

令和 2（2020）年度東シナ海底魚類の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

要 約

主に以西底びき網漁業によって漁獲される底魚のうち、主な分布域が我が国 EEZ 外にあるエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類（ムシガレイ・メイタガレイ類）の資源水準を漁獲量および多変量自己回帰状態空間モデル（MARSS モデル）により推定した資源量指数の長期的な変動傾向から判断した。その結果、すべての魚種の水準が低位と判断された。動向は、MARSS モデルにより推定された資源量指数の推移のうち、近年の動向からエソ類、マナガツオ類およびカレイ類を横ばい、ハモを減少と判断した。いずれの魚種においても主分布域が我が国 EEZ 外にあり、近年の資源の動向は外国漁船の漁獲圧が大きく影響している可能性がある。現在、日本漁船の漁獲努力量は著しく減少していることから、我が国 EEZ 内に分布する資源の状態に応じた漁獲を続けるのが適当である。

| | 年 | 資源量 (トン) | 親魚量 (トン) | 漁獲量 (トン) | F 値 | 漁獲割合 (%) |
|--------|------|-------------|-------------|-------------|-----|-------------|
| エソ類 | 2015 | — | — | 199 | — | — |
| | 2016 | — | — | 189 | — | — |
| | 2017 | — | — | 223 | — | — |
| | 2018 | — | — | 156 | — | — |
| | 2019 | — | — | 180 | — | — |
| ハモ | 2015 | — | — | 0 | — | — |
| | 2016 | — | — | 1 | — | — |
| | 2017 | — | — | 1 | — | — |
| | 2018 | — | — | 0 | — | — |
| | 2019 | — | — | 0 | — | — |
| マナガツオ類 | 2015 | — | — | 2 | — | — |
| | 2016 | — | — | 1 | — | — |
| | 2017 | — | — | 2 | — | — |
| | 2018 | — | — | 3 | — | — |
| | 2019 | — | — | 2 | — | — |
| カレイ類 | 2015 | — | — | 34 | — | — |
| | 2016 | — | — | 31 | — | — |
| | 2017 | — | — | 25 | — | — |
| | 2018 | — | — | 25 | — | — |
| | 2019 | — | — | 22 | — | — |

| 魚種 | 水準 | 動向 |
|--------|----|-----|
| エソ類 | 低位 | 横ばい |
| ハモ | 低位 | 減少 |
| マナガツオ類 | 低位 | 横ばい |
| カレイ類 | 低位 | 横ばい |

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

| データセット | 基礎情報、関係調査等 |
|---------------|---|
| 漁獲量 | 水産統計(韓国海洋水産部) (http://www.fips.go.kr) FAO 統計資料 (FAO) (FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2018、 http://www.fao.org/statistics/software/fishstatj/en) |
| 漁獲量・努力量・資源量指数 | 以西底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) |
| 資源量調査 | 東シナ海底魚資源分布生態調査 着底トロール (11~12月、水研) |

1. まえがき

東シナ海には多様な底魚類が生息し、同海域の大陸棚上では過去に以西底びき網漁業によって多種多様な資源が漁獲されていた。1960~1980年代に東シナ海上で広く展開していた以西底びき網漁業は、1990年代以降様々な理由により漁場が縮小し、近年は九州西方海域が主漁場となっている。以西底びき網漁業の主な対象魚種は、過去にはキグチ、シログチなどのグチ類やタチウオ、ハモなどであったが、近年ではキダイ、マダイ、カイワリなどである。本報告では主に東シナ海大陸棚上に分布するエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類の資源状態について報告する。

2. 生態

東シナ海は大部分が200m以浅の大陸棚が占める海域で、極めて多様な漁獲対象種が存在する(山田ほか 2007)。

東シナ海大陸棚に分布する底魚類について、過去、以西底びき網漁業や調査船調査などにより多くの情報が入手出来たが、近年では以西底びき網漁業の操業海域が九州西方の海域に縮小したことや調査船で調査可能な海域が我が国 EEZ および日中暫定措置水域内に限られていることから、多くの魚種について限定的な情報しか入手出来ていない。

本報告で対象とするハモについては主分布域が東シナ海大陸棚上であり、現在、我が国ではこれらの資源の一部を利用しているに過ぎない。また、エソ類はワニエソ、マエソ、クロエソ、トカゲエソ等を含むが、以西底びき網漁業の開始当初に比率の高かったトカゲエソ類は近年ではほとんど漁獲されなくなった。マナガツオ類は、主にマナガツオとコウライマナガツオの2種からなり、現在はマナガツオが漁獲の主体と考えられる。カレイ類では、我が国漁船が東シナ海・黄海の全域に出漁していた時代にはヤナギムシガレイ、ムシガレイ、イヌノシタの漁獲が多かったが、現在は以西底びき網漁業が九州西方の我が国

EEZ内を中心に操業しているため、ヤナギムシガレイとイヌノシタが減少し、メイトガレイとナガレメイトガレイの漁獲が相対的に多くなっている。本報告ではメイトガレイ類(メイトガレイおよびナガレメイトガレイ)とムシガレイをカレイ類とする(各魚種の詳細については補足資料2を参照)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

東シナ海において本評価対象種は、主に以西底びき網漁業によって漁獲される。本漁業はかつて黄海および東シナ海の広域で大規模な操業を展開していたが、1990年代にかけ縮小し、1996年以降は東シナ海大陸棚縁辺部、2004年以降は九州西方の日中暫定措置水域を除く我が国EEZ内が中心となっている(図1)。以西底びき網漁業の主要漁獲対象種も大きく変化し、現在ではキダイやマダイ、カイワリが大きな割合を占め、グチ類やハモの占める割合は小さくなっている(図2)。また、現在資源管理の一環として夏季休漁が実施されている。

(2) 漁獲量の推移

以西底びき網漁業の漁獲量は、1960年代には30万トン以上を維持していたが、1970年前後に急減し、1970年前半にはおよそ20万トンとなった。その後、1980年頃までは漁獲量は20万トン程度で安定していたが、1980~1990年代には漸減した。2000年以降は6千~9千トン台で推移しており、2019年は約3.7千トンを漁獲するのみとなっている(図3、4)。本報告の対象魚種の漁獲量は減少が著しく、2019年の漁獲量はエソ類が180トン、ハモが0トン、マナガツオ類が2トン、カレイ類が22トンであった(図5、表1)。

FAOの漁獲統計によると、中国は太平洋北西海域(主に東シナ海、黄海、南シナ海域)で底びき網によりマナガツオ類とハモを多獲しており、いずれの魚種についても1990年代に漁獲量が著しく増加したが、近年の漁獲量はほぼ横ばいとなっている(表2)。2014~2018年ではハモ類約33万~39万トン、マナガツオ類約33万~35万トンの漁獲が報告されている。その他の評価対象種であるエソ類、カレイ類については正確な漁獲統計は存在しないが、かなりの漁獲量があると考えられる。韓国も2019年ではハモ10百トン、マナガツオ類86百トン、カレイ類147百トンと、我が国に比べて大量に漁獲している(表2)。

(3) 漁獲努力量

以西底びき網漁業の総網数は1965年の78万網をピークに年々減少し、1995年には98千網、2006年には9千網となった。近年はピーク時の1%以下である7千網前後で推移している(図6、7)。

本資源全体の漁獲量はほぼ中国によるものであるが、中国の漁獲努力量の評価を得ることは現時点では困難である。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源評価の流れを補足資料 1 に示す。長期の水準に関しては、以西底びき網漁業の統計値および 1986 年以降主に冬季（11～12 月）に東シナ海で実施している東シナ海底魚分布生態調査で得られた 1 網あたりの漁獲量（CPUE）に多変量自己回帰状態空間モデル（Multivariate Auto-Regressive State-Space モデル、以降 MARSS モデル）（Zhu et al. 2017、Zhu et al. 2018）を適用し、エソ類 91 漁区（図 8、9）、ハモ 97 漁区（図 10、11）、マナガツオ類 80 漁区（図 12、13）およびカレイ類 55 漁区（図 14、15）について資源量指数を推定することで、現在の資源の水準を検討した。資源動向に関しては、MARSS モデルによって得られた資源量指数の推移のうち、近年 5 年間（2015～2019 年）の推移を用いて動向を判断した（MARSS モデルによる解析に用いたデータセットの作成は補足資料 3 を参照）。

(2) 資源の水準・動向

MARSS モデルにより推定された東シナ海底魚類評価対象種（エソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類）の資源量指数（各年の資源量指数を解析期間の資源量指数の平均で規格化した値）の最高値と最低値を 3 等分した結果、いずれの魚種も低位に位置した（図 9、11、13、15）。また、操業漁区や漁獲努力量が比較的安定していた 1980～1990 年代に漁獲量が大きく減少していること、加えて、1990 年代以降の中国や韓国の漁獲量（表 2）は顕著には増加していないことから、すべての評価対象種の資源の水準を低位と判断した。

