

スルメイカ冬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

スルメイカ冬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示す。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月に行われたステークホルダー会議時点のデータ
- 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、それらの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 40% 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 37% 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

ステークホルダー会議で提示した資料 (FRA-SA2020-SC05-101) に基づき、スルメイカ冬季発生系群の再生産関係はベバートン・ホルト型とした。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-SC05-101 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全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。

(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-SC05-101) 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（＝小型いか釣り漁船の標準化 CPUE）に比例係数を掛けることで算出される。資源評価の最終年漁期においては、資源尾数は当年漁期途中までの小型いか釣り漁業データと調査データから予測する。また、当年漁期の漁獲尾数は直近 3 年間の平均漁獲係数 F_{current} と予測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、当年漁期の資源尾数の予測誤差、および 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、1982～2019 年の各年を対象として上記の将来予測と同様に漁期途中までのデータから標準化 CPUE の予測値と F_{current} を求め、過去の予測親魚尾数 $S'_{t,\text{past}}$ を計算した。対数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。

$$S'_{t,k} = S_{t,k} \cdot \exp(\varepsilon_{t,1,k} - 0.5\sigma_1^2), \quad \varepsilon_{t,1,k} \sim \text{Normal}(0, \sigma_1^2) \quad (2)$$

$\varepsilon_{t,1,k}$ 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り、 $-0.5\sigma_1^2$ は平均値のバイアス補正項である。 k はシミュレーションの試行回数を示す。

b) 加入変動の予測誤差

スルメイカ冬季発生系群の再生産関係はベバートン・ホルト型であり、親魚尾数と加入尾数の関係は式 3 で定式化される。

$$R(S_t|a, b) = \frac{aS_t}{1 + bS_t} \quad (3)$$

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 1980～2019 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-SC05-101 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。

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

$$\delta = -\log\left(\frac{\sum_{i=1980}^{2019} \exp(e_i)}{40}\right) \quad (5)$$

$\varepsilon_{t,2,k}$ 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 (2015～2019 年) の残差のみから重複を許したり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 (2015～2019 年) の残差、または、さらに過去に遡った 5 年分 (2000～2014 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の手順と同様に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

漁獲管理規則案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)。

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

$F'_{t+1,k}$ は漁獲管理規則案に基づき、 $S'_{t,k}$ 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。

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

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

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、各管理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。スルメイカ資源については、①と②が50%以上となることを管理目標としている。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)。なお、本系群の親魚量の目標管理基準値案は234千トン、限界管理基準値案は132千トン、禁漁水準案は14千トン、過去最低親魚量は47千トンである(FRA-SA2020-SC05-101、FRA-SA2020-SC05-1)。

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%以上で、かつリスクの指標となる③と④を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案に基づいた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0.45以下であり、②が50%以上となる β は0.60以下であった。したがって、 **β が0.45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0.45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(表4)。令和2年12月のステーキホルダー会議で提示した資料

(FRA-SA2020-SC05-101) では、 β が 0.5 以下の時に管理目標に適う結果となっていたが、本資料では翌年の加入量予測の誤差を考慮したことで 0.45 以下に変化した(補足資料 2)。 β を 0.45 とした場合の 1 年後(2021 年)と 5 年後の平均漁獲量はそれぞれ 8 千トン、30 千トンで、平均親魚量はそれぞれ 77 千トン、145 千トンであった(表 1)。他の方策に比べて低いリスクで平均漁獲量が多くなったが、漁獲量の平均年変動率*は非常に大きく、5 年後までの平均で 93%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が 50%以上となる獲り残し割合は 49%以上であり、②が 50%以上となる獲り残し割合は 45%以上であった。したがって、獲り残し割合 48%以下のシナリオは管理目標に合わず、ランク 0 となった(表 4)。獲り残し割合 49%以上のシナリオでは、①と②は基準シナリオを上回ったものの、リスク指標④が基準シナリオ以上であったため、ランク 1 となった。ただし、獲り残し割合 50%シナリオはリスク指標④が基準シナリオより 1%大きいだけであり、この場合の 1 年後と 5 年後の平均漁獲量はそれぞれ 10 千トン、20 千トンで、平均親魚量はそれぞれ 76 千トン、161 千トンであった(表 2)。1 年後の平均漁獲量を基準シナリオほど少なくしない代わりに、2 年後以降には基準シナリオより少なくなった。一方で、平均親魚量は 2 年後まで基準シナリオと同値であったが、3 年後以降は基準シナリオより多くなった。5 年後までの漁獲量の平均年変動率は 53%で、基準シナリオより小さく抑えられた(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 0.55 以下であり、②が 50%以上となる β は 0.60 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(表 4)。 β が 0.35~0.55 のシナリオでは、①と②が 50%以上で管理目標を満たしていたものの、リスク指標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 0.30 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 0.30 とした場合の 1 年後と 5 年後の平均漁獲量はそれぞれ 5 千トン、21 千トンで、平均親魚量はそれぞれ 79 千トン、174 千トンであった(表 3)。他の方策に比べて平均漁獲量は少ないが、平均親魚量は多かった(ただし、両数値とも 10 年後以降に獲り残し割合 50%シナリオと逆転する)。漁獲量を 3 年間一定にする分、資源が減少した時に相対的に高い漁獲圧が掛かるリスクが上がるため、漁獲量を少なくする必要があった。5 年後までの漁獲量の平均年変動率は 35%を示し、他の方策に比べて小さく抑えられた(表 4)。

6. まとめ

本資料では、翌年の加入量予測に係わる誤差を考慮した将来予測を行った。その結果、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 0.45 のシナリオが選択された。本資料で定義した評価軸①～④に基づく、代替漁獲管理規則案の獲り残し割合一定方策では獲り残し割合 50%のシナリオが僅かにリスク指標④において基準シナリオより劣ったものの、ほぼ同程度であった。また、漁獲量3年間一定方策では β が 0.30 のシナリオが基準シナリオより管理目標達成確率が高く、かつリスクを抑えられる将来予測結果となった。それぞれのシナリオには以下のような特徴が見られた。

- ・基本的漁獲管理規則案 ($\beta=0.45$) : 相対的に低いリスクで平均漁獲量を多くできたが、漁獲量の年変動は非常に大きくなった。
- ・獲り残し割合一定方策 (割合=50%) : 管理開始の初期は相対的に平均漁獲量を多くできたが、2～4年後には少なくなった。漁獲量の年変動は他の方策の中間程度。
- ・漁獲量3年間一定方策 ($\beta=0.30$) : 相対的に平均漁獲量は少なかったが、平均親魚量は多かった。漁獲量の年変動は他の方策に比べて小さく抑えられた。

本資料では、リスクの評価軸を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、それに従って評価軸を見直す必要があるだろう。

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.
- 加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2021) 令和2(2020)年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価. FRA-SA2020-SC05-1.
- 加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2021) 令和2(2020)年度スルメイカ冬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-SC05-101.

