

令和 4（2022）年度ホッケ道北系群の資源評価の参考資料 （資源管理目標等の検討材料の提案）

本資料における管理基準値、禁漁水準、将来予測および漁獲管理規則については、資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会合）における検討材料として、研究機関会議において暫定的に提案されたものである。これらについては、ステークホルダー会合を経て最終化される。

要 約

本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型関係式を用いた。目標管理基準値（SBtarget）案には最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy：10.1 万トン）、限界管理基準値（SBlimit）案には MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy：3.0 万トン）、禁漁水準（SBban）案には MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy：0.4 万トン）が提案されている。これらの管理基準値案から得られる漁獲管理規則案に基づき、複数の β を使用した場合における将来予測計算を行った。

近年、2017 年級群や 2019 年級群の加入により、資源量や親魚量は 2016 年以降増加傾向であるものの、ホッケー・スティック型再生産関係式を仮定した場合の加入量の予測値に対する観測値の残差はここ 10 年で見ると負に偏る傾向にある。そのため、本年度の将来予測では、2021 年までの資源計算結果をもとに、近年の残差が負に偏る傾向を鑑みバックワード・リサンプリングにより低加入を仮定したシナリオを示した。なお、本系群の将来予測結果は、資源評価における加入量推定値の精度に起因する問題から、資源量の予測値の不確実性が高いことに留意する必要がある。

資源評価最終年の翌年の漁獲圧の仮定については、近年の F からランダムサンプリングする方法を用いている。本資料では、自主管理による漁獲圧の低減による効果が 2016 年あたりから見られていること、比較的高豊度と考えられる 2019 年級群の加入により近年の漁獲状況が大きく変化していることなどを踏まえ、2022 年の漁獲圧の仮定は過去 5 年（2017～2021 年）の年齢別漁獲係数をランダムサンプリングする方法を用いた（F のランダムサンプリングについては、FRA-SA2020-SC04-101 を参照のこと）

1. 資源の状況

(1) 加入量あたり漁獲量（YPR）および親魚量（SPR）と現状の漁獲圧の関係

将来の漁獲に仮定された選択率を用いた F による YPR と %SPR を図 1-1 に示す。なお、この選択率は令和 4 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量（MSY）を実現する F （ F_{msy} ）の推定に用いた値（森田ほか 2022）を用いた。また、年齢別平均体重および成熟割合についても F_{msy} 算出時の値を使用した。 F_{msy} は %SPR に換算すると 12.9% に相当する。現状の漁獲圧（ $F_{2017-2021}$ ）は F_{msy} を下回り、 $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ を上回る。

(2) 再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 1-2 に示す。令和 4 年 7 月に開催された研究機関会議により、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型関係式が適用されている（森田ほか 2022）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、令和 3（2021）年度の資源評価に基づく親魚量・加入量（1985～2020 年）とし、最適化方法には最小絶対値法を用いた。加入量の残差の自己相関は考慮していない。ホッケー・スティック型再生産式の折れ点は、親魚量 48.6 千トンに位置する（補足表 2-1）。この親魚量以上であれば、平均的には 11 億尾程度の加入量が得られると期待される。

(3) 管理基準値案と禁漁水準案

令和 4 年 7 月に開催された研究機関会議により、目標管理基準値（ SB_{target} ）案には MSY を実現する親魚量（ SB_{msy} : 10.1 万トン）、限界管理基準値（ SB_{limit} ）案には MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量（ $SB_{0.6msy}$: 3.0 万トン）、禁漁水準（ SB_{ban} ）案には MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量（ $SB_{0.1msy}$: 0.4 万トン）を用いることが提案されている（補足表 2-2）。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧（ F ）を基準にした神戸プロットを図 1-3 に示す。コホート解析により得られた 2021 年の親魚量（ SB_{2021} : 36 千トン）は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案および禁漁水準案は上回る（補足表 2-3）。本系群における漁獲圧（ F ）は、1998～2015 年においては F_{msy} を上回っていたが、2016 年以降の漁獲圧は F_{msy} を下回っていると判断される。

平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を図 1-4 に示す。平均親魚量が限界管理基準値以下では 0 歳および 1 歳魚が漁獲量の殆どを占める。しかし、親魚量が増加するにつれて漁獲量に占める高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

2. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2021 年の資源量から、コホート解析の前進法を用い、2022 年から 2053 年までの将来予測計算を行った（補足資料 1）。将来予測における加入量は、HS 型再生産関係からの負の残差傾向を考慮した低加入シナリオを用い。これは再生産関係からの予測値に観測値の残差をバックワードにリサンプリングする手法である。繰り返し計算は

10,000回とした。2022年の漁獲量は、予測される資源量と2017～2021年のFをランダムにサンプリングして仮定した。2023年以降の漁獲圧には、各漁期年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

なお、令和4（2022）年度ホッケ道北系群の資源評価では半期別のコホート解析を使用しているが、将来予測では年別のコホート解析の前進法を用いた。その際、半期別のコホート解析から得られた半期別、年齢別漁獲係数および資源尾数を用いて年別、年齢別漁獲係数を計算し（補足資料1および令和4（2022）年度ホッケ道北系群の資源評価、補足資料2を参照のこと）、将来予測の開始時点の情報として用いた。

（2）漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。図2-1に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を0.8とした場合を示した。令和4年7月に開催された研究機関会議提案では「調整係数 β が0.7以下であれば10年後の親魚量は50%以上の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された。適用すべき真の再生産関係がリッカー（RI）型再生産関係であった場合でも、調整係数 β が0.6以下であれば10年後に真の目標管理基準値案を50%以上の確率で上回ると考えられた。なお、これらの将来予測では、近年の低加入が短期的に継続することを仮定した（バックワード・リサンプリングによる低加入シナリオ）。」とされている。

（3）将来の加入量の設定

令和4年7月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式における加入量の残差は、2009年以前は正負のいずれかに偏る傾向は見られなかったが、2010年以降は観測値が予測値よりも低く、負に偏る傾向が見られた（図2-2a）。特に2010年および2016年は非常に低い加入であり、近年についても負の残差が続く傾向にある。そのため、将来予測では加入量の残差には5～10年程度は類似した傾向が継続することを想定して、HS型再生産関係から予測されるよりも低い加入が起きる低加入シナリオを用いた。なお、親魚量と残差の関係は、親魚量が少ない時に残差のばらつきは大きくなるものの、全体としては明瞭な傾向は認められなかった（図2-2b）。

低加入シナリオでの将来の加入量は、再生産関係からの予測値に過去の観測値の残差をランダムにリサンプリングして与えた。リサンプリングするデータは5年単位に区切り、低加入を仮定した5年ブロックのバックワード・リサンプリング（5年を1ブロックとし、将来5年までは直近の過去5年の残差からリサンプリング、将来6～10年は過去5年もしくは6～10年の残差をリサンプリングというように5年ごとに過去に遡った残差を選択する方法）を実施した（図2-3）。

- ・ 将来予測の1～5年（2022～2026年）：過去5年分（2017～2021年）の残差から重複を許してリサンプリングした。
- ・ 将来予測の6～10年（2027～2031年）：過去5年分（2017～2021年）もしくは過去6～10年分（2012～2016年）の残差のいずれかをランダムに選び、選んだ方の5年分の残差から重複を許してリサンプリングした。
- ・ 将来予測の11年目（2032年）以降：上記の手順で5年区切りの残差をリサンプリングする範囲を追加した。

図2-3では、5年ずつに区切ったリサンプリング単位を青灰色の破線で示した。このようなリサンプリングのやり方により、短期的には直近の低加入トレンドを反映するような加入を想定し、中長期的にはそれ以前の過去の条件を反映するような加入を想定した。なお、バックワード・リサンプリングによる残差の平均値は年数が経過するにつれて0に近づく（図2-4）。

（3）2023年の予測値

再生産関係に従い低加入を仮定したバックワード・リサンプリングによる将来予測を行った結果、漁獲管理規則案に従い試算された2023年の漁獲量の平均値は、研究機関会議で提案された $\beta 0.7$ の場合は3.7万トン、 $\beta 0.6$ の場合は3.3万トンとなる。（表2-5、補足表2-4）。2023年に予測される親魚量はいずれの繰り返し計算でも限界管理基準値案を上回り、平均3.3万トンと見込まれた（表2-4）。

