

令和 3（2021）年度の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

本系群の資源量は 1992 年以來、概ね 10 万～20 万トンの範囲で増減していたが、2018 年の 20.1 万トンから 2019 年に 9.3 万トンに急減し、2020 年は 9.2 万トンであった。親魚量も過去最高だった 2018 年の 9.1 万トンから 2019 年に 4.7 万トンに急減した後、2020 年は 3.1 万トンとさらに減少した。これらの減少は 2018 年の高い漁獲圧と 2019 年の低い加入量に起因していると考えられる。

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 2020 年の親魚量はこれを下回る。また、本系群の 2020 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（ F_{msy} ）を下回った。親魚量の動向は近年 5 年間（2016～2020 年）の推移から「減少」と判断された。2022 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 2022 年の ABC は 3.5 万トンである。

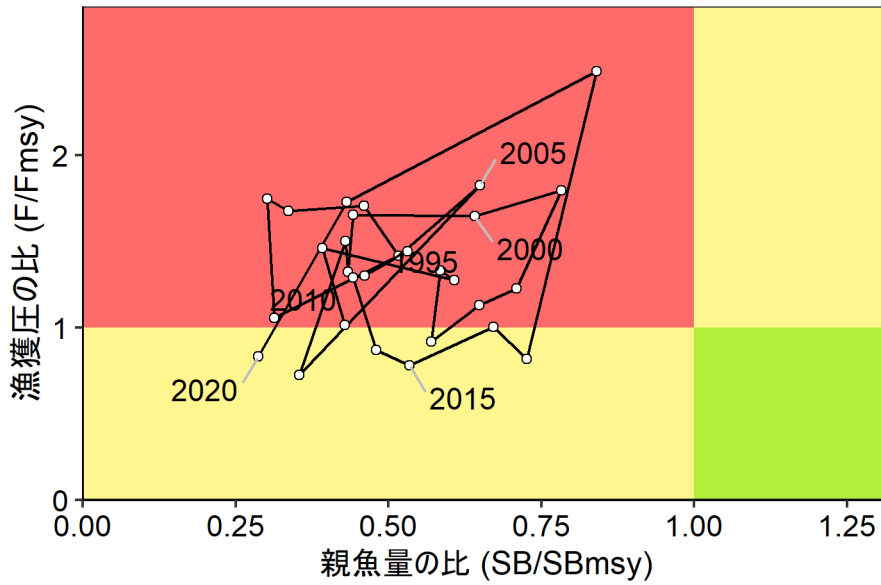
本系群は韓国、中国等によっても漁獲されており、本資源評価では韓国の漁獲の影響は考慮している。しかし、特に東シナ海において操業する数百隻の中国漁船は当該資源に大きな影響を与えていると想定されるものの、中国の影響は考慮できていない。

項目	値	説明
管理基準値と MSY に関する値		
SBtarget	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	51 千トン	MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban	8 千トン	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
2020 年の親魚量と漁獲圧		
SB2020	31 千トン	2020 年の親魚量
F2020	2020 年の漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.23, 0.39, 0.77, 0.77)	
%SPR (F2020)	30%	2020 年の %SPR
%SPR (F2020)	30%	現状 (2020 年) の漁獲圧に対応する %SPR (体重は 2018~2020 年平均値を使用)
目標管理基準値および MSY を実現する水準に対する比率		
SB2020/ SBtarget (SBmsy)	0.29	目標管理基準値 (MSY を実現する親魚量) に対する 2020 年の親魚量の比
F2020/ Fmsy	0.83	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2020 年の漁獲圧の比*

*2020 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

再生産関係：ホッケー・スティック型（自己相関なし）

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 を実現する水準を下回る
親魚量の動向	減少



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	164	79	44	0.82	27
2018	201	91	117	2.49	58
2019	93	47	43	1.73	46
2020	92	31	23	0.83	25
2021	101	39	28	0.88	28
2022	125	49	—	—	—

年は暦年（1～12月）。2021年、2022年の値は将来予測に基づいた推定値である（補足資料2参照）。漁獲量は日本と韓国の合計値。

2022年の ABC (千トン)	2022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/F2020)	2022年の 漁獲割合(%)
35	49	0.99	28

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。
- 2022年漁期でのABCは40千トンである（漁期は7月～翌年6月）。

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7	基礎情報、関係調査等
年齢別・漁期年別 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）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 、2021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「ニューストー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）：ニューストーンネット 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、大中型まき網および中・小型まき網漁業によって漁獲されている。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2-1-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）。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、2020年は1973年以降で過去最低の1.8万トンであった。

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（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2-1-補注1）。しかし、その後急減し、2020年の漁獲量は5千トンと少なかった。中国のさば類漁獲量は2010年以降、50万トン前後に増加し、2019年も41万トンと同水準であった（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2019 (Release date: June 2021, <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>, 2021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。

2020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4）。

(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。2020年の網数（4,262網）は2018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. 資源の状況

(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2-1）。計算は1992～2020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及び枕崎港

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。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（2020）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、2020年には、2～6月にニューストー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3）。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2-1-補注3）。2020年の年齢別指標値は、1歳魚および2歳魚では過去16年間と比べて低く、過去最低であったが、0歳魚と3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2-1-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。2020年の資源量指標値は全ての年齢で過去16年間と比べて非常に低かった。

（3）資源量と漁獲量の推移

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20.1万トンであったが、2019年に9.3万トンまで急減した（図4-2、表4-1）。2020年の資源量は9.2万トンであった。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9.1万トンと過去最高水準に達したが、2019年に4.7万トンに急減した後、2020年は3.1万トンに減少し、過去最低水準となった。

昨年度評価と今年度評価を比較すると、2018～2020年の資源量および2019～2020年の親魚量が下方修正された。これは、昨年度の予測と比較して、2021年に2歳魚の漁獲が低調で、2018年級群の加入量が下方修正されたためである。

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1.4億尾に急減した。2020年の加入量は若干増加し、1.8億尾であった（図4-5、表4-1）。2020年の再生産成功率はやや高いと推定された。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2020）。2020年1月の東シナ海中部の水温は高く、2020年の再生産成功率がやや高いという資源評価結果と齟齬はなかった。ただし、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。2020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、2020年のFは低い水準だった。特に、0歳魚のFは1992年以降、最も低い水準だった。

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58%に増加した（図4-8、表4-1）。2020年の漁獲割合は減少し、25%だった。

項目	値	説明
SB2020	31 千トン	2020年の親魚量
F2020	2020年の漁獲圧(漁獲係数F) (0歳, 1歳, 2歳, 3歳以上)=(0.23, 0.39, 0.77, 0.77)	
U2020	25%	2020年の漁獲割合

(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、2020年の値は30%であった。現状の漁獲圧として、2018年の高い漁獲圧の影響を避けるために直近2020年のF値を採用した。%SPR換算の際、近年3年間（2018～2020年）の平均体重を用いたが、現状の漁獲圧としての%SPRは30%となり、2020年の%SPR（30%）と同じであった。

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（F_{msy}）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F_{msy}算出時の値を使用した。F_{msy}は%SPRに換算すると26%に相当する。現状の漁獲圧（F2020）はF_{msy}を下回り、F30%SPRと同じであった。

項目	値	説明
%SPR (F2020)	30%	2020年の%SPR
%SPR (F2020)	30%	現状(2020年)の漁獲圧に対応する%SPR(体重は

		2018～2020 年平均値を使用)
--	--	--------------------

(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）。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。再生産式の各パラメータは下表に示す。

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	-

ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/g）、b は HS の折れ点となる親魚量（トン）である。

(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」（林ほか 2019）では現在（1992 年以降）の環境下における最大持続生産量 MSY は 7.6 万トンと推定された。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、この MSY 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）を限界管理基準値、MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量を禁漁水準（0.8 万トン）とする漁獲シナリオが取り纏められた。MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）と共に諸数値を下表に示す。

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（SB0.6msy）。
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

(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 4-12 に示す。本系群における 2020 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。2020 年の親魚量は SBmsy の 0.29 倍である。また、2020 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) を下回っており、2020 年の漁獲圧は Fmsy の 0.83 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 (2016 ~2020 年) の推移から減少と判断される。

項目	値	説明
SB2020/ SBmsy (SBtarget)	0.29	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 2020 年の親魚量の比
F2020/ Fmsy	0.83	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2020 年の漁獲圧の比*

* 2020 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

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 を実現する水準を下回る
親魚量の動向	減少

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2020 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2021~2050 年までの将来予測計算を行った (補足資料 2)。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、10,000 回の繰り返し計算を行った。2021 年の漁獲圧は、予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2020) から仮定した。2022 年以降の漁獲圧は、5-(2)で示す漁獲管理規則から計算した。

(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。この漁獲管理規則では、調整係数 $\beta=0.95$ とする。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 (図 5-1)。

(3) 2022 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 2022 年の予測漁獲量である 3.5 万トンを ABC として提示する。2022 年に予測される親魚量は、繰り返し計算の 41%で限界管理基準値を上回るものの、残りの 59%では下回り、平均 4.9 万トンと見込まれた。限界管理基準値を下回る場合の 2022 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 3 (2021) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2021-ABCWG02-01)」における 1 系資源の管理規則に基づき、下式により 0.97 と計算さ

れた。

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

2022 年の ABC (千トン)	2022 年の親魚量の 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020)	2022 年の 漁獲割合 (%)
35	49	0.99	28
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。 ・ 2022 年漁期での ABC は 40 千トンである(漁期は 7 月～翌年 6 月)。			

(4) 2023 年以降の予測

2023 年以降も含めた将来予測の結果を図 5-3、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 11.0 万トン（80%予測区間は 8.2 万～14.1 万トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は 51%、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、2022 年以降に異なる β を使用した場合、および 2022 年以降に現状の漁獲圧 (F2020) 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 10.3 万トン（80%予測区間は 7.2 万～13.3 万トン）、 β を 0.9 とした場合は平均 11.8 万トン（80%予測区間は 9.0 万～14.9 万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率はそれぞれ 39%と 64%、限界管理基準値を上回る確率はそれぞれ 99%と 100%である。一方、2022 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 12.0 万トン（80%予測区間は 9.1 万～15.2 万トン）であり目標管理基準値を上回る確率は 68%、限界管理基準値を上回る確率は 100%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、2030 年以降となると予測された。限界管理基準値を 50%以上の確率で上回る年は、2023 年と予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも ($\beta=0$)、親魚量が目標管理基準値を 50%以上の確率で上回るのは 2024 年になると予測された。

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030年 の親魚量 (千トン)	80% 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					
$\beta=0.95$	110	82 – 141	51	100	100
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合等）					
$\beta=1.0$	103	72 – 133	39	99	100
$\beta=0.9$	118	90 – 149	64	100	100
$\beta=0.8$	133	104 – 165	85	100	100
$\beta=0$	392	327 – 464	100	100	100
F2020	120	91 – 152	68	100	100

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			
$\beta=0.95$	2030年	2023年	2021年
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合等）			
$\beta=1.0$	2051年以降	2023年	2021年
$\beta=0.9$	2028年	2023年	2021年
$\beta=0.8$	2026年	2023年	2021年
$\beta=0$	2024年	2023年	2021年
F2020	2028年	2023年	2021年

6. 資源評価のまとめ

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増減していたが、2019年に前年の20.1万トンから9.3万トンに急減し、2020年は9.2万トンであった。（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9.1万トンの過去最高値となったが、2019年に4.7万トンに減少した後、2020年は3.1万トンに減少した（図4-2、表4-1）。2020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（2016～2020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。2018～2019年の漁獲圧はMSYを実現する水準を上回ったが、2020年は下回った。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1.4億尾に急減した後、2020年は若干増加し、1.8億尾であった（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 6）。また、将来予測における 2021 年の漁獲量の仮定の違いによっても、将来の算定漁獲量に違いが見られた（補足資料 6）。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・高橋素光 (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・山田明德・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**(4), 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：黒田啓行、向草世香、依田真里、日野晴彦、高橋素光、佐々千由紀、国松翔太)

