

## 令和3（2021）年度ブリ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年度の本資源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。本資源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1994～2020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ないリッカー（RI）型再生産関係の適用を提案する。RI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（22.2万トン）を、限界管理基準値として、SB0.6msy（6.9万トン）を提案する。禁漁水準として、SB0.1msy（0.9万トン）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（2015～2019年の平均の漁獲係数）の0.82倍である。

親魚量 (万トン)	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 (万トン)	現状の漁獲圧 (2015～2019年) に対する比*	説 明
目標管理基準値案					
22.2	1.54	0.38	13.0	0.82	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					
6.9	0.48	0.12	7.8	1.23	MSYの60%の漁 獲が得られる親魚 量(SB0.6msy)
禁漁水準案					
0.9	0.06	0.02	1.3	1.41	MSYの10%の漁 獲が得られる親魚 量(SB0.1msy)
2020年					
14.4	1.00	0.24	11.8**	—	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（暫定値）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 (Ver. 2.2.0.0) を用いた。frasyr で用いている式の詳細は「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・漁獲係数	令和 3 (2021) 年度 ブリの資源評価 (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候補とした。再生産関係の検討は、資源評価で推定された 1994~2020 年のモジャコ期時点の加入量および親魚量に基づき行った。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、BH 型および HS 型のいずれの再生産関係式を仮定した場合でも、最小二乗法を用いた場合の方が最小絶対値法を用いた場合よりも低くなった。また、加入量の残差の 1 期前との自己相関は、どの再生産関係式で最小二乗法および最小絶対値法により最適化した場合でも有意ではなかった。従って、本資源においては、最適化法には最小二乗法を使用し、再生産関係のモデルに加入量の自己相関を積極的に考慮する必要はないと判断した (表 1、補足資料 1)。仮定する再生産関係式については、AICc が最小となる RI 型に対して、BH 型と HS 型の AICc の差は 4 未満であった (表 1)。また、本資源では漁業への加入とした 0 歳 (モジャコ期) の主要な減耗要因として、共食いがあることが知られており (浅見ほか 1967)、親魚量の増加によって、流れ藻に付随するモジャコの密度が増加し、共食いによる減耗が増加する可能性が示唆されるが、BH 型や HS 型のように加入尾数が頭打ちとなる動態でなく、RI 型となるような強い密度効果が生じるのかは明らかでない。そのため、異なる再生産関係を誤って選択した場合のリスクについて、「簡易的 MSE を用いた複数の管理基準値の頑健性の比較・HCR の検討 (FRA-SA2020-BRP01-7)」に従って、簡易 MSE (Management Strategy Evaluation、管理戦略評価) による比較を行った (補足資料 9)。真の再生産関係が HS 型または BH 型の資源において、正しく再生産関係を想定して管理した場合と、誤って RI 型再生産関係を想定した場合のシミュレーションを実施した結果、RI 型を想定した管理を行っても短期的、中長期的な漁獲量の損失が小さく、親魚量や資源量の減少リスクは殆どないということが示された。

### 1-3) 再生産関係の候補

上述の通り、本資源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)、g (異なる再生産関係を用いた場合のリスクの非対称性)、および i (管理方策の頑健性、MSE による評価) の基準を採用し、最小二乗法で最適化した自己相関を用いない RI 型再生産関係式を候補として提案する (図 1)。AICc 最小モデルと候補モデルとの AICc の差は 4 以上でないことには注意を要するが、HS 型・BH 型再生産関係から推定される管理基準値案が極端な外挿値になる (補足資料 3 (補足表 3-1)) こと、さらに簡易 MSE により、真の再生産関係が HS 型や BH 型のときに、誤って RI 型を想定した管理を行っても短期的、中長期的な漁獲量の損失が小さく、親魚量や資源量の減少リスクは殆どないという結果を踏まえ、RI 型再生産関係式を提案した。当該関係式において、初期親魚量  $SB_0$  (漁獲が無い状態における親魚量) における平均加入尾数  $R_0$  は 0.54 億尾、ステイプネス  $h$  ( $0.2SB_0$  における加入尾数の  $R_0$  に対する比) は 2.85 であった。

## 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には、「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 年度の資源評価で用いた各種設定および生物パラメータ (自然死亡係数および年齢別成熟率) を使用した (表 2)。管理基準値案を算出するための具体的な数式は原則として、「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)」に従った。但し、個体群動態モデルでは、0 歳 (モジャコ期) と 0 歳 (後期) を半期コホート、1 歳~3 歳以上を年コホートとして計算した (補足資料 2)。なお、本資源においては現状の漁獲圧 ( $F_{current}$ ) として 2015~2019 年の漁獲係数 (図 2) を用いており、将来予測における選択率にはこの現状の漁獲圧での選択率を続けて用いた。年齢別平均体重には 1994~2020 年の平均値を用いた。本資源では、平均世代時間 (5.2 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。なお、0 歳 (モジャコ期) の採捕尾数は、毎年定められる採捕計画尾数に基づいて行われているが、管理基準値案算出のための将来予測において、この採捕計画尾数は考慮しないこととした。

### 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 ( $SB_{msy}$  : 22.2 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 ( $SB_{0.6msy}$  : 6.9 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 ( $SB_{0.1msy}$  : 0.9 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 ( $SB_0$  : 59.2 万トン) 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 36% 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 13.0 万トンである。MSY が実現する際のモジャコの漁獲

尾数は 0.15 億尾と推定される（補足表 3-3）。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 0.82 で、その時の漁獲割合（ $U_{msy}$ ）は 31%である。限界管理基準値として提案する SB0.6msy は SB0 の 12%、禁漁水準として提案する SB0.1msy は SB0 の 2%である。なお、再生産関係から推定される  $SB_{msy}$  は、RI 型の場合は 22.2 万トンで本種の過去最高の親魚量である 19.7 万トンをやや上回る値であったが、HS 型および BH 型の場合はそれぞれ、過去最高親魚量の 2.3 倍（46.1 万トン）および 3.7 倍（73.5 万トン）となる（補足表 3-1）。様々な 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 0 歳（後期）および 1 歳が殆どを占めていたが、親魚量が  $SB_{msy}$  に近づくとつれ、3 歳以上の比率が高くなる傾向がみられた。なお、図 3 では 0 歳（モジャコ期）の漁獲量が極めて少なく、目視による確認が難しいため、これを拡大したものを補足資料 10（補足図 10-1）に示した。

### 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。本資源における漁獲係数（F 値）は、資源評価開始年の 1994 年以降、直近も含めて、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：14.4 万トン）は、目標管理基準値案は下回るが限界管理基準値案は上回っている。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 1.54、0.48 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  $\beta$  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 SB0.6msy、 $SB_{ban}$  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  $\beta$  に標準値である 0.8 を用いた。なお、この漁獲管理規則では 0 歳（モジャコ期）の漁獲尾数も制御される。

### 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 $\beta$ 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、 $\beta$  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、加入尾数、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、および漁獲圧の比（ $F/F_{msy}$ ）の推移を図 6 に示す。なお、本将来予測を実施する際の具体的な数式は原則として、「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）」に従ったが、管理基準値案推定の際と同様に、個体群動態モデルは、0 歳（モジャコ期）と 0 歳（後期）を半年コホート、

1 歳～3 歳以上を年コホートとして計算した（補足資料 2）。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（ $F_{current}$ ）から仮定した。また、0 歳（モジャコ期）の採捕尾数は、毎年定められる採捕計画尾数に基づいて行われているが、漁獲管理規則案での将来予測において、この採捕計画尾数は考慮しないこととした。なお、図 6 において比較のために示した現状の漁獲圧（ $F_{current}$ ）で漁獲を継続した場合の将来予測において、モジャコの採捕尾数は、最近 10 年の採捕計画尾数の平均値（0.23 億尾）を採捕の上限としている。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、先ず  $\beta F_{msy}$  での漁獲が行われる。中長期的にも、親魚量は限界管理基準値案を超えるため、 $\beta F_{msy}$  での漁獲となる。 $\beta$  を 0.8 とした漁獲管理規則案での漁獲の継続により漁獲量は MSY 水準よりやや少なく、親魚量は  $SB_{msy}$  よりも高めに推移していくと予測される。

## (2) 調整係数 $\beta$ 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  $\beta$  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、漁獲量平均値の推移およびモジャコ採捕尾数平均値を表 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 年時点で限界管理基準値案を超えており、漁獲管理規則案での漁獲開始から 10 年後の 2032 年にも、 $\beta$  が 0.8 であれば 99%の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された（表 4）。 $\beta$  が 0.9 以下であれば、2032 年には 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、 $\beta$  が 1 の場合には親魚量が目標管理基準値案を上回る確率が 50%を下回った。しかし、 $\beta$  が 1 であっても限界管理基準値案以上に親魚量を維持できることが示された（表 5）。なお、親魚量が 2032 年に目標管理基準値案を上回る確率が 50%となる  $\beta$  は 0.997 である。2023 年以降の親魚量は  $\beta$  が低い程多くなった（表 7）。 $\beta$  が 0.8 以上のときの 2023 年の漁獲量は、現状の漁獲量（2020 年：11.8 万トン）に達しなかったが、2025 年以降はこれより多くなった（表 8）。モジャコ採捕尾数は管理開始年以降、 $\beta$  がどのような値であっても  $F_{current}$  で採捕を行った場合よりも、採捕尾数は少なくなった（表 9）。表 10 に、 $\beta$  を 0.0～1.0 の間で変えた場合に、管理開始から 10 年間に 1 度でも親魚量が限界管理基準値案を下回るリスク、親魚量が限界管理基準値案を下回るリスク、漁獲量が前年と比較して半減するリスクを示した。いずれのリスクも 0%であった。

## 3. まとめ

本資源では、資源評価で推定された 1994～2020 年の加入尾数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ない RI 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  $SB_{msy}$ （22.2 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  $SB_{0.6msy}$ （6.9 万トン）、 $SB_{0.1msy}$ （0.9 万トン）をそれぞれ

れ提案する。

現在の本資源の親魚量は、目標管理基準値案を下回ると考えられる。MSY を実現する漁獲割合は31%、漁獲圧は $F_{current}$ の0.82倍である(表3)。 $\beta$ が0.9以下であれば、2032年に50%以上の確率でMSY水準に維持されると予測される。

#### 4. 今後の検討事項

今回採用したRI型再生産曲線では、ステープネス $h$ は2.85と著しく高く推定され(補足表1-1)、それに伴い $F_{msy}$ に対応するSPRは12.7%と顕著に小さくなった(表3)。再生産関係の選択においては、モデルの予測力(AICc)に加えて、簡易MSEにより、真の再生産関係がHS型やBH型のときに、誤ってRI型を想定した管理を行っても短期的、中長期的な漁獲量の損失が小さく、親魚量や資源量の減少リスクは殆どないという結果を得たことを踏まえ、RI型再生産関係式を採用している。2010年以降の親魚量の増大により加入の密度依存性を示唆する情報が加わったもののデータ数は豊富でない。今後も引き続き親魚量と加入量の関係は注視すべきであり、将来的に情報が追加された際には再生産関係式の再検討が必要であろう。

本資料ではここに示したシナリオのほかに、0歳(モジャコ期)を解析に含めなかった場合(補足資料4)や、0歳(モジャコ期)の $M$ を変化させた場合(補足資料5~8)についても検討した。結果の要約は補足資料2に示した。

上記の他のシナリオにおける結果が示す通り、0歳(モジャコ期)を加入と捉えるか否かや、0歳(モジャコ期)の $M$ の仮定によって、適用される再生産関係が変化するため、管理基準値の不確実性が大きい。こ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.
- 浅見忠彦・花岡藤雄・松田星二(1967)産卵および発生初期の生態並びにモジャコの標識放流に関する研究. モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究. 農林技術会議報告書, **30**, 1-60.
- 古川誠志郎・亘 真吾・久保田洋・入路光雄・盛田祐加(2020)令和2(2020)年度ブリの資源評価、令和2年度魚種別資源評価(119魚種)、水産庁増殖推進部・国立研究開発法人水産研究・教育機構 (<http://abchan.fra.go.jp/digests2020/details/202045.pdf>)
- R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing, Vienna, Austria.  
URL <https://www.R-project.org/>.

(執筆者：古川誠志郎、加賀敏樹、久保田洋)

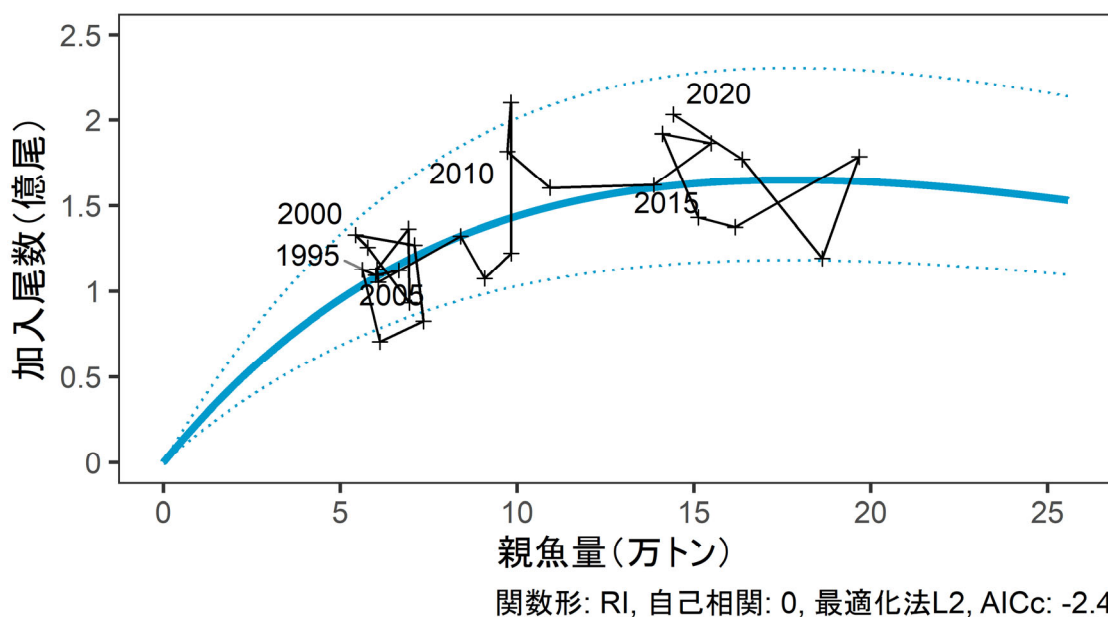


図 1. 再生産関係

再生産関係には自己相関を考慮しないリッカー（RI）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。+印は分析に使用した 1994～2020 年の親魚量と加入尾数を示す。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。

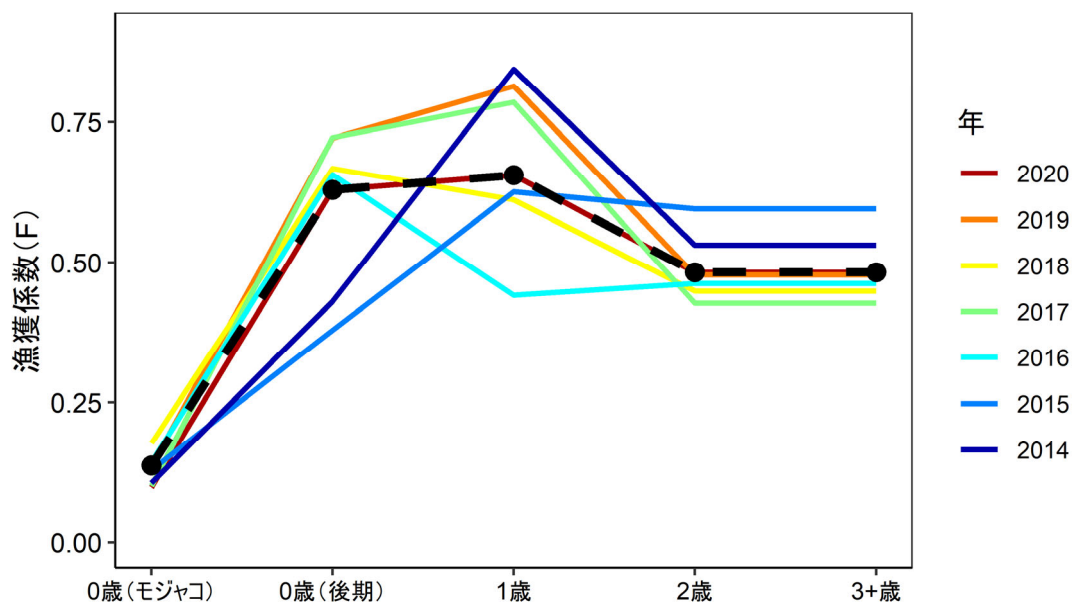


図 2. 年齢別の漁獲係数（F 値）

2014 年以降の各年の年齢別 F 値を示す。黒色の破線と丸点は現状の漁獲圧（Fcurrent）であり、2015～2019 年の F 値の平均である。

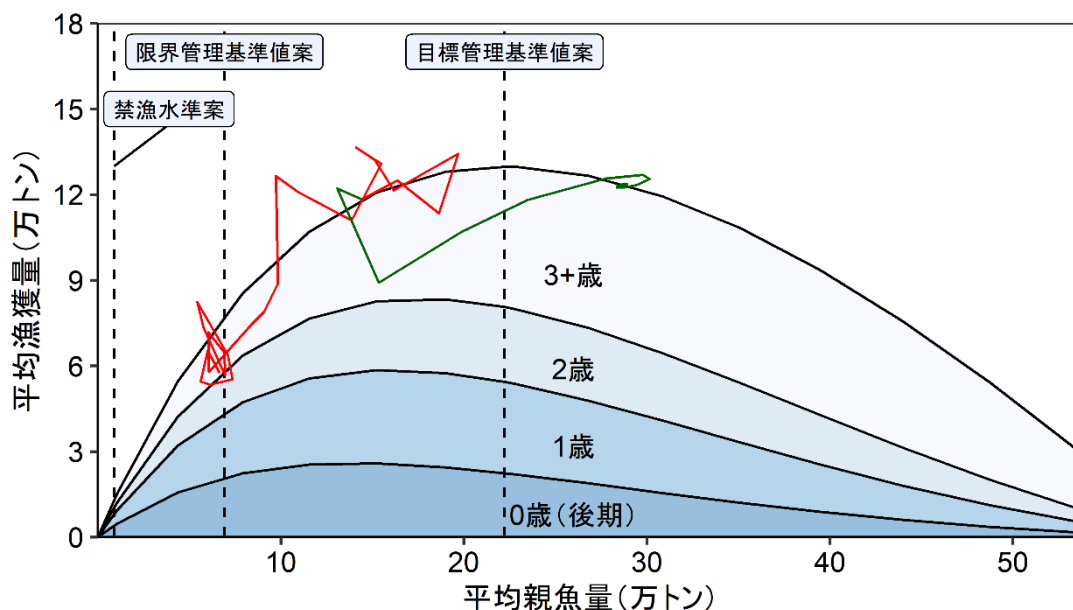


図3 管理基準値案および禁漁水準案と年齢別漁獲量曲線の関係

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。赤線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量の推移を、緑線は提案する漁獲管理規則案（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 $\beta$ 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59.2万トンである。また、0歳（モジャコ期）の漁獲量が極めて少なく、目視による確認が難しいため、これを拡大したものを補足図10-1に示している。

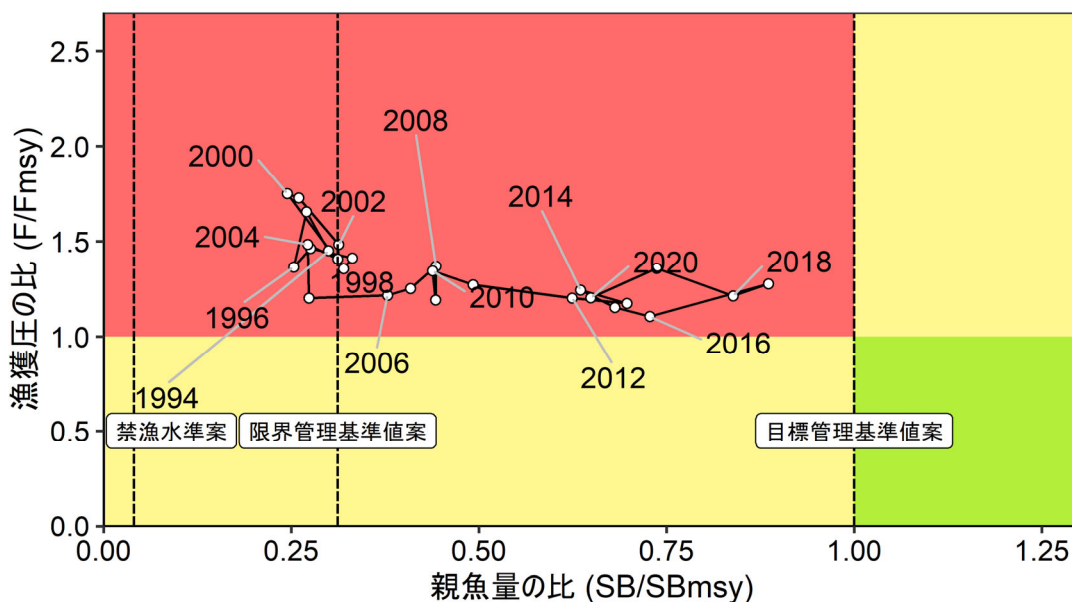
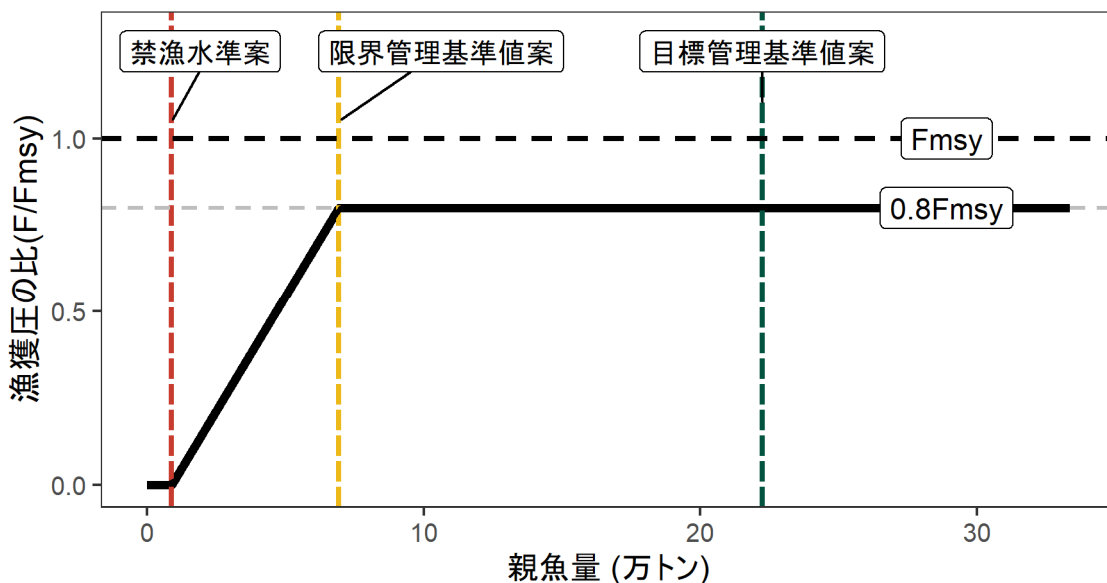


図4. 神戸プロット

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

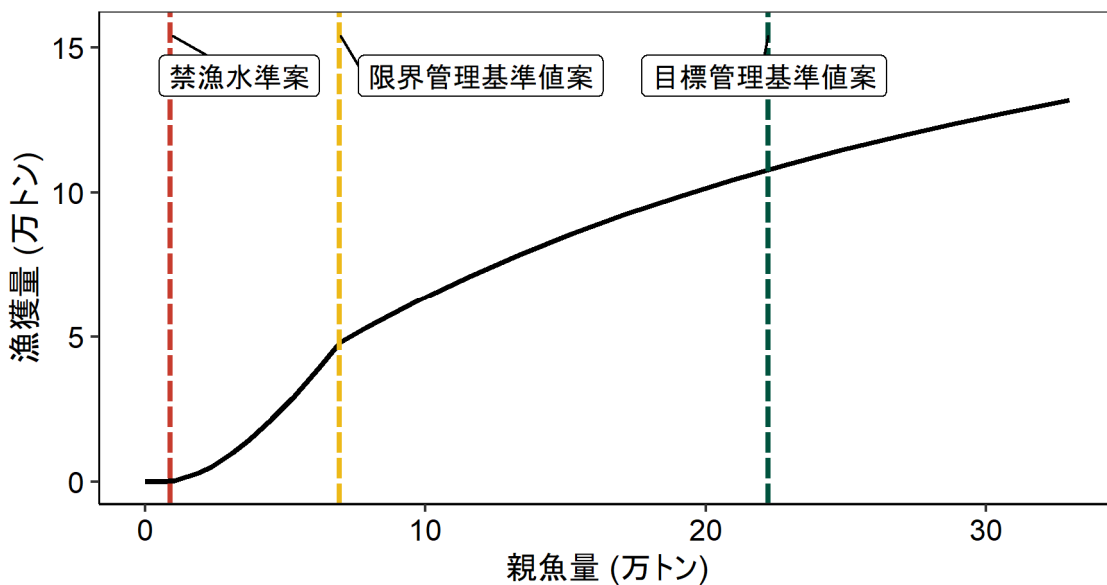


図 5. 漁獲管理規則案

目標管理基準値 (SBtarget) 案は RI 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  $\beta$  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。

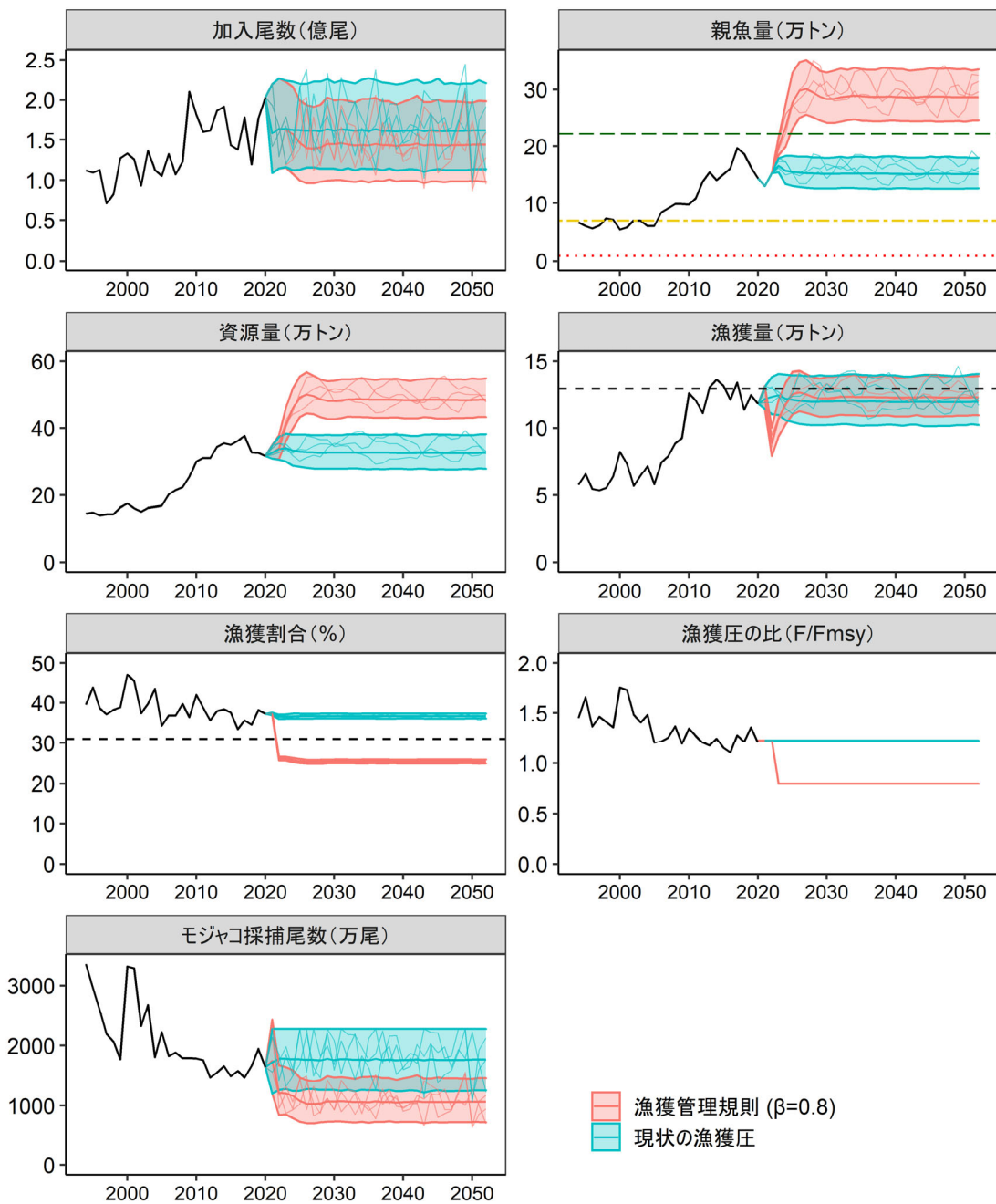


図 6. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）の比較

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、赤点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。現状の漁獲圧でのモジャコ採捕尾数の将来予測では、最近10年間の採捕計画尾数の平均値をモジャコ採捕尾数の上限とした。調整係数  $\beta$  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	ΔAICc	順位
ホッケー・ステイック (HS)	最小二乗法	無	-0.88	-1.519	5
<b>リッカー (RI)</b>	<b>最小二乗法</b>	<b>無</b>	<b>-2.40</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
ベバートン・ホルト (BH)	最小二乗法	無	-1.45	-0.951	2
ホッケー・ステイック (HS)	最小絶対値法	無	1.93	-4.329	6
リッカー (RI)	最小絶対値法	無	-1.43	-0.970	3
ベバートン・ホルト (BH)	最小絶対値法	無	-1.23	-1.170	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。