（4）2024年以降の予測

2024年以降も含めた将来予測の結果を図2-5および表2-1～表2-5に示す。令和4（2022）年度の研究機関会議では、 β が0.7以下であれば今後低加入が続いた場合でも10年程度で50%以上の確率で親魚量が目標管理基準値案まで回復すると示された。更新したデータを用い、漁獲管理規則案に基づく管理を10年間継続した場合、 β が0.7の場合は、10年後（2033年）の親魚量の予測値は9.7万トン（90%予測区間は6.2万～13.3万トン）であり、目標管理基準値案を上回る確率は43%と推定される（表2-1、補足表2-5）。 β が0.6の場合は親魚量の予測値は11.5万トン（7.5万～15.6万トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は66%と推定される。 β が1.0の場合、親魚量の予測値は5.8万トン（90%予測区間は3.4万トン～8.4万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率は2%と推定される。現状の漁獲圧（F2017-2021）を継続した場合の2033年の親魚量の予測値は8.4万トン（90%予測区間は5.0万トン～12.0万トン）であり、目標管理基準値案を上回る確率は26%、限界管理基準値案を上回る確率は99%である（補足表2-5）。

本系群では2010年以降に極端に低い加入年級が2度発生しており、今後も同様の低加入が発生する可能性には十分留意する必要がある。漁獲管理規則に用いる β については、令和4（2022）年度の研究機関会議での提案書にあるように、この状況が今後も継続する可能性を考慮した予防的な値をとることが推奨される。

3. 引用文献

森田晶子・境 磨・千葉 悟・濱津友紀・山下夕帆・市野川桃子・岡村 寛 (2022) 令和4(2022)年度ホッケ道北系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料 (FRA-SA2022-BRP02-01) .

令和 2 (2020)年度 ホッケ道北系群の資源評価の参考資料 FRA-SA2020-SC04-101

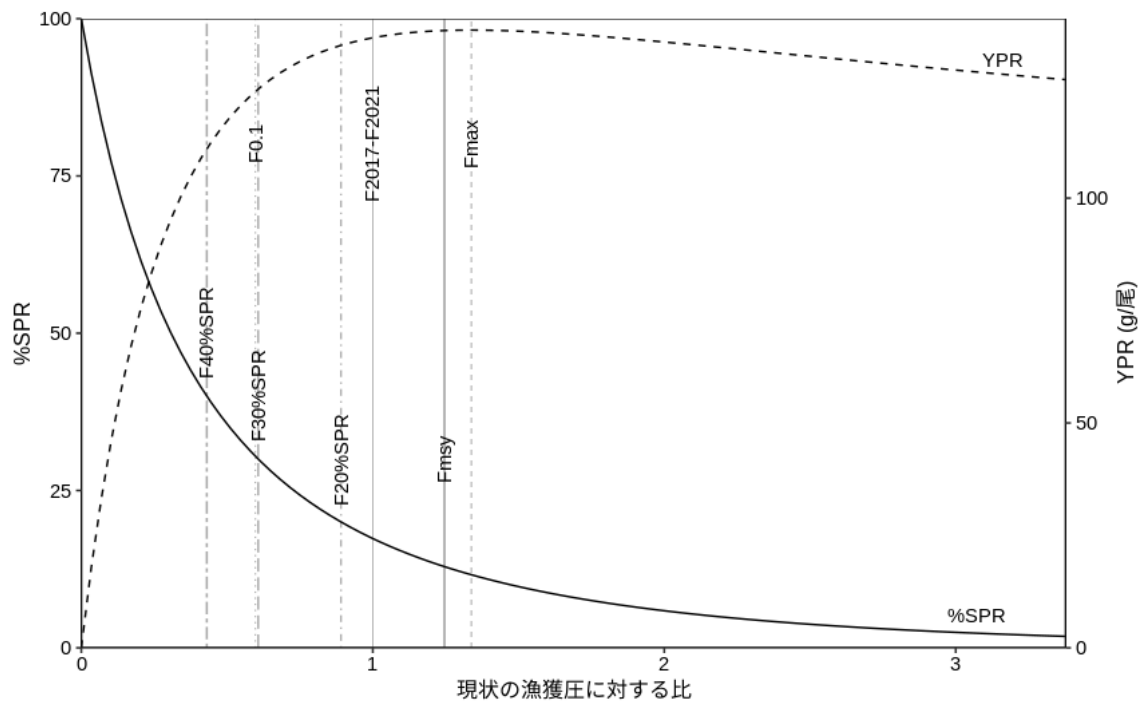


図 1-1. 現状の漁獲圧（F2017-2021）に対する YPR と%SPR の関係

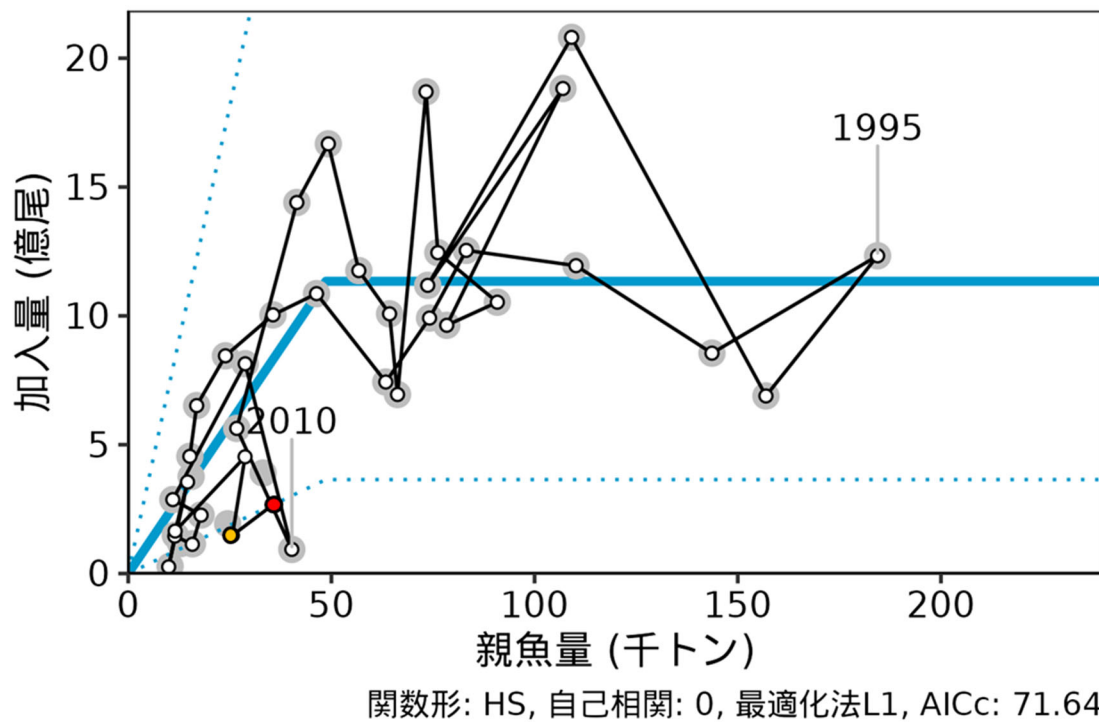


図 1-2. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 灰色の丸および青線は令和 3 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」で使用された親魚量と加入量および適用された再生産関係式。点線は観察データの 90%が含まれると推定される範囲を示す。白色の丸は令和 4 年（2022）年度の資源評価における親魚量と加入量のデータ。2020 年の値は●、2021 年の値は●で示す。

