

令和3（2021）年度マダイ日本海西部・東シナ海系群の 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 企画調整部門

要 約

令和3年度の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。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1986～2019年の親魚量と加入量の情報に対し加入の残差の自己相関を考慮するホッカー・スティック型再生産関係（HS）の適用を提案する。HS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。目標管理基準値として、再生産関係に基づき算出されるSBmsy（39,300トン）を、限界管理基準値として、SB0.6msy（8,960トン）を提案する。禁漁水準として、SB0.1msy（1,440トン）を提案する。目標管理基準値案（SBmsy）を達成する漁獲圧（Fmsy）は、2020年の漁獲係数（2017～2019年の平均、Fcurrent）の0.42倍である。

親魚量 (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 (トン)	現状の漁獲圧 (2020年) に対する比*	説 明
目標管理基準値案					
39,300	3.57	0.26	6,720	0.42	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					
8,960	0.81	0.06	4,030	0.87	MSYの60%の漁獲 が得られる親魚量 (SB0.6msy)
禁漁水準案					
1,440	0.13	0.01	670	0.90	MSYの10%の漁獲 が得られる親魚量 (SB0.1msy)
2020年					
11,017	1.00	0.07	5,816**	—	2020年の値

* 現状の漁獲圧における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（概数値）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3(2021)年度漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針(FRA-SA2021-ABCWG02-01)」に従い、以下のデータセットを使用して実施した。解析にはRパッケージfrasyr(2021年10月20日インストール)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)(FRA2021-ABCWG01-02)」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3年度マダイ日本海西部・東シナ海系群の資源評価(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、ホッカー・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用いた。また、加入量の残差への自己相関の考慮の有無でモデルを比較した。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と同時に推定する手法(同時推定法)を用いた。再生産関係の検討には、資源評価で推定された1986~2018年の親魚量および1987~2019年の1歳魚加入量を用いた。直近の2020年の加入量については推定値を用いていることから不確実性が高いと判断し検討から除外した。再生産関係の検討候補を表1に示す。

補正赤池情報量規準(AICc)を比較すると、RI型、HS型およびBH型の各再生産関係式ほぼ同じ値となった。いずれの場合においても自己相関プロットから加入残差に自己相関が認められ、自己相関係数(ρ)も約0.7と高い値が示された。そのため、本資源における再生産関係のモデルには同時推定法による自己相関を考慮した。AICcは最小二乗法を用いて自己相関を同時推定とした場合に最も小さくなった(表1、補足資料1)。

RI型およびBH型を仮定した場合は、HS型を仮定した場合と比べてAICcはわずかに小さくなったが、親魚量が1986年以降でもっとも少ない2019年の値よりも少ない場合に予測される加入量が多い。親魚量が観測範囲より大幅に少ない状況において、加入尾数が保守的でない外挿値になることから、RI型およびBH型の再生産関係式の使用はHS型再生産関係式を用いる場合に比べてリスクが高いと考えられる(補足資料2)。

以上の検討から、同時推定法による自己相関を考慮したHS型再生産関係式を用いた。

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-SA2021-ABCWG01-03)」の3.a(予測力)、3.b(生物学的妥当性)、e(観察された最低親魚量以下で加入尾数が保守的でない外挿値になるような場合の回避)およびh(自己相関)の基準に従い、最小二乗法で最適化し自己相関を同時推定したHS型再生産関係式を用いた(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 3 (2021) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2021-ABCWG02-01)」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 3 年度の資源評価に基づく各種設定 (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)。なお、本系群の資源評価では現状の漁獲圧 (2020 年の漁獲係数) として 2017~2019 年の平均の漁獲係数を用いており、将来予測における選択率はこの選択率を続けて用いた (図 2)。また本系群は栽培対象種であり種苗放流が行われているが、管理基準値の算定においては人工種苗由来の加入尾数は加算せず計算を行った。平均世代時間 (10.0 年) の 20 倍の年数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。

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} : 39,300 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 ($SB_{0.6msy}$: 8,960 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 ($SB_{0.1msy}$: 1,440 トン) 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、基準値案に対応する漁獲圧の下での平衡状態における平均漁獲量および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 26% 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 6,720 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 ($F_{msy}/F_{current}$) は 0.42 で、その時の漁獲割合 (U_{msy}) は 14% である。限界管理基準値として提案する $SB_{0.6msy}$ は SB_0 の 6%、禁漁水準として提案する $SB_{0.1msy}$ は SB_0 の 1% である。

様々に 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。親魚量が SB_{limit} 以下では 2 歳および 3 歳魚が多くを占め、 SB_{msy} 達成時および親魚量がさらに増加する状況下においては 7+歳の割合が高くなる。

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。本系群における漁獲係数 (F 値) は、1986~2020 年すべての年で、MSY を実現する水準を上回っていた。現状の親魚量 (2020 年の親魚量: 11,017 トン) は目標管理基準値案 SB_{msy} を下回るが、限界管理基準値案 SB_{limit} は上回っている。現状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 3.57、0.81 および 0.13 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標準値を用いた場合（すなわち、 SB_{limit} は $SB_{0.6msy}$ 、 SB_{ban} は $SB_{0.1msy}$ 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、調整係数の β も標準値の 0.8 とした漁獲管理規則案（図 5a）で将来予測した資源量、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。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（ $F_{current}$ ）から仮定した。

マダイは栽培対象種であることから、種苗放流の効果として、1 歳魚資源尾数に人工種苗由来の個体の混入率をかけた値を人工種苗由来の加入尾数とした。将来における各年の放流個体加入尾数を 2013～2019 年の平均と仮定し、この値を将来予測における人工種苗由来の加入として毎年の加入尾数に加算して将来予測を行った。なお、この場合の人工種苗由来の加入尾数は 54.8 万尾であり、2022 年の混入率（シミュレーション平均）は 0.045 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。中長期的には、 βF_{msy} での漁獲の継続により、漁獲量は平均的には MSY 水準へ向かって推移し、親魚量は SB_{msy} よりもやや高めに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 0.1 間隔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 4～9 に示した。それぞれの表には、現状の漁獲圧（ $F_{current}$ ）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、1986～2020 年のすべての年で目標管理基準値案を下回っているが、漁獲管理規則案での漁獲開始から 10 年後の 2032 年に、 β が 0.9 以下であれば 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された（表 4）。なお、 β が 1 であっても限界管理基準値案・禁漁水準案を高い確率で上回ることが示された（表 5、6）。2022 年以降の親魚量は β が低いほど多くなり（表 7）、 β が 0.6 以上であれば 2032 年の漁獲量は現状（2020 年：5,816 トン）より多くなった（表 8）。

また $\beta=0.8$ で漁獲した場合の管理開始 10 年後の目標管理基準値案の達成確率は、種苗放流が行われなかった場合でも 91%とほとんど変わらなかった。ただし過去最大の人工種苗由来の加入（200.8 万尾）があった場合では、 $\beta=0.8$ で漁獲した場合で、管理開始 10 年

後の目標管理基準値案の達成確率は 100%となり、 $\beta=1$ で漁獲した場合で 52%の達成確率になった（表 10）。

3. まとめ

本資源では、資源評価で推定された 1986～2019 年の加入量および親魚量に基づき、再生産関係モデルに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（39,300 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（8,960 トン）、SB0.1msy（1,440 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を下回っているものの、限界管理基準値案以上にあると推定される。MSY を実現する漁獲割合は 14%、漁獲圧は $F_{current}$ の 0.42 倍である（表 3）。現状と同水準の放流を今後 10 年間継続した場合、調整係数 β が 0.9 以下の漁獲圧であれば、10 年後に 50%以上の確率で MSY 水準に到達すると予測された。放流分を加味しない場合には、50%以上の確率で親魚量が MSY 水準に維持される β は 0.8 以下である（補足資料 3）。

提案した目標管理基準値は、資源解析を行っている 1986 年以降に観測された親魚量の最高値の 2 倍以上の高い値であり、大幅な外挿となることから、高い不確実性を伴うことが懸念される。また、10 年で目標管理基準値案に回復させることを目的とした場合、調整係数 β を 0.9 とした場合でも、予測される 2022 年の漁獲量は直近 2020 年の漁獲量の約 37%程度に減少し、その漁業への影響は大きいと想定される。また、目標管理基準値案を達成した際には、期待される漁獲物の年齢組成は 7 歳以上の割合が最も高くなる一方、現在漁獲の主体である 1～3 歳魚の漁獲量は減少すると予測された。

4. 今後の検討事項

本資源の資源計算については、現在得られるデータの範囲において使用が適当であると判断した手法によって算出したものである。しかしながら、資源評価の基礎となる年齢別漁獲尾数の算定方法に多くの不確実性を含み、使用している成熟や成長に関する知見が古いという問題点もあるため、調査や解析を通じて改善を図り精度向上に努めていく必要がある。

5. 引用文献

ABCWG (2021) 令和 3 (2021) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2021-ABCWG02-01

ABCWG (2021) 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.

ABCWG (2021) 再生産関係の決定に関するガイドライン (令和 3 年度). FRA-SA2021-ABCWG01-03.