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) *2
0 (モジャコ期)	0.60*1	0.0	6	0.210	0.137
0 (後期)	0.30*1	0.0	560	0.960	0.629
1	0.30	0.0	1625	1.000	0.655
2	0.30	0.5	3970	0.736	0.482
3+	0.30	1.0	7425	0.736	0.482

\*1 コホートの前進計算において 0 歳（モジャコ期）および 0 歳（後期）は半期コホートとして扱ったが、ここで示した自然死亡係数は年コホートでの値に換算したものである。

\*2 Fcurrent は 2015～2019 年の F 値の年齢別平均値である。

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 : 59.2 万トン) 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 (万トン)	SB0 に 対する比	漁獲量 (万トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲割合	現状の 漁獲圧に 対する比
目標管理基準値案	SBmsy	22.2	0.38	13.0	12.7	0.31	0.82
限界管理基準値案	SB0.6msy	6.9	0.12	7.8	5.4	0.44	1.23
禁漁水準案	SB0.1msy	0.9	0.02	1.3	3.8	0.49	1.41
MSY を実現する 漁獲圧	Fmsy	(0 歳 (モジャコ期) , 0 歳 (後期) , 1 歳, 2 歳, 3+歳) = (0.11, 0.51, 0.54, 0.39, 0.39)					

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	8	29	44	48	50	48	47	47	48	45	47
0.9	0	0	0	0	32	78	92	94	93	92	91	91	92	91	92
0.8	0	0	0	2	69	98	100	100	100	100	100	99	100	100	100
0.7	0	0	0	8	93	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	27	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	59	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	89	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	100	100	100	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。

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を上回る確率 (%)

$\beta$	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  $\beta$  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 (万トン)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	18.2	19.5	21.2	22.0	22.3	22.3	22.3	22.2	22.2	22.3	22.1	22.2
0.9	14.4	13.1	15.4	19.0	21.4	24.2	25.6	26.0	25.8	25.5	25.3	25.3	25.5	25.3	25.4
0.8	14.4	13.1	15.4	19.9	23.5	27.7	29.8	30.1	29.5	28.8	28.4	28.4	28.7	28.6	28.7
0.7	14.4	13.1	15.4	20.7	25.8	31.8	34.6	34.7	33.3	31.8	31.2	31.4	31.9	32.0	32.1
0.6	14.4	13.1	15.4	21.6	28.3	36.4	40.1	39.8	37.1	34.6	33.6	34.2	35.4	35.5	35.5
0.5	14.4	13.1	15.4	22.6	31.1	41.7	46.4	45.4	41.0	37.2	35.8	36.9	39.0	39.2	39.1
0.4	14.4	13.1	15.4	23.6	34.2	47.7	53.7	51.7	45.1	39.6	37.7	39.4	42.8	43.1	42.7
0.3	14.4	13.1	15.4	24.6	37.6	54.6	62.0	58.8	49.6	42.1	39.4	41.7	46.6	47.5	46.4
0.2	14.4	13.1	15.4	25.7	41.4	62.6	71.6	66.8	55.0	45.2	41.2	43.8	50.2	52.4	50.2
0.1	14.4	13.1	15.4	26.8	45.5	71.6	82.7	76.3	61.6	49.5	43.7	45.6	53.1	57.7	54.3
0.0	14.4	13.1	15.4	28.0	50.1	82.0	95.6	87.4	70.1	55.8	47.8	47.8	54.9	63.0	59.2
Fcurrent	14.4	13.1	15.4	16.6	15.8	15.6	15.4	15.4	15.3	15.2	15.2	15.2	15.3	15.2	15.2

漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  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 8. 将来の平均漁獲量の推移 (万トン)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.2	10.6	11.8	12.3	12.7	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	13.0	12.9	12.9
0.9	11.8	12.2	9.8	11.3	12.1	12.7	12.9	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
0.8	11.8	12.2	8.9	10.7	11.8	12.6	12.7	12.6	12.3	12.2	12.3	12.3	12.4	12.3	12.3
0.7	11.8	12.2	8.0	10.0	11.3	12.2	12.2	11.9	11.6	11.4	11.5	11.6	11.7	11.6	11.6
0.6	11.8	12.2	7.0	9.1	10.6	11.5	11.5	11.0	10.5	10.3	10.4	10.6	10.8	10.7	10.7
0.5	11.8	12.2	6.0	8.1	9.7	10.6	10.5	9.9	9.2	9.0	9.1	9.4	9.7	9.5	9.5
0.4	11.8	12.2	4.9	6.9	8.5	9.4	9.2	8.5	7.7	7.4	7.6	8.0	8.3	8.1	8.1
0.3	11.8	12.2	3.8	5.5	7.0	7.8	7.6	6.9	6.1	5.8	5.9	6.4	6.7	6.4	6.4
0.2	11.8	12.2	2.6	3.9	5.1	5.8	5.7	5.0	4.3	4.0	4.1	4.5	4.8	4.6	4.5
0.1	11.8	12.2	1.3	2.1	2.8	3.2	3.2	2.8	2.3	2.1	2.1	2.3	2.5	2.5	2.4
0.0	11.8	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fcurrent	11.8	12.2	12.4	12.5	12.2	12.1	12.1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.1	12.0	12.0

漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  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. 将来のモジャコ採捕尾数の推移 (万尾)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	1,644	1,748	1,501	1,501	1,493	1,474	1,459	1,458	1,450	1,476	1,459	1,473	1,467	1,474	1,466
0.9	1,644	1,748	1,358	1,356	1,333	1,286	1,255	1,250	1,248	1,275	1,264	1,276	1,269	1,277	1,269
0.8	1,644	1,748	1,214	1,207	1,163	1,081	1,033	1,027	1,037	1,072	1,068	1,077	1,067	1,073	1,065
0.7	1,644	1,748	1,068	1,055	987	869	807	805	834	879	883	887	871	874	868
0.6	1,644	1,748	921	902	810	664	593	599	647	705	715	711	686	687	683
0.5	1,644	1,748	772	748	638	475	405	419	482	550	565	553	518	518	517
0.4	1,644	1,748	621	594	475	313	252	271	339	412	431	413	370	368	371
0.3	1,644	1,748	468	441	326	185	139	157	219	287	309	290	246	240	247
0.2	1,644	1,748	314	291	195	92	63	76	121	174	195	182	145	135	144
0.1	1,644	1,748	158	143	86	32	20	26	47	75	90	86	66	56	61
0.0	1,644	1,748	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	1,644	1,727	1,785	1,786	1,775	1,774	1,769	1,768	1,759	1,783	1,764	1,782	1,777	1,777	1,772

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 10. 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 (万トン)		予測平均漁獲量 (万トン)			平均モジャコ採捕尾数 (万尾)			リスク(10 年間に 1 度でも起きる確率)		
		5 年後	10 年後	0 年後	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	親魚量が禁漁水準を下回る	漁獲量が半減する
		2027 年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年	2022 年	2027 年	2032 年			
1	47.5%	22.3	22.3	10.6	12.9	13.0	1,501	1,458	1,467	0%	0%	0%
0.9	92.4%	26.0	25.5	9.8	12.9	12.8	1,358	1,250	1,269	0%	0%	0%
0.8	99.7%	30.1	28.7	8.9	12.6	12.4	1,214	1,027	1,067	0%	0%	0%
0.7	100%	34.7	31.9	8.0	11.9	11.7	1,068	805	871	0%	0%	0%
0.6	100%	39.8	35.4	7.0	11.0	10.8	921	599	686	0%	0%	0%
0.5	100%	45.4	39.0	6.0	9.9	9.7	772	419	518	0%	0%	0%
0.4	100%	51.7	42.8	4.9	8.5	8.3	621	271	370	0%	0%	0%
0.3	100%	58.8	46.6	3.8	6.9	6.7	468	157	246	0%	0%	0%
0.2	100%	66.8	50.2	2.6	5.0	4.8	314	76	145	0%	0%	0%
0.1	100%	76.3	53.1	1.3	2.8	2.5	158	26	66	0%	0%	0%
0	100%	87.4	54.9	0	0	0	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<sub>y</sub> を y 年の加入量、B<sub>y</sub> を y 年当初の親魚量、A<sub>min</sub> を加入年齢 (本資源の場合は A<sub>min</sub> は 0 歳モジャコ期) 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。

候補とした再生産関係を補足図 1-1 に示した。最小二乗法でパラメータの最適化を行った各再生産関係モデルについて、Shapiro-Wilk 検定および Kolmogorov-Smirnov 検定により残差の正規性を調べたところ、いずれのモデルでも正規性からの有意な逸脱は検出されなかったことから (補足図 1-2a)、b)、c))、最適化法として最小二乗法を用いることとした。次に加入の残差の時系列トレンドを調べるため、最小二乗法を当てはめた際の残差トレンドと自己相関プロットを求めた (補足図 1-3a)、b)、c))。その結果、いずれの再生産関係を仮定した場合でも、残差には時系列トレンドが見られず、ラグ 1 の残差は自己相関プロットの信頼区間に概ね収まっており、かつ自己相関係数も低かったため、本資源については自己相関を考慮する必要はないと考えられた。

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、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、1-7)。また、各再生産関係式を最小二乗法により当てはめた場合のプロファイル尤度を確認すると、RI 型および HS 型では特段の問題は見られず、BH 型においてややパラメータ推定の不安定さが見られるものの、概ね問題のない範囲と思われ、最適解としてパラメータが推定されていると考えられた (補足図 1-8)。RI 型はステープネスの値が 1 を超える高い密度効果を示しており、漁獲がない場合の親魚量 (SB0) における加入尾数は、SB0 の 20% に相当する親魚量における加入尾数よりも少なかった

AICc を比較すると、RI 型で最も低く、次いで BH 型、HS 型の順だった。本資源で漁業への加入とした 0 歳 (モジャコ期) の主要な減耗要因として、共食いがあることが知られている (浅見ほか 1967)。親魚量の増加によって、流れ藻に付随するモジャコの密度が増加し、共食いによる減耗が増加する可能性が示唆されるが、BH 型や HS 型のように個体数が頭打ちとなる動態でなく、RI 型となるような強い密度効果が生じるのかは明らか

でない。しかしながら、真の再生産関係が HS 型や BH 型であっても RI 型を想定した管理では、短期的、中長期的な漁獲量の損失が小さく、親魚量や資源量の減少リスクは殆どないということが簡易 MSE によって示された（補足資料 9）。以上の検討から、本資源の再生産関係の候補としては、最小二乗法で最適化した自己相関を考慮しない RI 型再生産関係式を採用した。

今回採用した RI 型再生産曲線では、ステープネス  $h$  は 2.85 と著しく高く推定され（補足表 1-1）、それに伴い  $F_{msy}$  に対応する SPR は 12.7% と顕著に小さくなった（表 3）。再生産関係の選択においては、モデルの予測力（AICc）に加えて、簡易 MSE より結果を踏まえて、RI 型再生産関係式を採用している。2010 年以降の親魚量の増大により加入の密度依存性を示唆する情報が加わったもののデータ数は豊富でない。今後も引き続き親魚量と加入量の関係は注視すべきであり、将来的に情報が追加された際には再生産関係式の再検討が必要であろう。

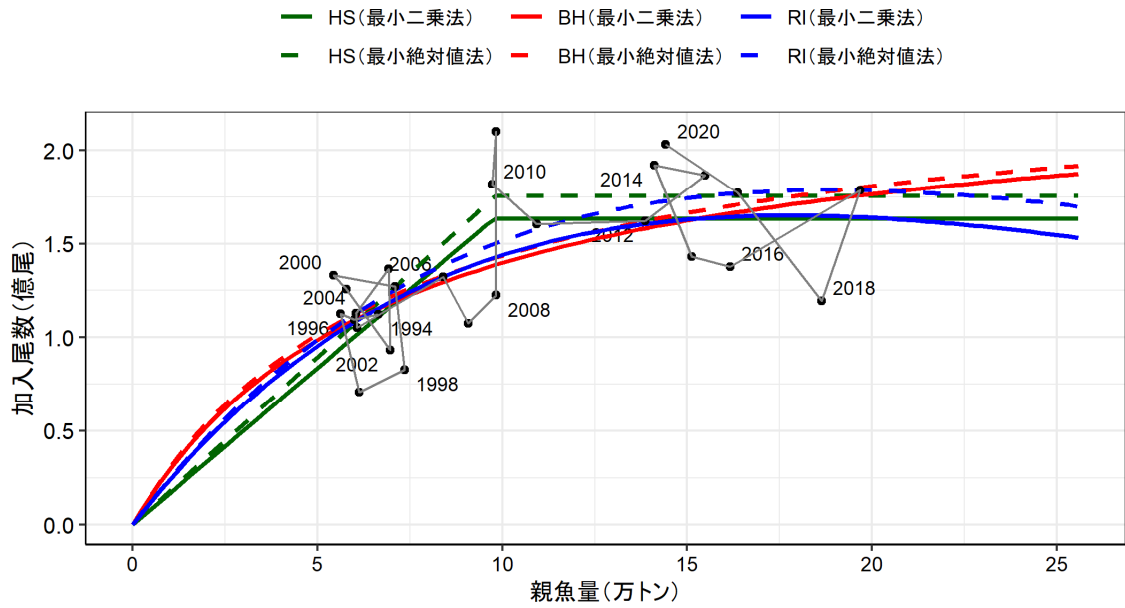
#### 引用文献

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.

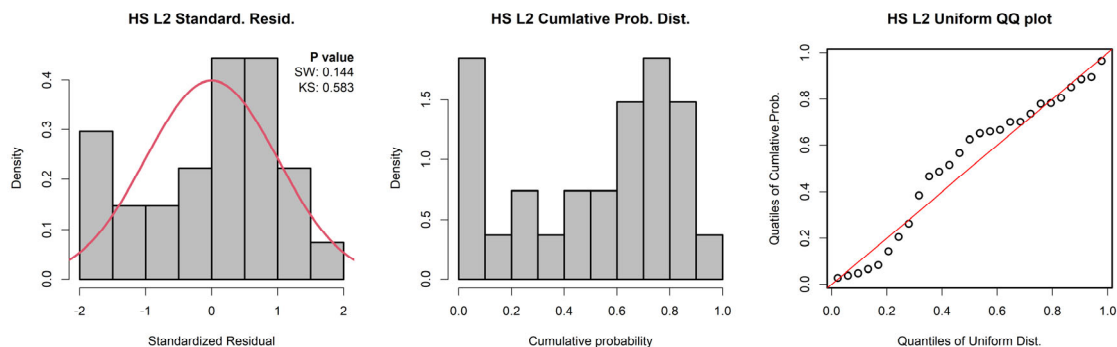
Ricker W. E. (1954) Stock and recruitment. *J Fish Res Board Can.*, **11**, 559-623.



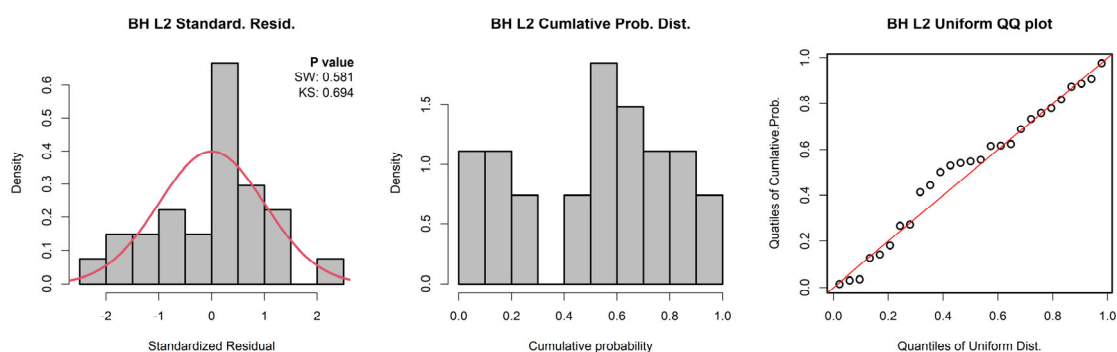
補足図 1-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケー・スティック型 (HS)、ベバートン・ホルト型 (BH)、リッカー型 (RI) 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当てはめた。黒丸は分析に使用した親魚量・加入尾数 (1994~2020年) である。

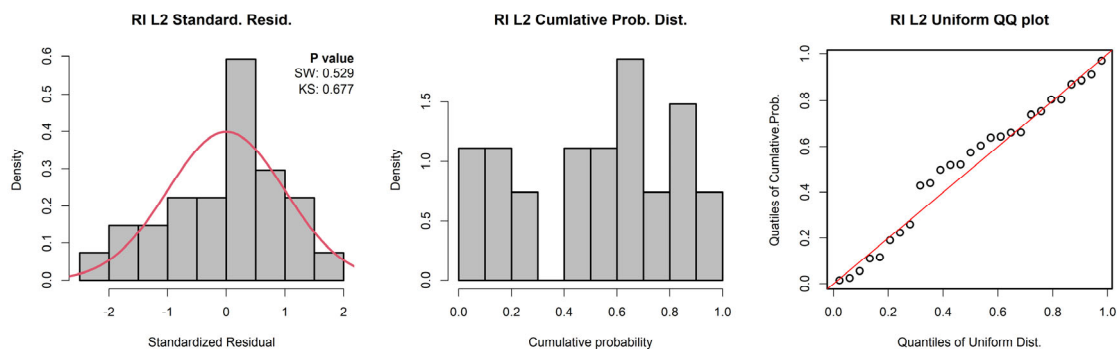
a) ホッケー・スティック（HS）型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合



b) ベバートン・ホルト（BH）型の再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合

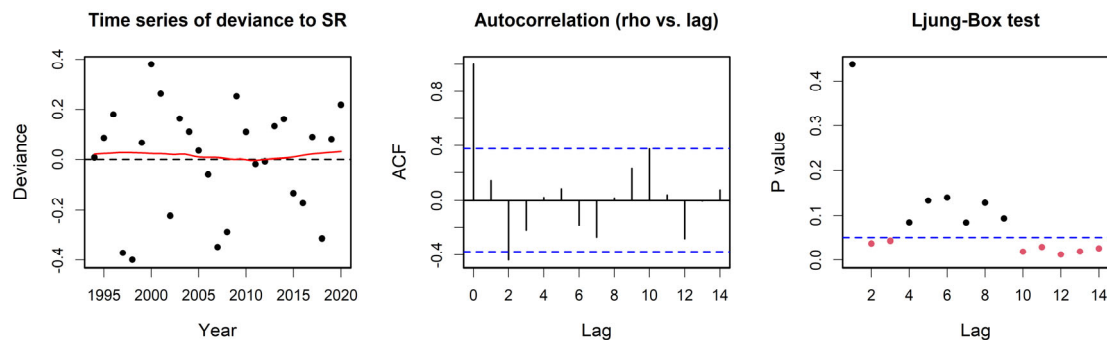


c) リッカー（RI）型の再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合

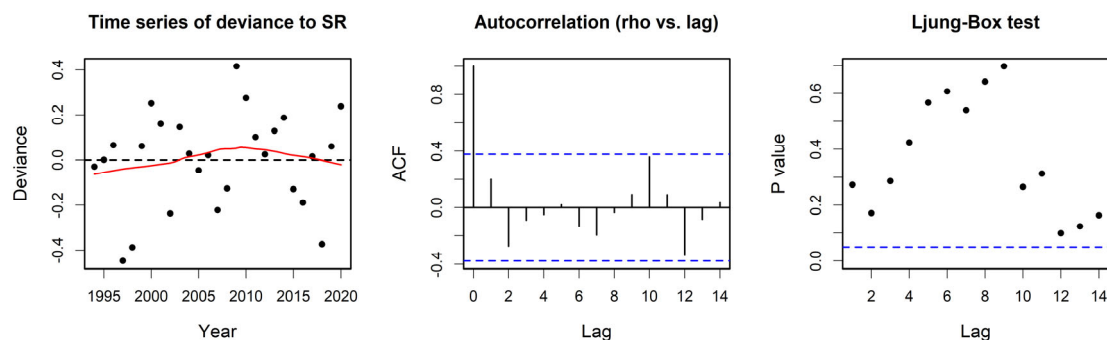


補足図 1-2. ホッケー・スティック型（HS）、ベバートン・ホルト型（BH）、リッカー型（RI）における標準化残差のヒストグラムと正規性テスト結果（左）、残差の累積確率密度のヒストグラム（中央）、一様分布を仮定した QQ プロット（右）  
残差分布図の右上の数値は Shapiro-Wilk 検定（SW）と Kolmogorov-Smirnov 検定（KS）の結果である（帰無仮説は「正規分布に従っている」）。QQ プロットの赤線は理論値を示す。

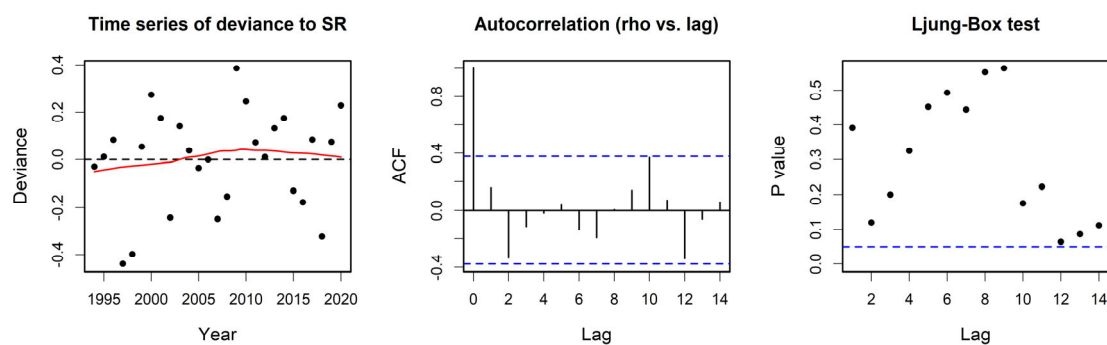
a) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合



b) ベバートン・ホルト (BH) 型の再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合

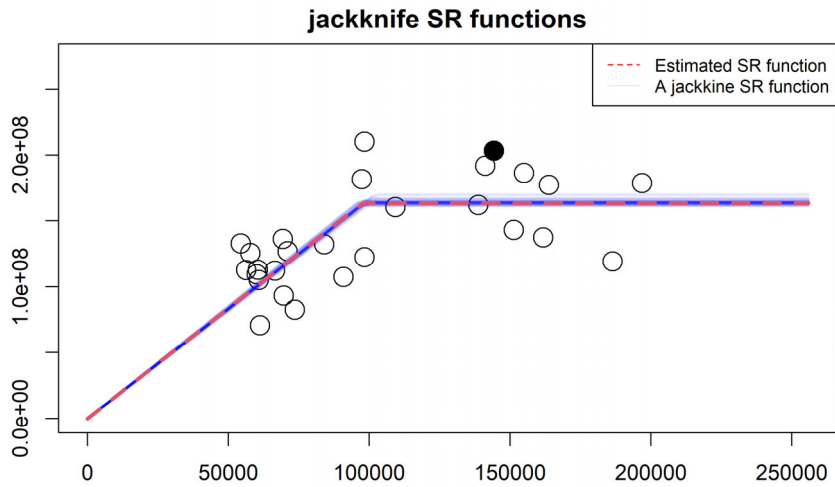


c) リッカー (RI) 型の再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合



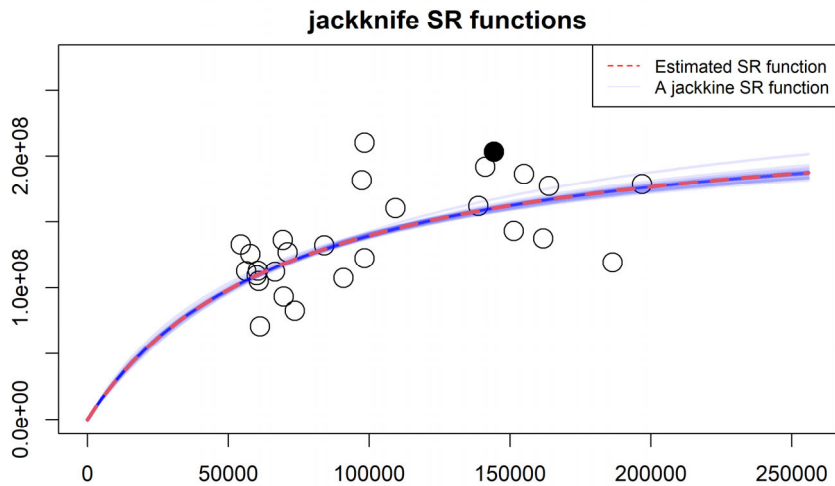
補足図 1-3. ホッケー・スティック型 (HS)、ベバートン・ホルト型 (BH)、リッカー型 (RI) における再生産関係との残差の時系列トレンド (左)、コレログラム (中央) および Ljung-Box 検定における P 値 (右)

残差の時系列の図中の赤線は平滑化された曲線を表している。コレログラムの図中の青色の点線は 95%信頼区間を、Ljung-Box 検定における P 値の図中の青色の点線は 5%水準を表している。



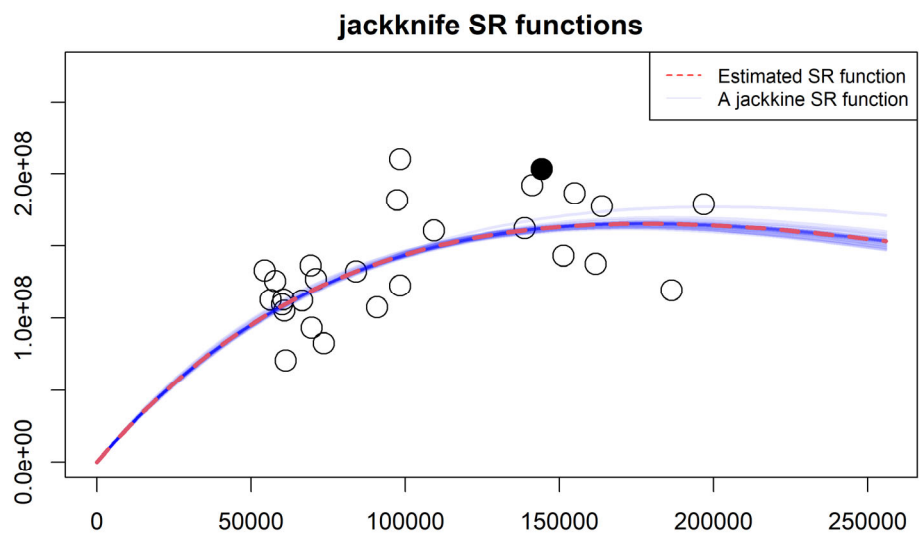
補足図 1-4a. HS 型再生産関係におけるジャックナイフ解析での推定結果

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）、縦軸は加入量（尾）である。丸印は分析に使用した令和 3 年度の資源評価に基づく親魚量・加入量であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（親魚量で 2020 年）を示す。



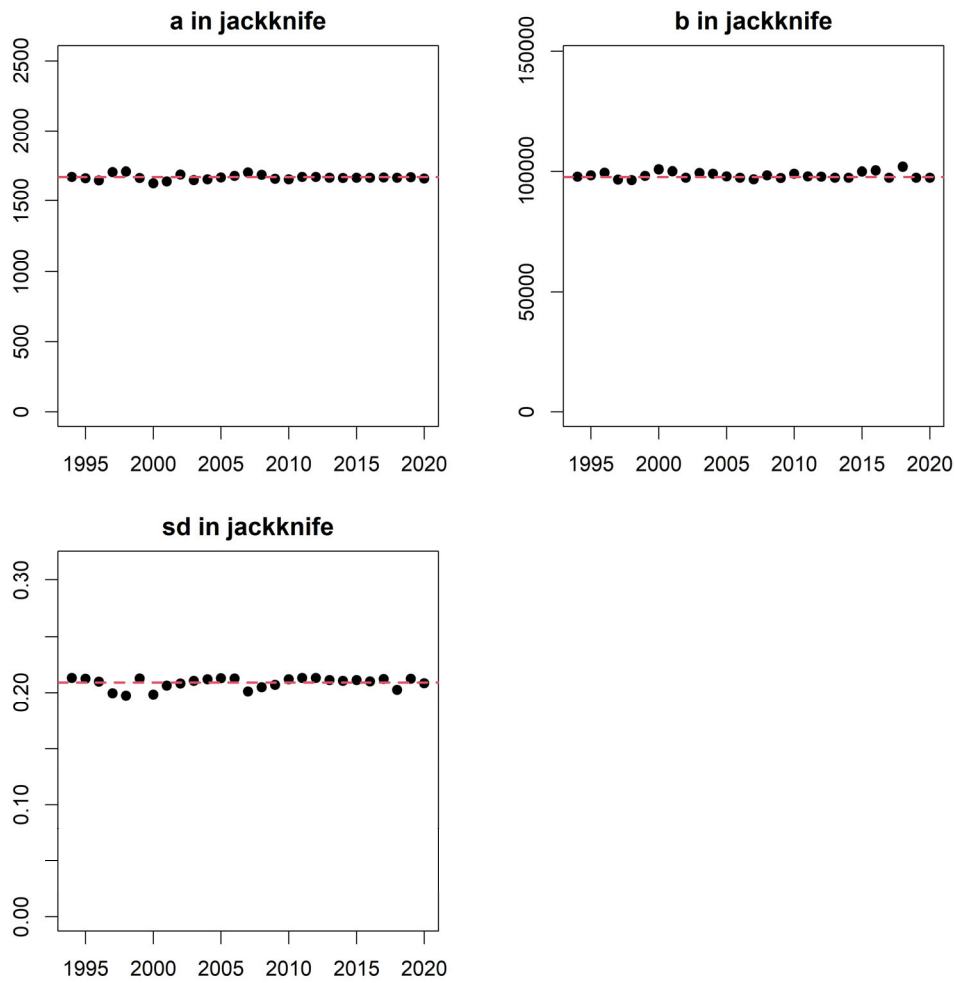
補足図 1-4b. BH 型再生産関係におけるジャックナイフ解析での推定結果

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）、縦軸は加入量（尾）である。丸印は分析に使用した令和 3 年度の資源評価に基づく親魚量・加入量であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（親魚量で 2020 年）を示す。

