FRA-SA2022-AC-08

令和４（2022）年度ゴマサバ東シナ海系群の資源評価

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
水産技術研究所　環境・応用部門
参画機関：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

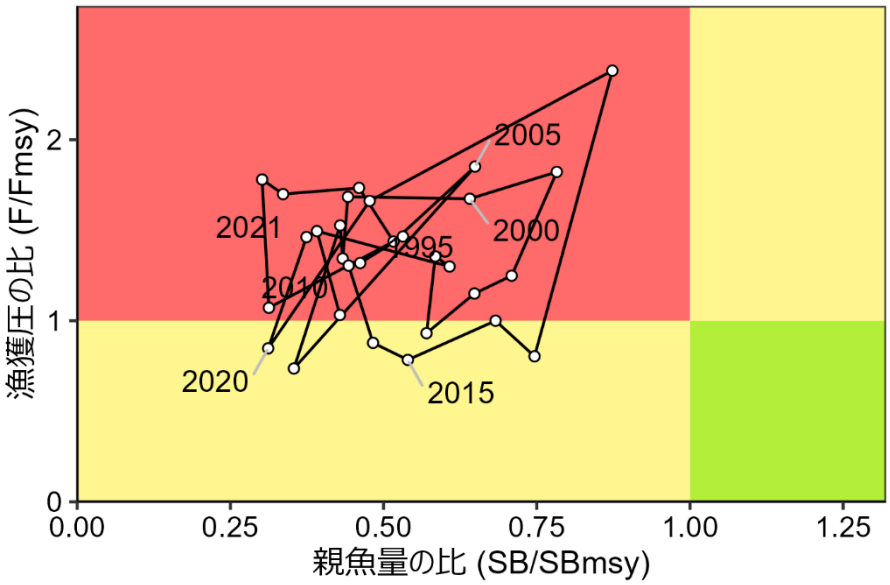
要　　約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析によって計算した。本系群の資源量は 1992 年以来、概ね 10 万～20 万トンの範囲で増減していたが、2018 年の 20.8 万トンから 2019 年に 9.6 万トンに急減した。2020 年は 9.3 万トンであったが、2021 年は 13.4 万トンとやや増加した。親魚量も過去最高だった 2018 年の 9.5 万トンから 2019 年に 5.2 万トンに急減した後、2020 年は 3.4 万トンとさらに減少したが、2021 年は 4.1 万トンとやや増加した。

令和 2 年 2 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 5 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、および漁獲管理規則が定められた。目標管理基準値は最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（10.9 万トン）であり、本系群の 2021 年の親魚量はこれを下回る。また、本系群の 2021 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を上回った。親魚量の動向は近年 5 年間（2017～2021 年）の推移から「減少」と判断された。2023 年の親魚量および資源量の予測値と、漁獲管理規則に基づき算出された 2023 年の ABC は 3.0 万トンである。

本系群は韓国、中国等によっても漁獲されており、本資源評価では韓国の漁獲の影響は考慮している。しかし、特に東シナ海において操業する中国漁船は当該資源に大きな影響を与えていると想定されるものの、中国の影響は考慮できていない。

要　約　図　表



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	109 千トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
2021 年の親魚量の動向	減少
最大持続生産量（MSY）	76 千トン
2023 年の ABC	30 千トン

コメント：

・ ABC の算定には、令和 2 年 2 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での漁獲管理規則を用いた。

・調整係数 β は、0.95 が用いられる。

・数字はいずれも暦年の数字である。

・ABC は日本と韓国を合わせた値。

・2023 年漁期での ABC は 30 千トンである（漁期は 7 月～翌年 6 月）。

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、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 （%）
2017	168	81	44	0.80	26
2018	208	95	117	2.38	56
2019	96	52	43	1.66	45
2020	93	34	24	0.85	25
2021	134	41	53	1.46	40
2022	122	47	50	1.49	41
2023	114	45	30	0.80	26

・年は暦年（1～12 月）。
・2022 年、2023 年の値は将来予測に基づく平均値である。
・2023 年の漁獲には ABC の値を用いた。
・漁獲量は日本と韓国の合計値。

1. データセット

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（福岡～鹿児島（5）府県） 九州主要港入り数別水揚量（水研） 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（水研、福岡～鹿児島（5）府県）：市場測定 水産統計（韓国海洋水産部）（http://www.fips.go.kr、2022 年 3 月）
資源量指数	大中型まき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）* 枕崎港中型まき網銘柄別水揚量（鹿児島県）* 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」（2～6 月、水研、長崎県、鹿児島県）：ニューストンネット 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、水研）：計量魚探、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、水研）：着底トロール
自然死亡係数（M）	年当たり M＝0.4 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。
本系群の年齢の起算日は 1 月 1 日とした。

2. 生態

（1）分布・回遊

ゴマサバはマサバに比べて高温（南方）域に分布する（Collette and Nauen 1983、山田ほか 2007、図 2-1）。東シナ海のゴマサバは魚釣島からクチミノセに亘る海域で 1～4 月に産卵し、その後成長した個体は東シナ海南部海域から九州西岸域に現れ、一部は日本海にまで到達する。また、薩南海域では 1～5 月に産卵が行われ、春期には幼魚が九州西岸域～太平洋岸域に出現する。春夏には索餌のために北上回遊し、秋冬には越冬・産卵のため南下回遊する（辻田・近藤 1957、Tanoue 1966）。

（2）年齢・成長

詳細な成長様式は不明であるが、本報告では 1 歳で尾叉長 28 cm、2 歳で 32 cm、3 歳で 36 cm、4 歳で 38 cm、5 歳で 39 cm まで成長するとした（図 2-2）。寿命は 6 歳程度と考えられる。

（3）成熟・産卵

産卵は 1～4 月には東シナ海中・南部から九州南部沿岸、5 月には東シナ海中部から九州西岸で行われる（Yukami et al. 2009、Sassa and Tsukamoto 2010）。正確な成熟年齢は不明であるが、本報告ではマサバでの研究結果（Shiraishi et al. 2008）からの類推と生物測定結果から、1 歳で 60%、2 歳で 85%、3 歳以上で 100%の個体が成熟すると仮定した（図 2-3）。

（4）被捕食関係

仔魚期には橈脚類や尾虫類、幼稚魚期にはイワシ類などの仔稚魚、成魚期には浮遊性甲殻類や小型魚類を主に捕食する（辻田・近藤 1957、Sassa et al. 2008）。幼稚魚は魚食性魚類に捕食されると考えられる（Tanoue 1966）。

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

ゴマサバのほとんどは、大中型まき網漁業および中・小型まき網漁業で漁獲される。主漁場は東シナ海から九州南部沿岸域である。

（2）漁獲量の推移

マサバとゴマサバは漁獲統計上区別されず、さば類として一括されることが多いので、本報告では統計資料から独自の方法で算定した漁獲量を使用した（補足資料 2-補注 1、表 3-1）。東シナ海と日本海における我が国のゴマサバ漁獲量は、年変動はあるものの、1970 年代以降およそ 50 千トン前後で推移していた（図 3-1、表 3-1、3-2）。近年では 2011 年の 4.9 万トンをピークに減少傾向にあり、2018 年にやや増加したものの、2019 年以降減少し、2021 年は 2.4 万トンと低かった。

韓国のゴマサバ漁獲量は、1973 年以降、3 千～2 万トンの範囲で変動していたが、2018 年に 7.4 万トンに急増した（表 3-2、韓国のさば類漁獲量におけるマサバとゴマサバの割合については補足資料 2-補注 1）。その後急減し、2020 年の漁獲量は 5 千トンと少なかったが、2021 年は 2.9 万トンに増加した。中国のさば類漁獲量は 2010 年以降、50 万トン前後に増加したが、2020 年は 39 万トンであった（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2020（Release date: June 2022, http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en、2022 年 6 月）。ただし、中国におけるマサバとゴマサバの魚種別漁獲量は不明である。

2021 年も例年通り、0 歳魚と 1 歳魚が主に漁獲された（図 3-2、補足資料 5）

（3）漁獲努力量

東シナ海・日本海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。2021 年の網数（4,294 網）は 2020 年の過去最少に近かった。これは長期的な操業隻数の減少に加え、秋を中心にマイワシ、マサバなどを対象とした太平洋での操業へシフトしていることが主な理由である。

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併せて年齢別・年別漁獲尾数による資源解析を行った（補足資料 1 および補足資料 2-（1））。計算は 1992～2021 年の日本と韓国の年齢別漁獲尾数に基づき、2003 年以降の大中型まき網の年齢別資源量指標値および枕崎港に水揚げする中型まき網の資源量指標値の変動と、それぞれの指標値に対応する資源量の変動が合うように F を推定した。ただし、直近年の F に顕著な過大推定の

傾向があるため、F の大きさに応じてペナルティを課す推定方法（リッジ VPA; Okamura et al. 2017）を平成 29 年度資源評価より採用している（補足資料 2）。本資源評価では韓国の漁獲量は考慮したものの、中国の漁獲量は、マサバとゴマサバが魚種別に計上されていないことや、直近（2021）年の値が得られないことなどから使用していない。

本資源評価に関連して、新規加入量（0 歳魚）を主対象とした調査を複数実施しており、2021 年には、2～6 月にニューストンネットを用いた新規加入量調査、5～6 月に着底トロール網による資源量直接推定調査、8～9 月にトロール網と計量魚探による魚群分布調査を行った（補足資料 4）。ただし、現時点では信頼できるゴマサバの加入量指標値が得られていないため、これらの調査結果は定性的な参考情報として用いた。引き続き、データの蓄積を継続し、マサバ、ゴマサバの判別など調査・解析手法の改善に取り組む予定である。

（2）資源量指標値の推移

コホート解析には、2003 年以降の年齢毎の資源変動をより詳細に表す指標値として、東シナ海・日本海で操業する大中型まき網の銘柄別漁獲量から年齢別の資源量指標値を用いた（図 4-1、補足資料 2-補注 3）。2021 年の年齢別指標値は、1 歳魚および 3 歳魚では過去 17 年間と比べて低く、過去最低に近い水準であったが、0 歳魚と 2 歳魚は平年並みだった。また、九州南部沿岸域での資源変動を表す指標として、枕崎港に水揚げする中型まき網の銘柄別漁獲量と入港隻数から資源量指標値を算定し、コホート解析に用いた（図 4-1、補足資料 2-補注 3）。平成 30 年度資源評価より、年級豊度をより精確に評価するために、銘柄を出来る限り細かく年齢群に変換し、豆銘柄と小銘柄を 0～1 歳、中銘柄（中小を含む）と大銘柄を 2 歳以上の指標とした。2021 年の資源量指標値は 0～1 歳は平年並みであったが、2 歳以で過去 17 年間と比べて低かった。

（3）資源量と漁獲圧の推移

コホート解析により求めた本系群の資源量は、1992～2017 年まで 9.4 万～23.8 万トンの範囲で推移し、2018 年は 20.8 万トンであったが、2019 年に 9.6 万トンまで急減し、2020 年の資源量は 9.3 万トンであった（図 4-2、表 4-1）。2021 年の資源量は 13.4 万トンに増加した。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は 2015 年までは 3.3 万～8.5 万トンの間で増減を繰り返した（図 4-2、表 4-1）。その後親魚量は連続的に増加し、2018 年には 9.5 万トンと過去最高水準に達したが、2019 年に 5.2 万トンに急減した後、2020 年は 3.4 万トンと過去最低水準となり、2021 年は 4.1 万トンであった。昨年度評価と比較すると、2020 年以前の推定値に大きな違いはなかった（補足資料 8）。

資源の年齢組成に顕著な変化はなく、資源重量の面からも本資源は 0 歳と 1 歳が主体である（図 4-3、図 4-4）。

加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）は、1992 年以降において概ね 2 億～4 億尾で変動していたが、2019 年に 1.2 億尾に急減した。2020 年の加入量は 1.8 億尾、2021 年は 3.1 億尾に増加した（図 4-5、表 4-1）。2021 年の再生産成功率は高いと推定された。加入量（再生産成功率）の変動には、水温などの海洋環境が関わっていると考えられ、本資源では冬季（1 月）の東シナ海中部の水温が高いほど加入量が多い傾向にあるとの分析結果がある（黒田ほか 2019a）。しかし、2021 年 1 月の東シナ海中部の水温は平年並みであったが、2021 年の再

生産成功率は高かった。水温との関係では加入量が説明できない年もあり、本資源の加入量変動のメカニズムについては不明な点が多い。

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（0.4）に対して 0.3 および 0.5 として資源評価を行った。2021 年の資源量、親魚量は M の上昇とともに多くなり、M が 0.1 変化すると、各推定値に対して 15%前後の影響があった（図 4-6）。

各年齢の漁獲係数 F は全ての年齢で 2018 年に急増した（図 4-7）。その後、F は減少したが、2021 年の F はやや高い水準だった。

漁獲割合は 2013 年までは 40%前後の値で推移し、その後継続的に 40%を下回っていたが、2018 年に 56%に増加した（図 4-8、表 4-1）。2020 年に 25%に減少したが、2021 年は 40%だった。

（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 4-9 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。%SPR は増減を繰り返しながら推移し、2000 年代後半からは増加傾向にあったものの、2018 年に急減した。その後再び増加し、2021 年の値は 17%であった。現状の漁獲圧は、直近 2021 年の F 値とし、近年 3 年間（2019～2021 年）の平均体重を用いて%SPR に換算すると 17%であった。

現状の漁獲圧に対する YPR と%SPR の関係を図 4-10 に示す。このとき F の選択率としては平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F（Fmsy）の推定に用いた値（林ほか 2019）を用いた。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy 算出時の値を使用した。Fmsy は%SPR に換算すると 26%に相当する。現状の漁獲圧（F2021）は Fmsy、F20%SPR を上回った。

（5）再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 4-11 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」により、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック（HS）型関係式を用いることが提案された（林ほか 2019）。再生産式の各パラメータは補足表 3-1 に示す。ここで、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、平成 30（2018）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。

（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

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定した現在（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 MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を補足表 3-2 に示す（林ほか 2019）。令和 2 年 2 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 5 月に開催された「水産政策審議会」を経て、この MSY（7.6 万トン）を実現する親魚量（SBmsy：10.9 万トン）を目標管理基準値とする資源

管理目標が定められた。また、MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（5.1 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が禁漁水準（0.8 万トン）とされた。平衡状態における平均親魚量と年齢別漁獲重量との関係（林ほか 2019）を図 4-12 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 歳魚がほとんどを占めているが、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 を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-13 に示す。また、2021 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 2021 年の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy すなわち目標管理基準値）、および MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy すなわち限界管理基準値）を下回る。2021 年の親魚量は SBmsy の 0.37 倍である。また、2021 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を上回っており、Fmsy の 1.46 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、近年 5 年間（2017～2021 年）の推移から減少と判断される。

5. 将来予測

（1）将来予測の設定

資源評価で推定した 2021 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2022～2050 年までの将来予測計算を行った（補足資料 2）。将来予測には加入量の不確実性を考慮した。将来予測における加入量は、各年の親魚量から再生産関係式を用いて予測した。加入量の不確実性は、その予測値に対数正規分布に従う誤差を与えることで考慮した。無作為抽出した誤差を与える計算を 10,000 回行い、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。2022 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2021）から仮定した。2023 年以降の漁獲圧には、「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おける漁獲管理規則を用いた。各年に予測される親魚量をもとに漁獲管理規則で定められる漁獲圧と、各年に予測される資源量から、漁獲量を算出した。なお、以下の計算は暦年に基づくものである（漁期年に基づく計算は補足資料 6 を参照のこと）。

（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のっとっ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 Fmsy に調整係数 β 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は禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する規則である。本系群の調整係数 β は 0.95 が用いられる。

（3）2023 年の予測値と ABC の算定

本系群の漁獲管理規則から算定される 2023 年の予測漁獲量である 3.0 万トンを ABC として提示する。2023 年に予測される親魚量は、繰り返し計算の 17%で限界管理基準値を上

回るものの、残りの 83%では下回り、平均 4.5 万トンと見込まれた。限界管理基準値を下回る場合、2023 年の漁獲圧は β Fmsy に親魚量に応じた係数 γ(SBt) を乗じて算出された。ここで γ(SBt) は「令和 4（2022）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」における 1 系資源の管理規則に基づき、下式により計算された。すべての繰り返し計算から得られた 2023 年の平均親魚量 4.5 万トンにもとづき、γ(SBt)は 0.86 と算出された。

$$\frac{\mathrm{SB_t} - \mathrm{SB_{ban}}}{\mathrm{SB_{limit}} - \mathrm{SB_{ban}}}$$

（4）2024 年以降の予測

2024 年以降も含めた将来予測の結果を図 5-2、表 5-1、5-2 に示す。漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合、2030 年の親魚量の予測値は 10.6 万トン（90%予測区間は 6.6 万～14.9 万トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は 45%、限界管理基準値を上回る確率は 99%である。

参考情報として、2023 年以降に異なる β を使用した場合、および 2023 年以降に現状の漁獲圧（F2021）を継続した場合の将来予測結果についても示す。2030 年の親魚量の予測値は、β を 1.0 とした場合は平均 9.9 万トン（90%予測区間は 5.8 万～14.1 万トン）、β を 0.9 とした場合は平均 11.4 万トン（90%予測区間は 7.4 万～15.7 万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率はそれぞれ 33%と 57%、限界管理基準値を上回る確率はそれぞれ 98%と 100％である。一方、2023 年以降、現状の漁獲圧を継続した場合の 2030 年の親魚量の予測値は 2.5 万トン（90%予測区間は 1.0 万～5.0 万トン）であり目標管理基準値を上回る確率は 0%、限界管理基準値を上回る確率は 5%である。

漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標理基準値を 50%以上の確率で上回る年は、2031 年と予測された。限界管理基準値を 50%以上の確率で上回る年は、2024 年と予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（β=0）、親魚量が目標管理基準値を 50%以上の確率で上回るのは 2025 年になると予測された。

6. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1992～2018 年まで、9.4 万～23.8 万トンの範囲で増減していた。2019 年に前年の 20.8 万トンから 9.6 万トンに急減し、2020 年も 9.3 万トンまで減少したが、2021 年は 13.4 万トンに増加した。（図 4-2、表 4-1）。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は 2015 年以降連続的に増加し、2018 年には 9.5 万トンの過去最高値となったが、2019 年に 5.2 万トン、2020 年に 3.4 万トンに減少した後、2021 年は 4.1 万トンであった（図 4-2、表 4-1）。2021 年の親魚量は限界管理基準値および MSY を実現する目標管理基準値を下回っている。親魚量の動向は近年 5 年間（2017～2021 年）の推移から「減少」と判断された。漁獲圧は 1992～2013 年にはほとんどの年で MSY を実現する水準よりも高かったが、2014～2017 年には MSY を実現する水準前後で推移するようになった。その後、2020 年を除き、2018 年以降の漁獲圧は MSY を実現する水準を上回った。加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）は、1992 年以降において概ね 2 億～4 億尾で変動していたが、2019 年に 1.2 億尾に急減した後、2020 年は 1.8 億尾、2021 年は 3.1 億尾に増加した（図 4-5、表 4-1）。

7. その他

本資源評価では、レトロスペクティブバイアスへの対応が資源評価結果に不確実性をもたらす可能性がある（補足資料 7）。このような不確実性を認識したうえで、適切な資源管理を考える必要がある。

本系群の資源評価結果に不確実性をもたらすその他の要因として、中国漁船による漁獲を考慮していない点が挙げられる（黒田ほか 2019b）。また本系群に対する中国と韓国の管理措置には不明な点が多く、両国の漁業管理を将来予測の漁獲シナリオに反映させることは難しい。日本においては、現在はマサバとゴマサバをまとめた「さば類」として TAC 管理を行っているため、種別の漁獲管理規則には実行上の課題がある。上記の不確実性は、本報告書の将来予測では考慮されていないことに注意を要する。

8. 引用文献

Collette, B.B. and C.E. Nauen (1983) FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the World. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop., **125**, 1-137.

