

スルメイカ冬季発生系群における 最新の状況を踏まえた管理目標等の検討

水産研究・教育機構 水産資源研究所
岡本 俊、宮原寿恵

要 約

令和6年8月6日に開催された第4回資源管理方針に関する検討会(スルメイカ全系群)(以下、第4回SH会合とする)での議論を経て、本系群に関して水産庁より依頼された“令和5年度資源評価をベースとした再生産関係式、管理基準値等、将来予測の試算”について対応した。本依頼の中には、本系群の近年の低加入状況も考慮した試算も含まれている。

令和5年度資源評価結果に基づき、全期間のデータを用いた場合、および低加入期のみのデータを用いた場合の再生産関係をそれぞれ推定した。再生産関係から得られる残差、および加入量の水準が大きく変化した年を検出した結果に加えて、過去の知見も踏まえて、本系群の低加入期は解析期間中の1989年漁期まで、および2015年漁期以降であると仮定した。

全期間のデータを用いた場合、目標管理基準値は25.9万トン、限界管理基準値は14.7万トン、禁漁水準は1.6万トンと算定された。低加入期のみのデータを用いた場合、目標管理基準値は全期間のデータを用いた場合と比べて約1/5倍の4.9万トン、限界管理基準値は1.8万トン、禁漁水準は0.2万トンと算定された。

将来予測では、全期間のデータから求められた再生産関係、管理基準値等を用いて、今後は再生産関係における平均的な加入が発生することを想定した場合と、近い将来まで近年の悪い加入状況が続くと想定した場合について計算を行った。前者の結果、管理開始から5年後および10年後に親魚量がそれぞれ、限界管理基準値および目標管理基準値を上回る確率が50%以上となる最大の調整係数 β は0.60であり、その場合の翌年漁期の漁獲量は0.5万トンと算定された。後者の結果、同様の条件を満たす最大の β は0.10であり、その場合の翌年漁期の漁獲量は0.1万トンと算定された。また、低加入期のみのデータから求められた再生産関係、管理基準値等を用いて、今後は再生産関係における平均的な加入が発生することを想定した場合についても計算を行った結果、上記同様の条件を満たす最大の β は0.55で、その場合の翌年漁期の漁獲量は4.0万トンと算定された。全期間のデータを使用した場合よりも平均漁獲量が8~40倍大きい理由は、低加入期のみのデータから算定された管理基準値の方が小さい(管理目標が低い)ことにあり、5年後および10年後の平均親魚量は全期間のデータを使用した場合の結果と比べて約1/5~1/2倍であった。

はじめに

本資料では、水産庁からの依頼を受けて以下の事項に対応した。

1. 令和5年度評価をベースとした、以下①から③の3パターンに関する試算
 - ① 資源評価に利用可能な全期間のデータを使用して推定した再生産関係に基づいて管理基準値等（目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準）を算定し、この管理基準値等に基づく漁獲管理規則により将来予測を行う。なお、将来予測における加入量推定値は、全期間のデータを使用して推定した再生産関係に基づくものとする。
 - ② 管理基準値等の算定方法は①と同様とした上で、将来予測における加入推定値には、令和5年度評価で用いたバックワードリサンプリングを使用する。
 - ③ 過去の親魚量と加入量の関係から「低加入期」を推定した上で、当該低加入期のみのデータを用いて推定した再生産関係から管理基準値等を算定し、この管理基準値等に基づく漁獲管理規則により将来予測を行う。なお、将来予測における加入量推定値は、上記の低加入期の再生産関係に基づくものとする。
2. 1で行うそれぞれの将来予測において、5年後及び10年後にそれぞれ、限界管理基準値及び目標管理基準値を上回る確率（※ β は0.05刻み）の試算

再生産関係の推定については1節（p.3～4）、管理基準値等の算定については2節（p.4～5）、漁獲管理規則と将来予測については3節（p.5～7）に検討内容および結果を示す。

※本資料で示す再生産関係式および管理基準値等は上記依頼事項に基づいて試算された結果であり、今後の資源評価および資源管理における再生産関係式および管理基準値等を提案するものではないことに注意されたい。

1. 令和5年度資源評価結果に基づく再生産関係の推定

管理基準値（目標管理基準値、限界管理基準値）および禁漁水準の算出および将来予測計算に使用する再生産関係を推定するにあたって、本系群ではこれまで、資源評価を実施している1979年以降の全期間のデータを使用してきた。しかしながら、本系群の新規加入量は2015年以降、過去平均的な再生産関係よりも低い傾向にあるため、今後も同様の傾向が継続することを想定し、使用データを低加入期のみ限定した場合の再生産関係の推定も求められている。水産庁からの依頼に基づき、初めに1-(1)では最新の令和5年度資源評価の全期間データを用いて再生産関係を推定した。次に1-(2)で、上記の再生産関係から得られる残差、および加入量を用いて水準が大きく変化した年を検出し、低加入期のみデータを抽出した上で再生産関係を推定した。なお、再生産関係として、ホッケー・スティック (HS) 型、リッカー (RI) 型、およびベバートン・ホルト (BH) 型を仮定した場合について検討した。最適化方法として、最小二乗法および最小絶対値法を候補とした。また、加入量の残差への自己相関の考慮の有無でモデルを比較した。自己相関パラメータを推定する際は、残差に対して自己相関係数を推定する方法（2段階推定）を用いた。モデル選択には補正赤池情報量規準 (AICc) を用いた。

(1) 全期間のデータを用いた場合の再生産関係の推定

令和5年度資源評価結果の1979～2022年漁期のデータを用いて再生産関係を検討した（2023年漁期の数値は予測値であるため使用しない）。再生産関係の各候補モデルとAICcを表1aに示す。補正赤池情報量規準 (AICc) を比較すると、BH型およびRI型を当てはめた場合に最も小さかった。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小さくなった。自己相関については、いずれの方法においても残差の自己相関係数が有意でなかったため、本系群の再生産関係式では反映させないこととした。なお、RI型は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が、スルメイカで同年級群の個体間での共食いが想定されたとしても、それによって稚幼魚期の個体群密度が低い方が漁獲資源への加入量が多くなるような状況は生物学的に考え難いため、候補から除外した。

上述の通り、本資料における再生産関係としては、「再生産関係の決定に関するガイドライン (FRA-SA2024-ABCWG02-03)」のa (予測力) およびb (生物学的妥当性) の基準に従い、現在採用されている再生産関係式と同じ「自己相関を考慮せずに最小絶対値法で最適化したBH型再生産関係式」を最終候補として採用する (図1)。この再生産関係式のパラメータ推定値を表1bに示した。

(2) 低加入期のみデータを用いた場合の再生産関係の推定

1-(1)で選択された再生産関係から得られる残差、および加入量を用いて、レジームシフトを検出するために開発された手法である Sequential T-test Analysis of Regime Shifts (STARS, Rodionov 2004) を適用し、それぞれの水準が大きく変化した年を検出した (図2、3)。残差を使用した場合、1992年漁期と2015年漁期に大きなRSI (Regime Shift Index) が観察された (図2下図)。一方、加入量を使用した場合、1990年漁期と2015年漁期に大きなRSIが観察された (図3下図)。再生産関係の残差では1991漁期年まで、そして2015年以降で負

の傾向があること（図2上図）、一方加入量は1989年漁期まで、そして2015年漁期以降で低い水準であること（図3上図）を考慮すると、1991年漁期もしくは1989年漁期まで、および2015年漁期以降が本系群の低加入期であると仮定できる。1989年以降に東シナ海やその周辺海域で再生産可能海域が拡大したことや（Sakurai et al. 2000）、1988/1989年のレジームシフトによって北西太平洋では寒冷期から温暖期に移行した（Yasunaka and Hanawa 2002、Overland et al. 2008）といった過去の知見、および加入量の年推移（図3上図）から総合的に判断すると、1991年漁期までが低加入期であったと仮定するのはやや長いと考えられるため、本資料では加入量の分析から得られた結果を踏まえて、1989年漁期までが低加入期であったと仮定した。また、その後、2015年漁期以降に再び低加入期に移行したと仮定した。

低加入期（1980～1989年漁期および2015～2022年漁期）のデータを用いて再生産関係を検討した。再生産関係の各候補モデルとAICcを表2aに示す。補正赤池情報量規準（AICc）は、BH型を当てはめた場合に最も小さかった。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小さくなった。自己相関については、いずれの方法においても残差の自己相関係数が有意でなかったため、本系群の再生産関係式では反映させないこととした。したがって、低加入期における再生産関係としては、1-(1)と同じ「自己相関を考慮せずに最小絶対値法で最適化したBH型再生産関係式」を最終候補として採用する（図1）。この再生産関係式のパラメータ推定値を表2bに示した。全期間のデータを使用した場合の結果と比べて、親魚量が約5万トン以上の時に期待される加入量が相対的に小さくなり、その差は次第に大きくなっていった（図1、4）。

2. 管理基準値と禁漁水準

最大持続生産量（MSY）に対応する管理基準値等の算出、および将来予測は、「令和6（2024）年度 漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針（FRA-SA2024-ABCWG02-01）」の1系資源の管理規則に従い、1節で最終候補とした再生産関係と、令和5年度の資源評価における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）。本系群では、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、その際の平均漁獲量が最大化される漁獲圧（F値、あるいは漁獲係数）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。

(1) 全期間のデータから推定された再生産関係に基づく算定結果

管理基準値等の定義や算出過程は従来（加賀ほか2020）どおりとし、目標管理基準値についてはMSYを実現する親魚量（ SB_{msy} ）と定義した。限界管理基準値は、推定された再生産関係に基づく加入量が得られる状況下にて F_{msy} で漁獲を継続した場合に、管理開始から5年後に SB_{msy} の概ね95%に相当する平均親魚量を実現するために、管理開始直前に必要な親魚量と定義した。禁漁水準の定義は、推定された再生産関係に基づく加入量が得られる状況下にて、3年間禁漁した後の平均親魚量が限界管理基準値の概ね95%に達するために、その禁漁直前に必要な親魚量とした。図1の再生産関係に基づく、目標管理基準値は25.8万トン、限界管理基準値はMSYの85%の漁獲が得られる親魚量（ $SB_{0.85msy}$ ）である14.7万トン（図5）、禁漁水準はMSYの15%の漁獲が得られる親魚量（ $SB_{0.15msy}$ ）である

1.6 万トンと算定された（図 6）。以上の管理基準値等と、2019 年度の資源評価結果に基づいて決定された現在適用中の管理基準値等との比較を表 4 にまとめた。

また、様々に F 値を変えた場合の平衡状態における親魚量、およびこれに対する漁獲量の平均値を図 7 に示し、目標管理基準値である SB_{msy} と、その達成に向けた漁獲圧 F_{msy} を基準にした神戸プロットを図 8 に示す。2022 年漁期の漁獲圧は F_{msy} を下回る。同年漁期の親魚量（5.6 万トン）は禁漁水準を上回るものの、限界管理基準値は下回る。2023 年漁期の予測親魚量（4.1 万トン）も同様に、禁漁水準を上回るものの、限界管理基準値は下回る。

(2) 低加入期みのデータから推定された再生産関係に基づく算定結果

2-(1)と同じ定義を使用して管理基準値等を算定した。図 4 の再生産関係に基づく、目標管理基準値は 4.9 万トン、限界管理基準値は MSY の 70%の漁獲が得られる親魚量（SB_{0.70msy}）である 1.8 万トン（図 9）、禁漁水準は MSY の 10%の漁獲が得られる親魚量（SB_{0.10msy}）である 0.2 万トンと算定された（図 10）。目標管理基準値は、全期間のデータを用いた場合と比べて約 1/5 の大きさになる。以上の管理基準値等と、2019 年度の資源評価結果に基づいて決定された現在適用中の管理基準値等との比較を表 4 にまとめた。

また、様々に F 値を変えた場合の平衡状態における親魚量、およびこれに対する漁獲量の平均値を図 11 に示し、目標管理基準値である SB_{msy} と、その達成に向けた漁獲圧 F_{msy} を基準にした神戸プロットを図 12 に示す。2022 年漁期の漁獲圧は F_{msy} を下回り、同年漁期の親魚量は目標管理基準値を上回ることになる。2023 年漁期の予測親魚量は目標管理基準値を下回るが、限界管理基準値は上回る。なお、本項の結果に基づく、本資源は過去一度も限界管理基準値を下回っていないことになる。

3. 漁獲管理規則と将来予測

本資料で提示する漁獲管理規則は「令和 6（2024）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2024-ABCWG02-01）」の 1 系資源の管理規則に基づき、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を変えるルールである。漁獲圧の上限は F_{msy} に調整係数 β を乗じた値とし、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（例：図 13～15）。すなわち、親魚量に応じて下式から得られる係数 γ(SB_t)を乗じ、γ(SB_t)×β×F_{msy} として算出する。

$$\gamma(SB_t) = \frac{SB_t - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

ここで、SB_tは t 年の親魚量、SB_{limit}は限界管理基準値、SB_{ban}は禁漁水準を示す。漁獲管理規則に従って漁獲圧を決定し、加入量の不確実性を考慮した上で将来予測を実施した。また、資源評価においては、翌年の加入量を予測するにあたり当年漁期終了後の親魚量および加入変動を予測する必要があるが、これらの予測には誤差が伴うため将来予測で考慮した（詳細は岡本ほか（2024）の補足資料 2-(3)-3-②を参照）。なお、本系群の将来の漁獲量は、日本と韓国、および太平洋における中国とロシアの漁獲量の合計であり、その合計漁獲量が漁獲管理規則に基づき決定される。将来予測で使用するデータは令和 5 年度資源評価結果に基づくため、漁獲管理規則による漁獲は 2024 年度から開始することとした。