動向についても東シナ海大陸棚上における近年の情報が著しく不足していることから系群全体の傾向を判断することは困難であるが、MARSS モデルにより推定された 2015～2019 年の資源量指標値の推移から、エソ類、マナガツオ類およびカレイ類の動向を横ばい、ハモを減少と判断した（図 16）。

5. 資源管理の方策

本報告で対象とする種は産卵場を含む主分布域が我が国 EEZ 外に存在する。我が国の漁獲努力が著しく減少している一方、中国と韓国はこれら東シナ海（黄海域を含む）の底魚類を大量に漁獲しており、近年の資源減少は外国漁船の漁獲による影響が大きいと推察される。一方、我が国の以西底びき網漁業の現状の漁獲努力が、本報告の対象資源に与える影響はあまり大きくはないと考えられる。そのため、これらの資源を適切に管理して有効に利用するためには関係国の協力体制の構築が必要不可欠である。中国では 1990 年代に漁獲量が急増したが、2000 年以降は総漁獲量を削減する努力がなされており、近年では東シナ海域の夏季休漁制度の制定などの施策が行われるようになった。また、2015 年より 5 カ年で、漁船漁業の生産量を大幅に減少させる計画を打ち出している。日本や韓国と比較して漁獲量の多い中国の漁獲動向が東シナ海底魚類の資源に与える影響は極めて大きいと考えられるため、これらの施策による管理効果に期待が集まる。

現在の我が国の漁獲が東シナ海底魚類の資源状態に与える影響は非常に小さいと考えられるため、我が国においては実際の分布量に見合った漁獲を継続することを管理目標とすることが妥当である。ただし、底魚類は比較的着底後の定着性が強く、寿命も長い種が多いので、我が国の漁獲の動向を見極めながら、適切に利用することが必要である。

7. 引用文献

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」. 東海大学出版会, 東京, 1262 pp.

Zhu M., T. Yamakawa, M. Yoda, T. Yasuda, H. Kurota, S. Oshimo and M. Fukuwaka (2017) Using a multivariate auto-regressive statespace (MARSS) to evaluate fishery resources abundance in the East China Sea, based on spatial distributional information. *Fish. Sci.*, **83**, 437-451.

Zhu M., T. Yamakawa and T. Sakai (2018) Combined use of trawl fishery and research vessel survey data in a multivariate autoregressive state-space (MARSS) model to improve the accuracy of abundance index estimates. *Fish. Sci.*, **84**, 437-451.

(執筆者：青沼佳方、酒井 猛、川内陽平)

