

スルメイカ秋季発生系群に関する 代替漁獲管理規則による将来予測

令和 2 年 12 月 17 日に開催されたスルメイカの資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー会議）において、本種の資源評価における課題が指摘された。議論された課題に基づき、水産庁より以下の項目について検討の依頼があった。本資料では依頼事項への対応について示す。

検討項目

スルメイカ秋季発生系群について、獲り残し割合を一定にする管理方策、および漁獲量を 3 年間一定にする管理方策に関する資源の将来予測を行い、平均親魚量、平均漁獲量の年推移を図示する。将来予測の際の条件は以下とする。

- 使用データ：令和 2 年 12 月に行われた資源管理方針に関する検討会時点のデータ
- 将来予測期間：2021～2050 年
- 獲り残し割合一定方策
 - ・ 獲り残し割合は 30～50%の範囲
 - ・ 獲り残し割合は親魚量に関わらず一定。ただし、親魚量が禁漁水準案を下回った場合は禁漁とする
- 漁獲量一定方策
 - ・ 漁獲量は 3 年ごとに更新
 - ・ 漁獲量の更新年の漁獲圧は、現在公表されている基本的漁獲管理規則案に基づく
 - ・ 漁獲量が一定の期間中に親魚量が禁漁水準案を下回った場合は禁漁とする

1. はじめに

令和 2 年 7 月 27 日に開催された研究機関会議において、前年度から取り組んできた新ルールに基づくスルメイカの資源評価結果が諮問・承認され、同年 10 月 14 日に水産研究・教育機構のホームページで結果が公表された。同年 12 月 4 日に最新のデータを適用した資源評価の更新結果が公表され、同月 17 日に開催されたステークホルダー会議において、水産研究・教育機構が資源状況、再生産関係、管理基準値案、および将来予測による親魚量や漁獲量の推移を提示し、それら結果について議論された。資源評価の課題として、単年生であるスルメイカの加入変動は大きいことから、将来の資源量予測が困難であること、さらにデータの更新により将来の資源量や漁獲量の予測値が変わり得ることが指摘された。その課題に基づき、水産庁より、獲り残し割合を一定にする管理方策、および漁獲量を 3 年間一定にする管理方策の検討依頼があった。本資料ではその検討結果を示す。

2. 漁獲管理規則案

令和 2 年度に検討・提示した基本的漁獲管理規則案に加えて、2 つの代替漁獲管理規則案について将来予測を行った。

(1) 基本的漁獲管理規則案

漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2021-ABCWG02-01) の基本ルールに基づき、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し、親魚量が限界管理基準値案以上にある場合には F_{msy} (MSY を実現する漁獲係数) に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とした。例として、図 1 に β が 0.8 の場合の基本的漁獲管理規則案を示す。 β は 0~1.0 の範囲にて 0.05 刻みで変化させたシナリオを設定し、各シナリオで将来予測を実施した。

(2) 代替漁獲管理規則案：獲り残し割合一定方策

親魚量が禁漁水準案より多い場合では、資源量に対して獲り残し割合を常に一定とし、禁漁水準案を下回った場合には禁漁とした。例として、図 2 に獲り残し割合が 37% の場合の代替漁獲管理規則案を示す。この場合の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧に 0.8 を掛けた値に相当する。また、スルメイカ冬季発生系群の MSY を実現する漁獲圧に相当する獲り残し割合は 34% である。シミュレーションでは獲り残し割合を 30~50% の範囲にて 1% 刻みで変化させたシナリオを設定し、各シナリオで将来予測を実施した。

(3) 代替漁獲管理規則案：漁獲量 3 年間一定方策

基本的漁獲管理規則案 (例：図 1) に基づいて漁獲圧を決定し、その値と翌年の予測資源量から計算される漁獲量を 3 年間一定とした。ただし、この期間中に親魚量が禁漁水準案を下回った場合は禁漁とした。4 年後に漁獲量を更新するが、この時に親魚量が禁漁水準案を下回っていた場合は 3 年間禁漁とした。漁獲圧を決定する際の β は 0~1.0 の範囲にて 0.05 刻みで変化させたシナリオを設定し、各シナリオで将来予測を実施した。

3. 将来予測の設定

(1) 再生産関係と今後の加入の想定

令和 2 年 12 月に行われたステークホルダー会議で提示した資料 (FRA-SA2020-SC05-102) に基づき、スルメイカ秋季発生系群の再生産関係はホッカー・スティック型とした。また、将来の加入量の与え方として、今後 5 年間は直近 5 年間のような低加入が続くと想定したバックワードリサンプリング法を適用し (FRA-SA2020-SC05-102 の補足資料 1 参照)、加入変動を 10000 回無作為抽出して将来予測を繰り返した。将来予測期間は 2021~2050 年とした。なお、将来予測においては、日本だけでなく本系群を漁獲するすべての国による漁獲量の合計が各漁獲管理規則案に従った場合を想定している (FRA-SA2020-SC05-102)。

(2) 翌年の加入量予測に係わる誤差

翌年の加入量を予測するにあたり当年漁期終了後の親魚尾数および加入変動を予測する必要があるが、資源評価で予測する加入量は誤差を伴う。令和 2 年 12 月のステークホルダー会議の提示資料 (FRA-SA2020-SC05-102) では、この誤差を考慮しない将来予測を実施した。ステークホルダー会議において、単年性資源であるスルメイカの資源変動の大きさと加入量予測の不確実性の大きさが資源評価の課題として指摘されたことを踏まえ、今回の検

討では上記 2 つの誤差を将来予測で考慮した。誤差の詳細と漁獲量算定までの流れについて以下に記す。なお、スルメイカは単年性資源であるため、資源尾数と加入尾数は同値である。

a) 漁期終了後の親魚尾数の予測誤差

t 年漁期終了後の親魚尾数 S_t は t 年漁期の資源尾数 N_t と漁獲尾数 C_t 、および自然死亡係数 M (0.6) から式 1 で計算される。

$$S_t = \left[N_t - C_t \cdot \exp\left(\frac{M}{2}\right) \right] \cdot \exp(-M) \quad (1)$$

なお、 N_t は資源量指標値（＝日本海スルメイカ漁場一斉調査の標準化 CPUE）に比例定数を掛けることで算出される。当年漁期の漁獲尾数は直近 3 年間の平均漁獲係数 F_{current} と資源尾数から予測する。したがって、当年漁期終了後の予測親魚尾数 S'_t には、 F_{current} による漁獲尾数の予測誤差が含まれる。過去のデータに基づいて S'_t の誤差を推定するため、1984～2019 年の各年を対象として上記の将来予測と同様に F_{current} を求め、過去の予測親魚尾数 $S'_{t,\text{past}}$ を計算した。正規分布の誤差を仮定し、親魚尾数の確定値 $S_{t,\text{past}}$ に対する $S'_{t,\text{past}}$ の標準誤差 σ_1 を求めた（補足資料 1）。将来予測のシミュレーションにおいては、 $S'_{t,k}$ は式 2 で得られるとした。

$$S'_{t,k} = S_{t,k} + \varepsilon_{t,1,k}, \quad \varepsilon_{t,1,k} \sim \text{Normal}(0, \sigma_1^2) \quad (2)$$

$\varepsilon_{t,1,k}$ は平均 0、標準偏差 σ_1 の正規分布から得られるランダムな誤差である。 k はシミュレーションの試行回数を示す。 S'_t が計算上 0 以下となった場合には、僅かに親魚尾数が残るよう、 S'_t に極小値として 0.01 億尾を与えた。

b) 加入変動の予測誤差

スルメイカ秋季発生系群の再生産関係はホッケー・スティック型であり、親魚尾数と加入尾数の関係は式 3 で定式化される。

$$R(S_t|a, b) = f(x) = \begin{cases} aS_{t-1} & (S_{t-1} < b) \\ ab & (S_{t-1} \geq b) \end{cases} \quad (3)$$

a と b は再生産関係式から推定される係数である。ここで、各年の資源尾数の確定値 $N_{i,\text{past}}$ と再生産関係式からの推定値との残差 e_i は式 4 で表される（ i は 1982～2020 年）。

$$e_i = \log(N_{i,\text{past}}) - \log R(S_{i-1,\text{past}}|a, b) \quad (4)$$

実際の資源変動には確率的な加入変動が伴い、本資源では今後 5 年間は直近 5 年間のような低加入が続くと想定したバックワードリサンプリング法を適用しているため（FRA-SA2020-SC05-102 の補足資料 1 参照）、翌年の真の資源尾数は式 5 で表される。

$$N_{t+1,k} = R(S_{t,k}|a,b) \cdot \exp(\varepsilon_{t,2,k} + \delta),$$

$$\delta = -\log\left(\frac{\sum_{i=1982}^{2020} \exp(e_i)}{39}\right) \quad (5)$$

$\varepsilon_{t,2,k}$ はバックワードリサンプリング法によって以下の手順で無作為抽出される残差である。

- ① 将来予測の 1～5 年目 ($1 \leq t \leq 5$ の場合) は、資源評価の最新 5 年分 (2016～2020 年) の残差のみから重複を許したリサンプリングを行う。
- ② 将来予測の 6～10 年目 ($6 \leq t \leq 10$ の場合) は、最新 5 年分 (2016～2020 年) の残差、または、さらに過去に遡った 5 年分 (2001～2015 年) の残差のどちらかをランダムに選択し、選ばれた方の 5 年分の残差を、重複を許してリサンプリングを行う。
- ③ 将来予測の 11 年目以降 ($t \geq 11$ の場合) は、上記の手順のように 5 年ずつリサンプリングできる範囲を追加する。

なお、 δ は残差リサンプリングで誤差を与える場合の平均値のバイアス補正項であり、再生産関係式に $\exp(\varepsilon_{t,2,k} + \delta)$ を掛けることによって加入変動を表している。

翌年の真の資源尾数は式 5 で表されるが、将来予測においては親魚尾数と加入変動に予測誤差が生じるため、管理上の予測資源尾数 $N'_{t+1,k}$ は式 6 で表される。

$$N'_{t+1,k} = R(S'_{t,k}|a,b) \cdot \exp(\varepsilon'_{t,2,k} + \delta) \quad (6)$$