(1) 全期間のデータから推定された再生産関係と管理基準値等に基づく結果

全期間のデータを用いて算定された限界管理基準値（14.7 万トン）および禁漁水準（1.6 万トン）を使用し、例として β を 0.60 および 0.10 とした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それぞれ図 13a、14a に、この漁獲管理規則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それぞれ図 13b、14b に示す。このような漁獲管理規則に従って漁獲圧を決定し、加入量の不確実性を考慮した上で将来予測を実施した。

① 再生産関係における平均的な加入が今後発生すると想定した場合の将来予測

上記 3-(1)の漁獲管理規則に関して調整係数 β を 0.00～1.00 まで 0.05 間隔で変え、1-(1)で推定された再生産関係（図 1）における平均的な加入が今後発生すると想定した場合の将来予測計算を行った。この将来予測では、再生産関係式を用いて各年に予測される親魚量から加入量を予測し、その予測値に対して対数正規分布に従う乱数を与えることで加入量の不確実性を考慮した。対数正規分布に従う乱数を予測値に与える計算を 10,000 回繰り返した。

設定した β ごとに、親魚量が目標管理基準値を上回る確率、限界管理基準値を上回る確率、禁漁水準を上回る確率、親魚量平均値の推移、および漁獲量平均値の推移を表 5 に示した。表には、現状の漁獲圧（F2020-2022：2020～2022 年漁期の平均漁獲圧で $\beta = 1.11$ に相当）で漁獲を継続した場合の結果も比較のため示した。管理開始から 5 年後の 2028 年漁期に親魚量が限界管理基準値を上回る確率が 50%以上となり、なおかつ 10 年後の 2031 年漁期に親魚量が目標管理基準値を上回る確率が 50%以上となる β は 0.60 以下であった（表 5a、b）。 β が 0.60 の場合の漁獲管理規則（図 13）に基づいて試算された 2024 年漁期の平均漁獲量は 0.5 万トンであった（表 5e）。また、5 年後の平均親魚量は 27.0 万トンで、10 年後には 33.9 万トンであった（表 5d）。なお、図 16 には、 β を 0.60 とし、将来予測と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測の結果を示した。

② 近い将来まで近年の悪い加入状況が続くと想定した場合の将来予測

上記 3-(1)の漁獲管理規則に関して調整係数 β を 0.00～1.00 まで 0.05 間隔で変え、近い将来まで近年の悪い加入状況が続くと想定した場合の将来予測計算を行った。本系群に 1-(1)の再生産関係（図 1）を当てはめた時、近年は残差が負に偏る傾向が見られているため（図 2 上図）、ここでの将来予測では、今後 5 年間は直近 5 年間のような悪い加入状況が続き、その後徐々に過去の平均的な加入状況に戻るという仮定を反映したバックワードリサンプリング法を採用した。すなわち、今後 5 年間は直近 5 年の再生産関係の残差を無作為抽出して加入量の予測値に与え、その後は 5 年単位で残差を無作為抽出する期間を拡大していくと設定した（詳細は岡本ほか（2024）の補足資料 2-(3)-3-①を参照）。なお、加入量の不確実性を考慮するため、10,000 回の繰り返し計算を行った。

設定した β ごとに、親魚量が目標管理基準値を上回る確率、限界管理基準値を上回る確率、禁漁水準を上回る確率、親魚量平均値の推移、および漁獲量平均値の推移を表 6 に示した。管理開始から 5 年後の 2028 年漁期に親魚量が限界管理基準値を上回る確率が 50%以上となり、なおかつ 10 年後の 2031 年漁期に親魚量が目標管理基準値を上回る確率が 50%以上となる β は 0.10 以下であった（表 6a、b）。 β が 0.10 の場合の漁獲管理規則（図 14）に基

づいて試算された 2024 年漁期の平均漁獲量は 0.1 万トンであった (表 6e)。また、5 年後の平均親魚量は 16.8 万トンで、10 年後には 30.4 万トンであった (表 6d)。なお、図 17 には、 β を 0.10 とし、将来予測と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測の結果を示した。

(2) 低加入期のみのデータから推定された再生産関係と管理基準値等に基づく結果

低加入期のみのデータを用いて算定された (1.8 万トン) および禁漁水準 (0.2 万トン) を使用し、例として β を 0.55 とした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 15a に、この漁獲管理規則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 15b に示す。

漁獲管理規則に関して調整係数 β を 0.00~1.00 まで 0.05 間隔で変え、1-(2)で推定された再生産関係 (図 4) における平均的な加入が今後発生すると想定した場合の将来予測計算を行った。この将来予測では、再生産関係式を用いて各年に予測される親魚量から加入量を予測し、その予測値に対して対数正規分布に従う乱数を与えることで加入量の不確実性を考慮した。対数正規分布に従う乱数を予測値に与える計算を 10,000 回繰り返した。

設定した β ごとに、親魚量が目標管理基準値を上回る確率、限界管理基準値を上回る確率、禁漁水準を上回る確率、親魚量平均値の推移、および漁獲量平均値の推移を表 7 に示した。表には、現状の漁獲圧 ($\beta = 0.56$ に相当) で漁獲を継続した場合の結果も比較のため示した。管理開始から 5 年後の 2028 年漁期に親魚量が限界管理基準値を上回る確率が 50%以上となり、なおかつ 10 年後の 2031 年漁期に親魚量が目標管理基準値を上回る確率が 50%以上となる β は 0.55 以下であった (表 7a、b)。 β が 0.55 の場合の漁獲管理規則 (図 15) に基づいて試算された 2024 年漁期の平均漁獲量は 4.0 万トンであった (表 7e)。全期間のデータを使用した場合 (3-(1)) よりも平均漁獲量が 8~40 倍大きい理由は、低加入期のみのデータから算定された管理基準値の方が小さい (管理目標が低い) ことにある。5 年後の平均親魚量は 6.9 万トン、10 年後には 7.0 万トンで (表 7d)、全期間のデータを使用した場合 (3-(1)) と比べて約 1/5~1/2 倍であった。なお、図 18 には、 β を 0.55 とし、将来予測と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測の結果を示した。

引用文献

ABCWG (2024) 令和 6 (2024) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2024-ABCWG02-01

ABCWG (2024) 再生産関係の決定に関するガイドライン. FRA-SA2024-ABCWG02-05.

加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2020) 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, 1-81. FRA-SA2020-BRP04-1. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume_w_20201014.pdf (last accessed 2 November 2021)

岡本 俊・宮原寿恵・松井 萌・森山丈継・西澤文吾・倉島 陽・西嶋翔太・高崎健二 (2024) 令和 5 (2023) 年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価. 水産研究・教育機構, 1-44. FRA-SA2024-AC018. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details_2023_18.pdf (last accessed 19 September 2024)

Overland, J., S. Rodionov, S. Minobe, and N. Bond (2008) North Pacific regime shift: definitions,

issues and recent transitions. *Prog. Oceanogr.*, **77**, 92-102.

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.

Sergei N Rodionov (2004) A sequential algorithm for testing climate regime shifts. *Geophysical Research Letters*, 31(9).

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

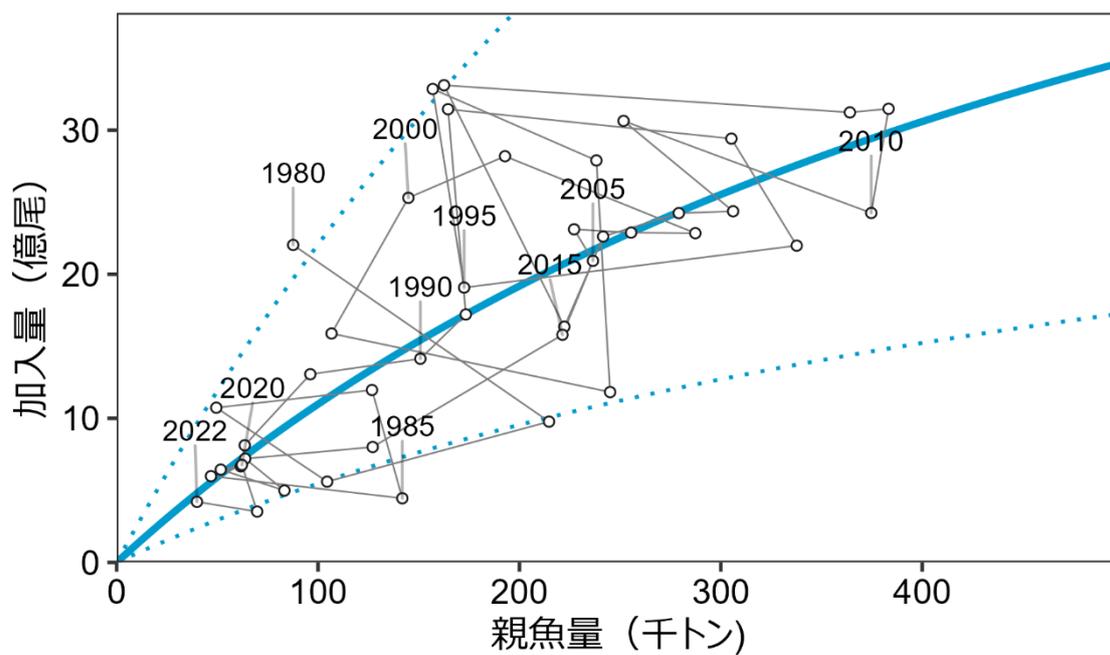


図1. 全期間のデータを用いて推定された再生産関係

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 (BH) 型再生産関係式を用い、最小絶対値法によりパラメータ推定を行った。丸印は分析に使用した 1979～2021 年漁期の親魚量と 1980～2022 年漁期の加入量を示す。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。

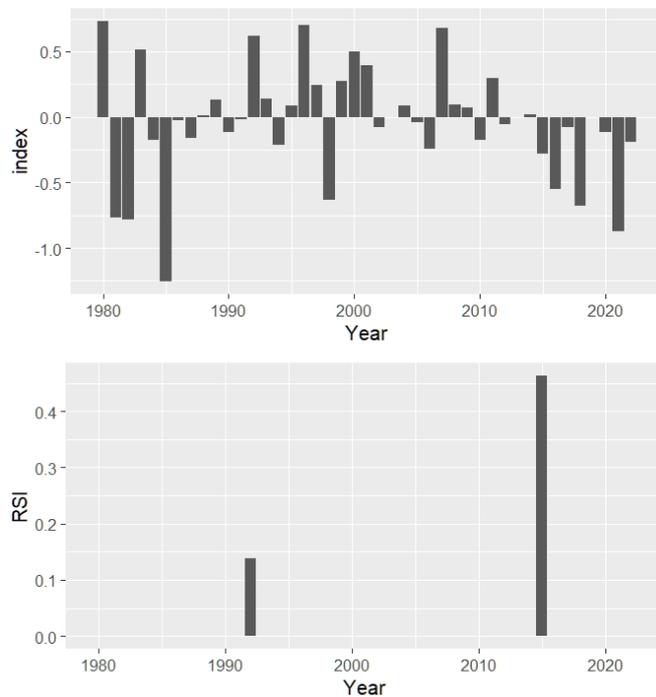


図 2. 再生産関係から得られる残差を用いたシフト検出 (STARS) の結果
 上図は残差、下図は RSI (Regime Shift Index) を示し、大きい RSI が検出された年に残差の大きな水準変化が生じたことを表している。

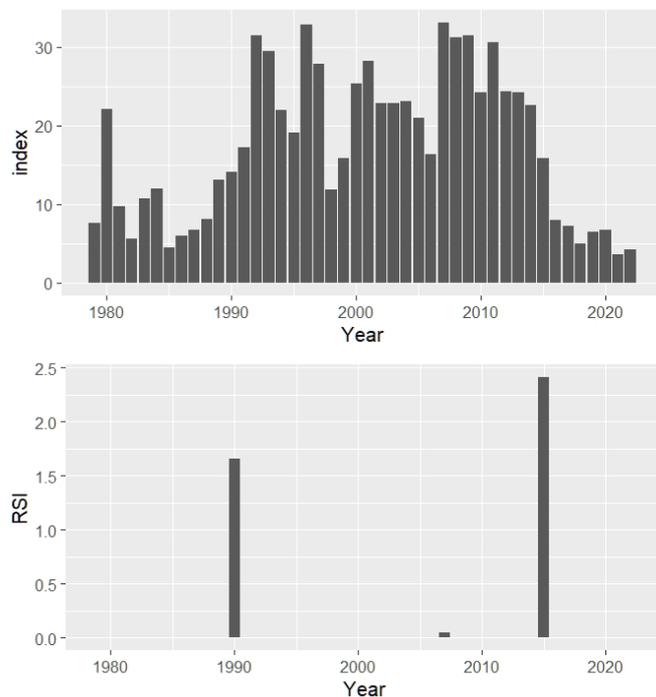


図 3. 加入量を用いたシフト検出 (STARS) の結果
 上図は加入量、下図は RSI (Regime Shift Index) を示し、大きい RSI が検出された年に加入量の大きな水準変化が生じたことを表している。