(執筆者：下瀬 環、増淵隆仁、中川雅弘)

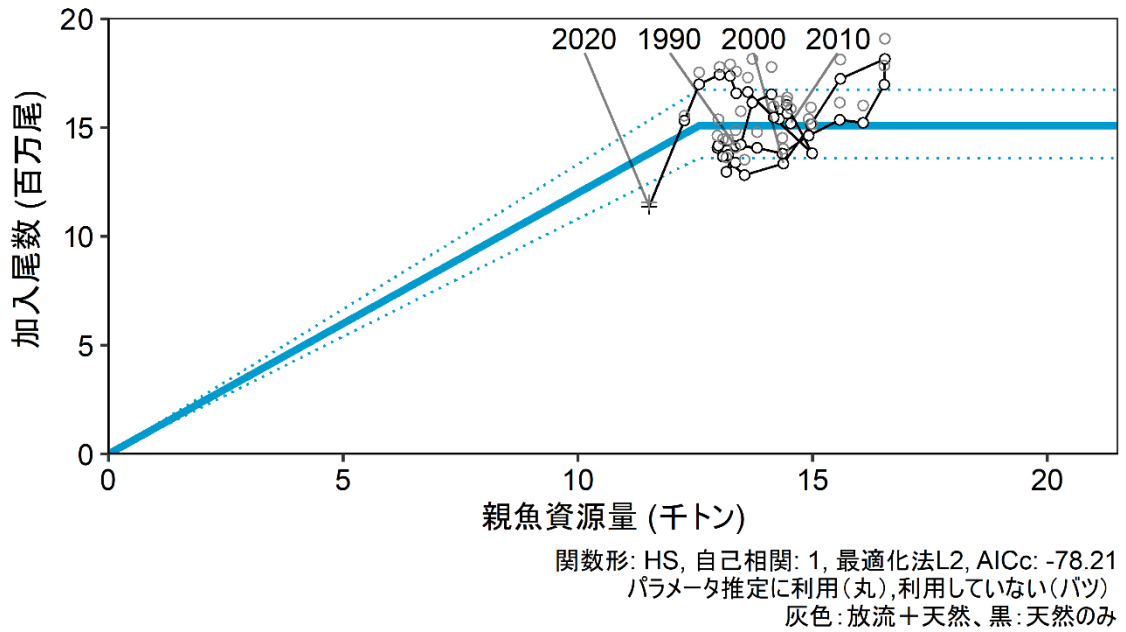


図 1. 再生産関係

再生産関係には自己相関を考慮した同時推定によるホッケー・スティック (HS) 型再生産関係式を用い、最小二乗法によりパラメータ推定を行った。丸印は分析に使用した 1986~2019 年の親魚量と加入量を示し、黒色は天然のみ、灰色は種苗放流を加味した加入量である。図中の数字は加入群の加入年を示す。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。

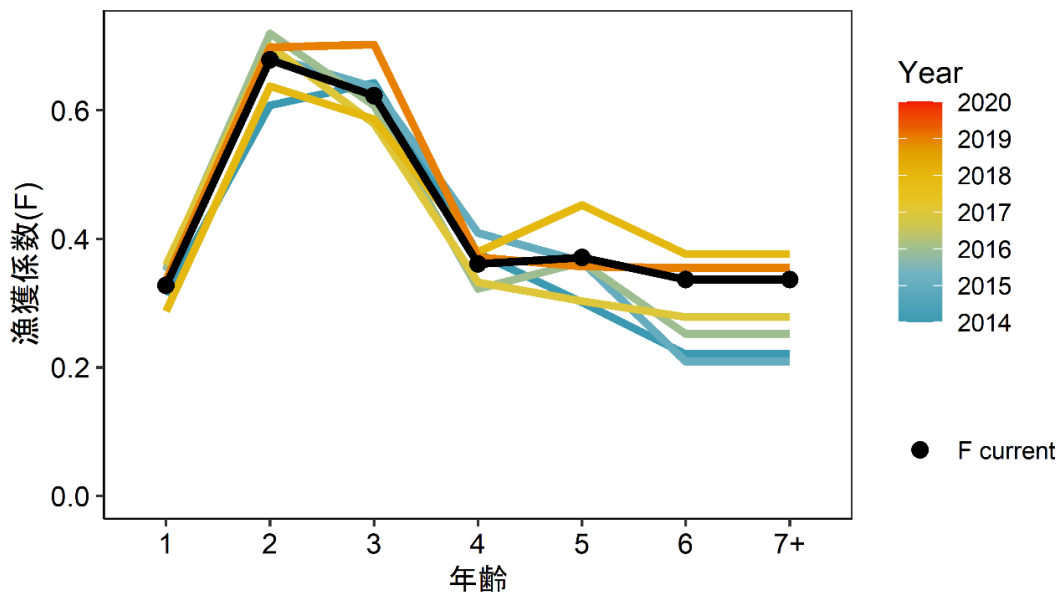


図 2. 年齢別の漁獲係数 (F 値)

2014 年以降の各年の年齢別 F 値を示す。黒線は現状の漁獲圧 (Fcurrent) であり、2020 年の F 値と同じ値である。

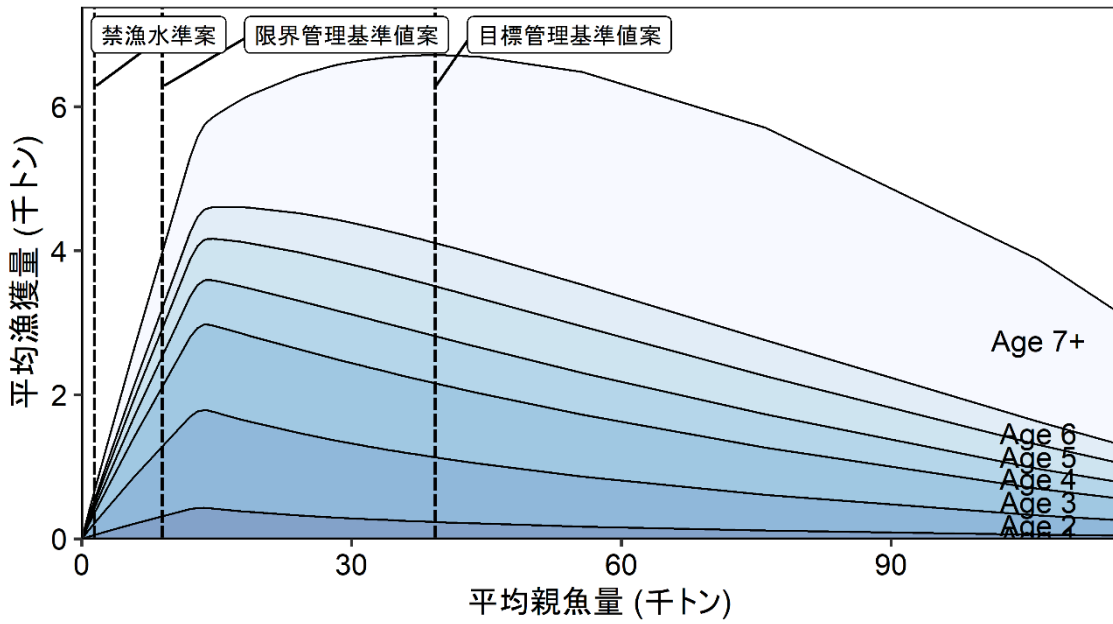


図3. 管理基準値案および禁漁水準案と年齢別漁獲量曲線の関係

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なお、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) は154,000トンである。

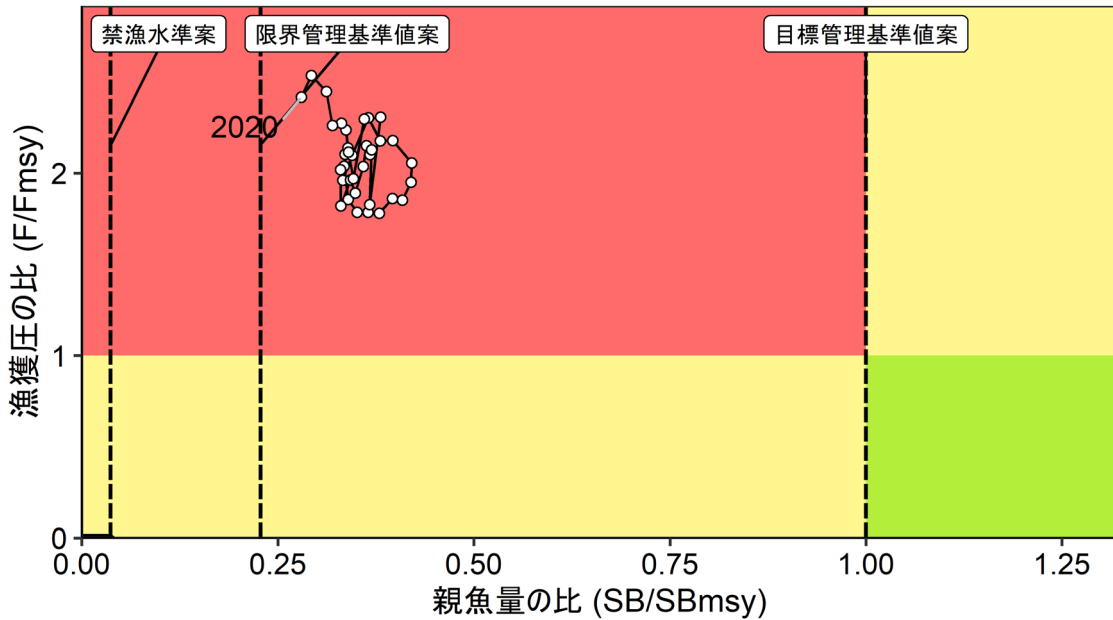
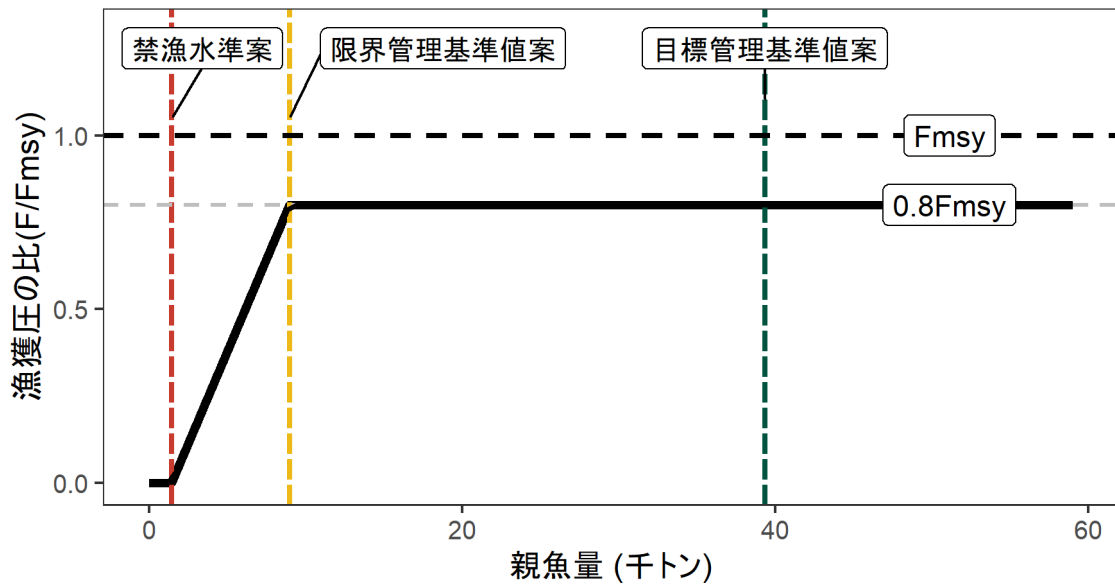