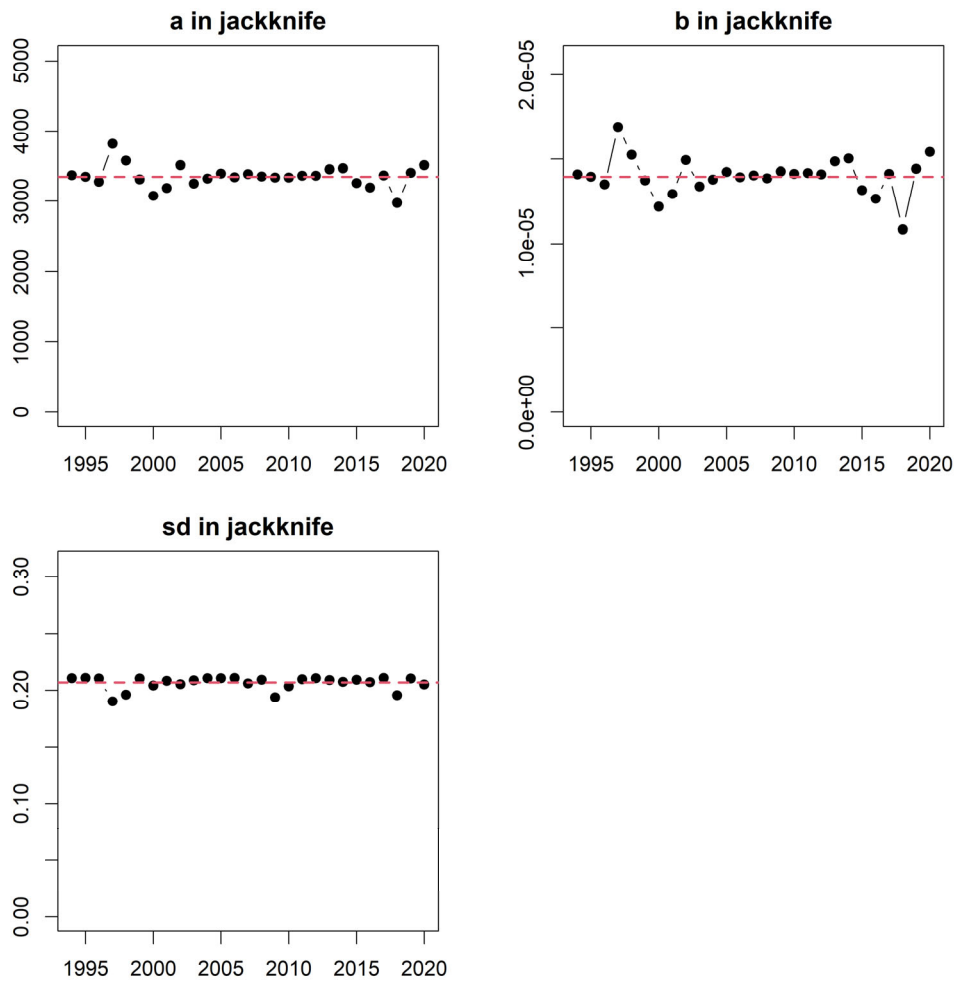


補足図 1-4c. RI 型再生産関係におけるジャックナイフ解析での推定結果

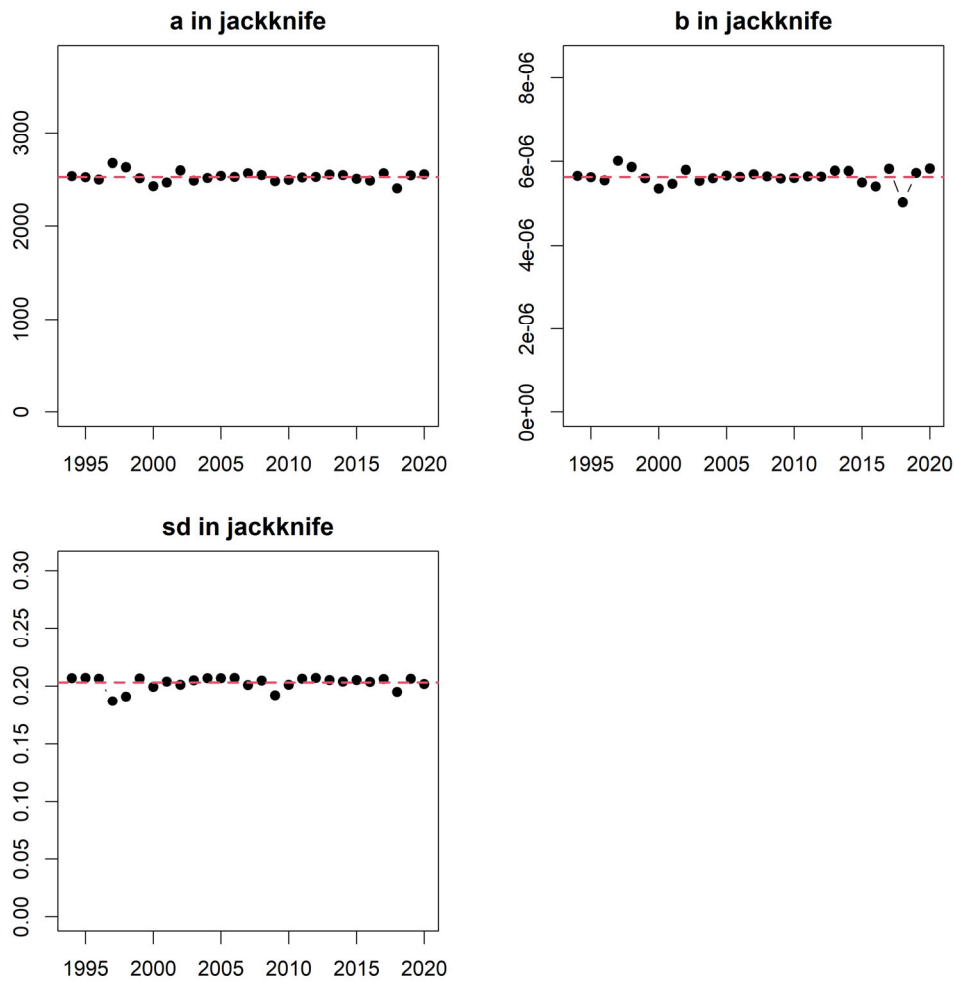
赤線は全データでの推定値、青線は各年のデータを除外した場合の推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入量（尾）である。丸印は分析に使用した令和 3 年度の資源評価に基づく親魚量・加入量であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（親魚量で 2020 年）を示す。



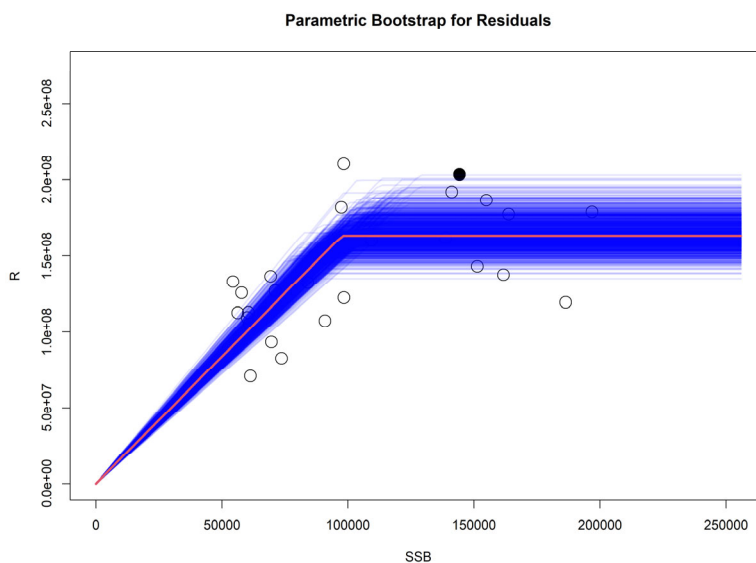
補足図 1-5a. HS 型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響



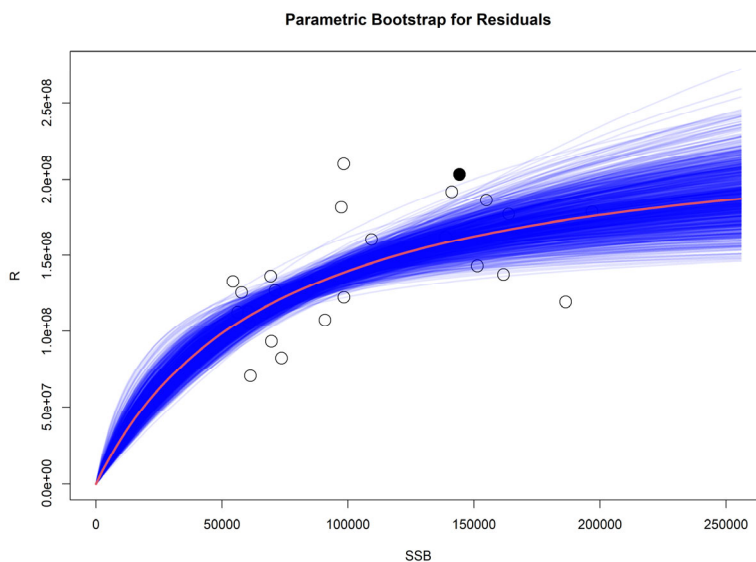
補足図 1-5b. BH 型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響



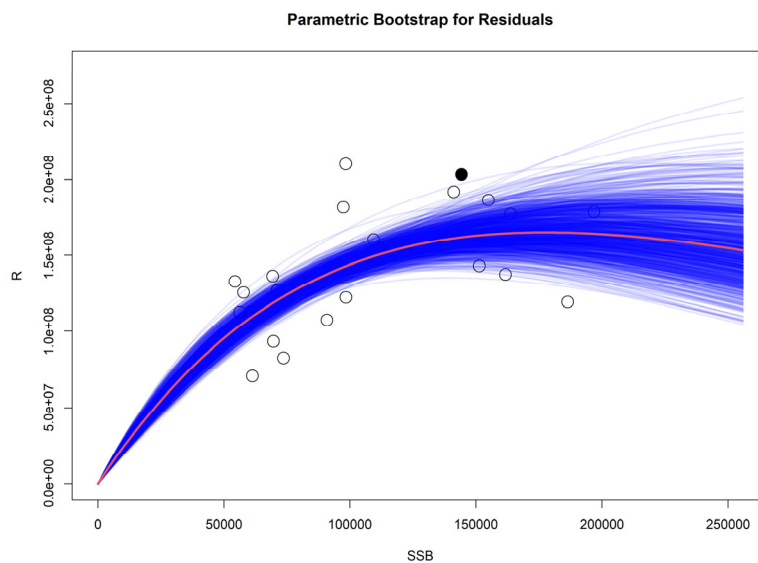
補足図 1-5c. RI 型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響



補足図 1-6a. HS 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（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（2020 年）を示す。

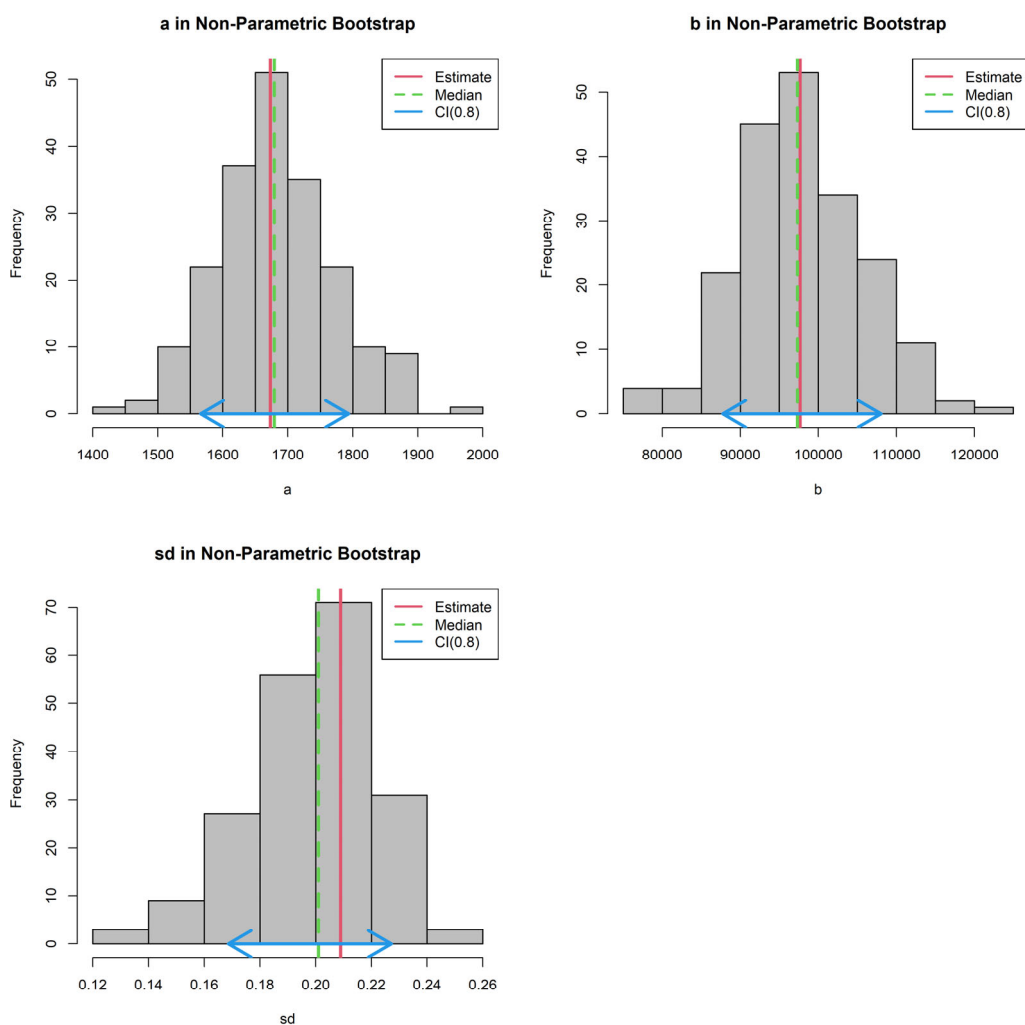


補足図 1-6b. BH 型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析の結果  
 赤線は元データでの推定値、青線はノンパラメトリックブートストラップでの推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（千尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（2020 年）を示す。

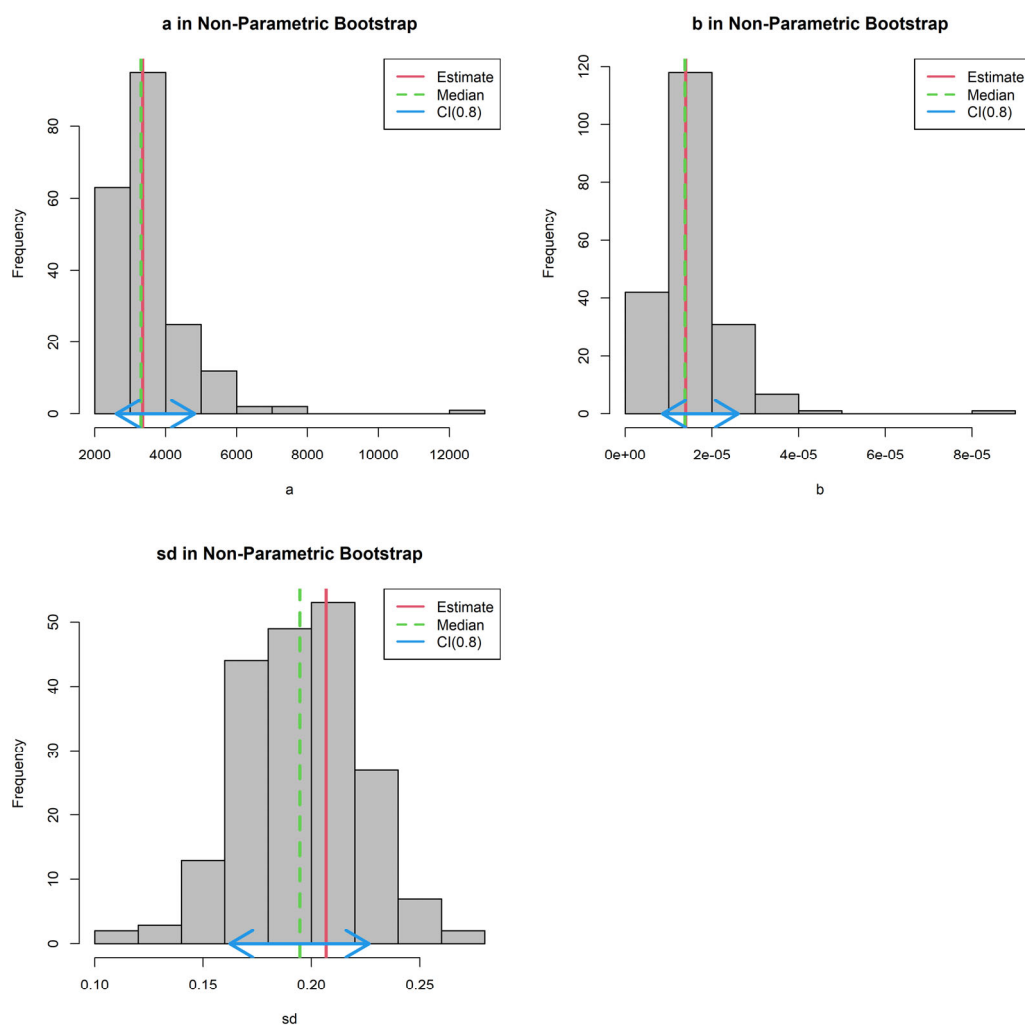


補足図 1-6c. RI 型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析の結果

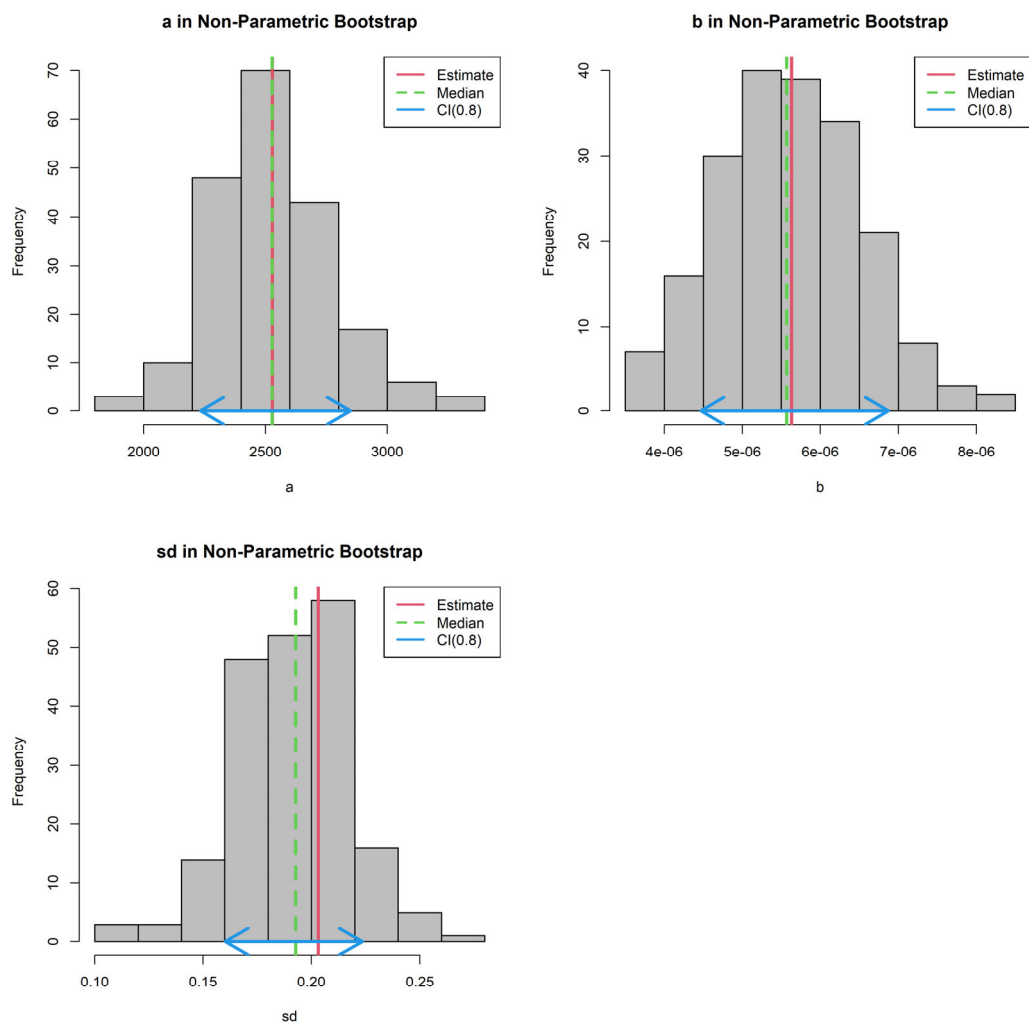
赤線は元データでの推定値、青線はノンパラメトリックブートストラップでの推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（千尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（2020 年）を示す。



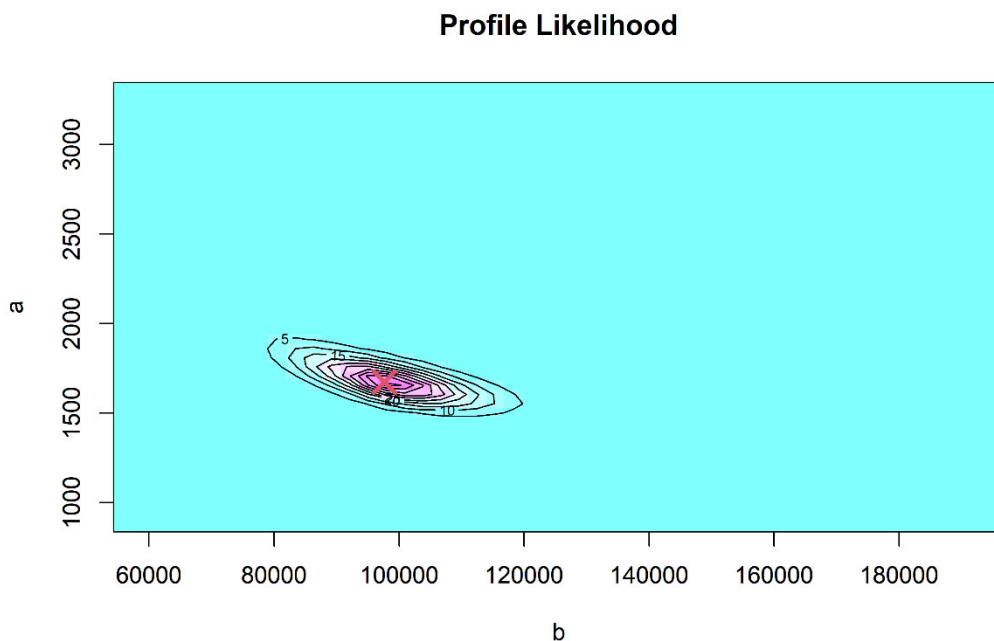
補足図 1-7a. HS 型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析での中央値（緑点線）と 80%信頼区間（青線）  
赤線はパラメータの点推定値である。



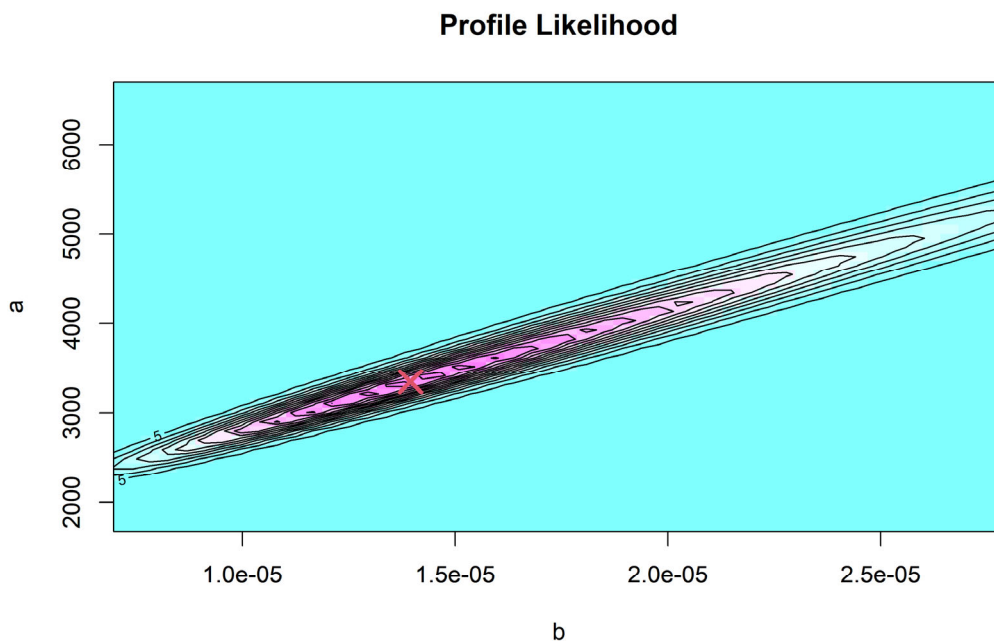
補足図 1-7b. BH型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析での中央値（緑点線）と80%信頼区間（青線）  
赤線はパラメータの点推定値である。



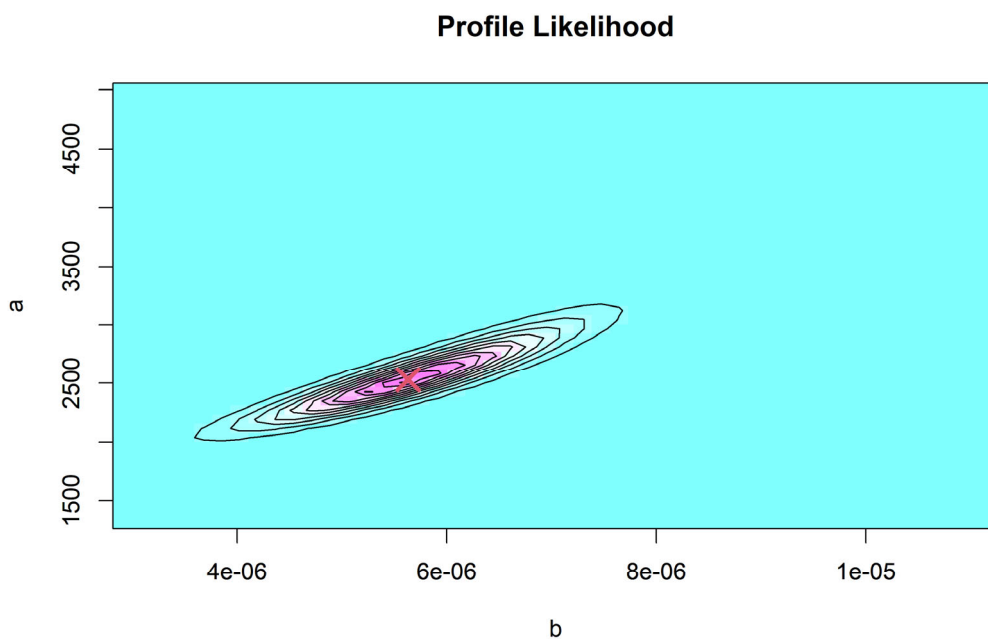
補足図 1-7c. RI 型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析での中央値（緑点線）と 80%信頼区間（青線）  
赤線はパラメータの点推定値である。



補足図 1-8a. HS 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。



補足図 1-8b. BH 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。



補足図 1-8c. RI 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	a	b	S.D.	R0	h	デー タ数
ホッケー・ スティック	最小 二乗法	無	1673.062	97678	0.209	1.63e+08	0.945	27
<b>リッカー</b>	<b>最小 二乗法</b>	<b>無</b>	<b>2528.175</b>	<b>5.63e-06</b>	<b>0.203</b>	<b>5.38e+07</b>	<b>2.852</b>	<b>27</b>
ベバートン・ ホルト	最小 二乗法	無	3346.953	1.39e-05	0.208	2.33e+08	0.902	27
ホッケー・ スティック	最小 絶対値法	無	1788.468	98089	0.300	1.75e+08	0.950	27
リッカー	最小 絶対値法	無	2571.946	5.29e-06	0.210	5.76e+05	2.892	27
ベバートン・ ホルト	最小 絶対値法	無	3470.191	1.42e-05	0.208	2.38e+05	0.905	27