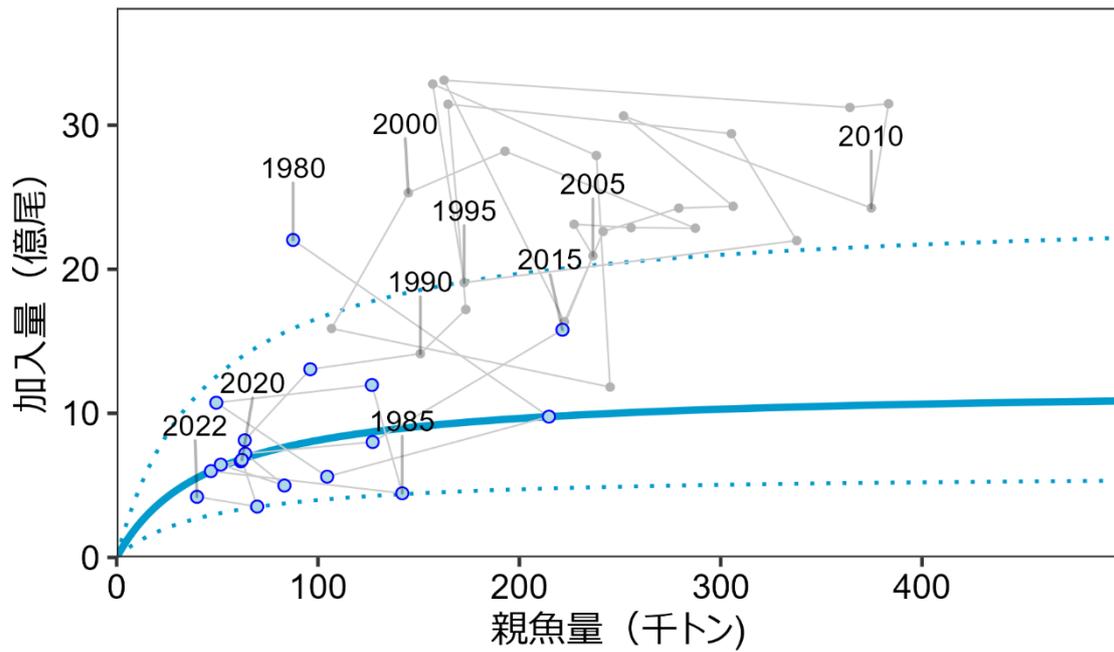


図4. 低加入期のみのデータを用いて推定された再生産関係

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 (BH) 型再生産関係式を用い、最小絶対値法によりパラメータ推定を行った。青丸印は分析に使用した 1979～1988 年漁期および 2014～2021 年漁期の親魚量と 1980～1989 年漁期および 2015～2022 年漁期の加入量を示す。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。灰丸印はそれ以外の漁期のプロットだが、図中の再生産関係の推定には使用していない。

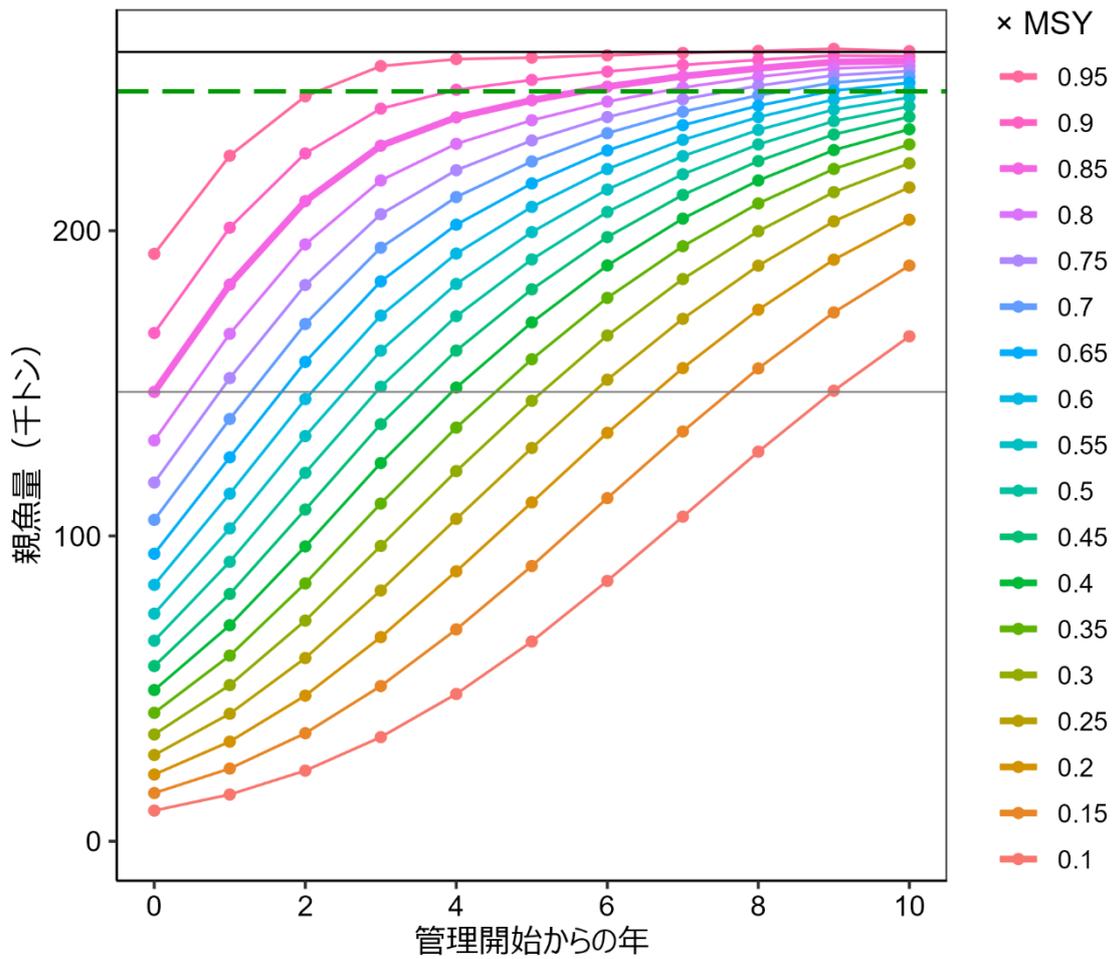


図 5. 全期間のデータを用いて算定された MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として、 F_{msy} で漁獲を継続した場合に得られる平均親魚量の推移
BH 型再生産関係式に従って将来予測を行った。管理開始から 5 年後の平均親魚量が SB_{msy} の概ね 95%となるシナリオ、すなわち管理開始時の親魚量が $SB_{0.85msy}$ であるシナリオにおける平均親魚量の推移を太線とした。黒実線は SB_{msy} 、灰実線は $SB_{0.85msy}$ 、緑破線は SB_{msy} の 95%を示す。

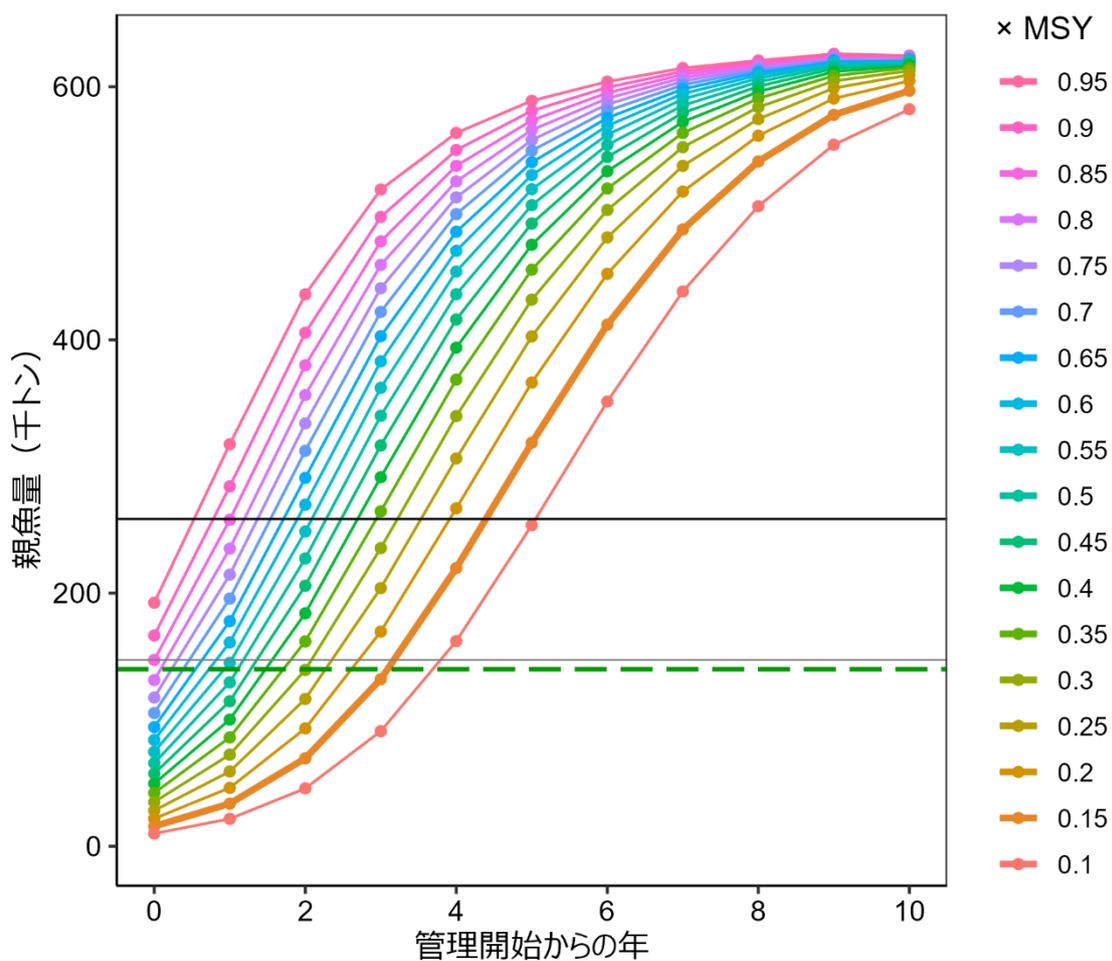


図 6. 全期間のデータを用いて算定された MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として、漁獲が無い場合に得られる平均親魚量の推移
 BH 型再生産関係式に従って将来予測を行った。管理開始から 3 年後の平均親魚量が SB0.85msy の概ね 95%となるシナリオ、すなわち管理開始時の親魚量が SB0.15msy であるシナリオにおける平均親魚量の推移を太線とした。黒実線は SBmsy、灰実線は SB0.85msy、緑破線は SB0.85msy の 95%を示す。

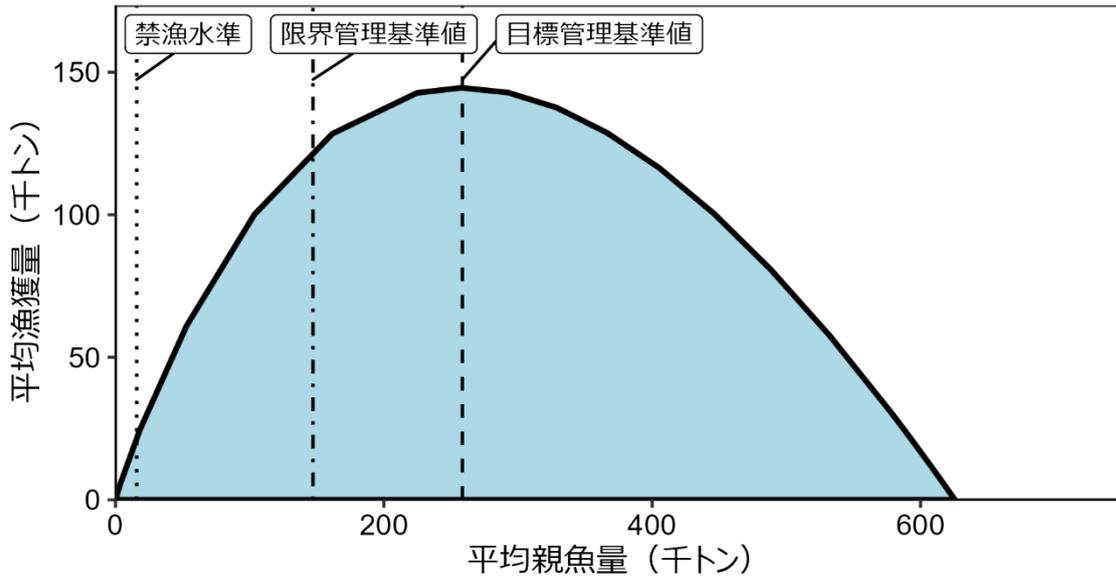


図 7. 全期間のデータを用いて算定された管理基準値および禁漁水準と漁獲量曲線
 将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、管理基準値等の位置関係を示す。漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) は 62.8 万トンである。

