

ホッケ道北系群における 0～2 歳魚および 0～3 歳魚の合計漁獲量が最大となる時の親魚量を目標とした漁獲管理規則に基づく将来予測の検討

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

底魚資源部、漁業情報解析部

森田晶子、境 磨、千葉 悟、濱邊昂平、濱津友紀、市野川桃子、岡村 寛

【はじめに】

水産庁からの依頼への対応として、以下の項目について検討した。

ホッケ道北系群について、0～2 歳（シナリオ 1）および 0～3 歳（シナリオ 2）の合計漁獲量が最大となる時（この漁獲量を全年齢の MSY に対する比率（パーセント）を用いて $xx\%MSY$ と表記する）の親魚量（ $SB_{xx\%msy}$ ）を試算し、その親魚量を目標とした漁獲管理規則（漁獲圧には $F_{xx\%msy}$ を用いる）に基づく将来予測を実施した。次に $SB_{xx\%msy}$ を目標とし、管理開始 10 年後に親魚量が $SB_{xx\%msy}$ を上回る確率、各年の平均漁獲量、各年の平均親魚量を含む将来予測を行ったほか、各シナリオの将来予測におけるパフォーマンス評価およびリスク評価を行った。

【背景】

令和 4 年 7 月に開催されたホッケ道北系群の研究機関会議において、全年齢（0～5 歳以上）の漁獲量最大化（MSY）を目標とし、そのときの親魚量（ SB_{msy} ）が目標管理基準値として提案され（森田ほか 2022a、図 1）、MSY を達成した状態で推定される漁獲物の年齢組成では 4 歳以上の割合が高くなることが示された。その後、令和 5 年 3 月に開催された資源評価結果説明会での議論において「需要が高いサイズの魚の漁獲量を最大化するような目標設定をした場合の管理基準値等について、具体的な条件が定まったら試算して欲しい」という意見が出されたことを受け、水産庁から 0～2 歳魚および 0～3 歳魚の合計漁獲量が最大となる親魚量を目標とした場合の管理方策について試算を依頼された（補足資料）。そこで、研究機関会議で提案された年齢別の等漁獲量曲線をもとに、0～2 歳魚および 0～3 歳魚の漁獲量の最大化が期待される親魚量を求め、この時の親魚量を目標とする漁獲管理規則に基づく場合の将来予測等の計算を行った。なお、これらの将来予測では、令和 5 年度ホッケ道北系群の資源評価（FRA-SA2023-SC15-01）と同様に、加入量の残差には 5～10 年程度は類似した低加入の傾向が継続することを想定したシナリオを用いた。

【方法】

本種の令和 3 年度資源解析結果（森田ほか 2022b）に基づいて令和 4 年 7 月に開催され

た研究機関会議で提案された漁獲量曲線（森田ほか 2022a）をもとに、0～2 歳魚および 0～3 歳魚が最大となるときの全年齢合計の漁獲量および平均親魚量を求めた。その際、漁獲量曲線上の全年齢の合計漁獲量を $xx\%MSY$ （全年齢に対する MSY に対する比）として、 $xx\%$ の値を 1%間隔で探索した。令和 5 年度の資源評価において、 $xx\%MSY$ が達成される親魚量（ $SB_{xx\%msy}$ ）を目標親魚量とし、この目標を達成すると期待される $F_{xx\%msy}$ にもとづく漁獲管理規則を導入した場合の親魚量および漁獲量の将来予測ならびに目標の達成確率を示した。なお、将来予測では目標として $SB_{xx\%msy}$ を用いるが、限界管理基準値および禁漁水準値については研究機関会議で提案された、 $SB_{60\%msy}$ および $SB_{10\%msy}$ （森田ほか 2022a）を用いた。

また、それぞれのシナリオにおけるパフォーマンス評価（カテゴリ分け）およびリスク評価を行った。なお、ガイドラインにおけるカテゴリ分けでは、「漁獲シナリオとなりうる漁獲管理規則の必要条件は、資源回復目標を満たすもの（たとえば 10 年後の親魚資源量が 50%以上の確率で目標管理基準値を上回る、 $Pr(SB_{10} > SB_{target}) \geq 50$ ）であるが、この必要条件を満たさないものをカテゴリ 0 として定義する。また、この必要条件を満たすカテゴリ 1 以上のものは、1～3 の 3 つに分類する。数字の大きさが大きいほど保守的なルールになっており、基本ルールと同等またはそれ以上のパフォーマンスを示す管理ルールは 2 以上のカテゴリとなる。」「カテゴリ 1 の管理は基本的に推奨しないが、仮に採用になった場合のリスクを十分に説明する。カテゴリ 0 の管理は推奨しない。」と記載されている（FRA-SA2023-ABCWG02-06）。一方、ガイドラインにおけるカテゴリ分けは、管理基準値が同じで基本的な漁獲管理規則とは異なる漁獲管理規則を用いる場合のパフォーマンスを比較するためのランク分けとなっており、今回の試算のように目標とする親魚量が異なる場合には同じランクと判断された場合でも、リスクが同等と判断されるわけではないことに注意が必要である。今回の試算ではリスクの指標はガイドラインおよび市野川ほか（2022）に基づき、管理開始後 10 年間に 1 度でも限界管理基準値案を下回る確率、禁漁水準案を下回る確率、漁獲量が半減する確率とした。また、漁獲量に関する指標として、平均年変動（AAV：annual average variation）、平均減少率（ADR:average depletion ratio）、最大減少率（MDR：maximum depletion ratio）、最低漁獲量（MinC：minimum catch）について計算した。

【結果】

（1） 0～2 歳および 0～3 歳の合計漁獲量が最大となる場合の親魚量および将来予測

0～2 歳および 0～3 歳の合計漁獲量が最大となる位置に最も近い $xx\%$ の値はそれぞれ 98% および 99%であり、この時の全年齢の平均漁獲量である $98\%MSY$ （ $age2MSY$ ）および $99\%MSY$ （ $age3MSY$ ）はそれぞれ 12.3 万トンと 12.4 万トン、その時の平均親魚量である $SB_{98\%msy}$ および $SB_{99\%msy}$ はそれぞれ 7.7 万トンと 8.3 万トンであった（図 1、表 1）。2022 年の親魚量（5.9 万トン）は $SB_{98\%msy}$ および $SB_{99\%msy}$ を下回り、漁獲圧は $F_{98\%msy}$

(age2Fmsy) および F99%msy (age3Fmsy) をいずれも下回った (図 2)。令和 5 年度資源評価における 2022 年の漁獲圧 (F2022) は、98%MSY (age2MSY) を実現する漁獲圧 F98%msy (age2Fmsy) の 0.27 倍、99%MSY (age3MSY) を実現する漁獲圧 F99%msy (age3Fmsy) の 0.29 倍である。

0～2 歳の平均漁獲量が最大となる場合の親魚量である SB98%msy および 0～3 歳の平均漁獲量が最大となる場合の親魚量である SB99%msy を目標親魚量とし、それぞれ F98%msy (age2Fmsy) および F99%msy (age3Fmsy) による漁獲管理規則案 (図 3、4) に基づく将来予測の結果を表 2～5 および図 5～6 に示す。なお、比較のため、SBmsy を目標親魚量とし、Fmsy による漁獲管理規則に基づく場合の将来予測結果についても併記した。

