

令和 3（2021）年度カタクチイワシ対馬暖流系群の 管理基準値等に関する研究機関会議資料

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

要 約

令和 2 年度本系群の資源評価データを用いて、再生産関係および管理基準値案等を検討した。これまで本系群ではシラスの漁獲量を考慮し資源評価を行っていたが、シラスの漁獲量を考慮しない太平洋系群との整合を図るため、シラスの漁獲を考慮しない資源評価データに基づき検討した。本系群の再生産関係式の候補として、資源評価により推定された 1977～2018 年の親魚量と加入量の情報に対し残差の自己相関も同時推定したホッカー・スティック型再生産関係（HS）の適用を提案する。再生産関係のパラメータ推定方法には最小二乗法を使用する。目標管理基準値案として、再生産関係に基づき算出される SB_{msy} (8.4 万トン) を、限界管理基準値案として、 $SB_{0.6msy}$ (3.2 万トン) を提案する。禁漁水準として、 $SB_{0.1msy}$ (0.4 万トン) を提案する。目標管理基準値案（ SB_{msy} ）を達成する漁獲圧（ F_{msy} ）は、現状（2018～2020 年の平均の漁獲係数）の 0.45 倍である。これに加えて、シラスの漁獲を考慮した場合など他の条件下での計算結果を補足資料に示した。

（本資料における、再生産関係および MSY や F_{msy} 、 SB_{msy} については、令和 2 年度の資源評価結果に基づき、令和 3 年 2 月 16 日に開催されたカタクチイワシ対馬暖流系群の新たな資源管理に関する研究機関会議において議論され、令和 3 年 3 月 26 日にカタクチイワシ対馬暖流系群の簡易版として公表されている。本資料における当該部分については、前記会議において検討に用いられた資料からの転載となっている。一方、将来予測及び漁獲管理規則については、令和 3 年度資源評価により更新されたデータを元に作成されている。）

親魚量 (千トン)	現状の親魚量 (2020 年) に対する比	初期親魚量 に対する比	期待できる 平均漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧 (2018～2020 年) に対する比*	説 明
目標管理基準値案					
84	1.63	0.45	51	0.45	最大持続生産量 MSY を実現する 親魚量 (SBmsy)
限界管理基準値案					
32	0.62	0.17	31	1.36	MSY の 60%の漁 獲が得られる親魚 量 (SB0.6msy)
禁漁水準案					
4	0.08	0.02	5	1.98	MSY の 10%の漁 獲が得られる親魚 量 (SB0.1msy)
2020 年					
51	1.00	0.28	46.4**	—	2020 年の値

* 管理基準値案および水準案を計算した際の年齢別選択率に基づき管理基準値案および水準案を計算する際の、現状の年齢別漁獲係数に乗じる係数を示す。

** 2020 年の実際の漁獲量を示す。

1. 再生産関係

1-1) 使用するデータセット

本資源の再生産関係式の設定は「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）」に従い、以下のデータセットを使用して実施した。令和 2 年度の本系群の資源評価では、シラスの漁獲量を考慮した資源量の推定を行っているが、本資料ではシラスの漁獲量を考慮しない太平洋系群との整合を図るため、シラスの漁獲を考慮しない資源評価データ（令和 2 年度資源評価報告書の補足資料 3；黒田ほか 2021）に基づき検討した。解析には R パッケージ frasyr（426f94b）を用いた。frasyr で用いた式の詳細は「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（令和 3 年度）（FRA-SA2021-ABCWG01-02、2021 年 2 月 19 日版）」を参照のこと。

データセット	基礎情報、関係調査等
資源量・親魚量	令和 2 年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価(水産庁・水産機構)

1-2) 再生産関係の検討

本資源の管理基準値案の算出および将来予測計算に使用する再生産関係（補足資料 1）として、ホッケー・スティック（HS）型再生産関係、リッカー（RI）型再生産関係、およびベバートン・ホルト（BH）型再生産関係を仮定した場合について検討した。最適化方法として、最小二乗法および最小絶対値法を候補とした。また自己相関パラメータを推定する際は、再生産関係式のパラメータを二段階で推定する方法（二段階法）もしくは同時に推定する手法（同時推定法）を用いた。再生産関係の検討は、資源評価で推定された 1977～2018 年の加入量および親魚量に基づき、直近 2019 年の推定結果は、加入量の不確実性が高いと考えられることから使用しなかった。再生産関係の検討候補を表 1 に示す。再生産関係から予測される加入量と観測値の残差は正規分布に従うことが確認されたため、以降、最適化方法として最小二乗法を用いた結果を検討した（補足資料 1）。

補正赤池情報量規準（AICc）を比較すると HS 型および BH 型の同時推定法が他の候補よりも当てはまりが良いことが示された。HS 型および BH 型の同時推定法により当てはめる上での個々のデータの影響をジャックナイフ法により検討した所、HS 型では推定値の頑健性に大きな問題が見られなかったが、BH 型ではデータの取り除きによって推定パラメータが大きく変化することが示された。また、HS 型および BH 型の同時推定法のプロファイル尤度を確認すると、HS 型では特段の問題は認められなかったが、BH 型ではパラメータの推定がやや不安定であることが示唆された。その理由として、親魚量が低水準の際の観察データが少ないことが考えられた。これらの理由から、本資源の候補としては HS 型再生産関係式（自己相関を同時推定）を用いることが適当と考えられる。（表 1、補足資料 1）。

1-3) 再生産関係の候補

上述の通り、本系群の再生産関係の候補としては、「再生産関係の決定に関するガイドライ

ン（FRA-SA2020-ABCWG01-03）」の 3.a（予測力）および 3.h（自己相関）の基準に従い、最小二乗法で最適化した自己相関を同時推定法で推定した HS 型再生産関係式を候補として提案する（図 1）。

2. 管理基準値

2-1) データセットおよび計算方法

最大持続生産量（MSY）に対応する管理基準値案等の算出、および将来予測は、「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）」の 1 系資源の管理規則に従い、1-3) で候補とした再生産関係と、令和 2 年度の資源評価でシラスの漁獲量を考慮しない場合の将来予測計算に用いた各種設定（自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重）を使用して実施した（表 2）。本系群では、平均世代時間（1.3 年）の 20 倍の年数（26 年）のシミュレーション期間後を平衡状態と仮定し、その際の平均漁獲量が最大化される F 値を F_{msy} 、その F_{msy} で漁獲した場合の平衡状態での平均親魚量を SB_{msy} とした。管理基準値案などを算出する際の計算回数は 10,000 回とした。

管理基準値案等を達成する努力量と現状の努力量との比較は、令和 3 年度資源評価（日野ほか 2021）における現状の漁獲圧に基づいて行った。現状の漁獲圧の年齢別選択率は、管理基準値の算出に用いた令和 2 年度の $F_{current}$ の年齢別選択率（表 2）と等しくなるように、F 値と %SPR との関係を用いて調整した（F2018-2020、図 2）。漁獲管理規則案に基づく将来予測においても、この F2018-2020 を現状の漁獲圧として使用した。

2-2) 管理基準値案と禁漁水準案

目標管理基準値（ SB_{target} ）として MSY 水準における親魚量（ SB_{msy} : 8.4 万トン）、限界管理基準値（ SB_{limit} ）として MSY の 60%の漁獲が得られる親魚量（ $SB_{0.6msy}$: 3.2 万トン）、禁漁水準（ SB_{ban} ）として MSY の 10%の漁獲が得られる親魚量（ $SB_{0.1msy}$: 0.4 万トン）を用いることを提案する。これらの基準値案について、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量（ SB_0 ）に対する比、対応する漁獲圧の下での平衡状態における平均漁獲量、対応する漁獲圧の現状の漁獲圧に対する比などを表 3 に示す。目標管理基準値として提案する SB_{msy} は SB_0 の 45%に相当し、その親魚量において期待できる漁獲量の平均値（MSY）は 5.1 万トンである。また、目標管理基準値案に対応する漁獲圧（MSY を実現する漁獲圧： F_{msy} ）の、現状の漁獲圧に対する比（ $F_{msy}/F_{2018-2020}$ ）は 0.45 で、その時の漁獲割合（ U_{msy} ）は 33%である。限界管理基準値として提案する $SB_{0.6msy}$ は SB_0 の 17%、禁漁水準として提案する $SB_{0.1msy}$ は SB_0 の 2%である。

F 値を変えた場合の平衡状態における親魚量、およびこれに対する年齢別漁獲量の平均値を図 3 に示す。

2-3) 神戸プロット

目標管理基準値案である SB_{msy} と、その時の漁獲圧 F_{msy} を基準にした神戸プロットを図 4 に示す。本系群は過去数年（1991、1993、1994、1997、1998、2006、2007、2009、2010 年）において、漁獲係数（F 値）が MSY 水準を下回り、かつ親魚量（SB）が MSY 水準を上回っていた（図 4 の右下の緑の領域）が、2014 年以降は F 値が MSY 水準を上回

り、かつ SB が MSY 水準を下回っている（図 4 の左上の赤の領域）。2020 年の親魚量に対する目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案の比は、それぞれ 1.63、0.62 および 0.08 である。

2-4) 漁獲管理規則案

本資料で提案する漁獲管理規則は、限界管理基準値案および禁漁水準案となる親魚量を閾値として漁獲管理の基礎となる漁獲係数（F 値）を変えるルールであり、親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げる。F 値の上限は F_{msy} には調整係数 β を乗じたものである。限界管理基準値案および禁漁水準案に本資料で提示した値を用いた場合（すなわち、SBlimit は SB0.6msy、SBban は SB0.1msy の場合）の漁獲管理規則案における親魚量と漁獲係数の関係を図 5a に、この漁獲管理規則案で漁獲した場合に期待できる平均的な漁獲量との関係を図 5b に示す。図に例示した漁獲管理規則案は、いずれも β に標準値である 0.8 を用いた。

2-5) 漁獲管理規則案に基づく資源の将来予測

(1) 調整係数 β に標準値を用いた場合

限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用いて、 β を 0.8 とした漁獲管理規則案（図 5a）で将来予測した場合の、資源量、親魚量、漁獲量、加入量、および努力量の増減率の推移を図 6 に示す。なお今回の将来予測では、漁獲管理規則案による漁獲制御は 2022 年から開始し、2021 年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2020）から仮定した。ここで F2018-2020 は、令和 2 年度資源評価の $F_{current}$ と同じ選択率の下で、%SPR が令和 3 年度資源評価における 2018-2020 年の平均漁獲圧と同じ値をとる F 値である。

予測される 2022 年の親魚量は限界管理基準値案を上回っているため、漁獲管理規則案に従い、まず βF_{msy} での漁獲が行われる。B=0.8 の場合、 βF_{msy} での漁獲圧は、現在の漁獲努力量の 0.36 倍の漁獲圧に相当する。中長期的には、 βF_{msy} での漁獲の継続により漁獲量および親魚量は平均的にはそれぞれの MSY 水準へ向かって推移していくと予測される。

(2) 調整係数 β を変えた場合

漁獲管理規則案を用いた将来予測について、調整係数 β を 0.0～1.0 の間で変えた場合の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率、限界管理基準値案を上回る確率、禁漁水準案を上回る確率、親魚量平均値の推移、および漁獲量平均値の推移を表 4～8 に示した。それぞれの表には、現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を継続した場合の結果も比較のため示した。本資源の親魚量は 2020 年時点で限界管理基準値を超えているものの、目標管理基準値案を下回っている。漁獲管理規則案での漁獲開始から 10 年後の 2032 年に、 β が 0.8 であれば 58%の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された（表 4）。 β が 1.0 の場合、2032 年に目標管理基準値案を上回る確率は 50%を下回った。2022 年以降の親魚量は β が低い程多くなった（表 7）。表 9 に、 β を 0.0～1.0 の間で変えた場合に、管理開始から 10 年間の間における親魚量が限界管理基準値案を下回るリスク、親魚量が禁漁水準を下回るリスク、漁獲量が前年と比較して半減するリスクを記載した。いずれのリスクも 5%以下にとどまった。

3. まとめ

本資源では、令和 2 年度の資源評価で推定された 1977～2018 年の加入量および親魚量に基づき、再生産関係モデルとして自己相関を考慮した HS 型再生産関係式を適用し、そのパラメータを最小二乗法により推定することを提案する。

目標管理基準値案は MSY を実現する資源水準と定められていることから、上記の再生産関係から推定される SBmsy (8.4 万トン) とすることを提案する。限界管理基準値案、禁漁水準案には、標準値である SB0.6msy (3.2 万トン)、SB0.1msy (0.4 万トン) をそれぞれ提案する。

現在の本系群の親魚量は目標管理基準値案以下にあると考えられる。MSY を実現する漁獲割合は 33%、漁獲圧は F2018-2020 の 0.45 倍である (表 3)。

4. 今後の検討事項

本資料ではここに示したシナリオのほかに、シラス漁業を考慮した場合 (補足資料 3、4、7) や、韓国の漁獲を考慮した場合 (補足資料 5) など検討した。結果の要約は補足資料 2 と資源評価報告書 (日野ほか 2021) の補足資料 4 に示した。(今後、チューニングを行った結果など会議までに必要なシナリオを追加する予定)

上記の他のシナリオにおける結果が示す通り、本資源の資源評価、管理基準値等に関する不確実性は大きい。これらの不確実性を認識した上で、より効果的な資源管理を考える必要がある。

5. 引用文献

ABCWG (2020) 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.

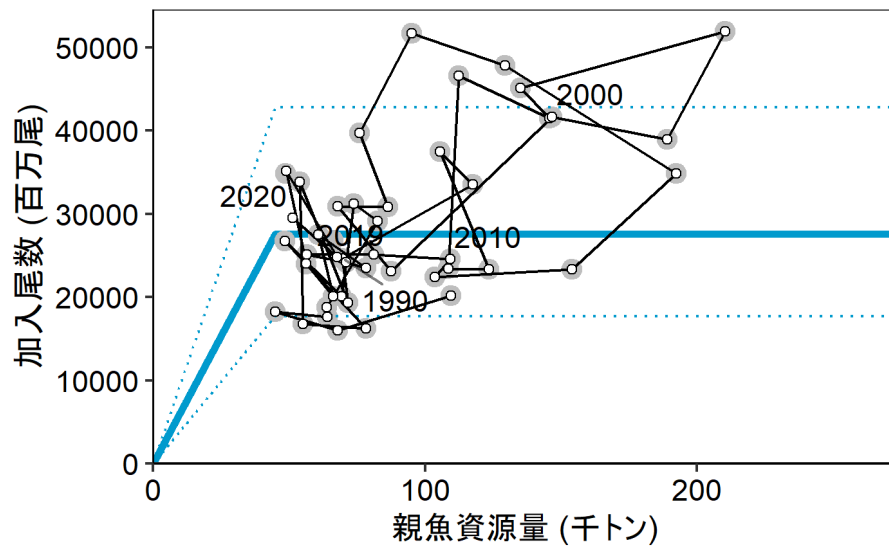
ABCWG (2020) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (令和 2 年度研究機関会議版). FRA-SA2020-ABCWG01-02.

ABCWG (2020) 再生産関係の決定に関するガイドライン. FRA-SA2020-ABCWG01-03.

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 (2021) 令和 2 (2020) 年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価. FRA-SA2020-RC01-1.

日野晴彦・黒田啓行・向草世香・佐々千由紀・国松翔太 (2021) 令和 3 (2021) 年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価. FRA-SA2021-SC02-2.