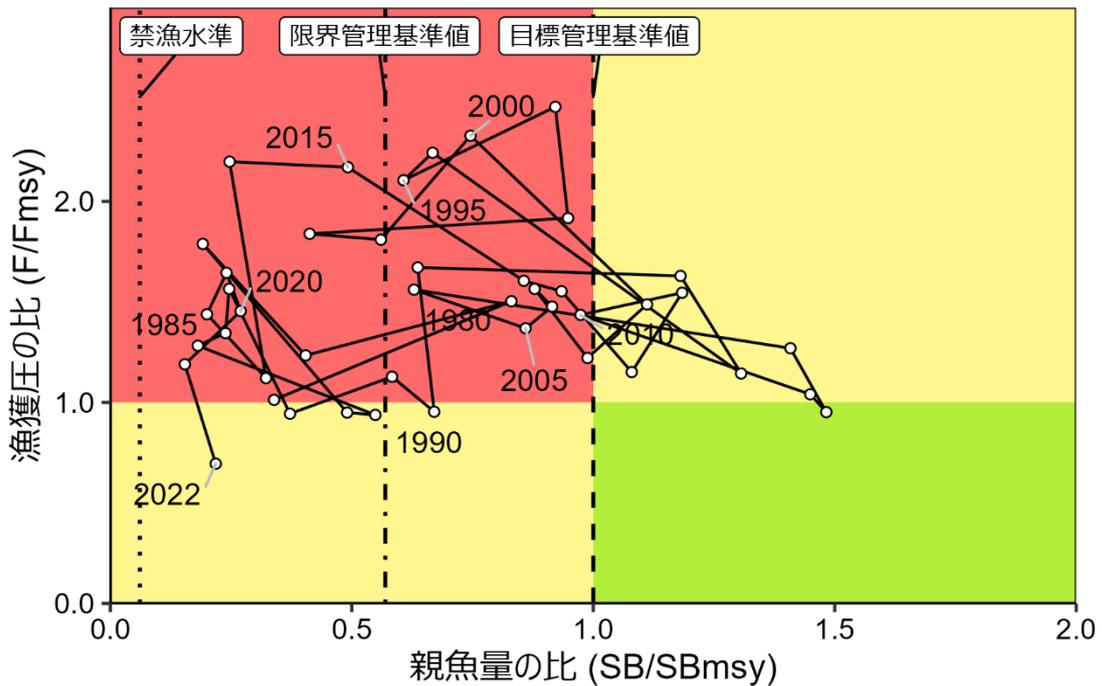


図 8. 全期間のデータを用いて算定された管理基準値と禁漁水準に基づく神戸プロット
 縦軸は各年の漁獲圧 F の F_{msy} との比である。図中の目標管理基準値、限界管理基準値、および禁漁水準には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.85msy}$ 、 $SB_{0.15msy}$ を用いた。

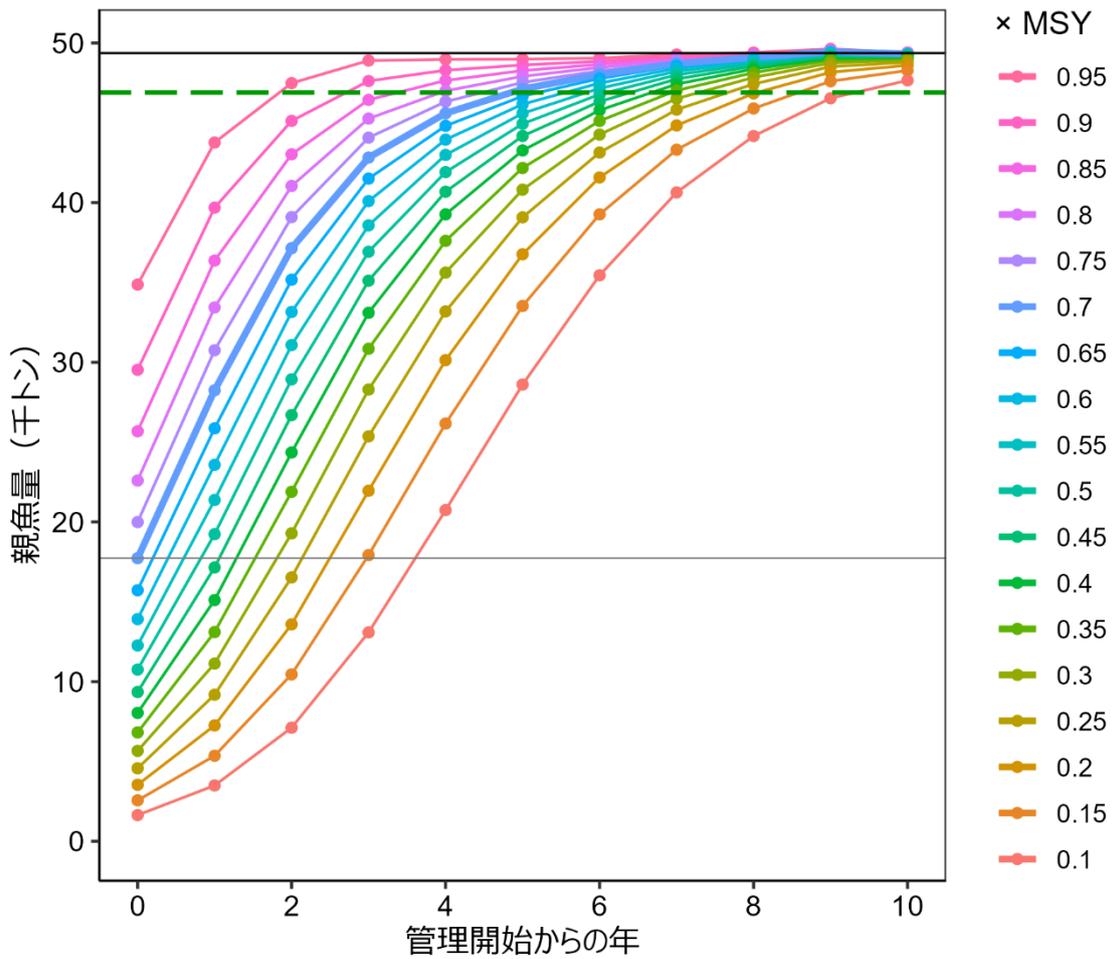


図 9. 低加入期のみのデータを用いて算定された MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として、 F_{msy} で漁獲を継続した場合に得られる平均親魚量の推移

BH 型再生産関係式に従って将来予測を行った。管理開始から 5 年後の平均親魚量が SB_{msy} の概ね 95%となるシナリオ、すなわち管理開始時の親魚量が $SB_{0.7msy}$ であるシナリオにおける平均親魚量の推移を太線とした。黒実線は SB_{msy} 、灰実線は $SB_{0.7msy}$ 、緑破線は SB_{msy} の 95%を示す。

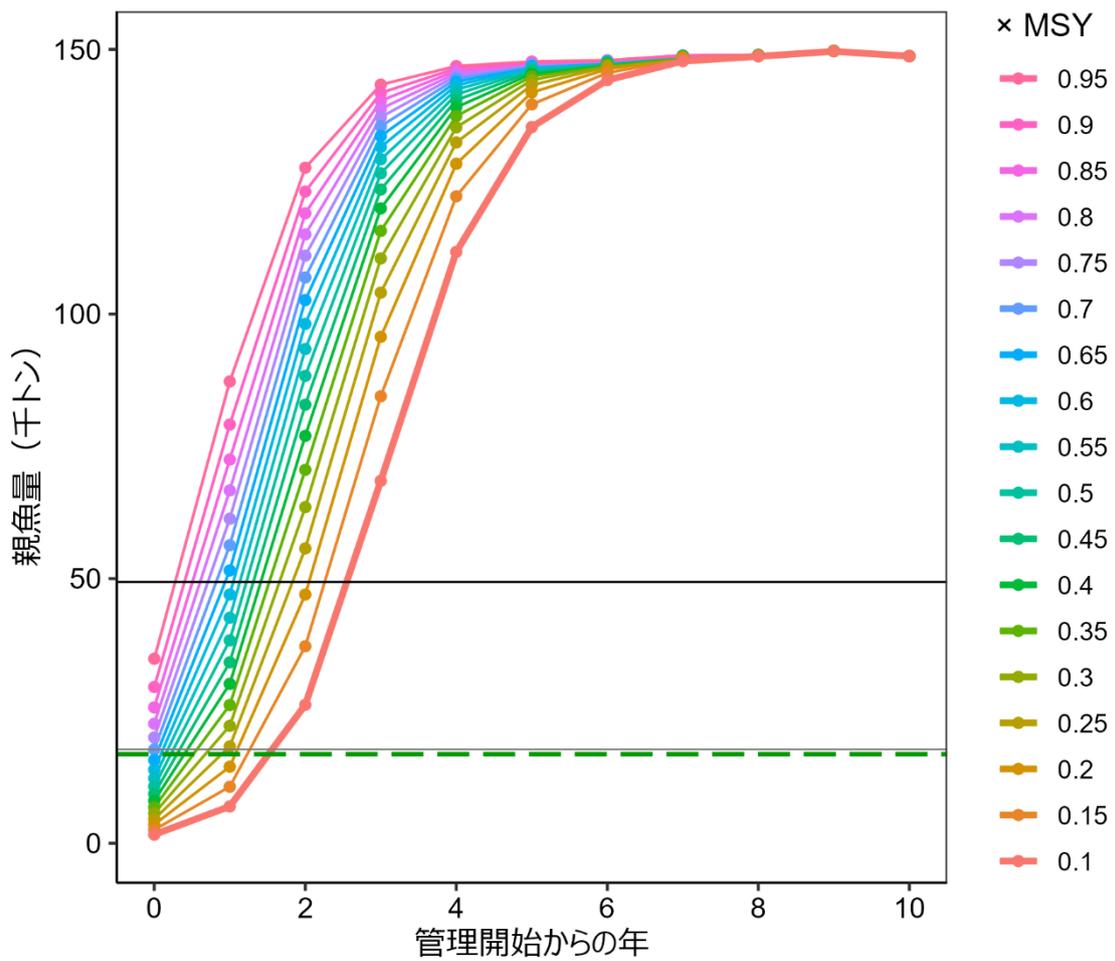


図 10. 低加入期のみのデータを用いて算定された MSY から 5%刻みで減じた漁獲量が期待される親魚量を初期値として、漁獲が無い場合に得られる平均親魚量の推移
BH 型再生産関係式に従って将来予測を行った。管理開始から 3 年後の平均親魚量が SB0.85msy の概ね 95%となるシナリオ、すなわち管理開始時の親魚量が SB0.10msy であるシナリオにおける平均親魚量の推移を太線とした。黒実線は SBmsy、灰実線は SB0.70msy、緑破線は SB0.70msy の 95%を示す。

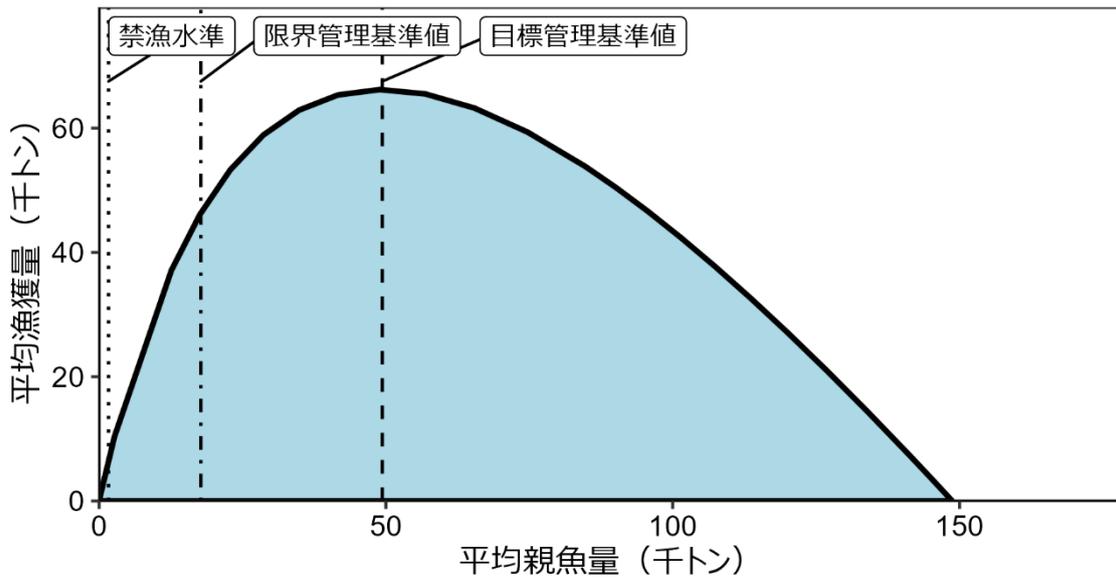


図 11. 低加入期のみのデータを用いて算定された管理基準値および禁漁水準と漁獲量曲線
 将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する年齢別漁獲量の平均
 値と、管理基準値等の位置関係を示す。漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量
 (SB0) は 14.9 万トンである。

