

## 令和2（2020）年度スルメイカ冬季発生系群の 管理基準値等に関する研究機関会議報告書

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

令和元年度資源評価データ等を用いて、再生産関係および管理基準値案等を検討した。1979～2018年漁期までの親魚尾数と1980～2019年漁期までの加入尾数の情報に基づき、本系群の再生産関係式の候補として、加入の残差の自己相関を考慮しないベバートン・ホルト（BH）型再生産関係の適用を提案する。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（234千トン）を、限界管理基準値（SBlimit）および禁漁水準（SBban）として、SB0.85msy（132千トン）およびSB0.15msy（14千トン）を提案する。限界管理基準値として提案したSB0.85msyは、MSYの85%が得られる親魚量であり、Fmsyで漁獲を継続した場合に5年目の平均親魚量がSBmsyの95%以上を実現するのに必要な親魚量に相当する。同様に、禁漁水準として提案したSB0.15msyは、MSYの15%が得られる親魚量であり、漁獲がなかった場合に、3年目の平均親魚量が限界管理基準値案（SB0.85msy）の95%以上を実現するのに必要な親魚量に相当する。目標管理基準値案（SBmsy）を実現する漁獲圧（Fmsy）は、現状（2017～2019年漁期の平均の漁獲圧）の0.78倍である。

親魚量 (千トン)	現状の親魚量 (2019年漁期) に対する比	初期親魚量 (580千ト ン)に対す る比	期待できる 平均漁獲量 (千トン) *	現状の漁獲圧 (2017～2019年 漁期) に対する比*	説 明
目標管理基準値案					
234	3.97	0.40	149	0.78	最大持続生産量 を実現する親魚 量（SBmsy）
限界管理基準値案					
132	2.24	0.23	127	1.09	MSYの85%が得 られる漁獲量 （SB0.85msy）
禁漁水準案					
14	0.24	0.02	22	1.57	MSYの15%が得 られる漁獲量 （SB0.15msy）
2019年漁期****					

59**	1.00	0.10	64***	—	2019年漁期の値
------	------	------	-------	---	-----------

\* 漁獲量および漁獲圧は、日本と韓国および北西太平洋におけるロシアと中国の合計値。

\*\* 小型いか釣り漁業の漁獲情報から算出した2019年漁期資源量と2019年漁期実漁獲量から推定した2019年漁期終了後の親魚量。

\*\*\* 2019年漁期の実際の漁獲量（暫定値）を示す。

\*\*\*\* 漁期は4月～翌年3月。

## 1. 再生産関係

### 1-1) 使用するデータセット

本系群の再生産関係式の設定は「令和 2 (2020) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (6 月 26 日) (FRA-SA2020-ABCWG02-01)」に従い、以下のデータセットを使用して実施した。解析には R パッケージ frasyr (v2.01) および messir (v1.1) を用いた。Frasyr および messir 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 2 年度研究機関会議版) (FRA2020-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	令和元年度 我が国周辺水域の漁業資源評価 (水産庁・水産機構)、生物情報収集調査
2019 年漁期漁獲量 (暫定値)	漁業養殖業統計年報暫定値、主要港漁業種類別水揚げ量、生物情報収集調査、全国イカ水揚げ集計表 (全漁連)、いか釣り漁業漁獲成績報告書 (水産庁)、水産統計 (韓国海洋水産部)、NPFC (North Pacific Fisheries Commission) 統計

### 1-2) 再生産関係の検討

本系群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として、ホッカー・スティック (HS) 型再生産関係、ベバートン・ホルト (BH) 型再生産関係、およびリッカー (RI) 型再生産関係を仮定した場合について検討した (補足資料 1)。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。データとしては、令和元年度資源評価で推定された 1979~2018 年漁期までの親魚尾数および 1980~2019 年漁期までの資源尾数 (単年性のため加入尾数に等しい) を 2019 年漁期の情報に基づき更新したものをを用いた。直近年の 2019 年漁期の資源尾数はこれまでの資源評価と同様の方法により推定した資源量指標値から求めた。なお、スルメイカの再生産関係は、ある年の漁期後の残存資源尾数をその年の親魚尾数と表現し、漁期後の親魚が翌年漁期の資源尾数を産み出す関係として再生産関係を求めた。この仮定により得られた再生産関係の検討候補を表 2 に示した。

補正赤池情報量規準 (AICc) を比較すると、BH 型や RI 型を当てはめた場合のほうが HS 型を当てはめた場合よりもやや低く、また、最小絶対値法を用いた場合の方が最小二乗法を用いた場合よりも低くなった。なお、本資源の場合は、いずれの方法でも残差の自己相関係数が有意でなかったため、自己相関を反映させないこととした (補足資料 1)。RI 型はドーム型の曲線となることから、親魚量がある値を超えると加入量が減少するという強い密度効果を表現している。スルメイカでは産卵後に親魚が死亡すること、および同年級群の個体間での共食いは想定されても、それによって稚幼魚期の個体密度が低い方が漁獲資源への加入量が増加するような状況になることは生物学的に考えにくい。また、RI 型による管理基準値は BH 型と類似していることもあり (補足資料 2)、RI 型は候補に含めないこととし

た。

HS 型と BH 型の AICc には大きな違いはなかったため、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 MSE (Management Strategy Evaluation、管理戦略評価) により比較した (補足資料 3)。簡易的 MSE の計算方法は「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)」を参照のこと。簡易 MSE に関して、ドキュメント (FRA-SA2020-BRP01-7) では加入量予測に基づき 2 年前に決定した ABC で管理するプロセスを想定しているが、スルメイカの場合は実際の資源評価と合わせ、1 年後の加入量を予測し、1 年前に設定した ABC で漁獲管理するプロセスを想定している点が異なる。MSE では、真の再生産関係が HS 型の資源であった場合において、正しく HS 型の再生産関係の仮定により漁獲した場合と、誤って BH 型の再生産関係の仮定により漁獲した場合のシミュレーションを実施した。その結果、HS 型の仮定を置いた場合と比較して、BH 型を採用した場合には、資源量減少のリスクは低く抑えられると考えられ、管理開始後 4 年目以降は BH 型の仮定を置いた方が漁獲量は増加することが示された。これは、HS 型再生産関係と比較して BH 型再生産関係では、親魚尾数 5 億～8 億尾付近での加入尾数が低めに予測されるため、加入予測に基づく漁獲量もやや低めに抑えられ、資源の安定に寄与するものと思われる。このことから、真の再生産関係が HS 型の場合であっても、BH 型の再生産関係を仮定した管理の方が、資源や漁獲の安定性が確保されやすいと考えられた。

なお、海洋環境などの変化により、再生産関係も変化する可能性が考えられる。そこで、1980～2019 年漁期の期間で本系群の再生産関係は、1980～1988 年漁期と 2015～2019 年漁期の期間で生産力の低い不適レジーム、そして 1989～2014 年漁期で生産力の高い好適レジームの 2 種類のレジームに分けられると仮定し、それぞれのレジームの下での再生産関係を適用した場合の管理について、簡易 MSE によるシミュレーションを行った (補足資料 4)。このシミュレーションの結果から、現状の再生産関係が不適レジームである場合、不適レジームを想定した管理では、今後数年間は低加入が継続すると想定した管理 (バックワードリサンプリング、2-5) にて詳述) と比較して、漁獲量はやや多いものの、維持される親魚量は低く、過去最低親魚量を下回るリスクが高いと推定された (補足図 4-2、補足表 4-4)。今後数年間は低加入が継続すると仮定した場合に、不適レジームを想定した管理では、管理開始直後に高い漁獲圧が生じる場合があり、資源減少およびその後の資源回復が遅れるリスクが高まることが示された (補足図 4-3)。これは、不適レジームで算定される限界管理基準値案および禁漁水準値案が低いことに加え、 $F_{msy}$  が高く算定されることが要因と考えられる (補足表 4-1)。本資源は親魚量が少ない時のデータは多くなく、不適レジームの再生産関係では、親魚量が少ないときの再生産力が高く推定されており (補足図 4-1)、高い漁獲圧をかけた時に  $MSY$  が得られる関係となり、 $F_{msy}$  が高く算定されると思われる。以上のことから、不適レジームを想定した漁獲を継続した場合、実際の加入と想定が異なった場合、資源に対し大きなリスクが生じることが考えられることから、再生産関係を期間で分ける方法は採用しないこととした。

### 1-3) 再生産関係の候補

上述の通り、本系群の再生産関係の候補としては、「再生産関係推定ガイドライン (FRA-SA2020-ABCWG01-03)」の a (予測力) b (生物学的妥当性) 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 h (自己相関) の基準に従い、最小絶対値法で最適化した自己相関を考慮しない BH 型再生産関係を候補として提案し、MSY を実現する親魚量 (SBmsy) の計算および将来予測に用いた。

MSY 管理基準値の算出に使用した BH 型再生産関係の各パラメータの推定値を補足資料 1 (補足表 1-1) に、過去の親魚尾数と加入尾数の観測値のプロットと推定された再生産曲線を図 1 に示す。加入尾数の誤差の分布は対数正規分布を仮定した。対数残差の標準偏差は、再生産関係の予測値と観測値の対数残差の標準偏差 (S.D., 表 2) を用いた (再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート FRA-SA-2020-ABCWG01-02)。

## 2. 管理基準値

### 2-1) データセットおよび計算方法

最大持続生産量 (MSY) に対応する管理基準値案等の算出、および将来予測は、「令和 2 (2020) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (6 月 26 日) (FRA-SA2020-ABCWG02-01)」の 1 系資源の管理規則に従い、1-3) で候補とした再生産関係と、令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価 (水産庁・水産機構) での将来予測計算に用いた各種設定を使用して実施した (表 3)。2019 年漁期の親魚尾数は資源尾数と漁獲尾数 (2019 年漁期漁獲量暫定値と平均体重に基づき算出) から推定した。Fcurrent は、2017~2019 年漁期の漁獲係数 (F 値) の平均値とし、平均体重は 1989~2019 年漁期の平均体重を使用した (表 4)。本系群では、尾数ベースでシミュレーションを行い、上記の平均体重をかけることで、重量に換算している。また、通常は世代時間の 20 倍の年数のシミュレーションのところ、単年性資源で加入変動が大きいことから、世代時間 (1 年) の 50 倍にあたる 50 年のシミュレーション期間後を平衡状態と仮定した。その際の平均漁獲量が最大化される F 値を Fmsy、その Fmsy で漁獲した場合の平衡状態での平均親魚量を SBmsy とした。

### 2-2) 管理基準値案と禁漁水準案

目標管理基準値 (SBtarget) として MSY を実現する親魚量 (SBmsy : 234 千トン)、限界管理基準値 (SBlimit) として MSY の 60% の漁獲が得られる親魚量 (SB0.6msy)、禁漁水準として MSY の 10% の漁獲が得られる親魚量 (SB0.1msy) が標準値とされている。本系群では、目標管理基準値には標準値である SBmsy を用いることを提案する。限界管理基準値については、標準値である SB0.6msy となる親魚量 (74 千トン) は過去に観察された親魚量と比較してかなり低い水準に相当するため、限界管理基準値として適当ではないと考えた。そこで、目標管理基準値を実現するまでの年数を重視し、SB0.85msy (132 千トン) を提案する。SB0.85msy は、この水準の親魚量から Fmsy で漁獲を継続した場合、5 年目の平均親魚

量が  $SB_{msy}$  の 95%以上を実現する親魚量に相当する（補足資料 5）。

スルメイカが減少してきた一方で、近年は他の浮魚類が増加傾向にある。過去に経験した魚種交替現象が繰り返すならば、近年の海洋環境下において、スルメイカ資源が  $MSY$  水準に回復することを目指し漁獲量を削減しても、実際には環境変化による再生産力の回復を待たないと、管理目標の実現は困難であると推測される。今回提案する  $SB_{0.85msy}$  は通常の海洋環境に回復後、5 年以内に目標管理基準値相当までの回復を実現するために確保する親魚量であり、標準値の場合と比較して、より速やかに資源の回復が期待できるため、資源の生産力をより有効に利用できるものと考えられる。なお、これはこれまでに  $B_{limit}$  として用いられてきた「この親魚量を下回ると豊度の高い年級群が発生しても高い加入量が期待できなくなる水準（165 千トン）」に近い。

禁漁水準 ( $SB_{ban}$ ) としては、 $SB_{0.15msy}$ （14 千トン）を提案する（補足資料 5）。これは、通常の加入を仮定した場合、3 年間の禁漁により平均親魚量が限界管理基準値案 ( $SB_{0.85msy}$ ) を実現するのに必要な親魚量で、漁獲管理規則 ( $\beta=1.0$ ) による漁獲の下では 4 年目に限界管理基準値案 ( $SB_{0.85msy}$ ) を実現する親魚量に相当する。本系群は単年性資源で、加入尾数がそのまま漁期始めの資源尾数となる。また、環境変化の影響を受けやすく、資源量は長期的にも短期的にも変動しやすい。このため、加入量が急激に変化しても資源量もしくは親魚量の変動はある程度緩やかとなる年齢構成のある資源よりも、資源が減少したときのリスクは大きい資源であると考えられる。そのため、回復速度および資源の安定性を考慮し、禁漁水準には標準値よりもやや高い  $SB_{0.15msy}$  を提案する。

各基準値案について、漁獲がなかった場合を仮定した初期親魚量 ( $SB_0$ ) に対する比、平衡状態の時の平均漁獲量、 $\%SPR$  換算した漁獲圧、漁獲割合、現状の漁獲圧に対する比、および  $MSY$  を実現する漁獲圧における漁獲係数 ( $F_{msy}$ ) を表 4 に示す。目標管理基準値案の  $SB_{msy}$  は  $SB_0$  の 40%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 234 千トンである。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) の、現状の漁獲圧に対する比 ( $F_{msy}/F_{current}$ ) は 0.78 で、その時の漁獲割合 ( $U_{msy}$ ) は、24%である。限界管理基準値案の  $S_{Blimit}$  ( $SB_{0.85msy}$ ) は  $MSY$  の 85%の漁獲が得られる親魚量で  $SB_0$  の 23%に相当し、禁漁水準案の  $SB_{ban}$  ( $SB_{0.15msy}$ ) は  $MSY$  の 15%の漁獲が得られる親魚量で、 $SB_0$  の 3%に相当する。

様々に  $F$  値を変えた場合の平衡状態における親魚量、およびこれに対する漁獲量の平均値を図 3-1（限界管理基準値および禁漁水準に標準値を用いた場合）と図 3-2（限界管理基準値および禁漁水準に提案値を用いた場合）に示す。親魚量の資源水準が低い方から  $MSY$  水準に近づくほど漁獲量はほぼ直線的に増加する傾向がみられた。また、 $MSY$  水準を超えると緩やかに漁獲量が減少する。

### 2-3) 目標管理基準値案と漁獲割合

目標管理基準値案  $SB_{msy}$  と、その時の漁獲圧  $F_{msy}$  もしくは漁獲割合  $U_{msy}$  を基準にした神戸プロットをそれぞれ図 4 に示す。本系群における漁獲係数 ( $F$  値) は、1990 年代と

2000年代の一部の年を除き、ほとんどがMSYを実現する水準を上回っており、直近年もFmsy水準を上回ると判断される。漁獲割合(U値)を基準にしても同様の傾向がみられた。現状の親魚量(2019年漁期の親魚量:59千トン)は目標管理基準値案SBmsyを下回っている。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、および禁漁水準値案の比は、それぞれ3.97、2.24および0.24である(要約表参照)。

#### 2-4) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則(HCR)は、限界管理基準値、および禁漁水準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を下回ると禁漁水準まで直線的に漁獲圧を下げることを定めている。F値の上限となるFmsyには安全係数 $\beta$ を乗じる。限界管理基準値および禁漁水準として標準値を用いた場合(すなわち、SBlimit=SB0.6msy、およびSBban=SB0.1msyの場合)の漁獲管理規則における親魚量と漁獲係数の関係を図5-1に示す。また、提案値を用いた場合の関係(すなわち、SBlimit=SB0.85msy、およびSBban=SB0.15msyの場合)を図5-2に示す。図に例示した漁獲管理規則案は、いずれも $\beta$ に0.8を用いている。

#### 2-5) 漁獲管理規則案に基づく資源の将来予測

漁獲管理規則案に基づく将来予測の結果について、通常の再生産関係による加入の仮定を置いた場合(通常加入シナリオ)の結果を示す(図6-1、図6-2)。一方、スルメイカの資源量は海洋環境の変化によって変動することが報告されている(村田・新谷1977、Okutani and Watanabe 1983、桜井1998、木所・後藤1999)。1988/1989年にレジームシフトと呼ばれる中長期的な海洋環境の変化が発生し、北西太平洋では寒冷期から温暖期に移行したと考えられている(Yasunaka and Hanawa 2002, Overland et al. 2008)。温暖期において、資源の増加と東シナ海におけるスルメイカの再生産可能海域の拡大が同調していたことから、海洋環境が温暖なレジームはスルメイカの再生産にとって好適と考えられている(Sakurai et al. 2000)。一方、寒冷レジームでは東シナ海において再生産可能海域が南部に縮小したと考えられており、海洋環境が寒冷なレジームはスルメイカの再生産にとって不適と考えられている(Sakurai et al. 2000)。再生産関係を当てはめたとき、加入量の残差には1年単位では自己相関はみられないが、残差には中長期的な周期性のトレンドがある可能性が見られ、近年は負に偏る傾向がある(補足図1-2)。本系群は2015年漁期以降、低い加入が続いており、今後数年間は低加入が続くことを想定しておくことも必要である。そこで、今後5年の将来予測には、直近5年の再生産関係の残差をリサンプリングし、その後は5年単位で残差をリサンプリングする期間を拡大していくバックワードリサンプリングによる将来予測についても実施した(補足資料6)。

##### (1) 安全係数 $\beta$ に標準値を用いた場合

通常の加入を仮定したシナリオ(通常加入シナリオ)と、バックワードリサンプリングによる今後数年間は低加入を仮定したシナリオ(低加入シナリオ)の、2通りの結果を示す。

漁獲管理規則案による漁獲制御は 2021 年漁期から開始し、2019 年漁期の漁獲量を 64 千トン（日本 29 千トン、韓国 17 千トン、ロシア 18 千トン）、2020 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（ $F_{\text{current}}$ 、2017～2019 年漁期の  $F$  の平均値）から仮定した。実際の加入が想定と異なっていた場合の将来予測の比較については補足資料 6 に示した。通常加入シナリオの場合に、限界管理基準値・禁漁水準に標準値および提案値を用い、 $\beta$  を 0.8 とした漁獲管理規則案で将来予測した場合の資源量、親魚量、漁獲量、漁獲割合、および努力量の増減率の推移を図 6-1 および図 6-2 に示した。また、低加入シナリオの場合に、限界管理基準値・禁漁水準に標準値案および提案値を用い、 $\beta$  を 0.8 とした漁獲管理規則案に基づく将来予測の結果を図 6-3 および図 6-4 に示した。

通常加入シナリオの場合、予測される 2021 年漁期の親魚量は限界管理基準値案  $SB_{\text{limit}}$  を下回っているため、漁獲管理規則案に従い、まず  $\gamma \times \beta F_{\text{msy}}$  での漁獲が行われる。標準値または提案値の管理基準値を使用した場合、2021 年漁期の  $\gamma \times \beta F_{\text{msy}}$  での漁獲圧は、 $0.89 \times 0.8 \times 0.39 = 0.274$  または  $0.59 \times 0.8 \times 0.39 = 0.183$  で、現在の漁獲圧（ $F_{\text{current}} = 0.492$ ）の 56% または 37% に相当し、漁獲管理規則導入初年度には漁獲量の減少が予測される。漁獲管理規則導入後 5 年目には、 $\gamma \times \beta F_{\text{msy}}$ （ $\beta = 0.8$ ）での漁獲により標準値を使用した場合は 95%（提案値の  $SB_{\text{limit}}$  に対しては 79%）の確率で親魚量は  $SB_{\text{limit}}$  を上回り、提案値を使用した場合は 85% の確率で  $SB_{\text{limit}}$  水準を上回る（表 6-1、表 10-1、表 10-2）。漁獲管理規則導入後 10 年目の 2030 年には、標準値の場合は、60% の確率で  $SB_{\text{msy}}$  水準を上回り、提案値の場合は 63% の確率で親魚量は  $SB_{\text{msy}}$  水準を上回ると予測される（表 5-1、表 10-1、表 10-2）。

低加入シナリオの場合、予測される 2021 年漁期の親魚量は限界管理基準値案  $SB_{\text{limit}}$  を下回っているため、漁獲管理規則案に従い、まず  $\gamma \times \beta F_{\text{msy}}$  での漁獲が行われる。標準値または提案値の管理基準値を使用した場合、2021 年漁期の  $\gamma \times \beta F_{\text{msy}}$  での漁獲圧は、 $0.7 \times 0.8 \times 0.39 = 0.217$  または  $0.36 \times 0.8 \times 0.39 = 0.110$  で、現在の漁獲圧の 44% または 22% に相当する。そのため、漁獲管理規則導入初年度には漁獲量の大きな減少が予測される。漁獲管理規則導入後 5 年目には、再生産関係が徐々に好転する将来予測に基づけば  $\gamma \times \beta F_{\text{msy}}$ （ $\beta = 0.8$ ）での漁獲により標準値の場合は 74%（提案値の  $SB_{\text{limit}}$  に対しては 18%）の確率で親魚量は  $SB_{\text{limit}}$  を上回り、提案値の場合は 45% の確率で  $SB_{\text{limit}}$  水準を上回る（表 6-2、表 10-3、表 10-4）。漁獲管理規則導入後 10 年目の 2030 年には、標準値の場合は、32% の確率で  $SB_{\text{msy}}$  水準を上回り、提案値の場合は 38% の確率で親魚量は  $SB_{\text{msy}}$  水準を上回ると予測される（表 5-2、表 10-3、表 10-4）。

## (2) 安全係数 $\beta$ を変えた場合

通常加入シナリオの場合の結果を示す。管理基準値として標準値あるいは提案値を用いた漁獲管理規則での将来予測について、それぞれ  $\beta$  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、平均親魚量の推移、および平均漁獲量の推移を表 5～9 に示した。限界管理基準値・

禁漁水準に標準値と提案値のいずれを用いても、漁獲管理規則導入初年度の漁獲量は 2020 年を下回る。しかし、その後は資源が回復する予測により、 $\beta$  が 0.3 以上であれば 2025 年以降に漁獲量は 2020 年よりも増加する見通しとなった（表 9-1）。基準値に標準値、提案値のいずれを用いた場合でも、2025 年漁期に  $\beta=1.0$  でも親魚量は限界管理基準値案を高い確率で上回り（表 6-1）、 $\beta$  が 0.9 以下であれば、2030 年に親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る予測となった（表 5-1）。標準値と提案値を使用した場合の漁獲量を同じ  $\beta$  で比較した場合、提案値を使用した方が漁獲量はやや多くなった（表 9-1）。

次に、低加入シナリオの場合の結果を示す。管理基準値として標準値あるいは提案値を用いた漁獲管理規則での将来予測について、それぞれ  $\beta$  を 0.0～1.0 の間で変えた場合の将来予測の結果を表 5～9 に示した。限界管理基準値・禁漁水準に提案値（それぞれ SB0.85msy および SB0.15msy）を用いた場合、前述の通り、漁獲管理規則導入初年度に漁獲量は大きく減少する（表 9-2）。標準値（SB0.6msy）に基づく漁獲管理の場合、親魚量の減少に対する漁獲圧の削減が控えられるため、2025 年漁期に親魚量が限界管理基準値（提案値）を 50%以上の確率で上回るには  $\beta$  を 0.4 以下にする必要がある（表 10-3）。提案値（SB0.85msy）に基づく漁獲管理の場合、2025 年漁期に親魚量が限界管理基準値の提案値を 50%以上の確率で上回るには  $\beta$  を 0.7 以下にする必要がある（表 10-4）。2030 年漁期に親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回るには、標準値の場合、 $\beta$  を 0.5 以下にする必要があり、提案値の場合は  $\beta$  を 0.6 以下にする必要がある（表 5-2、表 10-3、表 10-4）。 $\beta$  が大きい場合には 2030 年漁期に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は標準値でも提案値の場合でも低く（表 5-2）、 $\beta$  を標準値である 0.8 とした場合は 2030 年漁期に 50%以上の確率で目標管理基準値を親魚量が上回る確率は標準値で 32%、提案値で 38%である（表 5-2）。

一方で、現状の漁獲圧で漁獲を継続した場合の結果を表 5～9 の  $F_{\text{current}}$  行に示した。通常加入シナリオの場合、 $F_{\text{current}}$  であっても、親魚量は増加し、2030 年には現状の親魚量を大きく上回る見込みとなっている（図 6-1、表 8-1）。一方、低加入シナリオの場合、 $F_{\text{current}}$  の漁獲を継続すると、親魚量は今後数年間減少が続く予測となった（図 6-2、表 8-2）。本系群は、日本以外に韓国やロシア、中国によっても漁獲されており、近年は外国による漁獲量が大きくなるケースが多い。本系群の資源評価では、資源が減少した現在の状況では、漁獲圧の上昇には注意が必要と考えられてきた。通常の加入を仮定した将来予測では現状の漁獲圧を継続しても資源が増加する予測になっており、現在のところ、近い将来の推移としては想定しにくいと考えられる。このため、 $\beta$  の決定等に当たっては、近年の加入の残差が負に偏っていること（補足図 1-2）を重視した低加入シナリオに基づく将来予測も参照することが望ましい。

低加入シナリオの場合、現状の漁獲圧を継続すると、2030 年漁期に目標管理基準値を上回る確率は 1%と予測された（表 5-2）。通常加入シナリオの場合でも確率は 19%であった（表 5-1）。ここで示した現状の漁獲圧には、日本と韓国による漁獲に加え、太平洋におけるロシアと中国による漁獲を含めたものになっている。資源を MSY 水準にコントロールするためには、これらの国と協調して漁獲管理する必要があることが示唆された。

### 3. まとめ

本系群の再生産関係のモデルには、1979～2018 年漁期の親魚尾数および 1980～2019 年漁

期までの加入尾数に基づき、自己相関を考慮しないBH型再生産関係を使用し、そのパラメータを最小絶対値法により推定することを提案する。

目標管理基準値はMSYを実現する親魚量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 (234千トン) とすることを提案する。限界管理基準値と禁漁水準にはそれぞれ、SB0.85msy (132千トン) とSB0.15msy (14千トン) を提案する。限界管理基準値案のSB0.85msyは、再生産環境が通常に戻った際に速やかに親魚量のMSY水準への回復を期待できる水準として、通常の将来予測でFmsyにより漁獲を継続した場合に5年間でSBmsyの95%以上の水準への回復が期待される親魚量水準に相当する。禁漁水準案のSB0.15msyは、通常の将来予測の下で漁獲がない場合に、3年目にSBlimit (提案値) の95%以上の水準への回復が期待される親魚量水準に相当する。

現在の本系群の親魚量は目標管理基準値案以下にあると考えられる。MSYを実現するときの漁獲割合は24%、漁獲圧はFcurrentの0.78倍である(表4)。

本系群は、今後数年は低加入が続く可能性が高く、そのような状況下でも、5年目に限界管理基準値案を50%以上の確率で上回るような管理を行うことが望ましい。資源・漁獲の安定性に寄与すると考えられる提案値による漁獲管理の結果を参照すると、そのための $\beta$ は0.7以下である(表6-2)。ここで挙げる低加入の予測では、将来の加入は通常の状態よりも少なく仮定しているため、 $\beta$ が同じであっても、漁獲量は通常の状態よりも少なく予測されることに注意を要する(表9-1と表9-2を参照)。また、5年間低加入が続いたとしても、限界管理基準値案付近まで資源を回復させれば、6年目以降に再生産が通常の状態に戻った場合、10年目に親魚量は目標管理基準値案付近まで回復する。なお、今後の加入が通常の状態であれば、10年目に目標管理基準値案を50%以上の確率で上回るための $\beta$ は0.9以下である(表5-1)。

以上に述べた漁獲圧および漁獲量は、日本、韓国に加え、北西太平洋におけるロシアや中国によるものも含んだ合計値である。

#### 4. 今後の検討事項

再生産関係においては、モデルを当てはめた際の残差に中長期的な周期性をもつ傾向が認められた。この傾向には海洋環境による影響が大きいと推測される。海洋環境の影響等を考慮した加入量予測の手法を検討することも将来的な課題といえる。今後の加入量が近年のように低水準で推移するか予測は困難であるが、現在仮定している再生産が期待値から急激に変化する可能性があり、加入に関する情報を調査船調査結果等の情報を活用し素早く捉え、管理に反映させられる体制を整えることが重要である。

#### 5. 引用文献

- 木所英昭・後藤常夫 (1999) 1998年の日本海におけるスルメイカの減少と今後の動向について。平成10年度イカ類資源研究会議報告, 1-8.
- 村田 守・新谷久男 (1977) スルメイカ冬生まれ群資源の現状と問題点。スルメイカ資源・漁海況検討会議シンポジウム報告, 日水研, 1-14.
- Okutani, T. and T. Watanabe (1983) Stock assessment by larval survey of the winter population of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), with a review of early works. Biol.

