

令和 2（2020）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

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

要 約

本系群の資源量は 1992 年以来、概ね 100 千～200 千トンの範囲で増減していたが、2019 年は前年の 211 千トンから 106 千トンに急減した。2019 年の親魚量も過去最高だった前年の 88 千トンから 52 千トンに減少した。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。

目標管理基準値は最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（109 千トン）であり、本系群の 2019 年の親魚量は、これを下回り、限界管理基準値と同水準である。また本系群に対する漁獲圧は近年低下傾向にあったが、2018 年に上昇し MSY を与える水準（Fmsy）を上回った。2019 年の漁獲圧も Fmsy 水準を上回る。親魚量の動向は近年 5 年間（2015～2019 年）の推移から「横ばい」と判断された。2021 年の親魚量および資源量の予測値と、「資源管理方針に関する検討会」にて取りまとめられた漁獲シナリオに基づき算出された 2021 年の ABC は 23 千トンである。

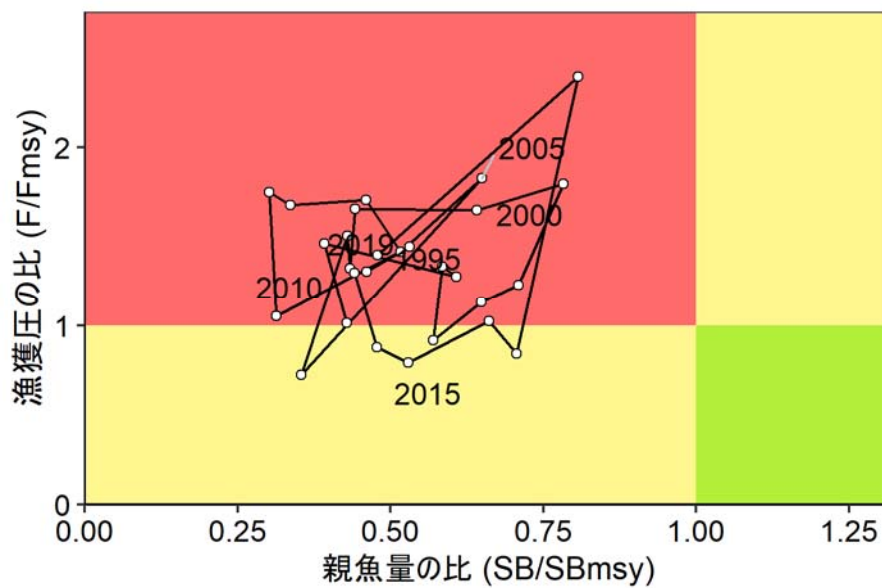
本系群は韓国、中国等によっても漁獲されており、本資源評価では韓国の漁獲の影響は考慮している。しかし、特に東シナ海において操業する数百隻の中国漁船は当該資源に大きな影響を与えていると想定されるものの、中国の影響は考慮できていない。

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)	26.4%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	76 千トン	最大持続生産量 MSY
2019 年の親魚量と漁獲圧		
SB2019	52 千トン	2019 年の親魚量
F2019	2019 年の漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.45, 0.72, 0.90, 0.90)	
%SPR (F2019)	18.5%	2019 年の%SPR
%SPR (F2015-2019)	19.7%	現状(2015~2019 年)の漁獲圧に対応する%SPR
目標管理基準値および MSY を実現する水準に対する比率		
SB2019/ SBtarget (SBmsy)	0.48	目標管理基準値 (MSY を実現する親魚量) に対する 2019 年の親魚量の比
F2019/ Fmsy	1.40	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2019 年 の漁獲圧の比*

*2019 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 を実現する水準を上回る
親魚量の動向	横ばい



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 (%)
2016	178	72	57	1.03	32.0
2017	160	77	44	0.84	27.8
2018	211	88	117	2.39	55.4
2019	106	52	43	1.40	40.9
2020	102	41	40	1.34	39.1
2021	99	39	—	—	—

年は暦年（1～12月）。2020年、2021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。

2021年の ABC (千トン)	2021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/F2015-2019)	2021年の 漁獲割合(%)
23	39	0.51	22.5

コメント:

- ・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た漁獲シナリオに基づきABCを算定した。
- ・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。
- ・2021年漁期でのABCは24千トンである（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	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）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 、2020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 49 千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 年は 1973 年以降で過去最低の 22 千トンであった。

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 74 千トンに急増した（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）。2019 年の漁獲量は 20 千トンとやや多かった。中国のさば類漁獲量は 2010 年以降、50 万トン前後に増加し、2018 年も 43 万トンと同水準であった（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2018（Release date: March 2019）、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2020 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。

2019 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。2019 年の網数（4,802 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ヘ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 1992～2019 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（黒田ほか 2018）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、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（2019）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、2019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）。2019年の年齢別指標値は、0歳魚では過去16年間と比べて低く、過去最低であったが、1～3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（黒田ほか 2019a）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。2019年の資源量指標値は0・1歳は過去16年間と比べて非常に低くかったが、2歳以上は平均的な値であった。

（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年以降、100千～200千トン程度の範囲で推移している（図4-2、表4-1）。2019年の資源量は106千トンであった。

親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は2015年までは30千～80千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88千トンの過去最高値となったが、2019年は52千トンに減少した。

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2億～4億尾前後で変動していたが、2018年に4.4億尾に急増した後、2019年に1.5億尾に急減した（図4-5、表4-1）。2019年の再生産成功率は過去最低と推定された。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、2019年1月の東シナ海中部の水温は平年並みであったものの、加入量は非常に少なかった。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。2019 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 10%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）。2019 年の F は減少し、平均的な水準に戻った。

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 55%に増加した（図 4-8、表 4-1）。2019 年の漁獲割合は減少し、41%だった。

昨年度の評価（林ほか 2020）と比較して、2018 年までの推定資源量などは大きな変化はなかったが、2019 年の加入量が昨年度の予測値から大幅に下方修正された（補足資料 8）。これは 2019 年に 0 歳魚の漁獲が振るわなかったためである。これに伴い、資源量や漁獲量などに関する直近の将来予測結果も下方修正された。

項目	値	説明
SB2019	52 千トン	2019 年の親魚量
F2019	2019 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上)=(0.45, 0.72, 0.90, 0.90)	
U2019	40.9%	2019 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

選択率の影響を加味して漁獲圧を比較するため、各年の F 値を %SPR（年ごとに漁獲がな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）に換算した値を図 4-9 に示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きい値をとる。%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、2019 年の値は 18.5%であった。

現状の漁獲圧 (F2015-2019) 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ている。F_{msy} は、%SPR に換算すると 26.4%に相当する。同様の条件下で、19.7%SPR を達成する F を現状の漁獲圧 (F2015-2019) とした。現状の漁獲圧 (F2015-2019) は、F_{msy} や F_{0.1}、F_{30%} SPR のいずれよりも高い。

項目	値	説明
%SPR (F2019)	18.5%	2019 年の %SPR
%SPR (F2015-2019)	19.7%	現状 (2015～2019 年) の漁獲圧に対応する %SPR

(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 76 千トンと推定された。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」では、この MSY を実現する親魚量（SBmsy : 109 千トン）を目標管理基準値とする資源管理目標が取り纏められた。また、MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量（51 千トン）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（8 千トン）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（SB0.1msy）。
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)	26.4%	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 2019 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）を下回り、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）と同水準である。2019 年の親魚量は SBmsy の 0.48 倍である。また、2019 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を上回っており、2019 年の漁獲圧は Fmsy の 1.40 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（2015～2019 年）の推移から横ばいと判断される。本系群の親魚量は 1992 年以降、継

継続的に SBmsy を下回っている。

項目	値	説明
SB2019/ SBmsy (SBtarget)	0.48	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 2019 年の親魚量の比
F2019/ Fmsy	1.40	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2019 年の漁獲圧の比*

* 2019 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 を実現する水準を上回る
親魚量の動向	横ばい

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2019 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2020～2051 年までの将来予測計算を行った（補足資料 2-2）。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。2020 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2015-2019）から仮定した。2021 年以降の漁獲圧には、(2) の漁獲管理規則を適用した。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。

(2) 漁獲管理規則

漁獲管理規則は、目標管理基準値以上に親魚量を維持・管理するため、親魚量が限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する規則である（図 5-1）。親魚量が限界管理基準値以上にある場合には Fmsy に安全係数 β を乗じた漁獲圧（ βF_{msy} ）とする。

(3) 2021 年の予測値と ABC の算定

本系群の「資源管理方針に関する検討会」で取りまとめられた漁獲シナリオでは、親魚量が 2030 年に目標管理基準値を 50%以上の確率で上回り、かつ将来の漁獲量が最大となるものとして、(2) の漁獲管理規則を適用した βF_{msy} の中で、 $\beta=0.95$ とするシナリオが選択された。本系群では、この $\beta=0.95$ とした漁獲シナリオに基づき算出される 2021 年の予測漁獲量を ABC として提示する。2021 年の ABC は 23 千トンである。なお、漁期年に合わせた ABC は 24 千トンである（補足資料 5）。2021 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値を下回り、平均 39 千トンと見込まれたため、2021 年の漁獲圧は βF_{msy} に親魚量に応じた係数 $\gamma(SBt)$ を乗じて算出された。ここで $\gamma(SBt)$ は「令

和 2（2020）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2020-ABCWG02-01）」における 1 系資源の管理規則に基づき、下式により 0.72 と計算された。

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

2021 年の ABC (千トン)	2021 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/F2015-2019)	2021 年の 漁獲割合(%)
23	39	0.51	22.5

コメント:

- ・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た漁獲シナリオに基づき ABC を算定した。
- ・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。
- ・2021 年漁期での ABC は 24 千トンである(漁期は 7 月～翌年 6 月)。

(4) 2022 年以降の予測

2022 年以降も含めた将来予測の結果を図 5-2 および表 5-1、5-2 に示す。漁獲管理規則に基づく管理を 9 年間継続した場合、2030 年の親魚量の予測値は 111 千トン(80%信頼区間は 82 千～140 千トン)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、異なる β を使用した場合、および現状の漁獲圧(F2015-2019)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 103 千トン(80%信頼区間は 73 千～133 千トン)であり、目標管理基準値を上回る確率は 39%である。同じく β を 0.8 とした場合は平均 133 千トン(80%信頼区間は 104 千～164 千トン)であり、目標管理基準値を上回る確率は 86%である。いずれの場合も限界管理基準値を上回る確率は 100%であった。一方、現状の漁獲圧を継続した場合、資源は減少し、2030 年の親魚量の予測値は 32 千トン(80%信頼区間は 14 千～58 千トン)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 15%である。

漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標管理基準値を 50%以上の確率で上回る年は、2030 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、2023 年と予測された。異なる β を使用した場合の将来予測結果より、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 2023 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% 信頼区間 (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					
$\beta=0.95$	111	82 – 140	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）					
$\beta=1.0$	103	73 –133	39	99	100
$\beta=0.9$	118	90 – 148	64	100	100
$\beta=0.8$	133	104 – 164	86	100	100
$\beta=0.7$	148	118 – 182	96	100	100
$\beta=0$	397	332 – 468	100	100	100
F2015-2019	32	14 – 58	0	15	99

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	2019 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）			
$\beta=1.0$	2051 年以降	2023 年	2019 年
$\beta=0.9$	2028 年	2023 年	2019 年
$\beta=0.8$	2026 年	2022 年	2019 年
$\beta=0.7$	2025 年	2022 年	2019 年
$\beta=0$	2023 年	2022 年	2019 年
F2015-2019	なし	なし	2019 年

6. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は 1992 年以来、概ね 100 千～200 千トンの範囲で増減していたが、2019 年は前年の 211 千トンから 106 千トンに急減した。（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 88 千トンの過去最高値となったが、2019 年は 52 千トンに減少した（図 4-2、表 4-1）。2019 年の親魚量は限界管理基準値と同水準で、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（2015～2019 年）の推移から「横ばい」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 年以降は、漁獲圧は MSY を実現する水準を上回っている。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 億尾前後で変動していたが、2019 年に 1.5 億尾と過去最低の水準だった（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及び2018年における韓国のゴマサバ漁獲量の急増に関する解釈の違いが、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）。また、将来予測における2020・2021年の加入量や2020年の漁獲圧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).
- 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://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201908.pdf> (last accessed 25 November 2020).
- 黒田啓行・依田真里・林 晃・竹垣草世香・佐々千由紀・高橋素光 (2018) 平成 29 (2017) 年度ゴマサバ東シナ海の資源評価. 平成 29 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 271-302, <http://abchan.fra.go.jp/>.
- 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**(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、高橋素光)