林　晃・安田十也・黒田啓行 (2019) 平成 31 (2019) 年度ゴマサバ東シナ海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_gomasaba_e.pdf (last accessed 11 November 2019).

黒田啓行・依田真里・林　晃・竹垣草世香・佐々千由紀・髙橋素光 (2019a) 平成 30 (2018) 年度ゴマサバ東シナ海の資源評価. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊，209-247，http://abchan.fra.go.jp/.

黒田啓行・北島　聡・後藤常夫・佐々千由紀・田中秀一・平松一彦・向草世香・安田十也・山田明徳・山田東也・由上龍嗣・依田真里 (2019b) マサバ対馬暖流系群の生態と資源, 水産海洋研究, **84**, 237-251.

Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., **74**, 2424-2436.

Sassa, C., Y. Tsukamoto and Y. Konishi (2008) Diet composition and feeding habits of *Trachurus japonicus* and *Scomber* spp. larvae in the shelf break region of the East China Sea. Bull. Mar. Sci., **82**, 137-153.

Sassa, C. and Y. Tsukamoto (2010) Distribution and growth of *Scomber japonicus* and *S. australasicus* larvae in the southern East China Sea in response to oceanographic conditions. Mar. Ecol. Prog. Ser., **419**, 185-199.

Shiraishi, T., K. Okamoto, M. Yoneda, T. Sakai, S. Ohshimo, S. Onoe, A. Yamaguchi and M. Matsuyama (2008) Age validation, growth and annual reproductive cycle of chub mackerel *Scomber japonicus* off the waters of northern Kyushu and in the East China Sea. Fish. Sci., **74**, 947-954.

Tanoue, T. (1966) Studies on the seasonal migration and reproduction of the spotted mackerel, *Pneumatophorus tapeinocephalus* (BLEEKER). Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ., **15**, 91-175.

辻田時美・近藤正人 (1957) 東支那海のサバの生態と漁場の海洋学的研究(1). 西水研研報, **14**, 7-47.

山田梅芳・堀川博史・中坊徹次・時村宗春 (2007) ゴマサバ. 東シナ海・黄海の魚類誌, 東海大学出版会, 神奈川, 979-983.

Yukami, R., S. Ohshimo, M. Yoda and Y. Hiyama (2009) Estimation of the spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch statistics and biometric data. Fish. Sci., **75**, 167-174.

（執筆者：向草世香、黒田啓行、依田真里、日野晴彦、髙橋素光、佐々千由紀、国松翔太）

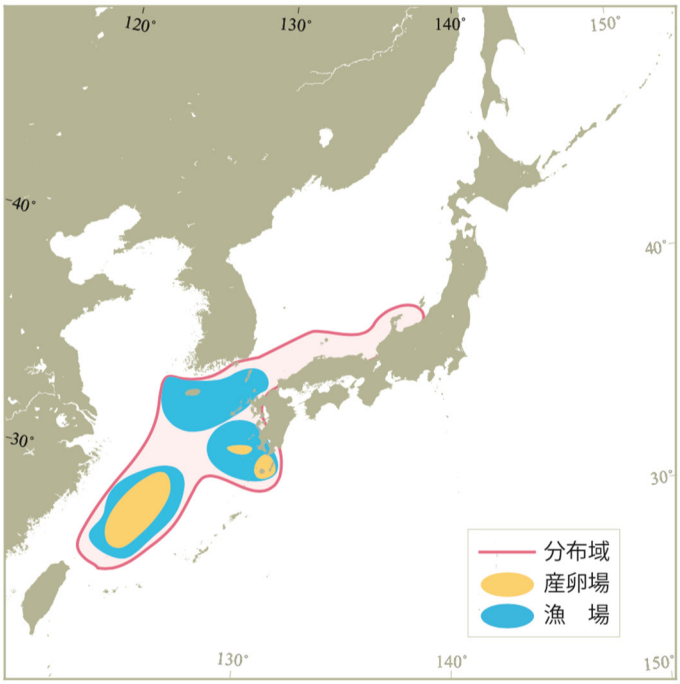


図 2-1.　ゴマサバ東シナ海系群の分布域と産卵場および漁場形成模式図

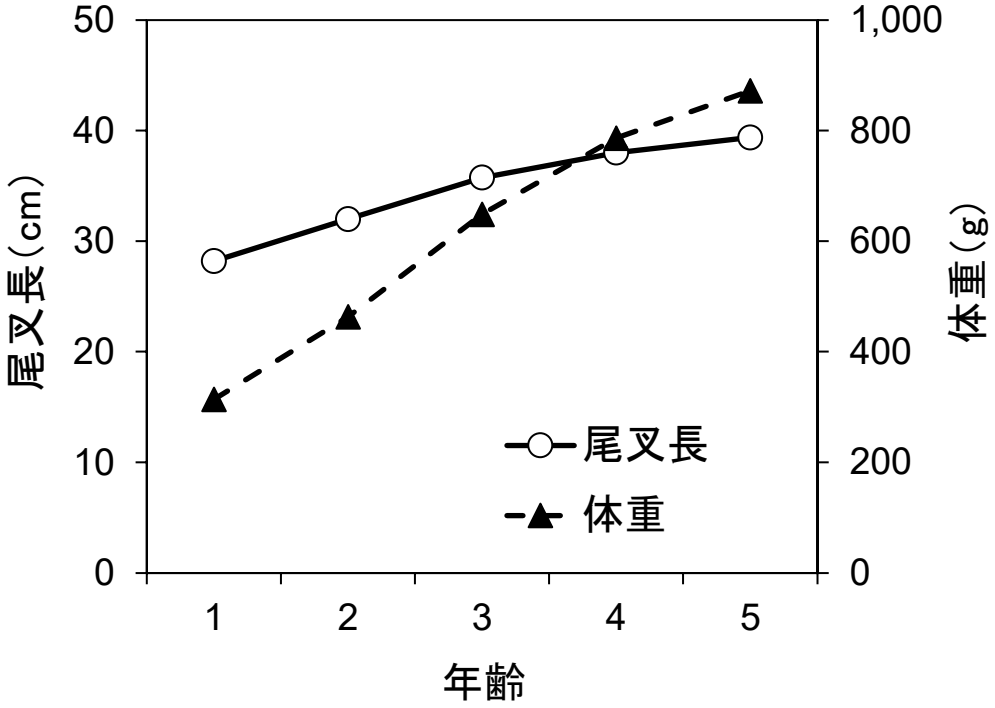


図 2-2.　年齢と成長

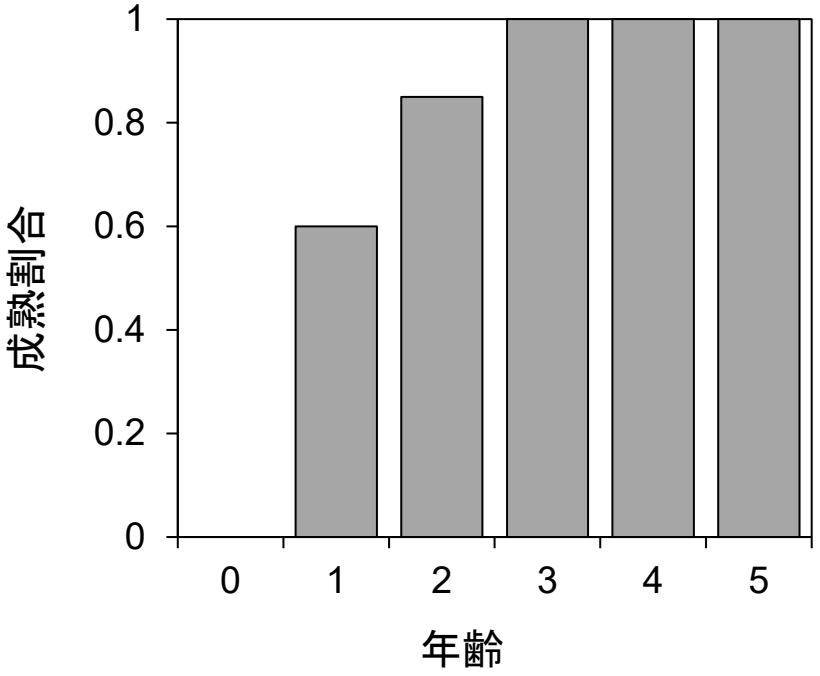


図 2-3.　年齢と成熟割合

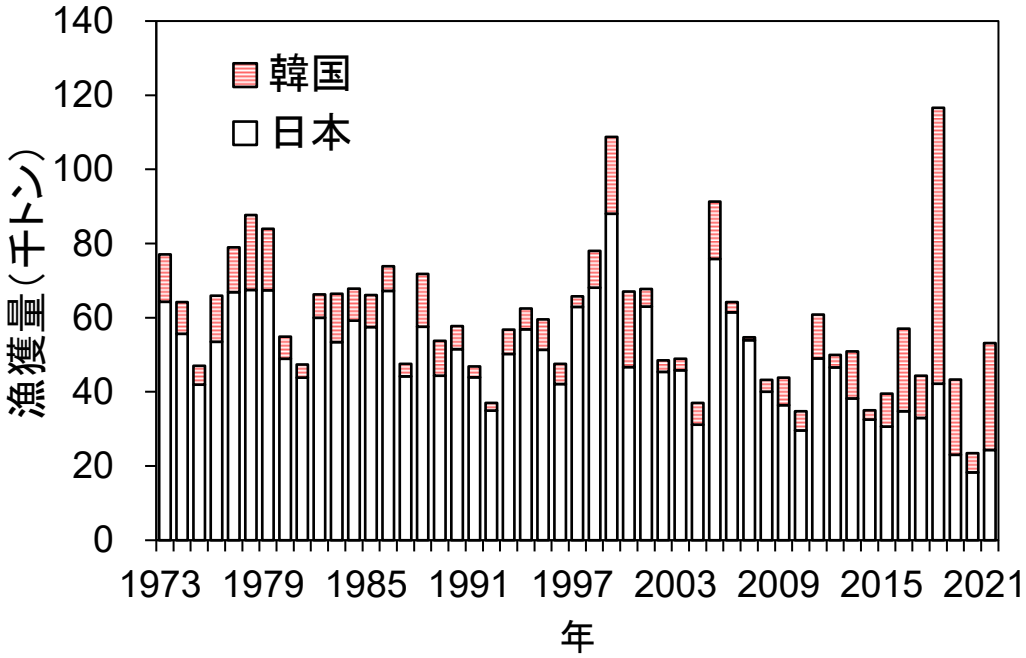


図 3-1.　漁獲量の推移

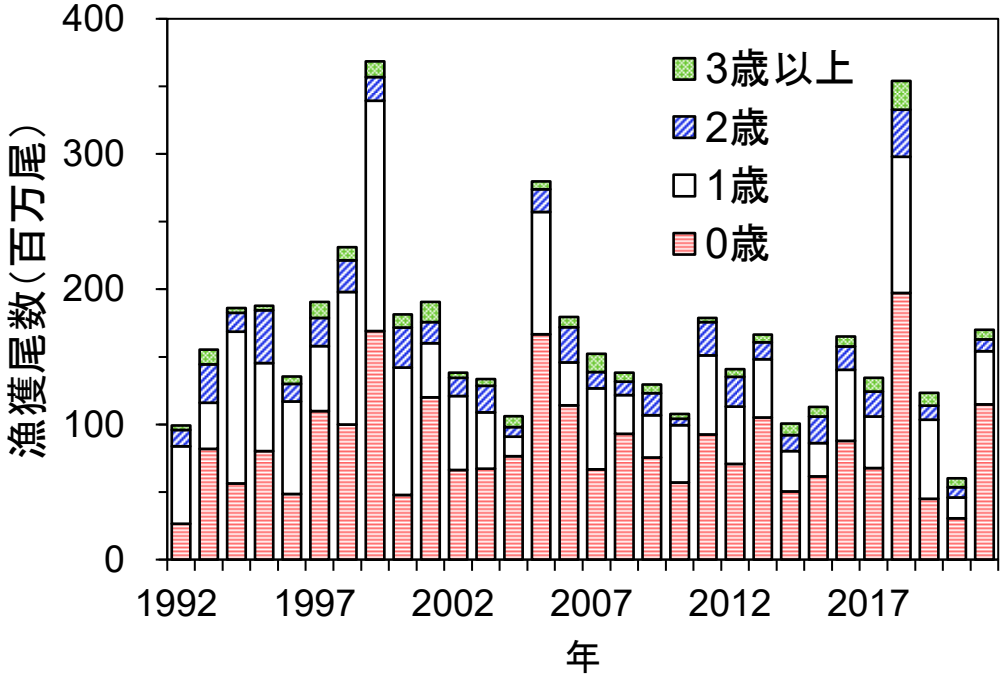


図 3-2.　年齢別漁獲尾数の推移

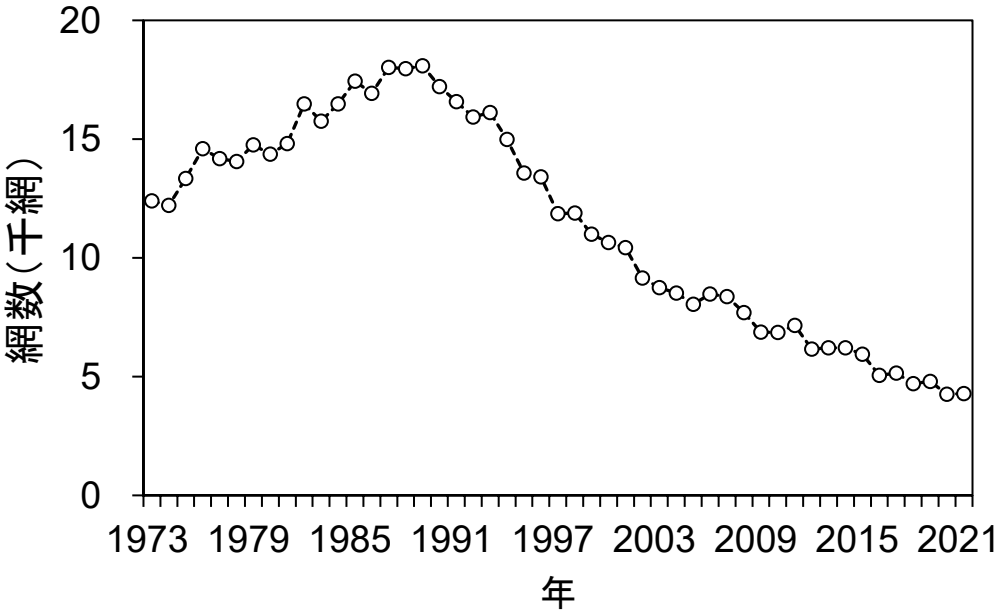
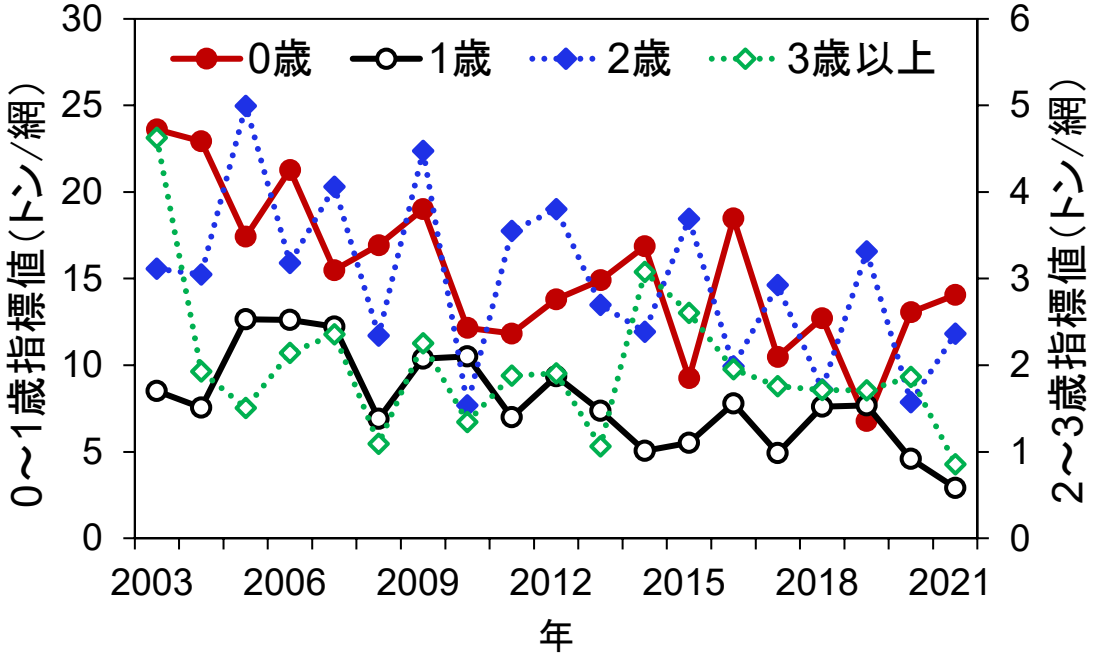