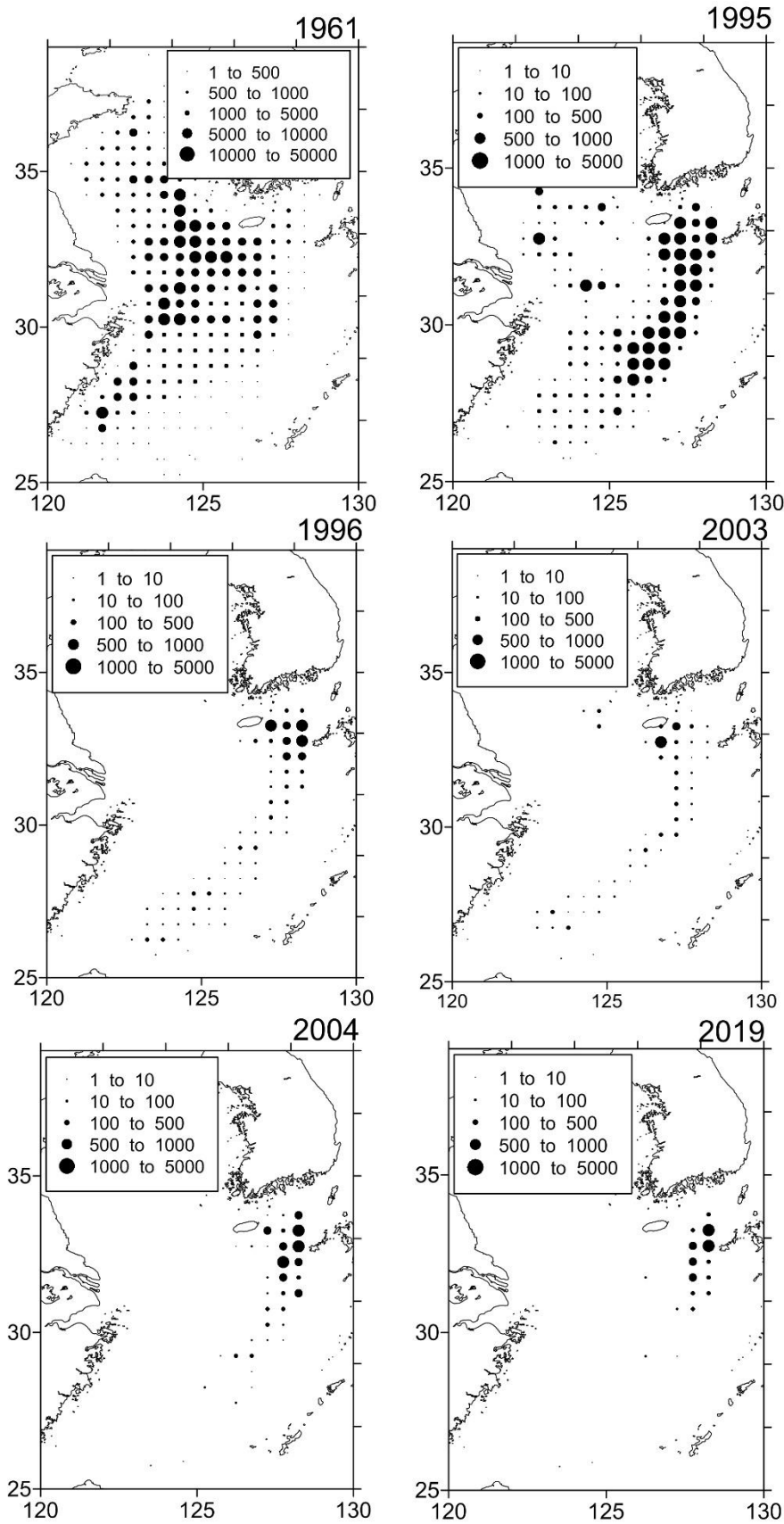


図1. 以西底びき網漁業（2そうびき）の漁場（単位は曳網数）

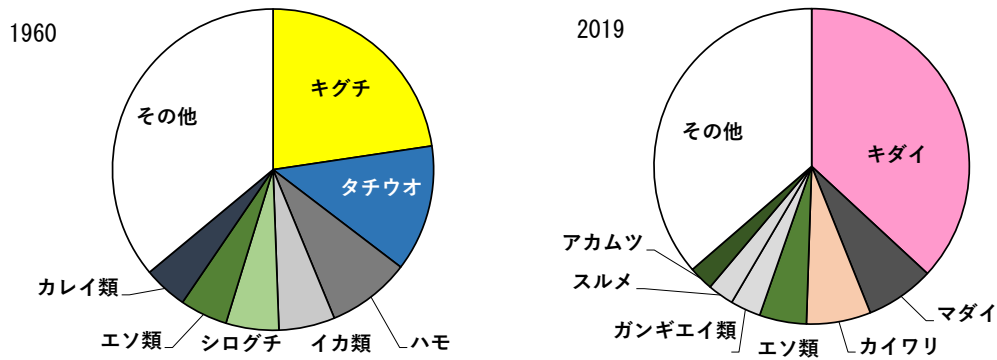


図2. 以西底びき網漁業（2そうびき）の主要漁獲対象種の重量割合

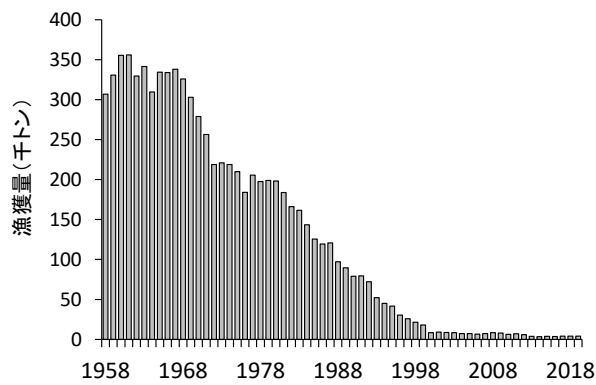


図3. 以西底びき網漁業（2そうびき）の漁獲量の推移

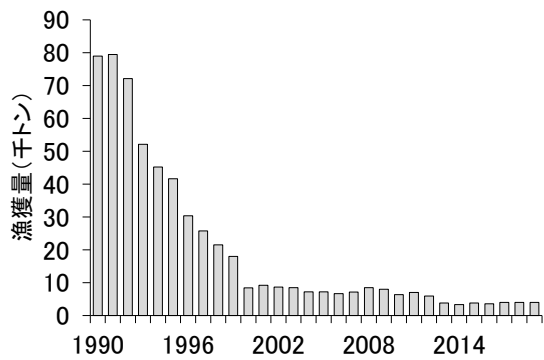


図4. 以西底びき網漁業（2そうびき）の漁獲量の推移（1990年以降）

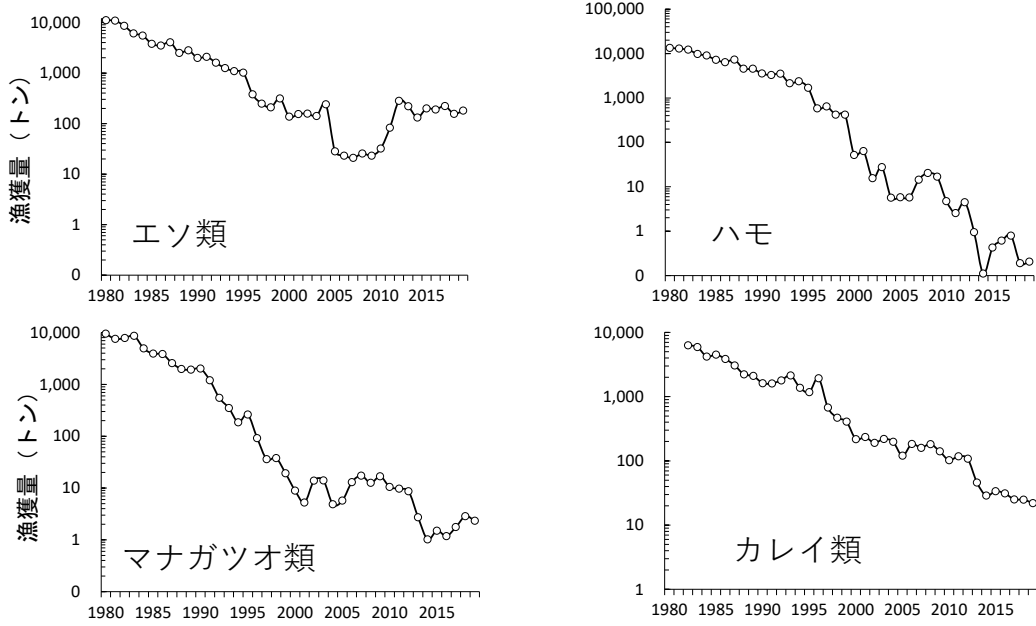


図 5. 以西底びき網漁業（2 そうびき）によるエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類の漁獲量（対数軸）

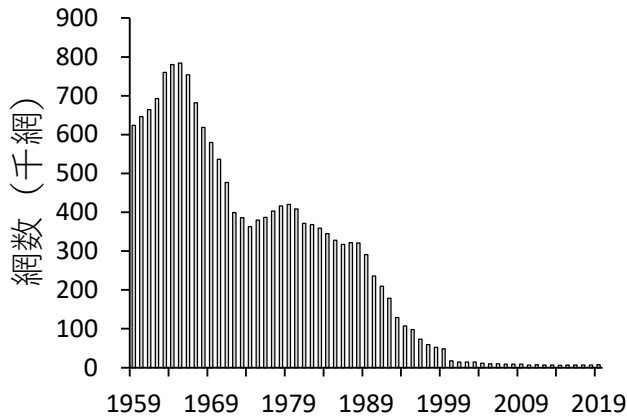


図 6. 以西底びき網漁業の漁獲努力量（1959～2019年）

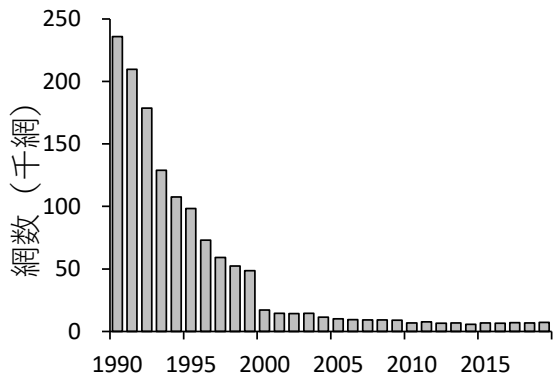


図 7. 以西底びき網漁業の漁獲努力量（1990～2019年）

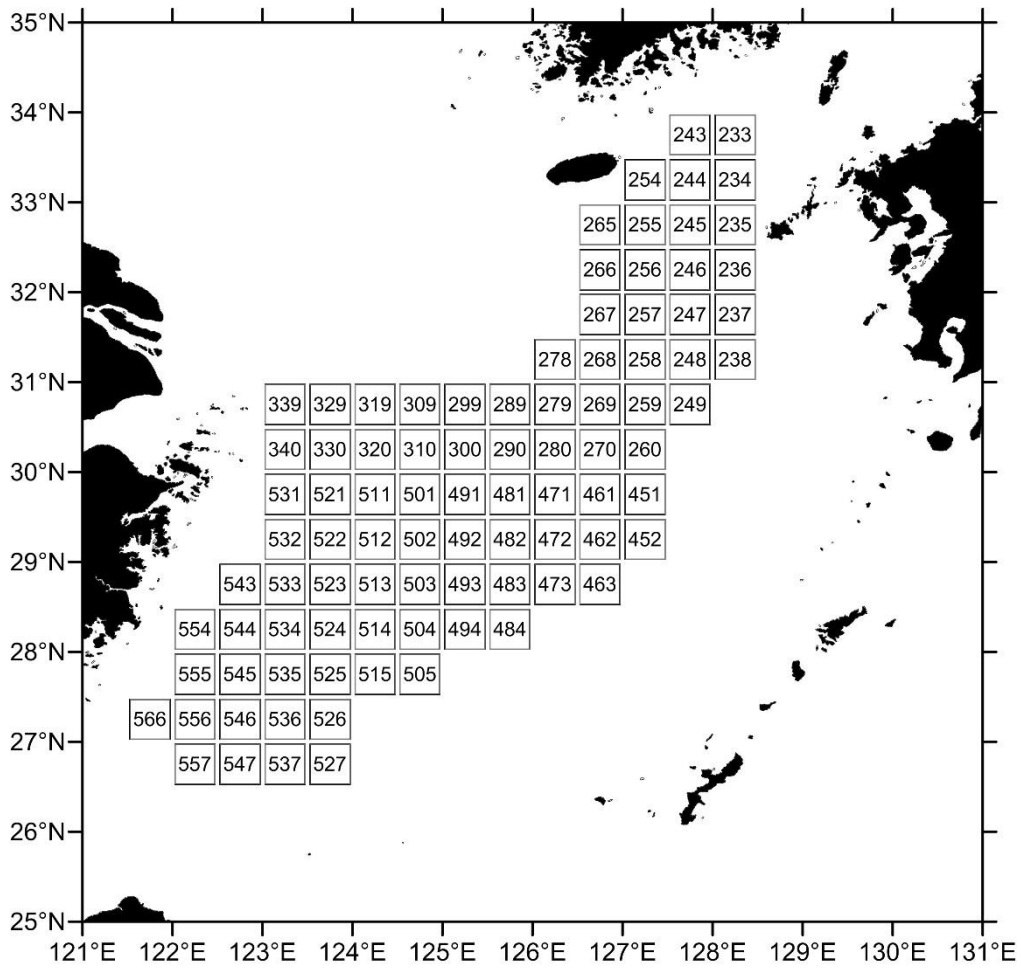


図8. エソ類の資源量指数解析に用いた漁区 (91 漁区)