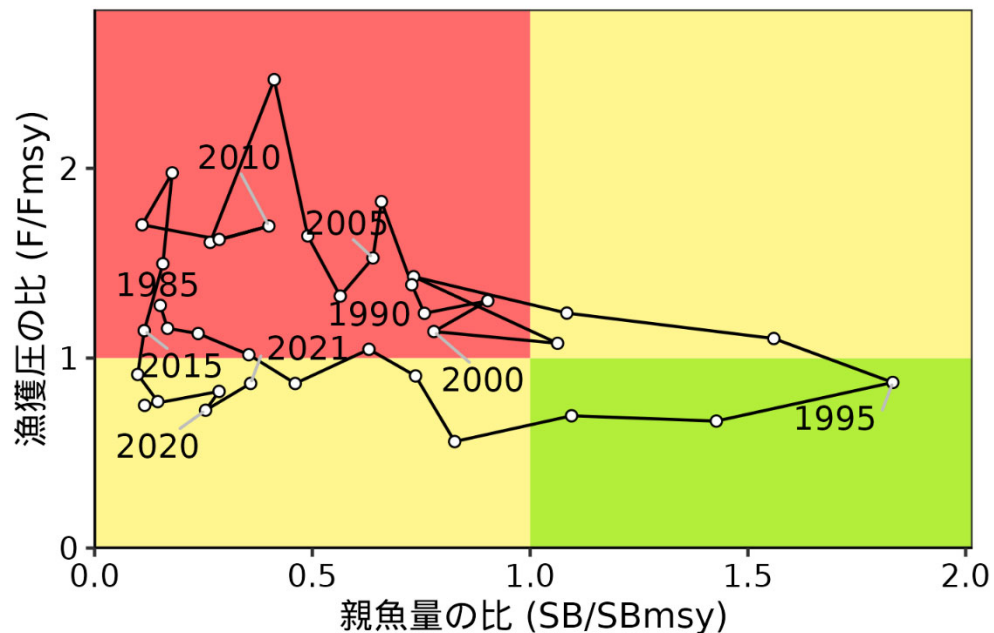


図 1-3. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）

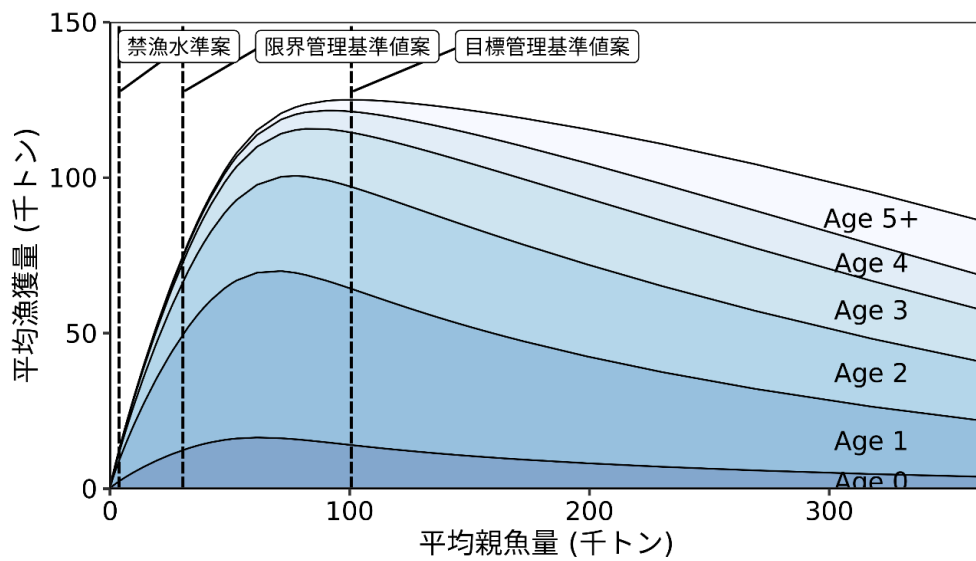
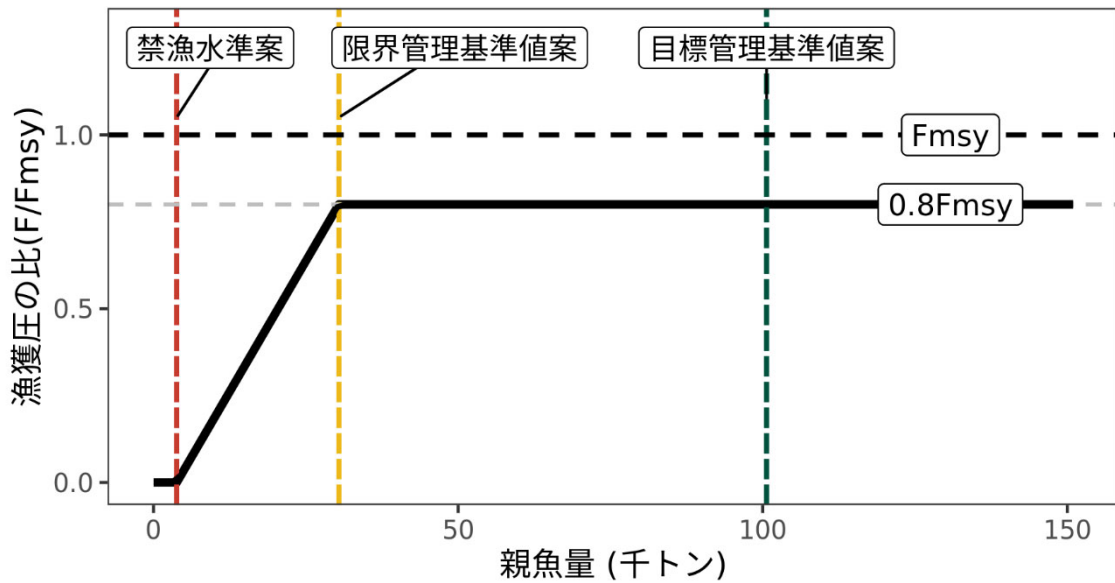


図 1-4. 管理基準値案および禁漁水準案と年齢別漁獲量曲線の関係

将来予測の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。図中の目標管理基準値案、限界管理基準値案および禁漁水準案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

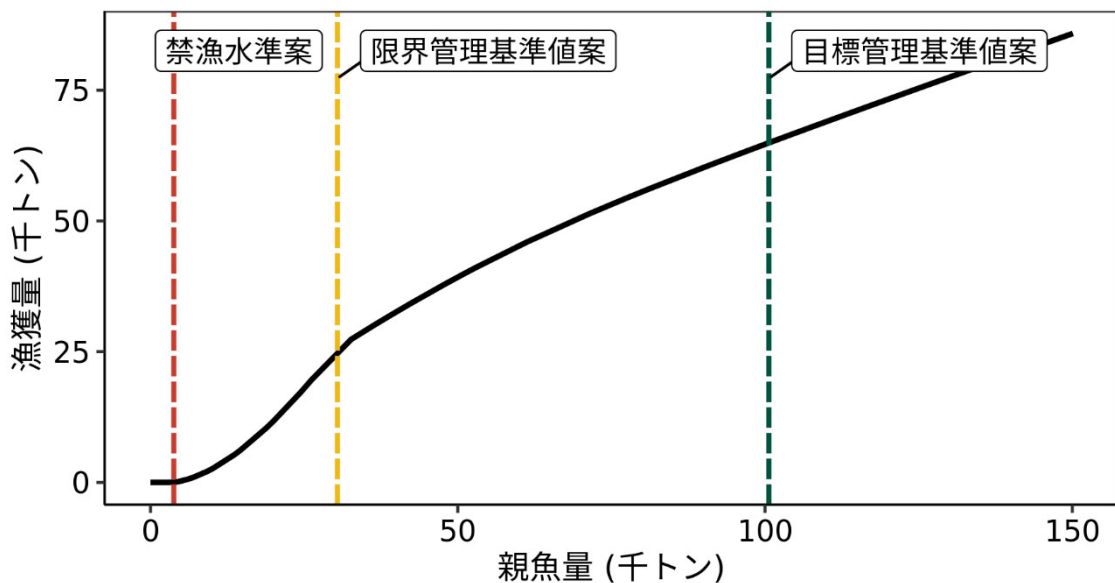


図 2-1. 漁獲管理規則 (HCR) 案

目標管理基準値案は HS 再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値案および禁漁水準案には、それぞれ標準値である $SB_{0.6msy}$ および $SB_{0.1msy}$ 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、緑破線は目標管理基準値案、黄色破線は限界管理基準値案、赤破線は禁漁水準案を示す。a) は縦軸を漁獲圧の比とした場合、b) は縦軸を漁獲量とした場合を示す。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。

