

令和 4（2022）年度トラフグ伊勢・三河湾系群の 管理基準値等に関する研究機関会議資料

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

要 約

令和 4 年度の本系群の資源評価データを用いて、1A ルールの管理規則に従って再生産関係ならびに再生産関係に基づく管理基準値案等を検討したが、本系群では推定された再生産関係およびそれに基づく MSY 等の管理基準値案において式の推定に課題が存在し、現状では選択することが困難であると判断された。そのため、現状の加入状況を考慮し、生物学的管理基準値に基づく 1B ルールの管理規則を適用する。将来予測には、資源評価により推定された 2009～2020 年漁期の加入から推定される加入量を用い、Fmsy の代替値として Fmax を適用し算出される SBmsy proxy (84 トン) を目標管理基準値として提案する。限界管理基準値として、SBmin (13 トン) を、禁漁水準として 0 トンを提案する。目標管理基準値案 (SBmsy proxy) を達成する漁獲圧 (Fmsy proxy) は、現状 (2018～2020 年漁期の平均の漁獲係数) の 0.79 倍である。

親魚量 (トン)	現状の 親魚量*1 に対する比	初期 親魚量 に対する比	期待できる 平均漁獲量 (トン)	現状の 漁獲圧 に対する比*2	説 明
目標管理基準値案					
84	1.47	0.15	60	0.79	Fmax を Fmsy の代替値として漁獲を続け平衡状態となった時に得られる親魚量 (SBmsy proxy)
限界管理基準値案					
13	0.23	0.023	52	1.81	過去最低親魚量 (SBmin)
禁漁水準案					
0	0	0	—	—	0 トンの親魚量 (SBban)
2021 年漁期					
57	1.00	0.056	50*3	—	2021 年漁期の値

*1 現状の親魚量とは 2021 年漁期の親魚量である。

*2 現状の漁獲圧とは 2018～2020 年漁期の漁獲圧である。現状の漁獲圧に対する比とは、各管理基準値案および水準案を達成する漁獲圧が現状の漁獲圧に対して何倍に相当するかを示す係数である。なお、年齢別選択率は現状の漁獲圧における年齢別選択率に基づく。

*3 2021 年漁期の漁獲量（漁期は 4 月～翌年 3 月）。

1. 検討の概要

トラフグ伊勢・三河湾系群では親魚量が非常に少ない水準であった 2000 年代初頭に非常

に高い卓越年級が見られた後、親魚量が増加した（図 1）。一方で、過去には周期的な加入の増減を繰り返す加入動態が示されており、1993～2008 年漁期の間では低加入期と高加入期が 3～4 年単位で繰り返されていた（図 2）。しかしながら、2009 年漁期以降では 2013 年漁期と 2014 年漁期に 18 万尾を超えた以外はおおむね 10 万尾を下回る低加入が続いている。近年の加入の減少が親魚の増加による極端な密度効果なのか、環境変化に起因するものなのかによっても管理基準についての考え方は大きく変わるが、現状ではこれらを反映するための十分な科学的知見が得られていない。

本系群では、再生産関係として HS 型と RI 型の再生産関係式について比較検討を行い（補足資料 1～3）、補足資料 5 で簡易 MSE を行いリスクの評価等を行ったところ、HS 型による管理ではリスクの面で比較的頑健な漁獲が可能と示されたが、RI 型による管理では親魚量および漁獲量が安定しないという問題が示された（補足図 5-3～5-5、5-6、5-8）。また、RI を用いたときに推定される F_{msy} は漁獲がなかった状態と比べて加入あたりの親魚量を約 2% まで減らすような非常に高い漁獲圧であることや、親魚量推定の不確実性等によって密度効果を過大に評価している可能性があることも示された。一方で、密度効果が弱く仮定されるホッケー・スティック型再生産関係（HS）をあてはめた場合の目標管理基準値は RI のときの推定値と大きく乖離したことから、現状では再生産関係に基づいた頑健な管理基準値を提案することが困難と判断した。今後も資源量推定の精度向上に努めるとともに、再生産関係の検討を継続する必要がある。これらのことを鑑み、本系群では再生産関係に基づいた頑健な MSY 管理基準値は得られないと判断し、再生産関係に基づかない資源管理規則（1B 資源）を適用して F_{msy} の代替値に基づいた管理基準値を提案する。

「令和 4（2022）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」では、再生産関係の不確実性が大きいなどの理由により、再生産関係から頑健な MSY 管理基準値を得ることが困難であるが他の管理基準値（ $F\%SPR$ など）が比較的高い精度で計算可能な場合は、それらの生物学的管理基準値をもとに MSY 管理基準値に相当する代替値の提案を 1B ルールとして可能としている。この基本指針では例として、①再生産関係のパラメータを推定するための親魚量・加入量のデータ数が十分でない場合、②再生産関係のパラメータの推定の不安定性のために頑健な MSY 管理基準値が得ることが出来ない場合、③モデル内で再生産パラメータに仮定をおいているような場合、などが 1B ルールの適用条件として挙げられている。

本資源では前述の親魚量と加入量の推移に加え、親魚量が 70 トン以上の状況での加入を示す年が 1 点しか存在しないことや、過去の高加入と近年の低加入の傾向から、HS 型および RI 型による再生産関係の推定を行うにあたり、前述の例①で示されている頑健な再生産関係のパラメータを推定するための親魚量・加入量のデータ数が不十分な場合に該当すると考えられる。また、HS 型または RI 型を仮定した場合の SB_{msy} や F_{msy} の値には大きな差異があり、②再生産関係のパラメータの推定の不安定性のために頑健な MSY 管理基準値が得ることが出来ない場合に該当するとも考えられる。さらに、RI 型によって推定された再生産関係は高いスティーブネスを導出する密度効果を仮定しており、過去に観測された高い親魚量において極端に低い加入量を予測するほか、過去最低に近い親魚量において最大の加入を期待するなど、リスク管理の面からも懸念すべき点が見られる。そのため、1B ルールによる MSY 管理基準値に相当する代替値について検討を行った。

なお、本資源では令和 4（2022）年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価（FRA-SA2022-RC01-03）にて資源量推定がされており、生物学的基準についても算出されている（FRA-SA2022-RC01-03、図 12）。そこで本補足資料では、それらの生物学的管理基準値（SPR 基準および YPR 基準）をもとに MSY 管理基準値に相当する代替値を推定し、この値を用いて将来予測等を行った。

2. Fmsy の代替値と加入量の仮定

2-1) 使用するデータセット

本資源の Fmsy の代替値の設定は「令和 4（2022）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-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（v2.2.0.3）を用いた。frasyr で用いた式の詳細は「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（令和 4 年度）（FRA-SA2022-ABCWG02-04）」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 4（2022）年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価（水産庁・水産機構）

2-2) 加入量の仮定

1B ルールでは再生産関係を仮定せずに、過去の加入量を参照することで将来予測を行う。本資源の年別加入尾数を図 2 に示す。近年の加入は 2009 年漁期から 2013～2014、2016 年漁期を除き 10 万尾以下で推移している。過去 1993、1994、1997、1999～2002、2005～2008 年に 20 万尾を超える加入が推定されたが、近年では 2013 年漁期を除いて出現していない。また、再生産成功率（RPS、加入尾数/親魚 1kg）も 2009 年漁期から大きく低下しており、令和 3（2021）年度および令和 4（2022）年度評価ではそれぞれ過去最低を更新している（鈴木ほか 2021、真鍋ほか 2022）。これらのことから、近年の低加入の傾向を考慮することがリスクを回避する安全な将来予測に繋がると考え、本系群では直近年である 2021 年を除いた 2009 年以降の天然当歳魚の加入データ（2009～2020 年漁期）に対して対数正規分布をあてはめ、その分布に基づいて加入が期待されるという仮定のもとで将来予測を行った（表 2）。なお、加入データの開始年を変化させた場合の感度分析の結果については補足資料 4 に記載する。

2-3) 生物学的管理基準値の検討

本資源の管理基準値案の算出および将来予測計算に使用する生物学的管理基準値には、YPR 基準として F_{max} （加入量あたりの漁獲量 YPR を最大にする F ）、 $F_{0.1}$ （YPR 曲線の原点における傾きの 10%の傾きを与えるときの F ）を、SPR 基準として $F_{20\%SPR}$ 、 $F_{30\%SPR}$ （漁獲が無いときの親魚量の 20%、30%を獲り残す F ）を検討した。現状の漁獲圧は、コホート計算における直近年の値の不確実性を考慮し、直近年を除外した 2018～2020 年漁期の平均漁獲係数（ $F_{2018-2020}$ ）を用いることとした（図 3）。

1B ルールによって推定された各生物学的管理基準による漁獲を行った場合の平衡状態に

おける平均親魚量などを表 1 に示す。

平衡状態での平均親魚量は、5 種類の生物学的管理基準値のうち YPR 基準である F_{max} が最も低い 84 トンと推定され、その時の漁獲圧 (%SPR) は 15%と推定された。また、この親魚量は $F_{20\%SPR}$ では 110 トン、 $F_{30\%SPR}$ では 165 トン、 $F_{0.1}$ では 166 トンと推定された。なお、漁獲が無いときの親魚量 SB_0 は 550 トンと推定された。また、この将来予測においては、2009～2020 年漁期における加入尾数に対してあてはめた対数正規分布に基づいた加入を仮定し平衡状態となるまでの推定を行っているため、加入は低い水準が継続する。このため、各生物学的管理基準によって得られる平衡状態の漁獲量(MSY の代替値)は F_{max} で 60 トン、 $F_{0.1}$ で 56 トン、 $F_{20\%SPR}$ で 59 トン、 $F_{30\%SPR}$ で 56 トンと推定された(表 1)。

2-4) F_{msy} の代替値の候補

本系群の F_{msy} の代替値の候補は、「令和 4 (2022) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2022-ABCWG02-01)」の IV「管理基準値と漁獲管理規則 (1B 資源)」に基づき算定した。本資源では 1B ルールを適用する理由として、極端な密度効果の存在の真否が不明であり、再生産関係が推定できないという問題が挙げられる。そこで、現時点で利用可能なデータから、資源および漁獲に対するリスクを考慮し、YPR 基準と SPR 基準を検討した。その中で、 F_{max} 以上の漁獲圧がかかり親魚資源が極端に少なくなった場合でも加入乱獲の兆候が見られなかったという過去の傾向を考慮し、 F_{max} で漁獲しても過度な加入乱獲を引き起こす懸念は少ないと考え、 F_{max} を F_{msy} の代替値 (F_{msy} proxy) として提案する(表 2)。

3. 管理基準値案

3-1) 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 4 (2022) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2022-ABCWG02-01)」の IV「管理基準値と漁獲管理規則 (1B 資源)」の管理規則に従い、2-3) で提案した F_{max} について、表 3 に示した令和 4 年度の資源評価に基づく各種設定(自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重)を使用して実施した。年齢別平均体重については、より直近年の資源状態を反映するため 2017～2021 年漁期の平均値を用いた。現状の漁獲圧としては、2018～2020 年漁期の平均漁獲係数 ($F_{2018-2020}$) を用いた。将来予測における選択率にはこの現状の漁獲圧 ($F_{2018-2020}$) の値を用いた(図 3、表 3)。将来予測における加入量としては 2009～2020 年における加入尾数に対してあてはめた対数正規分布に基づいた加入を仮定した。なお本系群では平衡状態を、平均世代時間 (6.4 年) の 20 倍を基準に将来予測開始から 128 年後と仮定し、 F_{msy} の代替値 (F_{msy} proxy) である F_{max} で漁獲を継続した場合の平衡状態における平均親魚量を SB_{msy} の代替値 (SB_{msy} proxy) とした。

3-2) 管理基準値案と禁漁水準案

F_{max} を用いて管理基準値案を算出した場合、目標管理基準値 (SB_{target}) として MSY 水準における親魚量 (SB_{msy} proxy : 84 トン)、限界管理基準値 (SB_{limit}) として過去最低親

魚量 (SBmin : 13 トン)、禁漁水準 (SBban) として 0 トンを用いることを提案する。これらの基準値案について、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0=550 トン) に対する比、対応する漁獲圧の下での平衡状態における平均漁獲量、対応する漁獲圧の現状の漁獲圧に対する比などを表 4 に示す。目標管理基準値として提案する SBmsy proxy は SB0 の 15% 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 60 トンである。また、目標管理基準値案に対応する漁獲圧 (MSY の代替値を実現する漁獲圧 : Fmsy proxy) の、現状の漁獲圧に対する比 (Fmsy proxy / F2018-2020) は 0.79 で、その時の漁獲割合 (Umsy proxy) は 29% である。限界管理基準値として提案する SBmin は SB0 の 2.3% である。

様々な加入 1 尾あたりの親魚量の値 (%SPR) のときの平衡状態における加入 1 尾あたりの漁獲量 (YPR)、および年齢別 YPR の平均値を補足図 5-2 に示す。%SPR が 0 から増加するにつれて YPR は急激に増加し、15%SPR のときに最大の YPR となる。%SPR が更に増加するにしたがって、0~2 歳魚は減少するが、3 歳以上の割合が高くなる傾向が見られる。

3-3) 神戸プロット

目標管理基準値案である SBmsy proxy と、その時の漁獲圧 Fmsy proxy を基準にした神戸プロットを図 5 に示す。本系群における漁獲係数 (F 値) は、近年は減少傾向にあるものの、Fmax を上回っている。親魚量は 2004 年漁期を除くすべての年で目標管理基準値案 (SBmsy proxy) を下回った。現状の親魚量 (2021 年漁期の親魚量 : 57 トン) に対する目標管理基準値案の比は、1.47 であり、限界管理基準値案 (SBmin) に対する比は 0.23 である。

3-4) 漁獲管理規則案

本資料で提案する漁獲管理規則は、限界管理基準値案および禁漁水準案となる親魚量を閾値として漁獲管理の基礎となる漁獲係数 (F 値) を変えるルールであり、親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げることを定めている。F 値の上限は Fmsy に調整係数 β を乗じたものである。限界管理基準値案および禁漁水準案に標準値を用いた場合 (すなわち、SBlimit は SBmin、SBban は 0 トンの場合) の漁獲管理規則案における親魚量と漁獲係数の関係を図 6a に示す。これらの漁獲管理規則案で漁獲した場合に期待できる平均的な漁獲量との関係をそれぞれ図 6b に示す。図に例示した漁獲管理規則案は、いずれも β に標準値である 0.7 を用いた。また、漁獲量の算出については、加入および選択率を将来予測と同じ仮定を用い (表 2、3)、親魚量の大小に対応する漁獲圧で平衡状態までシミュレーションした時における年齢組成を用いた。

3-5) 漁獲管理規則案に基づく資源の将来予測

(1) 調整係数 β に標準値を用いた場合

限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用い、調整係数の β を標準値の 0.7 とした漁獲管理規則案 (図 6) で将来予測した時の、資源量、親魚量、漁獲量、加入量、漁獲割合および漁獲圧の比の増減率の推移を図 7 に示す。将来予測では、2022 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2020) により仮定し、2023 年漁期から漁獲管理規則案に

よる漁獲制御を開始する。

Fmax による漁獲によって予測される 2023 年漁期の親魚量は限界管理基準値案を上回っているため、漁獲管理規則案に従い、まず βF_{msy} proxy での漁獲が行われる。中長期的にも親魚量は限界管理基準値案を上回ると予測されるため、 βF_{msy} proxy での漁獲となる。 βF_{msy} proxy による漁獲の継続により、漁獲量は資源が平衡状態になった時に Fmax により期待される漁獲量付近で推移し、親魚量は SB F_{msy} proxy より高めに推移していくと予測される。

(2) 調整係数 β を変えた場合

Fmax に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測について、調整係数 β を 0.0～1.0 の間で、0.1 間隔で変えた場合の親魚量が目標管理基準値案および限界管理基準値案を上回る確率、および親魚量平均値と漁獲量平均値の推移をそれぞれ表 5～8 に、これらのまとめを表 9 に示した。表 5～8 には、現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を継続した場合の結果も比較のため示した。また、 β を変えた場合のそれぞれの漁獲圧の現状の漁獲圧 (F2018-2020) に対する比も示した。

本資源の親魚量は 2021 年漁期時点で限界管理基準値案を超えており、漁獲管理規則案での漁獲開始から 10 年後の 2033 年漁期にも、 β が 0.9 であれば 67%の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された (表 5)。なお、 β が 1.0 以下いずれの値であっても親魚量が限界管理基準値を下回らないと予測された (表 6)。2024 年漁期以降の親魚量は β が低い程多くなると予測された (表 7)。Fmax で漁獲をおこなった場合、 β を 0.5～1.0 の間で変化させた場合の平均漁獲量はいずれも 2033 年漁期には 50 トンを超え、現状 (2021 年漁期: 50 トン) より高い値となった (表 8)。表 9 に、上述の結果を要約したものを示すとともに、親魚量や漁獲量に係るリスクについて評価した結果を示した。リスクについては 10 年間に 1 度でも親魚量が過去最低親魚量を下回る確率、親魚量が限界管理基準値を下回る確率、前年より漁獲量が半減する確率は 0%と予測された。

一方で、現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合、2033 年漁期の漁獲量は 2021 年漁期の漁獲量 (50 トン) より多い 59 トンであり、親魚量は 2021 年漁期の親魚量 (57 トン) よりわずかに少ない 55 トンと推定された (表 7、8)。また、2033 年漁期の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率はそれぞれ 6%であった (補足表 5-5)。

4. まとめ

本系群では、「令和 4 (2022) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2022-ABCWG02-01)」に基づき、再生産関係を用いない 1B ルールを適用した。1B ルールにおける加入の予測には資源評価で推定された 2009～2020 年の加入量を用い、F $_{msy}$ の代替値として Fmax を提案する。

目標管理基準値案は、F $_{msy}$ によって計算される平衡状態における資源水準である 84 トンとすることを提案する。また、限界管理基準値案、禁漁水準案には、標準値である過去最低親魚量 SBmin (13 トン)、0 トンをそれぞれ提案する。

現在の本系群の親魚量は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案を上回っていると推定される。Fmax の漁獲割合は 29%、漁獲圧は現状の漁獲圧 (F2018-2020) の 0.79 倍

である（表 1）。また、本補足資料で示された将来予測では、2033 年漁期に 50%以上の確率で親魚量が目標管理基準値案を上回る β は 0.9 以下である。

本補足資料では 1B ルールを適用した場合の試算について YPR 基準と SPR 基準よりそれぞれ F_{max} 、 $F_{0.1}$ 、 $F_{20\%SPR}$ 、 $F_{30\%SPR}$ を検討した結果、 F_{max} を F_{msy} の代替値として提案するとして管理基準値案および漁獲管理規則の算定を行い、将来予測を行った。1A ルールを用いた将来予測では 1993～2020 年の加入量と親魚量を用いて再生産関係を推定したことに対して、本資料の 1B ルールでは低加入が続いている 2009～2020 年の加入量を参照することで F_{msy} の代替値を算出し将来予測を行っている。1A ルールでは過去の 1999 年、2001 年などの卓越年級群や、20 万尾を超える加入が頻発した 1993～2008 年の影響を受けるため、HS でも過去最低親魚量（13 トン）以上の親魚量において 14.8 万尾の加入を仮定している（補足表 1-1）。しかしながら、1B ルールでは 2009～2020 年のみを参照するため、平均が 8 万尾となる対数正規分布による加入を仮定しており、資源としての加入のポテンシャルとしては 1A ルールの HS に対して 55%程度となる。そのため、 F_{max} に基づく SB_{msy} proxy は 84 トンと、1A ルールの RI における SB_{msy} （25 トン）に対して 3 倍以上の数値であった一方で、HS における SB_{msy} （151 トン）に対しては低い値となった。同様に、1B ルールでは資源のスケールを小さく想定しているため、MSY が F_{max} で 60 トンと 1A ルールの RI と HS に対して 44～54%程度の値となった（補足資料 2）。

1B ルールでは再生産関係を用いず、生物特性値から F_{msy} の代替値を推定するため、本来の資源における F_{msy} に相当する F の真の値が不明である。そのため、本補足資料で推定された F_{msy} の代替値が F_{msy} と異なっている場合における将来予測のリスクを考慮する必要がある。そのため調整係数 β には「令和 4（2022）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」において定められている標準値として 0.7 を用いているが、本系群では RPS の低い 2009～2020 年を参照し、資源の再生産ポテンシャルを見積もる段階でリスクを考慮していることも留意点として挙げられる。生物学的管理基準値についても、図 9 における過去最低親魚量を下回るリスクおよび前年から漁獲量が半減する確率が、試算した全ての β の値で 0%であるという予測が得られたことから、 F_{max} を F_{msy} の代替値として用いるリスクは許容される範囲内と判断した。

5. 今後の検討事項

現状で利用可能なデータを用い本系群の再生産関係を検討した結果、自己相関を考慮した HS 型の再生産関係と、自己相関を考慮しない RI 型の双方がそれぞれ再生産関係を表現する有力な候補として検討されたが、現状では問題や課題が残されており、妥当な再生産関係として選択することができなかった（補足資料 1）。近年における再生産関係の残差が下方に偏ることや、過去の親魚量が少ないときに高い加入が得られたことなどから、強い密度効果が起こっている可能性を否定することはできないが、親魚量が最大であった年の加入量は、本資料で推定された RI 型再生産式に基づく期待値を大きく上回っており（補足図 1-1、1-9b）、本資料で推定されたパラメータが示す非常に強い密度効果については、これを立証する生物学的知見や情報が不十分であると考えられる。一方、HS 型では漁獲が無いときの親魚量および資源量を非常に大きく見積もっている可能性が示唆されているほか、現状の加入に比べ楽観的な加入を推定している可能性がある。そのため、再生産関係における密

度効果の有無や、その強度の判定のために、引き続き情報収集を行うことが重要である。ここで、再生産関係を用いないことによる 1B ルールに内包される推定結果の不確実性と、1A ルールの推定結果における課題は共に存在しているため、選択には困難を生じたが、本資料ではより近年の低加入を反映し、過剰な乱獲および過剰な漁獲制限をもたらさない可能性が高いと考えられる 1B ルールを提案する。

また、本資源では 2002 年度に TAE (漁獲努力可能量) 制度による管理が開始されたほか、0 歳魚の再放流が行われているなど、1993～2021 年漁期の評価年内において小型魚の漁獲実態に変化があった可能性が考えられるため、より正確に加入尾数を把握するために引き続きデータの精査を行う必要がある。さらに、本資源では成熟開始年齢である 3 歳以上をプラスグループとしており、3 歳以上の年級群ごとの加入への貢献は再生産関係に反映できない。このため、より詳細な年齢分なども含めた検討を今後も継続する必要がある。今後もこれらの推定精度向上に努めることとし、本系群の再生産関係を十分に説明できる再生産関係データが得られた時点で、再度研究機関会議において再生産関係に基づく MSY 等管理基準値を再度検討していく必要がある。このほか、我が国におけるトラフグ資源では分布回遊の変化の可能性などが示唆されており、周辺情報についても引き続き検討が必要と考えられる。また、内海と外海を利用する生態から、環境の影響を受けやすい資源である可能性も示唆されているため、環境変動を考慮したモニタリング体制の充実などについて今後も引き続き検討を行うことも必要である。

6. 引用文献

- ABCWG (2022) 令和 4 (2022) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.
- ABCWG (2022) 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 4 年度). FRA-SA-2022-ABCWG02-04.
- 鈴木重則・山下夕帆・平井慈恵・西嶋翔太・山本敏博・澤山周平・青木一弘 (2021) 令和 3 (2021) 年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構、1-49. FRA-SA2021-RC01-4
- 真鍋明弘・平井慈恵・片町太輔・西嶋翔太・澤山周平・青木一弘 (2022) 令和 4 (2022) 年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構、1-57. FRA-SA2022-RC01-03

(執筆者：真鍋明弘、平井慈恵、片町太輔、西嶋翔太、澤山周平、青木一弘)

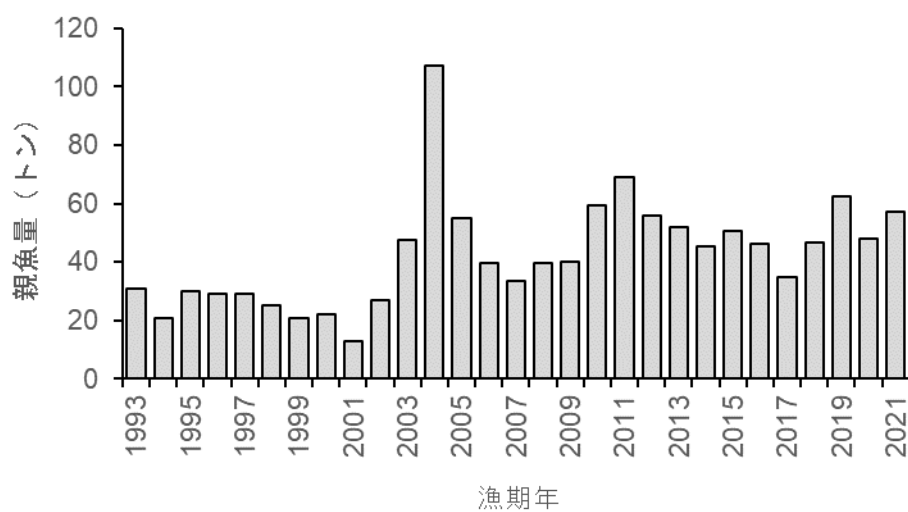


図 1. トラフグ伊勢・三河湾系群の過去の親魚量 (トン)

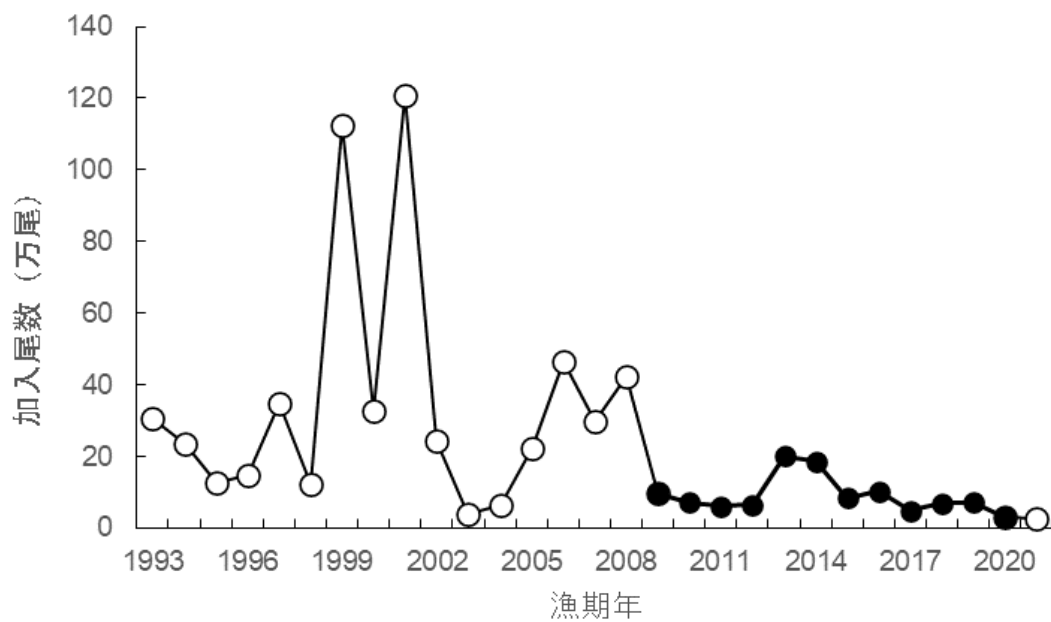


図 2. トラフグ伊勢・三河湾系群の過去の年別加入尾数

黒丸（2009～2020 年漁期）は加入尾数の参照に用いたデータ、白丸（1993～2008、2021 年漁期）は加入尾数の参照に用いないデータを表す。

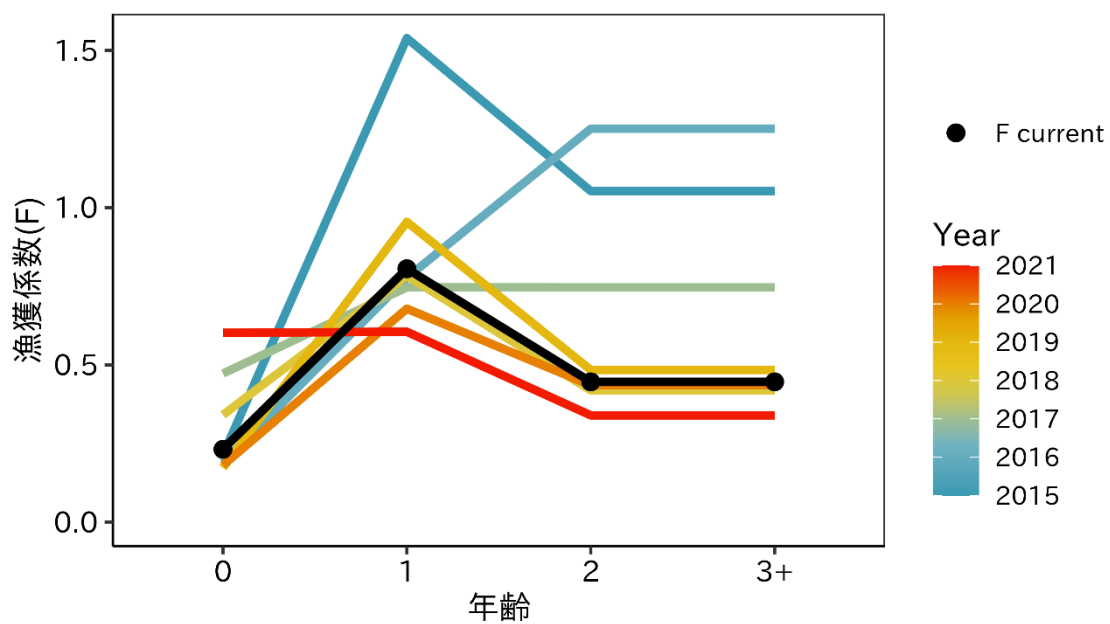


図 3. 年齢別の漁獲係数 (F 値)

2015 年漁期以降の各年の年齢別 F 値を示す。黒線は現状の漁獲圧 (F2018-2020) である。

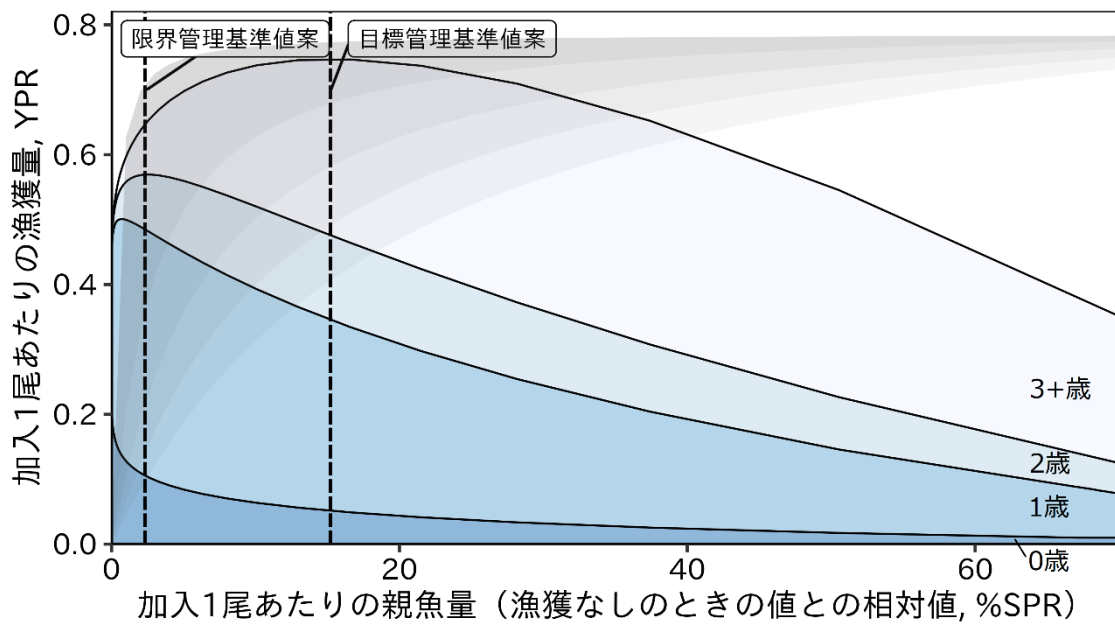


図 4. 漁獲圧(%SPR) と加入 1 尾あたりの相対漁獲量 (YPR) の関係

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での%SPR あたりの年齢別 YPR の平均値とそれぞれの管理基準値案の位置関係を示す。灰色の網掛け部分は加入の不確実性を示し、灰色が濃いほど不確実性が高いことを表す。目標管理基準値案は F_{max} では 15%SPR 相当であり、限界管理基準値案は SB_{min} (13 トン) に相当する%SPR の位置を示す。禁漁水準案は 0 トンであり、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB_0) は 550 トンである。

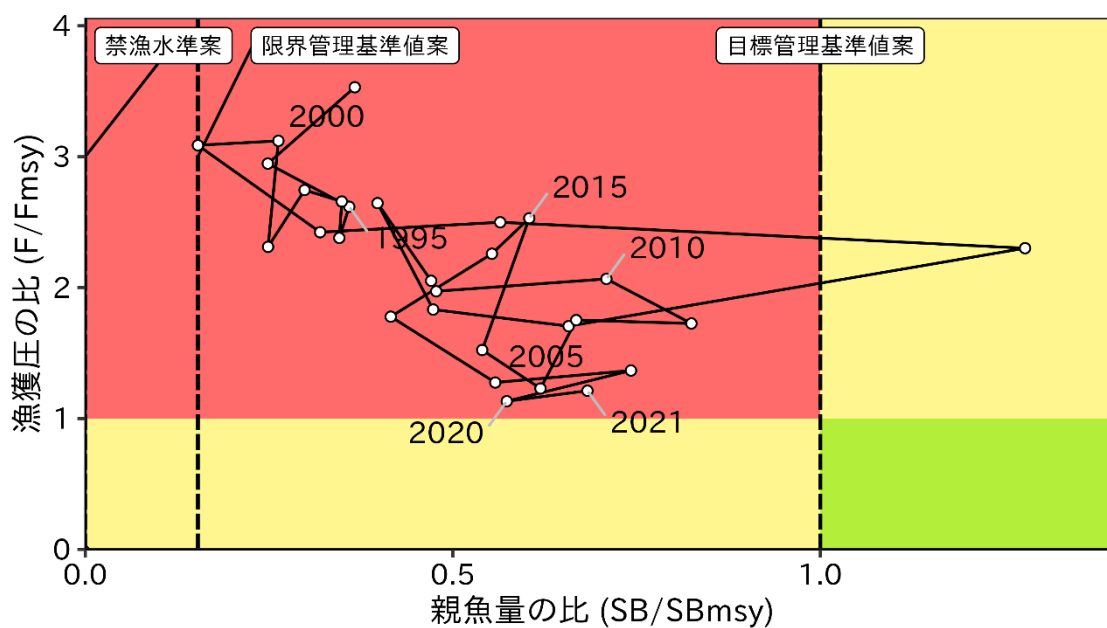
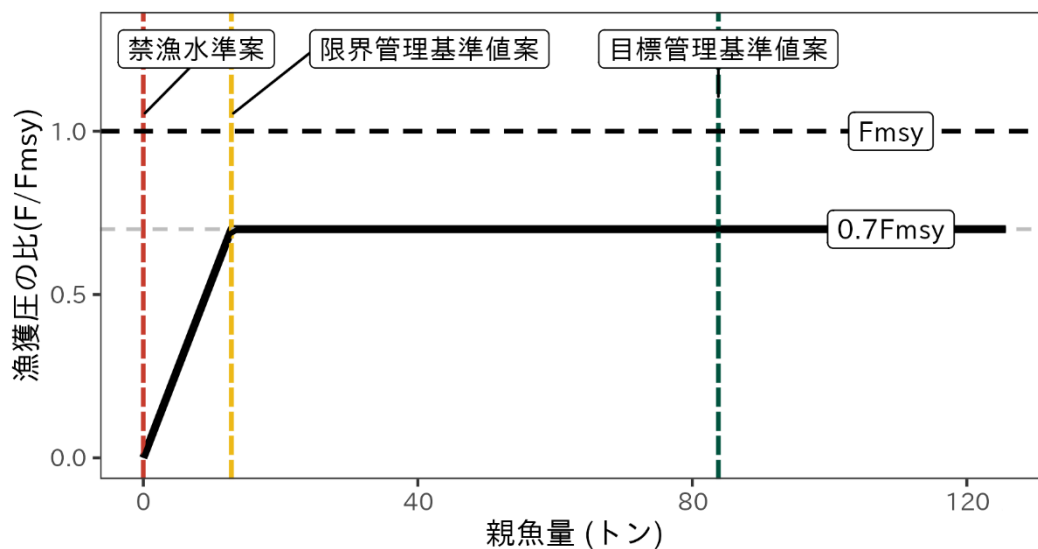


図 5. 神戸プロット

縦軸は各漁期年の漁獲圧 F の F_{msy} との比である。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案にはそれぞれ SB_{msy} proxy、過去最低親魚量 SB_{min} を用いた。また、禁漁水準案は 0 トンとした。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