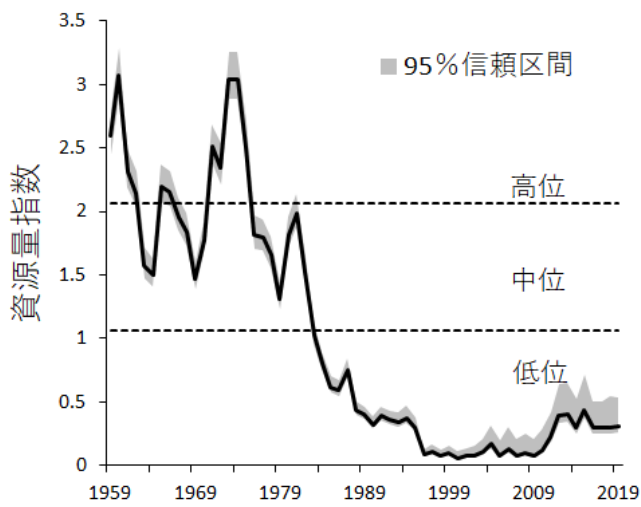


図9. エソ類の資源量指数の推移

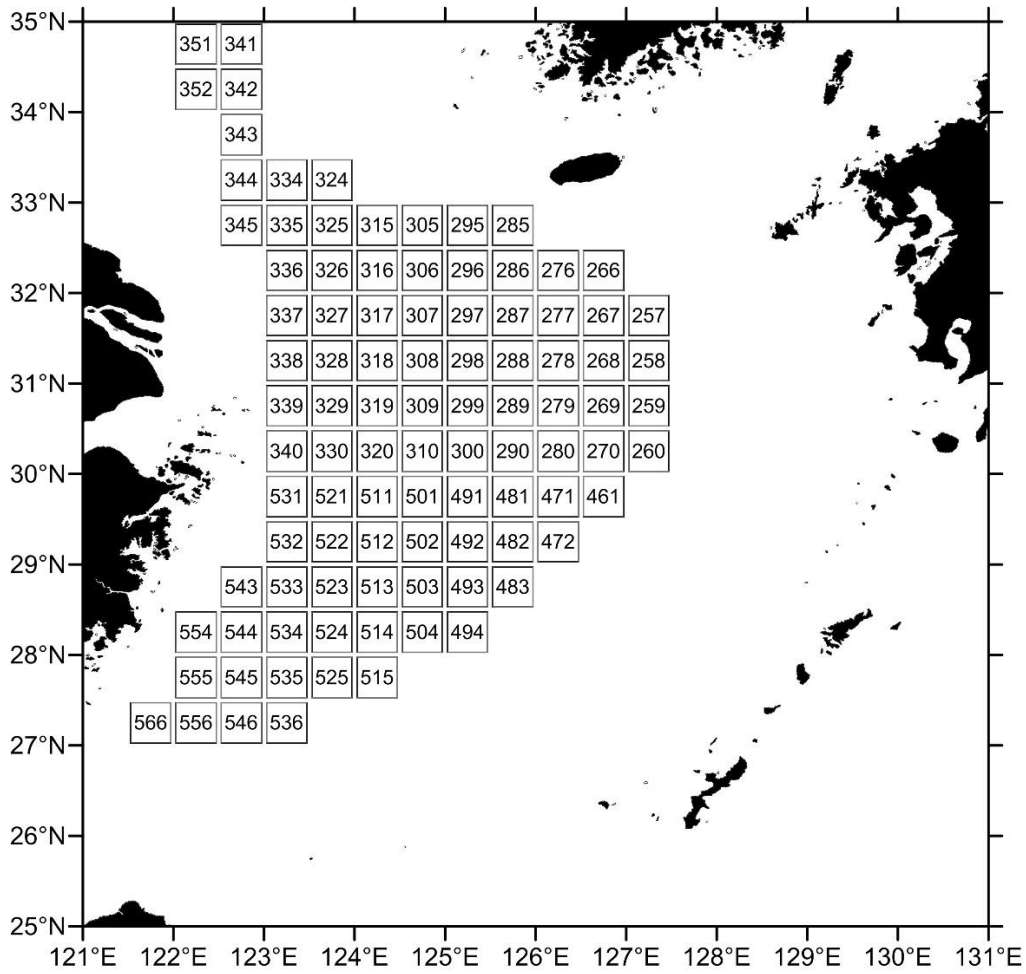


図 10. ハモの資源量指数解析に用いた漁区 (97 漁区)

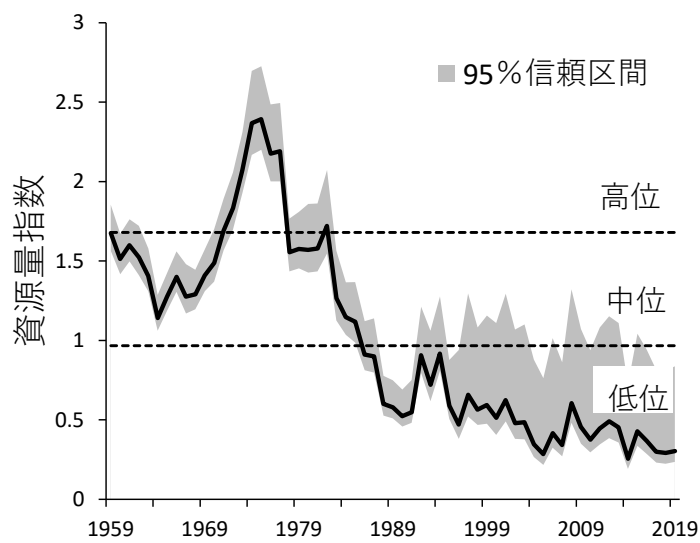


図 11. ハモの資源量指数の推移

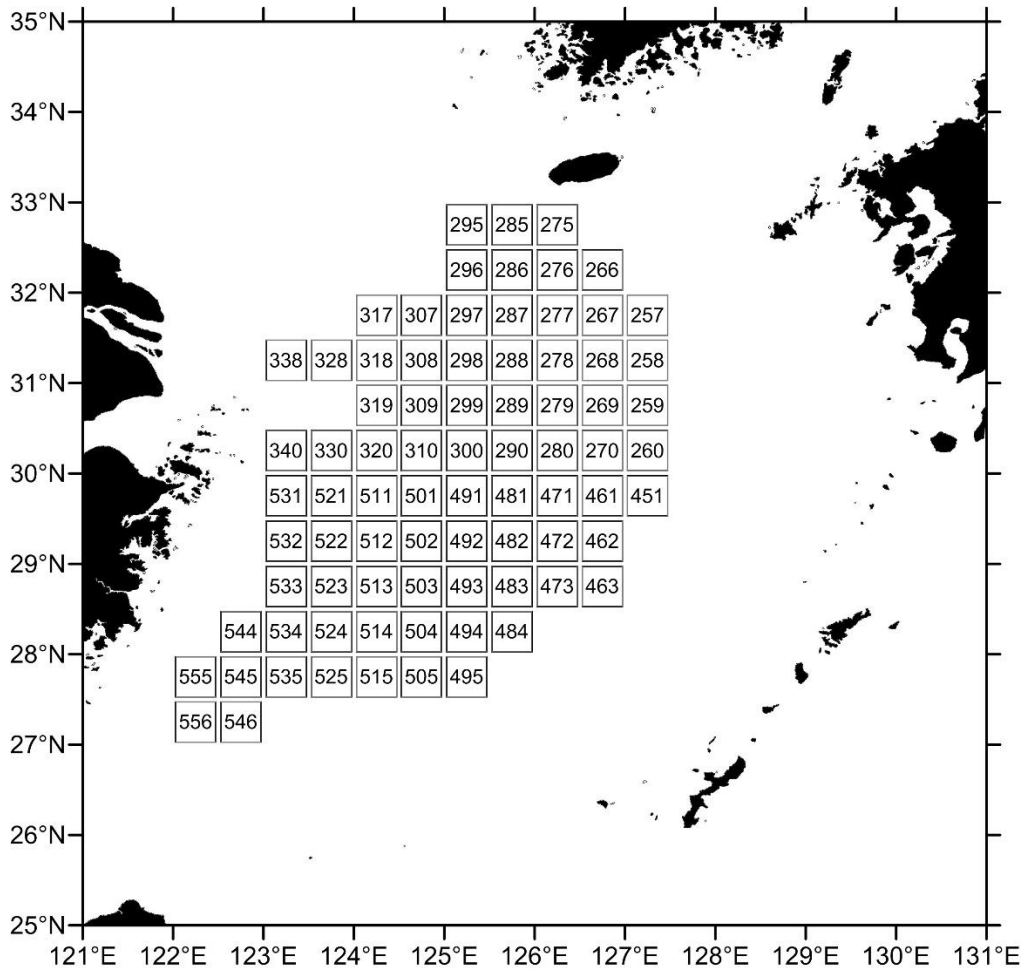


図 12. マナガツオ類の資源量指数解析に用いた漁区 (80 漁区)

