

令和 4（2022）年度のマサバ対馬暖流系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター
水産技術研究所 環境・応用部門

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

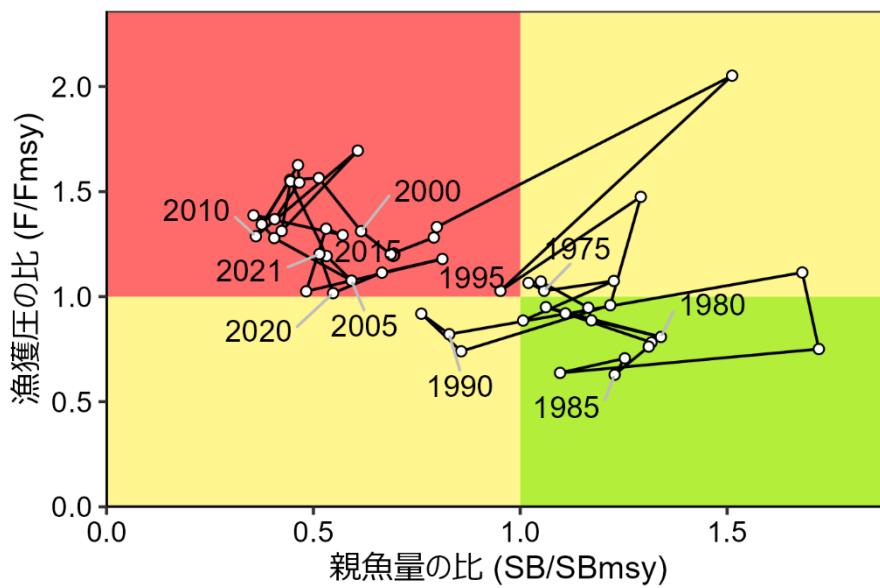
要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析によって計算した。本系群の資源量は、1973～1996 年には、数年を除き、100 万トン前後で安定的に推移したが、2000 年以降は 50 万トン前後に留まっている。2014 年以降、高い加入量に支えられ、資源量は 2018 年に 65 万トンまで増加したが、2019～2020 年の低い加入量により資源量は減少し、2021 年の資源量は 53 万トンと推定された。2021 年の親魚量は 16 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、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（31.0 万トン）であり、本系群の 2021 年の親魚量はこれを下回る。また、本系群の 2021 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（ F_{msy} ）を上回った。親魚量の動向は近年 5 年間（2017～2021 年）の推移から「横ばい」と判断された。2023 年の親魚量および資源量の予測値と、漁獲管理規則に基づき算出された 2023 年の ABC は 22 万トンである。

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

要約図表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	310 千トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
2021 年の親魚量の動向	横ばい
最大持続生産量 (MSY)	323 千トン
2023 年の ABC	220 千トン
コメント: ・ ABC の算定には、令和 2 年 2 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。 ・調整係数 β は、0.95 が用いられる。 ・数字はいずれも暦年の数字である。 ・ABC は日本と韓国を合わせた値。 ・2023 年漁期での ABC は 244 千トンである(漁期は 7 月～翌 6 月)。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2017	648	149	217	1.03	33
2018	650	251	293	1.18	45
2019	444	206	202	1.11	45
2020	429	169	157	1.02	37
2021	528	159	213	1.20	40
2022	577	176	226	1.12	39
2023	630	193	220	0.95	35

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

1. データセット

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 主要港水揚量(青森～鹿児島(17)府県) 九州主要港入り数別水揚量(水研) 大中型まき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 月別体長組成調査(水研、青森～鹿児島(17)府県):市場測定 水産統計(韓国海洋水産部)(http://www.fips.go.kr 、2022年3月)
資源量指数	大中型まき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)* 中型まき網漁獲量(島根県)* 卵稚仔調査(周年、水研、青森～鹿児島(17)府県):ノルパックネット* 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、山口県、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

分布は東シナ海南部から日本海北部、さらに黄海や渤海にも及ぶ(山田ほか 2007、図 2-1)。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。日本海北部で越冬する群もある(Limbong et al. 1991、Yasuda et al. 2014)。

(2) 年齢・成長

成長は海域や年代等によってやや異なるが、ふ化後1年で尾叉長 25～28 cm、2年で 29～32 cm、3年で 33～35 cm、4年で 36 cm、5年で 37 cm に達する(Shiraishi et al. 2008、図 2-2)。寿命は6歳程度と考えられる。

(3) 成熟・産卵

産卵は東シナ海南部の中国沿岸から東シナ海中部、朝鮮半島沿岸、九州・山陰沿岸にわたる広い海域で行われる(山田ほか 2007、Sassa and Tsukamoto 2010)。産卵期は南部ほど早く(1～4月)、北部ほど遅い(5～6月)傾向がある(大内・濱崎 1979、Yukami et al. 2009)。成熟年齢は1～2歳で、1歳で産卵に参加する個体が60%、2歳では85%、3歳以上では100%と見積もられている(白石、未発表、図 2-3)。

(4) 被捕食関係

成魚はオキアミ類、アミ類、橈脚類などの浮遊性甲殻類とカタクチイワシなどの小型魚類を主に捕食する（山田ほか 2007、森脇・宮邊 2012）。幼稚魚は魚食性魚類に捕食されると考えられる。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

対馬暖流域のマサバのほとんどは、大中型まき網漁業及び中・小型まき網漁業で漁獲される。主漁場は東シナ海、韓国沿岸、九州北西岸、日本海西部であるが、2011年以降、九州北西岸及び日本海西部での漁獲が多い。また、2016年以降、太平洋での操業増加などにより対馬暖流域における大中型まき網漁業の漁獲努力量は過去最低水準である。

(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。本報告では統計資料から独自に算定した漁獲量の値を使用した（補足資料 2-補注 1、表 3-1）。東シナ海・黄海・日本海における我が国のマサバ漁獲量は、1970年代後半には30万トン前後であったが、1990年代初めに15万トンほどまで減少した（図 3-1、表 3-2）。その後、1996年に41.1万トンにまで増加したが、2000年以降、概ね8～12万トンの低い水準で推移している。近年の漁獲量では、2018年は15.1万トンと高かったものの、2019年以降は10万トンを下回り、2021年は9.1万トンであった。近年の韓国のマサバ漁獲量（韓国のさば類漁獲量におけるマサバとゴマサバの割合については補足資料 2-補注 2）は日本と同様の傾向を示し、2021年の漁獲量は12.2万トンであった。中国のさば類漁獲量は2010年以降、50万トン前後に増加したが、2020年は39万トンであった（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2020（Release date: June 2022）、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2022年6月）。ただし、中国におけるマサバとゴマサバの魚種別の漁獲量は不明である。

日本では0歳魚と1歳魚が主に漁獲される（図 3-2、補足資料 5）。1990年代以降、全体の漁獲尾数に占める0歳魚の割合が高まり、2歳魚以上の割合は低くなったが、2015年以降は0歳魚より1歳魚の割合が高い年が多かった。韓国や中国の漁獲物の年齢組成は不明である。

(3) 漁獲努力量

東シナ海・日本海で操業する大中型まき網の網数を図 3-3 に示す。網数は、1980年代後半に過去最多となったが、1990年以降、減少が続いている。2021年の網数（4,294網）は2020年の過去最少に近かった（表 3-2）。これは長期的な操業隻数の減少に加え、秋を中心にマイワシ、マサバなどを対象とした太平洋での操業へシフトしていることが主な理由である。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集し、漁獲物の生物測定結果と併せて年齢別・年別漁獲

尾数による資源解析を行った（補足資料 1、2）。資源解析の計算は 1973～2021 年の日本と韓国の年齢別漁獲尾数に基づき、2003 年以降の大中型まき網および中型まき網（島根県籍船）の年齢別資源量指標値の変動と各年齢の資源量の変動、また 2006 年以降の卵稚仔調査における産卵量の変動と親魚量の変動が合うように F を推定した。さらに、最近年の F の推定を安定させるために、最近年の F と最近年を含まない過去 4 年間の F の平均値の残差平方和に応じてペナルティを課す F の推定方法（リッジ VPA: Okamura et al. 2017）を採用した（補足資料 2）。本資源評価では韓国の漁獲量は考慮したものの、中国の漁獲量はマサバ・ゴマサバが魚種別に計上されていないことや、直近年（2021 年）の値が得られないことなどから使用していない。

調査は、周年にわたる卵稚仔調査に加えて、新規加入量（0 歳魚）を主対象として、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 4）。ただし、現時点では卵稚仔調査以外の調査結果からは信頼できるマサバの資源量指標値が得られていないため、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、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

2003 年以降の年齢毎の資源変動を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（0～3+歳）の資源量指標値を計算し、コホート解析に用いた（図 4-1、補足資料 2-補注 3）。2021 年の資源量指標値は、過去 17 年間と比べて、3+歳で高く、0～2 歳は平均的な水準だった。また、平成 30 年度資源評価より、日本海西部沿岸域での資源動態を表す指標として、島根県籍中型まき網の豆銘柄の漁獲量と努力量から 0 歳と 1 歳の資源量指標値を算定し、コホート解析に用いている（黒田ほか 2019a、図 4-1、補足資料 2-補注 3）。2021 年の資源量指標値は、過去 17 年間と比べて、0 歳と 1 歳ともに平均的な水準だった。さらに、昨年度資源評価から、毎年 1～6 月に東シナ海から日本海で行われている改良型ノルパックネットを用いた卵稚仔調査で得られたマサバ産卵量を、親魚量の指標値としてコホート解析に用いた（補足資料 2-補注 4）。コホート解析における指標値とモデル予測との当てはまりから、指標間に差はあるものの、各指標値は各年齢の資源動態をよく表していると考えられた。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

コホート解析により求めた資源量は、1973～1989 年には 100 万トン前後で比較的安定していた（図 4-2、表 4-1）。資源量は 1990 年に 64 万トンに急減したが、その後増加に転じ、1996 年には 137 万トンの高水準に達した。その後、高い漁獲圧の影響もあり、資源量は再び急減し、2000 年以降には 50 万トン前後で推移している。近年では、資源量は 2013 年に 37 万トン記録して以降、2018 年に 65 万トンまで回復したが、2019 年に減少し、2020 年は過去最低水準に近い 43 万トンとなったが、2021 年は 53 万トンに増加した。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は、1996 年に 47 万トンにまで増加したが、1997 年に急減し、2003 年には 12 万トンにまで減少した（図 4-2、表 4-1）。2004～2017 年は 11 万～19 万トンの範囲で増減を繰り返したが、2018 年には 2017 年級群の高加入により 25 万トンまで増加した。

しかし、その後減少し、2021年は16万トンだった。

年齢別資源尾数（図 4-3）及び年齢別資源重量（図 4-4）より、1990年代までは2歳以上の生き残りもある程度資源を構成していたが、1990年代後半以降はその割合が減少したと考えられる。

加入量（資源計算の0歳魚資源尾数）は、1995年に33億尾とかなり高い値を示した後、漸減し、2000年代以降、10億～15億尾の水準にある（図 4-5、表 4-1）。近年では、2013年に低加入（8億尾）、2017年（19億尾）に高加入となったが、2019年と2020年に再び低加入（8億尾と9億尾）となった。2021年は13億尾であり、再生産関係式にもとづく加入量と同程度の水準となった。再生産成功率（図 4-5）は2000年代以降高い水準であったが、変動も大きく、2021年はやや高かった。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（2月）の東シナ海中部の水温が高いほど、加入量は少ない傾向にあるとの分析結果がある（黒田ほか 2019a）。しかし、2021年は2019～2020年と同様に東シナ海中部の水温は平年より高かったが、加入量は平均的な水準であった。水温との関係では加入量が説明できない年もあり、本資源の加入量変動のメカニズムについては不明な点が多い。

昨年度の評価と比べると、2019年以前の推定値に大きな違いはないものの、2020年の資源量が上方修正された（補足資料 8）。これは、2020年級群の加入量が上方修正されたためである。

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とした条件のもと資源評価を行った。2020年の資源量と親魚量は 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）。

0歳魚の漁獲係数 F は、1990年頃から増加傾向にあり、2009年以降は減少傾向を示したが、2021年は増加した（図 4-7）。2歳以上の F は2015年以降減少傾向にある。一方、1歳の F は引き続き高い水準にある。なお、2000年以降、大中型まき網の努力量が減少したにも関わらず、 F が減少しなかった理由の一つとして、韓国による漁獲の影響が考えられる。

漁獲割合は1996年に急増し、その後2013年まで40～50%と比較的高い水準で推移していたが、2017年と2020年にやや減少した。2021年は40%であった（図 4-8、表 4-1）。

（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、2021年の値は16%であった。現状の漁獲圧は、近年3年間（2019～2021年）の平均 F 値と平均体重から%SPRに換算すると18%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（安田ほか 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 20%に相当する。現状の漁獲圧 (F2019-2021) は F_{msy} や $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ を上回った。

(5) 再生産関係

親魚量 (重量) と加入量 (尾数) の関係 (再生産関係) を図 4-11 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」により、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック (HS) 型関係式を用いることが提案された (安田ほか 2019)。再生産式の各パラメータは補足表 3-1 に示す。ここで、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、平成 30 (2018) 年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値等

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定した現在 (1973 年以降) の環境下における最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量 (SB_{msy})、および MSY を実現する漁獲圧 (F_{msy}) を補足表 3-2 に示す (安田ほか 2019)。令和 2 年 2 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および令和 2 年 5 月に開催された「水産政策審議会」を経て、この MSY (32.2 万トン) を実現する親魚量 (SB_{msy} : 31.0 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 (14.3 万トン) が限界管理基準値、MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量が禁漁水準 (2.2 万トン) とされた。平衡状態における平均親魚量と年齢別漁獲重量との関係 (安田ほか 2019) を図 4-12 に示す。平均親魚量が限界管理基準値以下では 0 歳および 1 歳魚がほとんどを占めているが、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-13 に示す。また、2021 年の親魚量と漁獲圧、それらの値と管理基準値との比較結果を補足表 3-3 に示した。本系群における 2021 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SB_{msy} すなわち目標管理基準値) を下回る。2021 年の親魚量は SB_{msy} の 0.51 倍である。また、2021 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧 (F_{msy}) を上回っており、 F_{msy} の 1.20 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/F_{msy}) とは、各年の F の選択率の下で F_{msy} の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、近年 5 年間 (2017~2021 年) の推移から横ばいと判断される。

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2021 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2022~2050 年までの将来予測計算を行った (補足資料 2)。将来予測には加入量の不確実性を考慮した。将来予測における加入量は、各年の親魚量から再生産関係式を用いて予測した。加入量の不確実性は、その予測値に対数正規分布に従う誤差を与えることで考慮した。無作為抽出した誤差を与える計算を 10,000 回行い、平均値と 90%予測区間を求めることにより不確実性の

程度を示した。2022年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2019-2021）から仮定した。2023年以降の漁獲圧には、「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオにおける漁獲管理規則を用いた。各年に予測される親魚量をもとに漁獲管理規則で定められる漁獲圧と、各年に予測される資源量から、漁獲量を算出した。なお、以下の計算は暦年に基づくものである（漁期年に基づく計算は補足資料6を参照のこと）。

(2) 漁獲管理規則

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

(3) 2023年の予測値とABCの算定

本系群の漁獲管理規則から算定される2023年の予測漁獲量である22.0万トンをABCとして提示する。2023年に予測される親魚量は、繰り返し計算の94%で限界管理基準値を上回り、残りの6%で下回ったが、平均19.3万トンと見込まれた。

(4) 2024年以降の予測

2024年以降も含めた将来予測の結果を図5-2、表5-1、5-2に示す。漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合、2030年の親魚量の予測値は32.5万トン（80%予測区間は23.0万～44.3万トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は56%、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、2023年以降に異なる β を使用した場合、および2023年以降に現状の漁獲圧（F2019-2021）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30.5万トン（90%予測区間は20.8万～42.0万トン）、 β を 0.9 とした場合は平均34.6万トン（90%予測区間は25.0万～46.6万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率はそれぞれ43%と69%、限界管理基準値を上回る確率はいずれも100%である。一方、2023年以降、現状の漁獲圧を継続した場合の2030年の親魚量の予測値は25.2万トン（90%予測区間は13.8万～37.0万トン）であり目標管理基準値を上回る確率は19%、限界管理基準値を上回る確率は94%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、2028年以降となると予測された。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。

6. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1973～1996年には、数年を除き、100万トン前後で安定的に推移したが、2000年以降は50万トン前後に留まっていた。2014年以降、高い加入量に支えられ、資源量は2018年に65万トンまで増加したが、2019～2020年の低加入により資源量は減少し、

2021年の資源量は53万トンと推定された。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は、1993～1996年に47万トンにまで増加したが、1997年に急減し、2003年には12万トンにまで減少した。2004～2017年まで11～19万トンの範囲で増減を繰り返したが、2018年には2017年級群の高加入により前年の15万トンから25万トンまで増加した。しかし、その後減少し、2021年は16万トンであった。

7. その他

本資源の管理は大中型まき網漁業の漁場（海区制）における操業許可隻数を制限するなど、努力量管理の形で行われてきた。これに加えて、平成9（1997）年からゴマサバと合わせて「さば類」としたTAC（漁獲可能量）による資源管理が実施されている。また平成21（2009）年度から平成23（2011）年度の間、日本海西部・九州西海域マアジ（マサバ・マイワシ）資源回復計画が実施された。小型魚保護を目的とした本計画は、小型魚を主体とする漁獲があった場合、大・中型まき網漁業に対しては集中的な漁獲圧をかけないよう速やかな漁場移動を求め、中・小型まき網漁業に対しては団体毎に一定日数の休漁や水揚げ日数制限等の漁獲規制を行った。これらの取り組みは平成24（2012）年度以降も、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下で継続されている。

本資源の資源評価結果に大きな不確実性をもたらす要因として、中国漁船による漁獲の影響を資源評価で考慮できていない点が挙げられる（漁獲動向調査の詳細については補足資料7を参照のこと）。また将来予測に関する不確実性として、中国、韓国などの外国漁船による漁獲量を正確に予測できない点、また日本の漁獲量に関しても、TACがマサバ、ゴマサバをまとめた「さば類」として設定されるため、種別の漁獲量の予測が難しい点などが挙げられる。これらの要因は、再生産関係、管理基準値、管理目標の達成確率などに影響をもたらす可能性がある。より効果的な資源管理のためには、加入量変動のメカニズムや回遊パターンの解明などとともに漁業の実態把握を国際的に協調して進めて行く必要がある（黒田ほか 2019b）。

8. 引用文献

- 黒田啓行・依田真里・安田十也・鈴木 圭・竹垣草世香・佐々千由紀・高橋素光 (2019a) 平成30（2018）年度マサバ対馬暖流系群の資源評価, 平成30年度我が国周辺水域の漁業資源評価（魚種別系群別資源評価・TAC種）第1分冊, 水産庁増殖推進部・国立研究開発法人水産研究・教育機構, pp. 209-247.
- 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.
- Limbong, D., K. Hayashi and Y. Matsumiya (1988) Length cohort analysis of common mackerel *Scomber japonicus*, Tsushima Warm Current stock. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., 66, 119-133.
- Limbong, D., K. Hayashi and K. Shirakihara (1991) Seasonal distribution and migration of the

- common mackerel in the southwestern Japan Sea and the East China Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 63-68.
- 森脇晋平・宮邊 伸 (2012) 日本海南西沿岸海域におけるマサバの摂餌生態. 島根水技セ研報, 4, 39-44.
- 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.
- 大内 明・濱崎清一 (1979) 日本海西部・東シナ海におけるマサバの系統群. 西水研研報, 53, 125-152.
- 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.
- 山田梅芳・堀川博史・中坊徹次・時村宗春 (2007) マサバ. 東シナ海・黄海の魚類誌, 東海大学出版会, 神奈川, 972-979.
- Yasuda, T., R. Yukami and S. Ohshimo (2014) Fishing ground hotspots reveal long-term variation in chub mackerel *Scomber japonicus* habitat in the East China Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 501, 239-250.
- 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.
- 安田十也・黒田啓行・林 晃 (2019) 平成 31 (2019) 年度マサバ対馬暖流系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_masaba_t.pdf (last accessed 2 November 2019).