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は考慮しなかった。R0はSB0のときの平均加入尾数、hは0.2SB0になったときのR0に対する加入の比（スティープネス）である。

補足資料 2 モジャコ期を考慮に入れた管理基準値案の推定と漁獲管理規則案に基づく資源の将来予測

管理基準値計算のための将来予測で用いる個体群動態モデルでは、0歳（モジャコ期）と0歳（後期）を半年コホート、1歳～3歳以上を年コホートとし、 $t$ 年の年齢（期）別資源尾数 $N_{s,t}^k$ を下記の式で計算した。

$$N_{s,t}^k = \begin{cases} R(SB_t^k | a, b) \exp(\varepsilon_t^k + \kappa) & S = S_{min} \\ N_{s-1,t}^k \exp\left(-\frac{M_{mojako}}{2} - \alpha F_{current,s-1}\right) & S = 0 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp\left(-\frac{M}{2} - \alpha F_{current,s-1}\right) & S = 1 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp(-M - \alpha F_{current,s-1}) & S = 2 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp(-M - \alpha F_{current,s-1}) + N_{s,t-1}^k \exp(-M - \alpha F_{current,s}) & S = 3+ \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $S$ は年齢（期）を表す添え字で、0歳（モジャコ期）は $S = S_{min}$ 、0歳（後期）は $S = 0$ とした。また、 $M_{mojako}$ および $M$ は、それぞれ0歳（モジャコ期）の年あたりの自然死亡係数および0歳（後期）以上の年あたりの自然死亡係数を示す。数式中のその他の記号や、それに相当する値の範囲等については、「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）」に従い、 $k$ は確率的な将来予測シミュレーションにおける各試行に対する添字、 $R(SB_t^k | a, b)$ はパラメータ $a$ 、 $b$ と親魚資源量 $SB_t$ を持つ再生産関係式から計算される加入尾数の期待値、 $\varepsilon_t$ は $t$ 年の加入尾数の予測値と観測値の対数残差、 $\kappa$ はバイアス補正項である。 $t$ 年の資源量 $B_t^k$ と親魚量 $SB_t^k$ は以下の式で計算した。

$$B_t^k = \sum_{s=S_{min}}^{3+} N_{s,t}^k w_s \quad (2)$$

$$SB_t^k = \sum_{s=S_{min}}^{3+} N_{s,t}^k w_s m_s \quad (3)$$

ここで、 $w_s$ と $m_s$ はそれぞれ $S$ 歳（期）の平均体重と成熟率を示す。 $t$ 年の漁獲量 $C_t^k$ はPopeの近似式を用いて、以下の式で計算した。

$$C_t^k = \sum_{s=S_{min}}^{3+} C_{t,s}^k \quad (4)$$

$$C_{s,t}^k = \begin{cases} \left(1 - \exp(-\alpha F_{current,s})\right) \exp\left(-\frac{M_{mojako}}{4}\right) N_{s,t}^k w_s & s = S_{min} \\ \left(1 - \exp(-\alpha F_{current,s})\right) \exp\left(-\frac{M}{4}\right) N_{s,t}^k w_s & s = 0 \\ \left(1 - \exp(-\alpha F_{current,s})\right) \exp\left(-\frac{M}{2}\right) N_{s,t}^k w_s & s \geq 1 \end{cases} \quad (5)$$

管理基準値案の計算は、平均世代時間（5.2年）の20倍の年数のシミュレーション期間後（ $T_4$ 年）を平衡状態と仮定した2,000回の試行を行い、その際の漁獲量 $C_{T_4}^k$ の平均値が最大になるような $\alpha$ を求めることを行った。このときの $\alpha F_{current,s}$ を $F_{msy,s}$ とし、 $F_{msy,s}$ で2,000回のシミュレーションを行った際の $T_4$ 年の平均漁獲量を $MSY$ 、平均親魚量を $SB_{msy}$ とした。また、 $MSY/B_{T_4}^k$ の平均値を、 $MSY$ を達成する漁獲割合（ $U_{msy}$ ）とする。

漁獲管理規則案に基づく資源の将来予測の個体群動態は、毎年異なる値 $F_{s,t}^k$ を用いて、以下の式で計算される。

$$N_{s,t}^k = \begin{cases} R(SB_t^k | a, b) \exp(\varepsilon_t^k + \kappa) & S = S_{min} \\ N_{s-1,t}^k \exp\left(-\frac{M_{mojako}}{2} - F_{s-1,t}^k\right) & S = 0 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp\left(-\frac{M}{2} - F_{s-1,t-1}^k\right) & S = 1 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp(-M - F_{s-1,t-1}^k) & S = 2 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp(-M - F_{s-1,t-1}^k) + N_{s,t-1}^k \exp(-M - F_{s,t-1}^k) & S = 3+ \end{cases} \quad (6)$$

$F_{s,t}^k$ の計算方法は「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）」に従った。また、式（6）で計算される $N_{s,t}^k$ を用いて、式（2）と式（3）で漁獲管理規則案に基づく $t$ 年の資源量 $B_t^k$ 、親魚量 $SB_t^k$ を求めた。漁獲管理規則案に基づく $t$ 年の漁獲量 $C_t^k$ は、式（5）中の $\alpha F_{current,s}$ と $N_{s,t}^k$ を、 $F_{s,t}^k$ と式（6）で計算された $N_{s,t}^k$ に置き換えて求められる $C_{s,t}^k$ を用いて、式（4）で計算する。

本資料における将来予測シミュレーションの大部分はR（R Core Team 2021）による独自プログラムによって実施した。本プログラムによる将来予測シミュレーション結果が他の国内資源で一般的に用いられているRパッケージ frasyr（Ver. 2.2.0.0）と同じ結果が得られることは確認済である。

補足資料 3 再生産関係式と MSY 管理基準値推定の感度試験

1) 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 型、RI 型および BH 型をそれぞれ用いた場合の MSY 管理基準値を推定した。最適化法は AICc の値が小さくなる最小二乗法を用いた。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 管理基準値を補足表 3-1 に示す。

2) 異なるシナリオのもとでの計算結果

本資料で提案した資源評価および管理基準値の算出シナリオをベースケースとして、そこから 0 歳（モジャコ期）の採捕尾数を資源評価に用いなかった場合や、0 歳（モジャコ期）の M を変化させた場合での、管理基準値の算出を行った（補足表 3-2）。再生産関係は、各シナリオにおいて最も AICc の小さくなる再生産関係を用いることとした。各シナリオにおける管理基準値を補足表 3-3 に示した。また、結果の詳細は補足資料 4~8 に示す。

補足表 3-1. 再生産関係の違いによる MSY 管理基準値の違い

	HS 型（最小二乗法）	RI 型（最小二乗法）	BH 型（最小二乗法）
SBmsy	46.1 万トン	22.2 万トン	73.5 万トン
SB0.6msy	7.9 万トン	6.9 万トン	13.7 万トン
SB0.1msy	1.3 万トン	0.9 万トン	1.2 万トン
MSY	14.4 万トン	13.0 万トン	19.1 万トン
Umsy	0.20	0.31	0.17
Fmsy/Fcurrent	0.51	0.82	0.43

HS 型や BH 型再生産関係を用いた場合、RI 型に比べて MSY 管理基準値（SBmsy、SB0.6msy、および SB0.1msy）は高い値となる。また、Fcurrent に対する Fmsy の比は小さくなり、期待できる MSY も高くなる。

補足表 3-2. 各シナリオの詳細

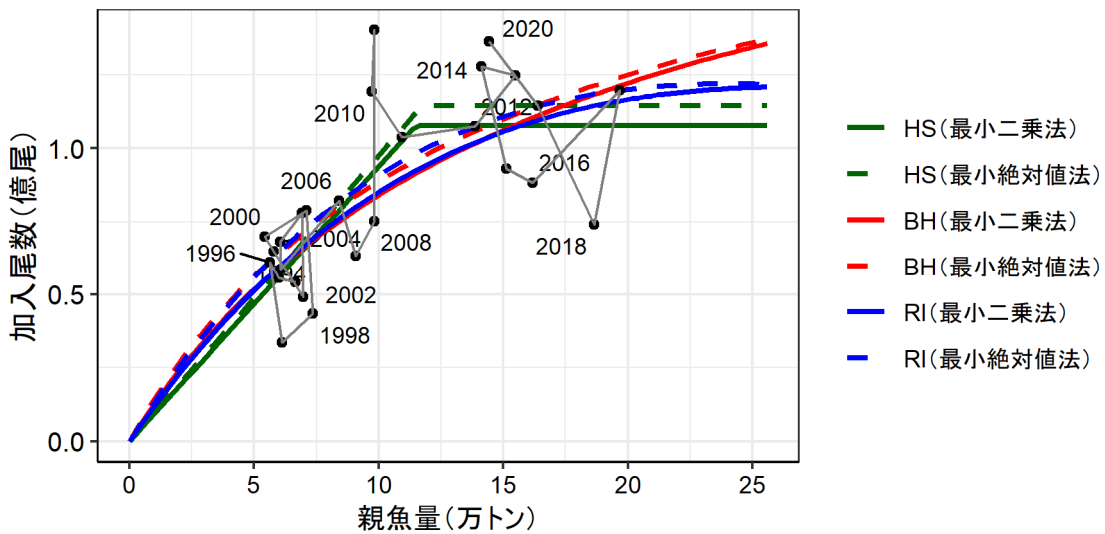
シナリオ	補足資料	モジャコの有無	モジャコ期の M	0歳後期の M	再生産関係	備考
S01	-	有	0.6	0.3	RI	ベースケース
S02	4	無	-	0.3	HS	モジャコ有無の影響評価
S03	5	有	1.2	0.3	RI	モジャコの M の感度分析
S04	6	有	2.0	0.3	RI	モジャコの M の感度分析
S05	7	有	5.0	0.3	HS	モジャコの M の感度分析
S06	8	有	10.0	0.3	HS	モジャコの M の感度分析

補足表 3-3. 各シナリオで計算される管理基準値

シナリオ	補足資料	再生産関係	SBmsy (万トン)	SB0.6msy (万トン)	SB0.1msy (万トン)	MSY (万トン)	Fmsy/ Fcurrent	MSY 時の モジャコ 採捕尾数 (万尾)
S01	-	RI	22.2	6.9	0.9	13.0	0.816	1477
S02	4	HS	38.6	8.3	1.3	13.8	0.564	-
S03	5	RI	22.8	7.1	0.9	13.1	0.807	1474
S04	6	RI	23.6	7.4	1.0	13.3	0.796	1472
S05	7	HS	41.1	8.1	1.3	14.0	0.542	1015
S06	8	HS	39.3	8.2	1.3	13.9	0.558	

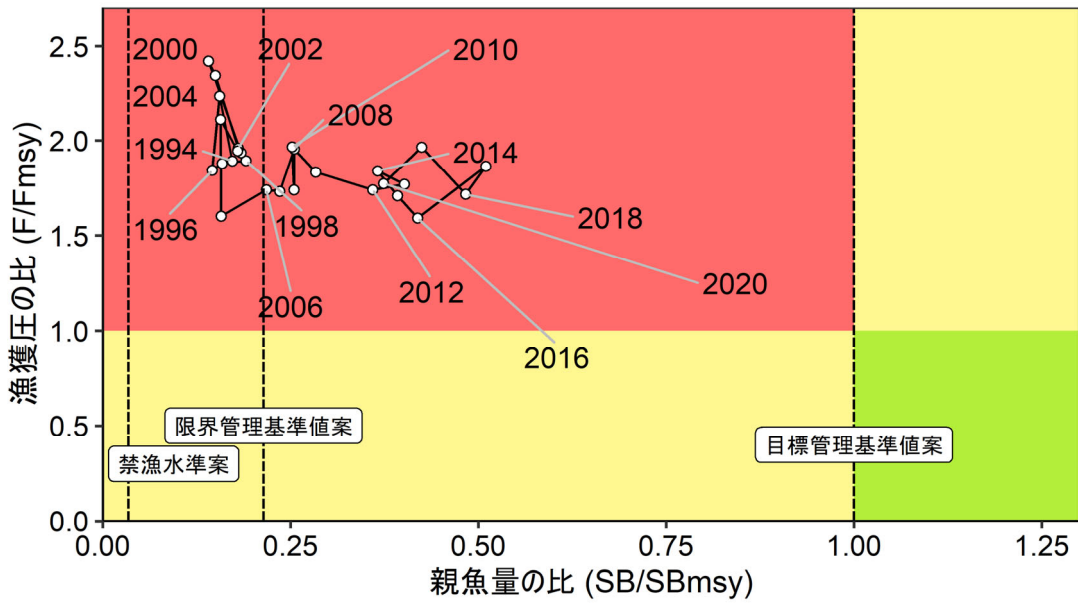
補足資料 4 ベースケースからモジャコ採捕尾数を除いた場合の計算結果（シナリオ S02）

ベースケースで用いたモジャコ採捕尾数を資源評価から取り除き、加入を0歳（後期）とした結果（補足表 3-2 のシナリオ S02 に相当）を用いて、管理基準値の算出と HCR 下での将来予測を行った。ベースケースでは0歳をモジャコ期と後期とで半期コホートに分けていたが、S02 シナリオでは0歳にモジャコ期を考慮せずに扱った。再生産関係には、AICc の値が最も小さくなった自己相関なしの最小二乗法で最適化した HS 型再生産関係を用いた（補足図 4-1）。S02 シナリオにおける目標管理基準値案である SBmsy と、その時の漁獲圧 Fmsy を基準にした神戸プロットを補足図 4-2 に、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補足図 4-3 に、限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用いて、 $\beta$  を 0.8 とした漁獲管理規則案で将来予測した場合の、加入尾数、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、および漁獲圧の比（ $F/F_{msy}$ ）の推移を補足図 4-4 に示した。また、S02 シナリオで漁獲管理規則案を用いた将来予測において、調整係数  $\beta$  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、親魚量平均値の推移および漁獲量平均値の推移を、それぞれ補足表 4-1、補足表 4-2 および補足表 4-3 に示した。



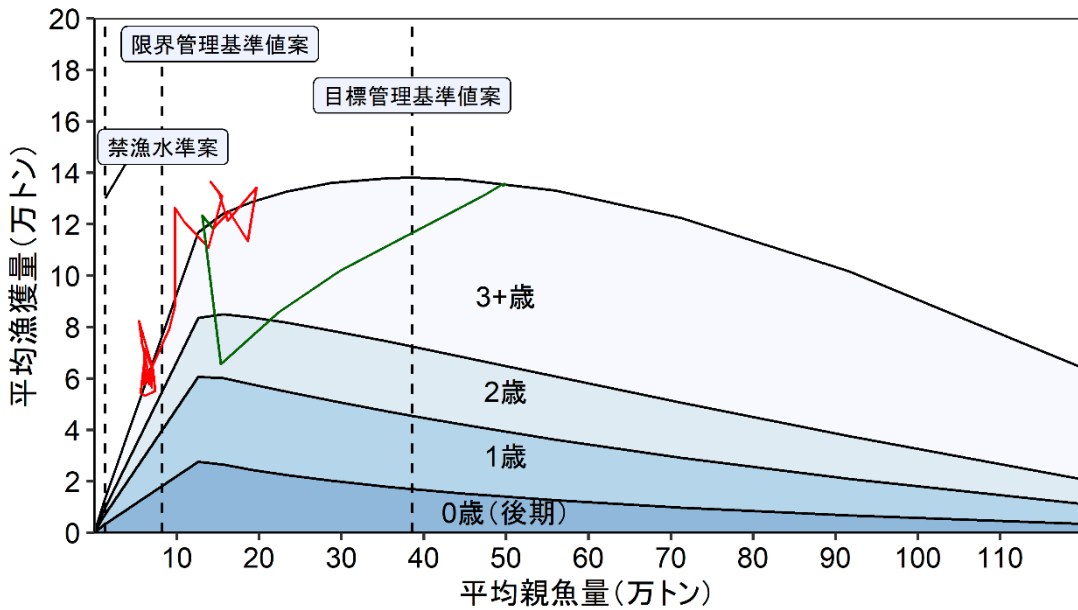
補足図 4-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケ-スティック (HS) 型、ベバートン・ホルト (BH) 型、リッカー (RI) 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当てはめた。黒丸は分析に使用した親魚量・加入尾数（1994~2020 年）である。



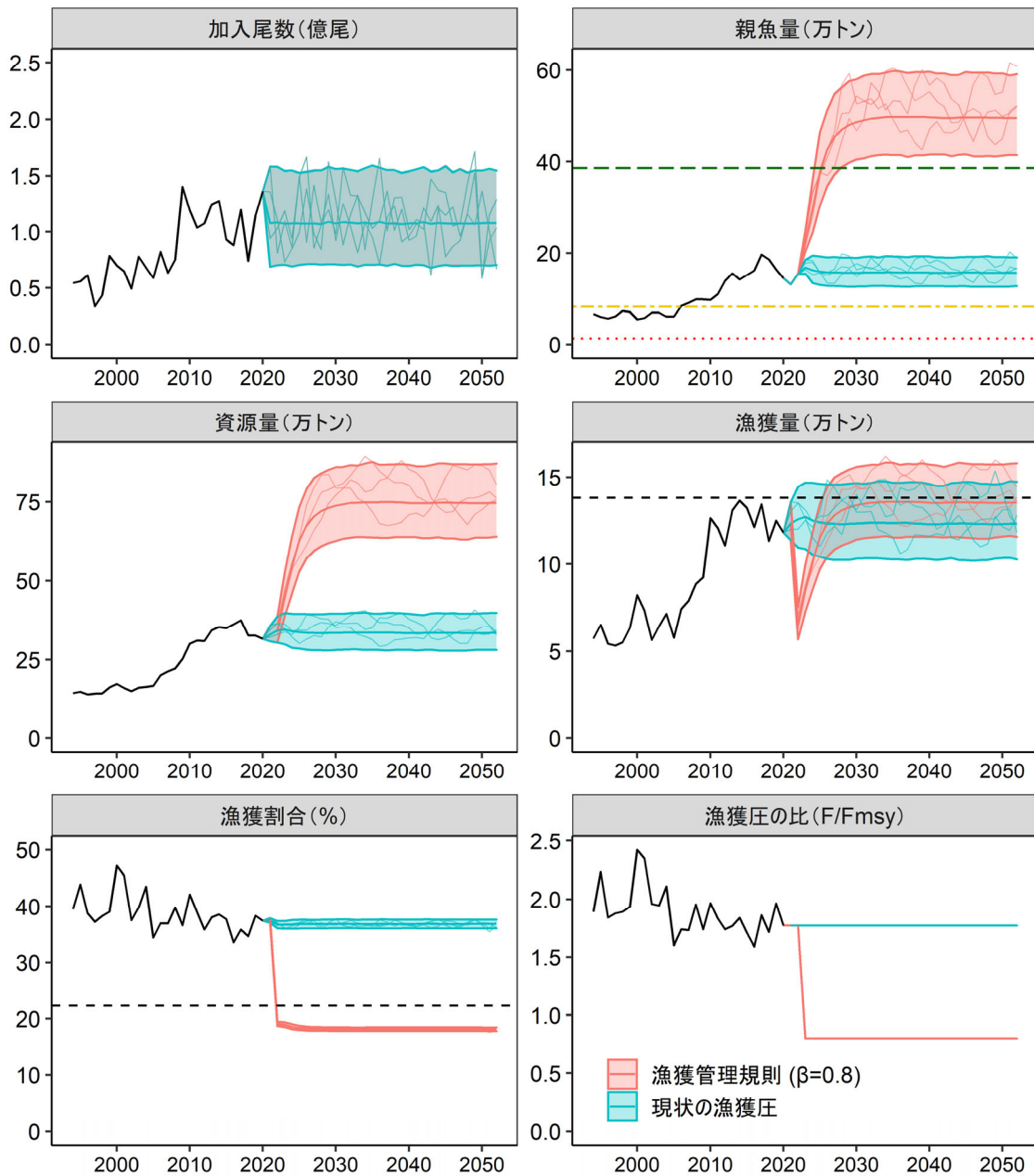
補足図 4-2. 神戸プロット

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。



補足図 4-3. 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。赤線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量の推移を、緑線は提案する漁獲管理規則案 (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  $\beta$  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 ( $SB_0$ ) は 159.4 万トンである。また、0 歳 (モジャコ期) の漁獲量は極めて少なく、目視による確認が難しいため、これを拡大したものを補足図 10-1 に示している。



補足図 4-4. 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、赤点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  $\beta$  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 (%)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	0	6	17	29	36	41	43	44	46	45	45
0.9	0	0	0	0	0	18	46	65	73	80	81	84	86	86	87
0.8	0	0	0	0	2	41	78	91	95	97	98	98	99	99	99
0.7	0	0	0	0	5	70	95	99	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	13	89	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	27	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	45	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	65	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	93	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	98	100	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  $\beta$  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 4-2. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	21.1	26.3	31.7	34.6	36.3	37.3	37.8	38.1	38.3	38.5	38.4	38.5
0.9	14.4	13.1	15.4	21.7	28.0	34.7	38.4	40.6	41.9	42.6	43.0	43.3	43.6	43.6	43.7
0.8	14.4	13.1	15.4	22.4	29.8	37.9	42.6	45.5	47.1	48.1	48.7	49.1	49.5	49.6	49.6
0.7	14.4	13.1	15.4	23.0	31.8	41.5	47.3	50.9	53.1	54.4	55.2	55.8	56.3	56.5	56.6
0.6	14.4	13.1	15.4	23.7	33.8	45.4	52.5	57.0	59.9	61.6	62.7	63.5	64.1	64.6	64.7
0.5	14.4	13.1	15.4	24.4	36.0	49.7	58.3	64.0	67.6	69.9	71.4	72.4	73.3	74.2	74.3
0.4	14.4	13.1	15.4	25.2	38.4	54.3	64.8	71.8	76.4	79.4	81.4	82.8	84.0	85.5	85.6
0.3	14.4	13.1	15.4	25.9	40.9	59.5	72.0	80.6	86.4	90.4	93.1	95.0	96.6	98.9	99.0
0.2	14.4	13.1	15.4	26.7	43.6	65.1	80.0	90.5	97.9	103.0	106.6	109.2	111.3	115.1	115.2
0.1	14.4	13.1	15.4	27.5	46.4	71.3	89.0	101.8	111.0	117.6	122.4	125.9	128.7	134.7	134.9
0.0	14.4	13.1	15.4	28.3	49.4	78.0	99.0	114.5	126.0	134.5	140.8	145.6	149.4	158.6	159.0
Fcurrent	14.4	13.1	15.4	16.8	16.2	15.9	15.8	15.7	15.6	15.6	15.6	15.6	15.7	15.6	15.6

漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  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。

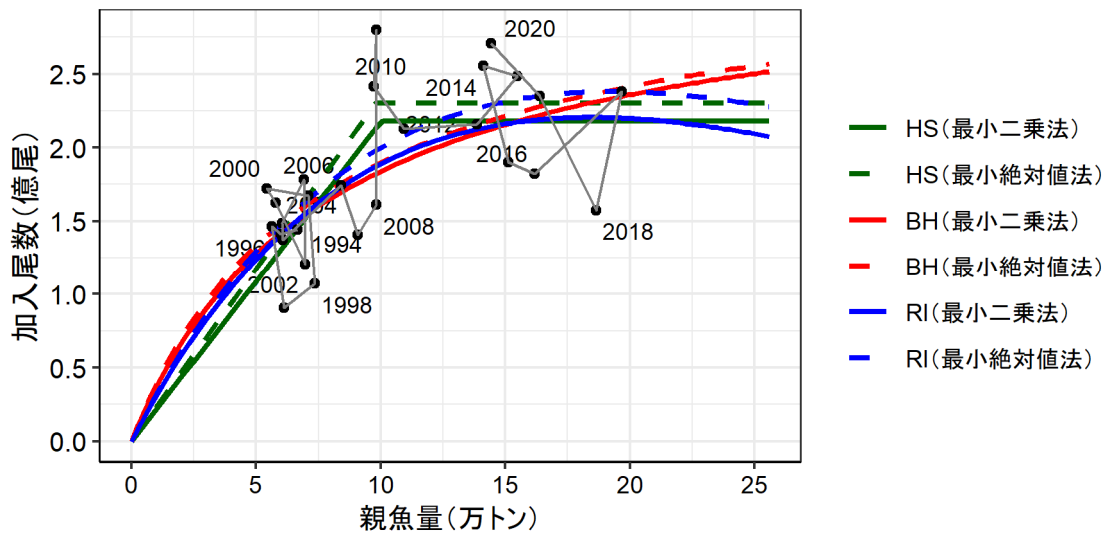
補足表 4-3. 将来の平均漁獲量の推移 (万トン)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.3	7.9	9.8	11.2	12.3	12.9	13.3	13.5	13.6	13.7	13.7	13.8	13.7	13.7
0.9	11.8	12.3	7.3	9.2	10.8	12.0	12.7	13.1	13.3	13.5	13.6	13.6	13.7	13.7	13.7
0.8	11.8	12.3	6.5	8.6	10.2	11.5	12.3	12.8	13.1	13.3	13.4	13.5	13.5	13.5	13.5
0.7	11.8	12.3	5.8	7.8	9.5	10.9	11.8	12.3	12.7	12.9	13.0	13.1	13.2	13.2	13.2
0.6	11.8	12.3	5.1	7.0	8.7	10.2	11.1	11.7	12.0	12.3	12.4	12.6	12.6	12.7	12.7
0.5	11.8	12.3	4.3	6.1	7.7	9.2	10.2	10.8	11.2	11.4	11.6	11.7	11.8	11.9	11.9
0.4	11.8	12.3	3.5	5.1	6.6	8.0	8.9	9.6	10.0	10.2	10.4	10.6	10.7	10.8	10.8
0.3	11.8	12.3	2.7	4.0	5.3	6.5	7.4	8.0	8.3	8.6	8.8	8.9	9.1	9.2	9.2
0.2	11.8	12.3	1.8	2.8	3.8	4.7	5.4	5.9	6.2	6.5	6.6	6.8	6.9	7.0	7.0
0.1	11.8	12.3	0.9	1.4	2.0	2.6	3.0	3.3	3.5	3.7	3.8	3.9	3.9	4.1	4.1
0.0	11.8	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fcurrent	11.8	12.3	12.6	12.7	12.5	12.4	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.4	12.4	12.3	12.3

漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  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。

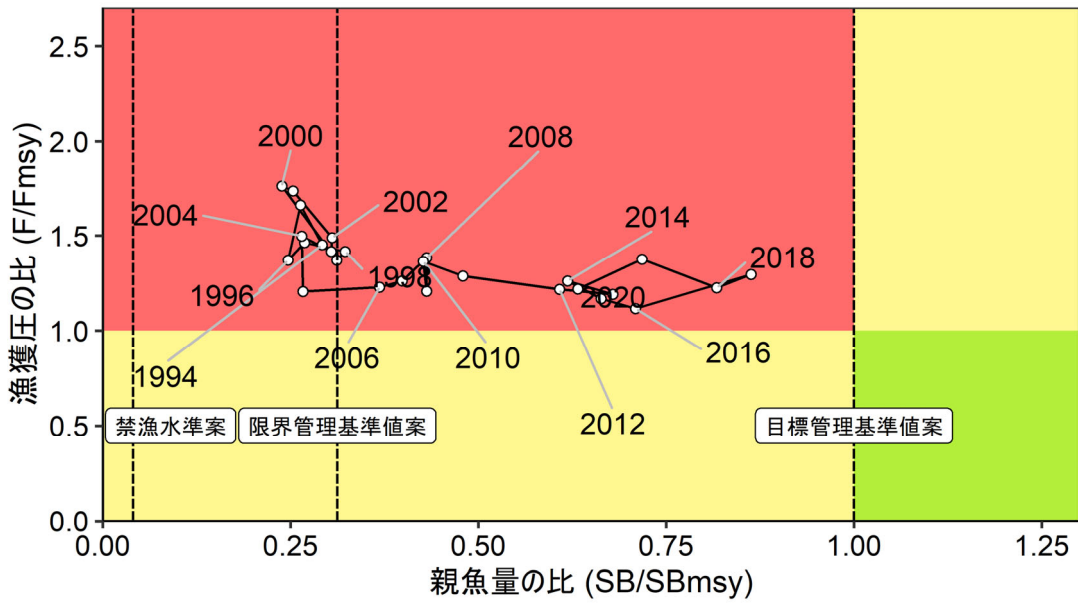
補足資料 5 ベースケースの 0 歳（モジャコ期）の M を 1.2 とした場合の計算結果（シナリオ S03）

ベースケースの 0 歳（モジャコ期）の M を 1.2 としたシナリオ（補足表 3-2 のシナリオ S03 に相当）で管理基準値の算出と HCR 下での将来予測を行った。再生産関係には、AICc の値が最も小さくなった自己相関なしの最小二乗法で最適化した RI 型再生産関係を用いた（補足図 5-1）。S03 シナリオにおける目標管理基準値案である SBmsy と、その時の漁獲圧 Fmsy を基準にした神戸プロットを補足図 5-2 に、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補足図 5-3 に、限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用いて、 $\beta$  を 0.8 とした漁獲管理規則案で将来予測した場合の、加入尾数、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比 (F/Fmsy)、およびモジャコ採捕尾数の推移を補足図 5-4 に示した。また、S03 シナリオで漁獲管理規則案を用いた将来予測において、調整係数  $\beta$  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、親魚量平均値の推移および漁獲量平均値の推移を、それぞれ補足表 5-1、補足表 5-2 および補足表 5-3 に示した。