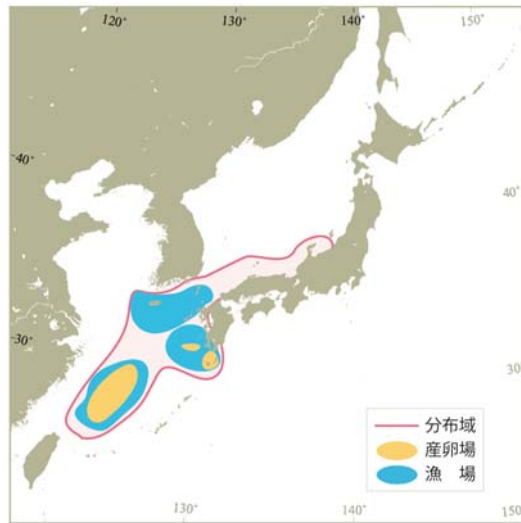


図 2-1. ゴマサバ東シナ海系群の分布域と産卵場

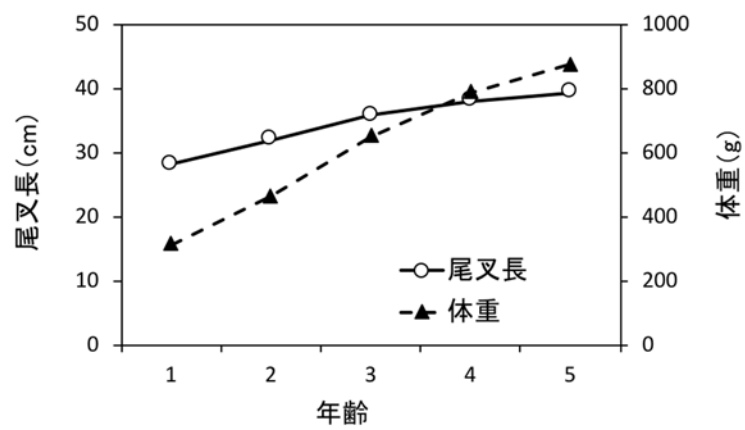


図 2-2. 年齢と成長

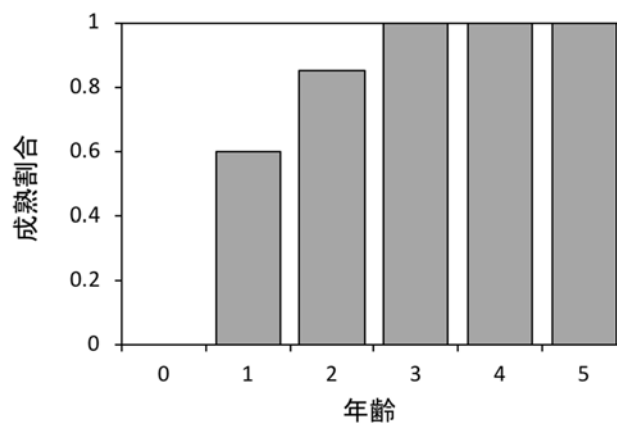


図 2-3. 年齢と成熟割合

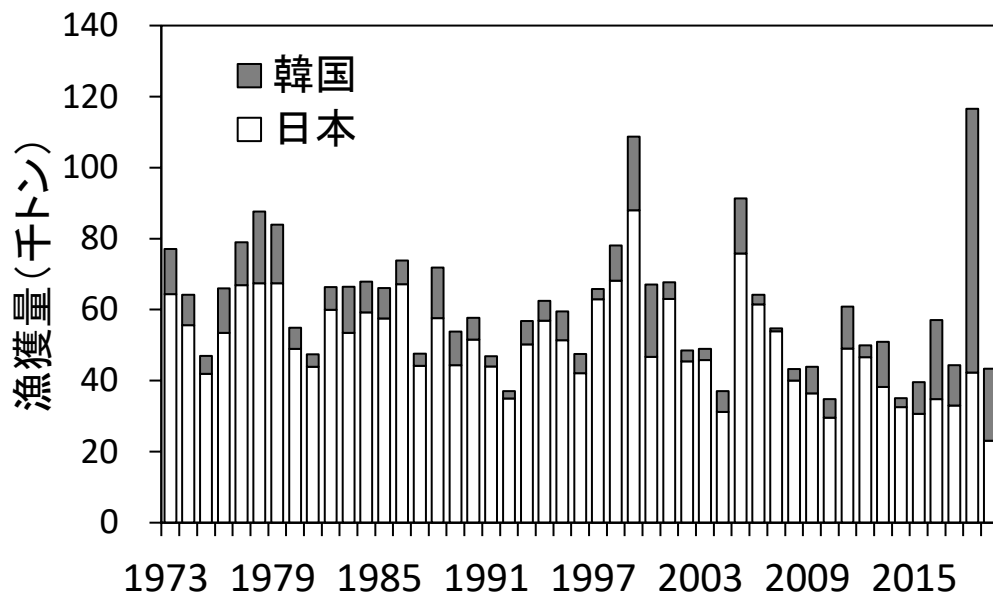


図 3-1. 漁獲量の推移

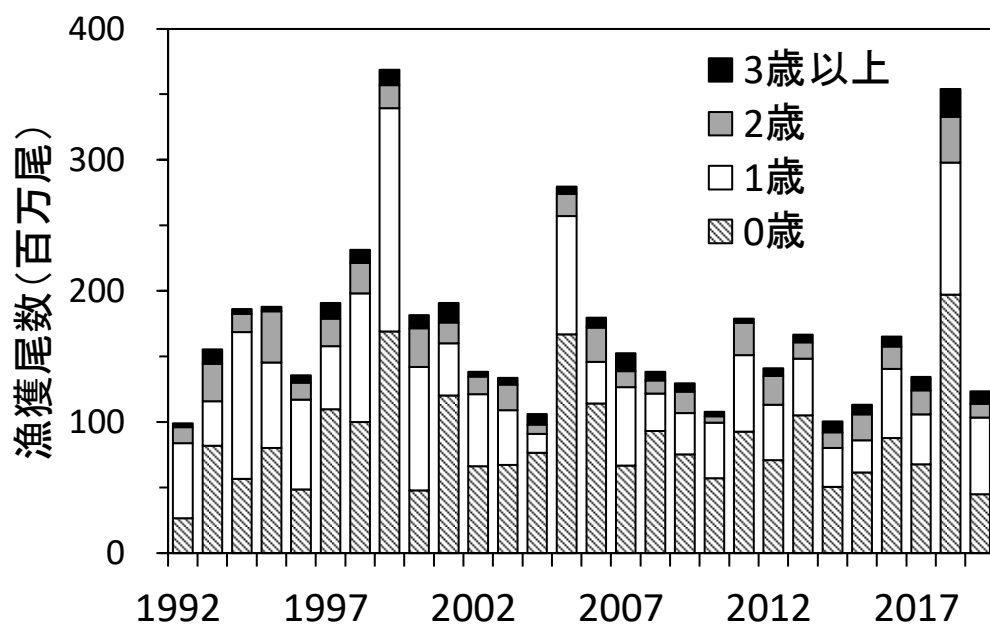


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

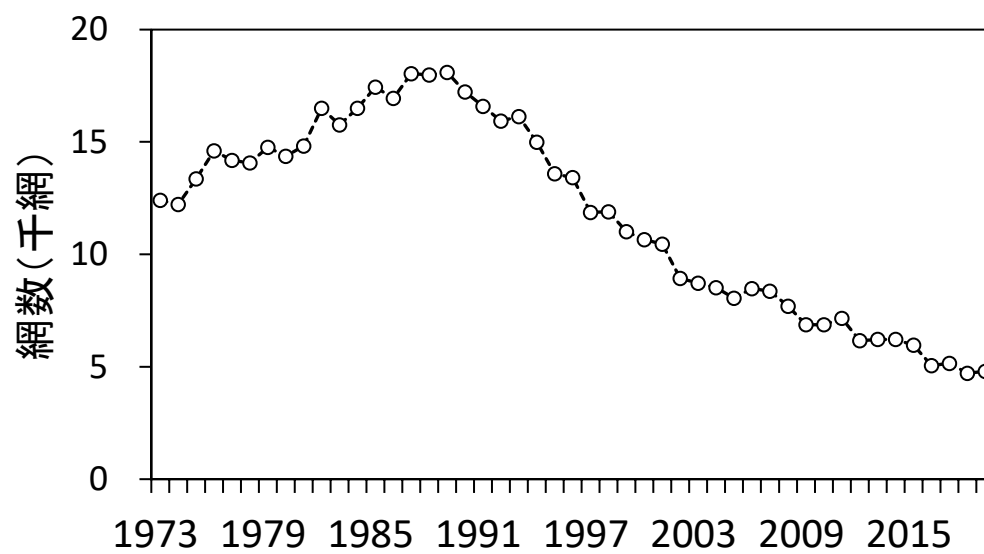


図 3-3. 東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網漁業の網数の推移

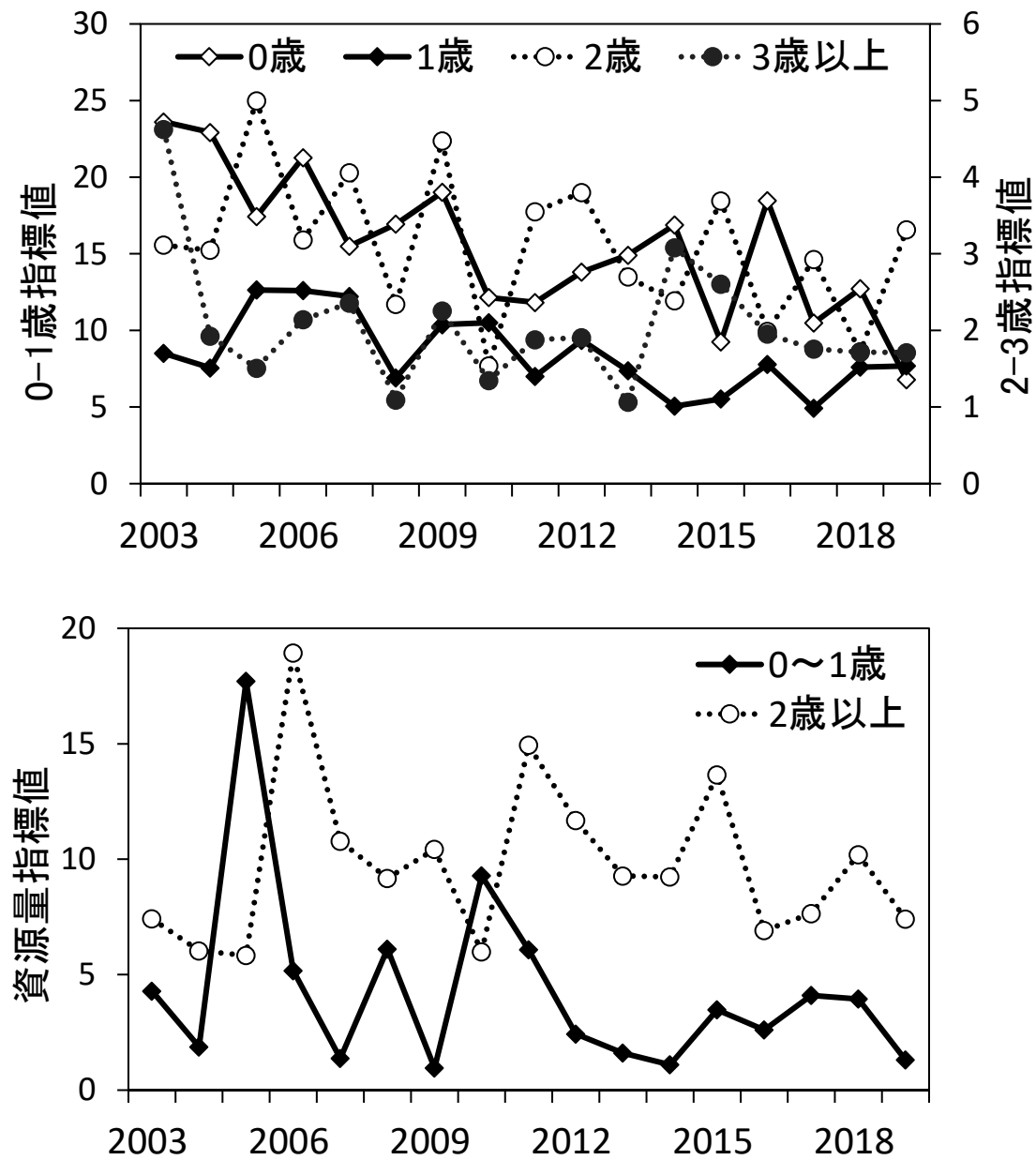


図 4-1. 東シナ海で操業する大中型まき網の銘柄別漁獲量から算出した年齢別の資源量指標値の推移（上図）と枕崎港に水揚げする中型まき網の資源量指標値の推移（下図）

