

令和3（2021）年度ヒラメ瀬戸内海系群の 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

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1994～2019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したホッケー・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した。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（2,427トン）を、限界管理基準値として、SB0.6msy（857トン）を提案する。禁漁水準としては、SB0.1msy（121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、現状（2020年の漁獲係数）の1.30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					
2,427	1.11	0.28	806	1.30	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					
857	0.39	0.10	483	2.26	MSYの60%の漁獲 が得られる親魚量 (SB0.6msy)
禁漁水準案					
121	0.06	0.01	81	2.67	MSYの10%の漁獲 が得られる親魚量 (SB0.1msy)
2020年					
2,190	1.00	0.25	602**	—	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(コミット番号f553d1b)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)」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(2021)年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価(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。再生産関係の検討は、資源評価で推定された1994~2019年の加入量および親魚量に基づき行った。直近の2020年の加入量については、仮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)はRI型、HS型およびBH型の各再生産関係式で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。

HS型を仮定した場合、折れ点を観測範囲から求めない場合に最も尤度が小さくなった(補足図1-1、1-8)。そのため、「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)」に従い観測範囲の最小親魚量を変曲点とした。RI型を仮定した場合にAICcは最も小さくなったが、推定された再生産関係式では、過去に観測された最小親魚量より少ない状況において最大の加入量が予測された(補足図1-1)。BH型を仮定した場合においては、観測値からは変曲点が推定されなかった。

以上の検討から、本資源の再生産関係の候補としては、同時推定法による自己相関を考慮し観測範囲の最小親魚量を変曲点としたHS型再生産関係式を用いた。(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-SA2021-ABCWG01-03)」のa(予測力)、b(便宜的仮定)、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考慮した 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、表2に示した令和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、現状の漁獲圧)を使用して実施した。なお、本系群においては現状の漁獲圧として2020年の漁獲係数を用いており(図2)、将来予測における選択率にはこの選択率を続けて用いた。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(4.9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} : 2,427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($SB_{0.6msy}$: 857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($SB_{0.1msy}$: 121トン)を提案する。なお、ここで推定された限界管理基準値は資源評価が行われている範囲での過去最低親魚量(1,154トン)を下回っているが、本系群の資源評価は1994年以降のみと範囲が狭いこと、および1994年以降の漁獲量はそれ以前に見られたような低い水準を経験していないことから、評価対象となっている期間においては、資源は低い水準となっていないと判断し、管理基準値には標準値である $SB_{0.6msy}$ を用いることとした。

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28%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806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1.30で、その時の漁獲割合(U_{msy})は24%である。限界管理基準値として提案する $SB_{0.6msy}$ は SB_0 の10%、禁漁水準として提案する $SB_{0.1msy}$ は SB_0 の1%である。なお参考として、1-3)で候補としたもの以外の再生産関係式を用いた場合の管理基準値案については補足資料2に示した。

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1歳~3歳魚が多くを占めるが、親魚量がさらに増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられ、 SB_{msy} 達成時には3歳以上の漁獲が主体となると推測された。

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、2016 年までは MSY を実現する水準を上回っていたが、2017 年以降は直近年も含めて F_{msy} を実現する水準を下回っていたと判断される。現状の親魚量 (2020 年の親魚量: 2,190 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 1.11、0.39 および 0.06 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。また、ヒラメは主要な栽培対象種であることから、種苗放流の効果として、放流尾数および添加効率に 2017~2019 年の平均値を用い、この積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 19 万尾であり、2022 年の混入率 (シミュレーション平均) は 0.13 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、現在の漁獲努力量とほぼ同程度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 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 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 2020 年時点では目標管理基準値案を下回っているが、直近の加入により 2021 年には一時的に全ての β において目標管理基準値案を上回ると予測された。漁獲管理規則案での漁獲開始から 10 年後の 2032 年では、 β が 0.8 であれば 85% の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された (表 4)。また β が 1.0 であっても親魚量は限界管理基準値案および禁漁水準を高い確率で上回ることが示された (表 5、表 6)。2023 年以降の親魚量は β が低い程多くなった (表 7)。2022 年の漁獲量は、 β が 0.6 以上であれば現状 (2020 年 : 602 トン) より多くなった (表 8)。

ただし、 β が 1.0 の場合でも 2032 年に 50% 以上の確率で目標管理基準値案以上に親魚量を維持できると予測されたが、この結果は今後 10 年間に於いて現状と同程度の種苗放流を実施するという仮定に由来するもので、もし今後 10 年間で種苗放流が 0 となる場合には $\beta=1.0$ における目標達成確率は 46% となり、50% を下回ることには注意が必要である (表 10)。

3. まとめ

本資源では、資源評価で推定された 1994~2019 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 (2,427 トン) とすることを提案する。限界管理基準値案、禁漁水準案については、標準値である SB0.6msy (857 トン)、SB0.1msy (121 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 24%、漁獲圧は $F_{current}$ の 1.30 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 1.0 以下の漁獲圧であれば、将来的に 50% 以上の確率で親魚量が MSY 水準に維持されると予測された。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 0.9 以下である。

4. 今後の検討事項

本資源は資源量推定が行われている 1994 年以降では親魚量の変動が少なく、再生産関係が明瞭でないことから、これまで再生産関係を基準とした管理方策は提案されてこなかった。本資料で提案する再生産関係式においても、親魚量が過去最低親魚量以上であれば加入量の期待値は親魚量によらず一定と仮定しており、加入量の予測には不確実性が高いと考えられる (図 1、6)。さらに、本資源の評価においては資源量が近年急増していると判断されているが (図 6)、直近年の資源量推定値には不確実性も高いため、過度な漁獲とならないよう注意が必要である。また将来予測において、今後の人工種苗由来の加入量については近年の平均値を用いたが、人工種苗由来の加入尾数が多いほど将来の親魚量、漁獲量は多くなり、目標達成確率も高くなることが示された (表 10、補足資料 3)。このため、種苗放流の体制が今後大きく変化することがあれば、管理方策についても再検討が必要となると推察される。

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：山下夕帆、山田徹生、真鍋明弘、金谷彩友美、阪地英男)

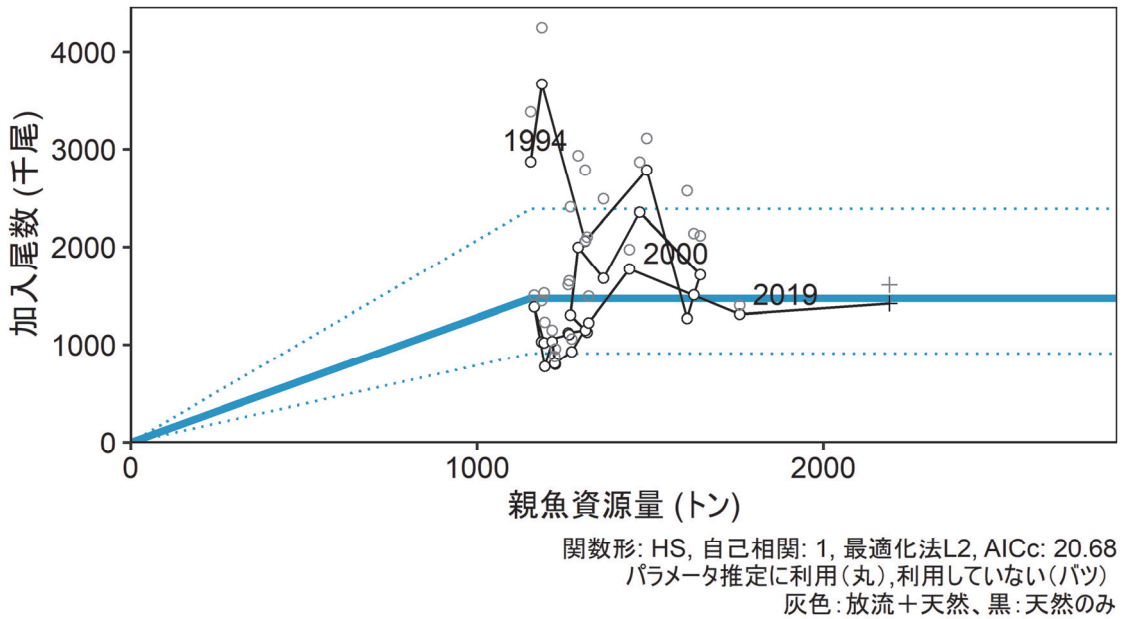


図 1. 再生産関係

再生産関係には自己相関を考慮したホッカー・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 1994~2019 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年級 (生まれ年) 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。