管理開始後 10 年後の 2034 年に親魚量が SB98%msy を上回る確率は、 β が 0.6 以下であれば 50%以上と予測されるが、 β が 0.7 では 39%と予測された (表 2a)。同様に、10 年後の親魚量が SB99%msy を上回る確率は、 β が 0.6 以下であれば 50%以上と予測されるが、 β が 0.7 では 37%と予測された (表 2b)。また、10 年後の親魚量が SBmsy を上回る確率は、 β が 0.6 の時は 55%、 β が 0.7 の時は 31%であり (表 2c)、いずれのシナリオにおいても β が 0.6 以下であれば 50%以上の確率となる。

管理開始後 10 年後の 2034 年に親魚量が限界管理基準値案を上回る確率は、Fmsy による漁獲管理規則を適用した場合では β が 0.7 以下では 100%、 β が 0.8～1.0 の時に 90%以上になるのに対し (表 3c)、F98%msy (age2Fmsy) および F99%msy (age3Fmsy) を適用する場合では、 β が 0.6 以下の時に 100%となる一方、 β が 0.7～0.8 の時に 95～99%、 β が 0.9～1.0 の時に 70～89% (表 3a、3b) となる。F98%msy (age2Fmsy) や F99%msy (age3Fmsy) による漁獲管理規則では、Fmsy を適用する場合と比べて目標とする親魚量が下がる (目標とする F が高くなる) ことにより限界管理基準値案を下回るリスクは若干増加する。

F98%msy (age2Fmsy) による漁獲管理規則を適用する場合、管理開始から 10 年後の 2034 年の親魚量の予測値は、 β が 0.6 の場合は 8.8 万トン、 β が 0.7 の場合は 7.2 万トンと予測された (表 4a)。F99%msy (age3Fmsy) による漁獲管理規則を適用する場合では、 β が 0.6 では 9.2 万トン、 β が 0.7 では 7.6 万トンと予測された (表 4b)。

F98%msy (age2Fmsy) を用いた漁獲管理規則を適用する場合、管理開始から 10 年後の 2034 年の漁獲量は β が 0.6～0.7 で 7.5 万～7.6 万トン (表 5a)、F99%msy (age3Fmsy) を用いた漁獲管理規則も β が 0.6～0.7 で 7.5 万～7.6 万トン (表 5b) になるが、Fmsy を用いた漁獲管理規則では β が 0.6～0.7 で 7.2 万～7.5 万トンと若干小さくなる (表 5c)。

(2) 0～2 歳および 0～3 歳の合計漁獲量を最大とする場合のリスク評価

0～2 歳の合計漁獲量を最大とする場合の F98%msy (age2Fmsy)、0～3 歳の合計漁獲量を最大とする場合の F99%msy (age3Fmsy) および Fmsy による漁獲管理規則を適用した場合のそれぞれについて、パフォーマンス評価を行った (表 6)。F98%msy (age2Fmsy) による漁獲管理規則に基づく場合、リスクの指標である 10 年間に親魚量が一度でも限界管理基準

値案を下回る確率は、 β が 0.6 の時に 1%、 β が 0.7 の時には 5%となる一方、禁漁水準案を下回る確率および漁獲量が半減する確率は 0%となった（表 6a）。F99%msy (age3Fmsy) の場合は、10 年間に親魚量が一度でも限界管理基準値案を下回る確率は、 β が 0.6 の時は 0%、 β が 0.7 の時に 3%となる一方、禁漁水準案を下回る確率および漁獲量が半減する確率は 0%となった（表 6b）。

管理開始 1 年目である 2024 年の平均漁獲量は、Fmsy による漁獲管理規則に基づく場合、 β 0.6 の時 4.6 万トン、 β が 0.7 の時に 5.2 万トンであるのに対し（表 6c）、F98%msy (age2Fmsy) では、 β が 0.6 の時に 5.3 万トン、 β が 0.7 の時に 6.0 万トン、F99%msy (age3Fmsy) ではそれぞれの β で 5.1 万トン、5.8 万トンとなり、Fmsy で管理した場合の将来予測結果に比べてそれぞれの β で 0.5 万トン程度多くなった。

管理開始 2～5 年目（2025～2028 年）に予測される平均漁獲量は、Fmsy による漁獲管理規則に基づく場合、 β が 0.6 と β が 0.7 の時にそれぞれ 6.0 万トンと 6.3 万トンであるのに対し（表 6c）、F98%msy (age2Fmsy) ではそれぞれ 6.3 万トンと 6.6 万トン（表 6a）、F99%msy (age3Fmsy) ではそれぞれ 6.3 万トンと 6.5 万トン（表 6b）と Fmsy に比べて若干多くなった。一方、管理開始 6～10 年目（2029～2033 年）の平均漁獲量は、Fmsy の場合、 β が 0.6 と β が 0.7 の時にそれぞれ 6.6 万トンと 6.8 万トンであったのに対し、F98%msy (age2Fmsy) では β が 0.6 および β が 0.7 の時に 6.8 万トン、F99%msy (age3Fmsy) では、それぞれの β で 6.7 万トンと 6.8 万トンと Fmsy に比べて若干多くなった。

管理開始 10 年後である 2034 年の平均親魚量は、Fmsy の場合、 β が 0.6 と 0.7 でそれぞれ 10.5 万トンと 8.9 万トンであるのに対し、F98%msy (age2Fmsy) ではそれぞれ 8.8 万トンと 7.2 万トン、F99%msy (age3Fmsy) ではそれぞれ 9.2 万トンと 7.6 万トンと Fmsy に比べて 13～19%少なくなった（表 6）。

管理期間 10 年間で予測される漁獲量の変動の指標として、平均年変動（AAV: annual average variation）、平均減少率（ADR: average depletion ratio）、最大減少率（MDR: maximum depletion ratio）、および最低漁獲量（MinC: minimum catch）を各漁獲管理規則の間で比較した。AAV は、Fmsy では β が 0.6 と 0.7 の時に 0.15 であるのに対し、F98%msy (age2Fmsy) および F99%msy (age3Fmsy) においてもいずれも 0.15 となった。ADR は Fmsy では β が 0.6 と 0.7 の時にそれぞれ -0.10 および -0.12 であるのに対し、F98%msy (age2Fmsy) ではそれぞれ -0.12 および -0.13、F99%msy (age3Fmsy) では、 β が 0.6 で -0.11、 β が 0.7 の時に -0.13 であった。また MDR は Fmsy では β が 0.6 と 0.7 の時にそれぞれ -0.16 および -0.18 であるのに対し、F98%msy (age2Fmsy) と F99%msy (age3Fmsy) ではそれぞれ -0.18 および -0.20 であった。さらに MinC は Fmsy では β が 0.6 と 0.7 の時に 4.2 万トンと 4.5 万トンであるのに対し、F98%msy (age2Fmsy) ではそれぞれ 4.6 万トンおよび 4.8 万トン、F99%msy (age3Fmsy) ではそれぞれ 4.5 万トンおよび 4.7 万トンと 0.2 万～0.3 万トン多くなった（表 6）。

将来予測の結果から、F98%msy (age2Fmsy) および F99%msy (age3Fmsy) の漁獲管理規則を適用する場合、Fmsy を用いる場合と比べて漁獲量は β が 0.6 および 0.7 においていず