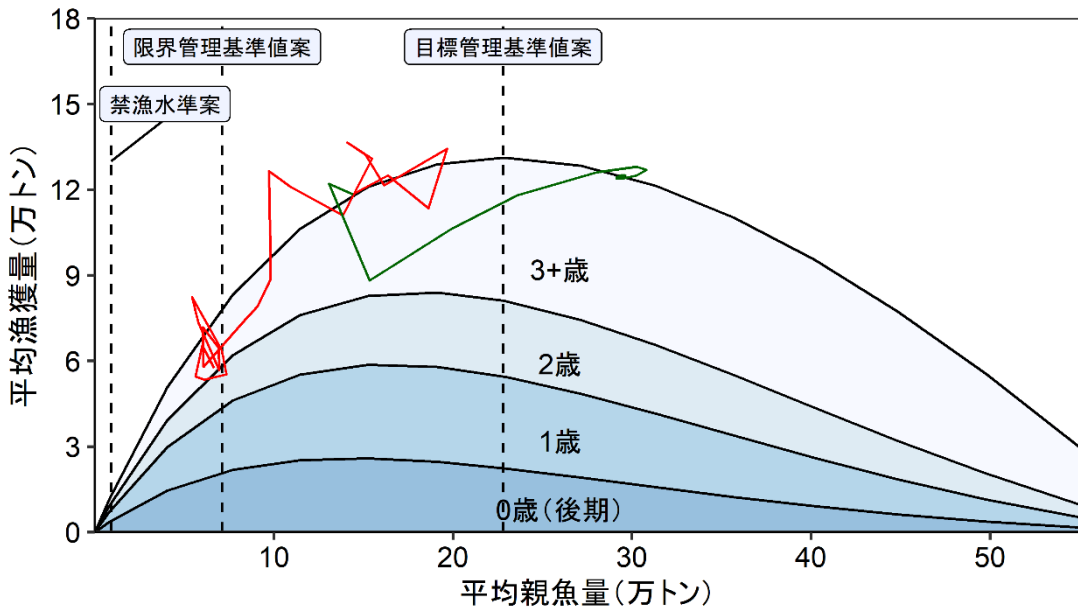
補足図 5-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケ-スティック (HS) 型、ベバートン・ホルト (BH) 型、リッカー (RI) 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当てはめた。黒丸は分析に使用した親魚量・加入尾数 (1994~2020 年) である。



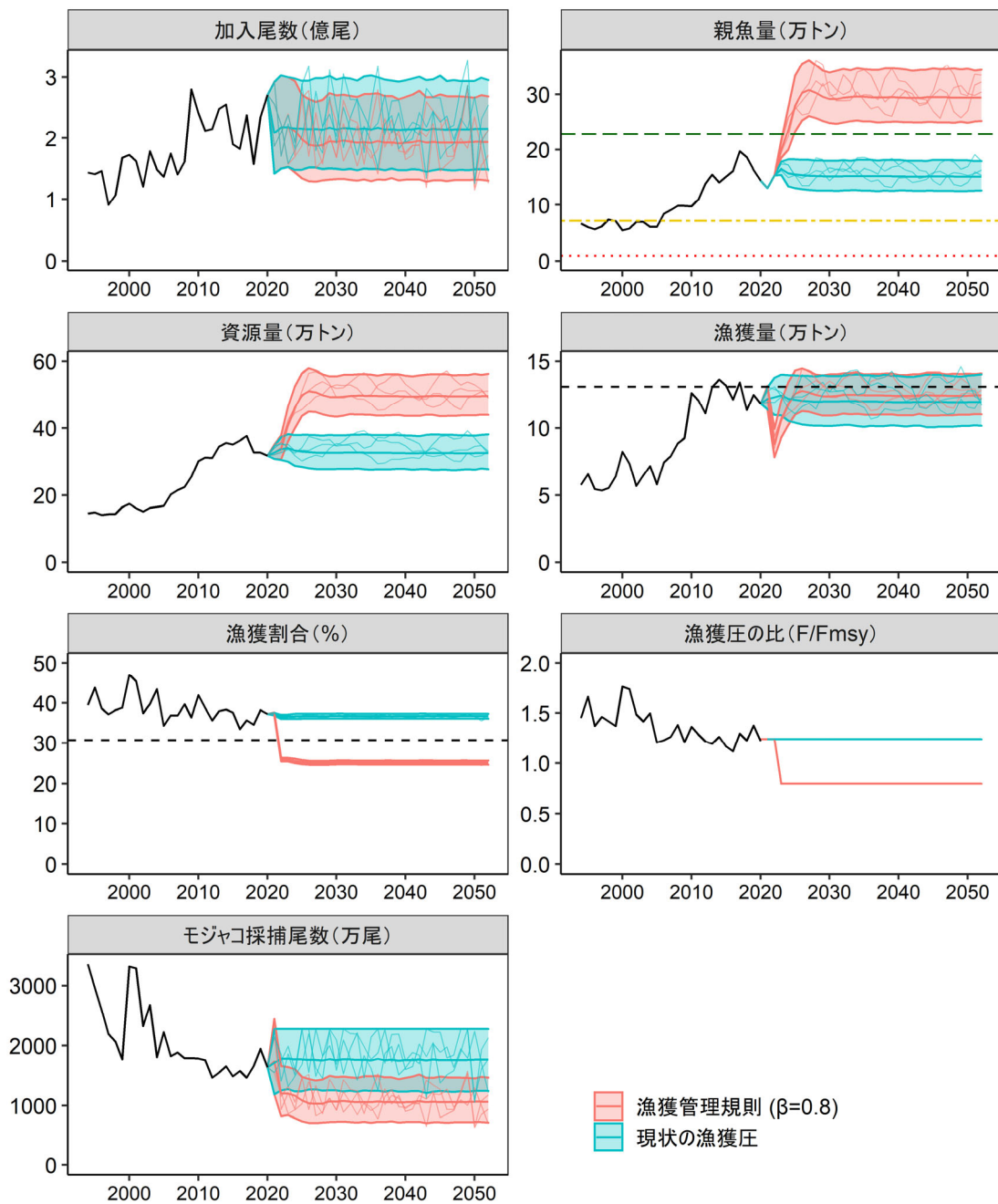
補足図 5-2. 神戸プロット

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。



補足図 5-3. 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。赤線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量の推移を、緑線は提案する漁獲管理規則案（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  $\beta$  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（ $SB_0$ ）は 60.6 万トンである。また、0 歳（モジャコ期）の漁獲量は極めて少なく、目視による確認が難しいため、これを拡大したものを補足図 10-1 に示している。



補足図 5-4. 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、赤点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。現状の漁獲圧でのモジャコ採捕尾数の将来予測では、最近10年間の採捕計画尾数の平均値をモジャコ採捕尾数の上限とした。調整係数  $\beta$  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	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	4	22	38	44	49	48	47	47	47	45	46
0.9	0	0	0	0	20	68	87	91	92	91	90	89	91	89	90
0.8	0	0	0	0	51	95	100	100	100	100	100	99	99	100	99
0.7	0	0	0	1	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	7	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	46	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	100	100	100	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 5-2. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	18.4	19.8	21.8	22.9	23.4	23.6	23.6	23.5	23.6	23.6	23.5	23.6
0.9	14.4	13.1	15.4	19.2	21.7	24.9	26.6	27.3	27.3	27.1	26.9	26.9	27.0	26.8	26.9
0.8	14.4	13.1	15.4	20.0	23.8	28.4	30.9	31.7	31.3	30.6	30.2	30.1	30.3	30.3	30.4
0.7	14.4	13.1	15.4	20.9	26.0	32.4	35.7	36.5	35.4	34.0	33.2	33.2	33.7	33.8	33.9
0.6	14.4	13.1	15.4	21.7	28.5	36.9	41.3	41.8	39.6	37.2	36.0	36.2	37.2	37.5	37.5
0.5	14.4	13.1	15.4	22.7	31.2	42.0	47.7	47.7	44.0	40.2	38.5	39.0	40.8	41.3	41.3
0.4	14.4	13.1	15.4	23.6	34.2	47.9	54.9	54.3	48.6	43.1	40.6	41.6	44.5	45.4	45.1
0.3	14.4	13.1	15.4	24.6	37.5	54.6	63.3	61.7	53.6	46.1	42.7	44.1	48.2	49.9	49.1
0.2	14.4	13.1	15.4	25.7	41.1	62.2	72.8	70.1	59.3	49.5	44.8	46.3	51.8	54.8	53.2
0.1	14.4	13.1	15.4	26.8	45.1	70.9	83.8	79.7	66.1	53.9	47.6	48.5	54.9	60.1	57.6
0.0	14.4	13.1	15.4	27.9	49.4	80.8	96.4	91.0	74.6	60.1	51.7	51.0	57.2	65.3	62.6
Fcurrent	14.4	13.1	15.4	16.5	15.7	15.5	15.4	15.3	15.2	15.2	15.1	15.2	15.2	15.1	15.1

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。

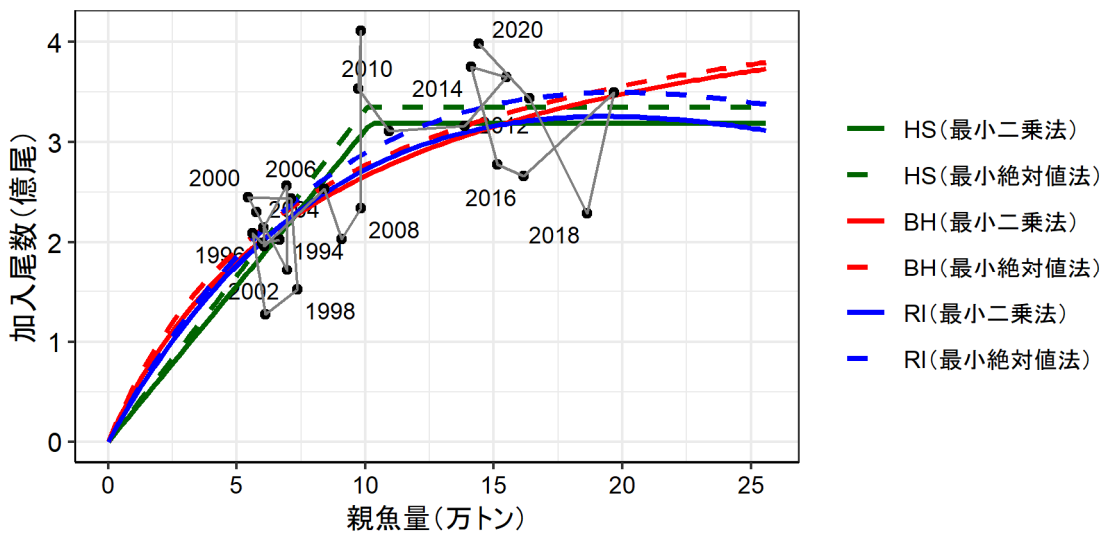
補足表 5-3. 将来の平均漁獲量の推移 (万トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.2	10.4	11.6	12.3	12.9	13.1	13.2	13.2	13.2	13.2	13.3	13.3	13.2	13.2
0.9	11.8	12.2	9.6	11.1	12.1	12.9	13.1	13.2	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1
0.8	11.8	12.2	8.7	10.5	11.8	12.7	12.9	12.9	12.7	12.6	12.6	12.6	12.7	12.6	12.6
0.7	11.8	12.2	7.8	9.8	11.2	12.2	12.5	12.3	12.0	11.8	11.8	11.9	12.0	11.9	11.9
0.6	11.8	12.2	6.8	8.9	10.5	11.6	11.7	11.4	10.9	10.7	10.7	10.8	11.0	10.9	11.0
0.5	11.8	12.2	5.8	7.9	9.6	10.7	10.7	10.2	9.6	9.3	9.4	9.6	9.9	9.7	9.7
0.4	11.8	12.2	4.8	6.8	8.4	9.4	9.4	8.8	8.1	7.8	7.8	8.1	8.5	8.3	8.3
0.3	11.8	12.2	3.7	5.4	6.9	7.8	7.8	7.2	6.4	6.0	6.1	6.5	6.8	6.6	6.6
0.2	11.8	12.2	2.5	3.8	5.0	5.8	5.8	5.2	4.5	4.2	4.2	4.5	4.8	4.7	4.6
0.1	11.8	12.2	1.3	2.0	2.7	3.2	3.2	2.9	2.4	2.2	2.2	2.3	2.6	2.5	2.5
0.0	11.8	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fcurrent	11.8	12.2	12.3	12.4	12.2	12.1	12.0	12.0	11.9	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	11.9

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。

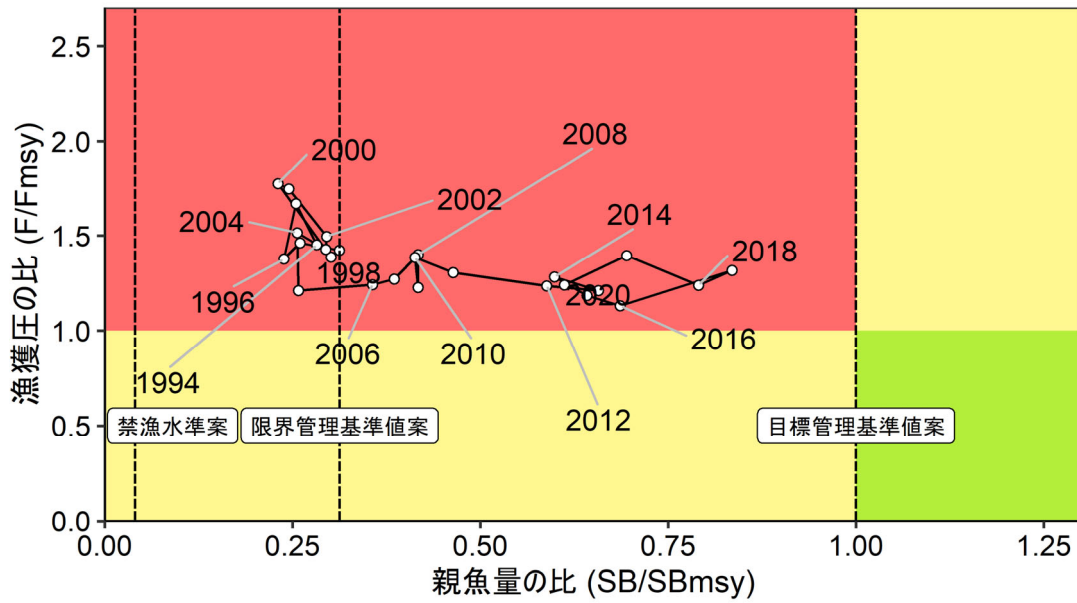
補足資料 6 ベースケースの0歳（モジャコ期）のMを2.0とした場合の計算結果（シナリオ S04）

ベースケースの0歳（モジャコ期）のMを2.0としたシナリオ（補足表 3-2 の S04 に相当）で管理基準値の算出と HCR 下での将来予測を行った。再生産関係には、AICc の値が最も小さくなった自己相関なしの最小二乗法で最適化した RI 型再生産関係を用いた（補足図 6-1）。S04 シナリオにおける目標管理基準値案である SBmsy と、その時の漁獲圧 Fmsy を基準にした神戸プロットを補足図 6-2 に、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補足図 6-3 に、限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用いて、 $\beta$  を 0.8 とした漁獲管理規則案で将来予測した場合の、加入尾数、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比 (F/Fmsy)、およびモジャコ採捕尾数の推移を補足図 6-4 に示した。また、S04 シナリオで漁獲管理規則案を用いた将来予測において、調整係数  $\beta$  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、親魚量平均値の推移および漁獲量平均値の推移を、それぞれ補足表 6-1、補足表 6-2 および補足表 6-3 に示した。



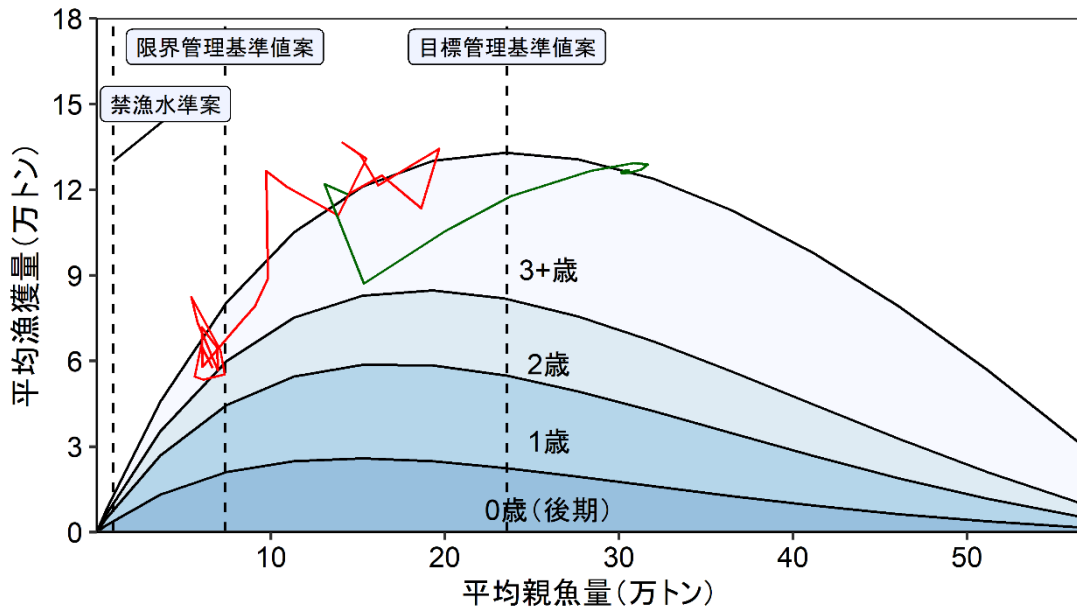
補足図 6-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケー・スティック (HS) 型、ベバートン・ホルト (BH) 型、リッカー (RI) 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当てはめた。黒丸は分析に使用した親魚量・加入尾数 (1994~2020 年) である。



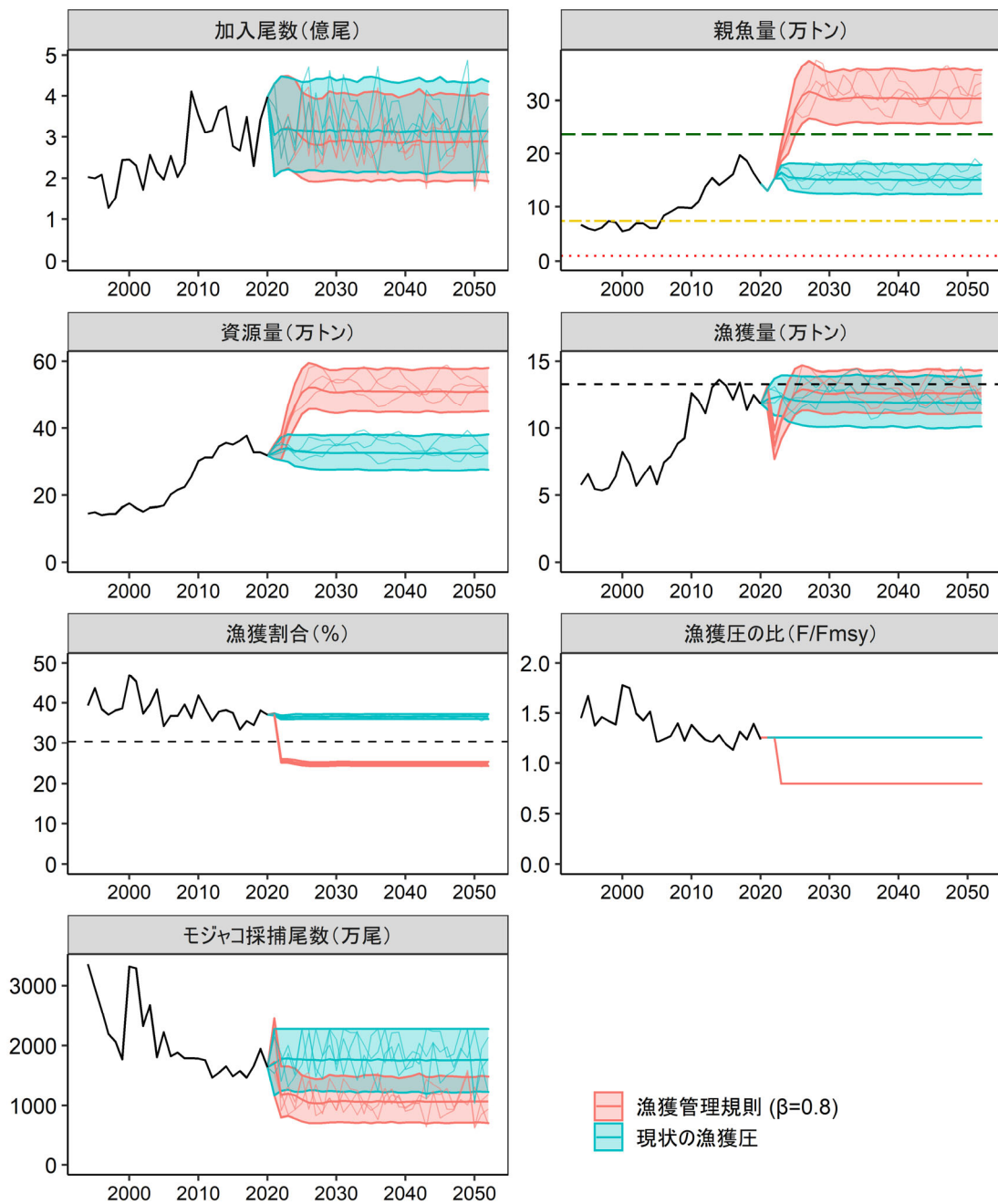
補足図 6-2. 神戸プロット

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。



補足図 6-3. 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。赤線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量の推移を、緑線は提案する漁獲管理規則案 (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  $\beta$  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 ( $SB_0$ ) は 62.4 万トンである。また、0 歳 (モジャコ期) の漁獲量は極めて少なく、目視による確認が難しいため、これを拡大したものを補足図 10-1 に示している。



補足図 6-4. 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、赤点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。現状の漁獲圧でのモジャコ採捕尾数の将来予測では、最近10年間の採捕計画尾数の平均値をモジャコ採捕尾数の上限とした。調整係数  $\beta$  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	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	4	22	38	44	49	48	47	47	47	45	46
0.9	0	0	0	0	20	68	87	91	92	91	90	89	91	89	90
0.8	0	0	0	0	51	95	100	100	100	100	100	99	99	100	99
0.7	0	0	0	1	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	7	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	46	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	100	100	100	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 6-2. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	18.4	19.8	21.8	22.9	23.4	23.6	23.6	23.5	23.6	23.6	23.5	23.6
0.9	14.4	13.1	15.4	19.2	21.7	24.9	26.6	27.3	27.3	27.1	26.9	26.9	27.0	26.8	26.9
0.8	14.4	13.1	15.4	20.0	23.8	28.4	30.9	31.7	31.3	30.6	30.2	30.1	30.3	30.3	30.4
0.7	14.4	13.1	15.4	20.9	26.0	32.4	35.7	36.5	35.4	34.0	33.2	33.2	33.7	33.8	33.9
0.6	14.4	13.1	15.4	21.7	28.5	36.9	41.3	41.8	39.6	37.2	36.0	36.2	37.2	37.5	37.5
0.5	14.4	13.1	15.4	22.7	31.2	42.0	47.7	47.7	44.0	40.2	38.5	39.0	40.8	41.3	41.3
0.4	14.4	13.1	15.4	23.6	34.2	47.9	54.9	54.3	48.6	43.1	40.6	41.6	44.5	45.4	45.1
0.3	14.4	13.1	15.4	24.6	37.5	54.6	63.3	61.7	53.6	46.1	42.7	44.1	48.2	49.9	49.1
0.2	14.4	13.1	15.4	25.7	41.1	62.2	72.8	70.1	59.3	49.5	44.8	46.3	51.8	54.8	53.2
0.1	14.4	13.1	15.4	26.8	45.1	70.9	83.8	79.7	66.1	53.9	47.6	48.5	54.9	60.1	57.6
0.0	14.4	13.1	15.4	27.9	49.4	80.8	96.4	91.0	74.6	60.1	51.7	51.0	57.2	65.3	62.6
Fcurrent	14.4	13.1	15.4	16.5	15.7	15.5	15.4	15.3	15.2	15.2	15.1	15.2	15.2	15.1	15.1

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。

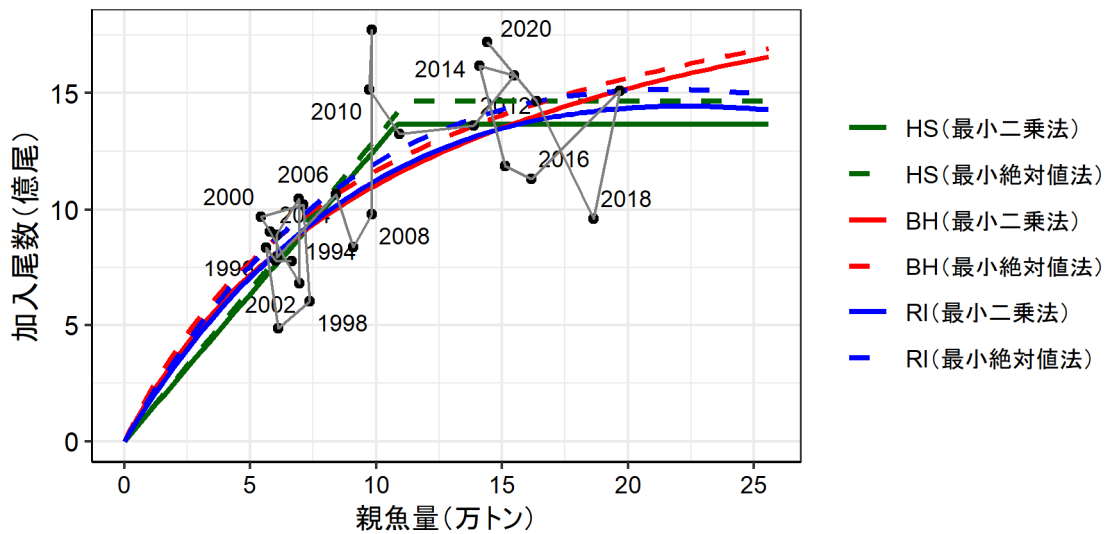
補足表 6-3. 将来の平均漁獲量の推移 (万トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.2	10.4	11.6	12.3	12.9	13.1	13.2	13.2	13.2	13.2	13.3	13.3	13.2	13.2
0.9	11.8	12.2	9.6	11.1	12.1	12.9	13.1	13.2	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1
0.8	11.8	12.2	8.7	10.5	11.8	12.7	12.9	12.9	12.7	12.6	12.6	12.6	12.7	12.6	12.6
0.7	11.8	12.2	7.8	9.8	11.2	12.2	12.5	12.3	12.0	11.8	11.8	11.9	12.0	11.9	11.9
0.6	11.8	12.2	6.8	8.9	10.5	11.6	11.7	11.4	10.9	10.7	10.7	10.8	11.0	10.9	11.0
0.5	11.8	12.2	5.8	7.9	9.6	10.7	10.7	10.2	9.6	9.3	9.4	9.6	9.9	9.7	9.7
0.4	11.8	12.2	4.8	6.8	8.4	9.4	9.4	8.8	8.1	7.8	7.8	8.1	8.5	8.3	8.3
0.3	11.8	12.2	3.7	5.4	6.9	7.8	7.8	7.2	6.4	6.0	6.1	6.5	6.8	6.6	6.6
0.2	11.8	12.2	2.5	3.8	5.0	5.8	5.8	5.2	4.5	4.2	4.2	4.5	4.8	4.7	4.6
0.1	11.8	12.2	1.3	2.0	2.7	3.2	3.2	2.9	2.4	2.2	2.2	2.3	2.6	2.5	2.5
0.0	11.8	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fcurrent	11.8	12.2	12.3	12.4	12.2	12.1	12.0	12.0	11.9	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	11.9