(執筆者：日野晴彦、黒田啓行、向草世香、佐々千由紀、国松翔太)



関数形: HS, 自己相関: 1, 最適化法L2, AICc: 17.95

図 1. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

令和 3 年 3 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」で提案された再生産関係式（青実線）と再生産関係のプロット（灰色の丸印、1977～2019 年）。図中の再生産関係式（青実線）の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。実線と白抜き丸印で示したのは令和 3 年度資源評価で得られた再生産関係のプロット（1977～2020 年）。

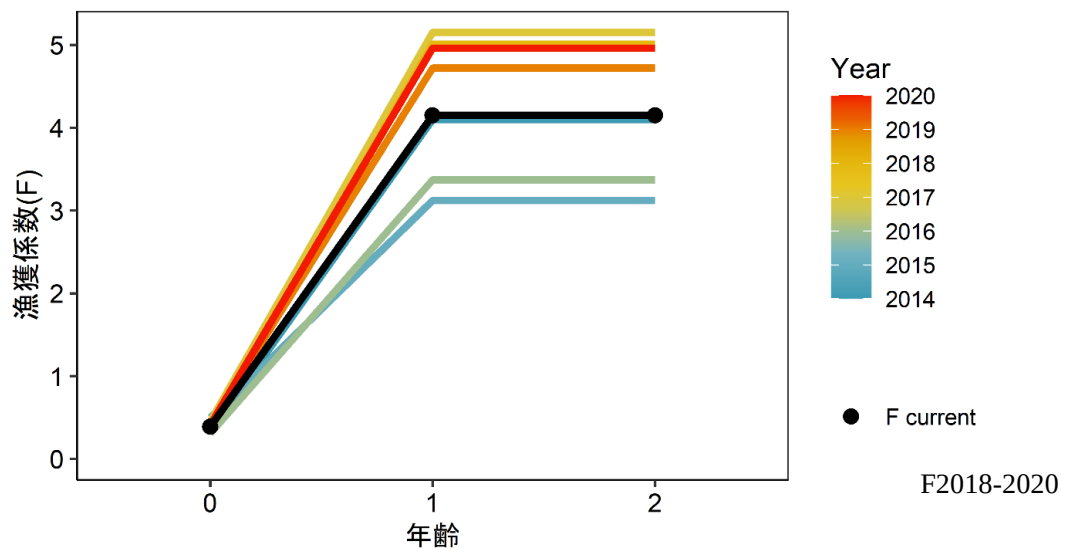


図 2. 年齢別の漁獲係数（F 値）

令和 3 年度資源評価結果に基づく 2014 年以降の各年の年齢別 F 値を色分けして示す。黒線は令和 3 年度の資源評価における現状の漁獲圧であり、年齢別選択率が令和 2 年度の $F_{current}$ の選択率と等しくなるように、F 値と %SPR との関係を用いて調整した（F2018-2020）。

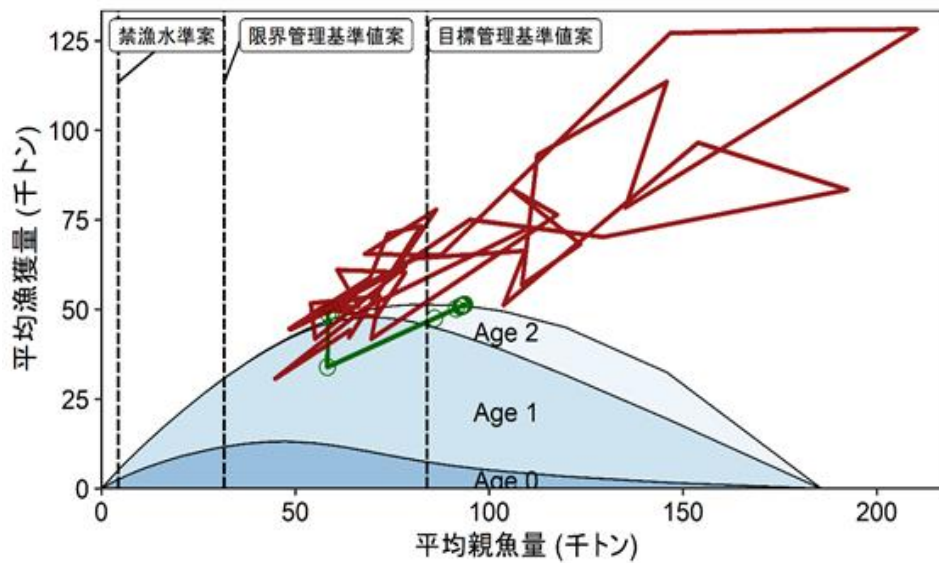


図 3. 管理基準値案および禁漁水準案と年齢別漁獲量曲線の関係

令和 2 年度資源評価結果に基づき、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案の位置関係を示す。赤線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量との関係を、緑線は提案する管理基準値案に基づく漁獲管理規則案（HCR）で漁獲を行った場合の将来予測での平均親魚量と平均漁獲量の推移を示す。HCR で使用した調整係数 β は 0.8 である。なお、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）は 18.6 万トンである。

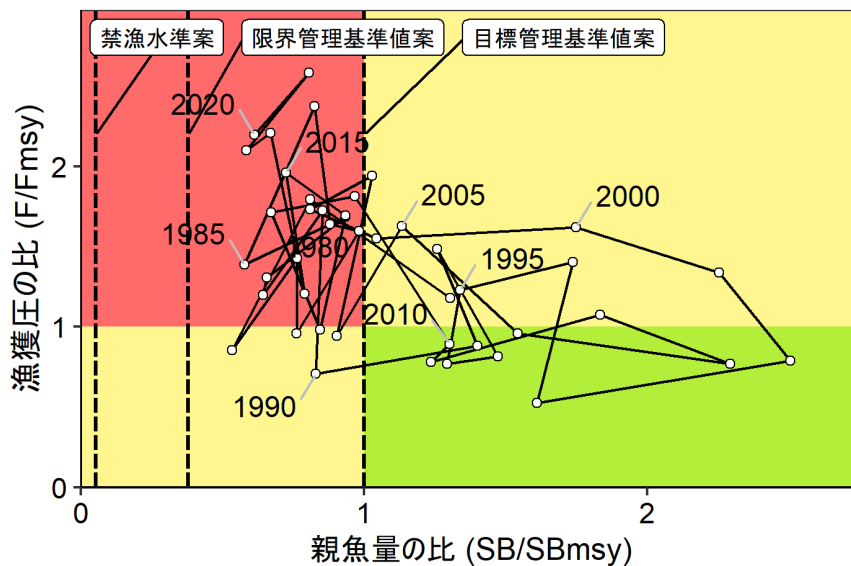
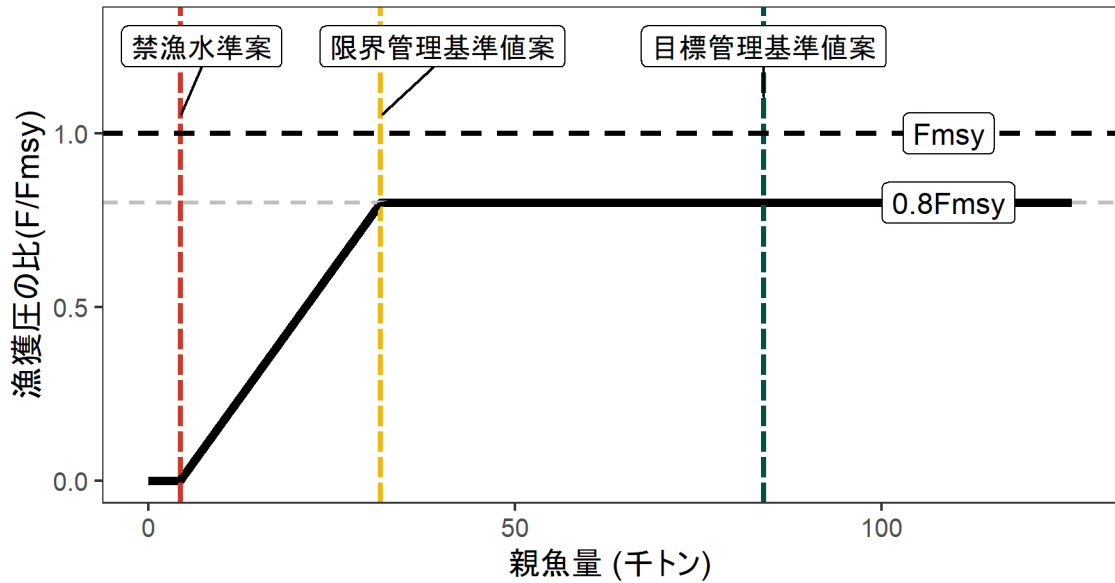


図 4. 神戸プロット

縦軸は各年の漁獲圧 F の F_{msy} との比である。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ令和 2 年度の資源評価結果から推定された SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。各年の親魚量および漁獲係数（ F 値）は令和 3 年度の資源評価で推定された値である。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

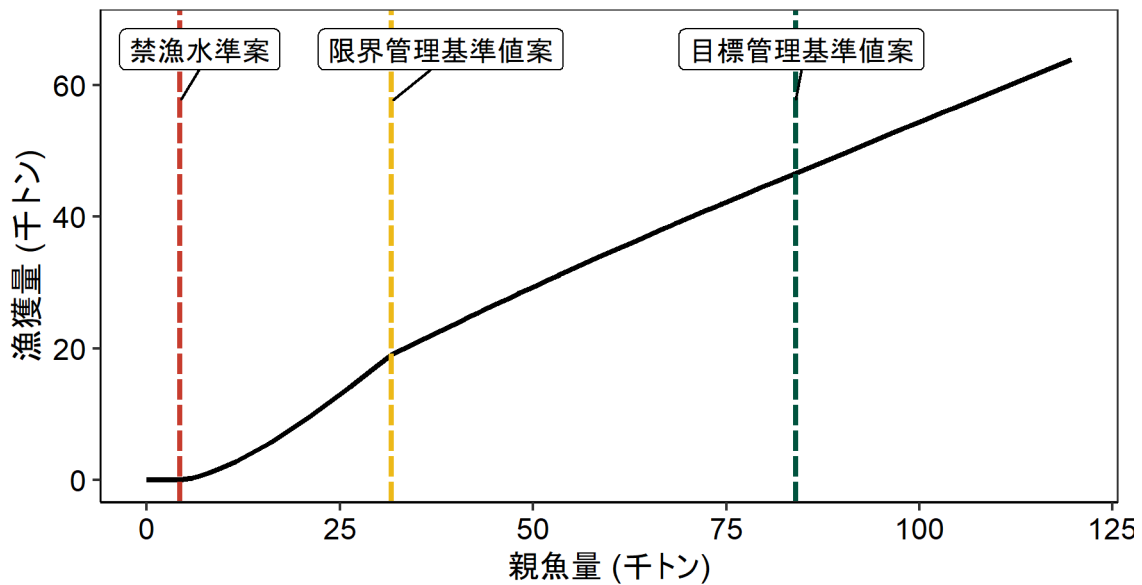
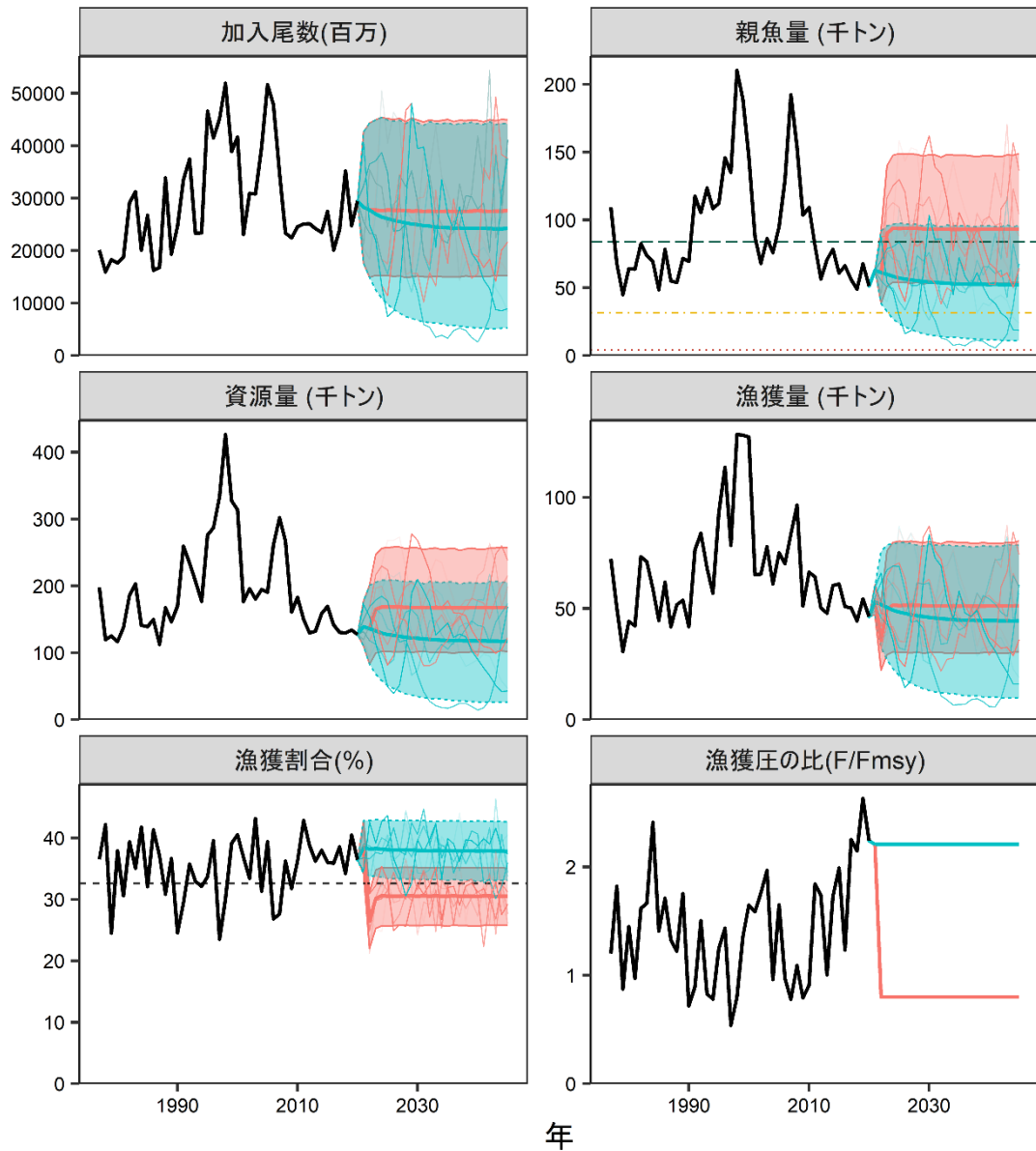


図 5. 漁獲管理規則案

目標管理基準値 (SBtarget) 案は HS 再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ提示した値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.8F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。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 6. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（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）の比較

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 3 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案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2021 年の漁獲は予測される資源量と F2018-2020 により仮定し、2022 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則案（図 5）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

表 1. 再生産関係式の検討候補

再生産関係式	最適化法	推定法	AICc	順位
ホッケー・スティック(HS)	最小二乗法	二段階	27.0	6
ホッケー・スティック(HS)	最小二乗法	同時	17.9	2
リッカー(RI)	最小二乗法	二段階	21.4	4
リッカー(RI)	最小二乗法	同時	22.0	5
ベバートン・ホルト(BH)	最小二乗法	二段階	19.7	3
ベバートン・ホルト(BH)	最小二乗法	同時	17.9	1

推奨する再生産関係式を太字とした。順位は AICc の値に基づくものであり、再生産関係の推奨順位を示したものではない。自己相関パラメータの推定法が二段階推定の場合、AICc は自己相関を考慮しない段階のモデルに対する AICc を示している。

表 2. MSY 管理基準値等の算出および将来予測計算に用いた各種設定

年齢	自然死亡 係数	成熟率	平均重量 (g)	選択率	現状の漁獲 圧 (Fcurrent)*	現状の漁獲圧 (F2018-2020**)
0	1.0	0.0	2.70	0.09	0.39	0.40
1	1.0	1.0	8.67	1.00	4.27	4.39
2	1.0	1.0	26.3	1.00	4.27	4.39

*Fcurrent は令和 2 年度資源評価における 2014～2018 年の F 値の年齢別平均値である。

**F2018-2020 は令和 3 年度の資源評価における 2018～2020 年の F 値の年齢別平均値と %SPR が等しい漁獲圧である。

表 3. 各種管理基準値案における平衡状態のときの平均親魚量、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) に対する比、平均漁獲量、%SPR 換算した漁獲圧、漁獲割合、令和 3 年度の資源評価における現状の漁獲圧 (F2018-2020) に対する努力量の比の関係、および MSY を実現する漁獲圧における年齢別漁獲係数 (Fmsy)

管理基準値案	説明	親魚量 (千トン)	SB0 に 対する比	漁獲量 (千トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲 割合	努力量 の比
目標管理基準値案	SBmsy	84	0.45	51	0.45	0.33	0.45
限界管理基準値案	SB0.6msy	32	0.17	31	0.27	0.40	1.36
禁漁水準案	SB0.1msy	4	0.02	5	0.21	0.43	1.98
MSY を実現する漁獲圧	Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳) =(0.18, 1.99, 1.99)					

表 4. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	0	10	44	45	45	45	46	46	45	44	45	44	45	44
0.90	0	10	49	52	51	51	52	51	51	50	51	51	51	50
0.80	0	10	55	59	58	58	59	58	58	57	58	58	58	57
0.70	0	10	61	67	65	66	66	66	66	65	66	65	66	65
0.60	0	10	68	75	73	73	74	74	73	73	74	73	73	73
0.50	0	10	76	82	81	81	81	82	81	81	81	81	81	80
0.40	0	10	82	88	88	88	87	88	88	88	88	88	87	88
0.30	0	10	88	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
0.20	0	10	92	97	97	97	96	96	96	96	96	97	96	96
0.10	0	10	95	98	99	99	99	99	98	98	98	98	99	98
0.00	0	10	97	99	100	100	100	99	99	100	99	99	100	99
F2018-2020	0	10	11	11	11	11	11	11	11	10	10	11	10	10

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	100	99	99	100	100	100	100	99	99	99	99	99	100	99
0.90	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.80	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.70	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.40	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2018-2020	100	99	96	92	89	87	85	84	84	83	82	81	79	79

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 6. 将来の親魚量が禁漁水準案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2018-2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	98

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 7. 将来の平均親魚量の推移 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	63	61	83	85	85	85	85	85	85	84	84	84	84	84
0.90	63	61	86	89	89	89	89	89	89	89	89	88	88	88
0.80	63	61	90	94	94	94	94	94	94	93	93	93	93	93
0.70	63	61	95	100	99	100	100	99	99	99	99	99	99	99
0.60	63	61	100	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
0.50	63	61	106	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	113
0.40	63	61	113	124	124	124	124	124	123	123	123	123	123	123
0.30	63	61	121	136	135	135	135	135	135	135	135	135	135	134
0.20	63	61	131	150	149	149	149	149	149	149	149	149	149	148
0.10	63	61	142	167	166	166	167	166	166	166	166	166	166	165
0.00	63	61	156	188	187	187	188	187	187	187	187	186	187	186
F2018-2020	63	61	60	58	57	57	56	55	55	54	54	54	52	52

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 8. 将来の平均漁獲量の推移（千トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	53	40	51	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
0.90	53	38	51	52	52	52	52	52	52	52	52	51	51	51
0.80	53	36	50	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
0.70	53	33	49	51	51	51	51	51	51	51	51	50	50	50
0.60	53	31	47	50	50	50	50	50	49	49	49	49	49	49
0.50	53	27	44	48	48	48	48	48	47	47	47	47	47	47
0.40	53	24	41	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
0.30	53	19	35	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
0.20	53	14	28	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
0.10	53	8	16	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
0.00	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2020	53	52	51	49	48	48	47	47	46	46	46	45	45	44