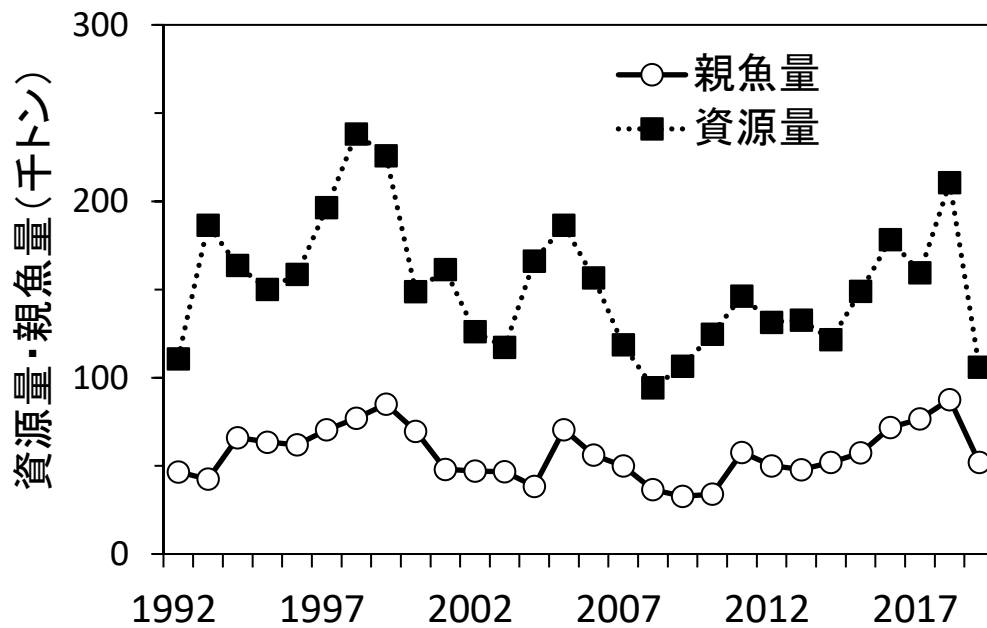


図 4-2. 資源量と親魚量の推移

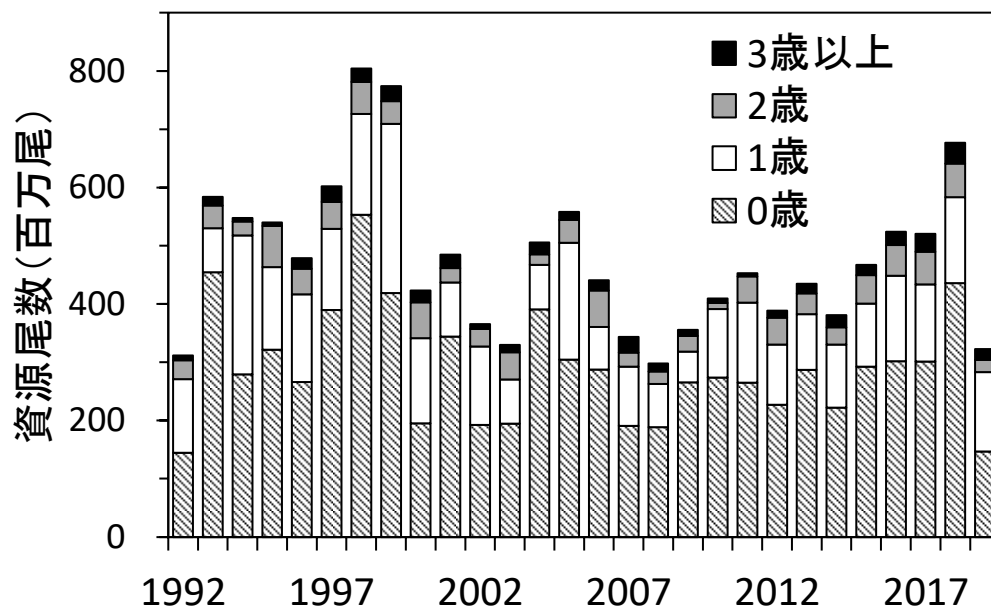


図 4-3. 年齢別資源尾数の推移

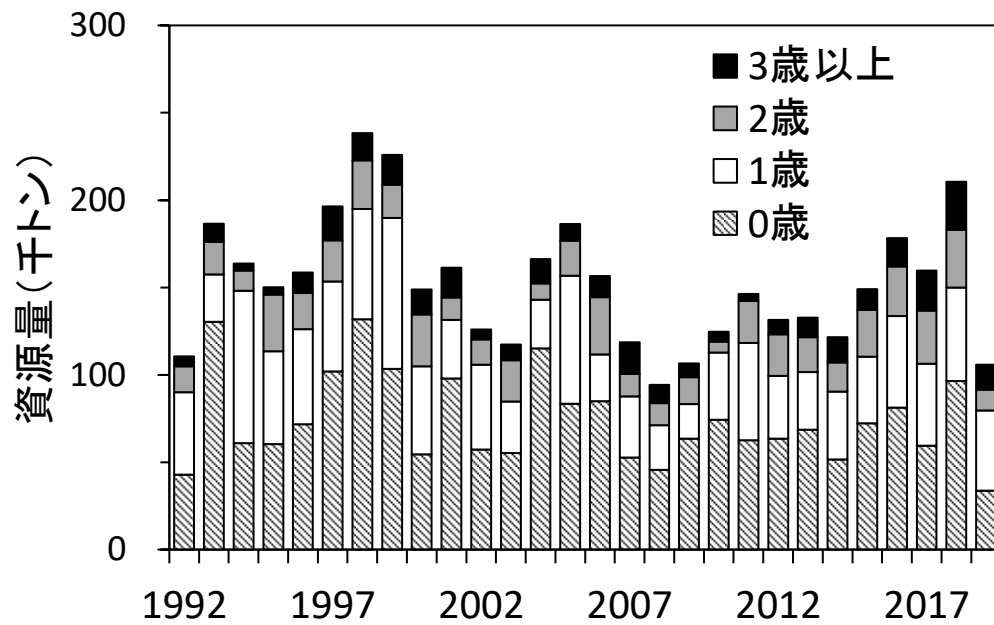


図 4-4. 年齢別資源重量の推移

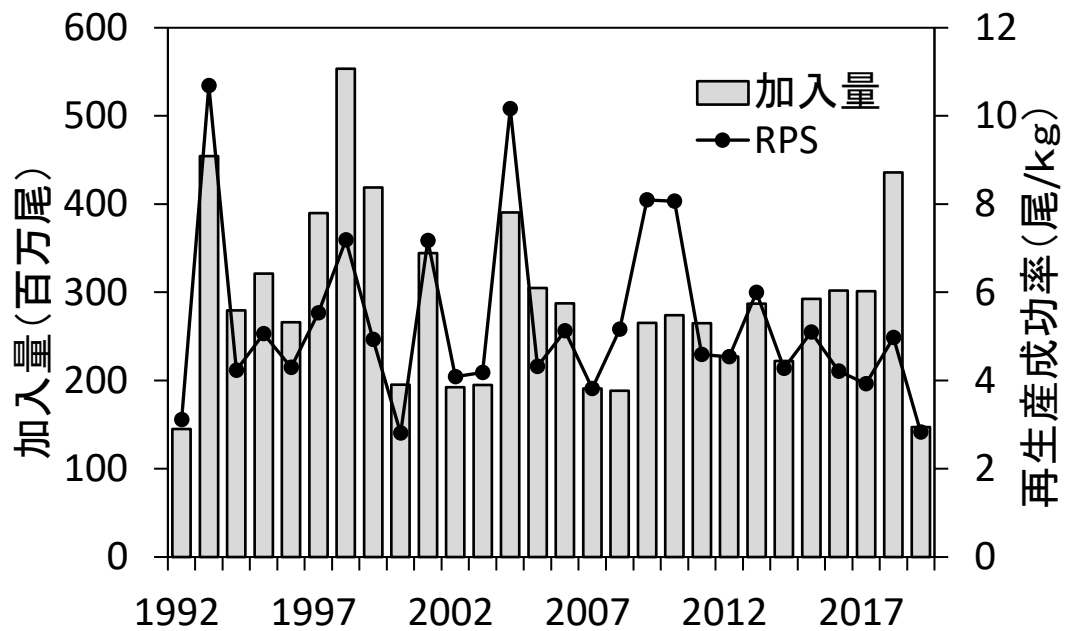


図 4-5. 加入量と再生産成功率 (RPS: 尾/kg) の推移

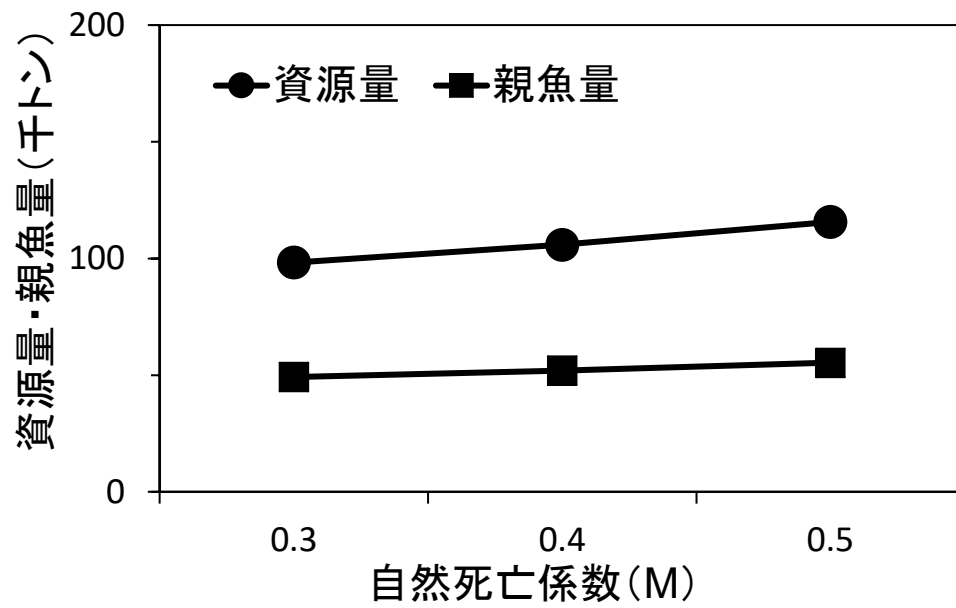


図 4-6. 資源量と親魚量の推定に対する自然死亡係数 M の影響

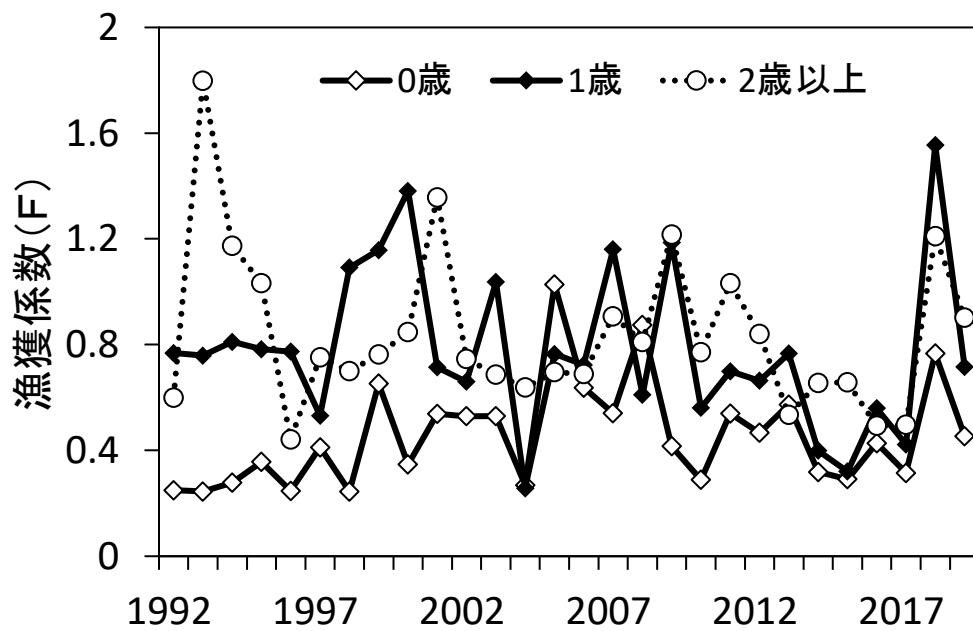


図 4-7. 年齢別漁獲係数 F の推移

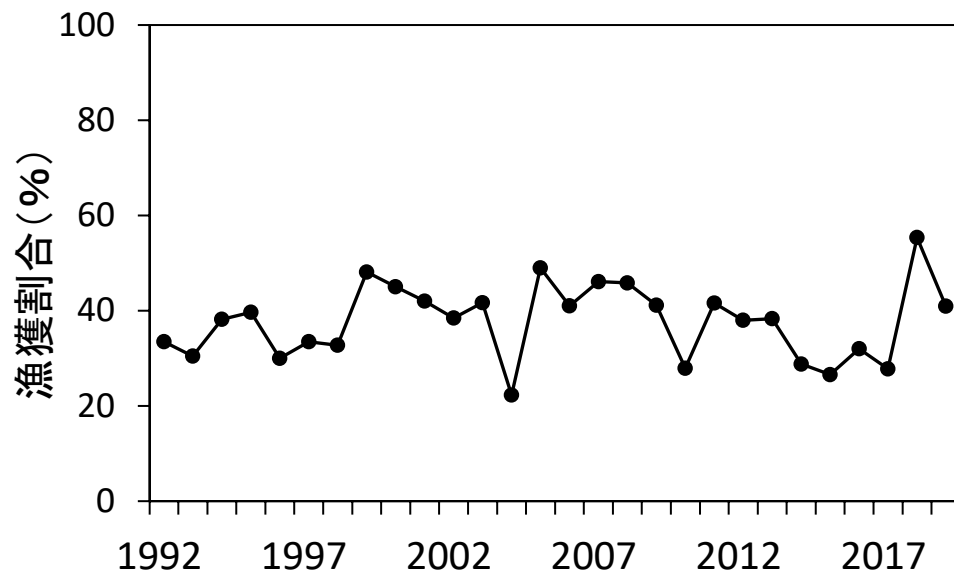


図 4-8. 漁獲割合の推移

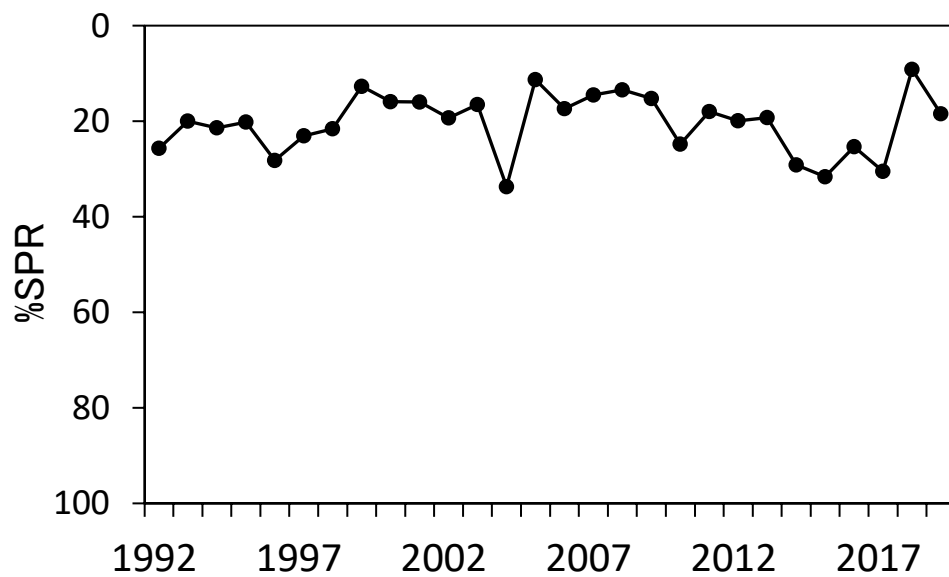


図 4-9. %SPR 値の推移 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と %SPR は小さく（大きく）なる