れも 0.5 万トン程度増加する一方で、10 年後の予測親魚量は 1.3 万～1.7 万トン（13～19%）程度減少することが示された。

以上の結果をもとに、代替漁獲管理規則に関するガイドライン（FRA-SA2023-ABCWG02-06）に基づき、F98%msy（age2Fmsy）および F99%msy（age3Fmsy）の漁獲管理規則の調整係数 β を 0～1.0 で変更した場合のカテゴリ分けを行った（表 6a、6b）。いずれの漁獲管理規則においても 10 年後の目標達成確率が 50%になる時の β （0.66 および 0.65）で管理した場合のリスクよりも β が 0.6 以下の時のリスクは小さくなり、かつ達成確率は 50%以上となるため、それぞれの漁獲管理規則において β が 0.6 以下ではカテゴリ 2 以上と判断される。カテゴリ 2 以上であれば頑健性かつある程度保証されている基本漁獲管理規則と資源保護に関するリスクの点でも同等もしくは優れたパフォーマンスを持つ漁獲管理規則であると判別される（市野川ほか 2022、FRA-SA2023-ABCWG06-02）ことから、本資源において F98%msy（age2Fmsy）および F99%msy（age3Fmsy）による漁獲管理規則を用いる際は、 β を 0.6 以下とすることが推奨される。

【まとめ】

試算結果より、0～2 歳および 0～3 歳の合計漁獲量が最大となる位置に最も近い xx%の値はそれぞれ 98%および 99%であり、この時の全年齢の平均漁獲量である 98%MSY（age2MSY）および 99%MSY（age3MSY）はそれぞれ 12.3 万トンと 12.4 万トン、平均親魚量（SB98%msy および SB99%msy）はそれぞれ 7.7 万トンと 8.3 万トンとなった。MSY（12.5 万トン）を実現する親魚量（SBmsy）と比べ、それぞれの親魚量は 2.4 万トンおよび 1.8 万トン小さい値となる。F98%msy（age2Fmsy）および F99%msy（age3Fmsy）による漁獲管理規則案に基づく将来予測では、10 年後にこれらの親魚量を 50%以上の確率で上回る β はいずれも 0.6 以下となった。管理開始 1 年目（2024 年）の平均漁獲量は、Fmsy による漁獲管理規則案に基づく場合、 β が 0.6 の時に 4.6 万トンであるのに対し、F98%msy（age2Fmsy）および F99%msy（age3Fmsy）では 5.3 万トンと 5.1 万トンとなった。F98%msy（age2Fmsy）および F99%msy（age3Fmsy）による漁獲管理規則案に基づきリスク評価を行った結果、F99%msy（age3Fmsy）では β が 0.6 の時にリスクはいずれも 0%となる一方、F98%msy（age2Fmsy）では限界管理基準値案を 10 年間に一度でも下回る確率が 1%となった。それぞれ目標とする親魚量が異なるため、10 年後にその親魚量を上回る確率自体は比較できないが、限界管理基準値案を下回る確率で比較すると、F98%msy（age2Fmsy）では若干リスクが上がる結果となった。いずれの漁獲管理規則においても β が 0.6 以下の時にカテゴリ 2 以上と判断されることから、本資源において F98%msy（age2Fmsy）および F99%msy（age3Fmsy）による漁獲管理規則を用いる際は、 β を 0.6 以下とすることが推奨される。

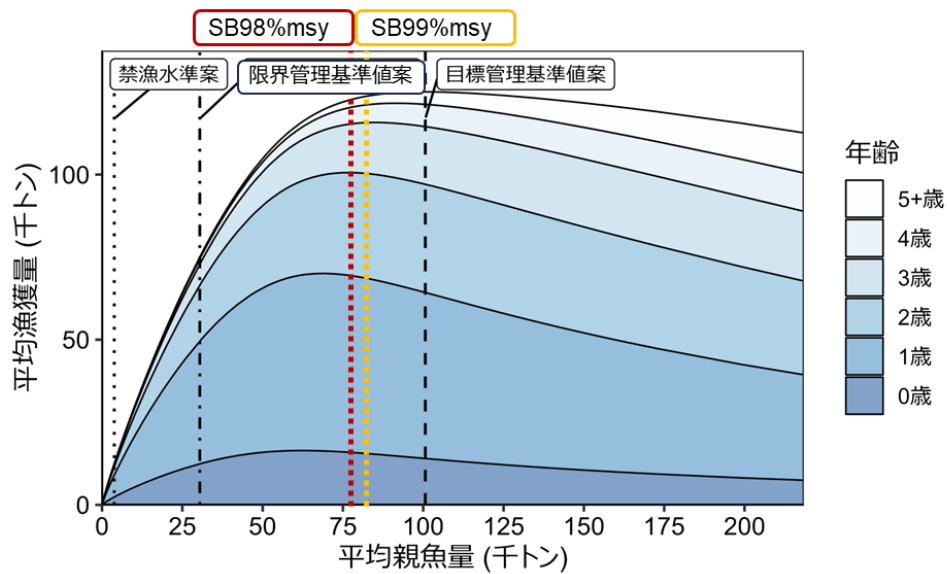


図1. 平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量に対する、各管理基準値案ならびに0～2歳魚の合計漁獲量が最大になる98%MSY (age2MSY、赤の破線)と0～3歳魚の合計漁獲量が最大になる99%MSY (age3MSY、橙色の破線)の関係(漁獲量曲線)

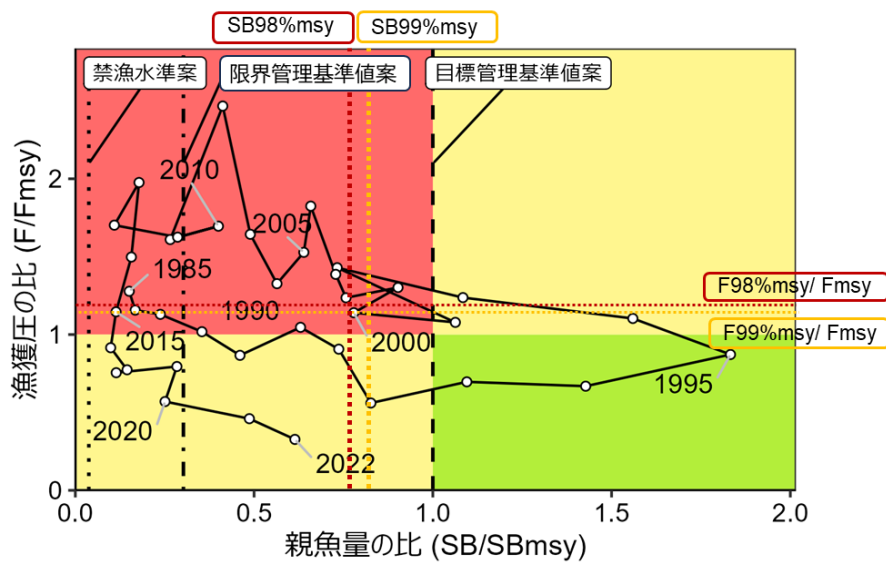
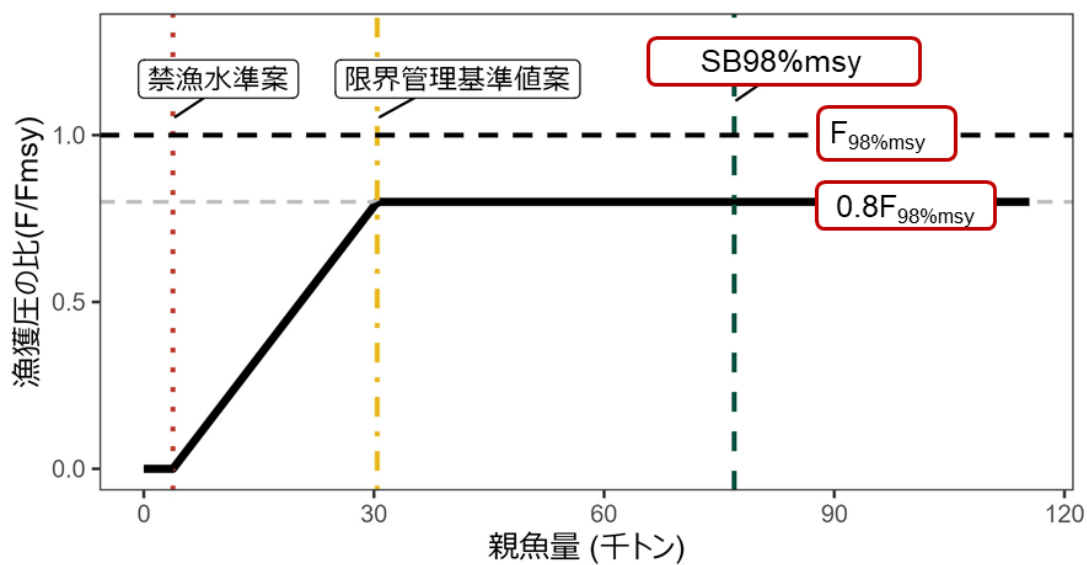