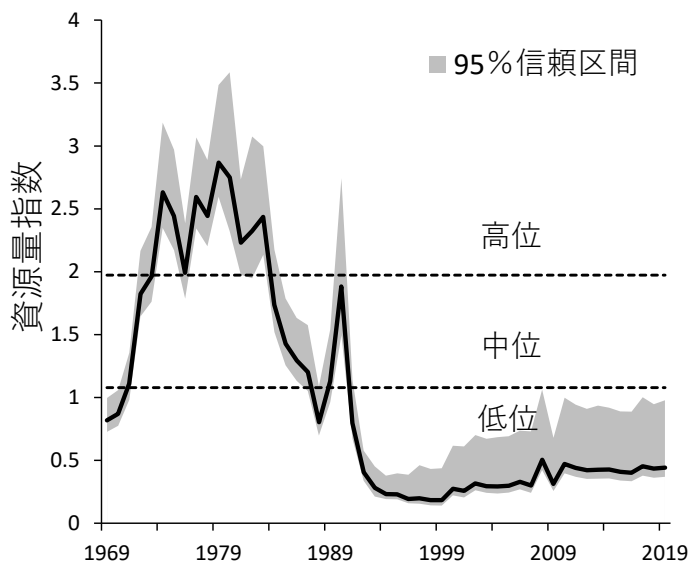


図 13. マナガツオ類の資源量指数の推移

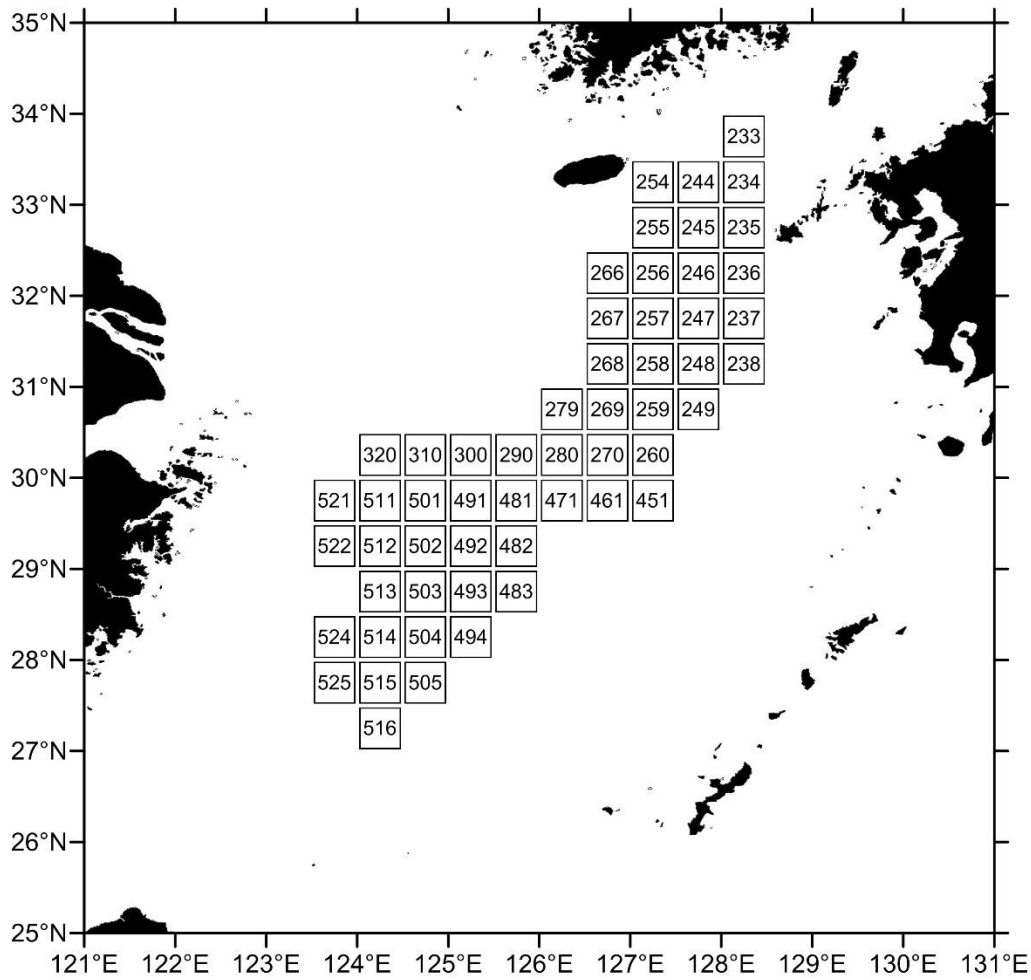


図 14. カレイ類の資源量指数解析

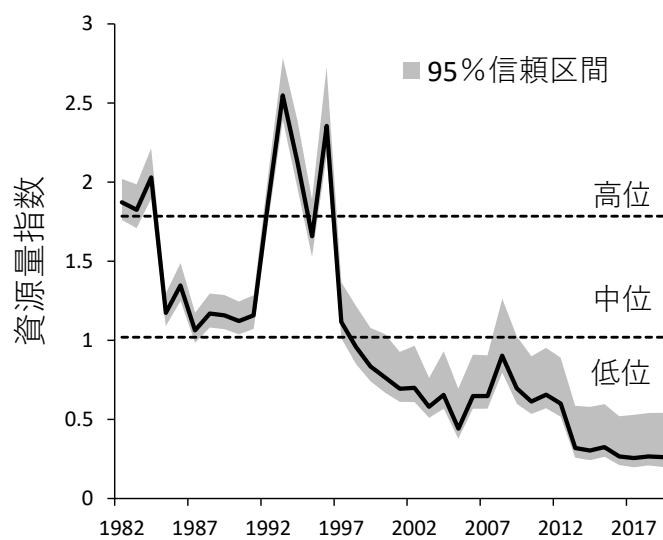


図 15. カレイ類の資源量指数の推移

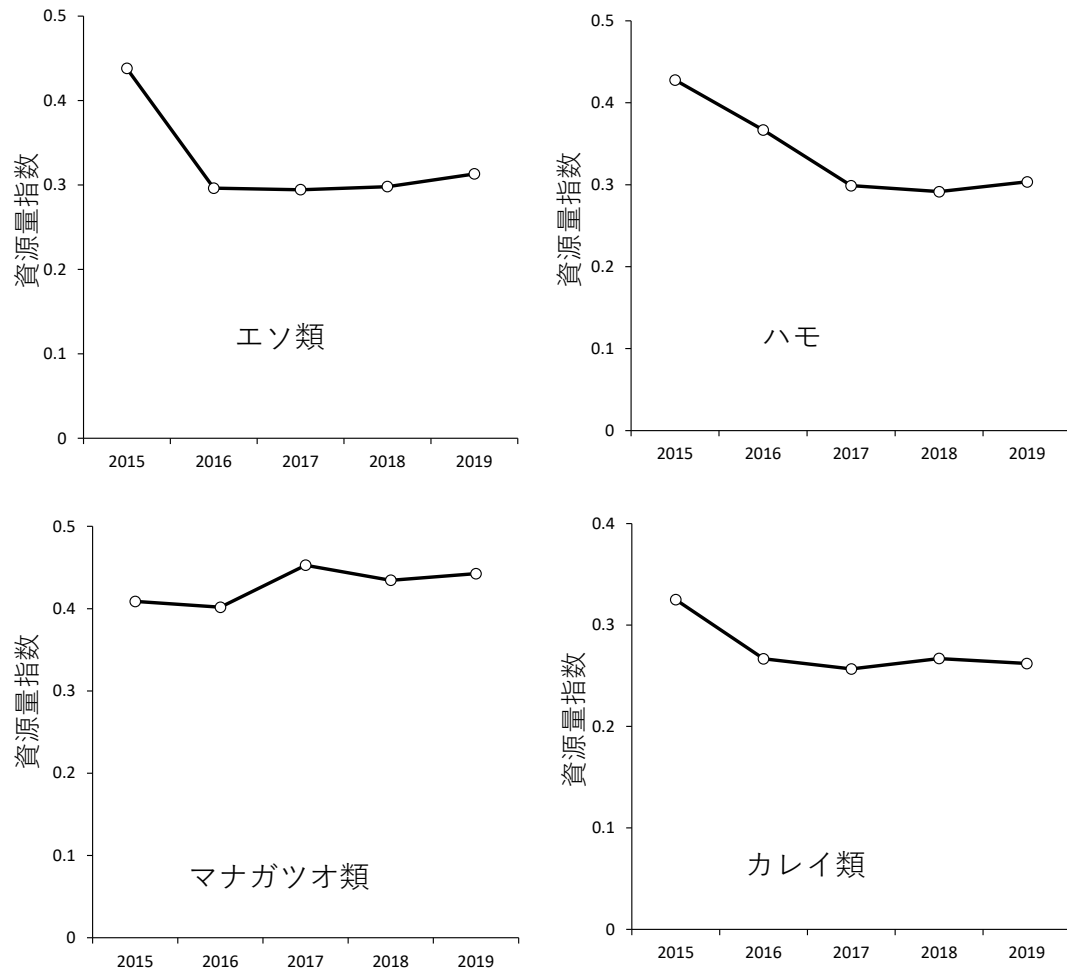


図 16. 近年の我が国の漁場におけるエソ類、ハモ、マナガツオ類、カレイ類の資源量指数の推移

表 1. 以西底びき網漁業（2 そうびき）による東シナ海底魚類対象種の漁獲量（トン）

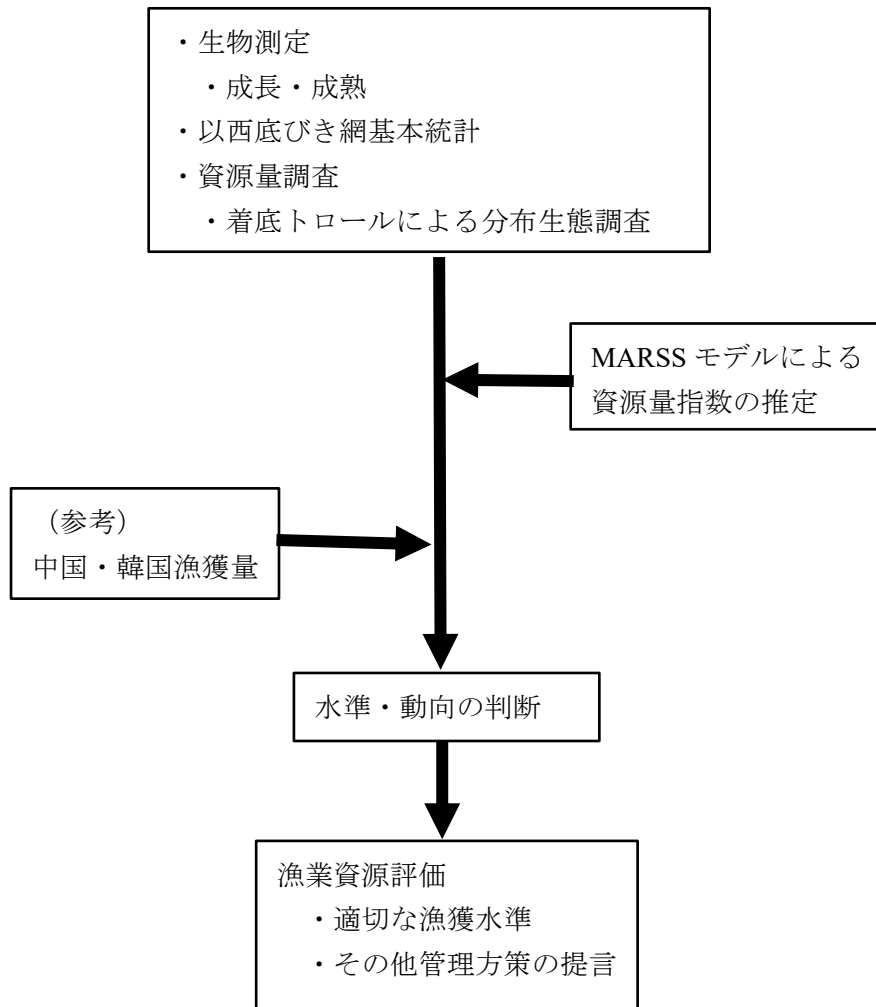
| 年 | エソ類 | ハモ | マナガツオ類 | カレイ類 |
|------|--------|--------|--------|-------|
| 1980 | 11,082 | 13,393 | 9,493 | |
| 1981 | 10,835 | 12,930 | 7,502 | |
| 1982 | 8,585 | 12,183 | 7,825 | 6,253 |
| 1983 | 6,063 | 9,797 | 8,606 | 5,894 |
| 1984 | 5,529 | 8,960 | 4,932 | 4,190 |
| 1985 | 3,783 | 7,229 | 3,892 | 4,493 |
| 1986 | 3,499 | 6,370 | 3,824 | 3,847 |
| 1987 | 4,065 | 7,279 | 2,567 | 3,056 |
| 1988 | 2,488 | 4,551 | 1,968 | 2,215 |
| 1989 | 2,822 | 4,525 | 1,917 | 2,090 |
| 1990 | 1,982 | 3,526 | 2,005 | 1,617 |
| 1991 | 2,088 | 3,284 | 1,194 | 1,602 |
| 1992 | 1,601 | 3,498 | 547 | 1,787 |
| 1993 | 1,245 | 2,127 | 349 | 2,129 |
| 1994 | 1,090 | 2,363 | 186 | 1,373 |
| 1995 | 1,015 | 1,688 | 260 | 1,167 |
| 1996 | 379 | 582 | 92 | 1,933 |
| 1997 | 248 | 645 | 36 | 674 |
| 1998 | 208 | 421 | 38 | 467 |
| 1999 | 313 | 419 | 19 | 407 |
| 2000 | 132 | 52 | 9 | 217 |
| 2001 | 155 | 64 | 5 | 234 |
| 2002 | 157 | 15 | 14 | 190 |
| 2003 | 141 | 27 | 14 | 218 |
| 2004 | 240 | 6 | 5 | 198 |
| 2005 | 28 | 6 | 6 | 120 |
| 2006 | 23 | 6 | 13 | 182 |
| 2007 | 21 | 14 | 17 | 160 |
| 2008 | 26 | 20 | 13 | 182 |
| 2009 | 23 | 17 | 17 | 140 |
| 2010 | 32 | 5 | 10 | 102 |
| 2011 | 82 | 3 | 10 | 117 |
| 2012 | 281 | 4 | 9 | 108 |