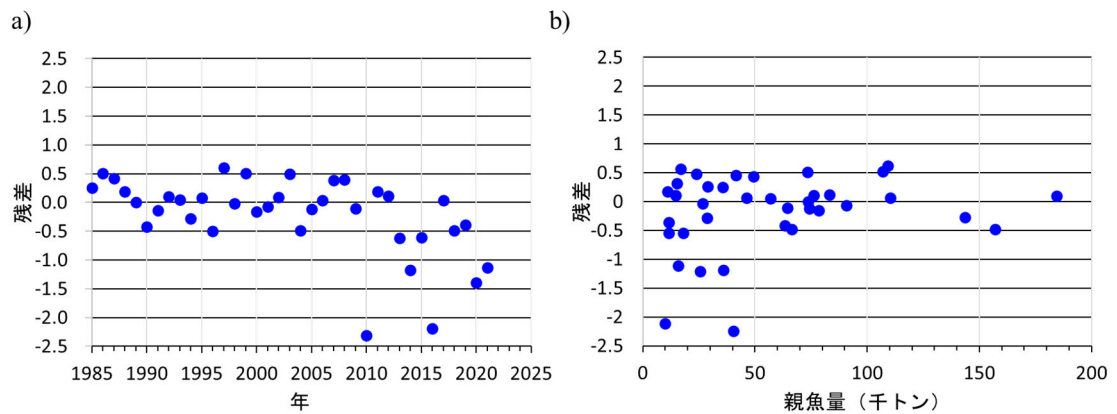


図 2-2. ホッケースティック再生産関係からの残差 ($\log(\text{予測値}/\text{観測値})$)
 左図 a) では横軸を年で表し、右図 b) では横軸を親魚量とした。

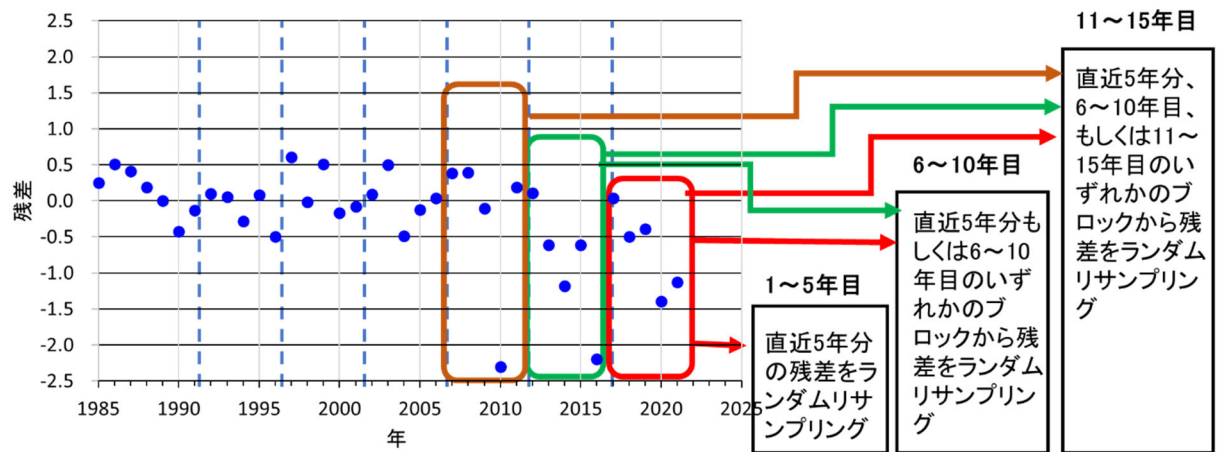


図 2-3. 近年の加入がホッケースティック再生産関係の予測値を下回る状況を考慮した
 低加入シナリオにおけるバックワード・リサンプリングの概念図

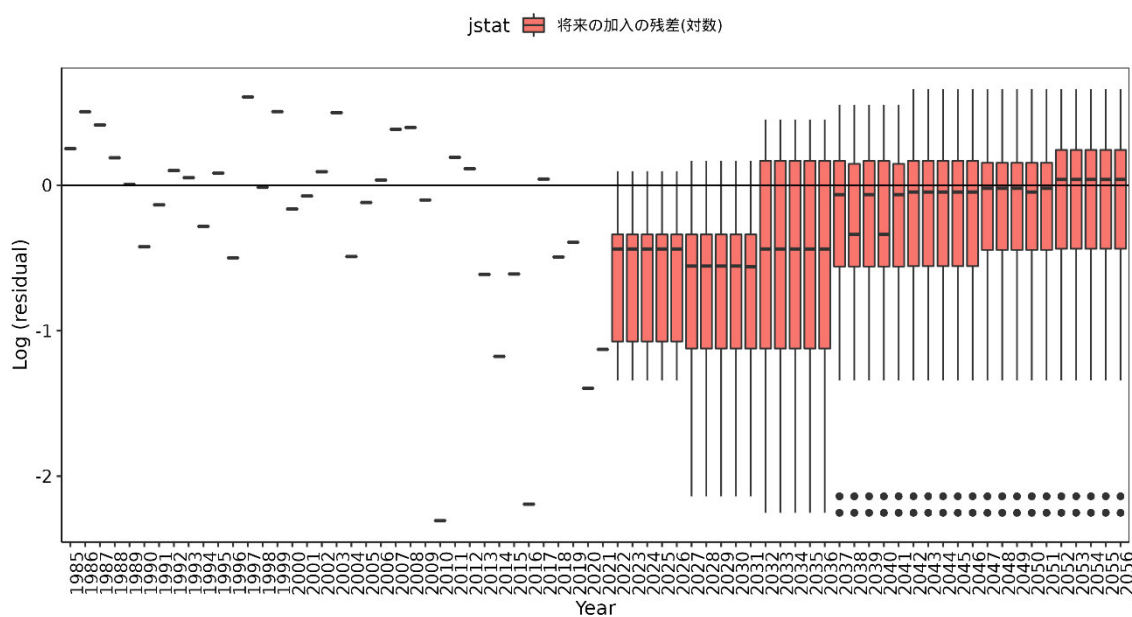
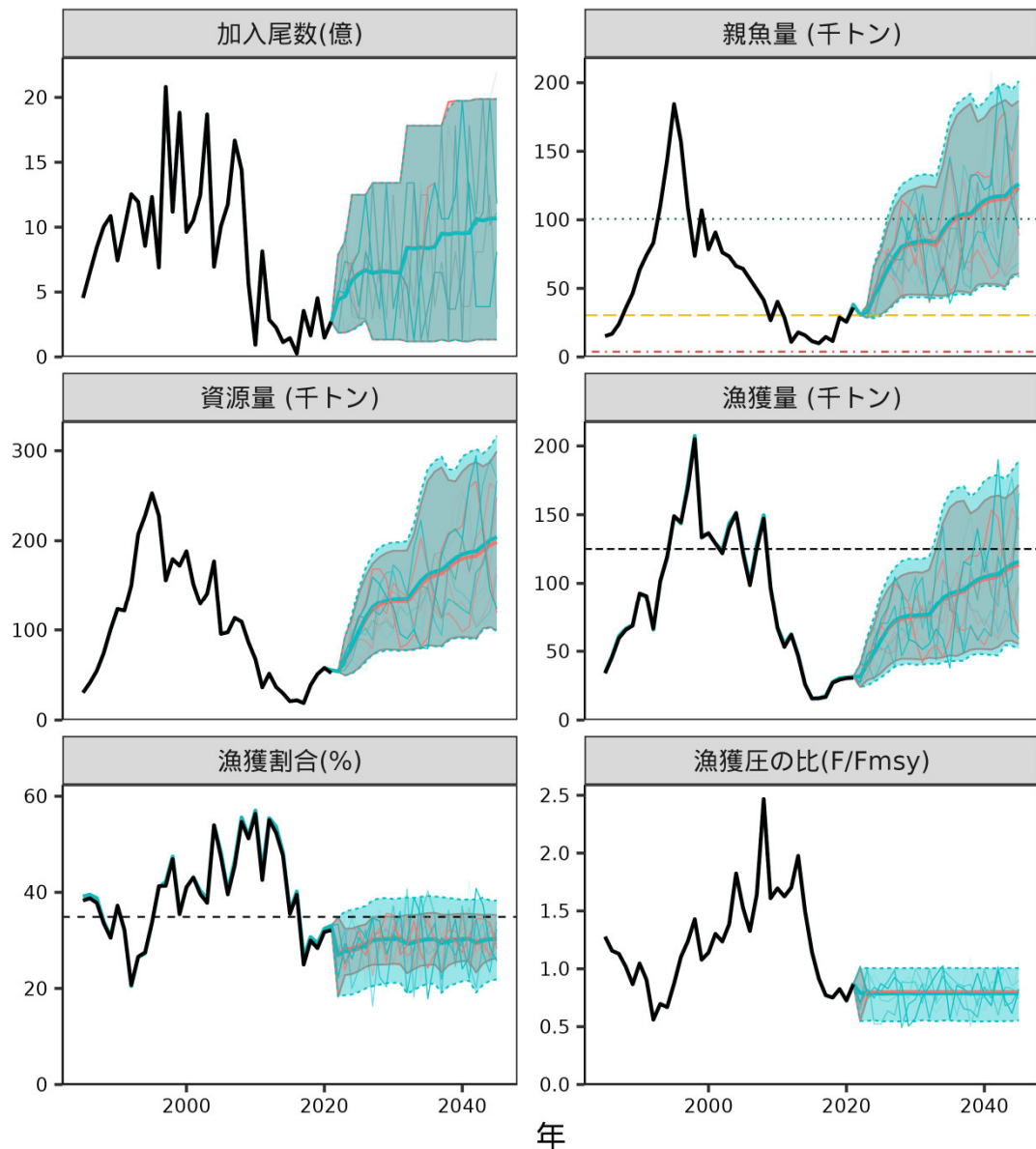