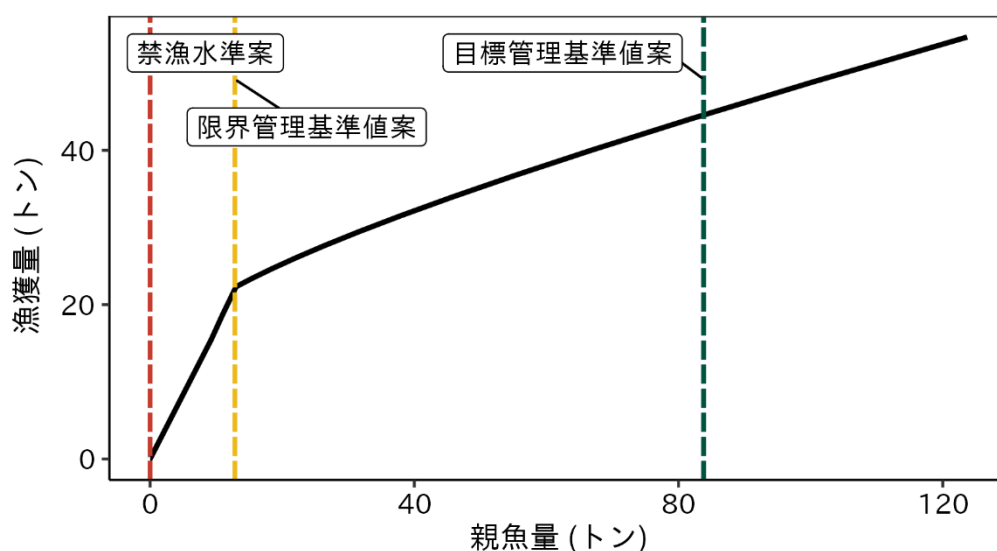


図 6. 漁獲管理規則案

目標管理基準値案 (SBtarget) は F_{max} による漁獲に基づき算出された親魚量であり、限界管理基準値案 (SBlimit) には過去最低親魚量 (SBmin=13 トン) を、禁漁水準案 (SBban) には 0 トンを用いている。調整係数 β には 1B ルールにおける標準値である 0.7 を用いた。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.7F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。

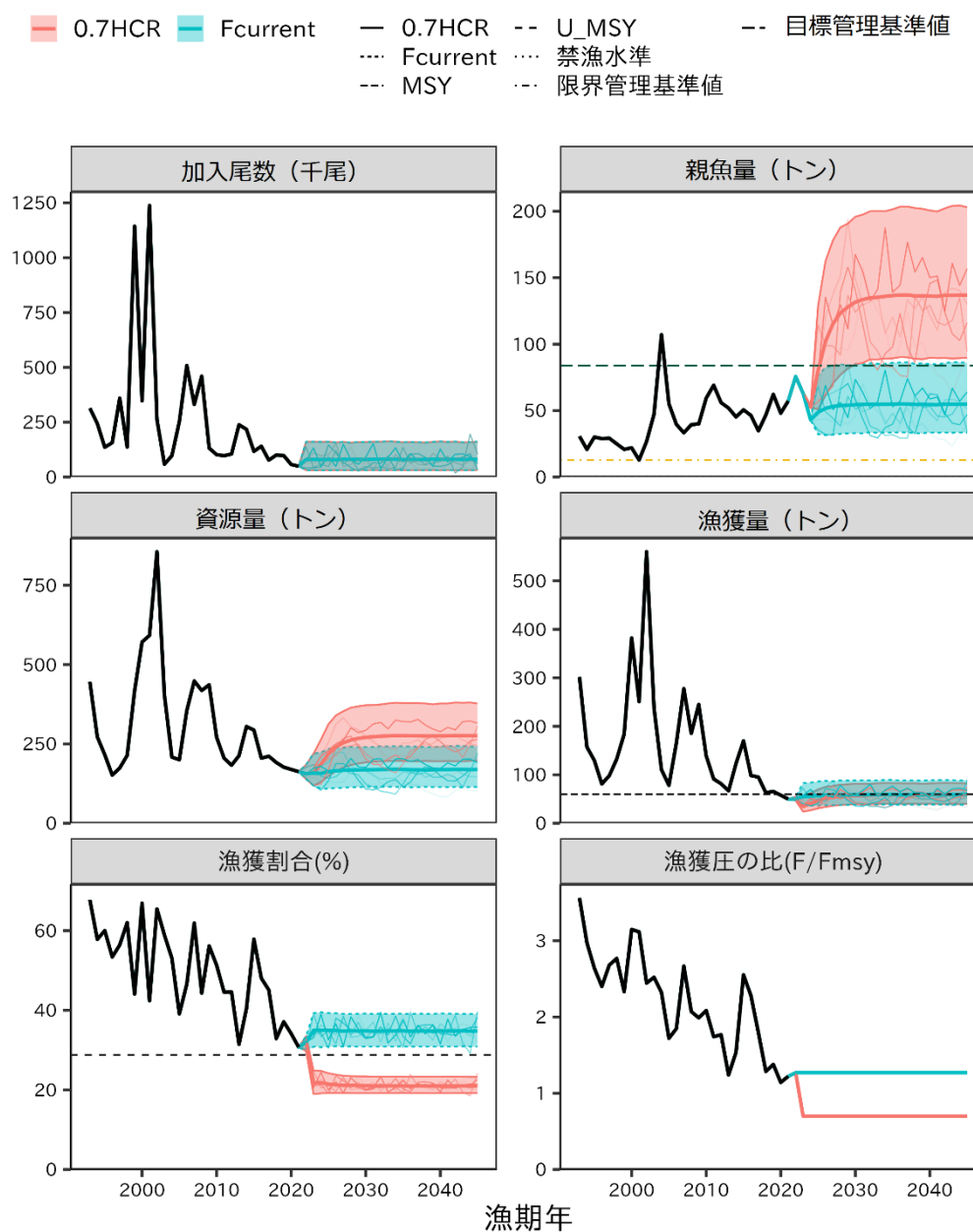


図 7. 管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）の比較

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年漁期の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2020) により仮定し、2023 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則案 (図 6) に従うものとした。調整係数 β には 0.7 を用いた。

表 1. 各生物学的管理基準値案における平衡状態のときの平均親魚量、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) に対する比、平均漁獲量、%SPR 換算した漁獲圧、漁獲割合、および現状の漁獲圧 (F2018-2020) に対する努力量の比の関係

生物学的管理基準値案	親魚量 (トン)	SB0 に 対する比	漁獲量 (トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲割合	努力量 との比
YPR 基準 Fmax	84	0.15	60	0.15	0.29	0.79
F0.1	166	0.30	56	0.30	0.18	0.47
SPR 基準 F20%SPR	110	0.20	59	0.20	0.25	0.66
F27%SPR	149	0.27	57	0.27	0.20	0.52
F30%SPR	165	0.30	56	0.30	0.18	0.47

表 2. 選択した生物学的管理基準のパラメータ推定値

生物学的管理基準	加入参照年 (漁期年)	加入分布	平均(尾)	S.D.
Fmax	2009～2020	対数正規分布	80214	0.496

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	成熟率	平均重量 (g)	選択率	現状の漁獲圧 (F2018-2020)
0	0.25	0.0	350	0.287	0.231
1	0.25	0.0	1,093	1.000	0.806
2	0.25	0.0	1,858	0.554	0.446
3+	0.25	1.0	3,194	0.554	0.446

現状の漁獲圧は 2018～2020 年漁期の F 値の年齢別平均値である。

表 4. F_{max} を F_{msy} の代替値とした場合の各種管理基準値案における平衡状態のときの平均親魚量、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 ($SB_0=550$ トン) に対する比、平均漁獲量、 $\%SPR$ 換算した漁獲圧、漁獲割合、現状の漁獲圧 ($F_{2018-2020}$) に対する努力量の比の関係、および MSY を実現する漁獲圧における年齢別漁獲係数 (F_{msy} proxy)

管理基準値案	説明	親魚量 (トン)	SB_0 に 対する比	漁獲量 (トン)	漁獲圧 ($\%SPR$)	漁獲割合	努力量 の比
目標管理基準値案	SB_{msy} proxy	84	0.15	60	15	0.29	0.79
限界管理基準値案	SB_{min}	13	0.023	52	2.3	0.52	1.81
禁漁水準案	SB_{ban}	0	0	0	0	0	0
MSY を実現する 漁獲圧の代替値	F_{msy} proxy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3+歳) = (0.18, 0.64, 0.35, 0.35)					

表 5. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0	0	0	0	11	25	30	36	37	38	40	41	43	41	42
0.9	0	0	0	0	16	37	47	56	60	62	63	66	67	65	66
0.8	0	0	0	0	24	51	67	76	81	84	86	86	87	86	86
0.7	0	0	0	0	33	68	82	91	95	96	96	98	97	96	96
0.6	0	0	0	0	44	82	93	97	99	99	100	99	99	100	100
0.5	0	0	0	0	57	90	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	0	0	69	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	0	0	80	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	87	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	93	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	4	5	6	6	4	5	6	6	6	7	6

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 6. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 7. 将来の平均親魚量の推移 (トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	57	76	63	47	62	72	76	79	80	81	82	83	83	83	82
0.9	57	76	63	49	67	81	87	92	94	95	96	97	98	98	97
0.8	57	76	63	51	73	91	100	106	109	111	113	114	115	115	114
0.7	57	76	63	53	80	102	115	123	127	131	133	135	136	136	135
0.6	57	76	63	54	87	115	132	143	149	154	157	159	161	162	161
0.5	57	76	63	56	95	130	151	166	175	181	186	189	192	194	193
0.4	57	76	63	58	104	147	173	193	205	214	221	226	229	234	233
0.3	57	76	63	60	114	165	199	225	241	254	263	270	275	284	283
0.2	57	76	63	63	124	186	229	262	284	301	315	325	332	348	347
0.1	57	76	63	65	136	210	263	306	335	359	378	393	404	431	431
0	57	76	63	67	148	237	303	357	397	429	455	476	493	541	544
現状の漁獲圧	57	76	63	43	49	52	53	54	54	54	54	55	55	55	54

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 8. 将来の平均漁獲量の推移 (トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	50	50	47	50	54	57	58	59	59	60	60	60	60	60	59
0.9	50	50	43	47	52	55	57	58	59	59	60	59	60	60	59
0.8	50	50	39	44	50	54	55	57	58	59	59	59	59	59	59
0.7	50	50	35	41	47	51	53	55	56	57	58	57	58	58	58
0.6	50	50	31	37	43	48	51	53	54	55	55	55	56	56	56
0.5	50	50	26	33	39	44	47	49	50	52	52	52	53	53	53
0.4	50	50	21	28	34	39	42	44	46	47	48	48	48	49	49
0.3	50	50	16	22	27	32	35	37	39	40	41	41	42	43	42
0.2	50	50	11	15	20	23	26	28	29	31	31	32	32	33	33
0.1	50	50	6	8	11	13	15	16	17	18	18	19	19	20	20
0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧	50	50	56	55	57	58	58	58	59	59	59	59	59	59	59

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 9. 予測される親魚量・漁獲量と親魚量が管理基準値案を上回る確率のまとめ

β	現状の 漁獲圧との比*	10年後の目標 達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			リスク (10年間に1度でも 起きる確率)		
		親魚資源量が 目標管理基準 値案を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後	親魚量 が過去 最低親 魚量を 下回る	親魚量 が限界 管理基 準値案 を下回 る	前年よ り漁獲 量が半 減する
			2028年 漁期	2033年 漁期	2023年 漁期	2028年 漁期	2033年 漁期			
1	0.79	43%	79	83	47	59	60	0%	0%	0%
0.9	0.71	67%	92	98	43	58	60	0%	0%	0%
0.8	0.63	87%	106	115	39	57	59	0%	0%	0%
0.7	0.55	97%	123	136	35	55	58	0%	0%	0%
0.6	0.47	99%	143	161	31	53	56	0%	0%	0%
0.5	0.39	100%	166	192	26	49	53	0%	0%	0%
0.4	0.32	100%	193	229	21	44	48	0%	0%	0%
0.3	0.24	100%	225	275	16	37	42	0%	0%	0%
0.2	0.16	100%	262	332	11	28	32	0%	0%	0%
0.1	0.08	100%	306	404	6	16	19	0%	0%	0%
0	0.00	100%	357	493	0	0	0	0%	0%	0%

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2023 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2028 年漁期および 2033 年漁期）を示した。

*現状の漁獲圧は F2018-2020。

補足資料 1. 再生産関係式の検討およびモデル診断

トラフグ伊勢・三河湾系群では MSY 等管理基準値の推定に当たり、「令和 4（2022）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」の 1 系資源の 1A ルールの適用を検討し、再生産関係の検討を行った。再生産関係の検討に際しては「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（FRA-SA2022-ABCWG02-04）」および「再生産関係の決定に関するガイドライン（令和 4 年度）（FRA-SA2022-ABCWG02-05）」に基づいてモデルの診断および妥当性の検討を行った。

本補足資料では、再生産関係を用いた 1A 系ルールでは 2 種類の再生産関係式が候補とされ、様々な検討を行ったが、現状の情報から推定されたそれぞれの再生産関係には課題や問題が残されており、今後、資源量推定等に関する情報の更新および推定精度の向上の必要性が高いと考え、選択および提案には至らなかった。本補足資料ではその検討内容について記載する。

1-1) 再生産関係の推定

1-1-1) 使用するデータセット

本資源の再生産関係式の設定は「令和 4（2022）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-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 (v2.2.0.3) を用いた。frasyr で用いた式の詳細は「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（令和 4 年度）（FRA-SA2022-ABCWG02-04）」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 4（2022）年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価（水産庁・水産機構）

1-1-2) 再生産関係の検討

最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量の算出および将来予測計算に使用する再生産関係として、ホッケー・スティック（HS ; Clark et al. 1985）型、ベバートン・ホルト（BH ; Beverton and Holt 1957）型、およびリッカー（RI ; Ricker 1954）型の再生産関係式を検討候補とした。 R_y を y 年の加入量、 B_y を y 年漁期当初の親魚量、 A_{min} を加入年齢（本系群の場合は A_{min} は 0 歳）としたときのそれぞれの再生産関係式の数式は以下の通りである；

$$R_y = \begin{cases} ab & \text{if } B_{y-A_{min}} > b \\ aB_{y-A_{min}} & \text{if } B_{y-A_{min}} \leq b \end{cases} \quad (\text{Hockey stick, HS})$$

$$R_y = \frac{aB_{y-A_{min}}}{(1 + bB_{y-A_{min}})} \quad (\text{Beverton Holt, BH})$$

$$R_y = aB_{y-A_{min}} \exp(-bB_{y-A_{min}}) \quad (\text{Ricker, RI})$$

いずれの再生産関係式でも、推定するパラメータは a および b の 2 つである。HS 型の場合、 a は折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/kg）、 b は折れ点となる親魚量（kg）を示す。再

生産関係の検討の際には、推定された再生産曲線からの加入量の残差標準偏差 (S.D.) も併せて算出した。

本資源の再生産関係として、HS 型、RI 型、および BH 型の再生産関係式を、最小二乗法および最小絶対値法により 資源評価で推定された 1993～2020 年漁期の加入量および親魚量に基づき行った。なお、直近の 2021 年漁期の加入量は、サーフネット調査での天然 0 歳魚の標準化 CPUE を用いたチューニング VPA によって推定されているが(真鍋ほか 2022)、本資源で 0 歳魚加入量指標値として用いている三重県砕波帯調査標準化 CPUE は近年低迷しており、直近年の 0 歳魚天然魚加入尾数は翌年評価にて修正されることが多いという問題が存在している。そのため、直近年である 2021 年漁期の 0 歳魚加入尾数の推定結果における不確実性を考慮し、2021 年漁期のデータは推定から除外した。また、加入量の残差への自己相関 (AR) の考慮の有無についても比較した。残差の自己相関については、自己相関パラメータ ρ もモデルに組み込み、再生産関係式のパラメータと同時に推定する“同時推定法”を用いた(詳細は「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (FRA-SA2022-ABCWG02-04) を参照)。この場合、残差の正規性を仮定したほうが妥当であるため、最適化法には最小二乗法を用いた。推定された再生産関係式を補足図 1-1 に、パラメータを補足表 1-1 に示す。

補正赤池情報量規準 (AICc) を比較すると RI 型を当てはめた場合のほうが HS 型および BH 型を当てはめた場合よりも低く、また、最小二乗法を用いた場合の方が最小絶対値法を用いた場合よりも低くなった。また、BH 型では計算結果が収束しなかった(補足図 1-8c)。

加入の時系列トレンドを調べるため、HS 型と RI 型再生産関係式を 最小二乗法を用いて当てはめた場合の再生産関係との逸脱度 (deviance) および自己相関を考慮した場合の残差 (residual) について求めた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 型再生産関係を仮定した場合、自己相関は有意であると示された一方、RI 型再生産関係を仮定した場合、自己相関プロットの信頼区間に概ね収まっており、自己相関を考慮する必要はないと考えられた。なお、残差の時系列に着目すると、HS 型も RI 型も近年の加入量がモデルからの予測値よりも低く、減少傾向にあると解釈された。再生産関係モデルに対する残差の正規性については、Shapiro-Wilk 検定および Kolmogorov-Smirnov 検定により検討したが優位な逸脱は検出されなかったものの、HS 型の方が p 値は低く、負の残差に偏りがあることは留意する事項と考えられる(表 1、補足図 1-3)。以上の検討から、最小二乗法を用いた自己相関を同時推定で考慮した HS 型再生産関係と最小二乗法を用いた自己相関を考慮しない RI 型再生産関係が候補として選出された。これら 2 モデルについて、再生産関係式を最小二乗法により当てはめる上での個々のデータの影響をジャックナイフ法により検討したところ、HS 型は推定されたパラメータのばらつきが少なく安定していたことに対して、RI 型は加入の多かった 1999、2001 年漁期、親魚の多かった 2004 年漁期を除いた場合に各パラメータの推定値の変化が比較的大きくなった。ただし、HS 型はパラメータ b が過去最低親魚量で固定されていることが推定の頑健性の一因となっている点には留意が必要である。また、RI 型についてもパラメータ推定値に変化はあるものの、推定の頑健性に対して

は大きな問題ではないと考えられた（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、HS、RI、BH 型のプロファイル尤度を補足図 1-8 に示した。これらの結果からは、BH 型を除き、パラメータ推定において特段の問題は認められず、最適解として推定されていると考えられた。なお、本資源では HS 型再生産関係において加入量の減少が生じる親魚量についてパラメータ推定に与える情報が無いため、「再生産関係の決定に関するガイドライン（令和 4 年度）（FRA-SA2022-ABCWG02-05）」の b の便宜的仮定に従い親魚量の最小値を折れ点（パラメータ b）とした。

最も低い AICc が算出された RI 型では、HS 型を仮定した場合と比べて親魚量が少ない場合に高い加入量が予測された一方、親魚量が多いときに極端に少ない加入量を予測する。親魚量と加入量の間の密度効果が強く仮定されている（補足図 1-1）。RI 型の密度効果については、 $0.2 \times SB_0$ の時の加入量と SB_0 の時の加入量の比で表すスティーブネス h の値の値は 16.1 と非常に高く、漁獲のないときの親魚量（ $SB_0=106$ トン）から得られる加入量（16 千尾）に対して親魚量を減少させた場合（ $0.2SB_0=21$ トン）に 16.1 倍の加入量（250 千尾）を見込むことが出来るという密度効果を推定している。このスティーブネス h に表現される密度効果により、RI 型では過去最高親魚量（2004 年漁期、107 トン）から推定される加入量は 15 千尾と推定された。これは過去最高親魚量から実際に加入した 64 千尾の 23%に留まると同時に、過去最低の加入量（2021 年漁期、29 千尾）より低い数値である。また、RI 型では親魚量が増加するにつれて加入量は 0 尾に漸近し、親魚量が 328 トンのときに加入量はほぼ 0 尾となると推定されることなどを踏まえると、RI 型では親魚量が多いときの加入量を極端に過小推定している傾向にあり、ここで得られたパラメータが仮定する密度効果の強さについては生物学的妥当性の面から疑問が持たれる。なお、本資源では親魚量が 70 トン以上の加入量のデータが 1 点（2004 年漁期）のみであり、親魚量が多い時に極めて低い加入量を予測値として与えることは、親魚量を極端に低く抑える漁獲を導く可能性がある。同様に、この RI 型再生産関係により最大加入が得られると推測される親魚量は 19.3 トンと親魚量の過去最低値（2001 年漁期、12.8 トン）に次ぐ低い値であることに加え、親魚量が過去最低値以下でも高い加入を推測することから（例：親魚量 3.4～58.4 トンで 10 万尾以上の加入を推定）、これらは観測された範囲外の加入の外挿値であると考えられる。このように、親魚量を低く抑え、親魚の増加を抑制する様な漁獲を導く RI 型再生産関係のパラメータ推定値は、将来予測に基づき適切な資源利用を図る上ではリスクとなると考えられる。そのため、「再生産関係の決定に関するガイドライン（令和 4 年度）（FRA-SA2022-ABCWG02-05）」の b（生物学的妥当性）、e（観察された最小親魚量以下で加入尾数が保守的でない外挿値になるような場合の回避）に基づき、現状で得られているデータからは RI 型再生産関係を本資源の再生産関係の候補として用いないことが適当と考えられた。

HS 型については、過去最低親魚量（12.8 トン）より親魚量が多い場合の加入量の平均値を 14.8 万尾と仮定している。これは直近年を除いた過去 10 年（2011～2020 年漁期）の加入量の平均値である 9.2 万尾に対して 1.6 倍の値であり、2020 年漁期の加入に対して 4.8 倍の

値である。HS 型では自己相関を同時推定することで対応しているが、補足図 1-3 で示されるように加入を楽観的に見積もる可能性が示唆されている。このような加入の仮定のため、親魚を増やすことが資源の増加につながり、SB_{msy} が 151 トンと推定され、過去最高親魚量（107 トン）の 1.4 倍、2021 年漁期の親魚量の 2.6 倍と推定された。また HS 型では、漁獲が無かった時の資源量（B0）および親魚量（SB0）がそれぞれ 1,358 トン、1,015 トンと推定されたが、B0 は過去最高資源量（2002 年漁期、856 トン）の 1.6 倍、SB0 は過去最高親魚量（2004 年漁期、107 トン）の 9.5 倍であった。ここで、トラフグ伊勢・三河湾系群では現在判明している産卵場は三重県安乗沖と愛知県渥美半島沖出山海域の 2 か所のみが知られており、粘性沈着卵を産卵する生態をとることに加え、分布域も紀伊半島東岸から遠州灘の沿岸と狭いことが現状では判明している。それらの小規模な分布域および産卵場において、1,015 トンの親魚量、および 1,358 トンの資源量が存在しうるかという事に関しては疑問が大きく、MSY の過大推定による漁獲損失のリスクなども考慮し、HS 型再生産関係についても本資源の再生産関係の候補として用いないことが適当と考えられた。

1-1-3) 再生産関係の候補

上述の通り、本系群の再生産関係の候補としては、「再生産関係の決定に関するガイドライン（令和 4 年度）（FRA-SA2022-ABCWG02-05）」の a（予測力）、b（生物学的妥当性または便宜的仮定）、c（観察された最小親魚量以下で加入尾数が保守的でない外挿値になるような場合の回避）および h（自己相関）の基準および資源のポテンシャルを考慮した結果、最小二乗法で最適化した自己相関を同時推定した HS 型再生産関係式と最小二乗法で最適化した自己相関を考慮しない RI 型再生産関係式が候補として挙げられたが、選択および提案に至らなかった。この再生産関係の挙動を補足図 1-9 に、パラメータ推定値を補足表 1-1 に示した。

1-2). 管理基準値

1-2-1) データセットおよび計算方法

検討した再生産関係における最大持続生産量（MSY）に対応する管理基準値案等の算出、および将来予測を、「令和 4（2022）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」の 1 系資源の管理規則に従い、1-3) で候補とした再生産関係と、表 3 に示した令和 4 年度の資源評価に基づく各種設定（自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重）を使用して実施した。年齢別平均体重については、より直近年の資源状態を反映するため 2017～2021 年漁期の平均値を用いた。ただし現状の漁獲圧としては、コホート計算における直近年の不確実性を考慮し、直近年を除外した 2018～2020 年漁期の平均漁獲係数（F2018-2020）を用いることとした（図 3、表 3）。管理基準値の算出と将来予測における選択率もこの現状の漁獲圧（F2018-2020）の値を用いた。なお本系群では平衡状態を、平均世代時間（6.4 年）の 20 倍を基準に将来予測開始から 128 年後と仮定し、その際の平均漁

獲量が最大化される F 値を F_{msy} 、その F_{msy} で漁獲した場合の平均親魚量を SB_{msy} とした。

1-2-2) 候補となる再生産関係によって推定された管理基準値案と禁漁水準案

1-1-3 で候補とされた HS 型と RI 型を再生産関係として選択した場合の各管理基準値案を算出した。HS 型では目標管理基準値 (SB_{target}) として MSY 水準における親魚量 (SB_{msy} : 151 トン)、限界管理基準値 (SB_{limit}) として MSY の 60% の漁獲が得られる親魚量 ($SB_{0.6msy}$: 15 トン)、禁漁水準 (SB_{ban}) として MSY の 10% の漁獲が得られる親魚量 ($SB_{0.1msy}$: 2 トン) がそれぞれ推定された。また、RI 型再生産関係によって推定された管理基準でも、目標管理基準値 (SB_{target}) として MSY 水準における親魚量 (SB_{msy} : 25 トン)、限界管理基準値 (SB_{limit}) として MSY の 60% の漁獲が得られる親魚量 ($SB_{0.6msy}$: 7 トン)、禁漁水準 (SB_{ban}) として MSY の 10% の漁獲が得られる親魚量 ($SB_{0.1msy}$: 1 トン) がそれぞれ推定された。これらの基準値案について、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量に対する比、対応する漁獲圧の下での平衡状態における平均漁獲量、対応する漁獲圧の現状の漁獲圧に対する比などを補足表 1-2 に示す。HS 型の場合、目標管理基準値として提案する SB_{msy} は SB_0 の 15% 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 111 トンである。同様に、RI 型の場合、目標管理基準値として提案する SB_{msy} は SB_0 (146 トン) の 17% 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 136 トンである。また、HS 型と RI 型の目標管理基準値案に対応する漁獲圧 (MSY を実現する漁獲圧 : F_{msy}) の、現状の漁獲圧に対する比 ($F_{msy}/F_{2018-2020}$) はそれぞれ 0.79 と 2.00 で、その時の漁獲割合 (U_{msy}) はそれぞれ 29% と 55% である。HS 型と RI 型の限界管理基準値として提案する $SB_{0.6msy}$ はそれぞれの SB_0 の 1.5% と 4.7% であり、HS 型と RI 型が禁漁水準として提案する $SB_{0.1msy}$ はそれぞれの SB_0 の 0.2% と 0.6% である。

HS 型と RI 型について、様々に F 値を変えた場合の平衡状態における親魚量、およびこれに対する年齢別漁獲量の平均値を補足図 1-10 に示す。HS 型では親魚量が増加するにつれて 3 歳以上の割合が高くなる傾向が見られ、 SB_{msy} 達成時においては 1 歳と 3 歳以上が漁獲の主体となると推測された。なお、0 歳、1 歳、2 歳の合計漁獲量が最も高くなる親魚量は SB_{msy} より低いと推測された。RI 型では親魚量が SB_{msy} に近づくにしたがって 0 歳と 1 歳が増加し漁獲の主体となった。親魚量が SB_{msy} より増加するに従い、平均漁獲量は減少し、3+歳の漁獲量の割合が増加した。

1-2-3) 神戸プロット

HS 型、RI 型によって推定された目標管理基準値案である SB_{msy} と、その時の漁獲圧 F_{msy} を基準にした神戸プロットを補足図 1-11 に示す。HS 型を再生産関係とした場合、本系群における漁獲係数 (F 値) は、近年は減少傾向にあるものの、全ての漁期年で MSY を実現する水準を上回っている。親魚量はすべての漁期年で一貫して目標管理基準値案 SB_{msy} を下回り、特に 2001 年漁期では限界管理基準値案 SB_{limit} を下回っていたと判断される。現状

の親魚量（2021 年漁期の親魚量：57 トン）に対する目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案の比は、それぞれ 2.65、0.26 および 0.04 である。一方、RI 型を再生産関係とした場合、本系群における漁獲係数（F 値）は、多くの漁期年で MSY を実現する水準を下回っている。親魚量も同様に多くの漁期年で目標管理基準値案 SB_{msy} を上回り、特に 2004 年漁期では目標管理基準値案 SB_{msy} の 4 倍以上と判断された。現状の親魚量（2021 年漁期の親魚量：57 トン）に対する目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案の比は、それぞれ 0.44、0.12 および 0.02 である。

1-2-4) 漁獲管理規則案

HS 型および RI 型を再生産関係とした場合の漁獲管理規則は、限界管理基準値案および禁漁水準案となる親魚量を閾値として漁獲管理の基礎となる漁獲係数（F 値）を変えるルールであり、親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げることを定めている。F 値の上限は F_{msy} に調整係数 β を乗じたものである。限界管理基準値案および禁漁水準案に標準値を用いた場合（すなわち、SB_{limit} は SB0.6_{msy}、SB_{ban} は SB0.1_{msy} の場合）の漁獲管理規則案における親魚量と漁獲係数の関係を補足図 1-12 に、この漁獲管理規則案で漁獲した場合に期待できる平均的な漁獲量との関係を補足図 1-13 に示す。図に例示した漁獲管理規則案は、いずれも β に標準値である 0.8 を用いた。

1-2-5) 漁獲管理規則案に基づく資源の将来予測

(1) 調整係数 β に標準値を用いた場合

HS 型および RI 型を再生産関係とした場合の限界管理基準値案と禁漁水準案に標準値を用い、調整係数の β を標準値の 0.8 とした漁獲管理規則案（補足図 1-12）で将来予測した時の、資源量、親魚量、漁獲量、加入量、漁獲割合および漁獲圧の比の増減率の推移を補足図 1-14 に示す。将来予測では、2022 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2020）により仮定し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲制御を開始する。

HS 型および RI 型では、予測される 2023 年漁期の親魚量は限界管理基準値案を上回っているため、漁獲管理規則案に従い、まず βF_{msy} での漁獲が行われる。中長期的にも親魚量は限界管理基準値案を上回ると予測されるため、 βF_{msy} での漁獲となる。HS 型および RI 型の両方とも、 βF_{msy} による漁獲の継続により漁獲量は MSY 付近で推移し、親魚量は SB_{msy} より高めに推移していくと予測される。

(2) 調整係数 β を変えた場合

HS 型および RI 型を再生産関係とした場合の漁獲管理規則案を用いた将来予測について、調整係数 β を 0.0～1.0 の間で、0.1 間隔で変えた場合の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率、限界管理基準値案を上回る確率、禁漁水準案を上回る確率、親魚量平均値の推移、漁獲量平均値、平均資源量の推移をそれぞれ補足表 1-3～1-8 に、まとめた表を補足表 1-9 に示す。補足表 1-3～1-8 には、現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を継続した場合の結果も比較のため示した。

HS 型を選択した場合、本資源の親魚量は 2021 年漁期時点で限界管理基準値案を超えており、漁獲管理規則案での漁獲開始から 10 年後の 2033 年漁期にも、 β が 0.8 であれば 58% の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された（補足表 1-3a）。 β が 1.0 の場合には親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は 36%であった。親魚量が限界管理基準値案となる親魚量を上回る確率は、 β が 1.0 の場合には 100%、現状の漁獲圧で漁獲した場合には 99%であると予測された（補足表 1-4a）。なお、 β が 1.0 以下いずれの値であっても禁漁水準案を下回らないと予測された（補足表 1-5a）。2024 年漁期以降の親魚量は β が低い程多くなり（補足表 1-6a）、 β を 0.6~1.0 の間で変化させた場合の平均漁獲量はいずれも 2033 年漁期には 100 トンを超え、現状（2021 年漁期：50 トン）の 2 倍以上となった（補足表 1-7a）。

RI 型を選択した場合、本資源の親魚量は 2021 年漁期時点で目標管理基準値案を超えており、漁獲管理規則案での漁獲開始から 10 年後の 2033 年漁期にも、 β が 0.9 であれば 52% の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された（補足表 1-3b）。 β が 1.0 の場合には親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は 37%であった。なお、 β が 1.0 の場合には 97%の確率で限界管理基準値案となる親魚量を上回ると予測され、現状の漁獲圧で漁獲した場合には 100%の確率で上回ると予測された（補足表 1-4b）。これは、現状の漁獲圧が RI 型における F_{msy} の 0.5 倍と大きく下回るためと考えられる。なお、 β が 1.0 以下いずれの値であっても禁漁水準案を下回らないと予測された（補足表 1-5b）。2024 年漁期以降の親魚量は β が低い程多くなる傾向を示すが、RI 型の示す密度効果により親魚の増加が加入の低下を導くため、親魚量および漁獲量は、 β の値が低いほど顕著に周期的な変動傾向を示す（補足表 1-6b, 1-7b, 1-8b）。 β を 0.6~1.0 の間で変化させた場合の平均漁獲量は 2025 年漁期に 100 トンに達し、いずれも 2033 年漁期には 100 トンを超え、現状（2021 年漁期：50 トン）の 2 倍以上となった。

補足表 1-9 に、上述の結果を要約したものを示すとともに、親魚量や漁獲量に係るリスクについて評価した結果を示した。HS 型では、 β を 1.0 とした場合のみ、将来予測の 10 年間の間に 1 度でも親魚量が限界管理基準値案（15 トン）を下回る確率が 1%と予測されたが、 $\beta=0.9$ 以下の場合では 0%と予測された。また、過去最低親魚量（13 トン）を下回る確率については $\beta=1.0$ 以下の全ての場合で 0%と予測された。前年より漁獲量が半減する確率、すなわち漁獲量が安定せずに潜在的な乱獲リスクを伴う確率については $\beta=1.0$ 以下の全ての場合で 0%と予測された。一方、RI 型では、 $\beta=0.5\sim 1.0$ の場合で親魚量が過去最低親魚量（13 トン）を一度でも下回る確率が 1~95%と高く予測された。更に、限界管理基準値案（7 トン）についても、 $\beta=0.8\sim 1.0$ の場合に 1~36%と予測され、親魚量の減少リスクが示された。また、前年より漁獲量が半減する確率についても、 $\beta=0.4\sim 1.0$ の場合に 2~56%と予測され、漁獲量の不安定さについてもリスクが懸念された。

なお、現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合、HS 型を選択した場合は 2033 年漁期の漁獲量は 100 トンを超えたものの、2033 年漁期の親魚量が目標管理基準値を上回る確率は 16%に留まった。また、RI 型を選択した場合は 2033 年漁期の漁獲量は 80 トンである一方で、2033 年漁期の親魚量が目標管理基準値を上回る確率は 87%だった。しかし、現状の漁獲圧は RI 型における F_{msy} の 0.5 倍と大きく下回るため、年ごとの漁獲量および親魚量は周期的な変動傾向を示した。

1-3). まとめ

本資源では、資源評価で推定された 1993～2020 年漁期の加入量および親魚量に基づき、最小二乗法を用いてパラメータ推定した自己相関を考慮した HS 型再生産関係式と自己相関を考慮しない RI 型再生産関係式を再生産関係の候補として検討した。HS 型および RI 型の双方ともモデルの診断に問題はないものの、双方から推定された管理基準値案等は大きく異なっていた。HS 型では近年の傾向とは異なる高い平均加入量を仮定した結果、推定された SBmsy は資源のポテンシャルを過大に評価していると考えられた。一方、RI 型では強い密度効果から、推定された SBmsy は資源のポテンシャルを過小に評価していると考えられた。このような再生産関係に基づいた管理基準値案を用いた場合に想定される乱獲のリスクや、漁獲損失のリスクを考慮した結果、本補足資料では HS 型および RI 型再生産関係を候補として検討したものの、再生産関係の選択および提案には至らなかった。

HS 型を再生産関係とした場合の目標管理基準値案は上記の再生産関係から推定される SBmsy (151 トン)、限界管理基準値案、禁漁水準案には、標準値である SB0.6msy (15 トン)、SB0.1msy (2 トン) と算出された。RI 型を再生産関係とした場合の目標管理基準値案は上記の再生産関係から推定される SBmsy (25 トン)、限界管理基準値案、禁漁水準案には、標準値である SB0.6msy (7 トン)、SB0.1msy (1 トン) と算出された。

HS 型を再生産関係とした場合、現在の本系群の親魚量は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案を上回っていると推定される。MSY を実現する漁獲割合は 29%、漁獲圧は現状の漁獲圧 (F2018-2020) の 0.79 倍である (補足表 1-2a)。RI 型を再生産関係とした場合、現在の本系群の親魚量は目標管理基準値案および限界管理基準値を上回っていると推定される。MSY を実現する漁獲割合は 55%、漁獲圧は現状の漁獲圧 (F2018-2020) の 2.00 倍である (補足表 1-2b)。

人工種苗由来の加入尾数を加味しない場合、50%以上の確率で親魚量が MSY 水準に維持される β は HS 型で 0.8 以下、RI 型で 0.9 以下である。また、現状 (2017～2021 年漁期) と同水準の放流を今後 10 年間継続した場合、HS 型、RI 型の両方で調整係数 β が 0.9 以下の漁獲圧であれば、将来的に 50%以上の確率で親魚量が MSY 水準に維持されると予測された (補足資料 3)。

