

## 令和 6（2024）年度マアジ対馬暖流系群の資源評価

### 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（依田真里・榎本めぐみ・向草世香・  
佐々千由紀・高橋素光・藤波裕樹）

水産技術研究所 環境・応用部門

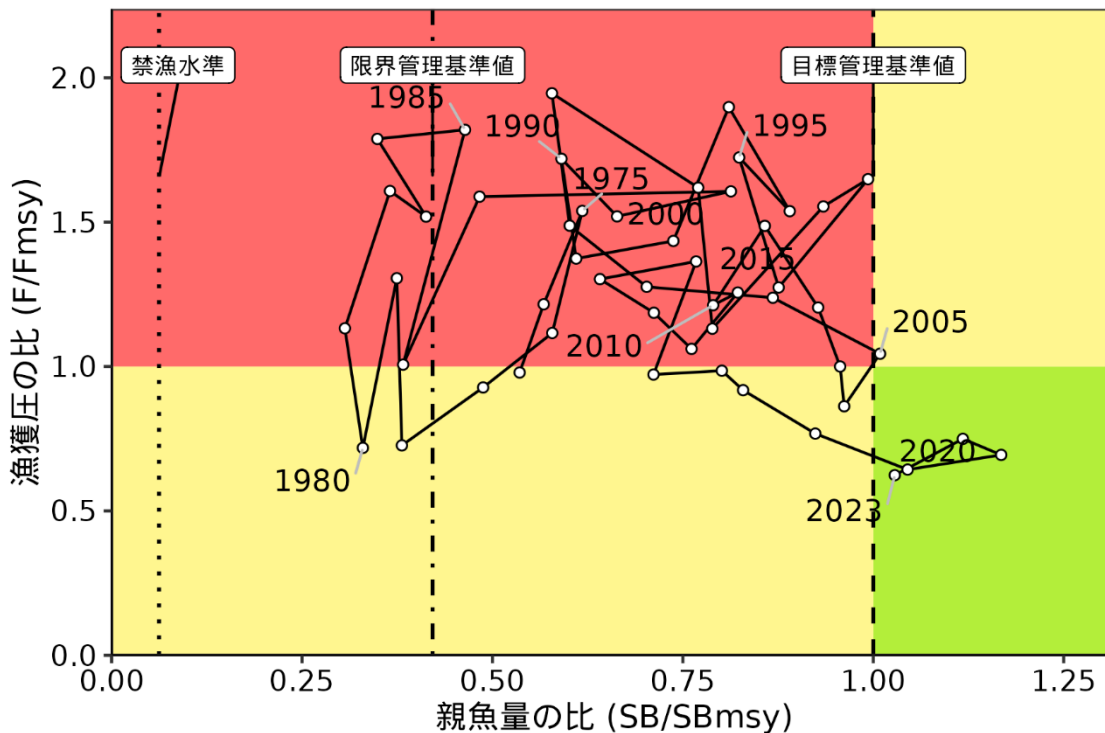
参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産研究所、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター、海洋生物環境研究所、漁業情報サービスセンター

### 要 約

本系群の資源量について、資源量指標値をチューニング指数として用いたコホート解析により推定した。資源量は、1970年代後半に低水準だったが、1980～1990年代前半に増加し、1993～1998年には50万トンを超えた。その後、資源量は減少し、1999～2002年には30万～40万トンだったが、2003、2004年には増加し、再び50万トンを超えた。2005年以降は40万トン前後で推移しており、2023年の資源量は38万トンと推定された。

令和2年7、9月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および令和2年10月に開催された「水産政策審議会」を経て、本系群の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準を含む漁獲シナリオが定められた。目標管理基準値は最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy:25.4万トン）である。2023年の親魚量は、SBmsy を上回る。2023年の漁獲圧は SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近5年間（2019～2023年）の推移から「横ばい」と判断される。漁獲シナリオに基づき、2025年の親魚量および資源量の予測値から算出される2025年のABCは14.6万トンである。

要 約 図 表



最大持続生産量 (MSY)、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量 (SBmsy)	254 千トン
2023 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2023 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る
2023 年の親魚量の動向	横ばい
MSY	158 千トン
2025 年の ABC	146 千トン
コメント: ・ ABC の算定には、令和 2 年 7、9 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに則した漁獲管理規則を用いた。 ・ 調整係数 $\beta$ は、0.95 が用いられる。 ・ 近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っていることに留意する必要がある。ABC は日本と韓国を合わせた値。	

直近5年と将来2年の資源量、親魚量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合					
年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2019	394	234	121	0.77	31
2020	421	265	125	0.64	30
2021	415	296	123	0.69	30
2022	460	284	121	0.75	26
2023	384	261	109	0.62	28
2024	370	211	76	0.70	20
2025	464	245	146	0.95	31

・ 2024、2025年の値は将来予測に基づく平均値である。  
・ 2025年の漁獲にはABCの値を用いた。

## 1. データセット

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
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 主要港水揚量(青森～鹿児島(17)府県) 九州主要港入り数別水揚量(水産機構) 大中型まき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 月別体長組成調査(水産機構、青森～鹿児島(17)府県) ・市場測定 水産統計(韓国海洋水産部)( <a href="http://www.fips.go.kr">http://www.fips.go.kr</a> 、2024年3月)
資源量指数 ・加入量指数  ・年齢別資源量指数	大中型まき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)* 中型まき網漁業漁獲成績報告書(島根県)* 長崎魚市豆銘柄水揚げ量(長崎県)* 新規加入量調査「中層トロールなどを用いた浮魚類魚群量調査」(5～6月、水産機構、鳥取県、島根県、山口県) ・中層トロール* 資源量直接推定調査「底魚類現存量調査(東シナ海)」(5～6月、水産機構) ・着底トロール* 魚群分布調査「計量魚探などを用いた浮魚類魚群量調査」(8～9月、水産機構) ・中層トロール・計量魚探* 大中型まき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)* 中型まき網漁業漁獲成績報告書(島根県)* 資源量直接推定調査「底魚類現存量調査(東シナ海)」(5～6月、水産機構) ・着底トロール*
自然死亡係数(M)	年当たりM=0.5を仮定

\*はコホート解析におけるチューニング指数である。

## 2. 生態

## (1) 分布・回遊

東シナ海南部から九州、日本海沿岸域の広域に分布する(図2-1)。春夏に索餌のため北上回遊を、秋冬に越冬・産卵のため南下回遊をする。東シナ海での産卵に由来する当歳魚の一部は太平洋岸に加入すると考えられる。しかし、太平洋系群に占める東シナ海からの加入割合は不明で、太平洋系群の親魚が東シナ海に産卵回遊するという知見も得られていない。

## (2) 年齢・成長

成長は海域や年代等によってやや異なるが、1歳で尾叉長 16~18 cm、2歳で 22~24 cm、3歳で 26~28 cm に達する (Yoda et al. 2014 など (図 2-2))。寿命は 5 歳前後と考えられる。

## (3) 成熟・産卵

産卵は、東シナ海南部、九州・山陰沿岸から日本海北部沿岸の広い海域で行われる。東シナ海南部では 2~3 月に仔稚魚の濃密な分布がみられる (Sassa et al. 2006)。産卵期は南部ほど早く (1~3 月)、北部は遅い (5~6 月) 傾向がある (盛期は 3~5 月)。1 歳魚で 50% 程度、2 歳魚でほぼ全ての個体が成熟する (図 2-3)。

## (4) 被捕食関係

代表的な餌生物は、オキアミ類、アミ類、橈脚類等の動物プランクトンや小型魚類である (Tanaka et al. 2006)。稚幼魚は、ブリなどの魚食性魚類に捕食される。

# 3. 漁業の状況

## (1) 漁業の概要

対馬暖流域で漁獲されるマアジの約 80%は、大中型まき網漁業および中小型まき網漁業で漁獲され、次いで定置網による漁獲量が約 1 割を占める。主漁場は東シナ海から九州北~西岸・日本海西部である。

## (2) 漁獲量の推移

対馬暖流域での我が国のマアジ漁獲量は、1973~1976 年には 9.3 万~15 万トンであったが、その後減少し、1980 年に 4.1 万トンまで落ち込んだ。1980~1990 年代は増加傾向を示し、1993~1998 年には 20 万トンを超えたが、1999~2002 年は 13.5 万~15.9 万トンに減少した。2003 年から漁獲量は再び増加し、2004 年には 19.2 万トンであった。その後次第に減少し、2018 年以降は 10 万トンを下回り、2023 年は 7.1 万トンだった (図 3-1、表 3-1)。

韓国は毎年、数万トン漁獲しており、2019 年以降増加傾向で、2023 年のアジ類の漁獲量は 3.9 万トンであった。韓国が漁獲するアジ類にはムロアジ類が含まれるが、ほとんどはマアジだと推定される。中国のマアジ漁獲量は 2003 年以降に報告されるようになった。2005~2007 年には 10 万トンを超えたが、2008 年には 5.9 万トンに減少し、2009 年以降は 2 万~4 万トンの間で推移しており、2022 年は 2.7 万トンであった (FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950- 2022 (Release date: June 2024; <https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/capture>, 2024 年 6 月))。

年齢別漁獲尾数の推移を図 3-2 に示した。漁獲の主体は 0 歳魚と 1 歳魚である。2015 年以降は 0 歳魚の漁獲尾数は 10 億尾を下回っており、1 歳魚の占める割合が高い (図 3-2、補足資料 6)。

## (3) 漁獲努力量

東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網の網数を図 3-3 に示す。網数は、1980 年代後半に過去最多となったが、1990 年以降、減少が続いている。2023 年の網数は約 4 千網

と低い水準だった。これは秋を中心とした太平洋での操業増加やマアジ以外の漁獲対象種の TAC 数量制限に伴う出漁調整等が影響していると考えられる。後述の有効漁獲努力量は 1998 年以降には概ね減少傾向を示している（図 4-1）。

#### 4. 資源の状態

##### (1) 資源評価の方法

漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集し、漁獲物の生物測定結果とあわせて年齢別・年別漁獲尾数を推定し、チューニングコホート解析による資源解析を行った（補足資料 1、2）。資源解析の計算は 1973～2023 年の日本と韓国の年齢別漁獲尾数に基づいて行った。中国の漁獲量については 2003 年以降の統計のみであること、直近年（2023 年）の情報が得られないことなどから、資源計算では考慮していない。

当歳魚（0 歳魚）を主対象として、5～6 月に対馬周辺～日本海西部海域において中層トロールを用いた新規加入量調査、5～6 月に東シナ海において着底トロールを用いた資源量直接推定調査、8～9 月には九州西岸～日本海において中層トロールと計量魚探を用いた魚群分布調査を実施し、これらを 0 歳および 1 歳魚の指標値として使用した（補足資料 4）。なお、着底トロールを用いた資源量直接推定調査は、2020 年には実施されなかった。

##### (2) 資源量指標値の推移

1973 年以降の長期的な資源変動を概観する資源量指標値として、東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網の統計値から資源密度指数（トン/網）を求めた。指数は 1970 年代前半から 1980 年代前半にかけて減少したが、その後増加に転じ、1990 年代半ばと 2009 年以降は高かった（図 4-1）。有効漁獲努力量は、1994 年まではほぼ一定の水準を保っていたが、以降は緩やかな減少傾向にある（図 4-1）。なお、資源密度指数は、経緯度 30 分間隔に区分された漁区のうち、2023 年に操業があった漁区について、漁区ごとの一網当たりの漁獲量をマアジの漁獲があった漁区間で平均した値とした。有効漁獲努力量は、2023 年に操業があった漁区の漁獲量を資源密度指数で除して求めた。

また 2003 年以降の年齢ごとの資源変動を詳細に表す指標値として、東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網の銘柄別漁獲量から年齢別（0～3+歳）の資源量指標値を計算し、コホート解析に用いた（図 4-2、4-3、4-4、補足資料 2-(1) 補注 3）。2023 年の資源量指標値は、過去 20 年間で比べて、3+歳で高かった。0、1 歳魚についてはこれらの指標値に加え、前述の調査船調査などの指標値も加えて、資源量の推定を行った（補足資料 2-(1)、補注 2、補注 3）。前年と比較すると、0、1、2 歳魚の指標値の多くは減少していた。なお、大中型まき網と新規加入量調査（幼魚）の資源量指標値については CPUE の標準化を行った（補足資料 5）。

##### (3) 資源量と漁獲圧の推移

資源量は 1973～1976 年の 25 万～34 万トンから 1977～1980 年の 13 万～18 万トンに減少した（図 4-5）。その後、増加傾向を示し、1993～1998 年には 50 万～54 万トンの高い水準を維持した。1999 年以降 2001 年の 28 万トンまで減少したが、その後増加して、2004 年は 54 万トンとなった。2005 年から 2012 年にかけてゆるやかに減少し、2012 年は 34 万ト

ンであった。2013年以降は緩やかな増加傾向にあったが、2023年は38万トンと前年(2022年、46万トン)から減少した。親魚量(資源計算の成熟魚資源量)は2005年には25万トンを超えたが、2014年は16万トンまで減少した。直近5年間(2019~2023年)で見ると横ばい傾向で、2023年には26万トンであった(図4-5、4-7、表3-1)。加入量(資源計算の0歳魚資源尾数)は、1980年代後半から2000年代前半には、80億尾を超えた年が出現した(図4-6、4-8)。2005年以降は28億~55億尾で推移していたが、2014年加入量は再び増加し、73億尾となった。2015~2019年は33億~43億尾だったが、2020年以降は30億尾を下回り、2023年の加入量は16億尾と低い水準にあると推定された。2015年以降は将来予測(5(1)を参照)における再生産関係で想定している加入量水準を下回っている(補足資料7)。親魚量に対する加入量の比(再生産成功率 RPS)は概ね加入量と類似した変動パターンを示した(図4-8)。コホート解析に用いた自然死亡係数(M)に対する感度解析として、Mを仮定値(0.5)に対して0.4および0.6とした条件のもとで資源評価を行った。資源量、親魚量、加入量はMの上昇とともに多くなり、Fは低くなった。Mが0.1変化すると、各推定値に対して10~20%の影響があった(図4-9)。漁獲係数Fは、1980年代後半から1990年代前半に全体的に高かったが、その後減少した(図4-10)。年齢別で見ると1、2歳魚にかかるFが相対的に高く、2003年以降は1歳魚にかかるFが高い傾向が見られた。一方、0歳魚に対するFは2015年以降減少し、低い水準となっている。漁獲割合は2001年には50%を超える高い水準だったが、その後減少し、2016年以降は30%前後であった(図4-11)。

#### (4) 加入量当たり漁獲量(YPR)、加入量当たり親魚量(SPR)および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量(SPR)を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図4-12に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合(%SPR)の推移を示す。%SPRは漁獲圧が低いほど大きな値となる。1990年代から2000年代初めは10%を下回る年もあり、低かったが、その後増加傾向にあり2023年は32%だった。現状の漁獲圧として直近3年間(2021~2023年)の平均F値から%SPRに換算すると30%となった。

最大持続生産量MSYに対応するF(F<sub>msy</sub>)に対するYPRと%SPRの関係を図4-13に示す。このときFの選択率としては令和2年3月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」においてF<sub>msy</sub>の推定に用いた値(依田ほか2020b)を使用した。また、年齢別平均体重および成熟割合についてもF<sub>msy</sub>算出時の値を使用した。F<sub>msy</sub>は%SPRに換算すると20%に相当する。現状の漁獲圧(F<sub>2021-2023</sub>)はF<sub>msy</sub>やF<sub>0.1</sub>、F<sub>30%SPR</sub>を下回る。

#### (5) 再生産関係

親魚量(重量)と加入量(尾数)との関係(再生産関係)を図4-14に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において、本系群の再生産関係にはホッカー・スティック(HS)型再生産関係式を用いることが提案されている(依田ほか2020b)。再生産関係のパラメータ推定に使用されたデータは、令和元(2019)年度の資源評価(依田ほか2020b)に基づく親魚量・加入量であり、最適化手法には最小絶対値法が用いられている。

加入量の残差の自己相関は考慮されていない。再生産式の各パラメータを補足表 3-1 に示す。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値等

令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」(依田ほか 2020b) で推定された現在 (1973 年以降) の環境下における最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量 (SBmsy)、および SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を補足表 3-2 に示す。令和 2 年 7、9 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て、SBmsy (25.4 万トン) が資源管理基本方針の漁獲シナリオに目標管理基準値として定められた (<https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/#link1>)。また、MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (10.7 万トン) が限界管理基準値、MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (1.6 万トン) が禁漁水準と定められた。平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係 (依田ほか 2020b) を図 4-15 に示す。平均親魚量が限界管理基準値以下では 0 歳および 1 歳魚が殆どを占めている。しかし、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を基準にした神戸プロットを図 4-16 に示す。また、2023 年の親魚量と漁獲圧、それらの値と管理基準値との比較結果を補足表 3-3 に示した。本系群における 2023 年の親魚量は SBmsy (すなわち目標管理基準値) を上回る。2023 年の親魚量は SBmsy の 1.03 倍である。また、2023 年の漁獲圧は、Fmsy を下回っており、Fmsy の 0.62 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/Fmsy) とは、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、直近 5 年間 (2019~2023 年) の推移から横ばいと判断される。1973~2004 年には SBmsy を下回っていたが、2005 年には SBmsy を上回った。2006~2019 年には SBmsy を下回ったが、2016 年以降は漁獲圧が Fmsy 以下に削減され、2020 年以降の親魚量は SBmsy を上回った。

## 5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2023 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024~2051 年の将来予測計算を行った (補足資料 2)。この将来予測では加入量の不確実性を考慮した。再生産関係式を用いて各年に予測される親魚量から加入量を予測し、その予測値に対数正規分布に従う誤差を与えることで加入量の不確実性を考慮した。対数正規分布から無作為抽出した誤差を予測値に与える計算を 10,000 回行い、それらの平均値と 90% 予測区間を求めることにより、不確実性の程度を示した。

