマクラ	<i>Canthigaster rivulata</i>
キツネアナゴ	<i>Rhynchoconger ectenurus</i>
キツネカスベ	<i>Dipturus macrocauda</i>
キビレカワハギ	<i>Thamnaconus modestoides</i>
キビレミシマ	<i>Uranoscopus chinensis</i>
キホウボウ	<i>Peristedion orientale</i>
キンカジカ	<i>Cottiusculus schmidti</i>
ギンガメアジ	<i>Caranx sexfasciatus</i>
ギンザメ	<i>Chimaera phantasma</i>
キントキダイ	<i>Priacanthus macracanthus</i>
クエ	<i>Epinephelus bruneus</i>
クサウオ	<i>Liparis tanakae</i>
クサフグ	<i>Takifugu niphobles</i>
クボアジ	<i>Atropus atropos</i>
クラカケトラギス	<i>Parapercis sexfasciata</i>
クルマダイ	<i>Pristigenys niphonia</i>
クロアジモドキ	<i>Parastromateus niger</i>
クロアナゴ	<i>Conger japonicus</i>
クロウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>
クロエソ	<i>Saurida umeyoshii</i>
クログチ	<i>Atrobucca nibe</i>
クロサバフグ	<i>Lagocephalus gloveri</i>
クロソイ	<i>Sebastes schlegelii</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>
ケムシカジカ	<i>Hemitripteris villosus</i>
ゲンコ	<i>Cynoglossus interruptus</i>
ゲンロクダイ	<i>Roa modesta</i>
ゴイシウマヅラハギ	<i>Thamnaconus tessellatus</i>
コイチ	<i>Nibea albiflora</i>
コウベダルマガレイ	<i>Crossorhombus kobensis</i>
コウライアカシタビラメ	<i>Cynoglossus abbreviatus</i>
コウライガジ	<i>Zoarces gillii</i>
コウライマナガツオ	<i>Pampus echinogaster</i>
コウライヨロイメバル	<i>Sebastes longispinis</i>
コクチフサカサゴ	<i>Scorpaena miostoma</i>
コケビラメ	<i>Citharoides macrolepidotus</i>
コツキノワガレイ	<i>Samariscus xenicus</i>
ゴテンアナゴ	<i>Ariosoma meeki</i>
コニベ	<i>Johnius grypotus</i>
コノシロ	<i>Konosirus punctatus</i>
ゴマサバ	<i>Scomber australasicus</i>
コモチジャコ	<i>Amblychaeturichthys sciaenoides</i>
コモンカスベ	<i>Okamejei kenojei</i>
コモンサカタザメ	<i>Rhinobatos hynnicephalus</i>
コモンダマシ	<i>Takifugu alboplumbeus</i>
サカタザメ	<i>Rhinobatos schlegelii</i>
サギフエ属	<i>Macroramphosus</i> spp.
サッパ	<i>Sardinella zunasi</i>
サメガレイ	<i>Clidoderma asperrimum</i>
サヨリ	<i>Hyporhamphus sajori</i>
サラサハギ	<i>Thamnaconus hypargyreus</i>
サワラ	<i>Scomberomorus niphonius</i>
サンサイフグ	<i>Takifugu flavidus</i>
シイラ	<i>Coryphaena hippurus</i>
シオイタチウオ	<i>Neobythites sivicolus</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
シキシマハナダイ	<i>Callanthias japonicus</i>
シビレエイ	<i>Narke japonica</i>
シマセトダイ	<i>Hapalogenys kishinouyei</i>
シマネコザメ	<i>Heterodontus zebra</i>
シマハチオコゼ	<i>Ocosia fasciata</i>
シマフグ	<i>Takifugu xanthopterus</i>
シャチブリ	<i>Ateleopus japonicus</i>
シロアナゴ	<i>Ariosoma shiroanago</i>
シロアマダイ	<i>Branchiostegus albus</i>
シロギス	<i>Sillago japonica</i>
シログチ	<i>Pennahia argentata</i>
シロサバフグ	<i>Lagocephalus spadiceus</i>
シロザメ	<i>Mustelus griseus</i>
スギ	<i>Rachycentron canadum</i>
ズグエイ	<i>Dasyatis zugei</i>
スジハナビラウオ	<i>Psenes cyanophrys</i>
スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>
スズハモ	<i>Muraenesox bagio</i>