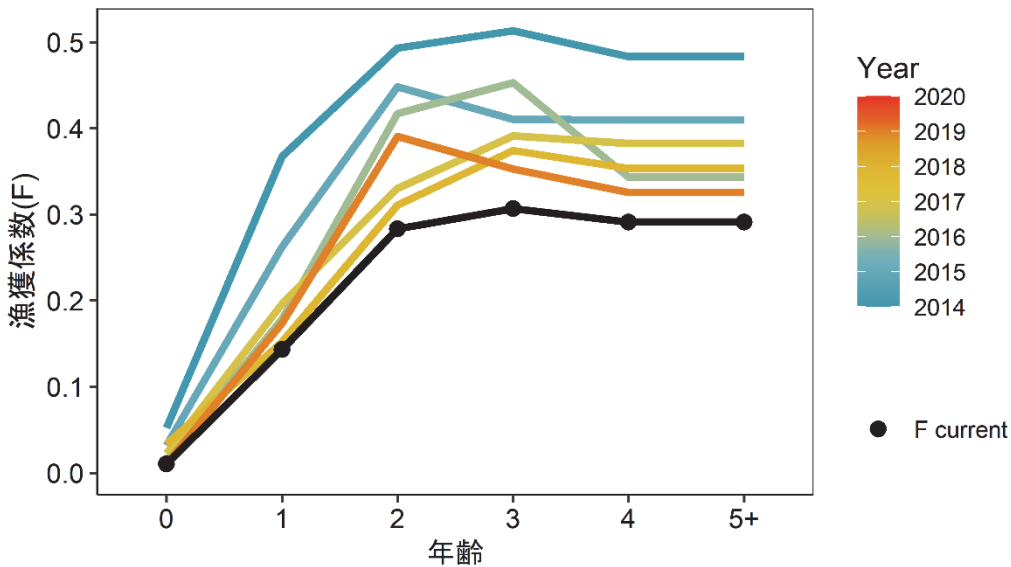


図 2. 年齢別の漁獲係数 (F 値)

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。

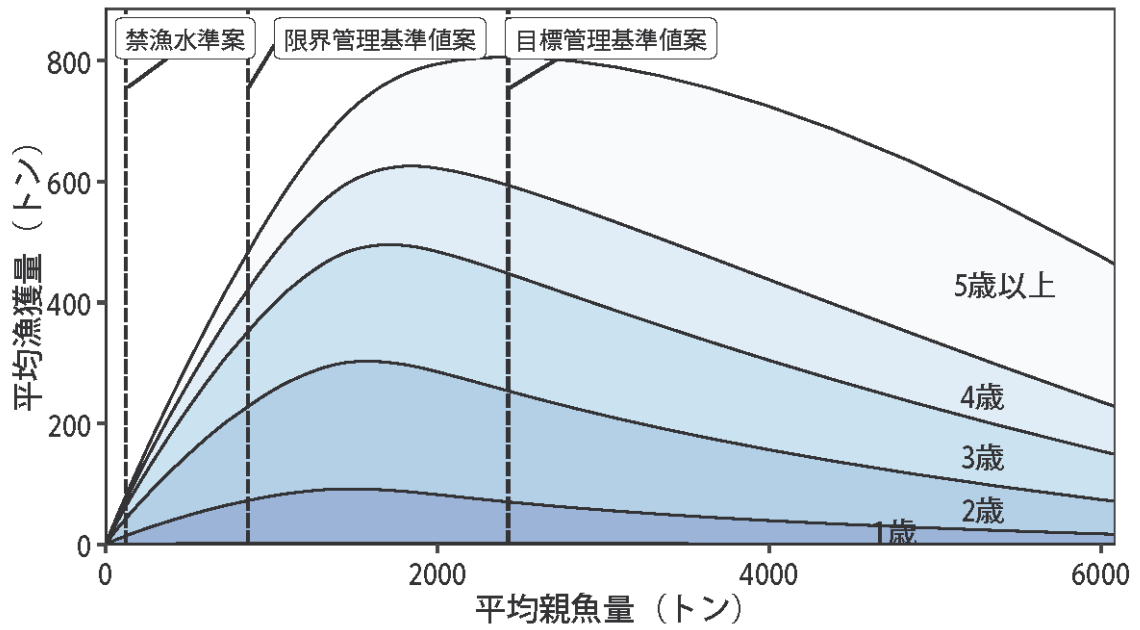


図3. 管理基準値案および禁漁水準案と年齢別漁獲量曲線の関係

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8,698 トンである。

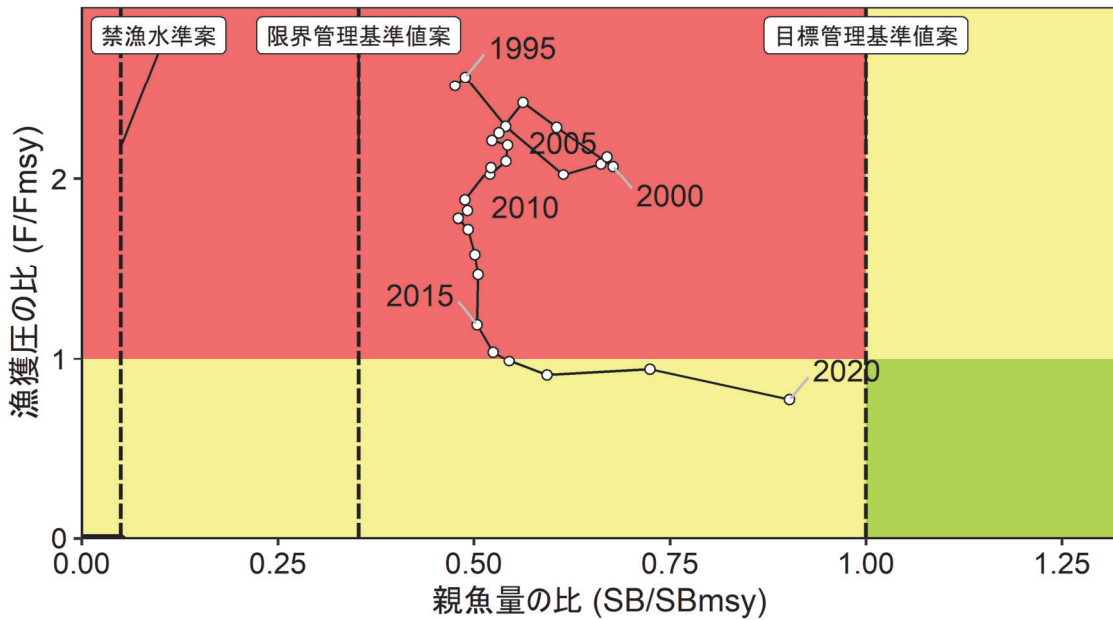
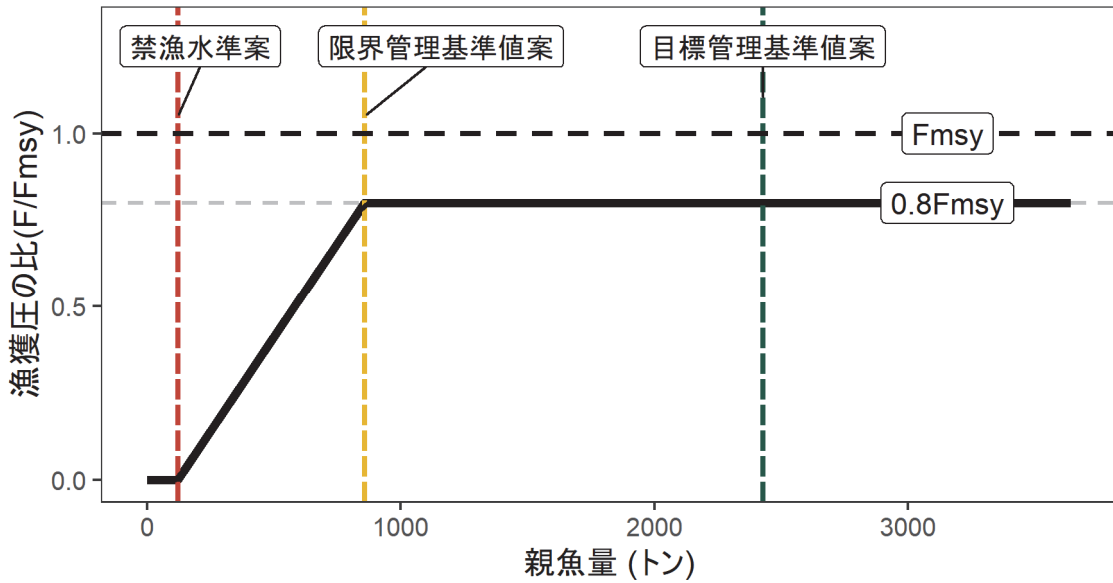


図4. 神戸プロット

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 SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ 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