Oceanogr., **2**, 401-431.

Overland, J., S. Rodionov, S. Minobe, and N. Bond (2008) North Pacific regime shift: definitions, issues and recent transitions. *Prog. Oceanogr.*, **77**, 92-102.

桜井泰憲 (1998) 気候変化に伴うスルメイカ資源変動のシナリオ. *月刊海洋*, **30**, 424-435.

Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitoh, T. Goto, and Y. Hiyama (2000) Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. *ICES J. Mar. Sci.*, **57**, 24-30.

Yasunaka, S. and K. Hanawa (2002) Regime shifts found in the Northern Hemisphere SST field. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **80**, 119-135.

(執筆者：加賀敏樹、岡本 俊、久保田洋、宮原寿恵、西嶋翔太)

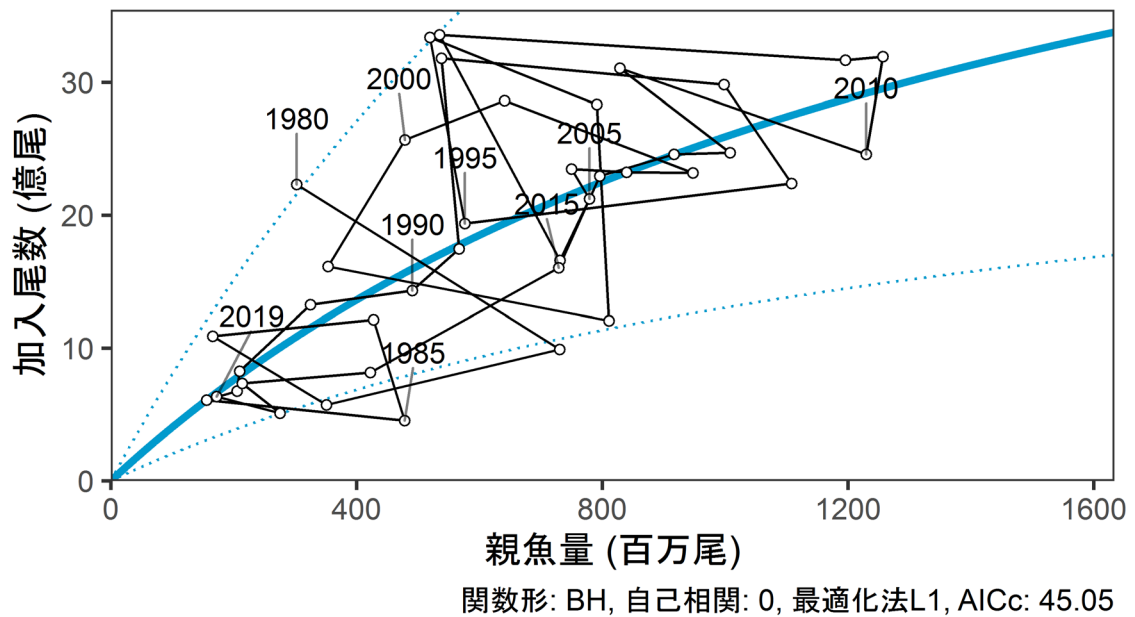


図 1. 再生産関係

1979～2018 年漁期の親魚尾数と 1980～2019 年漁期までの加入尾数の関係を示す。図中の数字は加入群の年級（生まれ年）を示す。再生産関係には自己相関を考慮しないベバートン・ホルト型再生産関係式（BH）を用い、最小絶対値法によりパラメータ推定を行った。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。

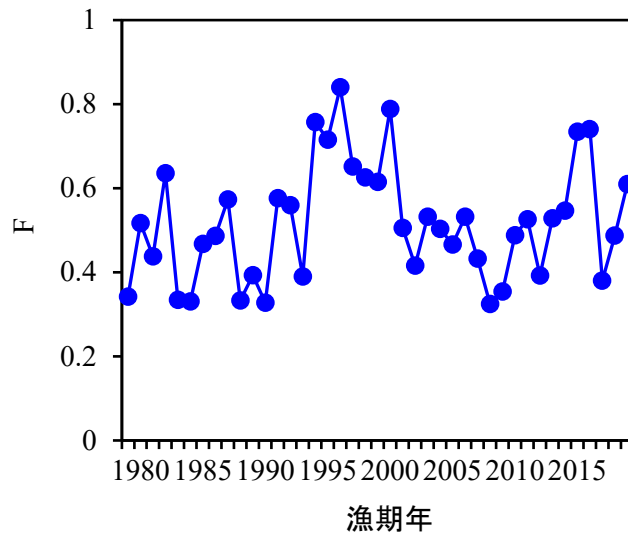


図2 1980～2019年漁期の漁獲係数（F値）の推移

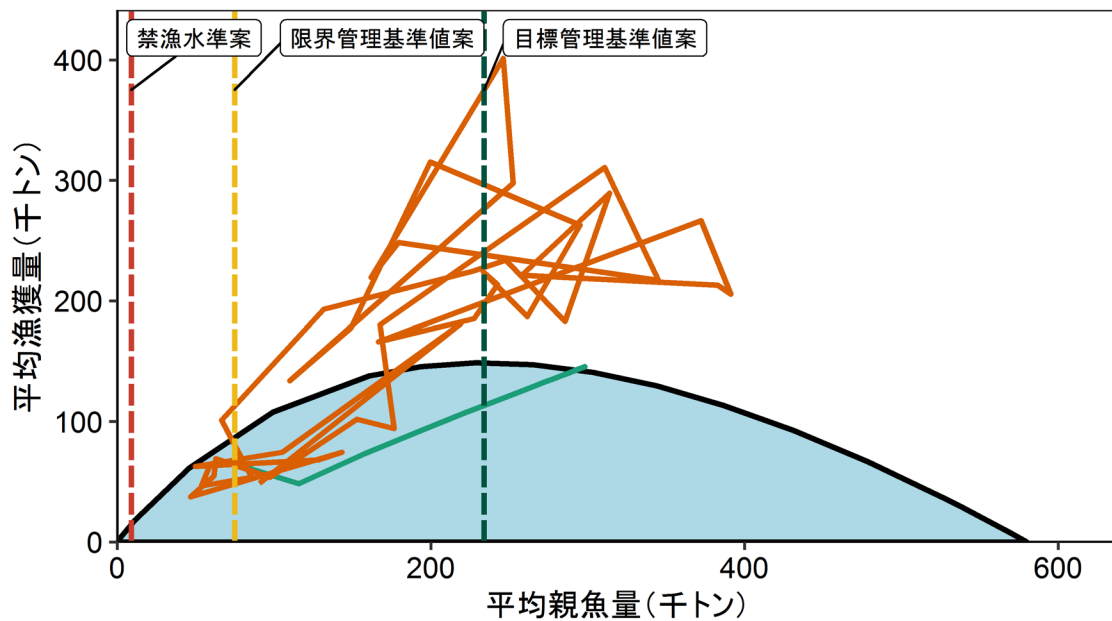


図3-1. 管理基準値案（標準値）と年齢別漁獲量曲線の関係

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する平均漁獲量と、それぞれの管理基準値案の位置関係を示す。赤線は推定された資源量と漁獲量の間を、緑線は標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則（HCR）で漁獲し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。なお、漁獲がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）は580千トンである。

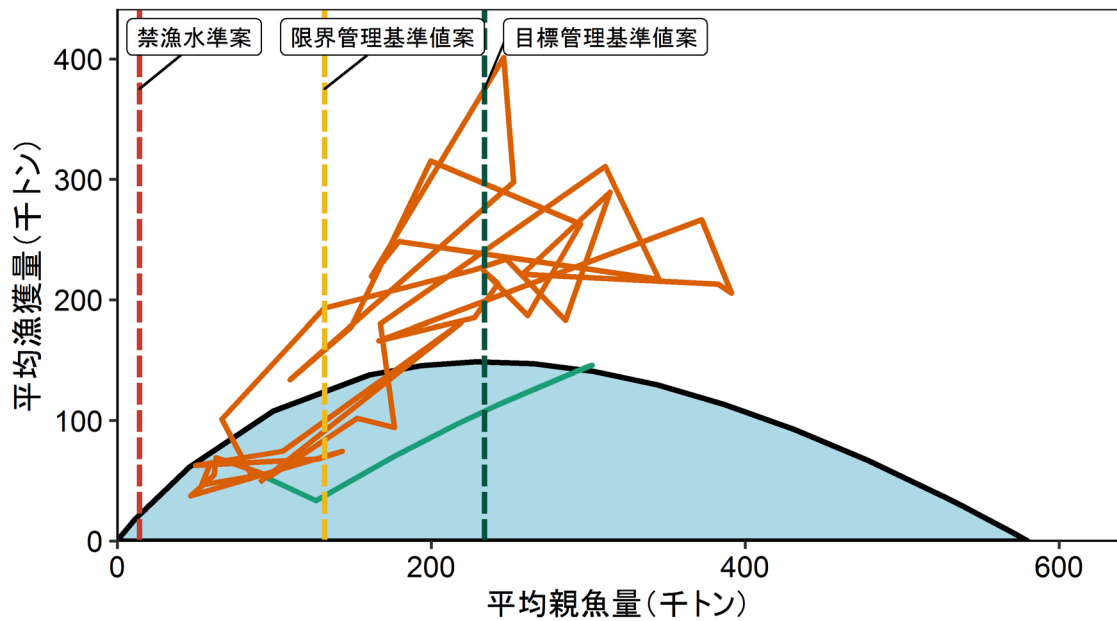
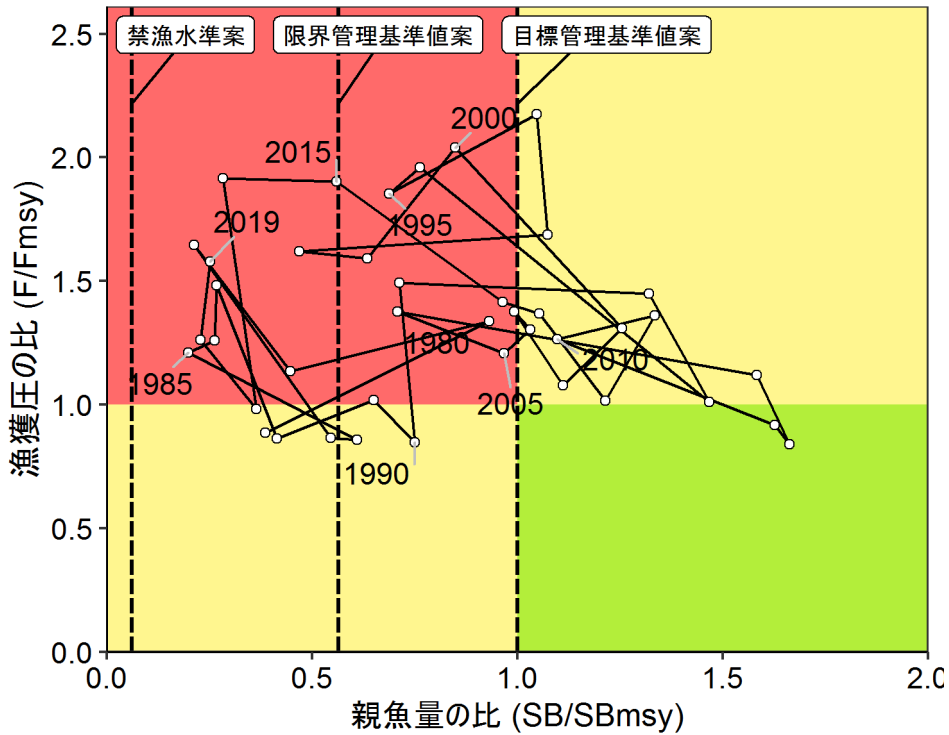


図 3-2. 管理基準値案（提案値）と年齢別漁獲量曲線の関係

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する平均漁獲量と、それぞれの管理基準値案の位置関係を示す。赤線は推定された資源量と漁獲量の間係を、緑線は提案する管理基準値（提案値）に基づく漁獲管理規則（HCR）で漁獲し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。なお、漁獲がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）は 580 千トンである。

a) 縦軸を漁獲割合の比 (F/Fmsy) で示した場合



b) 縦軸を漁獲割合の比 (U/Umsy) で示した場合

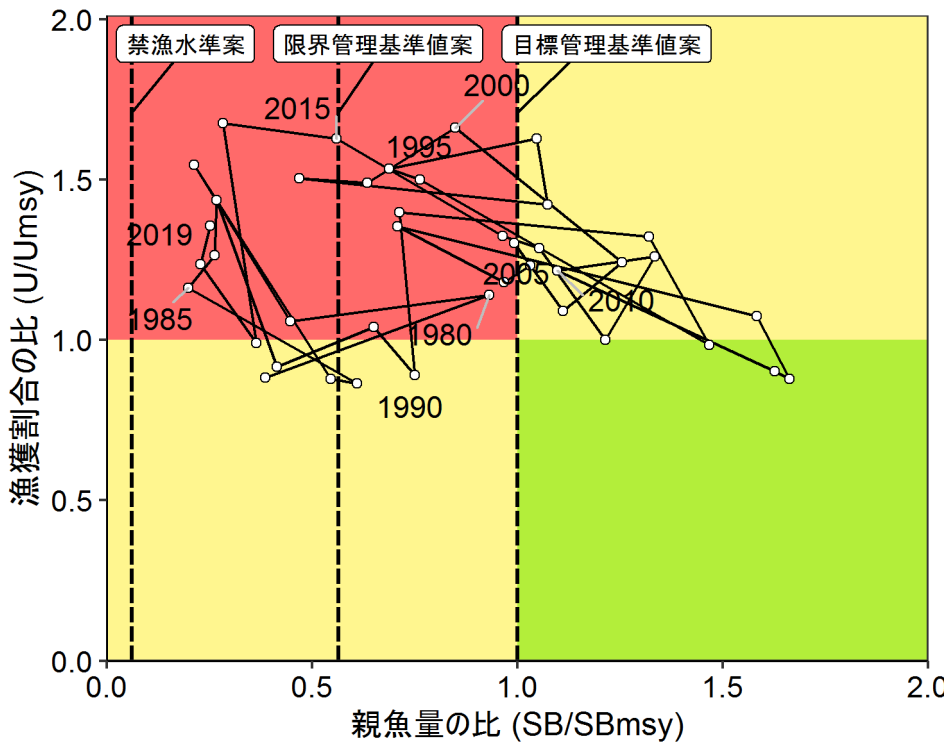
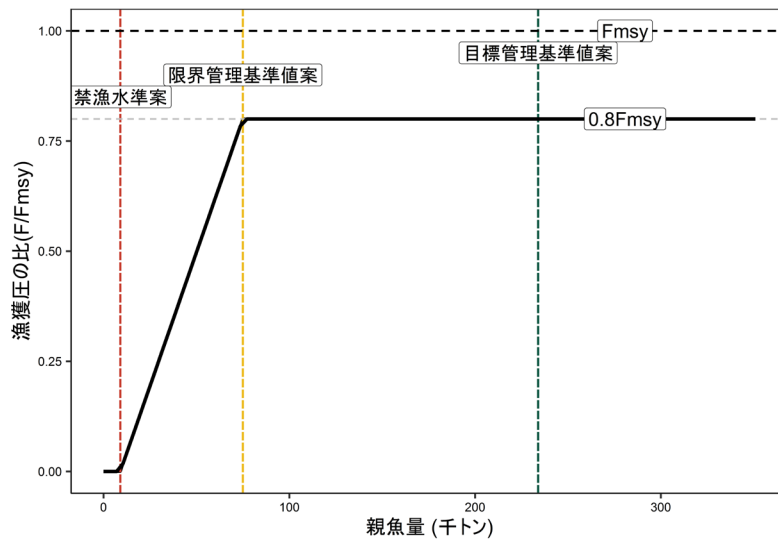


図4. 神戸プロット (4区分)

縦軸に漁獲圧の比を用いた場合 (上図) および漁獲割合の比を用いた場合 (下図) を示す。禁漁水準、限界管理基準値に提案値を用いた場合。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

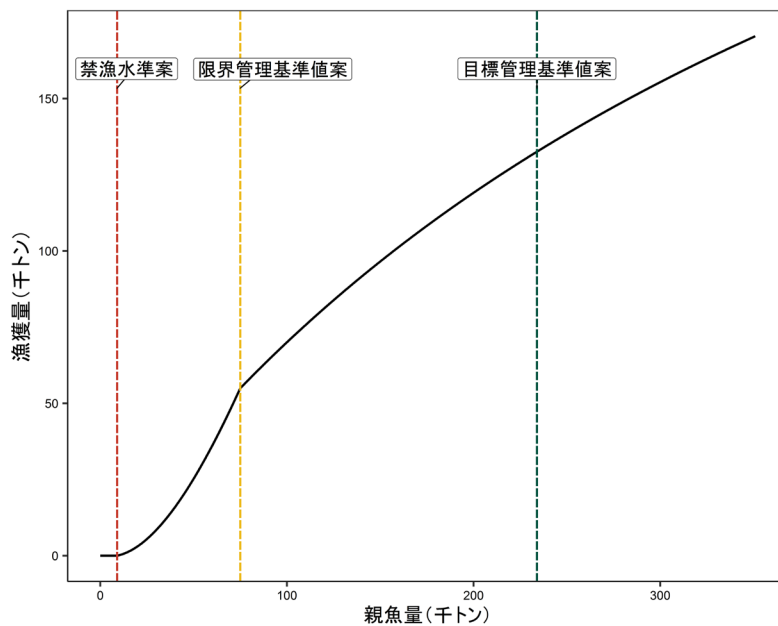
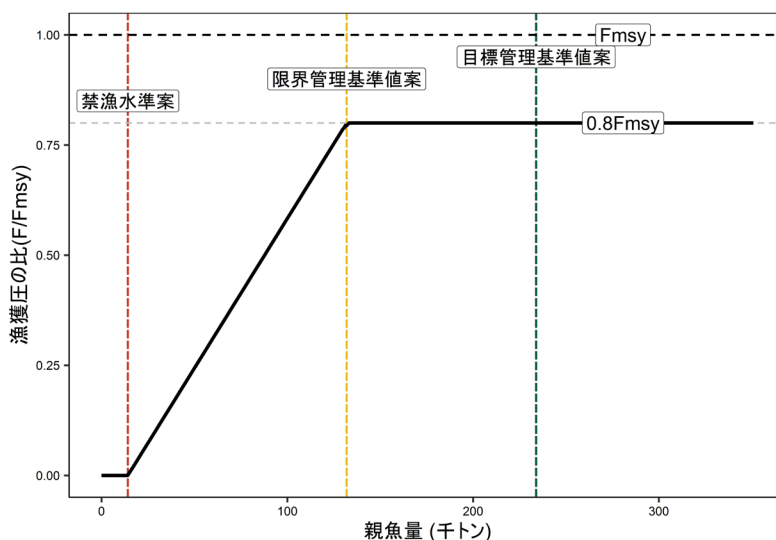


図 5-1. 漁獲管理規則案（標準値を用いた場合）

目標管理基準値案（SBtarget）はBH型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、それぞれ標準値であるSB0.6msy、SB0.1msyを用いている。安全係数 $\beta$ には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)は縦軸を漁獲量にした場合である。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

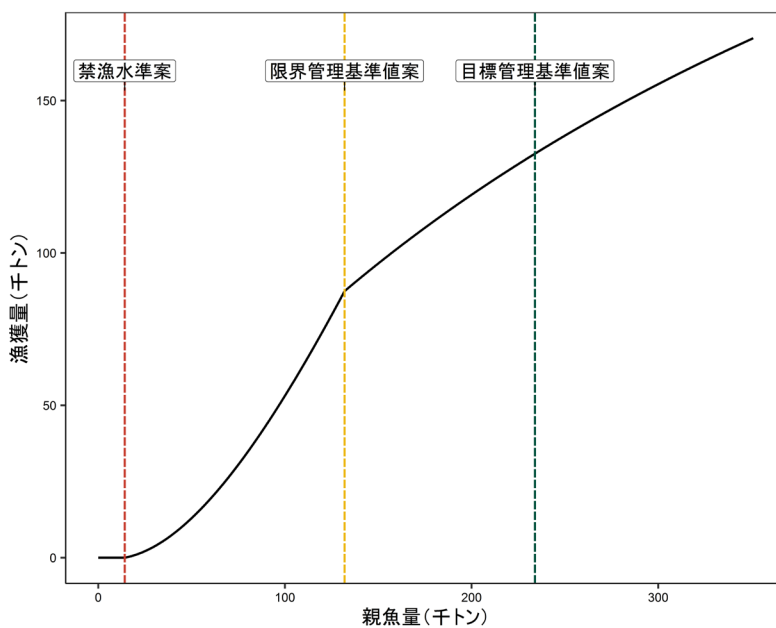


図 5-2. 漁獲管理規則案（提案値を用いた場合）

目標管理基準値案（SBtarget）はBH再生産関係に基づき算出したSBmsyである。限界管理基準値案（SBlimit）および禁漁水準案（SBban）には、それぞれ提案値であるSB0.85msy、SB0.15msyを用いている。安全係数 $\beta$ には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)は縦軸を漁獲量にした場合である。

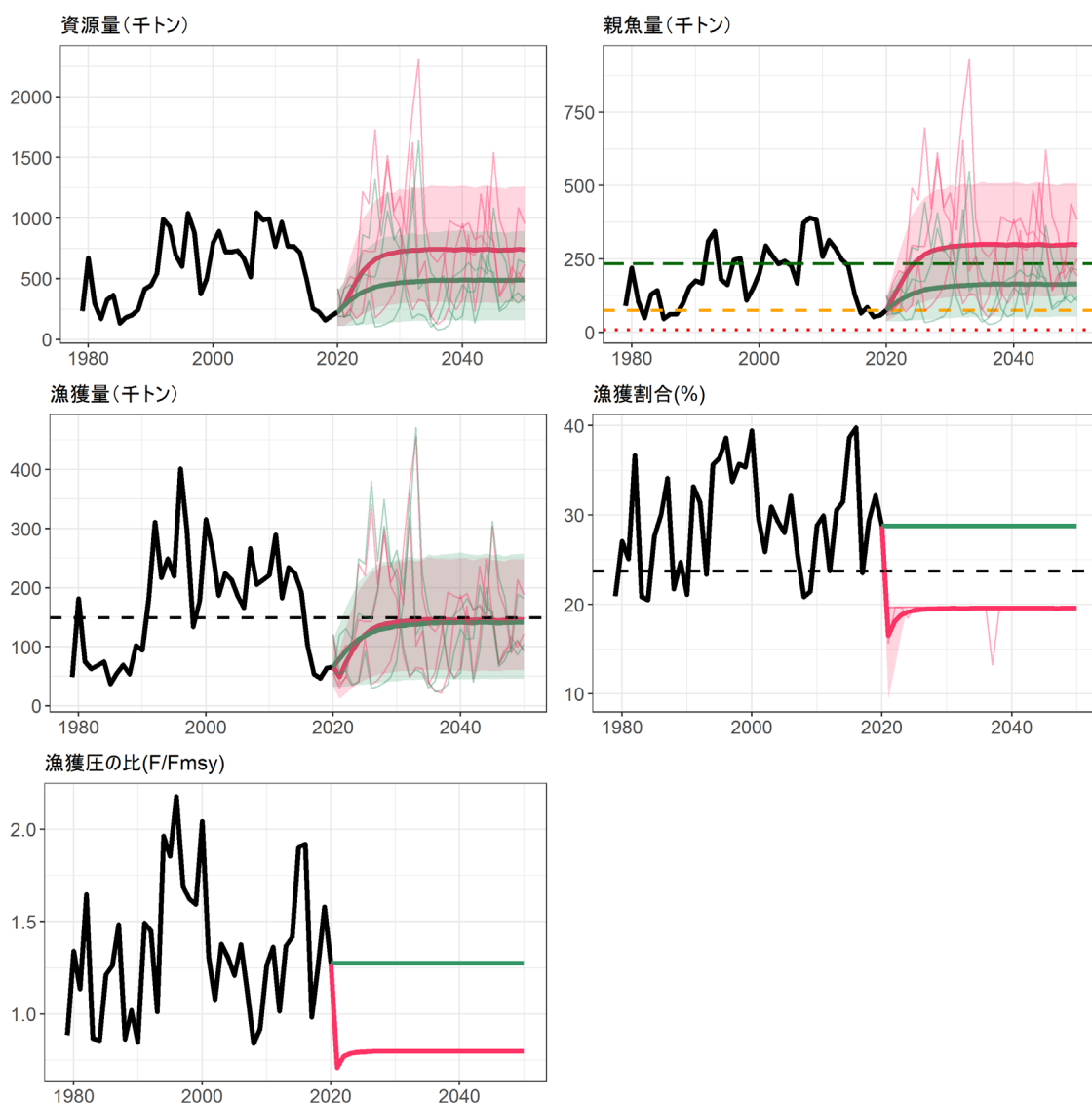


図 6-1. 通常加入シナリオの下、標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80%が含まれる 80%信頼区間、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。漁獲量の点線は MSY を、漁獲割合の図の破線は  $U_{msy}$  を示す。2020 年漁期の漁獲量は予測される資源量と  $F_{current}$  により仮定した。漁獲管理規則（2021 年漁期以降）は標準の管理基準値案に基づく（図 5-1）。安全係数  $\beta$  には 0.8 を用いた。

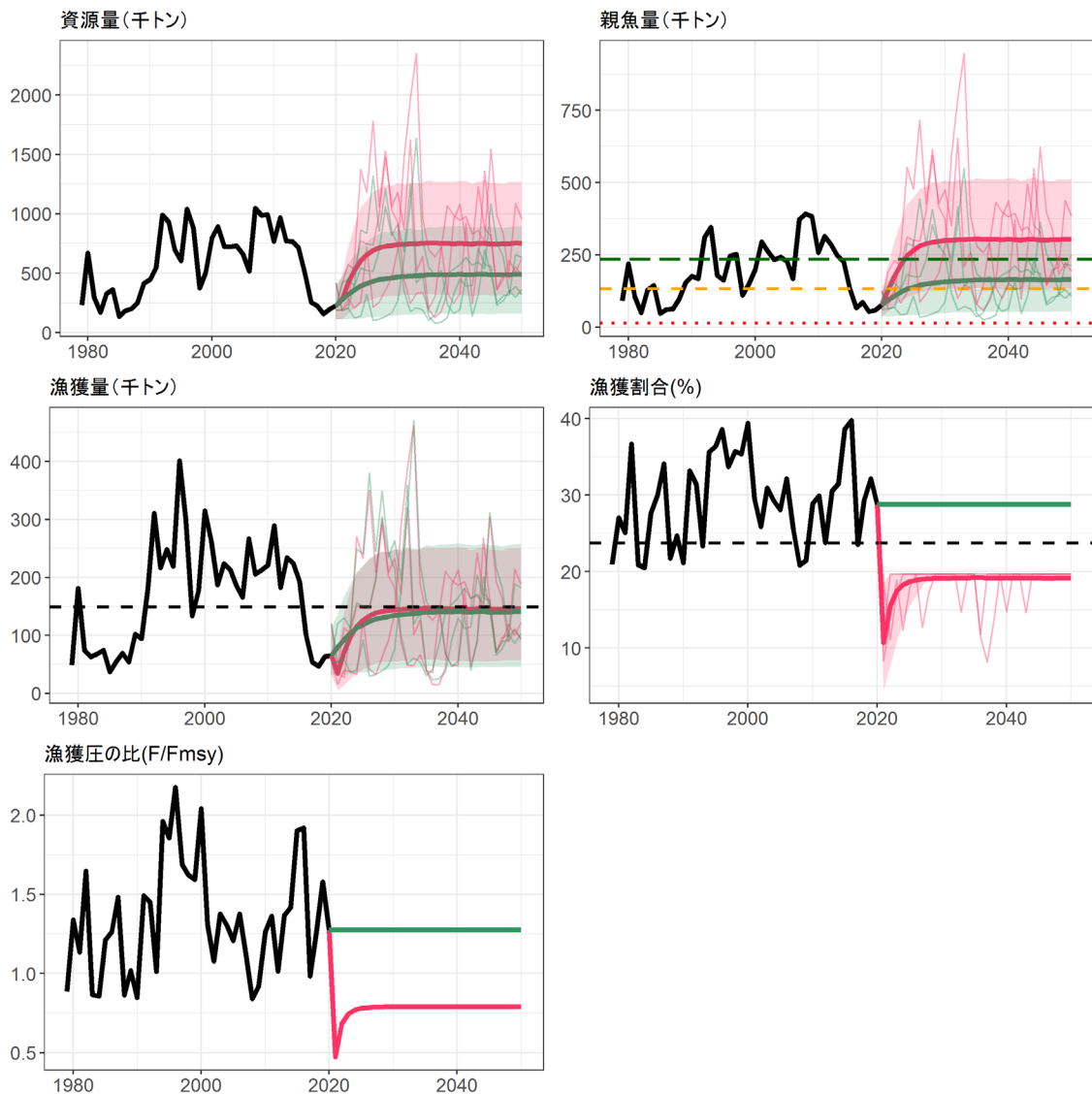


図 6-2. 通常加入シナリオの下、**提案する管理基準値**に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80%が含まれる 80%信頼区間、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。漁獲量の点線は  $MSY$  を、漁獲割合の図の破線は  $U_{msy}$  を示す。2020 年漁期の漁獲量は予測される資源量と  $F_{current}$  により仮定した。漁獲管理規則（2021 年漁期以降）は提案する管理基準値に基づく（図 5-2）。安全係数  $\beta$  には 0.8 を用いた。