図2. 神戸プロット

点線は、SBmsy および Fmsy に対する、98%MSY (age2MSY) を達成することが期待できる親魚量 (SB98%msy) および漁獲圧 F98%msy (age2Fmsy) (赤)、99%MSY (age3MSY) を達成することが期待できる親魚量 (SB99%msy) および漁獲圧 F99%msy (age3Fmsy) (橙色) のそれぞれの比を示す。

a)



b)

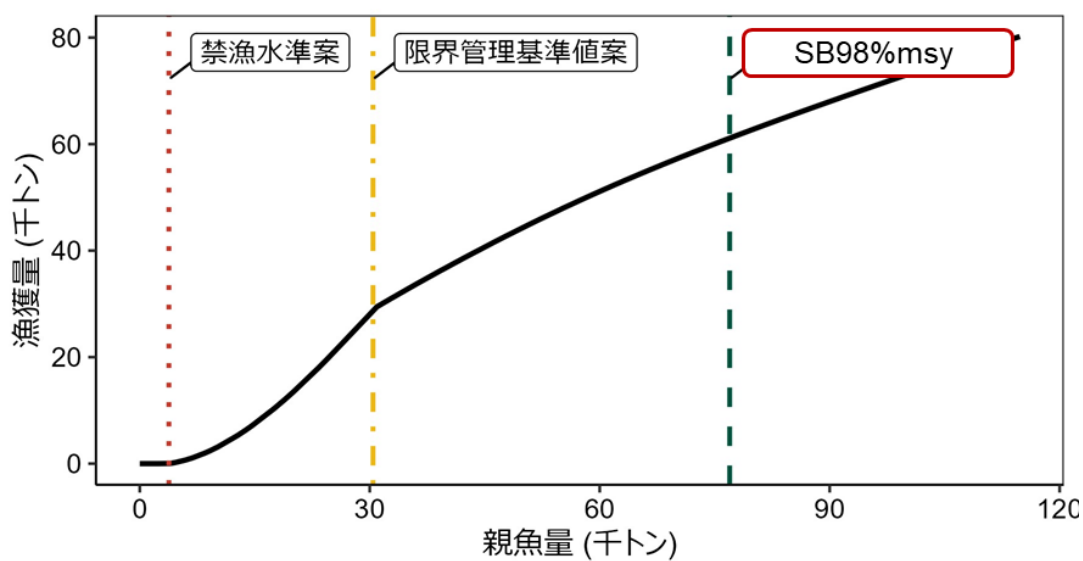
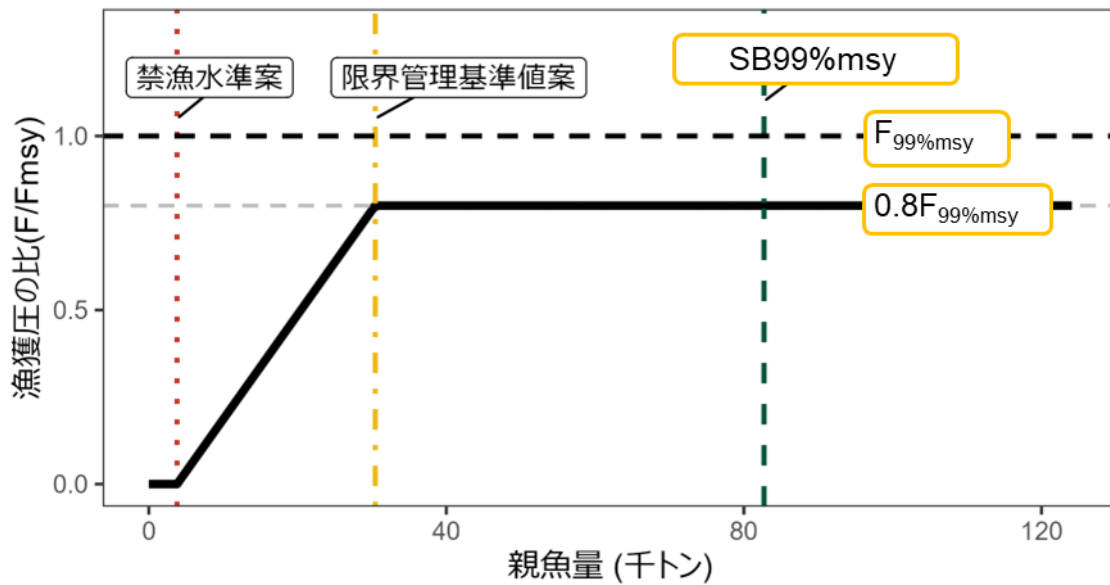


図3. 0～2歳魚の合計漁獲量 98%MSY (age2MSY) が最大となる親魚量 SB98%msy を目標とした $F_{98\%msy}$ (age2Fmsy) による漁獲管理規則案 ($\beta=0.8$ の場合) (a) 縦軸を漁獲圧にした場合 (b) 縦軸を漁獲量にした場合

a)



b)