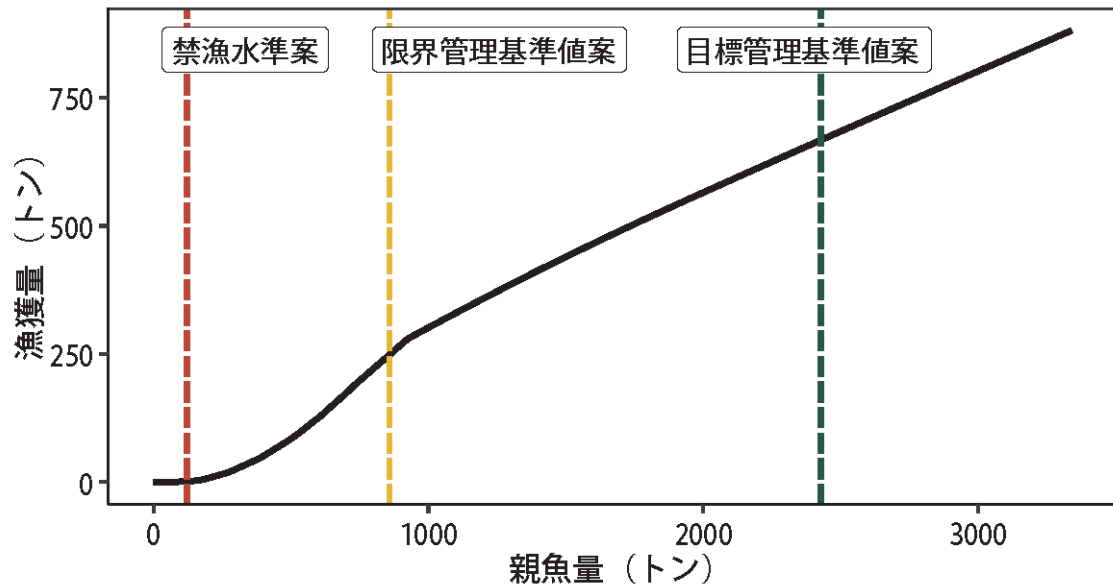
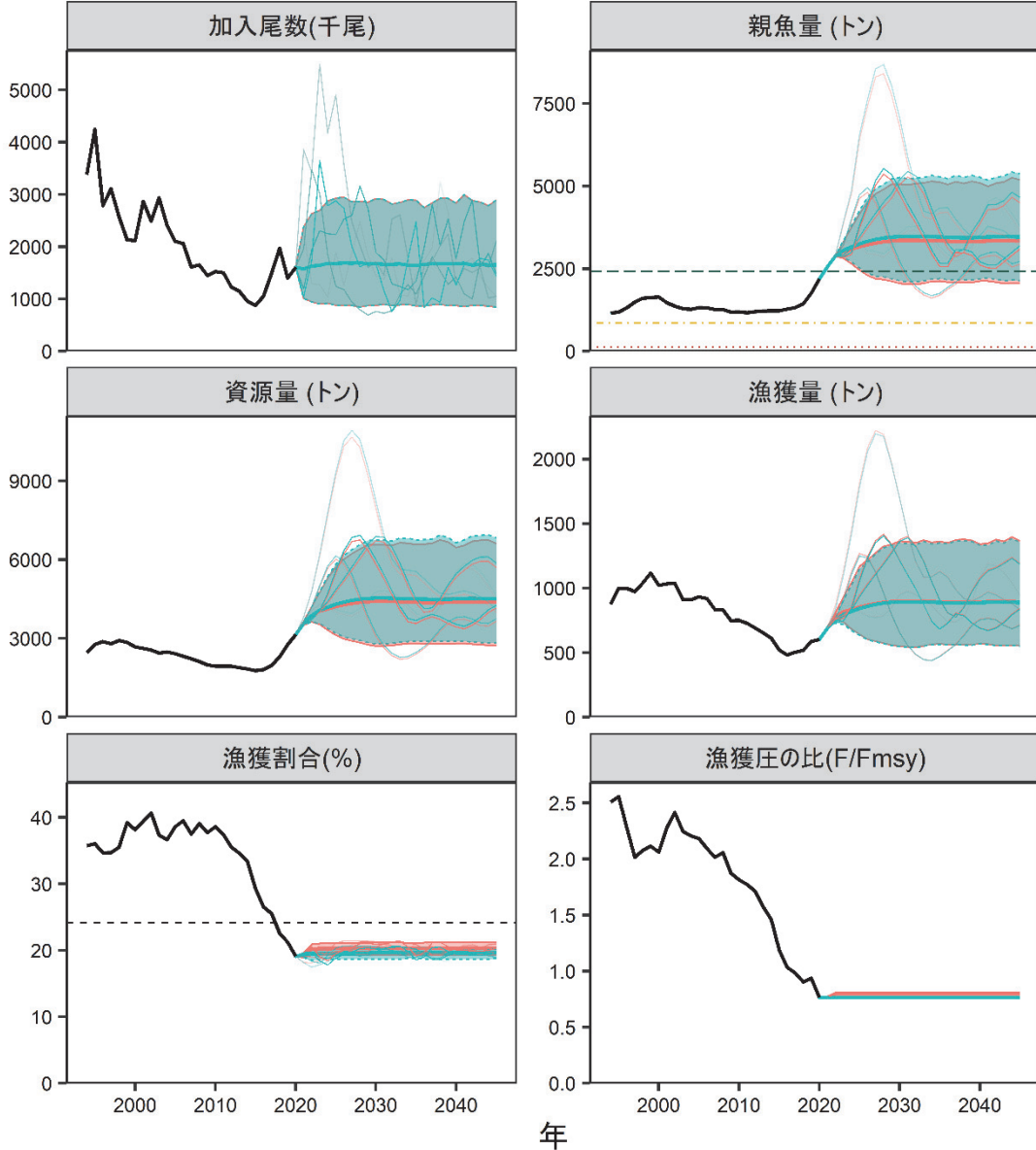
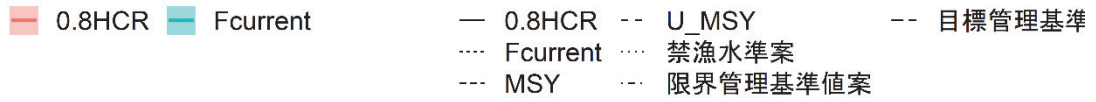


図5. 漁獲管理規則案

目標管理基準値 (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 Fmsy、灰色破線は 0.8Fmsy、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	20.7	0.89	2
リッカー (RI)	最小二乗法	有	19.8	0	1
ベバートン・ホルト (BH)	最小二乗法	有	20.7	0.89	2
ホッケー・スティック (HS)	最小二乗法	無	32.0	12.20	7
リッカー (RI)	最小二乗法	無	32.7	12.91	8
ベバートン・ホルト (BH)	最小二乗法	無	32.7	12.92	9
ホッケー・スティック (HS)	最小絶対値法	無	31.2	11.40	4
リッカー (RI)	最小絶対値法	無	31.6	11.86	6
ベバートン・ホルト (BH)	最小絶対値法	無	31.2	11.40	4

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)
0	0.078	0.000	107	0.034	0.010
1	0.313	0.042	349	0.467	0.143
2	0.313	0.750	848	0.922	0.283
3	0.313	0.818	1,660	1.000	0.307
4	0.313	1.000	2,651	0.949	0.291
5+	0.313	1.000	3,853	0.949	0.291

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	2,427	0.28	806	27.9	0.242	1.30
限界管理基準値案	SB0.6msy	857	0.10	483	15.4	0.347	2.26
禁漁水準案	SB0.1msy	121	0.01	81	12.5	0.382	2.67
MSY を実現する 漁獲圧	Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) = (0.01, 0.19, 0.37, 0.40, 0.38, 0.38)					

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	100	100	100	85	68	64	62	62	63	61	62	62	61	58
0.9	0	100	100	100	97	86	78	75	74	74	74	74	75	74	70
0.8	0	100	100	100	100	96	90	87	86	86	85	85	85	85	81
0.7	0	100	100	100	100	99	97	95	95	93	92	92	92	93	93
0.6	0	100	100	100	100	100	100	99	98	98	97	97	96	98	98
0.5	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	100	100
0.4	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	100	100	100	100	98	93	90	89	88	88	88	88	88	86

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	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。

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。

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	2,190	2,553	2,883	2,825	2,745	2,710	2,709	2,722	2,739	2,751	2,759	2,756	2,753	2,745	2,693
0.9	2,190	2,553	2,883	2,923	2,915	2,927	2,953	2,982	3,009	3,026	3,038	3,037	3,034	3,024	2,969
0.8	2,190	2,553	2,883	3,025	3,097	3,166	3,227	3,278	3,317	3,342	3,359	3,361	3,360	3,349	3,290
0.7	2,190	2,553	2,883	3,130	3,292	3,429	3,534	3,614	3,671	3,708	3,732	3,738	3,739	3,728	3,665
0.6	2,190	2,553	2,883	3,239	3,501	3,718	3,880	3,997	4,079	4,132	4,166	4,179	4,184	4,175	4,108
0.5	2,190	2,553	2,883	3,353	3,725	4,037	4,270	4,435	4,551	4,627	4,676	4,699	4,710	4,707	4,635
0.4	2,190	2,553	2,883	3,470	3,965	4,389	4,709	4,937	5,097	5,205	5,277	5,315	5,336	5,345	5,268
0.3	2,190	2,553	2,883	3,592	4,222	4,778	5,204	5,513	5,734	5,886	5,989	6,049	6,086	6,120	6,039
0.2	2,190	2,553	2,883	3,719	4,499	5,207	5,764	6,177	6,477	6,690	6,839	6,932	6,993	7,076	6,990
0.1	2,190	2,553	2,883	3,850	4,795	5,681	6,398	6,942	7,348	7,645	7,858	8,001	8,098	8,271	8,182
0	2,190	2,553	2,883	3,986	5,113	6,205	7,116	7,826	8,372	8,783	9,088	9,304	9,458	9,795	9,709
Fcurrent	2,190	2,553	2,883	3,059	3,160	3,250	3,325	3,384	3,429	3,458	3,476	3,480	3,479	3,468	3,408