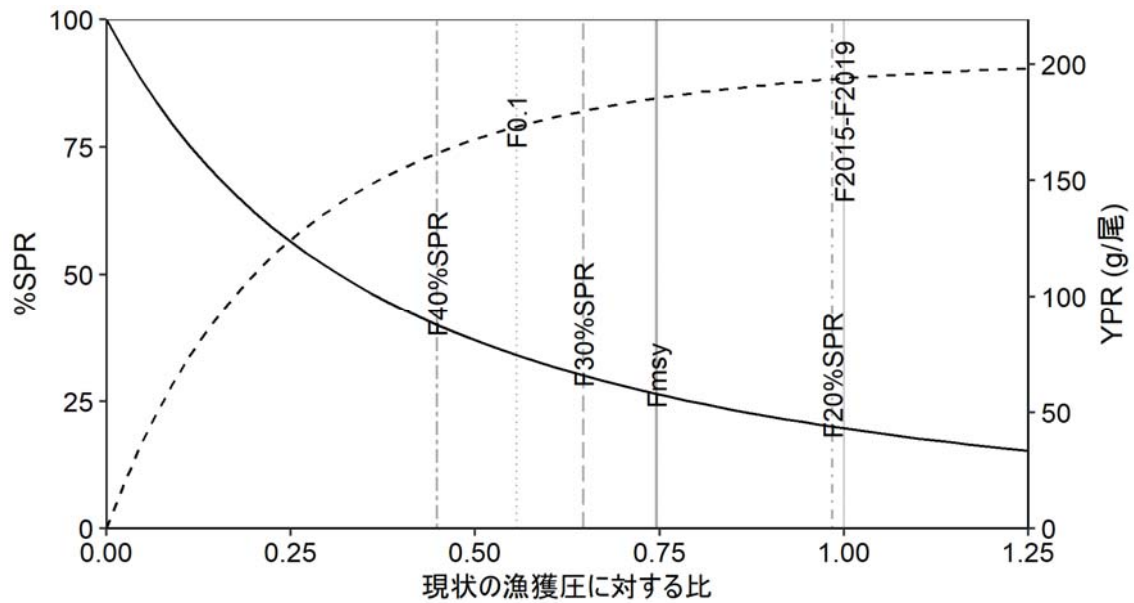


図 4-10. 現状の漁獲圧（F2015-2019）に対する YPR と %SPR の関係

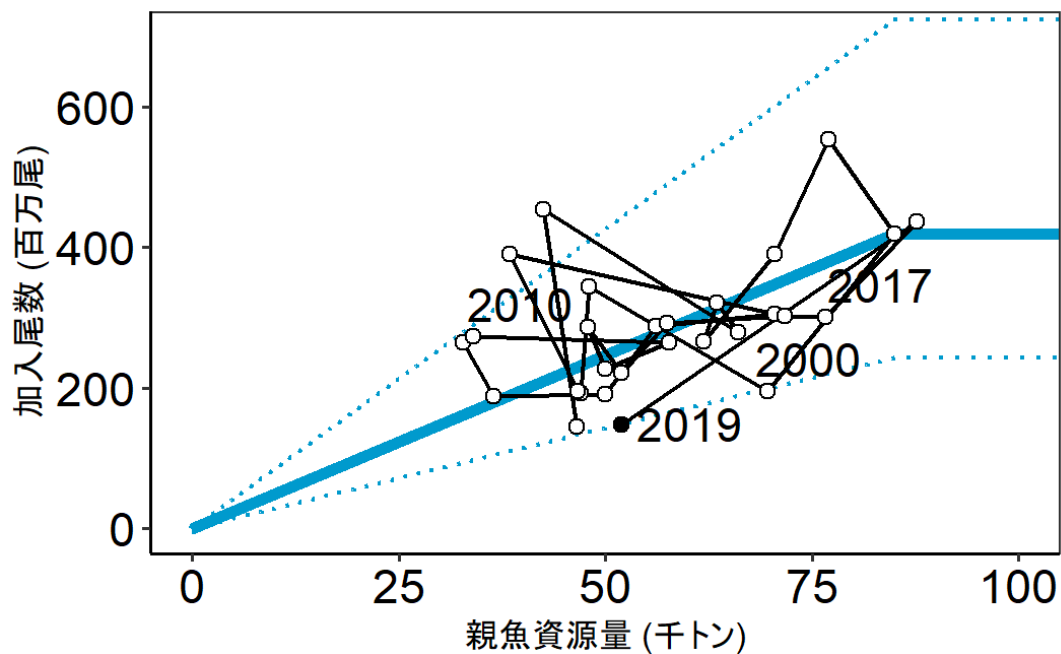


図 4-11. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（林ほか 2019）で提案された再生産関係式（実線）。丸印は実測データ（1973~2019）であり、2019 年の値は●で示す。点線は仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。

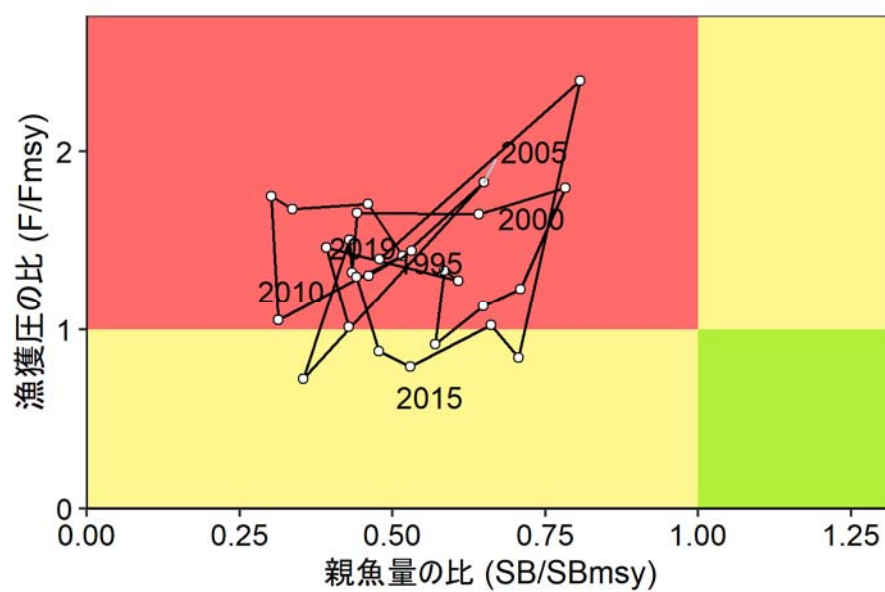
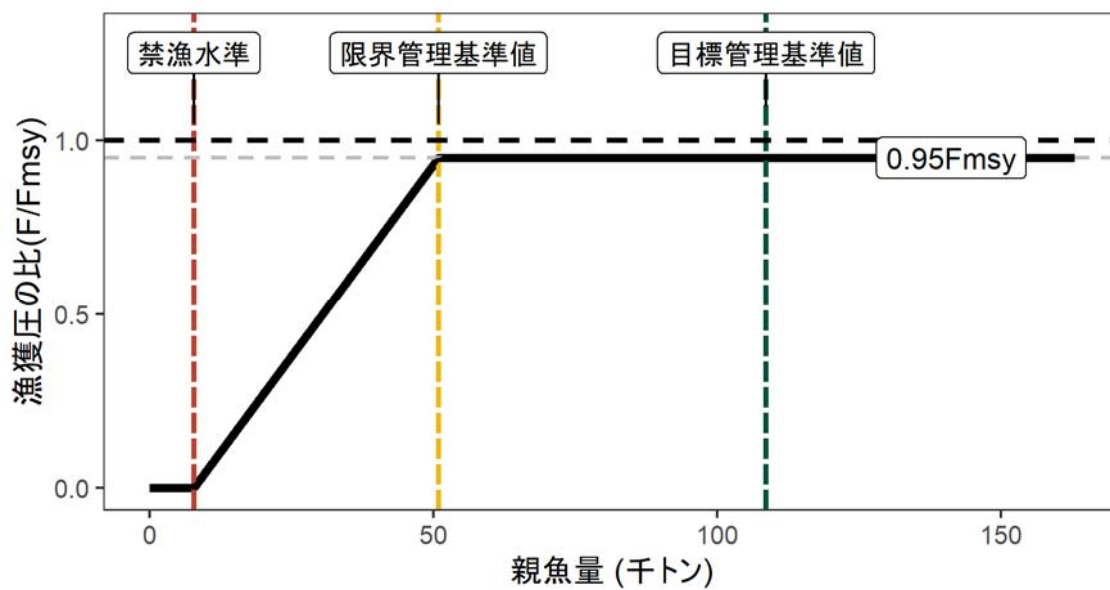


図4-12. 最大持続生産量MSYを実現する親魚量 (SB_{msy}) とMSYを実現する漁獲圧 (F_{msy}) に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

a)縦軸を漁獲圧にした場合



b)縦軸を漁獲量にした場合

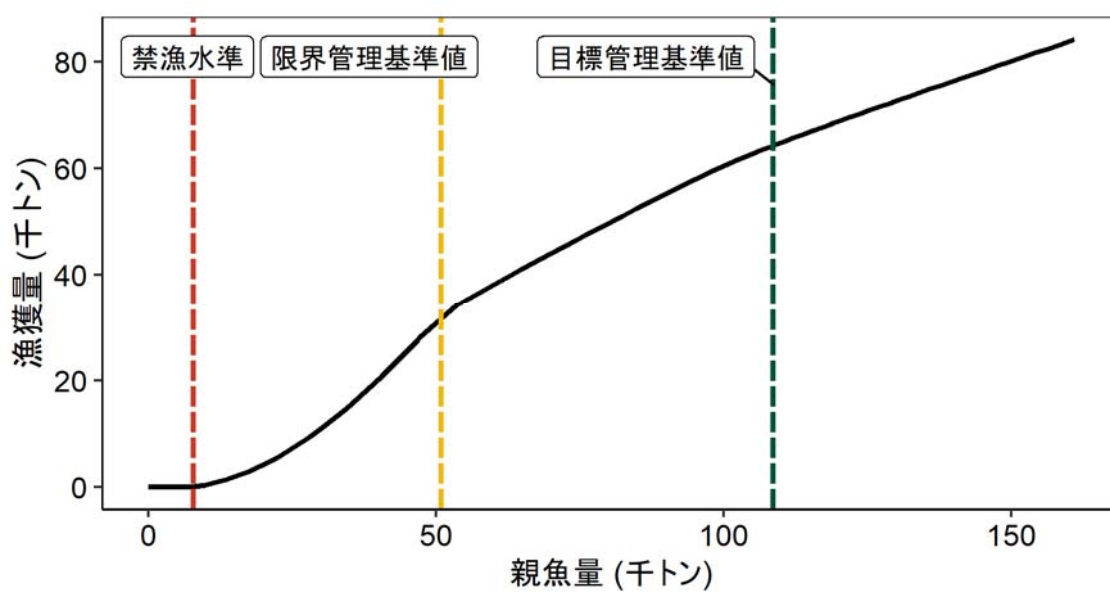
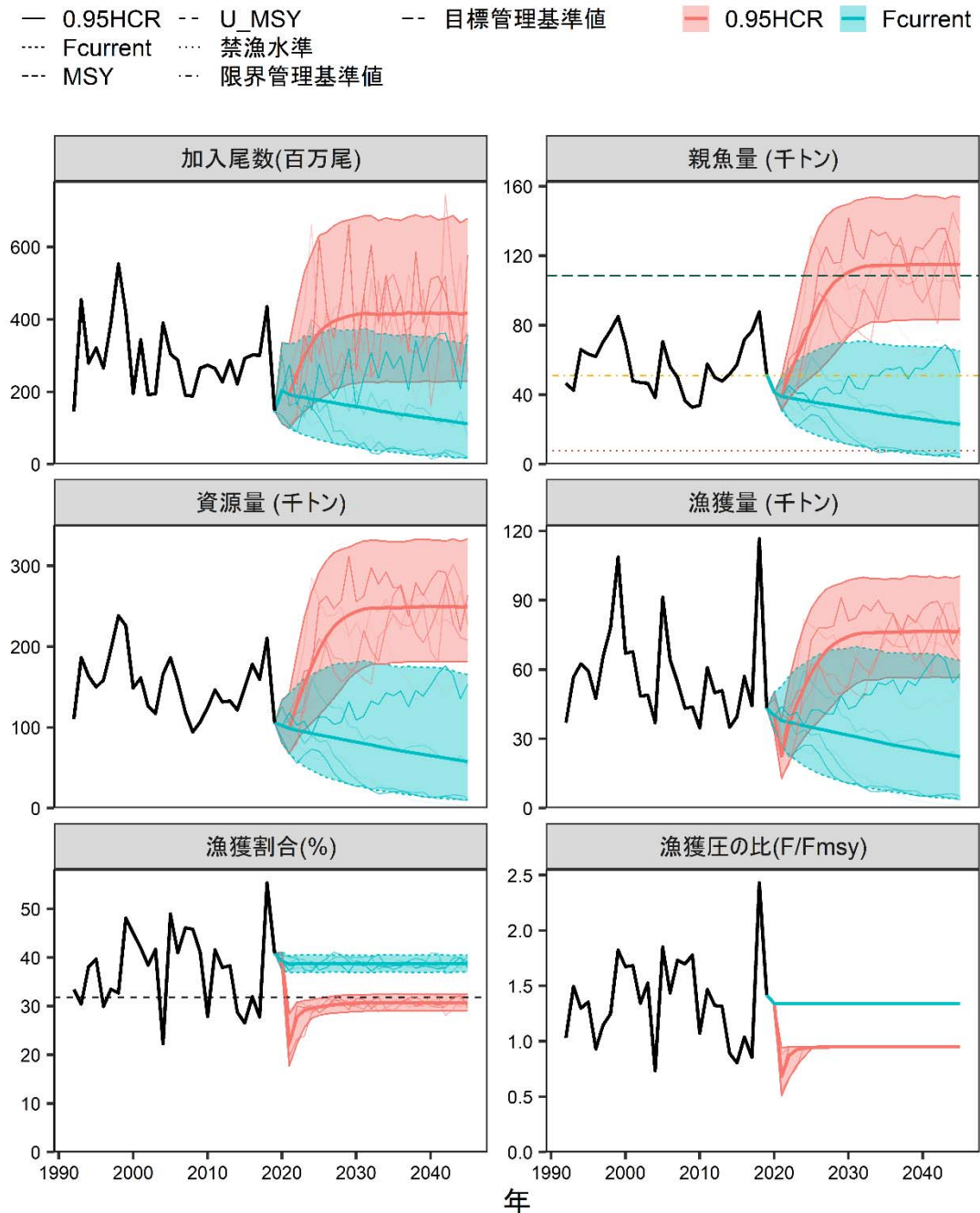