図 2-4. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小絶対値法で当てはめた場合の加入量の予測値に対する観測値の残差（1985～2021 年）と将来予測において用いた残差
令和 4 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において示された残差リサンプリングの結果と比べ、最初の 5 年の加入はやや多くなる。これは各ブロックでリサンプリングされる年の設定が異なるためであり、1 ブロック目は 2017～2021 年となり、非常に低加入であった 2016 年は 2 ブロック目のリサンプリング対象となる。



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

図 2-5. 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である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄色点線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2017～2021 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値により仮定した。漁獲管理規則案（2023 年以降）は標準の管理基準値案に基づく（図 2-1）。調整係数 β には 0.8 を用いた。比較のため 2017～2021 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

表 2-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2017~2021 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2017~2021 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	8	16	18	20	21	22	26	29	32	33	45
0.9	0	0	0	0	0	1	2	5	7	8	8	8	8	20	26	28	30	30	39	42	44	45	46	61
0.8	0	0	0	0	0	3	10	18	22	23	25	25	23	37	41	44	45	45	56	59	60	59	59	72
0.7	0	0	0	0	0	11	26	38	43	44	46	46	43	54	58	60	61	60	71	74	73	72	70	80
0.6	0	0	0	0	3	24	47	62	66	66	68	68	66	72	75	76	77	76	84	86	85	84	82	88
0.5	0	0	0	0	9	42	68	82	85	85	86	85	85	87	89	89	90	89	93	94	94	94	93	95
0.4	0	0	0	0	20	62	85	94	96	96	96	95	95	96	96	97	97	96	98	98	98	98	98	99
0.3	0	0	0	0	36	79	94	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	1	51	90	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	9	65	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	13	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	0	6	14	20	24	26	27	28	26	39	42	44	46	46	56	60	60	60	59	72

表 2-2. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2017~2021 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2017~2021 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	100	100	79	73	84	90	93	95	95	94	95	94	94	94	95	96	96	95	97	97	97	98	97	98
0.9	100	100	79	84	89	95	97	99	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99
0.8	100	100	79	94	96	99	99	100	100	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	79	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	100	100	79	88	94	98	99	99	100	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	100	99	100

表 2-3. 将来の親魚量が禁漁水準案を上回る確率 (%)

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2017～2021 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2017～2021 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表 2-4. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2017～2021 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2017～2021 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	3.6	3.1	3.3	3.9	4.4	4.8	5.3	5.6	5.7	5.8	5.9	5.9	5.8	6.5	7.0	7.2	7.4	7.4	7.8	8.1	8.3	8.4	8.4	9.4
0.9	3.6	3.1	3.3	4.2	4.8	5.5	6.2	6.7	6.8	6.9	7.0	7.0	6.9	7.7	8.3	8.6	8.7	8.7	9.2	9.5	9.7	9.8	9.8	11.0
0.8	3.6	3.1	3.3	4.5	5.3	6.3	7.2	7.9	8.1	8.2	8.3	8.3	8.2	9.0	9.7	10.1	10.2	10.3	10.8	11.2	11.4	11.5	11.5	12.8
0.7	3.6	3.1	3.3	4.8	5.9	7.3	8.5	9.4	9.7	9.8	9.8	9.8	9.7	10.6	11.4	11.9	12.0	12.1	12.7	13.1	13.4	13.5	13.5	15.0
0.6	3.6	3.1	3.3	5.1	6.6	8.4	10.0	11.0	11.4	11.6	11.7	11.6	11.5	12.4	13.4	14.0	14.2	14.3	14.9	15.5	15.8	16.0	16.0	17.8
0.5	3.6	3.1	3.3	5.5	7.3	9.6	11.7	13.0	13.6	13.8	13.9	13.9	13.7	14.8	15.9	16.6	16.9	17.0	17.8	18.4	18.8	19.0	19.1	21.2
0.4	3.6	3.1	3.3	5.8	8.2	11.1	13.7	15.5	16.2	16.5	16.7	16.8	16.6	17.7	19.0	19.9	20.3	20.5	21.4	22.2	22.7	22.9	23.0	25.7
0.3	3.6	3.1	3.3	6.2	9.2	12.8	16.1	18.4	19.5	20.0	20.4	20.5	20.4	21.6	23.1	24.2	24.8	25.1	26.1	27.0	27.7	28.1	28.2	31.6
0.2	3.6	3.1	3.3	6.7	10.2	14.8	18.9	21.9	23.6	24.5	25.1	25.4	25.4	26.8	28.5	29.9	30.8	31.2	32.4	33.6	34.4	35.0	35.2	39.6
0.1	3.6	3.1	3.3	7.1	11.5	17.0	22.3	26.3	28.8	30.3	31.4	32.1	32.2	33.9	36.0	37.7	39.0	39.7	41.2	42.6	43.8	44.6	45.1	51.0
0	3.6	3.1	3.3	7.6	12.8	19.6	26.3	31.7	35.4	38.0	39.9	41.2	41.8	44.0	46.6	49.0	50.8	52.0	53.9	55.8	57.5	58.7	59.5	68.1
現状の漁獲圧	3.6	3.1	3.3	4.4	5.3	6.4	7.4	8.0	8.3	8.4	8.5	8.5	8.4	9.2	9.9	10.3	10.4	10.4	11.0	11.4	11.6	11.7	11.7	13.0