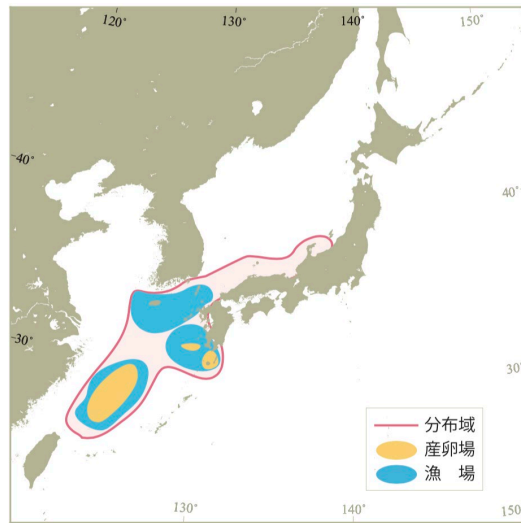


図 2-1. ゴマサバ東シナ海系群の分布域と産卵場

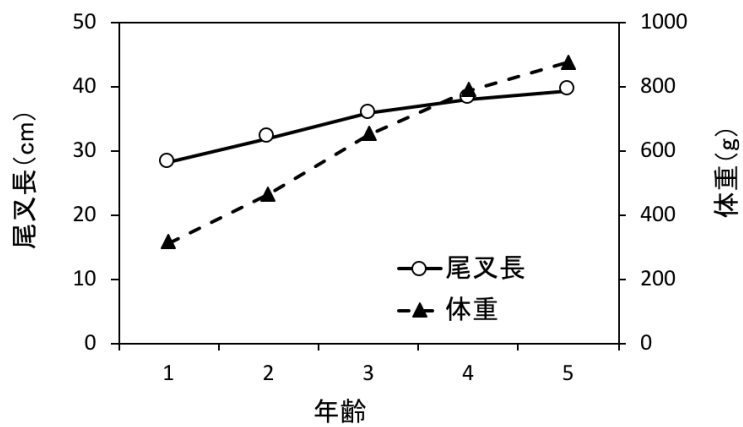


図 2-2. 年齢と成長

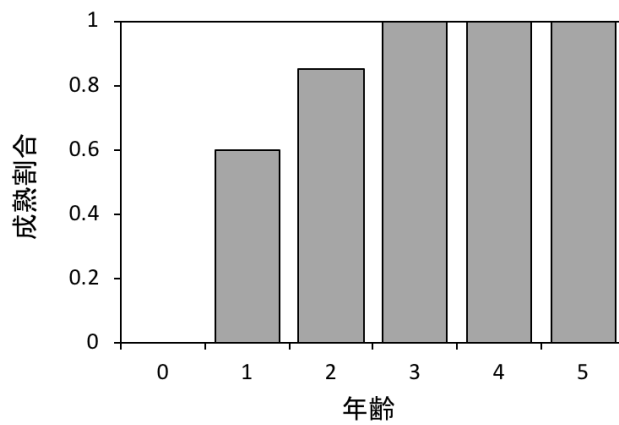


図 2-3. 年齢と成熟割合

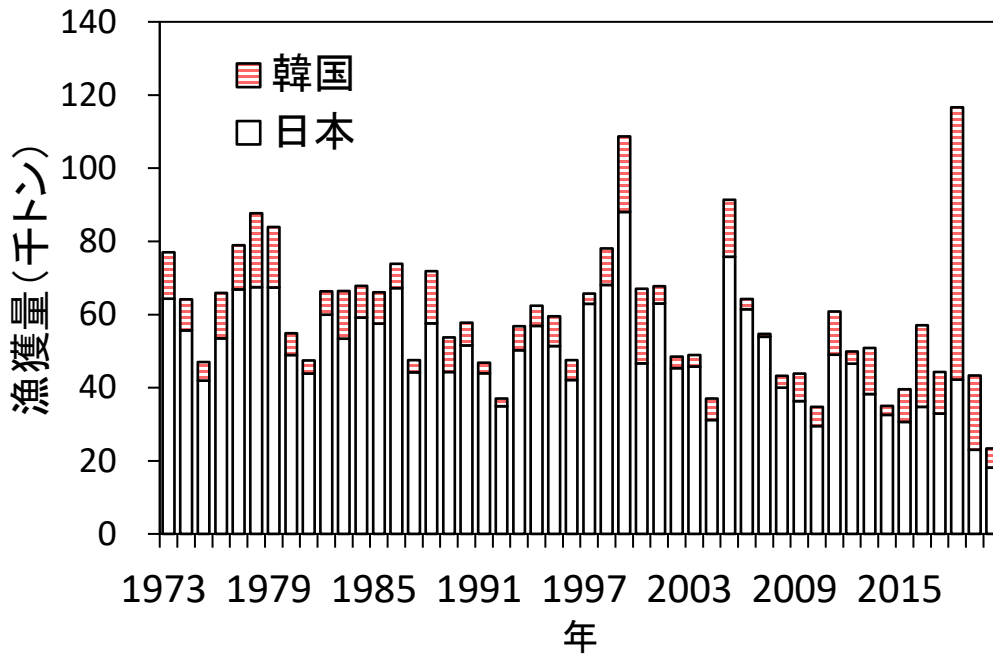


図 3-1. 漁獲量の推移

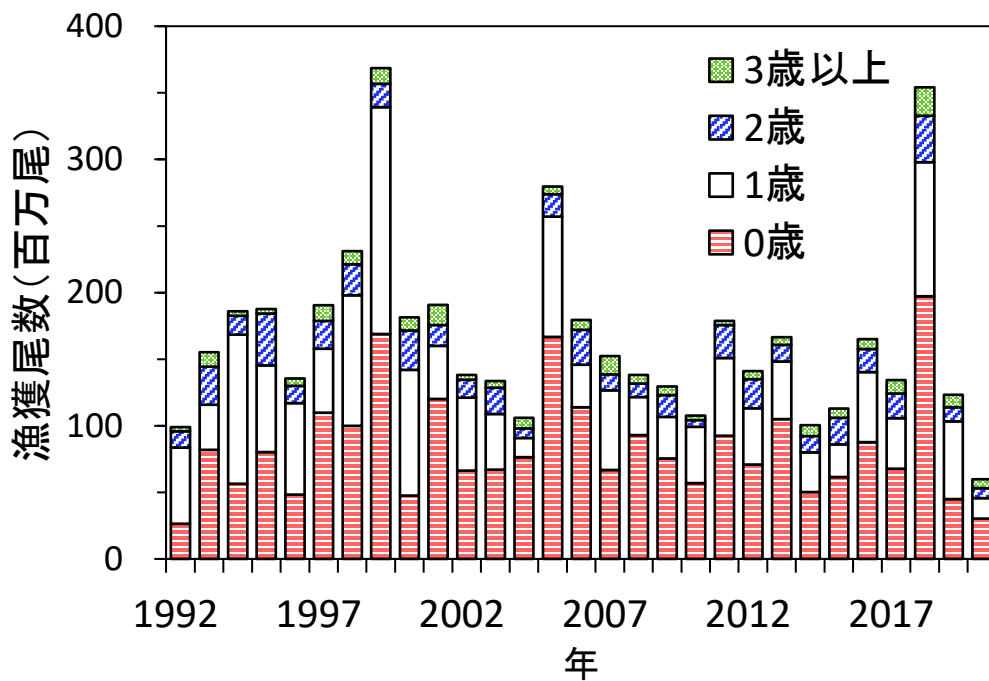


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

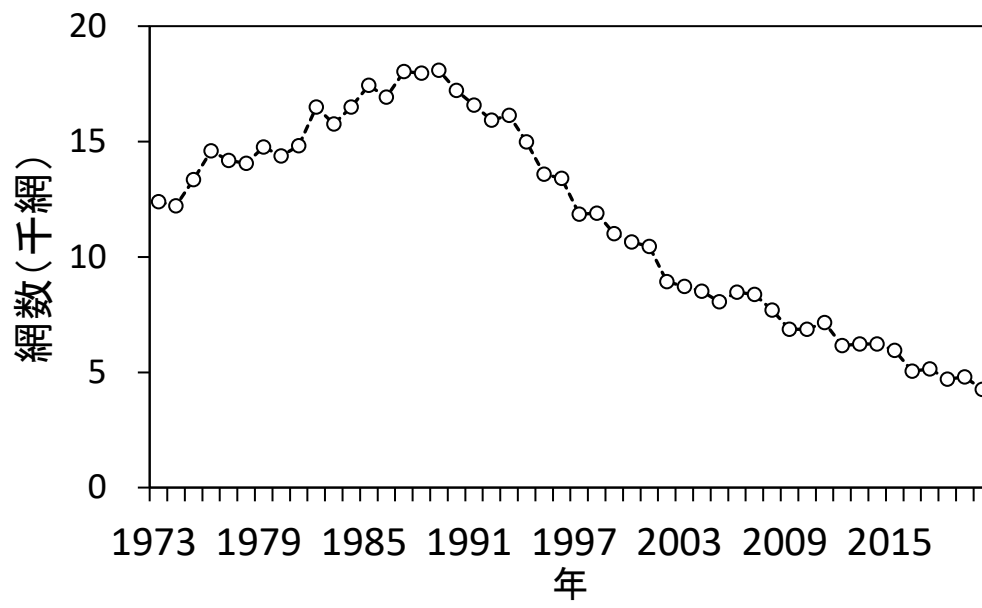


図 3-3. 東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網漁業の網数の推移

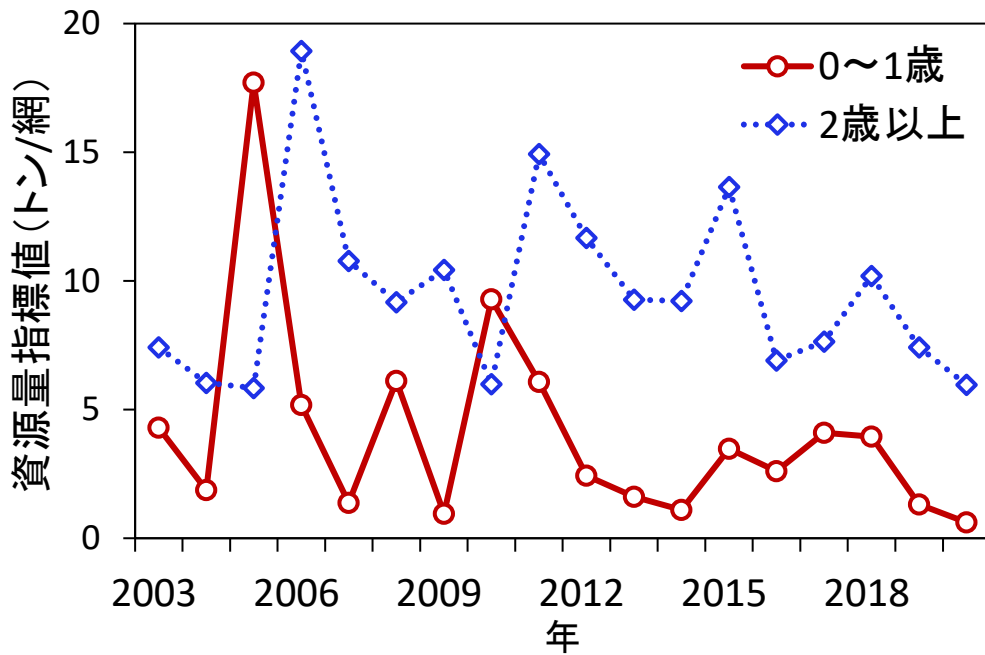
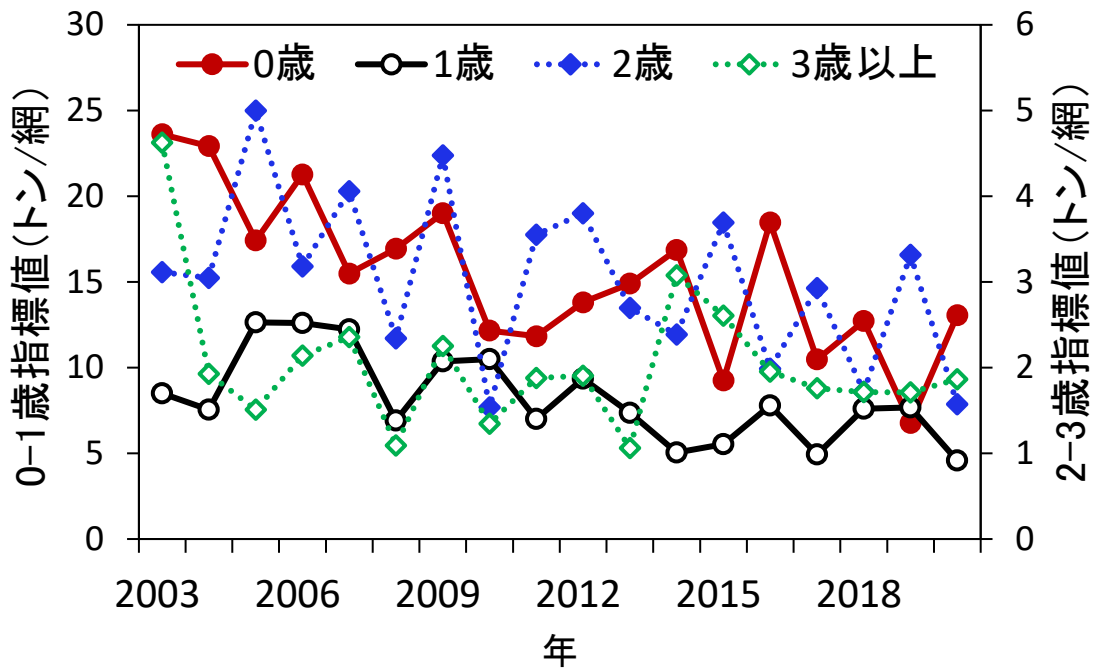


図 4-1. 東シナ海で操業する大中型まき網の銘柄別漁獲量から算出した年齢別の資源量指標値の推移（上図）と枕崎港に水揚げする中型まき網の資源量指標値の推移（下図）