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

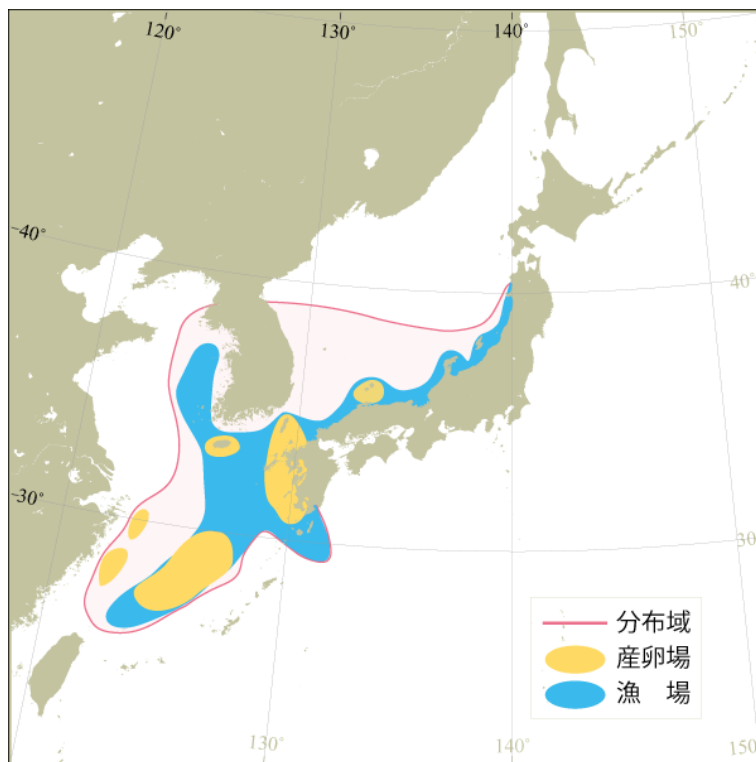


図 2-1. マサバ対馬暖流系群の分布域と産卵場および漁場形成模式図

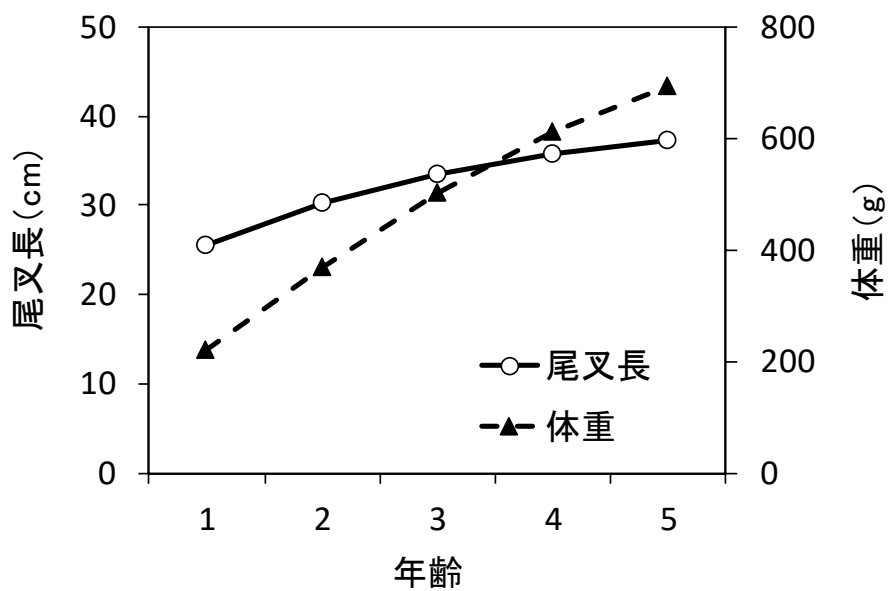


図 2-2. 年齢と成長

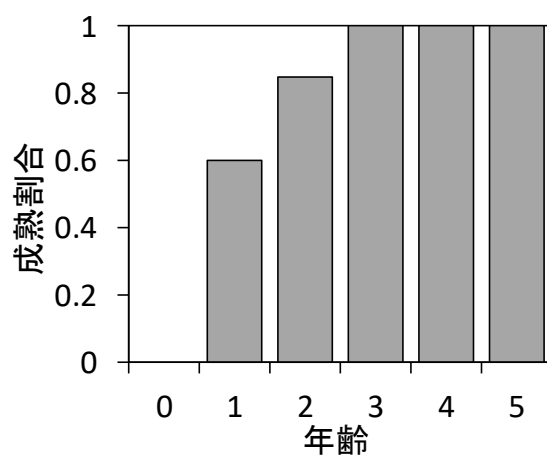


図 2-3. 年齢と成熟割合

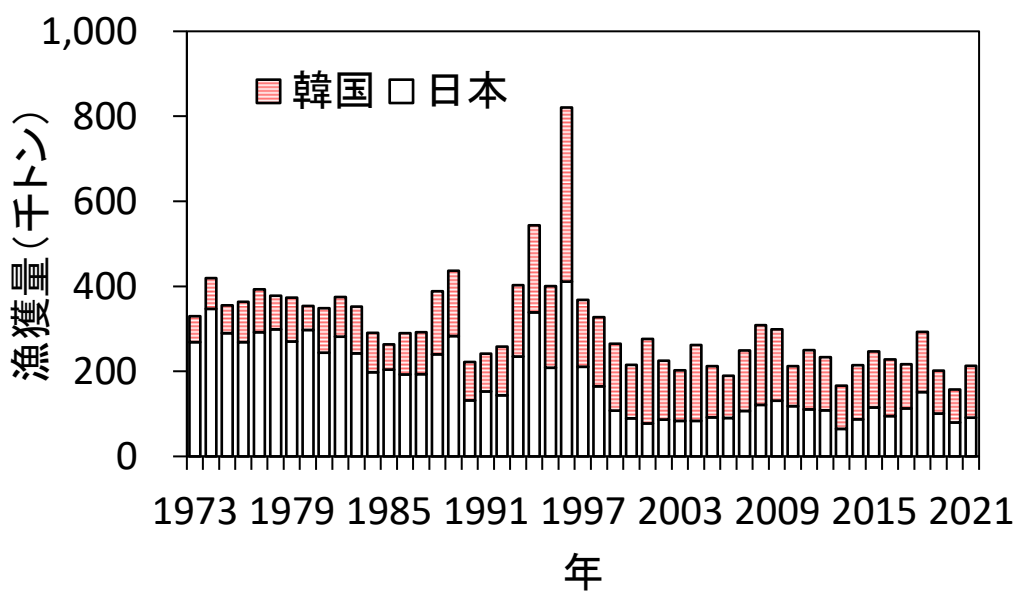


図 3-1. 漁獲量の推移

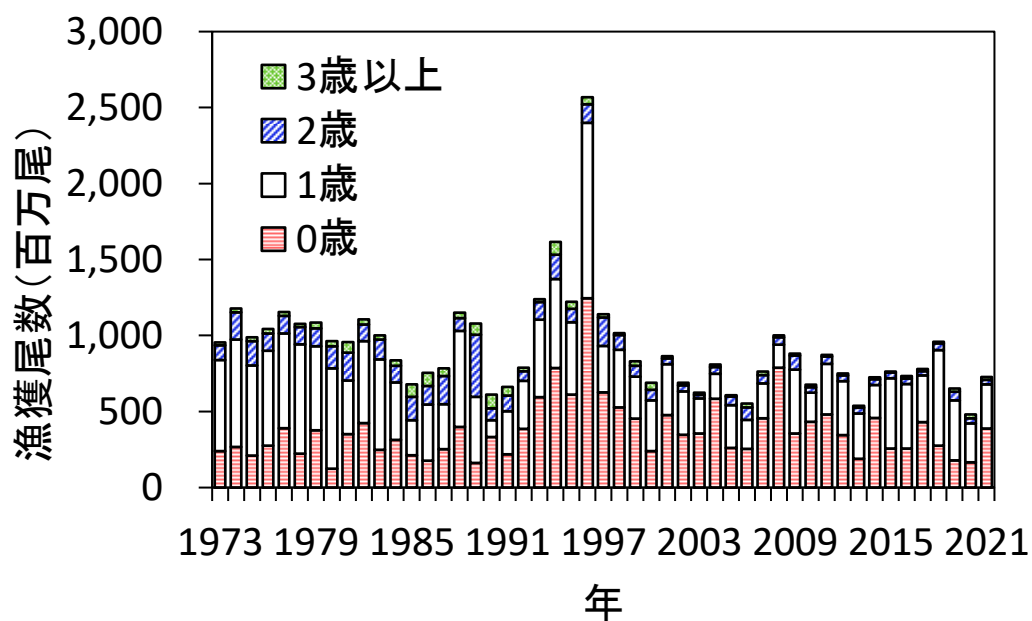


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

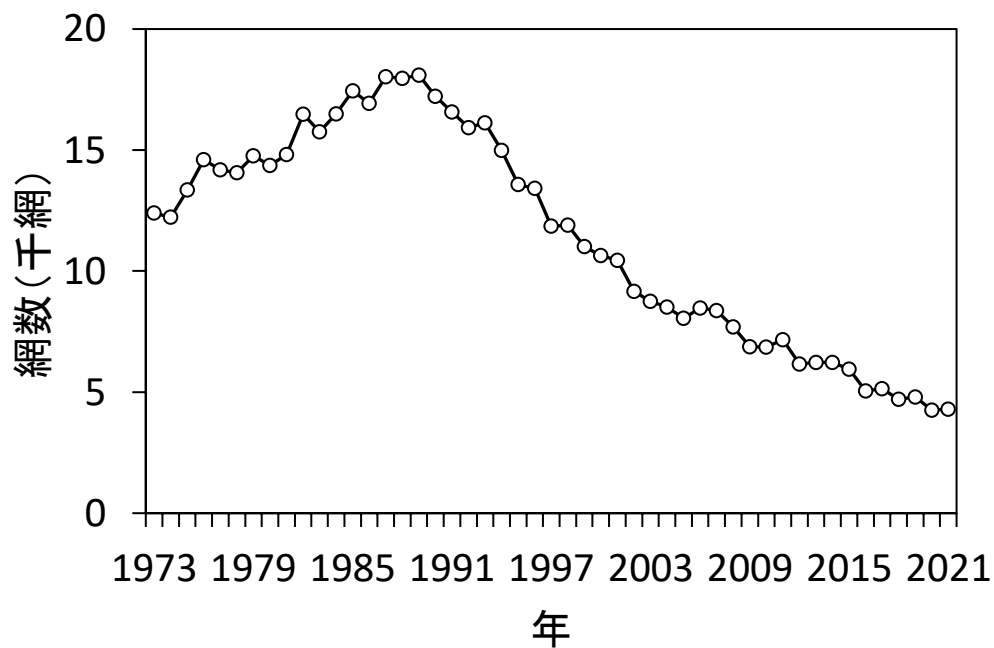


図 3-3. 東シナ海・日本海で操業する大中型まき網漁業の網数の推移

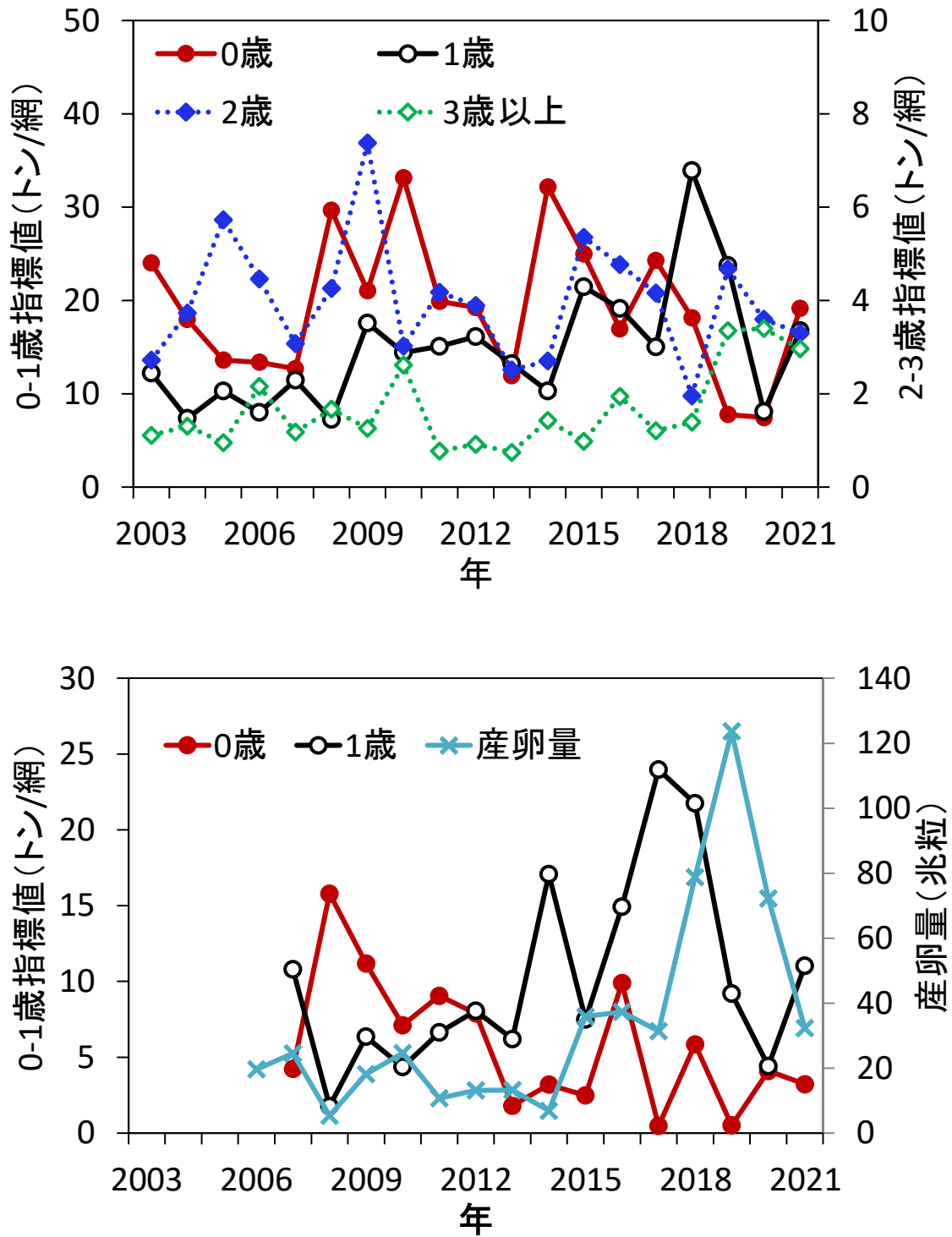


図 4-1. 東シナ海・日本海で操業する大中型まき網の銘柄別漁獲量から算出した年齢別の資源量指標値（トン/網）の推移（上図）と島根県籍中型まき網の豆銘柄の漁獲量と入港隻数から算定した0歳と1歳の資源量指標値（トン/網）および産卵量による親魚量指標値（兆粒）の推移（下図）