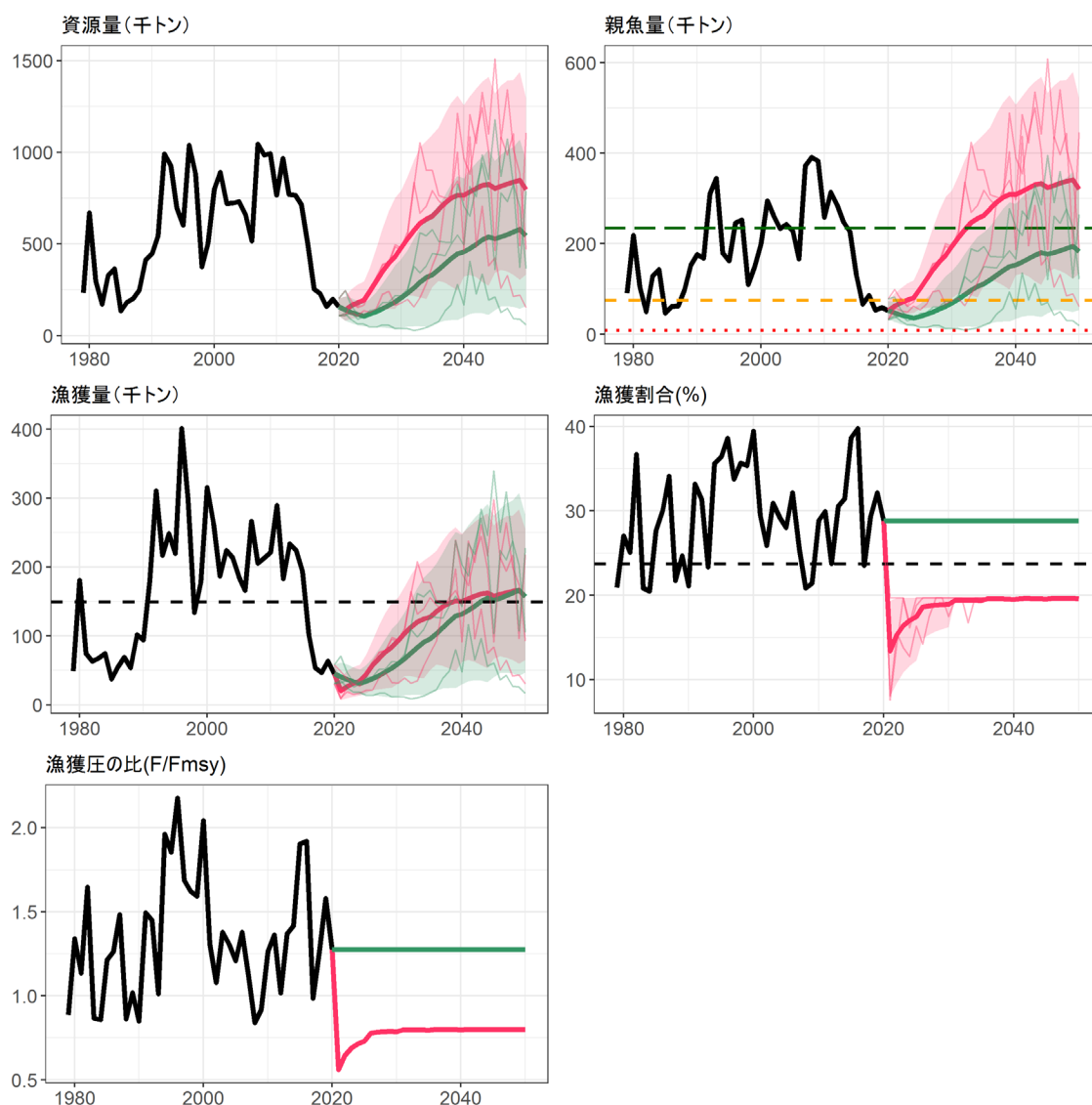


図 6-3. 低加入シナリオの下、標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80%が含まれる 80%信頼区間、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。漁獲量の点線は  $MSY$  を、漁獲割合の図の破線は  $U_{msy}$  を示す。2020 年漁期の漁獲量は予測される資源量と  $F_{current}$  により仮定した。漁獲管理規則（2021 年漁期以降）は標準の管理基準値案に基づく（図 5-1）。安全係数  $\beta$  には 0.8 を用いた。

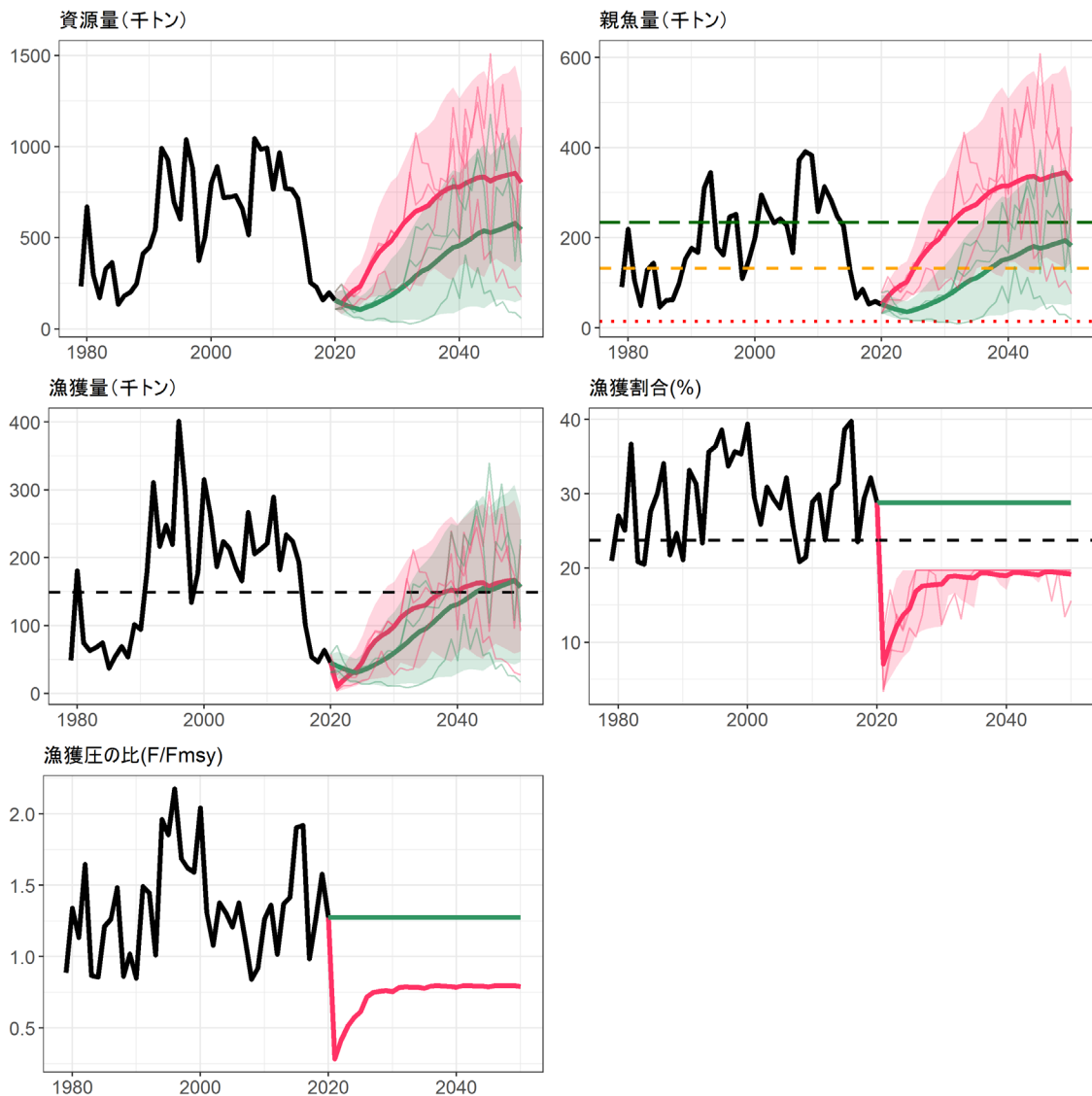


図 6-4. 低加入シナリオの下、**提案する管理基準値**に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80%が含まれる 80%信頼区間、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。漁獲量の点線は  $MSY$  を、漁獲割合の図の破線は  $U_{msy}$  を示す。2020 年漁期の漁獲量は予測される資源量と  $F_{current}$  により仮定した。漁獲管理規則案（2021 年漁期以降）は提案する管理基準値に基づく（図 5-2）。安全係数  $\beta$  には 0.8 を用いた。

表 1. スルメイカ冬季発生系群の資源量、親魚量、漁獲量、漁獲割合および漁獲係数

漁期年 (4~3月)	資源尾数 (億尾)	資源量 (千トン)	親魚尾数 (億尾)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)				漁獲割合 (%)	漁獲係数 (F)
					日本	韓国	中国	ロシア		
1979	7.8	233	3.0	91	42	7			21	0.34
1980	22.3	669	7.3	219	165	16			27	0.52
1981	9.9	297	3.5	105	59	16			25	0.44
1982	5.7	171	1.7	50	49	14			37	0.64
1983	10.9	327	4.3	128	54	14			21	0.33
1984	12.1	364	4.8	143	61	13			21	0.33
1985	4.5	136	1.6	47	25	12			28	0.47
1986	6.1	183	2.1	62	40	15			30	0.49
1987	6.8	203	2.1	63	48	22			34	0.57
1988	8.3	248	3.2	97	40	13			22	0.33
1989	13.3	413	4.9	153	70	32			25	0.39
1990	14.3	446	5.7	176	70	24			21	0.33
1991	17.5	543	5.4	168	121	59			33	0.58
1992	31.8	991	10.0	311	239	72			31	0.56
1993	29.8	929	11.1	345	154	63			23	0.39
1994	22.4	697	5.8	179	175	74			36	0.76
1995	19.4	603	5.2	162	154	65			36	0.72
1996	33.4	1039	7.9	246	270	132			39	0.84
1997	28.3	882	8.1	252	224	74			34	0.65
1998	12.0	375	3.5	110	76	58			36	0.63
1999	16.1	502	4.8	149	98	79			35	0.61
2000	25.7	800	6.4	200	231	84			39	0.79
2001	28.6	891	9.5	295	177	86			29	0.51
2002	23.2	722	8.4	261	128	59			26	0.42
2003	23.3	724	7.5	233	136	88			31	0.53
2004	23.5	731	7.8	242	143	71			29	0.50
2005	21.2	661	7.3	228	117	68			28	0.47
2006	16.6	517	5.3	167	89	77			32	0.53
2007	33.6	1045	12.0	372	188	78			26	0.43
2008	31.7	986	12.6	391	139	67			21	0.32
2009	31.9	994	12.3	383	140	73			21	0.35
2010	24.6	766	8.3	258	145	76			29	0.49
2011	31.1	967	10.1	314	186	104			30	0.53
2012	24.7	770	9.2	285	111	71	0	1	24	0.39
2013	24.6	766	8.0	248	140	88	3	3	31	0.53
2014	22.9	714	7.3	227	134	83	2	6	31	0.55
2015	16.1	500	4.2	132	93	86	3	11	39	0.73
2016	8.2	254	2.1	67	37	59	1	5	40	0.74
2017	7.3	228	2.8	86	29	24	0	0	24	0.38
2018	5.1	159	1.7	54	24	22	0	0	29	0.49
2019	6.3	198	1.9	59	29	17	0	18	32	0.61

注：漁獲係数は尾数に対応する値。親魚尾数は漁期終了後の値。2019年漁期の値は暫定値。

中国とロシアの漁獲量は太平洋における漁獲量としてNPFCに報告されている数値。

表 2. 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	$\Delta$ AICc	$\Delta$ AICc の 順位	S.D.	データ数
HS 型	最小絶対値法	無	47.22	2.17	3	0.432	40
RI 型	最小絶対値法	無	45.10	0.05	2	0.421	40
<b>BH 型</b>	<b>最小絶対値法</b>	<b>無</b>	<b>45.05</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0.420</b>	<b>40</b>
HS 型	最小二乗法	無	51.72	6.67	6	0.425	40
RI 型	最小二乗法	無	50.22	5.17	5	0.417	40
BH 型	最小二乗法	無	50.16	5.11	4	0.417	40

推奨する再生産関係を太字とした。また、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。

表 3. 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（漁期 中）	成熟率	平均重量 (g)	現状の漁獲圧 (Fcurrent)
1	0.6	1.0	311	0.492

表 4. 各種管理基準値案および禁漁水準案に対応する漁獲量（千トン）や漁獲圧等

管理基準値案	説明	親魚量 (千トン)	SB0 に 対する比 ※	漁獲量 (千トン) ※※	漁獲圧 ※※※	漁獲 割合 ※※※※	現状の漁獲圧 に対する比 ※※※※※
目標管理基準値案	SBmsy	234	0.40	149	68%	0.24	0.78
限界管理基準値案 (標準値)	SB0.60msy	75	0.13	89	53%	0.35	1.29
限界管理基準値案 (提案値)	SB0.85msy	132	0.23	127	58%	0.31	1.09
禁漁水準案（標準値）	SB0.10msy	9	0.02	15	45%	0.41	1.62
禁漁水準案（提案値）	SB0.15msy	14	0.03	22	46%	0.40	1.57
MSY を実現する漁獲 圧	Fmsy			0.386			

※漁獲がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）に対する管理基準値案や禁漁水準案の比

※※管理基準値案や禁漁水準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（千トン）

※※※管理基準値案や禁漁水準案に対応する漁獲圧を%SPR に換算した値

※※※※管理基準値案や禁漁水準案に対応する漁獲割合

※※※※※管理基準値案や禁漁水準案に対応する漁獲圧の現状の漁獲圧に対する比

表 5-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%) (通常加入シナリオ)

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更し、通常加入シナリオの下で、

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-1) の将来予測

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-2) の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.60msy、SBban=SB0.10msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	0	3	11	19	27	31	36	38	40	42	43	44	45	44
0.9	0	0	4	13	24	33	39	44	47	49	51	52	52	54	54
0.8	0	0	4	16	29	40	47	52	56	57	59	60	61	62	62
0.7	0	0	5	19	34	47	55	60	63	65	66	67	68	69	69
0.6	0	0	6	23	40	54	62	66	70	71	72	73	74	74	75
0.5	0	0	8	27	46	60	67	72	75	77	78	78	79	79	79
0.4	0	0	9	31	53	66	73	77	80	81	82	82	83	83	83
0.3	0	0	10	35	59	71	77	81	84	85	85	86	87	87	87
0.2	0	0	11	40	64	76	81	85	88	89	89	89	90	90	90
0.1	0	0	13	44	68	80	85	89	91	91	92	92	92	92	92
0.0	0	0	15	49	72	83	88	91	93	93	94	94	94	94	94
$F_{current}$	0	0	2	5	8	11	13	15	17	17	18	19	19	21	20

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.85msy、SBban=SB0.15msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	0	5	16	26	34	38	42	44	45	46	47	47	48	47
0.9	0	0	6	18	30	40	45	49	52	53	54	56	55	56	56
0.8	0	0	7	21	35	46	53	56	59	61	62	63	63	63	64
0.7	0	0	7	24	40	53	59	63	66	67	68	69	69	70	70
0.6	0	0	8	27	46	59	65	69	72	73	74	74	74	75	75
0.5	0	0	9	30	51	64	70	74	77	78	78	79	79	79	80
0.4	0	0	10	34	57	69	75	78	81	82	82	83	83	84	84
0.3	0	0	11	38	61	73	79	82	85	86	86	86	87	87	87
0.2	0	0	12	42	65	77	82	86	88	89	89	89	90	90	90
0.1	0	0	13	45	69	80	85	89	91	91	92	92	92	92	92
0.0	0	0	15	49	72	83	88	91	93	93	94	94	94	94	94
$F_{current}$	0	0	2	5	8	11	13	15	17	17	18	19	19	21	20

表 5-2. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%) (低加入シナリオ)

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更し、低加入シナリオの下で、

(c) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-1) の将来予測

(d) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-2) の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.60msy、SBban=SB0.10msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	11	14	18	51	55
0.9	0	0	0	0	0	0	0	1	5	12	19	22	27	59	64
0.8	0	0	0	0	0	0	0	3	10	20	30	32	37	66	71
0.7	0	0	0	0	0	0	1	7	18	30	40	42	46	72	76
0.6	0	0	0	0	0	0	3	12	27	41	48	49	55	77	81
0.5	0	0	0	0	0	0	6	20	38	49	53	56	63	82	84
0.4	0	0	0	0	0	2	11	30	47	55	57	64	72	87	88
0.3	0	0	0	0	1	4	18	41	55	60	61	72	79	91	91
0.2	0	0	0	0	2	8	28	51	62	66	67	81	85	94	93
0.1	0	0	0	0	4	12	38	61	68	72	73	87	89	97	95
0.0	0	0	0	0	7	19	49	69	75	78	79	92	92	98	96
$F_{current}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	19	27

(d) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.85msy、SBban=SB0.15msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	13	18	20	24	54	57
0.9	0	0	0	0	0	0	1	5	13	21	27	29	33	61	65
0.8	0	0	0	0	0	0	2	9	19	29	37	38	42	68	72
0.7	0	0	0	0	0	0	3	14	27	39	46	46	51	74	77
0.6	0	0	0	0	0	0	6	20	37	47	51	53	60	78	81
0.5	0	0	0	0	0	1	10	29	45	53	54	59	67	82	85
0.4	0	0	0	0	0	3	16	38	52	57	58	66	75	87	88
0.3	0	0	0	0	1	5	23	47	58	62	63	74	81	91	91
0.2	0	0	0	0	3	9	31	55	64	67	68	82	86	94	93
0.1	0	0	0	0	5	14	40	62	69	72	74	88	89	97	95
0.0	0	0	0	0	7	19	49	69	75	78	79	92	92	98	96
$F_{current}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	19	27

表 6-1. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%) (通常加入シナリオ)

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更し、通常加入シナリオの下で、

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-1) の将来予測

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-2) の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.60msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.10msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	44	73	81	87	90	91	93	93	94	94	94	95	95	95
0.9	0	44	74	83	89	92	93	95	95	96	96	96	96	97	96
0.8	0	44	76	85	91	93	95	96	96	97	97	98	97	98	98
0.7	0	44	77	86	92	95	96	97	97	98	98	98	98	99	98
0.6	0	44	78	88	94	96	97	98	98	99	99	99	99	99	99
0.5	0	44	79	90	95	97	98	99	99	99	99	99	99	99	99
0.4	0	44	80	91	95	98	98	99	99	99	100	100	99	100	100
0.3	0	44	81	92	96	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0	44	82	93	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	44	82	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	44	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$F_{current}$	0	44	59	65	69	72	73	75	76	78	78	78	79	81	81

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.15msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	8	35	59	71	76	79	81	82	83	83	83	84	84	84
0.9	0	8	36	62	74	79	82	84	86	86	86	87	87	87	87
0.8	0	8	39	65	77	82	85	87	89	89	89	89	90	90	90
0.7	0	8	41	68	79	85	88	90	91	92	92	92	93	92	92
0.6	0	8	43	70	81	87	90	92	93	93	94	94	94	94	94
0.5	0	8	44	72	83	89	92	94	95	95	95	95	95	95	95
0.4	0	8	46	74	85	91	94	95	96	96	96	96	96	97	97
0.3	0	8	47	76	87	92	95	96	97	97	97	97	97	98	98
0.2	0	8	49	77	89	94	96	97	98	98	98	98	98	98	98
0.1	0	8	51	79	90	95	97	98	98	99	99	99	99	99	99
0.0	0	8	52	80	91	96	98	98	99	99	99	99	99	99	99
$F_{current}$	0	8	19	28	35	41	44	47	48	50	51	52	52	55	56

表 6-2. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%) (低加入シナリオ)

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更し、**低加入シナリオの下で、**

(c) **標準の管理基準値案**に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-1) の将来予測

(d) **提案する管理基準値**に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-2) の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.60msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.10msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	8	22	28	33	36	60	69	70	71	71	85	89	96	96
0.9	0	8	25	33	39	44	67	75	76	76	76	89	92	97	98
0.8	0	8	27	38	46	53	74	80	81	82	82	92	94	98	99
0.7	0	8	29	43	54	60	81	84	86	87	88	95	96	99	99
0.6	0	8	32	49	61	69	86	89	90	91	92	97	97	100	99
0.5	0	8	35	54	67	76	90	93	94	95	96	99	99	100	100
0.4	0	8	37	59	73	82	93	95	96	97	98	99	99	100	100
0.3	0	8	40	64	78	87	96	97	98	99	99	100	100	100	100
0.2	0	8	42	68	83	91	98	99	99	99	100	100	100	100	100
0.1	0	8	45	72	87	94	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	8	47	76	90	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100
$F_{current}$	0	8	8	6	4	3	7	12	20	28	36	39	42	74	83

(d) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.15msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	0	0	2	7	11	31	50	56	58	59	67	74	87	88
0.9	0	0	0	4	11	15	38	57	61	62	62	73	80	90	90
0.8	0	0	0	6	14	20	45	62	65	66	66	80	84	93	93
0.7	0	0	0	8	18	25	52	66	69	70	70	85	87	95	95
0.6	0	0	0	11	22	31	59	71	73	75	75	89	90	97	96
0.5	0	0	0	13	26	37	65	76	78	80	80	92	93	98	97
0.4	0	0	1	15	30	43	71	80	83	84	86	95	96	98	97
0.3	0	0	1	17	35	50	77	84	87	89	90	96	97	99	98
0.2	0	0	2	20	40	57	81	88	91	93	94	98	98	100	99
0.1	0	0	3	23	45	63	86	91	94	95	97	99	99	100	99
0.0	0	0	4	25	50	69	89	94	96	98	98	100	100	100	100
$F_{current}$	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	9	12	17	53	65

表 7-1. 将来の親魚量が過去の最低親魚量を上回る確率 (%) (通常加入シナリオ)

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更し、通常加入シナリオの下で、

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-1) の将来予測

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-2) の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.60msy、SBban=SB0.10msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	83	89	94	96	97	97	98	98	98	99	99	98	99	99
0.9	100	83	90	94	96	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99
0.8	100	83	91	95	97	98	99	99	99	99	99	99	99	100	100
0.7	100	83	92	96	98	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100
0.6	100	83	92	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	83	93	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	83	93	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	83	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$F_{current}$	100	83	81	83	85	87	87	88	89	89	90	90	91	91	92

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.85msy、SBban=SB0.15msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	83	93	96	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0.9	100	83	93	97	98	99	99	99	99	99	99	100	99	100	100
0.8	100	83	93	97	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	83	94	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	83	94	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	83	94	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	83	95	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	83	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$F_{current}$	100	83	81	83	85	87	87	88	89	89	90	90	91	91	92

表 7-2. 将来の親魚量が過去の最低親魚量を上回る確率 (%) (低加入シナリオ)

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更し、**低加入シナリオ**の下で、

(c) **標準の管理基準値案**に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-1) の将来予測

(d) **提案する管理基準値**に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合 (図 5-2) の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.60msy、SBban=SB0.10msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	55	68	74	77	80	91	91	91	92	92	97	97	99	99
0.9	100	55	70	78	82	85	93	94	94	94	95	98	98	100	99
0.8	100	55	73	81	86	89	95	96	96	97	97	99	99	100	100
0.7	100	55	76	84	90	93	97	98	98	98	99	100	99	100	100
0.6	100	55	78	87	92	95	98	99	99	99	99	100	100	100	100
0.5	100	55	79	90	94	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	55	81	91	96	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	55	82	93	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	55	84	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	55	85	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	55	86	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$F_{current}$	100	55	42	32	26	21	27	36	43	48	51	55	59	84	92

(d) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.85msy、SBban=SB0.15msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	55	80	90	95	97	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.9	100	55	80	91	95	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	55	81	92	96	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	55	82	93	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	55	82	93	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	55	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	55	84	95	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	55	84	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	55	85	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	55	86	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	55	86	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$F_{current}$	100	55	42	32	26	21	27	36	43	48	51	55	59	84	92

表 8-1. 将来の平均親魚量（千トン）の推移（通常加入シナリオ）

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 で 0.1 刻みで変更し、通常加入シナリオの下で、

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合（図 5-1）の将来予測

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合（図 5-2）の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.60msy、SBban=SB0.10msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	59	76	108	139	166	189	203	215	224	229	232	236	237	242	242
0.9	59	76	112	148	180	207	224	239	249	255	259	263	264	270	269
0.8	59	76	116	157	195	227	248	265	277	284	287	293	294	299	299
0.7	59	76	120	167	212	249	273	293	306	314	318	324	325	330	329
0.6	59	76	124	178	229	273	301	324	337	346	350	356	357	363	362
0.5	59	76	128	189	249	299	330	356	371	380	384	390	391	396	395
0.4	59	76	133	201	269	327	362	390	406	415	420	426	427	432	431
0.3	59	76	137	214	291	356	395	426	443	453	457	464	464	468	467
0.2	59	76	142	228	315	388	431	464	482	492	496	502	502	507	505
0.1	59	76	147	243	341	422	469	504	523	532	536	543	542	547	545
0.0	59	76	152	259	368	458	509	547	565	575	578	585	584	588	586
$F_{current}$	59	76	93	108	121	132	138	145	149	152	154	157	158	165	164

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

(SBtarget=SBmsy、SBlimit=SB0.85msy、SBban=SB0.15msy)

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	59	76	121	159	189	212	224	234	241	244	245	248	249	251	251
0.9	59	76	124	167	202	229	243	256	264	268	270	273	274	277	276
0.8	59	76	127	175	215	247	265	280	289	294	296	300	301	304	303
0.7	59	76	130	183	230	267	288	306	316	322	325	329	330	334	333
0.6	59	76	133	192	246	289	314	334	346	353	356	360	361	365	364
0.5	59	76	136	202	263	312	341	364	377	385	388	393	394	398	397
0.4	59	76	139	212	281	338	370	397	411	419	423	428	428	433	432
0.3	59	76	142	222	301	365	402	431	446	455	459	465	465	469	468
0.2	59	76	145	234	322	394	436	467	484	493	497	503	503	507	506
0.1	59	76	149	246	344	425	471	506	524	533	537	543	542	547	545
0.0	59	76	152	259	368	458	509	547	565	575	578	585	584	588	586
$F_{current}$	59	76	93	108	121	132	138	145	149	152	154	157	158	165	164

表 8-2. 将来の平均親魚量（千トン）の推移（低加入シナリオ）

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 で 0.1 刻みで変更し、**低加入シナリオ**の下で、

(c) **標準の管理基準値案**に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合（図 5-1）の将来予測

(d) **提案する管理基準値**に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合（図 5-2）の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.60msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.10msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	59	53	59	63	66	69	84	99	113	126	137	152	167	250	264
0.9	59	53	61	67	71	74	92	109	126	142	154	172	189	279	291
0.8	59	53	62	70	76	81	101	122	142	160	175	194	213	309	321
0.7	59	53	64	74	81	88	112	136	160	181	198	219	241	341	352
0.6	59	53	66	77	88	96	124	153	181	205	223	247	271	374	384
0.5	59	53	68	82	94	106	138	173	205	231	251	278	303	409	418
0.4	59	53	70	86	102	117	155	195	231	261	281	311	338	446	453
0.3	59	53	72	91	110	129	173	220	261	292	313	346	375	483	490
0.2	59	53	74	96	120	142	194	247	293	326	347	383	414	523	528
0.1	59	53	76	102	130	157	217	277	327	362	383	423	455	563	568
0.0	59	53	78	108	141	174	243	310	364	400	421	463	496	606	609
$F_{current}$	59	53	47	43	39	36	39	44	50	56	62	69	78	153	183