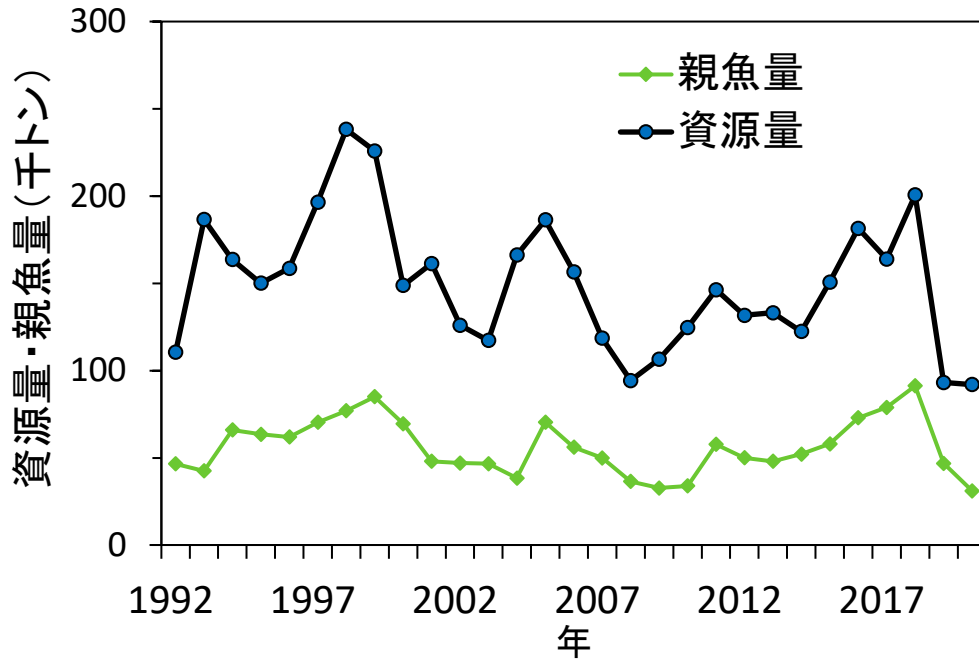


図 4-2. 資源量と親魚量の推移

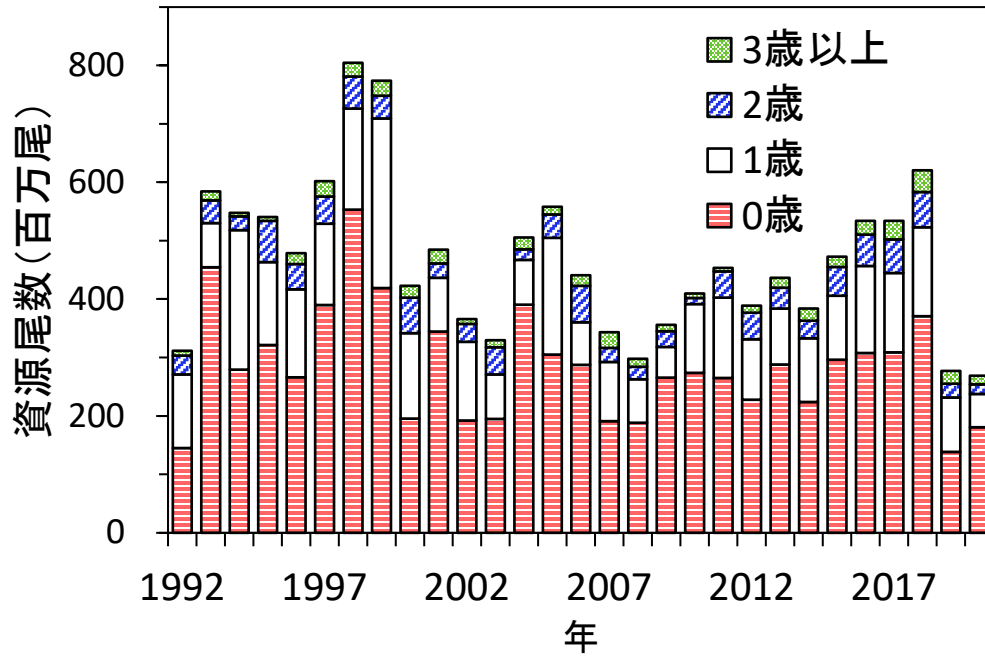


図 4-3. 年齢別資源尾数の推移

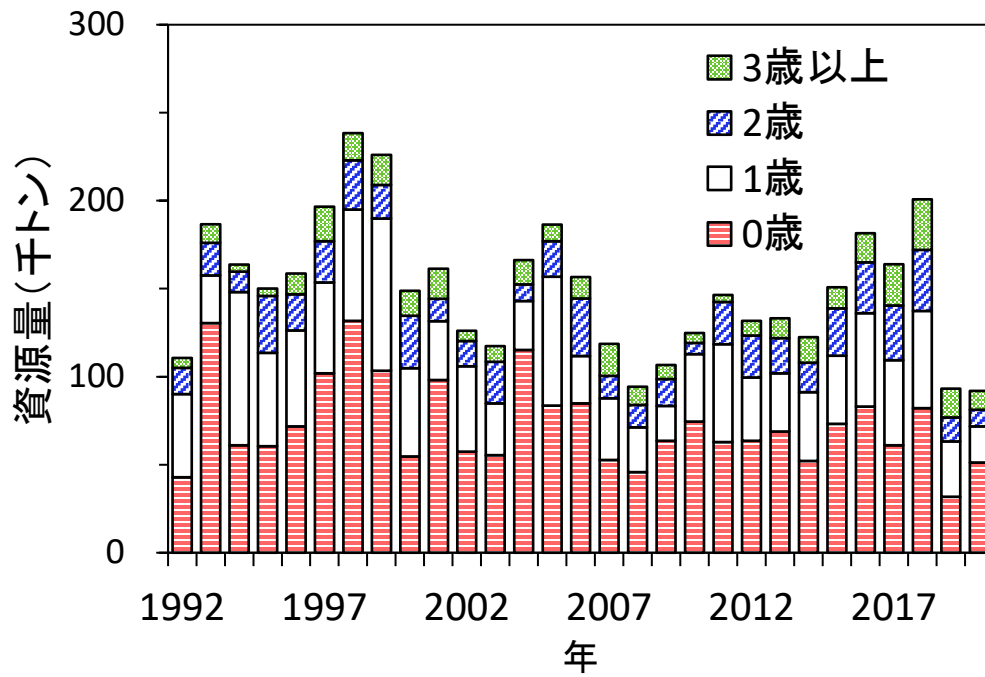


図 4-4. 年齢別資源重量の推移

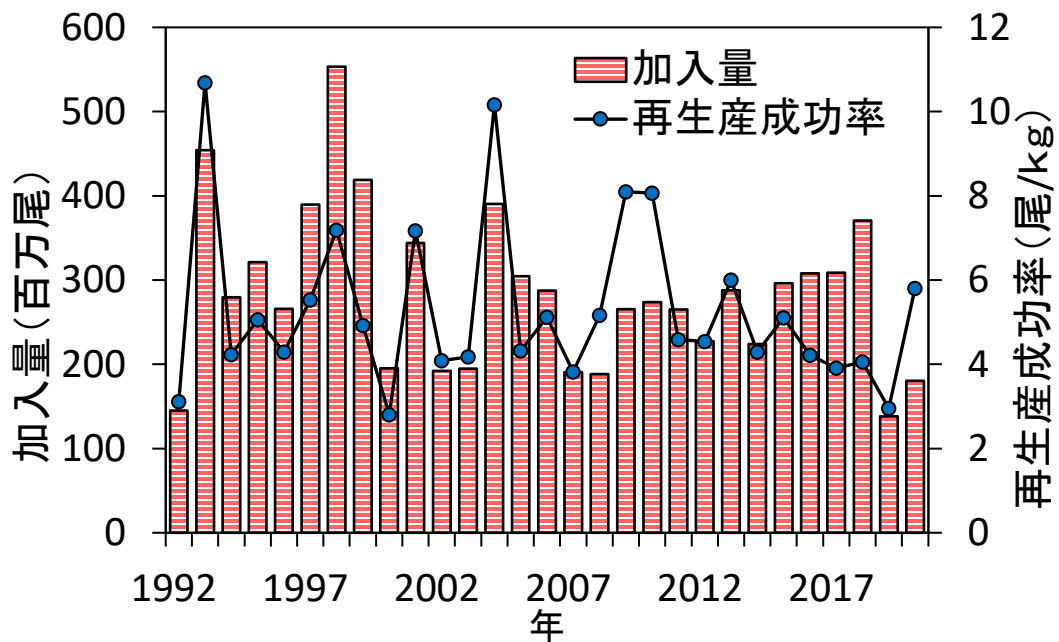


図 4-5. 加入量と再生産成功率 (RPS: 尾/kg) の推移

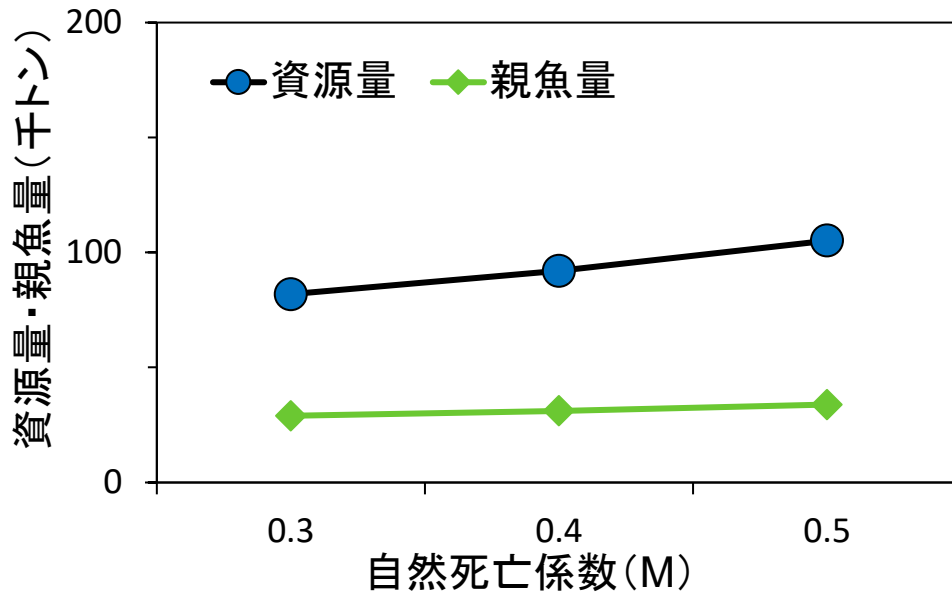


図 4-6. 資源量と親魚量の推定に対する自然死亡係数 M の影響

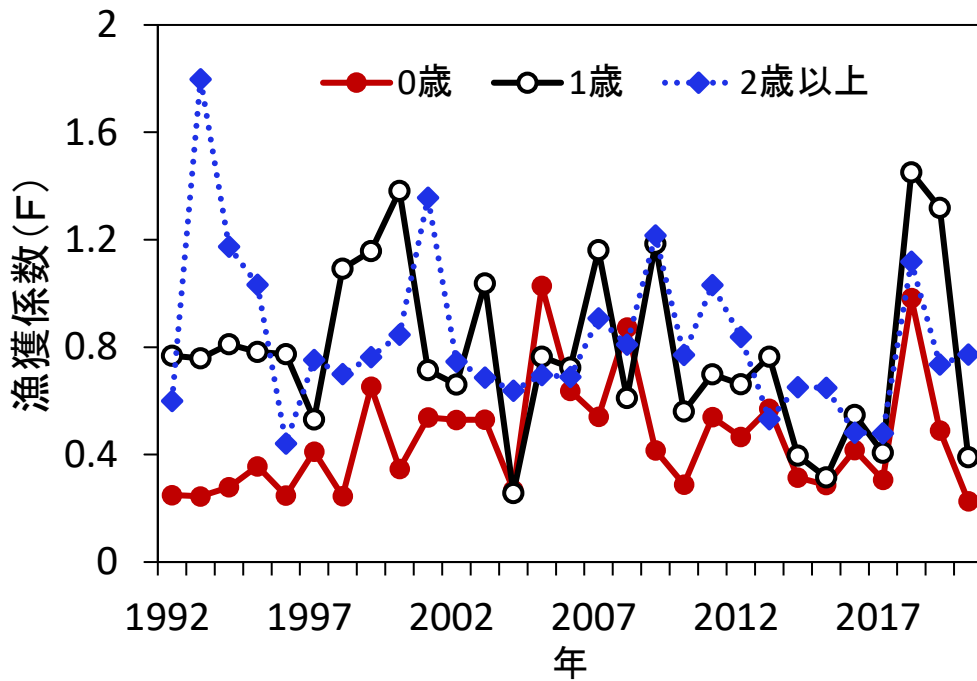


図 4-7. 年齢別漁獲係数 F の推移

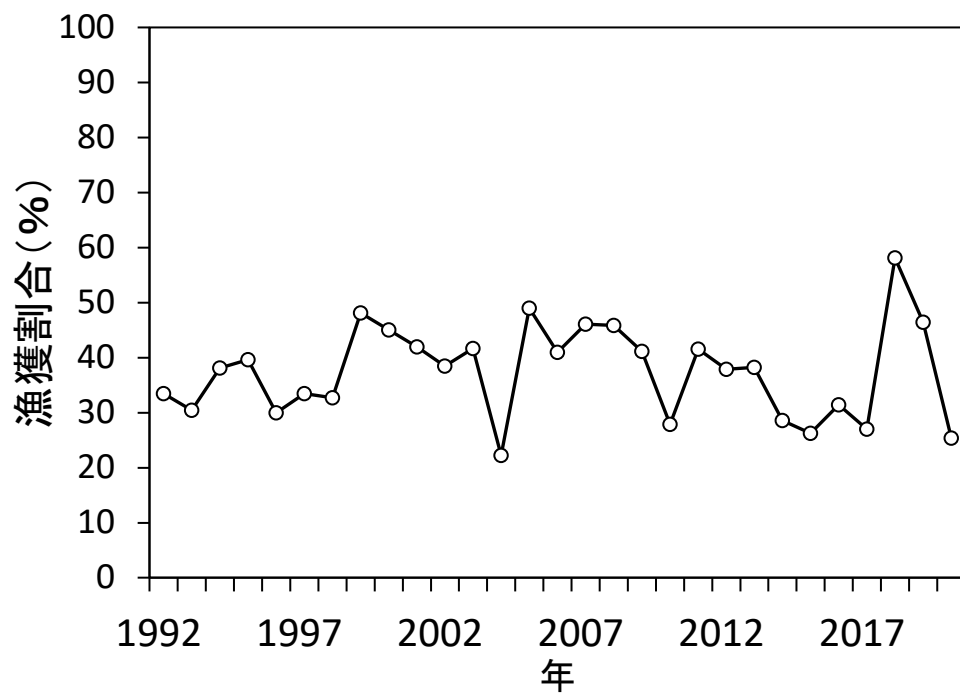


図 4-8. 漁獲割合の推移

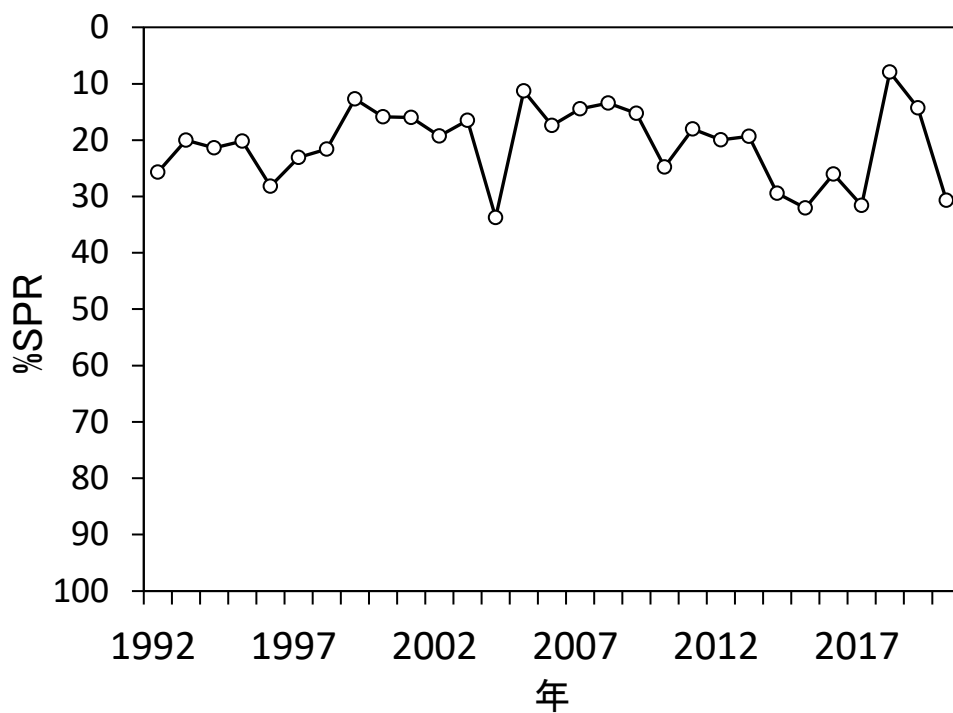


図 4-9. %SPR 値の推移

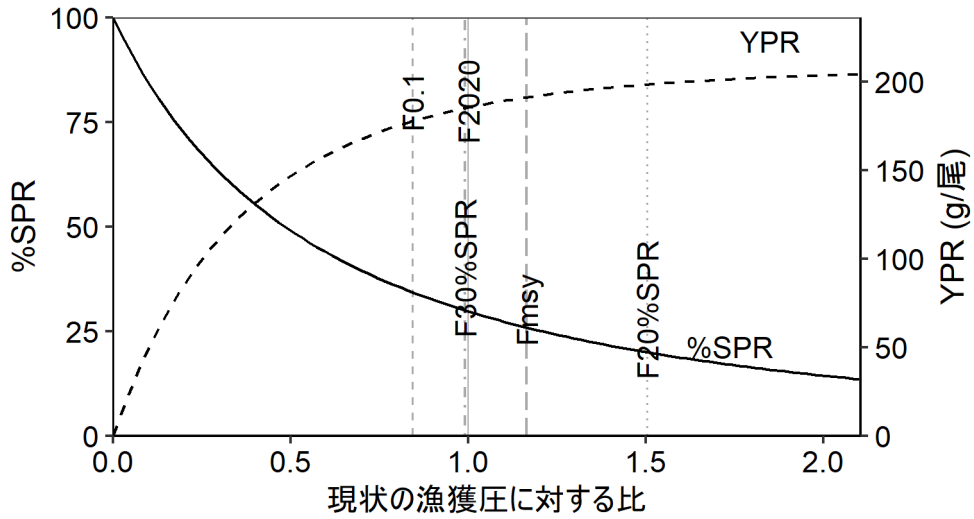
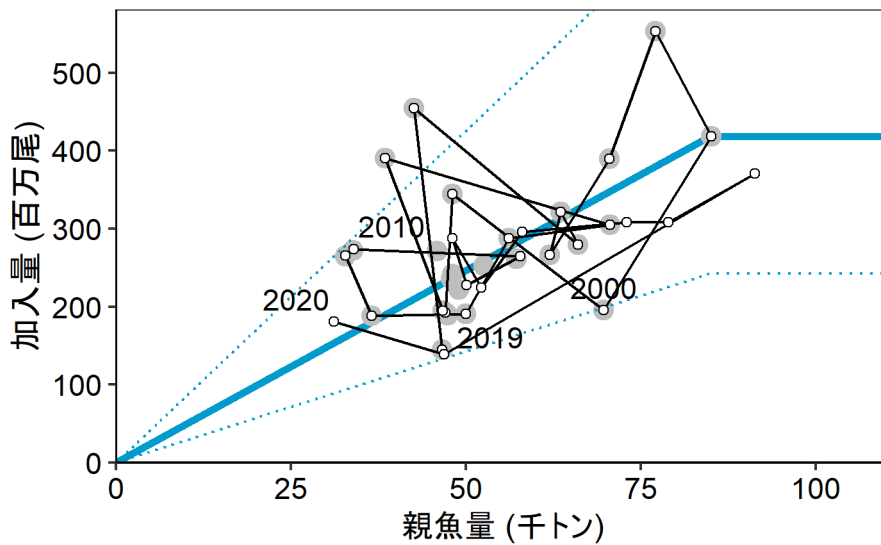