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 9. 予測される親魚量・漁獲量と親魚量が管理基準値案を上回る確率のまとめ

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。
 漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2022 年の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2027 年および 2032 年）を示した。

β	10 年後 の目標 達成確 率	予測平均親魚量 (千トン)		予測平均漁獲量 (千トン)			リスク(10 年間に 1 度でも起 きる確率)		
	親魚資 源量が 目標管 理基準 値案を 上回る	5 年後	10 年後	0 年後	5 年後	10 年後	親魚量 が限界 管理基 準値を 下回る	親魚量 が禁漁 水準を 下回る	漁獲量 が半減 する
		2027 年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	44%	85	84	40	52	52	3%	0%	1%
0.9	51%	89	88	38	52	51	2%	0%	0%
0.8	58%	94	93	36	51	51	1%	0%	0%
0.7	65%	100	99	33	51	50	1%	0%	0%
0.6	73%	106	106	31	50	49	0%	0%	0%
0.5	81%	114	114	27	48	47	0%	0%	0%
0.4	88%	124	123	24	44	44	0%	0%	0%
0.3	93%	135	135	19	39	39	0%	0%	0%
0.2	97%	149	149	14	31	31	0%	0%	0%
0.1	98%	167	166	8	19	19	0%	0%	0%
0	99%	188	186	0	0	0	0%	0%	0%

補足資料 1 再生産関係式のモデル診断結果について

最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量の算出および将来予測計算に使用する再生産関係として、ホッケー・スティック（HS ; Clark et al. 1985）型、ベバートン・ホルト（BH ; Beverton and Holt 1957）型、およびリッカー（RI ; Ricker 1954）型の再生産関係式を検討候補とした。 R_y を y 年当初の加入量、 B_y を y 年当初の親魚量、 $A_{\min}$ を加入年齢（本資源の場合には $A_{\min}=0$ ）としたときのそれぞれの再生産関係式の数式は以下の通りである。

$$R_y = \begin{cases} ab & \text{if } B_{y-A_{\min}} > b \\ aB_{y-A_{\min}} & \text{if } B_{y-A_{\min}} \leq b \end{cases} \quad (\text{Hockey stick, HS})$$

$$R_y = \frac{aB_{y-A_{\min}}}{(1 + bB_{y-A_{\min}})} \quad (\text{Beverton Holt, BH})$$

$$R_y = aB_{y-A_{\min}} \exp(-bB_{y-A_{\min}}) \quad (\text{Ricker, RI})$$

いずれの再生産関係式でも、推定するパラメータは a および b の 2 つである。HS 型の場合、 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）を示す。再生産関係の検討の際には、推定された再生産曲線からの加入量の残差標準偏差（S.D.）も併せて算出した。

本資源の再生産関係として、HS 型、RI 型、および BH 型の再生産関係式を、最小二乗法もしくは最小絶対値法により 1977～2018 年の加入量・親魚量のデータに当てはめた。最小二乗法の場合、残差は正規分布から有意に逸脱していなかったため、以下の検討は最小二乗法の結果に限定した。残差の自己相関（AR）については、再生産関係のパラメータと自己相関を二段階で推定する“二段階推定法”に加えて、自己相関パラメータ ρ もモデルに組み込み、再生産関係式のパラメータと同時に推定する“同時推定法”を用いた（詳細は「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（FRA-SA2020-ABCWG01-02）を参照）。推定された再生産関係式のパラメータを補足表 1-1 に示す。

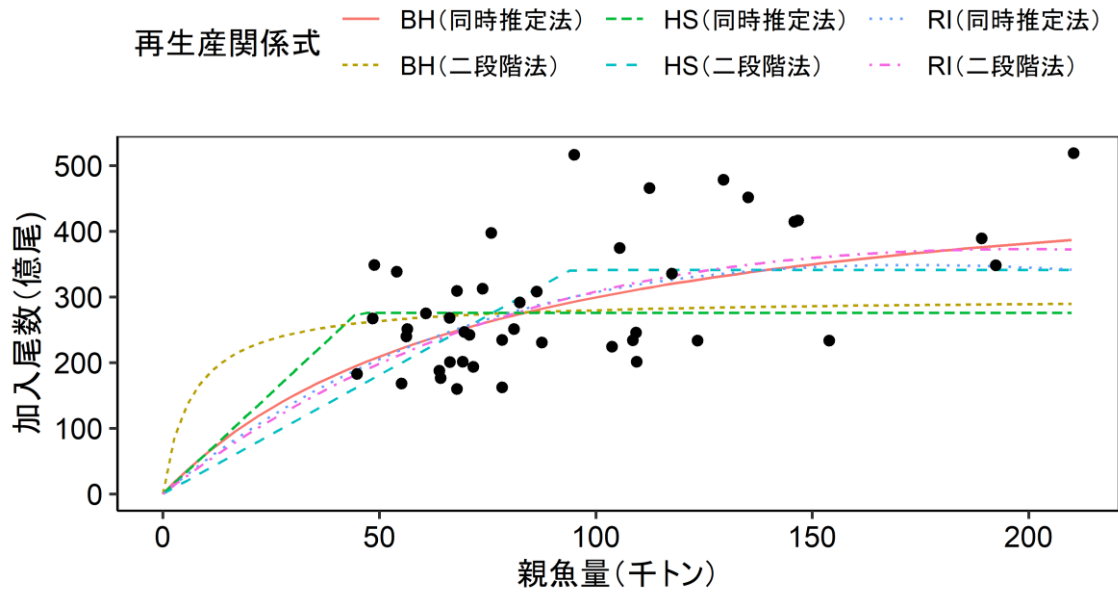
AICc を比較すると、HS 型の同時推定と BH 型の同時推定の AICc が低かった（表 1）。また HS 型と BH 型では自己相関を同時推定した場合、二段階推定した場合に比べて、自己相関係数が高かった（補足表 1-1）。BH 型の同時推定法を仮定した場合は、HS 型の同時推定法を仮定した場合と比べて親魚量が少ない場合に高い加入量が予測された（補足図 1-1）。過去に経験したことがない少ない親魚量において、加入尾数が保守的でない外挿値になっており、BH 型の同時推定法の使用は HS 型の同時推定法を用いる場合に比べてリスクが高いと考えられた。

HS 型再生産関係式を自己相関パラメータの同時推定法で最小二乗法により当てはめた場合の残差トレンドと自己相関プロットを補足図 1-2 に示す。HS 型再生産関係を仮定した場合、自己相関プロットの信頼区間に概ね収まっており、本資源については自己相関が解消されたと考えられた。なお、残差の時系列に着目すると、HS 型再生産関係を仮定した場合には近年の加入量がモデルからの予測値よりも低く、減少傾向にあると解釈された。再生産関係モデルに対する残差の正規性については、Shapiro-Wilk 検定および Kolmogorov-Smirnov 検定により検討したが有意な逸脱は検出されなかった（表 1、補足図 1-3）。

HS 型および BH 型の同時推定法により当てはめる上での個々のデータの影響をジャックナイフ法により検討した所、HS 型では推定値の頑健性に大きな問題が見られなかったが、BH 型ではデータの取り除きによって推定パラメータが大きく変化することが示された（補足図 1-4 および 1-5）。パラメータ推定の信頼区間は残差ブートストラップにより検討した（補足図 1-6 および 1-7）。また、HS 型および BH 型の同時推定法のプロファイル尤度を確認すると、HS 型では特段の問題は認められなかったが、BH 型ではパラメータの推定がやや不安定であることが示唆された（補足図 1-8）。その理由として、親魚量が低水準の際の観察データが少ないことが考えられた。これらの理由から、本資源の候補としては HS 型再生産関係式を用いることが適当と考えられる。再生産関係式と MSY 管理基準値案推定の感度試験を補足表 1-2 にまとめた。

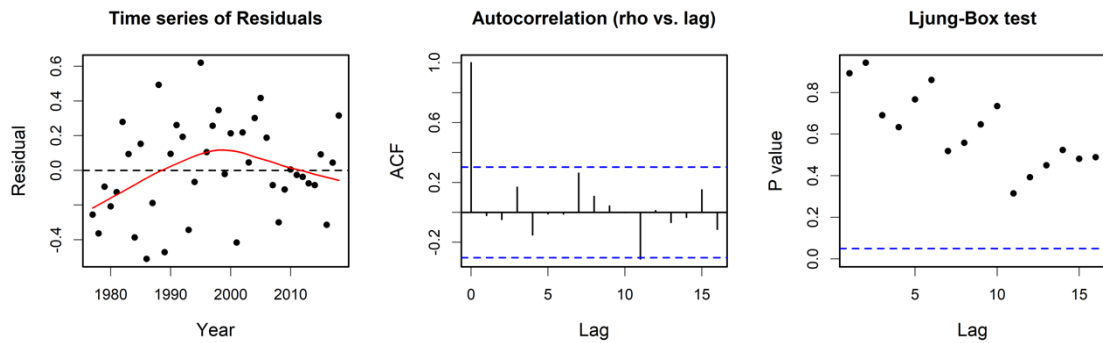
引用文献

- ABCWG (2020) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (令和 2 年度研究機関会議版). FRA-SA2020-ABCWG01-02.
- Beverton R. J. H., and S. J. Holt (1957) On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationary Office, London.
- Clark C. W., A. T. Charles, J. R. Beddington, and M. Mangel (1985) Optimal capacity decisions in a developing fishery. Mar. Resou. Econ., **2**, 25-53.
- Punt A, A. D. M. Smith, D. Smith, G. N. Tuck, and N. L. Klaer (2014) Selecting relative abundance proxies for BMSY and BMEY. ICES J. Mar. Sci., **71**, 469-483.
- Ricker W. E. (1954) Stock and recruitment. J. Fish. Res. Bd. Can., **11**, 559-623.



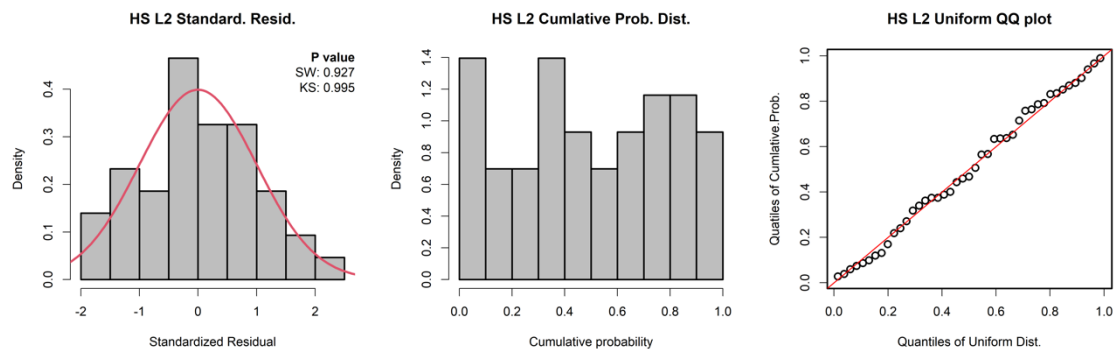
補足図 1-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケー・スティック型 (HS)、リッカー型 (RI)、ベバートン・ホルト型 (BH) の再生産関係式を、最小二乗法 (L2) により当てはめた。点は分析に使用した親魚量・加入尾数 (1977～2018 年) である。



補足図 1-2. ホッケー・スティック型再生産関係式を同時推定法で当てはめた場合の残差トレンド（左図）、自己相関プロット（中央図）、および Ljung-Box 検定における P 値（右図）

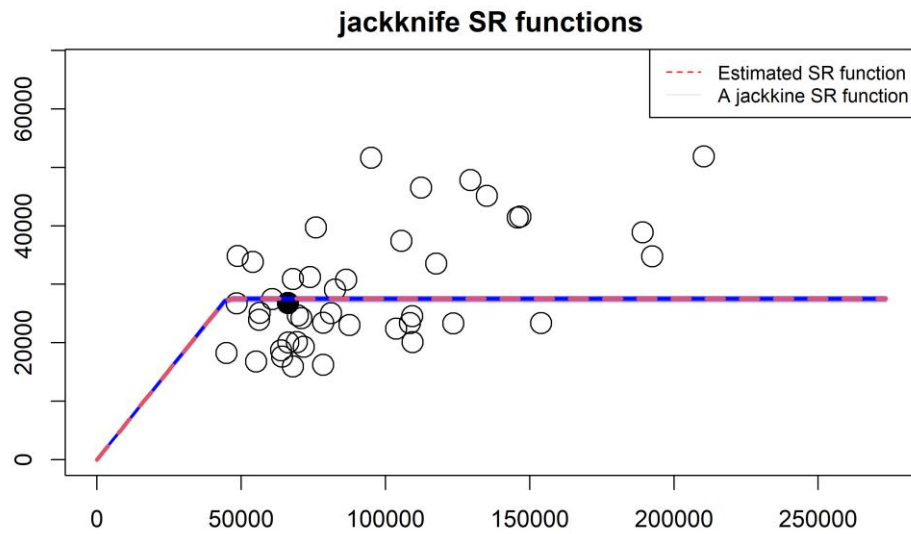
残差の時系列の図中の赤線は平滑化された曲線を示す。自己相関プロットの青色の点線は 95%信頼区間を示す。Ljung-Box 検定における P 値（縦軸）の青色の点線は 5%水準を表す。



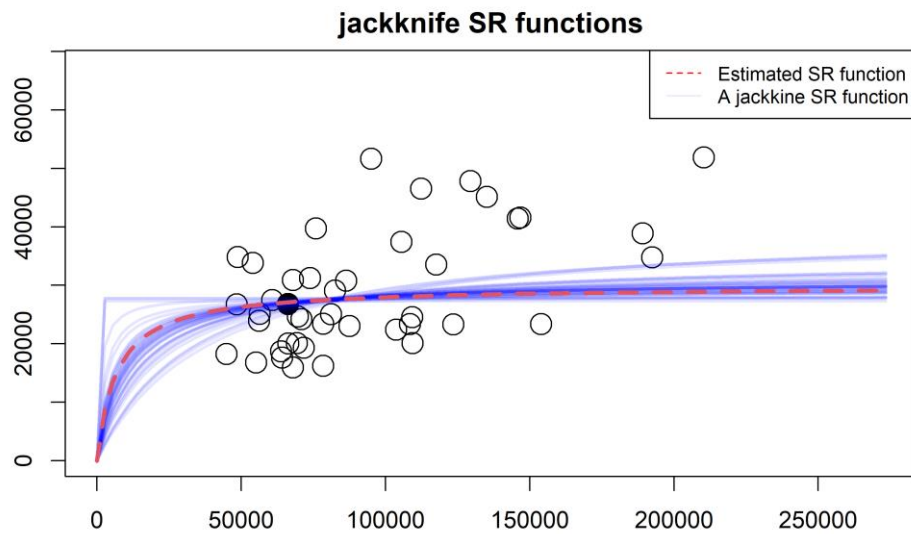
補足図 1-3. ホッケー・スティック型再生産関係式を同時推定法で当てはめた場合の標準化残差のヒストグラムと正規性テスト結果（左図）、残差の累積確率密度のヒストグラム（中央図）、および一様分布を仮定した QQ プロット（右図）