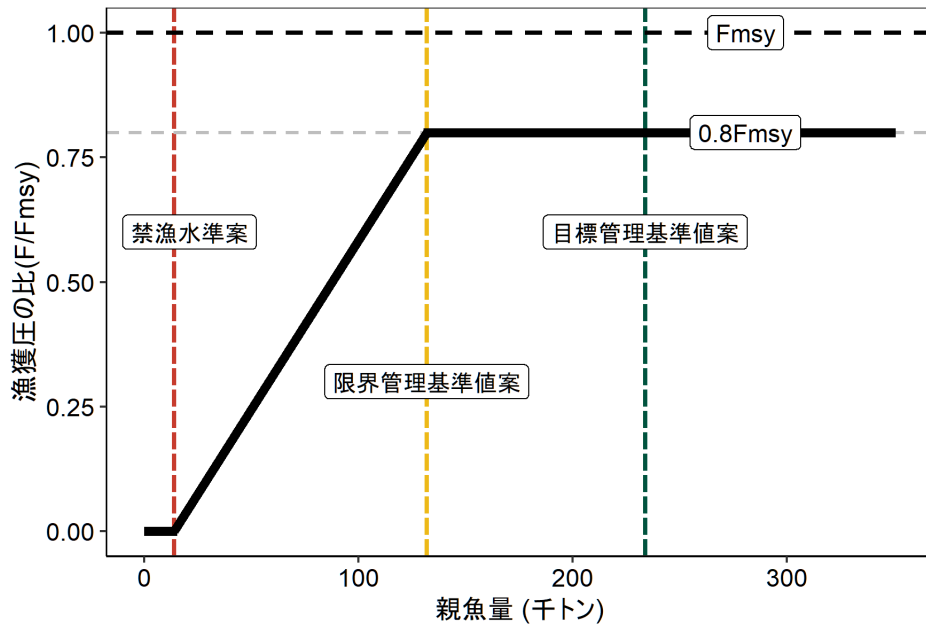


図1. 基本的漁獲管理規則案 (β が 0.8 の場合)

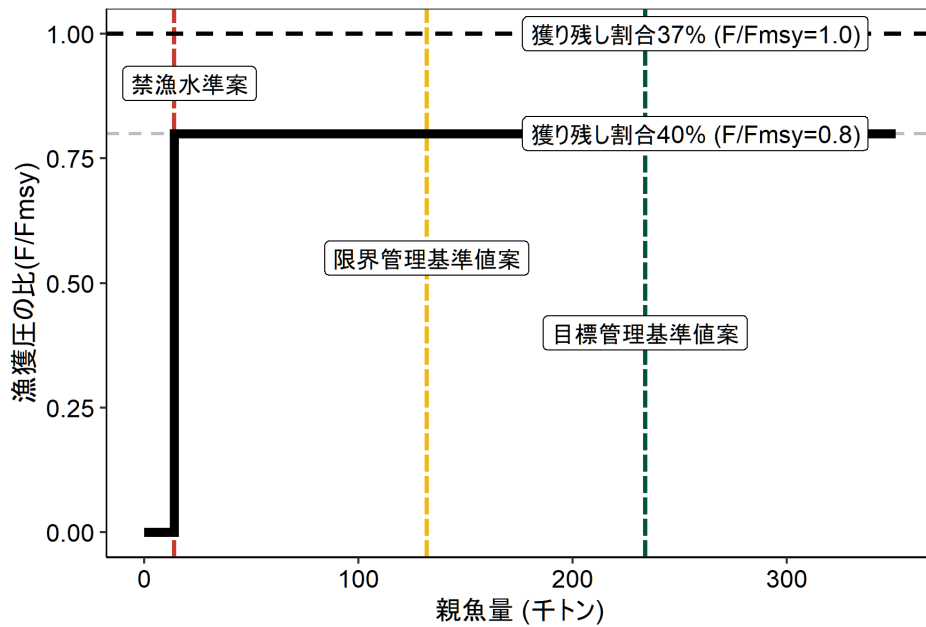


図2. 獲り残し割合一定方策の代替漁獲管理規則案 (獲り残し割合が 40% の場合)
 獲り残し割合 40% の時の漁獲圧は $0.8F_{msy}$ に相当し、37% の時の漁獲圧は F_{msy} に相当する。