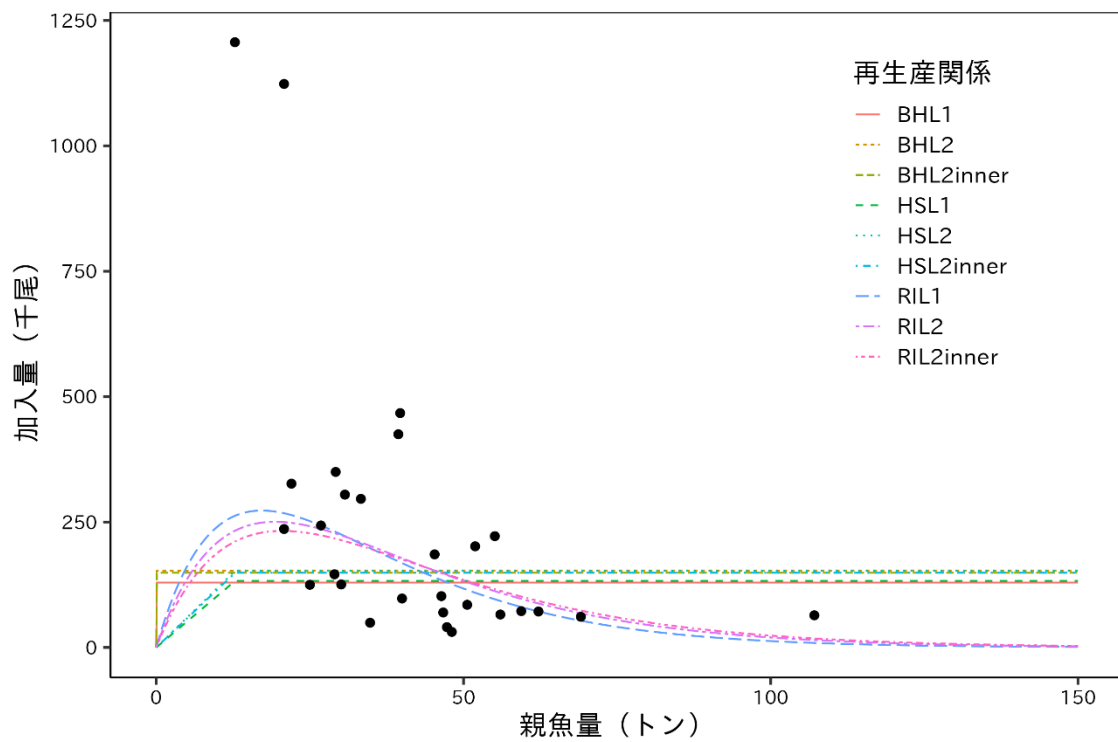
1-4). 今後の検討事項

現状利用可能なデータを用いて本系群の再生産関係を検討した結果、自己相関を考慮した HS 型および自己相関を考慮しない RI 型の再生産関係が候補として選択された。現状の利用可能なデータに基づく親魚量と加入量の関係からは、親魚量が多いと加入量が少ない傾向がみられており、強い密度効果が起こっている可能性を完全には否定することはできない。しかしながら、親魚量が最大であった場合の加入量は、本資料で推定された RI 型再生産関係式に基づく期待値を大きく上回っている (補足図 1-9b) ことなど、本資料で推定したパラメータが示すほどの強い密度効果を立証する生物学的知見や情報としては不十分であると考えられる。また、RI 型の推定する高いスティーブネスが全て再生産関係に内包される密度効果を表現しているという情報も現状では得られていない。再生産関係における密度効果の強度をより正確に推定するためには、引き続き情報収集を行うことが重要である。

また、本資源では 2002 年度に TAE (漁獲努力可能量) 制度による管理が開始されたほか、0 歳魚の再放流が行われているなど、1993～2021 年漁期の評価年内において小型魚の漁獲実態に変化があった可能性が考えられるため、より正確に加入尾数を把握するために引き続きデータの精査を行う必要がある。また、本資源では成熟開始年齢である 3 歳以上をプラスグループとしており、3 歳以上の年級群ごとの加入への貢献は再生産関係に反映できていない。このため、より詳細な年齢分なども含めた検討を今後も継続する必要がある。引き続きデータの精度向上を行い、より実際の資源動態を把握し密度効果を評価することで、HS 型のみならず RI 型や BH 型の再生産関係式についても検討していくことが重要と考える。

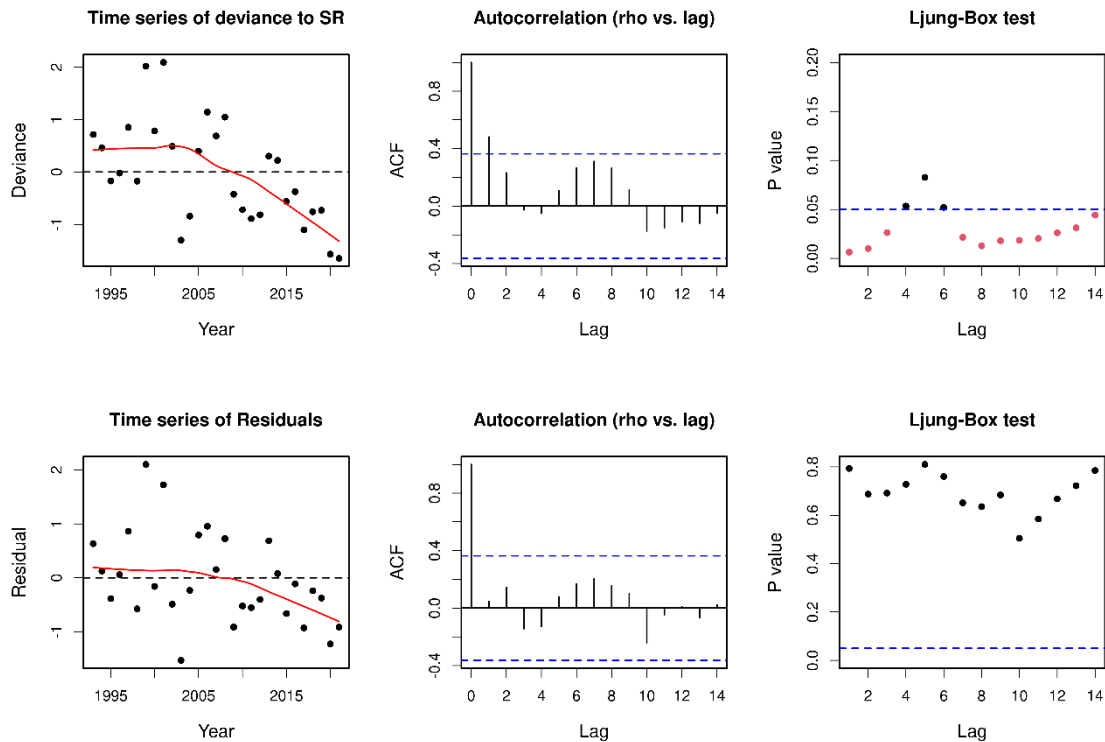
引用文献

- ABCWG (2022) 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4年度) . FRA-SA-2022-ABCWG02-04.
- ABCWG (2022) 再生産関係の決定に関するガイドライン (令和 4 年度) . FRA-SA2022-ABCWG02-05.
- Beverton R. J. H., and S. J. Holt (1957). On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationary Office , London.
- Clark C. W., A. T. Charles, J. R. Beddington, and M. Mangel (1985). Optimal capacity decisions in a developing fishery. Mar. Resour. Econ., 2, 25-53.
- Ricker W. E. (1954). Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can., **11**, 559–623.

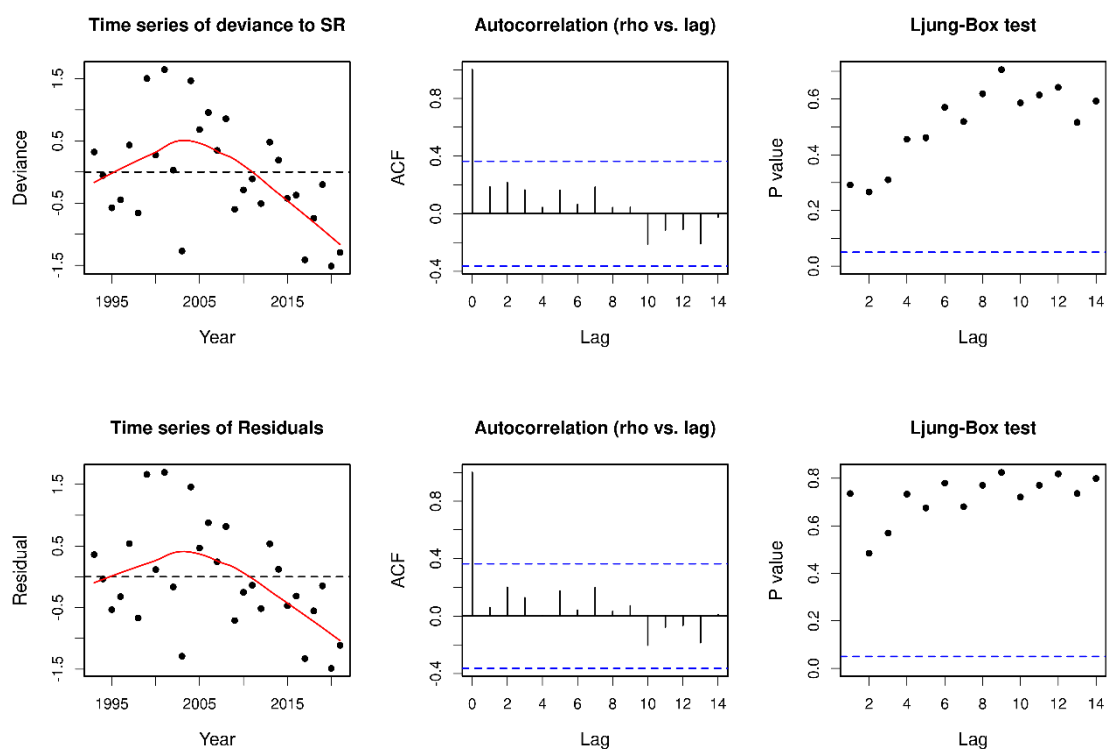


補足図 1-1. 各モデルにおける再生産関係式

ホッケー・スティック型 (HS)、リッカー型 (RI)、ベバートン・ホルト型 (BH) の再生産関係式を、最小二乗法 (L2) および最小絶対値法 (L1) を用いて推定した。自己相関を同時推定したモデル (inner) についても示した。黒丸は分析に使用した親魚量・加入尾数 (1993～2020 年漁期) である。

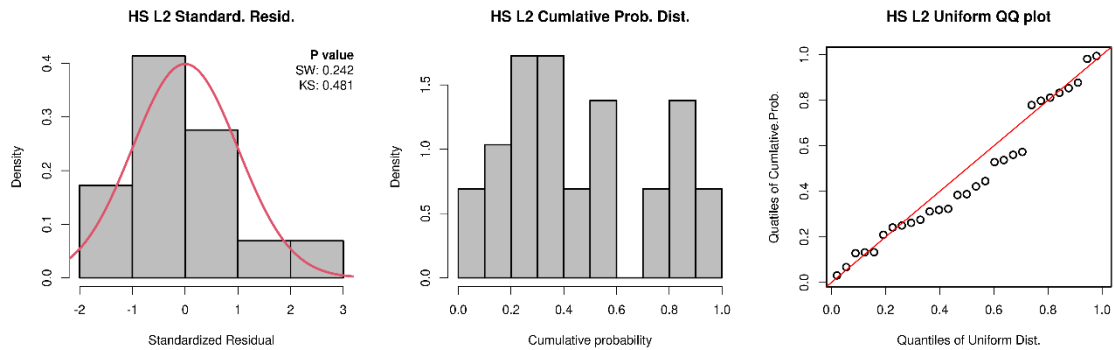


補足図 1-2a. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の、再生産関係との逸脱度 (deviance) および自己相関を同時推定で考慮した残差 (residual) のトレンド (左図)、自己相関プロット (中央図)、および Ljung-Box 検定における P 値 (右図) 残差の時系列の図中の赤線は平滑化された曲線を示す。上段は自己相関を考慮する前、下段は自己相関を考慮した場合を示す。自己相関プロットの青色の点線は 95%信頼区間を示す。Ljung-Box 検定における P 値 (縦軸) の青色の点線は 5%水準を表す。

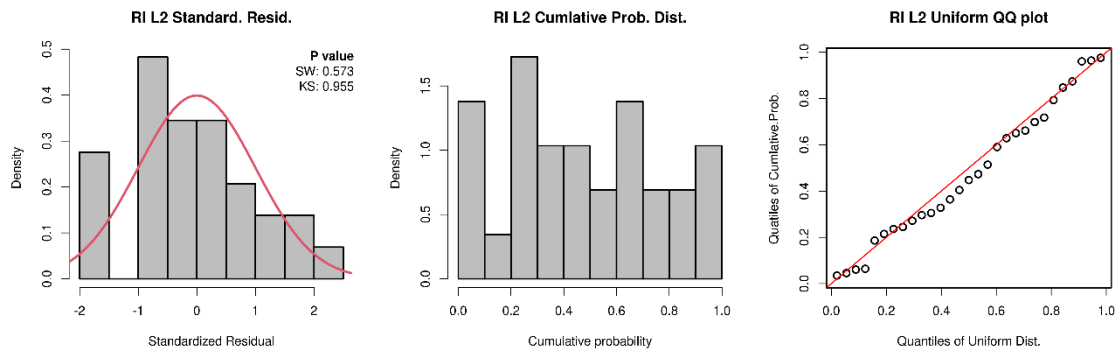


補足図 1-2b. リッカー型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の、再生産関係との逸脱度 (deviance) および自己相関を同時推定で考慮した残差 (residual) のトレンド (左図)、自己相関プロット (中央図)、および Ljung-Box 検定における P 値 (右図) 残差の時系列の図中の赤線は平滑化された曲線を示す。上段は自己相関を考慮する前、下段は自己相関を考慮した場合を示す。自己相関プロットの青色の点線は 95%信頼区間を示す。Ljung-Box 検定における P 値 (縦軸) の青色の点線は 5%水準を表す。

(a) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係式

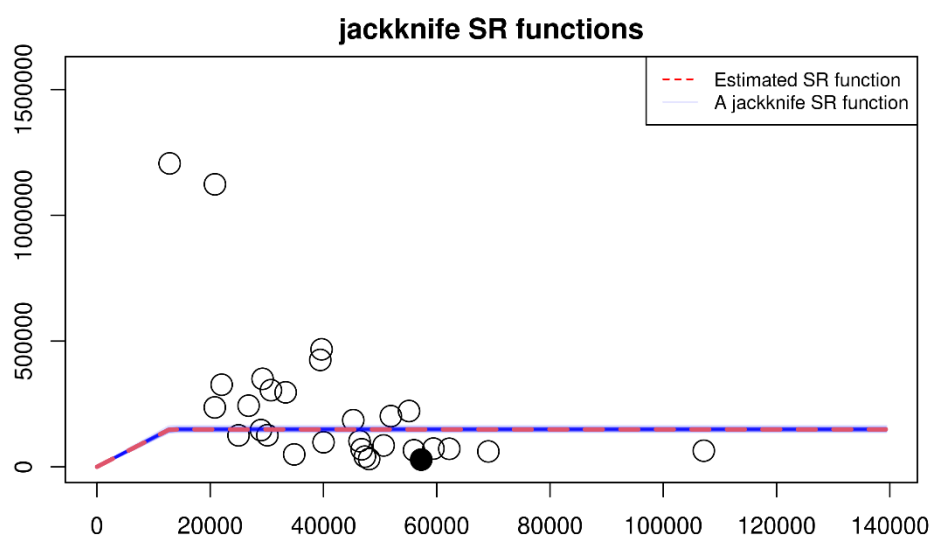


(b) リッカー (RI) 型再生産関係式

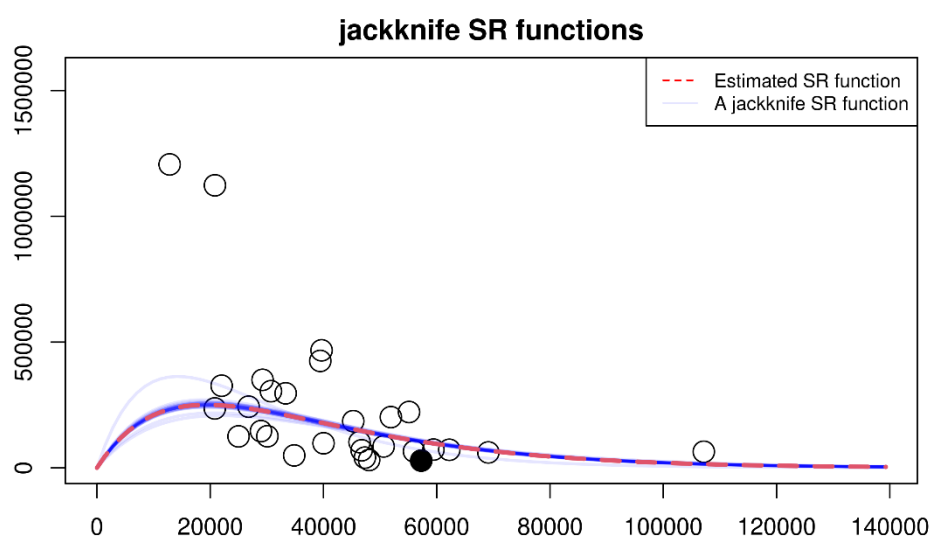


補足図 1-3. (a) ホッケー・スティック型、(b) リッカー型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の標準化残差のヒストグラムと正規性テスト結果(左図)、残差の累積確率密度のヒストグラム(中央図)、および一様分布を仮定した QQ プロット(右図) 残差のヒストグラムの右上の数値は Shapiro-Wilk 検定 (SW) と Kolmogorov-Smirnov 検定 (KS) の結果である。どちらも、帰無仮説は「正規分布に従っている」である。QQ プロットの赤線は理論値を示している。

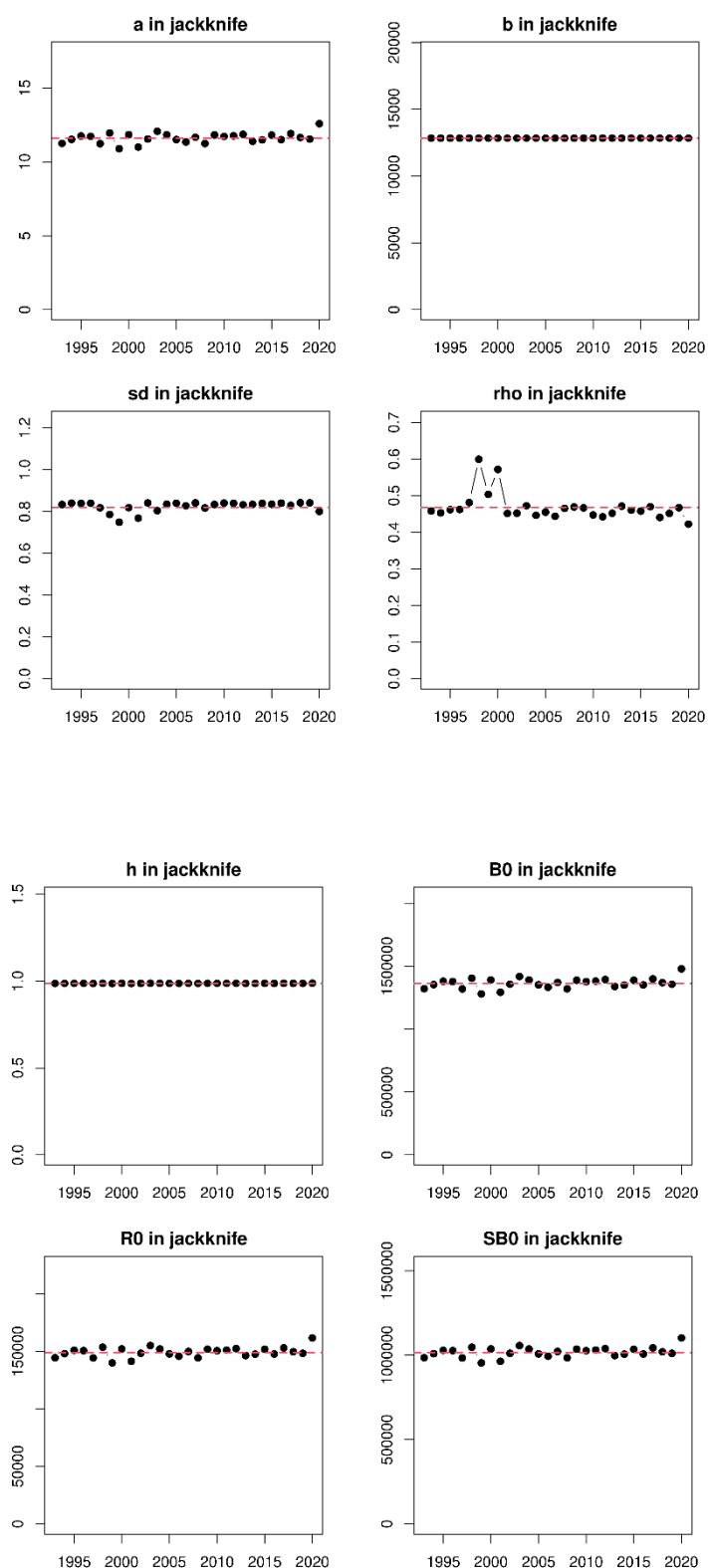
(a) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係式



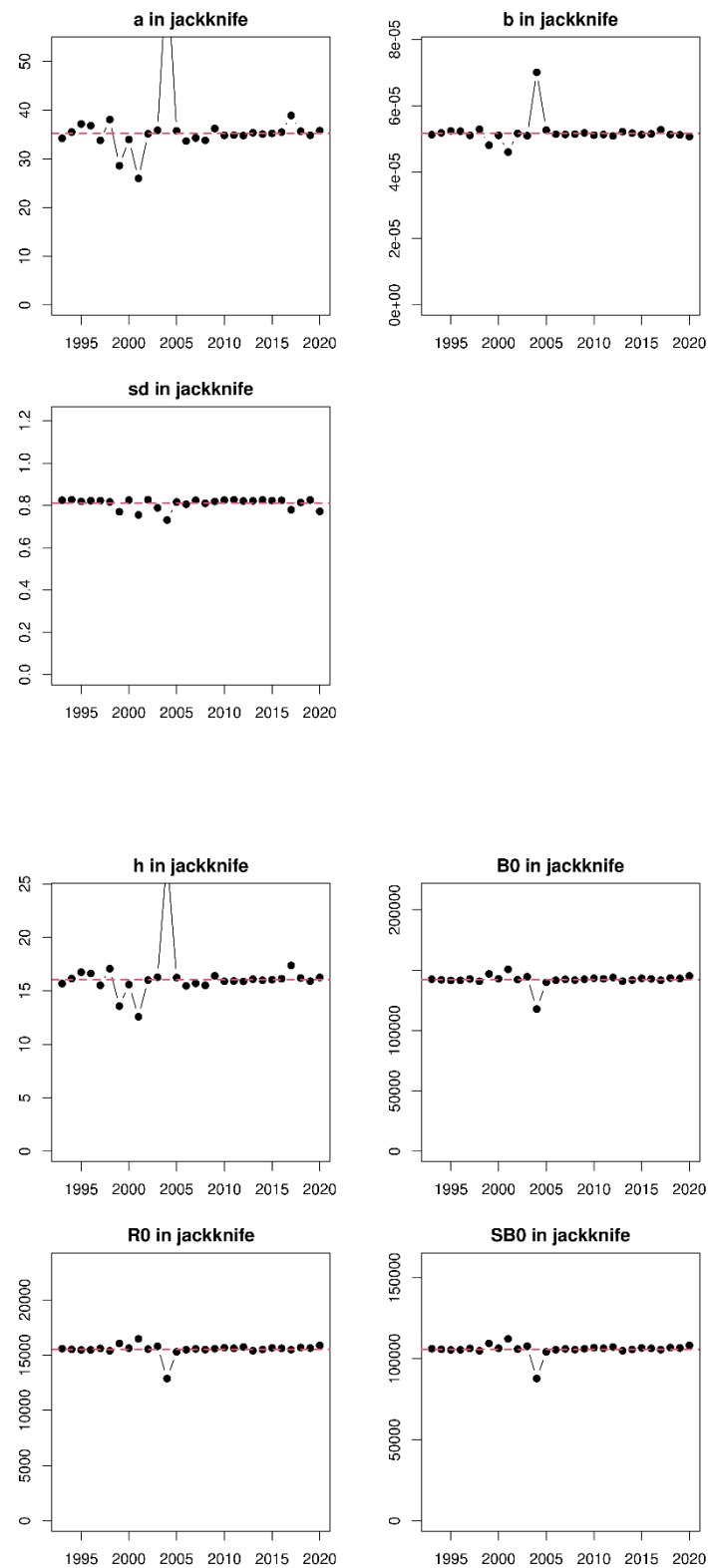
(b) リッカー (RI) 型再生産関係式



補足図 1-4. (a) ホッケー・スティック型、(b) リッカー型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析での推定結果
赤線は全データでの推定値、青線は各年のデータを除外した場合の推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用していないデータ期間の最終年（2021 年漁期）を示す。

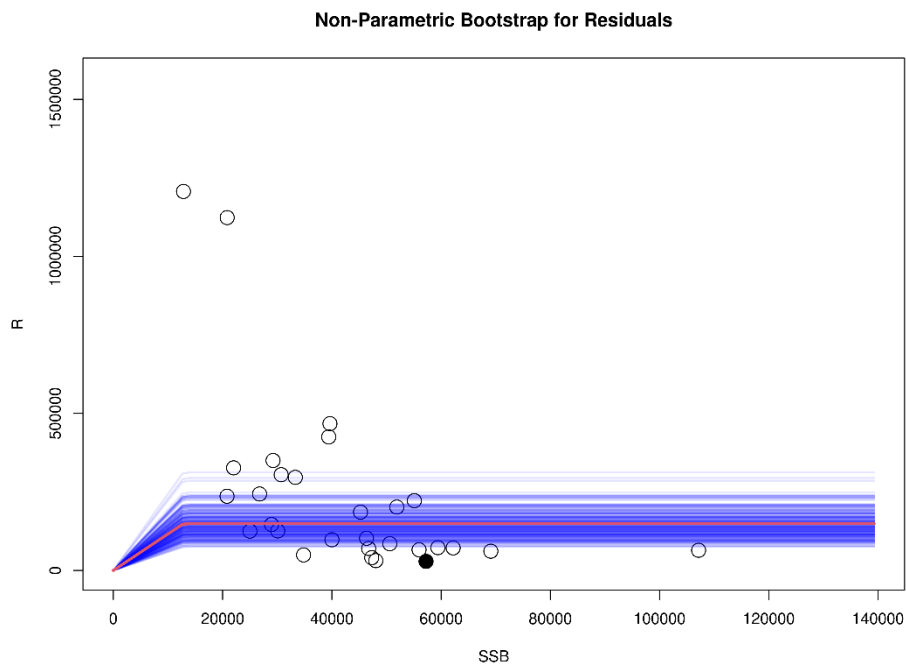


補足図 1-5a. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響

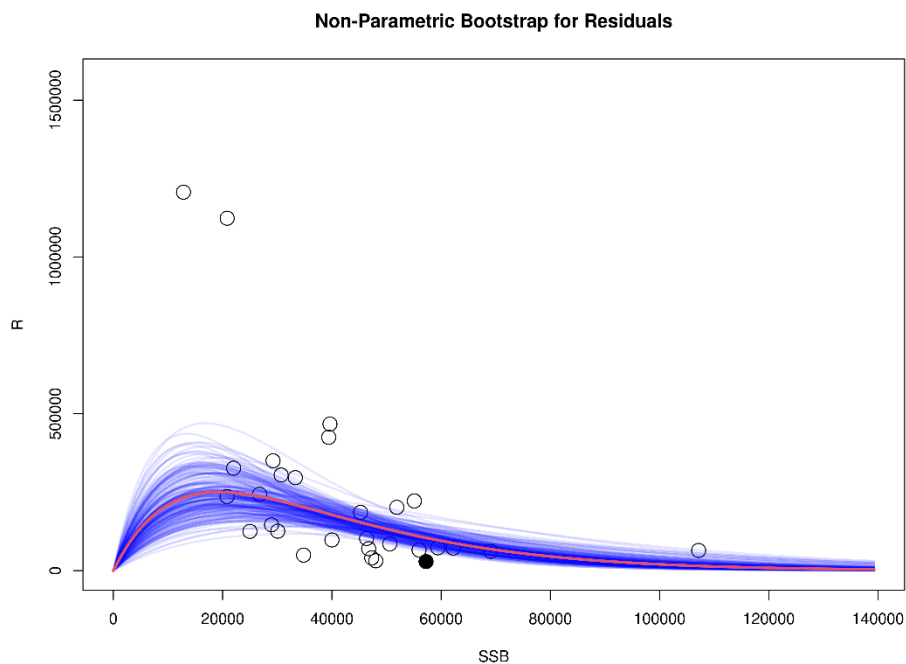


補足図 1-5b. リッカー型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合のジャックナイフ解析でのパラメータ別の影響

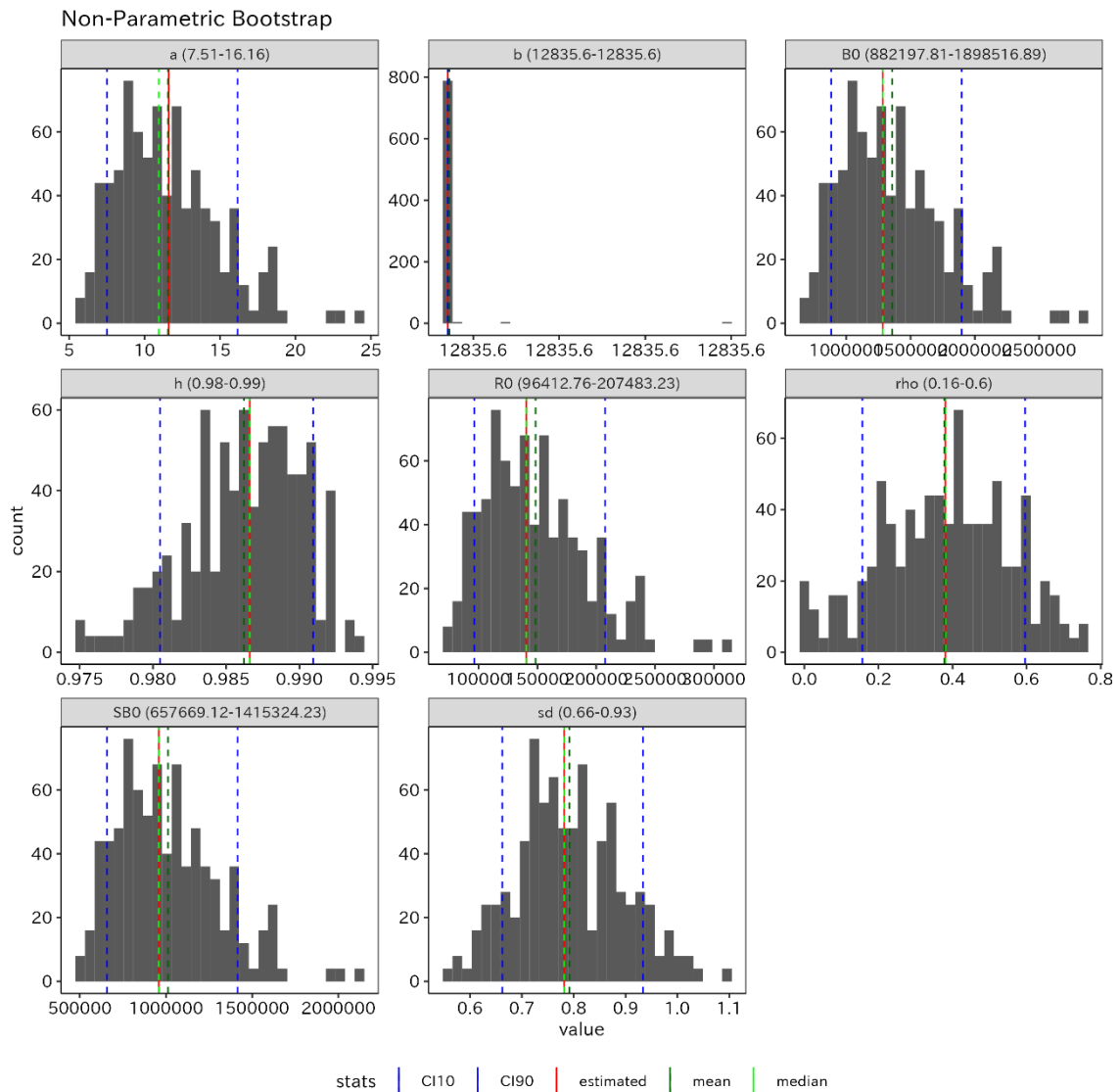
(a) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係式



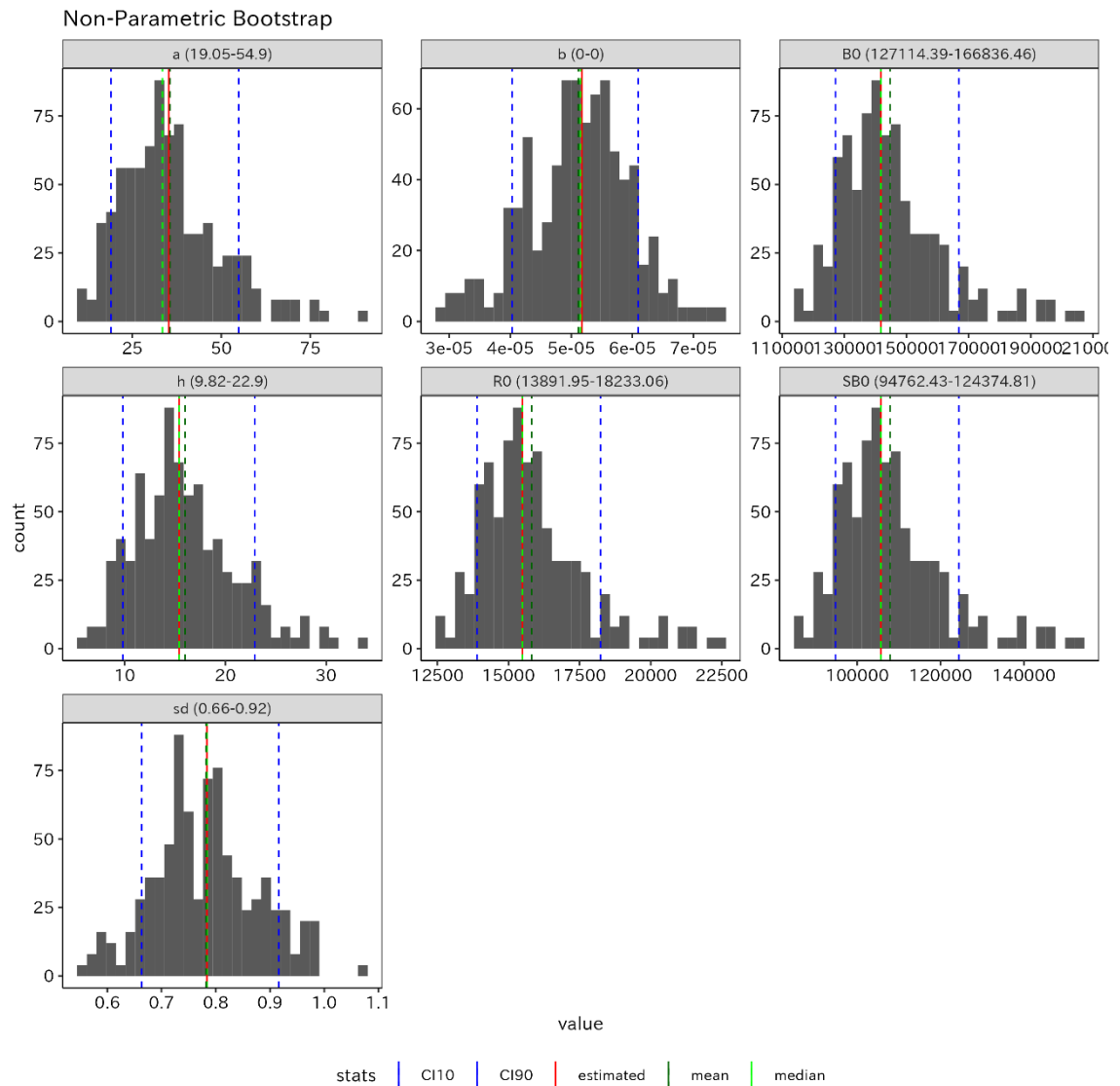
(b) リッカー (RI) 型再生産関係式



補足図 1-6. (a) ホッケー・スティック型、(b) リッカー型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析の結果
 赤線は元データでの推定値、青線はノンパラメトリックブートストラップでの推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用していないデータ期間の最終年（2021 年漁期）を示す。

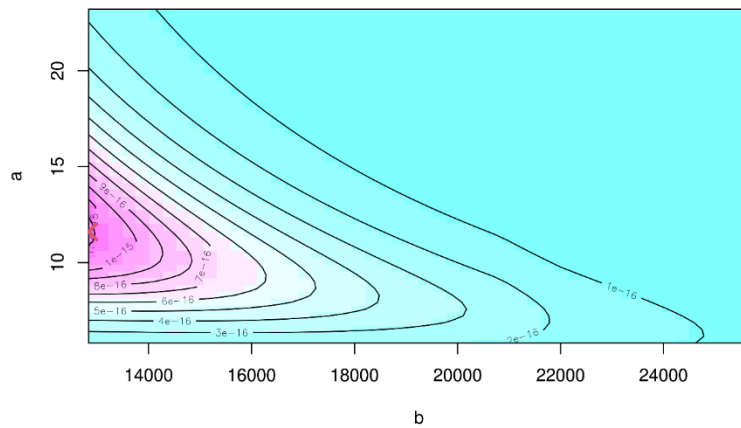


補足図 1-7a. 自己相関を考慮したホッカー・スティック型 (HS) 再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析での平均値 (緑点線)、中央値 (黄緑点線) と 90%信頼区間 (青線) 赤線はパラメータの点推定値である。

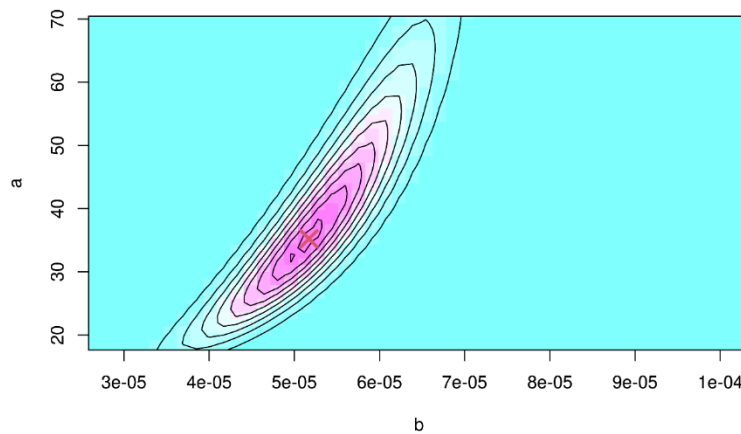


補足図 1-7b. 自己相関を考慮しないリッカー型 (RI) 再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差ブートストラップ解析での平均値 (緑点線)、中央値 (黄緑点線) と 90% 信頼区間 (青線) 赤線はパラメータの点推定値である。