図 3-3.　東シナ海・日本海で操業する大中型まき網漁業の網数の推移



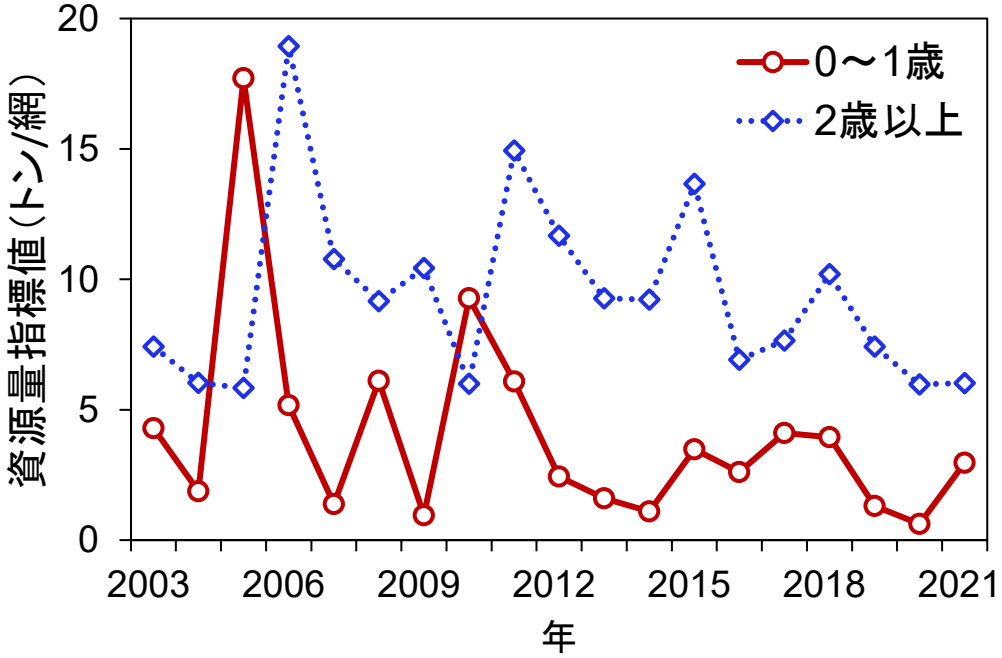


図 4-1.　東シナ海・日本海で操業する大中型まき網の銘柄別漁獲量から算出した年齢別の資源量指標値（トン/網）の推移（上図）と枕崎港に水揚げする中型まき網の資源量指標値の推移（下図）