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。

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	602	690	943	929	906	900	901	906	911	914	916	915	913	912	893
0.9	602	690	863	877	875	881	889	898	904	909	911	911	909	908	890
0.8	602	690	781	818	835	854	869	882	890	896	899	900	899	897	880
0.7	602	690	695	752	786	816	838	855	867	874	878	880	879	878	862
0.6	602	690	606	677	725	765	794	816	830	840	845	847	847	847	832
0.5	602	690	514	593	650	699	734	759	777	788	795	798	799	799	786
0.4	602	690	419	498	561	614	653	681	701	714	722	727	729	730	719
0.3	602	690	320	393	453	506	546	575	596	610	619	624	627	631	622
0.2	602	690	217	276	326	372	407	433	452	466	475	481	484	490	483
0.1	602	690	111	145	176	205	228	246	259	268	275	280	282	288	285
0	602	690	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	602	690	753	797	820	843	860	874	884	890	894	894	893	892	875

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。

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 が現在 の水準 を下回 る	親魚量 が限界 管理基 準値を 下回る	漁獲量 が半減 する
		2027 年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	62%	2,722	2,753	943	906	913	44%	0%	0%
0.9	75%	2,982	3,034	863	898	909	29%	0%	0%
0.8	85%	3,278	3,360	781	882	899	15%	0%	0%
0.7	92%	3,614	3,739	695	855	879	7%	0%	0%
0.6	96%	3,997	4,184	606	816	847	2%	0%	0%
0.5	99%	4,435	4,710	514	759	799	0%	0%	0%
0.4	100%	4,937	5,336	419	681	729	0%	0%	0%
0.3	100%	5,513	6,086	320	575	627	0%	0%	0%
0.2	100%	6,177	6,993	217	433	484	0%	0%	0%
0.1	100%	6,942	8,098	111	246	282	0%	0%	0%
0	100%	7,826	9,458	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	46%	2,435	2,441	934	810	809
	0.9	57%	2,671	2,691	855	803	806
	0.8	70%	2,939	2,981	773	789	797
	0.7	80%	3,244	3,318	689	766	780
	0.6	89%	3,592	3,714	601	732	752
	0.5	94%	3,991	4,182	510	682	709
現状* (2017 ～2019年平均、19万尾)	1	62%	2,722	2,753	943	906	913
	0.9	75%	2,982	3,034	863	898	909
	0.8	85%	3,278	3,360	781	882	899
	0.7	92%	3,614	3,739	695	855	879
	0.6	96%	3,997	4,184	606	816	847
	0.5	99%	4,435	4,710	514	759	799
過去年平均 (1994～2019 年平均、51万 尾)	1	88%	3,208	3,281	958	1,070	1,088
	0.9	94%	3,510	3,615	877	1,059	1,083
	0.8	98%	3,852	4,002	793	1,038	1,071
	0.7	100%	4,240	4,453	706	1,006	1,047
	0.6	100%	4,682	4,981	616	958	1,009
	0.5	100%	5,187	5,605	522	891	951
過去最大 (1998年、 130万尾)	1	100%	4,402	4,577	996	1,473	1,519
	0.9	100%	4,807	5,042	912	1,455	1,512
	0.8	100%	5,264	5,580	824	1,424	1,493
	0.7	100%	5,781	6,207	734	1,377	1,460
	0.6	100%	6,368	6,940	640	1,308	1,407
	0.5	100%	7,035	7,805	542	1,213	1,326

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/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 1994~2019 年の加入量・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 (令和 3 年度) (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 型を仮定した場合、親魚量が観測範囲より低い状態で高い加入量が予測され (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。BH 型では観測値からは変曲点が推定されなかった。HS 型再生産関係においても、加入量の減少が生じる親魚量についてパラメータ推定に与える情報が得られなかったため、ここでは技術ノートに従い親魚量の最小値を折れ点 (パラメータ b) とした。

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することとした。ここで、モデルに自己相関を考慮することにより自己相関構造は解消される。残差の時系列では、近年の加入量がモデルからの予測値よりも低くなる場合が多く見られたが、自己相関を考慮するとこの傾向は軽減された。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結果、有意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、1995 年、2011 年、2019 年の各データを除外した場合には折れ点の位置がやや移動したが、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）。

プロファイル尤度を補足図 1-8 に示す。この図からは、折れ点となる親魚量は観測範囲内では最小値のところで尤度が最小となるが、これ以外にも局所解をもつことが示された。これら 2 点での尤度にはほとんど差がないことから、推定された再生産関係の不安定性には注意が必要である。

以上の結果から、パラメータ推定における不確実性には注意が必要であるが、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。

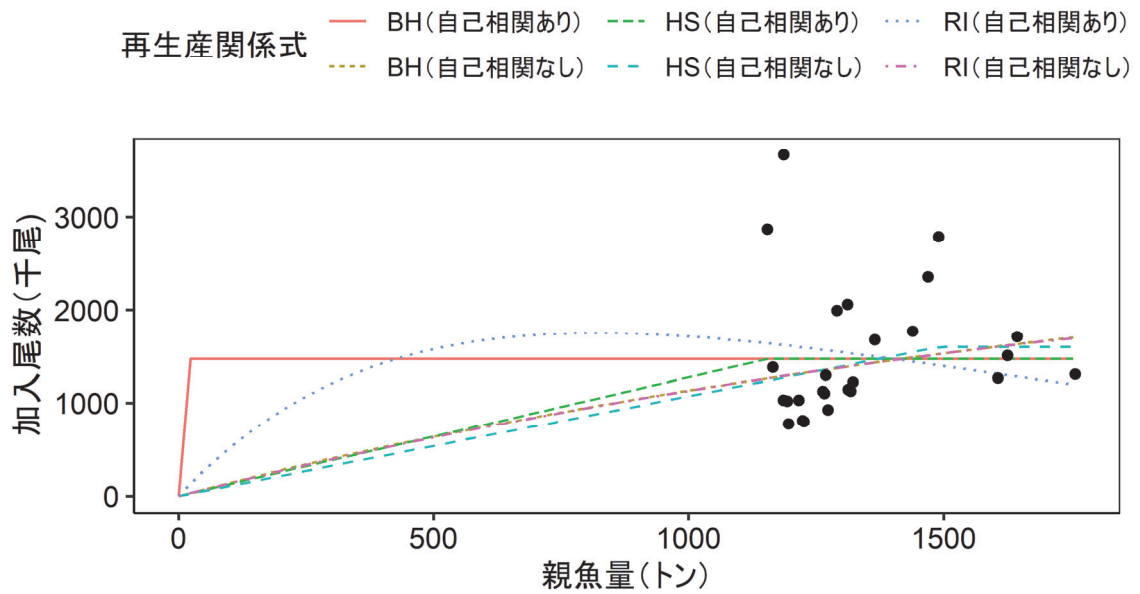
引用文献

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.