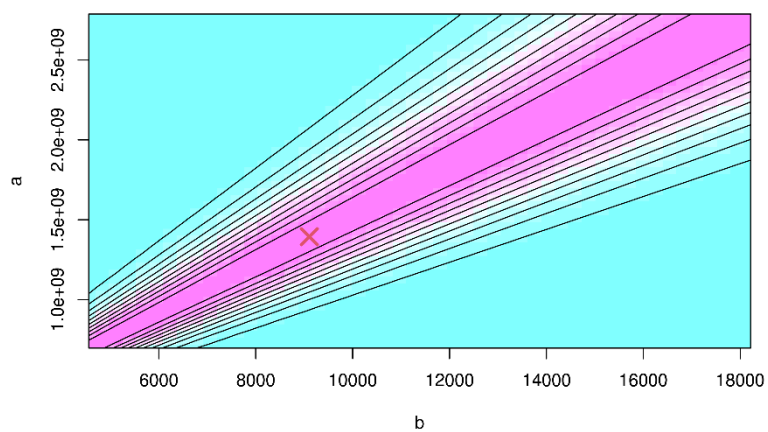
(a) ホッケー・スティック型再生産関係式



(b) リッカー型再生産関係式

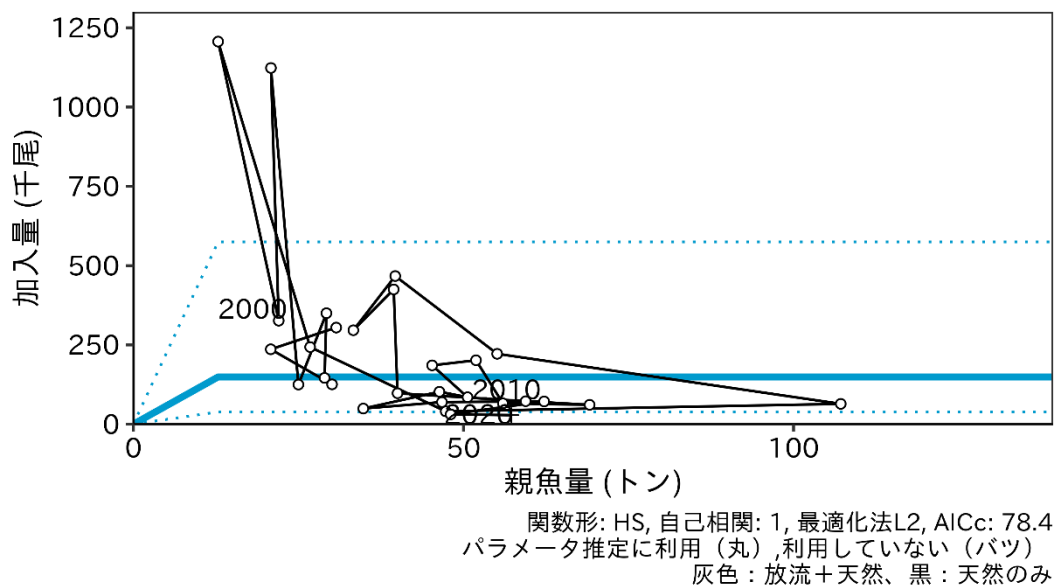


(c) ベバートン・ホルト (BH) 型再生産関係式

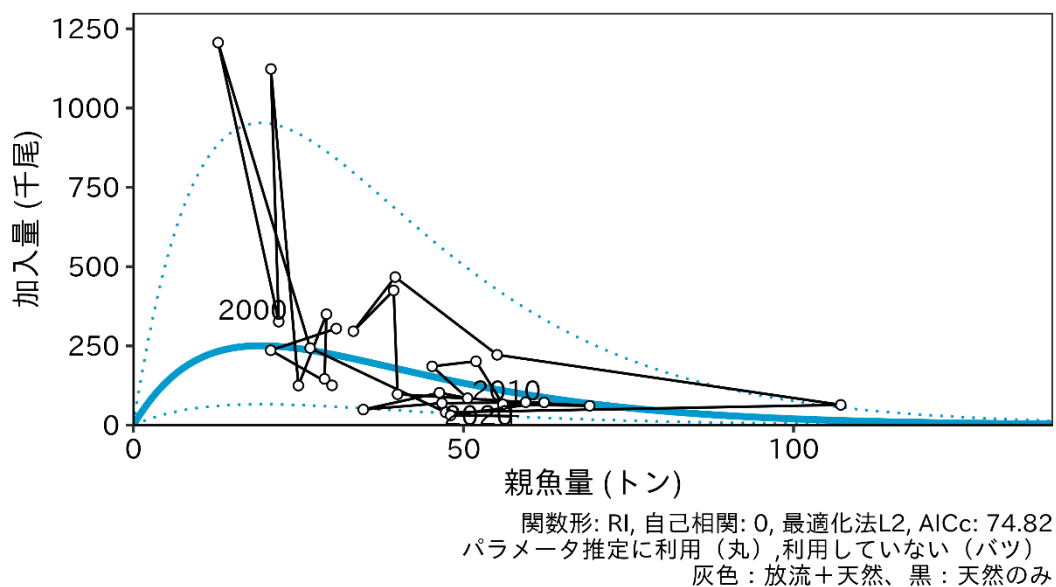


補足図 1-8. (a) ホッケー・スティック型、(b) リッカー型、(c) ベバートン・ホルト型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の推定パラメータのプロファイル尤度、×印は推定されたパラメータ値における尤度に相当する。

(a) ホッケー・スティック型



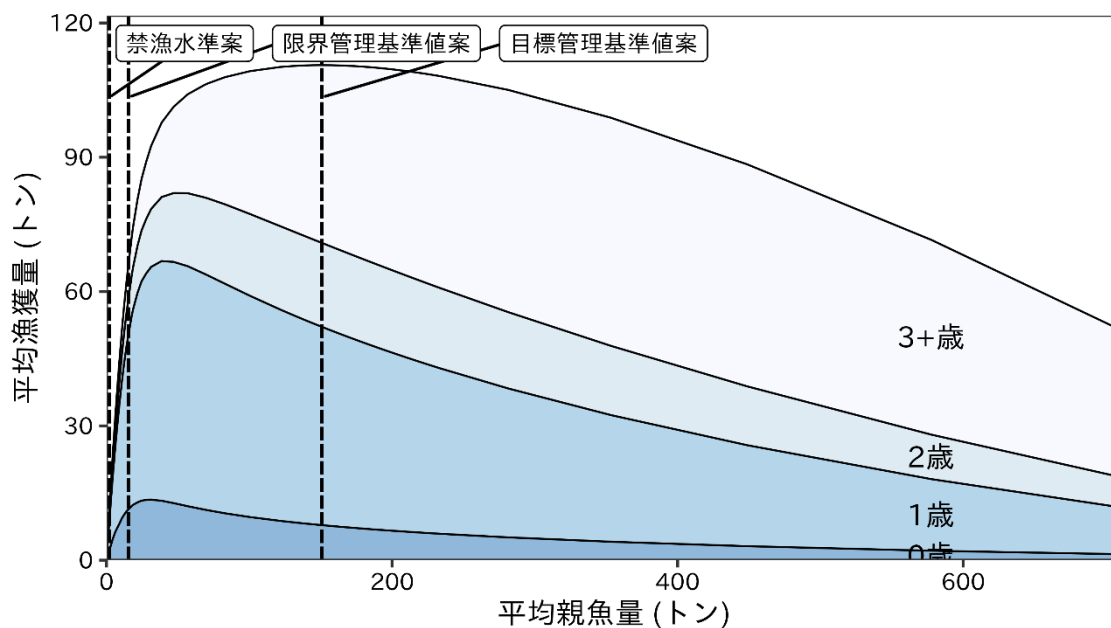
(b) リッカー型



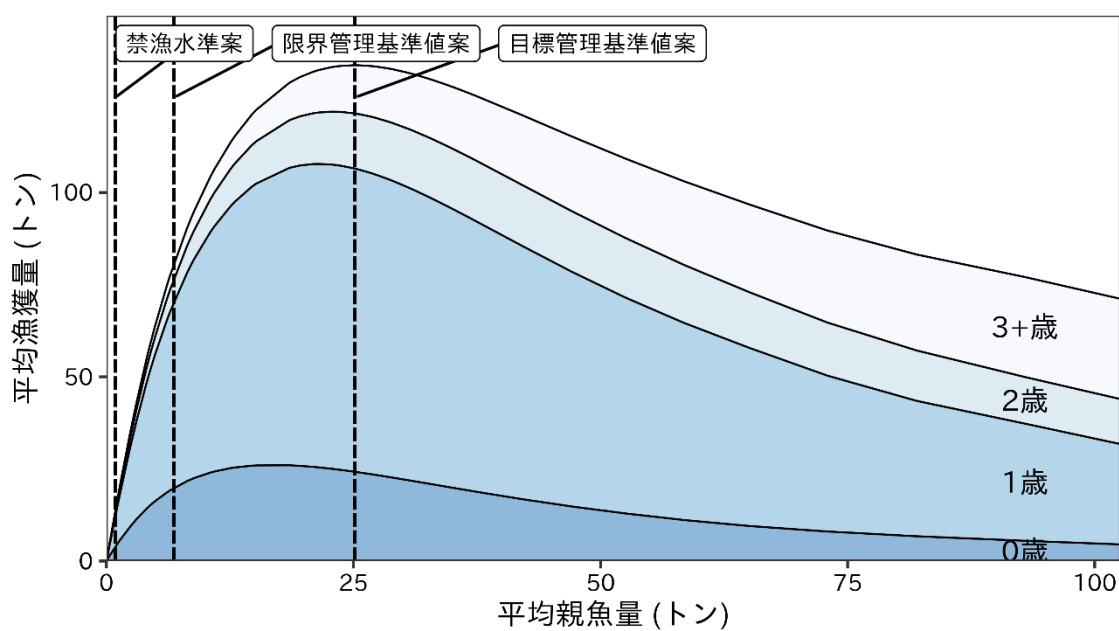
補足図 1-9. (a) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係 および (b) リッカー (RI) 型再生産関係

1993～2020 年漁期における親魚資源量と同年の加入尾数から求めた再生産関係。プロットは最新の資源評価結果から求めたものである。図中の数字は加入した年を示す。パラメータ推定の際は加入尾数の推定値に不確実性の高い直近年である 2021 年漁期のデータ (バツ印) を除いた。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。

(a) ホッケー・スティック (HS) 型



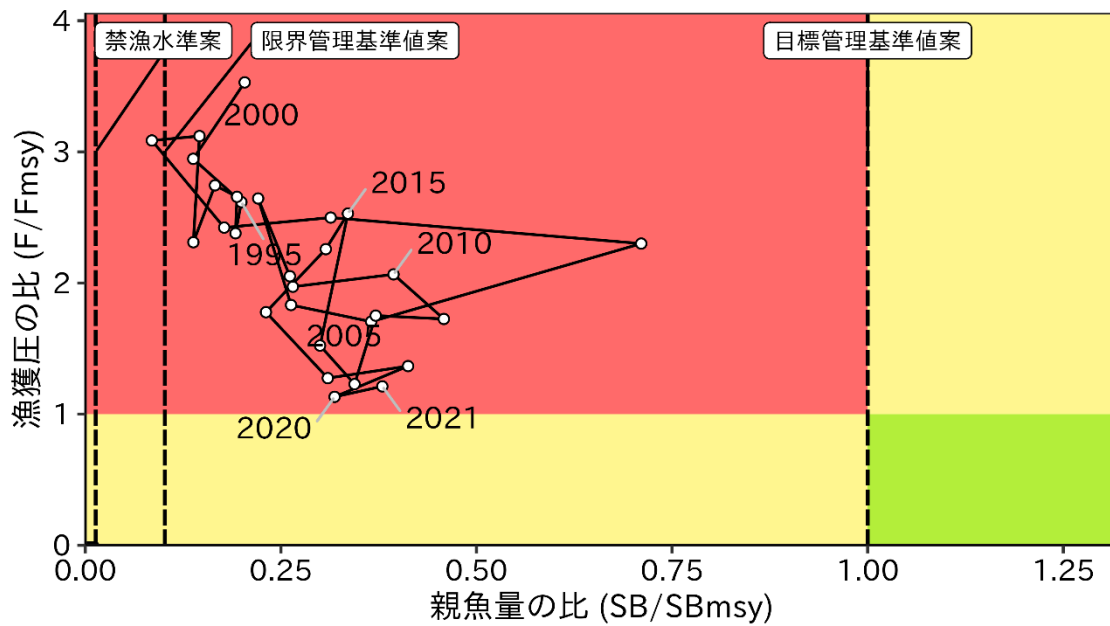
(b) リッカー (RI) 型



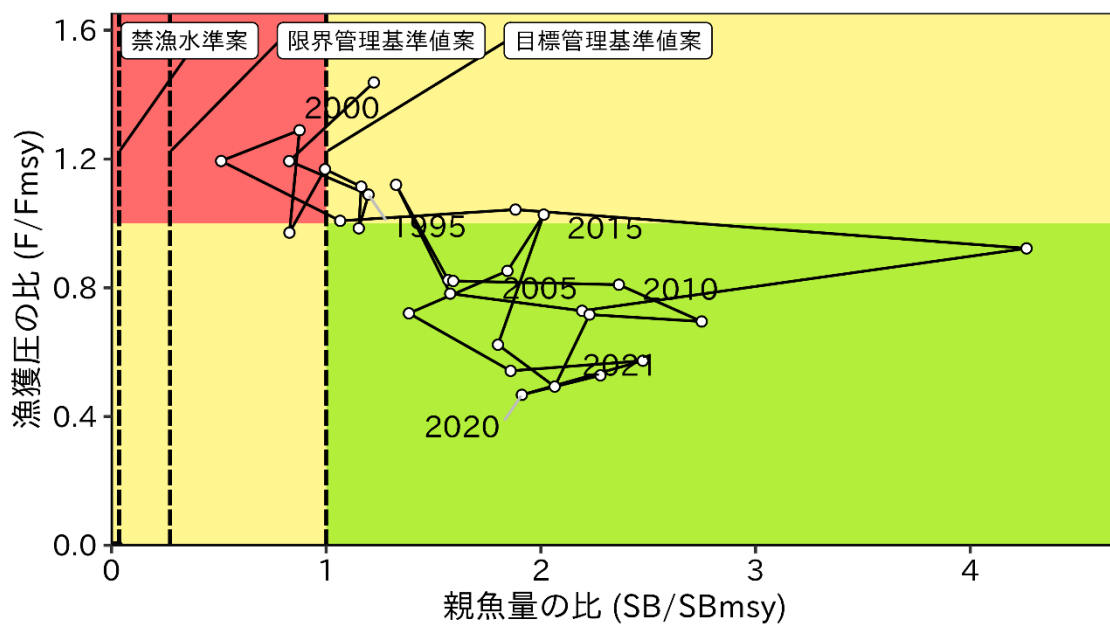
補足図 1-10. a) ホッケー・スティック型 (b) リッカー型再生産関係によって推定された管理基準値案および禁漁水準案と年齢別漁獲量曲線の関係

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値案の位置関係を示す。なお、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) は (a) 1015 トン、(b) 146 トンである

(a) ホッケー・スティック (HS) 型



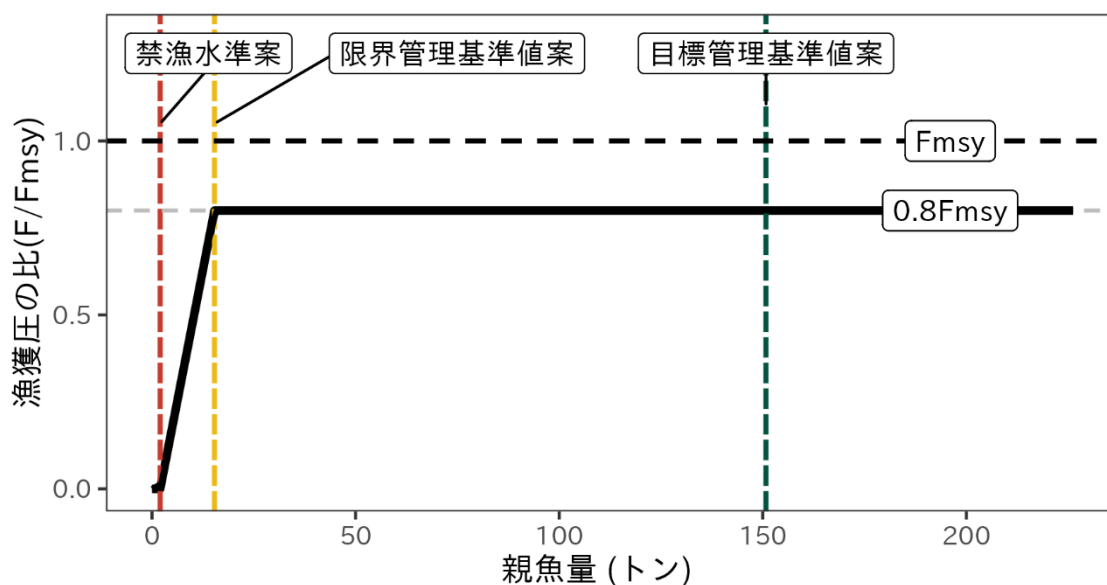
(b) リッカー (RI) 型



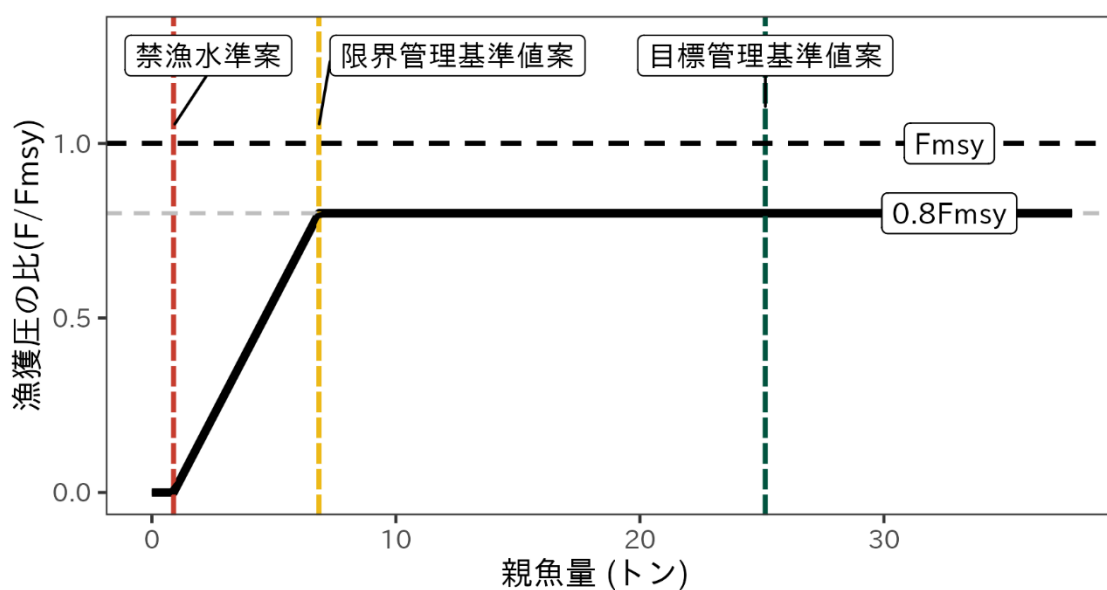
補足図 1-11. 神戸プロット

縦軸は各漁期年の漁獲圧 F の F_{msy} との比である。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案、および禁漁水準案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。

(a) ホッケー・スティック (HS) 型



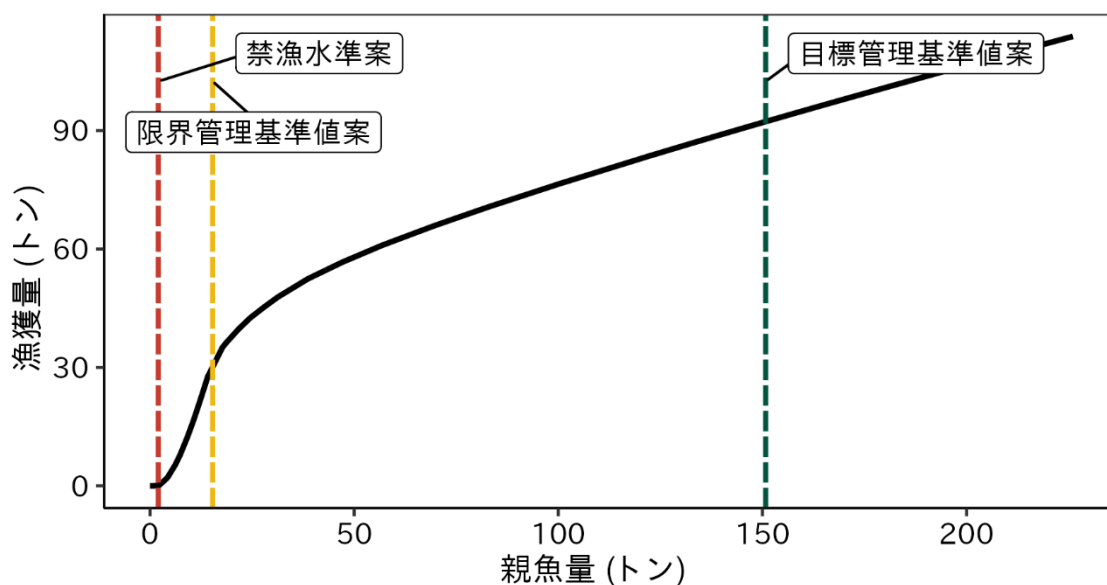
(b) リッカー (RI) 型



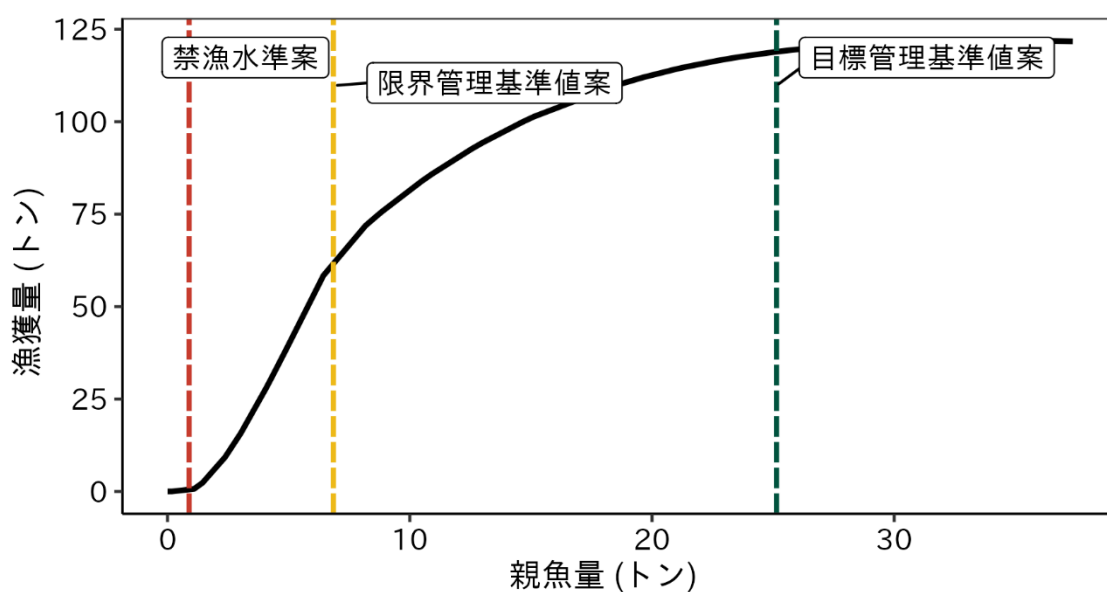
補足図 1-12. ホッケー・スティック型再生産関係およびリッカー型再生産関係に基づいた縦軸を漁獲圧とした漁獲管理規則案

目標管理基準値 (SBtarget) 案は HS 再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.8F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。

(a) ホッケースティック (HS) 型

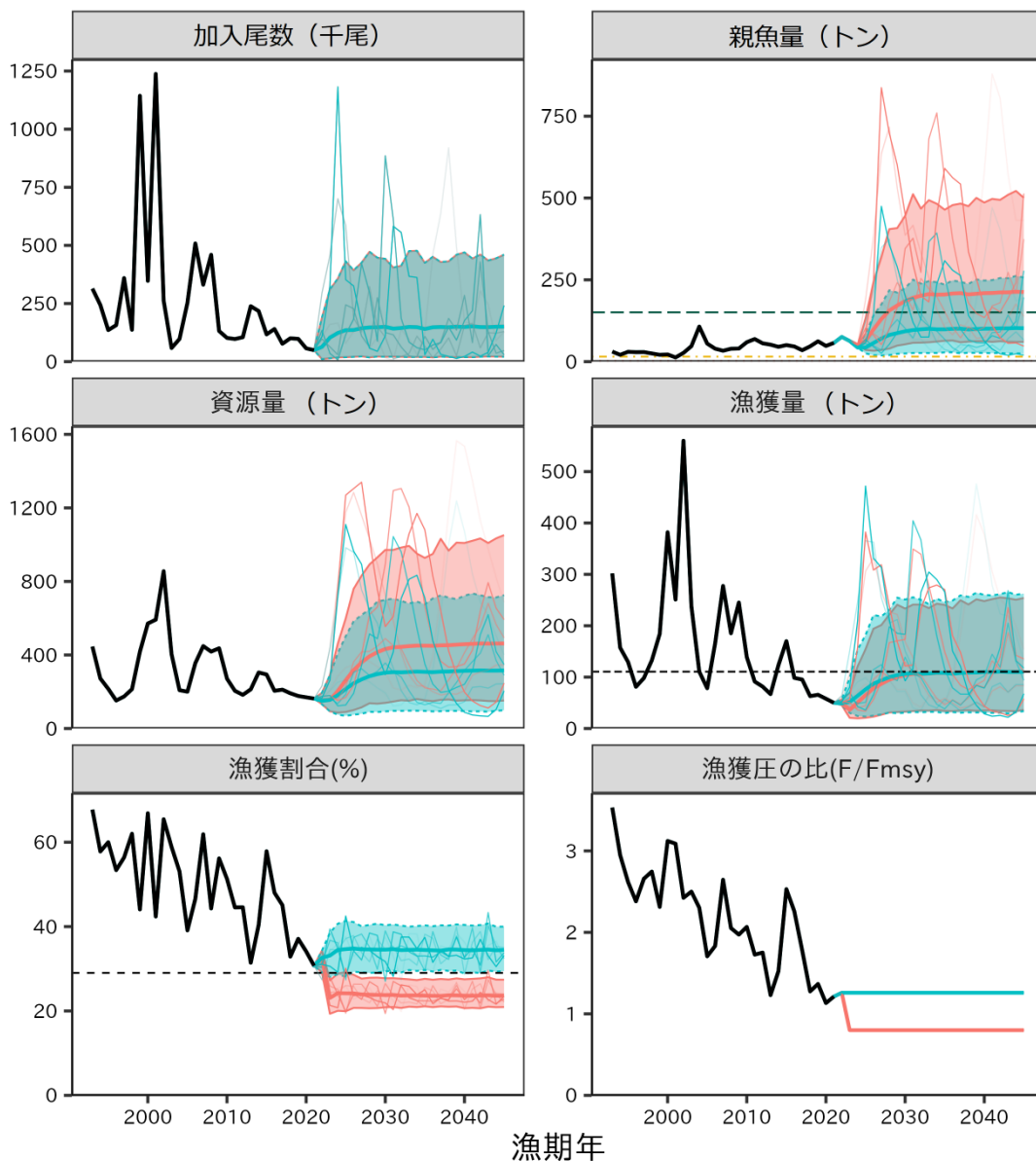
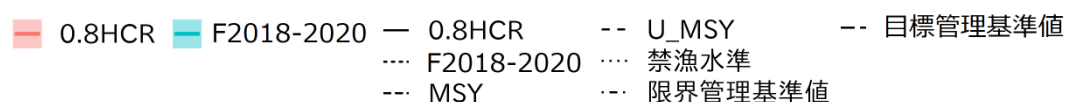


(b) リッカー (RI) 型



補足図 1-13. ホッケースティック型再生産関係およびリッカー型再生産関係に基づいた縦軸を漁獲量とした漁獲管理規則案

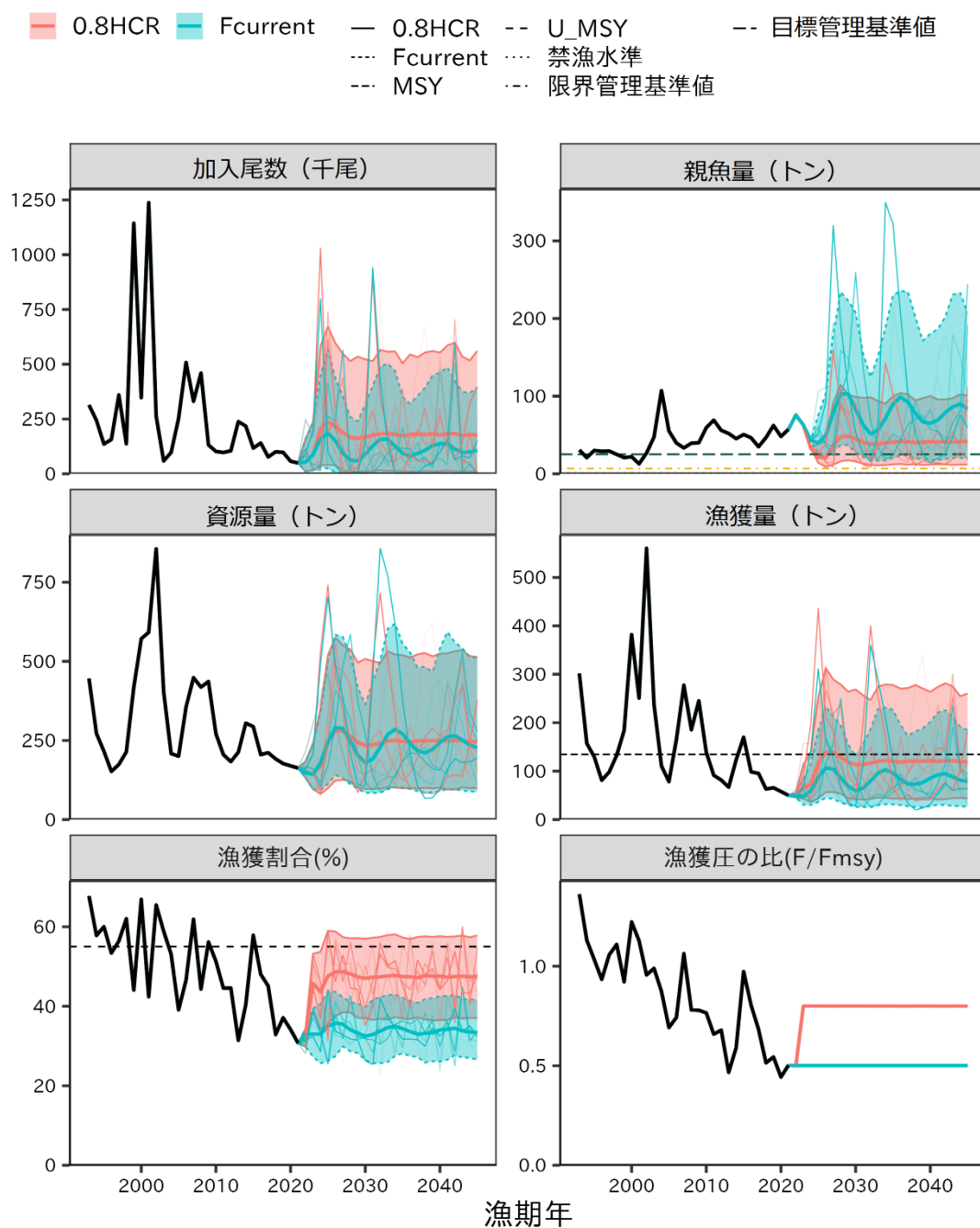
目標管理基準値 (SBtarget) 案は HS 再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.8F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 1-14a. HS 型再生産関係による管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）の比較

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年漁期の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2020）により仮定し、2023 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 1-12a）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 1-14b. RI 型再生産関係による管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）の比較

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年漁期の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2020）により仮定し、2023 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 1-12b）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

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

再生産 関係式	最適 化法	自己 相関	推定 法	a	b	S.D.	ρ	R0	h	データ 数
ホッケー・ スティック	L2*1	有	同時	11.6	1.28E+04	0.821	0.468	1.49E+05	0.98 7	28
リッカー	L2	有	同時	30.7	4.86E-05	0.806	0.143	1.61E+04	14.4	28
ベバートン・ ホルト	L2	有	同時	—*3	—*3	0.821	0.468	1.49E+05	1.00	28
ホッケー・ スティック	L2	無	—	11.9	1.28E+04	0.922	-	1.53E+05	0.98 8	28
リッカー	L2	無	—	35.2	5.17E-05	0.812	-	1.55E+04	16.1	28
ベバートン・ ホルト	L2	無	—	—*3	—*3	0.922	-	1.53E+05	1.00	28
ホッケー・ スティック	L1*2	無	—	10.3	1.28E+04	0.933	-	1.33E+05	0.98 6	28
リッカー	L1	無	—	43.2	5.83E-05	0.824	-	1.43E+04	18.9	28
ベバートン・ ホルト	L1	無	—	—*3	—*3	0.937	-	1.29E+05	1.00	28

*1 最小二乗法、*2 最小絶対値法、*3 パラメータ a、b に高い相関があり、解が一意に求められなかったため「—」とした。

推奨する再生産関係式を太字とした。S.D.は加入のばらつきの大きさをあらわす指標で、対数残差の標準偏差（Standard Deviation、平均二乗誤差の平方根）である。加入残差の自己相関を考慮した場合は、自己相関パラメータ ρ についても示した。R0 は漁業が無いときの初期親魚量 SB0 によってもたらされる平均加入尾数である。h（スティーブネス）は再生産関係の密度補償効果の程度を示す指標であり、RI 型および BH 型の場合は SB0 の 0.2 倍（0.2SB0）のときの平均加入尾数と R0 の比として、HS 型の場合は折れ点における加入尾数と R0 の比として算出される。h が 1 より高い場合は初期資源量より低い親魚量（0.2SB0）でより高い加入が推定され、密度補償効果が存在すると解釈される。

補足表 1-2. (a) ホッケー・スティック (HS) 型、(b) リッカー (RI) 型を再生産関係と選択した場合の各種管理基準値案における平衡状態のときの平均親魚量、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) に対する比、平均漁獲量、%SPR 換算した漁獲圧、漁獲割合、現状の漁獲圧 (F2018-2020) に対する努力量の比の関係、および MSY を実現する漁獲圧における年齢別漁獲係数 (Fmsy)

(a) ホッケー・スティック型

管理基準値案	説明	親魚量 (トン)	SB0 に 対する比	漁獲量 (トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲割合	努力量 の比
目標管理基準値案	SBmsy	151	0.15	111	15.0	0.29	0.79
限界管理基準値案	SB0.6msy	15	0.015	66	2.2	0.52	1.83
禁漁水準案	SB0.1msy	2	0.002	11	1.5	0.55	2.05
MSY を実現する 漁獲圧	Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3+歳)=(0.18, 0.64, 0.35, 0.35)					

(b) リッカー型

管理基準値案	説明	親魚量 (トン)	SB0 に 対する比	漁獲量 (トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲割合	努力量 の比
目標管理基準値案	SBmsy	25	0.17	135	1.7	0.55	2.00
限界管理基準値案	SB0.6msy	7	0.05	81	0.6	0.60	2.53
禁漁水準案	SB0.1msy	1	0.006	13	0.04	0.61	2.75
MSY を実現する 漁獲圧	Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3+歳)=(0.46, 1.61, 0.89, 0.89)					

補足表 1-3. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

(a) ホッケー・スティック (HS) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	2	8	17	21	26	30	32	34	36	36	36
0.9	0.71	0	0	0	0	3	12	21	29	33	38	41	43	46	46	46
0.8	0.64	0	0	0	0	3	15	27	37	42	47	50	54	58	57	56
0.7	0.56	0	0	0	0	4	20	33	44	50	55	60	65	66	67	68
0.6	0.48	0	0	0	0	6	25	39	53	60	65	70	74	76	77	78
0.5	0.4	0	0	0	0	8	29	47	62	69	75	80	83	84	88	87
0.4	0.32	0	0	0	0	9	36	54	69	78	84	86	89	91	94	93
0.3	0.24	0	0	0	0	11	42	64	76	86	91	93	95	95	97	98
0.2	0.16	0	0	0	0	14	50	71	85	92	94	98	98	98	99	100
0.1	0.08	0	0	0	0	18	58	78	90	96	98	99	99	100	100	100
0	0	0	0	0	0	22	66	86	93	98	99	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1	0	0	0	0	1	4	8	11	12	15	15	15	16	18	17

(b) リッカー (RI) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	4	4	28	37	35	32	33	35	37	35	34
0.9	1.80	100	100	100	100	9	11	41	56	59	56	51	52	52	51	51
0.8	1.60	100	100	100	100	19	23	59	76	83	77	66	60	61	65	64
0.7	1.40	100	100	100	100	37	40	76	92	94	90	75	66	65	76	74
0.6	1.20	100	100	100	100	67	67	89	97	98	95	83	70	68	83	80
0.5	1.00	100	100	100	100	93	88	97	100	100	97	91	79	75	90	88
0.4	0.80	100	100	100	100	100	98	99	100	100	99	95	90	84	94	94
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	99	99
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	93	88	97	100	100	97	91	78	75	90	87

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の漁獲圧との比は、 F_{msy} に対して調整係数 β を掛け合わせた数値 βF_{msy} の現状の漁獲圧に対する比である。

補足表 1-4. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

(a) ホッケー・スティック (HS) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1	100	100	100	100	100	100	98	98	99	99	99	99	99	99	100

(b) リッカー (RI) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	100	77	94	98	99	98	97	98	97	97	97
0.9	1.80	100	100	100	100	100	95	98	100	100	100	100	99	99	99	99
0.8	1.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	1.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	1.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の漁獲圧との比は、 F_{msy} に対して調整係数 β を掛け合わせた数値 βF_{msy} の現状の漁獲圧に対する比である。