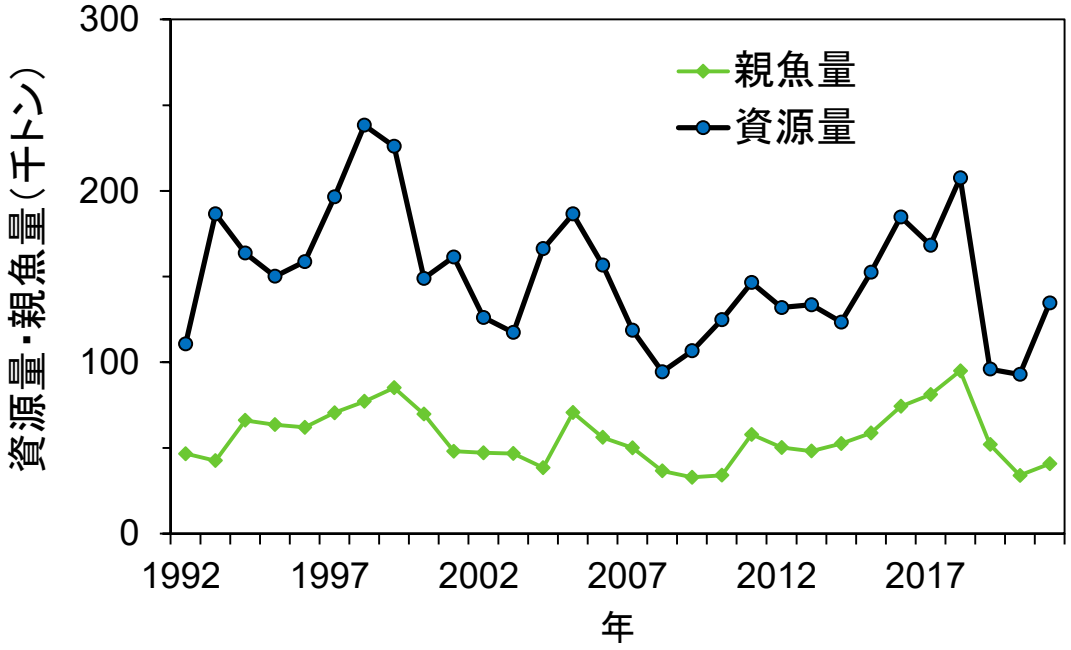


図 4-2.　資源量と親魚量の推移

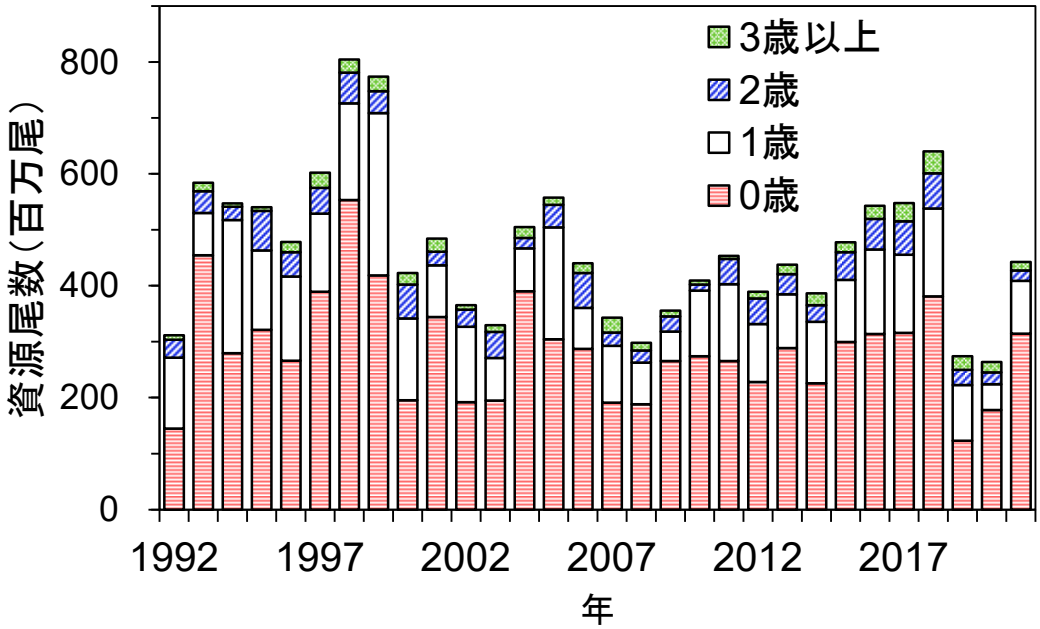


図 4-3.　年齢別資源尾数の推移

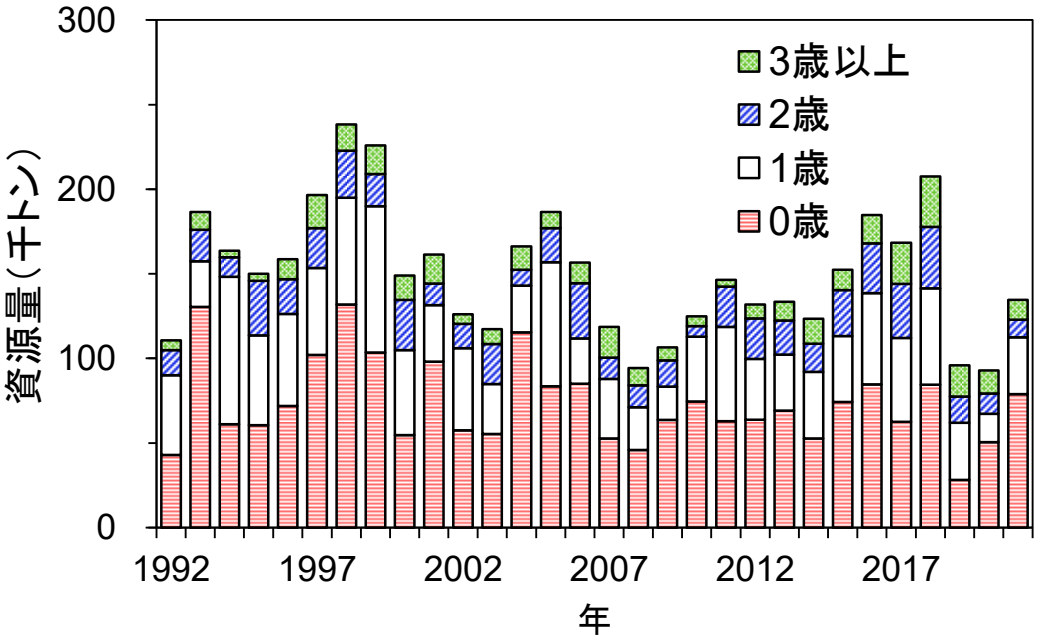


図 4-4.　年齢別資源重量の推移

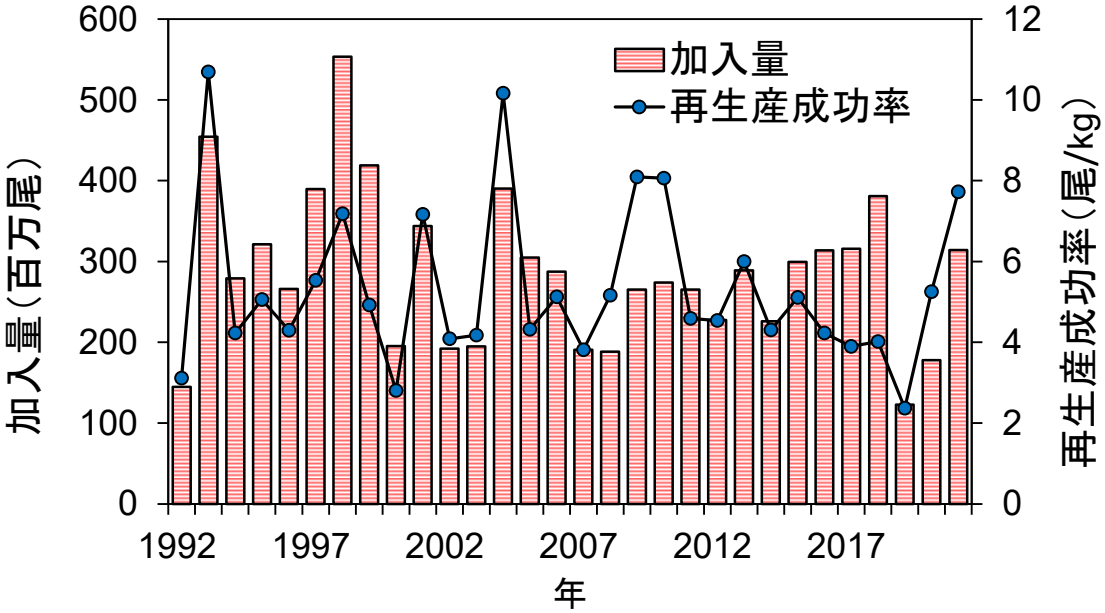


図 4-5.　加入量と再生産成功率の推移

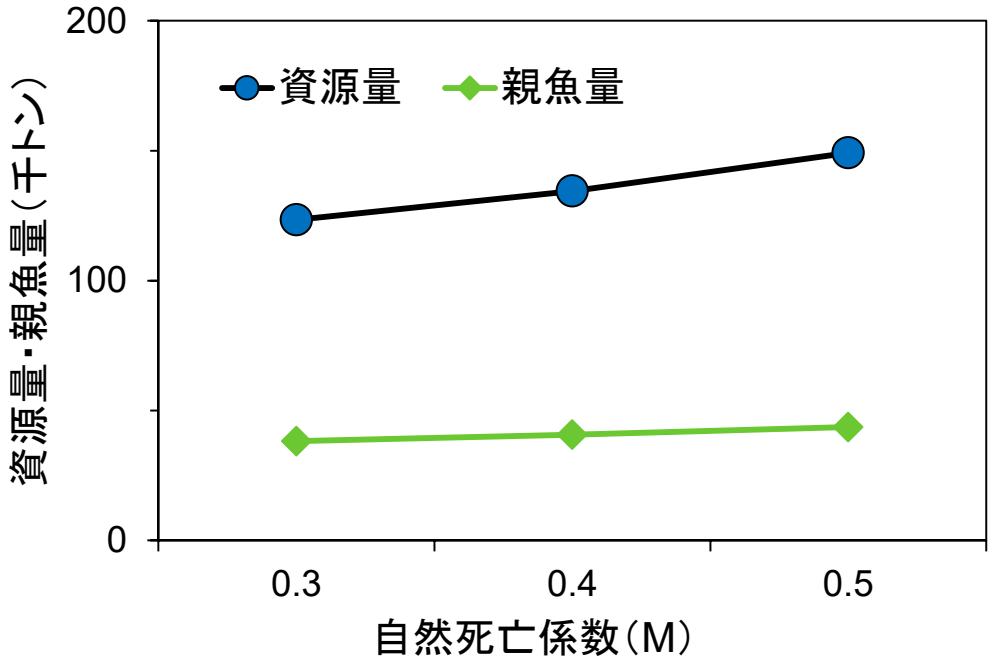


図 4-6.　2021 年の資源量と親魚量の推定に対する自然死亡係数 M の影響

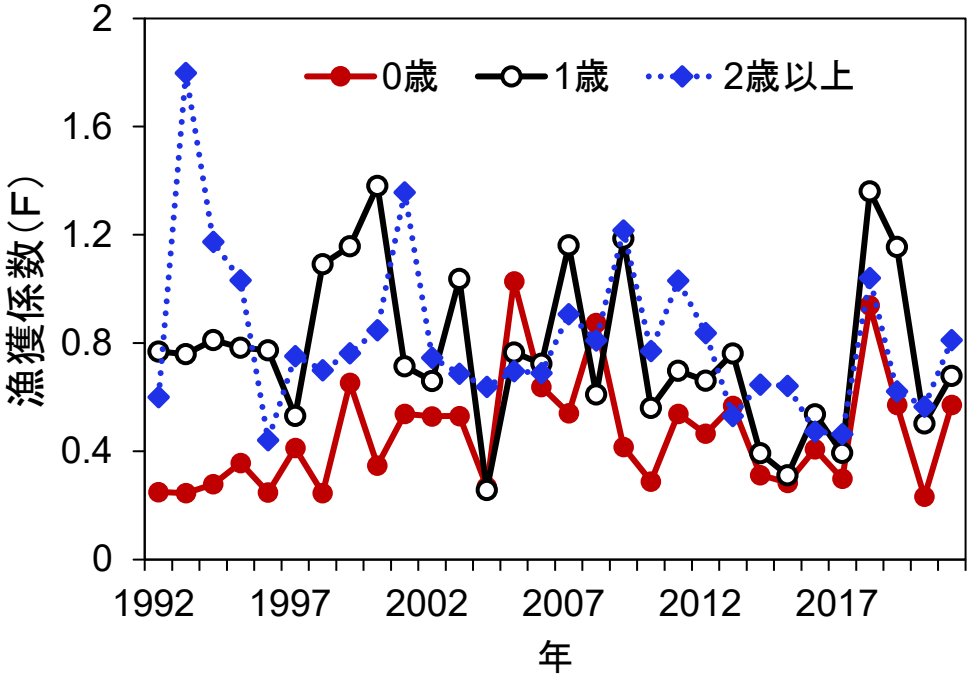


図 4-7.　年齢別漁獲係数 F の推移

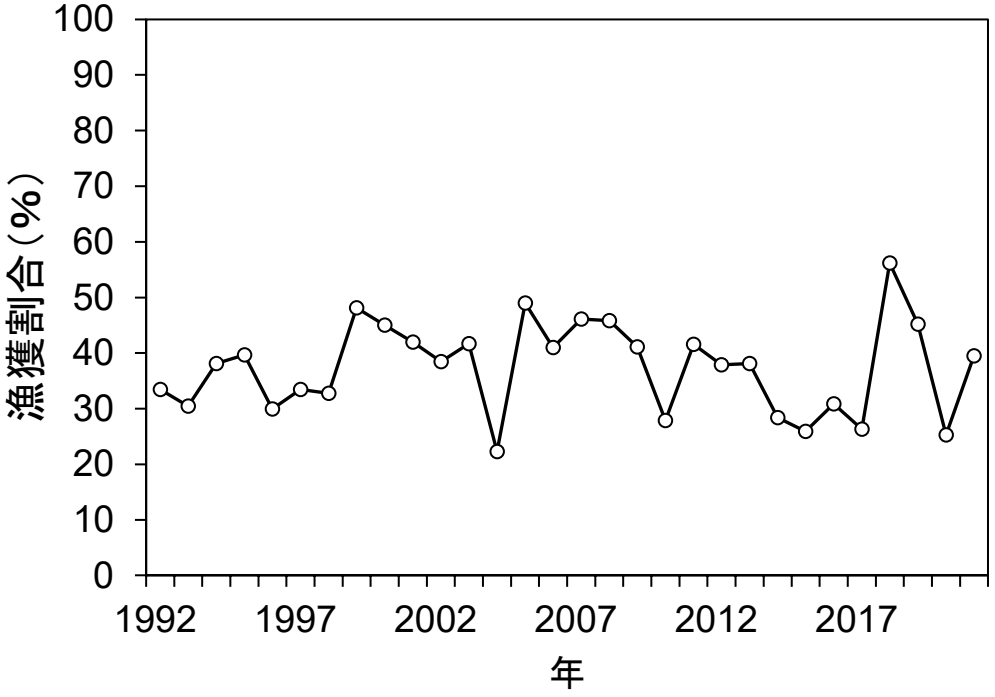


図 4-8.　漁獲割合の推移

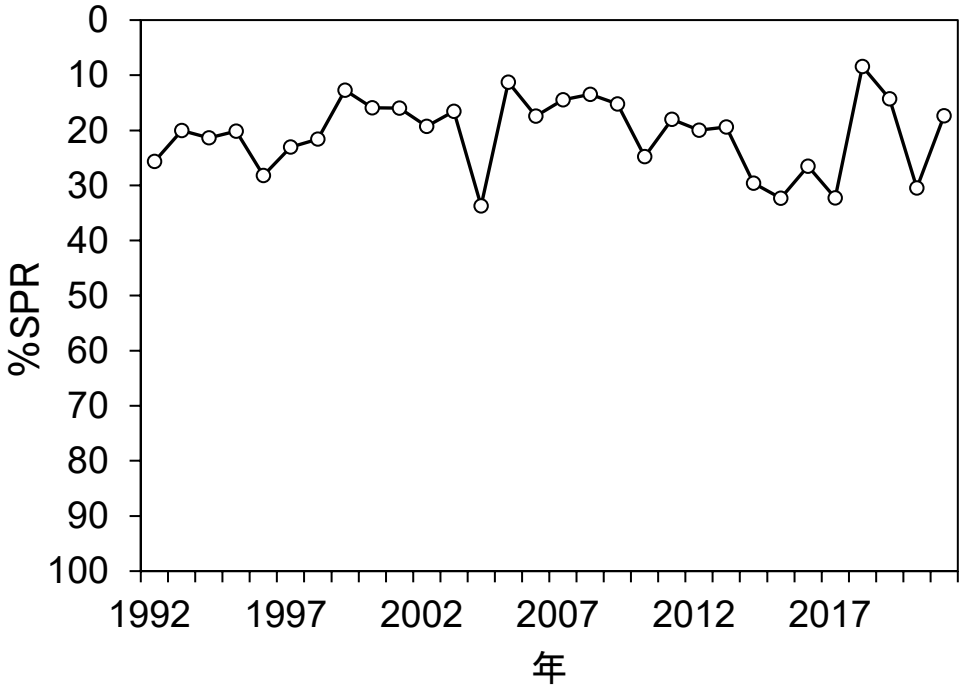


図 4-9.　%SPR 値の推移

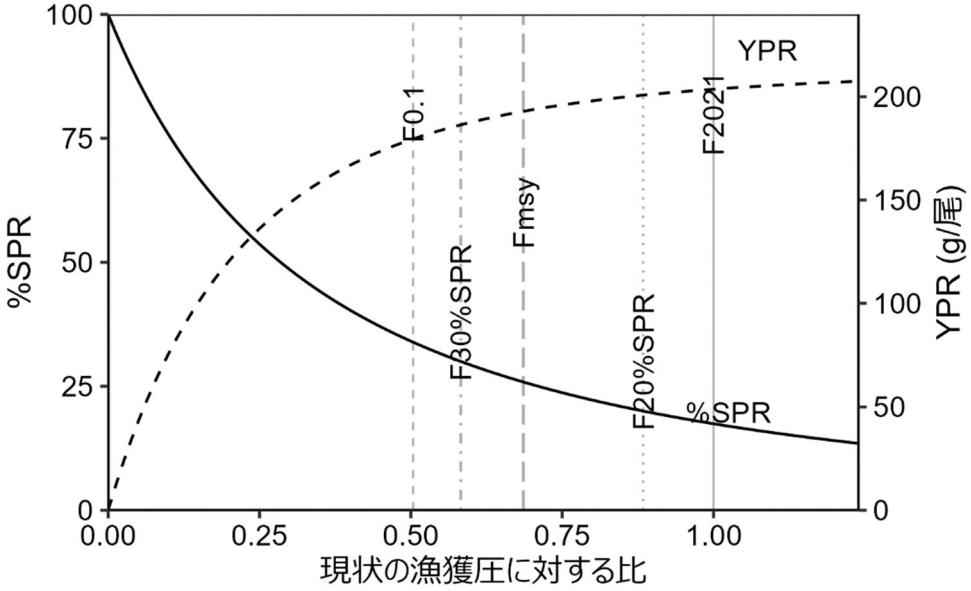


図 4-10.　現状の漁獲圧（F2021）に対する YPR と%SPR の関係

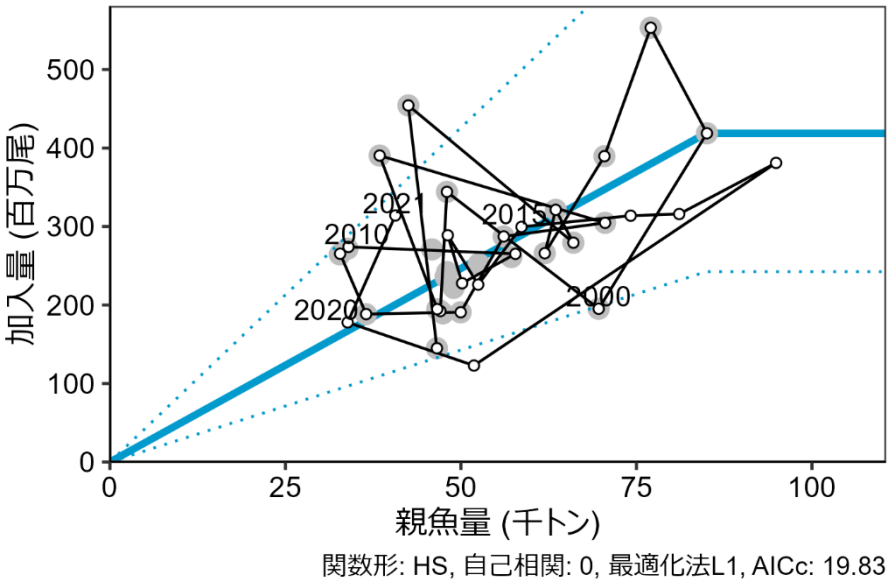


図 4-11.　親魚量と加入量の関係（再生産関係）　平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（林ほか 2019）で提案された再生産関係式と再生産関係のプロット（灰色の丸印）。図中の再生産関係式（青実線）の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。実線と白抜きの丸印で示したのは今年度の評価で得られた再生産関係のプロット。図中の数字は年級群を示す。

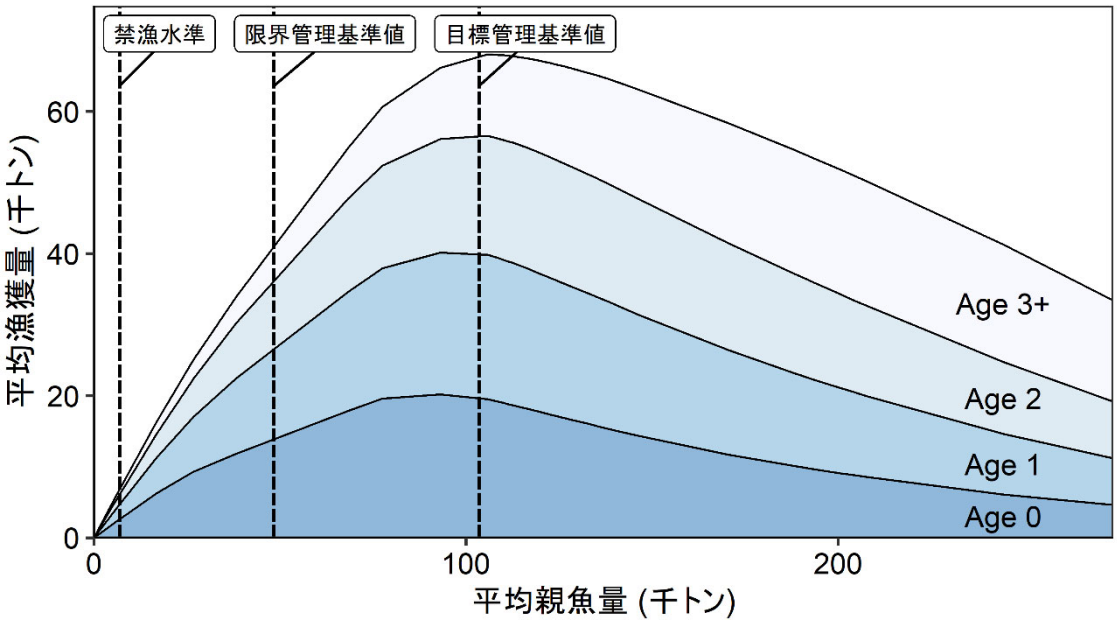


図 4-12.　管理基準値および禁漁水準と年齢別漁獲量曲線の関係

再生産関係式を仮定した将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値の位置関係を示す。

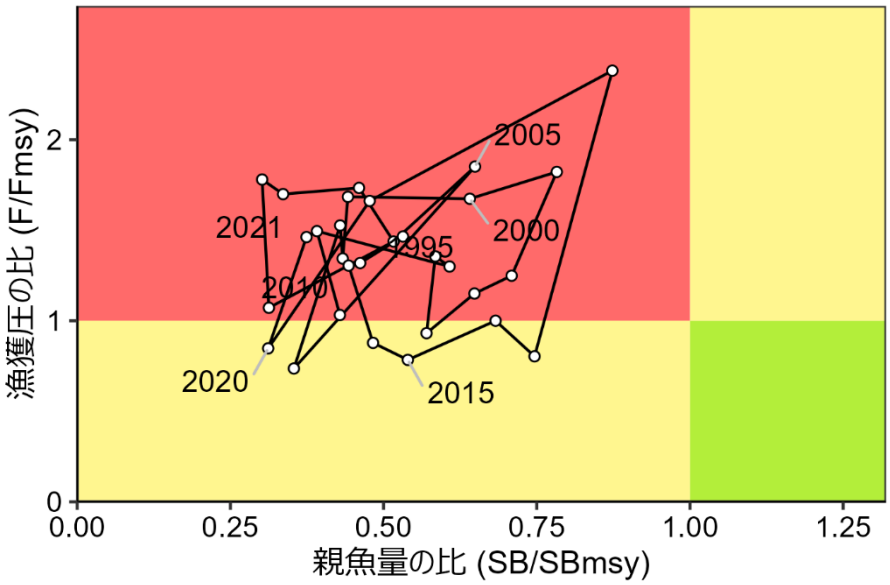
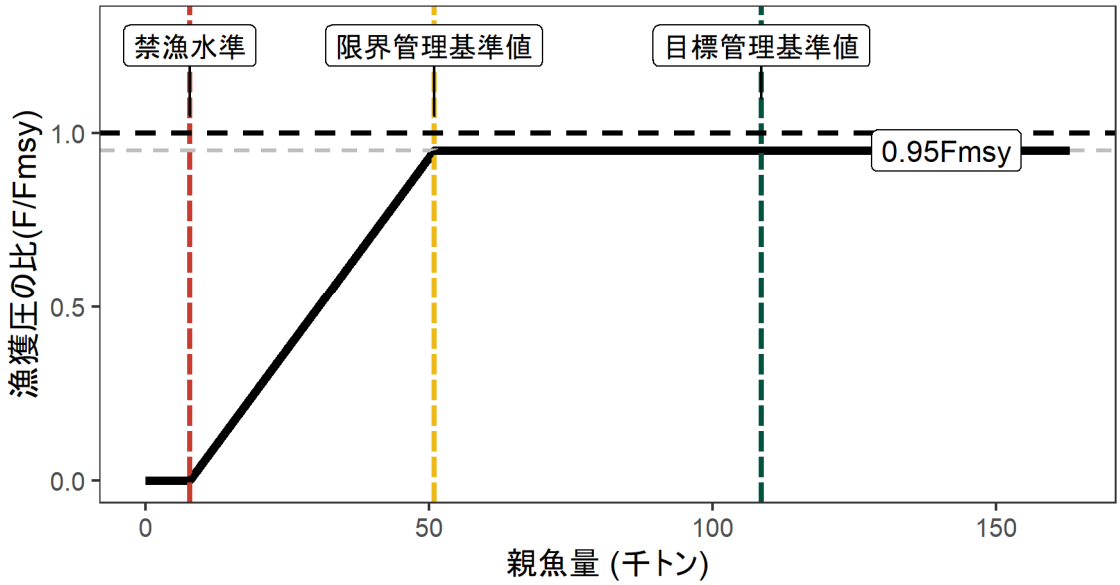


図 4-13.　最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）と MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

a)



b)

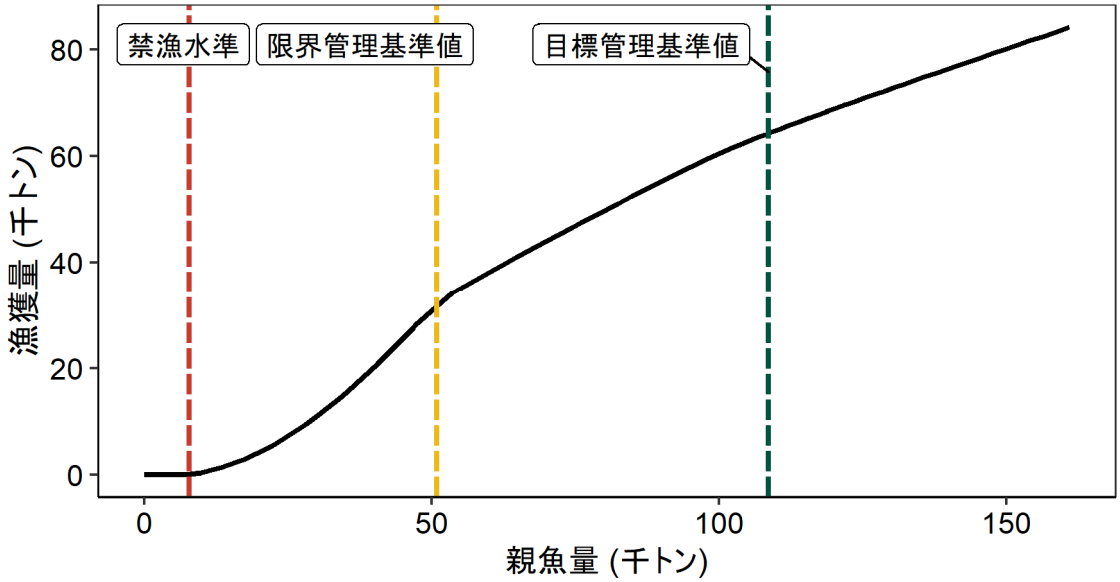


図 5-1.　漁獲管理規則（調整係数 β=0.95 の場合）　目標管理基準値（SBtarget）はホッケー・スティック型再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値（SBlimit）および禁漁水準（SBban）にそれぞれ標準値を用いている。黒破線：Fmsy、灰色破線：0.95Fmsy、黒太線：HCR、赤破線：禁漁水準、黄色破線：限界管理基準値、緑色破線：目標管理基準値を示す。a）は縦軸を漁獲圧にした場合、b）は縦軸を漁獲量で表した場合である。b）については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。

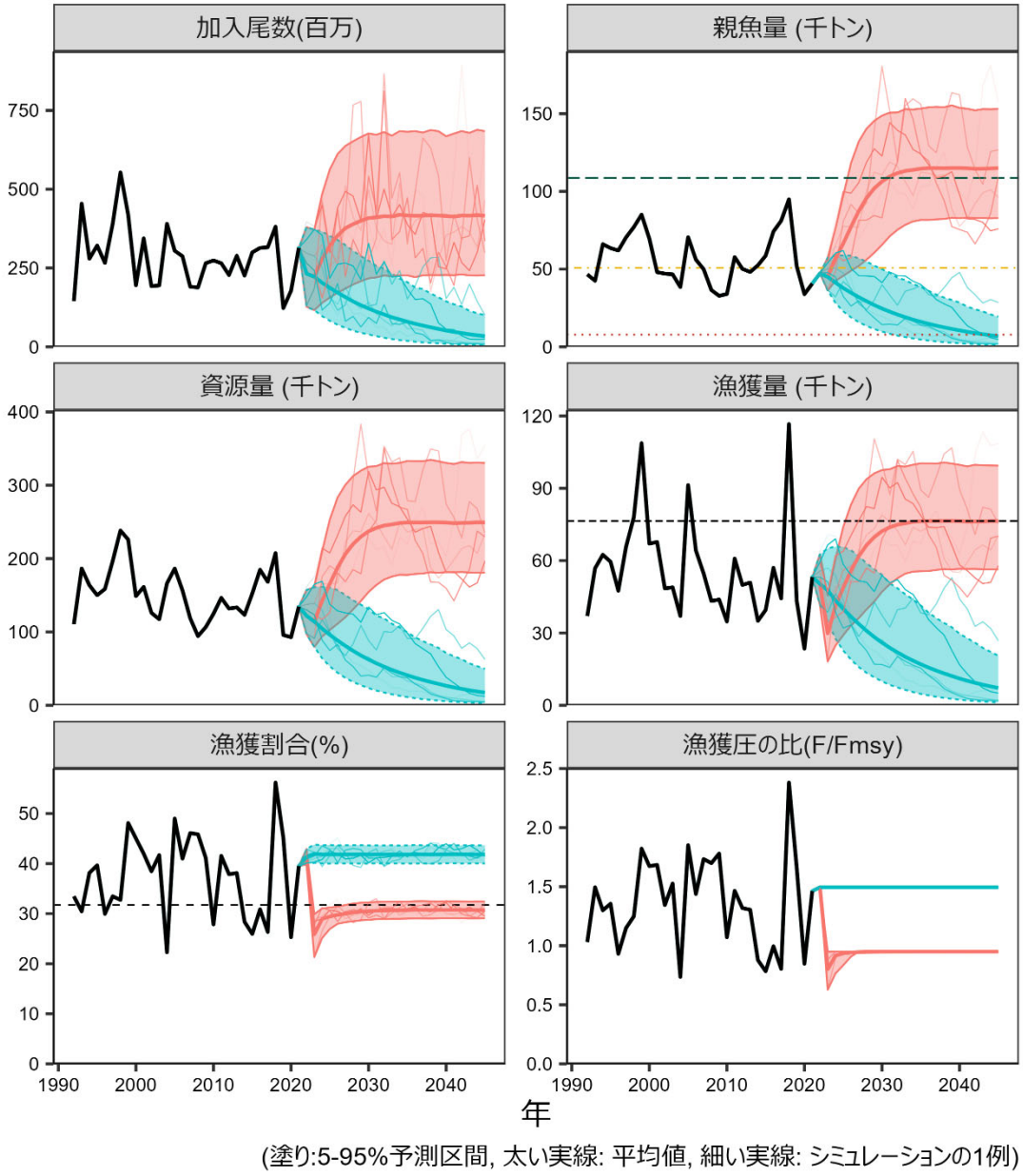


図 5-2.　漁獲管理規則を用いた将来予測（赤線）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）

漁獲管理規則（図 5-1）に基づく中長期的な将来予測の結果（β=0.95 の場合）。10,000 回の平均値（太線）、5 回の試行結果（細線）、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄点線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。2022 年の漁獲量は予測される資源量と F2021 により仮定した。