$\varepsilon'_{t,2,k}$ はバックワードリサンプリング法によって前述と同様の手順で、無作為抽出される残差であり、真の加入変動を表す式 5 の $\varepsilon_{t,2,k}$ とは独立である。

c) 予測資源尾数からの漁獲量算定

漁獲管理規則に基づいて翌年の漁獲尾数 $C'_{t+1,k}$ を算定する際には、漁獲係数 $F'_{t+1,k}$ を掛ける資源尾数として $N'_{t+1,k}$ を使用する (式 7)。

$$C'_{t+1,k} = N'_{t+1,k} \cdot \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \cdot [1 - \exp(-F'_{t+1,k})], \quad F'_{t+1,k} = f(S'_{t,k}) \quad (7)$$

$F'_{t+1,k}$ は漁獲管理規則に基づき、 $S'_{t,k}$ の状態に応じて決定される。例えば、基本的漁獲管理規則案の場合は式 8 と式 9 によって求められる (図 1 参照)。

$$F'_{t+1,k} = \begin{cases} 0 & \text{if } S'_{t,k} < SB_{\text{ban}} \\ \beta \cdot \gamma \cdot F_{\text{msy}} & \text{if } SB_{\text{ban}} < S'_{t,k} < SB_{\text{limit}} \\ \beta \cdot F_{\text{msy}} & \text{if } S'_{t,k} \geq SB_{\text{limit}} \end{cases} \quad (8)$$

$$\gamma = \frac{S'_{t,k} - SB_{\text{ban}}}{SB_{\text{limit}} - SB_{\text{ban}}} \quad (9)$$

F_{msy} は MSY を得られる漁獲係数、 SB_{limit} は限界管理基準値案、 SB_{ban} は禁漁水準案である。
 $t+1$ 年漁期終了後の真の親魚尾数 $S_{t+1,k}$ を計算する際には真の資源尾数 $N_{t+1,k}$ と $C'_{t+1,k}$ を使用するが、 $C'_{t+1,k}$ が $N_{t+1,k} \cdot \exp(-M/2)$ 以上の場合には $S_{t+1,k}$ が計算上 0 以下になってしまうため、僅かながら $S_{t+1,k}$ が残るように式 10 で漁獲尾数を下方修正した。続いて、式 11 で $S_{t+1,k}$ を算出した。

$$C'_{t+1,k} = 0.99 N_{t+1,k} \cdot \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \quad (10)$$

$$S_{t+1,k} = \left[N_{t+1,k} - C'_{t+1,k} \cdot \exp\left(\frac{M}{2}\right) \right] \cdot \exp(-M) \quad (11)$$

なお、尾数単位による計算結果は、最終的に FRA-SA2020-SC05-102 と同様に 280g 乗ずることで全て重量単位に換算した。

4. 管理方策のパフォーマンス評価

以下の管理目標達成確率とリスクを評価指標として、各シナリオのパフォーマンスを評価した。

- ① 5 年後に親魚量が限界管理基準値案を上回る確率
- ② 10 年後に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率
- ③ 5 年後までに一度でも親魚量が禁漁水準案を下回る確率
- ④ 5 年後までに一度でも親魚量が過去最低親魚量を下回る確率

①と②は目標達成の指標で、③と④はリスクの指標である。スルメイカ資源の管理目標は①と②が 50%以上となることである。基本的漁獲管理規則案の代わりとして科学的に推奨できる代替漁獲管理規則案は、「管理目標に適いつつ、基本的漁獲管理規則案と同等のパフォーマンスを持つもの」である必要がある（FRA-SA2021-ABCWG01-06）。親魚量の目標管理基準値案は 329 千トン、限界管理基準値案は 189 千トン、禁漁水準案は 30 千トン、過去最低親魚量は 72 千トンである（FRA-SA2020-SC05-102、FRA-SA2020-SC05-2）。

各シナリオのパフォーマンスを次の基準で分類した。すなわち、将来予測の結果から①と②がともに 50%以上となる基本的漁獲管理規則案を基準シナリオとし、①と②がともに 50%以上、かつリスクの指標となる③と④をその基準シナリオ以下に抑えられる管理方策をランク 2 とした。また、①と②はともに 50%以上であるものの、③と④が基準シナリオより大きい場合はランク 1 とし、①と②のどちらか一方でも 50%未満の場合はランク 0 とした。

5. 試算結果

それぞれの漁獲管理規則に基づいた 30 年後までの将来予測の結果を表 1～3 に示し、10 年後までの年推移を図 3～5 に示した。また、全てのシナリオ間での目標達成確率やリスクを比較するために、各シナリオにランクを付して表 4 に一覧としてまとめた。予測親魚量や予測漁獲量は 1 万回シミュレーションした結果の平均値を示し、各種確率は 1 万回のうち該当する結果の割合を示す。

(1) 基本的漁獲管理規則案

評価指標①が 50%以上となる β は 0.75 以下であり、②が 50%以上となる β は 0.70 以下であった。したがって、 **β が 0.70 の時の基本的漁獲管理規則案を他の漁獲管理規則案とパフォーマンス比較する際の基準シナリオとした。** β が 0.70 以下の場合はランク 2、0.5 以上の場合はランク 0 となった。なお、令和 2 年 12 月のステークホルダー会議で提示した資料（FRA-SA2020-SC05-102）では、 β が 0.9 以下の時に管理目標に合う結果となっていたが、本資料では漁期終了後の親魚量予測の誤差および翌年の加入量予測の誤差を考慮したことで 0.70 以下に変化した（補足資料 2）。 β を 0.70 とした場合の 1 年後（2021 年）と 5 年後

(2025 年) の平均漁獲量はそれぞれ 150 千トン、131 千トンで、平均親魚量はそれぞれ 283 千トン、272 千トンであった。他の方策に比べて平均漁獲量は多くなったが、漁獲量の平均年変動率*は大きく、5 年後までの漁獲量の平均変動率は 72% であった(表 4)。また、 β が 0.70 のときのリスク指標④は 20% であった(表 4)。なお、現実の資源量等の年推移やシミュレーションでの試行毎の年推移は大きく上下変動する場合がほとんどであり、図 3 の平均値のような滑らかな変動は極めて稀であることに留意が必要である(図 6)。このことは、他の方策においても同様である。

* 漁獲量の平均年変動率: 前年と当年の漁獲量の差の絶対値を前年と当年の漁獲量の平均で割った値 $(2|C_{t,k} - C_{t-1,k}| / (C_{t,k} + C_{t-1,k}))$ を、一定期間内で平均した値の 1 万回試行分の中央値

(2) 代替漁獲管理規則案：獲り残し割合一定方策

①および②がともに 50%以上となる獲り残し割合は 40%以上であった。したがって、獲り残し割合 39%以下のシナリオは管理目標に合わず、ランク 0 となった。また、獲り残し割合 40%と 41%のシナリオでは、①と②は基準シナリオを上回ったものの、前者はリスク指標③および④、後者は③が基準シナリオ以上であったため、ランク 1 となった。獲り残し割合 42%以上のシナリオは、①と②が基準シナリオ以上で、③と④が基準シナリオ以下であったため、ランク 2 となった。獲り残し割合 42%のシナリオの場合、1 年後と 5 年後の平均漁獲量はそれぞれ 125 千トン、126 千トンで、平均親魚量はそれぞれ 302 千トン、308 千トンであった。基準シナリオと比べて平均漁獲量は少なく、10 年後までの期間で見ると 83~96%で推移した。また平均親魚量は基準シナリオと比べて多く維持され、10 年後までの期間で見ると基準シナリオのときの 107~113%で推移した。漁獲量の平均年変動率は基準シナリオより小さく、5 年後までの平均変動率は獲り残し割合 42%のシナリオで 56%であった(表 4)。

(3) 代替漁獲管理規則案：漁獲量 3 年間一定方策

①が 50%以上となる β は 0.65 以下であり、②が 50%以上となる β は 0.55 以下であった。したがって、 β が 0.6 以上のシナリオは管理目標に合わず、ランク 0 となった。 β が 0.55 のシナリオならびに 0.40~0.50 のシナリオでは、①と②がともに 50%以上で管理目標を満たしていたものの、前者はリスク指標③および④、後者は③が基準シナリオ以上であったため、ランク 1 となった。 β が 0.35 以下のシナリオは①と②が基準シナリオ以上で、③と④が基準シナリオ以下であったため、ランク 2 となった。 β を 0.35 とした場合の 1 年後と 5 年後の平均漁獲量はそれぞれ 81 千トン、97 千トンで、平均親魚量はそれぞれ 334 千トン、401 千トンであった。平均漁獲量は他の方策に比べて少なく、10 年後までの期間で見ると基準シナリオと比べて 47~66%で推移した。また平均親魚量は多く維持でき、10 年後までの期間で見ると基準シナリオと比べて 121~160%程度で推移した。また、漁獲量の平均年変動率は他の管理規則案より小さく、5 年後までの平均変動率は β が 0.35 のシナリオで 13%に抑えられた(表 4)。

6. まとめ

本資料では、漁期終了後の親魚量の予測誤差および翌年の加入量予測の誤差を考慮した

シミュレーションを行った。この結果、管理目標に適う基本的漁獲管理規則案の基準シナリオとして、 β が 0.70 のシナリオが選択された。本資料で定義した評価指標①～④に基づく、代替管理規則案の獲り残し割合一定方策では、獲り残し割合 42%以上で評価指標①、②がともに 50%以上、かつリスク指標③、④がともに基準シナリオより低くなった。また漁獲量 3 年間一定方策では β が 0.35 以下で、同様の結果となった。

いずれの代替管理規則案であっても、管理目標に適うシナリオ（評価指標①かつ②が 50%以上）については、管理開始直後に基準シナリオよりも漁獲量を抑える必要があり、その後の期間についても、獲り残し割合 40～41%のシナリオの開始 2～4 年目を除いて、基準シナリオよりも漁獲量を抑える必要があった。一方で、親魚量は基準のシナリオよりも多く維持しようと予測され、また漁獲量の平均年変動率は、基本的漁獲管理規則案、代替管理規則案の獲り残し割合一定方策、漁獲量 3 年間一定方策の順に小さくなり、特に漁獲量 3 年間一定方策では管理目標に適うシナリオにおける 5 年後までの平均は 17%以下であった。

本資料では、リスクの評価指標を③と④にして各シナリオのランク分けに利用したが、重要視するリスク（何年後の何の値を見るか）によってランクは変わり得る。重要なことは「加入変動が大きく、資源量予測の不確実性が大きい単年生のスルメイカ資源をどのように利用・管理するか？」であり、それに従って評価指標を見直すことが必要であろう。

7. 引用文献

- ABCWG (2021) 令和 3 (2021) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2021-ABCWG02-01.
- ABCWG (2021) 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（令和 3 年度）. FRA-SA2021-ABCWG01-06.
- 久保田 洋・宮原寿恵・加賀敏樹・岡本 俊・西嶋翔太・松倉隆一・高崎健二・齋藤 勉・稲掛伝三 (2021) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価. FRA-SA2020-SC05-2.
- 久保田 洋・宮原寿恵・加賀敏樹・岡本 俊・西嶋翔太・松倉隆一 (2021) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ秋季発生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）. FRA-SA2020-SC05-102.