(d) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.15msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	59	53	68	79	87	93	115	132	145	155	163	179	193	261	270
0.9	59	53	69	81	91	97	121	141	157	169	179	197	212	288	297
0.8	59	53	70	84	95	102	129	152	170	186	197	217	234	316	325
0.7	59	53	71	86	99	108	138	164	186	204	217	239	258	345	354
0.6	59	53	71	89	103	115	148	178	204	225	239	263	285	377	386
0.5	59	53	72	92	108	122	159	194	224	248	264	290	314	411	419
0.4	59	53	73	94	114	130	172	212	247	273	291	320	346	446	454
0.3	59	53	74	97	120	139	187	233	272	301	320	352	380	484	490
0.2	59	53	76	101	126	150	203	256	300	332	351	387	417	523	528
0.1	59	53	77	104	133	161	222	282	331	364	385	424	456	563	568
0.0	59	53	78	108	141	174	243	310	364	400	421	463	496	606	609
$F_{current}$	59	53	47	43	39	36	39	44	50	56	62	69	78	153	183

表 9-1. 将来の平均漁獲量（千トン）の推移（通常加入シナリオ）

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 で 0.1 刻みで変更し、通常加入シナリオの下で、

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合（図 5-1）の将来予測

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合（図 5-2）の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。平均漁獲量は日本、韓国および北西太平洋におけるロシア・中国による漁獲量を想定。

(a) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.60msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.10msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	66	60	83	102	118	127	136	141	145	147	149	150	154	153
0.9	64	66	55	79	98	115	125	133	139	143	145	147	148	151	151
0.8	64	66	49	73	93	110	120	129	135	138	140	143	143	146	146
0.7	64	66	44	67	87	104	114	123	128	131	133	135	136	138	138
0.6	64	66	38	60	80	96	105	114	119	122	123	125	126	128	127
0.5	64	66	32	53	71	86	95	102	107	109	110	112	112	114	114
0.4	64	66	26	44	60	73	81	88	92	94	95	96	96	97	97
0.3	64	66	20	35	48	59	65	71	73	75	76	77	77	78	78
0.2	64	66	14	24	34	42	47	50	52	53	54	54	54	55	55
0.1	64	66	7	13	18	22	25	27	28	28	29	29	29	29	29
0.0	64	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$F_{current}$	64	66	80	93	104	113	118	124	128	131	132	135	136	141	141

(b) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.15msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	66	42	82	109	127	136	143	148	151	152	153	154	156	155
0.9	64	66	38	77	103	122	132	139	144	147	148	150	150	152	152
0.8	64	66	34	71	97	116	126	134	139	141	143	145	145	147	146
0.7	64	66	30	65	90	108	118	126	131	133	135	137	137	138	138
0.6	64	66	26	58	81	99	108	116	121	123	124	126	126	128	127
0.5	64	66	22	50	72	88	97	104	108	110	111	113	113	114	114
0.4	64	66	18	42	60	75	83	89	92	94	95	96	96	97	97
0.3	64	66	14	33	48	59	66	71	74	75	76	77	77	78	77
0.2	64	66	9	23	34	42	47	50	52	53	54	54	54	55	55
0.1	64	66	5	12	18	22	25	27	28	28	29	29	29	29	29
0.0	64	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$F_{current}$	64	66	80	93	104	113	118	124	128	131	132	135	136	141	141

表 9-2. 将来の平均漁獲量（千トン）の推移（低加入シナリオ）

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 で 0.1 刻みで変更し、低加入シナリオの下で、

(c) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合（図 5-1）の将来予測

(d) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合（図 5-2）の将来予測の結果を示す。2020 年漁期は  $F_{current}$  で漁獲し 2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。平均漁獲量は日本、韓国および北西太平洋におけるロシア・中国による漁獲量を想定。

(c) 標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.60msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.10msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	45	25	30	33	35	44	58	68	76	84	92	105	158	167
0.9	64	45	23	28	32	35	45	58	68	77	84	93	105	155	163
0.8	64	45	20	27	31	34	44	57	68	77	84	93	104	150	157
0.7	64	45	18	25	30	33	43	56	66	75	82	91	101	143	147
0.6	64	45	16	22	27	31	41	53	63	72	78	87	95	132	135
0.5	64	45	13	20	25	29	38	49	59	66	72	80	87	118	120
0.4	64	45	11	16	21	25	34	44	52	59	63	70	76	100	102
0.3	64	45	8	13	17	21	28	36	43	48	52	57	62	80	81
0.2	64	45	6	9	12	15	21	27	32	35	38	42	45	57	57
0.1	64	45	3	5	7	8	11	15	17	19	20	22	24	30	30
0.0	64	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$F_{current}$	64	45	41	37	33	31	34	38	43	48	53	60	67	132	157

(d) 提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則の場合

( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.15msy}$ )

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	45	13	23	31	37	48	69	82	89	94	102	116	160	168
0.9	64	45	12	21	30	36	48	68	80	88	93	101	115	157	163
0.8	64	45	11	20	28	34	46	65	77	85	91	99	112	151	157
0.7	64	45	10	18	26	33	45	62	74	81	87	95	106	143	147
0.6	64	45	8	16	24	30	42	58	69	76	82	89	99	132	135
0.5	64	45	7	14	21	27	38	53	62	69	74	81	90	117	120
0.4	64	45	6	12	18	24	34	46	54	61	65	71	78	100	102
0.3	64	45	4	9	14	19	28	38	44	49	53	58	63	80	81
0.2	64	45	3	6	10	14	20	27	32	36	38	42	45	57	57
0.1	64	45	1	3	5	8	11	15	17	19	20	22	24	30	30
0.0	64	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$F_{current}$	64	45	41	37	33	31	34	38	43	48	53	60	67	132	157

表 10-1. 通常加入シナリオの場合に、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

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更した場合および  $F_{current}$  での結果を示す

標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合  
( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.60msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.10msy}$ )

$\beta$	10年目 (2030年漁期)の 平均親魚量 (千トン)	10年目 (2030年漁期)に親魚 量が目標管 理基準値案 を上回る確 率	1年目 (2021年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	5年目 (2025年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	10年目 (2030年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	5年目 (2025年漁 期)に親魚 量が限界管 理基準値案 を上回る確 率*
1	236	43%	60	127	149	91%, 70%
0.9	263	52%	55	125	147	93%, 74%
0.8	293	60%	49	120	143	95%, 80%
0.7	324	67%	44	114	135	96%, 83%
0.6	356	73%	38	105	125	97%, 87%
0.5	390	78%	32	95	112	98%, 90%
0.4	426	82%	26	81	96	99%, 92%
0.3	464	86%	20	65	77	99%, 94%
0.2	502	89%	14	47	54	99%, 96%
0.1	543	92%	7	25	29	100%, 97%
0	585	94%	0	0	0	100%, 98%
$F_{current}$	157	19%	80	118	135	73%, 44%

\*限界管理基準値の標準値と提案値に対する確率を併記した。

平均漁獲量は日本、韓国および北西太平洋におけるロシア・中国による漁獲量を想定。

表 10-2. 通常加入シナリオの場合に、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

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更した場合および  $F_{current}$  での結果を示す

提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合  
( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.15msy}$ )

$\beta$	10年目 (2030年漁期)の 平均親魚量 (千トン)	10年目 (2030年漁期)に親魚 量が目標管 理基準値案 を上回る確 率	1年目 (2021年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	5年目 (2025年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	10年目 (2030年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	5年目 (2025年漁 期)に親魚 量が限界管 理基準値案 を上回る確 率
1	248	47%	42	136	153	79%
0.9	273	56%	38	132	150	82%
0.8	300	63%	34	126	145	85%
0.7	329	69%	30	118	137	88%
0.6	360	74%	26	108	126	90%
0.5	393	79%	22	97	113	92%
0.4	428	83%	18	83	96	94%
0.3	465	86%	14	66	77	95%
0.2	503	89%	9	47	54	96%
0.1	542	92%	5	25	29	97%
0	584	94%	0	0	0	98%
$F_{current}$	157	19%	80	118	135	44%

平均漁獲量は日本、韓国および北西太平洋におけるロシア・中国による漁獲量を想定

表 10-3. 低加入シナリオの場合に、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

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更した場合および  $F_{current}$  での結果を示す

標準の管理基準値案に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合  
( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.60msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.10msy}$ )

$\beta$	10年目 (2030年漁期)の 平均親魚量 (千トン)	10年目 (2030年漁期)に親魚 量が目標管 理基準値案 を上回る確 率	1年目 (2021年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	5年目 (2025年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	10年目 (2030年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	5年目 (2025年漁 期)に親魚 量が限界管 理基準値案 を上回る確 率*
1	152	14%	25	44	92	60%, 6%
0.9	172	22%	23	45	93	67%, 11%
0.8	194	32%	20	44	93	74%, 18%
0.7	219	42%	18	43	91	81%, 27%
0.6	247	49%	16	41	87	86%, 37%
0.5	278	56%	13	38	80	90%, 48%
0.4	311	64%	11	34	70	93%, 59%
0.3	346	72%	8	28	57	96%, 68%
0.2	383	81%	6	21	42	98%, 77%
0.1	423	87%	3	11	22	99%, 84%
0	463	92%	0	0	0	99%, 89%
$F_{current}$	69	1%	41	34	60	7%, 0%

\*限界管理基準値の標準値と提案値に対する確率を併記した。

平均漁獲量は日本、韓国および北西太平洋におけるロシア・中国による漁獲量を想定。

表 10-4. 低加入シナリオの場合に、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

安全係数  $\beta$  を 0.0~1.0 の範囲で 0.1 刻みで変更した場合および  $F_{current}$  での結果を示す

提案する管理基準値に基づく漁獲管理規則で漁獲した場合  
( $SB_{target}=SB_{msy}$ 、 $SB_{limit}=SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{ban}=SB_{0.15msy}$ )

$\beta$	10年目 (2030年漁期)の 平均親魚量 (千トン)	10年目 (2030年漁期)に親魚 量が目標管 理基準値案 を上回る確 率	1年目 (2021年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	5年目 (2025年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	10年目 (2030年漁 期)の予測 漁獲量 (千トン)	5年目 (2025年漁 期)に親魚 量が限界管 理基準値案 を上回る確 率
1	179	20%	13	48	102	31%
0.9	197	29%	12	48	101	38%
0.8	217	38%	11	46	99	45%
0.7	239	46%	10	45	95	52%
0.6	263	53%	8	42	89	59%
0.5	290	59%	7	38	81	65%
0.4	320	66%	6	34	71	71%
0.3	352	74%	4	28	58	77%
0.2	387	82%	3	20	42	81%
0.1	424	88%	1	11	22	86%
0	463	92%	0	0	0	89%
$F_{current}$	69	1%	41	34	60	0%

平均漁獲量は日本、韓国および北西太平洋におけるロシア・中国による漁獲量を想定

### 補足資料1 再生産関係式のモデル診断結果について

スルメイカ冬季発生系群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として、ホッケー・スティック型再生産関係 (HS ; Clark et al., 1985)、ベバートン・ホルト型再生産関係 (BH ; Beverton and Holt 1957) およびリッカー型再生産関係 (RI ; Ricker 1954) を検討候補とした。それぞれの再生産関係式の数式は以下の通りである ;

$$R_y = \begin{cases} \begin{cases} ab & \text{if } B_y > b \\ aB_y & \text{if } B_y \leq b \end{cases} & \text{(Hockey stick, HS)} \\ \frac{aB_y}{(1 + bB_y)} & \text{(Beverton Holt, BH)} \\ aB_y \exp(-bB_y) & \text{(Ricker, RI)} \end{cases}$$

ここで  $R_y$  は  $y$  年の加入尾数、 $B_y$  は  $y$  年の親魚尾数である。HS 型の場合、 $a$  は折れ点までの再生産曲線の傾き (億尾/億尾)、 $b$  は折れ点となる親魚尾数 (億尾) を示す。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。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。

1979~2018 年漁期の親魚尾数および 1980~2019 年漁期までの加入尾数を用いて、HS 型、BH 型および RI 型の再生産関係のパラメータを最小二乗法および最小絶対値法により、残差の自己相関 (AR) を考慮せずに推定した (補足図 1-1)。その結果、RI 型および BH 型再生産関係では、観測のある期間でみると比較的類似した関係が得られた。また、ドーム型の曲線である RI 型再生産関係は、親魚量がある値を超えると加入量が減少する強い密度効果を表現する。スルメイカの場合、産卵後に親魚は死亡し、同年級間の共食いは想定されても、稚仔の個体密度が低い場合に加入量が増加するような状況は生物学的に考えにくい。また、管理基準値は BH 型と類似している (補足資料 2、後述) ことから、RI 型は以降の検討には含めなかった。

HS 型・BH 型再生産関係を、最小二乗法・最小絶対値法により当てはめた際の残差トレンドと自己相関プロットを補足図 1-2 に示す。HS 型・BH 型の再生産関係を仮定した場合に、どちらも自己相関プロットの信頼区間に概ね収まっており、本系群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。1 年単位の自己相関は見られないものの、残差には中長期的な周期性のトレンドがある可能性が見受けられ、近年は負に偏る傾向がみられた (補足図 1-2 下段)。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 検定により検討した (補足図 1-3)。その結果、最小二乗法を当てはめた場合には HS 型では 5% 水準で有意な逸脱がみられ、BH 型でも残差の正規性に欠ける傾向がみられた。そのため、本系群では最小絶対値法により当てはめた再生産関係を採用した。また、最小二乗法で得られた再生産関係よりも最小絶対値法で得られた再生産関係の方が AICc も低かった (表 2)。

自己相関を考慮しないモデルについて、HS 型・BH 型再生産関係を最小絶対値法により当てはめる上での個々のデータの影響を、ジャックナイフ法で検討した。その結果、推定さ

れたパラメータの頑健性については、HS型の方がやや強いと思われた（補足図 1-4 および 1-5）。パラメータ推定の信頼区間は残差ブートストラップにより検討した（補足図 1-6 および 1-7）。また、プロファイル尤度を補足図 1-8 に示した。これらの結果から、HS型・BH型いずれの再生産関係においてもパラメータは最適解として推定されていると考えられた。

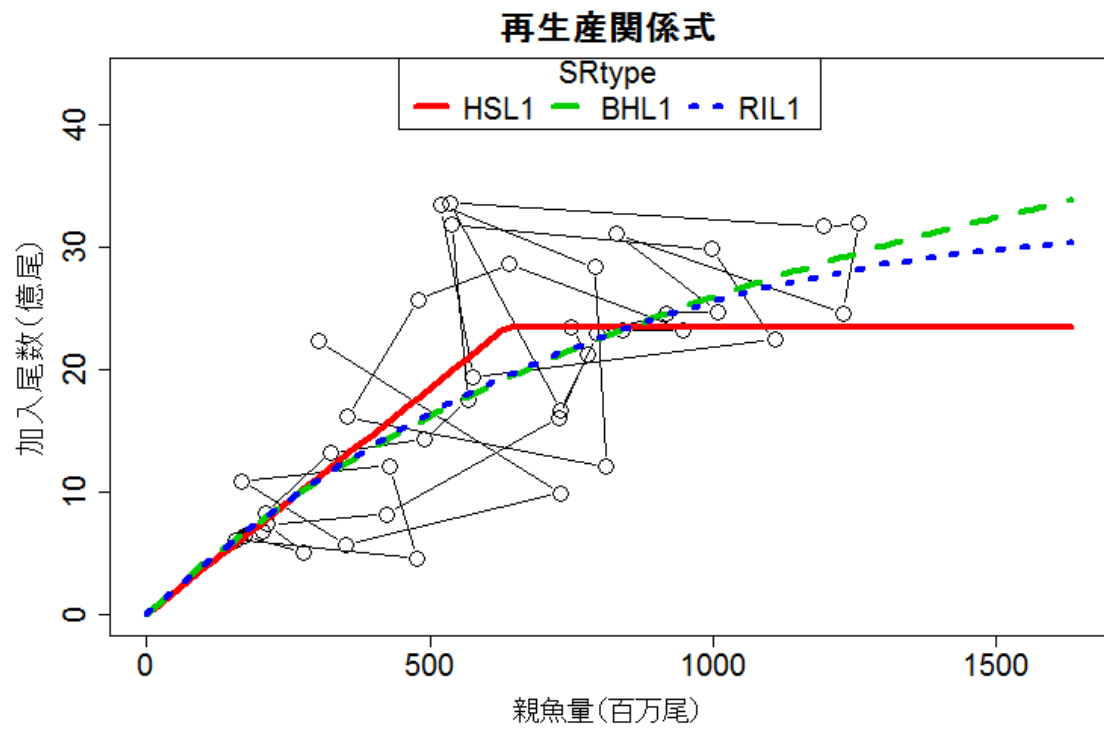
補足表 1-1. MSY 管理基準値の算出に使用した再生産関係式における各パラメータの推定値

再生産関係	最適化法	自己 相関	推定法	a	b	S.D.	Rho	AICc
HS 型	最小 二乗法	無	二段階	3.546	6.350	0.425	0	51.7
BH 型	最小 二乗法	無	二段階	4.431	0.077	0.417	0	50.2
RI 型	最小 二乗法	無	二段階	4.182	0.052	0.417	0	50.2
HS 型	最小 絶対値法	無	二段階	3.691	6.361	0.427	0	47.2
<b>BH 型</b>	<b>最小 絶対値法</b>	<b>無</b>	<b>二段階</b>	<b>4.315</b>	<b>0.066</b>	<b>0.417</b>	<b>0</b>	<b>45.1</b>
RI 型	最小 絶対値法	無	二段階	4.230	0.050	0.418	0	45.1

推奨する再生産関係式を太字で示す。また、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。

#### 引用文献

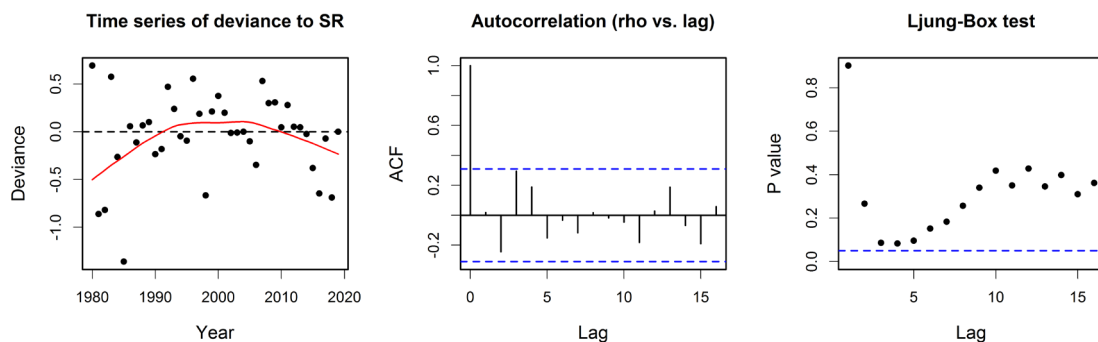
- Clark C. W., A. T. Charles, J. R. Beddington, and M. Mangel (1985). Optimal capacity decisions in a developing fishery. *Marine Resource Economics*, 2: 25-53.
- Beverton R. J. H., and S. J. Holt (1957). On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationary Office, London.
- Ricker W. E. (1954). Stock and recruitment. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 11: 559-623.



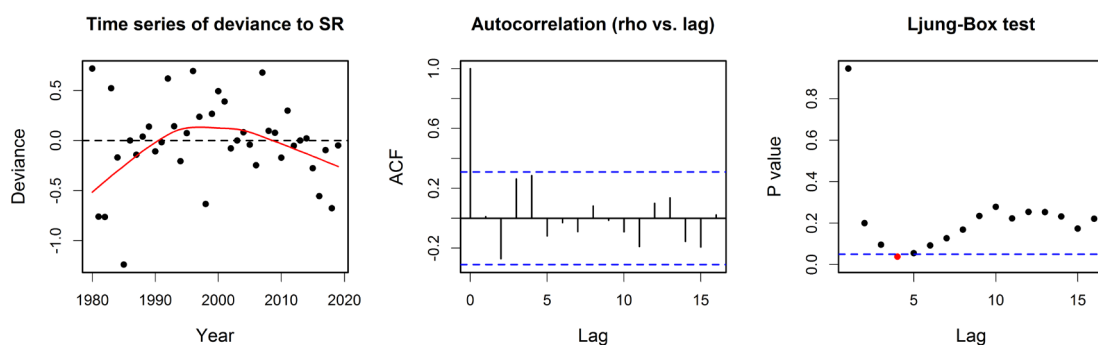
補足図 1-1. 各モデルにおける再生産関係式

最小絶対値法により推定した HS 型、BH 型および RI 型再生産関係。白丸は分析に使用した親魚尾数（1979～2018 年漁期）および加入尾数（1980～2019 年漁期）である。赤線、緑線、青線はそれぞれ、HS 型、BH 型、RI 型再生産関係を示す。

## HS 型の場合



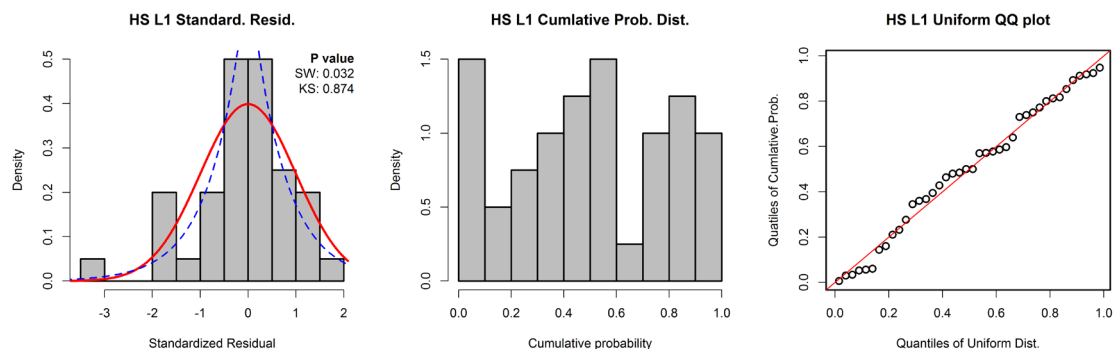
## BH 型の場合



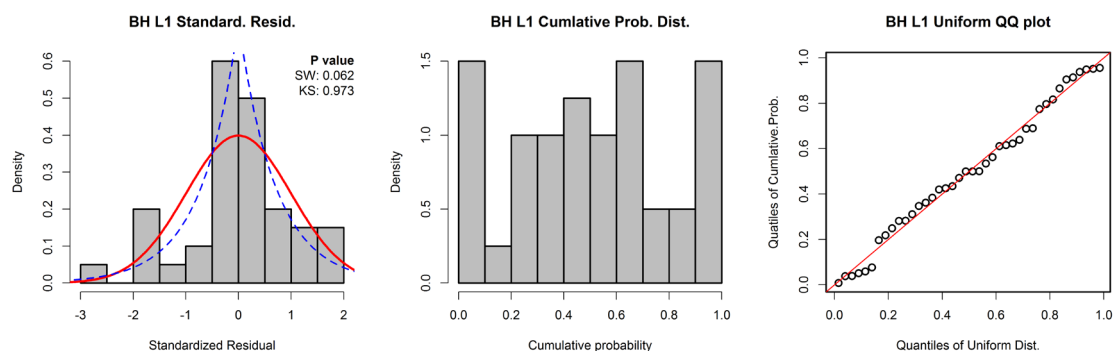
補足図 1-2. 最小絶対値法により推定した HS 型および BH 型の再生産関係における残差のトレンド (左)、自己相関プロット (コレログラム、中央) および Ljung-Box 検定における P 値

残差の時系列の図中の赤線は平滑化された曲線、コレログラムの図中の青色の点線は 95%信頼区間、および 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。

## HS 型の場合



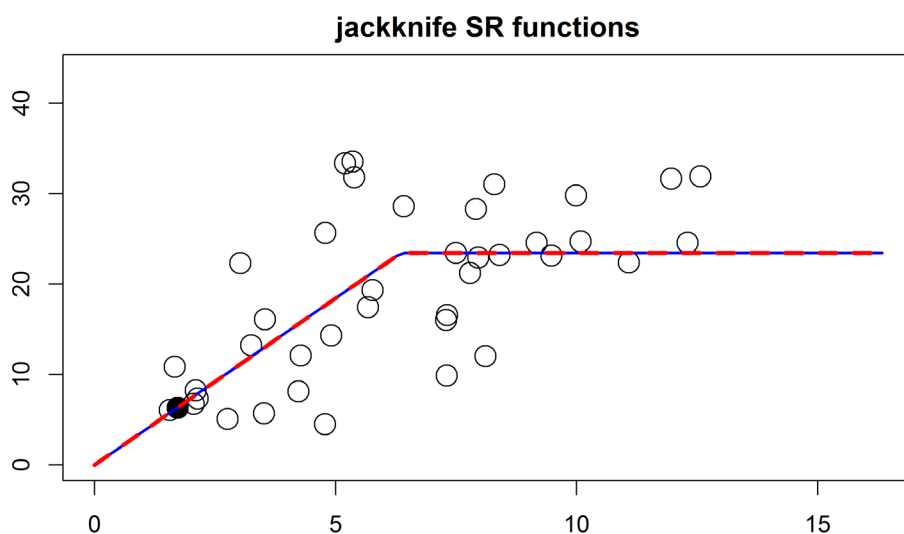
## BH 型の場合



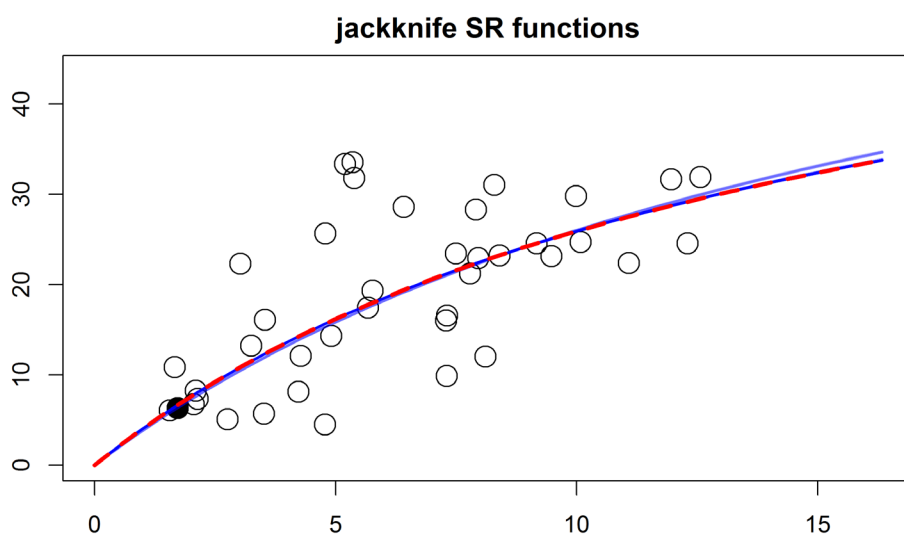
補足図 1-3. 最小絶対値法により推定した HS 型および BH 型の再生産関係の残差分布の正規性の検定結果と QQ プロット

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。残差分布の赤実線および QQ プロットの赤実線は理論値を、青点線はラプラス分布の理論値を示す。