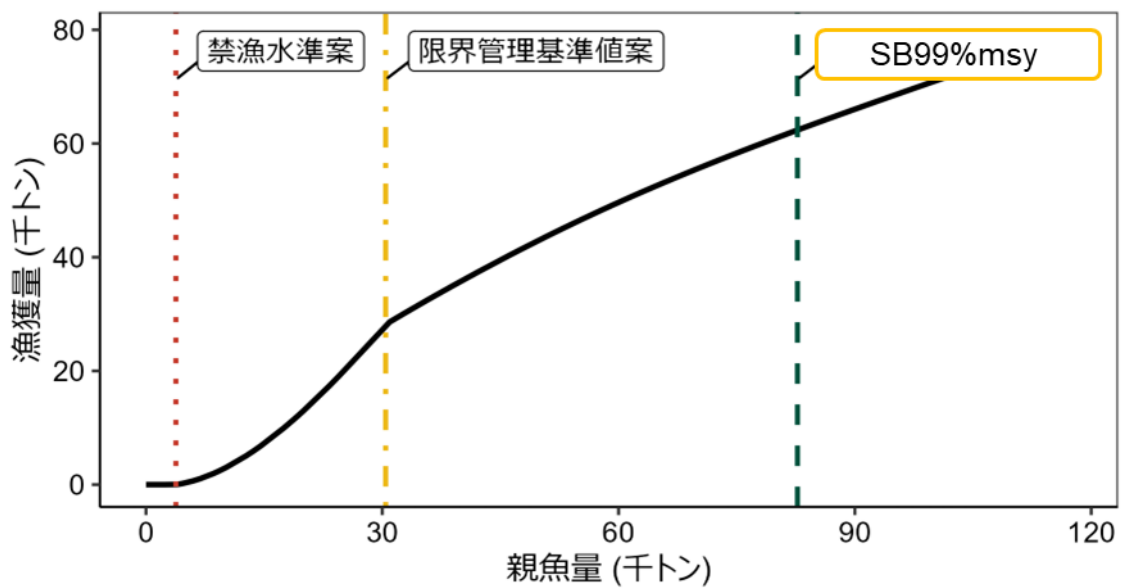


図 4. 0～3 歳魚の合計漁獲量 99%MSY (age3MSY) が最大となる親魚量 SB99%msy を目標とした $F_{99\%msy}$ (age3Fmsy) による漁獲管理規則案 ($\beta=0.8$ の場合) (a) 縦軸を漁獲圧にした場合 (b) 縦軸を漁獲量にした場合

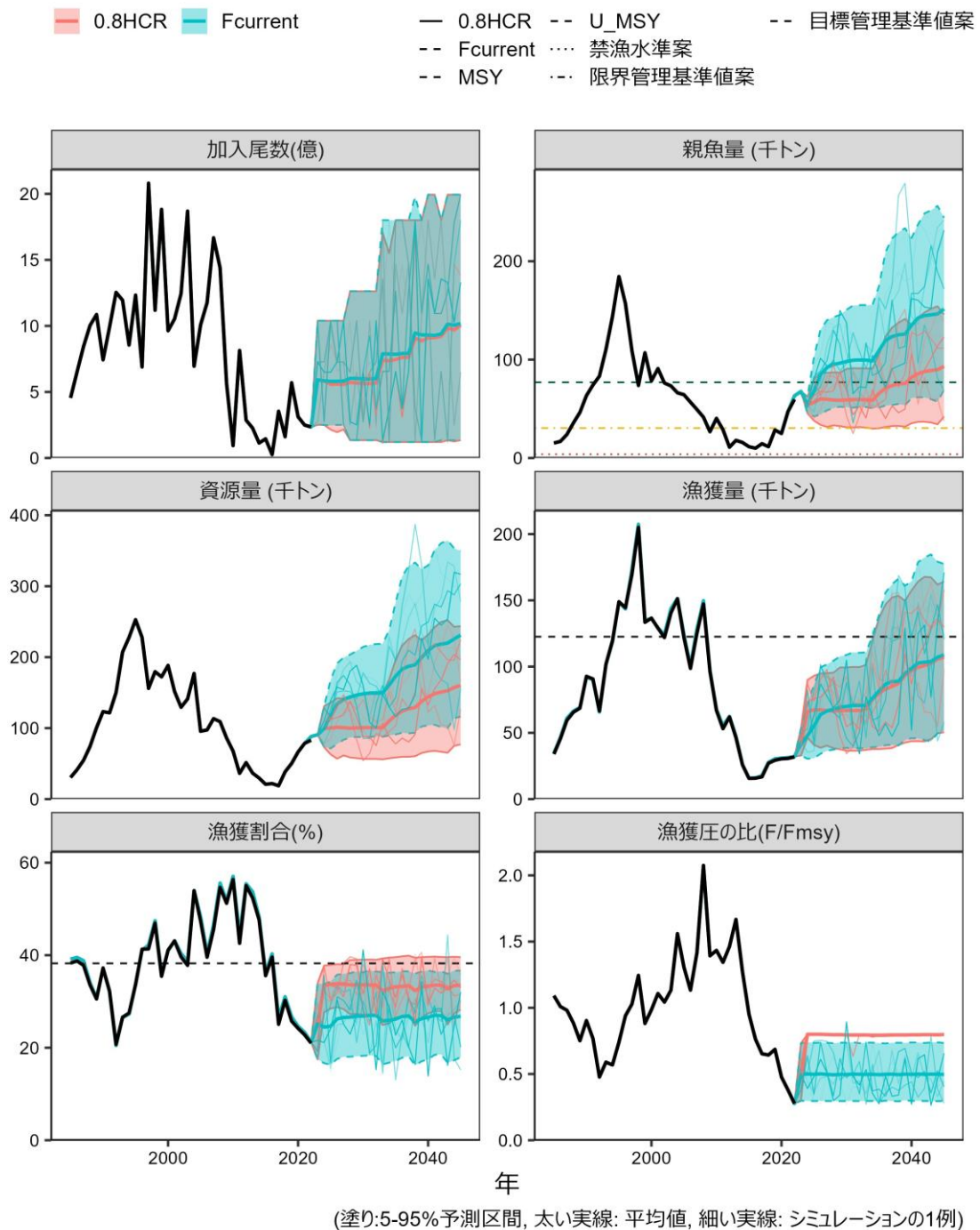


図 5. SB98%msy を目標とした漁獲管理規則案に基づく将来予測（赤色）と現状の漁獲圧（F2018-2022）で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）の比較

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は SB98%msy、黄破線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U98%msy を示す。漁獲管理規則案での調整係数 β には 0.8 を用いた。