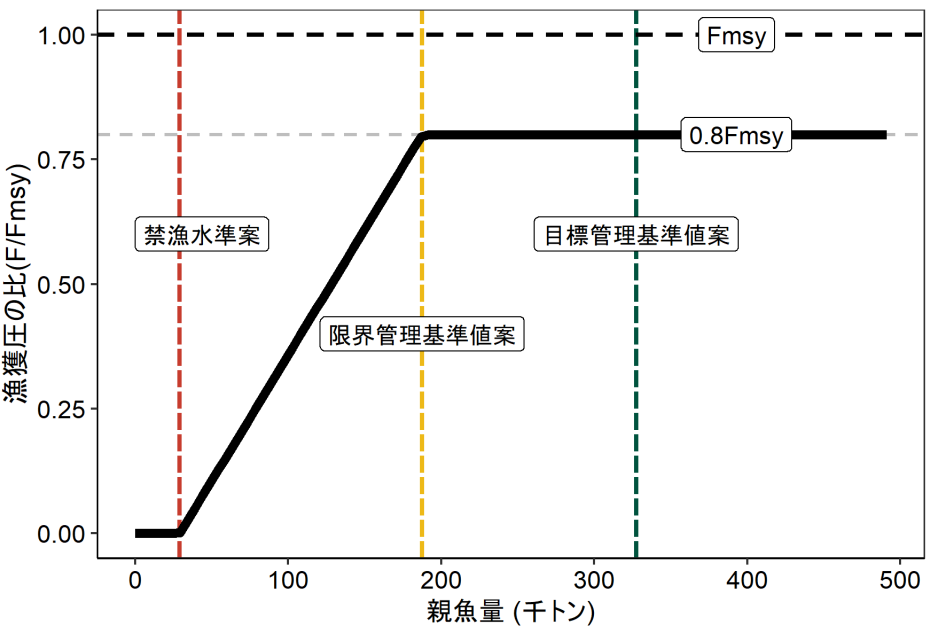


図 1. 基本的漁獲管理規則案 (β が 0.8 の場合)

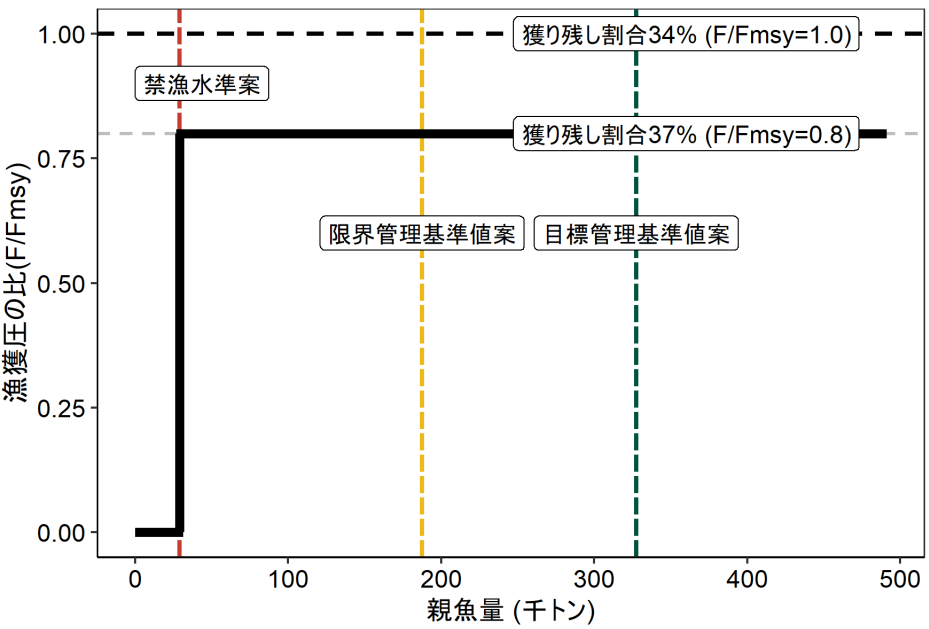


図 2. 獲り残し割合一定方策の代替漁獲管理規則案 (獲り残し割合が 37% の場合)
獲り残し割合 37% の時の漁獲圧は 0.8Fmsy に相当し、34% の時の漁獲圧は Fmsy に相当する。

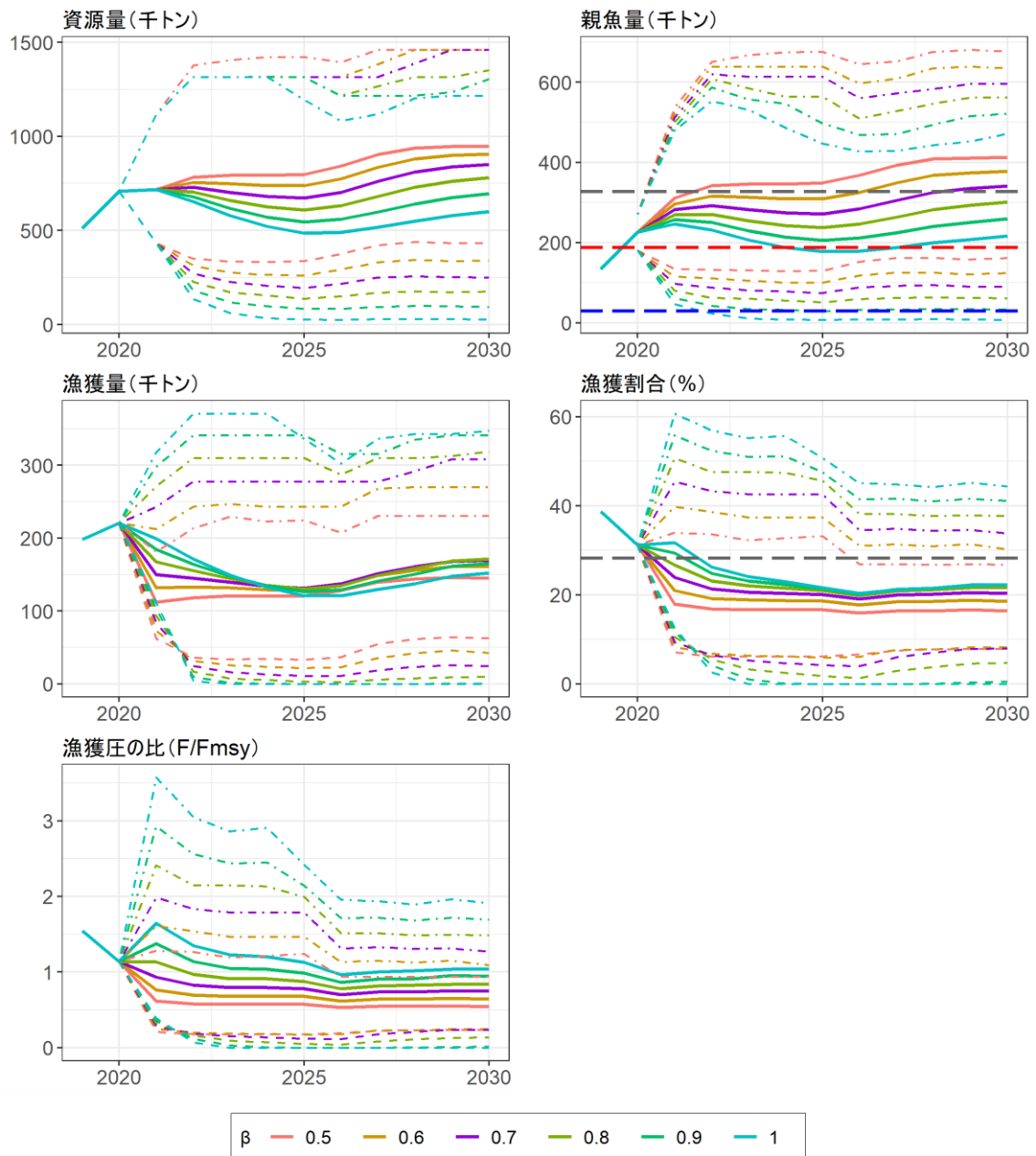


図 3. 基本的漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合の将来予測

細い一点鎖線と破線はそれぞれ予測の上側 10%と下側 10%を示す。親魚量の太い灰色破線は目標管理基準値案、赤色破線は限界管理基準値案、青色破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の太い灰色破線は MSY を実現する漁獲割合を示す。