## HS 型の場合



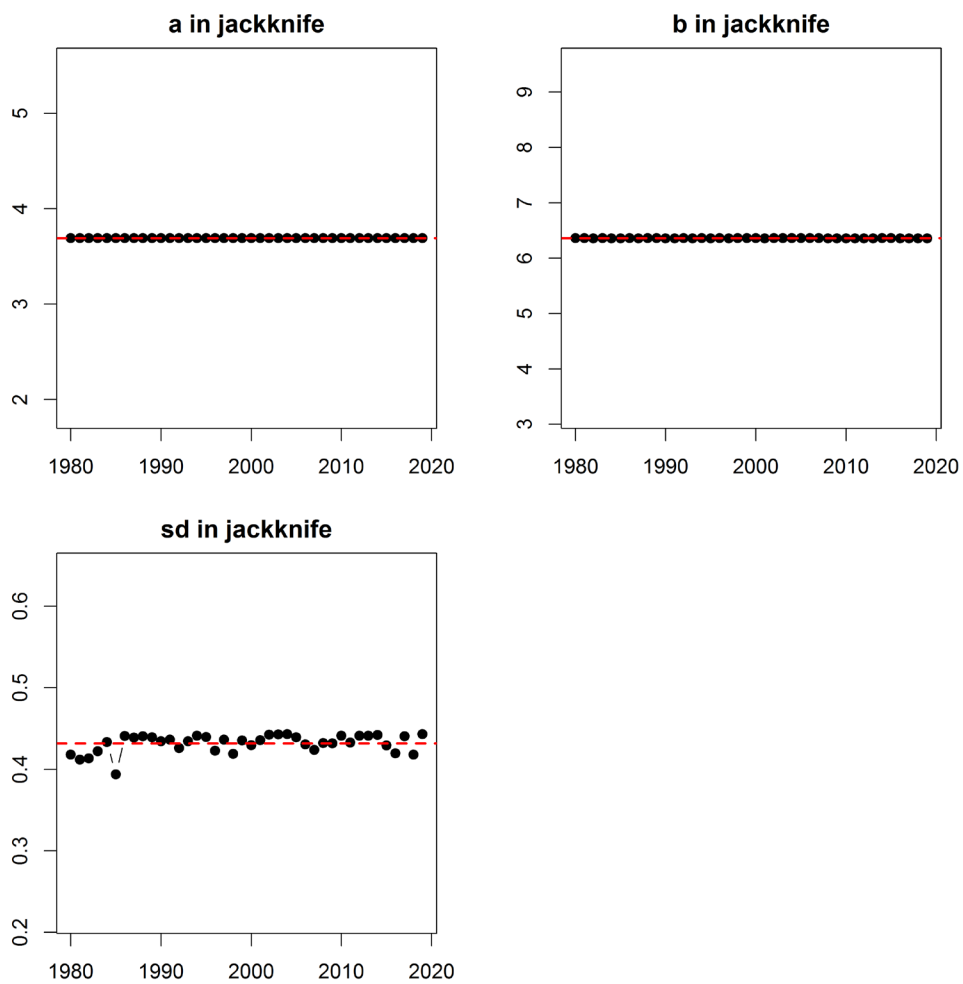
## BH 型の場合



補足図 1-4. 最小絶対値法により推定した HS 型および BH 型再生産関係における  
ジャックナイフ解析の結果

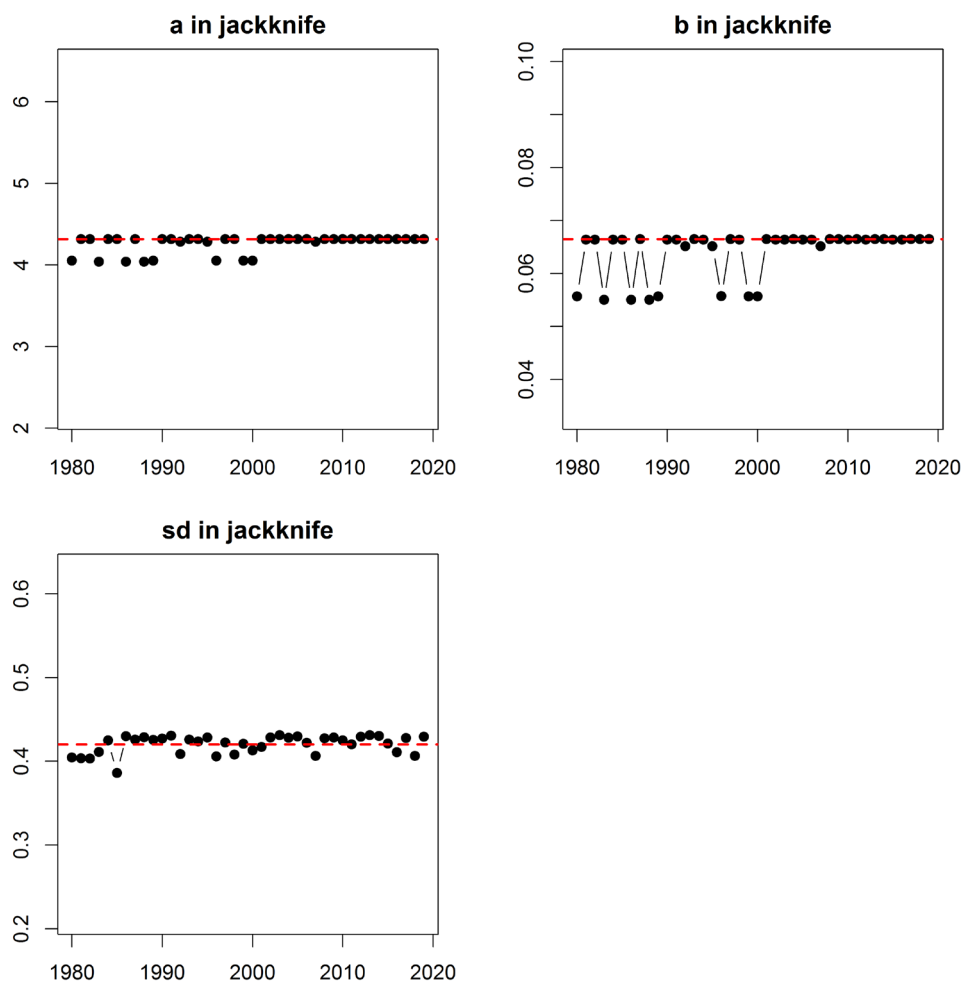
赤線は全データで推定した再生産曲線、青線は各年のデータを除外した場合の再生産曲線を示す。横軸は親魚尾数（億尾）、縦軸は加入尾数（億尾）である。丸印は分析に使用した親魚尾数・加入尾数であり、黒丸のプロットは使用したデータ期間の最終年（2018 年漁期親魚尾数と 2019 年漁期加入尾数）を示す。

## HS 型の場合



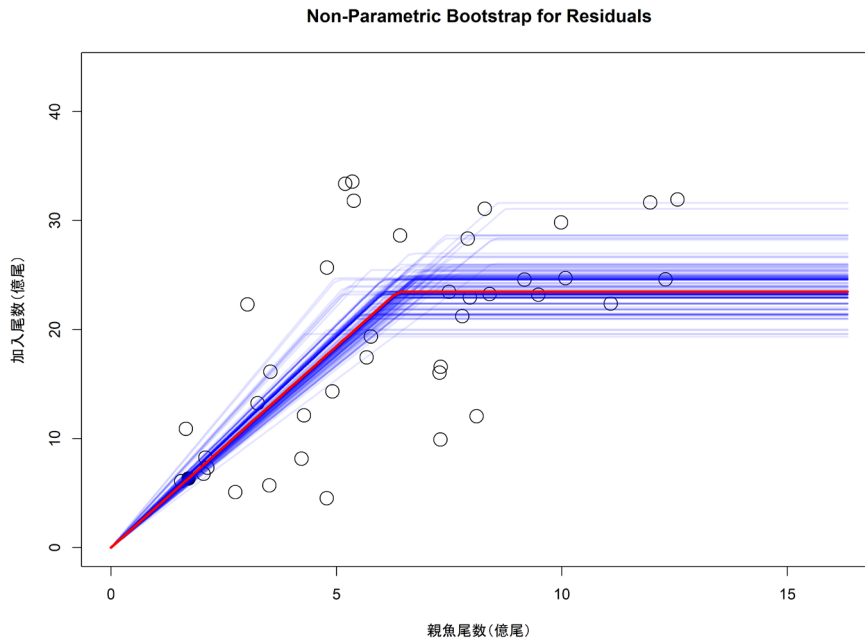
補足図 1-5. 最小絶対値法により推定した HS 型再生産関係におけるジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響

## BH 型の場合

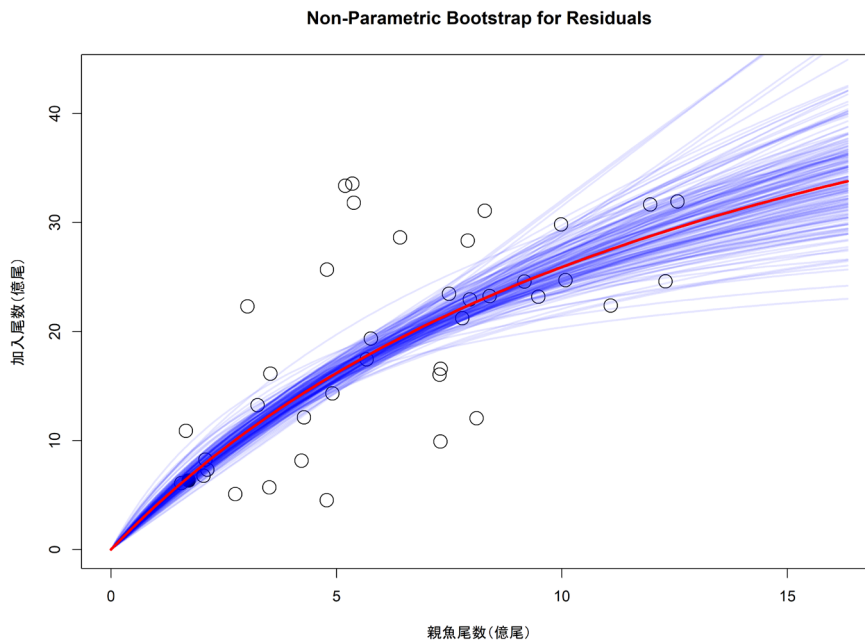


補足図 1-5（続き）． 最小絶対値法により推定した BH 型再生産関係における  
 ジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響  
 BH 型再生産関係では、1980 年代や 1990 年代の一部の年のデータを除いた場合に HS 型と  
 比較して再生産曲線の形がやや変わりやすいと判断される。

## HS 型の場合



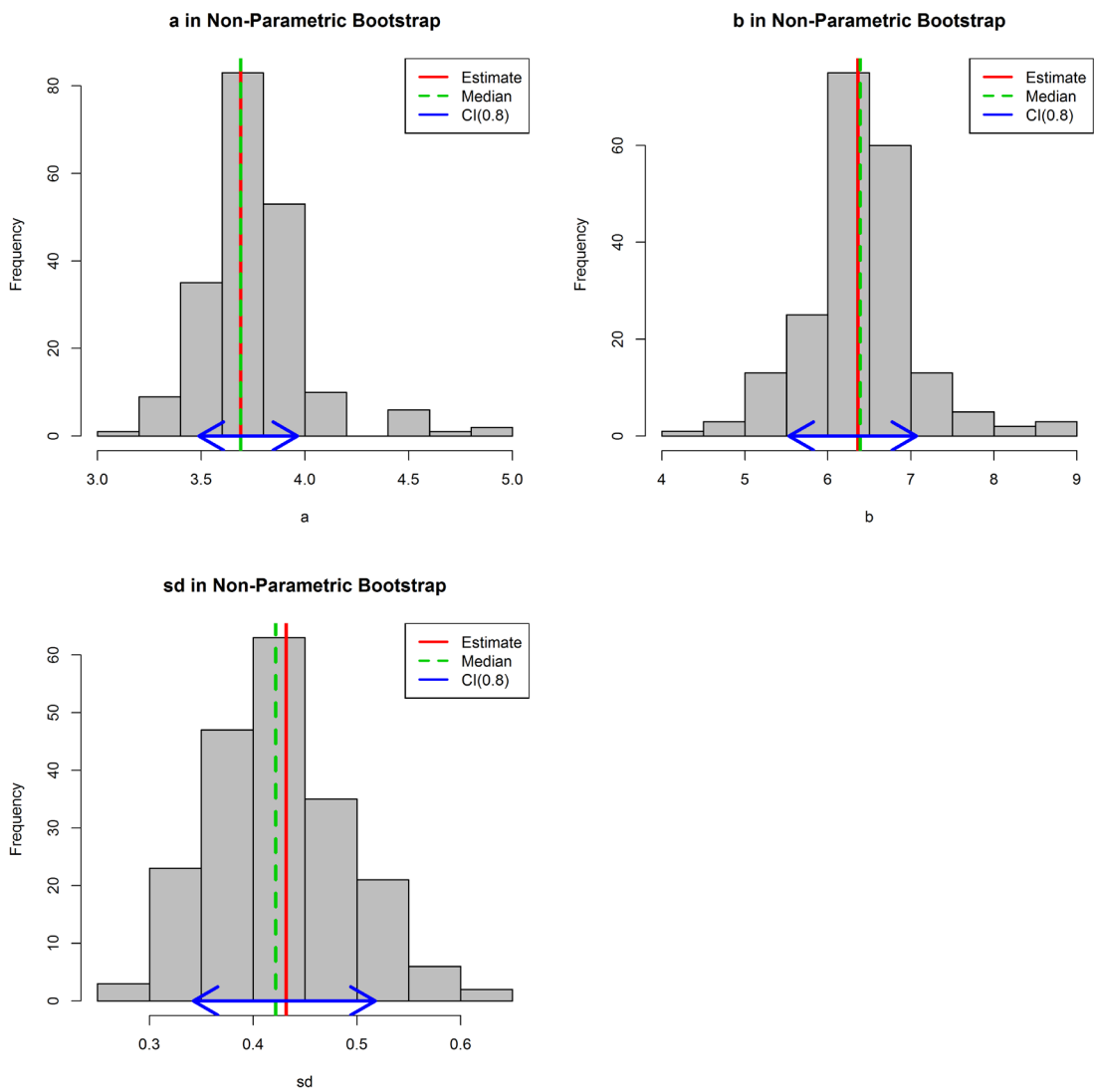
## BH 型の場合



補足図 1-6. 最小絶対値法により推定した HS 型および BH 型再生産関係における残差ブートストラップ解析の結果

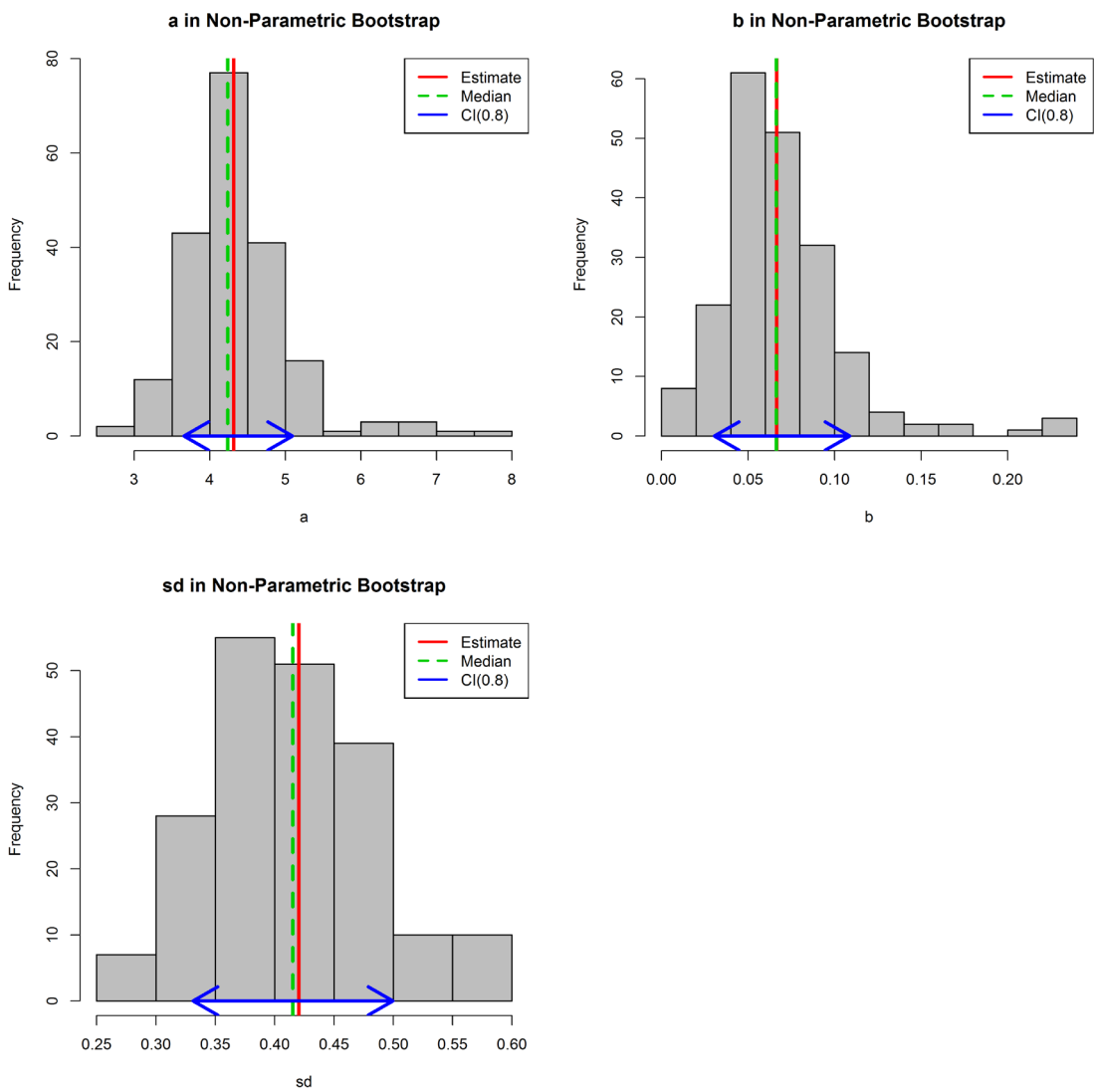
赤線は元データでの推定値、青線はノンパラメトリックブートストラップでの推定値である。横軸は親魚尾数（億尾）、縦軸は加入尾数（億尾）である。丸印は分析に使用した親魚尾数・加入尾数であり、黒丸のプロットは使用したデータ期間の最終年（2018 年漁期親魚尾数と 2019 年漁期加入尾数）を示す。

## HS 型の場合



補足図 1-7. 最小絶対値法により推定した HS 型再生産関係における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。

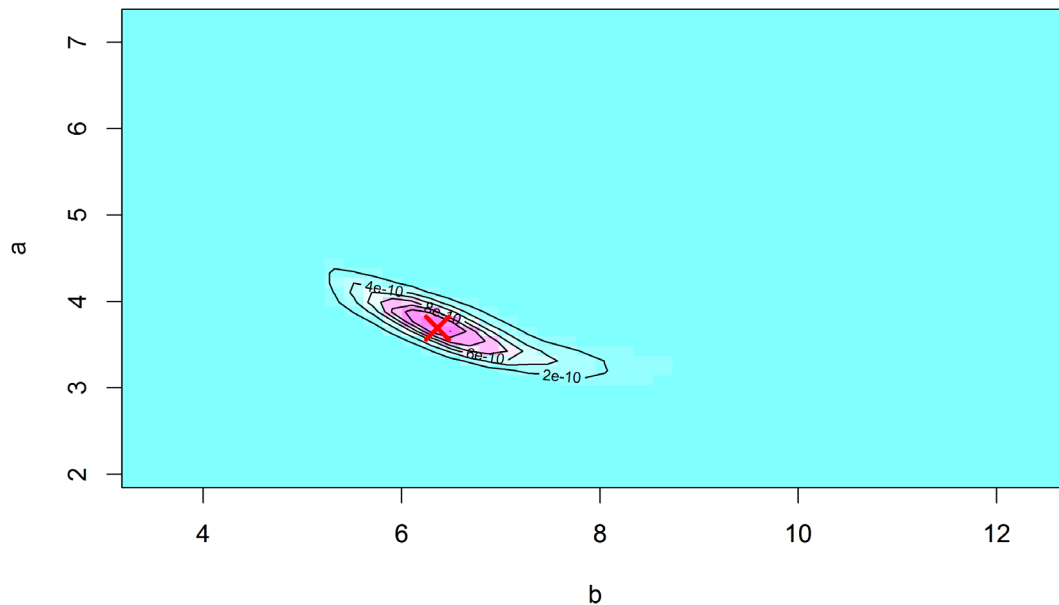
## BH 型の場合



補足図 1-7（続き）． 最小絶対値法により推定した BH 型再生産関係における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。

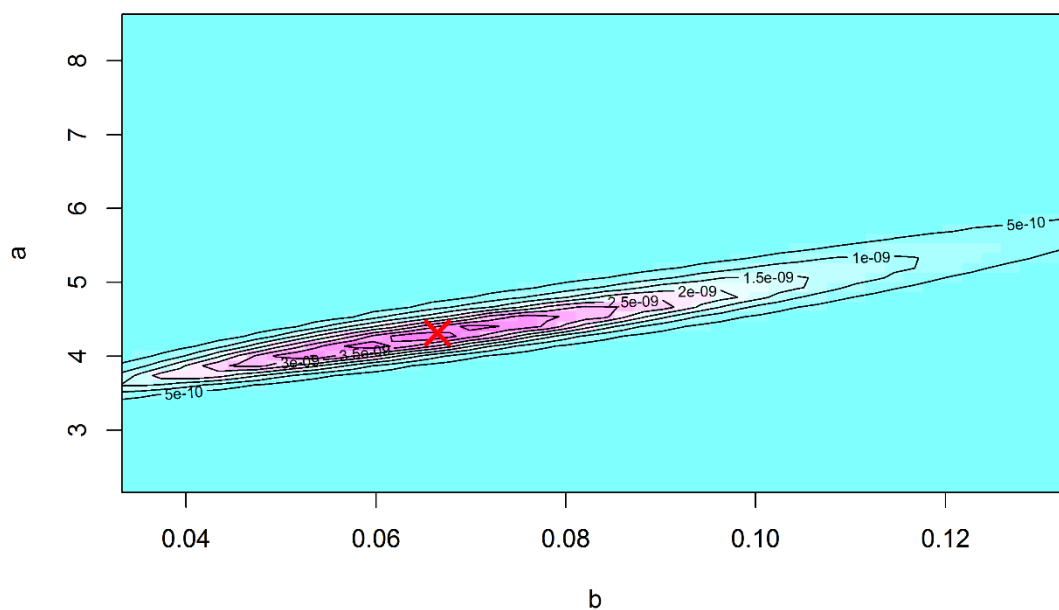
HS 型の場合

**Profile Likelihood**



BH 型の場合

**Profile Likelihood**



補足図 1-8. 最小絶対値法により推定した HS 型および BH 型再生産関係の推定パラメータのプロファイル尤度の  
×印は推定されたパラメータ値における尤度に相当する。

## 補足資料 2 仮定する再生産関係による管理基準値等への影響

## 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、AICc に基づき当てはまりが良いと判断された 3 通りの再生産関係と最適化方法の組み合わせで、それぞれ MSY 管理基準値を推定した。比較対象とした再生産関係と最適化方法の組み合わせは、HS 型再生産関係、RI 型再生産関係、および BH 型再生産関係をそれぞれ最小絶対値法で当てはめた場合である。それぞれの再生産関係と最適化方法に基づき推定された MSY 管理基準値を下表に示す。

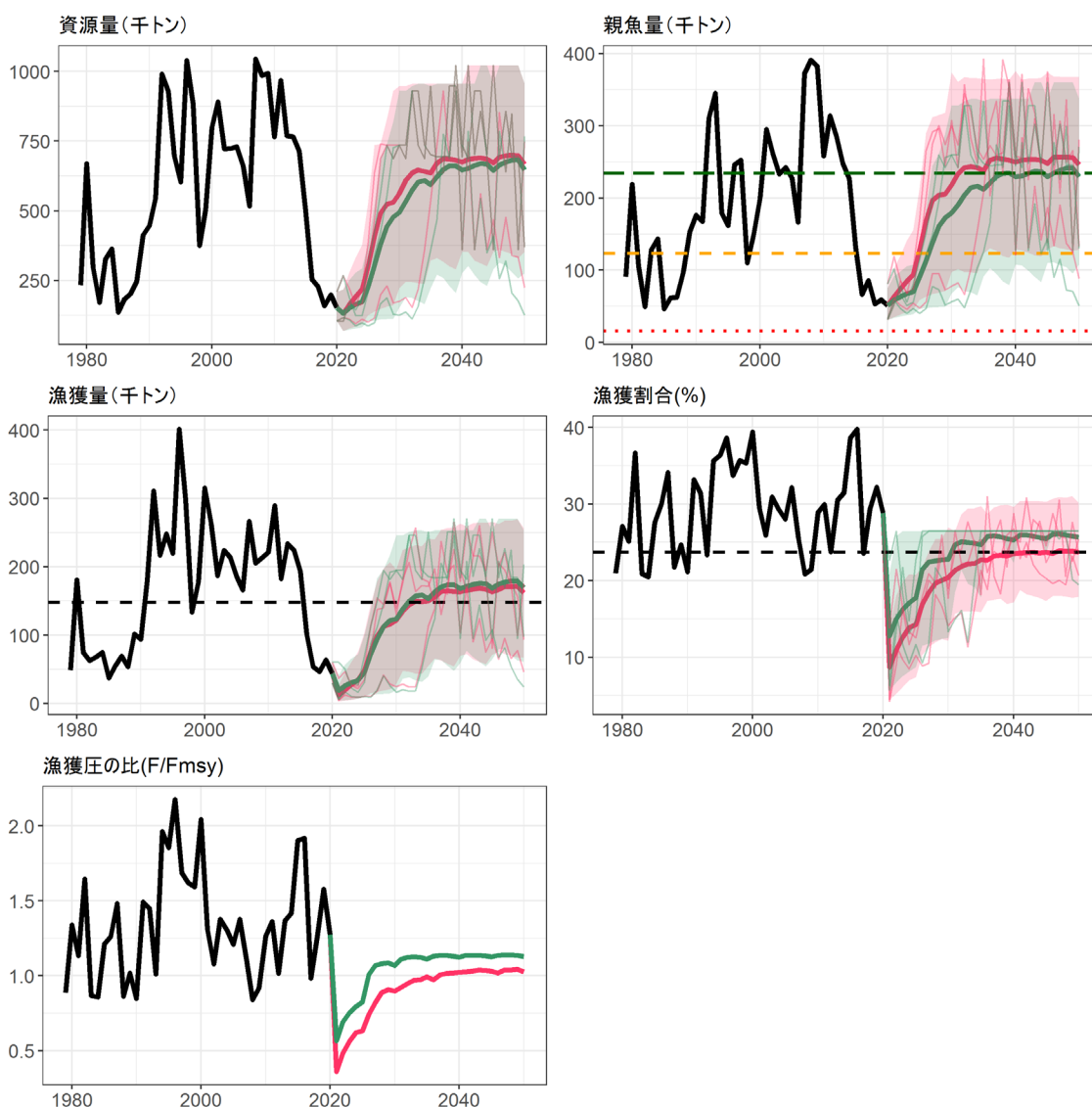
	HS 型（最小絶対値法）	RI 型（最小絶対値法）	BH 型（最小絶対値法）
SBmsy	203,942 t	208,946 t	233,940 t
SB0.85msy	136,198 t	123,606 t	131,946 t
SB0.6msy	85,085 t	72,301 t	74,970 t
SB0.15msy	17,478 t	14,007 t	14,136 t
SB0.1msy	11,240 t	8,957 t	9,018 t
MSY	152,978 t	145,282 t	148,901 t
Umsy	0.265	0.252	0.237
Fmsy/Fcurrent	0.898	0.844	0.785

RI 型と BH 型再生産関係を用いた場合、MSY 管理基準値（SBmsy、SB0.85msy、SB0.6msy、SB0.15msy、SB0.1msy）はほぼ同じような値になる。HS 型を用いた場合、BH 型に比べて SBmsy はやや低い、それ以外の MSY 管理基準値は高い値となる。また、Fcurrent に対する Fmsy の比や Umsy も大きくなり、期待できる MSY は高くなる。