残差のヒストグラムの右上の数値は Shapiro-Wilk 検定 (SW) と Kolmogorov-Smirnov 検定 (KS) の結果である。どちらも、帰無仮説は「正規分布に従っている」である。QQ プロットの赤線は理論値を示している。

a) ホッケー・スティック型

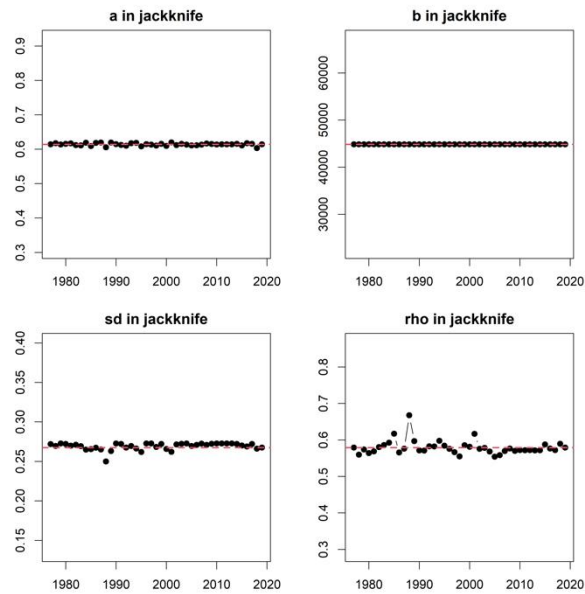


b) ベバートン・ホルト型

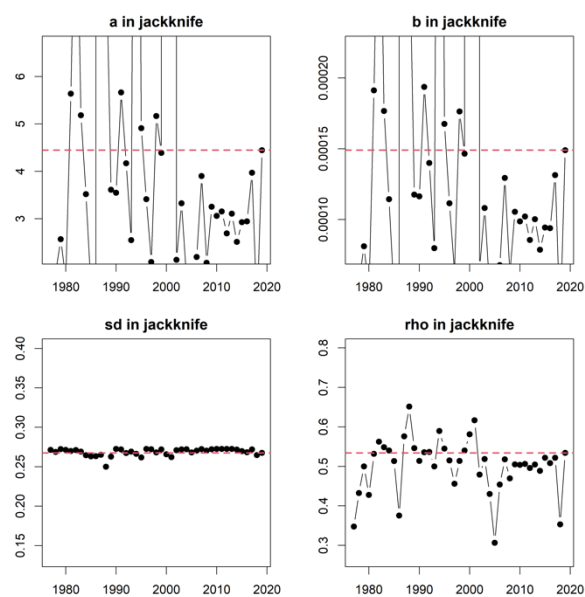


補足図 1-4. ホッケー・スティック型 (a) およびベバートン・ホルト型 (b) 再生産関係式を同時推定法で当てはめた場合のジャックナイフ解析での推定結果
赤線は全データでの推定値、青線は各年のデータを除外した場合の推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（百万尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（2018 年）を示す。

a) ホッケー・スティック型

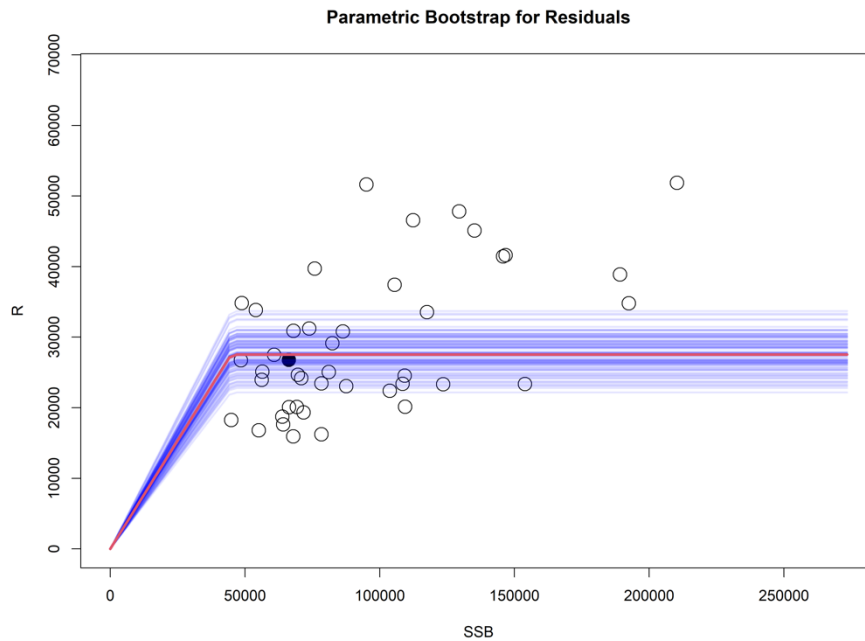


b) ベバートン・ホルト型

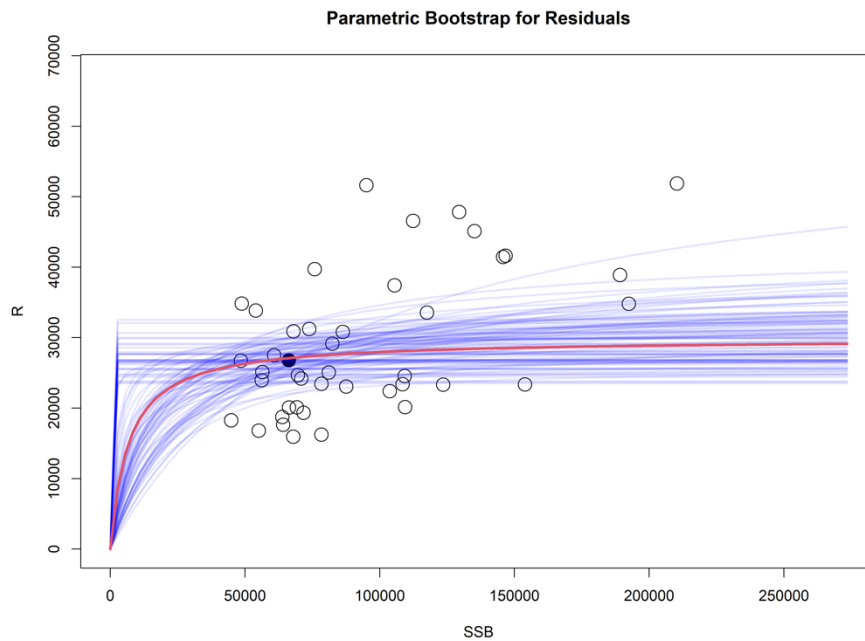


補足図 1-5. ホッケー・スティック型 (a) およびベバートン・ホルト型 (b) 再生産関係式を同時推定法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響

a) ホッケー・スティック型

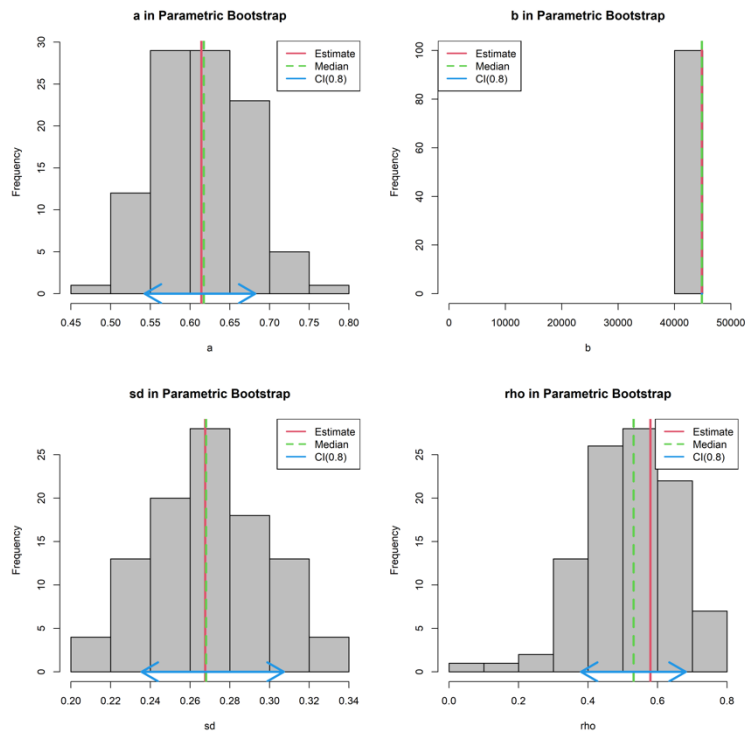


b) ベバートン・ホルト型

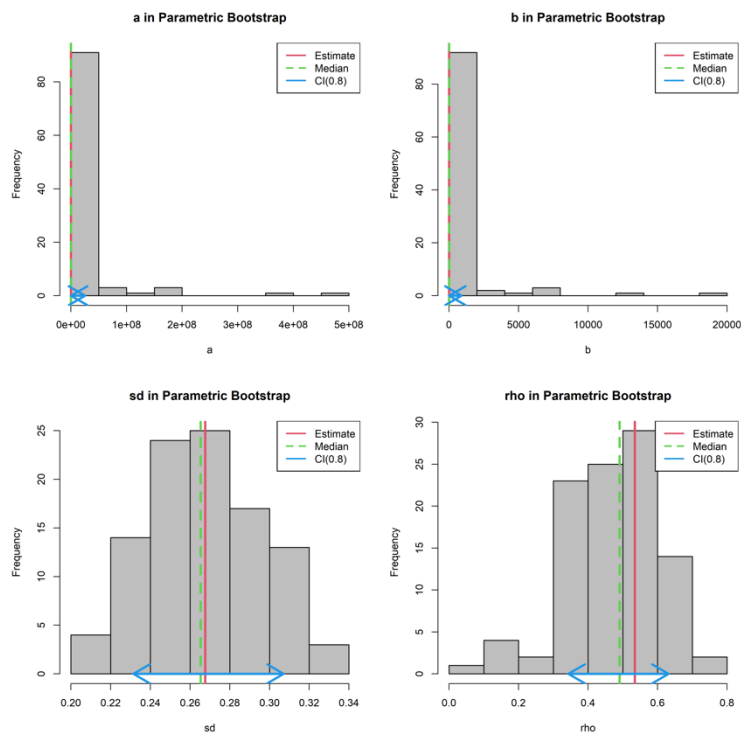


補足図 1-6. ホッケー・スティック型 (a) およびベバートン・ホルト型 (b) 再生産関係式を同時推定法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析の結果
赤線は元データでの推定値、青線はノンパラメトリックブートストラップでの推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（百万尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（2018 年）を示す。

a) ホッケー・スティック型



b) ベバートン・ホルト型



補足図 1-7. ホッケー・スティック型 (a) およびベバートン・ホルト型 (b) 再生産関係式を同時推定法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析での中央値（緑点線）と 80%信頼区間（青線）
赤線はパラメータの点推定値である。

補足表 1-1. MSY 管理基準値算出に使用した再生産関係式における各パラメータ推定値

再生産関係式	最適化法	自己 相関	推定 法	a	b	S.D.	ρ	R0	h	デー タ数
ホッケー・スティック (HS)	最小 二乗法	有	二段 階	0.362	9.41e+04	0.302	0.139	3.41e+04	0.591	42
ホッケー・スティック (HS)	最小 二乗法	有	同時	0.614	4.48e+04	0.268	0.579	2.75e+04	0.759	42
リッカー (RI)	最小 二乗法	有	二段 階	0.510	5.03e-06	0.280	0.202	3.64e+04	0.538	42
リッカー (RI)	最小 二乗法	有	同時	0.547	5.78e-06	0.282	0.245	3.35e+04	0.569	42
ベバートン・ホルト (BH)	最小 二乗法	有	二段 階	0.693	1.32e-05	0.272	0.242	4.14e+04	0.539	42
ベバートン・ホルト (BH)	最小 二乗法	有	同時	4.45	1.49e-04	0.268	0.534	2.89e+04	0.883	42

推奨する再生産関係式を太字とした。S.D.は加入のばらつきの大きさをあらわす指標で、対数残差の標準偏差 (Standard Deviation、平均二乗誤差の平方根) である。加入残差の自己相関を考慮した場合は、自己相関パラメータ ρ についても示した。R0 は SB0 のときの平均加入尾数、h (スティーブネス) は再生産関係の密度補償効果の程度を示す数値である。h は $0.2SB0$ になったときの R0 に対する加入の比と定義される。ただし、HS の場合は h を $1-HS$ の折れ点/SB0 として定義した (Punt 2014)。また h の計算に使った SB0 と R0 は決定論的な再生産関係をもとにしたときのものである。

補足表 1-2. 再生産関係式と MSY 管理基準値案推定の感度試験

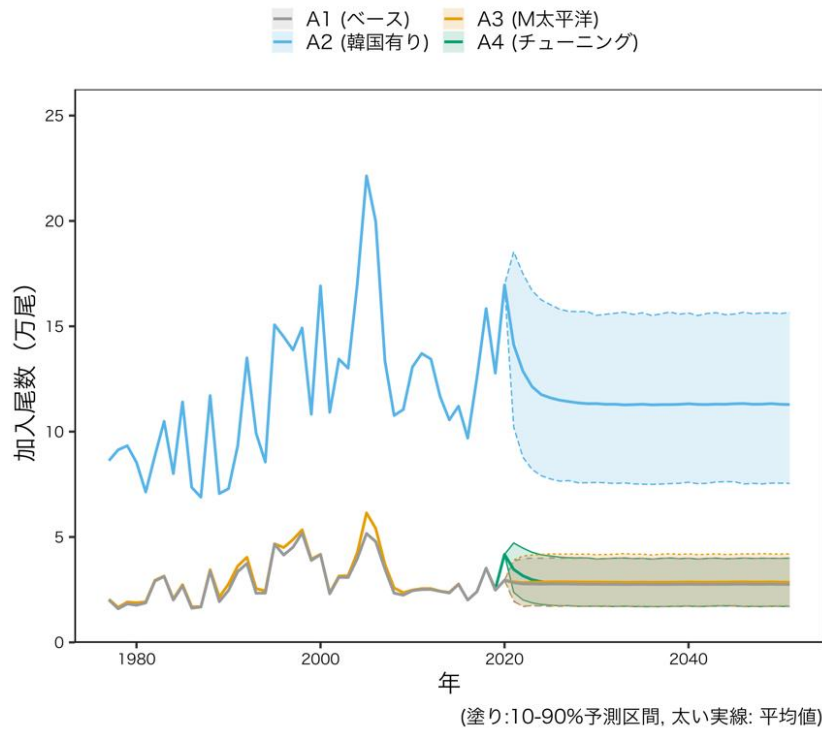
	BH 型(同時推定法)	HS 型(同時推定法)	BH 型(二段階法)
SBmsy	87 千トン	84 千トン	132 千トン
SB0.6msy	11 千トン	32 千トン	43 千トン
SB0.1msy	8 千トン	4 千トン	5 千トン
MSY	52 千トン	51 千トン	58 千トン
Umsy	0.320	0.326	0.260

仮定する再生産関係による MSY 管理基準値案の違いを把握するため、AICc に基づき当てはまりが良いと判断された 3 通りの再生産関係と最適化方法の組み合わせで、それぞれ MSY 管理基準値案を推定した。比較対象とした再生産関係と最適化方法の組み合わせは、HS 型再生産関係の同時推定法、BH 型再生産関係の同時推定法および二段階法をそれぞれ最小二乗法で当てはめた場合である。それぞれの再生産関係と最適化方法に基づき推定された MSY 管理基準値案を下表に示す。

補足資料 2 異なるシナリオのもとでの計算結果

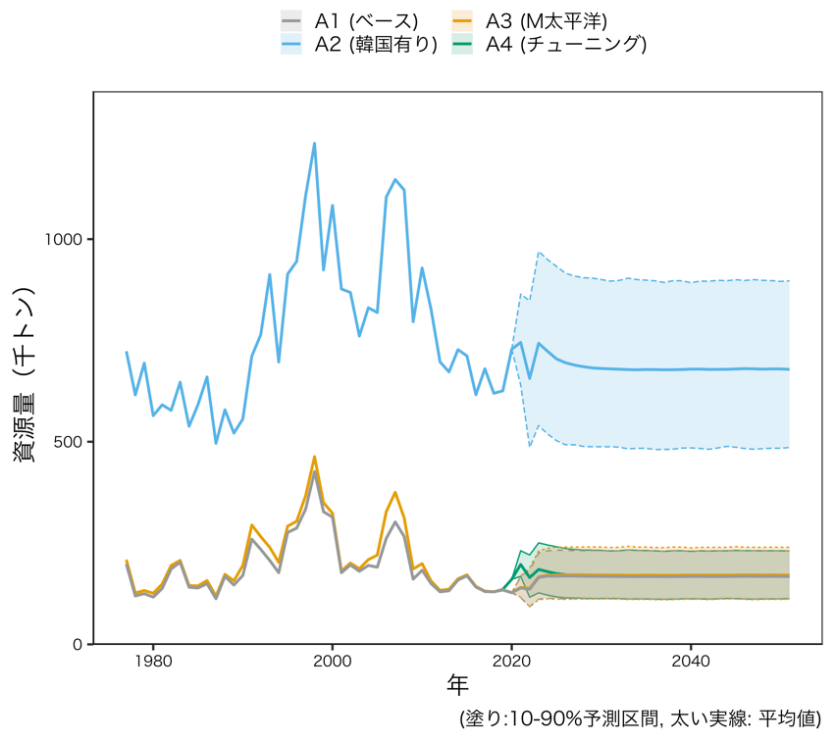
補足表 2-1 の通り、異なる条件下での資源評価及び将来予測を行った。各シナリオにおける管理基準値を補足表 2-2 にまとめた。また結果の概略を補足図 2-1（シラス無）と 2-2（シラス有）に示した。結果の詳細は補足資料 3～8 に示す。

(a) 加入尾数

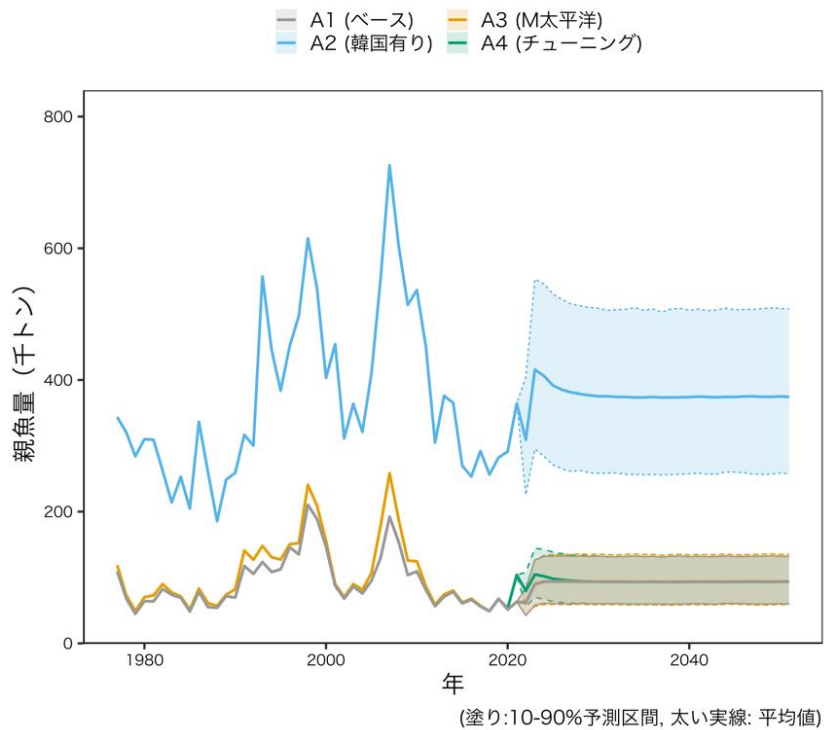


補足図 2-1. シラス無しのシナリオにおける (a) 加入尾数、(b) 資源量、(c) 親魚量、(d) 漁獲割合、(e) 漁獲量の変化。将来予測は $\beta=0.8$ の場合。