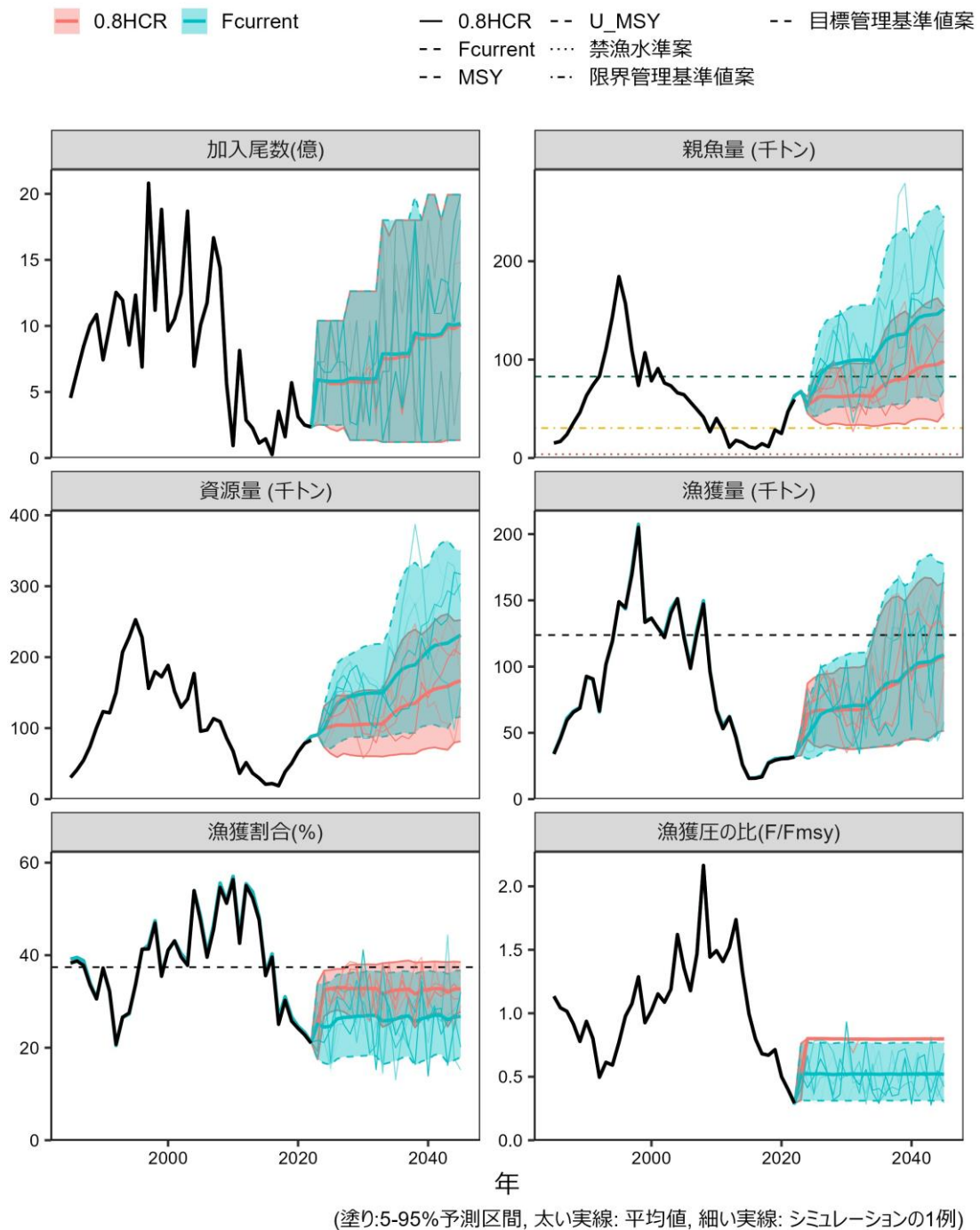


図 6. SB99%msy を目標とした漁獲管理規則案に基づく将来予測（赤色）と現状の漁獲圧（F2018-2022）で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）の比較

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は SB99%msy、黄破線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U99%msy を示す。漁獲管理規則案での調整係数 β には 0.8 を用いた。

表 1. 管理目標と親魚量、漁獲量、漁獲割合、F、SB/SB0、%SPR の関係

管理目標	漁獲量を 最大とす る年齢	親魚量 (万トン)	漁獲量 (万トン)	漁獲 割合	F0	F1	F2	F3	F4	F5+	SB/ SB0	%SPR
SBmsy	0～5+歳	10.1	12.5	35%	0.17	0.65	0.67	0.74	0.73	0.73	0.14	12.9%
SB98%msy	0～2歳	7.7	12.3	38%	0.21	0.76	0.78	0.87	0.86	0.86	0.11	10.1%
SB99%msy	0～3歳	8.3	12.4	37%	0.20	0.73	0.75	0.83	0.82	0.82	0.11	10.7%

表 2. a) F98%msy (age2Fmsy)、b) F99%msy (age3Fmsy) による基本的漁獲管理規則 (HCR) を適用した場合の将来の親魚量がそれぞれの目標である SB98%msy および SB99%msy を上回る確率 (%)

参考として、c) Fmsy による HCR を適用した場合に将来の親魚量が SBmsy を上回る確率についても示した。

a) F98%msy (age2Fmsy) による HCR を適用した場合に SB98%msy を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
$1.0 \times F98\%msy$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
$0.9 \times F98\%msy$	0	0	0	1	4	3	3	3	4	5	4	4	4	14
$0.8 \times F98\%msy$	0	0	0	11	18	15	15	15	17	18	18	18	17	32
$0.7 \times F98\%msy$	0	0	0	18	32	37	37	37	39	41	41	41	39	53
$0.6 \times F98\%msy$	0	0	0	25	51	62	64	65	66	66	67	67	66	73
$0.5 \times F98\%msy$	0	0	0	43	66	77	83	86	86	86	87	86	86	88
現状の漁獲圧	0	0	0	34	59	69	72	74	74	75	75	75	73	79

b) F99%msy (age3Fmsy) による HCR を適用した場合に SB99%msy を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
$1.0 \times F99\%msy$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3
$0.9 \times F99\%msy$	0	0	0	0	4	3	2	2	4	4	4	4	4	13
$0.8 \times F99\%msy$	0	0	0	3	16	13	13	13	15	17	17	17	16	30
$0.7 \times F99\%msy$	0	0	0	15	25	33	33	34	36	38	38	38	37	51
$0.6 \times F99\%msy$	0	0	0	20	49	56	61	62	63	64	65	65	63	71
$0.5 \times F99\%msy$	0	0	0	30	57	73	80	83	83	84	85	84	83	86
現状の漁獲圧	0	0	0	23	50	61	65	67	67	68	69	68	67	74

c) Fmsy による HCR を適用した場合に SBmsy を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
0.9	0	0	0	0	2	2	1	2	3	3	3	3	3	12
0.8	0	0	0	0	5	9	9	10	12	14	14	14	14	27
0.7	0	0	0	0	19	24	26	28	30	32	32	32	31	45
0.6	0	0	0	6	28	43	50	53	55	56	57	57	55	65
0.5	0	0	0	15	49	66	72	76	77	77	78	78	77	82
現状の漁獲圧	0	0	0	6	28	36	41	43	44	45	46	46	45	56

β を 0.5～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は 2018～2022 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。2024 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として 2018～2022 年の漁獲係数のランダムサンプリングした値で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

表 3. a) F98%msy (age2Fmsy)、b) F99%msy (age3 Fmsy) による基本的漁獲管理規則 (HCR) 案を適用した場合の将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)
参考として、Fmsy による漁獲管理規則を適用した場合についても示した。

a) F98%msy (age2Fmsy) による HCR を適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
$1.0 \times F98\%msy$	100	100	100	99	85	83	80	76	75	73	72	71	70	75
$0.9 \times F98\%msy$	100	100	100	100	92	93	90	89	88	87	87	86	85	87
$0.8 \times F98\%msy$	100	100	100	100	100	96	97	97	96	95	96	95	95	95
$0.7 \times F98\%msy$	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	98
$0.6 \times F98\%msy$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$0.5 \times F98\%msy$	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

b) F99%msy (age3Fmsy) による HCR を適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
$1.0 \times F99\%msy$	100	100	100	100	85	88	84	82	80	79	78	77	76	80
$0.9 \times F99\%msy$	100	100	100	100	96	94	93	92	91	91	90	90	89	90
$0.8 \times F99\%msy$	100	100	100	100	100	99	98	98	97	97	97	97	96	96
$0.7 \times F99\%msy$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99
$0.6 \times F99\%msy$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$0.5 \times F99\%msy$	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

c) Fmsy による HCR を適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	100	100	100	100	98	94	95	93	92	92	92	91	91	91
0.9	100	100	100	100	100	99	98	98	97	97	97	97	96	96
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99
0.7	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
0.5	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