### 補足資料3 再生産関係の仮定が誤っていた場合の感度分析結果

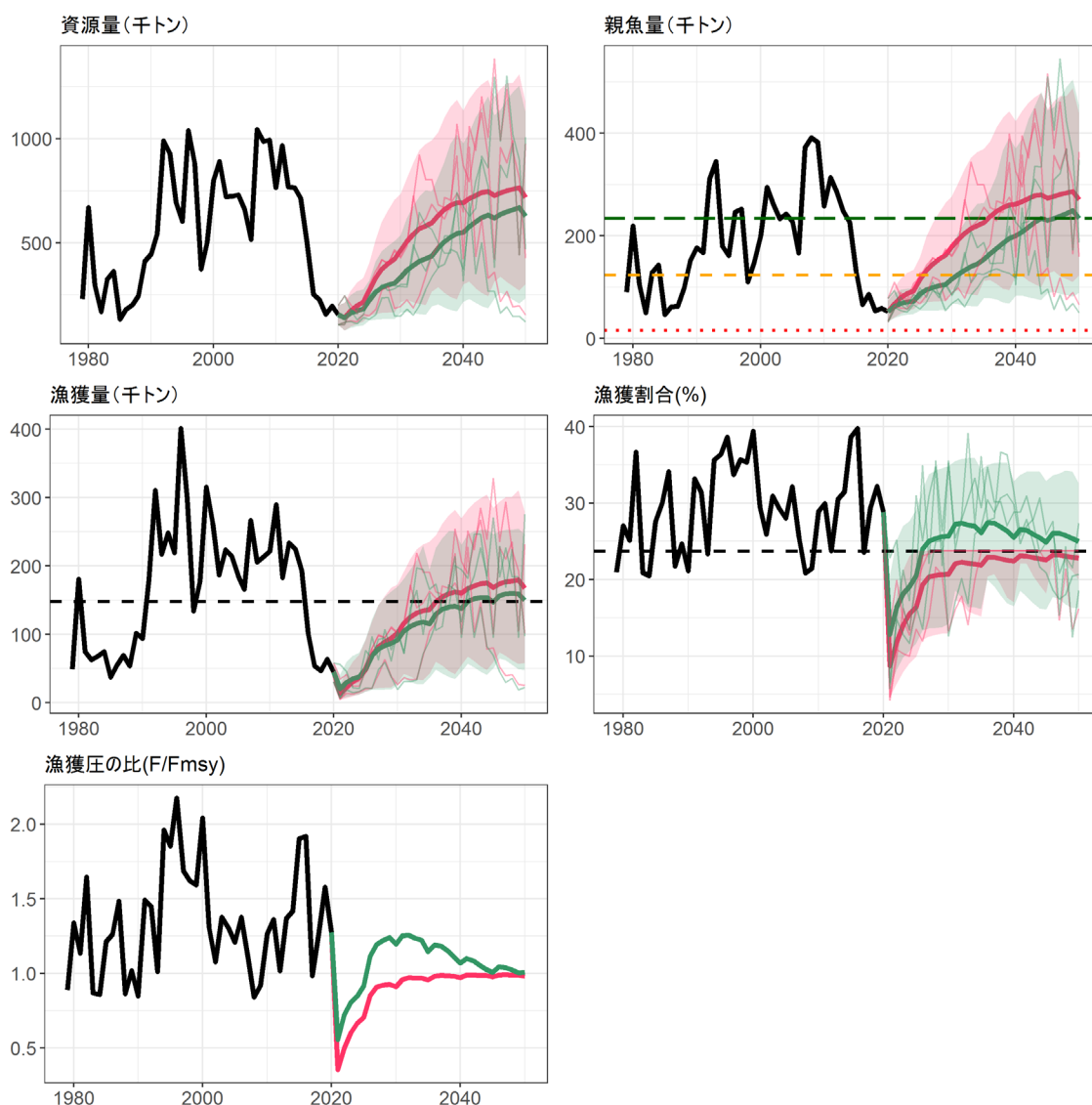
本系群の再生産関係に自己相関を考慮しない最小絶対値法で最適化したベバートン・ホルト型再生産曲線（BH）を仮定したが、同条件のホッカー・スティック型再生産関係（HS）のAICcとの差は明確ではなく（補足表 1-1）、再生産関係の仮定が誤りだった場合に、乱獲や漁獲量損失のリスクについて調べる必要がある。

本系群の再生産関係がHS型あるいはBH型であった場合に、仮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。真の再生産関係のもとでのMSYを得るために、最小絶対値法で最適化したホッカー・スティック型再生産関係（HSL1）を用いた場合に、本報告書で提案する管理基準値の計算方法により管理基準値を定め、それに基づく漁獲管理規則で漁獲した場合のシミュレーションを実施した（補足図3）。将来の加入の仮定には、バックワードリサンプリングによる今後数年間は低加入が継続するという仮定を取った。 $\beta$ が1.0の場合、真の再生産関係がHS型の場合には、管理開始から3年間の漁獲量は正しい再生産関係のHS型を想定した方が高くなった。しかし、4年目以降については、誤った再生産関係を想定したBH型の場合でも漁獲量はほぼ変わらなかった（補足表 3-3）。真の再生産関係がBH型の場合についても、管理開始から3年間の漁獲量はHS型を想定した方が高くなるが、4年目以降については正しくBH型を想定した場合の方が多くなると考えられた（補足表 3-4）。過去最低親魚量を上回る確率を比較すると、真の再生産関係がHS型の場合、正しい再生産関係を想定した場合の方がBH型を想定した場合と比較して、やや減少しており、資源量減少のリスクはBH型を想定した方が抑えられることが示された（補足表 3-1）。真の再生産関係がBH型についても、過去最低親魚量を上回る確率は、正しい再生産関係を想定したBH型の方がやや高くなることが示された（補足表 3-2）。以上のことから、真の再生産関係がHS型であった場合、再生産関係に正しい想定を置いた場合と比較し、誤ってBH型を採用した場合においても、管理開始3年間の漁獲量は下回るものの、損失は平均5千トンで（ $\beta=1$ での比較）あり、4年目以降はほぼ変わらなくなった。さらに、資源量減少のリスクも考慮すると、BH型の再生産関係を想定した管理の方が、資源や漁獲の安定性も確保されやすいと考えられた。また、真の再生産関係がBH型であった場合に、HS型を想定すると、4年目以降の漁獲量に損失が生じる可能性が考えられた。



補足図 3-1. 低加入シナリオの下で、漁獲管理規則案に基づき漁獲した場合の将来予測の  
 平均値（実線）と 80%信頼区間

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、緑）と再生産関係を誤って **BH 型** を想定した場合（BH、赤）の管理効果を示す。漁獲管理規則の管理基準値のうち  $SB_{limit}$ 、 $SB_{ban}$  は本報告書で提案する方法によりそれぞれの再生産関係で求め、HS 型の場合は  $SB_{0.65msy}$ 、 $SB_{0.15msy}$  とした。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄破線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準の提案値を示す。漁獲量の点線は  $MSY$  を、漁獲割合の図の破線は  $U_{msy}$  を示す。漁獲管理規則による漁獲は 2021 年漁期から開始し、2020 年漁期の漁獲量は  $F_{current}$  による漁獲とした。 $\beta$  には 1.0 を用いた。



補足図 3-2. 低加入シナリオの下で、漁獲管理規則案に基づき漁獲した場合の将来予測の  
 平均値（実線）と 80%信頼区間

真の再生産関係が **BH 型** である資源に対し、正しく **BH 型** を想定した場合（**BH**、赤）と誤って **HS 型** の再生産関係を想定した場合（**HS**、緑）の管理効果を示す。漁獲管理規則の管理基準値のうち **SBlimit**、**SBban** は本報告書で提案する方法によりそれぞれの再生産関係で求め、**HS 型** の場合は **SB0.65msy**、**SB0.15msy** とした。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄破線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準の提案値を示す。漁獲量の点線は **MSY** を、漁獲割合の図の破線は **Umsy** を示す。漁獲管理規則による漁獲は 2021 年漁期から開始し、2020 年漁期の漁獲量は **Fcurrent** による漁獲とした。 $\beta$  には 1.0 を用いた。

補足表 3-1. 将来の平均親魚量が過去最低親魚量を上回る確率 (%)

(真の再生産関係が HS 型)

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 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。

(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

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	51	62	69	72	76	89	89	90	90	91	97	97	99	99
0.9	100	51	64	71	76	80	91	92	92	93	94	97	98	99	99
0.8	100	51	66	74	80	84	93	94	95	95	96	98	99	100	100
0.7	100	51	68	77	83	87	95	96	96	97	97	99	99	100	100
0.6	100	51	69	79	85	89	96	97	98	98	99	100	100	100	100
0.5	100	51	71	81	88	92	97	98	98	99	99	100	100	100	100
0.4	100	51	73	83	89	94	98	99	99	99	100	100	100	100	100
0.3	100	51	74	85	91	95	98	99	99	100	100	100	100	100	100
0.2	100	51	75	87	93	96	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	51	76	88	94	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	51	77	89	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) 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

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	51	68	77	83	88	95	96	97	97	98	99	99	100	100
0.9	100	51	69	78	85	89	96	97	98	98	98	100	100	100	100
0.8	100	51	70	80	87	91	97	98	98	99	99	100	100	100	100
0.7	100	51	71	81	88	92	97	98	99	99	99	100	100	100	100
0.6	100	51	72	83	89	93	98	99	99	99	100	100	100	100	100
0.5	100	51	73	84	90	94	98	99	99	100	100	100	100	100	100
0.4	100	51	74	85	91	95	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.3	100	51	75	87	92	96	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	51	76	88	93	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	51	77	89	94	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	51	77	89	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100

補足表 3-2. 将来の平均親魚量が過去最低親魚量を上回る確率 (%)

(真の再生産関係が BH 型)

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 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の管理効果を示す。

(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

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	55	80	90	95	97	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.9	100	55	80	91	95	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	55	81	92	96	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	55	82	93	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	55	82	93	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	55	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	55	84	95	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	55	84	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	55	85	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	55	86	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	55	86	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) 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

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	55	75	83	87	89	95	95	95	96	96	99	98	99	99
0.9	100	55	76	85	90	92	97	97	97	97	97	99	99	100	99
0.8	100	55	78	87	92	95	98	98	98	98	99	100	100	100	99
0.7	100	55	79	90	94	97	99	99	99	99	99	100	100	100	100
0.6	100	55	81	91	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	55	81	92	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	55	82	94	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	55	84	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	55	85	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	55	85	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	55	86	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

補足表 3-3. 将来の平均漁獲量（千トン）の推移

(真の再生産関係が HS 型)

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 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。

(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

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	44	20	26	31	34	46	72	95	112	120	122	137	166	168
0.9	64	44	18	25	31	35	48	74	95	110	115	117	132	156	157
0.8	64	44	16	24	30	35	49	74	94	105	108	112	126	146	146
0.7	64	44	14	22	29	34	49	73	91	99	101	106	118	134	133
0.6	64	44	12	20	27	33	48	70	85	90	92	98	108	119	118
0.5	64	44	10	18	25	31	46	64	76	80	81	87	95	103	102
0.4	64	44	8	15	22	28	41	57	65	67	68	75	80	85	84
0.3	64	44	6	12	18	23	35	46	52	53	54	59	63	66	65
0.2	64	44	4	8	13	17	26	33	36	37	38	42	43	45	44
0.1	64	44	2	4	7	9	14	18	19	19	20	22	22	23	23
0.0	64	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b) 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

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	44	13	21	28	35	48	75	99	113	116	122	135	163	162
0.9	64	44	12	19	27	34	48	74	96	108	111	117	130	155	153
0.8	64	44	11	18	25	33	47	72	92	102	104	111	123	145	143
0.7	64	44	9	16	24	31	45	68	86	95	97	104	114	133	131
0.6	64	44	8	15	22	29	43	64	79	86	88	95	104	120	118
0.5	64	44	7	13	19	26	39	58	71	76	78	84	92	105	103
0.4	64	44	5	11	16	23	34	50	61	64	66	71	78	88	87
0.3	64	44	4	8	13	18	28	40	48	51	52	57	62	69	68
0.2	64	44	3	6	9	13	20	29	34	36	37	40	43	48	48
0.1	64	44	1	3	5	7	11	16	18	19	19	21	23	25	25
0.0	64	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足表 3-4. 将来の平均漁獲量（千トン）の推移

(真の再生産関係が BH 型)

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 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の管理効果を示す。

(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

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	45	13	23	31	37	48	69	82	89	94	102	116	160	168
0.9	64	45	12	21	30	36	48	68	80	88	93	101	115	157	163
0.8	64	45	11	20	28	34	46	65	77	85	91	99	112	151	157
0.7	64	45	10	18	26	33	45	62	74	81	87	95	106	143	147
0.6	64	45	8	16	24	30	42	58	69	76	82	89	99	132	135
0.5	64	45	7	14	21	27	38	53	62	69	74	81	90	117	120
0.4	64	45	6	12	18	24	34	46	54	61	65	71	78	100	102
0.3	64	45	4	9	14	19	28	38	44	49	53	58	63	80	81
0.2	64	45	3	6	10	14	20	27	32	36	38	42	45	57	57
0.1	64	45	1	3	5	8	11	15	17	19	20	22	24	30	30
0.0	64	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b) 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

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	45	20	30	35	38	49	69	78	84	87	92	105	138	150
0.9	64	45	18	28	34	38	50	69	79	85	90	95	107	138	147
0.8	64	45	17	27	33	38	50	69	80	86	91	97	109	134	141
0.7	64	45	15	25	32	37	50	68	79	86	90	96	107	127	131
0.6	64	45	13	22	30	35	49	66	76	82	86	91	101	116	118
0.5	64	45	11	20	27	33	46	62	71	76	78	83	91	102	102
0.4	64	45	9	17	24	29	42	55	63	66	67	72	78	85	85
0.3	64	45	7	13	19	25	36	46	51	53	53	58	62	66	66
0.2	64	45	4	9	14	18	27	34	36	37	38	41	43	46	45
0.1	64	45	2	5	8	10	15	18	19	20	20	22	22	24	23
0.0	64	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

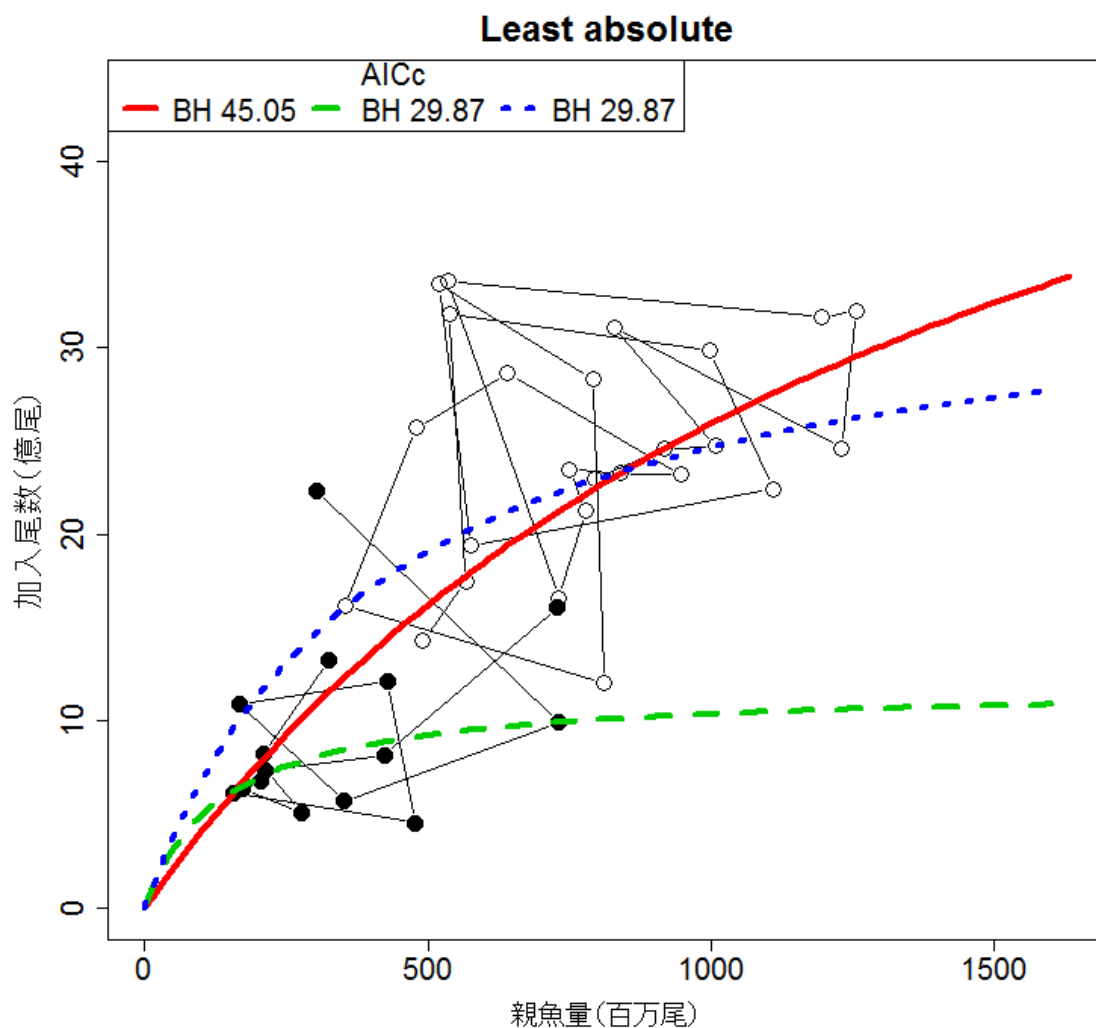
#### 補足資料4 レジーム別に管理基準値を設定した場合の管理効果

本系群では、1989/90年および2014/15年に再生産関係が変化した可能性があり、これは主に海洋環境の変化と関連したものと考えられる。近年は再生産関係の変化により生産力が低い（同じ親魚量でも予測される加入が少ない）状態になっている可能性もあるが、こうした再生産関係の変化を想定して管理方策に反映することが有効か否かについては検討が必要である。ここでは、期間別にデータセットを分け、再生産関係のパラメータを本報告書で提案する最小絶対値法で最適化したベバートン・ホルト（BH）型再生産関係に基づいて推定した（補足図4-1、補足表4-2）。推定した再生産関係から管理基準値を求め、近年は再生産が不適レジームの状態にあると想定して漁獲管理した場合の将来予測を行った（補足図4-2、補足表4-3～4-5）。各管理基準値にはすべて標準値であるSBmsy、SB0.6msy、SB0.1msyを使用した（補足表4-1）。再生産関係が変化し、不適レジーム型再生産関係に従うことを仮定したシナリオ（不適シナリオ）において、正しく不適レジームを想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と、バックワードリサンプリングに基づく今後数年間は低加入の状態が継続することを想定（低加入シナリオ）した漁獲管理規則による漁獲を継続した場合の管理効果を比較した。さらに、実際は低加入シナリオの状態にある資源において、不適レジームを想定した漁獲を継続した場合についても検討した（補足図4-3、補足表4-6）。

不適レジーム型再生産関係に従うと仮定する不適シナリオの場合、正しく不適レジームを想定した漁獲を継続すると、漁獲量は低加入シナリオを想定して漁獲した場合に比較して高くなると考えられた（補足図4-2、補足表4-5）。しかし、維持される親魚量は少なく、過去最低親魚量を上回る確率は低下しており、特に高い $\beta$ の場合、資源を減少させるリスクが増大する可能性が考えられた（補足表4-3、補足表4-4）。

低加入シナリオの場合、誤って不適レジームを想定した管理規則に基づき漁獲を継続すると、管理開始直後に高い漁獲が生じるケースでは、資源を大きく減少させてしまい、その後の資源の回復にも遅れが生じ、漁獲量に損失が起こる可能性が考えられた（補足図4-3、補足表4-6）。これは、不適レジームで算定される限界管理基準および禁漁水準が低いことに加え、高いFmsyが推定されることが要因と考えられる（補足表4-1）。本資源は親魚量が少ない時のデータは多くなく、不適レジームの再生産関係では、親魚量が少ないときの再生産力が過度に高く推定されており（補足図4-1）、高い漁獲圧をかけた時にMSYが得られる関係となっており、Fmsyが高く算定されると思われる。標準値の $\beta = 0.8$ では過去最低親魚量を上回る確率は管理開始後5年目でわずか5%であり（補足表4-6）、不適レジームを想定した漁獲を継続した場合、実際の加入と想定が異なった場合、資源に対し大きなリスクが生じることが考えられた。

以上のことから、レジームにより再生産関係が変化した場合を想定した不適レジーム型の漁獲管理では、想定した加入と実際の加入が異なった場合にリスクがあると考えられた。



補足図 4-1. レジーム別の再生産関係

期間で分けた BH 型の再生産関係式を用い、最小絶対値法 (Least absolute) によりパラメータ推定を行った。青点線は好適レジームと設定した期間 (1990~2014 年漁期) の再生産関係、緑破線は不適レジームと設定した期間 (1980~1989, 2015~2019 年漁期) の再生産関係、赤線は全期間の再生産関係である。図中左上の数値は、補正赤池情報量規準 (AICc) の値である。丸は分析に使用した親魚尾数 (1979~2018 年漁期) ・加入尾数 (1980~2019 年漁期) であり、白丸は好適レジーム、黒丸は不適レジームに相当する。

補足表 4-1. 不適レジームを仮定した場合の漁獲量（千トン）や漁獲圧等

管理基準値	説明	親魚量 (千トン)	SB0に 対する比 ※	漁獲量 (千トン) ※※	漁獲圧 ※※※	漁獲 割合 ※※※※	努力量 の比 ※※※※※
目標管理基準値 (不適レジーム算定値)	SBmsy	49.7	0.33	69.0	0.49	0.38	1.44
限界管理基準値 (不適レジーム算定値)	SB0.60msy	13.9	0.09	41.4	0.53	0.31	2.37
禁漁水準 (不適レジーム算定値)	SB0.10msy	1.6	0.01	6.9	0.24	0.56	2.88
MSY を実現する漁獲圧	Fmsy				0.708		

※漁獲がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）に対する管理基準値案や禁漁水準案の比

※※管理基準値案や禁漁水準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（千トン）

※※※管理基準値案や禁漁水準案に対応する漁獲圧を%SPR に換算した値

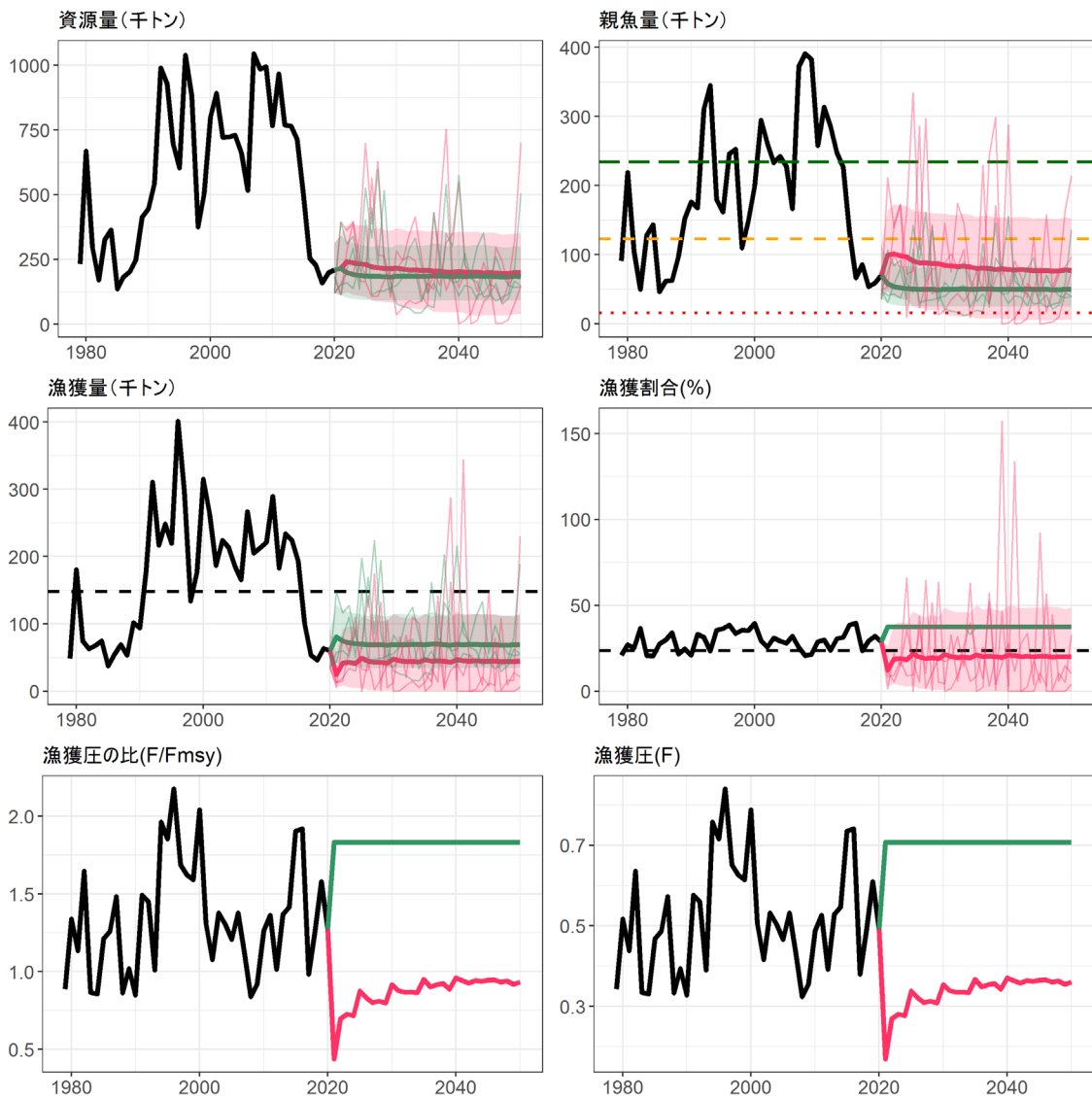
※※※※管理基準値案や禁漁水準案に対応する漁獲割合

※※※※※管理基準値案や禁漁水準案に対応する漁獲圧の現状の漁獲圧に対する比

補足表 4-2. 再生産関係が不適レジームに変化したと仮定した場合に、MSY 管理基準値の算出に使用した再生産関係式のパラメータ推定値

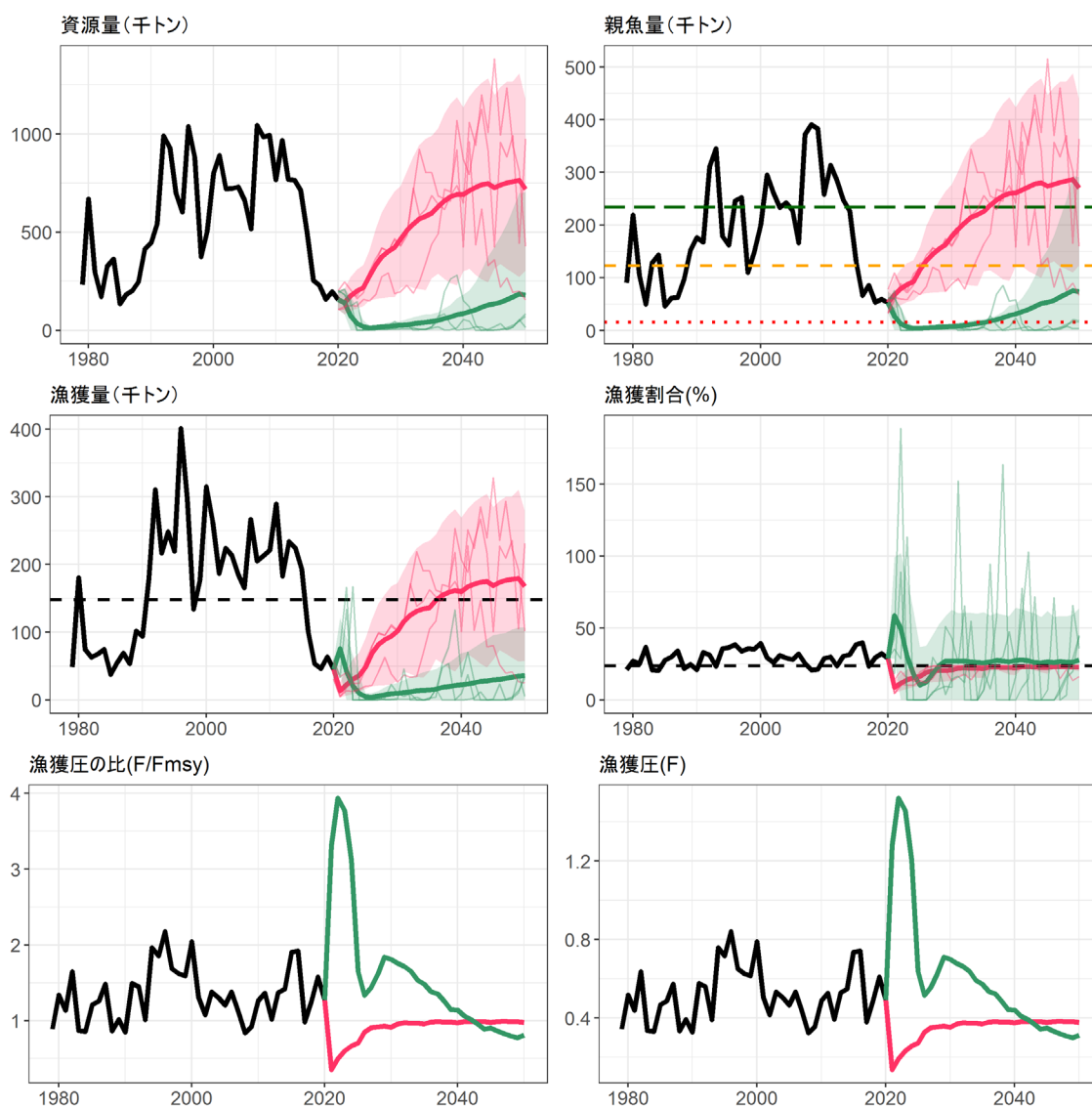
再生産関係式	最適化法	自己 相関	推定法	a	b	S.D.	Rho	AICc
ベバートン・ホルト（BH）	最小 絶対値法	無	二段階	8.297	0.700	0.424	0	29.9