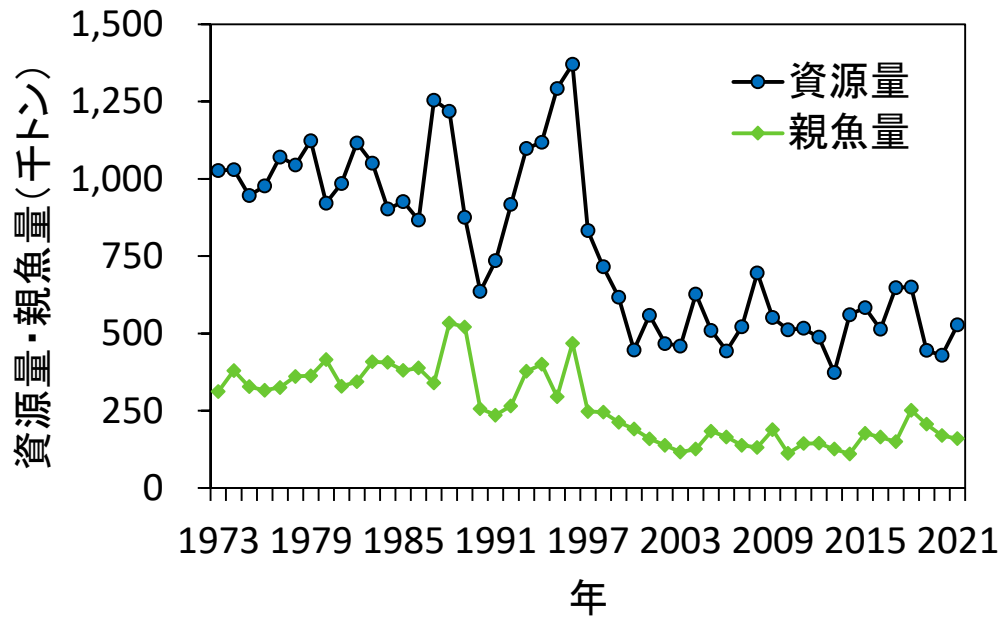


図 4-2. 資源量と親魚量の推移

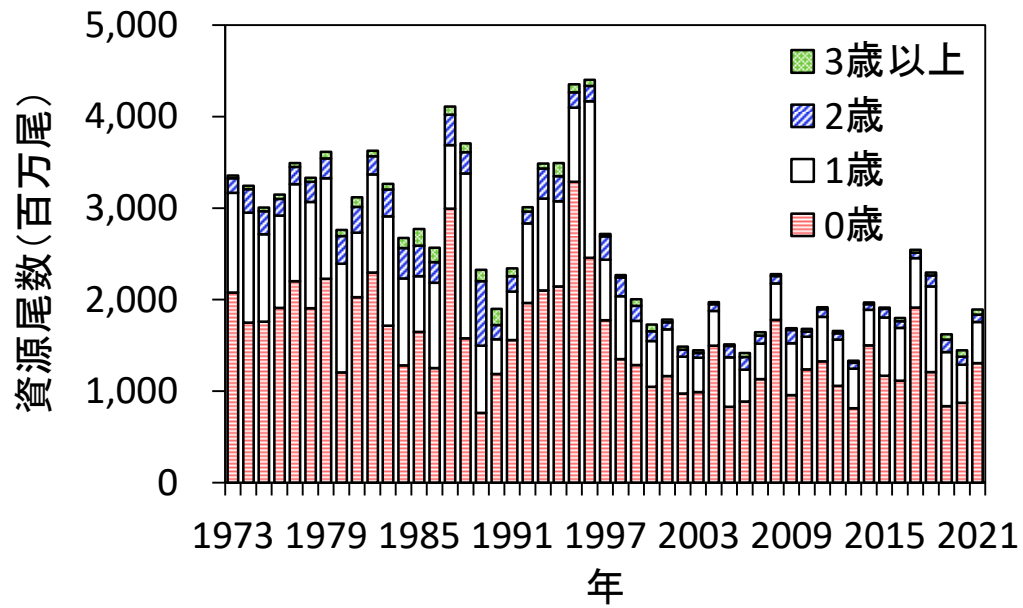


図 4-3. 年齢別資源尾数の推移

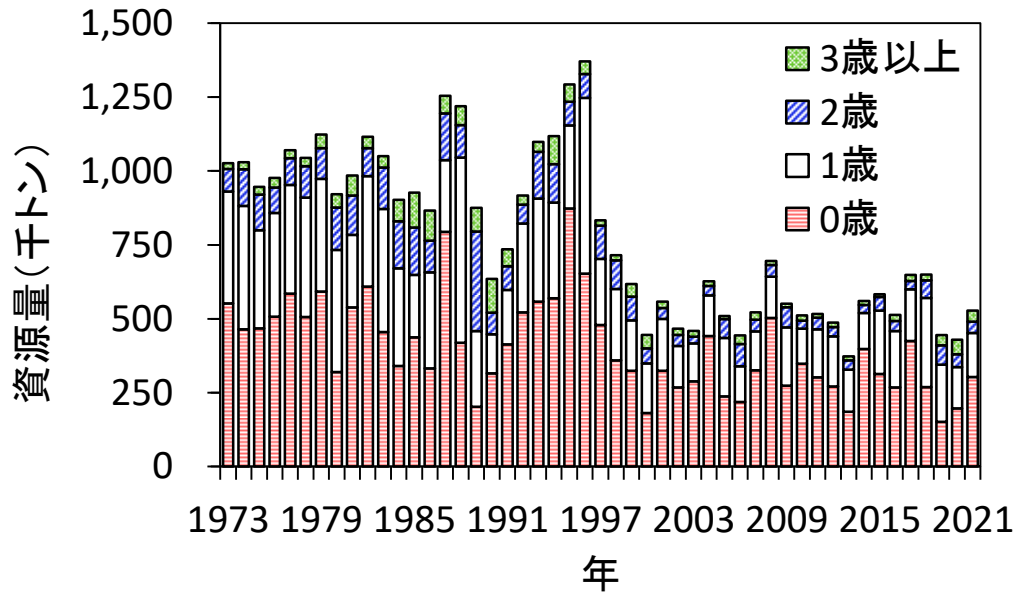


図 4.4. 年齢別資源重量の推移

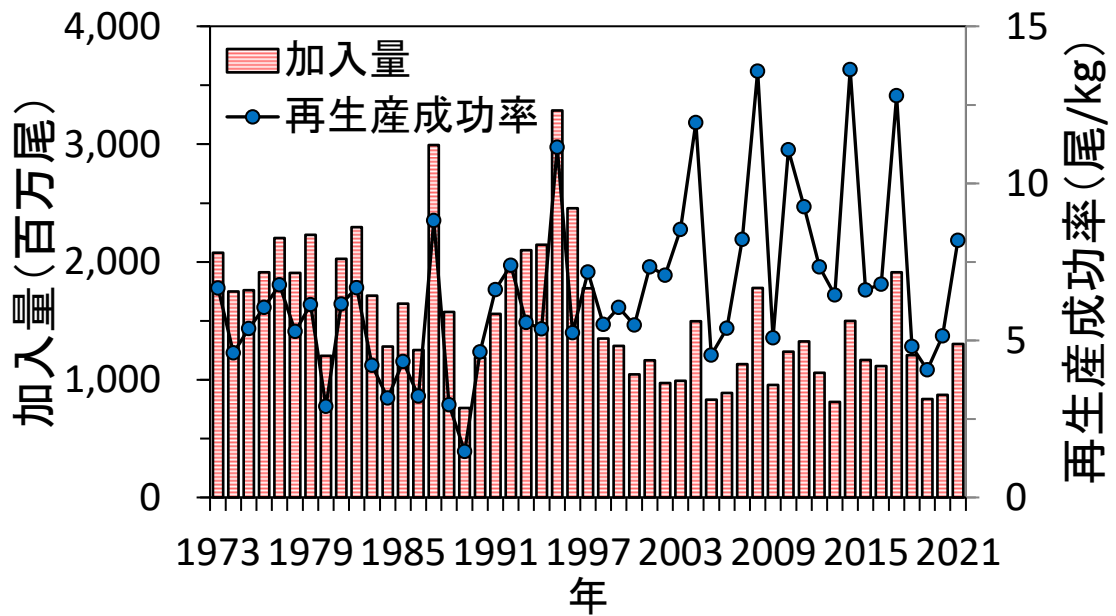


図 4.5. 加入量と再生産成功率の推移

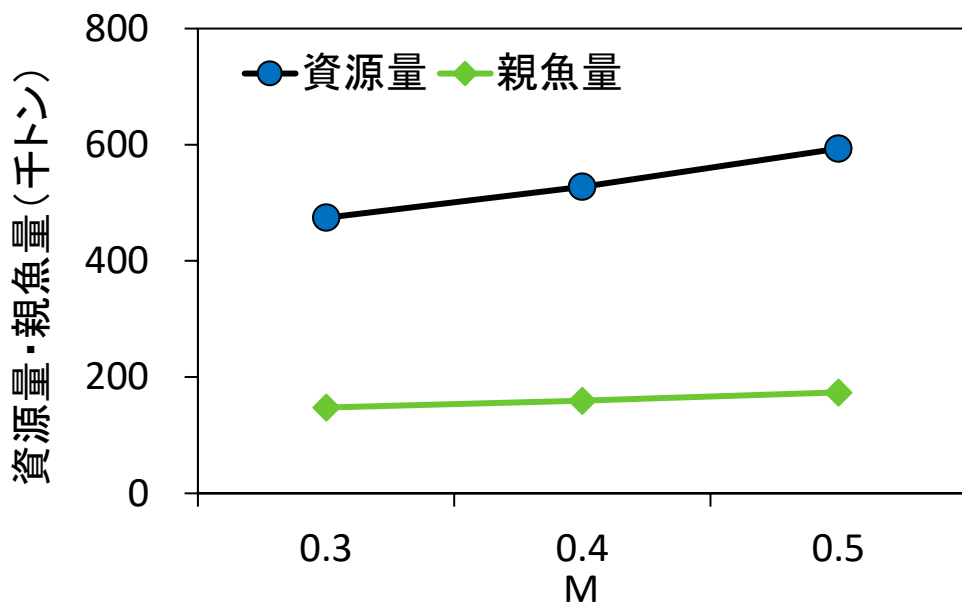


図 4-6. 2021 年の資源量と親魚量の推定に対する自然死亡係数 M の影響

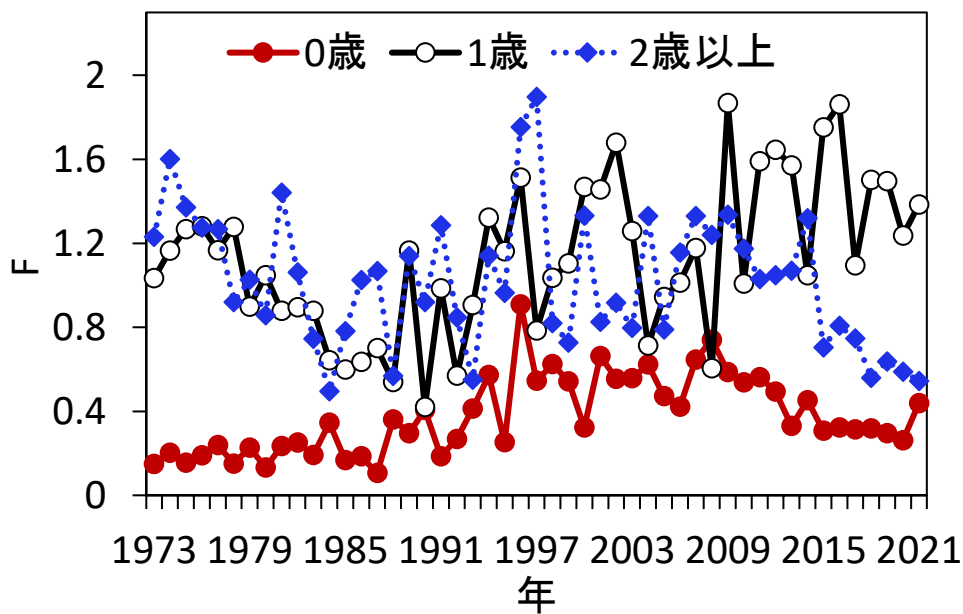


図 4-7. 年齢別漁獲係数 F の推移

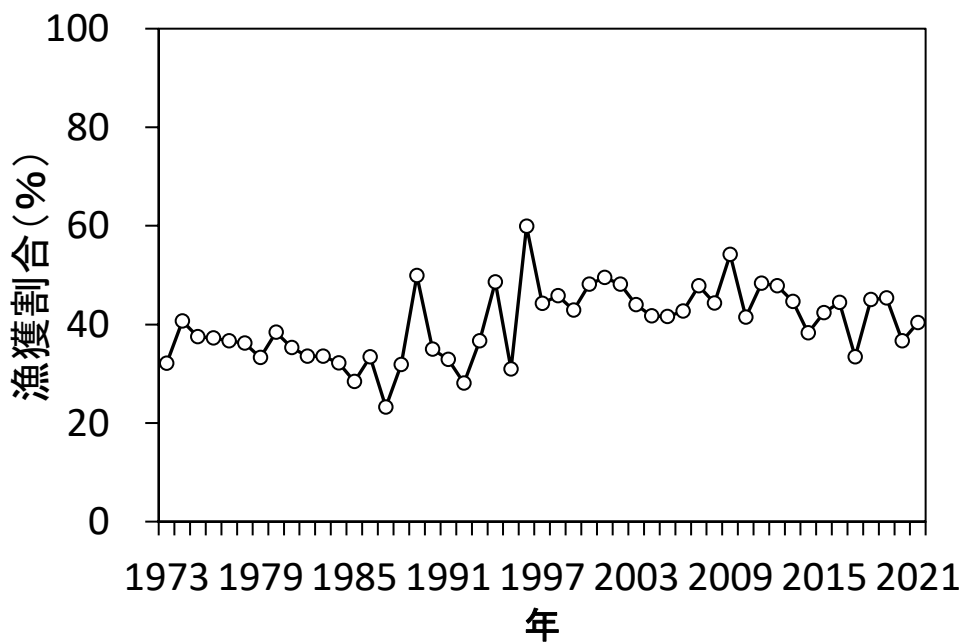


図 4-8. 漁獲割合の推移

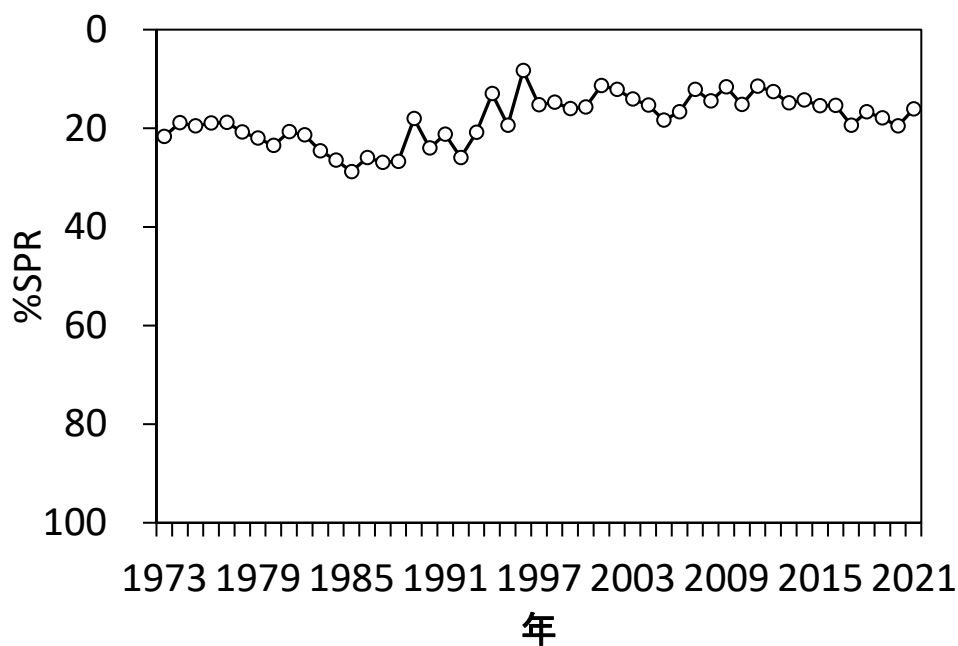


図 4-9. %SPR 値の推移

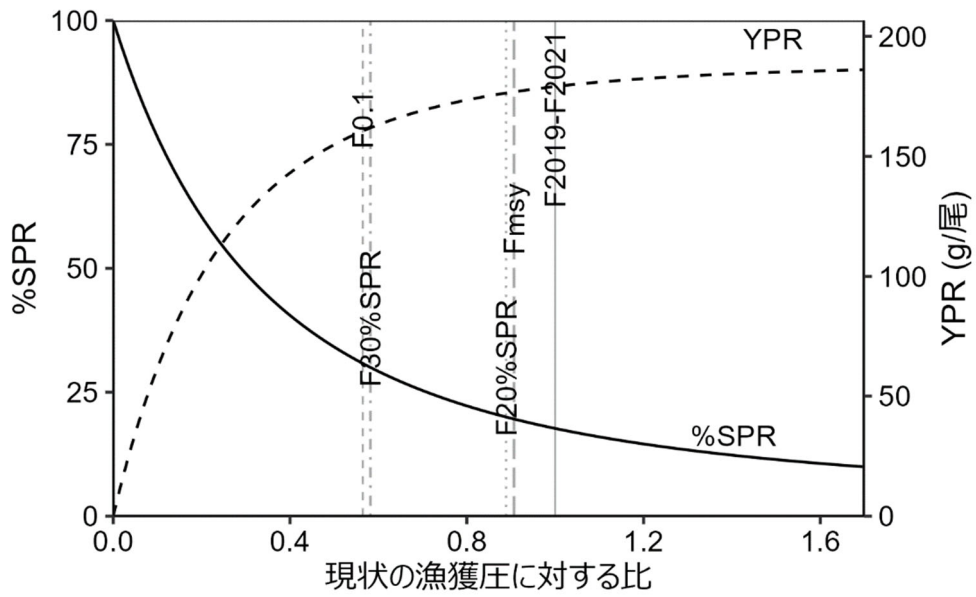


図 4-10. 現状の漁獲圧 (F2019-2021) に対する YPR と%SPR の関係

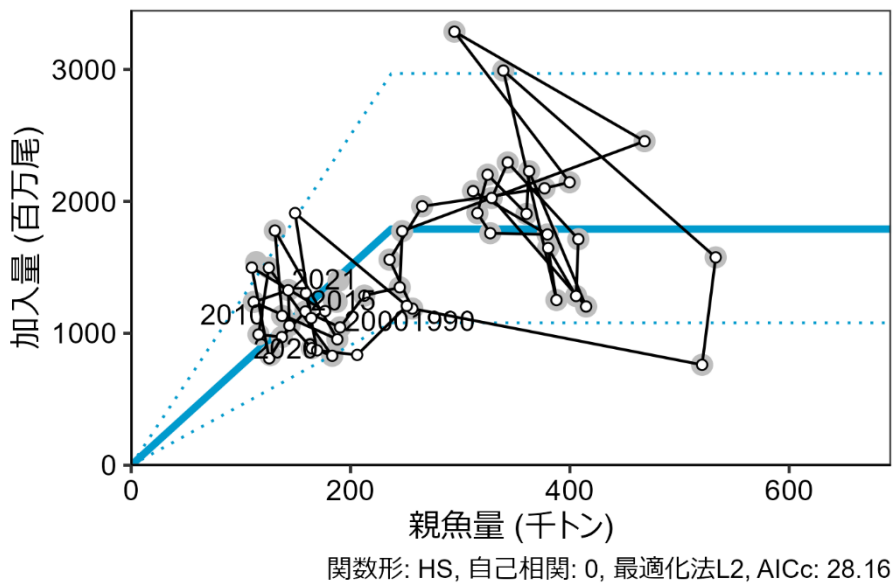


図 4-11. 親魚量と加入量の関係 (再生産関係) 平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」(安田ほか 2019) で提案された再生産関係式と再生産関係のプロット (灰色の丸印)。図中の再生産関係式 (青実線) の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。実線と白抜きの丸印で示したのは今年度の評価で得られた再生産関係のプロット。図中の数字は年級群を示す。