| 2013 | 219 | 1 | 3 | 46 |
| 2014 | 132 | 0 | 1 | 29 |
| 2015 | 199 | 0 | 2 | 34 |
| 2016 | 189 | 1 | 1 | 31 |
| 2017 | 223 | 1 | 2 | 25 |
| 2018 | 156 | 0 | 3 | 25 |
| 2019 | 180 | 0 | 2 | 22 |

表2. 中国・韓国における東シナ海底魚類の漁獲量

| 年 | 中国 (万トン) | | 韓国 (百トン) | | | |
|------|----------|--------|----------|----|--------|------|
| | ハモ | マナガツオ類 | エソ類 | ハモ | マナガツオ類 | カレイ類 |
| 1989 | 5 | 7 | 1.1 | 31 | 85 | 159 |
| 1990 | 7 | 8 | 0.6 | 27 | 104 | 132 |
| 1991 | 8 | 9 | 1.0 | 31 | 102 | 131 |
| 1992 | 9 | 7 | 1.4 | 26 | 89 | 146 |
| 1993 | 11 | 12 | 1.3 | 38 | 81 | 135 |
| 1994 | 14 | 14 | 3.0 | 22 | 98 | 133 |
| 1995 | 15 | 21 | 2.1 | 16 | 109 | 137 |
| 1996 | 18 | 22 | 1.6 | 14 | 95 | 181 |
| 1997 | 17 | 22 | 2.1 | 25 | 108 | 181 |
| 1998 | 21 | 27 | 2.2 | 15 | 132 | 201 |
| 1999 | 20 | 29 | 0.4 | 19 | 152 | 196 |
| 2000 | 19 | 29 | 8.0 | 19 | 78 | 154 |
| 2001 | 21 | 30 | 7.6 | 11 | 68 | 145 |
| 2002 | 22 | 33 | 0.3 | 9 | 62 | 138 |
| 2003 | 25 | 32 | 6.4 | 8 | 75 | 131 |
| 2004 | 27 | 33 | 0.3 | 8 | 93 | 120 |
| 2005 | 25 | 35 | 0.8 | 8 | 114 | 153 |
| 2006 | 34 | 34 | 0.2 | 7 | 139 | 199 |
| 2007 | 30 | 34 | 3.5 | 11 | 95 | 243 |
| 2008 | 32 | 37 | 1.0 | 13 | 81 | 203 |
| 2009 | 34 | 37 | 2.8 | 17 | 59 | 197 |
| 2010 | 34 | 36 | — | 14 | 89 | 201 |
| 2011 | 36 | 36 | — | 12 | 66 | 200 |
| 2012 | 36 | 34 | — | 13 | 50 | 199 |
| 2013 | 37 | 32 | — | 9 | 54 | 182 |
| 2014 | 38 | 33 | — | 12 | 34 | 187 |
| 2015 | 39 | 35 | — | 14 | 33 | 149 |
| 2016 | 38 | 33 | — | 15 | 48 | 118 |
| 2017 | 34 | 33 | — | 11 | 59 | 116 |
| 2018 | 33 | 33 | — | 10 | 82 | 123 |
| 2019 | — | — | — | 10 | 86 | 147 |