図4. 神戸プロット

縦軸は各年の漁獲圧 F の Fmsy 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 SBmsy、SB0.6msy、SB0.1msy を用いた。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

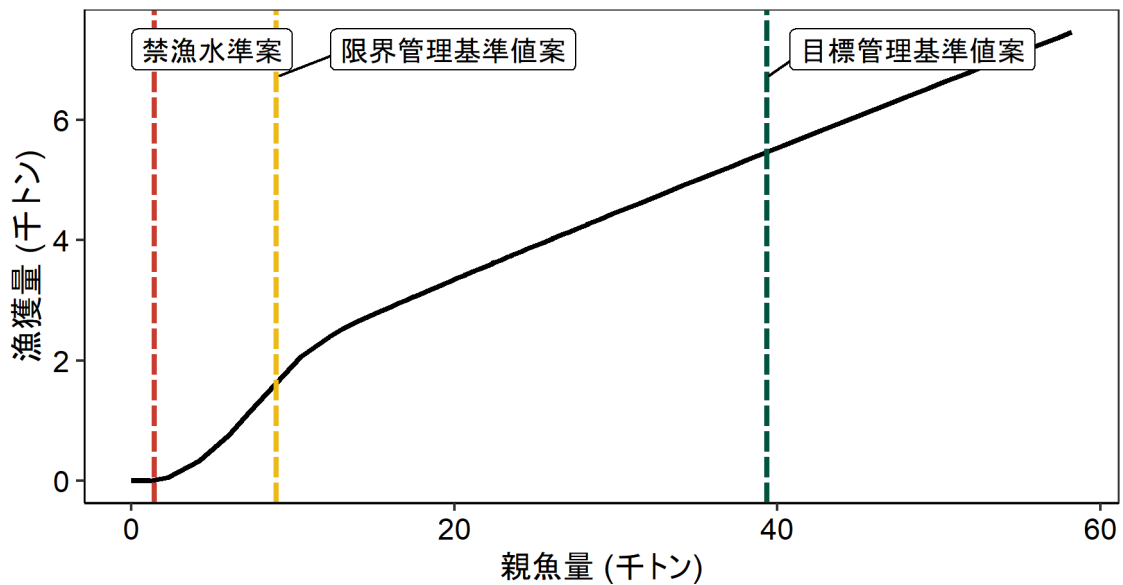
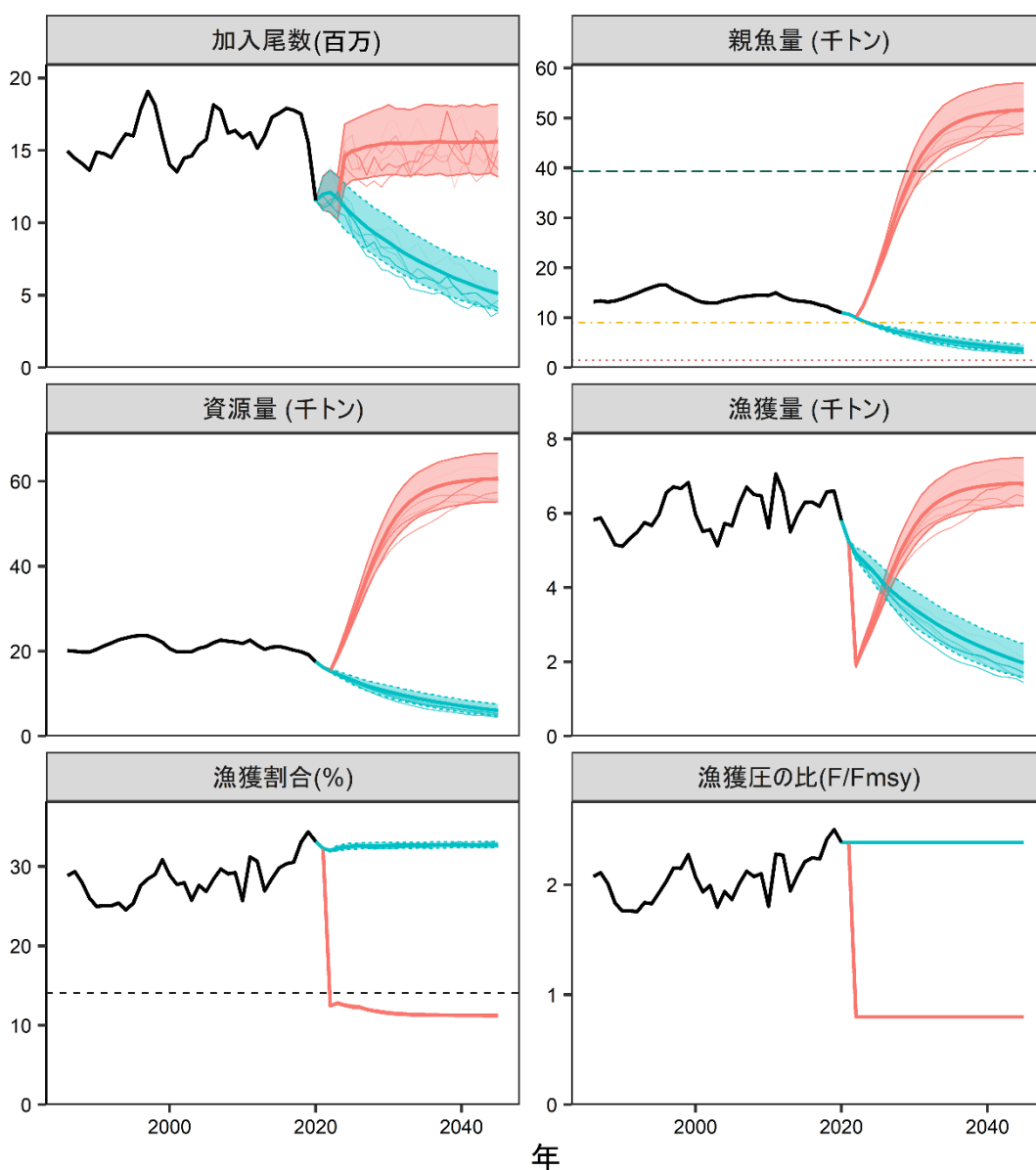


図5. 漁獲管理規則案

目標管理基準値案 (SBtarget) は HS 再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ標準値を用いている。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現状の漁獲圧 ($F_{current}$) 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。

表 1. 再生産関係式の検討候補

再生産関係式	最適化法	自己相関	AICc	Δ AICc	順位
ホッケー・スティック(HS)	最小二乗法	有	-78.2	0.4	3
リッカー(RI)	最小二乗法	有	-78.4	0.2	2
ベバートン・ホルト(BH)	最小二乗法	有	-78.6	0.0	1
ホッケー・スティック(HS)	最小二乗法	無	-55.4	23.2	6
リッカー(RI)	最小二乗法	無	-57.6	21.0	5
ベバートン・ホルト(BH)	最小二乗法	無	-58.0	20.6	4
ホッケー・スティック(HS)	最小絶対値法	無	-49.9	28.7	9
リッカー(RI)	最小絶対値法	無	-51.4	27.2	8
ベバートン・ホルト(BH)	最小絶対値法	無	-51.5	27.1	7

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、最終的に推奨する再生産関係の順位を示したものではない。自己相関パラメータの推定には、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。この場合、残差の正規性を仮定したほうが妥当と考え、最適化法には最小二乗法を用いた。

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)
1	0.24	0.0	136	0.97	0.327
2	0.17	0.0	382	2.02	0.678
3	0.17	0.5	742	1.85	0.622
4	0.17	1.0	1,189	1.07	0.361
5	0.17	1.0	1,694	1.10	0.371
6	0.17	1.0	2,230	1.00	0.336
7+	0.17	1.0	3,531	1.00	0.336

Fcurrent は 2020 年の F 値である。

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、現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 (トン)	SB0 に 対する比	漁獲量 (トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲割合	努力量 の比
目標管理基準値案	SBmsy	39,300	0.26	6,720	25.6	0.14	0.42
限界管理基準値案	SB0.6msy	8,960	0.06	4,030	8.2	0.29	0.87
禁漁水準案	SB0.1msy	1,440	0.01	672	7.6	0.30	0.90
MSY を実現する 漁獲圧	Fmsy	(1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7+歳) =(0.14, 0.28, 0.26, 0.15, 0.15, 0.14, 0.14)					

表 4. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	66	71
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	32	60	99	99
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	61	90	99	100	100
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	5	67	98	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	50	99	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	0	0	0	6	96	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	0	0	0	52	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	0	0	0	97	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	0	0	3	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	0	0	39	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	0	0	94	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 Fcurrent 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	2020	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	100
0.9	100	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	100
0.7	100	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	100
0.5	100	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	100
0.3	100	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	100
0.1	100	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	100
Fcurrent	100	100	100	100	11	1	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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 Fcurrent 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	2020	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	100
0.9	100	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	100
0.7	100	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	100
0.5	100	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	100
0.3	100	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	100
0.1	100	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	100
Fcurrent	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 Fcurrent 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 (トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11,017	10,700	10,000	12,000	14,800	17,700	20,700	24,200	27,400	30,100	32,500	34,500	36,000	40,400	40,800
0.9	11,017	10,700	10,000	12,200	15,400	18,700	22,200	26,300	30,100	33,200	36,000	38,300	40,100	45,500	46,000
0.8	11,017	10,700	10,000	12,500	16,000	19,800	23,900	28,600	33,000	36,600	39,900	42,600	44,700	51,300	52,000
0.7	11,017	10,700	10,000	12,700	16,600	21,000	25,600	31,000	36,100	40,300	44,200	47,400	49,800	58,100	58,900
0.6	11,017	10,700	10,000	12,900	17,300	22,200	27,500	33,600	39,500	44,400	49,000	52,700	55,600	65,900	67,000
0.5	11,017	10,700	10,000	13,200	18,000	23,500	29,400	36,500	43,200	48,900	54,300	58,600	62,200	74,900	76,400
0.4	11,017	10,700	10,000	13,400	18,700	24,800	31,600	39,600	47,300	53,900	60,200	65,300	69,500	85,500	87,500
0.3	11,017	10,700	10,000	13,700	19,400	26,300	33,900	42,900	51,800	59,500	66,800	72,800	77,800	97,800	101,000
0.2	11,017	10,700	10,000	13,900	20,200	27,800	36,300	46,600	56,800	65,600	74,100	81,300	87,300	112,000	116,000
0.1	11,017	10,700	10,000	14,200	21,000	29,400	39,000	50,600	62,200	72,500	82,400	90,800	97,900	129,000	135,000
0.0	11,017	10,700	10,000	14,500	21,900	31,200	41,900	54,900	68,200	80,100	91,600	102,000	110,000	150,000	158,000
Fcurrent	11,017	10,700	10,000	9,300	8,770	8,300	7,820	7,440	7,120	6,810	6,510	6,240	5,990	4,080	2,970