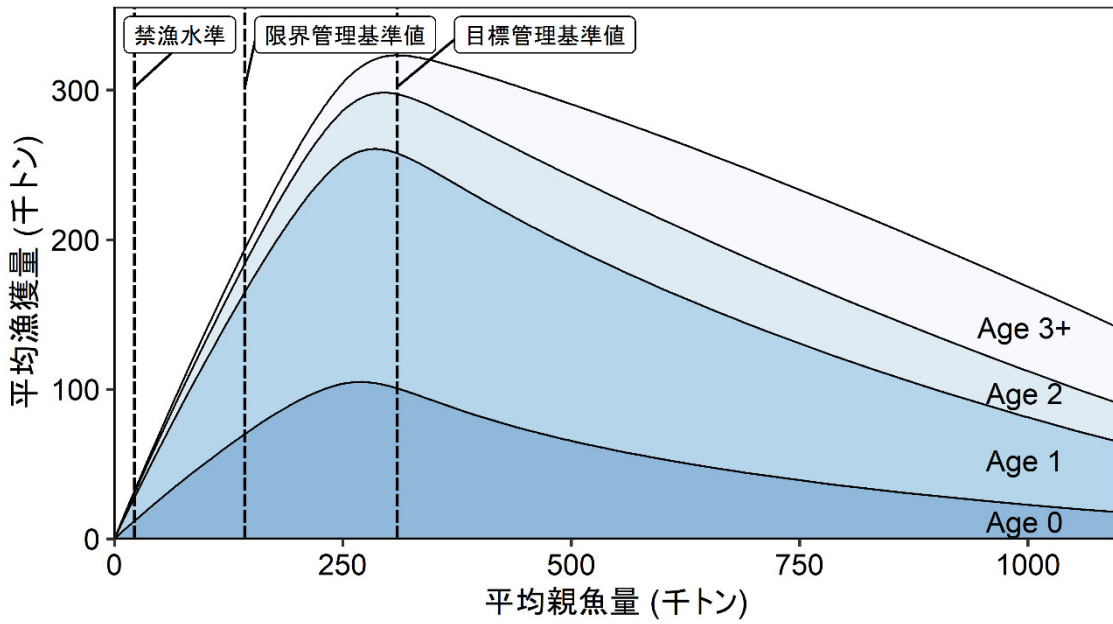


図 4-12. 管理基準値および禁漁水準と年齢別漁獲量曲線の関係
 再生産関係式を仮定した将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値の位置関係を示す。

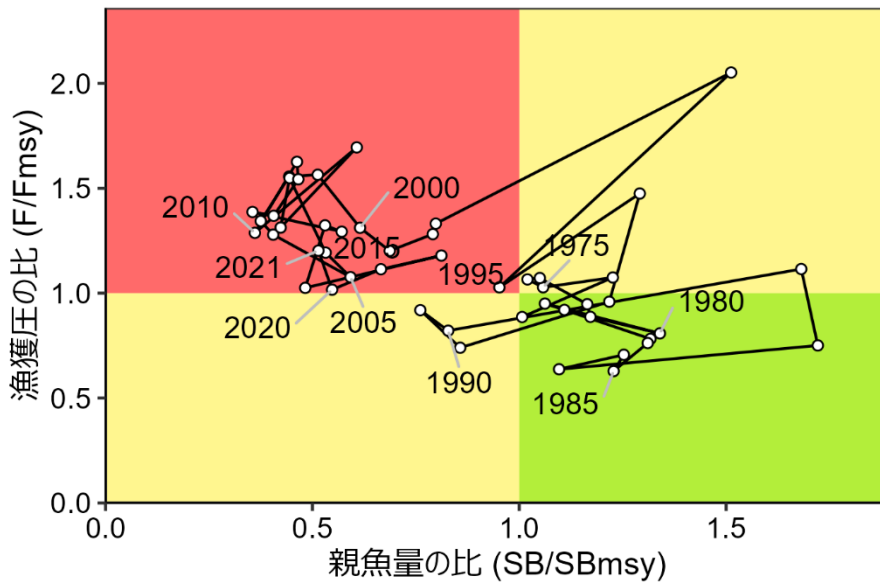


図 4-13. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量(SBmsy)と MSY を実現する漁獲圧(Fmsy) に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

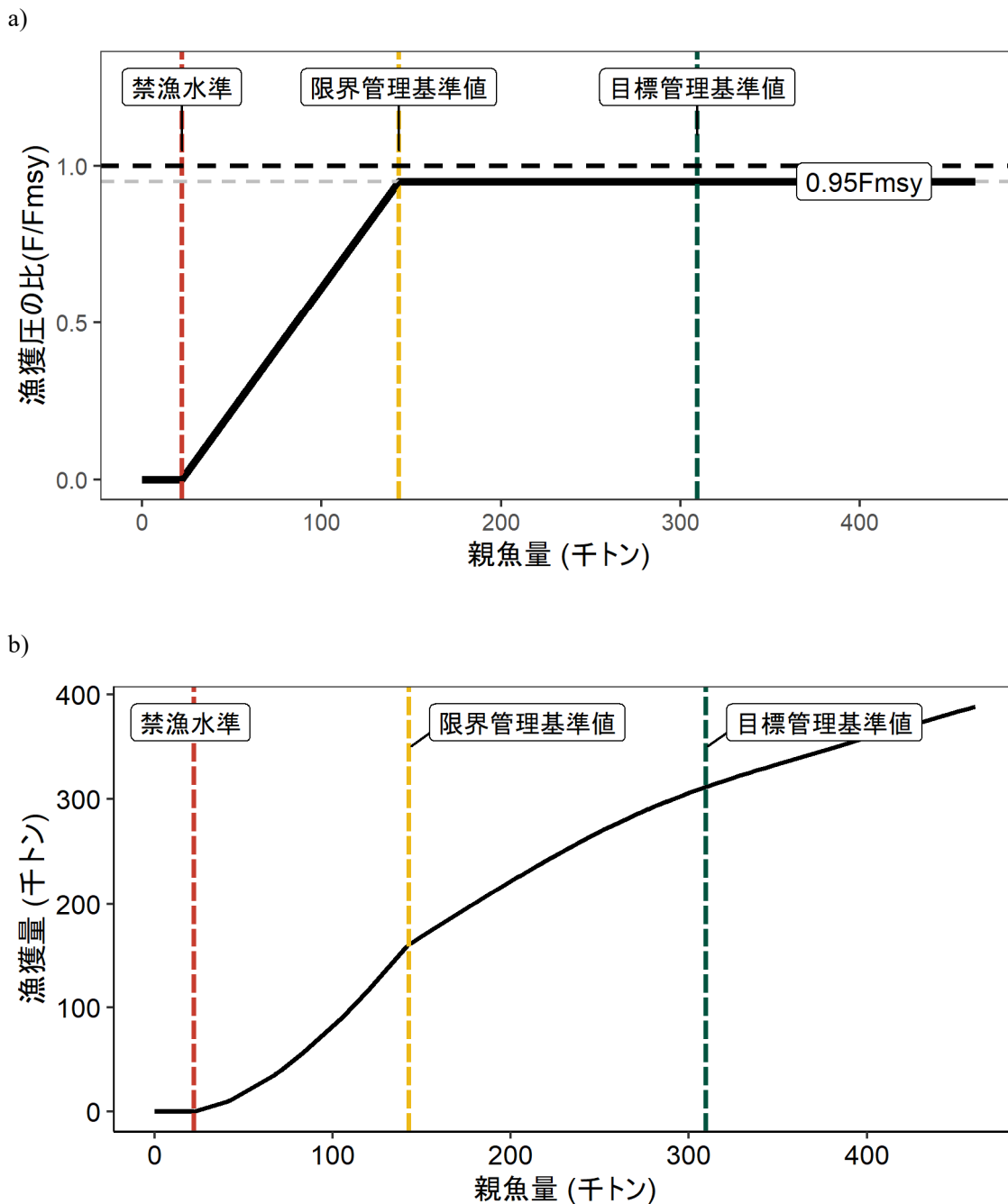
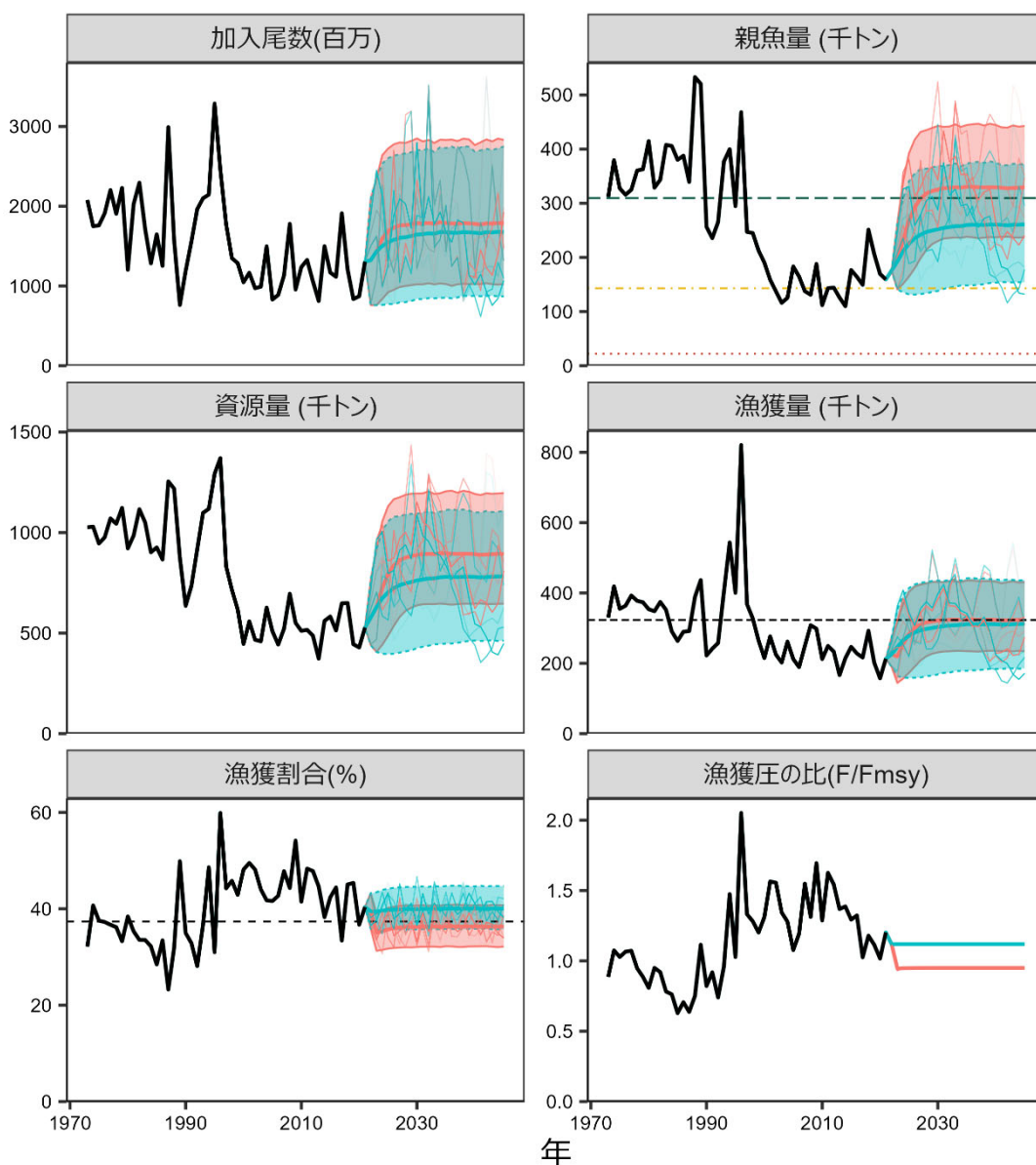


図 5-1. 漁獲管理規則（調整係数 $\beta=0.95$ の場合）。目標管理基準値 (SBtarget) はホッケ-スティック型再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値 (SBlimit) および禁漁水準 (SBban) にそれぞれ標準値を用いている。黒破線： F_{msy} 、灰色破線： $0.95F_{msy}$ 、黒太線：HCR、赤破線：禁漁水準、黄色破線：限界管理基準値、緑色破線：目標管理基準値を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡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



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

図 5-2. 漁獲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)。10,000 回の平均値 (太線)、5 回の試行結果 (細線)、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる 90% 予測区間である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄点線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年の漁獲量は予測される資源量と F2019-2021 により仮定した。

表 3-1. 大中小型まき網のマサバ漁獲量と、大中小型まき網以外の漁業種別の府県別マサバ漁獲量 (トン)

暦年	大中小まき	鹿児島	熊本	長崎	佐賀	福岡	山口	島根	鳥取
1973	215,160	966	942	2,414	34	764	1,911	38,598	9
1974	295,856	746	575	1,716	17	676	2,821	33,423	487
1975	237,859	1,361	828	2,132	14	662	1,619	38,432	212
1976	215,601	1,789	889	2,138	24	332	772	36,709	868
1977	250,593	1,749	863	3,647	41	674	1,338	21,241	247
1978	257,417	959	1,197	9,622	51	648	587	18,498	262
1979	212,769	2,542	1,093	7,102	106	705	1,069	38,385	118
1980	255,753	2,100	623	4,595	84	617	1,378	25,388	171
1981	203,333	2,740	2,106	7,098	140	549	1,477	19,952	260
1982	233,390	2,848	2,883	6,753	182	1,016	2,094	25,179	630
1983	197,112	2,863	1,268	5,590	266	1,440	2,235	24,158	377
1984	150,995	2,952	1,308	5,063	77	789	2,150	28,426	24
1985	152,021	3,853	2,784	12,803	42	743	2,957	21,189	233
1986	144,646	2,082	551	4,902	107	1,060	1,778	30,167	893
1987	124,383	2,307	2,358	25,887	370	1,623	2,863	25,006	266
1988	158,964	1,782	1,050	10,914	316	1,409	3,738	52,260	255
1989	213,583	1,524	1,019	7,711	613	1,625	1,485	47,890	13
1990	104,467	696	254	3,490	75	798	4,035	14,554	21
1991	111,700	867	1,454	4,227	65	571	6,687	25,152	3
1992	111,697	1,208	1,242	4,849	163	883	3,639	17,885	0
1993	175,995	2,240	1,457	10,058	489	3,518	3,202	33,375	5
1994	265,917	1,143	610	8,742	452	2,453	5,394	44,236	6
1995	154,712	1,051	1,933	9,467	187	1,483	5,683	28,748	2
1996	358,199	1,742	2,106	9,232	149	1,814	5,244	26,246	0
1997	173,610	2,297	2,748	11,288	275	786	3,900	12,204	11
1998	125,813	1,137	472	7,321	152	1,194	6,260	18,756	11
1999	79,681	1,372	671	8,745	149	1,373	2,713	10,555	12
2000	65,284	1,400	286	6,046	70	519	4,649	7,797	9
2001	54,132	1,157	50	7,580	145	1,142	3,602	7,824	8
2002	62,323	345	76	7,822	25	988	3,360	9,877	5
2003	62,440	1,135	7	8,046	11	1,177	939	7,850	0
2004	58,008	959	131	14,251	37	953	319	6,648	0
2005	61,858	2,331	117	10,843	20	879	928	10,252	1
2006	55,971	2,326	125	13,799	231	962	1,579	11,929	12
2007	71,649	1,771	282	12,065	51	2,353	1,728	13,451	2
2008	82,358	2,793	313	13,478	146	743	1,606	16,412	4
2009	92,412	1,744	59	14,416	13	578	2,005	17,123	5
2010	89,528	2,476	126	11,666	83	844	1,416	9,000	7
2011	62,842	4,164	290	19,802	19	1,282	1,528	15,684	2
2012	70,195	2,515	108	14,034	69	860	818	14,772	75
2013	41,032	2,172	117	9,062	45	69	557	6,818	114
2014	46,591	1,946	192	14,736	17	201	856	15,081	1
2015	76,914	2,390	301	14,489	20	614	1,763	9,917	6
2016	47,860	2,134	278	13,326	52	193	2,580	23,633	5
2017	60,078	5,035	548	21,291	35	450	1,504	19,358	7
2018	84,054	3,861	278	26,090	83	825	2,170	26,207	2
2019	62,747	7,858	414	15,642	86	343	777	8,104	5
2020	38,909	8,936	227	15,185	26	649	904	8,336	2
2021	55,392	2,176	149	17,930	122	996	1,401	7,465	16