(b) 資源量

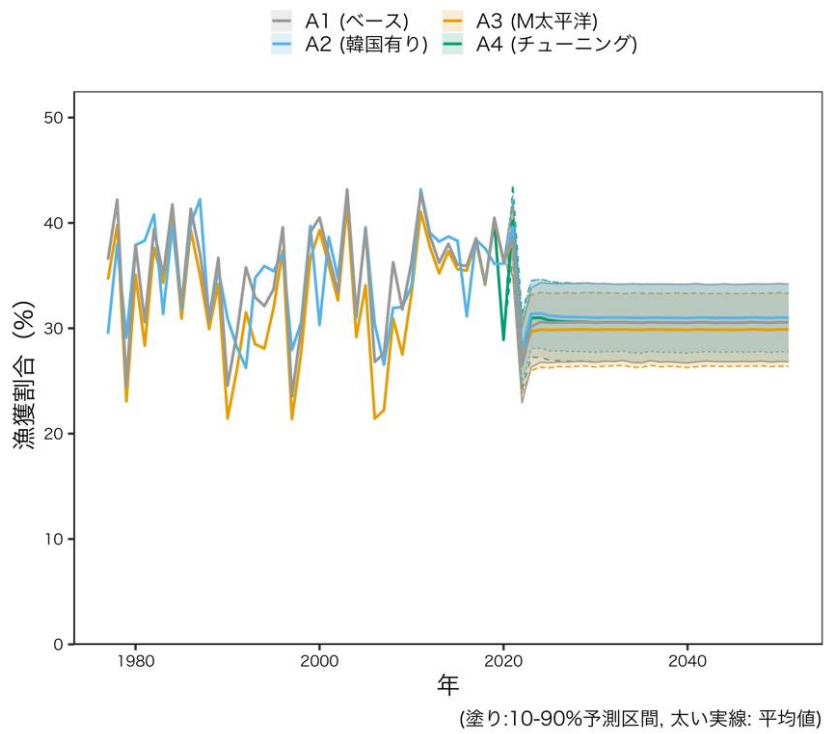


(c) 親魚量

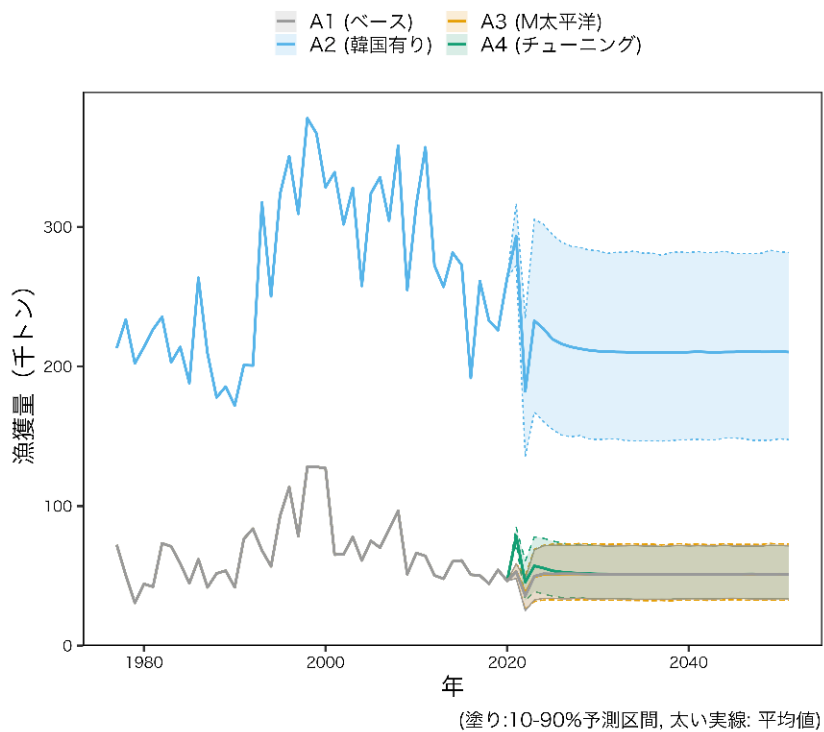


補足図 2-1. (続き)

(d) 漁獲割合

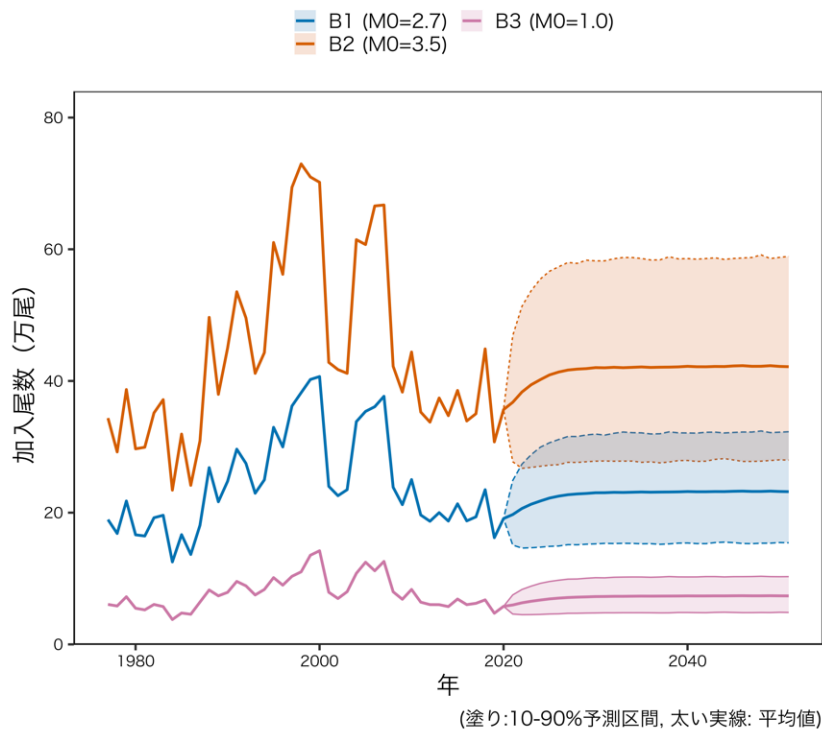


(e) 漁獲量

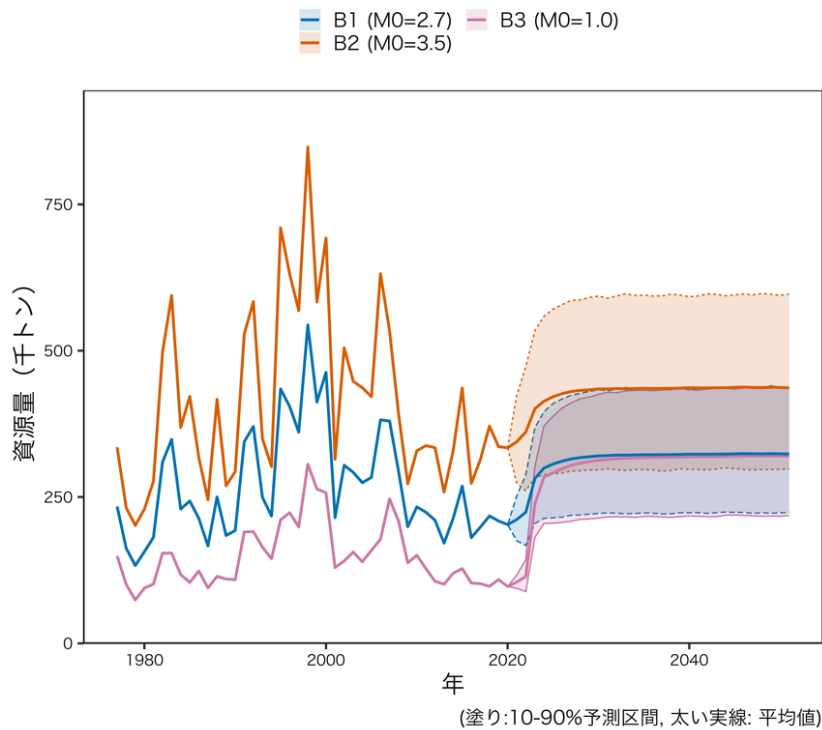


補足図 2-1. (続き)

(a) 加入尾数

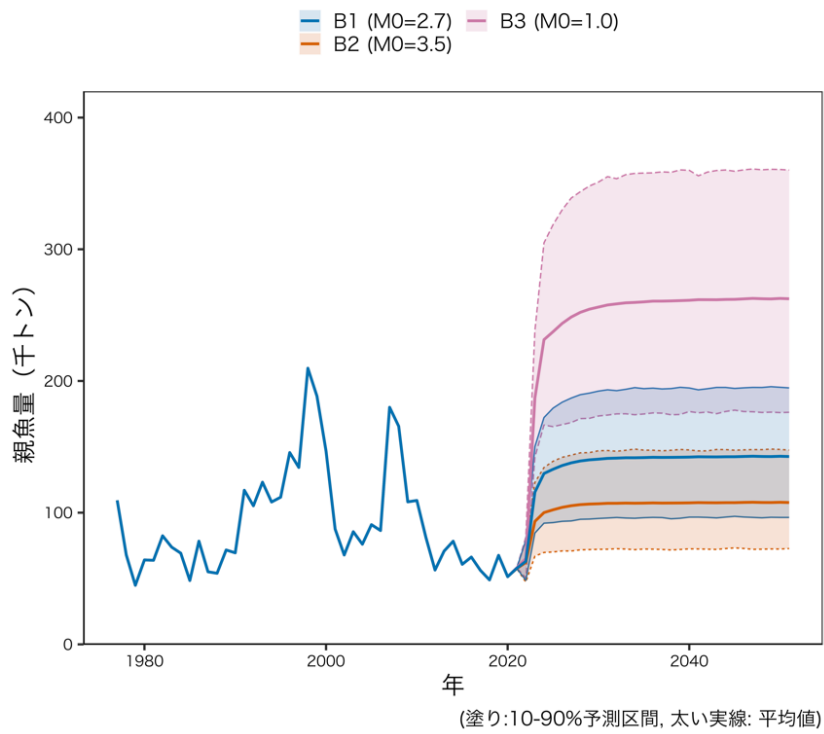


(b) 資源量

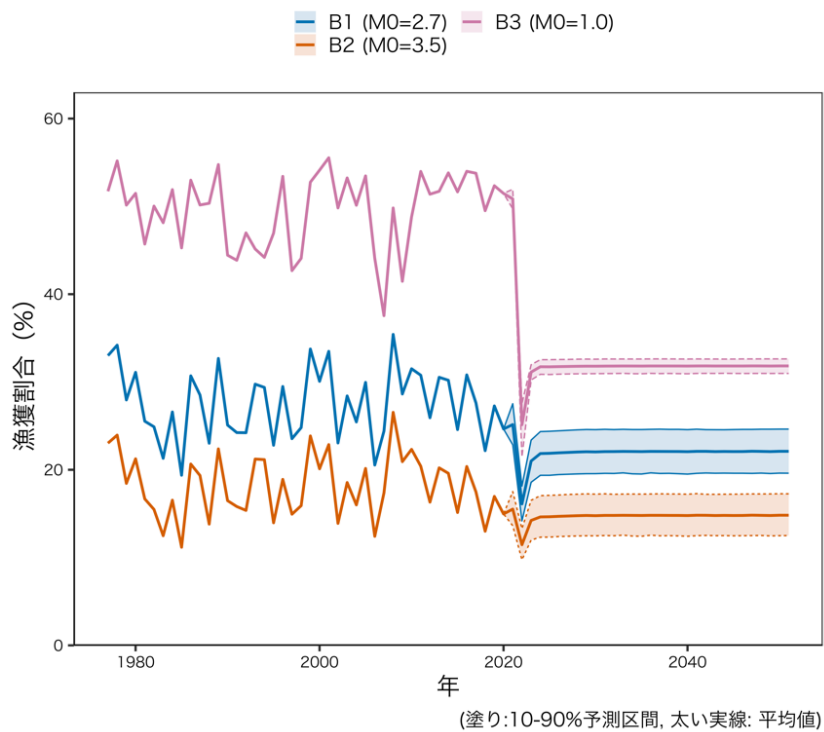


補足図 2-2. シラスありのシナリオにおける (a) 加入尾数、(b) 資源量、(c) 親魚量、(d) 漁獲割合、(e) 漁獲量の変化。将来予測は $\beta=0.8$ の場合。

(c) 親魚量

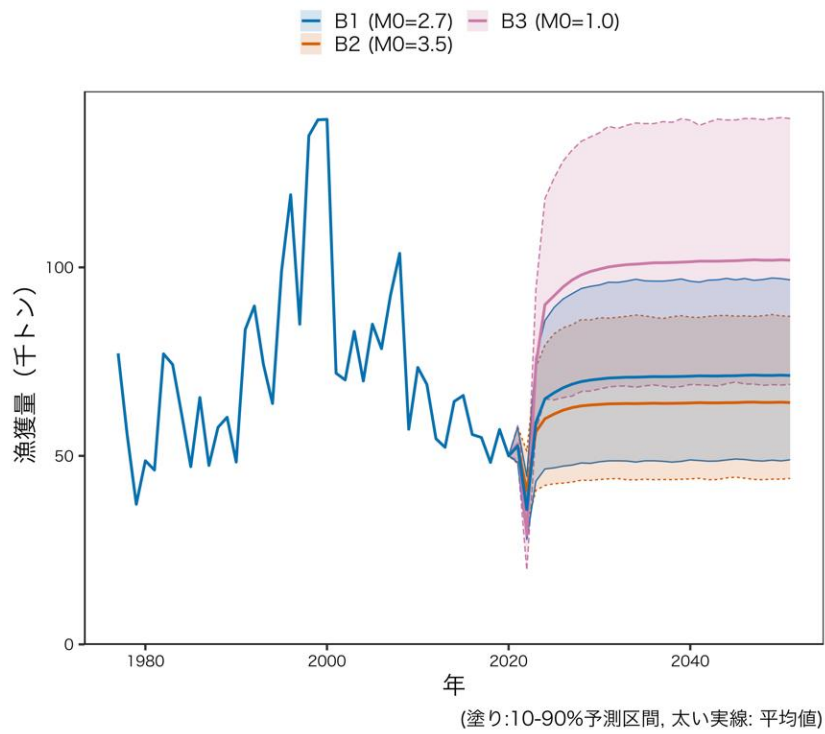


(d) 漁獲割合



補足図 2-2. (続き)

(e) 漁獲量



補足図 2-2. (続き)

補足表 2-1. 各シナリオの詳細

シナリオ	補足資料	シラスの有無	M(0 歳、1 歳、2 歳)	その他の条件	備考
A1*		無	1.0, 1.0, 1.0		ベースケース
A2*	5	無	1.0, 1.0, 1.0	韓国漁獲あり	
A3	6	無	1.0, 1.0, 1.6		太平洋系群の M
A4	8	無	1.0, 1.0, 1.0	チューニングあり	
B1*	3	有	2.7, 1.0, 1.0		
B2*	4	有	3.5, 1.0, 1.0		
B3	7	有	1.0, 1.0, 1.0		2020 年度までのベースケース

*シナリオ A1, A2, B1, B2 は研究機関会議資料（簡易版）として、令和 3 年 3 月に公表されたもの。

補足表 2-2. 各シナリオにおける管理基準値（いずれも再生産関係は HS 型自己相関同時推定の場合）

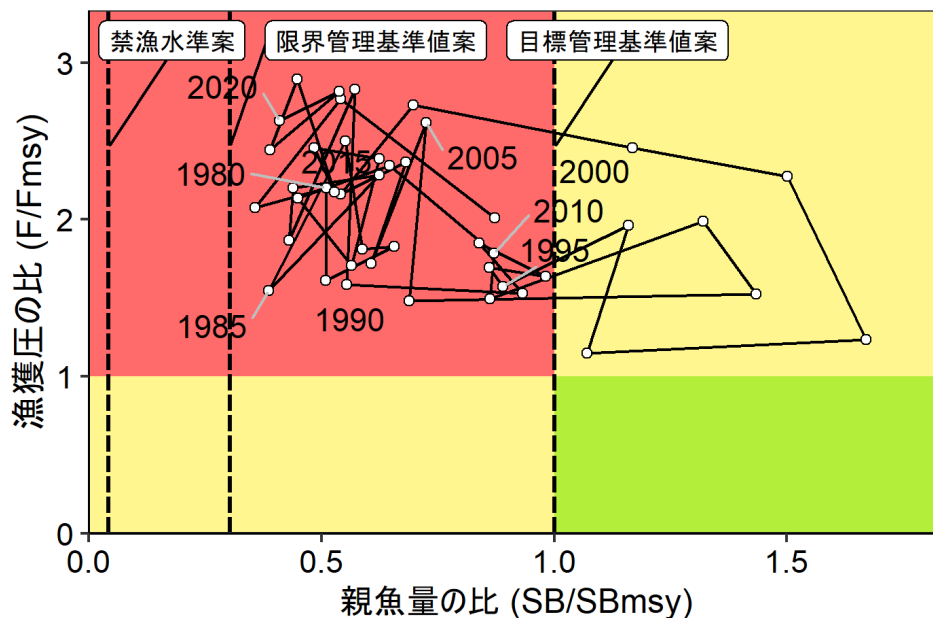
シナリオ	SBmsy	SB0.6msy	SB0.1msy	MSY	Umsy
A1	84 千トン	32 千トン	4 千トン	51 千トン	0.326
A2	337 千トン	128 千トン	18 千トン	211 千トン	0.330
A3	84 千トン	33 千トン	4 千トン	52 千トン	0.323
A4	A1 と同じとみなす				
B1	126 千トン	38 千トン	5 千トン	72 千トン	0.235
B2	95 千トン	32 千トン	4 千トン	64 千トン	0.152
B3	229 千トン	64 千トン	8 千トン	103 千トン	0.360