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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

※ 黄色網掛けは目標管理基準値案を下回ることを示す。

表 8. 将来の平均漁獲量の推移 (トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	5,816	5,250	2,340	2,870	3,340	3,850	4,390	4,860	5,290	5,630	5,930	6,180	6,360	6,910	6,970
0.9	5,816	5,250	2,130	2,660	3,140	3,660	4,210	4,700	5,140	5,500	5,820	6,080	6,270	6,880	6,940
0.8	5,816	5,250	1,910	2,430	2,910	3,440	3,990	4,480	4,940	5,310	5,650	5,920	6,120	6,790	6,860
0.7	5,816	5,250	1,690	2,190	2,660	3,180	3,720	4,210	4,680	5,050	5,400	5,680	5,890	6,610	6,690
0.6	5,816	5,250	1,460	1,930	2,380	2,870	3,400	3,870	4,340	4,710	5,060	5,340	5,570	6,340	6,430
0.5	5,816	5,250	1,230	1,650	2,070	2,520	3,010	3,470	3,910	4,280	4,620	4,900	5,120	5,920	6,020
0.4	5,816	5,250	994	1,360	1,730	2,130	2,570	2,980	3,390	3,730	4,050	4,320	4,530	5,340	5,450
0.3	5,816	5,250	753	1,050	1,350	1,680	2,050	2,410	2,760	3,060	3,340	3,570	3,770	4,530	4,640
0.2	5,816	5,250	507	721	941	1,190	1,460	1,730	2,000	2,230	2,450	2,640	2,790	3,430	3,540
0.1	5,816	5,250	256	371	491	626	779	932	1,090	1,220	1,350	1,460	1,550	1,960	2,030
0.0	5,816	5,250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	5,816	5,250	4,910	4,720	4,510	4,290	4,070	3,890	3,720	3,560	3,420	3,280	3,150	2,180	1,600

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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 Fcurrent 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

β	10年後 の目標 達成確 率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (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 準値案 を下回 る	親魚量 が禁漁 水準案 を下回 る	漁獲量 が半減 する
		2027年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	7%	24,200	36,000	2,340	4,860	6,360	0%	0%	0%
0.9	60%	26,300	40,100	2,130	4,700	6,270	0%	0%	0%
0.8	99%	28,600	44,700	1,910	4,480	6,120	0%	0%	0%
0.7	100%	31,000	49,800	1,690	4,210	5,890	0%	0%	0%
0.6	100%	33,600	55,600	1,460	3,870	5,570	0%	0%	0%
0.5	100%	36,500	62,200	1,230	3,470	5,120	0%	0%	0%
0.4	100%	39,600	69,500	994	2,980	4,530	0%	0%	0%
0.3	100%	42,900	77,800	753	2,410	3,770	0%	0%	0%
0.2	100%	46,600	87,300	507	1,730	2,790	0%	0%	0%
0.1	100%	50,600	97,900	256	932	1,550	0%	0%	0%
0	100%	54,900	110,000	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。

表 10. 人工種苗由来の加入尾数を変化させた場合に予測される親魚量・漁獲量と親魚量が管理基準値案を上回る確率のまとめ

人工種苗由来 の加入尾数	β	10年後の目標 達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)		
		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
			2027年	2032年	2022年	2027年	2032年
放流なし (0尾)	1	2%	23,300	34,700	2,310	4,690	6,130
	0.9	38%	25,400	38,600	2,100	4,530	6,050
	0.8	91%	27,600	43,000	1,880	4,320	5,900
	0.7	100%	30,000	48,000	1,660	4,060	5,680
	0.6	100%	32,500	53,600	1,440	3,740	5,370
	0.5	100%	35,200	59,900	1,210	3,350	4,940
現状* (2013~2019 年平均、 54.8万尾)	1	7%	24,200	36,000	2,340	4,860	6,360
	0.9	60%	26,300	40,100	2,130	4,700	6,270
	0.8	99%	28,600	44,700	1,910	4,480	6,120
	0.7	100%	31,000	49,800	1,690	4,210	5,890
	0.6	100%	33,600	55,600	1,460	3,870	5,570
	0.5	100%	36,500	62,200	1,230	3,470	5,120
過去年平均 (1986~2019 年平均、 79.7万尾)	1	10%	24,600	36,600	2,360	4,940	6,470
	0.9	72%	26,700	40,700	2,140	4,770	6,380
	0.8	100%	29,000	45,400	1,920	4,560	6,230
	0.7	100%	31,500	50,700	1,700	4,280	5,990
	0.6	100%	34,100	56,500	1,470	3,940	5,660
	0.5	100%	37,000	63,200	1,240	3,520	5,200
過去最大 (2006年、 200.8万尾)	1	52%	26,400	39,500	2,440	5,330	6,980
	0.9	98%	28,700	44,000	2,210	5,140	6,880
	0.8	100%	31,200	49,000	1,990	4,900	6,710
	0.7	100%	33,800	54,700	1,760	4,600	6,460
	0.6	100%	36,700	61,000	1,520	4,230	6,100
	0.5	100%	39,800	68,200	1,280	3,790	5,610

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.5~1.0 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。

* 現状の結果は表 9 と同じ値である。

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}=1) 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/トン)、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、最小二乗法および最小絶対値法により 1986~2019 年の 1 歳魚加入量・前年の親魚量のデータに当てはめた。残差の自己相関 (AR) については、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-SA2021-ABCWG01-02) を参照)。この場合、残差の正規性を仮定したほうが妥当であるため、最適化法には最小二乗法を用いた。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。RI 型および BH 型を仮定した場合は、親魚量が観測範囲より大幅に少ない状況で高い加入が予測され (補足図 1-1)、加入尾数が保守的でない外挿値となることからリスクが高いと考えられた。

HS 型再生産関係式を最小二乗法により当てはめた場合の再生産関係との逸脱度 (deviance) および自己相関を考慮した場合の残差 (residual) について、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、自己相関は有意であると示されたことから、本資源については自己相関を考慮した。なお、最近年 2020 年は親魚量、加入尾数ともに小さく、推定精度が低いと考えられたことから、再生産関係の推定からデータを除外した。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優位な逸脱は検出されなかった。(表 1、補足図 1-3)。

自己相関を考慮したモデルについて、HS 型再生産関係式を最小二乗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ところ、推定の頑健性に大きな問題はみられなかった (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、プロファイル尤度を補足図 1-8 に示した。

以上の結果から、パラメータ推定において特段の問題は認められず、HS型再生産関係式が各候補の中では最も適していると判断した。

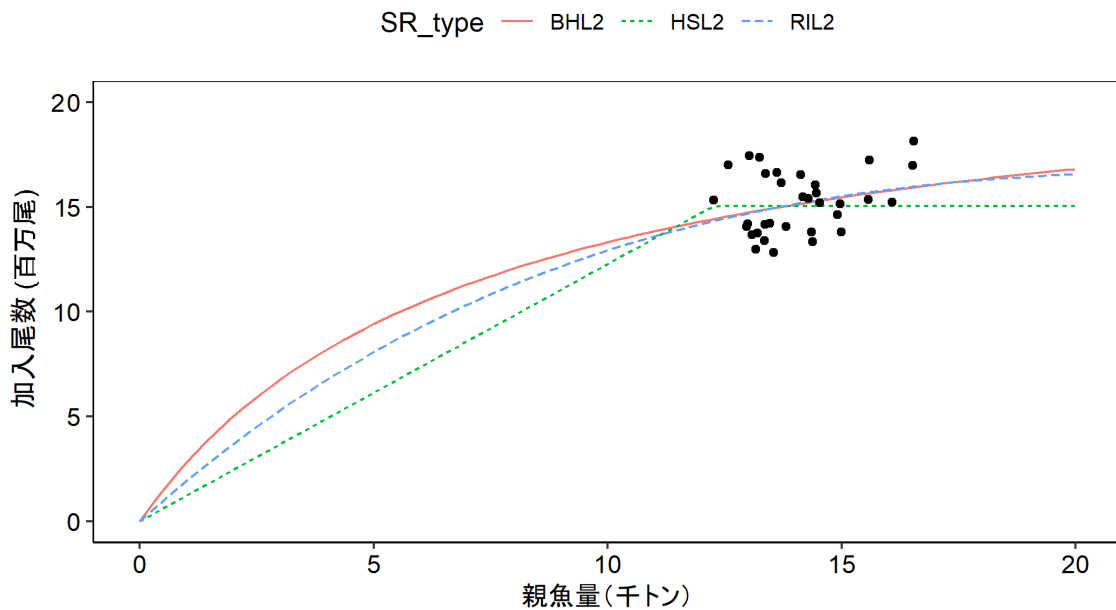
引用文献

ABCWG (2021) 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.

Beverton, R. J. H. and S. J. Holt (1957) On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationary Office, London.