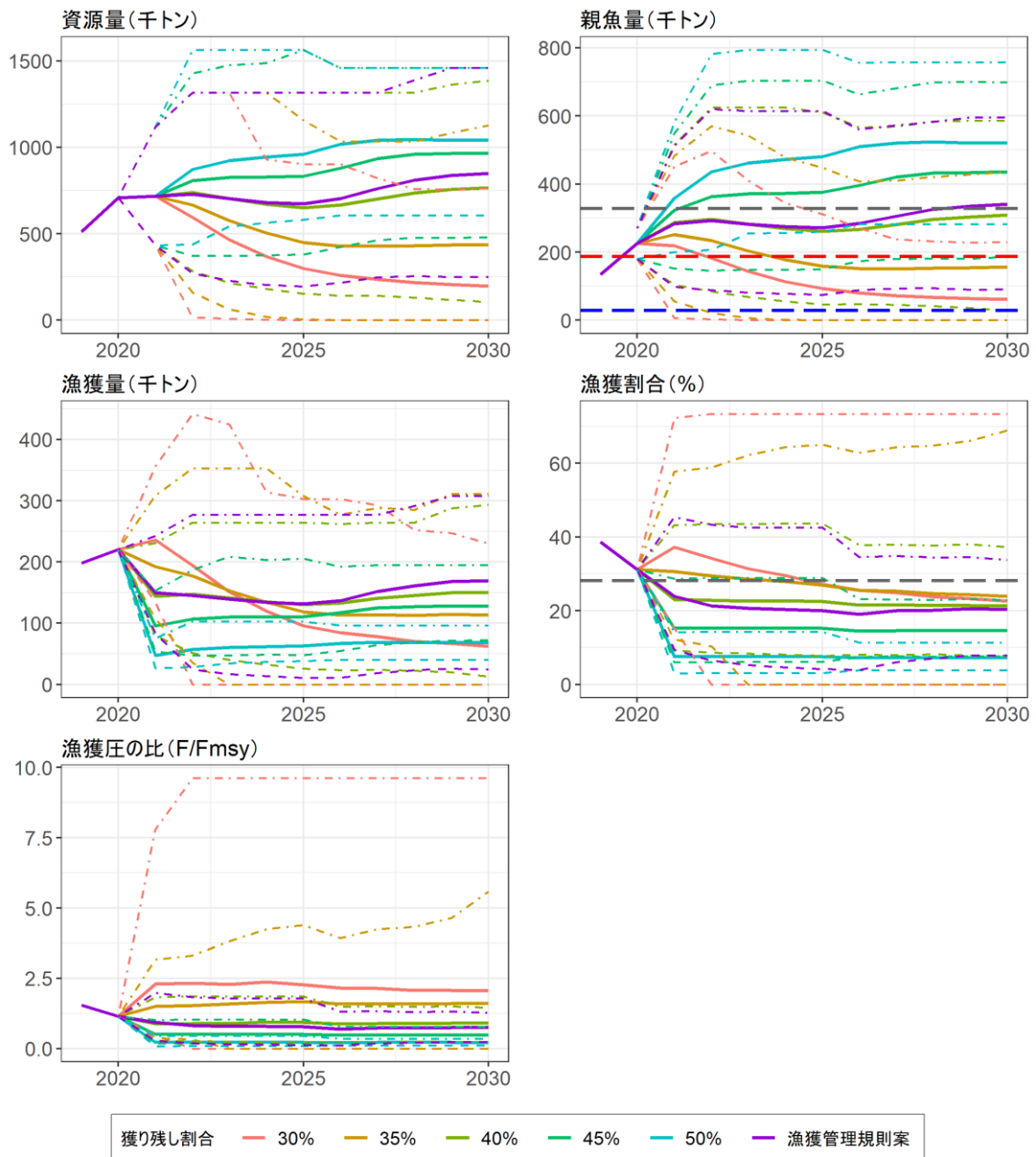


図 4. 獲り残し割合一定方策による代替漁獲管理規則案と β が 0.70 の場合の基本的漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合の将来予測

細い一点鎖線と破線はそれぞれ予測の上側 10%と下側 10%を示す。親魚量の太い灰色破線は目標管理基準値案、赤色破線は限界管理基準値案、青色破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の太い灰色破線は MSY を実現する漁獲割合を示す。

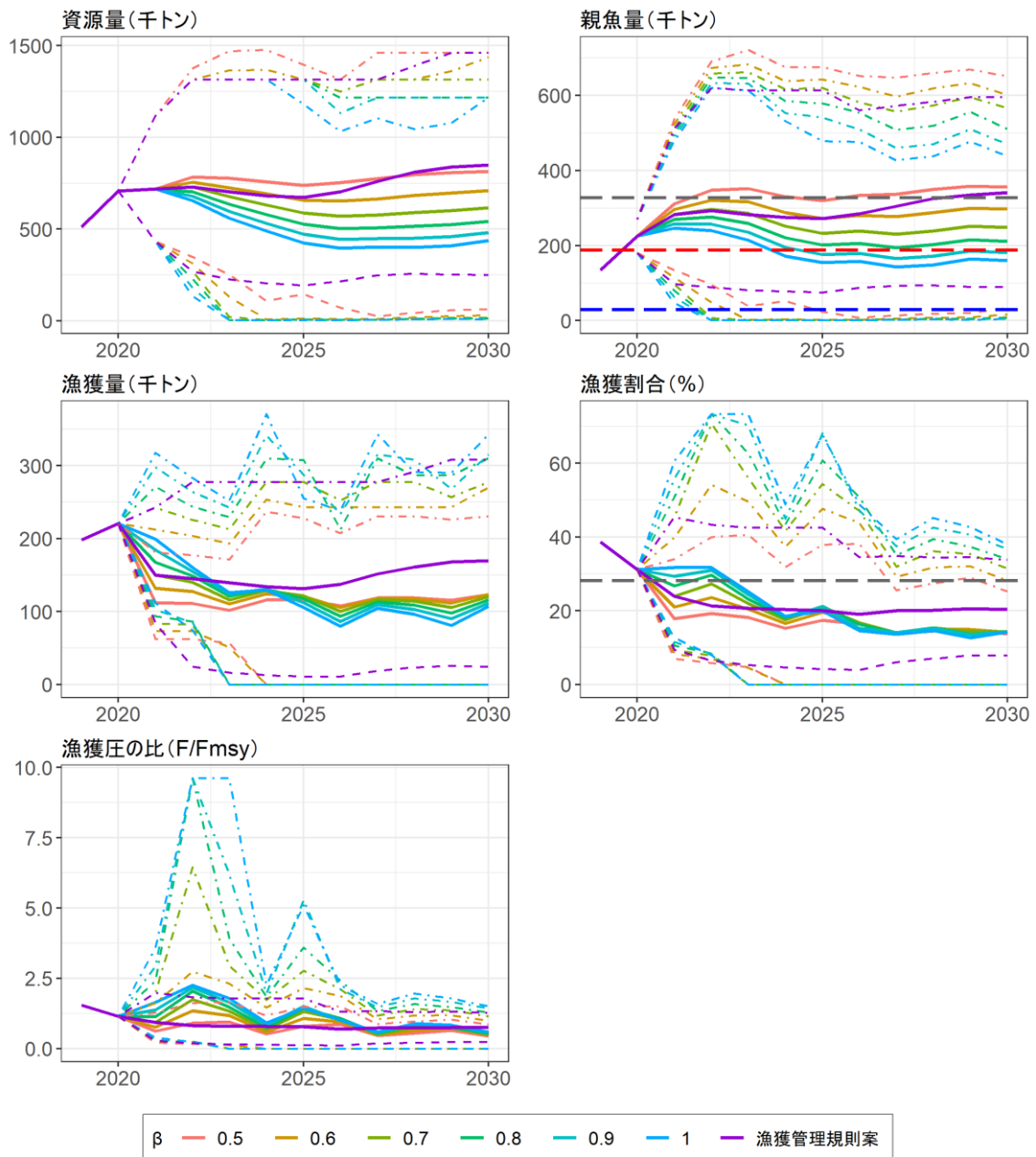


図 5. 漁獲量 3 年間一定方策の代替漁獲管理規則案と β が 0.70 の場合の基本的漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合の将来予測

細い一点鎖線と破線はそれぞれ予測の上側 10%と下側 10%を示す。親魚量の太い灰色破線は目標管理基準値案、赤色破線は限界管理基準値案、青色破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の太い灰色破線は MSY を実現する漁獲割合を示す。

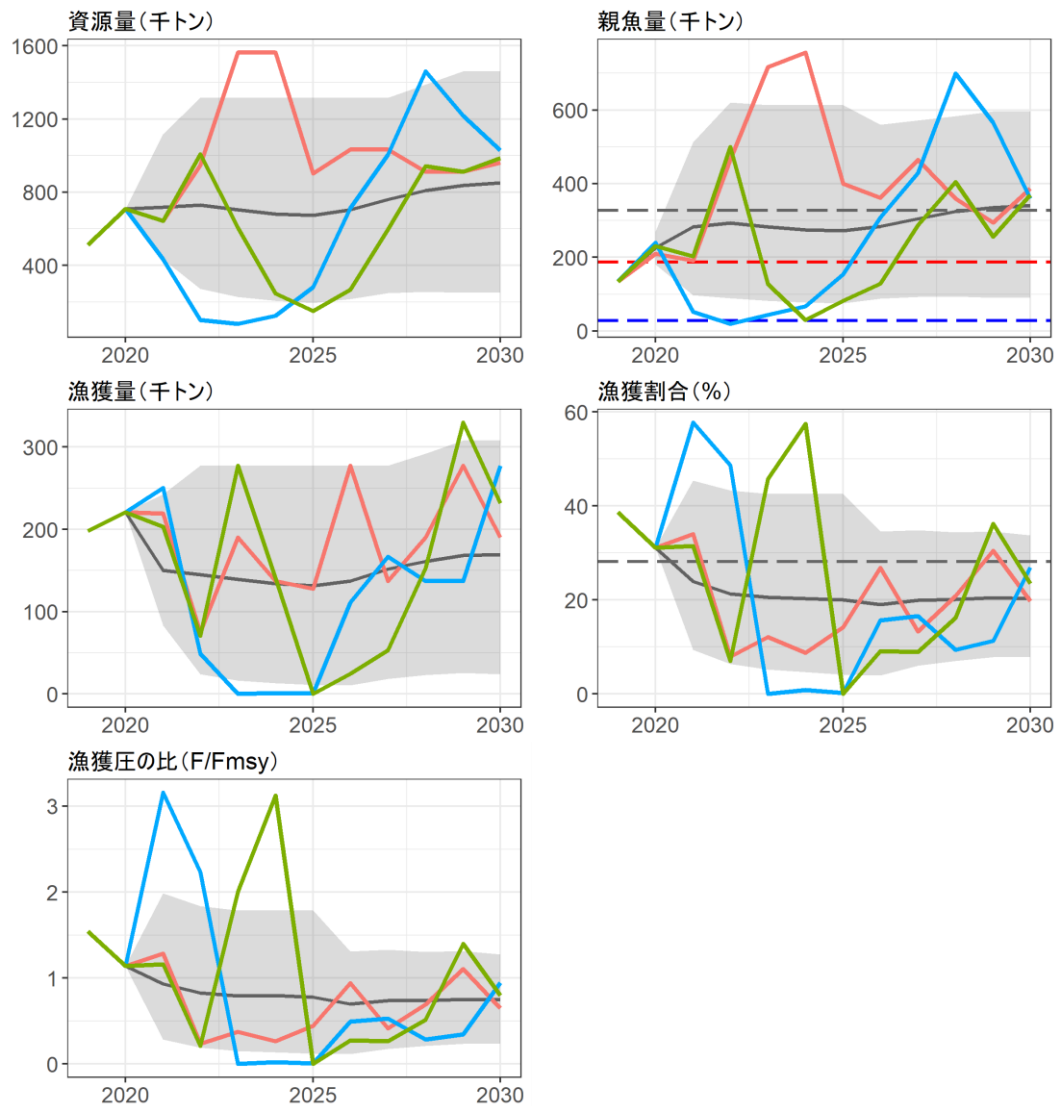


図 6. β が 0.70 の場合の基本的漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合の将来予測