補足資料 3 シラス漁業を考慮し、かつ 0 歳魚の自然死亡係数の値を高く仮定した場合
($M_0=2.7$)

シラス漁業で漁獲された魚を 0 歳魚として取り込み、さらに 0 歳魚の M を 1.0 より高く仮定した場合の結果の概要を以下に示す（補足図 3-1、3-2、補足表 3-1、3-2、3-3）。このシナリオは令和 2 年度の資源評価（黒田ほか 2021）の補足資料で紹介されたものである。瀬戸内海系群の資源評価で用いられている 0 歳魚の月別 M の合計値から年間の M を 2.7 と仮定した。

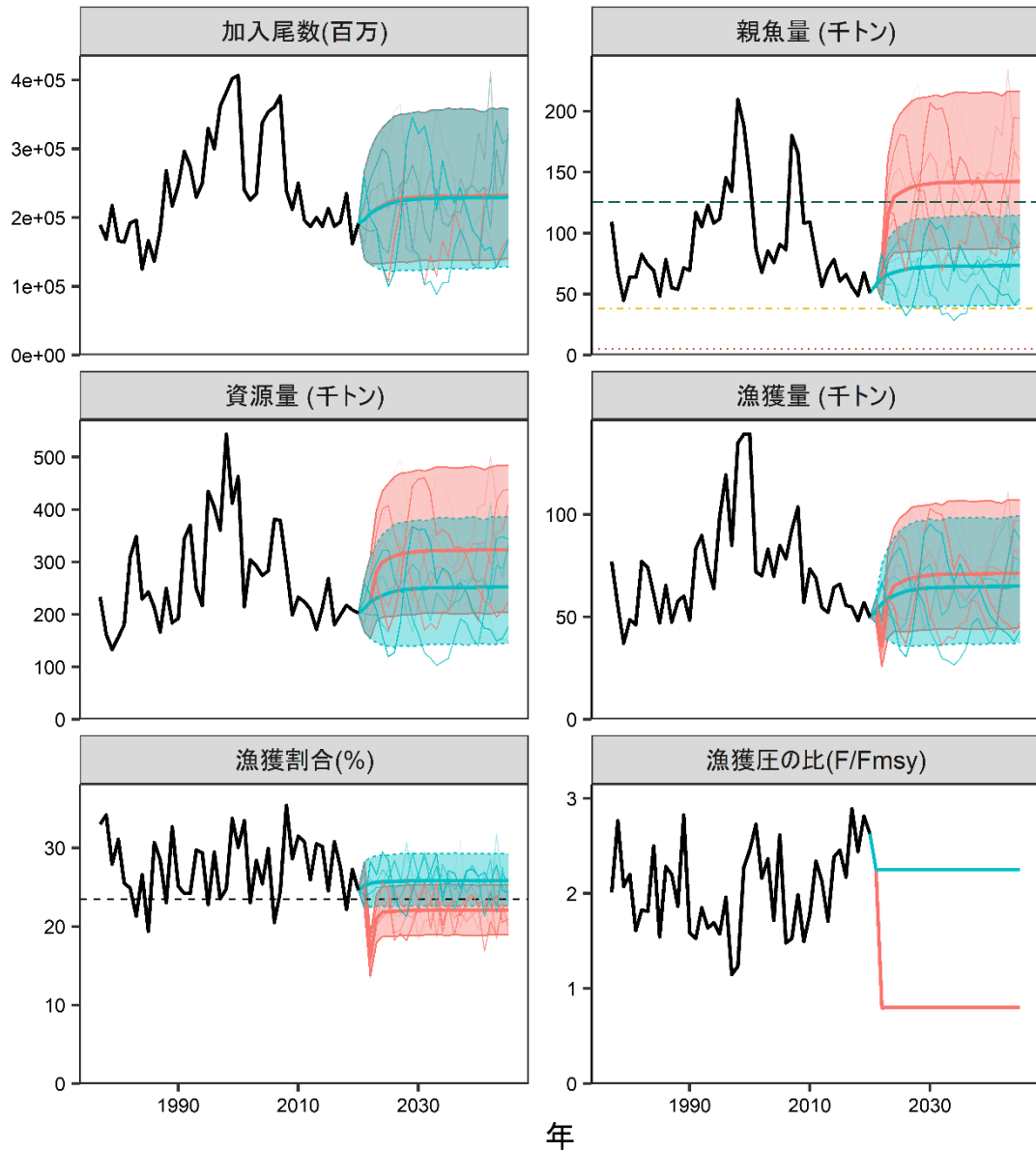
引用文献

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 (2021) 令和 2 (2020) 年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価. FRA-SA2020-RC01-1.



補足図 3-1. 神戸プロット

縦軸に漁獲圧の比を用いた場合の神戸プロットを示す。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。



(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)

補足図 3-2. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（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）の比較

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 3 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案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2020～2021 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（ $F_{2018-2020}$ ）により仮定し、2022 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（図 5）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

補足表 3-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	0	0	19	32	35	38	41	42	43	43	43	44	45	45
0.90	0	0	25	40	44	47	50	51	52	51	52	53	54	53
0.80	0	0	32	50	54	56	59	60	61	61	62	62	63	63
0.70	0	0	40	62	64	66	68	69	70	70	71	72	72	72
0.60	0	0	50	73	74	76	77	78	78	79	80	80	80	80
0.50	0	0	60	82	83	84	85	86	86	86	87	87	87	88
0.40	0	0	70	90	90	91	91	92	92	92	92	93	93	93
0.30	0	0	80	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96
0.20	0	0	88	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99	98
0.10	0	0	93	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0.00	0	0	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2018-2020	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-2. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	58	63	105	115	118	120	122	123	124	124	125	125	126	126
0.90	58	63	110	122	125	127	129	131	131	132	133	133	134	134
0.80	58	63	116	130	133	136	138	139	140	141	141	141	142	142
0.70	58	63	122	139	142	145	147	149	150	151	151	151	152	152
0.60	58	63	128	149	153	156	159	160	161	162	163	163	164	164
0.50	58	63	136	161	165	169	171	173	174	175	176	176	177	177
0.40	58	63	144	175	180	183	186	188	190	190	191	192	193	193
0.30	58	63	153	191	196	200	204	206	207	208	209	209	211	211
0.20	58	63	164	210	216	220	224	227	228	229	230	231	232	232
0.10	58	63	175	232	239	244	248	251	252	254	255	255	257	257
0.00	58	63	189	258	266	271	276	279	281	282	283	284	286	286
F2018-2020	58	63	66	68	69	70	71	72	72	72	73	73	73	73

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

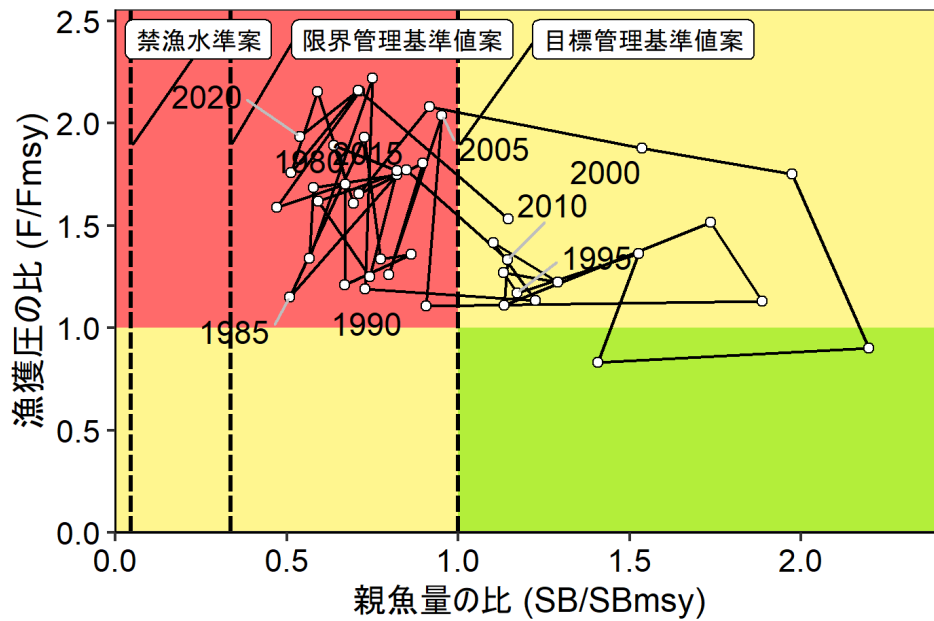
補足表 3-3. 将来の平均漁獲量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	53	40	61	66	68	69	70	70	71	71	71	71	72	72
0.90	53	38	60	66	67	69	70	70	71	71	71	71	72	72
0.80	53	36	59	65	67	68	69	70	70	70	71	71	71	71
0.70	53	33	57	64	66	67	68	69	69	69	69	70	70	70
0.60	53	30	54	62	64	65	66	66	67	67	67	67	68	68
0.50	53	26	50	59	60	62	63	63	64	64	64	64	65	65
0.40	53	22	45	54	56	57	58	58	59	59	59	59	60	60
0.30	53	18	38	47	48	49	50	51	51	51	51	52	52	52
0.20	53	13	29	37	38	39	39	40	40	40	40	40	41	41
0.10	53	7	17	22	22	23	23	23	24	24	24	24	24	24
0.00	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2020	53	57	59	60	62	63	63	64	64	64	64	64	65	65

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

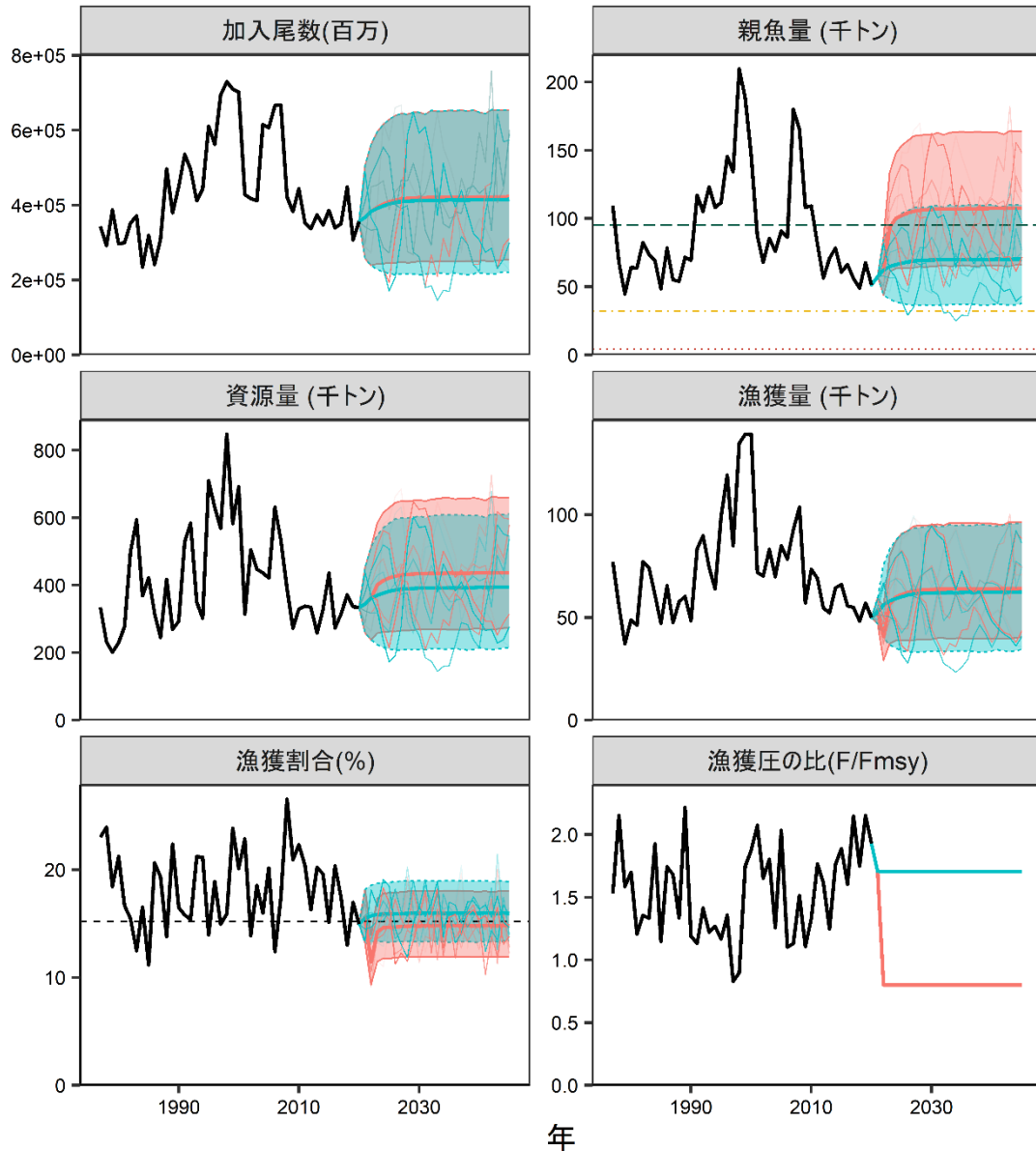
補足資料 4 シラス漁業を考慮し、かつ 0 歳魚の自然死亡係数の値を高く仮定した場合
($M_0=3.5$)

シラス漁業で漁獲された魚を 0 歳魚として取り込み、さらに 0 歳魚の M を 3.5 とさらに高く仮定した場合の結果の概要を以下に示す（補足図 4-1、4-2、補足表 4-1、4-2、4-3）。



補足図 4-1. 神戸プロット

縦軸に漁獲圧の比を用いた場合の神戸プロットを示す。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。



(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)

補足図 4-2. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（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）の比較

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 3 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案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2020～2021 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（ $F_{2018-2020}$ ）により仮定し、2022 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（図 5）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（％）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	0	1	27	35	37	40	43	43	44	43	44	45	45	45
0.90	0	1	34	42	46	48	50	51	52	51	52	52	53	53
0.80	0	1	42	52	55	57	59	60	61	60	61	61	62	61
0.70	0	1	51	63	64	66	68	69	69	70	70	71	71	70
0.60	0	1	61	73	74	76	77	78	78	79	79	79	80	79
0.50	0	1	72	83	84	85	85	86	86	86	87	87	87	87
0.40	0	1	81	91	91	91	92	92	92	93	93	93	93	93
0.30	0	1	89	96	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97
0.20	0	1	95	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0.10	0	1	98	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100
0.00	0	1	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2018-2020	0	1	5	7	9	10	11	11	12	12	12	12	12	12

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-2. 将来の平均親魚量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	58	62	85	89	91	93	94	94	95	95	95	95	96	96
0.90	58	62	89	94	96	98	99	100	100	100	101	101	101	101
0.80	58	62	93	100	102	104	105	106	107	107	107	107	108	108
0.70	58	62	99	107	109	111	113	113	114	114	115	115	115	115
0.60	58	62	105	115	118	120	121	122	123	123	123	123	124	124
0.50	58	62	111	125	128	130	132	133	133	133	134	134	135	135
0.40	58	62	119	136	140	142	144	145	146	146	147	147	147	147
0.30	58	62	129	151	154	157	159	160	161	162	162	162	163	163
0.20	58	62	139	168	172	175	177	179	180	180	181	181	182	182
0.10	58	62	152	189	194	197	200	202	203	203	204	204	205	205
0.00	58	62	168	215	221	225	228	230	231	232	233	233	234	234
F2018-2020	58	62	65	66	67	68	69	69	70	70	70	70	70	70

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-3. 将来の平均漁獲量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	53	45	58	60	62	63	63	64	64	64	64	64	64	64
0.90	53	43	57	60	61	62	63	64	64	64	64	64	64	64
0.80	53	41	56	60	61	62	63	63	63	64	64	64	64	64
0.70	53	38	55	59	60	61	62	63	63	63	63	63	63	63
0.60	53	35	53	58	59	60	61	61	62	62	62	62	62	62
0.50	53	31	50	56	57	58	59	59	59	60	60	60	60	60
0.40	53	27	46	52	53	54	55	55	56	56	56	56	56	56
0.30	53	22	40	47	48	48	49	49	50	50	50	50	50	50
0.20	53	16	32	37	38	39	39	40	40	40	40	40	40	40
0.10	53	8	19	23	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25
0.00	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2020	53	56	58	59	60	61	61	62	62	62	62	62	62	62

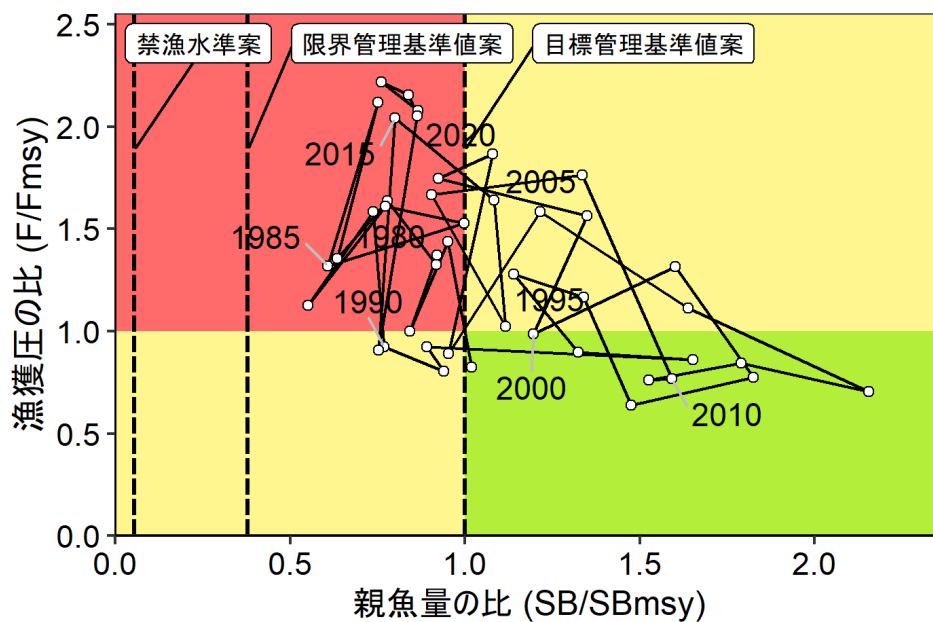
漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足資料5 シラスを考慮せず、韓国の漁獲を考慮した場合