表 3-1. 大中型まき網のマサバ漁獲量と、大中型まき網以外の漁業種の府県別マサバ漁獲量（トン）（続き）

暦年	兵庫	京都	福井	石川	富山	新潟	山形	秋田	合計
1973	340	1,235	2,252	1,254	539	2,039	10	84	268,551
1974	1,486	477	2,520	3,172	1,205	1,500	6	144	346,826
1975	279	130	1,937	1,916	519	1,881	5	147	289,932
1976	678	169	2,070	3,356	1,120	2,041	2	227	268,787
1977	1,725	80	1,481	3,646	1,689	2,494	9	233	291,750
1978	1,676	61	979	3,415	1,419	1,495	0	153	298,439
1979	377	503	1,235	1,816	465	1,225	7	352	269,867
1980	43	295	894	2,492	1,000	1,446	7	215	297,101
1981	650	153	903	2,665	1,010	405	1	101	243,544
1982	1,772	95	791	2,579	402	603	1	140	281,358
1983	942	97	2,045	2,406	330	1,054	3	79	242,265
1984	557	106	1,504	2,224	239	905	6	204	197,530
1985	393	333	2,199	2,988	223	799	11	98	203,670
1986	383	93	1,164	3,382	465	1,059	15	110	192,858
1987	722	100	1,984	4,920	207	622	5	78	193,701
1988	369	140	2,179	5,408	316	838	4	102	240,043
1989	474	692	1,340	3,678	216	638	7	73	282,580
1990	187	301	494	1,510	134	184	0	29	131,228
1991	69	146	390	1,233	172	216	0	37	152,991
1992	70	120	190	1,047	230	140	0	24	143,385
1993	76	447	835	1,916	665	249	2	26	234,555
1994	746	632	1,334	5,180	1,357	498	3	50	338,751
1995	373	388	478	2,237	1,039	250	0	48	208,078
1996	283	298	516	4,255	764	335	2	31	411,217
1997	54	409	405	1,802	509	280	5	37	210,618
1998	10	472	183	1,257	1,306	144	4	32	164,524
1999	167	294	409	564	842	337	3	34	107,839
2000	113	409	265	1,028	1,134	178	1	59	89,249
2001	2	202	147	990	319	144	1	68	77,514
2002	6	276	151	630	117	85	1	33	86,121
2003	24	363	164	765	192	102	0	4	83,219
2004	2	180	51	1,144	525	112	6	51	83,377
2005	81	88	146	3,665	390	193	7	70	91,870
2006	35	1,399	602	878	348	232	27	58	90,514
2007	10	348	258	1,714	310	338	11	43	106,384
2008	57	279	188	1,316	764	545	16	53	121,073
2009	16	306	142	984	365	344	5	44	130,559
2010	14	86	199	1,368	495	339	4	26	117,678
2011	26	275	164	3,212	1,004	382	14	109	110,798
2012	18	53	162	2,870	1,193	283	1	23	108,048
2013	7	146	137	2,826	994	246	4	28	64,373
2014	4	514	29	3,156	3,201	447	3	15	86,990
2015	57	263	268	3,529	4,018	547	5	50	115,149
2016	4	217	249	2,989	754	456	3	32	94,765
2017	5	257	193	2,762	808	305	3	25	112,669
2018	10	134	194	5,358	1,251	567	4	55	151,145
2019	6	205	149	2,361	1,048	703	11	84	100,543
2020	8	290	128	4,854	759	325	21	296	79,856
2021	38	682	557	3,062	789	362	8	63	91,209

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

年	漁獲量 (千トン)			漁獲努力量 (千網)
	日本	韓国	計	
1973	269	61	330	12.399
1974	347	72	419	12.220
1975	290	65	355	13.348
1976	269	95	364	14.602
1977	292	101	393	14.182
1978	298	79	378	14.061
1979	270	104	374	14.761
1980	297	57	354	14.373
1981	244	105	348	14.821
1982	281	93	374	16.487
1983	242	110	352	15.761
1984	198	93	291	16.490
1985	204	60	264	17.441
1986	193	97	290	16.930
1987	194	98	292	18.030
1988	240	149	389	17.968
1989	283	154	437	18.093
1990	131	91	222	17.222
1991	153	89	242	16.577
1992	143	114	258	15.929
1993	235	168	403	16.127
1994	339	205	544	14.994
1995	208	192	400	13.580
1996	411	410	821	13.412
1997	211	158	368	11.858
1998	165	163	328	11.894
1999	108	157	265	11.005
2000	89	126	215	10.646
2001	78	199	277	10.436
2002	86	139	225	9.155
2003	83	119	202	8.754
2004	83	178	262	8.517
2005	92	120	212	8.052
2006	91	99	189	8.478
2007	106	143	249	8.369
2008	121	187	308	7.698
2009	131	168	298	6.871
2010	118	94	212	6.863
2011	111	139	250	7.161
2012	108	125	233	6.165
2013	64	102	166	6.223
2014	87	127	214	6.222
2015	115	132	247	5.953
2016	95	133	228	5.054
2017	113	104	217	5.148
2018	151	142	293	4.710
2019	101	101	202	4.802
2020	80	77	157	4.262
2021	91	122	213	4.294

表 4-1. コホート解析結果

年	資源量	親魚量	加入量	再生産成功率	漁獲割合	%SPR	F/Fmsy
	(千トン)	(千トン)	(100万尾)	(尾/kg)	(%)		
1973	1,026	312	2,078	6.67	32	21.7	0.89
1974	1,029	380	1,749	4.61	41	18.9	1.07
1975	946	327	1,759	5.37	38	19.5	1.03
1976	976	316	1,911	6.05	37	18.9	1.07
1977	1,070	325	2,202	6.78	37	18.8	1.07
1978	1,044	360	1,906	5.29	36	20.7	0.95
1979	1,123	363	2,229	6.14	33	22.0	0.89
1980	921	415	1,203	2.90	38	23.4	0.81
1981	985	329	2,026	6.16	35	20.7	0.95
1982	1,116	343	2,295	6.68	34	21.3	0.92
1983	1,050	408	1,714	4.20	34	24.6	0.78
1984	902	406	1,283	3.16	32	26.5	0.76
1985	926	380	1,647	4.33	28	28.8	0.63
1986	866	388	1,252	3.23	33	25.9	0.71
1987	1,255	339	2,992	8.82	23	26.9	0.64
1988	1,219	533	1,576	2.96	32	26.7	0.75
1989	876	521	762	1.46	50	18.1	1.11
1990	636	256	1,187	4.63	35	24.0	0.82
1991	735	236	1,559	6.62	33	21.2	0.92
1992	917	265	1,963	7.40	28	25.9	0.74
1993	1,098	377	2,100	5.57	37	20.8	0.96
1994	1,118	400	2,145	5.37	49	13.0	1.47
1995	1,292	295	3,287	11.15	31	19.4	1.03
1996	1,370	468	2,456	5.25	60	8.3	2.05
1997	832	247	1,775	7.18	44	15.2	1.33
1998	715	245	1,349	5.51	46	14.7	1.28
1999	617	213	1,286	6.05	43	16.0	1.20
2000	446	190	1,046	5.49	48	15.7	1.31
2001	559	159	1,166	7.34	50	11.4	1.56
2002	467	137	972	7.08	48	12.1	1.56
2003	459	116	991	8.54	44	14.1	1.34
2004	627	125	1,497	11.93	42	15.3	1.28
2005	509	183	830	4.53	42	18.3	1.08
2006	443	165	887	5.39	43	16.7	1.19
2007	522	138	1,132	8.22	48	12.1	1.55
2008	696	131	1,779	13.58	44	14.5	1.31
2009	551	188	955	5.08	54	11.6	1.69
2010	511	112	1,237	11.07	41	15.2	1.29
2011	516	143	1,326	9.26	48	11.5	1.63
2012	488	144	1,059	7.34	48	12.6	1.54
2013	373	126	811	6.45	45	14.8	1.37
2014	561	110	1,499	13.63	38	14.3	1.39
2015	583	177	1,168	6.61	42	15.4	1.29
2016	513	164	1,115	6.79	44	15.3	1.32
2017	648	149	1,911	12.79	33	19.4	1.03
2018	650	251	1,208	4.81	45	16.6	1.18
2019	444	206	836	4.06	45	17.9	1.11
2020	429	169	871	5.14	37	19.5	1.02
2021	528	159	1,305	8.19	40	16.1	1.20

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

調整係数 β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2022 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2019-2021) から予測される 226 千トンとし、2023 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2019-2021) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

a) 目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	0	1	9	20	29	36	40	42	43	47	47
0.95	0	1	10	26	38	47	53	54	56	59	58
0.90	0	1	13	33	48	59	65	67	69	70	70
0.80	0	1	18	48	69	81	86	88	89	90	89
0.70	0	1	25	64	86	94	97	98	98	98	98
0.60	0	1	33	79	96	99	100	100	100	100	100
0.50	0	1	43	90	99	100	100	100	100	100	100
0.40	0	1	52	96	100	100	100	100	100	100	100
0.30	0	1	62	99	100	100	100	100	100	100	100
0.20	0	1	72	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	0	1	81	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	0	1	88	100	100	100	100	100	100	100	100
F2019-2021	0	1	5	10	14	16	17	18	19	21	22

b) 限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.95	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.90	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.80	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.70	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.40	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	100	94	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	100	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	94	97	98	99	100	100	100	100	100	100
0.00	100	94	96	97	98	99	99	100	100	100	100
F2019-2021	100	94	92	91	92	93	93	94	94	96	97

表 5-2. 将来の (a) 親魚量および (b) 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。2022 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2019-2021) から予測される 226 千トンとし、2023 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2019-2021) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

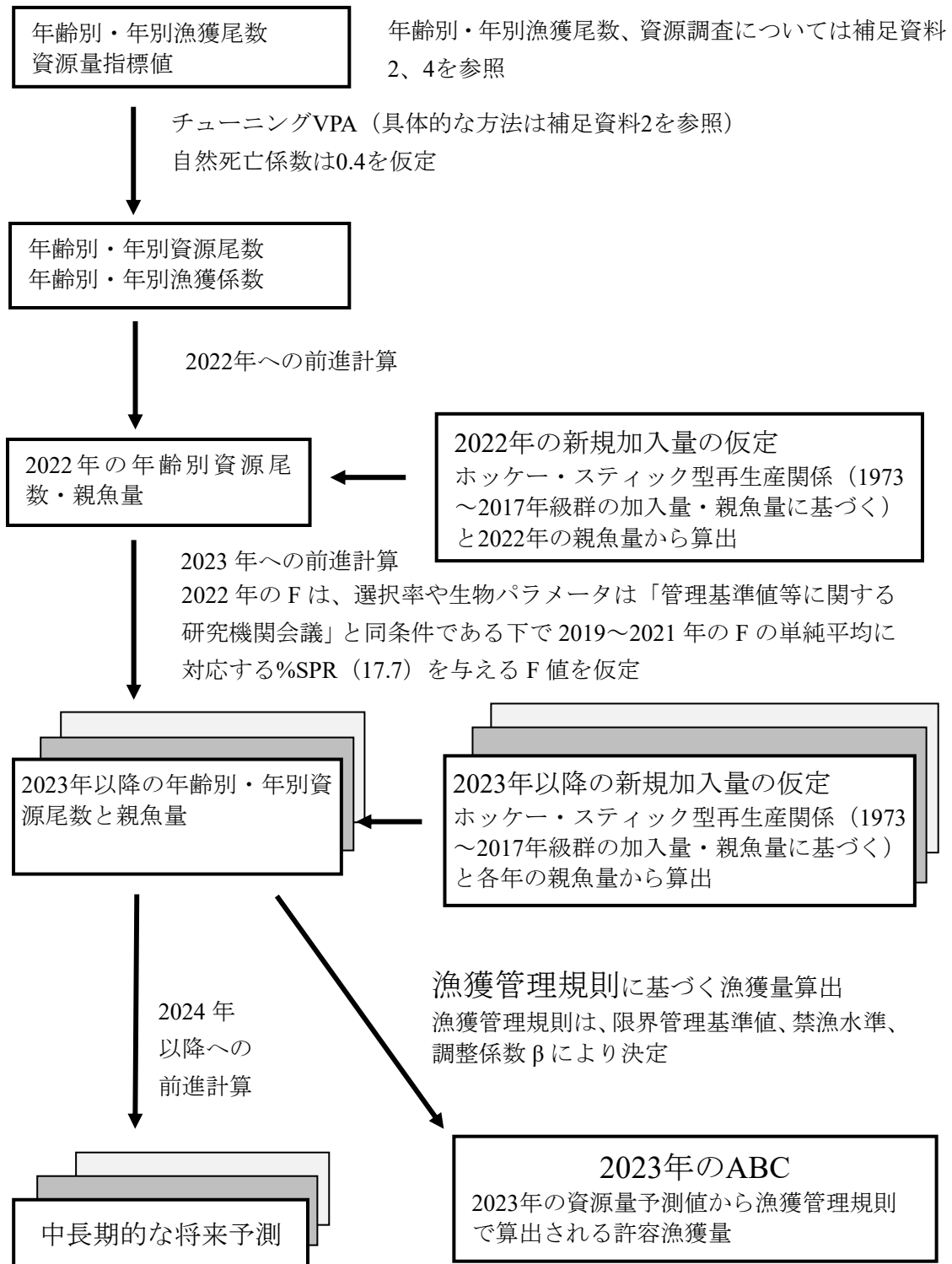
a) 親魚量の平均値の推移 (千トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	176	193	226	255	275	289	298	302	305	311	310
0.95	176	193	233	268	293	309	318	322	325	329	329
0.90	176	193	240	281	311	329	339	343	346	349	348
0.80	176	193	254	311	350	372	383	387	389	392	391
0.70	176	193	270	343	393	421	434	439	441	444	443
0.60	176	193	286	379	442	477	494	501	504	508	507
0.50	176	193	305	419	498	545	568	578	582	588	587
0.40	176	193	324	464	564	626	658	673	681	690	689
0.30	176	193	346	514	642	724	769	793	806	823	821
0.20	176	193	369	572	734	844	909	946	967	999	997
0.10	176	193	394	637	844	992	1,085	1,142	1,178	1,239	1,237
0.00	176	193	421	712	975	1,174	1,308	1,397	1,456	1,578	1,577
F2019-2021	176	193	211	225	235	242	247	250	252	261	261

b) 漁獲量の平均値の推移 (千トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	226	228	259	283	299	309	315	318	321	324	324
0.95	226	220	255	283	300	311	316	319	322	323	323
0.90	226	211	251	282	300	311	316	318	320	321	321
0.80	226	194	240	276	296	306	310	312	313	313	313
0.70	226	175	225	265	286	296	300	302	303	303	303
0.60	226	155	208	250	272	282	287	288	290	290	290
0.50	226	133	186	229	251	263	268	270	272	273	273
0.40	226	110	160	202	224	236	243	246	247	249	249
0.30	226	86	130	167	188	201	208	212	214	216	216
0.20	226	59	93	123	142	154	161	164	167	170	170
0.10	226	31	50	69	81	89	94	97	99	102	102
0.00	226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2019-2021	226	247	265	279	288	294	298	300	303	311	312

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）

a 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マサバの体長組成から推定した（補注 2）。

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（2021 年）における 0、1、2 歳魚の F を、リッジ VPA（Okamura et al. 2017）の手法に基づき推定した。リッジ VPA は F の大きさに対する罰則項を設けることによって、F の推定に関する不安定性を軽減させる手法である。罰則項の大きさは、資源量のレトロスペクティブバイアス（最近年の資源量 B が過大推定される傾向）が最小となるように求めた。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）を定義し、これを最小化するように F を推定した。

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

最近（2021）年の F を推定する際に利用する罰則項については、最近年を含まない過去 4 年間の平均値 $\hat{F}_{a,(Y-4,Y-1)}$ に対する残差平方和とした。近年の大中型まき網漁業の東シナ海及び日本海における漁獲努力量の緩やかな減少（図 3-3）などを考慮すれば、この 5 年間 F が大きく変化していないと仮定することは妥当であると考えた。過去の F の平均値との残差平方和を罰則項とする同様の例として、林ほか（2020）がある。

F 推定時における重み係数 λ （ $0 \leq \lambda \leq 1$ ）は、B（資源量）のレトロスペクティブバイアス ρ （式 5）が最小となるような値とした。

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

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

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 (2021 年) までのフルデータに対する各年の 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 5 年とした。

上記の制約のもと、最近年 (2021 年) の 0、1、2 歳の F を大中型まき網漁業の年齢別資源量指標値 (0~3+歳; 補注 3)、島根県籍中型まき網漁業の年齢別資源量指標値 (0~1 歳; 補注 3)、およびマサバ産卵量 (親魚量; 補注 4) の変動傾向と、各年の年齢別資源量の変動傾向が最も合うように決めた (チューニング)。チューニング期間は、漁業 CPUE については、漁船数など操業形態が現在に近く漁獲効率が同じとみなせる 2003~2021 年、産卵量についてはマサバとゴマサバの種判別が可能である 2006~2021 年とした (補足表 2-2)。負の対数尤度を以下のように定義した (Hashimoto et al. 2018)。

$$-\ln L = \sum_k \sum_y \frac{[\ln I_{k,y} - (b_k \ln B_{a(k),y} + \ln q_k)]^2}{2\sigma_k^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_k} \right) \quad (7)$$

ここで、 $I_{k,y}$ は y 年における指標値 k の観測値、 $B_{a(k),y}$ は y 年における指標値 k に適合させる a 歳の資源量 (産卵量 (k=7) については親魚量)、 q_k 、 b_k 、 σ_k 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、 $I_{k,y}$ と $B_{a(k),y}$ には、以下のべき乗式で表される関係があることを仮定した。q は漁獲効率とも呼ばれる。

$$I_{k,y} = q_k B_{a(k),y}^{b_k} \quad (9)$$

本資源評価では、大中型まき網漁業および中型まき網漁業の指標値の b_k は 1 に固定し、産卵量の b_k のみを推定した。(式 4) を最小化するような F を探索的に求めた結果、 $F_{0,2021}=0.44$ 、 $F_{1,2021}=1.39$ 、 $F_{2,2021}=F_{3+,2021}=0.54$ と推定された。またその他のパラメータは $q_1=0.06$ 、 $q_2=0.09$ 、 $q_3=0.09$ 、 $q_4=0.08$ 、 $q_5=0.01$ 、 $q_6=0.05$ 、 $q_7=0.01e^{-3}$ 、 $\sigma_1=0.25$ 、 $\sigma_2=0.27$ 、 $\sigma_3=0.33$ 、 $\sigma_4=0.30$ 、 $\sigma_5=0.95$ 、 $\sigma_6=0.60$ 、 $\sigma_7=0.57$ 、 $b_7=2.90$ 、 $\lambda=0.08$ であった。