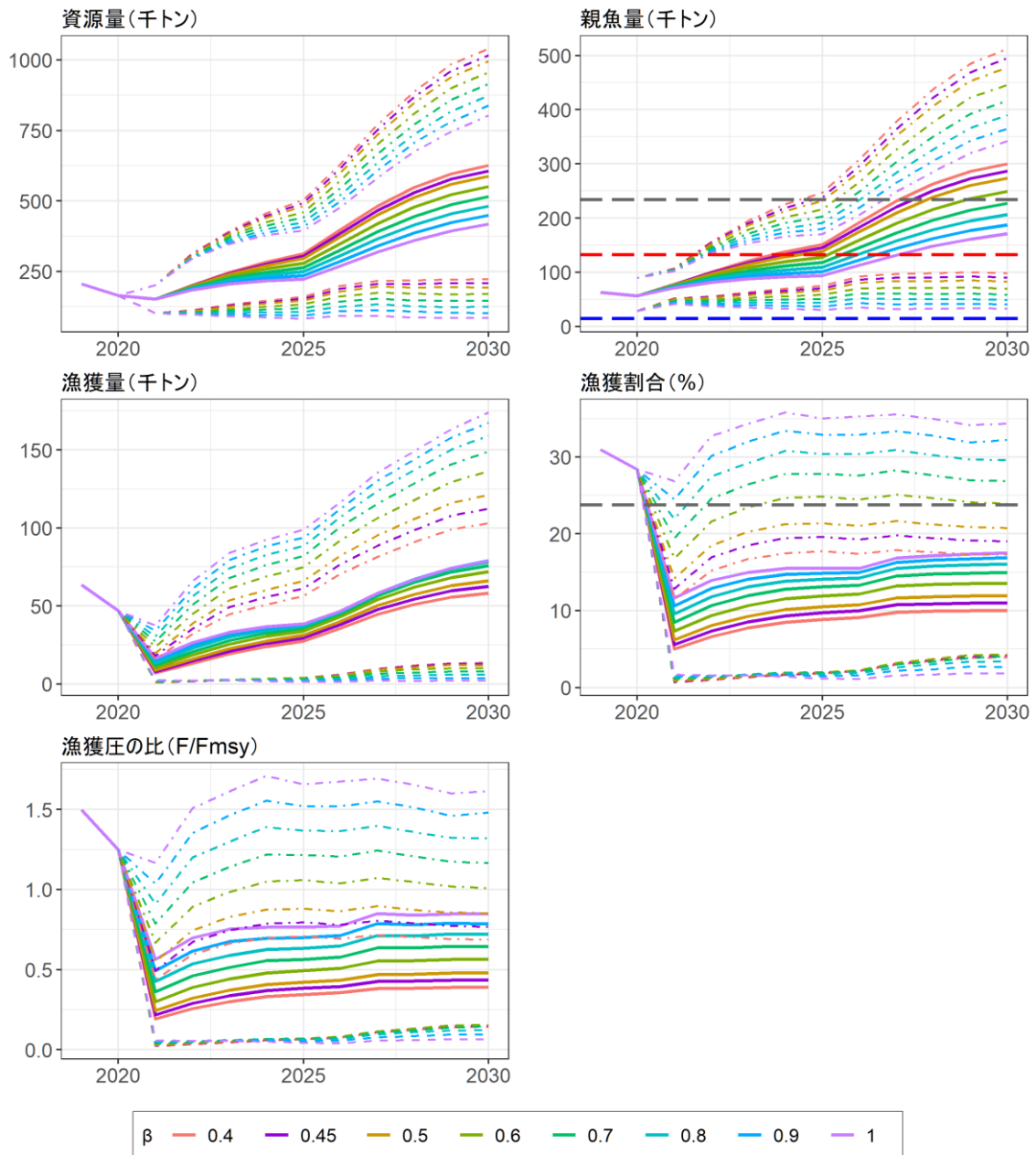


図3. 基本的漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合の将来予測

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。

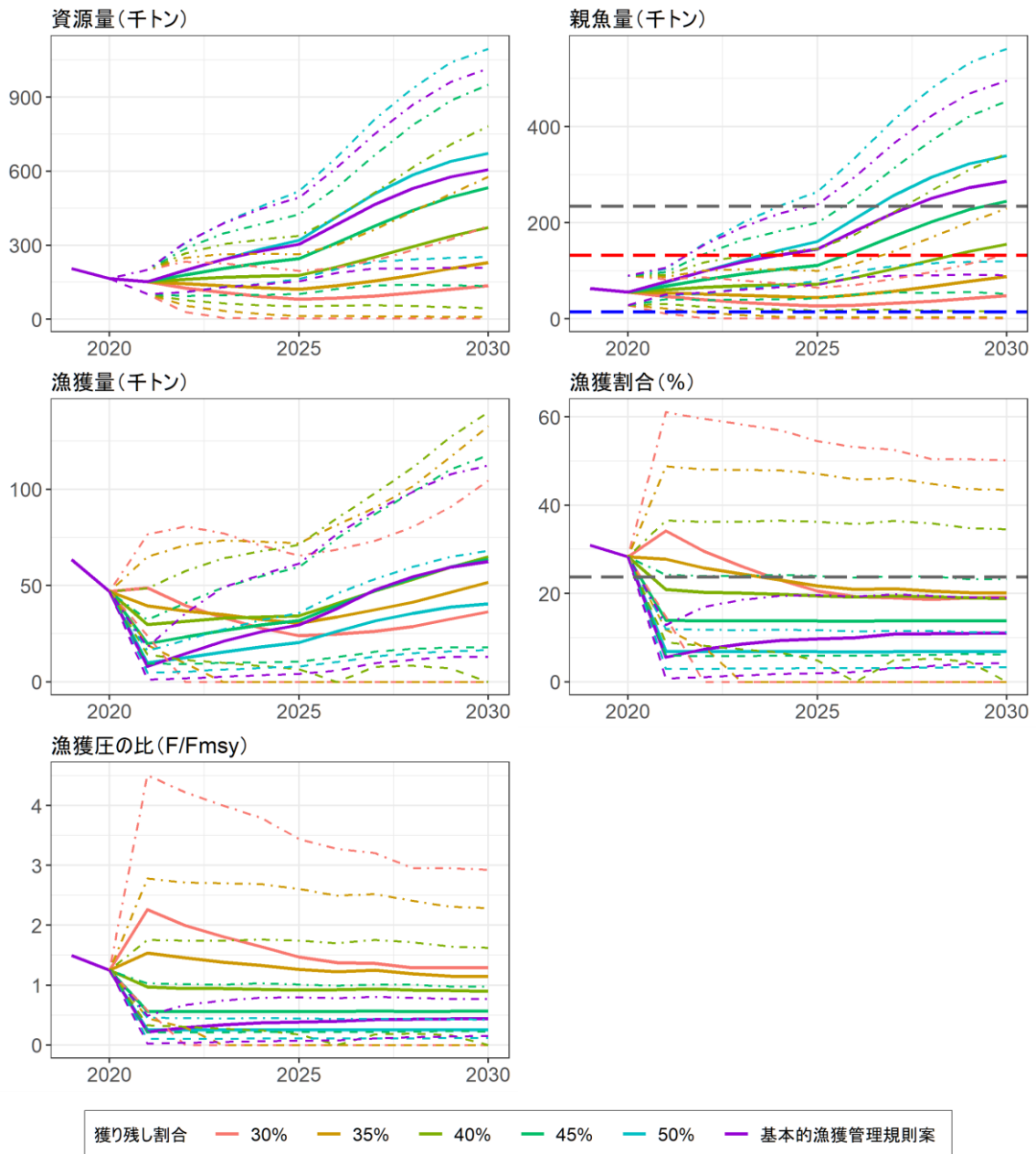


図4. 獲り残し割合一定方策による代替漁獲管理規則案と β が 0.45 の場合の基本的漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合の将来予測
 細い一点鎖線と破線はそれぞれ予測の上側 10%と下側 10%を示す。親魚量の太い灰色破線は目標管理基準値案、赤色破線は限界管理基準値案、青色破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の太い灰色破線は MSY を実現する漁獲割合を示す。

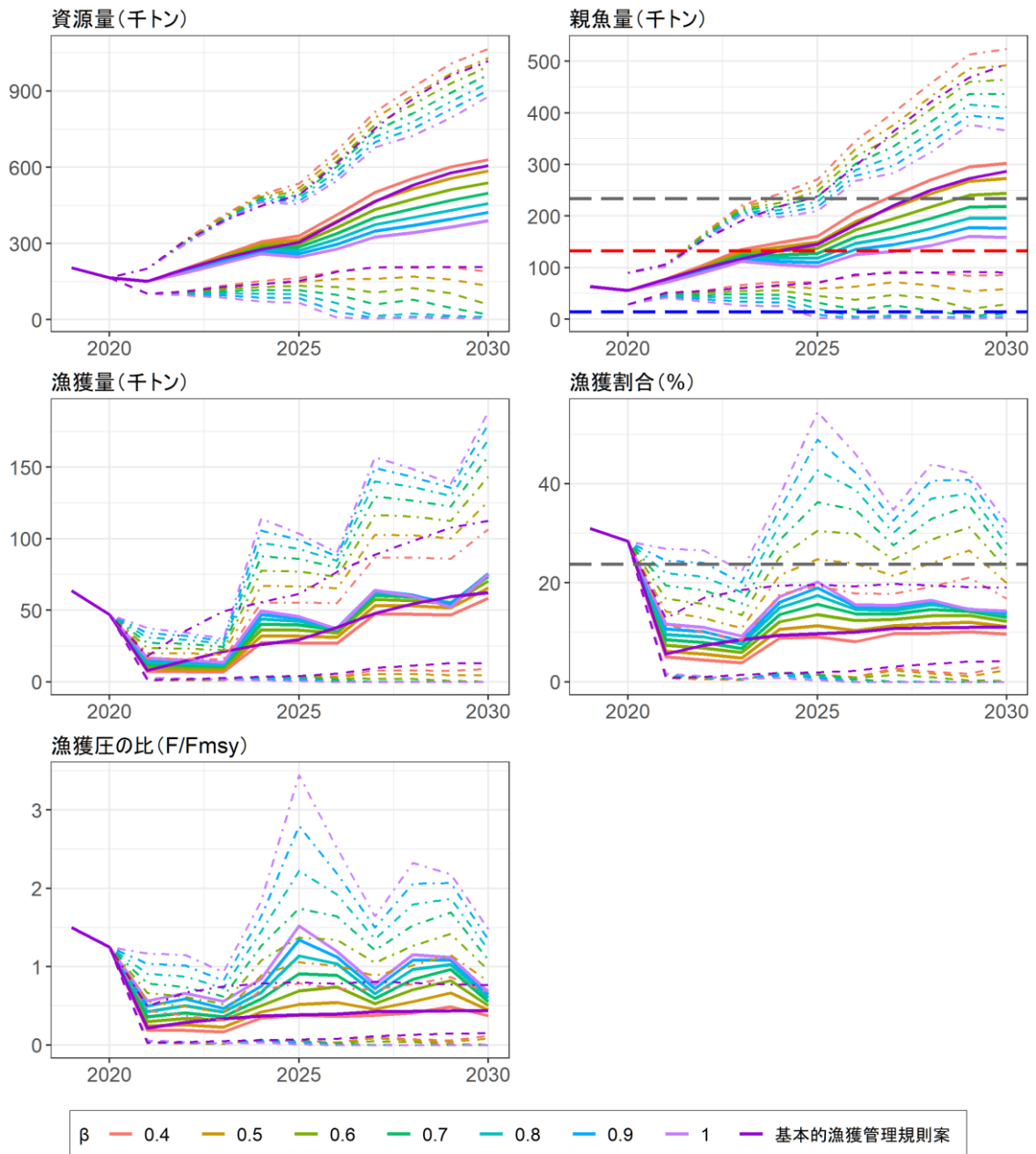


図 5. 漁獲量 3 年間一定方策の代替漁獲管理規則案と β が 0.45 の場合の基本的漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合の将来予測
 細い一点鎖線と破線はそれぞれ予測の上側 10%と下側 10%を示す。親魚量の太い灰色破線は目標管理基準値案、赤色破線は限界管理基準値案、青色破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の太い灰色破線は MSY を実現する漁獲割合を示す。