スソウミヘビ	<i>Ophichthus urolophus</i>
スナエソ	<i>Synodus fuscus</i>
スマ	<i>Euthynnus affinis</i>
スキウオ	<i>Synagrops japonicus</i>
セダカイトチウオ	<i>Grammonus robustus</i>
セトウシノシタ	<i>Pseudaesopia japonica</i>
セトダイ	<i>Hapalogenys analis</i>
セトヌメリ	<i>Repomucenus ornatipinnis</i>
セトミノカサゴ	<i>Parapterois heterura</i>
セミホウボウ	<i>Dactyloptena orientalis</i>
ソウシハギ	<i>Aluterus scriptus</i>
ソウハチ	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>
ソコイトヨリ	<i>Nemipterus bathybius</i>
ソコカナガシラ	<i>Lepidotrigla abyssalis</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
ソコダルマガレイ	<i>Psettina gigantea</i>
ソコハリゴチ	<i>Hoplichthys gilberti</i>
ソコホウボウ	<i>Pterygotrigla hemisticta</i>
ダイナンウミヘビ	<i>Ophisurus macrorhynchus</i>
タイワンザメ	<i>Proscyllium habereri</i>
タイワンシログチ	<i>Pennahia macrocephalus</i>
タケギンポ	<i>Pholis crassispinia</i>
タチウオ	<i>Trichiurus japonicus</i>
タチモドキ	<i>Benthodesmus tenuis</i>
タマガンゾウビラメ	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>
ダルマガレイ	<i>Engyprosopon grandisquama</i>
チカメキントキ	<i>Cookeolus japonicus</i>
チョウセンエツ	<i>Coilia ectenes</i>
チョウセンバカマ	<i>Banjos banjos</i>
チョウチョウエソ	<i>Synodus macrops</i>
ツキノワガレイ	<i>Samariscus japonicus</i>
ツノウシノシタ	<i>Aesopia cornuta</i>
ツマリエツ	<i>Setipinna tenuifilis</i>
ツマリツノザメ	<i>Squalus brevirostris</i>
テッポウイシモチ	<i>Apogon kiensis</i>
テナガミズテング	<i>Harpadon nehereus</i>
テンジクアカグツ	<i>Halieutaea indica</i>
テンジクダイ	<i>Apogon lineatus</i>
デンバエシタビラメ	<i>Cynoglossus lighti</i>
トウカイナガダルマガレイ	<i>Arnoglossus yamanakai</i>
トカゲエソ	<i>Saurida elongata</i>
トゲカナガシラ	<i>Lepidotrigla japonica</i>
トゲタチウオ	<i>Lepturacanthus savala</i>
トサダルマガレイ	<i>Psettina tosana</i>
トビエイ	<i>Myliobatis tobijei</i>
トビササウシノシタ	<i>Aseraggodes kobensis</i>
トヤマサイウオ	<i>Bregmaceros nectabanus</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
トラザメ	<i>Scyliorhinus torazame</i>
トラフグ	<i>Takifugu rubripes</i>
トンガリヌメリ	<i>Bathycallionymus kaianus</i>
ナガオオメハタ	<i>Malakichthys elegans</i>
ナガサキトラザメ	<i>Halaehurus buergeri</i>
ナガダルマガレイ	<i>Arnoglossus tenuis</i>
ナガレメイタガレイ	<i>Pleuronichthys japonicus</i>
ナシフグ	<i>Takifugu vermicularis</i>
ナツハリゴチ	<i>Hoplichthys langsdorfii</i>
ナヌカザメ	<i>Cephaloscyllium umbratile</i>
ナミアイトラギス	<i>Bembrops curvatura</i>
ナメラダマシ	<i>Takifugu pseudommus</i>
ナンカイウマヅラハギ	<i>Thamnaconus septentrionalis</i>
ナンヨウダルマガレイ	<i>Arnoglossus polyspilus</i>
ニギス	<i>Glossanodon semifasciatus</i>
ニシン	<i>Clupea pallasii pallasii</i>
ニセギンアナゴ	<i>Gnathophis nystromi ginanago</i>
ヌメリゴチ	<i>Repomucenus lunatus</i>
ネズミギス	<i>Gonorynchus abbreviatus</i>
ネズミゴチ	<i>Repomucenus curvicornis</i>
ノコギリカサゴ	<i>Branchypterois serrulata</i>
ノドグロヒメアンコウ	<i>Lophiodes insidiator</i>
ハガツオ	<i>Sarda orientalis</i>