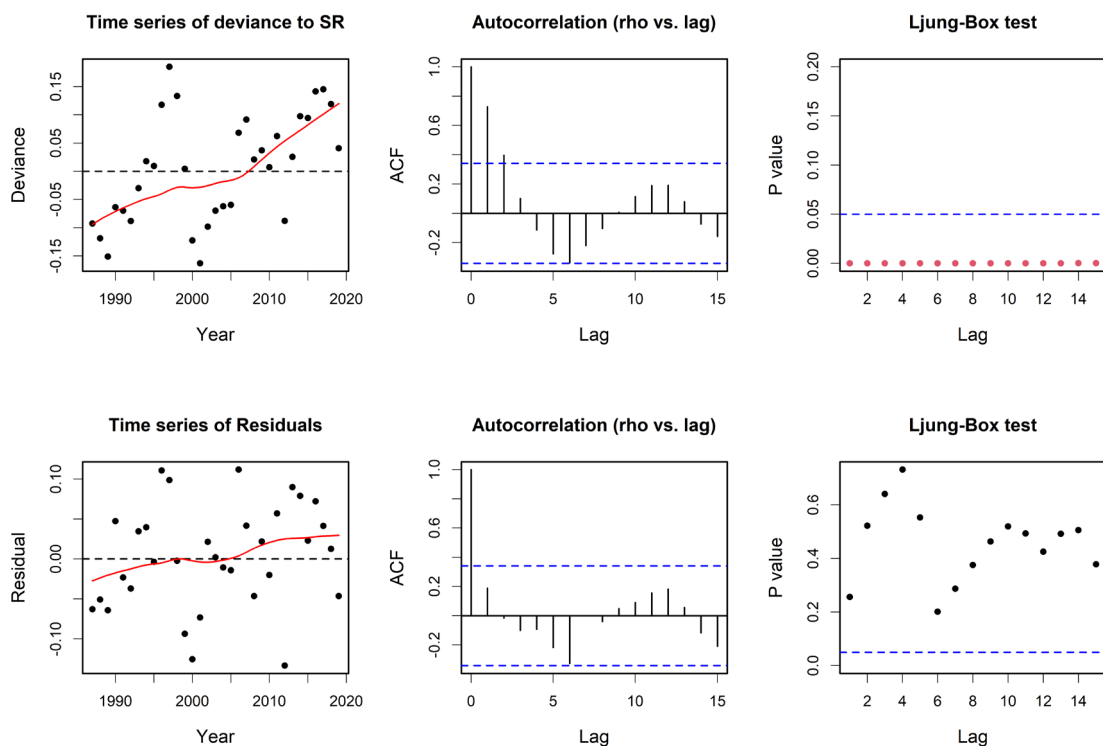
Clark, C. W., A. T. Charles, J. R. Beddington and M. Mangel (1985) Optimal capacity decisions in a developing fishery. Mar. Resour. Econ., 2, 25-53.

Ricker, W. E. (1954) Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can., 11, 559-623.



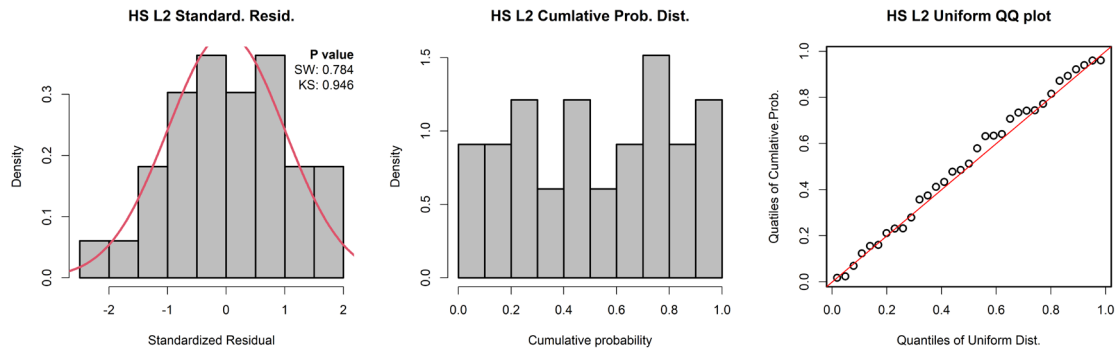
補足図 1-1. 各モデルにおける再生産関係式

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、最小二乗法により当てはめた。黒丸は分析に使用した親魚量・加入尾数 (1986~2019年) である。

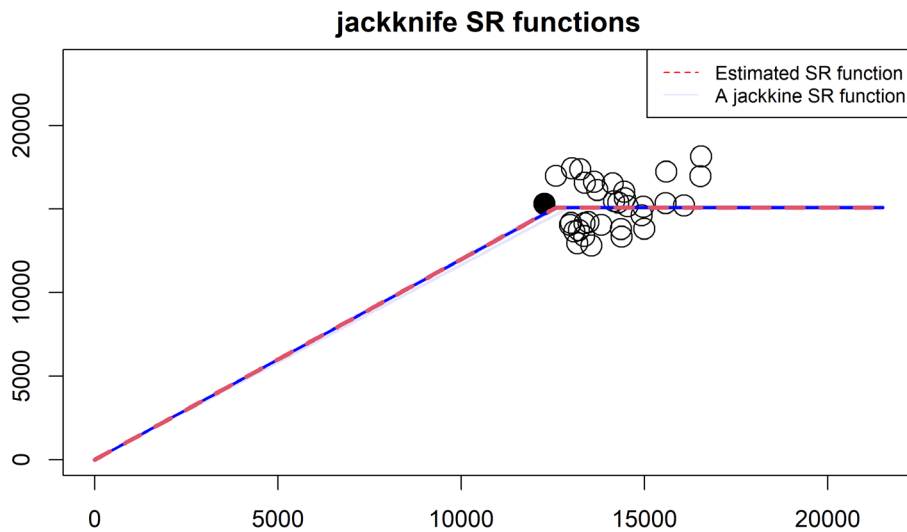


補足図 1-2. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の、再生産関係との逸脱度 (deviance) および自己相関を同時推定で考慮した場合の残差 (residual) のトレンド (左図)、自己相関プロット (中央図)、および Ljung-Box 検定における P 値 (右図)

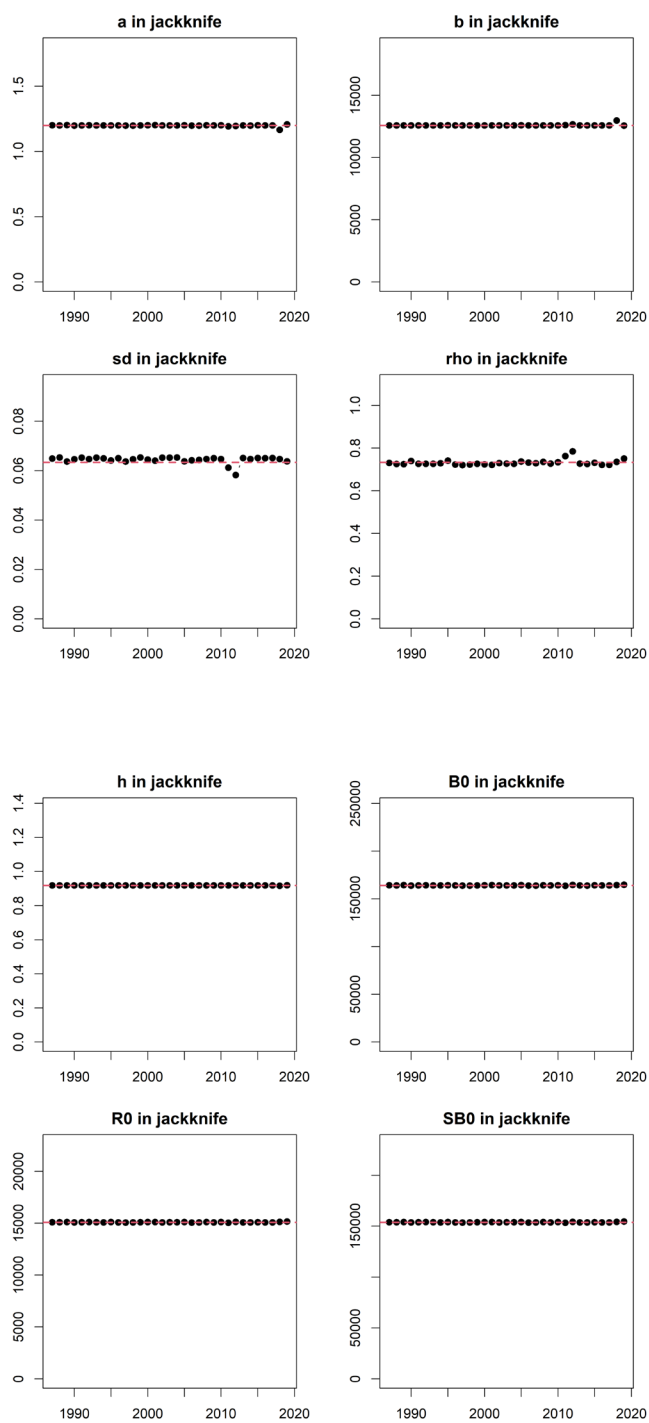
残差の時系列の図中の赤線は平滑化された曲線を示す。自己相関プロットの青色の点線は 95%信頼区間を示す。Ljung-Box 検定における P 値 (縦軸) の青色の点線は 5%水準を表す。



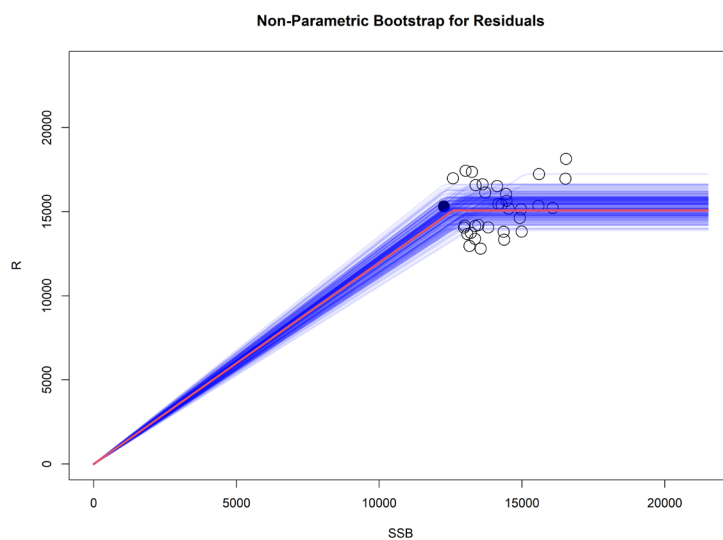
補足図 1-3. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の標準化残差のヒストグラムと正規性テスト結果（左図）、残差の累積確率密度のヒストグラム（中央図）、および一様分布を仮定した QQ プロット（右図）
残差のヒストグラムの右上の数値は Shapiro-Wilk 検定（SW）と Kolmogorov-Smirnov 検定（KS）の結果である。どちらも、帰無仮説は「正規分布に従っている」である。QQ プロットの赤線は理論値を示している。