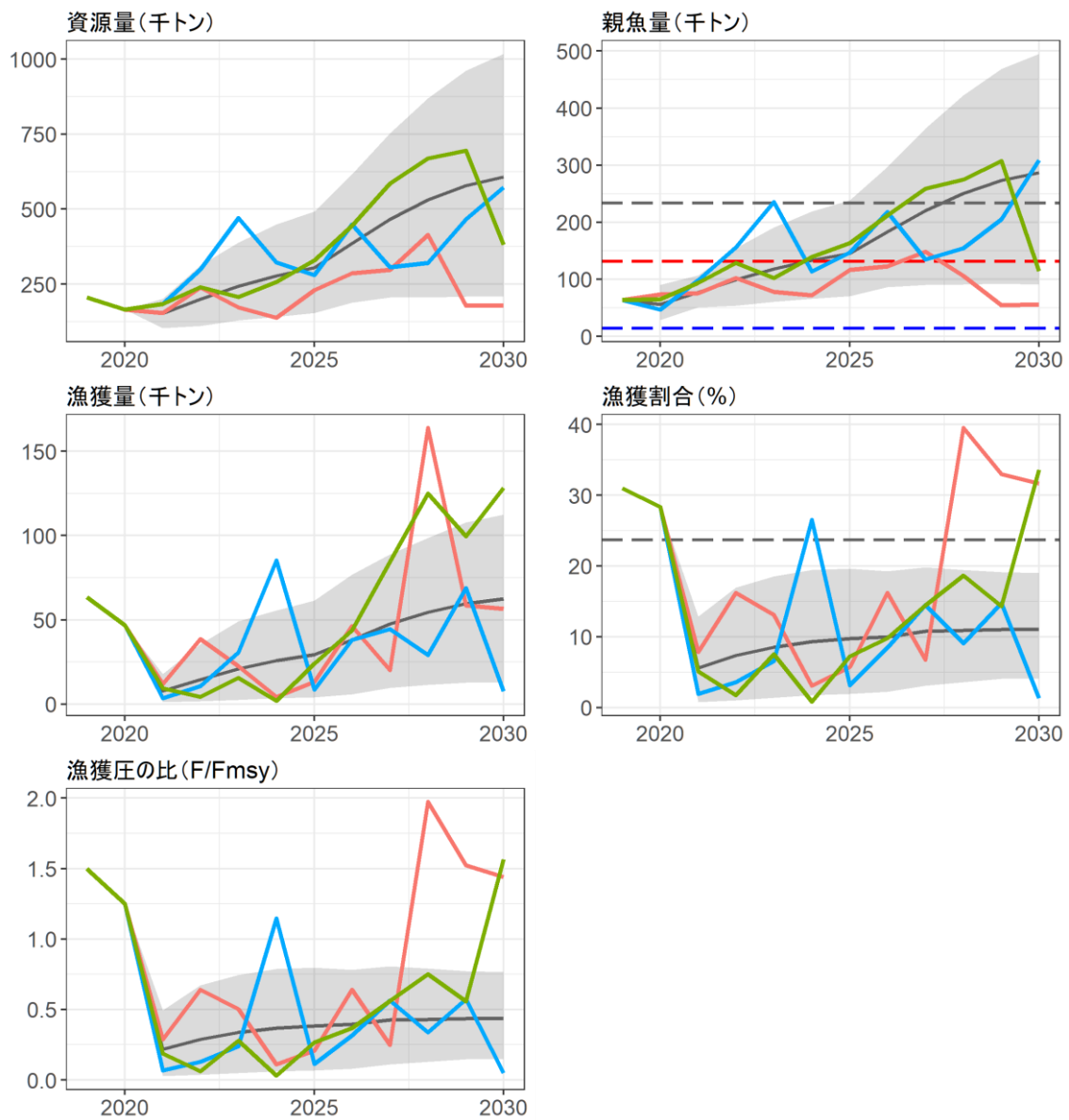


図 6. β が 0.45 の場合の基本的漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合の将来予測

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 (Fcurrent) 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 Fcurrent 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	0	0	0	1	2	6	12	19	26	29	49	50
0.95	0	0	0	0	1	2	6	14	21	28	32	52	53
0.90	0	0	0	0	2	2	7	15	24	30	35	55	56
0.85	0	0	0	0	2	3	9	17	26	33	37	58	59
0.80	0	0	0	0	2	3	10	19	29	36	40	61	63
0.75	0	0	0	1	3	4	11	22	32	39	43	64	66
0.70	0	0	0	1	3	5	13	24	35	42	46	67	69
0.65	0	0	0	1	4	6	15	27	38	46	49	70	72
0.60	0	0	0	1	4	7	17	30	42	49	51	72	75
0.55	0	0	0	1	5	8	19	34	45	51	54	74	78
0.50	0	0	0	2	6	9	22	38	49	54	56	77	80
0.45	0	0	0	2	7	11	25	42	52	56	58	78	82
0.40	0	0	0	3	8	13	29	46	56	59	60	80	84
0.35	0	0	0	3	10	15	32	50	59	61	62	81	85
0.30	0	0	0	4	11	17	36	54	61	63	64	83	87
0.25	0	0	0	5	13	20	40	58	64	65	66	84	88
0.20	0	0	0	6	14	23	45	62	67	68	69	86	89
0.15	0	0	0	7	17	26	50	65	70	71	71	87	91
0.10	0	0	0	8	19	29	55	69	72	74	75	89	92
0.05	0	0	0	9	22	33	60	72	75	77	78	91	94
0.00	0	0	0	11	25	37	65	76	79	81	81	93	95
Fcurrent	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	7	16	16

(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	0	0	12	18	20	23	34	44	50	52	54	70	71
0.95	0	0	12	19	22	24	36	47	52	55	56	72	74
0.90	0	0	13	20	23	26	39	49	55	57	58	74	76
0.85	0	0	14	21	25	28	42	52	58	59	60	76	79
0.80	0	0	15	23	27	30	45	55	60	61	62	78	81
0.75	0	0	15	24	29	33	48	59	63	64	64	80	82
0.70	0	0	16	26	31	35	51	62	65	66	66	81	84
0.65	0	0	17	27	33	38	55	65	68	68	68	83	86
0.60	0	0	18	29	35	41	58	68	70	70	70	84	87
0.55	0	0	19	31	38	44	62	71	72	72	73	86	89
0.50	0	0	20	32	41	48	66	73	75	75	75	88	91
0.45	0	0	22	35	44	51	69	76	77	78	78	89	92
0.40	0	0	23	36	47	55	73	79	80	81	81	91	93
0.35	0	0	24	39	50	59	77	82	82	83	83	92	94
0.30	0	0	26	41	54	63	80	84	85	86	86	94	96
0.25	0	0	27	44	57	66	83	87	88	89	89	95	97
0.20	0	0	28	47	61	71	86	90	91	91	92	97	98
0.15	0	0	30	50	65	74	89	92	93	94	94	98	99
0.10	0	0	32	53	68	78	91	94	95	96	96	99	99
0.05	0	0	33	56	72	82	93	96	97	97	98	100	100
0.00	0	0	33	59	75	86	95	97	98	99	99	100	100
Fcurrent	0	0	1	3	4	3	5	9	12	15	19	27	26