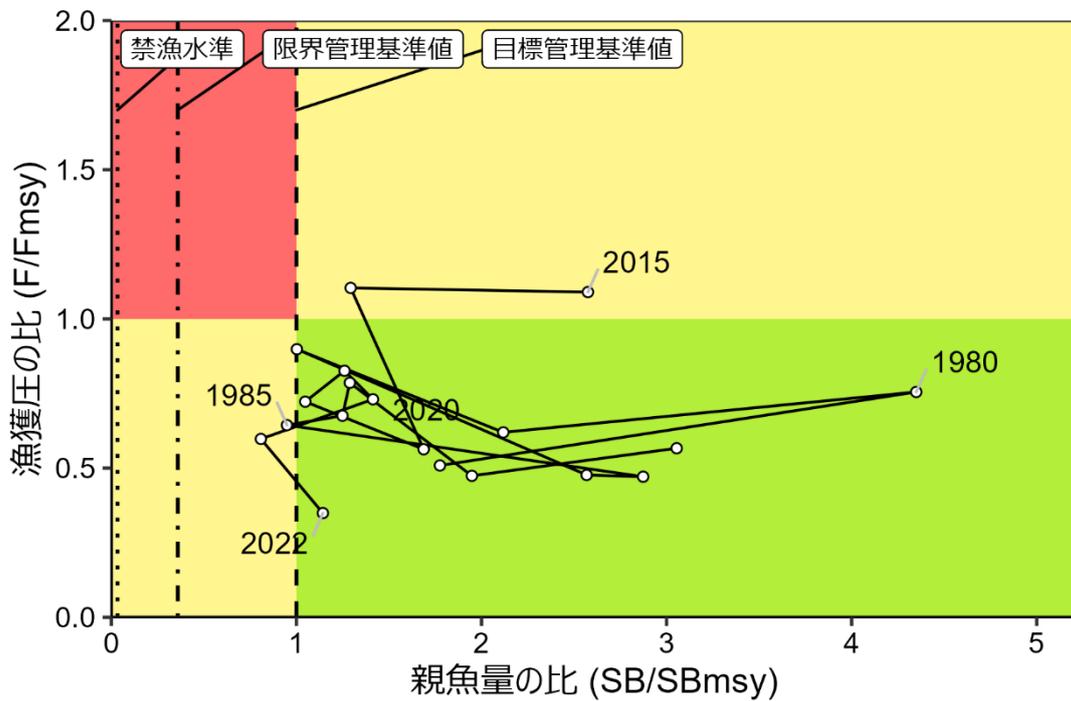
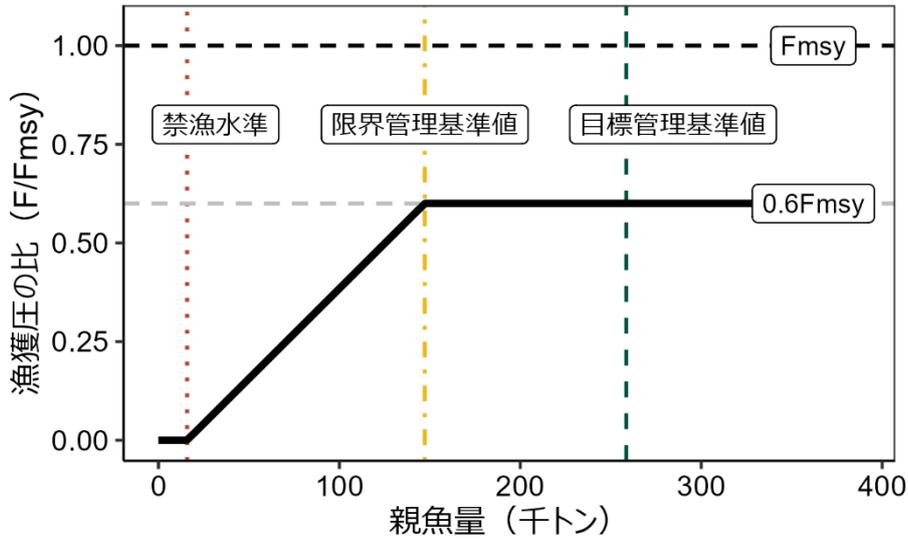


図 12. 低加入期のみのデータを用いて算定された管理基準値と禁漁水準に基づく神戸プロ
 ット
 縦軸は各年の漁獲圧 F の Fmsy との比である。図中の目標管理基準値、限界管理基準
 値、および禁漁水準には、それぞれ SBmsy、SB0.70msy、SB0.10msy を用いた。

(a) 縦軸を漁獲圧にした場合



(b) 縦軸を漁獲量にした場合

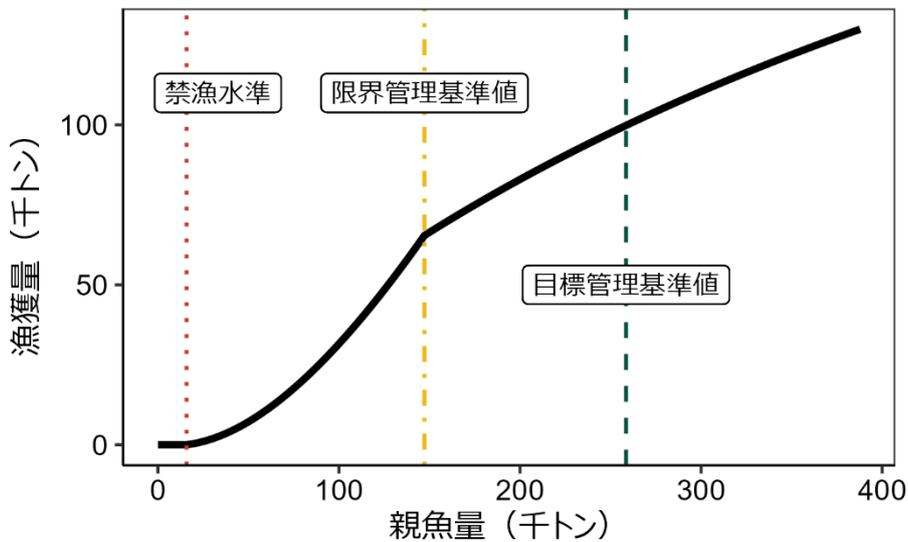
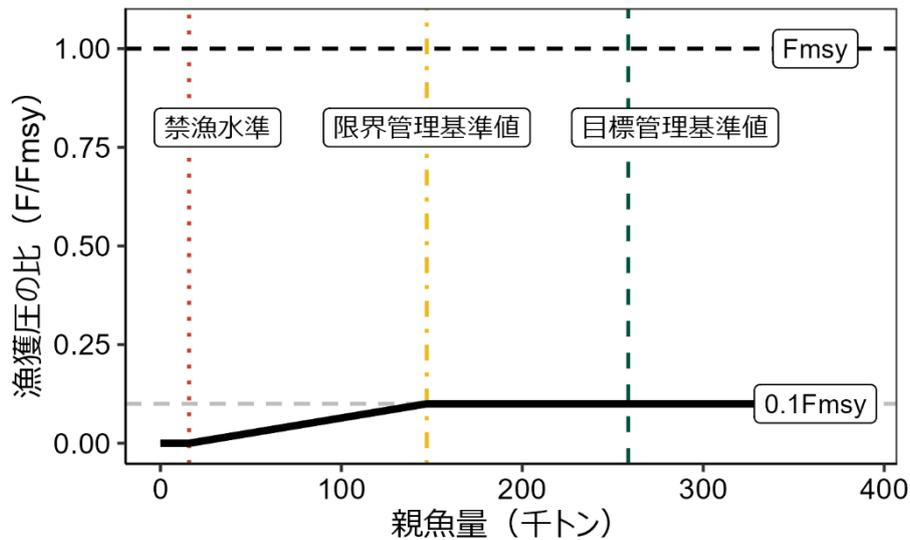


図 13. 全期間のデータを用いて算定された管理基準値等に基づく漁獲管理規則 (β を 0.60 とした場合のものを示す)

目標管理基準値は BH 再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値は $SB_{0.85msy}$ 、禁漁水準 $SB_{0.15msy}$ である。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.60F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準、黄一点鎖線は限界管理基準値、緑破線は目標管理基準値を示す。(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、それぞれの親魚量の下で漁獲管理規則により期待される漁獲量 (加入変動は考慮せず、決定論的に計算した漁獲量) を示した。

(a) 縦軸を漁獲圧にした場合



(b) 縦軸を漁獲量にした場合

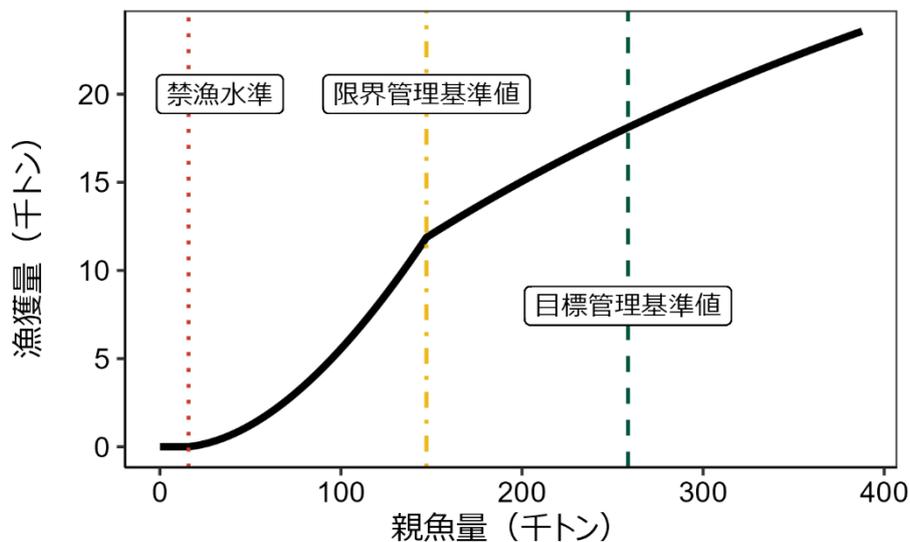
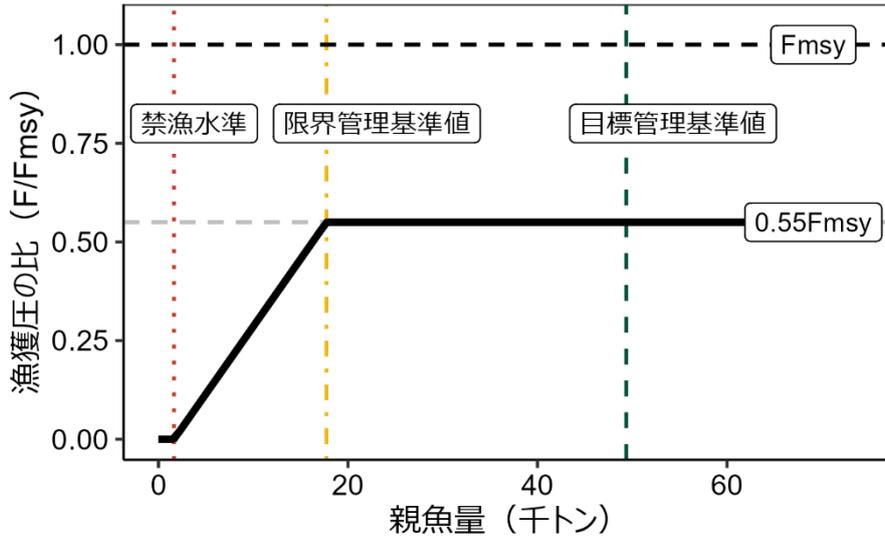


図 14. 全期間のデータを用いて算定された管理基準値等に基づく漁獲管理規則 (β を 0.10 とした場合のものを示す)

目標管理基準値は BH 再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値は $SB_{0.85msy}$ 、禁漁水準 $SB_{0.15msy}$ である。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.10F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準、黄一点鎖線は限界管理基準値、緑破線は目標管理基準値を示す。(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、それぞれの親魚量の下で漁獲管理規則により期待される漁獲量 (加入変動は考慮せず、決定論的に計算した漁獲量) を示した。

(a) 縦軸を漁獲圧にした場合



(b) 縦軸を漁獲量にした場合

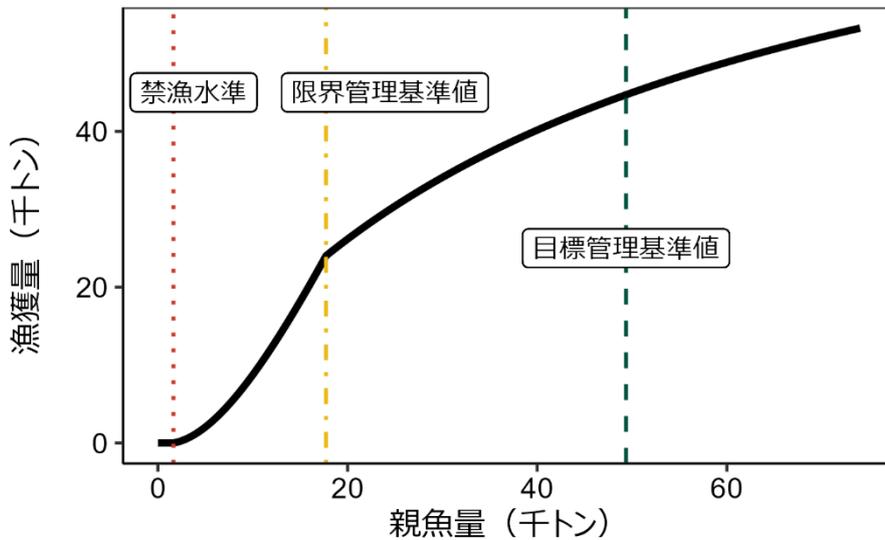


図 15. 低加入期のみのデータを用いて算定された管理基準値等に基づく漁獲管理規則 (β を 0.55 とした場合のものを示す)

目標管理基準値は BH 再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値は $SB_{0.70msy}$ 、禁漁水準 $SB_{0.10msy}$ である。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.55F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準、黄一点鎖線は限界管理基準値、緑破線は目標管理基準値を示す。(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、それぞれの親魚量の下で漁獲管理規則により期待される漁獲量 (加入変動は考慮せず、決定論的に計算した漁獲量) を示した。