2024 年の漁獲圧は現状の漁獲圧 (F2021-2023) を仮定した。同年に予測される資源量と現状の漁獲圧から同年の漁獲量を算出した。2025 年以降の漁獲圧は、「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに従い、



各年に予測される親魚量をもとに算出した。この漁獲シナリオから算出される漁獲圧と各年に予測される資源量から、2025年以降の漁獲量を算出した。

## (2) 漁獲管理規則

資源管理基本方針で定められた本系群の漁獲シナリオに則した漁獲管理規則を図 5-1 に示す。この漁獲管理規則は、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には  $F_{msy}$  に調整係数  $\beta$  を乗じた漁獲圧とし、親魚量が限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する規則であり、調整係数  $\beta$  には 0.95 が用いられる。

## (3) 2025年の予測値と ABC の算定

漁獲シナリオに則した漁獲管理規則から算定される 2025 年の平均予測漁獲量である 14.6 万トンを ABC として提示する（補足表 3-4）。2025 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値を上回り、平均 24.5 万トンと見込まれた。

## (4) 2026 年以降の予測

2026 年以降も含めた将来予測の結果を図 5-2 および表 5-1、5-2、5-3 に示す。漁獲シナリオに則した漁獲管理規則に基づく管理を 10 年間継続した場合、2031 年の親魚量の予測値は平均 27.4 万トン（90%予測区間は 17.7 万～40.8 万トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は 57%、限界管理基準値を上回る確率は 100%である。

参考情報として、異なる  $\beta$  を使用した場合、および現状の漁獲圧（F2021-2023）を継続した場合の将来予測結果についても示す（補足表 3-5）。2031 年の親魚量の予測値は、 $\beta$  を 1.0 とした場合は平均 25.7 万トン（90%予測区間は 16.3 万～38.6 万トン）、 $\beta$  を 0.8 とした場合は平均 33.2 万トン（90%予測区間は 21.9 万～48.9 万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率はそれぞれ 46%、84%である。一方、現状の漁獲圧を継続した場合の親魚量の予測値は平均 38.1 万トン（90%予測区間は 25.3 万～55.3 万トン）であり目標管理基準値を上回る確率は 95%である。いずれの場合も限界管理基準値を上回る確率は 100%である。

加入量が想定している平均的な再生産関係以下の年が 2015 年以降続いているが、2023 年を除いて 90%区間内に収まっている。また本資源の加入量は変動が大きく、今後の動向を予測することは難しいことから、引き続き再生産関係に基づく将来予測を行った。

## 6. 資源評価のまとめ

2023 年の資源量は前年をやや下回ったが、親魚量は MSY を実現する水準（SB $_{msy}$ ）を上回り、動向は直近 5 年間（2019～2023 年）の推移から「横ばい」と判断される。漁獲圧は SB $_{msy}$  を維持する漁獲圧（F $_{msy}$ ）を下回る水準であった。

## 7. その他

これまで本資源の管理は大中型まき網漁業の漁場（海区制）における操業許可隻数を制限するなど、努力量管理の形で行われてきた。これに加えて、平成 9（1997）年から TAC（漁獲可能量）による資源管理が実施されている。また平成 21（2009）年度から平成 23（2011）年度の間、日本海西部・九州西海域マアジ（マサバ・マイワシ）資源回復計画が

実施された。小型魚保護を目的とした本計画は、小型魚を主体とする漁獲があった場合、大中型まき網漁業に対しては集中的な漁獲圧をかけないように速やかな漁場移動を求め、中・小型まき網漁業に対しては団体ごとに一定日数の休漁や水揚げ日数制限等の漁獲規制を行った。これらの取り組みは平成 24 (2012) 年度以降も、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下で継続されている。

本資源の資源評価結果および将来予測に大きな不確実性をもたらす要因として、外国漁船による漁獲の影響を十分に考慮できていない点が挙げられる。この要因は、再生産関係、管理基準値、管理目標の達成確率などに影響をもたらす可能性がある。本種の資源管理のためには、加入量変動要因や回遊経路の解明などとともに漁業の実態把握を国際的に協調して進める必要がある。

## 8. 引用文献

- Sassa, C., Y. Konishi and K. Mori (2006) Distribution of jack mackerel (*Trachurus japonicus*) larvae and juveniles in the East China Sea, with special reference to the larval transport by the Kuroshio Current. *Fish. Oceanogr.*, **15**, 508-518.
- Tanaka, H., I. Aoki and S. Ohshimo (2006) Feeding habits and gill raker morphology of three planktivorous pelagic fish species off the coast of northern and western Kyusyu in summer. *J. Fish Biol.*, **68**, 1041-1061.
- Yoda, Y., T. Shiraishi, R. Yukami and S. Ohshimo (2014) Age and maturation of jack mackerel *Trachurus japonicus* in the East China Sea. *Fish. Sci.*, **80**, 61-68.
- 依田真里・黒田啓行・高橋素光 (2020a) 令和元 (2019) 年度マアジ対馬暖流系群の資源評価. <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201904.pdf>, last accessed July 20, 2020
- 依田真里・黒田啓行・高橋素光 (2020b) 令和 2 (2020) 年度マアジ対馬暖流系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. [http://www.fra.affrc.go.jp/shigen\\_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail\\_maaji\\_tc.pdf](http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_maaji_tc.pdf), last accessed July 20, 2020

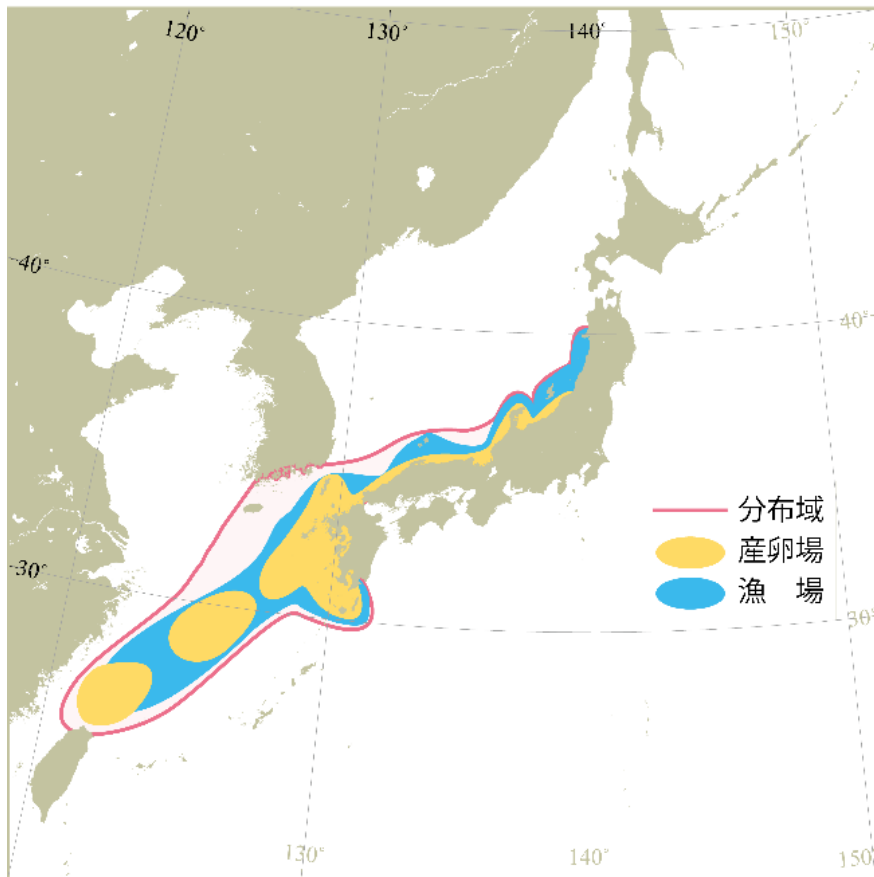


図 2-1. 分布域と産卵場

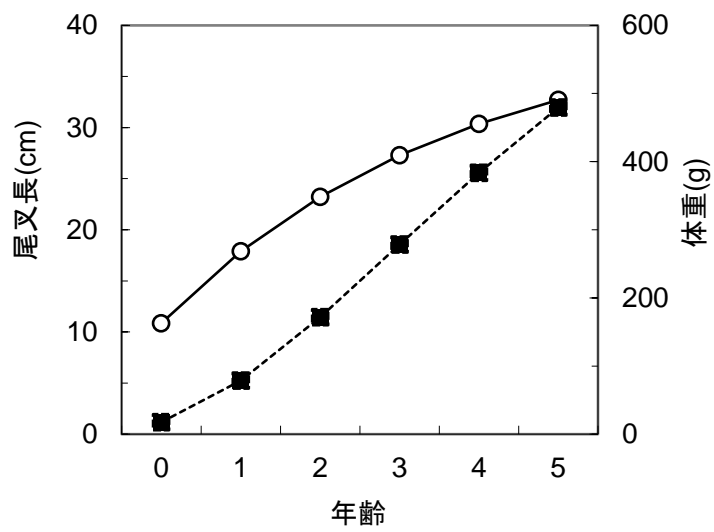


図 2-2. 年齢と成長

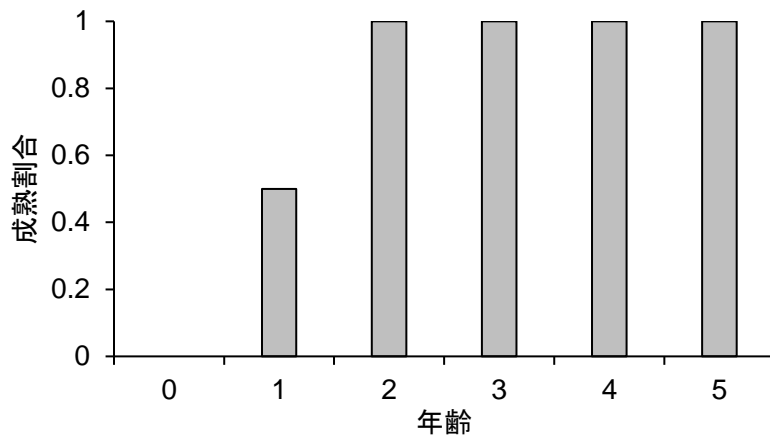


図 2-3. 年齢と成熟割合

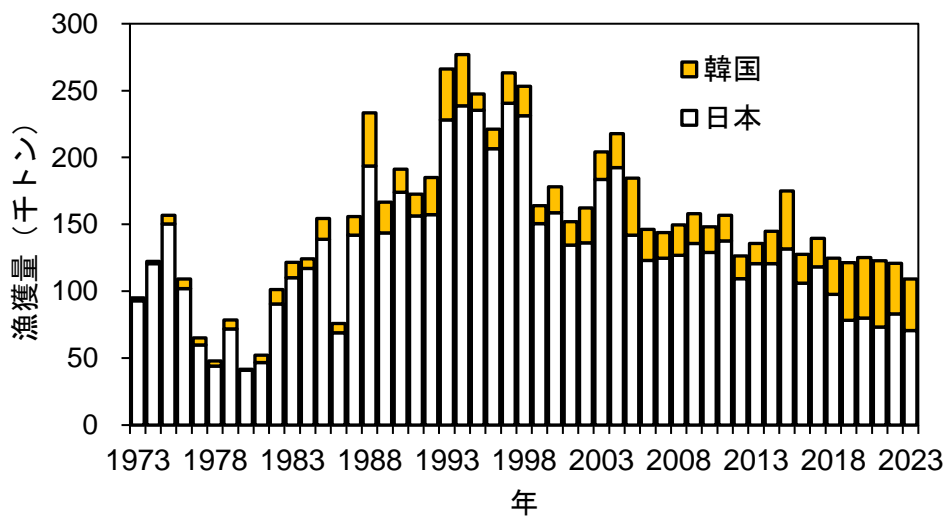


図 3-1. 漁獲量

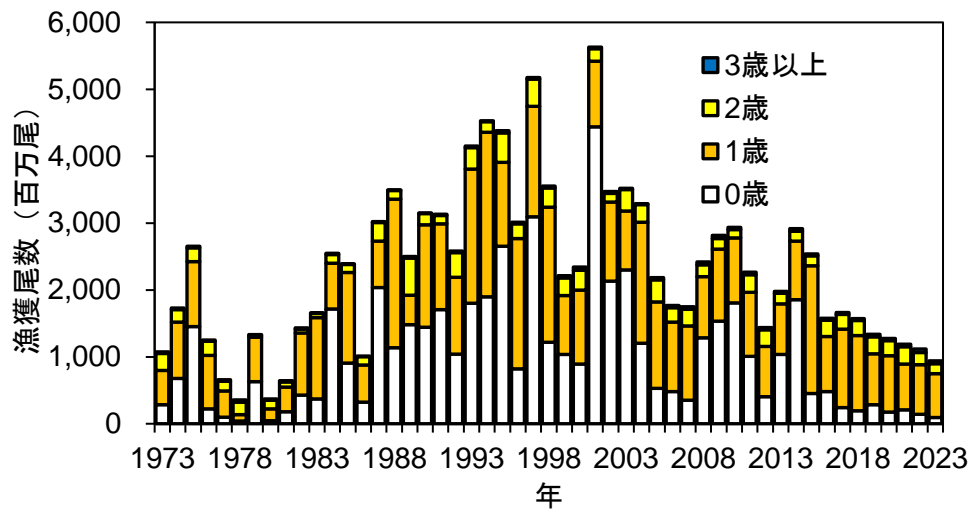


図 3-2. 年齢別漁獲尾数

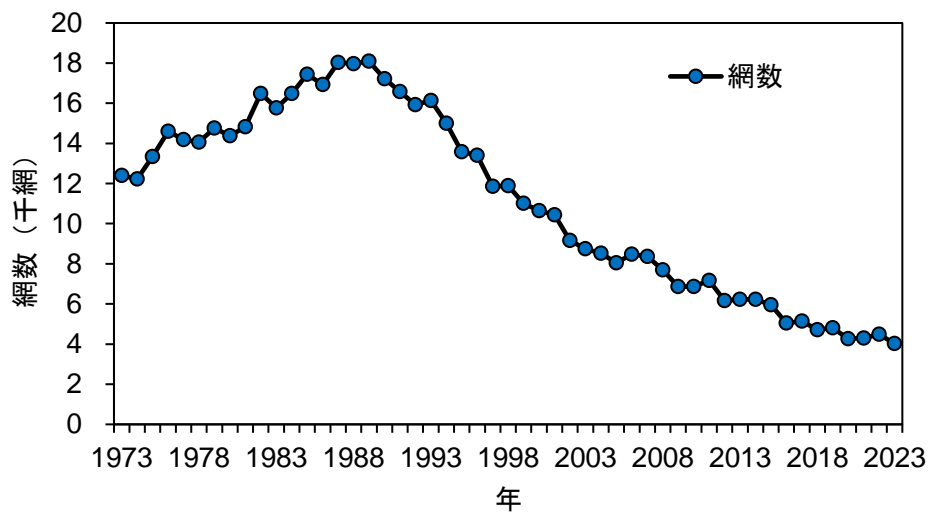


図 3-3. 東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網の網数の推移

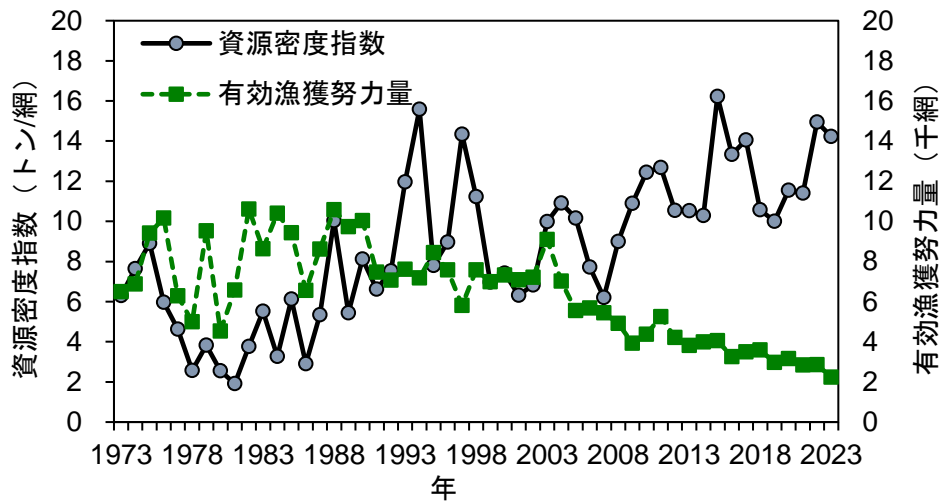


図 4-1. 東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網におけるマアジの資源密度指数と有効漁獲努力量の推移