補足資料 1 資源評価の流れ

使用したデータと資源評価の関係を以下に示す。



補足資料2 東シナ海底魚類の生態について

エソ科魚類の多くはインド・太平洋の暖海域に広く分布しており、いずれの種も魚類を主要な餌料としている。東シナ海ではマエソ属のマエソ、トカゲエソ（コウカイトカゲエソ）、クロエソ、ワニエソ等が以西底びき網の対象魚種となっていたが、コウカイトカゲエソは東シナ海水域での分布域が北偏しているため、近年ではほとんど漁獲されない（補足図 2-1）。マエソとクロエソは過去同種として扱われており、その分布域は東シナ海水域では九州西岸から台湾北部に至る大陸棚上であるとされてきたが、マエソは 100 m 以浅、クロエソは 100 m 以深の砂泥底に生息する種であることが明らかとなった。マエソは特に東シナ海南部で多獲され、これらの群は中国大陸沿岸域で 5~6 月頃産卵すると考えられている。瀬戸内海の個体では雄は 1 年で 18 cm、2 年で 23 cm、3 年で 29 cm、雌は 1 年で 20 cm、2 年で 25 cm、3 年で 31 cm に成長する。ワニエソは東シナ海域では主に北緯 30~31 度以南の中部から南部および台湾海峡に分布する。1 年で 20 cm、2 年で 31 cm、3 年で 40 cm、4 年で 46 cm、5 年で 50 cm、6 年で 53 cm に成長する。主産卵期は 4~6 月である（西海区水産研究所 1986、中坊 1993、酒井ほか 2000、山田ほか 2007）。

ハモはインド洋から西部太平洋の暖海域に広く分布する（補足図 2-2）。東シナ海では大陸棚上の中国側に主に分布しており、秋から冬は揚子江河口付近のバーレン沖合水域、春は温州湾南岸域に南下し、その後中国大陸沿岸に沿って北上する季節回遊を行う。晩夏から秋には沖合域に移動し、バーレン東方沖合に移動するが、一部は大陸沿岸をさらに北上して、その後東シナ海中央部へ南下する（大滝 1964）。成長は雌雄で異なり、雌の頭胴長は 2 年で 11 cm、5 年で 29 cm、10 年で 47 cm、雄は 2 年で 11 cm、5 年で 25 cm、10 年で 35 cm に成長する。成熟年齢は資源の減少と共に若齢化が進み近年では 8 歳程度でほぼすべての個体が成熟している。主にエビ・カニ類、魚類、イカ・タコ類を捕食する（山田ほか 2007）。

マナガツオ、コウライマナガツオとも東シナ海全域に分布するが、前者は北緯 30 度以南に、後者は以北に多い。両種とも越冬のため沖合域に移動する（補足図 2-3）。両種ともアミ類、端脚類、橈脚類、多毛類、サルパ類を捕食する。コウライマナガツオは、1 年で尾叉長が雄 11.1 cm、雌 12.3 cm、2 年で雄 15.3 cm、雌 17 cm、3 年で雄 18.5 cm、雌 20.6 cm、4 年で雄 21 cm、雌 23.3 cm、5 年で雄 23 cm、雌 25.4 cm に成長する（西海水研 1986、Roitana ほか 2000、山田ほか 2007）。

ムシガレイは東シナ海およびその周辺海域では黄海から韓国沿岸をへて東シナ海中部、メイタガレイは済州島南部~東シナ海北部、ナガレメイタガレイは東シナ海陸棚縁辺部に分布する（補足図 2-4）。メイタガレイの成長は雄より雌の方がわずかによく、雄が全長 27 cm、雌が 29 cm 前後に達する。本種は 1 年で全長 10~11 cm、2 年で 17 cm、3 年で 21 cm、4 年で 24 cm となる（ムシガレイの成長についてはムシガレイ日本海系群を参照）。ムシガレイはオキアミ類、アミ類を主体に、メイタガレイはベントス（多毛類、貝類）を主体に捕食する（西海水研 1986、中坊 1993、山田ほか 2007）。

引用文献

中坊徹次 (1993) 「日本産魚類検索」. 東海大学出版会, 東京, 1474 pp.

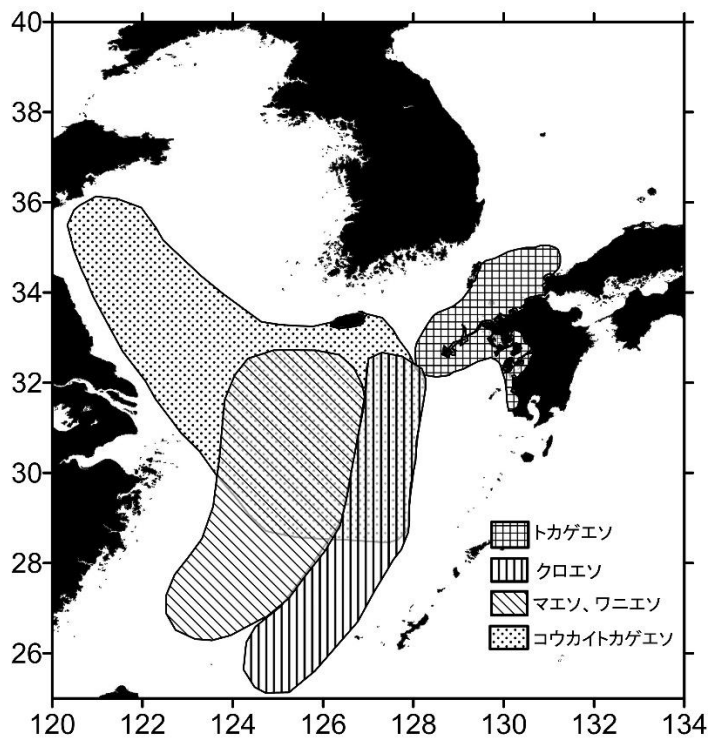
大滝英夫 (1964) 東シナ海・黄海産ハモの漁業生物学的研究. 西海水研報告, **32**, 59-123.

Roitana, B.・原 高志・赤木武之・多部田修 (2000) 東シナ海・黄海産コウライマナガツオの生物特性. 平成11年度日本近海シェアドストック管理調査委託事業報告書, 水産庁, 96-120.

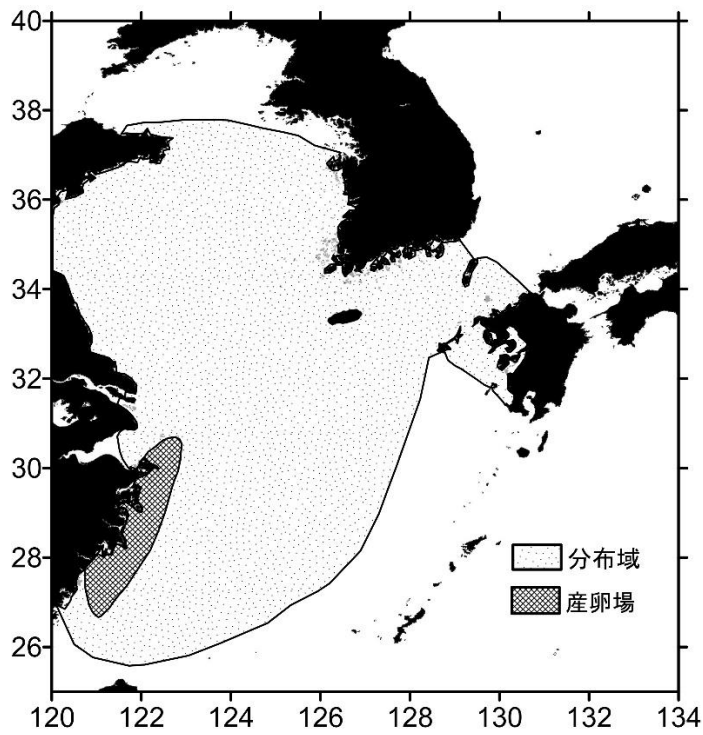
酒井 猛・米田道夫・松山倫也 (2000) 東シナ海産クロエソの資源生物学的特性 (年齢、成長、生殖). 平成11年度日本近海シェアドストック管理調査委託事業報告書, 水産庁, 145-158.

西海区水産研究所 (1986) 「東シナ海・黄海のさかな」. 水産庁西海区水産研究所, 長崎, 501 pp.