図 5-1. 漁獲管理規則 ($\beta=0.95$ の場合)



(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 5-2. 管理基準値に基づく漁獲管理規則を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の90%が含まれる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を示す。漁獲割合の図の破線はUmsyを示す。安全係数 β には0.95を用いた。

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	12,779	5,753	103	3,910	10	46	41	427	0	0	11	8	23,087

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

表 4-1. コホート解析結果

	資源量	親魚量	加入量	漁獲割合	再生産成功率
年	(千トン)	(千トン)	(100万尾)	(%)	(尾/kg)
1992	111	47	145	33	3.112
1993	187	43	454	30	10.687
1994	164	66	279	38	4.232
1995	150	63	321	40	5.059
1996	159	62	266	30	4.294
1997	197	70	390	33	5.531
1998	238	77	553	33	7.182
1999	226	85	419	48	4.925
2000	149	70	195	45	2.804
2001	161	48	344	42	7.169
2002	126	47	192	38	4.085
2003	117	47	195	42	4.178
2004	166	38	390	22	10.161
2005	186	71	305	49	4.320
2006	157	56	287	41	5.122
2007	119	50	191	46	3.818
2008	94	36	188	46	5.163
2009	107	33	265	41	8.091
2010	125	34	274	28	8.061
2011	146	58	265	42	4.589
2012	131	50	227	38	4.538
2013	133	48	287	38	5.992
2014	122	52	222	29	4.276
2015	149	57	292	27	5.093
2016	178	72	302	32	4.206
2017	160	77	301	28	3.928
2018	211	88	436	55	4.971
2019	106	52	147	41	2.831

表 5-1. 将来の親魚量が目標管理基準値 (a)、限界管理基準値 (b) を上回る確率

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2020 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2015-2019) から予測される 40 千トンとし、2021 年から漁獲管理規則による漁獲とした。

a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	0	0	0	0	1	4	10	16	24	31	35	39	42	48	47
0.95	0	0	0	0	1	5	14	24	34	42	48	51	54	59	58
0.90	0	0	0	0	1	8	19	33	46	55	60	64	67	70	69
0.80	0	0	0	0	3	15	35	55	70	78	83	86	86	87	87
0.70	0	0	0	0	5	25	55	77	88	93	95	96	97	97	96
0.60	0	0	0	0	9	40	74	91	97	99	99	100	100	100	100
0.50	0	0	0	0	14	57	88	98	99	100	100	100	100	100	100
0.40	0	0	0	1	22	73	96	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	0	0	0	1	32	85	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	0	0	0	1	43	93	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	0	0	0	2	56	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	0	0	0	3	68	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	100	0	5	41	71	84	91	94	96	98	99	99	100	100	100
0.95	100	0	5	45	76	88	94	97	98	99	99	100	100	100	100
0.90	100	0	5	49	81	92	97	98	99	100	100	100	100	100	100
0.80	100	0	5	56	88	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.70	100	0	5	63	94	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60	100	0	5	69	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50	100	0	5	76	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.40	100	0	5	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	100	0	5	85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	100	0	5	89	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	0	5	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	0	5	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状F	100	0	5	10	12	13	14	14	15	14	15	15	14	11	8

表 5-2. 将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2020 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2015-2019) から予測される 40 千トンとし、2021 年から漁獲管理規則による漁獲とした。

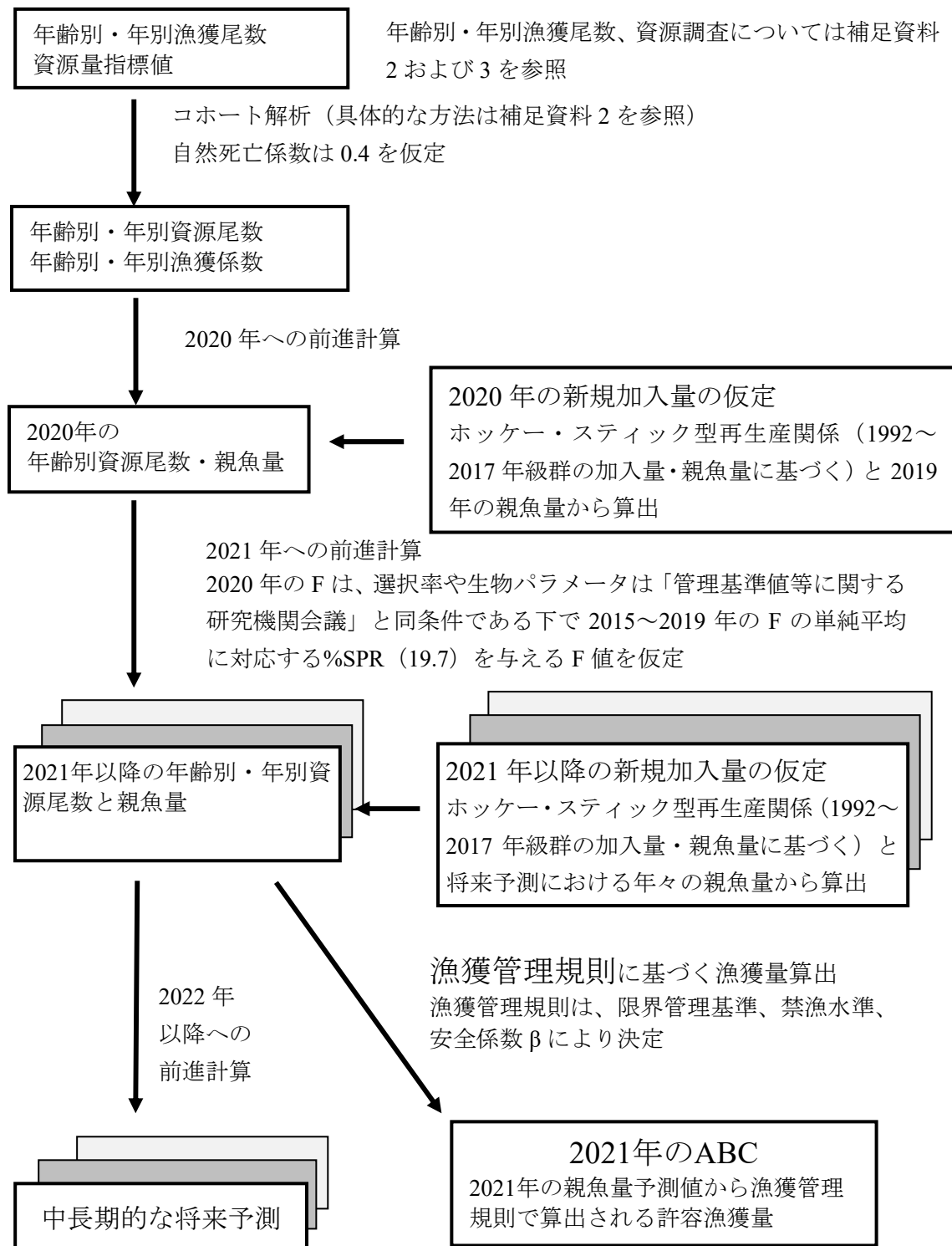
a) 親魚量の平均値の推移 (千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	52	41	39	50	59	68	76	84	91	96	100	103	105	109	109
0.95	52	41	39	51	61	72	82	91	99	104	108	111	112	115	115
0.90	52	41	39	52	64	75	87	98	106	112	116	118	120	121	121
0.80	52	41	39	54	68	84	100	113	122	128	131	133	134	134	134
0.70	52	41	39	56	73	94	113	129	139	145	147	148	149	150	149
0.60	52	41	39	58	79	105	129	147	157	163	165	166	167	168	167
0.50	52	41	39	60	86	117	145	166	177	183	186	188	189	189	189
0.40	52	41	39	62	93	130	163	187	201	208	211	213	215	216	215
0.30	52	41	39	64	100	144	184	212	228	237	242	245	246	248	248
0.20	52	41	39	66	108	160	206	240	261	273	280	284	287	290	289
0.10	52	41	39	69	117	177	232	274	300	317	327	333	338	344	344
0.00	52	41	39	71	127	196	262	313	348	371	386	397	404	418	417
現状F	52	41	39	38	37	37	36	35	35	34	33	32	32	25	20

b) 漁獲量の平均値の推移 (千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	43	40	24	37	45	51	58	63	67	70	72	73	75	77	77
0.95	43	40	23	36	45	52	59	64	68	71	73	74	75	76	76
0.90	43	40	22	35	45	52	59	65	69	72	73	75	75	76	76
0.80	43	40	19	34	43	52	60	66	69	72	73	73	74	74	74
0.70	43	40	17	31	42	51	59	65	68	70	71	71	71	71	71
0.60	43	40	15	29	39	49	57	62	65	66	67	67	68	68	68
0.50	43	40	13	25	35	45	53	58	60	62	63	63	63	63	63
0.40	43	40	10	22	31	40	47	52	54	56	56	57	57	57	57
0.30	43	40	8	17	25	33	39	44	46	47	48	49	49	49	49
0.20	43	40	5	12	18	24	29	33	35	36	37	37	38	38	38
0.10	43	40	3	6	10	13	17	19	20	21	22	22	22	22	22
0.00	43	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状F	43	40	38	37	37	36	35	34	34	33	32	32	31	25	19

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源量計算方法

1. コホート計算

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。2019 年の漁獲物平均尾叉長と体重、及び資源計算に用いた成熟割合は以下のとおり。年齢 3+は 3 歳以上を表す。自然死亡係数 M は田内・田中の式（田中 1960）により、最高年齢を 6 歳として 0.4 ($M=2.5 \div \text{最高年齢 } 6 \text{ 歳} \approx 0.4$) と仮定した。

年齢	0	1	2	3+
尾叉長 (cm)	25.5	28.9	34.3	37.6
体重 (g)	229	339	571	762
成熟割合 (%)	0	60	85	100

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）。1992～2019 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ので、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 （2019 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 (2019 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)。

式 4~6 に関するリッジ VPA の仕様に関して、昨年度の資源評価 (林ほか 2020) から 2 点変更した。まず、罰則項について、昨年度評価では最近年を含まない過去 5 年間の F の平均値 $\hat{F}_{a,(Y-5,Y-1)}$ に対する残差平方和としたが、今年度は $F_{a,Y}$ の二乗値に変更した。今年度評価において昨年度の方法を踏襲した場合、レトロスペクティブバイアスを最小化する λ の推定値が値の取りうる最大値である 1 となった。これは、日本船の資源量指標値 (2019 年は不漁) の情報が生かされないことを意味し、その結果として近年の資源量が多く見積もられ、直近 2020 年の不漁 (補足資料 7) の説明が困難だった。そのため、罰則項の形がより単純で適用範囲が広いと思われる平成 30 年度 (黒田ほか 2019) まで使用していた罰則項 (F の二乗値) を今年度は採用した。

次に、罰則項の重みの係数 λ は平成 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 0.84 と推定された (補足資料 7)。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。2つ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) が、0.75 の場合の方が、昨年度の資源評価結果により近く、また直近 2020 年の漁況との整合性も少し高かった (補足資料 7)。 λ の感度分析として、 λ が 0.84 及び 0 の場合 (通常のチューニング VPA に相当) に

についても資源評価及び将来予測を行った（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（水揚げ量/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 2003～2019 年とした。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）。

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

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）の中小型まき網 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 歳魚に対する中小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。

$$B_{a,y} = N_{a,y} w_{a,y} \quad (8)$$

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。

$$I_{a,y} = q_a B_{a,y}^{b_a} \quad (9)$$

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

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

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、中小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、中小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

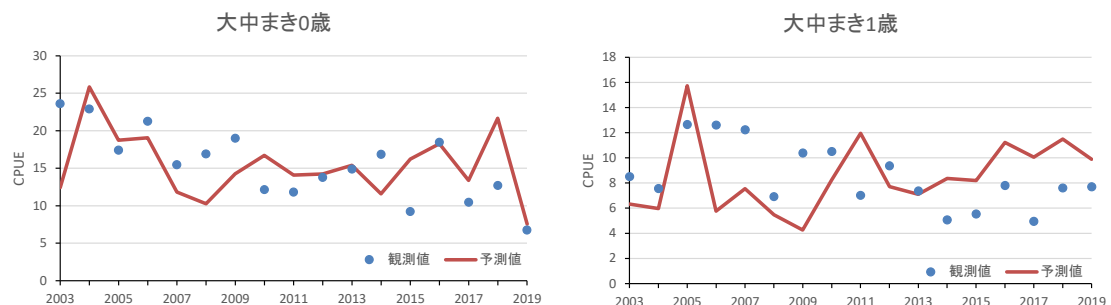
映する指標値とみなした。

2019 年における年齢別の F は、それぞれ $F_{0,2019}=0.45$ 、 $F_{1,2019}=0.72$ 、 $F_{2,2019}=F_{3+,2019}=0.90$ と推定された。その他のパラメータは $q_0=0.22$ 、 $q_1=0.22$ 、 $q_2=0.16$ 、 $q_3=0.17$ 、 $q'_{0-1}=0.03$ 、 $q'_{2+}=0.30$ 、 $\sigma_0=0.33$ 、 $\sigma_1=0.46$ 、 $\sigma_2=0.52$ 、 $\sigma_3=0.57$ 、 $\sigma'_{0-1}=0.71$ 、 $\sigma'_{2+}=0.39$ であった。各指標値の観測値とモデルの期待値を補足図 2-1 に示す。なお、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。