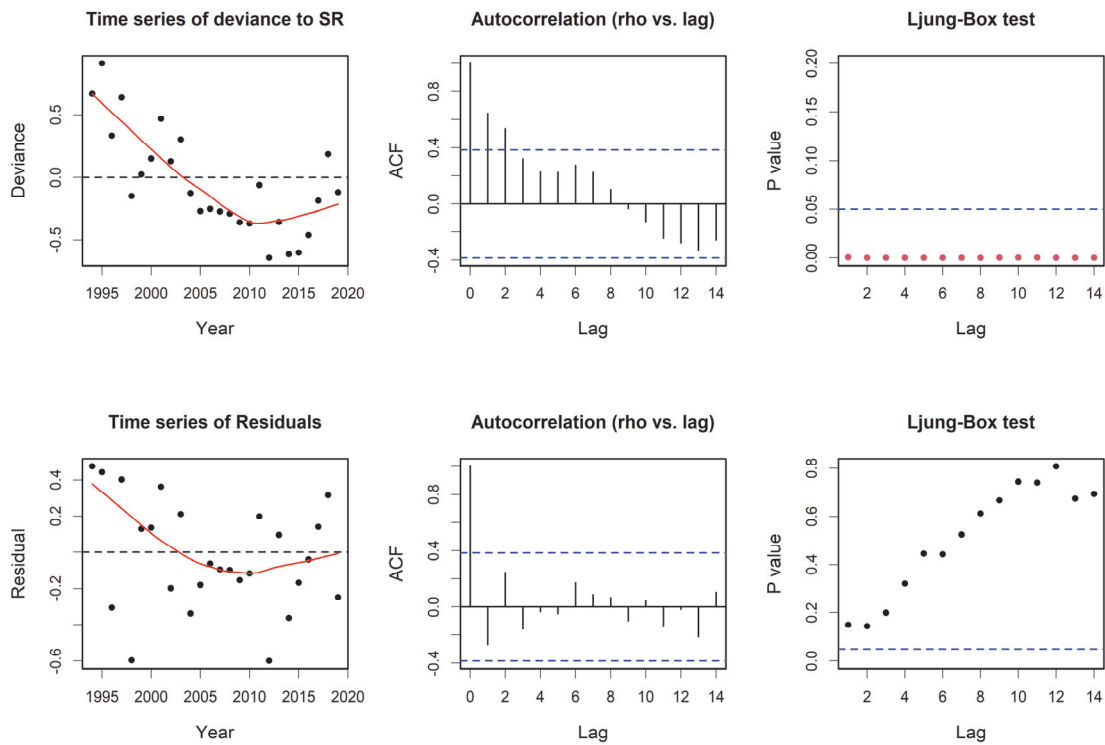
Clark C. W., A. T. Charles, J. R. Beddington, and M. Mangel (1985) Optimal capacity decisions in a developing fishery. *Marin. resour. Econ.*, **2**, 25-53.

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



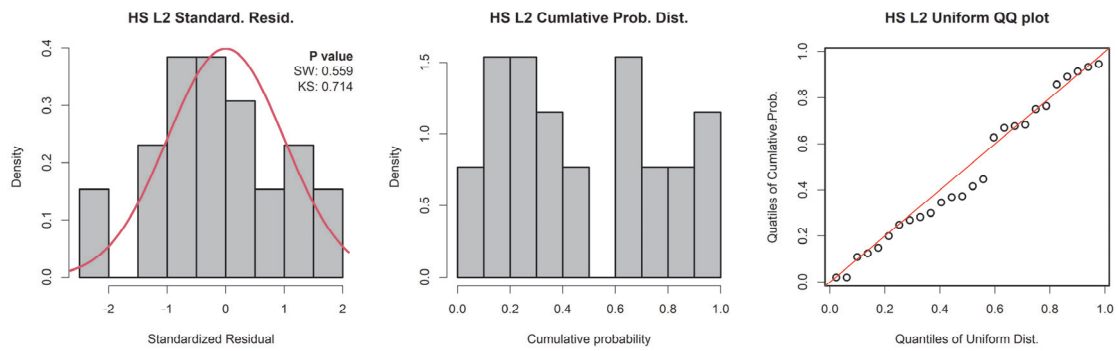
補足図 1-1. 各モデルにおける再生産関係式

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 (1994~2019 年) である。



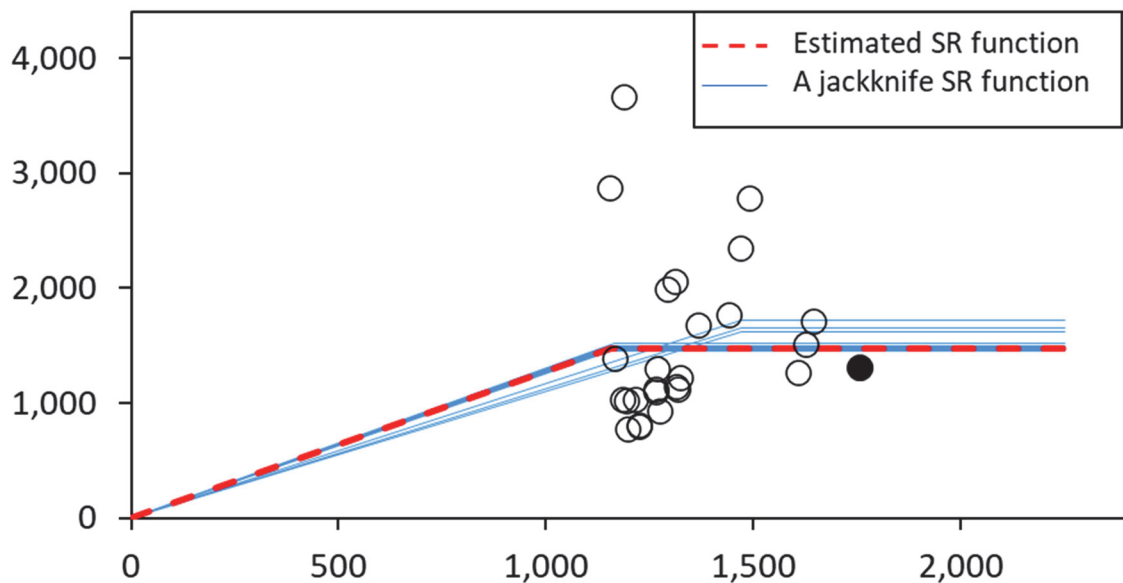
補足図 1-2. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の、再生産関係との逸脱度 (deviance) および自己相関を同時推定で考慮した場合の残差 (residual) のトレンド (左図)、自己相関プロット (中央図)、および Ljung-Box 検定における P 値 (右図)

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。

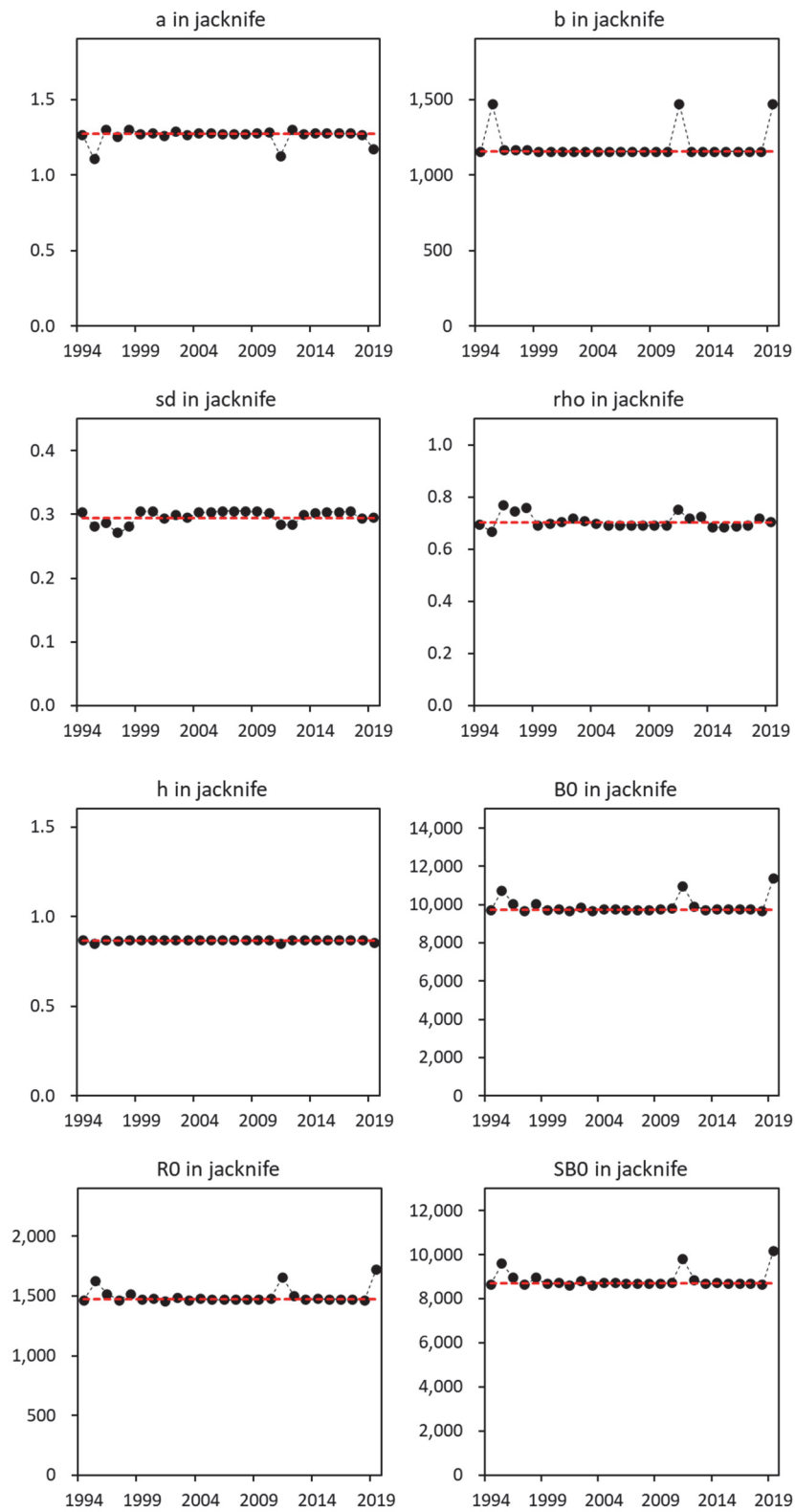


補足図 1-3. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の標準化残差のヒストグラムと正規性テスト結果（左図）、残差の累積確率密度のヒストグラム（中央図）、および一様分布を仮定した QQ プロット（右図）
残差のヒストグラムの右上の数値は Shapiro-Wilk 検定（SW）と Kolmogorov-Smirnov 検定（KS）の結果である。どちらも、帰無仮説は「正規分布に従っている」である。QQ プロットの赤線は理論値を示している。