ハタ科の1種	<i>Serranidae</i> sp.
ハナカサゴ	<i>Hoplosebastes armatus</i>
ババガレイ	<i>Microstomus achne</i>
ハマフグ	<i>Tetrosomus reipublicae</i>
ハモ	<i>Muraenesox cinereus</i>
ハリセンボン	<i>Diodon holocanthus</i>
ヒゲソリダイ	<i>Hapalogenys nigripinnis</i>
ヒゲハギ	<i>Chaetodermis penicilligera</i>
ヒナダルマガレイ	<i>Japonolaeops dentatus</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
ヒメ	<i>Aulopus japonicus</i>
ヒメアンコウ	<i>Lophiodes naresi</i>
ヒメオコゼ	<i>Minous monodactylus</i>
ヒメコダイ	<i>Chelidoperca hirundinacea</i>
ヒメジ	<i>Upeneus japonicus</i>
ヒメスマクイウオ	<i>Synagrops philippinensis</i>
ヒメソコカナガシラ	<i>Lepidotrigla hime</i>
ヒメダルマガレイ	<i>Engyprosopon longipelvis</i>
ヒメハナダイ	<i>Tosana niwae</i>
ヒメヤマノカミ	<i>Dendrochirus bellus</i>
ヒラ	<i>Ilisha elongata</i>
ヒラサワラ	<i>Scomberomorus koreanus</i>
ヒラソウダ	<i>Auxis thazard</i>
ヒラタエイ	<i>Urolophus aurantiacus</i>
ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>
ヒレアナゴ	<i>Echelus uropterus</i>
ヒレグロゲンコ	<i>Cynoglossus nigropinnatus</i>
ヒレコダイ	<i>Evynnis cardinalis</i>
ヒレダカエビス	<i>Ostichthys hypsipterygion</i>
フウセイ	<i>Larimichthys crocea</i>
フエフキダイ	<i>Lethrinus haematopterus</i>
フタツボシフグ	<i>Takifugu bimaculatus</i>
ベニカワムキ	<i>Triacanthodes anomalus</i>
ベニテグリ	<i>Foetorepus altivelis</i>
ベニヒシダイ	<i>Antigonia rubesens</i>
ヘリグロアカゲツ	<i>Halieutaea</i> sp.3
ベロガレイ	<i>Plagiopsetta glossa</i>
ボウズコンニャク	<i>Cubiceps squamiceps</i>
ホウボウ	<i>Chelidonichthys spinosus</i>
ホシガレイ	<i>Verasper variegatus</i>
ホシササノハベラ	<i>Pseudolabrus sieboldi</i>
ホシザメ	<i>Mustelus manazo</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
ホシセミホウボウ	<i>Daicocus peterseni</i>
ホシヒメコダイ	<i>Chelidoperca pleurospila</i>
ホシフグ	<i>Arothron firmamentum</i>
ホタルジャコ	<i>Acropoma japonicum</i>
ホロヌメリ	<i>Repomucenus virgis</i>
ホンニベ	<i>Miichthys miuiy</i>
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>
マアナゴ	<i>Conger myriaster</i>
マイワシ	<i>Sardinops melanostictus</i>
マエソ	<i>Saurida macrolepis</i>
マエツ	<i>Coilia mystus</i>
マガレイ	<i>Pleuronectes herzensteini</i>
マコガレイ	<i>Pleuronectes yokohamae</i>
マサバ	<i>Scomber japonicus</i>
マダイ	<i>Pagrus major</i>
マダラ	<i>Gadus macrocephalus</i>
マツカサウオ	<i>Monocentris japonica</i>
マトイシモチ	<i>Apogon carinatus</i>
マトウダイ	<i>Zeus faber</i>
マナガツオ	<i>Pampus punctatissimus</i>
マハタ	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>
マハタモドキ	<i>Epinephelus octofasciatus</i>
マフグ	<i>Takifugu porphyreus</i>
マルアジ	<i>Decapterus maruadsi</i>
マルイボダイ	<i>Ariomma indicum</i>
ミギガレイ	<i>Dexistes rikuzenius</i>
ミシマオコゼ	<i>Uranoscopus japonicus</i>
ミドリフサアンコウ	<i>Chaunax abei</i>
ミナミキントキ	<i>Priacanthus blochii</i>
ミノカサゴ	<i>Pterois lunulata</i>
ミズアナゴ属の1種	<i>Muraenichthys</i> sp.
ムシガレイ	<i>Eopsetta grigorjewi</i>