表 2-5. 将来の平均漁獲量の推移（万トン）

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2017～2021 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2017～2021 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	3.1	3.2	4.9	5.3	6.0	6.5	6.9	7.1	7.2	7.2	7.2	7.4	8.1	8.6	8.9	9.1	9.3	9.7	10.0	10.2	10.4	10.5	10.9	12.0
0.9	3.1	3.2	4.5	5.2	5.9	6.6	7.1	7.3	7.4	7.4	7.4	7.6	8.3	8.8	9.1	9.2	9.4	9.9	10.1	10.3	10.4	10.6	11.0	12.0
0.8	3.1	3.2	4.1	4.9	5.8	6.6	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5	7.6	8.3	8.8	9.1	9.2	9.4	9.8	10.1	10.3	10.4	10.5	10.9	11.9
0.7	3.1	3.2	3.7	4.6	5.6	6.5	7.1	7.3	7.4	7.4	7.4	7.5	8.1	8.6	8.9	9.1	9.2	9.6	9.9	10.1	10.2	10.3	10.7	11.6
0.6	3.1	3.2	3.3	4.2	5.3	6.2	6.8	7.1	7.2	7.2	7.2	7.3	7.8	8.3	8.6	8.8	8.9	9.3	9.6	9.8	9.9	10.0	10.3	11.2
0.5	3.1	3.2	2.8	3.8	4.9	5.8	6.4	6.7	6.8	6.9	6.9	6.9	7.4	7.8	8.2	8.4	8.5	8.8	9.1	9.3	9.4	9.5	9.8	10.7
0.4	3.1	3.2	2.3	3.2	4.3	5.2	5.8	6.1	6.3	6.3	6.4	6.4	6.8	7.2	7.5	7.7	7.9	8.2	8.4	8.6	8.7	8.8	9.1	9.9
0.3	3.1	3.2	1.8	2.6	3.6	4.4	5.0	5.3	5.5	5.6	5.6	5.6	6.0	6.3	6.6	6.8	6.9	7.2	7.4	7.6	7.7	7.8	8.0	8.8
0.2	3.1	3.2	1.2	1.8	2.6	3.3	3.8	4.1	4.3	4.4	4.5	4.5	4.7	5.0	5.2	5.4	5.5	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.4	7.0
0.1	3.1	3.2	0.6	1.0	1.4	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6	2.7	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	4.4
0	3.1	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧	3.1	3.2	4.0	4.9	5.8	6.6	7.2	7.5	7.6	7.6	7.6	7.7	8.3	8.9	9.3	9.4	9.5	9.9	10.3	10.5	10.6	10.7	11.1	12.1

補足資料 1 将来予測の方法

令和 4 (2022) 年度ホッケ道北系群の資源評価 (FRA-SA2022-SC09-01) では 1985~2021 年の半期別・年齢別漁獲尾数を用いて半期単位のコホート解析を行ったが、将来予測では年単位のコホート解析の前進法を用いた ((1) 式)。漁獲尾数の計算をする際には、Baranov の漁獲方程式 ((2) 式) を使用した。なお資源評価ではプラスグループを 4+歳としたが、後述の親魚量計算では 4 歳と 5+歳に年齢別資源尾数を分ける必要があるため、将来予測でのコホートの前進計算では 5+歳をプラスグループとして計算した。5+歳のプラスグループの資源尾数は、前年の 4 歳と 5+歳の和から前進させた。5+歳の年齢別漁獲係数 F 、自然死亡係数、および成熟率は 4 歳と同じ値とした (補足表 1-1)。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (1)$$

$$C_{a,y} = F_{a,y} / (F_{a,y} + M) \times N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y} - M)) \quad (2)$$

各年の年齢別資源重量は (3) 式で求めた。

$$B_{a,y} = N_{a,y} \times w_{a,y}^{Jul} \quad (3)$$

ここで、 $w_{a,y}^{Jul}$ は y 年 a 歳の 7 月に相当する年齢別平均体重の予測値 (0 歳は 10 月相当) である。資源評価 (FRA-SA2022-SC09-1) において、0 歳の体重として 10 月の値を、1~4+歳の体重として 7 月の値を用いているため、将来予測にでも同様に、0 歳には 10 月時点に相当する体重を、1 歳以上は 7 月時点に相当する体重を予測モデルから与えた (補足資料 3)。予測モデルは、年齢別資源尾数と年齢別体重の負の非線形関係を考慮して、資源尾数から体重を予測するものである (FRA-SA2022-BRP02-03)。

また、各年の親魚量は資源評価との整合性をとるため (4) 式により計算した。

$$SSB_y = \sum_{a=1}^{4+} N_{a+1,y} \times m_a \times w_{a,y-1}^{Nov} \quad (4)$$

ここで m_a は a 歳における成熟率 (表 2) である。 $w_{a,y-1}^{Nov}$ は a 歳 $y-1$ 年の 11 月時点に相当する平均体重について前述のモデルから予測したものである。ホッケの産卵期は漁期末にあたるため、親魚量に対応する前年の漁期末の資源尾数は当年の 1 月 1 日の資源尾数と同等であると仮定している (補足資料 3)。

補足表 1-1. 将来予測計算に用いた各種設定

	選択率	F _{msy}	F ₂₀₁₆₋₂₀₁₉	資源量・漁獲量の計算に用いた平均重量 (最小-最大)* ¹	親魚量の計算に用いた平均重量 (最小-最大)* ²	自然死亡係数	成熟割合
	(注 1)	(注 2)	(注 3)	(g)	(g)		
0 歳	0.24	0.17	0.14	91 (89-105)	94 (92-109)	0.295	0
1 歳	0.89	0.65	0.53	175 (168-198)	210 (92-239)	0.295	0.8
2 歳	0.91	0.67	0.54	287 (277-326)	329 (316-374)	0.295	1
3 歳	1.01	0.74	0.60	364 (352-413)	389 (373-442)	0.295	1
4 歳	1.00	0.73	0.59	401 (387-455)	409 (392-465)	0.295	1
5 歳 以上	1.00	0.73	0.59	401 (387-455)	-	0.295	1

注 1： 令和 4 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 3 年度資源評価での F_{current} の選択率）。

注 2： 令和 4 年度研究機関会議で推定された F_{msy}（すなわち、令和 3 年度資源評価での F_{current} に F_{msy}/F_{current} を掛けたもの）。

注 3： 上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2016～2019 年の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。

*1 漁獲量および資源量の計算に用いた、予測モデルに基づく体重の平均値および範囲（0 歳は 10 月、1 歳以上は 7 月の体重に相当）

*2 親魚量の計算に用いた、予測モデルに基づく体重の平均値および範囲（11 月の体重に相当）

補足資料 2. 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 2-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a (百万尾/トン)	b (トン)	S.D.	ρ
ホッケー・ステイック型	最小絶対値法	無	0.0233	48,640	0.690	0

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D. は加入量の標準偏差、 ρ は自己相関係数である。

補足表 2-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	101 千トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)。
SBlimit 案	30 千トン	限界管理基準値案。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)。
SBban 案	4 千トン	禁漁水準案。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)。
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) =(0.17, 0.65, 0.67, 0.74, 0.73, 0.73)	
%SPR (Fmsy)	12.9%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	125 千トン	最大持続生産量 MSY

補足表 2-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2021	36 千トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) =(0.04, 0.58, 0.74, 0.7, 0.67, 0.67)	
U2021	32%	2021 年の漁獲割合
%SPR (F2021)	15.6%	2021 年の%SPR
%SPR (F2017-2021)	17.4%	現状 (2017～2021 年) の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2021/ SBmsy (SBtarget)	0.36	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値案)に対する 2021 年の親魚量の比
F2021/ Fmsy	0.87	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2021 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

* 2021 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 2-4. 予測漁獲量と予測親魚量

2023 年の親魚量(予測平均値):36 千トン			
項目	2023 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2017-2021)	2023 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	49	0.99	34
$\beta=0.9$	45	0.89	31
$\beta=0.8$	41	0.79	28
$\beta=0.7$	37	0.69	25
$\beta=0.6$	33	0.59	22
$\beta=0.5$	28	0.50	19
$\beta=0.4$	23	0.40	16
$\beta=0.3$	18	0.30	12
$\beta=0.2$	12	0.20	8
$\beta=0.1$	6	0.10	4
$\beta=0$	0	0.00	0
F2017-2021	40	0.79	28