色付きの実線は 1 万回シミュレーションのうちランダムに抽出した 3 回分の将来予測結果を示す。灰色の実線は 1 万回シミュレーションの平均値、薄灰色の範囲は 80% 予測区間を示す。親魚量の灰色破線は目標管理基準値案、赤色破線は限界管理基準値案、青色破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の灰色破線は MSY を実現する漁獲割合を示す。

表 1. 基本的漁獲管理規則案に基づいた場合および 2017～2019 年漁期の平均漁獲圧 ($F_{current}$) を継続した場合の将来予測の結果

2020 年漁期の漁獲量は資源評価で推定した資源量と $F_{current}$ から仮定した。2021 年漁期から基本的漁獲管理規則案 (β は 0～1.0) による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	0	33	27	23	19	18	18	19	22	24	26	37	38
0.95	0	34	28	24	21	20	20	21	25	28	30	41	43
0.90	0	35	29	25	22	21	22	24	29	32	34	46	47
0.85	0	36	31	28	25	24	25	28	33	37	39	50	52
0.80	0	37	32	29	27	27	28	33	38	42	44	55	57
0.75	0	38	33	31	29	29	32	37	43	47	49	59	61
0.70	0	38	35	32	31	31	36	42	49	52	55	64	65
0.65	0	39	36	34	33	33	40	47	54	57	59	68	70
0.60	0	40	37	36	35	36	44	53	59	61	63	72	74
0.55	0	40	40	40	40	40	49	58	64	65	66	75	77
0.50	0	40	42	42	42	43	54	63	68	68	69	79	81
0.45	0	40	45	47	47	48	60	68	72	72	73	82	83
0.40	0	40	48	49	49	50	64	72	74	74	75	85	86
0.35	0	40	49	51	52	53	69	74	76	75	76	87	88
0.30	0	41	51	53	54	55	73	76	77	77	78	88	89
0.25	0	43	52	55	56	58	76	78	78	78	79	89	89
0.20	0	47	53	57	58	59	78	79	79	79	80	89	90
0.15	0	51	59	63	65	66	81	81	81	81	82	90	90
0.10	0	56	65	69	70	71	85	85	85	84	85	92	92
0.05	0	60	72	77	78	80	90	90	89	90	90	95	96
0.00	0	60	84	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100
$F_{current}$	0	29	20	15	11	8	6	5	5	4	4	3	1

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	100	53	48	42	38	35	37	41	46	48	50	62	60
0.95	100	54	50	44	40	38	41	45	50	53	55	67	66
0.90	100	55	53	47	43	42	45	51	56	58	60	72	70
0.85	100	55	56	50	47	46	50	55	60	62	64	76	74
0.80	100	57	58	53	51	49	54	60	64	66	68	79	78
0.75	100	59	60	56	54	53	58	64	68	70	71	82	82
0.70	100	61	63	60	59	58	64	70	73	74	75	85	85
0.65	100	63	65	63	62	61	69	74	76	77	78	87	87
0.60	100	66	67	66	65	65	74	78	80	80	81	89	89
0.55	100	69	70	71	70	70	78	82	83	83	84	91	91
0.50	100	72	73	74	73	73	83	85	86	85	86	92	93
0.45	100	76	79	80	81	81	88	89	89	89	89	94	95
0.40	100	79	81	84	84	85	91	92	92	92	92	95	96
0.35	100	82	86	89	90	91	95	95	95	95	95	97	97
0.30	100	86	88	92	93	94	97	97	97	97	97	98	98
0.25	100	90	92	95	96	97	99	99	99	99	98	99	99
0.20	100	95	95	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.15	100	100	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.05	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$F_{current}$	100	49	35	26	19	16	14	11	10	10	9	5	2

表 1. つづき

(c) 親魚量の平均値 (千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	225	246	232	207	188	177	179	187	199	208	217	268	283
0.95	225	252	241	218	201	191	195	206	220	230	239	291	308
0.90	225	258	251	230	214	206	212	224	240	251	260	313	331
0.85	225	264	261	242	228	222	229	244	261	272	281	335	354
0.80	225	270	271	255	243	238	247	264	282	293	301	357	377
0.75	225	276	282	269	258	254	265	284	304	314	321	376	400
0.70	225	283	293	283	275	272	284	305	325	335	341	396	422
0.65	225	290	305	298	292	290	304	327	346	355	360	415	442
0.60	225	297	317	313	310	310	325	349	368	374	378	433	462
0.55	225	304	329	329	328	329	346	371	388	393	396	450	480
0.50	225	311	343	346	347	349	368	393	409	411	413	466	498
0.45	225	318	356	363	366	369	389	415	428	428	430	481	515
0.40	225	326	371	381	385	389	412	437	447	446	447	497	532
0.35	225	334	386	400	406	411	435	458	466	463	465	512	548
0.30	225	342	402	419	427	433	459	479	484	482	483	528	565
0.25	225	350	418	439	449	455	483	499	503	500	501	544	582
0.20	225	358	435	460	471	478	507	518	522	518	520	561	600
0.15	225	367	452	481	493	501	531	537	540	537	539	578	618
0.10	225	376	469	502	515	522	554	555	558	555	557	594	636
0.05	225	385	487	521	533	540	572	571	574	571	573	610	652
0.00	225	394	505	539	549	555	586	585	587	584	586	625	668
Fccurent	225	214	176	135	104	82	69	59	53	48	45	23	11

(d) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	221	199	171	149	132	121	121	130	137	147	152	200	204
0.95	221	192	168	149	134	123	125	136	145	155	160	206	212
0.90	221	184	164	147	134	126	129	141	151	161	165	209	216
0.85	221	176	160	146	135	129	132	145	155	166	169	211	219
0.80	221	168	155	144	135	130	135	149	159	168	171	211	219
0.75	221	159	151	142	135	131	136	151	161	169	171	208	217
0.70	221	150	145	139	134	131	137	152	161	168	170	203	213
0.65	221	141	139	136	132	131	137	151	159	165	166	197	207
0.60	221	132	133	132	129	129	135	149	156	161	161	188	198
0.55	221	122	126	127	125	125	132	145	151	154	154	178	188
0.50	221	112	118	121	120	121	128	139	144	146	145	166	176
0.45	221	102	110	114	114	115	122	132	135	137	135	154	162
0.40	221	92	101	106	107	108	114	123	125	126	125	140	148
0.35	221	81	92	96	98	99	105	112	113	114	113	125	132
0.30	221	70	81	86	88	89	95	100	100	100	100	109	116
0.25	221	59	70	74	76	77	82	86	86	86	85	93	99
0.20	221	48	58	62	63	64	68	70	70	71	70	76	80
0.15	221	36	45	48	49	50	53	54	54	54	54	58	61
0.10	221	25	31	33	34	34	36	37	37	37	37	39	42
0.05	221	12	16	17	17	17	19	19	19	19	19	20	21
0.00	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fccurent	221	242	197	151	117	91	78	70	61	55	49	27	12

表 2. 獲り残し割合一定方策による代替漁獲管理規則案に基づいた将来予測の結果

2020 年漁期の漁獲量は資源評価で推定した資源量と 2017～2019 年漁期の平均漁獲圧から仮定した。2021 年漁期から代替漁獲管理規則案（獲り残し割合は 30～50%）による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（%）

獲り残し 割合 (%)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
30	0	30	22	16	12	10	8	6	6	6	5	5	4
31	0	31	23	17	13	11	9	7	7	7	7	7	6
32	0	32	23	19	14	12	11	9	9	9	10	10	8
33	0	33	25	20	16	13	12	11	11	12	12	13	11
34	0	33	26	21	17	15	14	13	14	15	15	18	16
35	0	34	27	23	19	17	16	16	17	18	19	22	21
36	0	35	28	24	21	18	19	20	21	23	25	29	27
37	0	36	31	27	23	22	22	24	26	29	30	36	34
38	0	37	32	29	25	24	25	28	31	34	35	43	42
39	0	38	33	30	27	27	31	34	38	41	44	51	50
40	0	39	35	32	30	30	35	39	45	48	50	58	58
41	0	39	36	34	33	33	39	45	51	53	56	65	66
42	0	40	38	37	35	36	44	52	57	59	61	70	72
43	0	40	41	41	40	40	50	57	62	63	65	75	77
44	0	40	43	43	43	43	56	63	68	69	70	80	81
45	0	40	46	47	48	48	61	68	72	72	73	83	84
46	0	40	48	50	50	51	66	72	74	74	75	86	87
47	0	40	50	52	52	53	70	75	76	76	77	88	88
48	0	41	51	54	54	56	74	76	78	77	78	89	89
49	0	44	52	56	57	58	77	78	79	78	79	89	90
50	0	48	55	59	61	62	79	80	80	79	81	90	90