Appendix table 1-1. Continued

Japanese name	Scientific name
ムツ	<i>Scombrops boops</i>
ムラソイ	<i>Sebastes pachycephalus</i>
メアジ	<i>Selar crumenophthalmus</i>
メイタガレイ	<i>Pleuronichthys cornutus</i>
メカジキ	<i>Xiphias gladius</i>
メガネカスベ	<i>Raja pulchra</i>
メクラアナゴ	<i>Dysomma anguillare</i>
メゴチ	<i>Suggrundus meerdervoortii</i>
メダマカスベ	<i>Okamejei meerdervoortii</i>
メブトカンダリ	<i>Collichthys niveatus</i>
モヨウカスベ	<i>Okamejei acutispina</i>
モロ	<i>Decapterus macrosoma</i>
ヤキインハゼ	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>
ヤギミシマ	<i>Uranoscopus tosae</i>
ヤナギムシガレイ	<i>Tanakius kitaharae</i>
ヤマトカマス	<i>Sphyræna japonica</i>
ヤミハゼ	<i>Suruga fundicola</i>
ヤリガレイ	<i>Laeops kitaharae</i>
ヤリヌメリ	<i>Repomucenus huguenini</i>
ヤリヒゲ	<i>Caelorinchus multispinulosus</i>
ユメカサゴ	<i>Helicolenus hilgendorfi</i>
ヨウジウオ	<i>Syngnathus schlegeli</i>
ヨコシマサワラ	<i>Scomberomorus commerson</i>
ヨシノゴチ	<i>Platycephalus sp.1</i>
ヨリトフグ	<i>Sphoeroides pachygaster</i>
ヨロイイタチウオ	<i>Hoplobrotula armata</i>
ワニエソ	<i>Saurida wanieso</i>
ワニギス	<i>Champsodon snyderi</i>
ワヌケフウリュウウオ	<i>Malthopsis annulifera</i>

Appendix table 1-2. Japanese and scientific names of shrimps and prawns in this thesis

Japanese name	Scientific name
アカエビ	<i>Metapenaeopsis barbata</i>
イシエビ	<i>Sicyonia cristata</i>
イズミエビ	<i>Plesionika izumiae</i>
ウチワエビ	<i>Ibacus ciliatus</i>
エビジャコ	<i>Crangon affinis</i>
オオバウチワエビ	<i>Ibacus novemdentatus</i>
オキノアカスジエビ	<i>Plesionika grandis</i>
オキノスジエビ	<i>Plesionika serratifrons</i>
オニテッポウエビ	<i>Alpheus distinguendus</i>
カムチャッカモエビ	<i>Heptacarpus acuticarinatus</i>
キシエビ	<i>Metapenaeopsis dalei</i>
キシエビジャコ	<i>Philocheras incisus</i>
クラゲエビ	<i>Chlorotocella gracilis</i>
クルマエビ	<i>Marsupenaeus japonicus</i>
コアシクダヒゲエビ	<i>Solenocera comata</i>
コウダカクダヒゲエビ	<i>Solenocera alticarinata</i>
コウライエビ	<i>Fenneropenaeus chinensis</i>
サケエビ	<i>Parapenaeus fissurus</i>
サヨエビ	<i>Chlorotocus crassicornis</i>
サルエビ	<i>Trachysalambria curvirostris</i>
シバエビ	<i>Metapenaeus joyneri joyneri</i>
スベスベエビ	<i>Batepenaeopsis tenella</i>
ソコシラエビ	<i>Leptochela gracilis</i>
ソメワケエビジャコ	<i>Metacrangon longirostris</i>
ツルギサケエビ	<i>Parapenaeus fissuroides fissuroides</i>
テナガテッポウエビ	<i>Alpheus japonicus</i>
ドウケツエビ	<i>Spongicola</i> sp.
トガリモエビ	<i>Tozeuma armatum</i>
トゲイワエビ	<i>Pontocaris habereri</i>
トゲサケエビ	<i>Parapenaeus lanceolatus</i>
トゲトゲモエビ	<i>Spirontocaris crassirostris</i>
トゲミノエビ	<i>Heterocarpus dorsalis</i>