補足表 2-5. 異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量、2022 年の漁獲圧					
β	2023 年の 親魚量 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2023 年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	58	34 – 84	2	94	100
$\beta=0.9$	69	42 – 98	8	98	100
$\beta=0.8$	82	51 – 114	23	99	100
$\beta=0.7$	97	62 – 133	43	100	100
$\beta=0.6$	115	75 – 156	66	100	100
$\beta=0.5$	137	92 – 184	85	100	100
$\beta=0.4$	166	114 – 220	95	100	100
$\beta=0.3$	204	143 – 266	99	100	100
$\beta=0.2$	254	181 – 327	100	100	100
$\beta=0.1$	322	236 – 410	100	100	100
$\beta=0$	418	313 – 524	100	100	100
F2017-2021	84	50 – 120	26	99	100

補足表 2-6. 漁獲管理規則に対応する将来予測

2023 年以降、HCR (0.8F_{msy}) で漁獲を行った場合の平均的な将来予測結果

年齢別漁獲係数 (F 値)

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	0.04	0.11	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
1	0.58	0.49	0.51	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
2	0.74	0.60	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
3	0.70	0.65	0.58	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
4	0.67	0.61	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
5+	0.67	0.60	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
平均	0.56	0.51	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49

年齢別平均資源尾数(百万尾)

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	272	439	467	598	645	673	648	661
1	108	195	295	303	387	418	436	420
2	114	45	89	132	135	172	186	194
3	32	41	19	39	58	59	75	81
4	9	12	16	8	16	24	24	31
5+	2	4	6	9	7	10	14	16
計	537	736	893	1089	1248	1356	1383	1402

年齢別平均体重(トン)

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	90.0	101.9	99.9	97.9	96.4	95.5	95.3	95.2
1	182.6	192.6	188.8	185.0	182.2	180.5	180.2	180.0
2	304.4	316.5	310.1	303.9	299.4	296.5	296.0	295.7
3	382.5	401.0	393.0	385.1	379.4	375.7	375.1	374.7
4	421.3	441.9	433.1	424.3	418.0	414.0	413.3	412.9
5+	421.3	441.9	433.1	424.3	418.0	414.0	413.3	412.9

年齢別平均資源量(トン)

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	24	45	47	58	62	64	62	63
1	20	38	56	56	71	75	79	76
2	35	14	28	40	40	51	55	57
3	12	16	7	15	22	22	28	30
4	4	5	7	3	7	10	10	13
5+	1	2	3	4	3	4	6	7
計	96	120	147	177	205	227	239	245

*2021 年は VPA から得られた推定値

補足表 2-7. 漁獲管理規則に対応する将来予測

2023 年以降も現状の漁獲圧を継続した場合（2017～2021 年の漁獲係数のランダムサンプリング）の平均的な将来予測結果

年齢別漁獲係数（F 値）

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	0.04	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11
1	0.58	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
2	0.74	0.60	0.61	0.61	0.60	0.61	0.60	0.60
3	0.70	0.65	0.65	0.65	0.65	0.66	0.65	0.65
4	0.67	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
5+	0.67	0.60	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
平均	0.56	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

年齢別平均資源尾数(百万尾)

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	272	439	467	589	639	669	645	658
1	108	195	295	314	396	431	450	434
2	114	45	89	136	144	182	198	207
3	32	41	19	37	56	60	75	82
4	9	12	16	7	15	22	23	30
5+	2	4	6	9	7	9	13	15
計	537	736	893	1093	1257	1372	1405	1425

年齢別平均体重(トン)

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	90.0	101.9	99.9	97.8	96.4	95.4	95.2	95.1
1	182.6	192.6	188.8	184.9	182.2	180.3	179.9	179.7
2	304.4	316.5	310.1	303.8	299.2	296.2	295.6	295.2
3	382.5	401.0	393.0	385.0	379.2	375.3	374.6	374.1
4	421.3	441.9	433.1	424.2	417.8	413.6	412.7	412.2
5+	421.3	441.9	433.1	424.2	417.8	413.6	412.7	412.2

年齢別平均資源量(トン)

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	24	45	47	58	62	64	61	63
1	20	38	56	58	72	78	81	78
2	35	14	28	41	43	54	59	61
3	12	16	7	14	21	22	28	31
4	4	5	7	3	6	9	10	12
5+	1	2	3	4	3	4	5	6
計	96	120	147	178	207	231	244	251

*2021 年は VPA から得られた推定値

補足資料 3 将来予測計算における年齢別体重の仮定

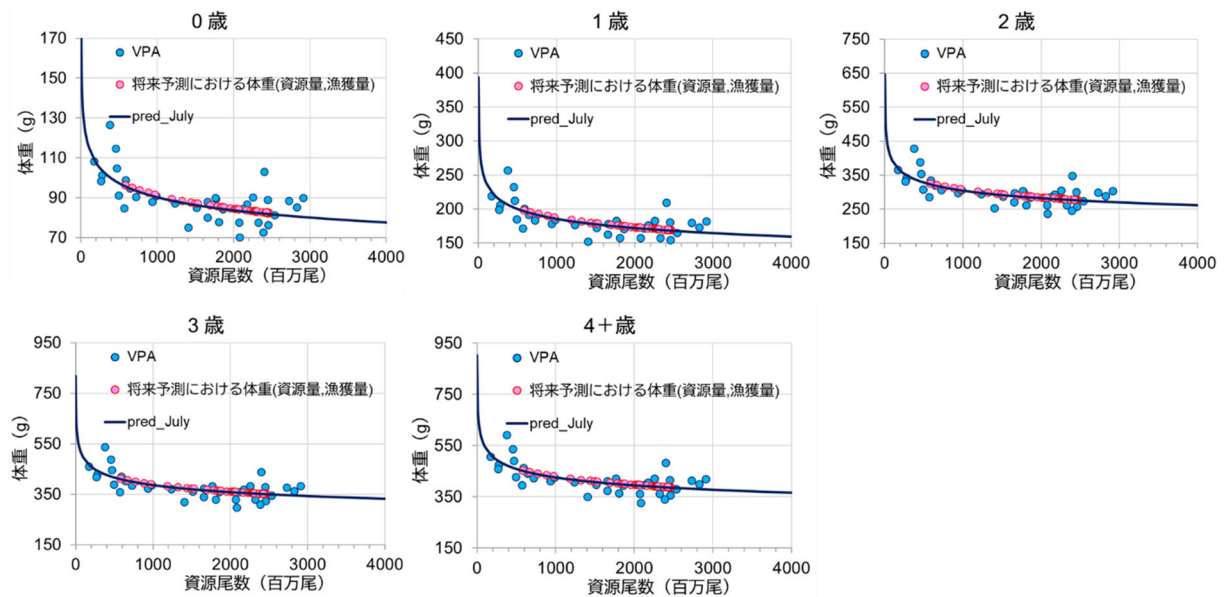
本系群では、年齢別資源尾数と年齢別体重とに負の関係が見られることから、令和 4 年 7 月の「管理基準値等に関する研究機関会議」では、MSY を実現する水準の推定や将来予測では下記に示した資源尾数（個体数）に影響を受ける非線形の体重の予測モデルを用いた（FRA-SA2022-BRP02-03）。

〔資源尾数から体重を予測するモデル〕

$$\log(w_{a,m,y}) = \log\left(w_{\infty,m,y}\left(1 - \exp\left(-K_{m,y}(a + e_m + d_a - a_{o,m,y})\right)\right)\right) + \varepsilon_{a,m,y}$$

ここで、 a は年齢（0～4+歳）、 m は月（1 月、7 月、11 月）、 y は年（1985～2020 年）である。成長は von Bertalanffy の曲線に従うとして、その係数（ w_{∞} 、 K 、 a_0 ）が資源尾数の対数値の関数となっているとした。当てはまりを良くするために、係数にランダム効果を入れている。 e_m は月のずれの効果で、 d_a は年齢による成長曲線からのずれを補正する効果である（詳細は、FRA-SA2022-BRP02-03 を参照のこと）。