補足図 1-4. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗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（千尾）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（2019 年）を示す。

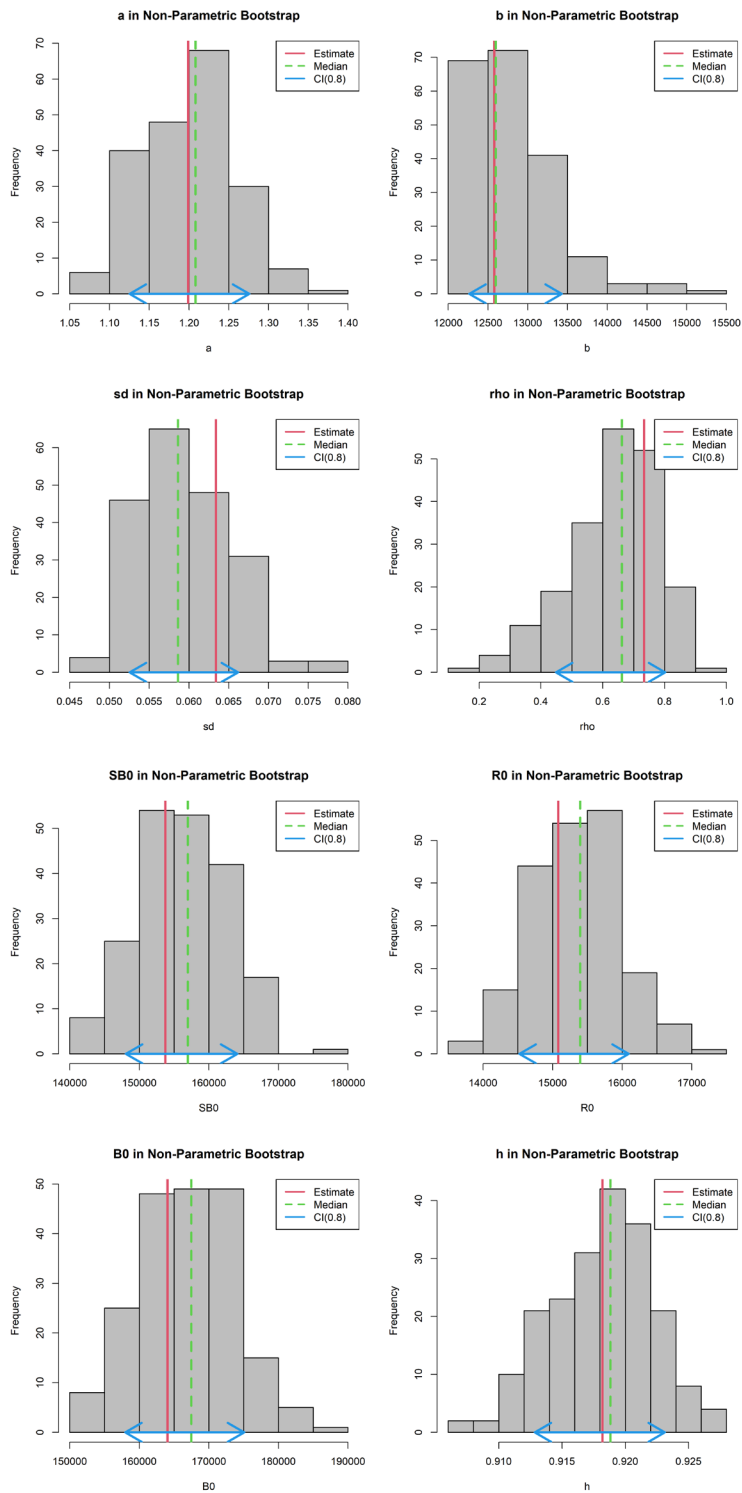


補足図 1-5. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響

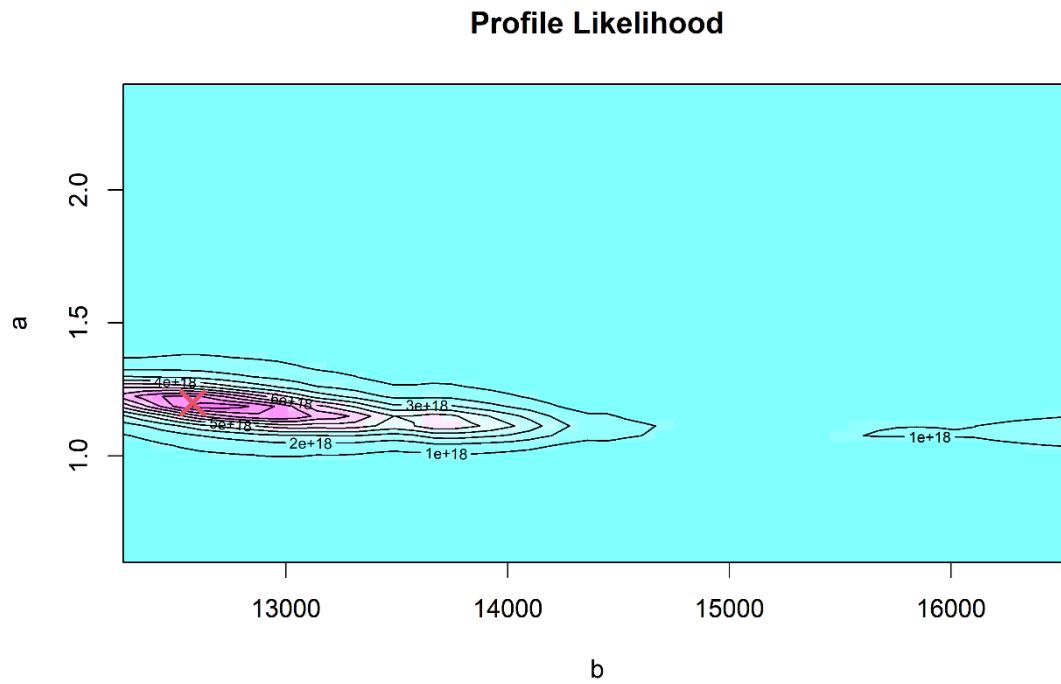


補足図 1-6. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析の結果

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（千尾）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（2019年）を示す。



補足図 1-7. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗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。



補足図 1-8. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の推定パラメータのプロファイル尤度
×印は推定されたパラメータ値における尤度に相当する。

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	最小二 乗法	有	同時	1.20	12,579	0.063	0.733	15,081	0.92	33
リッカー	最小二 乗法	有	同時	2.02	0.000045	0.063	0.711	6,652	2.25	33
ベバートン・ ホルト	最小二 乗法	有	同時	3.21	0.000141	0.063	0.709	22,089	0.89	33
ホッケー・ スティック	最小二 乗法	無	—	1.23	12,265	0.094	0	15,135	0.92	33
リッカー	最小二 乗法	無	—	1.99	0.000044	0.091	0	6,773	2.22	33
ベバートン・ ホルト	最小二 乗法	無	—	3.04	0.000130	0.091	0	22,714	0.89	33
ホッケー・ スティック	最小絶 対値法	無	—	1.09	14,138	0.100	0	15,351	0.91	33
リッカー	最小絶 対値法	無	—	1.57	0.000028	0.094	0	9,716	1.84	33
ベバートン・ ホルト	最小絶 対値法	無	—	1.74	0.000046	0.094	0	35,992	0.82	33

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（ステープネス）は再生産関係の密度補償効果の程度を示す指標であり、RI および BH の場合は $0.2SB0$ のときの平均加入尾数を R0 で割った値、HS の場合は $1-SBhs/SB0$ （SBhs は HS の折れ点）となる値である。

補足資料2 再生産関係による MSY 管理基準値の違い

仮定する再生産関係による MSY 管理基準値の違いを把握するため、HS、RI、BH すべての再生産関係で、それぞれ MSY 管理基準値を推定した。すべての再生産関係において最小二乗法を用いて最適化し、自己相関を考慮した場合である。なお、自己相関の考慮にあたっては“同時推定法”を用いた。

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 管理基準値を下表に示す。

再生産関係式	最適化 法	自己相関 有	推定 法	SBmsy (トン)	SB0.6msy (トン)	SB0.1msy (トン)	MSY (トン)	Umsy	Fmsy/ Fcurrent
ホッケースティック (HS)	最小 二乗法	有	同時	39,300	8,960	1,440	6,720	0.14	0.42
リッカー (RI)	最小 二乗法	有	同時	26,400	8,320	1,070	7,010	0.20	0.60
ベバートン・ホルト (BH)	最小 二乗法	有	同時	65,200	12,200	1,050	9,060	0.12	0.35

RI 型再生産関係を用いた場合、HS 型に比べて MSY 管理基準値は、SBmsy、SB0.6msy および SB0.1msy で低い値高い値となった。BH 型再生産関係を用いた場合、HS 型に比べて MSY 管理基準値は、SBmsy および SB0.6msy で高い値、SB0.1msy で低い値となった。

補足資料3 人工種苗由来の加入尾数を変化させた場合の将来予測

将来予測において仮定する人工種苗由来の加入尾数を変化させた場合の予測結果をここで示す。仮定した人工種苗由来の加入尾数は、放流なし（0尾）、過去年平均（1986～2019年平均、79.7万尾）、および過去最大（2006年、200.8万尾）である。ここで、人工種苗由来の加入尾数は、仮定した年限における人工種苗由来の加入尾数の平均値とした。将来予測においては、選択された再生産関係式（自己相関を考慮したHS型）を用いて天然由来の加入尾数を推定し、これに仮定する人工種苗由来の加入尾数を加算して各年の加入量とした。