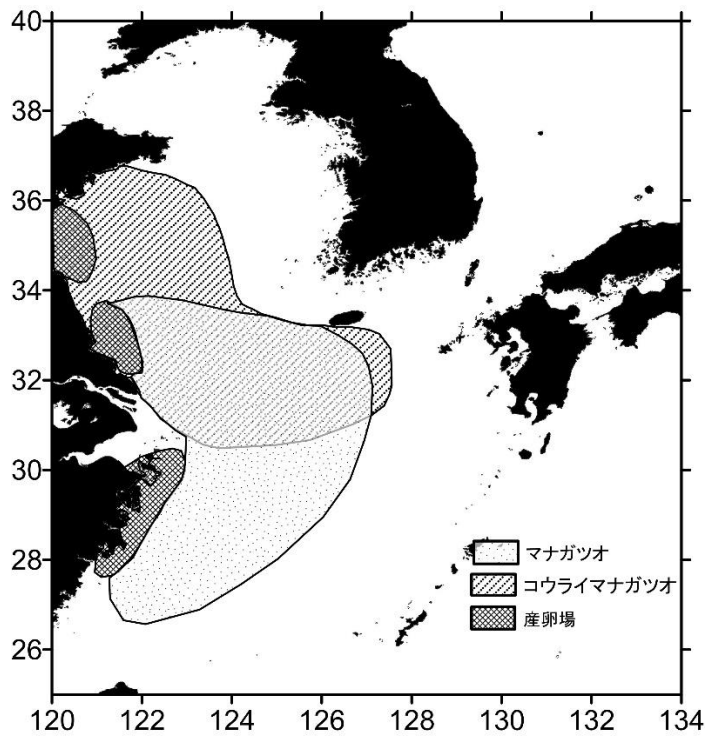
山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次 (2007) 「東シナ海・黄海の魚類誌」. 東海大学出版会, 東京, 1262 pp.



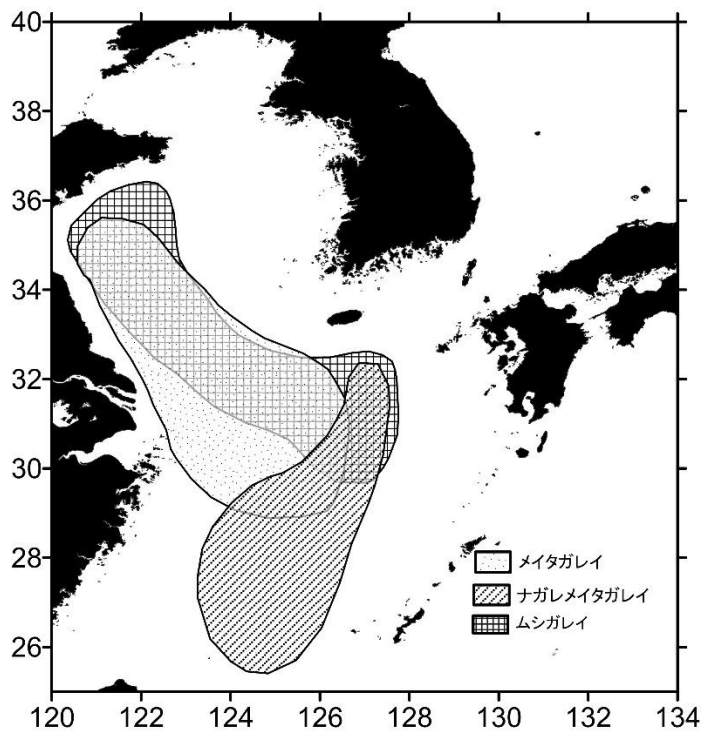
補足図 2-1. エソ類の分布域・産卵場



補足図 2-2. ハモの分布域・産卵場



補足図 2-3. マナガツオ類の分布域・産卵場



補足図 2-4. カレイ類の分布域・産卵場

補足図 2 の分布域・産卵場については主に東シナ海大陸棚上について示した。

補足資料3 MARSS モデルに使用したデータ、資源量指数および 95%信頼区間の計算

(1) 使用したデータ

以西底びき網のデータは漁獲成績報告書の月別・漁区別 CPUE データのうち、エソ類とハモは 1959 年 1 月～2019 年 12 月、マナガツオ類は 1969 年 1 月～2019 年 12 月、カレイ類は 1982 年 1 月～2019 年 12 月のデータを用い、このうち欠損率が 70%未満の漁区を解析に供した。

調査船調査のデータは 1986～2019 年の主に冬季（11～12 月）に実施された東シナ海底魚資源分布生態調査（着底トロール調査）の全データを使用した。

(2) データ水準依存の除去

エソ類、ハモ、カレイ類のデータ水準依存除去法は以下の式に従った。

種 j の月（時間） t における漁区 i の CPUE 値 y

以西底びき網漁業では

$$y_{i,j,t} = Y_{i,j,t}^{\mu_j}$$

調査船調査では

$$\hat{y}_{i,j,t} = (k_j \hat{Y}_{i,j,t})^{\mu_j}$$

となる、べき乗値 μ を求めた。

本報告で使用したべき乗値 μ は、エソ類は 0.287、ハモは 0.208、カレイ類は 0.331 であった。一方、マナガツオ類はべき乗値 μ が 0.147 と小さく、95%信頼区間がうまく収束しないため、Ad hoc 法を用い、データ水準依存除去を行った。すなわち

$$y_{i,t} = \log(Y_{i,t} + \alpha)$$

とし、 α に平均 CPUE の 1/10 を用いた。

調査船調査における係数 k は以西底びき網漁業と調査船調査のそれぞれ対応する CPUE 値の残差平方和が最小となる値、すなわち

$$S_j = \sum_{i,j} [(k_j \hat{Y}_{i,j,t})^{\mu_j} - Y_{i,j,t}^{\mu_j}]^2$$

マナガツオ類では

$$S_j = \sum_i [k (\log(\hat{Y}_{i,t} + \alpha)) - \log(Y_{i,t} + \alpha)]^2$$

で与えられた式から、 S_j が最小となる k 値を探索的に求めた。

本報告で使用した k 値はエソ類は 7.85、ハモは 2.97、マナガツオ類は 0.59、カレイ類は 4.78 であった。

(3) 資源量指数 AI

MARSS モデルによって求められた月 t における漁区 i の推定状態 $x_{i,t}$ を再変換して個体群密度 $X_{i,t}$ を求める。すなわち、エソ類、ハモおよびカレイ類はべき乗変換していることから

$$X_{i,t} = x_{i,t}^{1/\mu}$$

マナガツオ類では

$$X_{i,t} = \exp(x_{i,t}) - \alpha$$

従って資源量指数 AI は以下の式によって算出される。

$$AI_t = \sum_{i=1}^m X_{i,t}$$

(4) 95%信頼区間 (CI)

各漁区 i の信頼限界 ($CL_{i,t}$) の上限と下限は以下の式で求められる。

$$\text{upper. } CL_{i,t} = x_{i,t} + 1.96\sigma_{i,t}$$

$$\text{lower. } CL_{i,t} = x_{i,t} - 1.96\sigma_{i,t}$$

ここで $\sigma_{i,t}$ は推定された状態 $x_{i,t}$ の標準誤差

次に、各漁区における個体群密度の標準誤差 ($\sigma_{i,t}^{tr}$) の上限と下限は以下の式によって計算される。

$$\text{upper. } \sigma_{i,t}^{tr} = \frac{\text{upper. } CL_{i,t}^{\frac{1}{\mu}} - X_{i,t}}{1.96}$$

$$\text{lower. } \sigma_{i,t}^{tr} = \frac{X_{i,t} - \text{lower. } CL_{i,t}^{\frac{1}{\mu}}}{1.96}$$

各漁区において個体群密度 $X_{i,t}$ の上限と下限の分散は、上限・下限の標準誤差 $\sigma_{i,t}^{tr}$ の二乗に等しい。従って漁区全体の上限・下限の標準誤差 ($^{com}\sigma_t^{tr}$) は以下の式で求められる。

$$\text{upper. } ^{com}\sigma_t^{tr} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\text{upper. } \sigma_{i,t}^{tr})^2}$$

$$\text{lower. } ^{com}\sigma_t^{tr} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\text{lower. } \sigma_{i,t}^{tr})^2}$$

従って、推定された資源量指数 AI_t の対応する上限および下限の信頼限界 CL_t は以下の式で求められる。

$$\text{upper. } CL_t = AI_t + 1.96 \text{upper. } ^{com}\sigma_t^{tr}$$

$$\text{lower. } CL_t = AI_t - 1.96 \text{lower. } ^{com}\sigma_t^{tr}$$

この平均を取ることによって各年の資源量指数 AI に対する上限・下限の信頼区間 CI を求めることができる。