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。

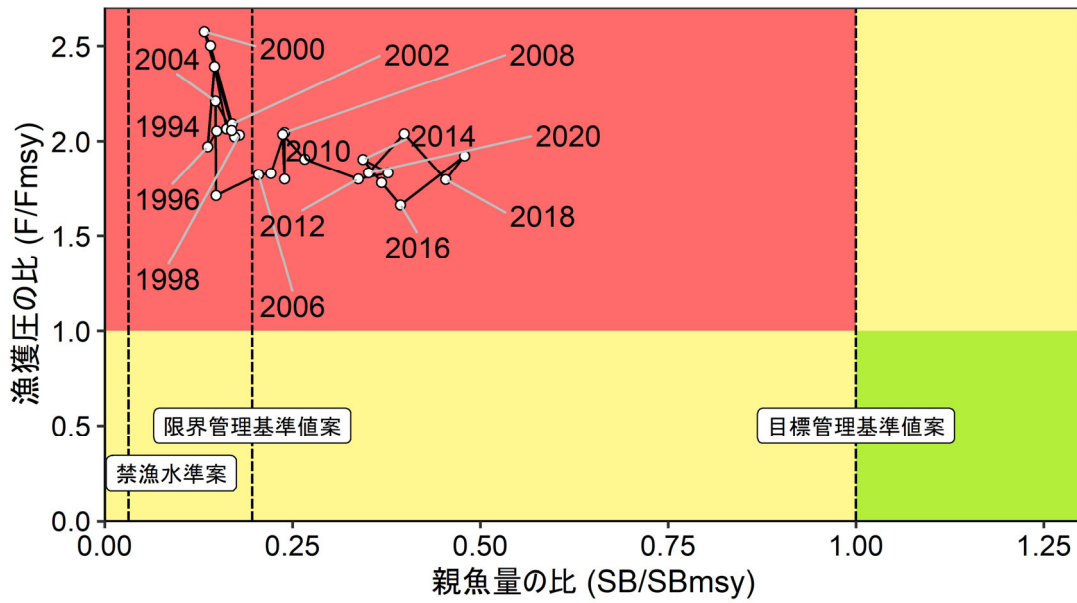
補足資料7 ベースケースの0歳（モジャコ期）のMを5.0とした場合の計算結果（シナリオ S05）

ベースケースの0歳（モジャコ期）のMを5.0としたシナリオ（補足表3-2のS06に相当）で管理基準値の算出とHCR下での将来予測を行った。再生産関係には、AICcの値が最も小さくなった自己相関なしの最小二乗法で最適化したHS型再生産関係を用いた（補足図7-1）。S05シナリオにおける目標管理基準値案であるSBmsyと、その時の漁獲圧Fmsyを基準にした神戸プロットを補足図7-2に、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補足図7-3に、限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用いて、 $\beta$ を0.8とした漁獲管理規則案で将来予測した場合の、加入尾数、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比（F/Fmsy）、およびモジャコ採捕尾数の推移を補足図7-4に示した。また、S05シナリオで漁獲管理規則案を用いた将来予測において、調整係数 $\beta$ 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、親魚量平均値の推移および漁獲量平均値の推移を、それぞれ補足表7-1、補足表7-2および補足表7-3に示した。



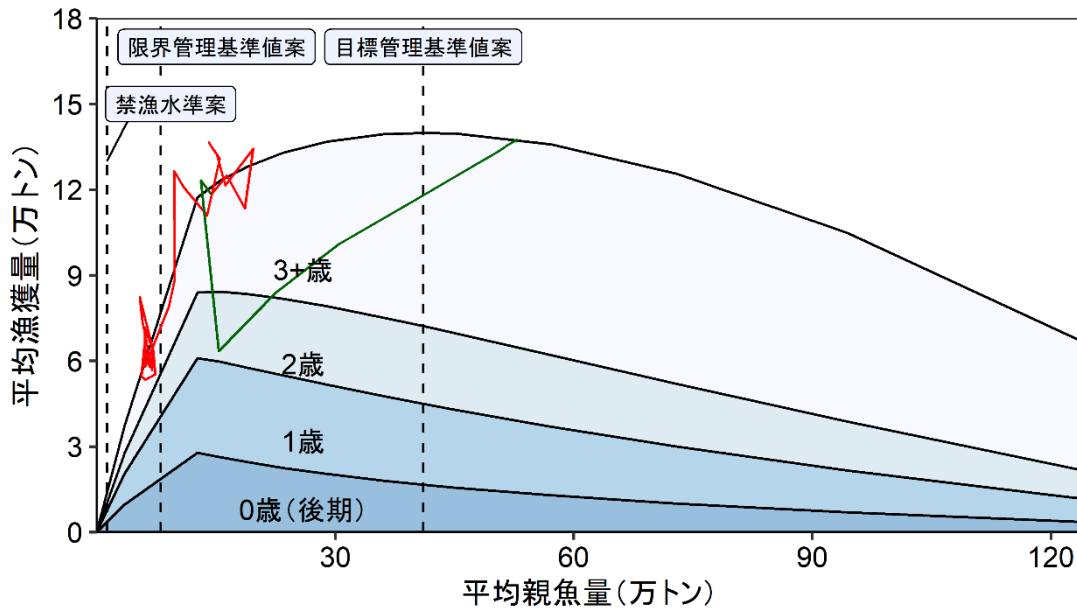
補足図7-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケー・スティック（HS）型、ベバートン・ホルト（BH）型、リッカー（RI）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当てはめた。黒丸は分析に使用した親魚量・加入尾数（1994～2020年）である。



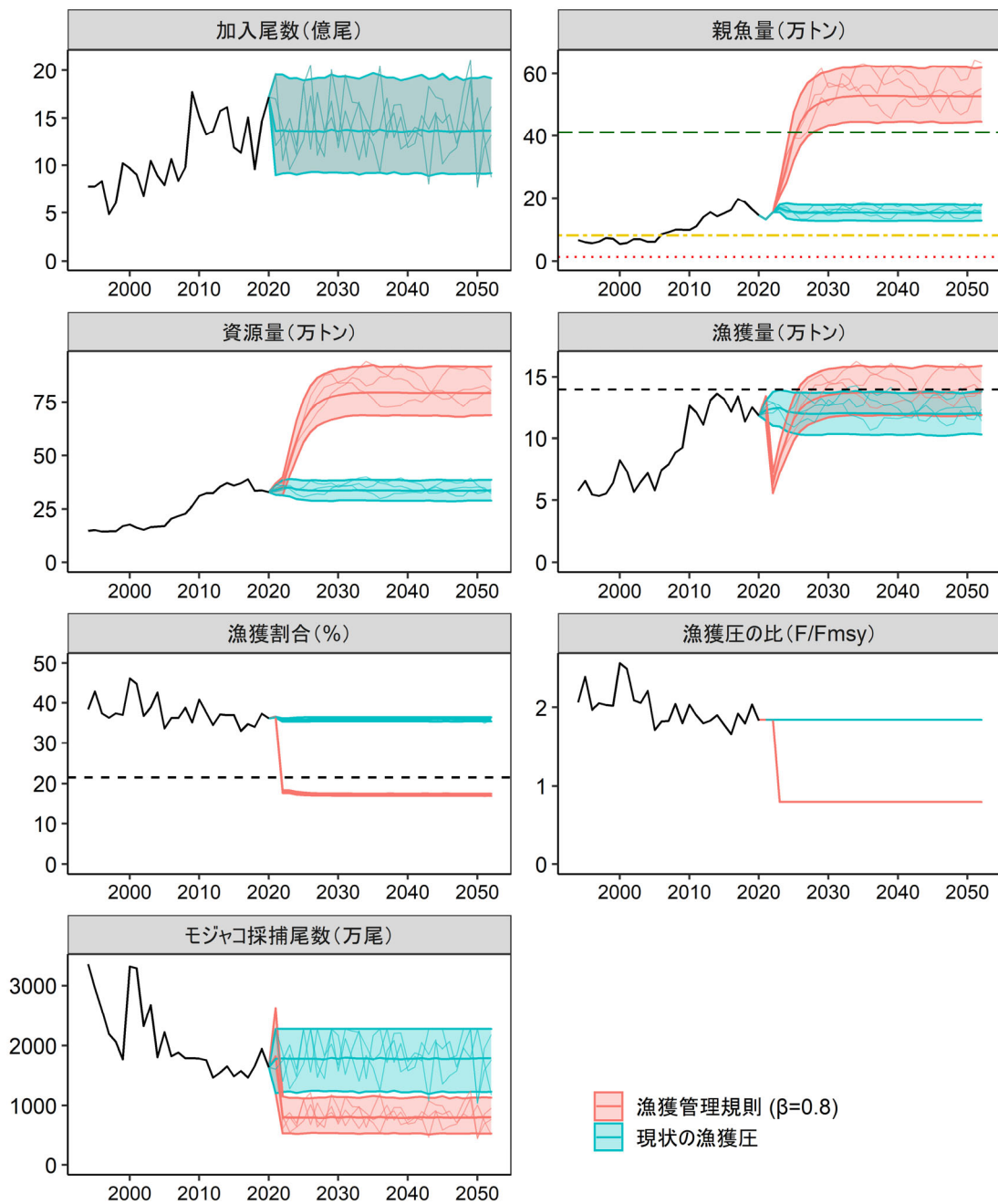
補足図 7-2. 神戸プロット

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。



補足図 7-3. 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。赤線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量の推移を、緑線は提案する漁獲管理規則案 (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  $\beta$  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 ( $SB_0$ ) は 165.8 万トンである。また、0 歳 (モジャコ期) の漁獲量は極めて少なく、目視による確認が難しいため、これを拡大したものを補足図 10-1 に示している。



補足図 7-4. 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、赤点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。現状の漁獲圧でのモジャコ採捕尾数の将来予測では、最近 10 年間の採捕計画尾数の平均値をモジャコ採捕尾数の上限とした。調整係数  $\beta$  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 (%)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	0	3	13	26	35	40	42	44	46	45	46
0.9	0	0	0	0	0	13	42	63	73	80	82	86	87	87	88
0.8	0	0	0	0	0	33	75	91	96	98	98	99	99	99	99
0.7	0	0	0	0	2	63	94	99	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	5	85	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	15	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	30	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	86	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	95	100	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  $\beta$  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 7-2. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	21.3	26.9	33.0	36.4	38.4	39.5	40.1	40.5	40.7	41.0	40.9	41.0
0.9	14.4	13.1	15.4	21.9	28.6	36.1	40.3	42.9	44.3	45.2	45.6	46.0	46.3	46.4	46.4
0.8	14.4	13.1	15.4	22.5	30.5	39.4	44.7	47.9	49.8	50.9	51.6	52.0	52.5	52.6	52.7
0.7	14.4	13.1	15.4	23.2	32.4	43.0	49.5	53.5	55.9	57.4	58.4	59.0	59.6	59.9	60.0
0.6	14.4	13.1	15.4	23.8	34.4	47.0	54.8	59.8	63.0	64.9	66.2	67.0	67.7	68.4	68.4
0.5	14.4	13.1	15.4	24.5	36.6	51.3	60.8	66.9	70.9	73.5	75.1	76.3	77.3	78.3	78.4
0.4	14.4	13.1	15.4	25.2	38.9	56.1	67.4	74.9	80.0	83.3	85.5	87.1	88.3	90.0	90.1
0.3	14.4	13.1	15.4	26.0	41.4	61.3	74.7	84.0	90.3	94.5	97.5	99.6	101.3	103.9	104.1
0.2	14.4	13.1	15.4	26.7	44.0	67.0	82.9	94.1	102.0	107.5	111.4	114.2	116.4	120.6	120.7
0.1	14.4	13.1	15.4	27.5	46.8	73.2	92.0	105.6	115.4	122.4	127.5	131.2	134.2	140.6	140.9
0.0	14.4	13.1	15.4	28.3	49.8	80.0	102.1	118.5	130.6	139.6	146.2	151.2	155.3	164.9	165.4
Fcurrent	14.4	13.1	15.4	16.7	15.9	15.5	15.3	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.3	15.2	15.2

漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  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。

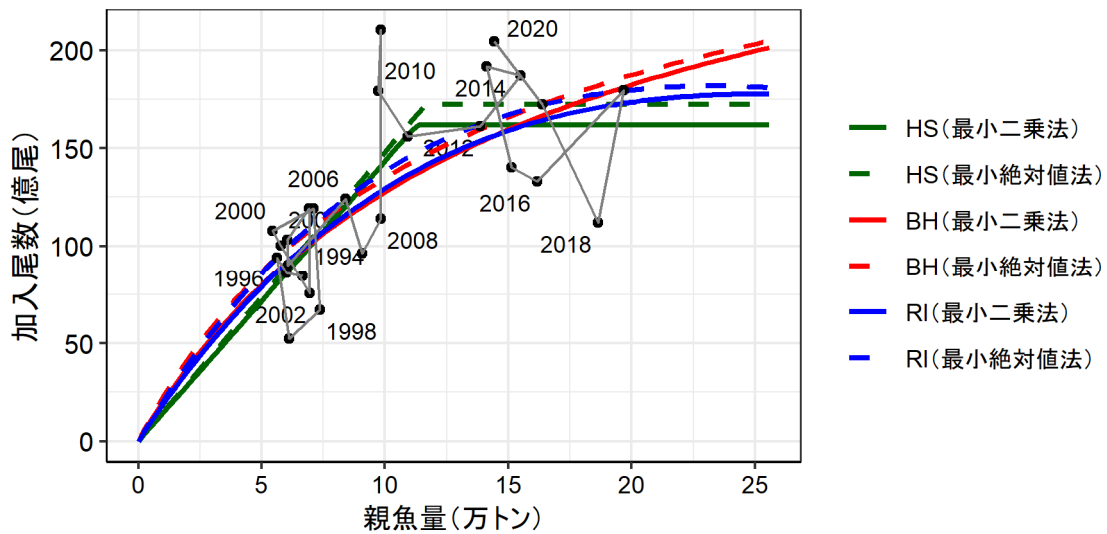
補足表 7-3. 将来の平均漁獲量の推移 (万トン)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.3	7.7	9.7	11.1	12.3	13.0	13.4	13.6	13.7	13.8	13.9	13.9	13.9	13.9
0.9	11.8	12.3	7.0	9.1	10.7	12.0	12.8	13.2	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	13.9	13.9
0.8	11.8	12.3	6.3	8.4	10.1	11.5	12.4	12.9	13.2	13.4	13.5	13.6	13.7	13.7	13.7
0.7	11.8	12.3	5.6	7.7	9.4	10.9	11.9	12.4	12.8	13.0	13.2	13.3	13.3	13.4	13.4
0.6	11.8	12.3	4.9	6.9	8.6	10.2	11.1	11.8	12.1	12.4	12.6	12.7	12.8	12.8	12.8
0.5	11.8	12.3	4.1	6.0	7.6	9.2	10.2	10.8	11.2	11.5	11.7	11.8	11.9	12.0	12.0
0.4	11.8	12.3	3.4	5.0	6.5	8.0	8.9	9.6	10.0	10.3	10.5	10.6	10.7	10.9	10.9
0.3	11.8	12.3	2.6	3.9	5.2	6.5	7.4	8.0	8.4	8.7	8.9	9.0	9.1	9.3	9.3
0.2	11.8	12.3	1.7	2.7	3.7	4.7	5.4	5.9	6.2	6.5	6.7	6.8	6.9	7.1	7.1
0.1	11.8	12.3	0.9	1.4	2.0	2.6	3.0	3.3	3.5	3.7	3.8	3.9	3.9	4.1	4.1
0.0	11.8	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fcurrent	11.8	12.3	12.4	12.5	12.2	12.1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  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。

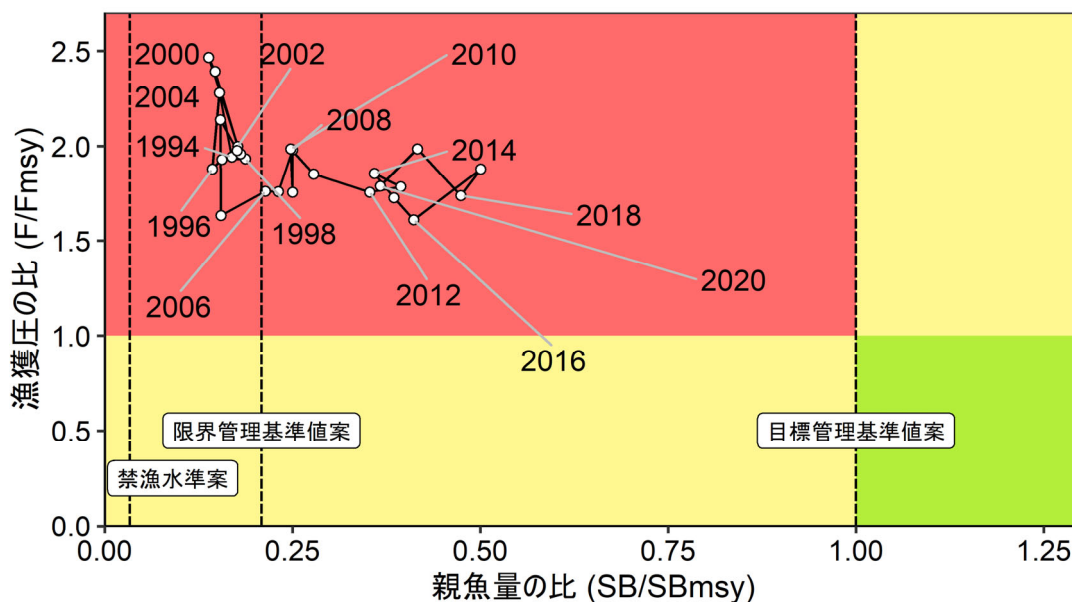
補足資料 8 ベースケースの 0 歳（モジャコ期）の M を 10.0 とした場合の計算結果（シナリオ S06）

ベースケースの 0 歳（モジャコ期）の M を 10.0 としたシナリオ（補足表 3-2 の S06 に相当）で管理基準値の算出と HCR 下での将来予測を行った。再生産関係には、AICc の値が最も小さくなった自己相関なしの最小二乗法で最適化した HS 型再生産関係を用いた（補足図 8-1）。S06 シナリオにおける目標管理基準値案である SBmsy と、その時の漁獲圧 Fmsy を基準にした神戸プロットを補足図 8-2 に、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補足図 8-3 に、限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用いて、 $\beta$  を 0.8 とした漁獲管理規則案で将来予測した場合の、加入尾数、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比 (F/Fmsy)、およびモジャコ採捕尾数の推移を補足図 8-4 に示した。また、S06 シナリオで漁獲管理規則案を用いた将来予測において、調整係数  $\beta$  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、親魚量平均値の推移および漁獲量平均値の推移を、それぞれ補足表 8-1、補足表 8-2 および補足表 8-3 に示した。



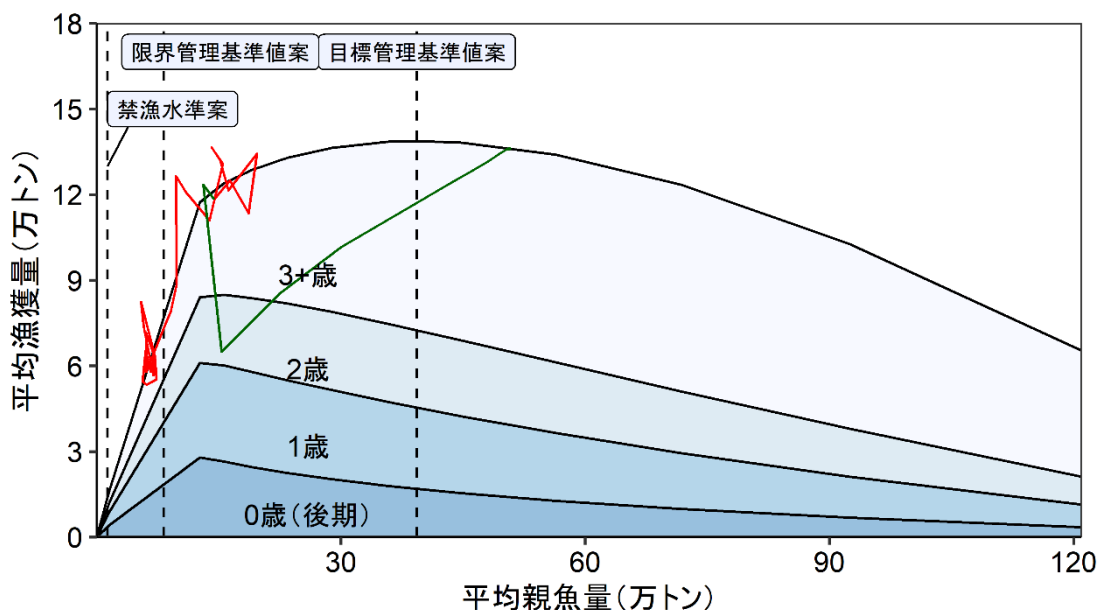
補足図 8-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケ-スティック (HS) 型、ベバートン・ホルト (BH) 型、リッカー (RI) 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当てはめた。黒丸は分析に使用した親魚量・加入尾数 (1994~2020 年) である。



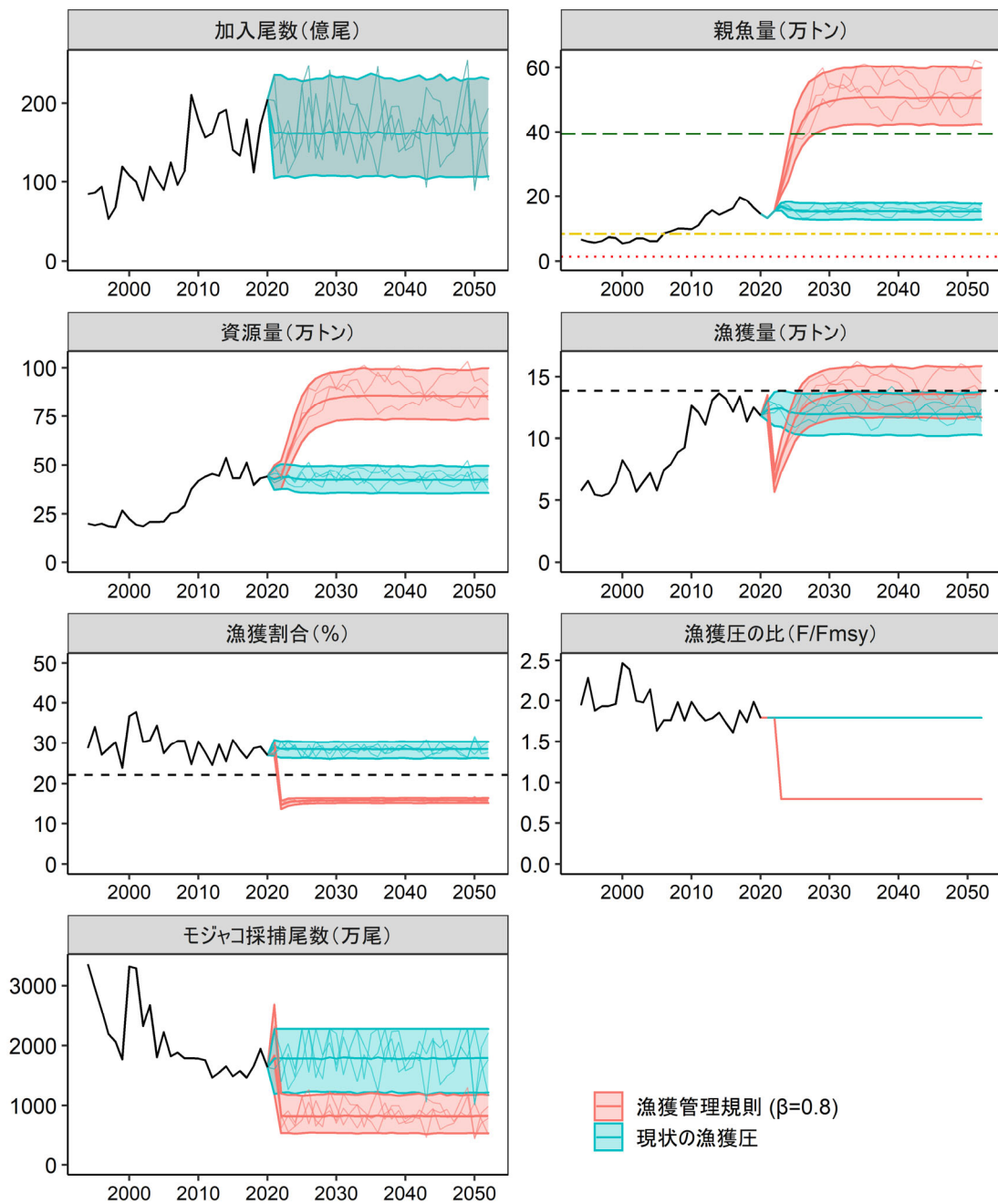
補足図 8-2. 神戸プロット

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。



補足図 8-3. 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。赤線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量の推移を、緑線は提案する漁獲管理規則案 (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  $\beta$  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 ( $SB_0$ ) は 161.4 万トンである。また、0 歳 (モジャコ期) の漁獲量は極めて少なく、目視による確認が難しいため、これを拡大したものを補足図 10-1 に示している。



補足図 8-4. 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、赤点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。現状の漁獲圧でのモジャコ採捕尾数の将来予測では、最近10年間の採捕計画尾数の平均値をモジャコ採捕尾数の上限とした。調整係数  $\beta$  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 (%)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	0	0	0	0	0	5	16	28	36	41	42	44	46	45	46
0.9	0	0	0	0	0	16	45	64	74	80	81	85	86	86	87
0.8	0	0	0	0	1	39	77	91	96	98	98	98	99	99	99
0.7	0	0	0	0	3	68	95	99	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	0	0	10	88	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	0	0	23	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	41	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	61	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	78	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	0	0	97	100	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  $\beta$  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 8-2. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	21.1	26.5	32.1	35.2	37.0	37.9	38.5	38.8	39.0	39.3	39.2	39.3
0.9	14.4	13.1	15.4	21.8	28.2	35.1	39.0	41.3	42.6	43.4	43.8	44.1	44.4	44.4	44.5
0.8	14.4	13.1	15.4	22.4	30.0	38.4	43.2	46.2	47.9	48.9	49.5	50.0	50.4	50.5	50.5
0.7	14.4	13.1	15.4	23.1	32.0	41.9	48.0	51.7	53.9	55.3	56.1	56.7	57.2	57.5	57.6
0.6	14.4	13.1	15.4	23.8	34.0	45.9	53.2	57.9	60.8	62.6	63.7	64.5	65.2	65.7	65.8
0.5	14.4	13.1	15.4	24.5	36.2	50.2	59.1	64.9	68.6	71.0	72.5	73.6	74.5	75.4	75.5
0.4	14.4	13.1	15.4	25.2	38.6	54.9	65.6	72.7	77.5	80.6	82.7	84.1	85.3	86.8	86.9
0.3	14.4	13.1	15.4	25.9	41.1	60.0	72.8	81.6	87.6	91.6	94.4	96.4	98.0	100.5	100.6
0.2	14.4	13.1	15.4	26.7	43.7	65.7	80.9	91.6	99.1	104.4	108.1	110.7	112.9	116.8	116.9
0.1	14.4	13.1	15.4	27.5	46.6	71.9	89.9	103.0	112.4	119.1	123.9	127.5	130.4	136.5	136.7
0.0	14.4	13.1	15.4	28.3	49.6	78.7	99.9	115.8	127.5	136.1	142.5	147.3	151.2	160.6	161.0
Fcurrent	14.4	13.1	15.4	16.7	15.8	15.5	15.3	15.2	15.2	15.1	15.1	15.2	15.2	15.1	15.2

漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  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 8-3. 将来の平均漁獲量の推移 (万トン)

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.3	7.9	9.8	11.2	12.3	13.0	13.3	13.5	13.6	13.7	13.8	13.8	13.8	13.8
0.9	11.8	12.3	7.2	9.2	10.7	12.0	12.7	13.1	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.8	13.8
0.8	11.8	12.3	6.5	8.5	10.2	11.6	12.4	12.8	13.1	13.3	13.4	13.5	13.6	13.6	13.6
0.7	11.8	12.3	5.8	7.8	9.5	11.0	11.8	12.4	12.7	12.9	13.1	13.2	13.2	13.3	13.3
0.6	11.8	12.3	5.0	7.0	8.7	10.2	11.1	11.7	12.1	12.3	12.5	12.6	12.7	12.7	12.8
0.5	11.8	12.3	4.2	6.1	7.7	9.2	10.2	10.8	11.2	11.5	11.7	11.8	11.9	12.0	12.0
0.4	11.8	12.3	3.5	5.1	6.6	8.0	8.9	9.6	10.0	10.3	10.5	10.6	10.7	10.8	10.8
0.3	11.8	12.3	2.6	4.0	5.3	6.5	7.4	8.0	8.4	8.6	8.8	9.0	9.1	9.2	9.2
0.2	11.8	12.3	1.8	2.8	3.8	4.7	5.4	5.9	6.2	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
0.1	11.8	12.3	0.9	1.4	2.0	2.6	3.0	3.3	3.5	3.7	3.8	3.9	3.9	4.1	4.1
0.0	11.8	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fcurrent	11.8	12.3	12.4	12.4	12.2	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  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。

## 補足資料 9 再生産関係の想定が誤っていた場合の感度分析結果

本種の再生産関係に自己相関を考慮しない最小二乗法で最適化したリッカー（RI）型再生産曲線を仮定したが、同条件のホッカー・スティック（HS）型およびベバートン・ホルト（BH）型再生産関係の AICc との差は 4 以上ではない（表 1）。そのため、再生産関係の想定が誤りだった場合に、過剰漁獲や漁獲量損失のリスクについて調べる必要がある。そこで、簡易 MSE（FRA-SA2020-BRP01-7）により本系群の真の再生産関係が HS 型、RI 型および BH 型であった場合に、想定する再生産関係の違いによる資源管理効果を比較した。