「資源評価のモデル診断手順と情報提供指針 (令和 4 年度)」 (FRA-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 は大中型まき網 CPUE や産卵量に比べて年変動が大きく、VPA の結果との適合が低い年が生じるため残差が大きかった。

過去 5 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 や資源量の推定値に生じる変化を確認した(補足図 2-3)。資源量のレトロスペクティブバイアスを最小化するリッジ VPA を適用したため、各推定値のレトロスペクティブバイアス(ρ , Mohn 1999) は小さく、資源量が-0.01、親魚量は 0.14、F は-0.06 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、信頼区間を求めた。2021 年の推定値の 95%信頼区間は資源量(万トン) [39.8, 75.4]、親魚量(万トン) [12.7, 20.9]、加入量(億尾) [7.9, 22.4]、 F_0 [0.23, 0.86]、 F_1 [0.70, 2.93]、 F_2 [0.35, 0.96]、 F_{3+} [0.35, 0.96]であった。

(2) 将来予測方法

コホート解析により得られた資源評価結果をもとに、将来の漁獲が漁獲管理規則に従うという条件下で将来予測を行った。解析には R パッケージ frasyr (1c8799a9, 2022 年 10 月 21 日版) を用いた。将来の加入量の推定には、令和元年度に開催された資源管理方針に関する検討会において合意されたホッケー・スティック型関係式 ($a=0.0075$ 、 $b=2.37e+05$ 、 $SD=0.31$) 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二乗法を用いている。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) 年度マサバ対馬暖流系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書」(安田ほか 2019) を参照されたい。

将来予測における 2023 年以降の漁獲係数 F は、「令和 4 (2022) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2022-ABCWG02-01)」における 1A 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた(図 5-1)。将来予測に用いたパラメータは補足表 3-1 に示す。選択率や漁獲物平均体重等の値には、令和 2 年度に開催された資源管理方針に関する検討会において合意された各種管理基準値の推定に用いた値を引き続き用いた。これらは再生産関係と同じく平成 30 年度の資源評価に基づく値であり、選択率および漁獲物平均体重はこの評価における将来予測で設定した値を使用した。2022 年の F は現状の漁獲圧 ($F_{2019-2021}$) に等しいと仮定した。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 $F_{2019-2021}$ (2019~2021 年の F の単純平均) に対応する %SPR (17.7) 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 ((10) - (12) 式) を用いた。

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

$$N_{3+,y+1} = N_{3+,y} \exp(-F_{3+,y} - M) + N_{2,y} \exp(-F_{2,y} - M) \quad (11)$$

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

補注 1. マサバ対馬暖流系群の漁獲量を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ため、東シナ海と日本海で漁獲された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マサバ漁獲量を加算した。このマサバ漁獲量は、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 20%、熊本・長崎県 80%、佐賀・福岡県 90%、山口～福井県 95%、石川県以北 100%）、各府県のさば類漁獲量に乗じて算出した。なお、2017 年より鹿児島県のマサバ割合は、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。1991 年以前と 1992 年以降で方法が異なる。1992～2021 年の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（2021 年の総測定尾数は 26,296 尾）と月別漁獲量から年齢別漁獲尾数を県別に推定した。なお、月ごとの各年齢の体長範囲は、成長速度の地域差を反映して、福井県以南と石川県以北で異なるものとした。韓国の漁獲物の年齢組成については情報がないため、九州主要港に水揚げされる大中型まき網の漁獲物と同じと仮定した。韓国のさば類漁獲量のうち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マサバの漁獲量は報告された値とした。中国の漁獲については考慮していない。その他の漁業（日本海北中部で操業する大中型まき網など）の年齢組成は、漁獲物全体の年齢組成と同じとみなした。

1991 年以前については、1973～2007 年の大中型まき網の月別銘柄別漁獲量を各年齢に割り振り、1992～2007 年についての上記推定結果との各年齢の比率を求め、1992～2007 年の比率の平均値を使って年齢別・年別漁獲尾数推定値を補正した。銘柄の年齢への振り分けは、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。

漁獲物の年齢別平均体重は上記の計算過程における月別年齢別の漁獲尾数と漁獲重量から算定した。

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 9~12 月の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用している（黒田ほか 2019a）。まず、日別・船別の漁獲成績報告書に基づき、マサバの漁獲量が総漁獲量の 10%より多い操業日を抽出し、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、島根県籍中型まき網漁業の一網当たりの豆銘柄水揚げ量（CPUE）を 0 歳と 1 歳の資源量指標値として用いた。盛漁期の 10~12 月の操業における豆銘柄の水揚げを 0 歳、翌年 1~3 月の操業における豆銘柄の水揚げを 1 歳とみなし、その期間の CPUE の算術平均を各年齢の資源量指標値とした。

補注 4. 東シナ海から日本海では、主に 1~6 月にかけて、「さば類」卵が出現する。東シナ海の「さば類」卵については、卵径の違いにより、マサバとゴマサバに分け（ ≤ 1.1 mm をマサバ、 > 1.1 mm をゴマサバとして区分）、マサバ卵のデータのみを集計した。なお、今回得られた東シナ海の集計値は、薩南・九州西岸にかけての産卵量を主に代表している。マサバの大きな産卵場が形成される東シナ海南部の産卵場については、我が国の採集調査が産卵海域の一部しか捉えていないため、東シナ海全体としての産卵量は過小評価されている可能性がある。

日本海の「さば類」卵については、2017 年までは卵径よりマサバと判定されているため、今回の集計期間を通して、マサバ卵のみが出現したものとして産卵量を算出した。ただし、直近年ではゴマサバ卵が若干混じって出現すると報告もあり、日本海におけるマサバ産卵量の推定精度の向上ため、今後も詳細な検討が必要である。

調査で観測された卵密度を緯経度 30 分の区画において月ごとに平均し、卵数法（渡部 1983）に基づいて産卵量を算出した。産卵から孵化までの時間は水温に依存することを考慮し、調査時の観測水温で産卵量を補正した。なお、2010 年と 2019 年に関して、極端に高い値を示した 1 区画のデータを除いて集計を行った。

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.

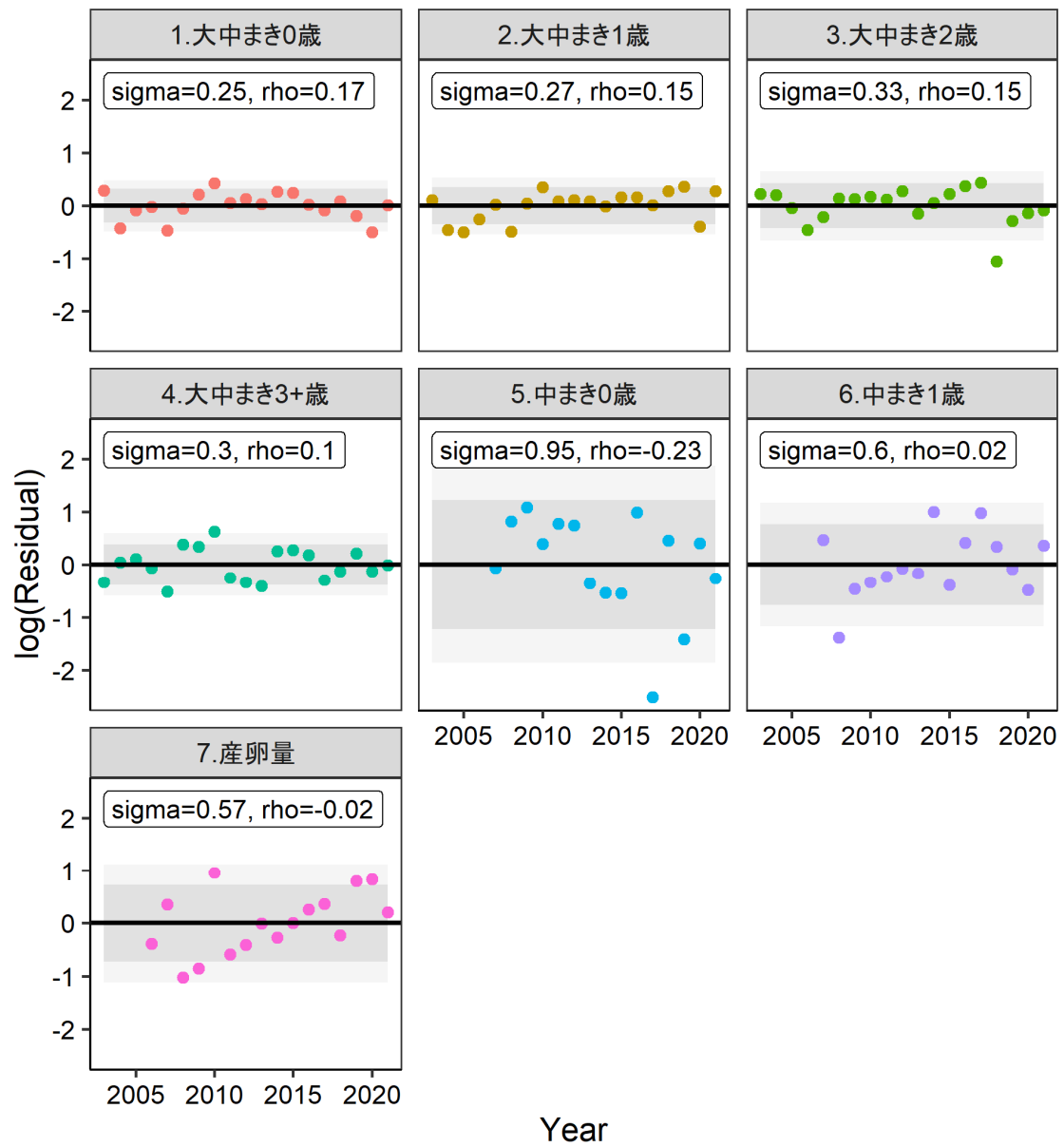
林 晃・安田十也・黒田啓行・由上龍嗣 (2020) 令和元 (2019) 年度ゴマサバ東シナ海系群の資源評価。

http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_goma_ec_2.pdf

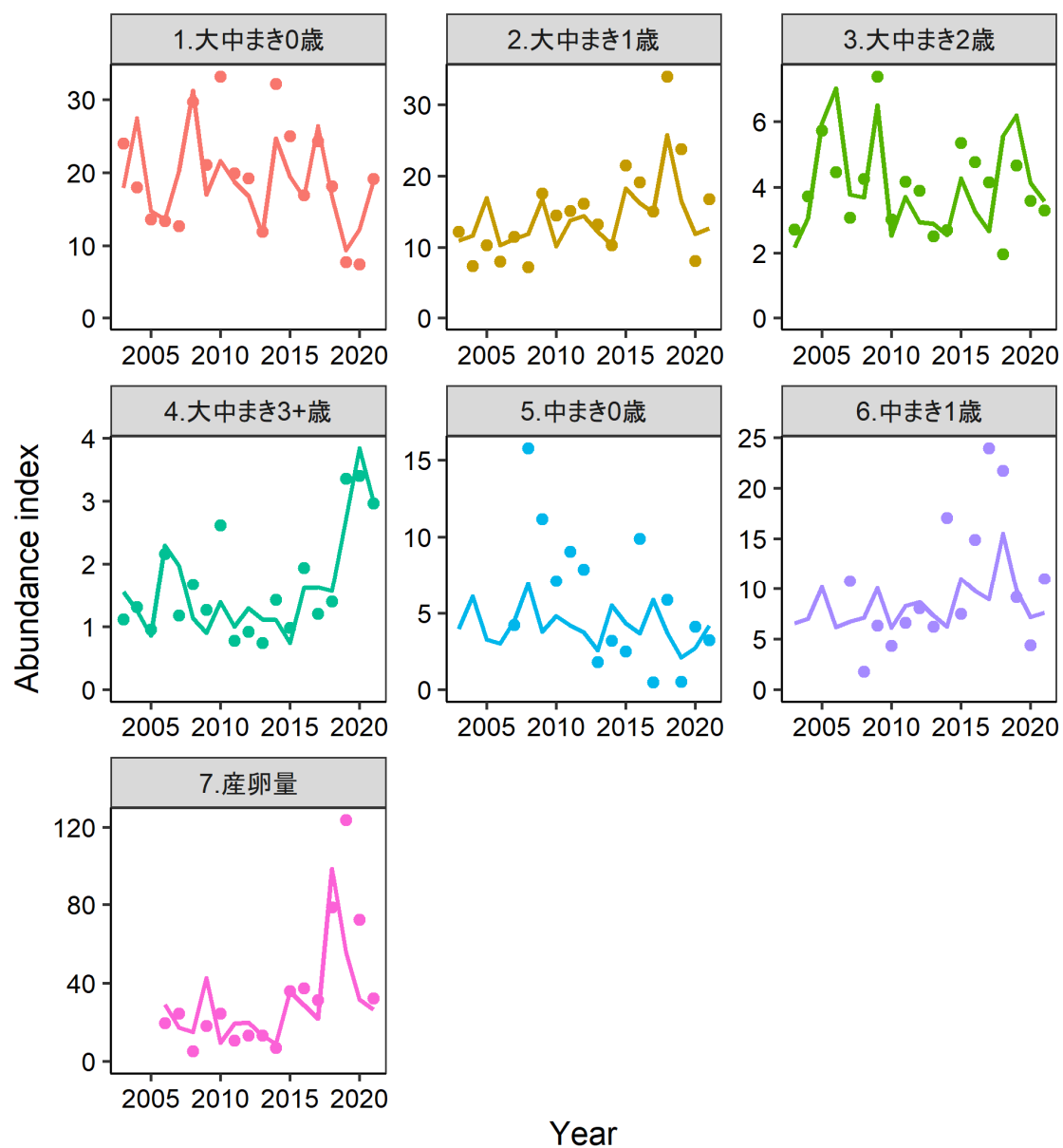
(last accessed 11 November 2021).

黒田啓行・依田真里・安田十也・鈴木 圭・竹垣草世香・佐々千由紀・高橋素光 (2019) 平

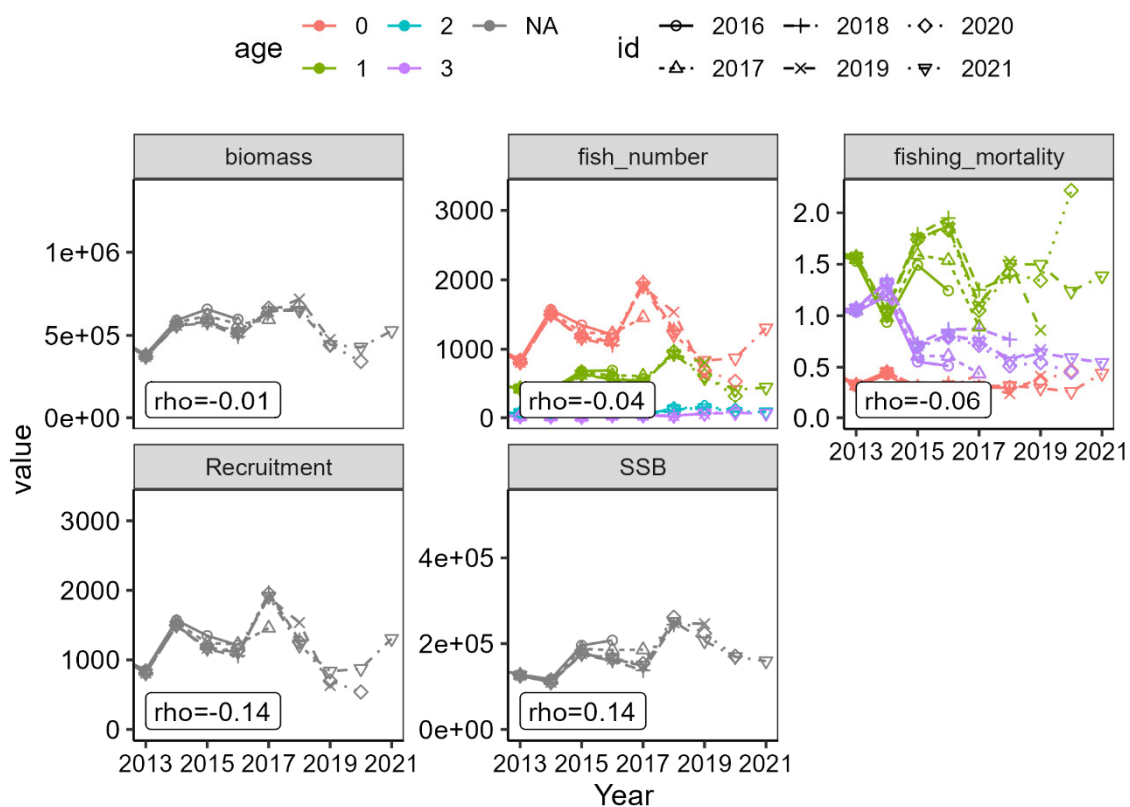
- 成 30 (2018) 年度マサバ対馬暖流系群の資源評価, 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価・TAC 種) 第 1 分冊, 水産庁増殖推進部・国立研究開発法人水産研究・教育機構, pp. 209-247.
- 平松一彦 (2000) VPA. 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源評価教科書－, 104-127.
- 石岡清英・岸田 達 (1985) コホート解析に用いる漁獲方程式の解法とその精度の検討. 南西水研報, **19**, 111-120.
- Limbong, D., K. Hayashi and Y. Matsumiya (1988) Length cohort analysis of common mackerel *Scomber japonicus*, Tsushima Warm Current stock. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., **66**, 119-133.
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci., **56**, 473-488.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., **74**, 2424-2436.
- 渡部泰輔 (1983) 卵数法. 「水産資源の解析と評価-その手法と適用例」石井丈夫編, 恒星社厚生閣, 東京, 9-29.