それぞれの場合において予測される親魚量・漁獲量と親魚量が管理基準値案を上回る確率を補足表3-1～3-18に示す。将来予測シミュレーションの結果、人工種苗由来の加入尾数が多いほど将来の親魚量、漁獲量は多くなった。管理目標の達成確率への影響については、人工種苗由来の加入尾数が近年の平均（54.8万尾）であれば、 $\beta=0.8$ で漁獲した場合に管理開始10年後に目標管理基準値案を上回る確率は99%となると推定されている（表4）。しかし、人工種苗由来の加入がないと仮定した場合は $\beta=0.8$ の場合の達成確率は91%に低下し、さらに $\beta=0.9$ の場合には50%を下回った（補足表3-1）。一方、過去最大の人工種苗由来の加入尾数（200.8万尾）が継続して続くと仮定した場合は、 $\beta=1$ で漁獲した場合においても10年後の目標管理基準値案の達成確率が50%以上となると予測された（補足表3-13）。

以上のことから、各 β 値における管理目標の達成確率は人工種苗由来の加入の影響によっても変化すると予測され、その影響は大きくはないものの、今後の種苗放流体制に変化があれば管理効果にも変化が生じることが想定される。

補足表 3-1. 人工種苗由来の加入がないと仮定した場合に、将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	43	50
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	38	95	96
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	33	76	91	100	100
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40	90	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	27	92	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	0	0	0	1	86	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	0	0	0	27	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	0	0	0	86	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	0	0	16	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	0	0	76	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-2. 人工種苗由来の加入がないと仮定した場合に、将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2020	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	100
0.9	100	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	100
0.7	100	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	100
0.5	100	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	100
0.3	100	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	100
0.1	100	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	100
Fcurrent	100	100	100	100	3	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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-3. 人工種苗由来の加入がないと仮定した場合に、将来の親魚量が禁漁水準値案を上回る確率 (%)

β	2020	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	100
0.9	100	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	100
0.7	100	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	100
0.5	100	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	100
0.3	100	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	100
0.1	100	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	100
Fcurrent	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) 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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-4. 人工種苗由来の加入がないと仮定した場合の将来の平均親魚量の推移 (トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11,017	10,700	10,000	11,900	14,600	17,300	20,100	23,300	26,400	29,000	31,300	33,200	34,700	39,000	39,400
0.9	11,017	10,700	10,000	12,100	15,100	18,300	21,600	25,400	29,000	31,900	34,700	36,900	38,600	43,900	44,400
0.8	11,017	10,700	10,000	12,400	15,700	19,300	23,100	27,600	31,700	35,200	38,400	41,000	43,000	49,500	50,200
0.7	11,017	10,700	10,000	12,600	16,300	20,400	24,800	30,000	34,800	38,800	42,600	45,600	48,000	56,000	56,900
0.6	11,017	10,700	10,000	12,800	17,000	21,600	26,600	32,500	38,100	42,800	47,200	50,800	53,600	63,600	64,600
0.5	11,017	10,700	10,000	13,100	17,700	22,900	28,600	35,200	41,700	47,100	52,300	56,500	59,900	72,300	73,800
0.4	11,017	10,700	10,000	13,300	18,400	24,200	30,600	38,200	45,600	51,900	58,000	62,900	67,000	82,500	84,500
0.3	11,017	10,700	10,000	13,600	19,100	25,600	32,800	41,500	49,900	57,300	64,300	70,200	75,000	94,400	97,100
0.2	11,017	10,700	10,000	13,800	19,900	27,100	35,200	45,000	54,700	63,200	71,400	78,300	84,100	108,000	112,000
0.1	11,017	10,700	10,000	14,100	20,600	28,700	37,800	48,800	60,000	69,800	79,300	87,500	94,400	125,000	130,000
0.0	11,017	10,700	10,000	14,400	21,500	30,300	40,600	53,000	65,700	77,100	88,200	97,800	106,000	144,000	152,000
Fcurrent	11,017	10,700	10,000	9,250	8,650	8,110	7,590	7,150	6,780	6,420	6,080	5,770	5,470	3,260	1,960

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 年現状の漁獲圧 (Fcurrent) で漁獲し、2022 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

※ 黄色網掛けは目標管理基準値案を下回ることを示す。

補足表 3-5. 人工種苗由来の加入がないと仮定した場合の、将来の平均漁獲量の推移（トン）

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	5,816	5,230	2,310	2,800	3,240	3,720	4,240	4,690	5,100	5,420	5,710	5,950	6,130	6,670	6,720
0.9	5,816	5,230	2,100	2,590	3,050	3,540	4,070	4,530	4,950	5,290	5,610	5,860	6,050	6,640	6,700
0.8	5,816	5,230	1,880	2,370	2,830	3,330	3,860	4,320	4,760	5,110	5,440	5,700	5,900	6,550	6,620
0.7	5,816	5,230	1,660	2,130	2,580	3,080	3,600	4,060	4,510	4,870	5,200	5,470	5,680	6,380	6,460
0.6	5,816	5,230	1,440	1,880	2,310	2,780	3,280	3,740	4,180	4,540	4,880	5,150	5,370	6,110	6,200
0.5	5,816	5,230	1,210	1,610	2,010	2,440	2,910	3,350	3,770	4,120	4,450	4,720	4,940	5,720	5,810
0.4	5,816	5,230	979	1,330	1,680	2,060	2,480	2,880	3,270	3,600	3,910	4,160	4,370	5,150	5,260
0.3	5,816	5,230	741	1,020	1,310	1,630	1,980	2,320	2,660	2,950	3,220	3,440	3,630	4,370	4,480
0.2	5,816	5,230	499	702	913	1,150	1,410	1,670	1,930	2,150	2,360	2,540	2,690	3,310	3,410
0.1	5,816	5,230	252	361	477	606	753	899	1,050	1,180	1,300	1,410	1,500	1,890	1,960
0.0	5,816	5,230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	5,816	5,230	4,830	4,600	4,380	4,130	3,880	3,670	3,480	3,300	3,130	2,970	2,820	1,680	1,010

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 年は現状の漁獲圧 (Fcurrent) で漁獲し、2022 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-6. 人工種苗由来の加入がないと仮定した場合の、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

β	10年後の目標達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (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 2027年	10年後 2032年	0年後 2022年	5年後 2027年	10年後 2032年	親魚量が限界管理基準値案を下回る	親魚量が禁漁水準案を下回る	漁獲量が半減する
1	2%	23,300	34,700	2,310	4,690	6,130	0%	0%	0%
0.9	38%	25,400	38,600	2,100	4,530	6,050	0%	0%	0%
0.8	91%	27,600	43,000	1,880	4,320	5,900	0%	0%	0%
0.7	100%	30,000	48,000	1,660	4,060	5,680	0%	0%	0%
0.6	100%	32,500	53,600	1,440	3,740	5,370	0%	0%	0%
0.5	100%	35,200	59,900	1,210	3,350	4,940	0%	0%	0%
0.4	100%	38,210	67,000	979	2,880	4,370	0%	0%	0%
0.3	100%	41,500	75,000	741	2,320	3,630	0%	0%	0%
0.2	100%	45,000	84,100	499	1,670	2,690	0%	0%	0%
0.1	100%	48,800	94,400	252	899	1,500	0%	0%	0%
0	100%	53,000	106,000	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。

補足表 3-7. 人工種苗由来の加入尾数を過去年平均（79.7 万尾）と仮定した場合に、将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	74	80
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	44	72	100	100
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	71	94	100	100	100
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	9	76	99	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	64	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	0	0	0	11	99	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	0	0	0	66	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	0	0	0	99	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	0	0	6	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	0	0	53	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	0	0	98	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	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 年は現状の漁獲圧（Fcurrent）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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-8. 人工種苗由来の加入尾数を過去年平均（79.7 万尾）と仮定した場合に、将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2020	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	100
0.9	100	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	100
0.7	100	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	100
0.5	100	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	100
0.3	100	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	100
0.1	100	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	100
Fcurrent	100	100	100	100	18	1	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 年は現状の漁獲圧（Fcurrent）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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-9. 人工種苗由来の加入尾数を過去年平均（79.7 万尾）と仮定した場合に、将来の親魚量が禁漁水準値案を上回る確率（%）

β	2020	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	100
0.9	100	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	100
0.7	100	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	100
0.5	100	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	100
0.3	100	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	100
0.1	100	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	100
Fcurrent	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

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 年は現状の漁獲圧（Fcurrent）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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-10. 人工種苗由来の加入尾数を過去年平均（79.7 万尾）と仮定した場合の将来の平均親魚量の推移（トン）

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11,017	10,700	10,000	12,000	14,900	17,900	21,000	24,600	27,900	30,600	33,100	35,100	36,600	41,100	41,500
0.9	11,017	10,700	10,000	12,300	15,500	18,900	22,500	26,700	30,600	33,700	36,600	38,900	40,700	46,200	46,700
0.8	11,017	10,700	10,000	12,500	16,100	20,000	24,200	29,000	33,500	37,200	40,600	43,300	45,400	52,200	52,800
0.7	11,017	10,700	10,000	12,700	16,800	21,200	26,000	31,500	36,700	41,000	45,000	48,200	50,700	59,000	59,900
0.6	11,017	10,700	10,000	13,000	17,400	22,400	27,800	34,100	40,100	45,100	49,800	53,500	56,500	66,900	68,100
0.5	11,017	10,700	10,000	13,200	18,100	23,700	29,800	37,000	43,900	49,700	55,200	59,600	63,200	76,100	77,700
0.4	11,017	10,700	10,000	13,500	18,800	25,100	32,000	40,200	48,100	54,800	61,200	66,400	70,700	86,900	88,900
0.3	11,017	10,700	10,000	13,700	19,600	26,600	34,300	43,600	52,700	60,500	67,900	74,000	79,100	99,400	102,000
0.2	11,017	10,700	10,000	14,000	20,400	28,100	36,900	47,300	57,700	66,700	75,400	82,600	88,700	114,000	118,000
0.1	11,017	10,700	10,000	14,200	21,200	29,800	39,500	51,400	63,200	73,700	83,700	92,300	99,600	131,000	137,000
0.0	11,017	10,700	10,000	14,500	22,100	31,500	42,500	55,800	69,300	81,400	93,100	103,000	112,000	152,000	160,000
Fcurrent	11,017	10,700	10,000	9,320	8,830	8,380	7,920	7,570	7,270	6,980	6,710	6,450	6,220	4,460	3,430