図 4-10. 現状の漁獲圧 (F2020) に対する YPR と%SPR の関係



関数形: HS, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 19.83

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。

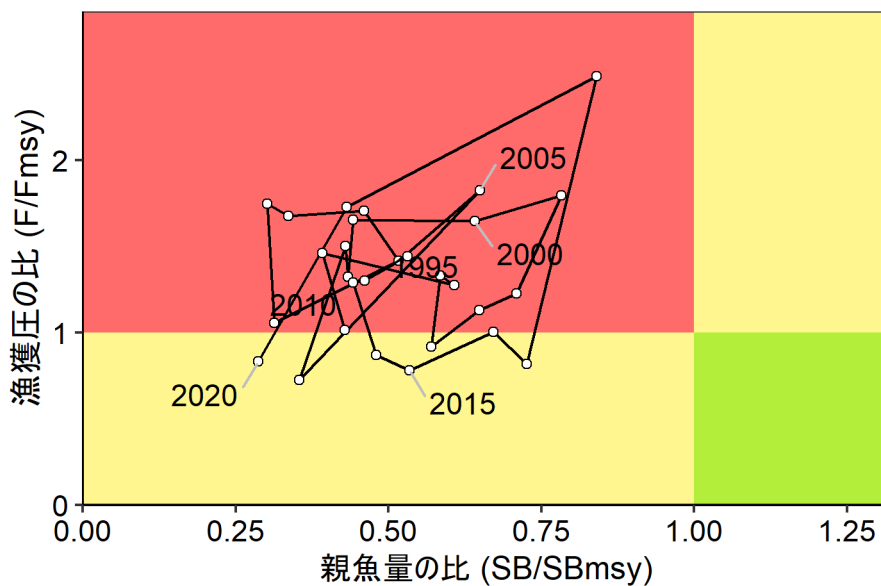
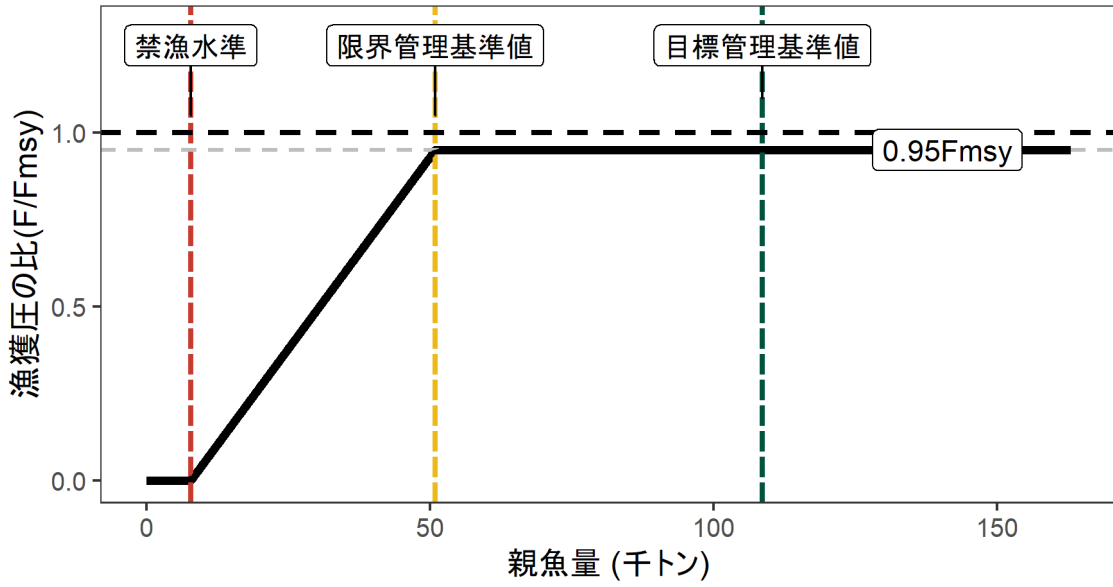


図 4-12. 最大持続生産量MSYを実現する親魚量(SBmsy)とMSYを実現する漁獲圧(Fmsy)に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

a)



b)

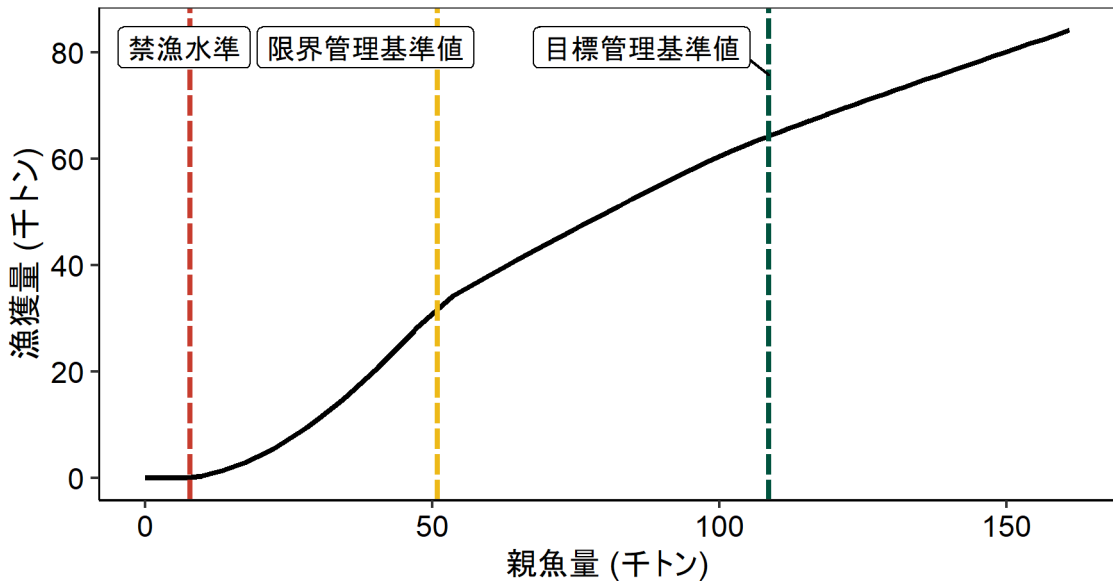
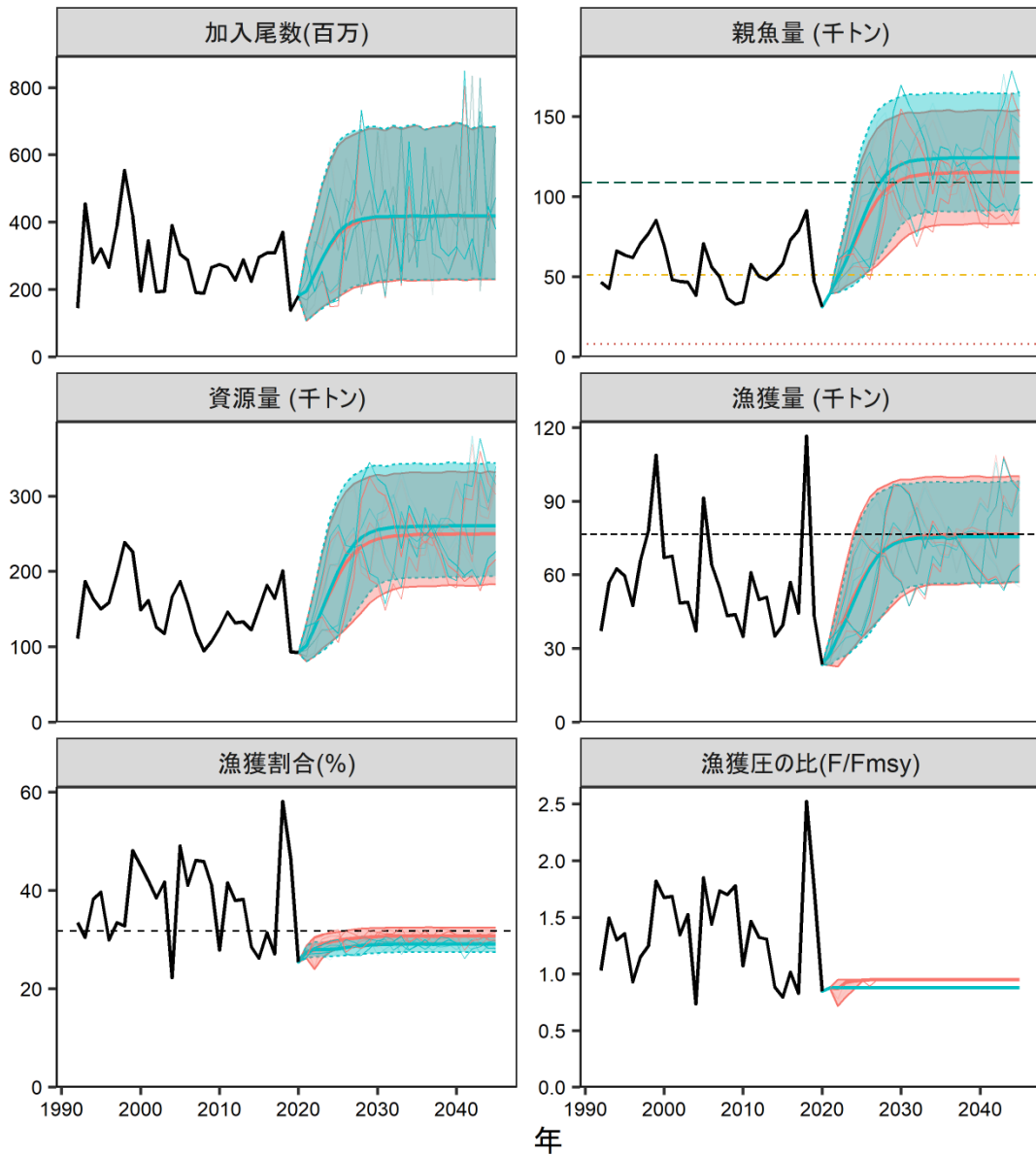


図 5-2. 漁獲管理規則 (a) 縦軸を漁獲圧にした場合 (b) 縦軸を漁獲量にした場合



(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 5-3. 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($\beta=0.95$ の場合)。太実線は10,000回の平均値、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、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 U_{msy} を示す。2021年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F_{2020})により仮定した。

表 3-1. 大中型まき網のゴマサバ漁獲量および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	50,238
1994	46,907	4,573	152	2,185	50	273	284	2,328	0	39	33	70	56,894
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	42,090
1997	49,220	9,188	687	2,822	31	87	205	642	1	3	22	21	62,929
1998	60,130	4,548	118	1,830	17	133	329	987	1	1	25	10	68,129
1999	79,261	5,487	168	2,186	17	153	143	556	1	9	15	22	88,018
2000	38,723	5,600	72	1,512	8	58	245	410	0	6	22	14	46,670
2001	55,736	4,627	13	1,895	16	127	190	412	0	0	11	8	63,035
2002	41,201	1,382	19	1,955	3	110	177	520	0	0	15	8	45,390
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	75,826
2006	47,746	9,305	31	3,450	26	107	83	628	1	2	74	32	61,485
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	40,036
2009	24,690	6,974	15	3,604	1	64	106	901	0	1	16	7	36,379
2010	16,036	9,906	31	2,917	10	94	75	474	0	1	5	10	29,559
2011	26,265	16,358	73	4,950	2	142	80	825	0	1	14	9	48,719
2012	32,063	10,060	27	3,508	8	96	43	777	4	1	3	9	46,599
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	32,534
2015	16,695	9,558	75	3,622	2	68	93	522	0	3	14	14	30,666
2016	21,418	8,536	69	3,332	6	21	136	1,244	0	0	11	13	34,786
2017	15,976	10,331	137	5,323	4	50	79	1,019	0	0	14	10	32,944
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	4,395	57	3,807	3	72	48	439	0	0	15	7	18,129

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

年	漁獲量 (千トン)			漁獲努力量 (千網)
	日本	韓国	計	
1992	35	2	37	15.930
1993	50	7	57	16.130
1994	57	6	62	14.990
1995	51	8	60	13.580
1996	42	5	48	13.410
1997	63	3	66	11.860
1998	68	10	78	11.890
1999	88	21	109	11.010
2000	47	20	67	10.650
2001	63	5	68	10.450
2002	45	3	48	8.930
2003	46	3	49	8.715
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	6.868
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	23	4.262