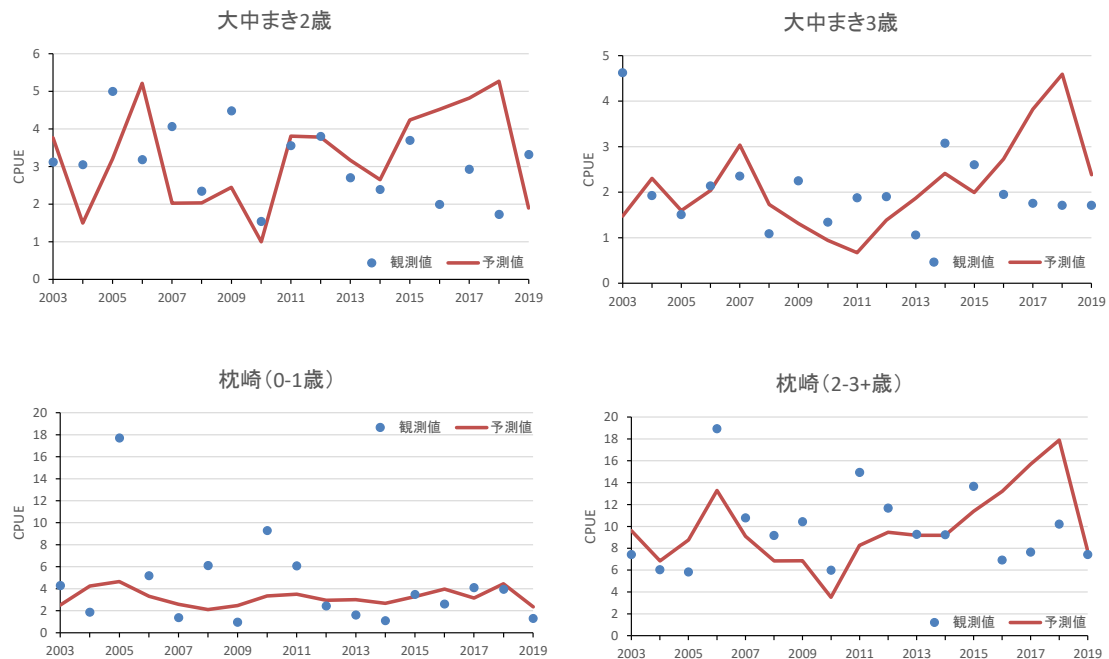
年齢別資源量指標値（トン/網）

	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

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



補足図 2-1. 指標値の観測値とモデルの予測値



補足図 2-1 (続き) . 指標値の観測値とモデルの予測値

2. 将来予測

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` (v2.1.1.0, 2020 年 9 月 17 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 ($a=0.0049$ 、 $b=8.49e+04$ 、 $SD=0.33$) 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、「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」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 2-1 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 ($F_{2015-2019}$) 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 $F_{2015-2019}$ (2015～2019 年の F の単純平均) に対応する %SPR (19.7) 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 2-1. 将来予測計算に用いたパラメータ

	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2015-2019 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡係数	成熟率
0 歳	0.76	0.36	0.48	238	0.4	0.00
1 歳	1.00	0.47	0.63	354	0.4	0.60
2 歳	1.41	0.66	0.89	542	0.4	0.85
3 歳以上	1.41	0.66	0.89	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 2015～2019 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 2020 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）における中小型まき網のマサバ、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（2019 年の総測定尾数は 4313 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 (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).
- 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://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201908.pdf> (last accessed 25 November 2020).
- 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				
さば類	1.3	2.3	4.8	4.6	39.8				

(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			
ゴマサバ	18,568	10,165	13,632	419	未実施			

(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月の東シナ海及び九州沿岸海域で行っている。結果は令和元年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価報告書補足資料5（黒田ほか 2020）を参照されたい。

引用文献

黒田啓行・高橋素光・依田真里・向草世香・佐々千由紀・日野晴彦（2020）令和2（2020）年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価. 令和2（2020）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（1992～2019 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	0.77	0.53	0.53	19.2
2014	50	30	12	8	12	11	7	6	0.32	0.40	0.66	0.66	29.2
2015	61	25	20	7	15	9	11	5	0.29	0.32	0.66	0.66	31.6
2016	88	53	17	8	24	19	9	5	0.43	0.56	0.49	0.49	25.3
2017	68	38	18	10	13	13	10	7	0.32	0.42	0.50	0.50	30.5
2018	197	101	35	21	44	37	20	17	0.77	1.55	1.21	1.21	9.1
2019	45	59	11	9	10	20	6	7	0.45	0.72	0.90	0.90	18.5

補足資料 4（続き）コホート解析結果の詳細（1992～2019 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	103	46	12	64	36	24	8
2013	239	345	557	668	287	95	36	17	69	33	20	11
2014	233	359	560	701	222	108	30	21	52	39	17	14
2015	247	352	546	680	292	108	49	18	72	38	27	12
2016	270	356	539	709	302	147	53	23	81	52	28	16
2017	198	354	540	738	301	132	56	31	60	47	30	23
2018	222	363	571	772	436	147	58	36	97	54	33	27
2019	229	339	571	762	147	136	21	19	34	46	12	14

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、2019年以降は資源尾数と漁獲尾数を半年（0.5年）ごとに求め、2021年漁期（2021年7月～2022年6月）の漁獲量を算定した。

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

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

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

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

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

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2017～2019年の年齢別漁獲尾数の前期・後期の平均配分率とF2015-2019のもとでの将来予測の2030年における配分率と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）漁獲量と同じになるように補正した値を用いた。また、加入変動は考慮していない。

本系群では、 $\beta=0.95$ とした漁獲管理規則に基づき算出される2021年漁期の予測漁獲量をABCとして提示する。

2021年漁期の ABC (千トン)	2021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/F2015-2019)	2021年漁期の 漁獲割合 (%)
24	43	0.51	22.7
コメント： ・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た漁獲シナリオに基づきABCを算定した。 ・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。			

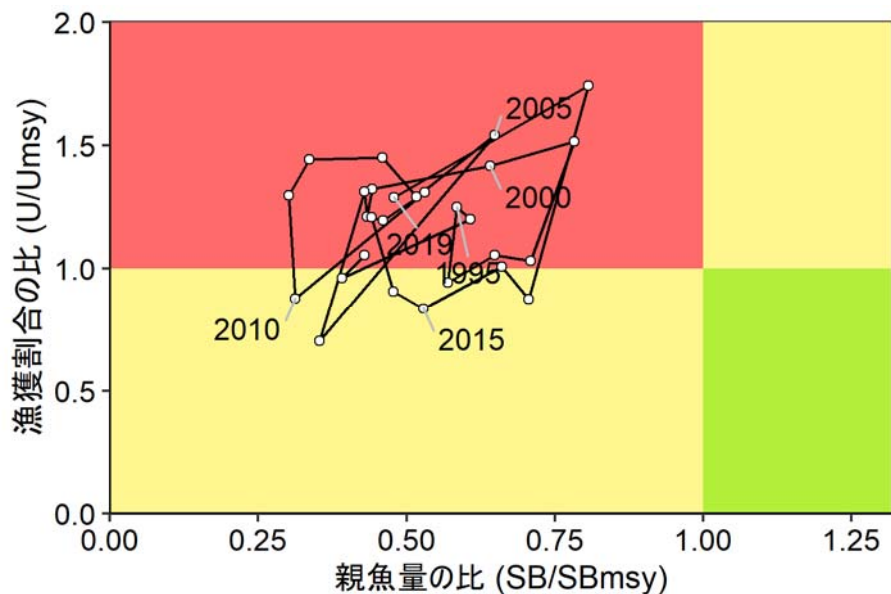
引用文献

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 漁獲割合に基づく神戸プロット

親魚量とその時の漁獲割合（U）を基準にした神戸プロットを補足図 6-1 に示した。本系群における親魚量は 1992～2019 年において MSY を実現する水準を下回っている。MSY を実現する水準に対する漁獲割合の比（ U/U_{msy} ）は、1992～2014 年には多くの年で MSY を実現する水準より高かったが、近年低下している。2019 年の漁獲割合の比（ U_{2019}/U_{msy} ）は 1.29 であった。

項目	値	備考
SB _{msy}	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
U _{msy}	31.8%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
U ₂₀₁₉	40.9%	2019 年の漁獲割合
U ₂₀₁₉ / U _{msy}	1.29	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合に対する 2019 年の漁獲割合の比



補足図 6-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SB_{msy}）と MSY を実現する漁獲割合（U_{msy}）に対する、過去の親魚量および漁獲割合の関係（神戸プロット）

補足資料 7 様々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、補足資料 2-1 で説明したコホート計算（以下、ベースケースと呼ぶ）に加えて、リッジ VPA における罰則項の重み λ （補足資料 2 式 4）及び 2018 年の韓国漁獲量の取り扱いについて、異なるシナリオ（補足表 7-1）を設定し、資源評価を行った（補足図 7-1）。また、将来予測（補足資料 2-2）においても 2020 年の漁獲圧 F 及び 2020・2021 年の加入量について、異なる仮定（補足表 7-2）の下で将来予測を行った（補足図 7-2）。これらの資源評価及び将来予測に関するシナリオのいくつかの組み合わせにおいて、2020 年の推定漁獲量と 2021 年 ABC をまとめた（補足表 7-3）。

2020 年 11 月 26 日の資源評価会議にて、当初提案されていたシナリオ 1~3 及び A~C に加え、シナリオ D が新たに提案され、検討の結果、コホート計算についてはシナリオ 1、将来予測についてはシナリオ D が適切だと判断された。

補足表 7-1. 資源評価のシナリオ（太字はベースケースと違う点）

シナリオ	罰則項の重み λ	2018 年韓国漁獲量	コメント
1	0.75	補正なし	ベースケース。 λ は平成 30 年度評価の値。韓国漁獲量は報告値を使用。
2	0.84	補正なし	λ は今年度のデータを使って式 4（補足資料 2）から推定
3	0	補正なし	通常のチューニング VPA に相当
4	(0.89)	補正あり	韓国の 2015~2017 年のマサバ・ゴマサバ割合から 2018 年のゴマサバ漁獲量を推定（林ほか 2020）。韓国漁獲量 7.4 万トン を 2.2 万トンに補正。 λ は過去 5 年間の F のバイアスを軽減させるように推定（林ほか 2020）。

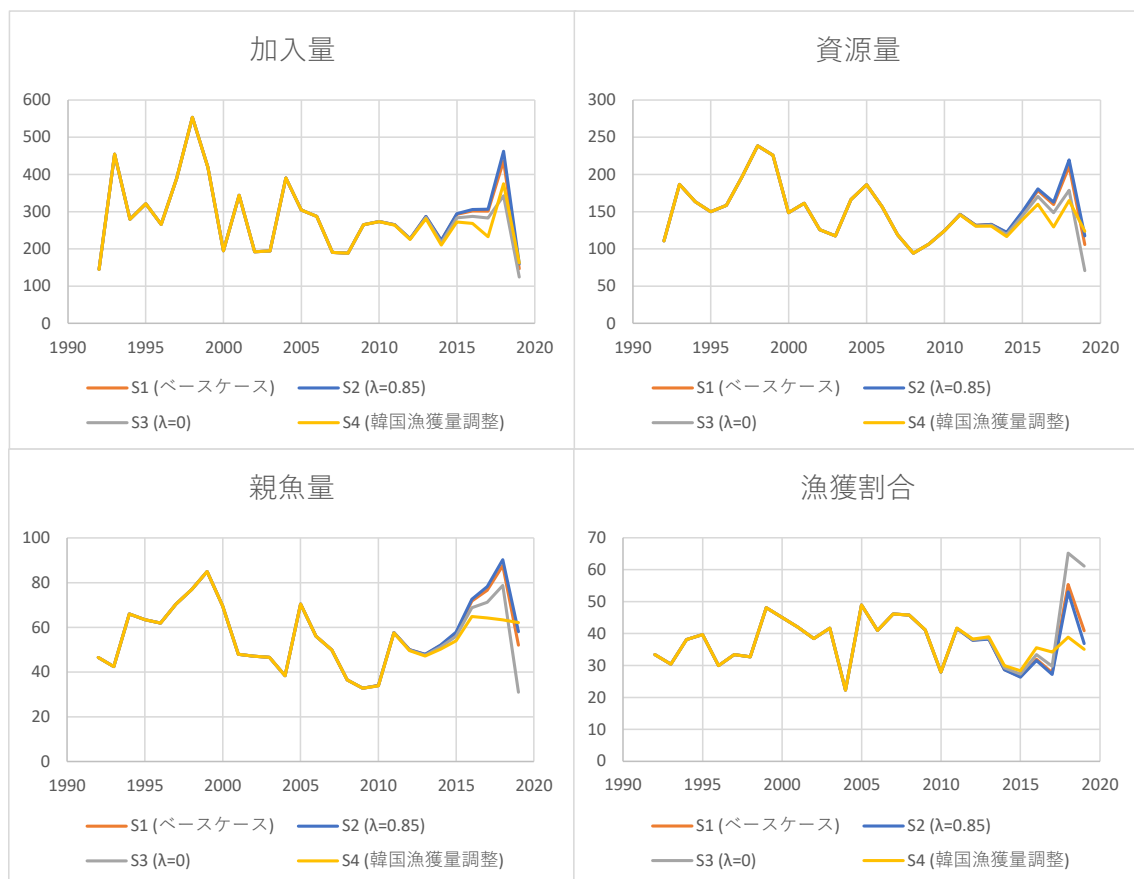
補足表 7-2. 将来予測の仮定（太字はベースケースと違う点）

シナリオ	2020・2021 年加入量	2020 年の漁獲圧 F	コメント
A	再生産関係式より	F2017-2019	ベースケース。加入残差の自己相関なしと仮定。2020 年の漁獲圧 F は過去 3 年平均。
B	2019 年加入量と同じ水準	F2017-2019	2019 年の低加入（1.47 億尾）が今後さらに 2 年続くと仮定。
C	再生産関係式より	F2010-2019	2018 年の高い F の影響を緩和させるため、長めの期間の平均値を使用。2020 年 F はベースケースより低い。
D	再生産関係式より	F2015-2019	2018 年の高い F の影響を緩和させるため、長めの期間の平均値を使用。2020 年 F はベースケースより低い。