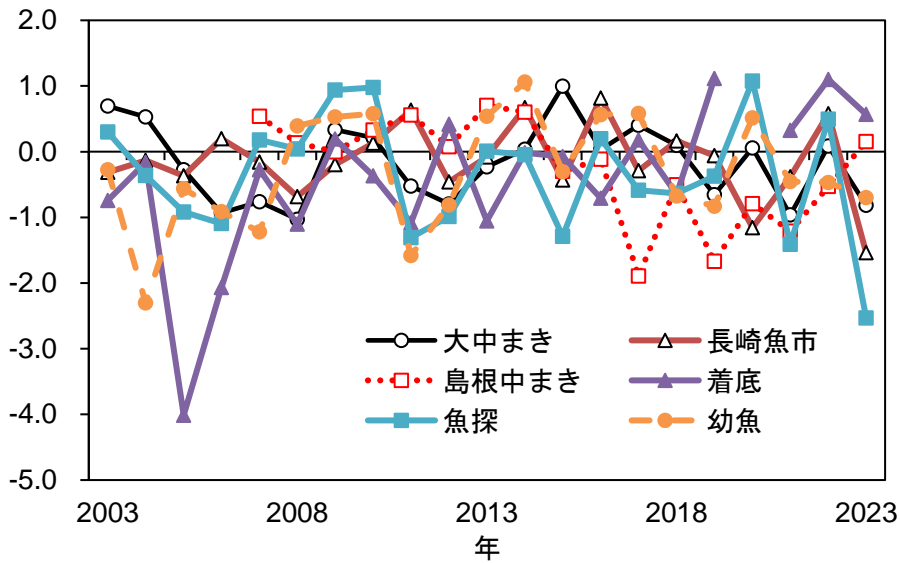


図 4-2. 0 歳魚指標値 (補注 2 参照、平均値で規格化した後、対数をとって示した)

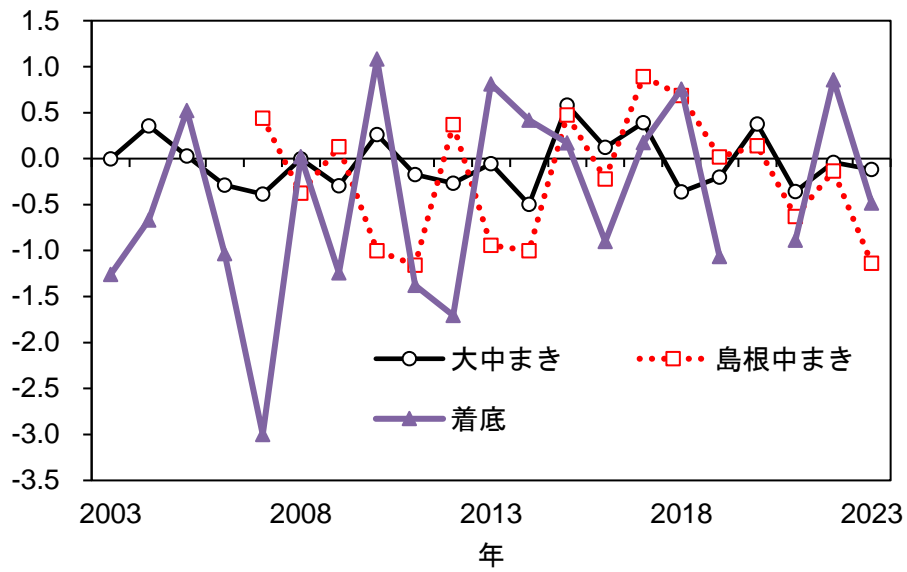


図 4-3. 1 歳魚指標値（補注 2 参照、平均値で規格化した後、対数をとって示した）

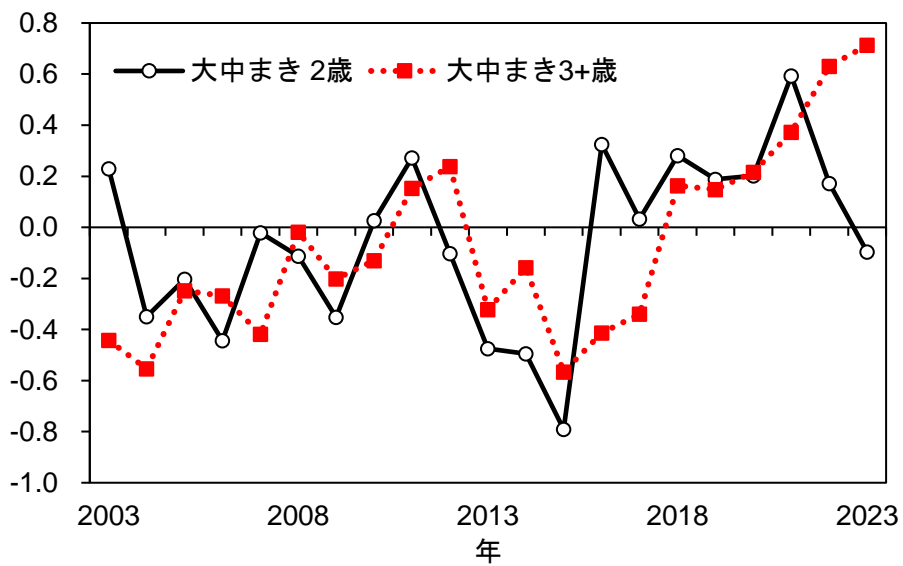


図 4-4. 2 歳魚以上指標値（補注 2 参照、平均値で規格化した後、対数をとって示した）

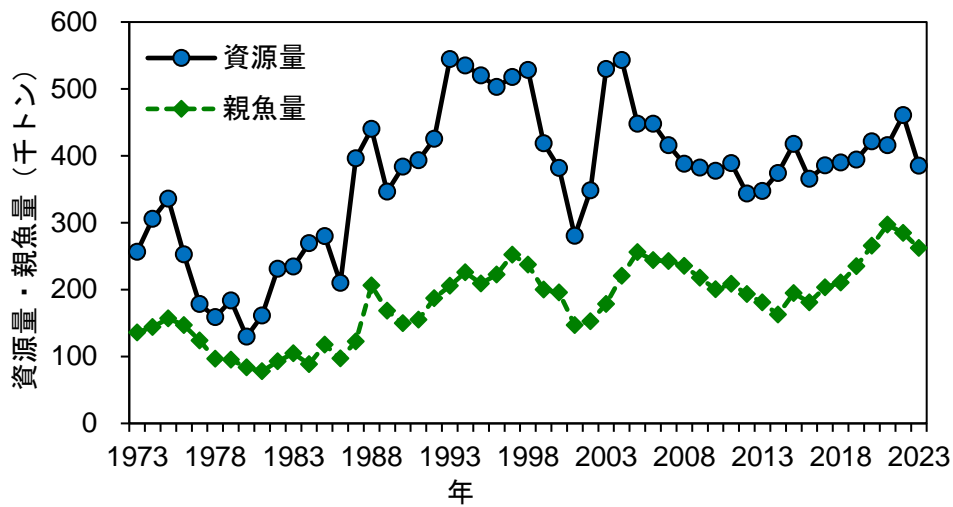


図 4-5. 資源量と親魚量の推移

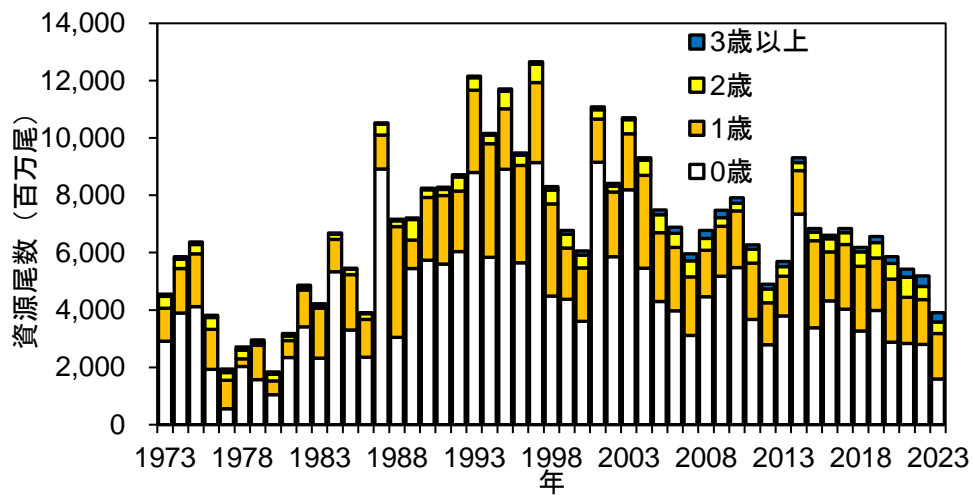


図 4-6. 年齢別資源尾数の推移



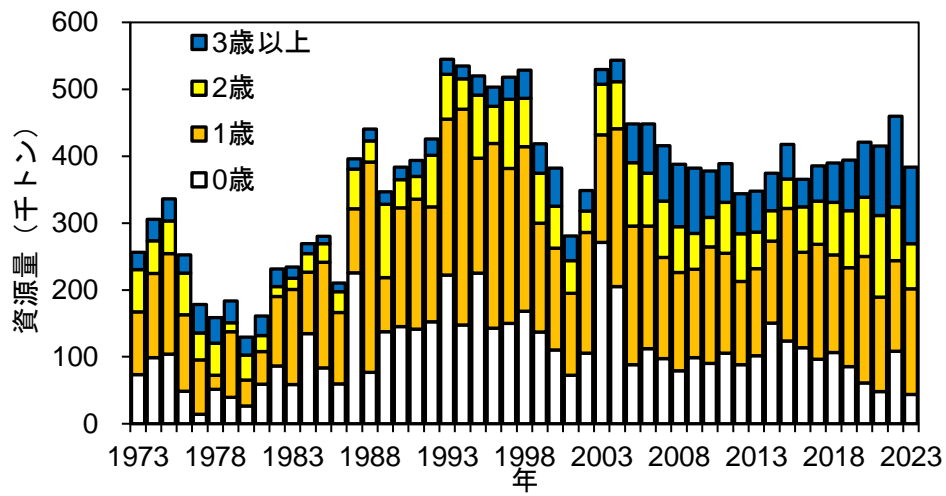


図 4-7. 年齢別資源重量の推移

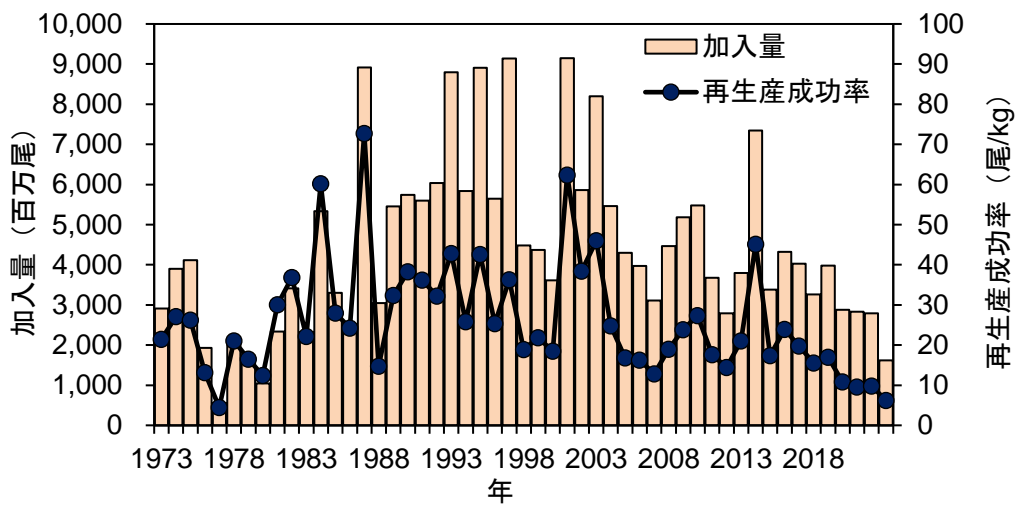


図 4-8. 加入量と再生産成功率の推移

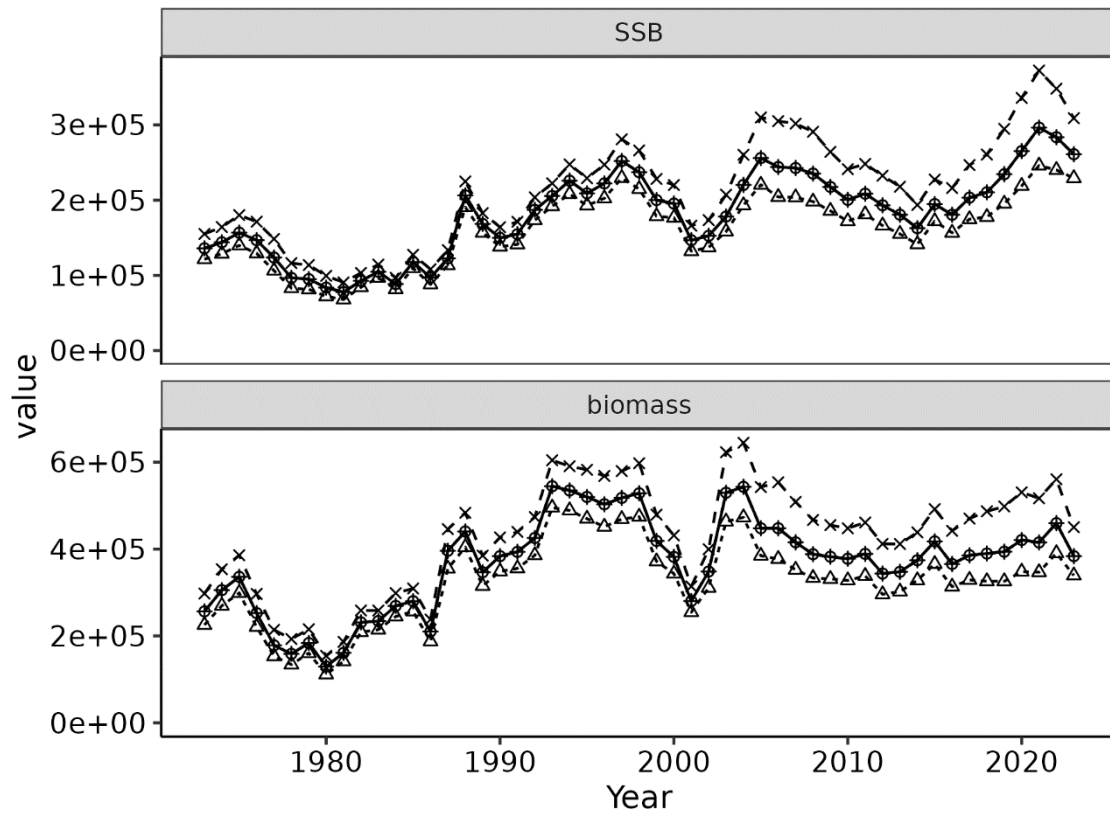


図 4-9. M の値を変化させた場合の親魚量 (SSB)、資源量 (biomass) の変化 実線は M=0.5、破線と×は M=0.6、点線と△は M=0.4。

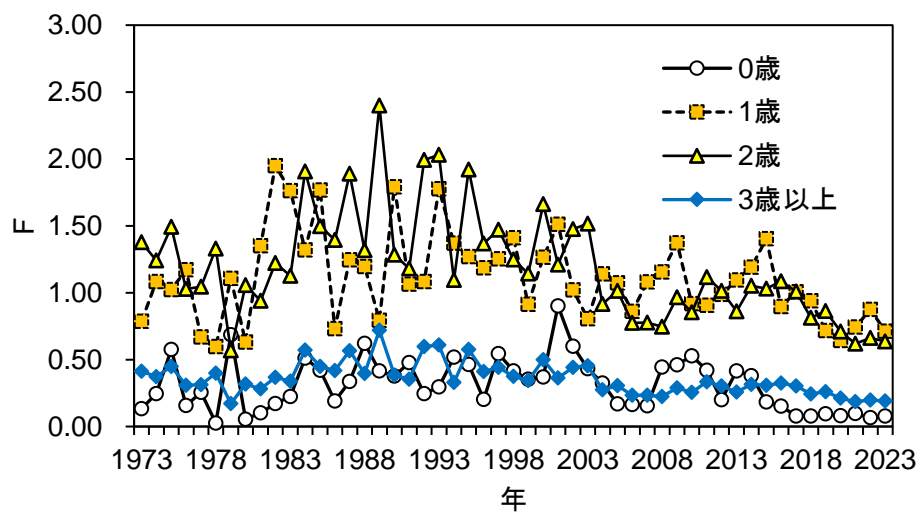


図 4-10. 年齢別漁獲係数 F の推移

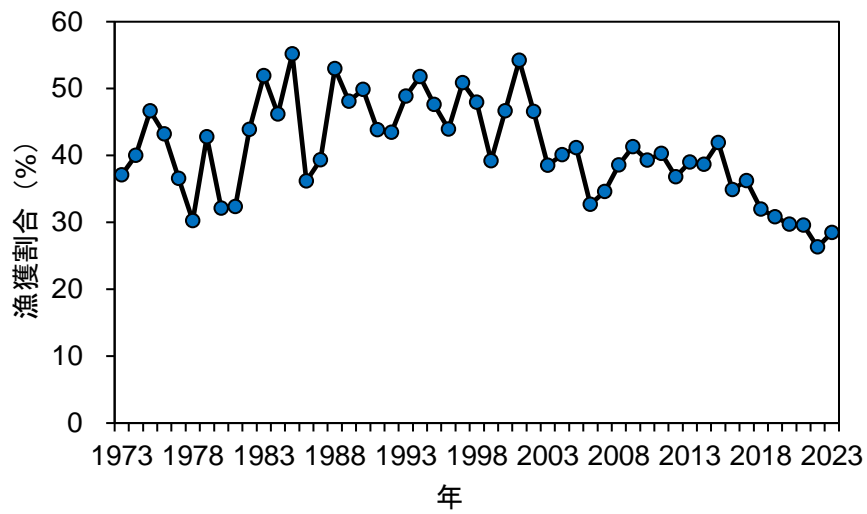


図 4-11. 漁獲割合の推移



図 4-12. %SPR 値の推移

%SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F  
が高い（低い）と%SPR は小さく（大きく）なる。