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。



補足図 4-2. 漁獲管理規則による将来予測の平均値（実線）と 80%信頼区間

真の再生産関係が不適レジームの状態にある資源に対し、再生産関係を正しく不適レジームを想定した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合（緑）と再生産関係を誤って低加入の状態を想定した場合（赤）の管理効果を示す。漁獲管理規則の管理基準値  $SB_{target}$ 、 $SB_{limit}$ 、 $SB_{ban}$  にはそれぞれ不適レジームの再生産関係に基づき算定された  $SB_{msy}$ 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$  と  $F_{msy}$  を用いた。親魚量の図の破線はいずれも提案する目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準を示す。漁獲量、漁獲割合の図の破線は提案する  $MSY$  と  $U_{msy}$  を示す。図中の  $F_{msy}$  は提案値の  $F_{msy}$  を示す。漁獲管理規則での漁獲は 2021 年漁期から開始し、2020 年漁期の漁獲量は  $F_{current}$  による漁獲とした。 $\beta$  には 1.0 を用いた。



補足図 4-3. 漁獲管理規則による将来予測の平均値（実線）と 80%信頼区間  
 真の再生産関係がバックワードリサンプリングで仮定する**低加入の状態**にある資源に対し、再生産関係を誤って**不適レジームを想定**した漁獲管理規則による漁獲を継続した場合（緑）と再生産関係を正しく**低加入の状態を想定**した場合（赤）の管理効果を示す。漁獲管理規則の管理基準値  $SB_{target}$ 、 $SB_{limit}$ 、 $SB_{ban}$  にはそれぞれ  $SB_{msy}$ 、 $SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{0.15msy}$  とした。親魚量の図の破線はいずれも提案する目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準を示す。漁獲量、漁獲割合の図の破線は提案する  $MSY$  と  $U_{msy}$  を示す。図中の  $F_{msy}$  は提案値の  $F_{msy}$  を示す。漁獲管理規則での漁獲は 2021 年漁期から開始し、2020 年漁期の漁獲量は  $F_{current}$  による漁獲とした。β には 1.0 を用いた。

補足表 4-3. 将来の平均親魚量（千トン）の推移

真の再生産関係が**不適レジームの状態**にある資源に対し、(a) 再生産関係を正しく**不適レジームを想定**した漁獲管理規則による漁獲を継続した場合と(b) 再生産関係を誤って**低加入の状態**を想定した場合の管理効果を示す。

(a) 再生産関係に不適レジームを想定し、漁獲管理規則により漁獲した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	59	70	58	54	52	51	51	50	50	50	49	50	50	50	50
0.9	59	70	62	60	58	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57
0.8	59	70	67	66	65	65	65	65	65	65	64	65	65	65	65
0.7	59	70	72	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
0.6	59	70	77	80	82	82	82	82	82	82	81	82	82	82	82
0.5	59	70	83	89	91	91	92	91	92	91	91	92	92	92	91
0.4	59	70	89	97	101	101	102	102	102	102	101	102	102	102	102
0.3	59	70	95	107	111	112	113	113	113	113	112	113	113	114	113
0.2	59	70	102	118	123	124	125	125	125	125	124	125	125	125	125
0.1	59	70	110	129	136	137	138	137	138	137	137	138	138	138	137
0.0	59	70	118	142	149	151	152	151	151	151	151	152	152	152	151

(b) 再生産関係に今後数年間は低加入の状態を想定し、漁獲管理規則により漁獲した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	59	70	99	101	98	97	91	88	88	87	87	85	84	79	77
0.9	59	70	101	104	102	101	95	92	92	91	91	89	88	83	82
0.8	59	70	103	108	106	105	99	97	97	96	95	93	92	87	87
0.7	59	70	104	111	110	109	104	102	102	101	101	99	98	93	92
0.6	59	70	106	115	114	114	109	107	107	107	106	104	103	99	98
0.5	59	70	108	118	119	118	115	113	113	113	112	110	110	106	105
0.4	59	70	110	122	124	124	120	119	119	119	118	117	116	113	113
0.3	59	70	112	127	129	129	127	125	126	125	125	124	124	121	121
0.2	59	70	114	131	135	136	134	133	133	133	132	132	132	130	129
0.1	59	70	116	136	142	143	142	141	141	141	141	141	141	140	139
0.0	59	70	118	142	149	151	152	151	151	151	151	152	152	152	151

補足表 4-4. 将来の親魚量が過去に観測された最低親魚量を上回る確率の推移  
 真の再生産関係が**不適レジームの状態**にある資源に対し、(a) 再生産関係を正しく**不適レジームを想定**した漁獲管理規則による漁獲を継続した場合と(b) 再生産関係を誤って**低加入の状態を想定**した場合の管理効果を示す。

(a) 再生産関係に不適レジームを想定し、漁獲管理規則により漁獲した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	75	56	46	42	40	40	39	39	38	39	39	39	39	39
0.9	100	75	64	58	56	53	53	53	53	53	53	53	52	53	53
0.8	100	75	71	69	68	68	68	67	67	67	67	66	67	67	67
0.7	100	75	76	77	77	77	77	77	77	77	77	76	77	77	77
0.6	100	75	80	83	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
0.5	100	75	84	88	90	90	90	90	90	90	90	91	90	90	90
0.4	100	75	88	92	93	94	94	93	93	94	94	94	94	93	94
0.3	100	75	91	95	96	97	97	96	97	97	97	97	97	97	97
0.2	100	75	93	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0.1	100	75	95	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	75	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) 再生産関係に今後数年間は低加入の状態を想定し、漁獲管理規則により漁獲した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	75	89	85	83	82	77	76	75	75	75	72	72	67	67
0.9	100	75	90	87	85	85	80	80	78	78	78	75	75	71	70
0.8	100	75	91	89	88	87	83	82	81	82	81	78	79	74	74
0.7	100	75	92	91	90	89	86	86	85	85	85	82	83	79	79
0.6	100	75	92	92	91	91	89	88	88	88	87	86	86	82	82
0.5	100	75	92	93	92	93	91	90	90	90	90	89	88	86	86
0.4	100	75	93	95	95	95	93	93	93	93	93	92	92	90	90
0.3	100	75	94	97	96	96	95	95	95	95	95	94	94	93	93
0.2	100	75	96	99	99	99	99	98	99	98	98	98	98	97	97
0.1	100	75	97	99	100	100	100	100	100	100	100	99	100	99	99
0.0	100	75	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

補足表 4-5. 将来の平均漁獲量（千トン）の推移

真の再生産関係が不適レジームの状態にある資源に対し、(a) 再生産関係を正しく不適レジームを想定した漁獲管理規則による漁獲を継続した場合と(b) 再生産関係を誤って低加入の状態を想定した場合の管理効果を示す。

(a) 再生産関係に不適レジームを想定し、漁獲管理規則により漁獲した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	60	81	75	72	71	70	69	69	69	69	69	69	70	69
0.9	64	60	75	72	70	69	69	69	69	68	68	69	69	69	68
0.8	64	60	69	68	67	67	67	66	67	66	66	66	67	67	66
0.7	64	60	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
0.6	64	60	55	57	58	58	59	58	59	58	58	59	59	59	58
0.5	64	60	47	51	52	52	53	52	52	52	52	52	53	53	52
0.4	64	60	39	43	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
0.3	64	60	30	34	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
0.2	64	60	21	24	25	25	26	26	26	26	25	26	26	26	26
0.1	64	60	11	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
0.0	64	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b) 再生産関係に今後数年間は低加入の状態を想定し、漁獲管理規則により漁獲した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	60	25	42	43	42	49	45	43	43	42	48	45	47	45
0.9	64	60	23	39	41	40	47	43	42	42	41	46	44	46	43
0.8	64	60	20	36	38	38	45	41	40	40	39	44	42	44	42
0.7	64	60	18	33	36	35	42	39	38	38	38	42	40	42	41
0.6	64	60	16	29	32	32	38	36	35	35	35	39	38	40	38
0.5	64	60	13	26	29	29	34	33	32	32	32	36	34	37	35
0.4	64	60	11	21	24	25	30	28	28	28	28	31	30	32	31
0.3	64	60	8	17	20	20	24	23	23	23	23	26	25	27	26
0.2	64	60	5	12	14	15	17	17	17	17	17	19	18	20	20
0.1	64	60	3	6	7	8	10	9	9	9	9	10	10	11	11
0.0	64	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足表 4-6. 将来の平均親魚量（千トン）等の推移

真の再生産関係がバックワードリサンプリングで仮定する今後数年間は**低加入の状態**にある資源に対し、再生産関係を誤って**不適レジームを想定**した漁獲管理規則による漁獲を継続した場合の、(a) 平均親魚量（千トン）、(b) 親魚量が過去に観測された最低親魚量を上回る確率、(c) 平均漁獲量（千トン）の推移

(a) 平均親魚量（千トン）の推移

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	59	53	27	13	7	4	4	5	6	7	7	8	9	31	73
0.9	59	53	30	16	9	6	6	7	7	9	9	10	12	45	106
0.8	59	53	33	20	12	8	8	9	10	12	13	15	17	69	153
0.7	59	53	37	25	17	12	12	14	16	19	21	24	28	107	217
0.6	59	53	41	31	23	18	20	23	26	32	37	42	49	170	298
0.5	59	53	45	38	33	28	32	39	47	57	68	79	91	261	387
0.4	59	53	50	48	46	44	54	67	84	103	122	143	164	372	469
0.3	59	53	56	60	63	66	87	113	143	174	203	235	266	477	521
0.2	59	53	63	74	85	97	133	176	221	262	296	335	373	541	554
0.1	59	53	70	90	112	133	187	245	299	341	370	412	449	576	582
0.0	59	53	78	108	141	174	243	310	364	400	421	463	496	606	609

(b) 親魚量が過去に観測された最低親魚量を上回る確率

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	100	55	21	8	4	2	1	1	1	1	1	1	1	10	21
0.9	100	55	23	11	5	3	2	2	2	2	2	2	2	15	30
0.8	100	55	26	14	8	4	4	4	3	3	4	4	5	22	41
0.7	100	55	31	18	11	7	7	6	6	7	7	8	9	33	55
0.6	100	55	36	24	17	12	12	12	12	13	14	15	18	48	71
0.5	100	55	41	31	25	20	21	22	24	25	27	30	33	66	85
0.4	100	55	48	42	37	34	37	40	43	45	47	51	54	84	95
0.3	100	55	57	55	54	53	60	64	67	69	71	75	79	96	99
0.2	100	55	67	70	74	76	84	88	90	91	92	95	96	100	100
0.1	100	55	77	86	91	94	98	99	99	99	100	100	100	100	100
0.0	100	55	86	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(c) 平均漁獲量（千トン）の推移

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	45	76	43	21	10	5	4	6	8	9	10	11	23	36
0.9	64	45	70	43	23	12	7	6	7	8	10	11	12	26	43
0.8	64	45	65	43	26	15	9	8	9	10	12	13	14	32	50
0.7	64	45	58	42	28	19	12	11	12	13	15	16	17	38	58
0.6	64	45	52	41	30	22	17	16	16	17	19	20	22	45	64
0.5	64	45	45	38	31	26	21	21	22	23	25	26	29	51	65
0.4	64	45	37	34	31	28	25	27	28	29	31	32	35	52	60
0.3	64	45	29	29	28	27	27	29	31	33	34	35	37	47	49
0.2	64	45	20	21	22	23	23	25	27	28	29	30	31	34	34
0.1	64	45	10	12	13	13	14	15	16	16	17	17	17	18	18
0.0	64	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

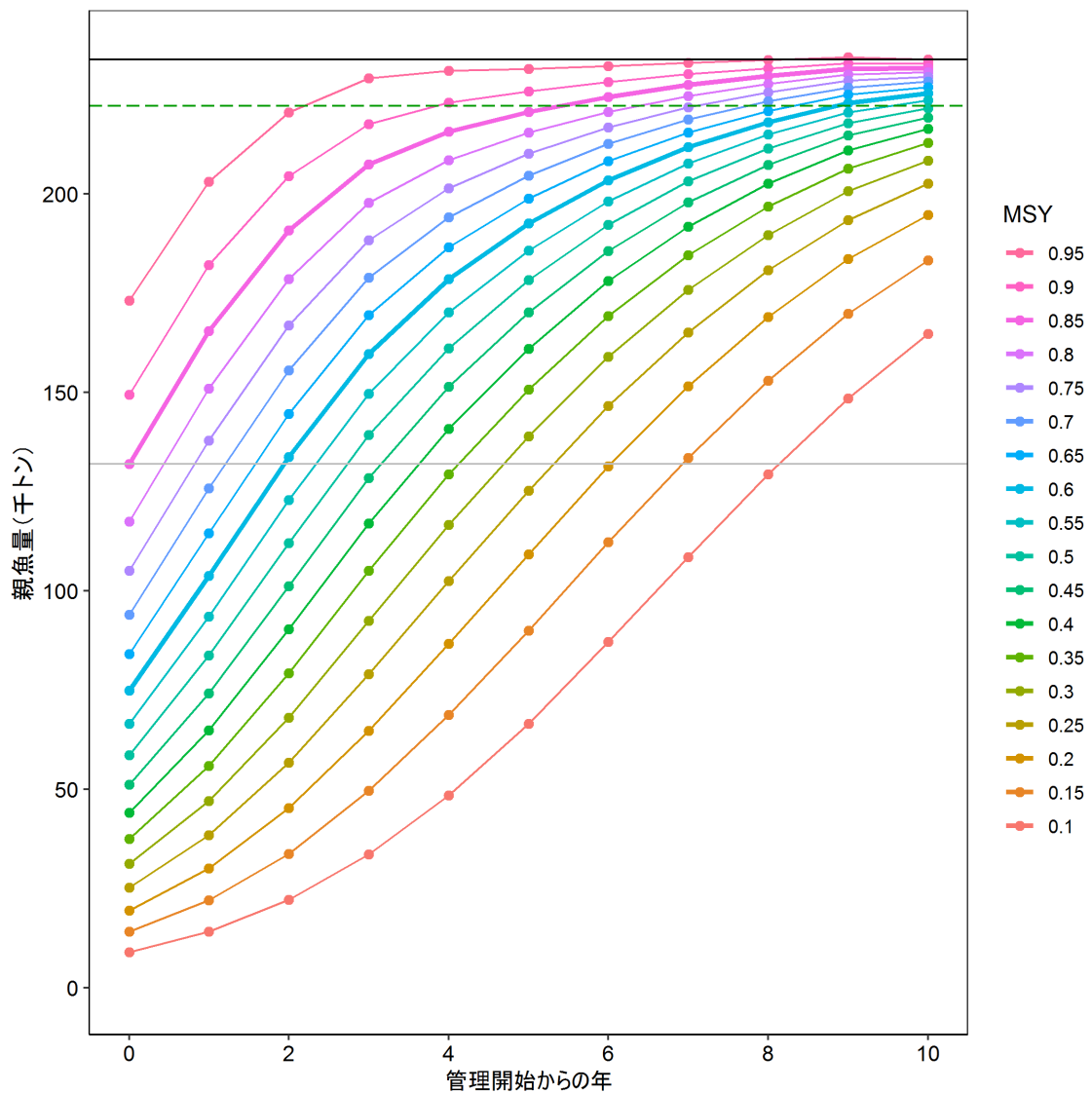
## 補足資料 5 限界管理基準値・禁漁水準に提案値および標準値を採用した場合の将来予測の比較

本資源の再生産関係には1年単位で有意な自己相関が検出されなかったものの（補足図1-2）、再生産関係をモデルに当てはめた時の加入量の残差には、中長期的な周期性のトレンドがある可能性が見受けられ、近年は負に偏る傾向が見られている（補足図1-2左 残差の時系列の平滑化曲線）。本資源は過去にはレジームシフトと同期して大きく資源が変動しており、2015年漁期以降は低い加入が続いていることから、今後数年間は低い加入が継続する将来予測を採用した。こうした再生産の状況下では、漁獲管理のみによって過去に経験した平均的な再生産関係を想定して求めた目標管理基準値案を実現することは困難であると考えられる。一方で、限界管理基準値案を標準的なSB0.6msy（75千トン）とした場合、過去に経験した親魚量の中でも低いレベルに相当し、これまでに資源評価でBlimitとして採用されてきた回復措置の閾値「豊度の高い年級群が発生した場合に、高い加入量が期待できる親魚量の閾値（165千トン）」の認識にそぐわない。そこで、将来の加入が通常の状態に戻った場合に、速やかにMSY水準まで資源が速やかに回復できる親魚量をシミュレーションにより算出し、その値を限界管理基準値として提案した。具体的には、過去の全期間の親子関係から推定される通常の再生産関係のもとで、Fmsyで漁獲を継続した将来予測において、5年目に平均親魚量が目標管理基準値案の概ね95%となる親魚量とした。その結果得られたSB0.85msy（132千トン、MSYの85%の漁獲が得られる親魚量）を限界管理基準値として提案する。これは、これまで用いられてきたBlimitに近い。

シミュレーションに基づくと、限界管理基準値としての標準値であるSB0.60msyを起点とした場合、同条件（Fmsyで漁獲し、通常の再生産関係で加入）により将来予測した場合、5年目の平均親魚量は目標管理基準値案の82%であり、95%を実現するのは9年目である（補足図5-1、補足表5-1、補足表5-2）。このように、標準値では、資源の再生産が好転したときの回復により時間を要するため、資源の生産力を十分に活用できない期間が長くなるといえる。本系群では、再生産が好転した時の回復速度を重視し、SB0.85msyを限界管理基準値として提案する。

禁漁水準（SBban）としては、SB0.15msy：14千トンを用いることを提案する。これは、SB0.1msy、SB0.15msy、SB0.2msy…などの候補の中から、通常の再生産関係の下で、3年間の禁漁により平均親魚量が限界管理基準値案（SB0.85msy）を実現するのに必要な親魚量で（補足図5-2、補足表5-3、補足表5-4）、漁獲管理規則（ $\beta=1.0$ ）による漁獲の下では4年目に限界管理基準値案（SB0.85msy）を実現する親魚量に相当する（補足図5-3、補足表5-5、補足表5-6）。本系群は単年性資源で、加入尾数がそのまま漁期始めの資源尾数となる資源である。また、環境変化の影響を受けやすく、資源量は長期的にも短期的にも変動しやすい。このため、加入量が急激に変化しても資源量もしくは親魚量の変動はある程度緩やかとなる年齢構成のある資源よりも、資源が減少したときのリスクは大きい資源であると考えられる。そのため、回復速度および資源の安定性を考慮し、禁漁水準には標準値よりもやや高いSB0.15msyを提案する。

以上のように、標準値より高い（管理としては厳しい）値を限界管理基準値・禁漁水準として提案している点について、資源の保全という観点では問題はないものの、当面の漁獲量が減少する可能性と、将来の漁獲量や資源量の安定性を犠牲にする可能性がある。このため、現状を起点として管理基準値を標準値と提案値を使用したそれぞれの場合の将来予測を比較した（補足図 5-4、補足表 5-7）。将来予測にあたり、加入の仮定としては、本報告書で使用した手法と同様に、今後数年間は低加入となるバックワードリサンプリングを使用した。安全係数  $\beta$  は 1.0 の場合を示した。 $\beta = 1.0$  の場合、管理開始初年の 2021 年漁期の平均漁獲量は提案値において標準値の場合のおよそ半分に減少するが、2024 年漁期以降は提案値の方が高くなると考えられた（補足表 5-7）。管理基準値の設定による親魚量への影響については、提案値を使用した場合の方が標準値を使用した場合と比べて親魚量は管理開始直後から上回り、最大で 33 千トンの差になることが示された（補足表 5-5）。過去最低親魚量を下回るリスクについて、管理基準値に標準値を使用した場合と比べて提案値を使用した場合では、そのリスクは軽減されることが考えられ、提案値を管理基準値として使用する方が、資源・漁獲の安定に寄与するものと考えられた。



補足図 5-1. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として Fmsy で漁獲を継続した場合に得られる平均親魚量の推移

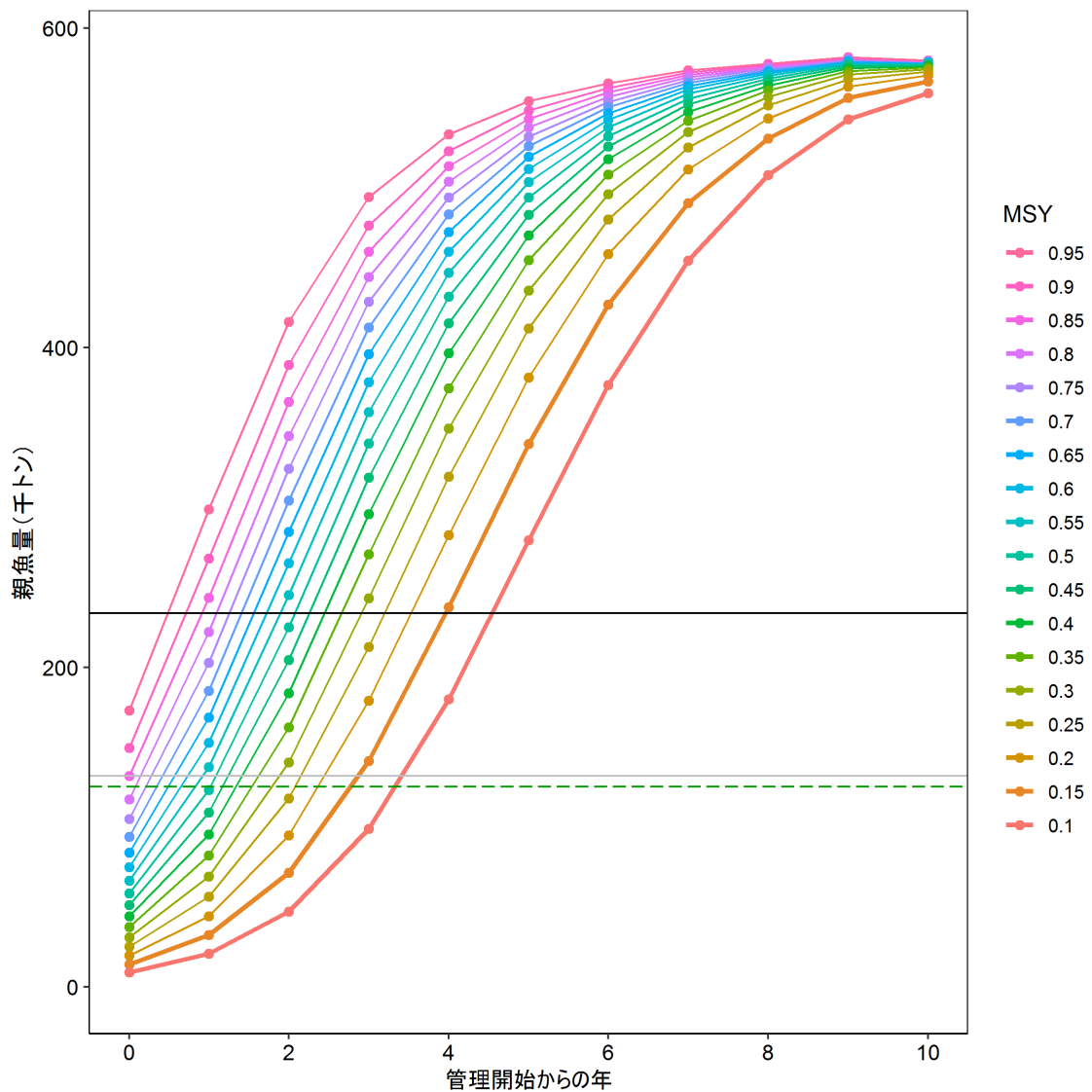
BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。黒実線は SBmsy、細実線は SB0.85msy、緑点線は SBmsy の 95%。管理開始時の親魚量が SB0.85msy および SB0.6msy から始まる平均親魚量の推移を太線とした。

補足表 5-1. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として Fmsy で漁獲を継続した場合に得られる平均親魚量（千トン）の推移  
BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。

MSYに対する比	初期値	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	6年後	7年後	8年後	9年後	10年後
0.95	173	203	221	229	231	232	232	233	234	234	234
0.90	150	182	204	218	223	226	228	230	232	233	233
0.85	132	165	191	207	216	221	224	227	230	232	232
0.80	118	151	179	198	209	215	221	225	228	230	231
0.75	105	138	167	188	201	210	217	222	226	229	230
0.70	94	126	156	179	194	205	213	219	223	227	228
0.65	84	115	145	169	187	199	208	215	221	225	227
0.60	75	104	134	160	179	193	203	212	218	223	225
0.55	67	94	123	150	170	186	198	208	215	221	224
0.50	59	84	112	139	161	178	192	203	211	218	222
0.45	51	74	101	128	151	170	186	198	207	215	219
0.40	44	65	90	117	141	161	178	192	203	211	216
0.35	38	56	79	105	129	151	169	185	197	206	213
0.30	31	47	68	92	117	139	159	176	190	201	208
0.25	25	39	57	79	102	125	147	165	181	193	203
0.20	20	30	45	65	87	109	131	152	169	184	195
0.15	14	22	34	50	69	90	112	134	153	170	183
0.10	9	14	22	34	49	67	87	108	129	148	165

補足表 5-2. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として Fmsy で漁獲を継続した場合に得られる平均親魚量の SBmsy に対する比（%）の推移  
BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。

MSYに対する比	初期値	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	6年後	7年後	8年後	9年後	10年後
0.95	74	87	94	98	99	99	99	100	100	100	100
0.90	64	78	87	93	95	97	98	98	99	100	100
0.85	56	71	82	89	92	94	96	97	98	99	99
0.80	50	65	76	85	89	92	94	96	97	98	99
0.75	45	59	71	81	86	90	93	95	96	98	98
0.70	40	54	67	77	83	88	91	94	96	97	98
0.65	36	49	62	72	80	85	89	92	94	96	97
0.60	32	44	57	68	76	82	87	91	93	95	96
0.55	28	40	53	64	73	79	85	89	92	94	96
0.50	25	36	48	60	69	76	82	87	90	93	95
0.45	22	32	43	55	65	73	79	85	89	92	94
0.40	19	28	39	50	60	69	76	82	87	90	93
0.35	16	24	34	45	55	64	72	79	84	88	91
0.30	13	20	29	40	50	59	68	75	81	86	89
0.25	11	17	24	34	44	54	63	71	77	83	87
0.20	8	13	19	28	37	47	56	65	72	79	83
0.15	6	9	14	21	29	39	48	57	65	73	78
0.10	4	6	10	14	21	29	37	46	55	64	70



補足図 5-2. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として漁獲がない場合に得られる平均親魚量の推移

BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。黒実線は SBmsy、細実線は SB0.85msy、緑破線は SB0.85msy の 95%。管理開始時の親魚量が SB0.1msy および SB0.15msy から始まる平均親魚量の推移を太線とした。

補足表 5-3. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として漁獲がなかった場合に得られる平均親魚量（千トン）の推移