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率（%）

獲り残し 割合 (%)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
30	100	50	36	28	21	17	16	14	13	13	12	10	7
31	100	51	39	30	24	20	18	16	16	16	16	13	10
32	100	51	42	33	27	22	21	20	19	19	20	17	14
33	100	52	45	36	30	25	24	23	24	24	24	23	19
34	100	52	46	39	32	28	27	27	28	29	29	29	24
35	100	53	48	41	34	31	31	32	34	34	35	36	32
36	100	54	51	44	38	35	35	37	39	41	42	45	40
37	100	56	55	48	43	40	41	43	45	47	48	53	48
38	100	58	57	51	47	44	46	48	51	53	55	61	57
39	100	60	61	56	52	49	52	55	58	59	61	69	66
40	100	62	63	59	56	54	58	61	64	65	67	75	74
41	100	65	65	63	60	58	65	68	70	71	72	81	80
42	100	68	69	68	66	65	71	74	76	76	78	86	85
43	100	71	71	71	70	69	77	80	81	81	82	89	89
44	100	75	75	76	76	75	82	85	85	85	86	92	93
45	100	78	80	81	82	81	88	89	89	89	90	94	95
46	100	81	84	87	87	88	92	93	93	93	93	96	96
47	100	84	86	90	91	92	95	96	96	95	95	97	98
48	100	87	89	93	94	95	97	98	98	98	97	99	99
49	100	92	92	95	97	98	99	99	99	99	99	99	99
50	100	96	95	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100

表 2. つづき

(c) 親魚量の平均値 (千トン)

獲り残し 割合 (%)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
30	225	219	183	143	114	93	81	72	67	64	62	48	38
31	225	225	192	154	124	103	91	83	79	76	75	62	50
32	225	232	202	165	135	114	103	96	93	91	90	80	67
33	225	238	212	177	148	128	117	112	110	109	109	103	89
34	225	245	223	189	162	142	133	129	130	130	131	130	118
35	225	252	234	203	177	159	152	150	153	154	157	162	153
36	225	259	246	218	194	177	172	173	178	181	185	199	192
37	225	266	258	233	211	196	194	198	205	210	215	237	234
38	225	273	270	249	229	217	217	224	235	241	246	277	279
39	225	280	283	265	249	238	241	252	265	272	277	318	327
40	225	287	296	282	269	261	267	281	296	304	309	357	372
41	225	294	309	300	290	284	293	311	327	334	339	392	413
42	225	302	322	317	311	308	320	340	356	363	367	423	448
43	225	309	336	335	332	331	346	369	384	389	393	448	478
44	225	316	350	353	353	354	371	395	410	413	416	470	502
45	225	323	364	371	373	376	396	421	433	434	436	488	523
46	225	330	378	389	394	397	420	444	454	453	455	505	540
47	225	337	392	408	414	419	444	466	473	471	472	520	556
48	225	345	407	426	434	440	467	485	491	488	490	534	572
49	225	352	421	444	453	460	489	503	507	504	506	549	587
50	225	359	436	462	473	480	509	520	523	520	522	563	602

(d) 漁獲量の平均値 (千トン)

獲り残し 割合 (%)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
30	221	236	194	151	120	96	84	78	70	67	62	50	37
31	221	228	192	153	123	100	90	84	78	75	71	61	46
32	221	219	189	153	126	105	95	91	85	84	80	73	58
33	221	210	186	154	129	110	101	98	94	94	91	88	72
34	221	201	182	154	132	114	107	106	103	104	102	104	89
35	221	192	177	153	134	119	113	114	113	114	114	120	108
36	221	183	172	152	136	123	119	121	122	125	124	136	127
37	221	173	167	151	137	126	125	128	130	134	134	150	144
38	221	164	161	148	137	128	129	134	137	142	142	162	160
39	221	154	154	145	136	130	132	138	142	147	147	171	172
40	221	144	147	141	135	130	133	141	146	150	150	175	180
41	221	135	140	136	132	129	133	142	147	151	151	176	182
42	221	125	132	131	128	126	132	141	145	149	149	172	180
43	221	115	124	125	123	123	129	137	141	144	144	165	174
44	221	106	116	118	117	117	124	132	135	137	137	155	164
45	221	96	107	110	110	111	117	125	127	129	128	144	152
46	221	86	98	101	102	103	109	116	117	118	117	131	138
47	221	76	88	92	93	94	100	106	106	107	106	117	124
48	221	67	78	82	83	85	90	94	94	95	94	103	109
49	221	57	68	72	73	74	79	82	82	82	81	89	94
50	221	47	57	61	62	63	67	69	68	69	68	74	78

表 3. 漁獲量 3 年間一定方策による代替漁獲管理規則案に基づいた将来予測の結果

2020 年漁期の漁獲量は資源評価で推定した資源量と 2017～2019 年漁期の平均漁獲圧から仮定した。2021 年漁期から代替漁獲管理規則案 (β は 0～1.0) による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	0	33	28	26	21	18	21	17	18	21	18	35	40
0.95	0	34	29	28	22	19	22	18	19	23	20	37	42
0.90	0	35	30	29	23	21	24	20	22	25	22	41	45
0.85	0	36	32	30	26	23	27	23	25	29	26	45	48
0.80	0	37	33	32	27	24	29	26	28	31	30	49	51
0.75	0	38	35	33	29	26	31	29	32	34	33	54	54
0.70	0	38	36	35	31	28	34	34	36	39	39	58	58
0.65	0	39	38	37	33	30	37	38	40	43	43	61	62
0.60	0	40	40	39	35	32	41	42	46	48	49	66	67
0.55	0	40	41	41	38	36	45	48	51	54	54	70	72
0.50	0	40	43	44	41	39	50	53	57	58	59	75	76
0.45	0	40	44	46	45	44	55	60	62	64	65	78	80
0.40	0	40	46	48	48	48	60	65	67	68	69	82	83
0.35	0	40	48	51	51	51	65	69	71	72	73	86	86
0.30	0	41	51	54	54	54	69	73	75	75	76	88	88
0.25	0	43	56	59	56	56	74	76	78	78	78	89	89
0.20	0	47	59	63	58	60	78	79	79	79	80	90	90
0.15	0	51	63	68	65	67	83	81	82	81	82	90	91
0.10	0	56	68	74	70	71	86	85	85	85	86	92	92
0.05	0	60	74	80	78	80	90	90	89	90	90	95	96
0.00	0	60	84	95	98	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	100	53	51	45	35	32	33	30	31	33	34	53	55
0.95	100	54	53	47	37	34	35	33	33	35	36	57	58
0.90	100	55	55	50	40	37	38	35	36	38	39	61	60
0.85	100	55	57	52	44	40	41	39	41	42	43	64	63
0.80	100	57	59	55	47	42	44	42	43	45	45	68	67
0.75	100	59	61	58	49	44	47	45	46	48	48	72	70
0.70	100	61	64	61	54	49	51	50	51	52	53	75	74
0.65	100	63	66	65	57	52	55	54	56	57	57	78	77
0.60	100	66	69	68	60	57	59	59	61	62	62	81	81
0.55	100	69	72	72	65	63	65	65	67	68	67	84	85
0.50	100	72	75	75	69	68	70	71	73	73	73	87	87
0.45	100	76	78	79	77	75	76	78	79	79	79	90	90
0.40	100	79	81	82	82	80	82	84	85	85	85	93	93
0.35	100	82	85	86	88	86	88	90	90	90	91	95	95
0.30	100	86	88	90	92	90	92	95	94	94	95	97	97
0.25	100	90	91	93	95	94	96	98	98	97	98	99	98
0.20	100	95	94	96	97	98	99	99	99	99	99	100	99
0.15	100	100	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.05	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表 3. つづき

(c) 親魚量の平均値 (千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	225	246	240	215	172	154	158	143	149	165	160	246	283
0.95	225	252	249	225	183	165	169	153	158	174	170	261	296
0.90	225	258	257	236	195	176	179	165	172	186	182	280	310
0.85	225	264	266	247	208	188	193	180	188	202	198	297	325
0.80	225	270	276	259	221	202	206	194	202	216	211	317	345
0.75	225	276	286	272	236	216	221	211	219	230	227	339	365
0.70	225	283	297	286	252	233	239	230	239	252	249	358	385
0.65	225	290	308	301	269	251	258	252	262	274	272	377	405
0.60	225	297	321	316	288	272	280	277	288	300	298	398	428
0.55	225	304	334	333	308	295	306	306	319	330	327	419	452
0.50	225	311	348	351	330	319	334	337	349	358	356	440	474
0.45	225	318	363	371	353	346	364	370	382	388	387	462	496
0.40	225	326	378	391	378	373	394	402	413	418	417	484	519
0.35	225	334	394	412	403	401	424	433	444	448	447	506	541
0.30	225	342	410	433	428	428	454	465	474	476	476	525	561
0.25	225	350	426	454	452	454	483	494	500	499	499	543	581
0.20	225	358	442	473	475	479	510	517	521	518	520	561	599
0.15	225	367	458	492	497	502	533	537	540	537	539	578	618
0.10	225	376	474	509	516	523	555	555	558	555	557	594	636
0.05	225	385	489	524	533	540	573	571	573	571	573	610	652
0.00	225	394	505	539	549	555	586	585	587	584	586	625	668

(d) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.00	221	199	160	126	130	105	80	104	96	81	107	170	152
0.95	221	192	158	125	130	108	84	107	99	85	109	172	157
0.90	221	184	155	124	131	112	86	109	103	90	111	176	161
0.85	221	176	152	123	131	115	90	112	106	95	115	176	166
0.80	221	168	149	121	131	117	94	113	109	98	116	178	170
0.75	221	159	145	118	130	120	97	115	112	102	117	178	173
0.70	221	150	140	116	129	121	100	116	114	105	120	176	174
0.65	221	141	134	114	127	122	103	117	116	108	122	172	173
0.60	221	132	127	110	124	121	106	118	118	112	124	168	171
0.55	221	122	120	107	120	119	107	119	119	114	125	162	167
0.50	221	112	111	102	116	116	107	119	119	115	123	154	161
0.45	221	102	102	96	111	111	106	117	117	115	121	145	153
0.40	221	92	92	89	105	104	103	112	112	112	115	134	143
0.35	221	81	81	80	97	97	96	105	105	105	108	122	130
0.30	221	70	70	70	87	87	87	96	96	96	98	108	115
0.25	221	59	59	59	76	76	76	84	84	84	85	93	99
0.20	221	48	48	48	63	63	63	70	70	70	70	76	81
0.15	221	36	36	36	49	49	49	54	54	54	54	58	62
0.10	221	25	25	25	34	34	34	37	37	37	37	39	42
0.05	221	12	12	12	17	17	17	19	19	19	19	20	21
0.00	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4. 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