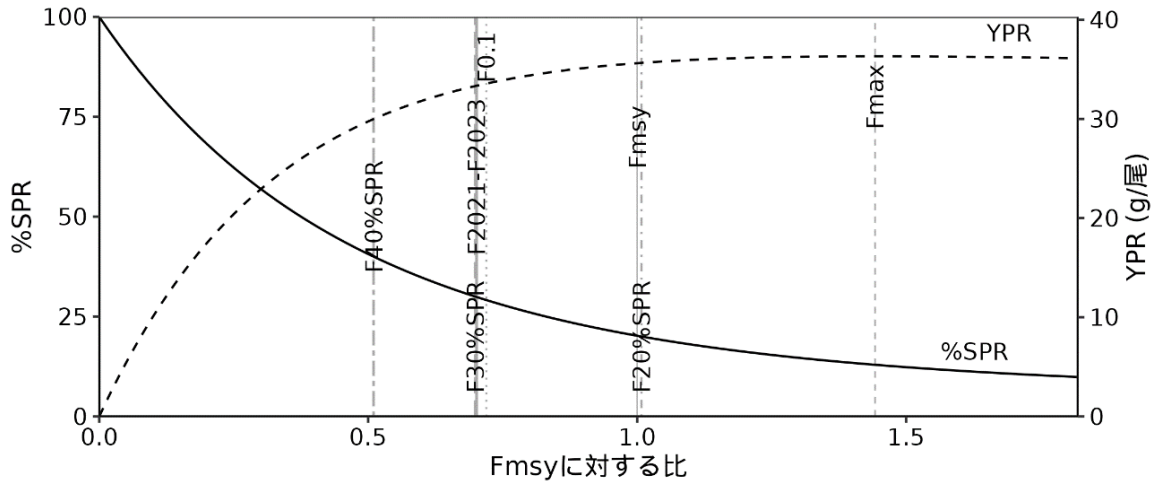


図 4-13. Fmsy に対する YPR と %SPR の関係

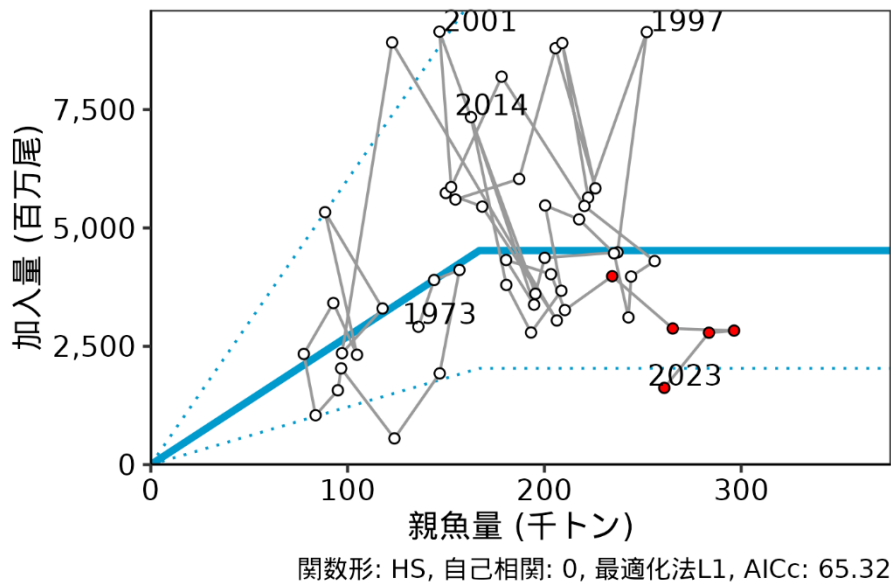


図 4-14. 親魚量と加入量の関係 (再生産関係)

令和 2 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」(依田ほか 2020b) で提案された再生産関係式(青実線)。図中の再生産関係式(青実線)の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。実線と白抜き丸印で示したのは今年度の資源評価で得られた再生産関係のプロットで、赤丸は直近 5 年間の値である。

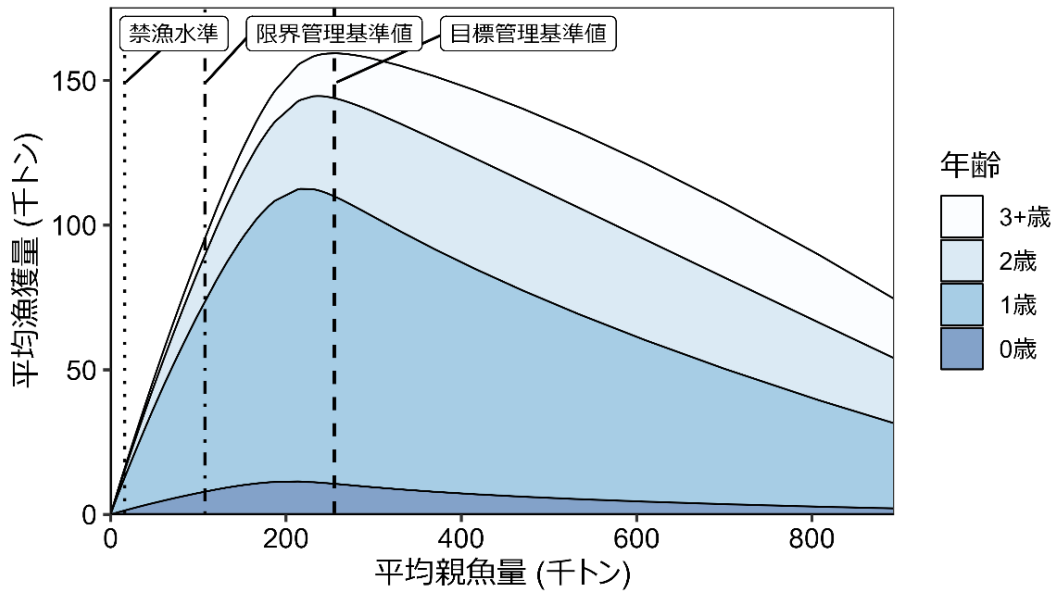


図 4-15. 漁獲量曲線

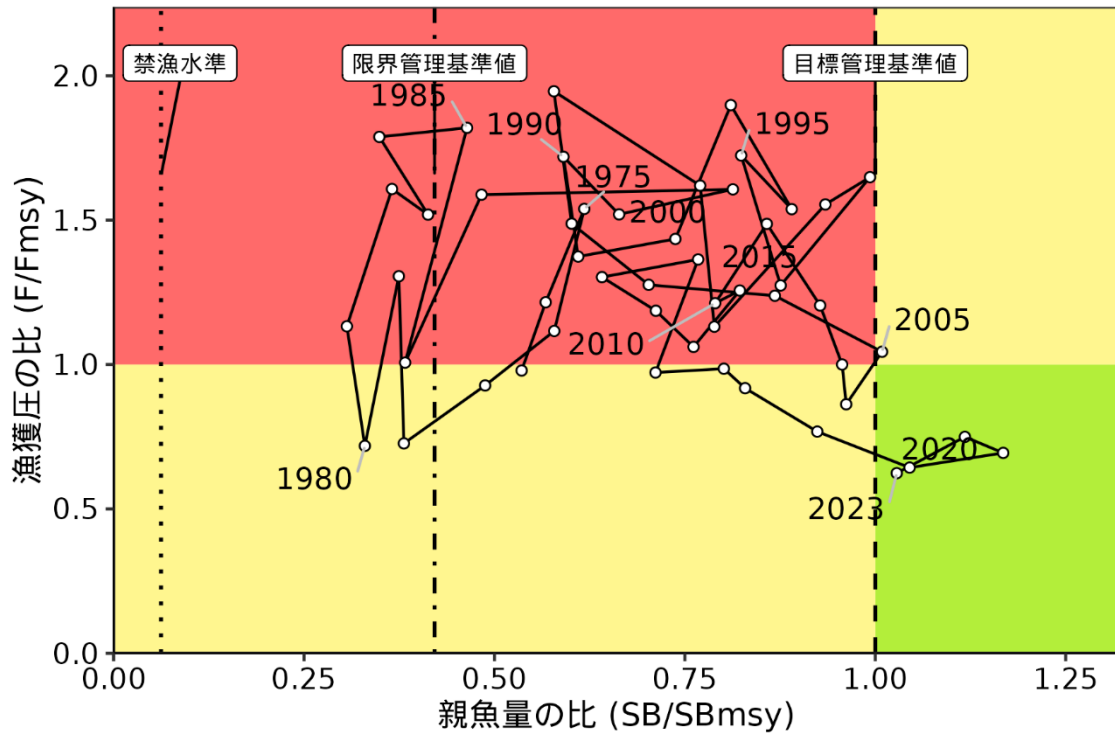
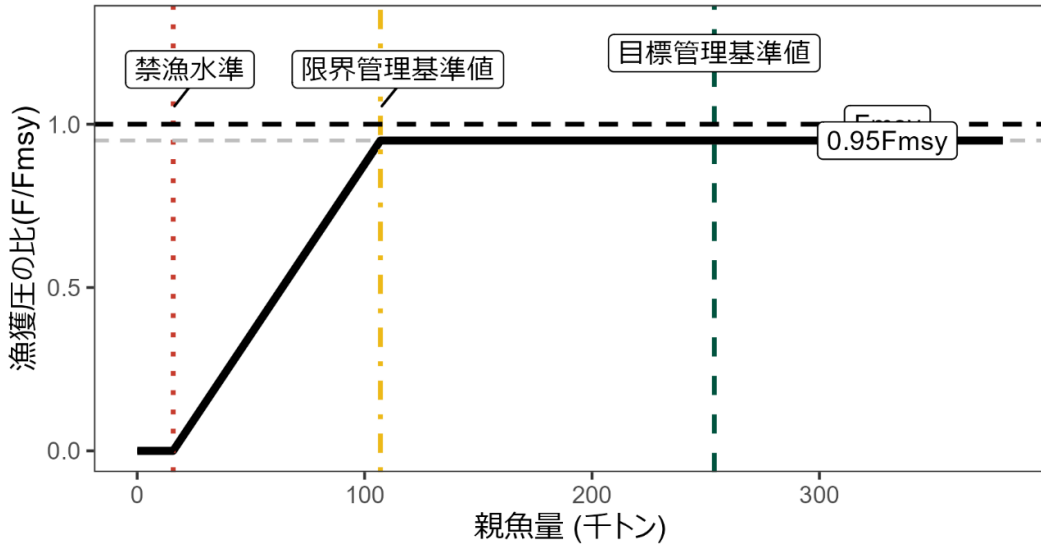


図 4-16. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

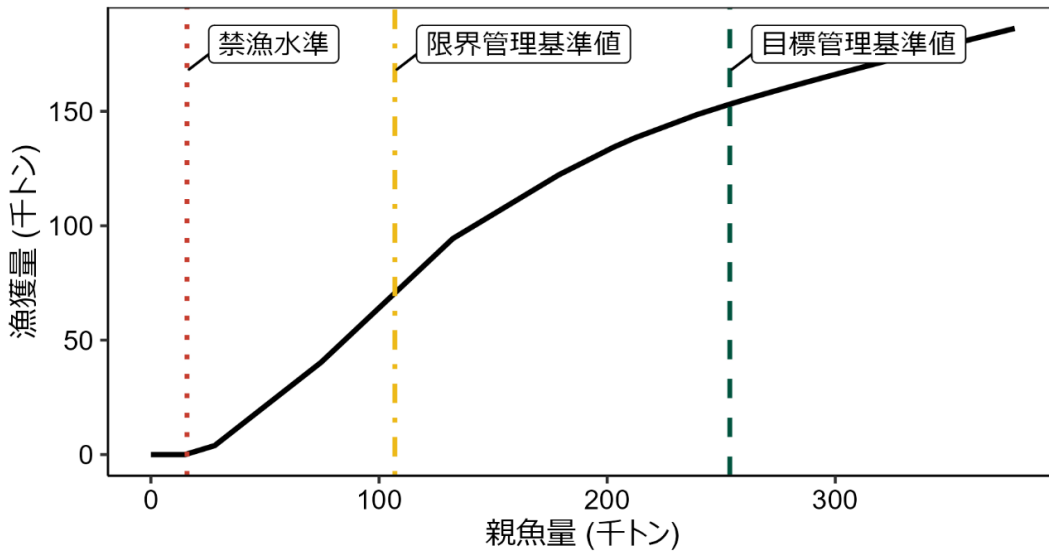
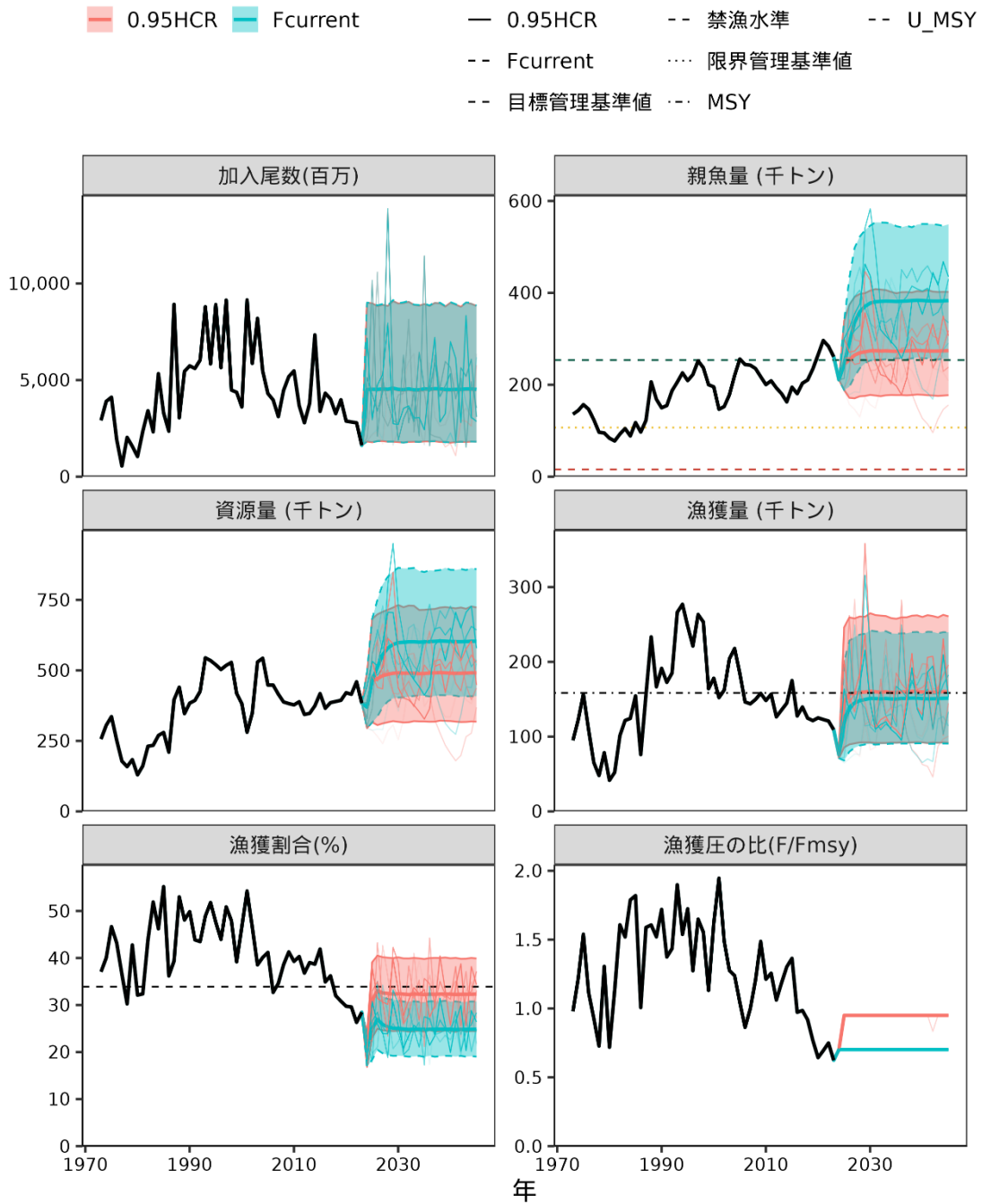


図 5-1. 漁獲シナリオに則した漁獲管理規則

目標管理基準値は HS 型再生産関係に基づき算出された最大持続生産量 MSY を実現する親魚量である。限界管理基準値および禁漁水準は、それぞれ MSY の 60%および 10%の漁獲量が得られる親魚量である。調整係数  $\beta$  には 0.95 が用いられる。線種と色は、それぞれ黒破線が  $F_{msy}$ 、灰色破線が  $0.95F_{msy}$ 、黒太線が漁獲シナリオに則した漁獲管理規則、赤点線が禁漁水準、黄一点鎖線が限界管理基準値、緑破線が目標管理基準値を示している。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、平衡状態における平均的な年齢組成となった場合の漁獲量を示している。



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

図 5-2. 漁獲シナリオに則した漁獲管理規則に従って漁獲を続けた場合（赤線）と現状の漁獲圧（F2021-2023）で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）  
 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の90%が含まれる予測区間、細線は5通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量MSYを、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値を維持する漁獲割合の水準(Umsy)を示す。本系群の漁獲シナリオでは調整係数  $\beta$  に 0.95 が用いられる。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2021-2023）により仮定した。