表 4-1. コホート解析結果

年	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)
1992	111	47	145	33	3.11
1993	187	43	454	30	10.69
1994	164	66	279	38	4.23
1995	150	63	321	40	5.06
1996	159	62	266	30	4.29
1997	197	70	390	33	5.53
1998	238	77	553	33	7.18
1999	226	85	419	48	4.92
2000	149	70	195	45	2.80
2001	161	48	344	42	7.17
2002	126	47	192	38	4.08
2003	117	47	195	42	4.18
2004	166	38	390	22	10.16
2005	186	71	305	49	4.32
2006	157	56	287	41	5.12
2007	119	50	191	46	3.82
2008	94	37	188	46	5.16
2009	107	33	265	41	8.09
2010	125	34	274	28	8.06
2011	146	58	265	42	4.59
2012	132	50	227	38	4.54
2013	133	48	288	38	6.00
2014	122	52	224	29	4.29
2015	151	58	296	26	5.10
2016	182	73	308	31	4.22
2017	164	79	309	27	3.91
2018	201	91	370	58	4.06
2019	93	47	138	46	2.95
2020	92	31	181	25	5.80

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

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。2021 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2020) から予測される 28 千トンとし、2022 年から漁獲管理規則による漁獲とした。

a) 目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	0	0	0	3	8	16	23	30	35	39	47	48
0.95	0	0	0	3	11	22	33	42	48	51	58	59
0.90	0	0	0	5	16	30	44	54	60	64	69	70
0.80	0	0	1	9	28	50	67	77	82	85	87	87
0.70	0	0	1	15	44	71	86	92	95	96	97	96
0.60	0	0	2	24	62	87	96	98	99	99	100	99
0.50	0	0	3	35	79	96	99	100	100	100	100	100
0.40	0	0	4	48	90	99	100	100	100	100	100	100
0.30	0	0	6	63	96	100	100	100	100	100	100	100
0.20	0	0	8	76	99	100	100	100	100	100	100	100
0.10	0	0	12	86	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	0	0	16	93	100	100	100	100	100	100	100	100
現状F	0	0	1	5	17	32	46	57	64	68	74	74

b) 限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	0	35	72	84	91	94	96	98	98	99	100	100
0.95	0	35	76	88	94	97	98	99	99	100	100	100
0.90	0	35	80	92	96	98	99	100	100	100	100	100
0.80	0	35	87	96	99	100	100	100	100	100	100	100
0.70	0	35	92	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60	0	35	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50	0	35	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.40	0	35	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	0	35	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	0	35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	0	35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	0	35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状F	0	35	73	87	93	97	98	99	100	100	100	100

表 5-2. 将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移

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。2021 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2020) から予測される 28 千トンとし、2022 年から漁獲管理規則による漁獲とした。

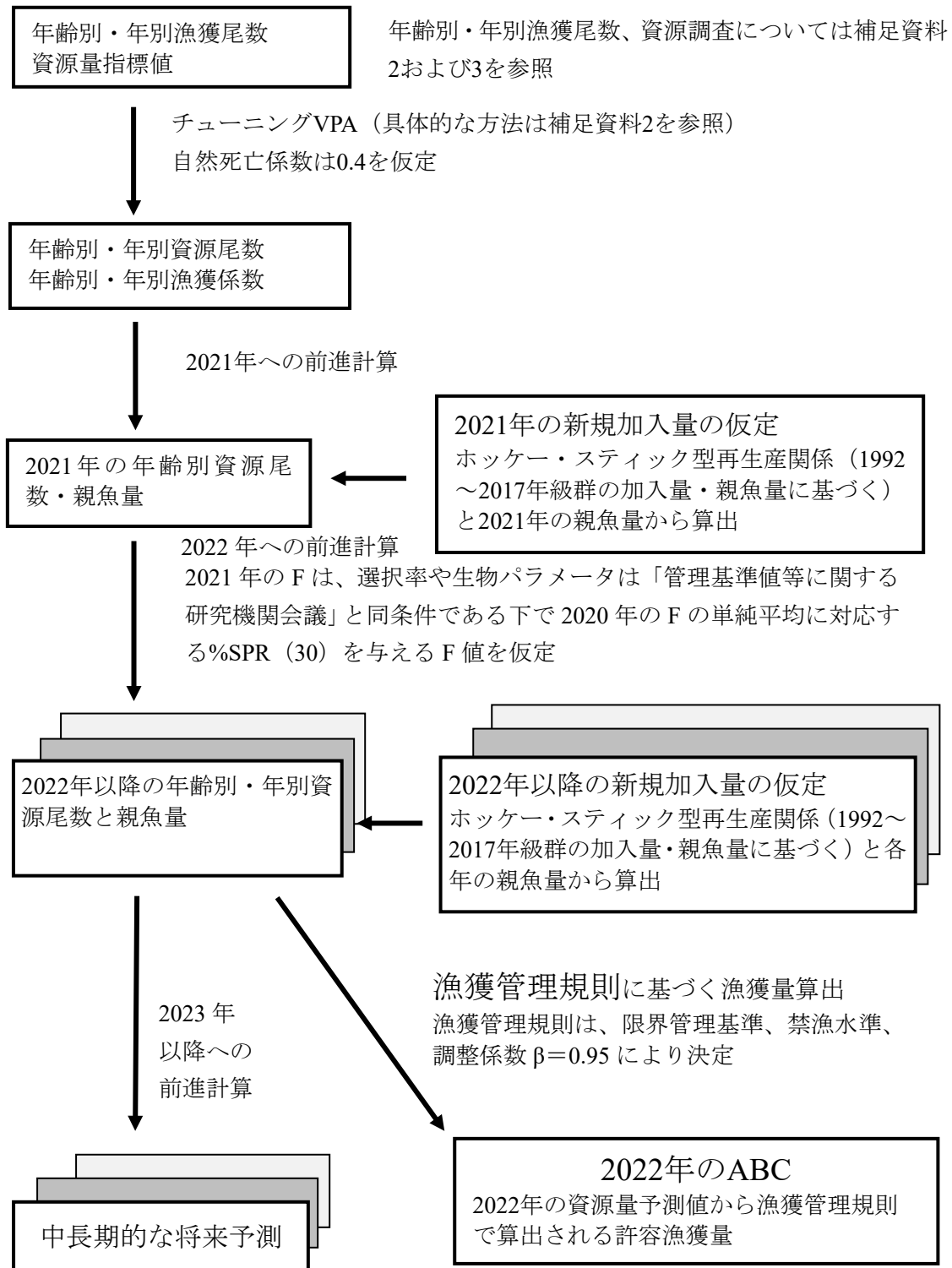
a) 親魚量の平均値の推移 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	39	49	58	67	76	84	91	96	100	103	109	109
0.95	39	49	60	70	80	90	98	104	108	110	115	115
0.90	39	49	61	73	85	96	105	112	116	118	121	121
0.80	39	49	64	79	95	110	121	127	131	133	134	134
0.70	39	49	67	86	107	125	137	144	147	148	149	150
0.60	39	49	70	94	120	141	155	162	165	166	167	168
0.50	39	49	73	102	133	159	174	182	186	187	189	189
0.40	39	49	76	111	148	178	196	206	211	213	215	216
0.30	39	49	80	121	165	200	222	234	241	244	248	248
0.20	39	49	83	131	183	225	252	268	277	282	290	290
0.10	39	49	87	143	203	254	288	309	323	331	344	344
0.00	39	49	91	155	226	288	331	360	379	392	417	418
現状F	39	49	60	72	84	96	106	113	117	120	124	124

b) 漁獲量の平均値の推移 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	28	36	44	51	57	62	67	70	72	73	77	77
0.95	28	35	44	51	58	63	68	71	73	74	77	77
0.90	28	33	43	51	58	64	69	72	73	74	76	76
0.80	28	30	41	50	58	64	69	71	73	73	74	74
0.70	28	27	38	48	57	63	67	69	70	71	71	71
0.60	28	24	35	45	54	60	64	66	67	67	68	68
0.50	28	20	31	41	50	56	60	62	62	63	63	63
0.40	28	16	26	36	44	50	53	55	56	57	57	57
0.30	28	13	21	29	36	42	45	47	48	48	49	49
0.20	28	9	15	21	27	31	34	36	37	37	38	38
0.10	28	4	8	11	15	18	20	21	21	22	22	23
0.00	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状F	28	35	42	49	56	63	67	70	72	74	76	75

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。2020 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 ($M=2.5 \div \text{最高年齢 } 6 \text{ 歳} \doteq 0.4$) と仮定した。

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)	27.3	29.5	34.1	37.3
体重 (g)	284	360	564	744
成熟割合	0	0.60	0.85	1

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及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）。1992～2020 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。

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

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

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 は同一とした。

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

最近年 Y (2020 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 2019)。

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

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。

$$\rho = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{B_{Y-i}^{Ri} - B'_{Y-i}}{B'_{Y-i}} \quad (5)$$

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

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 (2020 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 2019)。今年度のデータに関して、式 5 が 0 となる λ は 0.83 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 6)。さらなる λ の感度分析として、 λ が 0 の場合 (通常チューニング VPA に相当) についても資源評価を行った (補足資料 6)。

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及び (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 2003~2020 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)。

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

ここで、 $I_{a,y}$ は y 年における a 歳の大中小型まき網 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、 $I_{a,y}$ 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'_g 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。2020 年における年齢別の F は、それぞれ $F_{0,2020} = 0.23$ 、 $F_{1,2020} = 0.39$ 、 $F_{2,2020} = F_{3+,2020} = 0.77$ と推定された。その他のパラメータは $q_0 = 0.23$ 、 $q_1 = 0.22$ 、 $q_2 = 0.16$ 、 $q_3 = 0.16$ 、 $q'_{0-1} = 0.03$ 、 $q'_{2+} = 0.29$ 、 $\sigma_0 = 0.30$ 、 $\sigma_1 = 0.45$ 、 $\sigma_2 = 0.51$ 、 $\sigma_3 = 0.56$ 、 $\sigma'_{0-1} = 0.74$ 、 $\sigma'_{2+} = 0.39$ 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 3 年度) (FRA-SA2021-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 は大中小型まき網 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。

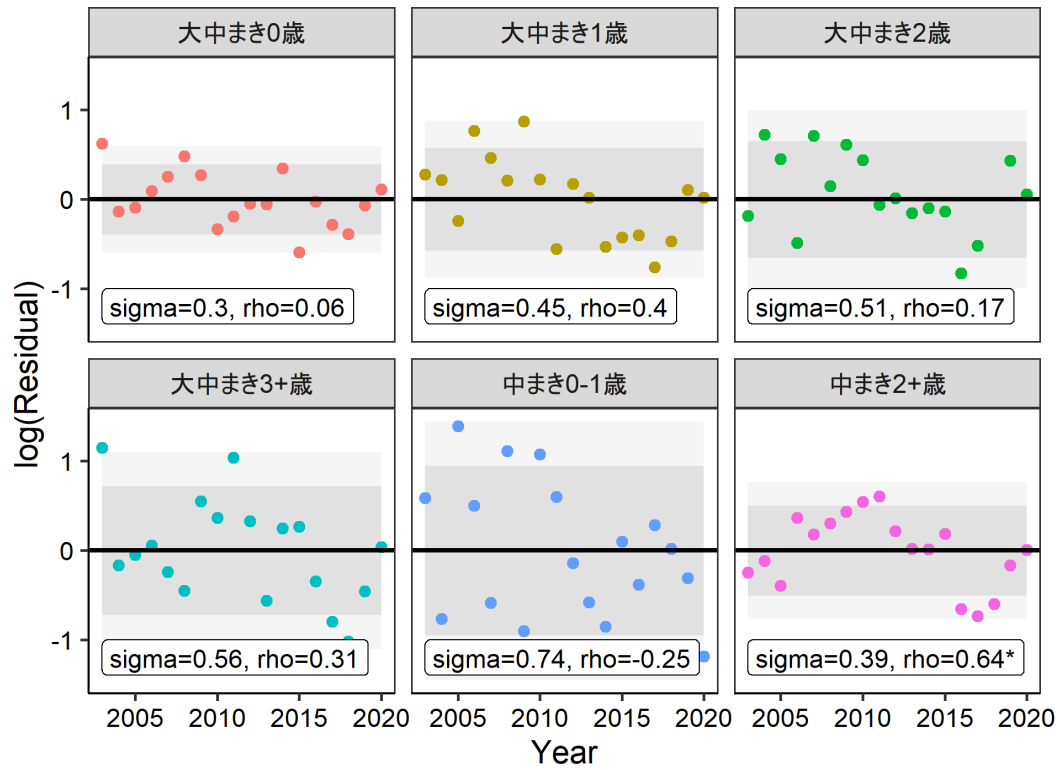
7 年間のレトロスペクティブ解析により、データの追加・更新が行われることで F の値や資源量推定値に生じる変化を確認した。レトロスペクティブバイアス (Mohn's ρ ; Mohn 1999) は、資源量が-0.07、親魚量は-0.12、F は 0.28 であった。

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 回繰り返して、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) [7.6, 15.3]、親魚量 (万トン) [2.9, 5.4]、加入量 (億尾) [1.1, 3.6]、 F_0 [0.11, 0.42]、 F_1 [0.17, 0.61]、 F_2 [0.33, 0.85]、 F_{3+} [0.33, 0.85]であった。

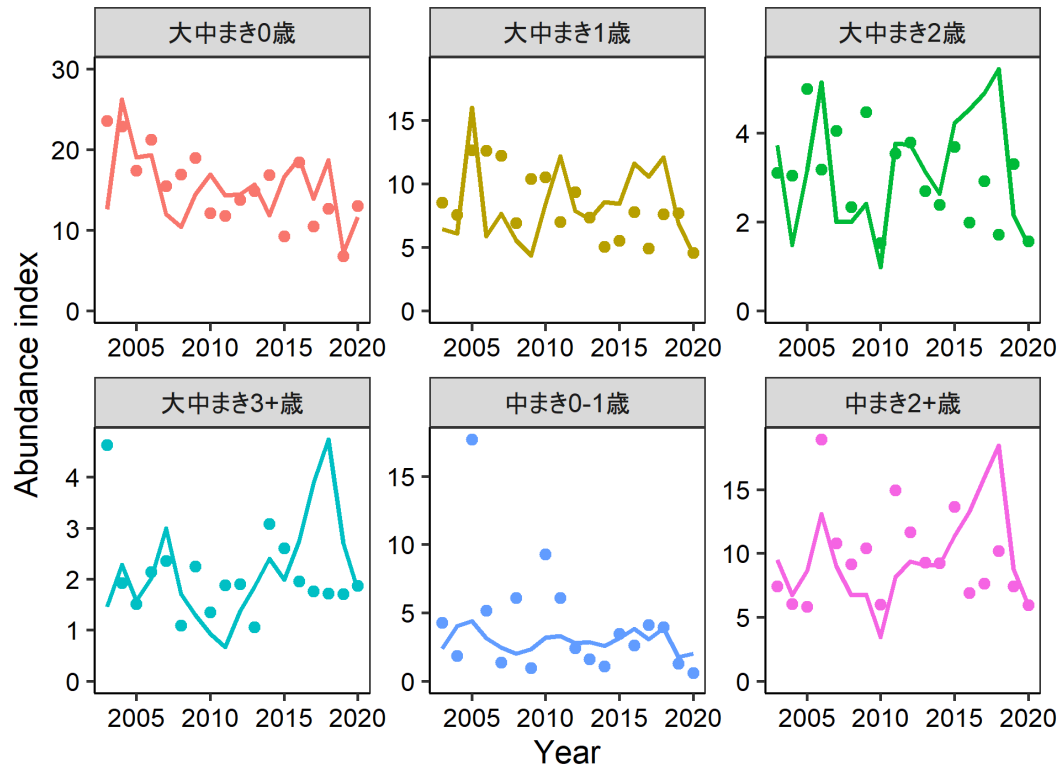
補足表 2-2. 年齢別資源量指標値 (トン/網)