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	56	71	82	88	92	94	113	132	148	161	171	265	277
0.95	56	72	83	91	95	97	118	138	155	169	179	277	291
0.90	56	72	85	93	98	101	123	144	162	177	188	290	305
0.85	56	73	86	95	101	105	128	151	170	186	197	303	319
0.80	56	73	87	98	104	109	134	158	179	195	206	317	335
0.75	56	74	89	100	108	114	140	165	187	204	216	332	351
0.70	56	74	90	103	112	118	146	173	196	215	227	347	368
0.65	56	75	92	106	116	123	153	182	206	225	238	363	385
0.60	56	76	94	109	120	128	160	190	217	236	249	379	402
0.55	56	76	95	112	124	134	167	200	227	248	261	395	421
0.50	56	77	97	115	128	139	175	210	239	260	274	412	439
0.45	56	77	99	118	133	145	183	220	251	273	287	429	458
0.40	56	78	101	121	138	152	192	231	263	286	300	447	477
0.35	56	79	103	125	143	158	202	243	276	300	314	465	497
0.30	56	79	104	128	148	165	212	256	290	315	329	483	516
0.25	56	80	106	132	154	173	222	269	305	330	344	502	536
0.20	56	81	108	136	160	181	233	282	320	345	360	521	557
0.15	56	81	110	140	166	189	245	297	336	362	376	541	577
0.10	56	82	113	144	173	198	257	312	352	379	393	560	598
0.05	56	83	115	149	180	207	270	328	370	396	410	580	620
0.00	56	83	117	153	187	216	284	345	387	414	428	601	641
Fcurrent	56	52	49	44	40	37	39	44	50	56	63	99	96

(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	47	17	27	33	37	39	47	58	67	74	79	131	141
0.95	47	16	26	33	36	38	47	58	67	74	79	130	141
0.90	47	15	25	32	36	38	47	58	67	74	79	130	140
0.85	47	14	24	31	35	38	46	58	67	74	79	128	139
0.80	47	14	23	30	34	37	46	58	67	74	78	127	137
0.75	47	13	22	29	34	37	46	57	66	73	77	124	135
0.70	47	12	21	28	33	36	45	57	65	72	76	121	132
0.65	47	11	20	27	32	35	44	55	64	70	74	118	128
0.60	47	10	18	25	30	34	43	54	62	68	72	114	123
0.55	47	10	17	24	29	33	42	52	60	66	69	109	118
0.50	47	9	16	23	28	31	40	50	58	63	66	103	112
0.45	47	8	15	21	26	30	38	48	55	60	62	96	105
0.40	47	7	13	19	24	28	36	45	51	56	58	89	97
0.35	47	6	12	17	22	25	33	41	47	51	53	81	88
0.30	47	5	10	15	20	23	30	37	42	46	48	72	78
0.25	47	4	9	13	17	20	26	33	37	40	42	62	67
0.20	47	4	7	11	14	17	22	27	31	34	35	51	55
0.15	47	3	5	8	11	13	17	22	24	26	27	40	43
0.10	47	2	4	6	8	9	12	15	17	18	19	27	29
0.05	47	1	2	3	4	5	6	8	9	10	10	14	15
0.00	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	47	42	38	35	32	29	31	32	34	37	40	64	65

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	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	14	15
31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	16	17
32	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	5	19	20
33	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	6	22	23
34	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	7	25	27
35	0	0	0	0	0	0	1	2	4	7	10	29	31
36	0	0	0	0	0	0	1	2	5	9	12	33	36
37	0	0	0	0	0	0	1	3	7	11	15	37	40
38	0	0	0	0	0	0	2	5	9	14	19	42	45
39	0	0	0	0	0	1	3	6	12	18	23	47	51
40	0	0	0	0	1	1	3	8	15	22	28	53	56
41	0	0	0	0	1	1	5	11	18	26	32	58	61
42	0	0	0	0	1	2	6	13	22	31	37	63	66
43	0	0	0	0	2	3	8	17	27	36	42	67	70
44	0	0	0	0	2	4	10	21	32	41	47	71	74
45	0	0	0	0	3	5	13	26	38	46	51	74	78
46	0	0	0	0	4	7	16	31	43	51	54	77	81
47	0	0	0	1	5	9	21	36	48	55	57	79	83
48	0	0	0	1	7	11	25	42	53	58	59	81	85
49	0	0	0	2	8	13	30	48	58	61	62	83	87
50	0	0	0	3	10	16	35	54	62	64	65	84	88

(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	0	0	1	1	2	1	2	3	6	8	10	26	27
31	0	0	1	2	2	2	3	4	7	10	13	30	31
32	0	0	1	2	3	2	3	6	9	12	16	33	35
33	0	0	1	3	3	3	4	7	11	15	19	38	39
34	0	0	1	3	4	4	6	9	13	18	22	41	44
35	0	0	2	4	5	5	7	12	16	22	26	46	49
36	0	0	2	5	6	6	9	14	20	25	30	51	54
37	0	0	2	6	7	7	11	17	23	30	34	56	59
38	0	0	3	7	8	9	14	21	28	34	39	60	64
39	0	0	4	8	10	11	17	25	33	39	44	65	69
40	0	0	4	10	12	13	21	30	38	44	48	69	73
41	0	0	6	11	14	16	25	35	43	49	52	73	77
42	0	0	7	13	17	19	30	40	49	54	56	76	80
43	0	0	8	15	20	23	35	46	54	58	59	79	83
44	0	0	10	17	23	27	41	52	59	62	63	82	86
45	0	0	11	20	26	32	47	59	64	66	67	85	88
46	0	0	13	22	30	37	53	64	69	70	71	87	90
47	0	0	15	25	34	42	60	70	74	74	75	89	92
48	0	0	17	29	39	47	66	75	77	79	79	91	94
49	0	0	19	32	44	54	72	80	82	83	83	93	95
50	0	0	22	36	49	60	78	84	86	87	87	95	97

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	56	47	40	35	30	27	29	32	37	43	48	101	107
31	56	49	42	37	33	30	32	36	42	48	54	113	120
32	56	50	45	40	36	33	36	41	47	54	61	125	134
33	56	51	47	43	39	36	40	46	53	61	69	139	150
34	56	53	49	46	43	40	45	51	60	69	78	155	168
35	56	54	52	49	47	44	50	58	68	78	88	172	187
36	56	56	54	53	51	49	56	65	76	88	99	191	208
37	56	57	57	57	55	54	63	74	86	99	112	211	230
38	56	58	60	60	60	60	70	83	97	112	125	232	253
39	56	60	63	65	65	66	78	93	109	126	140	254	277
40	56	61	66	69	71	72	87	104	122	140	156	277	302
41	56	63	69	73	77	79	96	116	136	156	173	301	327
42	56	64	72	78	83	87	106	129	152	173	190	325	351
43	56	66	75	83	89	95	117	143	168	191	208	349	377
44	56	67	78	88	96	103	129	157	185	209	227	373	401
45	56	69	81	93	103	112	141	172	202	227	245	396	426
46	56	70	85	99	111	121	154	188	220	246	264	419	450
47	56	72	88	104	118	130	167	205	239	265	283	441	473
48	56	73	92	110	126	140	180	222	257	285	302	463	495
49	56	75	95	116	134	151	195	239	276	304	321	484	517
50	56	76	99	122	143	161	209	256	295	323	339	504	539