表 3-1.　大中型まき網のゴマサバ漁獲量と、大中型まき網以外の漁業種の府県別ゴマサバ

漁獲量（トン）

暦年	大中まき	鹿児島	熊本	長崎	佐賀	福岡	山口	島根	鳥取	兵庫	京都	福井	合計
1973	57,192	3,864	235	604	4	85	101	2,031	0	18	65	119	64,318
1974	49,834	2,982	144	429	2	75	148	1,759	26	78	25	133	55,635
1975	33,398	5,443	207	533	2	74	85	2,023	11	15	7	102	41,900
1976	43,359	7,158	222	535	3	37	41	1,932	46	36	9	109	53,487
1977	57,289	6,996	216	912	5	75	70	1,118	13	91	4	78	66,867
1978	59,660	3,838	299	2,405	6	72	31	974	14	88	3	52	67,442
1979	52,904	10,166	273	1,775	12	78	56	2,020	6	20	26	65	67,401
1980	37,683	8,401	156	1,149	9	69	73	1,336	9	2	16	47	48,950
1981	29,291	10,962	527	1,774	16	61	78	1,050	14	34	8	48	43,863
1982	44,429	11,391	721	1,688	20	113	110	1,325	33	93	5	42	59,970
1983	38,489	11,452	317	1,397	30	160	118	1,271	20	50	5	108	53,417
1984	43,969	11,810	327	1,266	9	88	113	1,496	1	29	6	79	59,193
1985	36,636	15,413	696	3,201	5	83	156	1,115	12	21	18	116	57,472
1986	55,556	8,329	138	1,225	12	118	94	1,588	47	20	5	61	67,193
1987	26,050	9,230	590	6,472	41	180	151	1,316	14	38	5	104	44,191
1988	44,182	7,126	262	2,728	35	157	197	2,751	13	19	7	115	57,592
1989	33,059	6,094	255	1,928	68	181	78	2,521	1	25	36	71	44,317
1990	46,700	2,782	63	873	8	89	212	766	1	10	16	26	51,546
1991	37,276	3,470	364	1,057	7	63	352	1,324	0	4	8	21	43,946
1992	27,314	4,833	310	1,212	18	98	192	941	0	4	6	10	34,938
1993	35,957	8,960	364	2,514	54	391	169	1,757	0	4	24	44	50,237
1994	46,907	4,573	152	2,185	50	273	284	2,328	0	39	33	70	56,895
1995	42,228	4,203	483	2,367	21	165	299	1,513	0	20	20	25	51,344
1996	30,352	6,969	527	2,308	17	202	276	1,381	0	15	16	27	42,088
1997	49,220	9,188	687	2,822	31	87	205	642	1	3	22	21	62,928
1998	60,130	4,548	118	1,830	17	133	329	987	1	1	25	10	68,128
1999	79,261	5,487	168	2,186	17	153	143	556	1	9	15	22	88,012
2000	38,723	5,600	72	1,512	8	58	245	410	0	6	22	14	46,668
2001	55,736	4,627	13	1,895	16	127	190	412	0	0	11	8	63,034
2002	41,201	1,382	19	1,955	3	110	177	520	0	0	15	8	45,389
2003	38,619	4,540	2	2,012	1	131	49	413	0	1	19	9	45,796
2004	23,234	3,834	33	3,563	4	106	17	350	0	0	9	3	31,153
2005	63,055	9,325	29	2,711	2	98	49	540	0	4	5	8	75,825
2006	47,746	9,305	31	3,450	26	107	83	628	1	2	74	32	61,483
2007	42,644	7,082	71	3,016	6	261	91	708	0	1	18	14	53,912
2008	24,338	11,174	78	3,370	16	83	85	864	0	3	15	10	40,034
2009	24,690	6,974	15	3,604	1	64	106	901	0	1	16	7	36,380
2010	16,036	9,906	31	2,917	10	94	75	474	0	1	5	10	29,557
2011	26,265	16,358	73	4,950	2	142	80	825	0	1	14	9	49,020
2012	32,063	10,060	27	3,508	8	96	43	777	4	1	3	9	46,598
2013	26,829	8,687	29	2,266	5	8	29	359	6	0	8	7	38,233
2014	20,124	7,786	48	3,684	2	22	45	794	0	0	27	2	32,533
2015	16,695	9,558	75	3,622	2	68	93	522	0	3	14	14	30,667
2016	21,418	8,536	69	3,332	6	21	136	1,244	0	0	11	13	34,787
2017	15,976	10,331	137	5,323	4	50	79	1,019	0	0	14	10	32,943
2018	22,958	11,057	70	6,523	9	92	114	1,379	0	1	7	10	42,219
2019	12,767	5,753	103	3,911	10	38	41	427	0	0	11	8	23,068
2020	9,287	4,541	57	3,796	3	72	48	439	0	0	15	7	18,264
2021	13,568	5,540	37	4,483	14	111	74	393	1	2	36	29	24,287

表 3-2.　漁獲量と東シナ海・日本海で操業する大中型まき網漁業の漁獲努力量

FRA-SA2022-AC-08

年	漁獲量（千トン）			漁獲努力量
	日本	韓国	計	（千網）
1992	35	2	37	15.929
1993	50	7	57	16.127
1994	57	6	62	14.994
1995	51	8	60	13.580
1996	42	5	48	13.412
1997	63	3	66	11.858
1998	68	10	78	11.894
1999	88	21	109	11.005
2000	47	20	67	10.646
2001	63	5	68	10.436
2002	45	3	48	9.155
2003	46	3	49	8.754
2004	31	6	37	8.517
2005	76	16	91	8.052
2006	61	3	64	8.478
2007	54	1	55	8.369
2008	40	3	43	7.698
2009	36	7	44	6.871
2010	30	5	35	6.863
2011	49	12	61	7.161
2012	47	3	50	6.165
2013	38	13	51	6.223
2014	33	2	35	6.222
2015	31	9	40	5.953
2016	35	22	57	5.054
2017	33	11	44	5.148
2018	42	74	117	4.710
2019	23	20	43	4.802
2020	18	5	24	4.262
2021	24	29	53	4.294

表 4-1.　コホート解析結果

年	資源量	親魚量	加入量	再生産成功率	漁獲割合	%SPR	F/Fmsy
	（千トン）	（千トン）	（100万尾）	（尾/kg）	（%）		
1992	111	47	145	3.11	33	25.7	1.03
1993	187	43	454	10.69	30	20.0	1.50
1994	164	66	279	4.23	38	21.4	1.30
1995	150	63	321	5.06	40	20.2	1.36
1996	159	62	266	4.29	30	28.2	0.93
1997	197	70	390	5.53	33	23.1	1.15
1998	238	77	553	7.18	33	21.6	1.25
1999	226	85	419	4.92	48	12.7	1.82
2000	149	70	195	2.80	45	15.9	1.67
2001	161	48	344	7.17	42	16.0	1.68
2002	126	47	192	4.08	38	19.3	1.34
2003	117	47	195	4.18	42	16.5	1.53
2004	166	38	390	10.16	22	33.7	0.74
2005	186	71	305	4.32	49	11.3	1.85
2006	157	56	287	5.12	41	17.4	1.44
2007	119	50	191	3.82	46	14.5	1.73
2008	94	37	188	5.16	46	13.4	1.70
2009	107	33	265	8.09	41	15.2	1.78
2010	125	34	274	8.06	28	24.8	1.07
2011	146	58	265	4.59	42	18.0	1.47
2012	132	50	228	4.54	38	20.0	1.32
2013	134	48	289	6.00	38	19.4	1.30
2014	123	52	226	4.31	28	29.6	0.88
2015	152	59	300	5.11	26	32.3	0.78
2016	185	74	314	4.23	31	26.5	1.00
2017	168	81	316	3.90	26	32.3	0.80
2018	208	95	381	4.02	56	8.4	2.38
2019	96	52	123	2.37	45	14.3	1.66
2020	93	34	178	5.25	25	30.5	0.85
2021	134	41	314	7.73	40	17.4	1.46

表 5-1.　将来の親魚量が（a）目標管理基準値、（b）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（%）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2040	2050
1.00	0	0	0	2	6	14	21	28	**33**	37	41	47	47
0.95	0	0	0	2	9	19	30	38	**45**	50	54	59	58
0.90	0	0	0	3	13	27	41	51	**57**	63	66	70	69
0.80	0	0	0	6	24	45	64	74	**80**	84	86	87	87
0.70	0	0	0	11	38	66	83	91	**94**	96	96	97	96
0.60	0	0	1	18	55	83	94	98	**99**	100	100	100	99
0.50	0	0	1	27	72	94	99	100	**100**	100	100	100	100
0.40	0	0	2	39	85	98	100	100	**100**	100	100	100	100
0.30	0	0	3	52	94	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.20	0	0	4	65	98	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.10	0	0	6	77	99	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.00	0	0	9	86	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
F2021	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0

b）限界管理基準値を上回る確率（%）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2040	2050
1.00	0	17	63	80	89	93	96	97	**98**	99	99	100	100
0.95	0	17	67	85	92	96	98	99	**99**	100	100	100	100
0.90	0	17	72	89	95	98	99	99	**100**	100	100	100	100
0.80	0	17	79	94	98	99	100	100	**100**	100	100	100	100
0.70	0	17	86	97	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.60	0	17	90	99	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.50	0	17	94	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.40	0	17	96	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.30	0	17	98	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.20	0	17	99	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.10	0	17	99	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
0.00	0	17	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100
F2021	0	17	15	13	10	9	7	6	**5**	4	3	1	0

調整係数 β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2022 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2021）から予測される 50 千トンとし、2023 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2021）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

表 5-2.　将来の（a）親魚量および（b）漁獲量の平均値の推移

a）親魚量の平均値の推移（千トン）

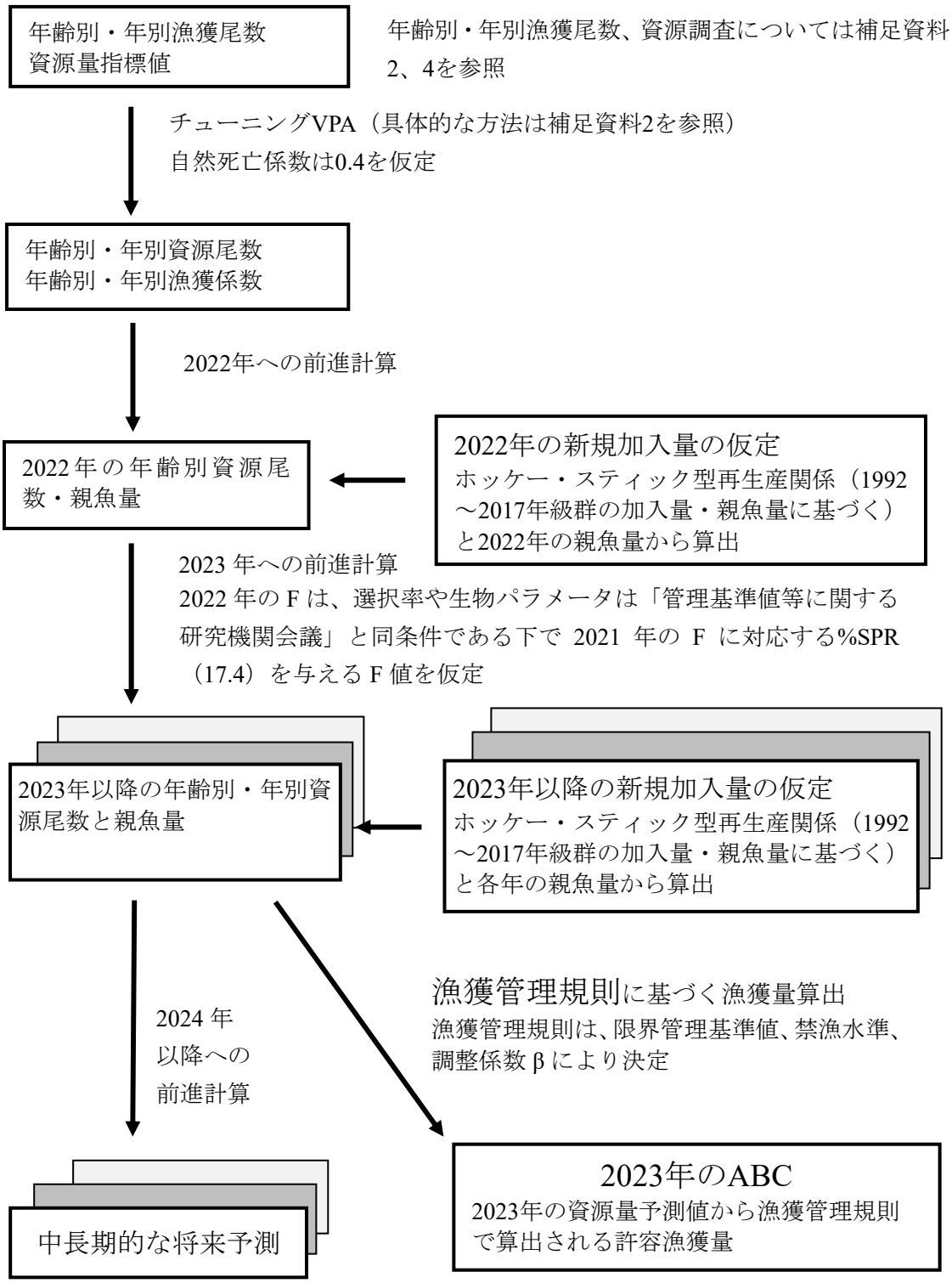
β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2040	2050
1.00	47	45	56	64	73	81	89	94	**99**	102	104	109	109
0.95	47	45	57	66	77	87	96	102	**106**	110	112	115	115
0.90	47	45	58	69	82	93	103	110	**114**	117	119	121	121
0.80	47	45	60	75	92	107	118	126	**130**	132	133	134	134
0.70	47	45	63	81	103	121	135	142	**146**	148	149	150	149
0.60	47	45	65	88	115	137	152	160	**164**	166	167	168	167
0.50	47	45	68	96	128	155	172	180	**185**	187	188	189	189
0.40	47	45	71	105	142	174	194	204	**209**	212	214	216	215
0.30	47	45	74	114	158	195	219	232	**239**	243	246	248	248
0.20	47	45	77	123	176	220	249	266	**275**	282	285	290	290
0.10	47	45	80	134	195	248	284	306	**320**	329	335	344	344
0.00	47	45	84	145	216	280	326	356	**376**	390	399	418	417
F2021	47	45	41	38	35	32	29	27	**25**	23	21	11	4

b）漁獲量の平均値の推移（千トン）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2040	2050
1.00	50	31	42	49	55	61	65	68	**71**	73	74	77	77
0.95	50	30	41	49	56	62	66	70	**72**	74	75	76	76
0.90	50	29	40	49	56	63	67	71	**73**	74	75	76	76
0.80	50	26	38	48	56	63	68	71	**72**	73	74	74	74
0.70	50	23	36	46	55	62	66	69	**70**	71	71	71	71
0.60	50	20	33	43	52	59	63	66	**67**	67	68	68	68
0.50	50	17	29	39	48	55	59	61	**62**	63	63	63	63
0.40	50	14	25	34	43	49	53	55	**56**	57	57	57	57
0.30	50	11	20	28	35	41	45	47	**48**	48	49	49	49
0.20	50	7	14	20	26	31	34	36	**37**	37	38	38	38
0.10	50	4	7	11	14	17	19	20	**21**	22	22	22	22
0.00	50	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0
F2021	50	48	44	40	37	34	31	28	**26**	24	22	11	5

調整係数 β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2022 年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2021）から予測される 50 千トンとし、2023 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2021）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

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（コホート解析）

ゴマサバの年齢別・年別漁獲尾数を推定し（補注 1）、コホート計算によって資源尾数を計算した。2021 漁獲物平均尾叉長と体重は、および資源計算に用いた成熟割合は補足表 2-1 に示す。年齢 3+は 3 歳以上を表す。ここで自然死亡係数 M は田内・田中の式（田中 1960）により、最高年齢を 6 歳として 0.4（M=2.5÷最高年齢 6 歳≒0.4）と仮定した。

年齢別・年別漁獲尾数は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ゴマサバの体長組成から推定した（補注 2）。1992～2021 年の年齢別・年別漁獲尾数（1 月～12 月を 1 年とする）を日本の漁獲量について推定し、日本と韓国の漁獲量の合計値で引き伸ばした。韓国のさば類漁獲量のうちゴマサバが占める割合は、2007 年以前については、韓国水域内で操業した日本の大中型まき網漁船によるデータからゴマサバの割合を算出し、これと同一とした。2008 年以降については、韓国の漁獲量がマサバ・ゴマサバそれぞれについて公表されるようになったため、韓国のゴマサバ漁獲量を用いた。ただし 2009 年については、韓国のゴマサバの漁獲量の値が異常に高く、値の信頼性が低いことから、2007 年以前と同一の方法で算出した。2018 年もゴマサバの漁獲量の値が高かったが、公式統計を信頼して報告された値とした。中国の漁獲量については考慮していない。

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。

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

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

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 は同一とした。

$$F_{3+,y} = F_{2,y} \tag{3}$$

最近年 Y（2021 年）における 0、1、2 歳魚の F をリッジ VPA（Okamura et al. 2017）の手法に基づき推定した。リッジ VPA は F の大きさに対する罰則項を設けることによって、F の推定に関する不安定性を軽減させる手法である。具体的には、資源量指標値への適合度を示した尤度 L（負の対数尤度-ln$L$ として定義）と F の罰則項をそれぞれ重み付けした目的関数（式 4;　$0 \leq \lambda \leq 1$）を定義し、これを最小化するように F を推定した（黒田ほか 2019a）。

$$\text{最小} \qquad -(1-\lambda)\ln L + \lambda \sum_{a=0}^{2} {F_{a,Y}}^2 \tag{4}$$

罰則項の重み係数λは、資源量Bのレトロスペクティブバイアス（式5）が0になるように設定できる。

$$\rho = \frac{1}{P}\sum_{i=1}^{P} \frac{{B'}_{Y-i}^{R_i} - {B'}_{Y-i}}{{B'}_{Y-i}} \tag{5}$$

$${B'}_Y = \sum_{a=0}^{3+} B_{a,Y} \tag{6}$$

Bのレトロスペクティブバイアスρは、最新の資源評価の最終年Y（2021年）までのフルデータから推定される各年のBと、最新データを*i*年分落とした場合の最終年（Y - *i*年）のBの推定値B^Rとの相対値（Mohn 1999）の平均値である。データを遡る年数Pは7とした（林ほか 2020）。