β を 0.5～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は 2018～2022 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。2024 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧として 2018～2022 年の漁獲係数のランダムサンプリングした値で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

表 4. a) F98%msy (age2Fmsy)、b) F99%msy (age3Fmsy) および c) Fmsy による基本的漁獲管理規則を適用した場合の将来の平均親魚量 (万トン)

a) F98%msy (age2Fmsy) を適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
$1.0 \times F98\%msy$	5.9	6.9	5.4	4.8	4.7	4.4	4.2	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.8	4.3
$0.9 \times F98\%msy$	5.9	6.9	5.4	5.2	5.3	5.1	4.9	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.7	5.3
$0.8 \times F98\%msy$	5.9	6.9	5.4	5.7	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	6.6
$0.7 \times F98\%msy$	5.9	6.9	5.4	6.1	6.8	7.0	7.1	7.1	7.2	7.3	7.3	7.3	7.2	8.0
$0.6 \times F98\%msy$	5.9	6.9	5.4	6.6	7.8	8.3	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.9	8.8	9.7
$0.5 \times F98\%msy$	5.9	6.9	5.4	7.2	8.9	9.8	10.2	10.4	10.6	10.8	10.8	10.9	10.8	11.8
現状の漁獲圧	5.9	6.9	5.4	6.8	8.5	9.2	9.5	9.6	9.8	9.9	10.0	10.0	9.9	10.9

b) F99%msy (age3Fmsy) を適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
$1.0 \times F99\%msy$	5.9	6.9	5.4	5.0	4.9	4.6	4.4	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.1	4.7
$0.9 \times F99\%msy$	5.9	6.9	5.4	5.4	5.5	5.4	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.1	5.7
$0.8 \times F99\%msy$	5.9	6.9	5.4	5.8	6.3	6.3	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	7.0
$0.7 \times F99\%msy$	5.9	6.9	5.4	6.3	7.1	7.4	7.4	7.5	7.6	7.7	7.7	7.7	7.6	8.4
$0.6 \times F99\%msy$	5.9	6.9	5.4	6.8	8.0	8.6	8.9	9.0	9.1	9.3	9.3	9.3	9.2	10.1
$0.5 \times F99\%msy$	5.9	6.9	5.4	7.3	9.1	10.1	10.6	10.8	11.1	11.2	11.3	11.3	11.2	12.2
現状の漁獲圧	5.9	6.9	5.4	6.8	8.5	9.2	9.5	9.6	9.8	9.9	10.0	10.0	9.9	10.9

c) Fmsy にを適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	5.9	6.9	5.4	5.4	5.6	5.5	5.4	5.3	5.3	5.4	5.3	5.3	5.3	5.9
0.9	5.9	6.9	5.4	5.8	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4	6.4	6.3	7.1
0.8	5.9	6.9	5.4	6.2	7.0	7.3	7.3	7.4	7.5	7.6	7.6	7.6	7.5	8.3
0.7	5.9	6.9	5.4	6.7	7.8	8.4	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.0	8.9	9.8
0.6	5.9	6.9	5.4	7.1	8.8	9.6	10.1	10.2	10.4	10.6	10.6	10.6	10.5	11.5
0.5	5.9	6.9	5.4	7.6	9.8	11.1	11.8	12.1	12.4	12.6	12.7	12.7	12.6	13.7
現状の漁獲圧	5.9	6.9	5.4	6.8	8.5	9.2	9.5	9.6	9.8	9.9	10.0	10.0	9.9	10.9

β を 0.5～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は 2018～2022 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。2024 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧として 2018～2022 年の漁獲係数のランダムサンプリングした値で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

表 5. a) F98%msy (age2Fmsy)、b) F99%msy (age3Fmsy) および c) Fmsy による基本的漁獲管理規則を適用した場合の将来の平均漁獲量 (万トン)

a) F98%msy (age2Fmsy) を適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0 × F98%msy	3.0	4.3	7.8	7.2	6.7	6.3	6.1	5.9	5.8	5.7	5.7	5.7	6.3	6.8
0.9 × F98%msy	3.0	4.3	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	6.4	6.4	6.3	6.3	6.4	7.1	7.5
0.8 × F98%msy	3.0	4.3	6.6	6.7	6.7	6.7	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	7.5	8.0
0.7 × F98%msy	3.0	4.3	6.0	6.4	6.6	6.6	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	7.0	7.6	8.2
0.6 × F98%msy	3.0	4.3	5.3	5.9	6.3	6.5	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	6.9	7.5	8.0
0.5 × F98%msy	3.0	4.3	4.5	5.3	5.9	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.6	6.7	7.2	7.7
現状の漁獲圧	3.0	4.3	4.8	5.5	6.4	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.1	7.6	8.2

b) F99%msy (age3Fmsy) を適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0 × F99%msy	3.0	4.3	7.5	7.2	6.7	6.4	6.2	6.1	6.0	6.0	5.9	6.0	6.6	7.1
0.9 × F99%msy	3.0	4.3	7.0	6.9	6.8	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.4	6.6	7.3	7.7
0.8 × F99%msy	3.0	4.3	6.4	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.9	7.6	8.1
0.7 × F99%msy	3.0	4.3	5.8	6.3	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	7.0	7.6	8.1
0.6 × F99%msy	3.0	4.3	5.1	5.8	6.2	6.4	6.5	6.6	6.7	6.7	6.7	6.9	7.5	8.0
0.5 × F99%msy	3.0	4.3	4.4	5.2	5.8	6.1	6.3	6.4	6.4	6.5	6.5	6.6	7.1	7.6
現状の漁獲圧	3.0	4.3	4.8	5.5	6.4	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.1	7.6	8.2

c) Fmsy を適用した場合

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	3.0	4.3	6.9	6.9	6.8	6.6	6.6	6.6	6.6	6.5	6.5	6.6	7.3	7.8
0.9	3.0	4.3	6.4	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.9	7.6	8.1
0.8	3.0	4.3	5.8	6.3	6.6	6.6	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	7.0	7.6	8.1
0.7	3.0	4.3	5.2	5.9	6.3	6.5	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	6.9	7.5	8.0
0.6	3.0	4.3	4.6	5.4	6.0	6.2	6.4	6.5	6.5	6.6	6.6	6.7	7.2	7.7
0.5	3.0	4.3	4.0	4.8	5.5	5.8	6.0	6.1	6.2	6.3	6.3	6.4	6.9	7.3
現状の漁獲圧	3.0	4.3	4.8	5.5	6.4	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.1	7.6	8.2

β を 0.5～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は 2018～2022 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。2024 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧として 2018～2022 年の漁獲係数のランダムサンプリングした値で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始年および 10 年後を示す。