(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	47	49	40	33	28	24	25	26	29	33	36	78	88
31	47	47	39	34	29	25	27	28	31	35	39	83	94
32	47	45	39	34	30	27	28	31	34	38	42	88	100
33	47	43	38	35	31	28	30	33	36	41	45	93	105
34	47	41	38	35	32	29	32	35	39	43	48	98	111
35	47	40	37	35	32	30	34	37	41	47	52	103	116
36	47	38	36	35	33	31	35	40	44	50	55	107	121
37	47	36	35	35	33	32	37	42	47	52	58	111	125
38	47	34	34	34	34	33	38	44	49	55	61	114	128
39	47	32	33	34	34	34	40	46	51	57	63	116	130
40	47	30	31	33	34	34	41	47	53	60	65	117	130
41	47	28	30	32	33	34	41	48	54	61	66	117	130
42	47	26	28	31	33	34	42	49	55	62	67	115	128
43	47	24	27	30	32	34	41	49	56	62	67	113	124
44	47	22	25	28	31	33	41	48	55	61	66	109	119
45	47	20	23	27	29	32	40	47	54	60	64	103	113
46	47	18	21	25	28	30	38	46	52	57	61	97	106
47	47	16	19	23	26	28	36	43	49	54	57	89	97
48	47	14	17	21	24	26	33	40	45	50	52	81	87
49	47	12	15	18	21	23	30	36	41	45	47	71	77
50	47	10	13	15	18	20	26	32	36	39	41	60	65

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	0	0	5	4	6	16	18	24	31	30	45	46
0.95	0	0	0	5	5	7	17	20	26	33	33	47	48
0.90	0	0	0	5	5	8	18	21	29	35	35	50	51
0.85	0	0	0	5	6	8	19	24	31	37	37	52	53
0.80	0	0	0	6	6	9	21	26	33	39	40	55	56
0.75	0	0	0	6	7	10	22	28	36	42	42	58	58
0.70	0	0	0	6	7	11	24	30	39	44	45	61	61
0.65	0	0	0	6	8	12	25	33	41	47	48	63	64
0.60	0	0	0	6	9	13	27	36	44	50	50	66	68
0.55	0	0	0	7	9	14	29	39	47	52	53	69	71
0.50	0	0	0	7	10	15	31	42	51	55	55	72	74
0.45	0	0	0	7	11	16	34	45	54	57	58	75	77
0.40	0	0	0	7	12	18	36	49	57	59	60	77	80
0.35	0	0	0	8	13	19	39	52	60	61	62	80	83
0.30	0	0	0	8	15	21	42	56	63	64	64	81	85
0.25	0	0	0	8	16	23	46	60	65	66	67	83	87
0.20	0	0	0	9	18	26	50	63	67	69	69	85	89
0.15	0	0	0	9	19	28	53	67	70	72	72	87	90
0.10	0	0	0	10	21	31	57	70	73	75	75	89	92
0.05	0	0	0	11	22	33	61	73	76	78	78	91	94
0.00	0	0	0	11	25	37	65	76	79	81	81	93	95

(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	0	0	20	35	31	32	43	44	46	48	48	61	61
0.95	0	0	21	36	33	33	45	47	49	51	50	63	63
0.90	0	0	21	37	34	35	47	49	51	53	52	64	66
0.85	0	0	22	38	35	37	49	52	53	55	54	66	68
0.80	0	0	22	39	37	38	52	54	56	57	57	68	70
0.75	0	0	23	40	38	41	54	57	58	60	59	71	72
0.70	0	0	23	41	40	43	57	60	61	62	62	73	75
0.65	0	0	24	42	42	45	60	63	64	65	64	75	77
0.60	0	0	25	43	44	47	62	66	67	68	67	77	80
0.55	0	0	25	44	46	50	66	69	70	71	70	80	82
0.50	0	0	26	45	49	53	69	72	73	74	72	82	84
0.45	0	0	27	46	51	56	72	75	76	77	75	84	87
0.40	0	0	27	48	53	60	75	78	79	80	79	87	89
0.35	0	0	28	49	56	63	78	82	82	83	82	89	91
0.30	0	0	29	50	59	67	81	85	86	86	85	92	93
0.25	0	0	30	52	61	70	84	88	89	88	89	94	95
0.20	0	0	31	53	64	73	87	90	91	91	91	96	97
0.15	0	0	32	55	67	76	90	93	93	93	94	97	98
0.10	0	0	32	56	70	80	92	95	95	96	96	99	99
0.05	0	0	33	57	73	82	94	96	97	97	98	100	100
0.00	0	0	33	59	75	86	95	97	98	99	99	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	56	71	90	112	106	102	126	132	143	161	158	244	260
0.95	56	72	91	114	109	106	130	138	151	169	166	254	271
0.90	56	72	93	115	112	110	136	145	159	178	176	266	285
0.85	56	73	94	117	115	114	141	152	167	186	185	278	298
0.80	56	73	95	119	118	118	147	159	176	196	195	291	311
0.75	56	74	96	121	121	123	153	168	186	206	207	306	326
0.70	56	74	97	123	125	127	159	176	196	217	219	322	342
0.65	56	75	99	125	129	132	166	186	207	229	231	337	360
0.60	56	76	100	127	132	138	174	195	218	240	244	355	379
0.55	56	76	101	129	136	143	181	206	230	254	258	374	399
0.50	56	77	103	131	140	149	190	217	243	267	273	393	420
0.45	56	77	104	133	144	155	198	228	257	281	288	415	442
0.40	56	78	105	135	148	161	207	240	271	296	302	436	464
0.35	56	79	107	137	153	167	216	252	285	310	318	457	487
0.30	56	79	108	140	157	174	226	265	299	325	333	479	510
0.25	56	80	110	142	162	181	235	278	313	339	348	499	533
0.20	56	81	111	144	167	187	245	291	328	354	364	520	555
0.15	56	81	112	146	172	194	254	304	342	369	379	540	577
0.10	56	82	114	149	177	202	264	317	357	384	395	560	598
0.05	56	83	115	151	182	209	274	331	372	399	411	580	620
0.00	56	83	117	153	187	216	284	345	387	414	428	601	641

(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	47	17	15	13	50	46	37	64	60	52	75	108	102
0.95	47	16	15	13	48	45	37	64	60	53	75	109	104
0.90	47	15	14	13	47	44	37	64	61	54	76	108	105
0.85	47	14	13	12	45	43	37	63	61	55	75	108	107
0.80	47	14	13	12	44	42	37	62	60	55	75	107	108
0.75	47	13	12	11	42	41	37	62	60	55	74	106	108
0.70	47	12	12	11	40	40	36	60	59	55	74	105	108
0.65	47	11	11	10	38	38	35	59	58	55	72	103	107
0.60	47	10	10	10	36	36	34	57	57	54	70	100	106
0.55	47	10	9	9	34	34	33	56	55	53	68	98	104
0.50	47	9	9	8	32	32	31	53	53	52	66	94	101
0.45	47	8	8	8	30	30	29	50	50	50	62	89	96
0.40	47	7	7	7	27	27	27	47	47	47	58	84	90
0.35	47	6	6	6	24	24	24	43	43	43	54	77	84
0.30	47	5	5	5	21	21	21	39	39	39	48	69	75
0.25	47	4	4	4	18	18	18	34	34	34	42	60	66
0.20	47	4	4	4	15	15	15	28	28	28	35	50	55
0.15	47	3	3	3	12	12	12	22	22	22	28	39	43
0.10	47	2	2	2	8	8	8	15	15	15	19	27	29
0.05	47	1	1	1	4	4	4	8	8	8	10	14	15
0.00	47	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 年漁期の平均漁獲量 (Fcurrent) 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 ($\beta=0.45$) を基準シナリオとし、*①と*②がともに 50%以上で、かつリスクの指標となる*③と*④を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。