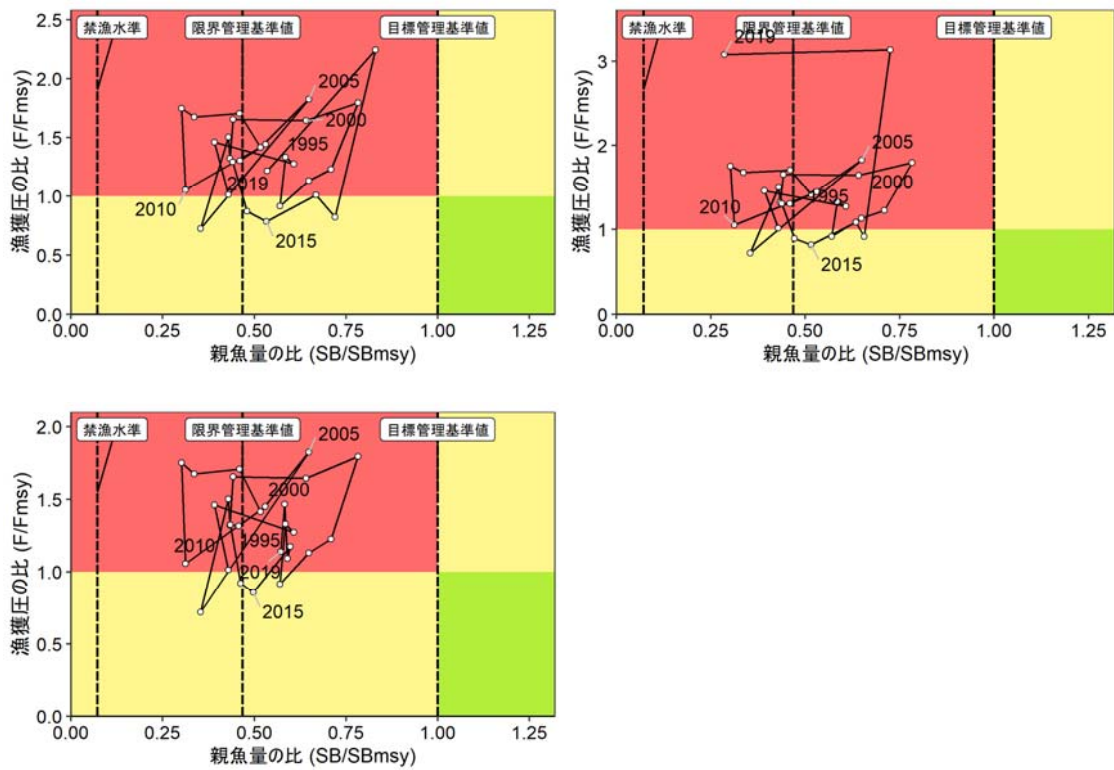
資源評価結果

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 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。特にシナリオ 3 の場合、2018～2019 年の漁獲圧は高く、2019 年の親魚量は限界管理基準値を大きく下回った（補足図 7-2）。なお、 λ が 0.75（シナリオ 1）及び 0（シナリオ 3）の場合、資源量のレトロスペクティブバイアスはそれぞれ 8% 及び 28% の過小評価だった（補足図 7-3）。

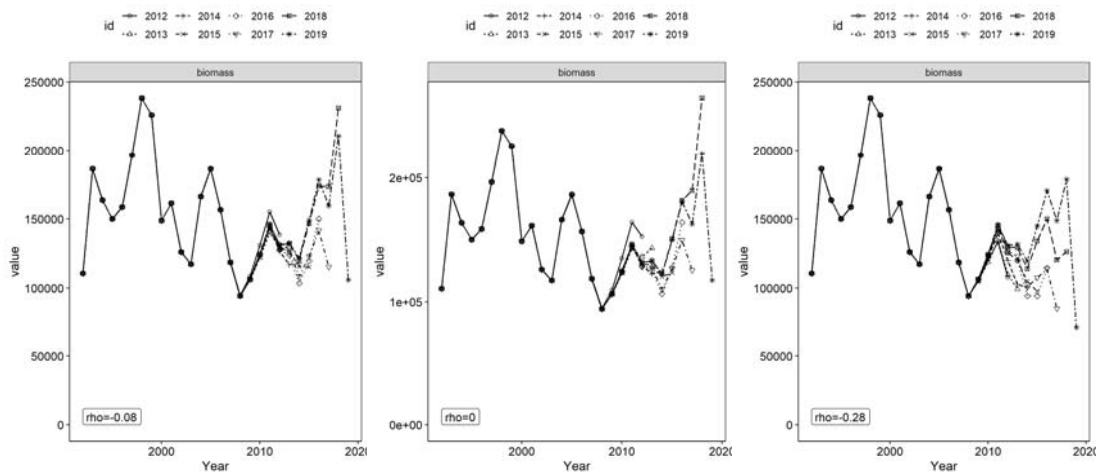
また、2018 年の韓国漁獲量を少なく見積もった場合（シナリオ 4）、2015～2018 年の加入量、資源量、親魚量、漁獲割合の推定値はベースケースに比べて低かった。このことは、ベースケースにおいて、2018 年の韓国漁獲量の急増はそれ以前の資源量と漁獲圧の両方に影響を与えていることを示唆する。一方、2019 年に関しては、ベースケースとの差は 2018 年ほど大きくなかった。



補足図 7-1. それぞれのシナリオにおける資源評価結果



補足図 7-2. それぞれのシナリオにおける神戸プロット（左より、シナリオ 2、3、4。シナリオ 1 の結果は図 4-12。）



補足図 7-3. それぞれのシナリオにおける資源量のレトロスペクティブバイアス（左よりシナリオ 1、2、3。）

将来予測結果

それぞれの資源評価シナリオ（1~4）における将来予測の結果（シナリオ A）は大きく異なった（補足表 7-3、補足図 7-4）。 λ が大きいシナリオ（シナリオ 1A、2A、4A）では、2020 年も漁獲量が現状（4 万～5 万トン）に近い水準で維持されることが予測された。これに対して、シナリオ 3A（ $\lambda=0$ ）では 2020 年以降も資源が減少するため、2020 年の漁獲量は

大幅に減少する（約 2 万トン）と予測された。一方、どのシナリオにおいても、2021 年に親魚量が限界管理基準値を下回る可能性があるため、漁獲圧を $0.95F_{msy}$ 未満に下げることがあり、2021 年の ABC は 4 万トン未満の水準であった。特に、シナリオ 3A では、親魚量が限界管理基準値を大きく下回るため、2021 年 ABC は非常に小さな値（500 トン）となった。

本資源では再生産関係における加入量の残差の自己相関は小さいため（林ほか 2019）、将来予測において加入残差の自己相関は考慮されていない。そのため、2019 年は負の残差が大きいものの（図 4-11）、ベースケースでは 2020 年に加入量は親魚量の大きさに応じて回復するという予測になっている。2020 年以降も低加入が続く場合（シナリオ 1B）、ベースケースに比べて、2020 年漁獲量及び 2021 年 ABC とも 5 千トンほど少なくなった。

また 2020 年の漁獲圧 F を過去 10 年の平均 F ($F_{2010-2019}$) と仮定した場合（将来予測シナリオ C）、2020 年の F が低く、資源に余裕が生まれるため、2021 年 ABC は多くなった。シナリオ 1C 及び 2C では、2020 年の予測漁獲量は約 6 千トン減少した一方、2021 年 ABC は約 5 千トン増加した。また、シナリオ 3A では 2020 年の漁獲圧が $F_{2017-2019}$ (F が高い 2018 年と 2019 年を含む) として特に高く設定されているため、 F を低く設定した場合（シナリオ 3C）、2021 年 ABC はシナリオ 3A と比べて約 3 倍以上となった。過去 5 年の平均 F ($F_{2015-2019}$) を仮定したシナリオ D でもシナリオ C と同様の結果を得た。

シナリオの評価

2018 年の韓国漁獲量として公式の報告値を採用するという前提に立てば、レトロスペクティブバイアスの解消という観点では、シナリオ 1 もしくは 2 が選択されるべきシナリオであろう。しかし、2020 年の実際の漁況はこれまでのところ、日本の沖合、沿岸、韓国でも、過去に例がないほど漁獲量が少なく、2020 年の日本と韓国を合わせた漁獲量は 2 万トンに満たないと予想される。この直近の漁況との整合性を重視すれば、シナリオ 3 も案として成り立つと考えられる。ただし、2020 年の漁獲量はそれ以前の資源量、2020 年の加入量や漁獲圧など様々な要因により決まるため、大きな不確実性を伴う予測値であることに留意する必要がある。

今回検討した条件の範囲では、レトロスペクティブバイアスの解消と 2020 年の不漁の説明を同時に成り立たせるのは難しいことがわかった。このことは本資源の現在の資源評価結果は不確実性が大きいことを示唆している。今回ベースケースとして選択したシナリオ 1 は、シナリオ 2 と 3 の中間的な結果を示し、2 つの課題がバランスよく解消されたシナリオと考えることもできるが、どちらかといえばシナリオ 2 に近く、やや楽観的な結果を示している可能性がある。シナリオ 1 に沿った管理を行う場合、2020 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。

2020 年 11 月 26 日の資源評価会議において、資源評価のシナリオとして提案されたシナリオ 1 に対する異論はなかった。また将来予測シナリオとしては、シナリオ D が適切だと判断された。昨年度の資源評価結果をもとに、2019 年に適用する現状の F として、過去 3 年、5 年、10 年平均の F を仮定した場合（ただし、2019 年の加入量は再生産関係に基づき、また変動はなしと仮定）、2019 年の漁獲量はそれぞれ 51 千トン、46 千トン、49 千トンと予測された。2019 年の現実の漁獲量は 43 千トンであり、限られた条件下ではあるが、過去 5

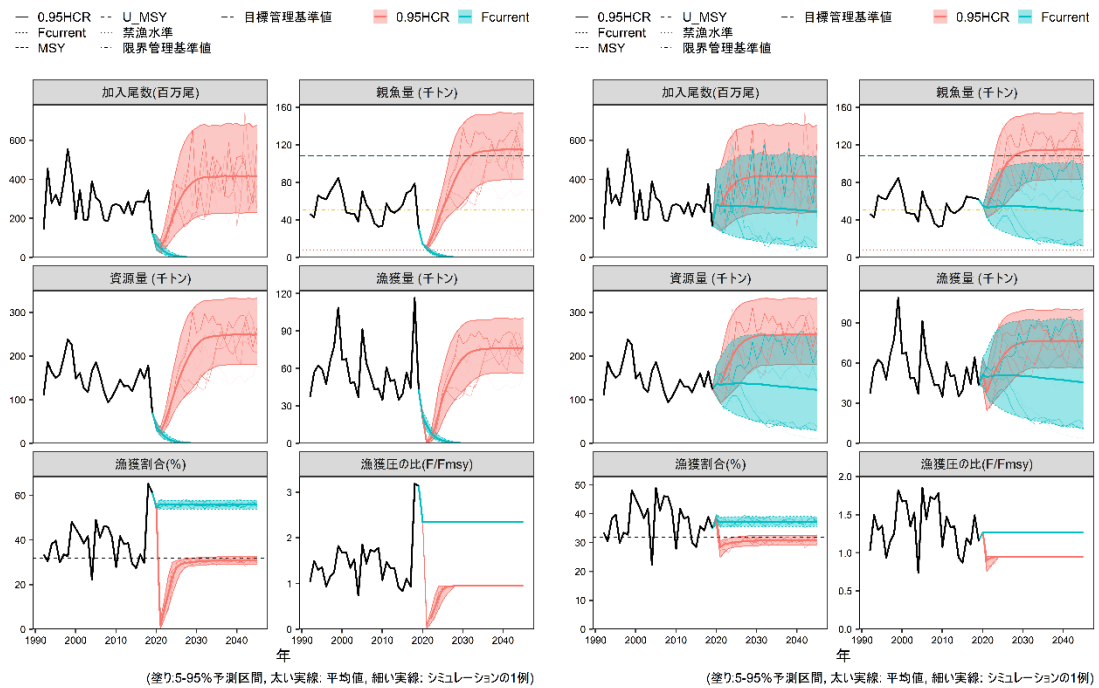
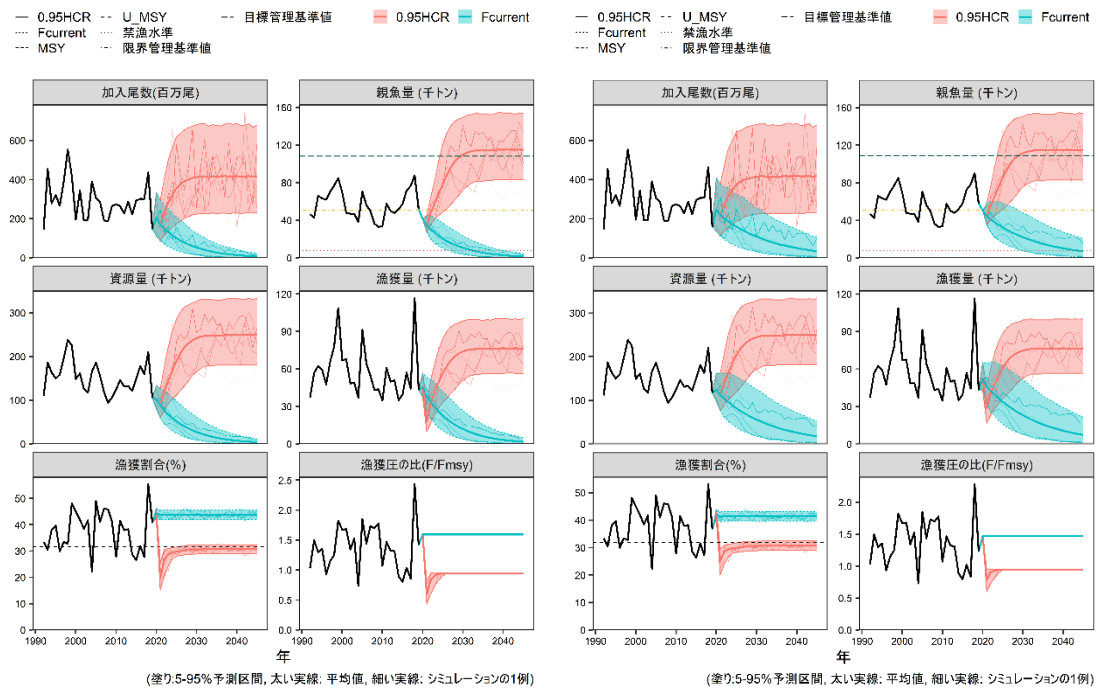
年平均の F を仮定した場合、現実の漁獲量に最も近かった。2018 年の韓国漁獲量の急増により、2018 年の F は非常に高く推定されたが、この高い F が将来も続くとは考えにくい。これまでの過去 3 年平均では 2018 年の影響が強く出るため、2018 年以前の F が低かった期間も含めることは妥当である。また、なるべく近年の F を反映させるためには、過去 10 年平均より過去 5 年平均の方が適切であろう。これらの理由により、過去 5 年平均の F を現状の F とすることにした。