補足表 1-5. 将来の親魚量が禁漁水準案を上回る確率 (%)

(a) ホッケー・スティック (HS) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) リッカー (RI) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	1.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	1.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	1.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	1.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の漁獲圧との比は、 F_{msy} に対して調整係数 β を掛け合わせた数値 βF_{msy} の現状の漁獲圧に対する比である。

補足表 1-6. 将来の平均親魚量の推移（トン）

(a) ホッケー・スティック（HS）型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	57	76	63	47	54	77	100	117	127	136	143	147	150	153	152
0.9	0.71	57	76	63	49	59	87	114	135	148	159	167	172	176	179	179
0.8	0.64	57	76	63	51	64	98	130	156	172	185	195	202	206	212	211
0.7	0.56	57	76	63	52	70	111	149	180	199	216	229	237	243	251	250
0.6	0.48	57	76	63	54	76	125	170	208	232	253	269	280	288	299	299
0.5	0.4	57	76	63	56	83	141	195	241	271	297	317	331	341	358	358
0.4	0.32	57	76	63	58	90	159	223	279	316	349	375	393	407	431	433
0.3	0.24	57	76	63	60	99	179	256	323	370	412	444	468	487	524	527
0.2	0.16	57	76	63	63	108	201	293	374	434	486	528	560	585	642	648
0.1	0.08	57	76	63	65	117	227	336	434	509	576	630	672	706	795	806
0	0	57	76	63	67	128	256	385	505	598	683	754	811	858	998	1,018
現状の 漁獲圧	1	57	76	63	43	43	57	71	82	87	93	97	99	101	102	101

(b) リッカー（RI）型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	57	76	63	28	14	11	22	27	24	24	24	26	25	25	24
0.9	1.80	57	76	63	30	17	15	28	35	34	33	32	33	32	33	31
0.8	1.60	57	76	63	33	21	20	37	48	49	45	41	38	38	41	39
0.7	1.40	57	76	63	36	26	27	48	63	66	58	49	42	43	52	49
0.6	1.20	57	76	63	39	32	37	62	82	85	72	57	46	49	67	60
0.5	1.00	57	76	63	43	40	50	79	103	103	83	63	51	57	86	76
0.4	0.80	57	76	63	47	49	67	102	126	118	92	68	57	67	109	100
0.3	0.60	57	76	63	51	61	90	130	150	131	98	72	63	77	128	127
0.2	0.40	57	76	63	56	76	122	167	177	145	107	79	68	82	135	143
0.1	0.20	57	76	63	61	94	164	215	212	168	126	94	78	82	124	136
0	0.00	57	76	63	67	117	222	280	263	212	168	132	107	95	121	132
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	40	50	79	103	103	83	63	51	56	86	76

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の漁獲圧との比は、 F_{msy} に対して調整係数 β を掛け合わせた数値 βF_{msy} の現状の漁獲圧に対する比である。

補足表 1-7. 将来の平均漁獲量の推移 (トン)

(a) ホッケー・スティック (HS) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	50	49	43	57	71	84	92	99	103	107	109	108	109	112	109
0.9	0.71	50	49	40	54	68	81	90	97	102	106	108	107	108	111	109
0.8	0.64	50	49	36	51	65	78	87	95	100	104	106	106	107	110	108
0.7	0.56	50	49	32	46	61	74	83	91	97	101	104	104	105	108	106
0.6	0.48	50	49	28	42	56	69	78	87	92	97	99	100	101	105	103
0.5	0.4	50	49	24	37	50	62	72	80	86	90	93	94	95	99	98
0.4	0.32	50	49	20	31	43	55	63	71	77	81	84	86	87	91	90
0.3	0.24	50	49	15	24	34	45	53	60	65	69	72	73	75	79	78
0.2	0.16	50	49	10	17	25	33	39	45	49	52	55	56	58	62	62
0.1	0.08	50	49	5	9	13	18	22	25	28	30	32	33	34	37	37
0	0	50	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1	50	49	52	64	76	87	94	100	104	106	108	106	107	110	108

(b) リッカー (RI) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	50	48	75	78	126	128	126	132	134	138	134	131	133	134	132
0.9	1.80	50	48	71	76	123	137	134	133	130	131	129	127	128	131	127
0.8	1.60	50	48	66	73	118	139	139	129	118	113	114	117	121	122	118
0.7	1.40	50	48	60	69	110	134	135	119	102	92	95	104	113	110	107
0.6	1.20	50	48	54	65	100	123	123	105	85	74	79	92	106	97	94
0.5	1.00	50	48	48	59	88	107	104	86	69	59	65	80	96	88	79
0.4	0.80	50	48	40	52	74	87	82	67	53	46	53	67	83	80	66
0.3	0.60	50	48	32	43	59	66	60	48	38	34	39	52	66	67	55
0.2	0.40	50	48	22	32	42	45	40	32	25	22	24	33	43	46	41
0.1	0.20	50	48	12	18	23	24	21	18	14	11	11	14	19	20	19
0	0.00	50	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	48	48	59	88	107	104	86	69	59	65	80	96	88	80

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の漁獲圧との比は、 F_{msy} に対して調整係数 β を掛け合わせた数値 βF_{msy} の現状の漁獲圧に対する比である。

補足表 1-8. 将来の平均資源量の推移 (トン)

(a) ホッケー・スティック (HS) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	163	150	156	194	240	282	313	338	355	367	372	372	375	385	377
0.9	0.71	163	150	156	199	251	299	335	364	383	397	404	406	409	420	411
0.8	0.64	163	150	156	204	262	318	360	393	415	432	441	444	448	462	452
0.7	0.56	163	150	156	209	275	338	387	426	453	473	485	489	494	511	500
0.6	0.48	163	150	156	215	289	361	418	463	495	520	535	542	548	569	558
0.5	0.4	163	150	156	221	303	386	452	506	544	575	594	604	612	639	628
0.4	0.32	163	150	156	227	319	413	491	554	601	638	663	677	689	724	713
0.3	0.24	163	150	156	234	337	444	535	610	667	713	745	765	781	830	819
0.2	0.16	163	150	156	241	355	478	585	674	744	801	843	870	892	961	953
0.1	0.08	163	150	156	248	375	516	641	747	833	905	959	997	1,027	1,130	1,124
0	0	163	150	156	255	397	558	705	832	938	1,028	1,098	1,151	1,193	1,348	1,351
現状の 漁獲圧	1	163	150	156	181	215	245	267	285	296	304	307	305	307	315	308

(b) リッカー (RI) 型

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	163	147	143	163	228	233	234	241	247	251	244	241	244	245	241
0.9	1.80	163	147	143	166	237	259	259	255	252	252	247	246	247	251	246
0.8	1.60	163	147	143	169	244	280	281	263	244	235	236	242	248	249	244
0.7	1.40	163	147	143	172	247	292	294	264	229	211	217	235	252	244	239
0.6	1.20	163	147	143	175	248	296	296	258	215	192	202	230	260	242	235
0.5	1.00	163	147	143	179	247	291	287	248	203	179	192	228	269	251	228
0.4	0.80	163	147	143	183	245	282	273	234	191	169	185	228	275	273	228
0.3	0.60	163	147	143	188	245	274	262	222	178	158	175	223	275	293	243
0.2	0.40	163	147	143	195	250	275	260	219	171	146	157	203	259	287	258
0.1	0.20	163	147	143	203	263	292	277	231	180	146	139	165	213	242	235
0	0.00	163	147	143	214	285	329	318	270	216	174	148	141	154	180	185
現状の 漁獲圧	1.00	163	147	143	179	247	291	287	248	203	179	192	228	269	251	228

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の漁獲圧との比は、 F_{msy} に対して調整係数 β を掛け合わせた数値 βF_{msy} の現状の漁獲圧に対する比である。

補足表 1-9. 予測される親魚量・漁獲量と親魚量が管理基準値案を上回る確率のまとめ

再生産 関係	β	現状 の漁 獲圧 との 比	10年後の目 標達成確率	予測平均親魚 量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			リスク (10年間に1度で も起きる確率)		
			親魚資源量 が目標管理 基準値案を 上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後	親魚量 が過去 最低親 魚量を 下回る	親魚量 が限界 管理基 準値案 を下回 る	前年よ り漁獲 量が半 減する
				2028年 漁期	2033年 漁期	2023年 漁期	2028年 漁期	2033年 漁期			
HS	1	0.79	36%	117	150	43	99	109	0%	1%	0%
	0.9	0.71	46%	135	176	40	97	108	0%	0%	0%
	0.8	0.64	58%	156	206	36	95	107	0%	0%	0%
	0.7	0.56	66%	180	243	32	91	105	0%	0%	0%
	0.6	0.48	76%	208	288	28	87	101	0%	0%	0%
	0.5	0.4	84%	241	341	24	80	95	0%	0%	0%
	0.4	0.32	91%	279	407	20	71	87	0%	0%	0%
	0.3	0.24	95%	323	487	15	60	75	0%	0%	0%
	0.2	0.16	98%	374	585	10	45	58	0%	0%	0%
	0.1	0.08	100%	434	706	5	25	34	0%	0%	0%
	0	0.00	100%	505	858	0	0	0	0%	0%	0%
RI	1	2.00	37%	27	25	75	132	133	95%	36%	56%
	0.9	1.80	52%	35	32	71	133	128	77%	9%	53%
	0.8	1.60	61%	48	38	66	129	121	45%	1%	51%
	0.7	1.40	65%	63	43	60	119	113	21%	0%	48%
	0.6	1.20	68%	82	49	54	105	106	6%	0%	39%
	0.5	1.00	75%	103	57	48	86	96	1%	0%	19%
	0.4	0.80	84%	126	67	40	67	83	0%	0%	2%
	0.3	0.60	98%	150	77	32	48	66	0%	0%	0%
	0.2	0.40	100%	177	82	22	32	43	0%	0%	0%
	0.1	0.20	100%	212	82	12	18	19	0%	0%	0%
	0	0.00	100%	263	95	0	0	0	0%	0%	0%

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2023 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2028 年漁期および 2033 年漁期）を示した。現状の漁獲圧との比は、 F_{msy} に対して調整係数 β を掛け合わせた数値 βF_{msy} の現状の漁獲圧に対する比である。

補足資料２ 再生産関係および生物学的管理基準に基づいた管理基準値の違い

仮定する再生産関係および生物学的管理基準による MSY 等管理基準値およびその代替値の違いを把握するため、以下の 13 通りの再生産関係と最適化法および自己相関の考慮の組み合わせで、それぞれ MSY 等管理基準値を推定した。比較対象とした組み合わせは、HS 型、RI 型、BH 型すべての再生産関係において最小二乗法または最小絶対値法を用いて最適化し、自己相関を考慮した場合と考慮せず当てはめた場合である。なお自己相関を考慮する場合には“同時推定法”を用い、最小二乗法にのみ適用した。

それぞれの再生産関係と最適化方法および生物学的管理基準に基づき推定された MSY 等管理基準値およびその代替値を下表に示す。

再生産 関係式	最適 化法 *	自己 相関	推定 法	SBmsy (トン)	SB0.6msy (トン)	SB0.1msy (トン)	MSY (トン)	Umsy	Fmsy/ 現状の F***
ホッケー・スティック	L2	有	同時	151	15	2	111	0.29	0.79
リッカー	L2	有	同時	27	7	1	126	0.54	1.90
ベバートン・ホルト	L2	有	同時	151	—	—	111	0.29	0.79
ホッケー・スティック	L2	無	—	162	14	2	114	0.29	0.79
リッカー	L2	無	—	25	7	1	135	0.55	2.00
ベバートン・ホルト	L2	無	—	162	—	—	114	0.29	0.79
ホッケー・スティック	L1	無	—	141	14	2	99	0.29	0.79
リッカー	L1	無	—	22	6	1	143	0.56	2.11
ベバートン・ホルト	L1	無	—	137	—	—	97	0.29	0.79
生物学的 管理基準	加入参照年 (漁期年)			SBmsy proxy (トン)	SBmin (トン)	SBban (トン)	MSY proxy (トン)	Umsy	nsy proxy/ 現状のF
Fmax	2009～2020			84	13	0	60	29	0.79
F0.1	2009～2020			166	13	0	56	18	0.47
F20%SPR	2009～2020			110	13	0	59	25	0.66
F30%SPR	2009～2020			165	13	0	56	18	0.47

*L2 は最小二乗法による最適化、L1 は最小絶対値法による最適化

**現状の F (漁獲圧) は F2018-2020

最適化法の違いや自己相関の有無で生じる各再生産関係式内での各管理基準値および MSY の差は小さい。HS 型では最小二乗法の自己相関を考慮しない推定方法が最も高い SBmsy と期待される MSY を算出したが、RI 型では最も高い SBmsy は最小二乗法の自己相関を同時推定する手法であった。また、RI 型では最も高い MSY は最小絶対値法による推定結果であった。なお、計算が収束しなかった BH 型再生産関係式では SB0.6msy、SB0.1msy の計算結果が得られないことから「－」とした。

HS 型再生産関係式と RI 型再生産関係式では、大きく変わらない MSY を推定したにもかかわらず、SBmsy や Fmsy について全く異なる数値を推定した。最小二乗法を用いて自己相関を同時推定した HS 型再生産関係式では SBmsy は 151 トンと現状の親魚量（57 トン）より高く、Fmsy は現状の漁獲圧（F2018-2020）の 0.79 倍に対して、自己相関を考慮しない差最小二乗法を用いて推定された RI 型再生産関係式では SBmsy は 25 トンと現状の親魚量の半分以下であり、Fmsy は現状の漁獲圧（F2018-2020）の 2.00 倍と推定された。

1B ルールに基づく生物学的管理基準では、Fmax における SBmsy proxy は 84 トンと推定され、F0.1、F20%SPR、F30%SPR の SBmsy proxy はそれぞれ 110～166 トンと推定された。また検討した全ての生物学的管理基準において Fmsy proxy は現状の漁獲圧（F2018-2020）より低く推定された。

補足資料 3 1B ルール、HS 型再生産関係、RI 型再生産関係を用いた場合の、現状の放流を想定した場合の将来予測

将来予測において、現状の放流を想定し、提案する 1B ルールにおいて仮定された加入動態、および 1A ルールにおいて候補となった再生産関係式（最小二乗法により最適化し自己相関を考慮した HS 型、自己相関を考慮しない RI 型）を用いて加入尾数を推定し、これに人工種苗由来の加入尾数を加算して各年の加入量とした場合の結果をここで示す。人工種苗由来の加入尾数（2.63 万尾）は、2017～2021 年漁期における平均放流尾数（52.3 万尾）と 2017～2021 年漁期の添加効率（放流個体が資源に加入する比率）の平均値（0.050）の積として求めた。

現状の放流を想定して、 β の標準値（1Bルールは $\beta=0.7$ 、HSおよびRI型は $\beta=0.8$ ）を乗じた漁獲管理規則に基づいて漁獲を行った場合の将来予測について、補足図3-1～3-3に示す。また、現状の放流を想定した場合において予測される親魚量が、各管理基準値案を上回る確率を補足表3-1～3-3に、予測される将来の平均親魚量、平均漁獲量、平均資源量を補足表3-4～3-6に示す。なお、1Bルールでは禁漁水準案（SBban）を0トンとしているため、予測される親魚量が禁漁水準案を上回る確率については算出しない。

1BルールにおいてFmaxをFmsyの代替値とした場合、現状の放流を想定し、 $\beta=0.7$ で漁獲を行うと平均親魚量は2025年漁期に96トンとSBmsy proxy（84トン）を超え、2033年漁期には180トンに達すると予測された（補足図3-1、補足表3-4a）。2033年漁期に親魚量が目標管理基準値案（SBtarget）を上回る確率は $\beta=0.8$ 以下の全ての β で100%と予測された（補足表3-1a）。また、 $\beta=1.0$ として漁獲した場合でも、91%の確率で上回ると予測された。現状の漁獲圧で漁獲した場合では、2033年漁期の平均親魚量は73トンと予測され、目標管理基準値案を21%の確率で上回ると予測された。なお $\beta=1.1$ として漁獲した場合でも、50%以上の確率で目標管理基準値を上回ると予測され、 β が1.0以下の全ての値および現状の漁獲圧において、100%の確率で限界管理基準値案（SBmin）を上回ると予測された（補足表3-2a）。現状の放流を想定して $\beta=0.7$ で漁獲した場合に得られる平均漁獲量は2025年漁期にMSYの代替値である60トンに達し、2033年漁期には77トンと予測された（補足図3-1、補足表3-5a）。

HS型再生産関係を再生産関係として選択した場合における将来予測では、現状の放流を想定し、 $\beta=0.8$ で漁獲を行うと平均親魚量は2027年漁期に160トンとSBmsy（151トン）を超え、2033年漁期には243トンに達すると予測された（補足図3-2、補足表3-4b）。2033年漁期に親魚量が目標管理基準値案（SBtarget）を上回る確率は $\beta=0.9$ 以下の全ての β で60%を上回ると予測された（補足表3-1b）。現状の漁獲圧で漁獲した場合では、2033年漁期の平均親魚量は73トンと予測され、目標管理基準値案を22%の確率で上回ると予測された。また、 β が1.0以下の全ての値および現状の漁獲圧において、100%の確率で限界管理基準値案（SBmin）および禁漁水準案（SBban）を上回ると予測された（補足表3-2b、3-3a）。現状の放流を想定して $\beta=0.8$ で漁獲した場合に得られる平均漁獲量は2028年漁期にMSYの110トンを超え、2033年漁期には126トンと予測された（補足図3-2、補足表3-5b）。

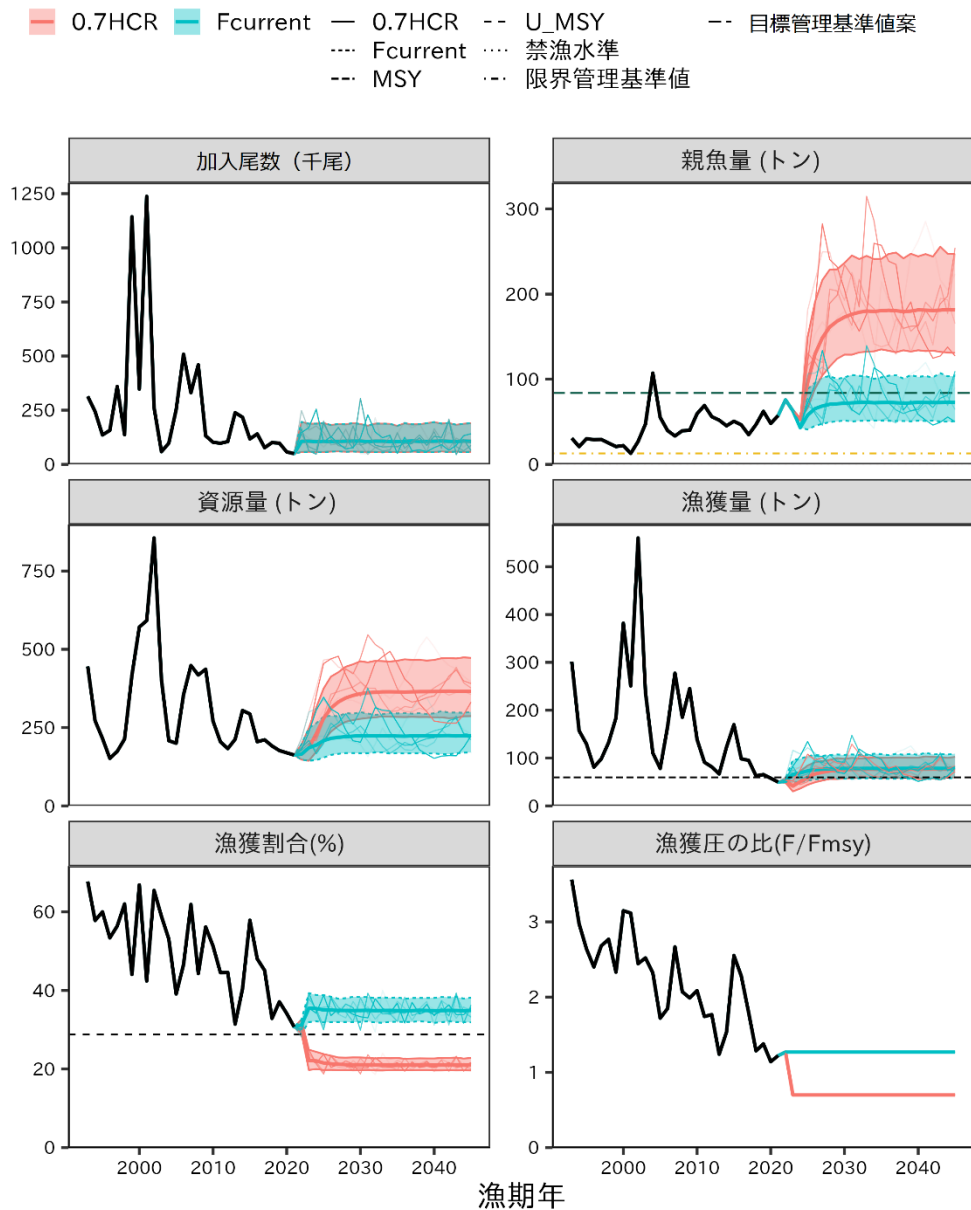
RI型再生産関係を再生産関係として選択した場合における将来予測では、現状の放流を想定し、 $\beta=0.8$ で漁獲を行うと平均親魚量は、2033年漁期には41トンに達すると予測され、2053年漁期までの間に平均親魚量がSBmsy（25トン）を下回ることには無かった（補足図3-3、

補足表3-4c)。2033年漁期に親魚量が目標管理基準値案（SBtarget）を上回る確率は $\beta=0.9$ 以下の全ての β で61%を上回ると予測された（補足表3-1c）。現状の漁獲圧で漁獲した場合では、2033年漁期の平均親魚量は87トンと予測され、目標管理基準値案を100%の確率で上回ると予測された。また、 β が1.0以下の全ての値および現状の漁獲圧において、100%の確率で限界管理基準値案（SBmin）および禁漁水準案（SBban）を上回ると予測された（補足表3-2c、3-3b）。現状の放流を想定して $\beta=0.8$ で漁獲した場合に得られる平均漁獲量は2026年漁期にMSYの135トンを超え、2033年漁期には135トンと予測された（補足図3-3、補足表3-5c）。

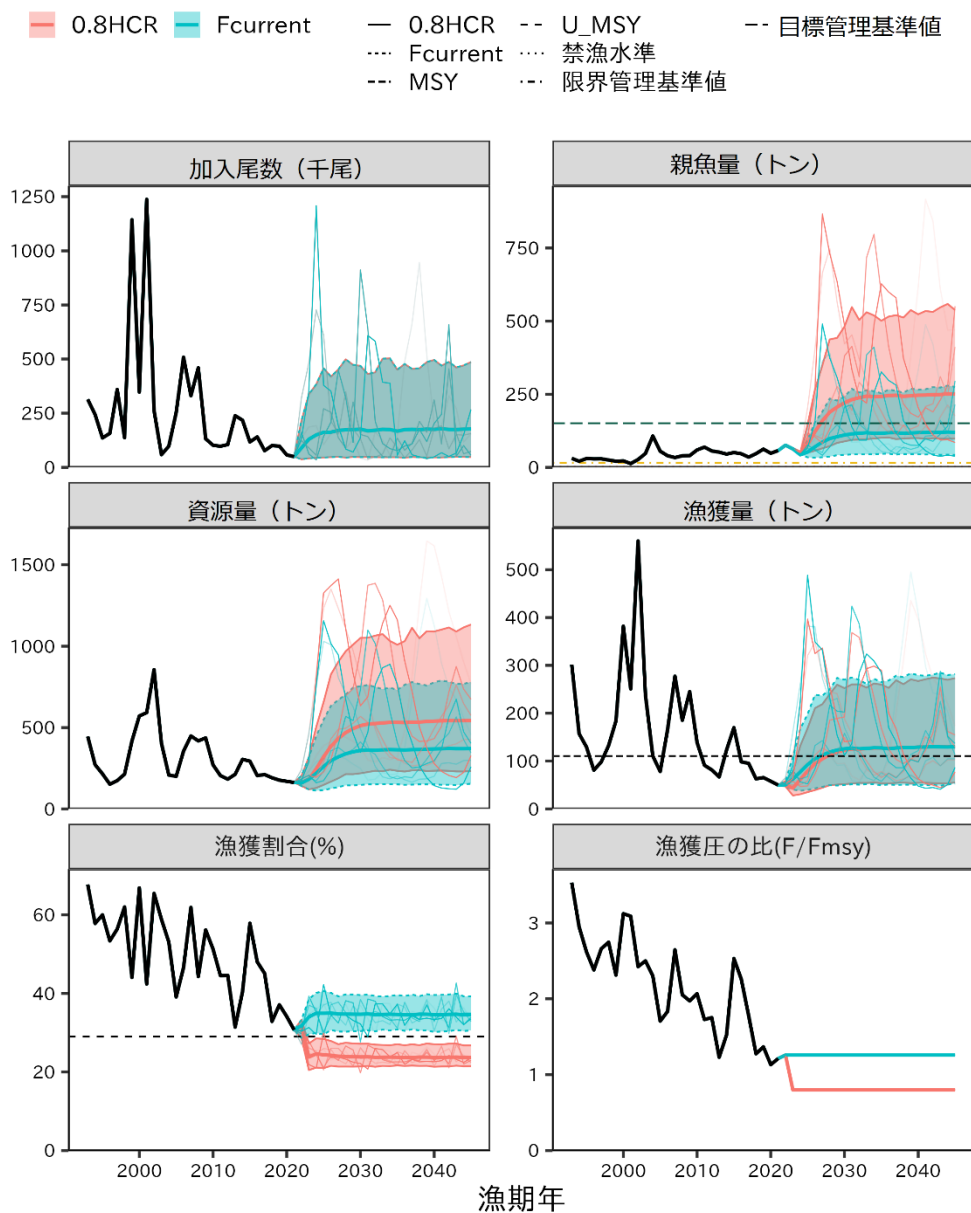
親魚量または漁獲量が2023～2033年漁期の間に1度でも各基準を下回るリスクのまとめについて補足表3-7～3-9に示す。現状の放流を想定した場合、1Bルールの場合、親魚量が過去最低親魚量を下回る確率および前年より漁獲が半減する確率は $\beta=1.0$ 以下の全ての値において0%と予測された。HS型の場合も同様に親魚量が過去最低親魚量および限界管理基準値案を下回る確率、前年より漁獲が半減する確率は $\beta=1.0$ 以下の全ての値において0%と予測された。しかしながら、RI型の場合は放流を考慮したうえでも、前年より漁獲が半減する確率が、 β が0.5～1.0の場合において2～43%と推定された。なお、再生産関係のみによる加入の場合、19～56%であり、放流を考慮することによりリスクの軽減が見込まれた。

将来予測において、再生産関係による加入のみの場合と現状の放流を想定した場合の10年後の目標達成確率、予測平均親魚量および漁獲量について補足表3-10～3-12に示す。1Bルールにおける $\beta=0.7$ とした場合の2033年漁期の平均親魚量と平均漁獲量は、放流を考慮しない場合それぞれ136トン、58トンだが、現状の放流を想定した場合はそれぞれ180トン、77トンと予測された。HS型再生産関係に基づき $\beta=0.8$ で漁獲を行った場合、2033年漁期の平均親魚量と平均漁獲量は放流を考慮しない場合それぞれ206トン、107トンだが、現状の放流を想定した場合はそれぞれ243トン、126トンと予測された。同様にRI型再生産関係に基づき $\beta=0.8$ で漁獲を行った場合、2033年漁期の平均親魚量と平均漁獲量は放流を考慮しない場合それぞれ43トン、113トンだが、現状の放流を想定した場合はそれぞれ47トン、126トンと予測された。また、2033年漁期に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は、1Bルールにおける $\beta=0.7$ で漁獲を行った場合、放流を考慮することで97%から100%へ増加、HS型およびRI型において $\beta=0.8$ で漁獲を行った場合はそれぞれ58%から72%へ、65%から80%へと増加し、現状の放流が継続されると仮定した場合の将来予測では、平均親魚量および平均漁獲量の増加が予測された。

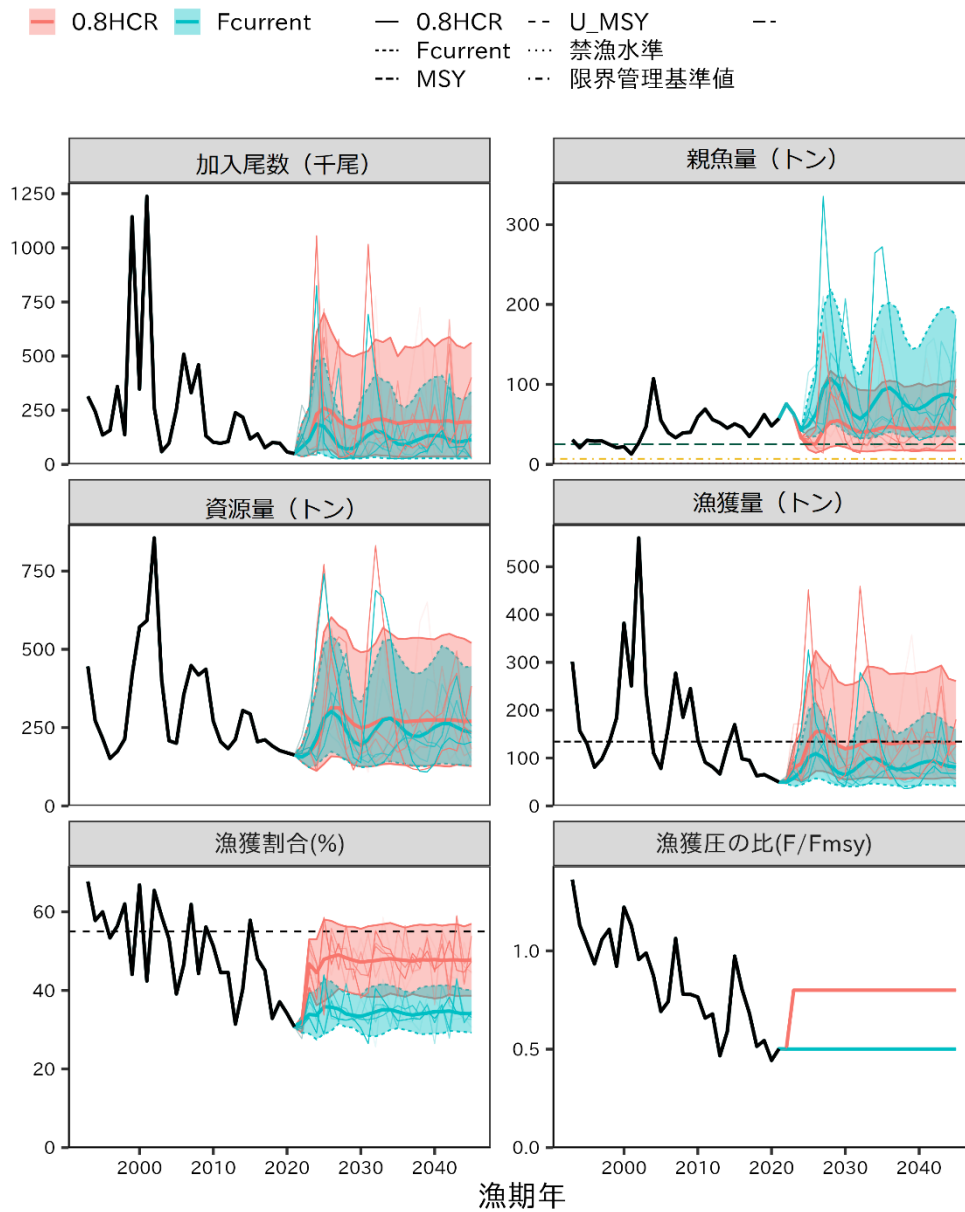
ただし、ここでは現状の添加効率として直近5年間の平均値を用いたが、添加効率の設定によって、人工種苗由来の加入尾数は変化する。種苗放流が将来の親魚量や漁獲量に与える影響をより精度高く検討するためには、再生産による加入尾数ならびに添加効率の推定精度を向上させる必要がある。添加効率の推定には、放流種苗への標識装着率（鰭カット、ALC標識）や混入率に関するデータが必須である。海域別の添加効率比の変化や適地放流の有無によっても添加効率は変化するため、引き続きデータの入手を行うことが重要である。また、1歳以上の混入率に関するデータが限定的であり、加入後の人工種苗由来個体の生残や動態については知見が少ない。今後はこれらの情報に関しても検討する必要がある。また、種苗放流の体制が今後大きく変化することがあれば、管理方策についても再検討が必要となることが想定される。



補足図 3-1. 現状の放流を想定した場合の F_{max} による管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）の比較。太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる 90% 予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年漁期の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 ($F_{2018-2020}$) により仮定し、2023 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則案 (図 6) に従うものとした。調整係数 β には標準値の 0.7 を用いた。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017~2021 年漁期平均の放流尾数と添加効率の積とした。



補足図 3-2. 現状の放流を想定した場合の HS 型による管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）の比較。太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年漁期の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 ($F_{2018-2020}$) により仮定し、2023 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 1-12a）に従うものとした。調整係数 β には標準値の 0.8 を用いた。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年漁期平均の放流尾数と添加効率の積とした。



補足図 3-3. 現状の放流を想定した場合の F_{max} による管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）の比較。太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄破線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年漁期の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 ($F_{2018-2020}$) により仮定し、2023 年漁期以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 1-12b）に従うものとした。調整係数 β には標準値の 0.8 を用いた。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2021 年漁期平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 3-1. 現状の放流を想定した場合における将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

(a) 1B ルール (Fmax=Fmsy の代替値)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	22	52	72	80	87	89	89	91	91	89	89
0.9	0.71	0	0	0	0	32	73	90	96	98	99	99	99	99	99	99
0.8	0.63	0	0	0	0	46	89	98	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.55	0	0	0	0	63	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.47	0	0	0	0	77	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.39	0	0	0	0	88	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	0	0	0	0	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	0	0	0	0	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	0	0	0	0	7	12	15	18	18	19	20	20	22	21	20

(b) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	3	12	22	30	35	40	43	46	47	48	48
0.9	0.71	0	0	0	0	3	16	30	40	46	50	54	58	60	60	60
0.8	0.64	0	0	0	0	4	22	37	51	57	62	66	71	72	72	72
0.7	0.56	0	0	0	0	6	28	46	62	69	75	79	83	84	86	85
0.6	0.48	0	0	0	0	8	35	56	71	80	86	88	91	92	94	94
0.5	0.40	0	0	0	0	10	44	68	83	90	94	97	97	97	98	99
0.4	0.32	0	0	0	0	13	54	78	91	97	98	99	99	100	100	100
0.3	0.24	0	0	0	0	17	65	88	96	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	0	0	0	0	22	76	95	99	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	0	0	0	0	29	85	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	0	0	0	0	37	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	0	0	0	0	1	6	10	13	16	19	20	20	21	23	22

(c) リッカー (RI) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	6	6	32	43	46	41	42	43	44	42	40
0.9	1.80	100	100	100	100	14	16	52	69	76	70	62	58	60	62	61
0.8	1.60	100	100	100	100	34	36	75	90	92	89	77	70	71	76	76
0.7	1.40	100	100	100	100	73	70	93	98	99	97	90	81	80	88	86
0.6	1.20	100	100	100	100	100	97	99	100	100	100	99	95	94	97	97
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。

2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-2. 現状の放流を想定した場合における将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

(a) 1B ルール (Fmax=Fmsy の代替値)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.63	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.47	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.39	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(c) リッカー (RI) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	1.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	1.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	1.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	1.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。

2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-3. 現状の放流を想定した場合における将来の親魚量が禁漁水準案を上回る確率 (%)

(a) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) リッカー (RI) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	1.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	1.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	1.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	1.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-4. 現状の放流を想定した場合における将来の平均親魚量の推移 (トン)

(a) 1B ルール ($F_{\max}=F_{\text{msy}}$ の代替値)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	57	76	63	47	73	90	99	104	106	108	109	110	111	110	110
0.9	0.71	57	76	63	49	80	102	113	120	124	126	128	129	130	130	129
0.8	0.63	57	76	63	51	88	115	130	139	144	147	150	152	153	153	152
0.7	0.55	57	76	63	53	96	129	149	161	168	173	176	179	180	181	180
0.6	0.47	57	76	63	54	105	146	171	187	197	203	208	211	213	215	214
0.5	0.39	57	76	63	56	115	165	196	217	230	240	246	251	254	258	257
0.4	0.32	57	76	63	58	125	186	225	253	270	283	292	299	304	311	310
0.3	0.24	57	76	63	60	137	210	258	294	318	335	348	358	365	377	376
0.2	0.16	57	76	63	63	150	236	297	342	374	398	416	430	440	462	462
0.1	0.08	57	76	63	65	164	267	341	399	441	474	499	519	534	573	574
0	0.00	57	76	63	67	180	301	393	466	522	566	602	630	652	719	723
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	58	65	68	71	71	72	72	73	73	73	72

(b) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	57	76	63	47	65	96	122	142	153	163	169	174	177	179	179
0.9	0.71	57	76	63	49	72	108	139	164	177	189	198	203	207	211	210
0.8	0.64	57	76	63	51	78	122	160	189	206	221	232	238	243	249	248
0.7	0.56	57	76	63	52	85	138	183	218	240	258	272	280	287	295	295
0.6	0.48	57	76	63	54	93	155	209	252	280	303	320	331	340	352	352
0.5	0.40	57	76	63	56	102	175	240	292	326	355	377	392	403	421	422
0.4	0.32	57	76	63	58	112	198	274	338	381	418	446	466	481	508	509
0.3	0.24	57	76	63	60	122	223	315	392	446	493	529	555	575	617	620
0.2	0.16	57	76	63	63	133	251	361	455	523	583	629	664	692	756	762
0.1	0.08	57	76	63	65	146	284	414	528	615	690	751	799	837	937	948
0	0.00	57	76	63	67	160	320	475	614	723	820	900	964	1,017	1,176	1,197
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	52	70	86	98	105	110	114	117	119	120	119