表 3-1. 漁獲量とコホート解析結果

年	漁獲量(千トン)			資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (100万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)	%SPR	F/Fmsy
	日本	韓国	計							
1973	93	2	95	256	136	2,913	37	21.43	20.6	0.98
1974	121	2	122	305	144	3,900	40	27.09	16.0	1.22
1975	150	7	157	336	157	4,113	47	26.23	11.2	1.54
1976	102	7	109	253	147	1,927	43	13.13	17.8	1.12
1977	60	5	65	178	124	553	37	4.47	22.0	0.93
1978	44	4	48	159	97	2,034	30	21.03	26.3	0.73
1979	72	7	79	184	95	1,570	43	16.52	13.3	1.31
1980	41	1	42	130	84	1,043	32	12.45	27.5	0.72
1981	47	6	52	161	78	2,338	32	30.08	17.5	1.13
1982	91	11	101	231	93	3,414	44	36.81	11.6	1.61
1983	110	12	122	234	105	2,320	52	22.14	12.1	1.52
1984	117	7	124	269	89	5,334	46	60.24	9.6	1.79
1985	139	16	155	280	118	3,299	55	28.02	9.3	1.82
1986	69	7	76	210	97	2,354	36	24.24	20.1	1.01
1987	142	14	156	396	123	8,920	39	72.76	11.9	1.59
1988	194	40	233	440	206	3,045	53	14.76	10.2	1.61
1989	144	23	167	347	168	5,451	48	32.37	13.1	1.52
1990	174	17	191	384	150	5,739	50	38.29	9.9	1.72
1991	156	16	173	393	155	5,601	44	36.19	13.1	1.37
1992	157	28	185	426	187	6,035	43	32.25	13.9	1.43
1993	228	38	266	545	206	8,799	49	42.79	9.9	1.90
1994	239	38	277	535	226	5,838	52	25.84	10.9	1.54
1995	235	12	248	520	209	8,908	48	42.60	10.3	1.72
1996	207	15	221	503	222	5,643	44	25.39	15.3	1.27
1997	241	23	263	518	252	9,140	51	36.27	10.1	1.65
1998	231	22	253	528	237	4,485	48	18.91	11.1	1.55
1999	150	14	164	419	200	4,369	39	21.83	17.4	1.13
2000	159	20	178	382	195	3,610	47	18.47	11.1	1.62
2001	135	18	152	280	147	9,149	54	62.36	6.7	1.95
2002	136	26	162	348	153	5,863	47	38.41	11.8	1.49
2003	184	20	204	530	178	8,196	39	45.98	15.0	1.28
2004	192	26	218	543	220	5,463	40	24.80	15.2	1.24
2005	142	43	184	448	256	4,300	41	16.80	19.2	1.04
2006	123	23	146	448	244	3,975	33	16.29	23.9	0.86
2007	125	19	144	416	243	3,111	35	12.82	20.2	1.00



表 3-1. (続き)

年	漁獲量(千トン)		資源量 計(千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (100万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率			
	日本	韓国					(尾/kg)	%SPR	F/Fmsy	
2008	127	23	150	388	235	4,464	39	18.97	15.6	1.20
2009	136	22	158	382	218	5,182	41	23.81	11.2	1.49
2010	129	19	148	378	200	5,476	39	27.32	15.4	1.21
2011	138	19	157	389	209	3,674	40	17.61	14.8	1.26
2012	109	17	126	344	193	2,791	37	14.44	18.8	1.06
2013	121	15	136	348	181	3,796	39	21.01	16.1	1.19
2014	121	24	145	374	163	7,341	39	45.12	14.2	1.30
2015	132	43	175	418	195	3,379	42	17.35	13.4	1.36
2016	106	22	128	366	181	4,324	35	23.95	20.8	0.97
2017	118	21	140	386	203	4,024	36	19.79	20.5	0.99
2018	98	27	125	390	210	3,265	32	15.52	22.3	0.92
2019	78	43	121	394	234	3,981	31	16.98	26.7	0.77
2020	80	45	125	421	265	2,876	30	10.85	31.5	0.64
2021	73	50	123	415	296	2,831	30	9.55	30.0	0.69
2022	83	38	121	460	284	2,787	26	9.83	27.6	0.75
2023	71	39	109	384	261	1,621	28	6.21	32.3	0.62

表 5-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値を上回る確率

a) 目標管理基準値を上回る確率 (%)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	33	39	44	45	46	46	46	46	46
0.95		33	43	50	54	55	56	57	56	56
0.9		33	47	58	63	65	67	66	67	66
0.8		33	56	72	79	83	84	84	85	84
0.7		33	66	84	91	94	95	95	96	95
0.6		33	74	92	97	99	99	99	99	99
0.5		33	82	97	99	100	100	100	100	100
0.4		33	89	99	100	100	100	100	100	100
0.3		33	94	100	100	100	100	100	100	100
0.2		33	97	100	100	100	100	100	100	100
0.1		33	98	100	100	100	100	100	100	100
0.0		33	99	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧		33	66	84	91	93	95	95	96	95

b) 限界管理基準値を上回る確率 (%)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.95		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1		100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0		100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧		100	100	100	100	100	100	100	100	100

$\beta$  を 0.0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2021-2023) から予測される 7.6 万トンとし、2025 年から漁獲シナリオによる漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2021-F2023、 $\beta = 0.70$  に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5-2. 将来の平均親魚量（千トン）

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	211	245	247	253	255	256	258	257	257	255
0.95		245	254	265	270	272	274	274	274	272
0.9		245	261	277	285	288	291	292	292	290
0.8		245	276	304	319	326	331	332	333	331
0.7		245	292	336	359	371	378	381	383	381
0.6		245	310	373	407	425	436	441	445	443
0.5		245	329	416	464	490	505	513	520	518
0.4		245	351	466	532	569	590	602	614	611
0.3		245	374	524	614	664	694	710	730	726
0.2		245	401	593	711	780	821	844	874	870
0.1		245	429	672	828	920	976	1,009	1,054	1,050
0.0		245	461	766	968	1,091	1,167	1,214	1,281	1,276
現状の漁獲圧		245	292	336	359	370	378	381	382	381

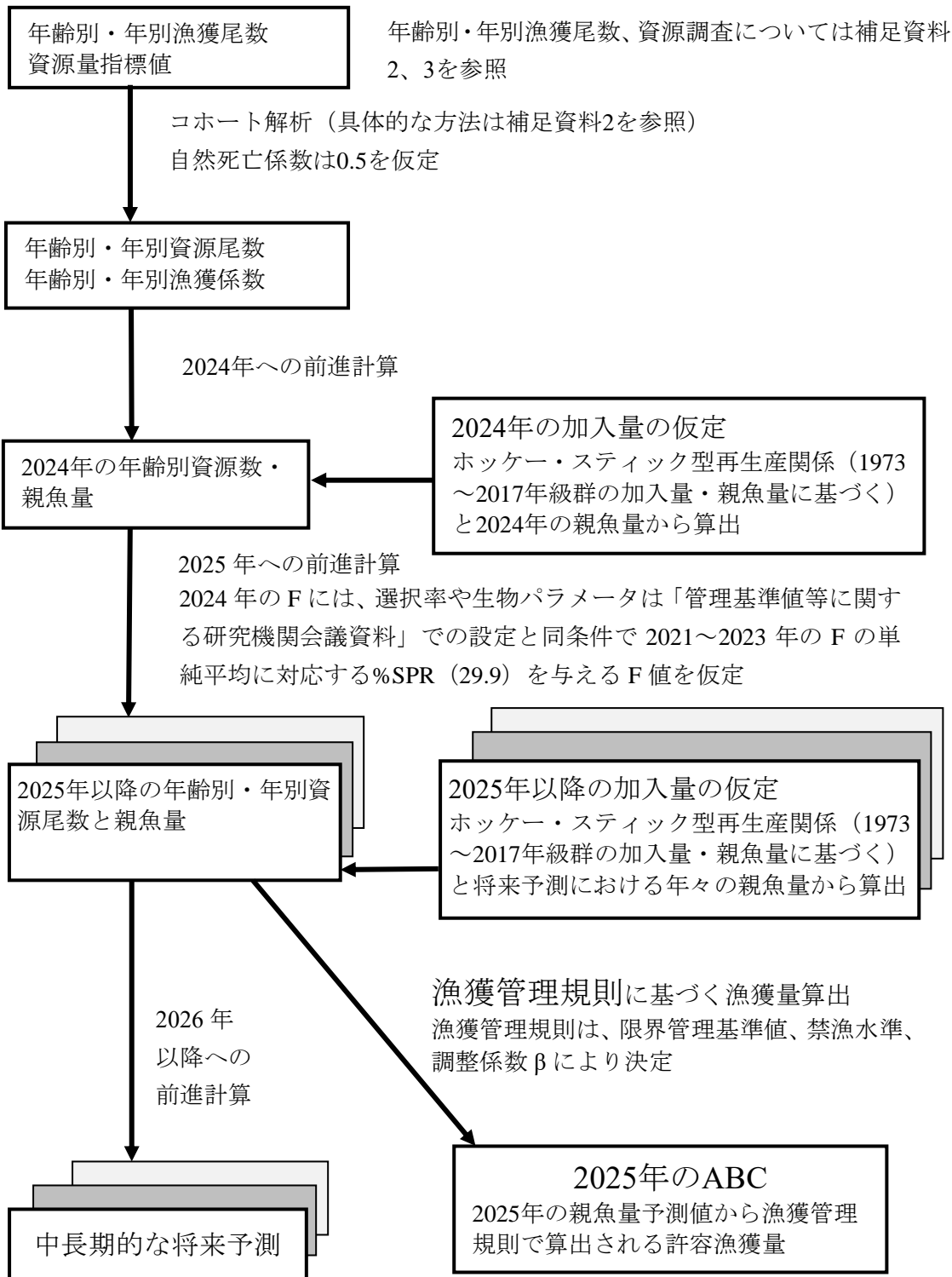
$\beta$  を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2021-2023）から予測される 7.6 万トンとし、2025 年から漁獲シナリオによる漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2021-F2023、 $\beta = 0.70$  に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5-3. 将来の平均漁獲量（千トン）

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	76	151	160	160	160	160	161	160	160	159
0.95		146	157	158	159	160	161	160	159	159
0.9		141	154	156	158	158	160	159	158	158
0.8		130	148	151	154	155	156	156	155	155
0.7		117	139	145	148	150	151	151	151	150
0.6		104	129	136	140	142	144	144	144	143
0.5		90	117	125	130	132	134	134	134	134
0.4		75	101	111	116	118	121	121	121	121
0.3		59	83	92	97	100	102	103	104	103
0.2		41	60	69	73	76	77	78	79	79
0.1		21	33	38	41	43	44	45	46	45
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧			118	139	145	148	150	151	151	151

$\beta$  を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2021-2023）から予測される 7.6 万トンとし、2025 年から漁獲シナリオによる漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2021-F2023、 $\beta = 0.70$  に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足資料 1 資源評価の流れ



## 補足資料 2 計算方法

### (1) 資源計算方法

本系群の漁獲量からマアジの年齢別・年別漁獲尾数を推定し（補注 1）、コホート解析によって資源尾数を計算した。2023 年の漁獲物平均尾叉長と体重、および資源計算に用いた成熟割合は以下のとおり。年齢 3+は 3 歳以上を表す。自然死亡係数  $M$  は、田内・田中の式（田中 1960）により、最高年齢を 5 歳として（ $M=2.5 \div \text{最高年齢 } 5 \text{ 歳}=0.5$ ）求めた。計算には R パッケージ `frasyr` (ver2.4) を使用した。

年齢	0	1	2	3+
尾叉長 (cm)	12.5	19.4	23.2	29.4
体重 (g)	27	100	172	348
成熟割合 (%)	0	50	100	100

1973～2023 年の年齢別・年別漁獲尾数および平均体重（1 月～12 月を 1 年とする）は、東シナ海・日本海における大中型まき網漁業の銘柄別漁獲量と九州主要港における入り数別漁獲量、および沿岸域で漁獲されたマアジの体長組成から推定した（補注 1）。年齢別資源尾数の計算は、生残の式（式 1）と漁獲方程式（式 2）に基づくコホート解析を用いた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(F_{a,y} + M) \quad (1)$$

$$C_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M} N_{a+1,y+1} (\exp(F_{a,y} + M) - 1) \quad (2)$$

ここで、 $N$  は資源尾数、 $C$  は漁獲尾数、 $a$  は年齢（0～3+歳）、 $y$  は年である。 $F$  の計算は石岡・岸田（1985）の反復式を使い、プラスグループの資源尾数の扱いについては、平松（2000；非定常な場合のプラスグループ扱い方）に従った。また、最高年齢群 3 歳以上（3+）と 2 歳の各年の漁獲係数  $F$  には比例関係があるとし、 $\alpha$  は定数（0.3）とした（依田ほか 2007）。

$$F_{3+,y} = \alpha F_{2,y} \quad (3)$$

最近年（2023 年）の 2 歳魚の  $F$  ( $F_{2,Y}$ ) をチューニングによって探索的に求めた。チューニングには加入量および 1 歳魚以上の年齢別資源量を反映すると考えられる 11 系列の指標値を用いた（補足表 2-2、2-3）。チューニング期間は、調査船調査の結果が得られる 2003～2023 月年とした。ただし、着底トロール調査は、2020 年は未実施である。最小化させる負の対数尤度を以下のように定義した（Hashimoto et al. 2018）。

$$-\ln L = \sum_k \sum_y \left[ \frac{[\ln I_{k,y} - (b_k \ln N_{a(k),y} + \ln q_k)]^2}{2\sigma_k^2} - \ln \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_k}} \right) \right] \quad (4)$$

ここで、 $I_{k,y}$  は  $y$  年における指標  $k$  の観測値、 $N$  は 0 歳魚については資源尾数で、1 歳魚以上は資源量、 $I$  は年齢別漁法・調査別指標値（補注 2、3）。 $q_k$ 、 $b_k$ 、 $\sigma_k$  は推定（ターミナル  $F$  と同時推定）すべきパラメータ（指標ごとに定義）である。年齢別・年別の資源量は、年齢別・年別の資源尾数に年齢別・年別の漁獲物平均体重  $w_{a,y}$  を掛け合わせて求めた。

また、 $I_{f,k}$  と  $N_{a,y}$  には、以下のべき乗式で表される関係があることを仮定した。

$$I_{k,y} = q_k B_{a(k),y}^{b_k} \quad (5)$$

近年、大中型まき網漁船の操業ヶ統数の減少が進んでおり、マアジに対する有効努力量も 2003 年以降で見ると大きく減少していることから、1 歳魚および 2 歳魚の大中型まき網漁業の資源量指標値については 2003～2007 年と 2008～2023 年で、それぞれ別に漁獲効率に関連したパラメータ  $q$  を設定した。バイアスを軽減するため、1 歳魚と 3+歳魚の大中型まき網漁業の資源量指標値について  $b_k$  の推定を行った（1 歳魚は 2008～2023 年について）。

また、最近年（2023 年）の 0、1 歳の漁獲係数は、その選択率が過去 3 年（2020～2022 年）の選択率  $s_{a,y}$  の平均に等しいと仮定し、以下の式で推定した。

$$F_{a,y} = \frac{\frac{1}{3} \sum_{y=Y-3}^{Y-1} s_{a,y}}{\frac{1}{3} \sum_{y=Y-3}^{Y-1} s_{3+,y}} F_{2,y} \quad (a=0, 1) \quad (6)$$

$$s_{a,y} = F_{a,y} / \max(F_y) \quad (7)$$

その結果、1 歳魚（ $k=8$ ）、3+歳魚（ $k=13$ ）でそれぞれ  $b_k$  は 1.85、0.61 と推定された（補足表 2-2、2-3）。式（5）を最小化するような  $F$  を求めた結果、 $F_{0,2023}=0.08$ 、 $F_{1,2023}=0.71$ 、 $F_{2,2023}=0.64$ 、 $F_{3+,2023}=0.19$  と推定された。

「令和 6（2024）年資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針 FRA-SA2024-ABCWG02-03」に従って、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。資源量指標値を当てはめた際の残差に体系的な傾向は見られなかった（補足図 2-1、2-2）。また、データが追加・更新されることにより  $F$  や資源量の推定値が連続的に増加あるいは減少するような現象はみられなかった（補足図 2-3）。

## (2) 将来予測方法

将来予測における各種設定には補足表 2-3 の値を用いた。資源尾数や漁獲量の予測は、ABCWG（2024）に基づき、統計ソフトウェア R（version 4.4.0）用計算パッケージ `frasyr`（version 2.4）を用いて実施した。将来予測における加入量は、令和 2 年 3 月に公開された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において提案されたホッカー・スティック型再生産関係から推定される値を用いた。なお、再生産関係のパラメータ推定に使用する

データは、令和元（2019）年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小絶対値法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。詳細は「令和2（2020）年度マアジ対馬暖流系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書」（依田ほか 2020）を参照されたい。

将来予測における漁獲係数  $F$  は、「令和6（2024）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2024-ABCWG02-01）」における1系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。将来予測における選択率や漁獲物平均体重等の値には、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」にて提案された各種管理基準値の推定に用いた値を引き続き用いた（依田ほか 2020）。これらは再生産関係と同じく、令和元（2019）年度の資源評価に基づく値であり、選択率および漁獲物平均体重はこの計算結果における2016～2018年の平均値である。2024年の漁獲圧（ $F_{2024}$ ）は、管理基準値を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）の条件下で、今年度評価における2021～2023年の漁獲圧に対応する%SPRを与える  $F$  値とし、体重は2021～2023年の平均値とした。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法（(8) - (10) 式）を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (8)$$

$$N_{3+,y+1} = N_{3+,y} \exp(-F_{3+,y} - M) + N_{2,y} \exp(-F_{2,y} - M) \quad (9)$$

$$C_{a,y} = N_{a,y} \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M} (1 - \exp(-F_{a,y} - M)) \quad (10)$$