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

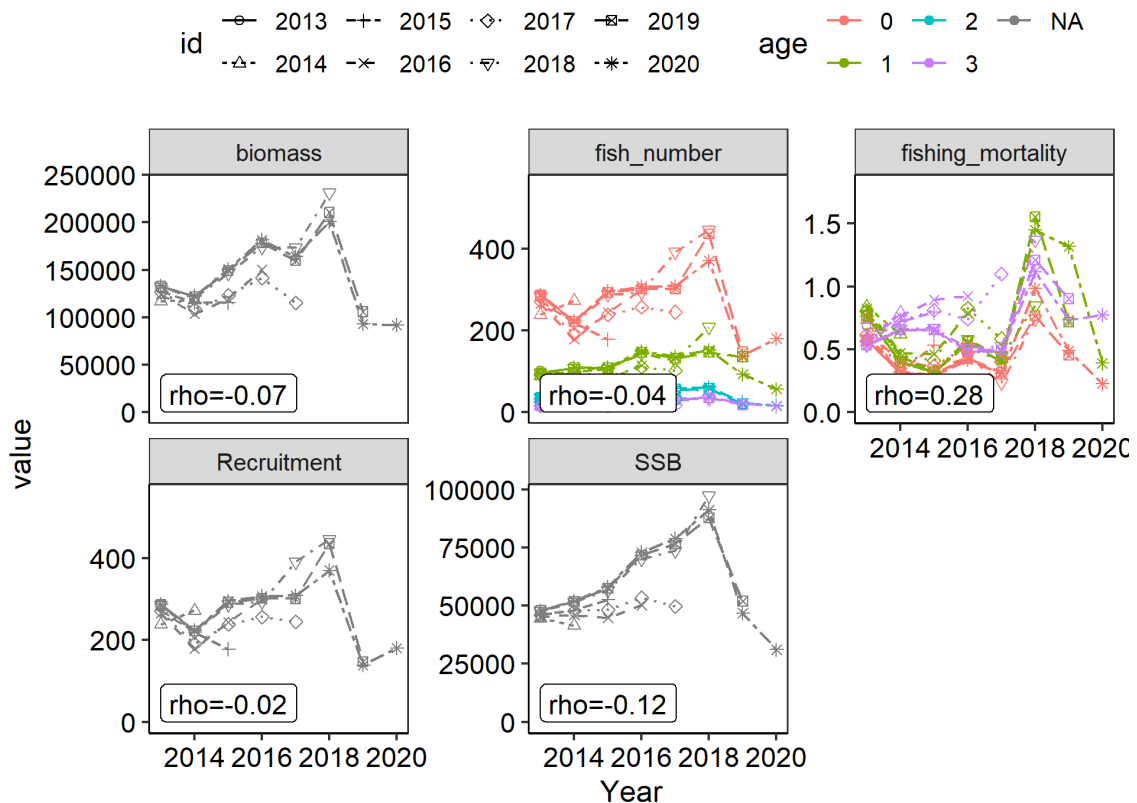
指標値	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
大中まき								
0 歳	14.91	16.87	9.25	18.48	10.49	12.72	6.78	13.06
1 歳	7.37	5.05	5.53	7.79	4.93	7.60	7.68	4.59
2 歳	2.70	2.39	3.69	1.99	2.93	1.72	3.32	1.57
3 歳以上	1.06	3.08	2.61	1.95	1.76	1.71	1.71	1.87
枕崎中まき								
0~1 歳	1.60	1.10	3.48	2.61	4.10	3.95	1.30	0.62
2 歳以上	9.27	9.23	13.66	6.91	7.65	10.19	7.41	5.97



補足図 2-1. 指標値の観測値とモデルの予測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. 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)

(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` (f07833a6, 2021 年 10 月 27 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ル・スティック型関係式 ($a=0.0049$, $b=8.49e+04$, $SD=0.33$) 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。

将来予測における漁獲係数 F は、「令和 3 (2021) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2021-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。将来予測に用いたパラメータは補足表 2-5 に示す。選択率や漁獲物平均体重等の値には、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 F_{2020} (2020 年の F の単

純平均)に対応する%SPR (30) 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 ((12-14) 式) を用いた。

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

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

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

補足表 2-3. 将来予測計算に用いたパラメータ

	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2020 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡係数	成熟率
0 歳	0.76	0.36	0.31	238	0.40	0.00
1 歳	1.00	0.47	0.41	354	0.40	0.60
2 歳	1.41	0.66	0.58	542	0.40	0.85
3 歳以上	1.41	0.66	0.58	709	0.40	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 2020 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 2021 年の漁獲量の仮定に使用した。

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 (主に中型まき網及び定置網) 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（2020年の総測定尾数は3,952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**(2), 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).
- 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.
- 黒田啓行・依田真里・林 晃・竹垣草世香・佐々千由紀・高橋素光 (2019) 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/>.
- 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.
- 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.

補足資料3 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		
さば類	1.3	2.3	4.8	4.6	39.8	144.0	32.6*		

*2021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km²、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		
ゴマサバ	18,568	10,165	13,632	369	未実施	93*		

*2021年については暫定値。

(3) 2000年から新規加入量調査「ニューストーンネットを用いた新規加入量調査」を2~6月の東シナ海及び九州沿岸海域で行っている。結果は令和3年度マアジ対馬暖流系群の資源評価報告書補足資料3(依田ほか2021)を参照されたい。

引用文献

依田真里・佐々千由紀・高橋素光・向草世香・黒田啓行(2021) 令和3(2021)年度マアジ対馬暖流系群の資源評価. 令和3(2021)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4 コホート解析結果の詳細（1992～2020年）

年\年齢	漁獲尾数 (百万尾)				漁獲重量 (千トン)				漁獲係数F				%SPR
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	
1992	27	57	12	3	8	21	6	2	0.25	0.77	0.60	0.60	25.7
1993	82	34	29	11	24	12	14	8	0.24	0.76	1.80	1.80	20.0
1994	56	112	14	4	12	41	7	2	0.28	0.81	1.17	1.17	21.4
1995	80	65	39	3	15	24	18	2	0.36	0.78	1.03	1.03	20.2
1996	48	69	13	5	13	25	6	4	0.25	0.77	0.44	0.44	28.2
1997	110	48	21	12	29	18	11	9	0.41	0.53	0.75	0.75	23.1
1998	100	98	23	10	24	36	12	7	0.25	1.09	0.70	0.70	21.6
1999	169	170	18	12	42	51	9	8	0.65	1.16	0.76	0.76	12.7
2000	48	94	30	10	13	32	14	7	0.35	1.38	0.85	0.85	15.9
2001	120	40	16	15	34	14	8	11	0.54	0.71	1.36	1.36	16.0
2002	66	55	13	4	20	20	6	3	0.53	0.66	0.75	0.75	19.3
2003	67	42	20	5	19	16	10	4	0.53	1.04	0.69	0.69	16.5
2004	77	14	7	8	23	5	4	5	0.27	0.26	0.64	0.64	33.7
2005	167	90	17	6	46	33	9	4	1.03	0.76	0.70	0.70	11.3
2006	114	32	26	7	34	12	14	5	0.64	0.72	0.69	0.69	17.4
2007	67	60	12	14	18	21	6	9	0.54	1.16	0.91	0.91	14.5
2008	93	29	10	6	23	10	6	5	0.87	0.61	0.81	0.81	13.4
2009	75	31	16	6	18	12	9	5	0.42	1.19	1.22	1.22	15.2
2010	57	42	5	3	16	14	3	3	0.29	0.56	0.77	0.77	24.8
2011	93	58	25	3	22	24	13	2	0.54	0.70	1.03	1.03	18.0
2012	71	42	22	6	20	15	11	4	0.47	0.66	0.84	0.84	19.9
2013	105	43	12	6	25	15	7	4	0.57	0.76	0.53	0.53	19.3
2014	50	30	12	8	12	11	7	6	0.32	0.40	0.65	0.65	29.4
2015	61	25	20	7	15	9	11	5	0.29	0.32	0.65	0.65	32.0
2016	88	53	17	8	24	19	9	5	0.42	0.55	0.48	0.48	25.9
2017	68	38	18	10	13	13	10	7	0.31	0.41	0.48	0.48	31.4
2018	197	101	35	21	44	37	20	17	0.98	1.45	1.12	1.12	7.7
2019	45	59	11	9	10	20	6	7	0.49	1.32	0.74	0.74	13.9
2020	30	15	8	7	9	6	4	5	0.23	0.39	0.77	0.77	30.1

補足資料 4 (続き) コホート解析結果の詳細 (1992~2020 年)

年\年齢	平均体重(g)				資源尾数 (百万尾)				資源量 (千トン)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1992	296	373	462	692	145	126	32	8	43	47	15	6
1993	287	357	474	703	454	76	39	15	130	27	19	10
1994	219	365	487	659	279	238	24	6	61	87	12	4
1995	188	374	454	687	321	142	71	6	61	53	32	4
1996	270	361	474	641	266	151	43	18	72	54	21	12
1997	262	370	505	731	390	139	47	27	102	52	24	20
1998	238	365	508	667	553	173	55	23	132	63	28	15
1999	247	298	489	655	419	290	39	26	103	86	19	17
2000	280	343	487	700	195	146	61	20	55	50	30	14
2001	285	362	519	729	344	92	25	23	98	33	13	17
2002	299	360	475	690	192	135	30	8	57	49	14	6
2003	284	388	508	721	195	76	47	12	55	29	24	9
2004	295	362	520	693	390	77	18	20	115	28	9	14
2005	274	366	505	710	305	200	40	13	84	73	20	10
2006	296	367	524	685	287	73	62	18	85	27	33	12
2007	276	345	534	672	191	102	24	27	53	35	13	18
2008	243	342	597	754	188	74	21	14	46	25	13	10
2009	240	376	567	749	265	53	27	10	64	20	15	8
2010	272	327	581	755	274	117	11	7	74	38	6	6
2011	237	404	533	712	265	138	45	6	63	56	24	4
2012	280	347	519	688	227	104	46	12	64	36	24	8
2013	239	345	557	668	288	96	36	17	69	33	20	11
2014	233	359	560	701	224	109	30	21	52	39	17	15
2015	247	352	546	680	296	110	49	18	73	39	27	12
2016	270	356	539	709	308	149	54	23	83	53	29	17
2017	198	354	540	738	309	136	58	32	61	48	31	24
2018	222	363	571	772	370	152	61	37	82	55	35	29
2019	229	339	571	762	138	93	24	21	32	31	14	16
2020	284	360	564	744	181	57	17	15	51	20	9	11

補足資料5 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、2020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。2022年後期（7～12月）と2023年前期（1～6月）の漁獲量を合計することで、2022年漁期（2022年7月～2023年6月）の漁獲量を算定した。

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

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

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

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

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

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、a₁は前期（1～6月）、a₂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2018～2020年の年齢別漁獲尾数の前期・後期の平均配分率とF2018-2020のもとでの将来予測の2031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、2021年前期から2022年前期におけるFは現状の漁獲圧（F2020）を仮定し、2022年漁期（2022年後期及び2023年前期）のFは2022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2022年漁期の予測漁獲量をABCとして提示する。

2022年漁期のABC (千トン)	2022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/F2020)	2022年漁期の 漁獲割合 (%)
40	54	1.04	29

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である。
- 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**(1), 14-25.

補足資料 6 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、(1) リッジ VPA における罰則項の重み λ (補足資料 2 式 4) および (2) 2021 年の漁獲圧の取り扱いについて、異なる仮定の下で資源計算を行った。

(1) リッジ VPA における罰則項の重み λ の取り扱いについて、

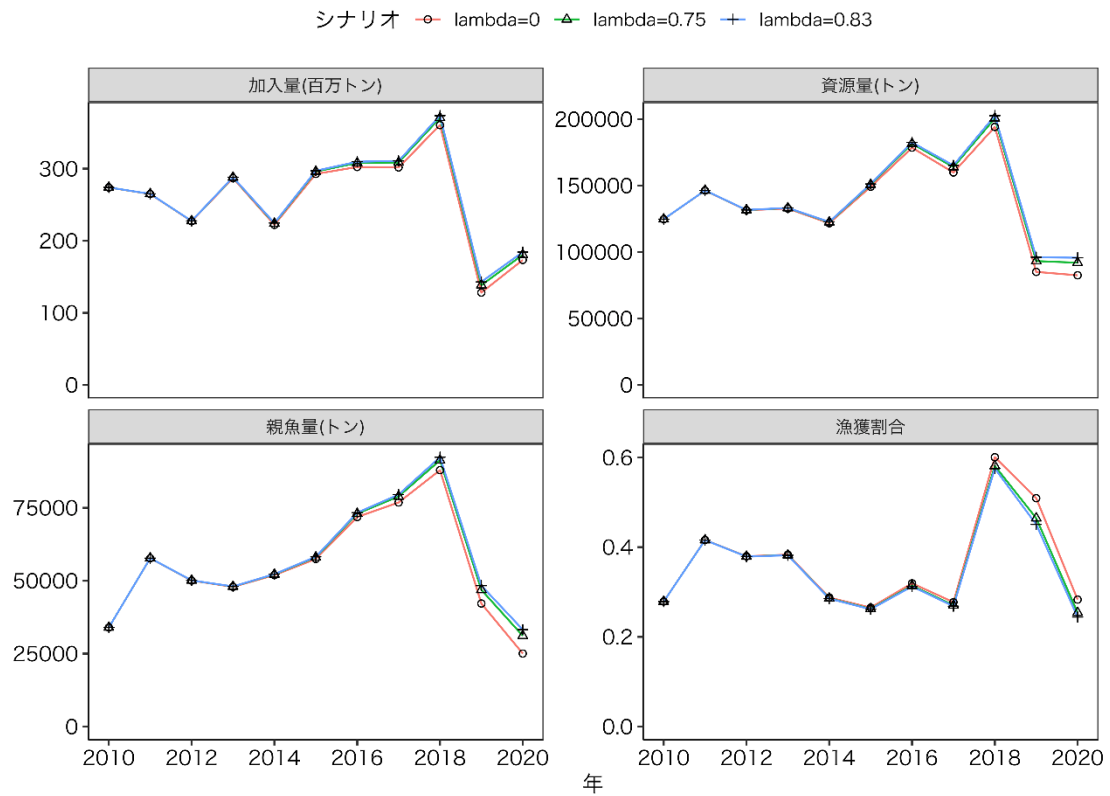
リッジ VPA における罰則項の重み λ を、資料 2 で説明した値 ($\lambda=0.75$) に加えて、今年度のデータを使って推定した値 ($\lambda=0.83$) および通常のチューニング VPA ($\lambda=0$) とした場合について、それぞれ資源評価を行った (補足表 6-1)。