(c) リッカー (RI) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	57	76	63	28	17	14	24	28	28	28	28	28	28	28	27
0.9	1.80	57	76	63	30	21	19	32	39	40	38	36	35	35	36	34
0.8	1.60	57	76	63	33	26	26	42	53	55	49	44	40	41	45	43
0.7	1.40	57	76	63	36	32	35	56	69	71	61	51	45	47	57	53
0.6	1.20	57	76	63	39	39	47	73	87	86	71	58	51	55	71	65
0.5	1.00	57	76	63	43	49	63	95	107	99	78	63	57	65	87	77
0.4	0.80	57	76	63	47	61	85	124	130	111	85	69	64	74	99	91
0.3	0.60	57	76	63	51	76	115	161	157	127	98	80	74	80	104	100
0.2	0.40	57	76	63	56	95	156	211	194	156	126	106	95	93	107	108
0.1	0.20	57	76	63	61	118	211	278	250	210	180	158	143	133	128	127
0	0.00	57	76	63	67	148	286	369	340	305	277	255	239	226	185	183
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	49	63	95	107	99	78	63	57	65	87	77

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-5. 現状の放流を想定した場合における将来の平均漁獲量の推移 (トン)

(a) 1B ルール ($F_{\max}=F_{\text{msy}}$ の代替値)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	50	51	55	62	69	74	76	77	78	79	79	79	79	80	79
0.9	0.71	50	51	51	59	67	72	75	77	78	79	79	79	79	79	79
0.8	0.63	50	51	46	55	64	70	73	75	77	78	78	78	78	79	78
0.7	0.55	50	51	41	51	60	67	70	73	75	76	76	76	77	77	77
0.6	0.47	50	51	36	46	56	63	67	70	71	73	74	74	74	75	74
0.5	0.39	50	51	31	41	50	57	62	65	67	68	69	70	70	71	70
0.4	0.32	50	51	25	34	43	50	55	58	60	62	63	63	64	65	65
0.3	0.24	50	51	20	27	35	42	46	49	51	53	54	55	55	57	56
0.2	0.16	50	51	13	19	25	31	34	37	39	40	41	42	43	44	44
0.1	0.08	50	51	7	10	14	17	19	21	22	23	24	25	25	26	26
0	0.00	50	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	51	66	69	73	76	77	77	78	78	79	78	78	78	78

(b) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	50	50	52	70	87	101	110	118	123	126	128	127	128	131	129
0.9	0.71	50	50	48	66	83	98	108	116	121	125	127	127	128	131	129
0.8	0.64	50	50	44	62	79	95	105	113	119	123	126	125	126	130	128
0.7	0.56	50	50	39	57	74	90	100	109	115	120	122	123	124	127	125
0.6	0.48	50	50	34	51	68	84	94	104	110	114	118	118	119	123	121
0.5	0.40	50	50	29	45	61	76	87	96	102	107	110	111	113	117	115
0.4	0.32	50	50	24	38	52	66	77	85	92	96	100	101	103	107	106
0.3	0.24	50	50	18	30	42	54	64	72	77	82	85	87	89	93	93
0.2	0.16	50	50	12	21	30	40	47	54	58	62	65	67	68	73	73
0.1	0.08	50	50	6	11	16	22	26	30	33	36	38	39	40	43	43
0	0.00	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	50	62	77	93	105	112	119	123	126	127	126	127	130	127

(c) リッカー (RI) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	50	50	91	93	143	154	150	152	152	154	151	149	150	152	149
0.9	1.80	50	50	86	91	140	158	157	150	143	140	140	141	143	145	142
0.8	1.60	50	50	80	88	134	155	155	140	127	120	122	129	135	133	130
0.7	1.40	50	50	73	84	126	145	144	124	108	99	104	115	126	119	116
0.6	1.20	50	50	66	79	115	129	125	104	88	81	88	101	114	104	100
0.5	1.00	50	50	58	73	102	110	101	83	70	65	73	86	98	88	82
0.4	0.80	50	50	49	65	87	89	79	64	54	50	56	67	77	71	64
0.3	0.60	50	50	39	54	71	69	60	50	41	38	40	46	53	51	46
0.2	0.40	50	50	27	40	52	50	45	38	32	28	27	28	30	31	30
0.1	0.20	50	50	14	23	29	29	28	24	21	19	17	16	16	16	16
0	0.00	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	50	58	73	102	110	101	83	70	65	73	86	98	88	82

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-6. 現状の放流を想定した場合における将来の平均資源量の推移 (トン)

(a) 1B ルール ($F_{\max}=F_{\text{msy}}$ の代替値)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	163	165	186	210	238	255	263	269	272	274	275	275	276	276	274
0.9	0.71	163	165	186	217	251	272	283	291	295	298	300	300	301	301	299
0.8	0.63	163	165	186	223	265	291	306	316	322	326	328	329	330	331	329
0.7	0.55	163	165	186	230	280	313	332	345	353	358	361	363	364	366	364
0.6	0.47	163	165	186	238	296	336	361	378	389	396	400	403	405	408	405
0.5	0.39	163	165	186	245	313	363	394	416	430	440	446	450	453	458	455
0.4	0.32	163	165	186	253	332	392	431	459	478	492	501	507	511	519	516
0.3	0.24	163	165	186	262	353	425	474	509	534	553	566	574	581	595	591
0.2	0.16	163	165	186	271	376	461	522	567	600	625	643	656	666	689	686
0.1	0.08	163	165	186	280	400	501	577	634	678	712	737	756	770	810	808
0	0.00	163	165	186	290	426	546	639	712	769	815	850	878	899	967	969
現状の 漁獲圧	1.00	163	165	186	194	209	216	219	221	223	224	224	224	224	224	223

(b) ホッケー・スティック (HS) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	163	160	183	234	292	342	377	403	421	434	439	440	443	453	444
0.9	0.71	163	160	183	240	306	362	403	434	455	470	478	479	483	494	485
0.8	0.64	163	160	183	246	320	385	433	469	494	512	522	525	529	543	533
0.7	0.56	163	160	183	253	336	410	466	509	538	560	573	578	583	600	590
0.6	0.48	163	160	183	260	353	438	504	554	590	616	633	640	647	669	658
0.5	0.40	163	160	183	268	372	469	546	606	649	682	703	714	723	751	741
0.4	0.32	163	160	183	275	392	504	594	665	717	758	786	801	814	852	841
0.3	0.24	163	160	183	284	413	542	647	733	797	848	883	906	923	976	966
0.2	0.16	163	160	183	292	437	584	708	810	889	953	1,000	1,031	1,055	1,131	1,123
0.1	0.08	163	160	183	301	462	631	777	900	997	1,078	1,139	1,182	1,216	1,329	1,325
0	0.00	163	160	183	310	490	683	855	1,003	1,124	1,226	1,306	1,366	1,414	1,587	1,591
現状の 漁獲圧	1.00	163	160	183	219	262	296	320	339	351	359	362	361	363	370	363

(c) リッカー (RI) 型再生産関係

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	163	156	170	191	261	276	275	276	278	280	275	272	274	276	272
0.9	1.80	163	156	170	196	271	299	300	287	276	271	270	272	276	278	273
0.8	1.60	163	156	170	200	277	314	313	287	261	249	254	267	278	273	268
0.7	1.40	163	156	170	205	280	318	313	277	242	227	238	260	280	265	261
0.6	1.20	163	156	170	210	280	312	301	260	223	209	224	254	280	258	251
0.5	1.00	163	156	170	216	280	302	283	241	206	193	212	245	274	251	236
0.4	0.80	163	156	170	223	282	294	270	227	191	179	195	228	257	242	220
0.3	0.60	163	156	170	232	289	297	273	228	189	171	176	199	225	224	206
0.2	0.40	163	156	170	242	304	318	299	253	210	184	174	176	188	198	193
0.1	0.20	163	156	170	254	331	363	353	307	266	236	215	202	195	196	195
0	0.00	163	156	170	269	370	434	440	401	366	338	317	300	287	247	245
現状の 漁獲圧	1.00	163	156	170	216	280	302	283	241	206	193	212	245	274	251	236

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 3-7. 1B ルールを用いて F_{max} を F_{msy} の代替値とした場合の、現状の放流を想定した場合に予測される親魚量と漁獲量およびリスク確率のまとめ

β	現状の 漁獲圧との比	10年後の目標 達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			リスク (10年間に1度でも 起きる確率)		
		親魚資源量が 目標管理基準 値案を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後	親魚量 が過去 最低親 魚量を 下回る	親魚量 が限界 管理基 準値案 を下回 る	前年よ り漁獲 量が半 減する
			2028年 漁期	2033年 漁期	2023年 漁期	2028年 漁期	2033年 漁期			
1	0.79	91%	104	111	55	77	79	0%	0%	0%
0.9	0.71	99%	120	130	51	77	79	0%	0%	0%
0.8	0.63	100%	139	153	46	75	78	0%	0%	0%
0.7	0.55	100%	161	180	41	73	77	0%	0%	0%
0.6	0.47	100%	187	213	36	70	74	0%	0%	0%
0.5	0.39	100%	217	254	31	65	70	0%	0%	0%
0.4	0.32	100%	253	304	25	58	64	0%	0%	0%
0.3	0.24	100%	294	365	20	49	55	0%	0%	0%
0.2	0.16	100%	342	440	13	37	43	0%	0%	0%
0.1	0.08	100%	399	534	7	21	25	0%	0%	0%
0	0.00	100%	466	652	0	0	0	0%	0%	0%

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2023 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2028 年漁期および 2033 年漁期）を示した。

補足表 3-8. ホッケー・スティック型再生産関係に基づく、現状の放流を想定した場合に予測される親魚量と漁獲量およびリスク確率のまとめ

β	現状の漁獲圧との比	10年後の目標達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			リスク (10年間に1度でも起きる確率)		
		親魚資源量が目標管理基準値案を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後	親魚量が過去最低親魚量を下回る	親魚量が限界管理基準値案を下回る	前年より漁獲量が半減する
			2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期			
1	0.79	47%	142	177	52	118	128	0%	0%	0%
0.9	0.71	60%	164	207	48	116	128	0%	0%	0%
0.8	0.64	72%	189	243	44	113	126	0%	0%	0%
0.7	0.56	84%	218	287	39	109	124	0%	0%	0%
0.6	0.48	92%	252	340	34	104	119	0%	0%	0%
0.5	0.4	97%	292	403	29	96	113	0%	0%	0%
0.4	0.32	100%	338	481	24	85	103	0%	0%	0%
0.3	0.24	100%	392	575	18	72	89	0%	0%	0%
0.2	0.16	100%	455	692	12	54	68	0%	0%	0%
0.1	0.08	100%	528	837	6	30	40	0%	0%	0%
0	0	100%	614	1017	0	0	0	0%	0%	0%

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2023 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2028 年漁期および 2033 年漁期）を示した。

補足表 3-9. リッカー型再生産関係に基づく、現状の放流を想定した場合に予測される親魚量と漁獲量およびリスク確率のまとめ

β	現状の漁獲圧との比	10年後の目標達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			リスク (10年間に1度でも起きる確率)		
		親魚資源量が目標管理基準値案を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後	親魚量が過去最低親魚量を下回る	親魚量が限界管理基準値案を下回る	前年より漁獲量が半減する
			2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期			
1	2.00	44%	28	28	91	152	150	1%	1%	43%
0.9	1.80	60%	39	35	86	150	143	0%	0%	39%
0.8	1.60	71%	53	41	80	140	135	0%	0%	35%
0.7	1.40	80%	69	47	73	124	126	0%	0%	25%
0.6	1.20	94%	87	55	66	104	114	0%	0%	13%
0.5	1.00	100%	107	65	58	83	98	0%	0%	2%
0.4	0.80	100%	130	74	49	64	77	0%	0%	0%
0.3	0.60	100%	157	80	39	50	53	0%	0%	0%
0.2	0.40	100%	194	93	27	38	30	0%	0%	0%
0.1	0.20	100%	250	133	14	24	16	0%	0%	0%
0	0.00	100%	340	226	0	0	0	0%	0%	0%

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2023 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2028 年漁期および 2033 年漁期）を示した。

補足表 3-10. 1B ルールを用いて F_{max} を F_{msy} の代替値とした場合の、再生産関係による加入のみと人工種苗由来の加入を考慮した場合に予測される 10 年後の目標達成確率、平均親魚量および平均漁獲量のまとめ

将来の加入の想定	β	現状の漁獲圧との比	10年後の目標達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)		
			親魚量が目標管理基準値案を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後
				2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期
再生産関係による加入のみ	1	0.79	43%	79	83	47	59	60
	0.9	0.71	67%	92	98	43	58	60
	0.8	0.63	87%	106	115	39	57	59
	0.7	0.55	97%	123	136	35	55	58
	0.6	0.47	99%	143	161	31	53	56
	0.5	0.39	100%	166	192	26	49	53
	現状の漁獲圧	1.00	6%	54	55	56	58	59
種苗放流*を考慮 (52万尾を放流、 添加効率 0.005)	1	0.79	91%	104	111	55	77	79
	0.9	0.71	99%	120	130	51	77	79
	0.8	0.63	100%	139	153	46	75	78
	0.7	0.55	100%	161	180	41	73	77
	0.6	0.47	100%	187	213	36	70	74
	0.5	0.39	100%	217	254	31	65	70
	現状の漁獲圧	1.00	22%	71	73	66	77	78

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2023 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2028 年漁期および 2033 年漁期）を示した。

補足表 3-11. ホッケー・スティック型再生産関係に基づく、再生産関係による加入のみと人工種苗由来の加入を考慮した場合に予測される 10 年後の目標達成確率、平均親魚量および平均漁獲量のまとめ

将来の加入の想定	β	現状の漁獲圧との比	10年後の目標達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)		
			親魚量が目標管理基準値案を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後
				2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期
再生産関係による加入のみ	1.0	0.79	36%	117	150	43	99	109
	0.9	0.71	46%	135	176	40	97	108
	0.8	0.64	58%	156	206	36	95	107
	0.7	0.56	66%	180	243	32	91	105
	0.6	0.48	76%	208	288	28	87	101
	0.5	0.40	84%	241	341	24	80	95
	現状の漁獲圧	1.00	16%	82	101	52	100	107
種苗放流*を考慮 (52万尾を放流、 添加効率 0.05)	1.0	0.79	47%	142	177	52	118	128
	0.9	0.71	60%	164	207	48	116	128
	0.8	0.64	72%	189	243	44	113	126
	0.7	0.56	84%	218	287	39	109	124
	0.6	0.48	92%	252	340	34	104	119
	0.5	0.40	97%	292	403	29	96	113
	現状の漁獲圧	1.00	21%	98	119	62	119	127

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2023 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2028 年漁期および 2033 年漁期）を示した。

補足表 3-12. リッカー型再生産関係に基づく、再生産関係による加入のみと人工種苗由来の加入を考慮した場合に予測される 10 年後の目標達成確率、平均親魚量および平均漁獲量のまとめ

将来の加入の想定	β	現状の漁獲圧との比	10年後の目標達成確率	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)		
			親魚量が目標管理基準値案を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後
				2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期
再生産関係による加入のみ	1.0	2.00	37%	27	25	75	132	133
	0.9	1.80	52%	35	32	71	133	128
	0.8	1.60	61%	48	38	66	129	121
	0.7	1.40	65%	63	43	60	119	113
	0.6	1.20	68%	82	49	54	105	106
	0.5	1.00	75%	103	57	48	86	96
	現状の漁獲圧	1.00	75%	48	66	48	86	96
種苗放流*を考慮 (52万尾を放流、 添加効率 0.05)	1.0	2.00	44%	28	28	91	152	150
	0.9	1.80	60%	39	35	86	150	143
	0.8	1.60	71%	53	41	80	140	135
	0.7	1.40	80%	69	47	73	124	126
	0.6	1.20	94%	87	55	66	104	114
	0.5	1.00	100%	107	65	58	83	98
	現状の漁獲圧	1.00	100%	107	65	58	83	98

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0 年後）の 2023 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2028 年漁期および 2033 年漁期）を示した。

補足資料 4 1B ルールにおける加入の参照年の感度分析

本系群では 1B ルールを適用し、 F_{max} を F_{msy} の代替値 (F_{msy} proxy) として管理基準値案の提案を行った。1B ルールでは過去の加入を参照し、そこに対数正規分布を当てはめて、その分布に基づいて将来の加入を予測することで平衡状態における F_{msy} の代替値を推定する。本資源では、1B ルールの適用に際し、過去の加入の参照年を近年の加入の低迷を反映させる目的で 2009～2020 年級群と仮定した (図 2)。本補足資料では加入の参照開始年を様々な年に変えた場合の F_{max} を F_{msy} の代替値としたときの目標管理基準値案 (SB_{msy} proxy) およびその時における漁獲量 (MSY proxy) を比較し、加入の参照開始年が目標管理基準値案および漁獲量にどのような影響を与えるかを精査する。

本資料で試算した加入の参照開始年を以下に示す。本試算では加入の参照終了年は不確実性が考えられる 2021 年漁期を除く最近年の 2020 年漁期として、加入の参照開始年について 1993、2002～2011 年漁期の各年について試算を行った。なお、各加入の参照年に対して対数正規分布をあてはめ、その分布に基づいて加入が行われると仮定した。 F_{max} の推定に関する他のパラメータ (現状の漁獲圧および選択率、年齢別平均体重など) は表 3 の値を用いた。

加入の参照開始年 (漁期年)	加入の参照終了年 (漁期年)	備考
1993 年	2020 年	評価年全年
2002 年	2020 年	TAE (漁獲努力可能量) 制度による 管理開始
2003～2008 年の各年	2020 年	2004 年から砕波帯調査による チューニング
2009 年	2020 年	補足資料 5 にて試算に用いた年
2010 年	2020 年	
2011 年	2020 年	直近年 (2021) を除く過去 10 年

補足表 4-1 および補足図 4-1 に加入の参照開始年別の SB_{msy} proxy を示す。資源評価開始年である 1993 年漁期以降の加入を参照した結果では SB_{msy} proxy は 162 トンとなり、2021 年漁期の親魚量 (57 トン) の 2.84 倍と推定された。一方、TAE (漁獲努力可能量) 制度による漁獲が開始された 2002 年漁期を開始年としたところ SB_{msy} proxy は減少し 116 トンと推定された。その後、 SB_{msy} proxy は開始年を 2005 年漁期とした場合の 121 トンにかけて増加したものの、以降は 2009 年漁期にかけて減少し、開始年を 2009 年漁期とした場合で 84 トン、2010 年漁期とした場合で 82 トンと推定された。2009 年漁期以降の各年を加入の参照開始年としたところ、 SB_{msy} proxy は 80 トン台を推移し、2014 年漁期では 78 トンまで低下した。

補足表 4-2 および補足図 4-2 に、加入の参照開始年別の F_{max} から予測される平均漁獲量 (MSY proxy) を示す。漁獲量は SB_{msy} と同様に開始年を 1993 年漁期とした場合が最も高

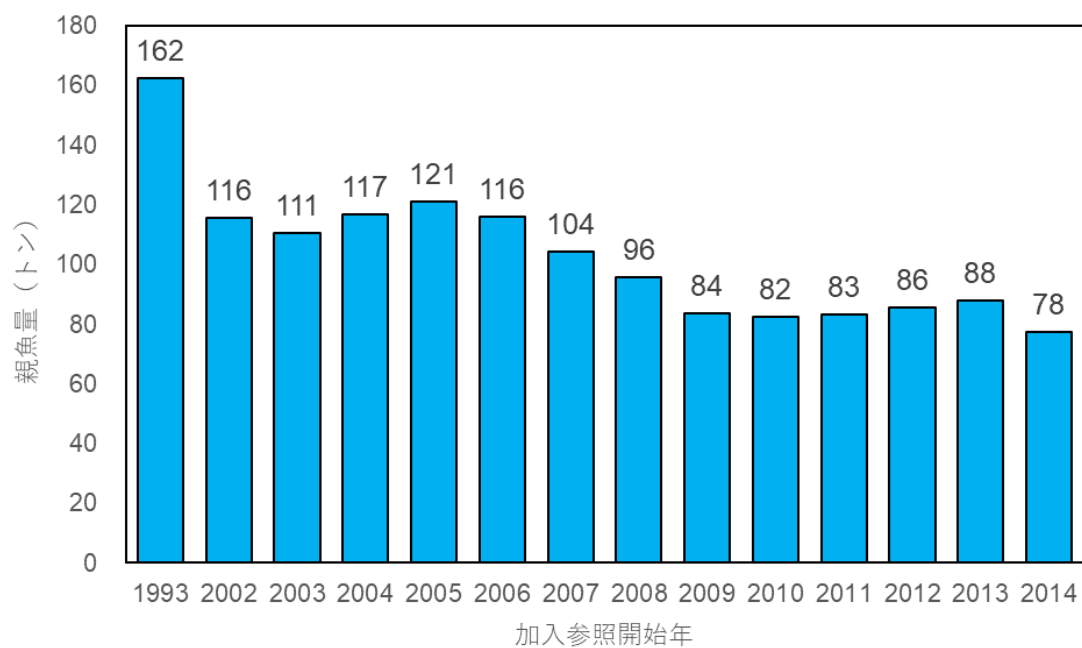
く 114 トンであり、以降は 2002～2006 年漁期までとした場合に 78～86 トンとなったのち、2007～2008 年漁期とした場合にかけではさらに減少し、開始年を 2009 年漁期とした場合は 60 トンと推定された。2009 年漁期以降では、開始年を 2014 年漁期とした場合に 55 トンと特に低く、これ以外でも 59～63 トンと低迷したが、すべての値で 2021 年漁期の漁獲量（50 トン）は上回った。

補足表 6-1 および補足図 6-3 に加入参照開始年別の漁獲が無いときの親魚量（SB0）を示す。SB0 は SBmsy proxy、MSY proxy と同様に開始年を 1993 年漁期とした場合で最大の 1,057 トン、以降は 2002～2008 年漁期まで 626～791 トンと推定されたが 2009 年漁期に 549 トンと大きく低下し、以降は 508～577 トンと推定された。

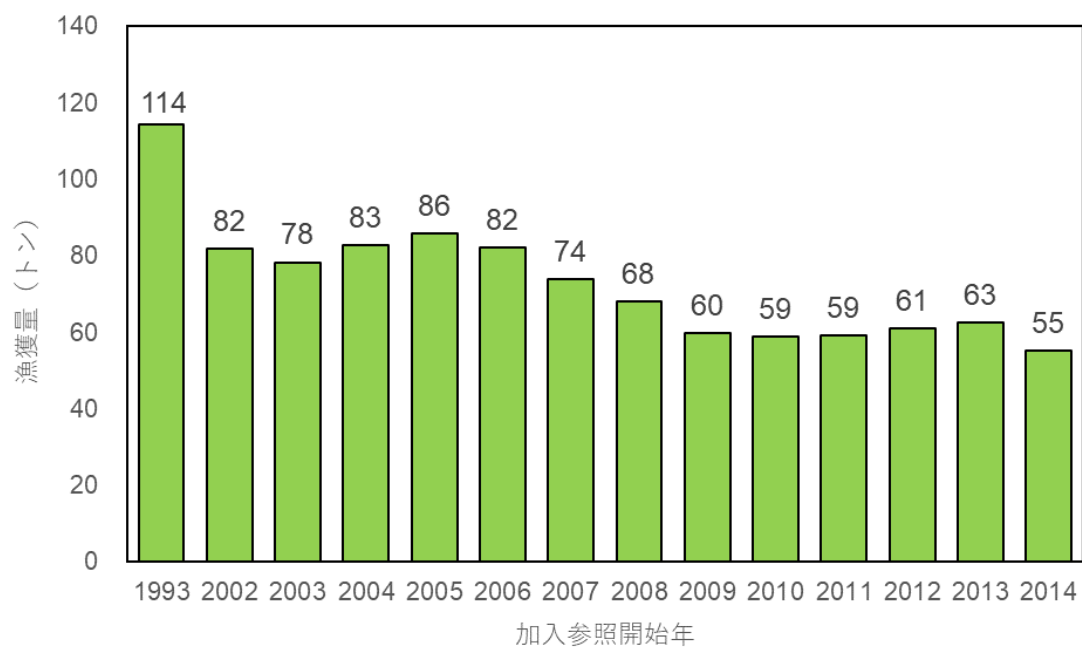
これらの結果から、1B ルールの加入の参照開始年を異なる値とすることによって、現状の資源において予測される目標管理基準値案（SBmsy proxy）や Fmsy の代替値によって漁獲される漁獲量（MSY proxy）、SB0 が大きく異なる値となることが判明した。特に評価に用いる加入データの全年である 1993～2020 年漁期を用いたところ、SB0 は 1,000 トンを超え、SBmsy も 1A ルールにおいて HS 型を用いた場合（151 トン）を上回る値となった。これは、過去を参照することで今後の加入の予測に卓越年級群や 20 万尾を超える加入が考慮されているためと考えられる。

また、2002 年漁期以降の各年を加入の参照開始年としたところ、2009 年漁期以前と以降で大きく異なることが明らかとなった。これは 2009 年漁期以前では加入が 10 万尾を超える年が継続しているため、資源としてのポテンシャルを依然高く評価しているためと考えられる。一方、2009 年漁期以降は加入尾数が低く、それらのみのデータに対数正規分布をあてはめ、加入を予測しているため SBmsy および Fmsy による漁獲量は低い値が推定された。また、2009 年漁期以降を加入の参照開始年とすることで、SBmsy や Fmsy によってもたらされる漁獲量について大きな増減はなかった。

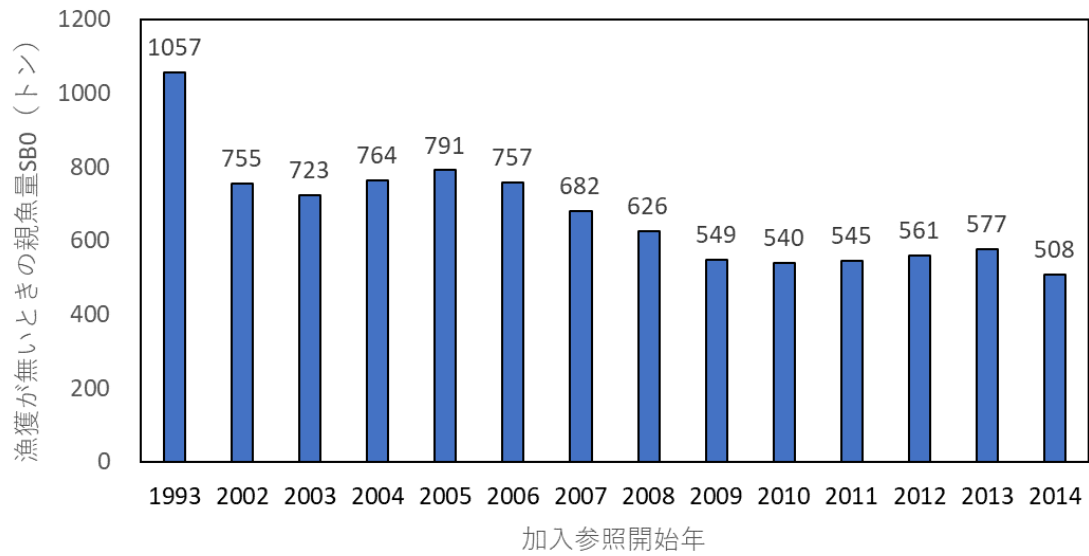
そのため、本資源では、近年の低加入を将来予測に反映した頑健な将来予測を行うためには、2009 年漁期以降の加入データを参照することが妥当と考えられた。



補足図 4-1. 加入参照開始年別の目標管理基準値における親魚量 (SBmsy proxy、トン)



補足図 4-2. 加入の参照開始年別の Fmsy の代替値で漁獲した場合の漁獲量 (MSY proxy、トン)



補足図 4-3. 加入参照開始年別の漁獲が無いときの親魚量 SB0 (トン)

補足表 4-1. 加入参照開始年を変えた場合に推定される基準値等

加入の 参照年 (漁期年)	SBmsy (トン)	SB0 に 対する比	漁獲量 (トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲 割合	努力量 の比
1993	162	0.15	114	0.15	0.29	0.79
2002	116	0.15	82	0.15	0.29	0.79
2003	111	0.15	78	0.15	0.29	0.79
2004	117	0.15	83	0.15	0.29	0.79
2005	121	0.15	86	0.15	0.29	0.79
2006	116	0.15	82	0.15	0.29	0.79
2007	104	0.15	74	0.15	0.29	0.79
2008	96	0.15	68	0.15	0.29	0.79
2009	84	0.15	60	0.15	0.29	0.79
2010	82	0.15	59	0.15	0.29	0.79
2011	83	0.15	59	0.15	0.29	0.79
2012	86	0.15	61	0.15	0.29	0.79
2013	88	0.15	63	0.15	0.29	0.79
2014	78	0.15	55	0.15	0.29	0.79

補足資料 5 再生産関係式の選択における簡易的な MSE による評価

5-1) 簡易的な MSE の方法について

本資料では 1A ルールに基づく再生産関係の候補モデルとして考えられる 2 つの再生産関係式 (HS 型、RI 型) に基づく F_{msy} 、および再生産率関係を用いない 1B ルールに基づく F_{max} を F_{msy} の代替値とすることで管理基準値等の推定を行った。1A ルールでは、便宜的仮定を用いた HS 型と、極端な密度効果を仮定した RI 型のアプローチの違いから SB_{msy} や F_{msy} の推定結果が異なり、1B ルールにおける F_{max} とともに漁獲量曲線の年齢構成および神戸プロットなどが大きく異なった (図 4、5、補足図 1-9~1-11)。また、各シナリオ (HS 型、RI 型再生産関係、1B ルールにおける F_{max}) による将来予測では、将来の親魚量および漁獲量の動態も大きく異なると予測された (補足図 5-1、5-2)。真の加入動態が不明な場合、誤った再生産関係や加入予測を用いて管理基準値案や HCR を決定した場合に、漁獲量の損失や親魚量の減少というリスクを招く可能性がある。そこで、本補足資料では簡易的な MSE (Management Strategy Evaluation、管理戦略評価、Punt et al. 2016) を行い、誤った再生産関係や加入予測を用いた場合の資源および漁獲に対するリスクを評価した。

簡易 MSE の計算方法は以下の通りである。まず、加入の将来予測に用いるシナリオを HS 型または RI 型の各再生産関係式および 1B ルールに用いた 2009~2020 年漁期の天然加入尾数にあてはめられた対数正規分布に基づく加入 (以降 F_{max} と呼称) と仮定する。次に、HCR に HS 型、RI 型、 F_{max} によって推定された異なる管理基準値のシナリオを用いて漁獲し、その将来予測結果について検討する。

また比較のため、加入の将来予測に用いたシナリオと HCR に用いた管理基準値のシナリオの算出が共に HS 型、RI 型再生産関係、および F_{max} の場合とも比較を行う。表 3 に将来予測に用いる現状の漁獲圧、自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重について記す。なお将来予測における調整係数はそれぞれのルールにおける標準値 (1A ルールは $\beta=0.8$ 、1B ルールは 0.7) とする。

加入の将来予測に用いたシナリオと、HCR に用いた管理基準値のシナリオの組み合わせの条件の下で得られた将来予測結果について、親魚量と漁獲量の比較を行う。また異なる β の値で漁獲を行った場合の、加入の将来予測に用いたシナリオによって算出される各種管理基準値案、そして HCR に用いた管理基準値案を上回る確率について比較検討を行う。さらに、各シナリオの組み合わせにおける 10 年後に資源が各種管理基準値案等を下回る確率についてリスクの評価を行う。

5-2) 漁獲管理規則案に基づく資源の将来予測と調整係数 β を変えた場合

5-2-1) 加入を HS 型再生産関係に基づくシナリオとした場合の MSE

加入の将来予測を HS 型再生産関係、HCR に用いる管理基準値の算出を RI 型再生産関係に基づく場合 (加入 HS 管理 RI) に、将来の親魚量が目標管理基準値案 SB_{target} 、限界管理基準値案 SB_{limit} をそれぞれ上回る確率、および親魚量と漁獲量の推移を補足表 5-1~4-4 に示す。2033 年漁期に親魚量が RI の目標管理基準値案 ($SB_{target_RI}=25$ トン) を上回る確率は $\beta=0.7$ 以下で 68%以上であり、限界管理基準値案 ($SB_{limit_RI}=7$ トン) を上回る確率は $\beta=1$ 以下で 76%の確率であった (補足表 5-2)。一方で 2033 年漁期に親魚量が本

来の加入動態である HS 型における目標管理基準値案 (SBtarget_HS=151 トン) を上回る確率は $\beta=0.3$ 以下で 62%以上であり、限界管理基準値案 (SBlimit_HS=15 トン) を上回る確率は $\beta=0.9$ 以下で 54%の確率であった (補足表 5-1)。 $\beta=0.8$ で漁獲を行った場合、親魚量は 2025 年漁期に 23 トンまで減少したのち、2033 年漁期には 32 トンまで回復し、以降は 32～33 トンで推移し、現状の 57 トンより大幅に低い値となった (補足表 5-3)。漁獲量は 2023 年漁期に 72 トンまで増加し、その後は 2033 年漁期に 93 トンとなり、RI 型の MSY (135 トン) および HS 型の MSY (111 トン) に達することは無かった。また、2033 年漁期に最も高い漁獲量がえられる調整係数 β は 0.4 (109 トン) と予測された (補足表 5-4)。

加入の将来予測を HS 型再生産関係、HCR に用いる管理基準値の算出を 1B ルールにおける F_{max} に基づくと仮定した場合 (加入 HS 管理 F_{max}) に、将来の親魚量が目標管理基準値案 SBtarget、限界管理基準値案 SBlimit をそれぞれ上回る確率、および親魚量と漁獲量の推移を補足表 5-5～5-8 に示す。2033 年漁期に親魚量が F_{max} の目標管理基準値案 (SBtarget_ F_{max} =84 トン) を上回る確率は $\beta=1$ 以下で 71%以上であり、限界管理基準値案 (SBlimit_ F_{max} =13 トン) を上回る確率は $\beta=1$ 以下で 100%の確率であった (補足表 5-6)。一方で 2033 年漁期に親魚量が本来の加入動態である HS 型における目標管理基準値案 (SBtarget_HS=151 トン) を上回る確率は $\beta=0.8$ 以下で 58%以上であり、限界管理基準値案 (SBlimit_HS=15 トン) を上回る確率は $\beta=1$ 以下で 100%の確率であった (補足表 5-5)。1B ルールの標準値である $\beta=0.7$ で漁獲を行った場合、親魚量は 2024 年漁期に 53 トンへと若干減少したのち、2033 年漁期には 246 トンまで回復すると予測された (補足表 5-7)。漁獲量は 2023 年漁期に 32 トンまで減少するが、その後は増加に転じ 2033 年漁期に 105 トンとなり、 F_{max} の MSY (60 トン) を大きく上回ると共に、HS 型の MSY (111 トン) に近似した (補足表 5-8)。

5-2-2) 加入を RI 型再生産関係に基づくシナリオとした場合の MSE

加入の将来予測を RI 型、HCR に用いる管理基準値の算出を HS 型と仮定した場合 (加入 RI 管理 HS) に、将来の親魚量が目標管理基準値案 SBtarget、限界管理基準値案 SBlimit、禁漁水準 SBban を上回る確率、および親魚量と漁獲量の推移を補足表 5-9～5-12 に示す。このシナリオでは、2033 年漁期に親魚量が HS の目標管理基準値案 (SBtarget_HS=151 トン) を上回る確率は極めて低く、 β が 0～1 の間のいかなる値であっても 50%以上の確率で上回ることはないと予測された (補足表 5-10a)。ただし、2028 年漁期においては、 $\beta=0.5$ 以下の場合に 50%以上の確率で HS の目標管理基準値案を上回ると予測された。これは、RI 型の再生産関係が極端な密度効果を想定しており、漁獲を控えることで一時的に親魚が増えたことを表している。しかしながら、高い親魚量における密度効果によってその後の加入は減少し、2033 年漁期時点では低い親魚量となったためこの時点での達成確率も低くなったと考えられる (補足図 5-11)。なお、限界管理基準値案 (SBlimit_HS=15 トン) は $\beta=1$ 以下いずれの β でも 100%の確率で上回ると予測された (補足表 5-10b)。一方、2033 年漁期に親魚量が本来の加入動態である RI 型における目標管理基準値案 (SBtarget_RI=25 トン) を上回る確率は $\beta=1$ 以下で 85%以上であり、限界管理基準値案 (SBlimit_RI=7 トン) はいずれの β でも 100%の確率で上回ると予測された (補足表 5-9)。 $\beta=0.8$ で漁獲を行った場合、

親魚量は 2028 年漁期に 145 トンまで増加した後、2033 年漁期には 76 トンまで減少し、以降はシミュレーション平均値であっても経年的に大きな増減を示しながら 2053 年漁期には 122 トンに達すると予測された（補足表 5-11）。この場合の漁獲量は 2026 年漁期に 70 トンまで増加し、その後は周期的な増減パターンを示しながら 2033 年漁期に 69 トンとなり、MSY（HS 型は 111 トン、RI 型は 135 トン）に達することは無かった（補足表 5-12）。この親魚量と漁獲量の将来予測の動態は、HS 型における親魚量を維持しようとする管理方策と、RI 型における親魚量の増加に伴う加入量の極端な低下に起因していると考えられる。すなわち、親魚を維持するために漁獲圧を低下させることで、一時的に親魚が増加し目標管理基準値案を上回る確率が増加するものの、RI 型による密度効果によって加入が減少すると予測されるため、その後の親魚量が減少したものと考えられる。