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年変動率	10年後までの漁獲量の平均年変動率
0	基本ルール ($\beta=1.00$)	23%	29%	94	171	17	39	79	7%	13%	47%	61%	83%	97%	105%	98%
0	基本ルール ($\beta=0.95$)	24%	32%	97	179	16	38	79	6%	11%	45%	58%	82%	97%	104%	97%
0	基本ルール ($\beta=0.90$)	26%	35%	101	188	15	38	79	5%	9%	42%	54%	81%	96%	103%	95%
0	基本ルール ($\beta=0.85$)	28%	37%	105	197	14	38	79	4%	8%	38%	50%	81%	96%	102%	93%
0	基本ルール ($\beta=0.80$)	30%	40%	109	206	14	37	78	3%	6%	35%	47%	80%	96%	101%	92%
0	基本ルール ($\beta=0.75$)	33%	43%	114	216	13	37	77	2%	4%	32%	43%	79%	95%	100%	90%
0	基本ルール ($\beta=0.70$)	35%	46%	118	227	12	36	76	2%	3%	29%	38%	77%	94%	99%	88%
0	基本ルール ($\beta=0.65$)	38%	49%	123	238	11	35	74	1%	2%	26%	34%	76%	94%	98%	87%
0	基本ルール ($\beta=0.60$)	41%	51%	128	249	10	34	72	1%	1%	22%	29%	75%	93%	96%	85%
0	基本ルール ($\beta=0.55$)	44%	54%	134	261	10	33	69	0%	1%	19%	24%	74%	92%	95%	83%
0	基本ルール ($\beta=0.50$)	48%	56%	139	274	9	31	66	0%	0%	16%	20%	73%	91%	94%	82%
2	基本ルール ($\beta=0.45$)	51%	58%	145	287	8	30	62	0%	0%	13%	15%	72%	90%	93%	80%
2	基本ルール ($\beta=0.40$)	55%	60%	152	300	7	28	58	0%	0%	10%	12%	70%	89%	92%	78%
2	基本ルール ($\beta=0.35$)	59%	62%	158	314	6	25	53	0%	0%	8%	9%	69%	87%	91%	76%
2	基本ルール ($\beta=0.30$)	63%	64%	165	329	5	23	48	0%	0%	6%	6%	67%	86%	90%	74%
2	基本ルール ($\beta=0.25$)	66%	66%	173	344	4	20	42	0%	0%	4%	4%	65%	84%	89%	73%
2	基本ルール ($\beta=0.20$)	71%	69%	181	360	4	17	35	0%	0%	2%	2%	64%	83%	88%	71%
2	基本ルール ($\beta=0.15$)	74%	71%	189	376	3	13	27	0%	0%	1%	1%	62%	81%	87%	69%
2	基本ルール ($\beta=0.10$)	78%	75%	198	393	2	9	19	0%	0%	0%	0%	60%	79%	86%	68%
2	基本ルール ($\beta=0.05$)	82%	78%	207	410	1	5	10	0%	0%	0%	0%	58%	77%	85%	66%

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年変動率	10年後までの漁獲量の平均年変動率
0		獲り残り割合一定：30%	1%	3%	27	48	49	24	36	58%	78%	93%	97%	86%	98%	102%	111%
0		獲り残り割合一定：31%	2%	3%	30	54	47	25	39	54%	74%	91%	96%	85%	97%	97%	107%
0		獲り残り割合一定：32%	2%	5%	33	61	45	27	42	49%	70%	90%	95%	83%	97%	91%	103%
0		獲り残り割合一定：33%	3%	6%	36	69	43	28	45	45%	65%	88%	94%	81%	96%	86%	97%
0		獲り残り割合一定：34%	4%	7%	40	78	41	29	48	39%	60%	86%	92%	79%	95%	81%	92%
0		獲り残り割合一定：35%	5%	10%	44	88	40	30	52	35%	54%	83%	91%	77%	95%	77%	88%
0		獲り残り割合一定：36%	6%	12%	49	99	38	31	55	30%	48%	80%	88%	76%	94%	73%	83%
0		獲り残り割合一定：37%	7%	15%	54	112	36	32	58	25%	42%	77%	86%	74%	92%	71%	78%
0		獲り残り割合一定：38%	9%	19%	60	125	34	33	61	20%	36%	74%	83%	71%	91%	68%	74%
0		獲り残り割合一定：39%	11%	23%	66	140	32	34	63	16%	29%	70%	80%	69%	90%	65%	69%
0		獲り残り割合一定：40%	13%	28%	72	156	30	34	65	12%	23%	66%	77%	67%	88%	64%	65%
0		獲り残り割合一定：41%	16%	32%	79	173	28	34	66	8%	17%	62%	72%	64%	86%	62%	62%
0		獲り残り割合一定：42%	19%	37%	87	190	26	34	67	5%	12%	57%	67%	62%	84%	60%	60%
0		獲り残り割合一定：43%	23%	42%	95	208	24	34	67	3%	7%	52%	61%	59%	83%	59%	58%
0		獲り残り割合一定：44%	27%	47%	103	227	22	33	66	2%	4%	47%	55%	57%	80%	58%	56%
0		獲り残り割合一定：45%	32%	51%	112	245	20	32	64	1%	2%	42%	48%	54%	78%	57%	55%
0		獲り残り割合一定：46%	37%	54%	121	264	18	30	61	0%	1%	36%	41%	52%	76%	56%	54%
0		獲り残り割合一定：47%	42%	57%	130	283	16	28	57	0%	0%	31%	34%	49%	73%	55%	53%
0		獲り残り割合一定：48%	47%	59%	140	302	14	26	52	0%	0%	25%	27%	47%	71%	54%	52%
1		獲り残り割合一定：49%	54%	62%	151	321	12	23	47	0%	0%	19%	20%	44%	68%	54%	51%
1		獲り残り割合一定：50%	60%	65%	161	339	10	20	41	0%	0%	14%	14%	42%	66%	53%	50%