カタクチイワシは東シナ海、日本海、黄海、渤海に広く分布し、日本だけでなく、韓国や中国などの漁船によって漁獲されている。黒田ほか（2021）によれば、中国で漁獲されるカタクチイワシは管理上、別系群と見なしても問題はないが、韓国の系群に関しては漁場の連続性などからも同一系群である可能性を否定することはできない。そこで、韓国の漁獲も加味した上で、資源評価を行った場合の結果の概要を以下に示す（補足図 5-1、5-2、補足表 5-1、5-2、5-3）。韓国の漁獲量は年間 20 万～30 万トンで、日本の 3～4 倍に相当する。なお、韓国の漁獲物の年齢組成に関する情報はないため、日本の年齢組成と同じと仮定した。

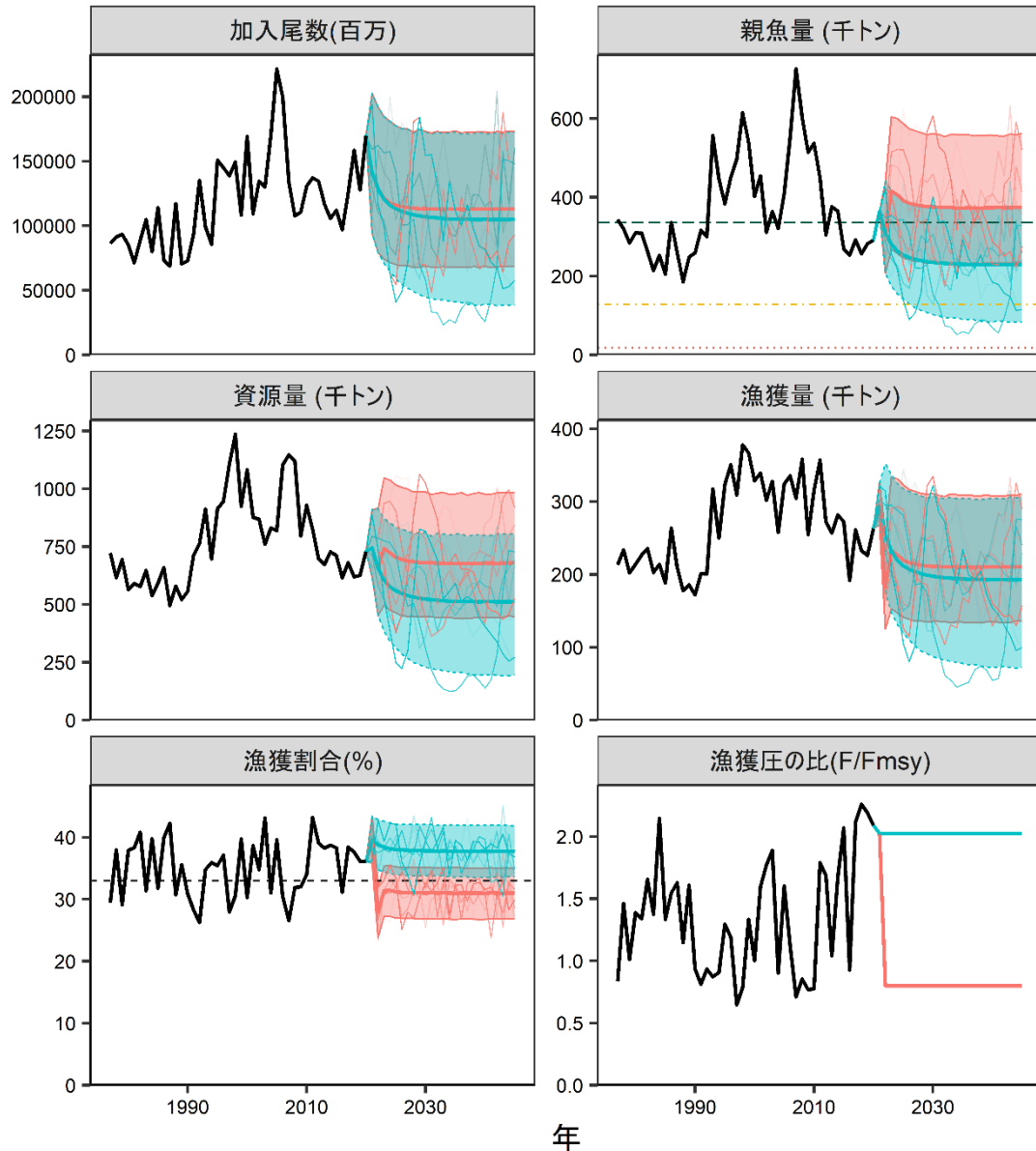
引用文献

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（2021）令和 2（2020）年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価. FRA-SA2020-RC01-1.



補足図 5-1. 神戸プロット

縦軸に漁獲圧の比を用いた場合の神戸プロットを示す。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ SBmsy、SB0.6msy、SB0.1msy を用いた。



(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)

補足図 5-2. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（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）の比較

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 3 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案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2020～2021 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2020）により仮定し、2022 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（図 5）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

補足表 5-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（％）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	100	31	64	57	52	49	49	47	47	45	46	45	45	45
0.90	100	31	70	65	59	57	55	54	54	52	53	53	53	52
0.80	100	31	77	73	67	64	63	62	62	60	61	61	61	60
0.70	100	31	83	80	75	73	71	71	70	69	70	70	69	69
0.60	100	31	89	87	83	81	80	79	78	78	78	78	78	77
0.50	100	31	93	93	90	88	87	87	86	86	86	86	86	86
0.40	100	31	96	96	95	94	92	93	92	92	92	92	92	92
0.30	100	31	98	99	98	97	97	97	96	96	96	96	96	96
0.20	100	31	99	100	99	99	99	99	99	99	99	99	99	98
0.10	100	31	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	31	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2018-2020	100	31	21	16	13	12	11	11	11	11	10	10	10	10

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 5-2. 将来の平均親魚量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	364	309	380	366	353	348	344	342	340	339	339	338	338	338
0.90	364	309	397	384	371	365	361	359	357	356	356	355	355	354
0.80	364	309	416	406	392	385	381	379	377	375	375	374	374	374
0.70	364	309	438	432	416	409	405	402	400	398	398	397	397	397
0.60	364	309	463	462	445	437	432	430	427	426	425	425	424	424
0.50	364	309	493	499	480	471	466	463	460	459	458	457	457	457
0.40	364	309	528	544	522	512	506	503	500	498	498	497	497	496
0.30	364	309	569	598	573	562	556	552	549	546	546	545	545	544
0.20	364	309	619	664	636	623	616	611	608	605	605	604	603	603
0.10	364	309	678	746	713	697	690	684	681	678	677	676	676	675
0.00	364	309	749	846	808	790	781	775	770	767	766	765	764	763
F2018-2020	364	309	281	264	253	247	243	240	237	235	234	232	229	228

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

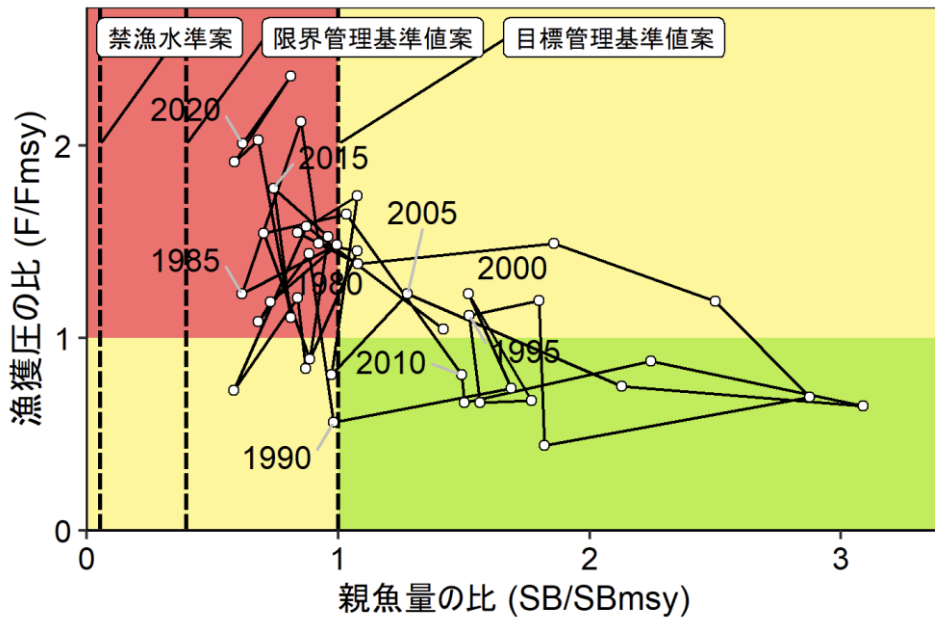
補足表 5-3. 将来の平均漁獲量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	293	201	237	228	221	218	216	214	213	212	212	212	212	212
0.90	293	192	235	228	221	217	215	214	213	212	212	212	211	211
0.80	293	182	233	227	220	216	214	213	212	211	211	210	210	210
0.70	293	170	228	225	217	214	212	210	209	209	208	208	208	208
0.60	293	157	222	221	213	209	207	206	205	204	204	204	203	203
0.50	293	141	211	213	205	202	200	198	197	197	196	196	196	196
0.40	293	121	195	200	192	189	187	186	185	184	184	184	183	183
0.30	293	99	171	179	172	168	166	165	164	164	164	163	163	163
0.20	293	72	135	144	138	135	134	133	132	132	131	131	131	131
0.10	293	39	81	88	85	83	82	81	81	80	80	80	80	80
0.00	293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2020	293	254	233	219	212	207	204	201	199	198	197	196	193	192

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

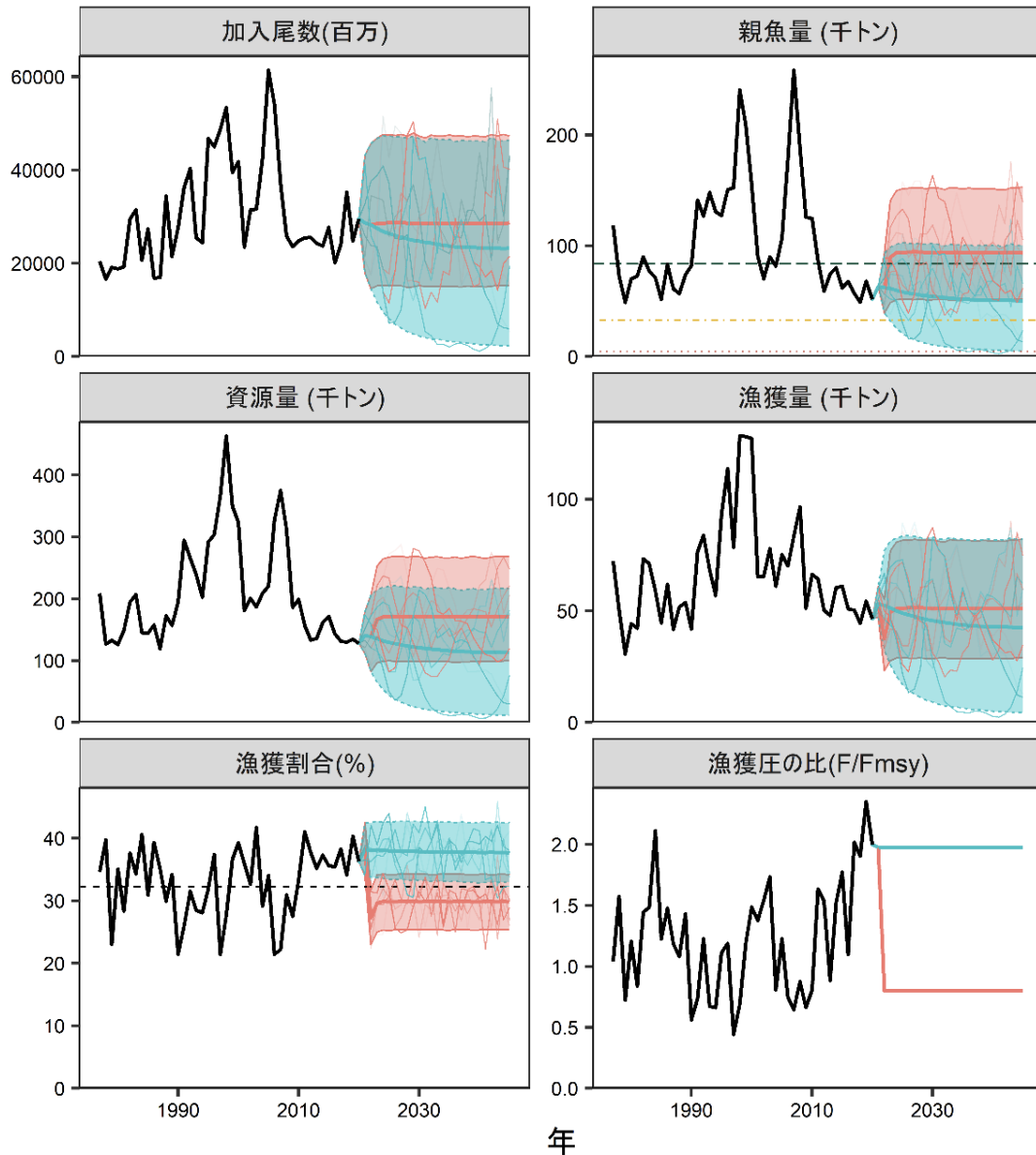
補足資料 6 シラスを考慮せず、太平洋系群の少し高めの M (1.0, 1.0, 1.6) を仮定した場合

太平洋系群の資源評価では 2 歳魚の M は若齢魚に比べて少し高く仮定されている。太平洋系群の M を仮定した場合の結果の概要を以下に示す (補足図 6-1、6-2、補足表 6-1、6-2、6-3)。なお、太平洋系群は最高齢を 3 歳としている (対馬暖流系群は 2 歳)。



補足図 6-1. 神戸プロット

縦軸に漁獲圧の比を用いた場合の神戸プロットを示す。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。



(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)

補足図 6-2. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（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）の比較

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 3 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案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2020～2021 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（ $F_{2018-2020}$ ）により仮定し、2022 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（図 5）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

補足表 6-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（％）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	0	11	43	45	45	45	46	46	46	45	46	45	45	45
0.90	0	11	48	51	51	52	53	52	52	51	52	51	51	51
0.80	0	11	54	58	58	58	59	59	59	58	58	59	59	58
0.70	0	11	60	66	66	66	66	66	66	65	66	66	66	65
0.60	0	11	67	74	73	73	74	74	74	73	74	74	74	73
0.50	0	11	74	81	81	81	81	82	81	81	81	81	81	81
0.40	0	11	81	88	88	88	87	88	88	88	88	88	88	88
0.30	0	11	87	93	93	93	92	93	93	93	93	93	93	93
0.20	0	11	91	96	97	97	96	96	96	96	96	97	97	96
0.10	0	11	95	98	99	99	99	98	98	98	98	98	99	98
0.00	0	11	97	99	100	100	100	99	99	99	99	99	100	99
F2018-2020	0	11	13	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	12

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 6-2. 将来の平均親魚量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	63	62	82	84	84	85	85	85	85	84	84	84	84	84
0.90	63	62	86	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
0.80	63	62	90	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
0.70	63	62	94	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60	63	62	99	106	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
0.50	63	62	106	115	115	116	116	116	116	115	115	115	115	115
0.40	63	62	113	125	125	126	126	126	126	126	126	125	125	125
0.30	63	62	122	137	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138
0.20	63	62	132	152	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
0.10	63	62	144	170	171	171	172	172	172	171	171	171	171	171
0.00	63	62	159	192	194	194	195	195	195	194	194	194	194	194
F2018-2020	63	62	61	60	58	57	57	56	55	54	54	53	51	50