将来予測における各種設定には補足表 2-1 の値を用いた。

補注 1. 年齢別・年別漁獲尾数を以下のように推定した。1997～2023年について、九州主要港に水揚げされる大中型まき網の漁獲物の体長組成を入り数別漁獲量から、九州の沿岸漁業および日本海の漁獲物の体長組成を体長測定データと漁獲量から月別に推定した。これと月ごとに定めた各年齢の体長範囲により、年齢別・年別漁獲尾数を推定した。1996年以前については、1973～2009年の大中型まき網の月別銘柄別漁獲量を各年齢に単純に割り振り、1997～2009年についての上記推定結果との各年齢の比率を求め、その1997～2009年平均を使って年齢別・年別漁獲尾数推定値を補正した。銘柄の年齢への振り分けは、6～12月の豆銘柄および9～12月のゼンゴ銘柄を0歳、1～5月の豆、1～8月のゼンゴ、9～12月の小銘柄を1歳、1～8月の小、6～12月の中銘柄を2歳、1～5月の中、1～12月の大銘柄を3+歳とした。なお、2022年については漁獲量の暫定値の更新に伴い、年齢別・年別漁獲尾数も更新した。

補注 2. 0歳魚の指標値は漁況指標値として、大中型まき網漁業の0歳魚に相当する銘柄の標準化 CPUE（6～12月）（Muko et al., 2023）（補足資料 5（1））、長崎魚市豆銘柄1入港隻当り水揚量（9月～翌年1月）、島根県中型まき網一網当り豆銘柄漁獲量（8月～翌年1



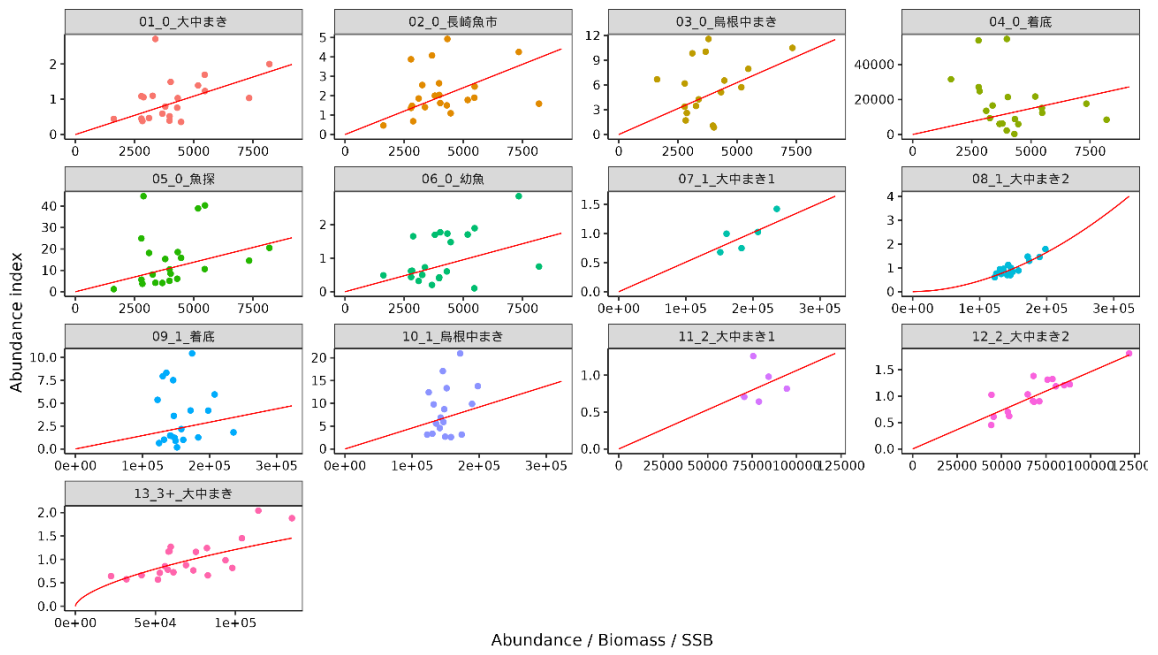
月)を用いた。また調査船調査からの指標値として、5~6月の着底トロールを用いた資源量直接推定調査(着底、補足資料4(1))によって得られた水深125m以浅におけるマアジ現存量、5~6月の中層トロールを用いた新規加入量調査(幼魚、補足資料4(2))によって得られた標準化CPUE(補足資料5(2))、8~9月の計量魚探などを用いた魚群分布調査(魚探、補足資料4(3))によって得られたマアジ当歳魚の現存量指標値を用いた。

補注3. 1歳魚の指標値は、大中型まき網漁業の1歳魚に相当する銘柄の標準化CPUE(1~12月)(Muko et al. 2023)(補足資料5(1))、1歳魚に相当すると考えられる3~5月に島根県中型まき網漁業によって漁獲された豆銘柄一網当り漁獲量、ならびに着底トロールを用いた資源量直接推定調査における1歳魚現存量(着底、補足資料4(1))(2003年を1とする)を用いた。

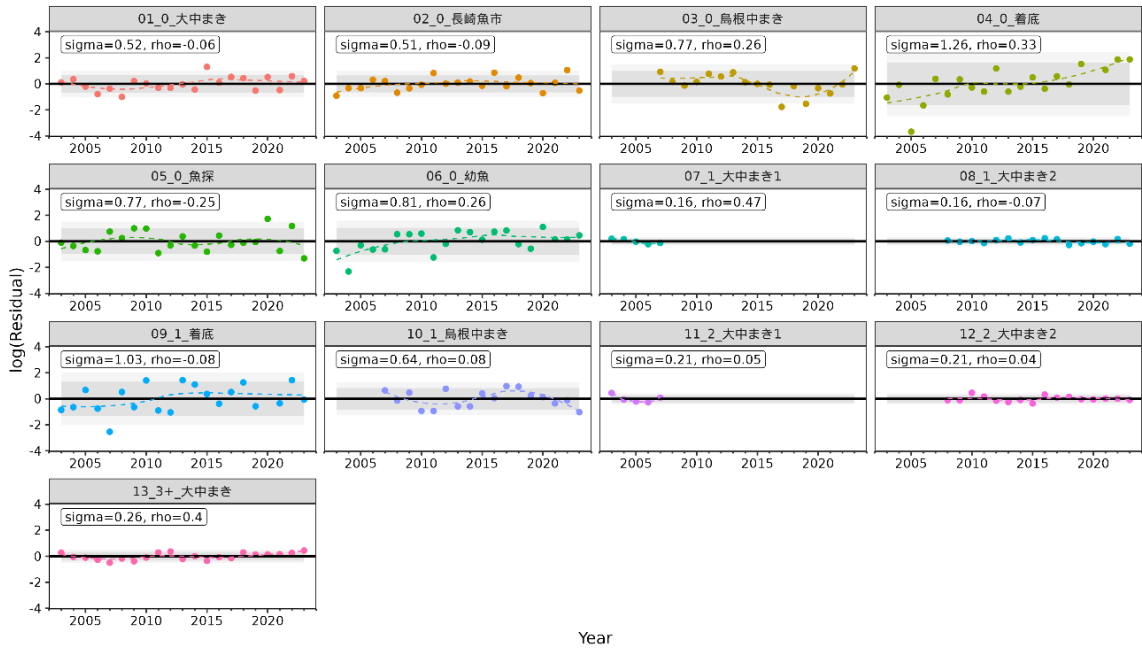
2歳と3歳以上の指標値は、それぞれ、大中型まき網漁業の2歳魚と3歳以上に相当する銘柄の標準化CPUE(1~12月)を用いた(補足資料5(1))(Muko et al. 2023)。

#### 引用文献

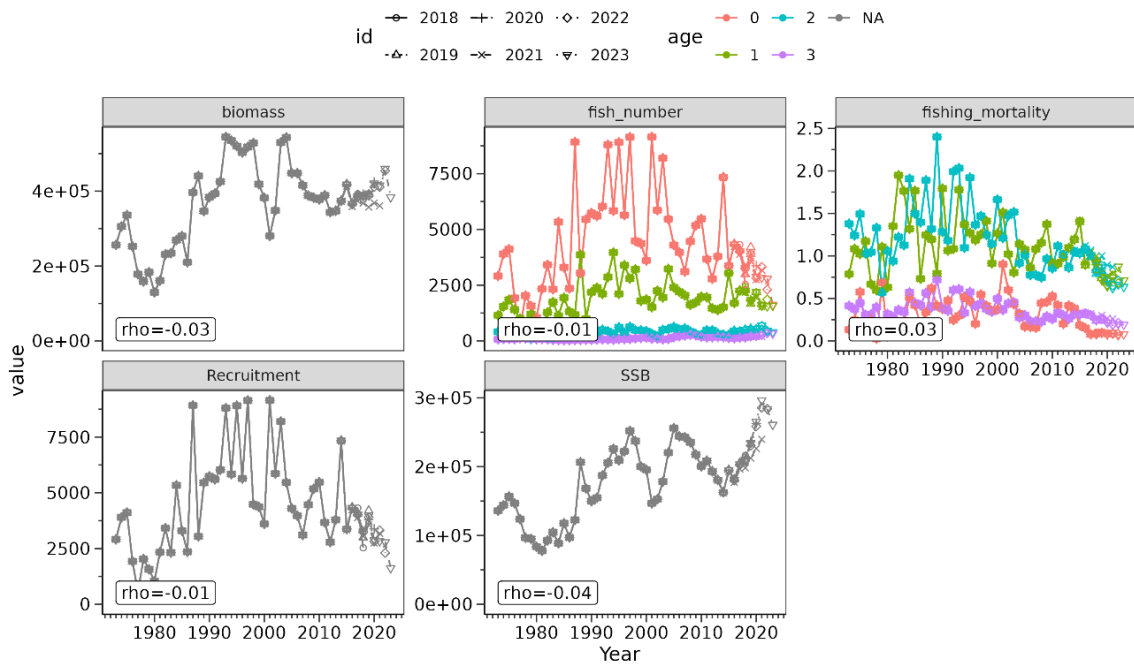
- Hashimoto, M., H. Okamura, M. Ichinokawa, K. Hiramatsu and T. Yamakawa (2018) Impacts of the nonlinear relationship between abundance and its index in a tuned virtual population analysis. *Fish. Sci.*, **84**, 335-347.
- 平松一彦 (2000) VPA. 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源評価教科書—, 104-127.
- 石岡清英・岸田 達 (1985) コホート解析に用いる漁獲方程式の解法とその精度の検討. *南西水研報*, **19**, 111-120.
- Muko, S., M. Yoda, H. Kurota and S. Ohshimo (2023) Spatial estimation and yearly trends in abundance-index of Japanese jack mackerel (*Trachurus japonicus*) in the East China Sea and Sea of Japan., *Fish. Res.*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S01657836230017>
- 大下誠二 (2000) 東シナ海におけるマアジの成熟特性に関する研究, *西海ブロック漁海況研報*, **8**, 27-33.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理, *東海水研報*, **28**, 1-200.
- 依田真里・檜山義明・大下誠二・由上龍嗣 (2007) 平成18年度マアジ対馬暖流系群の資源評価.平成18年度我が国周辺水域の漁業資源評価(第一分冊), 水産庁・水産総合研究センター, pp.93-117.



補足図 2-1. 各指標値のフィット



補足図 2-2. 各指標値の残差プロット



補足図 2-3. レトロスペクティブ解析の結果

補足表 2-1. 将来予測のパラメータ

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2021- 2023 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.10	0.11	0.08	27.6	0.5	0.0
1 歳	1.00	1.10	0.77	74.8	0.5	0.5
2 歳	0.74	0.82	0.57	154	0.5	1.0
3 歳以上	0.22	0.24	0.17	359	0.5	1.0

注 1：令和 2 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和元年度資源評価での  $F_{current}$  の選択率）。

注 2：令和 2 年度研究機関会議で推定された  $F_{msy}$ （すなわち、令和元年度資源評価での  $F_{current}$  に  $F_{msy}/F_{current}$  を掛けたもの）。

注 3：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2021～2023 年の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2024 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足表 2-2. チューニングに用いた指標値とパラメータ推定値 (加入量)

指標値	漁況			調査		
	大中まき	長崎魚市	島根中まき	着底	魚探	幼魚
$k$	1	2	3	4	5	6
対象	$N_0$	$N_0$	$N_0$	$N_0$	$N_0$	$N_0$
2003	2.00	1.59	NA	8,487	20.50	0.75
2004	1.70	1.90	NA	15,161	10.59	0.10
2005	0.76	1.50	NA	324	6.07	0.56
2006	0.39	2.64	NA	2,265	5.10	0.39
2007	0.47	1.86	9.85	13,569	18.15	0.29
2008	0.36	1.10	6.55	5,934	15.83	1.45
2009	1.39	1.78	5.73	21,712	38.96	1.67
2010	1.23	2.47	7.96	12,375	40.36	1.76
2011	0.59	4.08	10.04	6,062	4.12	0.20
2012	0.45	1.37	6.19	27,122	5.66	0.44
2013	0.79	2.00	11.58	6,237	15.30	1.69
2014	1.04	4.25	10.50	17,625	14.54	2.84
2015	2.71	1.41	4.26	16,593	4.20	0.73
2016	1.03	4.92	5.13	8,819	18.54	1.73
2017	1.49	1.62	0.86	21,411	8.45	1.77
2018	1.10	2.55	3.47	9,310	8.07	0.50
2019	0.52	2.04	1.08	54,603	10.47	0.43
2020	1.06	0.68	2.61	NA	44.67	1.65
2021	0.38	1.48	1.71	24,745	3.72	0.63
2022	1.09	3.88	3.38	53,774	24.93	0.62
2023	0.44	0.47	6.69	31,589	1.21	0.49
$b_k$	1	1	1	1	1	1
$q_k$	2.18E-04	4.83E-04	1.26E-03	2.97	2.76E-03	1.91E-04
$\sigma_k$	0.521	0.508	0.775	1.260	0.771	0.806

補足表 2-3. チューニングに用いた指標値とパラメータ推定値 (1 歳魚以上)

指標値	漁況		調査		漁況		
	大中まき		着底	島根中まき	大中まき		
$k$	7	8	9	10	11	12	13
対象	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3+</sub>
2003	1.00		1.00		1.26		0.64
2004	1.43		1.81		0.71		0.57
2005	1.03		5.95		0.82		0.78
2006	0.75		1.25		0.64		0.76
2007	0.68		0.18	13.34	0.98		0.66
2008		1.00	3.61	5.90		0.89	0.98
2009		0.74	1.02	9.78		0.70	0.82
2010		1.30	10.43	3.16		1.03	0.88
2011		0.84	0.89	2.70		1.31	1.17
2012		0.76	0.64	12.42		0.90	1.27
2013		0.95	7.94	3.35		0.62	0.72
2014		0.61	5.37	3.15		0.61	0.85
2015		1.79	4.19	13.79		0.45	0.57
2016		1.13	1.43	6.88		1.38	0.66
2017		1.48	4.20	20.96		1.03	0.71
2018		0.70	7.51	17.08		1.32	1.18
2019		0.82	1.22	8.73		1.21	1.16
2020		1.46	NA	9.88		1.22	1.24
2021		0.70	1.45	4.58		1.81	1.45
2022		0.96	8.32	5.59		1.19	1.88
2023		0.89	2.18	2.60		0.91	2.04
$b_k$	1	1.85	1	1	1	1	0.607
$q_k$	5.09E-03	9.14E-05	1.46E-02	4.60E-02	1.06E-02	1.46E-02	7.41E-02
$\sigma_k$	0.161		1.026	0.639	0.213		0.260

## 補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
ホッケー・スティック型	最小絶対値法	なし	0.0271	1.67e+05	0.486

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D.は加入量の標準偏差である。

補足表 3-2. 管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBtarget	254 千トン	目標管理基準値。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	107 千トン	限界管理基準値。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban	16 千トン	禁漁水準。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.11, 1.10, 0.82, 0.24)	
%SPR (Fmsy)	20%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	158 千トン	最大持続生産量

補足表 3-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2023	261 千トン	2023 年の親魚量
F2023	2023 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上)=(0.08, 0.71, 0.64, 0.19)	
U2023	28%	2023 年の漁獲割合
%SPR (F2023)	32.3%	2023 年の%SPR
%SPR (F2021-2023)	29.9%	現状(2021~2023 年)の漁獲圧に対応する%SPR
管理基準値との比較		
SB2023/ SBtarget	1.03	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量に対する 2023 年の親魚量の比*
F2023/ Fmsy	0.62	SBmsy を維持する漁獲圧に対する 2023 年の漁獲圧 の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る	
漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	横ばい	

\* 2023 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 3-4. ABC と予測親魚量

2025 年の ABC (千トン)	2025 年の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2021-2023)	2025 年の 漁獲割合(%)
146	245	1.35	31
コメント: ・ ABC の算定には、令和 2 年 7、9 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに則した漁獲管理規則を用いた。 ・ 近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っていることにより、資源量が減少傾向を示していることに留意する必要がある。			

補足表 3-5. 異なる  $\beta$  を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2031 年の親魚量 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2031 年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲シナリオで使用する $\beta$					
$\beta=0.95$	274	177 - 408	57	100	100
上記と異なる $\beta$ を使用した場合					
$\beta=1.0$	257	163 - 386	46	100	100
$\beta=0.8$	332	219 - 489	84	100	100
$\beta=0.0$	1,214	838 - 1,714	100	100	100
F2021-2023	381	253 - 553	95	100	100



#### 補足資料 4 調査結果の概要

(1) 資源量直接推定調査（着底）：5～6月に東シナ海陸棚縁辺部で行った着底トロールを用いて推定された調査海域全体の分布量を補足表 4-1 に示した。（調査海域面積 138 千 km<sup>2</sup>、漁獲効率を 1 とした計算）。

(2) 新規加入量調査（幼魚）：2002 年から中層トロールと計量魚探による新規加入量調査を 5～6 月に対馬周辺～日本海西部海域で行っており、2003 年から計算している加入量指標値を補足表 4-2 に示した（水温帯面積で重みづけした推定値）。