引用文献

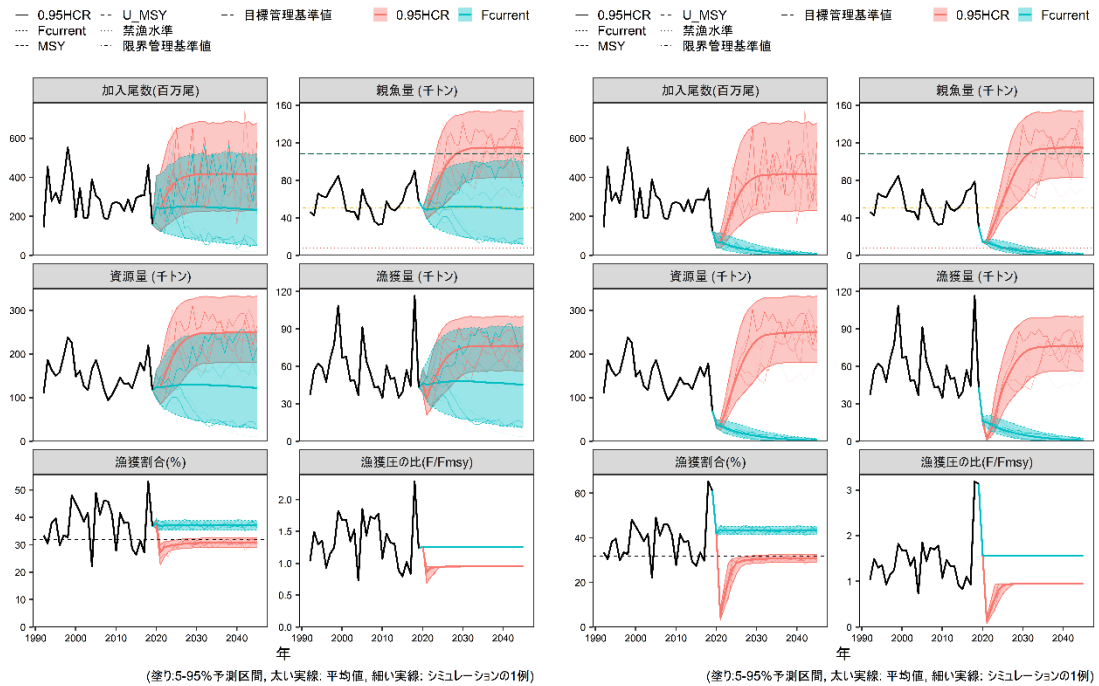
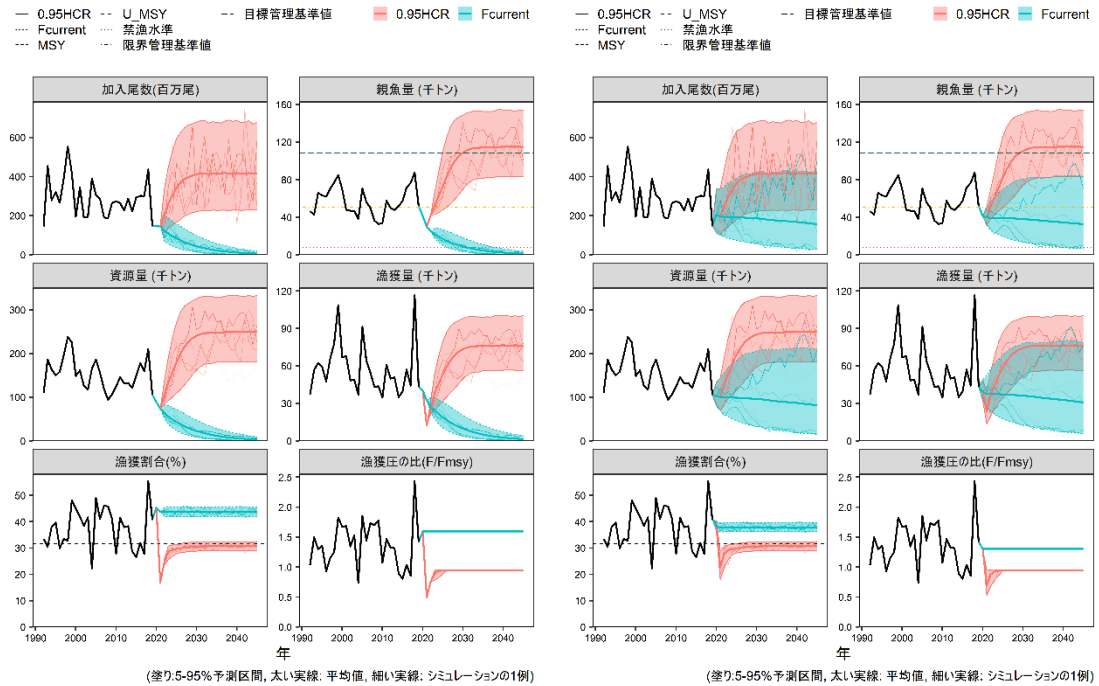
林 晃・安田十也・黒田啓行・由上龍嗣 (2020) 令和元 (2019) 年度ゴマサバ東シナ海系群の資源評価. <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201908.pdf> (last accessed 25 November 2020).

補足表 7-3. 各シナリオにおける 2020 年予測漁獲量と 2021 年 ABC

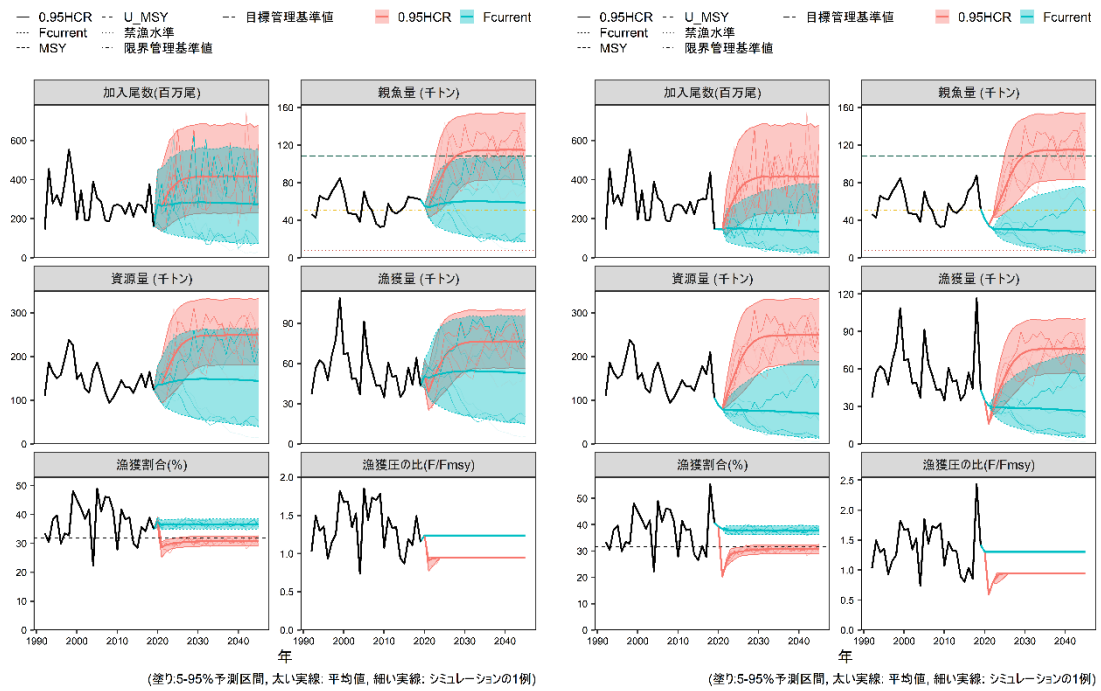
シナリオ	2020 年予測漁獲量 (トン)	2021 年 ABC (トン)
1A (ベースケース)	45,000	18,000
2A ($\lambda=0.84$)	52,000	29,000
3A ($\lambda=0$)	21,000	500
4A (韓国漁獲量補正)	51,000	38,000
1B (ベース+低加入)	40,000	13,000
1C (ベース+低 F_{2020})	39,000	23,000
2C ($\lambda=0.84$ +低 F_{2020})	47,000	34,000
3C ($\lambda=0$ +低 F_{2020})	16,000	1,900
4C (韓国補正+低 F_{2020})	51,000	39,000
1BC (ベース+低加入+低 F_{2020})	35,000	16,000
1D (ベース+低 F_{2020})	40,000	23,000



補足図 7-4. シナリオ 1 A (左上)、2 A (右上)、3 A (左下)、4 A (右下) における将来予測結果



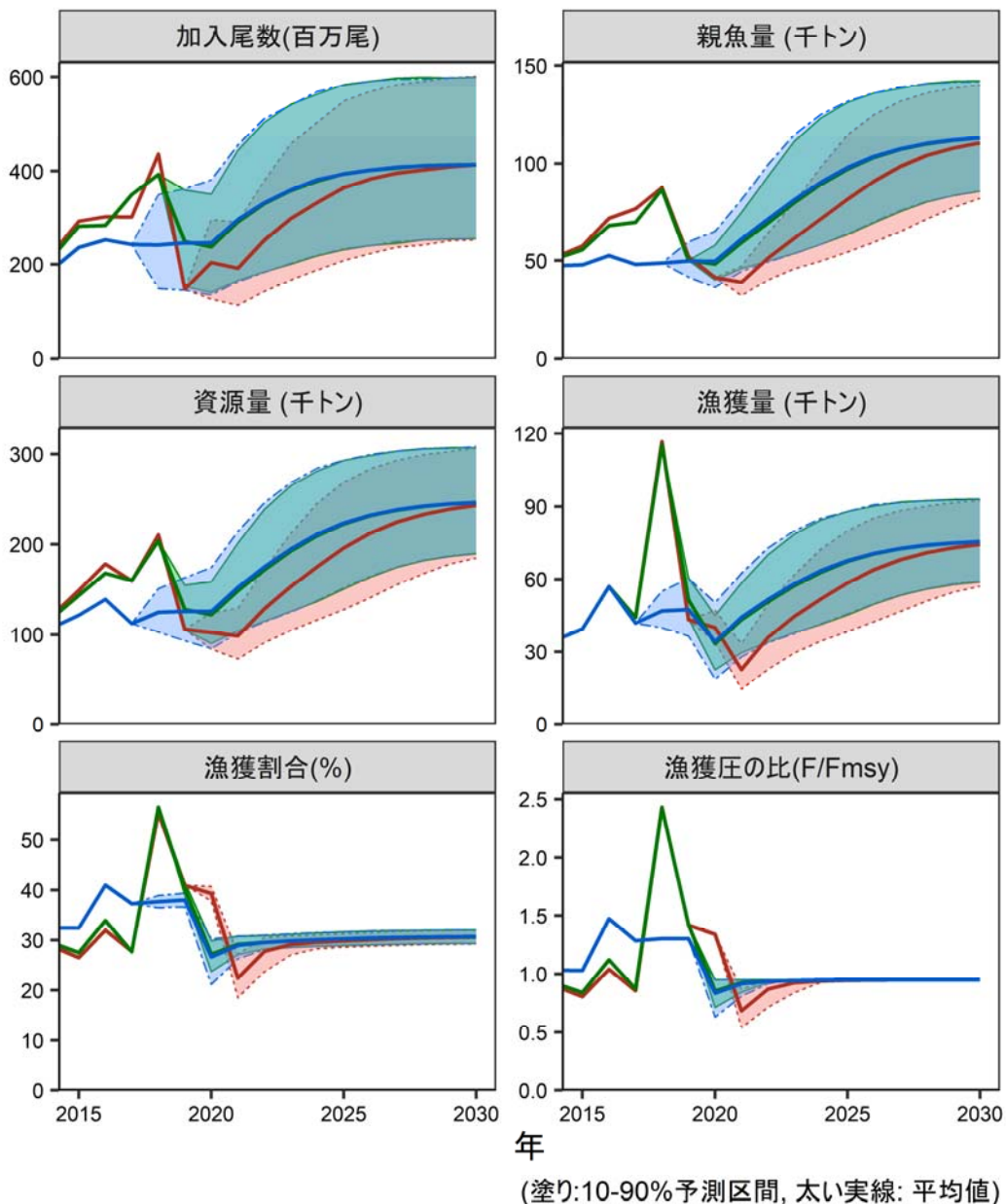
補足図 7-4 (続き) . シナリオ 1B (左上)、1C (右上)、2C (左下)、3C (右下) における将来予測結果



補足図 7-4. (続き) シナリオ 4C (左)、1BC (右) における将来予測結果

補足資料 8 資源評価及び将来予測の再評価

昨年度の評価（林ほか 2020）と比較して、2018 年までの推定資源量などは大きな変化はなかった。しかし、2019 年の加入量が昨年度の予測値から大幅に下方修正され、80%予測区間の下限に近かった。これは 2019 年に 0 歳魚の漁獲が振るわなかったことを反映している。2019 年の加入量が少なかったこともあり、その後の資源回復は昨年度の予測より遅れる。しかし、合意された漁獲管理規則のもと、2030 年に目標管理基準値を超える確率は 51%に達すると予測された。以上の結果より、合意された資源管理方針を見直す必要は現時点ではないと考えられる。



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
 (青：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、赤：今年度資源評価。いずれも $\beta=0.95$ の場合。)