加入の将来予測を RI 型再生産関係、HCR に用いる管理基準値の算出を 1B ルールにおける F_{max} に基づくと仮定した場合（加入 RI 管理 F_{max} ）に、将来の親魚量が目標管理基準値案 SB_{target} 、限界管理基準値案 SB_{limit} 、禁漁水準 SB_{ban} を上回る確率、および親魚量と漁獲量の推移を補足表 5-13～5-16 に示す。このシナリオでは、2033 年漁期に親魚量が F_{max} の目標管理基準値案（ $SB_{target_Fmax}=84$ トン）を上回る確率は低く、 β が 0～1 の間のいかなる値であっても 50%以上の確率で上回ることはないと予測された（補足表 5-14a）。ただし、HS 型で漁獲した場合と同様に、2028 年漁期においては、 $\beta=0.7$ の場合に 2027～2029 年漁期には 50%以上の確率で F_{max} の目標管理基準値案を上回ると予測された。なお、限界管理基準値案（ $SB_{limit_Fmax}=13$ トン）は $\beta=1$ 以下いずれの β でも 100%の確率で上回ると予測された（補足表 5-14b）。一方、2033 年漁期に親魚量が本来の加入動態である RI 型における目標管理基準値案（ $SB_{target_RI}=25$ トン）を上回る確率は $\beta=1$ 以下で 85%以上であり、限界管理基準値案（ $SB_{limit_RI}=7$ トン）はいずれの β でも 100%の確率で上回ると予測された（補足表 5-13）。 $\beta=0.7$ で漁獲を行った場合、親魚量は 2028 年漁期に 156 トンまで増加した後、2033 年漁期には 79 トンまで減少し、以降はシミュレーション平均値であっても経年的に大きな増減を示しながら 2053 年漁期には 131 トンに達すると予測された（補足表 5-15）。この場合の漁獲量は HS 型で管理した場合と同様に増減傾向を示し、2023 年漁期に 29 トンまで減少したのち増加に転じ、2026 年漁期に 61 トンまで増加する。その後は周期的な増減パターンを示しながら 2033 年漁期に 61 トンとなり、MSY（HS 型は 111 トン、RI 型は 135 トン）に達することは無かった（補足表 5-16）。

5-2-3) 加入を 2009～2020 年漁期の加入に基づくシナリオとした場合の MSE

加入の将来予測を 1B ルール（ F_{max} ）における 2009～2020 年漁期の加入量に基づく、HCR に用いる管理基準値の算出を HS 型と仮定した場合（加入 F_{max} 管理 HS）に、将来の親魚量が目標管理基準値案 SB_{target} 、限界管理基準値案 SB_{limit} 、禁漁水準 SB_{ban} を上回る確率、および親魚量と漁獲量の推移を補足表 5-17～5-20 に示す。このシナリオでは、2033 年に親魚量が HS の目標管理基準値案（ $SB_{target_HS}=151$ トン）を上回る確率は、 β が 0.6 以下の値で 50%以上の確率で上回ると予測された（補足表 5-18a）。また、限界管理基準値案（ $SB_{limit_HS}=15$ トン）は $\beta=1$ 以下いずれの β でも 100%の確率で上回ると予測された（補足表 5-18b）。一方、2033 年漁期に親魚量が F_{max} における目標管理基準値案（ $SB_{target_Fmax}=84$ トン）を上回る確率は $\beta=0.9$ 以下で 65%以上であり、限界管理基準値案

(SBlimit_Fmax=13 トン) はいずれの β でも 100%の確率で上回ると予測された(補足表 5-17)。 $\beta=0.8$ で漁獲を行った場合、親魚量は 2024 年漁期にかけて 51 トンまで減少し、2033 年漁期の 114 トンにかけて増加し、以降は安定した(補足表 5-19)。同様に漁獲量は 2023 年漁期に 39 トンまで減少したのち増加に転じ、2030 年漁期に 59 トンに達した後は安定し、2033 年漁期も 59 トンの漁獲が予測された(補足表 5-20)。

加入の将来予測を 1B ルール (Fmax) における 2009～2020 年の加入量に基づく、HCR に用いる管理基準値の算出を RI 型と仮定した場合(加入 Fmax 管理 RI)に、将来の親魚量が目標管理基準値案 SBtarget、限界管理基準値案 SBlimit、禁漁水準 SBban を上回る確率、および親魚量と漁獲量の推移を補足表 5-21～5-24 に示す。このシナリオでは、2033 年漁期に親魚量が RI の目標管理基準値案 (SBtarget_RI=25 トン) を上回る確率は、 β が 0.6 以下の値で 50%以上の確率で上回ると予測された(補足表 5-22a)。また、限界管理基準値案 (SBlimit_RI=7 トン) は $\beta=1$ 以下いずれの β でも 83%の確率で上回ると予測された(補足表 5-22b)。これは、 $\beta=1$ で漁獲を行った場合、17%の確率で 2033 年漁期に親魚量が 7 トンより下回っていることを示唆している。一方、2033 年漁期に親魚量が Fmax における目標管理基準値案 (SBtarget_Fmax=84 トン) を上回る確率は $\beta=0.3$ 以下で 91%以上であり、限界管理基準値案 (SBlimit_Fmax=13 トン) は $\beta=0.8$ 以下で 83%の確率で上回ると予測された(補足表 5-21)。 $\beta=0.8$ で漁獲を行った場合、親魚量は 2027 年漁期にかけて 19 トンまで減少した後、2033 年漁期は 18 トンまで減少すると予測された(補足表 5-23)。また、漁獲量は 2023 年漁期に 77 トン、2024 年漁期に 61 トンと推移した後、以降は 53～54 トンで安定し 2033 年漁期の漁獲量は 54 トンと推定された(補足表 5-24)。

5-3) 再生産関係の組み合わせによって予測される将来の親魚量と漁獲量の比較

補足図 5-3～5-5 に、加入の将来予測と管理基準値および HCR に用いた再生産関係が異なる場合と同じ場合の、親魚量の推移を、補足図 5-6～5-8 に漁獲量の推移を示す。加入の仮定を HS 型再生産関係とした場合、HS 型と Fmax による管理では親魚量が大きく増加するが、RI 型による管理では親魚量は減少し現状の漁獲圧における親魚量の推移より低い値で安定する(補足図 5-3)。また、漁獲量は管理開始直後では RI 型の方が高い値と予測されるが、漁獲量の推移が安定すると HS 型の方が高い漁獲量を期待できると予測された(補足図 5-6)。この時、 β を 0～1 の間に変えたときの各年の平均親魚量および平均漁獲量、2023～2033 年漁期に予測される累積漁獲量を補足表 5-25 に示す。各 β の標準値および現状の漁獲圧における累積漁獲量は、現状の漁獲圧 (1,004 トン)、RI 型 (947 トン)、HS 型 (935 トン)、Fmax (896 トン) の順であるものの、RI 型では β が 0.5～0.6 の場合に累積漁獲量が 1,004 トンと最大となった。これは RI 型における $\beta=0.8$ による漁獲では漁獲圧が高すぎることであり累積漁獲量が減少したためと考えられる。一方、HS 型および Fmax による管理では、現状の漁獲圧より低い漁獲圧における漁獲となるため、2028～2029 年漁期ごろまでは RI 型より低い漁獲量となるが、そのあとは RI 型より高い漁獲量が期待できるため、2023～2033 年漁期の累積漁獲量では RI 型より低く推定されたが、さらに長期的には RI 型によって期待できる漁獲量を上回ると予測された。

加入の仮定を RI 型再生産関係とした場合、RI 型による管理では親魚量は減少し 2021 年漁期の親魚量より低い値で安定するが、HS 型、Fmax、および現状の漁獲圧では増減が繰り返される傾向を示した（補足図 5-4）。また、漁獲量は RI 型による管理では高い漁獲量で安定することに対し、HS 型、Fmax、現状の漁獲圧による漁獲では増減振動を繰り返しながら推移し、最終的に平均漁獲量は高い順に RI 型、現状の漁獲圧、HS 型、Fmax と予測された。

（補足図 5-7）。この時、 β を 0~1 の間で変えたときの各年の平均親魚量および平均漁獲量、2023~2033 年漁期に予測される累積漁獲量を補足表 5-26 に示す。各 β の標準値および現状の漁獲圧における累積漁獲量は、RI 型（1,245 トン）、現状の漁獲圧（862 トン）、HS 型（567 トン）、Fmax（495 トン）の順となった。

加入の仮定を 1B ルールに基づく加入とした場合、HS 型と Fmax による管理では親魚量が大きく増加し安定するが、RI 型による管理では親魚量は減少し 20 トン以下の値で安定した（補足図 5-5）。また、漁獲量は全てのシナリオで 50~60 トンの間で安定した（補足図 5-8）。 β を 0~1 としたときの各漁期年の平均親魚量および平均漁獲量、2023~2033 年漁期に予測される累積漁獲量を補足表 5-27 に示す。各 β の標準値および現状の漁獲圧における累積漁獲量は、RI 型（679 トン）、現状の漁獲圧（637 トン）、HS 型（593 トン）、Fmax（569 トン）の順となった。これらの値が近い理由としては、1B ルールにおける加入は親魚量の影響を受けないため、すべてのシナリオで低い加入に基づいて漁獲を行ったためと考えられる。

5-4) リスクの評価

加入の予測と管理基準値および HCR に HS、RI、Fmax のいずれかを用いた場合に予測される 10 年後の親魚量が目標管理基準値案（SBtarget）を上回る確率と、各種リスクについて補足表 5-29~5-31 に示す。

10 年間に 1 度でも親魚が過去最低親魚量（13 トン）を下回る確率は、加入を HS 型とし、RI 型で管理をした場合において、 $\beta=0.6\sim1.0$ の場合では 11~96%の確率で下回ると予測された（補足表 5-29）。特に 1A ルールにおける標準値である $\beta=0.8$ の場合、64%の確率で下回ると予測された。また、加入を RI 型、管理のシナリオを HS 型および Fmax とした場合では、 $\beta=1.0$ 以下の全ての場合で 0%と予測された（補足表 5-30）。なお、加入および管理の両方を RI 型とした場合（補足資料 1 と同義）では $\beta=0.8\sim1.0$ の場合において 1~36%の確率で過去最低親魚量を下回る予測された。加入を 1B ルールに基づくとした場合（Fmax）はより顕著であり、RI 型において $\beta=0.7\sim1.0$ の場合に 7~100%の確率で下回ると予測され、RI 型の標準値である $\beta=0.8$ で漁獲を行った場合、63%の確率で下回ると予測された。（補足表 5-31）。補足資料 1 にて記載された RI 型において 2033 年漁期に目標管理基準値を 50%以上の確率で上回る $\beta=0.9$ で漁獲を行った場合、加入が HS 型再生産関係に基づく場合では 86%、加入が近年の低水準を反映する 1B ルール（Fmax）の場合では 99%の確率で 10 年間に 1 度は過去最低親魚量を下回ると予測され、潜在的な親魚の減少のリスクが示された。なお、HS 型による漁獲では、加入が HS 型、RI 型、Fmax のいずれであっても $\beta=1.0$ 以下では 0%と予測され、HS 型による管理は加入動態が異なる場合でも親魚が保護されることが示された。

また、10 年間の間に 1 度でも限界管理基準値を下回る確率についても試算を行い、将来

予測に用いたシナリオの限界管理基準値と HCR に用いた限界管理基準値を下回る確率についてそれぞれ予測を行った。加入を HS 型とした場合において、漁獲を F_{max} とした場合では HS 型の限界管理基準値案（15 トン）を下回る確率が $\beta=1.0$ で 1%と予測され、 F_{max} の限界管理基準値案は $\beta=1.0$ 以下の全ての場合で 0%と予測された（補足表 5-29）。しかしながら、漁獲を RI 型とした場合では高い確率で限界管理基準値を下回ると予測され、 $\beta=0.7\sim 1.0$ の場合に、HS 型の限界管理基準値案（15 トン）を下回る確率が 49～99%、RI 型の限界管理基準値案（7 トン）を下回る確率が 5～72%と予測された。一方、加入を RI 型とした場合において、漁獲を HS 型および F_{max} とした場合は $\beta=1.0$ 以下の全ての場合で HS 型（15 トン）、 F_{max} （13 トン）を下回る確率は共に 0%と予測された。なお、加入と漁獲の両方を RI 型とした場合（補足資料 1 と同義）、RI 型の限界管理基準値案（7 トン）を上回る確率は $\beta=0.8\sim 1.0$ において 1～36%であった（補足表 5-30）。また、加入が 1B ルール（ F_{max} ）に基づき、漁獲を HS 型とした場合では HS 型と F_{max} の限界管理基準値を下回る確率は $\beta=1.0$ 以下で 0%と予測されたが、RI 型で漁獲を行った場合は F_{max} の限界管理基準値案（13 トン）を $\beta=0.7\sim 1.0$ の場合で 7～100%、RI 型の限界管理基準値案（7 トン）を $\beta=0.8\sim 1.0$ の間で 1～79%で下回ると予測され、高い確率で親魚量が減少するリスクが示された（補足表 5-31）。

10 年間に 1 度でも前年より漁獲量が半減する確率は、HCR を RI 型とした時のみ 0%より大きくなる場合が見られた。ここで、加入を HS 型とした場合において β が $0.5\sim 1.0$ で漁獲を行った場合は 1～58%、加入を 1B とした場合でも β が $0.7\sim 1.0$ で漁獲を行った場合に 2～20%の確率で漁獲量が半減すると予測された（補足表 5-29、5-31）。なお加入が RI 型の場合は β が 0.5 以上で 19～56%の確率で半減すると予測され（補足表 5-30）、RI 型に基づいた HCR で漁獲を行うことで、不安定な漁獲の動態となることが示され、潜在的な乱獲のリスクの存在が示唆された。

5-5) まとめ

本補足資料では簡易的な MSE 用いて、加入の予測に用いるシナリオと HCR に用いる管理基準値のシナリオが 1A ルールにおける HS 型、RI 型再生産関係、および 1B ルールにおける F_{max} を F_{msy} の代替値とした場合について将来予測を行い、将来の親魚量、漁獲量、各管理基準値案を上回る確率、およびリスクについて評価を行った。各ルールの標準値の β として漁獲を行う場合、シナリオの組み合わせによって親魚量と漁獲量の予測結果は大きく異なると予測された（補足図 5-3～5-8）。

HS 型の漁獲では未成魚を多く獲り残すことで高い親魚量を維持する F_{msy} が算出されることに対して、RI 型では親魚量を低く維持することで高い密度効果による高加入を目的としているため、成熟前までに加入魚の多くを漁獲する F_{msy} が算出される。そのため、親魚量が 20～30 トン前後の状態において RI 型ほど高い加入が見込まれない HS 型の加入では、RI 型による漁獲によって親魚量が増加せず、加入と漁獲を共に HS 型で行うとした場合に比べて親魚量が低い値で推移すると予測された。一方、HS 型で漁獲を行う場合は現状の漁獲圧に対して F を抑制した漁獲を行うため親魚量は増加するが、RI 型の極端な密度効果を示す再生産関係ではここで想定される親魚のポテンシャルを活かすことができず、平均的な親魚量が周期的に増減しながら推移すると予測された。そのため、漁獲量においては、RI

型で漁獲を行った場合、加入に用いる生産関係が HS 型または RI 型であったとしても、平均的に 80 トンを超える高い漁獲量を維持できたことに対して、親魚量のポテンシャルを活かすことが出来ない加入 RI 漁獲 HS の場合、漁獲量は現状の漁獲量（50 トン）程度で推移した。2023～2033 年漁期の平均漁獲量の合計は RI 型で漁獲を行った場合に多く、HS 型で漁獲を行った場合、加入が HS 型であれば 935 トンの予測となったが、加入が RI 型の場合は 567 トンと予測された。これは、加入も漁獲も RI 型で行った場合（1,245 トン）の 46% である。これらのことから、RI 型による漁獲は、加入が HS 型あるいは RI 型のいずれかであったとしても、親魚量は低い値を推移するが、平均的には高い漁獲量が得られると考えられる。

1B ルールを用いた MSE においては、近年（2009～2020 年漁期）の加入が今後も継続する場合について、各 HCR で漁獲を行った場合の将来予測を行った。漁獲圧を現状より低く抑える HS 型と F_{max} では親魚量は増加するが、 F_{msy} が現状の漁獲圧の 2 倍となる RI 型では平均親魚量は 20 トンを下回る一方、HS 型（593 トン）および F_{max} （569 トン）による漁獲よりも高い漁獲量（679 トン）を得られると予測された（補足表 5-28）。

しかしながら、10 年間の間に 1 度でも限界管理基準値案および過去最低親魚量を下回る確率および前年に対して漁獲量が半減する確率を用いてリスクを評価したところ、RI 型による漁獲は加入が HS 型および 1B ルール（ F_{max} ）に基づく場合に特に大きなリスクを抱えることが示された（補足表 5-29、5-31）。また、漁獲量が前年の漁獲量から半減するリスクも大きく、漁獲が安定しない可能性が考えられた。さらに、過去最低親魚量を下回る確率も高いことは懸念すべき点と考えられる。令和 4（2022）年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価（FRA-SA2022-RC01-03、真鍋ほか 2022）では近年の RPS は減少傾向にあることが示されており、HS 型および RI 型の近年の残差が負に偏っていることも鑑みると（補足図 1-2a、b）、親魚量が過去最低親魚量を下回る確率が大きく存在することは、持続可能な漁業に対しての危険性を持つと考えられる。一方、HS 型および F_{max} による漁獲管理規則案および HCR は漁獲物組成内における 3+歳の割合を増加させるため（図 4、補足図 1-10a）、加入が RI 型の場合には Lotka-Volterra 型モデルのような周期的な増減振動を示すが、親魚量が限界管理基準値案を下回るようなリスクは低いと考えられる。

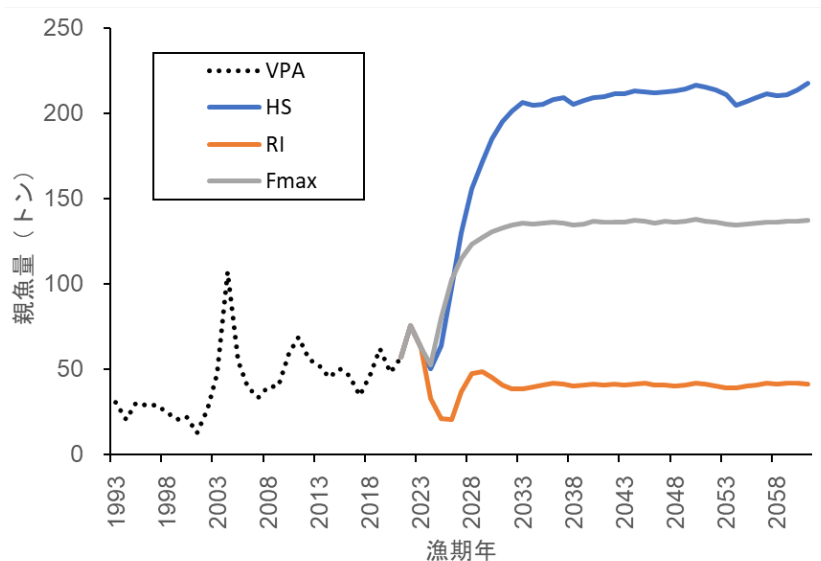
本補足資料における簡易 MSE では加入を予測するシナリオと、HCR に用いる管理基準値のシナリオを異なるものとした場合の将来予測を行い、親魚量、漁獲量の変化、およびリスクについて比較し考察を行った。漁獲量の減少というリスクの面では加入が RI 型で漁獲を F_{max} として行った場合に最も漁獲量が低く 2023～2033 年漁期の合計漁獲量が 495 トンとなることが示された。一方で、資源そのものの持続性や維持という観点からは、加入が F_{max} 型で、漁獲を RI 型として行った場合に親魚量が減少するリスクが最も高く、過去に観測されたことのない親魚量まで減少するリスクも存在することが明らかとなった。また、今回推定された RI 型の再生産関係式による管理基準値や F_{msy} の値は、現状のデータから算出される非常に高い密度効果の値の影響を受けているが、この密度効果の極端な強さについては過大評価が懸念されるところである。個体群としての資源が存在することで漁獲が成り立つことを鑑みると、親魚量の担保は重要と考えられる。そのため、当面の方針としては管理基準値および HCR に HS 型再生産関係または 1B ルール（ F_{max} ）を用いて漁獲を行う方が不確実性およびリスク回避の観点からも、より頑健かつ安全と考えられる。しかしながら、

HS 型に関しても補足資料 1 にて議論された課題などが存在している。そのため本資源においては MSE を行った結果、1B ルールを適用し、 F_{max} を F_{msy} の代替値として用いることがもっとも頑健かつリスク回避に有効であり、現状では最も妥当であると判断された。

引用文献

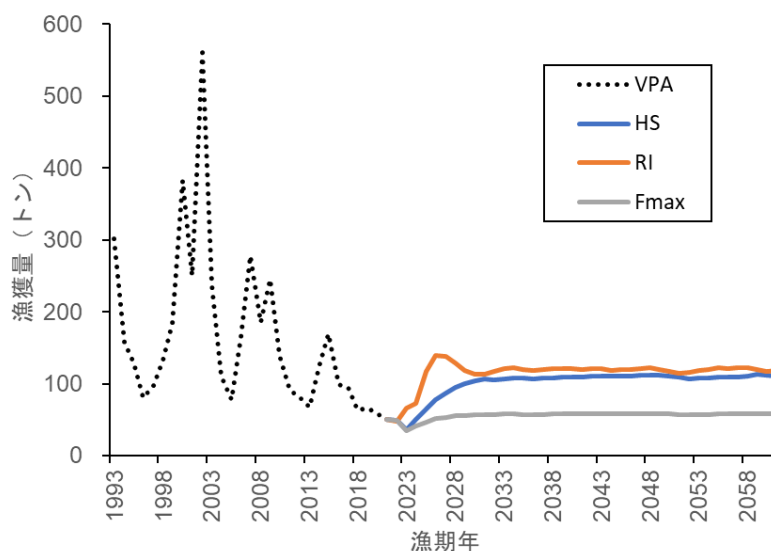
Punt, A.E., Butterworth, D. S., de Moor, C. L., De Oliveira, J. A. A., Haddon, M. (2016). Management strategy evaluation: best practices. *Fish and Fisheries*. 17, 303-334.

真鍋明弘・平井慈恵・片町太輔・西嶋翔太・澤山周平・青木一弘 (2022) 令和 4 (2022) 年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構、1-57.



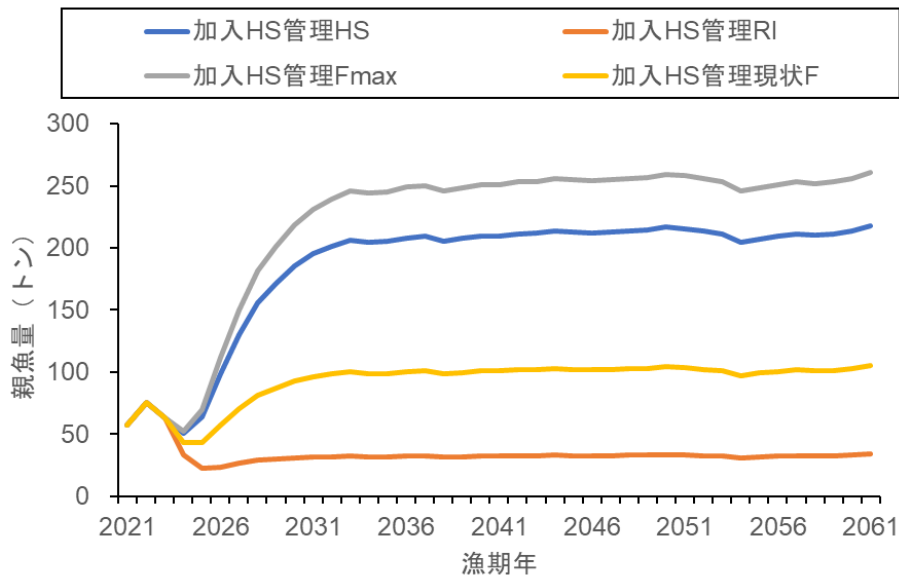
補足図 5-1. 1B ルール (Fmax) および 1A ルールの HS 型、RI 型再生産関係式に基づいた平均親魚量の将来予測。

VPA は過去の資源評価によって推定された親魚量を示す。1B ルールは標準値である $\beta=0.7$ 、1A ルールは標準値である $\beta=0.8$ で漁獲した場合の将来予測における平均親魚量を示す。



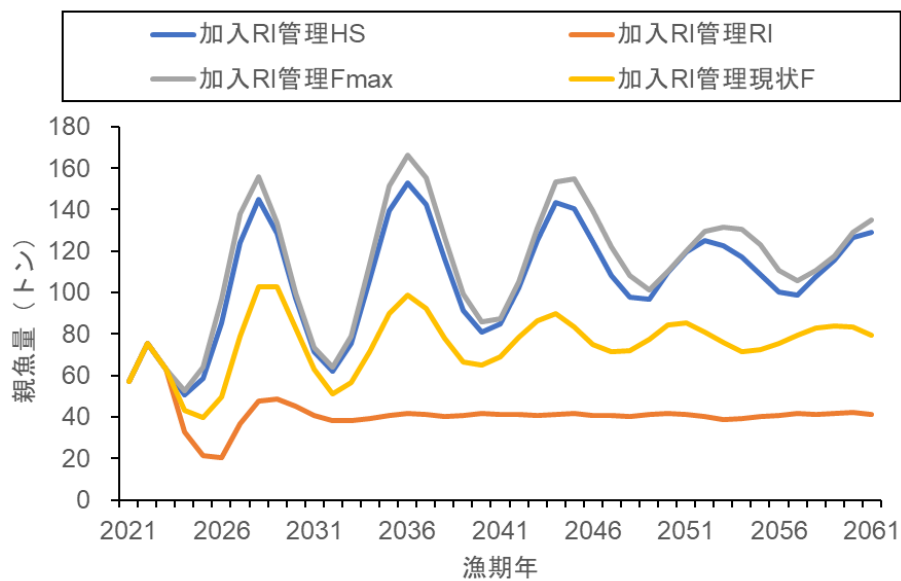
補足図 5-2. 1B ルール (Fmax) および 1A ルールの HS 型、RI 型再生産関係式に基づいた平均漁獲量の将来予測。

VPA は過去の漁獲量を示す。1B ルールは標準値の $\beta=0.7$ 、1A ルールは標準値の $\beta=0.8$ で漁獲した場合の将来予測における平均漁獲量を示す。



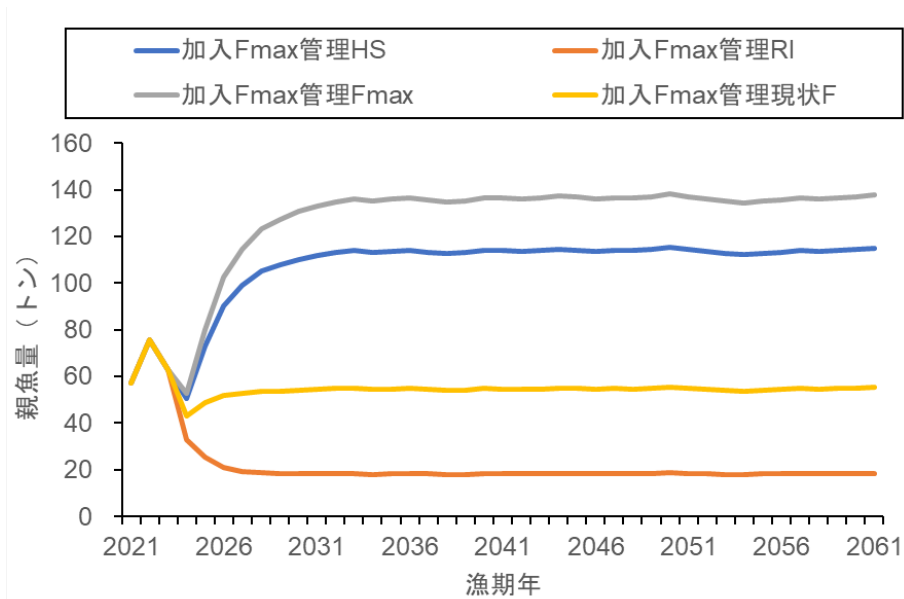
補足図 5-3. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測に対して様々な HCR を用いた管理基準値のシナリオを用いた場合の平均親魚量の将来予測。

VPA は過去の漁獲量を示す。1B ルールは標準値の $\beta=0.7$ 、1A ルールは標準値の $\beta=0.8$ で漁獲した場合の将来予測における平均漁獲量を示す。



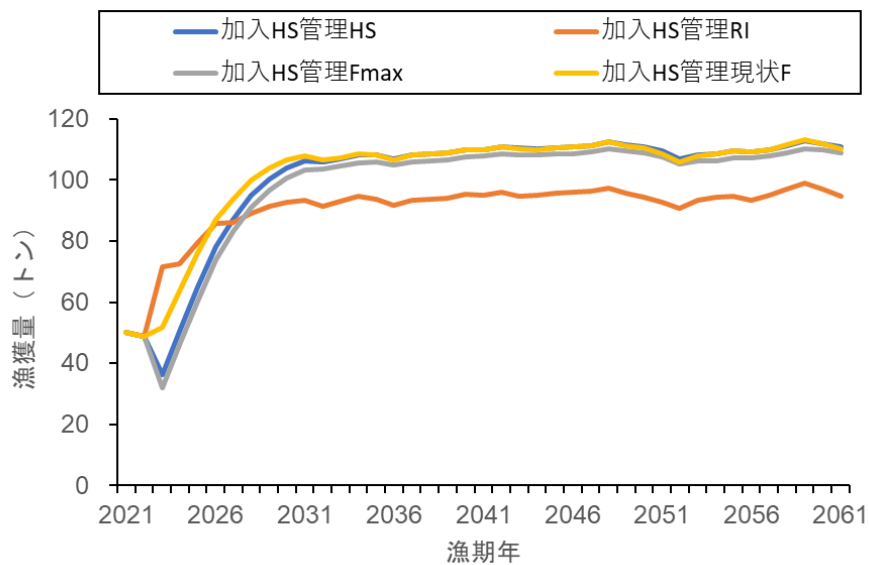
補足図 5-4. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測に対して様々な HCR を用いた管理基準値のシナリオを用いた場合の平均親魚量の将来予測。

VPA は過去の漁獲量を示す。1B ルールは標準値の $\beta=0.7$ 、1A ルールは標準値の $\beta=0.8$ で漁獲した場合の将来予測における平均漁獲量を示す



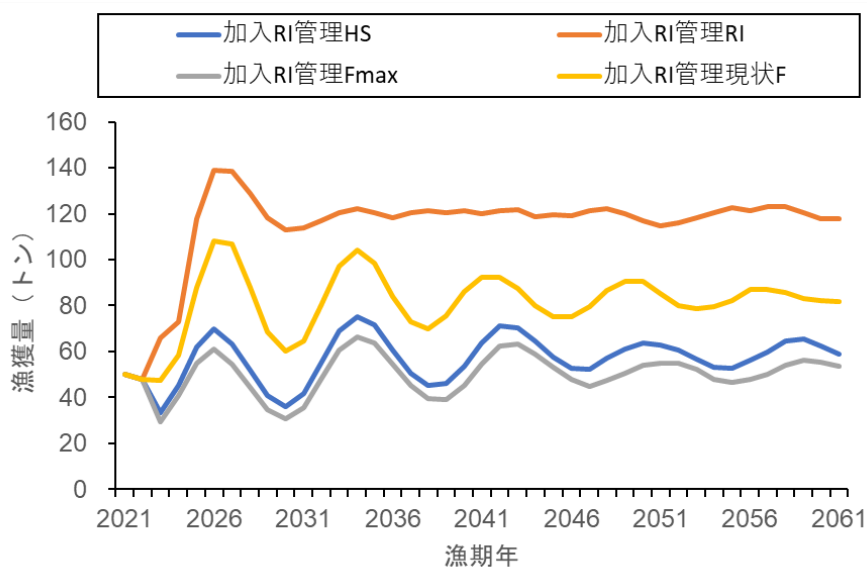
補足図 5-5. 1B ルールに基づく加入の将来予測に対して様々な HCR を用いた管理基準値のシナリオを用いた場合の平均親魚量の将来予測。

VPA は過去の漁獲量を示す。1B ルールは標準値の $\beta=0.7$ 、1A ルールは標準値の $\beta=0.8$ で漁獲した場合の将来予測における平均漁獲量を示す。



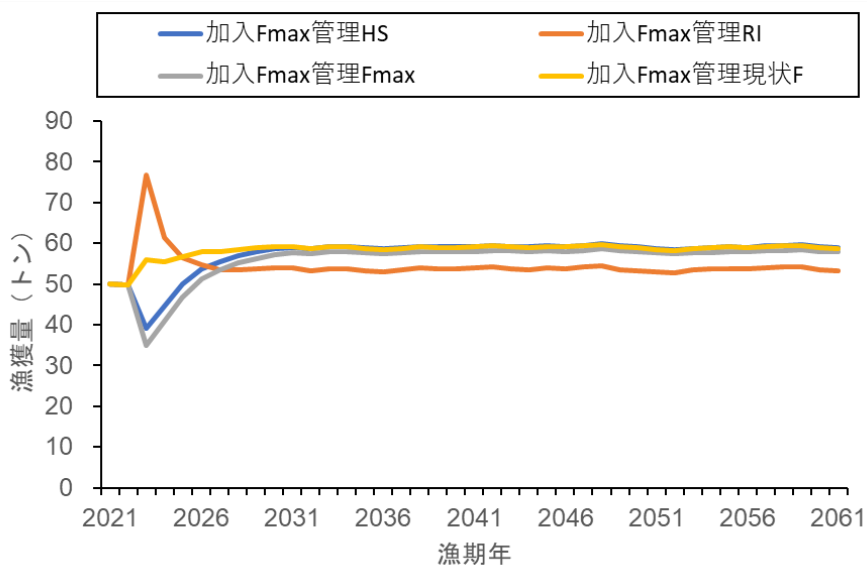
補足図 5-6. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測に対して様々な HCR を用いた管理基準値のシナリオを用いた場合の平均漁獲量の将来予測。

VPA は過去の漁獲量を示す。1B ルールは標準値の $\beta=0.7$ 、1A ルールは標準値の $\beta=0.8$ で漁獲した場合の将来予測における平均漁獲量を示す。



補足図 5-7. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測に対して様々な HCR を用いた管理基準値のシナリオを用いた場合の平均漁獲量の将来予測。

VPA は過去の漁獲量を示す。1B ルールは標準値の $\beta=0.7$ 、1A ルールは標準値の $\beta=0.8$ で漁獲した場合の将来予測における平均漁獲量を示す。



補足図 5-8. 1B ルールに基づく加入の将来予測に対して様々な HCR を用いた管理基準値のシナリオを用いた場合の平均漁獲量の将来予測。

VPA は過去の漁獲量を示す。1B ルールは標準値の $\beta=0.7$ 、1A ルールは標準値の $\beta=0.8$ で漁獲した場合の将来予測における平均漁獲量を示す。

補足表 5-1. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを RI 型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が HS の (a) 目標管理基準値案 (151 トン)、(b) 限界管理基準値案 (15 トン) を上回る確率 (%)

(a) 加入予測に用いた再生産関係の目標管理基準値案 (151 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9	1.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0.8	1.60	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0.7	1.40	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	3	3	2	3	3
0.6	1.20	0	0	0	0	0	2	3	6	5	6	8	6	8	8	8
0.5	1.00	0	0	0	0	1	4	8	11	13	15	15	15	16	19	17
0.4	0.80	0	0	0	0	2	8	17	21	26	30	32	33	36	36	36
0.3	0.60	0	0	0	0	4	17	30	40	46	50	55	59	62	62	61
0.2	0.40	0	0	0	0	8	29	46	62	69	75	79	83	84	88	87
0.1	0.20	0	0	0	0	13	46	68	81	89	93	96	97	97	99	99
0	0.00	0	0	0	0	22	66	86	93	98	99	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	0	0	0	0	1	4	8	11	12	15	15	15	16	18	17

(b) 加入予測に用いた再生産関係の限界管理基準値案 (15 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	30	25	29	35	30	30	32	34	34	35	35
0.9	1.80	100	100	100	100	56	39	42	50	48	47	50	51	54	51	52
0.8	1.60	100	100	100	100	87	60	62	66	69	68	70	73	72	71	72
0.7	1.40	100	100	100	100	100	79	79	82	86	86	86	89	89	88	87
0.6	1.20	100	100	100	100	100	94	92	93	96	96	96	97	97	96	96
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	98	98	99	99	99	99	99	99	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	98	98	99	99	99	99	99	99	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-2. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを RI 型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が RI の (a) 目標管理基準値案 (25 トン)、(b) 限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

(a) HCR に用いた目標管理基準値案 (25 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	6	8	12	15	13	12	15	14	14	16	14
0.9	1.80	100	100	100	100	12	17	21	25	24	25	26	26	27	29	28
0.8	1.60	100	100	100	100	24	29	34	41	42	42	44	46	49	46	47
0.7	1.40	100	100	100	100	44	46	52	60	62	64	66	68	68	67	69
0.6	1.20	100	100	100	100	72	66	71	76	79	82	84	86	86	85	84
0.5	1.00	100	100	100	100	96	84	88	90	94	95	96	96	96	95	95
0.4	0.80	100	100	100	100	100	96	96	96	98	99	99	99	99	99	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	95	84	88	90	94	95	96	96	96	95	95

(b) HCR に用いた限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	100	74	73	79	75	72	75	77	76	74	75
0.9	1.80	100	100	100	100	100	91	85	88	87	86	87	89	87	87	87
0.8	1.60	100	100	100	100	100	99	95	95	96	96	96	96	96	95	95
0.7	1.40	100	100	100	100	100	100	99	98	99	99	99	99	99	99	99
0.6	1.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-3. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを RI 型再生産関係とした場合の、将来の平均親魚量の推移（トン）

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	57	76	63	28	15	13	14	16	15	14	16	16	15	16	15
0.9	1.80	57	76	63	30	19	17	19	21	21	21	21	22	22	22	22
0.8	1.60	57	76	63	33	23	23	26	29	30	30	31	32	32	33	32
0.7	1.40	57	76	63	36	28	31	37	41	43	45	46	47	48	48	47
0.6	1.20	57	76	63	39	35	42	51	58	61	64	67	68	69	70	69
0.5	1.00	57	76	63	43	43	57	71	82	88	93	97	99	101	102	101
0.4	0.80	57	76	63	47	54	77	99	116	126	135	142	146	149	151	150
0.3	0.60	57	76	63	51	67	104	138	167	184	199	210	217	222	229	228
0.2	0.40	57	76	63	56	83	140	194	240	270	296	316	329	340	356	356
0.1	0.20	57	76	63	61	103	189	273	347	400	446	483	510	532	578	582
0	0.00	57	76	63	67	128	256	385	505	598	683	754	811	858	998	1,018
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	43	57	71	82	87	93	97	99	101	102	101