(3) 計量魚探などを用いた魚群量調査（魚探）：夏季（8～9 月）に九州西岸と対馬東海域で行った魚群量調査による現存量指標値を補足表 4-3 に示した。対象となるマアジは主に 0 歳魚である。

(4) 新規加入量調査「ニューストーンネットを用いた新規加入量調査」の曳網数と主要種の採集個体数を補足表 4-4 に示した。本調査は 2000 年以降、2～5 月に東シナ海および九州沿岸海域で実施している。表層に分布する稚魚を対象としており、マアジ稚魚の生息水深を網羅していないため、得られる結果は参考値として取り扱った。

補足表 4-1. 着底トロールによる資源量直接推定調査（5～6月）におけるマアジの推定現存量

年	現存量(トン)	年	現存量(トン)	年	現存量(トン)
2000	26,700	2009	25,290	2018	15,436
2001	70,907	2010	23,536	2019	58,753
2002	34,945	2011	7,041	2020	欠測*
2003	9,422	2012	28,570	2021	29,748
2004	23,535	2013	13,335	2022	61,147
2005	7,098	2014	21,077	2023	33,397
2006	2,693	2015	20,590	2024	**24,112
2007	13,700	2016	10,302		
2008	9,544	2017	24,909		

\*2020年は調査実施できなかったため、欠測。 \*\*2024年は速報値。

補足表 4-2. 中層トロールによる新規加入量調査（幼魚）（5～6月）で推定された加入量指標値

年	加入量指標値	年	加入量指標値	年	加入量指標値
2003	1.00	2011	0.21	2019	0.70
2004	0.07	2012	0.42	2020	1.35
2005	0.10	2013	2.02	2021	0.90
2006	0.23	2014	3.03	2022	1.22
2007	0.28	2015	0.34	2023	0.70
2008	1.24	2016	2.20	2024	*1.07
2009	1.45	2017	2.74		
2010	1.92	2018	0.76		

\*2024年は速報値。

補足表 4-3. 計量魚探などを用いた魚群量調査（8～9月）におけるマアジの現存量指標値

年	現存量指標値	年	現存量指標値	年	現存量指標値	年	現存量指標値
1997	8.0	2004	10.6	2011	4.1	2018	8.1
1998	3.3	2005	6.1	2012	5.7	2019	10.5
1999	18.4	2006	5.1	2013	15.3	2020	44.7
2000	12.1	2007	18.1	2014	14.5	2021	3.7
2001	89.8	2008	15.8	2015	4.2	2022	24.9
2002	5.7	2009	39.0	2016	18.5	2023	1.2
2003	20.5	2010	40.4	2017	8.5		

補足表 4-4. 新規加入量調査「ニューストンネットを用いた新規加入量調査」の曳網数と主要種の採集個体数

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブリ	マイワシ
2月	2001	西海水研	65	3	184	33	6	0
3月	2001	鹿児島県	18	27	26	426	0	1
		西海水研	47	107	87	9	14	0
	2002	鹿児島県	18	8	7	5	8	1
	2003	鹿児島県	16	3	1	0	0	0
	2004	鹿児島県	18	25	185	1,856	9	0
	2005	鹿児島県	15	4	27	1,157	1	0
	2006	鹿児島県	17	6	75	1,330	0	0
	2007	鹿児島県	18	6	56	553	2	0
	2008	鹿児島県	18	23	136	349	1	0
	2009	鹿児島県	17	2	22	5	0	1
	2010	鹿児島県	17	28	52	886	2	0
	2011	鹿児島県	17	121	262	19	10	371
	2012	鹿児島県	18	29	78	27	10	12
	2013	鹿児島県	18	6	11	473	3	96
	2014	鹿児島県	14	14	34	24	3	17
	2015	鹿児島県	18	5	1	15	3	7
	2016	鹿児島県	18	64	41	525	33	49
	2017	鹿児島県	2	0	2	11	0	4
	2018	鹿児島県	16	39	48	4	73	0
	2019	鹿児島県	12	35	4	17	0	0
2021	鹿児島県	18	59	474	2,918	80	14	
2022	鹿児島県	18	20	42	13	3	0	
2023	鹿児島県	18	96	186	69	59	397	
2024	鹿児島県	18	17	174	411	7	234	
4月	2000	長崎県	13	93	4	72	9	1
		西海水研	79	3,811	185	10,906	264	0
	2001	山口県	8	0	0	1	0	2
		長崎県	18	65	2	1,255	4	2
		鹿児島県	16	19	44	140	33	0
		西海水研	88	1,339	331	2,294	359	30
	2002	長崎県	18	17	2	58	47	0
		鹿児島県	16	23	13	8	24	0
		西海水研	107	207	254	4,854	485	0
	2003	長崎県	13	15	14	4,414	27	0

補足表 4-4. (続き)

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブリ	マイワシ
4月	2003	鹿児島県	18	84	58	4,632	232	0
		西海水研	96	288	225	52,153	463	0
	2004	長崎県	15	97	0	12,949	93	0
		鹿児島県	18	5	65	13,699	167	0
		西海水研	92	461	408	59,546	539	43
	2005	長崎県	15	14	4	17,667	20	0
		鹿児島県	18	6	8	12,036	53	4
		西海水研	91	546	1,831	69,585	216	9
	2006	長崎県	12	19	25	18,067	18	0
		鹿児島県	18	21	127	20,243	31	1
		西海水研	94	231	789	63,377	151	233
	2007	長崎県	18	158	152	3,727	36	9
		鹿児島県	18	22	81	39,374	31	1
		西海水研	91	104	1,329	35,060	255	9
	2008	長崎県	12	151	107	4,722	6	15
		鹿児島県	18	22	499	2,896	53	1
		西海水研	84	1,454	781	7,786	454	4
	2009	長崎県	10	44	5	200	22	0
		鹿児島県	18	31	87	30	117	0
		西海水研	90	617	1,810	5,037	570	5
	2010	長崎県	8	24	5	2,175	21	37
		鹿児島県	17	33	50	1,850	140	88
		西海水研	93	440	611	2,561	577	613
	2011	長崎県	10	82	104	1,236	155	289
		鹿児島県	15	141	166	1,450	53	5
		西海水研	72	1,241	9,385	22,328	1,046	208
	2012	長崎県	18	39	67	623	20	34
		鹿児島県	17	24	28	210	11	32
		西海水研	72	2,110	195	9,279	196	255
	2013	長崎県	11	51	35	2,408	47	5
		鹿児島県	17	18	113	15,840	128	32
		西海水研	70	267	288	35,923	1,146	183
	2014	長崎県	18	90	243	1,907	39	43
		鹿児島県	18	35	364	2,448	352	89
		西海水研	73	989	297	19,124	1,060	57

補足表 4-4. (続き)

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブリ	マイワシ
4月	2015	長崎県	6	18	19	830	4	3
		鹿児島県	16	42	280	12,119	325	17
		西海水研	72	448	1,722	116,787	1,200	7
	2016	長崎県	9	39	18	11,019	17	18
		鹿児島県	18	52	508	30,434	173	122
		西海水研	77	350	2,156	73,522	1,234	228
	2017	長崎県	4	11	42	1,522	40	2
		鹿児島県	18	33	137	1,853	490	10
		西海水研	71	1,297	1,411	31,663	1,093	4
	2018	長崎県	17	155	651	2,672	476	3
		鹿児島県	18	32	261	1,772	388	0
		西海水研	72	105	711	54,880	1,171	28
	2019	長崎県	4	31	50	136	1	0
		鹿児島県	18	51	224	2,342	384	0
		西海水研	72	724	1,294	18,152	1,890	0
	2020	長崎県	6	24	24	360	17	1
		鹿児島県	14	24	450	1,942	103	3
		西海水研	71	388	590	21,574	1,432	1
	2021	長崎県	6	9	7	6,286	28	51
		鹿児島県	18	18	304	35,115	178	2
		西海水研	70	215	582	62,402	1,110	2
	2022	長崎県	6	8	41	775	10	5
		鹿児島県	18	16	11	156	181	177
		西海水研	76	461	1,633	25,753	2,045	577
	2023	長崎県	6	45	120	1,447	45	762
		鹿児島県	17	9	175	860	604	267
		西海水研	77	692	1,100	29,693	2,285	11,893
	2024	長崎県	6	0	0	130	0	23
		鹿児島県	18	30	461	598	363	12,715
		西海水研	79	1,078	208	4,686	3,097	9,692
5月	2000	山口県	8	0	0	0	0	11
		長崎県	19	92	9	54	25	0
		鹿児島県	18	13	17	242	60	0
	2001	山口県	8	4	14	1	0	1
		長崎県	19	195	18	344	39	0

補足表 4-4. (続き)

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブリ	マイワシ
5月	2001	鹿児島県	18	122	10	163	51	0
	2002	山口県	8	1	5	7	0	0
		長崎県	19	53	2	127	367	0
		鹿児島県	18	33	6	30	189	0
	2003	山口県	8	0	4	22	0	3
		長崎県	19	8	7	6,290	15	0
		鹿児島県	16	12	11	1,693	188	0
	2004	山口県	8	5	0	393	0	0
		長崎県	18	5	0	33,453	52	0
		鹿児島県	18	6	8	27,518	53	0
	2005	山口県	8	0	20	2,473	0	1
		長崎県	18	29	52	25,851	12	2
		鹿児島県	18	60	4	7,690	32	0
	2006	山口県	8	3	8	3,232	0	7
		長崎県	12	17	24	2,921	15	0
		鹿児島県	18	33	54	44,164	177	0
	2007	山口県	8	0	7	288	4	1
		長崎県	18	13	149	25,668	36	1
		鹿児島県	18	9	77	18,901	84	1
	2008	山口県	8	6	55	708	6	9
		長崎県	14	60	3	2,842	36	0
		鹿児島県	13	5	29	3,737	258	0
	2009	山口県	8	131	225	2,756	15	18
		長崎県	14	8	20	3,590	292	0
		鹿児島県	18	4	15	387	330	2
	2010	山口県	8	29	23	2,193	0	6
		長崎県	8	0	2	3,064	14	0
		鹿児島県	18	13	29	10,907	1,250	2
	2011	山口県	8	1	21	1,194	5	16
		長崎県	10	10	2	6,680	11	3
		鹿児島県	18	41	5	2,152	101	0
	2012	山口県	8	2	26	1,311	17	1
		長崎県	17	9	1,127	1,639	56	107
		鹿児島県	18	24	117	198	131	3
	2013	山口県	8	4	37	1,578	2	299

補足表 4-4. (続き)

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブリ	マイワシ
5月	2013	長崎県	15	2	170	6,252	65	3
		鹿児島県	18	9	25	7,651	745	2
	2014	山口県	8	0	98	1,294	0	9
		長崎県	12	5	14	2,210	138	3
		鹿児島県	18	29	39	2,177	761	7
	2015	山口県	8	8	58	3,055	0	25
		長崎県	10	0	19	633	15	0
		鹿児島県	18	11	228	39,981	215	0
	2016	長崎県	9	0	11	542	6	0
		鹿児島県	18	37	27	2,649	80	3
	2017	長崎県	18	4	17	4,617	57	3
		鹿児島県	15	22	47	9,322	335	2
	2018	長崎県	18	22	92	10,362	298	0
		鹿児島県	17	12	6	5,850	225	0
	2019	鹿児島県	18	10	25	5,218	235	0
	2020	長崎県	6	0	392	815	95	0
		鹿児島県	18	17	7	934	514	0
	2021	長崎県	6	4	136	15,724	91	18
		鹿児島県	18	6	338	76,571	609	0
	2022	長崎県	6	0	155	23,770	479	1
		鹿児島県	18	8	39	12,314	802	0
	2023	長崎県	6	0	7	741	7	145
		鹿児島県	18	29	14	1,747	681	210
	2024	長崎県	5	2	15	156	35	0
鹿児島県		18	1	26	3,691	887	11	
6月	2002	山口県	8	0	13	10	117	0
	2003	山口県	8	4	17	57	0	0
	2004	山口県	8	0	0	1,415	24	0
	2005	山口県	8	5	1	285	5	0
	2006	山口県	8	0	0	600	0	0
	2007	山口県	8	1	5	788	4	0
	2008	山口県	8	14	0	657	32	5
	2009	山口県	8	23	4	2,121	69	1
	2010	山口県	8	0	4	1,112	5	4
	2011	山口県	8	1	50	1,589	0	1

補足表 4-4. (続き)

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブリ	マイワシ
6月	2012	山口県	8	2	1	719	27	0
	2013	山口県	8	1	1	1,389	51	0
	2014	山口県	8	15	1	120	70	1
	2015	山口県	8	0	28	2,092	7	0



## 補足資料 5 CPUE の標準化

### (1) 大中型まき網

東シナ海から日本海で操業する大中型まき網漁獲成績報告書（1日1隻あたりのマアジ銘柄別漁獲量）と FRA-ROMSII 再解析値（50m 深海水温）を用いて1網当たりのマアジ年齢別漁獲重量（CPUE）の標準化を行った。

CPUE の標準化にはデルタ型一般化加法モデルを用い、0/1 データに対して二項分布+有漁データに対して対数正規分布を適用した。CPUE を予測する説明変数として、年（カテゴリ、固定）・月（カテゴリ、固定）・緯度経度（スプライン）・50 m 深海水温（スプライン、FRA-ROMSII 再解析値）・トン数階級（カテゴリ、固定）・船 ID（ランダム）を考慮した。フルモデルを作成し、ベイズ情報量基準（BIC）を基準としてモデル選択を行った。この結果、選択された説明変数は、以下の通りである。

二項分布モデル；0 歳、2 歳、3 歳：年・月・緯度経度・50 m 深海水温・トン数階級、1 歳：年・月・緯度経度・50 m 深海水温・トン数階級・船 ID。

対数正規分布モデル；0 歳：年・月・緯度経度・トン数階級、1 歳，2 歳：年・月・50 m 深海水温・緯度経度・トン数階級、3 歳：年・月・緯度経度・50 m 深海水温・トン数階級・船 ID

二項分布モデル、対数正規分布モデルそれぞれのベストモデルから年効果の最小二乗平均値を算出し、それぞれをかけた値を標準化 CPUE とした。

### (2) 新規加入量調査（幼魚）

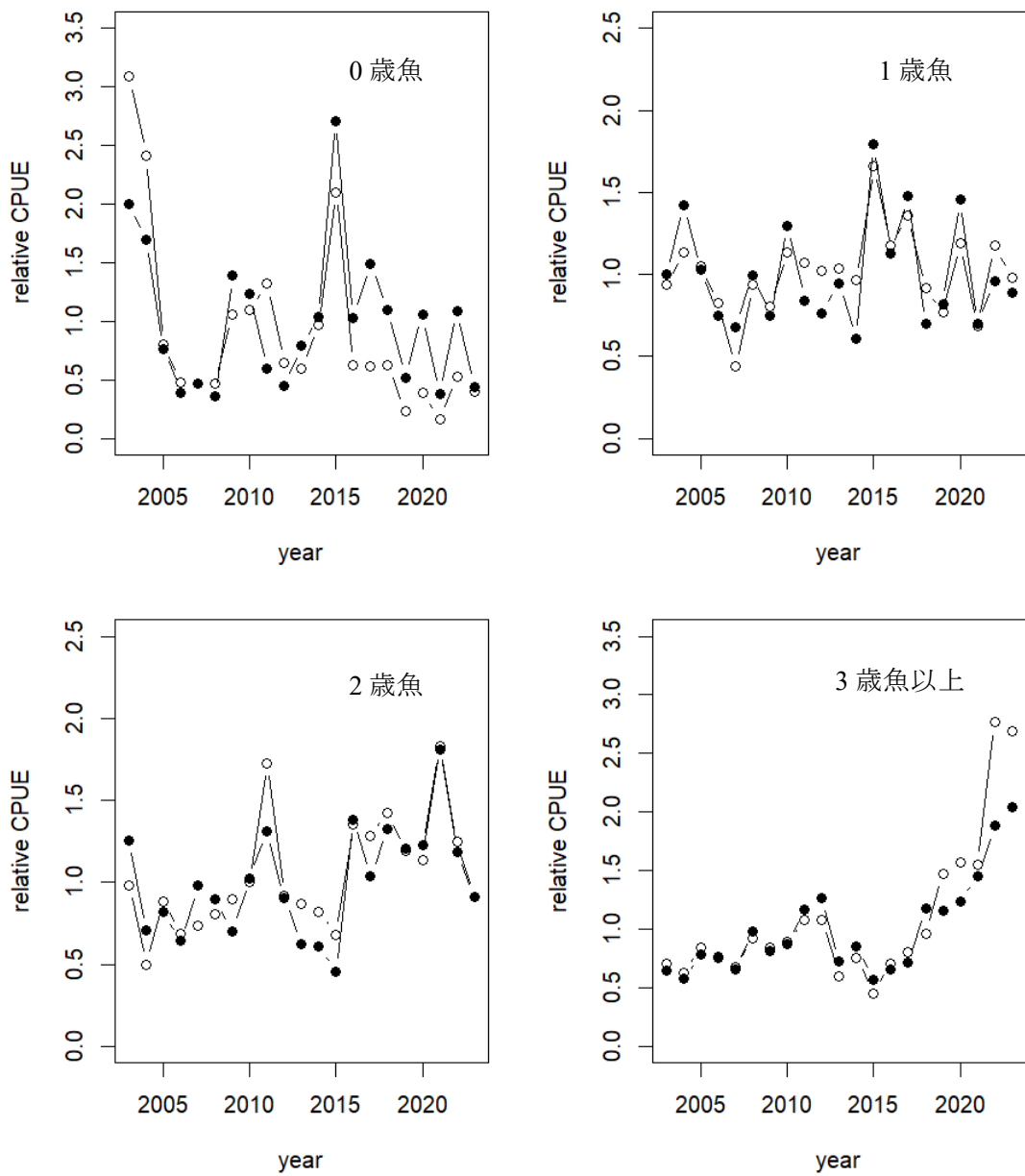
新規加入量調査における一曳網毎のマアジ漁獲尾数（CPUE）の標準化を行った。使用したデータは 2003 年以降、鳥取県・島根県・山口県・日水研・西水研（現在は資源研浮魚第 4 グループで担当）で、年によって参画機関は異なる。