補足表 6-1. 資源評価のシナリオ

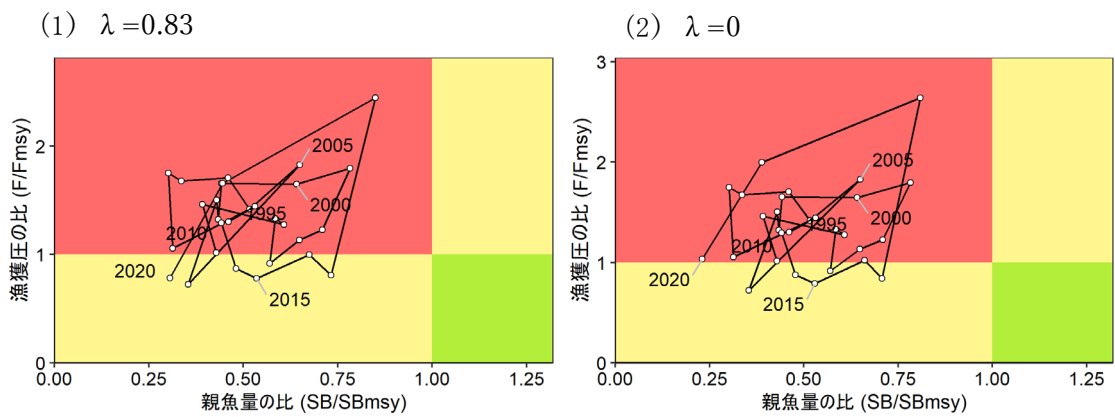
罰則項の重み λ	コメント
0.75	λ は平成 30 年度評価の値。
0.83	λ は今年度のデータを使って式 4 (補足資料 2) から推定
0	通常のチューニング VPA に相当

λ の値により主に 2015 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、漁獲割合は高かった (補足図 6-1)。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 ($\lambda=0$) を行った場合、2018~2020 年の漁獲圧は F_{msy} 水準より高く、2020 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 6-2)。

資源量のレトロスペクティブバイアスは、 $\lambda=0.83$ の場合は 0 であるが、 $\lambda=0.75$ の場合は 7%、 $\lambda=0$ の場合は 30% の過小評価であった (補足図 6-3)。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。

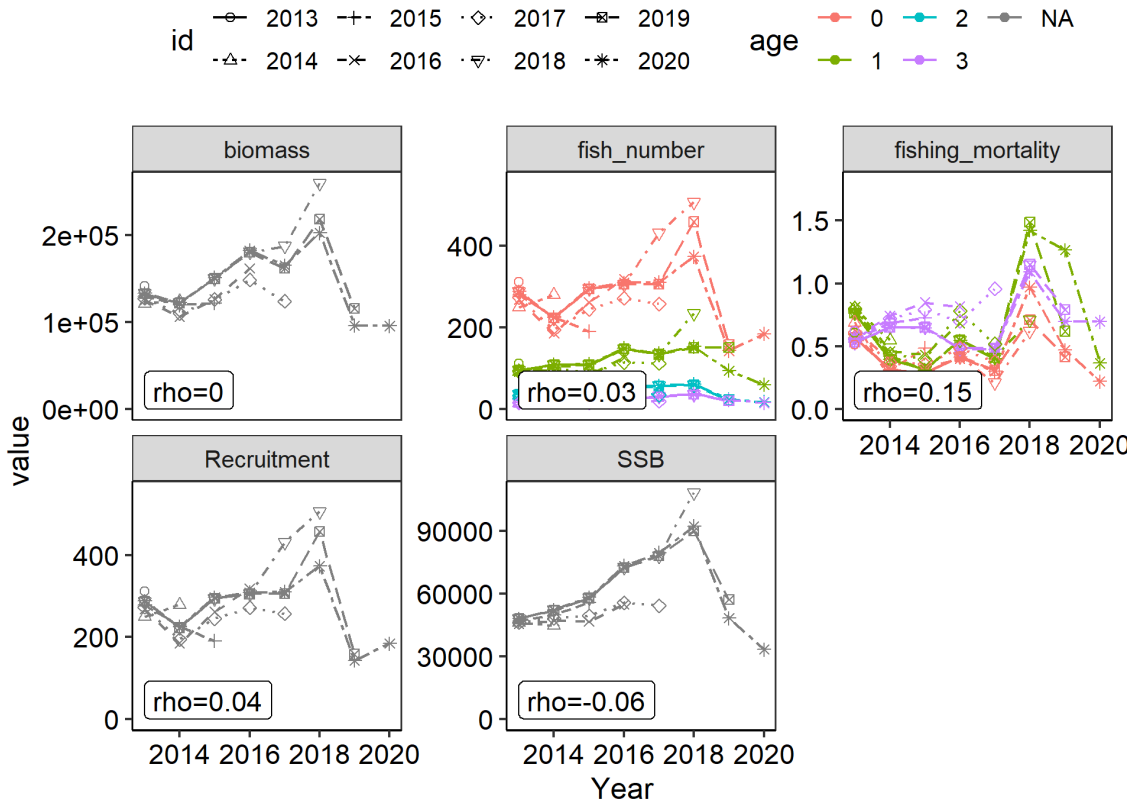


補足図 6-1. 資源評価結果の比較

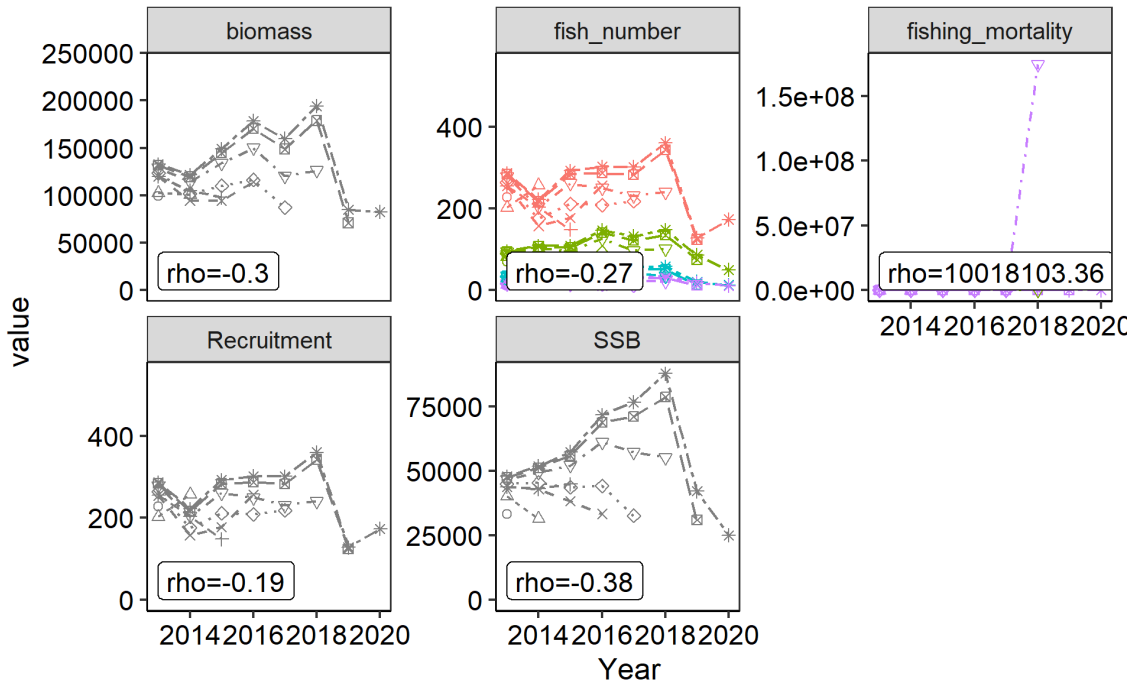


補足図 6-2. 神戸プロット (1) $\lambda = 0.83$ 、(2) $\lambda = 0$ 。 $\lambda = 0.75$ の結果は図 4-12

(1) $\lambda = 0.83$



(2) $\lambda = 0$



補足図 6-3. レトロスペクティブバイアス (1) $\lambda = 0.83$ 、(2) $\lambda = 0$ 。 $\lambda = 0.75$ の結果は補足図 2-3

(2) 2021 年の漁獲圧の取り扱いについて

本系群では、漁獲量が過去最大であった 2018 年の漁獲圧が高いため、2018 年を含む過去の平均値を現状の漁獲圧とみなすと、直近の漁獲圧よりも高くなる傾向がある。そこで、今年度の資源評価（リッジ VPA における罰則項の重み $\lambda=0.75$ ）において、2021 年の漁獲圧（F2021）を昨年度資源評価と同じ過去 5 年間の平均値（F2016-2020）とした場合、過去 10 年間の平均値（F2011-2020）とした場合、2020 年の漁獲圧（F2020）とした場合について将来予測を行った（補足表 6-2）。また、2021 年の漁獲量が昨年度評価で算定した 2021 年の暦年 ABC（2.3 万トン）になるよう F2021 を仮定した場合についても検討した。それぞれのシナリオにおける 2021 年の予測漁獲量、2022 年の ABC と親魚量、2030 年に親魚量が目標管理基準値を上回る確率をまとめた（補足表 6-3）。なお、2021 年 9 月現在、2021 年の日本の漁況は前年を少し上回る水準で推移している。

補足表 6-2. 2021 年の漁獲圧

シナリオ	2021 年の漁獲圧 (F2021)	F2021/Fmsy	コメント
S1	F2016-2020	1.44	過去 5 年間の平均値。
S2	F2011-2020	1.33	過去 10 年間の平均値。
S3	F2020	0.88	2020 年の漁獲圧に等しいと仮定。ベースケースとして本文に記載。
S4	2021 年の ABC に相当する F	0.71	2021 年の漁獲量が、昨年度資源評価における 2021 年の ABC23 千トンを仮定。

F2021 の値に応じて、将来予測の結果は異なった（補足表 6-3、補足図 6-4）。F2021 を過去 5 年間の平均値（シナリオ S1）あるいは過去 10 年間の平均値（シナリオ S2）とした場合、2021 年の予測漁獲量が 3.8 万～4.1 万トンと 2020 年の漁獲量（2.3 万トン）よりかなり高い水準になった。また、どちらのシナリオでも、2022 年の平均親魚量は限界管理基準値を下回るため、2022 年の漁獲圧を $0.95F_{msy}$ 未満に下げる必要があり、2022 年の ABC は 2.2 万～2.4 万トンとなった。2030 年に平均親魚量が目標管理基準値を上回る確率はどちらも 48%であった。

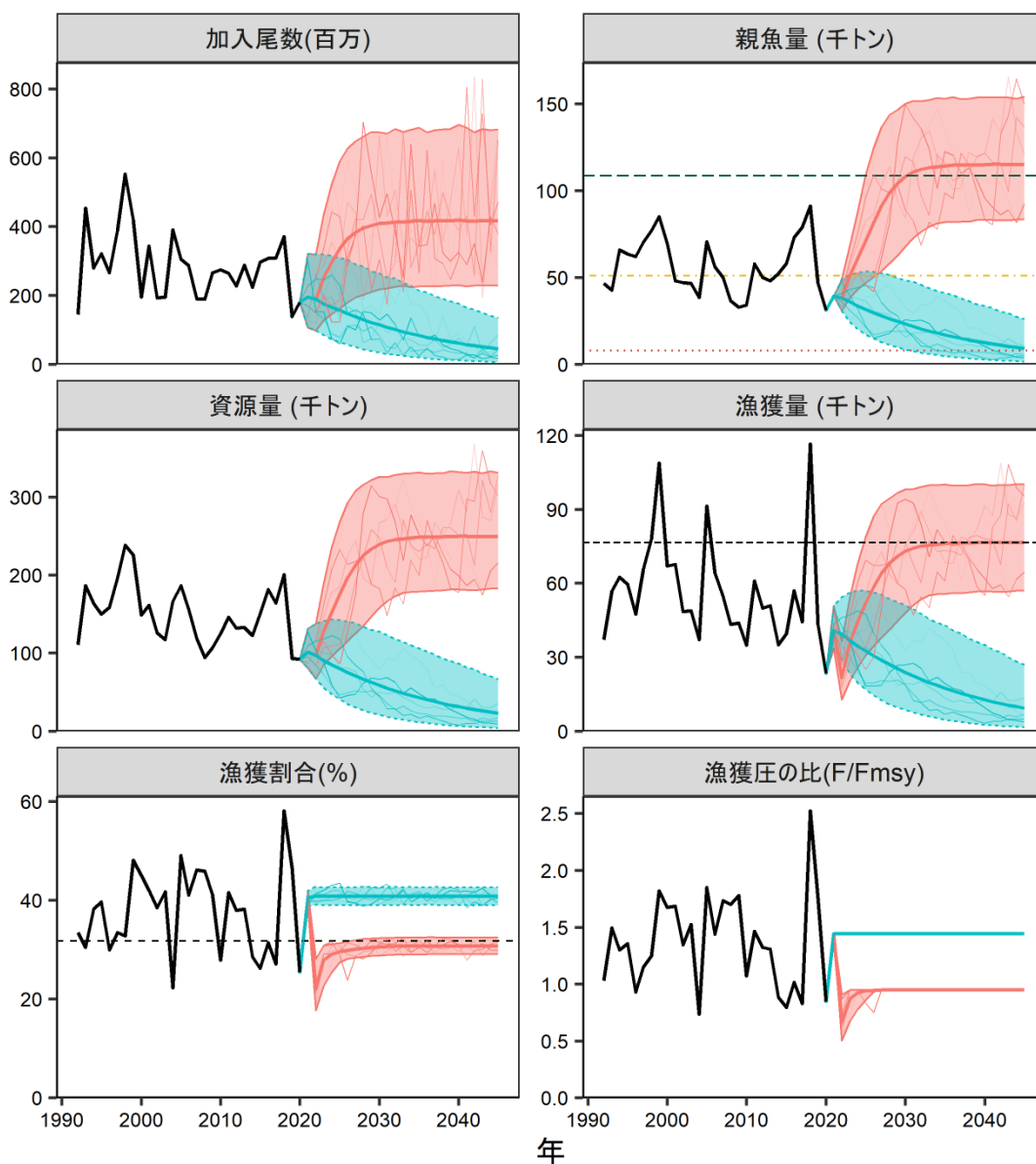
F2021 を 2020 年の漁獲圧（シナリオ S3）とした場合、2021 年の予測漁獲量は 2020 年を少し上回り、2.8 万トンとなった。2022 年の平均親魚量は限界管理基準値と同程度となるため、2022 年の ABC は 3.5 万トンと増加した。また、2030 年に平均親魚量が目標管理基準値を上回る確率は 51%となった。