補足図 2-1. 指標値の観測値とモデルの期待値の差を示す残差プロット



補足図 2-2. 指標値の観測値（丸印）とモデルの予測値（実線）



補足図 2-3. 5年間のレトロスペクティブ解析 (左上：資源量、中上：資源尾数、右上：漁獲係数、左下：加入量、中下：親魚量)

補足表 2-1. 年齢別平均尾叉長と平均体重

年齢	0	1	2	3+
尾叉長 (cm)	25.6	28.8	32.2	35.7
体重 (g)	232	331	468	641
成熟割合	0	0.60	0.85	1

補足表 2-2. 年齢別資源量指標値（トン/網）と産卵量（兆粒）

指標値	k	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
大中まき											
0歳	1	24.02	17.92	13.61	13.39	12.69	29.67	21.03	33.17	19.90	19.25
1歳	2	12.22	7.37	10.31	8.01	11.45	7.26	17.57	14.43	15.09	16.13
2歳	3	2.72	3.73	5.73	4.46	3.07	4.26	7.38	3.02	4.17	3.89
3歳以上	4	1.11	1.31	0.96	2.16	1.18	1.67	1.26	2.61	0.77	0.92
島根中まき											
0歳	5					4.22	15.79	11.19	7.12	9.05	7.88
1歳	6					10.80	1.77	6.36	4.35	6.63	8.07
産卵量	7				19.64	24.50	5.34	18.08	24.55	10.75	13.11

指標値	k	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
大中まき										
0歳	1	11.95	32.18	24.98	16.95	24.28	18.15	7.79	7.46	19.15
1歳	2	13.23	10.31	21.46	19.14	15.03	33.93	23.75	8.10	16.76
2歳	3	2.51	2.70	5.35	4.77	4.16	1.96	4.67	3.60	3.30
3歳以上	4	0.74	1.43	0.98	1.94	1.21	1.39	3.36	3.40	2.96
島根中まき										
0歳	5	1.80	3.19	2.48	9.90	0.47	5.85	0.51	4.09	3.22
1歳	6	6.20	17.08	7.49	14.92	23.97	21.76	9.20	4.41	11.03
産卵量	7	13.24	6.82	35.88	37.25	31.43	78.73	123.65	72.22	32.28

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)	F2019-2021 (注3)	平均体重 (g)	自然死亡係数	成熟率
0歳	0.31	0.33	0.37	243	0.4	0.00
1歳	1.00	1.07	1.19	330	0.4	0.60
2歳	0.65	0.69	0.78	478	0.4	0.85
3歳以上	0.65	0.69	0.78	619	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2019～2021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2022年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小二乗法	無	0.00755	2.37e+05	0.31	-

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

補足表 3-2. 管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBtarget	310 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	143 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	22 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)=(0.33, 1.07, 0.69, 0.69)	
%SPR (Fmsy)	20%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	323 千トン	最大持続生産量 MSY

補足表 3-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2021	159 千トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) =(0.44, 1.39, 0.54, 0.54)	
U2021	40%	2021 年の漁獲割合
%SPR (F2021)	16.1%	2021 年の%SPR
%SPR (F2019-2021)	17.7%	現状(2019~2021 年)の漁獲圧に対応する%SPR
管理基準値との比較		
SB2021/ SBmsy (SBtarget)	0.51	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値)に対する 2021 年の親魚量の比
F2021/ Fmsy	1.20	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2021 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る	
親魚量の動向	横ばい	

* 2021 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 3-4. ABC と予測親魚量

2023 年の ABC (千トン)	2023 年の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2019-2021)	2023 年の 漁獲割合(%)
220	193	0.85	35
コメント:			
<ul style="list-style-type: none"> • ABC の算定には、令和 2 年 2 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取りまとめられ、令和 2 年 5 月に開催された「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。 • 数値はいずれも暦年の値である。 • ABC は日本と韓国を合わせた値。 • 2023 年漁期での ABC は 244 千トンである(漁期は 7 月～翌年 6 月)。 			

補足表 3-5. 異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2030 年 の親魚量 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2030 年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する β					
$\beta=0.95$	325	230 – 443	56	100	100
上記と異なる β を使用した場合					
$\beta=1.0$	305	208 – 420	43	100	100
$\beta=0.9$	346	250 – 466	69	100	100
$\beta=0.8$	389	288 – 517	89	100	100
$\beta=0$	146	117 – 179	100	100	100
F2019-2021	252	138 – 370	19	94	100

補足表 3-5. 異なる β を用いた将来予測結果 (つづき)

考慮している不確実性: 加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する β			
$\beta=0.95$	2028 年	2022 年	2022 年
上記と異なる β を使用した場合			
$\beta=1.0$	2050 年以降	2022 年	2022 年
$\beta=0.9$	2027 年	2022 年	2022 年
$\beta=0.8$	2026 年	2022 年	2022 年
$\beta=0$	2024 年	2022 年	2022 年
F2019-2021	2050 年以降	2022 年	2022 年

補足表 3-6. 漁獲シナリオに対応する将来予測の年齢別詳細情報

年齢別漁獲係数 (F 値) *

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	0.44	0.37	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
1 歳	1.39	1.19	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
2 歳	0.54	0.78	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
3 歳以上	0.54	0.78	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
平均	0.73	0.78	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66

年齢別平均資源尾数 (百万尾) *

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	1305	1323	1432	1595	1687	1733	1759	1763	1773	1787	1783
1 歳	449	563	613	702	781	826	849	862	864	869	875
2 歳	81	75	114	149	171	190	201	206	210	210	211
3 歳以上	59	54	40	54	70	84	95	103	107	110	111
計	1894	2016	2199	2500	2709	2833	2904	2934	2954	2976	2981

年齢別平均資源量 (千トン) *

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	303	322	348	388	410	421	428	429	431	435	434
1 歳	149	186	202	232	258	273	280	284	285	287	289
2 歳	38	36	55	71	82	91	96	99	100	100	101
3 歳以上	38	34	25	33	44	52	59	64	66	68	69
計	528	577	630	724	793	837	863	875	883	890	892

年齢別平均漁獲尾数 (百万尾) *

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	388	341	320	357	378	388	395	395	398	401	400
1 歳	290	336	332	381	424	448	461	468	469	471	475
2 歳	29	34	46	61	69	77	82	84	85	85	86
3 歳以上	21	25	16	22	29	34	39	42	44	45	45
計	728	737	714	820	900	948	975	989	995	1002	1006

*10,000 回の繰り返し計算を行った平均値

補足表 3-7. 現状の漁獲圧 (F2019-2021) に対応する将来予測の年齢別詳細情報

年齢別漁獲係数 (F 値) *

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	0.44	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
1 歳	1.39	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
2 歳	0.54	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
3 歳以上	0.54	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
平均	0.73	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78

年齢別平均資源尾数 (百万尾) *

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	1305	1323	1432	1502	1549	1579	1604	1611	1626	1644	1649
1 歳	449	563	613	663	696	717	731	743	746	753	761
2 歳	81	75	114	124	135	141	146	148	151	151	153
3 歳以上	59	54	40	48	53	58	61	64	65	67	67
計	1894	2016	2199	2337	2432	2496	2542	2566	2589	2615	2630

年齢別平均資源量 (千トン) *

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	303	322	348	365	377	384	390	392	395	400	401
1 歳	149	186	202	219	230	237	241	245	246	249	251
2 歳	38	36	55	59	64	67	70	71	72	72	73
3 歳以上	38	34	25	29	33	36	38	40	41	41	42
計	528	577	630	673	703	724	739	747	754	762	767

年齢別平均漁獲尾数 (百万尾) *

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
0 歳	388	341	369	387	399	407	413	415	419	424	425
1 歳	290	336	366	396	415	428	437	443	446	450	455
2 歳	29	34	52	57	61	64	66	68	69	69	70
3 歳以上	21	25	18	22	24	26	28	29	30	30	31
計	728	737	806	862	900	926	945	956	964	973	980

*10,000 回の繰り返し計算を行った平均値

補足資料4 調査船調査の結果

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

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

*2022年については暫定値。

(2) 5~6月に東シナ海陸棚縁辺部で行った着底トロールを用いた資源量直接推定調査「底魚類現存量調査(東シナ海)」から得られた0歳魚を主体とする現存量推定値(トン)を以下に示した(調査海域面積を138千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、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
マサバ	26,100	14,513	4,951	2,715	3,645	1,062	9,363	213
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
マサバ	22,479	515	12,553	57,162	29,869	257	3,351	3,630
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
マサバ	4,701	2,692	21,639	2,077	未実施	402	3,671*	

*2022年については暫定値。

(3) 2000年から新規加入量調査「ニュースト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4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2022)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・藤波裕樹(2022) 令和4(2022)年度マアジ対馬暖流系群の資源評価. 令和4(2022)年度我が国周辺水域の漁業資源評価(魚種別系群別資源評価)(印刷中)

補足資料5 コホート解析結果の詳細（1973～2021年）

年\年齢	漁獲尾数（百万尾）				漁獲重量（千トン）			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	240	598	97	19	64	208	46	12
1974	267	706	179	26	71	245	86	17
1975	211	590	161	26	56	205	77	17
1976	275	626	112	31	73	217	54	20
1977	389	624	116	27	103	217	55	17
1978	222	720	113	22	59	250	54	14
1979	376	552	119	39	100	192	57	25
1980	124	660	146	34	33	229	70	22
1981	352	350	184	69	94	122	88	45
1982	424	539	110	34	113	187	53	22
1983	249	594	130	27	66	206	63	17
1984	313	379	109	37	83	132	52	24
1985	212	230	153	83	56	80	73	54
1986	177	369	123	86	47	128	59	56
1987	252	296	185	51	67	103	89	33
1988	399	631	84	35	106	219	40	23
1989	162	433	409	73	43	151	196	47
1990	332	109	79	91	88	38	38	59
1991	219	282	104	55	58	98	50	35
1992	385	317	64	23	102	110	31	15
1993	595	509	117	18	158	177	56	12
1994	786	587	158	86	209	204	76	55
1995	611	477	87	47	162	166	42	30
1996	1,246	1,154	122	47	331	401	59	30
1997	626	305	187	20	169	103	84	12
1998	527	379	96	13	140	133	46	8
1999	452	276	71	30	114	97	35	19
2000	241	333	68	48	42	111	33	29
2001	476	336	37	15	132	116	17	11
2002	348	284	40	16	96	99	19	11
2003	356	230	23	14	104	79	11	9
2004	584	164	45	15	172	59	20	10
2005	262	280	58	8	75	103	29	5
2006	255	188	82	25	63	66	44	17
2007	454	231	53	24	131	78	25	16
2008	787	152	49	13	223	53	24	9
2009	356	419	92	13	102	145	44	7
2010	432	193	35	17	121	64	16	10
2011	480	334	48	10	109	112	22	7
2012	346	355	37	14	88	118	17	9
2013	190	297	37	12	44	98	17	8
2014	457	216	38	13	121	67	17	9
2015	258	460	39	6	69	154	19	4
2016	257	424	35	16	62	141	16	10
2017	430	307	27	15	96	99	13	9
2018	275	628	44	11	61	203	21	7
2019	179	395	55	23	32	130	26	14
2020	167	254	33	26	38	85	16	18
2021	388	290	29	21	90	96	13	13

補足資料 5 (続き) コホート解析結果の詳細 (1973~2021 年)

年\年齢	漁獲係数F				平均体重(g)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	0.15	1.03	1.23	1.23	266	348	479	645
1974	0.20	1.17	1.60	1.60	266	348	479	645
1975	0.16	1.27	1.37	1.37	266	348	479	645
1976	0.19	1.28	1.28	1.28	266	348	479	645
1977	0.24	1.17	1.27	1.27	266	348	479	645
1978	0.15	1.28	0.92	0.92	266	348	479	645
1979	0.23	0.90	1.03	1.03	266	348	479	645
1980	0.13	1.05	0.86	0.86	266	348	479	645
1981	0.23	0.88	1.44	1.44	266	348	479	645
1982	0.25	0.90	1.06	1.06	266	348	479	645
1983	0.19	0.88	0.75	0.75	266	348	479	645
1984	0.35	0.64	0.50	0.50	266	348	479	645
1985	0.17	0.60	0.78	0.78	266	348	479	645
1986	0.19	0.64	1.03	1.03	266	348	479	645
1987	0.11	0.70	1.07	1.07	266	348	479	645
1988	0.36	0.54	0.57	0.57	266	348	479	645
1989	0.30	1.17	1.14	1.14	266	348	479	645
1990	0.41	0.42	0.92	0.92	266	348	479	645
1991	0.19	0.99	1.29	1.29	266	348	479	645
1992	0.27	0.57	0.85	0.85	266	348	479	645
1993	0.41	0.91	0.55	0.55	266	348	479	645
1994	0.57	1.32	1.14	1.14	266	348	479	645
1995	0.25	1.16	0.96	0.96	266	348	479	645
1996	0.91	1.51	1.75	1.75	266	348	479	645
1997	0.55	0.79	1.90	1.90	270	338	447	615
1998	0.63	1.04	0.82	0.82	266	351	477	631
1999	0.54	1.10	0.73	0.73	252	352	488	624
2000	0.32	1.47	1.33	1.33	173	334	481	613
2001	0.66	1.46	0.83	0.83	278	345	474	699
2002	0.56	1.68	0.92	0.92	276	348	481	653
2003	0.56	1.26	0.80	0.80	291	343	456	655
2004	0.62	0.71	1.33	1.33	295	360	455	654
2005	0.47	0.95	0.79	0.79	286	368	505	638
2006	0.42	1.01	1.16	1.16	247	349	530	672
2007	0.65	1.18	1.33	1.33	288	336	474	646
2008	0.74	0.61	1.24	1.24	283	350	488	654
2009	0.59	1.87	1.34	1.34	287	346	475	572
2010	0.54	1.01	1.18	1.18	281	334	456	604
2011	0.56	1.59	1.03	1.03	228	334	452	692
2012	0.49	1.65	1.05	1.05	256	334	470	647
2013	0.33	1.57	1.07	1.07	229	330	468	657
2014	0.45	1.05	1.32	1.32	265	311	449	697
2015	0.31	1.75	0.71	0.71	268	336	494	652
2016	0.32	1.86	0.81	0.81	240	331	467	579
2017	0.31	1.10	0.75	0.75	222	323	473	624
2018	0.32	1.50	0.56	0.56	222	323	486	673
2019	0.30	1.50	0.64	0.64	181	329	470	593
2020	0.26	1.24	0.59	0.59	226	335	496	694
2021	0.44	1.39	0.54	0.54	232	331	468	641

補足資料5（続き） コホート解析結果の詳細（1973～2021年）

年\年齢	資源尾数（百万尾）				資源量（千トン）			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	2,078	1,089	160	31	552	378	76	20
1974	1,749	1,199	259	37	465	417	124	24
1975	1,759	957	250	40	467	333	120	26
1976	1,911	1,008	181	49	507	350	87	32
1977	2,202	1,059	188	43	585	368	90	28
1978	1,906	1,162	221	44	506	404	106	28
1979	2,229	1,098	217	71	592	382	104	46
1980	1,203	1,191	299	69	319	414	143	45
1981	2,026	706	280	105	538	246	134	68
1982	2,295	1,074	197	61	609	373	94	39
1983	1,714	1,197	294	60	455	416	141	39
1984	1,283	947	333	112	341	329	160	73
1985	1,647	609	333	182	437	212	160	117
1986	1,252	932	224	158	333	324	107	102
1987	2,992	697	331	92	795	242	159	59
1988	1,576	1,802	232	97	418	626	111	63
1989	762	736	703	125	202	256	337	81
1990	1,187	380	154	178	315	132	74	115
1991	1,559	529	167	88	414	184	80	57
1992	1,963	868	132	47	521	302	63	31
1993	2,100	1,006	329	52	558	350	158	33
1994	2,145	930	272	147	570	323	130	95
1995	3,287	811	166	90	873	282	80	58
1996	2,456	1,711	170	65	652	595	81	42
1997	1,775	663	252	27	479	224	113	17
1998	1,349	689	202	28	359	242	96	18
1999	1,286	484	164	68	324	170	80	42
2000	1,046	501	107	75	181	168	52	46
2001	1,166	507	77	32	324	175	37	23
2002	972	402	79	32	268	140	38	21
2003	991	374	50	30	288	128	23	20
2004	1,497	380	71	24	442	137	32	16
2005	830	538	125	17	237	198	63	11
2006	887	347	140	43	219	121	74	29
2007	1,132	390	84	39	326	131	40	25
2008	1,779	397	80	22	503	139	39	14
2009	955	568	145	20	274	197	69	11
2010	1,237	356	59	29	348	119	27	18
2011	1,326	484	87	18	302	162	39	13
2012	1,059	506	66	25	271	169	31	16
2013	811	433	65	21	186	143	31	14
2014	1,499	391	60	20	398	122	27	14
2015	1,168	639	92	14	313	215	45	9
2016	1,115	576	74	35	267	191	35	20
2017	1,911	541	60	33	425	175	28	20
2018	1,208	935	121	29	269	302	59	20
2019	836	589	139	58	151	194	66	34
2020	871	417	88	70	197	140	44	48
2021	1,305	449	81	59	303	149	38	38

補足資料 6 半年ごとのコホート解析前進法による漁期年漁獲量の算出

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

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

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

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

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

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

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2019～2021年の年齢別漁獲尾数の前期・後期の平均配分率とF2019-2021のもとでの将来予測の2032年における配分率が同じになるように求めた（向・黒田 2018）。漁獲量は前期と後期それぞれの各年齢の漁獲尾数に、各年齢の漁獲物平均体重を乗じて求めた。なお、半年単位の漁獲物平均体重には、暦年単位と半年単位で計算した年間（暦年）漁獲量が同じになるように補正した値を用いた。また、2022年前期から2023年前期におけるFは現状の漁獲圧（F2019-2021）を仮定し、2024年漁期（2024年後期及び2024年前期）のFは2023年前期の親魚量に基づき漁獲管理規則により算定した。各年の前期に加入があると仮定したが、加入変動は考慮していない。

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

補足表 6-1. ABC と予測親魚量

2023 年漁期の ABC (千トン)	2023 年漁期の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2019-2021)	2023 年の 漁獲割合 (%)
244	208	0.85	35

コメント:

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

引用文献

向（竹垣）草世香，黒田啓行 (2018) 暦年集計と漁期年集計にもとづく資源評価の比較：マサバ対馬暖流系群を事例として. 水産海洋研究, **82**(1), 14-25.