CPUE の標準化には GLM（一般化線形モデル）用い、誤差分布には負の二項分布を用いた。CPUE を予測する説明変数として、年・海域（鳥取県沖・隠岐島周辺・島根県沖・対馬・五島）・昼夜差・調査機関の主効果および交互作用とし、すべてカテゴリカル変数として扱った。フルモデルを作成し、ベイズ情報量基準（BIC）を基準としてモデル選択を行った。この結果、年と昼夜差が説明変数として選ばれた。

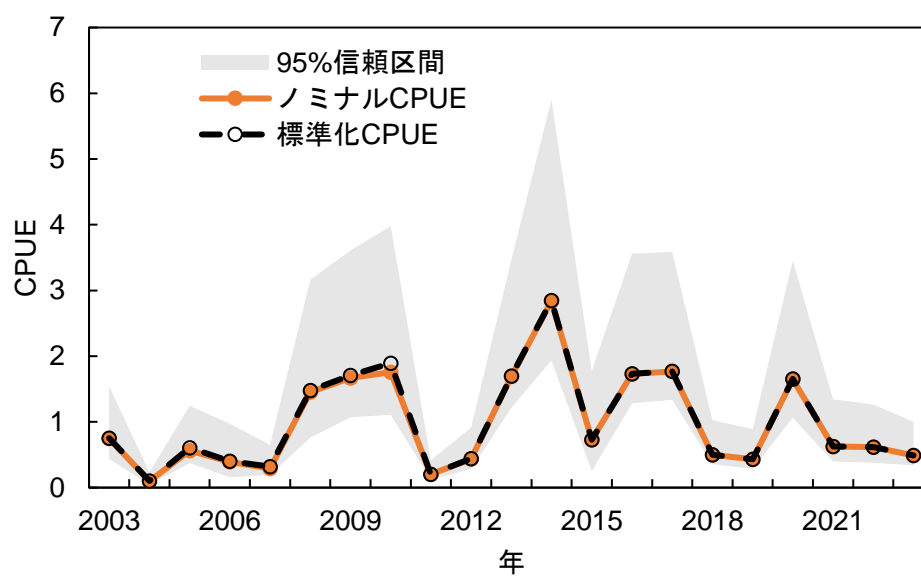
$$E[\text{Catch}_{ij}] = \exp(\text{Intercept} + \text{Year}_i + \text{SS}_j)$$

Catch は曳網毎の漁獲尾数、Intercept は切片、Year<sub>i</sub> は i 年、SS<sub>j</sub> は昼夜差を表す。

選択されたモデルから各年のダミーデータを作成したうえで、データごとに推定値を算出し、各年で平均したものを標準化 CPUE とした。



補足図 5-1. 大中型まき網のノミナル CPUE (白丸) と標準化 CPUE (黒丸) の推移 それぞれの平均値で割り、規格化した。



補足図 5-2. 新規加入量調査のノミナル CPUE と標準化 CPUE および 95%信頼区間の推移  
それぞれの平均値で割り、規格化した。

## 補足資料 6 コホート解析結果の詳細（1973～2023 年）

年\年齢	漁獲尾数(百万尾)				漁獲重量(千トン)				漁獲係数 F			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	286	510	255	20	7	41	39	7	0.13	0.79	1.38	0.41
1974	677	841	187	23	17	68	29	8	0.25	1.08	1.24	0.37
1975	1,451	971	206	27	37	79	32	9	0.58	1.02	1.49	0.45
1976	222	798	212	17	6	65	33	6	0.16	1.17	1.03	0.31
1977	99	393	140	26	3	32	22	9	0.26	0.67	1.04	0.31
1978	41	94	190	29	1	8	29	10	0.03	0.60	1.33	0.40
1979	631	662	30	12	16	54	5	4	0.69	1.11	0.57	0.17
1980	43	181	129	17	1	15	20	6	0.05	0.63	1.06	0.32
1981	180	368	77	17	5	30	12	6	0.10	1.35	0.94	0.28
1982	428	931	55	19	11	76	8	6	0.17	1.95	1.22	0.37
1983	369	1,217	62	11	9	99	9	4	0.22	1.76	1.13	0.34
1984	1,716	684	131	15	43	56	20	5	0.51	1.32	1.91	0.57
1985	907	1,355	118	9	23	110	18	3	0.42	1.77	1.50	0.45
1986	324	553	126	10	8	45	19	3	0.19	0.73	1.40	0.42
1987	2,037	695	275	16	51	57	42	5	0.34	1.25	1.89	0.57
1988	1,136	2,223	125	13	29	181	19	5	0.62	1.19	1.32	0.40
1989	1,481	442	555	23	37	36	85	8	0.41	0.79	2.40	0.72
1990	1,441	1,535	163	14	36	125	25	5	0.38	1.79	1.28	0.39
1991	1,704	1,283	126	16	43	104	19	6	0.48	1.06	1.18	0.35
1992	1,042	1,147	367	25	26	93	57	9	0.24	1.08	1.99	0.60
1993	1,799	2,007	320	24	45	163	49	8	0.30	1.78	2.03	0.61
1994	1,897	2,458	161	12	48	200	25	4	0.52	1.37	1.10	0.33
1995	2,652	1,256	442	30	67	102	68	10	0.46	1.27	1.92	0.58
1996	820	1,946	222	22	21	158	34	8	0.20	1.19	1.37	0.41
1997	3,094	1,652	405	25	51	137	66	9	0.55	1.25	1.47	0.44
1998	1,218	2,020	286	31	46	154	43	10	0.41	1.41	1.25	0.37
1999	1,037	878	267	31	33	80	42	10	0.35	0.91	1.14	0.34
2000	891	1,106	298	47	27	90	43	18	0.37	1.26	1.66	0.50
2001	4,436	985	185	26	35	80	28	9	0.90	1.51	1.21	0.36
2002	2,131	1,182	130	29	38	95	21	9	0.60	1.02	1.48	0.44
2003	2,301	878	320	20	76	72	49	7	0.43	0.80	1.51	0.45
2004	1,205	1,809	260	18	45	132	35	6	0.32	1.14	0.92	0.27
2005	526	1,297	327	36	11	112	49	12	0.17	1.07	1.01	0.30

## 補足資料 6 (続き)

年\年齢	漁獲尾数(百万尾)				漁獲重量(千トン)				漁獲係数 F			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
2006	480	1,038	218	35	14	86	35	12	0.17	0.86	0.77	0.23
2007	353	1,109	248	40	11	82	37	14	0.15	1.08	0.78	0.23
2008	1,284	913	179	44	23	83	29	15	0.44	1.16	0.75	0.22
2009	1,533	1,077	156	51	29	82	27	20	0.46	1.37	0.97	0.29
2010	1,805	974	125	34	30	85	21	12	0.53	0.92	0.85	0.26
2011	1,009	953	266	36	29	73	42	13	0.42	0.91	1.12	0.33
2012	403	752	251	34	13	64	37	12	0.20	0.99	1.01	0.30
2013	1,034	758	156	32	28	71	26	11	0.42	1.09	0.86	0.26
2014	1,856	873	150	36	38	70	24	12	0.38	1.19	1.05	0.32
2015	451	1,911	148	28	17	124	23	11	0.18	1.40	1.03	0.31
2016	480	823	247	27	13	69	37	9	0.15	0.90	1.08	0.33
2017	240	1,172	220	30	6	89	34	11	0.08	1.01	1.01	0.30
2018	194	1,124	226	27	6	73	36	10	0.08	0.94	0.81	0.24
2019	286	760	252	38	6	61	40	14	0.10	0.72	0.86	0.26
2020	175	841	223	36	4	73	36	13	0.08	0.64	0.71	0.21
2021	206	685	261	37	4	60	45	14	0.10	0.74	0.62	0.19
2022	143	741	182	53	6	64	32	19	0.07	0.87	0.66	0.20
2023	97	652	150	45	3	65	26	16	0.08	0.71	0.64	0.19

## 補足資料 6 (続き)

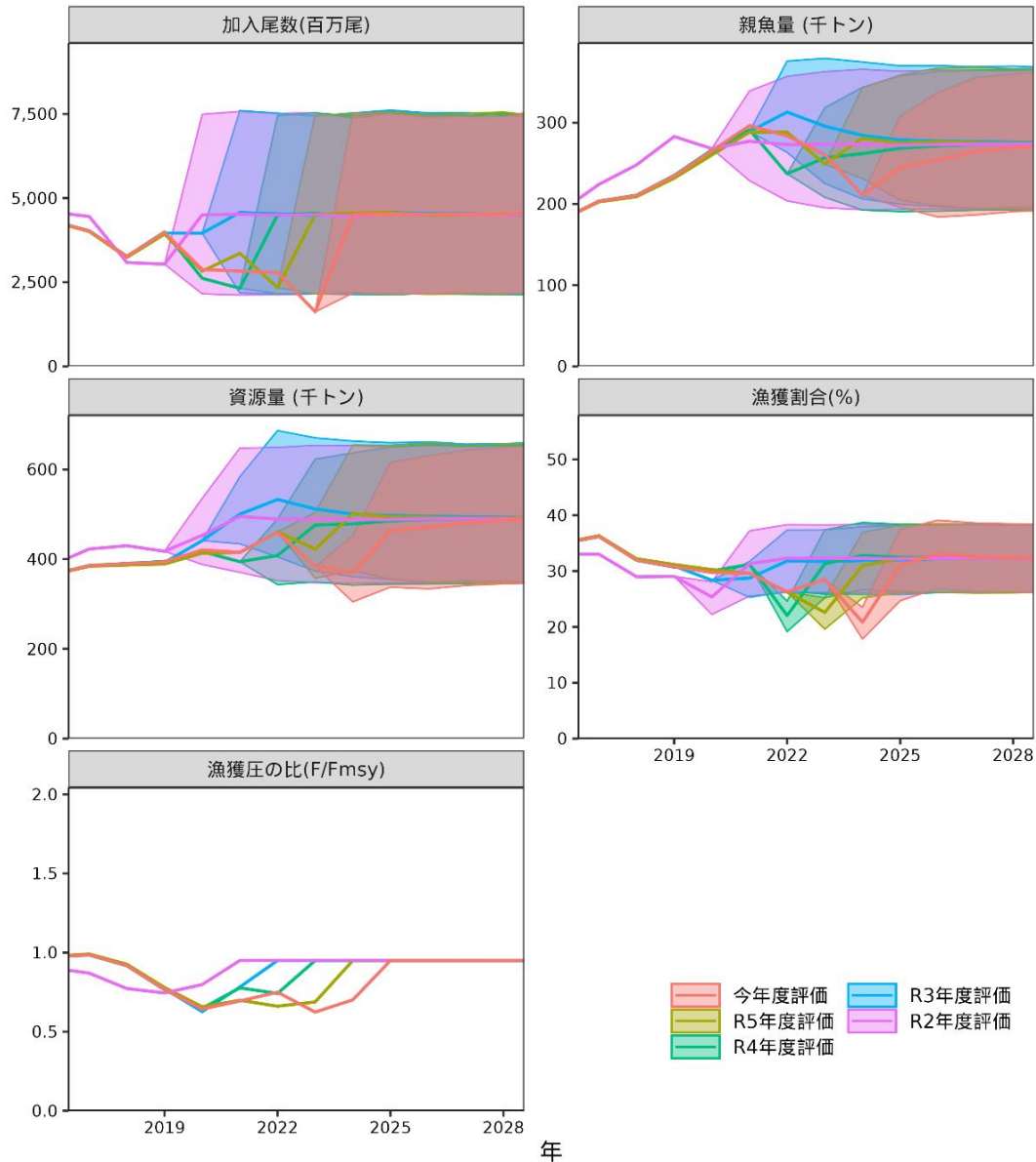
年\年齢	平均体重(g)				資源尾数(百万尾)				資源重量(千トン)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	25	81	154	345	2,913	1,152	411	75	74	94	63	26
1974	25	81	154	345	3,900	1,547	318	93	99	126	49	32
1975	25	81	154	345	4,113	1,849	318	95	104	150	49	33
1976	25	81	154	345	1,927	1,402	403	80	49	114	62	28
1977	25	81	154	345	553	999	264	123	14	81	41	43
1978	25	81	154	345	2,034	260	311	111	51	21	48	38
1979	25	81	154	345	1,570	1,202	87	95	40	98	13	33
1980	25	81	154	345	1,043	480	241	78	26	39	37	27
1981	25	81	154	345	2,338	599	155	85	59	49	24	29
1982	25	81	154	345	3,414	1,280	94	76	86	104	15	26
1983	25	81	154	345	2,320	1,744	111	49	59	142	17	17
1984	25	81	154	345	5,334	1,126	181	43	135	92	28	15
1985	25	81	154	345	3,299	1,940	183	31	83	158	28	11
1986	25	81	154	345	2,354	1,314	201	37	59	107	31	13
1987	25	81	154	345	8,920	1,180	384	45	225	96	59	15
1988	25	81	154	345	3,045	3,862	206	51	77	314	32	17
1989	25	81	154	345	5,451	994	709	54	138	81	109	19
1990	25	81	154	345	5,739	2,184	273	55	145	178	42	19
1991	25	81	154	345	5,601	2,387	221	69	142	194	34	24
1992	25	81	154	345	6,035	2,109	500	70	153	172	77	24
1993	25	81	154	345	8,799	2,865	433	65	222	233	67	22
1994	25	81	154	345	5,838	3,967	294	56	148	323	45	19
1995	25	81	154	345	8,908	2,109	612	84	225	172	94	29
1996	25	81	154	345	5,643	3,398	359	83	143	276	55	29
1997	16	83	164	369	9,140	2,796	630	89	150	231	103	33
1998	38	76	149	343	4,485	3,212	485	123	168	246	72	42
1999	31	91	156	328	4,369	1,797	476	136	137	163	74	44
2000	31	82	143	376	3,610	1,863	438	150	110	152	63	57
2001	8	81	154	345	9,149	1,513	319	106	73	122	49	36
2002	18	80	158	300	5,863	2,252	202	102	106	180	32	31
2003	33	82	154	328	8,196	1,954	492	68	271	161	76	22
2004	38	73	133	348	5,463	3,229	530	92	205	236	71	32
2005	21	87	151	337	4,300	2,397	626	171	88	208	95	58
2006	28	83	159	344	3,975	2,205	497	214	112	183	79	74
2007	31	74	149	342	3,111	2,044	565	242	97	151	84	83

## 補足資料 6 (続き)

年\年齢	平均体重(g)				資源尾数(百万尾)				資源重量(千トン)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
2008	18	91	162	342	4,465	1,617	421	274	79	147	68	94
2009	19	76	173	386	5,182	1,736	309	254	99	132	54	98
2010	16	88	166	370	5,476	1,984	267	187	90	174	44	69
2011	29	76	158	372	3,674	1,960	480	157	106	149	76	58
2012	32	85	148	365	2,791	1,464	481	163	88	125	71	60
2013	27	94	164	342	3,796	1,385	331	179	102	130	54	61
2014	20	81	162	332	7,341	1,518	281	169	150	122	46	56
2015	37	65	158	384	3,379	3,044	280	134	124	198	44	52
2016	26	84	150	344	4,324	1,704	453	120	114	142	68	41
2017	24	76	154	362	4,024	2,255	422	146	97	172	65	53
2018	33	65	157	371	3,265	2,256	500	159	106	146	79	59
2019	21	81	160	359	3,981	1,831	534	210	86	148	85	75
2020	21	86	163	350	2,876	2,195	542	235	61	189	88	82
2021	17	88	174	376	2,831	1,610	700	277	48	141	122	104
2022	39	87	173	368	2,787	1,559	465	368	108	136	81	135
2023	27	100	172	348	1,621	1,580	394	328	44	158	68	114

補足資料 7 過年度評価結果との比較

本年度の評価結果を過去の評価結果と比較した。(補足図 7-1、補足表 7-1、7-2、7-3)。昨年(2023年)度の評価結果と比べると、2023年は1歳魚の漁獲が比較的多かったため、2022年級群の加入量がやや上方修正された。一方、2歳魚の漁獲が少なかったことから、さかのぼって2021年級群の加入量が下方修正された。本年度評価で推定された2020~2022年の資源量、親魚量に大きな変化は見られなかった。



補足図 7-1. 評価年度別の加入量、親魚量、資源量、漁獲割合、漁獲圧の比の比較

加入量、親魚量、資源量、漁獲割合、漁獲圧の比の推定結果および漁獲管理規則に基づく将来予測結果を示す。太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の90%が含まれる予測区間を示す。



補足表 7-1. 各年の評価年度別の親魚量（千トン）

評価年度 / 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
2021 年度	264			
2022 年度	266	291		
2023 年度	260	288	288	
2024 年度	265	296	284	261

補足表 7-2. 各年の評価年度別の資源量（千トン）

評価年度 / 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
2021 年度	441			
2022 年度	417	394		
2023 年度	413	415	461	
2024 年度	421	415	460	384

補足表 7-3. 各年の評価年度別の加入量（百万尾）

評価年度 / 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
2021 年度	3,956			
2022 年度	2,618	2,318		
2023 年度	2,830	3,357	2,339	
2024 年度	2,876	2,831	2,787	1,621