調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.05 刻みで変更した基本的漁獲管理規則案および漁獲量一定方策の代替漁獲管理規則案と、獲り残し割合を 30～50% にて 1% 刻みで変更した代替漁獲管理規則案の結果をまとめた。また、2017～2019 年漁期の平均漁獲圧 ($F_{current}$) を継続した場合の結果についても最下段に併記した。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度 (1 年後) の 2021 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値 (2025 年漁期および 2030 年漁期) を示した。ランクは、*①と*②の目標達成確率がともに 50%以上となる基本的漁獲管理規則案 ($\beta=0.45$) を基準とし、それ以上の*①と*②が得られ、かつリスクの指標となる*③と*④をその基準以下に抑えられる管理方策をランク 2 とした。また、*①と*②はともに 50%以上であるものの、*③と*④が基準より大きい場合はランク 1 とし、*①と*②のどちらか一方でも 50%未満の場合はランク 0 とした。

ラン ク	管理方策	目標達成確率 (%)		予測親魚量 (千トン)		予測漁獲量 (千トン)			リスク (%)							
		5年後(2025 年)に親魚量 が限界管理基 準値案を上回 る確率 *①	10年後(2030 年)に親魚量 が目標管理基 準値案を上回 る確率 *②	5年後 2025年 漁期	10年後 2030年 漁期	1年後 2021年 漁期	5年後 2025年 漁期	10年後 2030年 漁期	5年後までに 一度でも親 魚量が禁漁 水準案を下 回る確率 *③	10年後まで に一度でも 親魚量が禁 漁水準案を 下回る確率	5年後までに 一度でも親 魚量が過去 最低を下回 る確率 *④	10年後まで に一度でも 親魚量が過 去最低を下 回る確率	5年後までに 一度でも漁 獲量が前年 から半減以 下になる確 率	10年後まで に一度でも 漁獲量が前 年から半減 以下になる 確率	5年後まで の漁獲量 の平均変 動率	10年後ま での漁獲 量の平均 変動率
0	基本ルール ($\beta=1.00$)	35%	26%	177	217	199	121	152	26%	36%	53%	67%	84%	96%	93%	98%
0	基本ルール ($\beta=0.95$)	38%	30%	191	239	192	123	160	23%	31%	50%	64%	83%	96%	89%	93%
0	基本ルール ($\beta=0.90$)	42%	34%	206	260	184	126	165	16%	23%	44%	58%	82%	95%	85%	88%
0	基本ルール ($\beta=0.85$)	46%	39%	222	281	176	129	169	12%	18%	41%	54%	80%	94%	82%	83%
0	基本ルール ($\beta=0.80$)	49%	44%	238	301	168	130	171	9%	13%	33%	45%	79%	93%	78%	78%
0	基本ルール ($\beta=0.75$)	53%	49%	254	321	159	131	171	6%	9%	25%	35%	78%	93%	75%	74%
2	基本ルール ($\beta=0.70$)	58%	55%	272	341	150	131	170	4%	6%	20%	29%	76%	91%	72%	69%
2	基本ルール ($\beta=0.65$)	61%	59%	290	360	141	131	166	2%	4%	15%	22%	74%	90%	68%	65%
2	基本ルール ($\beta=0.60$)	65%	63%	310	378	132	129	161	1%	2%	11%	16%	72%	88%	65%	60%
2	基本ルール ($\beta=0.55$)	70%	66%	329	396	122	125	154	1%	1%	7%	11%	69%	86%	62%	57%
2	基本ルール ($\beta=0.50$)	73%	69%	349	413	112	121	145	0%	0%	4%	6%	66%	85%	59%	53%
2	基本ルール ($\beta=0.45$)	81%	73%	369	430	102	115	135	0%	0%	2%	3%	63%	82%	56%	50%
2	基本ルール ($\beta=0.40$)	85%	75%	389	447	92	108	125	0%	0%	1%	1%	61%	80%	54%	47%
2	基本ルール ($\beta=0.35$)	91%	76%	411	465	81	99	113	0%	0%	0%	0%	57%	76%	51%	44%
2	基本ルール ($\beta=0.30$)	94%	78%	433	483	70	89	100	0%	0%	0%	0%	54%	73%	50%	42%
2	基本ルール ($\beta=0.25$)	97%	79%	455	501	59	77	85	0%	0%	0%	0%	51%	70%	48%	40%
2	基本ルール ($\beta=0.20$)	99%	80%	478	520	48	64	70	0%	0%	0%	0%	49%	67%	47%	39%
2	基本ルール ($\beta=0.15$)	100%	82%	501	539	36	50	54	0%	0%	0%	0%	47%	65%	45%	38%
2	基本ルール ($\beta=0.10$)	100%	85%	522	557	25	34	37	0%	0%	0%	0%	46%	64%	44%	37%
2	基本ルール ($\beta=0.05$)	100%	90%	540	573	12	17	19	0%	0%	0%	0%	45%	63%	44%	36%

表 4. つづき

ラン ク	管理方策	目標達成確率 (%)		予測親魚量 (千トン)		予測漁獲量 (千トン)			リスク (%)							
		5年後(2025 年)に親魚量 が限界管理基 準値案を上回 る確率 *①	10年後(2030 年)に親魚量 が目標管理基 準値案を上回 る確率 *②	5年後 2025年 漁期	10年後 2030年 漁期	1年後 2021年 漁期	5年後 2025年 漁期	10年後 2030年 漁期	5年後までに 一度でも親 魚量が禁漁 水準案を下 回る確率 *③	10年後まで に一度でも 親魚量が禁 漁水準案を 下回る確率	5年後までに 一度でも親 魚量が過去 最低を下回 る確率 *④	10年後まで に一度でも 親魚量が過 去最低を下 回る確率	5年後までに 一度でも漁 獲量が前年 から半減以 下になる確 率	10年後まで に一度でも 漁獲量が前 年から半減 以下になる 確率	5年後まで の漁獲量 の平均変 動率	10年後ま での漁獲 量の平均 変動率
0	獲り残し割合一定：30%	17%	5%	93	62	236	96	62	59%	78%	74%	88%	86%	98%	100%	125%
0	獲り残し割合一定：31%	20%	7%	103	75	228	100	71	57%	75%	72%	86%	85%	97%	95%	120%
0	獲り残し割合一定：32%	22%	10%	114	90	219	105	80	51%	70%	69%	83%	83%	97%	89%	114%
0	獲り残し割合一定：33%	25%	12%	128	109	210	110	91	47%	65%	66%	80%	82%	96%	85%	106%
0	獲り残し割合一定：34%	28%	15%	142	131	201	114	102	40%	58%	62%	76%	80%	95%	80%	99%
0	獲り残し割合一定：35%	31%	19%	159	157	192	119	114	35%	52%	58%	73%	79%	94%	75%	91%
0	獲り残し割合一定：36%	35%	25%	177	185	183	123	124	27%	43%	53%	67%	78%	93%	72%	82%
0	獲り残し割合一定：37%	40%	30%	196	215	173	126	134	22%	36%	45%	60%	76%	92%	68%	74%
0	獲り残し割合一定：38%	44%	35%	217	246	164	128	142	17%	29%	40%	54%	74%	91%	65%	67%
0	獲り残し割合一定：39%	49%	44%	238	277	154	130	147	12%	22%	31%	44%	72%	89%	62%	61%
1	獲り残し割合一定：40%	54%	50%	261	309	144	130	150	8%	16%	25%	37%	70%	88%	60%	57%
1	獲り残し割合一定：41%	58%	56%	284	339	135	129	151	5%	10%	19%	29%	68%	86%	58%	54%
2	獲り残し割合一定：42%	65%	61%	308	367	125	126	149	3%	6%	13%	21%	65%	84%	56%	51%
2	獲り残し割合一定：43%	69%	65%	331	393	115	123	144	2%	3%	9%	14%	63%	82%	54%	48%
2	獲り残し割合一定：44%	75%	70%	354	416	106	117	137	1%	2%	5%	9%	60%	79%	52%	46%
2	獲り残し割合一定：45%	81%	73%	376	436	96	111	128	0%	1%	3%	5%	58%	77%	51%	44%
2	獲り残し割合一定：46%	88%	75%	397	455	86	103	117	0%	0%	1%	2%	55%	74%	50%	43%
2	獲り残し割合一定：47%	92%	77%	419	472	76	94	106	0%	0%	1%	1%	53%	72%	48%	42%
2	獲り残し割合一定：48%	95%	78%	440	490	67	85	94	0%	0%	0%	0%	51%	69%	47%	40%
2	獲り残し割合一定：49%	98%	79%	460	506	57	74	81	0%	0%	0%	0%	49%	67%	46%	39%
2	獲り残し割合一定：50%	99%	81%	480	522	47	63	68	0%	0%	0%	0%	47%	66%	46%	38%