本報告における将来予測計算では、上記の資源尾数に影響を受ける体重の予測モデルから得られた体重（補足図 3-1）を用いた。



補足図 3-1. 資源尾数に影響を受ける体重の予測モデル（FRA-SA2022-BRP02-03）を用いた各年齢の資源尾数と体重の関係

横軸は資源尾数（百万尾）、縦軸は各年齢の体重（g）である。青丸は VPA における全資源尾数と各年齢の体重、ピンク印は将来予測における全資源尾数と各年齢の体重、青線は資源尾数に影響を受ける各年齢の体重の予測モデルである。

引用文献

岡村 寛・森田晶子・市野川桃子 個体数に影響を受ける体重の予測モデル-ホッケ道北系群の場合- (2022) FRA-SA2022-BRP02-03

補足資料 4 2022 年の漁獲圧として 2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングを行った場合の将来予測

本資料では、令和 4 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において示した将来予測結果との比較のため、本報告で示した資源評価データを用い、資源評価最終年の翌年の漁獲圧の仮定において、2016～2019 年の年齢別漁獲係数をランダムサンプリングする方法を用いた将来予測結果を示す。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	8	16	18	20	21	22	26	29	32	33	45
0.9	0	0	0	0	0	0	2	5	7	8	8	8	8	20	26	28	30	30	39	42	44	45	46	61
0.8	0	0	0	0	0	3	10	17	21	23	25	25	23	37	41	44	45	45	56	59	60	59	59	72
0.7	0	0	0	0	0	10	25	37	43	44	46	46	43	54	58	60	61	60	71	74	73	72	70	80
0.6	0	0	0	0	2	24	47	62	65	66	68	67	66	72	75	76	77	76	84	86	85	84	82	88
0.5	0	0	0	0	9	41	68	81	85	85	86	85	85	87	89	89	90	89	93	94	94	94	93	95
0.4	0	0	0	0	19	61	85	94	96	96	96	95	95	96	96	97	97	96	98	98	98	98	98	99
0.3	0	0	0	0	34	78	94	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	1	49	89	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	7	64	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	12	78	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	0	4	11	18	20	22	23	24	22	35	39	42	43	42	52	55	57	56	56	69

補足表 4-2. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	100	100	76	72	84	90	93	95	95	94	95	94	94	94	95	96	96	95	97	97	97	98	97	98
0.9	100	100	76	83	89	95	97	99	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99
0.8	100	100	76	92	95	98	99	100	100	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	76	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	100	100	76	86	93	97	98	99	99	99	99	99	99	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	100

補足表 4-3. 将来の親魚量が禁漁水準案を上回る確率 (%)

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	100	100	100	100	100	100	100	100	100

補足表 4-4. 将来の平均親魚量の推移 (万トン)

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	3.6	3.1	3.3	3.9	4.3	4.8	5.2	5.6	5.7	5.8	5.9	5.9	5.8	6.5	7.0	7.2	7.4	7.4	7.8	8.1	8.3	8.4	8.4	9.4
0.9	3.6	3.1	3.3	4.2	4.8	5.5	6.1	6.7	6.8	6.9	7.0	7.0	6.9	7.7	8.3	8.6	8.7	8.7	9.2	9.5	9.7	9.8	9.8	11.0
0.8	3.6	3.1	3.3	4.4	5.3	6.3	7.2	7.9	8.1	8.2	8.3	8.3	8.2	9.0	9.7	10.1	10.2	10.3	10.8	11.2	11.4	11.5	11.5	12.8
0.7	3.6	3.1	3.3	4.7	5.9	7.2	8.5	9.3	9.6	9.8	9.8	9.8	9.7	10.6	11.4	11.9	12.0	12.1	12.7	13.1	13.4	13.5	13.5	15.0
0.6	3.6	3.1	3.3	5.1	6.5	8.3	9.9	11.0	11.4	11.6	11.6	11.6	11.5	12.4	13.4	14.0	14.2	14.3	14.9	15.5	15.8	16.0	16.0	17.8
0.5	3.6	3.1	3.3	5.4	7.3	9.6	11.6	13.0	13.6	13.8	13.9	13.9	13.7	14.8	15.9	16.6	16.9	17.0	17.8	18.4	18.8	19.0	19.1	21.2
0.4	3.6	3.1	3.3	5.8	8.1	11.0	13.6	15.4	16.2	16.5	16.7	16.8	16.6	17.7	19.0	19.9	20.3	20.5	21.4	22.2	22.7	22.9	23.0	25.7
0.3	3.6	3.1	3.3	6.2	9.1	12.7	16.0	18.3	19.5	20.0	20.4	20.5	20.4	21.6	23.1	24.2	24.8	25.1	26.1	27.0	27.7	28.1	28.2	31.6
0.2	3.6	3.1	3.3	6.6	10.1	14.7	18.8	21.9	23.6	24.5	25.1	25.4	25.4	26.8	28.5	29.9	30.8	31.2	32.4	33.6	34.4	35.0	35.2	39.6
0.1	3.6	3.1	3.3	7.0	11.3	16.9	22.2	26.2	28.7	30.3	31.4	32.1	32.2	33.9	36.0	37.7	39.0	39.7	41.2	42.6	43.8	44.6	45.1	51.0
0	3.6	3.1	3.3	7.5	12.7	19.5	26.2	31.6	35.4	38.0	39.9	41.2	41.8	44.0	46.6	49.0	50.8	52.0	53.9	55.8	57.5	58.7	59.5	68.1
現状の漁獲圧	3.6	3.1	3.3	4.4	5.2	6.1	7.0	7.7	7.9	8.0	8.1	8.1	8.0	8.9	9.5	9.9	10.0	10.0	10.6	11.0	11.2	11.3	11.3	12.6

補足表 4-5. 将来の平均漁獲量の推移（万トン）

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 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2053
1	3.1	3.3	4.8	5.3	5.9	6.5	6.9	7.0	7.1	7.2	7.2	7.4	8.1	8.6	8.9	9.1	9.3	9.7	10.0	10.2	10.4	10.5	10.9	12.0
0.9	3.1	3.3	4.4	5.1	5.9	6.6	7.1	7.3	7.4	7.4	7.4	7.6	8.3	8.8	9.1	9.2	9.4	9.9	10.1	10.3	10.4	10.6	11.0	12.0
0.8	3.1	3.3	4.0	4.9	5.8	6.6	7.1	7.3	7.5	7.5	7.5	7.6	8.3	8.8	9.1	9.2	9.4	9.8	10.1	10.3	10.4	10.5	10.9	11.9
0.7	3.1	3.3	3.6	4.6	5.6	6.4	7.0	7.3	7.4	7.4	7.4	7.5	8.1	8.6	8.9	9.1	9.2	9.6	9.9	10.1	10.2	10.3	10.7	11.6
0.6	3.1	3.3	3.2	4.2	5.3	6.2	6.8	7.1	7.2	7.2	7.2	7.3	7.8	8.3	8.6	8.8	8.9	9.3	9.6	9.8	9.9	10.0	10.3	11.2
0.5	3.1	3.3	2.7	3.7	4.8	5.8	6.4	6.7	6.8	6.9	6.9	6.9	7.4	7.8	8.2	8.4	8.5	8.8	9.1	9.3	9.4	9.5	9.8	10.7
0.4	3.1	3.3	2.2	3.2	4.3	5.2	5.8	6.1	6.3	6.3	6.4	6.4	6.8	7.2	7.5	7.7	7.9	8.2	8.4	8.6	8.7	8.8	9.1	9.9
0.3	3.1	3.3	1.7	2.6	3.5	4.4	5.0	5.3	5.5	5.6	5.6	5.6	6.0	6.3	6.6	6.8	6.9	7.2	7.4	7.6	7.7	7.8	8.0	8.8
0.2	3.1	3.3	1.2	1.8	2.6	3.3	3.8	4.1	4.3	4.4	4.5	4.5	4.7	5.0	5.2	5.4	5.5	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.4	7.0
0.1	3.1	3.3	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.4	2.6	2.6	2.7	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	4.4
0	3.1	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧	3.1	3.3	4.1	4.9	5.8	6.6	7.1	7.4	7.5	7.6	7.6	7.7	8.3	8.9	9.2	9.3	9.5	9.9	10.2	10.4	10.5	10.7	11.0	12.0