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

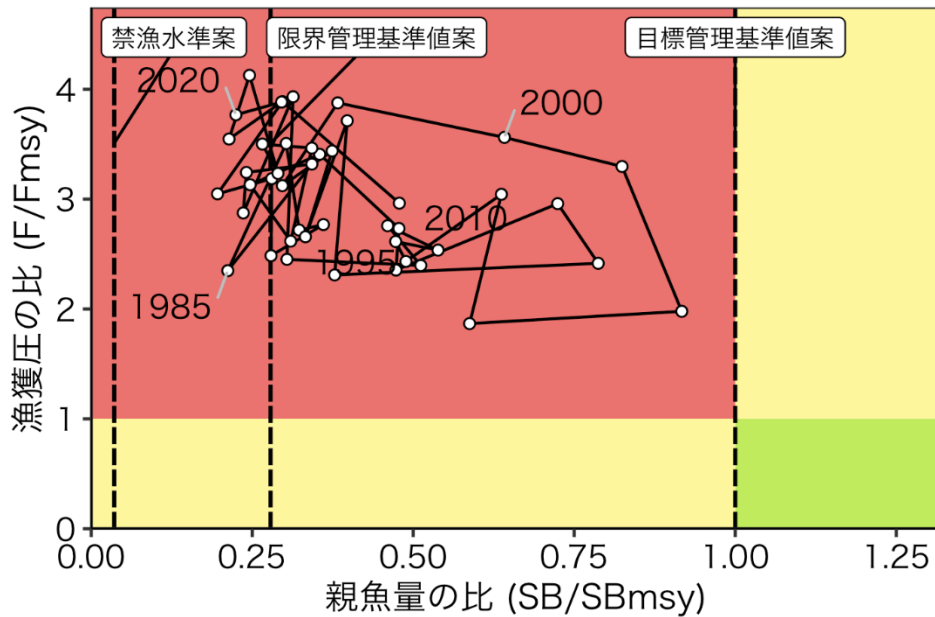
補足表 6-3. 将来の平均漁獲量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	53	41	51	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
0.90	53	40	50	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
0.80	53	37	49	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
0.70	53	35	48	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
0.60	53	32	46	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
0.50	53	29	44	46	46	47	47	47	47	46	46	46	46	46
0.40	53	25	40	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
0.30	53	20	34	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
0.20	53	15	27	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
0.10	53	8	16	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
0.00	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2020	53	52	51	50	49	48	47	47	46	46	45	45	43	42

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

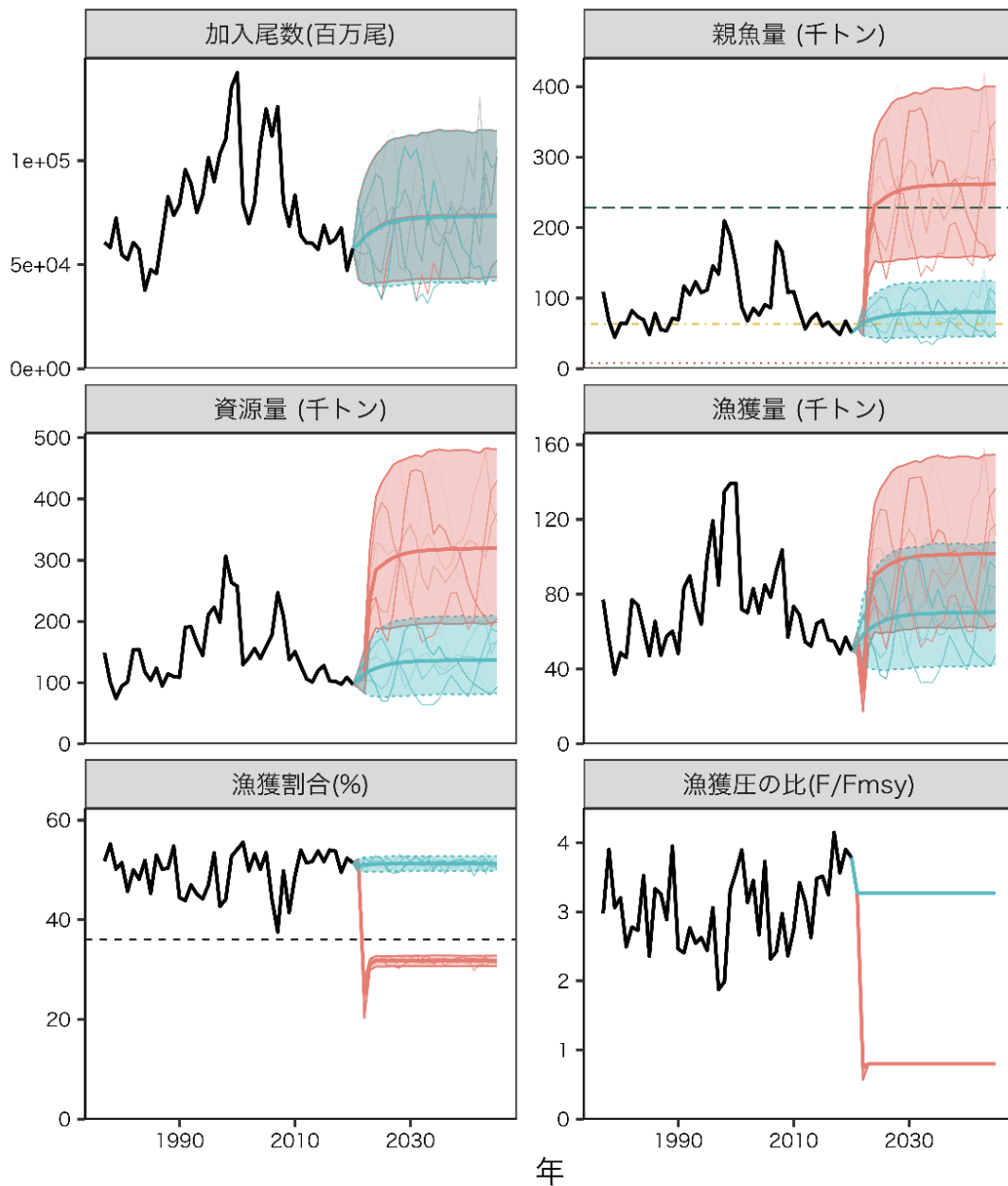
補足資料 7 シラスを考慮し、0 歳魚の M が低い (1.0, 1.0, 1.0) と仮定した場合

シナリオ B1 (補足資料 3) や B2 (補足資料 4) と比較して、0 歳魚の M が低く、シラス無の場合と同じ値と仮定した場合の結果の概要を以下に示す (補足図 7-1、7-2、補足表 7-1、7-2、7-3)。なお、2020 年度資源評価まではこのシナリオをベースケースとして扱っていた。



補足図 7-1. 神戸プロット

縦軸に漁獲圧の比を用いた場合の神戸プロットを示す。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。



(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)

補足図 7-2. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（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）の比較

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3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案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2020～2021年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2020）により仮定し、2022年以降の漁獲は漁獲管理規則案（図5）に従うものとした。調整係数 β には0.8を用いた。

補足表 7-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	0	0	7	27	31	35	38	40	41	42	42	43	45	45
0.90	0	0	10	37	40	44	47	49	51	51	52	52	55	54
0.80	0	0	14	47	51	54	57	59	60	61	61	62	64	64
0.70	0	0	19	59	61	64	67	68	69	70	71	71	73	73
0.60	0	0	25	70	72	74	76	77	78	78	79	80	81	81
0.50	0	0	33	80	81	82	84	85	85	86	87	86	87	88
0.40	0	0	42	88	88	89	90	91	91	91	92	92	92	92
0.30	0	0	50	94	93	94	94	94	95	95	95	96	96	96
0.20	0	0	60	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98
0.10	0	0	68	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0.00	0	0	76	99	99	99	99	99	99	99	100	99	100	100
F2018-2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 7-2. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	58	65	172	203	208	214	218	221	223	224	226	227	229	230
0.90	58	65	179	217	222	228	232	236	238	239	241	242	245	245
0.80	58	65	187	231	237	244	249	252	255	256	258	259	262	262
0.70	58	65	196	248	254	261	266	270	273	275	276	277	281	281
0.60	58	65	204	266	273	281	286	291	293	295	297	298	302	302
0.50	58	65	214	287	295	303	309	313	316	318	320	322	326	326
0.40	58	65	224	310	319	327	334	339	342	344	347	348	352	353
0.30	58	65	235	335	345	355	362	367	371	374	376	377	382	383
0.20	58	65	246	364	376	386	394	400	404	407	409	411	416	416
0.10	58	65	259	397	410	421	430	436	441	444	446	448	454	455
0.00	58	65	272	434	448	460	470	477	483	486	489	491	497	498
F2018-2020	58	65	69	71	73	75	76	77	78	78	79	79	80	80

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

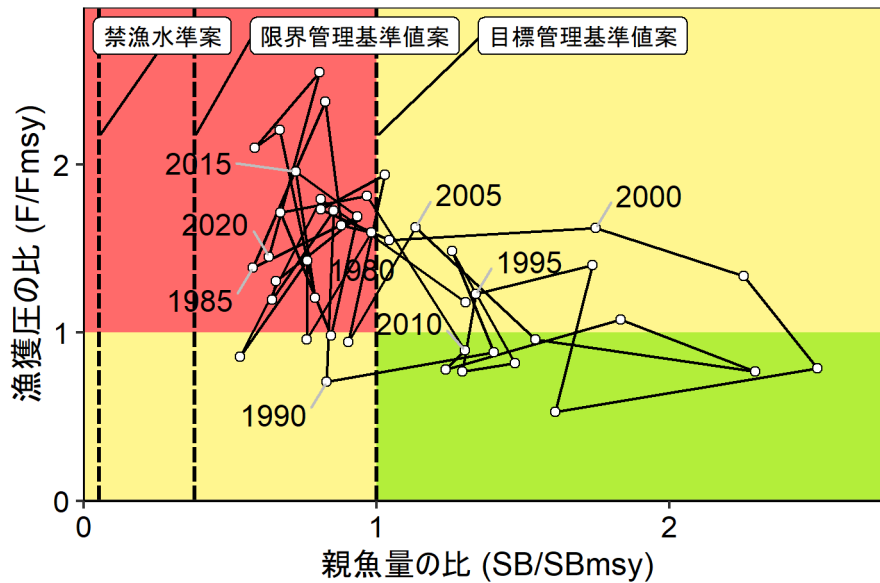
補足表 7-3. 将来の平均漁獲量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	53	34	79	92	94	96	98	100	100	101	102	102	103	103
0.90	53	31	77	91	94	96	98	99	100	101	101	102	103	103
0.80	53	29	74	90	92	95	97	98	99	100	100	100	102	102
0.70	53	26	71	88	90	93	94	96	97	97	98	98	99	99
0.60	53	24	66	84	87	89	91	92	93	93	94	94	95	96
0.50	53	20	60	79	81	83	85	86	87	88	88	88	90	90
0.40	53	17	53	71	73	75	77	78	79	79	80	80	81	81
0.30	53	13	43	61	62	64	65	66	67	67	68	68	69	69
0.20	53	9	32	46	47	49	50	50	51	51	52	52	52	53
0.10	53	5	18	26	27	28	28	29	29	29	30	30	30	30
0.00	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2020	53	58	61	63	65	66	67	68	69	69	69	69	70	70

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

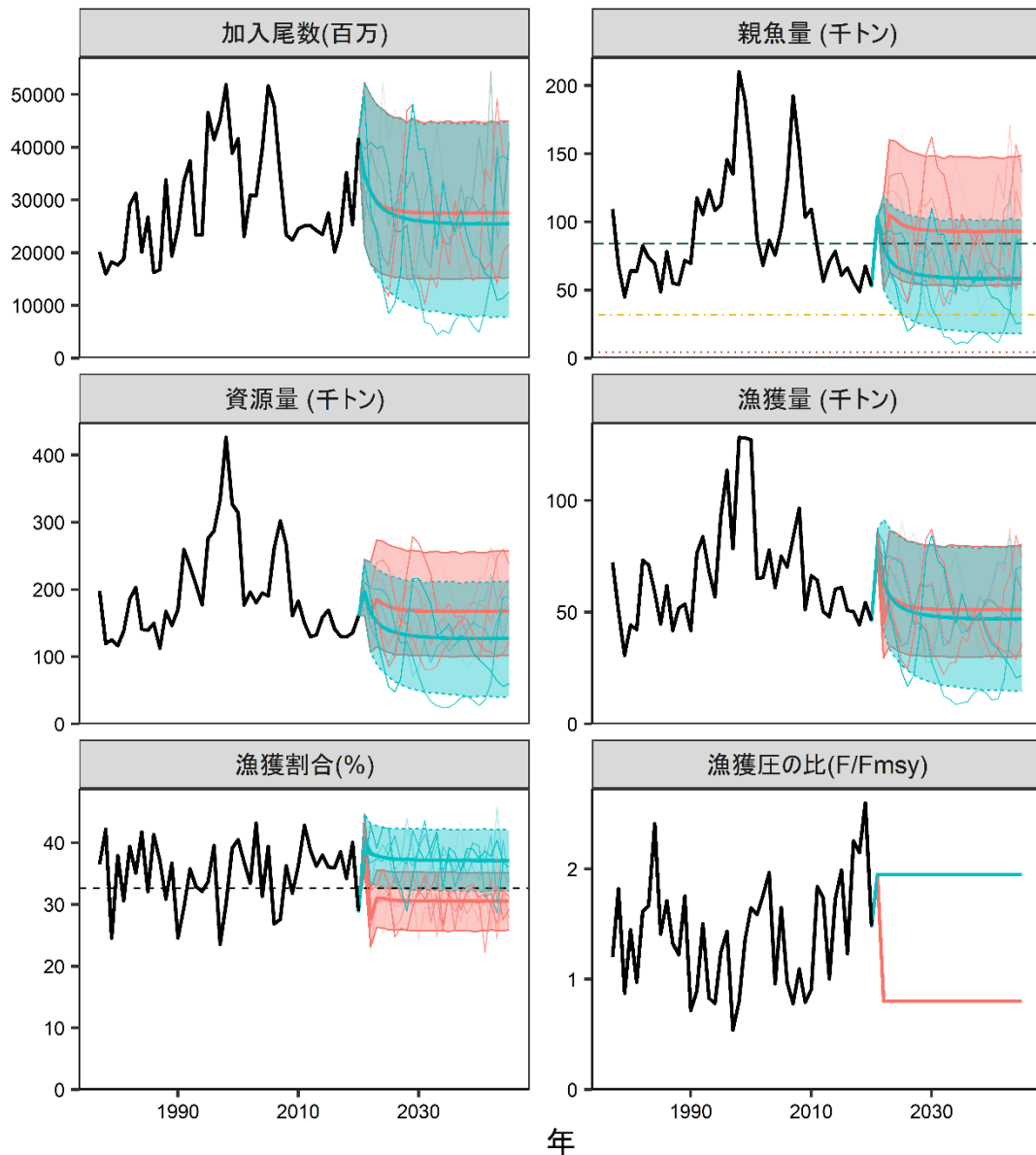
補足資料 8 シラスを考慮せず、資源量指標値を用いた資源評価（チューニングあり）の場合

長崎県中小型まき網 CPUE と産卵量に基づく資源量指標値を用いた場合の結果の概要を以下に示す（補足図 8-1、8-2、補足表 8-1、8-2、8-3）。最近年を除けば、親魚量と加入量はチューニングをしないベースケースとほぼ同じであるため、管理基準値はベースケースと同じとみなした。



補足図 8-1. 神戸プロット

縦軸に漁獲圧の比を用いた場合の神戸プロットを示す。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。



(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)

補足図 8-2. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（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）の比較

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 3 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案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2020～2021 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（ $F_{2018-2020}$ ）により仮定し、2022 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（図 5）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

補足表 8-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	100	37	62	55	50	48	48	47	46	44	45	45	45	44
0.90	100	37	68	62	57	55	54	52	52	51	51	51	51	50
0.80	100	37	74	69	64	61	61	59	59	58	59	58	58	57
0.70	100	37	80	76	71	69	68	67	66	65	66	66	66	65
0.60	100	37	85	83	79	76	75	75	74	74	74	74	73	73
0.50	100	37	90	89	86	83	82	82	82	81	81	81	81	80
0.40	100	37	94	94	91	90	89	89	88	88	88	88	87	88
0.30	100	37	97	97	95	94	93	93	93	93	93	93	93	93
0.20	100	37	99	99	98	97	97	97	96	97	97	97	96	96
0.10	100	37	99	100	99	99	99	99	98	98	98	98	99	98
0.00	100	37	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	100	99
F2018-2020	100	37	26	21	18	17	16	15	15	14	14	14	14	14

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 8-2. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	104	80	96	92	89	87	86	86	85	85	85	84	84	84
0.90	104	80	100	96	93	91	90	90	89	89	89	88	88	88
0.80	104	80	105	102	98	96	95	95	94	94	94	93	93	93
0.70	104	80	110	108	104	102	101	100	100	99	99	99	99	99
0.60	104	80	117	116	111	109	108	107	106	106	106	106	106	106
0.50	104	80	124	125	120	117	116	115	115	114	114	114	114	113
0.40	104	80	133	135	130	127	126	125	124	124	123	123	123	123
0.30	104	80	143	149	142	139	138	137	136	135	135	135	135	134
0.20	104	80	155	164	157	154	152	151	150	149	149	149	149	148
0.10	104	80	170	184	176	172	170	168	167	166	166	166	166	165
0.00	104	80	187	207	198	193	191	189	188	187	187	187	187	186
F2018-2020	104	80	72	68	65	63	62	61	61	60	60	59	58	58

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 8-3. 将来の平均漁獲量の推移（万トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.00	79	50	58	56	54	53	53	52	52	52	52	52	52	52
0.90	79	48	58	56	54	53	53	52	52	52	52	52	51	51
0.80	79	46	57	56	54	53	52	52	52	51	51	51	51	51
0.70	79	43	56	55	53	52	52	51	51	51	51	51	50	50
0.60	79	39	54	54	52	51	50	50	50	49	49	49	49	49
0.50	79	35	52	52	50	49	48	48	48	48	47	47	47	47
0.40	79	30	48	48	46	46	45	45	45	44	44	44	44	44
0.30	79	24	42	43	41	40	40	40	39	39	39	39	39	39
0.20	79	18	33	34	33	32	32	32	31	31	31	31	31	31
0.10	79	10	19	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19
0.00	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2020	79	63	57	54	52	51	50	49	49	48	48	48	47	47

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年は F2018-2020 で漁獲し、2022 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため F2018-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。