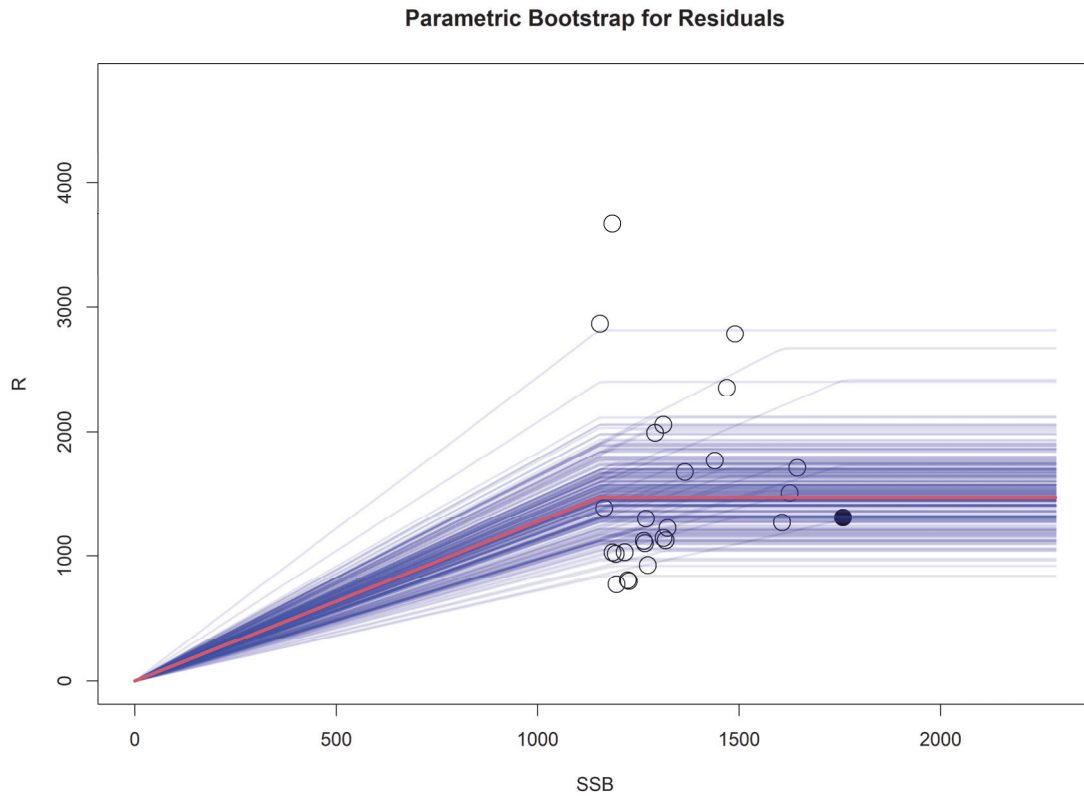
jackknife SR functions



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。

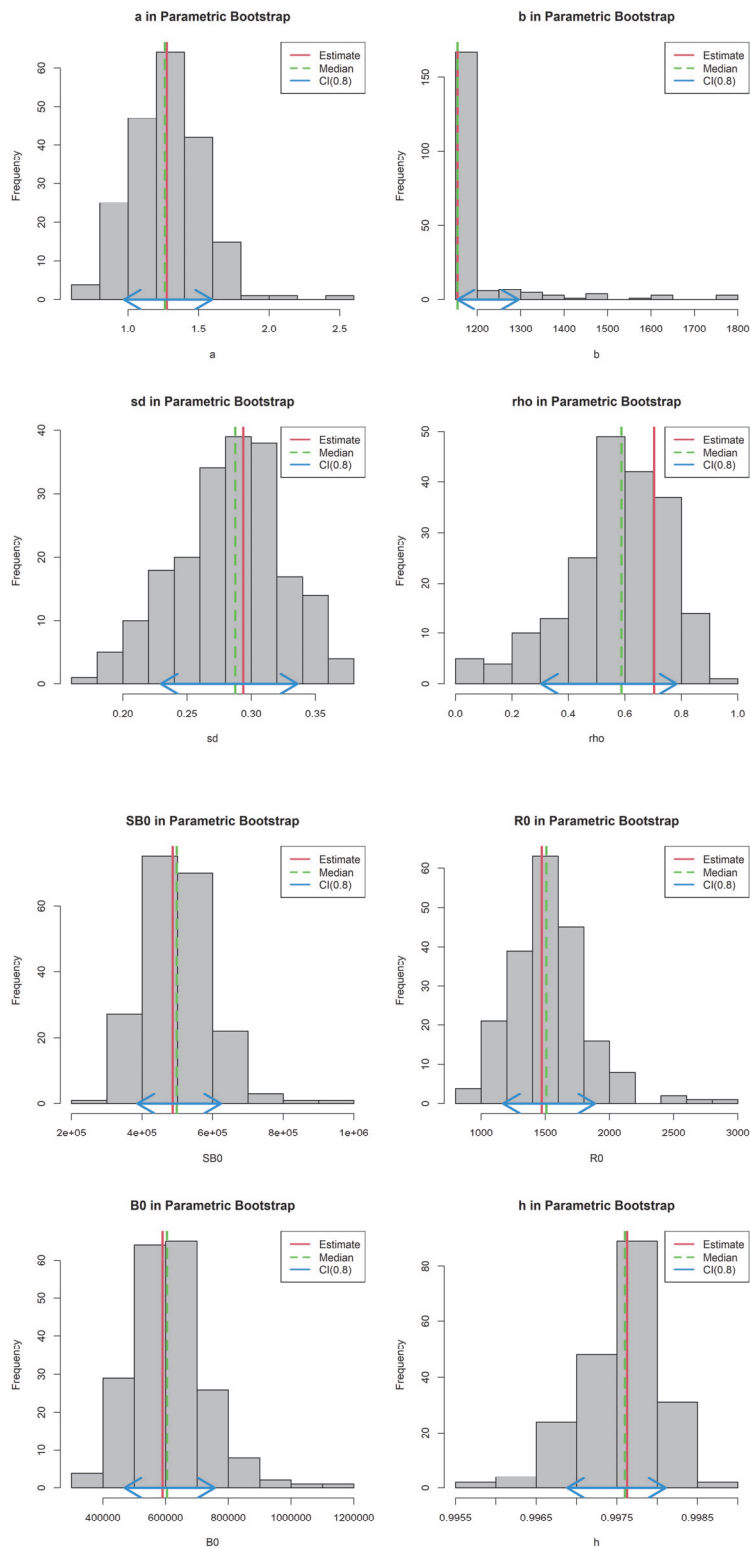


補足図 1-5. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響

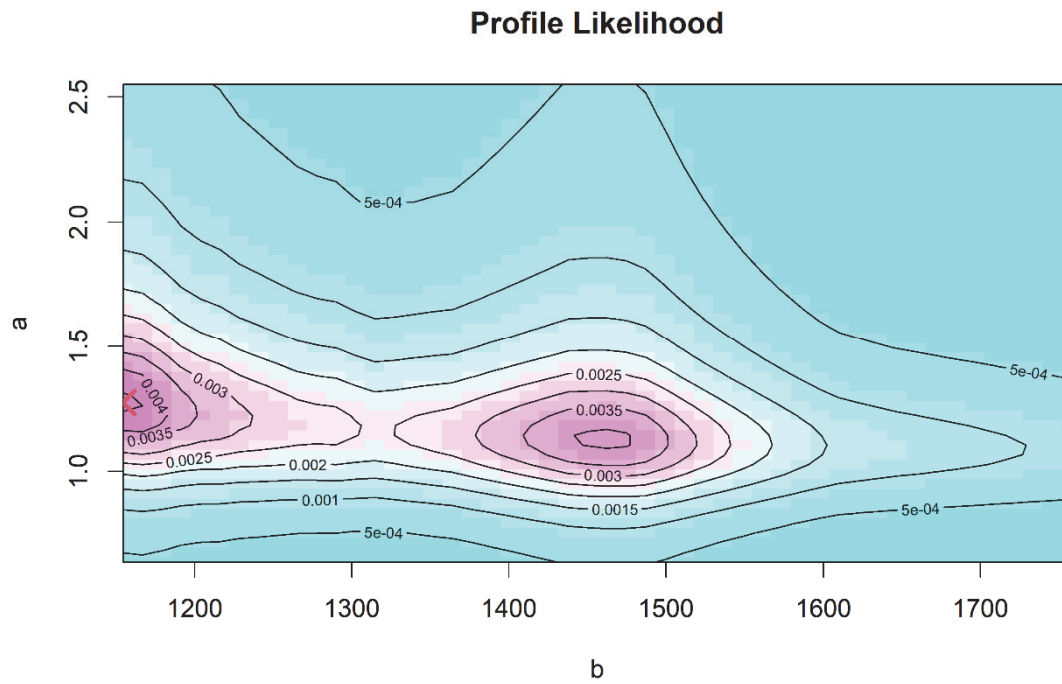


補足図 1-6. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析の結果

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（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. ホッカー・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・ステイツク	最小二乗法	有	同時	1.28	1,154	0.294	0.703	1,472	0.867	26
リッカー	最小二乗法	有	同時	5.80	0.0012	0.288	0.746	492	3.369	26
ベバートン・ホルト	最小二乗法	有	同時	—*	—*	0.294	0.703	1,472	1.000	26
ホッケー・ステイツク	最小二乗法	無	-	1.07	1,490	0.391	0	1,597	0.842	26
リッカー	最小二乗法	無	-	1.39	0.0002	0.396	0	1,721	1.075	26
ベバートン・ホルト	最小二乗法	無	-	1.45	0.0003	0.396	0	4,535	0.681	26
ホッケー・ステイツク	最小絶対値法	無	-	0.91	1,641	0.424	0	1,489	0.813	26
リッカー	最小絶対値法	無	-	0.91	0.0000	0.427	0	—**	—**	26
ベバートン・ホルト	最小絶対値法	無	-	0.91	0.0000	0.422	0	—**	—**	26

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。

* パラメータ a、b に高い相関があり解が一意に求められなかったため「—」とした。

**観測値からは変曲点が推定できず R0 を求められなかったため「—」とした。

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、以下の 6 通りの再生産関係と自己相関の考慮の組み合わせで、それぞれ MSY 管理基準値を推定した。比較対象とした組み合わせは、HS、BH、RI 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と考慮せず当てはめた場合である。なお自己相関を考慮する場合には“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 法	推定 法	SBmsy (トン)	SB0.6msy (トン)	SB0.1msy (トン)	MSY (トン)	Umsy	Fmsy/ Fcurrent
ホッケーク・ スティック (HS)	最小 二乗法	有	同時	2,427	857	121	806	0.24	1.30
ホッケーク・ スティック (HS)	最小 二乗法	無	—	2,564	979	151	872	0.25	1.34
リッカー (RI)	最小 二乗法	有	同時	1,096	336	41	759	0.39	2.79
リッカー (RI)	最小 二乗法	無	—	4,481	1,524	201	1,313	0.22	1.15
ベバートン・ ホルト (BH)	最小 二乗法	有	同時	2,364	227	—	807	0.25	1.34
ベバートン・ ホルト (BH)	最小 二乗法	無	—	9,315	2,514	288	1,872	0.16	0.78

HS 型再生産関係を用いた場合においては、自己相関を考慮しない場合で各管理基準値および MSY はやや高い値となったが、その差は小さい。RI 型においては、自己相関を考慮した場合に MSY 管理基準値 (SBmsy、SB0.6msy、および SB0.1msy) は非常に低い値となり、Fcurrent に対する Fmsy の比は大きい期待できる MSY はやや小さくなった。BH 型で自己相関を考慮した場合は、パラメータの解が一意に求められず加入量が減少する親魚量を推定できなかったため、SB0.1msy は算定できなかった。

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（1994～2019年平均、51万尾）、および過去最大（1998年、130万尾）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放流尾数の平均値と添加効率の平均値の積として求めた。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（19万尾）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を上回る確率は85%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では $\beta=0.8$ の場合の達成確率は70%に低下し、さらに $\beta=1$ 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（130万尾）が継続して続くと仮定した場合では、 $\beta=1$ で漁獲した場合においても10年後の目標管理基準値の達成確率が100%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し、種苗放流が行われないと仮定した場合では $\beta=0.8$ の10年後の達成確率が現状に比べて15%低下すると予測された。このため、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、この場合には管理方策についても再検討が必要となると推察される。