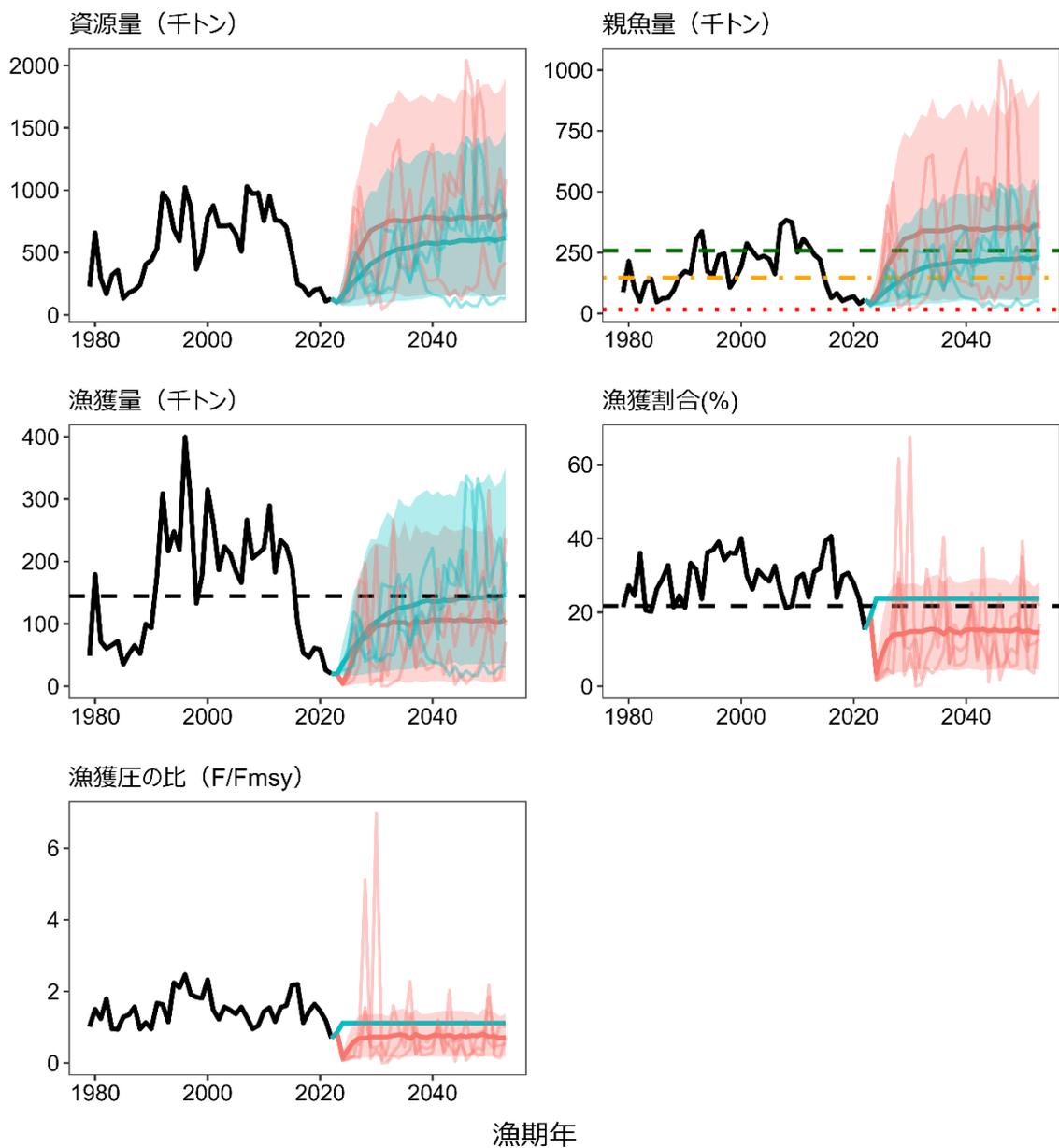


図 16. 各値の将来予測の結果

全期間のデータから推定された再生産関係と管理基準値等に基づいた上で、今後は再生産関係における平均的な加入が発生すると想定した場合の結果。調整係数 β を 0.60とした場合の将来予測（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）の結果を示す。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、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量MSYを、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値の達成に向けた漁獲割合の水準(U_{msy})を示す。2023年漁期の漁獲量は令和5年度資源評価で予測された19千トンとし、2024年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則（図13）に従うものとした。

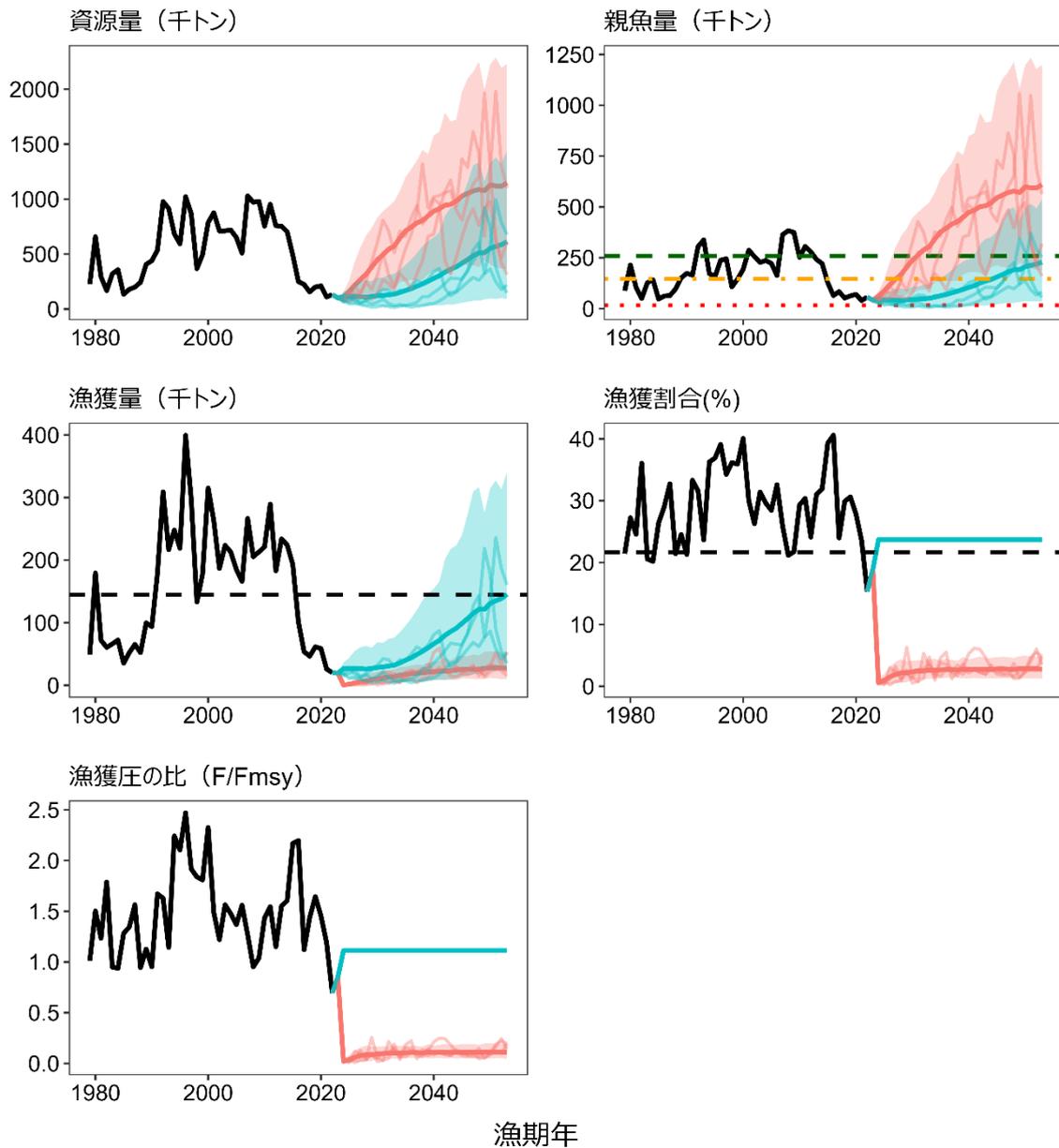


図 17. 各値の将来予測の結果

全期間のデータから推定された再生産関係と管理基準値等に基づいた上で、近い将来まで近年の悪い加入状況が続くことを想定してバックワードリサンプリング法を適用した場合の結果。調整係数 β を 0.10とした場合の将来予測（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）の結果を示す。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、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量 MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値の達成に向けた漁獲割合の水準 (U_{msy}) を示す。2023 年漁期の漁獲量は令和 5 年度資源評価で予測された 19 千トンとし、2024 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則 (図 14) に従うものとした。

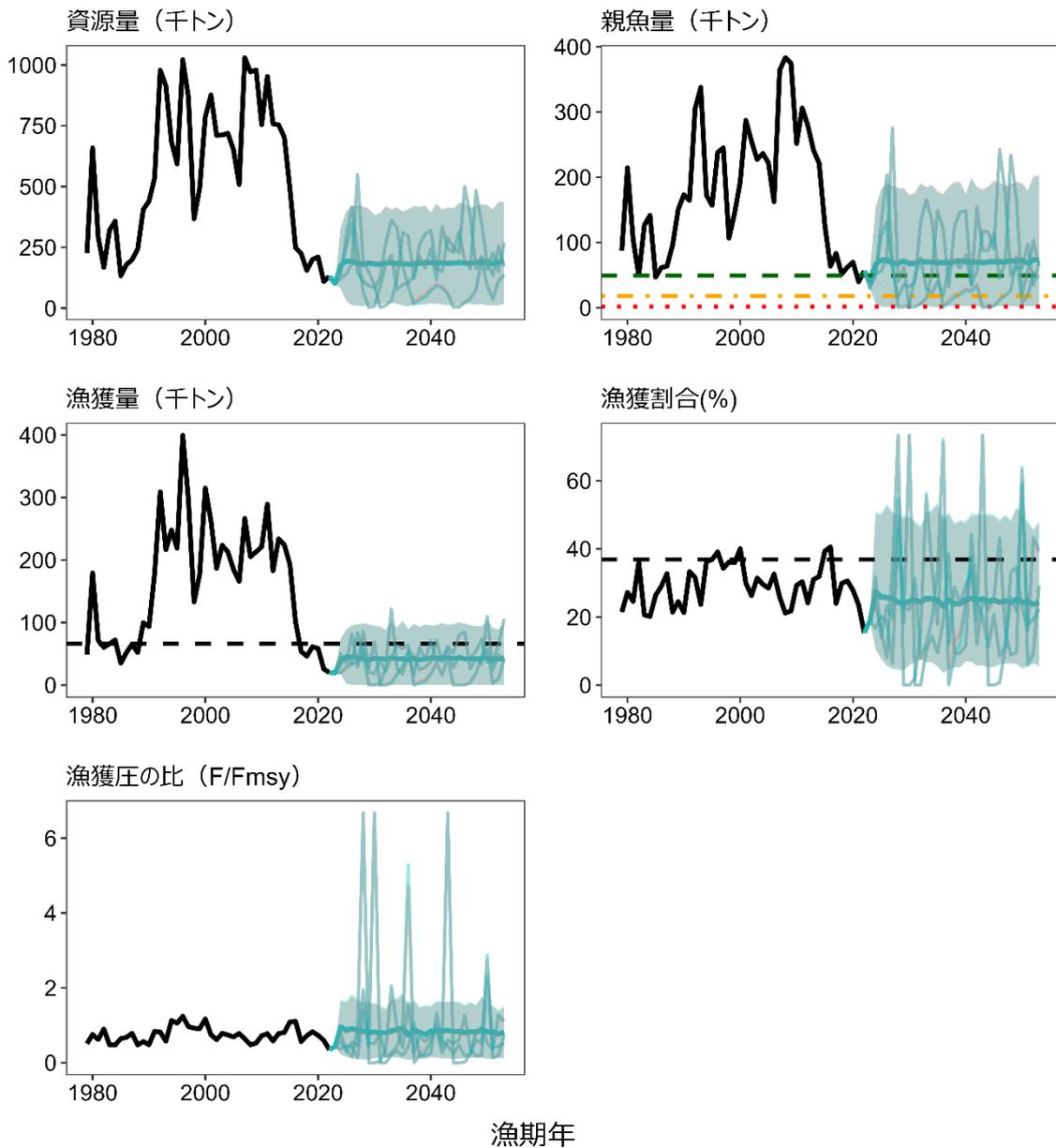


図 18. 各値の将来予測の結果

低加入期のみのデータから推定された再生産関係と管理基準値等に基づいた上で、今後は再生産関係における平均的な加入が発生すると想定した場合の結果。調整係数 β を 0.55とした場合の将来予測（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）の結果を示す（注：両結果はほぼ重なっている）。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、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量 MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値の達成に向けた漁獲割合の水準 (U_{msy}) を示す。2023 年漁期の漁獲量は令和 5 年度資源評価で予測された 19 千トンとし、2024 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則（図 15）に従うものとした。

表 1. 全期間のデータを用いた場合の再生産関係式の検討候補と選択した再生産関係のパラメータ推定値

(a) 再生産関係式の検討候補

再生産関係式	最適化法	自己相関	AICc	Δ AICc	順位
ホッケー・スティック (HS)	最小二乗法	無	56.0	6.6	6
リッカー (RI)	最小二乗法	無	54.8	5.2	4
ベバートン・ホルト (BH)	最小二乗法	無	54.8	5.2	4
ホッケー・スティック (HS)	最小絶対値法	無	51.4	1.8	3
リッカー (RI)	最小絶対値法	無	49.6	0	1
ベバートン・ホルト (BH)	最小絶対値法	無	49.6	0	1

最終候補となる再生産関係式として、AICc が最小かつ現在も適用されている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。

(b) 選択した再生産関係のパラメータ推定値

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
BH 型	最小絶対値法	無	0.1285	0.0017	0.4241	-

a と b (1/億尾) は再生産関係のパラメータであり、S.D. は加入のばらつきの大きさをあらわす指標 (対数残差の標準偏差)、 ρ は自己相関係数である。

表 2. 低加入期のみのデータを用いた場合の再生産関係式の検討候補と選択した再生産関係のパラメータ推定値

(a) 再生産関係式の検討候補

再生産関係式	最適化法	自己相関	AICc	Δ AICc	順位
ホッケー・スティック (HS)	最小二乗法	無	29.3	2.0	5
リッカー (RI)	最小二乗法	無	29.3	2.0	5
ベバートン・ホルト (BH)	最小二乗法	無	28.6	1.3	3
ホッケー・スティック (HS)	最小絶対値法	無	28.6	1.3	3
リッカー (RI)	最小絶対値法	無	28.3	1.0	2
ベバートン・ホルト (BH)	最小絶対値法	無	27.3	0	1