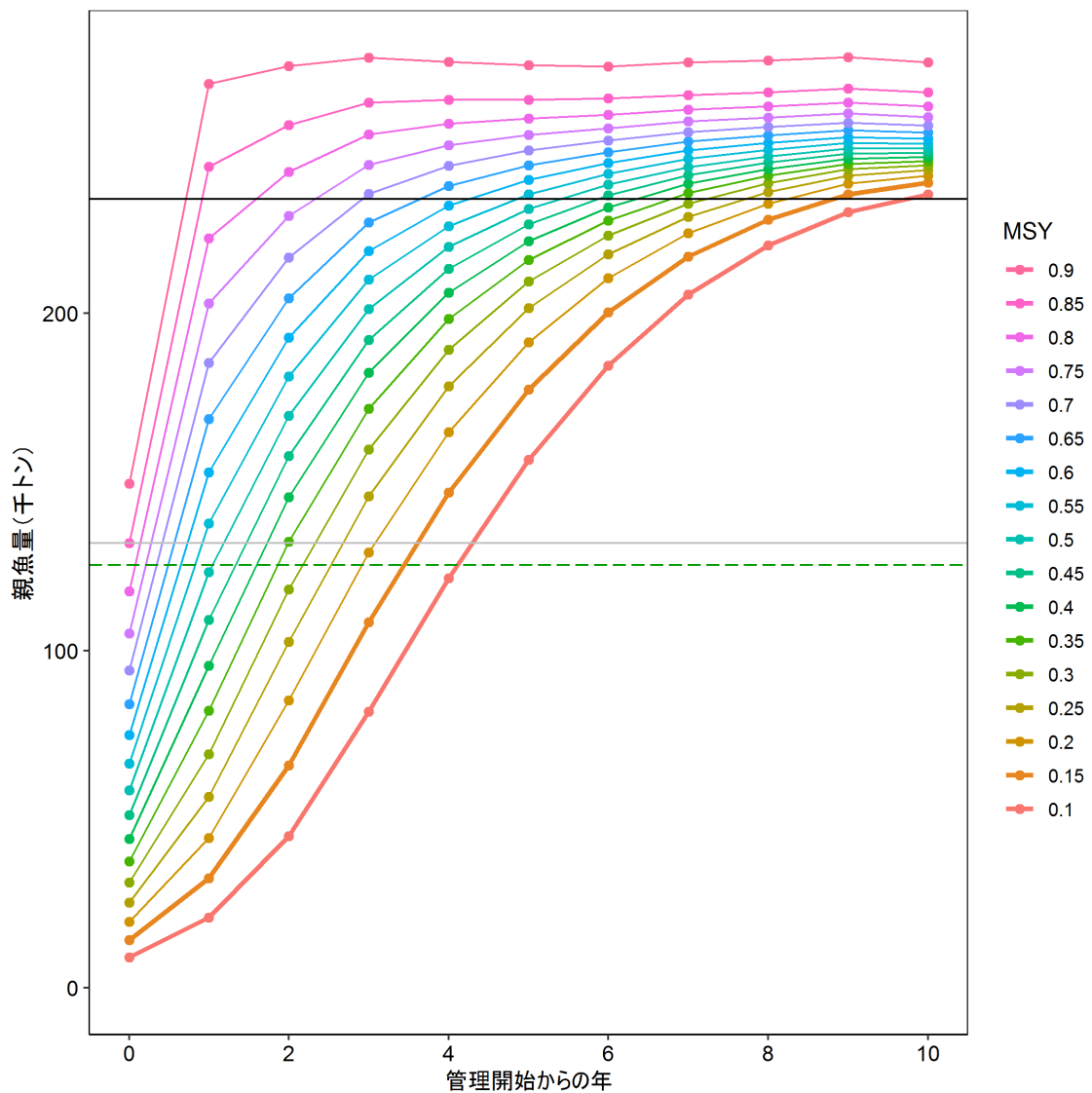
BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。

MSYに対する比	初期値	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	6年後	7年後	8年後	9年後	10年後
0.95	173	299	416	494	533	554	566	574	578	582	580
0.90	150	268	389	476	523	549	563	572	577	581	580
0.85	132	243	366	460	514	543	560	571	576	581	580
0.80	118	222	345	444	504	538	557	569	575	581	579
0.75	105	203	324	429	494	532	554	568	575	580	579
0.70	94	185	305	413	484	526	550	566	574	580	579
0.65	84	169	285	396	472	519	547	564	573	579	579
0.60	75	153	265	378	460	512	543	561	571	579	578
0.55	67	138	245	360	447	504	538	559	570	578	578
0.50	59	123	225	340	432	494	532	556	568	577	577
0.45	51	109	205	319	415	483	526	552	567	576	577
0.40	44	96	184	296	397	470	518	548	564	575	576
0.35	38	82	163	271	375	455	508	542	561	573	575
0.30	31	69	141	243	349	436	496	535	557	571	574
0.25	25	57	118	213	319	412	480	525	552	568	573
0.20	20	44	95	179	283	381	459	512	544	563	570
0.15	14	32	71	141	238	340	427	491	531	556	567
0.10	9	21	47	99	180	280	377	455	508	543	559

補足表 5-4. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として漁獲がなかった場合の平均親魚量の SBlimit（提案値）に対する比（%）の推移

BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。

MSYに対する比	初期値	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	6年後	7年後	8年後	9年後	10年後
0.95	131	227	315	375	404	420	429	435	438	441	439
0.90	113	203	295	361	396	416	426	434	437	441	439
0.85	100	185	278	349	389	412	424	433	437	440	439
0.80	89	168	261	337	382	408	422	431	436	440	439
0.75	80	154	246	325	374	403	420	430	436	440	439
0.70	71	140	231	313	366	399	417	429	435	439	439
0.65	64	128	216	300	358	394	414	427	434	439	438
0.60	57	116	201	287	349	388	411	426	433	439	438
0.55	50	104	186	273	339	382	408	424	432	438	438
0.50	44	93	171	258	327	374	403	421	431	437	438
0.45	39	83	155	242	315	366	398	418	429	437	437
0.40	33	72	139	224	301	356	393	415	428	436	437
0.35	28	62	123	205	284	345	385	411	425	434	436
0.30	24	53	107	184	265	330	376	405	422	433	435
0.25	19	43	90	161	242	312	364	398	418	430	434
0.20	15	34	72	136	214	289	348	388	412	427	432
0.15	11	25	54	107	180	257	324	372	402	422	429
0.10	7	16	36	75	137	212	285	344	385	411	424



補足図 5-3. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として、 $\beta = 1.0$  の漁獲管理規則で漁獲を継続した場合に得られる平均親魚量の推移

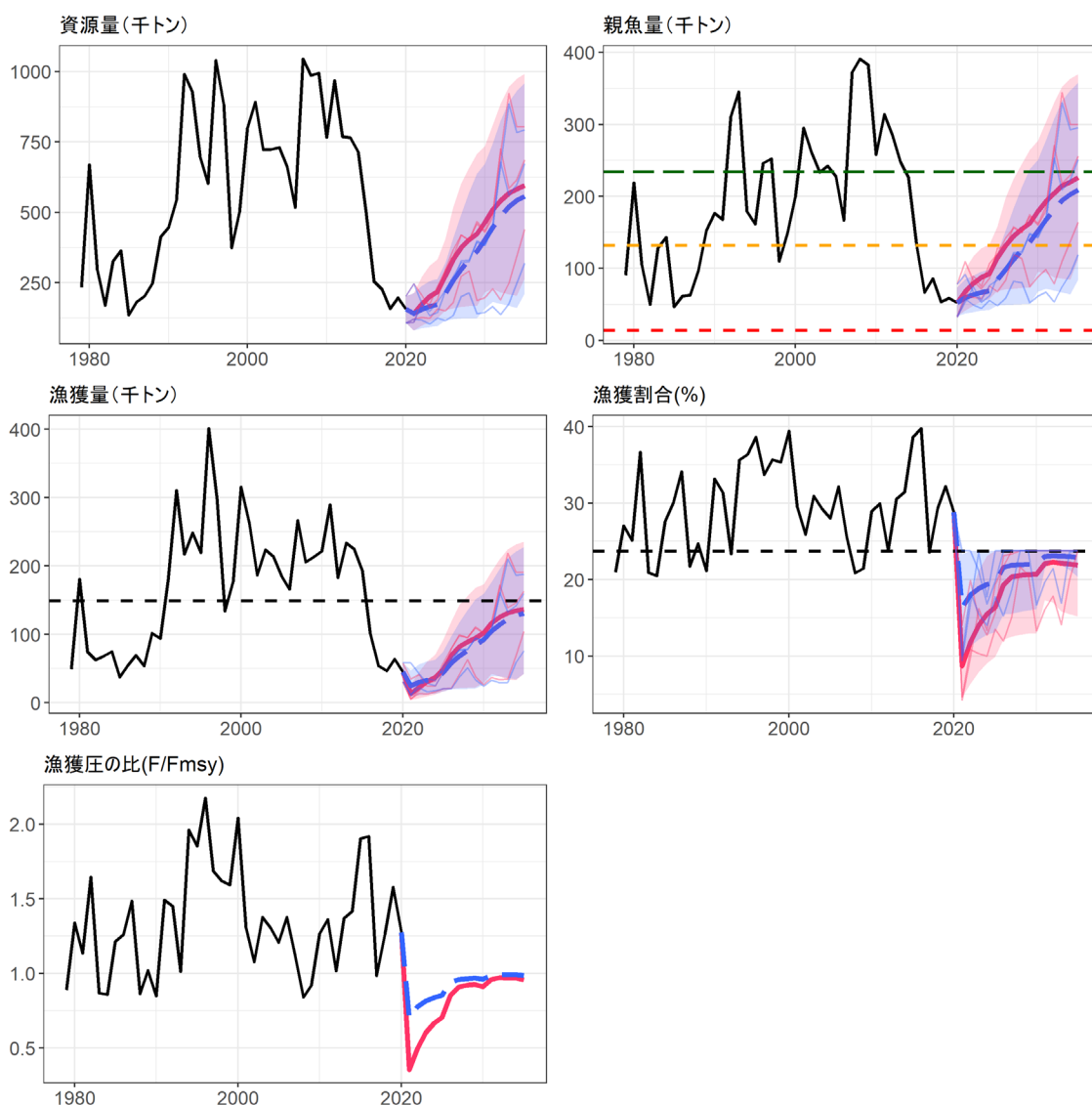
BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。黒実線は SBmsy、細実線は SB0.85msy、緑破線は SB0.85msy の 95%。管理開始時の親魚量が SB0.1msy および SB0.15msy から始まる平均親魚量の推移を太線とした。

補足表 5-5. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として、 $\beta = 1.0$  の漁獲管理規則で漁獲を継続した場合に得られる平均親魚量（千トン）の推移  
BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。

MSYに対する比	初期値	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	6年後	7年後	8年後	9年後	10年後
0.90	150	268	273	276	274	274	273	274	275	276	274
0.85	132	243	256	262	263	263	264	265	265	267	265
0.80	118	222	242	253	256	258	259	260	261	262	261
0.75	105	203	229	244	250	253	255	257	258	259	258
0.70	94	185	216	235	244	248	251	254	255	257	256
0.65	84	169	205	227	238	244	248	251	253	254	254
0.60	75	153	193	218	232	240	245	248	250	252	252
0.55	67	138	181	210	226	235	241	246	248	250	250
0.50	59	123	170	201	220	231	238	243	247	249	249
0.45	51	109	158	192	213	226	235	241	245	247	248
0.40	44	96	145	182	206	221	231	238	243	246	246
0.35	38	82	132	172	198	216	228	236	241	244	245
0.30	31	69	118	160	189	209	223	232	239	243	244
0.25	25	57	103	146	178	201	218	229	236	241	243
0.20	20	44	85	129	165	191	210	224	233	238	241
0.15	14	32	66	108	147	177	200	217	228	235	239
0.10	9	21	45	82	122	157	185	206	220	230	235

補足表 5-6. MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として、 $\beta = 1.0$  の漁獲管理規則で漁獲を継続した場合に得られる平均親魚量の SBlimit（提案値）に対する比（%）の推移  
BH 型再生産曲線に従って将来予測を行った。

MSYに対する比	初期値	1年後	2年後	3年後	4年後	5年後	6年後	7年後	8年後	9年後	10年後
0.90	113	203	207	209	208	207	207	208	208	209	208
0.85	100	185	194	199	200	200	200	201	201	202	201
0.80	89	168	183	192	194	195	196	197	198	199	198
0.75	80	154	174	185	189	192	193	195	196	197	196
0.70	71	140	164	178	185	188	190	192	193	194	194
0.65	64	128	155	172	180	185	188	190	192	193	192
0.60	57	116	146	166	176	182	185	188	190	191	191
0.55	50	104	137	159	171	178	183	186	188	190	190
0.50	44	93	129	153	167	175	181	184	187	189	189
0.45	39	83	120	146	162	172	178	183	185	188	188
0.40	34	72	110	138	156	168	175	181	184	186	187
0.35	29	62	100	130	150	164	173	179	183	185	186
0.30	24	53	90	121	143	159	169	176	181	184	185
0.25	19	43	78	110	135	153	165	173	179	183	184
0.20	15	34	65	98	125	145	159	170	176	181	183
0.15	11	25	50	82	111	135	152	164	173	178	181
0.10	7	16	34	62	92	119	140	156	167	174	178



補足図 5-4. 低加入シナリオの下で、限界管理基準値と禁漁水準として標準値による案（それぞれ SB0.6msy、SB0.1msy、青点線）と提案値（それぞれ SB0.85msy、SB0.15msy、赤線）を使用した漁獲管理規則で漁獲を継続した場合の将来予測

安全係数  $\beta$  には 1.0 を用いた。太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80% が含まれる 80% 信頼区間、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、赤破線は禁漁水準案を示す。漁獲量の図の破線は MSY を、漁獲割合の図の破線は  $U_{msy}$  を示す。

補足表 5-7. 低加入シナリオの下で、管理基準値に**提案値**あるいは**標準値**による案を使用した場合の漁獲管理規則により漁獲した場合の漁獲量と親魚量の将来予測の比較 (Fmsy に乗ずる安全係数  $\beta = 1.0$  とした場合)

漁獲量		$\beta=1.0$													
年		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
<b>管理基準値: 提案値 (SB0.85msy, SB0.15msy)</b>															
平均値		45	13	23	31	37	48	69	82	89	94	102	116	160	168
80%上側		58	26	45	60	70	92	119	143	156	168	173	192	270	279
80%下側		31	4	7	9	12	17	20	21	22	23	29	42	55	58
80%幅		27	22	38	51	58	75	98	121	134	145	144	150	215	221
<b>管理基準値: 標準値 (SB0.6msy, SB0.1msy)</b>															
平均値		45	25	30	33	35	44	58	68	76	84	92	105	158	167
80%上側		58	47	56	61	63	75	97	117	135	151	160	177	266	277
80%下側		31	9	11	12	13	17	20	20	20	21	27	40	58	64
80%幅		27	38	45	49	50	58	77	97	115	130	133	137	209	213
平均漁獲量の比		1.00	0.54	0.76	0.93	1.04	1.09	1.19	1.20	1.17	1.13	1.10	1.11	1.02	1.01
平均漁獲量の差		0	-11	-7	-2	1	4	11	14	13	11	10	12	3	1
<b>親魚量</b>		$\beta=1.0$													
年		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
<b>管理基準値: 提案値 (SB0.85msy, SB0.15msy)</b>															
平均値		53	68	79	87	93	115	132	145	155	163	179	193	261	270
80%上側		74	99	117	128	133	158	198	224	245	264	277	303	424	438
80%下側		34	41	48	54	58	69	71	72	73	73	95	94	122	123
SBmsyを上回る確率(%)		0	0	0	0	0	0	2	7	13	18	20	24	54	57
SBlossを上回る確率(%)		55	80	90	95	97	99	99	99	100	100	100	100	100	100
<b>管理基準値: 標準値 (SB0.6msy, SB0.1msy)</b>															
平均値		53	59	63	66	69	84	99	113	126	137	152	167	250	264
80%上側		74	85	90	95	99	121	153	184	213	237	251	277	418	435
80%下側		34	37	40	41	42	49	49	50	50	51	67	72	99	104
SBmsyを上回る確率(%)		0	0	0	0	0	0	0	2	6	11	14	18	51	55
SBlossを上回る確率(%)		55	68	74	77	80	91	91	91	92	92	97	97	99	99
平均親魚量の比		1.00	1.14	1.25	1.31	1.35	1.36	1.34	1.28	1.23	1.19	1.18	1.15	1.04	1.03
平均親魚量の差		0	8	16	21	24	31	33	32	29	26	27	26	11	7

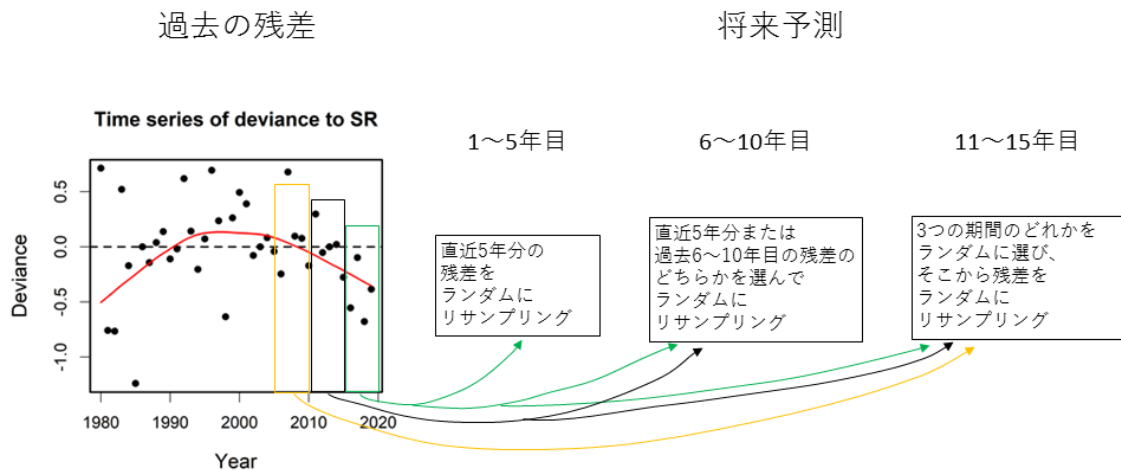
BH型再生産曲線に従ったバックワードリサンプリングに基づく低加入シナリオの将来予測に基づく(補足資料6参照)。平均漁獲量と親魚量の比は、管理基準値を提案値とした場合と標準値とした場合の比。平均漁獲量と平均親魚量の差は、提案値と標準値を用いた場合の間の差を示す。SBlossは過去に観測された最低親魚量。

## 補足資料 6 低加入シナリオを仮定した将来予測手法および実際の再生産が想定する低加入シナリオと異なる場合の将来予測

### 1) 低加入シナリオの設定

本系群の再生産関係として、加入量の予測値に対する観測値の残差が近年では負に偏る傾向が見られたことから、近い将来に低い加入が続くことを想定した低加入シナリオを提案した。加入量の残差は2015年漁期以降低い水準であることから、直近5年の将来予測には2015～2019年漁期の過去5年の加入量の残差をリサンプリングすることとし、低加入が5年続いた後、徐々に加入量が増加することを想定したシナリオを採用した。残差のサンプリング方法は、過去に遡って5年ごとに時代を区切って以下のように実施した（バックワードリサンプリング、補足図6-1）。

- (1) 将来予測の1～5年目（2020～2024年漁期の加入）：最近5年（2015～2019年漁期）の残差から重複を許してリサンプリングする。
- (2) 将来予測の6～10年目（2025～2029年漁期の加入）：最近5年（2015～2019年漁期）の残差、またはさらに過去に遡った5年（2010～2014年漁期）の残差のどちらかをランダムに選び、選んだ方の5年分の残差から重複を許してリサンプリングする。
- (3) 将来予測の11年目（2030年漁期）以降：上記の手順のように5年ずつリサンプリングできる範囲を追加する。



補足図 6-1. バックワードリサンプリングの概念図

### 2) 通常加入を想定した場合の将来予測

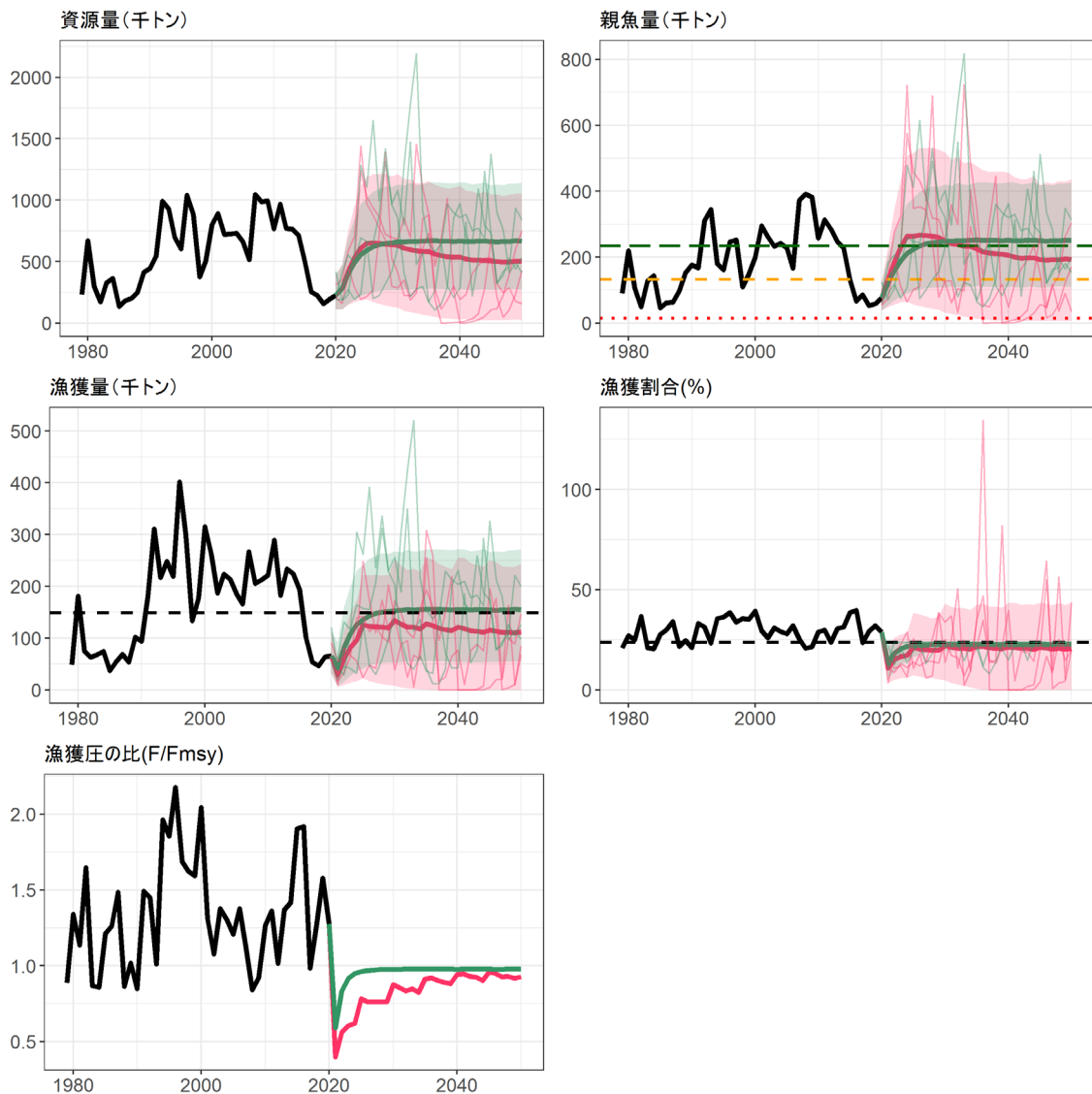
本系群では、前項で示した方法により、今後数年間は低加入が続く場合の将来予測を検討したが、近年の状況通りではなく通常の加入が行われる資源に対し、正しく通常の加入を想定して漁獲を継続した場合と、誤って低加入を想定して漁獲を継続した場合の管理効果について比較した（補足図6-2、補足表6-1～6-2）。

通常の加入が行われる資源に対し、正しく通常加入を想定した場合と比較して、誤って低加入を想定して漁獲管理した場合では漁獲量は減少し平均20千トン程度の漁獲の損失

がみられた（補足表 6-2）。親魚量については、誤って低加入を想定して漁獲管理した場合においても限界管理基準値案以上に維持され（補足図 6-2）、目標管理基準値案を上回る確率に大きな違いは見られなかった（補足表 6-1）。このことから、資源の安定性については、想定の誤りによる大きな問題はないと考えられた。

通常の加入が行われる資源に対して、誤って低加入を想定した漁獲管理を取ると、前述のように漁獲の損失が生じる可能性があり、その場合、漁獲の損失を抑えるため、方針の変更を早期に検討する必要があると考えられた。

なお、今後の資源評価における将来予測の際には、新たな年で得られる加入の残差が将来予測に反映されるよう、5年ずつで区切られた参照年を1年ずつ後の年にシフトしていく予定である。例えば2020年度の資源評価においては、2021～2025年漁期の加入を、2016～2020年漁期の残差から重複を許してリサンプリングすることとなる。このような対処により、再生産に回復の兆しが生じた場合は、それに従ってより良い加入を想定した将来予測に徐々にシフトしていくこととなる。バックワードリサンプリングによる将来予測が実際と明らかに異なる状況が見えた場合は、適宜将来予測の仮定の見直しを図ることを予定している。



補足図 6-2. 漁獲管理規則による将来予測の平均値（実線）と 80%信頼区間  
 通常加入が行われる資源に対して、正しく通常の加入を想定した場合（緑）と今後数年間は低加入を想定した場合（赤）の管理効果を示す。漁獲管理規則の管理基準値  $SB_{target}$ 、 $SB_{limit}$ 、 $SB_{ban}$  はそれぞれ  $SB_{msy}$ 、 $SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{0.15msy}$  とした。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（いずれも提案値）を示す。漁獲量の点線は  $MSY$  を、漁獲割合の図の破線は  $U_{msy}$  を示す。漁獲管理規則での漁獲は 2021 年漁期から開始し、2020 年漁期の漁獲量は  $F_{current}$  による漁獲とした。 $\beta$  には 1.0 を用いた。

補足表 6-1. 将来の平均親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

通常の加入が行われる資源に対して、(a) 正しく**通常加入を想定**して漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と、(b) 誤って今後数年間は**低加入を想定**した漁獲管理規則により漁獲を継続した場合の推移

## a) 通常の加入を想定して漁獲管理した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	0	5	16	26	34	38	42	44	45	46	47	47	48	47
0.9	0	0	6	18	30	40	45	49	52	53	54	56	55	56	56
0.8	0	0	7	21	35	46	53	56	59	61	62	63	63	63	64
0.7	0	0	7	24	40	53	59	63	66	67	68	69	69	70	70
0.6	0	0	8	27	46	59	65	69	72	73	74	74	74	75	75
0.5	0	0	9	30	51	64	70	74	77	78	78	79	79	79	80
0.4	0	0	10	34	57	69	75	78	81	82	82	83	83	84	84
0.3	0	0	11	38	61	73	79	82	85	86	86	86	87	87	87
0.2	0	0	12	42	65	77	82	86	88	89	89	89	90	90	90
0.1	0	0	13	45	69	80	85	89	91	91	92	92	92	92	92
0.0	0	0	15	49	72	83	88	91	93	93	94	94	94	94	94

## b) 低加入を想定して漁獲管理した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	0	0	9	26	39	48	48	48	48	48	47	44	42	34	31
0.9	0	0	10	27	42	52	53	53	53	53	53	50	48	40	37
0.8	0	0	10	29	45	56	57	58	58	58	58	56	55	47	43
0.7	0	0	11	31	49	59	61	63	63	63	64	62	61	54	51
0.6	0	0	11	33	52	63	66	67	68	69	69	68	67	61	60
0.5	0	0	11	36	56	66	69	71	73	73	74	72	72	68	67
0.4	0	0	12	38	60	70	73	76	78	78	78	77	77	74	73
0.3	0	0	13	40	63	74	77	80	82	82	82	82	82	80	80
0.2	0	0	13	43	66	77	81	84	86	87	86	87	87	86	86
0.1	0	0	14	46	69	80	85	88	90	90	91	91	91	90	90
0.0	0	0	15	49	72	83	88	91	93	93	94	94	94	94	94

補足表 6-2. 将来の平均漁獲量の推移

通常の加入が行われる資源に対して、(a) 正しく**通常加入を想定**して漁獲管理規則により漁獲を継続した場合と、(b) 誤って**低加入の状態を想定**した漁獲管理規則による漁獲を継続した場合の平均漁獲量の推移

## a) 通常の加入を想定して漁獲管理した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	66	42	82	109	127	136	143	148	151	152	153	154	156	155
0.9	64	66	38	77	103	122	132	139	144	147	148	150	150	152	152
0.8	64	66	34	71	97	116	126	134	139	141	143	145	145	147	146
0.7	64	66	30	65	90	108	118	126	131	133	135	137	137	138	138
0.6	64	66	26	58	81	99	108	116	121	123	124	126	126	128	127
0.5	64	66	22	50	72	88	97	104	108	110	111	113	113	114	114
0.4	64	66	18	42	60	75	83	89	92	94	95	96	96	97	97
0.3	64	66	14	33	48	59	66	71	74	75	76	77	77	78	77
0.2	64	66	9	23	34	42	47	50	52	53	54	54	54	55	55
0.1	64	66	5	12	18	22	25	27	28	28	29	29	29	29	29
0.0	64	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## b) 低加入を想定して漁獲管理した場合

$\beta$	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2040	2050
1.0	64	66	29	60	82	96	126	123	123	122	120	135	127	121	112
0.9	64	66	27	56	77	91	120	119	119	119	119	133	127	122	113
0.8	64	66	24	52	72	85	113	113	115	115	115	129	124	122	114
0.7	64	66	21	47	66	79	105	106	108	109	109	123	119	120	112
0.6	64	66	19	41	59	71	96	97	100	101	101	114	111	115	109
0.5	64	66	16	36	51	63	84	87	89	91	91	102	100	105	101
0.4	64	66	13	30	43	53	71	74	76	78	78	88	86	92	90
0.3	64	66	10	23	34	42	57	59	61	62	63	71	70	75	74
0.2	64	66	7	16	24	29	40	42	43	44	45	50	50	54	53
0.1	64	66	3	8	12	16	21	22	23	24	24	27	26	29	29
0.0	64	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0