Appendix table 1-2. Continued

Japanese name	Scientific name
トサカクレエビ	<i>Periclimenes tosaensis</i>
ナイカイスジエビ	<i>Palaemon gravieri</i>
ナガツノスベスベエビ	<i>Mierspenaeopsis hardwickii</i>
ナミクダヒゲエビ	<i>Solenocera melantho</i>
ハコエビ	<i>Linuparus trigonus</i>
ハコダテエビジャコ	<i>Crangon hakodatei</i>
バラサンゴエビ	<i>Parastylodactylus semblatae</i>
ヒゲナガクダヒゲエビ	<i>Solenocera koelbeli</i>
ヒラツノモエビ	<i>Latreutes dorsalis</i>
ベニエビ	<i>Procletes levicarina</i>
マイマイエビ	<i>Atypopenaeus stenodactylus</i>
マルソコシラエビ	<i>Leptochela sydniensis</i>
ミナミアカザエビ	<i>Metanephrops thomsoni</i>
ミナミシロエビ	<i>Metapenaeopsis provocatoris owstoni</i>
ミナミロウソクエビ	<i>Nikoides sibogae</i>
ヤホシアキアミ	<i>Acetes chinensis</i>
ヨコヤツノモエビ	<i>Eualus spathulirostris</i>
ヨコヤヒメセミエビ	<i>Scyllarus brevicornis</i>
ヨシエビ	<i>Metapenaeus ensis</i>

Appendix table 1-3. Japanese and scientific names of crabs in this thesis

Japanese name	Scientific name
アオガニ	<i>Callinectes sapidus</i>
アカイシガニ	<i>Charybdis miles</i>
アカイシモドキ	<i>Charybdis sagamiensis</i>
アシナガツノガニ	<i>Phalangipus hystrix</i>
イシガニ	<i>Charybdis japonica</i>
イボイチョウガニ	<i>Romaleon gibbosulum</i>
イボガザミ	<i>Portunus gladiator</i>
エダツノガニ	<i>Naxioides mammilata</i>
エンコウガニ	<i>Carcinoplax longimana</i>
オオキンセンモドキ	<i>Mursia microspina</i>
カイカムリ	<i>Lauridromia dehaani</i>
ガザミ	<i>Portunus trituberculatus</i>
キンセンガニ	<i>Matuta victor</i>
ケセンガニ	<i>Oregonia gracilis</i>
ケブカエンコウガニ	<i>Carcinoplax vestita</i>
コシマガニ	<i>Leptomithrax edwardsii</i>
サナダミズヒキガニ	<i>Latreillia valida</i>
シマイシガニ	<i>Charybdis feriata</i>
ジャノメガザミ	<i>Portunus sanguinolentus</i>
チョウチンコブシ	<i>Randallia eburnea</i>
テナガコブシ	<i>Myra celeris</i>
トウヨウホモラ	<i>Homora orientalis</i>
トラフカラッパ	<i>Calappa lophos</i>
ヒラアシクモガニ	<i>Platymaia alcoki</i>
ヒラツメガニ	<i>Ovalipes punctatus</i>
フタホシイシガニ	<i>Charybdis bimaculata</i>
ヘイケガニ	<i>Heikeopsis japonica</i>
ベニホシマンジュウガニ	<i>Liagore rubromaculata</i>
ミツハキンセンモドキ	<i>Mursia trispinosa</i>
メガネカラッパ	<i>Calappa philargius</i>

Appendix table 1-4. Japanese and scientific names of cephalopod and hexactenellid in this thesis

Japanese name	Scientific name
ケンサキイカ	<i>Loligo edulis</i>
カイロウドウケツ属の1種	<i>Euplectella</i> sp.