最終候補となる再生産関係式として、AICc が最小の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。

(b) 選択した再生産関係のパラメータ推定値

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
BH 型	最小絶対値法	無	0.2582	0.0218	0.4338	-

a と b (1/億尾) は再生産関係のパラメータであり、S.D. は加入のばらつきをあらわす指標 (対数残差の標準偏差)、 ρ は自己相関係数である。

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 (F2020-2022)
1	0.6	1.0	311	0.386

表 4. 現在の管理基準値等と本資料で提示した管理基準値等との比較

	2019 年度評価結果を使用 (現在)	2023 年度評価結果を使用 (本資料)	
	使用データ：全期間	使用データ： 全期間	使用データ： 低加入期のみ
目標管理 基準値	23.4 万トン (SBmsy)	25.9 万トン (SBmsy)	4.9 万トン (SBmsy)
限界管理 基準値	13.2 万トン (SB0.85msy)	14.7 万トン (SB0.85msy)	1.8 万トン (SB0.70msy)
禁漁水準	1.4 万トン (SB0.15msy)	1.6 万トン (SB0.15msy)	0.2 万トン (SB0.10msy)
Fmsy	0.39	0.35	0.69
Umsy	23.7%	21.7%	36.9%
MSY	14.9 万トン	14.4 万トン	6.6 万トン
SB0	58.0 万トン	62.6 万トン	14.9 万トン

括弧内には各管理基準値等の定義を記す。

MSY: 持続的に獲り続けることが可能な最大の (平均) 漁獲量。

Fmsy: MSY を与える漁獲圧 (漁獲係数)。

Umsy: MSY が得られる場合の漁獲率。

SB0: 漁業が無かった場合を仮定した初期親魚量。

表 5. 将来の親魚量が目標管理基準値 (a)、限界管理基準値 (b)、禁漁水準 (c) を上回る確率の推移、および将来の親魚量 (d) と漁獲量 (e) の平均値の推移

全期間のデータから推定された再生産関係と管理基準値等に基づいた上で、今後は再生産関係における平均的な加入が発生すると想定した場合の結果。調整係数 β を 0.00 ~ 1.00 まで 0.05 間隔で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は令和 5 年度資源評価で予測された 19 千トンとし、2024 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則 (例: β が 0.60 の場合は図 15) に従うものとした。比較のため現状の漁獲圧 (F2020-2022、 $\beta=1.11$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示す。(a) と (b) の表中の太字は、漁獲管理規則による管理開始からそれぞれ 10 年目、5 年目を示す。

(a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	0	0	6	18	21	25	29	30	30	31	30	29	32
0.95	0	0	7	18	22	27	31	32	32	32	32	31	34
0.90	0	0	7	19	24	28	32	35	35	35	34	33	36
0.85	0	0	7	20	24	29	34	38	37	38	37	36	40
0.80	0	0	7	21	26	32	37	41	40	41	40	40	42
0.75	0	0	7	22	27	34	39	44	43	44	42	43	45
0.70	0	0	8	23	29	36	41	47	45	47	46	47	48
0.65	0	0	8	24	30	38	44	49	48	50	49	50	53
0.60	0	0	8	25	32	40	47	53	51	53	52	54	56
0.55	0	0	8	26	34	44	49	56	55	57	56	58	59
0.50	0	0	9	26	36	46	53	58	58	61	60	62	63
0.45	0	0	9	27	38	49	55	61	62	65	64	66	67
0.40	0	0	9	29	39	51	59	64	67	69	67	70	71
0.35	0	0	9	29	42	55	63	67	71	73	71	75	76
0.30	0	0	10	30	45	57	66	71	74	76	76	78	79
0.25	0	0	10	31	49	60	69	74	77	79	79	81	83
0.20	0	0	11	33	51	62	72	77	81	82	83	84	85
0.15	0	0	11	34	53	66	75	80	83	84	86	87	87
0.10	0	0	12	35	56	69	78	84	86	87	88	90	90
0.05	0	0	12	36	58	73	80	86	88	90	90	91	92
0.00	0	0	12	38	61	76	83	88	91	92	93	92	93
F2020-2022	0	0	1	4	6	10	14	17	19	22	23	28	32

表 5. つづき

(b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	0	6	28	41	49	51	54	55	53	54	51	52	55
0.95	0	6	29	43	50	53	56	58	56	57	53	56	57
0.90	0	6	30	44	52	55	59	61	59	60	57	60	59
0.85	0	6	31	45	53	57	60	63	62	63	59	63	63
0.80	0	6	32	46	55	60	63	65	64	66	63	67	65
0.75	0	6	33	48	57	62	65	67	68	70	67	70	70
0.70	0	7	34	49	59	64	69	70	71	73	71	73	73
0.65	0	7	34	51	61	67	71	72	75	75	74	76	76
0.60	0	7	35	52	63	70	73	75	77	78	78	78	79
0.55	0	7	35	53	65	72	76	78	81	81	82	81	83
0.50	0	7	36	55	68	75	78	81	83	84	84	84	86
0.45	0	7	37	57	69	77	81	84	86	86	88	87	88
0.40	0	7	38	59	72	81	83	87	89	90	90	90	90
0.35	0	7	39	60	74	83	85	89	91	91	92	92	92
0.30	0	7	39	61	75	85	87	90	93	93	94	94	94
0.25	0	7	40	63	78	87	89	92	95	94	95	95	96
0.20	0	7	41	65	80	88	92	94	96	96	97	97	98
0.15	0	7	42	67	83	90	94	96	97	97	98	97	99
0.10	0	7	43	69	85	92	95	97	98	98	99	98	99
0.05	0	7	45	71	86	94	97	98	99	99	99	99	100
0.00	0	7	46	72	88	94	98	98	99	99	100	99	100
F2020-2022	0	1	7	18	25	31	39	46	51	53	54	63	66

(c) 親魚量が禁漁水準を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	100	100	99	97	95	94	93	93	93	94	94	93	93
0.95	100	100	99	97	96	95	94	94	94	94	95	94	94
0.90	100	100	99	98	97	96	95	94	95	95	96	94	95
0.85	100	100	99	98	97	96	95	95	96	96	96	95	96
0.80	100	100	99	98	97	97	96	96	97	97	97	96	96
0.75	100	100	99	99	98	97	97	97	98	97	97	97	98
0.70	100	100	100	99	98	98	98	98	98	98	98	98	98
0.65	100	100	100	99	99	98	99	98	98	98	98	98	99
0.60	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0.55	100	100	100	100	99	100	99	99	99	99	99	99	100
0.50	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	99	100	100
0.45	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.05	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020-2022	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99	100	100	100

表 5. つづき

(d) 親魚量の平均値 (千トン)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	41	79	124	164	181	197	216	210	210	218	218	215	233
0.95	41	80	126	167	187	205	225	220	221	230	230	228	246
0.90	41	80	127	171	193	213	235	232	233	242	243	241	260
0.85	41	80	129	175	199	221	246	243	245	256	256	256	274
0.80	41	80	130	179	205	230	256	256	259	271	272	272	290
0.75	41	81	132	183	212	239	268	269	273	286	287	288	307
0.70	41	81	134	187	219	249	280	283	288	303	304	304	326
0.65	41	81	135	192	227	260	293	297	304	320	321	322	345
0.60	41	82	137	196	234	270	306	313	321	338	339	342	365
0.55	41	82	139	201	242	282	321	329	338	357	358	362	385
0.50	41	82	140	206	251	294	335	346	357	377	378	384	407
0.45	41	82	142	211	259	306	351	364	377	398	399	406	428
0.40	41	83	144	216	268	319	368	383	397	418	420	428	451
0.35	41	83	146	221	278	333	385	402	417	440	442	451	474
0.30	41	83	148	227	288	347	402	422	438	462	464	474	498
0.25	41	84	150	232	298	361	421	443	460	484	486	497	521
0.20	41	84	152	238	309	377	440	464	483	507	510	521	545
0.15	41	84	154	244	320	393	460	486	506	531	533	545	569
0.10	41	84	156	250	331	409	480	509	529	555	557	569	593
0.05	41	85	158	257	343	426	501	532	553	579	582	593	618
0.00	41	85	160	264	356	444	523	556	578	604	607	618	643
F2020-2022	41	58	77	99	115	133	153	163	173	184	191	216	231

(e) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	19	8	35	68	88	96	100	108	107	104	110	111	113
0.95	19	7	34	66	87	95	100	108	108	105	110	112	114
0.90	19	7	32	64	85	93	99	107	108	106	111	113	114
0.85	19	7	31	62	82	92	98	107	108	106	111	113	114
0.80	19	6	29	60	80	90	96	105	107	106	111	113	114
0.75	19	6	28	57	78	88	94	104	105	105	110	112	113
0.70	19	5	26	55	75	85	92	102	103	104	108	111	112
0.65	19	5	25	52	72	82	90	99	101	101	106	109	110
0.60	19	5	23	49	68	79	86	96	98	99	103	106	107
0.55	19	4	21	46	65	75	83	92	95	95	100	102	104
0.50	19	4	20	43	61	71	79	88	90	91	96	98	99
0.45	19	4	18	39	56	67	74	83	85	86	91	93	94
0.40	19	3	16	36	52	62	68	77	79	80	84	87	87
0.35	19	3	14	32	47	56	62	70	73	74	77	79	80
0.30	19	2	12	28	41	50	56	63	65	66	69	71	71
0.25	19	2	10	24	36	43	48	55	57	57	60	62	62
0.20	19	2	8	20	29	36	40	46	47	48	50	51	52
0.15	19	1	6	15	23	28	31	35	37	37	39	40	40
0.10	19	1	4	10	16	19	22	25	25	26	27	28	28
0.05	19	0	2	5	8	10	11	13	13	13	14	14	14
0.00	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2020-2022	19	37	49	63	73	84	97	103	110	117	121	137	147

表 6. 将来の親魚量が目標管理基準値 (a)、限界管理基準値 (b)、禁漁水準 (c) を上回る確率の推移、および将来の親魚量 (d) と漁獲量 (e) の平均値の推移

全期間のデータから推定された再生産関係と管理基準値等に基づいた上で、近い将来まで近年の悪い加入状況が続くことを想定してバックワードリサンプリング法を適用した場合の結果を示す。調整係数 β を 0.00~1.00 まで 0.05 間隔で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は令和 5 年度資源評価で予測された 19 千トンとし、2024 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則 (例: β が 0.10 の場合は図 16) に従うものとした。比較のため現状の漁獲圧 (F2020-2022、 $\beta = 1.11$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示す。(a) と (b) の表中の太字は、漁獲管理規則による管理開始からそれぞれ 10 年目、5 年目を示す。

(a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	0	0	0	0	1	2	2	3	3	4	6	34	42
0.95	0	0	0	0	1	2	2	4	4	5	7	36	45
0.90	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	8	39	47
0.85	0	0	0	0	1	3	3	5	6	8	10	42	50
0.80	0	0	0	0	1	3	4	5	7	10	12	46	53
0.75	0	0	0	0	2	3	4	6	8	12	14	49	56
0.70	0	0	0	0	2	4	5	8	10	14	16	51	60
0.65	0	0	0	0	2	5	6	10	12	17	19	54	63
0.60	0	0	0	0	3	6	7	11	15	20	23	57	66
0.55	0	0	0	0	3	6	9	13	17	23	25	60	70
0.50	0	0	0	0	4	7	10	15	20	26	29	63	73
0.45	0	0	0	0	5	8	11	18	23	29	33	66	76
0.40	0	0	0	0	5	8	13	21	25	33	37	69	78
0.35	0	0	0	0	6	9	15	23	28	36	41	72	80
0.30	0	0	0	0	7	10	17	26	32	41	44	75	82
0.25	0	0	0	0	7	11	19	29	35	45	49	77	84
0.20	0	0	0	0	9	13	22	33	39	48	53	79	86
0.15	0	0	0	1	10	15	24	37	43	52	56	83	88
0.10	0	0	0	1	11	17	27	40	47	55	61	85	89
0.05	0	0	0	1	12	19	31	44	52	59	65	87	91
0.00	0	0	0	1	12	21	33	47	56	63	68	89	92
F2020-2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	34

表 6. つづき

(b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	0	0	0	13	17	18	21	28	31	35	38	61	67
0.95	0	0	0	14	18	19	23	30	33	37	40	62	69
0.90	0	0	1	15	19	21	25	33	36	39	42	65	72
0.85	0	0	1	15	20	22	27	35	38	43	45	67	74
0.80	0	0	1	16	21	23	28	37	40	45	48	70	76
0.75	0	0	1	17	22	25	31	39	43	48	50	72	78
0.70	0	0	1	19	23	26	33	41	46	51	53	74	80
0.65	0	0	1	19	24	27	35	44	49	54	56	77	82
0.60	0	0	2	20	25	29	37	46	52	57	59	79	84
0.55	0	0	2	21	26	30	40	48	55	60	63	82	85
0.50	0	0	2	22	27	32	43	51	59	63	66	84	87
0.45	0	0	2	22	28	33	46	53	63	67	68	86	89
0.40	0	0	3	23	30	36	49	57	65	69	71	88	90
0.35	0	0	3	23	32	38	52	60	68	73	73	89	92
0.30	0	0	3	24	35	40	55	64	70	76	76	91	93
0.25	0	0	4	24	36	42	58	67	73	79	79	92	94
0.20	0	0	4	24	38	46	60	70	76	81	82	93	95
0.15	0	0	4	24	40	48	63	73	79	83	85	95	97
0.10	0	0	4	24	43	51	66	76	82	85	86	96	98
0.05	0	0	4	25	44	55	68	79	84	87	88	97	98
0.00	0	0	4	25	46	57	71	81	86	89	90	98	99
F2020-2022	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	38	65