F2021 を、2021 年の漁獲量が昨年度評価で算定した 2021 年 ABC となる漁獲圧（シナリオ S4）とした場合、2022 年の親魚量は限界管理基準値を上回り、2022 年の ABC は 3.9 万トンと算定された。また、2030 年に平均親魚量が目標管理基準値を上回る確率は 52%となった。

補足表 6-3. 各シナリオにおける将来予測の結果 ($\beta=0.95$)

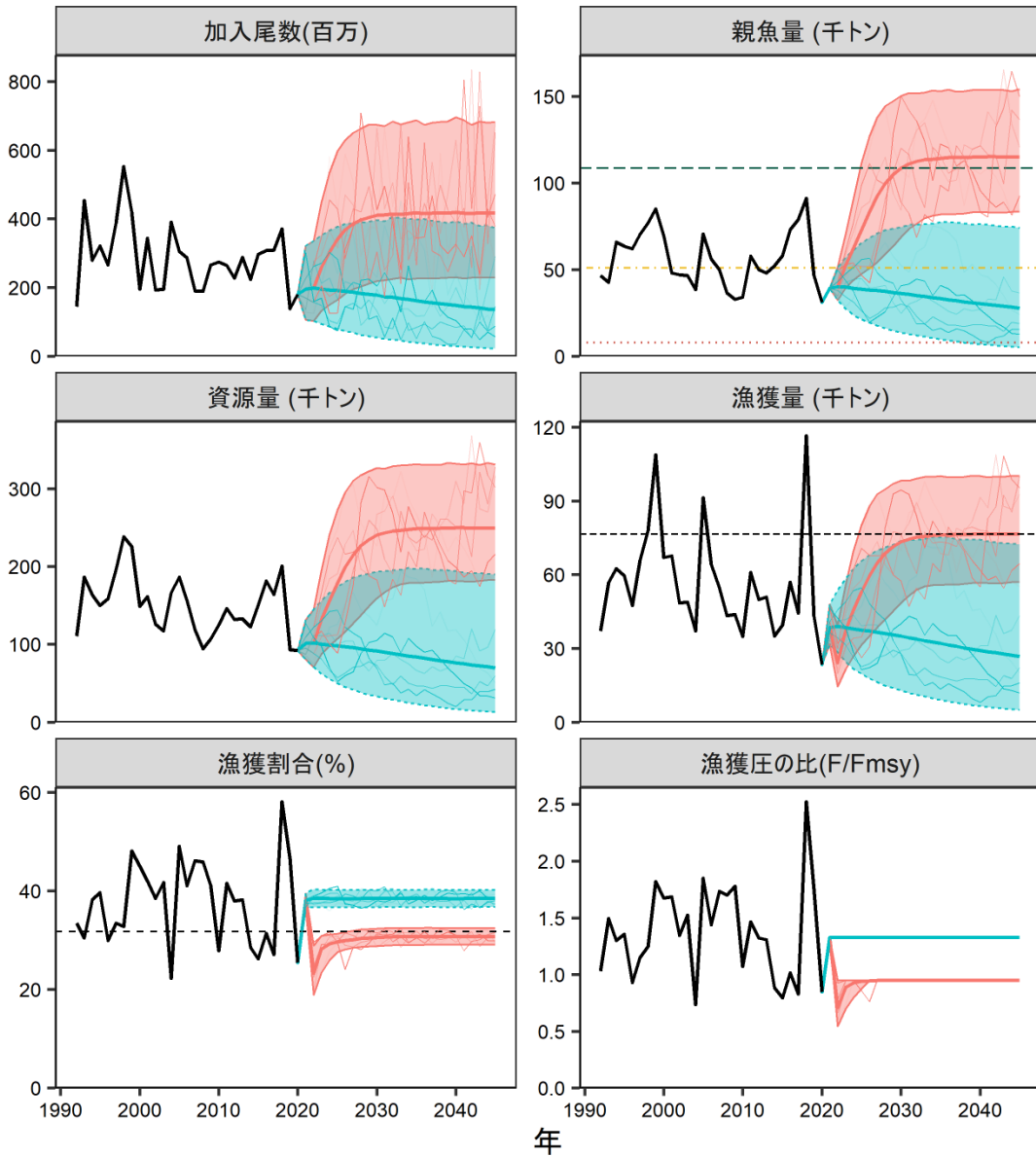
シナリオ	2021年 予測漁獲量 (千トン)	2022年 ABC (千トン)	2022年 親魚量(千 トン)	2030年に親魚量が 管理基準値を上回 る確率(%)
S1	41	22	38	48
S2	38	24	40	48
S3 (ベースケース)	28	35	49	51
S4	23	39	54	52

今年度の資源評価では、2021年の漁獲圧について、2021年のこれまでの漁況との整合性と2018年の高い漁獲圧の影響を受けない点を重視して、シナリオ S3 を将来予測のベースケースとして採用した。しかし、シナリオ S1 や S2 のように、2021年の漁獲圧が高いと仮定した場合、2022年の平均親魚量が限界管理基準値を下回ることから、2022年 ABC は低く算定されることがわかった。シナリオ S3 がやや楽観的な仮定だとすれば、シナリオ S3 に沿った管理を行う場合、2021年の加入の動向などにも注意しながら、管理を慎重に実施する必要があるだろう。



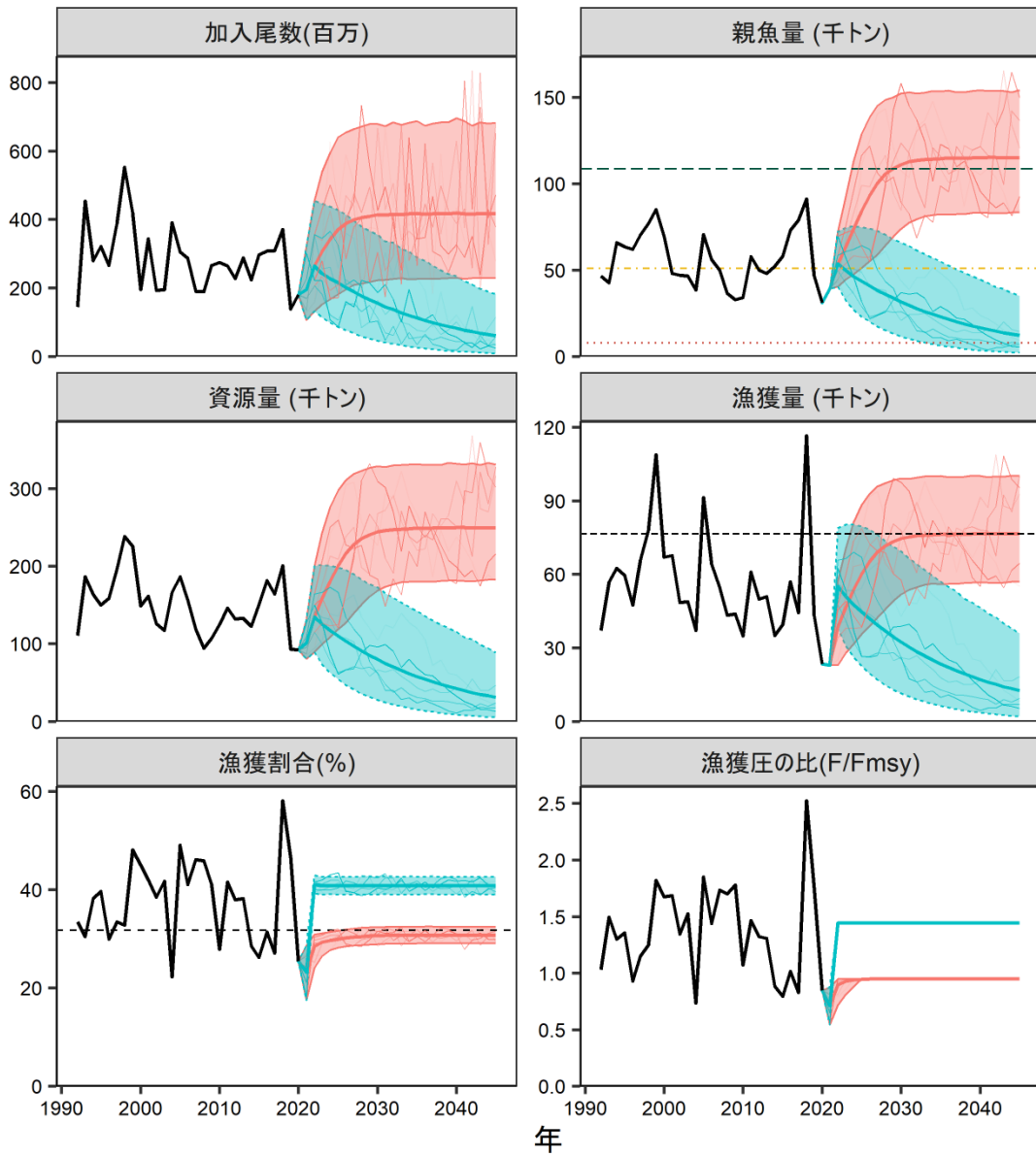
(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 6-4. シナリオ S1 における将来予測結果 (シナリオ S3 の結果は図 5-3)



(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)

補足図 6-4 (続き) . シナリオ S2 における将来予測結果 (シナリオ S3 の結果は図 5-3)

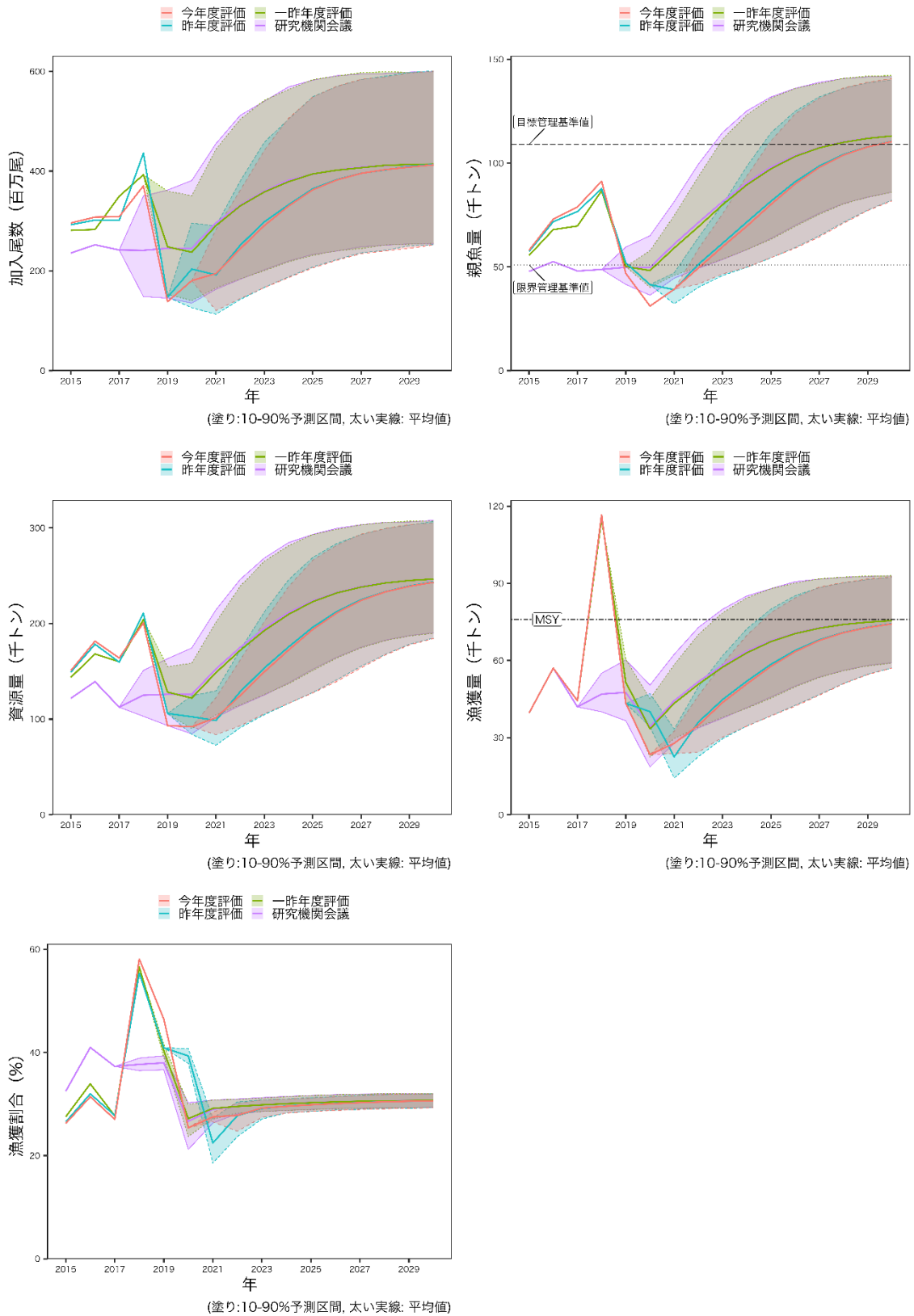


補足図 6-4 (続き) . シナリオ S4 における将来予測結果 (シナリオ S2 の結果は図 5-3)

補足資料 7 資源評価及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、2018～2020年の資源量および2019～2020年の親魚量が下方修正された（補足図 7-1）。これは、昨年度の予測と比較して、2021年に2歳魚の漁獲が低調で、2018年級群の加入量が下方修正されたためである。また、2015～2017年の資源量および2016～2018年の親魚量はわずかに上方修正された。これは、2019年の2歳以上の資源量が上方修正されたことにより、2016年級群、2017年級群の加入量が遡って上方修正されたためである。2020年の加入量については、今年度の評価結果は昨年度の予測値に近い値となった。また、2020年の漁獲圧（漁獲割合）は昨年度の予測値より低かった。

2020年の資源量および親魚量は下方修正されたが、2021年の漁獲圧を2020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50%を超えると予測された。ただし、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、未だ資源回復の明確な兆候が見られてい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 7-1. 加入尾数、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合の将来予測結果（紫：2018 年度資源評価に基づく研究機関会議予測、緑：2019 年度資源評価、青：2020 年度資源評価、赤：今年度資源評価）