まず、真の再生産関係が HS 型である場合について見ると、正しく HS 型を想定して管理した場合は、 $\beta$  が 0.8 のとき、管理開始年の漁獲量は最近年の漁獲量からおおよそ半減し、6.0 万トンとなった（補足図 9-1、補足表 9-1 (a)）。その後、最近年の漁獲量に相当する 11.6 万トンまで漁獲量が増加したのは管理開始から 4 年目の 2025 年で、管理開始から 10 年以降には 14.1 万トン程度の漁獲量が安定して得られると予測された。一方、誤って RI 型を想定して管理した場合には、 $\beta$  が 0.8 のとき、管理開始年の漁獲量の減少が最近年の漁獲量の 0.8 倍程度（9.0 万トン）に留まった。また、管理開始から 10 年以降に安定する漁獲量は 14.0 万トン程度で、正しく HS 型を想定して管理した場合との差は小さかった（補足図 9-1、補足表 9-1 (b)）。2020 年から 2052 年（管理開始から 30 年後）までの累積漁獲量を比較すると、正しく HS 型を想定して管理した場合は 437.7 万トンで（補足表 9-2 (a)）、誤って RI 型を想定して管理した場合は 446.4 万トンとなり（補足表 9-2 (b)）、誤って RI 型を想定した管理を行っても、中長期的な漁獲量の損失は見込まれなかった。また、HS 型と RI 型の再生産関係のどちらを想定した管理を行っても、親魚量、資源量の減少リスクは殆どないという結果となった（補足図 9-1、補足表 9-3）。

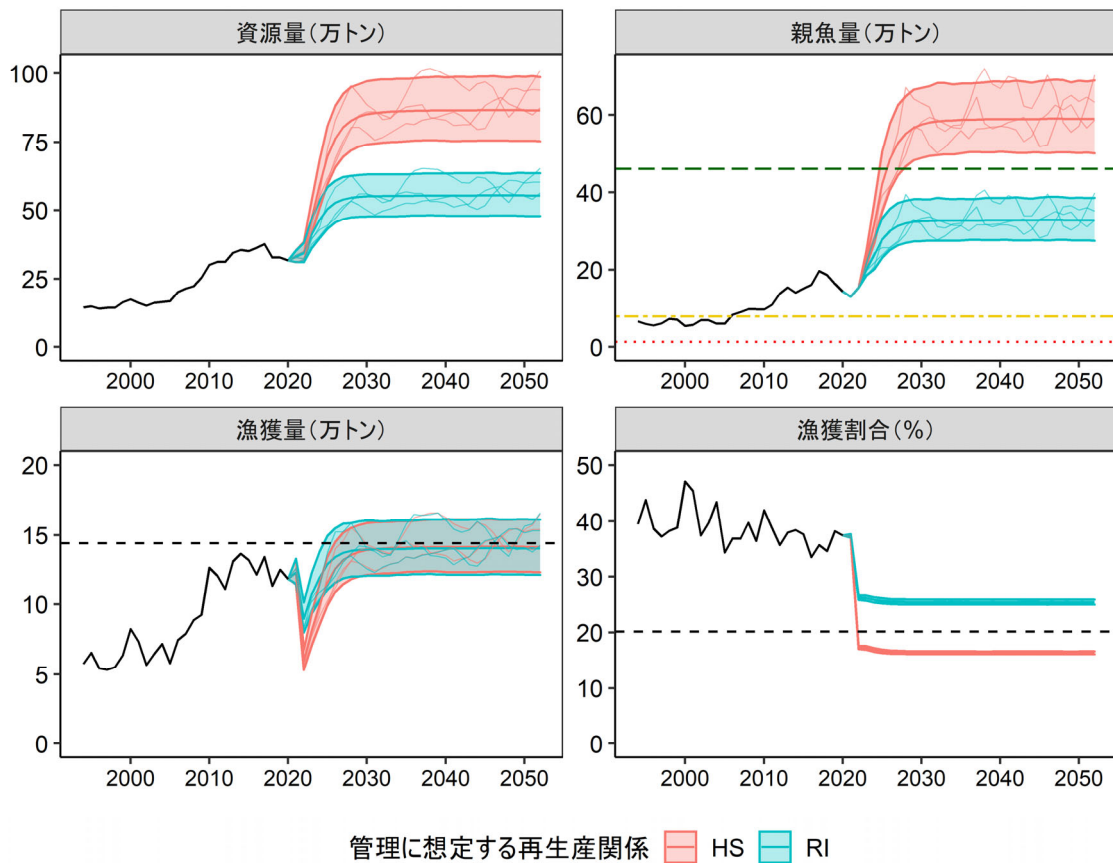
次に、真の再生産関係が RI 型の場合を見ると、誤って HS 型を想定すると、 $\beta$  を 0.8 のとき、管理開始年の平均漁獲量は最近年の漁獲量からおおよそ半減した 5.9 万トンとなった（補足図 9-2、補足表 9-4 (a)）。一方、正しく RI 型を想定した場合（ $\beta=0.8$ ）、8.9 万トンであった（補足表 9-4 (b)）。また、誤って HS 型を想定した場合は、管理開始から 20 年後の 2042 年頃から平均漁獲量が 9.4 万トン程度で安定し、正しく RI 型で管理を行った場合の平均漁獲量は、管理開始から 10 年後の 2032 年頃から 12.3 万トン程度で安定すると予測された。2020 年から 2052 年（管理開始から 30 年後）までの累積漁獲量を比較すると、誤って HS 型で管理した場合は 313.3 万トン（補足表 9-5 (a)）となるのに対し、正しく RI 型で管理した場合は 401.5 万トン（補足表 9-5 (b)）で、誤って HS 型で管理を行うと、短期的にも中長期的にも漁獲量の損失が大きくなると予測された。また、HS 型と RI 型の再生産関係のどちらを想定した管理を行っても、親魚量、資源量の減少リスクは殆どないという結果となった（補足図 9-2、補足表 9-6）。

真の再生産関係が BH 型である場合では、正しく BH 型を想定した場合、 $\beta$  が 0.8 のとき、管理開始年の漁獲量は最近年の漁獲量から激減し、4.9 万トンとなった（補足図 9-3、補足表 9-7 (a)）。その後、最近年と同等の漁獲量に相当する 11.9 万トンまで漁獲量が増加したのは管理開始 4 年目の 2025 年で、2042 年から 18.7 万トン程度の漁獲量が安定して得られる予測になった。一方、誤って RI 型を想定して管理した場合、 $\beta$  が 0.8 のとき、

管理開始年の漁獲量の減少が最近年の 0.7 倍程度の 8.9 万トンに留まり、2042 年頃に安定する値は 17.5 万トン程度で、正しく BH 型を想定して管理を行った場合との差は比較的小さかった（補足表 9-7 (b)）。2020 年から 2052 年（管理開始から 30 年後）までの累積漁獲量を比較すると、正しく BH 型で管理を行った場合は 546.1 万トン（補足表 9-8 (a)）であるのに対し、誤って RI 型を想定して管理した場合は 533.7 万トン（補足表 9-8 (b)）となり、誤って RI 型を想定しても中長期的な漁獲量の損失は 12 万トン程度であった。また、2020 年から 2042 年（管理開始から 20 年後）までの累積漁獲量は、正しく BH 型を想定した場合で 359.0 万トン、誤って RI 型を想定した場合で 358.5 万トンと、想定する再生産関係による差は極めて小さかった。2020 年から 2032 年（管理開始から 10 年後）までの累積漁獲量は、正しく BH 型を想定した管理で 173.4 万トン、誤って RI 型を想定した管理で 184.2 万トンとなり、誤って RI 型で管理しても漁獲量の損失が生じないと見込まれた。BH 型と RI 型の再生産関係のどちらを想定した管理を行っても、親魚量や資源量の減少リスクは殆どないという結果となった（補足図 9-3、補足表 9-9）。

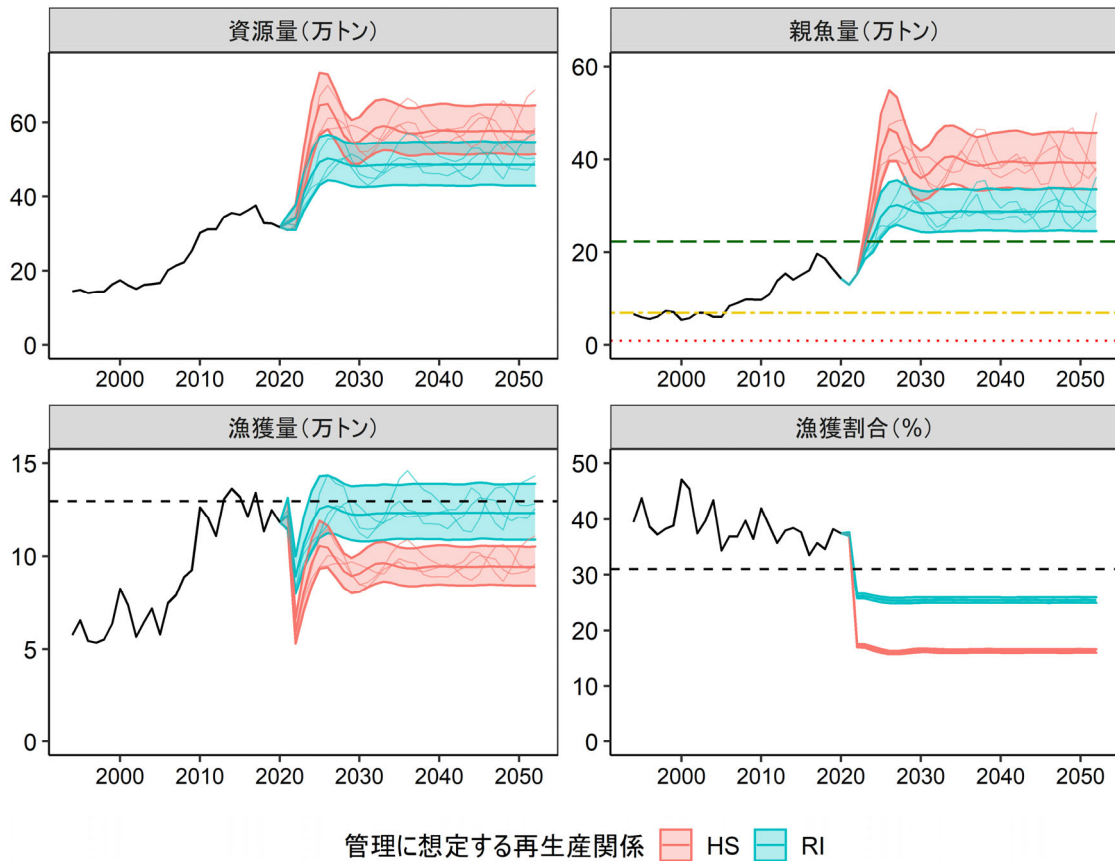
真の再生産関係が RI 型の場合、誤って BH 型を想定すると ( $\beta=0.8$ )、管理開始年の平均漁獲量は最近年の漁獲量の 0.4 倍の 5.0 万トンに減少した（補足図 9-4、補足表 9-10）。さらに、誤って BH 型を想定した場合、管理開始から 20 年後の 2042 年頃から平均漁獲量が 8.4 万トン程度で安定した。一方、正しく RI 型を想定した管理した場合、 $\beta$  が 0.8 のとき、管理開始 10 年後の 2031 年頃から 12.3 万トンで安定した（補足表 9-4 (b)）。誤って BH 型を想定して管理した場合、安定した漁獲量が得られるまでの期間は長く、その時の漁獲量は正しく RI 型を想定した場合よりも小さいと予測された。また、2022 年から 2052 年（管理開始から 30 年後）までの累積漁獲量を比較すると、誤って BH 型を想定して管理した場合は 283.0 万トンとなり（補足表 9-11）、正しく RI 型を想定した場合の 401.5 万トンとなり（補足表 9-5 (b)）、誤って BH 型を想定して管理を行うと漁獲量の損失が大きくなることが示された。なお、RI 型と BH 型の再生産関係のどちらを想定した管理を行っても、親魚量や資源量の減少リスクは殆どないという結果となった（補足図 9-4、補足表 9-6 (b)、補足表 9-12）。

以上の結果より、真の再生産関係が HS 型や BH 型のときに、誤って RI 型を想定した管理を行っても、短期的、中長期的な漁獲量の損失が小さく、親魚量や資源量の減少リスクは殆どないという結果となった。



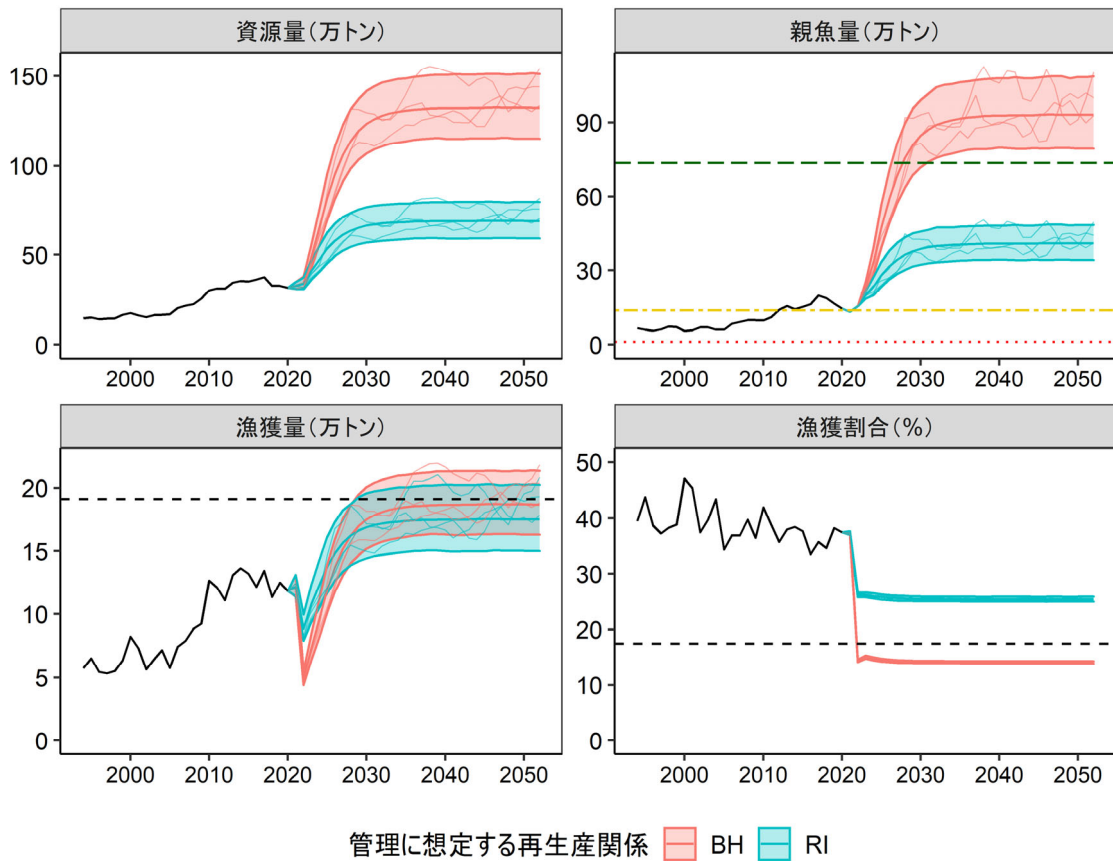
補足図 9-1. 真の再生産関係が HS 型である資源に対し、再生産関係を正しく HS 型を想定した場合 (HS、赤) と誤って RI 型を想定した場合 (RI、緑) の管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測

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、赤点線は禁漁水準案を示し、漁獲量の図と漁獲割合の図の破線はそれぞれ MSY および  $U_{msy}$  を示す。これら図中の管理基準値案は真の再生産関係である HS 型を想定して計算された値である。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  $\beta$  には 0.8 を用いた。



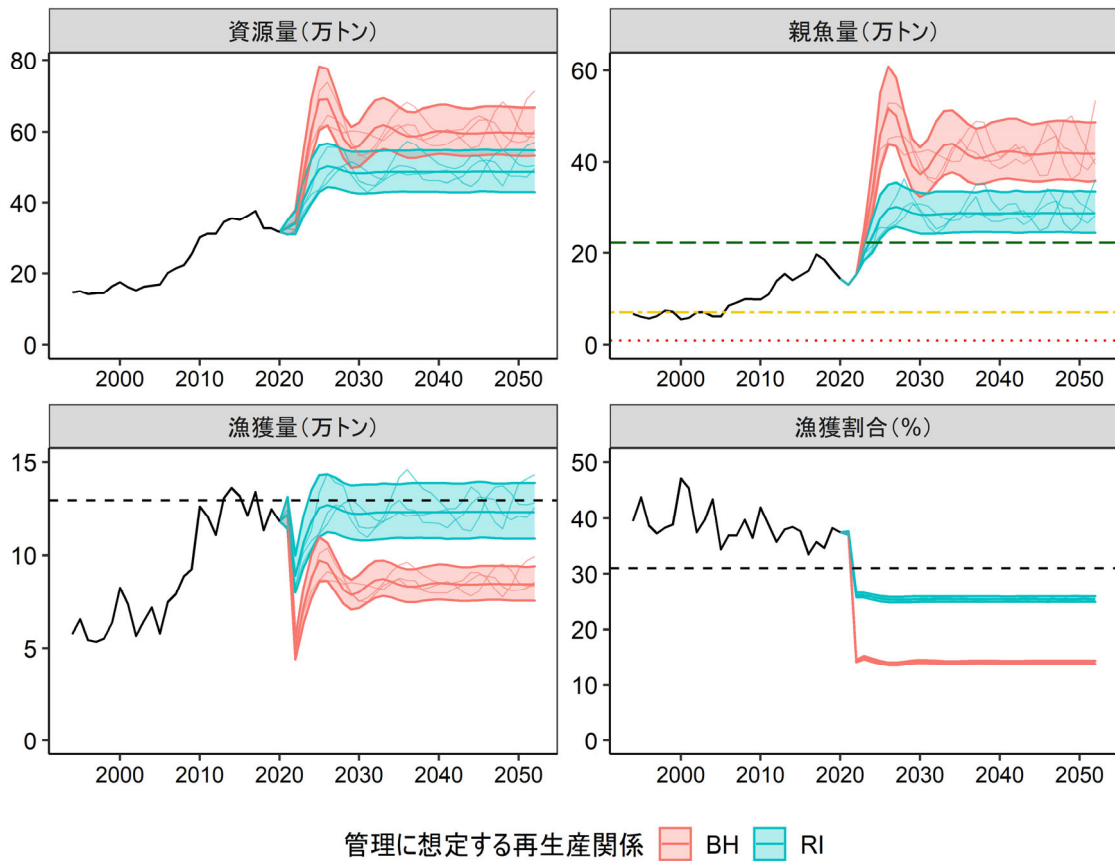
補足図 9-2. 真の再生産関係が RI 型である資源に対し、再生産関係を誤って HS 型を想定した場合 (HS、赤) と正しく RI 型を想定した場合 (RI、緑) の管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測

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、赤点線は禁漁水準案を示し、漁獲量の図と漁獲割合の図の破線はそれぞれ MSY および  $U_{msy}$  を示す。これら図中の管理基準値案は真の再生産関係である RI 型を想定して計算された値である。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  $\beta$  には 0.8 を用いた。



補足図 9-3. 真の再生産関係が BH 型である資源に対し、再生産関係を正しく BH 型を想定した場合 (BH、赤) と誤って RI 型を想定した場合 (RI、緑) の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

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、赤点線は禁漁水準案を示し、漁獲量の図と漁獲割合の図の破線はそれぞれ MSY および  $U_{msy}$  を示す。これら図中の管理基準値案は真の再生産関係である BH 型を想定して計算された値である。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  $\beta$  には 0.8 を用いた。



補足図 9-4. 真の再生産関係が RI 型である資源に対し、再生産関係を誤って BH 型を想定した場合 (BH、赤) と正しく RI 型を想定した場合 (RI、緑) の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

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、赤点線は禁漁水準案を示し、漁獲量の図と漁獲割合の図の破線はそれぞれ MSY および  $U_{msy}$  を示す。これら図中の管理基準値案は真の再生産関係である RI 型を想定して計算された値である。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  $\beta$  には 0.8 を用いた。

補足表 9-1. 将来の平均漁獲量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に HS 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.3	7.3	9.4	11.0	12.4	13.2	13.7	14.0	14.2	14.2	14.3	14.3	14.4	14.4
0.9	11.8	12.3	6.6	8.8	10.5	12.1	13.0	13.5	13.9	14.0	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3
0.8	11.8	12.3	6.0	8.1	10.0	11.6	12.6	13.2	13.6	13.8	13.9	14.0	14.0	14.1	14.1
0.7	11.8	12.3	5.3	7.4	9.3	11.0	12.0	12.7	13.1	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.8
0.6	11.8	12.3	4.6	6.6	8.5	10.2	11.3	12.0	12.4	12.7	12.9	13.0	13.1	13.2	13.2
0.5	11.8	12.3	3.9	5.8	7.5	9.2	10.3	11.0	11.5	11.8	12.0	12.1	12.2	12.4	12.4
0.4	11.8	12.3	3.2	4.8	6.4	8.0	9.0	9.7	10.2	10.5	10.7	10.9	11.0	11.2	11.2
0.3	11.8	12.3	2.4	3.8	5.1	6.5	7.4	8.1	8.5	8.8	9.0	9.2	9.3	9.5	9.5
0.2	11.8	12.3	1.6	2.6	3.6	4.7	5.4	6.0	6.3	6.6	6.8	6.9	7.0	7.2	7.2
0.1	11.8	12.3	0.8	1.4	1.9	2.5	3.0	3.3	3.5	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.1
0.0	11.8	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.3	10.7	11.8	12.3	12.8	13.0	13.1	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
0.9	11.8	12.3	9.9	11.3	12.2	12.9	13.3	13.5	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.7	13.7
0.8	11.8	12.3	9.0	10.7	11.9	12.9	13.4	13.7	13.9	13.9	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
0.7	11.8	12.3	8.0	10.0	11.5	12.7	13.4	13.8	14.0	14.1	14.2	14.2	14.2	14.3	14.3
0.6	11.8	12.3	7.1	9.2	10.9	12.3	13.2	13.7	14.0	14.1	14.2	14.3	14.3	14.4	14.4
0.5	11.8	12.3	6.0	8.2	10.0	11.6	12.6	13.2	13.6	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2	14.2
0.4	11.8	12.3	4.9	7.0	8.8	10.6	11.6	12.3	12.8	13.0	13.2	13.3	13.4	13.5	13.5
0.3	11.8	12.3	3.8	5.6	7.3	9.0	10.1	10.8	11.3	11.6	11.8	11.9	12.0	12.2	12.2
0.2	11.8	12.3	2.6	4.0	5.4	6.8	7.8	8.5	8.9	9.2	9.5	9.6	9.7	9.9	9.9
0.1	11.8	12.3	1.3	2.1	3.0	3.9	4.5	5.0	5.3	5.6	5.7	5.8	5.9	6.1	6.1
0.0	11.8	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

真の再生産関係が HS 型の資源に対して、(a) 正しく HS 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 誤った RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-2. 将来の平均累積漁獲量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に HS 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	24.1	31.4	40.8	51.8	64.2	77.4	91.2	105.2	119.3	133.6	147.9	162.2	305.8	449.7
0.9	11.8	24.1	30.8	39.5	50.1	62.2	75.1	88.7	102.5	116.6	130.7	145.0	159.2	302.3	445.6
0.8	11.8	24.1	30.1	38.3	48.2	59.8	72.4	85.6	99.2	113.0	126.9	140.9	154.9	296.1	437.7
0.7	11.8	24.1	29.5	36.9	46.1	57.1	69.1	81.8	95.0	108.3	121.8	135.5	149.1	286.8	424.8
0.6	11.8	24.1	28.8	35.4	43.8	54.0	65.3	77.3	89.7	102.4	115.3	128.3	141.4	273.3	405.7
0.5	11.8	24.1	28.0	33.8	41.3	50.5	60.8	71.8	83.3	95.1	107.1	119.2	131.4	254.7	378.6
0.4	11.8	24.1	27.3	32.1	38.5	46.5	55.5	65.2	75.4	85.9	96.7	107.5	118.5	229.7	341.5
0.3	11.8	24.1	26.6	30.3	35.4	41.9	49.3	57.4	65.9	74.7	83.7	92.9	102.2	196.6	291.6
0.2	11.8	24.1	25.8	28.4	32.0	36.7	42.1	48.1	54.4	61.0	67.8	74.7	81.7	153.2	225.4
0.1	11.8	24.1	25.0	26.3	28.3	30.8	33.8	37.1	40.6	44.3	48.2	52.1	56.0	96.9	138.3
0.0	11.8	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	24.1	34.8	46.6	59.0	71.8	84.8	97.9	111.1	124.2	137.4	150.6	163.8	295.8	428.0
0.9	11.8	24.1	34.0	45.3	57.5	70.4	83.7	97.2	110.7	124.3	138.0	151.6	165.2	301.7	438.4
0.8	11.8	24.1	33.1	43.9	55.8	68.7	82.1	95.8	109.7	123.7	137.6	151.6	165.6	305.9	446.4
0.7	11.8	24.1	32.2	42.2	53.7	66.5	79.9	93.7	107.7	121.9	136.1	150.3	164.5	307.4	450.5
0.6	11.8	24.1	31.2	40.4	51.3	63.6	76.8	90.5	104.4	118.6	132.8	147.1	161.4	304.9	448.8
0.5	11.8	24.1	30.2	38.3	48.4	60.0	72.6	85.8	99.4	113.3	127.2	141.2	155.3	296.7	438.4
0.4	11.8	24.1	29.1	36.1	44.9	55.5	67.1	79.5	92.2	105.3	118.5	131.8	145.2	280.0	415.3
0.3	11.8	24.1	27.9	33.5	40.9	49.9	60.0	70.8	82.1	93.8	105.6	117.5	129.5	251.3	373.5
0.2	11.8	24.1	26.7	30.7	36.2	43.0	50.8	59.3	68.2	77.5	87.0	96.6	106.2	205.0	304.3
0.1	11.8	24.1	25.5	27.6	30.6	34.5	39.1	44.1	49.4	55.0	60.7	66.5	72.4	133.2	194.6
0.0	11.8	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1

真の再生産関係が HS 型の資源に対して、(a) 正しく HS 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 誤った RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-3. 将来の親魚量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に HS 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	21.6	28.1	35.6	40.0	42.6	44.1	45.0	45.4	45.7	45.9	46.1	46.1
0.9	14.4	13.1	15.4	22.2	29.8	38.8	44.1	47.4	49.4	50.5	51.1	51.4	51.7	52.1	52.1
0.8	14.4	13.1	15.4	22.8	31.6	42.2	48.7	52.8	55.2	56.7	57.6	58.0	58.4	59.0	59.0
0.7	14.4	13.1	15.4	23.4	33.5	46.0	53.8	58.8	61.9	63.8	64.9	65.6	66.1	66.9	67.0
0.6	14.4	13.1	15.4	24.0	35.6	50.1	59.4	65.5	69.4	71.8	73.4	74.3	75.0	76.1	76.2
0.5	14.4	13.1	15.4	24.7	37.7	54.5	65.6	73.1	77.9	81.0	83.0	84.3	85.2	86.9	87.0
0.4	14.4	13.1	15.4	25.4	40.0	59.4	72.5	81.5	87.5	91.5	94.1	95.8	97.1	99.5	99.7
0.3	14.4	13.1	15.4	26.0	42.4	64.7	80.1	91.0	98.4	103.4	106.9	109.1	110.8	114.4	114.6
0.2	14.4	13.1	15.4	26.7	45.0	70.5	88.6	101.6	110.7	117.1	121.5	124.6	126.8	132.1	132.4
0.1	14.4	13.1	15.4	27.5	47.7	76.9	98.0	113.5	124.7	132.7	138.4	142.5	145.6	153.2	153.6
0.0	14.4	13.1	15.4	28.2	50.6	83.8	108.4	126.9	140.6	150.6	158.0	163.3	167.5	178.6	179.3

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	18.4	19.7	21.2	21.9	22.4	22.6	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7
0.9	14.4	13.1	15.4	19.2	21.6	24.3	25.6	26.4	26.8	27.0	27.1	27.1	27.2	27.2	27.2
0.8	14.4	13.1	15.4	20.0	23.7	27.8	30.0	31.3	32.0	32.3	32.5	32.5	32.6	32.7	32.7
0.7	14.4	13.1	15.4	20.9	26.1	31.9	35.2	37.1	38.2	38.8	39.1	39.2	39.3	39.5	39.5
0.6	14.4	13.1	15.4	21.8	28.7	36.6	41.2	44.1	45.7	46.6	47.1	47.4	47.6	47.9	47.9
0.5	14.4	13.1	15.4	22.8	31.5	42.0	48.3	52.4	54.8	56.2	57.1	57.5	57.9	58.4	58.5
0.4	14.4	13.1	15.4	23.8	34.6	48.2	56.7	62.3	65.9	68.0	69.4	70.2	70.8	71.7	71.8
0.3	14.4	13.1	15.4	24.8	38.1	55.3	66.6	74.3	79.3	82.6	84.7	86.0	87.0	88.7	88.9
0.2	14.4	13.1	15.4	25.9	41.8	63.5	78.3	88.7	95.8	100.5	103.8	105.9	107.5	110.8	111.0
0.1	14.4	13.1	15.4	27.0	46.0	72.9	92.1	106.0	115.9	122.8	127.8	131.1	133.7	139.8	140.1
0.0	14.4	13.1	15.4	28.2	50.6	83.8	108.4	126.9	140.6	150.6	158.0	163.3	167.5	178.6	179.3