罰則項の重みの係数λは昨年度同様、平成30年度評価で推定された0.75とした（黒田ほか 2019a）。今年度のデータに関して、式5が0となるλは0.86と推定された（補足資料6）。しかし、今年度の資源評価は昨年度に続き2018年の韓国の漁獲量に大きな不確実性があると考えられるため、レトロスペクティブバイアスを評価する基準としては適切ではないと考え、2018年の漁獲量問題が起こる以前に推定されたλの値（0.75）を今年度評価では採用した。ただし、2つのλの値の間で資源評価結果に大きな差はなかった（補足資料7）。さらなるλの感度分析として、λが0の場合（通常のチューニングVPAに相当）についても資源評価を行った（補足資料7）。

尤度は（式7）のように（1）大中型まき網漁業の年齢別CPUE（漁獲量/網;補注3）、と年齢別資源量の変動傾向および(2)枕崎港に水揚げする中型まき網の0～1歳と2歳以上CPUE（水揚量/入港隻;補注 3）と各年齢範囲の資源量の変動傾向とのフィットの度合いを評価した。いずれも日本船のデータを対象としている。対象期間は、漁船数など操業形態が現在に近く、漁獲効率が同じとみなせる2003～2021年とした（補足表2-2）。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）。

$$\begin{aligned} -\ln L = &\sum_{a}\sum_{y} \frac{\left[\ln I_{a,y} - \left(b_a \ln B_{a,y} + \ln q_a\right)\right]^2}{2{\sigma_a}^2} - \ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a}\right) \\ &+ \sum_{g}\sum_{y} \frac{\left[\ln J_{g,y} - \left(b'_g \ln B'_{g,y} + \ln q'_g\right)\right]^2}{2{\sigma'_g}^2} - \ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma'_g}\right) \end{aligned} \tag{7}$$

ここで、$I_{a,y}$ は y 年における a 歳の大中型まき網 CPUE、$J_{g,y}$ は y 年における年齢群 g（0～1 歳、2+歳）の中型まき網 CPUE、$B_{a,y}$ は y 年における a 歳の資源量、$B'_{g,y}$ は y 年における年齢群 g の資源量、$s_{a,y}$ は y 年における a 歳魚に対する中型まき網の年齢別漁獲選択率、q_a、b_a、σ_a、q'_g、b'_g、σ'_g は推定パラメータ（ターミナル F と同時推定）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。

$$B_{a,y} = N_{a,y} w_{a,y} \tag{8}$$

また、$I_{a,y}$ e と $B_{a,y}$、$J_{g,y}$ と $B'_{g,y}$ の間には、以下のべき乗式で表される関係があることを仮定している。

$$I_{a,y} = q_a B_{a,y}{}^{b_a} \tag{9}$$

$$J_{0-1,y} = q'_{0-1} \left(\sum_{a=0}^{1} s_{a,y} B_{a,y} \right)^{b'_{0-1}} \tag{10}$$

$$J_{2+,y} = q'_{2+} \left(\sum_{a=2}^{3+} s_{a,y} B_{a,y} \right)^{b'_{2+}} \tag{11}$$

ただし、本資源評価では b_a および b’は 1 に固定した。また現状のモデルでは、漁業別の漁獲死亡係数や選択率の推定が難しいため、中型まき網の漁獲選択率 $s_{a,y}$ は同じ年齢群では等しいと仮定し、中型まき網の資源量指標値は各年の 0～1 歳と 2 歳以上の資源量を反映する指標値とみなした。2021 年における年齢別の F は、それぞれ $F_{0,2021} = 0.57$、$F_{1,2021} = 0.68$、$F_{2,2021} = F_{3+,2021} = 0.81$ と推定された。その他のパラメータは $q_0 = 0.23$、$q_1 = 0.21$、$q_2 = 0.16$、$q_3 = 0.16$、$q'_{0-1} = 0.03$、$q'_{2+} = 0.28$、$\sigma_0 = 0.31$、$\sigma_1 = 0.49$、$\sigma_2 = 0.51$、$\sigma_3 = 0.59$、$\sigma'_{0-1} = 0.71$、$\sigma'_{2+} = 0.40$ であった。

「資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（令和 4 年度）（FRA-SA2022-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。指標値の観測値とモデルの予測値との残差を示す（補足図 2-1、2-2）。中型まき網 CPUE は大中型まき網 CPUE に比べて年変動が大きく、残差も大きかった。近年の適合の悪さはリッジ VPA の罰則項の効果と 2018 年の韓国漁獲量の急増も影響していると思われる。

7 年間のレトロスペクティブ解析により、データの追加・更新が行われることで F の値や資源量推定値に生じる変化を確認した。レトロスペクティブバイアス（Mohn’s ρ; Mohn 1999）は、資源量が-0.08、親魚量は-0.15、F は 0.32 であった（補足図 2-3）。

VPA の推定値の不確実性をノンパラメトリックブートストラップ法により評価した。指標値の観測値とモデルの予測値の残差をリサンプリングすることで新たな資源量指標値を

作成し、それを用いてチューニング VPA を計算する方法を 1,000 回繰り返し、信頼区間を求めた。2020 年の推定値の 95%信頼区間は資源量（万トン）[13.0, 23.4]、親魚量（万トン）[4.0, 6.8]、加入量（億尾）[2.6, 6.4]、F_0 [0.24, 0.75]、F_1 [0.29, 0.81]、F_2 [0.38, 0.91]、F_{3+} [0.38, 0.91]であった。

（2）将来予測方法

コホート解析により得られた資源量をもとに漁獲管理規則に従う将来予測を行った。解析には R パッケージ frasyr（1c8799a9, 2022 年 10 月 21 日版）を用いた。将来の加入量の推定には、令和元年度に開催された資源管理方針に関する検討会において合意されたホッケー・スティック型関係式（a=0.00493、b=8.49e+04、SD=0.33）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、平成 30（2018）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「平成 31（2019）年度ゴマサバ東シナ海系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書」（林ほか 2019）を参照されたい。

将来予測における 2023 年以降の漁獲係数 F は、「令和 4（2022）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」における 1A 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた（図 5-1）。将来予測に用いたパラメータは補足表 3-1 に示す。選択率や漁獲物平均体重等の値には、令和 2 年度に開催された資源管理方針に関する検討会において合意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。これらは再生産関係と同じく平成 30 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評価における将来予測で設定した値を使用した。現状の漁獲圧は、選択率や平均体重等の生物パラメータが管理基準値を算出した時と同条件となる下で、今年度評価における F2021（2021 年の F）に対応する%SPR（17.4）を与える F 値とした。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法（式 12～14）を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y}\exp(-F_{a,y} - M) \tag{12}$$

$$N_{3+,y+1} = N_{3+,y}\exp(-F_{3+,y} - M) + N_{2,y}\exp(-F_{2,y} - M) \tag{13}$$

$$C_{a,y} = N_{a,y}\frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M}(1 - \exp(-F_{a,y} - M)) \tag{14}$$

補注 1.　ゴマサバ東シナ海系群の漁獲量は、以下のように算出した。大中型まき網の漁獲物についてはマサバとゴマサバの比率が報告されるので、東シナ海と日本海で漁獲されたゴマサバの漁獲量を合計した。これに鹿児島～秋田県の農林統計（属人）の漁業種類別漁獲量のうち、大中型まき網以外の漁業種類によるゴマサバ漁獲量を加算した。この漁獲量は、ゴマサバがさば類漁獲量に占める割合を府県ごとに定め（鹿児島県 80%、熊本・長崎県 20%、佐賀・福岡県 10%、山口～福井県 5%、石川県以北 0%）、各府県のさば類漁獲量に乗じて算出した。なお、2017 年以降の鹿児島県のゴマサバ割合は、主要港（枕崎、阿久根）における

中型まき網のマサバ、ゴマサバ水揚げ量に基づき算定した。

補注 2.　年齢別・年別漁獲尾数は漁業別または県別に以下のように推定した。九州主要港に水揚げされる大中型まき網の漁獲物については、月ごとに定めた各年齢の入り数（1 箱 18 kg 当たりの尾数）範囲を用い、入り数別漁獲量から年齢別漁獲尾数を推定した。ただし、ローソク銘柄以下の小型魚（0～1 歳）については、想定した 1 尾当たりの体重と漁獲重量から漁獲尾数を推定した。また沿岸漁業（主に中型まき網および定置網）の漁獲物については、月ごとに定めた各年齢の体長範囲を用いて、各県での体長測定データ（2021 年の総測定尾数は 7,343 尾）と月別漁獲量から年齢別漁獲尾数を県別に推定した。銘柄の年齢への振り分けは、7～12 月の豆銘柄を 0 歳、1～6 月の豆銘柄と 7～12 月の小銘柄を 1 歳、1～6 月の小銘柄と 7～12 月の中銘柄を 2 歳、1～6 月の中銘柄と全ての大銘柄を 3+歳とした。

補注 3.　東シナ海・日本海で操業する大中型まき網漁業の年齢別資源量指標値は、主漁期である 1～5 月と 8～12 月のゴマサバを対象とした操業について、各年齢に相当する銘柄（補注 2）の一網当り漁獲量（CPUE）として以下のように求めた。なお、2017 年度資源評価より、より広域の CPUE を算定するために、東シナ海・日本海西部に加えて、日本海北中部の漁獲データを使うことにした。まず、日別・船別の漁獲成績報告書に基づき、ゴマサバの漁獲量が全魚種の総漁獲量の 10%より大きい操業日を抽出し、日別・船別・年齢別の CPUE を計算した。10%という狙い種を特定するには比較的低い閾値は、資源の減少を的確に捉えるため、なるべく多くの操業データを取り込み、明らかに混獲とみなせる操業のみを除外するという方針が反映されている。次に、各年齢における CPUE の算術平均を求め、年齢別資源量指標値とした。また、枕崎港の中型まき網漁業の資源量指標値は、1～12 月の一入港隻当たりのゴマサバ水揚量として求めた。銘柄と体長の関係より、豆、小銘柄を 0～1 歳、中（中小を含む）、大銘柄を 2 歳以上の指標とみなした。

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.

林　晃・安田十也・黒田啓行・由上龍嗣 (2020) 令和元 (2019) 年度ゴマサバ東シナ海系群の資源評価.
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_goma_ec_2.pdf
(last accessed 11 November 2021).

黒田啓行・依田真里・安田十也・鈴木　圭・竹垣草世香・佐々千由紀・髙橋素光 (2019) 平成 30 (2018) 年度マサバ対馬暖流系群の資源評価, 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価（魚種別系群別資源評価・TAC 種）第 1 分冊, 水産庁増殖推進部・国立研究開発法人水産研究・教育機構, pp. 209-247.

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

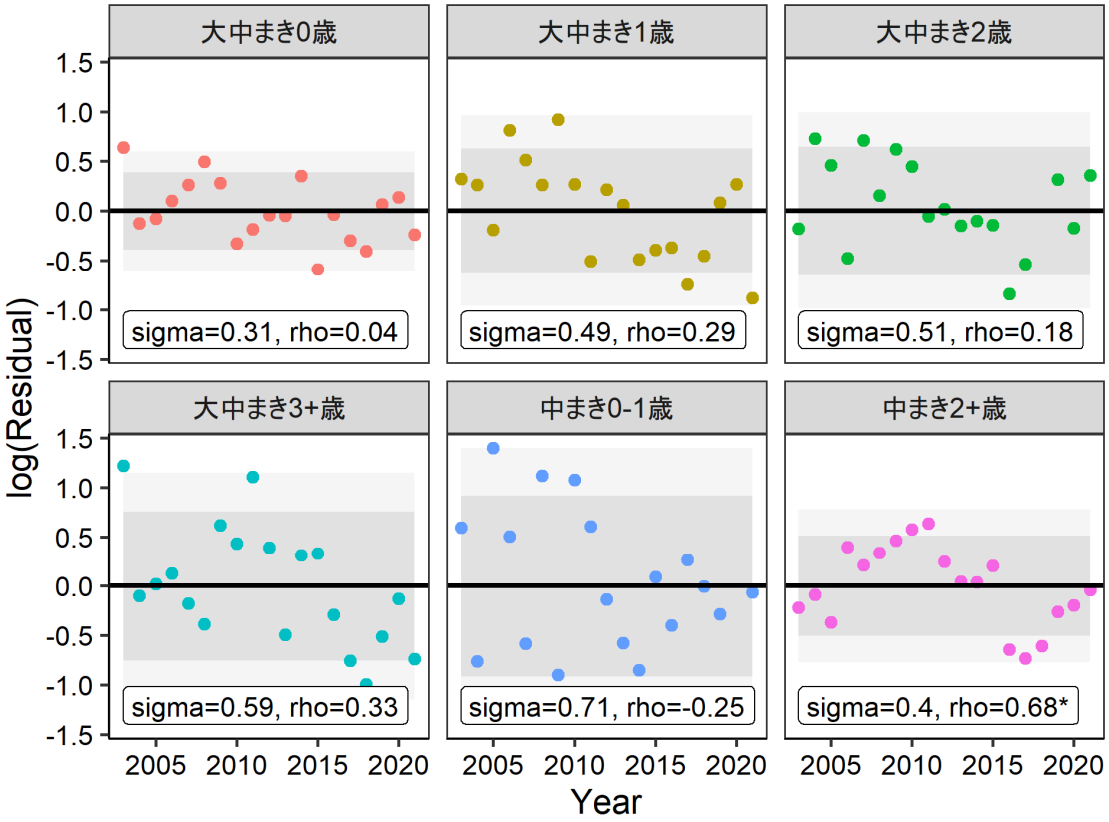
西水研報, **19**, 111-120.

Limbong, D., K. Hayashi and Y. Matsumiya (1988) Length cohort analysis of common mackerel *Scomber japonicus*, Tsushima Warm Current stock. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., **66**, 119-133.

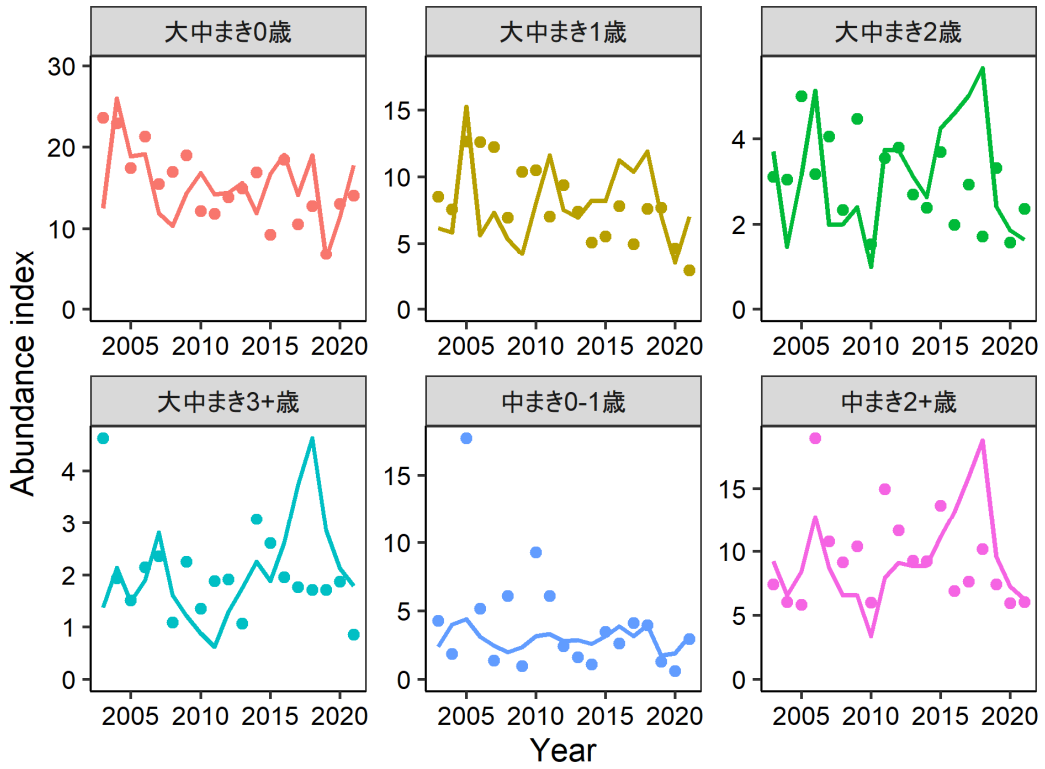
Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci., **56**, 473-488.

Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., **74**, 2424-2436.

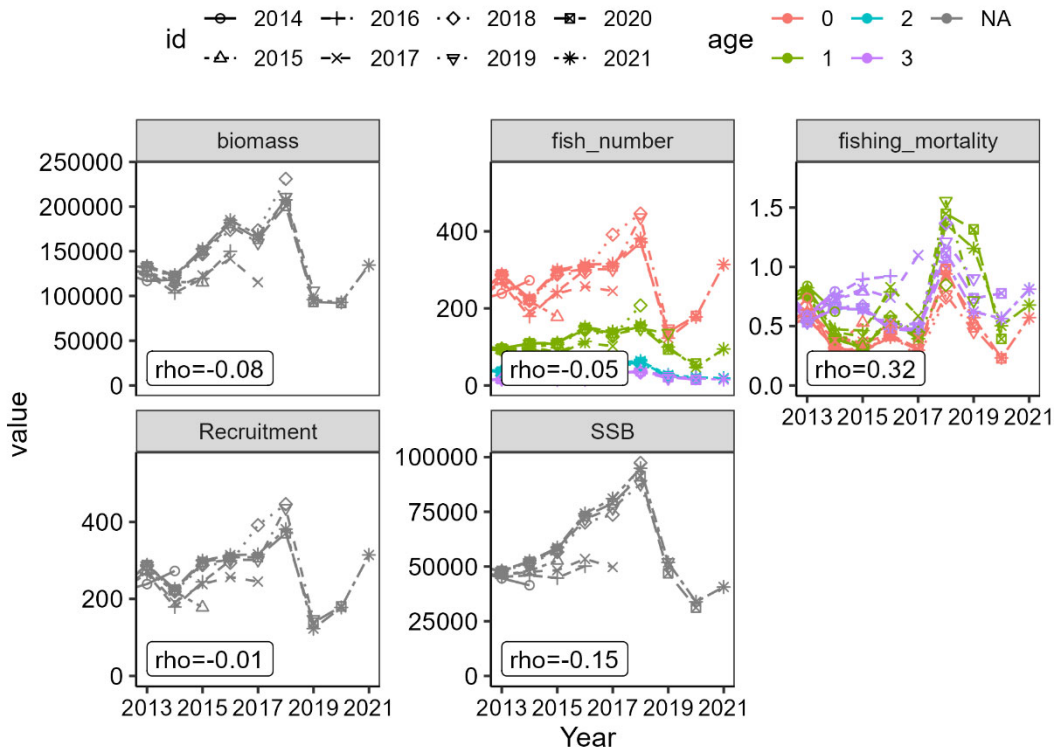
渡部泰輔 (1983) 卵数法. 「水産資源の解析と評価-その手法と適用例」石井丈夫編, 恒星社厚生閣, 東京, 9-29.