(c) 親魚量が禁漁水準を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	99	98
0.95	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	99	98
0.90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98
0.85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98
0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99
0.75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99
0.70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99
0.65	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.45	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.05	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020-2022	100	100	97	94	87	86	86	85	86	83	84	94	99

表 6. つづき

(d) 親魚量の平均値 (千トン)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	41	57	74	86	92	95	104	114	119	126	129	228	282
0.95	41	58	75	87	94	97	107	118	123	131	135	238	295
0.90	41	58	75	88	96	100	111	122	128	136	140	249	309
0.85	41	58	76	90	98	103	114	126	133	142	147	260	323
0.80	41	58	77	91	100	106	118	131	138	148	153	272	338
0.75	41	58	77	93	103	109	122	136	144	154	160	284	354
0.70	41	59	78	94	105	112	127	141	150	161	167	298	370
0.65	41	59	79	96	108	116	131	147	157	169	175	311	387
0.60	41	59	79	97	110	119	136	153	164	176	184	326	405
0.55	41	59	80	99	113	123	141	160	171	185	193	341	423
0.50	41	59	81	101	116	127	147	166	179	194	202	357	442
0.45	41	60	82	102	119	131	153	174	187	203	213	374	462
0.40	41	60	82	104	122	136	159	181	196	213	223	391	481
0.35	41	60	83	106	125	141	165	189	206	224	235	408	501
0.30	41	60	84	108	129	146	172	198	216	236	248	427	522
0.25	41	60	85	110	132	151	179	207	226	248	261	446	543
0.20	41	61	86	112	136	156	187	217	238	261	274	465	565
0.15	41	61	86	114	140	162	195	227	250	274	289	485	587
0.10	41	61	87	116	144	168	204	238	263	289	304	505	609
0.05	41	61	88	119	148	175	213	250	276	304	320	526	632
0.00	41	62	89	121	152	181	222	262	290	320	337	547	655
F2020-2022	41	42	43	43	42	41	42	45	46	49	50	135	229

(e) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	19	6	13	23	30	34	37	42	46	51	54	103	129
0.95	19	5	12	22	29	34	36	42	46	51	54	103	129
0.90	19	5	12	21	28	33	36	42	46	51	54	102	128
0.85	19	5	11	21	27	32	36	41	46	50	54	101	127
0.80	19	5	11	20	27	32	35	41	46	50	54	100	125
0.75	19	4	10	19	26	31	34	40	45	49	53	98	123
0.70	19	4	10	18	25	30	34	39	44	49	53	96	120
0.65	19	4	9	17	24	29	33	39	43	48	52	94	116
0.60	19	3	8	16	23	28	32	37	42	46	50	91	112
0.55	19	3	8	15	21	26	30	36	41	45	49	87	107
0.50	19	3	7	14	20	25	29	34	39	43	47	83	102
0.45	19	3	7	13	19	23	27	33	37	41	44	78	95
0.40	19	2	6	12	17	22	25	31	35	38	41	73	88
0.35	19	2	5	11	15	20	23	28	32	35	38	66	80
0.30	19	2	5	9	14	18	21	25	29	32	34	59	71
0.25	19	1	4	8	12	15	18	22	25	28	30	51	62
0.20	19	1	3	7	10	13	15	19	21	23	25	43	51
0.15	19	1	2	5	8	10	12	15	17	18	20	33	40
0.10	19	1	2	3	5	7	8	10	12	13	14	23	27
0.05	19	0	1	2	3	4	4	5	6	7	7	12	14
0.00	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2020-2022	19	27	27	27	26	26	27	28	29	31	32	86	145

表 7. 将来の親魚量が目標管理基準値 (a)、限界管理基準値 (b)、禁漁水準 (c) を上回る確率の推移、および将来の親魚量 (d) と漁獲量 (e) の平均値の推移

低加入期のみのデータから推定された再生産関係と管理基準値等に基づいた上で、今後は再生産関係における平均的な加入が発生すると想定した場合の結果。調整係数 β を 0.00~1.00 まで 0.05 間隔で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は令和 5 年度資源評価で予測された 19 千トンとし、2024 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則 (例: β が 0.55 の場合は図 17) に従うものとした。比較のため現状の漁獲圧 (F2020-2022、 $\beta=0.56$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示す。(a) と (b) の表中の太字は、漁獲管理規則による管理開始からそれぞれ 10 年目、5 年目を示す。

(a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	0	44	36	31	24	26	27	27	26	28	28	24	30
0.95	0	45	39	33	27	28	29	29	28	30	30	27	32
0.90	0	46	40	35	29	30	31	32	31	32	33	30	33
0.85	0	47	42	37	31	33	34	34	33	34	35	32	35
0.80	0	49	44	39	35	36	37	38	36	37	37	34	38
0.75	0	51	46	42	38	39	40	41	39	41	40	38	41
0.70	0	52	49	45	42	42	44	44	43	44	43	42	45
0.65	0	54	52	49	47	45	47	49	47	48	46	45	49
0.60	0	56	55	53	50	50	52	52	52	53	49	50	54
0.55	0	59	59	58	53	55	56	56	56	56	55	55	57
0.50	0	61	63	62	59	60	61	61	61	62	59	61	62
0.45	0	63	67	67	66	65	66	66	66	67	64	67	68
0.40	0	66	72	72	71	70	71	72	72	73	70	71	74
0.35	0	69	76	75	75	75	76	78	77	78	76	76	79
0.30	0	73	81	81	81	80	82	82	83	83	81	81	83
0.25	0	76	84	85	85	85	86	86	87	88	87	85	88
0.20	0	79	87	88	89	89	90	91	91	90	91	89	91
0.15	0	81	90	91	91	94	93	93	94	93	94	92	94
0.10	0	85	93	94	95	97	96	96	97	96	97	95	96
0.05	0	89	96	96	97	98	98	98	98	97	98	97	98
0.00	0	91	97	98	98	99	99	99	99	99	99	98	99
F2020-2022	0	58	58	57	52	54	54	55	55	56	54	55	56

表7. つづき

(b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	100	74	62	56	52	54	55	57	55	57	54	54	59
0.95	100	76	65	59	55	56	57	59	58	60	57	56	60
0.90	100	78	67	62	57	59	60	61	60	62	59	58	62
0.85	100	80	71	64	60	61	63	64	63	65	63	61	66
0.80	100	82	74	67	63	65	66	66	66	68	66	64	68
0.75	100	83	76	70	67	68	67	69	69	72	69	67	70
0.70	100	85	79	73	71	71	71	73	73	74	72	71	73
0.65	100	87	82	76	74	73	75	75	76	78	75	75	77
0.60	100	89	84	79	78	77	78	79	79	81	79	79	81
0.55	100	90	86	82	81	81	81	82	83	84	83	82	83
0.50	100	92	89	86	84	84	85	86	87	87	87	85	87
0.45	100	93	92	89	88	87	88	89	90	90	91	89	90
0.40	100	95	93	92	91	91	92	92	93	93	93	91	93
0.35	100	96	95	94	93	94	95	94	96	95	96	94	96
0.30	100	97	96	96	96	97	97	97	98	97	98	96	97
0.25	100	98	98	98	98	98	99	99	99	98	99	98	99
0.20	100	99	99	99	99	100	99	99	100	99	100	99	100
0.15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.05	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020-2022	100	90	86	82	81	81	81	81	82	83	83	82	83

(c) 親魚量が禁漁水準を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	100	87	86	86	87	87	89	87	86	89	87	87	88
0.95	100	88	86	87	88	88	89	88	88	89	88	87	88
0.90	100	89	87	87	88	89	90	89	89	91	89	88	90
0.85	100	91	89	88	89	90	91	90	90	91	90	90	91
0.80	100	92	90	89	89	91	92	91	91	92	91	90	91
0.75	100	93	91	91	90	91	93	92	92	93	93	91	92
0.70	100	94	92	92	92	92	93	93	93	94	93	93	93
0.65	100	95	94	93	94	93	94	94	94	95	95	94	94
0.60	100	95	95	94	94	95	95	95	96	95	96	94	95
0.55	100	96	96	95	95	95	96	96	97	97	96	95	96
0.50	100	97	97	95	95	96	97	97	98	97	97	96	97
0.45	100	98	98	97	97	98	98	98	98	98	98	97	98
0.40	100	99	99	98	98	99	98	99	99	98	99	98	99
0.35	100	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0.30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100
0.25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.05	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020-2022	100	96	95	94	94	95	96	96	97	97	96	95	96

表7. つづき

(d) 親魚量の平均値 (千トン)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	41	51	47	42	37	37	39	36	36	39	38	36	41
0.95	41	53	49	44	39	39	41	38	38	41	41	38	43
0.90	41	54	51	47	42	41	44	41	41	44	43	41	45
0.85	41	56	54	49	44	44	47	43	44	46	46	44	48
0.80	41	57	57	53	48	47	50	47	47	50	49	47	51
0.75	41	59	60	56	51	51	53	50	50	53	53	51	55
0.70	41	61	63	60	55	55	58	54	54	57	56	55	59
0.65	41	63	66	64	59	59	62	58	58	62	60	59	64
0.60	41	65	70	69	64	64	67	63	63	67	65	64	69
0.55	41	67	73	73	69	69	72	68	68	72	70	70	74
0.50	41	69	78	78	74	75	78	74	74	78	76	76	81
0.45	41	71	82	84	80	81	84	81	81	84	82	83	87
0.40	41	73	87	90	86	88	91	88	87	91	89	89	94
0.35	41	76	92	96	93	95	99	96	95	99	96	96	101
0.30	41	78	97	103	100	102	106	103	102	106	103	103	108
0.25	41	81	102	109	107	109	114	111	110	113	111	110	116
0.20	41	84	108	116	114	117	121	118	117	120	118	118	123
0.15	41	87	113	123	121	124	129	126	124	127	125	125	130
0.10	41	90	119	130	129	132	136	133	131	134	132	132	138
0.05	41	93	125	138	136	139	143	140	139	142	140	139	145
0.00	41	96	132	145	144	147	151	148	146	149	147	147	152
F2020-2022	41	66	73	72	68	68	71	67	67	71	70	69	73

(e) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.00	19	61	54	47	42	39	40	41	41	40	41	41	43
0.95	19	59	54	47	43	40	40	42	41	40	42	42	43
0.90	19	57	53	48	44	40	41	42	42	40	43	42	44
0.85	19	55	53	48	44	41	41	43	42	41	43	43	44
0.80	19	53	52	48	45	41	41	43	43	41	44	43	45
0.75	19	50	51	48	45	42	41	43	43	42	44	43	45
0.70	19	48	49	48	45	42	41	43	43	42	44	44	45
0.65	19	45	48	47	45	42	42	43	43	42	44	44	45
0.60	19	43	46	46	44	42	41	43	43	42	44	43	45
0.55	19	40	44	45	43	42	41	43	42	41	43	43	44
0.50	19	37	42	44	42	41	40	42	41	41	42	42	43
0.45	19	34	39	42	41	39	39	40	40	39	41	41	41
0.40	19	31	36	39	38	38	37	38	38	37	39	39	39
0.35	19	28	33	36	36	35	35	36	36	35	36	36	36
0.30	19	24	30	32	32	32	31	33	32	32	33	33	33
0.25	19	20	26	28	28	28	28	29	28	28	29	29	29
0.20	19	17	21	24	24	24	23	24	24	23	24	24	24
0.15	19	13	16	19	19	19	18	19	19	18	19	19	19
0.10	19	9	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
0.05	19	4	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
0.00	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2020-2022	19	41	45	45	43	42	41	43	42	41	44	43	44

別紙（水産庁からの検討依頼文書）

事務連絡
令和6年9月3日

国立研究開発法人水産研究・教育機構
水産資源研究所 調査・評価部会長 福若雅章 様

水産庁漁場資源課沿岸資源班長

スルメイカ2系群の資源評価上の試算についてのお願い

スルメイカ2系群（秋季発生系群、冬季発生系群）の資源評価について、以下の条件での試算および水産庁主催の会合等におけるご説明をお願いいたします。

1. 令和5年度評価をベースに、次の①から③の3パターンについて試算いただきたい。
 - ①資源評価に利用可能な全期間のデータを使用して推定した再生産関係に基づいて管理基準値（目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準）を算定し、この管理基準値に基づく漁獲管理規則により将来予測を行う。なお、将来予測における加入量推定値は、全期間のデータを使用して推定した再生産関係に基づくものとする。
 - ②管理基準値の算定方法は①と同様とした上で、将来予測における加入推定値には、令和5年度評価で用いたバックワードリサンプリングを使用する。
 - ③過去の親魚量と加入量の関係から「低加入期」を推定した上で、当該低加入期のみのデータを用いて推定した再生産関係から管理基準値を算定し、この管理基準値に基づく漁獲管理規則により将来予測を行う。なお、将来予測における加入量推定値は、上記の低加入期の再生産関係に基づくものとする。
2. 1で行うそれぞれの将来予測において、5年後及び10年後にそれぞれ、限界管理基準値及び目標管理基準値を上回る確率（※ β は0.05刻み）を試算いただきたい。

以上