表 6. a) F98%msy (age2Fmsy)、b) F99%msy (age3Fmsy) および c) Fmsy による基本的漁獲管理規則を適用し、調整係数 β を 0.5～1.0 の範囲にて 0.1 刻みで変化させた場合のパフォーマンス評価

a) F98%msy (age2Fmsy) を適用した場合

カテゴリー	β	予測平均漁獲量 (万トン)			予測平均親魚量 (万トン)		管理目標 10年後 に目標 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)			管理期間10年間(2024～2033年)で予測され る漁獲量の変動			
		1年目	2～5年 目平均	6～10年 目平均	5年後	10年後		親魚量が 限界管理 基準値案 を下回る	親魚量が 禁漁水準 案を下回 る	漁獲量が 半減する	平均年変 動AAV※	平均減少 率ADR※	最大減少 率MDR※	最低漁獲量 (万トン) MinC※
		2024年	2025～ 2028年	2029～ 2033年	2029年	2034年								
0	1	7.8	6.6	5.8	4.0	3.8	1%	80%	0%	1%	0.18	-0.17	-0.28	4.2
0	0.9	7.2	6.7	6.4	4.8	4.7	4%	52%	0%	0%	0.16	-0.16	-0.25	4.6
0	0.8	6.6	6.7	6.7	5.9	5.9	17%	22%	0%	0%	0.16	-0.14	-0.22	4.8
0	0.7	6.0	6.6	6.8	7.1	7.2	39%	5%	0%	0%	0.15	-0.13	-0.20	4.8
2	0.6	5.3	6.3	6.8	8.6	8.8	66%	1%	0%	0%	0.15	-0.12	-0.18	4.6
2	0.5	4.5	5.9	6.5	10.4	10.8	86%	0%	0%	0%	0.15	-0.10	-0.16	4.2
2	0.66	5.7	6.5	6.8	7.6	7.8	50%	2%	0%	0%	0.15	-0.12	-0.19	4.7

b) F99%msy (age3Fmsy) を適用した場合

カテゴリー	β	予測平均漁獲量 (万トン)			予測平均親魚量 (万トン)		管理目標 10年後に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)			管理期間10年間(2024～2033年)で予測される漁獲量の変動			
		1年目	2～5年 目平均	6～10年 目平均	5年後	10年後		親魚量が 限界管理 基準値案 を下回る	親魚量が 禁漁水準 案を下回 る	漁獲量が 半減する	平均年変 動AAV※	平均減少 率ADR※	最大減少 率MDR※	最低漁獲量 (万トン) MinC※
		2024年	2025～ 2028年	2029～ 2033年	2029年	2034年								
0	1	7.5	6.6	6.0	4.3	4.1	1%	71%	0%	0%	0.17	-0.16	-0.27	4.4
0	0.9	7.0	6.7	6.5	5.2	5.1	4%	40%	0%	0%	0.16	-0.15	-0.24	4.7
0	0.8	6.4	6.7	6.8	6.2	6.3	16%	15%	0%	0%	0.16	-0.14	-0.22	4.8
0	0.7	5.8	6.5	6.8	7.5	7.6	37%	3%	0%	0%	0.15	-0.13	-0.20	4.7
2	0.6	5.1	6.3	6.7	9.0	9.2	63%	0%	0%	0%	0.15	-0.11	-0.18	4.5
2	0.5	4.4	5.8	6.5	10.8	11.2	83%	0%	0%	0%	0.14	-0.10	-0.16	4.1
2	0.65	5.4	6.4	6.8	8.2	8.4	50%	1%	0%	0%	0.15	-0.12	-0.19	4.6

c) Fmsy を適用した場合

カテゴリー	β	予測平均漁獲量 (万トン)			予測平均親魚量 (万トン)		管理目標	リスク (10年間に1度でも起きる確率)			管理期間10年間(2024～2033年)で予測される漁獲量の変動			
		1年目 2024年	2～5年 目平均 2025～ 2028年	6～10年 目平均 2029～ 2033年	5年後 2029年	10年後 2034年		親魚量が 限界管理 基準値案 を下回る	親魚量が 禁漁水準 案を下回 る	漁獲量が 半減する	平均年変 動AAV※	平均減少 率ADR※	最大減少 率MDR※	最低漁獲量 (万トン) MinC※
0	1	6.9	6.7	6.6	5.3	5.3	1%	36%	0%	0%	0.16	-0.15	-0.23	4.7
0	0.9	6.4	6.7	6.8	6.3	6.3	3%	14%	0%	0%	0.16	-0.14	-0.21	4.8
0	0.8	5.8	6.5	6.8	7.4	7.5	14%	3%	0%	0%	0.15	-0.13	-0.20	4.7
0	0.7	5.2	6.3	6.8	8.7	8.9	31%	1%	0%	0%	0.15	-0.12	-0.18	4.5
2	0.6	4.6	6.0	6.6	10.2	10.5	55%	0%	0%	0%	0.15	-0.10	-0.16	4.2
2	0.5	4.0	5.5	6.3	12.1	12.6	77%	0%	0%	0%	0.14	-0.10	-0.15	3.8
2	0.62	4.7	6.1	6.6	9.9	10.2	50%	0%	0%	0%	0.15	-0.11	-0.17	4.3

※AAV (annual average variation) は漁獲量の増減を考慮した変動の大きさを表す指標。ADR (average depletion ratio) と MDR (maximum depletion ratio) は前年と比べて漁獲量が減少した場合のみに注目した指標であり、管理期間中に漁獲量が減少した場合、その減少率の平均をとったものが ADR、最大値をとったものが MDR である。MinC (minimum catch) は期間中の最低漁獲量である。

引用文献

- 市野川桃子・西嶋翔太・向 草世香・黒田啓行・大下誠二 (2022) 改正漁業法下での様々な代替漁獲管理規則の検討: マイワシ 2 系群を例に. 日本水産学会誌, 88(4), 239-255.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan/88/4/88_21-00041/_pdf/-char/ja
- 資源評価高度化作業部会 (2023) 令和 5 (2023) 年度 代替漁獲管理規則 (代替ルール) を提案する際のガイドライン. FRA-SA2023-ABCWG02-06, 水産研究・教育機構, 横浜, 4pp,
https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-06.pdf (last accessed 23 October 2023)
- 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 (2022a) 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. 水産庁・水産研究・教育機構.FRA-SA2022-BRP02-01.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220715/FRA-SA2022-BRP02-01.pdf(last accessed 23 October 2023)
- 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 (2022b) 令和 4(2022)年度ホッケ道北系群の資源評価. 令和 4 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構. FRA-SA2022-BRP02-01.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20221115/FRA-SA2022-SC09-01.pdf(last accessed 23 October 2023)

補足資料 水産庁からの検討依頼文書

事 務 連 絡
令和5年10月20日

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

水産庁 漁場資源課 沿岸資源班長

ホッケ道北系群の資源評価における試算等についてのお願い

ホッケ道北系群の資源評価結果について、以下の条件での試算および水産庁主催会議における説明をお願いいたします。

- (1) 令和5年度資源評価において、0～2歳魚の合計漁獲量が最大となる場合の親魚資源量を目標とした漁獲管理規則に基づく将来予測において、管理開始から10年後に親魚量が当該目標水準を上回る確率、各年の平均漁獲量、各年の平均親魚量等を含む将来予測結果を示していただきたい。また、上記の条件で漁獲管理した場合の管理上のリスク評価を行っていただきたい。
- (2) (1)と同じ条件で、0～3歳魚の合計漁獲量が最大となる場合の親魚資源量を目標とした場合についても示していただきたい。

以 上