補足図 2-1.　指標値の観測値とモデルの期待値の差を示す残差プロット



補足図 2-2.　指標値の観測値（丸印）とモデルの予測値（実線）



補足図 2-3.　7 年間のレトロスペクティブ解析（左上：資源量、中上：資源尾数、右上：漁獲係数、左下：加入量、中下：親魚量）

補足表 2-1.　年齢別平均尾叉長と平均体重

年齢	0	1	2	3+
尾叉長（cm）	26.2	29.4	34.0	37.7
体重（g）	251	356	557	768
成熟割合	0	0.60	0.85	1

補足表 2-2.　年齢別資源量指標値（トン/網）

指標値	k	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
大中まき											
0 歳	1	23.61	22.93	17.42	21.27	15.49	16.93	19.01	12.16	11.83	13.81
1 歳	2	8.51	7.56	12.64	12.60	12.22	6.91	10.37	10.50	7.01	9.36
2 歳	3	3.11	3.05	4.99	3.18	4.06	2.34	4.47	1.54	3.55	3.80
3 歳以上	4	4.62	1.93	1.51	2.15	2.36	1.09	2.25	1.35	1.88	1.91
枕崎中まき											
0～1 歳	5	4.29	1.87	17.71	5.17	1.37	6.11	0.95	9.28	6.08	2.43
2 歳以上	6	7.42	6.03	5.83	18.94	10.78	9.17	10.43	5.99	14.94	11.67

指標値	k	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
大中まき										
0 歳	1	14.91	16.87	9.25	18.48	10.49	12.72	6.78	13.06	14.06
1 歳	2	7.37	5.05	5.53	7.79	4.93	7.60	7.68	4.59	2.92
2 歳	3	2.70	2.39	3.69	1.99	2.93	1.72	3.32	1.57	2.36
3 歳以上	4	1.06	3.08	2.61	1.95	1.76	1.71	1.71	1.87	0.86
枕崎中まき										
0～1 歳	5	1.60	1.10	3.48	2.61	4.10	3.95	1.30	0.62	2.96
2 歳以上	6	9.27	9.23	13.66	6.91	7.65	10.20	7.41	5.97	6.02

補足表 2-3.　将来予測計算に用いたパラメータ

年齢	選択率（注 1）	Fmsy（注 2）	F2021（注 3）	平均体重（g）	自然死亡係数	成熟率
0 歳	0.76	0.36	0.54	238	0.4	0.00
1 歳	1.00	0.47	0.70	354	0.4	0.60
2 歳	1.41	0.66	0.99	542	0.4	0.85
3 歳以上	1.41	0.66	0.99	709	0.4	1.00

注 1：　平成 31 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、平成 30 年度資源評価での Fcurrent の選択率）。

注 2：　平成 31 年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、平成 30 年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent 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 年の年齢別の 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 2022 年の漁獲量の仮定に使用した。

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.	ρ
ホッケー・スティック型	最小絶対値法	無	0.00493	8.49e+04	0.33	-

a は折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/g）、b は折れ点となる親魚量（トン）、S.D.は加入量の標準偏差、ρ は自己相関係数である。

補足表 3-2.　管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBtarget	109 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	51 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	8 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	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧（漁獲係数 F）（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上）=（0.36, 0.47, 0.66, 0.66）	
%SPR（Fmsy）	26%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	76 千トン	最大持続生産量 MSY

補足表 3-3.　最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2021	41 千トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 年の漁獲圧（漁獲係数 F）（0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上） ＝（0.57, 0.68, 0.81, 0.81）	
U2021	40%	2021 年の漁獲割合
%SPR（F2021）	17.4%	2021 年の%SPR
%SPR（F2021）	17.4%	現状（2021 年）の漁獲圧に対応する%SPR
管理基準値との比較		
SB2021/ SBmsy (SBtarget)	0.37	最大持続生産量を実現する親魚量（目標管理基準値）に対する 2021 年の親魚量の比
F2021/ Fmsy	1.46	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2021 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る	
親魚量の動向	減少	

* 2021 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

2023 年の ABC（千トン）	2023 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 年の漁獲割合（%）
30	45	0.54	26

コメント:

・ABC の算定には、令和 2 年 2 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取りまとめられ、令和 2 年 5 月に開催された「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。

・数値はいずれも暦年の値である。

・ABC は日本と韓国を合わせた値。

・2023 年漁期での ABC は 30 千トンである（漁期は 7 月～翌年 6 月）。

補足表 3-5.　異なる β 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	2030 年の親魚量（千トン）	90% 予測区間（千トン）	2030 年に親魚量が以下の管理基準値を上回る確率（%）		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する β					
β=0.95	106	66 – 149	45	99	100
上記と異なる β を使用した場合					
β=1.0	99	58 – 141	33	98	100
β=0.9	114	74 – 157	57	100	100
β=0.8	130	92 – 174	80	100	100
β=0	376	295 – 473	100	100	100
F2021	25	10 – 50	0	5	98

補足表 3-5.　異なる β を用いた将来予測結果（つづき）

考慮している不確実性：加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する β			
β=0.95	2031 年	2024 年	2022 年
上記と異なる β を使用した場合			
β=1.0	2050 年以降	2024 年	2022 年
β=0.9	2029 年	2024 年	2022 年
β=0.8	2028 年	2024 年	2022 年
β=0	2025 年	2024 年	2022 年
F2021	2050 年以降	2050 年以降	2022 年

補足表 3-6.　漁獲シナリオに対応する将来予測の年齢別詳細情報

年齢別漁獲係数（F 値）*

年齢＼年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	0.57	0.54	0.29	0.33	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
1 歳	0.68	0.70	0.38	0.43	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45
2 歳	0.81	0.99	0.53	0.61	0.62	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
3 歳以上	0.81	0.99	0.53	0.61	0.62	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
平均	0.72	0.81	0.43	0.49	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

年齢別平均資源尾数（百万尾）*

年齢＼年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	314	232	223	278	321	353	376	389	400	409	411
1 歳	95	119	91	111	134	153	169	180	186	191	195
2 歳	19	32	39	41	48	58	66	72	77	80	82
3 歳以上	15	10	11	20	22	25	30	34	38	41	43
計	443	393	364	451	525	590	640	675	701	720	731

年齢別平均資源量（千トン）*

年齢＼年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	79	55	53	66	76	84	90	93	95	97	98
1 歳	34	42	32	39	47	54	60	64	66	68	69
2 歳	11	17	21	22	26	31	36	39	42	43	44
3 歳以上	12	7	7	14	16	18	21	24	27	29	31
計	134	122	114	142	166	188	206	220	230	237	242

年齢別平均漁獲尾数（百万尾）*

年齢＼年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	115	81	46	65	76	84	90	94	96	98	99
1 歳	39	51	24	33	40	46	51	54	56	57	59
2 歳	9	17	14	16	19	23	26	28	30	31	32
3 歳以上	7	5	4	8	9	10	12	13	15	16	17
計	170	154	87	121	143	163	178	189	197	203	207

*10, 000 回の繰り返し計算を行った平均値。

補足表 3-7.　現状の漁獲圧（F2021）に対応する将来予測の年齢別詳細情報

年齢別漁獲係数（F 値）*

年齢＼年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	0.57	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
1 歳	0.68	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
2 歳	0.81	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
3 歳以上	0.81	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
平均	0.72	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81

年齢別平均資源尾数（百万尾）*

年齢＼年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	314	232	223	203	187	172	158	144	132	122	111
1 歳	95	119	91	87	80	73	67	62	56	52	48
2 歳	19	32	39	30	29	26	24	22	21	19	17
3 歳以上	15	10	11	12	11	10	9	8	8	7	6
計	443	393	364	333	306	282	259	237	217	199	183

年齢別平均資源量（千トン）*

年齢＼年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	79	55	53	48	45	41	38	34	31	29	27
1 歳	34	42	32	31	28	26	24	22	20	18	17
2 歳	11	17	21	16	16	14	13	12	11	10	9
3 歳以上	12	7	7	9	8	7	6	6	5	5	5
計	134	122	114	105	96	88	81	74	68	62	57

年齢別平均漁獲尾数（百万尾）*

年齢＼年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	115	81	77	71	65	60	55	50	46	42	39
1 歳	39	51	39	37	34	31	29	26	24	22	20
2 歳	9	17	21	16	16	14	13	12	11	10	9
3 歳以上	7	5	6	7	6	5	5	4	4	4	3
計	170	154	143	131	120	111	102	93	85	78	72

*10, 000 回の繰り返し計算を行った平均値。

補足資料４　調査船調査の結果

（1）夏季（8～9 月）に九州西岸と対馬東海域で行った魚群分布調査「計量魚探などを用いた浮魚類魚群量調査」から得られた現存量指標値を以下に示した。本データにはマサバとゴマサバの区別がないため、「さば類」として示した。現在、種別の現存量推定法について再検討を行っている。

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
さば類	0.2	2.2	1.6	0.9	0.3	0.3	0.05	1.0	2.7
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
さば類	1.7	0.9	8.3	0.8	0.4	0.8	7.8	1.6	1.7
年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
さば類	1.3	2.3	4.8	4.6	39.8	144.0	32.6	16.1*	

*2022 年については暫定値。

（2）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た資源量直接推定調査「底魚類現存量調査（東シナ海）」から得られた 0 歳魚を主体とする現存量推定値（トン）を以下に示した（調査海域面積を 138 千 km^2、漁獲効率を 1 とした）。なお、本調査は底魚類を対象としており、ゴマサバの分布水深を網羅していないため、本推定値は参考値として取り扱った。

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ゴマサバ	31,300	67,230	6,417	4,515	873	501	11,063	251
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ゴマサバ	3,694	78	327	11,479	11,813	141	604	9,065
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
ゴマサバ	18,568	10,165	13,632	369	未実施	85	14,574*	

*2022 年については暫定値。

（3）2000 年から新規加入量調査「ニューストンネットを用いた新規加入量調査」を 2～6 月の東シナ海および九州沿岸海域で行っている。結果は令和 4 年度マアジ対馬暖流系群の資源評価報告書補足資料 4（依田ほか 2022）を参照されたい。

引用文献

依田真里・佐々千由紀・髙橋素光・向草世香・黒田啓行・藤波裕樹 (2022) 令和 4 (2022) 年度マアジ対馬暖流系群の資源評価. 令和 4 (2022) 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価) (印刷中)

補足資料５　コホート解析結果の詳細（1992～2021 年）

年＼年齢	漁獲尾数（百万尾）				漁獲重量（千トン）			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1992	27	57	12	3	8	21	6	2
1993	82	34	29	11	24	12	14	8
1994	56	112	14	4	12	41	7	2
1995	80	65	39	3	15	24	18	2
1996	48	69	13	5	13	25	6	4
1997	110	48	21	12	29	18	11	9
1998	100	98	23	10	24	36	12	7
1999	169	170	18	12	42	51	9	8
2000	48	94	30	10	13	32	14	7
2001	120	40	16	15	34	14	8	11
2002	66	55	13	4	20	20	6	3
2003	67	42	20	5	19	16	10	4
2004	77	14	7	8	23	5	4	5
2005	167	90	17	6	46	33	9	4
2006	114	32	26	7	34	12	14	5
2007	67	60	12	14	18	21	6	9
2008	93	29	10	6	23	10	6	5
2009	75	31	16	6	18	12	9	5
2010	57	42	5	3	16	14	3	3
2011	93	58	25	3	22	24	13	2
2012	71	42	22	6	20	15	11	4
2013	105	43	12	6	25	15	7	4
2014	50	30	12	8	12	11	7	6
2015	61	25	20	7	15	9	11	5
2016	88	53	17	8	24	19	9	5
2017	68	38	18	10	13	13	10	7
2018	197	101	35	21	44	37	20	17
2019	45	59	11	9	10	20	6	7
2020	31	15	8	7	9	6	4	5
2021	115	39	9	7	29	14	5	5

補足資料５（続き）　コホート解析結果の詳細（1992～2021 年）

年＼年齢	漁獲係数F				平均体重(g)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1992	0.25	0.77	0.60	0.60	296	373	462	692
1993	0.24	0.76	1.80	1.80	287	357	474	703
1994	0.28	0.81	1.17	1.17	219	365	487	659
1995	0.36	0.78	1.03	1.03	188	374	454	687
1996	0.25	0.77	0.44	0.44	270	361	474	641
1997	0.41	0.53	0.75	0.75	262	370	505	731
1998	0.25	1.09	0.70	0.70	238	365	508	667
1999	0.65	1.16	0.76	0.76	247	298	489	655
2000	0.35	1.38	0.85	0.85	280	343	487	700
2001	0.54	0.71	1.36	1.36	285	362	519	729
2002	0.53	0.66	0.75	0.75	299	360	475	690
2003	0.53	1.04	0.69	0.69	284	388	508	721
2004	0.27	0.26	0.64	0.64	295	362	520	693
2005	1.03	0.76	0.70	0.70	274	366	505	710
2006	0.64	0.72	0.69	0.69	296	367	524	685
2007	0.54	1.16	0.91	0.91	276	345	534	672
2008	0.87	0.61	0.81	0.81	243	342	597	754
2009	0.42	1.19	1.22	1.22	240	376	567	749
2010	0.29	0.56	0.77	0.77	272	327	581	755
2011	0.54	0.70	1.03	1.03	237	404	533	712
2012	0.46	0.66	0.84	0.84	280	347	519	688
2013	0.57	0.76	0.53	0.53	239	345	557	668
2014	0.31	0.39	0.65	0.65	233	359	560	701
2015	0.28	0.31	0.64	0.64	247	352	546	680
2016	0.41	0.54	0.47	0.47	270	356	539	709
2017	0.30	0.39	0.46	0.46	198	354	540	738
2018	0.94	1.36	1.04	1.04	222	363	571	772
2019	0.57	1.16	0.62	0.62	229	339	571	762
2020	0.23	0.50	0.56	0.56	284	360	564	744
2021	0.57	0.68	0.81	0.81	251	356	557	768

補足資料 5（続き）　コホート解析結果の詳細（1992～2021 年）

年＼年齢	資源尾数（百万尾）				資源量（千トン）			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1992	145	126	32	8	43	47	15	6
1993	454	76	39	15	130	27	19	10
1994	279	238	24	6	61	87	12	4
1995	321	142	71	6	61	53	32	4
1996	266	151	43	18	72	54	21	12
1997	390	139	47	27	102	52	24	20
1998	553	173	55	23	132	63	28	15
1999	419	290	39	26	103	86	19	17
2000	195	146	61	20	55	50	30	14
2001	344	92	25	23	98	33	13	17
2002	192	135	30	8	57	49	14	6
2003	195	76	47	12	55	29	24	9
2004	390	77	18	20	115	28	9	14
2005	305	200	40	13	84	73	20	10
2006	287	73	62	18	85	27	33	12
2007	191	102	24	27	53	35	13	18
2008	188	74	21	14	46	25	13	10
2009	265	53	27	10	64	20	15	8
2010	274	117	11	7	75	38	6	6
2011	265	138	45	6	63	56	24	4
2012	228	104	46	12	64	36	24	8
2013	289	96	36	17	69	33	20	11
2014	226	110	30	21	53	39	17	15
2015	300	111	50	18	74	39	27	12
2016	314	151	54	24	85	54	29	17
2017	316	140	59	33	63	50	32	24
2018	381	157	63	39	84	57	36	30
2019	123	100	27	24	28	34	15	18
2020	178	47	21	18	50	17	12	14
2021	314	95	19	15	79	34	11	12

補足資料６　半年ごとのコホート解析前進法による漁期年漁獲量の算出

漁期年（7 月～翌年 6 月）漁獲量を計算するために、2021 年以降は資源尾数と漁獲尾数を半年（0.5 年）ごとに求めた。2023 年後期（7～12 月）と 2024 年前期（1～6 月）の漁獲量を合計することで、2023 年漁期（2023 年 7 月～2024 年 6 月）の漁獲量を算定した。

$$N_{a_2,y} = N_{a_1,y}\exp(-h_{a_1}F_{a,y} - \frac{M}{2}) \tag{1}$$

$$N_{a+1_1,y+1} = N_{a_2,y}\exp(-h_{a_2}F_{a,y} - \frac{M}{2}) \tag{2}$$

$$N_{3+_1,y} = N_{2_2,y}\exp(-h_{2_2}F_{2,y} - \frac{M}{2}) + N_{3+_2,y}\exp(-h_{3+_2}F_{3+,y} - \frac{M}{2}) \tag{3}$$

$$C_{a_1,y} = N_{a_1,y}\frac{h_{a_1}F_{a,y}}{h_{a_1}F_{a,y} + \frac{M}{2}}(1-\exp(-h_{a_1}F_{a,y} - \frac{M}{2})) \tag{4}$$

$$C_{a_2,y} = N_{a_2,y}\frac{h_{a_2}F_{a,y}}{h_{a_2}F_{a,y} + \frac{M}{2}}(1-\exp(-h_{a_2}F_{a,y} - \frac{M}{2})) \tag{5}$$

ここで、N は資源尾数、C は漁獲尾数、F は漁獲死亡係数、M は自然死亡係数、y は年、a_1 は前期（1～6 月）、a_2 は後期（7～12 月）、h_a は年間の F を半年分の F へ分割する年齢別配分率である。h_a は 2019～2021 年の年齢別漁獲尾数の前期・後期の平均配分率と F2021 のもとでの将来予測の 2032 年における配分率が同じになるように求めた（向・黒田 2018）。漁獲量は前期と後期それぞれの各年齢の漁獲尾数に、各年齢の漁獲物平均体重を乗じて求めた。なお、半年単位の漁獲物平均体重には、暦年単位と半年単位で計算した年間（暦年）漁獲量が同じになるように補正した値を用いた。また、2022 年前期から 2023 年前期における F は現状の漁獲圧（F2021）を仮定し、2023 年漁期（2023 年後期および 2024 年前期）の F は 2023 年前期の親魚量に基づき漁獲管理規則により算定した。各年の前期に加入があると仮定したが、加入変動は考慮していない。

本系群では、β=0.95 とした漁獲管理規則に基づき算出される 2023 年漁期の予測漁獲量を ABC として提示する。

補足表 6-1.　ABC と予測親魚量

2023 年漁期の ABC（千トン）	2023 年漁期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 年の漁獲割合（%）
30	47	0.55	25

コメント:

・ABC の算定には、令和 2 年 2 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取りまとめられ、令和 2 年 5 月に開催された「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。
・数値はいずれも漁期年の値である。
・ABC は日本と韓国を合わせた値。
・加入変動を考慮しない決定論的な結果である。

引用文献

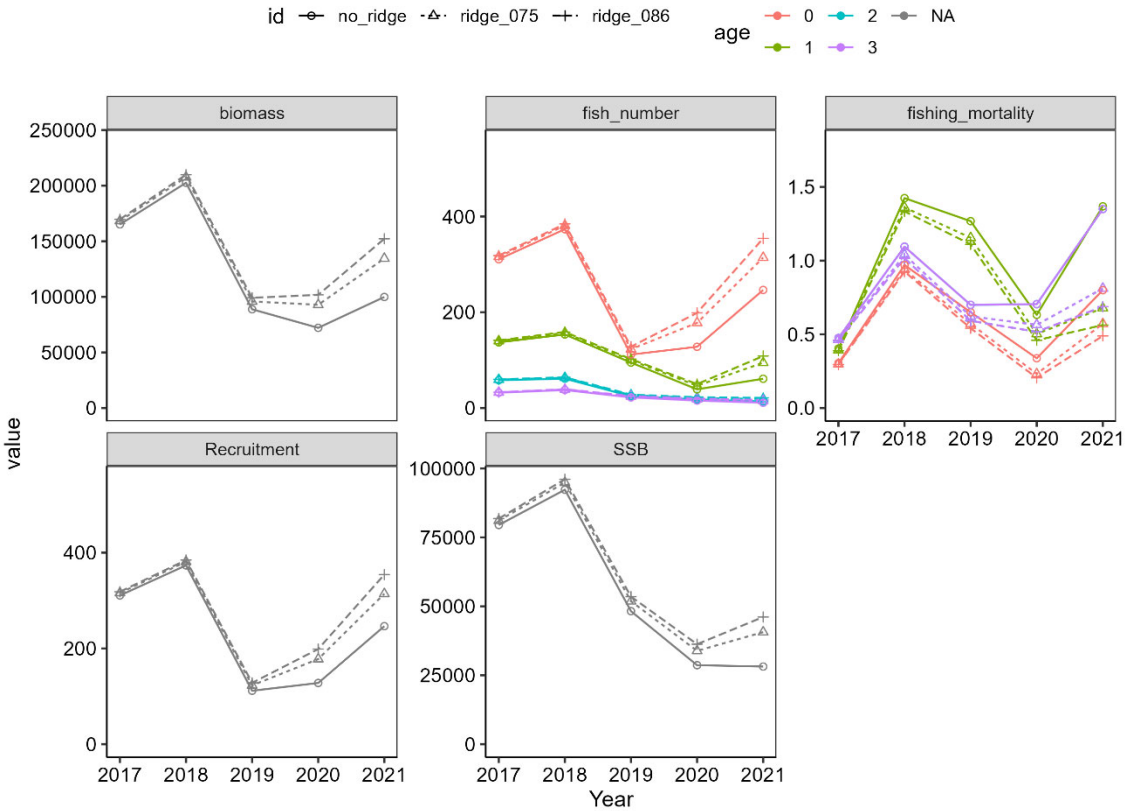
向（竹垣）草世香，黒田啓行 (2018) 暦年集計と漁期年集計にもとづく資源評価の比較：マサバ対馬暖流系群を事例として．水産海洋研究, **82**, 14-25.

補足資料７　様々なシナリオに基づく資源評価結果

今年度の資源評価の不確実性を評価する一つの方法として、リッジ VPA における罰則項の重みλ（補足資料 2 式 4）について、異なる仮定の下で資源計算を行った。補足資料 2 で説明した値（λ=0.75）に加えて、今年度のデータを使って推定した値（λ=0.86）および通常のチューニング VPA（λ=0）とした場合について、それぞれ資源評価を行った。

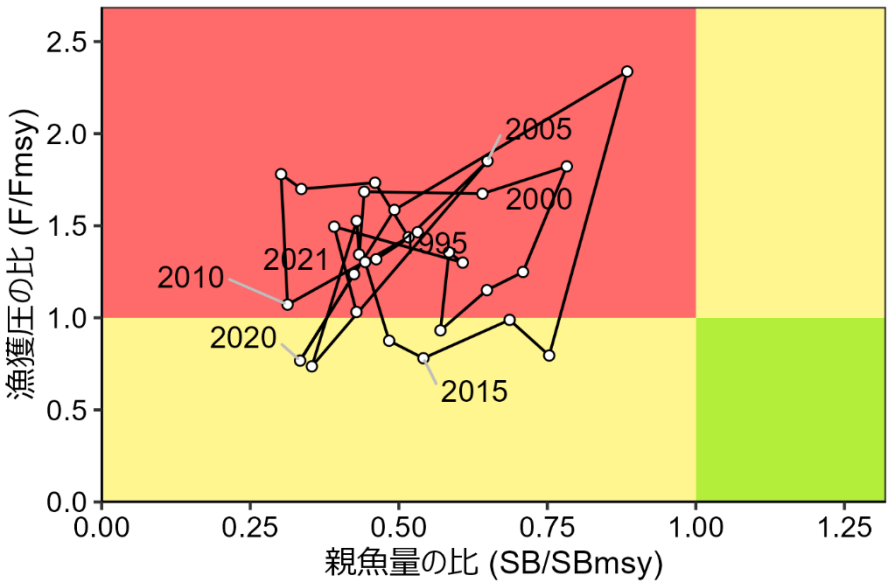
λの値により主に 2019 年以降の評価結果が異なり、λの値が小さいほど、推定される加入量、資源量、親魚量が少なく、漁獲係数は高かった（補足図 7-1）。これはλの値が小さいほど、F の大きさに応じた罰則項の効果が弱くなり、近年低調な日本の資源量指標値がより強く反映されたためと考えられる。特に通常のチューニング VPA（λ=0）を行った場合、2018～2021 年の漁獲圧は Fmsy 水準より高く、2021 年の親魚量は限界管理基準値を大きく下回ると推定された（補足図 7-2）。

資源量のレトロスペクティブバイアスは、λ=0.86 の場合は 0 であるが、λ=0.75 の場合は 8%、λ=0 の場合は 26%の過小評価であった（補足図 7-3）。今年度の資源評価は昨年度に続き 2018 年の韓国の漁獲量に大きな不確実性があると考えられるため、レトロスペクティブバイアスを評価する基準としては適切ではないと考えられる。そこで、今年度評価では、2018 年の漁獲量問題が起こる以前の平成 30 年度評価で推定されたλの値（0.75）を採用した。ただし、2 つのλの値の間で、資源評価結果に大きな差はなかった。

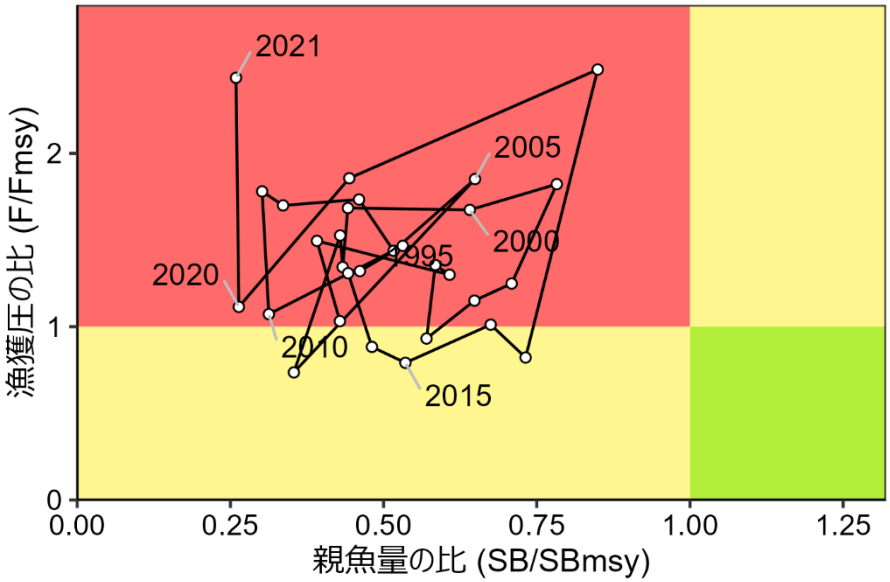


補足図 7-1.　資源評価結果の比較（左上：資源量、中上：資源尾数、右上：漁獲係数、左下：加入量、中下：親魚量）

(1) λ=0.86



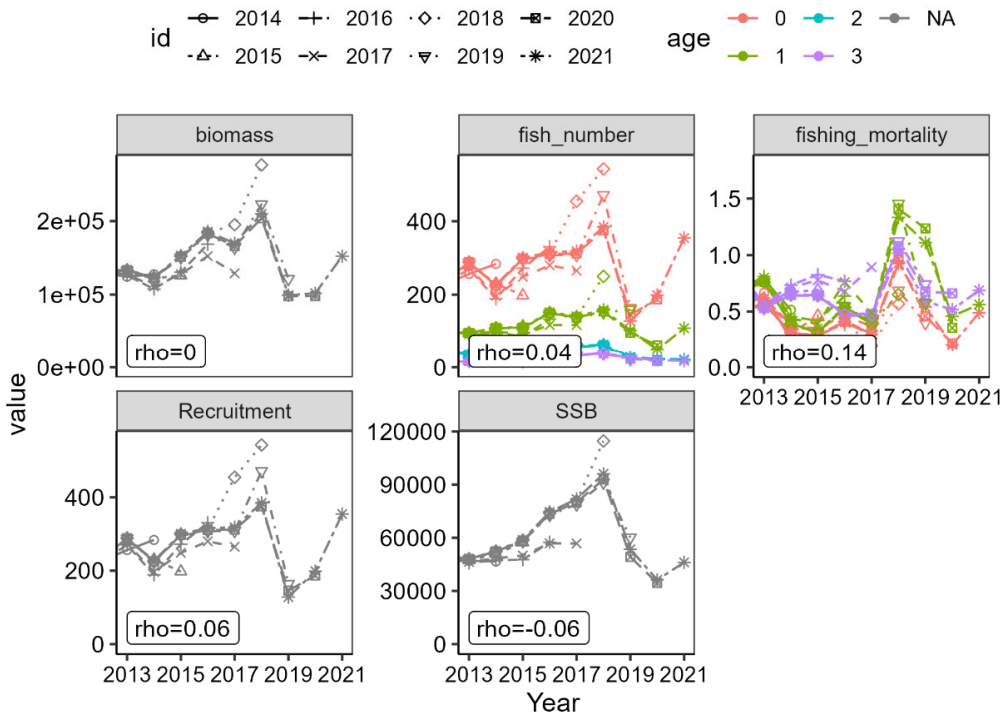
(2) λ=0



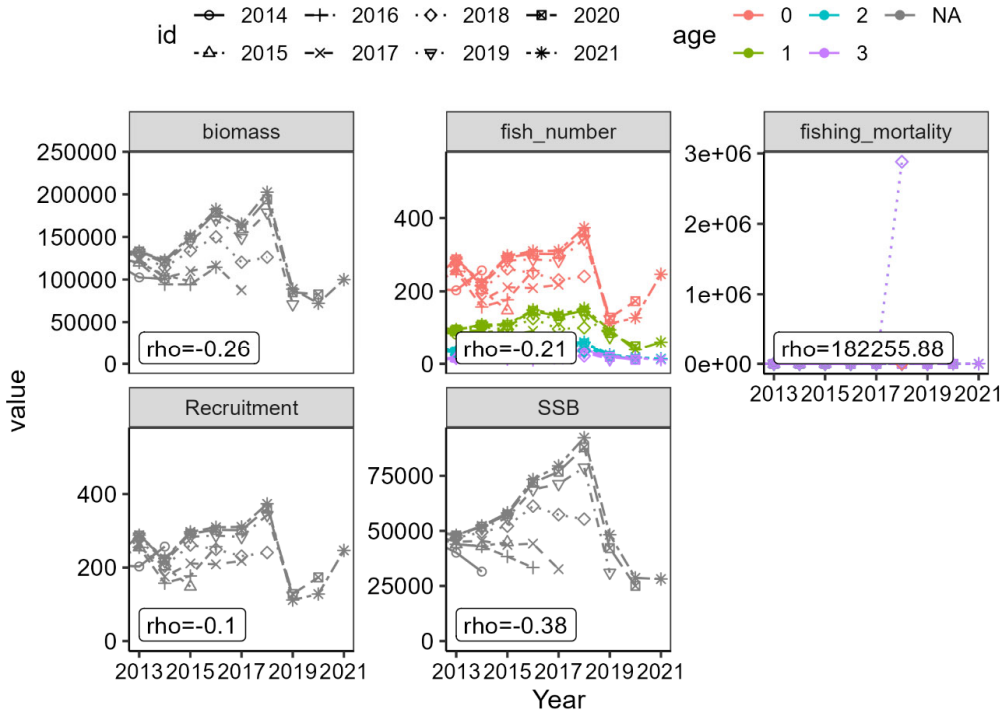
補足図 7-2.　神戸プロット (1) λ=0.86、(2) λ=0

λ=0.75 の結果は図 4-12。

(1) λ=0.86



(2) λ=0



補足図 7-3.　レトロスペクティブバイアス (1) λ=0.86、(2) λ=0

λ=0.75 の結果は補足図 2-3。

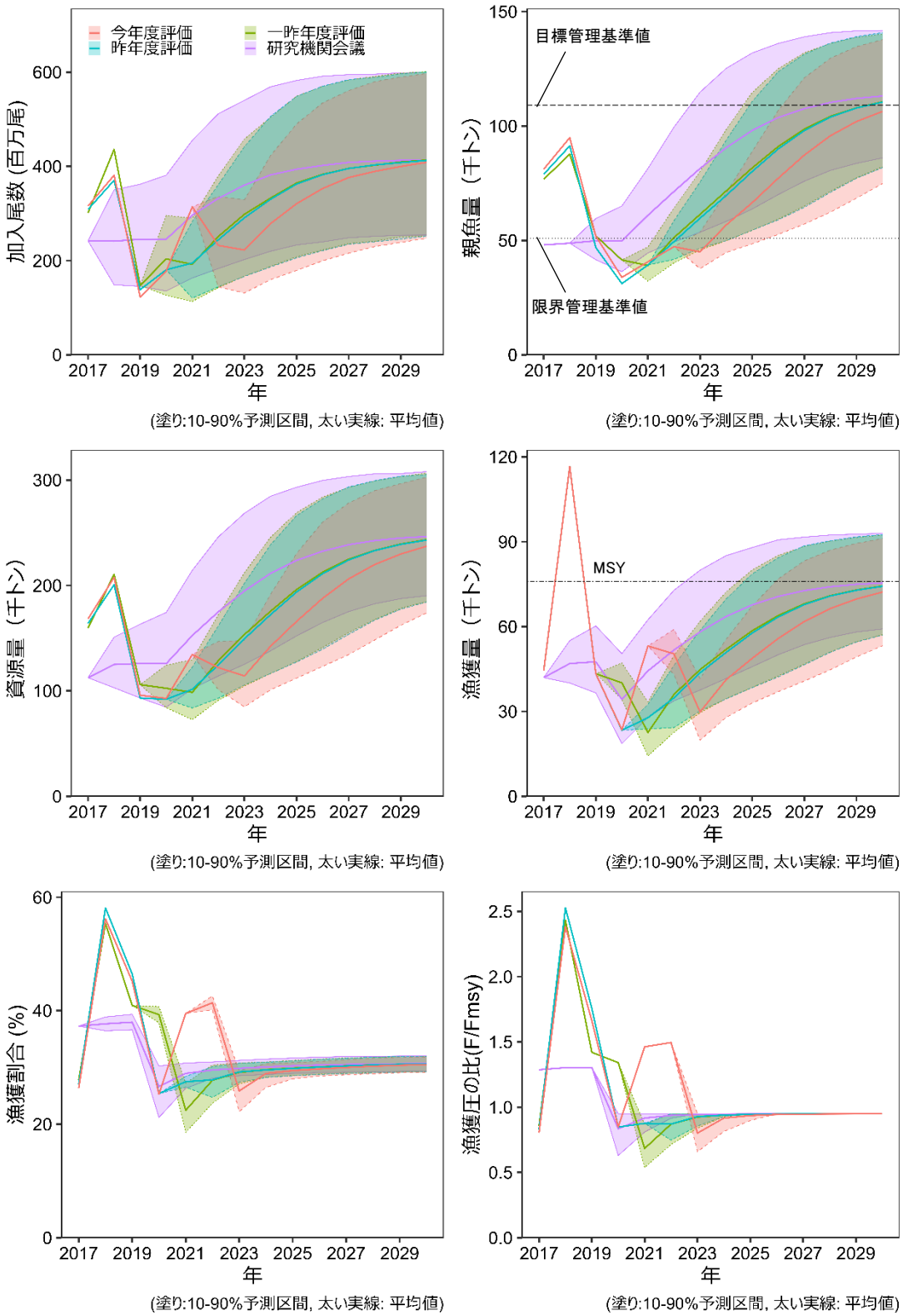
補足資料８　資源評価および将来予測の再評価

昨年度評価と今年度評価を比較すると、2020 年以前の資源量や親魚量、加入量などの推定値に大きな違いはなかった（補足図 8-1）。

今年度の資源評価に基づく 2021 年の加入量は、再生産関係式にもとづく昨年度の予測値よりもかなり多く、良好な加入であったといえる（図 4-11）。そのため、2021 年の資源量は昨年度の予測値よりも多かった。一方、2021 年の漁獲量が昨年度想定された漁獲量よりも多かったため、2021 年の漁獲圧および漁獲割合は昨年度の予測値よりも高くなった。

2022 年の漁獲圧を 2021 年と等しいと仮定すると、2022 年の漁獲割合は昨年度の予測値よりも高いことから、2023 年の資源量および親魚量は昨年度の予測値よりも低くなった。そのため、2023 年の漁獲量（ABC）は下方修正された。

2021 年の資源量は上方修正されたが、2022 年の漁獲圧を 2021 年と等しいと仮定すると、合意された漁獲管理規則のもとで 2030 年に目標管理基準値を超える確率は 45%であり、2031 年に 50%を超えると予測された。資源管理方針が策定された際の将来予測結果と比べれば、資源回復の兆候は明確とは言えないのが現状である。今後も資源の動向に注意しながら、管理を慎重に行う必要がある。



補足図 8-1.　加入尾数、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比の将来予測結果（紫：平成 30 年度資源評価に基づく研究機関会議予測、緑：一昨年（令和 2 年）度資源評価、青：昨年度資源評価、赤：今年度資源評価）