真の再生産関係が HS 型の資源に対して、(a) 正しく HS 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 誤って RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-4. 将来の平均漁獲量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に HS 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.2	7.2	9.3	10.8	11.7	11.7	11.2	10.8	10.6	10.6	10.8	10.9	10.9	10.9
0.9	11.8	12.2	6.6	8.7	10.2	11.2	11.1	10.6	10.0	9.8	9.9	10.1	10.3	10.2	10.2
0.8	11.8	12.2	5.9	8.1	9.6	10.6	10.5	9.8	9.2	8.9	9.0	9.3	9.6	9.4	9.4
0.7	11.8	12.2	5.3	7.3	8.9	9.8	9.7	9.0	8.3	8.0	8.1	8.5	8.8	8.6	8.6
0.6	11.8	12.2	4.6	6.5	8.1	9.0	8.8	8.1	7.3	7.0	7.2	7.6	7.9	7.6	7.6
0.5	11.8	12.2	3.9	5.7	7.1	8.0	7.8	7.1	6.3	5.9	6.1	6.5	6.9	6.6	6.6
0.4	11.8	12.2	3.2	4.7	6.0	6.8	6.7	5.9	5.2	4.9	5.0	5.4	5.7	5.5	5.4
0.3	11.8	12.2	2.4	3.7	4.8	5.5	5.4	4.7	4.0	3.7	3.8	4.2	4.5	4.3	4.2
0.2	11.8	12.2	1.6	2.6	3.4	3.9	3.8	3.3	2.8	2.6	2.6	2.8	3.1	3.0	2.9
0.1	11.8	12.2	0.8	1.3	1.8	2.1	2.1	1.8	1.5	1.3	1.3	1.4	1.6	1.6	1.5
0.0	11.8	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.2	10.6	11.7	12.3	12.8	12.9	13.0	13.0	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
0.9	11.8	12.2	9.8	11.3	12.1	12.8	13.0	12.9	12.8	12.8	12.7	12.7	12.7	12.8	12.8
0.8	11.8	12.2	8.9	10.7	11.8	12.6	12.7	12.6	12.4	12.3	12.2	12.3	12.3	12.3	12.3
0.7	11.8	12.2	8.0	10.0	11.3	12.2	12.2	12.0	11.6	11.4	11.4	11.5	11.6	11.6	11.6
0.6	11.8	12.2	7.0	9.1	10.6	11.5	11.5	11.1	10.6	10.3	10.4	10.6	10.7	10.7	10.7
0.5	11.8	12.2	6.0	8.1	9.7	10.6	10.5	9.9	9.2	9.0	9.1	9.4	9.6	9.5	9.5
0.4	11.8	12.2	4.9	6.9	8.5	9.4	9.2	8.5	7.8	7.5	7.6	8.0	8.3	8.1	8.1
0.3	11.8	12.2	3.8	5.5	6.9	7.8	7.6	6.9	6.1	5.8	5.9	6.3	6.7	6.4	6.4
0.2	11.8	12.2	2.6	3.9	5.1	5.8	5.7	5.0	4.3	4.0	4.1	4.4	4.8	4.6	4.5
0.1	11.8	12.2	1.3	2.1	2.8	3.2	3.2	2.8	2.3	2.1	2.1	2.3	2.5	2.5	2.4
0.0	11.8	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

真の再生産関係が RI 型の資源に対して、(a) 誤って HS 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 正しく RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-5. 将来の平均累積漁獲量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に HS 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	24.0	31.3	40.5	51.3	63.0	74.6	85.9	96.7	107.2	117.9	128.6	139.6	248.4	357.2
0.9	11.8	24.0	30.6	39.3	49.6	60.7	71.9	82.4	92.5	102.3	112.1	122.2	132.5	234.6	336.6
0.8	11.8	24.0	30.0	38.0	47.7	58.2	68.7	78.5	87.7	96.6	105.7	115.0	124.6	219.1	313.3
0.7	11.8	24.0	29.3	36.7	45.6	55.4	65.1	74.1	82.4	90.4	98.5	107.0	115.8	201.7	287.3
0.6	11.8	24.0	28.6	35.2	43.3	52.2	61.1	69.1	76.4	83.4	90.6	98.1	106.0	182.6	258.7
0.5	11.8	24.0	27.9	33.6	40.7	48.7	56.5	63.6	69.9	75.8	81.9	88.4	95.3	161.6	227.4
0.4	11.8	24.0	27.2	31.9	38.0	44.8	51.5	57.4	62.6	67.4	72.4	77.8	83.6	138.7	193.2
0.3	11.8	24.0	26.5	30.2	34.9	40.4	45.8	50.5	54.5	58.2	62.1	66.2	70.7	113.7	156.0
0.2	11.8	24.0	25.7	28.2	31.6	35.5	39.4	42.7	45.5	48.1	50.7	53.5	56.6	86.4	115.7
0.1	11.8	24.0	24.9	26.2	28.0	30.1	32.2	34.0	35.4	36.8	38.1	39.5	41.1	56.6	71.8
0.0	11.8	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	24.0	34.7	46.4	58.7	71.5	84.4	97.4	110.4	123.3	136.2	149.1	162.0	291.3	420.6
0.9	11.8	24.0	33.8	45.1	57.2	70.0	83.0	95.9	108.7	121.5	134.2	147.0	159.7	287.5	415.3
0.8	11.8	24.0	33.0	43.6	55.4	68.0	80.7	93.3	105.7	118.0	130.2	142.5	154.8	278.1	401.5
0.7	11.8	24.0	32.0	42.0	53.3	65.5	77.7	89.7	101.3	112.7	124.2	135.7	147.4	263.7	380.0
0.6	11.8	24.0	31.1	40.2	50.8	62.3	73.8	84.9	95.4	105.7	116.1	126.7	137.5	244.3	351.0
0.5	11.8	24.0	30.0	38.1	47.8	58.4	68.9	78.8	88.1	97.1	106.2	115.6	125.2	220.2	315.1
0.4	11.8	24.0	29.0	35.9	44.3	53.7	63.0	71.5	79.2	86.7	94.3	102.3	110.6	191.5	272.1
0.3	11.8	24.0	27.8	33.4	40.3	48.1	55.8	62.7	68.8	74.5	80.5	86.8	93.5	158.1	222.2
0.2	11.8	24.0	26.6	30.6	35.6	41.4	47.1	52.1	56.4	60.4	64.5	69.0	73.7	119.6	164.8
0.1	11.8	24.0	25.4	27.5	30.3	33.5	36.7	39.5	41.8	43.9	46.0	48.3	50.8	75.2	99.2
0.0	11.8	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0

真の再生産関係が RI 型の資源に対して、(a) 誤って HS 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 正しく RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-6. 将来の親魚量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に HS 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	21.5	27.8	35.3	38.9	38.9	36.5	34.2	33.3	33.6	34.6	34.9	34.9
0.9	14.4	13.1	15.4	22.0	29.5	38.4	42.6	42.2	38.9	35.9	34.7	35.3	36.7	37.2	37.1
0.8	14.4	13.1	15.4	22.6	31.2	41.8	46.6	45.8	41.3	37.4	36.0	37.0	39.0	39.5	39.3
0.7	14.4	13.1	15.4	23.2	33.1	45.4	51.0	49.6	43.9	39.0	37.2	38.6	41.3	41.9	41.5
0.6	14.4	13.1	15.4	23.9	35.1	49.4	55.8	53.7	46.5	40.5	38.3	40.1	43.7	44.5	43.8
0.5	14.4	13.1	15.4	24.5	37.2	53.7	61.0	58.1	49.3	42.0	39.3	41.5	46.1	47.2	46.1
0.4	14.4	13.1	15.4	25.2	39.5	58.4	66.7	62.9	52.4	43.8	40.4	42.8	48.4	50.1	48.4
0.3	14.4	13.1	15.4	25.8	41.9	63.6	73.0	68.1	55.9	45.9	41.7	44.0	50.5	53.2	50.8
0.2	14.4	13.1	15.4	26.5	44.4	69.1	79.8	73.9	59.9	48.5	43.2	45.2	52.3	56.5	53.3
0.1	14.4	13.1	15.4	27.2	47.2	75.2	87.2	80.3	64.6	51.7	45.2	46.4	53.7	59.9	56.1
0.0	14.4	13.1	15.4	28.0	50.0	81.7	95.4	87.4	70.1	55.9	47.9	47.8	54.7	63.1	59.3

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	18.3	19.4	21.1	22.0	22.3	22.4	22.3	22.3	22.2	22.2	22.2	22.3
0.9	14.4	13.1	15.4	19.0	21.4	24.2	25.6	26.1	25.9	25.6	25.4	25.3	25.4	25.5	25.5
0.8	14.4	13.1	15.4	19.9	23.4	27.7	29.8	30.2	29.6	28.9	28.4	28.4	28.6	28.7	28.8
0.7	14.4	13.1	15.4	20.7	25.8	31.7	34.5	34.8	33.4	31.9	31.2	31.3	31.8	32.1	32.1
0.6	14.4	13.1	15.4	21.6	28.3	36.3	40.0	39.9	37.2	34.8	33.7	34.2	35.2	35.6	35.6
0.5	14.4	13.1	15.4	22.6	31.1	41.5	46.3	45.5	41.2	37.3	35.9	36.9	38.8	39.3	39.1
0.4	14.4	13.1	15.4	23.6	34.2	47.6	53.6	51.8	45.3	39.8	37.8	39.4	42.6	43.3	42.7
0.3	14.4	13.1	15.4	24.6	37.6	54.5	61.9	58.8	49.8	42.3	39.5	41.7	46.4	47.6	46.4
0.2	14.4	13.1	15.4	25.7	41.3	62.3	71.5	66.9	55.1	45.4	41.4	43.7	50.0	52.5	50.2
0.1	14.4	13.1	15.4	26.8	45.5	71.4	82.6	76.3	61.7	49.6	43.9	45.6	52.9	57.8	54.4
0.0	14.4	13.1	15.4	28.0	50.0	81.7	95.4	87.4	70.1	55.9	47.9	47.8	54.7	63.1	59.3

真の再生産関係が RI 型の資源に対して、(a) 誤って HS 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 正しく RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-7. 将来の平均漁獲量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に BH 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.2	6.0	8.6	10.7	13.0	14.7	16.0	16.9	17.6	18.1	18.4	18.6	19.0	19.1
0.9	11.8	12.2	5.5	8.0	10.2	12.5	14.3	15.7	16.7	17.4	17.9	18.2	18.5	19.0	19.0
0.8	11.8	12.2	4.9	7.4	9.6	11.9	13.7	15.2	16.2	17.0	17.5	17.9	18.1	18.7	18.7
0.7	11.8	12.2	4.4	6.7	8.9	11.2	13.0	14.5	15.6	16.3	16.9	17.3	17.5	18.1	18.2
0.6	11.8	12.2	3.8	5.9	8.0	10.3	12.1	13.5	14.6	15.4	16.0	16.4	16.7	17.3	17.3
0.5	11.8	12.2	3.2	5.1	7.1	9.2	10.9	12.3	13.4	14.2	14.7	15.1	15.4	16.1	16.1
0.4	11.8	12.2	2.6	4.3	6.0	7.9	9.5	10.8	11.8	12.5	13.0	13.4	13.7	14.4	14.4
0.3	11.8	12.2	2.0	3.3	4.7	6.3	7.7	8.8	9.7	10.4	10.8	11.2	11.4	12.1	12.1
0.2	11.8	12.2	1.3	2.3	3.3	4.5	5.6	6.4	7.1	7.6	8.0	8.3	8.5	9.1	9.1
0.1	11.8	12.2	0.7	1.2	1.8	2.4	3.0	3.5	3.9	4.2	4.5	4.6	4.8	5.1	5.1
0.0	11.8	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.2	10.6	11.8	12.6	13.3	13.9	14.2	14.5	14.7	14.8	14.9	15.0	15.2	15.2
0.9	11.8	12.2	9.7	11.3	12.5	13.6	14.4	15.0	15.4	15.7	15.9	16.1	16.2	16.4	16.4
0.8	11.8	12.2	8.9	10.8	12.3	13.8	14.8	15.6	16.2	16.6	16.9	17.1	17.2	17.5	17.5
0.7	11.8	12.2	7.9	10.1	11.9	13.7	15.0	16.0	16.8	17.3	17.6	17.8	18.0	18.4	18.4
0.6	11.8	12.2	7.0	9.2	11.3	13.4	15.0	16.1	17.0	17.6	18.0	18.3	18.5	18.9	18.9
0.5	11.8	12.2	6.0	8.2	10.4	12.7	14.5	15.8	16.8	17.5	18.0	18.3	18.5	19.0	19.0
0.4	11.8	12.2	4.9	7.1	9.3	11.6	13.4	14.9	16.0	16.7	17.3	17.6	17.9	18.5	18.5
0.3	11.8	12.2	3.8	5.7	7.7	9.9	11.7	13.2	14.2	15.0	15.6	16.0	16.3	16.9	16.9
0.2	11.8	12.2	2.6	4.1	5.7	7.6	9.1	10.4	11.3	12.1	12.6	13.0	13.2	13.9	13.9
0.1	11.8	12.2	1.3	2.2	3.2	4.3	5.3	6.1	6.8	7.3	7.7	7.9	8.1	8.7	8.7
0.0	11.8	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

真の再生産関係が BH 型の資源に対して、(a) 正しく BH 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 誤った RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-8. 将来の平均累積漁獲量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に BH 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	24.0	30.0	38.6	49.3	62.3	76.9	92.9	109.8	127.4	145.5	163.8	182.4	372.0	562.8
0.9	11.8	24.0	29.5	37.5	47.7	60.2	74.5	90.1	106.8	124.2	142.1	160.3	178.7	367.3	557.3
0.8	11.8	24.0	28.9	36.3	45.9	57.8	71.5	86.7	102.9	119.9	137.4	155.3	173.4	359.0	546.1
0.7	11.8	24.0	28.4	35.1	43.9	55.1	68.1	82.6	98.2	114.5	131.4	148.7	166.2	346.4	528.0
0.6	11.8	24.0	27.8	33.7	41.8	52.0	64.1	77.7	92.3	107.7	123.7	140.1	156.8	328.3	501.6
0.5	11.8	24.0	27.2	32.3	39.4	48.6	59.5	71.8	85.2	99.4	114.1	129.3	144.7	303.9	464.9
0.4	11.8	24.0	26.6	30.9	36.8	44.7	54.2	65.0	76.8	89.3	102.3	115.7	129.4	271.6	415.6
0.3	11.8	24.0	26.0	29.3	34.0	40.4	48.1	56.9	66.6	77.0	87.8	99.0	110.5	229.8	350.9
0.2	11.8	24.0	25.3	27.6	31.0	35.5	41.1	47.5	54.7	62.3	70.3	78.6	87.1	176.5	267.3
0.1	11.8	24.0	24.7	25.9	27.6	30.1	33.1	36.6	40.6	44.8	49.2	53.9	58.6	108.9	160.3
0.0	11.8	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

$\beta$	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	24.0	34.6	46.4	58.9	72.2	86.1	100.3	114.8	129.5	144.4	159.3	174.3	325.7	477.8
0.9	11.8	24.0	33.7	45.1	57.6	71.2	85.6	100.7	116.1	131.8	147.8	163.8	180.0	343.6	508.0
0.8	11.8	24.0	32.9	43.6	55.9	69.7	84.6	100.2	116.4	133.0	149.9	167.0	184.2	358.5	533.7
0.7	11.8	24.0	31.9	42.0	53.9	67.6	82.7	98.7	115.5	132.8	150.4	168.2	186.2	369.1	553.0
0.6	11.8	24.0	31.0	40.2	51.5	64.9	79.9	96.0	113.0	130.6	148.6	166.9	185.4	373.8	563.3
0.5	11.8	24.0	30.0	38.2	48.6	61.3	75.8	91.6	108.4	125.9	143.9	162.2	180.7	369.9	560.5
0.4	11.8	24.0	28.9	35.9	45.2	56.8	70.2	85.1	101.1	117.8	135.0	152.7	170.6	354.0	539.0
0.3	11.8	24.0	27.8	33.4	41.1	51.0	62.8	75.9	90.2	105.2	120.8	136.8	153.1	320.9	490.4
0.2	11.8	24.0	26.6	30.6	36.3	43.9	53.0	63.4	74.7	86.8	99.3	112.3	125.5	263.1	402.4
0.1	11.8	24.0	25.3	27.5	30.7	35.0	40.3	46.4	53.2	60.5	68.2	76.1	84.2	169.6	256.4
0.0	11.8	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0

真の再生産関係が BH 型の資源に対して、(a) 正しく BH 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 誤った RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-9. 将来の親魚量（万トン）の推移

(a) 再生産関係に BH 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	22.2	30.0	40.8	49.4	56.3	61.5	65.2	67.8	69.5	70.8	73.4	73.5
0.9	14.4	13.1	15.4	22.7	31.5	44.0	54.0	62.0	68.2	72.6	75.7	77.8	79.4	82.5	82.7
0.8	14.4	13.1	15.4	23.2	33.2	47.3	58.9	68.4	75.7	80.9	84.6	87.1	89.0	92.8	93.0
0.7	14.4	13.1	15.4	23.7	34.9	51.0	64.4	75.4	83.9	90.1	94.5	97.5	99.8	104.6	104.8
0.6	14.4	13.1	15.4	24.3	36.7	54.9	70.3	83.1	93.1	100.4	105.7	109.3	112.0	117.9	118.2
0.5	14.4	13.1	15.4	24.8	38.6	59.1	76.7	91.6	103.3	111.9	118.1	122.5	125.8	133.2	133.6
0.4	14.4	13.1	15.4	25.4	40.6	63.6	83.8	100.9	114.6	124.7	132.2	137.4	141.4	150.8	151.3
0.3	14.4	13.1	15.4	26.0	42.7	68.5	91.5	111.3	127.1	139.1	148.0	154.3	159.2	171.1	171.7
0.2	14.4	13.1	15.4	26.6	44.9	73.8	100.0	122.7	141.1	155.2	165.7	173.4	179.3	194.6	195.5
0.1	14.4	13.1	15.4	27.2	47.2	79.5	109.2	135.3	156.7	173.2	185.8	195.1	202.4	222.1	223.3
0.0	14.4	13.1	15.4	27.8	49.6	85.6	119.2	149.2	174.0	193.4	208.5	219.8	228.6	254.2	256.0

(b) 再生産関係に RI 型を想定し、漁獲管理規則に従い漁獲した場合

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	18.2	19.3	21.2	22.6	23.6	24.4	24.9	25.2	25.5	25.7	26.1	26.2
0.9	14.4	13.1	15.4	19.0	21.2	24.4	26.7	28.5	29.7	30.6	31.3	31.7	32.0	32.7	32.8
0.8	14.4	13.1	15.4	19.8	23.3	28.0	31.6	34.2	36.2	37.6	38.6	39.3	39.8	40.8	40.8
0.7	14.4	13.1	15.4	20.6	25.6	32.2	37.3	41.2	44.1	46.2	47.6	48.6	49.3	50.7	50.8
0.6	14.4	13.1	15.4	21.5	28.1	37.0	44.0	49.5	53.7	56.6	58.7	60.0	61.0	63.1	63.1
0.5	14.4	13.1	15.4	22.5	30.9	42.5	51.9	59.5	65.2	69.3	72.2	74.2	75.6	78.5	78.6
0.4	14.4	13.1	15.4	23.5	33.9	48.9	61.3	71.5	79.3	85.0	89.0	91.7	93.7	98.0	98.2
0.3	14.4	13.1	15.4	24.5	37.3	56.2	72.4	85.9	96.4	104.2	109.8	113.6	116.5	122.9	123.2
0.2	14.4	13.1	15.4	25.5	41.0	64.7	85.5	103.2	117.3	127.9	135.6	141.1	145.3	155.2	155.7
0.1	14.4	13.1	15.4	26.7	45.1	74.4	101.0	124.0	142.8	157.1	167.9	175.8	181.8	197.6	198.4
0.0	14.4	13.1	15.4	27.8	49.6	85.6	119.2	149.2	174.0	193.4	208.5	219.8	228.6	254.2	256.0

真の再生産関係が BH 型の資源に対して、(a) 正しく BH 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と (b) 誤って RI 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-10. 将来の平均漁獲量（万トン）の推移

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	12.2	6.0	8.4	10.0	10.9	10.8	10.3	9.7	9.4	9.5	9.8	10.0	9.9	9.9
0.9	11.8	12.2	5.5	7.9	9.4	10.4	10.2	9.6	8.9	8.7	8.8	9.1	9.4	9.2	9.2
0.8	11.8	12.2	5.0	7.2	8.8	9.7	9.6	8.9	8.1	7.8	8.0	8.4	8.7	8.4	8.4
0.7	11.8	12.2	4.4	6.5	8.1	9.0	8.8	8.1	7.3	7.0	7.2	7.5	7.9	7.6	7.6
0.6	11.8	12.2	3.8	5.8	7.3	8.1	8.0	7.2	6.4	6.1	6.3	6.7	7.0	6.8	6.7
0.5	11.8	12.2	3.2	5.0	6.3	7.2	7.0	6.3	5.5	5.2	5.3	5.7	6.1	5.8	5.8
0.4	11.8	12.2	2.6	4.1	5.3	6.1	5.9	5.3	4.5	4.2	4.3	4.7	5.0	4.8	4.7
0.3	11.8	12.2	2.0	3.2	4.2	4.8	4.7	4.1	3.5	3.2	3.3	3.6	3.9	3.7	3.7
0.2	11.8	12.2	1.3	2.2	2.9	3.4	3.4	2.9	2.4	2.2	2.2	2.4	2.7	2.6	2.5
0.1	11.8	12.2	0.7	1.2	1.5	1.8	1.8	1.6	1.3	1.1	1.1	1.2	1.4	1.3	1.3
0.0	11.8	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

真の再生産関係が RI 型の資源に対して、誤って BH 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-11. 将来の平均累積漁獲量（万トン）の推移

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	11.8	24.0	30.1	38.5	48.5	59.4	70.3	80.5	90.2	99.6	109.1	118.9	128.9	227.8	326.5
0.9	11.8	24.0	29.6	37.4	46.8	57.2	67.4	77.0	86.0	94.6	103.4	112.5	121.9	213.9	305.7
0.8	11.8	24.0	29.0	36.2	45.0	54.7	64.3	73.2	81.3	89.1	97.1	105.5	114.1	198.7	283.0
0.7	11.8	24.0	28.4	35.0	43.0	52.0	60.8	68.9	76.2	83.2	90.3	97.9	105.8	182.2	258.3
0.6	11.8	24.0	27.9	33.7	40.9	49.0	57.0	64.2	70.6	76.7	83.0	89.6	96.7	164.4	231.7
0.5	11.8	24.0	27.3	32.3	38.6	45.8	52.8	59.1	64.6	69.7	75.0	80.7	86.8	145.2	202.9
0.4	11.8	24.0	26.7	30.8	36.1	42.2	48.1	53.4	57.9	62.1	66.5	71.1	76.2	124.4	172.1
0.3	11.8	24.0	26.0	29.2	33.4	38.3	43.0	47.1	50.7	53.9	57.2	60.8	64.7	102.1	138.9
0.2	11.8	24.0	25.4	27.6	30.5	34.0	37.3	40.2	42.7	44.9	47.1	49.6	52.2	78.0	103.4
0.1	11.8	24.0	24.7	25.9	27.4	29.2	31.0	32.6	33.9	35.0	36.1	37.4	38.7	52.1	65.1
0.0	11.8	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0

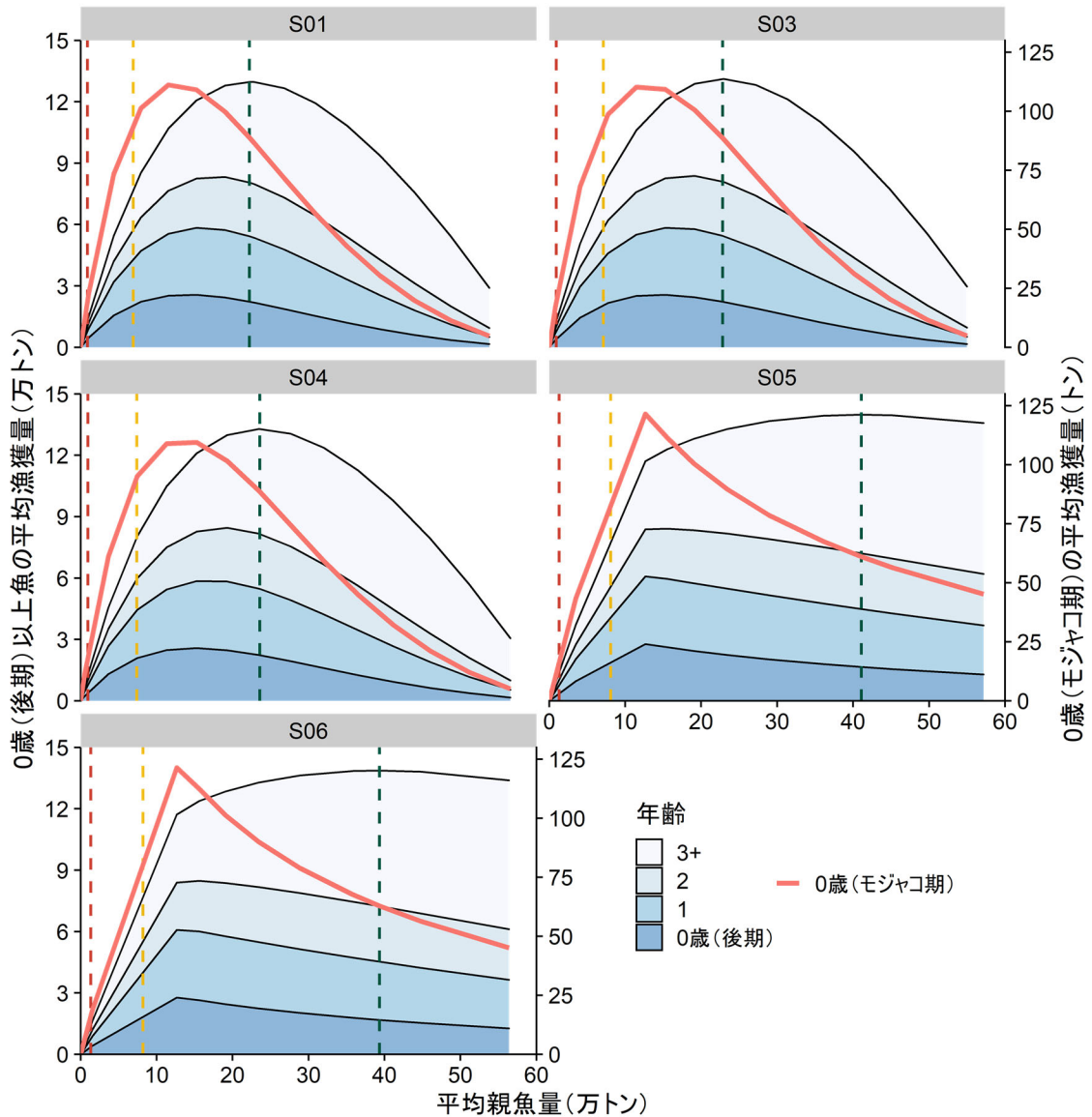
真の再生産関係が RI 型の資源に対して、誤って BH 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足表 9-12. 将来の親魚量（万トン）の推移

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	14.4	13.1	15.4	22.3	30.2	39.9	44.4	43.7	40.0	36.6	35.3	36.1	37.7	38.2	38.0
0.9	14.4	13.1	15.4	22.8	31.8	42.9	47.9	46.9	42.1	37.9	36.4	37.4	39.7	40.2	39.9
0.8	14.4	13.1	15.4	23.3	33.4	46.1	51.8	50.2	44.2	39.2	37.3	38.8	41.7	42.3	41.9
0.7	14.4	13.1	15.4	23.9	35.2	49.5	55.9	53.7	46.5	40.5	38.3	40.1	43.7	44.5	43.8
0.6	14.4	13.1	15.4	24.4	37.0	53.2	60.3	57.5	48.9	41.8	39.2	41.3	45.8	46.8	45.8
0.5	14.4	13.1	15.4	25.0	38.9	57.1	65.1	61.5	51.5	43.3	40.1	42.4	47.7	49.2	47.7
0.4	14.4	13.1	15.4	25.5	40.9	61.4	70.3	65.8	54.4	45.0	41.1	43.5	49.6	51.9	49.8
0.3	14.4	13.1	15.4	26.1	43.0	65.9	75.9	70.6	57.6	46.9	42.3	44.5	51.3	54.6	51.9
0.2	14.4	13.1	15.4	26.7	45.2	70.8	81.9	75.7	61.2	49.3	43.7	45.5	52.7	57.5	54.1
0.1	14.4	13.1	15.4	27.3	47.6	76.1	88.4	81.3	65.4	52.3	45.5	46.6	53.9	60.4	56.6
0.0	14.4	13.1	15.4	28.0	50.0	81.7	95.4	87.4	70.1	55.9	47.9	47.8	54.7	63.1	59.3

真の再生産関係が RI 型の資源に対して、誤って BH 型の再生産関係を想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の管理効果を示す。

補足資料 10 漁獲量曲線に含まれる0歳（モジャコ期）の漁獲量



補足図 10-1. シナリオ別の管理基準値案および禁漁水準案と年齢（期）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（左縦軸）、0歳（モジャコ期）の漁獲量（右縦軸）および、各シナリオにおける管理基準値案の位置関係を示す。縦の緑、黄色、赤の破線は、それぞれ、目標管理基準値案、限界管理基準値案、禁漁水準案を示す。各シナリオでの設定の詳細は補足表 3-2 に示した。