補足資料 7 外国漁船の漁獲動向

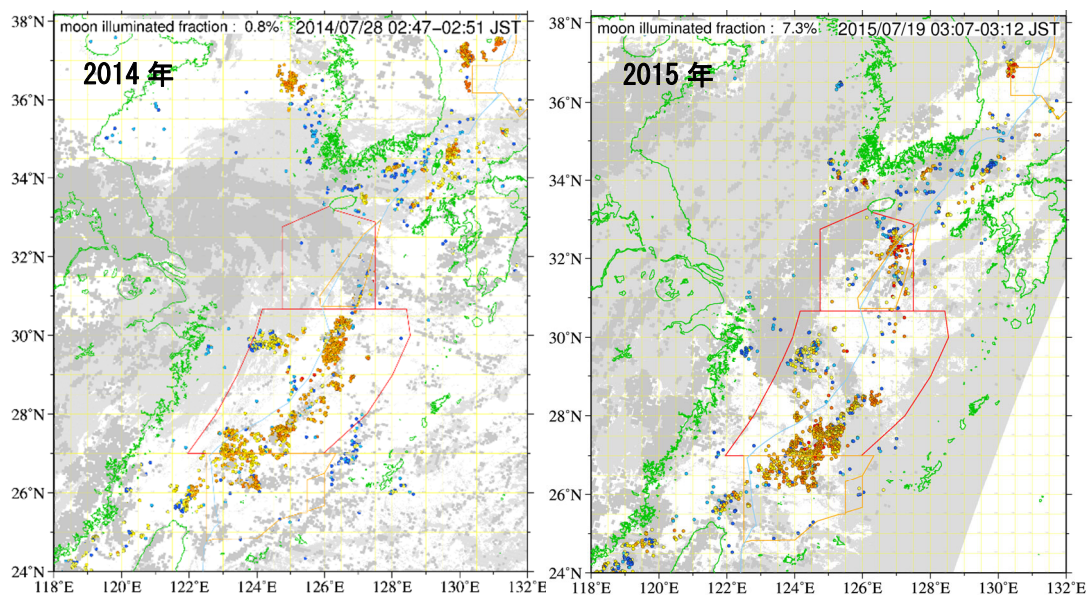
東シナ海における中国漁船によるマサバの漁獲量や漁獲努力量は確実な情報に乏しいため、マサバ対馬暖流系群の資源評価に組み込めていない。しかし、FAO の統計によれば、北西太平洋における中国漁船のサバ類の漁獲量は約 50 万トンと非常に多く、東シナ海においても当該資源に大きな影響を与えている可能性がある。

以上の背景を基に、平成 26 年度から、人工衛星夜間可視データを用いて東シナ海における外国漁船、特に中国船の動向を把握する取組みを開始した。今年度も引き続き、米国の地球観測衛星 (Suomi NPP) の夜間可視データ (Miller et al. 2012) から、灯火を用いている漁船の操業点を抽出した (補足図 7-1)。また、輝度レベル、操業位置、水温などの条件と、調査船 (陽光丸) 運行時の目視による漁船の漁業種別データとの比較から、各操業点の漁業種類の推定が可能である。

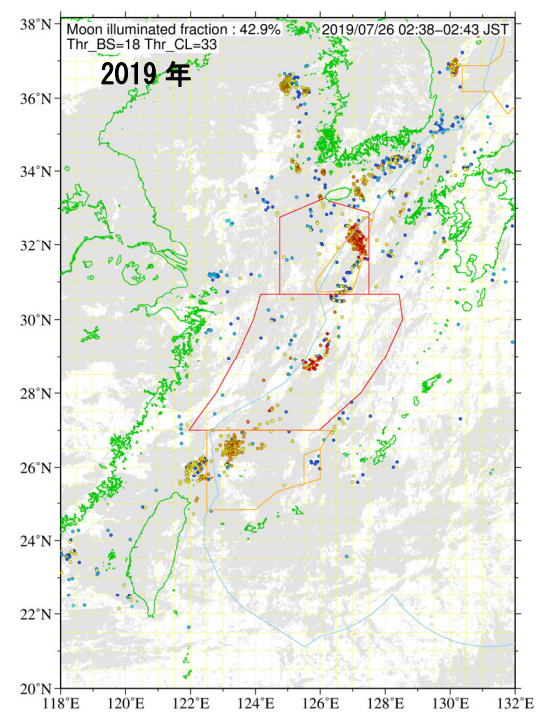
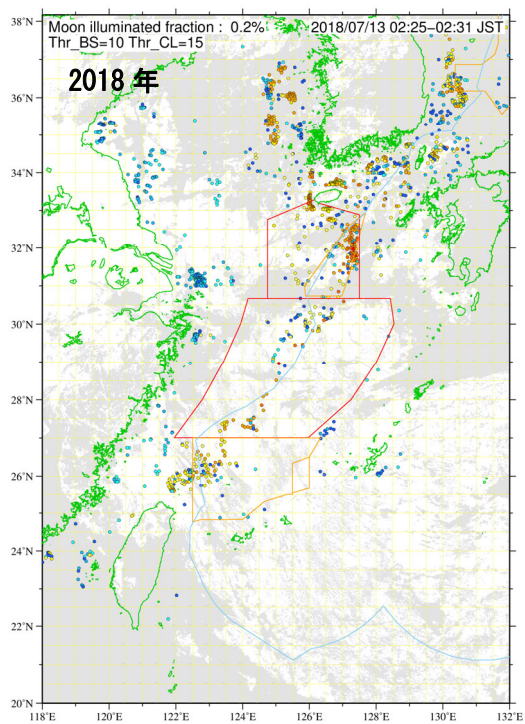
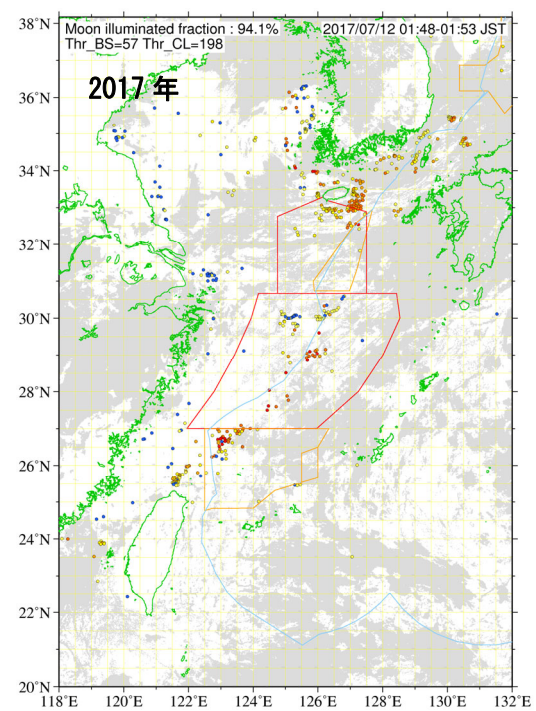
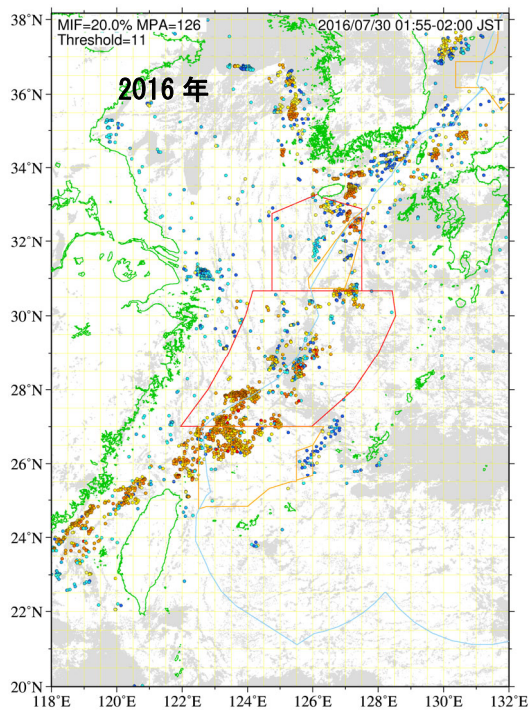
これらの漁業種別操業点データを経年的に整理することにより、漁獲努力量の相対的变化を把握する手がかりが得られる。今後中国船による詳細な漁獲量統計が提供されれば、本調査により得られた漁獲努力量データとともに資源評価に取り入れることができるものと期待される。

引用文献

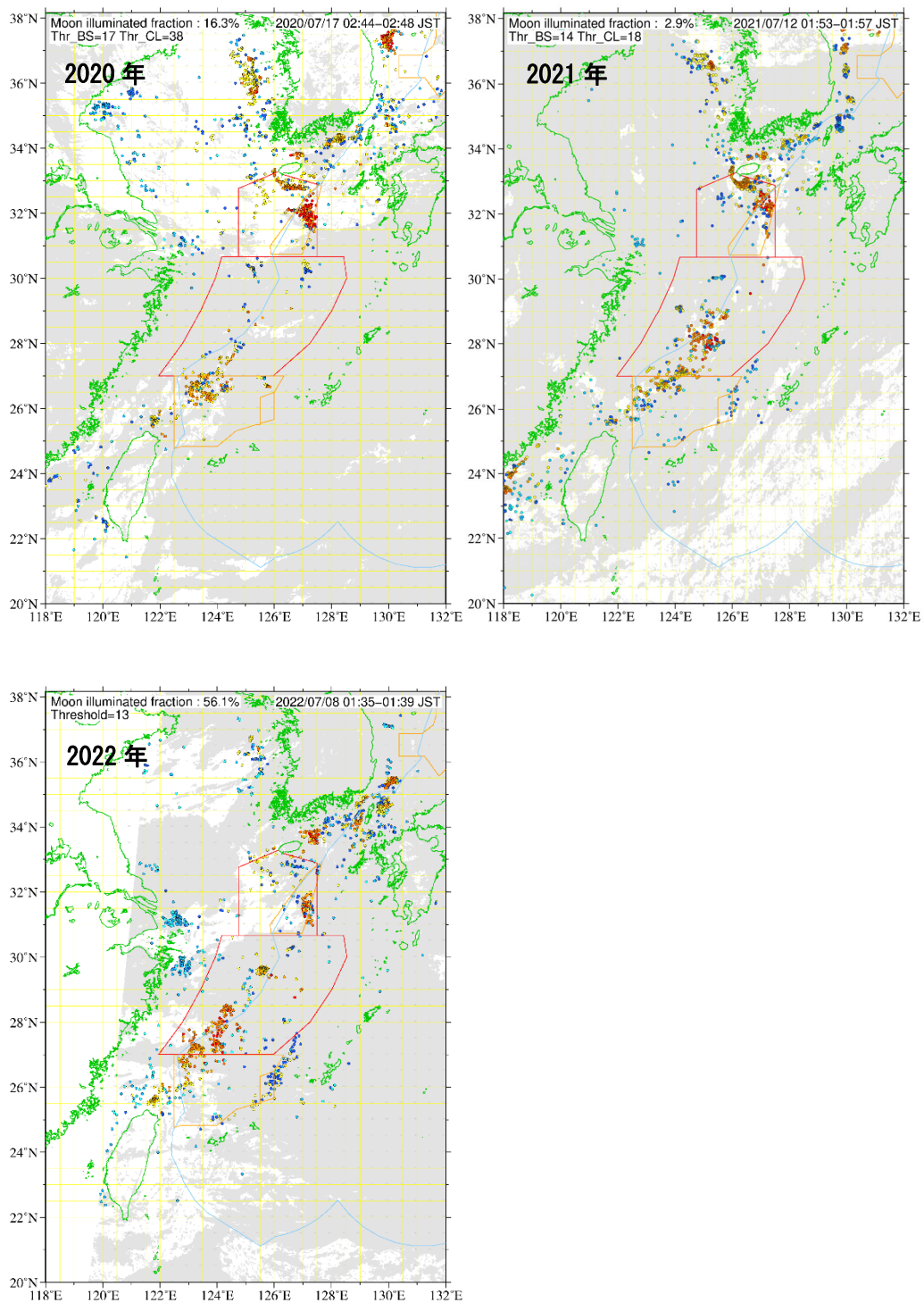
Miller, S.D., S.P. Mills, C.D. Elvidge, D.T. Lindsey, T.F. Lee, and J.D. Hawkins (2012) Suomi satellite brings to light a unique frontier of nighttime environmental sensing capabilities. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **109**, 15706-15711.



補足図 7-1. 2014～2022 年 7 月の東シナ海における人工衛星夜間可視データから抽出された操業点



補足図 7-1. (続き) 2014~2022 年 7 月の東シナ海における人工衛星夜間可視データから抽出された操業点



補足図 7-1. (続き) 2014～2022 年 7 月の東シナ海における人工衛星夜間可視データから抽出された操業点

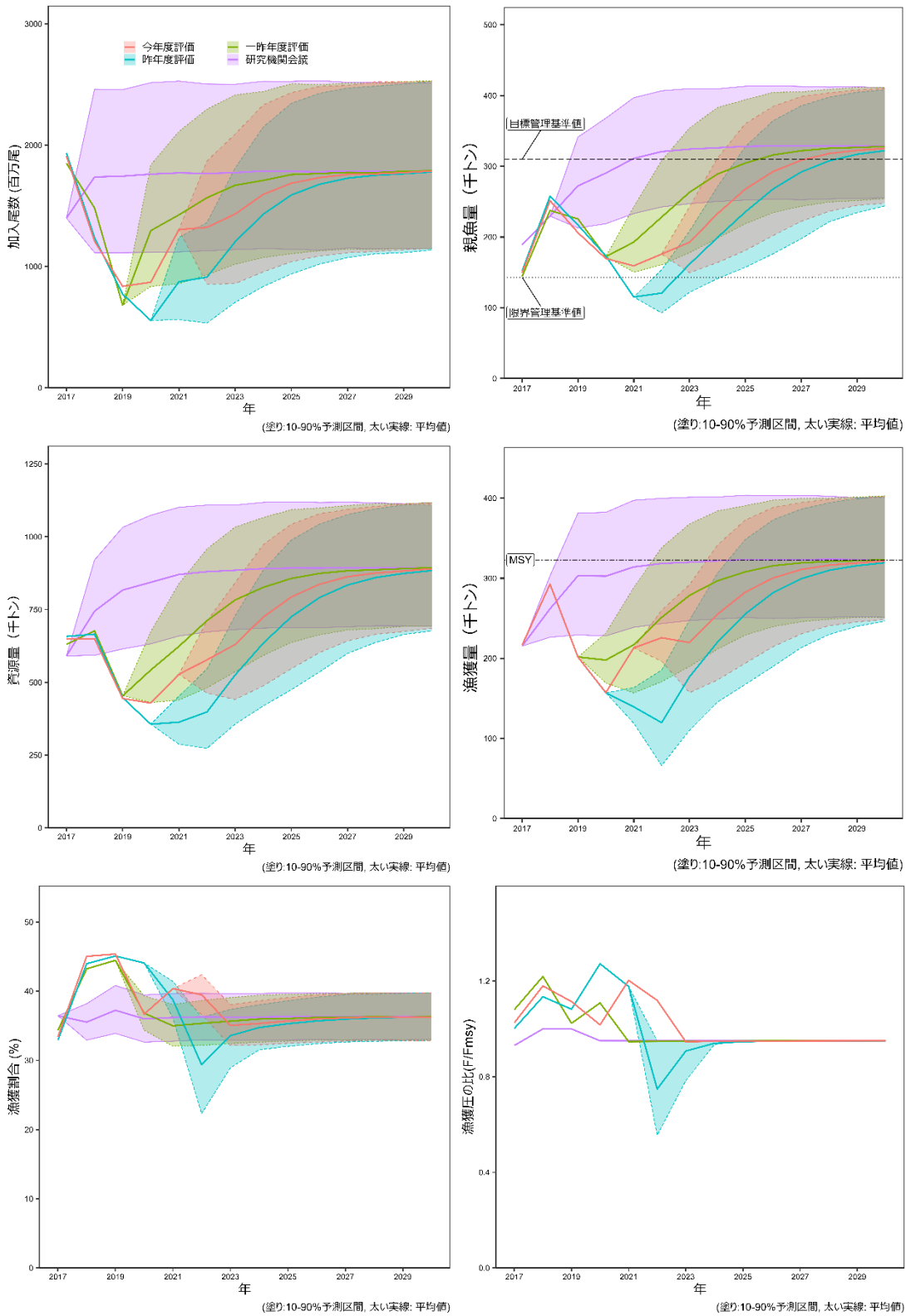
補足資料 8 資源評価及び将来予測の再評価

昨年度と今年度の資源評価結果を比較すると、2019年以前の資源量の推定値に大きな違いはなかったが、2020年の資源量が上方修正された（補足図 8-1）。これは、2021年に1歳魚の漁獲が良好だったため、2020年級群の加入量が上方修正されたことによる。また、2020年の1歳魚の資源量は上方修正、2歳魚以上の資源量は下方修正となったが、その程度は軽微であり、また1歳魚以上の資源量から算出される親魚量は昨年度の推定値と大きな違いはなかった。

今年度の資源評価に基づく2021年の資源量と親魚量は、2020年の資源量の上方修正により、昨年度の予測値よりも多くなった（補足図 8-1）。親魚量の上方修正に伴い、2021年の加入量は昨年度の予測値よりもかなり多くなったが、再生産関係式にもとづく加入量の予測値とは同程度の水準であった（図 4-11）。一方、2021年の漁獲圧（漁獲割合）は昨年度の予測値と同程度であった。

以上の結果から、2023年の資源量は昨年度の予測値よりも多くなったため、2023年の漁獲量（ABC）は上方修正された。

このように2021年の資源量および親魚量は昨年度の予測より上方修正され、合意された漁獲管理規則のもとでは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、資源回復の兆候が明確とは言えないのが現状である。今後も資源の動向に注意しながら、管理を慎重に行う必要がある。



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