表 4. つづき

ラ ン ク	管理方策	目標達成確率 (%)		予測親魚量 (千トン)		予測漁獲量 (千トン)			リスク (%)							
		5年後(2025 年)に親魚量 が限界管理基 準値案を上回 る確率 *①	10年後(2030 年)に親魚量 が目標管理基 準値案を上回 る確率 *②	5年後	10年後	1年後	5年後	10年後	5年後までに 一度でも親 魚量が禁漁 水準案を下 回る確率 *③	10年後まで に一度でも 親魚量が禁 漁水準案を 下回る確率	5年後までに 一度でも親 魚量が過去 最低を下回 る確率 *④	10年後まで に一度でも 親魚量が過 去最低を下 回る確率	5年後までに 一度でも漁 獲量が前年 から半減以 下になる確 率	10年後まで に一度でも 漁獲量が前 年から半減 以下になる 確率	5年後まで の漁獲量 の平均変 動率	10年後ま での漁獲 量の平均 変動率
				2025年 漁期	2030年 漁期	2021年 漁期	2025年 漁期	2030年 漁期								
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=1.00$)	32%	18%	154	160	199	105	107	50%	68%	58%	76%	56%	86%	36%	66%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.95$)	34%	20%	165	170	192	108	109	48%	66%	55%	73%	54%	84%	32%	61%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.90$)	37%	22%	176	182	184	112	111	44%	61%	52%	69%	51%	82%	28%	58%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.85$)	40%	26%	188	198	176	115	115	41%	57%	49%	66%	48%	80%	26%	53%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.80$)	42%	30%	202	211	168	117	116	38%	53%	46%	62%	45%	76%	24%	48%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.75$)	44%	33%	216	227	159	120	117	34%	49%	41%	57%	41%	74%	22%	43%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.70$)	49%	39%	233	249	150	121	120	30%	44%	37%	53%	38%	70%	20%	39%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.65$)	52%	43%	251	272	141	122	122	26%	39%	33%	48%	34%	67%	19%	35%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.60$)	57%	49%	272	298	132	121	124	22%	34%	28%	42%	30%	63%	18%	30%
1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.55$)	63%	54%	295	327	122	119	125	17%	27%	24%	35%	27%	59%	17%	25%
1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.50$)	68%	59%	319	356	112	116	123	13%	21%	19%	28%	24%	54%	16%	21%
1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.45$)	75%	65%	346	387	102	111	121	9%	15%	14%	22%	21%	49%	15%	19%
1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.40$)	80%	69%	373	417	92	104	115	5%	10%	10%	15%	17%	43%	14%	17%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.35$)	86%	73%	401	447	81	97	108	3%	5%	5%	9%	15%	38%	13%	16%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.30$)	90%	76%	428	476	70	87	98	1%	2%	3%	5%	12%	32%	13%	15%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.25$)	94%	78%	454	499	59	76	85	0%	0%	1%	1%	9%	27%	12%	14%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.20$)	98%	80%	479	520	48	63	70	0%	0%	0%	0%	7%	23%	12%	14%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.15$)	99%	82%	502	539	36	49	54	0%	0%	0%	0%	5%	20%	12%	13%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.10$)	100%	86%	523	557	25	34	37	0%	0%	0%	0%	3%	18%	11%	13%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.05$)	100%	90%	540	573	12	17	19	0%	0%	0%	0%	3%	17%	11%	13%
0	F2017-2019	16%	4%	82	45	242	91	49	64%	82%	76%	90%	87%	98%	96%	131%

補足資料 1 将来予測における親魚尾数の予測誤差の設定

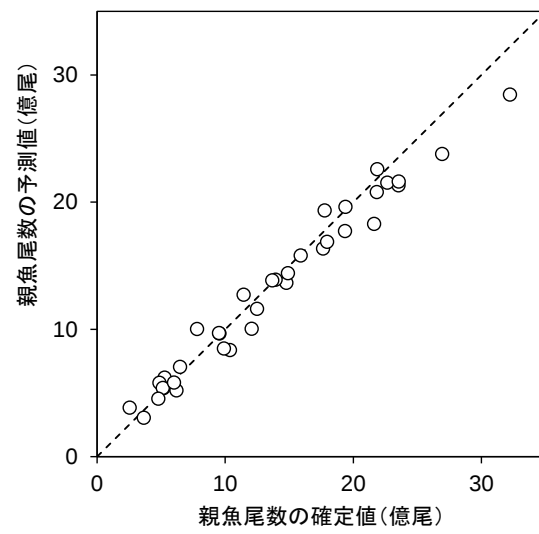
漁期終了後の親魚尾数を求めるためにはその漁期の資源尾数と漁獲尾数を与える必要がある（式 1）。スルメイカ秋季発生系群においては、漁獲尾数を直近 3 年間の平均漁獲係数 F_{current} より算出するため、同年漁期終了後の親魚尾数には予測誤差が含まれることになる。この誤差を将来予測において考慮するため、2019 年以前のデータを用いて予測誤差を推定した。本補足資料ではその解析手順と結果を示す。

過去の各年を対象として、資源評価当年の漁期終了後の親魚尾数を求める場合と同様に、 F_{current} を求めて資源尾数と漁獲尾数を計算し、過去の予測親魚尾数 $S'_{t,\text{past}}$ を算出した。スルメイカ秋季発生系群は 2005 年以降（ただし、2009 年および 2013 年を除く）の漁獲量に、中国の漁獲量の仮定値（150 千トン）を含む（FRA-SA2020-SC05-2）ため、FRA-SA2020-SC05-2 における 2020 年親魚尾数の算出と同様の手順で、過去の各年の親魚尾数を求めた。すなわち、中国の漁獲があった年については、各年の漁獲量から中国の漁獲量仮定値を除いた漁獲量（＝日韓漁獲量）から各年の日韓の漁獲係数 $F_{JK,t}$ を算出し、 $F_{JK,t}$ を用いて過去のその年に対する平均漁獲係数 F_{current} を求めた。この F_{current} から予測される日韓の漁獲尾数に対して、中国の漁獲があった年については中国の仮定値を再度加えた値をその年の予測漁獲尾数とし、この予測漁獲尾数から各年の過去の予測親魚尾数 $S'_{t,\text{past}}$ を求めた。

資源評価は 1981 年以降であることから 1983 年以前の F_{current} は計算できないため、1984～2019 年の $S'_{t,\text{past}}$ を求めた。確定値になったデータから求めた親魚尾数 $S_{t,\text{past}}$ と $S'_{t,\text{past}}$ の間には、補足図 1-1 のように直線的な関係が見られたため、正規分布の誤差を仮定して標準誤差 σ_1 （1.27）を推定した。この値を式 2 における誤差の標準偏差として使用した。

引用文献

久保田 洋・宮原寿恵・加賀敏樹・岡本 俊・西嶋翔太・松倉隆一・高崎健二・齋藤 勉・稲掛伝三 (2021) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価. FRA-SA2020-SC05-2.



補足図 1-1. 親魚尾数の確定値と予測値の関係

補足資料 2 加入量予測誤差の有無による試算結果の差異

翌年の加入量予測に係わる誤差を考慮することで将来予測における不確実性は増すため、誤差を考慮しない場合と比べて管理目標の達成確率は低下し、資源状態悪化などのリスクは増加すると推測される。昨年度のステークホルダー会議で提示した資料（FRA-SA2020-SC05-102）では上記誤差を考慮しておらず、リスクが過小評価されていると考えられるため、本補足資料では誤差の有無による各種確率の差異を調べた。

FRA-SA2020-SC05-102 では β を 0.90 以下にすることを推奨しているため、 β が 0.90 の場合における誤差有無での結果を補足表 2-1 に示した。5 年後に親魚量が限界管理基準値案を上回る確率は誤差を考慮しない場合で 71%であったのに対し、誤差を考慮した場合は 42%となり、また 10 年後に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は誤差を考慮しない場合で 51%であったのに対し、誤差を考慮した場合は 34%となり、いずれの管理目標に対しても誤差を考慮した場合にはこれに適わなくなった。

平均漁獲量は 10 年後までを見ると誤差を考慮した場合の方が 4 年後までは少なくなるが、5 年後からは多くなった。5 年後までに一度でも親魚量が禁漁水準案を下回る確率を見ると、誤差を考慮しない場合は 0%であるのに対し、誤差を考慮する場合は 16%となり、その他のリスク指標も誤差を考慮した場合に高くなった。誤差を考慮した場合、親魚量から予測される資源量と真の資源量に差が生じることで、将来予測において過剰または過小な漁獲となる可能性があり、真の親魚量の予測区間は誤差を考慮しない場合と比べて大きくなった（補足表 2-1）。また資源状態悪化のリスク、漁獲量変動のリスクはともに誤差を考慮した場合の方が大きくなった。以上のように資源評価最終年の翌年の資源量予測に係わる誤差を考慮することで資源評価・管理の不確実性は増すため、漁獲管理規則案のシナリオ間比較においては特に各種リスクに注視する必要がある。

引用文献

- 久保田 洋・宮原寿恵・加賀敏樹・岡本 俊・西嶋翔太・松倉隆一 (2021) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ秋季発生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）. FRA-SA2020-SC05-102.
- 久保田 洋・宮原寿恵・加賀敏樹・岡本 俊・西嶋翔太・松倉隆一・高崎健二・齋藤 勉・稲掛伝三 (2021) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価. FRA-SA2020-SC05-2.

補足表 2-1. 加入変動および親魚量の予測誤差の有無によるパフォーマンスの差異 (β が 0.90 の基本的漁獲管理規則案の場合)

		目標達成確率 (%)		予測親魚量 (千トン) (80%区間)			予測漁獲量 (千トン) (80%区間)		
		5年後(2025年)に親魚量が限界管理基準値を上回る確率	10年後(2030年)に親魚量が目標管理基準値を上回る確率	1年後	5年後	10年後	1年後	5年後	10年後
誤差有無	管理方策			2021年 漁期	2025年 漁期	2030年 漁期	2021年 漁期	2025年 漁期	2030年 漁期
無	基本ルール ($\beta=0.90$)	71%	51%	256 (155~398)	276 (127~469)	336 (159~521)	186 (112~290)	189 (63~341)	238 (100~379)
有	基本ルール ($\beta=0.90$)	42%	34%	258 (63~489)	206 (29~498)	260 (34~521)	184 (103~298)	126 (0~341)	165 (0~341)

		リスク (%)							
		5年後までに一度でも親魚量が禁漁水準を下回る確率	10年後までに一度でも親魚量が禁漁水準を下回る確率	5年後までに一度でも親魚量が過去最低を下回る確率	10年後までに一度でも親魚量が過去最低を下回る確率	5年後までに一度でも漁獲量が前年から半減以下になる確率	10年後までに一度でも漁獲量が前年から半減以下になる確率	5年後までの漁獲量の平均変動率	10年後までの漁獲量の平均変動率
誤差有無	管理方策								
無	基本ルール ($\beta=0.90$)	0%	0%	0%	0%	19%	33%	36%	33%
有	基本ルール ($\beta=0.90$)	16%	23%	44%	58%	82%	95%	85%	88%