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 年現状の漁獲圧（Fcurrent）で漁獲し、2022 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

※ 黄色網掛けは目標管理基準値案を下回ることを示す。

補足表 3-11. 人工種苗由来の加入尾数を過去年平均（79.7 万尾）と仮定した場合の、将来の平均漁獲量の推移（トン）

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	5,816	5,250	2,360	2,910	3,390	3,910	4,460	4,940	5,380	5,720	6,030	6,280	6,470	7,020	7,080
0.9	5,816	5,250	2,140	2,690	3,180	3,720	4,280	4,770	5,230	5,590	5,920	6,180	6,380	6,990	7,050
0.8	5,816	5,250	1,920	2,460	2,950	3,490	4,060	4,560	5,020	5,400	5,740	6,020	6,230	6,890	6,970
0.7	5,816	5,250	1,700	2,210	2,700	3,220	3,780	4,280	4,750	5,140	5,490	5,770	5,990	6,720	6,800
0.6	5,816	5,250	1,470	1,950	2,410	2,910	3,450	3,940	4,410	4,790	5,150	5,430	5,660	6,440	6,530
0.5	5,816	5,250	1,240	1,670	2,100	2,560	3,060	3,520	3,980	4,350	4,700	4,980	5,200	6,020	6,120
0.4	5,816	5,250	1,000	1,380	1,750	2,160	2,610	3,030	3,450	3,790	4,120	4,390	4,610	5,430	5,540
0.3	5,816	5,250	758	1,060	1,370	1,710	2,080	2,450	2,810	3,110	3,400	3,630	3,830	4,600	4,720
0.2	5,816	5,250	511	729	954	1,200	1,480	1,760	2,030	2,270	2,490	2,680	2,840	3,490	3,590
0.1	5,816	5,250	258	375	498	635	790	947	1,100	1,240	1,370	1,480	1,580	1,990	2,060
0.0	5,816	5,250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	5,816	5,250	4,940	4,770	4,580	4,370	4,160	3,990	3,830	3,680	3,550	3,430	3,300	2,400	1,870

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 年は現状の漁獲圧（Fcurrent）で漁獲し、2022 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-12. 人工種苗由来の加入尾数を過去年平均（79.7 万尾）と仮定した場合の、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

β	10年後の 目標達成 確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (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 準値案 を下回 る	親魚量 が禁漁 水準案 を下回 る	漁獲量 が半減 する
		2027 年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	10%	24,600	36,600	2,360	4,940	6,470	0%	0%	0%
0.9	72%	26,700	40,700	2,140	4,770	6,380	0%	0%	0%
0.8	100%	29,000	45,400	1,920	4,560	6,230	0%	0%	0%
0.7	100%	31,500	50,700	1,700	4,280	5,990	0%	0%	0%
0.6	100%	34,100	56,500	1,470	3,940	5,660	0%	0%	0%
0.5	100%	37,000	63,200	1,240	3,520	5,200	0%	0%	0%
0.4	100%	40,200	70,700	1,000	3,030	4,610	0%	0%	0%
0.3	100%	43,600	79,100	758	2,450	3,830	0%	0%	0%
0.2	100%	47,300	88,700	511	1,760	2,840	0%	0%	0%
0.1	100%	51,400	99,600	258	947	1,580	0%	0%	0%
0	100%	55,800	112,000	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。

補足表 3-13. 人工種苗由来の加入尾数を過去最大（200.8 万尾）と仮定した場合に、将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	23	52	98	98
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	55	88	98	100	100
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	4	66	98	100	100	100	100
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	51	99	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	0	0	0	6	98	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	0	0	0	57	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	0	0	0	99	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	0	0	4	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	0	0	47	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	0	0	97	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	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 年は現状の漁獲圧（Fcurrent）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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-14. 人工種苗由来の加入尾数を過去最大（200.8 万尾）と仮定した場合に、将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率（%）

β	2020	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	100
0.9	100	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	100
0.7	100	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	100
0.5	100	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	100
0.3	100	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	100
0.1	100	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	100
Fcurrent	100	100	100	100	78	21	5	2	1	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 年は現状の漁獲圧（Fcurrent）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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-15. 人工種苗由来の加入尾数を過去最大（200.8 万尾）と仮定した場合に、将来の親魚量が禁漁水準値案を上回る確率（%）

β	2020	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	100
0.9	100	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	100
0.7	100	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	100
0.5	100	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	100
0.3	100	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	100
0.1	100	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	100
Fcurrent	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

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 年は現状の漁獲圧（Fcurrent）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 Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-16. 人工種苗由来の加入尾数を過去最大（200.8 万尾）と仮定した場合の将来の平均親魚量の推移（トン）

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11,017	10,700	10,000	12,200	15,500	18,900	22,400	26,400	30,100	33,100	35,800	37,900	39,500	44,200	44,600
0.9	11,017	10,700	10,000	12,400	16,100	20,000	24,000	28,700	33,000	36,500	39,600	42,100	44,000	49,800	50,300
0.8	11,017	10,700	10,000	12,700	16,700	21,100	25,800	31,200	36,200	40,200	43,900	46,800	49,000	56,200	56,800
0.7	11,017	10,700	10,000	12,900	17,400	22,300	27,600	33,800	39,500	44,200	48,500	52,000	54,700	63,500	64,400
0.6	11,017	10,700	10,000	13,100	18,100	23,600	29,700	36,700	43,300	48,700	53,800	57,800	61,000	72,100	73,300
0.5	11,017	10,700	10,000	13,400	18,800	25,000	31,800	39,800	47,300	53,700	59,600	64,300	68,200	82,000	83,600
0.4	11,017	10,700	10,000	13,700	19,600	26,500	34,100	43,200	51,800	59,200	66,000	71,600	76,200	93,500	95,700
0.3	11,017	10,700	10,000	13,900	20,300	28,100	36,600	46,800	56,800	65,300	73,300	79,900	85,400	107,000	110,000
0.2	11,017	10,700	10,000	14,200	21,200	29,700	39,300	50,800	62,200	72,100	81,400	89,200	95,700	123,000	127,000
0.1	11,017	10,700	10,000	14,500	22,000	31,500	42,200	55,200	68,200	79,600	90,400	99,600	107,000	142,000	148,000
0.0	11,017	10,700	10,000	14,700	22,900	33,300	45,300	60,000	74,800	87,900	101,000	111,000	121,000	164,000	172,000
Fcurrent	11,017	10,700	10,000	9,430	9,090	8,780	8,440	8,220	8,020	7,830	7,650	7,490	7,350	6,270	5,670

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 年現状の漁獲圧（Fcurrent）で漁獲し、2022 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

※ 黄色網掛けは目標管理基準値案を下回ることを示す。

補足表 3-17. 人工種苗由来の加入尾数を過去最大（200.8 万尾）と仮定した場合の、将来の平均漁獲量の推移（トン）

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	5,816	5,290	2,440	3,060	3,610	4,190	4,790	5,330	5,810	6,180	6,520	6,780	6,980	7,560	7,620
0.9	5,816	5,290	2,210	2,840	3,390	3,990	4,600	5,140	5,640	6,040	6,390	6,670	6,880	7,520	7,590
0.8	5,816	5,290	1,990	2,590	3,140	3,740	4,350	4,900	5,420	5,830	6,200	6,490	6,710	7,420	7,500
0.7	5,816	5,290	1,760	2,330	2,870	3,450	4,050	4,600	5,120	5,540	5,920	6,220	6,460	7,230	7,320
0.6	5,816	5,290	1,520	2,060	2,560	3,110	3,690	4,230	4,750	5,170	5,550	5,860	6,100	6,930	7,030
0.5	5,816	5,290	1,280	1,770	2,230	2,740	3,280	3,790	4,290	4,690	5,070	5,370	5,610	6,480	6,590
0.4	5,816	5,290	1,030	1,450	1,860	2,310	2,790	3,260	3,720	4,100	4,450	4,730	4,970	5,840	5,960
0.3	5,816	5,290	784	1,120	1,460	1,830	2,230	2,630	3,030	3,360	3,660	3,920	4,130	4,960	5,080
0.2	5,816	5,290	528	770	1,020	1,290	1,590	1,890	2,190	2,450	2,690	2,890	3,060	3,750	3,870
0.1	5,816	5,290	267	396	530	680	847	1,020	1,190	1,340	1,480	1,600	1,700	2,140	2,220
0.0	5,816	5,290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	5,816	5,290	5,100	5,020	4,880	4,720	4,570	4,460	4,360	4,270	4,190	4,110	4,040	3,490	3,180

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 年は現状の漁獲圧（Fcurrent）で漁獲し、2022 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため Fcurrent で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-18. 人工種苗由来の加入尾数を過去最大（200.8 万尾）と仮定した場合の、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

β	10年後の 目標達成 確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (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 準値案 を下回 る	親魚量 が禁漁 水準案 を下回 る	漁獲 量が 半減 する
		2027 年	2032年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	52%	26,400	39,500	2,440	5,330	6,980	0%	0%	0%
0.9	98%	28,700	44,000	2,210	5,140	6,880	0%	0%	0%
0.8	100%	31,200	49,000	1,990	4,900	6,710	0%	0%	0%
0.7	100%	33,800	54,700	1,760	4,600	6,460	0%	0%	0%
0.6	100%	36,700	61,000	1,520	4,230	6,100	0%	0%	0%
0.5	100%	39,800	68,200	1,280	3,790	5,610	0%	0%	0%
0.4	100%	43,200	76,200	1,030	3,260	4,970	0%	0%	0%
0.3	100%	46,800	85,400	784	2,630	4,130	0%	0%	0%
0.2	100%	50,800	95,700	528	1,890	3,060	0%	0%	0%
0.1	100%	55,200	107,000	267	1,020	1,700	0%	0%	0%
0	100%	60,000	121,000	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。