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-4. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを RI 型再生産関係とした場合の、将来の平均漁獲量の推移（トン）

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	50	49	82	74	77	75	69	71	73	72	72	71	73	74	74
0.9	1.80	50	49	77	73	79	82	79	81	82	83	83	82	83	85	84
0.8	1.60	50	49	72	73	80	86	86	89	91	93	93	91	93	95	93
0.7	1.40	50	49	66	71	80	87	91	95	98	100	101	99	100	102	100
0.6	1.20	50	49	59	68	79	88	93	99	102	104	105	103	104	107	105
0.5	1.00	50	49	52	64	76	87	94	100	104	106	108	106	107	110	108
0.4	0.80	50	49	44	57	71	84	92	99	103	107	109	108	109	112	109
0.3	0.60	50	49	34	49	63	76	85	93	99	103	105	105	106	110	107
0.2	0.40	50	49	24	37	50	63	72	80	86	90	93	94	96	100	98
0.1	0.20	50	49	13	21	30	39	46	53	58	62	65	66	67	72	71
0	0.00	50	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	49	52	64	76	87	94	100	104	106	108	106	107	110	108

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-5. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルールに基づき F_{max} で漁獲したとした場合の、将来の親魚量が HS の (a) 目標管理基準値案 (151 トン)、(b) 限界管理基準値案 (15 トン) を上回る確率 (%)

(a) 加入予測に用いた再生産関係の目標管理基準値案 (151 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	2	8	17	21	27	30	33	35	37	37	37
0.9	0.71	0	0	0	0	3	12	22	29	34	38	42	44	46	47	46
0.8	0.63	0	0	0	0	3	16	28	37	42	47	51	55	58	57	57
0.7	0.55	0	0	0	0	4	20	34	45	51	56	61	66	67	68	68
0.6	0.47	0	0	0	0	6	25	40	54	60	66	71	75	76	78	78
0.5	0.39	0	0	0	0	8	30	47	63	70	76	80	84	85	89	88
0.4	0.32	0	0	0	0	9	36	55	70	79	84	86	90	91	94	94
0.3	0.24	0	0	0	0	11	43	64	76	86	91	93	95	96	98	98
0.2	0.16	0	0	0	0	14	50	71	85	92	94	98	98	98	99	100
0.1	0.08	0	0	0	0	18	58	79	90	96	98	99	99	100	100	100
0	0.00	0	0	0	0	22	66	86	93	98	99	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	0	0	0	0	1	4	8	11	12	15	15	15	16	18	17

(b) 加入予測に用いた再生産関係の限界管理基準値案 (15 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.63	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.47	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.39	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	98	98	99	99	99	99	99	99	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-6. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルールに基づき F_{max} で漁獲した型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が F_{max} の (a) 目標管理基準値案 (84 トン)、(b) 限界管理基準値案 (13 トン) を上回る確率 (%)

(a) HCR に用いた目標管理基準値案 (84 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	10	30	42	54	59	63	67	70	71	70	71
0.9	0.71	0	0	0	0	13	36	50	62	68	72	75	78	79	79	79
0.8	0.63	0	0	0	0	16	42	58	69	76	80	82	86	86	88	87
0.7	0.55	0	0	0	0	21	50	66	75	83	87	88	91	92	92	93
0.6	0.47	0	0	0	0	26	58	74	85	90	93	94	95	96	97	97
0.5	0.39	0	0	0	0	31	66	80	89	94	96	98	98	98	98	99
0.4	0.32	0	0	0	0	38	72	87	93	97	98	99	99	99	100	100
0.3	0.24	0	0	0	0	46	80	92	96	98	99	99	100	100	100	100
0.2	0.16	0	0	0	0	55	85	95	97	99	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	0	0	0	0	66	91	97	99	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	0	0	0	0	73	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	0	0	0	0	5	17	26	33	36	39	42	44	47	46	46

(b) HCR に用いた限界管理基準値案 (13 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.63	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.47	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.39	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	99	99	100	100	99	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-7. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルールに基づき Fmax で漁獲した型再生産関係とした場合の、将来の平均親魚量の推移（トン）

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	57	76	63	47	54	78	101	119	129	138	145	149	152	155	154
0.9	0.71	57	76	63	49	59	88	115	137	149	161	169	174	178	182	181
0.8	0.63	57	76	63	51	64	99	131	158	173	187	197	204	209	214	213
0.7	0.55	57	76	63	53	70	112	150	182	201	218	231	239	246	253	253
0.6	0.47	57	76	63	54	76	126	172	210	234	255	271	282	290	301	301
0.5	0.39	57	76	63	56	83	141	196	242	273	299	319	333	344	361	361
0.4	0.32	57	76	63	58	91	159	224	280	318	351	377	395	409	434	436
0.3	0.24	57	76	63	60	99	179	257	324	372	413	446	470	489	526	530
0.2	0.16	57	76	63	63	108	202	294	375	435	488	530	561	587	644	650
0.1	0.08	57	76	63	65	118	227	336	435	510	576	631	673	708	797	807
0	0.00	57	76	63	67	128	256	385	505	598	683	754	811	858	998	1018
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	43	57	71	82	87	93	97	99	101	102	101

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-8. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルールに基づき Fmax で漁獲した型再生産関係とした場合の、将来の平均漁獲量の推移（トン）

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	50	49	43	57	71	83	91	99	103	107	109	108	109	112	109
0.9	0.71	50	49	40	54	68	81	90	97	102	106	108	107	108	111	109
0.8	0.63	50	49	36	50	65	78	87	95	100	104	106	106	107	110	108
0.7	0.55	50	49	32	46	60	74	83	91	97	101	103	103	105	108	106
0.6	0.47	50	49	28	42	55	69	78	86	92	96	99	100	101	105	103
0.5	0.39	50	49	24	37	50	62	72	80	86	90	93	94	95	99	98
0.4	0.32	50	49	20	31	42	54	63	71	77	81	84	85	87	91	90
0.3	0.24	50	49	15	24	34	44	52	59	65	69	72	73	75	79	78
0.2	0.16	50	49	10	17	25	32	39	44	49	52	55	56	57	62	61
0.1	0.08	50	49	5	9	13	18	22	25	28	30	32	33	33	37	36
0	0.00	50	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	49	52	64	76	87	94	100	104	106	108	106	107	110	108

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-9. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを HS 型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が RI の (a) 目標管理基準値案 (25 トン)、(b) 限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

(a) 加入予測に用いた再生産関係の目標管理基準値案 (25 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	98	99	100	100	99	95	91	85	94	94
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	91	96	97
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	96	98	99
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	93	88	97	100	100	97	91	78	75	90	87

(b) 加入予測に用いた再生産関係の限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-10. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを HS 型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が HS の (a) 目標管理基準値案 (151 トン)、(b) 限界管理基準値案 (15 トン) を上回る確率 (%)

(a) HCR に用いた目標管理基準値案 (151 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	1	4	14	25	22	12	6	4	8	20	19
0.9	0.71	0	0	0	0	2	6	18	28	24	13	6	4	9	24	25
0.8	0.64	0	0	0	0	2	9	23	32	26	14	6	4	10	28	29
0.7	0.56	0	0	0	0	3	12	30	38	28	14	6	4	10	29	32
0.6	0.48	0	0	0	0	4	18	37	43	31	14	6	4	10	30	32
0.5	0.40	0	0	0	0	5	24	44	50	34	15	7	4	10	30	33
0.4	0.32	0	0	0	0	7	30	53	57	36	17	8	5	9	27	33
0.3	0.24	0	0	0	0	9	36	62	64	42	20	8	5	8	25	31
0.2	0.16	0	0	0	0	10	45	71	72	50	25	10	5	7	23	27
0.1	0.08	0	0	0	0	13	54	78	78	60	34	15	8	6	21	26
0	0.00	0	0	0	0	16	65	87	86	70	47	25	12	8	20	25
現状の 漁獲圧	1.00	0	0	0	0	0	2	9	17	15	10	5	3	5	13	10

(b) HCR に用いた限界管理基準値案 (15 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	99	99

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-11. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを HS 型再生産関係とした場合の、将来の平均親魚量の推移（トン）

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	57	76	63	47	50	67	102	126	119	92	68	58	67	110	101
0.9	0.71	57	76	63	49	54	76	113	136	124	95	70	60	72	118	112
0.8	0.64	57	76	63	51	59	85	124	145	129	97	72	62	76	125	122
0.7	0.56	57	76	63	52	64	96	137	155	133	100	73	64	79	131	131
0.6	0.48	57	76	63	54	70	108	151	166	139	103	76	66	81	134	139
0.5	0.40	57	76	63	56	76	122	167	177	145	107	79	68	82	135	143
0.4	0.32	57	76	63	58	83	137	185	190	152	113	83	71	82	133	142
0.3	0.24	57	76	63	60	90	155	205	204	162	121	90	75	82	127	139
0.2	0.16	57	76	63	63	98	175	227	220	175	132	100	81	83	121	132
0.1	0.08	57	76	63	65	107	197	252	240	191	147	113	92	86	119	131
0	0.00	57	76	63	67	117	222	280	263	212	168	132	107	95	121	132
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	40	50	79	103	103	83	63	51	56	86	76

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-12. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを HS 型再生産関係とした場合の、将来の平均漁獲量の推移（トン）

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	50	48	40	52	74	86	81	66	53	46	52	67	83	80	66
0.9	0.71	50	48	37	49	68	78	72	59	47	41	47	61	76	76	61
0.8	0.64	50	48	33	45	62	70	63	52	41	36	42	55	69	70	57
0.7	0.56	50	48	30	41	55	61	55	45	35	31	36	48	61	64	52
0.6	0.48	50	48	26	37	49	53	47	38	30	26	30	41	53	56	47
0.5	0.40	50	48	22	32	42	45	40	32	25	21	24	33	43	46	41
0.4	0.32	50	48	18	27	35	37	32	26	20	17	18	25	33	36	33
0.3	0.24	50	48	14	21	27	28	25	21	16	13	13	17	23	25	24
0.2	0.16	50	48	9	15	19	20	18	14	11	9	9	10	14	15	14
0.1	0.08	50	48	5	8	10	10	9	8	6	5	4	5	6	7	7
0	0.00	50	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	48	48	59	88	107	104	86	69	59	65	80	96	88	80

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-13. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルールに基づき F_{max} で漁獲したとした場合の、将来の親魚量が RI の (a) 目標管理基準値案 (25 トン)、(b) 限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

(a) 加入予測に用いた再生産関係の目標管理基準値案 (25 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の漁獲圧との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	98	99	100	100	99	96	91	85	94	94
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	95	92	97	97
0.8	0.63	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	97	98	99
0.7	0.55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.47	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.39	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	1.00	100	100	100	100	93	88	97	100	100	97	91	78	75	90	87

(b) 加入予測に用いた再生産関係の限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の漁獲圧との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.63	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.47	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.39	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-14. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルールに基づき F_{max} で漁獲した型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が F_{max} の (a) 目標管理基準値案 (84 トン)、(b) 限界管理基準値案 (13 トン) を上回る確率 (%)

(a) HCR に用いた目標管理基準値案 (84 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	8	23	51	65	62	43	25	17	24	50	45
0.9	0.71	0	0	0	0	9	30	59	71	64	45	26	19	26	53	52
0.8	0.63	0	0	0	0	12	36	67	77	67	47	26	20	28	54	56
0.7	0.55	0	0	0	0	15	45	74	82	71	48	27	21	30	55	60
0.6	0.47	0	0	0	0	20	54	81	87	76	51	28	21	31	54	62
0.5	0.39	0	0	0	0	25	65	87	91	81	54	30	21	31	55	62
0.4	0.32	0	0	0	0	31	75	93	94	86	61	34	22	32	52	62
0.3	0.24	0	0	0	0	38	83	96	97	92	70	41	24	30	50	59
0.2	0.16	0	0	0	0	47	89	98	99	96	80	53	30	30	50	58
0.1	0.08	0	0	0	0	57	94	99	100	98	89	68	43	33	54	60
0	0.00	0	0	0	0	68	97	100	100	100	98	83	63	48	65	70
現状の 漁獲圧	1.00	0	0	0	0	3	10	31	50	51	35	21	14	18	36	32

(b) HCR に用いた限界管理基準値案 (13 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.63	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.55	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.47	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.39	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-15. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルールに基づき Fmax で漁獲した型再生産関係とした場合の、将来の平均親魚量の推移（トン）

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	57	76	63	47	50	68	103	127	119	92	69	58	68	110	102
0.9	0.71	57	76	63	49	54	77	113	136	124	95	70	60	72	119	113
0.8	0.63	57	76	63	51	59	86	125	146	129	97	72	62	76	126	123
0.7	0.55	57	76	63	53	64	97	138	156	134	100	74	64	79	131	131
0.6	0.47	57	76	63	54	70	109	152	166	139	103	76	66	81	134	140
0.5	0.39	57	76	63	56	76	123	168	178	145	107	79	68	82	135	143
0.4	0.32	57	76	63	58	83	138	185	190	153	113	84	71	82	133	142
0.3	0.24	57	76	63	60	90	155	205	204	162	121	90	75	82	126	139
0.2	0.16	57	76	63	63	98	175	227	221	175	132	100	82	83	121	132
0.1	0.08	57	76	63	65	107	197	252	240	191	147	114	92	86	119	131
0	0.00	57	76	63	67	117	222	280	263	212	168	132	107	95	121	132
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	40	50	79	103	103	83	63	51	56	86	76

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-16. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルールに基づき Fmax で漁獲した型再生産関係とした場合の、将来の平均漁獲量の推移（トン）

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	50	48	40	52	73	86	80	66	52	46	52	66	82	79	65
0.9	0.71	50	48	36	48	67	77	72	58	46	41	47	61	76	75	61
0.8	0.63	50	48	33	45	61	69	63	51	40	36	41	54	69	70	56
0.7	0.55	50	48	29	41	55	61	55	44	35	31	36	48	61	63	52
0.6	0.47	50	48	26	37	49	53	47	38	30	26	30	40	52	55	47
0.5	0.39	50	48	22	32	42	45	39	32	25	21	24	32	43	46	40
0.4	0.32	50	48	18	27	34	36	32	26	20	17	18	24	33	36	32
0.3	0.24	50	48	14	21	27	28	25	20	16	13	13	17	23	25	24
0.2	0.16	50	48	9	15	19	19	17	14	11	9	9	10	14	15	14
0.1	0.08	50	48	5	8	10	10	9	8	6	5	4	5	6	7	7
0	0.00	50	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	48	48	59	88	107	104	86	69	59	65	80	96	88	80

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-17. 1B ルール (Fmax) に用いた 2009～2020 年漁期に基づいた加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを HS 型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が Fmax の (a) 目標管理基準値案 (25 トン)、(b) 限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

(a) 加入予測に用いた再生産関係の目標管理基準値案 (84 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	11	25	29	34	36	36	38	39	42	39	40
0.9	0.71	0	0	0	0	16	36	46	54	59	60	61	64	65	63	64
0.8	0.64	0	0	0	0	23	50	66	74	81	82	85	85	86	84	85
0.7	0.56	0	0	0	0	32	67	82	90	94	96	96	97	96	95	96
0.6	0.48	0	0	0	0	43	81	93	97	99	99	100	99	99	100	100
0.5	0.4	0	0	0	0	56	90	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	0	0	0	0	68	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	0	0	0	0	80	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	0	0	0	0	87	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	0	0	0	0	93	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	0	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1	0	0	0	0	4	5	6	6	4	5	6	6	6	7	6

(b) 加入予測に用いた再生産関係の限界管理基準値案 (13 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-18. 1B ルール (Fmax) に用いた 2009～2020 年漁期に基づいた加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを HS 型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が HS の (a) 目標管理基準値案 (151 トン)、(b) 限界管理基準値案 (15 トン) を上回る確率 (%)

(a) HCR に用いた目標管理基準値案 (151 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1
0.9	0.71	0	0	0	0	1	2	3	3	2	3	4	4	3	5	4
0.8	0.64	0	0	0	0	2	4	7	8	8	10	10	10	12	13	10
0.7	0.56	0	0	0	0	3	7	14	17	19	22	24	25	27	28	26
0.6	0.48	0	0	0	0	4	16	25	36	40	44	48	52	54	54	54
0.5	0.4	0	0	0	0	6	26	40	57	66	72	76	79	80	81	82
0.4	0.32	0	0	0	0	9	37	61	78	88	92	94	95	96	96	96
0.3	0.24	0	0	0	0	13	51	79	92	97	99	99	99	99	100	100
0.2	0.16	0	0	0	0	20	68	92	98	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	0	0	0	0	27	82	98	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	0	37	90	99	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b) HCR に用いた限界管理基準値案 (15 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0.71	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0.64	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0.56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0.48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.08	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-19. 1B ルール (Fmax) に用いた 2009～2020 年漁期に基づいた加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを HS 型再生産関係とした場合の、将来の平均親魚量の推移 (トン)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	57	76	63	47	61	71	75	78	79	80	81	82	82	82	81
0.9	0.71	57	76	63	49	67	80	86	91	92	94	95	96	97	96	96
0.8	0.64	57	76	63	51	73	90	99	105	108	110	112	113	114	114	113
0.7	0.56	57	76	63	52	80	102	114	122	126	129	132	133	135	135	134
0.6	0.48	57	76	63	54	87	115	131	142	148	152	156	158	160	161	160
0.5	0.4	57	76	63	56	95	129	150	165	174	180	185	188	190	193	192
0.4	0.32	57	76	63	58	104	146	173	192	204	213	220	224	228	232	231
0.3	0.24	57	76	63	60	113	165	199	224	240	253	262	269	274	283	282
0.2	0.16	57	76	63	63	124	186	229	261	283	301	314	324	331	347	346
0.1	0.08	57	76	63	65	136	210	263	305	335	359	377	392	403	430	431
0	0	57	76	63	67	148	237	303	357	397	429	455	476	493	541	544
現状の 漁獲圧	1	57	76	63	43	49	52	53	54	54	54	54	55	55	55	54

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-20. 1B ルール (Fmax) に用いた 2009～2020 年漁期に基づいた加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを HS 型再生産関係とした場合の、将来の平均漁獲量の推移 (トン)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	0.79	50	50	47	50	54	57	58	59	59	60	60	60	60	60	59
0.9	0.71	50	50	43	48	52	55	57	58	59	59	60	59	60	60	59
0.8	0.64	50	50	39	45	50	54	56	57	58	59	59	59	59	59	59
0.7	0.56	50	50	35	41	47	51	54	55	56	57	58	58	58	58	58
0.6	0.48	50	50	31	37	44	48	51	53	54	55	56	56	56	56	56
0.5	0.4	50	50	26	33	39	44	47	49	51	52	52	53	53	53	53
0.4	0.32	50	50	21	28	34	39	42	44	46	47	48	48	48	49	49
0.3	0.24	50	50	16	22	27	32	35	37	39	40	41	41	42	43	42
0.2	0.16	50	50	11	15	20	24	26	28	30	31	32	32	32	33	33
0.1	0.08	50	50	6	8	11	13	15	16	17	18	18	19	19	20	20
0	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1	50	50	56	55	57	58	58	58	59	59	59	59	59	59	59

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-21. 1B ルール (Fmax) に用いた 2009～2020 年漁期に基づいた加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを RI 型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が Fmax の (a) 目標管理基準値案 (25 トン)、(b) 限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

(a) 加入予測に用いた再生産関係の目標管理基準値案 (84 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9	1.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8	1.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7	1.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	1.20	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
0.5	1.00	0	0	0	0	4	5	6	6	5	6	6	6	6	7	6
0.4	0.80	0	0	0	0	11	24	28	33	35	35	37	37	40	38	39
0.3	0.60	0	0	0	0	27	58	74	82	88	90	90	92	92	91	91
0.2	0.40	0	0	0	0	55	90	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	0	0	0	0	83	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	0	0	0	0	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	0	0	0	0	4	5	6	6	4	5	6	6	6	7	6

(b) 加入予測に用いた再生産関係の限界管理基準値案 (43 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	85	29	15	17	15	19	19	21	22	21	20
0.9	1.80	100	100	100	100	99	68	49	44	44	41	43	44	45	43	42
0.8	1.60	100	100	100	100	100	95	86	83	84	82	83	82	83	80	80
0.7	1.40	100	100	100	100	100	100	99	99	99	98	98	99	98	98	98
0.6	1.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-22. 1B ルール (Fmax) に用いた 2009～2020 年漁期に基づいた加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを RI 型再生産関係とした場合の、将来の親魚量が RI の (a) 目標管理基準値案 (25 トン)、(b) 限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

(a) HCR に用いた目標管理基準値案 (25 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	5	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0.9	1.80	100	100	100	100	15	5	4	3	2	2	3	3	2	3	3
0.8	1.60	100	100	100	100	41	23	15	15	11	13	13	13	15	15	12
0.7	1.40	100	100	100	100	77	57	49	47	47	45	46	47	49	45	46
0.6	1.20	100	100	100	100	97	91	88	89	89	89	89	89	89	87	86
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	99	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	99	99	100	100

(b) HCR に用いた限界管理基準値案 (7 トン) を上回る確率 (%)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	100	100	100	100	100	97	82	80	82	82	82	83	83	80	81
0.9	1.80	100	100	100	100	100	100	98	98	97	97	96	97	96	96	96
0.8	1.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	1.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	1.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧	1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-23. 1B ルール (Fmax) に用いた 2009～2020 年漁期に基づいた加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを RI 型再生産関係とした場合の、将来の平均親魚量の推移 (トン)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	57	76	63	28	17	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10
0.9	1.80	57	76	63	30	21	16	14	13	13	13	13	13	13	13	13
0.8	1.60	57	76	63	33	26	21	19	19	18	18	18	18	18	18	18
0.7	1.40	57	76	63	36	32	29	27	26	26	26	26	26	26	26	26
0.6	1.20	57	76	63	39	39	39	38	38	37	37	38	38	38	38	37
0.5	1.00	57	76	63	43	49	52	53	54	54	54	55	55	55	55	54
0.4	0.80	57	76	63	47	61	70	75	78	79	80	80	81	82	81	80
0.3	0.60	57	76	63	51	76	95	106	113	116	119	120	122	123	123	122
0.2	0.40	57	76	63	56	95	129	150	164	173	179	184	187	189	192	191
0.1	0.20	57	76	63	61	118	175	213	241	260	275	286	294	300	312	311
0	0.00	57	76	63	67	148	237	303	357	397	429	455	476	493	541	544
現状の 漁獲圧	1.00	57	76	63	43	49	52	53	54	54	54	54	55	55	55	54

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-24. 1B ルール (Fmax) に用いた 2009～2020 年漁期に基づいた加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを RI 型再生産関係とした場合の、将来の平均漁獲量の推移 (トン)

β	現状の 漁獲圧 との比	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	2.00	50	50	87	61	54	51	49	50	51	51	51	51	51	51	51
0.9	1.80	50	50	82	62	55	53	52	52	52	52	52	52	52	52	52
0.8	1.60	50	50	77	61	56	55	54	54	54	54	54	53	54	54	53
0.7	1.40	50	50	70	61	57	56	55	55	56	56	56	55	56	56	55
0.6	1.20	50	50	64	59	58	58	57	57	57	58	58	57	58	58	57
0.5	1.00	50	50	56	55	57	58	58	58	59	59	59	59	59	59	59
0.4	0.80	50	50	47	50	54	57	58	59	59	60	60	60	60	60	59
0.3	0.60	50	50	37	43	49	53	55	56	57	58	58	58	59	59	58
0.2	0.40	50	50	26	33	39	44	47	49	51	52	53	53	53	54	53
0.1	0.20	50	50	14	19	24	28	31	33	35	36	37	37	38	39	38
0	0.00	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧	1.00	50	50	56	55	57	58	58	58	59	59	59	59	59	59	59

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2022 年漁期は現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲し、2023 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2018-2020) で漁獲を続けた場合の結果も示した

補足表 5-25. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルール (Fmax) および RI 型、HS 型再生産関係とした場合の、予測される親魚量・漁獲量、2023～2033 年漁期までの平均漁獲量の合計値

将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	β	現状の漁獲圧との比	10年後の親魚資源量が目標管理基準値案を上回る確率		予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			累積漁獲量 2023～2033年漁期
				将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後	
						2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期	
HS	Fmax	1.00	0.79	37%	71%	119	152	43	99	109	979
		0.90	0.71	46%	79%	137	178	40	97	108	960
		0.80	0.63	58%	86%	158	209	36	95	107	933
		0.70	0.55	67%	92%	182	246	32	91	105	896
		0.60	0.47	76%	96%	210	290	28	86	101	846
		0.50	0.39	85%	98%	242	344	24	80	95	781
		0.40	0.32	91%	99%	280	409	20	71	87	695
		0.30	0.24	96%	100%	324	489	15	59	75	582
		0.20	0.16	98%	100%	375	587	10	44	57	436
		0.10	0.08	100%	100%	435	708	5	25	33	246
		0.00	0.00	100%	100%	505	858	0	0	0	0
	RI	1.00	2.00	0%	14%	16	15	82	71	73	809
		0.90	1.80	0%	27%	21	22	77	81	83	885
		0.80	1.60	1%	49%	29	32	72	89	93	947
		0.70	1.40	2%	68%	41	48	66	95	100	987
		0.60	1.20	8%	86%	58	69	59	99	104	1,004
		0.50	1.00	16%	96%	82	101	52	100	107	1,004
		0.40	0.80	36%	99%	116	149	44	99	109	981
		0.30	0.60	62%	100%	167	222	34	93	106	919
		0.20	0.40	84%	100%	240	340	24	80	96	786
		0.10	0.20	97%	100%	347	532	13	53	67	519
		0.00	0.00	100%	100%	505	858	0	0	0	0
	HS	1.00	0.79	36%		117	150	43	99	109	981
		0.90	0.71	46%		135	176	40	97	108	962
		0.80	0.64	58%		156	206	36	95	107	935
		0.70	0.56	66%		180	243	32	91	105	898
		0.60	0.48	76%		208	288	28	87	101	849
		0.50	0.40	84%		241	341	24	80	95	784
		0.40	0.32	91%		279	407	20	71	87	698
		0.30	0.24	95%		323	487	15	60	75	586
		0.20	0.16	98%		374	585	10	45	58	439
		0.10	0.08	100%		434	706	5	25	34	248
		0.00	0.00	100%		505	858	0	0	0	0
	現状の漁獲圧		1.00	—		82	101	52	100	107	1,004

補足表 5-26. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルール (Fmax) および HS 型、RI 型再生産関係とした場合の、予測される親魚量・漁獲量、2023～2033 年漁期までの平均漁獲量の合計値

将来予測における加入量の仮定	HCR に用いた管理基準値のシナリオ	β	現状の漁獲圧との比	10年後の親魚資源量が目標管理基準値案を上回る確率		予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			累積漁獲量 2023～2033年漁期
				将来予測における加入量の仮定	HCR に用いた管理基準値のシナリオ	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後	
						2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期	
RI	Fmax	1.00	0.79	85%	24%	127	68	40	66	82	695
		0.90	0.71	92%	26%	136	72	36	58	76	629
		0.80	0.63	97%	28%	146	76	33	51	69	563
		0.70	0.55	100%	30%	156	79	29	44	61	495
		0.60	0.47	100%	31%	166	81	26	38	52	426
		0.50	0.39	100%	31%	178	82	22	32	43	356
		0.40	0.32	100%	32%	190	82	18	26	33	286
		0.30	0.24	100%	30%	204	82	14	20	23	216
		0.20	0.16	100%	30%	221	83	9	14	14	146
		0.10	0.08	100%	33%	240	86	5	8	6	75
		0.00	0.00	100%	48%	263	95	0	0	0	0
	HS	1.00	0.79	85%	8%	126	67	40	66	83	700
		0.90	0.71	91%	9%	136	72	37	59	76	634
		0.80	0.64	96%	10%	145	76	33	52	69	567
		0.70	0.56	99%	10%	155	79	30	45	61	499
		0.60	0.48	100%	10%	166	81	26	38	53	429
		0.50	0.40	100%	10%	177	82	22	32	43	359
		0.40	0.32	100%	9%	190	82	18	26	33	289
		0.30	0.24	100%	8%	204	82	14	21	23	218
		0.20	0.16	100%	7%	220	83	9	14	14	148
		0.10	0.08	100%	6%	240	86	5	8	6	76
		0.00	0.00	100%	8%	263	95	0	0	0	0
	RI	1.00	2.00	37%		27	25	75	132	133	1,335
		0.90	1.80	52%		35	32	71	133	128	1,319
		0.80	1.60	61%		48	38	66	129	121	1,245
		0.70	1.40	65%		63	43	60	119	113	1,135
		0.60	1.20	68%		82	49	54	105	106	1,004
		0.50	1.00	75%		103	57	48	86	96	860
		0.40	0.80	84%		126	67	40	67	83	704
		0.30	0.60	98%		150	77	32	48	66	536
		0.20	0.40	100%		177	82	22	32	43	361
		0.10	0.20	100%		212	82	12	18	19	184
		0.00	0.00	100%		263	95	0	0	0	0
	現状の漁獲圧		1.00	—		103	56	48	86	96	862

補足表 5-27. 1B ルールの 2009～2020 年漁期に基づく加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルール (Fmax) および HS 型、RI 型再生産関係とした場合の、予測される親魚量・漁獲量、2023～2033 年漁期までの平均漁獲量の合計値

将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	β	現状の漁獲圧との比	10年後の親魚資源量が目標管理基準値案を上回る確率		予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			累積漁獲量 2023～2033年漁期
				将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後	
						2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期	
Fmax	HS	1.00	0.79	42%	1%	78	82	47	59	60	622
		0.90	0.71	65%	3%	91	97	43	58	60	610
		0.80	0.63	86%	12%	105	114	39	57	59	593
		0.70	0.55	96%	27%	122	135	35	55	58	570
		0.60	0.47	99%	54%	142	160	31	53	56	540
		0.50	0.39	100%	80%	165	190	26	49	53	499
		0.40	0.32	100%	96%	192	228	21	44	48	445
		0.30	0.24	100%	99%	224	274	16	37	42	374
		0.20	0.16	100%	100%	261	331	11	28	32	281
		0.10	0.08	100%	100%	305	403	6	16	19	159
		0.00	0.00	100%	100%	357	493	0	0	0	0
	RI	1.00	2.00	0%	1%	10	10	87	50	51	657
		0.90	1.80	0%	2%	13	13	82	52	52	667
		0.80	1.60	0%	15%	19	18	77	54	54	679
		0.70	1.40	0%	49%	26	26	70	55	56	690
		0.60	1.20	1%	89%	38	38	64	57	58	697
		0.50	1.00	6%	100%	54	55	56	58	59	696
		0.40	0.80	40%	100%	78	82	47	59	60	682
		0.30	0.60	92%	100%	113	123	37	56	59	643
		0.20	0.40	100%	100%	164	189	26	49	53	554
		0.10	0.20	100%	100%	241	300	14	33	38	370
		0.00	0.00	100%	100%	357	493	0	0	0	0
	Fmax	1.00	0.79	43%		79	83	47	59	60	621
		0.90	0.71	67%		92	98	43	58	60	609
		0.80	0.64	87%		106	115	39	57	59	592
		0.70	0.56	97%		123	136	35	55	58	569
		0.60	0.48	99%		143	161	31	53	56	538
		0.50	0.40	100%		166	192	26	49	53	497
		0.40	0.32	100%		193	229	21	44	48	443
		0.30	0.24	100%		225	275	16	37	42	372
		0.20	0.16	100%		262	332	11	28	32	279
		0.10	0.08	100%		306	404	6	16	19	158
		0.00	0.00	100%		357	493	0	0	0	0
	現状の漁獲圧		1.00	—		54	55	56	58	59	637

補足表 5-28. 将来予測における加入量の仮定と、HCR に用いた管理基準値のシナリオをそれぞれ HS 型、RI 型再生産関係、および Fmax を用いた 1B ルールとした場合の予測平均親魚量、漁獲量、および累積漁獲量のまとめ

将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	β	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)			2023～2033年漁期の累積漁獲量
			2028年漁期	2033年漁期	2023年漁期	2028年漁期	2033年漁期	
HS	HS	0.8	156	206	36	95	107	935
	RI	0.8	29	32	72	89	93	947
	Fmax	0.7	182	246	32	91	105	869
	現状の漁獲圧		82	101	52	100	107	1,004
RI	HS	0.8	145	76	33	52	69	567
	RI	0.8	48	38	66	129	121	1,245
	Fmax	0.7	156	79	29	44	61	495
	現状の漁獲圧		103	56	48	86	96	862
Fmax	HS	0.8	105	114	39	57	59	593
	RI	0.8	19	18	77	54	54	679
	Fmax	0.7	123	136	35	55	58	569
	現状の漁獲圧		54	55	56	58	59	637

β の数値は各シナリオにおける標準値とした。

補足表 5-29. HS 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルール (Fmax) および HS 型、RI 型再生産関係とした場合に、 β を異なる数値としたときの 10 年後の目標達成確率および各種リスクの確率

将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	β	現状の漁獲圧との比	10年後の親魚資源量が目標管理基準値案を上回る確率		リスク (10年間に1度でも起きる確率)			
				将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	親魚量が過去最低親魚量を下回る	親魚量が限界管理基準値案を下回る		前年より漁獲量が半減する
							将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	
HS	Fmax	1.00	0.79	37%	71%	0%	1%	0%	0%
		0.90	0.71	46%	79%	0%	0%	0%	0%
		0.80	0.63	58%	86%	0%	0%	0%	0%
		0.70	0.55	67%	92%	0%	0%	0%	0%
		0.60	0.47	76%	96%	0%	0%	0%	0%
		0.50	0.39	85%	98%	0%	0%	0%	0%
	RI	1.00	2.00	0%	14%	96%	99%	72%	58%
		0.90	1.80	0%	27%	86%	94%	46%	43%
		0.80	1.60	1%	49%	64%	77%	19%	28%
		0.70	1.40	2%	68%	35%	49%	5%	14%
		0.60	1.20	8%	86%	11%	21%	1%	5%
		0.50	1.00	16%	96%	2%	5%	0%	1%
	HS	1.00	0.79	36%		0%	1%		0%
		0.90	0.71	46%		0%	0%		0%
		0.80	0.64	58%		0%	0%		0%
		0.70	0.56	66%		0%	0%		0%
		0.60	0.48	76%		0%	0%		0%
		0.50	0.40	84%		0%	0%		0%

補足表 5-30. RI 型再生産関係を用いて加入の将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルール (Fmax) および HS 型、RI 型再生産関係とした場合に、 β を異なる数値としたときの 10 年後の目標達成確率および各種リスクの確率

将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	β	現状の漁獲圧との比	10年後の親魚資源量が目標管理基準値案を上回る確率		リスク (10年間に1度でも起きる確率)			
				将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	親魚量が過去最低親魚量を下回る	親魚量が限界管理基準値案を下回る		前年より漁獲量が半減する
							将来予測における加入量の仮定	HCRに用いた管理基準値のシナリオ	
RI	Fmax	1.00	0.79	85%	24%	0%	0%	0%	0%
		0.90	0.71	92%	26%	0%	0%	0%	0%
		0.80	0.63	97%	28%	0%	0%	0%	0%
		0.70	0.55	100%	30%	0%	0%	0%	0%
		0.60	0.47	100%	31%	0%	0%	0%	0%
		0.50	0.39	100%	31%	0%	0%	0%	0%
	HS	1.00	0.79	85%	8%	0%	0%	0%	0%
		0.90	0.71	91%	9%	0%	0%	0%	0%
		0.80	0.64	96%	10%	0%	0%	0%	0%
		0.70	0.56	99%	10%	0%	0%	0%	0%
		0.60	0.48	100%	10%	0%	0%	0%	0%
		0.50	0.40	100%	10%	0%	0%	0%	0%
	RI	1.00	2.00	37%		95%	36%		56%
		0.90	1.80	52%		77%	9%		53%
		0.80	1.60	61%		45%	1%		51%
		0.70	1.40	65%		21%	0%		48%
		0.60	1.20	68%		6%	0%		39%
		0.50	1.00	75%		1%	0%		19%

補足表 5-31. 1B ルールに用いた 2009～2020 年漁期に基づく加入を用いて将来予測を行い、HCR に用いた管理基準値のシナリオを 1B ルール (Fmax) および HS 型、RI 型再生産関係とした場合に、 β を異なる数値としたときの 10 年後の目標達成確率および各種リスクの確率

将来予測における加入量の仮定	HCR に用いた管理基準値のシナリオ	β	現状の漁獲圧との比	10 年後の親魚資源量が目標管理基準値案を上回る確率		リスク (10 年間に 1 度でも起きる確率)			
				将来予測における加入量の仮定	HCR に用いた管理基準値のシナリオ	親魚量が過去最低親魚量を下回る	親魚量が限界管理基準値案を下回る		前年より漁獲量が半減する
							将来予測における加入量の仮定	HCR に用いた管理基準値のシナリオ	
Fmax	HS	1.00	0.79	42%	1%	0%	0%	0%	0%
		0.90	0.71	65%	3%	0%	0%	0%	0%
		0.80	0.64	86%	12%	0%	0%	0%	0%
		0.70	0.56	96%	27%	0%	0%	0%	0%
		0.60	0.48	99%	54%	0%	0%	0%	0%
		0.50	0.40	100%	80%	0%	0%	0%	0%
	RI	1.00	2.00	0%	1%	100%	100%	79%	20%
		0.90	1.80	0%	2%	99%	99%	18%	13%
		0.80	1.60	0%	15%	63%	63%	1%	6%
		0.70	1.40	0%	49%	7%	7%	0%	2%
		0.60	1.20	1%	89%	0%	0%	0%	0%
		0.50	1.00	6%	100%	0%	0%	0%	0%
	Fmax	1.00	0.79	43%		0%	0%		0%
		0.90	0.71	67%		0%	0%		0%
		0.80	0.63	87%		0%	0%		0%
		0.70	0.55	97%		0%	0%		0%
		0.60	0.47	99%		0%	0%		0%
		0.50	0.39	100%		0%	0%		0%