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	100	100	100	68	52	45	44	44	44	45	45	46	44	40
0.9	0	100	100	100	87	66	59	56	57	58	57	58	57	56	52
0.8	0	100	100	100	98	83	74	71	70	70	69	69	70	69	66
0.7	0	100	100	100	100	95	86	83	80	80	80	80	80	79	77
0.6	0	100	100	100	100	99	95	92	91	90	89	89	89	89	87
0.5	0	100	100	100	100	100	98	98	97	96	95	94	94	96	96
0.4	0	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	98	98	99	99
0.3	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	100	100	100	99	88	79	75	74	73	73	72	74	73	69

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	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 3-3. 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	2,190	2,553	2,880	2,755	2,603	2,499	2,447	2,435	2,440	2,445	2,450	2,446	2,441	2,429	2,378
0.9	2,190	2,553	2,880	2,852	2,767	2,703	2,671	2,671	2,682	2,691	2,698	2,695	2,691	2,679	2,624
0.8	2,190	2,553	2,880	2,952	2,943	2,928	2,923	2,939	2,959	2,974	2,985	2,983	2,981	2,968	2,909
0.7	2,190	2,553	2,880	3,057	3,132	3,177	3,207	3,244	3,277	3,301	3,317	3,319	3,318	3,304	3,241
0.6	2,190	2,553	2,880	3,164	3,335	3,450	3,526	3,592	3,645	3,681	3,705	3,712	3,714	3,700	3,633
0.5	2,190	2,553	2,880	3,276	3,552	3,753	3,886	3,991	4,070	4,124	4,161	4,175	4,182	4,171	4,099
0.4	2,190	2,553	2,880	3,393	3,785	4,086	4,292	4,449	4,565	4,644	4,698	4,725	4,739	4,736	4,660
0.3	2,190	2,553	2,880	3,513	4,036	4,455	4,751	4,975	5,141	5,257	5,336	5,381	5,407	5,423	5,341
0.2	2,190	2,553	2,880	3,638	4,304	4,862	5,271	5,583	5,815	5,982	6,099	6,171	6,217	6,270	6,183
0.1	2,190	2,553	2,880	3,768	4,593	5,313	5,861	6,284	6,606	6,843	7,014	7,128	7,204	7,329	7,239
0	2,190	2,553	2,880	3,902	4,902	5,812	6,529	7,097	7,537	7,872	8,121	8,297	8,421	8,680	8,590
Fcurrent	2,190	2,553	2,880	2,987	3,005	3,008	3,014	3,035	3,060	3,077	3,089	3,089	3,087	3,074	3,013

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	602	690	934	896	848	824	811	810	811	812	813	811	809	807	789
0.9	602	690	855	847	820	808	802	803	805	808	809	808	806	804	786
0.8	602	690	773	791	784	784	784	789	794	797	799	798	797	795	778
0.7	602	690	689	727	739	751	758	766	773	778	781	781	780	778	762
0.6	602	690	601	655	682	705	719	732	741	748	751	752	752	750	735
0.5	602	690	510	574	613	645	666	682	694	702	707	709	709	709	695
0.4	602	690	415	483	529	567	593	613	627	637	643	646	647	647	636
0.3	602	690	317	381	429	469	497	518	533	544	551	555	557	559	550
0.2	602	690	215	267	309	345	371	391	405	416	423	428	430	434	427
0.1	602	690	110	141	167	191	208	222	232	240	245	249	251	255	252
0	602	690	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	602	690	746	770	770	774	777	783	788	792	794	794	792	790	773