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半減以下になる確率	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年変動率	10年後までの漁獲量の平均年変動率
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=1.00$)	32%	30%	102	158	17	46	75	17%	36%	41%	60%	24%	70%	38%	45%
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.95$)	33%	33%	106	166	16	45	75	15%	34%	38%	57%	22%	68%	37%	44%
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.90$)	35%	35%	110	176	15	44	76	14%	31%	36%	54%	21%	66%	37%	42%
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.85$)	37%	37%	114	185	14	43	75	12%	28%	34%	51%	20%	64%	37%	41%
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.80$)	38%	40%	118	195	14	42	75	11%	25%	31%	48%	19%	63%	37%	40%
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.75$)	41%	42%	123	207	13	41	74	9%	22%	29%	44%	18%	60%	37%	38%
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.70$)	43%	45%	127	219	12	40	74	7%	19%	26%	40%	17%	58%	36%	37%
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.65$)	45%	48%	132	231	11	38	72	6%	16%	23%	37%	16%	56%	36%	36%
0	0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.60$)	47%	50%	138	244	10	36	70	5%	13%	21%	33%	15%	53%	36%	35%
1	1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.55$)	50%	53%	143	258	10	34	68	3%	10%	18%	29%	14%	50%	36%	34%
1	1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.50$)	53%	55%	149	273	9	32	66	3%	8%	15%	24%	13%	47%	36%	33%
1	1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.45$)	56%	58%	155	288	8	30	62	2%	5%	13%	20%	12%	43%	36%	32%
1	1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.40$)	60%	60%	161	302	7	27	58	1%	3%	10%	15%	11%	40%	35%	32%
1	1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.35$)	63%	62%	167	318	6	24	54	1%	2%	8%	11%	10%	37%	35%	31%
2	2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.30$)	67%	64%	174	333	5	21	48	0%	1%	6%	8%	9%	33%	35%	31%
2	2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.25$)	70%	67%	181	348	4	18	42	0%	0%	4%	5%	9%	30%	35%	30%
2	2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.20$)	73%	69%	187	364	4	15	35	0%	0%	3%	3%	8%	27%	35%	30%
2	2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.15$)	76%	72%	194	379	3	12	28	0%	0%	1%	2%	7%	24%	35%	29%
2	2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.10$)	80%	75%	202	395	2	8	19	0%	0%	0%	0%	6%	21%	35%	29%
2	2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.05$)	82%	78%	209	411	1	4	10	0%	0%	0%	0%	6%	19%	35%	29%
0	0	Fcurrent	3%	7%	37	63	42	29	40	43%	63%	86%	92%	79%	95%	70%	71%

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）。資源評価当年漁期の資源尾数と漁獲尾数の場合は漁期途中までのデータから予測するため、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。

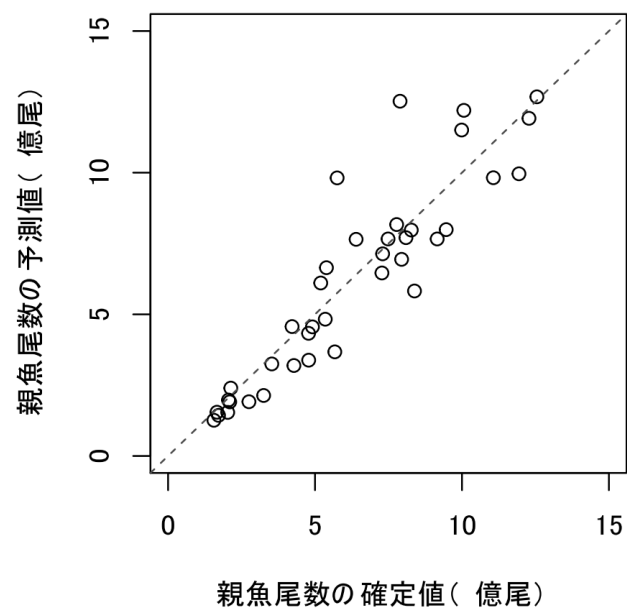
過去の各年を対象として、資源評価当年の漁期終了後の親魚尾数を求める場合と同様に、漁期途中までのデータからその年の資源量指標値（＝小型いか釣り漁船の標準化 CPUE）を予測した。また、その年の直近 3 年間の平均漁獲係数 F_{current} を求めて資源尾数と漁獲尾数を計算し、過去の予測親魚尾数 $S'_{t,\text{past}}$ を算出した。例として、2000 年を対象とした場合の手順概要を以下に示す。

- 1) 1979～2019 年の第 2 次漁場一斉調査 CPUE ($X_{t,1}$) を算出した。また、同期間 7～10 月の小型いか釣り漁業データを使用して標準化 CPUE ($X_{t,2}$) を算出した（FRA-SA2020-SC05-1 の補足資料 3-2 の標準化モデルを適用し、モデル選択はしない）。
- 2) 2000 年のデータを除いた 7～12 月の小型いか釣り漁業データを使用して標準化 CPUE (Y_t) を算出した（FRA-SA2020-SC05-1 の補足資料 3-1 の標準化モデルを適用し、モデル選択はしない）。
- 3) FRA-SA2020-SC05-1 の補足資料 2-2 に従い、 Y_t を応答変数、2000 年のデータを除いた $X_{t,1}$ と $X_{t,2}$ を説明変数とした重回帰モデルを作成した。
- 4) 重回帰モデルに 2000 年の $X_{2000,1}$ と $X_{2000,2}$ のデータを代入し、 Y_{2000} を予測した。
- 5) 1997～1999 年の平均漁獲係数を F_{current} とした（FRA-SA2020-SC05-1 の確定値を用いて計算）。
- 6) Y_{2000} に比例係数を掛けて予測資源尾数を計算し、予測資源尾数と F_{current} から予測漁獲尾数を計算した。
- 7) 上記 2 つの予測値を式 1 に代入し、予測親魚尾数 $S'_{2000,\text{past}}$ を求めた。

資源評価は 1979 年以降であることから 1981 年以前の F_{current} は計算できないため、1982～2019 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 のように値が大きくなるにつれて誤差の絶対値が大きくなる傾向が見られたため、対数正規分布の誤差を仮定して標準誤差 σ_1 (0.45) 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

加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2021) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価. FRA-SA2020-SC05-1.



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と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。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-SC05-101）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-SC05-101 では β を 0.50 以下にすることを推奨しているため、 β が 0.50 の場合における誤差の有無による結果の差異を補足表 2-1 に示した。10 年後に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は、誤差の有無に関わらず 56%を示し、どちらも管理目標に適う結果であった。一方で、5 年後に親魚量が限界管理基準値案を上回る確率は、誤差を考慮していない場合には 51%で管理目標に適切であったのに対し、誤差を考慮した場合には 48%となり、管理目標を下回った。

平均漁獲量は誤差を考慮した場合の方が 1 年後のみ多くなったが、これは 2020 年において正の誤差を持つ親魚量によって生じた結果であった。当年の親魚量にはバイアスを補正した対数正規分布の誤差を与えているため、将来予測の起点となっている 2020 年の平均値は誤差を考慮しない場合の親魚量（56 千トン）と変わらない。しかし、正の誤差を有した親魚量が限界管理基準値案以上の場合は式 9 の γ が 1 となり、漁獲係数は減算されないため、誤差を考慮しない場合と比べて 2021 年の平均漁獲量は大きくなり、その分同年漁期終了後の親魚量が少なくなっていた。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

加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2021) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ冬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-SC05-101.

補足表 2-1. 加入量予測誤差の有無によるパフォーマンスの差異 (β が 0.50 の基本的漁獲管理規則案の場合)

誤差有無	管理方策	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案を上回る確率	10年後(2030年)に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率	1年後	5年後	10年後	1年後	5年後	10年後
無	基本ルール ($\beta=0.50$)	51%	56%	78 (53~103)	140 (81~211)	267 (107~267)	7 (5~10)	35 (13~61)	75 (26~125)
有	基本ルール ($\beta=0.50$)	48%	56%	77 (50~106)	139 (66~231)	274 (83~478)	9 (1~20)	31 (4~66)	66 (12~121)

誤差有無	管理方策	リスク (%)							
		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	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	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年変動率	10年後までの漁獲量の平均年変動率
無	基本ルール ($\beta=0.50$)	0%	0%	1%	1%	0%	0%	44%	34%
有	基本ルール ($\beta=0.50$)	0%	0%	16%	20%	73%	91%	94%	82%