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	10年 後	0年後	5年後	10年 後	親魚量 が現在 の水準 を下回 る	親魚量 が限界 管理基 準値を 下回る	漁獲量 が半減 する
		2027 年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	46%	2,435	2,441	934	810	809	68%	0%	0%
0.9	57%	2,671	2,691	855	803	806	51%	0%	0%
0.8	70%	2,939	2,981	773	789	797	36%	0%	0%
0.7	80%	3,244	3,318	689	766	780	22%	0%	0%
0.6	89%	3,592	3,714	601	732	752	11%	0%	0%
0.5	94%	3,991	4,182	510	682	709	4%	0%	0%
0.4	98%	4,449	4,739	415	613	647	1%	0%	0%
0.3	100%	4,975	5,407	317	518	557	0%	0%	0%
0.2	100%	5,583	6,217	215	391	430	0%	0%	0%
0.1	100%	6,284	7,204	110	222	251	0%	0%	0%
0	100%	7,097	8,421	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（51 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	100	100	100	99	95	91	90	89	88	88	87	88	89	86
0.9	0	100	100	100	100	99	98	96	96	96	95	95	94	96	96
0.8	0	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	98	99	99
0.7	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	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 3-8. 人工種苗由来の加入尾数を過去年平均（51 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	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 3-9. 人工種苗由来の加入尾数を過去年平均（51 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（51 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	2,190	2,553	2,887	2,943	2,986	3,068	3,152	3,208	3,247	3,269	3,282	3,282	3,281	3,273	3,221
0.9	2,190	2,553	2,887	3,043	3,165	3,306	3,430	3,510	3,563	3,594	3,612	3,615	3,615	3,607	3,552
0.8	2,190	2,553	2,887	3,147	3,357	3,568	3,741	3,852	3,924	3,967	3,993	4,000	4,002	3,994	3,935
0.7	2,190	2,553	2,887	3,255	3,562	3,856	4,090	4,240	4,338	4,398	4,434	4,448	4,453	4,447	4,384
0.6	2,190	2,553	2,887	3,367	3,782	4,172	4,481	4,682	4,815	4,897	4,948	4,971	4,981	4,980	4,913
0.5	2,190	2,553	2,887	3,482	4,017	4,520	4,920	5,187	5,364	5,477	5,549	5,586	5,605	5,615	5,543
0.4	2,190	2,553	2,887	3,602	4,269	4,903	5,414	5,763	6,000	6,156	6,257	6,314	6,347	6,376	6,300
0.3	2,190	2,553	2,887	3,726	4,539	5,326	5,971	6,424	6,739	6,952	7,095	7,182	7,235	7,301	7,220
0.2	2,190	2,553	2,887	3,855	4,828	5,791	6,600	7,183	7,600	7,891	8,093	8,223	8,308	8,441	8,356
0.1	2,190	2,553	2,887	3,989	5,138	6,305	7,309	8,056	8,606	9,003	9,288	9,481	9,613	9,867	9,781
0	2,190	2,553	2,887	4,127	5,471	6,872	8,111	9,063	9,785	10,326	10,726	11,011	11,216	11,685	11,605
Fcurrent	2,190	2,553	2,887	3,183	3,423	3,661	3,852	3,975	4,055	4,103	4,132	4,141	4,144	4,137	4,076

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（51 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	602	690	958	984	1,004	1,030	1,054	1,070	1,081	1,087	1,090	1,090	1,088	1,088	1,069
0.9	602	690	877	928	967	1,006	1,038	1,059	1,072	1,080	1,084	1,084	1,083	1,083	1,064
0.8	602	690	793	865	922	972	1,012	1,038	1,055	1,065	1,070	1,071	1,071	1,070	1,053
0.7	602	690	706	794	865	927	975	1,006	1,026	1,038	1,044	1,047	1,047	1,047	1,031
0.6	602	690	616	714	796	867	922	958	981	996	1,004	1,008	1,009	1,010	995
0.5	602	690	522	625	713	790	850	891	917	934	944	949	951	954	940
0.4	602	690	425	525	614	692	755	798	826	845	857	864	867	871	860
0.3	602	690	325	413	496	570	630	672	701	721	734	742	746	753	743
0.2	602	690	220	290	356	417	468	505	531	550	562	570	575	584	577
0.1	602	690	112	152	192	230	262	286	304	316	325	331	335	344	340
0	602	690	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	602	690	765	843	904	959	1,001	1,029	1,046	1,057	1,063	1,064	1,064	1,064	1,047

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（51 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 が現在 の水準 を下回 る	親魚量 が限界 管理基 準値を 下回る	漁獲量 が半減 する
		2027 年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	88%	3,208	3,281	958	1,070	1,088	11%	0%	0%
0.9	94%	3,510	3,615	877	1,059	1,083	3%	0%	0%
0.8	98%	3,852	4,002	793	1,038	1,071	1%	0%	0%
0.7	100%	4,240	4,453	706	1,006	1,047	0%	0%	0%
0.6	100%	4,682	4,981	616	958	1,009	0%	0%	0%
0.5	100%	5,187	5,605	522	891	951	0%	0%	0%
0.4	100%	5,763	6,347	425	798	867	0%	0%	0%
0.3	100%	6,424	7,235	325	672	746	0%	0%	0%
0.2	100%	7,183	8,308	220	505	575	0%	0%	0%
0.1	100%	8,056	9,613	112	286	335	0%	0%	0%
0	100%	9,063	11,216	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（130 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	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	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 3-14. 人工種苗由来の加入尾数を過去最大（130 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	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 3-15. 人工種苗由来の加入尾数を過去最大（130 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（130 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	2,190	2,553	2,898	3,234	3,577	3,948	4,241	4,402	4,493	4,541	4,568	4,575	4,577	4,572	4,520
0.9	2,190	2,553	2,898	3,339	3,780	4,239	4,602	4,807	4,925	4,989	5,025	5,037	5,042	5,039	4,983
0.8	2,190	2,553	2,898	3,448	3,995	4,557	5,005	5,264	5,416	5,502	5,552	5,571	5,580	5,580	5,521
0.7	2,190	2,553	2,898	3,562	4,226	4,905	5,454	5,781	5,978	6,093	6,161	6,191	6,207	6,213	6,150
0.6	2,190	2,553	2,898	3,679	4,472	5,287	5,956	6,368	6,622	6,776	6,868	6,915	6,940	6,959	6,892
0.5	2,190	2,553	2,898	3,800	4,735	5,706	6,518	7,035	7,364	7,568	7,696	7,766	7,805	7,845	7,774
0.4	2,190	2,553	2,898	3,926	5,016	6,166	7,149	7,795	8,219	8,492	8,667	8,770	8,832	8,910	8,834
0.3	2,190	2,553	2,898	4,056	5,316	6,671	7,857	8,663	9,209	9,573	9,814	9,965	10,060	10,204	10,124
0.2	2,190	2,553	2,898	4,191	5,638	7,226	8,652	9,656	10,358	10,843	11,176	11,394	11,539	11,797	11,715
0.1	2,190	2,553	2,898	4,331	5,981	7,837	9,548	10,795	11,696	12,342	12,801	13,117	13,336	13,790	13,710
0	2,190	2,553	2,898	4,475	6,349	8,508	10,557	12,103	13,260	14,118	14,750	15,206	15,536	16,329	16,263
Fcurrent	2,190	2,553	2,898	3,485	4,070	4,669	5,148	5,428	5,594	5,689	5,744	5,767	5,777	5,779	5,719

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（130 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	602	691	996	1,120	1,244	1,348	1,429	1,473	1,498	1,511	1,518	1,519	1,519	1,519	1,500
0.9	602	691	912	1,055	1,195	1,312	1,403	1,455	1,484	1,501	1,509	1,511	1,512	1,512	1,494
0.8	602	691	824	981	1,134	1,263	1,365	1,424	1,458	1,478	1,488	1,492	1,493	1,495	1,477
0.7	602	691	734	899	1,061	1,199	1,310	1,377	1,416	1,439	1,452	1,458	1,460	1,462	1,446
0.6	602	691	640	806	973	1,118	1,235	1,308	1,352	1,379	1,395	1,403	1,407	1,411	1,396
0.5	602	691	542	704	868	1,014	1,135	1,213	1,261	1,292	1,310	1,320	1,326	1,332	1,319
0.4	602	691	441	590	744	885	1,004	1,083	1,134	1,167	1,188	1,200	1,207	1,217	1,206
0.3	602	691	337	464	599	725	835	910	960	994	1,016	1,030	1,038	1,052	1,043
0.2	602	691	229	324	429	529	619	682	726	757	777	791	800	816	810
0.1	602	691	116	170	230	290	345	385	414	434	449	459	466	480	477
0	602	691	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	602	691	795	955	1,111	1,244	1,349	1,410	1,446	1,467	1,478	1,483	1,484	1,486	1,469

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（130 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 が現在 の水準 を下回 る	親魚量 が限界 管理基 準値を 下回る	漁獲量 が半減 する
		2027 年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	100%	4,402	4,577	996	1,473	1,519	0%	0%	0%
0.9	100%	4,807	5,042	912	1,455	1,512	0%	0%	0%
0.8	100%	5,264	5,580	824	1,424	1,493	0%	0%	0%
0.7	100%	5,781	6,207	734	1,377	1,460	0%	0%	0%
0.6	100%	6,368	6,940	640	1,308	1,407	0%	0%	0%
0.5	100%	7,035	7,805	542	1,213	1,326	0%	0%	0%
0.4	100%	7,795	8,832	441	1,083	1,207	0%	0%	0%
0.3	100%	8,663	10,060	337	910	1,038	0%	0%	0%
0.2	100%	9,656	11,539	229	682	800	0%	0%	0%
0.1	100%	10,795	13,336	116	385	466	0%	0%	0%
0	100%	12,103	15,536	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。